建筑钢结构屋面新型 TPO 单层防水施工管理探究

朱华锋

上海祁翔建筑有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i2.4680

[摘要] 文章以某建筑工程项目为例,在说明项目中所使用的建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工技术要点的基础上,从项目前期策划与准备、精细化施工过程管控、推进管理的信息化与智能化、施工质量的全面性管控这几方面入手,着重探讨了建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工的具体管理策略,旨在切实提高建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工效果,保证项目如期保质交付使用。

[关键词] 建筑工程; 钢结构屋面; 新型TPO单层防水施工; 施工管理

中图分类号: TU198 文献标识码: A

Probe into the construction management of new TPO single-layer waterproofing for building steel roof

Huafeng Zhu

Shanghai Qixiang Construction Co., Ltd.

[Abstract] Taking a certain construction project as an example, this article, on the basis of explaining the key points of the new TPO single-layer waterproofing construction technology used in the building steel structure roof of the project, starts from the aspects of project planning and preparation in the early stage, refined process control during construction, promotion of informatization and intelligence in management, and comprehensive quality control during construction, focuses on discussing the specific management strategies for the new TPO single-layer waterproofing construction of the building steel structure roof. The aim is to effectively improve the construction effect of the new TPO single-layer waterproofing of the building steel structure roof and ensure the project is delivered on schedule and with guaranteed quality for use.

[Key words] construction engineering; Steel roof; New TPO single layer waterproof construction; construction supervision

引言

新型TPO防水卷材的性能水平、环保效果以及施工便捷程度均保持在较高水平,因此在当前的建筑钢结构屋面防水施工中得到广泛应用。为充分发挥出该卷材的优势,必须要强化落实新型TPO单层防水施工管理。

1 项目概述

麦肯速度项目位于陕西省杨凌农业高新技术产业示范区内,项目用地约28万平方米,总建筑面积131468.37平方米,其中一期项目占地5.5万平方米,建筑面积约6万平方米。项目中主要完成冷库、加工车间等建筑的施工建设,对应的屋面形式普遍为轻钢屋面。为确保项目建筑质量达标,展开了建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工,避免生产中出现屋面渗漏问题。出于对提升防水施工效果的考量,着重落实了对建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工的管理。

2 建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工的技术要点

2.1 建筑钢结构屋面板安装的防水施工技术要点

本项目各单体屋面采用TPO防水工艺,因建筑特性及用途不同,施工流程和技术要求有所差异。生产车间与非制冷设备区采用0.8mm压型钢板、0.2mmPE隔气膜、100mm岩棉保温板配合1.5mmTPO防水卷材;制冷设备区增加10mm硅酸盐防火板;冷库增设自愈性SBS隔气膜和PIR保温板,以满足不同区域的防水和保温需求。

施工前,需结合施工方案和现场要求,从工艺流程和设备设施方面做好准备。技术人员利用水平仪、经纬仪等设备,对钢结构精度、屋面檩条安装面、安全网和生命线的安装情况进行全面测定,确保满足安全作业要求,避免对后续屋面板安装造成风险。

屋面板安装时,从山墙部位开始,结合现场布局及时安置作业平台,确保施工人员有足够的作业空间。首块屋面板安装完成后,在檐口设置连续基准线,作为后续安装的参考依据,便于及

时校正安装精度。技术人员需定期检测屋面板的安装精度,减少位移,确保垂直度和平行度符合施工要求,以保障防水施工质量。

2.2 新型TPO单层防水施工技术要点

作为钢结构建筑项目屋面防水作业过程中的关键所在,应结合TPO防水卷材基本特性及其应用要求,明确现场铺设施工过程中的注意事项与技术要点,有效抑制现场可能出现的渗漏现象,最大程度保障建筑屋面部位的防水性能。在本文所述案例项目现场,采用机械连接焊接方案针对TPO防水卷材的搭接缝进行处理,同时选用塑料套管与螺钉对卷材进行深度固定,避免受外界环境因素的影响导致卷材位移、铺设松动或接缝渗漏等现象的产生。施工技术人员应当按照设计要求以及技术施工目标,针对现场的卷材防水效果进行及时验收,当存在渗漏风险时,应及时向项目现场参建各方进行通报,并在48小时内给出对应的解决方案。

