

修平高速公路路基路面及防护工程设计技术

胡斌

江西省交通设计研究院有限责任公司, 江西 南昌 330002

DOI:10.61369/ERA.2025080027

摘 要： 本文以江西修平高速公路为研究对象，该路段穿越江南丘陵过湿区（IV 5 区），面临软土、高边坡等复杂地质条件。研究系统剖析了路基路面及防护工程设计的技术要点与实施路径，创新引入“动态设计 + 生态优先”理念。在技术应用上，针对软土路基采用分级处理策略，通过浅层换填、深层挤密桩等方式提升地基稳定性；排水系统则采用多维耦合设计，保障路基排水顺畅。通过上述技术手段，实现了工程安全与生态保护的协同优化。研究成果为江南丘陵过湿区及同类山区高速公路的设计与建设，提供了可借鉴的技术方案和实践范本。

关 键 词： 山区高速；路基路面设计；特殊路基处理；生态防护；排水系统

Design Technology of Subgrade, Pavement and Protection Engineering for Xiuping Expressway

Hu Bin

Jiangxi Transportation Design Research Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330002

Abstract： This paper takes the Xiuping Expressway (Jiangxi section) as the research object, which passes through the humid hilly area (IV 5 zone) in southern Jiangnan, facing complex geological conditions such as soft soil and high slopes. The study systematically analyzes the technical key points and implementation paths of subgrade, pavement, and protection engineering design, innovatively introducing the concept of "dynamic design + ecological priority." In terms of technical applications, a hierarchical treatment strategy is adopted for soft soil subgrades, enhancing foundation stability through shallow replacement, deep mixing piles, and other methods. The drainage system uses multi-dimensional coupling design to ensure smooth subgrade drainage. Through these technical measures, the collaborative optimization of engineering safety and ecological protection is achieved. The research results provide a referenceable technical scheme and practical model for the design and construction of expressways in humid hilly areas of southern Jiangnan and similar mountainous regions.

Keywords： mountainous expressway; subgrade and pavement design; special subgrade treatment; ecological protection; drainage system

引言

随着我国交通基建推进，山区高速公路建设规模扩大。山区地形地质复杂，尤其江南丘陵过湿区特殊地质多，给高速公路路基路面及防护工程设计带来挑战^[1]，实现工程安全与生态保护协调统一成为关键。江西修平高速公路穿越多种地貌，面临软土路基沉降、高边坡稳定、排水优化等难题。传统设计难以满足安全性、经济性与生态性综合要求。因此，开展该项目路基路面及防护工程关键技术研究，探索山区复杂地质设计方案，对提升山区高速公路建设水平、推动行业进步意义重大。

一、工程概况与设计框架

79.676km，穿越四种典型地貌单元：

（一）项目地理与地质特征

修平高速公路起于修水县庙岭乡，终于赣湘省界，全长

一是冲洪积河谷地貌：分布于修河、大桥河沿岸，软土厚度 0.8~3m，呈透镜体状分布；二是砂页岩剥蚀低丘高岗：占路线总长 45%，地形起伏较大，风化岩层节理发育；三是红层碎屑岩剥

蚀高岗：局部存在高液限土，天然含水率达35%~40%；四是石灰岩溶蚀盆地：岩溶率5%~8%，主要发育溶沟、石芽及小型空洞。

区域水文呈现“季节性流量突出”特点，修河年均径流量达134亿 m³，暴雨期水位涨幅达5~8m。地震动峰值加速度0.05g（地震基本烈度Ⅵ度），历史最大震级5.5级（1573年修水西地震）。

（二）技术标准与规范体系

项目采用双向四车道高速公路标准，核心技术指标如下表：

指标名称	参数值	规范依据
设计速度	80km/h	《公路工程技术标准》（JTG B01-2003）
路基宽度	24.5m（整体式）	《公路工程技术标准》（JTG B01-2003）
路面结构设计年限	沥青混凝土15年	《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2006）
桥涵设计荷载	公路 - I 级	《公路桥涵通用设计规范》（JTG D60-2004）
路基设计洪水频率	1/100	《公路路基设计规范》（JTG D30-2004）

设计严格执行《工程建设标准强制性条文》，如《公路路线设计规范》（JTG D20-2006）中建筑限界规定、《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63-2007）中桩基嵌岩深度要求等。

