

# 探析公路工程施工及公路养护技术

梁 爽

突泉县交通运输事业发展中心 内蒙古 兴安盟 137500

**摘要：**公路作为交通基础设施核心，其施工质量与养护水平直接影响通行效率与安全。本文以公路工程施工与养护技术为研究对象，分析了公路施工技术特点及养护技术的重要性，系统阐述了路基、路面、桥涵及附属结构的施工关键技术，剖析了路基、路面、附属设施常见病害成因，最后提出预防性、修复性及特殊环境下的养护技术。研究旨在为提升公路工程质量、延长道路使用寿命提供技术参考，助力公路交通基础设施长效运维。

**关键词：**公路工程；施工技术；养护技术

**引言：**当前我国公路建设向多地形、复杂气候区域延伸，施工技术需适配不同环境，养护则面临病害早发、运维成本攀升等问题。突泉县地处内蒙古兴安盟，公路建设与养护需应对地域环境挑战。基于此，本文从施工技术特点与养护重要性切入，深入探析施工关键环节、病害成因及养护技术，为同类地区公路工程提供实践指导，推动公路事业可持续发展。

## 1 公路工程施工技术特点及养护技术的重要性

### 1.1 公路工程施工技术特点

公路工程施工技术的特点如下：①技术关联性强，路基、路面、桥涵等环节技术参数相互制约，需严控衔接精度以保障整体承载性能；②环境适应性要求高，需依据地形（山区、平原）、气候（高寒、多雨）调整方案，平衡施工可行性和结构耐久性；③标准化与精细化并存，既要遵循国家规范指标，又需通过材料管控、工艺监测等精细化手段，确保路面平整度、路基压实度等核心指标达标；④技术集成度提升，现代施工中BIM、智能监控等技术与传统工艺融合，同步优化施工效率与质量管控水平。

### 1.2 公路养护技术的重要性

公路养护技术是保障道路全生命周期服务能力的关键，重要性体现在以下方面：①从经济性看，科学养护可及时修复早期病害，避免大规模翻修，降低全周期运维成本；②从安全性看，能消除路面裂缝、坑槽及附属设施损坏等隐患，保障车辆行驶稳定；③从功能持续性看，定期养护可维持路面平整度、抗滑性能与排水通畅性，确保通行效率；④从资产保值看，能延缓结构老化、延长使用寿命，最大化公路资产价值；⑤养护中的技术状况监测评估，可为后续公路升级改造提供数据支撑，推动建设与运维协同发展<sup>[1]</sup>。

## 2 公路工程施工关键环节技术

### 2.1 路基施工技术

路基是公路工程的承载核心，主要技术聚焦以下压实控制、排水系统构建及边坡防护。①压实环节要先匹配填料特性与压实标准，依据颗粒级配、含水量调整参数，采用分层填筑，每层虚铺厚度≤30cm，通过重型击实试验确定最大干密度与最佳含水量作为检测基准。施工优先用振动压路机，遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，对路基边缘、转角等薄弱区域增加压实遍数，确保高速公路路基压实度≥96%。②排水系统要实现地表与地下协同。地表通过边沟、截水沟、急流槽排水，边沟断面按汇水面积计算，沟底纵坡≥0.3%；地下采用盲沟、渗沟、排水垫层，地下水位高或土质渗透性差路段，路基底部设碎石盲沟（填充20-50mm洁净碎石，外包透水土工布），降低路基含水率，避免沉降、翻浆。③边坡防护要结合地质与环境。填方路基边坡采用植草与骨架防护结合，骨架用混凝土预制块或浆砌片石砌筑网格，网格内种耐旱草本；挖方路基边坡中，岩质稳定边坡用喷锚防护（喷射5-10cm厚混凝土，配2-3m长、1.5-2m间距锚杆），裂隙或易风化岩层路段增设锚索框架，张拉锁定力符合设计。

### 2.2 路面施工技术

沥青路面施工核心是原材料把控、混合料摊铺碾压协同及层间粘结控制，具体如下：①原材料方面，沥青需符合规范，针入度、软化点、延度经检测合格；集料压碎值≤26%、洛杉矶磨耗损失≤28%、含泥量≤1%。混合料厂拌集中搅拌，温度160-180°C，搅拌时间≥45秒，避免花白料、离析。②摊铺用摊铺机梯队作业，速度2-6m/min，温度≥150°C（改性沥青≥160°C），熨平板预热至100°C以上；碾压分初压（钢轮压路机，温度≥140°C）、复压（胶轮压路机，温度≥120°C）、终压（钢轮压路机，温度≥80°C），确保高速公路面上层压实度≥98%、平整度IRI≤2.0m/km。

层间需在基层顶面喷乳化沥青粘层油，用量0.3-0.6L/m<sup>2</sup>，保障面层与基层粘结。③水泥混凝土路面施工重点是模板安装、浇筑与养护。模板用钢模板，高度与路面厚度一致，安装前检测基层平整度与高程，拉线调平使顶面高程偏差≤2mm，拼接处用密封胶防漏浆。混凝土用商品混凝土，坍落度10-40mm，浇筑前湿润基层，振捣棒（插入间距≤50cm）与振捣梁组合振捣，至表面泛浆无气泡。浇筑后覆盖土工布洒水养护≥14天，控制温差防裂缝；初凝后终凝前切缝，深度为路面厚度1/3-1/4，缝宽3-5mm，切缝后灌注填缝料。

