

提升防水保温上人屋面成型观感并降低质量缺陷的深入研究

潘宝贵, 马恒伟, 卢文培, 王炎震
中煤第三建设(集团)有限责任公司, 安徽 宿州 234000
DOI:10.61369/ME.2026070007

摘 要 : 防水保温上人屋面是高层住宅建筑屋面的主要形式, 具备防水防渗、保温隔热、人员通行等多重功能, 在民用住宅项目中应用极为广泛。然而, 传统上人屋面施工多依赖经验化管控, 存在屋面找坡不顺、局部积水、保护层开裂起砂、分格缝宽窄不一不顺直、泛水收口粗糙、细部节点成型差等频发质量通病, 不仅影响屋面整体成型观感, 还易引发屋面渗漏、保温失效等功能性问题, 大幅增加后期维修整改成本。本文以某在建住宅建筑项目二期防水保温上人屋面工程为例, 通过现场点位抽检、质量问题频数统计, 明确制约屋面施工质量与观感效果的核心问题。项目结合现场施工重难点, 引入 BIM 三维建模技术优化屋面精准放样与分格工艺, 创新采用 BIM 数字化找坡分格放样、保温板标准化铺设、定型模具泛水圆弧施工、分格条预埋安装、保护层二次收光、屋面标高厚度实时管控等成套精细化施工技术。工程实践表明, 该优化方案有效解决了上人屋面找坡积水、保护层破损、分格缝不规整、细部收口粗糙等质量通病, 大幅提升屋面坡度平顺度、保护层平整度、分格缝顺直度与细部节点规整度, 显著降低屋面质量缺陷发生率与后期返修率, 为同类防水保温上人屋面精细化、标准化施工提供可靠技术参考。

关 键 词 : 上人屋面; 防水保温; 成型观感; 质量缺陷; BIM 技术; 施工优化; 精细化管控

In Depth Research on Improving the Appearance of Waterproof and Thermal Insulation Roof Molding and Reducing Quality Defects

Pan Baogui, Ma Hengwei, Lu Wenpei, Wang Yanzhen
Middling Coal No.3 Construction (Group) Co., Ltd., Suzhou, Anhui 234000

Abstract : Waterproof and thermal insulation roof is the main form of roof for high-rise residential buildings, which has multiple functions such as waterproof and anti-seepage, thermal insulation, and personnel access. It is widely used in civil residential projects. However, traditional roof construction has relied heavily on experiential control, resulting in frequent quality issues such as poor slope making, localized water accumulation, cracking and sanding of protective layers, uneven and uneven width of dividing joints, rough water drainage and closure, and poor formation of detailed nodes. These issues not only affect the overall appearance of the roof, but also easily lead to functional problems such as roof leakage and insulation failure, significantly increasing the cost of later maintenance and rectification. This article takes the second phase waterproofing and insulation roof construction project of a residential building under construction as an example. Through on-site spot checks and frequency statistics of quality problems, the core issues that constrain the construction quality and visual effect of the roof are identified. The project combines the key and difficult points of on-site construction, introduces BIM 3D modeling technology to optimize the precise layout and grid process of the roof, innovatively adopts BIM digital slope and grid layout, standardized laying of insulation boards, standardized mold flashing arc construction, pre embedded installation of grid strips, secondary finishing of protective layers, real-time control of roof elevation and thickness, and other complete and refined construction technologies. Engineering practice has shown that this optimization scheme effectively solves common quality problems such as slope water accumulation, damaged protective layer, irregular grid joints, and rough finishing of details on accessible roofs. It greatly improves the smoothness of roof slopes, the flatness of protective layers, the straightness of grid joints, and the regularity of detailed nodes, significantly reducing the incidence of roof quality defects and later repair rates. It provides reliable technical references for the fine and standardized construction of similar waterproof and insulated accessible roofs.

