

村整体风貌缺少呼应。标识系统的字体、尺度、色彩对比未充分考虑乡村空间的视觉尺度与背景环境;休憩设施的座面材质、靠背倾角、遮阳形式等人机工学参数往往直接套用城市标准,与乡村居民的实际使用习惯(如聚集聊天、乘凉、看护孩童等)不匹配。

3 乡村振兴背景下乡村园林景观设计策略

3.1 优化空间布局, 构建功能复合的景观结构

对于乡村景观空间布局不合理问题,可以从空间整合、功能复合两方面进行改善。首先要科学划定生产、生活、生态“三生”空间的界限,促进三者有机融合。三生空间是乡村振兴的三大基本功能,分别是生产发展、生态良好、生活富裕。乡村园林景观是“三生”功能的载体,应该在空间布局上协调好三类空间的关系,不能造成相互干扰或者无序蔓延。在具体设计手法上,应运用景观序列组织原理,通过轴线的确立与转换,将入口标志节点、中心公共节点、重要观景点和休憩节点串联为完整的游赏体系;同时借鉴传统造园中的“抑扬”“虚实”“曲直”等对比手法,在空间开合变化中营造丰富的视觉体验,形成起景-发展-转折-高潮-收尾的完整叙事结构。其次要对乡村景观序列进行系统的梳理,根据地形地貌特点和村落肌理来创建层次分明、节奏有条理的游憩网络。通过打通视线通廊、改善交通流线、串联景观节点等方式,使乡村自然景观、生产景观和聚落景观形成一个有条理的叙事结构。在视线设计上,可依据地形高差和建筑布局,选定若干制高点作为瞭望节点,控制视域内的景观层次与天际线轮廓,确保重要景观界面不被遮挡破坏。再次,应该均衡地布置公共景观节点,根据村民聚居点分布和交通状况,确定服务半径,提高空间的可达性和服务效率。对消极空间、闲置空间要通过功能植入、景观提升来激活,让每一个空间都发挥出它应有的作用。不同类型的建筑空间设计要点如表1所示。

表1 乡村景观空间分类管控要点

空间类型	核心功能	设计要点
生产空间	农业生产与产业活动	保留农田肌理,优化生产路径,减少硬质介入
生活空间	村民居住与日常交往	完善公共节点,提升环境品质,注重人性化尺度
生态空间	生态保护与环境调节	维持自然风貌,构建生态廊道,限制开发建设

3.2 深挖文化内核, 重塑地域特色景观语言

地域文化特色重新塑造要从文化资源系统整理开始,走向深度的空间表达。首先要全面调查和系统整理乡土文化资源,即传统建筑形制、民俗活动、历史故事、民间技艺等,从中提炼出有代表性的重要文化意象及空间营建规

律。地域文化是乡村景观设计的灵魂,地域文化的传承和创新表现成了提高乡村文化品质的重要途径。设计者要真正认识地域文化形态的内在规律,不能只是表层的符号借鉴和形式模仿。在具体设计中,应运用景观符号学方法,将地域文化元素分为图像符号(如窗花、脊饰、铺地图案)、指示符号(如古树、古井、社坛等场地标识)和象征符号(如色彩体系、空间方位观念)三个层级,分别采取再现、抽象与重构等不同的转化策略。例如,将传统民居的封火墙轮廓抽象为景观构筑物的造型母题,将农耕器具的形态转化为儿童游乐设施的设计语言,使文化表达与功能需求高度统一。其次要复兴传统材料、工艺,将石砌、木作、夯土、竹编等乡土技艺运用到现代景观设计当中^[3]。在材料选择上,应建立乡土材料分级应用体系:就地取材的毛石、卵石、青砖、竹材等作为主体材料,优先用于挡墙、铺装、小品等;传统工艺如干砌石墙、木榫卯构架、夯土墙等不仅在视觉上传递手工温度,其构造本身也具有良好的生态性与耐久性。乡村景观营造要立足于地域特点,尊重乡村间的差异,保护和利用优秀的地域文化,避免乡村景观特色消失。借助现代审美语言的转译,让传统营建智慧在当下的语境里获得新生,而不是简单的复古和复制。在色彩规划方面,应从当地传统建筑、土壤、植被中提取主色调与辅助色,制定乡村景观色彩导则,确保新建景观要素在色相、明度、饱和度上与地域色谱保持协调,形成统一而有变化的色彩体系。再次要形成有差异的景观风貌,防止出现千村一面的局面。

3.3 强化生态连通, 打造弹性持续的绿色基底

生态景观体系的创建要遵照系统思维,达成生态要素的融合以及生态功能的整体改善。首先应该把山水林田湖草等生态要素融合起来,创建起连续完整的生态斑块和生态廊道。根据乡村自然生态的园林景观设计要统筹规划,重视乡野自然环境的保存。利用生态廊道把各个要素之间的空间隔阂打破,加强生态系统的联通性及稳定性,改进生物多样性保护水准。在植物造景方面,应依据地带性植物群落结构,模拟当地自然植被的垂直分层(乔木层-亚乔木层-灌木层-草本层-地被层)和水平格局,构建近自然的复层混交群落。在树种选择上,以乡土树种为主体骨架,合理搭配速生与慢生、常绿与落叶、观花与观叶树种,确保四季有景、色彩有序。同时,在道路两侧、河岸带和农田边缘预留足够宽度的生物通道,采用本土灌木和草本构建生态廊道,满足小型哺乳动物、两栖类和鸟类的迁移需求。其次应该选择乡土植物来绿化配置,恢复地带性植被群落。乡土植物具有较强的适应性、管护成本低、是乡愁

记忆的载体、也是乡村景观辨识度的重要来源。不应该盲目引进外来物种来规避生物入侵的风险,乡村绿化美化以乡土树种为主。在具体配置上,可采用“基底层+主题层+点缀层”的植物空间结构:基底层以大面积的乡土乔木形成绿色背景,主题层以特色花灌木或经济林果突出地域风貌,点缀层以时令花卉、观赏草丰富近人尺度细节,三者相互穿插渗透,形成生态稳定且景观丰富的植物景观。再次,应将低影响开发与雨洪管理理念融入景观设计。减少硬质铺装面积,增大透水铺装和下沉式绿地,依靠自然地形来组织雨水径流,提升场地的雨水调蓄和净化能力。在铺装设计上,根据不同场地功能选用不同的生态铺装形式:车行道可选用透水混凝土或嵌草砖,人行步道以级配碎石、透水砖或木屑铺装为主,广场空间结合植草沟和雨水花园进行海绵化改造,使地表径流系数控制在较低水平。水体驳岸应摒弃混凝土硬化做法,采用自然缓坡、石笼护岸或生态袋护坡等形式,恢复水陆交错带的植物群落,为底栖生物和鱼类提供栖息环境。

