控 制 阀 手 册

第四版

费希尔控制设备国际有限公司

美国爱荷华州 Marshalltown 50158
法国 Cernay 68700
巴西圣保罗 05424
新加坡 128461

北美

艾默生过程管理

美国爱荷华州 Marshalltown，50158

电话：1（641）754-3011

传真：1（641）754-2830

www.EmersonProcess.com/Fisher

拉丁美洲

艾默生过程管理

巴西圣保罗 Sorocaba，18087

电话：+（55）（15）238-3788

传真：+（55）（15）228-3300

www.EmersonProcess.com/Fisher

欧洲

艾默生过程管理

法国 Cernay，68700

电话：+（33）（0）3 89 37 64 00

传真：+（33）（0）3 89 37 65 18

www.EmersonProcess.com/Fisher

中东 & 非洲

艾默生 FZE

阿拉伯联合酋长国，迪拜

电话：+971 4 883 5235

传真：+971 4 883 5312

www.EmersonProcess.com/Fisher

亚洲太平洋

艾默生过程管理

新加坡新加坡，128461

电话：+（65）6777 8211

传真：+（65）6777 0947

www.EmersonProcess.com/Fisher

Fisher是艾默生过程管理的一个部分——费希尔控制设备国际有限公司拥有的标记。Emerson标记是艾默生电气公司的商标和服务标记，所有其它标记则是其各自拥有者的财产。

本出版物的内容仅供参考而已，尽管我们尽一切努力确保内容的准确性，但这些内容不应被看作是对本书所介绍的产品和服务、或者它们的使用或适用性的或明或暗的证明或担保。我们保留在任何时候修改或改进产品的设计或规格的权利而无需通知各方。

艾默生、艾默生过程管理以及它们的附属实体不承担任何关于产品选择、使用和维修的责任。任何产品的选择、使用和维修的责任由购方和最终用户承担。

在中国印刷。

© 费希尔控制设备国际有限公司，2005 年；版权所有

D101881X012

简 介

费希尔控制设备国际有限公司是总部设在美国的财富500强公司艾默生电气公司的一个分部。我们是为过程控制工业提供并制造控制阀的领导者。

艾默生公司于1992年购买费希尔公司并与过程仪表领域里的另一位世界领导者－罗斯蒙特公司合并，成立费希尔－罗斯蒙特公司，以更好地满足我们用户对完整应用范围的要求和对过程控制的需要。在2001年4月，费希尔－罗斯蒙特公司更名为艾默生过程管理。

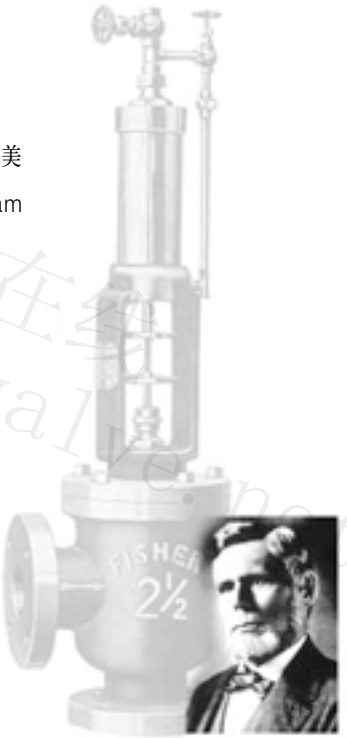
EMERSON.
Process Management

我们的开始

费希尔控制设备国际有限公司始于1880年。当时，在美国的爱荷华州的Marshalltown，我们的奠基者William Fisher发明了第一台泵调节器。



费希尔的第一栋厂房



第一台泵调节器的发明者
William Fisher

FISHER　FISHER　FISHER　FISHER　FISHER Fisher Controls　FISHER

费希尔标志的演变过程

www.control-valve.net 控制阀在线

我们的业务范围

服务的工业

- 石油和气体
- 造纸和纸浆
- 炼油
- 食品和饮料
- 化工和石化
- 制药
- 电力
- 金属与冶炼
- 半导体



配备 DVC5000 的蝶阀



配备 DVC5000 的 Vee-Ball® 旋转阀





用于恶劣应用工况的 Whisperflo™ 内件

我们的产品和服务范围

- 控制阀和执行机构
  - 直行程控制阀
  - 部分球阀和蝶阀
  - 蒸汽调节阀
- 数字式阀门控制器
- 数字式液位控制器
- AMS ValveLink 软件
- 现场安装的仪表
- 快速替换件服务
- 调压器



配备 DLC3000 的 Levetrol 浮筒



Flovue™



Baumann Little Scotty



DLC3000



DVC6000



Contek



配备 DVC5000f 的直行程阀门

www.control-valve.net 控制阀在线

我们在亚太地区

亚太地区的总部设在新加坡，于 1974 年开始运行。

- 在亚太地区有 29 个销售代理
- 3 个直接办事处
- 6 个制造工厂
- 新加坡工厂建于 1990 年，占地 60,000 平方英尺。于 1994 年扩展到 200,000 平方英尺以满足仪表制造的需要。
- 在 2000 年，增加了研发和设计能力。



费希尔亚太地区的总部
新加坡班丹湾 1 号

www.control-valve.net 控制阀在线

第四版前言

控制阀是世界上现代制造业里越来越重要的元件。选型正确且维护良好的控制阀有助于提高效率、安全性、赢利能力和生态保护能力。

这本《*控制阀手册*》*自从 1965 年首次出版以来就*作为主要的参考书。第四版包括有关控制阀性能和最新技术的重要信息。

- 第 1 章提供关于控制阀的介绍，包括控制阀和仪表的通用术语的定义。
- 第 2 章提出有关控制阀性能的重要主题。
- 第 3 章讨论阀门和执行机构的类型。
- 第 4 章介绍数字式阀门控制器模拟式定位器，流量增强器和其他控制阀附件。
- 第 5 章是为某一应用场合而选择一个最佳控制阀的完整指南。
- 第 6 章讨论特殊控制阀的选型和应用。
- 第 7 章讨论减温器、蒸汽调节阀和透平旁路系统。
- 第 8 章说明典型的控制阀的安装和维护过程。
- 第 9 章包含世界上有关控制阀标准和认证机构的信息。
- 第 10 章提供有用的工程参考数据表。
- 第 11 章包括管道连接参考数据。
- 第 12 章是有关常用单位转换的有用资源。

这本《控制阀手册》是关于控制回路里的最重要的环节－控制阀及其附件的一本教材和参考书。这本书包含过程控制领域里一些著名专家的广泛且经过时间考验的知识，包括来自 ISA 和 Crane 公司的专家门的贡献。

www.控制阀在线 control valve.net

控制阀在线
www.control-valve.net

目　　录

第 1 章. 控制阀介绍 1
什么是控制阀 1
过程控制术语 2
直行程控制阀术语 6
旋转式控制阀术语 15
控制阀的功能和特性术语 16
其它过程控制术语 20

第 2 章. 控制阀的性能 23
过程偏差度 23
死区 25
执行机构 - 定位器的设计 28
阀门响应时间 29
阀门类型与特性化 31
阀门口径计算 36
经济效果 37
概括 39

第 3 章. 阀门和执行机构类型 41
控制阀 41
直通式阀 41
单阀座阀体 41
平衡阀芯笼式阀体 43
大流通能力阀笼导向阀体 44
阀座导向单阀座阀体 44
双阀座阀体 44

www.control-valve.net 控制阀在线

三通阀体 45
旋转阀 45
蝶阀阀体 45
V 形切口控制阀体 46
偏心阀板控制阀体 47
偏心球塞控制阀体 47
控制阀连接端 48
旋入式管螺纹 48
螺栓紧固带垫片法兰 48
焊接连接端. 49
阀体阀盖 49
伸长型阀盖 50
波纹管密封型阀盖 51
控制阀填料 52
聚四氟乙烯(PTFE) V 形环 52
石墨片和丝 52
美国关于泄漏排放的法规要求 53
单层 PTFE V 型环填料 54
ENVIRO-SEAL® PTFE 填料 54
ENVIRO-SEAL® 双层填料 55
KALREZ® 填料 55
ENVIRO-SEAL® 石墨 ULF 55
HIGH-SEAL™ 石墨 ULF 55
适用于旋转阀的 ENVIRO-SEAL® 石墨填料 57
适用于旋转阀的石墨带填料 57
阀笼导向阀体的特性化 58
特性化的阀芯 59
阀芯导向 60
限制流通能力的控制阀阀内件 61
执行机构 62
薄膜执行机构 62
活塞执行机构 63
电液执行机构 64
手动执行机构 64
齿条齿轮执行机构 64
电动执行机构 64

第 4 章. 控制阀附件 67
定位器 67
其它控制阀附件 69
限位开关 71
电磁阀组 71
供气压力调节器 71
气动锁定系统 72
活塞执行机构的失效安全系统 72
电 – 气转换器 72

www.control-valve.net

电 – 气阀门定位器 74
诊断 74

第 5 章. 控制阀选型 75
阀体材质 77
高镍合金代号 77
标准等级的压力 - 温度额定值 78
铸造碳钢（ASTM A216 等级 WCC 阀门） 78
铸造铬 - 钼钢（ASTM A217 等级 WC9 阀门） 79
铸造铬 - 钼钢（ASTM A217 等级 C5 阀门） 80
铸造 304L 型不锈钢（ASTM A351 等级 CF3 阀门） 81
铸造 316 型不锈钢（ASTM A351 等级 CF8M 和 CG8M） 82
ASTM A216 铸铁阀门的压力 - 温度额定值 84
ASTM B61 和 B62 铸铜阀门的压力 - 温度额定值 85
法兰连接直通式控制阀的端面至端面间距 86
对焊连接直通式控制阀的端面至端面间距 88
套焊连接直通式控制阀的端面至端面间距 89
螺纹连接直通式控制阀的端面至端面间距 90
凸面法兰连接角形直通式控制阀的端面至中心线间距 90
松套式法兰连接直通式控制阀的端面至端面间距 90
无法兰部分球控制阀的端面至端面间距 91
单法兰（凸耳式）和无法兰（对夹式）蝶阀的端面至端面间距 91
偏心高压蝶阀端面至端面间距 92
材料组合的磨损和摩擦表 92
控制阀阀座泄漏等级 93
VI 级最大允许泄漏量 94
典型的阀内件材料温度限制 94
弹性材料的工作温度限制 95
环境温度下的腐蚀情况 96
弹性材料的特性信息 101
流体适应性 104
控制阀的流量特性 108
流量特性 108
流量特性的选择 109
阀门口径计算 110
液体工况阀门口径计算 110
缩写和术语 112
公式常数 113
确定管道几何形状系数 Fp 114
确定 q_{max}（最大流量）或 ΔP_{max}（最大允许计算压力降） 115
确定 q_{max}（最大流量） 115
确定 ΔP_{max}（最大允许计算压力降） 115
液体工况口径计算例题 117
可压缩流体阀门口径计算 119
确定压降比系数 X_{TP} 121
可压缩流体口径计算例题 1 121

可压缩流体口径计算例题 2 123
单阀座直通阀阀体的口径计算系数示例 126
旋转式阀门的口径计算系数示例 127
执行机构尺寸计算 129
直通阀 129
A. 不平衡力 129
控制阀的典型的不平衡面积 129
B. 提供阀座负载的力 131
C. 填料摩擦力 131
典型的填料摩擦力数值 132
D. 附加力 132
执行机构力计算 133
旋转式执行机构尺寸计算 133
力矩公式 133
开启力矩 133
动态力矩 133
典型的旋转阀的力矩系数 134
带复合密封的 V 形切口球阀 134
带复合密封的高性能蝶阀 134
最大转角 134
非破坏性试验步骤 134
磁性颗粒（表面）检验 135
液体渗透（表面）检验 135
射线照相（立体）检验 135
超声波（立体）检验 135
气蚀和闪蒸 136
阻塞流引起的闪蒸和气蚀 136
闪蒸工况阀门选型 137
气蚀工况阀门选型 138
噪声预测 138
空气动力噪声 138
液体动力噪声 139
噪声控制 140
噪声概述 142
填料的选择 143
直行程阀门的填料选择指南 145
旋转阀的填料选择指南 146

第 6 章．特殊控制阀 147
大流通能力控制阀 147
小流量控制阀 148
高温控制阀 148
低温工况用阀门 149
自定义流量特性与减噪音内件 150
在美国用于核工况的控制阀 150
受硫化应力裂纹影响的阀门 151

www.控制阀在线 control-valve.net

MR0175 2003 年前的修正本 151
NACE MR0175/ISO 15156 152
NACE MR0103 153

第 7 章. 蒸汽调节阀门 155
理解过热减温 155
过热减温的技术特点 156
典型的减温器型式 158
固定几何形状喷嘴型 158
可变几何形状喷嘴型 159
自我包容型 159
蒸汽辅助雾化型 160
几何形状辅助对夹型 161
理解蒸汽调节阀门 161
蒸汽调节阀 162
蒸汽冷却器 164
蒸汽喷淋器 164
理解透平旁路系统 165
透平旁路系统的部件 165
透平旁路阀 166
透平旁路水控制阀 166
电液系统 166

第 8 章. 安装与维护 167
正确的存储和保护 167
正确的安装技术 168
阅读操作手册 168
确认管道清洁 168
检查控制阀 168
采用良好的管接实践 168
控制阀维护 169
被动性维护 169
预防性维护 170
预见性维护 170
使用控制阀诊断 170
仪表空气泄漏 170
供气压力 171
行程偏差和继电器调整 171
仪表空气质量 171
服务中的摩擦力和摩擦力趋势 172
其它实例 172
持续的诊断技术的发展 172
执行机构膜片 172
阀杆填料 172
阀座环 173
研磨金属阀座 173

www.控制阀在线 control-valve.net

更换阀座环 173
弹簧设定范围 174

第 9 章. 标准与认证 175
控制阀标准 175
美国石油组织（API）..... 175
美国机构工程师学会（ASME）..... 175
欧洲标准化委员会（CEN）..... 176
欧洲工业阀门标准 176
欧洲材料标准 176
欧洲法兰标准 177
流体控制组织（FCI）..... 177
美国仪表学会（ISA）..... 177
国际电工委员会（IEC）..... 178
国际标准组织（ISO）..... 178
制造商标准化学会（MSS）..... 178
国际腐蚀工程师协会（NACE）..... 179
危险（分类）场所产品认证 179
参考标准 179
加拿大标准协会（CSA）标准 179
欧洲电工标准化委员会（CENELEC）标准 179
美国仪表学会（ISA）标准 179
国际电工委员会（IEC）标准 179
美国电气制造商协会（NEMA）标准 179
美国防火协会（NFPA）标准 179
北美认证 179
认证机构 179
保护类型 179
命名方法 180
危险场所分类 180
温度代号 181
NEMA 外壳等级 181
一般场所 181
危险（分类）场所 182
CSA 壳体等级 182
本安装置 182
整体概念 182
CSA 系统参数概念 183
回路示意图（控制图）..... 183
保护技术比较 184
隔爆技术 184
该技术的优点 184
该技术的缺点 184
安装要求 184
本安技术 184
该技术的优点 184

该技术的缺点 184
防止粉尘点燃技术 185
无火花技术 ..... .185
该技术的优点 185
该技术的缺点 185
欧洲和亚太地区认证 185
认证机构 185
CENELEC 认证 185
保护类型 185
隔爆 185
增安 186
本安 186
无火花 186
命名方法 186
危险场所分类 186
组别 186
区域 187
温度代号 187
IEC 壳体等级 187
NEMA 和 IEC 壳体等级比较 188
保护技术比较 188
防爆技术 188
该技术的优点 188
该技术的缺点 188
增安技术 188
该技术的优点 188
该技术的缺点 189
本安技术 189
该技术的优点 189
该技术的缺点 189
n 型技术 189
该技术的优点 189
该技术的缺点 189

第 10 章. 工程数据 191
阀门标准材料的规格 191
阀门受压部件的材料性能 197
碳氢化合物的物理常数 200
比热比 202
各种流体的物理常数 203
致冷剂 717（氨） 206
水的特性 211
饱和蒸汽的特性 212
过热蒸汽的特性 219
管道内液体的速度 226
水流过壁厚号 40 的钢管 228

www.control-valve.net 控制阀在线

空气流过壁厚号 40 的钢管 232
壁厚号 40 以外的管道的计算 236

第 11 章. 管道数据 237
管道螺纹接合 237
碳钢和合金钢—不锈钢 238
美国管道法兰尺寸—螺孔中心圆直径（英寸）..... 251
美国管道法兰尺寸—双头螺栓数量和直径（英寸）..... 252
美国管道法兰尺寸—法兰直径（英寸）..... 253
美国管道法兰尺寸—带法兰管件的法兰厚度（英寸）..... 254
PN16 公称压力的铸钢法兰标准 255
PN25 公称压力的铸钢法兰标准 256
PN40 公称压力的铸钢法兰标准 257
PN63 公称压力的铸钢法兰标准 258
PN100 公称压力的铸钢法兰标准 259
PN160 公称压力的铸钢法兰标准 259
PN250 公称压力的铸钢法兰标准 260
PN320 公称压力的铸钢法兰标准 260
PN400 公称压力的铸钢法兰标准 261

第 12 章. 单位转换与换算 263
长度换算 263
整数英寸—毫米换算 263
分数英寸至毫米 264
其它分数 / 小数英寸—毫米换算 264
面积换算 266
体积换算 266
体积流量换算 266
质量转换—磅至公斤 267
压力换算 268
压力转换—每平方英寸巴 268
温度转换公式 269
温度转换 269
A.P.I 和 Baume 比重表和重量因子 271
可压缩流体的等效体积和重量流量 273
粘度转换图解法 274
其它有用的转换 275
公制前缀与符号 275

标题索引 277

www.控制阀在线 control-valve.net

第 1 章

控制阀介绍

www.control-valve.net 控制阀在线

什么是控制阀？

过程工厂是由成百甚至上千个控制回路组成的。所有这些控制回路被连接成网络以生产可供销售的产品。每一个控制回路都经过设计以保证重要的过程变量如压力、流量、液位、温度等不超出要求的工作范围，这样可以确保最终产品的质量。每一个回路都会接受并从内部产生扰动。这些干扰对过程变量产生决定性的影响。网络里其它回路之间的相互作用也会产生影响过程变量的扰动。

为了减少这些负载扰动的影响，传感器和变送器会收集关于过程变量及其与要求的设定点之间的关系的信息。控制器然后处理这些信息并决定必须怎样做才能使得过程变量在负载扰动发生后恢复到它的正常范围。所有的测量、比较和计算工作完成后，某种类型的终端控制元件必须执行由控制器选择的控制策略。

过程控制工业里最常用的终端控制元件就是控制阀。控制阀调节流动的流体，如气体、蒸汽、水或化学混合物，以补偿负载扰动并使得被控制的过程变量尽可能地靠近需要的设定点。

许多人讨论控制阀或阀门，其实他们指的是控制阀组件。控制阀组件典型地由阀体、

阀内件零件、提供阀门操作驱动力的执行机构、以及各种各样的阀门附件所组成。阀门附件包括定位器、转换器、供气压力调节器、手动操纵器、阻尼器或限位开关。本手册的其它章节会提供关于所有控制阀部件的更多细节。

该装置是否被称为阀门、控制阀或控制阀组件并不与认识到控制阀是控制回路里的关键部分一样重要。说控制阀是回路里的最重要部分是不准确的。把控制回路考虑成一条仪表链是非常有用的。就象其它链一样，这条完整的链的好坏取决于它的最薄弱的环节。重要的是确保控制阀不是最薄弱的链节。

下面是有关过程控制、直行程控制阀、旋转式控制阀、以及其它控制阀的功能和特性术语的定义。

注意：

带星号（*）的定义选自 ISA 控制阀术语初稿标准 S75.05，经许可使用。

过程控制术语

附件：一个安装在执行机构上补充执行机构的功能并使其成为一个完整的操作单元的装置。例子包括定位器、供气压力调节器、电磁阀和限位开关。

执行机构*：一个提供力或运动去打开或关闭阀门的气动、液动或电动装置。

执行机构组件：一个包括所有相关附件使之成为一个完整的操作单元的执行机构。

空程：提供给一种死区的通用名词。这种死区是当一个装置的输入改变方向时由于装置输入与输出之间的暂时中断引起的。一个机械连接的松弛或松动是空程的一个典型例子。

（阀门）流通能力*：在规定条件下通过一个阀门的流量。

闭环回路：一种过程元件的相互连接方式：有关过程变量的信息被连续不断地反馈给控制器的设定点，以连续地、自动地纠正过程变量。

控制器：一种通过使用某些既定的运算来调节控制变量的自动操作的装置。控制器的输入接受关于过程变量状态的信息，然后提供一个相应的输出信号给终端控制元件。

控制回路：（见“闭环回路”。）

控制范围：控制阀能够把实际阀门增益保持在标准值 0.5 和 2.0 之间的阀门行程范围。

控制阀：（见“控制阀组件”。）

控制阀组件：包括通常安装在阀门上的所有部件：阀体组件、执行机构、定位器、调压器、转换器、限位开关等。

死区：输入信号改变方向但不致于引起输

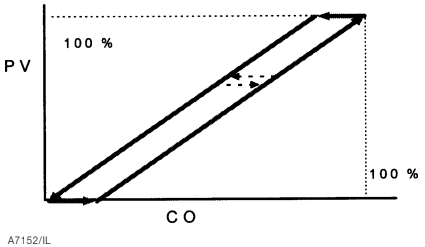


图 1-1. 过程死区

出信号的可以观察到的变化时，输入信号的可变化范围。死区是用来描述一种适用于任何装置的通用现象的名词。对于阀门组件，控制器的输出 (CO) 是阀门组件的输入，而过程变量 (PV) 是输出，如图 1-1 所示。使用术语“死区”时，有必要把输入和输出区分开来，并确保测量死区的任何测试在全部负载条件下进行。死区典型地表示为百分比的输入量程。

时滞时间：从一个小的阶跃输入（通常 0.25%-5%）起，系统没有响应被检测到的时间长短 (T_d)。它从阶跃输入开始的时间起测量，一直到被测试系统产生第一个能检测到的响应的时间为止。时滞时间可用于阀门组件或整个工艺过程。（见 T_{63}）

阀板：带线性或旋转运动的、用来调节流量的阀内件元件，也可指阀芯或截流元件。

等百分比特性*：一种固有流量特性：额定行程的等量增加会理想地产生流量系数 (C_V) 的等百分比的改变（图 1-2）。

终端控制元件：执行由控制器的输出决定的控制策略的装置。终端控制元件可以是一个减振器、一个变速驱动泵或一个开关式切换装置，但是过程控制工业里最常见的终端控制元件是控制阀组件。控制阀调节流动的流体，如气体、蒸汽、水或化学混合物，以补偿扰动并使得被控制的过程变量尽可能地靠近需要的设定点。

一阶：这个术语指的是一个装置的输入与输出之间的动态关系。一个一阶系统或装置只有一个能量储存装置。它的输入与输出之间的动态转换关系是由外部行为决定的。

摩擦力：趋向于阻止两个相互接触表面之间的相互运动的力。摩擦力是把两个表面压在一起的正压力和这两个表面的特性的函数。摩擦力有两种：静态摩擦力和动态摩擦力。静态摩擦力是在两个表面之间产生相对运动之前必须克服的力。一旦相对运动开始后，为了保持相对运动而必须克服的力就是动态摩擦力。移动或滑动摩擦，是口语，有时候用来描述动态摩擦力。粘住、滑擦、或“静摩擦”，也是口语，有时候用来描述静态摩擦力。静态摩擦力是阀门组件死区的主要原因之一。

增益：通用术语，可用于许多情况。在它最常用的含义里，增益是一个给定系统或装置的输出改变量相对于引起该输出改变量的输入改变量的比例。增益有两种：静态增益和动态增益。静态增益是输入与输出之间的增益关系，是系统或装置处于稳定状态时，输入能够引起输出改变的程度的指标。敏感性有时候用来说明静态增益。动态增益是时当系统处于运动或流动状态时的

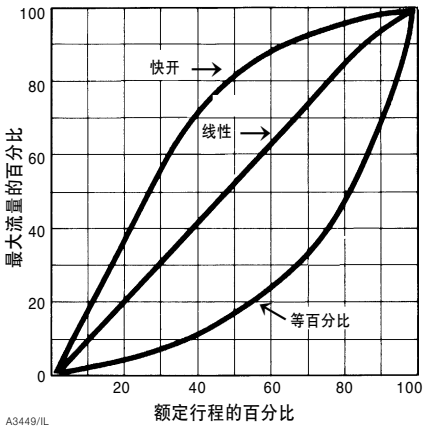


图 1-2. 固有阀门特性

输入与输出之间的增益关系。动态增益是输入改变频率或比率的函数。

滞后*：在一个校验循环里，相对于任何单个输入值的输出值的最大差值，不包括由于死区引起的误差。

固有特性*：在经过阀门的压力降恒定时，随着截流元件（阀板）从关闭位置运动到额定行程的过程中流量系数与截流元件（阀板）行程之间的关系。

典型地，这些特性可以绘制在曲线图上，其水平轴用百分比行程表示，而垂直轴用百分比流量（或 C_v 值）表示（图 1-2）。由于阀门流量是阀门行程和通过阀门的压力降的函数，在恒定的压力降下进行流量特性测试提供了一种比较阀门特性类型的系统方法。用这种方法测得的典型的阀门特性有线性、等百分比和快开（图 1-2）。

固有阀门增益：在恒定的压力降条件下，通过阀门的流量改变量相对于阀门的行程改变量的比例。固有阀门增益是阀门结构的固有函数。它等于固有特性曲线在任意行程点上的斜率，也是阀门行程的函数。

安装特性*：当通过阀门的压力降受到变化的过程条件的影响时，随着截流元件（阀板）从关闭位置运动到额定行程的过程中流量与截流元件（阀板）行程之间的关系。（关于安装特性是如何确定的更多细节，请参阅第二章里的“阀门类型与特性化”。）

安装阀门增益：在实际过程条件下，通过阀门的流量改变量相对于阀门行程改变量的比例。安装阀门增益是当阀门安装在一个特定的系统里，且压力降允许根据总系统的指令而自然改变时产生的阀门增益关系。安装阀门增益等于安装特性曲线的斜率，也是阀门行程的函数。（关于安装增益是如何确定的更多细节，请参阅第二章“阀门类型与特性化”。）

I/P：电流 - 气压（I 到 P）的缩写。典型地用于输入转换器模块。

线性度*：与两个变量有关的一条曲线与一条直线的接近程度。（线性度也指的是相同的直线作用于向上和向下两个方向。这样，上面所定义的死区典型地会被认为是一种非线性度。）

线性特性*：一种固有流量特性，可以用一条直线在流量系数（C_v 值）相对于额定

行程的长方形图上表示出来。因此，行程的等量增加提供流量系数（C_v）的等量增加（图 1-2）。

回路：（见“闭环回路”。）

回路增益：所有回路元件被看作串联在回路里时的组合增益。有时候指的是开环增益，有时候必须清楚地说明指的是静态回路增益还是动态回路增益。

手动控制：（见“开环回路”。）

开环回路：这样一种情况：过程控制元件的连接被中断，这样，过程变量的信息不再反馈给控制器的设定点，所以对过程变量的纠正也不再进行。这种情况典型地是通过把控制器设置在手动操作状态来实现的。

填料：阀门组件的一个部件，用于防止阀板或阀杆周围的泄漏。

定位器*：一个位置控制器（伺服机构），它在机械上被连接到终端控制元件或其执行机构的一个运动部件上，自动调整向执行机构的输出，以保持一个需要的与输入信号成比例的阀门位置。

过程：控制回路里除了控制器之外的所有组合元件。过程典型地包括控制阀组件、被控制的压力容器或热交换器、以及传感器、泵和变送器。

过程增益：被控制的过程变量的改变量对于相应的控制器输出的改变量的比例。

过程偏差度：关于过程是如何被紧密地控制在设定点周围的一种精确的统计学测量。过程偏差度典型地以百分比定义为 $(2\sigma/m)$，式中 m 是被测过程变量的设定点或平均值，σ 是过程变量的标准方差。

快开特性*：一种固有流量特性：在截流元件很小的行程下可以获得很大的流量系数（图 1-2）。

放大器：一个作用类似于功率放大器的装置。它接受电气、气动或机械输入信号，并提供大流量的空气或液压流体输出给执行机构。放大器可以是定位器的一个内部元件或者一个单独的阀门附件。

分辨率：当输入不改变方向时用来产生一个能检测到的输出变化所需要的最小可能的输入变化。分辨率典型地表示为百分比的输入量程。

响应时间：通常由一个包括时滞时间和时间常数的参数来测量。（见 T_{63}、时滞时间和时间常数。）用于控制阀时，它包括整个阀门组件。

二阶：一个术语，指的是一个装置的输入与输出之间的动态关系。一个二阶系统或装置有两个能量储存装置。它们能够在它们自己之间来回传输动态和潜在能量，这样就引入了振荡行为或超调的可能性。

传感器：一个测量过程变量值并提供一个相应的输出信号给变送器的装置。传感器可以是变送器的集成部件，也可以是一个单独的元件。

设定点：一个参考值，代表需要的被控制的过程变量值。

阀轴扭转：一种现象，指的是阀轴的一端扭转而另一端不扭转。这种现象典型地发生在执行机构由一根相对长的阀轴连接到阀门截流元件上的旋转式阀门上。当阀门的密封摩擦力把阀轴的一端保持在某一个位置时，执行机构一端的阀轴的旋转被阀轴的扭转所吸收，直到执行机构的输入传递出足够的力来克服这个摩擦力。

（阀门）口径计算：一种经过设计的系统方法，用来确保阀门在一系列的过程工况条件下有正确的流通能力。

粘住：（见“摩擦力”。）

T_{63}：设备响应时间的一种测量。它是通过把一个小的阶跃输入（通常 1 - 5%）作用到系统上来测量的。T_{63}从阶跃输入开始的时间起测量，一直到系统输出达到63%的最终稳态值的时间为止。它是系统时滞时间（T_d）和系统时间常数（t）的组合值。（见“滞后时间”和“时间常数”。）

时间常数：一个通常用于一阶元件的时间参数。它是从系统产生第一个相对于小阶跃输入（通常0.25% - 5%）的能检测到的响应时起一直到系统输出达到 63% 的最终稳态值时测量得到的时间间隔。用于开放回路过程时，时间常数通常表示为τ。用于闭和回路系统时，时间常数通常表示为λ。

变送器：一个测量过程变量值并提供一个相应的输出信号给控制器以跟设定点进行比较的装置。

行程*：截流元件从关闭位置到一个中间或额定全开位置的运动。

行程指示器：一个指针和标尺，用来从外部表示截流元件的位置，典型地以行程或旋转角度的百分比为单位。

阀内件*：调节被控制流体的阀门内部部件。

阀门：（见“控制阀组件”。）

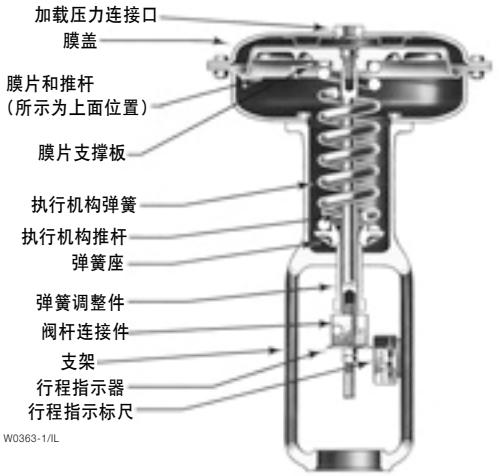
流体增压器：一个独立的放大器通常称为流体增压器或简单地增压器，因为它增加或放大供应给执行机构的压缩空气量。（见“放大器”。）

直行程控制阀术语

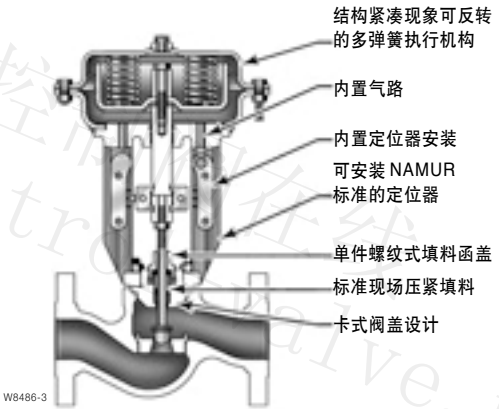
以下术语适用于配备薄膜或活塞执行机构的标准直行程控制阀的物理和工作特性。有些术语，尤其是那些与执行机构有关的术语，也适用于旋转式控制阀。尽管也包括其它通用术语，但是本手册提出的许多定义符合ISA标准S75.05，控制阀术语。对于一些较复杂的术语，本手册也提供附加的解释。零部件名称标注在图1-3至图1-6上。接下来

www.control-valve.net 控制阀在线

正作用
执行机构



气开式
阀组件



向下推关闭
的阀体组件

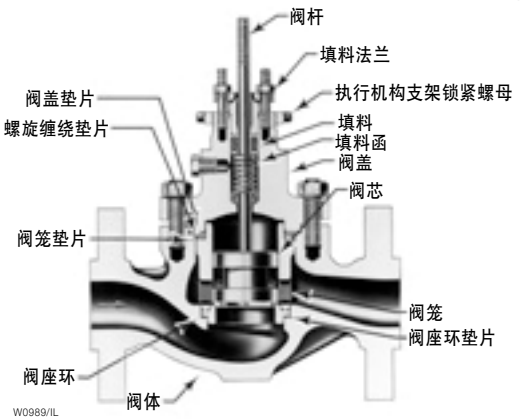


图 1-3. 典型的直行程控制阀组件的主要部件

www.control-valve.net 控制阀在线

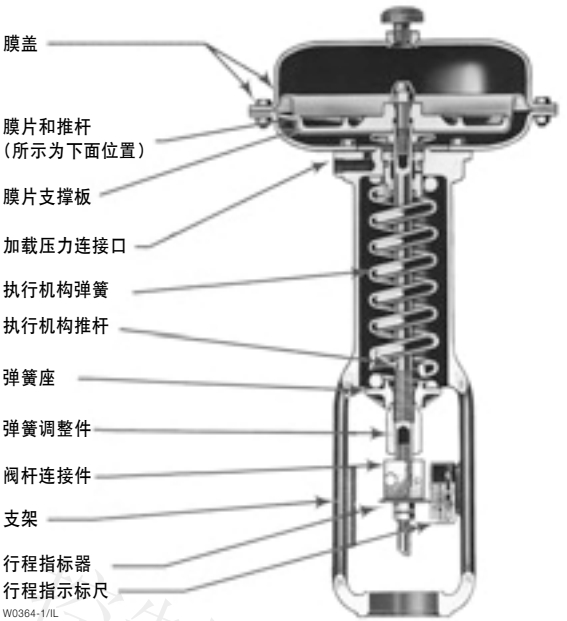


图 1-4. 典型的反作用薄膜执行机构

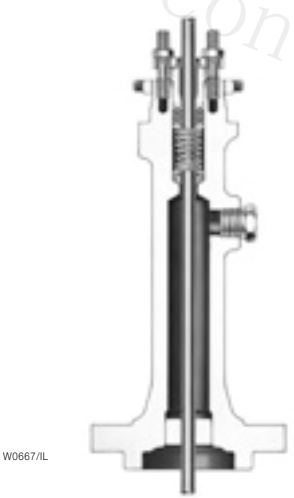


图 1-5. 伸长型阀盖



图 1-6. 波纹管密封型阀盖

的独立章节定义旋转式控制阀的术语、控制阀的功能和特性术语、以及其它过程控制术语。

执行机构弹簧：包含在支架或执行机构膜盖里的一根或一组弹簧。它（们）向与膜片压力相反的方向移动执行机构推杆。

执行机构推杆：把执行机构连接到阀杆上并将运动（力）从执行机构传递给阀门的零件。

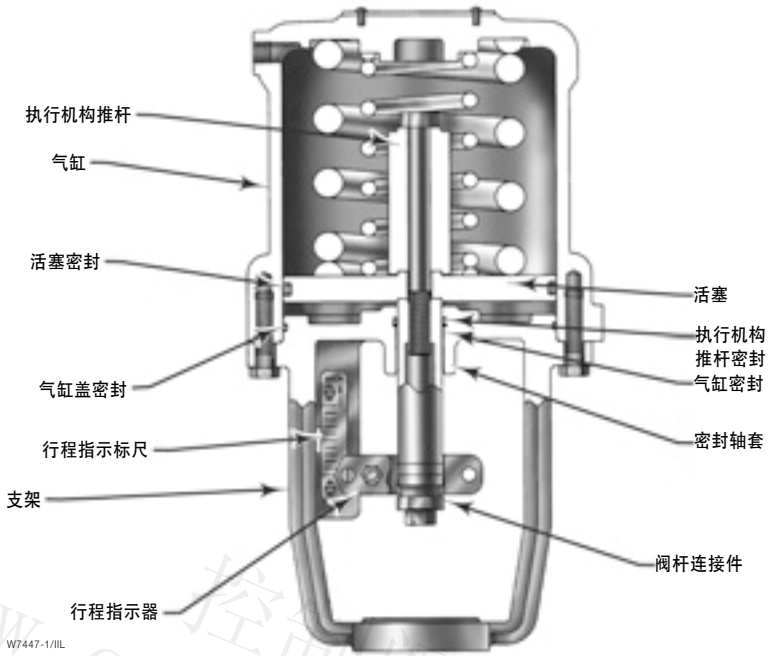


图 1-7. 典型的常偏压弹簧的双作用活塞式执行机构

执行机构推杆加长轴：活塞执行机构推杆的加长部分，提供一种把活塞运动传递给阀门定位器的方法（图 1-7）。

执行机构推力：执行机构提供的净力，用来对阀芯进行实际定位。

角形阀：一种阀门结构，它的一个口与阀杆或执行机构在同一直线上，另一个口则与阀杆成一垂直角度。（也可见直通阀。）

波纹管密封型阀盖：使用波纹管来防止截流元件连接杆周围泄漏的一种阀盖（图 1-6）。

阀盖：阀门的包含填料函和阀杆密封并能对阀杆进行导向的部分。它为阀腔提供主要的开孔以安装内部零件，也可以是阀体的一个不可分割的部分。它把执行机构连接到阀体上。典型的阀盖与阀体是用螺栓连接的、用螺纹旋入的、用焊接连接的、用压力密封的、或者集成不可分隔的。（这个术语通常指的是阀盖及其包含的填料零件。更加准确地说，这一组零部件应该称为阀盖组件。）

阀盖组件：（通常称为阀盖，更加准确地称为阀盖组件）一个组件，包括阀杆可以在其中运动的零件以及防止阀杆周围泄漏的密封形式。它通常提供安装执行机构和装入填料组件的方法。

底法兰：一个封闭与阀盖开孔相对的阀体开孔的零件。它包括一个导向轴套或用来



图 1-8. 直通阀阀体的特性化阀笼

调换阀门的作用方式。

轴套：支持或导向移动零件如阀杆的装置。

阀笼: 阀内件的一个零件，它包容截流元件并能规定流量特性或提供座合表面。它也提供了稳定性、导向、平衡和对中性，而且有助于其它阀内件零件的组装。阀笼壁包含通常决定控制阀流量特性的开孔。各种各样的阀笼形式示于图 1-8。

截流元件: 阀门的可运动部件，它置于流体通道中，用来调节通过阀门的流量。

截流元件导向面: 截流元件的一部分，它使得截流元件在阀笼、阀座环、阀盖、底法兰或以上任意两个零件里运动。

气缸: 活塞执行机构的气室，活塞在其中运动（图 1-7）。

气缸端盖密封：活塞执行机构气缸与支架的连接处的密封元件。

膜片：一个活动的把力传递给膜片支撑板和执行机构的压力响应元件。

薄膜执行机构：一个流体驱动的装置，在其中流体作用在一个活动的部件 - 膜片上。

膜盖: 包含上下两个部分的壳体，用来支撑膜片并建立一个或两个气压室。

膜片支撑板：与膜片同心的用来把力传递给执行机构推杆的板。

正作用执行机构: 一种薄膜执行机构，它的推杆会随着膜片压力的增加而伸出来。

伸长型阀盖：一种阀盖，填料函与阀盖法兰之间的距离较长，用于高温或低温工况。

直通阀：一种阀门，带线性运动的截流元件，有单阀座或多阀座，它的阀体因为阀座

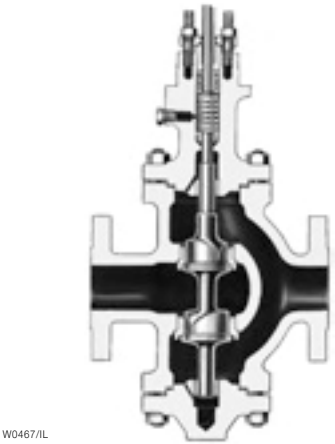


图 1-9. 反作用双阀座直通阀阀体



图 1-11. 配备平衡阀芯的三通阀



图 1-10. 带法兰座的角形控制阀阀体

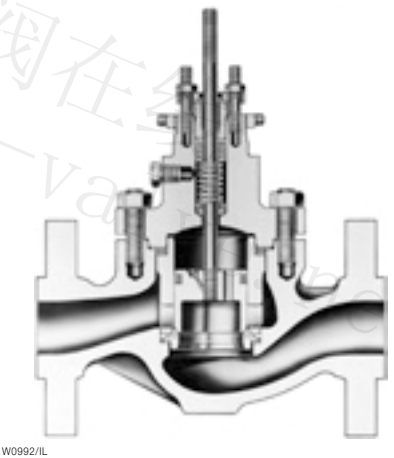


图 1-12. 配备笼式内件、平衡阀芯和软阀座的阀体

区域有一个球形的内腔而与众不同。直通阀可以进一步分为：二通单阀座、二通双阀座（图 1-9）、角形（图 1-10）、三通（图 1-11）、不平衡阀笼导向（图 1-3）和平衡阀笼导向（图 1-12）。

下阀体：包含阀门内部零件，有一个流道连接口的阀体壳体的一半部分。在分体式阀体结构里，阀座环通常被压在上阀体和下阀体之间。

www.control-valve.net 控制阀在线

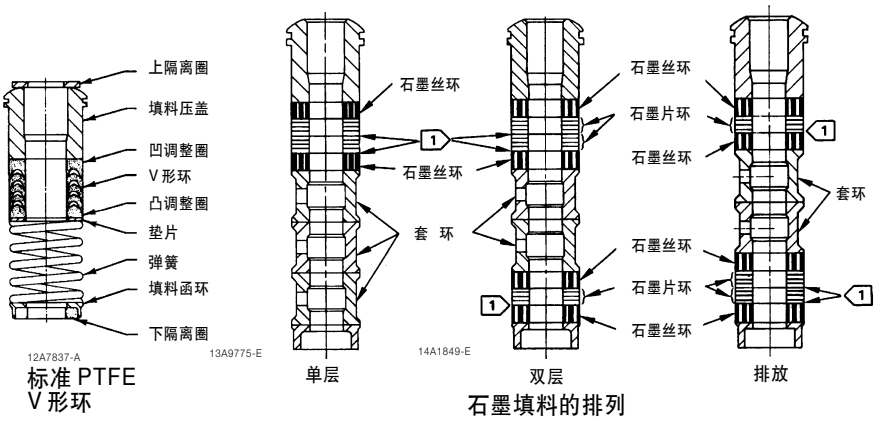


图 1-13. 直通阀阀体的填料材料的完整排列

补偿式阀门：一种阀门结构，在不同的但互成180度的对立面上有入口和出口管线连接。

填料函（组件）：阀盖组件的一部分，用来防止截流元件连接杆周围的泄漏。包括在完整的填料函组件里的是下列零部件的部分或全部的组合：填料、填料压盖、填料螺母、套环、填料弹簧、填料法兰、填料法兰双头螺栓或单头螺栓、填料法兰螺母、填料环、填料隔离圈环、毛毡隔离圈、Belleville 弹簧和抗挤压环。单独的填料零件示于图 1-13。

活塞：一个可移动的把力传递给活塞执行机构推杆的压力响应元件（图 1-7）。

活塞式执行机构：一个流体驱动的装置，在其中流体作用在一个可移动的活塞上使执行机构推杆产生运动。活塞式执行机构（图 1-7）可以或者分为：双作用式，因此，在任一方向上都可产生最大的驱动力；或者分为弹簧复位式，因此在失去气源时，执行机构会使阀门沿着要求的行程方向移动。

阀芯：一个经常用来指的是截流元件的术语。

阀口：控制阀的流量控制口。

保持环：一个用来把可拆卸法兰保持在阀体上的分体环。

反作用执行机构：一种薄膜执行机构，它的推杆会随着膜片压力的增加而退回来。反作用执行机构有一个密封轴套（图 1-4）安装在支架的上端，以防止膜片压力沿着执行机构推杆泄放。

橡胶套：一个防止破坏性异物进入活塞执行机构的密封轴套的保护性装置。

密封轴套：用来提供一种防止活塞执行机构气缸泄漏方式的上、下轴套。合成橡胶O

形圈被用在轴套里，以密封气缸、执行机构推杆和执行机构推杆加长轴（图 1-7）。

阀座：截流元件与它的配合表面相接触的区域，它实现阀座的关闭。

阀座负载：在规定的静态条件下，截流元件与阀座之间的净接触力。实际上，对于一个给定的控制阀，执行机构的选择就是以需要多大的力来克服静态、阀杆和动态不平衡力，并留有一个余量给阀座负载为基础的。

阀座环：阀体组件的一个零件，它为截流元件提供座合表面，并成为流体控制口的一部分。

可拆卸法兰：一个安装在阀体流通口上的法兰。它通常被一个保持环保持在其位置上。

弹簧调整件：一个管件，通常旋在执行机构推杆上或旋入支架里面，以调整弹簧压缩量。

弹簧座：一块板，保持弹簧到位并提供一个让弹簧调整件接触的平面。

静态不平衡力：在规定的压力条件下，且流体处于静止状态时，由于流体压力作用在截流元件和阀杆上而产生的净力。

阀杆连接件：把执行机构推杆连接到阀杆上的装置。

阀内件：调节被控流体的阀门内部部件。在直通阀体里，阀内件典型地包括截流元件、阀座环、阀笼、阀杆和阀杆销钉。

阀内件，软阀座：带有弹性、塑性或其它易变形材料的阀内件，用在截流部件或者阀座环里，以用最小的执行机构力取得严密的关闭。

上阀体：包含阀门内部零件、有一个流道连接口的阀体壳体的一半部分。它通常包括一种防止阀杆周围泄漏的方式，并提供一种把执行机构安装在分体式阀体上的方法。

阀体：阀门的主要的压力承受腔。它也提供管道连接端和流体流通通道，并支撑阀座表面和阀门截流元件。最常用的阀体结构有：a)带一个阀座口和阀芯的单阀座阀体；b）带二个阀座口和一个阀芯的双阀座阀体；c) 带一个入口和一个出口二个流体连接端的二通阀体；d)带三个流体连接端的阀体，其中二个连接端可以是入口，而一个是出口（用于混合流体），或者一个连接端是入口，而二个是出口（用于分散流体）。术语阀体经常用来指的是带有阀盖组件和包含阀内件零部件的阀体。更加准确地说，这一组部件应该称为阀体组件。

阀体组件（通常称为阀体或阀门，更加准确地称为阀体组件）：一个阀体、阀盖组件、底法兰（如使用）和阀内件元件的组合件。阀内件包括截流元件，它打开、关闭或部分地阻挡一个或多个阀座口。

www.控制阀在线.net



W4641

传统阀板蝶阀



W4920/IL

部分球阀



W6213/IL

偏心阀板阀



W5471/IL

流线型轮廓阀板蝶阀

图 1-14. 典型的旋转式控制阀结构

阀芯：一个经常与阀塞交换使用的术语，指的是截流元件。

阀杆：直行程阀门里，连接执行机构推杆和截流元件的零件。

支架：把执行机构的动力单元刚性地连接到阀门上的结构。

旋转式控制阀术语

下面的定义仅适用于旋转式控制阀。

执行机构杠杆：连接到旋转阀阀轴上的臂。它把执行机构推杆的线性运动转换成旋转力，以定位旋转式阀门的阀板或球。这根杠杆正常地是通过间隙很小的花键或其它减小空隙和运动损失的方法连接到旋转式阀轴上的。

全球: 旋转式控制阀的流体控制元件。它使用一个完整的球并带有一个通过它的流体通道。流体通道与管道直径相等或相一致。

部分球：旋转式控制阀的流体控制元件。它使用一个部分球并带有一个通过它的流体通道。

V 形切口球：最常见的部分球控制阀类型。V形切口球包括一个抛光的或涂层的部分球表面，它紧靠阀座环在全行程范围内作旋转运动。在球上的V形切口可以实现很高的可调比，并提供一个等百分比的流量特性。

注意：

上面提到的球和下面要说明的阀板具有与直通式控制阀里的阀芯类似的功能。也就是说，随着它们的旋转，它们会通过对流动的流体打开或关小密封面积来改变流束的大小和形状。

传统阀板：用于最常见的各种各样的蝶阀里的对称的流体控制元件。在调节工况里，非常高的动态力矩往往会把传统阀板限制在 60 度的最大转角里。

动态设计的阀板：蝶阀阀板经过流线型轮廓处理，可减小大旋转角度增量时的动态力矩，因此使得它适用于需要最大至90度的阀板旋转角的调节工况。

偏心阀板：阀门结构常用名词，在这种阀门结构里，阀轴与阀板连接的位置会使得阀板在打开时沿着一条很小的偏心路径运动。这使得阀板在被打开时能够尽可能快地偏离与密封的接触，这样可以减少摩擦和磨损。

无法兰阀门: 常见的旋转式控制阀类型。无法兰阀门用长螺栓夹在 ANSI 等级的法兰之间（有时候也称为对夹式阀体）。

偏心球塞: 带偏心旋转球塞的旋转式控制阀类型。偏心球塞会塞进或偏离阀座，可以减少摩擦和磨损。此类阀门非常适合于冲刷性的应用场合。

反向流：流体从阀板、球或球塞背面的阀轴一侧流出。有些旋转式控制阀能够在任意一个方向上均衡地处理流体。其它类型的旋转阀可能需要修改执行机构的连接件以处理反向流。

万向轴承：通常用于执行机构推杆与执行机构杠杆之间的连接。其目的是促进执行机构线性推力向旋转力转换，并尽可能减少运动损失。在旋转式阀体上配备一个标准的可互换作用方向的执行机构，通常需要使用两个万向轴承的连接件。然而，选择为旋转式阀门工况而特别设计的执行机构时只需要一个这样的轴承，因而减少了运动损失。

旋转式控制阀：一种阀门类型，它的流体截流元件（全球、部分球、阀板或球塞）在流体通道里旋转，以控制阀门流量（图1-14）。

密封环：旋转式控制阀的对应于直通阀阀座环的那个零件。阀板或球的相对于密封环的位置决定了在某个旋转行程增量时的流通面积和流通能力。正如以上说明的，有些密封结构允许双向流动。

阀轴：旋转式控制阀的对应于直通阀阀杆的那个零件。阀轴的旋转对流体通道里的阀板或球进行定位，因此可以控制阀门的流通能力。

滑动密封：气动活塞式执行机构气缸下面的密封，为旋转式阀门工况而设计。这个密封允许执行机构推杆垂直移动和周向旋转，而不会使得下气缸压力泄放。

标准流向：带有独立的密封环或流体环的那些旋转式控制阀的流动方向：流体通过与密封环相邻的管道进入阀体并从与密封环相对的另一端流出。有时候称为前向流。（也可见“反向流”。）

枢轴式安装：一种安装方式，用二个在直径方向相对的轴承把阀板或球安装在阀轴或短轴上。

控制阀的功能和特性术语

弹簧设定范围：控制阀执行机构弹簧调整范围，以平衡实际的过程力。

流通能力：在规定条件下通过阀门的额定流量。

间隙流：当截流元件没有座合时低于最小可控流量的那个流量。

膜片压力范围：膜片压力范围高低值之差。这可以认为是一种固有或安装特性。

双作用执行机构：在任意一个方向上都可以提供动力的执行机构。

动态不平衡力：由于过程流体压力的作用，在任何规定的开度下，在阀芯上产生的净力。

有效面积：在薄膜执行机构里，有效面积是

有效地产生输出力的那部分膜片面积。膜片的有效面积可能会随着它的运动而改变，通常在行程的开始时为最大，而在行程的末尾时为最小。模压膜片比平板膜片有较小的有效面积改变，因此推荐使用模压膜片。

等百分比流量特性：（见“过程控制术语”：“等百分比流量特性”。）

失气－关闭：这样一种状态：当驱动能源失去时，阀门截流元件移至关闭位置。

失气－打开：这样一种状态：当驱动能源失去时，阀门截流元件移至打开位置。

失气－安全：阀门及其执行机构的一种特性：在驱动能源供应中断时，会使得阀门截流元件移至全闭、全开、或留在上次的位置，任何一种位置都被认为是保护工艺过程必需的。失效－安全作用方式可能需要采用连接到执行机构上的辅助控制。

流量特性：当百分比额定行程从 0 变化到 100% 时，流经阀门的流量与百分比额定行程之间的关系。这个术语应该总是表述为固有流量特性或安装流量特性。

流量系数（C_V值）：一个与阀门的几何结构有关的、对于一个给定行程的常数（C_V 值），可用来衡量流通能力。它是在每平方英寸 1 磅的压力降下，每分钟流过阀门的 60°F 水的美国加仑数。

高压力恢复阀门：一种阀门结构，由于流线型的内部轮廓和最小的流体紊流，它会分散相对少的流体能量。因此，在阀门缩流断面下游的压力会恢复到入口压力的一个很高的百分比值。直流通式阀门，如旋转式球阀是典型的高压力恢复阀门。

固有模片压力范围：阀体内压力为大气压时，作用于膜片以产生额定阀芯行程的压力高和低值。这个范围通常指的是弹簧设定值范围，因为当阀门被设定在该工作范围上时，这个范围将是阀门的动作范围。

固有流量特性：在经过阀门的压力降恒定时，随着阀门从关闭位置运动到额定行程，流量与截流元件行程之间的关系。

安装膜片压力范围：在阀体承受规定的工况下，作用于膜片以产生额定阀芯行程的压力高和低值。由于作用在截流元件上的力，固有膜片压力范围可能会不同于安装膜片压力范围。

安装流量特性：当经过阀门的压力降受到变化的过程工况影响时，随着阀门从关闭位置运动到额定行程，流量与截流元件之间的关系。

泄漏量：（见“阀座泄漏量”。）

线性流量特性：（见“过程控制术语”：“线性特性”。）

低压力恢复阀门：一种阀门结构，由于流体通道轮廓产生的紊流，它会分散很大一部分的流体能量。其结果是，在阀门缩流断面下游的压力会恢复到比带有更多流线型通道的阀门更小的一个入口压力百分比值。尽管每个阀门结构不尽相同，但是普通的直通阀通常有低的压力恢复能力。

修正的抛物线流量特性：一种流量特性，它在截流元件的低位行程处提供等百分比的特性，而在截流元件的高位行程处提供线性特性。

常关阀：（见“失气－关闭”。）

常开阀：（“见失去－打开”。）

向下推关闭结构：一种直通式阀门结构，它的截流元件位于执行机构和阀座环之间，这样执行机构推杆的推出会将截流元件移向阀座环，最后关闭阀门（图 1-3）。该术语也可用于旋转式阀门结构。在旋转式阀门结构里，执行机构推杆的线性伸出会将球或阀板移向关闭位置。（也称为正作用。）

向下推打开结构：一种直通式阀门结构。它的阀座环位于执行机构和截流元件之间，这样执行机构推杆的推出会将截流元件从阀座上移开，因此打开阀门。该术语也可用于旋转式阀门结构。在旋转式阀门结构里，执行机构推杆的线性伸出会将球或阀板移向打开位置。（也称为反作用）。

快开流量特性：（见“过程控制术语”：“快开特性”。）

可调比：与指定的流量特性的偏差不超过规定的限制时，最大的流量系数（C_V值）与最小的流量系数（C_V值）之间的比例。当流量增加到 100 倍最小可控制流量时，一个仍然能够很好地控制的阀门就有一个 100 : 1 的可调比。可调比也可表示为最大与最小可控制流量之间的比例。

额定流量系数（C_V值）：额定行程下阀门的流量系数（C_V值）。

额定行程：阀门截流元件从关闭位置运动至额定全开位置的距离。额定全开位置是由制造商推荐的最大开度。

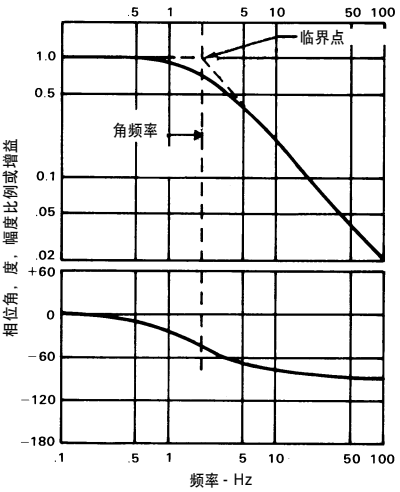
相对流量系数：指定行程时的流量系数（C_V值）与额定行程时的流量系数（C_V值）之间的比例。

阀座泄漏量：当阀门在规定的压差和温度下处于全闭位置时，流经阀门的流体量。（ANSI 泄漏等级，简述于第 5 章。）

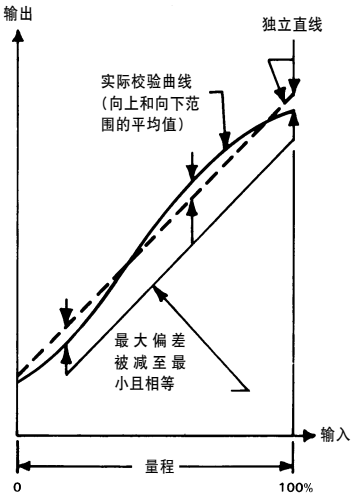
弹簧系数：弹簧长度每单位改变时弹簧力的改变。在薄膜执行机构控制阀里，弹簧系数通常用磅力 / 英寸压缩量来表示。

阀杆不平衡力：由于流体压力的作用，在任意位置的阀杆上产生的净力。

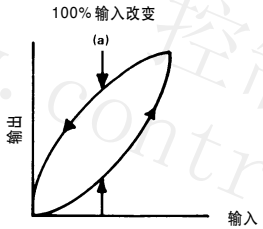
缩流断面：流速最大、流体静压和截面积最小处的那部分流束。在一个控制阀里，缩流



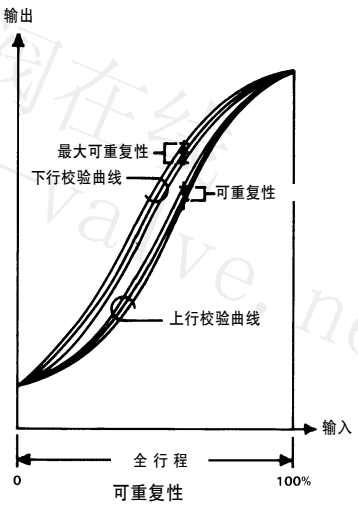
典型的 Bode 图



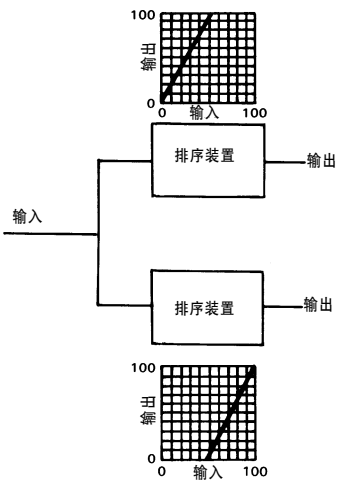
校验曲线和独立线性度



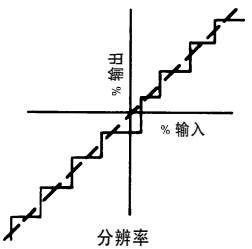
校验循环和回差(a)



可重复性



信号幅度排序（分程）



分辨率

图 1-15 . 各种控制阀术语的图形化表示

www.control-valve.net 控制阀在线

断面通常位于实际的物理限制的下游。

其它过程控制术语

与控制阀、仪表和附件有联系的人经常会碰到下面一些以前没有定义过的术语和名词。有些术语（用 * 表示）摘录自ISA标准：过程仪表术语，ISA51.1。其它包括的术语也被广泛运用于整个控制阀工业。

ANSI：美国国家标准组织的缩写。

API：美国石油组织的缩写。

ASME：美国机械工程师学会的缩写。

ASTM：美国测试和材料学会的缩写。

自动控制系统 *：一种不需要人工干预就能工作的控制系统。

Bode图*：一幅转换函数的在对数基线上的对数幅度比例和相位角度值图（图 1-15）。这是图形化表示频率响应数据的最常见形式。

校验曲线 *：校验结果的图形化表示（图 1-15）。一个装置的稳态输出表示为它的稳态输入的函数。该曲线通常以百分比的输出量程对百分比的输入量程的形式来表示。

校验循环 *：在仪表的量程范围内，在上升然后下降的方向上，使用被测量变量的已知值，并记录相应的输出读数值（图1-15）。校验循环曲线可以通过先增加然后减小装置的输入而获得。它通常以百分比的输出量程对百分比的输入量程的形式来表示。它提供回差的一种测量。

间隙流量：当截流元件没有座合时，低于最小可控制流量的那个流量。

控制器 *：自动操作以调节被控变量的装置。

焓：一个热动态量，它是阀体的内部能量和其体积与压力之积的和：H=U+pV。（也称为热容量）。

熵：在一个热动态系统里，不能转化为机械功的能量的理论量度。

反馈信号 *：测量直接的被控制变量而得到的返回信号。对于一个带定位器的控制阀，反馈信号通常是反馈给定位器的截流元件连接杆位置的机械指示。

FCI：流体控制组织的缩写。

频率响应特性 *：以幅度和相位表示的稳态正弦输入及其引起的基本正弦输出之间的频率依赖关系。输出的幅度和相位移动可以被看作输入测试频率的函数，并用来描述控制装置的动态行为。

硬度：金属抵抗塑性变形（通常以凹陷形式）的能力。塑料和橡胶的抵抗尖头刺入其表面的能力。

www.control-valve.net 控制阀在线

振荡*：外部激励消失之后，仍然存在的一种具有明显幅度的振动。振荡有时候被称为循环或极限循环。振荡是在或接近稳定极限处工作的证据。在控制阀里，控制系统或阀门定位器的不稳定会引起执行机构加载压力的波动，振荡会随之而出现。

滞后：当作用在一个物体上的力变化时的延迟效果（好像来自粘性或内部摩擦力）。

ISA: 美国仪表学会的缩写。现在称为国际测量与控制学会。

仪表压力：由一个自动控制器提供的用来使阀门工作的输出压力。

加载压力：用来对气动执行机构进行定位的压力。这是实际作用在执行机构膜片或活塞上的压力。如果没有使用阀门定位器，加载压力可以是仪表压力。

NACE：用来代表美国腐蚀工程师协会。随着该组织的范围越来越国际化，这个名词已经改为国际 NACE。NACE 已经不再是一个缩写。

OSHA：职业安全和健康法令（美国）的缩写。

工作介质：这是指流体，通常为空气或气体，用来为阀门定位器和自动控制器的工作提供动力。

工作极限*：一个装置能够承受而不会导致工作特性永久性损害的工作条件范围。

范围：二个极限之间的区域，其间距可以被测量、接受、或传递，并用上下范围值来表示（如：3 至 15 Psi；-4 至 212°F；-40 至 100℃）。

可重复性*：在全部行程范围内，沿着相同的方向，在相同的工作条件下，对于相同的输入值，一系列连续的输出测量值的接近程度。它通常是作为不可重复性来测量的，但以百分比量程来表示。它不包括回差（图 1-15）。

敏感性*：在达到稳定状态后，输出幅度的改变与引起该改变的输入改变之间的比例。

信号*：一个物理变量，它的一个或多个参数携带关于该信号所代表的另外一个变量的信息。

信号幅度排序（分程）*：一种动作方式，其中有二个或更多个信号产生，或者有二个或更多个终端控制元件被一个输入信号驱动，每一个终端控制元件连续地、带或不带重叠对该输入信号的幅值作出响应（图 1-15）。

量程*：上下范围值的算术差（如：范围=0 至 150°F，量程 =150°F；范围 =3 至 15 Psig，量程 =12 Psig）。

www.control-valve.net 控制阀在线

静摩擦：使两个接触的物体开始相对运动后需要的力。

气源压力 *：一个装置供气口处的压力。常用的控制阀气源压力值对于3至15 Psig的弹簧设定范围为20 Psig，对于6至30 Psig的弹簧设定范围为35 Psig。

零误差 *：当输入为低范围值时，一个装置在规定的使用条件下的误差。它通常表示为百分比的理想量程。

www.control-valve.net 控制阀在线

第 2 章

控制阀的性能

www.control-valve.net 控制阀在线

在今天这个动态的商业环境里，制造商们正处于极端的经济压力之下。市场全球化正在产生减少制造成本以与低工资和低材料成本的发展中国家竞争的巨大压力。尽管国际性公司曾经满足过不断变化的客户的需要，但是它们之间仍然存在竞争以提供最高质量的产品并用较少的资源来最大化产出。它们尽管完全遵守公众和法规政策，但是还必须面对这些市场挑战。

过程偏差度

为了向它们的股东提供可以接受的回报，国际工业领袖们正在认识到他们必须降低原材料和废弃成本，同时增加生产力。通过应用过程控制技术减少制造过程中的过程偏差度已经被认为是一种改善投资回报和克服全球竞争压力的有效方法。

一个公司的基本目标就是通过生产高质量的产品来赚取利润。高质量的产品满足一系列的技术规格。任何对于已经建立的技术规格的偏离就是意味着由于原料的过量使用、重新加工成本或废弃产品而损失利润。这样，通过改善过程控制就可以取得很大的经济效果。通过较好的过程控制来减少过程偏差度可以从一开始就实现过程的优化和产品的正常生产。

原材料和生产过程里的固有的不一致性是产生偏差的常见起因。它们会使得过程变

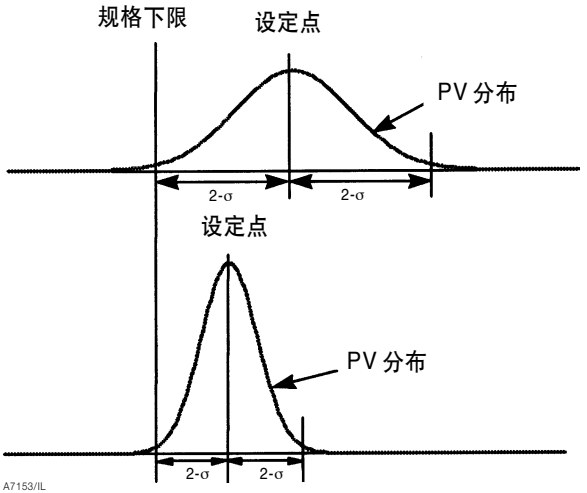


图2-1. 过程偏差度

量产生一个高于或低于设定点的偏差。一个处于控制状态且只有常见的偏差起因存在时的过程典型地会遵循钟形正态分布(图 2-1)。

在这个分布上，由统计学得到的一个数值区域称为+/-2 σ区。它描述了过程变量偏离设定点的程度。这个区域就是过程偏差度。它是对过程被控制得如何紧密的一种测量。过程偏差度(见第1章里的定义)是过程紧密程度的一种精确测量。它表示为设定点的一个百分比。

例如,如果一个产品必须满足某个技术规格的下限,那么设定点需要建立在这个下限之上的2 σ值处。这样做将确保在这个下限右面生产的所有产品会满足质量规格。

然而，问题是在一个比技术规格要求大很多的水准上生产很大百分比的产品会浪费很多金钱和资源(见图2-1上面的分布图)。

最理想的解决方案是通过选用一个能产生较小的 σ 的阀门来减小偏差的分布程度(见图 2-1 下面的分布图)。

减小过程偏差度是取得企业目标的一个关键。大多数公司已经认识到这一点。对它们来说，把成千上万美元花费在仪表上面，以解决过程偏差度减小的问题是一件寻常的事情。

不幸的是，由于其对动态性能的影响未被认识到，控制阀在这个方面常常被忽略了。对控制回路的广泛研究表明多达80%的回路在减小过程偏差度方面做得不好。进一步，人们发现控制阀由于各种各样的原因是这个问题的主要贡献者。

为了检验阀门的性能，制造商们必须在动



图 2-2. 性能测试回路

态的过程条件下测试它们的产品。这些测试典型地是在流量试验室里的实际闭环回路控制下进行的（图 2-2）。在闭环回路条件下评估控制阀组件提供了对偏差度情况的唯一真实的测量。闭环回路性能数据证明为应用工况选择一个合适的阀门可以取得过程偏差度的明显减小。

控制阀减小过程偏差度的能力取决于许多因素。必须考虑多个独立参数。控制阀工业里的研究已经发现终端控制元件包括阀门、执行机构和定位器的特殊的结构特点对于在动态条件下取得好的过程控制是非常重要的。更加重要的是，控制阀组件必须作为一个元件而进行优化或制造。不是作为一个完整的组件而设计的阀门部件典型地不会产生最好的动态性能。设计时需要考虑的一些最重要的因素包括：

- 死区
- 执行机构 / 定位器的设计
- 阀门响应时间
- 阀门类型和口径计算

每一个设计因素都会在本章里考虑，以提供关于是什么组成了一个超乎寻常的阀门结构的真知灼见。

死区

死区是超大过程偏差度的主要贡献者。由于各种各样的原因，如摩擦力、游移、阀轴

扭转、放大器或滑阀的死区等，控制阀组件可以是一个仪表回路里死区的主要来源。

死区是一种通用现象，指的是当输入信号改变方向时，不能使得被测过程变量 (PV) 产生变化的控制器输出 (CO) 值的范围或宽度。(见第1章这些术语的定义)。当一个负载扰动发生时，过程变量 (PV) 会偏离设定点。这个偏差会先通过控制器，后通过过程产生一个纠正性的动作。然而，控制器输出的一个初始变化可能不会产生一个相应的过程变量的纠正性的改变，只有当控制器的输出有大得足于克服死区的改变时，一个相应的过程变量的改变才会发生。

控制器输出改变方向的任何时候，在过程变量的任何纠正性改变发生前，控制器的信号必须通过死区。工艺过程里死区的存在会使得过程变量偏离设定点。控制器的输出必须增加到大得足于克服死区，只有这时一个纠正性的动作才会发生。

死区有很多原因，但是控制阀的摩擦力和游移、旋转阀阀轴的扭转以及放大器的死区是几种常见的形式。由于大部分的调节式控制的动作是由小信号改变（1% 或更小）组成的，一个有超大死区的控制阀可能甚至根本不会对这么多的小信号改变作出响应，一个制造精良的阀门应该能够对1%或更小的信号作出响应以有效地减小过程偏差度。然而，并不奇怪的是有些阀门展示出5%或更大的死区。在最近的一次工厂审计里，30% 的阀门有

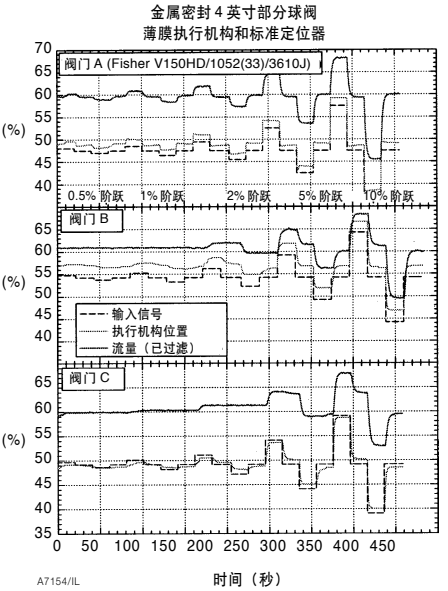


图 2-3. 死区对于阀门性能的影响

超过4%的死区。超过65%的被审计回路有大于 2% 的死区。

图2-3正好表示死区的组合效果是多么大。这个图代表正常过程条件下三个不同的控制阀的开环回路测试。这些阀门接受一系列的阶跃输入，范围从 0.5% 到 1%。阶跃测试必须在那些重要的流动工况下进行，因为这些工况允许评估整个控制阀组件的性能，而不是在大部分的标准测试条件下仅仅评估阀门执行机构的性能。

有些对控制阀性能的测试仅仅比较相对于输入信号的执行机构推杆的行程。这是一种误导，因为它忽略了阀门本身的性能。

关键的是测量流动工况下阀门的动态性能，这样，过程变量的改变才能与阀门组件的输

入信号改变相比较。如果只有阀杆对于阀门输入的改变作出响应，那么这种测试的意义不大，因为如果没有相应的控制变量的改变，也就没有对于过程变量的纠正。

在所有三个阀门测试里（图 2-3），执行机构推杆的运动都能对输入信号的改变作出很好的响应。另一方面，这些阀门在对应于输入信号的改变而改变流量的能力方面却有很大的不同。

对于阀门 A，过程变量（流量）能对小到 0.5% 的输入信号作出很好的响应。阀门 B 要求输入信号的改变大于 5%，才开始对每一个输入信号阶跃作出很好的响应。阀门 C 明显更差，要求信号改变大于 10%，才开始对每一个输入信号阶跃作出很好的响应。阀门 B 或 C 的改善过程偏差度的能力是非常差的。

摩擦力是控制阀死区的一个主要原因。旋转阀对于由高的阀座负载引起的摩擦力非常敏感。对于有些密封型式，高的阀座负载是为了获得关闭等级所必需的。由于高的摩擦力和低的驱动应变刚度，阀轴会扭转，无法把运动传递给控制元件。结果是，一个设计很差的旋转阀可能会展示出很大的死区，这个死区明显对过程偏差度有决定性的影响。

制造商们通常会在制造过程中润滑旋转阀的密封，但是经过只有几百次的循环动作之后，润滑层就会磨损掉。另外，压力引起的负载也会导致密封磨损。结果是，对于某些阀门型式，阀门的摩擦力可能会增加 400% 或更多。这就说明在力矩稳定之前，通过使用标准类型的数据来评估阀门而得出的性能方面的结论是误导。阀门 B 和 C（图 2-3）表明这些较高的摩擦力矩因素会对一个控制阀的性能产生毁灭性的影响。

填料摩擦力是直行程控制阀的摩擦力的主要来源。在这些类型的阀门里，测量得到的摩擦力可能会随着阀门形式和填料结构的不同而有很大的差别。

执行机构的类型对于控制阀组件的摩擦力也有根本性的影响。总的来说，弹簧薄膜执行机构比活塞执行机构对控制阀组件产生更小的摩擦力。弹簧薄膜执行机构的另外一个优点是它的摩擦力比较恒定，不会随时间的变化而变化。活塞执行机构的摩擦力会随着导向面和 O 形圈的磨损、润滑层的损失以及弹性体的性能等级下降而显著增加。这样，为了确保连续的最佳性能，活塞执行机构比弹簧薄膜执行机构需要更加频繁的维护。如果不进行维护，过程偏差度就会显著增加，而操作人员对此一无所知。

空程（见第 1 章里的定义）给机械连接的空动或松动起的名词。当装置改变方向时，这种空动会引起运动的不连续性。空程通常发生在具有各种各样配置的齿轮驱动的装置里。齿条齿轮执行机构由于空程特别容易产生死区。有些阀轴的连接也展示出死区的效果。花键连接总的来说比键槽连接的阀轴或双 D 形结构有更小的死区。

尽管摩擦力可以通过优良的阀门设计而大大

地减小，但是全部消除它却是一个困难的问题。一个设计制造精良的控制阀应该能够消除由于空程和阀轴扭转而引起的死区。

为了在减小过程偏差度方面取得最佳效果，整个阀门组件的总的死区应该等于或小于 1%，理想地，应该低到 0.25%。

执行机构－定位器的设计

执行机构和定位器的设计必须一起考虑。这两个设备的组合会在很大程度上影响控制阀组件的静态性能（死区）和动态响应、以及阀门这个仪表的总的空气消耗量。

今天，定位器用于大部分指定的控制阀应用场合。与普通的数字式控制系统一起使用时，定位器可以提供很高的定位精度以及对过程干扰的更加快速的响应。随着人们越来越把重点放在过程控制的经济效果上，在过程优化重要的每一个阀门应用场合都应该考虑使用定位器。

一个好的定位器在降低过程偏差度方面的最重要特性是它是一个高增益装置。定位器的增益由两部分组成：静态增益和动态增益。

静态增益是一个装置能感测到输入信号的微小改变（0.125% 或更小）的敏感性。除非这个装置对这些小信号改变敏感，否则它不可能对过程变量的干扰作出响应。定位器的高静态增益是通过一个前置放大器而取得的。这个放大器在功能上类似于包含在高保真音响系统里的前置放大器。在很多气动定位器里，一个喷嘴－档板或类似装置具有与这种高静态增益前置放大器一样的作用。

一旦过程变量的改变被高静态增益前置放大器所感测到，定位器必须能使得截流元件快速地运动，以提供一个对于过程变量的及时的纠正动作。这需要很大的动力来使得执行机构和阀门组件快速地运动到一个新的位置。换言之，定位器必须迅速提供大量的空气给执行机构以使得它作出快速的响应。这种能力来自定位器的高动态增益。尽管前置放大器能够提供高静态增益，但是它典型地没有足够的能力来提供所需要的动力。这样，前置放大器的功能必须通过一个高动态增益动力放大器来进行补偿。而这个高动态增益动力放大器能够根据需要快速地提供要求的空气流量。这种动力放大器的功能一般是由一个放大器或滑阀提供的。

滑阀定位器由于其简单性而相对比较常用。不幸的是，很多滑阀定位器是通过在设计时取消高增益前置放大器而取得这种简单性的。这些定位器的输入阶段通常是一个低静态增益转换器模块。这个转换器模块把输入信号（电气或气动）转换成滑阀的移动，但是这种装置通常对于小信号改变的敏感性很低。其结果是很大的时滞时间和很慢的控制阀组件总体响应时间。

有些制造商试图通过使用口径较大且通道重叠较少的滑阀来补偿这些装置较差的性能。这的确增加了装置的动态动力增益。如果与执行机构非常匹配，这个方法会在一定程度上改善性能，但是它大大地增加了这些高增益滑阀的空气消耗量。很多高

增益滑阀定位器比典型的高性能二级定位器有大于 5 倍的静态仪表空气消耗量。

典型的二级定位器在动力放大阶段使用气动放大器。放大器受到偏爱，因为它们能提供高动力增益。这种高动力增益用最小的稳态空气消耗量产生最好的动态性能。另外，它们不易受到流体污染。

随着微处理器装置越来越普及（见第 4 章），定位器的设计正在发生巨大的变化。这些基于微处理器的定位器提供与最好的普通二级定位器一样的动态性能。它们也提供阀门监视和诊断能力，有助于确保最初的优良性能不会随着使用而下降。

概括地说，同时具有高静态和高动态增益的高性能定位器能为任何一个给定的阀门组件提供降低过程偏差度方面的最佳总体性能。

阀门响应时间

对于许多过程的优化控制，重要的是阀门快速地到达一个指定的位置。对于小信号改变 (1% 或更小) 作出快速的响应是在提供优化过程控制方面的其中一个最重要的因素。在自动的、调节式控制场合，从控制器接受的大量信号改变都是为了取得小的阀门改变。如果一个控制阀组件能够快速地对这些小信号改变作出响应，过程偏差度将会得到改善。

阀门响应时间是通过一个称为 T_{63} 的参数来测量的。(见第 1 章里的定义)。T_{63} 是从输入信号改变开始起到输出达到63%的相应改变时测量所得到的时间。它包括阀门组件的时滞时间（一个静态时间）和阀门组件的动态时间。这个动态时间是对于执行机构从一旦开始移动至达到63%的点所需要的时间的一种度量。

死区，不管是源自阀体和执行机构里的摩擦力，还是来自定位器的，都能在很大程度上影响阀门组件的时滞时间。重要的是使得时滞时间尽可能地小。总的来说，时滞时间应该不超过阀门总体响应时间的三分之一。然而，时滞时间与过程时间常数之间的相对关系是关键的。如果阀门组件置于一个过程时间常数接近时滞时间的快速回路里，时滞时间会严重地影响回路的性能。在这些快速回路里，关键是要选择时滞时间尽可能小的控制设备。

从回路整定的角度看，时滞时间在阀门的两个行程动作方向保持相对恒定也是很重要的。有些阀门组件结构在一个行程动作方向比在另一个有3至5倍长的时滞时间。这种特性典型地是由定位器设计的不对称特性引起的。它会严重地限制把回路整定到最佳总体性能的能力。

一旦时滞时间已经过去，且阀门开始响应，阀门响应时间的剩余部分来自阀门组件的动态时间。这个动态时间主要是由定位器和执行机构组合的动态特性决定的。这两个部件必须很好地匹配以减少阀门的总的响应时间。例如，在一个气动阀门组件里，定位器必须有一个高动态增益以减小阀门组件的动态时间。这个动态增益主