### 2.3 桥涵与附属结构施工技术

桥梁施工围绕以下基础、墩台、上部结构展开。①基础施工中，钻孔灌注桩需控制钻孔垂直度偏差≤1%，泥浆护壁防坍塌，清孔后孔底沉渣厚度≤50mm（摩擦桩）或≤100mm（端承桩）；钢筋笼居中定位，混凝土用导管法浇筑，导管埋深2-6m，避免断桩、夹渣。②墩台用定型钢模板，安装确保轴线偏差≤10mm、高程偏差≤5mm，混凝土分层浇筑（每层厚度≤30cm），振捣后及时养护。③上部结构预制梁板用标准化模板，混凝土强度达设计值80%后张拉预应力，按设计控制应力，采用应力与伸长值双控（伸长值偏差±6%以内）；梁板用架桥机安装，安装前检测支座，安装后浇筑铰缝混凝土。

涵洞施工注重以下基坑开挖与防水。开挖前做好降水，坡度按土质确定，验收后浇筑混凝土基础，强度达设计值70%后施工涵身。涵身用砖、石或混凝土砌筑，砂浆饱满度≥80%，混凝土涵身模板拼接确保轴线偏差≤15mm、高程偏差≤10mm；涵身混凝土达标后做防水层，沥青卷材铺贴平整无空鼓，防水涂料涂刷均匀。

附属结构涵盖护栏、排水设施、交通标志基础。护栏施工中，波形梁护栏立柱用打入或钻孔式安装，垂直度偏差≤1.5%、高程偏差≤5mm，波形梁拼接平整，螺栓扭矩达标；混凝土护栏用定型模板，确保线形顺畅，浇筑后养护并处理表面。排水设施中路缘石安装前挂线，相邻间隙≤5mm、高程偏差≤3mm；雨水井与路面协同施工，井筒衔接平顺、井盖平整。交通标志基础按设计坐标开挖，钢筋与预埋件位置偏差≤10mm，浇筑后养护至强度达标<sup>[2]</sup>。

## 3 公路常见病害类型及成因分析

### 3.1 路基病害

路基病害主因是结构稳定性失衡与水损害。沉降源于填筑材料压实度不足、级配不合理，或路基下土层承载力不均，长期受车辆荷载致土体压缩变形；滑坡因边坡坡率设计不当、岩土体抗剪强度不足，或雨水下渗使

土体含水率升高、重量增加，打破受力平衡；冲刷由地表排水失效引发，雨水汇集持续冲刷路基边坡，导致土体流失、破坏整体结构。

### 3.2 路面病害

路面病害与材料、施工、运营密切相关。裂缝因温度变化使材料热胀冷缩产生应力，或基层强度不足、层间粘结不良，受荷载反复作用开裂；坑槽是路面局部破损未及时修复，雨水渗入软化基层，经车辆碾压形成凹陷；车辙为沥青路面长期受重载、高温，混合料塑性变形累积所致；松散因施工时沥青与集料粘结不足、级配偏差，或运营中雨水侵蚀、车辆磨损，导致集料脱落。

### 3.3 附属设施病害

附属设施病害多由外力与维护缺失导致。护栏损坏因车辆碰撞致结构变形、连接件松动，或长期暴露使金属锈蚀、混凝土风化，降低防护性能；排水堵塞源于日常维护不及时，杂物、泥沙随雨水淤积边沟、雨水井，或设施设计坡度不足、水流放缓，加剧淤积<sup>[3]</sup>。

## 4 公路养护关键技术

### 4.1 预防性养护技术

预防性养护技术通过针对性措施阻断病害发展，延长公路使用寿命，核心涵盖以下封层、微表处与灌缝技术。①封层技术要按路面状况选适配类型：下封层侧重基层防护，多采用沥青同步碎石封层，施工时控制沥青喷洒量与碎石撒布量，确保碎石与沥青粘结牢固，形成密闭层阻隔雨水下渗与基层风化；上封层聚焦面层功能提升，采用稀浆封层或改性沥青封层，施工前清理路面杂物与松散集料，控制封层厚度（3-5mm），保障与原路面紧密粘结，同时提升抗滑与防水性能。②微表处技术适用于沥青路面早期功能衰减修复，以改性乳化沥青、集料、填料与水按比例混合成稀浆混合料，通过专用设备摊铺，控制厚度（5-10mm）与速度（3-5km/h）确保均匀覆盖。需严格把控材料配比，乳化沥青破乳时间与施工温度匹配，摊铺后封闭交通至混合料固化，形成兼具防水、抗滑、平整功能的表层，延缓车辙、裂缝等病害发展。③灌缝技术针对路面裂缝处置，按裂缝宽度选材料：宽度≤5mm用改性乳化沥青，>5mm用热熔型密封胶。施工前用开槽机规范化开槽，再以高压热气喷枪清理槽内杂物与水分；灌缝时控制材料温度，用灌缝机匀速灌注，确保材料填充裂缝并与槽壁紧密粘结，形成密闭防水通道，防止雨水渗入基层扩大病害。

