

# 汽车工厂设计与建设

AUTOMOTIVE PLANT ENGINEERING & CONSTRUCTION



机械工业第九设计研究院 主办  
MMI PLANNING & ENGINEERING INSTITUTE IX

内部资料·免费交流

二〇〇九年 第一期



- 浅析无冷却切削技术及在工厂中的应用
- 汽车工厂焊装车间实时监控系统设计要点
- 绿色环保现代化发动机工厂设计的实践
- 涂装线节能技术的推广应用





## 汽车工厂设计与建设

(半年刊)

二〇〇九年第一期 总第 50 期

2009 年 6 月出版

连续性内部资料出版物准印证  
编号 JN00-112 号

主办单位：机械工业第九设计研究院

顾问：孟祥恩 关建勋 毛文中 陈有权  
于凯 吕卫东 何晓平 李赞峰  
刘松平 姜殿耀

主 编：杨雨民

副 主 编：马汝成

编 辑：李敏、李维、陈建军、郝圣旗、康平

电子邮件：ping.kang@cjxy.com; mail@cjxy.com

地 址：吉林省长春市创业大街1958号

邮政编码：130011

电 话：0431-85125216, 5224

传 真：0431-85902995

# 目录

## ● 制造工艺

- 浅析无冷却切削技术及在工厂中的应用 ..... 叶 新 (1)
- 提高机械加工工序生产效率的途径 ..... 于涛等 (7)

## ● 设备工程

- 汽车工厂焊装车间实时监控系统设计要点 ..... 陈喜忠 (12)
- 双轨悬挂自行输送机摩擦动力学研究 ..... 黄大巍等 (17)
- 子程序块在 Logix5000 中的应用 ..... 段 锐 (23)
- PLC 在竖炉工程中的应用 ..... 刘玥等 (27)

## ● 土建公用工程

- 绿色环保现代化发动机工厂设计的实践 ..... 曲程家 (31)
- 汽车工厂压缩空气供应系统设计 ..... 李 维 (35)
- 柴油发电机组在汽车工厂中的选择与设置 ..... 董 健 (39)

## ● 技术经济

- 涂装线节能技术的推广应用 ..... 马汝成等 (44)

## ● 三维作品展示

- 一汽技术中心整车试验室  
..... 九院三维开发团队 林万里 赵 锐 牟士文等 (封三)
- 焊装线 ..... (封面)
- 北京现代鸟瞰图 ..... (封底)



# 浅析无冷却切削技术及在工厂中的应用

叶 新

**摘要** 本文阐述了无冷却绿色切削技术的特点,并对典型的几种加工方法进行了说明,同时总结归纳了几种加工方式的发展状况和在工厂设计中的实际应用。

**关键词** 清洁的金属切削加工 环保 干式切削

## 前言

先进切削技术作为评价汽车制造业水平的一个最重要的指标,而经济的、高精度的、环保的切削方式就成为先进切削技术的支撑。如何在保证加工精度的情况下,做到环保、经济的进行切削加工,这就是近十几年来,工业生产领域已经在研究的无冷却切削技术,即清洁的金属切削加工的课题之一,也是本文将进行分析和介绍的。

## 1 无冷却切削技术的提出和特点

所谓无冷却切削技术,就是要满足加工质量、加工效率和加工成本要求的条件下,把对环境的负面影响减至最小和使资源利用率达到最高的一种不使用冷却液进行产品加工的工艺方法。

在金属切削加工过程中,通常都要使用切削液。切削液的大量使用给环境和人体健康带来了很大危害,同时增加了生产成本。使用切削液会耗费大量的切削液和电能,所耗费的能量大约占整个机械制造工厂能量的 1/10;切削液和切屑的处理费用高,目前与切削液相关的费用已占零件加工成本的 14-17%,若排出未经处理的切削液则会污染周围地区的生态环境;会直接污染车间环境和危害工人健康,切削液受热挥发易形成烟雾和产生异味,特别是添加剂所含硫、磷、氯等化学元素在切削过程中形成的物质会引致多种疾病。德国、美国、加拿大和日本等国也相继制定了严格的工业排放标准,进一步限制了切削液的使用。作为有毒废料的切削液以及带有切削液的切屑的排放和处理大大增加了回收处理成本,在此背景下,就迫使人们不断研究开发新技术以改变现状。因此,针对此内容提出的无

冷却切削技术就成为研究热点。

特点:① 对大气和水环境无污染;

② 切屑上无残液,降低了清洁处理成本;

③ 对人的健康无害且不会损伤皮肤或造成过敏;

④ 对刀具、机床刚度要求较高;

⑤ 设备高速或超高速运行。

## 2 无冷却切削技术的实现

无冷却切削即通常所说的干切削无冷却技术,其实现原理主要依据 Salomon 切削速度与温度实验曲线,见图 1。

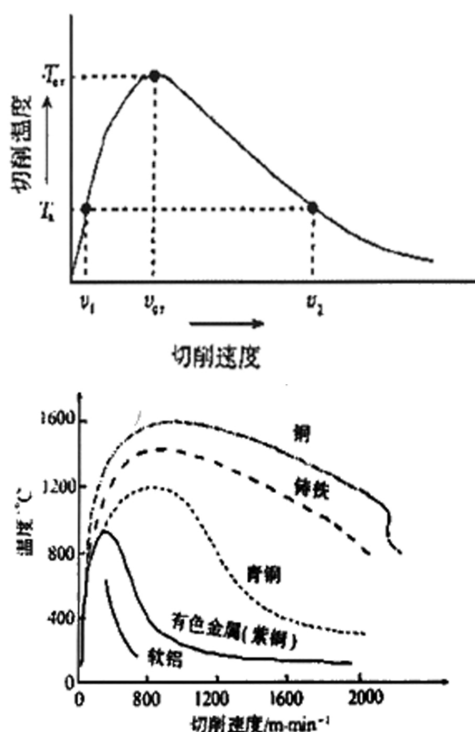


图 1 切削速度与温度实验曲线



这表明在一些加工过程中,切削速度达到某个值后,刀具磨损加剧,但是速度继续上升,超过这一数值,又可以恢复正常加工。经过长期的生产实践,人们意识到对于某一被加工材料来说,在比现行使用的切削速度高许多倍的区域可能存在一个十分理想的切削条件,在这个切削条件下,生产率高,刀具耐用度长,而且切削力也比较小。这就是无冷却切削技术的实现原理,即高速切削来降低切削温度和切削力,实现无冷却条件下的高效加工。

可以看出,刀具加工线速度必须要超越一个数值,来实现无冷却高速切削,这就需要从刀具材料、涂层以及刀具几何形状与结构等方面来一同解决。要求刀具具有如下特点:

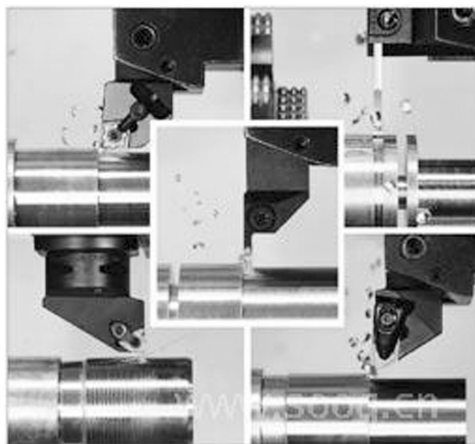
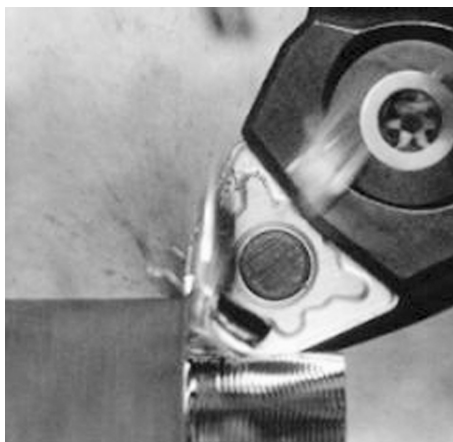
- 1)刀具材料应具有良好的耐热性和耐磨性;
- 2)切屑与刀具之间的摩擦系数应尽可能小;
- 3)刀具的槽型应保证排屑流畅、易于散热;
- 4)刀具应具有较高的强度和抗冲击韧性,在切削时要承受比湿切削更高的温度。

而目前随着刀具研究的快速发展,实现这些特性已经成为现实。如美国研制的涂有  $\text{TiAlN}$  的金属陶瓷刀片 HT7,就可以实现合金钢和高合金钢干铣削加工,合肥工业大学利用经  $\text{TiN}$  纳米粉体改性的金属陶瓷刀片进行的干式无冷却切削试验,效果较好。

干式无冷却切削不但对刀具要求很高,也对机床的排屑、防尘和热特性提出较高要求。

### 3 无冷却车削技术

硬车削即是无冷却车削技术之一。其实现原理如上所述,具体从刀具、机床和工艺方法上进行阐述,其最显著特点是可以代替某些磨削技术,来满足工艺要求。



#### 3.1 车刀的选用

在车削时多选用的  $\text{PCBN}$  刀具,就是说  $\text{PCBN}$  刀具对硬切削的适应性是最强的,即硬度高、耐磨,烧结体  $\text{PCBN}$  的硬度一般为  $3000\sim 5000\text{HV}$ 。在切削耐磨材料时其耐磨性是硬质合金刀具的 50 倍、涂层硬质合金刀具的 30 倍、陶瓷刀具的 25 倍。具有很高的热稳定性,耐热性可达  $1400^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{PCBN}$  在  $800^{\circ}\text{C}$  时的硬度还高于陶瓷和硬质合金的常温硬度。因此  $\text{PCBN}$  刀具适于加工淬硬钢、铸铁、高温合金钢等高硬度耐磨材料。具有优良的化学稳定性,化学惰性特别大,在  $1200^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$  时也不与铁系材料发生化学反应,与碳在  $2000^{\circ}\text{C}$  时才发生反应;在中性、还原性的气体中,对酸、碱都是稳定的;其对各种材料的粘结、扩散作用比硬质合金小得多,因此  $\text{PCBN}$  刀具特别适合加工钢铁材料。具有较好的导热性,  $\text{PCBN}$  的导热性仅次于金刚石,导热系数为  $1300\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ ,而且随着温度的升高,  $\text{PCBN}$  的导热系数是增加的。具有较低的摩擦系数,  $\text{CBN}$  的摩擦系数为  $0.1\sim 0.3$ ,随着切削速度的提高,摩擦系数减小。这一特性导致切削时刀屑间摩擦减小,切削变形减小,切削力降低,加工表面质量提高。

##### 3.1.1 刀片形状及几何参数确定决定刀具切削性能

按刀具强度来说,各种刀片形状的刀尖强度从高往低依次为:圆形、 $100^{\circ}$ 菱形、正方形、 $80^{\circ}$ 菱形、三角形、 $55^{\circ}$ 菱形、 $35^{\circ}$ 菱形。硬车削刀片选择尽大的刀尖圆弧半径,用圆形及大半径刀片粗加工,精加工时的刀尖半径约为  $0.8\sim 1.2$ ,淬硬钢切屑脆性大,易折断,不粘结,在切削表面不产生积屑瘤,加工的表面质量高,淬硬钢切削力较大,径向切削力比主切削力大,所以刀具采用副前角和较大的主后角 ( $B=100\sim 150$ ),减少工件和刀具颤振,见表 1。

表 1 无冷却干切削常用刀具材料表

| 刀具材料  | 优缺点                                  | 典型应用                               |
|-------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 硬质合金  | 抗冲击能力强,价格便宜,但切削速度有限                  | 适用于大多数材料,是应用最多的涂层刀具基体材料            |
| 金属陶瓷  | 通用性很好,适用中速切削,有较好的抗积屑瘤性能。不具备足够高的热硬性   | 在钢、铸铁、不锈钢和铝合金等材料上都有应用              |
| 陶瓷    | 连续切削性能好,耐冲击(尤其晶须陶瓷)。不能加工铝合金          | 特别适合灰铸铁、球墨铸铁、淬硬钢和耐热合金等             |
| 立方氮化硼 | 高热硬性(可达 2000℃),高强度,高抗热冲击性能。化学稳定性不如陶瓷 | 一般切削硬度在 HRC48 以上的材料,如粗加工淬硬钢和珠光体灰铸铁 |
| 聚晶金刚石 | 最硬、最耐磨的刀具材料,高速性能好。不能经受切削区超过 6000℃的高温 | 适宜于加工有色金属和非金属材料,如难加工的高硅铝合金         |

注: CBN 是淬硬钢和铸铁干加工最常用的刀具材料;而氮化硅(Si3N4)特别适合于在断续切削和铸件有砂皮情况下对铸件和球墨铸铁进行干切削; Cermets( 钛基硬质合金)在硬度上是介于陶瓷刀具和硬质合金之间的刀具材料,它是高速干切削钢件的合适材料。

3.2 机床特征

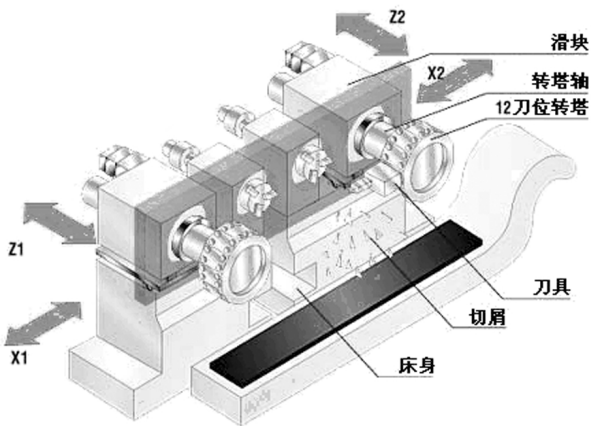


图 2 典型的硬车削机床分解图

高速度、大功率的主轴单元、进给单元和辅助装置,切削热的散发,切屑和灰尘的排出是无冷却车削技术的保证。

内置的高速电机主轴是机床实现主轴高速运转的最佳选择,目前可选的高速主轴转速从 10,000r/min 到 150,000r/min , 功率从 0.5kW 到 80kW,可以满足不同的切削需要;快速进给系统可以采用改进的滚珠丝杠或直线电机,进给速度可以达到 60~80m /min,加速度可达 19.6~98m/s²,完全满足快速进给的需要。

机床刚度决定硬车削的加工精度,目前制造的车削机床几乎都有很好的刚性,大多可以满足硬车削要求。选用增加刚性和阻尼特性的机床将更加适

合硬车削需要,如聚合物复合材料增强机座、带弹簧夹头(使主轴支撑靠近工件)的直接配合式主轴和静压导轨。尽量减少悬空、刀具延伸和零件伸出,并取消调隙片和垫圈,保持工件尽可能地接近转塔刀架,刀具伸出长度不大于刀杆高度的 1.5 倍,见图 3。

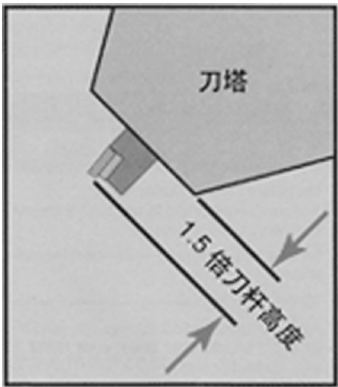


图 3 刀具和刀杆、刀塔示意图

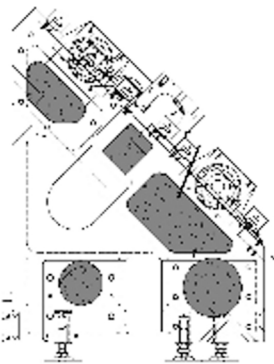


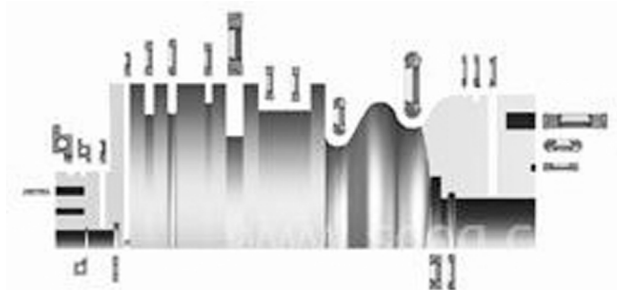
图 4 复合材料的床身结构



另外车床内部的结构形式要利于切屑的重力排出。如机床采用立式布局,至少床身应是倾斜的,即工件在上、刀具在下,在滑动导轨副上方设置可伸缩角形盖板,工作台上的倾斜盖板用绝热材料制成,针对易出现金属悬浮颗粒,要加装真空吸尘装置和对关键部位进行密封。其基础大件要采用热对称结构并尽量由热膨胀系数小的材料制成,必要时还应进一步采取热平衡和热补偿等措施,见图4。

机床同时还可选设刀具监控装置:该装置有在绝缘体刀片上有能通电的薄膜电路,可检测出由于磨损量变化而导致电阻的变化。由于磨损、破损等切断了电路,电阻值迅速增大就终止切削,它可从刀片取出电信号进行直接测量。该装置由带传感器的刀片、接触式测头、带信息收集器的刀杆、数字多测量程测量仪和电脑组成。当刀片的导电涂层没有磨损时,电阻值显示低值,当磨损增大或破损时,导电涂层被切断,电阻值急速增大就可判断刀片已达到使用寿命;用数字多测量程测量仪检测电阻,将测量值输入电脑,对电阻信号进行信号处理来判断后面磨损量、刀具寿命极限及有无崩刃产生。可减少停机时间,提高产品精度和生产效率,减少人工费用,降低加工成本,提高工艺制造水平。

### 3.3 工艺方法



硬车削 (45 HRC~62 HRC) 可明显简化工艺流程。例如,按常规工艺加工轴承环时,需采用热轧、退火、车削、淬火和磨削等五道工序。改用硬车工艺替代磨削就只需热轧、淬火 (62 HRC) 和硬车 ( $R_z 1\mu m \sim R_z 2\mu m$ ) 三个工序。减少了二道工序,缩短了工艺路径。这样,可缩短 65% 的加工时间,降低能耗 45% 和降低零件制造成本 35%。

#### (1) 切削参数的选择

硬车削精加工的标准切削速度为 80-200 m/min,常用范围为 80-150 m/min,采用大切深或强烈断续切削高硬度材料,切速要保持在 80-100 m/min。切深为 0.1-0.3 mm。加工表面粗糙度要求高时可选小的切削深度。进给量通常可以选择,0.05-0.25 mm/r。例如:金属陶瓷刀具车削 HRC58-63 的 86CrMoV7 淬硬钢轧辊时 ( $v=60$  m/min,  $f=0.2$  mm/r,  $a_p=0.8$  mm),单刃连续切削轧辊路径达 15000m,可以满足以精车代磨削的要求。

#### (2) 先进的刀具夹持系统

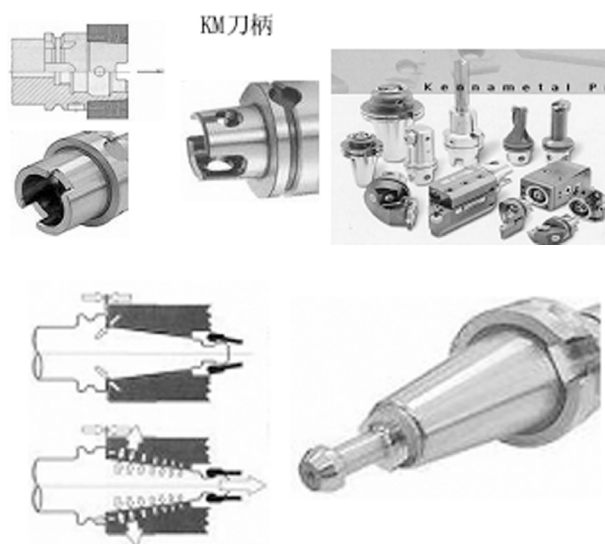


图5 HSK 刀柄和 KM 刀柄系统

刀具夹持系统的安全性和安装后的整体动平衡性能也是硬车削加工的必要条件。HSK 刀柄和 KM 刀柄系统见图5。

## 4 其它无冷却切削工艺介绍

### 4.1 无冷却滚齿技术

滚齿加工中,切削参数的合理选择不但可以提高滚齿效率,降低加工成本,延长滚刀寿命,同时还能保证齿轮的加工质量。

无冷却干滚切削就是要在切削参数方面提高切削速度,尽量缩短刀具与切屑的接触时间,使切削产生的热量尽可能多的被切屑带走。因此,干式滚齿在应用中的关键技术仍包括机床、刀具和工艺3个方面。

4.1.1 机床技术

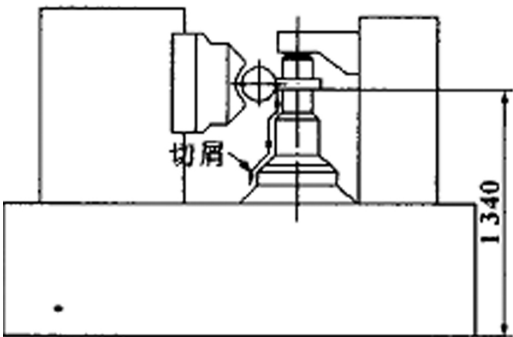
干态高速滚齿工艺对滚齿机的要求,除了强度、刚度和抗震性等基本要求外,还应满足以下条件:

- (1)提供足够高的切削速度和切削功率;
- (2)从保证工件质量和延长滚刀寿命出发,处理好能量分配;
- (3)合理的切削热处理。

4.1.2 机床布局

传统的滚齿机除部分小模数滚齿机外,大多采用立式布局,如下图所示,加工时的切屑靠切削液冲洗。在进行干切削,则高温的切屑将大量传导给工件回转轴部件和床身,因此结构从传统的立式改为卧式,并把加工部分的下侧开口加大,使该处的切屑靠重力作用下落,在下落的部位设有切屑传送带,加工时将切屑迅速地排出机外。这样,切屑的

处理可完全不用切削液。另外,由于发热切屑不接触床头,切屑所引起的滚齿机热变形可以控制在最低限度。同时,由于卧式加工部分的高度比立式有所降低,有利提高机床的刚度。



(a)立式布局

4.1.3 刀具和切削参数

在无冷却切削技术中,干滚技术作为目前应用较新的一种,以日本坚腾公司(kashifuji)涂层刀具滚齿为例,进行说明,见表2。

表2 实际切削淬火后齿轮的切削参数表

| 齿轮参数 |          | 切削参数  |         |
|------|----------|-------|---------|
| m    | 2        | 滚刀角度  | 1°35'   |
| Z    | 29       | 滚刀头数  | 1       |
| 压力角  | 20       | 切刀槽数  | 18      |
| 倾斜角  | 30       | 切削次数  | 1       |
| 齿轮外径 | 86.973mm | 工位取件数 | 1       |
| 齿轮外径 |          | 切削速度  | 80m/min |
| 齿宽   | 14.5mm   | 进给量   | 1mm/rev |
| 材质   | SCr420   | 切削量   | 0.3mm   |
| HRC  | 58~62    | 切削时间  | 146s    |

4.2 无冷却铣削技术

以干式铣削加工的典型应用实例来说明无冷却铣削技术。

1)涂层硬质合金 F20M 干铣不锈钢阀门座(工件材料:CF-8M,不锈钢铸件)。

采用 SECO 公司的 F20M(PVD 物理涂层)刀片干式粗铣,刀片型号为 OFEN070405TN-D18(断屑槽为 D18,难加工型)。切削参数:Vc=180m/min,fz=0.16mm/z,ap=2~3mm。每个切削刀的刀具寿命:24~28 件。

分析:切削力和切削温度的变化关系是一根驼

峰曲线。当切削温度高至超越驼峰时,随着切削温度的进一步提高,切削力会下降,使得切削变得相对容易,故刀具寿命提高。

2) 涂层硬质合金 T150M 干式切削铸铁排气管端面。

企业在加工上海通用汽车公司别克轿车的排气管时,采用 SECO 公司的 T150M 黑色涂层硬质合金刀片干式铣削铸铁排气管端面。生产效率明显提高,刀具直径 88mm,齿数:z=5;刀片涂层等级:T150M;切削参数:n=1100r/min,ap=1~1.2mm,Vf=

600mm/min。

3)PCBN 刀具干铣灰口铸铁缸体平面。

上海通用汽车公司新建成的发动机柔性生产线上干式铣削灰口铸铁缸体平面，铣削速度可达1600m/min,大大提高了发动机的加工效率。切削参数 :ae =80mm,ap =4 ~5mm,fz =0.15mm,Vc =1600m/min。每个切削刃的刀具寿命:170 件。

4.3 无冷却钻削技术

铣削和车削是一种外加工,切削热和切屑的排

除比较简单。而在实心材料上钻孔则是一种内加工,从孔中排除切削热和切屑就比较困难。因此,干钻削是干加工工艺中最难的工艺。目前这个难题已可以通过改进钻头的几何形状和采用硬涂层来解决。改进排屑槽的横截面形状,使槽口直延伸到柄部、增大排屑槽的螺旋角、采用较大的倒锥、较窄的倒棱和较小的刀刃半径以及采用 TiAlN 涂层和微量润滑等措施,以减少摩擦和确保可靠排屑。在表 2 中列出了三种干钻削的成功例子。