Keywords : accessible roof; waterproof and thermal insulation; forming appearance; quality defects; bim technology; construction optimization; refined control

引言

建筑屋面是建筑围护结构的核心组成部分，兼具防水、保温、防护、通行等重要功能，其施工质量与成型观感直接关系建筑使用性能与工程创优品质。防水保温上人屋面凭借实用性强、适配高层住宅建筑功能需求的优势，成为现代住宅项目最主流的屋面施工形式^[1]。相较于普通非上人屋面，上人屋面需满足人员日常通行、设备检修作业需求，对屋面找坡精度、保护层平整度、结构整体性、细部节点施工质量要求更高。但现阶段传统上人屋面施工模式存在明显短板，人工找坡精度把控不足、保温层铺设随意、保护层浇筑工艺粗放、细部节点施工无标准化流程，极易出现屋面积水、保护层开裂起砂、分格缝扭曲不顺、泛水阴阳角收口粗糙等质量缺陷，严重影响屋面使用功能与外立面观感质量。目前，国内诸多学者针对屋面防水保温施工开展相关研究，但大多聚焦单一防水或保温工艺优化，针对上人屋面找坡、保护层、分格缝、细部节点一体化提质整改的系统性精细化施工研究较为匮乏^[2]。为此，本文结合具体住宅工程项目实际，全面分析防水保温上人屋面施工现状与核心重难点，依托 BIM 数字化技术，从测量放样、保温施工、保护层浇筑、细部成型、质量管控多维度优化施工工艺，构建系统化的屋面质量缺陷防控与观感提升体系，实现上人屋面施工提质、增效、降损的建设目标。

一、工程概况

某新建住宅建筑项目二期工程总用地面积 107531.72m²，总建筑面积 290574.95m²，其中地下建筑面积 55819.11m²，地上建筑面积 234755.84m²。建筑主体由 15 栋高层住宅楼及 10 栋多层商业配套单体组成，是区域内核心商住标杆项目。本项目所有高层住宅屋面均采用防水保温上人屋面设计，屋面构造层次依次为结构楼板、找坡层、保温层、防水层、细石混凝土保护层，屋面整体为常规平屋面构造，无异形曲面、悬挑飞檐结构，主要用于屋面设备检修、人员通行，屋面总施工面积约 9585m²。项目屋面施工以平整性、排水顺畅性、节点规整性为核心管控标准，因屋面施工面积大、分格节点多、细部泛水节点繁杂，人工传统施工易出现各类观感与质量缺陷，是项目屋面创优的重点管控部位，对施工精细化、标准化程度要求极高。

二、工程现状调查与施工重难点分析

（一）质量观感问题频数统计与观感缺陷分析

为精准掌握本项目防水保温上人屋面施工质量与观感现状，排查各类施工缺陷，项目组建专项质量管控小组，对已完成初施工的屋面工序开展全面抽检。随机选取 400 个施工点位进行质量验收与观感评定，结果显示，合格点位 332 处，不合格点位 68 处，整体施工验收合格率仅为 83.0%，未达到项目创优施工标准。屋面成型质量与观感问题频数统计见表 1。

表 1 屋面成型质量与观感问题频数统计表

质量问题	频数 / 处	频率 / %	累计频数 / %
屋面找坡不顺、局部积水	36	52.9	52.9
细石保护层开裂、起砂、观感差	18	26.5	79.4
分格缝宽窄不一、不顺直、破损	9	13.2	92.6
泛水阴阳角、管根收口粗糙不规整	5	7.4	100.0
合计	68	100.0	100.0

由表 1 可知，屋面找坡不顺、局部积水问题占比高达 52.9%，是影响上人屋面使用功能与成型观感的首要问题；其次为保护层观感缺陷、分格缝施工缺陷与细部节点成型问题，四类缺陷为现场屋面施工的核心质量通病，需重点优化管控。

（二）施工重难点梳理

结合现场质量通病与观感缺陷成因，摒弃原有曲面、悬挑施工难点，筛选出防水保温上人屋面施工四大核心重难点，具体如下：

（1）屋面精准找坡施工管控难：传统屋面找坡依靠人工拉线目测找平，无精准数字化标高依据，屋面整体坡度不均匀、局部高低差超标，极易造成屋面排水不畅、低洼积水，且大面积屋面人工找坡易出现坡度断层、平顺度不足等问题，无法满足上人屋面排水设计标准。

（2）保温层平整标准化铺设难度大：屋面保温板铺设工程量较大，传统人工铺设无统一排版方案，存在保温板错缝杂乱、板缝宽窄不均、板面高低错位、粘贴不平整等问题，不仅影响屋面整体平整度，还会导致上部保护层厚薄不均，引发后期开裂破损。

