

金属屋面维修的技术探索

熊文超

中南建筑设计院股份有限公司

摘要：随着本世纪我国经济的高速发展，建筑行业也得到蓬勃发展，成百上千的建筑拔地而起。经过这些年的高速发展，这些年建设的建筑均存在不同程度的问题，金属屋面经过21世纪以来在我国的快速发展，有些到了我国的防水时限要求，有的快到临界时限要求，这些金属屋面也存在各种问题。对于国内的传统设计院的认知中，维修工作不是设计院的工作，是施工单位的任务，在某机场T2航站楼改造项目中，设计院这样一个契机，在设计合同内有金属屋面维修任务，而市场上没有专业的公司和机构能承接，所以设计院能有机会对金属屋面的维修进行探索。

关键词：金属屋面；维修；技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.078

一、项目简介

T2航站楼于2006年设计，2008年正式启用后承担了机场全部国内旅客出行，2017年T2航站楼转场后关闭停用。T2航站楼在转场前投用近10年，在运营中发现了一些流程设计上的不足和缺陷；同时关闭停用后，内部管线及设施老化报废，室内外缺少维护和保养；加之使用损耗，很多墙面、地面、吊顶均不同程度破旧或磨损。因此机场当局2020年启动T2航站楼改造项目。T2航站楼为典型的两层半指廊式构型，采用出发到达分流模式，建筑规模约15万m²。建筑为地上两层半地下一层结构。本次改造以经济实用原则，在保留结构框架（包括地下空间结构）、外围护体系、部分石材装饰地面，以及部分可维修利用的设备外，其他进行更新。

本项目的屋面为金属屋面，屋面建筑面积约XX万M²，屋面具体做法为0.7厚的穿孔压型钢板，上衬无纺布，30厚超细吸音玻璃棉，2层100厚的岩棉，面层为0.8MM的400宽板幅65高的铝镁锰金属屋面。屋面天窗为阳光板，屋面排水系统为不锈钢虹吸雨水系统。

二、现场勘察情况

通过现场勘察发现和访谈发现，既有金属屋面的大面上基本上完好，金属屋面的做法与现在常规做法不同，金属屋面的底板为反扣波纹板，改波纹板同时作为室内的顶板，下面无吊顶。在运营过程中有边跨、檐口部位有松动情况，运营时为了金属屋面安全在边缘部位设有防风夹。屋面问题有以下几个种：

- (1) 局部金属屋面局部涂层脱离，有锈蚀情况；
- (2) 有部分穿透金属屋面要固定在屋面的构件（如屋面标识、屋面信号塔等）在屋面连接处锈蚀严重，有部分漏水；
- (3) 金属屋面的局部直立锁边坍塌，有漏水隐患；
- (4) 金属屋面有当时的焊接板，焊接处锈蚀，影响金属屋面寿命；

(5) 金属屋面有局部板变形严重，影响板的顺畅排水；

(6) 金属屋面与天窗、天沟、屋脊等衔接部位锈蚀。

(7) 金属屋面檐口部位的密封胶条老化收缩断裂较为普遍，漏水现象较为普遍。

屋顶天窗为聚碳酸纸板的阳光板，阳光板经过这些年的日照，板材已经严重氧化变黄，严重污染，采光性能较差，且周边密封条老化严重，防水螺丝失效，密封性能差。

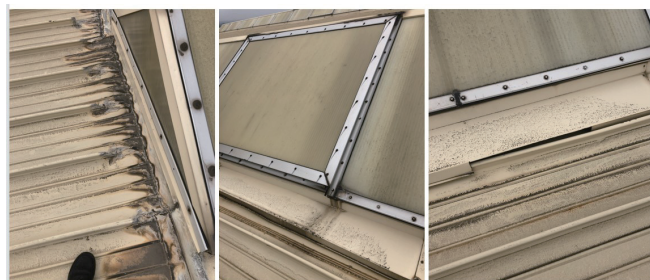


图1：金属屋面现状

屋顶排水系统部分由天沟和虹吸雨水系统组成，屋面天沟整体观感完好，无明显积水痕迹，屋面南北两翼局部的一个虹吸系统排水面积过大，超出规范一个虹吸系统的排水要求，需要增加排水沟。主楼的屋面无排水溢流系统。

