

UV 固化水性漆地板的开发

顾水祥¹, 马清如², 高水昌¹, 敖景伟¹, 潘锦娅¹, 桂成胜¹, 赵建忠¹

(1. 浙江升华云峰新材股份有限公司, 浙江德清 313220; 2. 南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏南京 210037)

摘要: 为了开发 UV 固化水性漆地板, 在分析当前水性漆地板存在问题的基础上, 有针对性地提出解决措施, 包括水性漆筛选、地板用树种筛选、涂装工艺优化等。以优化工艺制备的水性漆地板试样, 按 LY/T 1859—2009《仿古木质地板》和 Q/YFL 0035—2018《水性光固化 (UV) 漆木地板》进行性能测试, 其表面耐磨 ≤ 0.15 g/100r, 漆膜硬度 $\geq H$; 漆膜附着力 1 级~2 级; TVOC ≤ 200 ug/m³。

关键词: UV 固化水性漆; 木地板; 工艺技术; 漆膜硬度

中图分类号: TQ637; TS65; TU225 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2020) 06-0030-04

Development of Wooden Flooring Coated with Water-Borne UV Curable Coatings

GU Shui-xiang¹, MA Qing-ru², GAO Shui-chang¹, AO Jing-wei¹,

PAN Jin-ya¹, GUI Cheng-sheng¹, ZHAO Jian-zhong¹

(1. Zhejiang Shenghua Yunfeng Greeneco Co., Ltd., Deqing 313220, Zhejiang, China;

2. College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: To develop water-borne UV curable coatings for wooden floorings, the authors analyzed the existing problems and causes associated with the water-borne flooring coatings. The types of water-borne UV coatings, wood species, optimization of drying and curing process were investigated to develop optimized water-borne UV curable coatings and manufacturing process. The physical properties of floorings produced at the optimum manufacturing process were tested according to the Standards of LY/T 1859—2009 “Antique style flooring” and Q/YFL 0035—2018 “Wooden floorings coated with water-borne UV varnishes”. The results showed that the wear resistance of the floor surface was less than 0.15 g/100 r, the coating hardness was better than 1 H, the coating adhesion was Grade 1~2, and TVOC was less than 200 ug/m³, which met the requirements of the standards.

Key words: water-borne ultraviolet (UV) curable coatings; wooden floorings; process and technology; coating hardness

近年来, 国家和各地方政府都在大力倡导环保改革, 不断出台环保政策, 完善 VOC 限制标准, 推进污染治理, 以减少环境污染、改善和提高生活品

质^[1]。GB/T 35601—2017《绿色产品评价——人造板与木质地板》中明确规定: 使用水性涂料是木地板产品成为绿色产品的必要条件。同时, 随着人民消费水平的提高, 高品质环保型木质地板必将成为消费主流, 开发水性漆地板已迫在眉睫^[2]。

水性漆是指以水为分散介质或溶剂的涂料, 成膜物质溶于水或分散在水中^[3]。水性漆区别于传统

收稿日期: 2020-05-07; 修改日期: 2020-11-02

基金项目: 浙江省省级工业新产品开发项目“水性漆地板开发”(201807EC031)。

作者简介: 顾水祥 (1964—), 男, 工程师。Email: gsx@yunfeng.com

溶剂型油漆的优势即在于其环保特性,一方面减少对石油资源的使用,另一方面降低油漆助剂中甲醛、苯、二甲苯等多种有害物质的排放^[4]。因此,利用水性漆涂饰木地板,可从源头上有效减少木地板涂装材料的VOC排放,为地板企业转型升级、提高产品质量、提升利润率提供新径,符合绿色可持续发展要求^[5]。

目前,水性漆在家具、木门等领域的应用已比较成熟,但木地板表面性能(如硬度、耐磨性等)的要求比木家具更高,水性漆由于固体含量低、表面张力大等问题,漆膜质量尚不能满足制造木地板的要求。水性漆在木地板上的应用还需要攻克很多难题^[6]。

