

水性涂料自动化静电喷涂在车辆表面喷涂中的应用

方振卫 戴惠新 薛海峰

(中车南京浦镇车辆有限公司技术工程部, 210031, 南京//第一作者, 工程师)

摘要 针对水性涂料自动化静电喷涂工艺在城市轨道交通车辆表面喷涂中的应用问题, 根据实际经验与试验数据对应用过程及结果进行了分析, 提出了水性涂料自动化静电喷涂的特性及其发展前景。

关键词 轨道交通车辆; 静电喷涂; 自动化喷涂; 水性涂料
中图分类号 U270.6*5

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.04.031

Application of Rail Vehicle Waterborne Coating with Unmanned Electrostatic Spraying

FANG Zhenwei, DAI Huixin, XUE Haifeng

Abstract In this paper, the application of unmanned spraying process for the waterborne coating on urban rail transit vehicles is studied. The application process and results are analyzed according to the experiences and test data, the characteristics of waterborne coating automatic electrostatic spraying and the good development prospect are discussed.

Key words rail transit vehicle; electrostatic spraying; automatic spraying; waterborne coating

Author's address CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China

轨道交通车辆表面涂装时, 需喷涂底漆、中涂漆和面漆, 其中底漆采用环氧涂料, 中涂漆和面漆采用聚氨酯涂料。目前, 现场喷涂作业基本上是采用人工作业, 由于油漆漆雾较大, 故对喷涂人员的健康危害非常大, 且油漆浪费严重。此外, 喷房维护间隔较短, 耗材浪费严重, 挥发性有机化合物(VOCs)排放处理量大, 环保压力非常大。

使用水性涂料无人静电喷涂工艺, 并研发门式自动喷涂系统, 可以实现轨道交通车辆喷涂作业的自动化与无人化, 提升生产作业的自动化与智能化水平。采用静电喷涂, 可增加涂料附着率, 改善喷涂操作环境, 提高职业健康水平, 使涂料消耗量下降约20%。采用水性涂料, 可减少VOCs排放, 满足日益严格的环保要求。因此, 为了提高轨道交通车

辆涂装生产的环保性, 提高操作人员的职业健康水平, 提升产品质量, 需要进行轨道交通车辆表面涂装的无人静电喷涂工艺研究。

1 无人静电喷涂工艺

1.1 工艺优点

喷涂作业的自动化与智能化: 原先人工喷涂的工作将由机器代替, 降低喷涂作业人员的劳动强度, 解放劳动力, 提升轨道交通车辆喷涂作业的无人化与智能化水平。

满足环保要求: 水性涂料静电喷涂工艺能增加涂料的附着率, 减少作业场地漆雾飞散, 改善操作环境, 减少VOCs排放, 满足日益严格的环保要求, 减少对环境的危害, 提升员工的职业健康水平。

提高涂层质量: 静电喷涂可使涂膜更加均匀, 机器自动喷涂, 按设计程序自动运行, 不会有人工喷涂的随意性, 不会造成漏喷, 过喷现象, 漆膜易于流平, 桔皮明显减轻, 漆膜更加平整, 漆膜的鲜映性和光泽度明显提高。

节省涂料: 采用水性无人静电喷涂工艺, 油漆材料电极与接地车体产生静电场, 可提高传导效率, 传感器可自动侦测门窗缺口, 控制喷枪自动启停, 减少空喷现象。

提高喷涂效率: 门式自动喷涂, 三面3把枪同时连续作业, 一次喷涂成型, 大大提高了喷涂作业效率, 缩短了车厢整体喷涂时间。

1.2 可行性分析

水性涂料自动化静电喷涂工艺在轨道交通车辆表面涂装中的应用, 其可行性分析如下:

1) 水性涂料满足静电喷涂中对涂料导电性的要求, 因此是可以采用静电喷涂的;

2) 由于车辆形状规则, 门窗多且排列整齐, 容易实现自动侦测门窗, 减少空喷, 因此, 是非常合适自动化喷涂工艺的, 该工艺也比机器人喷涂效率

高,且投资少;