进行TPO屋面卷材铺设与固定施工的同时,应确保卷材的铺设方向垂直于压型钢板的长边,并尽可能使卷材之间的搭接缝与屋面水流方向相一致。进行铺设作业之前,现场施工技术人员应针对屋面目标部位进行精准测量和计算,最大限度减少现场卷材施工过程中可能出现的搭接缝数量。对于必要的焊接部位,应做好表面清理工作,减少水露点、油污以及附着物的产生。施工过程中应将铺设固定周期控制在一天以内,同时做好接口部位的保护工作,减少降水对于卷材接口产生的影响。

现场铺设施工过程中,应结合屋面面积以及卷材规模进行预铺作业,使卷材能够按照屋面轮廓平顺布置于目标位置表面,待经过适当的整理与裁剪后,确保目标位置与卷材形态相一致,并采用塑料套管、固定螺钉将屋面层与防水卷材进行固定,螺钉旋入长度应控制在25mm以上^[1]。

受到钢结构建筑形态及其设计思路等客观因素的影响,一些部位的TPO卷材铺设可能存在一定困难,因此对于特殊的穿出构件,应进行额外固定,使其抵抗降水与大风的能力得到进一步提升。当针对天窗洞口等部位进行TPO卷材铺设的同时,应将卷材进行上翻,并在转角处对其进行固定覆盖,上端采用收口压条进行固定与密封。当卷材铺设位置涵盖穿屋面管道时,应及时针对管道位置进行处理,使管道能够穿过卷材,同时将管道表面进行包绕,下端采用防水卷材进行焊接固定,上端采用密封胶进行再一次密封,最大限度保障屋面部位的防水质量与效果。

3 建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工的具体管理策略

3.1 项目前期策划与准备

第一,设计与规范适配。组织专家对设计图纸进行专项会审,确认TPO防水层的厚度(通常 $\geq 1.5\text{mm}$)、搭接宽度($\geq 80\text{mm}$)及收口构造是否符合《坡屋面工程技术规范》(GB 50693)要求。核算钢结构变形量,确保TPO材料的延展率($\geq 300\%$)能匹配主体结构的伸缩需求。

第二,材料准入管控。优先选用通过FM认证或ASTM D6878

标准的TPO卷材,抽样送检验证抗拉强度(纵向 $\geq 21\text{MPa}$)、耐候性及接缝剥离强度($\geq 30\text{N/mm}$)。

实施“双人验货制”,核查材料出厂证明及运输存储条件(应避免防潮,避免高温褶皱)。

第三,深化节点设计。运用BIM技术对檐口、天沟、风机基座等复杂节点进行三维建模,优化排水路径并预演施工难点。编制细部构造做法图集,明确泛水板搭接方式、压条固定间距($\leq 300\text{mm}$)等细节。

3.2 精细化施工过程管控

第一,基层处理标准化。钢结构表面除锈等级需达Sa2.5级以上,涂刷配套基层处理剂(如环氧锌黄底漆),确保界面附着力 $\geq 1.5\text{MPa}$ 。使用激光水平仪复测基层平整度,局部凹陷处填充弹性密封胶(压缩回弹率 $\geq 90\%$)。

第二,焊接工艺参数控制。采用自动爬行焊机,设定温度($400\pm 10^\circ\text{C}$)、速度($150\text{--}200\text{mm/min}$)双控指标,实施“双焊缝+充气检测”工艺。对交叉部位及修补区域采用手持焊枪补强,每道焊缝冷却后目视检查无漏焊、跳焊^[2]。

第三,动态施工协调。实行“分区段流水作业”,按“基层验收→铺设→焊接→节点加强”顺序推进,相邻工序间隔不超过24小时。恶劣天气应急预案主要设定如下:湿度 $> 85\%$ 或温度 $< 5^\circ\text{C}$ 时暂停露天作业,已铺卷材边缘用重物压固防风揭。