鉴于此,浙江升华云峰新材股份有限公司与南京林业大学、专业涂料厂商合作,结合木地板涂装工艺及漆膜性能要求,进行了UV固化水性漆木地板产品的开发和应用研究,通过筛选水性漆配方、控制地板基材质量及调整涂饰工艺等技术措施,重点解决UV固化水性漆木地板的表面漆膜硬度、耐磨等理化性能问题,旨在为环保水性漆木地板产品的开发提供技术支持。

1 水性漆木地板的主要问题及解决措施

通过调研获知,UV固化水性漆应用于木地板的瓶颈问题在于木地板的表面理化性能,关键指标是漆膜硬度和表面耐磨等。具体表现在以下几个方面,如图1所示。

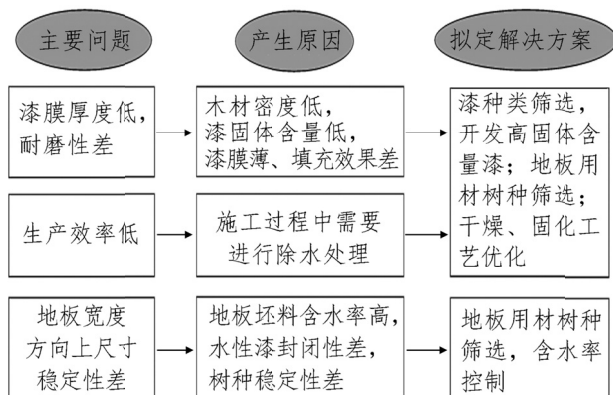


图1 UV固化水性漆地板存在问题及原因

Fig.1 The problems and causes of wooden floorings coated with water-borne UV coatings

针对上述主要问题,提出关键技术研究:1)UV固化水性漆的筛选;2)地板基材树种的筛选和质量控制;3)涂饰工艺调整等,以充分发挥水性漆的特性,研发出绿色环保、性能优异的水性漆木地板。

2 UV固化水性漆木地板的关键技术

2.1 UV固化水性漆的筛选

选取市场上常见的5家企业UV固化水性漆,按照厂家提供的工艺参数,重点分析施工工艺要求、漆膜是否清透及漆膜理化性能等,详见表1。

由表1可知,B、C、D品牌水性漆制得的地板,漆膜不清透,其中B品牌每道底漆需2次红外干燥,生产效率低;C品牌由于固体含量低,导致漆膜中有效成分低,漆膜耐磨测试时磨透。综合考虑生产效率与表面效果,A、E品牌水性漆制得的地板漆膜清透,故作为后续试验的原料。

2.2 地板基材质量控制

1) 树种筛选。

由于UV固化水性漆的漆膜硬度比普通UV漆低且含有水分,地板用材应选取密度大、尺寸稳定性好的树种,以弥补水性漆性能的不足^[7]。同时,还需要结合不同水性漆的特性,依据开放式和封闭式两种效果涂饰工艺,进行树种选择。

开放式效果:由于不填孔、多为薄涂层、管孔显露,充分表现木材的天然质感,从而弱化了低固体含量水性漆漆膜硬度低、填充性差的缺点。因此,开放式涂装效果水性漆地板,应选择清晰纹理、密度较大的木材树种,如槐木(*Sophora japonica*)、山核桃(*Carya cathayensis*)、黑胡桃(*Juglans nigra*)、柞木(*Quercus mongolica*)、白栎(*Quercus fabri*)、欧洲栎(*Quercus robur*)等。

封闭式效果:充分填孔、多为厚涂层、管孔不显露,应使用填充性好的高固体含量水性漆,应筛选管孔不明显、密度较大的木材树种,比如柚木(*Tectona grandis*)、亚花梨(*Pterocarpus spp.*)、印茄木(*Intsia spp.*)、二翅豆(*Dipteryx spp.*)等树种。

