

基于 PVC 满粘系统的老旧金属屋面渗漏治理关键技术与实践

丁贤磊

上海宣科实业有限公司 上海 201812

【摘要】：随着既有工业建筑进入集中维护阶段，老旧金属屋面渗漏已成为行业共性技术难题。以上海斯派莎克厂房及办公楼屋面防水改造工程为实例，针对项目不停产施工、高空作业、结构荷载受限、节点构造复杂等严苛约束条件，系统剖析板缝松动、天沟倒灌、采光带密封失效等典型渗漏成因。对比传统维修方案短板，论证 PVC 防水卷材满粘系统在适配变形、轻质低载、整体无缝密封、安全施工等方面的技术优势。详细介绍系统构造设计、满粘施工工艺及天沟满包、采光带抬高等关键节点处理措施，明确质量控制与验收要点。工程实践表明，PVC 卷材满粘系统可有效适应金属屋面变形、满足轻质荷载要求、实现全屋面无缝密封，交付后达到零渗漏标准，可为同类工业厂房金属屋面防水改造工程提供技术参考与案例借鉴。

【关键词】：金属屋面；防水翻新；PVC 卷材；满粘施工；细部节点；工业建筑

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.050

引言

钢结构金属屋面因自重轻、施工快、空间利用率高，在工业建筑中广泛应用。长期服役后，受温度应力、风雨侵蚀与结构变形影响，老旧金属屋面普遍出现板缝松动、天沟倒灌、采光带密封失效等渗漏问题，严重威胁生产安全与建筑使用功能。传统局部修补、改性沥青卷材等维修方式耐久性差、无法适配屋面变形，难以实现根治。

PVC 防水卷材满粘系统具备轻质、高弹、整体无缝、无明火、抗风揭等优势，可满足不停产、轻质荷载、复杂节点密封等严苛改造要求。本文结合斯派莎克厂房金属屋面翻新工程，系统分析渗漏成因，阐述 PVC 满粘系统的设计、施工与关键节点技术，总结成套治理经验，为同类老旧金属屋面渗漏改造提供工程。

1 工程概况

1.1 项目基本信息

斯派莎克工程（中国）有限公司一期厂房及办公楼屋面防水改造工程位于上海市，改造范围包含生产厂房、综合办公楼及配套附属用房，屋面防水改造总面积约 18080 m²。该建筑主体为钢结构体系，屋面采用压型金属板屋面，建成投用已超过 10 年，属于典型老旧工业厂房屋面。项目实施期间厂房保持 24 小时连续生产，不允许停产、不允许室内渗漏、不允许施工干扰正常运营，对防水改造的安全性、可靠性、施工组织提出极高要求。

1.2 屋面构造与渗漏现状

原屋面构造自上而下为：压型金属板→保温层→隔汽层→钢檩条。原防水层依托金属板搭接密封与节点防水构造，长期经受温度应力、风荷载、雨雪侵蚀及人员检修踩踏作用，出现整体性老化失效。经现场全面勘查，渗漏主要集中于三大区域：

