

SIEMENS

SINCAL[®] V5.1

供热

流网络的供热计算

SIEMENS AG 出版
Paul-Gossen-Straße 100, D-91052 Erlangen

PTD SE NC 5

前言

SINCAL 手册分为三个部分：

- ☐ SINCAL 系统手册
- ☐ 电力和流体网络技术手册
- ☐ 数据库结构

在 SINCAL 系统手册中，用户能找到使用 SINCAL 手册和 SINCAL 用户接口一般的方法。

电网的技术手册包含了电网各算法（诸如潮流、短电路计算）的详尽描述和相应的输入数据。

关于流网络的技术手册包含流网络的各种各样计算方法（水，气体和供热）的详尽描述和相应的输入数据。

数据库结构全面描述了电力和流网络的数据模型。

版权

本手册及所包含的所有信息和图例的所有版权保留

SIEMENS 保留所有版权，尤其是保留出版，翻译，再版，影印本，缩微本或者在数据库中存储的权利。

超出版权法指定的限制之外对上述内容的任何复制或者使用必须得到 SIEMENS 以书面形式表达的许可。

告戒

尽管我们的手册已被仔细地校核，但对发现的错误、由此导致的任何问题或困难不承担任何责任。我们在日常事务里及时做文本和软件的修改作为版本升级的一部分。

供热简介	1
供热输入数据	2
建立网络	2
节点	3
网络组	5
网络等级	6
供给源	8
等值热源	9
供给泵	14
节点元件	16
用户	17
压力缓冲器	20
温度调整器	22
渗漏	24
支路元件	26
管线	27
滑动阀与回流阀	31
常压减少与常流	33
压力调节器	35
加压泵	37
热交换器	39
一般的控制和输入数据	43
计算参数	44
版本	46
变量	48
变量顺序	49
变量的区别	50
网络宏	51
操作	52

Table of Contents

泵特性	54
压力缓冲器特性	58
 供热计算方法	 61
第一基尔霍夫规则	62
第二基尔霍夫规则	63
公式和标号列表	64
不可压缩流体	65
供给线	65
损耗	67
供热损耗	68
数学模型	73
公式符号列表	73
计算方法	74
交叉方法	76

供热简介

SINCAL 供热是规划大规模供应网络的一个有效的工具。

仿真程序能够在任何规模的网孔形供应网络中迅速方便地确定稳态的流动关系。可以模拟不同技术和运行变化。

计算仅适用于同一种物质(一套材料值)。同时计算具有不同物质的供给管线是不可能。

供热输入数据

建立网络

基于问题， **SINCAL** 能对各种流动网络应用不同类型的计算。

在试图例决这样问题之前，无论如何，必须借助于下列各项实现网络的建立：

- ☐ 通用数据
- ☐ 节点
- ☐ 供给源和用户
- ☐ 分支元件

对于计算

SINCAL 有三个类型的元件：

- ☐ [节点](#)
- ☐ [网络组](#)
- ☐ [网络等级](#)

节点

• Node

该元件可以是一个节点或母线。

节点

基本数据

名称

K56

简称

K56

网络电压等级

Extern (10.0 bar)

电路

Supply and return 1

最小值

p_{dmin}

1.0

bar

压力曲线

No

海拔

e

.0

m

距离-右

dr

.0

m

距离-上

du

.0

m

子午线

M

.0

m

包括网络名称

确定

取消

图例： 节点数据的界面

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--节点						
辅键--网络组						
辅键--变量						
辅键网络标准						
名称--节点						
简称--节点						
节点类型			1			1:节点 2: 母线
右距离		m		1000000 0	0	

Heating Input Data

上距离		m		1000000 0	0	
高度		m	0	9000	0	
顶点		m	0	10000	0	
最小压力差	$\Delta p_{\min}$	bar	1	200	0	
电路			3			1: Supply line 2: Return line 3: Supply and return line
压力曲线始端/末端			0			0: No 1: Yes
报告编号						
包括网络名称						
当前变量的元件			0			

描述

节点类型定义了元件的图表显示。有节点型和母线型。节点类型对计算不产生影响。

右距离字段指到格林威治子午线的距离。上距离指的是距离赤道的距离。参考平面之上的高度对网络中的压力关系非常重要。

使用 最小压力差是为了将需要的最小的压力差设置在供给和返回线之间。如果数字在指定的限制值之外，**SINCAL** 将在节点结果中记下来。

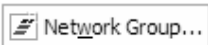
使用回路字段来指定到供给和返回线的节点。

压力曲线的始端/末端指定被用于产生自动压力曲线图形的节点。源于这些节点，**SINCAL** 将分析在整个的网络中所有可能的路径。然后它在所有选择的节点之间产生压力曲线图形。

任何一个节点的名称都能在 包括网络名字段中输入。当使用包括网络(网络宏命令)时，**SINCAL** 使用该名称来明确地指定节点。

当前变量的元件显示一个元件是否属于当前选择的变量。当变量被改变时，**SINCAL** 自动地更新该字段。

网络组



所有节点，节点元件和分支元件构成的组。



图例：网络组数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--网络组						
辅键--高水平的网络组						
辅键--变量						
名称--网络组						
简称--网络组						

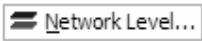
描述

网络组对计算不产生影响。 他们被仅仅用于构造网络。

字段辅键一高水平网络组能为网络组建造任何数量的层次。 .

名称一网络组可以有能精确识别它的任何名称。 名称不必是唯一的。网络组甚至能被指定为简称网络组， 以便他们能在网络图形中更容易地显示。

网络等级



网络等级定义网络元件的一般数据。

网络等级

基本数据

名称

Primär

简称

额定压力

pn

15.0

bar

额定温度

tn

145.0

° C

空气温度

tA

10.0

° C

最大流速

vmax

1.0

m/s

供给线路

最小运行压力

pomin

11.0

bar

最大运行压力

pomax

20.0

bar

温度

ts

145.0

° C

反馈线路

最小运行压力

pormin

5.0

bar

最大运行压力

pormax

10.0

bar

温度

tr

50.0

° C

?

1/3

确定

取消

图例： 网络等级 数据的屏幕格式

字段：

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键 - 网络等级						
辅键 - 变量						
名称 - 网络等级						
简称 - 网络等级						
额定压力	pn	bar	1	200	0	
额定的温度	tn	°C	125	150	10	
气体温度		°C	10	100	-50	

最小操作压力	p_{omin}	bar	0	200	0	
最大操作压力	p_{omax}	bar	100	200	0	
最小操作压力返回线	p_{ormin}	bar	0	200	0	
最大操作压力返回线	p_{ormax}	bar	100	200	0	
最大流动速度	v_{max}	m/s	0,2	100	0	
温度 - 供给线	t_s	°C	125	150	10	
温度 - 返回管线	t_r	°C	80	130	10	

描述

使用网络等级为电力子网络输入额定数据。

名称 - 网络等级可以是任何名称以便能准确识别它。名称不必是唯一的。网络组甚至能使用简称 - 网络等级，以便他们能在网络图形中更容易地显示。

额定压力是该网络等级网络元件的压力。

在网络等级的额定温度 字段中键入 额定温度 。**SINCAL** 在仿真中不直接使用该信息。它仅仅检查网络元件在网络组中是否有正确的温度。

空气温度决定管线周围温度损失。

为了在某等级网络中流体能向前方流动，最小操作压力 和最大操作压力指定了压力的容许限制。如果这些价值超标，**SINCAL** 在结果中自动地记录下来并且产生警告信息。

最大流速度是网络等级中的最大限度可接受的流动速度。如果该数值超标，**SINCAL** 在结果中自动地记录下来并且产生警告信息。

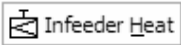
当仿真开始时，为了向前或返回，**SINCAL** 使用 温度 - 供给线 和温度 - 返回线作为初始的温度值。

供给源

SINCAL 水有如下供给来源:

- ☐ [等值热源](#)
- ☐ [供给泵](#)

等值热源



在供热的网络中使用该元件来创建压力源、功率源和压力维持。

热反馈

基本数据

节点

B57

元件名称

B55

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 等效电源

☐ 服务过期

负反馈类型

Pressure supply

压力供给

ps

.0

bar

温度

t

100.0

°C

操作

供给压力因数

fps

1.0

操作

无

确定

取消

图例： 回馈供热数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键 - 网络元件						
等值源类型			1			1: 压力源 2: 电源供给 3: 压力维持
压力源	ps	bar	0	2000	0	
功率源			1			1: 连续供给容量 2: 连续供给电源
连续供给容量	Q	t/h	0	999999	0	
连续供给功率	P	MW	0	999999	0	
依赖供给的压力减少量			1			0: 否 1:是

Heating Input Data

最小的压力差	$\Delta p_{\min}$	bar	1	200	0	
温度类型			1			1: 供给的温度 2: 温度的差
温度	t	°C	100	150	30	
压力维持类型						1: 中等压力差和部分 2: 供给压力差 3: 归还压力差 4: 泵数据和部分 5: 供给压力和泵数据 6: 返回压力和泵数据
中等的压力		bar	1	200	0	
压力差		bar	0	200	0	
供给压力		bar	1	200	0	
返回压力		bar	1	200	0	
供给压力部分		%	1	100	0	
返回压力部分		%	1	100	0	
泵特性的辅键						
输出流		l/s	0	99999	0	
特有的泵速度		1/min	1	9999	0	
最大流动变化		l/s	0,1	999999	0,1	
主要的供给						0: 否 1: 是
供给压力的倍增因数	f_{ps}	1	1	999	0	
连续供给容量的倍增因数	f_Q	1	1	999	0	
连续电源供给的倍增因数	f_P	1	1	999	0	
中等压力的倍增因数		1	1			
不同压力的倍增因数		1	1			
供给压力的倍增因数		1	1			
返回压力的倍增因数		1	1			
部分供给压力的倍增因数		1	1			
部分返回压力的倍增因数		1	1			
输出流的倍增因数		1	1			
辅键 – 控制						

仿真计算

在 等值注入类型 字段中，**SINCAL** 能够区分压力源、功率源和压力维持源之间的差别。

压力源

压力源的压力维持不变，不依赖于网络里的负荷分配。

压力源由流入网络总数和流出网络总数的压差之和来平衡。正由于该原因，对于供给和返回线路必须至少有一个压力源。

在字段压力源中键入压力源的恒定压力。

温度字段中，输入的温度是指压力源的媒介输入各管线的温度（供给或返回线）。

为了供给线和返回线各自分开，我们推荐输入供应源的压力。

压力源压力倍增因数是把输入的因子乘输入压力。

功率源

功率源的供给量数值是不变的，不随网络负荷分配而变。

压力依赖供给减少 字段值自动地控制着功率源。当该功能被激活时，如果向前和返回流动的压力差小于最小压力差字段的规定值时，**SINCAL** 将自动地减少输入的流量。