表 2 钻头在几种干钻削时的效果

| 刀具         | 材料     | 硬度合金  |                        |                         |
|------------|--------|-------|------------------------|-------------------------|
|            | 镀层     | TiAlN |                        |                         |
|            | 直径(mm) | 5.05  | 14                     | 三刃阶梯钻 8.6/11.0          |
| 工件材料       |        | st37  | 球墨铸铁(GGG70)<br>QT700-2 | 球墨铸铁(GGG40)<br>QT400-18 |
| 切削速度 m/min |        | 317   | 100                    | 86/110                  |
| 进给量 mm/r   |        | 0.4   | 0.3                    | 0.3                     |
| 孔深         |        | 15    | 30                     | 42                      |
| 微量润滑/干加工   |        | 微量润滑  | 微量润滑                   | 干加工                     |
| 刀具耐用度 m    |        | 7     | 25                     | 280                     |

5 无冷却切削技术的应用和发展

做为一种环境效益和经济效益俱佳的切削技术,无冷却切削已成为目前绿色制造工艺研究的一个热点,美国 LeBLond Makino 公司研究开发的“红月牙”(Red Crescent)铸铁干切削技术就是利用陶瓷或 CBN 刀具进行高速加工。金属切除率由 16cm<sup>3</sup>/min 提高到 149cm<sup>3</sup>/min。还可用硬质合金刀具在切削速度达 305m/min 时对淬火钢(>50HRC)及钛合金进行无冷却车削加工。

日本 Syun-ichi Yamagata(山形)研究开发了钢材的干式挤压丝锥,由原来的湿式加工 7,000 个孔提高到干式挤压丝锥加工 50,000 个以上,不会产生粘结和显著的磨损,丝锥还可继续使用,刀具寿命可提高几倍。

德国 Guhring 公司对发动机中的铝制零件进行了高速干钻削加工研究,取得了显著的经济效益。此外,德国、芬兰、英国等对高速齿轮干滚削、干式

镗削等加工方式也进行了研究,并在生产中得到了应用,取得了良好的效果。如德国的 Liebherr 公司在年产 130 台 CNC 滚齿机中,“纯干式加工机床”已占 14%，“纯湿式加工机床”约占 22%,而复合型机床占 64%。

目前我国的干切削由主要是传统的铸铁铣削加工向车削、滚齿、钻削方向发展,比如我院正在进行的温岭的中马公司,其齿轮加工多数为干式,大众传动器厂的齿轮也进行的硬切削加工,轴类件的加工也在应用中;上海汽车齿轮总厂已非常成功地将这一技术运用于大批量生产当中,他们在齿轮渗碳淬火后采用以车代磨,进行成品的最终精密加工,达到零件设计的公差和表面粗糙度要求。被加工工件的表面粗糙度可达 Ra0.2~Ra0.4,圆度可达 0.0005 mm,0.003 mm 的公差带 Cpk 值可达 1.67。

在超硬材料的开发应用方面,河南省超硬材料及制品产业全球份额 35%。其中,金刚石产量占全球的一半以上,而大颗粒金刚石的产量的全球占有率更由“九五”时的四成增至现在的六成以上。河南

(下转第 11 页)



# 提高机械加工工序生产效率的途径

于涛 康来明

**摘要** 机械加工是通过多道工序改变零件形状、尺寸,并提高其精度。提高生产效率,必须缩短组成工艺过程的每道工序时间。本文通过对工序过程的时间组成元素进行分析,寻找提高加工工序生产效率的途径,以达到提高加工效率的目的。

**关键词** 工序 基本时间 生产效率

机械加工是通过切削零件毛坯的金属来改变零件形状,达到图纸所要求的形状、尺寸及精度的一种工艺方法。要达到这个目的,往往需要通过多道工序,逐渐改变其形状、尺寸,提高其精度。所以在单位时间内通过机械加工生产出更多的合格零件,必须缩短其组成的每道工序的时间。寻求提高工序的生产效率的途径就成为提高被加工件生产效率的基础和出发点。

## 1 工序过程的时间元素组成

加工零件在某一道工序内所经历的时间称之为该加工零件的工序单件时间,它由以下时间元素组成。

### 1.1 基本时间 $T_b$

工序的基本时间是指使被加工零件的形状、尺寸、表面状态及零件构成要素的相互关系发生改变所需的时间。对机械加工而言,是指机床切削零件所需的时间,如钻削、铣削、镗削、磨削等切削过程所消耗的时间。

### 1.2 辅助时间 $T_a$

工序的辅助时间是指为完成基本工作而执行的各种辅助动作所需的时间。这个时间所包含的内容必须是在每加工一个工件或依次加工几个工件之前或之后都要重复进行的动作所需的时间,包括工件上下料时间、刀具快进快退时间、改变切削形式的换刀时间、开动和停止机床时间、改变加工规范的时间、测量工件时间等。

### 1.3 技术服务时间 $T_c$

指生产进行期内,消耗在工作位置的时间,包括更换用钝刀具的时间,生产过程中校正、调整设

备或工、夹、模具的时间,润滑设备时间,加工中断续清理设备和夹具上的切屑和废料时间等。此种时间不是每一个工件加工时或依次几个零件加工后一定要发生的时间,因此应将在整个工作时段(如每班)的这些时间累积起来,分摊到该时间段所完成的每个加工零件上。

### 1.4 组织服务时间 $T_g$

在整个工作班次内,为使该工序能顺利进行而对工件场地(机床)进行整理的时间,包括班前班后领、换及收拾工(刀)具的时间,检查及试运行设备时间,增添更换切削液及下班前打扫工件场地、清理设备的时间等。这项时间也是在一个工作班次中累计后再分摊到本班次在本工序通过的每一个加工零件上。

### 1.5 生理需要与休息时间 $T_n$

在生产进行中,工人必须的生理需要时间及按规定工人的休息时间。该时间也需在一个班次累计后分摊到本班次在本工序通过的每一个加工零件上。

### 1.6 单件工序时间 $T_0$

一个加工零件在某一工序的单件工序时间应是上述各组时间之和。即

$$T_0 = T_b + T_a + T_c + T_g + T_n \quad (1)$$

在计算实际单件工序时间时,为了简化计算,往往把需要分摊到每个加工零件的  $T_c$ 、 $T_g$  和  $T_n$  这三个时间用占基本时间和辅助时间之和的百分数来计算。单件工序时间可由下列公式计算

$$T_0 = (T_b + T_a)(1 + \beta) \quad (2)$$

式中,  $\beta$  为  $T_c$ 、 $T_g$ 、 $T_n$  分摊到每个加工件的时间之和占该工序的  $T_b$  和  $T_a$  之和的百分比。

$\beta$  值的大小与设备及生产规模有关,一般在大

量流水生产中取 0.05~0.1, 成批生产中取 0.1~0.2, 在单件小批生产中取 0.2~0.25。

工序单件时间  $T_0$  不包括:

①该工序设备更换品种或变更工序所需的设备调整时间。

②由于生产组织、技术状态不良和工作偶然造成的时间损失,如设备、工装临时出现故障,生产组织临时出现不协调(如停工待料、人员调度不到位等),工人临时生病、迟到、早退等。

③为返修次品或制造替代废品的零件所花费的时间。

上述时间除调整时间外,其他随机发生的时间均不计入单件工序时间内,而是通过设备负荷率将这部分时间损失考虑进去。

### 1.7 调整时间 $T_j$ 与计价时间 $T_p$

在成批生产时,一台设备承担多个品种零件加工或承担同一种零件的多道工序时,每当更换品种或工序时,需要对设备的运行参数、程序、所使用的刀具、夹具、辅具进行更换和改变;需对该设备所形成的工艺系统进行调整,对新品种、新工序零件进行试切,以达到新品种零件或新工序的加工要求,这就是设备调整时间所包含的内涵。这种时间只有在成批轮番生产时才会发生。若是单一品种流水线或多个品种混合流水线上的工序和设备,该时间就不会发生。

调整时间只在加工新的一批零件前产生,这个时间也应分摊到该批的每一个零件上。摊到每个零件时间的多少,除了与调整时间的长短有直接关系外,与每批零件的数量和批次多少也有直接关系。合理确定投入的批量是很重要的,投入的批次过多,每批零件过少,会使每个零件所分摊的调整时间过多;若投入的批次过少,批量过大,会造成在制品积压过多,使制造成本增加。

零件的单件工序时间与该零件所分摊的调整时间之和就是零件在此工序的计价时间。

$$T_p = T_0 + T_j / N \quad (3)$$

式中,  $N$  为零件的批量

计价时间是表示被加工零件在此工序的设备上所占有的时间。由此可计算出该工序为完成预定纲领应配备的设备数量。

如前所述,对于单一流水生产线或混合品种流水生产线,计价时间与单件时间相同。

$$T_p = T_0 \quad (4)$$

## 2 提高加工工序生产效率的途径

要提高加工工序生产效率,就应设法缩短组成单件工序时间和计价时间的各组成元素。

### 2.1 缩短基本时间

减少加工零件在某工序的基本时间有以下途径:缩短纯切削时间,采用多刀对不同表面进行同时加工。

#### 2.1.1 采用高速高效切削,缩短切削时间

众所周知,切削参数是指切削速度  $V$ (m/min),走刀量,包括每转走刀量  $S_0$ (mm/r),每齿走刀量  $S_z$ (mm/z)及每分钟走刀量  $S_m$ (mm/min)以及切削深度  $t$ (mm)。提高切削效率,缩短切削时间,就是要提高单位时间内材料的切除量  $Q$ (mm<sup>3</sup>/min)。

$$Q = 1000 \cdot V \cdot S_m \cdot t \quad (5)$$

每分钟走刀量  $S_m$  直接与切削速度有关。

$$S_m = S_0 \cdot n \quad (6)$$

式中,  $n$  为刀具转速(r/min)

对多齿刀具,如铣刀等,

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n \quad (7)$$

式中,  $Z$  为刀具齿数。

由上可知,切削三要素中,最活跃、影响最大的要素是切削速度,这就是为什么把采用高速切削作为提高切削效率的重要途径的原因。

在常规的切削中,随着切削速度的增加,切削温度也同时升高。切削速度愈高,切削温度就愈高。但当切削速度超过某一个临界速度后(该速度值随被加工材料不同而不同),切削温度不再随切削速度的提高而上升,反而会下降。这是因为此时绝大部分切削热被切屑带走的缘故。单位切削力也是有类似的现象。当切削速度超过某一数值时(该数值也随被加工材料不同而不同),单位切削力也开始下降。高速切削的机理研究成果为高速切削的应用提供了理论依据。而刀具技术的发展,包括刀具材料及刀具结构的发展和应用,高刚性、高动力性、高转速、高进给速度的机床的出现,使高速切削的实际应用成为现实。

粉末锻造高速钢,超细晶粒硬质合金,多涂层及复合涂层高速钢及硬质合金的广泛应用,  $Al_2O_3$ 、 $Si_3N_4$  为基体的陶瓷刀片,以  $T_1CN$  及  $T_1C$  为基体的金属陶瓷以及  $PCBN$ 、 $PCD$  等超硬刀具材料在汽车行业的普遍采用,使汽车零件机械加工切削速度和生

产效率成倍提高。如采用陶瓷刀片粗镗汽缸孔,切削速度  $V$  为  $800\text{m/min}$ , 每分钟走刀量  $S_m$  达  $2400\text{mm}$ ,粗镗一个汽缸孔只需  $4\text{sec}$ ,而用  $\text{PCBN}$  刀片精镗缸孔,切削速度达  $750\text{m/min}$ 。在汽车制造机械加工中,高速切削实际应用所达到的参数见表 1 所示。

表 1 高速切削应用中的参数

| 零件材料 | 加工内容 | 刀具材料及形式    | 切削速度 $V$<br>( $\text{m/min}$ ) | 每分钟进给量 $S_m$<br>( $\text{mm/min}$ ) |
|------|------|------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 合金铸铁 | 粗铣   | 涂层硬质合金盘铣刀  | 120~200                        | 1100~1600                           |
|      | 精铣   | CBN 刀片盘铣刀  | 300~700                        | 1500~4500                           |
|      | 粗镗   | 陶瓷刀片镗刀     | 800                            | 2400                                |
|      | 精镗   | 涂层硬质合金镗刀   | 200                            | 650                                 |
|      | 精镗   | CBN 镗刀     | 500~750                        | 700~1500                            |
|      | 钻孔   | 涂层内冷硬质合金钻头 | 100~150                        | 500~800                             |
|      | 磨削   | CBN 砂轮     | 7200~9000                      |                                     |
| 铝合金  | 粗铣   | 涂层硬质合金盘铣刀  | 500~800                        |                                     |
|      | 精铣   | PCD 刀片盘铣刀  | 2500~3500                      | 2000~4500                           |
|      | 镗孔   | PCD 刀片镗刀   | 300~550                        |                                     |
|      | 钻孔   | 涂层硬质合金内冷钻头 | 200~250                        | 600~800                             |
| 钢    | 磨削   | CBN 砂轮     | 7200~9000                      |                                     |
|      | 车削   | 涂层硬质合金     | 150~180                        |                                     |
|      | 钻孔   | 涂层硬质合金内冷钻头 | 50~70                          |                                     |
|      | 滚齿   | 涂层高速钢滚刀    | 90~140                         |                                     |

刀具费用一般只占零件制造成本的 3~5%,但由于采用先进刀具材料和刀具结构所带来的生产效率的提高可达 20~30%,因此采用高速高效切削是提高生产率最经济的途径之一。当然,实现高速切削,机床的性能参数、刚性、动力性均适应高速切削的要求。

2.1.2 采用多刀加工缩短基本时间

缩短工序基本时间的另一途径是采用多刀同时对不同表面进行切削加工。组合机床及其自动线至今仍是生产效率最高的一种加工方式,其原因之一就是采用了多面多刀对多个表面同时进行加工的缘故。目前采用组合机床自动线加工铝合金壳体零件,节拍可达到  $16\text{sec}$ ,加工铸铁壳体零件节拍可达  $27\text{sec}$ 。在产量足够大而产品品种单一(或少)、相对固定的情况下,组合机床自动线仍然是获得高生产效率的最佳选择。此外,还有多砂轮磨削、多轴加工中心等,都是实现多刀同时加工的工艺方法。



图 1 曲轴车-车拉刀具

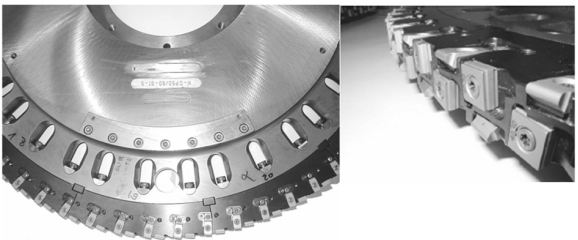


图 2 曲轴外铣刀盘

在发动机的曲轴加工中,车-车拉(见图 1)和高速外铣(见图 2)机床及刀具的发明给曲轴加工带来革命性的进步。可以利用一台外铣机床加工曲轴的主轴颈、连杆颈、平衡块外圆及曲柄侧面。而采用多刀盘车-车拉机床,可以一次加工所有的主轴颈或同一相位的连杆轴颈,因此,数十倍地提高了加工效率和产品质量。

## 2.2 缩短工序的辅助时间

辅助时间在工序单件时间中占有很大的比重。以前,辅助时间占工序单件时间 70% 以上,随着各种缩短辅助时间方法的采用以及自动控制技术的提高,辅助时间至今仍占工序时间的 50% 左右,因此进一步缩短辅助时间,是缩短工序单件时间的重要方面。

缩短辅助时间的途径主要有:

① 机床采用回转式、往复式工作台,一个工位在进行切削加工的同时,另一个工位在进行零件的装卸,使基本时间与上下料及装夹时间重合。

② 提高机床的快速移动速度和回转速度。现代数控加工中心愈来愈多地采用直线电机,使其 X、Y、Z 轴的快速移动速度都在 60m/min 以上,不少设备快移速度已超过 100m/min,而加速度一般在 1g 左右,高档加工中心已达 1.5g~2.0g,甚至更高。

③ 采用各种快换刀柄及换刀机械手,实现快速换刀。HSK 快换刀柄在数控机床上的广泛采用,不但提高了在高速加工情况下,刀具在机床主轴的安装精度,而且与快速换刀机械手配合,使加工中心的换刀速度提高到 1~2sec。

④ 采用机外调刀、机上自动对刀等装置,缩短用钝刀具更换的调刀时间。

⑤ 采用复合加工,使零件在一次装夹、一次换刀中完成多个加工表面的或同一加工表面的不同加工内容。如图 3 所示,在一把复合刀具上同时具有钻孔、镗削和倒角的功能,减少了换刀时间。



图 3 复刀钻、镗刀

采用复合刀具加工以减少换刀次数早已广泛用于汽车零部件的加工中,随着刀具技术的发展,刀具制造精度的提高,复合刀具的应用范围进一步扩大,复合钻扩刀、复合钻铰刀、组合镗刀、复合扩铰刀等各种复合刀具得到进一步发展与应用。

⑥ 数控复合加工机床是近年来机床发展的方向之一。由于数控技术的发展,使在一台机床上,工件在一次装夹的情况下,完成不同的工艺方法成为可能。各种多主轴、多刀架不同工艺和工序组合的复合机床发展迅速。各种车削中心、磨削中心、铣车中心、多轴联动加工中心都应运而生。一个工件在一台机床一次装夹中就能完成车、铣、钻、铰、攻丝、磨削、镗等多种工艺,甚至可以完成一个工件的全部加工内容,减少了工件上下料和多次装夹的时间,如图 4 所示。

⑦ 采用液压、气动快速夹紧的夹具,采用各种加工过程中自动检测的量仪,缩短装夹及测量等辅助性时间。

⑧ 采用各种形式的自动、半自动上下料装置及机械手,如图 5 所示。

## 2.3 缩短工序的技术服务和组织服务时间



图 4 五轴联动加工中心



图 5 上下料机械手



技术服务和组织服务时间虽然不是在生产每一个零件时都会产生,但它的长短也会对工序生产效率产生一定的影响。而这部分时间的长短与生产管理有关。

缩短这两部分时间的途径主要有:

① 合理安排刀具换刀时间,在选择刀具与确定切削参数时,应考虑所采用刀具的寿命与所确定的换刀时间相适应。一般尽量使换刀时间安排在交换班或休息吃饭等时间,尽量使所有的刀具寿命与所确定的换刀时间相同或为它的倍数。这样可避免在零件加工过程中频繁停机换刀。

② 采用标准的刀柄,尽量采用线外调刀,以最大限度地减少换刀时机床调速时间。

③ 设备配备排屑装置和防护装置,使切屑有序地排入切屑箱中。防止切屑及冷却液四处飞溅。采用大流量冷却与冲屑,实现冷却液集中供排,切屑集中收集。

3 结论

提高生产效率不仅是一个工艺理念的更新,也是管理理念的更新。在采用先进刀具实现高速高效切削的同时,还要应用相关技术和管理手段,优化整个加工过程,从高速切削到高效切削再到高效加工,采用多样化的途径实现加工效率的提高。

(上接第 6 页)

黄河实业集团有限公司(许昌)金刚石产量由以往的不足 1 亿克拉,大幅上升至目前的 12 亿克拉。郑州新亚超硬复合材料有限公司是中国最大的人造金刚石刀具企业;而河南亚龙超硬材料有限公司则是全球第三大的金刚石微粉生产企业。株洲硬质合金集团和上海工具厂有限公司率先进行了高起点、大投入的技术改造,使我国制造可转位刀片(具)和

整体硬质合金刀具的技术接近世界先进水平。

随着刀具材料的发展,无冷却切削技术的成本在逐步下降:

①干加工可以采用成倍高于湿式加工时的切削用量,显著地缩短节拍,省略清洗工序,减少设备数量,达到降低成本,此部分可使设备的投资减少了 22%左右,设备运行等节约 3%;

| 被加工零件          | 刀具费用  | 与冷却液有关的费用            | 其它产生费用 |
|----------------|-------|----------------------|--------|
| 缸盖<br>(铝合金)    | 4.00% | 16.80%<br>(10%的乳化液)  | 72.90% |
|                |       | 13.60%<br>(7.5%的乳化液) | 82.40% |
| 变速箱体<br>(铝合金)  | 2.40% | 11.80%<br>(10%的乳化液)  | 85.80% |
| 驱动锥齿轮<br>(合金钢) | 9%    | 1.40%                | 89.60% |
| 汽车零件           | 5%    | 17%                  | 78%    |

② 人员和相应的能源成本节约 8%。

6 在工厂设计中的应用

目前,在机床市场上已有适合于干加工的各种机床(特别是加工中心)可供选用,这标志着干加工技术已进入实用化阶段。

因此,在工厂设计中的推广应用对此技术的推进有着不可替代的作用。这就需要掌握技术的基础,根据实际情况,进行调研、分析,为用户提供最可靠、最具有竞争力的方案,同时扩展工艺设计领域,达到最好的经济和社会效果。随着时间的推移,无冷却切削技术将在车、滚、铣、钻、铰、镗削等基础加工中得到更广泛的应用。

# 汽车工厂焊装车间实时监控系统设计要点

陈喜忠

**摘要** 实时监控系统是现代汽车工厂生产过程可视化和生产管理数字化的首选解决方案,可实现如生产过程的实时监控和交互调节、故障自动报警和诊断、历史数据记录和动态跟踪、生产过程中工件位置跟踪和统计、设备运行状态和运行参数记录和显示、设备故障统计分析等等管理功能,实时监控系统已逐步成为汽车工厂生产控制和管理的不可或缺的配置。现以一汽大众二厂焊装车间为例,对焊装车间实时监控系统设计要点进行简要描述。

**关键词** 实时监控系统 监控画面 数据源 生产管理 设计要点

## 1 实时监控系统硬件软件配置设计要点

### 1.1 硬件平台

一台或二台网络服务器,服务器宜配置双CPU、冗余电源、RAID卡和硬盘阵列,以充分保证系统可靠性和数据安全性,大部分实时监控系统使用一台网络服务器即可满足要求。对与企业资源管理系统和工厂信息管理系统、制造执行系统等(ERP、FIS、MES等)连接,参与生产供应链管理、生产计划管理的情形,宜采用二台网络服务器在线热备的架构。

至少一台监控计算机,监控计算机宜采用高配置的个人计算机,以保证系统速度。一般配置二台及以上,分别用于显示不同级别或不同区域的监控画面、不同监控和管理功能等。例如一汽大众轿车二厂焊装车间实时监控系统采用多台监控计算机,同时可以显示车间级监控画面、各生产线监控画面、报警信息、生产统计信息(不同生产线在制品数量、各储存区储备工件数量、车间不同车型的总计数量、白车身储存区各种车型存储数量等等)、控制系统(如现场总线网络)运行状态等。

车间级网络组件,车间级网络协议宜采用开放的网络协议,如以太网。事实上大部分车间级实时监控系统的网络协议采用快速以太网。网络拓扑结构宜采用环形结构,使用光纤介质连接各以太网开关单元(交换机),建议采用工业级多膜玻璃光纤或多膜树脂光纤。各节点宜采用工业级以太网电缆连接到以太网开关单元。

PLC应配置通讯模块或CPU带通信口,一般不必选择带WEB服务的模块。

机房宜配置UPS,打印机等设备。机房环境设计应满足国标规定的如温湿度、振动、噪音、电磁兼容性等要求,选择中控室位置时应特别注意电磁环境,与如变配电设备、大功率变流设备、焊接设备等保持足够距离。中控室配电宜与生产设备配电系统分离,使用“清洁”的动力电源。

OA系统和视频采集监控系统宜独立于实时监控系统。如与OA系统连接,宜设置防火墙。

### 1.2 软件平台

网络服务器操作系统宜选择WINDOWS SERVER 2000及以上服务器版本,监控计算机操作系统宜选择WINDOWS 2000及以上的专业版。

实时监控软件可选择RSView SE、InTouch、CIMPLICITY、WinCC等等,配置必要的可选件或功能扩展组件。网络服务器应运行实施监控软件的服务器版本,建议配置实时监控信息的WEB服务器功能,以允许经授权的客户端通过IE浏览器访问实时监控系统,获取必要的生产和管理信息。监控计算机宜运行实施监控软件的客户端版本,至少有一台监控计算机应运行实施监控软件的开发版。如一汽大众二厂焊装车间网络服务器运行RSView SE SERVER,监控计算机运行RSView SE Client,其中一台监控计算机运行RSView SE STUDIO。

