第 8 卷◆第 5 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4651 /（中图刊号）：860GL005

厚型防火涂料抹涂工艺施工质量控制关键技术

孙世阳　曹平贵　赵泽民
中建海峡科技（福建）有限公司
DOI:10.32629/btr.v8i5.4774

[摘　要] 本文主要探讨了提高厚型防火涂料抹涂工艺施工一次合格率的方法。通过对厚型防火涂料抹涂施工过程中可能出现的问题进行分析,提出了相应的解决措施。
[关键词] 厚型防火涂料；涂料抹涂工艺；涂料施工一次合格率
中图分类号：TQ637.8　**文献标识码**：A

The key quality control techniques for the application process of thick fire-retardant coating

Shiyang Sun　Pinggui Cao　Zemin Zhao
China Construction Straits Technology (Fujian) Co., Ltd.
[Abstract] This article primarily explores methods to enhance the first-pass yield of the application process for thick fire-resistant coatings. By analyzing potential issues that may arise during the application process of thick fire-resistant coatings, corresponding solutions are proposed.
[Key words] Thick fire-resistant coating; Coating application process; First-pass yield of coating construction

1 引言

1.1火灾对钢结构建筑的危害

钢结构是主要建筑结构之一,随着经济的发展,钢结构应用的范围越来越广泛特别是在工业和民用建筑中的应用。但其耐火性能差是其致命弱点。试验数据表明,随着温度的升高,钢材的屈服强度与弹性模量均呈现明显的下降趋势:当温度超过400℃后,二者进入快速下降阶段;至600℃时,常规钢材的屈服强度与弹性模量分别下降至常温状态下的40%和30%。而火灾发生时,室内的环境温度在0.5h内即可超过800℃。该情况下,结构的耐火极限仅为15~20min,远低于现行规范要求的疏散逃生和消防救援所需的时间。

1.2常见的钢结构防火做法

钢结构常见的防火做法包括防火涂料保护和包覆防火板材两种。

防火涂料保护是通过在钢结构表面涂装专用防火涂料,形成耐火隔热层,以延缓钢材升温、增强耐火极限。

包覆防火板材是通过在钢结构表面包覆具有防火隔热阻燃功能的板件实现防火效果,常用的防火板材包括石膏板、硅酸钙板、蛭石板、矿棉板等。

在实际工程中,涂装钢结构防火涂料是使用最为广泛也是较为经济的一种方法,受到了广大用户的欢迎,在钢结构工程中得到广泛的应用。

常规厚型防火涂料抹涂工艺包括：基材处理——涂料调配——分层抹涂——静置干燥——层间处理——养护固化。

基于此,本文通过福建省福州市公安局业务技术用房项目钢结构防火涂料施工情况详细阐述厚型防火涂料抹涂工艺施工质量控制的关键技术,旨在为提高钢结构防火施工质量提出具有参考价值的建议。

1.3现状调查和目标设定：

福州市公安局业务技术用房项目位于福建省福州市仓山区南台大道西侧,北园路北侧,本项目总建筑面积约19.7万平方米,合同额约11亿元。该工程主楼1#楼整体为框架结构,地下2层,地上10层,高度为46.20m,用钢量达6700吨。根据设计要求,1号楼厚涂型防火涂料最大厚度达34mm,防火施工面积达12000㎡。

通过对该工程已施工部分的厚型防火涂料抹涂工艺施工一次合格率情况进行抽查。共计检查数为300,其中合格数为228,不合格数为72,一次合格率仅为76%,其中的主要症结集中在空鼓和开裂。而经过调查周边类似工程,发现施工质量水平较高的项目可以将一次合格率控制在90%以上。

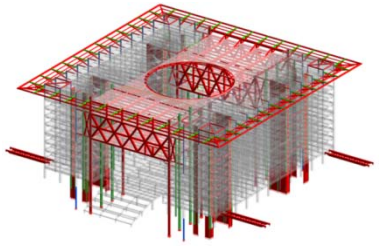

图1-1项目概况介绍

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4651 /（中图刊号）：860GL005

2 钢结构厚型防火涂料抹涂工艺施工中关键因素分析

从人机料法环多个方面进行综合分析后，将从以下11个因素中寻找钢结构厚型防火涂料抹涂工艺一次合格率偏低的原因。

2.1作业人员经验影响

作业人员经验不足会影响防火涂料施工工序执行情况，导致涂层外观、结构问题及表面缺陷，破坏其性能、稳定性。

根据调查，在工作年限小于2年的工人施工和工作年限大于2年的工人施工两种情况下质量问题出现的占比情况分别为17.3%和16.9%，差值为0.4%，对质量的影响不大。

