

# 浅谈涂装车间节能降耗的几种方案

樊孝涛, 杨若愚, 闫伟, 张迎晖  
(中国联合工程有限公司, 杭州 310000)

**摘要:** 随着社会发展与科技进步, 节能降耗、降低碳排放等课题越来越受到全球高度关注。我国汽车及工程机械等行业在近十年来发展尤为迅速, 全国各地新建或改建大量制造基地来满足市场需求, 为了提高市场竞争力, 在保证产品质量及性能前提下, 节能降耗是一个降低成本、提高竞争力的有效途径。涂装车间能耗占总制造工艺的 60%~70%, 因此涂装车间的降本增效至关重要, 国内涂装行业设备厂商已相继提出了一系列的节能降耗相关课题, 本文着重从设备使用方面提出一些节能降耗的方案。

**关键词:** 涂装; 节能; 降耗

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)01-0049-04

## A Brief Discussion on Several Solutions for Energy Saving and Consumption Reduction in Painting Workshops

FAN Xiao-tao, YANG Ruo-yu, YAN Wei, ZHANG Ying-hui  
(China United Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310000, China)

**Abstract:** With the development of society and advances in technology, topics such as energy conservation, consumption reduction, and carbon emission reduction have drawn increasing global attention. In China, industries like automotive and construction machinery have experienced rapid growth over the past decade, with numerous new or renovated manufacturing bases established nationwide to meet market demands. To enhance market competitiveness, energy conservation and consumption reduction serve as effective approaches to cut costs and improve competitiveness while ensuring product quality and performance. As energy consumption in paint shops accounts for approximately 60%~70% of total manufacturing processes, cost reduction and efficiency improvement in paint shops are of utmost importance. Domestic equipment manufacturers in the coating industry have successively proposed a series of energy-saving and consumption-reduction related topics. This paper focuses on presenting energy-saving solutions from the perspective of equipment utilization.

**Key words:** painting; energy conservation; consumption reduction

### 0 引言

随着工业技术的飞速发展, 企业生产消耗的资源越来越多, 能源供应日趋紧张, 加之企业间的竞争越来越激烈, 能源消耗产生的污染对生活环境影响也越来越大, 企业节能降耗迫在眉睫。企业应通过各种方式

不断挖掘节能潜力, 实现资源利用的最大化和污染排放的最小化, 从而提高自身的竞争力。

无论是生产企业还是相关设备厂家, 都在规划和建设过程中把高效节能、低碳环保作为重要课题进行研究。涂装车间由于工艺的特殊性和设备的复杂性, 前期不少相关人员已经从工艺规划、设备性能等方面提出了不少节能降耗的方案, 例如, 采用常温或者低温脱脂磷化工艺、硅烷处理工艺、水性漆替代油性漆工艺、喷漆室采用循环风工艺、干式喷漆室替代湿式喷漆室

收稿日期: 2025-03-19

作者简介: 樊孝涛(1983—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装设备的设计及管理工作。E-mail: fanxiaotaofan@126.com。

工艺、循环风空调采用热泵供能原理、电泳后超滤采用EDRO 冲洗工艺、3C2B 改为 3C1B 或者 B1B2 工艺等。本文对以上节能措施不再做具体说明,重点根据现场使用过程从设备管理、设备程序优化等方面阐述几种有效的节能降耗方案。

## 1 优化干式喷漆室空调设置参数

### 1.1 喷漆室送排风原理(以某汽车生产基地为例)

喷漆室送排风原理如图 1 所示。

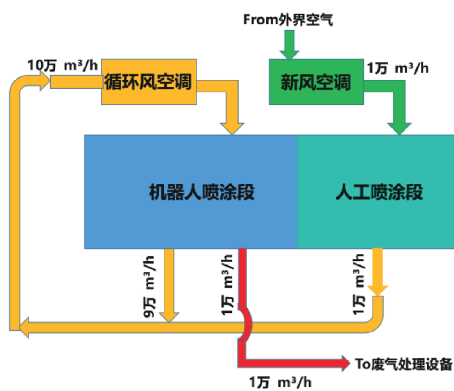


图 1 喷漆室送排风原理

说明:1)循环风空调风量 10 万  $\text{m}^3/\text{h}$ ,新风空调 1 万  $\text{m}^3/\text{h}$ ,分别送至自动段和人工段;2)人工段的排风全部回至循环风空调,自动段的排风 9 万  $\text{m}^3/\text{h}$  风量回循环风空调,1 万  $\text{m}^3/\text{h}$  风量经废气处理设备高温焚烧处理后高空排放。

### 1.2 优化前状况

优化前空调开机至温湿度达标时间轴:开机启动 $\rightarrow$ 30 min 后新风空调达标 $\rightarrow$ 80 min 后循环风空调达标。