对于供给减少的减少因子计算如下：

$$f_{\text{RED}} = \left(\frac{P}{P_{\text{Min}}} \right)^2$$

在字段最小压力差中输入前向和返回流的压差。如果 **SINCAL** 计算的值低于此限制值，**SINCAL** 将在支路结果中将其记录下来。

如果用户输入 恒定功率源 和 恒定容量供给，**SINCAL** 将转化这些值，并在计算中使用他们。

使用选择的 温度类型，用户能用两种方式输入电源的温度：

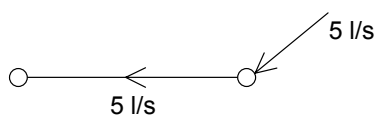
Heating Input Data

- ☐ 供给温度 - 在 温度 字段中，键入功率源输送给供给线的温度。
- ☐ 温度差 - 在 温度 字段中，输入功率源送入供给线和返回线的温度差。

恒定供给容量的倍增因数 和 恒定功率源的倍增因数 乘以这些输入值。

请注意功率源供给总产生不依赖于压力的输入流。

例如：



带压力维持的供给

在该供给源中输入返回流数据。

压力维持类型 字段让用户在不同类型压力维持源之间选择：

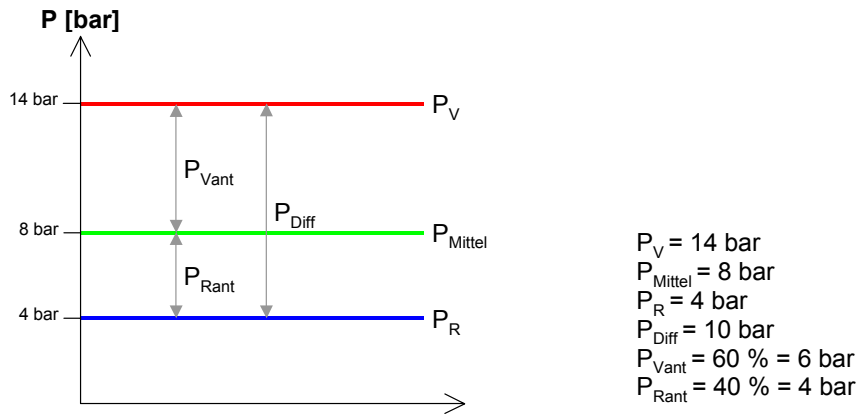
- ☐ 中压，差压，部分供给压力和部分返回压力。
填充 中压, 压差, 部分供给压力 和 部分返回压力 字段。
- ☐ 向前流动压力和差压
填充 差压 和 供给压力 字段。
- ☐ 返回流动压力和差压
填充 差压 和 返回压力 字段。
- ☐ 泵数据速度和部分
填充 部分供给压力, 部分返回压力, 辅键泵特性, 输出流, 特定泵速度 和 最大流变化 字段。
- ☐ 向前流压力和泵数据
填充 辅键一泵特性, 输出流, 特定泵速度 和 最大流变化 字段。
- ☐ 返回流压力和泵数据
填充 辅键泵特性, 输出流, 特定泵速度 和 最大流变化 字段。

在 中压 字段中输入压力维持的输出压力。

在 压差 字段中输入前向和返回流之间的压力差。

在 部分供给压力 和 部分返回压力 字段中输入百分数。和中压数值一起使用，这些字段让用户计算实际向前或者返回流的压力。

例子：中压，压差和比例



前向压 和 返回压 决定了该特殊回路中的压力。

在字段 辅键 - 泵特性 中选择被用于计算向前和返回流间的压力差的泵特性。

SINCAL 在仿真时使用 输出流 作为泵的初始值。

特定泵速度 选择泵特性的相应曲线。

最大流变化 控制仿真的过程。该字段中的值是在两种迭代计算之间流的最大变化。改变该值会影响仿真的收敛过程。

主导供给源 决定了返回周期的压力。在封闭的子网络中仅仅能有一个主要的供给源防止不收敛。

在字段 中压倍增因数, 压差倍增因数, 供给压力倍增因数, 返回压力倍增因数, 部分供给压力倍增因数, 部分返回压力倍增因数 和 输出流倍增因数 字段中输入增益, 利用这些数据计算新的输入值。

Heating Input Data

供给泵



该元件模拟离心泵。

水泵

基本数据

节点

K58

元件名称

P66

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

泵类型

Centrifugal pump

输出流

Q

.0

l/s

最大流量

dQmax

.1

l/s

特征泵速度

n

1.0

1/min

泵

供给温度

T

100.0

°C

操作

输出流因数

fQ

1.0

操作

无

确定

取消

图例： 供给泵的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
泵类型			1			1:离心泵 2:循环泵
辅键--泵特性						
输出流	Q	l/s	0	99999	0	
特定泵速度	n	1/min	1	9999	0	
供给温度	T	°C	100	150	30	
最大流的变化	Q _{max}	m³/h	0,1	999999	0,1	

输出流倍增因数	fQ	1	1	999	0	
辅键--操纵						

仿真计算

作为节点元件的离心泵按照泵特性的特定曲线从无限的水库和优先的供应网络抽水。

[泵特性](#)决定了泵的表现。 在[辅键一泵特性](#)字段中填入这些参数。

SINCAL 把[输出流](#)作为泵仿真的初始值。

[特定泵速度](#)选择相应的泵特性曲线。

[供给温度](#)是供应特殊回路时的温度。

[最大流变化](#)控制仿真的过程。 在该字段中的值是迭代计算之间流的最大变化。 改变该值影响仿真的收敛性过程。

[输出流倍增因数](#)把流率乘以确定的因数。

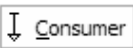
节点元件

该元件在流网络中模拟调节元件和用户。

SINCAL 水有如下节点元件：

- ☐ [用户](#)
- ☐ [压力缓冲器](#)
- ☐ [温度调节器](#)
- ☐ [渗漏](#)

用户



用户发生的流等于在出口管他们消耗的流。该流不依赖于用户的水压力。.

用户

基本数据

节点

K59

元件名称

V67

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 等效用户

☐ 服务过期

消耗类型

Constant consumption

恒定消耗

Qm

.0

t/h

压力决定消耗减少量

Yes

最小压力差额

dpmin

1.0

bar

温度类型

Return temperature

温度

T

50.0

° C

温度

温度因数

fT

1.0

操作

无

操作

恒定消耗因数

fQm

1.0

操作

无

确定

取消

图例：消耗数据的屏幕格式

Heating Input Data

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键-网络元件						
用户类型			1			1: 恒定的消耗 2: 恒定的消耗功率 3: 消耗和功率的总和
恒定消耗	Q_m	t/h	0	999999	0	
恒定消耗功率	P	MW	0	999999	0	
压力依赖消耗减少			1			0: 不是 1: 是
最小压力差	Δp_{min}	bar	1	200	0	
温度类型			1			1: 返回温度 2: 温度差
温度	T	°C	50	100	0	
倍增因数恒定消耗	f_{Qm}	1	1	999	0	
倍增因数恒定消耗功率	f_P	1	1	999	0	
倍增因数温度	f_T	1	1	999	0	
辅键-操作						
辅键-操作						

仿真计算

用户的消耗功率与移动节点上的压力无关。SINCAL 在计算中仅仅考虑当前的消耗功率或者数量。由于该原因该被称为恒定消耗。

字段消耗类型决定用户数据如何输入：

- ☐ 恒定消耗
在恒定消耗字段输入用户的消耗。
- ☐ 恒定消耗功率
在恒定消耗功率字段输入用户的消耗功率。
- ☐ 消耗和功率总数
恒定消耗和恒定消耗功率的字段指定用户。

压力依靠消耗减少自动地控制用户。当该功能被激活时，如果向前和返回流之间的压力差低于在最小压力差字段中的值时，**SINCAL** 将自动地减少消耗。

供给减少量因数计算如下：

$$f_{RED} = \left(\frac{P}{P_{DiffMin}} \right)^2$$

在最小压力差字段中输入向前和返回流之间的压力差，如果 **SINCAL** 计算的值低于限制值，**SINCAL** 将在支路结果中把该值记录下来。

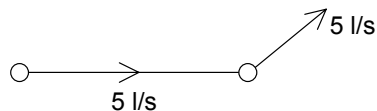
使用所选择的温度类型，用户能以两种方式输入耗用的温度：

- ☐ 作为供给温度-用户在温度字段中输入供给线供给返回线的温度。
- ☐ 作为温度差-用户在温度字段中输入供给线温度和供给线供给的返回线的温度差。

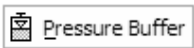
恒定消耗倍增因数，恒定消耗功率倍增因数和温度倍增因数乘以输入值。

请注意用户总在不依赖于压力的入口管子中发生流的消耗。

例子：



压力缓冲器



该元件被用来重建可溢出的水库。

压力缓冲器

基本数据

节点

K60

元件名称

DB68

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

压力缓冲特性

最大压力

pmax

.0

bar

确定

取消

图例：压力缓冲器 数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
辅键--压力缓冲器特性						
最大压力	p _{max}	bar	0	99999	0	

仿真计算

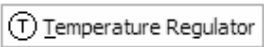
最大压力是一种压力，超过该压力时 SINCAL 在稳态网络计算中创建溢出。如果最大压力比特性曲线的最大的压力大，后着用作最大压力。

从压力缓冲器流出的量被定义如下：

- ☐ $P < P_{\max}$
没有流出
- ☐ $P = P_{\max}$
被选择的流出的量足可以保持关系 $P = P_{\max}$ 。

根据 [压力缓冲器特性](#) 确定流。辅键 – 压力缓冲器特性 字段确定缓冲器特性曲线的种类。

温度调整器



使用该元素模拟网络中可调温度的节点

温度调整器

基本数据

节点

K62

元件名称

TR70

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

控制节点

无

最小温度值

T_{min}

30.0

°C

最大温度值

T_{max}

120.0

°C

温度精度

T_a

.01

°C

流最大步长

Q_{max}

.1

t/h

确定

取消

图例：温度调整器 数据的屏幕

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
辅键—可调节点						
最小温度	T _{min}	°C	80	200	30	
最大温度	T _{max}	°C	120	200	30	
温度精度	T	°C	0,01	99	0,001	
最大流变化	Q _{max}	t/h	0,1	999999	0,1	

仿真计算

辅键 - 可调节节点是网络中可维持特定温度供给线中的节点。该节点必须位于供给线上。

最小温度是可调节节点最低的容许温度。

最大温度是可调节节点最高的容许温度。

SINCAL 每一个稳态的迭代检查温度精度。

最大流变化控制仿真的过程。该字段中的值代表在两种计算迭代之间的流变化的最大值。 改变该值影响仿真的收敛过程。

流在供给线和返回线之间的温度调节器的说明如下：

- ☐ $T_{\text{Min}} < T < T_{\text{Max}}$
在温度调节器中的没有流
- ☐ $T > T_{\text{Max}}$
流从返回线到供给线(在温度调节器中的没有流)
- ☐ $T < T_{\text{Min}}$
流从供给线到返回线 (速度被增加，意味着沿线的温度更少的减少)。

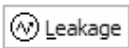
这里

- ☐ T_{Max}
可调节节点的最大温度
- ☐ T_{Min}
可调节节点的最小温度
- ☐ T
可调节节点的当前温度

警告：

SINCAL 不检查可调节节点的温度如何被通过温度调节器的流的影响

渗漏



使用该元件建立一种渗漏。

?