1) 金属板搭接区域：板缝松脱、张口、密封胶老化开裂，雨水沿缝隙侵入；

2) 天沟与檐口交接部位：不锈钢天沟与屋面板交接处构造缺陷，形成倒灌水通道，暴雨天气直接向内渗水；

3) 屋面采光带区域：采光带与金属板同平面安装，密封胶老化、收头脱落，形成大面积渗漏点。

上述渗漏已直接影响车间设备运行、产品储存与办公环境，存在生产安全与质量风险，必须实施系统性整体翻新。



图 1、2 金属屋面翻新前情况

1.3 改造核心约束条件

1) 不停产施工：室内生产不得中断，施工过程必须实现“当日施工、当日封闭”，杜绝中途渗漏；

2) 高空安全作业：屋面高度较高，老旧钢板局部锈蚀，需严格保障施工人员安全；

3) 轻质荷载限制：原结构设计荷载余量小，新增防水层自重须严格控制；

4) 节点复杂：天沟、采光带、女儿墙、设备基础密集，异形节点多，密封难度大；

5) 耐久性要求：翻新后防水层需满足长期稳定使用，避免重复维修。

2 老旧金属屋面渗漏成因分析

2.1 材料老化与构造缺陷

金属屋面原防水体系以密封胶、搭接止水、节点收头为主，长期暴露在室外环境中，密封材料出现硬化、脆化、脱落，失去粘结与密封能力。金属板与采光板、天沟钢板、女儿墙泛水

板等不同材质交接处,因热膨胀系数不一致,在温度应力作用下产生相对位移,导致接口开裂、密封失效。

2.2 应力变形与机械损伤

钢结构屋面在风荷载、雪荷载、温度变化、屋面检修人员踩踏等作用下,压型金属板持续产生振动与变形。板搭接部位长期往复位移,导致自攻螺钉松动、板缝张口,原有防水构造被破坏。檐口与天沟交接处因排水坡度不足、构造处理简单,暴雨时水位上涨形成倒灌水渗漏,成为屋面最严重渗漏通道。

2.3 采光带节点设计先天不足

原采光带与金属屋面处于同一平面,未设置抬高构造,防水卷材/密封胶直接收头于平面位置,排水不畅、长期积水浸泡,加速密封失效。同时采光带框架老化、开裂,进一步加剧渗漏。



图3 屋面翻新前天窗情况

2.4 传统维修方式局限性

项目前期曾采用防水涂料、局部卷材修补等方式处理,但均出现短期有效、长期反复渗漏的问题。传统材料弹性不足、耐候性差、与金属板粘结不可靠,无法适应金属屋面持续变形,无法形成整体密封体系,最终陷入“修补—渗漏—再修补”的循环。

3 防水翻新方案比选与确定

3.1 常用维修方案适应性对比

基于本项目“不停产、高空、轻质、节点复杂”的核心约束,对以下方案进行比选:

1) 局部涂料修补:虽施工便捷,但其整体性差,无法适应金属板变形,与“长效密封、一次根治”的目标不符,且在高空大风环境下施工质量难控制。

2) 改性沥青卷材翻新:需明火加热,在存放易燃物的厂房上空作业安全风险不可接受,且材料自重较大,低温柔韧性不足。

3) 机械固定单层屋面:抗风揭能力强,但其固定件对老旧、局部锈蚀的压型钢板基层可靠性存疑,且节点处理仍依赖密封胶,存在老化隐患。

轻质、高弹性、热风焊接无缝、耐候耐久、无明火、适应

变形、可整体满粘形成密闭防水层,最适配本项目不停产、轻质荷载、复杂节点、老旧基层等条件。

3.2 PVC 卷材满粘系统技术优势

1) 轻质低荷载:卷材自重轻,对原结构几乎不增加额外荷载,满足老旧厂房要求;

2) 高适应变形能力:PVC 卷材断裂延伸率高,可跟随金属板热胀冷缩与振动变形,不裂不脱;

3) 整体无缝密封:搭接热风焊接,形成一体化防水层,从根本上阻断雨水侵入;

4) 满粘抗风揭:与金属板满粘粘结,抗风吸力强,适合沿海与高空屋面;

5) 施工安全高效:无明火、低噪音、气味小,不影响室内生产;

6) 耐候耐久:选用国际知名品牌 PVC 卷材,抗紫外线、抗老化、耐腐蚀,使用寿命可达 20 年以上。

3.3 方案确定

综合渗漏成因、现场约束、耐久性与经济性,本项目最终确定采用 PVC 防水卷材满粘系统进行整体翻新,对天沟、采光带、板缝、檐口等关键部位实施专项节点处理,实现屋面全封闭防水。