2) 含水率优化。

由于采用水性UV漆,涂饰后地板坯料的含水率提高,如处理不当,易造成地板铺装后出现干缩离缝现象。因此,在水性漆涂饰前,需要对地板坯料

表1 UV固化水性漆产品质量比较分析

Tab.1 Quality comparisons of waterborne UV-curable coatings supplied by different manufacturers

品牌	名称	性能参数		工艺 (水漆厂家提供)	理化性能
		底漆	面漆		
A	WQH-1	固体含量 42.6%, 白色乳液, 与水互溶	固体含量 41.1%, 白色乳液, 与水互溶	单辊涂布, 5 底 2 面	漆膜清透 漆膜附着力 1 级 表面耐磨 0.08 g/100r、未磨透 漆膜硬度 3B~5B
	WQH-2	分填充底漆、透明底漆, 固体含量分别为 60.7%、60.4%, 白色乳液, 与水互溶	固体含量 48.7%, 白色乳液, 与水互溶	单辊涂布, 5 底 2 面, 不加红外烘干	
B	BFT	固体含量 51.5%, 白色乳液, 与水互溶	固体含量 42.1%, 白色乳液, 与水互溶	单辊涂布, 4 底 2 面, 每一道底 2 次红外干燥 (10 m, 150 °C, 28 s), 每一道面 1 次红外干燥, 累计红外干燥 100 m, 280 s	漆膜不清透 漆膜附着力 1 级 表面耐磨 0.07 g/100r、未磨透 漆膜硬度 5B
C	PPG	分砂光底漆和耐磨底漆, 固体含量分别为: 16.6%和 38.1%, 乳白色液体, 与水互溶	固体含量 28.2%, 乳白色液体, 与水互溶	9 底 2 面, 每一道都红外烘干 (红外温度 80 °C、时间 28 s、2 灯 UV 干燥), 累计烘干 110 m, 308 s	漆膜不清透 漆膜附着力 1 级 表面耐磨 0.08 g/100r、磨透 漆膜硬度 5B
D	ZC	分砂光底漆和耐磨底漆, 固体含量分别为: 53.2%和 46.7%	固体含量 45.3%, 乳白色, 与水互溶	5 底 2 面, 第一道砂光底红外 2 次外, 其余每道红外 1 次, 红外平均温度大于 50 °C	漆膜不清透 漆膜附着力 1 级 表面耐磨 0.08 mg/100r、未磨透 漆膜硬度 2B~HB
E	XF	分高清底漆、耐磨底漆和加硬底漆, 固体含量分别为 84.2%、86.3%、69.9%, 均为乳白色液体	分哑光面漆和亮光面漆, 固体含量分别为 88.3%、88.5%, 均为淡黄色液体, 与水互溶	利用现有生产线流程, 单辊涂布, 5 底 2 面, 不加红外烘干	漆膜清透 漆膜附着力 1 级 表面耐磨 0.08 g/100r、未磨透 漆膜硬度 HB~2H

进行含水率平衡及养生, 保证产品质量。基于江浙沪地区的木材平衡含水率, 笔者试验筛选了相应树种的含水率范围: 槐木、山核桃、柞木含水率控制在 8%~12%; 柚木、亚花梨、印茄木、二翅豆含水率控制在 9%~13%。

2.3 涂布过程与干燥工艺优化技术

2.3.1 开放式涂装

由 2.2 节可知, 开放式涂装一般可选择低固体含量的水性漆, 如 WQH-1 水性面漆和底漆。采用常规 4 底 2 面的涂装工艺, 按照 GB/T 17657—2013《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》检测, 木地板试样的漆膜附着力 (1 级) 及表面耐磨 (0.06~0.08 g/100r), 均能达到企标 Q/YFL 0035—2018《水性光固化 (UV) 漆木地板》的要求, 但漆膜硬度仅 5B~3B (48 h)。