要由定位器里的动力放大器提供。换言之，定位器放大器或滑阀能够越快地提供大量的压缩空气给执行机构，阀门的响应时间也将越快。然而，这种高动态增益动力放大器对时滞时间有很小的影响，除非它有一些故意设计在其中的死区以减少静态耗气量。当然，执行机构的设计对动态时间有很大的影响。例如，需要充填的执行机构气室的容积越大，阀门的响应时间就越慢。

首先，可能看起来解决方案应该是把执行机构容积减至最小，并把定位器的动态动力增益提高至最大，但是事实并非如此简单。从稳定性角度看，这可能是多个因素的危险组合。要知道定位器/执行机构组合组成了它自己的反馈回路。对于正在使用的执行机构型式，使得定位器/执行机构回路的增益太高可能会引导阀门组件进入一个不稳定的振荡状态。另外，减小执行机构容积对于推力/摩擦力比例有负面影响。这会增加阀门组件的死区，从而导致时滞时间的增加。

对于一个给定的应用场合，如果没有足够的总体推力/摩擦力比例，一个选择就是通过使用下一个较大尺寸的执行机构来增加执行机构的推动力、或增加给执行机构的压力。这个较高的推力/摩擦力比例会减小死区。这有助于减少阀门组件的时滞时间。然而，这两个选择都意味着需要较大的压缩空气量供应给执行机构。作为交换的是通过增加动态时间而对阀门响应时间产生一个可能的破坏性影响。

减少执行机构气室容积的一个方法是使用活塞执行机构而非弹簧薄膜执行机构，但这不是灵丹妙药。活塞执行机构通常比弹簧薄膜执行机构有更大的推力，但是它们也有更高的摩擦力，这可能会引起与阀门响应时间有关的问题。为了获得需要的活塞执行机构的推力，通常有必要使用比薄膜执行机构更高的气源压力，因为典型地活塞有更小的受压面积。这意味着需要供应更大量的空气，随之而产生的是对动态时间的负面影响。另外，活塞执行机构有更多的导向表面。它们由于配合方面的内在困难以及与 O 型圈的摩擦，趋向于有更高的摩擦力。这些摩擦力的问题也趋向于随着时间而增加。不管最初这些 O 型圈是多么好，由于磨损或其它环境条件，这些弹性材料会随时间而降低性能。类似地，导向表面的磨损会增加摩擦力，润滑程度也会降低。这些摩擦力问题会产生更大的活塞执行机构死区。这会通过增加时滞时间而增加阀门的响应时间。

仪表供气压力也可能对阀门组件的动态性能产生很大的影响。例如，它能显著地影响定位器的增益和总耗气量。

固定增益定位器通常已经在某一特殊供气压力下进行了优化。然而，这个增益可能会在供气压力的很小变化范围内成两倍或更多倍地变化。例如，一个在 20 Psig 的供气压力下进行优化的定位器可能会被发现当供气压力增加到 35 Psig 时，它的增益减少了一半。

供气压力也会影响供应给执行机构的空气

量。空气量则决定动作速度。它也与耗气量直接相关。高增益滑阀定位器需要消耗 5 倍于在动力放大阶段使用放大器的更加高效的高性能二级定位器所需的气量。

最小化阀门组件的时滞时间需要最小化阀门组件的死区，不管这个死区是由于阀门密封结构的摩擦力引起的，还是由于填料的摩擦力、阀轴的扭转、执行机构或者定位器的结构引起的。正如先前指出的，摩擦力是控制阀死区的主要原因。对于旋转式阀门，阀轴扭转（见第 1 章里的定义）也是死区的重要起因。执行机构的类型也对阀门组件的摩擦力有重要影响。总的来说，在很长一段时间内，活塞执行机构比弹簧薄膜执行机构提供更大的摩擦力给控制阀组件。如前面所提及的，这是由于活塞 O 形圈、配合不佳的问题、以及润滑失效引起的不断增加的摩擦力导致的。

带高静态增益前置放大器的定位器型式在减小死区方面可以产生很大的不同。它也会对阀门组件的分辨率（见第 1 章里的定义）作出显著的改善。死区和分辨率为 1% 或更小的阀门组件对于满足许多降低过程偏差度的需要是不够的。许多过程要求阀门组件有低至 0.25% 的死区和分辨率，尤其是阀门组件安装于一个快速过程回路的场合。

在对控制阀响应时间的许多研究里有一件令人称奇的事情。那就是关于弹簧薄膜执行机构对活塞执行机构的观念上的变化。过程工业里长期以来的一个误解是活塞执行机构动作起来比弹簧薄膜执行机构快。研究已经表明对于小信号改变，这是不正确的。

这个误解来自于测试阀门的动作时间的多年经验。动作时间测试通常是这样进行的：让阀门组件接受一个 100% 阶跃改变的输入信号，然后测量阀门组件在某一方向上完成一次全行程动作所需要的时间。

尽管活塞驱动的阀门通常比大部分弹簧薄膜驱动的阀门有更快的动作时间，但是这种测试并不能说明在实际的过程控制情况下的阀门的性能。在正常的过程控制应用场合里，阀门很少需要全行程的动作。典型地，阀门只要求在一个 0.25% 至 2% 的阀位变化范围内作出响应。广泛的阀门测试表明弹簧薄膜阀门组件在小信号改变方面的性能总是超过活塞驱动的阀门，而小信号改变更能代表调节式过程控制应用工况。活塞执行机构里较高的摩擦力是使得它们比弹簧薄膜执行机构对于小信号的响应更加慢的一个作用因素。

选择正确的阀门、执行机构和定位器组合不是容易的。这并不是一件简单地找到一个在物理上匹配的组合的事情。良好的工程判断必须融入阀门组件的计算和选型实践，以取得回路的最佳动态性能。

图2-4表示由于阀门组件结构不同引起的时滞时间和总体 T_{63} 响应时间方面的巨大差别。

阀门类型与特性化

所用的阀门类型和阀门口径计算可能会对

阀门响应时间			
	阶跃大小	T(d)秒	T_{63} 秒
ENTECH 指标，4 英寸阀门口径	%	⩽ 0.2	⩽ 0.6
阀门 A(费希尔 V150HD/1052(33)/3610J)			
阀门动作 / 打开	2	0.25	0.34
阀门动作 / 关闭	-2	0.50	0.74
阀门动作 / 打开	5	0.16	0.26
阀门动作 / 关闭	-5	0.22	0.42
阀门动作 / 打开	10	0.19	0.33
阀门动作 / 关闭	-10	0.23	0.46
阀门 B			
阀门动作 / 打开	2	5.61	7.74
阀门动作 / 关闭	-2	0.46	1.67
阀门动作 / 打开	5	1.14	2.31
阀门动作 / 关闭	-5	1.04	2
阀门动作 / 打开	10	0.42	1.14
阀门动作 / 关闭	-10	0.41	1.14
阀门 C			
阀门动作 / 打开	2	4.4	5.49
阀门动作 / 关闭	-2	NR	NR
阀门动作 / 打开	5	5.58	7.06
阀门动作 / 关闭	-5	2.16	3.9
阀门动作 / 打开	10	0.69	1.63
阀门动作 / 关闭	-10	0.53	1.25
NR= 没有响应			

图 2-4. 阀门响应时间摘录

系统里控制阀组件的性能产生很大的影响。一个阀门必须有足够大的口径以通过在所有可能的变化条件下需要的流量。然而对某一个应用场合口径太大的阀门对于过程优化是一个不利因素。

阀门的流通能力也由于阀门的固有特性而与阀门类型相关。固有特性（见第 1 章里的定义）是当经过阀门的压差恒定时阀门的流通能力与阀门行程之间的关系。

典型地，这些特性画在水平线用百分比行程表示而垂直线用百分比流量（C_V 值）表示的曲线上。由于阀门流量是阀门行程和通过阀门的压差的一个函数，所以传统的办法就是在一个恒定的压力降下进行阀门的固有特性测试。这不是实际应用中的正常情况，但是它提供了一种比较阀门特性形式的系统方法。

在恒定的压力降这个特定的条件下，阀门流量就成为阀门行程和阀门内件固有结构的一个函数。这些特性称为阀门的固有流量特性。由此方法得出的典型的阀门特性命名为线性、等百分比和快开。(详细说明见第 3 章里的“传统的特性化阀芯”)。

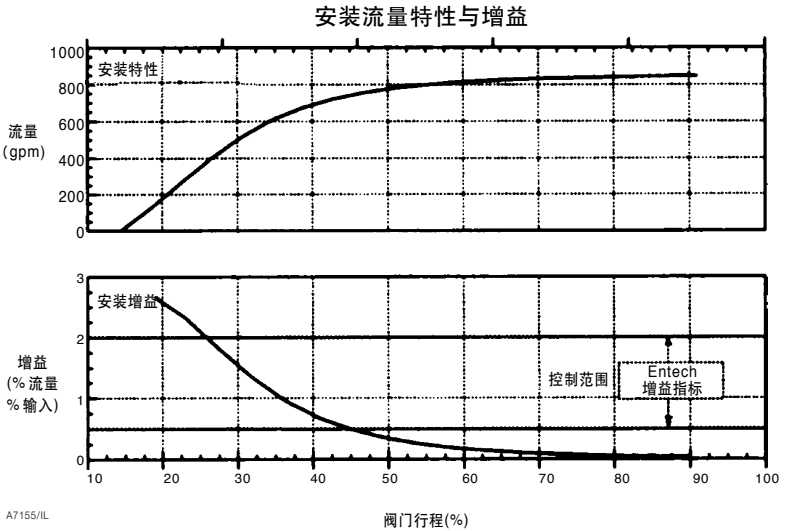


图 2-5. 安装流量特性和增益

阀门流量（输出）的增量变化对于引起这个流量变化的相应的阀门行程（输入）的增量的比例被定义为阀门增益。它就是：

固有阀门增益 =（流量变化 / 行程变化）= 固有特性曲线的斜率

线性特性在阀门的全行程范围内有一个恒定的固有阀门增益，而快开特性在行程范围的较低一端有一个最大的固有阀门增益。等百分比阀门的最大固有阀门增益位于阀门的最大开度处。

固有阀门特性是阀门流体通道几何尺寸的固有函数。只要压力降恒定，它是不会变化的。许多阀门类型，尤其是旋转球阀、蝶阀和偏心球塞阀都有固有特性，它们不会容易地被改变。然而，大部分的直通阀有多种阀笼或阀芯可供选择。这些阀笼或阀芯可以互换以修改固有流量特性。

了解固有阀门特性是有用的，但是要进行过程优化，更加重要的特性是整个过程包括回路里的阀门和所有其它设备的安装流量特性。安装流量特性定义为：当阀门安装在一个特定的系统里且通过阀门的压力降允许自然地改变而不是设为恒定时，流经阀门的流量与阀门组件输入之间的关系。这种安装流量特性的一个示例表示在图 2-5 上方的曲线里。在这个图里，流量与更加让人熟悉的阀门行程而不是阀门组件的输入相联系了起来。

示于图 2-5 下方的曲线里的安装增益，是上面曲线在每一点的斜率的曲线。在实验室里，让整个回路在某些额定设定点下工作且不受负载扰动影响，就可以获

得象这样的安装流量特性曲线。回路置于手动操作状态，随着控制阀组件被手动输入驱动通过它的全行程范围，测量并记录流量。测量结果画成曲线就是示于图2-5上面部分的安装流量特性曲线。然后，在该曲线的每一个点上估算流量曲线的斜率，并把它们画成如图2-5下面部分所示的安装增益曲线。

安装过程增益的现场测量也可以通过利用开环阶跃测试在一个单独的操作点上进行（图2-3）。在任何操作条件下的安装过程增益简单地是输出（流量）的百分比改变相对于阀门组件输入信号的百分比改变的比例。

通过各种各样的阀门内件型式来特性化固有阀门增益的原因是为了给回路里其它增益的改变提供补偿。最终目标是维持一个在整个工作范围内合理统一的回路增益，为工艺过程保持一个相对线性的安装流量特性（见第1章里的定义）。由于其如上所定义的测量方法，图 2-5 所示安装流量特性和安装增益实际上是整个过程的安装流量特性和安装增益。

典型地，控制装置的增益会随着流量的变化而变化。例如，一个压力容器的增益趋向于随着输出增加而减小。在这个例子里，过程控制工程师可能会使用一个等百分比的阀门。它有一个随着流量的增加而增加的增益。理想地，这两种反向的关系应该能够取得平衡以为整个工艺过程提供一个比较线性的安装流量特性。

理论上，在某一设定点的流量条件下，一个回路已经被调整到最优性能状态。随着流量在该设定点附近变化，理想的是保持回路增益尽可能地恒定，以维持最佳性能状态。如果由于固有阀门特性而产生的回路增益变化不能精确地补偿被控制装置的变化的增益，那么，由于安装过程增益的偏差，回路增益也将产生一个偏差，结果是过程优化变得越来越困难。也有这样一个危险：回路增益可能会改变得足以引起不稳定、振荡、或其它动态问题。

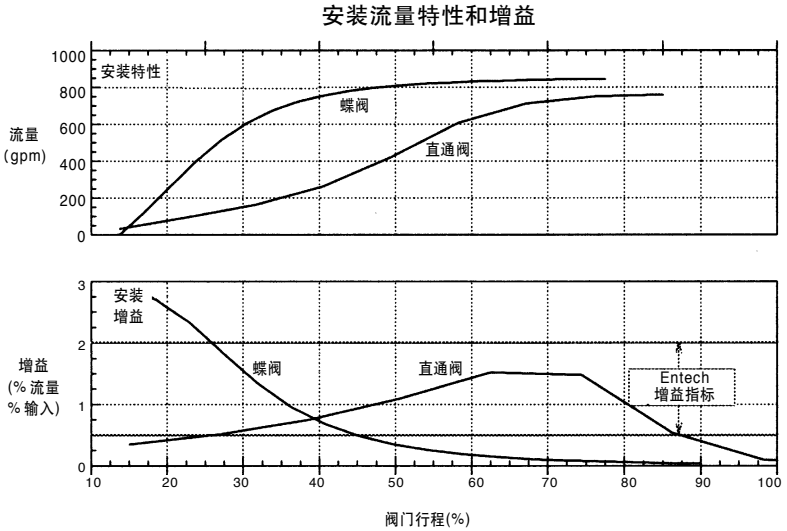
回路增益变化不应该超过 4:1 的比例，否则，回路的动态性能会受到无法接受的影响。这个特殊的比例没有什么神奇之处。只不过许多过程控制的实践者们都认同这是一个在大多数的过程控制回路里能够产生一个可以接受的增益范围的比例。

这一指导原则成为下面的 EnTech 增益限制指标的基础（选自“控制阀动态指标”，3.0 版，1998 年，EnTech 控制公司，加拿大，Ontario，多伦多）：

回路过程增益 =1.0（变送器量程的百分比）÷（控制器输出的百分比）

正常范围：0.5-2.0（注：4:1 的比例）

应注意这个回路过程的定义包括除了控制器之外的回路配置里的所有装置。换言之，诸如控制阀组件、热交换器、压力容器、或其它被控制的系统、泵、变送器等类的装置的增益总和就是过程增益。由于阀门是这里所



A7156/IL

图 2-6. 阀门类型对于控制范围的影响

定义的回路过程的一部分，所以重要的是选择一种阀门类型和口径，它会产生一种线性的安装流量特性，足以在系统的工作范围内保持在指定的增益限制范围内。如果控制阀本身产生太大的增益变化，就会给控制器的调整提供较小的灵活性。把尽可能多的回路增益留给控制器是一种良好的工程实践。

尽管4:1的回路增益改变比例被广泛接受，但并非每一个人都同意这个 0.5-2.0 的增益。一些行业专家已经提出使用0.2-0.8的回路过程增益限制的事例，这仍然是4:1的比例。使用这种较小的增益范围的固有潜在危险是这个增益范围的下限可能会在正常工作期间使阀门产生很大的摆动。良好的工作实践是把阀门摆动控制在5%以下。但是让增益太大也有危险。如果在行程的某一点处，回路增益变得太高，回路可能会产生振荡或甚至变得不稳定。为了确保在一个宽广的工作条件范围内有良好的动态性能和回路稳定性，行业专家们推荐回路设备应该精心设计制造，所以过程增益仍然处于0.5-2.0的范围内。

过程优化要求所选择的阀门类型和口径在最大可能的工作条件范围内能把过程增益控制在选定的增益限制范围内。由于减小过程偏差度是如此地依赖于维持一个统一的安装增益，在能够接受的增益指标限制范围内，一个阀门可以工作的范围被称为阀门的控制范围。

一个阀门的控制范围会随着阀门类型而有很大的变化。图2-6表示一个与管线等口径的蝶阀跟一个与管线等口径的直通阀相比较。直通阀比蝶阀有更加宽的控制范围。其它阀门类型，如：V形切口球阀和偏心球塞阀通常位于这两个范围之间的某处。

因为蝶阀典型地有最窄的控制范围。它们通常最适合于负载固定的应用场合。另外，它们必须经过仔细计算，以便在固定负载处取得最优性能。

如果一个阀门的固有特性能够选择得可以精确地补偿随流量产生的系统增益的变化，人们就会希望安装过程增益（下面的曲线）最后是一条数值为 1 的直线。

不幸的是，由于在提供无限数量的固有阀门内件特性方面的物理限制，这样一种精确的增益吻合很少是可能的。另外，有些阀门类型，如蝶阀和球阀，不提供可以很容易地改变固有阀门特性的多种内件选择。

通过在定位器的反馈机构里采用非线性凸轮来改变阀门组件的固有特性，这种情况可以得到改善。非线性反馈凸轮改变阀门输入信号与阀杆位置之间的关系，为整个控制阀组件取得一个需要的固有阀门特性，而不是仅仅依赖于阀门内件型式的改变。

虽然使用定位器凸轮确实可以影响并修改阀门特性，并在某些时候是非常有用的，但是使用特性化凸轮的效果在大部分情况下是受到限制的。这是因为凸轮也会大大改变定位器的回路增益，这会极大地限制定位器的动态性能。使用凸轮来修改阀门特性，通常不如改变阀门内件特性来得有效，但是总比根本没有特性化要好。这种特性化处理通常是旋转阀的唯一其它选择。

一些电子装置试图通过在定位器回路之前就以电子方式改变 I/P 定位器的输入信号来进行阀门特性化。这种技术通过以下方式重新校准阀门输入信号：接受4-20毫安的线性控制器信号，并使用一张预先编辑好的数值表以产生取得需要的阀门特性所需的阀门输入。这种技术有时候称为前向通道或设定点的特性化。

由于这种特性化在定位器反馈回路之外进行，这种类型的前向通道或设定点的特性化比特性化凸轮有一个优点。它避免了定位器回路增益变化的问题。然而，这个方法也有它的动态局限性。例如，在阀门工作范围内，可能有这样的区域：1.0% 的过程信号改变也许会通过这种特性化过程被减小到对阀门的只有0.1%的信号改变（那就是位于特性化曲线的平坦区域）。许多控制阀不能对这样小的信号改变作出响应。

最佳的过程性能出现在要求的流量特性是通过改变阀门内件，而不是使用凸轮或其它方法取得的时候。正确地选择一个控制阀以在系统的操作范围内产生比较线性的安装流量特性是确保最优过程性能的一个关键步骤。

阀门口径计算

在试图通过减小过程偏差度来优化过程性能的时候，有时会出现阀门口径选得太大的情况。这是由于使用与管线等径的阀门引起的，尤其是使用大流通能力的旋转阀、以及在过程设计的不同阶段保守地加入多个安全系数。

阀门口径选得太大会从两个方面影响过程偏差度。第一，口径太大的阀门把太多的增益放在阀门上，而把较小的灵活性留给控制器的调整。最佳性能发生在大部分的回路增益由控制器提供的时候。

请注意在图 2-5 的增益曲线里面，过程增益在低于约25%的阀门行程区域里变得非常高。如果阀门口径太大，会使得阀门更有可能在或接近这个区域工作。这个很高的增益可能意味着控制器的增益需要减小以避免回路的不稳定问题。当然，这就意味着增加过程偏差度的惩罚。

口径太大的阀门影响过程偏差度的第二个方面是一个口径太大的阀门有可能频繁地在阀门的较小开度下工作。在阀门的较小开度处，密封摩擦力比较大，尤其是在旋转阀里。由于一个口径太大的阀门对于一个给定的阀门行程增量会产生一个不成比例地大的流量改变，这个现象会大大地增加由于摩擦力引起的与死区有关的过程偏差度。

不考虑它的实际固有阀门特性，一个超大口径的阀门趋向于象快开阀门一样地动作，这会在较小的开度区域（图 2-5）引起很高的安装过程增益。另外，阀门口径选得太大，阀门趋向于在相对低的行程处就达到系统的流通能力，使得流量曲线在较高的阀门行程处变得更加平坦（图2-5）。对于超过 50% 的阀门行程，这个阀门对于过程控制而言已经变得无效了，因为过程增益接近零，并且阀门行程的很大变化只会引起流量的微小变化。结果是在这些区域根本没有希望取得可以接受的过程偏差度。

图2-5所示的阀门被错误地用在该应用场合，因为它有这样一个窄的控制范围（约25%至45%）。这个情况是因为选择了一个与管线等径的蝶阀而引起的，主要是由于它的低成本，而且没有考虑到控制阀的低劣动态性能会牺牲过程偏差度从而引起利润损失。

不幸的是，这种情况经常重复。过程控制研究表明，对于某些工业，目前在过程控制回路里的大多数阀门相对于它们的应用工况都选得太大。这可能看起来是违反直觉的。但是通常具有经济意义的是针对目前的工况选择一个控制阀，然后当工况改变时更换这个阀门。

选择一个阀门的时候，重要的是考虑阀门的类型、固有特性、以及可以为该应用场合提供可能的最宽的控制范围的阀门口径。

经济效果

考虑本章讨论的因素会对一个过程工厂的经济效果产生很大的影响。越来越多的控制阀用户把注意力集中在动态性能参数上，如死区、响应时间和安装增益（在实际过程负载条件下），作为一种改善过程回路性能的方法。尽管在开环回路情况下测量大部分的这些动态性能参数是可能的，但是只有当测量闭环回路的性能时，这些参数产生的影响才会变得清楚。图 2-7 所示的闭环回路测试结果表明在不同的整定条件下三个不同的阀门的减小过程偏差度的能力。

www.control-valve.net 控制阀在线

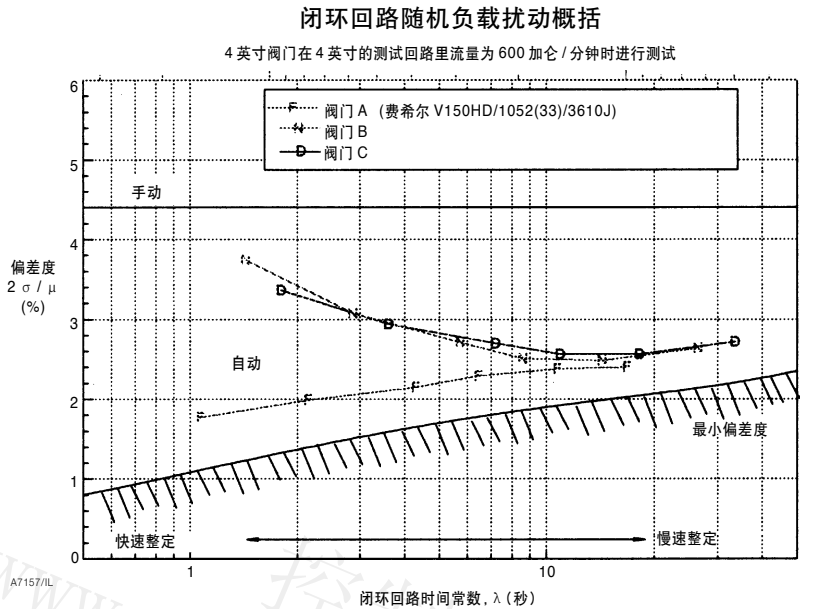


图 2-7. 闭环回路性能

这个图以百分比设定点变量对闭环回路时间常数—回路整定的一种测量绘出过程偏差度。标有“手动”的水平线表示不试图控制它（开环回路）时回路里存在多大的偏差度。向左边倾斜标有“最小偏差度”的线代表计算得出的一个理想阀门组件（没有非线性度）的动态性能，所有实际阀门组件应该正常地位于这两种情况之间。

不是所有的阀门提供相同的动态性能，尽管他们理论上满足静态性能购买指标，并且被认为是差不多的阀门（图 2-7）。图 2-7 中的阀门 A 在一个很宽的控制器整定范围内很好地跟随最小偏差度线。这个阀门表现出非常好的动态性能，有最小的偏差度。形成对比的是，阀门 B 和 C 表现较差，而且随着系统整定得更快以减小闭环回路时间常数，其偏差度会增加。

所有三种阀门类型都能够控制过程并减小偏差度，但是其中的两种表现较差。如果表现较差的阀门 B 被表现最好的阀门 A 替换，且系统被调整到 2.0 秒的闭环回路时间常数，考虑会发生什么。

测试数据表明这会引起 1.4% 的过程偏差的改善。这可能看起来不是很大，但是长时间的结果是令人印象深刻的。一个每一天每一秒都能提供这样的改善的阀门在仅仅一年之内就能节约大量的金钱。

维持更加靠近设定的分布度，就有可能通过把设定点移到离规格下限更近的地方来取得原材料的节约。在这个例子中 1.4% 的改善可

以转化成每天 12,096 美国加仑的原材料节约。假设原材料成本为每加仑 0.25 美元，这个最好的阀门会每天直接贡献额外的 3,024 美元给利润。这加起来可以达到令人印象深刻的每年 1,103,760 美元的节约。

这个例子中较好的阀门的优良性能提供了很强的证据表明一个超乎寻常的控制阀组件能够产生非常显著的经济效果。这个例子仅仅是阀门通过更加严格的控制能够增加利润的一个方面。减少能源成本、增加产出、减少超标产品的重新加工成本等则是一个好的控制阀通过更加严格的控制能够增加经济效果的全部。对于最好的控制阀，最初的成本也许比较高，但是花费在制造精良的控制阀上的少量的额外成本能够大大增加投资回报。通常，阀门的最初的额外成本可以在几天的时间内得到补偿。

这些研究的结果是过程工业已经越来越意识到控制阀组件对于回路/装置/工厂的性能扮演着重要的角色。它们也已经认识到传统的指定一个阀门组件的方法，再也不足以确保取得过程优化的好处。象流通能力、泄漏量、材料适应性和标准性能数据这样的静态性能指标，尽管重要，但是不足以处理过程控制回路的动态特性。

概括

控制阀组件在取得控制回路的可能的最佳性能方面扮演着极其重要的角色。过程优化意味着优化整个过程，而不仅仅是用于控制室里的设备的控制算法。阀门被称为终端控制元件，因为控制阀组件是过程控制被执行的地方。毫无意义的是，建立一个复杂的过程控制策略，并安装能够取得0.5%或更好的过程控制的硬件仪表系统，却用一个 5% 或更差的控制阀来执行那个控制策略。对几千个过程回路进行的审计已经提供了很强的证据，表明终端控制元件在取得真正的过程优化方面扮演着非常重要的角色。当一个控制阀是为其应用场合而精心设计制造时，工厂的赢利能力会增加。

控制阀是复杂的高科技产品，不应该被当作一般商品处理。尽管传统的阀门技术规格起着重要的作用，但是如果要取得真正的过程优化，阀门技术规格必须也能够解决真正的动态性能特性问题。重要的是这些技术规格应该包括诸如：死区、时滞时间、响应时间等之类的参数。

最后，过程优化随着整个回路的优化而开始和结束。回路里的元件不能被单独地处理以取得协调的回路性能。类似地，回路里的任何单个元件的性能也不能被孤立地评估。在没有负载的标准条件下进行的孤立测试不会提供在实际过程条件下测试硬件所得到的性能信息。

控制阀在线
www.control-valve.net

第 3 章

阀门和执行机构类型

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀

随着阀芯或阀板的位置被执行机构提供的力而改变，控制阀调节流体的流量。为了这样做，阀门必须：

- 包含流体而没有外部泄漏，
- 针对应用工况有足够的流通能力，
- 能够承受过程里的冲蚀性、腐蚀性和温度的影响，
- 具有相应的连接端型式以与相邻的管道相配合，并建立执行机构连接方式以使得执行机构推力传递给阀芯连接杆或旋转阀轴。

多年来已经推出了很多类型的控制阀体。有些用途广泛；其它一些则满足特殊的工况条件，所以不经常使用。下面的概括介绍了一些今天仍然在使用的常见的控制阀体类型。

直通式阀

单阀座阀体

- 单阀座阀体是最常见的阀体类型，而且结构简单。

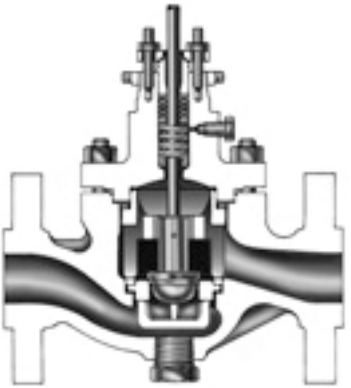


图 3-1. 单阀座直通式阀体

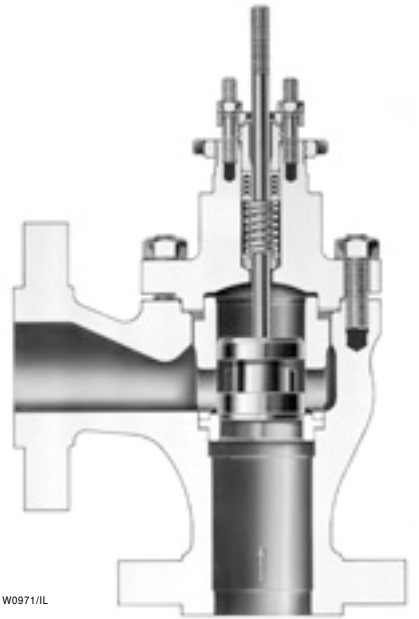


图 3-2. 法兰连接角形控制阀体

- 单阀座阀门有各种各样的形式，如直通式、角形、棒形、铸造和分体式结构。

- 通常单阀座阀门被指定用于要求严密关闭的场合。它们使用金属对金属阀座表面、或者由PTFE或其它复合材料组成的密封的软阀座。单阀座阀门能够处理大部分的工况要求。

- 由于高压流体通常把负载加在阀座的整个区域，在为单阀座控制阀体选择执行机构时必须考虑产生的不平衡力。

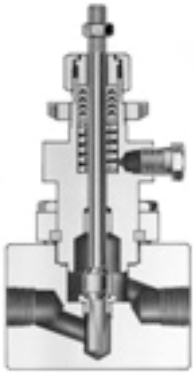
- 尽管较小口径的单阀座阀最常用，但是它们也经常有4英寸至8英寸的口径，配备大推力的执行机构。

- 很多现代的单座阀体采用阀笼或保持架式的结构以固定阀座环，提供阀芯导向，并提供一种建立阀门流量特性的方法。保持架式阀内件还具有维护简单、改变阀芯就可以改变流量特性的特点。

- 通过更换阀内件零部件，阀笼或保持架式的单座阀体也可以很容易地被 修改，以实现减小流通能力、降低噪声、或减少或消除气蚀的目的。

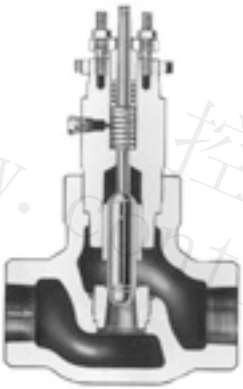
图 3-1 表示其中两种比较常用的单阀座或单座直通式控制阀体类型。它们广泛用于过程控制场合，尤其是口径为1英寸至4英寸的单座阀。正常流向通常是向上通过阀座环。

角形阀几乎总是单阀座的（图3-2）。它们常常用于锅炉给水、加热器疏水工况、以及空间有限且阀门也可以被用作弯管的管道连接处。图示的阀门采用阀笼式结构。其它阀门可能采用螺纹旋入式阀座环、扩展式输出连接端、限流内件、以及减少冲蚀性破坏的出口内衬。



W0433/IL

图 3-3. 棒形阀体

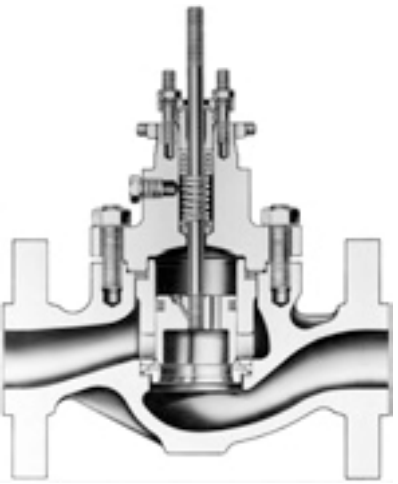


W0540/IL

图 3-4. 高压直通式控制阀体

棒形阀体通常被指定用于化学工业里的腐蚀性应用场合（图 3-3）。它们可由任何金属棒形材料和一些塑料机加工而成。当抵抗腐蚀需要稀有金属合金时，一个棒形阀体通常比一个铸造阀体更加便宜。

高压单阀座直通式阀通常用于气体和石油的加工生产（图 3-4）。可提供的选项包括阀笼导向阀内件、阀体与阀盖间的螺栓式连接、以及自排放角形阀体。压力额定值高达 ANSI 2500 的法兰形式也可提供。



W0992/IL

图 3-5. 配备笼式内件、平衡阀芯和软阀座的阀体

平衡阀芯笼式阀体

这种常见的在某种意义上只使用一个阀座环的单阀座阀体类型，具有通常只与双阀座阀体（图 3-5）有关的平衡阀芯的优点。阀笼式阀内件提供阀芯导向，固定阀座环，并规定流量特性。另外，位于阀芯上部和阀笼缸体之间的一个滑动活塞环形密封实际上消除了上游高压流体进入低压下游系统的泄漏。下游压力同时作用在阀芯的顶和底部，因此消除了大部分的静态不平衡力。减少不平衡可以使阀门配备比传统的单阀座阀体更加小的执行机构就可以操作。阀内件的互换性允许选择多种流量特性、降低噪声或抵抗气蚀的部件。对于大部分可以提供的阀内件形式，标准的流向是通过阀笼的开口并向下通过阀座环。这些阀体有各种各样的材料组合，口径大至 20 英寸，压力额定值高达 ANSI 2500。

www.control-valve.net

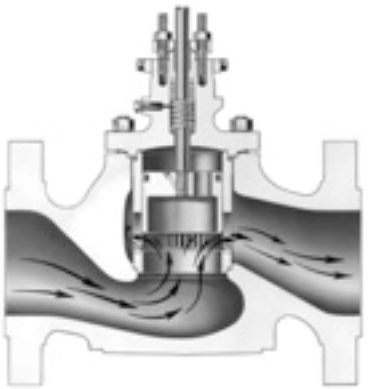


图3-6. 配备笼式降噪内件的大流通能力阀体

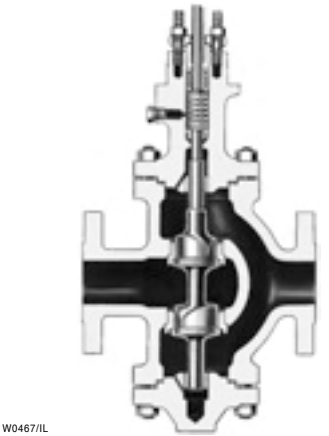


图3-7. 反作用双阀座直通式阀体

大流通能力阀笼导向阀体

这种上面提到过的阀笼导向阀体的改进形式是为噪声应用场合如高压气体节流站而设计的。在这些应用场合，传统阀体的出口处经常遇到气体的音速问题（图3-6）。这种结构融入超大尺寸的连接端，具有流线型通道和阀笼式结构的维护简单的特点。使用降噪内件可以降低总的噪声水平高达35分贝。也可以提供连接端尺寸至20英寸、压力等级ANSI 600的带螺纹式阀座环的无阀笼阀体，以及针对液体工况的阀体形式。流向取决于指定的工况和选择的内件，不平衡结构通常向上流，而平衡结构通常向下流。

阀座导向单阀座阀体

- 这些阀体通常限制到150 Psi (10 bar)的最大压力降。

- 它们易受到由流速引发的振动的干扰。

- 阀座导向单阀座阀体典型地使用螺纹旋入式阀座环。这种阀座环可能在使用之后拆卸比较困难。

双阀座阀体

- 阀芯上的动态力趋向于平衡，因为流体趋向于打开一个阀座，并同时关闭另外一个。

- 减小作用在阀芯上的动态力可能允许选择一个比具有类似流通能力的单阀座阀体所需的更小的执行机构。

- 阀体通常只有较大的口径-4英寸或更大。

- 阀体通常比同等口径的单阀座阀体有更大的流通能力。

- 很多双阀座阀体都可以反向，所以阀芯可以安装成向下推打开或向下推关闭的作用方式（图3-7）。

- 尽管Ⅲ级关闭能力也是可能的，金属对金属阀座通常只提供Ⅱ级关闭能力。

- 阀座导向的阀芯通常用于开－关或低压调节工况。顶底导向式阀芯为恶劣工况条件提供非常稳定的操作。

图 3-7 所示的控制阀体是为向下推打开阀芯的作用方式而组装的。阀芯在本质上是平衡的，而且需要相对较小的执行机构力就能使阀门动作。双阀座阀体结构典型地用于炼油厂里控制高粘度流体，或者担心有颗粒、污染物、或阀内件上有流体积圬的场合。

三通阀体

- 三个管道连接口具有通常的合流（流体混合）或分流（流体分散）作用。

- 最好的结构采用阀笼式阀内件，以获得良好的阀芯导向和维护的简单性。

- 可选项包括针对高温工况的内件材料。为了与大部分的管道连接相配合，可以指定标准的连接端（法兰、螺纹、对焊等）。

- 执行机构的选择需要仔细的考虑，尤其是对于配备不平衡阀芯的结构。

图示的平衡阀芯三通阀体在下面位置配备活塞式阀芯（图 3-8）。这个位置打开从底下的共同口至右边的口，并关闭左边的口。这种结构可以用于合流或分流的中间位置的调节式控制。

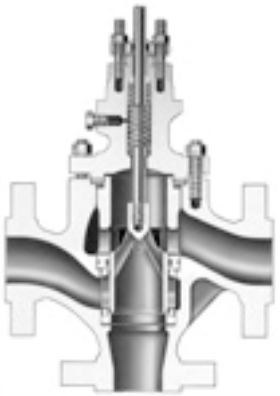


图 3-8. 带平衡阀芯的三通阀



图 3-9. 高性能蝶形控制阀

旋转阀

蝶阀阀体

- 阀体需要最小的安装空间（图 3-9）。

- 它们具有大的流通能力、小的经过阀门的压力损失。

- 蝶阀阀体具有每投资 1 美元流通能力的经济性，尤其是较大尺寸的蝶阀。

www.control-valve.net 控制阀在线



W8172-2

图 3-10. 带 V 形切口球的旋转式控制阀

- 传统轮廓的阀板提供阀板旋转角最大至60度的调节式控制。拥有专利的动态流线型阀板适合用于需要 90 度阀板旋转角的应用场合。

- 阀体配合标准的凸面管道法兰。

- 如果阀门很大或压力降很高，蝶阀阀体可能需要高输出或大型的执行机构，因为操作力矩可能会很大。

- 有极其严格的泄漏要求的用于核电厂应用工况的阀体也可提供。

- 带腈或聚四氟乙烯（PTFE）的标准内衬能够提供良好的关闭能力和抗腐蚀性。

- 标准蝶阀有最大至72英寸的口径，可用于其它控制阀应用场合。较小口径的蝶阀可以使用传统的气动薄膜或活塞执行机构，包括现代的旋转式执行机构。较大口径的蝶阀可能需要高输出的电动或长行程气缸式执行机构。蝶阀展示出近似等百分比的流量特性。它们可以用于调节或开关式控制。在阀体或阀板表面上使用内衬或可调软阀座环可以获得软阀座结构。

V 形切口球控制阀

这个结构类似于一个传统的球阀，但是在球上带有拥有专利轮廓设计的 V 形切口（图 3-10）。V 形切口球提供等百分比的流量特性。这种控制阀有良好的可调比、控制和关闭能力。造纸工业、化工厂、污水处理工厂、电力工业和石化炼油工厂使用这种阀体。

- 直流通式结构产生很小的压力降。

- V 形切口球控制阀体适合于冲蚀性或粘滞性流体、纸浆或其它包含混合固体或纤维的浆料流体。

- 它们使用标准的薄膜或活塞旋转式执行机构。

- 球在旋转的时候仍然与密封接触。随着球的关闭，这会产生一种剪切效果，以而使颗粒粘附降至最低。

- 阀体可配备重负荷或充填 PTFE 复合材料的球密封环，以提供优良的超过 300:1 的可调比。

- V 形切口球控制阀体有无法兰或带

www.control-valve.net 控制阀在线



图 3-11. 偏心阀板旋转式控制阀

法兰连接端。带法兰或无法兰阀门可以与 ANSI 150、300 或 600 的法兰或 DIN 标准的法兰配对。

偏心阀板控制阀体

- 阀体提供有效的调节式控制。

- 偏心阀板控制阀体在 90 度的阀板旋转角度内提供线性的流量特性（图 3-11）。

- 在阀板开始打开后，阀板的偏心安装方式会把阀板拉离密封，从而把密封磨损减少至最小。

- 偏心阀板控制阀体有最高至24英寸的口径，可配合标准的 ASME 法兰。

- 它们使用标准的气动薄膜或活塞旋转式执行机构。

- 标准流向取决于密封结构。反向流会产生较小的流通能力。



图 3-12. 偏心球塞控制阀

偏心阀板旋转式控制阀是为不需要精确的调节式控制的普通工况而设计的。由于比其它类型的控制阀相对低的成本，它们经常用在要求大口径和高温度的场合。这类阀门的控制范围大约是球阀或直通删阀的三分之一。因此，在口径计算以及使用这类阀门来解决与过程工况变化有关的控制问题的时候需要格外小心。这些阀门在恒定的过程工况下可以工作得很好。

偏心球塞控制阀体

- 该阀门组件抵抗冲刷性。坚固的阀体和阀内件结构能处理高达427℃ (800°F) 的温度和 1500 Psi（103 bar）的关闭压差。

- 偏心球塞的偏心轨道在球塞打开时会把它与阀座环的接触减至最小，从而减少阀座磨损和摩擦，延长阀座寿命，并改善调节性能（图 3-12）。

- 自对中阀座环和坚固的球塞允许前向或反向流，在任意方向上都有严密的关闭。在为抗冲刷选型时，球塞、阀座环和保持环可采用硬化材质，包括陶瓷。

- 为了满足较高流通能力的需要，提供部分 V 形切口球以替换球塞的结构也可提供。

www.control-valve.net 控制阀在线

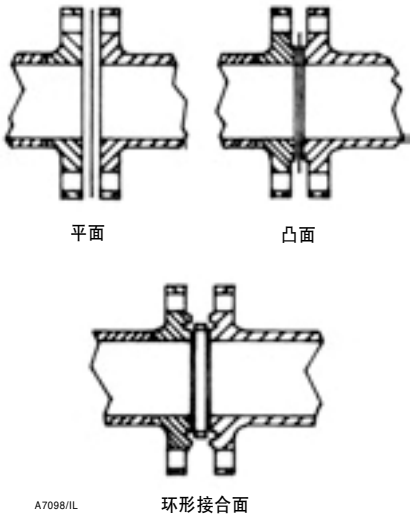


图 3-13. 各种常用的螺栓紧固法兰连接形式

这类旋转式控制阀适用于冲刷性、焦化和其它难处理流体，提供调节式或开关式操作。这些带法兰或不带法兰的阀门具有流线型通道和坚固的金属阀内件部件的特点，可以取得浆料应用场合的值得信赖的控制。冶金、石化提炼、电力以及纸浆与造纸工业使用这些阀门。

控制阀连接端

把控制阀安装在管道里的三种常用方法是旋入式管螺纹、螺栓紧固带垫片法兰和焊接连接端。

旋入式管螺纹

旋入式连接端，常用于小型控制阀，具有比法兰连接端更好的经济性。通常指定的螺纹是阀体上的锥管阴螺纹 NPT（美国国家管道螺纹）。它们通过与管道端上配对的阳螺纹相接合形成金属对金属的密封。这种连接形式通常限制于不大于 2 英寸的阀门，不推荐用于高温工况。如果必须把阀体从管线拆下，阀门的维护可能很复杂，因为不断开法兰接合或联接处使阀体旋出管道，就不能把阀门取走。

螺栓紧固带垫片法兰

法兰端阀门很容易从管道上拆下，适合用于大多数控制阀为之而制造的工作压力范围（图 3-13）。法兰连接端可以用于从绝对 0℃ 至约 815℃（1500°F）的温度范围。它们可用于所有口径的控制阀。最常见的法兰连接端包括平面、凸面和环型接合面法兰连接端。

平面型允许配对法与夹持在法兰之间的垫片全面积地接触。这种结构常用于低压、铸铁和铜体阀门，可以减少由初始螺栓连接力引起的法兰应力。

凸面法兰有一个圆形凸面，其内部直径与阀门开口相等，其外径略小于螺孔中心圆直径。凸面上加工有同心圆槽，以获得良好的密封并防止垫片被吹出。这种法兰配合各种各样的垫片材料和法兰材质，用于最高达 6000 Psig(414 bar)的压力和最高至 815℃（1500°F）的温度。这种法兰连接通常对于 ANSI 250 的铸铁阀体以及所有钢和合金钢阀体是标准连接方式。

环形接合面法兰看上去象凸面法兰，除了在凸面上切出一个与阀门开口同心的 U 形槽。

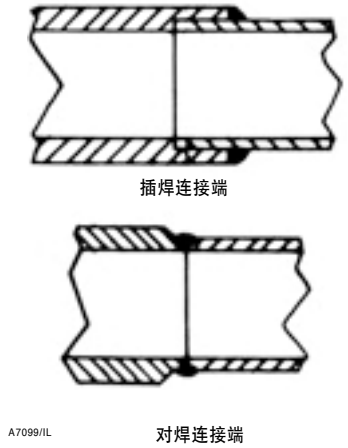


图 3-14. 常用的焊接连接端

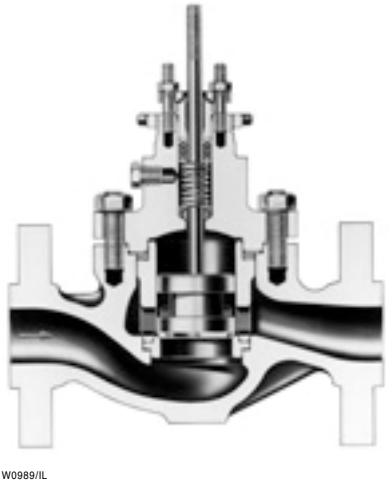


图 3-15. 典型的阀盖、法兰和双头螺栓

垫片由一个带椭圆形或八边形截面的金属环组成。当法兰螺栓旋紧时，垫片被压入配对法兰的U形槽，严密的密封就形成了。垫片通常是软铁或蒙乃尔(Monel是Inco合金国际公司的商标)，但是几乎可以使用任何金属。这是一种在高压力下的优良连接，可用于高达15000 Psig (1034 bar) 的压力，但通常不可用于高温工况。只有钢或合金阀体在指定时才提供这种连接端形式。

焊接连接端

控制阀的焊接连接端在所有压力和温度下都是严密防泄漏的，而且初始成本低廉(图3-13)。采用焊接端的阀门从管线上拆卸比较困难，并且明显地局限于可焊接的材质。焊接端有两种形式：套焊和对焊。

套焊连接端的准备工序是在阀门的每一端钻削一个内径比管道外径稍大的插孔。管道滑入该套孔，在套孔里与轴肩对接，然后借助带状焊与阀门接合。不管管道壁厚，一个给定口径的套焊连接端在外形尺寸上都是一样的。它们通常与2英寸的阀门一起提供。

对焊连接端的准备工序是在阀门的每一端削出一个倒角与管道上的一个类似的倒角相匹配。阀门的两端然后与管道对接，并用全穿透焊联接起来。此类连接可用于所有阀门类型，连接端的准备工序一定会因为管道壁厚而不尽相同，它们通常与2-1/2英寸和更大口径的阀门一起提供。把阀门焊入管线时必须小心谨慎，防止过热传导给阀门内件零件。采用低温复合材料的阀内件在焊接前必须取走。

阀体阀盖

控制阀的阀盖是阀体组件的一个零件，阀芯连接杆或旋转阀轴通过它而运动。在直通式或角形阀体上，它是阀体一端承受压力的部件。阀盖通常提供一种把执行机构安装到阀体上的方法，并包容填料函。通常

旋转阀没有阀盖。(在有些旋转式阀门里，填料包含在阀体本身的延长部分里，或者填料是用螺栓连接在阀体和阀盖之间的一个独立部件。)

在一个典型的直通式控制阀上，阀盖由与阀体相同的材料或者一种等效的锻造材料制成，因为它是一种承受压力的元件，承受与阀体相同的温度和腐蚀性影响。下面介绍几种阀体与阀盖的连接方式。最常用的是示于图3-15和图3-3的螺栓连接法兰式。图3-15表示一个带集成式法兰的阀盖。而图 3-3 表示一个带可拆卸滑入式法兰用分体环锁紧到位的阀盖。图 3-4 里，用于高压直通式阀体的阀盖是用螺纹旋入阀体的。图 3-9 是典型的填料包含在阀体里而没有使用阀盖的旋转式控制阀。执行机构连接件的壳体不是一个承受压力的零件，而是为了安全和环保目的而把该连接件包容起来。

在配备阀笼式或保持架式阀内件的控制阀上，阀盖提供负载力以防止阀盖与阀体之间以及阀座环与阀体之间的泄漏。旋紧阀体与阀盖之间的螺栓会压缩扁平垫片以密封阀体与阀盖之间的接合面，会压缩阀笼顶部的螺旋缠绕垫片，还会压缩阀座环下面的扁平垫片以提供阀座环与阀体之间的密封。阀盖也为阀笼提供对中配合，这种对中配合进一步给阀芯提供导向，确保阀芯连接杆与填料之间的正确的对中配合。

正如上面所提到过的，一个直通式控制阀上的普通阀盖包含填料。填料通常被填料压盖压紧，填料压盖则由阀盖的支架凸台上面的



图 3-16 . 伸长型阀盖

法兰压紧到位（图3-15）。另外一种填料保持方法是填料压盖被一个螺纹式压盖压紧到位（图3-3）。这种方法体积很小，所以经常用于小型控制阀。然而，用户总是对螺纹连接不放心。因此，当控制阀正在工作时，在调整填料压缩量时应谨慎小心。

大部分的螺栓连接法兰式阀盖在填料函的一边有一个被钻孔并冲平的区域。这个开孔用一个标准管塞堵上，除非存在下面的一种情况：

- 有必要清洗带有过程流体的阀体和阀盖。在这种情况下，这个开孔可以用作清洗连接口。

- 该阀盖开孔通常被用来检测第一套填料或一个有故障的波纹管密封的泄漏。

伸长型阀盖

伸长型阀盖用于高温或低温工况以保护阀杆



W1416/IL

图 3-17. 配备装配式伸长型阀盖的阀体



W6434/IL

图 3-18. 波纹管密封型阀盖

填料免受极端温度的影响。标准的聚四氟乙烯（PTFE）阀杆填料可用于最高至 232°C (450°F)的大部分应用场合，然而，如果在很低的过程温度下霜冻在阀杆上形成，它就很容易损坏。霜冻晶体能够切割聚四氟乙烯 (PTFE) 上的开槽，沿着阀杆形成过程流体的泄漏通道。伸长型阀盖把阀盖里的填料函移至离极限过程温度足够远的地方，这样填料温度仍然保持在推荐范围内。

伸长型阀盖或者是铸造的（图 3-16）或者是装配式的（图 3-17）。铸造伸长型提供更好的高温适应性，因为较大的热发散性具有更好的冷却效果。相反地，带光滑表面的阀盖如由不锈钢管装配而成的，更适合低温工况，因为热流动通常是主要的考虑因素。在任何一种情况下，伸长部分的壁厚减至最小以减少热传递。不锈钢由于其较低的热传导系数通常优于碳钢。在低温工况场合，可以在伸长部分周围增加绝缘体以进一步防止热流动。

波纹管密封型阀盖

阀杆周围不允许有泄漏（小于 1×10^{-6} cc/秒的氦气）时，可以使用波纹管密封阀盖（图 3-18）。当过程流体是有毒的、挥发性的、放射性的或极其昂贵时，常常采用波纹管密封阀盖。这种特殊的阀盖结构保护阀杆和阀门填料避免与过程流体接触。在波纹管密封元件上面的标准或环保填料函结构会防止万一波纹管破裂或失效时产生的灾难性后果。

正如受到其它的控制阀压力 / 温度限制一样，波纹管密封的压力额定值也会随着温度的增加而减小。波纹管密封型式的选择应予仔细考虑，在安装之后应特别注意正确的观察和维护。波纹管材料应该仔细地考虑以确保最长的循环动作寿命。

有二种波纹管密封结构可以用于控制阀。它们是机械成形和焊接片波纹管（图 3-19 和图 3-20）。焊接片式结构有比较矮的总

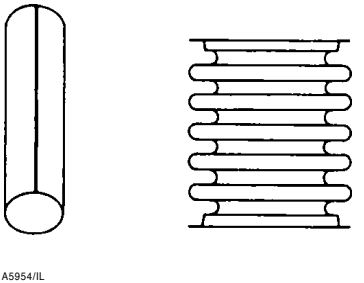


图3-19. 机械成形的波纹管

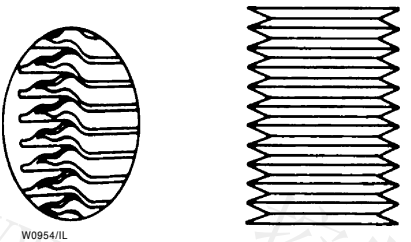


图3-20. 焊接片波纹管

体组件高度，由于其制造方法和内在结构，使用寿命可能是有限的。机械成形的波纹管相比起来比较高。它是通过一个可重复的制造过程加工而成的。

控制阀填料

大部分的控制阀使用带填料的填料函。填料通过法兰和双头螺栓来定位和调整，(图3-23)。可以使用多种填料材料，取决于要求的工况条件以及应用场合是否需要遵守环境法规。在下文，几种常用的材料后面有简单的说明和关于工况条件的指导。典型的填料材料的排列示于图3-21。

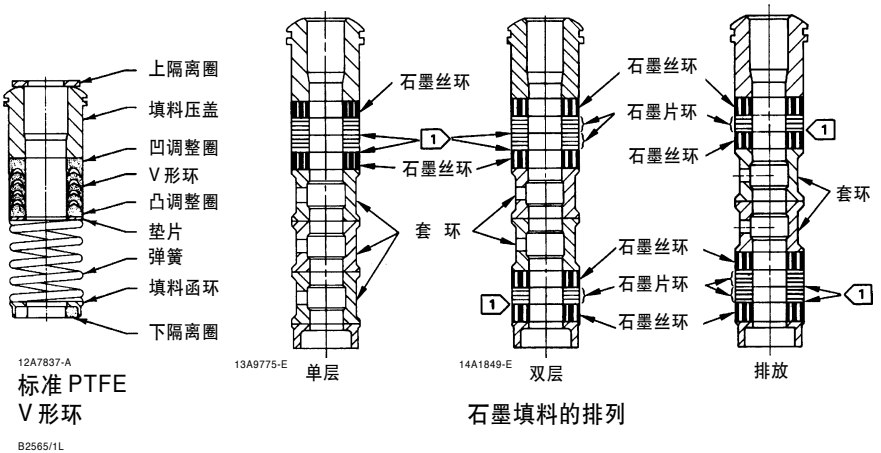
聚四氟乙烯V形环

- 本身能够减小摩擦力的塑料材料。
- 模压成V形环。V形环在填料函里是弹簧加载且自我调整的。不需要填料润滑。
- 对于大部分已知的化学品具有阻尼作用，除了熔融碱性金属。
- 需要极其光滑（2至4微英寸RMS）的阀杆光洁度以正确地密封。如果阀杆或填料表面被损坏，会产生泄漏。
- 推荐的温度极限为-40至+232℃（-40至450°F）。
- 不适合于核工况，因为PTFE很容易被辐射破坏。

石墨片和丝

- 适合于高温核工况或有低氯含量的场合（GTN级）。
- 提供无泄漏操作、高的热传导性和长久的使用寿命，但是会产生高的阀杆摩擦力以及由此而引起的回差。
- 可用于大部分的难处理流体，能抵抗高辐射。
- 适合的温度范围：低温至649℃(1200°F)。
- 不需要润滑，但是当填料函温度超过427℃（800°F）时，应该使用一个伸长型阀盖或钢质支架。

www.control-valve.net 控制阀在线



1 如果使用，此处应为锌垫片的位置。

图 3-21. 直通阀体的填料材料的完整排列

美国关于泄漏排放的法规要求

泄漏排放是由过程设备泄漏引起的非点源挥发性有机排放。在美国，设备泄漏估计超过每年4亿磅。美国建立的严格的政府法规规定了泄漏检测和修复程序(LDAR)。阀门和泵被划分为泄漏排放的主要来源。对于阀门而言，这是由于填料密封或垫片失效引起的外泄漏。

LDAR程序要求工业部门在某一时间间隔监视所有的（控制和非控制）阀门。这个时间间隔取决于有多少百分比的阀门被发现有超过500 ppmv的泄漏门槛值（有些城市使用100 ppmv的标准）。这种泄漏水平是如此之小以至于你无法看见或听见。需要使用复杂的手提监视设备进行检测。检测是通过使用环境保护机构（EPA）的协议来感测阀门填料区域的泄漏而进行的。这对于工业部门是一个费用高、且麻烦的过程。

该法规允许把监视期延长至一年，如果工厂设施能够说明正在泄漏的阀门的百分比非常低（低于0.5%的阀门总数量）。延长检测频率的机会示于图 3-22。

填料系统可设计满足很小的泄漏并能够延长填料密封寿命和性能以支持每年一次监视的目标。

ENVIRO-SEAL® 填料系统是这种新一代填料密封的一个例子。增强的密封融入四种关键的设计原理。它们是用抗挤压元件做成柔性的密封材料，阀杆或阀轴在阀盖中心的正确配合，通过 Belleville 弹簧产生恒定的填料应力，以及把密封环的数量减至最少以减少整合、摩擦和热膨胀。

传统的阀门选择过程就是根据压力和温度要求、流量特性以及材料的适应性为应用场合而选择一个阀门，阀门中使用何种阀杆填料首先取决于填料箱区域的工作温度。低于93°C（200°F）选用PTEE，高温应用场合选用石墨。

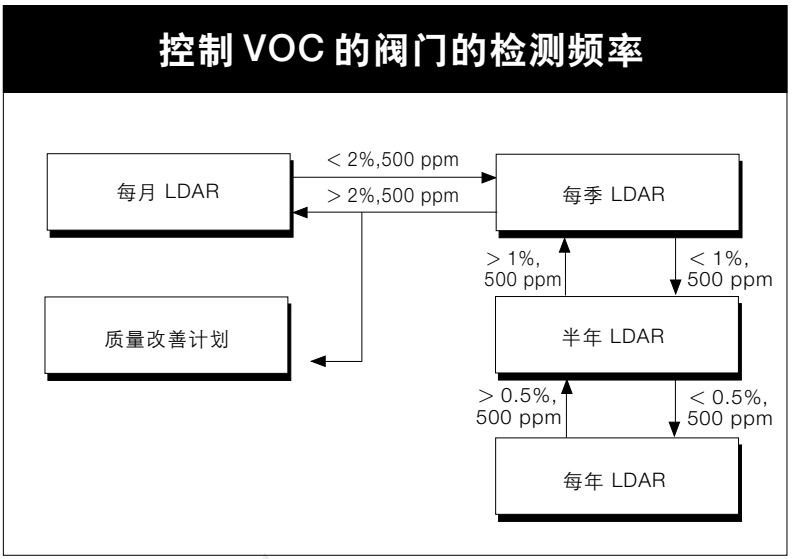


图 3-22. 控制挥发性有机化学物（VOC）的阀门的检测频率

今天选择填料系统已经需要考虑更多的因素。例如，在美国由净化空气行动计划所要求的泄漏排放要求，以及由各法律机构要求的严格的密封性能，对改进过程输出的不断需求表示阀的填料系统不应该成为限制阀性能的障碍。另外，今天维护计划时间的延长要求填料系统在更长的时间内提供所需的密封。

考虑到工业中阀门的应用和服务条件千差万别，这些变量（密封能力、运行摩擦状况、运行期限）很难定量化并进行比较。下列表格运用工程的途径对填料的应用和性能作相对的评估。为了正确理解表格，首先对这些各词有所了解。

单层 PTFE V 形环填料（图 3-23）

单层 PTFE V 形布置是在填料和填料函盖之间使用圈型弹簧。如果压力不超过20.7 bar（300 psi）、温度在-18℃与93℃之间（0°F至200°F），它能满足100 ppmv的要求。它提供了良好的密封性能并具有最低的运行摩擦力。

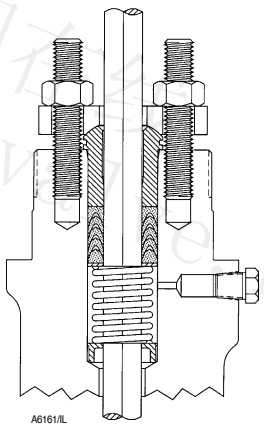


图 3-23. 单层 PTFE V 形环填料

ENVIRO-SEAL® PTFE 填料（图3-24）

ENVIRO-SEAL PTFE是一种先进的填料系

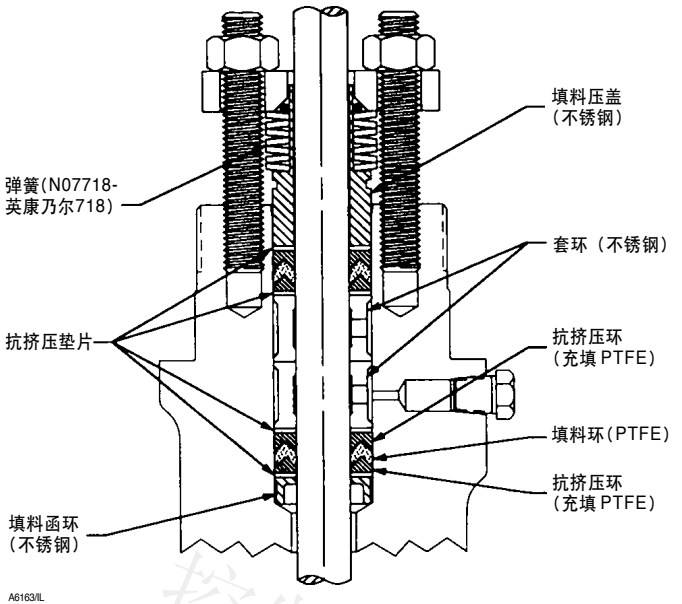


图 3-24. PTFE ENVIRO-SEAL 填料系统

统，它使用结构紧凑，实时员截弹簧设计，适用于压力至 51.7 bar 和温度至 232℃ (750 psi 和 450°F) 的应用。但它被认为是最典型的减少泄漏排放的填料系统，ENVIRO-SEAL PTFE填料同样适用于涉及高温、高压的无环境污染的应用，它具有使用寿命更长的优点。

ENVIRO-SEAL 双层填料（图 3-25）

这种特殊的填料系统具有PTFE和石墨组件的双重能力，对于过程温度最高至 232℃ (450°F)，具有低摩擦力使泄漏排放，满足防火测试方案 (API 标准 589)。

KALREZ® 填料

这里所涉及的 KALREZ 压力 / 温度限制只适用于费希尔控制阀。带PTFE的KALREZ适用于环境压力至 24.1 bar 和温度至 204℃ (350 psi 和 400°F) 以及一些压力至 103 bar (1500 psi) 的无环境问题应用。带 ZYMAXX 的 KALREZ 是带碳纤加强 TFE，适用于温度至 260℃ (500 °F) 的应用。

ENVIRO-SEAL® 石墨 ULF（图 3-26）

这种填料系统设计主要用于超过 232℃ (450°F) 的应用。专利的 ULF 填料系统在填料环的内侧包含了很细的 PTFE 层以及在填料环的西侧都有 PTFE 垫圈。PTFE 的这种专门布置使控制问题最小，减少摩擦，提高了密封性能。延长了填料组件的使用寿命。

HIGH-SEAL™ 石墨 ULF

在填料函盖下方使用和ENVIRO-SEAL石墨 ULF 相同的填料系统，HIGH-SEAL 系统使

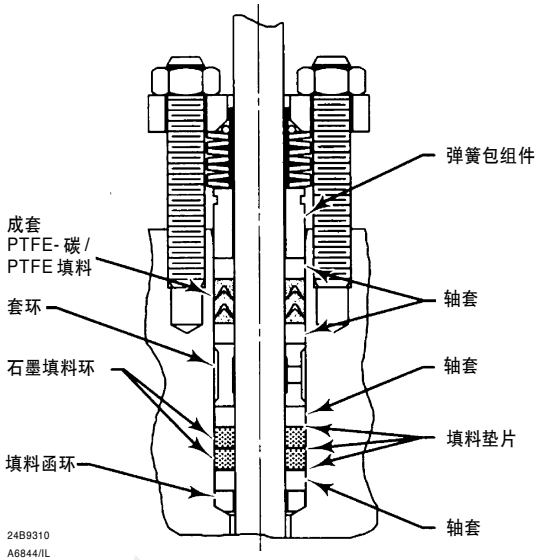


图 3-25. 双层（PTFE 和石墨）ENVIRO-SEAL 填料系统

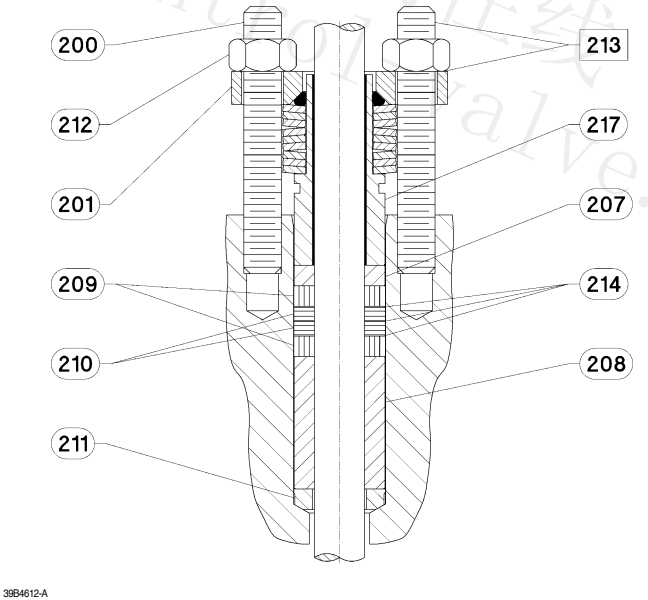


图 3-26. ENVIRO-SEAL 石墨 ULF 填料系统

www.控制阀在线 control valve.net

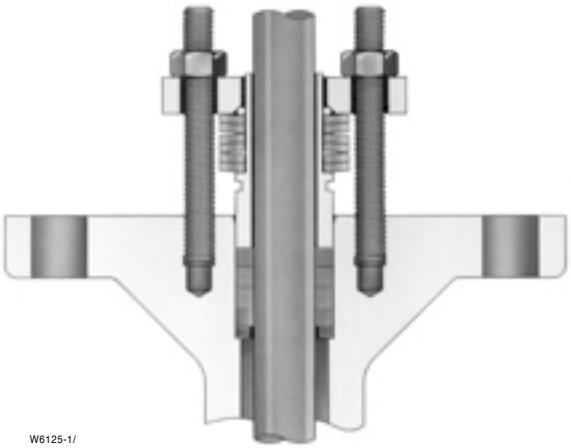


图 3-27. 用于旋转阀的 ENVIRO-SEAL® 石墨填料系统

用重载负，大口径的Belleville弹簧。这些弹簧提供了额外的函盖行程并可以使用负载刻度进行校正，以提供填料负载和摩损程度的可视指示。

适用旋转阀的 ENVIRO-SEAL® 石墨填料（图 3-27）

ENVIRO-SEAL 石墨填料设计用以温度从 -6℃ 至316℃ (20°F至600°F) 的应用，或者那些需要防火安全的应用。它也可以用于压力至 103 bar（1500 psi）并仍能满足 500 ppmv EPA 的泄漏标准。

适用旋转阀的石墨带填料

石墨带填料设计用于无环保要求的应用，具有广泛的使用温度范围从 -198℃ 至538℃ (-325°F 至 1000°F)

下面的表提供了各种直行程填料选项的比较，以及针对环保场合的密封性能、使用寿

直行程阀门的环保填料的选择

填料系统	500 PPM 场合的最大压力和温度限制 (1)		密封性能指标	使用寿命指标	填料摩擦力
	美国制	米制			
单层 PTFE V 形环	300 psi 0 至 200°F	20.7 bar -18 至 93℃	较好	长	很低
ENVIRO-SEAL PTFE	见图 3-25 -50 至 450°F	见图 3-25 -46 至 232℃	优	很长	低
ENVIRO-SEAL 双层	750 psi -50 至 450°F	51.7 bar -46 至 232℃	优	很长	低
ENVIRO-SEAL 石墨 ULF	1500 psi 20 至 600°F	103 bar -7 至 315℃	优	很长	高

(1) 所示数值仅是指导性的。可以超过这些指导性数值，但会缩短填料寿命或可能引起泄漏量增加。温度额定值适用于实际填料温度，而非过程温度。



图 3-28. 直通式阀体的特性化阀笼

下表适用于旋转阀。对于旋转阀，单层 PTFE和石墨带填料的排列不如泄漏排放密封解决方案性能好。

旋转式阀门的环保填料的选择

填料系统	500 PPM 场合的最大压力和温度限制 (1)		密封性能指标	使用寿命指标	填料摩擦力
	美国制	米制			
ENVIRO-SEAL PTFE	1500 psig -50 至 450°F	103 bar -46 至 232°C	优异	非常长	低
ENVIRO-SEAL 石墨	1500 psi 20 至 600°F	103 bar -18 至 315°C	优异	非常长	中等

(1) 所示数值仅是指导性的。可以超过这些指导性数值，但会缩短填料寿命或可能引起泄漏量增加。温度额定值适用于实际填料温度，而非过程温度。

命和填料摩擦力的相对排序。编织的石墨丝和双层 PTFE 是不可接受的环保密封解决方案。

阀门的泄漏排放控制和遵守法规成本的降低可以通过这些新的阀杆密封技术而取得。

尽管 ENVIRO-SEAL 填料密封系统是为泄漏排放场合而特别设计的，这些技术应考虑用于密封性能和使用寿命已经成为主要的考虑因素或维护成本已经成为负担的任何场合。

阀笼导向阀体的特性化

在配备阀笼导向阀内件的阀体里，阀笼缸壁上的流体开口或窗口的形状决定了流量特性。当阀芯从阀座环上移开时，阀笼的窗口被打开以允许流体通过阀门。标准阀笼已经经过设计以提供线性、等百分比和快开的固有流量特性。注意图 3-28 所示的阀笼窗口形状的区别。由使用这些阀笼的阀门提供的流量 / 行程关系等同于动力学轮廓的阀芯所展示的线性、快开和等百分比曲线（图 3-29）。

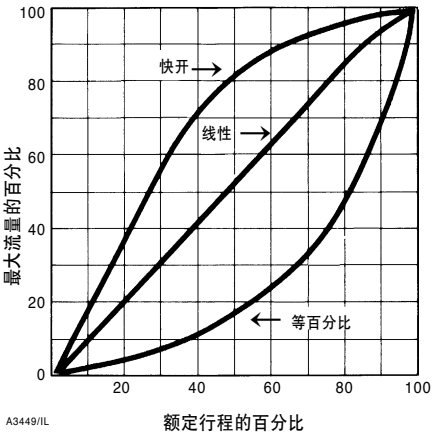


图3-29. 固有流量特性曲线

控制阀的阀笼导向阀内件比传统的阀体组件具有一个明显的优势：内部零部件的维护和更换得到了很大的简化。阀门的固有流量特性可以很容易地通过安装一个不同的阀笼而得以改变。互换阀笼以获得不同的固有流量特性不需要改变阀芯或阀座环。图示的标准阀笼可用于平衡或不平衡式阀内件结构。软阀座在需要时可以作为阀座环里的一个保留插入件提供，而且与阀笼或阀芯的选择无关。

阀笼的互换性可以扩展到能够降噪声或抗气蚀的特殊阀笼型式。这些阀笼提供修正的线性固有流量特性，但是要求流体以特定的方向流过阀笼开口。因此，可能有必要把管线里的阀体反向以获得正确的流向。

特性化的阀芯

阀芯，一个直通式控制阀组件的可移动部件，提供可变化的对流体流动的限制。阀芯类型是单独设计的，以提供不同的流量特性、获得特定的导向方法或与阀座环的对中配合、或者取得特殊的关闭或抵抗破坏的能力。阀芯是为二位式或调节式控制而设计的。在二位式应用场合，阀芯由执行机构定位在阀门组件行程范围内的二个极限点中的一个。在调节式控制场合，阀芯可以定位在行程范围内由过程要求规定的任意点。

靠近阀座环的阀芯表面轮廓有助于确定一个传统的直通式控制阀的固有流量特性。随着执行机构在其行程范围内移动阀芯，无阻塞流通区域的大小和形状会发生改变，取决于阀芯的轮廓。当一个恒定的压差维持在阀门两端时，百分比的最大流通能力与百分比的总行程范围之间的变化关系可以用图来表示（图3-29），且定义为阀门的固有流量特性。

通常指定的固有流量特性包括：

线性流量特性－具有理想的线性固有流量特性的阀门会在行程范围内产生直接与阀芯行程量成正比例的流量。例如，在50%的额定行程处，流量是50%的最大流量；在80%的额定行程处，流量是80%的最大流量；等等。随着阀芯行程的改变，流量的改变是恒定的。具有线性特性的阀门常常指定用于液位控制以及需要恒定增益的流体控制场合。

等百分比流量特性－理想地，对于阀芯行程的相等增量，流量对于行程的改变可以表示为在改变时的流量的一个恒定的百分比。观察到的流量对于行程的变化在阀芯接近阀座时相对较小，而当阀芯几乎全开时相对较大。因此，具有固有等百分比流量特性的阀门在行程范围的下限部分会提供精

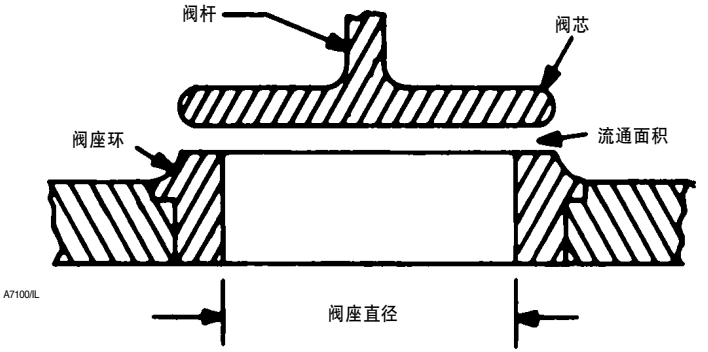


图 3-30. 提供快开流量特性的典型结构

确的调节式控制，而随着阀芯渐渐接近全开位置，会快速增加流通能力。具有等百分比流量特性的阀门可用于压力控制场合、大部分的压力降正常地由系统本身吸收而相对小部分留给控制阀的场合、以及预期有高度变化的压力降情况的场合。在大部分的实际系统里，入口压力会随着流量的增加而减少，一个等百分比的特性是合适的。由于这个原因，等百分比成为最常见的阀门特性。

快开流量特性 – 具有快开流量特性的阀门在低行程位置提供最大的流量改变。流量曲线在前面40%的阀芯行程内基本上都是线性的，后面明显地变平，表明随着行程接近全开位置流量的增加很小。有快开流量特性的控制阀常用于开/关场合。在开/关场合，随着阀门开始打开，必须很快地建立起巨大的流量。结果是它们常常用于释放阀门的应用场合。快开阀门也可以选用于许多与线性流量特性被推荐使用的相同场合，因为快开特性在到达 70% 的最大流量前是线性的。在由阀芯行程产生的流通面积与阀座的流通面积相等时，线性度急骤地减小。对于一个典型的快开控制阀（图3-30），这种现象发生在阀芯行程等于四分之一的阀座直径。

阀芯导向

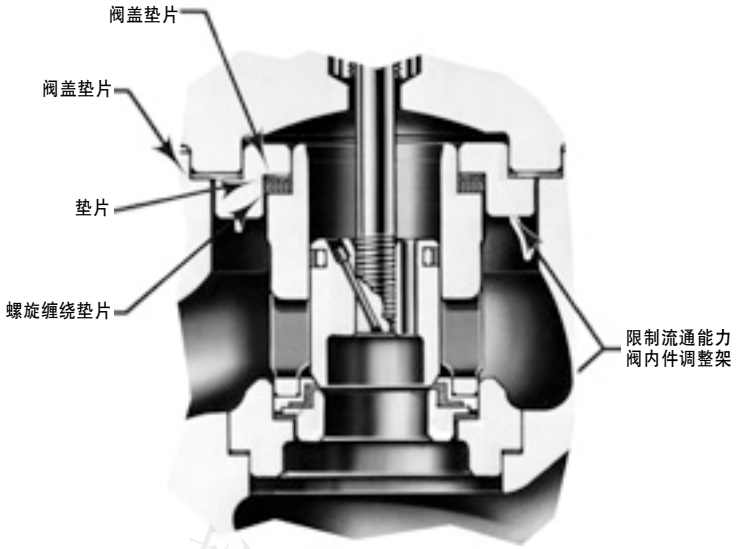
阀芯的精确导向对于阀芯与阀座环的正确对中配合以及过程流体的有效控制是必需的。所用的常见导向方法列出如下。它们的名称通常是自我描述性的。

阀笼导向：阀芯的外径在整个行程范围内与缸式阀笼的内壁表面相接触。由于阀盖、阀笼和阀座环在阀门组件里都是自对中的，阀门关闭时就能确保正确的阀芯/阀座环配合（图 3-15）。

顶底导向：阀芯是通过阀盖和底法兰里的导向轴套来对中的（图 3-7）。

顶导向：阀芯是通过阀盖或阀体里的一个导向轴套（图 3-4）、或者填料结构来对中的。

阀杆导向：阀芯通过阀盖里的一个导向轴套与阀座环对中，轴套对阀杆进行导向（图 3-3，左视图）



W2001/IL **可选的限制流通能力的阀内件**

图 3-31. 提供减小流通能力的调整架方法

阀座导向：阀芯是通过阀座来对中的。这种结构对于带凹槽式裙边伸出部分的使用小直径阀芯以控制小流量的阀门来说是典型的结构（图 3-3，右视图）。

限制流通能力的控制阀阀内件

大部分的控制阀制造商都能够提供配备减小或限制流通能力的阀内件的阀门。由于以下任何一个原因，减小流量可能是必不可少的：

- 限制流通能力阀内件可以使得这样一件事情成为可能：为将来的增加流量需要选择一个足够大的阀体，而为目前的需要正确地计算阀内件的流通能力。

- 可以选择具有足够结构强度的阀门，但仍然保持合理的行程 / 流通能力关系。

- 配备限制流通能力阀内件的大阀体可以用来降低入口和出口流体速度。

- 可以避免购买昂贵的管道缩接。

- 可以通过使用限制流通能力阀内件来纠正口径计算太大的错误。

传统的直通式控制阀可以与阀座口径（比正常）较小的阀座环配合，阀芯可以通过口径计算与那些较小的阀座配合。通过使用具有类似结构的较小的阀门口径的阀芯、阀笼和阀座环零件、以及阀笼上面和阀座环下面的调整架零件以使阀体与那些较小的零件配合，配备阀笼导向阀内件的阀门通常可以取得减小流通能力的效果（图 3-31）。由于减小流通能力的工况不是少见的，主要的制造商们可以快速地提供成套