×

?

×

基本数据

节点

K53

▼

▶

元件名称

LK71

▼

▶

电压等级

Extern (10.0 bar)

▼

▶

周期

供电回归线路

▼

☐ 服务过期

输出表面

A

mm²

流号码

nQ

p. u.

流最大步长

dQmax

l/s

?

确定

取消

图例：渗漏数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
输出表面积	A	mm²	0,1	999999	0,1	
流编号		p.u.	0	1	0	
最大流变化	Q _{max}	l/s	0,1	999999	0,1	

描述

输出表面积显示通路的大小。通路形式对计算没有影响。

流编号对于在计算出的无阻抗的渗漏输出数量来说是一个乘数。流的编号位于 0 和 1 之间。

- ☐ 1 = 无阻抗输出
- ☐ 0 = 无输出(阻抗无穷大)

最大流变化控制仿真的过程。该字段中的值是在两种计算迭代之间的流的最大变化。改变该值影响仿真的收敛过程。

支路元件

支路元件确定两个节点彼此之间的联系。

SINCAL 水有如下支路元件：

- ☐ [线路](#)
- ☐ [滑动阀与回流阀](#)
- ☐ [常压减少、常流](#)
- ☐ [压力调节器 r](#)
- ☐ [压力增加泵](#)
- ☐ [热交换器](#)

管线



线路数据让用户模拟各种管子或者管段。基于流依赖于负荷，可确定在该支路元件上的压力损失。

线路

基本数据

开始节点

结束节点

元件名称

电压等级

周期

K65

K66

L73

Extern (10.0 bar)

供电回归线路

☐

服务过期

标准类型

☐

长度

1

1.0

m

直径

d

50.0

mm

沙

R

1.25

mm

长度

f1

.0

%

曲线因数

fcr

1.0

功耗因素Zeta

Z

.0

泄漏率

LR

.0

l/sm

热

landa

.0

W/mK

确定

取消

图例：线路数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
线名称						
标准类型						
状态--标准类型			0			0: 没有类型 1: 本地的类型 2: 全球的类型
长度	l	m	1	9999	0,1	
直径	d	mm	50	2000	1	

Heating Input Data

砂粒粗糙性		mm	1,25	10	0,0001	
长度允许因素		%	0	200	0	
曲线因素	fcr	1	1	99	1	
ζ 值	Z	1	0	10	0	
渗漏率	LR	l/sm	0	999	0	
导热性	lamda	W/mK	0	100	0	

仿真计算

长度字段定义了管子或者管段的长度。

在不规则成形的横截面(即不完全圆的横截面)中，等效直径被用作内部管子直径：

$$d_i = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

同时商：

$$\frac{d_i \pi}{U}$$

必须作为 曲线系数 被输入

公式符号	网络参数	单位
A	实际管子中的横截面	mm
U	实际圆周中	mm

砂粒粗糙性 影响压力的减小，它还被需要去决定管子的摩擦系数 λ 的大小。

长度允许因素 用于考虑供给线的曲率。

ζ 值 考虑动态的压力。

渗漏率 是每米长的管子每秒消耗多少公升的水。

通常以商值作为管子中的热转换系数 k_r (W/mK)

$$k_r = \frac{\pi}{\frac{2}{2\lambda} * \ln * \frac{d_0}{d_i} + \frac{1}{\alpha_0 * d_0}}$$

并且在热传导字段输入它。

计算管线阻抗

需要管线阻抗是为了计算供给线的压力的减小。

$$c = \rho * \lambda * l * \frac{1}{d_i^5} * K_1 * K_3$$

公式符号	网络参数	单位
c	线路阻抗	kg/m ⁷
ρ	密度	t/m ³
λ	管子摩擦系数	-
l	供给线的长度	m
d _i	内部管子直径	mm
K ₁	$\frac{8}{g * \pi^2} * 10^9$	s ² /m
K ₃	$g * \frac{1}{100}$	m/s ²
g	重力加速度	m/s ²

计算管子的摩擦系数λ

正如上式所示，需要管子的摩擦系数λ是为了计算线路的阻抗。

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left(\frac{k_s}{3,71 * d_i} + \frac{2,51}{Re} * \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \right) \text{ for } Re > 4000$$

$$\lambda = 0,03$$

因为

$$Re = 0$$

并且

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

因为

$$0 < Re \leq 2320$$

SINCAL 在 2320 和 4000 之间使用线性内插来消除矛盾。

Heating Input Data

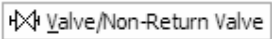
公式符号	网络参数	单位
λ	管子摩擦系数	-
Re	雷诺兹数字	-
d_i	内部管子直径	mm
k_s	砂粒粗糙性	mm

计算雷诺兹数字

$$Re = K_2 * |Q_F| * \frac{1}{d_i * \nu}$$

公式符号	网络参数	单位
Re	雷诺兹数字	-
K_2	$\frac{4}{\pi} * 10^6$	-
Q_F	流的数量	l/s
d_i	内部管子直径	mm
ν	动粘滞率	mm ² /s

滑动阀与回流阀



使用该元件，可建立滑动阀和回流阀。

滑动阀门

基本数据

开始节点

K67

结束节点

K68

元件名称

V74

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

阀类型

Sliding valve

阀位置

Open

打开度数

打开

100.0

%

阀直径

d

50.0

mm

?

确定

取消

图例：滑动阀与回流阀数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
阀类型			1			1: 滑动阀 2: 非回流阀
开度		%	100	100	0	
阀径	d	mm	50	9999	1	

仿真计算

SINCAL 在阀类型字段中区分滑动阀和回流阀。

滑动阀

阀能被打开和关闭任何数量。

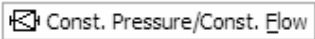
开度是现在与最大可以打开的比。那就是说阀门完全打开的开度是 100 %。

阀径是与完全打开的阀的传输表面有同样表面积的圆的直径。

回流阀

回流阀将流阻塞在特殊的方向中。流仅能从开始的节点移动到回流阀终了的节点。

常压减少与常流



该支路元件用常压损耗或常数流定义一条线路。

压力递减常数

基本数据

开始节点

K69

结束节点

K70

元件名称

KL75

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

线路类型

Constant pressure drop

压降

pd

1.0

bar

处理

压降因数

f_{pd}

1.0

操作

无

确定

取消

图例： 常量压力减少/常量流数据屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
管线类型			1			1:常压减少 2: 常流
压力减少	p _d	bar	1	200	0	
流	Q	t/h	0	999999	0	
压力减少倍增因数	f _{pd}	1	1	999	0	
流倍增因数	f _Q	1	1	999	0	
辅键--操纵						

仿真计算

SINCAL 区分常压损耗线路和常数流线路。在线路类型字段中选择使用各自的类型。

常量压力减少

压力减少是常压减少的支路元件。它不依赖于在入口节点的流和压力。

压力减少倍增因数是把压力损耗乘输入的因数。

常流

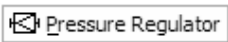
在流字段中为支路元件输入流，。该流不依赖于入口出口节点的压力。

流的倍增因数是把流乘输入因数。

警告：

- ☐ 带有常数流的线路能被放置在向前的流或者返回流中之一，如果它被放置在两者中，**SINCAL** 使仿真过程以一条差错信息异常中断。

压力调节器



压力调节器连接各种各样的压力区域。并且保证即使初始的压力变化，压力也保持恒定。

压力调整器

基本数据

开始节点

K71

结束节点

K72

元件名称

DR76

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

控制节点

无

函数

Pressure drop

入口节点压力

pin

bar

出口节点压力

pout

.0

bar

最大压力偏差

pdmax

.0

bar

压力差调节器

Yes

压力差

dp

.0

bar

确定

取消

图例：压力调节器数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
辅键--可调节点						
入口节点压力	p _{in}	bar	0	200	0	
出口节点压力	p _{out}	bar	0	200	0	
最大压力偏差	p _{dev}	bar	0	200	0	
控制器类型						1: 压力增加 2: 压力减少 3: 压力增加并且减少
差压调节器						0: 否 1: 是

Heating Input Data

差压		bar	0	200	0	
----	--	-----	---	-----	---	--

仿真计算

辅键—可调节节点可以是网络中压力能被定义的任何节点。

近似的入口节点处压力是起始节点的估计的压力。

出口节点处压力是被控节点的恒定调节压力。

最大压力偏差指现在的压力离规定压力的最大允许偏差。

控制器类型字段控制压力调节器的过程：

- ☐ 压力增加
压力调节器仅仅能被用来增加压力。
- ☐ 压力减少
压力调节器能仅仅被用来减少压力。
- ☐ 压力调节器增加或者减少
压力调节器能增加或者减少压力。

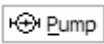
压力差构成一种维持装置向前和返回流动的固定压差的差压调节器。

压差设置了返回流压力之间需要的差。为了 **SINCAL** 能够考虑计算中的压差，该字段必须被激活。

警告：

- ☐ 压力调节器仅仅能被放置在向前的流或者返回流动中。 如果它被放置在两者中，**SINCAL** 使仿真过程以一条差错信息异常中断。
- ☐ 在向前和返回流中，差压都需要可调节节点。

加压泵



使用该元件建立离心泵。

压力增强泵

基本数据

开始节点

K73

结束节点

K74

元件名称

PL77

电压等级

Extern (10.0 bar)

周期

供电回归线路

☐ 服务过期

泵类型

Centrifugal pump

输出流

Q

.0

l/s

最大流量

dQvmax

.1

l/s

特征泵速度

n

1.0

1/min

泵特征

无

操作

输出流因数

fQ

1.0

操作

无

确定

取消

图例：加压泵数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
泵类型			1			1: 离心泵 2: 互换泵
辅键--泵特性						
输出流	Q	l/s	0	99999	0	
特性泵速度	n	1/min	1	9999	0	
最大流变化	Q _{max}	m³/h	0,1	999999	0,1	
输出流倍增因数	fQ	1	1	999	0	