3.4 完善设施配套,提升公共空间服务品质

公共服务设施的完善是改善乡村景观品质、提高村民生活幸福感的直接手段。根据村庄类型、人口规模来分层分类地布置公共服务设施。中心村要设置比较完善的设施体系,一般村和自然村根据实际情况选择是否配置,真正把乡村建设重点放在提高附属设施水平、提升公共服务能力、改善人居环境上。通过分级配置,既填补服务盲区,又避免资源浪费。其次要推进设施的美学和乡土化设计。设施的材质、色彩、形式要和周围环境相协调,融入乡土材料和传统工艺,使设施本身成为景观的有机部分而不是突兀的附加物。在设施设计的具体方法上,应建立“设施家族化”的设计思路,即同一乡村或同一片区内,各类设施(座椅、灯具、标识牌、垃圾桶、护栏等)采用统一的设计语言——相同的材质基调、色彩范围和造型逻辑,形成系列化产品,以重复与呼应的手法强化场所的整体感与识别度。在满足功能的前提下,可将传统构造节点进行现代化演绎,如将榫卯结构转化为金属连接件的造型灵感,将竹编肌理转译为混凝土饰面的纹理,使传统工艺以新形

式得以延续。在乡村景观建设中,应以保护优秀地域文化与风土人情为基本前提,将历史文化内涵有机地融入乡村景观的塑造之中^[4]。再次要重视人性化细节的设计,充分考虑老人、儿童、残障人士等各方面的使用需求,增设无障碍设施和适老化设施,使公共空间真正为所有人服务。在人机工学层面,乡村公共座椅的高度宜调整至42~45cm,略低于城市标准,以方便老年人起坐;步道坡度不宜超过5%,并在适当距离设置休息平台;标识字体大小应兼顾远视距辨识与近阅读需求,图形符号尽量简练直观。

4 结语

乡村振兴战略给乡村园林景观设计赋予了宽广的政策空间和实践舞台,而且对设计品质有着更高的要求。乡村园林景观设计要立足于乡村的自然生态本底和文化资源禀赋,在尊重乡村固有的肌理和村民真实的需要的基础上,对空间布局进行系统的改善,加强文化特色的表现,构建起生态体系,完善设施配套。在设计实践中,应始终将空间句法、植物造景、材料建构、生态修复等学科专业知识作为支撑,使每一项设计决策既有政策与文化依据,又有专业技术理性。乡村景观通过空间重塑与记忆激活,在彰显乡土特色的同时,承担起文化遗产与产业带动的双重使命。只有将生态优先、文化传承、以人为本的理念贯穿设计全程,乡村园林景观才能真正支撑乡村振兴,改善人居环境,守护自然之美与文化之魂,推动乡村全面协调发展。

[参考文献]

- [1]郭呈祥.乡村振兴背景下乡村景观设计实践[J].艺术设计学刊,2026(6):92-94.
- [2]唐娅梅.乡村振兴背景下乡村生态景观规划设计研究[J].美与时代(城市版),2024(9):58-60.
- [3]袁江影,高涛.乡村全面振兴背景下乡村景观环境设计研究[J].上海包装,2025(6):134-136.
- [4]刘雯霞.乡村振兴背景下乡村景观设计研究[J].美与时代(城市版),2024(4):132-134.

作者简介:张丽(1988年5月—),女,汉族,内蒙古乌兰察布人,园林中级工程师,本科,东北农业大学,现从事园林工作。

高速公路养护工程精细化管理研究

吴 宣

江苏现代路桥有限责任公司，江苏 南京 210000

[摘要]高速公路养护工程一直存在着管理颗粒度粗、标准执行不严、计量依据不足等状况。文章从养护计划、现场作业、质量安全管理等几个方面进行分析，发现作业标准不细、责任不明、资料台账不全、检查考核不严等问题。提出将作业标准细化到工序、将责任压实到路段和班组、将资料和计量贯穿全过程、将考核与经费拨付挂钩等措施。精细化管理的关键就是把管理对象由段落级细化到工序级，把考核依据由定性的描述变成可以核验的工程量 and 影像记录。

[关键词]高速公路；养护工程；精细化管理；工序标准；计量支付

DOI: 10.33142/sca.v9i9.20371

中图分类号: U418.4

文献标识码: A

Research on Fine Management of Expressway Maintenance Engineering

WU Xuan

Jiangsu Xiandai Road and Bridge Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: The maintenance project of expressway has always had problems such as coarse particle size management, lax implementation of standards, and insufficient measurement basis. The article analyzes maintenance plans, on-site operations, quality and safety management, and finds problems such as inadequate work standards, unclear responsibilities, incomplete data records, and lax inspection and assessment. Propose measures such as refining homework standards to procedures, assigning responsibilities to road sections and teams, integrating data and measurement throughout the entire process, and linking assessment with funding allocation. The key to refined management is to refine the management objects from paragraph level to process level, and change the assessment criteria from qualitative descriptions to verifiable quantities and visual records.

Keywords: expressway; maintenance engineering; refined management; process standards; measurement and payment

引言

高速公路通车里程已超过 18 万公里，大量的路段进入养护高峰期。路面裂缝、坑槽、车辙、桥头跳车等病害逐年增多，养护资金需求不断增大。很多项目还存在着粗放式管理的模式，计划粗放、现场依靠经验、资料滞后、计量和现场有偏差的现象依然存在。同样的投入，不同的标段路况改善效果大相径庭。精细化管理不是增加文件的数量，而是把养护任务分解成可以测量、可以记录、可以考核的最小单元，使每一项工序、每一笔费用、每一个病害都有对应的对应关系。

1 高速公路养护工程精细化管理基本要求

高速公路养护工程点多线长，作业流动，大多在开放交通条件下进行，不能照搬新建工程集中管理模式。

第一个要求就标准体系要健全。精细化管理的前提是有一个“精细的标准”。必须创建起覆盖巡查、检测、施工、验收全过程的标准化体系，把宏观的技术规范转变为

可以量化的、可以操作的作业手册，确定每一项工序的施工工艺、材料参数、验收指标，做到有标可依、有据可查。精细化管理首先要解决管理颗粒度过粗的问题。传统管理是以路段或者标段为基本单位，只考虑总量和总额，不能发现工序中质量的偏差以及计量的失真。管理对象要从路段降到桩号、构件和工序^[1]。路面裂缝处置不能只记录灌缝多少米，应该记录每一道裂缝的桩号、长度、宽度、开槽深度、灌缝温度、外观状态。桥梁伸缩缝清理要确定深度、使用工具、橡胶条更换标准。边坡排水沟修复应确定沟底坡度、断面尺寸及砂浆强度。这样才能通过对资料的还原来确定现场的费用是否真实、质量是否合格。