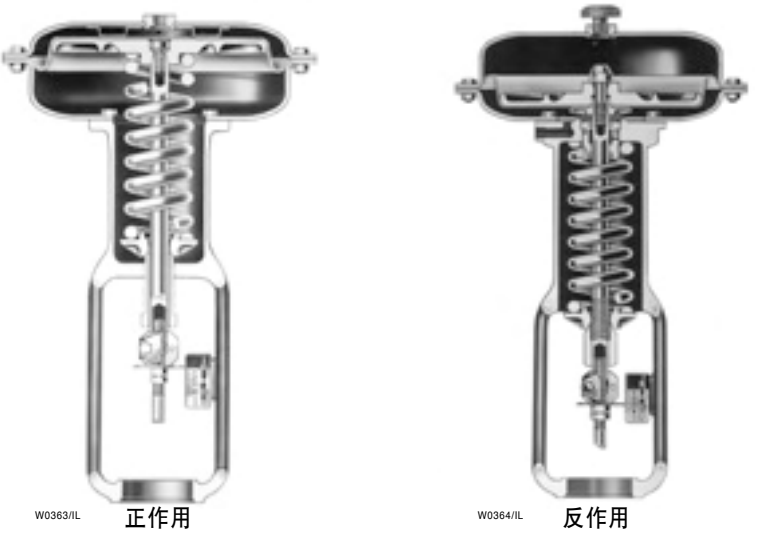


图 3-32. 薄膜执行机构

的内件零件以获得要求的功能。许多限制流通能力的成套内件是为提供大约 40% 的全通径阀内件的流通能力而设计的。

执行机构

气动操作的控制阀执行机构是使用最普遍的一种执行机构，但是电动、液动和手动执行机构也被广泛应用。弹簧薄膜气动执行机构由于其结构的可靠性和简单性而被最普遍地指定使用。气动操作的活塞执行机构为要求的工况条件提供很高的阀杆输出力。弹簧薄膜和气动活塞执行机构的改进型可以直接安装在旋转式控制阀上。

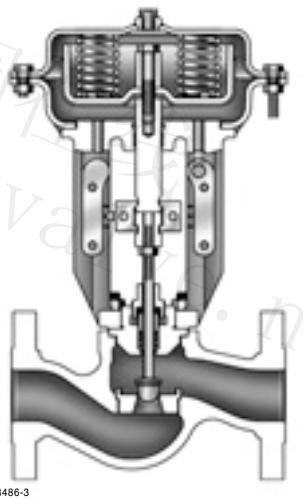


图 3-33. 可现场反转的多弹簧执行机构

电动和电液执行机构比气动执行机构更加复杂、更加昂贵。在没有供气源可提供、很低的环境温度可能会冻结气源供应管道里的冷凝水、或者通常需要特别大的阀杆力的场合，它们具有优越性。简要概括之后是讨论常用的执行机构的型式和特性。

薄膜执行机构

- 气动操作的薄膜执行机构使用由控制器、定位器或其它来源提供的气源。

- 各种各样的类型包括：正作用（增加气源压力把膜片向下推并使执行机构推



图 3-34. 旋转式控制阀的薄膜执行机构

杆伸出，图3-32)；反作用（增加气源压力把膜片向上推并使执行机构推杆缩回，图3-32)；可更换作用方向（可以组装成正作用或者反作用的执行机构，图3-33)；旋转阀的正作用执行机构（增加气源压力把膜片向下推，可能打开或关闭阀门，取决于阀轴上的执行机构杠杆的定位，图 3-34)。

- 净输出力是膜片力与弹簧反作用力之间的差值。

- 膜压的膜片提供线性的特性和较大的行程。

- 要求的输出力和可提供的供气压力决定了执行机构的尺寸。

- 薄膜执行机构简单、可靠且经济。

活塞执行机构

- 活塞执行机构是气动操作的，使用高达 150 psig 的高压气源，通常不需要气源压力调节器。



图 3-35. 配备双作用执行机构的控制阀

- 活塞执行机构提供最大的输出力和很快的驱动速度。

- 活塞执行机构可以是双作用的，以在2个方向上都提供最大的力；或者是弹簧复位的，以提供失气－打开或失气－关闭的工作方式（图 3-35)。

- 可以安装各种各样的附件以便在供气压力切断时定位双作用的活塞。这些附件包括气动保位阀和锁定系统。

- 也可以提供液压缓冲器、手轮和不带支架的执行机构。它们可以用来操作蝶阀、风门、以及类似的工业设备。

- 用于旋转式控制阀的其它类型的活塞执行机构在气缸的下端有一个滑动式密封。这使得执行机构推杆可以周向旋转以及上下移动，而不会产生气缸压力的泄漏。



图 3-36. 配备双作用电液执行机构和手轮的控制阀

这个特点使得执行机构杆可以直接安装到固定在旋转式阀轴上的执行机构杠杆上，因此不需要联接件，也消除了运动损失的起源。

电液执行机构

- 电液执行机构只需要供应给马达的电源和由控制器提供的一个电气输入信号（图 3-36）。

- 电液执行机构对于无法提供气源压力但又需要精确地控制阀芯位置的偏远区域是非常理想的。

- 执行机构正常地通过很小的调整即可更换作用方向，而且可以是自给自足的，包括在一个防气候或防爆壳体里的有马达、泵和双作液压操作的活塞。

手动执行机构

- 手动执行机构在不需要自动控制的场合是有用的，然而，简便的操作和良好的控制仍然是必需的（图 3-37）。在自动控制系统的维护或停车期间，它们常常用来驱动控制阀周围的三通阀旁路回路里的旁路阀以进行手动过程控制。

- 手动执行机构有各种各样的尺寸，既可用于直通式阀，也可用于旋转阀。

- 刻度指示装置可以提供给某些型号，以实现阀芯或阀板的精确的重新定位。

- 手动执行机构比自动执行机构要便宜得多。

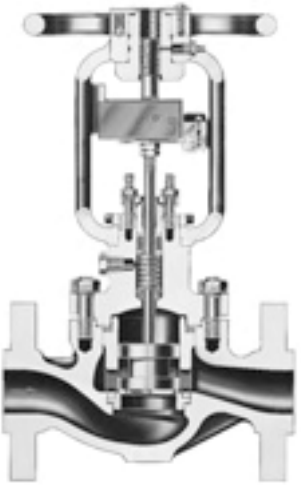
齿条和齿轮执行机构

齿条和齿轮型执行机构为旋转阀提供了一种小型且经济的解决方案（图 3-38）。由于空程，它们典型地用在开关场合或过程偏差度不是一个考虑因素的地方。

电动执行机构

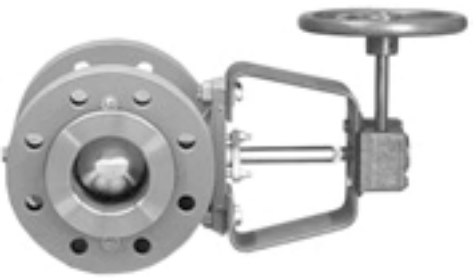
传统的电动执行机构的设计使用了一个电动马达和某些形式的减速齿轮以移动阀门。这些机构经过改进已经被用于连续控制，并取得了不同程度的成功。到目前为止，电动执行机构对于相同的性能水平仍然比气动执行机构要昂贵得多。这是一个技术快速发展的领域，将来的设计可能会引起一个向更多地使用电动执行机构的转变。

www.control-valve.net 控制阀在线



W0595/IL

用于直行程阀门



W8176-1

用于旋转式阀门

图 3-37. 典型的手动执行机构

www.control-valve.net 控制阀在线



W6957/IL

图 3-38. 典型的齿条和齿轮执行机构

控制阀在线
www.control-valve.net

第 4 章

控制阀附件

www.control-valve.net 控制阀在线

本章提供关于数字式阀门控制器、模拟式定位器、气量增大器和其它控制阀附件的信息。

定位器

气动操作的阀门依靠定位器来接受由过程控制器提供的一个输入信号并把它转换成阀门行程。这些仪表可提供三种配置：

1．气动式－一个气动信号（通常 3-15 psig）被供应给定位器。这个定位器把它转化成一个要求的阀门位置，并提供给阀门执行机构达到这个位置所需要的气源压力以把阀门移到正确的位置。

2．模拟式 I/P－这种定位器具有与上面的定位器相同的功能，但是它使用电流（通常 4-20 毫安）而不是气源作为输入信号。

3．数字式－尽管这种定位器在功能与上面介绍的模拟式 I/P 定位器非常类似，但是不同点在于电气信号的转换是数字式的而非模拟式的。数字式产品包括三种类型：

- 数字式不通信－一个电流信号（4-20 毫安）供应给定位器。它驱动电子模块并控制输出。

- HART－这与数字式不通信定位器是一样的，但是它能够在与用于模拟信号相同的导线上进行双向数字通信。



图 4-1. 使用数字式阀门控制器的现代控制阀

● 现场总线 – 这种定位器接受基于数字的信号并使用数字式电子线路配合机械部件来定位阀门。全数字控制信号取代模拟控制信号。另外，在相同的导线上进行双向数字通信也是可能的。这种现场通信技术向现场总线技术的转移通过改善控制结构、增加生产能力和减少接线而使最终用户受益。

向使用模拟式的内置 I/P 定位器或数字式控制器（图 4-1）一种仪表，而不是气动定位器和转换器两种仪表的组合导致安装成本的降低。

把软件命令植入装置的记忆模块的能力代表着数字式与模拟式 I/P 定位器层次之间的真正区别。这种能力可以实现阀门的自动组态和设置。最重要的是它可以实现双向通信以进行过程、阀门和仪表的诊断。

用户由于好几个原因购买数字式阀门控制器：

● 减少回路调试成本，包括安装和校验。

● 使用诊断以维持回路性能水平。

● 通过减小过程偏差度来改善过程控制。

数字式阀门控制器有两个方面使得它们特别具有吸引力：

● 自动校验和组态。跟传统的零位和量程调校相比，可以取得明显的时间节约。

● 阀门诊断。通过集散式控制系统 (DCS)、PC 软件工具、或手操通讯器，用户能够当阀门在线时诊断阀门的健康状况。

FIELDVUE® 仪表具有新的可以远程利用的诊断能力。随着这项技术应用于控制阀，这个特点驱动使我们看一下该技术的潜在影响力。

过去，现场人员在 FlowScanner™ 系统的帮助下，可以通过一系列的离线测试来诊断一个阀门的健康状况。FlowScanner 系统由端口、计算机和行程、人力传感器组成。传感连接至阀门，可以进行离线状态的

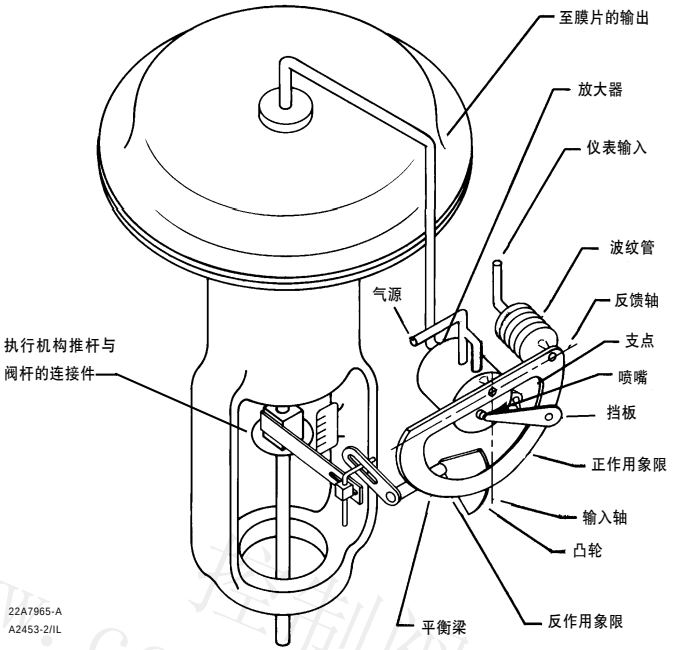


图 4-2. 用于薄膜执行机构的定位器示意图

诊断测试。一个有经验维护技工能决定阀门是否继续使用或进行维修。

数字仪表能够延伸这种服务，具有额外的增强功能：

- 因为传感器是仪表的一部分，测试可在方便时进行。

- 现在能够通过 HART 或现场总线远程地诊断阀门的健康状况。

- 在线诊断使得预见性维护成为可能。

这些额外的特点对于用户极其重要。这种远程能力可以实现阀门监视并向用户报告他们的设备情况。那些以制造、供应和服务阀门为主业的人们，现在帮助客户在一个以前从未可能的水准上诊断阀门的情况。预见性维护为客户取得额外的节约。当阀门工作时看见它的性能现在已经成为可能。阀门性能随使用时间增长而下降，对阀门性能的监视使用户可以预测何时必须替换或维修阀门。

其它控制阀附件

图 4-5 表示一个用于正作用薄膜执行机构的顶装手轮。这个装置可以用作一个可调行程限位器，在向上方向限制行程，或手动地关闭向下推关闭的阀门。

图 4-6 表示一个用于反作用薄膜执行机构的顶装手轮。这个装置可以用作一个可调

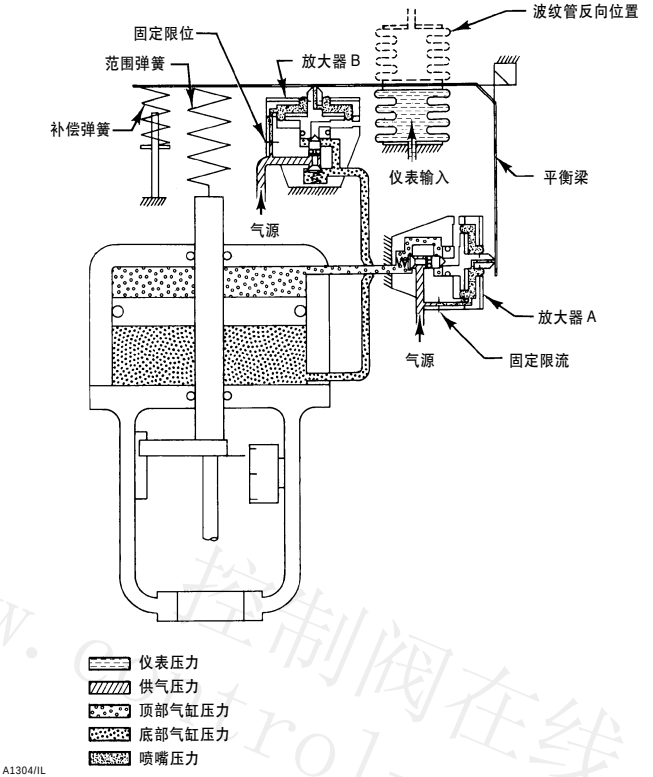


图 4-3. 用于活塞执行机构的定位器示意图

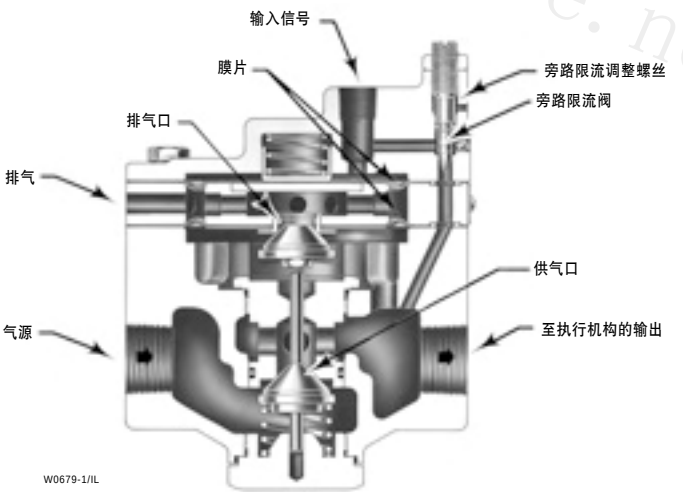


图 4-4. 流体增压器

www.control-valve.net 控制阀在线



图 4-5. 用于正作用薄膜执行机构的顶装手轮

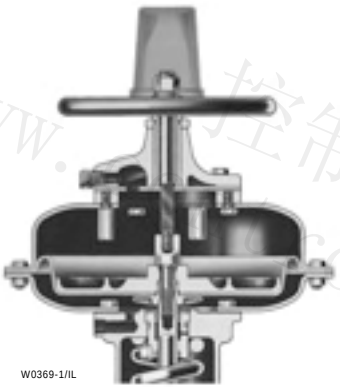


图 4-6. 用于反作用薄膜执行机构的顶装手轮

行程限位器，在向下方向限制行程，或手动地关闭向下推打开的阀门。

限位开关

限位开关向集散式控制系统，或驱动信号灯、小型电磁阀、继电器或报警器提供离散型输入。凸轮操作型限位开关（图 4-7）典型地与两至四个单独的由阀杆运动操作的开关一起使用。安装在执行机构旁边的组件包含这些开关。每一个开关可以单独地

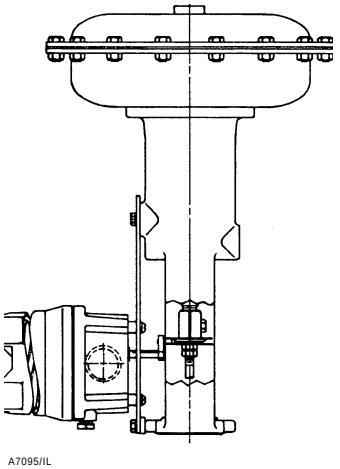




图 4-7. 凸轮操作的限位开关

调整，可以提供信号给交流或直流系统。其它类型的安装在阀门上的限位开关也可提供。

电磁阀组

执行机构的类型和需要的失效安全工作模式决定了电磁阀的正确选择（图 4-8）。电磁阀可以用在双作用活塞或单作用薄膜执行机构上。

供气压力调节器

供气压力调节器（图 4-9），通过称为空气组件，减小供应给阀门定位器和其它控制

www.控制阀在线 control-valve.net



图 4-8. 电磁阀

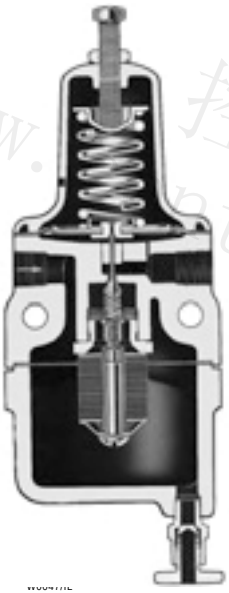


图 4-9. 带过滤和防雾气传输的供气压力调节器

设备的现场气源压力。常用的经过减压的气源压力有 20、35 和 60 psig。调压器可以集成式地安装在定位器上、或用螺纹接管套或用螺栓安装在执行机构上。

气动锁定系统

气动锁定系统（图 4-10）与控制阀一起使用，在失去供气压力时锁定执行机构当前的负载压力。这些装置可以与储气罐一起使用，在失去气源压力时把阀门移至全开或全闭位置。在供气压力恢复后，正常操作会自动地继续。在功能上类似的结构也可以提供给使用薄膜执行机构的控制阀。

活塞执行机构的失效安全系统

在这些失效安全系统里（图 4-11），当供气压力低于预先确定的值时，执行机构的活塞会移至气缸的顶部或底部。充满供气压力的储气罐在供气压力失去时给执行机构提供负载压力，这样可以把活塞移至需要的位置。当供气压力恢复正常时，自动操作将继续，而且储气罐会被重新充气。

电 – 气转换器

图 4-12 表示一个电 – 气转换器。转换器接受一个直流输入信号，并使用一个力矩马达、喷嘴挡板和气动放大器把这个电气信号转换成一个成比例的气动输出信号。喷嘴压力操纵放大器，并与力矩马达的反馈波纹管相连接以进行输入信号与喷嘴压力之间的比较。如图所示，电 – 气转换器可以直接安装在阀门上，并且不需要另外的气量增大器或定位器就可以使阀门工作。

www.控制阀.com control valve.net

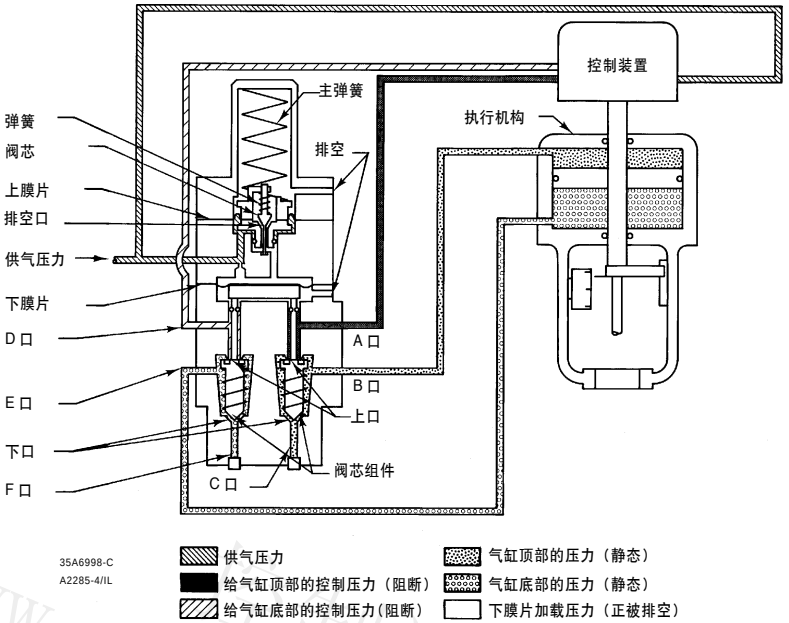


图 4-10. 活塞执行机构的锁定系统示意图

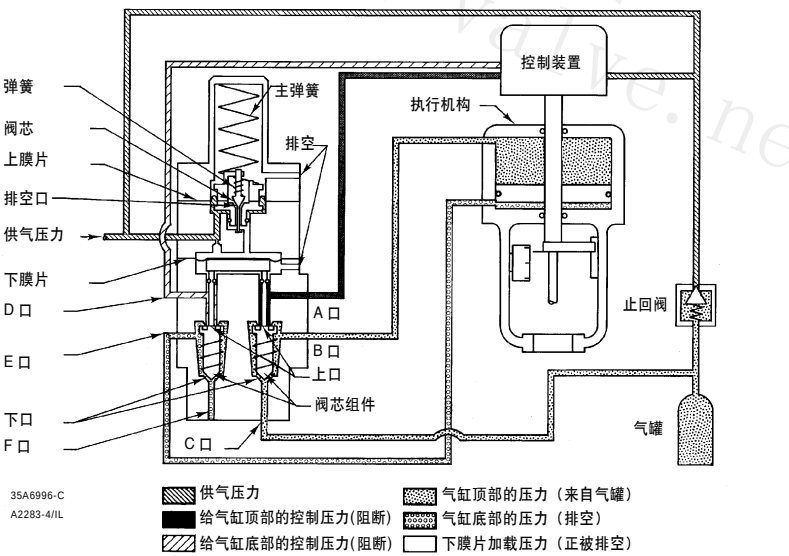


图 4-11. 一个“失效安全”系统的典型的示意图

www.control-valve.net 控制阀在线

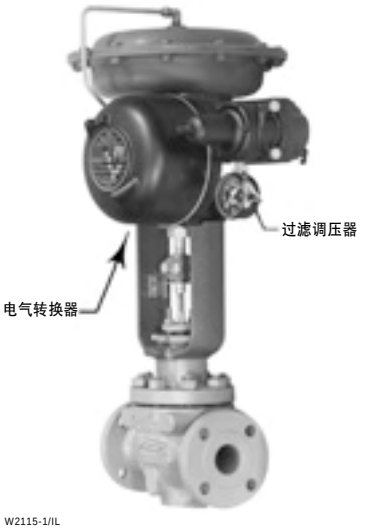


图 4-12. 配备气源调压器的电 – 气转换器以操作膜片驱动的控制阀



图 4-13. 安装在薄膜执行机构上的电 – 气定位器

电 – 气阀门定位器

电 – 气定位器（图 4-13）用在电气控制回路里操作气动薄膜控制阀执行机构。该定位器接受一个 4-20 毫安的直流输入信号，并使用一个 I/P 转换器、喷嘴挡板和气动放大器把这个输入信号转换成一个气动输出信号。这个输出信号直接作用于执行机构膜片，产生一个与输入信号成比例的阀芯位置。阀芯位置通过机械装置反馈给阀芯位置与输入信号的力矩比较过程。分程操作能力可以在部分输入信号范围内提供执行机构的全行程动作。

诊断

数字式阀门控制器集成了预制的仪器、阀门诊断等软硬件组合，当仪表的安装、电子元件、硬件或阀的性能出现问题时，它提供警示功能。

基于 HART 协议的现场手持器连接至数字化阀门控制器时可以使用户定制警示和报警方式，这些标记可以表明目前的状态和阀门，仪表可能出现的问题。典型的警示包括行程偏差、行程限制、循环计数和行程累计。

AMS ValveLink 软件可进行各种测试以确定整个控制阀组件的问题，使用阀杆行程反馈、执行器压力传感器和其它传感器，当阀门仍处于服务运行状态时，就可以进行健康诊断。这样在不阻断过程的情况下，在设备失效前预先指出问题。

www.control-valve.net 控制阀在线

第 5 章

控制阀选型

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀能够处理低温至超过 538℃（1000 °F）的温度范围内的所有种类的流体。要为指定的工况提供可以得到的阀体类型、材质和内件结构形式的最佳组合，需要仔细地考虑控制阀阀体组件的选型。在为确保满意的操作并避免不必要的初始费用而选择一个阀门时，还必须考虑流通能力要求和系统的操作压力范围。

著名的控制阀制造商们和它们的代理商们专注于帮助选择最适合于现有工况条件的控制阀。因为对于一个应用场合经常有几个可能的正确选择，所以重要的是提供下面的所有信息：

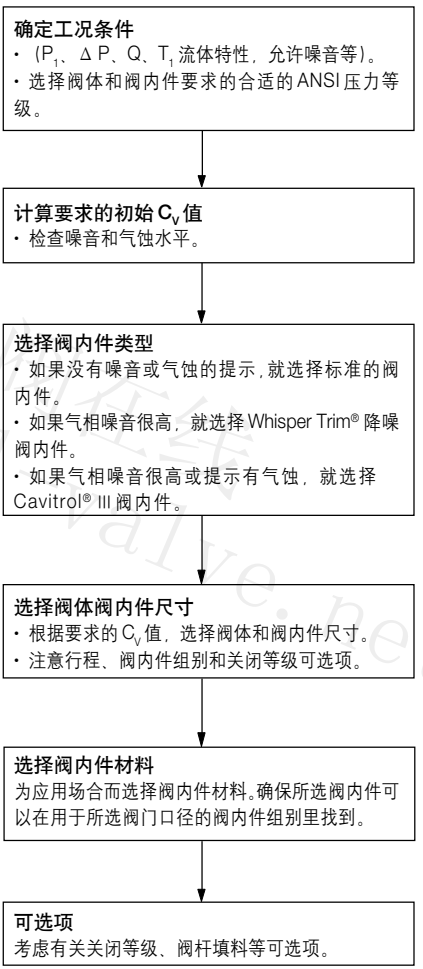
- 需要控制的流体种类
- 流体温度
- 流体粘度
- 流体比重
- 要求的流通能力（最大和最小）
- 阀门入口压力（最大和最小）
- 出口压力（最大和最小）
- 正常流动状态下的压力降

- 关闭时的压力降
- 如相关，最大允许噪声水平，以及测量参考点
- 如果知道，过热程度或闪蒸的存在
- 入口和出口管道口径和壁厚
- 要求的特殊的位号信息
- 阀体材质（ASTM A216等级WCC、ASTM A217等级WC9、ASTM A351 CF8M等）
- 连接端形式和阀门压力等级（螺纹式、ANSI 600凸面法兰、ANSI 1500环形接合法兰等）
- 失气时要求的作用方式（阀门打开、关闭、或者维持最后的控制位置）
- 可提供的仪表气源
- 仪表信号（3-15 psig、4-20毫安、HART等）

另外，下面的信息要求用户与制造商之间取得一致意见，取决于需要遵守的购买协议和工程实践。

- 阀门型号
- 阀门口径
- 阀体结构（角形、双阀座、蝶阀等）
- 阀芯导向（笼式、阀座导向等）
- 阀芯动作方式（向下推关闭或向下推打开）
- 阀口通径（全通径或缩径）

阀门选型过程



- 要求的阀门内件材质
- 流体作用方式（流体趋向于打开阀

www.control-valve.net 控制阀在线

门或流体趋向于关闭阀门）

- 要求的执行机构尺寸
- 阀盖形式（普通型、伸长型波纹管密封等）
- 填料材料（PTFE V形环、石墨片、环保密封系统等）
- 要求的附件（定位器、手轮等）

这些选项里有一些已经在本书的前面章节里讨论过，其它选项将在这一章和下面的章节里探讨。

阀体材质

阀体材质的选择通常是以流动介质的压力、温度、腐蚀性和冲刷性为依据的。有时候在选择材料时必须作出某种妥协。例如，一种抗冲刷性能好的材料可能不是令人满意的，因为在处理一种特殊流体时它有很差的抗腐蚀性能。

有些工况条件需要使用特殊的合金和金属以抗抵流动流体的特殊的腐蚀性。这些材料比常用的材料昂贵得多，所以经济性也是材料选择时的一个考虑因素。幸运的是，大多数的控制阀应用场合需要处理在合理的压力和温度下的相对而言腐蚀性不太强的流体。因此，铸造碳钢是最经常使用的阀体材料，且能够以比特殊合金材料更加低的成本提供令人满意的服务。

高镍合金代号

铸造代号	等效的铸造商品名称	基本代号	铸造等效合金的 UNS 号码
CF3		304L	S30403
CF8		304	S30400
CF3M		316L	S31603
CF8M		316	S31600
CG8M		317	S31700
CK3MCuN	Avesta 254 SMO[1]	254 号合金	S31254
CN7M	Carpenter 20Cb3[2]	20 号合金	N08020
CU5MCuC	Incoloy 825[3]	825 号合金	N08825
CW12MW	过时的哈斯特合金 C[4]	合金 C	N10002
CW2M	新哈斯特合金 C[4]	C276 号合金	N10276
CX2MW	哈斯特合金 C22[4]	C22 号合金	N06022
CW6MC	英康乃尔 625[3]	625 号合金	N06625
CY40	英康乃尔 600[3]	600 号合金	N06600
CZ100	镍 200	200 号合金	N02200
LCB		LCB	J03003
LCC		LCC	J02505
M25S	S－蒙乃尔[3]	合金 S	
M35-1	蒙乃尔 400[3]	400 号合金	N04400
N12MV	过时的哈斯特合金 B[4]	合金 B	N10001
N7M	哈斯特合金 B2[4]	合金 B2	N10665
WCB		WCB	J03002
WCC		WCC	J02503

1. Avesta AB 公司的商标
2. Carpenter 技术公司的商品名称
3. Inco 合金国际公司的商品名称
4. Haynes 国际公司的商品名称

www.control-valve.net 控制阀在线

为订购强烈抗腐蚀的高镍合金铸造阀体的技术规格已经建立。这些技术规格代表针对这些合金所遇到的问题的解决方案。这些问题包括与锻造材料相比不可接受的抗腐蚀性能、很差的可焊性、低劣的铸造集成性以及不可接受的交货时间。这些技术规格包括铸造车间的资格、专门结构的设备、结构合金的合格性、热处理合格性、以及对原材料、肉眼检查、焊接修复、热处理和非破性试验的详细控制。这些特殊合金的列表可见于高镍合金代号表。

下面的说明和表格提供关于各种各样的用于控制阀阀体的常用铸造材料的基本信息。ASTM 材料代号也包括在内。正确地使用 ASTM 代号被认为是良好的实践，并且在指定材料时应受到鼓励，尤其是在为包含压力的零件选择材料时。有关这些和其它材料的其它工程数据包括在第 10 章里。

铸造碳钢（ASTM A216 等级 WCC） – WCC 是在诸如空气、饱和或过热蒸汽、非腐蚀性液体和气体之类的中等工况下最经常用于阀体的的钢质材料。WCC 不可以用于温度超过 427℃（800°F）的场合，因为富碳层可能会转换成石墨。它不需要热

标准等级的 ASTM A216 等级 WCC 阀门的压力 – 温度额定值（符合 ASME B16.34）

温度°F	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
	Psig				
-20 至 100	290	750	1,500	2,250	3,750
200	260	750	1,500	2,250	3,750
300	230	730	1,455	2,185	3,640
400	200	705	1,410	2,115	3,530
500	170	665	1,330	1,995	3,325
600	140	605	1,210	1,815	3,025
650	125	590	1,175	1,765	2,940
700	110	570	1,135	1,705	2,840
750	95	505	1,010	1,510	2,520
800	80	410	825	1,235	2,060
℃	Bar				
-29 至 38	20	52	103	155	259
93	18	52	103	155	259
149	16	50	100	151	251
204	14	49	97	146	243
260	12	46	92	138	229
316	10	42	83	125	209
343	9	41	81	122	203
371	8	39	78	118	196
399	7	35	70	104	174
427	6	28	57	85	142

处理就可以焊接，除非公称厚度超过 1-1/4 英寸（32mm）。

铸造铬－钼钢（ASTM A217 等级 WC9）－这是标准的 Cr-Mo 等级。WC9 由于其不同寻常的铸造和焊接性能已经作为标准材料替换 C5。WC9 已经在大多数应用场合成功取代 C5，特别是在蒸汽及锅炉给水的应用中。铬和钼具有抵抗冲刷－腐蚀和蠕变的能力，使得它可以用于 593℃（1100°F）的高温。WC9 需要焊前预热和焊后热处理。

标准等级的 ASTM A217 等级 WC9 阀门的压力－温度额定值（符合 ASME B16.34）

温度°F	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
-20 至 100	290	750	1,500	2,250	3,750
200	260	750	1,500	2,250	3,750
300	230	730	1,455	2,185	3,640
400	200	705	1,410	2,115	3,530
500	170	665	1,330	1,995	3,325
600	140	605	1,210	1,815	3,025
650	125	590	1,175	1,765	2,940
700	110	570	1,135	1,705	2,840
750	95	530	1,065	1,595	2,660
800	80	510	1,015	1,525	2,540
850	65	485	975	1,460	2,435
900	50	450	900	1,350	2,245
950	35	375	755	1,130	1,885
1000	20	260	520	780	1,305
1050	20(1)	175	350	525	875
1100	20(1)	110	220	330	550
°C	Bar				
-29 至 38	20	52	103	155	259
93	18	52	103	155	259
149	16	50	100	151	251
204	14	49	97	146	243
260	12	46	92	138	229
316	10	42	83	125	209
343	9	41	81	122	203
371	8	39	78	118	196
399	7	37	73	110	183
427	6	35	70	105	175
454	4	33	67	101	168
482	3	31	62	93	155
510	2	26	52	78	130
538	1	18	36	54	90
565	1(1)	12	24	36	60
593	1(1)	8	15	23	38

1. 仅对焊接连接端阀门。法兰连接端等级终止于 1000°F。

www.control-market.net

铸造铬－钼钢（ASTM A217 等级 C5）－过去，C5通常被指定用于需要铬－钼钢的场合。然而，这种材料很难铸造，而且焊接时趋向于形成裂缝。WC9已经在很多应用场合成功地取代C5，但由于其高温硫腐蚀的特性，C5 仍使用在炼油使用中。

标准等级的 ASTM A217 等级 C5 阀门的压力－温度额定值（符合 ASME B16.34）

温度 °F	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	**300**	**600**	**900**	**1500**
－ 20 至 100	290	750	1,500	2,250	3,750
200	260	745	1,490	2,235	3,725
300	230	715	1,430	2,150	3,580
400	200	705	1,410	2,115	3,530
500	170	665	1,330	1,995	3,325
600	140	605	1,210	1,815	3,025
650	125	590	1,175	1,765	2,940
700	110	570	1,135	1,705	2,840
750	95	530	1,055	1,585	2,640
800	80	510	1,015	1,525	2,540
850	65	485	965	1,450	2,415
900	50	370	740	1,110	1,850
950	35	275	550	825	1,370
1000	20	200	400	595	995
1050	20[1]	145	290	430	720
1100	20[1]	100	200	300	495
°C	**Bar**				
－ 29 至 38	20	52	103	155	259
93	18	51	103	154	257
149	16	49	99	148	247
204	14	49	97	146	243
260	12	46	92	138	229
316	10	42	83	125	209
343	9	41	81	122	203
371	8	39	78	118	196
399	7	37	73	109	182
427	6	35	70	105	175
454	4	31	67	100	167
482	3	26	51	77	128
510	2	19	38	57	94
538	1	14	28	41	89
565	1[1]	10	20	30	50
593	1[1]	7	14	21	34

1. 仅对焊接连接端阀门。法兰连接端等级终止于 1000°F

www.control-valve.net

铸造 304L 型不锈钢（ASTM A351 等级 CF3）－这是一种提供给化学工况阀门的好材料。304L 是用于氮酸和某些其它化学工业应用场合的最佳材料。即使在按要求焊接的情况下仍能保持最佳的抗腐蚀性能。

标准等级的 ASTM A351 等级 CF3
阀门的压力－温度额定值
（符合 ASME B16.34）

温 度	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
°F	Psig				
-20 至 100	275	720	1,440	2,160	3,600
200	230	600	1,200	1,800	3,000
300	205	540	1,080	1,620	2,700
400	190	495	995	1,490	2,485
500	170	465	930	1,395	2,330
600	140	435	875	1,310	2,185
650	125	430	860	1,290	2,150
700	110	425	850	1,275	2,125
750	95	415	830	1,245	2,075
800	80	405	805	1,210	2,015
850	65	395	790	1,190	1,980
900	50	390	780	1,165	1,945
950	35	380	765	1,145	1,910
1000	20	320	640	965	1,605
1050	20(1)	310	615	925	1,545
1100	20(1)	255	515	770	1,285
1150	20(1)	200	400	595	995
1200	20(1)	155	310	465	770
1250	20(1)	115	225	340	565
1300	20(1)	85	170	255	430
1350	20(1)	60	125	185	310
1400	20(1)	50	95	145	240
1450	15(1)	35	70	105	170
1500	10(1)	25	55	80	135
℃	Bar				
-29 至 38	19	50	99	149	248
93	16	41	83	124	207
149	14	37	74	112	186
204	13	34	69	103	171
260	12	32	64	96	161
316	10	30	60	90	151
343	9	30	59	89	148
371	8	29	59	88	147
399	7	29	57	86	143
427	6	28	56	83	139

(续)

www.control-valve.net 控制阀在线

标准等级的 ASTM A351 等级 CF3 阀门的压力－温度额定值（符合ASME B16.34）(续)

温 度	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
℃	Bar				
454	4	27	54	82	137
482	3	27	54	80	134
510	2	26	53	79	132
538	1	22	44	67	111
565	1(1)	21	42	64	107
593	1(1)	18	36	53	89
621	1(1)	14	28	41	69
649	1(1)	11	21	32	53
676	1(1)	8	16	23	39
704	1(1)	6	12	18	30
732	1(1)	4	9	13	21
760	1(1)	3	7	10	17
788	1(1)	2	5	70	12
815	1(1)	2	4	6	9

1. 仅对焊接连接端阀门。法兰连接端等级终止于 1000°F

铸造 316 型不锈钢（ASMT A351 等级 CF8M）－这是工业标准不锈钢阀体材料。增加钼含量使得 316 型比 304 具有更好的抗体腐蚀、点蚀、蠕变和氧化流体性能。它有任何标准材料最宽的温度范围：-254℃ (-425°F) 至816℃ (1500°F)。铸造毛坯经过热处理可以提供最大的抗腐蚀性能。

铸造317型不锈钢(ASTM A479 等级UNS S31700) – S31700 实际上是铬和钼含量各增加 1%的 S31600。这比S31600具有更大的抵抗点蚀的能力。象S31600一样，S31700是完全奥氏体和无磁性的。由于它的强度类似于S31600，它有相同的压力－温度范围。CG8M 是S31700的铸造版本。它包含大量的铁素体(15-35%)，因此部分地具有强磁性。总之，由于其较高的钼含量，S31700 型比 S31600 在某些环境下有更好的抗腐蚀性能。它对于蒸煮液、干二氧化氯和很多其它纸浆与造纸环境有优良的抵抗性能。

标准等级的 ASTM A351 等级 CF8M 和 CG8M (1) 阀门的压力－温度额定值（符合 ASME B16.34）

温 度	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
°F	Psig				
-20 至 100	275	720	1,440	2,160	3,600

(续)

标准等级的 ASTM A351
等级 CF8M 和 CG8M [1] 阀门的压力 – 温度额定值
（符合 ASME B16.34）(续)

温 度	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
°F	Psig				
200	235	620	1240	1860	3095
300	215	560	1120	1680	2795
400	195	515	1025	1540	2570
500	170	480	955	1435	2390
600	140	450	900	1355	2255
650	125	445	890	1330	2220
700	110	430	870	1305	2170
750	95	425	855	1280	2135
800	80	420	845	1265	2110
850	65	420	835	1255	2090
900	50	415	830	1245	2075
950	35	385	775	1160	1930
1000	20	350	700	1050	1750
1050	20[2]	345	685	1030	1720
1100	20[2]	305	610	915	1525
1150	20[2]	235	475	710	1185
1200	20[2]	185	370	555	925
1250	20[2]	145	295	440	735
1300	20[2]	115	235	350	585
1350	20[2]	95	190	290	480
1400	20[2]	75	150	225	380
1450	20[2]	60	115	175	290
1500	20[2]	40	85	125	205
˚C	Bar				
-29 至 38	19	50	99	149	248
93	16	43	85	128	213
149	15	39	77	116	193
204	13	36	71	106	177
260	12	33	66	99	165
316	10	31	62	93	155
343	9	31	61	92	153
371	8	29	60	90	150
399	7	29	59	88	147
427	6	29	58	87	145
454	4	29	58	87	144
482	3	27	57	86	143
510	2	24	53	80	133
538	1	24	48	72	121
565	1[2]	21	47	71	119

(续)

www.control-valve.net 控制阀在线

标准等级的 ASTM A351
等级 CF8M 和 CG8M [1] 阀门的压力－温度额定值
（符合ASME B16.34）(续)

温 度	ANSI 工作压力，PSIG				
	150	300	600	900	1500
˚C	Bar				
593	1[2]	16	42	63	105
621	1[2]	13	33	49	82
649	1[2]	10	26	38	64
676	1[2]	8	20	30	51
704	1[2]	6	16	24	40
732	1[2]	4	13	20	33
760	1[2]	3	10	16	26
788	1[2]	2	8	12	20
815	1[2]	2	6	9	14

1. CG8M 限制在 1000°F（538°C）内；2. 仅对焊接连接端阀门。法兰连接端等级终止于 1000°F（538°C）

铸铁（ASTM A126）－这是一种便宜的　　非腐蚀性流体的阀体。非脆性材料，用于控制蒸汽、水、气体和

ASTM A216 铸铁阀门的压力－温度额定值
（符合 ASME/ANSI B16.1）

温 度	CLASS 125			CLASS 250		
	ASTM A 216			ASTM A 216		
	CLASS A	CLASS B		CLASS A	CLASS B	
	NPS 1-12	NPS 1-12	NPS 14-24	NPS 1-12	NPS 1-12	NPS 14-24
°F	Psig					
-20 至 150	175	200	150	400	500	300
200	165	190	135	370	460	280
225	155	180	130	355	440	270
250	150	175	125	340	415	260
275	145	170	120	325	395	250
300	140	165	110	310	375	240
325	130	155	105	295	355	230
353	125	150	100	280	335	220
375	---	145	---	265	315	210
406	---	140	---	250	290	200
425	---	130	---	---	270	---
450	---	125	---	---	250	---
˚C	Bar					
-29 至 66	12	14	10	28	34	21
93	11	13	9	26	32	19
107	11	12	9	24	30	19
121	10	12	9	23	29	18

(续)

ASTM A216 铸铁阀门的压力－温度额定值（符合ASME/ANSI B16.1）(续)

温 度	CLASS 125			CLASS 250		
	ASTM A 216			ASTM A 216		
	CLASS A	CLASS B		CLASS A	CLASS B	
	NPS 1-12	NPS 1-12	NPS 14-24	NPS 1-12	NPS 1-12	NPS 14-24
℃	Bar					
135	10	12	8	22	27	17
149	10	11	8	21	26	17
163	9	11	7	20	24	16
178	9	10	7	19	23	15
191	---	10	---	18	22	14
207	---	10	---	17	20	14
218	---	9	---	---	19	---
232	---	9	---	---	17	---

ASTM B61 和 B62 铸铜阀门的压力－温度额定值（符合 ASME B16.24）

温 度		工作压力							
		CLASS 150				CLASS 300			
		ASTM B 62 C83600		ASTM B 61 C92200		ASTM B 62 C83600		ASTM B 61 C92200	
°F	℃	psig	bar	psig	bar	psig	bar	psig	bar
-20 至 150	-29 至 66	225	16	225	16	500	34	500	34
175	79	220	15	220	15	480	33	490	34
200	93	210	14	215	15	465	32	475	33
225	107	205	14	210	14	445	31	465	32
250	121	195	13	205	14	425	29	450	31
275	135	190	13	200	14	410	28	440	30
300	149	180	12	195	13	390	27	425	29
350	177	165	11	180	12	350	24	400	28
400	204	---	---	170	12	---	---	375	26
406	207	150	10	---	---	---	---	---	---
450	232	135(1)	9	160	11	280(1)	19	350	24
500	260	---	---	150	10	---	---	325	22
550	288	---	---	140	10	---	---	300	21

1.有些法规（如，ASME 锅炉和压力容器法规第 1 节，ASME B31.1，ASME B31.5）把指定材料的温度额定值限制到 406°F

www.control-valve.net 控制阀在线

法兰连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 125，150，250，300 和 600
（尺寸符合 ISA S75.03）

阀门口径		压力等级和连接端											
		CL 125 FF（CI） CL 150 RF（STL）		CL 150 RTJ （STL）		CL 250 RF（CI） CL 300 RF（STL）		CL 300 RTJ （STL）		CL 600 RF（STL）		CL 600 RTJ （STL）	
DN	NPS	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸
15	1/2	184	7.25	197	7.75	190	7.50	202	7.94	203	8.00	203	8.00
20	3/4	184	7.25	197	7.75	194	7.62	206	8.12	206	8.12	206	8.12
25	1	184	7.25	197	7.75	197	7.75	210	8.25	210	8.25	210	8.25
40	1-1/2	222	8.75	235	9.25	235	9.25	248	9.75	251	9.88	251	9.88
50	2	254	10.00	267	10.50	267	10.50	282	11.12	286	11.25	284	11.37
65	2-1/2	276	10.88	289	11.38	292	11.50	308	12.12	311	12.25	314	12.37
80	3	298	11.75	311	12.25	318	12.50	333	13.12	337	13.25	340	13.37
100	4	352	13.88	365	14.38	368	14.50	384	15.12	394	15.50	397	15.62
150	6	451	17.75	464	18.25	473	18.62	489	19.24	508	20.00	511	20.12
200	8	543	21.38	556	21.88	568	22.38	584	23.00	610	24.00	613	24.12
250	10	673	26.50	686	27.00	708	27.88	724	28.50	752	29.62	755	29.74
300	12	737	29.00	749	29.50	775	30.50	790	31.12	819	32.25	822	32.37
350	14	889	35.00	902	35.50	927	36.50	943	37.12	972	38.25	475	38.37
400	16	1016	40.00	1029	40.50	1057	41.62	1073	42.24	1108	43.62	1111	43.74

上面使用的缩写：FF – 平面法兰，RF – 凸面法兰，RTJ – 环形接合，CI – 铸铁，STL – 钢。

法兰连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 900，1500 和 2500
（尺寸符合 ISA S75.16）

阀门口径		CL 900				CL 1500				CL 2500			
		毫米		英寸		毫米		英寸		毫米		英寸	
DN	NPS	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长
15	1/2	273	292	10.75	11.50	273	292	10.75	11.50	308	318	12.12	12.50
20	3/4	273	292	10.75	11.50	273	292	10.75	11.50	308	318	12.12	12.50
25	1	273	292	10.75	11.50	273	292	10.75	11.50	308	318	12.12	12.50
40	1-1/2	311	333	12.25	13.12	311	333	12.25	13.12	359	381	14.12	15.00
50	2	340	375	13.38	14.75	340	375	13.38	14.75	---	400	---	16.25
65	2-1/2	---	410	---	16.12	---	410	---	16.12	---	441	---	17.38
80	3	387	441	15.25	17.38	406	460	16.00	18.12	498	660	19.62	26.00
100	4	464	511	18.25	20.12	483	530	19.00	20.87	575	737	22.62	29.00
150	6	600	714	21.87	28.12	692	768	24.00	30.25	819	864	32.25	34.00
200	8	781	914	30.75	36.00	838	972	33.00	38.25	---	1022	---	40.25
250	10	864	991	34.00	39.00	991	1067	39.00	42.00	1270	1372	50.00	54.00
300	12	1016	1130	40.00	44.50	1130	1219	44.50	48.00	1321	1575	52.00	62.00
350	14	---	1257	---	49.50	---	1257	---	49.50	---	---	---	---
400	16	---	1422	---	56.00	---	1422	---	56.00	---	---	---	---
450	18	---	1727	---	68.00	---	1727	---	68.00	---	---	---	---

对焊连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 150，300，900，1500 和 2500
（尺寸符合 ISA S75.15）

阀门口径		CL 150，300 和 600				CL 900 和 1500				CL 2500			
		毫米		英寸		毫米		英寸		毫米		英寸	
DN	NPS	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长
15	1/2	187	203	7.38	8.00	194	279	7.62	11.00	216	318	8.50	12.50
20	3/4	187	206	7.38	8.25	194	279	7.62	11.00	216	318	8.50	12.50
25	1	187	210	7.38	8.25	197	279	7.75	11.00	216	318	8.50	12.50
40	1-1/2	222	251	8.75	9.88	235	330	9.25	13.00	260	359	10.25	14.12
50	2	254	286	10.00	11.25	292	375	11.50	14.75	318	400	12.50	15.75
65	2-1/2	292	311	11.50	12.25	292	375	11.50	14.75	318	400	12.50	15.75
80	3	318	337	12.50	13.25	318	460	12.50	18.12	381	498	15.00	19.62
100	4	368	394	14.50	15.50	368	530	14.50	20.88	406	575	16.00	22.62
150	6	451	508	17.75	20.00	508	768	24.00	30.25	610	819	24.00	32.25
200	8	543	610	21.38	24.00	610	832	24.00	32.75	762	1029	30.00	40.25
250	10	673	752	26.50	29.62	762	991	30.00	39.00	1016	1270	40.00	50.00
300	12	737	819	29.00	32.35	914	1130	36.00	44.50	1118	1422	44.00	56.00
350	14	851	1029	33.50	40.50	---	1257	---	49.50	---	1803	---	71.00
400	16	1016	1108	40.00	43.62	---	1422	---	56.00	---	---	---	---
450	18	1143	---	45.00	---	---	1727	---	68.00	---	---	---	---

套焊连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 150，300，900，1500 和 2500
（尺寸符合 ISA S75.15）

阀门口径		CL 150，300 和 600				CL 900 和 1500				CL 2500			
		毫米		英寸		毫米		英寸		毫米		英寸	
DN	NPS	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长	短	长
15	1/2	170	206	6.69	8.12	178	279	7.00	11.00	216	318	8.50	12.50
20	3/4	170	210	6.69	8.25	178	279	7.00	11.00	216	318	8.50	12.50
25	1	197	210	7.75	8.25	178	279	7.00	11.00	216	318	8.50	12.50
40	1-1/2	235	251	9.25	9.88	235	330	9.25	13.00	260	381	10.25	15.00
50	2	267	286	10.50	11.25	292	375	11.50	14.75	324	400	12.75	15.75
65	2-1/2	292	311	11.50	12.25	292	- - -	11.50	- - -	324	- - -	12.75	- - -
80	3	318	337	12.50	13.25	318	533	12.50	21.00	381	660	15.00	26.00
100	4	368	394	14.50	15.50	368	530	14.50	20.88	406	737	16.00	29.00

www.control-valve.net 中国仪表

螺纹连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 150，300 和 600
（尺寸符合 ISA S75.12）

阀门口径		CLASSES 150，300 和 600			
		毫米		英寸	
DN	NPS	短	长	短	长
15	1/2	165	206	6.50	8.12
20	3/4	165	210	6.50	8.25
25	1	197	210	7.75	8.25
40	1-1/2	235	251	9.25	9.88
50	2	267	286	10.50	11.25
65	2-1/2	292	311	11.50	12.26

凸面法兰连接角形直通式控制阀的端面至中心线间距
Classes 150，300 和 600
（尺寸符合 ISA S75.22）

阀门口径		CLASS 150		CLASS 300		CLASS 600	
DN	NPS	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸
25	1	92	3.62	99	3.88	105	4.12
40	1-1/2	111	4.37	117	4.62	125	4.94
50	2	127	5.00	133	5.25	143	5.62
80	3	149	5.88	159	6.25	168	6.62
100	4	176	6.94	184	7.25	197	7.75
150	6	226	8.88	236	9.31	254	10.00
200	8	272	10.69	284	11.19	305	12.00

松套式法兰连接直通式控制阀的端面至端面间距
Classes 150，300 和 600
（尺寸符合 ISA S75.20）

阀门口径		CLASSES 150，300 和 600	
DN	NPS	毫米	英寸
25	1	216	8.50
40	1-1/2	241	9.50
50	2	292	11.50
80	3	356	14.00
100	4	432	17.00

www.controlvalve.net

无法兰部分球控制阀的端面至端面间距
Classes 150，300 和 600
(尺寸符合 ISA S75.04)

阀门口径		CLASSES 150，300 和 600	
DN	**NPS**	**毫米**	**英寸**
20	3/4	76	3.00
25	1	102	4.00
40	1-1/2	114	4.50
50	2	124	4.88
80	3	165	6.50
100	4	194	7.62
150	6	229	9.00
200	8	243	9.56
250	10	297	11.69
300	12	338	13.31
350	14	400	15.75
400	16	400	15.75
450	18	457	18.00
500	20	508	20.00
600	24	610	24.00

单法兰（凸耳式）和无法兰（对夹式）蝶阀的端面至端面间距
（尺寸符合 MSS-SP-67）

阀门口径		安装窄阀体的间距[1][2]	
NPS	**DN**	**英寸**	**毫米**
1-1/2	40	1.31	33.3
2	50	1.69	42.9
2-1/2	65	1.81	46.0
3	80	1.81	46.0
4	100	2.06	52.3
6	150	2.19	55.6
8	200	2.38	60.5
10	250	2.69	68.3
12	300	3.06	77.7
14	350	3.06	77.7
16	400	3.12	79.2
18	450	4.00	101.6
20	500	4.38	111.2

1. 阀体与 Class 125 铸铁法兰或 Class 150 钢法兰兼容。
2. 这是阀门安装在管线里后阀门的端面至端面间距。如果使用单独的垫片，那么这个间距不包括垫片的厚度。它却包括作为阀门的不可分割的一部分的垫片或密封的厚度。然而，这个间距是在垫片或密封压缩后得到的。

www.controlvalve.net 控制阀世界

偏心高压蝶阀的端面至端面间距
Classes 150，300 和 600
（尺寸符合 MSS SP-68）

阀门口径		CLASS 150		CLASS 300		CLASS 600	
NPS	DN	英寸	毫米	英寸	毫米	英寸	毫米
3	80	1.88	48	1.88	48	2.12	54
4	100	2.12	54	2.12	54	2.50	64
6	150	2.25	57	2.31	59	3.06	78
8	200	2.50	63	2.88	73	4.00	102
10	250	2.81	71	3.25	83	4.62	117
12	300	3.19	81	3.62	92	5.50	140
14	350	3.62	92	4.62	117	6.12	155
16	400	4.00	101	5.25	133	7.00	178
18	450	4.50	114	5.88	149	7.88	200
20	500	5.00	127	6.25	159	8.50	216
24	600	6.06	154	7.12	181	9.13	232

材料组合的磨损和摩擦表

	304	316	青铜	英康乃尔 600，625	蒙乃尔 400	哈斯特合金 B2	哈斯特合金 C276	钛	镍	20 号合金	416 号硬质合金	440 号硬质合金	17-4PH	6（CoCr-A）号合金	ENC *	铬板	铝青铜
304 SST	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	F	F	F
316 SST	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	F	F	F
青铜	F	F	S	F	F	F	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	F
英康乃尔 600，625	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	F	F	F
蒙乃尔 400	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	S	S	F
哈斯特合金 B2	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	S	S	S	F
哈斯特合金 C276	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	S	S	S	F
钛	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	S	F	F	F
镍	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	F	F	F	F
20 号合金	P	P	F	P	P	P	P	P	P	P	F	F	F	S	F	F	F
416 号硬质合金	F	F	S	F	F	F	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	S
440 号硬质合金	F	F	S	F	F	F	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	S
17-4PH	F	F	S	F	F	F	F	F	F	F	S	S	F	S	S	S	S
6（CoCr-A）号合金	F	F	S	F	F	S	S	S	F	S	S	S	S	S	S	S	S
ENC	F	F	S	F	S	S	S	F	F	F	S	S	S	S	F	S	S
铬板	F	F	S	F	S	S	S	F	F	F	S	S	S	S	S	F	S
铝青铜	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S	S	S	S	S	S	F

蒙乃尔和英康乃尔是 Inco 合金国际公司的商标
哈斯特合金是 Haynes 国际公司的商标
S – 满意
F – 一般
P – 不好

控制阀阀座泄漏等级
（符合 ANSI/FCI 70-2 和 IEC 60534-4）

泄漏等级代号	最大允许泄漏量	测试介质	测试压力	确定泄漏等级要求的测试步骤
I	---	---	---	不要求测试，如果用户与供应商同意这样做
II	0.5% 的额定流通能力	10-25˚C (50-125˚F) 时的空或水	3-4 bar（45-60 psig）或最大工作压差两者中的较低者	把压力作用在阀门入口，让出口向大气开放或把它连接到低压头损失的测量装置上，全部正常推力由执行机构提供。
III	0.1% 的额定流通能力	同上	同上	同上
IV	0.01% 的额定流通能力	同上	同上	同上
V	每 psi 压差下在每英寸阀口直径上每分钟通过 0.0005 毫升的水（每 bar 压差下在每毫米阀口直径上每秒钟通过 5×10^{-12} 立方米的水。	10-52˚C (50-125˚F)时的水	阀芯两端的最大工作压力降，不超过 ANSI 阀体等级，或小于要求的压力。	把整个阀腔和连接管道充满水后，将压力作用在阀门入口，然后把阀芯推至关闭位置。使用规定的执行机构最大净推力，但不要超过该值，即使测试期间可以获得超过该值的推力。留出一定的时间让泄漏流量稳定下来。
VI	不超过在下面的基于阀口直径的表格里列出的量。	10-52˚C (50-125˚F) 时的空气或氮气。	3.5 bar (50 psig) 或阀芯两端的最大额定压差，两者中的较低者。	把压力作用在阀门入口。执行机构应调整到规定的操作条件下，让全部正常关闭力作用在阀芯上。留出一定的时间让泄漏流量稳定下来，并使用合适的测量装置。

www.control-valve.com 控制阀在线

VI级最大允许阀座泄漏量
（符合 ANSI/FCI 70-2）

公称阀口直径		每分钟气泡数 (1)	
英寸	毫米	毫升 / 分钟	气泡数 / 分钟
1	25	0.15	1
1-1/2	38	0.30	2
2	51	0.45	3
2-1/2	64	0.60	4
3	76	0.90	6
4	102	1.70	11
6	152	4.00	27
8	203	6.75	45

1. 表中的每分钟气泡数是以调整好的测量装置为基础的一个建议性的选择。在这个例子里，把一根1/4英寸 (6.3mm) 外径 × 0.032 英寸(0.8mm)壁厚的管子浸入水中至 1/8 或 1/4 英寸的深度。管子的端面应切割得平整和光滑，没有棱角或毛刺。管子中心线应与水面垂直。还可以制作其它装置，只要它们正确地表示毫升/分钟的流量，每分钟的气泡数量可以不同于表中列出的数字。

典型的阀内件材料温度限制

材料	应用	下 限		上 限	
		°F	℃	°F	℃
304 SST，S30400，CF8	无涂层阀芯和阀座	-450	-268	600	316
316 SST，S31600，CF8M	无涂层阀芯和阀座	-450	-268	600	316
317 SST，S31700，CG8M	无涂层阀芯和阀座	-450	-268	600	316
416 SST，S41600，38 HRC 最小	套筒，阀芯和阀座	-20	-29	800	427
CA6NM，32 HRC 最小	套筒，阀芯和阀座	-20	-29	900	482
Nitronic 50(1),S2091 高强度回火	阀轴，阀杆和销钉	-325	-198	1100	593
440 SST，S44004	轴套、阀芯和阀座	-20	-29	800	427
17-4 PH，S17400，CB7Cu-1，H1075 回火	套筒、阀芯和阀座	-80	-62	800	427
6 号合金 R30006，CoCr-A	阀芯和阀座	-325	-198	1500	816
非电镀镍涂层	阀内件涂层	-325	-198	750	400
硬铬镀层	阀内件涂层	-325	-198	600	316
V 形球上的硬铬镀层	阀内件涂层	-325	-198	800	427
硬铬镀层	阀内件涂层	-325	-198	1100	593
蒙乃尔 (2) K500，N05500	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	800	427
蒙乃尔 (2) 400，N04400	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	800	427
哈斯特合金(3) B2，N10665，N7M	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	800	427
哈斯特合金(3) C276，N10276，CW2M	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	800	427
钛等级 2，3，4，C2，C3，C4	无涂层阀芯和阀座	-75	-59	600	316
镍 NO2200，CZ100	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	600	316
20 号合金，N08020，CN7M	无涂层阀芯和阀座	-325	-198	600	316
NBR 腈橡胶	阀座	-20	-29	200	93
FKM 氟橡胶（Viton(4)）	阀座	0	-18	400	204
PTFE,聚四氟乙烯	阀座	-450	-268	450	232
PA（尼龙）	阀座	-60	-51	200	93
HDPE 高密度聚乙烯	阀座	-65	-54	185	85
CR，氯丁橡胶（Neoprene(2)）	阀座	-40	-40	180	82

1. Armco 钢铁公司的商标
2. 蒙乃尔和英康乃尔是 Inco 合金国际公司的商品名称
3. 哈斯特合金是 Haynes 国际公司的商品名称
4. E.I. 杜邦公司的商标

弹性材料的工作温度限制

工作温度限制表里指出的温度范围是材料将有效地发挥功能的建议性温度限制。列出的温度不一定是内在温度限制。材料承受的动态力也应予以考虑。经常地，随着工作温度的增加，撕裂强度和其它物理性能会快速地下降。

www.control-valve.net 控制阀在线

环境温度下的腐蚀情况

该腐蚀表格的目的是提供各种材料在接触某些流体时会怎样反应的一般性提示。表格中的建议不是绝对的，因为浓度、温度、压力和其它条件也许会改变某一特定金属的适用性。经济性的考虑也是影响金属材料选择的因素。该表格仅作为一个指南。A = 通常是适合的；B = 微小至中等影响，使用时要小心；C = 不满意

流 体	铅	铜	铸铁和钢	416 和 440C	17-4 SST	304 SST	316 SST	双层不锈钢	254 SMO	20 号合金	400 号合金	C276 号合金	B2 号合金	6 号合金	钛	锆
乙醛	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
醋酸，不含空气	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
醋酸，充气的	C	C	C	C	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A
丙酮	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
乙炔	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
乙醇	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
硫酸铝	C	C	C	C	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
氨	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化氨	C	C	C	C	C	C	B	A	A	A	B	A	A	B	A	A
氢氧化氨（氨水）	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	B
硝酸氨	B	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	A
磷酸氨（单基）	B	B	C	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
硫酸氨	C	C	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
亚硫酸氨	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A
苯胺	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
沥青	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
啤酒	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
苯（粗苯）	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
苯（甲）酸 A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
硼酸	C	B	C	C	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
溴，干	C	C	C	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	C
溴，湿	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	C	C
丁烷	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化钙	C	C	B	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
次氯酸钙	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	B	B	A	A

（续）

环境温度下的腐蚀情况（续）

该腐蚀表格的目的是提供各种材料在接触某些流体时会怎样反应的一般性提示。表格中的建议不是绝对的，因为浓度、温度、压力和其它条件也许会改变某一特定金属的适用性。经济性的考虑也是影响金属材料选择的因素。该表格仅作为一个指南。A = 通常是适合的；B = 微小至中等影响，使用时要小心；C = 不满意

流 体	铅	铜	铸铁和钢	416 和 440C	17-4 SST	304 SST	316 SST	双层不锈钢	254 SMO	20 号合金	400 号合金	C276 号合金	B_2 号合金	6 号合金	钛	锆
二氧化碳，干	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
二氧化碳，湿	A	B	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
硫化碳	C	C	A	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
碳酸	A	B	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
四氯化碳	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氢氧化钾 （次氢氧化钾） 氢氧化钠 （次氢氧化钠）																
氯，干	C	C	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A
氯，湿	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	C	A	A
铬酸	C	C	C	C	C	C	C	B	A	C	C	A	B	C	A	A
柠檬酸	B	C	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
焦炉酸	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
硫化铜	C	C	C	C	C	C	B	A	A	A	C	A	A	C	A	A
棉化籽油	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
杂酚油	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
道氏	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
乙烷	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
乙醚	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯乙烷	C	B	C	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
乙烯	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

（续）

环境温度下的腐蚀情况（续）

该腐蚀表格的目的是提供各种材料在接触某些流体时会怎样反应的一般性提示。表格中的建议不是绝对的，因为浓度、温度、压力和其它条件也许会改变某一特定金属的适用性。经济性的考虑也是影响金属材料选择的因素。该表格仅作为一个指南。A = 通常是适合的；B = 微小至中等影响，使用时要小心；C = 不满意

流 体	铅	铜	铸铁和钢	416 和 440C	17-4 SST	304 SST	316 SST	双层不锈钢	254 SMO	20 号合金	400 号合金	C276 号合金	B_2 号合金	6 号合金	钛	锆
乙二醇	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化铁	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	C	A	C	C	A	A
氟，干	B	B	A	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	C
氟，湿	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	C	C	C
甲醛	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
甲酸	B	C	C	C	C	C	B	A	A	A	C	A	B	B	C	A
氟利昂，湿	C	C	B	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氟利昂，干	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
糠醛	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
精炼汽油	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
葡萄糖	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
盐酸（充气的）	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	A	C	C	A
盐酸（不含空气的）	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	A	C	C	A
氢氟酸（充气的）	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	C	C	C
氢氟酸（不含空气的）	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	B	B	C	C	C
氢	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A
过氧化氢	A	C	C	C	B	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A	A
硫化氢	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
碘	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	B
氢氧化镁	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
贡	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	C	A
甲醇	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
甲基 乙基甲酮	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
牛奶	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
天然气	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

（续）

环境温度下的腐蚀情况（续）

该腐蚀表格的目的是提供各种材料在接触某些流体时会怎样反应的一般性提示。表格中的建议不是绝对的，因为浓度、温度、压力和其它条件也许会改变某一特定金属的适用性。经济性的考虑也是影响金属材料选择的因素。该表格仅作为一个指南。A = 通常是适合的；B = 微小至中等影响，使用时要小心；C = 不满意

流 体	铅	铜	铸铁和钢	416 和 440C	17-4 SST	304 SST	316 SST	双层不锈钢	254 SMO	20 号合金	400 号合金	C276 号合金	B_2 号合金	6 号合金	钛	锆
硝酸	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	C	B	C	C	A	A
油酸	C	C	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
草酸	C	C	C	C	B	B	B	A	A	A	B	A	A	B	C	A
氧	C	A	C	C	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	C	C
精炼石油	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
磷酸（充气的）	C	C	C	C	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	C	A
磷酸（不含空气的）	C	C	C	C	B	B	B	A	A	A	B	A	A	B	C	A
苦味酸	C	C	C	C	B	B	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A
碳酸钾	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化钾	C	C	B	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氢氧化钾	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
丙烷	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
松香	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
硝酸银	C	C	C	C	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A
苏打灰（见碳酸钠）																
醋酸钠	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
碳酸钠	C	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化钠	C	A	C	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
铬酸钠	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氢氧化钠	C	C	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
次氯酸钠	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	B	C	A	A
硫代硫酸钠	C	C	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化亚锡	C	C	C	C	C	C	B	A	A	A	C	A	A	B	A	A
蒸汽	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

（续）

环境温度下的腐蚀情况（续）

该腐蚀表格的目的是提供各种材料在接触某些流体时会怎样反应的一般性提示。表格中的建议不是绝对的，因为浓度、温度、压力和其它条件也许会改变某一特定金属的适用性。经济性的考虑也是影响金属材料选择的因素。该表格仅作为一个指南。A = 通常是适合的；B = 微小至中等影响，使用时要小心；C = 不满意

流 体	铅	铜	铸铁和钢	416 和 440C	17-4 SST	304 SST	316 SST	双层不锈钢	254 SMO	20 号合金	400 号合金	C276 号合金	B_2 号合金	6 号合金	钛	锆
硬脂酸	C	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
硫酸盐溶液（黑色）	C	C	A	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
硫	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
二氧化硫，干	C	C	C	C	C	C	B	A	A	A	C	A	A	B	A	A
三氧化硫，湿	C	C	C	C	C	C	B	A	A	A	B	A	A	B	A	A
硫酸（含气的）	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	C	A	C	B	C	A
硫酸（不含空气的）	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	B	A	A	B	C	A
亚硫酸	C	C	C	C	C	B	B	A	A	A	C	A	A	B	A	A
焦油（柏油）	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
三氯乙烯	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
松节油	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
醋	B	B	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
水，锅炉给水，经胺处理	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A
蒸馏水	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
海水	C	A	C	C	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
威士忌和酒	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
氯化锌	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	A	A	A	B	A	A
硫化锌	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

弹性材料的特性信息

选择用于控制阀中的弹性材料需要了解该材料将要使用的工况条件及材料本身的基本特性。应该全面了解介质温度、压力、流体流量、阀门动作类型（调节或开关）和流体的化学成份。列于下表的适用等级性能（优、很好、好、一般、差、很差）仅可作为一个指南。存在于某种材料中的特殊成份会有改变，这可能会改变材料的适用等级。

特 性	ACM, ANIM[1] 聚丙烯酸	AU,EU[2] 聚氨酯	CO, ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶	EPM, EPDM[3] 乙烯丙烯	FKM,[1,2] 氟橡胶 Viton[4]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	SBR 布纳橡胶 -S GRS	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
拉伸强度，psi(Mpa)									200-450				
纯橡胶	100(0.7)	---	2000(14)	3500(24)	---	---	---	3000(21)	(1.4-3)	600(4)	3000(21)	400(3)	---
加强型	1800(12)	6500(45)	2500(17)	3500(24)	2500(17)	2300(16)	3200(22)	3000(21)	1100(8)	4000(28)	4500(31)	3000(21)	2800(19)
抗撕裂	一般	优	好	好	差	好	---	好	差－一般	一般	优	差－一般	好
抗磨蚀	好	优	一般	优	好	很好	---	一般	差	好	优	好	好
老化：太阳光下	优	优	好	优	优	优	优	优	好	差	差	差	---
氧化环境下	优	优	好	好	好	优	优	好	很好	一般	好	一般	优
耐热:(最高温度)	350°F (117°C)	200°F (93°C)	275°F (135°C)	200°F (93°C)	350°F (117°C)	400°F (204°C)	550°F (288°C)	200°F (93°C)	450°F (232°C)	250°F (121°C)	200°F (93°C)	200°F (93°C)	400°F (204°C)
抗弯曲开裂	好	优	---	优	---	---	---	优	一般	好	优	好	---
抗压缩定型	好	好	一般	优	一般	差	---	一般	好	很好	好	好	好
抗溶剂：													
脂肪烃	好	很好	优	一般	差	优	优	差	差	好	很差	很差	好
芳烃	差	一般	好	差	一般	很好	优	很差	很差	一般	很差	很	一般
氧化溶剂	差	差	---	一般	---	好	优	好	差	差	好	好	差
卤化溶剂	差	---	---	很差	差	---	优	差	很差	很差	很差	很差	很差

（续）

弹性材料的特性信息（续）

选择用于控制阀中的弹性材料需要了解该材料将要使用的工况条件及材料本身的基本特性。应该全面了解介质温度、压力、流体流量、阀门动作类型（调节或开关）和流体的化学成份。列于下表的适用等级性能（优、很好、好、一般、差、很差）仅可作为一个指南。存在于某种材料中的特殊成份会有改变，这可能会改变材料的适用等级。

特 性	ACM, ANIM[1] 聚丙烯酸	AU,EU[2] 聚氨酯	CO, ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶	EPM, EPDM[3] 乙烯丙烯	FKM,[1,2] 氟橡胶 Viton[4]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	SBR 布纳橡胶 -S GRS	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
耐油性：													
低苯胺矿物油	优	---	---	一般	差	优	优	很差	差	优	很差	很差	优
高苯胺矿物油	优	---	---	好	差	优	优	很差	差	优	很差	很差	一般
人造润滑剂	一般	---	优	很差	差	---	优	差	一般	一般	很差	很差	优
有机磷酸盐	差	差	优	很差	很好	差	优	好	差	很差	很差	很差	好
耐汽油性：													
芳香族化合物	一般	一般	优	差	一般	好	优	很差	差	好	很差	很差	差
非芳香族化合物	差	好	优	好	差	很好	优	很差	好	优	很差	很差	一般
耐酸性：													
稀释（< 10%）	差	一般	好	一般	很好	优	优	好	一般	好	好	好	优
浓缩[5]	差	差	好	一般	好	很好	优	一般	差	差	一般	差	好
低温弹性（最大值）	-10°F (-23°C)	-40°F (-40°C)	-40°F (-40°C)	-40°F (-40°C)	-50°F (-45°C)	-30°F (-34°C)	0°F (-18°C)	-40°F (-40°C)	-100°F (-73°C)	-40°F (-40°C)	-65°F (-54°C)	-50°F (-46°C)	0°F (-18°C)
对气体的渗透性	好	好	优	很好	好	好	一般	很好	一般	一般	一般	一般	---
耐水性	一般	一般	一般	一般	很好	优	优	很好	一般	很好	好	很好	优
耐碱性：													
稀释（< 10%）	差	一般	优	好	优	优	优	很好	一般	好	好	好	优
浓缩	差	差	优	好	好	很好	优	很好	差	一般	一般	一般	好

续

弹性材料的特性信息（续）

选择用于控制阀中的弹性材料需要了解该材料将要使用的工况条件及材料本身的基本特性。应该全面了解介质温度、压力、流体流量、阀门动作类（调节或开关）和流体的化学成份。列于下表的适用等级性能（优、很好、好、一般、差、很差）仅可作为一个指南。存在于某种材料中的特殊成份会有改变，这可能会改变材料的适用等级。

特 性	ACM, ANIM[1] 聚丙烯酸	AU,EU[2] 聚氨酯	CO, ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶	EPM, EPDM[3] 乙烯丙烯	FKM,[1,2] 氟橡胶 Viton[4]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	SBR 布纳橡胶 -S GRS	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
回弹性	很差	一般	一般	很好	很好	好	---	很好	好	一般	很好	一般	---
延展性（最大）	200%	625%	400%	500%	500%	425%	142%	700%	300%	500%	700%	500%	400%

1. 不可用于蒸汽场合
2. 不可用于氨场合
3. 不可用于石油基流体。可用于脂基（不易燃烧）液压油和温度低于300°F（149°C）的低压蒸汽场合
4. E.I. 杜邦公司的商标
5. 氮和硫磺除外

流体适应性

该表格对弹性材料对于特定流体的适应性进行了评定和比较。注意这些信息应该仅仅作为指导来使用。适应于某一流体的某一弹性体材料也许不适用于它的整个温度范围。通常化学适应性会随工作温度的增加而减弱。
关键词：A+ = 最佳的可能选择，A = 通常是适应的，B = 勉强适应，C = 不推荐，– = 无数据
注意：表格中的建议可仅作为一般指导来使用。在选择某一弹性材料时，必须考虑关于压力、温度、化学因素和工作模式的详细情况。

流 体	弹性材料的流体适应性等级											
	ACM，ANM 聚丙烯酸	AU，EU 聚氨脂	CO，ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶[1]	EPM，EPDM 乙烯丙烯	FKM 氟橡胶 Viton[1]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
醋酸(30%)	C	C	C	C	A+	C	A+	A	A	B	B	C
丙酮	C	C	C	C	A	C	A	A	C	C	C	C
空气，常温	A	A	–	A	A	A	A	A	A	A	B	A
空气，热(200°F，93°C)	B	B	–	C	A	A	A	A	A	A	B	A
空气，热(400°F，204°C)	C	C	–	C	C	A	A	C	A	C	C	A
醇，乙基	C	C	–	A	A	C	A	A	A	A	A	A
乙醇，甲基	C	C	B	A+	A	C	A	A	A	A	A	A
氨,无水的，液体	C	C	–	A+	A	C	A	A	B	B	C	A
氨，气体（热）	C	C	–	B	B	C	A	B	A	C	C	A+
啤酒（饮料）	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
苯	C	C	C	C	C	A	A	C	C	C	C	C
黑色体液	C	C	–	B	B	A+	A	C	C	B	B	A
高炉气体	C	C	–	C	C	A+	A	C	A	C	C	A
盐水（氯化钙）	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
丁二烯气体	C	C	C	C	C	A+	A	C	C	C	C	–
丁烷气体	A	C	A	A	C	A	A	C	C	A+	C	B
丁烷，液体	A	C	A	B	C	A	A	C	C	A	C	C
四氯化碳	C	C	B	C	C	A+	A	C	C	C	C	C

（续）

流体适应性（续）

该表格对弹性材料对于特定流体的适应性进行了评定和比较。注意这些信息应该仅仅作为指导来使用。适应于某一流体的某一弹性体材料也许不适用于其整个温度范围。通常化学适应性会随工作温度的增加而减弱。
关键词：A+ ＝最佳的可能选择，A ＝通常是适应的，B ＝勉强适应，C ＝不推荐，－＝无数据
注意：表格中的建议可仅作为一般指导来使用。在选择某一弹性材料时，必须考虑关于压力、温度、化学因素和工作模式的详细情况。

流　体	弹性材料的流体适用性等级											
	ACM，ANM 聚丙烯酸	AU，EU 聚氨脂	CO，ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶[1]	EPM，EPDM 乙烯丙烯	FKM 氟橡胶 Viton[1]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
氯，干	C	C	B	C	C	A+	A	C	C	C	C	C
氯，湿	C	C	B	C	C	A+	A	C	C	C	C	B
焦炉气体	C	C	–	C	C	A+	A	C	B	C	C	A
道氏换热剂 A[2]	C	C	C	C	C	A+	A	C	C	C	C	B
乙酸乙烷	C	C	C	C	B	C	A	B	B	C	C	C
乙二醇	C	B	A	A	A+	A	A	A	A	A	A	A
11 号[1] 氟里昂	A	C	–	C	C	B+	B	C	C	B	C	C
12 号[1] 氟里昂	B	A	A	A+	B	B	B	B	C	A	B	C
22 号[1] 氟里昂	B	C	A	A+	A	C	A	A	C	C	A	C
114 号[1] 氟里昂氟里昂替代物[1] (见下面的苏瓦)[1]	–	A	A	A	A	A	B	A	C	A	A	C
汽油	C	B	A	C	C	A	A	C	C	A+	C	C
氢气	B	A	–	A	A	A	A	A	A	A	B	A
硫化氢（干）	C	B	B	A	A+	C	A	A	C	A	A	A
硫化氢（湿）	C	C	B	A	A+	C	A	A	C	C	C	A
喷气发动机燃料(JP-4)	B	B	A	C	C	A	A	C	C	A	C	B

（续）

流体适应性（续）

该表格对弹性材料对于特定流体的适应性进行了评定和比较。注意这些信息应该仅仅作为指导来使用。适应于某一流体的某一弹性体材料也许不适用于其整个温度范围。通常化学适应性会随工作温度的增加而减弱。

关键词：A+ ＝最佳的可能选择，A ＝通常是适应的，B ＝勉强适应，C ＝不推荐，－＝无数据

注意：表格中的建议可仅作为一般指导来使用。在选择某一弹性材料时，必须考虑关于压力、温度、化学因素和工作模式的详细情况。

流　体	弹性材料的流体适用性等级											
	ACM，ANM 聚丙烯酸	AU，EU 聚氨脂	CO，ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶[1]	EPM，EPDM 乙烯丙烯	FKM 氟橡胶 Viton[1]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
亚甲氯	C	C	–	C	C	B+	A+	C	C	C	C	B
牛奶	C	C	–	A	A	A	A	A	A	A+	A	A
萘	–	B	–	C	C	A+	A	C	C	C	C	B
天然气	B	B	A	A	C	A	A	C	C	A+	B	A
天然气 +H_2S(酸性气体)	C	B	A	A+	C	C	A	C	C	B	C	A
天然气，酸＋氨	C	C	–	B+	C	C	A	C	C	B	C	A+
硝酸（10%）	C	C	C	C	B	A+	A	A	C	C	C	A
硝酸(50 － 100%)	C	C	C	C	C	A+	A	A	C	C	C	B
硝酸蒸汽	C	C	C	B	B	A	A	B	C	C	C	A
氮	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
油（燃料）	B	C	A	B	C	A	A	C	C	A+	C	A
臭氧	B	A	A	B	A	A	A	B	A	C	C	A
纸浆	–	C	–	B	B	A	A	B	C	B	C	–
丙烷	A	B	A	A	C	A	A	C	C	A+	C	A
海水	C	B	–	B	A	A	A	A	A	A	B	A
海水＋硫酸	C	B	–	B	B	A	A	B	C	C	C	A
肥皂溶液	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A

