

字段设计严格遵循最小冗余原则，主键 ID 保障记录唯一性，非空约束聚焦核心标识字段，其他属性允许为空以适应历史数据缺失场景，并结合空间数据库中的矢量图斑，实现了从“图形可视”到“属性可查、状态可判、责任可溯”的深度集成，为宅基地全生命周期管理奠定坚实数据基础^[2]。

4.2 系统功能设计

基于 GIS 的农村宅基地管理信息系统，严格遵循围绕“数据、业务、决策”目标，构建健全的功能模块，实现从基础管理到智能分析的全面支撑。

日常数据管理处理模块提供图形属性数据的编辑、导入导出、坐标转换、报表生成能力，确保多源数据在统一空间基准下动态更新；

查询统计模块融合空间、属性方面检索，有效支持点选、面选等空间定位反查属性，也能够通过条件筛选高亮显示对应图斑，并实现按照行政村统计宅基地面积、户数等指标；

宅基地审批登记模块贯通农户申请、村级初审、乡镇审批、县级备案全流程，嵌入电子签章、无纸化归档，自动校验“一户一宅”合规性；

拆迁征地模块结合工程红线划定，将房屋属性和补偿标准库相互关联，快速评估征迁成本，生成安置方案；

空间分析功能模块则发挥 GIS 独特优势，通过叠加分析识别新增宅基地分布热点，利用欧式距离、坡度、地质灾害风险等因子进行适宜性评价，支撑避灾搬迁选址、村庄规划优化。

5 系统实现

5.1 宅基地信息查询与统计

宅基地信息查询与统计模块采用“空间+属性”联动机制，支持多维度高效检索。用户可通过图形界面选择点查、框选、行政村边界等空间范围，系统即时反显该区域内所有宅基地的权属人、不动产单元号、占地面积、审批状态等属性信息^[3]；也可输入权利人姓名、身份证号、建房年份等条件，自动高亮匹配图斑，精准定位至地图相应位置。查询结果则采用结构化表格呈现，同步支持按照乡镇、村组、房屋结构、违规状态等字段进行动态分组统计，生成柱状图、饼图等可视化图表，并可一键导出为 Excel 格式，有助于提高基层管理人员数据调阅效率，为宅基地盘活潜力评估、违规建房筛查、政策执行效果分析提供精准数据支撑。

5.2 新村选址分析

本系统基于多因子加权叠加分析模型，构建科学化选址决策流程。以示范村为例，综合考虑农民生活便利性、资源集约利用，选取四个评价因子，主要包括距生活娱乐设施距离（权重 0.5）、距主干道距离（权重 0.2）、土地利用类型适宜性（权重 0.15）、地势平坦度（权重 0.15）。各因子数据经过预处理后统一转换为 30m 分辨率栅格图层，利用欧式距离制图，生成服务设施的可达性衰减面；依据《土地

利用现状分类》标准，重新分类耕地、林地、建设用地等赋值，优先排除基本农田和生态保护区；通过数字高程模型（DEM），提取坡度 $\leq 5^\circ$ 区域作为地势平坦判据^[4]。随后，采用线性加权法进行栅格代数运算：

$$S = 0.5 \times N_{设施} + 0.2 \times N_{道路} + 0.15 \times N_{用地} + 0.15 \times N_{坡度} \quad (1)$$

其中： N 为各因子标准化后的适宜性评分（0-10分）。最终综合得分划分为 10 级，将得分大于 9 的区域划定为最优选址区，有效规避主观经验偏差，实现规划约束和民生需求的精准结合，为乡村振兴背景下村庄集聚优化提供可验证的空间决策模式。

