

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，平衡施工可行性与结构耐久性；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^[1]。

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 $\leq 30\text{cm}$ ，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 $\geq 96\%$ 。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 $\geq 0.3\%$ ；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 $\leq 26\%$ 、洛杉矶磨耗损失 $\leq 28\%$ 、含泥量 $\leq 1\%$ 。混合料厂拌集中搅拌，温度160-180℃，搅拌时间 $\geq 45\text{s}$ ，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 $\geq 150\text{℃}$ （改性沥青 $\geq 160\text{℃}$ ），熨平板预热至100℃以上；碾压分初压（钢轮压路机，温度 $\geq 140\text{℃}$ ）、复压（胶轮压路机，温度 $\geq 120\text{℃}$ ）、终压（钢轮压路机，温度 $\geq 80\text{℃}$ ），确保高速公路上面层压实度 $\geq 98\%$ 、平整度IRI $\leq 2.0\text{m/km}$ 。

层间需在基层顶面喷乳化沥青粘层油,用量 $0.3-0.6\text{L}/\text{m}^2$,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 $\leq 2\text{mm}$,拼接处用密封胶防漏浆。混凝土用商品混凝土,坍落度 $10-40\text{mm}$,浇筑前湿润基层,振捣棒(插入间距 $\leq 50\text{cm}$)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 $3-5\text{mm}$,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 $\leq 1\%$,泥浆护壁防坍塌,清孔后孔底沉渣厚度 $\leq 50\text{mm}$ (摩擦桩)或 $\leq 100\text{mm}$ (端承桩);钢筋笼居中定位,混凝土用导管法浇筑,导管埋深 $2-6\text{m}$,避免断桩、夹渣。②墩台用定型钢模板,安装确保轴线偏差 $\leq 10\text{mm}$ 、高程偏差 $\leq 5\text{mm}$,混凝土分层浇筑(每层厚度 $\leq 30\text{cm}$),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 $\pm 6\%$ 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 $\geq 80\%$,混凝土涵身模板拼接确保轴线偏差 $\leq 15\text{mm}$ 、高程偏差 $\leq 10\text{mm}$;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 $\leq 1.5\%$ 、高程偏差 $\leq 5\text{mm}$,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 $\leq 5\text{mm}$ 、高程偏差 $\leq 3\text{mm}$;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 $\leq 10\text{mm}$,浇筑后养护至强度达标^[2]。

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^[3]。

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($3-5\text{mm}$),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($5-10\text{mm}$)与速度($3-5\text{km}/\text{h}$)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 $\leq 5\text{mm}$ 用改性乳化沥青, $> 5\text{mm}$ 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($0.3\text{--}0.8\text{MPa}$)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 $3\text{--}5\text{km/h}$,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 $10\text{--}30\text{mm}$,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 $8\text{--}12\text{mm}$,锚杆长度 $3\text{--}5\text{m}$,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^[4]。

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.