最后整个屋面的检修口只有一处，同时屋面无检修通道，据运营部分要求需要增加检修口，为屋面检修安全考虑，需要增加屋面检修通道。

三、屋面检测情况

检测单位将屋面划分为五个单元并从以下几个方面对现状屋面进行了系统全面的检测：通过从1. 屋面板，2. 屋面材料，3. 天窗，4. 檐口，5. 天沟，6. 屋面檩条，7. 支撑体系与主体结构的连接，8. 考虑后期对金属屋面的改造。其检测可靠性评估分级定义如下：

可靠性评估分级定义	A (Au)	可靠性符合现行规范要求，不必采取措施
	B (Bu)	略低于A级要求，尚不显著影响安全或使用性能，可不采取措施
	C (Cu)	不符合A级的要求，显著影响安全或使用性能，宜采取措施
	D (Du)	不符合A级的要求，严重影响安全或使用性能，应立即采取措施
说明：参考《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292-2015，子单元或子检测项增加下标u.		

根据现场检测情况以及验算结果，总体有以下建议：

- (1) 更换所有屋顶采光板，更换已经老化、开裂

的防漏密封条和失效的防水螺丝，修补渗漏部位，并对支撑层钢丝网进行除锈和防锈处理；

(2) 应对22鉴定单元中已经损坏变形的屋面板进行更换修复；

(3) 屋面檩条和檐口檩条连接处应做除锈处理，并重新涂防锈漆，更换檐口密封胶条。并宜对可以执行焊接处的檐口连接漏焊、虚焊处进行重新补焊、补强；

(4) 对25鉴定单元变形支架宜进行修复补强或更换；

(5) 金属屋面主檩条（二级檩条）与主体工字钢之间以及C型檩条焊接质量较差，且目前主檩条与设计图纸不符，实测C250×70×20×3，间距2.4m（竣工图为C250×80×25×3间距2.0m），经计算知，改造后支架檩条（三级檩条）应力比超限，应采用新的支撑体系承担新增荷载；

(6) 建议后期间隔3~5年重新对屋面进行可靠性鉴定；

(7) 其他专家提出的加固与改造建议。

四、本项目的条件

(1) 业主诉求：本次金属屋面维修项目在机场范围内，并且贴临机场跑滑系统，建筑物周边还有机位在运营使用，机场方从飞行器安全运营考虑，不希望本次改造有大量飘絮出现，避免因飘絮飞入飞行器的发动机造成事故。

(2) 受荷载条件限制；因本项目为改造项目，原设计大屋面无吊顶，本次维修和改造尽量不增加原屋面的荷载，即使增加应采用新的支撑体系承担新增荷载；在保证结构安全的前提下，主楼（屋面+吊顶）主体结构最多可增加50公斤/m²荷载，指廊（屋面+吊顶）主体结构最多可增加30公斤/m²荷载。

(3) 改造后应形成完整的防水系统，解决屋面漏水问题。

(4) 尽量保持原有屋面造型，色彩、质感与T3一致。

五、改造方案比选

通常屋面的改造方案为三类“增、补、换”，第一类：也就是在既有屋面上增加防水；第二类在既有屋面上补充防水；第三类直接拆除既有屋面进行更换。本项目因为可能会涉及飞行器的安全，完全拆除更换金属屋面有潜在粉化岩棉对飞行器的安全造成威胁，所以在本项目中完全不考虑第三类改造方案，经过分析和充分对国内外金属屋面维修的大量案例调研分析，本项目最终提出了以下几类维修方案：

方案一：“满铺防水方案”（增）

材料：聚氯乙烯高分子复合卷材（PVC）+ 胶粘剂

施工方法：

(1) 在原金属屋面上，去除钢板表面锈蚀及松散物质，并清理干净。

(2) 分别在PVC防水（聚氯乙烯高分子复合卷材）卷材反面和基层用胶辊或刮板涂刷一层满粘黏结使用808专用胶粘剂，待胶粘剂半干燥且不粘手时，使预粘面合拢，压辊压实。

