

浅谈涂装车间烘干炉节能型风幕系统

王叶通, 杨瑞康, 朱竑鑫, 刘 阳
(迈赫机器人自动化股份有限公司, 山东 潍坊 262200)

摘要: 主要讨论了在汽车涂装生产线中烘干炉常用的风幕系统原理及结构, 并通过实际项目案例对烘干炉风幕系统的原理和结构进行改进和创新, 实现烘干炉进、出口风幕温度可以各自调整, 分别控制的效果。跟踪并记录风幕系统在运行过程中的能耗和维护成本, 发现经过改进后的风幕系统能显著降低烘干设备的运行成本, 实现烘干炉更加节能的目标。

关键词: 烘干炉; 风幕系统; 能耗; 节能

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)08-0047-03

Brief Discussion on Energy-saving Air Curtain Systems for Paint Drying Ovens in Painting Workshop

WANG Ye-tong, YANG Rui-kang, ZHU Hong-xin, LIU Yang
(MH Robot & Automation Co., Ltd., Weifang 262200, Shandong, China)

Abstract: This article primarily discusses the principles and structures of air curtain systems commonly used in the drying ovens of automotive painting production lines. Through practical project cases, improvements and innovations are made to the principles and structures of the air curtain system in the drying oven, achieving the separate adjustment and control of the inlet and outlet air curtain temperatures. The energy consumption and maintenance costs of the air curtain system during operation are tracked and recorded, revealing that the improved air curtain system can significantly reduce the operating costs of the drying equipment, thereby achieving the goal of a more energy-efficient drying oven.

Key words: drying oven; air curtain system; energy consumption; energy-saving

0 引言

在涂装生产中, 汽车制造企业一直致力于采用节能降耗和低碳环保的绿色涂装技术。在汽车制造厂区内, 涂装车间是能源消耗较多的部门, 而其中最大的能源消耗来自于烘干炉, 包括用电功率和天然气耗能等。因此, 在烘干炉运行过程中降低能源消耗, 对于降低单台车身的生产成本以及整个汽车生产线成本都至关重要。

烘干炉是汽车涂装生产线中的一个关键设备, 用于固化车身表面涂料。它主要由保温室体及内部风箱、循环供热系统、风幕系统、废气处理系统和快速冷却系

统组成。本文将重点讨论有关风幕系统的能源消耗降低措施。

在设计直通式烘干炉时, 为了防止热气外溢和减少不必要的热量损失, 通常会在烘干炉的进口和出口处设置风幕段, 也称为气封段。风幕段优先考虑采用加热后的新鲜空气作为风幕的来源。这样设计的目的是防止进口和出口处发生冷凝现象, 导致含VOC的热空气产生冷凝油, 并滴落在车身表面, 从而使车身受到污染。此外, 加热后的新鲜空气也可以起到对车身进行预热和保温的作用。

本文将列举不同风幕系统方案, 介绍其原理和优缺点, 对比分析能源消耗。

1 相关项目案例

本文结合实际项目设计案例, 对烘干炉风幕系统的补充新鲜风原理及结构进行分析, 以确保改进后补

收稿日期: 2023-07-03

作者简介: 王叶通(1989—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂装行业设计工作。E-mail: hzxywyt@163.com。

新鲜风效果满足设计需求,并达到降低能耗的目的。

1.1 项目概况

某汽车二期基建技改涂装生产线主要工艺流程见图 1。

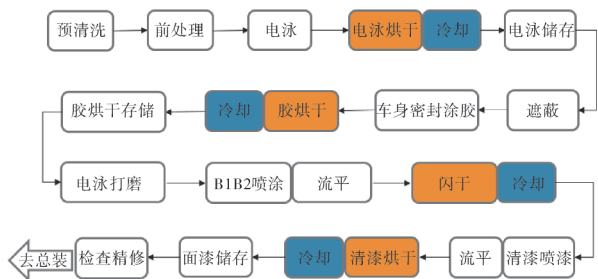


图 1 技改涂装生产线工艺流程

本生产线参数如下:1)产能 120 000 台;2)工作制度,全年工作 250 d,采用双班制生产,每班工作 8 h;3)设备综合利用率 90%;4)设计生产节拍,前处理电泳段 21 JPH,喷漆段 30 JPH;5)前处理电泳设备开动率 $\geq 90\%$;6)面漆设备开动率 $\geq 93\%$ 。

在本项目中,涉及到多种不同种类的烘干炉,包括电泳烘干炉及强冷室、胶烘干炉及强冷室、热闪干炉及强冷室、清漆烘干炉及强冷室。每个烘干炉的进口和出口均设置了风幕系统。在设计过程中,选择适合的风幕系统对于设计者的能力是一个重要考验。因为不同的风幕系统与烘干炉能否达到工艺温度、烘干炉进出口是否有热气外溢、烘干炉进出口是否会产生凝油等问题息息相关。此外,烘干炉的风幕系统在能源消耗方面也需要充分考虑,如电力和天然气的消耗量,在烘干炉整体能耗中占据了相当大的比例。因此,降低烘干炉风幕系统的能源消耗和运行成本变得至关重要。