（续）

流体适应性（续）

该表格对弹性材料对于特定流体的适应性进行了评定和比较。注意这些信息应该仅仅作为指导来使用。适应于某一流体的某一弹性体材料也许不适用于其整个温度范围。通常化学适应性会随工作温度的增加而减弱。
关键词：A+ ＝最佳的可能选择，A ＝通常是适应的，B ＝勉强适应，C ＝不推荐，－＝无数据
注意：表格中的建议可仅作为一般指导来使用。在选择某一弹性材料时，必须考虑关于压力、温度、化学因素和工作模式的详细情况。

流　体	弹性材料的流体适用性等级											
	ACM，ANM 聚丙烯酸	AU，EU 聚氨脂	CO，ECO 环氧氯丙烷	CR 氯丁二烯氯丁橡胶[1]	EPM，EPDM 乙烯丙烯	FKM 氟橡胶 Viton[1]	FFKM 全氟橡胶	IIR 丁基合成橡胶	VMQ 硅树脂	NBR 腈布纳橡胶 N	NR 天然橡胶	TFE/P 四氟乙烯丙烯共聚物
蒸气	C	C	C	C	B+	C	A	B	C	C	C	A+
二氧化硫（干）	C	–	–	C	A+	–	–	B	B	C	B	–
二氧化硫（湿）	C	B	–	B	A+	C	A	A	B	C	C	B
硫酸（至 50%）	B	C	B	C	B	A+	A	C	C	C	C	A
硫酸（50-100%）	C	C	C	C	C	A+	A	C	C	C	C	A
苏瓦 HCFC-123[1]	–	C	–	A+	A+	B	–	A+	B	C	C	
苏瓦 HFC 134a[1]	–	–	–	B	A	C	–	B	B	A+	B	–
水（常温）	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
水(200°F，93°C)	C	C	B	C	A+	B	A	B	A	C	A	–
水(300°F，149°C)	C	C	–	C	B+	C	A	B	C	C	C	–
水（脱离子的）	C	A	–	A	A	A	A	A	A	A	A	A
白水	C	B	–	B	A	A	A	A	B	B	B	–

1. 为 E.I. 杜邦公司的商标
2. 为陶氏化学公司的商标

非金属材料的工作温度极限

ASTM 代号和商品名称	基本描述	温度范围
CR	氯丁橡胶	-40 至 180°F，-40 至 82°C
EPDM	乙烯丙烯三（元共）聚物	-40 至 275°F，-40 至 135°C
FFKM，Kalrez(1)，chemraz(2)	全氟橡胶	0 至 500°F，-18 至 260°C
FKM,Viton(1)	氟橡胶	0 至 400°F，-18 至 204°C
FVMQ	氟硅酮	-100 至 300°F，-73 至 149°C
NBR	腈	-65 至 180°F，-54 至 82°C
NR	天然橡胶	-20 至 200°F，-29 至 93°C
PUR	聚氨酯	-20 至 200°F，-29 至 93°C
VMQ	硅树脂	-80 至 450°F，-62 至 232°C
PEEK	聚乙醚甲酮	-100 至 480°F，-73 至 250°C
PTFE	聚四氟乙烯	-100 至 400°F，-73 至 204°C
PTFE，填充碳	聚四氟乙烯，充填碳	-100 至 450°F，-73 至 232°C
PTFE，填充玻璃	聚四氟乙烯，充填玻璃	-100 至 450°F，-73 至 232°C
TCM Plus(3)	矿物质和 MoS2，填充聚四氟乙烯	-100 至 450°F，-73 至 232°C
TCM Ultra(3)	PEEK 和 MoS2，填充聚四氟乙烯	-100 至 500°F，-73 至 260°C
复合垫片		-60 至 300°F，-51 至 150°C
柔性石墨，Grafoil(4)		-300 至 1000°F，-185 至 540°C

1. E.I. 杜邦公司商标
2. Greene，Tweed 公司.的商标
3. 费希尔控制设备公司的商标
4. Union Carbidewcng 公司的商标

控制阀的流量特性

控制阀的流量特性是随着行程从 0 到 100% 变化时通过阀门的流量与阀门行程之间的关系。固有流量特性指经过阀门的压力降恒定时观察到的流量特性。安装流量特性是指在压力降随着流量和系统中其它变化而变化的工况下获得的流量特性。

阀门的流量特性化是为了在系统运行条件的预期范围内提供一个相对均匀一致的控制回路稳定性。要建立与系统相匹配的流量特性，需要对控制回路作动态分析。由于对一些比较普通的工艺过程已经做过分析，所以可以建立一些对于选择合适的流量特性有用的指导原则。在简单了解一下今天正在使用的流量特性之后，会讨论这些指导原则。

流量特性

图5-1说明了典型的流量特性曲线。快开流量特性在较小的阀门行程处，提供近似线性关系的最大流量改变。继续增加阀门行程，则流量的变化锐减；当阀芯接近全开位置时，流量的变化趋近于零。在控制阀中，快开阀芯主要用于开/关工况；但它亦适用于许多通常指定使用线性阀芯的场合。

www.control-valve.net 控制阀在线

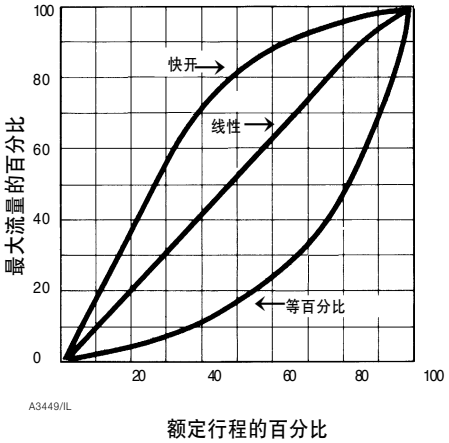


图5-1. 固有阀门特性

线性流量特性曲线表明流量与阀门行程成正比关系。这种比例关系提供一种具有恒定斜率的特性，所以在恒定的压力降下，阀门增益在所有流量处都是相同的。(阀门增益是阀芯位置增量的比例。增益是阀门口径和配置、系统运行条件以及阀芯特性的函数。) 线性阀芯通常指定用于液位控制和一些需要恒定增益的流量控制场合。

对于等百分比的流量特性，阀门行程的等量增加产生相同百分比的流量变化。流量的变化始终与阀芯、蝶板或球的位置变化前的流量成比例。当阀芯、蝶板或球靠近阀座时，流量很小；当流量很大时，流量的变化也会很大。具有等百分比流量特性的阀门一般用于压力控制场合、以及大部分压力降通常被系统本身所吸收而只有小部分为控制阀所吸收的其它场合。在预期有变化很大的压力降的情况下也可考虑使用具有等百分比特性的阀门。

流量特性的选择

一些指导原则能有助于选择合适的流量特性。然而，应该记住大部分这些指导原则有偶尔的例外情况，正确的建议只有经过全面的动态分析才能获得。在推荐线性特性时，一个快开阀芯也可以使用，而控制器将不得不在较宽的比例带宽上操作，这样才可以得到同样的控制精度。下表为选择阀门特性提供了有用的指导原则。

液位控制系统

控制阀压力降	最佳固有特性
恒定 ΔP	线性
ΔP 随负荷增加而减少，最大负荷时的 ΔP ＞ 20% 的最小负荷时的 ΔP	线性
ΔP 随负荷增加而减少，最大负荷时的 ΔP ＜ 20% 的最小负荷时的 ΔP	等百分比
ΔP 随负荷增加而减少，最大负荷时的 ΔP ＜ 200% 的最小负荷时的 ΔP	线性
ΔP 随负荷增加而减少，最大负荷时的 ΔP ＞ 200% 的最小负荷时的 ΔP	快开

www.control-valve.net

流量控制工艺

至控制器的流量测量信号	控制阀与流量测量元件的位置关系	最佳固有特性	
		宽范围的流量设定点	小范围的流量，但阀门的负荷增大时ΔP的变化很大
与流量成正比	串联	线性	等百分比
	旁路(1)	线性	等百分比
与流量的平方成正比	串联	线性	等百分比
	旁路(1)	等百分比	等百分比

1. 当控制阀关闭时，在测量元件处的流量增加。

阀门口径计算

控制阀口径计算的标准化工作可追塑到20世纪60年代的早期，当时一个贸易协会－流体控制组织提出了同时用于可压缩和不可压缩流体的口径计算公式。这些公式所能精确函盖的工况条件的范围非常有限，该标准未被广泛地接受。在1967年，ISA成立了一个委员会来研究和发表标准公式。该委员会的努力最终建立了一个阀门口径计算的步骤，获得了美国国家标准资格。后来，一个IEC委员会把这一ISA的成果用作制定控制阀口径计算的国际标准的基础（在这本介绍材料里的某些内容摘自ANSI/ISA S75.01标准，得到出版者ISA的许可）。除了命名方法和步骤稍有不同外，ISA和IEC标准是一致的。ANSI/ISA标准号S75.01和IEC标准号534-2-1及534-2-2是一致的（IEC出版号534-2第一和第二节分别针对不可压缩和可压缩流体）。

在以下的章节中，将解释命名方法和步骤，并通过解答例题来说明其用途。

液体工况阀门口径计算

以下是采用IEC的方法对用于液体介质的控制阀门进行口径计算的详细步骤。这些步骤的每一步都是很重要的，在任何阀门口径计算步骤中都必须被考虑。步骤3和4涉及到某些口径计算系数的确定，取决于工况条件，口径计算公式中也许会也许不会用不到这些系数。如果对于某一特定口径计算问题，在公式中需要使用这些口径计算系数中的一个、二个或所有三个，可参考第六步后面文字说明中的相应的系数确定章节。

1．确定如下的阀门口径计算所需的变量

- 要求的阀体型式：参考本章中的相应的阀门流量系数表
- 过程流体（水、油等），和
- 相应的工况条件

q或w，p_1，p_2或ΔP，T_1，G_f，P_v，P_c，和υ。

只有通过对不同阀门口径计算问题的实际体验，才能够获得辨别以上哪些项目对于某一特定的口径计算步骤是合适的能力。如果以上任何一项对你似乎很陌生或不熟

悉，可参考缩写和术语表以了解其详细的定义。

2．确定公式常数N。N是一个数字化常数，包含在每一个流量公式中，为使用不同的单位系统提供一种换算方法。在公式常数表中可查到这些不同常数的数值及其相应的单位。

如果用体积单位（加仑/分钟或立方米/小时）作为流量来进行阀门口径计算，应使用N_1。

如果用质量单位（磅/小时或公斤/小时）作为流量来进行阀门口径计算，用N_6

3．确定管道的几何形状系数F_p

F_p是一个补偿由于可能直接连接到所计算的控制阀的进出口端的管件如变径、弯头或三通而引起的压力损失的一个修正系数。如果这些管件连接到阀门上，那么在口径计算步骤中必须要考虑F_p。然而，如果没有管件连接到阀门上，F_p的值为1.0，简单地从口径计算公式中去掉。

www.control-valve.net 控制阀在线

缩写和术语

符号		符号	
C_V	阀门流量系数	P_1	上游绝对静压
d	阀门公称通径	P_2	下游绝对静压
D	管道内径	P_C	绝对热动态临界压力
F_d	阀门型式修正系数，无量纲	P_V	液体在进口温度时的蒸汽压绝对值
F_F	液体临界压力比系数，无量纲	ΔP	阀门前后的压力降（P_1-P_2）
F_k	比热比系数，无量纲	$\Delta P_{max(L)}$	最大允许液体工况口径计算压力降
F_L	额定液体压力恢复系数，无量纲	$\Delta P_{max(LP)}$	带连接管件时最大允许计算压力降
F_{Lp}	组合液体压力恢复系数和带连接管件的阀门的管道几何形状系数的一个系数（当无连接管件时，F_{LP}= F_L），无量纲	q	带连接体积流量
F_p	管道几何形状系数，无量纲	q_{max}	在给定上游条件时的最大流量（阻塞流量条件）
G_f	液体比重（工作温度下液体的密度与60°F下水的密度的比值），无量纲	T_1	上游绝对温度（K°或R°）
G_g	气体比重（在标准条件下[1]，工作气体的密度和空气密度的比值，即工作气体分子量和空气分子量的比值），无量纲	W	质量流量
k	比热比，无量纲	X	压力降与上游绝对静压之比（$\Delta P/P_1$），无量纲
K	设备的热损失系数，无量纲	X_T	额定压力降比例系数，无量纲
M	分子量，无量纲	Y	膨胀系数（在同样雷诺数时，气体流量系数与液体流量系数的比值），无量纲
N	数字常数	Z	压缩系数，无量纲
		γ1	在入口条件时的比重
		υ	动力粘度，厘泊

1．标准状态定义为60°F（15.5°C）和14.7 psia（101.3kpa）。

www.control-valve.net 控制阀在线

对于带变径端的旋转阀（陷型式安装），F_P 系数包含在相应的流量系数表中。对于其它型式的阀门和管件，用确定管件几何形状系数 F_P 的方法来确定 F_P 系数。

公式常数(1)

		N	w	q	p(2)	γ	T	d, D
N_1		0.0865	---	m^3/h	kPa	---	---	---
		0.865	---	m^3/h	bar	---	---	---
		1.00	---	gpm	psia	---	---	---
N_2		0.00214	---	---	---	---	---	mm
		890	---	---	---	---	---	inch
N_5		0.00241	---	---	---	---	---	mm
		1000	---	---	---	---	---	inch
N_6		2.73	kg/h	---	kPa	kg/m^3	---	---
		27.3	kg/h	---	bar	kg/m^3	---	---
		63.3	lb/h	---	psia	lb/ft^3	---	---
N_7(3)	正常状态	3.94	---	m^3/h	kPa	---	deg K	---
	T_N = 0°C	394	---	m^3/h	bar	---	deg K	---
	标准状态	4.17	---	m^3/h	kPa	---	deg K	---
	T_S = 15.5°C	417	---	m^3/h	bar	---	deg K	---
	标准状态 T_S= 60°F	1360	---	scfh	psia	---	deg R	---
N_8		0.948	kg/h	---	kPa	---	deg K	---
		94.8	kg/h	---	bar	---	deg K	---
		19.3	lb/h	---	psia	---	deg R	---
N_9(3)	正常状态	21.2	---	m^3/h	kPa	---	deg K	---
	T_N= 0°C	2120	---	m^3/h	bar	---	deg K	---
	标准状态	22.4	---	m^3/h	kPa	---	deg K	---
	T_S= 15.5°C	2240	---	m^3/h	bar	---	deg K	---
	标准状态 T_S= 60°F	7320	---	scfh	psia	---	deg R	---

1．在这些口径计算步骤中，许多公式包含一个带有数字下标的数字常数 N。这些数字常数为在公式中使用不同的单位提供一种换算方法。在上表中可查到不同常数的值及相应的单位。例如，如果流量以美国 gpm、压力用 psia 表示，N_1 的值为 1.0；如果流量以 m^3/hr，压力以上 kPa 表示，那么 N_1 的值就变为 0.0865。
2．所有压力为绝对压力。
3．压力基准为 101.3 kPa（1.013 bar）（14.7 psia）。

4．确定 q_{max}（在给定上游条件时的最大流量）或 ΔP_{max}（最大允许计算压力降）。

最大或极限流量（q_{max}），通常称为阻塞流，就是在上游条件不变时增大压差而流量无法再进一步增大时的流量。在液体中，阻塞流是当阀门内的静态压力降至液体的蒸汽压以下时由于液体的汽化而引起的。

IEC 标准要求计算允许的压力降（ΔP_{max}），以考虑阀体内产生阻塞流的可能性。用计算出的 ΔP_{max} 值与指定工况条件下的实际压力降进行比较，把两者中的较小值用于口径计算公式。如果希望用 ΔP_{max} 来考虑阻塞流的可能性，可以用确定（最大流量）q_{max} 或（最大允许计算压力降）ΔP_{max} 的步骤来计算 ΔP_{max}。如果可以确认阀门内不会

产生阻塞流，那么就不必计算 ΔP_{max}。

5．用相应的公式计算需要的 C_V 值：

- 以体积为流量单位时

$$C_v = \frac{q}{N_1 F_p \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

- 以质量为流量单位时

$$C_v = \frac{w}{N_6 F_p \sqrt{(P_1 - P_2)\gamma}}$$

除了 C_V 之外，尤其是在北美以外的国家，还使用另外两个流量系数 K_V 和 A_V，其关系如下：

$$K_V = (0.865)(C_v)$$

$$A_V = (2.40 \times 10^{-5})(C_V)$$

6．用相应的流量系数表和计算出的 C_V 值来选择阀门的口径。

确定管道几何形状系数 F_P

如果任何管件如变径、弯头或三通直接连接到所要计算的控制阀的进出口端，就需要确定 F_P 系数。如可能，建议通过对特定的阀门进行实际测试来确定 F_P 系数。对于带有变径端的旋转阀，F_P 系数都是以这种方法获得的，其数值列在流量系数表中。

对未列入流量系数表格中的 F_P 值，可用下列公式来计算 F_P 系数：

$$F_P = \left[1 + \frac{\Sigma K}{N_2} \left(\frac{C_v}{d^2} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

式中，

N_2= 数字常数，可在公式常数表中找到

d= 假设的阀门公称通径

C_V=假设口径的阀门在100%行程时的阀门口径计算系数

在上面的公式中，ΣK是连接到阀门上的所有管件的速头损失度系数的代数和。

$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_{B1} - K_{B2}$$

式中，

K_1= 上游管件的阻尼系数

K_2= 下游管件的阻尼系数

K_{B1}= 进口端伯努利系数

K_{B2}= 出口端伯努利系数

伯努利系数 K_{B1} 和 K_{B2} 仅在阀门进口处的管道直径与阀门出口处的管道直径不同时使用。

$$K_{B1} \text{ 或 } K_{B2} = 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4$$

式中，

d= 阀门公称通径

D= 管道内径

www.control-valve.net 控制阀在线

如果进口和出口管径相等，那么伯努利系数也相等，$K_{B1}=K_{B2}$，因此可以把它们从公式中去掉。

在控制阀安装中最常用的管件是长度很短的同心变径。针对这种管件的公式如下：

- 对于进口端变径—

$$K_1 = 0.5(1- \frac{d^2}{D^2})^2$$

- 对于出口端变径—

$$K_2 = 1.0(1- \frac{d^2}{D^2})^2$$

- 对安装在两个相同的变径之间的阀门—

$$K_1 + K_2 = 1.5(1- \frac{d^2}{D^2})^2$$

确定 q_{max}（最大流量）或 ΔP_{max}（最大允许计算压力降）

对于所要计算的阀门，如其内部有可能产生阻塞流，需确定 q_{max} 或 ΔP_{max}。使用以下步骤可以确定这些值。

确定 q_{max}（最大流量）

$$q_{max} = N_1 F_L C_V \sqrt{\frac{P_1 - F_F P_v}{G_f}}$$

F_F 为液体临界压力比系数，其值可以从图5-2中查得，或从下式中得到：

$$F_F = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{p_V}{p_c}}$$

F_L 为恢复系数，对无连接管件的阀门可从流量系数表格中查到；如果给定的阀门安装有类似于变径的管件，公式中的 F_L 必须用商数 F_{LP}/F_P 来代替，其中

$$F_{LP} = \left[\frac{K_1}{N_2}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2 + \frac{1}{F_L^2}\right]^{-1/2}$$

和

$$K_1 = K_1 + K_{B1}$$

式中，

K_1= 上游管件的阻尼系数

K_{B1}= 进口端伯努利系数

（对于上面公式中其它常数和系数的定义，可参见管道几何形状系数 F_P 的确定步骤）

确定 ΔP_{max}（最大允许计算压力降）

ΔP_{max}（最大允许计算压力降）可以由以下的关系式来确定：

对于未安装管件的阀门—

$$\Delta P_{max(L)} = F_L^2 \left(P_1 - F_F P_V\right)$$

对于安装有管件的阀门—

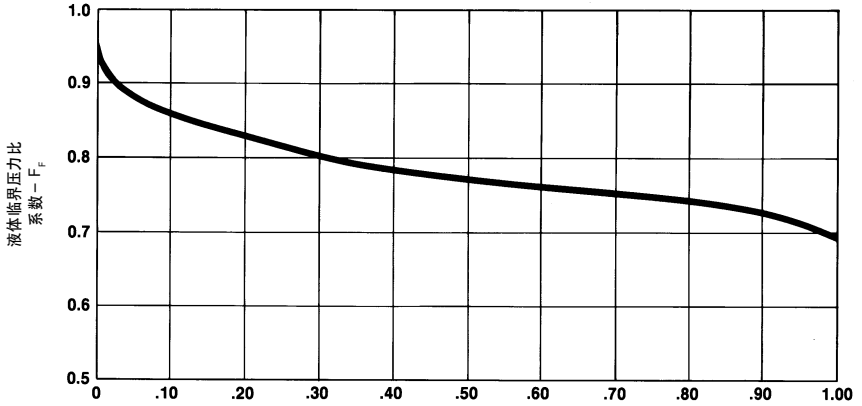
$$\Delta P_{max(LP)} = \left(\frac{F_{Lp}}{F_p}\right)^2 (P_1 - F_F P_V)$$

式中，

P_1= 上游绝对静压

P_2= 下游绝对静压

www.控制阀在线 control valve.net



该曲线适用于水以外的液体。用阀门进口端液体的蒸气压除以液体的临界压力，得到蒸气压力与临界压力之比。用刚刚计算出的比例对到横坐标上，然后垂直往上找到和曲线的交叉点，然后水平向左找到纵座标上的 F_F 值。

图5-2. 所有液体的临界压力比系数

P_V= 在进口温度时的绝对蒸气压

液体临界压力比系数 F_F 值，可从图5-2或从下列公式获得：

$$F_F = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_V}{P_C}}$$

没有安装连接管件的阀门的恢复系数 F_L 值，可以从流量系数表中找到。关于如何计算安装有连接管件的阀门的恢复系数 F_{LP} 值的说明，已在确定 q_{max}（最大流量）的步骤中作了介绍。

一旦从相应的公式里计算出 ΔP_{max} 的值，就应当与实际的工况压差进行比较（$\Delta P = P_1 - P_2$），如果 $\Delta P_{max} < \Delta P$，就表明在该工况条件下会产生阻塞流。如果阻塞流的条件的确存在（$\Delta P_{max} < P_1 - P_2$），那么用于液体的阀门的口径计算步骤的第5步必须进行修改，用计算出的 ΔP_{max} 值代替相应的阀门口径计算公式中的实际工况压差（$P_1 - P_2$）。

注意

一旦知道在所选阀门中会产生阻塞流情况（计算出的 ΔP_{max} 小于 ΔP），还可以作进一步的区分以判别该阻塞流是由气蚀还是闪蒸引起的。如果阀门的出口压力小于流动液体的蒸气压，则阻塞流是由闪蒸引起的；如果阀门的出口压力大于流动液体的蒸气压，则阻塞流是由气蚀引起的。

www.control-valve.net

液体工况口径计算例题

假定有一个装置，它在工厂的初始开车阶段不会以最大的设计能力运行。管道口径根据最大的系统能力而计算，但希望安装一台仅为目前的预期要求而计算的控制阀。管径为8，并需用一台Class 300带有等百分比阀笼的直通阀。安装阀门时可用标准的同心变径，请确定合适的阀门口径。

1．确定阀门口径计算所必需的系数：

- 要求的阀门型式 – Class 300 带等百分比阀笼的直通阀，假定阀门口径为3英寸。
- 过程流体 – 液态丙烷
- 工况条件

$q = 800$ gpm

$P_1 = 300$ psig = 314.7 psia

$P_2 = 275$ psig = 289.7 psia

$\Delta P = 25$ psi

$T_1 = 70°F$

$G_f = 0.50$

$P_v = 124.3$ Psia

$P_c = 616.3$ Psia

2．从公式常数表上确定 $N_1 = 1.0$

3．确定管道几何形状系数 F_P。

因为假定会将一台3英寸的阀门装到8英寸的管道中，就必须确定管道几何形状系数 F_P 以修正由于连接到该阀门上的管件而引起的压力损失。

$$F_P = \left[1 + \frac{\Sigma K}{N_2}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

式中，

$N_2 = 890$，从公式常数表中查得

$d = 3$ 英寸，从第1步中得到

$C_V = 121$，从对应于Class 300带等百分比阀笼的3英寸直通阀的流量系数表中查到。

计算安装于相同的同心变径之间的阀门的 ΣK

$$\Sigma K = K_1 + K_2$$
$$= 1.5\left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$$
$$= 1.5\left(1 - \frac{(3)^2}{(8)^2}\right)^2$$
$$= 1.11$$

式中，

D=8 英寸，为管道的内径所以，

$$F_P = \left[1 + \frac{1.11}{890}\left(\frac{121}{3^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$
$$= 0.90$$

www.control-valve.net 控制阀在线

4．确定 ΔP_{max}（最大允许计算压力降）

由于要求的压降很小，流体不会阻塞（$\Delta P_{max} > \Delta P$）。

5．用相应的公式计算 C_V 值：

$$C_V = \frac{q}{N_1 F_P \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

$$= \frac{800}{(1.0)(0.90)\sqrt{\frac{25}{0.5}}}$$

$$= 125.7$$

6．用流量系数表和计算出的 C_V 值去选择阀门的口径。

要求的 C_V 值 125.7 超过了假设阀门的额定流通能力（其额定 C_V 值为121）。尽管对于这个例子来说，显然大一号口径即4英寸会是正确的阀门口径，但是这可能并不是正确的，还是应该重复一遍以上的计算步骤。

假定用一个4英寸的阀门，则 C_V=203这个值是从对应于 Class 300 带等百分比阀笼的 4 英寸直通阀的流量系数表中确定的。

在 F_P 的计算中，用假设的 C_V 值203来重新计算需要的 C_V 值。

式中

$$\Sigma K = K_1 + K_2$$

$$= 1.5\left(1 - \frac{d_2}{D_2}\right)^2$$

$$= 1.5\left(1 - \frac{16}{64}\right)^2$$

$$= 0.84$$

和

$$F_P = \left[1.0 + \frac{\Sigma K}{N_2}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

$$= \left[1.0 + \frac{0.84}{890}\left(\frac{203}{4^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

$$= 0.93$$

和

$$C_V = \frac{q}{N_1 F_P \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

$$= \frac{800}{(1.0)(0.93)\sqrt{\frac{25}{0.5}}}$$

$$= 121.7$$

这个结果仅仅说明一个4英寸的阀门足以满足给定的工况条件。然而，有些情况下，需要对 C_V 值作更加精确的计算。在这种情况下，需要的 C_V 值应该通过使用根据以上获得的 C_V 值算出的新的 F_P 值来重新确定。在这个例子中，C_V=121.7，可得出以下结果。

$$F_P = \left[1.0 + \frac{\Sigma K}{N_2}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

$$= \left[1.0 + \frac{0.84}{890}\left(\frac{121.7}{4^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

$$= 0.97$$

需要的 C_V 值就变为：

$$C_V = \frac{q}{N_1 F_P \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{G_f}}}$$

$$= \frac{800}{(1.0)(0.97)\sqrt{\frac{25}{0.5}}}$$

$$= 116.2$$

因为这个新计算出的C_V值与先前用于重新计算的C_v值相当接近（116.2对121.7），阀门的口径计算可到此结束，结论是，一台4英寸的阀门在开度约为75%时应该足以满足要求的技术规格。

可压缩流体阀门口径计算

以下是用ISA标准化的方法对用于可压缩流体的控制阀进行口径计算的六个步骤。这些步骤中的每一步都是重要的，在阀门口径计算的任何步骤中都必须考虑。第3和第4步涉及到某些计算系数的确定。这些系数可能需要、也有可能不需要在计算公式中用到，取决于口径计算问题的工况条件。如果针对某一特定的计算问题，有一个或两个计算系数必须被用到，那么可以参考相应的在以下的文字中讨论的系数确定章节。

1. 具体确定如下阀门口径计算必需的变量:

- 要求的阀门型式（例如带线性阀笼的平衡式直通阀）；参考相应的阀门流量系数表。
- 过程流体（空气、天然气、蒸气等）
- 相应的工况条件 – q或W，P_1，P_2或ΔP，T_1，G_g，M，K，Z和γ_1

只有通过对不同的阀门口径计算问题的实际体验，才能获得辨别以上哪些项目适用于某一特定的计算步骤的能力。如果觉得对以上任何一项很生疏或不熟悉，可参照缩写和术语表以了解其详细的定义。

2. 确定公式常数N。N是一个数字化常数，包含在每一个流量公式中，为使用不同的单位系统提供一种换算方法。这些不同常数的数值及其相应的单位在公式常数列表中提供。

如果对体积单位流量进行阀门口径计算，可用N_7或N_9。至于到底用两个常数中的哪一个取决于特定的工况条件。如果已经具体确定了气体的比重G_g以及其它要求的工况条件，那么只能用N_7。如果已经具体确定了气体的分子量M，那么只能用N_9。

如果对质量单位（lb/h或kg/h）流量进行阀门口径计算，可以用N_6或N_8。至于到底用两个常数中的哪一个取决于特定的工况条件。如果已经具体确定了气体的比重γ_1以及其它要求的工况条件，那么只能用N_6。如果已经具体确定了气体的分子量M，那么只能用N_8

3. 确定管道几何形状系数F_p。F_p是一个补偿由于可能会直接连接到所要计算的阀门进出口端变径、弯头或三通而引起的压力损失的修正系数。如果这些管件和阀门相连，那么在口径计算步骤中必须考虑F_p系数。然而，如果没有管件连接到阀门上，那么F_p值为1.0，且可以口径计算公式中去掉。

对于带有变径的旋转阀，F_p系数包括在相

应的流量系数表中。对于其它型式的阀门的和管件，用位于“液体工况阀门口径计算”一节里的确定管道几何形状系数 F_P 的步骤来确定 F_p 系数。

4. 如下确定膨胀系数 Y：

$$Y = 1 - \frac{x}{3F_kX_T}$$

式中

F_K = K/1.4，比热系数比

K = 比热比

$x = \Delta P/P_1$，压降比

x_T = 未安装连接管件的阀门的压降比系数。更明确地说，x_T 是当 F_K = 1.0 时，产生临界或最大流量所需的压降比。

如果所要安装的控制阀有变径或弯头与之相连，那么它们的影响可以通过在膨胀系数公式中用一个新的 x_{TP} 系数代替 x_T 项而得到补偿。压降比系数 x_{TP} 的确定步骤在“确定压降比系数 x_{TP}”一节中有说明。

注意

当 X 的值等于或超过 F_KX_T 或 F_KX_{TP} 的值时，会产生临界压降的情况，此时：

$$Y = 1 - \frac{X}{3F_KX_T} = 1 - 1/3 = 0.667$$

在实际操作中，压降比经常会超过所指的临界值，这就是产生临界流量状态的点。这样，对于一个恒定的 P_1，减小 P_2（即增大 ΔP）将不会导致阀门流量的增加。大于 F_KX_T 或 F_KX_{TP} 的 X 值肯定不会在 Y 的表达示中被取代。这意味着 Y 永远不会超过 0.0067。这个相同的对于 X 值的限制也适用于下面一节介绍的流量公式。

5. 用相应的公式计算需要的 C_V 值：

对体积流量单位－

- 如果已经确定气体的比重 G_g：

$$C_V = \frac{q}{N_7F_PP_1Y\sqrt{\frac{x}{G_gT_1Z}}}$$

- 如果已经确定气体的分子量 M：

$$C_V = \frac{q}{N_9F_PP_1Y\sqrt{\frac{x}{MT_1Z}}}$$

对质量流量单位－

- 如果已经确定气体的比重 γ_1：

$$C_V = \frac{w}{N_6F_PY\sqrt{XP_1\gamma_1}}$$

- 如果已经确定气体的分子量 M：

$$C_V = \frac{w}{N_8F_PP_1Y\sqrt{\frac{XM}{T_1Z}}}$$

除了 C_V 之外，尤其是在北美以外的国家，还使用另外两个流量系数 K_V 和 A_V。其关系如下：

$$K_1 = (0.865)\ (C_V)$$

$$A_V = (2.40 \times 10^{-5})(C_V)$$

6. 用相应的流量系数表和计算出的 C_V 值

www.control-valve.net 控制阀在线

来选择阀门的口径。

注意

一旦完成阀门口径计算步骤，就可考虑气体动力噪声的预估。为了确定用于气体动力噪声预估技术的气体流量系数（C_g），可用下面的公式：

$$C_g = 40\ C_v \sqrt{X_T}$$

确定压降比系数 X_{TP}

如果所要安装的控制阀带有连接管件如变径或弯头，那么它们的影响可以通过在膨胀系数公式中用一个新的系数 X_{TP} 替代 X_T 项而得到补偿。

$$X_{TP} = \frac{X_T}{F_p^2}\left[1 + \frac{X_T K_1}{N_5}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2\right]^{-1}$$

式中：

N_5= 数字常数，可在公式常数表中找到

d = 假设的阀门公称口径

C_v = 假设口径的阀门在 100% 开度时，阀门的口径计算系数，可在流量系数表上找到

F_p = 管道几何形状系数。

X_T = 没有安装连接管件阀门的压降比，X_T 值包含在流量系数表中。

在以上公式中，K_1 是进口压头损失系数，其定义如下：

$$K_1 = K_1 + KB_1$$

式中：

K_1=上游管件阻尼系数（参见包含在“液体工况阀门口径计算”一节里的确定“管道几何形状系数 F_P”的步骤）

K_{B1}= 进口端伯努利系数（参见包含在“液体工况阀门口径计算”一节里的确定管件几何形状系数 F_P 的步骤）

可压缩流体口径计算例题 1

确定在下列工况条件下工作的费希尔V250型球阀的口径和开度。假定阀门与管道的口径相同。

1．阀门口径计算的必需的变量：

- 要求的阀门型式— V250
- 过程流体 – 天然气
- 操作工况 –

P_1 = 200 psig = 214.7 psia

P_2 = 50 psig = 64.7 psia

ΔP =150 psi

$X = \Delta P/P_1$=150/214.7= 0.70

T_1 = 60°F = 520°R

M =17.38

G_g= 0.60

www.control-valve.net 控制阀在线

k =1.31

$q = 6.0 \times 10^6$ scfh

2．从公式常数表中确定相应的公式常数N。

由于在工况条件中同时给出了G_g和M，可以用包含N_7或N_9的公式来计算。在任何一种情况下最终结果是相同的。假设随机选定用包含G_g的公式来解答这个问题。因此，N_7=1360

3．确定管道几何形状系数F_P。因为阀门和管道口径相同，所以F_P=1.0

4．确定膨胀系数Y：

$$F_k = \frac{k}{1.40} = \frac{1.31}{1.40} = 0.94$$

假定一台8英寸V250型阀门足以满足指定的工况条件。在流量系数表里，在100%开度时一台8英寸V250型阀门的X_T=0.137。

X = 0.70（已在第1步中计算出）

因为临界压降出现在计算出的X等于或超过相应的F_KX_T值，所以应该比较这两个值

F_KX_T = (0.94) (0.137)

=0.129

由于压降比X=0.70已大于计算得到的临界值F_KX_T=0.129，所以，显示会出现阻塞流的现象。因此，Y=0.667且X = F_kX_T。= 0.129

5．用相应的公式计算需要的C_V值

$$C_V = \frac{q}{N_7 F_P P_1 Y \sqrt{\frac{X}{G_g T_1 Z}}}$$

在给定的压力和温度条件下，压缩系数Z可假设为1.0。因为阀门与管道的口径相等，Fp=1。

因此，

$$C_V = \frac{6.0 \times 10^6}{(1360)(1.0)(214.7)(0.667)\sqrt{\frac{0.129}{(0.6)(520)(1.0)}}}$$

= 1515

6．利用相应的流量系数表和计算出的C_V值来选择阀门的口径。

上面的计算结果表明阀门已经足够大（额定C_V=2190）。为了确定阀门的百分比开度，可以注意到要求的C_V值出现在这个8英寸250型阀门的大约83°的位置。也可以注意到在83°的位置，X_T=0.252。该值与初始计算时所用的0.137相差很大，故下一步就是用83°开度时的X_T值重新计算这个问题。

乘积F_KX_T必须重新计算：

$X=F_KX_T$

=(0.94)　(0.252)

=0.237

需要的Cv值现在变为：

$$C_V = \frac{q}{N_7 F_P P_1 Y \sqrt{\frac{X}{G_g T_1 Z}}} = \frac{6.0 \times 10^6}{(1360)(1.0)(214.7)(0.667)\sqrt{\frac{0.237}{(0.6)(520)(1.0)}}}$$

= 1118

www.control-valve.net 控制阀论坛

需要的C_V值减小如此大的原因仅仅是由于在额定行程和83°行程时X_T的值相差较大。C_V值1118出现在75°和80°行程之间。

相应的流量参数表显示X_T的值在75°行程行程时比80°行程时要大。因此，如果使用较大的X_T值重新计算，就应引起需要的C_V值的进一步下降。

用相应于78°行程时的X_T值（即X_T=0.328）进行重新计算得到：

$$X = F_K X_T$$
$$= (0.94)\quad (0.328)$$
$$= 0.308$$

和

$$C_V = \frac{q}{N_7 F_P P_1 Y \sqrt{\frac{X_2}{G_g T_1 Z}}}$$

$$= \frac{6.0 \times 10^6}{(1360)\,(1.0)\,(214.7)\,(0.667)\sqrt{\frac{0.308}{(0.6)\,(520)\,(1.0)}}}$$

$$= 980$$

上面的C_V值980与75°行程的C_V值相当接近。还可以再次重新计算以获得更精确的预测开度。然而，对于给定的工况条件，安装在8英寸管道中的8英寸V250型阀门的开度将约为75°。

可压缩流体口径计算例题2

假定蒸汽被供应给在250 psig压力下操作的工艺流程。蒸汽源保持在500 psig和500°F。计划从主蒸汽连接一根6英寸的管道到工艺流程。同时，假定所需阀门的口径小于6英寸，它将使同心变径来安装。确定相应的带线性阀笼的ED型阀门的口径。

1．确定阀门口径计算必需的变量：

a. 要求的阀门型式—带线性阀笼的Class 300 ED型。假定阀门口径为4英寸

b. 过程流体－过热蒸汽

c. 工况条件－

W =125,000 lb/h

P_1=500 Psig=514.7 psia

P_2=250 Psig=264.7 psia

ΔP=250 Psi

X= $\Delta P/P_1$=250/514.7=0.49

T_1= 500°F

γ_1= 1.0434 lb/ft^3

K=1.28（取自饱和蒸汽特性表）

2．从公式常数表中确定相应的公式常数N。

因为给定的流量是以质量单位（lb/h）表示的，且给出了蒸汽的比重，所以唯一能使用的口径计算公式是包含常数N_6的公式。因此，

N_6= 63.3

3．确定管道几何形状系数F_P

$$F_P = \left[1 + \frac{\Sigma K}{N_2}\left(\frac{C_V}{d^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$

式中

N_2= 890，由公式常数表确定

d = 4英寸

www.control-valve.net 控制阀在线

C_V= 236,是列在制造商流量系数表中 4 英寸 ED 型阀门在 100% 行程时的值

且

$$\Sigma K = K_1+K_2$$
$$=1.5\left(1-\frac{d^2}{D^2}\right)^2$$
$$=1.5\left(1-\frac{4^2}{6^2}\right)^2$$
$$=0.463$$

最后：

$$F_P=\left[1+\frac{0.463}{890}\left(\frac{(1.0)(236)}{(4)^2}\right)^2\right]^{-1/2}$$
$$=0.95$$

4．确定膨胀系数 Y

$$Y = 1-\frac{x}{3F_k X_{TP}}$$

$$F_K=\frac{K}{1.40}$$
$$=\frac{1.28}{1.40}$$
$$=0.91$$

X = 0.49(已在第 1 步计算出)

因为需要将 4 英寸的阀门安装到 6 英寸的管道里，x_T 项须被 x_{TP} 替换。

$$X_{TP}=\frac{X_T}{F_p^2}\left[1+\frac{X_T K_i}{N_5}\left(\frac{C_V}{d_2}\right)^2\right]^{-1}$$

式中，

N_5 = 1000，从公式常数表中查出

d = 4 英寸

F_P = 0.95，由第 3 步可确定，

X_T = 0.688，一个由制造商提供的流量系数表中的相应列项确定的值。

C_V = 236，由第 3 步可确定

且

$$K_i = K_1 + K_{B1}$$
$$=0.5\left(1-\frac{d^2}{D^2}\right)^2+\left[1-\left(\frac{d}{D}\right)^4\right]$$
$$=0.5\left(1-\frac{4^2}{6^2}\right)^2+\left[1-\left(\frac{4}{6}\right)^4\right]$$
$$=0.96$$

式中 D = 6 英寸

故：

$$X_{TP}=\frac{0.69}{0.95^2}\left[1+\frac{(0.69)(0.96)}{1000}\left(\frac{236}{4^2}\right)^2\right]^{-1}$$
$$=0.67$$

最后：

$$Y = 1-\frac{x}{3F_k X_{TP}}$$
$$=1-\frac{0.49}{(3)(0.91)(0.67)}$$
$$=0.73$$

5．用相应公式计算需要的 C_V 值:

$$C_V=\frac{W}{N_6 F_p Y\sqrt{x\,p_1\,\gamma_1}}$$
$$=\frac{125{,}000}{(63.3)(0.95)(0.73)\sqrt{(0.49)(514.7)(1.0434)}}$$
$$=176$$

www.control-valve.net 控制阀在线

6. 根据相应的制造商提供的流量系数表和计算出的C_V值来选择阀门口径。

参考制造商提供的带线性阀笼的ED型阀门的流量系数表。因为假设的4英寸阀门在100%行程时的C_V值为236，而下一个较小口径（3英寸）的阀门的C_V值只有148，所以可以确定假设的4英寸口径是正确的。如果计算出的需要的C_V值小到足以由下一个较小口径的阀门来处理，或者比假设口径的阀门的额定C_V值大，就必须用新的假设口径值进行重新计算。

www.control-valve.net 控制阀在线

单阀座直通阀阀体的口径计算系数示例

阀门口径（英寸）	阀芯型式	流量特性	阀口直径(英寸)	额定行程(英寸)	C_V	F_L	X_T	F_D
1/2	后导向	等百分比	0.38	0.50	2.41	0.90	0.54	0.61
3/4	后导向	等百分比	0.56	0.50	5.92	0.84	0.61	0.61
1	Micro Form™	等百分比	3/8	3/4	3.07	0.89	0.66	0.72
			1/2	3/4	4.91	0.93	0.80	0.67
			3/4	3/4	8.84	0.97	0.92	0.62
	阀笼导向	线性	1-5/16	3/4	20.6	0.84	0.64	0.34
		等百分比	1-5/16	3/4	17.2	0.88	0.67	0.38
1-1/2	Micro-Form™	等百分比	3/8	3/4	3.20	0.84	0.65	0.72
			1/2	3/4	5.18	0.91	0.71	0.67
			3/4	3/4	10.2	0.92	0.80	0.62
	阀笼导向	线性	1-7/8	3/4	39.2	0.82	0.66	0.34
		等百分比	1-7/8	3/4	35.8	0.84	0.68	0.38
2	阀笼导向	线性	2-5/16	1-1/8	72.9	0.77	0.64	0.33
		等百分比	2-5/16	1-1/8	59.7	0.85	0.69	0.31
3	阀笼导向	线性	3-7/16	1-1/2	148	0.82	0.62	0.30
		等百分比			136	0.82	0.68	0.32
4	阀笼导向	线性	4-3/8	2	236	0.82	0.69	0.28
		等百分比			224	0.82	0.72	0.28
6	阀笼导向	线性	7	2	433	0.84	0.74	0.28
		等百分比			394	0.85	0.78	0.26
8	阀笼导向	线性	8	3	846	0.87	0.81	0.31
		等百分比			818	0.86	0.81	0.26

www.control.com.cn 自控网 CONTROL.COM.CN

旋转式阀门的口径计算系数示例

阀门口径（英寸）	阀门型式	阀门开度（度）	C_V	F_L	X_T	F_D
1	V形切口球阀	60	15.6	0.86	0.53	
		90	34.0	0.86	0.42	
1-1/2	V形切口球阀	60	28.5	0.85	0.50	
		90	77.3	0.74	0.27	
2	V形切口球阀	60	59.2	0.81	0.53	
		90	132	0.77	0.41	
	高性能蝶阀	60	58.9	0.76	0.50	0.49
		90	80.2	0.71	0.44	0.70
3	V形切口球阀	60	120	0.80	0.50	0.92
		90	321	0.74	0.30	0.99
	高性能蝶阀	60	115	0.81	0.46	0.49
		90	237	0.64	0.28	0.70
4	V形切口球阀	60	195	0.80	0.52	0.92
		90	596	0.62	0.22	0.99
	高性能蝶阀	60	270	0.69	0.32	0.49
		90	499	0.53	0.19	0.70
6	V形切口球阀	60	340	0.80	0.52	0.91
		90	1100	0.58	0.20	0.99
	高性能蝶阀	60	664	0.66	0.33	0.49
		90	1260	0.55	0.20	0.70
8	V形切口球阀	60	518	0.82	0.54	0.91
		90	1820	0.54	0.18	0.99
	高性能蝶阀	60	1160	0.66	0.31	0.49
		90	2180	0.48	0.19	0.70
10	V形切口球阀	60	1000	0.80	0.47	0.91
		90	3000	0.56	0.19	0.99
	高性能蝶阀	60	1670	0.66	0.38	0.49
		90	3600	0.48	0.17	0.70

（续）

旋转式阀门的口径计算系数示例（续）

阀门口径（英寸）	阀门型式	阀门开度（度）	C_V	F_L	X_T	F_D
12	V形切口球阀	60	1530	0.78	0.49	0.92
		90	3980	0.63	0.25	0.99
	高性能蝶阀	60	2500			0.49
		90	5400			0.70
16	V形切口球阀	60	2380	0.80	0.45	0.92
		90	8270	0.37	0.13	1.00
	高性能蝶阀	60	3870	0.69	0.40	
		90	8600	0.52	0.23	

www.control-valve.net 控制阀在线

执行机构尺寸计算

执行机构的选型是通过保证驱动阀门所需的力与能够提供这样一个力的执行机构相匹配来进行的。对于旋转阀，一个类似的过程就是保证驱动阀门所需的力矩与提供这样一个力矩的执行机构相匹配。相同的基本过程可用于气动、电动或电液执行机构的选型。

直通阀

操作直通阀所需的力包括：

- 克服阀芯的静态不平衡需要的力
- 提供阀座负载的力
- 克服填料摩擦需要的力
- 某些特定应用或结构所需的附加力

需要的全部力 = A + B + C + D

A. 不平衡力

不平衡力是阀门关闭时由流体压力引起的力，在大部通常情况下可表示为：

不平衡力 = 净压差 × 净态不平衡面积

通常的做法是把最大上游表压作为净压差，除非工艺流程设计永远确保在最大进口压力时有一个背压。净态不平衡面积是流向向上的单座阀的阀口面积。取决于阀杆的形式，不平衡面积可能不得不考虑阀杆的面积。对于平衡式阀门，仍然存在一个小的不平衡面积。这个数据可以从制造商那里获得。向上流动的平衡式阀门和向下流动的不平衡式阀门的典型的不平衡面积列出如下。

控制阀的典型的不平衡面积

阀口直径	单座不平衡式阀门的不平衡面积	平衡式阀门的不平衡面积
1/4	.028	---
3/8	0.110	---
1/2	0.196	---
3/4	0.441	---
1	0.785	---
1-5/16	1.35	0.04
1-7/8	2.76	0.062
2-5/16	4.20	0.27
3-7/16	9.28	0.118
4-3/8	15.03	0.154
7	38.48	0.81
8	50.24	0.86

www.control-valve.net 控制阀在线

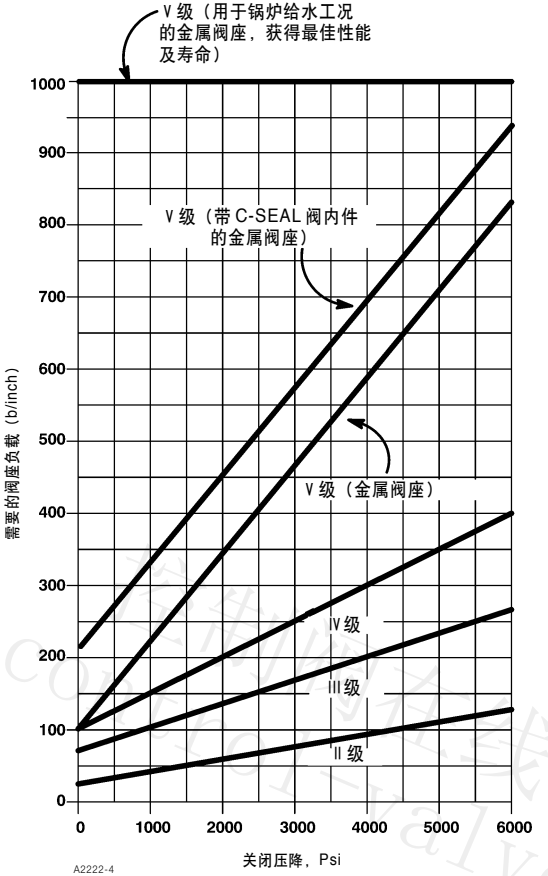


图5-3. 用于延长等级II-V的阀座寿命的金属阀座阀门要求的最小阀座负载，以及用于锅炉给水工况获得最佳性能的推荐的阀座负载

泄漏等级	推荐的阀座负载
I级	根据用户的规格要求，不需要工厂泄漏测试
II级	20磅/线性英寸阀口周长
III级	40磅/线性英寸阀口周长
IV级	仅对标准（下）阀座－40磅/线性英寸阀口周长（阀口最大直径到4-3/8″） 仅对标准（下）阀座－80磅/线性英寸阀口周长（阀口最大直径到4-3/8″）
V级	金属阀座－从图5-3来确定每线性英寸阀口周长的磅力
VI级	金属阀座－每英寸阀口周长的力（磅为单位）300

B. 提供阀座负载的力

阀座负载，通常表示为每线性英寸阀口周长的磅力，由关闭等级要求确定。使用下面的指导来确定满足针对ANSI/FCI 70-2和IEC 534-4泄漏等级II至VI的工厂质检试验所需的阀座负载。

因为工况条件的恶劣程度有差别，所以不要把这些泄漏等级及相应的泄漏量作为现场性能的指标。为了延长阀座的寿命和关闭能力，可以使 用一个比推荐值大的阀座负载。关于建议的阀座负载可参考图5-3。如果紧密关闭不是主要的考虑因素，可使用较低的泄漏等级。

C. 填料摩擦力

填料摩擦力的大小是由阀杆尺寸、填料形式以及由介质或螺栓作用在填料上的压缩载荷决定的。在摩擦特性上，填料摩擦力不是100%可重复的。活动加载填料型式有很大的摩擦力，尤其是使用石墨填料时。下面的表格所列出典型的填料摩擦力值。

www.control-valve.net 控制阀在线

典型的填料摩擦力值

阀杆尺寸（英寸）	压力等级	PTFE 填料		石黑带状 / 丝
		单层	双层	
5/16	所有	20	30	---
3/8	125	38	56	---
	150			125
	250			---
	300			190
	600			250
	900			320
	1500			380
1/2	125	50	75	---
	150			180
	250			---
	300			230
	600			320
	900			410
	1500			500
	2500			590
5/8	125	63	95	---
	150			218
	250			---
	300			290
	600			400
3/4	125	75	112.5	---
	150			350
	250			---
	300			440
	600			660
	900			880
	1500			1100
	2500			1320
1	300	100	150	610
	600			850
	900			1060
	1500			1300
	2500			1540
1-1/4	300	120	180	800
	600			1100
	900			1400
	1500			1700
	2500			2040
2	300	200	300	1225
	600			1725
	900			2250
	1500			2750
	2500			3245

所示值为典型地当采用标准填料法兰螺栓旋紧步骤时遇到的摩擦力。

D. 附加力

在驱动阀门时也许需要附加的力，如：波纹管刚度、密封导致的异常摩擦力、或软金属密封需要的特殊密封力。制造商应该提供这方面的信息或在计算执行机构尺寸时考虑这些因素。

www.control-valve.net 控制阀在线

执行机构力计算

在气关阀里，气动薄膜执行机构在压缩弹簧后会利用附加空气压力提供一个净力；而在气开阀里，气动薄膜执行机构会利用弹簧的预紧力来提供一个净力。压差计量单位为磅/平方英寸。

例如：假定需要275磅力以关闭根据前面介绍的过程计算得出的阀门。一个可以得到的选择是用一个膜片面积为100平方英寸、以及弹簧设定范围为6~15 psig的气开式执行机构。预期的操作范围为3~15 psig。用弹簧设定范围低限（6 psig）与操作范围的起始值（3 psig）之间的差值可计算预紧力。这个3 psig就是用来克服预紧力的，所以净压缩力应为：

$3\ psig \times 100\ inch^2 = 300\ lbf.$

这个力超过所需的力，是一个已足够大的选择。

带弹簧的气缸式执行机构可用同样的方式计算。不带弹簧的气缸式执行机构的推力可简单计算如下：

气缸面积X最小输入气压=可获得的推力

（注意保持单位的一致性）

在某些情况下，执行机构可能会提供太大的力而使阀杆失稳、弯曲以致造成泄漏、或损坏阀门内部零件。由于执行机构太大或最大的气压输入超过可获得的最小气压时，会出现上述情况。

制造商通常会负责进行执行机构的尺寸计算，并应有已经记录下来的方法以核对最大阀杆载荷。制造商也发表有关执行机构推力、膜片有效面积和弹簧的数据。

旋转式执行机构尺寸计算

在为旋转阀选择一个最经济的执行机构时，其决定因素是打开和关闭阀门需要的力矩与执行机构的输出力矩。

这个方法假设阀门已经针对应用工况进行了正确计算，且应用工况不超过阀门的压力极限。

力矩公式

旋转阀的力矩等于一系列的力矩分量之和。为了避免混淆，一部分分量已被合并起来，一部分计算已经事先进行。这样，每种阀门需要的力矩可用两个简单而实用的公式来表示：

开启力矩：

$$T_B = A\ (\Delta P_{关闭}) + B$$

动态力矩

$$T_D = C\ (\Delta P_{有效})$$

针对每种阀门型式的特定的系数A、B和C包括下面的表格里。

www.control-valve.net 控制阀在线

典型的旋转阀的力矩系数
带复合密封的V形切口球阀

阀门口径 英寸	阀杆直径 英寸	A	B	C		最大 T_D, 磅力英寸
		复合轴承		60°	70°	
2	1/2	0.15	80	0.11	0.60	515
3	3/4	0.10	280	0.15	3.80	2120
4	3/4	0.10	380	1.10	18.0	2120
6	1	1.80	500	1.10	36.0	4140
8	1-1/4	1.80	750	3.80	60.0	9820
10	1-1/4	1.80	1250	3.80	125	9820
12	1-1/2	4.00	3000	11.0	143	12,000
14	1-3/4	42	2400	75	413	23,525
16	2	60	2800	105	578	23,525
18	2-1/8	60	2800	105	578	55,762
20	2-1/2	97	5200	190	1044	55,762

带复合密封的高性能蝶阀

阀门口径 英寸	阀杆直径 英寸	A	B	C			最大力矩，磅英寸	
				60°	75°	90°	临界力矩 T_B	动态力矩 T_D
3	1/2	0.50	136	0.8	1.8	8	280	515
4	5/8	0.91	217	3.1	4.7	25	476	1225
6	3/4	1.97	403	30	24	70	965	2120
8	1	4.2	665	65	47	165	1860	4140
10	1-1/4	7.3	1012	125	90	310	3095	9820
12	1-1/2	11.4	1422	216	140	580	4670	12,000

最大转角

最大转角定义为阀门在全开位置时阀板或球的角度。

通常情况下，最大转角为90°。球或阀板从全关到全开位置转动90°。

某些气动弹簧复位气缸执行机构或弹簧薄膜执行机构被限止于60°或75°的转角。

对于气动弹簧薄膜执行机构，限定最大转角将允许较高的初始弹簧压缩量，从而引起更大的执行机构开启力矩。另外，每个执行机构杠杆的有效长度会随着阀门的转动而改变。公布的力矩，尤其是对于气动活塞式执行机构，反映了这一变化的杠杆长度。

非破坏性试验步骤

用于核工况的阀门需要顺利通过特定的非破坏性检验，非核工业尤其是电力工业里的规范或用户也许会有同样的要求。另外，顺利通过这样的非破坏性检验，可以使得ASME标准等级的对焊连接的阀门升级到特殊等级的额定值。特殊等级的额定值允许对焊连接的阀门用于高于标准等级阀门允许的压力场合。升级至特殊等级的步骤

在ASME标准B16.34中有详细说明。

由于不可能介绍有关非破坏性检验规范要求的完整细节。本书只简要介绍四种主要的非破坏性检验的原理和要求，它们都在ANSI、ASME和ASTM标准中有规定。

磁性颗粒（表面）检验

磁性颗粒检验只能用于可以被磁化的材料。原理是把直流电作用在一个零件的两端以引导材料里的电磁场。表面或浅表缺陷会使磁场扭曲到在缺陷周围形成一个次磁场这样一种程度。如果一种干的或者悬浮于液体里的磁粉散布在磁化的零件上，磁场扭曲的区域就可以观察到，表明在零件里的磁场扭曲区域存在一个缺陷。通过把电流反向使零件失磁后，就有可能焊补缺陷（铸造件的正常步骤），或者也许必须更换零件（锻件和棒形零件的正常步骤）。在修补或替换后，应重复磁性颗粒试验。

液体渗透（表面）检验

这种检验方法可以查出肉眼看不到的表面缺陷。需要检验的物体表面应彻底处理干净并干燥，将可溶于水或溶剂的液体渗透染色剂通过滴、刷或洒的方法涂于检验表面，并允许一定的时间使其渗入缺陷。多余的渗透剂可以洗去或揩掉（取决于所用的渗透剂）。等表面彻底干燥后，涂上显影剂（液体或粉末），然后，在适宜的光源下观察。（有些显示剂需要使用紫外光或黑光以暴露缺陷）。如果发现缺陷且通过焊接修补后，必须重新检验。

射线照相（立体）检验

射线照相检查控制阀零件的原理是X射线或γ射线可以穿透一般光线不能透过的物体，却可以象一般光线一样使胶片感光成像。透过金属物体的射线数和强度取决于物体的密度。浅层表面下的缺陷代表材料密度的改变，因此可以被射线感光成像。需要检验的零件置于X或γ射线源与感光胶片之间。清晰度及对比灵敏度可以用一块或多块特定厚度的小平板与试验物体同时曝光的方法来确定。小平板或者称为透射尺上钻有多个规定直径的小孔。它与阀体或其它试验物体一起在感光胶片上的成像，可以确定照像的清晰度和对比灵敏度。

射线照相术可以探测铸造缺陷，如气孔、沙粒、内缩孔、裂纹、热裂口和熔渣。在用于核工况的铸件里，有些缺陷如裂纹和热裂是绝不允许的且不可能修补的。射线照相人员的判别能力和经验是很重要的，因为他们必须将照片与可接受的标准（ASTM参考射线照像）进行对比，以确定铸件的品质。当需要焊补时，铸件在修补之后必须再次进行射线照相。

超声（立体）检验

这一方法监测从被检零件反射回来的声波，以判断任何缺陷的深度和大小。超声检验能检测精细结晶金属中的异物和断层，因此能够对诸如板材、棒材和锻件之类的结构进行立体检查。试验一般借助于一种特殊的称为成色剂的油或在水下进行，以保证有效的声波传递。声波由晶体探头产生，

并从被测试零件的每一个交界面，即被测试零件本身的每个外表面以及受到损伤或变形的内部各表面反射回来。反射波被晶体探头接收并显示在屏幕上，以确定缺陷的位置和严重程度。

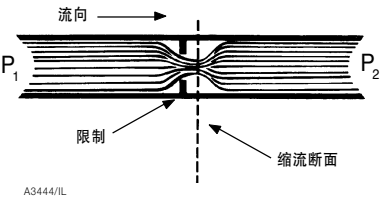


图5-4. 缩流断面示意图

气蚀和闪蒸

阻塞流引起闪蒸和气蚀

IEC液体工况口径计算标准计算一个最大允许计算压力降ΔP_{max}。如果阀门上的压差(P_1-P_2)大于ΔP_{max}，那么就会产生闪蒸或气蚀，也会引起对于阀门或相邻管道的结构上的损坏。对阀门内部实际发生的现象的了解会有助于选择一个能够消除或减少气蚀和闪蒸的阀门。

用物理现象名词来描述闪蒸和气蚀，因为这些情况代表流体介质在形式上的实际变化。这种变化是从液态变为气态，是由于在通常是阀座口的最大流道缩径处或其下游的流体速度的增加而引起的。随着液体通过缩径，流束会变细或收缩。流束的最小横断面出现在实际缩径的下游称为缩流断面的点处，如图5-4所示。

为维持流体稳定地流过阀门，在截面最小的缩流断面处，流速必须是最大的。流速（或动能）的增加伴随着缩流断面处压力（或势能）的大大降低。再往下游，随着流束扩展进入更大的区域，速度下降，压力增加；但下游压力不会完全恢复到与阀门上游相等的压力，阀门两侧的压差（ΔP）表示阀门中消耗的能量。图5-5提供了一幅压力情形图，解释了由于较大的内部紊流和能量消耗一个流线型高恢复阀如球阀与一个低压力恢复阀门的不同性能。

不管阀门的恢复特性如何，引人注意的与闪蒸和气蚀有关的压差就是阀门进口与缩流断面之间的压差。如果缩流断面处的压力降到液体的蒸汽压力以下（由于该点处速度增加），气泡就会在流束中形成。随着缩流断面处的压力进一步降到液体的蒸汽压力以下，气泡会大量地形成。在此阶段，闪蒸和气蚀之间没有差别，但是对阀门结构损坏的可能性肯定存在。

如果阀门出口的压力仍低于液体的蒸汽压力，气泡将保持在阀门的下游，我们就说过程发生了“闪蒸”。闪蒸对阀门的阀芯会产生严重的冲刷破坏，其特点是受冲刷表面有平滑抛光的外形，如图5-6所示。冲刷最严重的地方一般是在流速最高处，通常位于阀芯和阀座环的接触线上或附近。

另一方面，如果下游压力恢复足以使得阀门出口压力提高到高于液体的蒸汽压力，气泡会破裂或向内爆炸，从而产生气蚀。蒸

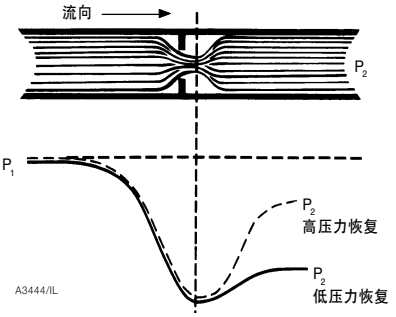


图5-5. 高和低恢复阀门的压力情况比较



图5-7. 气蚀破坏的典型外形



图5-6. 闪蒸破坏的典型外形

汽气泡破裂释放出能量，并产生一种类似于我们可以想象的砂石流过阀门的噪声。如果气泡在接近阀门内固体表面处破裂，释放的能量会慢慢地撕裂材料，留下一个如图5-7所示的类似于煤渣的粗糙表面。气蚀造成的损坏可延伸至邻近的下游管道，如果在该处仍存在压力恢复和气泡破裂现象。很明显，高恢复阀门比较容易发生气蚀，因为它的下游压力更有可能升至液体蒸汽压力之上。

闪蒸工况阀门选型

如图5-6所示，闪蒸破坏的特点是受冲刷表面有平滑抛光的外形。再次说明一下，闪蒸的产生是因为$P_2 < P_v$。P_2是阀门的下游压力，是下游过程和管道的一个函数。P_V是流体和工作温度的一个函数。因此，定义闪蒸的变量不是由阀门直接控制的。这进一步意味着，对任何阀门来说都无法防止闪蒸。闪蒸不能靠阀门来避免，最好的办法是选择采用合适的几何形状和材料的阀门来避免或尽量减小破坏。

总之，冲刷可以通过下述方法减到最小：

- 防止或减少颗粒（此处指液滴）冲击阀门表面
- 将这些表面尽可能硬化
- 降低冲刷性流体的速度

选择流体方向改变尽可能少的阀门可以使颗粒冲击数量减到最小。直行程角形阀是提供这种流道的传统解决方案。一些旋转阀，如偏心旋转球塞阀和V形球阀也提供直通式流道。在调节点的下游带有扩展式流通区域的阀门也是有帮助的，因为冲刷速度会减小。

www.control-valve.net

对于那些流体肯定会冲击阀内表面的区域，如阀座表面，选择尽可能硬的材料。通常来说，材料越硬，它能抵抗冲刷越久。

既有闪蒸又有腐蚀性的液体是特别麻烦的事。钢质阀门中的闪蒸水是一个同时有腐蚀和冲刷共同作用的例子。水会引起钢材的腐蚀，而闪蒸会引起由腐蚀产生的软性氧化层的冲刷；这种综合作用比两种机理单独产生的破坏还大。在这种情况下，解决方案是至少选择一种低合金钢以防止腐蚀。

气蚀工况阀门选型

气蚀破坏的特点是受冲刷表面有粗糙的煤渣状的外形，如图5-7所示。它明显不同于由闪蒸冲刷引起的平滑抛光外形。前面的一节描述当缩流断面处的压力小于P_V且P_2大于P_V时气蚀是怎样产生的，气蚀可以通过几种方法来处理。

第一种方法是通过控制压力降来消除气蚀从而防止破坏。如果通过阀门的压力降经过控制而使得局部压力不会低于蒸汽压力，那么蒸汽气泡就不会形成，没有蒸汽气泡的破裂，也就不会产生气蚀。为了消除气蚀，可使用多级降压内件，把通过阀门的压降分成数个较小的压降，每一个较小压降都确保其缩流断面处的压力大于蒸汽压力，因此没有蒸汽气泡会形成。

第二种方法不是消除气蚀，而是象闪蒸的解决方法一样尽可能减小或隔离其破坏。这种方法的目标是把气蚀与阀内表面隔离开来，并硬化那些会受到气蚀冲击的表面。

第三种方法是以某种方式改变工艺系统以防止气蚀产生的原因。如果能将P_2升高以致于缩流断面处的压力不会降到蒸汽压力以下，也就是说阀门不再被阻塞，那么气蚀就可以避免了。将阀门移到下游处有较高静压头的位置可以提高P_2的值。增加一个限流孔板或类似的背压装置也能升高阀门的P_2值；下游存在把气蚀从阀门转移到限流孔板处的潜在的可能性。

噪声预测

空气动力噪声

工业领导者们都使用国际电工委员会标准：*IEC 534-8-3：工业过程控制阀－第8部分：关于噪声的考虑－第3节：控制阀空气动力噪声预测方法*。这种方法由热动力学与空气动力学的综合理论以及一些经验的信息组成。只要根据阀门的可测量的几何形状和作用于阀门工况条件，这种方法就可以对阀门进行噪声预测。针对每一种阀门型式和口径的特定的经验数据是不需要的。因为这是一种对阀门噪声预测的纯粹的分析方式，IEC 方法允许客观地评价其它噪声预测方法。

该方法把对噪声的预测定义为五个基本步骤：

1－计算缩流断面处过程里的总流束功率我们所考虑的噪声是由阀门在缩流断面处及其

下游产生的。如果由于缩流断面节流而损耗的总功率能够计算出来，那么余下的小部分也就是噪声功率就能够确定。由于功率是能量对时间的比率，所以就可以使用一个类似于计算动能的公式。动能公式为$1/2mv^2$，式中的m是质量，v是速度。如果将质量用质量流量来替代，那么公式计算的就是功率。速度就缩流断面处的速度，且可以用热动力学第一定律的能量公式来计算。

2－确定总功率中的声音功率。该方法考虑作用于阀门的工艺条件以确定阀门里特定的噪声产生机理。根据缩流断面处压力和下游压力的关系，定义了五种情况。对每种情况，都定义和计算了声效。这种声效决定了在第1步中计算出的总流束功率中的一小部分，即噪声功率。在设计一个静音阀门时，较低的声效是其中的目标之一。

3－将声音功率转换成声压。IEC预测噪声方法的最终目的是确定阀门以外人们听觉会触及的某一参考点处的声压等级。第2步提供的声音功率是不可以直接测量的。而声压是可以测量的，因此在大多数情况下成为默认的噪声表示方法。从声音功率到声压的转化使用了基本的声学理论。

4－考虑管道壁的传递损失并重新计算管道周围的声压。第1至3步涉及到管道内噪声产生的过程。有时候这是我们的兴趣所在，但是管道外面的噪声等级是我们的主要考虑因素。这一方法必须考虑到随着参考位置从管道内部移到管道的外部时噪声的变化。管道壁由于其材料、尺寸和形状而有不同的物理特性，它们决定了声音通过管道传输的程度。管道内流体产生的噪声会与内管壁互相作用，引起管壁振动。这种振动会通过管壁传输到管道外壁，管道外壁然后与空气相互作 用而产生声波。噪声传输的这三个步骤取决于声效。这种方法通过确定阀门噪声频普的峰频来表示阀门的噪声频率。该方法也确定作为频率的一个函数的管道传输损失。该方法然后比较管道内部噪声频普和传输损失频普，以确定管壁会减少多少外部声压。

5－考虑距离，并计算在观察者处的声压。步骤4提供管道外表处的外部声压等级。基本声学原理可再次用来计算观察者处的声压等级。在任何给定的情况下，声音功率是恒定的，但相关的声压等级会随着声音功率扩散的面积而变化。当观察者离管壁越远，声音功率传输的总面积也会增加。这将导致声压等级的降低。

液体动力噪声

值得注意的流体动力噪音通常与气蚀有关。对这种声音的传统的描述是石子在管道内流动。把液体动力噪声与气蚀联系起来可以在今天的各种各样的噪声预测方法里找到。这些方法考虑流体在非阻塞流情况下噪声的特点以及在阻塞气蚀流情况下噪声的特点。

有很多流体是两相混合物的情况。这些情况包括阀门入口处的气液两相流体、闪蒸

流体以及由于节流作用而展示出气化的流体。对于这些情况的噪声预测方法还没有完整地建立。试验结果和对已安装的多相系统的现场调查表明，这些噪音等级对整个工厂的噪音等级并无贡献，或者没有超过工人所处环境的噪音限制。

噪声控制

在闭环系统（不向大气排空）中，任何在过程中产生的噪声只有通过阀门以及包含流体的连接管道传入大气中才能成为环境噪声。流束中的声场强迫这些固体界面振动。这些振动在周围大气里产生扰动，扰动以声波的形态传播。

噪声的控制可以利用声源处理法、或途径处理法，或两者并用。声源处理法在于防止或减低噪声，如果经济和技术上可行，是最好的方法。

推荐的阀笼式声源处理法表示在图 5-8 中。较上面的视图表示一个开有许多平行窄槽的阀笼，用以减少紊流并在扩展的面积上提供一个满意的速度分布。这种经济的获得静音阀门设计的方法可减少15-20 dBA的噪声，而阀门的流通能力稍有或没有减小。

图 5-8 的较下面的视图表示一个两级笼式内件，为在高压降比（$\Delta P/P_1$）场合最大限度地降低噪声而设计。

为了获得预期的效果，节流孔必须进行尺寸计算并分布在主阀笼壁上，所以由射流交互作用产生的噪声不会大于由单个射流产生的噪声之和。

这种内件型式可以减小阀门噪音 30dBA。图示的最终内件型式综合使用多种降噪策略，可以降低阀门噪声高达 40dBA，这些策略是：

- 独特的流道外形减少了由阀门产生的总流束功率向噪声功率的转换。
- 多级减压分散了级与级之间的流束功率，从而进一步降低声音转换的效率。
- 通过加强管道传输损失，声音频普转移减小了听觉范围内的声音能量。
- 保持喷出射流的独立性，以避免由于射流合并而再次产生噪声。
- 流速控制是通过采用扩展的流通面积以容纳膨胀的气体来实现的。
- 作为补充的阀体设计防止流体在阀体内壁上冲撞，从而消除了两次噪声源。

对于高压差比（$\Delta P/P_1 > 0.8$）的应用场合，利用串联限流方法，将总压力降分配给控制阀和位于控制阀下游的固定限流器（扩散器）可以有效地降低噪音。为了最好地发挥扩散器的效果，必须针对每一种给定的工况对扩散器进行设计（特定的尺寸和形状）使得阀门和扩散器产生的 噪音值相等。图 5-9 表示一个典型的安装情况。



W1257/IL



W6980/IL

图 5-8. 降低流体动力噪音的阀内件设计

向大气排空的控制系统，由于高的压比和出口速度，通常会产生非常高的噪声。利用一个排空扩散器把总压降分配给实际排空和上游的控制阀，可以使阀门与排空口的噪声都降低。一个正确计算的排空扩散器和阀门的组合，如图5-10所示，可以降低总体系统噪音等级高达40dBA。

针对与处理液体的控制阀有关的噪声问题的声源处理法主要在于消除或减少气蚀现象。由于产生气蚀的流体工况可以精确地预测，因此使用分级节流孔板、串联阀门等对控制阀的工况条件进行相应的限制，可以消除由于气蚀引起的噪声。另外一种声源处理方法是使用特殊的闷芯。这种特殊的阀芯利用串联限流的概念来消除气蚀，如图5-11所示。

控制噪声的第二种方法是对声波传播途径的处理。流束是一个良好的声音传播通道。传播途径处理法包括增加传播途径的阻抗以减少传输给接受者的声能。

使用吸声材料以消耗声能是传播途径处理的一种最有效的方法。在任何可能的情况下，吸声材料应该放置在正好是噪声源或噪声源下游处的流束里。在气体传输系统中，在线消音器能有效地吸收流束中的声音，从而减小传送到界面上的噪声水平。在有大流量和（或）高压降比的场合，在线消音器，如图5-12所示，是最现实和经济的噪声控制方法。使用吸收型在线消音器可以使噪音控制到几乎任何需要的水平。但是由于经济方面的考虑，通常把消音器的降噪能力限制在约25dBA。

在流束界面内不能消除的噪声，必须用外部的处理方法加以消除。这种降低控制阀噪声的方法建议采用厚壁管道，对流束的外露固体界面进行声学隔离，使用隔音箱、建筑物等把噪声源隔开。

诸如厚壁管道或外部声学隔离之类的传播

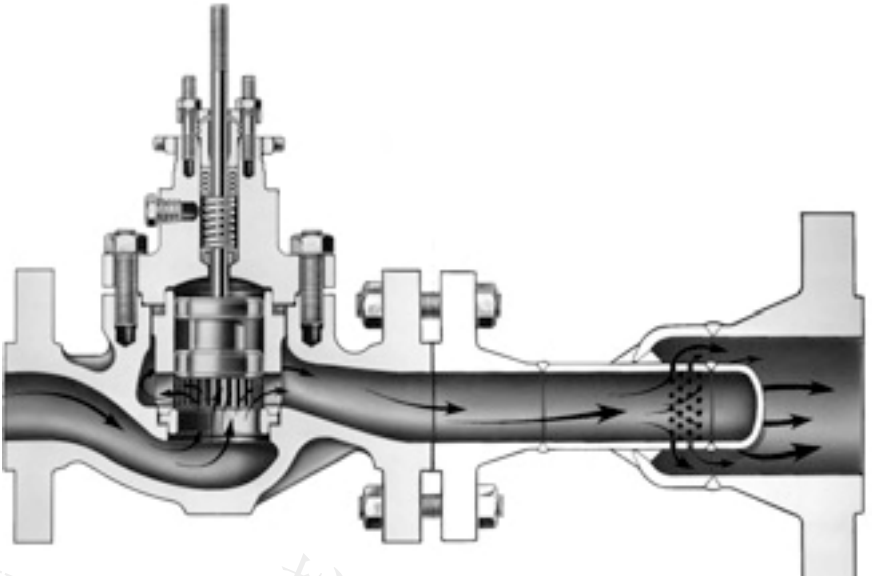


图5-9. 阀门和在线扩散器组合



图5-10. 阀门和排空扩散器组合



图5-11. 消除气蚀的特殊阀门型式

www.control-valve.net 控制阀在线

途径处理法是经济而有效的局部噪声降低技术。但是，噪音在流束中传播的距离很长，而且厚壁管或外部隔离的效果也随着处理措施的终止而结束。

噪声概述

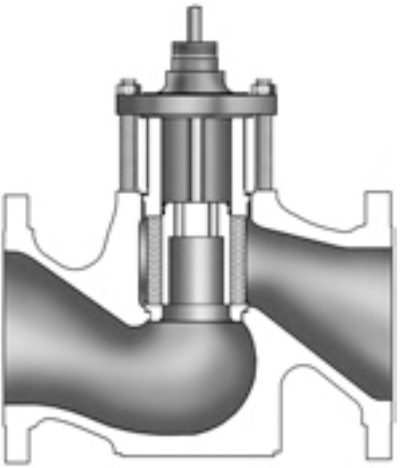
一个控制阀产生的噪声量可以用工业标准方法快速而合理地加以预测。这些方法已被做成计算机软件以方便使用。这种计算



W1304/IL

图5-12. 典型的在线消音器

和噪音预测工具有助于正确选择如图5-13和图5-14所示的降噪设备。工厂设备对于降低环境影响的要求将继续促进对低噪声控制阀的需求。噪声预测技术以及满足这种需求的阀门型式一直在改进。如需了解有关设备或预测技术方面的最新信息，可联系阀门制造厂的代理商。

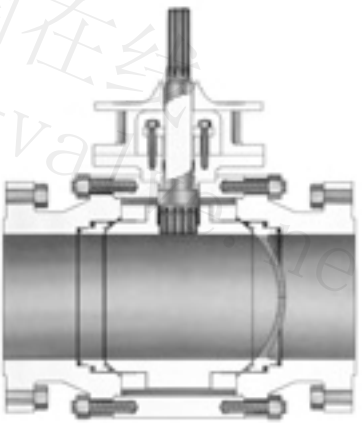


W6851/IL

图5-13. 配备针对气体动力流体的降噪阀笼的直通阀

填料的选择

下面的表格以及图5-15和5-16提供针对直行程阀门和旋转阀的填料选择指南。



W6343/IL

图5-14. 配备降低液体动力噪声的阻尼器的球阀

www.control-valve.net 控制阀在线

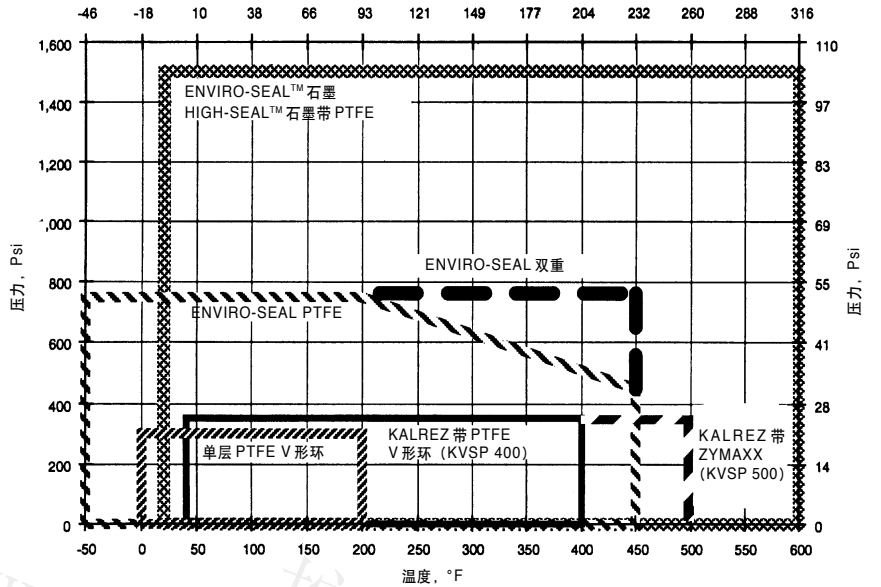


图5-15. 针对环保工况的应用指南图

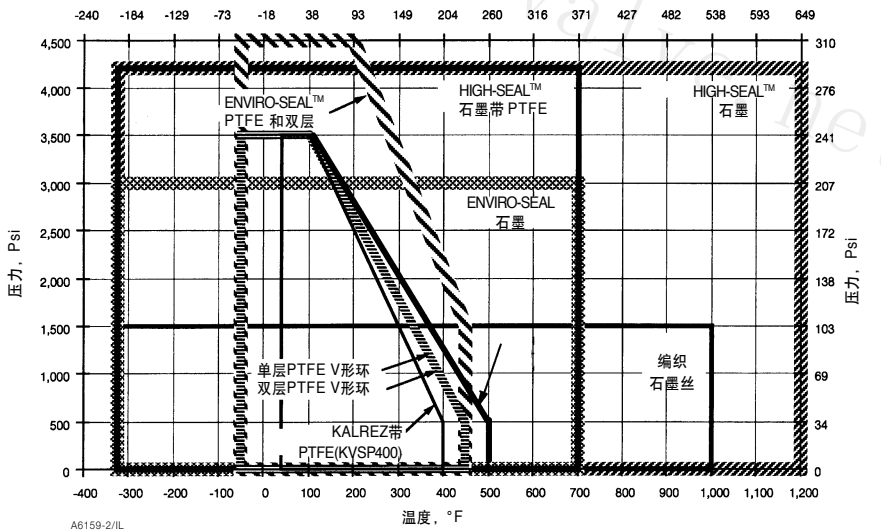


图5-16. 针对非环保工况的应用指南图

直行程阀门的填料选择指南

填料系统	100 PPM 工况下的最大压力和温度极限 (1)		非环保工况下的应用指南(1)		密封性能指标	工作寿命指标	填料摩擦力 (2)
	美国制	公制	美国制	公制			
单层 PTFE V 形环	20.7 bar -18 至 93 °C	300 psi 0 至 200 °F	-46 至 232 °C	-50 至 450 °F	较好	长	很低
双层 PTFE V 形环	---	---	-46 至 232 °C	-50 至 450 °F	较好	长	低
ENVIRO-SEAL® PTFE	-46 至 232 °C	-50 至 450 °F	-46 至 232 °C	-50 至 450 °F	优	很长	低
ENVIRO-SEAL® 双重	51.7 bar -46 至 232 °C	750 psi -50 至 450 °F	-46 至 232 °C	-50 至 450 °F	优	很长	低
KALREZ® 带 PTFE（KVSP 400）(3)	24.1 bar 4 至 204 °C	350 psig 40 至 400 °F	-40 至 204 °C	-40 至 400 °F	优	长	低
KALREZ® 带 ZYMAXX™（KVSP 500）(3)	24.1 bar 4 至 260 °C	350 psig 40 至 500 °F	-40 至 260 °C	-40 至 500 °F	优	长	低
ENVIRO-SEAL® 石墨 ULF	103 bar -7 至 315 °C	1500 psi 20 至 600 °F	207 bar -198 至 371 °C	3000 psi -325 至 700 °F	优	很长	可接受
HIGH-SEAL 石墨 ULF	103 bar -7 至 315 °C	1500 psi 20 至 600 °F	290 bar (4) -198 至 538 °C	4200 psi (4) -325 至 1000 °F	优	很长	可接受
HIGH-SEAL 石墨 / 石墨合成	---	---	290 bar (4) -198 至 649 °C (5)	4200 psi (4) -325 至 1200 °F (5)	较好	很长	很高
编织石墨丝	---	---	290 bar -198 至 538 °C (5)	4200 psi -325 至 1000 °F (5)	好	可接受	高
石墨 ULF	---	---	290 bar -198 至 538 °C	4200 psi -325 至 1000 °F	较好	很长	可接受