5.3 征地范围划分

本系统利用 GIS 空间分析能力，在宅基地补偿模块中实现征地范围的自动化生成。以模拟高速公路工程为例，依据《公路安全保护条例》关于建筑控制区的规定，从道路中心线、路基外缘起算，向外设置大于 30m 的法定退让距离^[5]。系统先加载高精度道路矢量数据，通过缓冲区分析工具，沿着道路走向自动生成单侧或双侧 30m 等距缓冲带，形成初步征地红线；随后叠加宅基地宗地图斑、房屋矢量、土地利用现状图层，利用空间叠加操作精确提取位于缓冲区内宅基地附着物，自动关联权利人信息、占地面积、房屋结构等属性数据，生成征迁清单、补偿估算表^[6]。该方法不仅解决了人工绘图误差，确保征地边界、法规要求严格一致，还实现“图、数、人”相互联动，为公示、协商、资金拨付提供可追溯的空间依据，有效提升征地工作的公平性。

6 结语

本系统基于 Geodatabase 空间数据模型，利用 .NET 平台和 ArcGIS Engine 组件，构建了集成宅基地数据管理、审批登记、动态监管、征迁补偿、新村选址为一体的综合信息平台。通过空间分析能力，实现了“一户一宅”合规校验、征地范围自动划定、补偿清单智能生成、多因素加权选址等功能，有效支撑宅基地全生命周期管理为“美丽乡村”建设和农村土地制度改革提供了可扩展的数字化技术。

参考文献

- [1] 周瑾钰,何自杨.基于GIS技术的农村宅基地房地一体发证管理系统构建[J].中国高科技,2024(10):122-124.
- [2] 龚玉叶,李乐蓉,郭韵玲,等.基于GIS技术的丘陵区宅基地时空变化研究——以湖南省武冈市为例[J].农村实用技术,2024(6):6-8.
- [3] 阳利锋,张志君.基于GIS的宅基地建设审批管理平台设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2022,45(9):183-185,194.
- [4] 乔贤哲.基于GIS平台的农村宅基地管理信息平台设计研究[J].现代信息科技,2022,6(21):119-123.
- [5] 任为.基于GIS的宅基地信息管理系统的设计与实现[J].软件工程与应用,2022,11(2):235-240.
- [6] 程晓亮.基于GIS的芜湖市房地一体宅基地信息化管理的探索与实践[J].中国信息界,2024(8):107-110.

Practical Application of Polymer Composite Materials to Enhance the Wind Resistance of Lightweight Roofs in Buildings

Degang Zhang

Land and Real Estate Department, China Railway Hohhot Bureau Group Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia, 010057, China

Abstract

Focusing on the wind-lifting safety hazards of hollow honeycomb PMMA skylights in railway cross-line buildings such as passenger passages and overpass canopies, this study takes the canopy renovation projects of Tuoketuo East Station and Zhungeer Station on the Hohhot-Erdos Line as research objects. Poly-carbonate (PC) polycarbonate sheets are used to replace traditional PMMA skylights, and an integrated improvement plan is constructed in combination with structural design optimization. Through material performance comparison, on-site construction verification, and post-construction effect tracking, the advantages of PC polycarbonate sheets in terms of wind resistance, anti-aging, and light transmission are systematically analyzed. The results show that the critical wind pressure load of the PC polycarbonate sheet roof has increased from 1.5 kPa to 5.0 kPa, the maintenance cycle has been extended from 5 years to 15 years, wind-lifting hazards and leakage problems have been completely eliminated, and the life-cycle cost has been significantly reduced. This provides a replicable and scalable solution for the wind safety of lightweight roofs in railway building projects.

Keywords

Polymer composite materials; PC polycarbonate sheets; Lightweight roof; Wind r l

基于高分子复合型材料提升建筑物轻质化屋盖抗风揭性能的实践应用

张德刚

中国铁路呼和浩特局集团有限公司土地房产部, 中国·内蒙古·呼和浩特 010057

摘要

针对铁路径路旅客通道、天桥雨棚等跨线建筑物中空蜂窝状PMMA阳光板屋盖存在的抗风揭安全隐患,以呼鄂线托克托东、准格尔站雨棚改造工程为研究对象,采用聚碳酸酯(PC)耐力板替代传统PMMA阳光板,结合结构设计优化构建综合整治方案。通过材料性能对比、现场施工验证及后期效果跟踪,系统分析PC耐力板在抗风揭、抗老化、透光性等方面的优势。结果表明,PC耐力板屋盖抗风压临界荷载从1.5kPa提升至5.0kPa,维护周期从5年延长至15年,彻底消除风揭隐患及漏雨问题,全生命周期成本显著降低,为铁路房建轻质屋盖抗风安全提供了可复制、可推广的解决方案。

