

防水卷材搭接质量无损检测技术适用性研究

张盛翔

丽江市建设工程质量检测有限公司 云南 丽江 674100

【摘要】：建筑大型屋面防水卷材搭接部位是防水体系的薄弱环节，传统人工检测难以识别内部隐蔽缺陷，难以满足高标准工程质量管控要求。以某度假区大型屋面工程为研究载体，采用红外热成像无损检测技术，开展卷材搭接质量检测流程布设、缺陷识别及整改应用研究，梳理检测设备参数优化、温差构建工艺与量化判定标准的适配路径。工程实践表明，该技术可精准筛查卷材搭接未熔透、虚焊等隐蔽病害，实现大面积屋面快速无损普查，有效弥补传统检测方式的短板，可为同类屋面防水搭接质量检测提供技术参考与工程借鉴。

【关键词】：防水卷材；搭接质量；无损检测；红外热成像；工程应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.048

引言

随着大型文旅及公共建筑屋面工程规模持续扩大，高分子防水卷材已成为屋面防水构造的核心用材，卷材搭接施工质量直接决定建筑屋面防渗耐久性能。大型屋面结构形式复杂，金属屋面与混凝土屋面交错布置，多类型防水卷材混用现象普遍，搭接缝数量多、分布范围广，施工成型后隐蔽缺陷易发且难以排查。传统人工目视检查仅能判别表面显性问题，对搭接层内部脱粘、未熔透等隐患缺乏有效识别手段，行业亟需适配大面积屋面场景的无损检测技术。基于此，依托某度假区大型屋面工程实际工况，开展防水卷材搭接质量无损检测技术适用性研究，为屋面防水工程质量管控提供技术支撑。

1 防水卷材搭接质量无损检测技术应用现存问题剖析

建筑屋面防水卷材施工场景呈现多样化特征，金属屋面与混凝土屋面交替布设的结构形式，让卷材搭接部位构造形态更为复杂，异形转角、高低跨交接等特殊位置增多，给无损检测作业开展造成客观阻碍。市面上主流无损检测方法对 TPO 卷材、高分子自粘卷材等不同材质的适配性存在明显差异，部分检测技术仅适用于单一类型卷材材质，面对多品种卷材混用的工程现场难以保持稳定检测精度。传统人工目视查验仅能识别卷材搭接表面破损、翘边等显性病害，无法探查搭接缝内部虚焊、未熔透及空鼓等隐蔽性缺陷，常规检测手段的识别深度难以覆盖防水工程质量管控的核心需求^[1]。现场施工工序交叉作业繁杂，防水层铺设后易被保温层、装饰面层快速覆盖，留给无损检测的作业窗口期较短，现有检测流程缺乏标准化作业规范，检测参数设定缺乏统一量化依据，不同工况下温度差值判定界限模糊，易造成缺陷漏判、误判情况频发。

2 防水卷材搭接质量无损检测技术适配优化路径

2.1 检测设备参数选型与灵敏度优化

检测设备参数选型与灵敏度优化，依托防水卷材导热性能、表面红外辐射特性开展匹配校准。精密红外检测设备兼顾屋面大面积普查与搭接缝细部精细辨识需求，依托内置成像算法弱化自然光、空气流动等外界环境干扰，抑制热成像画面噪点失真。针对不同类型高分子防水卷材表层材质反射特性差异，对设备发射率、成像增益、对焦模式进行系统性调校，消除材质固有属性带来的温度表征偏差。结合屋面基层结构、露天作业环境开展多工况标定适配，形成成套参数配置范式，稳定提升设备对卷材搭接内部细微脱粘、虚焊等隐蔽缺陷的捕捉能力，为现场无损检测建立可靠硬件适配体系。

2.2 卷材搭接区域温差构建工艺优化

卷材搭接区域温差构建工艺优化，遵循高分子材料散热动力学规律制定标准化加温作业模式。采用专用辅助加温装置对搭接全域进行均匀温和升温，加温时长与作业节奏随卷材厚度、现场温湿环境灵活适配，避免局部过热破坏卷材本体结构与原有搭接构造^[2]。加温完成后把握热信号采集最佳时段，依靠搭接密实区域与缺陷区域天然散热速率差异，形成辨识度良好的热成像特征。规范直线段、转角异形部位的加温覆盖范围，平衡区域温度梯度分布，弱化边界效应干扰，让内部未熔透、层间空隙等隐蔽缺陷的热特征完整呈现，适配复杂屋面工况下标准化检测作业。

2.3 无损检测缺陷量化判定标准优化

无损检测缺陷量化判定标准优化，以热成像图谱表征差异作为核心判定依据。依托海量工程实测影像与现场解剖核验成果，建立层级化缺陷识别框架，依据热特征异常程度划分合格、轻微缺陷、严重缺陷三类判定层级。结合卷材搭接构造形式、