（3）细石混凝土保护层成型质量管控难：上人屋面保护层为主要受力面层，传统浇筑工艺存在摊铺厚度不均、振捣不密实、收光粗放等问题，易出现表面起砂、表层开裂、平整度差等观感缺陷，同时人员后期通行易加剧面层破损，影响屋面使用寿命。

（4）屋面细部节点标准化施工难度大：屋面泛水阴阳角、管道根部、分格缝等细部节点数量多、构造繁杂，传统施工无定型施工模具与标准化流程，泛水圆弧不规整、收口粗糙、分格缝扭曲错位，细部观感质量参差不齐，是屋面质量缺陷与渗漏隐患的高发部位。

三、屋面施工优化及观感提升技术方案

针对防水保温上人屋面找坡精度不足、保温铺设不规整、保护层观感差、细部节点缺陷多的核心问题，项目引入 Revit BIM 三维建模技术，彻底摒弃原有飞檐曲面复刻、悬挑支撑、动态变

形监测等专项工艺，围绕屋面找坡、保温铺设、保护层浇筑、细部施工四大核心工序，构建 BIM 数字化放样 + 标准化保温铺设 + 定型节点施工 + 预埋分格 + 精细收光 + 实时厚度标高管控的精细化施工体系，全方位解决上人屋面质量通病，提升屋面整体成型观感与使用性能^[3-4]。

（一）BIM 数字化精准找坡与分格放样优化

针对传统人工找坡精度低、分格不规整的问题，利用 BIM 三维建模技术对屋面进行整体参数化建模，严格按照设计排水坡度要求，模拟屋面整体排水走势，精准提取屋面各区域标高、坡度、分格尺寸参数。通过 BIM 模型生成屋面数字化标高控制网与分格控制线，将屋面划分为标准化施工单元，明确每一处找坡标高、排水坡度、分格缝间距与走向，生成可视化施工图纸与交底文件。现场施工依据 BIM 数字化点位放样，采用水准仪全程校核标高，彻底解决人工找坡随意性大、坡度不顺、积水低洼等问题，保障屋面整体排水平顺、分格均匀顺直。

（二）保温板标准化平整铺设工艺优化

基于 BIM 模型完成屋面保温板预排版设计，根据屋面尺寸、分格范围优化保温板排布方案，统一板缝间距、错缝铺设规则，规避人工随意铺设导致的排版杂乱、高低错位问题。施工前依据 BIM 交底方案弹出保温板铺设控制线，严格按照预排版顺序铺设保温板，板缝采用专用填缝材料填充，板面采用靠尺校核平整度，确保保温层整体平整、拼接严密、无高低差。同时严控保温板粘贴牢固度，避免保温层空鼓、起拱，为上部保护层施工提供平整坚实的基层，从源头规避保护层厚薄不均引发的开裂缺陷。

（三）细石混凝土保护层精细化浇筑管控

1. 屋面标高厚度实时管控：施工前依托 BIM 模型确定保护层统一厚度与标高控制点，在屋面基层设置标高灰饼、冲筋，全程实时校核混凝土摊铺厚度，杜绝局部厚薄不均问题。混凝土浇筑过程中采用平板振捣器均匀振捣，确保面层密实度一致，消除蜂窝、麻面、起砂等表层缺陷。

2. 分格条预埋标准化施工：优化传统后切分格缝工艺，采用预埋塑料分格条施工，结合 BIM 分格放样控制线精准定位分格条位置，固定牢固、顺直平整，确保分格缝宽窄统一、线条顺直，有效避免后期分格缝破损、扭曲、深浅不一等缺陷。混凝土初凝后及时取出分格条，对缝口进行精细化修整，保障分格缝成型规整。

3. 保护层二次收光工艺：创新采用“初次找平收光 + 初凝二次压光”双重工艺，混凝土摊铺振捣完成后进行首次平整收光，消除表面脚印、砂眼；待混凝土初凝前开展二次精细压光，闭合表层细微收缩裂缝，大幅提升保护层密实度与平整度，有效解决面层开裂、起砂、粗糙等观感问题。