4 防水翻新系统设计

4.1 屋面系统构造设计

翻新后屋面构造层次(自上而下):1) PVC 防水卷材(耐候、抗老化、热风焊接);2) 专用耐候胶粘剂(满粘、高强度、耐老化);3) 清理修复后的原有压型金属板基层;4) 原保温层、隔汽层、钢檩条(保留利用)。

4.2 关键部位专项设计

1) 天沟倒灌治理设计:以阻断雨水倒灌通道为核心,对原有檐口构造进行优化。设计切除天沟外挑檐口钢板,消除结构缺陷带来的倒灌隐患;PVC 防水卷材由屋面大面连续延伸,满包天沟内侧钢板并向上翻至立面进行收口密封,搭配附加层增强处理,形成连续密闭的盆式防水构造,从根本上解决暴雨倒灌问题。

2) 采光带密封设计:以实现高位排水、立面收口为目标,将传统平面密封改为立体密封。设计将采光带龙骨整体抬高 250mm,创造立面收口条件;屋面大面卷材连续上翻至抬高龙骨位置并密封固定,配合全新采光板安装,使接缝远离积水区域,实现排水顺畅、密封可靠的长效防水效果。

3) 板缝加固设计:对松动板件进行加固,卷材满粘覆盖全部板缝,消除渗漏通道;

4) 高空安全设计:全屋面布设临时生命线系统,制定专

项高空作业方案。

5 施工工艺流程与控制要点

5.1 总体施工流程

屋面安全评估→基层清理与缺陷修复→高空安全设施布设→胶粘剂涂刷→PVC 卷材预铺→满粘压实→搭接缝热风焊接→天沟节点处理→采光带节点改造→女儿墙收头→焊缝检测→淋水试验→竣工验收。

为确保“当日施工、当日封闭”的核心要求，施工组织采用分区、分段流水作业，其计划安排示例如下表2。

表2 屋面分区施工与封闭计划表示例

施工分区	主要施工内容	关键控制点	计划完成时间	封闭状态确认
A区 (示例)	基层处理、卷材满粘、节点处理、焊缝检测	胶粘剂涂布均匀性、焊接质量、节点密封	当日下班前	该区所有卷材铺设完毕，搭接缝焊接完成，并通过巡检
B区 (示例)	(同A区)	(同A区)	次日下班前	(同A区)
.....
每日收工前检查	确保当日作业区域防水层形成完整封闭	安全员、质检员联合巡查，确认无未焊接接缝、无材料未固定	每日	填写《每日工作面封闭确认单》

5.2 基层处理

全面清理屋面灰尘、泥沙、杂物、旧密封胶、松动构件；对锈蚀钢板进行打磨、除锈，局部破损严重区域进行加固更换；确保基层干燥、洁净、平整，无尖锐凸起，避免刺破卷材；

对天沟、檐口、采光带周边进行重点清理与修复。

5.3 高空作业安全专项控制

施工前进行屋面结构安全评估，编制专项安全方案；全屋贯通布设临时生命线系统，承载力经计算验证；施工人员全程佩戴五点式安全带，挂钩固定于生命线；单根生命线限定作业人数，严禁超载；屋面作业统一指挥、分区管理、专人监护。

5.4 PVC 卷材满粘施工

卷材沿压型钢板波峰方向铺设，顺直平整，不得扭曲褶皱；用胶粘剂需双面涂刷，均匀不漏底。涂刷后需在5℃~35℃、湿度低于90%的条件下静置，待其表干至“指触不粘”状态时立即进行粘贴，使用压辊全面压实，排除空气，保证满粘无空鼓；长边搭接宽度≥80mm，采用自动焊接机热风焊接；短边采用对接+150mm宽卷材覆盖焊接，焊缝宽度≥25mm；执行“由高到低、分段施工、当日封闭”原则，施工段当天必须完成焊接与密封，防止夜间降雨渗漏。