第二个要求就是责任边界清楚。每一段路、每一座桥、每一个工序都要明确到具体的岗位和人员，责任的划分要体现在巡查记录、派工单、验收单和计量支付凭证上。

第三个要求就是过程留痕完整。养护工程具有即时性、隐蔽性，坑槽修补后压实度、桥梁支座垫石标高、排水管

沟底部坡度等一旦隐蔽就很难复核，必须在施工过程中同步形成记录，即影像、测量数据、材料凭证、天气条件。

第四个要求就是考核结果影响经费拨付、信用评价。没有经济后果的考核不能促使现场整改。

2 高速公路养护工程精细化管理的主要环节

2.1 养护计划及成本控制

养护计划为精细化管理打下了基础。根据路面技术状况检测数据、桥梁定期检查报告、交通量观测及历年病害发展规律，对具体的桩号、病害种类、处理方案、工程量进行细化。车辙深度大于 15mm 的路段应写明铣刨范围、摊铺厚度、混合料类型及预计数量。桥梁伸缩缝锚固区破损的应注明位置、凿除范围、修补材料、养护时间。日常养护实行固定费用包干制，对巡查频次、保洁标准、绿化修剪次数做出规定。小修工程按实际发生量计量，实行病害申报、现场确认、限时修复、验收计量。专项工程按照设计文件进行管理，对分项工程量、工艺要求进行细化。成本控制以计划工程量为依据，采用分项单价控制、变更审批的方式进行。材料建立进场验收和领用台账，按桩号核销。设备记录每天的地点、时间、完成量，防止台班虚报。超出计划工程量部分，必须有病害照片、测量数据及监理确认意见。

2.2 现场作业及质量管理

现场作业就是精细化管理的落脚点。作业区布设要按照规范设置警告区、过渡区、缓冲区和作业区，标志标牌间距、锥桶数量、防撞设施位置应根据设计速度和作业长度来确定。安全员检查布置，拍照确认后开始施工。管理人员主要是对工序衔接、隐蔽工程进行检查。坑槽修补要控制清理深度、界面处理、摊铺温度、压实遍数。每一道工序结束时填写施工记录，拍摄带有桩号和时间影像资料。质量管理要设置工序过程中的验收节点。隐蔽工程旁站监理或者业主代表见证，有影像留存。材料进场时应检查合格证、检测报告，按要求送检，不合格材料不得使用。沥青混合料到场温度及摊铺温度，灌缝胶加热温度及稠度，混凝土修补记录配合比、搅拌时间、养护方法。安全管理工作实行班前交底制度，对作业内容、风险点、应急措施进行交代。隧道养护、夜间施工、恶劣天气作业增加审批

权限和现场监护等级。作业区撤除前检查路面有无杂物、标志是否回收。

3 当前精细化管理存在的主要问题

3.1 作业标准不细，操作不规范

部分项目没有对具体的病害作业指导书进行编制，施工人员凭经验施工。不同类型的裂缝中开槽深度不一致、灌缝前清理缝槽、灌缝后冷却不开放行。标准文件中经常使用“按规范施工”这样的表述，缺少可以量化的参数和验收指标，现场操作存在人情化现象^[2]。标准不细致造成计量争议，双方没有具体的依据。有的作业指导书直接引用规范条文，没有考虑本路段病害特点及材料性能，不能执行。

3.2 责任划分不清，现场管理不到位

养护路段长，管理人员少，业主代表要兼顾多个标段的巡查工作，巡查频次低。施工单位的班组没有固定的施工路段，病害处理完毕之后就很难找到责任人员。监理有时只签字不旁站，对工序质量没有实质性的把关。责任不明造成管理真空，隐蔽工程无人旁站，质量缺陷只能在竣工验收时被发现，不能整改。巡查单位与施工单位之间信息传递不畅，病害发生之后不能及时安排处理，处理结束后没有复查。

3.3 资料台账不全，计量支付不规范

养护资料普遍滞后，施工记录、验收单、影像资料多在月底集中补填，数据和现场存在较大差异。影像资料没有桩号、日期，不能和工程量对应起来。计量支付主要是根据施工单位上报的工程量清单，业主没有独立的现场核验数据，造成重复计量、超范围计量和隐蔽工程量虚增。护栏更换时旧材料回收的数量没有记录，新安装的数量只凭施工单确认。临时用工、机械台班记录不详细，事后补签、数量凑整。

3.4 检查考核不严，问题整改不闭环

考核大多采用定性评价，具体的扣分标准很少。考核结果同经费拨付、信用评价没有联系，有些问题反复发生。整改通知单发出之后缺少复查和销号机制，是否整改到位没有确认。有的项目考核流于形式，检查前突击整理，考核后问题仍然存在。以上问题见表 1。

表 1 高速公路养护工程精细化管理常见问题及改进方向

问题类型	主要表现	改进方向
作业标准	病害处置缺参数、缺验收指标	编制工序卡，明确工具、参数、验收方法
责任落实	路段与班组责任不固定	划分责任路段，实行派工单和责任人签字
资料计量	记录滞后，计量依据不充分	工序验收单、影像资料同步生成，按桩号归档
检查考核	定性评价多，整改不闭环	量化扣分，问题编号销号，与经费拨付挂钩

4 可以落地的精细化管理措施

4.1 将作业标准细化到具体的工序

根据常见的病害编制工序卡,对每一个工序都有操作参数及验收标准。工序卡上要注明所用工具、材料、施工步骤、质量控制点以及验收方式。以沥青路面裂缝修补为例,工序卡可以规定:第一步定位标记,用粉笔沿裂缝走向标记,标记宽度不小于5cm;第二步开槽,用开槽机沿裂缝开槽,槽宽不小于10mm,槽深不小于12mm,槽壁应干燥、无松散颗粒;第三步清缝,用高压空气将槽内灰尘、杂物吹净,必要时用热风枪烘干;第四步灌缝,灌缝胶加热温度控制在180~200℃之间,灌缝应饱满、均匀,表面略低于路面1~2mm;第五步冷却开放,待灌缝胶冷却到60℃以下方可开放交通。每道工序完成后由班组自检,监理抽检,在施工记录上签字。坑槽修补、护栏更换、标线施划、绿化修剪等高频作业都应该编制工序卡。这样就可以把质量要求由抽象的表述变成现场可以参照执行的操作指令。

施工前由技术人员对班组进行工序交底,重点讲明当天作业病害特点、施工参数、易错点。交底记录要附在当日施工资料里。新进场班组或者首次进行的工序,应先做试验段,验收合格后方可正式作业。工序卡应根据项目实际情况定期进行修订,不能照搬照抄规范条文。南方多雨地区应加强清缝后干燥的要求,重载交通路段应提高坑槽修补的压实标准。工序卡的修订必须有现场数据为依据,不得随意降低或者提高标准。

4.2 把管理责任压实到路段和班组

按桩号划分责任路段,每个责任路段设业主巡查人、监理旁站人、施工班组及班组负责人。责任路段长度根据养护等级和管理力量确定,一般10~20km一段,桥梁、隧道单独建库。巡查人每周要对路面病害、排水设施、交安设施、路域环境做徒步巡查工作。巡查到的问题要马上录入养护管理台账,把病害类型、桩号、严重程度和处置时间点全部写清楚。施工班组在接到派工单后,在规定的时间内完成处置并回填处置结果。监理对处置过程进行抽查或者旁站,业主巡查人复查合格后销号。

养护单位内部可以实行班组路段固定制。同一班组相对固定负责同一路段,使该路段的路况变化情况被熟悉,从而减少交接时出现的管理空档。班组每天出工前填写派工单,写明作业桩号、作业内容、人员、机械、材料^[3]。收工后填写施工记录,经班组长签认后报项目部备查。将路段考核结果直接与班组、巡查人挂钩,防止出现责任泛化的现象。对桥梁、隧道、高边坡等重点结构物要指定专