数据库软件可选择SQL SERVER、ORACLE、ACCESS等,ODBC接口。

程序设计语言VB6.0或C++。

兼容第三方控制系统的接口,应首选OPC协议。宜优先选用实施监控软件提供的第三方接口驱动程序(如RA的KEEP SERVER)。

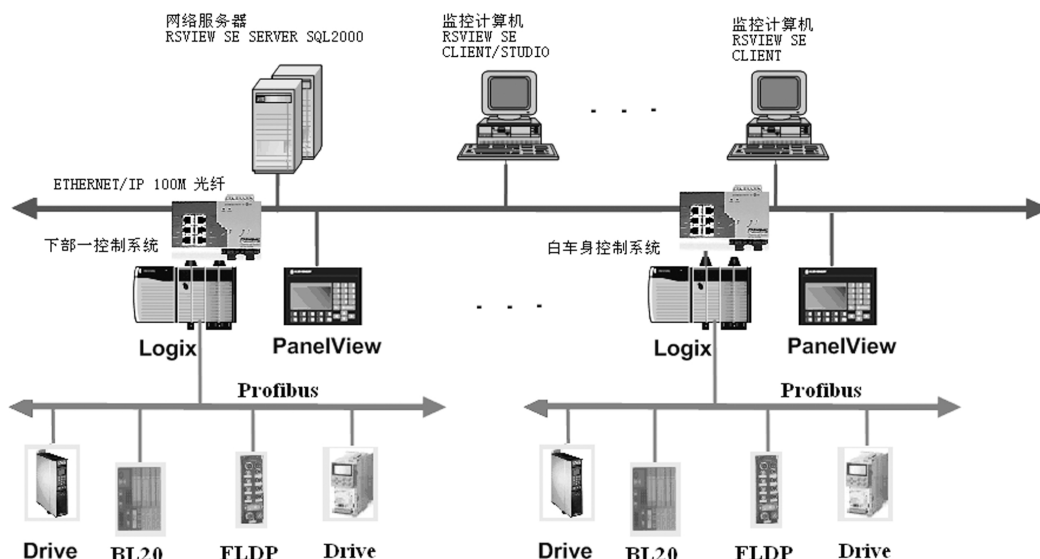


图1 一汽大众二厂焊装车间实时监控系统硬件配置简图

## 2 实时监控系统功能设计要点

### 2.1 生产线监控画面设计要点

画面应为等级制,车间概况、生产线监控画面、生产设备详细画面和部分设备控制、控制参数、生产线控制和所有控制参数详细画面。

画面应包括标题区、含画面编号、工艺区段或设备名称、画面说明。

模拟画面区:图形、文字来显示生产线(或设备)工作状态、参数等。

设备控制图标区:与画面相关的操作。如:控制设备起停,产生报告等。

其它辅助信息:说明、帮助区,提供与画面相关的详细说明、帮助信息。

监控画面分三个级别,车间生产线状态概览、生产线详细信息显示、单台设备详细控制信息显示。以升降机为例说明:

车间生产线状态概览:升降机要表明设备号,安装位置;在上位、下位、出返修件位置;升降电机、输送电机的运行状态(运行、停止);升降机占位情况;升降机控制单元正常、故障状态;升降机工作模式(自动、手动、维修)车型。

生产线详细信息显示:除上一级别的信息外,还应显示安全门状态;光栅状态;变频器运行速度值;变频器的工作状态(停止、运行、加速、减速、达到设定速度、告警、故障);现场模块的工作状态(正常、故障);锁定装置的状态(锁定、解锁);断链保

护、维修安全销的状态、隔离开关的状态;急停开关的状态;联锁信号状态等;

单台设备详细控制信息显示:除上二项显示内容外,还应显示每个控制点的所有信息,如所有检测点状态、按钮开关的操作、所有现场模块、变频器、BL20 站的状态;抱闸的状态。如锁定装置二级时仅显示处于锁定或解锁状态,则此级别应显示每个到位检测开关的状态,电机起动器节点网络状态和对应起动器的状态、手动或自动控制、手动控制时操作按钮的人工操作的同步显示等。动画显示。

### 2.2 数据源设计要点

对有一定时序和逻辑关系的组合信息,宜在 PLC 中编程来生成需要的信息;另应特别注意排除派生故障信息(由一个状态导致的虚假信息)。

#### (1) 紧急停止信息

机械化输送系统急停由实时监控系统直接读取 PLC 的数据映像表的 IO 点;

进口设备接口部分增加硬件接线进入 BL20 站或要求进口设备在 DP-IBS 耦合器的联锁信号中增加信息交换点。

#### (2) 安全门和安全光栅信息

安全门在出返修件时处于打开状态不报警,其他位置报警,编制 PLC 程序提供报警信息并锁定升降机;

安全光栅在正常进出件时不报警,其他情况报警,编制 PLC 程序提供报警信息并锁定升降机。

#### (3) 现场总线节点故障

现场模块故障建立 TAG (命名规则：PFB1NODE12ERR)由扫描器的状态字控制；

BL20 站故障建立 TAG，由扫描器的状态字和非急停及安全控制动作的组合控制。

(4)变频器故障建立 TAG，由扫描器的状态字、非急停及安全控制动作、对应的 BL20 站无故障、对应的断路器、接触器无故障的组合控制。

(5)断路器、接触器故障

断路器故障建立 TAG，命名规则：设备代号+QAERR(GA101QAERR)，由对应 BL20 站无故障和对应反馈点故障的组合控制；

接触器故障建立 TAG，命名规则：设备代号KM+F/R ERR(GA101KMFERR、GA101KMRERR)，由对应的 BL20 无故障、断路器无故障、自动诊断程序运算结果有故障的组合控制。

### 2.3 控制系统信息监控画面设计要点

控制系统信息显示要求为二个级别：

(1)第一个级别为以太网配置和 PLC 配置显示及现场总线配置显示画面，主要显示以太网工作状态、IP 地址号、中控室硬件设置等；PLC 在 RUN、REM RUN、REM PROG、PROG 状态显示、PLC 每个模块的工作状态、信号规格等，这些信息可以通过读取 PLC 系统状态信息获得；现场总线上每个节点的型号和规格、节点号、节点状态。画出现场总线和网上节点的模拟图(图表在供货商产品样本或软件的图标中截取)；控制柜、控制箱等在车间的安装位置。

(2)第二级别则显示每个生产线的控制系统的所有控制柜、控制箱、现场模块等在生产布局中的位置，机械化设备应标明设备号，每个节点的工作状态、各 IO 点的工作状态和 IO 点功能(连接到哪个设备号的何种检测原件)。

(3)绿色闪烁为设备就绪状态，常绿为设备正常运行；黄色闪烁为警告报警，黄色常亮为警告点处理中，恢复后复位为绿色；红色闪烁为故障报警，红色常亮为故障处理中，恢复后复位为绿色。

(4)急停系统、安全保护系统的显示

显示个生产线急停和安全保护(含联锁信号)的分布位置和状态。如 B6 UB2 输送线的 AU8 急停，则显示 AU8 的位置(车间内定位)和 SE 状态(含 SE 的代号)、柱型报警灯红色闪烁。

(5)对储备区不同车型的储备线作出分别，以颜色区分，并有文字解释；

### 2.4 报警信息

当某生产线或设备出现故障时，系统应弹出报警显示画面，同时自动记录故障信息。

应有完整的故障分析功能。如将每台输送设备的故障按照供货商、故障频次和间隔时间、故障时间统计信息(最长、最短、平均)等等分类细化，故障报警的第一时间弹出显示。

### 2.5 历史记录

自动记录各生产线或设备的起停时间、起停控制参数，以一定的时间间隔自动记录生产设备的运行情况、运行参数。

生产信息应按年、月、周、日、班等查询、打印、IT 发布。

报表打印和分析的索引功能，能够按时间、按设备、按照故障分类等索引查询一段时期内发生的故障，以便于分析和处理；

含数据自动备份功能，每间隔一段时间(时间跨度可选)，系统自动备份数据；

升降机数据登录有变频器运行时的速度反馈(采样速度 100 毫秒)值、各到位检测接近开关的状态；所有故障的登录等。

自动记录监控操作员的登录用户名、登录时间、进行的操作命令、对系统参数的修改等。

### 2.6 权限管理

实时监控系统设计 4 种访问权限，即：纯客户访问、操作员、监控维修员、系统管理员。

纯客户访问(Generic Guest user)：只能观看系统概况画面和部分只读画面。

操作员：能观看单台设备、生产线的详细画面，能改变非关键性控制参数。

监控维修员：能对所有控制参数进行调整。

系统管理员：创建、修改实时监控画面、数据库功能等，分级网络图、节点工作状态诊断参数设定等。

## 3 生产信息管理设计要点

### 3.1 生产信息管理系统构成

生产信息管理系统包括信息生成和存档、信息查询两大功能模块，可以完成车间生产信息维护、建档和查询功能。

应能与企业资源管理系统 ERP 或工厂信息管理系统 FIS 无缝集成。



### 3.2 生产信息管理系统功能

#### (1) 信息维护

为使用者提供可以维护车间数据库信息的接口,用户可以打开相应窗口修改或查询数据。

- ①设备信息维护/查询
- ②故障信息维护/查询
- ③操作员信息维护/查询
- ④工位信息维护/查询

#### (2) 信息查询

##### ① 当日生产信息查询

- 1) 当日正常信息查询
- 2) 当日故障信息查询
- 3) 当日操作信息查询
- 4) 当日产量信息查询

##### ② 历史生产信息查询

- 1) 历史正常信息查询
- 2) 历史故障信息查询
- 3) 历史操作信息查询
- 4) 历史产量信息查询

#### (3) 生成报表

- 1) 查询结果报表预览及打印
- 2) 故障流水报表预览及打印

### 3.3 生产调度功能

在中控室可以做各种车型在各个相应工段的放车的日计划,相应的输送控制系统可以自动地实施该计划。

(1) 放车日计划指的是每个工段储存线的出口处的计数,从储存线出口开始统计每一种车型在当天的流量,某一种车型达到产量要求后就立即停止该车型从存储线出车,当存储线中相同车型接近存满时,发出报警信号,提示监控人员,通知前序生产段控制相同车型的输入量;

(2) 每日生产线对每一种车型的实际产量,放车数量加在制品数量(含储存区);

(3) 在中控室对各个工段不同的储存分配方案进行选择(请参见【汽车制造业】第 396 期的【论柔性分类存储控制技术】);

(4) 考虑到中控室施工、调试,以及在使用中出现故障的可能性,应对每一个涉及到自动制定和分配的地方加手动方案,在自动方案无法正常工作的情况下,可以进行有效的人为干预;

(5) 车型识别的手动控制功能,在每个车型识别点处加钥匙开关和控制按钮,可以用人工输入车

型类别;自动动态跟踪车体位置,还应该充分考虑到车型识别的再校验,在自动和手动识别后的工位处加光电开关等作为校验,如果校验结果不符合,则停止输送并立刻报警;

#### (6) 生产计划数据的修订。

## 4 数据库设计要点

### 4.1 VBA 程序设计

RSView SE 软件支持 VBA 编程。在 RSView 图形显示事件驱动的模式。如果 Excel 报表使用 RSView 数据,就可以考虑使用 RSView SE Client 控件模型和显示代码 VBA 以便将 RSView 与其他程序进行集成。

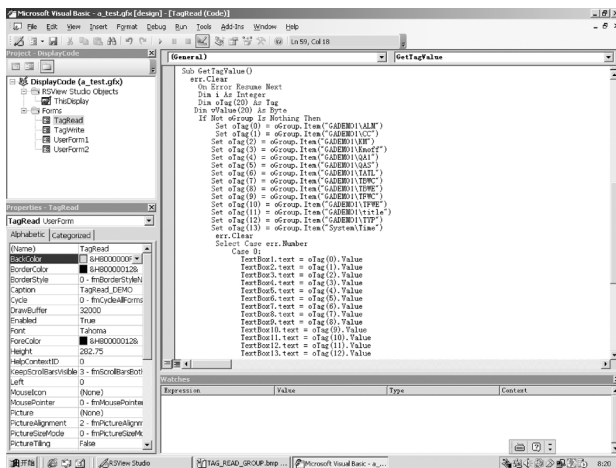


图 2 VBA 代码(读 HMI\_TAG)例

### 4.2 SQL 数据库和报表生成

数据库存档历史数据。

| Name | Status | Start Time | End Time |
|------|--------|------------|----------|
| 下料一  | 主要故障   | 9:50:10    | 数据记录一    |
| 下料二  | 主要故障   | 9:50:10    | 数据记录二    |
| 下料三  | 主要故障   | 10:20:20   | 数据记录三    |
| 下料四  | 主要故障   | 15:20:20   | 数据记录四    |
| 下料五  | 主要故障   | 9:10:20    | 数据记录五    |

图 3 数据表

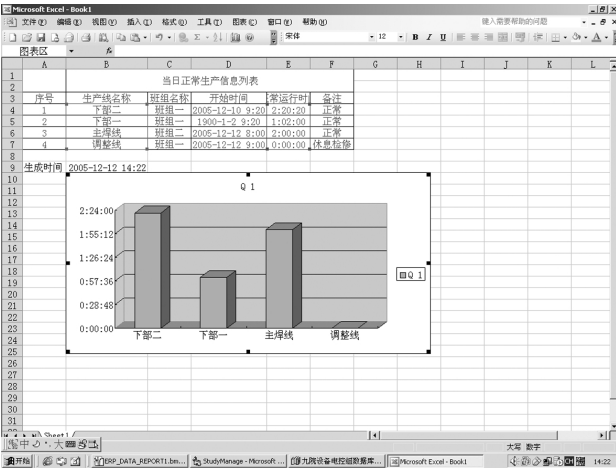


图 4 VB-SQL 报表生成(EXCEL)

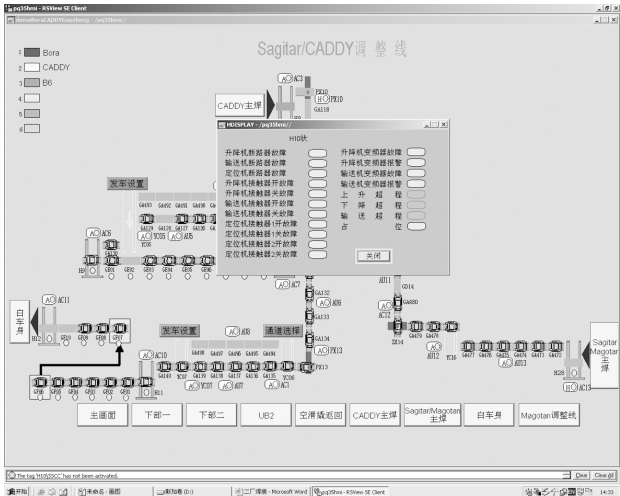


图 7 第三级设备监控画面图

## 5 焊装车间实时监控系统实例

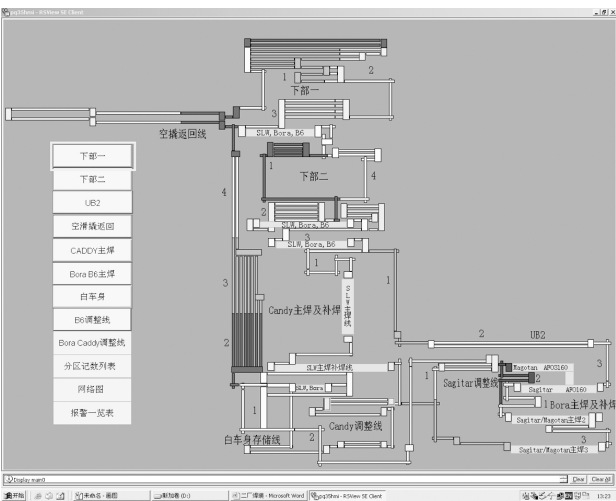


图 5 第一级车间概览画面



图 8 分区计数画面

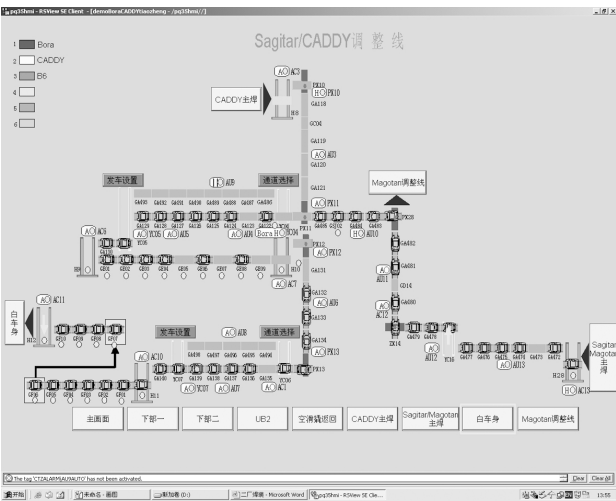


图 6 第二级生产线画面



图 9 控制系统信息中网络状态画面

(下转第 22 页)

# 双轨悬挂自行输送机摩擦动力学研究

黄大巍 高秀华 邢 浩 李桂真

**摘要** 以食品加工系统中的双轨悬挂自行输送机为原型,建立了基于 ADAMS 的双轨悬挂自行输送机驱动系统,承载系统、导轮系统以及吊挂系统模型。在此基础上,根据双轨悬挂自行输送机系统的实际约束,建立整机虚拟样机模型,并按实际工作情况设计了输送机在运行过程中可能存在的导轮与轨道的扰动,承载轮之间的制约,建立了输送机的虚拟运行环境。基于接触力学中的分子-机械摩擦理论,在双轨悬挂自行输送机系统的虚拟样机中建立了包含连续接触和间断接触的非线性摩擦力方程组。该方程由高阶可导的分段插值多项式表达,仿真中具有较高的稳定性和收敛性。仿真结果揭示了双轨自行输送机的各种动态性能,为双轨悬挂自行输送机的设计和性能评价提供了参考依据。

**关键词** 食品装备 双轨悬挂自行输送机 虚拟样机 ADAMS 建模 动力学分析

## 引言

随着国内食品加工行业的迅猛发展,双轨悬挂自行输送机已经成为食品加工行业必不可少的设备。除了保证食品稳定可靠地输送到加工工位外,提高输送设备运行的稳定性和可靠性也是输送系统的一个必备条件。双轨自行输送机是一个复杂的输送系统,存在着许多线性和非线性的弹性元件。特别是作为双轨悬挂自行输送机的主要部件之一,具有变刚度特性的驱动滚轮,极大地影响着输送机的运动特性。如果驱动装置设计不当,将会影响整个输送机的运行。

建立双轨悬挂自行输送机车的动力学模型是进行系统动力学性能分析的第一步,也是进行双轨输送机系统优化设计的基础。传统的输送机系统模型都是在轨道上部进行驱动,没有考虑驱动装置设置在轨道下部的运行情况,不能全面理解系统真实的动力学特性。面向零件动力学仿真技术的出现,也为输送机系统直观、全面的仿真分析和评价提供了强有力的工具[1][2]。利用虚拟样机的仿真结果将能直接对样机进行设计和评估,节省了大量的物力和人力。

本文利用 ADAMS 机械动力学分析软件,充分考虑系统的运动学特性,建立了双轨悬挂自行输送机的模型;在考虑多接触碰撞的条件下,建立了虚拟输送机运行环境,并对输送机的一些运动特性进行了分析和研究。

## 1 双轨悬挂自行输送机系统简介

双轨悬挂自行输送机三维模型如图 1 所示。在框架顶部通过链条提升吊框,来达到垂直输送工件的目的,通过输送机前部的驱动装置使工件水平输送。吊框的上部安装有导向轮,使吊框在升降过程中保持稳定。驱动装置和承载装置均安装有导向轮,防止输送机在水平输送过程中产生侧偏。为了保证输送机水平输送平稳,在驱动装置处安装有聚氨脂滚轮,保证驱动装置产生足够的驱动力。在驱动装置的头部安装有弹簧压紧装置,保证驱动滚轮有足够大的压紧力。驱动装置与承载装置之间通过连接梁进行连接。

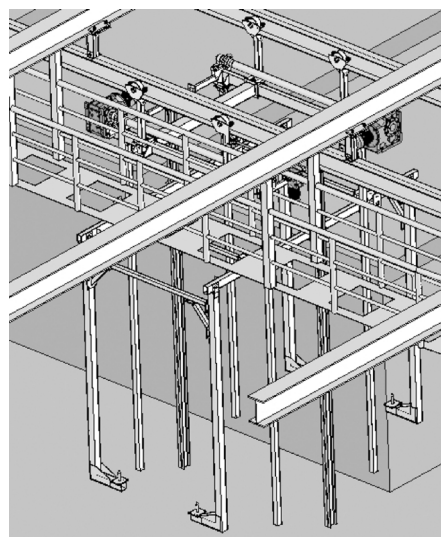


图 1 双轨悬挂自行输送机

## 2 输送机系统建模

### 2.1 驱动装置

输送机驱动系统有驱动滚轮、驱动框架、驱动轴以及输送机驱动系统有驱动滚轮、驱动框架、驱动轴以及导向轮等部分组成。滚轮与轨道之间的接触为碰撞接触。当输送机启动时,轨道与滚轮之间产生很大的摩擦阻力,迫使车辆停下来。摩擦力与驱动滚轮的驱动力成正比,方向同车辆运动方向相反。配合 ADAMS 提供的运行过程函数,实时获取车辆的运行状况,取得良好的效果。

### 2.2 承载装置

承载装置由承载轮、导向轮、承载框架等部分组成。承载轮承受车身及吊挂物品的重量,导向轮限制车身的左右摆动。

### 2.3 整机模型

ADAMS 环境下的双轨悬挂自行输送机虚拟样机的模型见图 2 所示。

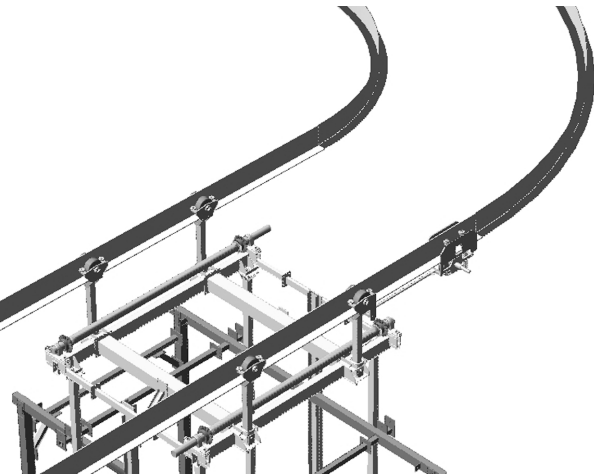


图 2 ADAMS 环境下的双轨悬挂自行输送机

建立虚拟样机的目的是在动力学仿真软件中求得反映系统动态性能的一系列参量,为了提高仿真效率,需要在为装配设计建立的较完整模型基础上,忽略对系统整体综合性能影响相对很小的局部结构细节、零件之间的连接形式和约束关系,经过这样的简化,得到的虚拟样机模型包括:

零件总数 59;约束总数 58(圆柱副 1、旋转副 52、固定副 4、角驱动 1);总自由度数 65。

简化系统的拓扑结构(若干对称零件及约束未标出)见图 3 所示:

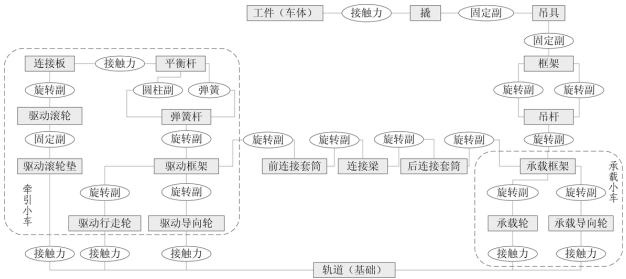


图 3 双轨悬挂自行输送机系统虚拟样机拓扑结构简图  
简化的内容包括:

(1) 由于本题中研究的是低速重载类型设备,且接触中发生的变形较小,所以在模型中将全部零件考虑为刚体;

(2) 对于若干对整车动态性能参数变化规律影响相对较小的因素予以忽略(例如在撬与吊具等几处施加了固定副约束)。

(3) 施加约束过程时忽略了轴承等细部结构处的局部约束。

## 3 初始条件设置

### 3.1 基本性能参数

根据设备指标要求(载重、生产节拍、工作空间等),结合传统设计经验,确定见表 1,设计初始参数。

表 1 双轨悬挂自行输送机的设计参数

| 参数            | 初始值       |
|---------------|-----------|
| 弧段内轨半径        | 3000 mm   |
| 自行部分总重(自重及载重) | 12000 kg  |
| 驱动滚轮处库仑静摩擦系数  | 0.4       |
| 驱动滚轮处库仑动摩擦系数  | 0.3       |
| 驱动电机转速        | 1rad/s    |
| 压紧弹簧刚度        | 1350 N/mm |
| 压紧弹簧预紧力       | 2000 N    |

### 3.2 碰撞参数的选取

碰撞指数的选择基于赫兹 (Hertz)理论[3],以球体三维接触情况为例,物体压缩量与局部压入量成正比,若载荷为  $P$ ,相互接近量为:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \propto d_1 + d_2 \\ \propto \{P_2(1/E_1 + 1/E_2)^2(1/R_1 + 1/R_2)\}^{1/3} \quad (1)$$

式中:  $P$  为正压力,  $\delta$ 、 $\delta_1$  和  $\delta_2$  分别为总压缩量、物体 1、2 的压缩量;

$d_1$ 、 $d_2$  分别为球体 1、2 的局部压入量;

$E_1$ 、 $E_2$  分别为球体 1、2 的弹性模量；

$R_1$ 、 $R_2$  分别为球体 1、2 的半径。

由此,接触区内的弹性压缩所引起的两物体的相互接近量将与载荷的 2/3 次方成正比,据此,碰撞指数初步选取为 1.5。

综合考虑实际机构特点,兼顾仿真效率,设置碰撞参数见表 2 所示。

表 2 碰撞力设置参数

| 参数              | 初始值        |
|-----------------|------------|
| Hertz 接触刚度(系数)k | 10000 N/mm |
| 最大粘滞阻尼系数        | 100N s/mm  |
| 对应最大阻尼的穿透深度     | 0.01mm     |
| 力的非线性指数         | 1.5        |
| 开始滑动临界速度        | 0.01mm/s   |
| 完全滑动临界速度        | 0.1mm/s    |

### 3.3 关于摩擦力模型

关于摩擦现象,库仑——阿蒙顿定律<sup>[3]</sup>认为摩擦力决定于法向力  $N$  和摩擦系数  $\mu$ ,即:

$$F=\mu N \quad (2)$$

摩擦系数  $\mu$  与表面名义接触面积、滑动速度和载荷大小无关、只与材料性质和表面性质有关。

摩擦理论在库仑等人的研究基础上不断发展。目前,普遍认为产生摩擦和摩擦阻力的原因主要是:接触点的粘着作用、表面微凸体间啮合的机械作用、表面间边界膜的剪切作用、表面间流体的剪切作用和滚动接触中的弹性滞后作用等。随着摩擦机理研究的不断深入,根据摩擦起因的主次出现了多种假说:

