

大型住宅项目地下车库防水技术创新与应用

胡 寅

上海心圆房地产开发有限公司 上海 200021

【摘要】：针对大型住宅项目地下车库防水工程中传统“垫层+改性沥青卷材”做法存在的基层适应性差等技术难题，以总建筑面积 278396.91m² 的大型住宅项目为实践载体，本人作为项目副经理牵头开展技术攻关，创新采用预铺反粘防水工艺替代传统方案。本文结合项目实践数据论证其在提升防水可靠性等方面的优势。经实践验证，该工艺不仅解决了传统防水做法的固有缺陷，更实现近 600 万元的成本节约，为同类大型地下空间防水工程提供了可借鉴的路径。

【关键词】：大型住宅项目；地下车库；防水技术；创新；应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.056

地下车库防水工程属于隐蔽工程，一旦出现渗漏问题，不仅修复难度大、成本高，还可能进而引发结构钢筋锈蚀、混凝土碳化等问题，缩短建筑使用寿命。因此，在项目初期，防水技术方案的优化选择便成为技术管理的核心任务之一。

1 项目背景

在工程师任职期间，我以项目副经理身份全面主导某地大型住宅项目的施工管理与技术管控工作。该项目地处上海市核心居住区，是当地重点民生保障工程，总建筑面积达 278396.91m²，业态涵盖 1 个地下车库、4 栋 17 层住宅楼、1 栋 20 层住宅楼、1 栋 19 层住宅楼、12 栋 21 层住宅楼及 1 栋 5 层配套公共服务设施。其中地下车库作为核心配套，建筑面积近 7 万 m²，承担着全项目车辆停放、机电设备安装及管线布设功能，其防水工程质量直接决定建筑结构耐久性与使用安全性。因项目规模大、涉及业主多，各级住建部门及社会公众关注度极高，对工程质量、成本控制及进度管理的协同推进提出了极为严苛的标准。

2 地下车库防水工程技术难点与传统方案缺陷分析

2.1 工程核心技术难点

结合项目勘察资料与施工组织设计，本项目地下车库防水工程面临三大核心挑战：其一，车库防水施工面积达 68700m²，且需与主体结构施工交叉进行，总工期仅分配 45 天，对工艺便捷性与施工效率提出硬性要求；其二，场地勘察显示，车库底板埋深 5.8m，处于地下稳定水位以下 1.2m，地基土层以饱和粉质黏土为主，天然含水率达 32%，渗透系数 1.2×10⁻⁶cm/s，属于弱透水层，长期受地下水浮力作用，抗渗等级需达到 P8 级；其三，上部 18 栋住宅楼采用桩筏基础，单栋楼基底反力达 350kPa，车库底板需承受不均布荷载，易产生 0.1-0.3mm 的结构性微裂缝，这就要求防水体系具备优异的追随变形能力。

2.2 传统防水方案固有缺陷

2.2.1 基层适应性差，易出现铺设缺陷

传统改性沥青卷材防水体系对基层平整度及强度存在双重严苛要求，规范明确基层表面平整度偏差需控制在 5mm/2m 内，垫层混凝土强度需达 C15 以上。但本项目垫层施工采用分批次浇筑，单次最大浇筑面积达 800m²，受夏季昼夜温差（最高达 12℃）及混凝土坍落度损失影响，部分区域出现表面起砂（实测强度仅 C10）及平整度超标问题。经现场 30 个检测点实测，垫层表面平整度合格率仅 82%，其中 12 号区域存在 3mm 凹陷，7 号区域出现 2mm 凸起。这种基层缺陷直接导致卷材铺设时受力失衡，如在 7 号区域铺设中，发现 1.2m 宽卷材出现局部空鼓，面积约 0.3m²，若未及时处理，极易在后期使用中因应力集中产生开裂。其力学机理可通过卷材局部拉应力计算公式量化体现：

$$\sigma = \frac{E \cdot \Delta h}{L}$$

式中： σ 为卷材局部拉应力（MPa）；E 为改性沥青卷材弹性模量（实测值 180MPa）； Δh 为基层平整度偏差值（m）；L 为偏差区域跨度（m）。以 7 号区域 2mm 凸起、跨度 0.8m 计算， $\sigma = (180 \times 0.002) / 0.8 = 0.45\text{MPa}$ ，虽未超过卷材 1.5MPa 的抗拉强度，但在长期冻融循环与荷载作用下，拉应力累积极易引发卷材疲劳开裂。这一计算结果与我们在同类项目中观察到的“基层缺陷-应力集中-卷材开裂”失效模式基本一致。