人养护,定时检查并做好记录。

4.3 把资料和计量管理贯穿全过程

资料管理应该由原来的后补录转为过程同步。每一个作业面均应配有移动终端或者纸质记录表,完成一道工序后就立即填写。影像资料应有桩号标识、日期时间及作业前后对比。桩号标识用手持桩号牌放在画面里,日期时间由设备自动产生。影像资料按照桩号、工序进行命名归档,利于检索和复核。施工记录、验收单、材料凭证、影像资料要实行日清日结,当日作业当日归档。

计量支付以资料为依据,无资料不计量,资料不全暂缓计量。业主计量审核时随机选取一些桩号进行现场复核,看病害是否真正处理,工程量是否和记录相符。隐蔽工程必须有旁站记录和影像资料才能计量。对涉及关键材料的工序还要核验材料进场台账、检测报告,保证材料用量与工程量一致。灌缝工程计量时需要核对灌缝胶领用量、施工记录长度、现场抽查长度,三者有较大的差异就停止支付,并找出原因。对零星用工和机械台班实行日签单制,现场监理或者业主代表签字确认,超过规定时间不予补签。

4.4 将考核结果同养护经费拨付挂钩

制定量化考核表,把考核内容分成作业质量、安全管理、资料报送、整改落实等几类。每类设置具体的扣分项和分值,作业质量中路面裂缝灌缝外观不合格每处扣1分,坑槽修补压实度抽检不合格每处扣2分,安全作业区布设不规范每次扣3分。考核实行月度检查加季度评定的方式,月度检查由业主组织,季度评定可邀请第三方检测单位参加。

考核得分同经费拨付直接挂钩。月度考核得90分以上的全额发放,80-89分按98%发放,70-79分按95%发放,70分以下暂缓发放,整改合格后按90%发放。连续两个月低于70分的可以约谈施工单位负责人,按规定记入信用评价。问题整改实行编号销号制,一份整改通知单对应一个编号,标明整改内容、责任人、完成时限。整改完成之后由业主进行复查,复查合格后方可销号。未按期整改或者整改不到位的,在下一期计量中继续扣除。因此考核就不是停留在通报的层面了,而是形成了经济上的约束。扣分标准应写入合同或者实施细则中,不能事后随意解释。考核结果要定期告知施工单位,列出扣分缘由及整改要求,使现场可以对照改进。

5 结束语

高速公路养护工程精细化管理的关键,就是将宽泛的管理要求转化为可以执行的工序标准、可以追溯的责任记

录、可以核验的计量依据、可以兑现的考核后果。四项措施互相支撑,工序标准解决怎么做,责任划分解决谁负责,资料计量解决怎么计算,考核支付解决如何监督。实施时应根据项目实际情况选择高频病害先做工序卡,再逐步扩展到全部养护作业。管理颗粒度细化会加大一线人员工作量,要同步简化记录表单,推行移动端录入,防止因为资料负担过重而影响现场作业。只有将标准落实到工序上、责任落实到人头上、数据落实到桩号上、考核落实到经费上,高速公路养护工程才能实现精细化管理,提高养护资金的使用效率和路网服务水平。

[参考文献]

- [1]侯钦海.公路养护工程质量验收标准与精细化管理措施[J].智能建筑与工程机械,2026,8(3):78-80.
- [2]钱泓好.高速公路专项养护工程造价精细化管理与控制[J].黑龙江交通科技,2023,46(1):148-150.
- [3]赵玲吉.某公路工程项目的精细化养护分析[J].交通世界,2023(29):122-124.

作者简介:吴宣(1998—),男,江苏徐州人,助理工程师,南京林业大学土木水利专业毕业,现就职于江苏现代路桥有限责任公司,从事高速公路日常养护工作。

旅游公路线形与景观一体化设计研究

郭 昭 张晨阳 潘俊燕*

天津市政工程设计研究总院有限公司, 天津 300392

[摘要]现有传统旅游公路在建设设计中普遍存在线形设计和景观打造相互割裂、车辆行驶过程中游客动态视觉观感差、公路建设对沿线生态破坏和干扰较大等突出问题。为顺应交旅深度融合发展、打造高品质精品自驾旅游公路的行业发展需求,文章以系统协同理论为基础,重新界定旅游公路线形与景观一体化设计的核心内涵,明确线形指标连续均衡化、景观要素序列结构化、功能空间耦合协同化的设计原则,建立涵盖预评价-协同设计-动态模拟-后评估的全流程技术体系。研究表明,一体化设计并非线形与景观的简单叠加,而是在公路全生命周期内实现交通功能、景观美学、生态保护与文化传播的多目标协同,在保障行车安全的基础上,最大化提升游客自驾游览体验,以供参考。

[关键词]旅游公路;线形设计;景观一体化;交旅融合;动态视觉;风景道

DOI: 10.33142/sca.v9i9.20349

中图分类号: TU985.18

文献标识码: A

Research on the Integrated Design of Tourist Highway Alignment and Landscape

GUO Zhao, ZHANG Chenyang, PAN Junyan*

Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300392, China

Abstract: There are prominent problems in the construction and design of traditional tourist highways, such as the disconnection between linear design and landscape creation, poor dynamic visual perception of tourists during vehicle travel, and significant ecological damage and interference caused by highway construction along the route. In order to meet the industry development needs of deep integration of transportation and tourism, and to create high-quality self driving tourism highways, this article redefines the core connotation of integrated design of tourism highway alignment and landscape based on the theory of system collaboration. It clarifies the design principles of continuous balance of alignment indicators, structured sequence of landscape elements, and coordinated coupling of functional spaces, and establishes a full process technical system covering pre-evaluation collaborative design dynamic simulation post evaluation. Research has shown that integrated design is not simply a combination of linearity and landscape, but rather a multi-objective collaboration that achieves traffic functions, landscape aesthetics, ecological protection, and cultural dissemination throughout the entire lifecycle of highways. While ensuring driving safety, it maximizes the self driving experience of tourists for reference.