1. 所示的数据仅供参考，可以超过这些指标，但会缩短填料的寿命或可能引起填料泄漏。额定温度适用于实际填料温度而不是介质温度。
2. 可咨询制造商以获得正确的摩擦力数据。
3. 本手册中关于 KALREZ 的温度 / 压力极限仅适用于费希尔公司的阀门的应用场合，Dupont 公司也许声明有更高的极限。
4. 9.5mm（3/8 inch）阀杆，110 bar（1600 psi）除外。
5. 氧化工况，-198 至 371°C（-325 至 900°F）除外。

旋转阀的填料选择指南

填料系统	500 PPM 工况下的最大压力和温度极限 (1)		非环保工况下的应用指南(1)		密封性能指标	工作寿命指标	填料摩擦力 (2)
	美国制	公制	美国制	公制			
单层 PTFE V 形环	--- ---	--- ---	1500 psig -50 至 450°F	103 bar -46 至 232°C	较好	长	很低
ENVIRO-SEAL®PTFE	1500 psig -50 至 450°F	103bar -46 至 232°C	1500 psig -50 至 450°F	103 bar -46 至 232°C	优	很长	低
KALREZ® 带 PTFE (KVSP 400)	350 psig 40 至 400°F	24.1 bar 4 至 204°C	750 psig -40 至 400°F	51 bar -40 至 204°C	优	长	很低
KALREZ® 带 ZYMAXX® (KVSP 500)	350 psig 40 至 500°F	24.1 bar 4 至 260°C	750 psig -40 至 500°F	51 bar -40 至 260°C	优	长	很低
ENVIRO-SEAL® 石墨	1500 psig 20 至 600°F	103 bar -18 至 315°C	3000 psig -325 至 700°F	207 bar -198 至 371°C	优	很长	中等
石墨带	--- ---	--- ---	1500 psig -325 至 1000°F(2)	103 bar -198 至 538°C (2)	可接受	可接受	高

1．所示的数据仅供参考，可以超过这些指标，但会缩短填料的寿命或可能引起填料泄漏。额定温度适用于实际填料温度而不是介质温度。
2．氧化工况，-325 至 700°F（-198 至 371°C）除外。

第 6 章

特殊控制阀

www.control-valve.net 控制阀在线

如前面几章所述，标准控制阀能够处理很宽的控制应用范围。这个标准的应用范围可以定义为包括：大气压力至6000 psig (414 bar) 的压力，-150°F (-101℃) 和450°F (232℃) 的温度，1.0至25000的流量系数C_V值、以及普通的工业标准强加的限制。当然，流体的腐蚀性和粘度、泄漏率以及其它许多因素，即使对于标准的应用场合也需要认真的考虑。对于上面提到的标准限制范围之外的应用场合，需要仔细地考虑阀门选型也许变得更加关键。

本章讨论一些特殊的应用工况和处理这些工况所需的对控制阀的改进、恶劣工况下阀门的设计和材料选用、以及对于用于核电厂工况的控制阀有用的测试要求。

大流通能力控制阀

一般来说，大于12英寸的直通阀，大于24英寸的球阀和大于48英寸的蝶阀均属于特殊阀门的范畴。当阀门口径以算术级数增加时，阀门在关闭时所承受的静压力负荷会以几何级数增加。因此，轴的强度、轴承负载、不平衡力和可提供的执行机构推力都会随阀门口径的增加而变得更加重要。通常采用降低大型阀门的最高允许压降的办法，使得对设计和执行机构的要求保持在合理的限制范围内。即使在较低的工作压力等级下，有些大流量阀门的流通能力也是大得惊人的。



图 6-1. 降低噪声用大流量阀体

在所有大流量阀门安装场合，噪声水平必须仔细地考虑，因为声压水平与流量幅度正比例地增加。为了使阀门产生的噪声保持在允许范围内，已经推出了几种大型的铸造或装配式阀体型式（图 6-1）。这些阀体通常为笼式结构，采用特别长的阀芯行程、大量穿过阀笼墙体的的细小开孔、以及扩展式出口管道连接口，以减小流体速度并把噪声输出降至最低。

在大流量应用场合，对于执行机构的要求是严格的，典型地，可选用长行程、双作用的气缸式执行机构。阀门和执行机构部件的实际尺寸和重量使得安装和维护过程变得很复杂。将阀门装到管线里以及拆卸和更换主要的内件零件都需要重型吊车。维修人员必须严格按照制造商的操作手册以把受伤的可能性减至最低。

小流量控制阀

除了一般过程工业之外，在实验室和试验工厂里存在许多需要控制极小流量的应用场合。通常用两种方法之一来处理。首先，在标准控制阀的阀体中可经常使用特殊的阀内件。这些特殊的阀内件典型地由经过特殊设计且高精度加工的阀座和阀芯组成，以精确地控制非常小的流量。这种类型的结构通常可以处理小至0.03的C_V值。在标准阀体中使用特殊阀内件的方法具有经济性，因为它减少了对特殊阀体和执行机构的备品备件的需要。使用这种方法又为将来流量的扩大提供了方便，因为仅需更换标准阀体内的阀内件部件。

为极小流量而专门设计的控制阀（图 6-2）也可以处理这些应用工况。这些阀门通常可以处理小到0.000001的C_V值。除了具有特别小的流量以外，这些特殊的控制阀结构紧凑且重量轻，因为它们通常用在使用壁厚很薄的管道/管道连接件的实验室环境里。这些类型的控制阀是为极小流量的液体或气体的精确控制而专门设计的。

高温控制阀

用于工作温度高于450°F (232°C) 的控制阀，在设计和选用时必须考虑温度条件。在如锅炉给水系统和过热旁路系统中遇到的高温条件下，控制阀结构的标准材料可能是不适用的。例如塑料、弹性材料和标准垫

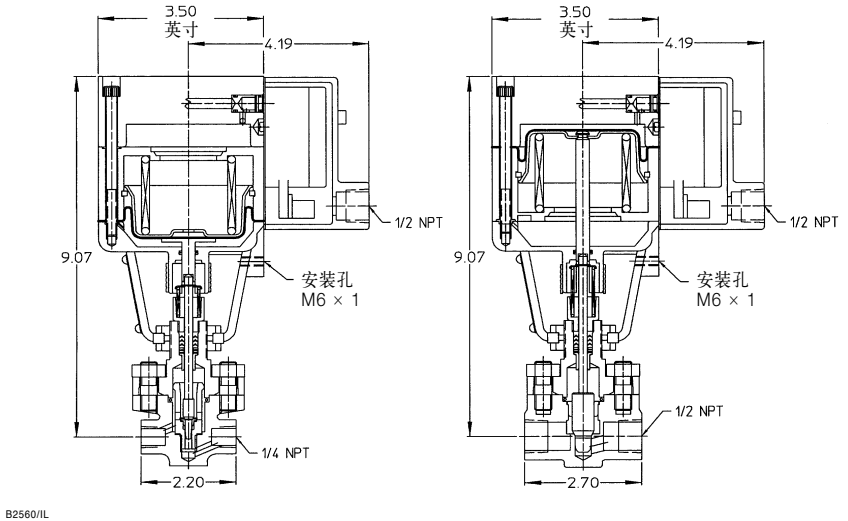


图 6-2. 针对极小流量而设计的特殊控制阀

片通常证明是不合适的，必须代之以更加耐用的材料。金属对金属的阀座材料总是应该使用的，半金属或弹性层压石墨填料材料经常使用，而缠绕不锈钢和弹性石墨的垫片是必需的。

对温度高于 1000°F（538°C）的场合，阀体通常用铬－钼钢铸造。ASTM A217 等级 WC9 材料最高可用到 1100°F（593°C）。对最高温度达到 1500°F(816°C）的场合，通常选用的材料是 ASTM A351 等级 CF8M，316 型不锈钢。对温度在 1000°F(538°C）和 1500°F（816°C）之间的场合，含碳量必须被控制在 0.04 至 0.08%这个范围的上限。9%Cr-1%Mo-V 材料，诸如 ASTM A217 等级 C12a 锻件和 ASTM A182 等级 F91 锻件适用最高温度达 1200°F（650°C）。

伸长型阀盖有助于防止填料函部件受到极高温度的影响。典型的内件材料包括钴基6号合金、带 6 号合金硬质表面的 316 和渗氮的 422 SST。

低温工况用阀门

低温学是关于 -150°F(-101°C)以下温度的材料和工艺的科学。对于用于低温工况的控制阀，象高温控制阀一样，需要考虑许多相同的因素。在 0°F(-18°C）以下的温度，塑料和弹性材料的部件通常不能正常工作。在这些温度范围内，如填料和阀芯密封之类的元件需要特殊的考虑。对于阀芯密封，标准的软密封会变硬且减少柔性，从而不能提供一个软阀座通常所能提供的关闭能力。在这些温度下，要使用特殊的弹性材料并且需要提供特殊的载荷以取得严密的密封。

由于在低温场合，冰霜可能会在阀门上形成，所以填料是低温场合的一个考虑因素。

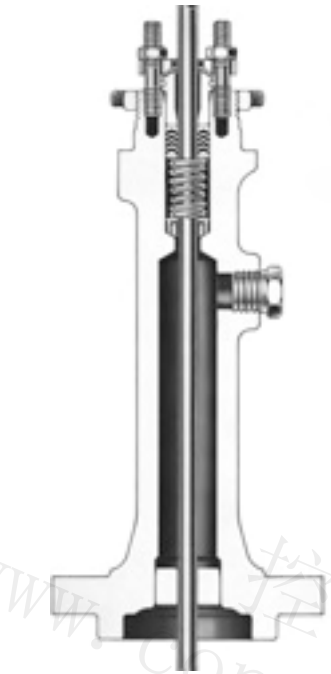


图 6-3. 典型的伸长型阀盖

大气中的水份会在较冷的表面上以及表面温度低于冰点的地方凝结，且形成一层霜冻。随着这层霜或冰在控制阀的阀盖和阀杆表面上形成，且阀杆被执行机构驱动，在阀杆上的这层霜冻会被拉入填料造成撕裂，从而破坏密封。解决的方法是使用伸长型阀盖（图 6-3），以使得控制阀的填料函区域被周围环境温度加热，从而防止霜冻在阀杆和填函区域形成。伸长型阀盖的长度取决于应用场合的温度和隔热要求。应用场合的温度越低，需要的伸长型阀盖越长。

针对低温场合的阀门材料选择通常是阀体和上阀盖用 CF8M，阀内件用 300 系列不锈钢。在闪蒸场合，也许需要表面硬化以抵抗冲刷。

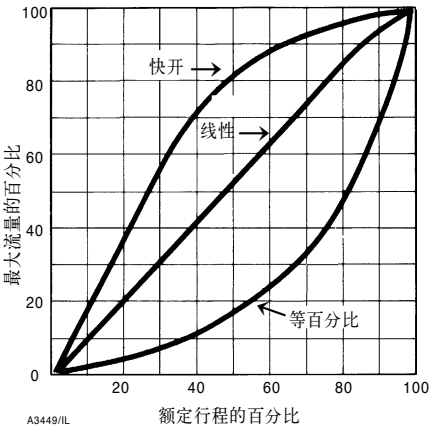


图 6-4. 固有阀门流量特性

自定义流量特性与减噪音内件

虽然标准控制阀（图 6-4）的流量特性满足大部分的应用工况的要求，但是对于某一给定工况通常需要自定义的流量特性。在这些情况下，可以制造特殊型式的内件以满足这些要求。对于流线型轮廓的阀芯，阀芯头部的形状可以进行修改， 这样，当阀芯在其行程范围内移动时，无阻塞的流通面积在大小上发生变化，就产生特定的流量特性。同样地，阀笼也可以重新设计以满足特殊的流量特性要求。这尤其在降噪声内件中经常用到。在这些场合，要求在小流量条件下有很高的降噪效果，而在大流量条件下要求小得多的降噪效果。

在美国用于核工况的控制阀

从 1970 年开始，美国核电厂设备制造商和供应商一直受到题为“核电厂和燃料处理工厂质量保证标准”的联邦管理法规附录 B 第 10 篇第 50 部分的要求的约束。法规的执行

监督机构是美国原子能法规委员会。证明符合附录B要求的最终任务由核电厂的所有者承担，但他又必须依靠各部件的制造商提供的各种文件，证明这些部件是根据有记录的步骤、借助于业已证明的技术、由合格的人员来制造、检验和测试的。

为达到联邦管理法规的要求，大多数核电厂用部件都是按照ASME的“锅炉和压力容器法规”的第3节题为“核电厂用部件”的规定作详细说明。制造工艺的所有工序，必须记录在质量控制手册里，且在实际制造这些部件前必须经过ASME审查和认证。所有随后的制造材料和操作均需由指定的检验人员检查。根据第3节要求制造的所有阀门会收到一个ASME代号铭牌和一个“N”印记，表明用于核电厂应用工况的可接受程度。

第3节不适用于与压力承受功能无关的零件，也不适用于执行机构和附件，除非它们是承受压力的，不适用于辐射、腐蚀、冲刷、地震或环境质量引起性能恶化的阀门部件；不适用于清洁、油漆或包装要求，但是用户规格书中通常包括这些方面。第3节适用的是制造承受压力零件的材料、设计标准、装配步骤、承压零件的非破坏性试验步骤、静态水压试验以及标记和压印步骤、ASME第3节每半年以附录的形式修订一次，从公布之日起即可使用，自公布日起六个月后成为正式法令。

受硫化应力裂纹影响的阀门

国际NACE是一个考虑腐蚀和与腐蚀有关问题的技术学会。NACE负责大量的标准，其中影响最大、名气最大的是MR0175，其全称为“用于油田设备的抗硫化应力裂纹金属材料”。MR0175由NACE于1975年颁布，其目的是为了选择在油气生产环境中抗氢硫失效的金属材料提供指南。MR0175在过程工业中如此广泛使用，以致于NACE等同于MR0175。但在2003年这种情况发生了变化。

2003年MR0175作了大幅度的改变，在硫化应力裂纹的基础上增加了氯化应力腐蚀裂纹。然后，在2003年的后期，文件再次被修改，并作为NACE/ISO联合文件颁布，并称为NACE MR0175/ISO15156，“石油和天然气工业—用于油气生产中含H2S环境的金属”。

在2003年4月，NACE也发布了一个新的标准，MR0103，其名称为“在腐蚀性石油炼化环境中金属抵抗硫化应力裂纹能力。”这是炼化工业的“NACE MR0175”。MR0103只提及硫化应力裂纹，在很多方面和2003年前的MR0175相类似。MR0103在炼化工业中的应用不断加快。

注意到NACE MR0175或NACE MR0175/ISO15156的修正本的一致性，在美国的一些洲和地区该标准被当作法令来执行。同时，NACE MR0103没有被任何的政府机构当作法令来实施。

MR0175 2003年前的修正本

以下说明尽管是以MR0175 2003年前的修正本中的信息和要求为基础的，但不

可能以标准本身提供的细节来叙述，而且不保证任何给定材料在含硫化氢的酸性环境中的适用性。因此，强烈建议读者在为酸性气体工况选择阀门前，应参考实际的标准。

● 大多数黑色金属由于热处理产生的和(或)冷加工产生的硬化，会变得对硫化应力裂纹(SSC)十分敏感。相反，也有许多黑色金属可以用热处理来改善其抵抗SSC的能力。

● 碳钢和低合金钢必须通过适当的热处理才能提供抵抗SSC的能力。最高的HRC 22硬度限制适用于碳钢和低合金钢。

● 奥氏体不锈钢在退火条件下最能抵抗SSC。其它一些特定等级和条件的不锈钢在达到35HRC前也是可以接受的。

● 铜基合金具有天然的抗SSC性，但考虑到一般的腐蚀性，除非得到购买者的同意，一般不作为阀门的关键部件。

● 总的来说，镍合金具有最佳的抗SSC性能。一些可沉淀的镍合金可用于需要高强度和/或硬度最高至40HRC的应用。

● 铬、镍以及其他形式的镀层不提供抗SSC性。它们可以使用在酸性工况中抗腐蚀，但不能用于保护没有抗SSC性的金属。

● 在碳钢和低合金钢上的焊补或装配焊接均需要正确的处理，以确保它们满足基本金属的热影响区(HAZ)和焊接堆积物22HRC最大硬度的要求。合金钢焊接后需要热处理，碳钢同样也需要。

● 在低应力区域，允许打上常规的识别印记，如在管道法兰的外径处。低应力识别印记也可用于其它区域。

● 该标准不允许在暴露的应用场合使用ASTM A193等级B7螺栓。使用抗SSC螺栓材料（如ASTM A193等级B7M），有时必须降低原始设计应用b7螺栓的阀门等级。例如，在等级600的直通阀中，使用17-4PH h1150 DBL螺栓可以避免阀门降低使用等级。

NACE MR0175/ISO 15156

● NACE MR0175/ISO 15156对标准作了重大改变，但很多最终用户仍继续指定NACE MR0175/ISO 2002，因为他们觉得在提供良好的使用寿命方面，该标准已经足够满足他们的需求。NACE MR0175/ISO 15156的最重大改变包括：

● 17-4PH h1150 DBL螺栓在原先标准中作为暴露的螺栓可以使用到全额定600等级的直通阀，现在将不再允许。

● 修正本内容涉及硫化应力裂纹和氯化应力腐蚀裂纹两个方面。先前版本只是简单地列出大部分材料可以接受或不可以接

www.control-valve.net 控制阀在线

受。因为它的范围延伸到氯化应力腐蚀裂纹，新的标准列出了所有的抗腐蚀性合金在它的限制范围内是可以接受的，称为“环境限制或环境约束。”它们通常表示为H2S的分压力、最高温度、ppm的氯含量和自由硫的存在。

- 316不锈钢仍允许使用，但具有严格的限制环境条件。如果严格根据标准，这种材料的使用将有限。

- 该标准只适用于石油生产、钻井、采集和流动管道设备以及用于涉及到H2S的碳氢服务的现场过程设备。它不适用于炼化工业。

- 该标准对购买者指定正确的材料给出了明确的责任。制造商的责任是满足MR0175/ISO15156冶金学的要求。

NACE MR0103

- 前面也提及，NACE MR0103在很多方面和NACE MR0175 2003年的修正本相似。以下是一些主要的不同处：

- 为适合酸性环境，MR0103使用不同的、以炼化工业为基础的定义。当MR0103适用时，用户对MR0103强加的要求负责。

- 2002年和更老的MR0175修正本包括了对少些材料的环境约束，这在以后的版本中继续。MR0103只针对硫化应力裂纹。它没有对任何材料强加环境限制。材料要么合适，要么不合适。

- 在ASME锅炉和压力容器代码中，碳钢基材料被分为P-No.1、群组1或2，这些材料在MR013中是可以接受的而不没有基础材料的硬度要求。P-No.1、群组1或2包括铸造的WCC和LCC、锻造的A105、镀层的A156等级70和其它常用的碳钢压力容器材料。

- MR0103对碳钢的焊接控制要求比MR0175-2002的要求更加严格。MR0103要求P-No.1碳钢的焊接应根据另外一个NACE文件，该文件成为RP0472，“在腐蚀性石油炼化环境中防止碳钢焊接在服务环境中裂化的方法和控制”。RP0472要求进行控制以确保焊接堆积物和热影响区（HAZ）必须充分软化以抵抗硫化应力裂化。虽然如果使用特定的焊接工艺/填充材料的组合可以放弃硬度测试，但RP0742要求在生产过程中的焊接堆积物进行实际的硬度测试。可以通过焊接后热处理（PWHT）或对基材的化学成分进行约束如强制要求最大的碳当量（CE）控制HAZ的硬度。

- 和2003年以及以后版本的MR0175相似，MR0103不允许使用S17400双H1150材料作为螺栓。着表示17-4PH H1140 DBL螺栓在原先标准中作为暴露的螺栓可以使用到全额定600等级的阀门，现在将不再允许。

控制阀在线
www.control-valve.net

第 7 章

蒸汽调节阀

www.control-valve.net 控制阀在线

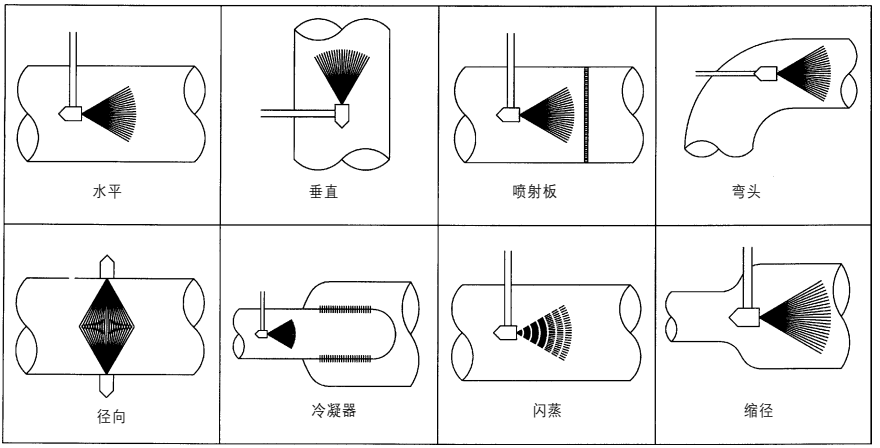
本章讨论的蒸汽调节阀包括了用于过热减温、蒸汽调节和透平旁路系统里的阀门。

理解过热减温

过热蒸汽为机械能量的产生提供一个极佳的能源。然而，在许多情况下，蒸汽经过大量减温接近饱和状态时，被证明是更适合使用的。这是大多数热转换应用的例子。精确的温度控制对于改善热效率、消除调节过程中的意料之外的的过热、或保护下游产品或设备免受过热温度的损坏是必需的。降低温度的一种办法是安装一个减温器。

减温器把经过控制的、预定数量的水喷射到蒸汽流体中以降低蒸汽的温度。为了取得最佳效果，减温器必须为应用工况而进行正确设计和选择。虽然有时在设计中看似很简单，但减温器必须集成各种各样的复杂的热力和流体动力学变量，以取得减温效果。控制水量，从而控制蒸汽温度，需要使用一个温度控制回路。这个回路包括一个下游的温度感测装置、一个控制器用来计算消除被测温度相对于设定点的偏差的纠正信号、以及将一个比例信号传送给控制水的阀门／执行机构组件以控制要求的水量的传送装置。

一个特定的减温器装置的成功与否取决于一系列的物理、热力和几何因素，其中有些因素是很明确的，而有些是模糊的，但所有这些因素都对所安装的系统的设备的



B2567/IL

表 7-1. 减温器的安装

性能有不同的影响。

首要的、同时也许是对减温器的有效工作最重要的影响因素是针对每一个工况选择正确的减温器型式。在系统环境的限制范围内，减温器可以有不同的形状和尺寸，可以使用不同的能量转换和机械技术以取得要求的性能，下一节详细说明现有的各种类型的减温器的区别及其预期的性能。

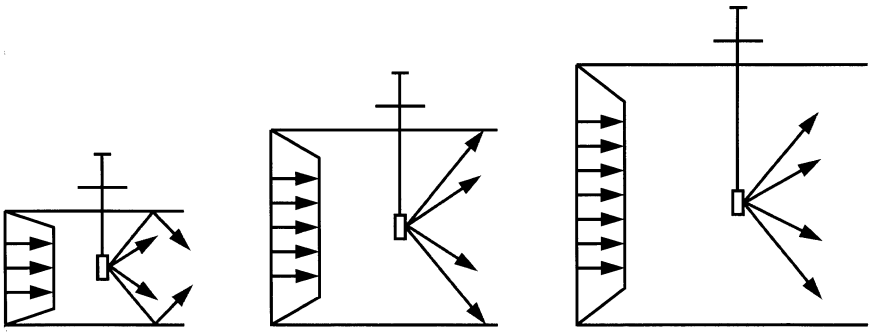
过热减温的技术特点

一些影响减温系统的性能的物理参数包括：

- 安装方位
- 喷水温度
- 喷水量
- 管道尺寸
- 蒸汽速度
- 设备对系统的调节性

安装方位是一个经常被忽视、但在系统性能中又是极关键的因数。减温器的放置对减温器的工作可能比装置本身有更大的影响。对大多数减温器来说，最好的安装方位是置于垂直管道里且流向向上，这与目前所见到的大多数的安装方式不同。其它安装方位因素包括管道连接件、弯头、和其它类型的存在于喷水点下游的管道阻挡物。图 7-1 表示减温器的各种安装情况。

喷水温度会对减温器性能有很大的影响。尽管这与通常的罗缉相背离，但是高温水更适合于减温。随着喷水温度的增加，流体和热力学特性得到改善，而且影响以下方面：



B2568/IL

图 7-2. 喷水穿透度

- 表面张力
- 水滴大小分布度
- 雾化作用的潜在热量
- 雾化率

由于喷水温度的增加，所有这些方面的改进会提高系统的总体性能。

需要喷出的水量会对雾化时间有一个直接的成正比的影响。热交换过程是与时间有关的，因此喷水量将影响完全雾化的时间和热力学的稳定性。

为了确定所需的作为进口蒸汽流量（Q_1）的函数的喷水量（Qw），用以下公式进行简单的热量平衡计算公式：

$$Qw(质量)=Q_1*\left(\frac{H_1 - H_2}{H_2 - H_w}\right)$$

式中 Q 是以 PPH 为单位的质量流量，H 分别为进口、出口、和喷射水的焓值。

当以出口蒸汽流量 Q_2，即进口蒸汽和减温喷射水的组合流量作为函数进行计算时，使用以下公式：

$$Qw(质量)=Q_2*\left(\frac{H_1 - H_2}{H_w - H_1}\right)$$

要对最初的减温器口径计算进行基本的 C_v 计算，就需要将所得到的 Qw（质量）转化成 Qw（体积）。当用英制单位时，转换计算如下：

$$Qw(体积)=\frac{Q_w(质量)*\ 0.1247}{pw}$$

Qw(体积)以 GPM 为单位，pw 是以磅／英尺^{3}为单位的喷射水的密度。基于该转换公式，通过对某种工况下的 C_v 值的计算可以完成口径计算：

$$C_v=Qw(体积)*\sqrt{\frac{SG}{\triangle Pdsh}}$$

式中 SG 是喷射水的比重，△Pdsh 是建议的减温器两端的压差。

当设计一个新的减温器时，要取得合适的系统性能需要考虑的另外一个因素是管道尺

www.控制阀在线 control valve.net

寸。随着管道尺寸的增大，更加需要注意喷水的穿透速度以及流束的覆盖程度(图7-2)。

某些单点的喷射型减温器不能产生足够的喷嘴能量以把水吹散到管道的整个流动截面上，其结果就是喷射模式的失败和热力分层的形成，这就是被过热蒸汽笼罩着的次冷却中心核。这种现象通常在喷水流束在管道上改变几次方向以后会消失，但是在控制系统或过程的限制范围内，这并不总是可能的。把高能量、多喷嘴减温器正确地安装在较大口径的管道中，通常可以避免热力分层的形成。

蒸汽的最大和最小速度与冷却水的成功混合有直接的关系。该速度直接影响水与蒸汽混合所需的驻留时间。如果最大速度太高，那么有可能在遇到诸如弯头或T型接头等阻碍物之前，水就没有足够的时间与蒸汽混合。理想的最大速度通常在 150-250 英尺/秒之间 (46-76 米/秒)。如果最小速度太低，湍流减少，那么水滴趋向于从蒸汽中的悬浮状态滴落下来。作为一个准则，水能保持悬浮状态的最小蒸汽速度近似为30英寸/秒 (9 米/秒)。对于较低蒸汽速度的应用场合，利用文丘利管或雾化蒸汽的减温器可以达到较好的混合效果。

在减温领域中的一个被最多滥用和误解的概念是调节性。当这个概念被用于最终控制元件，例如阀门时，调节性是最大与最小可控制流量的简单的比例。调节性有时与可调比交互使用，然而，当它用于实际的性能比较时，其确切的含义有很大的差别。

减温器不是最终控制元件，因此，它的性能与其系统环境直接相关。实际的系统调节性更是一个系统参数的函数而不是基于设备的经验化的流量变化。一旦对此有所了解，那么显然一个好的减温器不能防止一个差的系统的失败。它必须根据其自己的优点来评估并相应地、作出分级。

由于喷嘴设计技术的改进，管道衬里已经很少需要了。取决于水源的颗粒量，在线过滤器也许是需要的。

前面的计算和建议为选择正确的减温器型式和尺寸提供了必要的信息。这种选择应当基于不同的应用情况，例如：

- 最小到最大的载荷要求可调比
- 最小蒸汽速度
- 减温器后面的直管段长度和温度传感器的距离
- 蒸汽管道尺寸
- 水和蒸汽之间的压差

典型的减温器型式

固定几何形状喷嘴型

固定几何形状的喷嘴型 (图7-3) 是一个简单的机械雾化的减温器，带有单个或多个固定几何形状的喷嘴。它可用于负载变化

www.control-valve.net 控制阀在线



W7102/IL

图 7-3. 固定几何形状喷嘴型



W6310-1/IL

图 7-4. 可变几何形状喷嘴型

几乎恒定的场合（可调比最高 5:1），且在最佳状态下，能够在低至 14 英尺 / 秒的蒸汽流速下取得良好的雾化。此类装置的标准安装方式是在一个 6 英寸或更大的蒸汽管道上使用一个带法兰的分支 T 形接管。这种型式的减温器通常不能满足大C_V值的要求。这种装置需要一个外部水流控制阀，以根据来自下游蒸汽管线里温度传感器的信号来调节水的流量。

可变几何形状喷嘴型

可变几何形状喷嘴型（图 7-4）也是一种简单的机械雾化减温器，但利用了一个或多个可变几何形状的、背压开启式的喷嘴。由于其可变的几何形状，该装置能处理需要控制中等负荷变化（可调比最高达 20:1）的应用工况，且在最佳状态下，能够在低至14英尺/秒的蒸汽流速下取得良好的雾化。此类装置的标准安装方式是在一个8英寸或更大的蒸汽管道上使用一个带法兰的分支T形接管。这些装置可以满足大 C_V 值的要求。这种型式的减温器需要一个外部水流控制阀，以根据来自下游蒸汽管线里温度传感器的信号来调节水的流量。

自我包容型

自我包容型（图7-5）也是机械雾化的，带有一个或多个可变几何形状的、背压开启式喷嘴。作为一个特点，该装置包含一个流体控制元件。这个流体控制元件实现通常由一个外部水流控制阀提供的功能。该控制元件有一个阀芯，阀芯靠一个执行机构驱动在一个控制阀笼中运动。该执行机构接收一个来自下游蒸汽管线里的温度传感器的信号。水流然后流过可变几何形状的喷嘴，并在进入蒸汽管道时被雾化。由于内部控制元件与可变几何喷嘴之间的密切配合，该装置能处理需要控制中等到较

www.controlvalve.net 控制阀在线

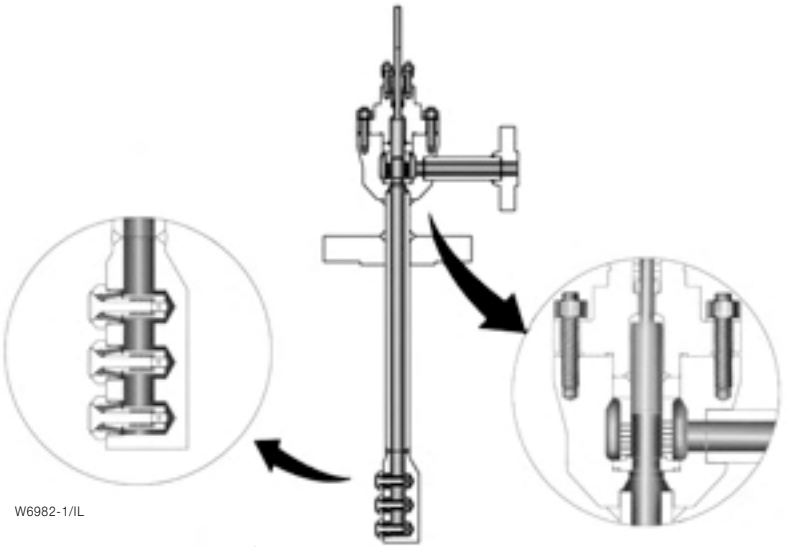


图 7-5. 自我包容型

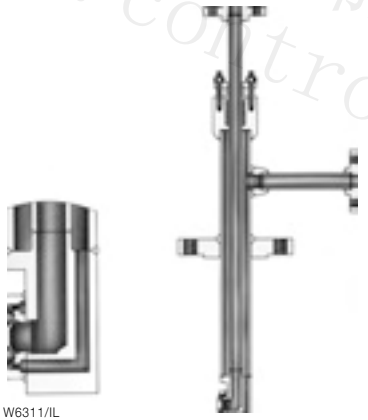


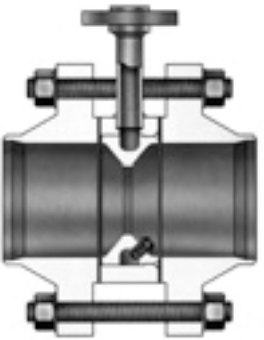
图 7-6. 蒸汽辅助型

高负载变化的应用工况（可调比最高达 25:1）。它能在最佳状态下，在蒸汽流速低至 14 英尺/秒时提供良好的雾化。这类装置的标准安装方式是在一个 8 英寸或更大的蒸汽管道上使用一个带法兰分支 T 形接管。这些装置能满足中等 C_V 值的需求。

蒸汽辅助雾化型

蒸汽辅助雾化型（图 7-6）利用高压蒸汽来实现喷射水的快速和彻底的雾化。这种型式的减温器在蒸汽管线的流速较低时尤其有用。雾化的蒸汽，通常两倍于主蒸汽管线压力或更高，在喷嘴腔体内与水相遇，在那里膨胀的雾化蒸汽的能量被用来将水雾化成极微小的水滴。这些更小的水滴可更快地转化成蒸汽并可在很低的蒸汽流速下仍然呈悬浮状态，从而取得彻底的汽化。因此，这种蒸汽雾化型减温器能够在最佳状态下，当蒸汽速度低至 4 英尺/秒（1.2 米/秒）时将水很好地混合到蒸汽中。这种型式的减温器能处理需要很高负荷变化的应用工况（可调比高达 50 : 1）。这类装置的标准安装方式是在一个 8 英寸或更大的蒸汽管线上使用一个带法兰的分支 T 形接管。这种型式的减温器能满足中等 C_V 值的要





W6313-1/IL

图 7-7. 几何形状辅助对夹式型

求。它需要一个外部的水流控制阀门以根据来自下游蒸汽管线里的温度传感器的信号来调节水的流量。这种系统也需要一个开关阀来供应雾化用蒸汽。

几何形状辅助对夹型

几何形状辅助对夹型（图7-7）最早是为无法安装插入式减温器的小于 6 英寸的较小蒸汽管道而开发的。这种装置设计成对夹式，安装于蒸汽管道的两个法兰之间。一个缩径的咽喉状纹丘利管可以让水在对夹法兰处完全地喷射，并能够通过钻出的小孔或小喷嘴实现多点喷射。另外，纹丘利管增加了在喷射点处蒸汽的流速，这会在最佳状态下改善蒸汽流速低至10英尺/秒（3米/秒）时的水的雾化以及与蒸汽的混合程度。这种型式的减温器能处理需要控制中等负荷变化的应用工况（可调比最高达20:1）。它可以安装在1-24英寸的蒸汽管线里，且能满足中等 C_V 值的要求。这种型式需要一个外部的水流控制阀以根据来自下游蒸汽管线里温度传感器的信号来调节水流量。

理解蒸汽调节阀门

蒸汽调节阀门用来同时将蒸汽压力和温度减小到给定工况要求的水准。这些应用工况经常涉及到很高的进口温度和压力且需要将两者大大降低。因此这些阀体最好用锻造或组装的方法来制造，它们能够较好地承受在很高的压力和温度下的蒸汽载荷。相对于铸造阀体，锻造材料允许更高的设计应力，有改善的晶体结构和内在的材料一致性。相对于铸造阀体，锻造结构允许制造商更加容易地提供最高至 Class 4500、中间等级以及特殊的压力等级。

由于温度和压力的减小而导致的蒸汽特性的频繁极端变化，锻造和组装的阀体型式允许增加一个扩展式输出口以控制较低压力下的出口蒸汽速度。类似地，随着出口压力的减小，铸造和组装型的蒸汽调节阀允许制造商提供不同压力等级的进口和出口连接端以更好地与相邻管线配合。

与两个独立的装置相比较，将减温和减压功能组合在同一个阀门里的其它优点包括：

- 由于优化利用减压元件的紊流膨胀区域的下游部分，而改善了喷水的混合程度。
- 改善了可调比
- 部分地由于水流喷射而增加的降噪作用，增加了减噪效果。
- 在某些类型中，由于其一体化的前向反馈能力，改善了响应时间。
- 由于是一台设备，故安装和维修相对简单。



图 7-8. 蒸汽调节阀

有多种蒸汽调节阀门型式可满足不同的应用工况。以下是一些典型的例子。

蒸汽调节阀

蒸汽调节阀是将蒸汽的压力和温度控制集合在一个控制单元内。这些阀门代表了在能源费用上升和更加严格的设备运行条件下对蒸汽需要更好控制的需求。蒸汽调节阀也能提供更好的温度控制、降低噪音以及和等同的减温减压站相比管道更少和对安装的限制更少。

根据所处理的工况不同，蒸汽调节阀的设计变化很大。每种设计有特殊的特性或不同的选择以在广泛的范围内和用户的特殊需求内有效的运行。

在图 7-8 中所示的蒸汽调节阀在一个阀门内包含了压力和温度控制。有限元分析（FEA）和计算流体力学（CFD）用于设计开发以优化阀门的运行性能和整体可靠性。蒸汽调节阀坚固的设计证明它具有处理主蒸汽全压力降的能力，同时使用控制阀降噪技术的流道设计可以防止过度的噪音和振动。

使用于蒸汽调节阀的简单阀内件结构（图 7-9）伴随透平行程具有快速的温度变化。鼠笼内件经硬化处理使寿命最长和允许由于热力引起的偏移而膨胀。阀塞连续导向并使用钴基金涂层作为导向带和提供紧密的和阀座之间金属 - 金属密封。

www.control-valve.net 控制阀在线

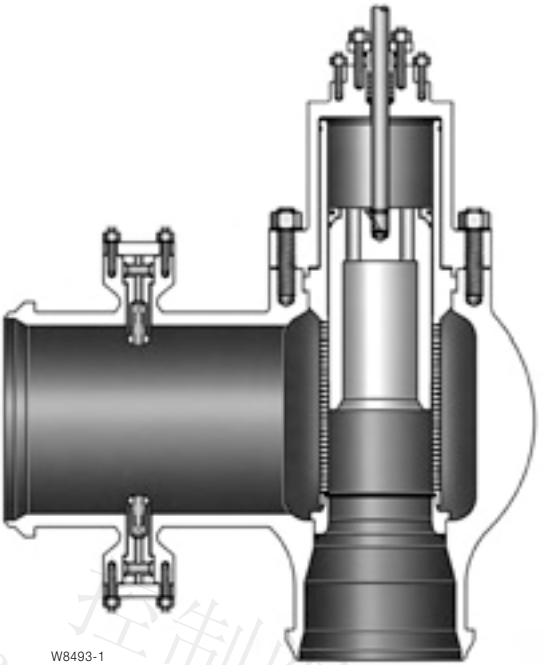


图 7-9. 蒸汽调节阀的剖面图

蒸汽调节阀在减压后的下游包含了一个喷水的多喷嘴。该多喷嘴具有变几何形状和背压激活喷嘴的特征，它使水的混合和蒸发效果最佳。

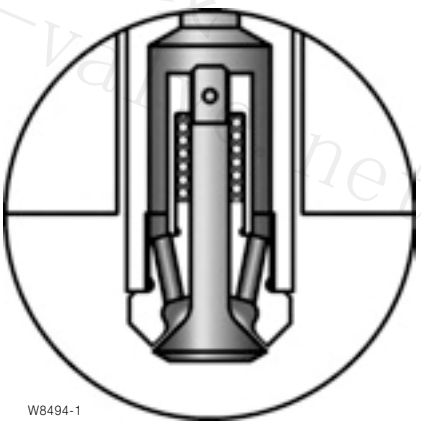


图 7-10. 变几何形状和背压激活的喷嘴

这种喷嘴（图 7-10）原先设计用于冷却器堆系统，在该系统中下游蒸汽压力能下降到饱和条件以下。在该情况下，喷出的水会闪蒸并且大大改变流动特性，并且工作于临界点的相关喷嘴的能力也改变。

在喷嘴内阀塞的弹簧负载在闪蒸发生时通过驱使阀塞关闭来阻止如此之大的变化。闪蒸时，流体的可压缩性发生变化，喷嘴弹簧强制闭合并重新压缩流体。这些一旦完成，流体重新得到它的液体特性并能流入冷却器内。

蒸汽调节阀将水喷向管道的中心并远离管

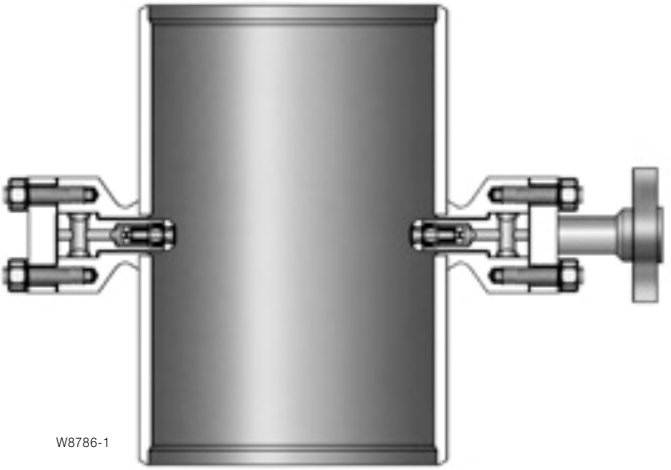


图 7-11. 蒸汽冷却器

壁。喷水点的多少随应用不同而变化。如果蒸汽的压力差很大，调节阀的出口口径会增大很多以适应更多的喷嘴以便更均匀完整地分布喷出的水。

在蒸汽调节阀内简化的阀内件布置可以使它使用至更高的压力等级（至 Class 2500）和操作温度。蒸汽调节阀的平衡阀塞结构可以提供 V 级密封和线性流动特性。

蒸汽调节阀通常使用高性能的气动活塞执行器和数字式控制器以在 2 秒以内完成全行程同维持高精度的阶跃反应。

当管道布置需要时，蒸汽调节阀可以作为分散的部件供应—压力控制在阀体内完成而减温在下游的蒸汽冷却器内完成。

蒸汽冷却器

蒸汽冷却器（图 7-11）通常当减压和过热减温过程需要单独完成时使用。蒸汽冷却器配有水的供给集合管。这种集合管(可以使用多个集合管）将冷却水供应给布置在出口处管壁的多个单独的喷嘴。这样使很细的冷却水径向喷入轴向流动的高紊流蒸汽中。冷却水和高紊流蒸汽间大的接触表面积使混合和蒸发很高效。

蒸汽喷淋器

蒸汽喷淋器（图 7-12 和图 7-13）是减压装置用来将蒸汽安全地喷入冷凝器和透平废气管道中。另外，蒸汽喷淋器为透平旁通阀提供背压，限制蒸汽流速和减小旁通阀和喷淋器之间的管道口径。喷淋器的设计对保证透平旁通系统的功能是之关重要的。为了减少流动引起的噪音，蒸汽喷淋器可以使用降燥技术。当考虑整个系统的噪音



图 7-12. 带钻孔噪音控制技术的蒸汽喷淋器

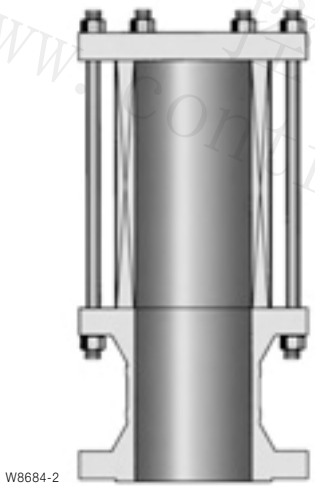


图 7-13. 使用多级压降技术的蒸汽喷淋器

时，蒸汽喷淋器的设计和安装是两个关键因素。

理解透平旁路系统

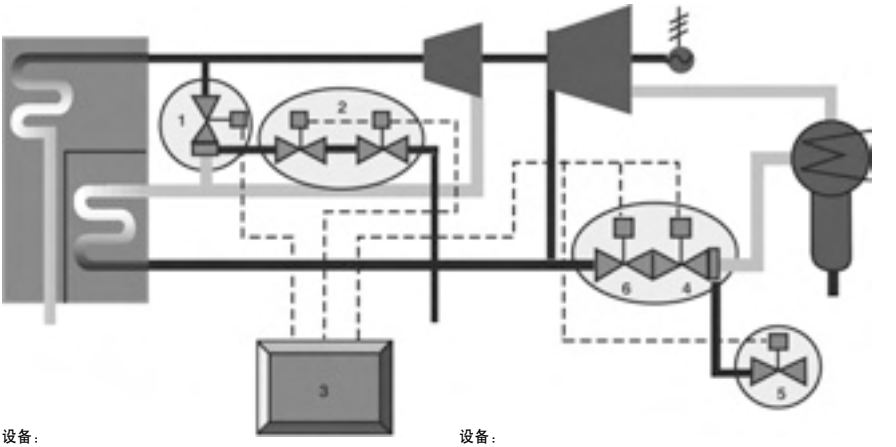
随着电厂操作模式的改变，透平旁路系统在过去的几十年里发生了变化。它通常用于公用电厂。在那里，工厂的运行需要对电力需求的宽幅变化作出快速的响应。电厂运行的典型的一天也许是开始时负荷最小，在这一天的大部分时间里增加到满负荷，然后快速减小至最小输出，然后再增加到满负荷—所有这些发生在 24 小时的时间段内。没有某种形式的透平旁路系统，锅炉、透平、冷凝器和其它关联设备将不能对如此快速的变化作出正确的反应。

透平旁路系统允许锅炉的运行独立于透平。在起动模式或发电需求快速减小的情况下，透平旁路不仅给蒸汽提供一个另外的通道，而且将蒸汽调节到与通常由透平膨胀过程产生的蒸汽相同的压力和温度。通过为蒸汽提供一个另外的通道，透平旁路系统保护了透平、锅炉和冷凝器免受可能由于热力和压力的波动而引起的损坏。由于这个因素，为了最大限度地保护设备，许多透平旁路系统需要极快的开／关响应时间。这可以通过使用一套为这种操作既提供力又提供控制的电液驱动系统来实现。

另外，在调试一个新的工厂时，透平旁路系统允许独立于透平而启动和测试锅炉。这意味着工厂能快速地开工，这会导致引人注目的效益的增加，这同时也意味着该闭环系统能够防止处理过的锅炉给水的损失和环境噪声的扩散。

透平旁路系统的部件

一个透平旁路系统的主要元件（图 7-14）



设备：
1. HP（高压）透平旁路蒸汽阀
2. HP（高压）透平旁路控制和水切断阀
3. EHS 电液系统——
电动控制罗缉器
液动控制罗缉器
蓄能器和蓄能器动力系统
液压动力元件
控制柜
活塞式执行机构和比例阀
B2569/IL

设备：
4. LP（低压）透平旁路蒸汽阀
5. LP（低压）透平旁路水阀
6. LP（低压）透平旁路蒸汽截止阀（可选项）
3. EHS 电液系统

图 7-14. 透平旁路系统

有透平旁路阀门、透平旁路水控制阀和电液系统。

透平旁路阀

不管是用于低压还是高压场合，透平旁路阀通常是如前面描述的具有严密关闭等级（V 型）的多喷嘴型的蒸汽调节阀。由于特殊的安装要求，这些多喷嘴阀门偶尔也被分成两个部分：阀门的减压部分和位于冷凝器附近的出口/多喷嘴冷却部分。然而不考虑其结构分布，一个经济有效的解决方案是在下游设置一个固定口径的装置进行最后的减压（通常是分布器），以使通向冷凝器的出口管径减至最小。

透平旁路水控制阀

这些阀门用来控制通往透平旁路阀的水流。由于设备保护的需要，这些阀门必须提供严密的关闭等级（V 级）。

电液系统

该系统用来驱动阀门。它的主要元件包括液压执行机构、液压蓄能器和动力元件、以及控制元件和控制逻辑器。

www.control-valve.net 控制阀在线

第 8 章

安装和维护

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀的效率直接影响到过程工厂的效益。控制阀在优化过程中所起的作用经常被忽视。许多过程工厂的经理把大部分资源集中在集散式控制系统(DCS)及其潜在的提高生产效率的能力上。然而，实际造成过程参数改变的是终端控制元件（通常是一个控制阀）。如果阀门工作不正常，在前端的复杂电子部件没有一个会纠正阀门一端的问题。就象许多研究已经表明的那样，阀门经常被忽略到这种程度：它们已经成为过程控制配置中的薄弱环节。

不管自动控制多么复杂，也不管仪表多么精确，控制阀必须要正常工作。阀门工作不正常，不可能获得高的产量、合格的产品、最大的效益和能源的节约。

优化控制阀的效率取决于：

1．针对工况正确选择控制阀

2．正确的存储和保护

3．正确的安装技术

4．有效的预见性维护计划

第5章讲述了控制阀的选型，本章将讲述其它三个方面的内容。

正确的存储和保护

在阀门被运输出去之前早在阀门选型过程中

就应该考虑选择正确的存储和保护。典型地，制造商们会采用基于运输目的地的和计划安装前存储时间长短的包装标准。由于大多数阀门在安装前的某个时间运到现场，确保在阀门选型时就让制造商了解并与其讨论安装计划细节，可避免许多问题。另外，当阀门到达目的地后，要特别小心保护。例如，阀门必须存放在一个干净、干燥的地方，并远离可能损坏阀门的任何车辆或其它操作。

正确的安装技术

应始终遵守控制阀制造商的安装指导和注意点。这里对典型的安装指导作简单归纳。

阅读操作手册

在安装阀门之间，先阅读指导手册。指导手册介绍该产品以及安装前和安装时应注意的安全事项及预防措施。按照手册中的指南去做有助于保证安装的简易和成功。

确认管道清洁

管道中的异物可能会损坏阀门的密封表面或甚至阻碍阀芯、球或蝶板的运动而造成阀门不能正确地关闭。为了减小危险情况发生的可能性，需在安装阀门前清洗所有的管道。确认已清除管道污垢，金属碎屑、焊渣和其它异物。另外，要检查管道法兰以确保有一个光滑的垫片表面。如果阀门有螺纹连接端，要在管道阳螺纹上涂上高等级的管道密封剂。不要在阴螺纹上涂密封剂，因为在阴螺纹上多余的密封剂会被挤进阀体内。多余的密封剂会造成阀芯的卡塞或脏物的积聚，进而导致阀门不能正常关闭。



图 8-1. 参照流向箭头指示将阀门安装到相应流向的流体过程中

检查控制阀

虽然阀门制造商们会采取某些步骤防止运输损坏，但这种损坏还是有可能发生的，且可以在安装之前发现和通报。

不要安装已经知道在运输和存放时已损坏的阀门。

安装之前，检查并除去所有运输挡块、防护用堵头或垫片表面的盖子，检查阀体内部以确保不存在异物。

采用良好的管接实践

绝大部分的控制阀可以安装在任何位置，但是，最通常用的方法是将执行机构垂直放置并位于阀门的上部。如果执行机构水平安装是必须的，则考虑对执行机构增加一个额外的垂直支撑。应确保这样安装阀体：流体流向与流向箭头或指导手册所指示的方向一致（图 8-1）。

确保在阀门的上面和下面留有足够的空间以便在检查和维护时容易地拆卸执行机构

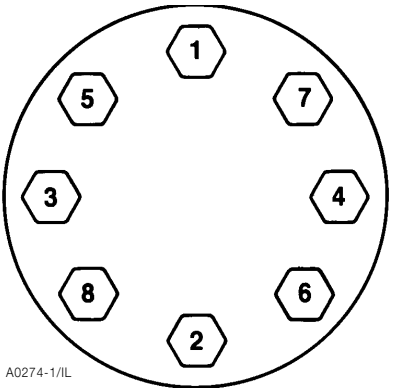


图 8-2. 以交错形式旋紧螺栓

或阀芯。空间距离通常可以从阀门制造商认定的外形尺寸图上找到。对于法兰连接的阀体，确保法兰面准确地对准以使垫片表面均匀地接触。在法兰对中后，轻轻地旋紧螺栓，最后以交错形式旋紧这些螺栓（图 8-2）。正确地旋紧能避免产生不均匀的垫片负载，并有助于防止泄漏，也有助于避免法兰损坏或甚至裂开的可能性。当连接法兰和阀门法兰材质不一样时，这种预防措施就显得尤为重要。

安装于控制阀上游和下游的引压管有助于检查流量或压力降。将引压管接到远离弯头、缩径或扩径的直管段处。这种位置可将由于流体紊流而导致的不精确性减到最小。

用 1/4 或 3/8 英寸（6-10mm）的管子把执行机构上的压力接口连接到控制器上。保持较短的连接距离，并尽量减少管件和弯头的数量以减少系统时间滞后。如果该距离必须很长，那么可以在控制阀上使用一个定位器或增压器。

控制阀维护

应始终按照控制阀制造商的维护指导去做。这里对一些典型的维护主题作简单归纳。

控制阀设备的优化基于一个有效的维护原理和程序。以下是三种最基本的方法：

被动性维护—事故产生后才采取行动。等待阀门发生问题，然后进行维修或更换。

预防性维护—根据历史经验，按时间表采取行动，也就是力求防止某些问题的发生。

预测性维护—采用具有先进科技的非侵入式诊断测试和评估装置或用智能仪表，根据现场输入信息采取行动。

尽管被动性和预防性维护程序是有用的，但是它们不能最大限度地利用阀门的潜能。下面是这些方法的一些不利之处。

被动性维护

简单地由于问题的发生没有明显的提示，被动性维护允许微小的故障在不引人注意和未经处理的情况下发生。甚至一些重要的阀门也可能被忽略直到产生严重的泄漏或无法动作。在某些情况下，来自生产的反馈会帮助我们在产生严重问题前作出维护的响应，但是阀门也许因为怀疑有故障而被不必要地拆卸下来。对大型阀门或那些焊接在管道上的阀门，拆除、解体、检查和重新安装也许需要一天或更长的时间。如果异常情况实际上是由系统中其它元件所

造成的，就会浪费时间和资源，而问题却没有解决。

预防性维护

预防性维护总体而言是一个巨大的进步。预防性维护计划仅能提供关于正在工作的阀门的很少的信息，许多工厂只是简单地将所有控制阀安排轮流的大修。这种方法造成的结果是维修了某些不需要修理和调整的阀门，而将其它已经不能有效地工作的阀门长时间地留在系统里面。

预见性维护

今天，设备运行人员为了最大化过程设备的时间通常检修周期延长至3年或4年，甚至更长。这种运行时间的延长使传统的控制阀离线检修的机会更少。

传统的维护过程包括4个区别明显的模式：

故障探测阀门维护的主要工作花费在阀门工作时监测其表现以探测故障的发生。当故障确定后，维护过程进入故障辨别。

故障辨别在本模式中，评估阀门组件以确定故障的原因并建立纠正性行动方案。

过程恢复采取纠正行动修复故障的根源。

确认在这个最后模式中，相关的阀门组件被评估以确定是作为新的状况或上次建立的基本状况。一旦确认后，维护过程再次回到故障探测状态。

使用控制阀诊断

随着基于微处理器带在线诊断功能的阀门仪表的到来，各公司可以重新设计他们的控制阀维护工作。这些数字化设备大大改进了传统维护流程中的故障探测和故障辨别。

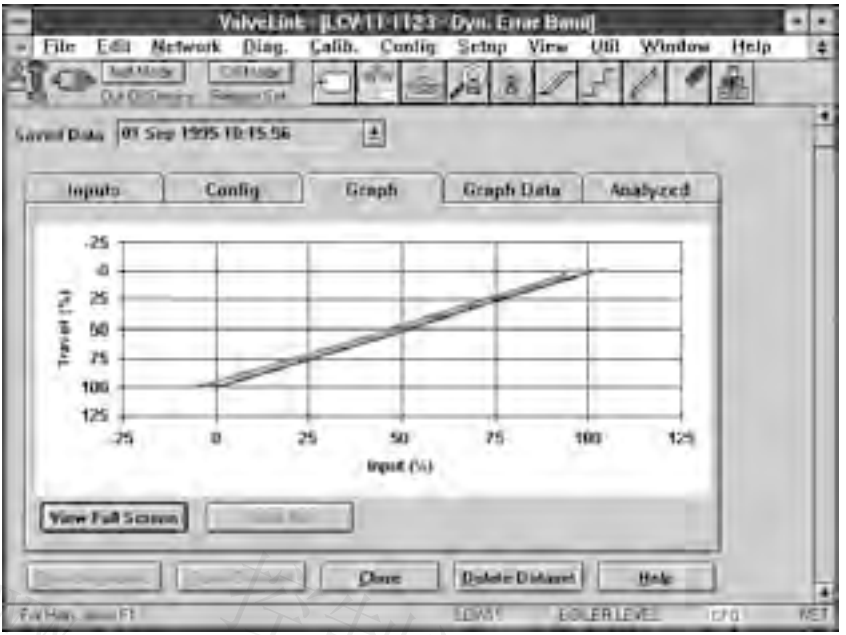
例如，在线诊断程序（图8-3）可以探测各种问题，诸如仪表的压缩空气质量、泄漏和供气压力的不足，以及能确定诸如由于额外的摩擦力和死区带超出校正等引起的阀门问题。问题一旦确认，将会报告问题的严重性，列出可能的原因和应该采取的措施。这些诊断结果通常为以下的三种之一：

- 没有故障（绿色状态）。阀门继续服务，监测也将继续。
- 警告信号，已经检测到故障，但控制功能没受影响（黄色状态）。这是预防指示表示探测到的问题可能会影响控制，应该计划将来的维护。
- 错误报告，表示一个影响控制的故障已经探测到（红色状态）。这些故障通常需要立即引起注意。

更详细的在线诊断有：

仪表空气泄漏

空气流量诊断测量通过控制阀组件的空气流量。因为有多个传感器，这种诊断能检测来自 DVC 的正压（供给）和负压（排气）。这种诊断不仅能检测执行机构和相关管道的泄漏，而且能检测更困难的问题。例如，



W7046/IL

图 8-3. 用于预见性维护的非侵入式诊断程序

在活塞式执行机构中，空气流量诊断能探测活塞密封泄漏或 O 型圈的损坏。

供气压力

供气压力诊断检测和供气压力有关的控制阀问题。这种在线诊断能检测低的和高的供气压力读数。另外，为了检测是否有足够的供气压力，这种诊断能用来检测并测并定量化在大的控制阀行程过程中供气压力的下降。这特别有助确定供气管线的限制。

行程编差和继电器调整

行程偏差诊断用来监测执行器压力和行程偏差。这种诊断有助于发现控制阀粘住、互锁、低的供气压力或行程校正的漂移。

继电器调整诊断用来监测双作用执行器的交叉压力。如果交叉压力过低，执行器失去硬度，使得控制阀芯容易受流体力的影响而振动。如果交叉压力设置过高，两腔室的压力接近供气压力，气动力将基本相同，弹簧力将起主导作用，执行器将移向弹簧失效位置。

仪表空气质量

I/P转换器和继电器监测诊断可以确定诸如I/P转换器根源或I/P转换器喷嘴的堵塞、仪器膜片的失效、I/P 转换器 O 型圈失效和I/P 转换器校正漂移等问题。这种诊断对于发现由于供给空气的污染和温度过高引起的问题特别有用。

服务中的摩擦力和摩擦力趋势

服务中的摩擦力和死区带诊断可以确定在控制阀组件中的摩擦力。摩擦力诊断数据被收集并被作出趋势，然后探测影响过程控制的控制阀变化。

其它实例

在线定制诊断可以被配置成收集并收集并图形化任何有关智能控制阀的可测量变量。定制的诊断可以查找并确定其它手段所不能检测到的故障。通常，这些故障比较复杂并需要外部专家的帮助。在这种情况下，本地的维护人员可以收集数据，然后将数据传送给外部专家做深入的分析，这样可以避免和现场拜访有关的费用和延迟。

持续的诊断技术的发展

总的来说，过程工业需要越来越多的功效，诸如质量、产量和可靠性。单独地说，生产者将不断延长两个检测之间的时间。这种需求导致可以供给仪表修理的人工时间越来越短。满足这种需求的答案是未来的诊断技术的发展将集中于在线的、非侵入式的测试和评估性能。

因为收集的信息可以精确指出有必要维护的阀门，通过在线诊断对阀门性能进行评估的能力可以大大改进检修计划。

一个回答是使用于基于微处理器的阀门仪表，当阀门在服务中时就能评估控制阀组件是否正常工作。不需要对正常的过程运行有任何的干扰就能采集数据。仪表实时分析信息，然后对每个检测到的阀门运行问题提供维护建议。



图 8-4. 典型的弹簧薄膜执行机构

执行机构膜片

绝大部分的气动弹簧－薄膜执行机构（图 8-4）使用一个模压成形的膜片。模压膜片容易安装，能够提供在阀门全行程范围内相对比较均匀一致的有效面积，并可以取得比平板式膜片更大的行程。如果使用一个平板式膜片以应付紧急维修，应尽可能快地将其更换成模压膜片。

阀杆填料

填料（图 8-5）提供直通阀或角形阀阀杆周围的压力密封。如果阀杆周围产生泄漏或阀门由于进行其它维护或检查而被完全解体后，填料应被更换。在松开填料螺母之前，应确认阀体内部没有压力。



W2911/IL

图 8-5. 典型的阀杆填料排列

不拆下执行机构就想拆下填料是困难的，也不建议这样去做。同样地，也不要试图通过向阀盖的润滑孔加压去吹出旧的填料环，这将是很危险的。而且，通常这种方式也不能获得好的效果，因为填料通常被安排成在润滑孔以下的位置。

一个比较好的方法是拆下执行机构和阀盖，将阀杆拔出来，然后将旧填料从阀盖的顶端推或顶出来。不要用阀杆去顶，因为其螺纹可能会受到损坏。

清洁填料函。检查阀杆上是否存在可能会损坏新填料的划痕或缺陷。适当地检查阀内件及其它零部件。重新装回后，按照本章前面所述的类似于旋紧法兰螺栓的顺序旋紧阀杆 / 阀盖螺栓。

按正确的顺序将新的填料零部件从阀杆上滑下去，要注意不要使填料环被阀杆螺纹损伤。按照制造商的指导去调整填料。

阀座环

严酷工况可能会损坏阀座环的座合表面，所以阀门不能令人满意地关闭。如果损坏情况不是很严重，对座合表面进行打磨或研磨会改善关闭性能。对严重的损坏，需更换阀座环。

研磨金属阀座

研磨通常能改善阀芯和阀座环之间的座合表面配合情况。有许多商业上可供使用的研磨材料。对于笼式结构阀门，将阀盖或底法兰用螺栓固定在阀体上，阀盖与阀体之间放置垫片以使阀笼和阀座环正确定位，从而在研磨时帮助阀芯与阀座环对中。用螺母将一个条状铁块固定在阀芯连接杆上，可以做成一个简单的研磨工具。

对于双阀座阀体，通常上阀座环的研磨要快于下阀座环。在这种情况下，在下阀座环上继续用研磨材料而在上阀座环上用抛光材料。如果任何一个阀座继续泄漏，那么在没有泄漏的阀座环上多加些研磨材料而在另一阀座环上加抛光剂。这种方法将无泄漏的阀座环研磨下去，直到两个阀座被同时接触到。在研磨一个阀座环时，绝不可让另一个阀座环干磨。

研磨结束以后，清洗座合表面，并进行泄漏测试。如果泄漏量超标，应重复研磨过程。

更换阀座环

按照制造商的指导去做。对于螺纹式阀座环，使用阀座环拆卸器（图 8-6）。在试图

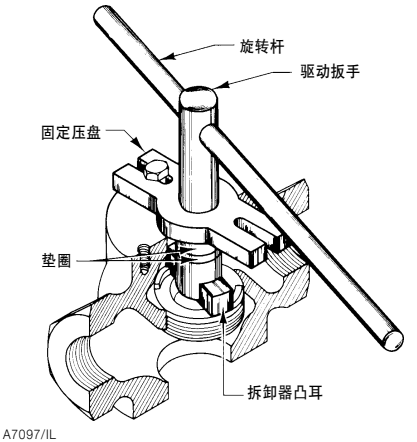


图 8-6. 阀座环拆卸器

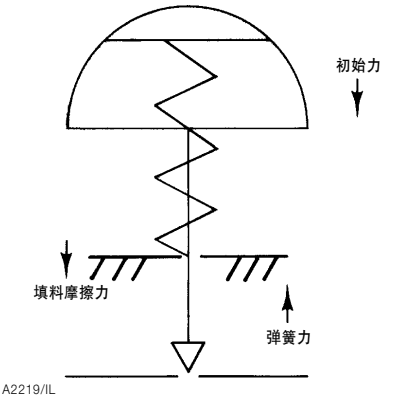


图 8-7. 弹簧设定范围与阀座负载

拆卸阀座环之前，先检查阀座环是否被点焊在阀体上。如果是，那么先去掉焊点。

对于双座阀阀体，一个阀座环比另外一个阀座环小。对于正作用阀门（向下推关闭的动作方式），在安装大的阀座环前，先安装离阀盖较远的小阀座环。对于反作用阀门（向下推打开的动作方式），在安装大的阀座环前，先安装离阀盖较近的小阀座环。

在旋紧螺纹式阀座环后，清除多余的管道杂物。在现场将阀座环点焊定位以确保它不会松动。

弹簧设定范围

弹簧设定范围是通过一个弹簧调整件让执行机构弹簧产生的一个初始压缩量。对于气开阀，弹簧设定范围的下限决定了可得到的阀座负载力以及使阀门开始打开所需的气压值。对于气关阀，弹簧设定范围的下限决定了阀门开始关闭所需的气压值。阀座座合力是由施加的气压减去了弹簧设定值再减去由行程所产生的弹簧压缩力所得到的（图 8-7）。由于弹簧的公差，在弹簧角度上也许有偏差。当阀门关闭时，弹簧设定范围需要最高的精确度。对于如何调整弹簧，请参考阀门制造商的指导。

www.controlvalve.net

第 9 章

标准与认证

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀标准

许多标准适用于控制阀。国际性的和全球性的标准对于参与全球市场的公司越来越重要。下面是一系列在控制阀的设计和应用领域里迄今为止或将来十分重要的代号和标准。

美国石油组织（API）

规格 6D，管道阀的规格（闸板、柱塞、球和止回阀）

598，阀门检验和测试

607，软阀座纵向旋转阀的防火测试

609，凸耳式和对夹式蝶阀

美国机械工程师学会（ASME）

B16.1，铸铁管道法兰和带法兰管件

B16.4，灰口铁螺纹管件

B16.5，管道法兰和带法兰管件（对于钢、镍基合金、和其它合金）

B16.10，阀门的端面至端面和尾端至尾端间距（见关于大部分控制阀的外形尺寸的 ISA 标准）

B16.24，铸铜合金管道法兰和带法兰管件

B16.25，对焊连接端

B16.34，阀门 - 法兰、螺纹和焊接连接端

B16.42，球墨铸铁管道法兰和带法兰管件

B16.47，较大直径的钢法兰（NPS 26 至 NPS 60）

欧洲标准化委员会（CEN）

欧洲工业阀门标准

EN 19，标记

EN 558-1，用在带法兰的管道系统里的金属阀门的端面至端面和中心线至端面间距 - 第 1 部分：PN 代号阀门

EN 558-2，用在带法兰的管道系统里的金属阀门的端面至端面和中心线至端面间距 - 第 2 部分：Class 代号阀门

EN 593，蝶阀

EN 736-1，术语 - 第 1 部分：阀门类型定义

EN 736-2，术语 - 第 2 部分：阀门部件定义

EN 736-3，术语 - 第 3 部分：术语定义（准备中）

EN 1349，工业过程控制阀（准备中）

EN 12266-1，阀门测试 - 第 1 部分：测试、测试过程和可接受的标准（准备中）

EN 12516-1，壳体设计强度 - 第 1 部分：钢质阀门的图表法（准备中）

EN 12516-2，壳体设计强度 - 第 2 部分：钢质阀门的计算法（准备中）

EN 12516-3，壳体设计强度 - 第 3 部分：实验法（准备中）

EN 12627，对焊端设计（准备中）

EN 12760，插焊端设计（准备中）

EN 12982，对焊端阀门的尾端至尾端间距（准备中）

欧洲材料标准

EN 10213-1，用于压力场合的钢铸件的交货技术条件 - 第 1 部分：概况

EN 10213-2，用于压力场合的钢铸件的交货技术条件 - 第 2 部分：用于室温和高温下的钢等级

EN 10213-3，用于压力场合的钢铸件的交货技术条件 - 第 3 部分：用于低温下的钢等级

EN 10213-4，用于压力场合的钢铸件的交货技术条件 - 第 4 部分：奥氏体和奥氏 - 铁素体钢等级

EN 10222-2，用于压力场合的钢锻件的交货技术条件 - 第 2 部分：用于高温下的铁素体和马氏体钢

EN 10222-3，用于压力场合的钢锻件的交货技术条件 - 第 3 部分：用于低温下的镍钢

EN 10222-4，用于压力场合的钢锻件的交货技术条件 - 第 4 部分：精细颗粒钢

EN 10222-5，用于压力场合的钢锻件的交货技术条件 - 第 5 部分：奥氏体、马氏体和奥氏 - 铁素体不锈钢

欧洲法兰标准

EN 1092-1，第 1 部分：钢法兰 PN 代号（准备中）

EN 1092-2（1997 年 9 月），第 2 部分：铸铁法兰 PN 代号

EN 1759-1，第 1 部分：钢法兰等级代号（准备）

流体控制组织（FCI）

70-2-1991，控制阀阀座泄漏量

美国仪表学会（ISA）

S51.1，过程仪表术语

S75.01，控制阀口径计算流量公式

S75.02，控制阀流通能力测试步骤

S75.03，法兰连接端直通式控制阀体的端面至端面间距（Classes 125，150，250，300 和 600）

S75.04，无法兰控制阀的端面至端面间距（Classes 150，300 和 600）

S75.05，术语

S75.07，控制阀产生的气体动力学噪声的实验室测量

S75.08，法兰对夹或夹紧式阀门的安装端面至端面间距

S75.11，控制阀的固有流量特性和可调比

S75.12，插焊连接端和螺纹连接端直通式控制阀的端面至端间距（Classes 150，300，600，900，1500 和 2500）

S75.13，用模拟输入信号来评估定位器性能的方法

S75.14，对焊连接端直通式控制阀的端面至端面间距（Class 4500）

S75.15，对焊连接端直通式控制阀的端至端面间距（Classes 150，300，600，900，1500 和 2500）

S75.16，法兰连接端直通式控制阀体的端面至端面间距（Classes 900，1500 和 2500）

S75.17，控制阀气体动力学噪声的预估

S75.19，控制阀的液体静态测试

S75.20，可拆卸法兰连接端直通式控制阀的端面至端面间距（Classes 150，300 和 600）

S75.22，法兰连接端角形控制阀体的端面至中心线间距（Classes 150，300 和 600）

S75.23，关于评估控制阀气蚀的考虑

www.control-valve.net 控制阀在线

国际电工委员会（IEC）

主要的针对控制阀的国际电工委员会(IEC)标准，其中的几个是以ISA标准为基础的。这些标准以EN标准重新颁布，并冠以EN前缀。IEC鼓励国家级委员会采用这些标准并放弃任何相应的国家标准。IEC标准正在越来越多地为制造商和采购商们所运用。下面是一系列IEC工业－过程控制阀标准(60534系列)。

60534-1，第1部分：控制阀术语和一般性的考虑

60534-2-1，第2部分：流通能力-第一节-在安装条件下不可压缩流体的阀门口径计算公式（以ISAS 75.01为基础）

60534-2-3，第2部分：流通能力-第3节：测试步骤（以ISAS 75.02为基础）

60534-2-4，第2部分：流通能力-第4节：固有流量特性和可调比（以ISAS 75.11为基础）

60534-4，第4部分：检验和例行测试

60534-5，第5部分：标记

60534-6-1，第6部分：把定位器连接到控制阀执行机构上的安装细节-第1节：把定位器安装在线性执行机构上

60534-6-2，第6部分：把定位器连接到控制阀执行机构上的安装细节-第2节：把定位器安装在旋转式执行机构上

60534-7，第7部分：控制阀数据表

60534-8-1，第8部分：关于噪声的考虑-第1节：由通过控制阀的气相流量产生的噪声的实验室测量（以ISA S75.07为基础）

60534-8-2，第8部分：关于噪声的考虑-第2节：由通过控制阀的液相流量产生的噪声的实验室测量

60534-8-3，第8部分：关于噪声的考虑-第3节：控制阀的气体动力学噪声预估方法（以ISA S75.17为基础）

60534-8-4，第8部分：关于噪声的考虑-第4节：由液体动力学流量产生的噪声的预估

国际标准组织（ISO）

5752，用在带法兰的管道系统里的金属阀门-端面至端面和中心线至端面的间距

7005-1，金属法兰-第1部分：钢法兰

7005-2，金属法兰-第2部分：铸铁法兰

7005-3，金属法兰-第3部分：铜合金和复合法兰

制造商标准化学会（MSS）

SP-6，管道法兰以及阀门和管件连接端法兰的接触面的标准光洁度

SP-25，阀门、管件、法兰和连接件的标准标记系统

www.controlvalve.net 控制阀在线

SP-44，钢管道法兰

SP-67，蝶阀

SP-68，带补偿结构的高压蝶阀

国际 NACE

NACE MRO0175/ISO 15156，石油和天然气工业—用于油气生产中含H2S环境的金属使用。

NACE MR0175-2002,用于油田设备的抗硫化应力腐蚀裂纹金属材料。

NACE MR0103，在腐蚀性石油精练环境中的材料抗硫化应力裂纹能力。

危险（分类）场所产品认证

参考标准

加拿大标准协会（CSA）标准

C22.1，加拿大电气规范（CEC）

C22.2 NO，94-M91，特殊工业用壳体

欧洲电工标准化委员会（CENELEC）标准

EN 50014,用于潜在的爆炸性大气环境的电气装置 - 总体要求

美国仪表学会（ISA）标准

S12.1，与用于危险（分类）场所的电气仪表有关的定义和信息

国际电工委员会（IEC）标准

60079-4，用于爆炸性气体环境的电气装置。第 4 部分：点燃温度的测试方法

60529，外壳提供的防护程度（IP 代号）

美国电气制造商协会（NEMA）标准

250，电气设备的外壳（最大 1000 伏）

美国防火协会（NFPA）标准

70，国家电气规范（NEC）

497M，针对用于危险（分类）场所的电气设备的气体、蒸汽和粉尘分类

北美认证

美国国家电气规范（NEC）标准和加拿大电气规范（CEC）标准要求用于危险场所的电气设备必须具有受到承认的认证机构提供的相应的认证。

认证机构

在北美的三个主要的认证机构是工厂互助协会（FM）和保险商实验室（UL）以及在加拿大的加拿大标准协会（CSA）。

保护类型

在北美通常用于仪表的保护类型有：

- **防止粉尘点燃**：一种保护类型，它排除可燃或可能会影响性能等级的粉尘，以及按照最初的设计意图安装和保护时，不允许有电弧、火花或热量在壳体内产生

www.controlvalve.net 控制阀网

或释放以点燃规定的粉尘的外部积聚物或大气悬浮物。

- **隔爆**：一种利用外壳的保护类型。这种外壳能够把气体或蒸汽的爆炸控制在其内部，能够防止包围在它周围的爆炸性气体或蒸汽点燃，且能够在不会引起周围的爆炸性气体或蒸汽点燃这样一个外部温度下工作。

- **本安**：一种保护类型，其中电气设备在正常或非正常条件下无法释放足够的电或热能以使得特定的危险性大气混合物在达到其最易点燃的浓度时点燃。

- **无火花**：一种保护类型，其中设备在正常条件下无法因为电弧或热效应而点燃规定的可燃气体或蒸汽在空气中的混合物。

命名方法

在北美的认证机构对用于危险场所的设备进行分类，把危险场所分为Ⅰ或Ⅱ级；1区或2区；A、B、C、D、E、F或G组；以及温度代号T1至T6。这些名称在NEC和CEC以及下面的段落里有定义。认证包括保护类型以及级别、分区、组别和温度，如Ⅰ级，1区，A、B、C、D组，T6。

危险场所分类

在北美，危险场所是通过级别、分区、和组别来分类的。

注　意

把场所划分为区域而不是分区的方法是作为一个可选方法引入1996年版的NEC，但是还没有投入使用。区域分类方法在欧洲和大部分其它国家很常用。

级别：级别定义在周围大气环境里的危险物质的总体性质。

- **Ⅰ级**—空气里存在或可能存在的在数量上足以产生爆炸性或可燃性混合物的易燃气体或蒸汽的场所。

- **Ⅱ级**—由于易燃粉尘的存在而变得危险的场所。

- **Ⅲ级**—易燃纤维或飞扬物可能存在，但是不可能以悬浮物的形式在数量上足以产生可燃混合物的场所。

分区：分区域定义在周围大气环境里存在达到可燃浓度的危险物质的可能性。更详细的定义见ISA S12.1。

- **1区**：由于可燃物质续地、间歇地或定期地存在，大气变得危险的可能性很高的场所。

- **2区**：只有在非正常情况下，假设为危险的场所。

组别：组别定义在周围大气环境里的危险物质，每一组别里的特定危险物质及其自动点燃温度可以在NEC条款500和NFPA标准497M里找到。A、B、C和D组适用于Ⅰ级的场所，E、F和G组适用于Ⅱ级的场所。下面的定义摘自NEC。

- **A组**：包含乙炔的大气环境。

I 级	1 区	A、B、C、D 组	T4
危险类型	区域分类	气体或粉尘组别	温度代号

- **B 组**：包含氢气、燃料和体积含量超过30%的易燃过程气体、或诸如丁二烯、氧化乙烯、氧化丙烯、和丙烯醛之类的具有同等危险性的气体或蒸气的大气环境。

- **C 组**：包含乙醚、乙烯、或具有等危险性的气体或蒸气的大气环境。

- **D 组**：包含丙酮、氨、苯、丁烷、环丙烷、乙醇、汽油、已烷、甲醇、甲烷、天然气、石脑油、丙烷、或具有同等危险性的气体或蒸汽的大气环境。

- **E 组**：包含易燃金属粉尘的大气环境。这些金属粉尘包括铝、镁、以及它的商业合金，或在使用电气设备时它们的颗粒大小、粗造度和导电性展示出同等危险性的其它易燃粉尘。