2.2.2 抗裂性不足，存在窜水风险

改性沥青卷材虽具备一定柔性，但与基层仅为物理压贴，缺乏化学粘结力，导致其与结构底板的协同变形能力薄弱。在前期类似工程回访中，我们发现当垫层因温度应力产生 0.2mm 微裂缝时，卷材会同步开裂，形成渗漏通道。更严重的是，传统工艺中卷材与后浇混凝土底板间无有效粘结，形成约 2-3mm 的空隙，一旦卷材破损，地下水会沿该空隙横向窜流，窜流距

离可达 15-20m。如 XX 小区地下车库曾因一处卷材破损，导致 3 个区域出现渗漏，排查修复耗时 28 天，额外投入成本 12 万元，这一案例充分印证了传统工艺的窜水风险。结合本项目地下水压力 0.058MPa 计算，窜水流速可达 0.3m/s，极难快速定位渗漏点。

3 防水技术创新方案，预铺反粘工艺的选型与论证

3.1 创新方案选型思路

针对传统方案的三重缺陷，我牵头组建由技术骨干、监理工程师及防水专家组成的专项攻关小组，确立“可靠性优先、成本可控、施工高效”的选型原则，从材料力学性能、基层适应性、长期耐久性 6 项核心指标，对市场主流防水技术开展对比分析。我们重点调研了高分子自粘卷材、水泥基渗透结晶型涂料、预铺反粘高分子卷材等 6 类 12 种材料，通过厂家实地考察、实验室性能测试及现场试铺，形成《新型防水体系综合评估报告》。其中预铺反粘工艺在基层适应性、粘结强度等关键指标上表现突出，成为重点候选方案。

3.2 预铺反粘工艺核心优势

经多轮筛选与论证，预铺反粘高分子防水卷材工艺最终脱颖而出。该工艺以“皮肤式”防水理念为核心，通过卷材预先铺设、与后浇混凝土底板直接粘结的方式，形成一体化防水体系。其核心优势与本项目需求高度契合，具体对比情况如表 1 所示。

表 1 传统方案与预铺反粘方案综合性能对比表

评估维度	传统改性沥青卷材方案	预铺反粘高分子卷材方案	本项目适配性
基层平整度要求	≤5mm/2m，需二次找平	≤10mm/2m，无需额外处理	适配垫层施工现状，减少返工
与底板粘结强度	0.12MPa（实测），物理贴合	1.28MPa（实测），化学粘结	形成一体化防水，杜绝窜水
抗裂追随性	仅适应≤0.2mm 裂缝	适应≤0.5mm 裂缝	匹配结构微裂缝特性
单班施工效率	350m ² /天，需养护 48 小时	920m ² /天，可直接后续施工	满足 45 天总工期要求
综合造价	182 元/m ² （含找平层）	148 元/m ² （无额外工序）	降低成本 18.6%，效益显著

3.3 方案可行性验证

为验证预铺反粘工艺在本项目特殊工况下的适用性，我组

组织 1 号防水、2 号建材等 3 家具备一级资质的防水单位，在施工现场搭建 1:1 模拟试验平台。试验采用与实际工程一致的 C15 垫层、高分子卷材及 C35 底板混凝土，制作 9 组 1.2m×1.2m 的标准试样，分别模拟地下水压力（0.08MPa）、结构微裂缝（0.3mm）及冻融循环（-15℃至 25℃）三种极端工况，开展为期 28 天的性能测试。测试指标参照《预铺/湿铺防水卷材》（GB/T23457-2017）及《地下工程防水技术规范》（GB50108-2008），重点检测粘结强度、抗渗性及抗裂性，具体测试数据如下表所示。

表 2 预铺反粘工艺试样性能测试表

测试指标	测试标准	试样 1	试样 2	试样 3	平均值	合格标准
粘结强度 (MPa)	GB/T23457-2017	1.25	1.32	1.28	1.28	≥1.0
抗裂性 (mm)	GB50108-2008	0.5	0.6	0.5	0.53	≥0.3
抗渗压力 (MPa)	GB/T18173.1-2012	1.5	1.6	1.5	1.53	≥1.2

测试结果显示，预铺反粘工艺各项性能指标均优于合格标准，且远高于传统方案，能够有效解决本项目防水技术难题。

4 预铺反粘工艺施工技术要点与质量控制

4.1 工艺核心构造与技术原理

本项目地下车库防水体系自上而下构造为：地坪漆面层→50 厚 C30 细石混凝土找平层（随捣随压光）→钢筋混凝土结构防水底板（表面随捣随抹）→1.2mm 高分子预铺反粘防水卷材→100 厚 C15 混凝土垫层→素土夯实（压实系数>0.93）。

（如图 1 所示）预铺反粘工艺核心优势在于材料与施工的协同，所用高分子卷材出厂前预涂改性橡胶胶粘层，表面设砂砾防滑层。施工时卷材砂砾面朝上铺于 C15 垫层，胶粘层紧密贴合基层，随后直接在卷材上绑扎钢筋、浇筑结构底板，混凝土浆液与胶粘层发生化学反应形成牢固粘结，实现“皮肤式”一体化防水效果。