- 1、等效弹簧阻尼器学说;
- 2、分子引力学说;
- 3、分子机械学说;
- 4、粘着学说;
- 5、机械—粘着—犁沟学说。

根据这几种理论可分别针对碰撞摩擦、精密表面摩擦等情况得出相应的摩擦力计算公式。

其中,由苏联科学家克拉盖尔斯基(Крагельский)1939 年提出的分子——机械摩擦理论,认为摩擦阻力系数是由机械变形抗力和分子引力的综合,并不是一个常量,按摩擦二项式定律<sup>[4][5]</sup>。

4 摩擦系数表示为:

$$f=\alpha A_r/N+\beta \quad (3)$$

式(3)中: $N$  为法向压力,  $A_r$  为真实接触面积,

对圆柱滚轮,若滚轮半径为  $r$ ,穿透深度为  $e$ ,轮宽为  $l$ ,近似有:

$$A_r=2l\sqrt{r^2-(r-e)^2} \quad (4)$$

当分子引力表现为粘着时,参数  $\alpha$  可取接触面中较软材料的剪切强度  $\tau_b$ 。轮廓的表征参数  $\beta$  反映金属表面凹凸程度对变形的影响,一般取 0.06~0.12。

根据设备工作要求,可取  $\alpha=100\text{MPa}$ ,  $\beta=0.09$ 。定义摩擦力为

$$fN=\alpha A_r+\beta N=2\alpha l\sqrt{r^2-(r-e)^2}+\beta N \quad (5)$$

对于有润滑的表面, $\beta$  在摩擦系数中占主要地位;而对于清洁表面, $\alpha$  起主要作用,此时摩擦系数为:

$$f=\tau_b/\sigma_{sy} \quad (6)$$

$\sigma_{sy}$  为接触表面较软材料的压缩屈服强度。则对清洁表面摩擦力可近似取为:

$$fN=\tau_b N/\sigma_{sy} \quad (7)$$

式(7)可看作摩擦二项式定律退化形式(摩擦系数为常量)。

根据机械设计手册<sup>[6]</sup>,驱动滚轮表面为 45 钢时, $\sigma_{sy}$  取 345MPa,  $\tau_b$  取 207MPa。

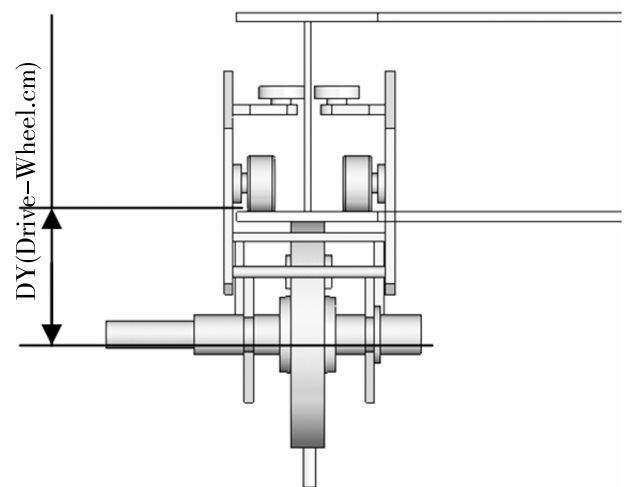


图 4 驱动滚轮处与穿透深度相关的位移函数示意图

在 ADAMS 中,图示  $DY(\text{Drive\_Wheel,cm})$  的变化量是虚拟样机中的驱动滚轮质心位移函数变化值,可由仿真过程实时得到。将该变化量作为穿透深度  $e$  代入摩擦力表达式,将此力赋予驱动滚轮,即完成自定义摩擦力过程(这时接触力定义中不再考虑摩擦项)<sup>[7]</sup>。

仿真过程中,可先按公式(7)中的简化形式赋



予摩擦力,在仿真成功后,再将摩擦力表达式更换为公式(5)的形式。

## 4 仿真结果分析

分析双轨自行输送机系统的动力学性能最重要的一个方面是考察输送机系统运行的阻力特性。本文采用 **ADAMS** 程序,对以上建立的双轨自行输送机的虚拟样机系统进行仿真分析,动态仿真时间取 80s。初始时输送机在将要进入弯轨段,仿真开始后输送机进入弯轨。由 **ADAMS** 程序通过动力学实时计算机数字仿真运算,确定车辆的整个运行状况。通过程序的回放功能,从不同角度和位置反复观察输送机的运行情况。

### 4.1 仿真结果

按初始条件,取计算步长 0.1s,运行 80s(包括四分之一弧段的一次完整转弯过程)。

在初步仿真完成后,发现输送机进入弯段 5~10s 时,驱动滚轮与各承载轮均相继发生严重侧偏,至出弯段前持续侧偏状态 30~50s,见图 5 示。

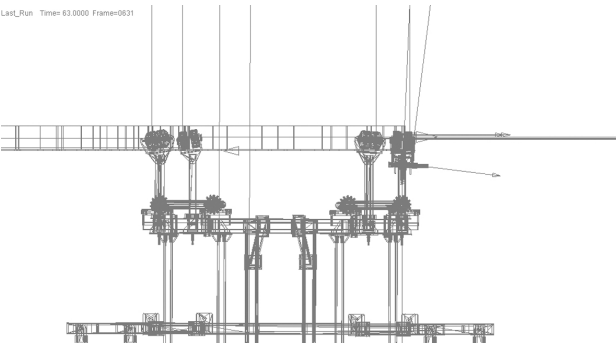


图 5 原设计条件下弯段侧偏现象

输送机在弯段运行时,驱动滚轮处法向接触力较大,见图 6 所示。

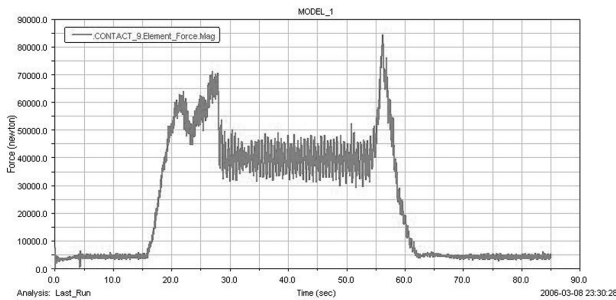


图 6 原设计条件下驱动滚轮处法向接触力曲线

分析认为,侧偏现象的原因是:由于原设计结构中,输送机运行时内、外轨处吊点结构动作不够协调,在弯段运行时不同步的情况特别明显,产生的扭曲约束力传递到牵引及承载小车上而使之产生侧偏。具体解决方法是改变吊杆与框架之间的旋转副约束方向,使不同步情况下产生的扭曲约束力不向上传递。改进设计后,再次运行仿真,结果不再发生侧偏现象,见图 7 示。

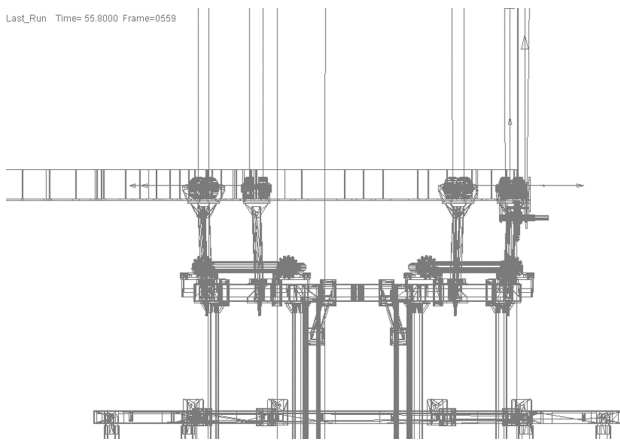


图 7 改进后侧偏消除示意图

仿真表明,改进后输送机在弯段运行时,驱动滚轮处法向接触力变化较平稳(见图 8 所示)。

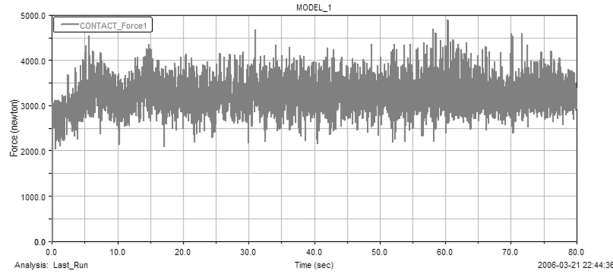


图 8 改进后驱动滚轮处法向接触力曲线

吊杆与框架之间约束改进后的其它仿真性能曲线见图 9、10、11。

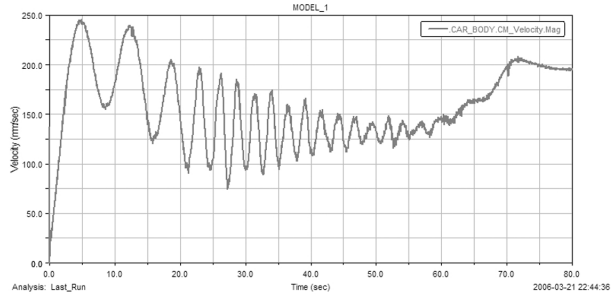


图 9 车体运行合速度曲线

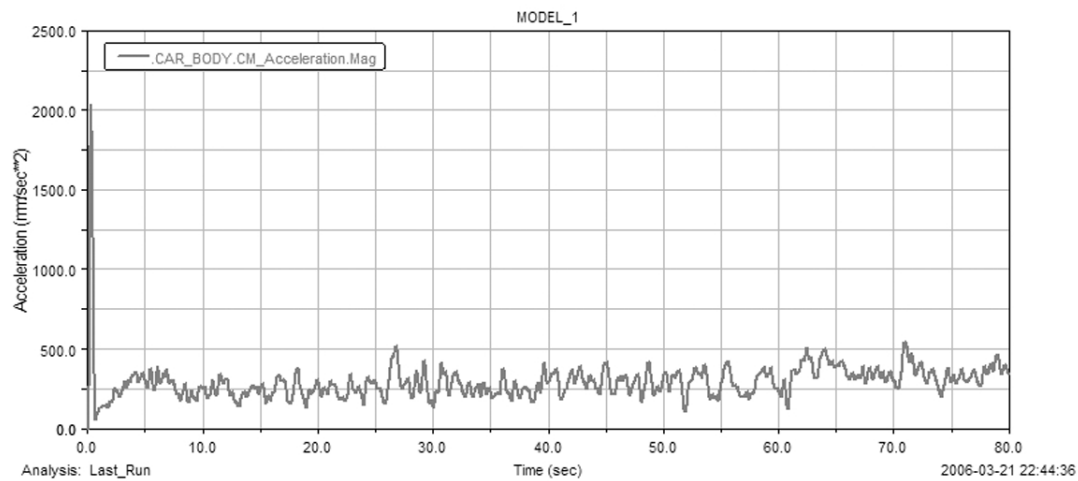


图 10 车体运行合加速度曲线

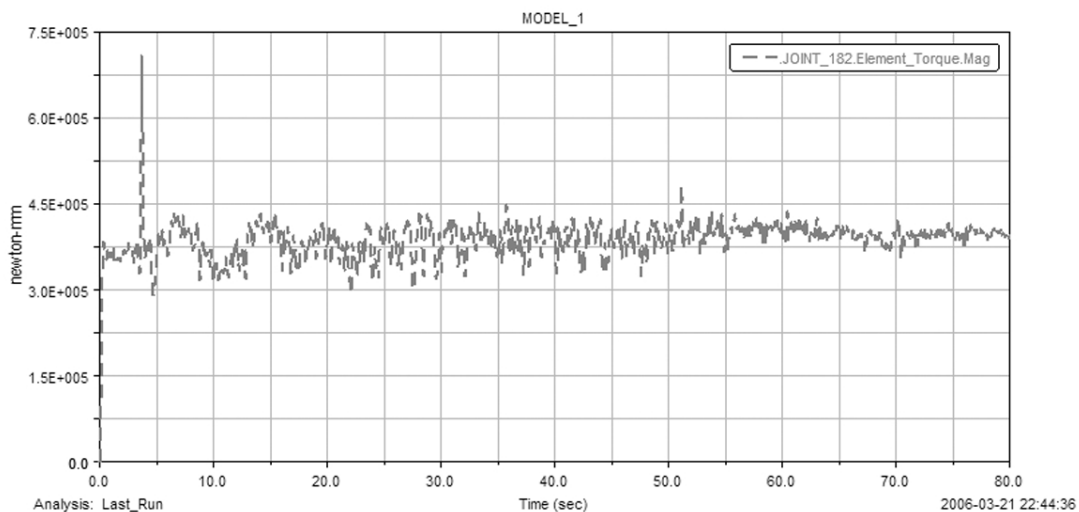


图 11 电机输出力矩变化曲线

## 5 结论

通过本文的分析,可以总结出以下几点:

(1) 承载方面受力与传统计算基本一致,总承载约 12 吨;

(2) 电机输出力矩峰值为  $706890 \text{ N} \cdot \text{mm}$ , 由此知功率峰值约为  $0.7 \text{ kW}$ ;

(3) 仿真结果表明,对于可以简化为多刚体系统的复杂机械,通过基于虚拟样机技术的动力学仿真方法便于研究其动态响应。可以预计,在不断细化模型过程中,结合局部机构的实际实验,仿真结

果的准确性将逐步提高。

(4) 运用虚拟样机技术,能够很方便地获得双轨悬挂自行输送机在整个运行过程中的运动学和动力学性能,以及各种受力情况。这为消化吸收和设计开发新型输送机,对新型输送设备进行安全评价、试验各种工况和设计条件下的输送机性能等,提供了一种有效的设计和分析手段。

(5) 较好地解决了双轨悬挂自行输送机的建模、输送机与轨道间的约束,施加摩擦等虚拟样机建模技术问题,经试验较好地反映输送机的性能,可供今后进一步的深入研究参考。

参考文献

1.郑建荣编著,ADAMS 虚拟样机技术入门与提高.机械工业出版社,2001

Zheng Jianrong, Introduction & Advance of ADAMS Virtual Prototype

Cina Machine Press, 2001

2.李军等编,ADAMS 实例教程.北京理工大学出版社,2002

Li Jun, ADAMS Example Tutorial

Beijing Institute of Technology Press, 2002

3.K.L.Johnson, 接触力学, 高等教育出版社, 1992, 103~107

K.L.Johnson, Contact Mechanics,

High Education Press, 1992, 103~107

4.朱梦周 等, 机械工程师手册(第二版), 机械工业出版社, 2001, 434~435

Zhu Mengzhou etc, Mechanical Engineer Hand-

book (The Second Edition), China Machine Press, 2001, 434~435

5.[苏]克拉盖尔斯基 等, 摩擦磨损计算原理,机械工业出版社, 1982, 197~200

(Russia) Крагельский,И.В, Wang Yilin Translator, Friction & Wear calculational Theory,

China Machine Press, 1982, 197~200

6.成大先 等, 机械设计手册(第四版)第 1 卷, 化学工业出版社, 2002, 26-10~11

Cheng Daxian etc., Machine Design Handbook (The Fourth Edition) Vol. 1,

Chemical Industry Press, 2002, 26-10~11

7.卢险峰, 最优化方法应用基础, 同济大学出版社, 2003, 107~110

Lu Xianfeng, Applications Base of Optimization Method,

Tongji University Press, 2003, 107~110

(上接第 16 页)

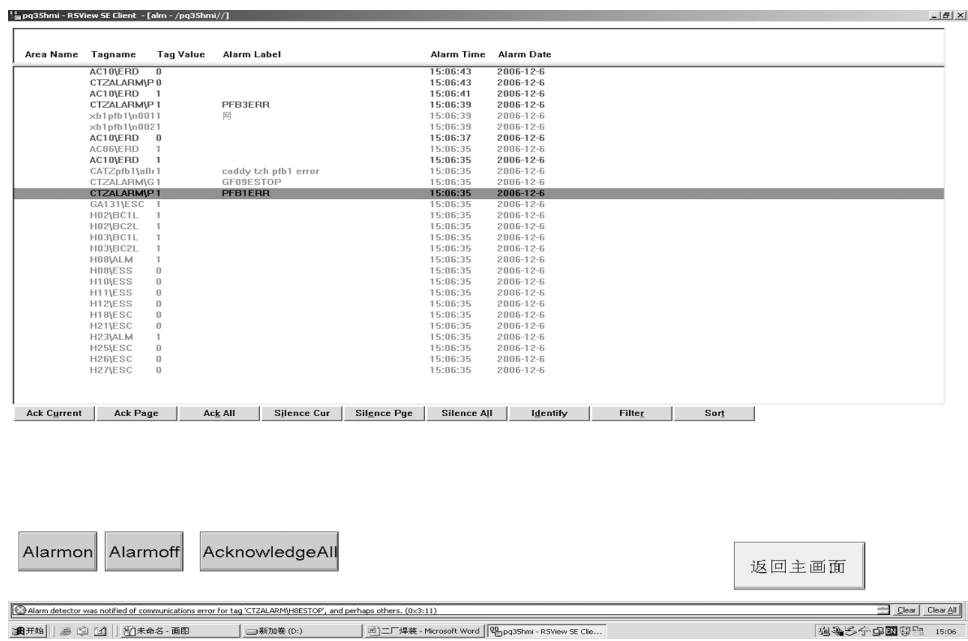


图 10 报警一览表画面

结束语

焊装车间实时监控系统的使用,提高了焊装车间的自动化生产水平,实现了焊装车间的生产过程

可视化、生产管理数字化。本文叙述的实时监控系统设计要点对开发汽车工厂涂装车间、总装车间实时监控系统都具有指导意义。

# 子程序块在 Logix5000 中的应用

段 锐

**摘要** 当代自动化行业,尤其是汽车制造业,A-B 自动化产品占有很大比例。如何能充分发挥其产品优势,简化工作量,本文提出了子程序块的编程方式。通过对任务分析、系统建立、子程序生成、子程序维护等举例说明,并在充分的实践后给予了答案。

**关键词** A-B PLC 子程序

## 前言

对于 A-B PLC 编程,Logix5000 一直以其技术成熟,结构简单,较稳定可靠,应用较为广泛,但也存在一些缺点,如 v16.0 版本以前无法实现子程序块的调用。面对大量的而又相似的设备,不得不重复性的工作,降低了工作效率。也有朋友为了提高效率,在编写程序时使程序编写标准化、模块化。但都因为无法实现参数赋值,而只能逐条修改,虽然提高了些工作效率,但其块功能问题依然未能解决。当前,汽车的普及及档次的不断提高对现代化的汽车厂的要求越来越高,而 PLC 程序无疑成为对其直接影响的最主要、最直接、最直观的要素,也是广大用户对于 PLC 程序设计提出的最强烈要求。对于现代化汽车厂要求 PLC 程序:调试时间短,性能稳定,修改方便,维护便捷,程序短小精悍,通用性强等。自 Logix5000 v16.0 版本后,A-B 公司增加了 ADD ON 功能,从而解决了子程序块的调用问题。本文详细介绍了在 Logix5000(v16.0)中子程序块的运用,通过对子程序块的编写,彻底的解决程序编写中的瓶颈,从而实现文章前面所提出的目标!

## 1 系统建立

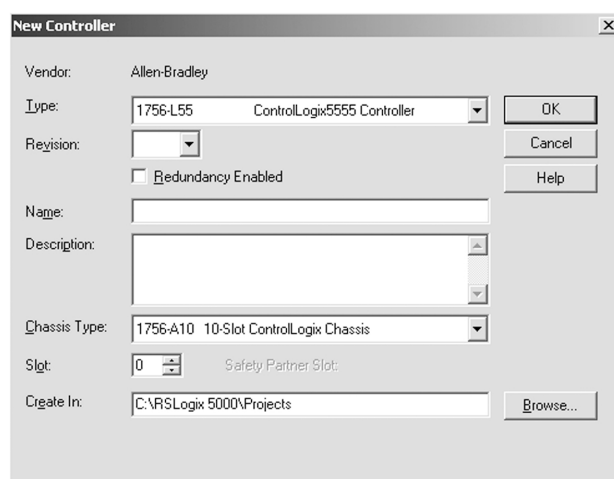
### 1.1 任务建立

首先应先新建任务。点击菜单 FILE 下的 NEW

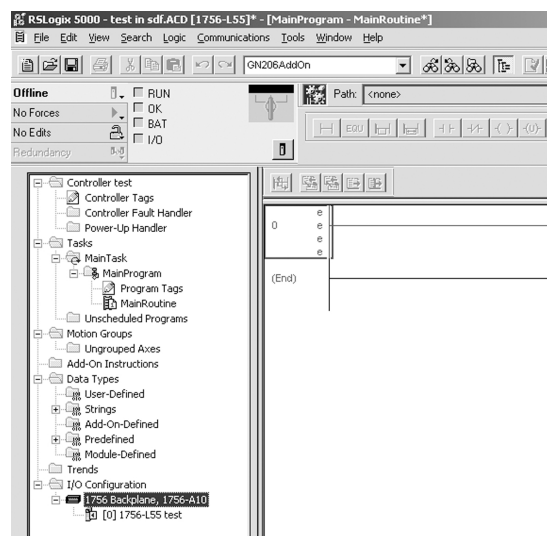
(或快捷键 NEW),如图



弹出对话框如下。



根据所选 PLC 类型选择 Type,在 Revision 中选择下拉菜单 16;在 Name 中给程序起名(本例中程序名称为 TEST);在 Chassis Type 中选择所选的机架,如本图中的为 10 槽机架;在 Slot 中选择控制器所在机架的位置,默认为 0 槽。点击 OK,出现如下图(请注意图中蓝色部分)

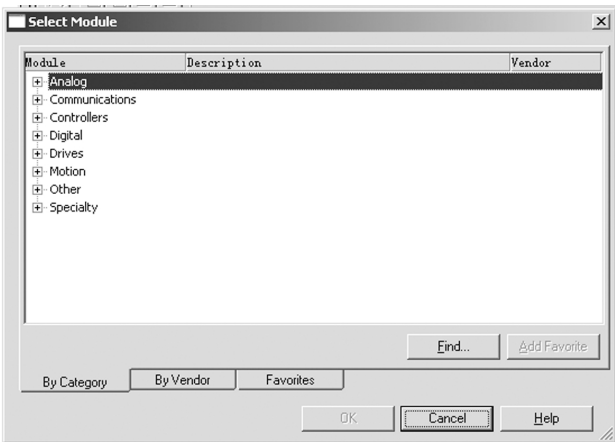


则本 PLC 程序创立完成。

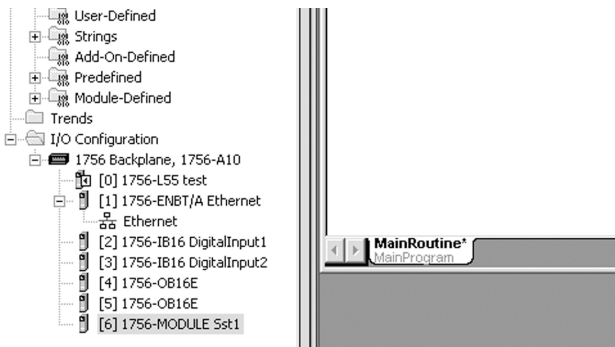
## 1.2 I/O 配置

其次配置 I/O 模块。在上图中右键选中图中蓝色部分,则弹出对话框

选择 New Module 出现对话框如下图。



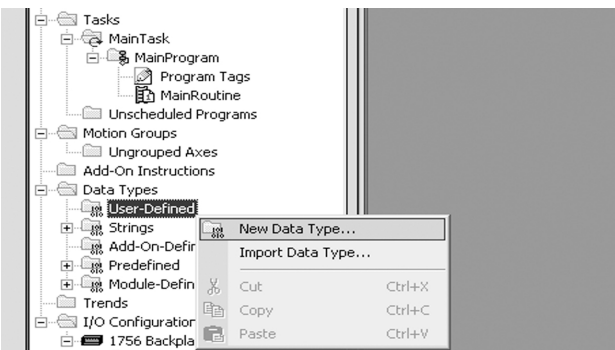
选择相应的 I/O 模块,如选择一个以太网模块、两个 IB16 输入模块、两个 OB16E 输出模块、一个 Profi Bus 模块(本例中名称为 Sst1),配置后如下图。



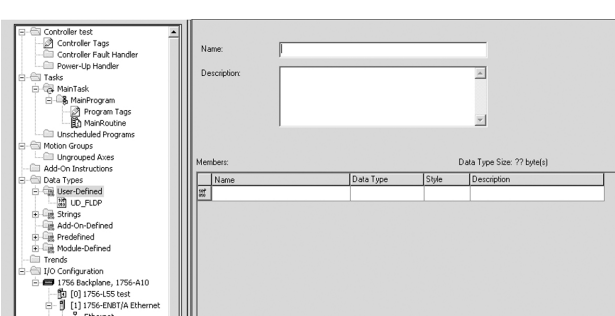
则 I/O 模块配置完成。

## 2 建立数据类型

在创建子程序前,应先创建数据结构,如下图:

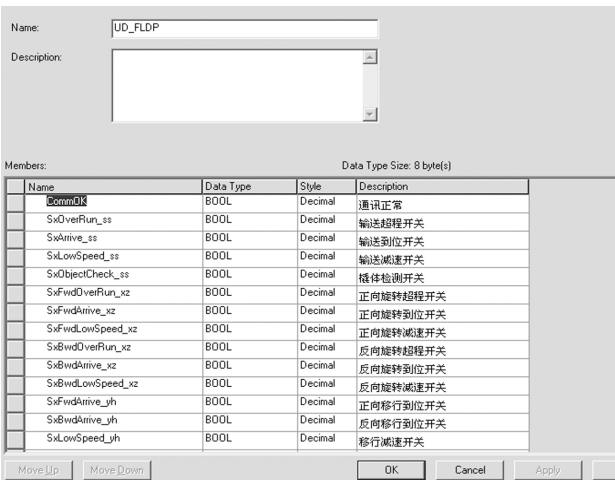


右键单击 Data Types 下的 User-Dfines(上图中蓝色部分),选择 New Data Type (上图中浅蓝色部分),则弹出对话框如下图。

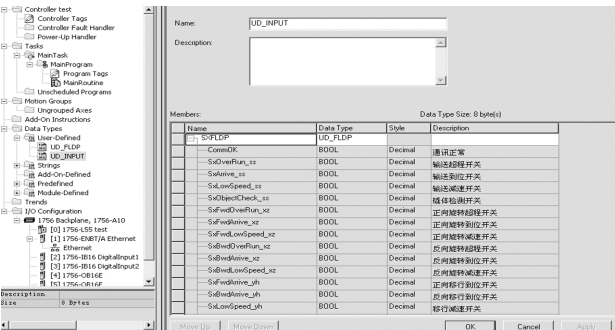


在 Name 中给所定义的数据类型起名,在 Members 下,定义本类数据类型所包含的参数。这里所定义的数据类型即是在子程序中所调用的形参。Members 下的 Name 为参数的名称,

Data Type 为参数的类型,Style 为参数选择进制,Description 内加入文字说明,如下图。



上图数据类型 UD\_FLD 为现场 IP67 输入模块,其中参数为所有进入 IP67 输入模块的信号。点击 Apply,点击 OK,则本条数据结构建立完成。本数据结构也可以作为其他数据类型的一个参数,而被其他数据结构所调用, 如下图所建的数据类型 UD\_INPUT。

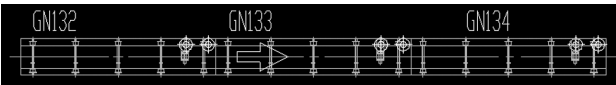


如此,可以根据需要建立不同名称、不同类型的数据类型以方便程序应用。

3 建立子程序

3.1 工艺流程

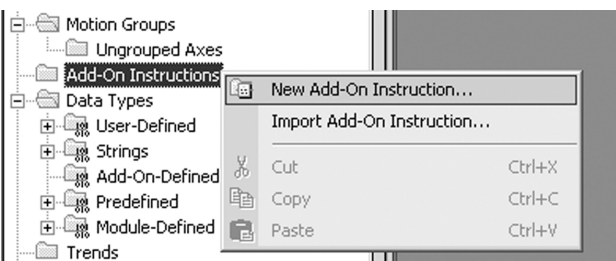
在编写子程序前应首先明确工艺流程。如以汽车工厂焊装车间机械化输送系统为例,焊装车间机械化输送系统多为滑橇输送,以普通辊床为主,辅以旋转辊床、升降辊床、移行机、升降机等。其输送方式为连续输送,即下一工位出现空位时,本工位即向下一工位输送。普通辊床直接输送,旋转辊床则需要经自身旋转后接件或送件,移行机需要经过平移后接件或送件,升降机则需要经过上升及下降过程接件或送件等。以普通辊床为例,见下图。



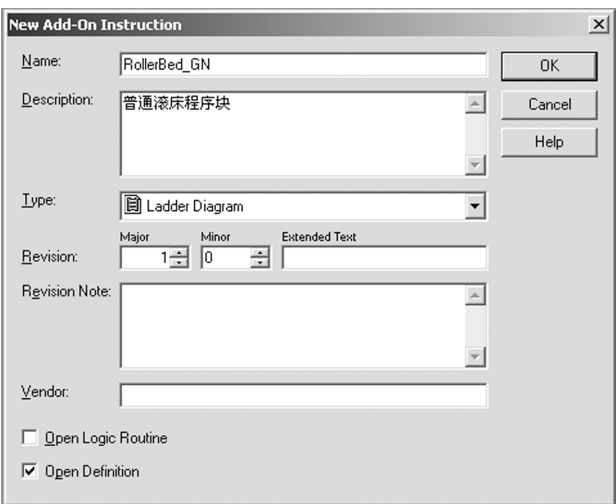
输送方向为从辊床 GN132 向辊床 GN133 输送。图中绿色靶型图形为辊床上开关,本例中普通辊床各设两个现场检测开关,分别为从左向右到位开关与超程开关。当辊床辊床 GN132 有车,即辊床 GN132 到位或超程开关任何一个检测到高电平,即认为本辊床有车(或为不带车空滑橇)占位。如果此时其下一辊床 GN133 处无车,即辊床 GN133 到位及超程开关未检测到任何一个高电平,即认为本辊床无车(或为不带车空滑橇)空位。则此时,辊床 GN132 向辊床 GN133 输送。当车身(或为不带车空滑橇)完全脱离辊床 GN132 后(此时辊床 GN132 到位及超程开关未检测到任何一个高电平,即为空位),辊床 GN132 停止运行。当车身(或为不带车空滑橇)完全进入辊床 GN133 后(此时辊床 GN133 到位或超程开关未检测到任何一个高电平),辊床 GN133 停止运行。以上为辊床 GN133 完成一次进车过程。同理,当辊床 GN133 占位,而辊床 GN134 空位时,辊床 GN133 向辊床 GN134 上输送,当辊床 GN133 空位停止而辊床 GN134 输送到位后,辊床 GN133 完成一次出车过程。此时,普通辊床完成其全部动作过程。

3.2 子程序建立

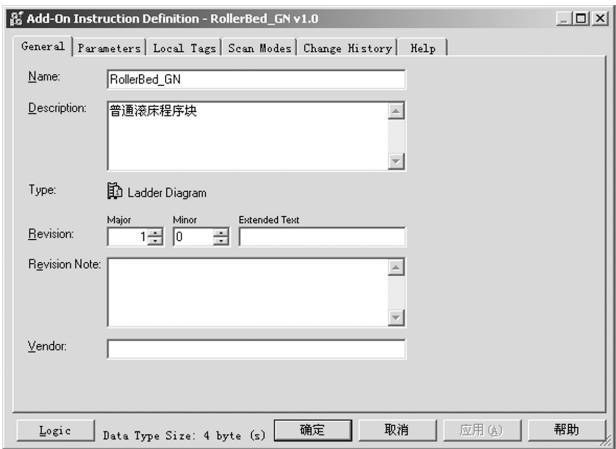
打开 RSLogix 5000, 在左侧任务栏中右键单击 Add-On Instructions, 选择 New Add-On Instruction 如下图。



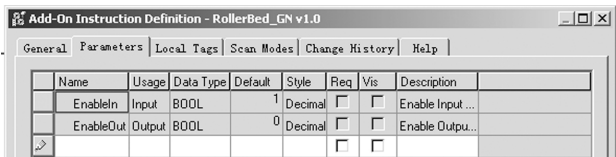
弹出如下对话框,请给所要建立的子程序起名字。本例中子程序名为 RollerBed\_GN,说明为“普通滚床程序块”



点击 OK,则弹出如下对话框

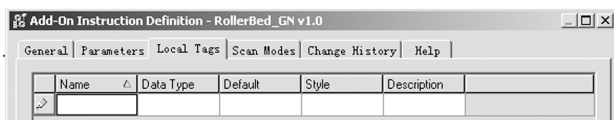


我们发现本对话框多了几个选择,但此时的 Parameters 中仅有两条,如下图。

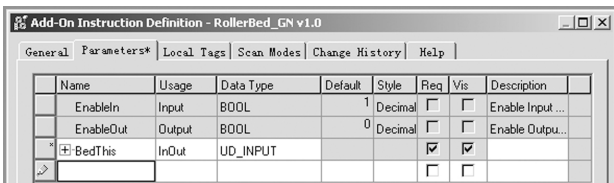


而 Local Tags 下面为空,没有任何 Tag。

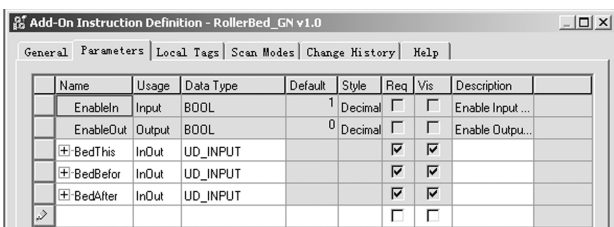




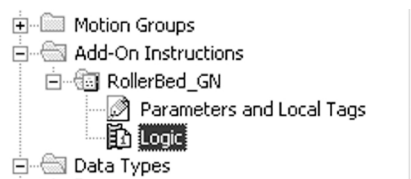
在 Parameters 中建立 Name 为 BedThis 的参数,其中 Usage 选择 InOut,在 Data Type 中选择 UD\_INPUT(在前面已建立的数据类型),将 Req 与 Vis 选项选中,点击应用并确定,如下图。



同理,建立 **Name** 为 **BedBefor** 与 **BedAfter** 的参数,分别为 **BedThis** 辊床的前一辊床和后一辊床,如下图所示。

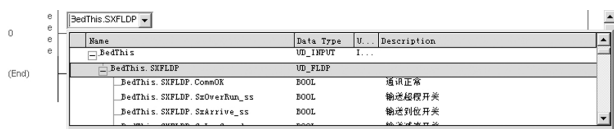


点击应用并确定后，在 **RollerBed\_GN** 下出现 **Logic**，如下图。

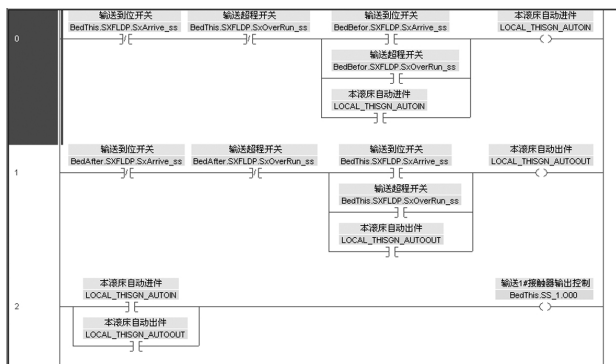


双击 Logic, 进入子程序编辑框

新建一条程序，点击 **RUNG**，加入一个常开点 (Examine On)，双击常闭点的“？”，选择下拉菜单下的 **BedThis.SXFLDP.SxArrive\_ss**，如下图。



同理,按照前面工艺流程继续完善程序,完成后的程序如下图。

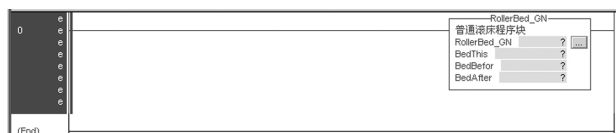


则子程序建立完毕。

#### 4 子程序的调用

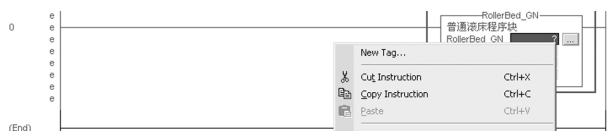
子程序建立完成后,我们观察到在 **Add-On Instruction** 下多了条分支 **RollerBed\_GN**, 即为我们所建立之子程序,我们可以反复调用之。

在选中 **RUNG** 条件下，键入 **RollerBed\_GN**，则出现如下对话框。



此处的普通辊床程序块即为前面所建立之程序块。其数据结构即为前面所建立之模式。

在 RollerBed\_GN 后“?”处右键单击,出现对话框如下。



选择 **New Tag**,新建 **Tag**, 如以 **GN133** 为例(见前面机械化图),新 **Tag** 名称为 **GN133ADDON**。由于 **GN133** 前一工位为 **GN132**,后一工位为 **GN134**,则,在 **BedThis** 中填入 **GN133**,**BedBefor** 中填入 **GN132**,**BedAfter** 中填入 **GN134**,如图所示。



此时,本条语句尚处在编辑状态,由于 GN133, GN132,GN134 三个 Tag 尚为编辑,应对其进行编辑。右键选中 GN133,选择 New Tag,在 DataType 中

(下转第 48 页)

# PLC 在竖炉工程中的应用

刘 玥 于微波 (长春工业大学)

**摘要** 由于工厂的自动化程度的提高, PLC 逐步替代了传统的继电器控制, 本文以四平竖炉为例介绍了 PLC 在工厂设计中的应用, 该项目已建成投产并取得了很好的效益, 满足工艺的控制要求。该文前部分介绍了系统硬件配置及部分施工图, 后部分介绍了软件实现的功能。

**关键词** 计算机控制系统设计 可编程控制器 监控系统

## 1 引言

球团矿是把润湿的精矿粉和少量添加剂混合, 在造球机中滚动成直径 9~25mm 的圆球, 再经过干燥和焙烧, 使生球固结, 成为适合高炉使用的含铁原料。竖炉球团的生产是一个较复杂的工业过程, 集配料, 烘干, 造球, 烧结, 成品运输, 和除尘于一体。老式竖炉以手工操作为主, 电机的连锁控制采用继电器实现, 接线复杂, 故障率高, 极易出现布料不均, 过烧, 欠烧等故障, 浪费人力物力, 随着工业自动化水平的迅速提高及计算机在工业领域的广泛应用, 传统的工业控制系统已无法满足用户的各种需求。

本文以四平竖炉工程为例, 介绍了 PLC 在竖炉工程中的应用。

## 2 工艺过程

球团矿的工艺包括配料、混合、造球、干燥和焙烧。成品和返矿处理等主要步骤, 见图 1 所示。

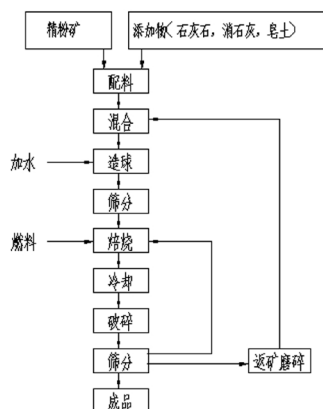


图 1 工艺流程图

## 3 系统硬件配置

本工程共分为配料及烘干, 造球, 本体, 成品矿四个系统。配料烘干系统是竖炉球团的原料供应部分, 原料配比可直接影响产品质量, 配料烘干系统包括精粉仓, 电子皮带, 配料盘, 皂土仓, 螺旋输送机, 叶轮给料机, 配料皮带, 烘干机等设备。造球筛分系统主要完成造球生产过程的控制, 为竖炉本体提供优质生球, 系统包括造球料仓, 干料仓, 造球盘, 圆辊筛, 造球皮带, 球料皮带等设备。对配料圆盘实现变频调速, 构成开环调节系统, 对造球圆盘, 圆辊筛, 电动卸料器, 返粉皮带, 造球皮带实现连锁顺序启动及停止, 本体系统包括布料皮带, 布料车, 六辊和电振给料机等设备, 完成焙烧等工艺。成品运输系统是竖炉焙烧球团的最后环节, 主要对焙烧后的熟球冷却, 经皮带送到高炉或料场, 主要设备有鼓风机, 链板机, 刮板机, 带冷机, 振动筛等, 成品皮带, 补球皮带等设备

控制方式有上位机自动控制, 机旁手动控制, 操作台集中控制。

本体设一个主站, 造球, 配料, 成品各设一个 PLC 子站, 每个站有单独的 PLC 柜, 布置于各站的低压配电室。采用 Quantum 系列计算机系统。该系统具有模块化、可扩展的体系结构, 用于工业和制造过程实时控制。采用 Quantum 系列 CPU、I/O 模块, 每个子站均设电源模块 CPS11401, CPU 模块 140 CPU11303, 输入输出模块 140 DAI75300, 输出模块 140 DA075300, 主站与分站之间是经远程 I/O (RIO) 模板 (CRA/CRP) 通过同轴电缆通信连接, 而主站与上位机之间是经以太网 TCP/IP 模板 (NOE) 通过双绞线通信连接。系统硬件配置见图 2。

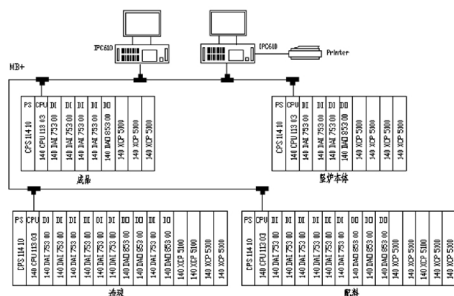


图2 硬件配置图

Quantum 系列有独立电源, 可累加电源和冗余电源。可累加电源采用负载共享技术, 即两个 4A 电源模块可用于 8A 负载的系统供电。本地、远程、分布式背板都可实现电源冗余。所谓电源冗余, 即 125V 直流电源模块和 115V~230V 交流电源模块同时给负载供电, 交流电来自电网电源; 直流电来自蓄电池。

根据输入输出模块, 电源, 通讯等模块的数量, 本工程本体及成品选用 10 槽背板, 造球及配料选用 16 槽背板, 所有模块具有热更换功能 (带电插拔); 任何模块可在任意槽位, 软件编址与槽位无关 I/O 面板指示模块的工作状态: 出错、保险断、I/O 点指示。

不同的 I/O 模块, 由于其电路和性能的不同, 直接影响 PLC 的应用范围和价格

### 3.1 输入模块的选择

输入模块的作用是接收现场的输入信号, 并将输入的高电平信号转换为 PLC 内部的低电平信号。输入模块的种类, 按电压分类有直流 5V、12V、24V、48V、60V, 交流 115V、220V。按电路形式不同分为汇点输入式和分隔输入式两种。

选择输入模块时应注意:

#### 3.1.1 电压的选择

应根据现场设备与模块之间的距离来考虑。一般 5V、12V、24V 属低电压, 其传输距离不宜太远。如 5V 模块最远不得超过 10m, 距离较远的设备应选用较高电压的模块。

#### 3.1.2 同时接通的点数

高密度的输入模块(32 点, 64 点)同时接通的点数取决于输入电压和环境温度, 一般来讲, 同时接通的点数不要超过输入点数的 60%。

#### 3.1.3 门槛电平

为了提高控制系统的可靠性, 必须考虑门槛电平的大小。门槛电平越高, 抗干扰能力越强, 传输距离也就越远。

### 3.2 输出模块的选择

输出模块的作用是将 PLC 的输出信号传递给外部负载, 并将 PLC 内部的低电平信号转换为外部所需电平的输出信号。输出模块按输出方式不同分为继电器输出、晶体管输出及双向可控硅输出三种。此外, 输出电压和输出电流也各不相同。

选择输出模块时应注意:

#### 3.2.1 输出方式的选择

继电器输出价格便宜, 适用电压范围较宽, 导通压降小。但是它是原有触点元件, 其动作速度较慢、寿命较短, 因此适用于不频繁通断的负载。当驱动感性负载时其最大通断频率不得超过 1Hz。

对于频繁通断的低功率因数的电感负载, 应采用无触点开关元件, 即选用晶体管输出(直流输出)或双向可控硅输出(交流输出)。

#### 3.2.2 输出电流

输出模块的输出电流必须大于负载电流的额定值。模块输出电流的规格很多, 应根据实际负载电流的大小选择模块的输出电流。

#### 3.2.3 同时接通的点数

输出模块同时接通点数的电流累计值必须小于公共端所允许通过的电流值。例如一个 220V/2A 的 8 点输出模块, 每个点当然可以通过 2A 的电流, 但输出公共端允许通过的电流不可能是  $2A \times 8 = 16A$ , 通常要比这个值小得多。因此在选择输出模块时还应考虑同时接通的点数。一般来讲, 同时接通的点数不要超过输出点数的 60%。

### 3.3 电源模块的选择

电源模块的选择要考虑输出电流。电源模块的额定输出电流必须大于 CPU 模块、I/O 模块、专用模块等消耗电流的总和, 并留有一定的裕量。在选择电源模块时一般应考虑以下几点:

#### 3.3.1 电源模块的输入电压

电源模块可以包括各种各样的输入电压, 有 220V 交流、110V 交流和 24V 直流等。在实际应用中要根据具体情况选择, 确定了输入电压后, 也就确定了系统供电电源的输出电压。

#### 3.3.2 电源模块的输出功率

在选择电源模块时, 其额定输出功率必须大于 CPU 模块、所有 I/O 模块、各种智能模块等总的消耗功率之和, 并且要留有 30% 左右的裕量。当同一电源模块既要为主机单元又要为扩展单元供电时, 从主机单元到最远一个扩展单元的线路压降必须小

于 0.25V。

### 3.3.3 扩展单元中的电源模块

在有的系统中,由于扩展单元中安装有智能模块及一些特殊模块,就要求在扩展单元中安装相应的电源模块。这时相应的电源模块输出功率可按各自的供电范围计算。

### 3.3.4 电源模块接线

选定了电源模块后,还要确定电源模块的接线端子和连线方式,以便正确进行系统供电的设计。一般的电源模块的输入电压时通过接线端子与供电电压相连的,而输出信号通过总线插座与可编程控制器 **CPU** 的总线相连。

### 3.3.5 使用环境条件

在选择 PLC 时,要考虑使用现场的环境条件是否符合它的规定。一般要考虑的有:环境温度、相对湿度、电源允许波动范围和抗干扰等指标。

#### 4 部分施工图设计

#### 4.1 PC 机配置及模块供电示意图

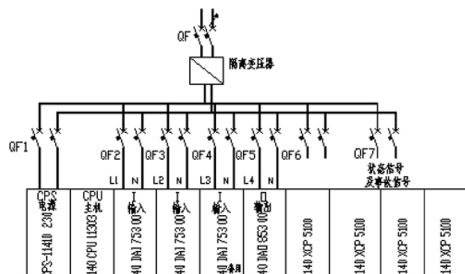


图 3 PC 机配置及模块供电示意图

图 3 为成品矿系统的模块供电图,电源由本体低压配电室低压开关柜引来,单相供电,经隔离变压器为 PLC 柜供电,根据模块数量和容量,共输出 7 路,QF1 给电源模块供电,QF2-QF5 为输入输出模块供电,QF6 为备用电源,QF7 为音响及灯光等状态信号供电,其他各子站的 PLC 模块的供电与本图相似。

## 4.2 电机控制原理图

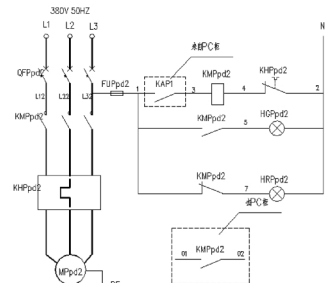


图 4 电机控制原理图

图 4 所示为三相异步电动机单向全压启动, 停止控制线路。主电路由自动开关 QF, 接触器 KM 的主触点, 热继电器 KH 的热元件和电动机 M 构成。控制回路由 PC 柜的辅助触点 KA, 接触器线圈 KM 和信号灯 HG, HR 组成。

启动时,接通 KA,则 KM 线圈有电,接触器 KM 吸合,主触点闭合,电动机接通电源开始全压启动,此时 KM 的辅助常开触点也闭合,信号送给 PC 柜的输入模块,以便参与控制回路的联锁控制和上位监控。

停止时,断开 **KA**,则 **KM** 线圈断电释放,则 **KM** 的主触点断开电源,电动机自停车到转速为零,同时 **KM** 的辅助常开触点也断开,信号送给 **PC** 柜的输入模块,以便参与控制回路的联锁控制和上位监控。

### 4.3 输入模块原理图

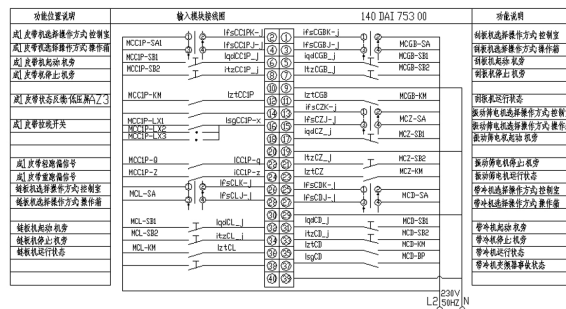


图 5 输入模块接线图

图 5 所示为输入模块接线图,输入模块的作用是接收现场的输入设备的信号:用户输入设备有机旁的启动、停止按钮,事故开关,限位开关,传感器等,并将输入的高电平信号转换为 PLC 内部的低电平信号。

由于现场设备与模块之间的距离较远,故选用输入模块电压等级为交流 220V。

#### 4.4 输出模块原理图

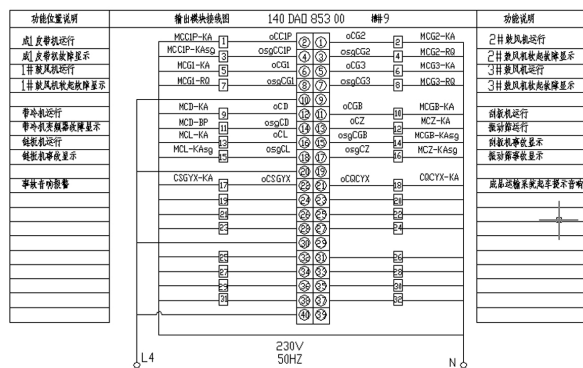


图 6 输出模块接线图

图 6 所示为输出模块接线图,输出模块的作用是将 PLC 的输出信号传递给外部负载(继电器、接触器、信号灯等执行元件)及输出设备驱动的控制对象(电动机、电磁阀等)。并将 PLC 内部的低电平信号转换为外部所需电平的输出信号。