### 4.2 修复性养护技术

修复性养护技术针对已显病害的公路结构，通过专项处置恢复使用功能，核心技术包括以下铣刨重铺、局

部修补与结构加固。①铣刨重铺技术适用于沥青路面大面积病害，施工前经检测确定铣刨范围与深度（通常至基层顶面或病害层底部），用铣刨机按设计深度匀速铣刨，同步清理废料避免杂质残留；基层处理需检查完整性，若存在松散或破损，先喷洒乳化沥青粘层油并铺设基层混合料修补；面层重铺采用摊铺机梯队作业，控制摊铺温度（改性沥青混合料 $\geq 160^{\circ}\text{C}$ ）与压实工艺，确保新铺面层压实度（ $\geq 98\%$ ）与平整度（ $\text{IRI} \leq 2.0\text{m/km}$ ）达标，同时做好新旧路面搭接（宽度 $\geq 10\text{cm}$ ），避免接缝病害。②局部修补技术针对路面局部破损，按“圆洞方补、斜洞正补”原则确定范围，切割成规则矩形或正方形（边长 $\geq 30\text{cm}$ ），深度穿透破损层至稳定结构层；基层处理需清除松散集料与杂质，若基层软化则开挖至坚实层，用同级配混合料回填压实；面层修补采用热拌或冷补混合料，热拌料控制摊铺温度，冷补料分层压实，修补后平整接缝，确保与原路面高程一致，恢复通行平顺性。③结构加固技术适用于路基、桥涵承载能力不足场景：路基加固多采用注浆或土工合成材料，注浆需按病害选材料（水泥浆、水泥砂浆），控制压力（0.3-0.8MPa）与用量，确保浆液填充孔隙提升密实度；土工合成材料加固需铺设土工格栅或土工布，控制张力与搭接宽度，通过材料抗拉性约束土体变形。桥涵加固侧重墩台与梁板，外包混凝土加固需清理原结构表面并植入剪力筋，控制浇筑厚度；粘贴碳纤维布加固需打磨、找平原结构表面并涂胶，控制碳纤维布张力与胶层厚度，提升抗弯、抗剪能力。

#### 4.3 特殊环境下养护技术

特殊环境下公路养护要结合以下环境特性制定专项方案，针对性应对环境对公路结构的影响，保障通行安全与耐久性。①高寒地区养护核心为抗冻与融雪：路面养护采用抗冻材料，冬季以机械除雪为主、融雪剂辅助，除雪车作业速度控制在3-5km/h，确保积雪清除率 $\geq 90\%$ ；融雪剂选用环保型，撒布量 $\leq 20\text{g/m}^2$ ，避免过量导致路面集料松散与路基盐渍化。路基养护重点监测冻

胀与融沉，春季融雪期及时排除表层积水，若出现融沉变形，用级配碎石回填压实，同时在路基两侧设防冻胀层，减少冻胀破坏。②多雨地区养护关键为排水维护与水损害防控：日常定期清理边沟、雨水井与涵洞，确保排水通畅；雨季前检查排水设施完整性，修复破损边沟盖板与涵洞防水层。路面养护加强裂缝处置，用灌缝或封层技术阻断雨水下渗，若出现唧泥现象，开挖基层并铺设排水垫层（碎石粒径10-30mm，厚度 $\geq 15\text{cm}$ ），加速水分排出。路基养护监测边坡稳定性，对易冲刷边坡采用浆砌片石护坡或植草防护，同时在坡顶设截水沟，引导雨水远离路基，降低冲刷风险。③山区公路养护侧重边坡防护与线形维护：边坡养护定期检查稳定性，对裂隙岩质边坡采用喷锚加固（喷射混凝土厚度8-12mm，锚杆长度3-5m，按边坡高度确定）；对土质边坡采用骨架植草防护，确保土体稳定。路面养护重点关注急弯、陡坡路段，定期检测抗滑性能，若抗滑系数 $\leq 45\text{BPN}$ ，用微表处或刻槽技术提升；同时加强平整度监测，及时修补坑槽、沉降等病害，避免陡坡急弯路段因路面不平整引发事故<sup>[4]</sup>。

结束语：公路工程施工需强化多环节技术协同，把控路基压实、路面摊铺等核心工艺，同时重视养护技术应用，通过预防性措施阻断病害、修复性手段恢复功能、特殊环境专项方案保障安全。未来，需进一步推动施工与养护技术智能化融合，结合地域实际优化技术方案。

#### 参考文献

- [1]段延鹏,孟丽君.探析公路工程施工及公路养护技术[J].中国科技期刊数据库工业A,2020(5):262-263.
- [2]王莉.公路工程施工技术精细化管理与养护措施优化分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(3):089-092.
- [3]郭超.公路工程施工技术管理及养护措施分析[J].安家,2025(2):0106-0108.
- [4]罗兵.公路工程施工技术、养护管理与病害防治措施分析[J].运输经理世界,2025(18):133-135.