3) 现有喷漆房改造后,用于自动化的无人静电喷涂工艺是完全可行的。

2 技术适用性分析

2.1 喷漆房与车辆尺寸要求

城市轨道交通车辆采用水性涂料无人静电喷涂工艺对喷漆房与车辆尺寸有一定的要求。喷漆房内部尺寸要求为: $30\,000\text{ mm}(L) \times 6\,500\text{ mm}(W) \times 6\,000\text{ mm}(H)$; 车辆最大外形尺寸为: $22\,600\text{ mm}(L) \times 3\,080\text{ mm}(W) \times 2\,940\text{ mm}(H)$ 。

2.2 喷涂工艺要求

通常底漆、中涂要求喷涂后的干膜平均厚度达到 $50\text{ }\mu\text{m}$, 喷涂 2 遍, 每遍间隔 15 min 。

2.3 龙门自动喷涂装备的适用性

由于车辆外形较为规则, 则利用龙门自动喷漆装备可实现车顶面与侧面的自动化喷漆。如果喷枪能保持匀速运动且速度匹配合理, 可使得喷涂膜厚更加均匀, 喷涂质量较高。此外, 如果采用喷枪自动启停技术, 可使涂料消耗量下降 $15\% \sim 20\%$ 。

2.4 静电喷涂技术的适用性

“静电喷涂”是指利用电场将雾化的涂料粒子吸引到目标体上(喷涂对象)的喷涂工艺。在普通的静电场中, 电荷被转移到涂料粒子上, 同时将目标体接地以形成电场。由于正负电荷的吸引力, 带电的涂料粒子在电场中被吸引到接地的目标体表面从而完成喷涂。

静电喷涂提高了喷涂设备的传递效率。传递效率的提高是因为静电场使得涂料粒子克服了其他力, 如雾化材料偏离预定目标体的冲力和气流力等。静电方法节省了涂料、时间和劳动力。图 1 为人工静电喷涂现场, 图 2 为自动化静电喷涂现场。



图 1 人工静电喷涂现场



图 2 自动化静电喷涂现场

与非静电的喷涂工艺相比, 静电喷涂器可有效地减少过度喷涂, 相同涂层只需较小的流率, 因此可提高喷涂效率和减少涂料消耗。这种方法一般用于汽车、飞机及轨道交通车辆等大型设备的表面喷涂。由此可见, 静电喷涂工艺应用于轨道交通车辆的表面喷涂在技术上是适用的, 而且能有更加完美的涂层质量和更好的涂料利用率。当采用自动化机器自动喷涂时, 涂层的均匀性更好。

3 自动化静电喷涂装备

自动化静电喷涂一般采用龙门自动喷涂装备来实现无人静电喷涂工艺, 其设备现场如图 3 所示。



图 3 龙门自动静电喷漆设备现场

3.1 龙门自动静电喷涂设备结构组成

龙门自动静电喷涂设备各部分结构组成如表 1 所示。绝缘箱、喷漆泵和涂料桶安置于设备侧面, 跟随龙门架一起行走, 这样可以大幅缩短管路长度, 减少管内残余涂料造成的浪费, 并能获得更快的启停速度。针对水性涂料, 龙门自动静电喷涂设备的供漆系统需做到以下措施:

1) 在电压隔离系统流体出口和喷枪流体入口

表1 龙门自动静电喷涂设备结构组成

序号	名称	数量
1	龙门架行走部分	1套
2	导轨	2套
3	顶面喷漆往复机构	1套
4	侧面喷漆往复机构	2套
5	喷涂供漆系统	1套
6	静电自动喷枪	3套
7	控制系统	1套

之间始终连接一根水性流体绝缘软管;

2) 用于发生静电的涡轮供气软管必须使用接地涡轮空气软管,软管地线必须接地;

3) 加载高电压的所有组件必须置于隔离绝缘箱体中,以防止人员在系统放电之前与高压组件接触;

