

沥青混凝土路面与混凝土路面的综合对比分析

仇党见 文志遥 郑永辉 黄 崧
中国建筑第四工程局有限公司 广东 广州 510000

摘要：本文从材料特性、施工工艺、经济性、耐久性、安全性、环保性、力学性能及管理维护等维度，系统对比沥青混凝土路面与水泥混凝土路面的差异。结合地域性工程案例、BIM技术应用及绿色施工，综合发现：沥青路面在施工效率、行车舒适性及修复便捷性方面占优，而混凝土路面在全寿命周期成本、承载能力及极端环境适应性上更具竞争力。本文为不同气候区与交通场景下的路面类型选择提供科学依据。

关键词：沥青路面；混凝土路面；对比分析

1 引言

公路作为现代交通基础设施的核心，其路面类型选择直接影响工程质量、经济效益与环境可持续性。沥青混凝土（柔性路面）与水泥混凝土（刚性路面）作为两大主流技术，在材料组成、结构行为及运维管理上呈现显著差异。本文通过多维度对比分析，结合智能建造与双碳目标背景下的技术创新，提出适配不同地域特征的路面选型策略。

2 材料组成差异

2.1 原材料差异

（1）沥青混凝土路面

主要成分：沥青（5-7%）、级配骨料（93-95%）、矿粉及聚合物改性剂（图1）。粘合剂特性：沥青为温度敏感性粘弹性材料，改性技术（如SBS、橡胶沥青）可提升极端温度下的性能稳定性。



图1 不同结构沥青混凝土路面材料微观结构示意图

（2）水泥混凝土路面

主要成分：水泥（10-15%）、粗/细骨料（60-70%）、水及减水剂（图2）。

硬化机制：水泥水化反应生成C-S-H凝胶，形成刚性骨架结构，抗压强度达30-40MPa。

2.2 抑制化学老化机制

（1）沥青混凝土路面

沥青在紫外线与氧气作用下发生氧化反应，针入度

每年下降8-12%，软化点升高5-10℃。添加抗老化剂（如炭黑）可延缓性能衰减，实验显示添加2%炭黑的沥青60℃粘度提升40%。

级配优化理论：基于贝雷法（Bailey Method）的骨料级配设计，通过控制粗骨料间隙率（CA Ratio）与细集料填充率（FA Ratio），可将车辙深度降低30%

（2）水泥混凝土路面

微观缺陷演化：扫描电镜（SEM）观测显示，混凝土内部微裂纹在冻融循环中扩展速率达0.5μm/次，掺入钢纤维（体积率1.5%）可使裂缝宽度限制在0.1mm以下。

碱骨料反应防控：使用低碱水泥（ $Na_2O_{eq} \leq 0.6\%$ ）与锂盐抑制剂，可将膨胀率从0.25%降至0.05%（ASTM C1260试验）。