优化前状况说明:1)空调开机 80 min 后方可正式生产,开机至温湿度达标尤其是循环风达标过程时间较长,能源全部浪费。2)正常生产过程中循环风空调温度会逐渐升高,需要依靠冷水不停降温。

### 1.3 优化前状况原因分析

1)循环风空调只具备微调温湿度能力,升温时无法自给自足,需要新风空调慢慢“输血”来完成,等待时间较长。

2)风管摩擦及风机转动会产生机械热。

### 1.4 优化改善对策

喷漆室工艺生产温度为 23  $^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 65%。

#### 1.4.1 方案 1:缩短开机等待时间

1)冬季模式下设备未达到工艺温湿度要求,新风空调设定值由 23  $^{\circ}\text{C}$  提高至 24  $^{\circ}\text{C}$ 。

2)夏季模式下设备未达到工艺温湿度要求,新风

空调设定值由 23  $^{\circ}\text{C}$  降低至 22  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 1.4.2 方案 2:降低运行能耗

设备达到工艺温湿度要求后新风空调设定值由 24  $^{\circ}\text{C}$  自动改至 22  $^{\circ}\text{C}$  (仅适用冬季)。

### 1.5 对策实施

#### 1.5.1 针对方案 1 实施措施

1)修改前程序设定:按照常规思路,当目标值为 23  $^{\circ}\text{C}$  时,设定值也为 23  $^{\circ}\text{C}$ 。

2)新增程序 1:所有新风空调温度均达到目标值之后,设定值比目标值高 1  $^{\circ}\text{C}$  的逻辑关系断开,转换为常规程序控制(设定值与目标值一致)。

3)新增程序 2:承接上一程序,只要所有循环风空调中有 1 台未达到设定值,新风空调设定温度始终比目标值高 1  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 1.5.2 针对方案 2 实施措施

新增程序 3:在所有循环风空调达到工艺要求的温湿度条件后,新风空调的设定温度由 24  $^{\circ}\text{C}$  (高于工艺参数 1  $^{\circ}\text{C}$ ) 自动改为 22  $^{\circ}\text{C}$  (低于工艺参数 1  $^{\circ}\text{C}$ )。该程序仅适用于冬季,其他季节控制信号为断开状态。

### 1.6 效果验证

优化后空调开机至温湿度达标时间轴:开机启动 $\rightarrow$ 30 min 后新风空调达标 $\rightarrow$ 50 min 后循环风空调达标。

效果说明:1)空调开机 50~60 min 后具备生产条件,每天缩短开机等待时间 30 min,节省大量设备空运转产生的能耗。2)新风空调设定值 23  $^{\circ}\text{C}$  时,循环风空调实际值在 23  $^{\circ}\text{C}$  上下波动。3)新风空调设定值为 22  $^{\circ}\text{C}$  时,循环风空调实际值仍在 23  $^{\circ}\text{C}$  上下波动。

结论:降低新风空调设定温度不影响循环风的温度,此时新风空调节省天然气,循环风空调节省冷水,具体节省量因各线体工艺参数而异。

## 2 工艺性空调机组增加节能模式

### 2.1 优化前状况(适用场景)

以某一乘用车涂装车间(3C2B 喷涂工艺,节拍 50 JPH)为例,整个车间共有 18 台空调机组给喷漆室、工作区及车间送风,其中工艺性空调送风机组为喷漆室及洁净间提供恒温恒湿(温度为 23  $^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 65%)空气。喷漆室空调总风量 85 万  $\text{m}^3/\text{h}$ ,洁净间空调风量 6.5 万  $\text{m}^3/\text{h}$ 。每周设备停产间隙保洁维护、设备检修及工艺调试时,都需要开启部分空调以满足相关要求。由于有时候不需要必须达到控温和控湿的条件,可以增加不控温、不控湿或既不控温也不控湿的控制方式以满足以上工作的需求。

### 2.2 对策实施

可通过修改空调机组程序,HMI 界面新增节能按

钮。在不需控温、控湿时,使空调机组只开启通风功能,是否控温或控湿可根据实际情况手动选择,关闭加热、降温、除湿等功能,大大降低了非生产期间的燃气、冷水、热水能耗。

### 2.3 效果验证

经过一段时间的连续运行和数据记录,每周非生产期间依靠此措施能耗降低约 2 000 kW·h,全年可省电 100 000 kW·h。

## 3 烘干炉加热单元增加低温节能模式

### 3.1 优化前状况(适用场景)

不同的涂装车间根据生产工艺会涉及电泳、密封胶、中涂及面漆烘干炉中的部分或者全部烘干炉对工件的油漆或密封胶进行烘烤固化。当烘干炉前、后工序设备故障停线且短时间无法恢复正常运行或者因为前工序空位又无法判断停线时间时,烘干炉又不能轻易关机(关机后再开机,燃烧机点火及炉子重新升温需要较长时间),烘干炉会一直处于空炉加热状态,这个时候烘干炉内的温度会相对较高,此时会浪费较大能源,同时也会影响设备寿命。

