

# 公路施工技术及路面施工质量控制分析

高 涛

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**随着我国基础设施建设的持续推进，公路交通网络日益完善，对公路工程质量提出了更高要求。公路施工技术作为保障道路性能与使用寿命的关键环节，其科学性、先进性直接影响到整个工程的质量水平。本文系统梳理了当前主流的公路施工技术体系，重点分析了路基、基层及面层施工中的关键技术要点，并深入探讨了影响路面施工质量的主要因素。在此基础上，构建了涵盖材料、工艺、人员、设备及环境等多维度的全过程质量控制体系，提出了针对性的质量提升策略。研究表明，通过强化施工前准备、优化施工过程管理、完善质量检测与验收机制，可有效提升公路路面施工的整体质量水平，延长道路使用寿命，保障行车安全与舒适性。本文的研究成果对提升我国公路工程建设质量具有一定的理论价值和实践指导意义。

**关键词：**公路施工；路面工程；施工技术；质量控制；沥青混凝土；水泥稳定碎石

## 引言

公路作为国家综合交通运输体系的重要组成部分，是支撑经济社会发展、促进区域协调、服务民生改善的基础性设施。近年来，随着“交通强国”战略的深入实施，我国公路建设规模持续扩大，技术标准不断提高。然而，在快速发展的背后，部分公路工程仍存在早期病害频发、使用寿命缩短、养护成本高等问题，其根本原因往往可追溯至施工阶段的质量控制不严和技术应用不当。公路工程是一项复杂的系统工程，涉及路基、基层、面层等多个结构层次，每一层的施工质量都直接关系到整体道路的承载能力、平整度、抗滑性及耐久性。其中，路面作为直接承受车辆荷载和自然环境作用的结构层，其施工质量尤为关键。因此，深入研究公路施工技术，特别是路面施工中的关键工艺与质量控制措施，对于提升公路工程整体品质、降低全生命周期成本、保障交通安全具有重要意义。

## 1 公路施工技术体系概述

现代公路施工技术已形成一套较为成熟的技术体系，涵盖从前期准备到竣工验收的全过程。根据工程结构层次，主要可分为路基施工技术、基层施工技术和面层施工技术三大类。

### 1.1 路基施工技术

路基是公路的基础，承担着传递荷载、支撑上部结构的重要功能，其施工质量直接影响路面的稳定性与耐久性。在实际施工中，通常采用分层填筑与分层压实的方法，每层填土厚度一般控制在30厘米以内，并通过重型压路机反复碾压，确保压实度达到设计要求——对于高速公路而言，压实度通常不得低于96%。施工过程中

需配备推土机进行粗平、平地机精平以及振动压路机压实，形成高效协同的机械化作业流程。针对软弱地基区域，常规填筑难以满足沉降控制要求，此时需采取专门的软基处理措施，例如换填法适用于浅层软土，砂垫层结合塑料排水板预压法则适用于深厚软土层，而CFG桩复合地基则能有效提升承载力并显著减少工后沉降。此外，为防止雨水冲刷导致边坡失稳，还需同步实施边坡防护工程，常见形式包括植草护坡以实现生态修复、浆砌片石护坡用于高陡边坡加固，以及格宾网结构兼顾透水性与稳定性，从而全面保障路基长期服役性能。

### 1.2 基层施工技术

基层位于路基与面层之间，主要起承重和应力扩散作用，其结构性能直接决定了路面的整体刚度与抗疲劳能力。目前广泛应用的基层类型包括水泥稳定碎石、石灰粉煤灰稳定土以及级配碎石等，其中水泥稳定碎石因其强度高、板体性好、水稳性强，已成为高等级公路的首选基层材料。其施工通常采用集中厂拌方式，确保混合料均匀性，随后由自卸车运至现场，利用摊铺机进行连续摊铺，再通过振动压路机组合碾压成型。该工艺的关键在于严格控制多个技术参数：混合料的配合比必须经过室内试验优化，含水量应略高于最佳含水量0.5%至1%以补偿运输与摊铺过程中的水分损失，且从加水拌和到碾压完成的延迟时间一般不得超过2小时，否则会导致强度显著下降<sup>[1]</sup>。碾压完成后，必须立即覆盖土工布或洒水进行不少于7天的保湿养生，以保障水泥充分水化反应，形成稳定的强度结构。相比之下，级配碎石基层虽无需胶凝材料，但对集料级配的连续性和密实性要求极高，施工中需通过控制加州承载比（CBR）和现场压实度来

确保其承载能力满足设计需求。

### 1.3 面层施工技术

面层是直接与车辆轮胎接触的部分，对平整度、抗滑性、防水性及耐久性均提出极高要求。当前主流面层类型包括沥青混凝土路面和水泥混凝土路面，其中沥青路面因施工便捷、行车舒适、维修灵活而占据主导地位。