方案优点：

- (1) 可保证原有屋面的排水系统不变；
- (2) 安全可靠，可弥补原机场屋面的设计缺陷；
- (3) 造价低；
- (4) 施工简单快捷，风险小，施工周期短；
- (5) PVC材料的延展性好（断裂伸长率可达200%）；
- (6) 卷材防水有效期长，质保时间可达十年以上。

方案缺点：

- (1) 卷材与现状金属屋面无法保证100%贴合；
- (2) 与原有屋面的色彩与质感可能有所差别（可选择颜色较少，主要为白色或浅灰色）。

方案二：“液体涂膜防水”（增）

材料：聚甲基丙烯酸甲酯+专用无纺布

施工方法：

(1) 在原有屋面进行基层处理后用专用清洁剂擦拭；

(2) 倒上足量防水涂料，滚涂均匀后用专用无纺布铺在湿涂料上，确保无纺布完全浸透且无气泡，再涂上足量防水涂料；

(3) 使用饰面图层，以达到整体美观效果（颜色可根据业主需求定制）。

方案优点：

- (1) 可保证原有屋面的排水系统不变
- (2) 基本不增加屋面荷载，细部节点处理简单方便
- (3) 无须拆除破坏原屋面，维修施工过程不影响建筑的正常使用
- (4) 防水涂膜可与金属屋面100%贴合；
- (5) 材料安全环保，冷施工，施工温度50±5℃，无火灾风险，液体施工，在狭长空间内容易操作
- (6) 与金属基面粘接强度高，收口方便密封性好，可有效解决原机场屋面的设计缺陷
- (7) 多种颜色可供选择
- (8) 材料的延展性好（断裂伸长率可达400%），表面连接为无缝连接

(9) 使用寿命25年以上，耐积水，耐紫外线，耐温差（-30℃-90℃），抗热运动施工快速简单

方案缺点：材料价格高于PVC。

方案三：“增加新的铝镁锰屋面”（增）

材料：铝镁锰板+龙骨系统+升高支架+不锈钢+钢转头+不锈钢板

施工方法：

(1) 在原有屋面工字钢用螺栓连接不锈钢升高杆件，连接件高出屋面大于250，连接件间距为@6000x6000（在原有屋面上开洞，洞与连接件之间做防水处理），上部用铝合金龙骨组件与铝镁锰板连接。

(2) 屋面上所有方案天窗均重做并抬高，周边做不锈钢排水槽接入原屋面的排水沟；

(3) 原排水沟，可用不锈钢板或两层柔性处理；

(4) 原屋面上突出部位的设备基础（如天线基础），可用不锈钢板或铝合金板做反扣罩并在上部做法兰盖，法兰盖与上部的金属件满焊连接（反扣罩的颜色

与铝镁锰板相同)。

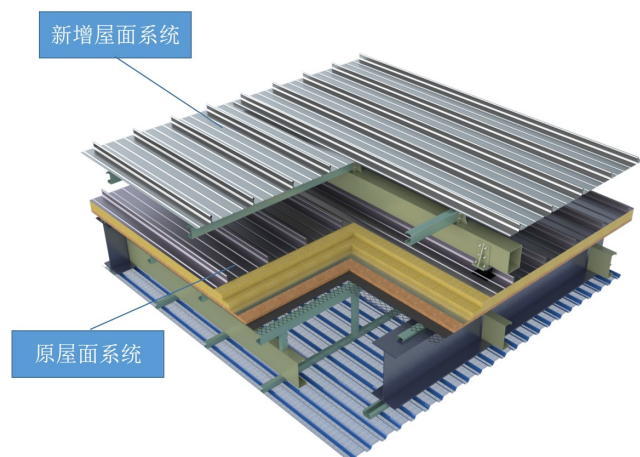


图2: 方案三的结构示意图

方案优点:

- (1) 屋面色彩和质感, 可与T3航站楼保持一致
- (2) 大屋面相当于增加了一套防水;

方案缺点:

- (1) 荷载加大;
- (2) 对原有屋面破坏较大, 施工难度大, 施工周期较长;
- (3) 造价高
- (4) 不能完全保证飞航安全;
- (5) 未发现相关案例, 方案成熟度有待验证。

方案四: “附加一层铝镁锰板”(增)