## 5 系统的软件

上位监控软件采用组态软件完成操作界面,数据显示及打印管理。

下位机软件是采用 Schneider 公司的梯形图及构成式文本(ST)支撑软件包编写。完成系统总的输入、输出、通信、协调控制、报警及信号采集。

包括如下几个典型的源程序:方式选择开关逻辑的源程序,单台电机的各种方式中控制逻辑源程序,一组电气设备(3 台电机)的控制逻辑源程序,不同音长报警信号的控制逻辑源程序,通用的设备顺动控制子模块源程序等。完成如下功能:

### 5.1 集中控制功能

所有设备均可实现一对一联锁控制操作;所有设备按逆流方向顺序起动,顺流方向顺序停止;所有集控操作若不符合联锁条件,设备拒绝起动;故障停机时,逆流方向的相关设备同时联跳,其他设备不受影响;在程序执行过程中,可随意操作与该程序无关的设备;

### 5.2 系统解联锁控制功能

系统解联锁是指解除整个系统所有设备间的联锁,每台设备都处于单机状态。

### 5.3 系统紧急停机控制功能

系统紧急停机是指在系统紧急情况下,要无条件中断系统所有运行设备的操作。

### 5.4 自动上料控制功能

自动上料控制功能是指上料小车和配仓皮带可根据原料仓的料位信号不用人工操作自动执行上料操作。

### 5.5 实时故障报警功能

如果系统设备故障时,则在监控系统中相应数据则会闪烁,并且 PC 机的音响报警系统起动,直到确认为止,并能自动记录报警的历史数据。

## 6 系统的接地

计算机、PLC 和通信网络采用单独的专用接地

处理,使其统一共地,杜绝相互之间的工模干扰。接地电阻小于 1 欧姆。

## 结论

以 PLC 为主体,对竖炉电气设备进行控制,减少了故障率,使工作效率得到了极大的提高。四平竖炉工程现已投产并取等了一定的经济效益。

## 参考文献

- 1.Modicon TSX Quantum 硬件手册.北京:施耐德电气公司,2001
- 2.刘建昌.自动控制系统[M],北京:冶金工业出版社,2001
- 3.陈在平,赵相宾.可编程序控制器 PLC 监测保护系统的功能设计和实现 [J],天津:电气传动,2003.7:15-20
- 4.罗南华.基于 PC 总线的水轮机微机调速器研究[D],长春:吉林大学,2002
- 5.王意伟.基于微机的集散控制系统中通信模块的设计与实现[D],长春:吉林大学,2003
- 6.王忠东.智能结构控制中压电执行元件位置选择与优化[D],长春:吉林大学 2002
- 7.J.R.Pollard.Open Architecture for control. Industrial Computing[J], June, 1996
- 8.V. J.Vada. The evolution of PLC-based loop control. Control Engineering[J], 1995
- 9.Babb.PLC user get some new packaging options,Control Engineering,V41(3),Mar 1994:68-71
- 10.Yu Q.G.Liu W.H..PLC -IPC Based Control System for High Power Cycle Pump System in Large Scale Thermal Power Plant.Kunming:Proceedings of Powercon,2002:2179-2183
- 11.王立权,机电控制与可编程序控制器[M],北京:中央广播电视大学出版社,2001
- 12.陈立定,吴玉香,苏开才,电气控制与可编程序控制器[M],广州:华南理工大学出版社,2001

# 绿色环保现代化发动机工厂设计的实践

曲程家

**摘要** 以精益的设计理念为指导思想,本着质量好、速度快、投资省的原则,确保工艺技术和质量水平,打造一流的绿色工厂。

**关键词** 绿色 环保 工厂设计 实践

## 1 概述

中国第一汽车集团公司中重型柴油机(道依茨)技术改造项目,(以下简称项目)是经国家发改委(发改工业 2003[2197]号文批复实施的)。项目从 2003 年年初,经前期选址考察论证、可行性研究、初步设计、施工图等多方案优化设计,于 2004 年 6 月在大连经济技术开发区破土兴建,仅用了 9 个月时间,完成了主体工程建设。2006 年 4 月生产线实现批量试生产,2006 年 10 月举行了产品批量投放仪式,标志着年产 5 万台道依茨发动机的一期工程圆满结束。2007 年 6 月,已全面通过竣工验收。

厂区总占地面积 22 万平方米,其中:主厂区占地面积 1.7 万平方米,建设联合厂房、门卫室及相关厂区工程配套设施;公用动力区(与大众一汽 EA888 项目合建共用)占地面积 5 万平方米,建设员工食堂、联合动力站房、车间供油站、污水处理站及相关厂区工程配套设施。共 9 个单体建筑物,总建筑面积 6.5 万平方米。项目一期工程总投资概算 12 亿元人民币。

## 2 项目提出的背景

随着我国市场经济的不断发展,国民经济持续快速增长,2001 年一汽卡车产销量连续四年大幅增长,至 2001 年市场占有率达到 50% 以上。特别是中重型汽车行业面临着较有利的发展环境;国家扩大内需的宏观政策、和加大基础设施建设的投资政策,促进了中重型载货汽车行业的发展;西部大开发、交通、能源等大型基础设施工程的启动也为中重型汽车提供了用武之地。加快新一代柴油发动机开发和生产已经成为企业进一步发展的当务之急。

保护环境、实施可持续发展战略已成为我国的一项基本国策。降低发动机废气排放量是切实保护大气环境的有效举措之一,国家颁布了新的排放标准,因此,加快新一代满足欧 II、III 排放法规要求的柴油机的开发和生产是十分必要的。

一汽集团经过反复的技术论证和试验,决定引进德国道依茨公司 BFM 系列机型 4/6 缸柴油机产品技术,在大连经济技术开发区绿地建厂,生产道依茨发动机,来装备一汽集团中重型换代卡车,以满足国内外市场需求。同时通过技术引进逐步掌握国外柴油机的先进技术,进一步提升自主研发能力,缩短研发周期;替代柴油机的进口,提高一汽集团的核心竞争力。

## 3 设计的指导思想

道依茨项目总的规划思想是:以精益的设计理念为指导,以物流为中心,把项目建设成质量好、速度快、和投资省为原则。确保工艺技术和产品质量水平达到国内和国际先进水平。同步考虑环保、职业安全卫生、消防、节能和合理用能,打造一流柴油机制造水平的绿色工厂。

项目按照一次规划、分期实施的思路进行建设,新建缸体(含主轴承盖)、缸盖、凸轮轴、发动机装配、试验、喷漆生产线,一期工程生产纲领 5 万台,面积按 10 万台纲领规划。工艺设备按 5 万台纲领进行设备选型(专机、涂装线按 10 万台能力选型)。

## 4 科学的总体布局及物流

通过科学考察选址,做了多方案的定性和定量的科学分析,最终确定在大连开发区进行总体规划,考虑地块的整体性和项目的远近期发展,打破



了各厂项封闭布局的传统规划,把本项目与大众一汽 EA888 发动机项目、国际物流配送中心项目以及共用的公用动力区进行优化布局,道依茨工厂布置在地域西侧;大众一汽 EA888 发动机厂在东侧;公用动力区和食堂布置在两厂之间的共用区;国际物流配送中心布置在北侧,使公用动力区和物流配套区更便捷服务于两个工厂。

通过对海运、公路、铁路外部物流量对比分析,决定把铁路运输引入厂区,海运公路优势互补,工厂利用第三方物流,做到准时化供应。将物流成本大大降低。

总体布局构思新颖,将道依茨工厂、大众 EA888 发动机厂与合建的公用动力区(含水、电、压缩空气、蒸汽供给的联合动力站房、供油站、污水处理站、员工食堂)、第三方物流区完美有机的结合。

实施效果突出体现在:既节约土地面积、设备投资;又节约能源,降低了管理费用。已成为大连市环保、节能工厂布局的典范。可值得为发动机行业绿地建厂借鉴。

## 5 制造工艺技术

### 5.1 结合产品特点,优化确定工艺方案

(1) 产品品种多。道依茨 BFM 系列柴油机有四、六缸机及增压、增压中冷等多种机型,产品结构复杂,喷油泵布置方式,集成在缸体内。

(2) 产品精度高。如缸体缸套底孔尺寸精度为 H6,圆柱度 0.01mm;直线度 0.01 mm 对相邻两主轴承孔中心线的垂直度 0.03mm;粗糙度 Rz16 $\mu$ m。主轴承孔的尺寸精度等级 H6,圆柱度 0.01mm;两相邻孔的跳动 0.02 mm;缸盖底面的平面度为 0.025mm;粗糙度 Rz16 $\mu$ m。

在工艺方案的确认上,既要体现出技术进步,做到工艺质量稳定和经济合理,满足产品精度高和产量大的特点,又要具有能适应市场变化所具备的生产加工柔性,以满足市场对不同机型的需求。在对国、内外柴油机生产工艺进行反复论证和多方案比较的基础上,确定制造技术方案。

### 5.2 制造技术的特性

#### (1) 整体工艺技术特性

主要包括气缸体、气缸盖柔性自动生产线、凸轮轴生产线、非同步的装配线、FEV 集装箱式的台架试验、绿色环保的水性漆涂装线以及缸体、缸盖切削液集中过滤、恒温、循环处理系统,新制造技术的特突出体现。

高柔性:实现道依茨多品种系列四、六缸机以及为满足欧 IV 排放法规的四气门发动机的共线生产。

高精度:主要设备的 CPk $\geq 1.33$ ,主要设备进口,选用世界一流的专机和加工中心。

高效率:采用高速切削机床,广泛采用硬质合金刀具、金属陶瓷刀具及 CBN 刀具,机床主轴采用先进的 HSK 刀柄,以满足高速切削的需要。

高质量:产品达到道依茨的质量标准;广泛采用电感量仪和测量机进行在线控制,采用 SPC 工作站进行质量控制,关键工序采用主动测量。

精益生产:在满足质量要求的前提下,不片面追求高自动化,在设备选型上采用国外设备与国内设备相结合的方式,节省投资。

#### (2) 制造技术的先进性

##### ① 先进敏捷的加工制造技术

缸体的机械加工设备选用国际先进水平的德国 Hüller Hiller 公司生产的加工中心、数控专用组合机床和相应辅助及检测设备,采用了高压水射流去毛刺、自动装配技术、气密试漏等先进技术;保证了产品的高精度要求。

气缸体生产线采用敏捷柔性线布局,工艺设计同产品技术有机地结合,较好体现了高效化、柔性化,适应 BFM 系列四缸、六缸缸体共线生产的需求。采用机械手与机动辊道相结合输送系统,实现工件的自动输送及上下件。其中气缸体前后端面、主轴承孔、曲轴止推面、凸轮轴孔、顶面、缸孔等的精加工设备全部采用主动检测装置与反馈控制技术,提高了工艺稳定性,有效地控制气缸体主轴承孔孔径、凸轮孔孔径、曲轴止推面位置、机油泵孔深度、机体顶面位置、缸孔孔径、缸孔止推面的深度等重要精加工指标,Cmk 值达 1.67。

缸盖生产线选用德国 Heller 公司生产的加工中心;适应缸盖多品种的柔性化生产。

气缸盖生产线采用由加工中心组成的敏捷柔性线布局,采用主动检测装置与反馈控制技术进行在线监控,提高加工效率,保证产品加工精度要求。气缸盖阀座面锥孔与气门导管孔采用铰锥面及枪铰工艺。工序间物流采用机动辊道输送机构,辅助装置上下料,既安全便捷、又经济。

缸体和缸盖生产线采用 PLC 控制,主控计算机互联,每台主控计算机都可以分别调看缸体线或缸盖线的工作情况。

##### ② 凸轮轴加工及热处理技术

凸轮轴支承轴径精磨和凸轮半精磨、精磨采用英国 Landis 数控磨床 CBN 高速磨削,提高了加工节拍,保证主轴直径  $Cmk1.67$ 、凸轮基圆半径  $Cmk1.67$ 、升程误差  $\pm 0.025$ 、主轴径表面粗糙度  $RZ2.5$ 、凸轮轴表面粗糙度  $RZ3.2$ 。凸轮轴表面超精加工采用美国 IMPCO 油石抛光机,保证了工艺对产品的要求,凸轮轴抛光后主轴径表面粗糙度达到  $RZ1.0$ ,凸轮表面粗糙度达到  $RZ1.0$ 。凸轮轴的热处理采用国内先进的易普森密封箱式炉自动线和德国感应淬火热处理设备,进行氮基气氛渗后再进行感应热处理。既保证了凸轮轴的精度要求又地提高了疲劳寿命。

### ③缸体、缸盖、凸轮轴在线检测技术

精测设备及在线检测设备吸收了国内外生产厂家的先进检测经验,对缸体、缸盖、凸轮轴等关键参数进行 100%在线检测,对零件质量状况进行预测与校正;大量采用电子和气动量具,可实现检测数据的即时采集;在生产线上关键工序设置 SPC 检测站,通过统计分析手段对在线工序质量进行监控。确立了在国内检测手段、检测精度方面的领先地位。

实施后的效果:自项目通过验收以来,检测设备全部投入使用,检测精度经测量系统分析满足工件精度要求。在生产过程中及时发现质量问题,对确保工件质量稳定、降低成本起了很大作用。

### ④先进柔性的装配及试验技术

装配车间分为装配工段、试验与配套工段。装配工段包含:发动机基础装配线,发动机外附装配线,缸盖装配线、活塞连杆装配线,针对完成多品种机型装配的特点,在相应的工位旁设置显示器,用于显示应装配零件的品种,指导工人装配工作。

技术先进水平:装配生产线采用瑞典 ABB 非同步装配线,输送形式采用低成本机动辊道。生产线为环形布局,装配线可实现多品种柴油机的装配工作。生产线以手动辅助装配为主,配以部分自动涂胶机和拧紧机器人,在保证装配质量的同时,减少了设备投资。为确保装配质量,装配线上配置一定数量高水平的检测和装配设备,包括:主轴承盖拧紧机、测量站(测回转力矩;测无活塞回转力矩,曲轴上止点检测,凸轮轴基圆至单体泵面距离检测,尺条突出量测量;活塞顶隙自动测量仪,测有活塞回转力矩,活塞位置检测)、油底壳自动涂胶机、油底壳螺栓拧紧机、缸盖螺栓拧紧机、气门间隙调整(2013 系列)测量装配站:前、后盖自动涂胶及拧紧。防错装置装配数据的读取与储存并对质量可追溯。

装配线设置先进的计算机管理系统,提高装配的自动化水平,同时可实现对装配线及线上各台设备运作情况的监控管理、故障的分析、各种数据的统计等功能。

发动机试验采用了世界先进的 FEV 集装箱式试验台架,快速对接和全自动封闭的试验技术,试验采用自动对接台架的测试技术,减少传感器、工艺管路、发动机联轴器安装的辅助时间。

配套线的反向积放式输送线物流形式,小车可水平 360 度回转,配餐式装配,更加适合人机工程学的设计理念。

实现后的效果:通过一年多的使用,全线运行稳定可靠,提高了装配质量,提高了公司装配工艺知名度,从工艺上保证了道依茨产品的品牌。

## 6 土建与公用工程

### 6.1 实用美观的厂房

本厂房建筑设计在国内同类技术中,厂房建筑造型美观、大方、具有现代气息。其网架结构及钢结构柱用钢量较低,节省了投资,其方案的先进性:

(1)厂房采用大柱网的网架结构,钢柱,钢网架,充分满足发动机生产线的柔性布置要求,布置灵活,有益于远期发展,适应性强。

(2)厂房外墙采用金属复合横挂板,力求简洁明快,大方得体,不作多余的装饰既节约投资,又体现出工业厂房的固有特点。

(3)在网架结构上弦设置空调机房,空调机放在屋面以上,有利于送回风管道的布置,有利于减轻空调机噪声对车间的噪声影响,体现人性化。风口设计在空调机房外墙上,而不是设计在屋面上,使屋面防水具有可靠的保证。

(4)根据德国道依茨公司对车间地面要求,特别是对发动机缸体、缸盖加工区地坪的平整度,变形及裂缝要求较高,而且地面不许设变形缝,我们根据工艺要求经多方案比较,汽车行业首次采用(123.2x82m)双层钢筋混凝土连续施工的无缝方案,使用至今,充分满足了生产要求,受到德国专家好评。

### 6.2 可靠安全的公用设施

共用的公用动力区和第三方物流区完美有机的布局,使公用配套成本和物流成本降至最低。先进、可靠的供配电系统、公用动力系统、给排水系统消防、信息系统安全可靠,计量检测监控系统,运行良好,为企业竞争创造了优势条件。

(1)先进、可靠的柴油机试验配套公用设施,如进气的恒温、恒压系统;燃油供给的恒温、恒压系统;发动机冷却进出水的温控系统;发动机排气背压控制系统,发动机中冷温控系统等为柴油机品质提供了有力保障。

(2)电力系统采用综合自动化系统进行保护、控制及管理,通过置于变配电设备上的各种测控单元和计算机(后台)监控系统实现对电力系统的测量、监视、保护及控制等综合功能。

(3)采用动态补偿技术,控制器实时跟踪测量功率因数和无功电流的变化,确保可控硅过零触发,电容器投切过程中无浪涌冲击、无操作过电压及无电弧重燃现象。

(4)缸体、缸盖生产线设计采用乳化液集中循环过滤处理工艺替代了通常的机械加工单机循环使用乳化液的陈旧方法。这项先进技术的实效有:

①通过乳化液的集中循环过程,将金属切屑输送到乳化液过滤机集中除屑,彻底改善生产车间的卫生环境;

②对乳化液进行恒温控制、除油处理,既延长了使用寿命,又减排废液约 2000 吨/年;

③采用负压尼龙网带式过滤机使乳化液过滤精度达到  $80\mu$ ,既保证了零件加工的光洁度和最大限度延长刀具的使用寿命。

### 6.3 环保措施创新

依法执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度,采取的重点措施如下。

(1)发动机涂装在国内同行业率先采用了水性漆喷涂技术,在工艺源头上采取环保措施,达到了环保节能减排目的。

(2)乳化液处理工艺将国内通用的破乳除油、混凝气浮、过滤和活性炭吸附废乳化液(含清洗液)处理工艺改进为物化预处理+生化处理工艺。这项技术创新的实效有两点:一是从废液处理不达标过渡为处理工艺达到二级标准的技术水平;二是处理费用从 500~600 元/吨降到 15~20 元/吨。对达标的二级水采用沉淀、消毒、过滤等深度处理工艺,制取中水 80%回用于工厂绿化、洗车、冲厕等,年节约自来水约 12000 吨。该工艺为国内首创,在后续其它项目中也得到推广和应用。

(3)尾气排放处理系统:发动机试验台试验时,排放的烟气含有 HC、NOX、SOX、CO 烟尘等有害气体,随

着时代的发展,对环保要求越来越严,在以往的设计中,无论是国内还是国外,对发动机尾气的处理只是稀释高空排放,而在此设计中首次采用的是 SFJQ 湿式除尘净化系统。将集中收集起来的尾气送进湿式净化器,在净化器内设有洗涤喷淋装置,使炭黑尘粒与水滴充分接触,使其转移到洗涤水中,为了增强洗涤效果和除炭黑的效果,在洗涤水中添加了少量表面活性剂、絮凝剂和碱性溶液,以改变水的表面特性然后气体进一步冲击水层,使气体在除尘器内经过二次水洗,二次分离,除去碳黑微粒,气体经气水分离器后排放。效果很好,保护了环境,为发动机制造业所创新。

## 7 项目实施的社会反响

国产化的道依茨柴油机经台架和整车道路试验国内外专家联合评审,发动机性能、排放和可靠性达到了道依茨公司质量标准,国产化发动机经过适应性改进,在油耗及个别零部件质量上已超过了道依茨公司现有水平。国产化的道依茨系列发动机获得了出口欧盟的欧排放认证,取得了出口欧洲市场的许可证。2007 年选配国产道依茨柴油机的黄海大客车一次性出口哈萨克斯坦 250 辆。

并与国内众多的中、重型卡车及公交车、工程机械进行了配套,欧 III 柴油机已批量投放到大连、郑州、上海、广州等公交线路上,北京的城市环保车上,效果良好。

德国大众、德国道依茨公司高层人士、考察项目工厂后,对其生产环境和制造技术给予肯定,并感慨的说:中国的道依茨工厂是世界上先进的柴油机工厂,生产的柴油机质量是完全可信赖的。

项目通过了国家环保总局和辽宁省、大连市相关部门的验收。项目已创建成大连市环保、节能、消防、安卫的样板工厂。

项目总体达到国际先进水平,突出体现了工艺技术新、精益生产、物流便捷,生产效率高、质量一流、全面信息化的节能、环保和可持续发展等现代绿色工厂的特点。

该项目实施后,确保了一汽解放品牌新产品的顺利投产,优化了解放卡车产品结构和产品系列,提高了技术含量。实现了与国际开发水平的接轨。

该项目的实施取得了良好的经济效益和社会效益。获 2008 年吉林省优秀工程设计一等奖,获 2008 年中国机械工业科学技术三等奖。

# 汽车工厂压缩空气供应系统设计

李 维

**提要** 文章以汽车工厂的实际用气特点, 阐述压缩空气站房的设计原则, 以达到节能降耗的目的。

**关键词** 压缩空气; 压缩空气站; 节能

## 1 引言

汽车工厂压缩空气站是工厂的电能使用大户, 占工厂总电能消耗的 10% - 15% 左右。因此汽车工厂空压站设计与机组选型是工厂实现节能的前提。

## 2 汽车工厂的用气特点

汽车工厂的用气特点之一是负荷变化值较大, 各车间用气设备以间断式为多, 而连续用气的较少, 这样就造成最大负荷与平均负荷的差值会很大, 有时达到 50%~70%。

汽车工厂的用气特点二是对压缩空气的品质要求越来越高, 特别是涂装车间的压缩空气要求不含硅酮, 严格控制压缩空气中的含油、含水、含尘量。

汽车工厂的用气特点之三是部分特殊设备要求不间断供气。

## 3 压缩空气供应方案的确定原则

(1) 当工厂用气部门较集中且用气量较大时, 单台机组的排气量大于或等于 20m<sup>3</sup>/min, 宜在附近设独立的联合站房, 集中供气。

(2) 当工厂的主要用气部门又比较分散且压缩空气用量大时, 宜分区域设两个或两个以上的压缩空气站, 站房之间应有管道联通, 以达到相互调节负荷互为备用的目的。

(3) 当工厂用气部门比较分散且总用气量不大时, 宜分散设置压缩空气站房, 分区供气。

(4) 当工厂用气量大的部门较集中, 用气量小的部门较分散, 或者各班次用气负荷差异很大时, 宜

采用集中站房与分散站房相结合的供气方案。

(5) 对于压缩空气品质和使用有特殊要求的用气部门, 可单独设压缩空气站。

## 4 压缩空气站设计容量确定

### 4.1 以工厂平均消耗量总和确定压缩空气站设计容量

$$Q = \sum Q_0 K (1 + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) \text{ m}^3/\text{h}$$

式中:  $Q$ ——站房设计容量  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$\sum Q_0$ ——在同一压缩空气供应系统中用户的理论平均消耗量之和。( $\text{m}^3/\text{h}$ ), 对间断性用气的设备或工段的用气量, 平均消耗量应按同时使用系数做适当削减。

$K$ ——消耗量不平衡系数。 $K$  值可根据设计经验或采用小时最大与小时平均的比值来确定。

$$\text{当 } \frac{\sum Q_{\max}}{\sum Q_0} \leq 1.5 \quad K=1.10 \sim 1.15$$

$$\text{当 } 1.5 < \frac{\sum Q_{\max}}{\sum Q_0} \leq 2.0 \quad K=1.15 \sim 1.20$$

$$\text{当 } 2.0 < \frac{\sum Q_{\max}}{\sum Q_0} \leq 3.0 \quad K=1.20 \sim 1.25$$

$$\text{当 } 3.0 < \frac{\sum Q_{\max}}{\sum Q_0} \quad K=1.30 \sim 1.35$$

式中  $\sum Q_{\max}$  为供气系统最大耗量之和。

$\Phi_1$ ——管道漏损系数。

对于规模较大且集中供气的压缩空气站,  $\Phi_1$  取 0.10~0.15;

对于距供气部门较近的压缩空气站,  $\Phi_1$  取 0.05~0.1。

对于改造项目, 原有用气点较多时,  $\Phi_1$  取 0.1。

$\Phi_2$ ——用气设备磨损增耗系数。对于工艺要求高的用气设备占用气比例大的站房,  $\Phi_2$  可取 0.05, 如喷涂机、气控装置等。对于用气要求不高的设备比较大时,  $\Phi_2$  可取 0.10, 如装配车间气动扳手等。

$\Phi_3$ ——未预见的消耗量系数。若工厂发展余地较小时或小型压缩空气站,  $\Phi_3$  可取 0; 若工艺设备预留发展较多时,  $\Phi_3$  可取 0.05。对于用气点较少的小型压缩空气站可以不考虑该系数。

计算的压缩空气站设计容量不应大于小时最大之和的 60~80%。

焊装车间空压站计算系数宜选取上限。

#### 4.2 以工厂主要设备的最大计算消耗量加上其余用气设备的平均消耗量确定压缩空气站设计容量

$$Q=(Q_1+\sum Q_0)(1+\Phi_1+\Phi_2+\Phi_3) \text{ m}^3/\text{h}$$

对于汽车工厂中有个别耗气量大的设备或瞬间耗气量大的设备, 如冲压车间的抛丸机、铸造车间的造型机等, 其小时平均与小时最大相差悬殊时可采用该计算方法。式中的各符号意义同 4.1。

