

# 提高木门门扇静电喷涂上漆量的工艺方法

李博, 张占宽

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 为提高木门静电喷涂上漆量, 在木门工件背面放置接地导电板, 提高静电喷枪与木门之间的电场强度。结果表明: 与现有静电喷涂方法相比, 改良静电喷涂方法获得的电场强度峰值提高约 13%。一次静电喷涂木门工件表面单位面积上漆量提高约 50.3%; 二次静电喷涂上漆量提高约 37%。

**关键词:** 木门门扇; 静电喷涂; 上漆量; 工艺方法

中图分类号: TU228; TS664.1 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 03-0043-03

## Techniques for Improving Electrostatic Spray Coating Amount for Making Wooden Door Leaves

LI Bo, ZHANG Zhan-kuan

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** A ground conductive plate was used on the back of wooden door leaves in an electrostatic spraying process to improve the coating amount for making door leaves.

Testing results show that the peak electric field intensity by the new method, increased by nearly 13% compared with the normal method. Coating amount applied to door leaf samples increased by 50.3% after the first spraying and 37% after the second spraying.

**Key words:** wooden door leaf; electrostatic spraying; coating amount; technique

木门作为木制品的重要品类之一, 近年来得到了快速发展。据不完全统计, 2017 年我国木门产值达到 1 500 亿元, 居世界第一。木门生产制造的涂装过程, 涂料利用率、表面涂层质量是重要的技术指标, 受到广泛的关注<sup>[1-2]</sup>。

近年来, 静电喷涂技术开始应用于木门涂装, 多用于木门底漆的喷涂<sup>[3]</sup>。现有的静电喷涂工艺是, 静电喷枪处于直流负高压端, 木门工件通过两侧放置的金属棒接地, 使喷枪与木门之间存在电势差, 进而形成电场, 带电漆雾在电场力的作用下, 吸附

于木门表面<sup>[4-5]</sup> (图 1a)。然而, 由于木门自身导电性差, 待喷涂表面不能一直稳定地处于 0 电位, 而喷枪与木门之间的电势差降低, 则电场强度减弱, 导致木门静电喷涂上漆率不够理想。

鉴此, 笔者借鉴电介质与电场领域的研究经验<sup>[6]</sup>, 通过增强静电喷枪与木门待喷涂表面之间的电场强度, 来提高木门静电喷涂上漆量, 旨在木门产业向资源节约、环境友好方向发展, 提供技术支撑。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

1) 中密度纤维板: 规格 2 000 mm×800 mm×25 mm (长×宽×厚), 含水率 8%~10%, 密度 0.7 g/cm<sup>3</sup>, 用于制作木门基体;

收稿日期: 2017-04-28; 修改日期: 2018-04-09

基金项目: 国家林业局引进国际先进林业科学技术计划 (“948” 计划) “木门旋杯式静电喷涂技术引进” (2014-4-44)。

作者简介: 李博 (1986—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

2) 沙比利 (*Entandrophragma cylindricum*) 装饰薄木: 规格 800 mm×200 mm×0.3 mm (长×宽×厚), 含水率 8%~10%, 用于木门表面饰面;

3) 铝箔导电胶带: 规格 30 000 mm×800 mm×0.2 mm (长×宽×厚), 单面导电 (粘贴面不导电), 用于制作木门后置接地导电板;

4) 涂料: X-7117 型 UV 静电喷涂透明底漆, 主要化学成分为丙烯酸, 黏度 17.05 mPa·s;

5) 稀释剂: US701 型 UV 静电喷涂稀释剂, 主要化学成分为乙醇。

以上材料均外购。

## 1.2 设备仪器

旋杯式静电喷涂设备 (兰氏木器专用旋杯, 空载转速 60 000 r/min); JM20002 电子天平。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 方法原理

木门静电喷涂过程中, 涂料微粒受电场力的作用而运动。电场强度增大, 或涂料微粒带电量增加, 均能够提高涂料微粒所受的电场力, 进而提高上漆量。电场强度增大, 不仅能直接提高带电漆雾的电场力, 还能通过提高漆雾的带电量, 间接提高电场力。