- **F 组**：包含易燃、含碳粉尘的大气。这些含碳粉尘包括碳黑、木炭、煤或受到其它材料的感光而展示出爆炸性危险的粉尘。

- **G 组**：包含除 E 或 F 组之外的易燃粉尘的大气环境。这些粉尘包括面粉、谷物、木材、塑料和化学品。

温度代号

危险性气体和空气的混合物可能会随着与一个热表面的接触而点然。一个热表面引起气体燃烧的条件取决于表面面积、温度和气体的浓度。

认证机构对申请认证的设备进行测试并建立最高的温度等级。经过测试的设备会接受一个温度代号，这个温度代号表示该设备达到的最高表面温度。下面是一系列不同的温度代号。

北美温度代号

温度代号	最大表面温度	
	°C	°F
T1	450	842
T2	300	572
T2A	280	536
T2B	260	500
T2C	230	446
T2D	215	419
T3	200	392
T3A	180	356
T3B	165	329
T3C	160	320
T4	135	275
T4A	120	248
T5	100	212
T6	85	185

NEC认为最高表面温度不超过100°C (212 °F) [基于 40°C (104°F)的环境温度] 的任何设备不要求标有温度代号。因此，当温度代号不标在经过认证的装置上时，可假定为T5。

NEMA 外壳等级

外壳可以通过测试以决定其防止液体和气体进入的能力。在美国，设备根据 NEMA 250 标准进行测试。定义在 NEMA 250 里的一些比较常用的外壳等级如下：

一般场所

- **3 型（尘封、雨封或阻止结冰、室外用外壳）**：计划用于室外，主要是为了提供一

定程度的保护，以防止雨水、积雪、飞扬粉尘、以及由于外部结冰引起的破坏。

- **3R型（防雨、阻止结冰、室外用外壳）**：计划用于室外，主要是为了提供一定程度的保护，以防止雨水、积雪以及由于外部结冰引起的破坏。

- **3S型（尘封、雨封、防冰、室外用外壳）**：计划用于室外，主要是为了提供一定程度的保护，以防止雨水、积雪和飞扬粉尘，且在大量结冰时提供外部机构的操作。

- **4型（水封、尘封、阻止结冰、室内或室外用外壳）**：计划用于室内或室外，主要是为了提供一定程度的保护，以防止飞扬粉尘和雨水、溅水、软管引出水、以及由于外部结冰引起的破坏。

- **4X型（水封、尘封、防腐蚀、室内或室外用外壳）**：计划用于室内或室外，主要是为了提供一定程度的保护，以防止腐蚀、飞扬粉尘和雨水、溅水、软管引出水、以及由于外部结冰引起的破坏。

危险（分类）场所

四种针对危险（分类）场所的外壳等级里的二种在NEMA 250里是如下描述的：

- **7型（Ⅰ级，1区，A、B、C或D组，室内危险场所，外壳）**：用于NEC里定义的分类成Ⅰ级，1区，A、B、C或D组的室内场所，并应有标记以表明级别、分区和组别。7型外壳应该能够承受由于指定气体的内部爆炸而产生的压力，并包容这样一种不足以引起存在于外壳周围大气环境里的爆炸性气体-空气混合物点燃的爆炸。

- **9型（Ⅱ级，1区，E，F或G组，室内危险场所，外壳）**：计划用于如NEC里定义的分类成Ⅱ级，1区，E、F或G组的室内场所，并应有标记以表明级别、分区和组别。9型外壳应该能够防止粉尘进入。

上面的两种NEMA等级经常被误解。例如，上面的7型的定义本质上是与隔爆的定义一样的。因此，当认证机构把设备批准为隔爆且适合于Ⅰ级、1区时，该设备自动满足7型的要求；然而，认证机构不要求该设备被标有7型。相反，该设备会标记为适合于Ⅰ级、1区。类似地，9型的外壳会被标记为适合于Ⅱ级、1区。

CSA外壳等级

CSA外壳等级定义在CSA C22.2标准第94号里。它们类似于NEMA等级且被表示为类型号码，例如，4型。以前它们是用前缀CSA ENC来表示的（例如，CSA ENC 4）。

本安装置

本安装置必须与限制电能进入设备的安全栅一起安装。有两个方法可以决定本安装置与未进行过联合测试的连接关联设备（例如，安全栅）之间的可以接受的组合：整体概念和系统参数概念。

整体概念

整体概念规定四个参数：电压、电流、电容和电感。连接本安设备的关联设备的电缆长度可能会受到限制，因为电缆有储存能量的特性。整体参数为：

V_{max}= 可以安全地用于本安装置的最大电压

I_{max}=可以安全地用于本安装置的接线柱上的最大电流

C_i = 在故障情况下出现在本安装置接线柱上的内部不保护电容

L_i = 在故障情况下出现在本安装置接线柱上的内部不保护电感

与本安装置一起使用的安全栅必须满足下面这些标注在回路示意图(控制图)上的条件:

V_{max} 必须大于 V_{oc} 或 V_t

I_{max} 必须大于 I_{sc} 或 I_t

C_a 必须小于 (C_i+$C_{电缆}$)

L_a 必须小于 (L_i + $L_{电缆}$)

式中:

V_{oc} 或 V_t = 在故障情况下,关联设备(安全栅)的最大开环电压。对于多个关联设备,FM 使用最大组合电压 V_t 代替 V_{oc}

I_{sc} 或 I_t = 在故障情况下,关联设备提供的最大短路电流。对于多个关联设备FM使用组合电流 I_t 代替 I_{sc}

C_a = 能够安全地连接到关联设备上的最大电容

L_a = 能够安全地连接到关联设备上的最大电感

$C_{电缆}$ = 连接电缆的电容

$L_{电缆}$ = 连接电缆的电感

整体参数在回路示意图(控制图)上列出。整体概念为FM和UL所采用,而且如果要求,也会被CSA采用。

CSA 系统参数概念

参数概念仅被CSA采用。对于本安装置,这些参数是:

- 可以连接到装置上的最大的危险场所电压。

- 可以连接到装置上的最小的安全栅电阻(以欧姆为单位)。

- CSA 也会测试那些与参数等级一起被列在回路示意图上的特定的安全栅。

回路示意图(控制图)

NEC 条款 504 特别要求本安装置和关联设备应有详细描述它们之间的允许相互连接的控制图。这个图也可以称为回路示意图。这个图的号码标注在装置的铭牌上,用户可以找到它。它必须包括下面的信息:

- **接线图**:该图应包括表明所有本安接线连接的装置图。对于本安装置,所有关联设备必须通过特定的设备辨认或整体参数来定义。

- **整体参数**:整体参数(在 CSA 里为系统参数)应在表明各适用级别和组别的允许值的表格里提供。

- **危险场所辩认**:应在该图上提供一条分界线以分开危险场所和非危险场所里的设备。危险场所的级别、分区和组别应该区分开来。

www.control.com 控制网

- **设备辩认**：设备应该通过型号、零件号等来区分，以方便辩认。

- **2区**：经过FM认证的设备的2区安装要求应表示出来。

保护技术比较

隔爆技术：

这种技术是通过把所有的电路封闭在壳体和导向管里来进行的。这些壳体和导向管的强度足以包容可能会在装置内部产生的任何爆炸或火焰。

该技术的优点

- 用户熟悉这种技术并理解它的原理和应用。

- 坚实的壳体结构为装置的内部部件提供保护，允许它们用在危险的环境里。

- 隔爆壳体通常也是防气候的。

该技术的缺点

- 在拆卸壳体盖子前必须断开电路电源或使应用场所成为非危险场所。

- 打开危险区域的壳体会使得所有保护变成无效。

- 这种技术通常需要使用重负载螺栓或螺丝连接的外壳。

安装要求

- 用户有责任遵循正确的安装步骤。(参考当地和所在国家的电气规范。)

- 安装需求列于NEC条款501或CEC条款18-106。

- 进入现场仪表的所有电气接线必须使用硬质金属螺纹导向管、钢质中间金属螺纹导向管或MI型电缆。

- 在离现场仪表18英寸的范围内可能需要导向管密封，以维持隔爆等级并减少压力增加对于壳体的影响。

本安技术:

这种技术是通过把电路和设备里的电能限制到太低的水平而不会使得危险区域里的最易燃的混合物点燃来工作的。

该技术的优点

- 这种技术成本较低。仪表的现场接线不需要硬质金属导向管或保护电缆。

- 具有较大的灵活性，因为这种技术允许使用简单部件，如开关、接触终端、热电偶RTD和其它非储能仪表，不需要认证但需要相应的安全栅。

- 现场维护和维修的简单性是其优点。在对现场仪表进行调整或校验前，不需要断开电源。由于能量水平太低而不会使得最易燃的混合物点燃，所以即使仪表损坏，系统仍然是安全的。诊断和校验仪表必须有相应的针对危险区域的认证。

该技术的缺点

- 这种技术要求使用本安栅以限制危险区域与安全区域之间的电流和电压，以避免在故障情况下火花或热点在仪表电路里形成。

- 这种技术不适用于高能量消耗场所，

因为能量在源头（或安全栅）处受到限制。这种技术局限于低能量场所，如直流电路、电气转换器等。

防止粉尘点燃技术:

这种技术形成一个外壳，这个外壳会排除易燃的粉尘，且不会允许有电弧、火花或热量在壳体里产生，以引起壳体上或周围的规定粉尘的外部积聚物或大气悬浮物点燃。

无火花技术：

这种技术允许把电路放入无法引起特定的可燃气体或蒸汽在空气里的混合物在正常工作条件下点燃的仪表里。

该技术的优点

- 这种技术使用在正常情况下不会形成很高的温度或产生足以使得危险环境点燃的强烈火花的电子设备。

- 由于不需要隔爆壳体或能量限制安全栅，所以成本比其它危险环境保护技术低。

- 对于无火花电路，NEC 允许采用任何适用于普通场所的接线方法。

该技术的缺点

- 这种技术仅限于 2 区应用场所。

- 这种技术把约束放在控制室里以限制至现场接线的能量（正常操作方法是使现场接线开路、短路或接地），所以在正常操作条件下的电弧或火花不会有足够的能量以引起燃烧。

- 现场仪表和控制室装置可能需要标上比较严格的标记。

欧洲和亚太地区认证

认证机构

在欧洲和亚太地区的一些常见认证机构列出如下：

CENELEC 认证：

CENELEC是欧洲电工标准委员会的第一个字母的缩写。CENELEC 标准适用于所有欧洲共同体国家以及其它选择使用这些标准的国家。成功地通过相应的CENELEC标准测试的设备会取得CENELEC认证。测试可由任何在欧洲获得承认的测试实验室进行。认证可以以国家标准为基础，但是，CENELEC 认证更受欢迎。

保护类型：

在北美之外经常使用的保护类型有：

隔爆：

- 一种保护类型，其中的外壳能够承

认证机构

地方	缩写	机构
英国	BASEEFA	英国可燃环境里的电气设备认证服务机构
德国	PTB	德国物理技术研究所
法国	LCIE	工业电气设备实验中心
澳大利亚	SAA	澳大利亚标准协会
日本	JTIISA	日本工业安全协会技术组织

受爆炸性的混合物在内部爆炸过程中产生的压力，防止爆炸向外壳周围的爆炸性大气环境转移，且能够在不会引起周围的爆炸性气体或蒸汽点燃这样一个外部温度下工作。这种技术类似于北美的隔爆，IEC 把它称为 Ex d。

命名方法：

使用IEC命名方法（例如BASEEFA，LCIE，PTB 和 SAA）的认证机构通过按如下的方法规定保护类型、气体组别和温度代号来对用于危险场所的设备进行分类：

E	Ex	ia	II C	T4
表示 CENELEC 认证	表示 危险区域 认证	保护类型 ia - 本安（允许二次故障 ib - 本安（允许 1 次故障） d - 防火 e - 增安 n - 型（无火花）（仅 SAA） N - 型（无火花）（仅 BASEEFA）	组别	温度代号

增安：

- 一种保护类型，其中各种各样的措施被用来减少在正常工况条件下不会产生的超高温度、以及电弧或火花在电气安装置内外部件里出现的可能性。增安可以与隔爆型保护技术一起使用。IEC把这种保护称为 Ex e。

本安：

- 一种保护类型，其中的电气设备在正常或非正常情况下无法释放足够的电能或热能以使得特定的危险性大气混合物在达到其最易燃的浓度时点燃。IEC把这种保护称为 Ex i。

无火花：

- 一种保护类型，其中的设备在正常情况下无法由于电弧或热效应而引起规定的易燃气体或蒸汽在空气里的混合物点燃。IEC 把这种保护称为 Ex n。

对于CENELEC，铭牌也必须包括下面的符号以表示防爆：



这个标记表示符合CENELEC要求，且受到所有欧洲共同体成员国家承认可。

危险场所分类

在北美之外，危险场所是通过气体组别和区域来分类的。

组别

电气设备分成二组。I组包括用于矿井的电气设备，而II组包括所有其它电气设备。组别II进一步分成三个子组别：A、B和C。每一组别里的特定的危险物质可以在 CENELEC 标准 EN 50014 里找到，其中的一些物质的自动点燃温度可以在 IEC 标准 60079-4 里找到。

www.control-valve.net 控制阀在线

- **I 组（采矿）**：包含甲烷或具有同等危险性的气体或蒸汽的大气环境。

- **IIA 组**：包含丙烷或具有同等危险性的气体或蒸汽的大气环境。

- **IIB 组**：包含乙烯或具有同等危险性的气体或蒸汽的大气环境。

- **IIC 组**：包含乙炔、氢气或具有同等危险性的气体或蒸汽的大气环境。

注 意

被认证为组别 II 里的一个子组别的装置可以用于低于它的子组别；例如，组别 IIC 可以用于组别 IIB 的场所。

区域

区域定义危险物在周围大气里展示出易燃浓度的可能性：

- **0 区**：易燃气体或蒸汽混合物的爆炸浓度连续地出现或出现了很长一段时间的场所。划分为 0 区的区域尽管没有特别定义，但是包括在美国和加拿大的 1 区场所分类里，并成为可燃混合物存在的可能性最高的区域。

- **1 区**：易燃或爆炸性气体或蒸汽混合物的爆炸浓度有可能在正常工作情况下出现的场所。划分为 2 区的区域包括在美国和加拿大的 1 区场所分类里。

- **2 区**：易燃或爆炸性气体或蒸汽混合在爆炸浓度不可能在正常工作情况出现，且即使出现，也只是存在很短时间的场所。2 区基本等同于美国和加拿大的 2 区场所。

温度代号

危险性气体与空气的混合物可能会由于与一个热表面接触而点燃。热表面使气体点燃的条件取决于表面积、温度和气体的浓度。

认证机构对申请认证的设备进行测试并建立最高的温度等级。经过测试的 II 组设备会接受一个温度代号。这个温度代号表示该设备达到的最高表面温度。这是基于 40℃ (104°F) 的环境温度的，除非标出一个更高的环境温度。

IEC 温度代号

温度代号	最大表面温度	
	℃	°F
T1	450	842
T2	300	572
T3	200	392
T4	135	275
T5	100	212
T6	85	185

IEC 外壳等级

根据 IEC 60529，由一个外壳提供的防护程度是由 IP 代号来表示的。该代号包括字母 IP（防止进入）以及紧随其后的表示符合要求的防护程度的二个特性数字（例如，IP54）。第一个数字表示对于下面情况的防护程度：人接触或接近活动零件，人接触外壳内的移动零件，以及固体异物的进入。第二个数字表示由该外壳提供的对于水的进入的防护程度。特性数字定义在下面的表格里：

www.control-valve.net 控制阀在线

NEMA 和 IEC 外壳等级比较

下表提供以NEMA类型号码到IEC IP代号的等效转换。NEMA类型满足或超过对于相关的IEC分类的测试要求。由于这个原因，该表不可以用来把IEC分类转化成NEMA类型。

NEMA 类型至 IEC IP 代号的转换

NEMA 类型	IEC IP
3	IP54
3R	IP14
3S	IP54
4 和 4X	IP65

保护技术比较

防爆技术：

这种技术是通过把所有的电路封闭在壳体和导向管里来进行的。这些壳体和导向管的强度足以包容可能会在装置内部产生的爆炸或火焰。

该技术的优点：

- 用户熟悉这种技术并理解它的原理和应用。
- 坚实的壳体结构为装置的内部部件提供保护，允许它们用在危险的环境里。
- 隔爆壳体通常也是防气候的。

该技术的缺点

- 在拆卸壳体盖子前必须断开电路电源或使应用场所成为非危险场所。
- 打开危险区域的壳体会使得所有保护变成无效。
- 这种技术通常需要使用重负载螺栓或螺丝连接的外壳。

外壳防护（IP）代号

第一位数防止固体进入	第二位数字防止液体进入
0 没有保护	0 没有保护
1 大于 50 毫米的物体	1 垂直滴水
2 大于 12.5 毫米的物体	2 斜向滴水（75°C 至 90°C）
3 大于 2.5 毫米的物体	3 淋水
4 大于 1.0	4 溅水
5 防止粉尘	5 喷水
6 粉尘	6 猛烈喷水
---	7 短时间浸水
---	8 连续浸水

增安技术：

这种增安技术融入特殊的措施以减少在正常工况条件下超高温度形成的可能性以及电弧或火花的出现。

该技术的优点

- 增安的壳体提供至少IP54的外壳防护。
- 安装和维护比隔爆外壳更简单。
- 这种技术较隔爆安装能够节约大量的接线成本。

www.control-valve.net 控制阀在线

该技术的缺点

- 这种技术局限于可以使用它的装置，它正常地用于如接线盒和分隔器之类的装置。

本安技术：

这种技术要求使用本安栅以限制危险区域与安全区域之间的电流和电压，以避免在故障情况下火花或热点在仪表电路里形成。

该技术的优点：

- 这种技术的成本较低，因为装置的现场接线不需要遵循严格的规则。

- 具有较大的灵活性，因为这种技术允许使用简单部件，如开关、接触终端、热电偶、RTD 和其它非储能装置，不需要特殊的认证，但需要相应的安全栅。

- 现场维护和维修的简单性是这种技术的特点。在对现场仪表进行调整或校验前，不需要断开电源。由于能量水平太低而不会使得最易燃的混合物点燃，所以仪表即使损坏，系统仍然是安全。诊断和校验仪表必须有相应的针对危险区域的认证。

该技术的缺点

- 这种技术不适用于高能量消耗场所，因为能量在源头（或安全栅）处受到限制。这种技术局限于低能量的场所，如直流电路、电气转换器等。

n 型技术：

这种技术允许把电路放入无法引起特定的易燃气体或蒸汽在空气里的混合物在正常工作条件下点燃的仪表里。CENELEC不提供此类保护。

该技术的优点：

- 这种技术使用在正常情况下不会形成很高的温度或产生足以使得危险环境点燃的强烈火花的电子设备。

- 由于不需要隔爆壳体或能量限制安全栅，所以成本比其它危险环境保护技术低。

- 这种技术提供 IP54 的防护等级。

该技术的缺点

- 这种技术仅可用于 2 区场所。

- 这种技术把约束放在控制室里以限制至现场接线的能量（正常操作方法是使现场接线开路、短路或接地），所以在正常工作条件下的电弧或火花不会有足够的能量以引起燃烧。

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀在线
www.control-valve.net

第 10 章

工程数据

www.control-valve.net 控制阀在线

阀门材料的标准规格

其它规格可见这个清单后面的表格，已对照材料代号数字

1．铸造碳钢
ASTM A216 等级 WCC
温度范围 =-20 至 800°F（-29 至 427℃）
成份（百分比）

C	0.25 最大
Mn	1.2 最大
P	0.04 最大
S	0.045 最大
Si	0.6 最大

2．铸造碳钢
ASTM A352 等级 LCC
温度范围 =-50 至 650°F（-46 至 343℃）
成份 – 同 ASTM A216 等级 WCC

3．圆棒碳钢
AISI 1018，UNS G10180
温度范围 =-20 至 800°F（-29 至 427℃）
成份（百分比）

C	0.15 至 0.2
Mn	0.6 至 0.9
P	0.04 最大
S	0.05 最大

4．铅钢圆棒
AISI 12L14，UNS G12144
温度范围 =-20 至 800°F（-29 至 427℃）
成份（百分比）

C	0.15 最大
Mn	0.85 至 1.15
P	0.04 至 0.09
S	0.26 至 0.35
Pb	0.15 至 0.35

5．AISI 4140 铬 - 钼钢
（类似于 ASTM A193 等级 B7 螺栓材料）
温度范围 =-55°F 至 1000°F (-48 至 538℃)
成分（百分比）

C	0.38 至 0.43

Mn 0.75 至 1.0
P 0.035 最大
S 0.035 最大
Si 0.15 至 0.35
Cr 0.8 至 1.1
Mo 0.15 至 0.25
Fe 其余

6. 锻造 3-1/2% 镍钢
ASTM A352 等级 LC3
温度范围 =-150 至 650°F (-101 至 343°C)
成份（百分比）
C 0.15 最大
Mn 0.5 至 0.8
P 0.04 最大
S 0.045 最大
Si 0.6 最大
Ni 3.0 至 4.0

7. 铸造铬－钼钢
ASTM A217 等级 WC6
温度范围 =-20 至 1100°F (-29 至 593°C)
成份（百分比）
C 0.05 至 0.2
Mn 0.5 至 0.8
P 0.04 最大
S 0.045 最大
Si 0.60 最大
Cr 1.0 至 1.5
Mo 0.45 至 0.65

8. 铸造铬－钼钢
ASTM A217 等级 WC9
温度范围 =-20 至 1100°F (-29 至 593°C)
成份（百分比）
C 0.05 至 0.18
Mn 0.4 至 0.7
P 0.04 最大
S 0.045 最大
Si 0.6 最大
Cr 2.0 至 2.75
Mo 0.9 至 1.2

9. 锻造铬－钼钢
ASTM A182 等级 F22
温度范围 =-20 至 1100°F (-29 至 593°C)
成份（百分比）
C 0.05 至 0.15
Mn 0.3 至 0.6
P 0.04 最大
S 0.04 最大
Si 0.5 最大
Cr 2.0 至 2.5
Mo 0.87 至 1.13

10. 铸造铬－钼钢
ASTM A217 等级 C5
温度范围 =-20 至 1200°F (-29 至 649°C)
成份（百分比）
C 0.2 最大
Mn 0.4 至 0.7
P 0.04 最大
S 0.045 最大
Si 0.75 最大
Cr 4.0 至 6.5
Mo 0.45 至 0.65

11. 302 型不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S30200
温度范围 =-325至1500°F (-198 至 816°C)
成份（百分比）
C 0.15 最大
Mn 2.0 最大
P 0.045 最大
S 0.03 最大
Si 1.0 最大
Cr 17.0 至 19.0
Ni 8.0 至 10.0
N 0.1 最大
Fe 其余

12. 304L 型不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S30403
温度范围 =-425至800°F (-254 至 427°C)
成份（百分比）
C 0.03 最大
Mn 2.0 最大
P 0.045 最大
S 0.03 最大
Si 1.0 最大
Cr 18.0 至 20.0
Ni 8.0 至 12.0
N 0.1 最大
Fe 其余

www.control-valve.net 控制阀在线

13．铸造 304L 型不锈钢
ASTM A351 等级 CF3
温度范围 =-425 至 800°F（-254 至 427°C）
成份（百分比）

C	0.03 最大
Mn	1.5 最大
Si	2.0 最大
S	0.03 最大
P	0.045 最大
Cr	18.0 至 21.0
Ni	8.0 至 11.0
Mo	0.50 最大

14．316L 型不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S31603
温度范围 =-425 至 850°F（-254 至 454°C）
成份（百分比）

C	0.03 最大
Mn	2.0 最大
P	0.045 最大
S	0.03 最大
Si	1.0 最大
Cr	16.0 至 18.0
Ni	10.0 至 14.0
Mo	2.0 至 3.0
N	0.1 最大
Fe	其余

15．316 型不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S31600
温度范围 =-325 至 1500°F（-198 至 816°C）；大于 1000°F（538°C）时，需要 0.04 的碳
成份（百分比）

C	0.08 最大
Mn	2.0 最大
P	0.045 最大
S	0.03 最大
Si	1.0 最大
Cr	16.0 至 18.0
Ni	10.0 至 14.0
Mo	2.0 至 3.0
N	0.1 最大
Fe	其余

16．铸造 316 型不锈钢
ASTM A351 等级 CF8M
温度范围 =-425 至 1500°F（-254 至 816°C）；大于 1000°F（538°C）时，需要 0.04 的碳
成份（百分比）

C	0.08 最大
Mn	1.5 最大
Si	1.5 最大
P	0.04 最大
S	0.04 最大
Cr	18.0 至 21.0
Ni	9.0 至 12.0
Mo	2.0 至 3.0

17．317 型不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S31700
温度范围 =-325 至 1500°F（-198 至 816°C）；大于 1000°F（538°C）时，需要 0.04 的碳
成份（百分比）

C	0.08 最大
Mn	2.0 最大
P	0.045 最大
S	0.03 最大
Si	1.0 最大
Cr	18.0 至 20.0
Ni	11.0 至 15.0
Mo	3.0 至 4.0
N	0.1 最大
Fe	其余

18．铸造 317 型不锈钢
ASTM A351 等级 CG8M
温度范围 =-325 至 1000°F（-198 至 538°C）；大于 1000°F（538°C），时需要 0.04 的碳
成份（百分比）

C	0.08 最大
Mn	1.5 最大
Si	1.5 最大
P	0.04 最大
S	0.04 最大
Cr	18.0 至 21.0
Ni	9.0 至 13.0
Mo	2.0 至 3.0

19．410 型不锈钢
ASTM A276 等级 S41000
温度范围 = 退火，-20 至 1200°F（-29 至 649°C）；热处理 38 HRC，-20 至 800°F（-29 至 427°C）
成份（百分比）

C	0.15 最大
Mn	1.0 最大

www.控制阀在线.com

P 0.04 最大
S 0.03 最大
Si 1.0 最大
Cr 11.5 至 13.5
Fe 其余

20．17-4PH 型不锈钢
ASTM A564等级630，UNS S17400
温度范围 =-20 至 650°F（-29 至 343℃）。可用于应力通常是压缩性且没有冲击载荷的场合，如阀笼，可以达到 800°F（427℃）
成份（百分比）
C 0.07 最大
Mn 1.0 最大
Si 1.0 最大
P 0.04 最大
S 0.03 最大
Cr 15.0 至 17.5
Nb 0.15 至 0.45
Cu 3.0 至 5.0
Ni 3.0 至 5.0
Fe 其余

21．254 型 SMO 不锈钢
ASTM A479 等级 UNS S31254
温度范围 =-325 至 750°F（-198 至 399）℃
成份（百分比）
C 0.02 最大
Mn 1.0 最大
P 0.03 最大
S 0.01 最大
Si 0.8 最大
Cr 18.5 至 20.5
Ni 17.5 至 18.5
Mo 6.0 至 6.5
N 0.18-0.22
Fe 其余

22．铸造 254 型 SMO 不锈钢
ASTM A351 等级 CK3MCuN
温度范围 =-325 至 750°F（-198 至 399℃）
成份（百分比）
C 0.025 最大
Mn 1.2 最大
Si 1.0 最大
P 0.044 最大
S 0.01 最大
Cr 19.5 至 20.5
Ni 17.5 至 19.5
Mo 6.0 至 7.0

23．2205 型，S31803 双层不锈钢
ASTM A279 等级 UNS S31803
温度范围 =-20 至 600°F（-29 至 316℃）
成份（百分比）
C 0.03 最大
Mn 2.0 最大
P 0.03 最大
S 0.02 最大
Si 1.0 最大
Cr 21.0 至 23.0
Ni 4.5 至 6.5
Mo 2.5 至 3.5
N 0.03 至 0.2
Fe 其余

24．铸造 2205 型，S31803 不锈钢
ASTM A890 等级 4a，CD3MN
温度范围 =-20 至 600°F（-29 至 316℃）
成份（百分比）
C 0.03 最大
Mn 1.5 最大
Si 1.0 最大
P 0.04 最大
S 0.02 最大
Cr 21.0 至 23.5
Ni 4.5 至 6.5
Mo 2.5 至 3.5
N 0.1 至 0.3
Fe 其余

25．铸铁
ASTM A126 级别 B，UNS F12102
温度范围 = 受压部件，-20 至 450°F（-29 至 232℃）；不受压部件，-100 至 800°F（73 至 427℃）；ANSI B31.5 最低温度 -150°F（-101℃），如果最大应力没有超过 40% 的周围允许应力
成份（百分比）
P 0.75 最大
S 0.15 最大

26．铸铁
ASTM A126 级别 C，UNS F12802
温度范围 = 受压部件，-20 至 450°F（-29 至 232℃）；不受压部件，-100 至 800°F

www.control-valve.net 控制阀在线

(73 至 427℃)； ANSI B31.5 最低温度 -150°F (-101℃) 如果最大应力没有超过 40% 的周围允许应力
成份（百分比）
P 0.75 最大
S 0.15 最大

27. 球墨铸铁
ASTM A395 型号 60-40-18
温度范围=-20 至 650°F (-29 至 343℃)
成份（百分比）
C 3.0 最小
Si 2.5 最大
P 0.08 最大

28. 球墨抗镍铸铁
ASTM A439 型号 D-2B，UNS F43001
温度范围 =-20 至 1400°F (-29 至 760℃)
成份（百分比）
C 3.0 最小
Si 1.5 至 3.00
Mn 0.70 至 1.25
P 0.08 最大
Ni 18.0 至 22.0
Cr 2.75 至 4.0

29. 阀青铜
ASTM B61，UNS C92200
温度范围=-325 至 550°F (-198 至 288℃)
成份（百分比）
Cu 86.0 至 90.0
Sn 5.5 至 6.5
Pb 1.0 至 2.0
Zn 3.0 至 5.0
Ni 1.0 最大
Fe 0.25 最大
S 0.05 最大
P 0.05 最大

30. 锡青铜
ASTM B564 等级 UNS C90500
温度范围=-325 至 400°F (-198 至 204℃)
成份（百分比）
Cu 86.0 至 89.0
Sn 9.0 至 11.0
Pb 0.30 最大
Zn 1.0 至 3.0
Ni 1.0 最大
Fe 0.2 最大
S 0.05 最大
P 0.05 最大

31. 锰青铜
ASTM B584 等级 UNS C86500
温度范围=-325 至 350°F (-198 至 177℃)
成份（百分比）
Cu 55.0 至 60.0
Sn 1.0 最大
Pb 0.4 最大
Ni 1.0 最大
Fe 0.4 至 2.0
Al 0.5 至 1.5
Mn 0.1 至 1.5
Zn 36.0 至 42.0

32. 铸造铝青铜
ASTM B148 等级 UNS C95400
温度范围 =ANSI B31.1，B31.3，-325 至 500°F (-198 至 260℃)；ASME 第 8 部分，-325 至 600°F (-198 至 316℃)
成份（百分比）
Cu 83.0 最小
Al 10.0 至 11.5
Fe 3.0 至 5.0
Mn 0.50 最大
Ni 1.5 最大

33. 铸造铝青铜
ASTM B148 等级 UNS C95800
温度范围 =-325 至 500°F (-198 至 260℃)
成份（百分比）
Cu 79.0 最小
Al 8.5 至 9.5
Fe 3.5 至 4.5
Mn 0.8 至 1.5
Ni 4.0 至 5.0
Si 0.1 最大

34. B16 黄铜圆棒
ASTM B16 等级 UNS C36000，1/2 硬度
温度范围 = 非受压部件，-325 至 400°F (-198 至 204℃)
成份（百分比）
Cu 60.0 至 63.0
Pb 2.5 至 3.7
Fe 0.35 最大

www.控制阀.com control-valve.net

Zn 其余

35. 海军用黄铜锻件
ASTM B283 合金 UNS C46400
温度范围 =-325 至 400°F (-198 至 204°C)
成份（百分比）
Cu 59.0 至 62.0
Sn 0.5 至 1.0
Pb 0.2 最大
Fe 0.15 最大
Zn 其余

36. 铝圆棒
ASTM B211 合金 UNS A96061-T6
温度范围 =-452 至 400°F (-269 至 204°C)
成份（百分比）
Si 0.4 至 0.8
Fe 0.7 最大
Cu 0.15 至 0.4
Zn 0.25 最大
Mg 0.8 至 1.2
Mn 0.15 最大
Cr 0.04 至 0.35
Ti 0.15 最大
其它元素 0.15 最大
Al 其余

37. 6 号钴基合金
铸造 UNS R30006，焊条CoCr-A
温度范围 =-325 至 1500°F (-198 至 816°C)
成份（百分比）
C 0.9 至 1.4
Mn 1.0 最大
W 3.0 至 6.0
Ni 3.0
Cr 26.0 至 32.0
Mo 1.0 最大
Fe 3.0 最大
Si 2.0 最大
Co 其余

38. 镍－铜合金圆棒 K500
B865 等级 N05500
温度范围 =-325°F 至 900°F (-198°C 至 482°C)
成份（百分比）
Ni 63.0 至 70.0
Fe 2.0 最大
Mn 1.5 最大
Si 0.5 最大
C 0.25 最大
S 0.01 最大
P 0.02 最大
Al 2.3 至 3.15
Ti 0.35 至 0.85
Cu 其余

39. 400 号铸造镍－铜合金
ASTM A494 等级 M35-1
温度范围 =-325 至 900°F (-198 至 482°C)
成份（百分比）
Cu 26.0 至 33.0
C 0.35 最大
Mn 1.5 最大
Fe 3.5 最大
S 0.03 最大
P 0.03 最大
Si 1.35 最大
Nb 0.5 最大
Ni 其余

40. 镍－铬－钼合金 C276 圆棒
ASTM B574 等级 N10276
温度范围 =-325 至 1250°F (-198 至 677°C)
成份（百分比）
Cr 14.5 至 16.5
Fe 4.0 至 7.0
W 3.0 至 4.5
C 0.01 最大
Si 0.08 最大
Co 2.5 最大
Mn 1.0 最大
V 0.35 最大
Mo 15.0 至 17.0
P 0.04
S 0.03
Ni 其余

41. 镍－铬－钼合金 C
ASTM A494 CW2M
温度范围 =-325 至 1000°F (-198 至 538°C)
成份（百分比）
Cr 15.5 至 17.5
Fe 2.0 最大
W 1.0 最大
C 0.02 最大

www.控制阀之家.com

Si 0.8 最大
Mn 1.0 最大
Mo 15.0 至 17.5
P 0.03
S 0.03
Ni 其余

42．镍－钼合金 B2 圆棒
ASTM B335 等级 B2，UNS N10665
温度范围 =-325 至 800°F（-198 至 427°C）
成份（百分比）
Cr 1.0 最大
Fe 2.0 最大
C 0.02 最大
Si 0.1 最大
Co 1.0 最大
Mn 1.0 最大
Mo 26.0 至 30.0
P 0.04 最大
S 0.03 最大
Ni 其余

43．铸造镍－钼合金 B2
ASTM A494 N7M
温度范围 =-325 至 1000°F（-198 至 538°C）
成份（百分比）
Cr 1.0 最大
Fe 3.0 最大
C 0.07 最大
Si 1.0 最大
Mn 1.0 最大
Mo 30.0 至 33.0
P 0.04 最大
S 0.03 最大
Ni 其余

www.control-valve.net 控制阀在线

阀门受压部件的材料性能
（本表格材料代号对应于前面列出的阀门材料的标准规格）

材料代号	最小机械性能				70°F（21°C）时的弹性模量 PSI（MPa）	典型的布氏硬度
	拉伸强度 ksi（MPa）	弯曲强度 ksi（MPa）	2 英寸的伸长量（50mm）	面积收缩率（%）		
1	70-95 (485-655)	40 (275)	22	35	27.9E6 (19.2E4)	137-187
2	70-95 (485-655)	40 (275)	22	35	27.9E6 (19.2E4)	137-187
3	57 (390) 典型的	42 (290) 典型的	37 典型的	67 典型的	---	111
4	79 (545) 典型的	71 (490) 典型的	16 典型的	52 典型的	---	163
5 (1)	135 (930) 典型的	115 (792) 典型的	22 典型的	63 典型的	29.9E6 (20.6E4)	255
6	70-95 (480-655)	40 (275)	24	35	27.9E6 (19.2E4)	137
7	70-95 (480-655)	40 (275)	20	35	29.9E6 (20.6E4)	147-200

(续)

阀门受压部件的材料性能（续）

（本表格材料代号对应于前面列出的阀门材质的标准规格）

材料代号	最小机械性能				70°F（21℃）时的弹性模量 PSI（MPa）	典型的布氏硬度
	拉伸强度 ksi（MPa）	弯曲强度 ksi（MPa）	2 英寸的伸长量（50mm）	面积收缩率（%）		
8	70-95 (485-655)	40（275）	20	35	29.9E6 (20.6E4)	147-200
9	75 （515）	45（310）	20	30	29.9E6 (20.6E4)	156-207 要求的
10	90-115 (620-795)	60（415）	18	35	27.4E6 (19.0E4)	176-255
11	75 （515）	30（205）	30	40	28.3E6 (19.3E4)	150
12	70（485）	25（170）	30	40	29.0E6 (20.0E4)	149
13	70（485）	25（170）	30	40	29.0E6 (20.0E4)	149
14	70（485）	25（170）	30	40	28.3E6 (19.3E4)	150-170
15 [2]	80（551）	35（240）	30	40	28.3E6 (19.5E4)	150
16	70（485）	30（205）	30	---	28.3E6 (19.5E4)	163
17	75（515）	35（240）	25	---	28.3E6 (19.5E4)	170
18	75（515）	35（240）	25	---	28.3E6 (19.5E4)	170
19	70（480）	40（275）	16	45	29.2E6 (20.1E4)	223
20	145（1000）	125（860）	13	45	29E6 (20.0E4	302 min
21	95（665）	44（305）	35	50	29.0E6 (20.0E4)	90 HRB
22	80（550）	38（260）	35	---	29.0E6 (20.0E4)	82 HRB
23	90（620）	65（450）	25	---	30.5E6 (21.0E4)	290 max
24	90（620）	65（450）	25	---	30.5E6 (21.0E4)	98 HRB
25 [3]	31（214）	---	---	---	13.4E6 (9.2E4)	160-220
26 [4]	41（282）	---	---	---	13.4E6 (9.2E4)	160-220
27	60（415）	40（276）	18	---	23E6 (16E4)	143-187
28	58（400）	30（205）	7	---	---	148-211
29	34（234）	16（110）	24	---	14.0E6 (9.7E4)	65

(续)

www.control-valve.net 控制阀在线

阀门受压部件的材料性能（续）

（本表格材料代号对应于前面列出的阀门材质的标准规格）

材料代号	最小机械性能				70°F（21℃）时的弹性模量 PSI（MPa）	典型的布氏硬度
	拉伸强度 ksi（MPa）	弯曲强度 ksi（MPa）	2 英寸的伸长量（50mm）	面积收缩率（%）		
30	40 (275)	18 (124)	20	---	14.0 (9.7E4)	75
31	65 (448)	25 (172)	20	---	15.3E6 (10.5E4)	98
32	75 (515)	30 (205)	12	---	16E6 (11.0E4)	150
33	85 (585)	35 (240)	15	---	16E6 (11.0E4)	120-170
34	55 (380)	25 (170)	10	---	14E6 (9.6E4)	60-80 HRB 要求的
35	60 (415)	27 (186)	22	---	15.0E6 (10.3E4)	131-142
36	42 (290)	35 (241)	10	---	9.9E6 (6.8E4)	95
37 [5]	154 (1060) 典型的	93 (638) 典型的	17 典型的	---	30E6 (21E4)	37 HRC
38	100 (689)	70 (485)	20	---	26E6 (17.9E4)	250-325
39	65 (450)	25 (170)	25	---	23E6 (15.8E4)	110-150
40	100 (689)	41 (283)	40	---	29.8E6 (20.5E4)	210
41	72 (496)	40 (275)	20	---	30.8E6 (21.2E4)	150-185
42	110 (760)	51 (350)	40	---	31.4E6 (21.7E4)	238
43	76 (525)	40 (275)	20	---	28.5E6 (19.7E4)	180

1. 硬化（1200°F（650°C）
2. 退火
3. A126 Cl. B 1. 125 英寸（95mm）直径圆棒
4. A126 Cl. C 1. 125 英寸（95mm）直径圆棒
5. 锻造

www.control-valve.net 控制阀在线

碳氢化合物的物理常数

序号	化合物	分子式	分子量	在14.696 PSIA时的沸点（°F）	在100°F时的蒸汽压力（PSIA）	在14.696 PSIA时的冰点（°F）	临界常数		在14.696 PSIA时的比重	
							临界温度（°F）	临界压力（psia）	液体[3],[4] 60°F/60°F	60°F气体（空气=1）[1]
1	甲烷	CH_4	16.043	-258.69	(5000)[2]	-296.46[5]	-116.63	667.8	0.3[8]	0.5539
2	乙烷	C_2H_6	30.070	-127.48	(800)[2]	-297.89[5]	90.09	707.8	0.3564 [7]	1.0382
3	丙烷	C_3H_8	44.097	-43.67	190.	-305.84[5]	206.01	616.3	0.5077[7]	1.5225
4	n-丁烷	C_4H_{10}	58.124	31.10	51.6	-217.05	305.65	550.7	0.5844 [7]	2.0068
5	异丁烷	C_4H_{10}	58.124	10.90	72.2	-255.29	274.98	529.1	0.5631[7]	2.0068
6	n-戊烷	C_5H_{12}	72.151	96.92	15.570	-201.51	385.7	488.6	0.6310	2.4911
7	异戊烷	C_5H_{12}	72.151	82.12	20.44	-255.83	369.10	490.4	0.6247	2.4911
8	新戊烷	C_5H_{12}	72.151	49.10	35.9	2.17	321.13	464.0	0.5967[7]	2.4911
9	n-己烷	C_6H_{14}	86.178	155.72	4.956	-139.58	453.7	436.9	0.6640	2.9753
10	2-甲基戊烷	C_6H_{14}	86.178	140.47	6.767	-244.63	435.83	436.6	0.6579	2.9753
11	3-甲基戊烷	C_6H_{14}	86.178	145.89	6.098	---	448.3	453.1	0.6689	2.9753
12	新己烷	C_6H_{14}	86.178	121.52	9.856	-147.72	420.13	446.8	0.6540	2.9753
13	2,3一二甲基丁烷	C_6H_{14}	86.178	136.36	7.404	-199.38	440.29	453.5	0.6664	2.9753
14	n-庚烷	C_7H_{16}	100.205	209.17	1.620	-131.05	512.8	396.8	0.6882	3.4596
15	2-甲基正己烷	C_7H_{16}	100.205	194.09	2.271	-180.89	495.00	396.5	0.6830	3.4596
16	3-甲基正己烷	C_7H_{16}	100.205	197.32	2.130	---	503.78	408.1	0.6917	3.4596
17	3-乙基戊烷	C_7H_{16}	100.205	200.25	2.012	-181.48	513.48	419.3	0.7028	3.4596
18	2,2-二甲基戊烷	C_7H_{16}	100.205	174.54	3.492	-190.86	477.23	402.2	0.6782	3.4596
19	2,4-二甲基戊烷	C_7H_{16}	100.205	176.89	3.292	-182.63	475.95	396.9	0.6773	3.4596
20	3,3-二甲基戊烷	C_7H_{16}	100.205	186.91	2.773	-210.01	505.85	427.2	0.6976	3.4596
21	3甲基丁烷	C_7H_{16}	100.205	177.58	3.374	-12.82	496.44	428.4	0.6946	3.4596

（续）

碳氢化合物的物理常数（续）

序号	化合物	分子式	分子量	在14.696 PSIA时的沸点（°F）	在100°F时的蒸汽压力（PSIA）	在14.696 PSIA时的冰点（°F）	临界常数		在14.696 PSIA时的比重	
							临界温度（°F）	临界压力（psia）	液体[3],[4] 60°F/60°F	60°F气体（空气=1）[1]
22	n-辛烷	C_8H_{18}	114.232	258.22	0.537	-70.18	564.22	360.6	0.7068	3.9439
23	二异丁基	C_8H_{18}	114.232	228.39	1.101	-132.07	530.44	360.6	0.6979	3.9439
24	异辛烷	C_8H_{18}	114.232	210.63	1.708	-161.27	519.46	372.4	0.6962	3.9439
25	n-壬烷	C_9H_{20}	128.259	303.47	0.179	-64.28	610.68	332.	0.7217	4.4282
26	n-癸烷	$C_{10}H_{22}$	142.286	345.48	0.0597	-21.36	652.1	304.	0.7342	4.9125
27	环戊烷	C_5H_{10}	70.135	120.65	9.914	-136.91	461.5	653.8	0.7504	2.4215
28	甲基环戊烷	C_6H_{12}	84.162	161.25	4.503	-224.44	499.35	548.9	0.7536	2.9057
29	环已胺	C_6H_{12}	84.162	177.29	3.264	43.77	536.7	591.	0.7834	2.9057
30	甲基环已胺	C_7H_{14}	98.189	213.68	1.609	-195.87	570.27	503.5	0.7740	3.3900
31	乙烯	C_2H_4	28.054	-154.62	---	-272.45[5]	48.58	729.8	---	0.9686
32	丙烯	C_3H_6	42.081	-53.90	226.4	-301.45[5]	196.9	669.	0.5220[7]	1.4529
33	1-丁烯	C_4H_8	56.108	20.75	63.05	-301.63[5]	295.6	583.	0.6013[7]	1.9372
34	顺-2-丁烯	C_4H_8	56.108	38.69	45.54	-218.06	324.37	610.	0.6271[7]	1.9372
35	转-2-丁烯	C_4H_8	56.108	33.58	49.80	-157.96	311.86	595.	0.6100[7]	1.9372
36	异丁烯	C_4H_8	56.108	19.59	63.40	-220.61	292.55	580.	0.6004[7]	1.9372
37	1-戊烯	C_5H_{10}	70.135	85.93	19.115	-265.39	376.93	590.	0.6457	2.4215
38	1,2-丁二烯	C_4H_6	54.092	51.53	(20.)[2]	-213.16	(339.)[2]	(653.)[2]	0.6587	1.8676
39	1,3-丁二烯	C_4H_6	54.092	24.06	(60.)[2]	-164.02	306.	628.	0.6272[7]	1.8676
40	橡胶基质	C_5H_8	68.119	93.30	16.672	-230.74	(412.)[2]	(558.4)[2]	0.6861	2.3519

（续）

碳氢化合物的物理常数（续）

序号	化合物	分子式	分子量	在14.696 PSIA时的沸点（°F）	在100°F时的蒸汽压力（PSIA）	在14.696 PSIA时的冰点（°F）	临界常数		在14.696 PSIA时的比重	
							临界温度（°F）	临界压力（psia）	液体[3],[4] 60°F/60°F	60°F气体（空气=1）[1]
41	乙炔	C_2H_2	26.038	-119.[6]	---	-114[5]	95.31	890.4	0.615[9]	0.8990
42	苯	C_6H_6	78.114	176.17	3.224	41.96	552.22	710.4	0.8844	2.6969
43	甲苯	C_7H_8	92.141	231.13	1.032	-138.94	605.55	595.9	0.8718	3.1812
44	乙烷苯	C_8H_{10}	106.168	277.16	0.371	-138.91	651.24	523.5	0.8718	3.6655
45	O- 二甲苯	C_8H_{10}	106.168	291.97	0.264	-13.30	675.0	541.4	0.8848	3.6655
46	m- 二甲苯	C_8H_{10}	106.168	282.41	0.326	-54.12	651.02	513.6	0.8687	3.6655
47	p- 二甲苯	C_8H_{10}	106.168	281.05	0.342	55.86	649.6	509.2	0.8657	3.6655
48	苯乙烯	C_8H_8	104.152	293.29	(0.24)[2]	-23.10	706.0	580.	0.9110	3.5959
49	乙丙苯	C_9H_{12}	120.195	306.34	0.188	-140.82	676.4	465.4	0.8663	4.1498

1. 计算值
2. （ ）－估计值
3. 含有饱和空气的碳氢化合物
4. 真空中的重量绝对值
5. 在饱和压力时（三点）
6. 升华点
7. 饱和压力和60°F
8. 60°F下甲烷的表观值
9. 比重，119°F/60°F（升华点）

比热比（K）

气体	比热比（K）	气体	比热比（K）	气体	比热比（K）	气体	比热比（K）
乙炔	1.38	二氧化碳	1.29	0.6 天然气	1.32	蒸气[1]	1.33
空气	1.40	乙烷	1.25	氮	1.40		
氩	1.67	氦气	1.66	氧气	1.40		
丁烷	1.17	氢气	1.40	丙烷	1.21		
一氧化碳	1.40	甲烷	1.26	丙烯	1.15		

1. 如果可以得到，请使用特性表以获得更高的精确度。

各种流体的物理常数

流体	分子式	分子量	沸点（°F），（在14.696 PSIA时）	蒸汽压力（在70°F PSIG时）	临界温度（°F）	临界压力（PSIA）	比重	
							液体 60/60°F	气体
醋酸	$HC_2H_3O_2$	60.05	245				1.05	
丙酮	C_3H_6O	58.08	133		455	691	0.79	2.01
空气	N_2O_2	28.97	-317		-221	547	0.86[3]	1.0
乙醇，乙荃	C_2H_6O	46.07	173	2.3[2]	470	925	0.794	1.59
乙醇，木精	CH_4O	32.04	148	4.63[2]	463	1174	0.796	1.11
氨	NH_3	17.03	-28	114	270	1636	0.62	0.59
氯化氨[1]	NH_4Cl						1.07	
氢氧化氨[1]	NH_4OH						0.91	
硫酸氨[1]	$(NH_4)_2SO_4$						1.15	
苯胺	C_6H_7N	93.12	365		798	770	1.02	
氩	A	39.94	-302		-188	705	1.65	1.38
啤酒							1.01	
溴	Br_2	159.84	138		575		2.93	5.52
氯化钙	$CaCl_2$						1.23	
二氧化碳	CO_2	44.01	-109	839	88	1072	0.801[3]	1.52
二硫化碳	CS_2	76.1	115				1.29	2.63
一氧化碳	CO	28.01	-314		-220	507	0.80	0.97
四氧化碳	CCl_4	153.84	170		542	661	1.59	5.31
氯气	Cl_2	70.91	-30	85	291	1119	1.42	2.45
铬酸	H_2CrO_4	118.03					1.21	
柠檬酸	$C_6H_8O_7$	192.12					1.54	
硫酸铜	$CuSO_4$						1.17	

（续）

各种流体的物理常数（续）

流体	分子式	分子量	沸点（°F），（在14.696 PSIA时）	蒸汽压力（在70°F PSIG时）	临界温度（°F）	临界压力（PSIA）	比重	
							液体 60/60°F	气体
天空醚	$(C_2H_5)_2O$	74.12	34				0.74	2.55
三氯化铁 (1)	$Fecl_3$						1.23	
氟	F_2	38.00	-305	300	-200	809	1.11	1.31
甲醛	H_2CO	30.03	-6				0.82	1.08
甲酸	HCO_2H	46.03	214				1.23	
糖醛	$C_5H_4O_2$	96.08	324				1.16	
甘油	$C_3H_8O_3$	92.09	554				1.26	
乙二醇	$C_2H_6O_2$	62.07	387				1.11	
氦	He	4.003	-454		-450	33	0.18	0.14
盐酸	HCl	36.47	-115				1.64	
氢氟酸	HF	20.01	66	0.9	446		0.92	
氢气	H_2	2.016	-422		-400	188	0.07(3)	0.07
盐酸	HCl	36.47	-115	613	125	1198	0.86	1.26
硫化氢	H_2S	34.07	-76	252	213	1307	0.79	1.17
异丙乙醇	C_3H_8O	60.09	180				0.78	2.08
亚麻子油			538				0.93	
氯化镁(1)	$MgCl_2$						1.22	
汞，水银	Hg	200.61	670				13.6	6.93
溴化甲	CH_3B_r	94.95	38	13	376		1.73	3.27
氯化甲	CH_3Cl	50.49	-11	59	290	969	0.99	1.74
萘	$C_{10}H_8$	128.16	424				1.14	4.43
硝酸	HNO_3	63.02	187				1.5	

（续）

各种流体的物理常数（续）

流体	分子式	分子量	沸点（°F），（在14.696 PSIA 时）	蒸汽压力（在70°F PSIG 时）	临界温度（°F）	临界压力（PSIA）	比重	
							液体 60/60°F	气体
氮	N_2	28.02	-320		-233	493	0.81[3]	0.97
菜油							0.91-0.94	
氧	O_2	32	-297		-181	737	1.14[3]	1.105
光气，碳酰氯	$CoCl_2$	98.92	47	10.7	360	823	1.39	3.42
磷酸	H_3PO_4	98.00	415				1.83	
碳酸钾[1]	K_2CO_3						1.24	
氯化钾[1]	KCl						1.16	
氢氧化钾[1]	KOH						1.24	
氯化钠[1]	NaCl						1.19	
氢氧化钠[1]	NaOH						1.27	
硫酸钠[1]	Na_2SO_4						1.24	
硫化硫酸钠[1]	$Na_2S_2O_3$						1.23	
淀粉	$(C_6H_{10}O_5)x$						1.50	
糖溶液[1]	$C_{12}H_{22}O_{11}$						1.10	
硫酸	H_2SO_4	98.08	626				1.83	
二氧化碳	SO_2	64.6	14	34.4	316	1145	1.39	2.21
松节油			320				0.87	
水	H_2O	18.016	212	0.9492[2]	706	3208	1.00	0.62
氯化锌[1]	$ZnCl_2$						1.24	
硫酸锌[1]	$ZnSO_4$						1.31	

1．水溶液－化合物重量占 25%
2．100°F 时的蒸汽压力，单位 psia
3．蒸汽压力单位 psia

致冷剂 717（氨）
液体和饱和蒸汽的特性

温度 (°F)	压力		容积（英尺³/磅）	密度（磅/英尺³）	焓 (1) (BTU/磅)		熵 (1) BTU/（磅）(°R)	
	psia	psig	蒸汽 V_g	液体 l/v_f	液体 h_f	蒸汽 h_g	液体 s_f	蒸汽 s_g
-105	0.996	27.9(2)	223.2	45.71	-68.5	570.3	-0.1774	1.6243
-104	1.041	27.8(2)	214.2	45.67	-67.5	570.7	-.1774	1.6205
-103	1.087	27.7(2)	205.7	45.63	-66.4	571.2	-.1714	1.6167
-102	1.135	27.6(2)	197.6	45.59	-65.4	571.6	-.1685	1.6129
-101	1.184	27.5(2)	189.8	45.55	-64.3	572.1	-.1655	1.6092
-100	1.24	27.4(2)	182.4	45.52	-63.3	572.5	-0.1626	1.6055
-99	1.29	27.3(2)	175.3	45.47	-62.2	572.9	-.1597	1.6018
-98	1.34	27.2(2)	168.5	45.43	-61.2	573.4	-.1568	1.5982
-97	1.40	27.1(2)	162.1	45.40	-60.1	573.8	-.1539	1.5945
-96	1.46	26.9(2)	155.9	45.36	-59.1	574.3	-.1510	1.5910
-95	1.52	26.8(2)	150.0	45.32	-58.0	574.7	-0.1481	1.5874
-94	1.59	26.7(2)	144.3	45.28	-57.0	575.1	-.1452	1.5838
-93	1.65	26.6(2)	138.9	45.24	-55.9	575.6	-.1423	1.5803
-92	1.72	26.4(2)	133.8	45.20	-54.9	576.0	-.1395	1.5768
-91	1.79	26.3(2)	128.9	45.16	-53.8	576.5	-.1366	1.5734
-90	1.86	26.1(2)	124.1	45.12	-52.8	576.9	-0.1338	1.5699
-89	1.94	26.0(2)	119.6	45.08	-51.7	577.3	-.1309	1.5665
-88	2.02	25.8(2)	115.3	45.04	-50.7	577.8	-.1281	1.5631
-87	2.10	25.6(2)	111.1	45.00	-49.6	578.2	-.1253	1.5597
-86	2.18	25.5(2)	107.1	44.96	-48.6	578.6	-.1225	1.5564
-85	2.27	25.3(2)	103.3	44.92	-47.5	579.1	-0.1197	1.5531
-84	2.35	25.1(2)	99.68	44.88	-46.5	579.5	-.1169	1.5498
-83	2.45	24.9(2)	96.17	44.84	-45.4	579.9	-.1141	1.5465
-82	2.54	24.7(2)	92.81	44.80	-44.4	580.4	-.1113	1.5432
-81	2.64	24.5(2)	89.59	44.76	-43.3	580.8	-.1085	1.5400
-80	2.74	24.3(2)	86.50	44.73	-42.2	581.2	-0.1057	1.5368
-79	2.84	24.1(2)	83.54	44.68	-41.2	581.6	-.1030	1.5336
-78	2.95	23.9(2)	80.69	44.64	-40.1	582.1	-.1002	1.5304
-77	3.06	23.7(2)	77.96	44.60	-39.1	582.5	-.0975	1.5273
-76	3.18	23.5(2)	75.33	44.56	-38.0	582.9	-.0947	1.5242
-75	3.29	23.2(2)	72.81	44.52	-37.0	583.3	-0.0920	1.5211
-74	3.42	23.0(2)	70.39	44.48	-35.9	583.8	-.0892	1.5180
-73	3.54	22.7(2)	68.06	44.44	-34.9	584.2	-.0865	1.5149
-72	3.67	22.4(2)	65.82	44.40	-33.8	584.6	-0.838	1.5119
-71	3.80	22.2(2)	63.67	44.36	-32.8	585.0	-.0811	1.5089
-70	3.94	21.9(2)	61.60	44.32	-31.7	585.5	-0.0784	1.5059
-69	4.08	21.6(2)	59.61	44.28	-30.7	585.9	-.0757	1.5029
-68	4.23	21.3(2)	57.69	44.24	-29.6	586.3	-.0730	1.4999
-67	4.38	21.0(2)	55.85	44.19	-28.6	586.7	-.0703	1.4970
-66	4.53	20.7(2)	54.08	44.15	-27.5	587.1	-.0676	1.4940
-65	4.69	20.4(2)	52.37	44.11	-26.5	587.5	-0.0650	1.4911
-64	4.85	20.0(2)	50.73	44.07	-25.4	588.0	-.0623	1.4883
-63	5.02	19.7(2)	49.14	44.03	-24.4	588.4	-.0596	1.4854
-62	5.19	19.4(2)	47.62	43.99	-23.3	588.8	-.0570	1.4826
-61	5.37	19.0(2)	46.15	43.95	-22.2	589.2	-.0543	1.4797
-60	5.55	18.6(2)	44.73	43.91	-21.2	589.6	-.0517	1.4769

（续）

致冷剂 717（氨）（续）
液体和饱和蒸汽的特性

温度 (°F)	压力		容积（英尺³/磅）	密度（磅/英尺³）	焓 (1) (BTU/磅)		熵 (1) BTU/（磅）(°R)	
	psia	psig	蒸汽 V_g	液体 $1/v_f$	液体 h_f	蒸汽 h_g	液体 s_f	蒸汽 s_g
-59	5.74	18.2(2)	43.37	43.87	-20.1	590.0	-0.0490	1.4741
-58	5.93	17.8(2)	42.05	43.83	-19.1	590.4	-.0464	1.4713
-57	6.13	17.4(2)	40.79	43.78	-18.0	590.8	-.0438	1.4686
-56	6.33	17.0(2)	39.56	43.74	-17.0	591.2	-.0412	1.4658
-55	6.54	16.6(2)	38.38	43.70	-15.9	591.6	-.0386	1.4631
-54	6.75	16.2(2)	37.24	43.66	-14.8	592.1	-0.0360	1.4604
-53	6.97	15.7(2)	36.15	43.62	-13.8	592.4	-.0334	1.4577
-52	7.20	15.3(2)	35.09	43.58	-12.7	592.9	-.0307	1.4551
-51	7.43	14.8(2)	34.06	43.54	-11.7	593.2	-.0281	1.4524
-50	7.67	14.3(2)	33.08	43.49	-10.6	593.7	-.0256	1.4497
-49	7.91	13.8(2)	32.12	43.45	-9.6	594.0	-0.0230	1.4471
-48	8.16	13.3(2)	31.20	43.41	-8.5	594.4	-.0204	1.4445
-47	8.42	12.8(2)	30.31	43.37	-7.4	594.9	-.0179	1.4419
-46	8.68	12.2(2)	29.45	43.33	-6.4	595.2	-.0153	1.4393
-45	8.95	11.7(2)	28.62	43.28	-5.3	595.6	-.0127	1.4368
-44	9.23	11.1(2)	27.82	43.24	-4.3	596.0	-0.0102	1.4342
-43	9.51	10.6(2)	27.04	43.20	-3.2	596.4	-.0076	1.4317
-42	9.81	10.0(2)	26.29	43.16	-2.1	596.8	-.0051	1.4292
-41	10.10	9.3(2)	25.56	43.12	-1.1	597.2	-.0025	1.4267
-40	10.41	8.7(2)	24.86	43.08	0.0	597.6	.0000	1.4242
-39	10.72	8.1(2)	24.18	43.04	1.1	598.0	0.0025	1.4217
-38	11.04	7.4(2)	23.53	42.99	2.1	598.3	.0051	1.4193
-37	11.37	6.8(2)	22.89	42.95	3.2	598.7	.0076	1.4169
-36	11.71	6.1(2)	22.27	42.90	4.3	599.1	.0101	1.4144
-35	12.05	5.4(2)	21.68	42.86	5.3	599.5	0.126	1.4120
-34	12.41	4.7(2)	21.10	42.82	6.4	599.9	0.0151	1.4096
-33	12.77	3.9(2)	20.54	42.78	7.4	600.2	.0176	1.4072
-32	13.14	3.2(2)	20.00	42.73	8.5	600.6	.0201	1.4048
-31	13.52	2.4(2)	19.48	42.69	9.6	601.0	.0226	1.4025
-30	13.90	1.6(2)	18.97	42.65	10.7	601.4	.0250	1.4001
-29	14.30	0.8(2)	18.48	42.61	11.7	601.7	0.0275	1.3978
-28	14.71	0.0	18.00	42.57	12.8	602.1	.0300	1.3955
-27	15.12	0.4	17.54	42.54	13.9	602.5	.0325	1.3932
-26	15.55	0.8	17.09	42.48	14.9	602.8	.0350	1.3909
-25	15.98	1.3	16.66	42.44	16.0	603.2	.0374	1.3886
-24	16.24	1.7	16.24	42.40	17.1	603.6	0.0399	1.3863
-23	16.88	2.2	15.83	42.35	18.1	603.9	.0423	1.3840
-22	17.34	2.6	15.43	42.31	19.2	604.3	.0448	1.3818
-21	17.81	3.1	15.05	42.26	20.3	604.6	.0472	1.3796
-20	18.30	3.6	14.68	42.22	21.4	605.0	.0497	1.3774
-19	18.79	4.1	14.32	42.18	22.4	605.3	0.0521	1.3752
-18	19.30	4.6	13.97	42.13	23.5	605.7	.0545	1.3729
-17	19.81	5.1	13.62	42.09	24.6	606.1	.0570	1.3708
-16	20.34	5.6	13.29	42.04	25.6	606.4	.0594	1.3686
-15	20.88	6.2	12.97	42.00	26.7	606.7	.0618	1.3664
-14	21.43	6.7	12.66	41.96	27.8	607.1	.0642	1.3642

（续）

致冷剂 717（氨）（续）
液体和饱和蒸汽的特性

温度 (°F)	压力		容积（英尺³/磅）	密度（磅/英尺³）	焓 (1) （BTU/磅）		熵 (1) BTU/（磅）(°R)	
	psia	psig	蒸汽 V_g	液体 l/v_f	液体 h_f	蒸汽 h_g	液体 s_f	蒸汽 s_g
-13	21.99	7.3	12.36	41.91	28.9	607.5	0.0666	1.3624
-12	22.56	7.9	12.06	41.87	30.0	607.8	.0690	1.3600
-11	23.15	8.5	11.78	41.82	31.0	608.1	.0714	1.3579
-10	23.74	9.0	11.50	41.78	32.1	608.5	.0738	1.3558
-9	24.35	9.7	11.23	41.74	33.2	608.8	.0762	1.3537
-8	24.97	10.3	10.97	41.69	34.3	609.2	0.0786	1.3516
-7	25.61	10.9	10.71	41.65	35.4	609.5	.0809	1.3493
-6	26.26	11.6	10.47	41.60	36.4	609.8	.0833	1.3474
-5	26.92	12.2	10.23	41.56	37.5	610.1	.0857	1.3454
-4	27.59	12.9	9.991	41.52	38.6	610.5	.0880	1.3433
-3	28.28	13.6	9.763	41.47	39.7	610.8	0.0909	1.3413
-2	28.98	14.3	9.541	41.43	40.7	611.1	.0928	1.3393
-1	29.69	15.0	9.326	41.38	41.8	611.4	.0951	1.3372
0	30.42	15.7	9.116	41.34	42.9	611.8	.0975	1.3352
1	31.16	16.5	8.912	41.29	44.0	612.1	.0998	1.3332
2	31.92	17.2	8.714	41.25	45.1	612.4	0.1022	1.3312
3	32.69	18.0	8.521	41.20	46.2	612.7	.1045	1.3292
4	33.47	18.8	8.333	41.16	47.2	613.0	.1069	1.3273
5 (3)	34.27	19.6	8.150	41.11	48.3	613.3	.1092	1.3253
6	35.09	20.4	7.971	41.07	49.4	613.6	.1115	1.3234
7	35.92	21.2	7.798	41.01	50.5	613.9	0.1138	1.3214
8	36.77	22.1	7.629	40.98	51.6	614.3	.1162	1.3195
9	37.63	22.9	7.464	40.93	52.7	614.6	.1185	1.3176
10	38.51	23.8	7.304	40.89	53.8	614.9	.1208	1.3157
11	39.40	24.7	7.148	40.84	54.9	615.2	.1231	1.3137
12	40.31	25.6	6.996	40.80	56.0	615.5	0.1254	1.3118
13	41.24	26.5	6.847	40.75	57.1	615.8	.1277	1.3099
14	42.18	27.5	6.703	40.71	58.2	616.1	.1300	1.3081
15	43.14	28.4	6.562	40.66	59.2	616.3	.1323	1.3062
16	44.12	29.4	6.425	40.61	60.3	616.6	.1346	1.3043
17	45.12	30.4	6.291	40.57	61.4	616.9	0.1369	1.3025
18	46.13	31.4	6.161	40.52	62.5	617.2	.1392	1.3006
19	47.16	32.5	6.034	40.48	63.6	617.5	.1415	1.2988
20	48.21	33.5	5.910	40.43	64.7	617.8	.1437	1.2969
21	49.28	34.6	5.789	40.38	65.8	618.0	.1460	1.2951
22	50.36	35.7	5.671	50.34	66.9	618.3	0.1483	1.2933
23	51.47	36.8	5.556	40.29	68.0	618.6	.1505	1.2915
24	52.59	37.9	5.443	40.25	69.1	618.9	.1528	1.2897
25	53.73	39.0	5.334	40.20	70.2	619.1	.1551	1.2879
26	54.90	40.2	5.227	40.15	71.3	619.4	.1573	1.2861
27	56.08	41.4	5.123	40.10	72.4	619.7	0.1596	1.2843
28	57.28	42.6	5.021	40.06	73.5	619.9	.1618	1.2823
29	58.50	43.8	4.922	40.01	74.6	620.2	.1641	1.2809
30	59.74	45.0	4.825	39.96	75.7	620.5	.1663	1.2790
31	61.00	46.3	4.730	39.91	76.8	620.7	.1686	1.2773
32	62.29	47.6	4.637	39.86	77.9	621.0	.1708	1.2755

（续）

致冷剂 717（氨）（续）
液体和饱和蒸汽的特性

温度 (°F)	压力		容积（英尺³/磅）	密度（磅/英尺³）	焓 (1) （BTU/磅）		熵 (1) BTU/（磅）（°R）	
	psia	psig	蒸汽 V_g	液体 $1/v_f$	液体 h_f	蒸汽 h_g	液体 s_f	蒸汽 s_g
33	63.59	48.9	4.547	39.82	79.0	621.2	0.1730	1.2738
34	64.91	50.2	4.459	39.77	80.1	621.5	.1753	1.2721
35	66.26	51.6	4.373	39.72	81.2	621.7	.1775	1.2704
36	67.63	52.9	4.289	39.67	82.3	622.0	.1797	1.2686
37	69.02	54.3	4.207	39.63	83.4	622.2	.1819	1.2669
38	70.43	55.7	4.126	39.58	84.6	622.5	0.1841	1.2652
39	71.87	57.2	4.048	39.54	85.7	622.7	.1863	1.2635
40	73.32	58.6	3.971	39.49	86.8	623.0	.1885	1.2618
41	74.80	60.1	3.897	39.44	87.9	623.2	.1908	1.2602
42	76.31	61.6	3.823	39.39	89.0	623.4	.1930	1.2585
43	77.83	63.1	3.752	39.34	90.1	623.7	0.1952	1.2568
44	79.38	64.7	3.682	39.29	91.2	623.9	.1974	1.2552
45	80.96	66.3	3.614	39.24	92.3	624.1	.1996	1.2535
46	82.55	67.9	3.547	39.19	93.5	624.4	.2018	1.2518
47	84.18	69.5	3.481	39.14	94.6	624.6	.2040	1.2492
48	85.82	71.1	3.418	39.10	95.7	624.8	0.2062	1.2484
49	87.49	72.8	3.355	39.05	96.8	625.0	.2083	1.2469
50	89.19	74.5	3.294	39.00	97.9	625.2	.2105	1.2453
51	90.91	76.2	3.234	38.95	99.1	625.5	.2127	1.2437
52	92.66	78.0	3.176	38.90	100.2	625.7	.2149	1.2421
53	94.43	79.7	3.119	38.85	101.3	625.9	0.2171	1.2405
54	96.23	81.5	3.063	38.80	102.4	626.1	.2192	1.2382
55	98.06	83.4	3.008	38.75	103.5	626.3	.2214	1.2372
56	99.91	85.2	2.954	38.70	104.7	626.5	.2236	1.2357
57	101.8	87.1	2.902	38.65	105.8	626.7	.2257	1.2341
58	103.7	89.0	2.851	38.60	106.9	626.9	0.2279	1.2325
59	105.6	90.9	2.800	38.55	108.1	627.1	.2301	1.2310
60	107.6	92.9	2.751	38.50	109.2	627.3	.2322	1.2294
61	109.6	94.9	2.703	38.45	110.3	627.5	.2344	1.2273
62	111.6	96.9	2.656	38.40	111.5	627.7	.2365	1.2263
63	113.6	98.9	2.610	38.35	112.6	627.9	0.2387	1.2247
64	115.7	101.0	2.565	38.30	113.7	628.0	.2408	1.2231
65	117.8	103.1	2.520	38.25	114.8	628.2	.2430	1.2213
66	120.0	105.3	2.477	38.20	116.0	628.4	.2451	1.2201
67	122.1	107.4	2.435	38.15	117.1	628.6	2473	1.2183
68	124.3	109.6	2.393	38.10	118.3	628.8	0.2494	1.2179
69	126.5	111.8	2.352	38.05	119.4	628.9	.2515	1.2155
70	128.8	114.1	2.312	38.00	120.5	629.1	.2537	1.2140
71	131.1	116.4	2.273	37.95	121.7	629.3	.2558	1.2125
72	133.4	118.7	2.235	37.90	122.8	629.4	.2579	1.2110
73	135.7	121.0	2.197	37.84	124.0	629.6	0.2601	1.2095
74	138.1	123.4	2.161	37.79	125.1	629.8	.2622	1.2080
75	140.5	125.8	2.125	37.74	126.2	629.9	.2643	1.2065
76	143.0	128.3	2.089	37.69	127.4	630.1	.2664	1.2050
77	145.4	130.7	2.055	37.64	128.5	630.2	.2685	1.2035
78	147.9	133.2	2.021	37.58	129.7	630.4	.2706	1.2020

（续）

致冷剂 717（氨）（续）
液体和饱和蒸汽的特性

温度 (°F)	压力		容积（英尺³/磅）	密度（磅/英尺³）	焓 (1) (BTU/磅)		熵 (1) BTU/（磅）(°R)	
	psia	psig	蒸汽 V_g	液体 $1/v_f$	液体 h_f	蒸汽 h_g	液体 s_f	蒸汽 s_g
79	150.5	135.8	1.988	37.53	130.8	630.5	0.2728	1.2006
80	153.0	138.3	1.955	37.48	132.0	630.7	.2749	1.1991
81	155.6	140.9	1.923	37.43	133.1	630.8	.2769	1.1976
82	158.3	143.6	1.892	37.37	134.3	631.0	.2791	1.1962
83	161.0	146.3	1.861	37.32	135.4	631.1	.2812	1.1947
84	163.7	149.0	1.831	37.26	136.6	631.3	0.2833	1.1933
85	166.4	151.7	1.801	37.21	137.8	631.4	.2854	1.1918
86(3)	169.2	154.5	1.772	37.16	138.9	631.5	.2875	1.1904
87	172.0	157.3	1.744	37.11	140.1	631.7	.2895	1.1889
88	174.8	160.1	1.716	37.05	141.2	631.8	.2917	1.1875
89	177.7	163.0	1.688	37.00	142.4	631.9	0.2937	1.1860
90	180.6	165.9	1.661	36.95	143.5	632.0	.2958	1.1846
91	183.6	168.9	1.635	36.89	144.7	632.1	.2979	1.1832
92	186.6	171.9	1.609	36.84	145.8	632.2	.3000	1.1818
93	189.6	174.9	1.584	36.78	147.0	632.3	.3021	1.1804
94	192.7	178.0	1.559	36.73	148.2	632.5	0.3041	1.1789
95	195.8	181.1	1.534	36.67	149.4	632.6	.3062	1.1775
96	198.9	184.2	1.510	36.62	150.5	632.6	.3083	1.1761
97	202.1	187.4	1.487	36.56	151.7	632.8	.3104	1.1747
98	205.3	190.6	1.464	36.51	152.9	632.9	.3125	1.1733
99	208.6	193.9	1.441	36.45	154.0	632.9	0.3145	1.1719
100	211.9	197.2	1.419	36.40	155.2	633.0	.3166	1.1705
101	215.2	200.5	1.397	36.34	156.4	633.1	.3187	1.1691
102	218.6	203.9	1.375	36.29	157.6	633.2	.3207	1.1677
103	222.0	207.3	1.354	36.23	158.7	633.3	.3228	1.1663
104	225.4	210.7	1.334	36.18	159.9	633.4	0.3248	1.1649
105	228.9	214.2	1.313	36.12	161.1	633.4	.3269	1.1635
106	232.5	217.8	1.293	36.06	162.3	633.5	.3289	1.1621
107	236.0	221.3	1.274	36.01	163.5	633.6	.3310	1.1607
108	239.7	225.0	1.254	35.95	164.6	633.6	.3330	1.1593
109	243.3	228.6	1.235	35.90	165.8	633.7	0.3351	1.1580
110	247.0	232.3	1.217	35.84	167.0	633.7	.3372	1.1566
111	250.8	236.1	1.198	35.78	168.2	633.8	.3392	1.1552
112	254.5	239.8	1.180	35.72	169.4	633.8	.3413	1.1538
113	258.4	243.7	1.163	35.67	170.6	633.9	3433	1.1524
114	262.2	247.5	1.145	35.61	171.8	633.9	0.3453	1.1510
115	266.2	251.5	1.128	35.55	173.0	633.9	.3474	1.1497
116	270.1	255.4	1.112	35.49	174.2	634.0	.3495	1.1483
117	274.1	259.4	1.095	35.43	175.4	634.0	.3515	1.1469
118	278.2	263.5	1.079	35.38	176.6	634.0	.3535	1.1455
119	282.3	267.6	1.063	35.32	177.8	634.0	3556	1.1441
120	286.4	271.7	1.047	35.26	179.0	634.0	0.3576	1.1427
121	290.6	275.9	1.032	35.20	180.2	634.0	.3597	1.1414
122	294.8	280.1	1.017	35.14	181.4	634.0	.3618	1.1400
123	299.1	284.4	1.002	35.08	182.6	634.0	.3659	1.1386
124	303.4	288.7	0.987	35.02	183.9	634.0	.3659	1.1372
125	307.8	293.1	0.973	34.96	185.1	634.0	.3679	1.1358

1. -40°F 时的饱和液体基准值为零
2. 低于一个标准大气压的汞柱英寸数
3. 标准循环温度

水的特性

温度 (°F)	饱和压力 (磅 / 英寸^2, 绝对值)	重量 (磅 / 加仑)	比重 60/60°F	转换系数 (1) 磅 / 小时至 加仑 / 分钟
32	.0885	8.345	1.0013	.00199
40	.1217	8.345	1.0013	.00199
50	.1781	8.340	1.0007	.00199
60	.2653	8.334	1.0000	.00199
70	.3631	8.325	.9989	.00200
80	.5069	8.314	.9976	.00200
90	.6982	8.303	.9963	.00200
100	.9492	8.289	.9946	.00201
110	1.2748	8.267	.9919	.00201
120	1.6924	8.253	.9901	.00201
130	2.2225	8.227	.9872	.00202
140	2.8886	8.207	.9848	.00203
150	3.718	8.182	.9818	.00203
160	4.741	8.156	.9786	.00204
170	5.992	8.127	.9752	.00205
180	7.510	8.098	.9717	.00205
190	9.339	8.068	.9681	.00206
200	11.526	8.039	.9646	.00207
210	14.123	8.005	.9605	.00208
212	14.696	7.996	.9594	.00208
220	17.186	7.972	.9566	.00209
240	24.969	7.901	.9480	.00210
260	35.429	7.822	.9386	.00211
280	49.203	7.746	.9294	.00215
300	67.013	7.662	.9194	.00217
350	134.63	7.432	.8918	.00224
400	247.31	7.172	.8606	.00232
450	422.6	6.892	.8270	.00241
500	680.8	6.553	.7863	.00254
550	1045.2	6.132	.7358	.00271
600	1542.9	5.664	.6796	.00294
700	3093.7	3.623	.4347	.00460