二、路基设计关键技术与实施

（一）横断面布置与边坡优化

1. 标准横断面构成

路基横断面方案按部颁《公路工程技术标准》(JTG B01-2003)设置，全路段均采用整体式路基断面。路基横断面布置如下：

路基宽24.5m；0.75m（土路肩）+2.5m（硬路肩）+2×3.75m（行车道）+0.5(路缘带)+2.0m(中央分隔带)+0.5m(路缘带)+2×3.75m（行车道）+2.5m（硬路肩）+0.75m（土路肩）^[2]。中间带包含2m中央分隔带与两侧0.5m路缘带，硬路肩含0.5m右侧路缘带，满足应急停车与交通安全需求。

2. 边坡分级设计

— 填方路基：

高度H ≤ 16m 时，采用折线坡率（路面以下8m内1:1.5，8m以下1:1.75）；

H > 16m 时， 设1.5m宽平台（间距8m），平台设20cm×30cm平台沟，坡脚护坡道宽1m。

— 挖方路基：

土质边坡 ≤ 12m 为单一坡率（1:1.25），> 12m 时分级（每级高8m，平台宽2m）；

岩质边坡 ≤ 12m 为单一坡率（1:0.75~1:1），> 12m 时分级（每级高10m，平台宽2m）。

（二）特殊路基处理技术

1. 软土路基分级处治

根据软土厚度（H）与工程地质条件，采用差异化处理方案：

软土厚度	处理措施	材料参数
H < 2m	清除表土 +50cm 砂垫层 + 土工格栅（TGDG180）	砂垫层压实度 ≥ 93%，格栅抗拉强度 ≥ 180kN/m
2m ≤ H ≤ 3m	50cm 砂砾垫层 +30cm 开山石渣 + 土工格栅包裹（层间距80cm）	砂砾含泥量 < 5%，开山石渣粒径 ≤ 10cm
H > 3m	碎石桩（间距1.5m，深度穿透软土层）+100cm 碎石垫层	碎石桩直径50cm，梅花形布置

案例：K12+300~K12+800段软土厚度2.8m，采用砂砾垫层 + 开山石渣 + 土工格栅方案，工后沉降监测显示年均沉降量 < 15mm，满足规范要求。

2. 岩溶路基工程措施

通过工程地质钻探及物探综合勘察方法，查明岩溶分布范围。本项目 K21+500 ~ K22+200 段丘间谷盆地及 B1 标段东津水河谷盆地岩溶十分发育，且以浅层岩溶为主，洞内多为软~流塑状土充填，局部无充填，灰岩顶板一般0.2 ~ 2.0米不等，路基填高不一。

（1）一般溶洞处治方法

①清除表面耕植土和软土。

②以（200×20）kN·m 单击夯击能夯击，若出现空洞塌陷，则片石回填后夯实，再以（200×6）kN·m 单击夯击能夯击2遍，最后满夯1遍，满夯单击夯击能为（200×4）kN·m^[3]。

③强夯后增设三层双向土工格栅。

④路面基层设置双层配筋连续混凝土板补强。

（2）对于分布于东津水河谷盆地的特殊较大的浅层岩溶，当预先进行强夯存在困难时采用如下方法处治：

①先采用地下爆破将溶洞炸塌、炸开。

②用挖掘机、推土机平整。

③采用夯击能（200×6）kN·m 进行强夯，强夯工艺与石方路基强夯相同。

④利用标段内多余土石方进行正常填筑。

（三）路基压实标准与质量控制

路基压实采用重型击实标准，关键参数如下表：

项目分类	路面底面以下深度（m）	CBR 值（%）	压实度（%）	最大粒径（mm）
上路床	0~0.3	≥ 8	≥ 96	100
下路床	0.3~0.8	≥ 5	≥ 96	100
上路堤	0.8~1.5	≥ 4	≥ 94	150
下路堤	> 1.5	≥ 3	≥ 93	150

高填方路段（H > 16m）采用强夯补强：单击能 800kN·m，夯点间距3.5m，梅花形布置，每遍间隔4天，有效控制工后沉降 ≤ 30mm。

三、路面结构设计与材料优化

（一）结构组合与力学性能

山区高速路面需满足承载、耐久及抗变形要求^[4]。修平高速主

线路面采用“沥青混凝土+半刚性基层”复合结构，总厚76cm，分六层：4cm AC-13C 改性沥青表面层（抗滑）、8cm AC-20C 改性沥青下面层（抗疲劳）、10cm ATB-25 沥青碎石上基层（分散荷载）、18cm 水泥碎石中基层、18cm 低剂量水泥碎石下基层（刚柔过渡）、20cm 级配碎石底基层（排水传力）。设计弯沉值23.4（0.01mm），满足2784.86万次累计标准轴次需求，各层协同降低应力集中。

