

# 钢结构工业厂房屋面漏水排查与修缮处理措施

金晓霞

航宇救生装备有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8148

[摘 要] 本文研究了钢结构工业厂房屋面漏水问题，主要由材料老化、施工缺陷和环境因素共同导致。排查方法可采用三级诊断：目视检查寻找明显缺陷，雨天跟踪和喷水试验定位渗漏源，红外热成像和超声波检测评估隐蔽损坏。修缮措施分为四个层次：局部修补处理细小裂缝和破损卷材；金属板修复包括除锈防腐和变形矫正；排水系统优化着重清理和扩容；全面加强采用弹性涂料和高分子卷材，提升整体防水性能。采取系统化的排查与修缮，可有效延长屋面使用寿命。

[关键词] 钢结构工业厂房；屋面漏水；排查方法；修缮处理措施

## Measures for investigation and repair of roof leakage in steel structure industrial plant

Jin Xiaoxia

Aerospace Life Support Equipment Co., LTD.

[Abstract] This paper investigates the issue of roof leakage in steel structure industrial buildings, primarily caused by material aging, construction defects, and environmental factors. The inspection methods can be divided into three levels: visual inspection to identify obvious defects, rain tracking and water spray tests to locate the source of leakage, and infrared thermal imaging and ultrasonic testing to assess hidden damage. Repair measures are categorized into four levels: local patching for minor cracks and damaged membranes; metal plate repair including rust removal, anti-corrosion, and deformation correction; drainage system optimization focusing on cleaning and expansion; comprehensive reinforcement using elastic coatings and high-performance membranes to enhance overall waterproofing performance. Systematic inspection and repair can effectively extend the service life of the roof.

[Key words] steel structure industrial plant; roof leakage; investigation method; repair measures

### 引言

厂房建筑屋面渗漏是一个普遍存在且危害较大的工程通病，不仅影响安全生产，也影响建筑工程的使用寿命。渗漏的因素比较多元，一方面受材料自身耐久性能衰退的影响，但同时也凸显出施工阶段的质量控制的缺陷，采用传统的“哪里漏哪里”的简单维修难以从根本上解决渗漏问题。本文通过分析渗漏因素、提出渗漏的多级排查策略，同时结合渗漏维修对策等探索研究，意在规范工业厂房的维护性措施。

### 1 钢结构工业厂房屋面漏水的原因分析

钢结构工业厂房屋面漏水问题往往由多重因素共同作用导致，需要从材料、施工和环境三个维度进行系统性分析。

其中以防水材料的老化为常见，特别是日光暴晒使防水卷材变硬开裂，日温差导致涂层出现裂缝；金属屋面锈蚀，一般从板肋的咬口或螺钉固定点处开始，其将常受积水和腐蚀物质

的侵蚀，从而形成穿孔漏水的情况；屋面不均匀荷载引起的板面局部变形破坏，也就会造成屋面防水层原有的连续性遭破坏<sup>[1]</sup>。

由于造成施工质量的瑕疵，将潜伏施工质量隐患。尤其接缝施工的质量瑕疵，如螺钉孔没有做到封孔处理，造成雨水通过螺钉螺纹漏入；搭接缝没有加强处理，易被风压剥开；天沟焊接不密实、檐口收边固定不牢，会造成毛细渗漏。以上在验收时未能被发现的问题，经过使用3~5年后才集中暴露。

漏（沁）水原因之三是环境条件导致。大风掀起屋面板边口，支点松动；大雨冲刷考验屋面防水的瞬时排水容量；雪压导致屋面凹坑存水；落叶、尘埃等杂质覆盖，排水孔被堵塞，水位升高漫至屋面分隔缝。

### 2 屋面漏水排查方法

#### 2.1 目视检查

直观检查是预防漏水排查的第一步, 检查人员的人员技能、检查方法及规章制度将是直观检查影响的关键, 所以在实际开展过程中需要有科学性的检查顺序及方式、检查线路等, 且保证不出现遗漏。

(1) 屋面整体检查。从屋面最高的位置开始, “之”字形遍历往下检查。关注金属屋面板的板缝连接处有无裂缝、起鼓, 板肋咬合处封口是否完好。涂层屋面应检查涂层表面粉化、裂缝等, 为防水失效的征兆。锈蚀主要检查螺钉接头点、收边部位等积水易滞留处, 锈迹的扩散情况决定了锈蚀的严重性<sup>[2]</sup>。