现场施工工艺特点对判定逻辑进行校正,剔除基层导热、环境气候波动带来的判别偏差,构建多因素协同修正的判定体系。通过实测图谱与实体验证结果持续对标校准,形成适配多品类防水卷材、多结构屋面的统一判别范式,为行业卷材搭接质量无损检测提供规范的技术参照与执行依据。

3 防水卷材搭接质量无损检测技术工程应用适配实践

3.1 大型屋面工程现场检测流程布设

大型屋面工程现场检测流程布设结合某度假区核心区超30万平方米屋面实际工况展开布设作业,依托项目金属屋面与混凝土屋面交错分布的构造特点,划分连片主题建筑、配套酒店、设备用房等独立检测分区。检测作业严格限定在防水卷材铺设完成且未覆盖保温层与面层的窗口期内,按屋面楼栋区块划分连续扫描作业路线,沿卷材搭接缝走向实行全覆盖逐条布设检测路径。依据现场屋面空间条件固定仪器作业架设高度与扫描距离,适配园区多类型屋面结构形态,同步做好现场作业环境记录与分区影像留存,实现大范围屋面区域检测线路的规整化、网格化布设,保障全域搭接部位检测无盲区、无遗漏。

3.2 防水卷材搭接缺陷典型案例识别

防水卷材搭接缺陷典型案例识别依托某度假区设备用房屋面实测场景开展实操辨识,红外热成像采集过程中捕捉到卷材搭接长边中段形成条带状异常热信号,异常区段延伸长度达1.8m,与卷材搭接走向保持平行分布状态。热成像影像精细化解析可区分正常熔合区域与热特征异变区域的界面边界,结合现场局部解剖核验方式,查实区段名义搭接宽度符合100mm设计标准内部仍存在熔合不达标问题,近40%搭接面积未形成有效热熔焊接结构。依靠热图谱形态特征与现场实体剖验相互印证,可精准区分搭接未熔透、层间虚焊、局部翘边等不同缺陷类型,实现隐蔽性搭接病害的精准定位与类型判别。见图1。

参考文献:

- [1] 王海龙,王悦,王万金,等.高清红外及高频雷达技术在建筑外墙渗漏水无损检测中的应用研究[J].施工技术(中英文),2024,53(24):128-133.
- [2] 李晋玲,尚华胜,刘金宝,等.防水卷材搭接缝剥离强度及不透水性影响因素研究[J].中国建筑防水,2023,(07):20-24.
- [3] 吕志峰,尹择然,林永旗,等.钢桥面防水粘结层施工质量超声无损检测技术分析[J].福建交通科技,2025,(04):90-94.

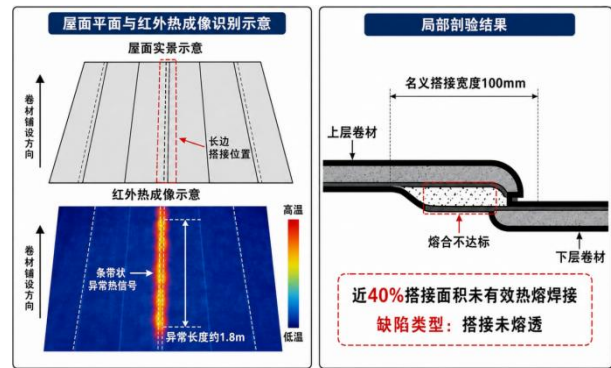


图1 防水卷材搭接缺陷红外识别示意图

3.3 检测结果应用与工程整改落地实践

检测结果应用与工程整改落地实践以某度假区核心区普查数据为实施基础,全域屋面排查共锁定40余处防水卷材搭接质量缺陷点位,涵盖层间虚焊、搭接错位、边缘翘边等多类施工病害。所有缺陷位置依托红外热成像影像完成坐标标记与影像存档,形成完整缺陷点位台账作为整改施工的直接依据^[3]。现场整改依照缺陷类型与分布区域划分作业批次,整体修复施工周期控制在3周时间内,针对局部未熔透及空鼓区域采用重新热熔焊接、局部补铺卷材的工艺完成闭环处置。检测数据与影像资料同步纳入工程质量归档体系,为后续大型文旅建筑、地下综合管廊等同类大型工程屋面防水质量管控,提供可复刻的检测应用与整改实施范式。

4 结语

大型复杂屋面建筑防水卷材搭接构造隐蔽性强,传统检测方式难以满足精细化质量管控需求,无损检测技术的应用成为屋面防水工程提质增效的重要途径。结合某度假区大型屋面工程实际工况,可形成标准化的现场检测布设方法、缺陷识别模式与整改落地流程,同时完成检测设备、施工工艺及判定标准的系统性优化。红外热成像无损检测能够高效筛查卷材搭接虚焊、未熔透等隐蔽病害,适配大面积屋面批量检测作业场景。相关技术路径与工程实践经验,可为文旅建筑、市政设施等同类屋面防水搭接质量管控提供可行参考。