Heating Input Data

辅键--操纵						
--------	--	--	--	--	--	--

仿真计算

一台作为节点元件的离心泵按照一个特定的泵特性曲线提供水给供应网络。水来自被假定是无限大的一个水库或来自主要供应网络。

泵特性值为泵描述[泵特性](#)曲线。该能在[辅键—泵特性](#)中被定义。

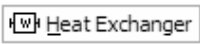
在仿真中 **SINCAL** 把[输出流](#)作为初始值。

[特性泵速度](#)选择泵特性相应的曲线。

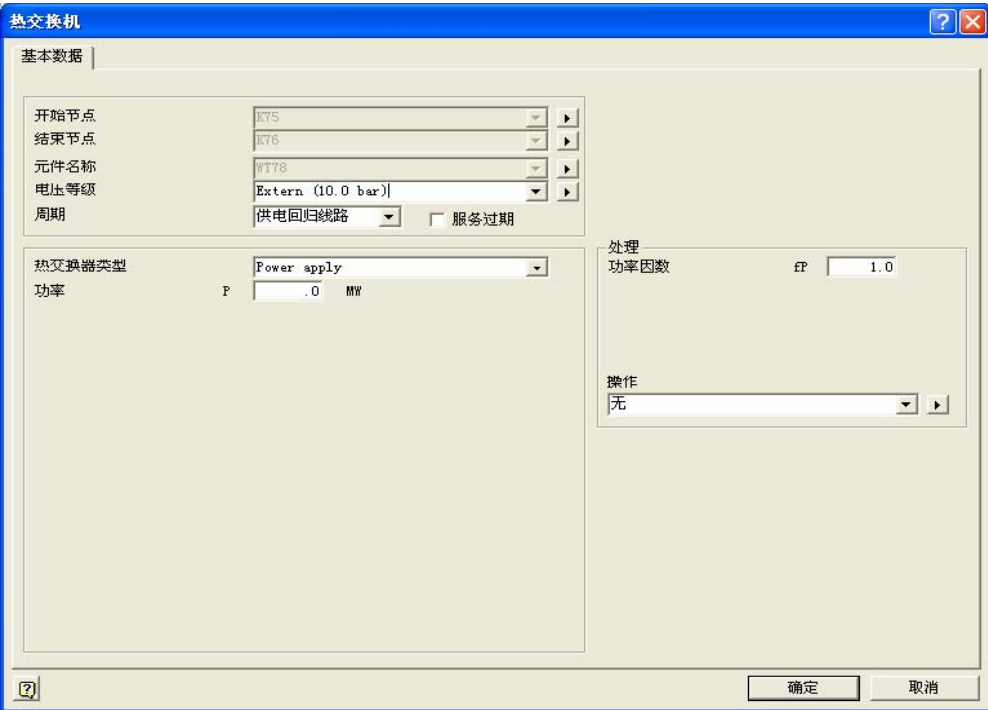
[最大流变化](#)控制仿真的过程。该字段中的值代表在两种计算迭代之间的流变化的最大值。改变该值会影响仿真的收敛过程。

[输出流倍增因数](#)是把流率与输入因数相乘。

热交换器



有两种类的热交换器。 一是没有水压的连接并且能共享各自的子网络之间的能量。另一个热交换器可以供给供应和返回线路恒定的能量。



图例：热交换数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
辅键--网络元件						
热交换类型						1:水压解钩 2:能量应用
能量	P	MW	0	99999	-99999	
效率		%	80	100	0	
主要压力依赖的消耗减少						0: 不是 1: 是
主要最小的压力差		bar	1	200	0	
温度类型						1: 返回温度 2: 温度差

Heating Input Data

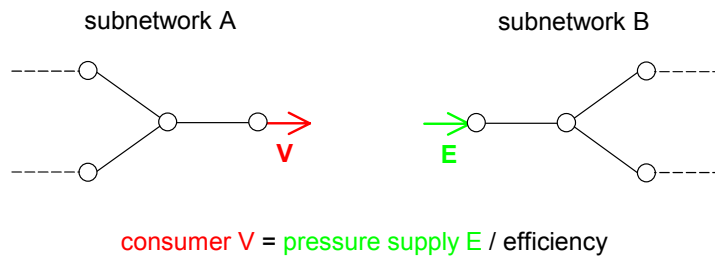
主要的温度		°C	50	100	0	
次要的供给温度		°C	100	150	30	
压力维持类型						1: 中等压力差和部分 2: 供给压力和差 3: 返回压力和差 4: 泵数据和部分 5: 供给压力和泵数据 6: 返回压力和泵数据
中等压力		bar	1	200	0	
差压力		bar	0	200	0	
供给压力		bar	1	200	0	
返回压力		bar	1	200	0	
部分--供给压力		%	1	100	0	
部分--返回压力		%	1	100	0	
辅键--泵特性						
输出流		l/s	0	99999	0	
特性泵速度		1/min	1	9999	0	
最大流变化		l/s	0,1	999999	0,1	
主要的供给						0:不是 1: 是
能量倍增因数	fP	1	1	999	0	
中等压力倍增因数		1	1			
差压倍增因数		1	1			
供给压力倍增因数		1	1			
返回压力倍增因数		1	1			
部分供给压力倍增 因数		1	1			
部分返回压力倍 增因数		1	1			
输出流倍增因数		1	1			
辅键--操纵						

仿真计算

SINCAL 能区分无水压耦合热交换器和恒定能量供给热交换器。在字段中选择用户想要的热交换器类型。

无水压耦合的热交换器

该热交换器可以连接无水压连接的两个子网络，以便于它们共享功率。



图例：无水压耦合的仿真

在仿真中两个不同的元件代表这样的热交换：在子网络 A 中的一个用户和在子网络 B 中的一个带压力维持的供应源。

在功率字段中输入被断开的子网络共享的功率。输入字段中效率的百分比。100 % 的效率表示没有能量损耗。

主要压力依赖消耗减少自动地控制消耗。当该功能被激活时，如果向前和返回流的压差低于在主要最小压力差字段的规定值，**SINCAL** 将自动地减少消耗。

供给减少因数被计算如下：

$$f_{\text{RED}} = \left(\frac{P}{P_{\text{DiffMin}}} \right)^2$$

在主要最小压差字段输入向前和返回流之间的差，如果 **SINCAL** 计算的值低于限制值，**SINCAL** 将在分支结果中记录下该值。

主要温度是用户的温度，依靠在温度类型字段中的输入，输入返回供给温度或者温度差。

辅键一供给温度设置压力维持源的返回注入温度。

Heating Input Data

下面的字段描述了压力维持源的过程(一个详尽的描述将在[压力维持源](#)部分被找到): :

- ☐ [压力维持类型](#)
- ☐ [压差](#)
- ☐ [供压](#)
- ☐ [回压](#)
- ☐ [部分 - 供压](#)
- ☐ [部分 - 回压](#)
- ☐ [辅键- 泵特性](#)
- ☐ [输出流](#)
- ☐ [特定泵速度](#)
- ☐ [最大流变化](#)
- ☐ [主导源](#)
- ☐ [功率倍增因数](#)
- ☐ [中压倍增因数](#)
- ☐ [差压倍增因数](#)
- ☐ [供压倍增因数](#)
- ☐ [回压倍增因数](#)
- ☐ [部分供压倍增因数](#)
- ☐ [部分回压倍增因数](#)
- ☐ [输出流倍增因数](#)

带有功率供给的热交换器

该热交换类型可以把常功率添加到向前或返回线路或者移掉它进而减少或者增加回路中的温度。流的方向是不相关的。

[功率增加或减少回路中的温度](#)，与流的方向无关。

热交换器没有造成起始和末端节点之间的压力损失。

字段[功率倍增因数](#)通常是把功率乘以输入因数。

警告:

- ☐ 如果对无水压耦合的热交换器，压力依赖消耗减少被激活，那么功率读数将与供给的功率不同。然而仿真期间的收敛过程可以改进该点。
- ☐ 带有功率供给的热交换器仅仅能被放置在向前流或返回流中。如果它在两个当中都被激活，SINCAL 将使仿真过程以一条差错信息异常中断。

一般的控制和输入数据

为了计算和定义网络中的补充的信息,通用控制和输入数据设置了一般的参数。

SINCAL 有以下的通用控制和输入数据的类型:

- ☐ [计算参数](#)
- ☐ [版本](#)
- ☐ [变量](#)
- ☐ [变量顺序](#)
- ☐ [变量差](#)
- ☐ [网络宏](#)
- ☐ [操作](#)
- ☐ [泵特性](#)
- ☐ [泵特性值](#)
- ☐ [压力缓冲器](#)

计算参数

该元件为流计算设置了补充的参数。

计算参数

稳态

最大迭代次数

100.0

网孔精度

.05

bar

节点精度

.5

l/s

温度

.25

°C

测量年份

2,000.0

网络参考高度

.0

m

网络参考压力

5.0

bar

流最大步长

1.0

l/s

特性曲线因数

.0

p.u.

比导热率

4,182.0

J/kgK

确定

取消

图例：计算参数数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--计算参数						
迭代最大次数		1	200	2000	1	
格网精度		bar	0,001	100	0,001	
节点精度		l/s	0,01	100	0,001	
温度精度		°C	0,01	0,1	0,001	
测量年			2000	2100	1800	
网络的参考高度		m	0	8000	0	
网络的参考压力		bar	5	200	0	
最大的流的变化		l/s	0,1	999999	0,1	
特性曲线因数		p.u.	0	1	0	
特定热容量		J/kgK	4182	7000	4000	

描述

最大迭代次数决定了需要解决计算问题的允许的迭代次数。

在网络计算期间，SINCAL 不断地检查为了观察是否达到格网精度(指示节点压力所需精度的数量)。一旦格网精度已达到，流的节点精度将被检查。

超过这些限制意味着网络超负荷或最大迭代次数太大。

温度精度指示在计算中节点温度的精度是多少。

在网络中，通过输入 测量年(查看线路数据)可计算时变修正。

网络参考高度也能被输入。网络中每个节点的高度被规定为与参考标准有关。相关的节点上升是测量高度（节点的标准高出参考的标准）。

网络参考压力是计算中节点的参考压力。

最大流变化控制仿真的过程。该字段中的值是两种计算迭代之间的流的最大变化。改变该值影响仿真的收敛过程。

输入特性曲线因数为泵流速（流率）定义初始的值。泵特性曲线或者正被谈论的泵的“预报输出”可以被作为初始值。为了指示预报输出的重要性，0 和 1 之间的值可以作为特性曲线因数被输入：

- ☐ 0 代表泵特性曲线，
- ☐ 1 代表预报的输出。

特定热容量是供热每单位的媒介到 1 开氏温度所需要的能量。

版本

本版本包含关于网络的一般的信息。

属性

统计摘要

应用程序SINCAL

标题(T):

主题(S):

作者(A):

公司(C):

关键字(K):

模板(T):

注释(C):

确定取消

图例：版本数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--版本						
版本号						
计算类型			1			1: 电 2: 气体 3: 水 4: 供热
报告标题						
主题						
作者						
经理						
公司						
种类						
关键词						
注释						
建立						
修改						