(2) 细部节点检查。天沟的检查要兼顾结构完整性和排水通畅性。用手电筒照射天沟内侧, 检查焊缝是否连续完整, 是否存在虚焊或锈蚀穿孔。同时测量天沟底部坡度, 确保排水坡度不小于 2%。落水口的检查要拆除防杂物罩, 用内窥镜观察管道内部的堵塞情况, 常见堵塞物包括枯叶、泥沙甚至鸟巢。对于虹吸式排水系统, 还需检查透气孔是否畅通。

(3) 检查工具与记录。专业的目视检查, 应配备高亮度 LED 手电筒、20 倍放大镜、数码相机等工具。发现缺陷时, 立即用防水贴纸标记位置, 并记录 GPS 坐标。建议采用检查清单逐项核对, 包括板面变形度、密封胶老化程度、紧固件缺失数量等量化指标。所有检查数据应记录, 为后续维修决策提供依据。

## 2.2 渗漏点定位

定位检测。屋面局部出现渗漏水, 由于雨水路径非线性的存在, 室内点和屋面实测点会有几米之差的误差, 漏点的准确判定除了动态观测以外, 还需综合模拟实验。

(1) 雨天实时追踪技术。选择中到大雨天气进行现场观测最为理想。在室内渗水点正上方屋面区域铺设 1m×1m 的网格标记, 每个网格节点布置吸水指示片。观测时段应持续整个降雨过程, 记录各网格节点渗水的先后顺序和水量差异。特别注意雨水在保温层中的横向迁移现象, 通常水迹会沿檩条或板肋方向蔓延。对于金属屋面, 使用红外测温仪检测板面温度异常区, 渗水部位的导热系数变化会使表面温度差异达 2~3℃。

(2) 喷水试验的标准化操作。在无雨期可采用喷水试验, 模拟降雨工况。测试设备应选用可调节压力的喷淋系统, 压力范围控制在 0.2~0.3MPa, 喷头距屋面保持 1.5m 距离。测试分区进行, 每个区域喷淋时间不少于 15 分钟。重点检测以下部位: 板缝咬合处、螺钉固定点、屋面穿透件周边。为增强可视性, 可在水中添加荧光剂, 使用紫外灯辅助观测渗透路径。对于复杂节点, 可采用局部负压检测法, 在待测区域覆盖透明真空罩, 抽真空至 -0.05MPa 后喷水, 观察气泡产生位置<sup>[3]</sup>。

## 2.3 仪器辅助检测

在现代屋面检测领域, 专业仪器的应用, 极大提升了隐蔽缺陷的检出, 能够突破传统目视检查的局限, 实现非破坏性的

全面诊断。

(1) 热红外成像。热成像检测主要视时间节点而定, 夏季检测宜在早上太阳未升起之前, 此时屋面整晚散热后处于一种平稳的状态; 冬季宜在正午, 利用日光照射的温差。检测时要求环境温差大于 10℃, 分辨率不低于 320×240。渗漏部位在红外成像图上会出现两种情况, 保温层有积水部位在图上出现较低的温度点, 而空鼓部位呈现热成像图上的较高温度。用专业分析软件可以自动标注温差超过 2℃ 的位置, 并生成热缺陷分布图。需要注意的是不同屋面材质的发射率参数校正, 如金属屋面发射率取 0.85~0.95, 涂层屋面取 0.92~0.96。

(2) 超声波厚法。钢板腐蚀探伤可运用脉冲回波式超声波测厚仪。探头使用 5MHz 具有较好分辨率。其探头安装调试之前需利用标准试块进行校准, 测量过程中需要使探头表面涂抹耦合剂, 每个点需要重复 3 次后取平均值。探头的点阵采用网格法, 间距不超过 500mm, 探头可在焊缝周边密集化成 200mm, 并在数据的处理过程中, 将数据制成厚度等值线图, 重视腐蚀比原来厚度减少的数值超过 20%。对于夹芯板可以运用穿透式进行测量, 以便区分出芯材进水与否的情况。需要注意的是其测量报告包含最小余厚度、腐蚀预测等数据。