### 3.2 对策实施

通过修改程序和优化中控 HMI 画面,烘干空炉状态时,点击烘干炉 HMI 界面上的“低温节能模式”按钮,加热单元供热的设定温度会由原来的生产模式温度降到较低的设定温度,设定温度可以根据实际情况调整。

### 3.3 效果验证

以某一汽车涂装生产车间为例,改为低温节能模式后电泳烘干加热单元天然气流量由原来的 128 m<sup>3</sup>/h 降至 91 m<sup>3</sup>/h;密封胶烘干加热单元天然气流量由原来的 149 m<sup>3</sup>/h 降至 115 m<sup>3</sup>/h;面漆烘干加热单元天然气流量由原来的 104 m<sup>3</sup>/h 降至 78 m<sup>3</sup>/h。具体能源节省量的大小取决于相应的产线工艺参数。

## 4 烘干炉增加快速降温节能模式

### 4.1 优化前状况(适用场景)

正常生产情况下,密封胶、中涂及面漆烘干炉炉温参数一般在 140~160 ℃之间,电泳烘干炉温度一般在 180~195 ℃之间,每天生产结束启动关机按钮后,为了防止因烘干炉内部温度不均衡而导致设备损坏,设备控制程序会把所有循环风机的停机条件与烘干炉内实际温度设置连锁,即只有烘干炉内部温度降至 80 ℃以下时,循环风机方停止运行,根据目前传统烘干炉的设计结构,烘干炉降温仅靠室体的进出口补新风慢慢换热降温,从启动关机按钮到循环风机停机,会持续 4~5 h,在此过程中,纯属造成循环风机的电能浪费,同时也会影响设备寿命。

### 4.2 对策实施

根据烘干炉长度增加一定数量的新风口,新风口设置过滤及电动开关阀,此电动阀与总程序连锁,在正常生产情况下,此电动阀关闭,一旦接收到关机信号后,电动阀自动打开,大量为烘干室内部补新风,加大烘干室降温速度,从而减少循环风机的开机时间,进而节省能耗。

### 4.3 效果验证

以某一汽车涂装生产车间为例,增加新风口后降温时间由原来的 5 h,缩短至 2 h,大大降低循环风机的能耗。

## 5 烘干炉排废气风机增加自动启停模式

### 5.1 优化前状况(适用场景)

传统的设备控制逻辑是一旦烘干炉开机,所有的循环风机及排废气风机均按照事先设定顺序全部启动。另外,在生产过程中,无论是有无工件经过烘干炉,排废气风机均正常排风(见图 2),在无工件通过烘干炉时,里面空气 VOC 含量不会增加,此时排出去的高温热气白白浪费能源,造成不必要的损失。

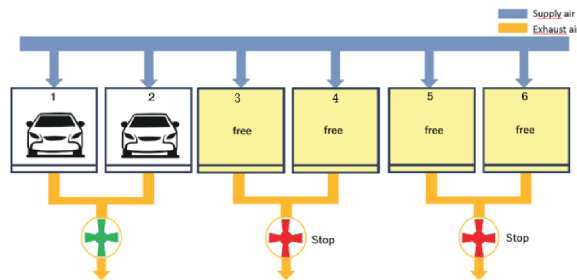


图 2 排废风机优化前控制示意

### 5.2 对策实施

烘干炉排废气风机的启停与烘干室内部是否有工件增加连锁,在无工件情况下,自动关闭排废气风机,如果有工件进入,排废气风机自动开启(见图 3),从而起到节省能耗的作用。

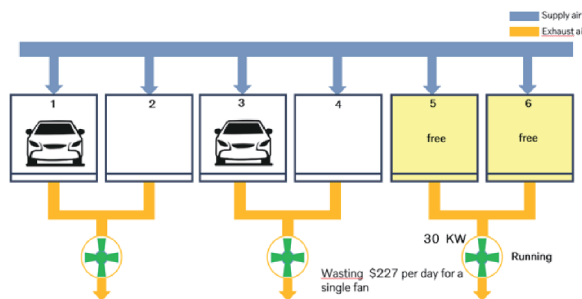


图 3 排废风机优化后控制示意

### 5.3 效果验证

以某一汽车涂装生产车间为例,烘干炉排废气风机功率为 30 kW,根据烘干炉空线实际统计,每年节省电能大约 8 000 kW·h,另外,由于排废气风机关闭减少的热空气排放而节省的烘干炉天然气量尚未在统计范围之内。