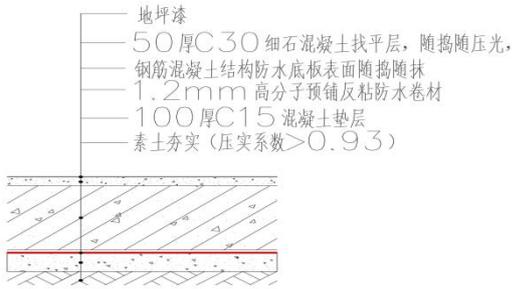


图1 地下车库防水体系自上而下构造图

4.2 关键施工技术要点

4.2.1 基层控制，强化垫层施工质量

素土夯实后压实系数需 ≥ 0.93 ，经环刀法检测合格方可施工C15垫层。虽工艺对基层容错率高，但垫层质量仍为关键，我推行“分段控制+动态监测”方案：按 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 划分施工段，设4个平整度控制点，跳仓法浇筑减少裂缝；优化配合比掺入3%粉煤灰，坍落度控制在 $140 \pm 10\text{mm}$ ；创新“机械收面+真空吸水”工艺，终凝前激光整平机收面，确保平整度 $\leq 8\text{mm}/2\text{m}$ ；建立“养护责任卡”，专人养护10天。最终垫层验收合格率达98%，解决表面起砂问题。

4.2.2 卷材铺设控制，保障铺贴质量

采用“空铺为主、局部点粘”法，我牵头制定施工标准：C15垫层用DM-200仪测含水率 $\leq 9\%$ 方可施工，潮湿区域喷灯烘干；1.2mm卷材长边自粘搭接80mm，短边热熔焊接100mm，热风枪温度 $220 \pm 10^\circ\text{C}$ 、速度 $300\text{mm}/\text{min}$ ，焊后专用压辊压实无气泡；阴阳角用500mm宽异形卷材，后浇带设双层加强层，搭接 $\geq 600\text{mm}$ 并覆盖土工布保护，避免钢筋绑扎破损。通过“样板引路”，先验收样板段再大面积施工。

参考文献：

- [1] 李培秋,梁培明,徐加学.住宅工程渗漏质量问题的原因分析及整改处理[J].建设监理,2025,(03):81-84.
- [2] 刘昊.高层住宅地库防水工程施工管理研究——以某工程项目为例[J].房地产世界,2023,(14):73-75.
- [3] 王国庆,林欢,储建江,等.山水丽庭项目地下车库底板防水施工工艺[J].中国建筑防水,2023,(06):32-35.
- [4] 尚建辉.地下车库渗漏原因及处理措施——以兰石睿智·名居住宅小区为例[J].工程技术研究,2021,6(14):96-97.

4.2.3 混凝土浇筑控制，确保粘结效果

重点管控三节点：C35混凝土坍落度 $180 \pm 20\text{mm}$ 、扩展度 $\geq 550\text{mm}$ ，每车检测，现场加5%减水剂提升流动性；“斜面分层”浇筑，层厚300mm，振捣器间距500mm确保浆液渗透卷材纹理；铺50mm木脚手板作通道，浇筑后12小时覆膜、24小时覆土工布养护14天。12号区域遇雨时，及时停工覆盖，雨后凿毛刷界面剂再施工，避免粘结隐患。

4.2.4 质量检测，实施全过程检验

建立“班组自检-技术复检-监理验收”体系：卷材铺完后充气法测搭接缝（0.2MPa保压2分钟）；混凝土浇筑后每1000m²钻芯测粘结强度 $\geq 1.0\text{MPa}$ ；整体完工后蓄水500mm、24小时无渗漏，且C30垫层表面平整、地坪漆无空鼓为合格。本项目防水及面层施工一次性验收合格率100%。

5 结论

本文以大型住宅项目地下车库防水工程为研究对象，针对传统防水方案的缺陷，通过技术调研、方案论证与现场实践，创新应用预铺反粘防水工艺，得出以下结论：预铺反粘工艺通过“皮肤式”粘结结构，有效解决了传统方案基层适应性差、易窜水、粘结性不佳的技术难题，防水可靠性显著提升。同时，该工艺简化了防水构造层次，实现了近600万元的成本节约，同时缩短施工周期25天，兼具技术优势与经济价值。此外，“三控一检”的施工管理体系还可保障预铺反粘工艺施工质量，确保其技术优势充分发挥，其技术路径与管控机制已在后续两个项目中成功复用，验证了推广价值。本项目预铺反粘工艺的成功实践，为大型地下空间防水工程提供了可复制的技术与管理经验，尤其适用于大面积地下车库、地铁车站等对防水可靠性及成本控制要求高的工程，具有广阔的应用前景。