5.5 热风焊接质量控制

焊接温度、速度标准化，焊缝连续、饱满、无跳焊、虚焊、焦烧；焊缝采用肉眼检查+手撕检查+专用钩针检测，确保焊接强度；复杂节点采用手持焊枪精细焊接，保证密封可靠。

5.6 异常工况应急预案

施工期间密切关注天气预报。如遇突发降雨，对已涂胶未粘贴或已粘贴未焊接的卷材，立即采用防水苫布覆盖压边；焊接作业时遇四级以上大风立即停止，并检查已完工部分的压实情况

6 关键节点防水施工技术

6.1 天沟与檐口倒灌治理（核心技术）

传统天沟渗漏多因屋面檐口与天沟为刚性连接。本工程采用“切除外挑、卷材满包、立面收口”的根治性方案（构造见图4）。具体为：首先切除易积水的檐口外挑钢板，消除倒灌结构基础；然后将大面PVC卷材整体连续铺贴，向下满包天沟内侧全部表面；最后将卷材上翻至天沟侧壁立面并进行机械固定与密封处理。此做法使天沟与屋面防水层连成一体，无任何横向接缝，雨水只能沿预定路径排走，从根本上杜绝了倒灌。



图4 屋面天沟及女儿墙翻新处理

6.2 采光带密封改造（关键技术）

传统采光带渗漏多因平面收口、长期积水浸泡导致密封快速失效。本工程采用“整体抬高、立面收口、一体化密封”的根治性方案（构造见图5）。具体为：先拆除老化失效的采光带框架与面板，将采光带龙骨整体抬高250mm，脱离屋面积水区；再将屋面大面PVC卷材连续上翻至抬高龙骨立面位置，与龙骨可靠密封固定；最后安装全新采光板，使采光体系与防水层形成整体密闭构造。此做法从平面密封改为高位立面密封，彻底消除接缝积水隐患，实现排水顺畅、长效密封，从根源上解决采光带渗漏难题。



图5 天窗抬高处理

6.3 金属板板缝处理

传统板缝渗漏多因搭接松动、密封胶老化、分散接缝难以封闭所致。本工程采用“加固复位+满粘全覆盖”一体化处理方案。具体为：先对松动、张口的板缝及屋脊盖板进行加固与复位，恢复基层结构稳定性；再用PVC卷材满粘全覆盖所有板缝区域，将分散接缝整体纳入连续防水层；板缝位置重点加强压实，确保卷材与基层粘结紧密、无空鼓、不翘边。此做法变分散接缝为整体密封，彻底阻断雨水沿板缝侵入的通道，从根本上解决板缝渗漏问题。



图6 屋面满粘施工效果

7 质量验收与检测

7.1 过程质量控制

在基层处理、卷材粘贴、焊接等每道工序完成后，均实行班组自检、互检、专职质检员专检的“三检制”。重点控制基层洁净度、胶粘剂涂布率、焊接温度与速度等参数，不合格点立即整改。

7.2 成品检测

- 1) 焊缝气密性检测：对焊缝进行充气/钩针检测，合格率100%；
- 2) 淋水试验：对屋面、天沟、采光带、女儿墙等关键区域进行不少于2小时淋水，无渗漏、无滴水；
- 3) 雨后观察：经历自然暴雨后全面检查，确认零渗漏。
- 4) 现场抽样对粘结剥离强度和焊缝进行剥离测试，结果均高于设计及JGJ/T 316-2013《单层防水卷材屋面工程技术规程》标准要求

7.3 验收结论

本项目经过程控制、专项检测、淋水试验与暴雨考验，整体防水层完好、密封可靠、节点无渗漏，满足设计要求与使用功能，一次性通过竣工验收。



图7 屋面整体翻新后效果

8 工程效果与效益分析

8.1 工程效果

- 1) 渗漏根治：彻底解决板缝、天沟、采光带三大渗漏问题，实现零渗漏；
- 2) 安全可靠：高空作业零事故，不停产施工顺利完成；
- 3) 系统耐久：PVC卷材满粘体系抗变形、抗老化、抗风揭，使用寿命长；
- 4) 外观整洁：屋面整体平整美观，节点规范统一。