3 施工工艺与难易程度

3.1 沥青混凝土路面施工

关键工序：高温拌合（160-180℃）→摊铺→碾压→冷却开放。

优势：单日摊铺2-3公里，机械化率达90%以上。



图2

3.2 水泥混凝土路面施工

关键工序：模板安装→浇筑→振捣→养护→切缝。

养护日期：28天养护周期导致工期延长，接缝缺陷

率达8-12%。

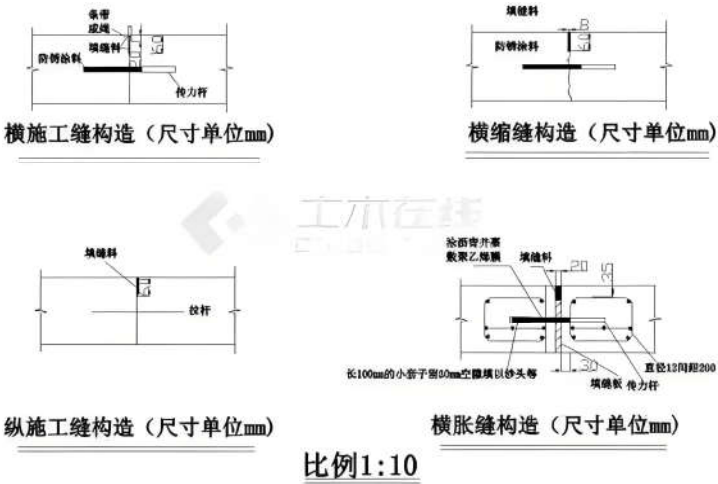


图3 不同构造切缝示意图

4 全寿命周期造价分析

从施工到使用，分为用于实体工程的直接成本和用

户使用的隐性成本。

4.1 工程直接造价成本

序号	指标	沥青混凝土路面	水泥混凝土路面
1	初期成本（元/m ² ）	200-300	300-450
2	30年总成本（现值）	约600元/m ²	约500元/m ²
3	经济性结论	短期成本低，维护频繁	长期成本优，修复间隔长

4.2 隐性成本

序号	指标	沥青路面	混凝土路面
1	车辆燃油消耗增加	3-5%	1-2%
2	轮胎磨损率	0.12mm/千公里	0.15mm/千公里

计算公式：燃油成本+轮胎更换成本+时间延误成本\30年周期

5 耐久性与环境适应性

5.1 南方多雨地区：道路在加铺改性沥青层后，裂缝率从13%降至1.2%，验证其对高湿度环境的适应性。

5.2 北方冻融地区：青藏高原混凝土路面15年无结构性损坏，透水系数低至10⁻⁸cm/s，抗冻添加剂提升耐

久性。

6 安全性与行车舒适性 **

6.1 抗滑性能：沥青路面构造深度（0.6-1.0mm）优于混凝土（0.3-0.6mm）。

噪音对比：车速100km/h时，沥青路面车内噪音低5dB。

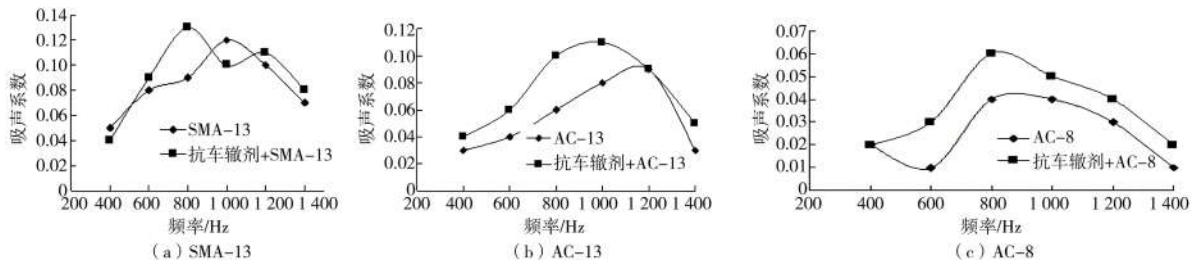


图4 不同结构沥青路面两类路面噪音对比曲线

7 绿色施工与可持续性

7.1 碳排放与资源循环

沥青混凝土路面：温拌技术减排30%，RAP掺量达

30%（图4）。

混凝土路面：矿渣粉替代水泥减少0.3吨/m³碳排放。

7.2 循环经济对比

(1) 沥青不同类型再生层级对比:

序号	再生类型	RAP掺量	适用层位
1	热再生	10-30%	下面层
2	冷再生	50-100%	基层
3	全深度再生	100%	路基改良

(2) 混凝土再生仍存在瓶颈:

再生骨料吸水率高达3-5%，需预处理（酸浸或硅烷涂层）才能用于结构层。

8 力学行为与结构设计

荷载响应：混凝土板基层应力比沥青低50-70%（图5）。

设计理论：沥青采用弹性层状理论，混凝土依据Westergaard板体理论。

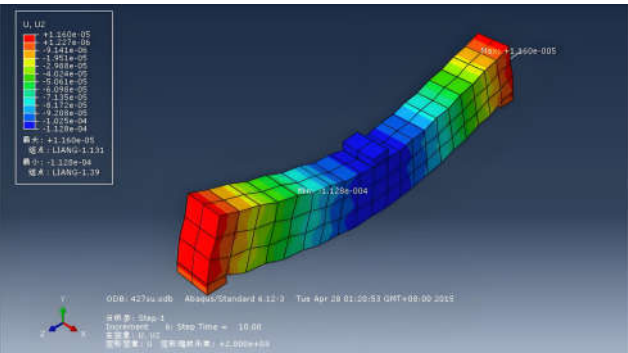


图5 钢筋混凝土与素混凝土有限元分析应力分布对比图

9 管理维护策略对比

9.1 BIM技术应用

(1) 设计阶段：沥青路面BIM模拟温差预警精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 运维阶段：混凝土无人机巡检提升裂缝识别率至95%。

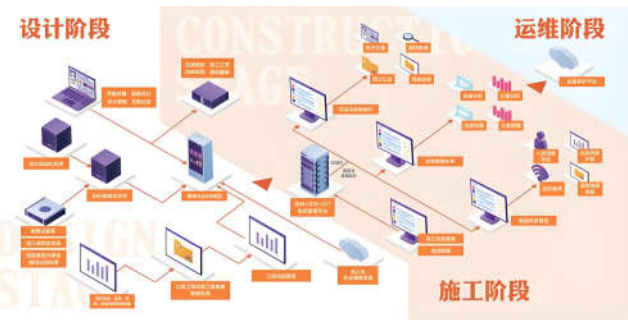


图6

9.2 预防性养护技术经济性

预防性养护可以提高不同路面的使用年限，对比如下：

序号	技术	沥青路面	混凝土路面
1	最佳介入时机	使用3-5年	使用8-10年
2	单位成本效益比	1 : 4.3	1 : 2.8
3	延长寿命	3-7年	5-12年

9.3 智能监测

(1) 沥青嵌入光纤传感器，车辙预测准确率 $> 85\%$ 。

(2) 混凝土探地雷达检测脱空，维修效率提升40%。

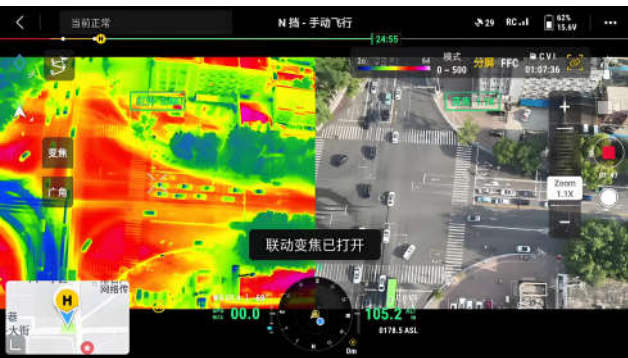


图7 某项目无人机智能监测示意图（数据来源于网络）

10 结论与建议

10.1 根据地域适配不同路面结构:

(1) 南方多雨区：旧水泥板修复+高弹沥青加铺。采用高粘改性沥青（PG 76-22）结合排水基层（渗透系数 $> 0.1\text{cm/s}$ ）

(2) 北方冻融区：混凝土路面应配置双层钢筋网，并可以根据情况设置加热融雪系统试验段。

10.2 技术创新

推广BIM区块链实现材料溯源。制定区域差异化再生材料利用率目标（南方 $\geq 35\%$ ，北方 $\geq 25\%$ ）。

10.3 政策建议

(1) 建立区域性路面材料数据库，动态更新性能退化模型。

(2) 对采用低碳技术的项目给予容积率奖励（如LEED认证加分）。

参考文献

[1]陶永锋.某道路加铺沥青混凝土施工分析[J].浙江建筑,2019(7):45-49.
[2]《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2023）.人民交通出版社,2023.
[3]美国沥青协会.全寿命周期成本分析指南,2020.