3.3 推进管理的信息化与智能化

3.3.1 信息化技术融合应用

第一,BIM技术深化设计。利用BIM模型进行屋面构造三维可视化设计,优化TPO防水卷材排版、节点处理(如采光窗、通风口等)及与其他专业(钢结构、通风系统)的碰撞检查。通过BIM参数化建模,模拟不同气候条件下的TPO材料性能(如热胀冷缩变形量),提前规避施工风险^[3]。

第二,物联网实时监控。在施工区域部署温湿度传感器、焊接设备监测模块,实时采集环境数据(如温度、湿度)和施工参数(焊接温度、速度),确保符合TPO材料施工规范。通过物联网平台联动预警系统,对异常数据(如低温焊接)自动触发警报并推送整改指令。

第三,无人机与AI辅助验收。采用无人机搭载高清摄像头对屋面整体防水层进行全景扫描,结合AI图像识别技术自动检测焊接缺陷(如虚焊、漏焊)、褶皱或破损区域。利用三维激光扫描复核实际施工与BIM模型的偏差,生成质量报告并指导整改。

3.3.2 施工过程关键管理要点

第一,材料与工艺控制。在材料管理方面,建立TPO卷材全生命周期追溯系统,通过RFID标签记录生产批次、运输存储条件及施工位置,确保材料性能可追溯。在焊接工艺管理方面,采用自动爬行焊机,结合实时监测数据(如焊接温度、压力)优化参数,确保搭接缝熔接质量;对复杂节点(如阴阳角)采用定制化成型机加工。

第二,施工协同与交底。利用VR技术进行施工虚拟交底,模拟TPO卷材铺设、焊接及节点处理流程,提升施工人员对工艺要

点的理解。通过移动端协同平台(如企业微信、钉钉)实时共享施工进度、质量问题及整改要求,实现多工种协同作业。

第三,质量与安全。在质量验收方面,采用无损检测技术(如红外热成像)检查防水层连续性,结合BIM模型记录缺陷位置并生成整改清单。在安全监控方面,通过智能安全帽和AI视频分析系统,实时监测高空作业人员安全防护措施(如安全绳佩戴),预防坠落风险。

3.3.3数据驱动的决策支持

第一,施工数据集成分析。利用云平台整合BIM模型、物联网监测数据、施工日志等,生成施工进度-质量-成本关联分析报表,辅助管理人员动态优化资源配置。通过大数据挖掘历史施工案例,建立TPO防水施工质量缺陷知识库,为类似项目提供风险预测和决策依据。第二,绿色施工管理。结合环境监测数据(如碳排放、能耗),优化施工机械调度(如焊接设备使用时段),降低碳排放;通过数字化模板减少材料浪费,符合绿色建筑认证(如LEED)要求。

3.4施工质量的全面性管控

3.4.1质量监控体系构建

第一,过程检测手段升级。引入红外热成像仪检测接缝连续性,温差分辨率 $\leq 0.05^{\circ}\text{C}$;真空负压箱法检测焊缝渗透性(负压 -85kPa 持续10分钟无渗漏)。

数字化记录系统:每个施工班组配备移动终端,实时上传影像资料至云端平台。

第二,分级验收机制。自检合格后报监理验收,重点部位(屋脊、采光带周边)实施第三方抽样检测,合格率须达100%方可进入保护层施工。

3.4.2施工工艺关键点的把握

第一,基层处理。在钢结构基层部分,要求除锈等级 $\geq \text{Sa}2.5$ (喷砂或抛丸处理),表面粗糙度 $40\sim 75\mu\text{m}$,清洁度 ≤ 2 级(无油污、浮尘)。实施平整度控制,激光水平仪复测,误差 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$,凹陷处填充弹性密封胶(压缩回弹率 $\geq 90\%$)。

