

钢结构防火涂料施工工艺及涂装质量控制研究

王 辉 王运普 周秋林

中国建筑第六工程局有限公司 安徽 安庆 246000

摘 要：钢结构防火涂料施工质量受预处理、涂装操作及环境管控等多环节协同影响。本文围绕基材清理打磨、涂料配料调和、分层涂装及节点专项施工等工艺环节展开论述，系统梳理了各工序的质量控制要点与成品管控路径。同时对涂层开裂、空鼓、漏涂等常见缺陷的成因进行了逐一剖析，并从工艺规范与管控体系两个维度提出了优化方向。全文强调全流程精细化管控对保障防火涂层结构密实性与附着稳定性的关键作用，为钢结构防火涂装工程的施工质量提升提供了可参照的技术思路。

关键词：钢结构；防火涂料；施工工艺；质量控制；涂装技术

引言：钢结构建筑在工业厂房与公共设施中应用广泛，防火涂料作为钢结构耐火防护的主要手段，涂装施工质量直接关系到结构在火灾条件下的安全性能。实际施工中，基层处理不彻底、涂装厚度不均、节点覆盖不全等问题频发，严重削弱了防火涂层的防护效能。围绕预处理工艺、分层涂装操作及过程质量管控等核心环节进行系统梳理，有助于厘清各工序间的质量关联，为施工工艺改进与管控体系完善提供理论支撑。

1 钢结构防火涂料预处理施工工艺

1.1 钢结构基材表面清理工艺

钢结构构件在生产加工与现场堆放过程中，表层会持续附着各类杂质污染物，多余杂质留存于基材表层，会直接阻碍涂料贴合效果，弱化涂层粘结性能^[1]。基材表面清理作业针对钢结构表层留存的灰尘杂物、加工残留油污、锈蚀浮层及各类附着污染物开展精细化清除处理。人工清理方式适用于结构细节部位与小型构件表层的杂质处理，通过专用清洁工具完成表层松散污染物的剥离清理。机械清理方式适配大面积钢结构基面作业，借助专业清理设备实现基面污染物的全面去除，保证基材整体基面的洁净程度。各类清理作业全程遵循精细化施工标准，保证构件整体基面均匀洁净，为后续涂装作业提供优质基础条件。

1.2 基材表面打磨与修整工艺

钢结构构件加工安装完成后，表层会留存焊接残留毛刺、拼接凸起痕迹以及表层不平整区域，此类缺陷会造成防火涂料涂装厚度不均匀，引发涂层局部脱落与开裂问题。基材表面打磨与修整作业针对各类基面缺陷开展精细化处理，通过专业打磨设备对构件凸起部位、焊

接痕迹及粗糙基面进行精细化打磨找平。打磨作业按照均匀化施工标准推进，调节设备运行强度适配不同构件基面状态，保证打磨后的基面平整顺滑。针对构件边角及衔接位置的细微缺陷，开展精细化人工修整作业，消除基面存在的高低差与粗糙问题，实现钢结构整体基面平整度的统一。

1.3 基层预处理养护工艺要求

钢结构基材完成清理与打磨修整作业后，基面状态处于不稳定状态，需要依托规范养护流程稳固基面施工条件，规避外界环境因素对预处理成果造成破坏。基层养护作业针对洁净平整后的钢结构基面开展防护管控，隔绝外界粉尘、水汽与腐蚀性物质对基面的二次污染。养护过程管控现场施工环境状态，维持稳定的施工环境条件，避免环境湿度与温度波动引发基材表层产生新生锈蚀。养护周期内保持钢结构基面持续干燥洁净，稳固基材表层结构状态，保障后续防火涂料涂装施工时，基材与涂料可以形成稳定的结合层，充分保障后续涂装施工的整体质量。

2 钢结构防火涂料核心涂装施工工艺

2.1 防火涂料配料与调和工艺

防火涂料的配比调和是涂装施工的前置关键工序，涂料均匀度与物料融合程度直接影响涂刷流畅度与涂层成型稳定性。施工过程严格遵循涂料原料适配比例进行物料取用，精准控制各类主材与辅助物料的投放量，杜绝物料配比失衡引发的涂料性能波动。物料投放完成后利用专业搅拌设备开展匀速搅拌作业，调控设备运行转速与搅拌时长，让不同组分的物料充分交融混合。搅拌作业持续至涂料整体质地趋于统一，物料内部不存在

分层、结块与沉淀现象,维持涂料优良的流动特性与涂刷适配性。调配完成的涂料需要在有效施工时段内投入使用,规避长时间静置引发的物料变质、稠度异常等问题,保障涂装作业全程的物料性能稳定。

2.2 分层涂装施工操作工艺

钢结构防火涂层无法依靠单次涂刷完成达标成型,分层涂刷是保障涂层厚度均匀、结构密实的核心施工方式^[2]。单次涂刷作业需要控制合理的涂料覆盖厚度,过厚的涂刷层会造成干结速度不均,容易滋生表层起皱、内部空鼓的施工问题,过薄的涂刷层会增加施工频次,影响整体施工效率。单道涂刷作业完成后,预留充足的风干固化时长,等待表层涂料完全定型固化后,再开展后续涂刷作业。全程保持统一的涂刷力度与行进方向,弱化涂层衔接位置的痕迹偏差,让整体构件表层的涂层厚度保持均匀一致。循序渐进的分层施工模式可以逐步夯实涂层结构,提升涂料与基材的贴合紧密性,构建密实稳定的防火防护涂层体系。