Keywords: tourist highway; linear design; landscape integration; integration of transportation and tourism; dynamic vision; scenic road

引言

交通与文旅融合发展是当下交通行业和文旅产业转型升级的核心发展方向。国家层面也明确出台相关规划,着力搭建全国精品自驾旅游公路体系,核心目的就是推动传统单一功能公路,向集通行、观景、休闲、体验于一体的复合型功能公路转型升级^[1]。目前,自驾游已经成为国内民众出游的主流方式,大众对旅游公路的需求不再局限于基础通行功能,对行车舒适体验、沿途景观品质、整体游玩氛围感的要求正在持续升高。但国内传统公路建设一直沿用“先定线路线形、后补景观绿化”的分段割裂设计

模式,这种滞后的设计思路,很容易导致沿线自然地貌被破坏、景观视线被遮挡、行车视觉节奏混乱等一系列问题,严重影响旅游公路的整体体验效果^[2]。现阶段,国内多个地方已经陆续出台了地方性的旅游公路设计规范和标准,但始终没有形成一套全国统一、系统完善的公路与景观一体化设计理论体系。同时,行业针对公路线形、生态、景观各要素之间的参数匹配、量化耦合研究较为欠缺^[3]。因此,必须打破传统分段式、割裂化的公路设计模式,建立系统化的设计逻辑,真正实现公路线形、自然景观与生态环境三者的一体化协同设计、一体化统筹建设。

1 一体化设计理论基础与核心内涵

1.1 核心支撑理论

动态视觉时序理论:是动态景观耦合设计的核心依据。车辆在公路上行驶时,人的视觉感受会随车速动态变化,该理论核心就是结合车辆行驶速度,精准匹配路域景观的规模尺度、景物排布和景观更迭节奏,让驾乘人员在行车过程中,收获连贯、舒适、有层次的动态视觉体验。

文旅融合理论:明确了旅游公路不只是单纯的交通通行载体,还具备文旅游览的双重核心属性。设计中依托该理论,统筹兼顾公路通行效率、休闲游憩、景观营造、文化展示等多元功能,打破单一交通功能局限,推动公路交通、文旅产业、生态保护三者协同发展^[4]。

国土“三生”空间理论:核心用于统筹协调公路沿线的生态空间、生产空间、生活空间。在公路设计和施工过程中,以该理论为指导,科学把控工程建设范围与施工强度,最大限度减少公路工程对原有生态环境的破坏和扰动,保留路域自然本底与原生风貌。

公路路线美学理论:主打公路线形与自然环境的和谐美感。要求公路整体线形平整顺滑、走势连贯流畅,完全贴合、顺应场地原有地貌地形。通过顺势布线、借力周边自然景致造景的设计方式,让公路自然融入山水环境,实现路与景、人工与自然的完美契合。

1.2 一体化设计核心内涵

旅游公路线形与景观一体化设计是在公路从前期规划、方案设计到落地实施的全流程中,整体融入视觉体验、景观营造、生态保护、休闲游憩等核心要素,让公路线形、行车视域、景观风貌与生态环境相互适配、协同统一。这种一体化设计具备双重核心目标,做到工程建设与景观生态兼顾:一方面严格遵循公路工程建设规范,保障道路通行安全、工程质量合规,满足基础交通功能;另一方面结合地域特色打造随行车动态变化的沿路景观,最大限度保留和保护场地原生地貌与自然肌理,避免过度施工破坏生态原貌。整套设计体系依托四大核心理论作为科学支撑,分别为动态视觉时序理论、文旅融合理论、国土“三生”空间理论与公路路线美学理论,为实现公路与景观、生态、文旅功能深度融合的“路景共生”科学化设计提供完善的理论依据^[5]。

1.3 一体化设计基本原则

旅游公路一体化设计以行车体验、景观效果、生态保护、功能落地四大维度为核心准则。①线形连续均衡原则。整体以曲线线形为主,贴合原有地形地貌进行布局,不强

行裁弯取直、不刻意规整线形。严格把控平曲线半径的衔接比例,保证弯道过渡自然顺滑,同时合理平衡纵坡坡度与坡长。设计优先采用平包竖经典组合形式,有效提升车辆行驶的流畅度,同时保证驾驶员视觉感受连贯舒适。②景观序列结构化原则。结合公路整体线形走势,将沿路景观整体划分为起景、展景、高潮、收尾四个段落。统筹搭配绿植植被、景观小品、地域文化设施等各类元素,让沿路景色层层递进、移步换景,解决传统公路景观杂乱、脱节、无层次感的问题。③生态低干扰协同原则。公路选线阶段主动避让各类生态敏感区域、自然保护区、植被密集区等关键生态点位,最大程度减少路基开挖、土方填筑等大规模施工对原有地貌的破坏。同时搭配生态排水、水土保持等设施,实现路域环境和周边自然生态的深度融合。④功能空间耦合协同原则。依托公路沿线优质景观、视野开阔、区位优势等优势点位,科学布局观景、停车、休憩等游憩配套设施。对公路原有交通附属设施进行优化改造,同时融入本地特色地域文化元素^[6]。

2 旅游公路线形与景观一体化设计的技术体系

2.1 前期预评价阶段

本阶段是一体化设计开展的前置基础,核心目标就是在线形论证正式启动前,完成整条路段路域资源的系统性摸底评估。首先全面排查沿线景观资源,把道路视线范围内的自然景观、人文景观以及各类生态敏感点位全部登记建档,确定对应的保护级别、景观观赏价值以及观赏条件;接着开展视觉敏感性分析,按照车辆行驶过程中被看见的概率划分成三级敏感区域,其中一级敏感区是后续设计里需要重点管控的范围;最后对区域原有生态条件开展评估,找出需要保护的生态对象,列出禁止建设的管控清单。本阶段形成的评估成果不是简单参考材料,而是后续路线线形选择必须遵守的硬性约束条件。

2.2 协同设计阶段

这一阶段是一体化设计最关键的部分,不再采用各专业先后进场、分步开展工作的传统方式,道路、景观、旅游规划专业同步开展联合设计。路线选址阶段会拿出多个方案对比筛选,从景观资源利用、对生态环境的影响、观景视线条件等方面逐一评估,优先选出能串联优质景观资源、避开生态敏感区域的路线。在开展平面、纵断面、横断面指标论证时,景观专业同步分析车辆行驶过程中的动态视觉体验,调整平纵设计参数,让核心景观能够被行车视线捕捉到。确定路线走廊之后,整体规划景观的空间节奏,把植被、景观节点、游憩场地和道路线形特点结合起

来布置,让道路线形和景观空间相互协调、融为一体。

2.3 动态模拟校验阶段

这一阶段借助三维技术,对协同设计形成的成果做全流程动态检查,解决二维图纸里不容易发现的设计问题。建立整条公路的高精度三维实景模型,把路线线形、景观元素和地形情况整合到一起,模拟车辆按设计车速行驶时,驾乘人员看到的连续视觉画面。主要核查三方面内容:检查暗弯遮挡视线、平面与纵面线形搭配不合理这类路线设计问题;分析路段景观变化节奏,避免景观过于单一或是景观节点布置太密集,造成驾驶员视觉疲劳;核对交通标志、各类构造物等人工设施,看是否和自然天际线产生视觉冲突。结合仿真模拟出来的效果反复调整设计方案,保证行车动态视觉体验符合一体化设计标准。

2.4 运营后评估阶段

本阶段为一体化设计质量闭环管控环节,在公路通车6~12个月开展综合评估。采用行车试验、游客问卷调查、安全数据分析等方式,检验路线线形安全、景观体验和生态保护的实际成效。汇总评估成果建立旅游公路线景一体化设计参数库,为同类项目优化提供技术支撑,持续完善旅游公路设计标准体系。