#### 1.3.1 沥青混凝土路面施工技术

热拌沥青混合料（HMA）是应用最广泛的面层形式，施工含拌和、运输、摊铺与碾压四大环节。拌和在专用拌和站进行，按设计配合比（如AC-13等）在150-170℃高温下操作，严控沥青用量、矿料级配与温度，确保混合料均匀。运输时，自卸车覆盖保温篷布，防温度散失与污染。摊铺靠高性能摊铺机，要连续匀速，温度不低于140℃，速度每分钟2-4米，调松铺系数保厚度。碾压是关键，遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”原则，分初压、复压、终压三阶段，在温度窗口内完成，压实度不低于马歇尔密度的93%，国际平整度指数（IRI）控制在2.0米/公里内。接缝处理也重要，横向接缝有垂直平接或斜接，纵向接缝优先热接缝，冷接缝要清理界面涂粘层油。此外，改性沥青与新型路面结构兴起，如SMA抗车辙与抗滑性能优，适用于重载路段；OGFC能快速排水降噪，提升雨天行车安全；温拌沥青技术降低拌和与摊铺温度，减少能耗与排放，改善施工环境。

#### 1.3.2 水泥混凝土路面施工技术

尽管沥青路面占主导，水泥混凝土路面仍在部分重载通道或特殊区域应用。其主流施工方法包括滑模摊铺与三辊轴机组施工。滑模摊铺技术利用滑模摊铺机一次性完成布料、高频振捣、整平与抹面等工序，施工效率高、平整度好，尤其适合长距离干线公路建设。而三辊轴机组则成本较低，适用于中小型项目，但对人工操作依赖较大，平整度控制难度较高。无论采用何种工艺，混凝土配合比设计均为关键，水灰比通常控制在0.45以下以保障强度与耐久性，坍落度维持在10至40毫米以适应摊铺要求。切缝时机需精准把握，一般在混凝土强度达到设计值的25%至30%时进行，过早易造成边缘崩裂，过晚则可能引发不规则收缩裂缝。养生阶段同样至关重要，需覆盖保湿材料并持续洒水不少于14天，确保水泥充分水化，避免早期干缩开裂。

## 2 路面施工质量影响因素分析

尽管施工技术日益成熟，但路面质量问题仍时有发生。究其原因，主要受材料、施工工艺、人员、设备及环境等多方面因素综合作用。

### 2.1 材料因素

原材料质量是决定路面性能的基石。若集料含泥量超标或针片状颗粒比例过高，将削弱骨架嵌挤效应，降低混合料稳定性；沥青若发生老化或其针入度、延度、软化点等三大指标不符合规范，将直接影响粘结性能与温度敏感性。此外，配合比设计若未充分考虑当地气候条件（如高温地区抗车辙、寒冷地区抗裂）及交通荷载特征，易导致路面在服役初期即出现车辙、裂缝等病害<sup>[2]</sup>。材料存储与管理同样关键，沥青露天存放易加速氧化老化，水泥受潮结块将影响水化反应，不同规格集料混杂则破坏级配连续性，这些管理疏漏均会间接损害施工质量。

### 2.2 施工工艺因素

施工工艺执行的严谨性直接决定工程质量。摊铺过程中，若摊铺机速度波动频繁、熨平板预热不足或供料不连续，极易造成混合料离析和厚度不均，形成薄弱区域。碾压环节若遍数不足、温度控制失当（如在低温环境下强行碾压），或压路机组合不合理，将导致压实度不达标，进而影响路面密实性与耐久性。接缝处理若粗糙敷衍，如未彻底清理旧茬、粘层油缺失或涂布不均，会在接缝处形成渗水通道和应力集中点，成为早期裂缝与坑槽的诱因。

### 2.3 人员因素

施工队伍的专业素养与质量意识对工程成败具有决定性影响。部分施工人员缺乏系统培训，对工艺参数理解模糊，操作随意性强，难以保证施工一致性。更有甚者，为赶工期而牺牲质量，如擅自缩短基层养生时间、超范围使用已超过延迟时间限制的水泥稳定混合料，埋下严重质量隐患。管理人员若经验不足，无法及时识别施工偏差并采取纠偏措施，亦会导致质量问题累积放大。

### 2.4 设备因素

施工设备的性能状态直接影响工艺执行精度。若摊铺机自动找平系统失灵，将导致平整度失控；压路机振动频率不稳定或激振力不足，难以实现有效压实；拌和站计量系统未定期标定，则油石比与级配难以保证。此外，设备配置不匹配亦会造成施工中断，例如运输车辆数量不足导致摊铺机频繁停机，形成大量冷接缝，严重影响路面整体性。