虽然随着放置时间的加长, 漆膜硬度会略有增大, 可达到 B~H。分析发现, 产生此现象的原因主要是因为每次涂布后没有进行红外线脱水干燥, 漆膜中的水分没有及时挥发, 致使漆膜硬度偏低。因此, 需要对工艺过程进行改进, 即将 5 底 2 面、不加红外干燥的工艺过程, 调整为 8 底 2 面, 并在每道水性 UV 漆涂饰后增加 10 m 红外干燥, 温度设定

80 °C, 干燥箱内输送时间为 28 s。调整之后, 地板试样的漆膜硬度由原来的 5B~3B 增加到 2B~B, 放置 30 d 后基本能达到 B 级的硬度, 最高能达到 5H。

2.3.2 封闭式水性漆地板涂装

采用封闭式涂装工艺, 一般可选择高固体含量的水性漆, 如 WQH-2 和 XF 水性漆。

1) WQH-2 水性底漆+面漆

依据 WQH-2 水性漆的特征, 采用水性 UV 底漆+水性 UV 面漆的工艺形式, 地板基材选用柚木、亚花梨、印茄木、二翅豆等。WQH-2 水性着色底漆、填充底漆、透明底漆、增强面漆均为水溶性乳白色液体, 固体含量分别为: 6.9%、60.7%、60.4%、48.7%。工艺过程中, 可先用填充底漆将木材管孔全部填满填实, 保证漆膜丰满厚实, 再用透明底漆、增强面漆保证漆膜硬度、饱满度、耐污染等性能。

通过试验摸索出的优化工艺过程为: 双辊涂布、8 底 2 面、红外干燥+UV 固化的方法。生产三种不同基材的水性漆地板表面耐磨性都在 0.15 g/100r 以下, 漆膜附着力为 0 级, 漆膜硬度能达到 2H, 且比较稳定。控制每底涂布量 7~9 g/m²、每面涂布量 5~6 g/m², 以及红外干燥机烘干脱水, 是保证漆膜硬度的关键。

2) XF 水性底漆+面漆

XF 水性着色底漆、高清底漆、耐磨底漆、加硬底漆均为乳白色液体, 固体含量分别为: 7.3%、84.2%、86.3%、69.9%; 水性哑光面漆和亮光面漆均为淡黄色液体, 固体含量分别为 88.3%、88.5%。生产过程中可依据漆膜硬度、耐磨、饱满度等木地板涂饰性能要求制定工艺路线。

采用 5 底 2 面的工艺, 底漆涂布量 11~13 g/m², 面漆涂布量 5~6 g/m² 较为适宜, 各种基材生产的地板漆膜的硬度为 HB~H、附着力 1 级、表面耐磨 0.06 g/100 r, 均达到企标 Q/YFL 0035—2018 的要求, 从外观观察, 漆膜通透性好。

3 水性漆地板效果评价

依据上述关键技术, 使用 WQH-1 型水漆, 采用 8 底 2 面工艺, 每底涂布量 7~9 g/m²、每面涂布量 5~6 g/m²、每道涂布后 80 °C 红外干燥 28 s, 生产规格为 910 mm×1 228 mm×18 mm 的白栎木实木地板约 2 000 m²、规格为 1 900 mm×189 mm×15 mm 的欧洲栎实木复合地板约 2 000 m², 参照 LY/T 1859—2009《仿古木质地板》和 Q/YFL 00 35—2018《水性光固化 (UV) 漆木地板》, 经第三方检测机构对地板性能指标进行检测, 结果见表 2。