3 一体化设计的关键技术控制要点

3.1 平曲线与景观借景的协同控制

道路平曲线除满足路线转向功能外,核心价值在于调控行车视线,实现景观借景。通过优化平曲线偏角,可将道路侧方优质景观循序纳入行车视野范围。曲线半径应与观景距离相适配:远景山体借景宜采用200~300m半径;近景水体、林地借景宜选用100~200m半径。同时规避曲线内侧高大乔木形成暗弯,避免景观遮挡;暗弯区域栽植低矮灌草,保障行车通视条件与景观视线连续性。

3.2 纵坡与景观视域的协同控制

道路纵坡的起伏状态会直接影响游客观景视线,一体化设计利用纵坡高低变化打造动态观赏视野。在核心观景节点附近适当抬高纵坡、提升车内视线高度,原本被地形挡住的景色会一层层依次展现,实现边走边景色随之变化的效果;临近水体、田园区域则设置平缓下坡,拉长视线范围,方便欣赏完整全景。同时纵坡段长度和观赏时间相适配,核心景观路段要保证游客能连续看景3~5s。

3.3 路侧空间的景观化整合控制

把硬路肩、边坡、边沟以及预留绿化带统筹起来,打造成连贯的一体化景观空间。路况条件合适的路段,可拓宽硬路肩,做成慢行观景游憩带,选用透水铺装,方便游客安全停下驻足赏景。路基边坡不再单纯使用浆砌片石这

种硬化防护方式,改用贴近自然的生态护坡,分层栽种本土乡土植物,弱化人工建造的痕迹。硬质混凝土边沟改造为生态浅沟,搭配种植湿生植物,既能满足路面排水需求,同时提升沿线景观效果。

3.4 线形节奏与景观节奏的协同控制

结合线形设计与景观变化建立对应节奏关系,通过平曲线、纵坡的搭配来调整车速快慢,适配不同路段景观的观赏感受。密林、峡谷区域采用小半径连续平曲线,让车辆自然降速,便于体会幽深安静的环境;田园、滨湖路段选用大半径平缓路线,车辆平稳匀速行驶,欣赏开阔风光。连续直线段长度控制在设计速度20倍以内,避免过长直线路段造成驾驶员疲劳、景观观感单调,使道路线形变化节奏和沿线景观氛围相互匹配。不同景观场景下平曲线半径与线形节奏推荐参数见表1。

表1 不同景观场景下平曲线半径与线形节奏推荐参数表

景观场景	推荐平曲线半径	线形特征	景观节奏设计目标
远景山体观景段	200~300m	大半径曲线,纵坡平缓	远景徐徐展开,稳定观赏山体轮廓
近景水体、林地段	100~200m	中等半径曲线,适度起伏	移步换景,近距离欣赏水岸、林木
密林峡谷段	60~100m	连续小半径曲线	自然降速,营造幽深静谧氛围
田园滨湖开阔段	≥300m	大半径平缓线形	视野舒展,全景持续观赏

4 讨论

旅游公路线形与景观一体化设计,本质上是对传统公路设计的价值优先级进行重新调整。以往的传统公路设计,核心考量只聚焦两点:一是车辆通行的顺畅与高效,二是工程建设的成本与经济效益,整体设计思路完全围绕交通实用属性展开。而线形与景观一体化设计,首先会严格遵守现行公路设计规范,牢牢守住行车安全这一核心底线。在此基础上,打破了传统公路单一的功能局限,把游客的沿路游玩体验、场地原生自然生态保护、地方特色地域文化打造,提升到和公路交通通行功能同等重要的位置,实现多重价值兼顾。

目前这套一体化设计没有统一的全国通用标准和固定模板,地域性是其核心设计关键。简单来说,必须结合项目所在地的地形地貌、自然风貌、人文特色、民俗底蕴等实际情况,因地制宜做差异化、定制化设计。随着自动驾驶、智慧感知等智能交通技术不断普及落地,游客在行车过程中的视觉感知范围、观赏自由度都得到了大幅提升。这一技术发展趋势,也将进一步推动公路线形设计与景观

营造的深度融合,全方位升级、丰富旅游公路的沉浸式游玩体验,让旅游公路不再只是通行通道,更成为特色文旅载体。

5 结论

针对当前旅游公路传统设计普遍存在的道路线形与景观脱节、先修路后造景、路景割裂不协调的核心问题,搭建起前期预评价-全过程协同设计-数字化模拟校验-通车后效果评估的闭环全流程技术框架,同时细化落地关键设计要点,重点把控平曲线借景造景、纵坡行车视域与景观匹配、路段视线节奏把控等核心内容。可提升公路沿线景观整体质感、视觉舒适度,全面升级公路游憩体验与景观价值,切实赋能交通与文旅深度融合发展。后续可通过实车视觉感知试验,精准量化游客行车视觉感知阈值,进一步优化设计参数,推动整套一体化设计体系向精细化、标准化、精准化方向完善升级。

[参考文献]

[1]魏瑞.山区旅游公路线形设计与路基滑移协同控制研究

[J].工程机械与维修,2026(6):67-69.

[2]王雅晨.全域旅游视角下公路景观改造研究:以 G521 山西段为例[D].陕西:西安建筑科技大学,2022.

[3]熊艳,王曼君.山区旅游公路线形方案优选研究[J].交通世界,2021(19):32-33.

[4]潘斌.基于生态理念的美丽公路景观规划设计[D].安徽:安徽农业大学,2020.

[5]李春生.山区旅游公路线形方案优选研究[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(4):101-103.

作者简介:郭昭(1994—),男,河北人,汉族,硕士研究生,工程师,就职于天津市政工程设计研究总院有限公司,从事道路设计、咨询等工作;张晨阳(1993—),男,辽宁人,汉族,硕士研究生,工程师,就职于天津市政工程设计研究总院有限公司,从事道路设计、咨询等工作;
*通讯作者:潘俊燕(1996—),女,天津人,汉族,硕士研究生,工程师,就职于天津市政工程设计研究总院有限公司,从事道路设计、咨询等工作。

道路工程路基路面性能检测与评价研究

王振杰

昆山市鹿通路桥工程有限公司, 江苏 苏州 215300

[摘要]路基路面性能检测和评价属于道路工程质量控制和技术状况评定的基本工作。文章对路基压实度、承载力、路面平整度、弯沉、抗滑、破损等检测项目和指标进行了梳理,并给出了现场检测方法的操作要点,给出了数据修正、单项指标合格判定、综合性能评价计算以及结果分级和处治建议的步骤。根据路段划分、设备校准、现场作业控制和管理的要求,提出实施要点,可以给交工检测和运营技术状况评定提供操作依据。

[关键词]道路工程;路基路面;性能检测;弯沉;压实度;综合评价

DOI: 10.33142/sca.v9i9.20368

中图分类号: U418.4

文献标识码: A

Research on Performance Testing and Evaluation of Roadbed and Pavement in Road Engineering

WANG Zhenjie

Kunshan Lutong Luqiao Engineering Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215300, China

Abstract: The performance testing and evaluation of roadbed and pavement belong to the basic work of road engineering quality control and technical condition assessment. The article summarizes the testing items and indicators for roadbed compaction, bearing capacity, pavement smoothness, deflection, anti-skid, and damage, and provides the operational points of on-site testing methods. It also outlines the steps for data correction, single indicator qualification judgment, comprehensive performance evaluation calculation, result grading, and treatment recommendations. Based on the requirements of road section division, equipment calibration, on-site operation control, and data management, implementation points are proposed to provide operational basis for handover inspection and operation technical condition assessment.