关键词

高分子复合材料; PC耐力板; 轻质屋盖; 抗风揭性能; 铁路房建工程

1 引言

1.1 研究背景

近年来,铁路径路旅客通道、天桥雨棚等跨线建筑物为实现光明、通透、节能的设计目标,中空蜂窝状PMMA阳光板等轻质透明材料得到广泛应用^[1]。然而,随着使用年限延长,此类材料在运营过程中逐渐暴露出风揭、老化、漏雨等安全隐患,不仅影响铁路行车安全,还增加了高频次维护成本^[2]。为消除硬漂浮物隐患,确保径路行车绝对安全,亟需研发兼具力学性能优异、采光通透且抗风揭能力强的轻

质屋盖解决方案。

1.2 问题根源剖析

通过对既有中空PMMA阳光板屋盖的运营维护经验总结及现场病害查证,其核心问题主要体现在三个方面:

材料性能缺陷: PMMA阳光板抗拉强度低于55MPa,抗冲击强度仅2-5kJ/m²,强风作用下易因局部应力集中开裂,形成风揭突破口;

连接系统失效: 该材料热膨胀系数高达 $7 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,温度循环作用下连接件松动,锚固点抗拔力逐渐衰减;

老化加速破损: PMMA阳光板抗老化性能差,紫外线照射下表层粉化脆化加速,韧性弱化明显,且透光率逐年下降;同时既有屋盖锚固点不足(每两幅板仅4个铝合金卡扣),

【作者简介】张德刚(1970—),男,中国山东昌乐人,本科,高级工程师,从事建筑工程施工技术研究。

抗风揭措施欠缺，进一步加剧安全隐患，且板间及板材老化导致漏雨点位达 11 处^[3]。

1.3 研究目的与意义

本研究旨在通过材料性能升级与结构设计优化，构建铁路轻质屋盖抗风揭综合解决方案，彻底消除风揭安全隐患；验证 PC 耐力板在铁路建筑场景的适用性，实现抗风揭性能量化提升与全生命周期成本优化，为铁路房建工程轻质屋盖的安全运营提供技术支撑。

2 整治目标

针对轻质屋盖风揭隐患与高频次维护的核心矛盾，从材

料升级和结构优化双维度构建技术方案，彻底消除安全风险；量化提升屋盖抗风揭性能，验证 PC 耐力板在铁路场景的适用性，优化全生命周期成本投入；

形成可推广的铁路轻质屋盖抗风揭技术规范，为同类工程提供参考。

3 解决方案

3.1 材料选型与性能比对

以抗冲击强度、抗风压性能、透光率等 9 项关键指标为核心，开展市场调研与材料性能比对，最终选定 PC 耐力板替代传统 PMMA 阳光板。具体性能比对结果如下表所示：