2.3 局部节点专项涂装施工工艺

钢结构体系包含大量构件拼接位置、节点连接区域与边角异形结构,这类区域空间形态复杂,常规大面积涂刷作业难以实现全覆盖施工,极易形成防火防护薄弱区域。针对异形结构与节点区域调整施工方式,采用精细化涂刷工艺适配狭小作业空间。细化各类节点的施工范围,对构件拼接缝隙、转角棱边、连接端头开展重点涂刷处理,保障涂料能够完整覆盖所有构件外露表层。精细化专项施工模式可以弥补常规涂装作业的覆盖盲区,消除局部漏涂、薄涂的施工问题,提升钢结构整体防火涂装的完整性与统一性,让各类复杂结构均可获得均衡的防火防护处理。

2.4 涂装后静置养护工艺

整体涂装作业全部结束后,涂层结构尚未完全固化成型,外部环境干扰会直接破坏初期成型状态,规范的静置养护是保障涂层最终品质的重要环节。养护阶段持续管控施工现场的环境参数,维持适宜的空气温度与湿度,减少环境剧烈波动对涂层固化进程产生的负面影响。养护周期内做好施工现场防护管控,隔绝硬质物体接触、外力摩擦以及扬尘堆积,保护处于固化阶段的涂层表层结构。涂层在静置状态下逐步完成水分挥发与结构固化,内部物料组分结合更为紧密,逐步提升涂层附着强度与表面密实度,助力成型涂层维持长期稳定的防护性能。

3 钢结构防火涂料涂装过程质量控制要点

3.1 施工前期机具与材料质量管控

涂装施工开展前的物资状态管控,是稳定整体施工质量的基础前提。施工机具的运行状态直接影响涂装作业的均匀程度与施工精度,喷涂设备、搅拌设备及辅助涂刷工具需要开展全面检查与调试作业。清理机具内部残留物料与杂物,调试设备运行参数,保障机具输出状态稳定,能够适配不同施工区域的作业需求,杜绝机具故障引发的涂刷不均、物料拌合不充分等问题。防火涂料物料需要开展进场前置筛查工作,检查物料储存状态与物料性状,杜绝变质、受潮的物料投入施工使用^[3]。规范物料存放管理模式,将涂料放置于干燥通风的存放区域,隔绝潮湿空气与杂质侵入,维持涂料原始物料性能,为标准化涂装施工提供可靠物资支撑。

3.2 施工环境条件动态质量管控

施工现场的环境条件会持续影响涂料固化速度与涂层成型效果,环境管控属于涂装质量控制的重要组成部分。空气湿度、环境温度及现场洁净程度,都会对涂料附着状态与固化进程产生直接影响。施工开展期间持续监测现场环境状态,及时调控施工现场通风条件,优化空间温湿度状态,避免湿度过高造成涂层干结缓慢、表层泛白等问题,规避温度异常波动引发的涂层固化不均问题。及时清理施工现场漂浮粉尘与散落杂物,维持作业区域洁净状态,减少颗粒物附着于未固化涂层表层引发的表面瑕疵。全程保持环境管控的动态性,根据现场状态变化调整管控方式,适配涂装施工的环境需求。

3.3 各工序施工过程质量把控

涂装各工序的规范化落实,是保障整体施工质量的核心举措。涂料拌合阶段严格管控拌合节奏与物料状态,杜绝随意调整物料投放比例与搅拌时长的不规范操作,保证每批次涂料性能保持统一。涂装作业阶段规范人员操作手法,稳定涂刷力度与作业节奏,规避局部涂料堆积、涂刷厚薄不均的问题。针对节点、边角等特殊施工区域,强化作业管控力度,保证精细化施工工艺落实到位,消除局部施工漏洞。实时排查作业过程中出现的浅层缺陷,在涂层未完全固化前完成细微问题的修整处理,减少成型后大面积瑕疵的出现概率,维持各工序施工的标准化与规范性。

3.4 分层涂装衔接质量控制

多层涂装模式下的层间衔接处理,直接决定涂层整体结构的密实度与整体性。单层涂装作业完成后,严格把控涂层风干固化时长,依据现场环境状态合理调整静置时间,当环境温度在 15~25℃时,薄型涂料层间间隔宜

为 18~24h, 厚型涂料层间间隔宜为 24~48h, 保证表层涂料完全定型后再开展后续涂装作业。排查已成型涂层表层状态, 及时清除表层附着的微量粉尘与松散颗粒, 保障新旧涂层之间可以形成紧密贴合结构。把控后续涂刷作业的施工力度, 避免作业力度过大破坏下层已固化涂层结构, 同时规避涂刷力度不足引发的层间贴合松散问题。稳定的层间衔接管控能够弱化分层施工带来的结构差异, 让多层涂层融合为统一整体, 提升防火涂层整体结构的稳定性与完整性。