Keywords: road engineering; roadbed and pavement; performance testing; deflection; compaction degree; comprehensive evaluation

引言

路基路面性能检测数据属于道路工程验收及养护决策的基本数据。检测指标选择、现场操作规范以及评价计算都会影响到技术状况的判定是否准确。工程实践当中还存在着测点布置无序、仪器不按时检定、代表值计算不到位等状况。现行公路路基路面现场测试规程和技术状况评定标准分别给出了现场测试和技术状况评定的要求,公路工程质量检验评定标准规定了交工检验标准。

1 路基路面性能检测项目及指标

路基检测主要包含压实度、承载力。压实度体现填筑土体密实状况,属于路基施工品质的关键指标。承载力常用的指标有回弹模量、加州承载比 CBR、动态变形模量。回弹模量是通过承载板试验得到的,可以评价路基顶面综

合强度。CBR 主要用作填料选择和施工控制。动态变形模量检测速度快,能对填筑层进行快速筛选。

路面检测分为功能性能和结构性能。功能性能有平整度、抗滑性能、破损状况。平整度用三米直尺最大间隙或者国际平整度指数 IRI 来表征^[1]。抗滑性能用摆值 BPN、构造深度 TD 来表征。破损状况用裂缝率、修补率、坑槽面积等来计算路面破损率或者破损指数。结构性能主要是弯沉和层间结合状态。弯沉是衡量路面结构整体刚度的指标。

指标选用要区分检测阶段。新建工程交工检测要检测压实度、弯沉、平整度、抗滑和厚度。运营期技术状况评定要主要检测破损、平整度、抗滑和车辙。养护工程设计前应增加弯沉和取芯检测。主要检测项目、指标及常用检测仪器见表 1。

表 1 路基路面主要检测项目、指标及常用设备

检测对象	检测项目	主要指标	常用设备或方法	适用阶段
路基	压实度	压实度	灌砂法、环刀法、核子密度仪	施工、交工
路基	承载力	回弹模量、CBR、动态变形模量	承载板、CBR 试验仪、动态变形模量测试仪	施工、交工
路面	平整度	三米直尺最大间隙、IRI	三米直尺、连续式平整度仪、激光平整度仪	交工、运营
路面	弯沉	路表弯沉、代表弯沉	贝克曼梁、落锤式弯沉仪	交工、运营
路面	抗滑	BPN、TD	摆式摩擦仪、铺砂法、激光构造深度仪	交工、运营
路面	破损	裂缝率、修补率、破损指数	人工调查、路面破损自动检测车	运营

表 1 中的指标及适用阶段可以根据具体项目进行调整,但是不能缺少压实度、弯沉、平整度、破损状况等基础项目。重载交通路段要提高抗滑、车辙检测频率。

2 现场检测方法

2.1 路基压实度、承载力检测

压实度检测方法要依照填料种类来挑选。细粒土用环刀法或灌砂法。灌砂法适用于含少量砾石的填料,但是操作时间长。核子密度仪检测速度快,使用前要和灌砂法进行对比标定。填石路基不能用环刀法或灌砂法,可以采用沉降差法或孔隙率法。灌砂法操作时,先清除测点表面的松散土,试坑直径和深度要与灌砂筒规格、压实层厚度相适应。标准砂密度应使用前标定,锥体砂质量通过落砂试验来确定。现场取土样要密封保存,及时测定含水率。压实度计算用现场干密度和室内标准击实最大干密度之比来表示。室内击实试验的土样应与现场填料同源。检测频率按现行现场测试规程执行,每压实层每 2000m²不少于 8 点。填挖交界、台背回填等薄弱部位要单独加密测点。承载力检测一般采用承载板法。加载应分级进行,每一级荷载施加后要保持稳定一段时间,使沉降稳定后再读数。卸载时分阶段回弹,观测回弹变形。回弹模量计算以荷载、板直径和回弹变形为依据。测点应布置在压实度合格的位置上,不得布置在表面扰动层上。CBR 现场试验要控制浸水时间、加载速率。动态变形模量测试仪可以用于压实层快速筛查,但是不能直接代替承载板法作为交工验收的依据,除非建立了可靠的换算关系。

2.2 路面平整度、弯沉、抗滑与破损检测

平整度检测可以用三米直尺、连续式平整度仪或者激光平整度仪。三米直尺用于施工控制及局部检测,测点应随机布设于行车道轮迹带上。连续式平整度仪可以输出每 100 米的标准差,适合用于交工验收。激光平整度仪适合于运营公路快速检测,可以输出 IRI。不同的设备输出指标存在差别,需要按照现行的现场测试规程进行换算或者建立比对关系。弯沉检测可以用贝克曼梁或者落锤式弯沉仪。贝克曼梁检测前要检查标准车轴载,后轴重不能超过 100kN,轮胎气压要符合要求。测点在行车道轮迹带上每

隔 20m 设一个。弯沉检测应在路面温度稳定的时候进行,记录路表温度并按照标准温度进行修正。落锤式弯沉仪检测速度快,可以同时得到弯沉盆数据。落锤式弯沉仪的落锤质量、承载板直径应符合规定,检测结果应与贝克曼梁建立比对关系。抗滑检测包含摆值和构造深度。摆式摩擦仪使用前必须在标准试块上进行标定。测点不能在标线、接缝、修补边缘处。每一个测点做五次试验,取平均值。铺砂法测构造深度时,量砂体积应固定,摊铺范围应接近圆形,量测直径后计算。雨后或者路表有积水时不得进行抗滑检测。路面抗滑性能在运营期有逐渐变差的趋势,重载交通路段要加密检测。破损检测可以采用人工步行调查或者快速检测车。人工调查要统一病害判定标准,记录裂缝长度、坑槽面积、修补面积、车辙深度等原始数据。检测车采集的图像应由两名以上技术人员进行复核判读。破损数据要逐桩号记录,为计算破损率、破损指数提供依据。

3 性能评价方法

3.1 对检测数据进行整理、修正

现场检测数据要进行完整性检查以及异常值处理。完整性检查就是测点数量、桩号范围、记录项目是否符合方案要求。异常值处理可以使用格拉布斯法或者三倍标准差法。剔除可疑值之前要先查看现场记录及操作条件,确定是由于操作失误或者环境干扰造成的再剔除。弯沉数据受温度、季节、含水状态的影响比较大。沥青路面弯沉值要按照标准温度 20℃来修正。温度修正系数可以利用同一个测点在不同温度下弯沉实测值进行回归得到。季节性影响可以用季节修正系数来调整^[2]。水泥路面弯沉检测要考虑到温度梯度的影响。压实度数据一般不进行温度修正,但是含水率的变化会造成干密度的偏差。平整度和抗滑数据要剔除雨后或者污染状态下出现的异常数据。所有的修正过程都要有修正的依据和修正系数,报告中应保留原始数据和修正后的数据。