以上计算方法中没有考虑海拔高度的修正系数以及吸附式干燥器的用气量, 设计中可根据项目的具体情况计算。

### 5 压缩机型式的确定原则

(1)对于集中供气的压缩空气站, 螺杆空气压缩机的台数宜为 3~6 台, 离心空气压缩机的台数宜为 2~5 台。当单台排气量在 60m<sup>3</sup>/min 以下时, 宜采用螺杆式空气压缩机, 当单台排气量在 60m<sup>3</sup>/min 以上时, 宜采用离心式空气压缩机。离心式空气压缩机宜采用同一种型号。

(2)对于分散布置的压缩空气站, 宜采用单台排气量小于或等于 40m<sup>3</sup>/min 以下的螺杆压缩空气机, 台数宜为 2~4 台。当工艺无特殊要求时, 一般选用喷油螺杆式空气压缩机。

(3)离心式压缩空气站内宜配备 1~2 台螺杆式

压缩机, 作为调节负荷用空压机, 其中 1 台机组宜采用变频调节机组, 以达到节约能源, 合理调节用气量。

(4)选择空气压缩机的额定压力时, 应计算整个系统的阻力, 确保用气设备进口压力的要求。

### 6 压缩空气站备用机组的确定

对于螺杆机组, 一班制生产备用率取 50~70%, 对于二班制生产备用率取 60~80%, 三班制生产备用率取 75~100%。

对于离心空气压缩机, 由于易损件少, 事故率低, 当企业能够通过合理安排生产计划和设备维修时, 可不设备用机组。

对于独立建设的汽车产品研发中心压缩空气站可不设备用机组。

对于具有联通管网的分散压缩空气站, 其备用容量应统一设置。

### 7 压缩空气后处理设备的选择

#### 7.1 压缩空气干燥器的选择

对有露点要求的压缩空气应依据露点的高低, 设置不同型式的干燥装置。

一般情况下, 压缩空气的压力露点为  $\geq 3^\circ\text{C}$  即可, 采用冷冻式干燥器就可以满足用气要求。在设计中应考虑到温度及压力因素, 一般选用流量略大于或等于压缩空气机排气量的冷冻干燥器。采用冷冻式干燥器时, 应注意空压机的排气温度, 如果空压机的排气温度超过冷干机的允许进气温度时, 应选用高温型冷干机。

对于涂装车间以及试验室等要求压缩空气压力露点低于或等于  $-20^\circ\text{C}$ , 高于或等于  $-40^\circ\text{C}$  时, 可在厂房动力入口处设吸附式干燥器或厂房独立的空压站内设冷冻吸附式干燥器一体机组(组合型)。

吸附式干燥器分为无热再生、有热再生和微热再生式三种。无热再生需要消耗 15% 左右的再生压缩空气, 有热再生用的是电能, 而微热再生既消耗电能又消耗压缩空气。通常采用吸附能力强、遇水不分解且具有高抗碎强度和抗腐蚀性的活性氧化铝吸附式干燥剂。在设计中应考虑到温度及压力因素, 一般选用流量略大于或等于压缩空气机排气

量的吸附式干燥器。采用智能型模块式吸附式干燥机,系统扩充简单,当需要更大流量干燥的压缩空气时,只需在现有系统上简单增加所需的基本单元就可以了。

## 7.2 压缩空气过滤器的选择

### 7.2.1 空压机吸气过滤器

当供多台压缩机共用或大容量压缩机(螺杆机或离心机)可在室内设置1个或2个集中吸气过滤器,过滤器所需的面积应根据选用的不同过滤材料及其允许的流速范围确定。过滤精度一般为10 $\mu\text{m}$ 。

### 7.2.2 高效水分离器和前置过滤器

可去除99%的水分及滤除1 $\mu\text{m}$ 以上的微粒,根据工艺对压缩空气品质的要求配置。一般采用带差压计的过滤器,过滤器的实际处理能力应考虑压力修正系数。

### 7.2.3 精密过滤器(后置过滤器)

可滤除0.01 $\mu\text{m}$ ~1 $\mu\text{m}$ 以上的微粒,根据工艺对压缩空气品质的要求配置。一般采用带差压计的过滤器,过滤器的实际处理能力应考虑压力修正系数。

### 7.2.4 除油过滤器

当使用有油润滑的空气压缩机时,为了满足压缩空气含油量的要求,必须设置除油过滤器,可以将压缩空气的含油量从1 $\text{mg}/\text{m}^3$ 降至0.01 $\text{mg}/\text{m}^3$ 。一般采用带差压计的过滤器,过滤器的实际处理能力应考虑压力修正系数。

## 8 供气系统设计

### 8.1 空压机的吸气系统

空压机的吸气系统应设置空气过滤器,大容量的螺杆机及离心机的吸气口宜装设在室外(阴凉的位置),并有防尘、杂物、雨水措施。离心机的吸气管上宜安装波纹管,以减小振动和噪声。

站房外墙的进气百叶窗与室外地坪的距离一般应大于300 $\text{mm}$ ,以防雨淋,百叶窗尽量设在站房

的阴凉面,同时应避免冷热风短路。

空压机的吸气口及过滤器可单台设置也可多台集中设置。

### 8.2 空压机冷却系统

冷却系统分风冷却及水冷却两种系统。单台螺杆式空气压缩机组大于或等于10 $\text{m}^3/\text{min}$ 时,宜选用水冷型机组。

单台螺杆式空气压缩机组小于10 $\text{m}^3/\text{min}$ 时,可选用风冷型机组。

风冷式螺杆空压机的冷却风量依据空压机产品样本提供的数据进行设计,与空压机排热风口相接处宜采用软连接材料,风管的室外部分应有防雨措施。

水冷式螺杆空压机及离心机的冷却水量依据空压机产品样本提供的数据进行设计,温差一般按10 $^{\circ}\text{C}$ 确定,机组的冷却水进口温度应依据空压机产品样本提供的数据进行设计。

冷却水应采用闭式循环系统。冷却水压力:螺杆机0.25~0.4 $\text{MPa}$ ;离心机0.25~0.52 $\text{MPa}$ 。空压站循环水宜采用加药进行水质稳定化处理,可不用软化水。

离心机站房应设后冷却器。

### 8.3 压缩空气净化系统

①采用冷冻式干燥机或吸附式干燥机时,可与压缩空气机组单元配置也可集中配置,集中配置时一般不需设备用干燥机。

②当采用冷冻式干燥机时,高效水分离器及前置过滤器应设在冷干机的上游。阻止液态、粒径不等的固体粉尘及油污、油蒸汽等直接进入冷干机,将使冷干机工作恶化。

③当采用吸附式干燥机时,其上游应设除油过滤器,滤除压缩空气中的油污,防止干燥剂失效。下游应设置精密过滤器(后置过滤器),用于消除干燥剂粉尘等污染。

④涂装车间要求微正压,厂房内不允许采用含硅化物的材料。因此应采用吸附式干燥机及无硅过滤器。对于集中建立的采用冷干机的压缩空气站,在涂装车间动力入口内另设吸附式干燥机和无硅过滤器或在喷漆设备管路上设无硅过滤器。

### 8.4 管路系统

### 8.4.1 储气罐的设置

储气罐的功能是调节供气系统的压力波动和事故状态下短期供气。对于离心式压缩机的空压站一般不设储气罐。对于采用冷干机的压缩空气系统,储气罐宜设在干燥机之后。对于采用吸附式干燥机的压缩空气系统,储气罐宜设在干燥机之前。根据站房的布置情况,储气罐可单元机组配置也可集中配置。涂装车间的压缩空气站应设储气罐。

### 8.4.2 压缩空气站内的管道系统

在螺杆机或离心机排气出口的止回阀后应设一个法兰连接的球阀或闸阀,在该阀之前应装设一个空压机试运行或维修时的放气阀。在后置过滤器之后应安装球阀或闸阀。在储气罐之后应安装球阀或闸阀。

离心机的排气管上应安装止回阀、切断阀,大容量的离心机还应装设波纹管及弹簧吊架。离心机与止回阀之间必须设置放空管,放空管上应装防喘振调节阀和消声器。离心机与吸气过滤器之间应设可调节进气量的装置。

### 8.4.3 压缩空气管道材料及附件选用

1) 厂区管道采用热镀锌焊接钢管或热镀锌无缝钢管。

2) 车间内的压缩空气管道采用热镀锌焊接钢管或热镀锌无缝钢管。

近年来德国 EISENMANN、DüRR、英国 HADEN 等国际著名公司在国内大批量生产的高档轿车、卡车等涂装项目中,管材均采用了热镀锌钢管。

3) 压力露点低于  $-40^{\circ}\text{C}$  的干燥压缩空气管道,应采用不锈钢管、铜管或铝管。

4) 压缩空气管道上的阀门一般采用球阀或蝶阀。对于管径小于 DN50 的管道,宜采用球阀;对于管径大于等于 DN50 且小于等于 DN150 的管道,宜采用球阀或蝶阀;对于管径大于等于 DN200 的管道,宜采用蜗杆传动法兰式蝶阀。

## 8.5 站房的通风设计

### 8.5.1 采暖地区

独立的压缩空气站或建筑物体量不大的联合动力站房,空气压缩机吸气口宜设在室外;附设在

厂房内且和厂房有门窗连通、有足够补风的情况下,吸气口亦可设在室内。

螺杆式空气压缩机冷却排风冬季应排至室内,其他季节应排至室外,排风管道上装设切换阀门。排风管的阻力不应大于设备自带风扇压头,如果超过应设通风机。

设在联合厂房内的压缩空气站,当厂房有送风系统时,应向空压站内接风管送风,送风量应满足空压机的进风量与冷却风量的要求。

### 8.5.2 非采暖地区

独立的压缩空气站或建筑物体量不大的联合动力站房吸气口设在室内时,应在机器间的外墙上设置进风口或百叶窗,其面积应满足压缩机吸气的要求。

附设在厂房内压缩空气站,吸气口设在室内时,需和厂房有门窗连通、有足够补风,可在厂房内墙上开设百叶窗,或机械送风,防止负压。厂房外墙上应设轴流风机。

## 8.6 空压站的热工测量及变频控制

为了保证机组的安全、经济运行,以及操作人员能及时了解设备和系统的运行状况,应对压缩空气主要过程中的各种参数运行检测并实施控制。

站房应设置必要的测量及保护,包括:压缩空气总管的压力指示、单台机组的送出压缩空气流量计量、显示站房的总流量、对压缩机、冷却水泵、冷却塔之间进行连锁控制、显示压缩空气露点、冷却水断水或低流量时的停机保护。

目前成套供应的压缩机均配有完整的自动控制及安全保护措施,设计中无需再设计自控系统,但在多机组连锁控制方面应在设备订货的技术要求中明确提出,应能将多台压缩机联控起来,主要运行机器能根据时间设置,在多台压缩机中自动转换,根据负荷的变化情况决定投入运行机组的台数。

采用机组频率调节的站房,可以在几秒钟之内进行软启动和停机,可以对负荷 25%~100% 范围内连续调节,按照供应量进行灵活的调节适配,做到没有起动电流峰值(节约能源),可以恒定管网压力  $\pm 0.01\text{MPa}$  (节约能源),几乎没有空转(节约能源)。



# 柴油发电机组在汽车工厂中的选择与设置

董 健

**摘要** 本文从应急柴油发电机特点出发,分析汽车工厂备用电源负荷性质,按照稳态负荷、尖峰负荷及瞬时电压降来选择柴油发电机组容量。同时确定低压配电系统图。探讨机组的选择及机房的布置。举例说明计算方法及应用并做出典型规范设计供以后设计中参考。

**关键词** 柴油发电机组 选择 设置

## 1 概述

由于柴油发电机组的运行不受电力系统运行状态的影响,是独立的可靠电源。其结构紧凑、体积小、重量轻、运行可靠、维修方便并且机组燃料成本较低储存方便使之能够长期运行满足长期事故停电的供电要求。特别是随着自动化控制水平的提高,柴油发电机组的起动更加迅速,控制更加方便在各行业中得到越来越广泛的应用。在汽车工厂的设计中如何选择发电机组的容量,正确设计布置发电机房是设计者需要考虑的重要问题之一。然而目前我国的设计规范对柴油发电机组容量的选择没有明确的规定,设计选择多数是凭经验数据进行估算,设计结果不够准确。下面就根据汽车工厂的特点对此问题论述如下。

## 2 负荷分析和计算

### 2.1 柴油发电机组所需负荷的确定

在汽车工厂中需要应急电源的负荷如下:

- (1)消防用电设备。如:消防水泵、消防电梯、防烟、排烟设施、电动防火门、窗。
  - (2)锅炉房给水泵、循环水泵。
  - (3)铸造车间熔化炉、冷却水泵、热风炉冷却水泵。
  - (4)煤气站的鼓风机、排烟机(指有锻造车间)。
  - (5)涂装车间的电泳循环泵、搅拌泵。
  - (6)一、二类建筑的应急照明、通讯和配电值班室的用电。
  - (7)电子计算机及外部设备电源。
  - (8)其它的一、二类负荷。
- 当具有上述负荷的工厂取得第二独立电源有

困难或经济不合理时,应选择柴油发电机组作为应急电源。在选择柴油发电机组容量时,为减少机组容量,要考虑汽车工厂备用电源的特点及负荷多为泵类。因此首先对大容量的电机一定要考虑 Y- $\Delta$  起动或带补偿器启动、其次要考虑启动顺序由大至小,然后起动非冲击性负荷。当柴油发电机组既带消防负荷又带其它重要负荷时应考虑二者是否同时运行,如是专门用于消防负荷,在火灾信号作用下应闭锁非消防负荷的用电。因此在选择发电机组容量时,可以对消防设备用电与其它重要负荷的用电分别考虑,然后比较择其较大的作为应急发电机组的容量,从而减少机组容量使设计更加合理。

### 2.2 柴油发电机组容量的选择计算

在选择柴油发电机组的容量时做以下五步计算。

#### 2.2.1 发电机稳态负荷计算

$$P_{js} = \sum P_i$$

式中:

$P_j$ -发电机所带设备总计算负荷(Kw)

$P_i$ -发电机所带设备的计算负荷(Kw)

可以按照通常采用的需要系数法来确定计算负荷。

发电机稳态负荷:

$$S_c = P_{js} / \eta \cos \Phi_f$$

$$P_c = S_c \cos \Phi_f$$

$$Q_c = P_c \tan \Phi_f$$

式中:

$S_c$ -发电机稳态的实在功率,也可以看成发电机所带长期连续运行负载的视在功率(KVA)

$P_c$ -发电机稳态的有功功率(Kw)

$Q_c$ -发电机稳态的无功功率(KVar)

$\eta$ -发电机综合效率,取 0.85

$\cos \Phi_f$ -发电机额定功率因数,取 0.8

### 2.2.2 初步确定发动机容量

$$S_{fe} \geq S_c$$

$$P_{fe} \geq P_c$$

$$Q_{fe} \geq Q_c$$

式中：

$S_{fe}$  - 柴油发电机组的额定视在功率(KVA)

$P_{fe}$  - 柴油发电机组的额定有功功率(Kw)

$Q_{fe}$  - 柴油发电机组的额定无功功率(KVar)

### 2.2.3 校验柴油发电机短时过载能力

$$P_{fe} \geq P_{qm}/K_{gf}$$

式中：

$P_{qm}$  - 自启动时有功负荷的最大值即尖峰有功负荷(Kw)

$K_{gf}$  - 发电机短时过负荷系数取 1.5

$$P_{qm} = (K_{Pr})_{\max} + P_{js'}$$

式中：

$K$  - 起动电流倍数，即起动电流除以额定电流。  
对单台电机讲鼠笼电动机为 6-7，绕线电动机为 2-2.5，直流电动机为 1.5-2。

$(K_{Pr})_{\max}$  - 使尖峰负荷最大的单台或成组电动机的起动容量(Kw)，当电动机采用 Y- $\Delta$  起动或带补偿器起动时按实际所运行的情况计算起动容量。

$P_{js'}$  - 除起动的电机以外的其它电机的有功功率(Kw)

### 2.2.4 校验电动机起动时发电机的瞬时压降

当起动电动机时，由于瞬时电流加大会引起发电机瞬时电压降加大，这样会造成继电器和接触器欠压跳闸，使系统不能正常工作。为此，国外的发电机组规定瞬时压降应不大于 20%~30%。我国则规定瞬时压降不大于 15%~20%。

发电机的瞬时压降和发电机自身的瞬态电抗以及电动机起动方式有关。不同厂家制造的相同容量的发电机，在相同的电压降下所承受的起动容量也有很大差别。工程计算中采用近似标么值计算。计算电压降的公式：

$$\Delta u\% = [(X_{dm} \times 100)/(X_{dm} + X_e)]\%$$

$$X_{dm} = 1/2(X_{d'} + X_{d''})$$

$$X_e = P_{fe}/P_{qm}$$

式中：

$X_{d'}$  - 发电机的暂态电抗

$X_{d''}$  - 发电机的次暂态电抗

在无法取得发电机组参数时，可取 0.4-0.8。

### 2.2.5 确定柴油机的容量

$$P_{cy} > P_{qm} \times (1/K_{cy}) \times (1/\eta_{cy}) \times C$$

式中：

$P_{cy}$  - 柴油机的额定功率(Kw)

$K_{cy}$  - 柴油机 1 小时过负荷能力取 1.1，

$\eta_{cy}$  - 柴油机机械效率取 0.95

$C$  - 修正系数，当标准状况下取 1，非标准状态详见修正系数表。可近似按每海拔增高 1000 米，柴油机效率下降 10% 计算。

标准状况为大气压力 0.1Mpa(760mm 水银柱)，环境温度为 +5℃~+40℃，相对湿度在 50%。

## 3 发动机低压系统接线图

合理的柴油发电机组低压配电系统接线是整个系统运行可靠的根本保证。柴油发电机组应设独立的低压母线段，并分别配电到每一个需用电源的最末端，柴油发电机低压配电接线图见图 1。

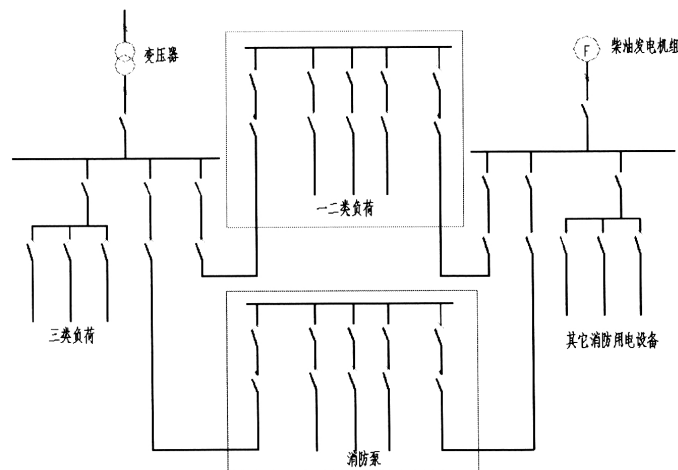


图 1 柴油发电机低压配电接线图

## 4 柴油发电机组的选择

柴油发电机组是由柴油机(作为原动机)、同步机、控制屏和附属设备组成。它可分为三种型式。普通型,应急自启动型和自动化型。应急型和自动化型能在外电源突然断电后,10 秒左右自启动向重要负荷供电。

自动化型机组能按预定的程序自动投入和退出运行。选择机组时应注意以下几点。

(1)机组的启动与运行一定要可靠。根据所带负荷的性质选择适当的机组。如用于消防或熔化炉冷却泵这类符合的备用电源,一定要选择应急自动化型机组。在紧急情况下,应能可靠地自启动运行。当市电恢复或紧急状态消除时,机组能自动停机,恢复市电的正常供应。而对像涂装车间油漆搅拌泵这类负荷的备用电源,平时设备多处在有人工作的状态,要求机组平时多处于手动启动位置,当市电出现故障时,人工启动机组,即可保证油漆不凝固。当然,经济条件许可时,选择自动型更好。

(2)应尽量减少或避免柴油发电机组的平时暖机功率。这对平时很少投入运行的自备应急发电机组来说有很大的经济意义。应急柴油发电机组时刻处于“戒备”状态,减少暖机功率就是减少运行维护费用。在发电机组低于标准气温条件下启动时,对机油、冷却水要进行预热。增压型柴油机则对进气预热。对不同地区选用时要确定电源加热还是设置取暖设施。

(3)尽量选择机组的外形尺寸小,结构紧凑,重量轻,辅助设备少的风冷机组。这样可以缩小机房的面积,简化基础的要求、柴油机组的启动尽量选用电启动,避免采用压缩空气启动。机组的冷却尽量采用风冷整体机组。即采用封闭式自循环水冷系统。

(4)选择机组时要控制机组的噪音、振动等技术指标。柴油机组在运行时,噪音较大。全封闭式柴油发电机组噪音为 78dB(A 声级标准),普通的柴油发电机组的噪音达 105dB。因此,在设计选用柴油发电机组时要选带消音器的,有条件的也可选静音型和超静音型的。同时,考虑机组运行振动较大,注意选择带减震底座的机组。

在选择与柴油机配套的同步发动机上,注意选择在性能上具有一定的恒压特性和动态特性的励磁结构。当负载发生突增、突减冲击性负载状态时,

发动机输出电压恢复时间较短,具有较好的强磁、强减效能。这类结构如:无刷励磁、相复励励磁等。

## 5 机房设计

(1)柴油发电机房应设置在靠近用电负荷的地方,可以与配电间一同设计。最好在一层布置。

(2)为确保机组可靠运行,应有良好的通风。应使机房的墙靠室外,并开有足够的百叶窗。对整体风冷式柴油机组,设计时出风口的面积为散热器面积的 1.5 倍。出风口尽量靠近且正对散热器,出风口处设百叶窗,热风管要平直,热风管与散热器连接处,用软接头。如果不采用整体风冷式机组,要留出冷却水管道过楼板或墙板的预留孔。

(3)注意燃油的存放。中、小型柴油机组一般都配有日用燃油箱,供 4~8 小时运转用量。当贮油量超过 100L 时,应设置在有防火措施的贮油间,可在发电房旁边房间设置。贮油量按 5~7 天考虑。当贮油量超过 500L 时,应单独设置油库。

(4)柴油发电机房要求建筑按隔音间处理,尽量消除噪音对环境的污染。

(5)合理的确定排烟通道。在墙上预埋排烟管通道套管。特别注意排烟管周围建筑材料的防火问题。

(6)根据机组的重量,配合建筑做好基础,预留埋地脚螺丝的孔洞。

(7)根据进出线及电控箱位置,设置电缆沟或预埋管。

(8)机房要留有设备进出门及值班人员进出门。在机组和墙之间留有大于 1.5m 的巡视检修通道。

## 6 设计举例

以某涂装车间阴极电泳配电为例,设计为两路电源供电。在实际安装过程中,仅一路电源供电。第二路电源距此车间约 2km,经济技术比较考虑采用柴油发电机组作为备用电源。负荷情况如下:

电泳循环泵 30kW 1 台;  
电泳冷却泵 37kW 1 台;5.5kW 1 台;  
超滤泵 30kW 1 台;  
贮槽循环泵 7.5kW 1 台;  
阳极液循环泵 8.2kW 1 台;2.2kW 1 台;  
其它设备 20kW;

应急照明 25kW；

设备总容量为 165.4kW；

考虑第一组起动最大的三台泵容量 97kW。并采用 Y-Δ 起动方式。计算如下：

### 6.1 计算发电机稳态负荷

采用需要系数法求出各类计算负荷。

泵类：

$$P_{js} = 0.85 \times 120.4 = 102.34 \text{ kW}$$

$$Q_{js} = 102.34 \times 0.75 = 76.76 \text{ kvar}$$

其它设备：

$$P_{js2} = 0.65 \times 20 = 13 \text{ kW}$$

$$Q_{js2} = 13 \times 0.88 = 11.44 \text{ kvar}$$

应急照明：

$$P_{js3} = 0.9 \times 25 = 22.5 \text{ kW}$$

$$Q_{js3} = 22.5 \times 1.33 = 30 \text{ kvar}$$

总计算负荷：

$$\begin{aligned} P_{js} &= \sum P_{jsn} \\ &= 102.34 + 13 + 22.5 = 137.84 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{js} &= \sum Q_{jsn} \\ &= 76.76 + 11.44 + 30 = 118.2 \text{ kvar} \end{aligned}$$

$$S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} = 181.58 \text{ kVA}$$

发电机稳态负荷：

$$\begin{aligned} S_c &= P_{js} / (\eta \times \cos \Phi_f) \\ &= 137.84 / (0.85 \times 0.8) = 202.71 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= S_c \times \cos \Phi_f \\ &= 202.71 \times 0.8 = 162.16 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= P_c \times \tan \Phi_f \\ &= 162.16 \times 0.75 = 121.62 \text{ kvar} \end{aligned}$$

### 6.2 初步确定发电机

$$S_{fe} \geq S_c$$

$$P_{fe} \geq P_c$$

$$Q_{fe} \geq Q_c$$

选定  $P_{fe} = 200 \text{ kW}$

$$S_{fe} = P_{fe} / \cos \Phi_f = 250 \text{ kVA}$$

### 6.3 校验柴油发电机短时过载能力

负荷最大值即尖峰负荷，出现在第一组电机起动时，其容量  $P_r = 97 \text{ kW}$ 。

考虑 Y-Δ 起动  $K = 0.33 \times 6.5$  最大负荷：

$$\begin{aligned} P_{qm} &= (K P_r)_{\max} + P_{js'} \\ &= 0.33 \times 6.5 \times P_r + P_{js'} \\ &= 0.33 \times 6.5 \times 97 + 68.4 \\ &= 276.47 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{fe} &\geq P_{qm} / K_g \\ &= 276.47 / 1.5 = 184.31 \text{ kW} \end{aligned}$$