8.2 技术效益

本项目形成了适用于老旧金属屋面渗漏治理的成套关键技术，有效破解传统维修无法根治的行业痛点：

- 1) 天沟满包密封工法，从构造层面彻底消除檐口倒灌隐患，解决天沟节点设计缺陷引发的顽固性渗漏；
- 2) 采光带抬高密封工法，将平面收口改为高位立面密封，杜绝接缝积水浸泡导致的密封失效。

两项核心工法形成闭环技术体系，真正实现一次改造、长效可靠，为同类金属屋面翻新提供可复制、可推广的技术支撑。

8.3 经济与社会效益

相较于屋面拆除重建方案，本项目采用PVC卷材满粘翻新工艺，工期缩短60%、造价降低40%以上，综合投入更优。项目全程实现24小时不停产施工，有效避免了厂房停产带来的生产中断、订单延误与经济损失，间接经济效益突出。同时，施工无明火、低噪音、无污染，符合绿色建筑与低碳改造要求，大幅延长屋面使用寿命，降低全生命周期维护成本，具备良好的社会推广价值与示范效应。

9 结论与展望

9.1 结论

以上海斯派莎克厂房及办公楼老旧金属屋面防水改造工程为实践依据，系统研究了不停产、高空作业、轻质荷载、复杂节点等严苛工况下，PVC防水卷材满粘系统的应用技术与实施路径，主要结论如下：

- 1) PVC卷材满粘系统轻质高强、高弹抗变形、热风焊接整体无缝，可完美适配老旧金属屋面改造，有效适应基层动态

变形并满足结构轻质荷载要求，是根治渗漏的优选方案。

2) 天沟满包密封、采光带抬高收口两项关键节点技术，从构造根源解决天沟倒灌、平面接缝积水渗漏难题，实现长效密封。

3) 精细化施工组织、完善的高空安全管控及“当日施工、当日封闭”的工序管理，是不停产改造项目成功落地的核心保障。

本工程经实践检验达到屋面零渗漏目标，技术可靠、效益显著，可为同类工业建筑金属屋面翻新提供直接借鉴。

9.2 展望

结合本工程实践经验，对同类老旧金属屋面渗漏治理工程提出如下建议：优先以不停产、轻荷载、安全施工作为方案选型核心约束；强化老旧基层检测评估与预处理；将天沟、采光带、板缝等关键节点深化设计置于优先位置。

未来，PVC 卷材满粘系统可进一步与光伏屋面一体化、反射隔热、保温节能等技术融合，构建防水—隔热—发电多功能复合屋面体系；同时结合物联网监测与智能预警技术，可实现屋面渗漏智能监测与智慧运维，推动金属屋面改造向长寿、绿色、低碳、智能化方向发展。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.GB 55030-2022 建筑与市政工程防水通用规范[S].北京:中国建筑出版传媒有限公司,2022.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50345-2012 屋面工程技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ/T 316-2013 单层防水卷材屋面工程技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4] 王超,史维礼,李承鑫,等.金属板屋面 PVC 满粘防水系统的应用[J].中国建筑防水,2024,(11):42-46.
- [5] 王天龙,邓伟.基于高分子防水卷材的现代高层建筑金属屋面防水技术研究[J].广州化工,2024,52(18):70-72.
- [6] 汤浩军.某文化中心金属屋面关键技术应用[J].中国建筑金属结构,2022,(05):12-15.
- [7] 董彪.公共建筑金属屋面与高分子防水卷材的应用[J].中国建筑防水,2021,(12):34-40.
- [8] 万常彪.PVC 卷材满粘系统在金属屋面渗漏翻新中的应用[J].中国建筑防水,2020,(S2):24-26.