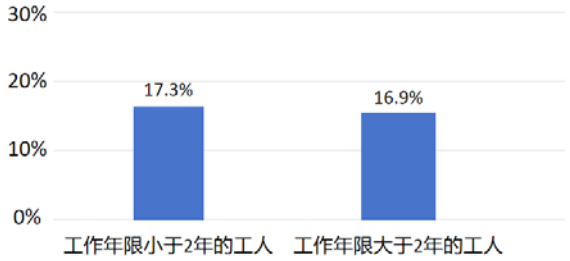

图2-1作业人员经验影响调查情况

2.2防火涂料品牌影响

根据设计要求，防火涂料的性能及质量要求应符合《钢结构防火涂料》GB 14907-2018规定。防火涂料与防腐基层、面层之间的相容性、刚着力和耐久性应符合《钢结构防火涂料应用技术规程》T/CECS24-2020和《钢结构防火涂料》GB14907-2018规定。

防火涂料材料直接影响涂料的难燃性和附着力，不适宜的防火涂料会直接影响施工质量。

根据调查，在引入另一种符合施工设计要求的防火涂料做对比实验后，在品牌A防火涂料施工和品牌B防火涂料施工两种情况下出现的质量问题占比分别为17%和17.5%，差值为0.5%，对质量的影响不大。

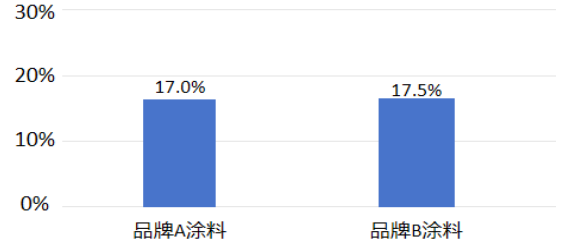

图2-2 防火涂料品牌影响调查情况

2.3施工辅材影响

作为施工工序的一部分，防火涂料施工辅材的质量直接影响施工均匀性、附着力和最终防火效果。

施工现场所使用的钢丝网（丝径Φ1mm，网眼10mm×20mm），玻纤网（丝径Φ1mm，网眼10mm×20mm），保温钉（Φ1mm、长50mm）和胶（401）均符合施工要求，对质量影响不大。

项目	名 称	规 格	备注
1	钢丝网/铅丝网/玻纤网	丝径Φ0.8-1.2mm 网眼 10 mm × 20 mm	
2	铅丝、钢筋棍	Φ4 mm	
3	保温钉	Φ0.8-1.2mm、长50mm	
4	胶	401、EVA707 或其他万能胶	

图2-3 现场施工辅材要求

2.4施工环境影响

根据设计要求，施工温度要求的适宜温度为15-30℃，极限温度为5-35℃。施工湿度要求的适宜湿度为10-70%，极限湿度：0-80%。

温度和湿度不适宜会影响防火涂料干燥速度，产生缺陷，破坏涂层性能，削弱粘结稳定性与防火隔热效果。

施工过程中的温度（8℃-34℃）和湿度（34.5%-77.1%）虽然存在较大浮动，但仍处于符合施工要求的范围，对质量影响不大。

2.5粘保温钉影响

设计要求粘保温钉可用401胶加普通水泥按1:1比例进行混合、粘接；也可用双组份万能胶进行粘接；或用EVA707胶加普通水泥按1:1的比例进行混合、粘接。保温钉的间距上下、左右为20-30cm左右。