## 6 电泳循环水泵非生产期间降低频率节能模式

### 6.1 优化前状况(适用场景)

涂装车间阴极电泳工艺使白车身形成电泳防腐涂层。电泳槽中的电泳漆更换一次价格昂贵。实际使用时需要电泳循环水泵每天不间断循环搅拌,从而避免电泳漆出现凝固结渣的现象,以保证车身漆面质量。以某一汽车涂装生产车间为例,车间配置有 4 台 45 kW 的电泳循环泵以实现 4~6 次/h 的循环率。此时电泳水泵全天不间断高频运行,造成能源浪费,同时也减少设备寿命。

### 6.2 对策实施

通过优化电机 PLC 控制程序,对 4 台电泳循环泵进行降频控制,生产期间采用高频率(50 Hz)运行,非生产期间降低至相对低频率(40 Hz)运行。通过现场 HMI 画面目视化,实现参数在线修改功能。

### 6.3 效果验证

经过连续半年的观察验证,最终实现非生产期间按 40 Hz 运行且不影响电泳漆品质的目的。非生产期间每小时电耗由 180 kW 下降至 144 kW。全年累计节省电能 23.7 万 kW·h,按电费单价 0.74 元/(kW·h)计算,全年累计节省 17.5 万元。

## 7 调漆间空调夏季非生产期间停供热水

### 7.1 优化前状况(适用场景)

以某一汽车涂装生产车间为例,涂装车间调漆间空调设备,风量总计 7.2 万 m<sup>3</sup>/h,设备为全天 24 h 连续运转,按照油漆存储的工艺要求,当前的调漆间空调的温湿度在非生产期间存在冗余浪费;考虑在非生产期间是否可采取只控温不控湿的办法(需工艺验证)来达到油漆存储的工艺要求,既满足油漆存储需求又达到“消灭”热水能耗的目的。

### 7.2 对策实施

由此汽车厂涂装车间设备工程师编辑程序,在中控画面上增加手动开启调漆间空调节能模式,实现调漆间空调只控温不控湿的目的。

计划手动验证持续 1 周,每天在生产结束后,由值班人员手动开启上述节能模式,并每 2 h 查看罐体内壁,罐体无冷凝水出现,在生产开启前的 7:00 再切换回非节能模式;经由技术工艺部门判定油漆状态为合格,此方案确定验证成功。

最后由设备工程师编辑程序,实现非生产期间自动开启空调的节能模式(只控温不控湿),通知公用动力部门在生产结束后,关闭热水供应,由值班人员巡检确认是否开启该功能。

### 7.3 效果验证

经过 2 个月的测试和监控,该节能模式稳定,也不会引起工艺相关问题。此方案整体节能总结如下:

1)非生产时间装备工程部可直接停供热水。在控温控湿条件下,必须通过热水来调湿度,所以热水需全天 24 h 供应,改善实施之后不再用热水。

2)节省冷水用量。在控温控湿条件下,必须把外界空气通过冷水降温至需求温湿度的漏点温度(比如需求温度为 23℃,相对湿度 65%,需把外界空气降温至 16℃左右),而后再通过热水加热至需求温度。

总结:夏季模式按照 6~9 月共计 4 个月计算,生产日为 22×4=88 d,生产日按照 10 h/d 计算;非生产日为 8×4=32 d,每天按照 24 h 计算。全年共计节约热水 26 万元,节约冷水 15 万元,共计节省 41 万元。

## 8 结语

本文所提到的几种节能措施均为本人结合生产现场实际情况,在不改变设备原有主体结构或者改动量不大的前提下,以完善优化控制程序为主做出的改善措施,达到了“花小钱办大事”,甚至是“不花钱也办事”的效果。

涂装设备生产线耗能比较大,生产线比较复杂,因此节能降耗突破口也非常多,希望后期会有更多的专业人士找到更多、更有效的节能降耗措施。

### 参考文献:

- [1] 龚淑娟,刘凯冬.涂装车间系统化节能减排的探索与实践[J].汽车制造业,2023(4):39-41.
- [2] 涂欢.汽车涂装设备节能降耗技术运用研究[J].汽车知识,2025(1):111-113.
- [3] 黄鹏,尚龙飞,刘天力,等.汽车涂装烘干和 RTO 系统节能方案的设计与应用[J].工业炉,2024(6):32-36.
- [4] 桂海龙,王亮,李浩伟,等.汽车涂装烘干设备节能减排对策分析[J].汽车测试报告,2024(7):158-160.
- [5] 王锡春.涂装车间设计手册[M].3 版.北京:化学工业出版社,2019.