基于此原理, 笔者提出了一种木门门扇静电喷涂新方法, 即在木门工件背后放置接地导电板。由于接地导电板始终是保持 0 电位, 其与静电喷枪之间形成稳定的电势差, 进而形成稳定的高压电场, 木门工件表面与静电喷枪之间的电场增强, 带电漆雾在高压电场的作用下, 容易带电、雾化, 并且更易吸附于木门表面, 进而提高静电喷涂的上漆量。

### 1.3.2 静电喷涂工艺试验

静电喷涂生产线装有 3 支喷枪, 以 400 mm 等间距水平排列; 喷头距木门表面的距离为 200 mm。

喷枪做垂直方向往复移动, 速度为 40 m/min; 木门水平进给, 速度为 4.5 m/min。静电电压为 60 kV, 涂料流量约 200 mL/min。

本试验由于条件所限, 采用在木门工件背面贴附铝箔导电胶带, 替代接地导电板, 考察后置导电板对上漆量的影响 (见图 1b)。工厂生产中, 可有 2 种方式实现静电喷涂方法改良:

1) 通过传送导轨, 导电板与木门同步进给, 运行及喷涂过程中, 接地导电板始终处于木门背面;

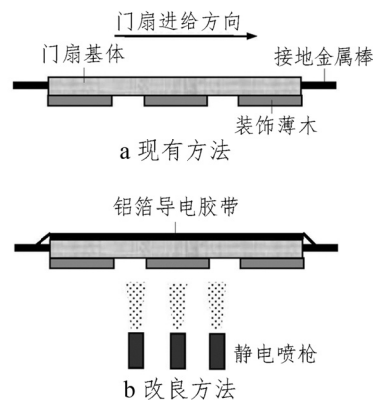


图1 两种静电喷涂实施方案示意图

Fig.1 Experimental design for traditional and improved electrostatic spraying methods

2) 将后置接地导电板固定于三支静电喷枪的正前方, 当木门工件进给移动到静电喷枪的正前方时, 正好处于后置接地导电板与静电喷枪之间, 开始喷涂。

## 1.4 上漆量的测定

采用薄木喷涂的方法, 喷涂前用电子天平称量薄木的初始质量。静电喷涂两次, 待涂层固化后, 分别称量薄木质量, 计算附着涂料的总质量, 即为木门静电喷涂的上漆量。

每种喷涂方法均试验两次, 每次试验平行测试三个试样, 结果取平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 上漆量

两种静电喷涂方法的薄木质量平均增量, 见图 2。

以薄木试样的面积为 0.16 m<sup>2</sup> 计, 由实测结果推算, 改良方法相比现有方法 1 次喷涂后, 木门表面每 m<sup>2</sup> 的上漆量, 由 62.0 g 增至 93.19 g, 增幅约 50.3%; 2 次喷涂后, 由 145.75 g 增至 199.69 g, 增幅约 37%。

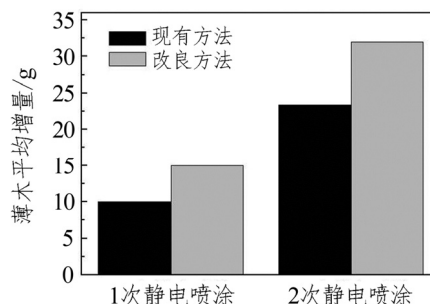


图2 两种静电喷涂方法装饰薄木质量的平均增量

Fig.2 Average weight increment for decorative veneers by two electrostatic spraying methods

## 2.2 电场强度

为了从理论上证明静电喷枪与木门之间电场增强对上漆量增加的作用,采用有限元法建立两种静电喷涂方法电场强度仿真模型。

1) 模型的简化与假设 ① 忽略静电喷枪头部具体的几何结构,将其假设为球状高压端;② 考虑模型的轴对称性,建立单支喷枪与木门间电场的二维轴对称仿真模型。两种方法的仿真模型,见图3。

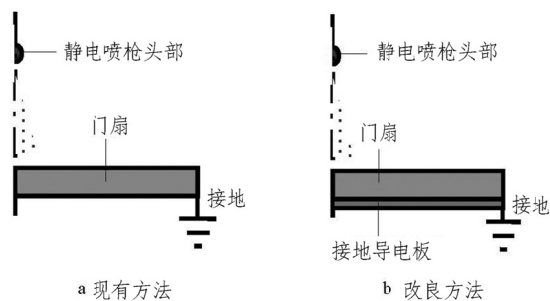


图3 两种静电喷涂方法的仿真模型

Fig.3 Simulation models for two electrostatic spraying methods

2) 模型的几何参数 喷头中心点距木门表面的垂直距离为200 mm,木门厚度为40 mm,木门长度为2400 mm,木门宽度在模型中不体现。

3) 模型的材料属性 木材在常温干燥条件下,其相对介电常数为4~8<sup>[7]</sup>,本模型取平均值6,忽略木材各向异性材料属性的影响;木门与静电喷枪之间的空气介质,相对介电常数为1。