表 2 UV 固化水性漆地板性能指标检测结果

Tab.2 Performance of wooden floorings with waterborne UV curable coatings

检测项目	技术要求	白栎实木地板	欧洲栎实木复合地板
漆膜附着力	≤2 级	0 级	1 级
表面耐磨/(g·100r ⁻¹)	≤0.15 漆膜未磨透	0.10 漆膜未磨透	0.05 漆膜未磨透
漆膜硬度	≥HB	2H	5H
表面耐污染	无污染痕迹	无污染痕迹	无污染痕迹
甲苯	≤20	4.75	3.35
VOC (72h) / (ug·m ⁻³)	≤20	2.8	0.86
二甲苯	≤10	8.1	0.86
苯	≤400	41.96	120.14
TVOC	≤45	0.06	0.03
可溶性铅/(mg·kg ⁻¹)	≤37	0.06	0.06
可溶性镉/(mg·kg ⁻¹)	≤30	0.34	0.11
可溶性铬/(mg·kg ⁻¹)	≤30	0.02	0.02
可溶性汞/(mg·kg ⁻¹)			

由表 2 可知, 按关键技术制备的 UV 固化水性漆白栎实木地板和欧洲栎实木复合地板, 漆膜硬度、表面耐磨、表面耐污染、TVOC、可溶性重金属等理化性能指标, 均符合企标 Q/YFL 0035—2018 的要求。

4 结语

水性漆地板产品为绿色环保产品, 正受到消费者的追捧, 也符合国家推进的涂装行业环保要求。研究表明, 通过优选水性漆种类、筛选树种并控制基材含水率、调整涂装工艺等措施, 可制备出各项性能指标达到企标 Q/YFL 0035—2018《水性光固化 (UV) 漆木地板》要求的地板产品。由于 UV 固化水性漆木地板产品的开发和应用研究还处在初级阶段, 尚需经过生产实践不断完善。

参考文献:

- [1] 熊先青, 吴智慧. 家居产业智能制造的现状与发展趋势[J]. 林业工程学报, 2018, 3(6): 11-18.
XIONG X Q, WU Z H. Present situation and development trend of intelligent manufacturing in home furnishing industry[J]. Journal of Forestry Engineering, 2018, 3(6): 11-18.
- [2] XIONG X Q, YUAN Y Y, NIU Y T, et al. Development of a cornstarch adhesive for laminated veneer lumber bonding for use in engineered wood flooring[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2020, 98: 1-5.
- [3] 黄琼涛, 闫小星, 孙宏南, 等. UV 固化水性木器涂料的发展现状及应用[J]. 家具, 2013, 34(2): 12-14.
HUANG Q T, RUN X X, SUN H N, et al. Development and application research of UV curable waterborne wood coatings[J]. Furniture, 2013, 34(2): 12-14.
- [4] 冯鑫浩, 蒋叙, 吴智慧. 家居木制品表面装饰的发展现状与趋势[J]. 家具, 2020, 41(2): 12-15, 33.
FENG X H, JIANG X, WU Z H. Development status and trend of surface decoration of household wooden products[J]. Furniture, 2020, 41(2): 12-15, 33.
- [5] 熊先青, 刘慧, 朱卿卿, 等. 定制家居产业链协同发展的思考[J]. 木材工业, 2018, 32(2): 18-22, 27.
XIONG X Q, LIU H, ZHU Q Q, et al. Development of the customized home furnishing industry chain[J]. China Wood Industry, 2018, 32(2): 18-22, 27.
- [6] 陈刚, 王金欢, 陈浩生, 等. 水性漆在木制品涂饰中的应用进展[J]. 家具, 2020, 41(2): 73.
CHEN G, WANG J H, CHEN H S, et al. Application progress of waterborne coating in wood products[J]. Furniture, 2020, 41(2): 73.
- [7] 吕盈, 徐伟. UV 喷绘技术在大幅面家具表面涂饰工艺中的应用[J]. 林业机械与木工设备, 2019, 47(11): 30-37.
LYU Y, XU W. Application of UV spray painting technology in large furniture surface finishing[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2019, 47(11): 30-37.

(本文编校 向 琴)