修订号						
-----	--	--	--	--	--	--

描述

版本号定义数据模型的版本。它用于将来的更新和增加数据模型。

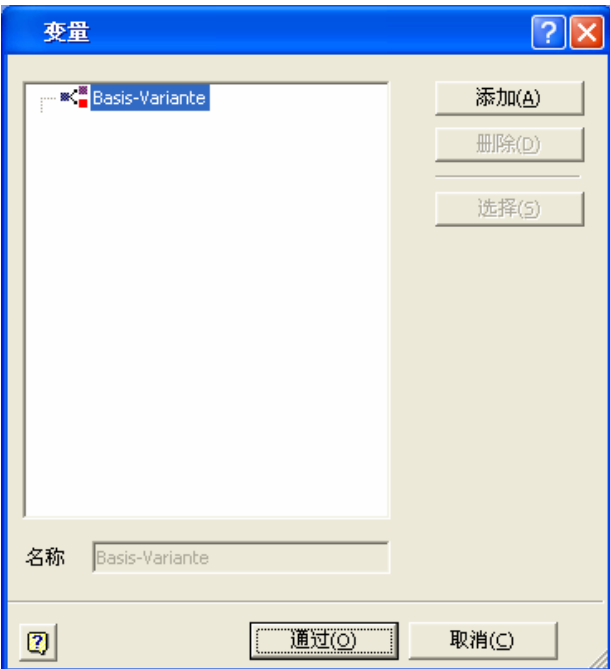
计算类型显示网络的类型。此刻，**SINCAL** 支持如下网络：

- ☐ 电网络
- ☐ 水网络
- ☐ 气体网络
- ☐ 供热网络

关于网络和用户的附加说明可以在其它字段中被输入。

变量

变量被用来为网络定义一些范围和规划步骤。



描述：变量数据的屏幕格式

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--变量						
辅键--高水平的变量						
名称--变量						
变量的索引						

变量顺序

该表格被用于变量的存储和管理修正。**SINCAL** 自动地完成该表格。

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--变量						
辅键--数据						
辅键--高水平的数据						
类型						
标记						
辅键--变量						

变量的区别

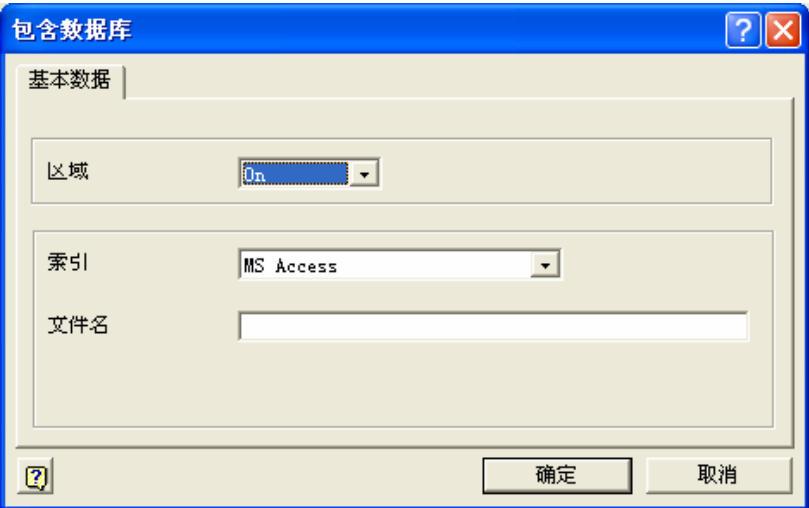
该表格被用于变量的存储和管理修正。**SINCAL** 自动地完成该表格。

字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--变量						
辅键--数据						
辅键--高水平的数据						
表格类型						
属性的索引						
属性的索引						
新值						
标记						
辅键--变量						

网络宏

定义网络宏命令是为了连接多重网络。



图例： 包含数据库的屏幕格式

字段

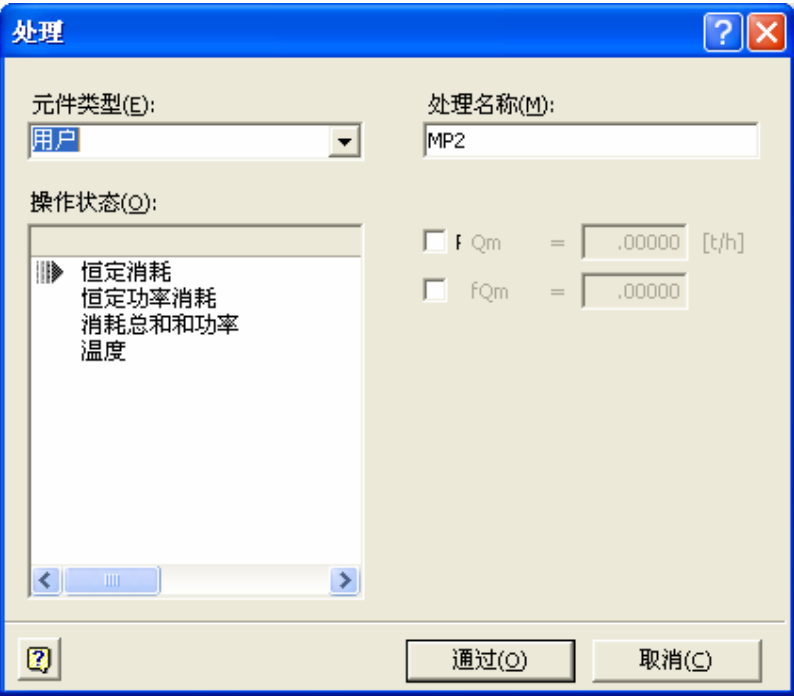
描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--保护区						
状态			1			0:关 1:开
索引			1			
变量						
文件名称/用户名称						
口令						
服务名称						
索引			1			1: 手稿微软公司数据库软件 2: Oracle 公司数据库软件
类型			1			
辅键--变量						

操作

使用该元件来管理操作者。让用户通过具体的因数改变网络元件的输入数据。

每一个操作者可以设置属性和多次改写。如果用户想要通过一个因数增加一个特殊负荷总的消耗，用户可以把所有的负荷定为一个通用管理者，由他改写这些因子。

当对话框关闭时， **SINCAL** 自动地更新网络元件数据。



图例：操作的屏幕格式

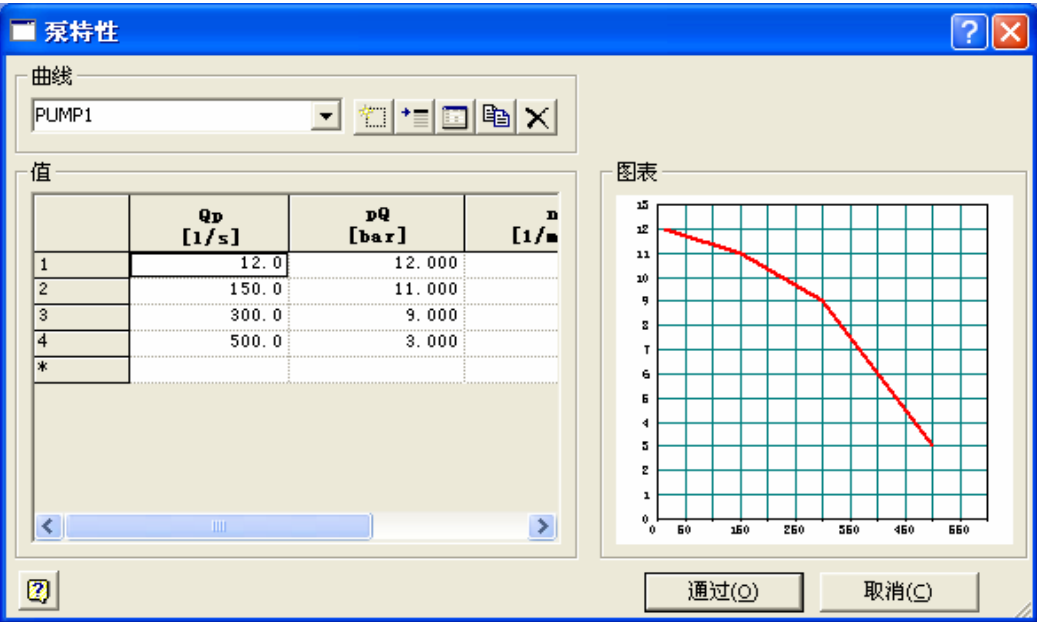
字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键						
名称--操纵						
输出流		1	1	99999	0	
供给压力		1	1	99999	0	
恒定能量供给		1	1	99999	0	
恒定消耗		1	1	99999	0	
压力下降		1	1	99999	0	
流		1	1	99999	0	

中等压力		1	1	99999	0	
差压力		1	1	99999	0	
供给压力		1	1	99999	0	
返回压力		1	1	99999	0	
部分供给压力		1	1	99999	0	
部分返回压力		1	1	99999	0	
温度		1	1	99999	0	
输出流倍增因数		1	1	999	0	
供给压力倍增因数		1	1	999	0	
恒定能量供给倍增 因数		1	1	999	0	
恒定消耗倍增因数		1	1	999	0	
压力下降倍增因数		1	1	999	0	
流倍增因数		1	1	999	0	
中等压力倍增因数		1	1	999	0	
差压力倍增因数		1	1	999	0	
供给压力倍增因数		1	1	999	0	
返回压力倍增因数		1	1	999	0	
部分供给压力倍增 因数		1	1	999	0	
倍增因数部分返回 压力		1	1	999	0	
温度倍增因数		1	1	999	0	
操作类型 1						
操作类型 2						
操作类型 3						
辅键--变量						
操作类型 4						

泵特性

泵特性根据流率和流压力特性描述泵的运行。



图例：泵特性的例子

例子显示了泵特性。 正象被分配的值（泵特性曲线值）那样，该包括一般的部分（泵特性曲线）。
数据被用[输入特性曲线屏幕格式](#)定义。

The 'Water Pump Characteristics' dialog box, 'Basic Data' tab, contains the following fields:

- 名称 (Name): PUMP1
- 特性插值 (Characteristic Interpolation): Polynom interpolation
- 流率因数 (Flow Rate Factor): 1.0
- 流率出口压力因数 (Flow Rate Outlet Pressure Factor): 1.0
- 流率精度 (Flow Rate Precision): .5 1/s

Buttons at the bottom: 确定 (OK), 取消 (Cancel).