以下以电泳烘干炉设计为例进行方案设计。工艺要求烘干温度为 180 ℃,烘干时间为 40 min(其中要求 6 min 升温至 100 ℃,之后保温 6 min,然后 8 min 升温至 180 ℃,最好保温 20 min)。烘干炉采用直通式炉体,输送方式为过渡滚床和双链,生产节拍为 21 JPH。工件的最大外形尺寸(开门)为 6 100 mm \times 2 400 mm \times 2 400 mm,节距为 6 600 mm,对应的机械化输送链速为 2.31 m/min。根据工艺图布局,进口和出口的风幕段长度均设定为 6 500 mm,并要求新风加热后的温度可调节。

首先,计算烘干炉需要排出的废气量和需要补充的新鲜空气量。根据烘干炉内溶剂挥发蒸汽浓度低于爆炸极限下限值的 25%的要求,计算出电泳烘干炉在标准条件下的排废气量为 11 000 Nm³/h(工作温度为

180 ℃)。为保持烘干炉处于微负压状态(进口和出口各补充 500 Nm³/h 的新鲜空气),最终确定烘干炉需补充新鲜空气量为 10 000 Nm³/h。

其次,根据烘干炉各区域的工艺时间要求,对烘干炉的有效段长度、加热量和循环风量等进行详细分配。电泳烘干炉的分段主要包括入口气封段、有效加热段和出口气封段。其中,有效加热段分为升温区和保温区,通过热量和循环风量的计算,升温区采用 3 台独立供热装置进行加热,保温区采用 2 台独立供热装置进行加热。

最后,需要对各个加热段的温度进行设定。为确保车身烘干质量(一般前 6 min 内车身升温不超过 100 ℃)并节约能源,升温区将采用阶梯式升温方式,即升温一区将工件加热至 100 ℃,升温二区将工件加热至 140 ℃,升温三区将工件加热至 180 ℃。而烘干炉补充新鲜风加热后的温度一般控制在 180 ℃。接下来将介绍两种常用的补充新鲜空气方案。

1.2 常规风幕系统方案

第一种风幕系统方案:采用一台负压型的新风供热装置对新鲜空气进行加热,具体工作原理见图 2。

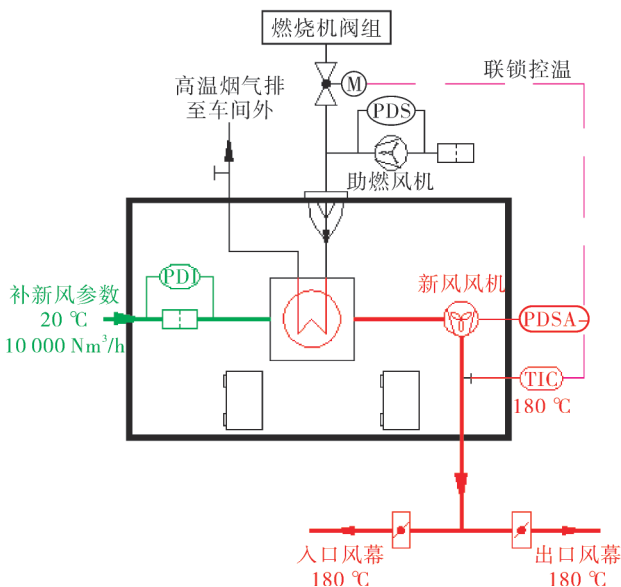


图 2 常规烘干炉风幕系统原理

这种风幕系统的新风供热装置通常是负压型的,其工作原理类似于烘干炉的加热装置。其主要特点为:

- 1) 新风风机位于加热段之后,整个装置处于负压状态,不会出现热气从检修门缝隙处外溢的情况。
- 2) 在设计时,通常会选择耐高温插入式离心风机作为新风风机,并根据工作条件(如电泳烘干时的 180 ℃)来确定风机的风量、风压和功率等主要参数。
- 3) 所使用的过滤器耗材必须是耐高温的盒式或箱