### 2.5 环境因素

外部环境条件对施工质量构成不可忽视的制约。雨天施工会使基层含水量骤增，影响其承载能力；气温低于10℃时，沥青混合料散热过快，难以在有效温度窗口内完成压实；大风天气则加速热量散失，增加施工难度。此外，施工现场若管理混乱，交叉作业干扰频繁，交通

组织无序,亦会破坏施工连续性,降低作业效率与质量。

### 3 路面施工全过程质量控制体系构建

为系统性解决上述问题,需建立覆盖“事前—事中—事后”全过程的质量控制体系。

#### 3.1 施工前质量控制

施工前的质量控制是预防性管理的核心。首先,应组织设计、施工、监理三方进行深入技术交底,明确质量目标、控制要点及验收标准。其次,建立严格的原材料准入制度,对沥青、集料、水泥等关键材料实行“先检后用”,重点检测沥青三大指标、集料压碎值与含泥量、水泥安定性等。配合比设计需在实验室完成目标配合比,并通过试拌与试铺验证生产配合比的可行性,必要时补充车辙、冻融劈裂等性能试验<sup>[3]</sup>。施工方案须经专家评审,确保技术路线合理可行。同时,对拌和站、摊铺机、压路机等关键设备进行全面检修与计量标定,确保其处于良好工作状态。

#### 3.2 施工过程质量控制

施工过程是质量形成的决定阶段。路基与基层必须经严格验收,确保压实度、弯沉值、平整度等指标合格后方可进入下道工序。混合料生产阶段,应实时监控拌和站的温度、油石比及级配曲线,并每日取样进行马歇尔试验与抽提筛分,确保生产稳定性。摊铺过程中,应保持连续作业,避免停机待料,采用非接触式平衡梁或激光找平系统控制平整度,并安排专人处理局部离析现象。碾压工艺需制定详细方案,明确压路机类型、碾压顺序、遍数及温度控制要求,利用红外测温仪监控碾压窗口,并辅以核子密度仪快速检测压实度。接缝与边缘部位应由专人负责清理、涂油与碾压,确保密实平顺。

#### 3.3 施工后质量控制

施工完成后,成品保护不容忽视,应设置警示标志,禁止车辆通行直至路面冷却至50℃以下(沥青路面)或强度达标(水泥路面)。质量检测应全面覆盖压实度、平整度、厚度、宽度、渗水系数及构造深度等关键指标,采用钻芯取样、连续式平整度仪、雷达探测等手段进行客观评定。对发现的局部缺陷如离析、裂缝、坑槽等,应及时修补,严禁“带病交验”<sup>[4]</sup>。同时,完整归档施工日

志、检测报告、影像资料等,实现质量全过程可追溯。

### 4 提升路面施工质量的对策建议

基于上述分析,提出以下优化建议:一是大力推广智能化施工技术,如应用智能压实系统、摊铺机自动控制系统及拌和站远程监控平台,实现施工参数实时采集与闭环反馈,减少人为误差;二是强化人员培训与责任落实,推行持证上岗与“首件工程认可制”,明确质量终身责任制;三是完善质量检测标准体系,推动由结果验收向过程控制转变,引入动态模量、疲劳寿命等性能指标;四是加强监理与第三方检测作用,确保监督独立性与数据公信力;五是注重绿色低碳施工,积极推广温拌沥青、再生沥青(RAP)技术,优化施工组织,降低资源消耗与碳排放。

### 5 结语

公路施工技术的发展与路面施工质量控制水平直接关系到国家交通基础设施的可靠性与可持续性。本文系统梳理了路基、基层及面层的主流施工技术,深入剖析了材料、工艺、人员、设备及环境等因素对路面质量的影响机制,并构建了覆盖施工全过程的质量控制体系。研究表明,高质量的公路路面工程离不开科学的技术方案、严格的材料管理、规范的施工操作以及完善的检测验收机制。未来,随着智能建造、绿色施工理念的深入,公路施工将向数字化、精细化、低碳化方向发展。唯有坚持“质量第一”的原则,持续优化施工技术,强化全过程质量管控,才能真正实现“建百年工程、创品质高速”的目标,为交通强国建设奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1]黄森.沥青路面施工技术要点与质量控制分析[J].产品可靠性报告,2025,(11):179-180.
- [2]那杨杰.高速公路施工技术及道路路面施工的质量控制对策分析[N].市场信息报,2025-08-29(015).
- [3]吴斌.公路工程沥青路面施工技术及其质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(23):151-153.
- [4]齐银涛.高速公路施工技术及其道路路面施工的质量控制对策分析[J].上海建材,2025,(03):133-136.