粘保温钉操作不当会造成保温钉易从基材中拔出或松动，无法有效固定防火涂料，进而引发涂料与基材之间的空鼓。

现场施工过程中的保温钉安装间距为25mm，使用的胶为401胶加普通水泥按1:1比例进行混合的，符合施工要求的范围，对质量影响不大。

2.6挂网搭接影响

施工设计要求网间搭接为5-10cm，加网后需要全面进行压实。

底层挂网的搭接错误时，单个网片需承担更大的荷载。当荷载超过挂网与钢结构的粘结强度或锚固力时，挂网易从基体上脱落或松动。

现场作业施工时，网间搭接为10cm，加网后全面进行压实，符合设计要求，对质量的影响不大。

2.7基层拉毛影响

现场施工人员在基层做拉毛处理时采用人工刷浆，浆料和毛刺分布存在不均匀现象。

拉毛层是在钢结构表面形成凹凸结构，增加接触面积，提升机械咬合力，从而增强粘结强度。若拉毛层效果不足，涂料与基层之间的粘结力会显著下降，无法抵御干燥固化过程的收缩应力，引发空鼓与开裂。

而经过统计，在浆料和毛刺分布均匀与浆料和毛刺分布不均匀两种施工情况下出现的质量问题占比分别为7.7%和17.0%，差值为9.3%，对防火涂料的施工质量影响大。

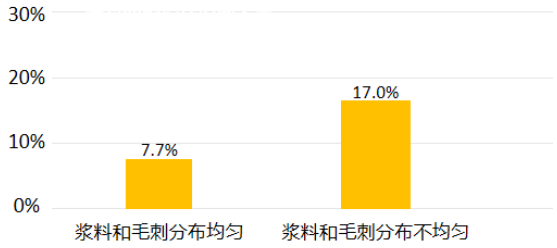

图2-4 基层拉毛影响调查情况

2.8涂料调制比例影响

厚型防火涂料调制比例会影响防火涂料的粘稠度，进而影响干燥速度和涂层厚度差异，加剧收缩应力集中，增加开裂风险。

现场施工人员涂料调制比例只有一个范围参照(1.2-0.8)，并未进行明确，存在涂料调制成品太稀/太干的情况，太稀的区域，涂料干燥速度慢，收缩量过小，易产生流坠；太干的区域，涂料干燥速度快，收缩量大，易产生干裂。

而经过统计，在涂料调制成品合格和涂料调制成品太稀/太干两种情况下出现的质量问题占比分别为10.9%和21.0%，差值为10.1%，对质量影响大。

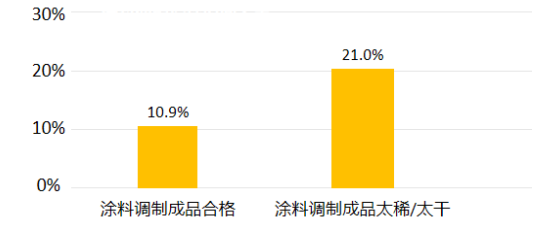

图2-5 涂料调制比例影响调查情况

2.9搅拌后留置影响

设计要求，每次搅拌好的涂料宜在30分钟内用完，在使用过程中变稠可加入少量水搅拌均匀即可，超过1小时未用完的拌合料或已开始固化成型的材料不得继续使用，以免影响材料整体性能。

若留置过久，涂料中的水分蒸发会导致涂料粘度增加，流动性变差。粘度过高的涂料无法均匀铺展，易出现涂膜过厚或过薄，厚的部位干燥慢、收缩量大，薄的部位干燥快、收缩量小，这种不均匀收缩会在涂层内部产生剪切应力，导致开裂。

现场作业施工时，对于超过1小时开始固化成型的材料均不再使用，符合施工要求的范围，对质量影响不大。

2.10涂层厚度影响

施工设计要求单层涂层厚度为7mm，偏差控制在±1mm。

单层施工厚度过大时，内部的收缩变形无法通过“分层释放”来缓解，导致收缩应力高度集中。当这种收缩应力超过涂层自身的抗拉强度时，涂层会出现贯穿性或网状开裂。

现场作业施工时，单层涂层厚度均控制在7±1mm以内，符合设计要求，对质量的影响不大。

2.11分层施工间隔控制影响

按照设计要求，分层施工时间间隔为下层涂层干燥至70%-80%，而现场由于工人作业时间长导致未严格执行。

分层施工时，若未按规范控制间隔时间，下层涂料干燥不充分时进行后续涂刷，会导致内外层干燥速度差异。这种体积变化差异会引发涂层开裂、空鼓甚至脱落。

经过调查，在分层施工间隔严格控制在干燥度70%-80%的施工情况和分层施工间隔未严格控制在干燥度70%-80%的施工情况两种情况下症结出现的质量问题分别为17.0%和7.2%，差值为9.8%。