## 3 屋面漏水的修缮处理措施

### 3.1 局部修补措施

(1) 密封胶修补的工艺控制。接缝处理前必须进行基面预处理, 使用角磨机配合钢丝刷将接缝两侧各 50mm 范围内的旧胶层、氧化物彻底清除, 露出金属基材。对于宽度小于 5mm 的裂缝, 应采用低模量聚氨酯密封胶, 注胶前先在缝内填入闭孔背衬条, 控制胶缝深宽比为 1:1。注胶时使用专用胶枪保持 45° 倾角, 确保胶体完全填满缝隙。固化期间需避免雨水冲刷, 夏季施工后应覆盖遮阳布防止胶体表面龟裂。关键节点的密封处理要特别注意, 如采光带周边需采用耐候性更好的硅烷改性聚醚胶 (MS 胶), 其位移能力应达到 ±25% 以上。

(2) 防水卷材局部更换施工技术要点。防水卷材局部更换拆除范围应大于损坏范围 150mm 以上, 新旧卷材交接处进行加强处理: 涂刷专用界面剂→卷材预热, 用热风枪焊枪将交接的边预热到 160~180℃→压辊压实, 防止漏气。PVC 卷材交接缝用双焊缝且预留有 20mm 宽的空腔用于气密试验。涂层修补采用的材料应与原系统选用的材料兼容, 粘结力实验合格后 (拉拔强度不得小于 1.5MPa), 修补施工将涂层搭接范围做成斜坡连接过渡, 宽度不小于 100mm。

### 3.2 金属屋面板修复

(1) 锈蚀修复。锈蚀区域处理必须达到 Sa2.5 级除锈标准, 采用石英砂喷砂工艺, 喷射压力控制在 0.6~0.8MPa, 喷射角度保持 75°~90°。处理后的基材表面粗糙度应达到 40~70 μm, 并立即在 4 小时内完成首道底漆施工。防腐涂层系统推

荐采用“环氧富锌底漆(80  $\mu\text{m}$ )+环氧云铁中间漆(100  $\mu\text{m}$ )+聚氨酯面漆(60  $\mu\text{m}$ )”的三层体系,每道涂层施工间隔需严格遵循产品复涂窗口期。边角部位应采用刷涂预涂装,确保膜厚达到平面区域的1.5倍。涂层固化后,用磁性测厚仪检测,总干膜厚度不得低于240  $\mu\text{m}$ <sup>[4]</sup>。

(2) 变形板件的修复。对于局部变形(挠度 $\leq L/150$ )的板件,可采用液压矫正工艺。矫正前需在板背设置临时支撑架,矫正速率控制在5mm/min,避免冷作硬化。矫正后需用激光水准仪检测,平整度偏差应 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ 。当出现以下情况时必须更换新板:板肋断裂;板面穿孔直径 $>50\text{mm}$ ;残余变形量 $>L/100$ 。新板安装要遵循“从下往上、逆主导风向”的原则,咬合边需用专用锁边机进行360°机械锁缝,锁紧力设定为3.5~4.0kN/m。

(3) 关键部位增强。加强螺钉安装孔内端粘贴EPDM防水塞,拧紧螺钉施力范围3Nm至4Nm。板接缝处刮涂密封胶后,应用不锈钢防滑条。沿海建筑在钢板上做硅烷浸渍处理,在表面形成防水屏蔽层。在修复后进行环境模拟(湿法环境模拟,包括耐盐雾及紫外线处理)<sup>[5]</sup>,检测系统经过72小时盐雾试验(500小时)和紫外老化试验(1000小时)。检测确认修复系统耐候性能良好后,保存修复工程影像记录和数据,并将记录数据存入厂房维护数据库,做好后期跟踪,及时维护。

### 3.3 排水系统优化

天沟系统:(1) 清理质量。机械+人工处理,即:天沟清理首先利用高压水枪将积存在沟体上的杂物冲洗下来,之后再使用真空吸污车进行清扫,对于清理后的沟体还需要利用内窥镜进行仔细的检查,检查内容为天沟接缝处和落水口连接处(主要包括是否存在焊缝开裂和防腐层破损)。排水坡度利用电子水平仪,其检测要求为:沟体纵向坡度要求为 $\geq 2\%$ ,天沟横向坡度要求为 $\geq 1\%$ ;对于虹吸排水系统还需要仔细检查虹吸排水系统的雨水斗防涡流装置,测试系统排水效果时注意,水流流高不应大于檐高。天沟清理后还需要进行排水试验,排水试验是采用设计雨水量1.5倍的水流冲刷15min,观察天沟排水效果,天沟排水效果良好。