图例：泵特性数据的屏幕格式

泵特性字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--泵特性曲线						
泵类型						
特性补充			1			1: 线性的补充 2: 多项式补充
出口压力流率倍增因数		1	1	9999	0	
流率输出压力倍增因数		1	1	9999	0	
流率精度		l/s	0,5	9	0,0001	
辅键--变量						

泵特性值的字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--泵特性值						
辅键--泵特性						
出口压力流率	fQ _p	l/s	0	999999	0	
流率输出压力	fp _Q	bar	1	9999	0,01	
特定泵速度		1/min	1000	9999	0	

描述

泵特性由一些泵特性值来描述。

由于字段特性补充可以控制内部特性表格的重置。SINCAL 区分线形补充（需要更多的点来描述特性曲线）和多项式补充。

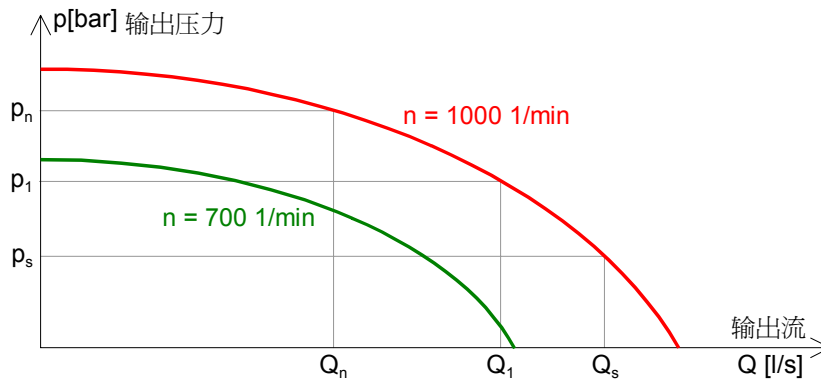
通过输出压力流率倍增因数，所有泵特性的流率的值可以被增加。

Heating Input Data

所有泵特性的流压力的值可以乘上流率输出压力倍增因数，。

仿真时流率精度必须输入。

SINCAL 在计算中每一个迭代步确定输出流的压力：



图表： 泵特性

Q_s 和带有泵速度的泵类型作为仿真的初始(出口)值。该值基于第一次迭代的泵压力 p_s 下的流量 Q_s 。

预报输出 Q_s 和带有泵速度的泵类型作为仿真的初始(出口)值。该值基于第一次迭代的泵压力 p_s 下的流量 Q_s 。

第一次迭代的结果是 Q_1 。该就确定了压力值 p_1 。

该序列被重复直到

$$|p_n - p_{n-1}| \leq \Delta p$$

并且

$$|Q_n - Q_{n-1}| \leq \Delta Q$$

格网精度和节点精度 Δp 和 ΔQ 在[计算参数](#)中输入。

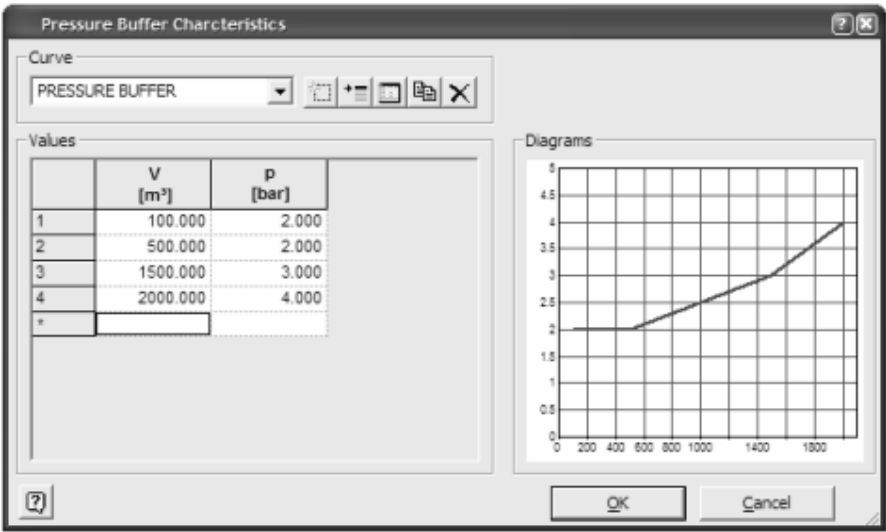
在泵类型中，要输入不同的旋转速度的一些特性曲线。对于特性曲线，如果有界于最小和最大旋转速度之间的旋转速度，**SINCAL** 将自动计算临时的特性曲线。

泵特性被在输出压力的流率和在流率的输出压力组成的一对值确切地描述。

不同特性可以被不同的泵速度说明。因此，特性泵速度被分配到每一个特定的点。

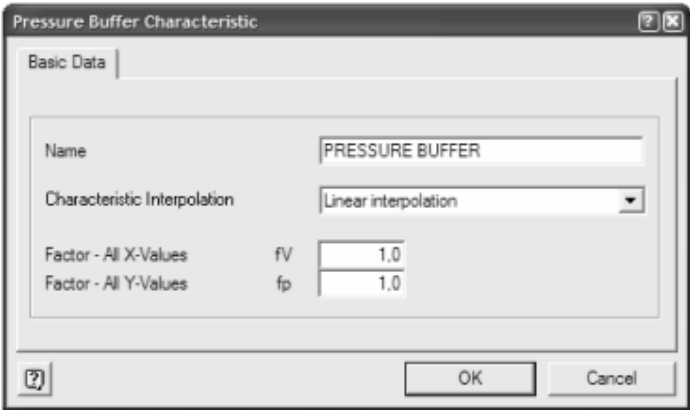
压力缓冲器特性

压力缓冲器特性通过填充容量和压力特性来描述压力缓冲器的性状。



图例：压力缓冲器特性的例子

例子显示一个压力缓冲器的特性。这正象指定的值(压力缓冲器特性曲线值)那样，包括一个一般的部分(压力缓冲器特性曲线)。 数据由[特性曲线输入的屏幕格式](#)定义



图例：压力缓冲器特性 的数据的屏幕格式

压力缓冲器特性的字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--压力缓冲器特性曲线						
压力缓冲器类型						
特性补充			1			1: 线性的补充 2: 多项式补充
所有 X 值倍增因数	f_v	1	1	9999	0	
所有 Y 值倍增因数	f_p	1	1	9999	0	
辅键--变量						

压力缓冲器特性值的字段

描述	简称	单位	标准	最大	最小	输入
主键--压力缓冲器烧焦曲线值						
辅键--压力缓冲器特性						
填充容量	V	m ³	0	999999	0	
压力	p	bar	0,01	9999	0,01	

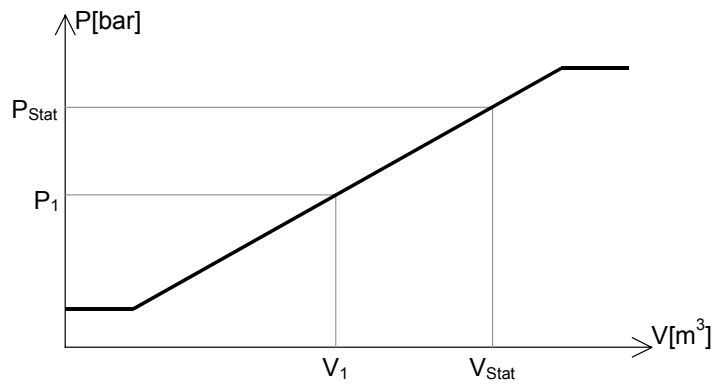
描述

所有压力缓冲器特性值描述了缓冲器特性曲线。

所有压力缓冲器特性的填充容量值可以乘以所有 X 值倍增因数。

所有压力缓冲器特性的压力值可以乘以所有 Y 值倍增因数。

对于特性曲线，为了定义缓冲器的类型，至少输入四个点。缓冲器的形状决定了特性曲线的难易。

**图例：压力缓冲器特性**

稳态仿真的压力 P_{Stat} 是动态仿真的初始(出口)值。

水塔水位的第一次迭代产生流量 Q 。

对缓冲器，填充容量 V_1 使用特性曲线计算如下：

$$V_1 = V_{Stat} - \Delta t * Q$$

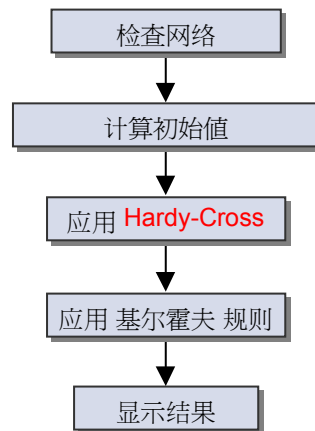
为了下一次迭代，从特性曲线上计算一个新压力 P_1 。

压力缓冲器特性被 填充容量和压力一对值确切地描述。

供热计算方法

下面的流程图显示 **SINCAL** 的稳态仿真过程：

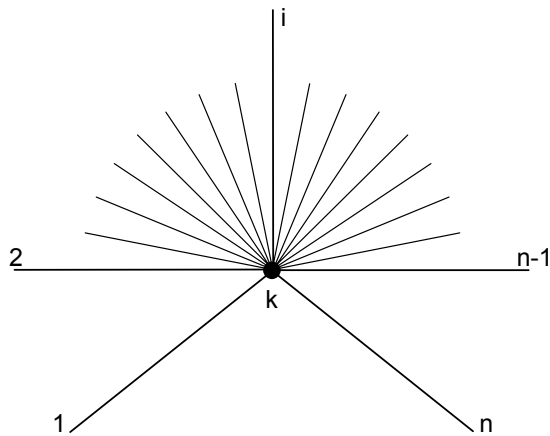
稳态供热的计算过程



图例：流程图

第一基尔霍夫规则

在带有 n 个供给的节点 k 中，节点中没有数量的损失。因此，每一个节点中的数量保持相同。如果供给线路的流是 Q_{ik} ，如下是真实的：



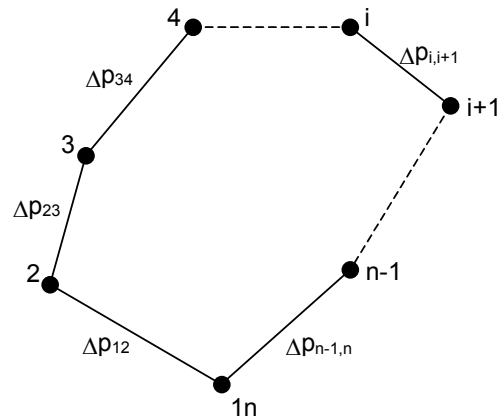
图形：网络节点

$$\sum_{i=1}^n Q_{ik} = 0$$

这显示了一个分配节点不能是一个网络供给源。输入网络的流的数量必须与网络向外流的数量相等。

第二基尔霍夫规则

在带有 n 条线段的一个封闭的网眼中，压力增加和减少的总数必须相等。压力差是在静态压力（由于高度差）中和动态压力（由于流动）变化的结果。这样，对于封闭线路（格网）系统，下面是真实的：