材料性能比对

序号	指标	PC 耐力板	PMMA 阳光板	性能比对结论
1	抗冲击强度	60 kJ/m ² (落锤冲击试验, GB/T 14484)	2-5 kJ/m ²	PC 板抗冲击性为阳光板的 12-30 倍, 可抵御冰雹、飞石冲击
2	抗风压性能	≥5.0 kPa (对应风速 55m/s)	≤1.5 kPa (对应风速 30m/s)	PC 板可抵抗 12 级台风, 阳光板仅满足 8 级风荷载要求
3	透光率	初始透光率 89% (8mm 厚度), 10 年后保持率 > 85%	初始透光率 80% (6mm 厚度), 3 年后降至 50%	PC 板透光衰减慢, 长期采光效果更稳定
4	耐温范围	范围: -40℃ ~ 120℃ (无脆裂变形)	范围: -20℃ ~ 70℃ (高温易软化, 低温脆化)	PC 板更适用于高寒 / 高温地区铁路站房
5	热膨胀系数	6.5 × 10 ⁻⁵ /℃	7.5 × 10 ⁻⁵ /℃	PC 板热变形更小, 降低温度应力导致的连接失效风险
6	密度	1.2 g/cm ³	1.18 g/cm ³	两者重量接近, 改造无需加固支撑结构
7	抗紫外线性能	双面 UV 共挤层, 耐候寿命 ≥15 年	单面 UV 涂层, 5 年后粉化剥落	PC 板抗老化能力显著提升, 减少开裂问题
8	防火等级	B1 级 (GB 8624-2012), 离火自熄	B2 级 (易燃, 燃烧产生滴落物)	PC 板更符合建筑防火规范要求
9	耐化学腐蚀性	耐酸、碱、盐溶液 (pH 3-11)	PMMA 耐溶剂性差	PC 板适应工业环境, 如除冰剂喷洒区域

PC 耐力板关键性能优势显著：相同风荷载下，PC 板最大应力比阳光板低 57%；-45℃低温冲击 3.2 结构设计

与施工方案

土地房产部组织房建单位，设计单位现场调研，稳定设计方案，具体如下：

- (1) 更换通道墙面阳光板。拆除阳光板后新做 60 系列断桥铝合金框 + 10mm 厚 PC 耐力板，局部设置百叶窗。墙面底部封板采用 3.0mm 厚铝单板（配套 40*40*3mm 方钢管）。
- (2) 通道顶面阳光板及结构优化。拆除阳光板及其附着支撑结构后，后改为以铝单板罩顶幕墙。具体为一是顶棚支持结构主副龙骨使用既有龙骨、既有分格同龙骨、新增副龙骨采用采用 40*40*3mm 方钢管，安装 3.0mm 厚铝单板。铝板接缝处使用硅酮耐候密封胶密封，允许 ±5mm 热变形位移，保证防水功能。二是为铝单板罩顶幕墙安装扁铁拉结带加固。

以上在既有结构承重和抗风揭方面进行优化，一是加密了支撑结构间的单元面积；二是安装扁铁拉结带再次强化防风揭技术措施；三是提前预制预留了板材与支撑结构间承插间隙，为后续防水胶条填充预留施工安装条件。同时采用

分布式锚固，加密锚固点至 800mm 间距（原 1200mm），采用自攻螺钉 + 结构胶复合固定。

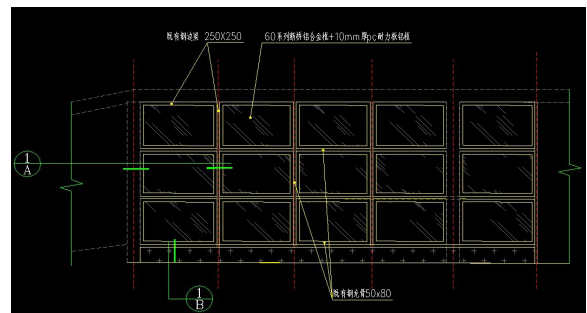


图 1 PC 耐力板安装局部大样图

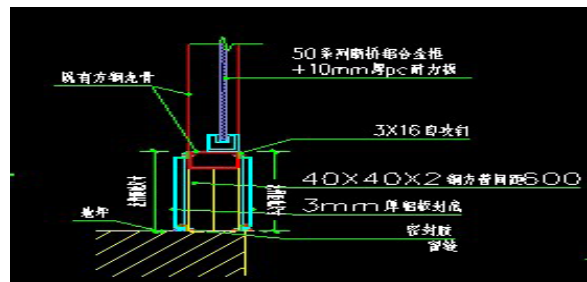


图 2 3mm 厚铝板封底做法