(2) 落水管系统的功能恢复。落水管疏通需分段进行:先拆卸上部弯头,用管道机器人检查管壁结垢情况,再用弹簧疏通机清理竖向管段,最后用高压清洗车冲洗水平管段。管径检测采用通过式量规,当管径缩小超过15%时应考虑局部更换。防杂物措施升级包括:在落水口加装不锈钢滤网(网孔 $\leq 10\text{mm}$ ),在管道中段设置沉淀槽。对于多跨厂房的排水系统,建议增设应急溢流管,其管径应不小于主排水管的75%,出口位置要避开设备区和人行通道。

(3) 系统性排水能力提升方案。当现有排水能力不足时,

需进行排水系统升级改造。新增排水口的布置,应遵循“分区排水”原则,每个排水区域面积不超过150  $\text{m}^2$ 。导水槽安装要计算水力半径,槽内水流速度宜控制在0.6~1.2m/s。在易积水区域,可设置线性排水系统,其排水效率是普通天沟的2~3倍。改造完成后需进行排水验算,确保系统能满足当地50年一遇的暴雨强度要求。

### 3.4 全面防水加强

(1) 弹性防水涂料体系涂装工艺控制。涂料喷涂施工应先进行基层处理,混凝土基层含水率 $\leq 8\%$ ,金属基层除锈等级Sa2.5,聚氨酯涂料宜采用双组分喷涂体系,A、B组分经60℃预热后经高压喷涂装置(压力 $\geq 15\text{MPa}$ )进行混合喷射,一次成膜厚度在1.2~1.5mm。由“细到大”施工顺序开始,阴、阳角部位应预先涂刷加强层,管道根部采用无纺布增强处理。丙烯酸涂料宜在5℃及以上施工,喷涂每道间隔应不小于4h,总涂膜厚度不小于2mm。重点质量控制关键点是涂膜表干时间( $\leq 4\text{h}$ )、粘结强度( $\geq 1.0\text{MPa}$ )和断裂伸长率( $\geq 400\%$ )<sup>[6]</sup>。

(2) 高分子卷材铺设的关键技术。TPO卷材铺设前,需进行预铺定位,采用热风焊接时,焊枪温度应稳定在400~450℃,焊接速度保持0.3~0.5m/min。接缝处需做双焊缝处理,中间预留20mm空腔用于气密性检测。PVC卷材应采用溶剂型焊接,接缝搭接宽度不小于50mm。细部节点处理要特别注意:女儿墙处上翻高度 $\geq 250\text{mm}$ ,并用金属压条固定;设备基础周边应做“一布三涂”附加层。施工后需进行全数检查,焊缝检测采用真空罩负压法(-0.03MPa维持30秒)或电火花检测(15kV)。

### 结语

通过对钢结构厂房屋面的防水工程进行成因分析、准确诊断以及针对性的维修方案的研究,在实践中发现,可以有效加强厂房屋面防水质量的科学化,并提高其使用寿命和质量水平。对此,厂房屋面需做好定期红外检测、排水监测等工作,防患于未然,使得其综合处理和防护能够有针对性地落实到屋面防水、渗漏水问题的解决当中。

### [参考文献]

- [1]陈海东.关于钢结构厂房屋面防水的研究[J].低碳世界,2021,11(11):57-58.
- [2]刘锦华.钢结构厂房泛水件防漏施工技术分析[J].四川水泥,2022,(12):138-140.
- [3]仇晋伯.工民建防渗漏的施工技术探讨[J].中国住宅设施,2024,(01):163-165.
- [4]胡德军.关于房屋建筑中屋面防水问题的探讨[J].中华建设,2023,(07):134-135.
- [5]徐雪峰.房屋建筑工程屋面防水施工及质量控制分析[J].住宅与房地产,2023,(08):147-149.