4 钢结构防火涂料涂装成品质量管控与优化

4.1 涂装成品外观质量管控

涂装成品外观状态是衡量涂装施工精细化水平的直观标准, 也是成品质量管控的基础核心内容。外观管控工作聚焦涂层表层成型质感与整体规整程度, 对钢结构整体涂装面开展全覆盖、无死角的细致排查。施工达标的防火涂层需要保持表层平整顺滑, 整体色调均匀统一, 涂装面保持干净整洁的成型状态。细致筛查涂层表层存在的细微砂眼、局部堆积纹路、干结褶皱以及轻微划痕等各类成型瑕疵, 及时对各类表层缺陷开展精细化修饰处理^[4]。严格把控涂装面的洁净状态, 杜绝表层附着粉尘、杂物与污染痕迹, 保证整体涂装区域观感协调统一。常态化的外观筛查与修整工作, 能够有效提升涂装工程的精细化程度, 保障成品外观符合行业施工技术标准。

4.2 涂层成型完整性质量管控

涂层成型完整性决定钢结构防火防护体系的覆盖效果, 是成品质量管控的核心内容。完整性管控针对钢结构全部外露构件区域开展全面核查, 重点关注常规涂刷面与异形节点衔接位置的涂层覆盖状态。全面排查构件表层存在的漏涂、薄涂、断涂等不良施工状态, 保证钢结构所有需要防护的区域均可被涂层完整覆盖。核查涂层成型后的连续程度, 杜绝涂层出现断层、空缺、局部剥离等结构缺陷。管控工作注重整体区域的全覆盖排查, 细化各类隐蔽施工位置的核查力度, 消除防护空白区域, 保障防火涂层形成连续完整的防护结构。

4.3 常见涂装质量缺陷成因分析

防火涂料涂装成品出现质量缺陷, 大多源于施工流程管控细节的疏漏与工艺落实的不规范。涂层表层起皮、空鼓、开裂等问题, 多由基层预处理洁净度不足、涂层固化间隔时长不合理引发。涂层厚薄不均、色泽杂乱的成型问题, 主要对应涂料拌合均匀度不足、涂刷作业手法不标准等施工问题。局部防护缺失与涂层破损缺

陷, 来源于节点区域施工精细化程度不足以及成品养护阶段防护不到位。外界环境温湿度波动、施工现场洁净度不足, 也会间接干扰涂层固化进程, 诱发表层瑕疵与结构不稳定问题。系统梳理各类缺陷形成诱因, 能够为后续工艺优化与质量管控升级提供清晰改进方向。

4.4 施工工艺与质量管控优化策略

结合涂装成品暴露的各类质量问题, 针对性优化施工工艺与管控体系, 能够从源头降低涂装缺陷的产生概率, 稳步提升涂装施工整体品质。持续细化基层预处理施工标准, 细化基面清洁、打磨修整的作业细节, 彻底清除基材表层的干扰杂质, 打造稳定优质的涂装基础条件。完善涂料调配与分层涂装作业规范, 统一物料拌合标准、涂刷厚度标准与层间固化间隔标准, 弱化人工操作差异带来的施工偏差。优化施工现场环境管控模式, 根据涂料固化特性调整不同施工阶段的环境调控标准, 适配涂层成型的环境需求^[5]。健全成品养护与防护机制, 延长成品保护周期, 细化固化阶段的现场防护要求, 减少外界环境与外力因素对成型涂层的破坏。系统性的优化举措能够补齐传统施工模式的短板, 构建全流程闭环质量管控体系, 持续提升钢结构防火涂装工程的施工质量。

结束语

钢结构防火涂料涂装是一项工序衔接紧密、环境敏感度高的系统工程, 从基材预处理到成品养护, 每个环节的工艺精度与管控力度都会在最终涂层品质上留下印记。通过细化基层清理与打磨标准、规范涂料调和与分层涂装操作、强化环境动态管控与层间衔接处理, 能够有效降低涂层开裂、空鼓、漏涂等缺陷的发生概率。系统性的工艺优化与全流程闭环管控, 是提升钢结构防火涂装工程质量的可靠路径。

参考文献

- [1] 师锐. 钢结构建筑防火涂料施工工艺优化及工程实践分析 [J]. 中国建筑金属结构, 2026, 25(9): 52-54.
- [2] 葛伟江. 钢结构防火涂料施工常见问题与管控措施研究 [J]. 建筑施工, 2025, 47(7): 1169-1173.
- [3] 闫军. 钢结构用非膨胀厚型防火涂料的涂装施工技术 [J]. 北方建筑, 2025, 10(4): 80-83.
- [4] 杨晓晖, 李铜辉. 钢结构厚型防腐防火施工技术应用 [J]. 智能建筑与工程机械, 2024, 6(2): 10-12.
- [5] 张贺伟. 钢结构建筑防火涂料的选型和施工技术研究 [J]. 中国航班, 2024(1): 92-94.