材料: 铝镁锰板+专用焊条+不锈钢板

施工方法:

- (1) 在原有屋面板上再附加一层铝镁锰板(双重卡接);
- (2) 对天窗周边铝镁锰板处理平整后, 将板缝隙满焊平整有利于排水(做法与原有屋面方法相同) 凡是不利排水处均做满焊处理。屋面天沟边增加连体的抗风夹具, 通长设置, 底部的抗风夹具, 上面是铝合金方管, 另外可以起到防坠落的作用。

(3) 原屋面上突出部位的设备基础(如天线基础), 可用不锈钢板或铝合金板做反扣罩并在上部做法兰盖, 法兰盖与上部的金属件满焊连接(反扣罩的颜色与铝镁锰板相同)。天沟边增加虹吸雨水防尘罩、溢水口防尘罩(不锈钢材料), 防止杂物流入雨水管。

方案优点:

- (1) 屋面色彩和质感, 可与T3航站楼保持一致
- (2) 大屋面相当于增加了一套防水;
- (3) 基本不破坏原有屋面。
- (4) 造价较低(约312元/平方米, 不含施工措施费)

方案缺点:

- (1) 焊接量较大, 存一定安全隐患, 施工质量无法保证;
- (2) 未发现相关案例, 方案成熟度有待验证。

方案五: “局部补漏上色”(补)

材料: 丙烯酸防水涂料+氟碳漆或涂料

施工方法:

(1) 在原有屋面对所有漏水与潜在漏水点进行补漏处理。

(2) 满喷涂氟碳漆或涂料。

方案优点:

- (1) 基本不增加屋面荷载, 细部节点处理简单方便, 整体造价经济
- (2) 施工简单
- (3) 屋面色彩可统一
- (4) 施工周期短
- (5) 一段时间内可解决原机场屋面的设计缺陷;

缺点:

- 1、防水涂料与原有屋面的色彩与质感有所差别;
- 2、不能保证完全不漏;
- 3、大面喷涂后3-5年可能会有局部起鼓剥离现象。
- 4、仅有局部补漏相关案例, 未发现金属屋面大面满涂氟碳漆案例。

通过上述方案的比选, 最终从荷载、防水性能、对原屋面结构的影响、施工难易程度、与基层连接的可靠性、使用寿命、表观色彩、材料延展性、健康与环境的影响、飞航安全性、投资、和方案的成熟度等方面做了综合评价, 最终采用三涂两布的涂膜方案对屋面进行维修处理。

金属屋面的维修方案确定后, 其他部位的维修就迎刃而解了, 采用中空夹胶玻璃对阳光板进行更换, 对屋面的檐口板更换并重新密封胶、增加主楼的溢流口等, 措施, 通过一系列的组合拳, 解决屋面的综合性问题。

六、结语

通过T2航站楼的金属屋面维修探索, 维修就像一个人看诊, 首先找准问题, 其次分析病灶, 最终根据病灶提出适合“病体”的解决方案。而建筑的维修问题往往又具有综合性特征, 这些综合性特征, 又如地下空间维修一样, 需要相关专业的“会诊”, 提出科学全面的解决方案, 这种方法将在未来城市更新中有普遍意义。

参考文献

- [1] 党伟杰, 黄奇斌, 李安政等. 大型钢结构厂房金属屋面防渗漏技术探析[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S2): 406-407.
- [2] 裴彦军. 金属屋面系统的新型防揭设计研究[J]. 建筑施工, 2022, 44(04): 697-699.
- [3] 蒋国涛. 新型快凝防水涂料在金属屋面上的应用分析[J]. 铁道运营技术, 2021, 27(02): 26-28.
- [4] 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.
- [5] 吕敬环, 赵思朝. TPO节能维修屋面系统在金属屋面整体维修中的应用[J]. 中国建筑防水, 2020(07): 26-29+33.
- [6] 陈伟, 罗亚平. 自粘TPO卷材在金属屋面中的应用探讨[J]. 中国建筑防水, 2020(01): 32-34.
- [7] 朱睿, 张婵, 张仁. 金属屋面修缮专用TPO防水卷材在钢结构屋面渗漏维修中的应用[J]. 中国建筑防水, 2019(06): 19-22.