4) 配备静电释放装置,在喷枪不使用时,能够疏泄系统电压。

主控系统采用PLC控制,人机界面选用触摸屏。触摸屏上可选择参数进行作业或进行参数调整,同时还配置遥控器,以方便作业人员远程操控。主控系统设有喷枪自动启停技术,即由光电传感器识别工件表面,在无喷涂表面处暂停喷涂。与不采用此项技术的喷涂设备相比,可节省15%~20%的涂料消耗。图4为光电传感器自动识别工件表面现场。

3.2 龙门自动静电喷涂设备技术参数

龙门自动静电喷涂设备的各项性能技术参数如表2所示。

4 自动化静电喷涂参数

4.1 涂料参数

在龙门自动静电喷涂系统中,对不同黏度的水性涂料进行试验研究,以确定水性涂料的最佳黏度。涂料黏度过高,会导致喷枪雾化效果差,喷涂膜厚不均匀,从而影响喷涂表面质量。涂料黏度过低,则会产生流挂现象。经试验发现,涂料黏度在流杯50~60 s范围内最为理想,此时膜厚均匀,没有流挂现象,喷涂表面质量更高。

4.2 供料系统参数

喷涂泵的输入气压也是影响喷涂质量的重要因素。随着输入气压的调高,喷涂流量随之增大,喷涂膜厚增大,容易流挂,但喷射雾化效果变好;随

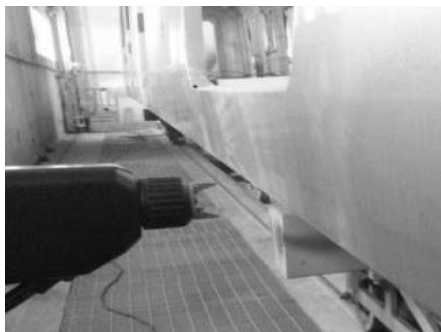


图4 光电传感器工件表面识别现场

表2 龙门自动静电喷涂设备技术参数

性能参数	参数值
喷枪总数/只	3
处理速度/(m ² /h)	200~300
纵向行走速度/(mm/s)	0~100
顶面往复速度/(mm/s)	100~800
顶面往复行程/mm	3 500
侧面往复速度/(mm/s)	100~800
侧面往复行程/mm	3 300

着输入气压的调低,喷射雾化效果变差,喷幅扇面内容易发生局部集中,从而影响喷涂质量。因此,在试验中需找到一个既能产生较好雾化效果又能获得适中喷涂厚度的平衡点。经过反复试验,将喷涂泵的输入气压设置在0.4 MPa左右较为理想。

4.3 压缩空气参数

除了为喷涂泵供气,压缩空气设备还为喷枪启停开关、喷枪静电发生、雾化空气辅助及光电传感器吹扫等情况供气。喷枪启停开关的压力按喷枪厂家要求设置为0.42 MPa,喷枪静电发生与雾化空气辅助的压力按厂家要求设置为0.4 MPa,光电传感器吹扫的压力设置为0.1~0.2 MPa。

4.4 设备运行参数

喷枪往返速度与龙门行走速度有关,两者直接关系到喷涂漆膜厚度和喷涂质量。喷枪往复速度越快,则漆膜越薄,达不到厚度要求;喷枪往复速度越慢,则漆膜越厚,容易形成流挂。龙门行走速度需匹配往复速度,过快和过慢都将导致层叠偏差,膜厚不均。

通过理论计算,初步设置喷枪往复速度为200 mm/s,龙门行走速度为12 mm/s。由于初步设置的参数未考虑速度匹配问题,导致喷涂层叠没有到位,膜厚明显不均,存在漏喷,如图6所示。经过试