4) 模型的网格划分及边界条件

① 模型的网格划分 静电喷枪附近的空气介质和木门工件区域,网格进行加密处理,选择二维四边形单元进行建模。远离喷枪与木门的区域,网格稀疏划分,选择二维无限单元进行建模。

② 模型的边界条件 现有方法中,木门长度方向的端部通过金属铁棒接地,因此,只有工件长度方向的端部电压为0 kV;改良方法的木门背面后置接地导电板材,因此,整个背面电压皆为0 kV。

通过所建模型获得了两种静电喷涂方法静电喷枪正下方的电场强度分布,如图4所示。

由图4可见,采用改良静电喷涂方法,静电喷枪与木门表面之间的电场强度明显增强。峰值电场强度由 $1.5 \times 10^7$  V/m增至 $1.7 \times 10^7$  V/m,增幅约13%。

静电喷枪附近为电离区,漆雾在此区域内充分

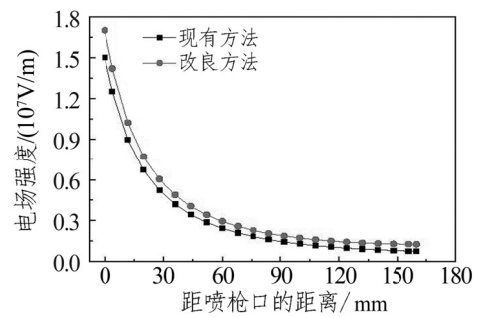


图4 静电喷枪正下方的电场分布

Fig.4 Electric field distribution under electrostatic spray gun

带电并进一步雾化。随着静电喷涂电场强度的增强,漆雾的雾化和带电效果均提高。漆雾带电效果的改善,使其在电场的作用下,更加容易向木门表面运动,并且吸附在木门表面,进而提高了涂料的利用率和木门静电喷涂上漆量。

## 3 结论

1) 木门静电喷涂过程中,采用木门后置接地导电板材的改良方法,可提高静电喷枪与木门之间的电场强度,进而显著提高木门静电喷涂上漆量。

2) 与现有相比,改良静电喷涂方法获得的峰值电场强度提高约13%。一次静电喷涂木门表面上漆量提高约50.3%;二次静电喷涂上漆量提高约37%。

3) 若按我国木门产量1亿樘,以木门门扇表面平均面积为4 m<sup>2</sup>、需喷涂2次计,保守估算,采用改良静电喷涂方法,2次静电喷涂,单位面积可节省涂料53.94 g,1亿樘木门可节省涂料21 576 t,经济与环境效益显著。

## 参考文献:

- [1] Luangkularb S, Prombanpong S, Tangwarodomnukun V. Material consumption and dry film thickness in spray coating process[J]. Procedia CIRP, 2014, 17: 789-794.
- [2] Ozgenç O, Hiziroglu S, Yildiz U C. Weathering properties of wood species treated with different coating applications[J]. BioResources, 2012, 7(4): 4875-4888.
- [3] 王嘉明,张继强,朱大军. 紫外光固化静电喷涂透明底漆在木门涂装中的应用[J]. 木材工业, 2014, 28(3): 43-45.
- [4] 朱毅,张文超. 木家具静电涂装参数的控制[J]. 家具, 2006(2): 50-53.
- [5] 邓猛,张占宽,李博. 静电喷涂木门装饰薄木的表面电阻[J]. 木材工业, 2016, 30(4): 17-19.
- [6] 曲红斌,雷桂林. 对多层电介质存在时电容器性质的探讨[J]. 甘肃联合大学学报(自然科学版), 2004, 18(3): 40-42.
- [7] 吴晔. 木材介电常数的研究[J]. 安徽农学院学报, 1989(1): 59-74.

(责任编辑 劳万里、姜征)