图形：网络格网

$$\sum_{i=1}^{n-1} \Delta p_{i,i+1} = 0$$

公式和标号列表

公式符号	描述	单位
A	平均面积	m^2
p	压力	N/m^2
λ	管子摩擦系数	1
d	内部管直径	m
ρ	密度	kg/m^3
g	重力加速度	m/sec^2
Q	流量	kg/sec
Q_0	流	m^3/sec
T	温度	K
T_0	标准温度	K
ρ_0	标准密度	kg/m^3
p_0	标准压力 = 101325 N 牛顿/平方米	N/m^2
w	速度	m/sec
w_0	标准速度	m/sec
η	动力强度	$\text{Pa} \cdot \text{sec}$
h_a	始端节点高度	m
h_e	末端节点高度	m
p_a	始端节点压力	N/m^2
p_e	末端节点压力	N/m^2
Re	雷诺因数	1
k_s	砂粒粗糙性	m
η_0	正常状态下的动力强度	$\text{Pa} \cdot \text{sec}$
c_s	萨瑟兰郡常量	K
U	数量	m

不可压缩流体

供给线

在管子网络中供给线总是连接两个节点。

严格地说，一种自由渗漏线看来没有任何能量和数量的损失。因此，在始端供给线所有能量形式的总和 W_i 和末端供给线所有能量形式的总和 W_j 必须是相等的。

如下方程式被使用

$$\sum W_i = \sum W_j = \text{const.}$$

如果热量仅仅靠通过管子内壁的热流被改变并且温度的变化不能改变动能(W_{kin})势能(W_{pot})和压能(W_{dru})，那么每一个节点中三种能量形式的总和将保持不变。

$$W_{\text{pot}} + W_{\text{kin}} + W_{\text{dru}} = \text{const.}$$

如果使用各自能量形式的定义，我们得到

$$m * g * h + \frac{mv^2}{2} + V * p = \text{const.}$$

这些结果被质量 m 和重力加速度除一下，就得出所谓的伯努利方程，它是下面计算的基础：

$$h + \frac{v^2}{2 * g} + \frac{p}{\rho * g} = \text{const.}$$

h 是任意选择基本线路作为测量点的实际高度。 v 是材料的流动速度。 P 是与环境压力相关的管线压力。

把这些常数加上去，方程是：

$$h + c_1 * v^2 + c_2 * p = \text{const.}$$

因而，我们看到高度和压力是线性相关的。为了关联两个变量，压力用因数 c_2 转化成一种高度压力。高度压力 hp 加到高度 h 得到总的有效高度 h_{tt} 。

$$h_{\text{tt}} + c_1 * v^2 = \text{const.}$$

Heating Calculation Method

借助于乘法器，该方程能变为：

$$p_{\text{tot}} + c * Q^2 = \text{const.}$$

该方程能用于网络计算。总的高度被计算后，节点压力就被计算。从总的高度 h_{tot} 减去高度 h 之后，压力高度 h_p 和节点压力 p 将被计算出。

$$h_p = h_{\text{tot}} - h$$

$$p = \frac{h_p}{c_2} = (h_{\text{tot}} - h) * \rho * g$$

注意到在该情况中 p 单位是帕斯卡。

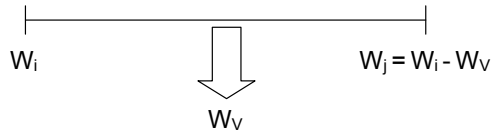
如下简化已被运用于上述的方程式：

- ☐ 关于高度差，管子上边缘和下边缘之间的高度差可以忽略。
- ☐ 液体不能被压缩，因为材料中没有加速能量。
- ☐ 温度和长度的阻碍作用引起的能量改变可被忽视。

这些简化减少算法的复杂性，但是不影响他们的实际的执行。

损耗

基于现有能量的平衡，用柏努利方程确定损耗。能量流 W_i 减去任何渗漏表示为能量流 W_j 。



图形：能量平衡

损耗的原因很多。可能性可能来自内部管子的摩擦损失，也可能是阀和管子弯曲中的紊乱损失。

损失高度 h_v 考虑损耗。第一部分损耗来自砂粒粗糙性，第二部分损耗来自象阀和管子弯曲等附属设备。

$$h_v = \frac{\lambda * l}{d} * \frac{v * |v|}{2g} + \zeta_{ttl} * \frac{v * |v|}{2g}$$

设备损耗被包括在带有附加因素 z_e 的计算中。

$$h_v = \left(z_e * \frac{\lambda * l}{d} + \zeta_{ttl} \right) * \frac{v * |v|}{2g} = R_{ij} * v * |v|$$

损失高度 h_v 被从总高度 h_{ttl} 中减去是考虑到正的或负的流速信号。如果考虑的是压力而不是高度，则方程是：

$$p_v = R_{ij} * Q * |Q|$$

始端的节点和末端节点之间实际的压力差是压力减少量 p_v 和高度差的压力差 p_{ij} 的结果。

$$p_2 - p_1 = p_v - p_{ij}$$

管子摩擦因数 λ 取决于完全的沙管粗糙程度 k 。另外， λ 取决于动粘滞率 ν ，流速 v 和直径 d 。计算管子摩擦因数 λ 的第一步是确定雷诺兹因数 Re 。

$$Re = \frac{v * d}{\nu} = \frac{4 * Q}{\pi * d * \nu}$$

我们必须区别

- ☐ 层流($Re < 2320$)
- ☐ 线性补充($2320 < Re < 4000$)
- ☐ 湍流($Re > 4000$)

关于层流的方程

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

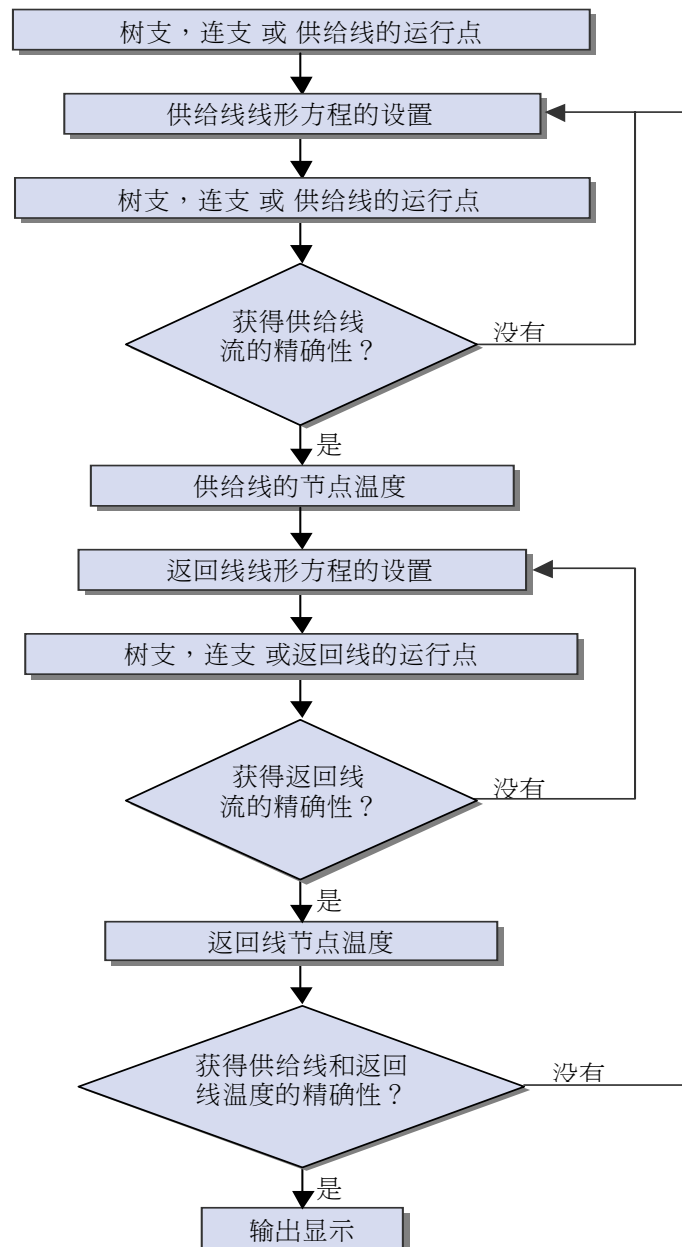
关于湍流的方程

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left[\frac{k}{3,71 * d} + \frac{2,51}{Re} * \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \right]$$

关于阻抗因数 ζ 或附加因数 z_e 的正确值取决于设备结构的类型。必需的数字值能在适当的表格中找到。

供热损耗

为了计算管子中的压力和流量，SINCAL 仅仅在管线的摩擦的拖拉中考虑温度。正如假定的那样，仅仅通过管子内壁的热流修改热量，SINCAL 不考虑来自摩擦，膨胀或浓缩的温度变化，因为与技术字段中观察报告中的热流相比，它们太小了。



图例：供热损失的 Hardy 交叉的流程图

当计算管子中的温度损失时，对供热流和能量损失，可以假定下面的方程。

穿过管子内壁的热流(P) 由管子长度(l_0)的导热性 Φ 和水温(T_1) 与外壁的温度差(T_A) 计算得出。

$$P = 2\pi * \Phi * l_0 (T_1 - T_A)$$

通过减少始端的温度(T_a) 到末端温度(T_e) 创造的能量(W) 取决于特定的比热电容(c_m) 和质量 (m)。

$$W = c_m * m * (T_a - T_e)$$

如下线性的微分方程能得自于这两个参考：

$$\frac{dT}{dt} = \frac{-2\pi * l_0 * \Phi * (T_1 - T_A)}{1000 * c_m * m}$$

对于中规模的在长度的管子(l_0) 中当时(t) 的水的温度，该微分方程是成立的。

该微分方程的解是：

$$T(t) = (T_0 - T_A) * \exp\left[\frac{-2\pi * l_0 * \Phi * t}{1000 * c_m * m}\right] + T_A$$

如果假定长度为 1 的一个水柱穿过一个管子，并且该管子的长为 1，由水留在管子中的时间，用户将得到温度损耗的公式：

$$T_{ek} = (T_{ak} - T_A) * \exp\left[\frac{-7,2 * \pi * \Phi * l}{Q_0 * \rho_0 * c_m}\right] + T_A$$

该引出假定管中水的密度保持不变，并且这些值 Φ 包括所有的热流现象，即整个管内壁的热导性，热辐射，流度内的热流和热传输系数。

此外，在多于一个分支或供给源的节点中，节点温度作为输入流率的混合温度被计算。该假设温度在节点完全混合，并且混合温度的影响在水流的管子中是不值得注意的。

使用 $Q_1, \dots, Q_n$ 作为温度 $T_{z1}, \dots, T_{zn}$ 的输入流率，混合的温度被计算为：

$$T_{mix} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i * T_{zi}}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