验与调整,将喷枪往复速度设为 350 mm/s,龙门行走速度设为 16 mm/s。调整后的喷涂膜厚均匀,且

厚度达标,喷涂效果得到明显改善,如图 7 和图 8 所示。



图 6 未匹配好的涂层

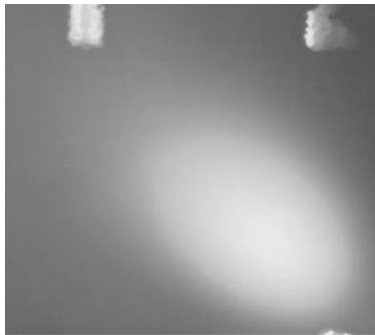


图 7 调整后的涂层

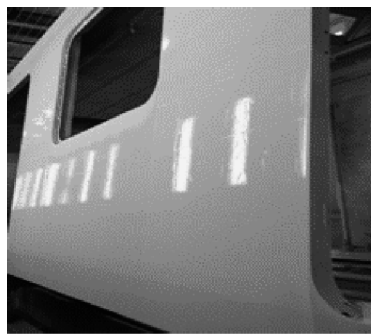


图 8 调整后的表面效果

喷涂运行周期的确定,一般可根据具体漆膜厚度要求选择设置龙门行走速度为 15~18 mm/s,若龙门行走速度设为 16 mm/s,则喷涂一遍的时间约为 25 min。

喷枪启停延时参数的设定如下:当光电传感器探测到喷涂表面的瞬间,给出反馈信号,经一定的延时,喷枪将要移至喷涂表面时开启喷涂;当光电传感器探测不到喷涂表面的瞬间,也会给出反馈信号,经一定的延时,喷枪已经移至喷涂表面之外时,停止喷涂。经过多次试验与调整,最终确定各项延时的数值为:启动延时 0.6 s,停止延时 1 s。

5 结论

1) 城市轨道交通车辆表面喷涂作业采用自动化静电喷涂系统,可实现车辆喷涂作业的无人化。自动化静电喷涂系统可对车辆门窗实现自动识别,防止过喷,节省涂料。自动化静电喷涂系统可大大降低喷涂作业人员的劳动强度,提高劳动生产率,提升车辆喷涂作业的无人化与智能化水平。

2) 使用无人静电喷涂工艺后,喷漆房内飞散的漆雾明显减少,喷涂作业环境得到改善,减少 VOCs 排放,满足日益严格的环保要求,大幅减少对作业人员的健康危害。

3) 常规高压无气喷涂方式下,喷涂一节车厢(22.6 m)底漆约需水性涂料 60 kg。而采用自动化无人静电喷涂技术后,由于采用了门窗自动识别系统(门窗面积占车体喷涂面积的 24%),喷枪可自动启停避开门窗,使得车体喷涂一遍只需约 45 kg 水性涂料,涂料消耗量下降可 25% 左右。

4) 自动化静电喷涂系统可使喷枪往复速度与

龙门行走速度保持匹配,与人工喷涂作业相比,喷涂表面的漆膜厚度更加均匀,不易于造成漏喷,漆膜易于流平,桔皮明显减轻,漆膜更加平整,漆膜的鲜映性和光泽度明显提高。通过对喷涂表面的漆膜厚度采样检测表明,无人静电喷涂工艺的应用可以获得均匀的漆膜厚度和高质量的喷涂处理表面。

5) 人工喷涂作业喷涂一节车厢(22.6 m)大约需要 1.0~1.5 h,作业人员劳动强度大。而采用龙门自动静电喷涂装备,同等供漆条件及达到同样漆膜厚度的情况下作业只需要 25~35 min,且作业人员劳动强度小(只需手持遥控器操作监控设备和补料)。无人静电喷涂工艺可大幅降低作业人员的劳动强度,提高喷涂作业效率。

水性涂料无人静电喷涂工艺在城市轨道交通车辆表面喷涂中的应用,提升了车辆喷涂作业的自动化水平,提高了喷涂质量与效率,节省了涂料,减少了对作业人员的健康危害,满足了日益严格的环保要求,因此具有良好的发展前景。

参考文献

- [1] 周良. 喷丸(砂)、喷涂技术及装备[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 涂装作业安全规程 安全管理通则:GB7691—2003[S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 涂装作业安全规程 喷漆室安全技术规定:GB14444—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件:GB/T5226.1—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

(收稿日期:2019-07-26)