此时选择  $P_{fe} = 200 \text{ kW}$  满足过载能力。

### 6.4 校验电机起动时的瞬时压降

$(\Delta u \% \leq 20 \%)$ ,  $(X_d' + X_d'')$  取 0.44。

$$\begin{aligned} X_{dm} &= 1/2 (X_d' + X_d'') \\ &= 1/2 \times 0.44 = 0.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_e &= P_{fe} / P_{qm} \\ &= 200 / 276.47 = 0.72 \\ \Delta u \% &= [(X_{dm} \times 100) / (X_{dm} + X_e)] \% \\ &= [(0.22 \times 100) / (0.22 + 0.72)] \% \\ &= 23 \% > 20 \% \end{aligned}$$

选择  $P_{fe} = 200 \text{ kW}$  的柴油发电机组不满足起动时的瞬时压降要求（采用国外组装设备时可以）。

故确定  $P_{fe} = 250 \text{ kW}$ ，则

$$\begin{aligned} X_e &= 250 / 276.47 = 0.9 \\ \Delta u \% &= [(0.22 \times 100) / (0.22 + 0.9)] \% \\ &= 19.6 \% < 20 \% \end{aligned}$$

满足要求。

最后，确定柴油发电机组容量

$$P_{fe} = 250 \text{ kW}$$

$$S_{fe} = 312.5 \text{ KVA}$$

### 6.5 确定柴油机的容量

$$P_c > P_{qm} \times (1/K_{cy}) \times (1/\eta_{cy}) \times C$$

$$=276.47 \times (1/1.1) \times (1/0.95) \times 1$$
  
$$=264.56 \text{Kw}$$

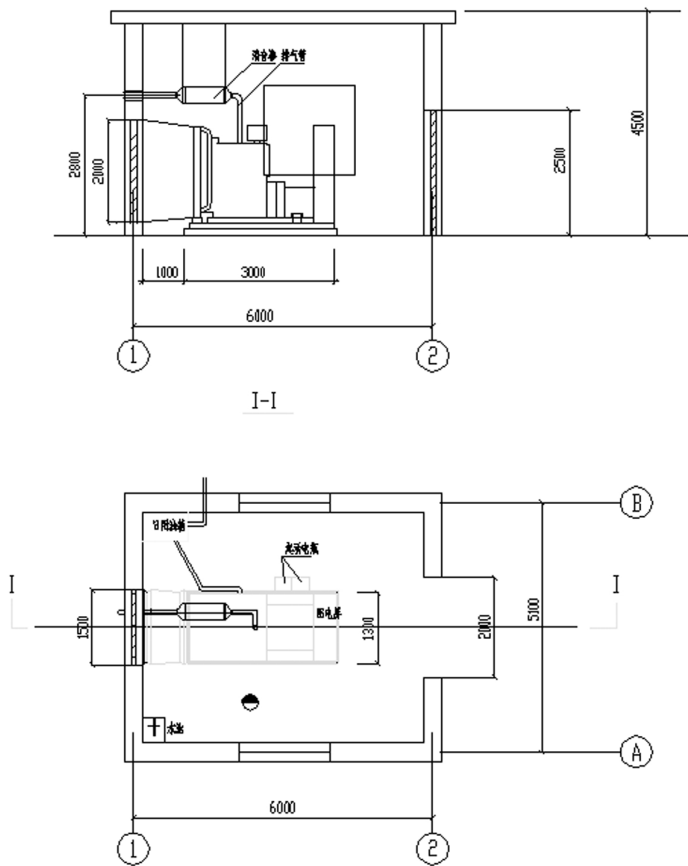
选择 Pcy=275kw  
满足要求。

6.6 根据计算选择柴油发电机组布置平面图  
初步确定两种机组。一种是法国 SDMO 集团产  
品 GS300S;一种为国内红岩机械厂产品 300GF2。  
两种机组性能比较见下表。

| 机组型号   | 重量<br>Kg | 外形尺寸<br>长 X 宽 X 高 | 耗油量<br>g/kwh | 转速<br>r/min | 起动方式   | 价格<br>万元 | 房间尺寸<br>长 X 宽 X 高 |
|--------|----------|-------------------|--------------|-------------|--------|----------|-------------------|
| GS300S | 2570     | 2825X1281X1883    | 200          | 1500        | 电起动    | 38       | 6X5.1X4.5         |
| 300GF2 | 6960     | 4080X1160X2432    | 216          | 600         | 压缩空气启动 | 30       | 9.6X6X4.5         |

经过经济技术比较选择 GS300S 机组。 机房平剖面见图 2。

结论  
根据以上论述,柴油发电机组在汽车工厂作为  
应急电源是较适用的。按照稳态负荷,尖峰负荷,瞬  
时压降来选择机组是较科学的。



- 说明:
- 1. 该机组为SDMO型柴油发电机组,型号为GS300S 300kVA,261kW.
  - 2. 柴油为瑞典的VOLVO机组,发电机为该公司自己生产的,转速1500转/分.
  - 3. 该机组外形尺寸:2825X1281X1883,重量为2570kg.
  - 4. 机底油箱装油165L,该机组耗油63升/小时.
  - 5. 该机组发电机采用无刷励磁自动励磁机组,整体风冷式,电启动.

图 2 机房布置图

# 涂装线节能技术的推广应用

马汝成 崔 宏

**摘要** 本文通过讨论国内外涂装线的节能技术实际应用的进展,对国内涂装线的工艺设计、涂装设备及土建公用设施等方面的节能技术推广应用进行了论述。

**关键词** 涂装线 节能技术 推广应用

随着我国轿车需求量的不断增长,生产企业也随之在不断的改造和新建生产线。汽车主要生产车间之一涂装线是耗能大户,涂装线节能技术的应用,可以为汽车制造企业提供非常可观的经济效益和社会效益。因此,全面推进汽车企业节能降耗,推广应用涂装节能技术完全符合国内汽车产业发展的整体要求。

## 1 涂装线节能的重要性

近十年来,节能是世界发展的主题,世界各国汽车制造企业在节能方面投入了大量资金。特别是涂装生产耗能占整车生产企业总耗能 50%以上,其能耗大小直接影响整个企业的能耗量及生产成本。针对涂装线的节能技术,研究人员始终在潜心研究,设法将研究成果投入应用,以达到节省世界能源的目的。

国内在涂装节能方面投资力度明显薄弱。目前,仅有某些合资企业在涂装线的节能方面投入较大,从而造成我国目前生产汽车的涂装线能耗居高不下。因此,针对我国汽车行业在节能技术应用方面还处于初始阶段,必须通过大力宣传和推广节能理念,引进、吸收、开发和应用涂装节能技术,降低涂装线的生产能耗,达到节能和为国家节省能源储备量。

## 2 国内外涂装线节能技术差距

### 2.1 国外状况

涂装装备制造技术欧美日处于领先水平,国际上生产成套汽车涂装装备,主要由德国杜尔和埃斯曼、日本大气社和帕卡以及英国海登和 ABB 等国际

涂装公司承担,其中德国制造技术水平最高。

节能技术已逐渐用于欧美日汽车企业的涂装生产线。目前国外最先进的节能型涂装线,可以节省能耗 25%左右。通过废气余热回收技术(喷漆系统排气热能回收、烘干系统烟气余热回收),喷漆系统空气循环利用技术等等,可使涂装线节能 10%~25%。例如:

①二次回收利用喷漆室排出的废气,可以减少送入的新鲜空气 10%以上,节省耗能约 10%;

②烘干室加热采用集中废气焚烧炉,排放温度在 160℃以下,比国内采用分散焚烧换热炉节能 20%以上。据介绍节能型烘干室烟气排放温度最低可达 120℃;

③厂房和设备利用循环风技术;

④利用热轮式换热器,回收喷漆室排出废气中的热量,冬季使喷漆室节能 60%以上。

### 2.2 国内状况

国内涂装装备制造技术始终是照搬和模仿国外。目前国内涂装装备制造的主要技术相当于上世纪 90 年代末或本世纪初的德国和日本涂装公司的水平,国内企业建设涂装线,采用国产化装备的水平基本上都在这一档次。究其原因,一方面国内技术创新能力不如国外,另一方面国外很多新技术具有专利,国内无法仿造。

国内目前采用节能技术的涂装线主要集中于合资企业,如:德国大众的合资工厂、日本丰田的合资工厂等。主要采用利用热轮式换热器回收喷漆余热,二次回收利用喷漆室排出的废气、利用循环风技术等。

### 2.3 国内外存在的差距

国内与国外比较存在的主要差距:

①国内自己建造的涂装线没有采用节能技术;

②没有采用二次回收利用喷漆室、烘干室排出废气的余热和喷漆室空气循环利用技术；

③烘干室加热主要采用分散焚烧换热炉，排放温度在 200~230℃以上，甚至更高；

④没有利用循环风技术；

⑤国外乘用车涂装生产线与国内同类涂装生产线比较，单车能耗相差约 0.0788t 标煤左右。例如：国产设备的涂装生产线单车能耗约 0.3117t 标煤，引进设备的涂装生产线单车能耗约 0.2329t 标煤，全部引进设备并且采用节能技术的涂装生产线单车能耗约 0.1943t 标煤，数据比较见图 1。

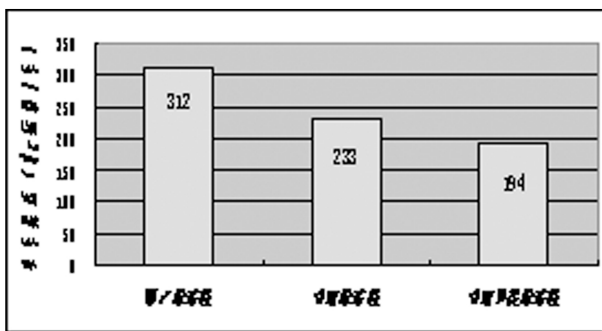


图 1 涂装线单车能耗比较图

### 3 涂装线节能技术应用情况

为了节省能源，国外汽车生产企业以及国内某些合资企业的涂装线正在逐渐应用节能技术，其中：涂装工艺设计正在逐渐朝着改进工艺或合并工序和选择节能设备的趋势发展。

#### 3.1 涂装工艺的改进

(1)采用中涂和面漆“湿碰湿”涂装工艺(3C1B)。3C1B 涂装工艺与传统工艺相比，减少了一台中涂烘干室和强冷室等，经验证明 3C1B 工艺较传统的“三涂层(3C2B)”涂装工艺节能约 20% 左右。这种涂装工艺已在轿车车身涂装工艺中成熟应用。

(2)国外汽车公司的涂装规划。

某公司 2010 年以后，涂装工艺整合成外部密封移至焊接车间，进入涂装线的工艺施工顺序为：采用新型的防腐膜工艺和烘干、水性中涂与基色漆与粉浆罩光涂料和烘干、自干型车底涂料和自干型内部密封胶。此工艺属于中涂和面漆“湿碰湿”涂装工艺(3C1B)。

目标是 VOC 排出量削减 87%，CO<sub>2</sub> 排出量削减 52%。废弃物减少 40%。此涂装工艺一旦实施节能显著，节省能源达 50% 以上，其工艺布置见图 2。



图 2 涂装规划示意图

(3)免中涂的新型“二涂层(2C1B)”涂装工艺的应用。选择满足耐候性、装饰性和耐紫外光照射要求的电泳和面漆涂料，“2C1B 工艺”比“3C2B 工艺”减少材料消耗 20% 以上，节省能源达 30%。国外已经在轿车涂装线上采用。国外某公司针对“2C1B”与“3C2B”涂装工艺能耗的比较见表 1。

表 1 2C1B 和 3C2B 不同工艺能耗比较表

| 项目         | 电泳底漆 | 中涂 | 面漆与 XCYB 对应上 |      | 涂料消耗量<br>(kg) | 生产能源消耗<br>(%) |
|------------|------|----|--------------|------|---------------|---------------|
|            |      |    | 底色漆          | 罩光清漆 |               |               |
| 工艺 1(2C1B) | CED  |    | 水性           | 溶剂   | 7.0           | 70            |
| 工艺 2(3C2B) | CED  | 水性 | 水性           | 双组份  | 9.0           | 100           |
| 工艺 3(3C2B) | CED  | 溶剂 | 水性           | 双组份  | 9.5           | 100           |
| 工艺 4(3C2B) | CED  | 水性 | 水性           | 单组份  | 9.5           | 102           |

#### 3.2 喷漆室和烘干室节能技术应用

(1)喷漆室的热能回收

将喷漆室的排气引入换热装置，由换热装置回收排气中的热能后再排放，回收的热能用于加热空调机从室外吸入的冷空气，然后再经空调机过滤、调温(调湿)送入喷漆室。

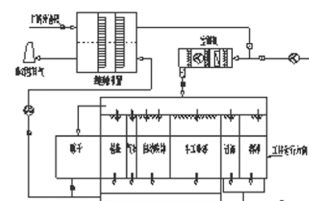


图 3 喷漆室的热能回收示意图



## (2)喷漆室的循环空气利用

由喷漆室排出的空气中回收部分空气,经过滤和除漆、除溶剂处理后,送回至喷漆室循环使用。

(3)利用外置式自动喷涂设备(自动喷涂机或喷漆机器人)减少喷漆室宽度。外置式自动喷涂设备使喷漆室内部宽度减为 3.8m 以内,可以减少喷漆室的供风量及能耗约 15%左右。

## (4)烘干室的热能回收

国外烘干室的废气处理装置主要应用回收式热力直接燃烧系统(TAR)或集中蓄热式热力直接燃烧系统(RTO)。两者在废气处理和热能利用方面,比国内普遍采用的分散式燃烧系统要好得多。

为了更好的利用烘干室废气高温余热,国外有的企业将涂装线的烘干废气进一步集中回收,最终使烘干室的烟气排放温度达到 120℃以下。

# 4 涂装节能技术的推广应用

我国汽车企业涂装线可在以下几方面推进节能措施的应用。

## 4.1 优化工艺布置

(1)可以采用分线布置工艺段的方法,降低运行成本。根据产量匹配,把面漆涂装线分成两条线设置,产量高时,同时开动;产量低时,仅开动一条涂装线。

(2)对于中涂和面漆喷漆线,在产量允许的情况下,可以采用中涂线和面漆线合并涂装的办法布置设备。只建一条面漆线,完成中涂和面漆涂装。

(3)根据涂装产品结构和选择合适的密封胶材料,取消车身胶烘干及强冷设备,粗略估算可降低涂装线全部烘干能耗的 15%左右。

(4)根据产品技术要求,合理采用新型的“2C1B”涂装工艺;或采用中涂和面漆“湿碰湿”喷涂的“3C1B”涂装工艺。

(5)研究开发适合密封胶、PVC 车底防护涂料、中涂漆、底色漆和罩光漆湿碰湿施工工艺和材料,然后采用一次烘干。此工艺可减少 2 台烘干室,仅烘干室节能就可以减少全部烘干能耗的 40%以上。

(6)通过工艺分区布置,在满足各区域不同的洁净度和温度要求下,调整厂房的送风量和冬季不同区域的温度,在保证通风要求的前提下,尽量减少厂房的通风换气量,节省厂房能耗。

(7)新型涂装工艺布置思路:把电泳和密封线与

中涂和面漆线分别布置在两个独立的厂房中,采用两个厂房平行式或垂直式布置。根据能耗和洁净不同要求分别考虑,更节省能源。

## 4.2 开发节能设备

### 4.2.1 前处理设备的节能措施

(1)采用低温前处理材料。用脱脂工序 40℃和锌盐磷化工序 35℃的前处理工艺替代中温的前处理工艺。

(2)采用短时间磷化处理工艺。缩短磷化处理时间。

(3)采用新开发的无磷酸盐环保型转化膜(氧化锆或硅烷技术)预处理工艺。减少表调和钝化等工序。

### 4.2.2 喷漆室的节能措施

(1)喷漆室采用部分排风二次循环利用。手工喷漆的排风二次循环应用到自动喷涂区、晾干区和烘干室的供风系统。减少新鲜空气量的用量及能耗。

(2)利用转轮全热式换热装置回收喷漆室排风中的热量或冷量以及含湿量,用于我国北方地区。

(3)设备设计应该考虑送排风量的控制。正常工作时,有工件连续通过送排风系统能够全量运行;间断工作或临时停车,无工件通过送排风系统能够部分运行。

(4)尽量缩小喷漆室内部空间,减少供风和排风量。计算下降风速时,选用规定的经验数据范围的下限值。

(5)利用外置式自动喷涂设备或壁挂式喷涂机器人,减少喷漆室宽度和操作空间。可以减少喷漆室约 15%左右的供风量及相应的能耗量。

### 4.2.3 烘干室的节能措施

(1)采用具有保温节能型结构的烘干室。减少烘干室进出口的热损失;废气燃烧综合处理,余热回收利用;控制烘干室内的溶剂浓度,减少排风量;在保证涂层质量的前提下,合理的缩短工艺时间等。

(2)重视烘干废气中的热量利用。烘干室排放的烟气(>200℃)与补充烘干室的新鲜空气进行热交换,使烟气温度降至 160℃或以下再排放,充分回收利用烟气中的余热。

烘干室的废气处理装置应选用集中供热的换热系统:蓄热式热力直接燃烧系统(RTO)或回收式热力直接燃烧系统(TAR)。使烟气温度达到 160℃以下。国内很多烘干室排放的烟气温度大于 200℃,应该充分回收利用烟气中的余热。

回收烟气中的余热可以采用下列方法：

①利用集中蓄热式热力直接燃烧系统(RTO)，使补充烘干室的新鲜空气先经过 RTO 排放的尾气(200℃左右)热交换后,再送到烘干室出入口。实现烟气热量回收,并能节省一套燃烧装置。

②收集烘干排放的尾气(200℃左右)经热交换,

使排放温度降至 120℃以下,余热用于加热热水。

③在烘干室的分散供热的换热系统中,将燃烧换热装置和废气焚烧换热装置排放的烟气收集通过新风换热装置对新鲜空气加热后排放。排放的烟气温度由原来的 200℃以上降至 160℃以下。烘干室烟气余热回收利用举例如下图。

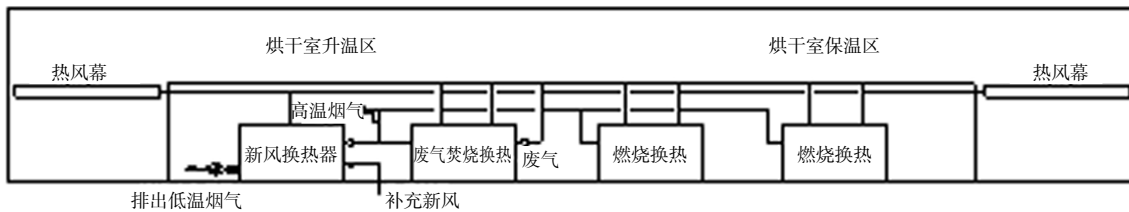


图4 烘干室烟气余热回收利用示意图

(3)选用双组份低温固化涂料替代高温烘烤型涂料。双组份低温固化涂料烘干温度一般在 90℃左右范围内。

(4)尽量采用低温热固型涂料。如:新型烘干温度较低的阴极电泳涂料。

(5)采用新型涂料及涂膜固化方法配套使用的新技术。如:UV(紫外线)固化涂料及 UV 固化法的应用。新开发的 UV 和热双固化罩光涂料。

#### 4.3 节水措施

充分节约和利用水资源。

(1)逆工序补给供水。对于脱脂和磷化以及电泳后的各个水洗工序段,采用逆工序向前面水洗槽溢流补水,至各个工序段第一水洗排放。

(2)脱脂和磷化工序的槽液补加水采用其后各自的清洗水补加,不直接添加自来水。

(3)水洗工序清洗水的再生循环利用。前处理最终循环纯水洗工序排水,经 RO 装置处理再生,用于新鲜纯水洗工序。电泳超滤液采用 ED-RO 技术。

(4)涂装线的纯水制备装置排出的浓缩水,用于补充喷漆室的循环水、厕所冲洗水使用等。

(5)前处理脱脂水洗槽的排水可用于喷漆室循环水的补充水使用。

#### 4.4 重视土建与公用设施

重视涂装线建设时土建和公用采用的节能设施非常必要,以此可以节省较大的公用设备的运行能耗。

##### 4.4.1 建筑节能应用

(1)厂房依据工艺设备布置需求,确定不同跨度、高度和结构形式,在满足工艺使用空间尽量减少各层楼板的支撑梁截面高度,力求简捷适用,合理使用土地,减少厂房总高度,注意节能效果。

(2)采用节能型建筑,在重视厂房洁净设施的同时,注意使用建筑节能材料,重视厂房四周墙壁和屋面的保温。例如:外墙采用砖墙外挂单层压型钢板中间夹超细玻璃棉毡,屋面采用轻型钢梁,轻质保温屋面板,提高厂房密封性和保温性。

(3)合理布置空调机房,有效的利用空间,减少厂房机械通风空间。

##### 4.4.2 公用节能应用

###### (1)暖通设施

1) 制冷机组设计时按照制冷机冬季不启动考虑,冬季直接使用冷却循环水为耗冷设备提供冷源,节省制冷机组运行能耗。

2) 车间采暖使用直接燃烧加热装置,燃烧器的控制系统可以根据车间的温度要求和室外的气温变化自动调节送风的空气温度,节省厂房采暖能耗。

3) 涂装线全封闭厂房为全空调供风方式,采用回风装置,节约能源。一、二班生产时,空调供风采用部分室外新风或部分厂房回风;停工或三班停产时,空调供风全部采用厂房回风。

###### (2)电气设施

1) 将变压器尽可能靠近负荷中心设置,降低运行中的低压损耗,节约电能。

2)细分照明回路的控制范围,按照区域布控,可根据使用需要开启或关闭照明灯,节约照明电能。

(3)动力设施

1)采用动能(天然气、蒸汽等)上班预热带热交换的涂装设备时,尽量延长预热时间,减少动能供应的最大负荷。

2)使用蒸汽热交换站提供热水供能时,设置凝结水回收系统。实践证明常规的汽车工厂同类系统可节约 20%左右的热量。

(4)水道设施

涂装线排放的污水,经过污水处理设置的中水回用系统,处理后达到中水用于厂区绿化、洗车、浇洒路面等用途。

4.5 加强生产管理

重视科学的生产管理,实现低能耗运行。建立科学的生产管理流程,理顺管理过程的每一个环节。通过对人员节能管理培训、控制设备的能耗启动时机、减少设备空运行、集中排产优化生产等达到降低能耗的目的。

集中排产优化生产:国内工厂根据市场情况,

在低产量生产时段,采用集中排产方式组织生产,实行停三开四或停四开三生产班制,全年实现节能 10%以上。

控制设备的能耗启动时机、减少设备空运行:对预热设备和不预热设备分时分别按需要开机启动;各种换热装置定期清理,保证换热效率。

高耗能设备的管理:增加设备动能计量仪表管理,及时开关控制动能耗量等。

5 结束语

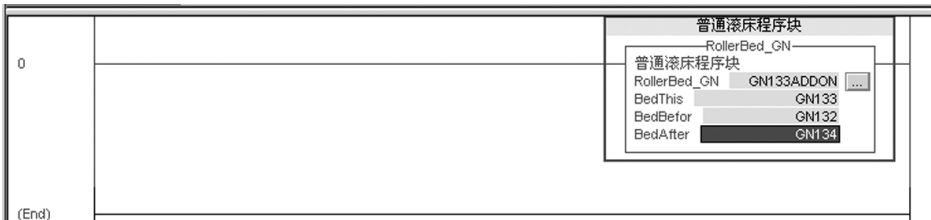
节能措施及设备的选择应该合适,对设备投资和运行费用进行综合比较。在实际设计中,高水平的节能措施和设备固然可以节省能耗,但是可能会带来设备投资较大。通过对节能措施和设备投资建设与节省的运行费用进行经济分析和综合对比,达到即能满足节能要求,合理投资,又能降低能耗,节省运行费用的目的。

只有结合建设企业的实际情况,时刻为企业节能降耗,降低成本和提高市场竞争力着想,才能促进我国涂装线节能技术的推广应用。

(上接第 26 页)

选中前面所建立的 UD\_INPUT 类型(GN132,GN134

同 GN133),则此子程序调用完毕。如下图:



如此,可以继续反复调用此子程序,以满足工作需要。

5 子程序的修改

当子程序建立完毕,并在实际工作中运行后,如果需要对子程序进行修改,首先应在编辑状态。(注,在在线状态如无法对子程序进行修改,如果需要修改,应先下线,在 Offline 状态下方能对子程序修改。)然后,在左侧对话框中双击需要修改的子程序块(Logic),方可对子程序进行修改。

6 结束语

本文提出的对于 A-B PLC 编程 Logix5000 子程序的方案,在实际应用中得到了大量尝试,并获取得了成功,彻底解决了目前传统的 A-B PLC 编程无法实现的程序编写的模块化、系统化、产业化的问题。极大的提高了 Logix5000 程序编写的效率与质量,提升了 A-B PLC 市场竞争力,方便了自动化程序员与使用者编写调试。其必将取代传统的编程方式而得到广泛的应用!

# 整车试验室

- A 整车性能试验区
- B 控制室
- C 中重型车高低温环境仓
- D 轻型车高低温环境仓