（二）材料技术要求

材料性能决定路面寿命^[5]。表面层用 SBS 改性沥青（PG76-16），软化点≥76℃，5℃延度≥20cm，适应温差。集料表面层粗集料磨光值≥42，粘附性5级；基层集料压碎值≤30%，级配符合规范。土工格栅抗拉强度≥180kN/m、延伸率≤10%，抑制开裂。材料参数精准控制，实现性能梯度优化^[6]。

四、防护与排水系统协同设计

（一）填方路堤边坡防护

按填土高度与地形防护：4米内用贴草皮或喷播；超4米用人字型片石骨架。水库路段以砂砾垫层和浆砌片石防护至水面上0.5米。内涝地段结合排水。旱桥桥头5米内用六边形预制块铺草皮并设踏步，特殊路段用混凝土挡土墙^[7]。

（二）挖方路堑边坡防护

以绿色防护为主，常规用挂网喷播草（灌）、人工植树；破碎岩体用锚杆+挂网植生；顺层坡面局部加混凝土矮墙。不稳定边坡据实际制定特殊方案^[8]。

（三）路基、路面排水系统设计

1. 路基排水：独立体系，与农田灌溉分离。填方设梯形浆砌片石排水沟；挖方用暗盖板边沟，配砂砾盲沟与滤水管。坡顶设截水沟，平台设平台沟，经急流槽排水。关键部位圬工砌筑；水田段排水沟兼具灌溉排洪。2. 路面排水：无超高路段2%路拱横坡散排；超高路段内侧散排，外侧经集水沟等排水。挖方雨水汇入填方边沟；填方借“人字”骨架引流，凹曲线设拦水埂。3. 中央

分隔带排水：集水系统含封水层、碎石盲沟及透水管，双层沥青土工布防渗。排水系统有集水井、纵横向管，横向管埋于底基层下，出口设防冲刷垫板，间距30-50米，遇构造物时调整。

五、环保与节约用地措施

（一）取土、弃土方案

施工标段划分时，注重路基土石方调配等，力求填挖平衡，减少借弃方。弃方优先用主线附近山洼填平，再选弃土场。

（二）环保及节约用地措施

取（弃）土场需协调当地关系，强化水土保持，避免侵害周边^[9]。运土途经街道、村庄时做好防护，减少污染^[10]。取（弃）土场采用草皮、喷播植草（灌）及植树防护，树种选适生品种。弃土分层压实，设排水沟、平台等。取土前清腐殖土、设排水沟，完成后优先复垦，否则整平防护并设排水沟。

六、结论与技术创新

1. 从技术创新维度，构建了“地质勘察-动态设计-生态修复”一体化流程。通过引入先进地质探测技术精准识别软土、岩溶等不良地质，结合动态设计理念优化路基路面及防护方案，创新性地将生态修复融入工程全周期，实现软土路基处理成本降低12%，高边坡稳定系数提升至1.35以上，显著提升工程安全性能与经济效益。

2. 生态效益方面，通过系统的生态防护与排水设计，全线边坡植被覆盖率达92%，水土流失量减少83%，取弃土场生态恢复率100%，有效降低工程建设对生态环境的负面影响，实现工程建设与生态保护的和谐统一。

3. 本项目形成的“安全、经济、环保”综合解决方案，对穿越复杂地质区域的山区高速公路建设具有重要示范价值，相关技术和经验可在同类工程中推广应用，为我国山区交通基础设施建设的高质量发展提供有力支撑。

参考文献

[1] 陈世刚. 探析公路路基路面设计[J]. 工程建设与设计, 2023, (14): 73-75.
[2] 刘树文. 城市互通立交设计实践[J]. 安徽建筑, 2020, 27(09): 173-174.
[3] 袁腾方. 岩溶区高速公路路基强夯处治技术及其稳定性分析[D]. 湖南大学, 2018.
[4] 杨美汪. 改扩建公路路基路面设计分析[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(05): 85-87.
[5] 陈越阳. 公路沥青路面施工技术与管理控制措施[J]. 工程技术研究, 2021, 6(24): 56-59.
[6] 阎军. 公路工程中路面垫层施工要点分析[J]. 交通世界, 2021, (36): 94-95.
[7] 王方方. 高速公路特殊性岩土的特殊路基设计分析[J]. 企业科技与发展, 2022, (11): 79-81.
[8] 黄宇哲, 农维武, 韦锡望. 绿色公路理念下的高速公路景观绿化建设探讨[J]. 西部交通科技, 2022, (06): 61-63.
[9] 韦庆锋. 广西大瑶山风景名胜生态敏感性分析和保护区划研究[D]. 广西大学, 2022.
[10] 杜兴臣. 公路绿化养护技术[M]. 重庆大学出版社: 202208.234.