3.2 单项指标合格判定

单项指标合格判定应采用代表值或者合格率,不能直接用算术平均值。压实度以检测路段压实度代表值≥设计值为合格,单点最小值不得<设计值-2 个百分点。压实

度代表值用公式 1 来计算。

$$K_{\text{代表}} = K_{\text{平均}} - t_{\alpha} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

式中： K 代表为压实度代表值，单位百分数； $K_{\text{平均}}$ 为检测值算术平均值； t_{α} 为 t 分布系数，按测点数和保证率取用； S 为标准差； n 为测点数。高速公路一级公路保证率可取 95%，其他道路可取 90%。弯沉以路段代表弯沉不大于设计弯沉值为合格。代表弯沉计算可采用类似公式，方向相反。平整度采用合格率判定。三米直尺检测时，单点最大间隙不大于允许值判为合格。连续式平整度仪检测时，每 100m 标准差不大于允许值判为合格。抗滑性能以摆值代表值或合格率判定。破损状况以路面破损率或破损指数判定。判定时应明确检测标准、允许值和保证率。允许值应按道路等级和设计文件取用。

3.3 综合性能评价计算

综合性能评价就是各个指标加权求和。可以采用扣分法或者加权评分法。加权评分法是先计算出单项得分，然后乘以权重，最后求和。权重要依照道路等级以及性能影响程度来确定。高速公路沥青路面综合评价中破损状况权重取 0.35，平整度权重取 0.20，抗滑性能权重取 0.15，弯沉权重取 0.20，压实度和厚度权重取 0.10。权重的确定可以采用层次分析法或者专家打分法，但是同一个项目评价期内权重不能发生变化。单项得分可以采用检测数据线性插值法或者分级区间直接赋分法。弯沉值小于设计值 80% 的得满分，达到设计值的 60 分，超过设计值 20% 的得 0 分，中间线性插值。破损状况可以用路面破损率来划分区间。线性插值法简单易行，适合现场计算，但是插值区间及端点分值要统一。

综合得分用公式 2 来计算。

$$S = \sum w_i \times S_i \quad (2)$$

式中： S 为综合得分； w_i 为第 i 项指标权重； S_i 为第 i 项指标单项得分。计算过程应保留中间数据。综合得分应与单项指标结果一并报告，避免只报告综合得分而掩盖单项短板。例如某路段弯沉单项得分较低，即使综合得分达到良级，也应单独说明结构强度不足。

3.4 评价结果分级及处治建议

综合性能评价结果分成优秀、良好、中等、一般和较差这五个等级。综合得分 90 分以上为优，80~89 分为良，70~79 分为中，60~69 分为次，60 分以下为差。分级阈值根据道路等级、养护要求来确定，但是同一评定周期内应当保持一致。评价为优或良的路段可以按照常规养护。评价为中的路段应该对短板指标进行预防性养护。评价为

次的路段要进行专项检测，查明弯沉或者破损的发展原因，制定中修方案。评价为差的路段应进行结构补强或者改建^[3]。处治建议要和检测指标相对应。弯沉大、破损轻的路段应先处理基层或路基强度不够。破损严重但弯沉小的路段，应以面层铣刨重铺为主。抗滑不足路段可以采用精铣刨、薄层罩面或者恢复构造深度的方式进行处理。处治建议要落实到具体的桩号范围和工程量估算上，并且要有主要指标数据的支撑。

4 检测与评价实施要点

4.1 检测路段划分和测点布置

检测路段的划分要考虑路面结构、交通量、养护历史以及病害分布。同一结构形式、同一施工段落可以作为一个评价单元。路段长度一般为 1km，特别长的路段可以减少到 500m。桥梁、隧道及特殊构造物应单独作为一个单元。测点布置要具有统计代表性。压实度检测每层每 2000m²不少于 8 点，弯沉检测每车道每 20m 一点，平整度三米直尺每 200m 测一处，每处连续 10 尺。抗滑检测每公里每车道不少于 5 处。破损调查要覆盖整个路面。测点位置要避开构造物过渡段、特殊处理段，病害集中路段要增加测点。

4.2 检测设备的选择和校准

设备选择要和指标精度要求相匹配。灌砂筒、环刀、承载板等设备在使用前要检查几何尺寸和标定参数。贝克曼弯沉仪要检查梁长、支点间距和百分表量程。标准车轴载要经过地磅称重，误差不能超过 1kN。摆式摩擦仪每次使用前要在标准试块上进行标定。激光平整度仪、落锤式弯沉仪应按照设备说明书定期送检，现场比对试验每年不少于一次。设备校准记录要和检测数据一起存档。核子密度仪等带放射源的设备要依照有关安全规定进行管理。校准不合格的设备不得用于正式检测，已经检测的数据应当作废或者重新检测。

4.3 现场作业条件控制

压实度检测应在碾压结束后立即进行，防止由于降雨或者暴晒导致含水率发生变化。弯沉检测应在路面温度稳定时进行，夏季高温时段应避开午后。抗滑检测应在路面干燥时进行，雨天或者路表有积水时不得进行。破损调查应在白天光照充足的时候进行，夜间检测车应配有辅助照明。交通控制要符合公路养护安全作业规程的要求。检测人员要穿反光服，检测车道设警示标志。恶劣天气时不能进行检测工作。

4.4 数据记录、复核及报告编制

数据记录使用统一表格，现场记录字迹清楚，不得涂

改。电子数据要每天备份。复核人员对原始数据进行逻辑检查,弯沉值不能为负值,压实度不能超过 100%,平整度标准差不能异常偏大^[4]。发现异常要查明原因,必要时再做检测。报告编制内容应包含检测依据、路段划分、设备信息、测点布置、检测结果、修正过程、单项判定、综合评价、处治建议。报告要附带原始数据汇总表以及有代表性的照片。评价结论要给出路段的技术状况等级以及主要病害种类。检测报告应有检测人员、复核人员和项目负责人的签名。

5 结束语

路基路面性能检测与评价工作有着数据链条长、规范要求高这两个主要的特性。检测指标的选择要与评价目的相适应,现场操作必须保证设备校准、作业条件控制。评价计算要用到代表值以及明确的权重。处治建议要具体到桩号、指标短板。实际工程中可以优先使用无损或者快速

检测设备,但是需要和传统的检测方法进行对比验证。检测数据要形成可追溯的档案,给以后性能衰变分析、养护决策提供基础资料。

[参考文献]

- [1]施秋丽.道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J].中国科技纵横,2025(20):121-123.
- [2]杨凯.市政道路路基路面工程质量提升路径研究[J].运输经理世界,2026(11):48-50.
- [3]朱志猛.市政道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术研究[J].城市建设,2026(5):92-94.
- [4]马学源.市政工程中沉降段路基路面施工技术研究[J].山西建筑,2025,51(21):151-154.

作者简介:王振杰(1992—),男,汉族,湖北黄冈人,工程师,本科,毕业于江苏科技大学土木工程专业,研究方向为检测,现从事公司检测工作。