（四）屋面细部节点定型化施工优化

针对泛水阴阳角、管道根部等细部收口粗糙的问题，采用定型圆弧模具标准化施工。依据 BIM 节点深化模型制作专用圆弧定型模具，屋面泛水阴阳角、管根部位统一采用模具压制成型，确保圆弧弧度均匀、收口顺滑、角度统一，彻底解决人工随意

成型导致的节点扭曲、收口粗糙、大小不一等问题。同时，依托 BIM 可视化交底，规范细部防水上翻、收口压边施工流程，确保所有细部节点施工标准化、规范化，消除节点质量缺陷与渗漏隐患。

（五）成品保护标准化管控

屋面保护层成型后制定专项成品保护措施，混凝土终凝后及时洒水养护，养护期间设置围挡警示、禁止人员通行、材料堆放，避免面层磕碰、划伤、受压开裂。分格缝、细部节点成型后安排专人专项保护、巡查整改，确保屋面整体成型质感完好，杜绝后期人为破损引发的观感缺陷^[5]。

四、施工优化效果分析

通过应用 BIM 数字化找坡分格放样、保温板标准化铺设、定型模具节点施工、分格条预埋、保护层二次收光、全程标高厚度管控的成套精细化优化技术，项目再次随机抽检 400 个屋面施工点位，不合格点位仅 11 处，施工验收合格率由优化前的 83.0% 提升至 97.25%，彻底根治屋面找坡积水、保护层开裂起砂、分格缝不顺直、细部收口粗糙等核心质量通病。

优化施工后的防水保温上人屋面整体质量与观感提升效果显著：屋面排水坡度均匀平顺，无低洼积水、坡度断层问题，排水功能完全满足设计及使用要求；保温层铺设平整规整、排版有序，无板缝杂乱、高低错位现象；细石混凝土保护层表面平整密实、色泽均匀，无开裂、起砂、麻面等表观缺陷；分格缝宽窄统一、线条顺直、深浅一致，整体规整美观；屋面泛水阴阳角、管道根部等细部节点圆弧顺滑、收口严实、成型统一，无粗糙变形、收口残缺问题。整体屋面施工质量均匀、观感整洁规整，完全达到住宅项目创优施工标准，圆满实现上人屋面提质、观感升级、缺陷清零的施工目标。

五、结语

防水保温上人屋面的找坡精度、保护层成型质量、分格缝规整度及细部节点施工水平，是衡量住宅屋面施工质量与精细化管理能力的关键指标。传统上人屋面经验化施工模式存在找坡精度不足、保温施工粗放、保护层成型差、细部节点不规范等诸多弊端，质量缺陷频发、观感质量参差不齐，无法满足高品质住宅工程建设需求。本文依托高层住宅防水保温上人屋面实体工程，针对现场高频质量通病与施工重难点，创新构建了 BIM 数字化精准放样 + 标准化保温铺设 + 精细化保护层施工 + 定型化节点成型 + 全程质量管控的一体化施工优化体系。

该技术体系依托 BIM 技术实现屋面施工前置优化、精准定位与标准化管控，从源头解决了上人屋面找坡积水、保护层开裂起砂、分格缝不规整、细部收口粗糙等核心质量问题，显著提升了屋面坡度平顺度、面层平整度、线条规整度与细部成型质量，有效降低屋面质量缺陷发生率与后期返修成本，保障了屋面防水、保温、通行的综合使用性能。整套施工工艺简单高

效、可操作性强、适用性广，无需复杂异形施工设备，适配各类高层、多层住宅常规防水保温上人屋面施工场景，可为同类民用建筑屋面精细化、标准化、品质化施工提供可靠的工程实践参考。

参考文献

- [1] 王浩, 李军, 张磊. 住宅工程上人屋面防水保温施工质量控制技术 [J]. 施工技术, 2022, 51(22): 89-92.
- [2] 刘建伟, 陈明, 杨波. 建筑屋面找坡及保护层精细化施工工艺优化 [J]. 工程质量, 2023, 41(05): 67-70.
- [3] 张建华, 王志强. 基于 BIM 技术的建筑屋面施工精细化管控研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2022, 14(03): 112-116.
- [4] 住房和城乡建设部. GB 50207-2018 屋面工程质量验收规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [5] 李鹏飞, 赵阳. 民用建筑屋面分格缝及细部节点施工质量提升措施 [J]. 四川建材, 2024, 50(02): 101-102.