第二,焊接工艺。引入自动焊接工艺,控制双焊缝搭接宽度 $\geq 80\text{mm}$,焊缝宽度 $10\sim 12\text{mm}$,温度设定 $400\pm 10^{\circ}\text{C}$,速度 $150\sim 200\text{mm}/\text{min}^{[4]}$ 。搭配手工补焊,针对边角或障碍区,手持焊枪温度调至 $420\sim 450^{\circ}\text{C}$,焊缝冷却后100%目视+充气检测(负压 -85kPa 保压10分钟无渗漏)。

第三,铺设与固定。卷材铺设方向与排水方向一致,长边搭接 $\geq 80\text{mm}$,短边搭接 $\geq 120\text{mm}$ 。TPO压条固定间距 $\leq 300\text{mm}$,自攻钉垂直于屋面,钉头沉入卷材表面 $\leq 1\text{mm}$,周边密封严密。

3.4.3复杂节点的科学处理

第一,檐口与天沟。檐口部位增设铝合金滴水线,卷材上翻高度 $\geq 50\text{mm}$,收头处用金属压条固定并密封胶满涂。天沟底部设置附加层(TPO卷材双层铺设),搭接缝错开 $\geq 300\text{mm}$,避免积水渗漏。

第二,设备基础与穿透物。风机基座、管道穿越处采用预埋

套管+环形密封胶处理,TPO卷材包裹管壁 $\geq 300\text{mm}$,伸缩缝预留 20mm 宽补偿余量。

第三,屋脊与阴阳角。屋脊部位增设专用防水盖板,阴阳角处增贴 300mm 宽增强筋,与主材热风焊接牢固。

3.4.4质量检测与验收

第一,过程检测。针对焊缝质量进行检测,随机抽查10%焊缝,红外热成像仪检测连续性(温差 $\leq 0.05^{\circ}\text{C}$ 为合格)。检测接缝密封性,真空负压箱法抽检(负压 -85kPa 持续10分钟无渗漏)。

第二,成品验收。针对主控项目,要求防水层无皱褶、空鼓、翘边,排水坡度误差 $\leq 1\%$ 。安排资料审查,要求材料合格证、检测报告、施工记录完整,隐蔽工程影像资料存档^[5]。

3.4.5常见质量问题预防

导致焊缝虚焊问题发生的可能原因为温度过低或速度过快,为解决这一问题,要求在施工中严格控温,采用“焊接-检测-再确认”流程;导致卷材起鼓问题发生的可能原因为基层潮湿或气体未排净,为解决这一问题,要求在施工中保证基层彻底干燥,铺设时排气辊碾压压实;导致边缘翘曲问题发生的可能原因为固定点间距过大,为解决这一问题,要求在施工中缩短压条间距 $\leq 250\text{mm}$,加密密封胶。

4 总结

综上所述,施工管理是建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工中需要重点把握的工作内容,要在高质量落实关键施工技术要点的基础上,实施项目前期策划与准备、精细化施工过程管控、推进管理的信息化与智能化、施工质量的全面性管控等策略,提升施工管理成效,获取到更为理想的建筑钢结构屋面新型TPO单层防水施工效果。

[参考文献]

[1]史辉.钢结构厂房屋面防渗漏施工技术分析[J].建筑机械化,2025,46(03):122-125.

[2]黄光仲.复杂条件下运动场馆的屋面防水工程施工技术研究——以第一届全国学生(青年)运动会场馆为例[J].房地产世界,2024,(08):128-130.

[3]李绍伟,王浩,董翔宇.TPO防水材料在单层工业厂房屋面防渗漏中的施工技术研究[A]2023年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册)[C].《施工技术》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司,施工技术编辑部,2023:3.

[4]吴述新.大型钢结构屋面防水体系质量控制要点——以某大型游乐设施项目为例[J].建设监理,2023,(04):87-89+93.

[5]尹卫东.钢结构屋面工程施工部署和技术方案以苏州市第二工人文化宫项目工程为例[J].中国建筑金属结构,2021,(10):144-145.

作者简介:

朱华锋(1980--),男,汉族,上海人,本科学,中级,研究方向:工程管理方向。