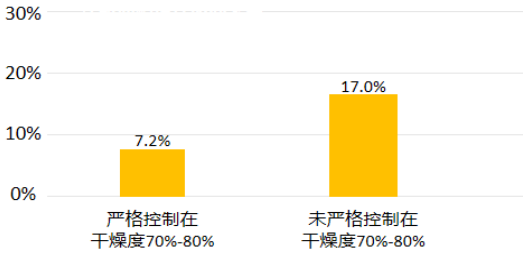

图2-6 分层施工间隔控制影响调查情况

3 钢结构厚型防火涂料抹涂工艺施工质量控制关键技术要点

3.1质量控制关键技术点一：基层拉毛处理改用机械喷浆

常用的基础拉毛处理采用的是人工刷浆，虽然操作便捷、成本可控，但对拉毛的均匀性难以控制，需要多次返修。可以根据现场的情况，将基层拉毛处理施工方式改为能够解决拉毛间距不均或漏拉毛的问题，而且施工更为轻松省力，确保了喷涂的均匀性和到位性的机械喷浆。

施工配比为防火涂料：拉毛胶：水=2:1:1，搅拌均匀后采用喷涂方式施工，厚度2mm。静置24小时后进行下一涂层施工。

3.2质量控制关键技术点二：根据现场情况制定合适的调配比

涂料调配比一般是给定范围，具体的调配比则需要根据现场实际情况进行明确。可以进行各配比粘合度现场试验，进行拉拔试验测出粘结强度，择取最适合本工程的最优配比。

经过实验后发现，随着配比中粉料成分增高，粘结强度亦与之同步增强。但粉料增高到一定程度时，会导致底层出现裂纹。最终配比方案调整为粉料：水=1：0.9。

3.3质量控制关键技术点三：严格执行规定的分层施工间隔

根据设计要求，需要在下一层防火涂料干燥至70%-80%后再进行上一层防火涂料施工，而现场的气温会对干燥速度产生影响，故需要根据气温来调整分层施工时间间隔，并依此设计进行流水施工，使作业时下层涂料干燥程度符合设计要求。

可以根据现场的实际情况进行涂层干燥时间实验，分析出了各种平均气温下现场分层施工最短时间和最长时间，以此设计进行流水施工作业。

4 结论

4.1实施效果

对策实施后的厚型防火涂料抹涂工艺施工一次合格率进行了检验，累计抽查300个点出现问题23处，一次合格率提高到92.3%，较活动目标值90%高出2.3个百分点。

4.2结束语

本研究通过深入剖析厚型防火涂料抹涂施工工艺特点、明确适用范围、阐述工艺原理，并结合具体工程实例详细阐述施工流程与操作要点，为建筑行业提供了一种较经济、高效、高质量的解决方案，助力钢结构工程防火作业迈向更加绿色、智能、可持续的未来。

[参考文献]

[1]刘坤.不同涂层厚度对钢框架整体性能的影响分析[D].合肥:安徽建筑大学,2016.

[2]李国强.钢结构及钢-混凝土组合结构抗火设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

[3]王银志,李国强.考虑结构整体性的组合梁抗火性能研究[J].自然灾害学报,2008(3):96-105.

[4]李国强.现代钢结构抗火设计方法与研究进展[C]//中国建筑工业出版社,同济大学《建筑钢结构进展》编辑部,香港理工大学《结构同城进展》编委会.结构防灾、监测与控制:第二届“结构工程新进展国际论坛”特邀报告集.北京:中国建筑工业出版社,2008:140-166.286.

[5]张晓翔,袁宏永,施洪福,等.某艺术中心消防性能化火灾场景设定[J].消防科学与技术,2015,34(6):722-724.

作者简介：

孙世阳(1999--),男,汉族,福建福州人,本科,研究方向：钢结构工程施工。