为了计算水的浓度和密度，假定管子的中等规模温度为

$$T_m = \frac{1}{l} \int_0^l T(x) dx$$

该结果

$$T_m = (T_{ak} - T_{ek}) * \frac{Q_0 * \rho_0 * c_m}{7,2 * \pi * \Phi * l} + T_A$$

如果平均开氏温度和摄氏温度由（摄氏温度=开氏温度- 273.15）被计算，一个五次的补充多项式被用于计算依赖已知温度值 T_c 的密度和热学的强度。

$$\rho = a_0 + a_1 T_c + a_2 T_c^2 + a_3 T_c^3 + a_4 T_c^4 + a_5 T_c^5$$

$$v = b_0 + b_1 T_c + b_2 T_c^2 + b_3 T_c^3 + b_4 T_c^4 + b_5 T_c^5$$

然后:

$$a_0 = 0.95712631277565 * 10^3$$

$$a_1 = 0.27682046613911 * 10^1$$

$$a_2 = - 0.65137729813526 * 10^{-1}$$

$$a_3 = 0.58855037228033 * 10^{-3}$$

$$a_4 = - 0.25547571876186 * 10^{-5}$$

$$a_5 = 0.41837613185725 * 10^{-8}$$

并且:

$$b_0 = 0.15008503855398 * 10^7$$

$$b_1 = - 0.32759574025302 * 10^5$$

$$b_2 = 0.37937870014482 * 10^3$$

$$b_3 = - 0.24006073783762 * 10^1$$

$$b_4 = 0.78096499293983 * 10^{-2}$$

$$b_5 = - 0.10171713211451 * 10^{-4}$$

该假定在系列支路方面没有温度变化，除了线路以外。

Heating Calculation Method

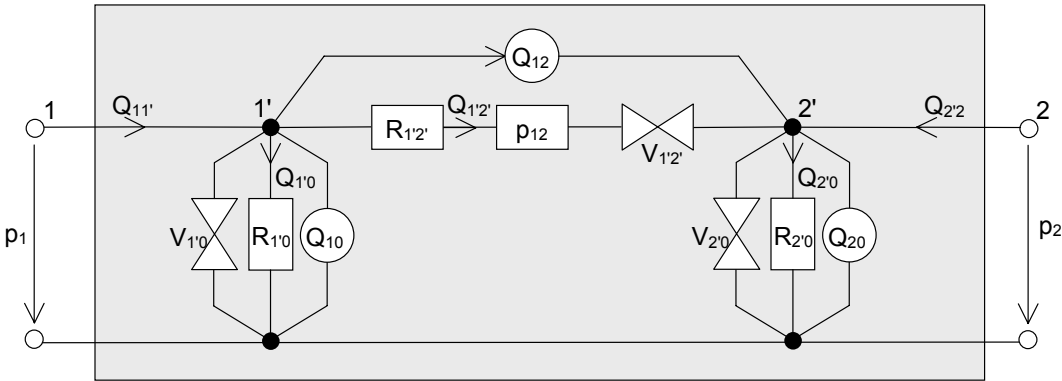
对于供给源，必须知道供给温度，而对于用户，必须知道返回线温度。

对于用户，以千克/秒为单位的耗用 (Q) 由被计算的返回线的温度 (T_V), t 能量阶段消耗(P) 和固定的返回线温度(T_R)确定。

$$Q = \frac{1000 * P}{c_m (T_V - T_R)}$$

数学模型

为了数学上重建网络元件，必须使用包含所有元件的一个示意性的网络图形。



图例： 数学模型

公式符号列表

Formula sign	Description
p_1	入口压力
p_2	出口压力
p_{12}	入口和出口之间的压力源
Q_{10}	入口流源
Q_{20}	出口流源
Q_{12}	在连续方向的流源
$Q_{11'}$	入口的流
$Q_{2'2}$	出口的流
$Q_{1'2'}$	连续方向的流
$Q_{1'0}$	入口泄漏的流
$Q_{2'0}$	出口泄漏的流
$R_{1'0}$	入口的泄漏阻抗
$R_{2'0}$	出口的泄漏阻抗
$R_{1'2'}$	连续方向的流阻抗
$V_{1'0}$	入口阀
$V_{2'0}$	出口阀
$V_{1'2'}$	连续方向的阀

计算方法

一个包含了网络中所有节点的树被称为树支。不是生成的树一部分的边缘被称为与生成的树相关的连支。生成的树支和连支不是被唯一定义的。如果网络本身就是树的话，连支可能是空的（包括没有边缘）。

每一边界被指定一个阻抗因数。按照阻抗因数，边缘是在增长顺序中的过程。

为了应用 **Kirchhoff** 法则和重复过程，方向须在网络中被指定到每一个边缘。该是通过定义以始端节点和末端节点 **b**. 边缘(**a**, **b**) 因此不同于边缘(**b**, **a**)。如果并且仅当流从始端节点流向末端节点时，它被定义为正。

考虑一个带有 **n** 个节点和 **m** 个分支的网络。带有作为始端节点或末端节点的节点 **i** 的网络的分支。始端节点或末端节点可以被分为两部分。

- 1) ω_i^+ 是所有的分支把 **i** 作为末端节点的部分。
- 2) ω_i^- 是所有的分支把 **i** 作为始端节点的部分。

把 q_j 作为边缘 **j** 中的流，第一 **Kirchhoff** 定律可以被简化如下：

$$\sum_{j \in \omega_i^+} q_j - \sum_{j \in \omega_i^-} q_j = 0$$

对于所有节点 **i**

所有边缘被加起来。由于 **n** 个方程之一能得自于其它 **n-1** 个方程，仅仅 **n-1** 个方程需要考虑。

SINCAL 为每一个边缘格网决定方向（例如：朝着的外边缘）。通过连支的边缘 **k** 在格网中形成的边缘可以被分成两部分：

- 1) μ_k^+ 是在格网的方向中所有边缘的部分。
- 2) μ_k^- 是相反的方向中所有边缘的部分。

如果 Δp_j 是边缘 **j** 的压力减少，由第二 **Kirchhoff** 定律可以得到如下方程

$$\sum_{j \in \mu_k^+} \Delta p_j - \sum_{j \in \mu_k^-} \Delta p_j = 0$$

对于所有连支的边缘 **k**

由于连支由 **m - n + 1** 个边缘组成，对于格网则有 **m - n + 1** 个方程。与 **n - 1** 个节点一起，有与边缘数一样多的方程。两个未知的因数，流和每个边缘的压力减少量将被计算。所以，为了计算这些因数，还需要另外的 **m** 个方程。使用流，阻抗和压力减少量之间的函数的依靠，上述将被发现。

在水管系统中直角定律可以被应用。该是在供给线路 j 中压力减少量 Δp_j 的简化：

$$\Delta p_j = r_j * q_j |q_j| - p_j$$

p_j 是存在于边缘中的任何泵的压力。

该部分解释了在树支的边缘，在连支的边缘中，流是怎样根据重叠流被解释的。

如果我们自动的把中的每个节点加到树支，在连支边缘的流将通过整个格网流通。否则，节点条件将不能被满足。

通过连接生成的数和连支，我们可以得到原始网络。通过在重叠流，在树支边缘的流被得到。

在所有的边缘中，格网左侧的方程是流的函数。因此我们假设在连支边缘流的数量是从 1 到 $m - n + 1$ 。在树支中，如果我们为了所有流而使用重叠流，我们将得到函数 U_k 。这些仅仅依赖于在连支的边缘的流：

$$U_1(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

$$U_2(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

对于

$$U_l(q_1, q_2, \dots, q_l)$$

在网络中，我们因此寻找在连支的边缘中满足下面方程的流：

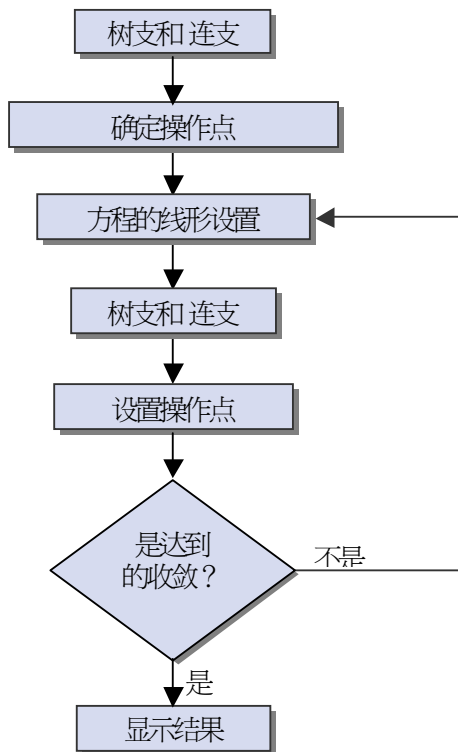
$$U_1(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

$$U_2(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

对于

$$U_l(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

交叉方法



图例: Hardy 交叉流程图

如果用户想为真实的重要函数 $f(x)$ 找一个零位置

$$f(x) = 0$$

用户可以在牛顿叠代法的帮助下获得成功。

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

现在我们来分别注意一下 l 个格网方程

$$U_k(q_1, q_2, \dots, q_l) = 0$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

并且考虑除了作为固定值的 q_k 以外的所有流。然后我们使用牛顿叠代法去解决每一个方程并且得到下面第 n 步的叠代值。

$$q_k^{i+1} = q_k^i - \frac{U_k(q_1^i, q_2^i, \dots, q_l^i)}{\frac{\partial}{\partial q_k} U_k(q_1^i, q_2^i, \dots, q_l^i)}$$

$$k = 1, 2, \dots, l$$

该是格网方程的交叉程序。

一般而言，网络阻抗和源不是常量。它们是流和压力的函数。

每一个阻抗和每一个源都可以指定依靠一些参数的特性曲线。特性曲线的上任何一点可以被指定为运行点。

如果用户滤去交叉程序计算的必要条件，用户将看到大量的函数并且它们每一个叠代步骤和每一个格网的第一次偏导可以计算出。由于该程序需要大量的时间，所以大的网络的计算是不可能的。在很多情况下，用户不能得到函数的偏导。

取而代之的是用户必须使用下面的程序。以近似值开始，用户要计算出所有网络的运行点。这些阻抗和源确定的值被用于计算带有规定精度的交叉程序。新的流和压力被用于计算新的运行点并且再一次在叠代的过程中被保持。该过程一直被重复，直到运行点的变化足够小。

该方法充分地缩短了带有可变阻抗或源网络计算所需的时间。有时对一些阻抗来说，运行点移动的如此之大，以至于最小生成树不能同样地被认出。这时，**SINCAL** 建立一个带有最小值特性的新的树。这是一个在恶劣条件下的网络公共程序。

对于固定的运行点的格网方程来说，充分精确的解决方法一被发现，连支的边缘和所有它的边缘的流就可利用。对于每一个边缘来说，压力的减少量可以由流、阻抗和压力源来计算。用户使用一个带根的树去计算节点的压力。