1. 用转换系数乘以用每小时磅的流量值得到相当于每分钟加仑数的流量值。每加仑的重量基于 7.48 加仑 / 立方英尺。

www.control-valve.net 控制阀在线

饱和蒸汽的特性

绝对压力		真空度	温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热	比容
磅 / 英寸^2 P'	汞柱（英寸数）	（汞柱英寸数）	（°F）	（BTU/磅）	（BTU/磅）	H_g（BTU/磅）	V（英尺^3/磅）
0.20	0.41	29.51	53.14	21.21	1063.8	1085.0	1526.0
0.25	0.51	29.41	59.30	27.36	1060.3	1087.7	1235.3
0.30	0.61	29.31	64.47	32.52	1057.4	1090.0	1039.5
0.35	0.71	29.21	68.93	36.97	1054.9	1091.9	898.5
0.40	0.81	29.11	72.86	40.89	1052.7	1093.6	791.9
0.45	0.92	29.00	76.38	44.41	1050.7	1095.1	708.5
0.50	1.02	28.90	79.58	47.60	1048.8	1096.4	641.4
0.60	1.22	28.70	85.21	53.21	1045.7	1098.9	540.0
0.70	1.43	28.49	90.08	58.07	1042.9	1101.0	466.9
0.80	1.63	28.29	94.38	62.36	1040.4	1102.8	411.7
0.90	1.83	28.09	98.24	66.21	1038.3	1104.5	368.4
1.0	2.04	27.88	101.74	69.70	1036.3	1106.0	333.6
1.2	2.44	27.48	107.92	75.87	1032.7	1108.6	280.9
1.4	2.85	27.07	113.26	81.20	1029.6	1110.8	243.0
1.6	3.26	26.66	117.99	85.91	1026.9	1112.8	214.3
1.8	3.66	26.26	122.23	90.14	1024.5	1114.6	191.8
2.0	4.07	25.85	126.08	93.99	1022.2	1116.2	173.73
2.2	4.48	25.44	129.62	97.52	1020.2	1117.7	158.85
2.4	4.89	25.03	132.89	100.79	1018.3	1119.1	146.38
2.6	5.29	24.63	135.94	103.83	1016.5	1120.3	135.78
2.8	5.70	24.22	138.79	106.68	1014.8	1121.5	126.65
3.0	6.11	23.81	141.48	109.37	1013.2	1122.6	118.71
3.5	7.13	22.79	147.57	115.46	1009.6	1125.1	102.72
4.0	8.14	21.78	152.97	120.86	1006.4	1127.3	90.63
4.5	9.16	20.76	157.83	125.71	1003.6	1129.3	81.16
5.0	10.18	19.74	162.24	130.13	1001.0	1131.1	73.52
5.5	11.20	18.72	166.30	134.19	998.5	1132.7	67.24
6.0	12.22	17.70	170.06	137.96	996.2	1134.2	61.98
6.5	13.23	16.69	173.56	141.47	994.1	1135.6	57.50
7.0	14.25	15.67	176.85	144.76	992.1	1136.9	53.64
7.5	15.27	14.65	179.94	147.86	990.2	1138.1	50.29
8.0	16.29	13.63	182.86	150.79	988.5	1139.3	47.34
8.5	17.31	12.61	185.64	153.57	986.8	1140.4	44.73
9.0	18.32	11.60	188.28	156.22	985.2	1141.4	42.40
9.5	19.34	10.58	190.80	158.75	983.6	1142.3	40.31
10.0	20.36	9.56	193.21	161.17	982.1	1143.3	38.42
11.0	22.40	7.52	197.75	165.73	979.3	1145.0	35.14
12.0	24.43	5.49	201.96	169.96	976.6	1146.6	32.40
13.0	26.47	3.45	205.88	173.91	974.2	1148.1	30.06
14.0	28.50	1.42	209.56	177.61	971.9	1149.5	28.04

www.control-valve.net

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅/英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 V
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/磅）	（BTU/磅）	（BTU/磅）	（英尺³/磅）
14.696	0.0	212.00	180.07	970.3	1150.4	26.80
15.0	0.3	213.03	181.11	969.7	1150.8	26.29
16.0	1.3	216.32	184.42	967.6	1152.0	24.75
17.0	2.3	219.44	187.56	965.5	1153.1	23.39
18.0	3.3	222.41	190.56	963.6	1154.2	22.17
19.0	4.3	225.24	193.42	961.9	1155.3	21.08
20.0	5.3	227.96	196.16	960.1	1156.3	20.089
21.0	6.3	230.57	198.79	958.4	1157.2	19.192
22.0	7.3	233.07	201.33	956.8	1158.1	18.375
23.0	8.3	235.49	203.78	955.2	1159.0	17.627
24.0	9.3	237.82	206.14	953.7	1159.8	16.938
25.0	10.3	240.07	208.42	952.1	1160.6	16.303
26.0	11.3	242.25	210.62	950.7	1161.3	15.715
27.0	12.3	244.36	212.75	949.3	1162.0	15.170
28.0	13.3	246.41	214.83	947.9	1162.7	14.663
29.0	14.3	248.40	216.86	946.5	1163.4	4.189
30.0	15.3	250.33	218.82	945.3	1164.1	13.746
31.0	16.3	252.22	220.73	944.0	1164.7	13.330
32.0	17.3	254.05	222.59	942.8	1165.4	12.940
33.0	18.3	255.84	224.41	941.6	1166.0	12.572
34.0	19.3	257.58	226.18	940.3	1166.5	12.226
35.0	20.3	259.28	227.91	939.2	1167.1	11.898
36.0	21.3	260.95	229.60	938.0	1167.6	11.588
37.0	22.3	262.57	231.26	936.9	1168.2	11.294
38.0	23.3	264.16	232.89	935.8	1168.7	11.015
39.0	24.3	265.72	234.48	934.7	1169.2	10.750
40.0	25.3	267.25	236.03	933.7	1169.7	10.498
41.0	26.3	268.74	237.55	932.6	1170.2	10.258
42.0	27.3	270.21	239.04	931.6	1170.7	10.029
43.0	28.3	271.64	240.51	930.6	1171.1	9.810
44.0	29.3	273.05	241.95	929.6	1171.6	9.601
45.0	30.3	274.44	243.36	928.6	1172.0	9.401
46.0	31.3	275.80	244.75	927.7	1172.4	9.209
47.0	32.3	277.13	246.12	926.7	1172.9	9.025
48.0	33.3	278.45	247.47	925.8	1173.3	8.848
49.0	34.3	279.74	248.79	924.9	1173.7	8.678
50.0	35.3	281.01	250.09	924.0	1174.1	8.515
51.0	36.3	282.26	251.37	923.0	1174.4	8.359
52.0	37.3	283.49	252.63	922.2	1174.8	8.208
53.0	38.3	284.70	253.87	921.3	1175.2	8.062
54.0	39.3	285.90	255.09	920.5	1175.6	7.922

（续）

www.control-valve.net

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅 / 英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 ∇
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（英尺³/ 磅）
55.0	40.3	287.07	256.30	919.6	1175.9	7.787
56.0	41.3	288.23	257.50	918.8	1176.3	7.656
57.0	42.3	289.37	258.67	917.9	1176.6	7.529
58.0	43.3	290.50	259.82	917.1	1176.9	7.407
59.0	44.3	291.61	260.96	916.3	1177.3	7.289
60.0	45.3	292.71	262.09	915.5	1177.6	7.175
61.0	46.3	293.79	263.20	914.7	1177.9	7.064
62.0	47.3	294.85	264.30	913.9	1178.2	6.957
63.0	48.3	295.90	265.38	913.1	1178.5	6.853
64.0	49.3	296.94	266.45	912.3	1178.8	6.752
65.0	50.3	297.97	267.50	911.6	1179.1	6.655
66.0	51.3	298.99	268.55	910.8	1179.4	6.560
67.0	52.3	299.99	269.58	910.1	1179.7	6.468
68.0	53.3	300.98	270.60	909.4	1180.0	6.378
69.0	54.3	301.96	291.61	908.7	1180.3	6.291
70.0	55.3	302.92	272.61	907.9	1180.6	6.206
71.0	56.3	303.88	273.60	907.2	1180.8	6.124
72.0	57.3	304.83	274.57	906.5	1181.1	6.044
73.0	58.3	305.76	275.54	905.8	1181.3	5.966
74.0	59.3	306.68	276.49	905.1	1181.6	5.890
75.0	60.3	307.60	277.43	904.5	1181.9	5.816
76.0	61.3	308.50	278.37	903.7	1182.1	5.743
77.0	62.3	309.40	279.30	903.1	1182.4	5.673
78.0	63.3	310.29	280.21	902.4	1182.6	5.604
79.0	64.3	311.16	281.12	901.7	1182.8	5.537
80.0	65.3	312.03	282.02	901.1	1183.1	5.472
81.0	66.3	312.89	282.91	900.4	1183.3	5.408
82.0	67.3	313.74	283.79	899.7	1183.5	5.346
83.0	68.3	314.59	284.66	899.1	1183.8	5.285
84.0	69.3	315.42	285.53	898.5	1184.0	5.226
85.0	70.3	316.25	286.39	897.8	1184.2	5.168
86.0	71.3	317.07	287.24	897.2	1184.4	5.111
87.0	72.3	317.88	288.08	896.5	1184.6	5.055
88.0	73.3	318.68	288.91	895.9	1184.8	5.001
89.0	74.3	319.48	289.74	895.3	1185.1	4.948
90.0	75.3	320.27	290.56	894.7	1185.3	4.896
91.0	76.3	321.06	291.38	894.1	1185.5	4.845
92.0	77.3	321.83	292.18	893.5	1185.7	4.796
93.0	78.3	322.60	292.98	892.9	1185.9	4.747
94.0	79.3	323.36	293.78	892.3	1186.1	4.699
95.0	80.3	324.12	294.56	891.7	1186.2	4.652
96.0	81.3	324.87	295.34	891.1	1186.4	4.606
97.0	82.3	325.61	296.12	890.5	1186.6	4.561
98.0	83.3	326.35	296.89	889.9	1186.8	4.517
99.0	84.3	327.08	297.65	889.4	1187.0	4.474

（续）

www.control-valve.net

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅/英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 ∇
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/磅）	（BTU/磅）	（BTU/磅）	（英尺³/磅）
100.0	85.3	327.81	298.40	888.8	1187.2	4.432
101.0	86.3	328.53	299.15	888.2	1187.4	4.391
102.0	87.3	329.25	299.90	887.6	1167.5	4.350
103.0	88.3	329.96	300.64	887.1	1187.7	4.310
104.0	89.3	330.66	301.37	886.5	1187.9	4.271
105.0	90.3	331.36	302.10	886.0	1188.1	4.232
106.0	91.3	332.05	302.82	885.4	1188.2	4.194
107.0	92.3	332.74	303.54	884.9	1188.4	4.157
108.0	93.3	333.42	304.26	884.3	1188.6	4.120
109.0	94.3	334.10	304.97	883.7	1188.7	4.084
110.0	95.3	334.77	305.66	883.2	1188.9	4.049
111.0	96.3	335.44	306.37	882.6	1189.0	4.015
112.0	97.3	336.11	307.06	882.1	1189.2	3.981
113.0	98.3	336.77	307.75	881.6	1189.4	3.947
114.0	99.3	337.42	308.43	881.1	1189.5	3.914
115.0	100.3	338.07	309.11	880.6	1189.7	3.882
116.0	101.3	338.72	309.79	880.0	1189.8	3.850
117.0	102.3	339.36	310.46	879.5	1190.0	3.819
118.0	103.3	339.99	311.12	879.0	1190.1	3.788
119.0	104.3	340.62	311.78	878.4	1190.2	3.758
120.0	105.3	341.25	312.44	877.9	1190.4	3.728
121.0	106.3	341.88	313.10	877.4	1190.5	3.699
122.0	107.3	342.50	313.75	876.9	1190.7	3.670
123.0	108.3	343.11	314.40	876.4	1190.8	3.642
124.0	109.3	343.72	315.04	875.9	1190.9	3.614
125.0	110.3	344.33	315.68	875.4	1191.1	3.587
126.0	111.3	344.94	316.31	874.9	1191.2	3.560
127.0	112.3	345.54	316.94	874.4	1191.3	3.533
128.0	113.3	346.13	317.57	873.9	1191.5	3.507
129.0	114.3	346.73	318.19	873.4	1191.6	3.481
130.0	115.3	347.32	318.81	872.9	1191.7	3.455
131.0	116.3	247.90	319.43	872.5	1191.9	3.430
132.0	117.3	348.48	320.04	872.0	1192.0	3.405
133.0	118.3	349.06	320.65	871.5	1192.1	3.381
134.0	119.3	349.64	321.25	871.0	1192.2	3.357
135.0	120.3	350.21	321.85	870.6	1192.4	3.333
136.0	121.3	350.78	322.45	870.1	1192.5	3.310
137.0	122.3	351.35	323.05	869.6	1192.6	3.287
138.0	123.3	351.91	323.64	869.1	1192.7	3.264
139.0	124.3	352.47	324.23	868.7	1192.9	3.242
140.0	125.3	353.02	324.82	868.2	1193.0	3.220
141.0	126.3	353.57	325.40	867.7	1193.1	3.198
142.0	127.3	354.12	325.98	867.2	1193.2	3.177
143.0	128.3	354.67	326.56	866.7	1193.3	3.155
144.0	129.3	355.21	327.13	866.3	1193.4	3.134

（续）

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅 / 英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 ∇
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（英尺³/ 磅）
145.0	130.3	355.76	327.70	865.8	1193.5	3.114
146.0	131.3	356.29	328.27	865.3	1193.6	3.094
147.0	132.3	356.83	328.83	864.9	1193.8	3.074
148.0	133.3	357.36	329.39	864.5	1193.9	3.054
149.0	134.3	357.89	329.95	864.0	1194.0	3.034
150.0	135.3	358.42	330.51	863.6	1194.1	3.015
152.0	137.3	359.46	331.61	862.7	1194.3	2.977
154.0	139.3	360.49	332.70	861.8	1194.5	2.940
156.0	141.3	361.52	333.79	860.9	1194.7	2.904
158.0	143.3	362.53	334.86	860.0	1194.9	2.869
160.0	145.3	363.53	335.93	859.2	1195.1	2.834
162.0	147.3	364.53	336.98	858.3	1195.3	2.801
164.0	149.3	365.51	338.02	857.5	1195.5	2.768
166.0	151.3	366.48	339.05	856.6	1195.7	2.736
168.0	153.3	367.45	340.07	855.7	1195.8	2.705
170.0	155.3	368.41	341.09	854.9	1196.0	2.675
172.0	157.3	369.35	342.10	854.1	1196.2	2.645
174.0	159.3	370.29	343.10	853.3	1196.4	2.616
176.0	161.3	371.22	344.09	852.4	1196.5	2.587
178.0	163.3	372.14	345.06	851.6	1196.7	2.559
180.0	165.3	373.06	346.03	850.8	1196.9	2.532
182.0	167.3	373.96	347.00	850.0	1197.0	2.505
184.0	169.3	374.86	347.96	849.2	1197.2	2.479
186.0	171.3	375.75	348.92	848.4	1197.3	2.454
188.0	173.3	376.64	349.86	847.6	1197.5	2.429
190.0	175.3	377.51	350.79	846.8	1197.6	2.404
192.0	177.3	378.38	351.72	846.1	1197.8	2.380
194.0	179.3	379.24	352.64	845.3	1197.9	2.356
196.0	181.3	380.10	353.55	844.5	1198.1	2.333
198.0	183.3	380.95	354.46	843.7	1198.2	2.310
200.0	185.3	381.79	355.36	843.0	1198.4	2.288
205.0	190.3	383.86	357.58	841.1	1198.7	2.234
210.0	195.3	385.90	359.77	839.2	1199.0	2.183
215.0	200.3	387.89	361.91	837.4	1199.3	2.134
220.0	205.3	389.86	364.02	835.6	1199.6	2.087
225.0	210.3	391.79	366.09	833.8	1199.9	2.0422
230.0	215.3	393.68	368.13	832.0	1200.1	1.9992
235.0	220.3	395.54	370.14	830.3	1200.4	1.9579
240.0	225.3	397.37	372.12	828.5	1200.6	1.9183
245.0	230.3	399.18	274.08	826.8	1200.9	1.8803
250.0	235.3	400.95	376.00	825.1	1201.1	1.8438
255.0	240.3	402.70	377.89	823.4	1201.3	1.8086
260.0	245.3	404.42	379.76	821.8	1201.5	1.7748
265.0	250.3	406.11	381.60	820.1	1201.7	1.7422
270.0	255.3	407.78	383.42	818.5	1201.9	1.7107

（续）

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅 / 英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 V
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（英尺³/ 磅）
275.0	260.3	409.43	385.21	816.9	1202.1	1.6804
280.0	265.3	411.05	386.98	815.3	1202.3	1.6511
285.0	270.3	412.65	388.73	813.7	1202.4	1.6228
290.0	275.3	414.23	390.46	812.1	1202.6	1.5954
295.0	280.3	415.79	392.16	810.5	1202.7	1.5689
300.0	285.3	417.33	383.84	809.0	1202.8	1.5433
320.0	305.3	423.29	400.39	803.0	1203.4	1.4485
340.0	325.3	428.97	406.66	797.1	1203.7	1.3645
360.0	345.3	434.40	412.67	791.4	1204.1	1.2895
380.0	365.3	439.60	418.45	785.8	1204.3	1.2222
400.0	385.3	444.59	424.0	780.5	1204.5	1.1613
420.0	405.3	449.39	429.4	775.2	1204.6	1.1061
440.0	425.3	454.02	434.6	770.0	1204.6	1.0556
460.0	445.3	458.50	439.7	764.9	1204.6	1.0094
480.0	465.3	462.82	444.6	759.9	1204.5	0.9670
500.0	485.3	467.01	449.4	755.0	1204.4	0.9278
520.0	505.3	471.07	454.1	750.1	1204.2	0.8915
540.0	525.3	475.01	458.6	745.4	1204.0	0.8578
560.0	545.3	478.85	463.0	740.8	1203.8	0.8265
580.0	565.3	482.58	467.4	736.1	1203.5	0.7973
600.0	585.3	486.21	471.6	731.6	1203.2	0.7698
620.0	605.3	489.75	475.7	727.2	1202.9	0.7440
640.0	625.3	493.21	479.8	722.7	1202.5	0.7198
660.0	645.3	496.58	483.8	718.3	1202.1	0.6971
680.0	665.3	499.88	487.7	714.0	1201.7	0.6757
700.0	685.3	503.10	491.5	709.7	1201.2	0.6554
720.0	705.3	506.25	495.3	705.4	1200.7	0.6362
740.0	725.3	509.34	499.0	701.2	1200.2	0.6180
760.0	745.3	512.36	502.6	697.1	1199.7	0.6007
780.0	765.3	515.33	506.2	692.9	1199.1	0.5843
800.0	785.3	518.23	509.7	688.9	1198.6	0.5687
820.0	805.3	521.08	513.2	684.8	1198.0	0.5538
840.0	825.3	523.88	516.6	680.8	1197.4	0.5396
860.0	845.3	526.63	520.0	676.8	1196.8	0.5260
880.0	865.3	529.33	523.3	672.8	1196.1	0.5130
900.0	885.3	531.98	526.6	668.8	1195.4	0.5006
920.0	905.3	534.59	529.8	664.9	1194.7	0.4886
940.0	925.3	537.16	533.0	661.0	1194.0	0.4772
960.0	945.3	539.68	536.2	657.1	1193.3	0.4663
980.0	965.3	542.17	539.3	653.3	1195.6	0.4557
1000.0	985.3	544.61	542.4	649.4	1191.8	0.4456
1050.0	1035.3	550.57	550.0	639.9	1189.9	0.4218
1100.0	1085.3	556.31	557.4	630.4	1187.8	0.4001
1150.0	1135.3	561.86	564.6	621.0	1185.6	0.3802
1200.0	1185.3	567.22	571.7	611.7	1183.4	0.3619

（续）

饱和蒸汽的特性（续）

压力（磅 / 英寸²）		温度 t	液体热量	蒸发潜热	总蒸汽热 H_g	比容 ∇
绝对压力 P'	表压 P	（°F）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（BTU/ 磅）	（英尺³/ 磅）
1250.0	1235.3	572.42	578.6	602.4	1181.0	0.3450
1300.0	1285.3	577.46	585.4	593.2	1178.6	0.3293
1350.0	1335.3	582.35	592.1	584.0	1176.1	0.3148
1400.0	1385.3	587.10	598.7	574.7	1173.4	0.3012
1450.0	1435.3	591.73	605.2	565.5	1170.7	0.2884
1500.0	1485.3	596.23	611.6	556.3	1167.9	0.2765
1600.0	1585.3	604.90	624.1	538.0	1162.1	0.2548
1700.0	1685.3	613.15	636.3	519.6	1155.9	0.2354
1800.0	1785.3	621.03	648.3	501.1	1149.4	0.2179
1900.0	1885.3	628.58	660.1	482.4	1142.4	0.2021
2000.0	1985.3	635.82	671.7	463.4	1135.1	0.1878
2100.0	2085.3	642.77	683.3	444.1	1127.4	0.1746
2200.0	2185.3	649.46	694.8	424.4	1119.2	0.1625
2300.0	2285.3	655.91	706.5	403.9	1110.4	0.1513
2400.0	2385.3	662.12	718.4	382.7	1101.1	0.1407
2500.0	2485.3	668.13	730.6	360.5	1091.1	0.1307
2600.0	2585.3	673.94	743.0	337.2	1080.2	0.1213
2700.0	2685.3	679.55	756.2	312.1	1068.3	0.1123
2800.0	2785.3	684.99	770.1	284.7	1054.8	0.1035
2900.0	2885.3	690.26	785.4	253.6	1039.0	0.0947
3000.0	2985.3	695.36	802.5	217.8	1020.3	0.0858
3100.0	3085.3	700.31	825.0	168.1	993.1	0.0753
3200.0	3185.3	705.11	872.4	62.0	934.4	0.0580
3206.2	3191.5	705.40	902.7	0.0	902.7	0.0503

www.control-valve.net

过热蒸汽的特性

∇= 比容，英尺^3/磅

h_g= 总蒸汽热，Btu/磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力 P'	表压 P	温度 t		360°	400°	440°	480°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1200°
14.696	0.0	212.00	∇	33.03	34.68	36.32	37.96	38.78	42.86	46.94	51.00	55.07	59.13	67.25
			h_g	1221.1	1239.9	1258.8	1277.6	1287.1	1334.8	1383.2	1432.3	1482.3	1533.1	1637.5
20.0	5.3	227.96	∇	24.21	25.43	26.65	27.86	28.46	31.47	34.47	37.46	40.45	43.44	49.41
			h_g	1220.3	1239.2	1258.2	1277.1	1286.6	1334.4	1382.9	1432.1	1482.1	1533.0	1637.4
30.0	15.3	250.33	∇	16.072	16.897	17.714	18.528	18.933	20.95	22.96	24.96	26.95	28.95	32.93
			h_g	1218.6	1237.9	1257.0	1276.2	1285.7	1333.8	1382.4	1431.7	1481.8	1532.7	1637.2
40.0	25.3	267.25	∇	12.001	12.628	13.247	13.862	14.168	15.688	17.198	18.702	20.20	21.70	24.69
			h_g	1216.9	1236.5	1255.9	1275.2	1284.8	1333.1	1381.9	1431.3	1481.4	1532.4	1637.0
50.0	35.3	281.01	∇	9.557	10.065	10.567	11.062	11.309	12.532	13.744	14.950	16.152	17.352	19.747
			h_g	1215.2	1235.1	1254.7	1274.2	1283.9	1332.5	1381.4	1430.9	1481.1	1532.1	1636.8
60.0	45.3	292.71	∇	7.927	8.357	8.779	9.196	9.403	10.427	11.441	12.449	13.452	14.454	16.451
			h_g	1213.4	1233.6	1253.5	1273.2	1283.0	1331.8	1380.9	1430.5	1480.8	1531.9	1636.6
70.0	55.3	302.92	∇	6.762	7.136	7.502	7.863	8.041	8.924	9.796	10.662	11.524	12.383	14.097
			h_g	1211.5	1232.1	1252.3	1272.2	1282.0	1331.1	1380.4	1430.1	1480.5	1531.6	1636.3
80.0	65.3	312.03	∇	5.888	6.220	6.544	6.862	7.020	7.797	8.562	9.322	10.077	10.830	12.332
			h_g	1209.7	1230.7	1251.1	1271.1	1281.1	1330.5	1379.9	1429.7	1480.1	1531.3	1636.2
90.0	75.3	320.27	∇	5.208	5.508	5.799	6.084	6.225	6.920	7.603	8.279	8.952	9.623	10.959
			h_g	1207.7	1229.1	1249.8	1270.1	1280.1	1329.8	1379.4	1429.3	1479.8	1531.0	1635.9
100.0	85.3	327.81	∇	4.663	4.937	5.202	5.462	5.589	6.218	6.835	7.446	8.052	8.656	9.860
			h_g	1205.7	1227.6	1248.6	1269.0	1279.1	1329.1	1378.9	1428.9	1479.5	1530.8	1635.7

（续）

过热蒸汽的特性（续）

∇= 比容，英尺^3/ 磅

h_g= 总蒸汽热， Btu/ 磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力 P'	表压 P	温度 t		360°	400°	440°	480°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1200°
120.0	105.3	341.25	∇	3.844	4.081	4.307	4.527	4.636	5.165	5.683	6.195	6.702	7.207	8.212
			h_g	1201.6	1224.4	1246.0	1266.9	1277.2	1327.7	1377.8	1428.1	1478.8	1530.2	1635.3
140.0	125.3	353.02	∇	3.258	3.468	3.667	3.860	3.954	4.413	4.861	5.301	5.738	6.172	7.035
			h_g	1197.3	1221.1	1243.3	1264.7	1275.2	1326.4	1376.8	1427.3	1478.2	1529.7	1634.9
160.0	145.3	363.53	∇	---	3.008	3.187	3.359	3.443	3.849	4.244	4.631	5.015	5.396	6.152
			h_g	---	1217.6	1240.6	1262.4	1273.1	1325.0	1375.7	1426.4	1477.5	1529.1	1634.5
180.0	165.3	373.06	∇	---	2.649	2.813	2.969	3.044	3.411	3.764	4.110	4.452	4.792	5.466
			h_g	---	1214.0	1237.8	1260.2	1271.0	1323.5	1374.7	1425.6	1476.8	1528.6	1634.1
200.0	185.3	381.79	∇	---	2.361	2.513	2.656	2.726	3.060	3.380	3.696	4.002	4.309	4.917
			h_g	---	1210.3	1234.9	1257.8	1268.9	1322.1	1373.6	1424.8	1476.2	1528.0	1633.7
220.0	205.3	389.86	∇	---	2.125	2.267	2.400	2.465	2.772	3.066	3.352	3.634	3.913	4.467
			h_g	---	1206.5	1231.9	1255.4	1266.7	1320.7	1372.6	1424.0	1475.5	1527.5	1633.3
240.0	225.3	397.37	∇	---	1.9276	2.062	2.187	2.247	2.533	2.804	3.068	3.327	3.584	4.093
			h_g	---	1202.5	1228.8	1253.0	1264.5	1319.2	1371.5	1423.2	1474.8	1526.9	1632.9
260.0	245.3	404.42	∇	---	---	1.8882	2.006	2.063	2.330	2.582	2.827	3.067	3.305	3.776
			h_g	---	---	1225.7	1250.5	1262.3	1317.7	1370.4	1422.3	1474.2	1526.3	1632.5
280.0	265.3	411.05	∇	---	---	1.7388	1.8512	1.9047	2.156	2.392	2.621	2.845	3.066	3.504
			h_g	---	---	1222.4	1247.9	1260.0	1316.2	1369.4	1421.5	1473.5	1525.8	1632.1
300.0	285.3	417.33	∇	---	---	1.6090	1.7165	1.7675	2.005	2.227	2.442	2.652	2.859	3.269
			h_g	---	---	1219.1	1245.3	1257.6	1314.7	1368.3	1420.6	1472.8	1525.2	1631.7

（续）

过热蒸汽的特性（续）

∇= 比容，英尺^3/ 磅

h_g= 总蒸汽热， Btu/ 磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力 P'	表压 P	温度 t		360°	400°	440°	480°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1200°
320.0	305.3	423.29	∇	---	---	1.4950	1.5985	1.6472	1.8734	2.083	2.285	2.483	2.678	3.063
			h_g	---	---	1215.6	1242.6	1255.2	1313.2	1367.2	1419.8	1472.1	1524.7	1631.3
340.0	325.3	428.97	∇	---	---	1.3941	1.4941	1.5410	1.7569	1.9562	2.147	2.334	2.518	2.881
			h_g	---	---	1212.1	1239.9	1252.8	1311.6	1366.1	1419.0	1471.5	1524.1	1630.9
360.0	345.3	434.40	∇	---	---	1.3041	1.4012	1.4464	1.6533	1.8431	2.025	2.202	2.376	2.719
			h_g	---	---	1208.4	1237.1	1250.3	1310.1	1365.0	1418.1	1470.8	1523.5	1630.5

（续）

过热蒸汽的特性（续）

∇= 比容，英尺^3/磅

h_g=总蒸汽热，Btu/磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力P'	表压P	温度t		500°	540°	600°	640°	660°	700°	740°	800°	900°	1000°	1200°
380.0	365.3	439.60	∇ h_g	1.3616 1247.7	1.444 1273.1	1.5605 1308.5	1.6345 1331.0	1.6707 1342.0	1.7419 1363.8	1.8118 1385.3	1.9149 1417.3	2.083 1470.1	2.249 1523.0	2.575 1630.0
400.0	385.3	444.59	∇ h_g	1.2851 1245.1	1.3652 1271.0	1.4770 1306.9	1.5480 1329.6	1.5827 1340.8	1.6508 1362.7	1.7177 1384.3	1.8161 1416.4	1.9767 1469.4	2.134 1522.4	2.445 1629.6
420.0	405.3	449.39	∇ h_g	1.2158 1242.5	1.2935 1268.9	1.4014 1305.3	1.4697 1328.3	1.5030 1339.5	1.5684 1361.6	1.6324 1383.3	1.7267 1415.5	1.8802 1468.7	2.031 1521.9	2.327 1629.2
440.0	425.3	454.02	∇ h_g	1.1526 1239.8	1.2282 1266.7	1.3327 1303.6	1.3984 1326.9	1.4306 1338.2	1.4934 1360.4	1.5549 1382.3	1.6454 1414.7	1.7925 1468.1	1.9368 1521.3	2.220 1628.8
460.0	445.3	458.50	∇ h_g	1.0948 1237.0	1.1685 1264.5	1.2698 1302.0	1.3334 1325.4	1.3644 1336.9	1.4250 1359.3	1.4842 1381.3	1.5711 1413.8	1.7124 1467.4	1.8508 1520.7	2.122 1628.4
480.0	465.3	462.82	∇ h_g	1.0417 1234.2	1.1138 1262.3	1.2122 1300.3	1.2737 1324.0	1.3038 1335.6	1.3622 1358.2	1.4193 1380.3	1.5031 1412.9	1.6390 1466.7	1.7720 1520.2	2.033 1628.0
500.0	485.3	467.01	∇ h_g	0.9927 1231.3	1.0633 1260.0	1.1591 1298.6	1.2188 1322.6	1.2478 1334.2	1.3044 1357.0	1.3596 1379.3	1.4405 1412.1	1.5715 1466.0	1.6996 1519.6	1.9504 1627.6
520.0	505.3	471.07	∇ h_g	0.9473 1228.3	1.0166 1257.7	1.1101 1296.9	1.1681 1321.1	1.1962 1332.9	1.2511 1355.8	1.3045 1378.2	1.3826 1411.2	1.5091 1465.3	1.6326 1519.0	1.8743 1627.2
540.0	525.3	475.01	∇ h_g	0.9052 1225.3	0.9733 1255.4	1.0646 1295.2	1.1211 1319.7	1.1485 1331.5	1.2017 1354.6	1.2535 1377.2	1.3291 1410.3	1.4514 1464.6	1.5707 1518.5	1.8039 1626.8
560.0	545.3	478.85	∇ h_g	0.8659 1222.2	0.9330 1253.0	1.0224 1293.4	1.0775 1318.2	1.1041 1330.2	1.1558 1353.5	1.2060 1376.1	1.2794 1409.4	1.3978 1463.9	1.5132 1517.9	1.7385 1626.4
580.0	565.3	482.58	∇ h_g	0.8291 1219.0	0.8954 1250.5	0.9830 1291.7	1.0368 1316.7	1.0627 1328.8	1.1331 1352.3	1.1619 1375.1	1.2331 1408.6	1.3479 1463.2	1.4596 1517.3	1.6776 1626.0
600.0	585.3	486.21	∇ h_g	0.7947 1215.7	0.8602 1248.1	0.9463 1289.9	0.9988 1315.2	1.0241 1327.4	1.0732 1351.1	1.1207 1374.0	1.1899 1407.7	1.3013 1462.5	1.4096 1516.7	1.6208 1625.5

（续）

过热蒸汽的特性（续）

∇= 比容，英尺^3/ 磅

h_g= 总蒸汽热， Btu/磅

压力（磅 / 英寸^2）		饱和		总体温度 – 华氏温度（t）										
绝对压力 P'	表压 P	温度 t		500°	540°	600°	640°	660°	700°	740°	800°	900°	1000°	1200°
620.0	605.3	489.75	∇ h_g	0.7624 1212.4	0.8272 1245.5	0.9118 1288.1	0.9633 1313.7	0.9880 1326.0	1.0358 1349.9	1.0821 1373.0	1.1494 1406.8	1.2577 1461.8	1.3628 15616.2	1.5676 1625.1
640.0	625.3	493.21	∇ h_g	0.7319 1209.0	0.7963 1243.0	0.8795 1286.2	0.9299 1312.2	0.9541 1324.6	1.0008 1348.6	1.0459 1371.9	1.1115 1405.9	1.2168 1461.1	1.3190 1515.6	1.5178 1624.7
660.0	645.3	496.58	∇ h_g	0.7032 1205.4	0.7670 1240.4	0.8491 128.44	0.8985 1310.6	0.9222 1323.2	0.9679 1347.4	1.0119 1370.8	1.0759 1405.0	1.1784 1460.4	1.2778 1515.0	1.4709 1624.3
680.0	665.3	499.88	∇ h_g	0.6759 1201.8	0.7395 1237.7	0.8205 1282.5	0.8690 1309.1	0.8922 1321.7	0.9369 1346.2	0.9800 1369.8	1.0424 1404.1	1.1423 1459.7	1.2390 1514.5	1.4269 1623.9
700.0	685.3	503.10	∇ h_g	--- ---	0.7134 1235.0	0.7934 1280.6	0.8411 1307.5	0.8639 1320.3	0.9077 1345.0	0.9498 1368.7	1.0108 1403.2	1.1082 1459.2	1.2024 1513.9	1.3853 1623.5
750.0	735.3	510.86	∇ h_g	--- ---	0.6540 1227.9	0.7319 1275.7	0.7778 1303.5	0.7996 1316.6	0.8414 1341.8	0.8813 1366.0	0.9391 1400.9	1.0310 1457.2	1.1196 1512.4	1.2912 1622.4
800.0	785.3	518.23	∇ h_g	--- ---	0.6015 1220.5	0.6779 1270.7	0.7223 1299.4	0.7433 1312.9	0.7833 1338.6	0.8215 1363.2	0.8763 1398.6	0.9633 1455.4	1.0470 1511.0	1.2088 1621.4
850.0	835.3	525.26	∇ h_g	--- ---	0.5546 1212.7	0.6301 1265.5	0.6732 1295.2	0.6934 1309.0	0.7320 1335.4	0.7685 1360.4	0.8209 1396.3	0.9037 1453.6	0.9830 1509.5	1.1360 1620.4
900.0	885.3	531.98	∇ h_g	--- ---	0.5124 1204.4	0.5873 1260.1	0.6294 1290.9	0.6491 1305.1	0.6863 1332.1	0.7215 1357.5	0.7716 1393.9	0.8506 1451.8	0.9262 1508.1	1.0714 1619.3
950.0	935.3	538.42	∇ h_g	--- ---	0.4740 1195.5	0.5489 1254.6	0.5901 1286.4	0.6092 1301.1	0.6453 1328.7	0.6793 1354.7	0.7275 1391.6	0.8031 1450.0	0.8753 1506.6	1.0136 1618.3
1000.0	985.3	544.61	∇ h_g	--- ---	--- ---	0.5140 1248.8	0.5546 1281.9	0.5733 1297.0	0.6084 1325.3	0.6413 1351.7	0.6878 1389.2	0.7604 1448.2	0.8294 1505.1	0.9615 1617.3

（续）

过热蒸汽的特性（续）

V=比容，英尺^3/磅

h_g=总蒸汽热， Btu/磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力P'	表压P	温度t		660°	700°	740°	760°	780°	800°	860°	900°	1000°	1100°	1200°
1100.0	1085.3	556.31	V	0.5110	0.5445	0.5755	0.5904	0.6049	0.6191	0.6601	0.6866	0.7503	0.8177	0.8716
			h_g	1288.5	1318.3	1345.8	1358.9	1371.7	1384.3	1420.8	1444.5	1502.2	1558.8	1615.2
1200.0	1185.3	567.22	V	0.4586	0.4909	0.5206	0.5347	0.5484	0.5617	0.6003	0.6250	0.6843	0.7412	0.7967
			h_g	1279.6	1311.0	1339.6	1353.2	1366.4	1379.3	1416.7	1440.7	1499.2	1556.4	1613.1
1300.0	1285.3	577.46	V	0.4139	0.4454	0.4739	0.4874	0.5004	0.5131	0.5496	0.5728	0.6284	0.6816	0.7333
			h_g	1270.2	1303.4	1333.3	1347.3	1361.0	1374.3	1412.5	1437.0	1496.2	1553.9	1611.0
1400.0	1385.3	587.10	V	0.3753	0.4062	0.4338	0.4468	0.4593	0.4714	0.5061	0.5281	0.5805	06305	0.6789
			h_g	1260.3	1295.5	1326.7	1341.3	1355.4	1369.1	1408.2	1433.1	1493.2	1551.4	1608.9
1500.0	1485.3	596.23	V	0.3413	0.3719	0.3989	0.4114	0.4235	0.4352	0.4684	0.4893	0.5390	0.5862	0.6318
			h_g	1249.8	1287.2	1320.0	1335.2	1349.7	1363.8	1403.9	1429.3	1490.1	1548.9	1606.8
1600.0	1585.3	604.90	V	0.3112	0.3417	0.3682	0.3804	0.3921	0.4034	0.4353	0.4553	0.5027	0.5474	0.5906
			h_g	1238.7	1278.7	1313.0	1328.8	1343.9	1358.4	1399.5	1425.3	1487.0	1546.4	1604.6
1700.0	1685.3	613.15	V	0.2842	0.3148	0.3410	0.3529	0.3643	0.3753	0.4061	0.4253	0.4706	0.5132	0.5542
			h_g	1226.8	1269.7	1305.8	1322.3	1337.9	1352.9	1395.0	1421.4	1484.0	1543.8	1602.5
1800.00	1785.3	621.03	V	0.2597	0.2907	0.3166	0.3284	0.3395	0.3502	0.3801	0.3986	0.4421	0.4828	0.5218
			h_g	1214.0	1260.3	1298.4	1315.5	1331.8	1347.2	1390.4	1417.4	1480.8	1541.3	1600.4
1900.0	1885.3	628.58	V	0.2371	0.2688	0.2947	0.3063	0.3173	0.3277	0.3568	0.3747	0.4165	0.4556	0.4929
			h_g	1200.2	1250.4	12906	1308.6	1325.4	1341.5	1385.8	1413.3	1477.7	1538.8	1598.2
2000.0	1985.3	635.82	V	0.2161	0.2489	0.2748	0.2863	0.2972	0.3074	0.3358	0.3532	0.3935	0.4311	0.4668
			h_g	1184.9	1240.0	1282.6	1301.4	1319.0	1335.5	1381.2	1409.2	1474.5	1536.2	1596.1
2100.0	2085.3	642.77	V	0.1962	0.2306	0.2567	0.2682	0.2789	0.2890	0.3167	0.3337	0.3727	0.4089	0.4433
			h_g	1167.7	1229.0	1274.3	1294.0	1312.3	1329.5	1376.4	1405.0	1471.4	1533.6	1593.9
2200.0	2185.3	649.46	V	0.1768	0.2135	0.2400	0.2514	0.2621	0.2721	0.2994	0.3159	0.3538	0.3837	0.4218
			h_g	1147.8	1217.4	1265.7	1286.3	1305.4	1323.3	1371.5	1400.8	1468.2	1531.1	1591.8

（续）

过热蒸汽的特性（续）

∇= 比容，英尺^3/磅

h_g= 总蒸汽热， Btu/磅

压力（磅/英寸^2）		饱和		总体温度－华氏温度（t）										
绝对压力 P'	表压 P	温度 t		660°	700°	740°	760°	780°	800°	860°	900°	1000°	1100°	1200°
2300.0	2285.3	655.91	∇	0.1575	0.1978	0.2247	0.2362	0.2468	0.2567	0.2835	0.2997	0.3365	0.3703	0.4023
			h_g	1123.8	1204.9	1256.7	1278.4	1298.4	1316.9	1366.6	1396.5	1464.9	1528.5	1589.6
2400.0	2385.3	662.12	∇	---	0.1828	0.2105	0.2221	0.2327	0.2425	0.2689	0.2848	0.3207	0.3534	0.3843
			h_g	---	1191.5	1247.3	1270.2	1291.1	1310.3	1361.6	1392.2	1461.7	1525.9	1587.4
2500.0	2485.3	668.13	∇	---	0.1686	0.1973	0.2090	0.2196	0.2294	0.2555	0.2710	0.3061	0.3379	0.3678
			h_g	---	1176.8	1237.6	1261.8	1283.6	1303.6	1356.5	1387.8	1458.4	1523.2	1585.3
2600.0	2585.3	673.94	∇	---	0.1549	0.1849	0.1967	0.2074	0.2172	0.2431	0.2584	0.2926	0.3236	0.3526
			h_g	---	1160.6	1227.3	1252.9	1275.8	1296.8	1351.4	1383.4	1455.1	1520.6	1583.1
2700.0	2685.3	679.55	∇	---	0.1415	0.1732	0.1853	0.1960	0.2059	0.2315	0.2466	0.2801	0.3103	0.3385
			h_g	---	1142.5	1216.5	1243.8	1267.9	1289.7	1346.1	1378.9	1451.8	1518.0	1580.9
2800.0	2785.3	684.99	∇	---	0.1281	0.1622	0.1745	0.1854	0.1953	0.2208	0.2356	0.2685	0.2979	0.3254
			h_g	---	1121.4	1205.1	1234.2	1259.6	1282.4	1340.8	1374.3	1448.5	1515.4	1578.7
2900.0	2885.3	690.26	∇	---	0.1143	0.1517	0.1644	0.1754	0.1853	0.2108	0.2254	0.2577	0.2864	0.3132
			h_g	---	1095.9	1193.0	1224.3	1251.1	1274.9	1335.3	1369.7	1445.1	1512.7	1576.5
3000.0	2985.3	695.36	∇	---	0.0984	0.1416	0.1548	0.1660	0.1760	0.2014	0.2159	0.2476	0.2757	0.3018
			h_g	---	1060.7	1180.1	1213.8	1242.2	1267.2	1329.7	1365.0	1441.8	1510.0	1574.3
3100.0	3085.3	700.31	∇	---	---	0.1320	0.1456	0.1571	0.1672	0.1926	0.2070	0.2382	0.2657	0.2911
			h_g	---	---	1166.2	1202.9	1233.0	1259.3	1324.1	1360.3	1438.4	1507.4	1572.1
3200.0	3185.3	705.11	∇	---	---	0.1226	0.1369	0.1486	0.1589	0.1843	0.1986	0.2293	0.2563	0.2811
			h_g	---	---	1151.1	1191.4	1223.5	1251.1	1318.3	1355.5	1434.9	1504.7	1569.9
3206.2	3191.5	705.40	∇	---	---	0.1220	0.1363	0.1480	0.1583	0.1838	0.1981	0.2288	0.2557	0.2806
			h_g	---	---	1150.2	1190.6	1222.9	1250.5	1317.9	1355.2	1434.7	1504.5	1569.8

管道内液体的速度

任何流动流体的平均速度可以通过下面的公式或对面页上的图解法计算得到。图解法是这个公式的图形化解法。

$$V = 183.3\frac{q}{d^2} = 0.408\frac{Q}{d^2} = 0.0509\frac{W}{d^2\rho}$$

(d的数值，可从第11章“管道数据”里的，“碳和合金钢－不锈钢表”中查出。)

60°F的水在壁厚号40的管道里的每100英尺的压力降和流速已经针对1/8-24英寸口径的管道的常用流量被计算出来。这些数值列于下面的表格。

例 1

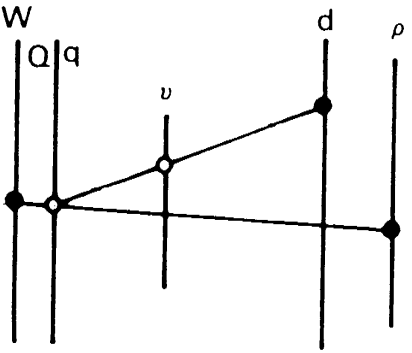
给定：比重0.898的3号燃油在60°F时以45,000磅/小时的流量流过一根2英寸口径壁厚号40的管道。

发现：加仑/分钟的流量和管道里的平均流速。

解答：

P=56.02= 以磅/英尺^{3}的重量密度
(流体的比重乘以相同温度时的水的重量密度。)

连接		读数
W = 45,000	P = 56.02	Q = 100
Q = 100	2" 口径，壁厚号 40	v = 10



例 2：

给定：通过壁厚号40管道的最大流速限定于12英尺/秒时，液体的最大流量为300加仑/分钟。

发现：合适的最小的管道口径和通过该管道的流速。

解答：

连接		读数
Q = 300	V = 12	d = 3.2
3-1/2″ 口径壁厚号 40 的管道是合适的		
Q = 300	3-1/2" 口径壁厚号 40	v = 10

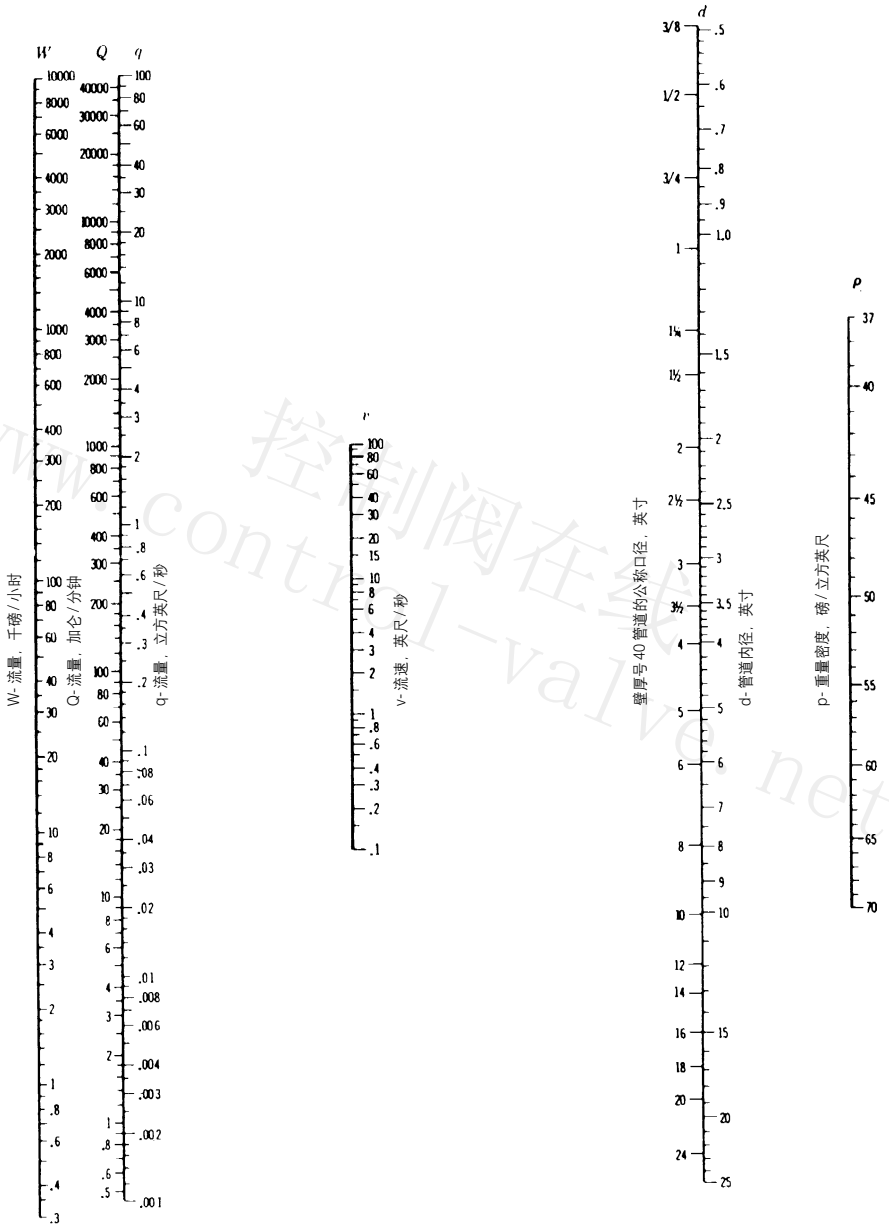
水流过管道的合理速度

工况条件	合理速度 (英尺/秒)
锅炉给水	8 至 15
泵吸入口和排放管线	4 至 7
一般工况	4 至 10
城市	至 7

摘自技术论文第410号，*流体的流动*，获得Crane公司的许可。

www.control-valve.net 管阀门在线

管道内液体的速度（续）



www.control-valve.net 控制阀在线

水流过壁厚号40的钢管

排量		60°F的水在壁厚号40的管道里的每100英尺压力降和速度															
加仑/分钟	英尺³/秒	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)	速度(英尺/秒)	压降(PSI)
		1/8"		1/4"													
.2	0.000446	1.13	1.86	0.616	0.359	3/8"		1/2"									
.3	0.000668	1.69	4.22	0.924	0.903	0.504	0.159	0.317	0.061								
.4	0.000891	2.26	6.98	1.23	1.61	0.672	0.345	0.422	0.086	3/4"							
.5	0.00111	2.82	10.5	1.54	2.39	0.840	0.539	0.528	0.167	0.301	0.033						
.6	0.00134	3.39	14.7	1.85	3.29	1.01	0.751	0.633	0.240	0.361	0.041						
.8	0.00178	4.52	25.0	2.46	5.44	1.34	1.25	0.844	0.408	0.481	0.102	1"					
1	0.00223	5.65	37.2	3.08	8.28	1.68	1.85	1.06	0.600	0.602	0.155	0.371	0.048	1-1/4"			
2	0.00446	11.29	134.4	6.16	30.1	3.36	6.58	2.11	2.10	1.20	0.526	0.743	0.164	0.429	0.044	1-1/2"	
3	0.00668			9.25	64.1	5.04	13.9	3.17	4.33	1.81	1.09	1.114	0.336	0.644	0.090	0.473	0.043
4	0.00891			12.33	111.2	6.72	23.9	4.22	7.42	2.41	1.83	1.49	0.565	0.858	0.150	0.630	0.071
5	0.01114	2"				8.40	36.7	5.28	11.2	3.01	2.75	1.86	0.835	1.073	0.223	0.788	0.104
6	0.01337	0.574	0.044			10.08	51.9	6.33	15.8	3.61	3.84	2.23	1.17	1.29	0.309	0.946	0.145
8	0.01782	0.765	0.073	2-1/2"		13.44	91.1	8.45	27.7	4.81	6.60	2.97	1.99	1.72	0.518	1.26	0.241
10	0.02228	0.956	0.108	0.670	0.046			10.56	42.4	6.02	9.99	3.71	2.99	2.15	0.774	1.58	0.361
15	0.03342	1.43	0.224	1.01	0.094	3"				9.03	21.6	5.57	6.36	3.22	1.63	2.37	0.755
20	0.04456	1.91	0.375	1.34	0.158	0.868	0.056	3-1/2"		12.03	37.8	7.43	10.9	4.29	2.78	3.16	1.28
25	0.05570	2.39	0.561	1.68	0.234	1.09	0.083	0.812	0.041			9.28	16.7	5.37	4.22	3.94	1.93
30	0.06684	2.87	0.786	2.01	0.327	1.30	0.114	0.974	0.056	4"		11.14	23.8	6.44	5.92	4.73	2.72
35	0.07798	3.35	1.05	2.35	0.436	1.52	0.151	1.14	0.071	0.882	0.041	12.99	32.2	7.51	7.90	5.52	3.64
40	0.08912	3.83	1.35	2.68	0.556	1.74	0.192	1.30	0.095	1.01	0.052	14.85	41.5	8.59	10.24	6.30	4.65
45	0.1003	4.30	1.67	3.02	0.668	1.95	0.239	1.46	0.117	1.13	0.064			9.67	12.80	7.09	5.85

(续)

水流过壁厚号 40 的钢管（续）

排量		60°F的水在壁厚号 40 的管道里的每 100 英尺压力降和速度															
加仑/分钟	英尺³/秒	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）
50	0.1114	4.78	2.03	3.35	0.839	2.17	0.288	1.62	0.142	1.26	0.076	5"		10.74	15.66	7.88	7.15
60	0.1337	5.74	2.87	4.02	1.18	2.60	0.46	1.95	0.204	1.51	0.107			12.89	22.2	9.47	10.21
70	0.1560	6.70	3.84	4.69	1.59	3.04	0.540	2.27	0.261	1.76	0.143	1.12	0.047	6"		11.05	13.71
80	0.1782	7.65	4.97	5.36	2.03	3.47	0.687	2.60	0.334	2.02	0.180	1.28	0.060			12.62	17.59
90	0.2005	8.60	6.20	6.03	2.53	3.91	0.861	2.92	0.416	2.27	0.224	1.44	0.074			14.20	22.0
100	0.2228	9.56	7.59	6.70	3.09	4.34	1.05	3.25	0.509	2.52	0.272	1.60	0.090	1.11	0.036	15.78	26.9
125	0.2785	11.97	11.76	8.38	4.71	5.43	1.61	4.06	0.769	3.15	0.415	2.01	0.135	1.39	0.055	19.72	41.4
150	0.3342	14.36	16.70	10.05	6.69	6.51	2.24	4.87	1.08	3.78	0.580	2.41	0.190	1.67	0.077	8"	
175	0.3899	16.75	22.3	11.73	8.97	7.60	3.00	5.68	1.44	4.41	0.774	2.81	0.253	1.94	0.102		
200	0.4456	19.14	28.8	13.42	11.68	8.68	3.87	6.49	1.85	5.04	0.985	3.21	0.323	2.22	0.130		
225	0.5013	---	---	15.09	14.63	9.77	4.83	7.30	2.32	5.67	1.23	3.61	0.401	2.50	0.162	1.44	0.043
250	0.557	---	---	---	---	10.85	5.93	8.12	2.84	6.30	1.46	4.01	0.495	2.78	0.195	1.60	0.051
275	0.6127	---	---	---	---	11.94	7.14	8.93	3.40	6.93	1.79	4.41	0.583	3.05	0.234	1.76	0.061
300	0.6684	---	---	---	---	13.00	8.36	9.74	4.02	7.56	2.11	4.81	0.683	3.33	0.275	1.92	0.072
325	0.7241	---	---	---	---	14.12	9.89	10.53	4.09	8.19	2.47	5.21	0.797	3.61	0.320	2.08	0.083
350	0.7798	10"		---	---	---	---	11.36	5.41	8.82	2.84	5.62	0.919	3.89	0.367	2.24	0.095
375	0.8355			---	---	---	---	12.17	6.18	9.45	3.25	6.02	1.05	4.16	0.416	2.40	0.108
400	0.8912			---	---	---	---	12.98	7.03	10.08	3.68	6.42	1.19	4.44	0.471	2.56	0.121
425	0.9469			---	---	---	---	13.80	7.89	10.71	4.12	6.82	1.33	4.72	0.529	2.73	0.136
450	1.003			---	---	---	---	14.61	8.80	11.34	4.60	7.22	1.48	5.00	0.590	2.89	0.151
475	1.059	1.93	0.054			---	---	---	---	11.97	5.12	7.62	1.64	5.27	0.653	3.04	0.166
500	1.114	2.03	0.059			---	---	---	---	12.60	5.65	8.02	1.81	5.55	0.720	3.21	0.182

（续）

水流过壁厚号40的钢管（续）

排量		60°F的水在壁厚号40的管道里的每100英尺压力降和速度															
加仑/分钟	英尺³/秒	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）	速度（英尺/秒）	压降（PSI）
550	1.225	2.24	0.071			---	---	---	---	13.85	6.79	8.82	2.17	6.11	0.861	3.53	0.219
600	1.337	2.44	0.083			---	---	---	---	15.12	8.04	9.63	2.55	6.66	1.02	3.85	0.258
650	1.448	2.64	0.097			---	---	---	---	---	---	10.43	2.98	7.22	1.18	4.17	0.301
		10"		12"								5"		6"		8"	
700	1.560	2.85	0.112	2.01	0.047			---	---	---	---	11.23	3.43	7.78	1.35	4.49	0.343
750	1.671	3.05	0.127	2.15	0.054			---	---	---	---	12.03	3.92	8.33	1.55	4.81	0.392
800	1.782	3.25	0.143	2.29	0.061	14"		---	---	---	---	12.83	4.43	8.88	1.75	5.13	0.443
850	1.894	3.46	0.160	2.44	0.068	2.02	0.042	---	---	---	---	13.64	5.00	9.44	1.96	5.45	0.497
900	2.005	3.66	0.179	2.58	0.075	2.13	0.047	---	---	---	---	14.44	5.58	9.99	2.18	5.77	0.554
950	2.117	3.86	0.198	2.72	0.083	2.25	0.052			---	---	15.24	6.21	10.55	2.42	6.09	0.613
1000	2.228	4.07	0.218	2.87	0.091	2.37	0.057			---	---	16.04	6.84	11.10	2.68	6.41	0.675
1100	2.451	4.48	0.260	3.15	0.110	2.61	0.068	16"		---	---	17.65	8.23	12.22	3.22	7.05	0.807
1200	2.674	4.88	0.306	3.44	0.128	2.85	0.080	2.18	0.042	---	---	---	---	13.33	3.81	7.70	948
1300	2.896	5.29	0.355	3.73	0.150	3.08	0.093	2.36	0.048	---	---	---	---	14.43	4.45	8.33	1.11
1400	3.119	5.70	0.409	4.01	0.171	3.32	0.107	2.54	0.055					15.55	5.13	8.98	1.28
1500	3.342	6.10	0.466	4.30	0.195	3.56	0.122	2.72	0.063					16.66	5.85	9.62	1.46
1600	3.565	6.51	0.527	4.59	0.219	3.79	0.138	2.90	0.071	18"				17.77	6.61	10.26	1.65
1800	4.010	7.32	0.663	5.16	0.276	4.27	0.172	3.27	0.088	2.58	0.050			19.99	8.37	11.54	2.08
2000	4.456	8.14	0.808	5.73	0.339	4.74	0.209	3.63	0.107	2.87	0.060			22.21	10.3	12.82	2.55
2500	5.570	10.17	1.24	7.17	0.515	5.93	0.321	4.54	0.163	3.59	0.091	20"				16.03	3.94
3000	6.684	12.20	1.76	8.60	0.731	7.11	0.451	5.45	0.232	4.30	0.129	3.46	0.075			19.24	5.59
3500	7.798	14.24	2.38	10.03	0.982	8.30	0.607	6.35	0.312	5.02	0.173	4.04	0.101	24"		22.44	7.56
4000	8.912	16.27	3.08	11.47	1.27	9.48	0.787	7.26	0.401	5.74	0.222	4.62	0.129	3.19	0.052	25.65	9.80
4500	10.03	18.31	3.87	12.90	1.60	10.67	0.990	8.17	0.503	6.46	0.280	5.20	0.162	3.59	0.065	28.87	12.2

（续）

水流过壁厚号 40 的钢管（续）

排量		60°F 的水在壁厚号 40 的管道里的每 100 英尺压力降和速度															
加仑 / 分钟	英尺³/ 秒	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）	速度（英尺 / 秒）	压降（PSI）
5000	11.14	20.35	4.71	14.33	1.95	11.85	1.21	9.08	0.617	7.17	0.340	5.77	0.199	3.99	0.079	---	---
6000	13.37	24.41	6.74	17.20	2.77	14.23	1.71	10.89	0.877	8.61	0.483	6.93	0.280	4.79	0.111	---	---
7000	15.60	28.49	9.11	20.07	3.74	16.60	2.31	12.71	1.18	10.04	0.652	8.08	0.376	5.59	0.150	---	---
8000	17.82	---	---	22.93	4.84	18.96	2.99	14.52	1.51	11.47	0.839	9.23	0.488	6.38	0.192	---	---
9000	20.05	---	---	25.79	6.09	21.34	3.76	16.34	1.90	12.91	1.05	10.39	0.608	7.18	0.242	---	---
10,000	22.28	---	---	28.66	7.46	23.71	4.61	18.15	2.34	14.34	1.28	11.54	0.739	7.98	0.294	---	---
12,000	26.74	---	---	34.40	10.7	28.45	6.59	21.79	3.33	17.21	1.83	13.85	1.06	9.58	0.416	---	---
14,000	31.19	---	---	---	---	33.19	8.89	25.42	4.49	20.08	2.45	16.16	1.43	11.17	0.562	---	---
16,000	35.65	---	---	---	---	---	---	29.05	5.83	22.95	3.18	18.47	1.85	12.77	0.723	---	---
18,000	40.10	---	---	---	---	---	---	32.68	7.31	25.82	4.03	20.77	2.32	14.36	0.907	---	---
20,000	44.56	---	---	---	---	---	---	36.31	9.03	28.69	4.93	23.08	2.86	15.96	1.12	---	---

对于长度不等于 100 英尺的管道，其压降与长度成正比，因此，对于 50 英尺长的管道，压降值约为表中值的一半。对于 300 英尺长的管道，压降是表中的 3 倍，等等。
速度是流动区域横截面的函数，对于给定流量，它是个常数，而且与管道长度无关。

对于非除壁厚号 40 以外的管道的计算，请参阅本章后面的解释。

摘自技术论文第 410 号，*流体的流动*，获得 Crane 公司的许可。

空气流过壁厚号40的钢管

自由空气 q'^m 在60°F和14.7 psia时，英尺³/分钟	压缩空气 在60°F和100 psig时，英尺³/分钟	表压为100磅/英寸²，温度为60°F时，每100英尺壁厚号40的管道内空气的压力降（磅/英寸²）								
		1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"
1	0.128	0.361	0.083	0.018						
2	0.256	1.31	0.285	0.064	0.020					
3	0.384	3.06	0.605	0.133	0.042					
4	0.513	4.83	1.04	0.226	0.071					
5	0.641	7.45	1.58	0.343	0.106	0.027				
6	0.769	10.6	2.23	0.408	0.148	0.037				
8	1.025	18.6	3.89	0.848	0.255	0.062	0.019			
10	1.282	28.7	5.96	1.26	0.356	0.094	0.029			
15	1.922	---	13.0	2.73	0.834	0.201	0.062			
20	2.563	---	22.8	4.76	1.43	0.345	0.102	0.026		
25	3.204	---	35.6	7.34	2.21	0.526	0.156	0.039	0.019	
30	3.845	---	---	10.5	3.15	0.748	0.219	0.055	0.026	
35	4.486	---	---	14.2	4.24	1.00	0.293	0.073	0.035	
40	5.126	---	---	18.4	5.49	1.30	0.379	0.095	0.044	
45	5.767	---	---	23.1	6.90	1.62	0.474	0.116	0.055	
50	6.408			28.5	8.49	1.99	0.578	0.149	0.067	0.019
60	7.690			40.7	12.2	2.85	0.819	0.200	0.094	0.027
70	8.971	2-1/2"		---	16.5	3.83	1.10	0.270	0.126	0.036
80	10.25	0.019		---	21.4	4.96	1.43	0.350	0.162	0.046

(续)

空气流过壁厚号 40 的钢管（续）

自由空气 q'_m 在 60°F 和 14.7 psia 时，英尺³/ 分钟	压缩空气 在 60°F 和 100 psig 时，英尺³/ 分钟	表压为 100 磅 / 英寸²，温度为 60°F 时，每 100 英尺壁厚号 40 的管道内空气的压力降（磅 / 英寸²）								
90	11.53	0.023		---	27.0	6.25	1.80	0.437	0.203	0.058
100	12.82	0.029			33.2	7.69	2.21	0.534	0.247	0.070
125	16.02	0.044	3"		---	11.9	3.39	0.825	0.380	0.107
150	19.22	0.062	0.021		---	17.0	4.87	1.17	0.537	0.151
175	22.43	0.083	0.028		---	23.1	6.60	1.58	0.727	0.205
200	25.63	0.107	0.036	3-1/2"	---	30.0	8.54	2.05	0.937	0.264
225	28.84	0.134	0.045	0.022		37.9	10.8	2.59	1.19	0.331
250	32.04	0.164	0.055	0.027		---	13.3	3.18	1.45	0.404
275	35.24	0.191	0.066	0.032		---	16.0	3.83	1.75	0.484
300	38.45	0.232	0.078	0.037		---	19.0	4.56	2.07	0.573
325	41.65	0.270	0.090	0.043		---	22.3	5.32	2.42	0.673
350	44.87	0.313	0.104	0.050	4"	---	25.8	6.17	2.80	0.776
375	48.06	0.356	0.119	0.057	0.030	---	29.6	7.05	3.20	0.887
400	51.26	0.402	0.134	0.064	0.034	---	33.6	8.02	3.64	1.00
425	54.47	0.452	0.151	0.072	0.038	---	37.9	9.01	4.09	1.13
450	57.67	0.507	0.168	0.081	0.042	---	---	10.2	4.59	1.26
475	60.88	0.562	0.187	0.089	0.047		---	11.3	5.09	1.40
500	64.08	0.623	0.206	0.099	0.052		---	12.5	5.61	1.55
550	70.49	0.749	0.248	0.118	0.062		---	15.1	6.79	1.87
600	76.90	0.887	0.293	0.139	0.073		---	18.0	8.04	2.21
650	83.30	1.04	0.342	0.163	0.086	5"	---	21.1	9.43	2.60
700	89.71	1.19	0.395	0.188	0.099	0.032		24.3	10.9	3.00

(续)

空气流过壁厚号 40 的钢管（续）

自由空气 q'_m 在 60°F 和 14.7 psia 时，英尺³/ 分钟	压缩空气 在 60°F 和 100 psig 时，英尺³/ 分钟	表压为 100 磅 / 英寸²，温度为 60°F 时 每 100 英尺壁厚号 40 的管道内 空气的压力降（磅 / 英寸²）								
750	96.12	1.36	0.451	0.214	0.113	0.036		27.9	12.6	3.44
800	102.5	1.55	0.513	0.244	0.127	0.041		31.8	14.2	3.90
850	108.9	1.74	0.576	0.274	0.144	0.046		35.9	16.0	4.40
900	115.3	1.95	0.642	0.305	0.160	0.051	**6"**	40.2	18.0	4.91
950	121.8	2.18	0.715	0.340	0.178	0.057	0.023	---	20.0	5.47
1,000	128.2	2.40	0.788	0.375	0.197	0.063	0.025	---	22.1	6.06
1,100	141.0	2.89	0.948	0.451	0.236	0.075	0.030	---	26.7	7.29
1,200	153.8	3.44	1.13	0.533	0.279	0.089	0.035	---	31.8	8.63
1,300	166.6	4.01	1.32	0.626	0.327	0.103	0.041	---	37.3	10.1
1,400	179.4	4.65	1.52	0.718	0.377	0.119	0.047			11.8
1,500	192.2	5.31	1.74	0.824	0.431	0.136	0.054			13.5
1,600	205.1	6.04	1.97	0.932	0.490	0.154	0.061			15.3
1,800	230.7	7.65	2.50	1.18	0.616	0.193	0.075	**8"**		19.3
2,000	256.3	9.44	3.06	1.45	0.757	0.237	0.094	0.023		23.9
2,500	320.4	14.7	4.76	2.25	1.17	0.366	0.143	0.035	**10"**	37.3
3,000	384.5	21.1	6.82	3.20	1.67	0.524	0.204	0.051	0.016	
3,500	448.6	28.8	9.23	4.33	2.26	0.709	0.276	0.068	0.022	
4,000	512.6	37.6	12.1	5.66	2.94	0.919	0.358	0.088	0.028	
4,500	576.7	47.6	15.3	7.16	3.69	1.16	0.450	0.111	0.035	**12"**
5,000	640.8	---	18.8	8.85	4.56	1.42	0.552	0.136	0.043	0.018
6,000	769.0	---	27.1	12.7	6.57	2.03	0.794	0.195	0.061	0.025
7,000	897.1	---	36.9	17.2	8.94	2.76	1.07	0.262	0.082	0.034

(续)

空气流过壁厚号 40 的钢管（续）

自由空气 q'_m 在 60°F 和 14.7 psia 时，英尺³/分钟	压缩空气 在 60°F 和 100 psig 时，英尺³/分钟	表压为 100 磅/英寸²，温度为 60°F 时 每 100 英尺壁厚号 40 的管道内 空气的压力降（磅/英寸²）								
8,000	1025	---	---	22.5	11.7	3.59	1.39	0.339	0.107	0.044
9,000	1153	---	---	28.5	14.9	4.54	1.76	0.427	0.134	0.055
10,000	1282	---	---	35.2	18.4	5.60	2.16	0.526	0.164	0.067
11,000	1410	---	---	---	22.2	6.78	2.62	0.633	0.197	0.081
12,000	1538	---	---	---	26.4	8.07	3.09	0.753	0.234	0.096
13,000	1666	---	---	---	31.0	9.47	3.63	0.884	0.273	0.112
14,000	1794	---	---	---	36.0	11.0	4.21	1.02	0.316	0.129
15,000	1922	---	---	---	---	12.6	4.84	1.17	0.364	0.148
16,000	2051	---	---	---	---	14.3	5.50	1.33	0.411	0.167
18,000	2307	---	---	---	---	18.2	6.96	1.68	0.520	0.213
20,000	2563	---	---	---	---	22.4	8.60	2.01	0.642	0.260
22,000	2820	---	---	---	---	27.1	10.4	2.50	0.771	0.314
24,000	3076	---	---	---	---	32.3	12.4	2.97	0.918	0.371
26,000	3332	---	---	---	---	37.9	14.5	3.49	1.12	0.435
28,000	3588	---	---	---	---	---	16.9	4.04	1.25	0.505
30,000	3845	---	---	---	---	---	19.3	4.64	1.42	0.520

对于长度不为 100 英尺的管道，其压力降与长度成正比，因此，对于 50 英尺长的管道，压力降约为表中给出值的一半；对于300英尺长的管道，压力降值约为表中给出值的3倍。

压力降与绝对压力成反比，而与绝对温度成正比。

因此，为了确定进口或平均压力不为 100 psi 且温度不为 60°F 时的压力降，可用下面的比值乘以表中给出值：

$$\left(\frac{100 + 14.7}{P + 14.7}\right)\left(\frac{460 + t}{520}\right)$$

式中：

P 是进口或平均表压，单位磅 / 英寸^2，t 是考虑的温度，单位华氏。

在任何压力下的压缩空气的英尺^3/ 分钟值与绝对压力成反比，而与绝对温度成正比。

为了确定除了标准状态之外的任意温度和压力下，压缩空气的英尺^3/分钟值，可用下面的比值乘以自由空气的英尺^3/ 分钟值：

$$\left(\frac{14.7}{14.7 + P}\right)\left(\frac{460 + t}{520}\right)$$

壁厚号 40 以外的管道的计算

为了确定通过壁厚号 40 以外的管道的水的速度，或者水或空气的压力降，可使用下列公式：

$$v_a = v_{40}\left(\frac{d_{40}}{d_a}\right)^2$$

$$\Delta P_a = \Delta P_{40}\left(\frac{d_{40}}{d_a}\right)^5$$

下标 a 指所要计算其速度或压力降的管道的壁厚。

下标 40 指通过壁厚号 40 的管道的速度或压力降，已在本章前面所提到过的标题为“水流过壁厚号 40 的钢管”的表格中给出。

摘自技术论文第 410 号，*流体的流动*，获得 Crane 公司许可。

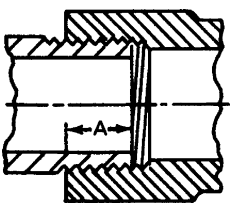
www.control-valve.net 控制阀在线

第 11 章

管道数据

www.control-valve.net 控制阀在线

管道螺纹接合
为取得紧密连接的管道上的螺纹长度



公称管道口径（英寸）	尺寸 A（英寸）	公称管道口径（英寸）	尺寸 A（英寸）
1/8	0.27	1-1/2	0.68
1/4	0.39	2	0.70
3/8	0.41	2-1/2	0.93
1/2	0.53	3	1.02
3/4	0.55	4	1.09
1	0.66	5	1.19
1-1/4	0.68	6	1.21

根据 ASME B1.20.1-1992 标准，尺寸 A 为 L_1(用手旋紧的接合)和 L_3(扳手旋合的内部螺纹长度)之和。

管道数据
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚 (t) （英寸）	内径 (d) （英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
1/8	0.405	---	---	10S	0.049	0.307	0.0548	0.0740	0.00051	0.19	0.032
		---	30	---	0.057	0.291	0.0623	0.0665	0.00046	0.21	0.029
		STD	40	40S	0.068	0.269	0.0720	0.0568	0.00039	0.24	0.025
		XS	80	80S	0.095	0.215	0.0925	0.0363	0.00025	0.31	0.016
1/4	0.540	---	---	10S	0.065	0.410	0.0970	0.1320	0.00092	0.33	0.057
		---	30	---	0.073	0.394	0.1071	0.1219	0.00085	0.36	0.053
		STD	40	40S	0.088	0.364	0.1250	0.1041	0.00072	0.42	0.045
		XS	80	80S	0.119	0.302	0.1574	0.0716	0.00050	0.54	0.031
3/8	0.675	---	---	10S	0.065	0.545	0.1246	0.2333	0.00162	0.42	0.101
		---	30	---	0.073	0.529	0.1381	0.2198	0.00153	0.47	0.095
		STD	40	40S	0.091	0.493	0.1670	0.1909	0.00133	0.57	0.083
		XS	80	80S	0.126	0.423	0.2173	0.1405	0.00098	0.74	0.061
1/2	0.840	---	---	5S	0.065	0.710	0.1583	0.3959	0.00275	0.54	0.172
		---	---	10S	0.083	0.674	0.1974	0.3568	0.00248	0.67	0.155
		---	30	---	0.095	0.650	0.2223	0.3318	0.00230	0.76	0.144
		STD	40	40S	0.109	0.622	0.2503	0.3039	0.00211	0.85	0.132
		XS	80	80S	0.147	0.546	0.3200	0.2341	0.00163	1.09	0.101
		---	160	---	0.188	0.464	0.3851	0.1691	0.00117	1.31	0.073
		XXS	---	---	0.294	0.252	0.5043	0.0499	0.00035	1.71	0.022

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚 (t) （英寸）	内径 （d） （英寸）	金属面积 （英寸²）	内部截面积		管重 (磅 / 英尺)	水重 (磅 / 英尺管道)
		钢		不锈钢							
		铁管口径	壁厚代号	壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
3/4	1.050	---	---	5S	0.065	0.920	0.2011	0.6648	0.00462	0.69	0.288
		---	---	10S	0.083	0.884	0.2521	0.6138	0.00426	0.86	0.266
		---	30	---	0.095	0.860	0.2850	0.5809	0.00403	0.97	0.252
		STD	40	40S	0.113	0.824	0.3326	0.5333	0.00370	1.13	0.231
		XS	80	80S	0.154	0.742	0.4335	0.4324	0.00300	1.47	0.187
		---	160	---	0.219	0.612	0.5717	0.2942	0.00204	1.94	0.127
		XXS	---	---	0.308	0.434	0.7180	0.1479	0.00103	2.44	0.064
1	1.315	---	---	5S	0.065	1.185	0.2553	1.103	0.00766	0.87	0.478
		---	---	10S	0.109	1.097	0.4130	0.9452	0.00656	1.40	0.410
		---	30	---	0.114	1.087	0.4301	0.9280	0.00644	1.46	0.402
		STD	40	40S	0.133	1.049	0.4939	0.8643	0.00600	1.68	0.375
		XS	80	80S	0.179	0.957	0.6388	0.7193	0.00500	2.17	0.312
		---	160	---	0.250	0.815	0.8365	0.5217	0.00362	2.84	0.226
		XXS	---	---	0.358	0.599	1.0763	0.2818	0.00196	3.66	0.122
1-1/4	1.660	---	---	5S	0.065	1.530	0.3257	1.839	0.01277	1.11	0.797
		---	---	10S	0.109	1.442	0.5311	1.633	0.01134	1.81	0.708
		---	30	---	0.117	1.426	0.5672	1.597	0.01109	1.93	0.692
		STD	40	40S	0.140	1.380	0.6685	1.496	0.01039	2.27	0.648
		XS	80	80S	0.191	1.278	0.8815	1.283	0.00891	3.00	0.556
		---	160	---	0.250	1.160	1.1070	1.057	0.00734	3.76	0.458
		XXS	---	---	0.382	0.896	1.5340	0.6305	0.00438	5.21	0.273

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚 (t) （英寸）	内径 (d) （英寸）	金属面积 （英寸²）	内部截面积		管重 (磅 / 英尺)	水重 (磅 / 英尺管道)
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
1-1/2	1.900	---	---	5S	0.065	1.770	0.3747	2.461	0.01709	1.28	1.066
		---	---	10S	0.109	1.682	0.6133	2.222	0.01543	2.09	0.963
		---	30	---	0.125	1.650	0.6970	2.138	0.01485	2.37	0.927
		STD	40	40S	0.145	1.610	0.7995	2.036	0.01414	2.72	0.882
		XS	80	80S	0.200	1.500	1.068	1.767	0.01227	3.63	0.766
		---	160	---	0.281	1.338	1.429	1.406	0.00976	4.86	0.609
		XXS	---	---	0.400	1.100	1.885	0.9503	0.00660	6.41	0.412
2	2.375	---	---	5S	0.065	2.245	0.4717	3.958	0.02749	1.61	1.715
		---	---	10S	0.109	2.157	0.7760	3.654	0.02538	2.64	1.583
		---	30	---	0.125	2.125	0.8836	3.547	0.02463	3.00	1.537
		STD	40	40S	0.154	2.067	1.075	3.356	0.02330	3.65	1.454
		XS	80	80S	0.218	1.939	1.477	2.953	0.02051	5.02	1.280
		---	160	---	0.344	1.687	2.195	2.235	0.01552	7.46	0.969
		XXS	---	---	0.436	1.503	2.656	1.774	0.01232	9.03	0.769
2-1/2	2.875	---	---	5S	0.083	2.709	0.7280	5.764	0.04003	2.48	2.498
		---	---	10S	0.120	2.635	1.039	5.453	0.03787	3.53	2.363
		---	30	---	0.188	2.499	1.587	4.905	0.03406	5.40	2.125
		STD	40	40S	0.203	2.469	1.704	4.788	0.03325	5.79	2.075
		XS	80	80S	0.276	2.323	2.254	4.238	0.02943	7.66	1.837
		---	160	---	0.375	2.125	2.945	3.547	0.02463	10.01	1.537
		XXS	---	---	0.552	1.771	4.028	2.463	0.01711	13.69	1.067

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
3	3.500	---	---	5S	0.083	3.334	0.8910	8.730	0.06063	3.03	3.783
		---	---	10S	0.120	3.260	1.274	8.347	0.05796	4.33	3.617
		30	---	---	0.188	3.124	1.956	7.665	0.05323	6.65	3.322
		STD	40	40S	0.216	3.068	2.228	7.393	0.05134	7.58	3.203
		XS	80	80S	0.300	2.900	3.016	6.605	0.04587	10.25	2.862
		---	160	---	0.438	2.624	4.213	5.408	0.03755	14.32	2.343
		XXS	---	---	0.600	2.300	5.466	4.155	0.02885	18.58	1.800
3-1/2	4.000	---	---	5S	0.083	3.834	1.021	11.55	0.08017	3.48	5.003
		---	---	10S	0.120	3.760	1.463	11.10	0.07711	4.97	4.812
		30	---	---	0.188	3.624	2.251	10.31	0.07163	7.65	4.470
		STD	40	40S	0.226	3.548	2.680	9.887	0.06866	9.11	4.284
		XS	80	80S	0.318	3.364	3.678	8.888	0.06172	12.50	3.851
4	4.500	---	---	5S	0.083	4.334	1.152	14.75	0.10245	3.92	6.393
		---	---	10S	0.120	4.260	1.651	14.25	0.09898	5.61	6.176
		---	30	---	0.188	4.124	2.547	13.36	0.09276	8.66	5.788
		STD	40	40S	0.237	4.026	3.174	12.73	0.08840	10.79	5.516
		XS	80	80S	0.337	3.826	4.407	11.50	0.07984	14.98	4.982
		---	120	---	0.438	3.624	5.589	10.31	0.07163	19.00	4.470
		---	160	---	0.531	3.438	6.621	9.283	0.06447	22.51	4.023
		XXS	---	---	0.674	3.152	8.101	7.803	0.05419	27.54	3.381

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚 (t) （英寸）	内径 (d) （英寸）	金属面积 （英寸²）	内部截面积		管重 (磅 / 英尺)	水重 (磅 / 英尺管道)
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
5	5.563	---	---	5S	0.109	5.345	1.868	22.44	0.15582	6.36	9.723
		---	---	10S	0.134	5.295	2.285	22.02	0.15292	7.77	9.542
		STD	40	40S	0.258	5.047	4.300	20.01	0.13893	14.62	8.669
		XS	80	80S	0.375	4.813	6.112	18.19	0.12635	20.78	7.884
		---	120	---	0.500	4.563	7.953	16.35	0.11356	27.04	7.086
		---	160	---	0.625	4.313	9.696	14.61	0.10146	32.96	6.331
		XXS	---	---	0.750	4.063	11.34	12.97	0.09004	38.55	5.618
6	6.625	---	---	5S	0.109	6.407	2.231	32.24	0.22389	7.60	13.97
		---	---	10S	0.134	6.357	2.733	31.74	0.22041	9.29	13.75
		STD	40	40S	0.28	6.065	5.581	28.89	0.20063	18.97	12.52
		XS	80	80S	0.432	5.761	8.405	26.07	0.18102	28.57	11.30
		---	120	---	0.562	5.501	10.70	23.77	0.16505	36.39	10.30
		---	160	---	0.719	5.187	13.34	21.13	0.14674	45.35	9.157
		XXS	---	---	0.864	4.897	15.64	18.83	0.13079	53.16	8.152