式过滤器,其价格贵并且更换周期短。

4)这种新风供热装置加热后的进口和出口的风幕温度是相同的,无法实现独立控制。

1.3 改进后节能型风幕系统方案

通过分析第一种风幕系统方案,我们发现存在以下缺点。

1)设备维护及保养频繁:新风风机采用耐高温嵌入式离心风机,需要频繁对风机轴承、皮带等进行维护保养。

2)温度无法各自控制:新风供热装置加热后的进口和出口风幕温度相同,不能满足进口风幕温度低、出口风幕温度高的需求。

3)烘干入口热气外溢严重:加热后的高温新鲜空气(180℃)分两路进入烘干炉入口风幕段和出口风幕段,其中入口风幕段的温度(180℃)远高于相邻升温一区的烘干温度(100℃),会出现门洞处及门洞外部的封闭间温度超温现象,热气外溢特别明显,从而造成大量热量损失和能源浪费。

为解决上述问题,我们提出了第二种节能型风幕系统方案,具体工作原理见图3。

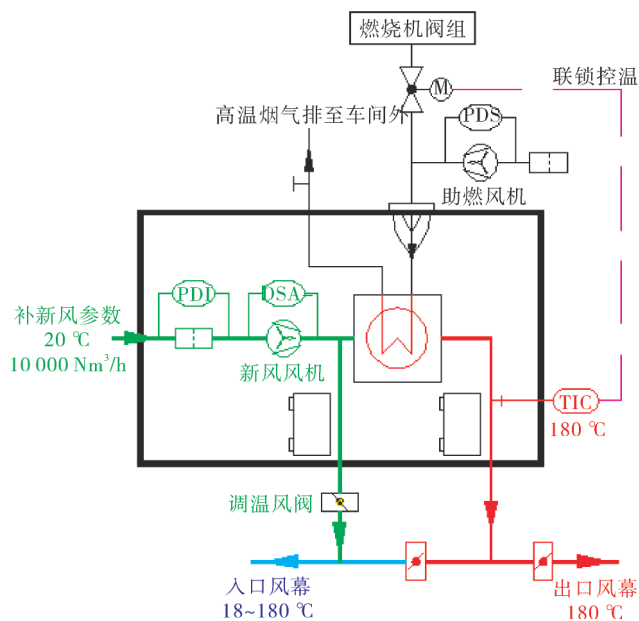


图3 改进后节能型风幕系统原理

该方案针对上述缺点进行了优化与改进,以实现更好的节能效果。我们对新风供热装置进行了创新,设计了如下方案:

1)风幕系统采用正压型新风供热装置加热,过滤段、送风段、加热段和混风系统被集成为一个紧凑的设计,占用空间小。

2)新风风机置于加热段前端,采用常温插入式离

心风机或双吸式离心风机。

3)设置旁路风管系统及手动调节风阀,简单地满足了烘干室进口和出口风幕段温度要求不一致的要求,达到降低天然气耗能目的。

4)新风风机工况风量不一样,其选型比负压型装置要偏小,从而降低新风风机的用电功率。

5)过滤器可选用袋式过滤器,价格便宜。

2 能耗对比分析

通过在项目现场的持续跟踪,记录并分析电泳烘干炉风幕系统中补新风供热装置的运行能耗和保养记录,其能耗对比和维护保养见表1~2。

表1 电泳烘干炉补新风装置能耗对比

项目	用电功率/kW	天然气平均耗量/(Nm ³ ·h ⁻¹)
常规烘干炉	11.0	60.2
改进后节能型烘干炉	7.5	40.2
能耗差值	3.5	20.0

表2 电泳烘干炉补新风装置维护保养

项目	风机维护保养频率	过滤器更换频率
常规烘干炉	风机轴承每半个月加1次高温润滑油;电机轴承每3个月加1次高温润滑油	每3个月左右更换1次高温过滤器(6个)
改进后节能型烘干炉	风机轴承每3个月加1次润滑油;电机轴承每6个月加1次高温润滑油	每5个月左右更换1次袋式过滤器(4个)

经过分析表1,可以比较不同风幕系统在能耗方面的差异。假设烘干炉全年工作4000h(全年工作250d,两班制生产,每班8h),采用天然气作为供热源,其热值为34325kJ/Nm³,单价按照4.2元/Nm³计算,而电费价格为0.8元/(kW·h)。通过对比计算,发现仅电泳烘干炉的风幕系统每年可以节省347200元。改进后的风幕系统整体能耗更低,更加节能。

经过分析表2,我们可以看到改进后的节能型烘干炉补新风离心风机轴承维护保养频率远低于常规烘干炉,而过滤器更换周期也明显减少。相应地,改进后的风幕系统在运行维护成本方面也得到了一定的改善,工厂所投入的成本也较低。

总的来说,烘干炉风幕系统中新风风机的位置非常重要。不同的位置选择以及通过原理和结构的改进,会使风幕系统实现不同的功能。为了选择合适的风幕系统方案,设计者应该综合考虑和多方面分析,以实现烘干炉风幕系统在温度效果和能耗上的最优化。对于其他烘干炉如胶烘干炉、清漆烘干炉等,也可以参照电泳烘干原理进行改进设计,从而实现(下转第53页)