(续)

www.oilvalve.net

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
8	8.625	---	---	5S	0.109	8.407	2.916	55.51	0.38549	9.93	24.05
		---	---	10S	0.148	8.329	3.941	54.48	0.37837	13.40	23.61
		---	20	---	0.25	8.125	6.578	51.85	0.36006	22.36	22.47
		---	30	---	0.277	8.071	7.265	51.16	0.35529	24.70	22.17
		STD	40	40S	0.322	7.981	8.399	50.03	0.34741	28.55	21.68
		---	60	---	0.406	7.813	10.48	47.94	0.33294	35.64	20.78
		XS	80	80S	0.5	7.625	12.76	45.66	0.31711	43.39	19.79
		---	100	---	0.594	7.437	14.99	43.44	0.30166	50.95	18.82
		---	120	---	0.719	7.187	17.86	40.57	0.28172	60.71	17.58
		---	140	---	0.812	7.001	19.93	38.50	0.26733	67.76	16.68
		XXS	---	---	0.875	6.875	21.30	37.12	0.25779	72.42	16.09
		---	160	---	0.906	6.813	21.97	36.46	0.25317	74.69	15.80
10	10.750	---	---	5S	0.134	10.482	4.469	86.29	0.59926	15.19	37.39
		---	---	10S	0.165	10.420	5.487	85.28	0.59219	18.65	36.95
		---	20	---	0.250	10.250	8.247	82.52	0.57303	28.04	35.76
		---	30	---	0.307	10.136	10.07	80.69	0.56035	34.24	34.97
		STD	40	40S	0.365	10.020	11.91	78.85	0.54760	40.48	34.17
		XS	60	80S	0.500	9.750	16.10	74.66	0.51849	54.74	32.35
		---	80	---	0.594	9.562	18.95	71.81	0.49868	64.43	31.12
		---	100	---	0.719	9.312	22.66	68.10	0.47295	77.03	29.51
		---	120	---	0.844	9.062	26.27	64.50	0.44790	89.29	27.95
		XXS	140	---	1.000	8.750	30.63	60.13	0.41758	104.13	26.06
		---	160	---	1.125	8.500	34.02	56.75	0.39406	115.64	24.59

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
12	12.750	---	---	5S	0.156	12.438	6.172	121.5	0.84378	20.98	52.65
		---	---	10S	0.180	12.390	7.108	120.6	0.83728	24.17	52.25
		---	20	---	0.250	12.250	9.818	117.9	0.81847	33.38	51.07
		---	30	---	0.330	12.090	12.88	114.8	0.79723	43.77	49.75
		STD	---	40S	0.375	12.000	14.58	113.1	0.78540	49.56	49.01
		---	40	---	0.406	11.938	15.74	111.9	0.77731	53.52	48.50
		XS	---	80S	0.500	11.750	19.24	108.4	0.75302	65.42	46.99
		---	60	---	0.562	11.626	21.52	106.2	0.73721	73.15	46.00
		---	80	---	0.688	11.374	26.07	101.6	0.70559	88.63	44.03
		---	100	---	0.844	11.062	31.57	96.11	0.66741	107.32	41.65
		XXS	120	---	1.000	10.750	36.91	90.76	0.63030	125.49	39.33
		---	140	---	1.125	10.500	41.09	86.59	0.60132	139.67	37.52
		---	160	---	1.312	10.126	47.14	80.53	0.55925	160.27	34.90

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
14	14.000	---	---	5S	0.156	13.688	6.785	147.2	1.02190	23.07	63.77
		---	---	10S	0.188	13.624	8.158	145.8	1.01237	27.73	63.17
		---	10	---	0.250	13.500	10.80	143.1	0.99402	36.71	62.03
		---	20	---	0.312	13.376	13.42	140.5	0.97585	45.61	60.89
		STD	30	---	0.375	13.250	16.05	137.9	0.95755	54.57	59.75
		---	40	---	0.438	13.124	18.66	135.3	0.93942	63.44	58.62
		XS	---	---	0.500	13.000	21.21	132.7	0.92175	72.09	57.52
		---	60	---	0.594	12.812	25.02	128.9	0.89529	85.05	55.87
		---	80	---	0.750	12.500	31.22	122.7	0.85221	106.13	53.18
		---	100	---	0.938	12.124	38.49	115.4	0.80172	130.85	50.03
		---	120	---	1.094	11.812	44.36	109.6	0.76098	150.79	47.49
		---	140	---	1.250	11.500	50.07	103.9	0.72131	170.21	45.01
		---	160	---	1.406	11.188	55.63	98.31	0.68271	189.11	42.60

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
16	16.000	---	---	5S	0.165	15.670	8.208	192.9	1.33926	27.90	83.57
		---	---	10S	0.188	15.624	9.339	191.7	1.33141	31.75	83.08
		---	10	---	0.250	15.500	12.37	188.7	1.31036	42.05	81.77
		---	20	---	0.312	15.376	15.38	185.7	1.28948	52.27	80.46
		STD	30	---	0.375	15.250	18.41	182.7	1.26843	62.58	79.15
		XS	40	---	0.500	15.000	24.35	176.7	1.22719	82.77	76.58
		---	60	---	0.656	14.688	31.62	169.4	1.17667	107.50	73.42
		---	80	---	0.844	14.312	40.19	160.9	1.11720	136.61	69.71
		---	100	---	1.031	13.938	48.48	152.6	1.05957	164.82	66.12
		---	120	---	1.219	13.562	56.61	144.5	1.00317	192.43	62.60
		---	140	---	1.438	13.124	65.79	135.3	0.93942	223.64	58.62
		---	160	---	1.594	12.812	72.14	128.9	0.89529	245.25	55.87

(续)

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
18	18.000	---	---	5S	0.165	17.670	9.245	245.2	1.70295	31.43	106.3
		---	---	10S	0.188	17.624	10.52	243.9	1.69409	35.76	105.7
		---	10	---	0.250	17.500	13.94	240.5	1.67034	47.39	104.2
		---	20	---	0.312	17.376	17.34	237.1	1.64675	58.94	102.8
		STD	---	---	0.375	17.250	20.76	233.7	1.62296	70.59	101.3
		---	30	---	0.438	17.124	24.17	230.3	1.59933	82.15	99.80
		XS	---	---	0.500	17.000	27.49	227.0	1.57625	93.45	98.36
		---	40	---	0.562	16.876	30.79	223.7	1.55334	104.67	96.93
		---	60	---	0.750	16.500	40.64	213.8	1.48490	138.17	92.66
		---	80	---	0.938	16.124	50.28	204.2	1.41799	170.92	88.48
		---	100	---	1.156	15.688	61.17	193.3	1.34234	207.96	83.76
		---	120	---	1.375	15.250	71.82	182.7	1.26843	244.14	79.15
		---	140	---	1.562	14.876	80.66	173.8	1.20698	274.22	75.32
		---	160	---	1.781	14.438	90.75	163.7	1.13695	308.50	70.95

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
20	20.000	---	---	5S	0.188	19.624	11.70	302.5	2.10041	39.78	131.1
		---	---	10S	0.218	19.564	13.55	300.6	2.08758	46.06	130.3
		---	10	---	0.250	19.500	15.51	298.6	2.07395	52.73	129.4
		STD	20	---	0.375	19.250	23.12	291.0	2.02111	78.60	126.1
		XS	30	---	0.500	19.000	30.63	283.5	1.96895	104.13	122.9
		---	40	---	0.594	18.812	36.21	277.9	1.93018	123.11	120.4
		---	60	---	0.812	18.376	48.95	265.2	1.84175	166.40	114.9
		---	80	---	1.031	17.938	61.44	252.7	1.75500	208.87	109.5
		---	100	---	1.281	17.438	75.33	238.8	1.65852	256.10	103.5
		---	120	---	1.500	17.000	87.18	227.0	1.57625	296.37	98.36
		---	140	---	1.750	16.500	100.3	213.8	1.48490	341.09	92.66
		---	160	---	1.969	16.062	111.5	202.6	1.40711	379.17	87.80
22	22.000	---	---	5S	0.188	21.624	12.88	367.3	2.55035	43.80	159.1
		---	---	10S	0.218	21.564	14.92	365.2	2.53622	50.71	158.3
		---	10	---	0.250	21.500	17.08	363.1	2.52119	58.07	157.3
		STD	20	---	0.375	21.250	25.48	354.7	2.46290	86.61	153.7
		XS	30	---	0.500	21.000	33.77	346.4	2.40529	114.81	150.1
		---	60	---	0.875	20.250	58.07	322.1	2.23655	197.41	139.6
		---	80	---	1.125	19.750	73.78	306.4	2.12747	250.81	132.8
		---	100	---	1.375	19.250	89.09	291.0	2.02111	302.88	126.1
		---	120	---	1.625	18.750	104.0	276.1	1.91748	353.61	119.7
		---	140	---	1.875	18.250	118.5	261.6	1.81658	403.00	113.4
		---	160	---	2.125	17.750	132.7	247.5	1.71840	451.06	107.2

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
24	24.000	---	---	5S	0.218	23.564	16.29	436.1	3.02849	55.37	189.0
		10	---	10S	0.250	23.500	18.65	433.7	3.01206	63.41	188.0
		STD	20	---	0.375	23.250	27.83	424.6	2.94832	94.62	184.0
		XS	---	---	0.500	23.000	36.91	415.5	2.88525	125.49	180.0
		---	30	---	0.562	22.876	41.38	411.0	2.85423	140.68	178.1
		---	40	---	0.688	22.624	50.39	402.0	2.79169	171.29	174.2
		---	60	---	0.969	22.062	70.11	382.3	2.65472	238.35	165.7
		---	80	---	1.219	21.562	87.24	365.1	2.53575	296.58	158.2
		---	100	---	1.531	20.938	108.1	344.3	2.39111	367.39	149.2
		---	120	---	1.812	20.376	126.3	326.1	2.26447	429.39	141.3
		---	140	---	2.062	19.876	142.1	310.3	2.15470	483.12	134.5
		---	160	---	2.344	19.312	159.5	292.9	2.03415	542.13	126.9
26	26.000	---	10	---	0.312	25.376	25.18	505.8	3.51216	85.60	219.2
		STD	---	---	0.375	25.250	30.19	500.7	3.47737	102.63	217.0
		XS	20	---	0.500	25.000	40.06	490.9	3.40885	136.17	212.7
28	28.000	---	10	---	0.312	27.376	27.14	588.6	4.08760	92.26	255.1
		STD	---	---	0.375	27.250	32.55	583.2	4.05006	110.64	252.7
		XS	20	---	0.500	27.000	43.20	572.6	3.97609	146.85	248.1
		---	30	---	0.625	26.750	53.75	562.0	3.90280	182.73	243.5

(续)

管道数据（续）
碳钢和合金钢 – 不锈钢

区分代号、壁厚和重量摘自 ASME B36.10M 和 B36.19M 标准。符号 STD、XS 和 XXS 分别表示标准强度、超强度和双倍超强度的管道。
列于“英尺²”栏里的**内部截面积**值也代表每英尺管道长度的以立方英尺为单位的体积。

公称管道口径（英寸）	外径（英寸）	区分代号			壁厚（t）（英寸）	内径（d）（英寸）	金属面积（英寸²）	内部截面积		管重（磅 / 英尺）	水重（磅 / 英尺管道）
		钢		不锈钢壁厚代号				(a)(英寸²)	(A)(英尺²)		
		铁管口径	壁厚代号								
30	30.000	---	---	5S	0.250	29.500	23.37	683.5	4.74649	79.43	296.2
		10	---	10S	0.312	29.376	29.10	677.8	4.70667	98.93	293.7
		STD	---	---	0.375	29.250	34.90	672.0	4.66638	118.65	291.2
		XS	20	---	0.500	29.000	46.34	660.5	4.58695	157.53	286.2
		---	30	---	0.625	28.750	57.68	649.2	4.50821	196.08	281.3
32	32.000	---	10	---	0.312	31.376	31.06	773.2	5.36937	105.59	335.0
		STD	---	---	0.375	31.250	37.26	767.0	5.32633	126.66	332.4
		XS	20	---	0.500	31.000	49.48	754.8	5.24145	168.21	327.1
		---	30	---	0.625	30.750	61.60	742.6	5.15726	209.43	321.8
		---	40	---	0.688	30.624	67.68	736.6	5.11508	230.08	319.2
34	34.000	---	10	---	0.312	33.376	33.02	874.9	6.07571	112.25	379.1
		STD	---	---	0.375	33.250	39.61	868.3	6.02992	134.67	376.3
		XS	20	---	0.500	33.000	52.62	855.3	5.93959	178.89	370.6
		---	30	---	0.625	32.750	65.53	842.4	5.84993	222.78	365.0
		---	40	---	0.688	32.624	72.00	835.9	5.80501	244.77	362.2
36	36.000	---	10	---	0.312	35.376	34.98	982.9	6.82568	118.92	425.9
		STD	---	---	0.375	35.250	41.97	975.9	6.77714	142.68	422.9
		XS	20	---	0.500	35.000	55.76	962.1	6.68135	189.57	416.9
		---	30	---	0.625	34.750	69.46	948.4	6.58625	236.13	411.0
		---	40	---	0.750	34.500	83.06	934.8	6.49182	282.35	405.1

摘自技术论文号 410：*流体的流动*。获得 Crane 公司许可。

美国管道法兰尺寸
螺孔中心圆直径—英寸
根据 ASME B16.1，B16.5 和 B16.24 标准

公称管道口径	Class[1] 125（铸铁）[2] 或 Class 150（钢）	Class[3] 250（铸铁）[2] 或 Class 300（钢）	Class 600	Class 900	Class 1500	Class 2500
1	3.12	3.50	3.50	4.00	4.00	4.25
1-1/4	3.50	3.88	3.88	4.38	4.38	5.12
1-1/2	3.88	4.50	4.50	4.88	4.88	5.75
2	4.75	5.00	5.00	6.50	6.50	6.75
2-1/2	5.50	5.88	5.88	7.50	7.50	7.75
3	6.00	6.62	6.62	7.50	8.00	9.00
4	7.50	7.88	8.50	9.25	9.50	10.75
5	8.50	9.25	10.50	11.00	11.50	12.75
6	9.50	10.62	11.50	12.50	12.50	14.50
8	11.75	13.00	13.75	15.50	15.50	17.25
10	14.25	15.25	17.00	18.50	19.00	21.75
12	17.00	17.75	19.25	21.00	22.50	24.38
14	18.75	20.25	20.75	22.00	25.00	---
16	21.25	22.50	23.75	24.25	27.75	---
18	22.75	24.75	25.75	27.00	30.50	---
20	25.00	27.00	28.50	29.50	32.75	---
24	29.50	32.00	33.00	35.50	39.00	---
30	36.00	39.25	---	---	---	---
36	42.75	46.00	---	---	---	---
42	49.50	52.75	---	---	---	---
48	56.00	60.75	---	---	---	---

1. 公称管道尺寸 1 至 12 英寸也适用于 Class 150 铸铜合金法兰。
2. 这些直径适用于 1 至 24 英寸的公称管道尺寸的钢质阀门。
3. 公称管道尺寸 1 至 8 英寸也适用于 Class 300 铸铜合金法兰。

www.control-valve.net

美国管道法兰尺寸
双头螺栓数量和直径（英寸）
根据 ASME B16.1，B16.5 和 B16.24 标准

公称管道口径	Class[1] 125(铸铁) 或 Class 150(钢)[2]		Class[3] 250(铸铁) 或 Class 300(钢)[2]		Class 600		Class 900		Class 1500		Class 2500	
	数量	直径	数量	直径	数量	直径	数量	直径	数量	直径	数量	直径
1	4	0.50	4	0.62	4	0.62	4	0.88	4	0.88	4	0.88
1-1/4	4	0.50	4	0.62	4	0.62	4	0.88	4	0.88	4	1.00
1-1/2	4	0.50	4	0.75	4	0.75	4	1.00	4	1.00	4	1.12
2	4	0.62	8	0.62	8	0.62	8	0.88	8	0.88	8	1.00
2-1/2	4	0.62	8	0.75	8	0.75	8	1.00	8	1.00	8	1.12
3	4	0.62	8	0.75	8	0.75	8	0.88	8	1.12	8	1.25
4	8	0.62	8	0.75	8	0.88	8	1.12	8	1.25	8	1.50
5	8	0.75	8	0.75	8	1.00	8	1.25	8	1.50	8	1.75
6	8	0.75	12	0.75	12	1.00	12	1.12	12	1.38	8	2.00
8	8	0.75	12	0.88	12	1.12	12	1.38	12	1.62	12	2.00
10	12	0.88	16	1.00	16	1.25	16	1.38	12	1.88	12	2.50
12	12	0.88	16	1.12	20	1.25	20	1.38	16	2.00	12	2.75
14	12	1.00	20	1.12	20	1.38	20	1.50	16	2.25	---	---
16	16	1.00	20	1.25	20	1.50	20	1.62	16	2.50	---	---
18	16	1.12	24	1.25	20	1.62	20	1.88	16	2.75	---	---
20	20	1.12	24	1.25	24	1.62	20	2.00	16	3.00	---	---
24	20	1.25	24	1.50	24	1.88	20	2.50	16	3.50	---	---
30	28	1.25	28	1.75	---	---	---	---	---	---	---	---
36	32	1.50	32	2.00	---	---	---	---	---	---	---	---
42	36	1.50	36	2.00	---	---	---	---	---	---	---	---
48	44	1.50	40	2.00	---	---	---	---	---	---	---	---

1. 公称管道尺寸 1 至 12 英寸也适用于 Class 150 铸铜合金法兰。
2. 这些直径适用于 1 至 24 英寸的公称管道尺寸的钢质阀门。
3. 公称管道尺寸 1 至 8 英寸也适用于 Class 300 铸铜合金法兰。

美国管道法兰尺寸
法兰直径—英寸
根据 ASME B16.1，B16.5 和 B16.24 标准

公称管道口径	Class(1) 125（铸铁）或 Class 150（钢）	Class(2) 250（铸铁）或 Class 300（钢）	Class 600	Class 900	Class 1500	Class 2500
1	4.25	4.88	4.88	5.88	5.88	6.25
1-1/4	4.62	5.25	5.25	6.25	6.25	7.25
1-1/2	5.00	6.12	6.12	7.00	7.00	8.00
2	6.00	6.50	6.50	8.50	8.50	9.25
2-1/2	7.00	7.50	7.50	9.62	9.62	10.50
3	7.50	8.25	8.25	9.50	10.50	12.00
4	9.00	10.00	10.75	11.50	12.25	14.00
5	10.00	11.00	13.00	13.75	14.75	16.50
6	11.00	12.50	14.00	15.00	15.50	19.00
8	13.50	15.00	16.50	18.50	19.00	21.75
10	16.00	17.50	20.00	21.50	23.00	26.50
12	19.00	20.50	22.00	24.00	26.50	30.00
14	21.00	23.00	23.75	25.25	29.50	---
16	23.50	25.50	27.00	27.75	32.50	---
18	25.00	28.00	29.25	31.00	36.00	---
20	27.50	30.50	32.00	33.75	38.75	---
24	32.00	36.00	37.00	41.00	46.00	---
30	38.75	43.00	---	---	---	---
36	46.00	50.00	---	---	---	---
42	53.00	57.00	---	---	---	---
48	59.50	65.00	---	---	---	---

1. 公称管道尺寸 1 至 12 英寸也适用于 Class 150 铸铜合金法兰。
2. 公称管道尺寸 1 至 8 英寸也适用于 Class 300 铸铜合金法兰。

www.control-valve.net 控制阀在线

美国管道法兰尺寸
带法兰管件的法兰厚度 — 英寸
根据 ASME B16.1，B16.5 和 B16.24 标准

公称管道口径	Class 150 (CI) FF Class 150 (STL) RF	Class 150 (STL) RTJ	Class 150 铸铜合金	Class 250 (CI) Class 300 (STL) [1]		Class 300 铸铜合金	Class 600		Class 900		Class 1500		Class 2500	
				RF	RTJ		RF	RTJ	RF	RTJ	RF	RTJ	RF	RTJ
1	0.44	0.69	0.38	0.69	0.94	0.59	0.69	0.94	1.12	1.37	1.12	1.37	1.38	1.63
1-1/4	0.50	0.75	0.41	0.75	1.00	0.62	0.81	1.06	1.12	1.37	1.12	1.37	1.50	1.81
1-1/2	0.56	0.81	0.44	0.81	1.06	0.69	0.88	1.13	1.25	1.50	1.25	1.50	1.75	2.06
2	0.62	0.87	0.50	0.88	1.19	0.75	1.00	1.31	1.50	1.81	1.50	1.81	2.00	2.31
2-1/2	0.69	0.94	0.56	1.00	1.31	0.81	1.12	1.43	1.62	1.93	1.62	1.93	2.25	2.62
3	0.75	1.00	0.62	1.12	1.43	0.91	1.25	1.56	1.50	1.81	2.12	2.43	2.62	3.00
4	0.94	1.19	0.69	1.25	1.56	1.06	1.50	1.81	1.75	2.06	2.12	2.43	3.00	3.44
5	0.94	1.19	0.75	1.38	1.69	1.12	1.75	2.03	2.00	2.31	2.88	3.19	3.62	4.12
6	1.00	1.25	0.81	1.44	1.75	1.19	1.88	2.19	2.19	2.50	3.25	3.62	4.25	4.75
8	1.12	1.37	0.94	1.62	1.93	1.38	2.19	2.50	2.50	2.81	3.62	4.06	5.00	5.56
10	1.19	1.44	1.00	1.88	2.19	---	2.50	2.81	2.75	3.06	4.25	4.69	6.50	7.19
12	1.25	1.50	1.06	2.00	2.31	---	2.62	2.93	3.12	3.43	4.88	5.44	7.25	7.94
14	1.38	1.63	---	2.12	2.43	---	2.75	3.06	3.38	3.82	5.25	5.88	---	---
16	1.44	1.69	---	2.25	2.56	---	3.00	3.31	3.50	3.94	5.75	6.44	---	---
18	1.56	1.81	---	2.38	2.69	---	3.25	3.56	4.00	4.50	6.38	7.07	---	---
20	1.69	1.94	---	2.50	2.88	---	3.50	3.88	4.25	4.75	7.00	7.69	---	---
24	1.88	2.13	---	2.75	3.19	---	4.00	4.44	5.50	6.12	8.00	8.81	---	---
30	2.12	---	---	3.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
36	2.38	---	---	3.38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
42	2.62	---	---	3.69	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
48	2.75	---	---	4.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1. 这些尺寸适用于 1 至 24 英寸的公称管道口径的钢质阀门。

PN 16 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	6	90	16	60	4	M12	14
15	6	95	16	65	4	M12	14
20	6.5	105	18	75	4	M12	14
25	7	115	18	85	4	M12	14
32	7	140	18	100	4	M16	18
40	7.5	150	18	110	4	M16	18
50	8	165	20	125	4	M16	18
65	8	185	18	145	4	M16	18
80	8.5	200	20	160	8	M16	18
100	9.5	220	20	180	8	M16	18
125	10	250	22	210	8	M16	18
150	11	285	22	240	8	M20	22
175	12	315	24	270	8	M20	22
200	12	340	24	295	12	M20	22
250	14	405	26	355	12	M24	26
300	15	460	28	410	12	M24	26
350	16	520	30	470	16	M24	26
400	18	580	32	525	16	M27	30
500	21	715	36	650	20	M30	33
600	23	840	40	770	20	M33	36
700	24	910	42	840	24	M33	36
800	26	1025	42	950	24	M36	39
900	27	1125	44	1050	28	M36	39
1000	29	1255	46	1170	28	M39	42
1200	32	1485	52	1390	32	M45	48
1400	34	1685	58	1590	36	M45	48
1600	36	1930	64	1820	40	M52	56
1800	39	2130	68	2020	44	M52	56
2000	41	2345	70	2230	48	M56	62
2200	43	2555	74	2440	52	M56	62

所有尺寸以毫米为单位

www.controlvalve.net 控制阀在线

PN 25 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	6	90	16	60	4	M12	14
15	6	95	16	65	4	M12	14
20	6.5	105	18	75	4	M12	14
25	7	115	18	85	4	M12	14
32	7	140	18	100	4	M16	18
40	7.5	150	18	110	4	M16	18
50	8	165	20	125	4	M16	18
65	8.5	185	22	145	8	M16	18
80	9	200	24	160	8	M16	18
100	10	235	24	190	8	M20	22
125	11	270	26	220	8	M24	26
150	12	300	28	250	8	M24	26
175	12	330	28	280	12	M24	26
200	12	360	30	310	12	M24	26
250	14	425	32	370	12	M27	30
300	15	485	34	430	16	M27	30
350	16	555	38	490	16	M30	33
400	18	620	40	550	16	M33	36
500	21	730	44	660	20	M33	36
600	23	845	46	770	20	M36	39
700	24	960	50	875	24	M39	42
800	26	1085	54	990	24	M45	48
900	27	1185	58	1090	28	M45	48
1000	29	1320	62	1210	28	M52	56
1200	32	1530	70	1420	32	M52	56
1400	34	1755	76	1640	36	M56	62
1600	37	1975	84	1860	40	M56	62
1800	40	2195	90	2070	44	M64	70
2000	43	2425	96	2300	48	M64	70

所有尺寸以毫米为单位

www.control-valve.net

PN 40 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	6	90	16	60	4	M12	14
15	6	95	16	65	4	M12	14
20	6.5	105	18	75	4	M12	14
25	7	115	18	85	4	M12	14
32	7	140	18	100	4	M16	18
40	7.5	150	18	110	4	M16	18
50	8	165	20	125	4	M16	18
65	8.5	185	22	145	8	M16	18
80	9	200	24	160	8	M16	18
100	10	235	24	190	8	M20	22
125	11	270	26	220	8	M24	26
150	12	300	28	250	8	M24	26
175	13	350	32	295	12	M27	30
200	14	375	34	320	12	M27	30
250	16	450	38	385	12	M30	33
300	17	515	42	450	16	M30	33
350	19	580	46	510	16	M33	36
400	21	660	50	585	16	M36	39
450	21	685	50	610	20	M36	39
500	21	755	52	670	20	M39	42
600	24	890	60	795	20	M45	48
700	27	995	64	900	24	M45	48
800	30	1140	72	1030	24	M52	56
900	33	1250	76	1140	28	M52	56
1000	36	1360	80	1250	28	M52	56
1200	42	1575	88	1460	32	M56	62
1400	47	1795	98	1680	36	M56	62
1600	54	2025	108	1900	40	M64	70
所有尺寸以毫米为单位							

www.controlvalve.net

PN 63 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	10	100	20	70	4	M12	14
15	10	105	20	75	4	M12	14
25	10	140	24	100	4	M16	18
32	12	155	24	110	4	M20	22
40	10	170	28	125	4	M20	22
50	10	180	26	135	4	M20	22
65	10	205	26	160	8	M20	22
80	11	215	28	170	8	M20	22
100	12	250	30	200	8	M24	26
125	13	295	34	240	8	M27	30
150	14	345	36	280	8	M30	33
175	15	375	40	310	12	M30	33
200	16	415	42	345	12	M33	36
250	19	470	46	400	12	M33	36
300	21	530	52	460	16	M33	36
350	23	600	56	525	16	M36	39
400	26	670	60	585	16	M39	42
500	31	800	68	705	20	M45	48
600	35	930	76	820	20	M52	56
700	40	1045	84	935	24	M52	56
800	45	1165	92	1050	24	M56	62
900	50	1285	98	1170	28	M56	62
1000	55	1415	108	1290	28	M64	70
1200	64	1665	126	1530	32	M72X6	78
所有尺寸以毫米为单位							

www.control-valve.net

PN 100 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	10	100	20	70	4	M12	14
15	10	105	20	75	4	M12	14
25	10	140	24	100	4	M16	18
32	12	155	24	110	4	M20	22
40	10	170	28	125	4	M20	22
50	10	195	30	145	4	M24	26
65	11	220	34	170	8	M24	26
80	12	230	36	180	8	M24	26
100	14	265	40	210	8	M27	30
125	16	315	40	250	8	M30	33
150	18	355	44	290	12	M30	33
175	20	385	48	320	12	M30	33
200	21	430	52	360	12	M33	36
250	25	505	60	430	12	M36	39
300	29	585	68	500	16	M39	42
350	32	655	74	560	16	M45	48
400	36	715	78	620	16	M45	48
500	44	870	94	760	20	M52	56
600	51	990	104	875	20	M56	62
700	59	1145	120	1020	24	M64	70
所有尺寸以毫米为单位							

PN 160 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	10	100	20	70	4	M12	14
15	10	105	20	75	4	M12	14
25	10	140	24	100	4	M16	18
40	10	170	28	125	4	M20	22
50	10	195	30	145	4	M24	26
65	11	220	34	170	8	M24	26
80	12	230	36	180	8	M24	26
100	14	265	40	210	8	M27	30
125	16	315	44	250	8	M30	33
150	18	355	50	290	12	M30	33
175	19	390	54	320	12	M33	36
200	21	430	60	360	12	M33	36
250	31	515	68	430	12	M39	42
300	36	585	78	500	16	M39	42
所有尺寸以毫米为单位							

www.controlvalve.net 控制阀在线

PN 250 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	10	125	24	85	4	M16	18
15	10	130	26	90	4	M16	18
25	11	150	28	105	4	M20	22
40	13	185	34	135	4	M24	26
50	13	200	38	150	8	M24	26
65	14	230	42	180	8	M24	26
80	16	255	46	200	8	M27	30
100	19	300	54	235	8	M30	33
125	22	340	60	275	12	M30	33
150	25	390	68	320	12	M33	36
175	29	430	74	355	12	M36	39
200	32	485	82	400	12	M39	42
250	38	585	100	490	16	M45	48
300	47	690	120	590	16	M48	52
所有尺寸以毫米为单位							

PN 320 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	11	125	24	85	4	M16	18
15	11	130	26	90	4	M16	18
25	11	160	34	115	4	M20	22
40	14	195	38	145	4	M24	26
50	15	210	42	160	8	M24	26
65	18	255	51	200	8	M27	30
80	19	275	55	220	8	M27	30
100	24	335	65	265	8	M33	36
125	27	380	75	310	12	M33	36
150	32	425	84	350	12	M36	39
175	35	485	95	400	12	M39	42
200	38	525	103	440	16	M39	42
250	49	640	125	540	16	M48	52
所有尺寸以毫米为单位							

www.control-valve.net

PN 400 公称压力的铸钢法兰标准

DN	管道壁厚	法兰			螺栓		
		外径	壁厚	螺孔中心圆直径	螺栓数量	螺纹	螺栓孔直径
10	11	125	28	85	4	M16	18
15	11	145	30	100	4	M20	22
25	12	180	38	130	4	M24	26
40	15	220	48	165	4	M27	30
50	18	235	52	180	8	M27	30
65	22	290	64	225	8	M30	33
80	25	305	68	240	8	M30	33
100	30	370	80	295	8	M36	39
125	36	415	92	340	12	M36	39
150	41	475	105	390	12	M39	42
175	47	545	120	450	12	M45	48
200	53	585	130	490	16	M45	48
所有尺寸以毫米为单位							

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀在线
www.control-valve.net

第 12 章

单位转换与换算

www.control-valve.net 控制阀在线

长度换算

注：使用行和列交界处的乘数因子	米	英寸	英尺	毫米	英里	公里
米	1	39.37	3.2808	1000	0.0006214	0.001
英寸	0.0254	1	0.0833	25.4	0.00001578	0.0000254
英尺	0.3048	12	1	304.8	0.0001894	0.0003048
毫米	0.001	0.03937	0.0032808	1	0.0000006214	0.000001
英里	1609.35	63,360	5,280	1,609,350	1	1.60935
公里	1,000	39,370	3280.83	1,000,000	0.62137	1

1 米 = 100 厘米 = 1000 毫米 = 0.001 公里 = 1,000,000 微米
为转换米制单位，仅需调整小数点
1 毫米 = 1000 微米 = 0.03937 英寸 = 39.37 微英寸

整数英寸 – 毫米换算

英寸	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	毫米									
0	0.0	25.4	50.8	76.2	101.6	127.0	152.4	177.8	203.2	228.6
10	254.0	279.4	304.8	330.2	355.6	381.0	406.4	431.8	475.2	482.6
20	508.0	533.4	558.8	584.2	609.6	635.0	660.4	685.8	711.2	736.6
30	762.0	787.4	812.8	838.2	863.6	889.0	914.4	939.8	965.2	990.6
40	1016.0	1041.4	1066.8	1092.2	1117.6	1143.0	1168.4	1193.8	1219.2	1244.6
50	1270.0	1295.4	1320.8	1346.2	1371.6	1397.0	1422.4	1447.8	1473.2	1498.6
60	1524.0	1549.4	1574.8	1600.2	1625.6	1651.0	1676.4	1701.8	1727.2	1752.6
70	1778.0	1803.4	1828.8	1854.2	1879.6	1905.0	1930.4	1955.8	1981.2	2006.6
80	2032.0	2057.4	2082.8	2108.2	2133.6	2159.0	2184.4	2209.8	2235.2	2260.6
90	2286.0	2311.4	2336.8	2362.2	2387.6	2413.0	2438.4	2463.8	2489.2	2514.6
100	2540.0	2565.4	2590.8	2616.2	2641.6	2667.0	2692.4	2717.8	2743.2	2768.6

注：表中所有值者都是以关系式 1 英寸 = 25.4 毫米为基础的精确值。通过控制小数点，任何 1 英寸的小数值或倍数可以转化为它的精确的毫米等效值。

分数英寸至毫米
（1 英寸 = 25.4 毫米）

英寸	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16
	毫米							
0	0.0	1.6	3.2	4.8	6.4	7.9	9.5	11.1
1	25.4	27.0	28.6	30.2	31.8	33.3	34.9	36.5
2	50.8	52.4	54.0	55.6	57.2	58.7	60.3	61.9
3	76.2	77.8	79.4	81.0	82.6	84.1	85.7	87.3
4	101.6	103.2	104.8	106.4	108.0	109.5	111.1	112.7
5	127.0	128.6	130.2	131.8	133.4	134.9	136.5	138.1
6	152.4	154.0	155.6	157.2	158.8	160.3	161.9	163.5
7	177.8	179.4	181.0	182.6	184.2	185.7	187.3	188.9
8	203.2	204.8	206.4	208.0	209.6	211.1	212.7	214.3
9	228.6	230.2	231.8	233.4	235.0	236.5	238.1	239.7
10	254.0	255.6	257.2	258.8	260.4	261.9	263.5	265.1

分数英寸至毫米（续）
（1 英寸 = 25.4 毫米）

英寸	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
	毫米							
0	12.7	14.3	15.9	17.5	19.1	20.6	22.2	23.8
1	38.1	39.7	41.3	42.9	44.5	46.0	47.6	49.2
2	63.5	65.1	66.7	68.3	69.9	71.4	73.0	74.6
3	88.9	90.5	92.1	93.7	95.3	96.8	98.4	100.0
4	114.3	115.9	117.5	119.1	120.7	122.2	123.8	125.4
5	139.7	141.3	142.9	144.5	146.1	147.6	149.2	150.8
6	165.1	166.7	168.3	169.9	171.5	173.0	174.6	176.2
7	190.5	192.1	193.7	195.3	196.9	198.4	200.0	201.6
8	215.9	217.5	219.1	220.7	222.3	223.8	225.4	227.0
9	241.3	242.9	244.5	246.1	247.7	249.2	250.8	252.4
10	266.7	268.3	269.9	271.5	273.1	274.6	276.2	277.8

其它分数 / 小数英寸 – 毫米换算

英寸		毫米	英寸		毫米	英寸		毫米
分数	小数		分数	小数		分数	小数	
	.00394	.1		.2	5.08		.44	11.176
	.00787	.2	13/64	.203125	5.1594		.45	11.430
	.01	.254		.21	5.334	29/64	.453125	11.5094
	.01181	.3	7/32	.21875	5.5562		.46	11.684
1/64	.015625	.3969		.22	5.588	15/32	.46875	11.9062
	.01575	.4		.23	5.842		.47	11.938
	.01969	.5	15/64	.234375	5.9531		.47244	12.0
	.02	.508		.23622	6.0		.48	12.192
	.02362	.6	1/4	.24	6.096	31/64	.484375	12.3031
	.02756	.7		.25	6.35		.49	12.446
	.03	.762		.26	6.604	1/2	.50	12.7
1/32	.03125	.7938	17/64	.265625	6.7469		.51	12.954
	.0315	.8		.27	6.858		.51181	13.0
	.03543	.9		.27559	7.0	33/64	.515625	13.0969
	.03937	1.0		.28	7.112		.52	13.208

（续）

其它分数 / 小数英寸 – 毫米换算（续）

英寸		毫米	英寸		毫米	英寸		毫米
分数	小数		分数	小数		分数	小数	
	.04	1.016	9/32	.28125	7.1438		.53	13.462
3/64	.046875	1.1906		.29	7.366	17/32	.53125	13.4938
	.05	1.27	19/64	.296875	7.5406		.54	13.716
	.06	1.524		.30	7.62	35/64	.546875	13.8906
1/16	.0625	1.5875		.31	7.874		.55	13.970
	.07	1.778	5/16	.3125	7.9375		.55118	14.0
5/64	.078125	1.9844		.31496	8.0		.56	14.224
	.07874	2.0		.32	8.128	9/16	.5625	14.2875
	.08	2.032	21/64	.328125	8.3344		.57	14.478
	.09	2.286		.33	8.382	37/64	.578125	14.6844
3/32	.09375	2.3812		.34	8.636		.58	14.732
	.1	2.54	11/32	.34375	8.7312		.59	14.986
7/64	.109375	2.7781		.35	8.89		.59055	15.0
	.11	2.794		.35433	9.0	19/32	.59375	15.0812
	.11811	3.0	23/64	.359375	9.1281		.60	15.24
	.12	3.048		.36	9.144	39/64	.609375	15.4781
1/8	.125	3.175		.37	9.398		.61	15.494
	.13	3.302	3/8	.375	9.525		.62	15.748
	.14	3.556		.38	9.652	5/8	.625	15.875
9/64	.140625	3.5719		.39	9.906		.62992	16.0
	.15	3.810	25/64	.390625	9.9219		.63	16.002
5/32	.15625	3.9688		.39370	10.0		.64	16.256
	.15748	4.0	13/32	.40	10.16	41/64	.640625	16.2719
	.16	4.064		.40625	10.3188		.65	16.510
	.17	4.318		.41	10.414	21/32	.65625	16.6688
11/64	.171875	4.3656		.42	10.668		.66	16.764
	.18	4.572	27/64	.421875	10.7156		.66929	17.0
3/16	.1875	4.7625		.43	10.922		.67	17.018
	.19	4.826		.43307	11.0	43/64	.671875	17.0656
	.19685	5.0	7/16	.4375	11.1125		.68	17.272
11/16	.6875	17.4625	51/64	.796875	20.2406		.90551	23.0
	.69	17.526		.80	20.320	29/32	.90625	23.0188
	.70	17.78		.81	20.574		.91	23.114
45/64	.703125	17.8594	13/16	.8125	20.6375		.92	23.368
	.70866	18.0		.82	20.828	59/64	.921875	23.4156
	.71	18.034		.82677	21.0		.93	23.622
23/32	.71875	18.2562	53/64	.828125	21.0344	15/16	.9375	23.8125
	.72	18.288		.83	21.082		.94	23.876
	.73	18.542		.84	21.336		.94488	24.0
47/64	.734375	18.6531	27/32	.84375	21.4312		.95	24.130
	.74	18.796		.85	21.590	61/64	.953125	24.2094
	.74803	19.0	55/64	.859375	21.8281		.96	24.384
3/4	.75	19.050		.86	21.844	31/32	.96875	24.6062
	.76	19.304		.86614	22.0		.97	24.638
49/64	.765625	19.4469		.87	22.098		.98	24.892
	.77	19.558	7/8	.875	22.225		.98425	25.0
	.78	19.812		.88	22.352	63/64	.984375	25.0031
25/32	.78125	19.8438		.89	22.606		.99	25.146
	.78740	20.0	57/64	.890625	22.6219	1	1.00000	25.4000
	.79	20.066		.90	22.860			

小数点已被圆整以提供不超过要求的精确程度。

面积换算

注：使用行和列交界处的乘数因子	平方米	平方英寸	平方英尺	平方英里	平方公里
平方米	1	1549.99	10.7639	3.861×10^{-7}	1×10^{-6}
平方英寸	0.0006452	1	6.944×10^{-3}	2.491×10^{-10}	6.452×10^{-10}
平方英尺	0.0929	144	1	3.587×10^{-8}	9.29×10^{-8}
平方英里	2,589,999	---	27,878,400	1	2.59
平方公里	1,000,000	---	10,763,867	0.3861	1
1 平方米 =10,000 平方厘米 1 平方毫米 =0.01 平方厘米 =0.00155 英寸					

体积换算

注：使用行和列交界处的乘数因子	立方分米（升）	立方英寸	立方英尺	美国夸脱	美国加仑	英国加仑	美国桶（石油）
立方分米	1	61.0234	0.03531	1.05668	0.264178	0.220083	0.00629
立方英尺	0.01639	1	5.787×10^{-4}	0.01732	0.004329	0.003606	0.000103
立方英里	28.317	1728	1	29.9221	7.48055	6.22888	0.1781
美国夸脱	0.94636	57.75	0.03342	1	0.25	0.2082	0.00595
美国加仑	3.78543	231	0.13368	4	1	0.833	0.02381
英国加仑	4.54374	277.274	0.16054	4.80128	1.20032	1	0.02877
美国桶(石油)	158.98	9702	5.6146	168	42	34.973	1
1 立方米 =1,000,000 立方厘米 1 升 =1000 毫升 =1000 立方厘米							

体积流量换算

注：使用行和列交界处的乘数因子	升 / 每分钟	立方米 / 每小时	立方英寸 / 每小时	升 / 每小时	美国加仑 / 每分钟	美国桶 / 每天
升 / 每分钟	1	0.06	2.1189	60	0.264178	9.057
立方米 / 每小时	16.667	1	35.314	1000	4.403	151
立方英尺 / 每小时	0.4719	0.028317	1	28.317	0.1247	4.2746
升 / 每小时	0.016667	0.001	0.035314	1	0.004403	0.151
美国加仑 / 每分钟	3.785	0.2273	8.0208	227.3	1	34.28
美国桶 / 每天	0.1104	0.006624	0.23394	6.624	0.02917	1

www.control-valve.net

质量转换－磅至公斤
（1 磅 = 0.4536 公斤）

磅	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	公斤									
0	0.00	0.45	0.91	1.36	1.81	2.27	2.72	3.18	3.63	4.08
10	4.54	4.99	5.44	5.90	6.35	6.80	7.26	7.71	8.16	8.62
20	9.07	9.53	9.98	10.43	10.89	11.34	11.79	12.25	12.70	13.15
30	13.61	14.06	14.52	14.97	15.42	15.88	16.33	16.78	17.24	17.69
40	18.14	18.60	19.05	19.50	19.96	20.41	20.87	21.32	21.77	22.23
50	22.68	23.13	23.59	24.04	24.49	24.95	25.40	25.86	26.31	26.76
60	27.22	27.67	28.12	28.58	29.03	29.48	29.94	30.39	30.84	31.30
70	31.75	32.21	32.66	33.11	33.57	34.02	34.47	34.93	35.38	35.83
80	36.29	36.74	37.20	37.65	38.10	38.56	39.01	39.46	39.92	40.37
90	40.82	41.28	41.73	42.18	42.64	43.09	43.55	44.00	44.45	44.91

www.control-valve.net 控制阀在线

压力换算

注：使用行和列交界处的乘数因子	公斤 / 平方厘米	磅 / 平方英寸	大气压	巴	英寸汞柱	千帕斯卡	英寸水柱	英尺水柱
公斤 / 平方厘米	1	14.22	0.9678	0.98067	28.96	98.067	394.05	32.84
磅 / 平方英寸	0.07031	1	0.06804	0.06895	2.036	6.895	27.7	2.309
大气压	1.0332	14.696	1	1.01325	29.92	101.325	407.14	33.93
巴	1.01972	14.5038	0.98692	1	29.53	100	402.156	33.513
英寸汞柱	0.03453	0.4912	0.03342	0.033864	1	3.3864	13.61	11.134
千帕斯卡	0.0101972	0.145038	0.0098696	0.01	0.2953	1	4.021156	0.33513
英寸水柱	0.002538	0.0361	0.002456	0.00249	0.07349	0.249	1	0.0833
英尺水柱	0.03045	0.4332	0.02947	0.029839	0.8819	2.9839	12	1

1 盎司 / 平方英寸 = 0.0625 磅 / 平方英寸

压力转换 – 磅 / 每平方英寸巴*

磅 / 平方英寸	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	巴									
0	0.000000	0.068948	0.137895	0.206843	0.275790	0.344738	0.413685	0.482633	0.551581	0.620528
10	0.689476	0.758423	0.827371	0.896318	0.965266	1.034214	1.103161	1.172109	1.241056	1.310004
20	1.378951	1.447899	1.516847	1.585794	1.654742	1.723689`	1.792637	1.861584	1.930532	1.999480
30	2.068427	2.137375	2.206322	2.275270	2.344217	2.413165	2.482113	2.551060	2.620008	2.688955
40	2.757903	2.826850	2.895798	2.964746	3.033693	3.102641	3.171588	3.240536	3.309484	3.378431
50	3.447379	3.516326	3.585274	3.654221	3.723169	3.792117	3.861064	3.930012	3.998959	4.067907
60	4.136854	4.205802	4.274750	4.343697	4.412645	4.481592	4.550540	4.619487	4.688435	4.757383
70	4.826330	4.895278	4.964225	5.033173	5.102120	5.1710681	5.240016	5.308963	5.377911	5.446858
80	5.515806	5.584753	5.653701	5.722649	5.791596	5.860544	5.929491	5.998439	6.067386	6.136334
90	6.205282	6.274229	6.343177	6.412124	6.481072	6.550019	6.618967	6.687915	6.756862	6.825810
100	6.894757	6.963705	7.032652	7.101600	7.170548	7.239495	7.308443	7.377390	7.446338	7.515285

注：为转换成千帕斯卡，向右移动二位小数点。为转换成兆帕斯卡，向左移动一位小数点，
例如，30 磅 / 平方英寸 = 2.068427 巴 = 206.8427 千帕斯卡 = 0.2068427 兆帕斯卡
注：小数点已圆整以提供不超过要求的精确程度

温度转换公式

转换自	至	转换公式
摄氏度	华氏度	(℃ × 9/5) + 32
摄氏度	开氏	(℃ + 273.16)
华氏度	摄氏度	(°F-32) × 5/9
华氏度	雷氏度	(°F + 459.69)

温度转换

℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F	℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F	℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F
-273.16	-459.69		-90.00	-130	-202.0	-17.8	0	32.0
-267.78	-450		-84.44	-120	-184.0	-16.7	2	35.6
-262.22	-440		-78.89	-110	-166.0	-15.6	4	39.2
-256.67	-430		-73.33	-100	-148.0	-14.4	6	42.8
-251.11	-420		-70.56	-95	-139.0	-13.3	8	46.4
-245.56	-410		-67.78	-90	-130.0	-12.2	10	50.0
-240.00	-400		-65.00	-85	-121.0	-11.1	12	53.6
-234.44	-390		-62.22	-80	-112.0	-10.0	14	57.2
-228.89	-380		-59.45	-75	-103.0	-8.89	16	60.8
-223.33	-370		-56.67	-70	-94.0	-7.78	18	64.4
-217.78	-360		-53.89	-65	-85.0	-6.67	20	68.0
-212.22	-350		-51.11	-60	-76.0	-5.56	22	71.6
-206.67	-340		-48.34	-55	-67.0	-4.44	24	75.2
-201.11	-330		-45.56	-50	-58.0	-3.33	26	78.8
-195.56	-320		-42.78	-45	-49.0	-2.22	28	82.4
-190.00	-310		-40.00	-40	-40.0	-1.11	30	86.0
-184.44	-300		-38.89	-38	-36.4	0	32	89.6
-178.89	-290		-37.78	-36	-32.8	1.11	34	93.2
-173.33	-280		-36.67	-34	-29.2	2.22	36	96.8
-169.53	-273.16	-459.69	-35.56	-32	-25.6	3.33	38	100.4
-168.89	-272	-457.6	-34.44	-30	-22.0	4.44	40	104.0
-167.78	-270	454.0	-33.33	-28	-18.4	5.56	42	107.6
-162.22	-260	-436.0	-32.22	-26	-14.8	6.67	44	111.2
-156.67	-250	-418.0	-31.11	-24	-11.2	7.78	46	114.8
-151.11	-240	-400.0	-30.00	-22	-7.6	8.89	48	118.4
-145.56	-230	-382.0	-28.89	-20	-4.0	10.0	50	122.0
-140.00	-220	-364.0	-27.78	-18	-0.4	11.1	52	125.6
-134.44	-210	-346.0	-26.67	-16	3.2	12.2	54	129.2
-128.89	-200	-328.0	-25.56	-14	6.8	13.3	56	132.8
-123.33	-190	-310.0	-24.44	-12	10.4	14.4	58	136.4
-117.78	-180	-292.0	-23.33	-10	14.0	15.6	60	140.0
-112.22	-170	-274.0	-22.22	-8	17.6	16.7	62	143.6
-106.67	-160	-256.0	-21.11	-6	21.2	17.8	64	147.2
-101.11	-150	-238.0	-20.00	-4	24.8	18.9	66	150.8
-95.56	-140	-220.0	-18.89	-2	28.4	20.0	68	154.4

(续)

www.control-valve.net 控制阀

温度转换（续）

℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F	℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F	℃	需要转换的温度 (℃或°F)	°F
21.1	70	158.0	204.4	400	752.0	454.4	850	1562.0
22.2	72	161.6	210.0	410	770.0	460.0	860	1562.0
23.3	74	165.2	215.6	420	788.0	465.6	870	1598.0
24.4	76	168.8	221.1	430	806.0	471.1	880	1616.0
25.6	78	172.4	226.7	440	824.0	476.7	890	1634.0
26.7	80	176.0	232.2	450	842.0	482.2	900	1652.0
27.8	82	179.6	237.8	460	860.0	487.8	910	1670.0
28.9	84	183.2	243.3	470	878.0	493.3	920	1688.0
30.0	86	186.8	248.9	480	896.0	498.9	930	1706.0
31.1	88	190.4	254.4	490	914.0	504.4	940	1724.0
32.2	90	194.0	260.0	500	932.0	510.0	950	1742.0
33.3	92	197.6	265.6	510	950.0	515.6	960	1760.0
34.4	94	201.2	271.1	520	968.0	521.1	970	1778.0
35.6	96	204.8	276.7	530	986.0	526.7	980	1796.0
36.7	98	208.4	282.2	540	1004.0	535.2	990	1814.0
37.8	100	212.0	287.8	550	1022.0	537.8	1000	1832.0
43.3	110	230.0	293.3	560	1040.0	543.3	1010	1850.0
48.9	120	248.0	298.9	570	1058.0	548.9	1020	1868.0
54.4	130	266.0	304.4	580	1076.0	554.4	1030	1886.0
60.0	140	284.0	310.0	590	1094.0	560.0	1040	1904.0
65.6	150	302.0	315.6	600	1112.0	565.6	1050	1922.0
71.1	160	320.0	321.1	610	1130.0	571.1	1060	1940.0
76.7	170	338.0	326.7	620	1148.0	576.7	1070	1958.0
82.2	180	356.0	332.2	630	1166.0	582.2	1080	1976.0
87.8	190	374.0	337.8	640	1184.0	587.8	1090	1994.0
93.3	200	392.0	343.3	650	1202.0	593.3	1100	2012.0
98.9	210	410.0	348.9	660	1220.0	598.9	1110	2030.0
104.4	220	428.0	354.4	670	1238.0	604.4	1120	2048.0
110.0	230	446.0	360.0	680	1256.0	610.0	1130	2066.0
115.6	240	464.0	365.6	690	1274.0	615.6	1140	2084.0
121.1	250	482.0	371.1	700	1292.0	621.1	1150	2102.0
126.7	260	500.0	376.7	710	1310.0	626.7	1160	2120.0
132.2	270	518.0	382.2	720	1328.0	632.2	1170	2138.0
137.8	280	536.0	387.8	730	1346.0	637.8	1180	2156.0
143.3	290	554.0	393.3	740	1364.0	643.3	1190	2174.0
148.9	300	572.0	398.9	750	1382.0	648.9	1200	2192.0
154.4	310	590.0	404.4	760	1400.0	654.4	1210	2210.0
160.0	320	608.0	410.0	770	1418.0	660.0	1220	2228.0
165.6	330	626.0	415.6	780	1436.0	665.6	1230	2246.0
171.1	340	644.0	421.1	790	1454.0	671.1	1240	2264.0
176.7	350	662.0	426.7	800	1472.0	676.7	1250	2282.0
182.2	360	680.0	432.2	810	1490.0	682.2	1260	2300.0
187.8	370	698.0	437.8	820	1508.0	687.8	1270	2318.0
193.3	380	716.0	443.3	830	1526.0	693.3	1280	2336.0
198.9	390	734.0	448.9	840	1554.0	698.9	1290	2354.0

（续）

温度转换（续）

℃	需要转换的温度（℃或°F）	°F	℃	需要转换的温度（℃或°F）	°F	℃	需要转换的温度（℃或°F）	°F
704.4	1300	2372.0	760.0	1400	2552.0	815.6	1500	2732.0
710.0	1310	2390.0	765.6	1410	2570.0			
715.6	1320	2408.0	771.1	1420	2588.0			
721.1	1330	2426.0	776.7	1430	2606.0			
726.7	1340	2444.0	782.2	1440	2624.0			
732.2	1350	2462.0	787.0	1450	2642.0			
737.8	1360	2480.0	793.3	1460	2660.0			
743.3	1370	2498.0	798.9	1470	2678.0			
748.9	1380	2516.0	804.4	1480	2696.0			
754.4	1390	2534.0	810.0	1490	2714.0			

A.P.I.和 Baumé 比重表和重量因子

A.P.I. 比重	Baumé 比重	特定比重	磅 / 美国加仑	美国加仑 / 磅	A.P.I. 比重	Baumé 比重	特定比重	磅 / 美国加仑	美国加仑 / 磅
0	10.247	1.0760	8.962	0.1116					
1	9.223	1.0679	8.895	0.1124	31	30.78	0.8708	7.251	0.1379
2	8.198	1.0599	8.828	0.1133	32	31.77	0.8654	7.206	0.1388
3	7.173	1.0520	8.762	0.1141	33	32.76	0.8602	7.163	0.1396
4	6.148	1.0443	8.698	0.1150	34	33.75	0.8550	7.119	0.1405
5	5.124	1.0366	8.634	0.1158	35	34.73	0.8498	7.076	0.1413
6	4.099	1.0291	8.571	0.1167	36	35.72	0.8448	7.034	0.1422
7	3.074	1.0217	8.509	0.1175	37	36.71	0.8398	6.993	0.1430
8	2.049	1.0143	8.448	0.1184	38	37.70	0.8348	6.951	0.1439
9	1.025	1.0071	8.388	0.1192	39	38.69	0.8299	6.910	0.1447
10	10.00	1.0000	8.328	0.1201	40	39.68	0.8251	6.870	0.1456
11	10.99	0.9930	8.270	0.1209	41	40.67	0.8203	6.830	0.1464
12	11.98	0.9861	8.212	0.1218	42	41.66	0.8155	6.790	0.1473
13	12.97	0.9792	8.155	0.1226	43	42.65	0.8109	6.752	0.1481
14	13.96	0.9725	8.099	0.1235	44	43.64	0.8063	6.713	0.1490
15	14.95	0.9659	8.044	0.1243	45	44.63	0.8017	6.675	0.1498
16	15.94	0.9593	7.989	0.1252	46	45.62	0.7972	6.637	0.1507
17	16.93	0.9529	7.935	0.1260	47	50.61	0.7927	6.600	0.1515
18	17.92	0.9465	7.882	0.1269	48	50.60	0.7883	6.563	0.1524
19	18.90	0.9402	7.830	0.1277	49	50.59	0.7839	6.526	0.1532
20	19.89	0.9340	7.778	0.1286	50	50.58	0.7796	6.490	0.1541
21	20.88	0.9279	7.727	0.1294	51	50.57	0.7753	6.455	0.1549
22	21.87	0.9218	7.676	0.1303	52	51.55	0.7711	6.420	0.1558
23	22.86	0.9159	7.627	0.1311	53	52.54	0.7669	6.385	0.1566
24	23.85	0.9100	7.578	0.1320	54	53.53	0.7628	6.350	0.1575
25	24.84	0.9042	7.529	0.1328	55	54.52	0.7587	6.316	0.1583
26	25.83	0.8984	7.481	0.1337	56	55.51	0.7547	6.283	0.1592
27	26.82	0.8927	7.434	0.1345	57	56.50	0.7507	6.249	0.1600
28	27.81	0.8871	7.387	0.1354	58	57.49	0.7467	6.216	0.1609
29	28.80	0.8816	7.341	0.1362	59	58.48	0.7428	6.184	0.1617
30	29.79	0.8762	7.296	0.1371	60	59.47	0.7389	6.151	0.1626

（续）

A.P.I.和 Baumé 比重表和重量因子（续）

A.P.I. 比重	Baumé 比重	特定比重	磅 / 美国加仑	美国加仑 / 磅	A.P.I. 比重	Baumé 比重	特定比重	磅 / 美国加仑	美国加仑 / 磅
61	60.46	0.7315	6.119	0.1634	81	80.25	0.6659	5.542	0.1804
62	61.45	0.7313	6.087	0.1643	82	81.24	0.6628	5.516	0.1813
63	62.44	0.7275	6.056	0.1651	83	82.23	0.6597	5.491	0.1821
64	63.43	0.7238	6.025	0.1660	84	83.22	0.6566	5.465	0.1830
65	64.42	0.7201	5.994	0.1668	85	84.20	0.6536	5.440	0.1838
66	65.41	0.7165	5.964	0.1677	86	85.19	0.6506	5.415	0.1847
67	66.40	0.7128	5.934	0.1685	87	86.18	0.6476	5.390	0.1855
68	67.39	0.7093	5.904	0.1694	88	87.17	0.6446	5.365	0.1864
69	68.37	0.7057	5.874	0.1702	89	88.16	0.6417	5.341	0.1872
70	69.36	0.7022	5.845	0.1711	90	89.15	0.6388	5.316	0.1881
71	70.35	0.6988	5.817	0.1719	91	90.14	0.6360	5.293	0.1889
72	71.34	0.6953	5.788	0.1728	92	91.13	0.6331	5.269	0.1898
73	72.33	0.6919	5.759	0.1736	93	92.12	0.6303	5.246	0.1906
74	73.32	0.6886	5.731	0.1745	94	93.11	0.6275	5.222	0.1915
75	74.31	0.6852	5.703	0.1753	95	94.10	0.6247	5.199	0.1924
76	75.30	0.6819	5.676	0.1762	96	95.09	0.6220	5.176	0.1932
77	76.29	0.6787	5.649	0.177.	97	96.08	0.6193	5.154	0.1940
78	77.28	0.6754	5.622	0.1779	98	97.07	0.6166	5.131	0.1949
79	78.27	0.6722	5.595	0.1787	99	98.06	0.6139	5.109	0.1957
80	79.26	0.6690	5.568	0.1796	100	99.05	0.6112	5.086	0.1966

Baumé 和 A.P.I. 度对于特定比重之间的关系可用如下公式表示：

对于比水轻的液体：

$$\text{Baumé 度} = \frac{140}{G} - 130, \qquad G = \frac{140}{130 + \text{Baumé 度}}$$

$$\text{A.P.I. 度} = \frac{141.5}{G} - 131.5, \qquad G = \frac{141.5}{131.5 + \text{A.P.I. 度}}$$

对于比水重的液体：

$$\text{Baumé 度} = 145 - \frac{145}{G} \qquad G = \frac{145}{145 - \text{Baumé 度}}$$

G = 特定比重 = 60°F 时给定体积的油的重量对于 60°F 时同样体积的水的重量的比例。上面的表是以在 760 毫米压力和 50% 的湿度的空气里 60°F 时体积为 231 立方英寸的 1 加仑（美国）油的重量为基础的。假定在 60°F 空气里 1 加仑水的重量为 8.32828 磅，为确定混合不同比重的油而引起的比重：

$$D = \frac{md_1 + nd_2}{m + n}$$

D = 混合物的密度或比重

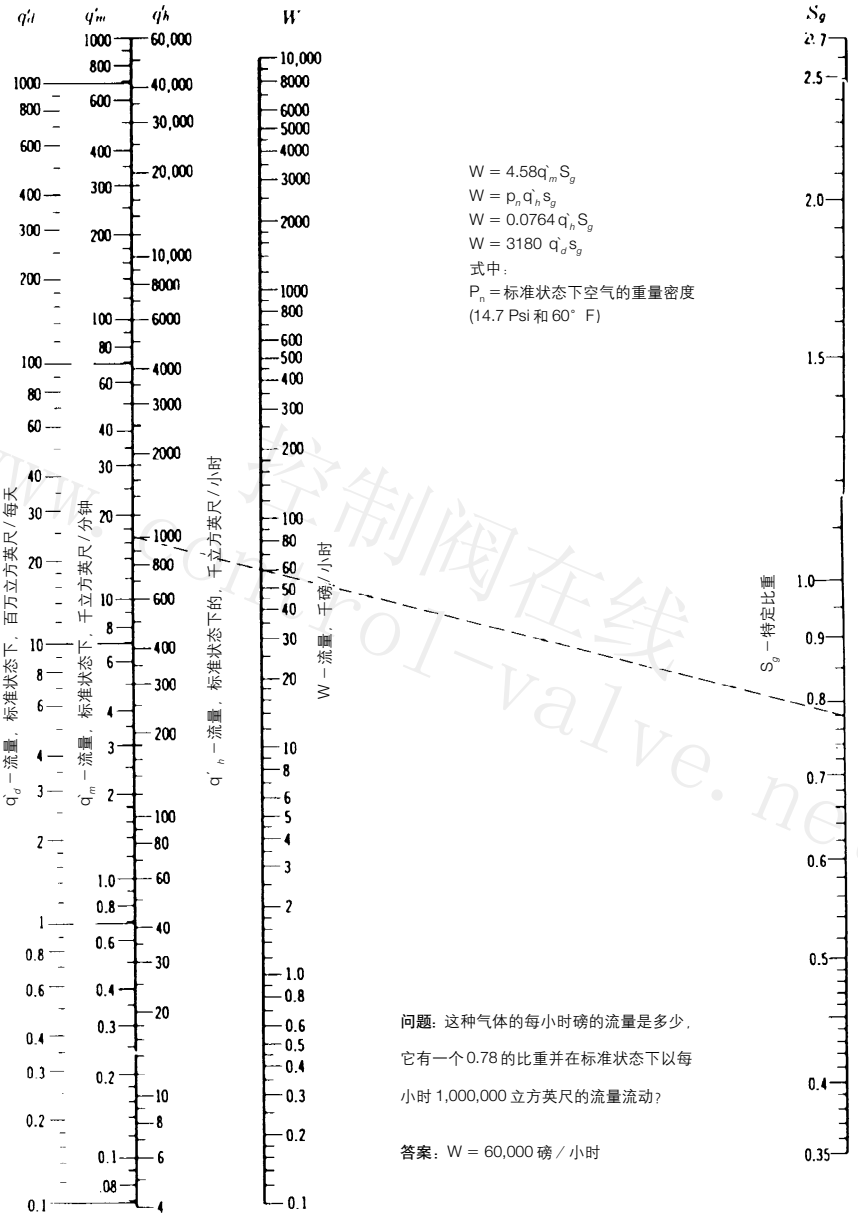
m = 密度 d_1 的油的份额

n = 密度 d_2 的油的份额

d_1 = m 油的比重

d_2 = n 油的比重

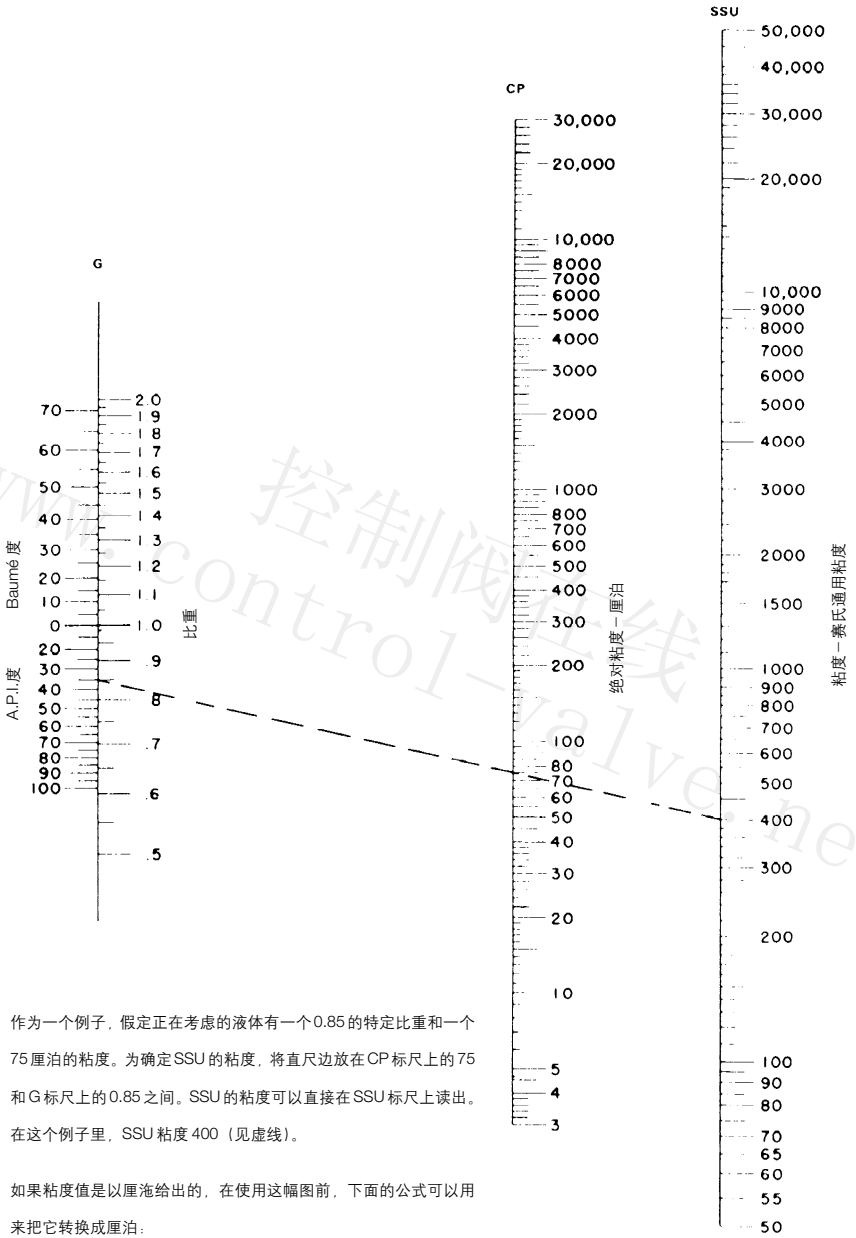
可压缩流体的等效的体积和重量流量



www.control-valve.net 控制阀在线

摘自技术论文号410，流体的流动，获得Crane公司许可。

粘度转换图解法



作为一个例子，假定正在考虑的液体有一个 0.85 的特定比重和一个 75 厘泊的粘度。为确定 SSU 的粘度，将直尺边放在 CP 标尺上的 75 和 G 标尺上的 0.85 之间。SSU 的粘度可以直接在 SSU 标尺上读出。在这个例子里，SSU 粘度 400（见虚线）。

如果粘度值是以厘沲给出的，在使用这幅图前，下面的公式可以用来把它转换成厘泊：

厘泊 = 厘沲 × 比重

粘度转换图解法

www.control-valve.net 控制阀在线

其它有用的转换

转换自	至	乘以
立方英尺（甲烷）	B.T.U.	1000（近似）
立方英尺水	磅水	62.4
度	弧度	0.01745
加仑	磅水	8.336
克	盎司	0.0352
马力(机)	英尺磅 / 分钟	33,000
马力（电）	瓦特	746
千克	磅	2.205
千克 / 立方米	磅 / 立方英尺	0.06243
千瓦	马力	1.341
磅	千克	0.4536
磅空气（14.7 psi 和 60F)	立方英尺空气	13.1
磅 / 立方英尺	千克 / 立方米	16.0184
磅 / 小时（气体）	标准立方英尺 / 小时	13.1/ 比重
磅 / 小时（水）	加仑 / 分钟	0.002
磅 / 秒（气体）	标准立方英尺 / 小时	46,160/ 比重
弧度	度	57.3
标准状态空气	标准状态丙烷	0.81
标准状态空气	标准状态丁烷	0.71
标准状态空气	标准状态 0.6 天然气	1.29
标准状态	立方米 / 小时	0.028317

公制前缀与符号

乘法系数	前缀	符号
1 000 000 0000 000 000 000 = 10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000 = 10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^{9}	giga	G
1 000 000 = 10^{6}	mega	M
1 000 = 10^{3}	kilo	k
100 = 10^{2}	hecto	h
10 = 10^{1}	deka	da
0.1 = 10^{-1}	deci	d
0.01 = 10^{-2}	centi	c
0.001 = 10^{-3}	milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p
0.000 000 000 000 001 = 10^{-15}	femto	f
0.000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	atto	a

www.control-valve.net 控制阀在线

控制阀在线
www.control-valve.net

标题索引

黑体页码表示表格
斜体页码表示图

A.P.I.和Baume比重表和重量因子，**271**
附件，2
执行机构，2，28，62，129，172
  组件，2
  薄膜，*8*，10，62，172
  正作用，10
  双作用，16
  电液，64
  力计算，133
  杠杆，15
  手动，64，*65*
  活塞，*9*，30，63
  活塞式，11
  齿条和齿轮，*64*，64
  反作用，12
  尺寸计算，129
  弹簧，6
  弹簧薄膜，27
  推杆，8
  推杆加长轴，9
  推杆力，9
执行机构－定位器的设计，28
允许计算压力降，115
环境温度腐蚀，**96**
美国石油组织，175
美国管道法兰尺寸，**251**，**252**
  螺孔中心圆直径，**251**
  法兰直径，**253**
  带法兰管件的法兰厚度，**254**
  双头螺栓数量和直径，**252**
美国机械工程师学会，175
角形阀体，*42*
ANSI，20
API，20
认证机构，179
认证，179
  亚太地区，185
  欧洲，185
  北美，179
  产品，179
面积换算，**266**
ASME，20
ASTM，20
ASTM材料代号，78
自动控制系统，20

空程，2，27
球，15

www.control-valve.net 控制阀在线

全，15
V形切口，15
平衡阀芯笼式阀体，43
棒形阀体，*43*
波纹管密封型阀盖，*8*，9，*51*，51
弹簧设定范围，16，*174*，174
Bode图，*19*，20
拧紧螺栓，*169*
阀盖，9，49，*49*
波纹管密封型，*8*，9，*51*，51
伸长型，*8*，10，*50*，*50*
阀体，49
阀盖组件，9
增压器，*70*
底法兰，9
轴套，10
蝶形控制阀，*45*
蝶阀阀体，45

阀笼，10，*10*，*143*
特性化的，*10*
等百分比，*10*
线性，*10*
降噪，*143*
快开，*10*
笼式阀内件，*11*
壁厚号40以外的管道的计算，236
校验，20，68
曲线，*19*，20
循环，20
回差，*19*
凸轮操作的限位开关，*71*
加拿大标准协会，179
流通能力，16
气蚀，*136*，*141*
CENELEC认证，179
特性，3
等百分比，3，32
频率响应，20
固有，4，31，
固有阀门，*4*
安装，4
线性，4，32
快开，5，32
特性化，31，58
特性化阀笼，*58*
等百分比，*58*
线性，*58*
快开，*58*
特性化阀芯，59
间隙流，16
闭环回路，2
截流元件，10
保护技术比较，184
控制范围，*2*
控制阀，1，23
附件，67
组件，2，*7*
蝶形，*45*
大流通能力，147
高温，148
小流量，148，*149*
维护，169
核工况，150
填料，52
性能，23
旋转式，*14*，15
选型，75
标准，175
V形切口球，*46*
控制器，2，20
转换，263
CSA外壳等级，182
自定义的特性，150
气缸，10
低温工况阀门，149

死区，2，25，*26*，29
时滞时间，3
减温器，*156*
固定几何形状喷嘴型，158
安装，*156*

www.control-valve.net 控制阀在线

自我包容，*160*
自我包容型，159
蒸汽辅助的，*160*
蒸汽雾化型，160
可变几何形状喷嘴，159
过热蒸汽减温，155
诊断，*170*
膜片，10
盖子，10
支撑板，10
薄膜执行机构，*8*，10，*62*，*62*
正作用，*62*
反作用，*62*
正作用执行机构，10
阀板，3
传统，15
动态设计的，15
偏心，15
双作用，*64*
电液，*63*
活塞 ，*63*
双作用执行机构，16
双阀座阀门，*11*
双阀座阀体，*44*
动态增益，28
动态不平衡力，16

偏心阀板控制阀体，47
偏心球塞阀体，47
有效面积，16
弹性材料的特性信息，**101**
继电器，71
电液执行机构，64
电－气定位器，74，*74*
电－气转换器，72，*74*
连接端，48
螺栓紧固带垫片法兰，48
旋入式管螺纹，48
焊接，49
工程数据，191
焓，20
熵，20
等百分比流量特性，3，17，109
公式常数，111
换算，263
欧洲认证，185
欧洲电工标准化委员会，179
欧洲标准化委员会，176
伸长型阀盖，*8*，10，*51*

端面至端面间距，**86**，**89**
失气－关闭，17
失气－打开，17
失气－安全，17
失气－安全系统，72
FCI，20
反馈信号，20
前馈式，162
终端控制元件，3
固定几何喷嘴型，*159*
固定增益定位器，30
无法兰阀门，15
流量特性，59，108
等百分比，17，59
固有，17
安装，17，*33*，33
线性，59
修正的抛物线，18
快开，60
选择，109
流量系数，17
额定，18
相对，18
流量控制过程，**110**
空气流过壁厚号 40 的钢管，**232**
水流过壁厚号 40 的钢管，**228**
流体适应性，**104**
流体控制组织，177
分数英寸至毫米，**264**
频率响应特性，20
摩擦力，3，27，178
服务中，178

www.control-valve.net 控制阀论坛

填料，27
活塞执行机构，27
趋势，178
增益
动态，28
固有阀门，4
安装，33
安装阀门，4
回路，5，34
回路过程，34
静态，28
增益限制指标，34
几何辅助对夹型，*161*，161
直通阀，10

手轮，*69*
硬度，20
危险场所分类，179，186
大流通能力阀体，*44*
高性能蝶形控制阀，45
高压阀体，*43*
高压力恢复阀门，17
高温阀体，148
振荡，21
碳氢化合物的物理常数，**200**
滞后，4

I/P，4
IEC 外壳等级，187
外壳防护（IP）代号，**188**
固有特性，4，32
固有膜片压力范围，17
固有流量特性，4，17，*150*
固有流量特性曲线，*59*
固有阀门特性，*109*
固有阀门增益，4
在线消音器，*143*
安装，167，168
安装膜片压力范围，17
安装流量特性，4，17，*33*
安装阀门增益，4，*33*
仪表空气泄漏，183
仪表空气质量，184
仪表压力，21
美国仪表学会，177，178
国际电工委员会，178，179
国际标准组织，178
本安装置，182
ISA，21

大流量阀体，*148*
长度换算，263
限位开关，71
凸轮操作的，*71*
线性特性，4
线性流量特性，59，107
线性，4
液体临界压力比例因子，*116*
液位系统，**109**
加载压力，21
回路，5
闭环，2
开环，5
回路增益，5，34
小流量控制阀，148
低压力恢复阀门，18
下阀体，11

维护，167，169
控制阀，169
预见性，170
预防性，170
被动性，169
多通路，*163*
手动执行机构，*64*，64
制造商标准化，178
质量转换－磅至公斤，**267**
最大流量，115
最大转角，134
公制前缀与符号，**275**
修正的抛物线流量特性，18
NACE，21，179

美国电气制造商协会 179
美国防火协会，179
NEMA 外壳等级，181
降噪声阀内件，*141*，143
噪声控制，140
  空气动力，140
噪声预测，138
  空气动力，138
  液体动力，139
非破坏性测试步骤，134
北美认证，179
核工况控制阀，150

补偿式阀门，12
开环回路，5
OSHA，21
其它有用的转换，**275**

填料，5，27，*53*，131，*173*
  控制阀，52
  摩擦力，27，131，**132**
  石墨片和丝，52
  材料，*12*，*53*
  PTFE V形环，52
  旋转阀，**146**
  选择，143
  直行程阀门，**145**
填料函组件，12
性能测试回路，*25*
碳氢化合物的物理常数，**200**
管道数据，237
  碳钢和合金钢－不锈钢，**238**
管道螺纹接合，**237**
管道几何形状系数，113
活塞执行机构，*9*，11，30，61，*63*
  双作用，*63*
活塞执行机构摩擦力，27
阀芯，12
  偏心，15
气动锁定系统，72
阀口，12
阀座导向单阀座阀体，44
定位器，5，28，67
  模拟 I/P，67
  凸轮，36
  薄膜执行机构，*69*
  数字式，67
  电气，72
  固定增益，30
  基于微处理器的，29
  活塞执行机构，*70*
  气动，67
  二级，29
预见性维护，170
压力
  仪表，21
  加载，21
  压力，21
压力换算，**268**
压力转换，**268**
压力降比例因子，121
预防性维护，170
过程，5
过程死区，*3*
过程增益，5
过程优化，39
过程偏差度，5，23，*24*
饱和蒸汽的特性，**212**
过热蒸汽的特性，**219**
水的特性，**211**
保护技术，188
向下推关闭，18
向下推打开，18

快开流量特性，5，60，108

齿条齿轮执行机构，64，*65*
范围，21
可调比，18
额定流量流数，18
额定行程，18
被动性维护，169

www.控制阀在线 control-valve.net

推荐的阀座负载，**130**，*130*
致冷剂717（氨）
　液体和饱和蒸汽的特性，**206**
供气压力调节器，71，*72*
相对流量系数，18
放大器，5
可重复性，*19*，21
分辨率，5
响应时间，5
限制流通能力阀内件，61
保持环，12
反作用执行机构，12
反向流，16
反作用薄膜执行机构，*62*
万向轴承，16
旋转式执行机构尺寸计算，133
旋转式控制阀，*14*，15
橡胶套，12

饱和蒸汽的特性，**212**
密封，16
　环，16
密封轴套，12
阀座，13，131，173
　泄漏量，18
　负载，13，131
　环，13，173
　环拆卸器，*174*
泄漏等级，**93**
敏感性，21
传感器，6
弹性材料的工作温度限制，95
设定点，6
阀轴，16
阀轴的扭转，31
信号，21
信号幅度排序，*19*，21
单阀座阀体，41，*42*
口径计算，6，132
　系数，**125**
　旋转式执行机构，133
　阀门，6
滑动密封，16
直行程阀杆填料，57
电磁，*72*
电磁阀，71
量程，21
比热比，**202**
弹簧调整件，13
弹性系数，18
弹簧座，13
弹簧薄膜执行机构，27，*172*
标准流向，16
静态增益，28
静态不平衡力，13
蒸汽调节阀，162
阀杆连接件，13
阀杆填料，172
阀杆不平衡力，18
动作时间，31
硫化应力裂解，151
过热蒸汽，155
　特性，**219**
供气压力，21，67
　调节器，71，*72*

T_{63}，6，29
温度代号，181，187
温度转换，**269**
三通阀阀体，*11*，45
推力与摩擦力比例，30
时间常数，6
力矩等式，133
　开启力矩，133
　动态力矩，133
力矩系数，**134**
转换器，70，*71*
　电－气，72，*73*
变送器，6
行程，6
行程指示器，6
行程偏差，171

www.控制阀在线 control-valve.net

阀内件，6，*11*，13，58
  笼式，*11*
  限制流通能力，61
阀内件材料温度限制，**94**
透平旁路，155，165
  阀门，166
透平旁路系统，165，*166*
  部件，164
二级定位器，29

不平衡面积，**128**
上阀体，13

V形切口球阀体，46
阀门，159
  蒸汽调节，155
  透平旁路，165
阀体，41，43，75，167
  角，9
  角形，*11*，*42*
  组件，13
  平衡阀芯阀笼式，43
  棒形，*43*
  阀盖，49
  蝶形，45
  流通能力，2
  双阀口，*11*，*44*，44
  偏心阀板，*47*，47
  偏心球塞，47
  无法兰，15
  流向箭头，*168*
  直通式，10
  大流通能力阀笼导向，44
  大流通能力，*44*
  高压力恢复，17
  检查，168
  下，11
  材质，74
  补偿，12
  阀座导向单阀座，44
  单阀座，41
  单阀座的，*42*
  储存，167
  三通，*11*，*45*，*45*，
  上，13
阀门诊断，68
阀门材料，191
  推荐的标准规格，191
阀芯，15，58
  特性化的，59
阀芯导向，60
  阀笼导向，60
  阀杆导向，60
  顶导向，60
  顶底导向，60
  阀座导向，61
阀门响应时间，29
阀门口径计算，6，36，110，119
  可压缩流体，119
  液体工况，110
阀杆，15
阀门类型，31
阀体，V形切口球，46
可变几何喷嘴，*159*
管道里的液体速度，226
缩流断面，18
排空扩散器，*142*
粘度转换，274
体积和重量流量，**273**
流体增压器，6，*70*
体积换算，**266**
体积流量换算，**266**

耐磨损和摩擦，**92**
焊接连接端，49
整数英寸－毫米换算，**263**

支架，15

零误差，22

www.control-valve.net 控制阀