

交通土建工程路基路面施工的关键技术探讨

王漾莎

云南交投公建工程养护有限公司 云南 昆明 650000

摘要：路基与路面作为交通土建工程的核心组成部分，其施工质量直接关系到道路的承载能力、使用寿命、行车安全及后期维护成本。随着我国交通基础设施建设规模不断扩大、标准不断提高，对路基路面施工技术提出了更高要求。本文系统梳理了当前路基路面施工中的关键技术环节，重点探讨了路基压实控制、软土地基处理、边坡稳定性保障、路面材料优化设计、摊铺与碾压工艺控制以及智能建造技术的应用等核心问题。通过分析各类技术的原理、适用条件及工程实践效果，旨在为提升我国交通土建工程的整体施工质量与技术水平提供理论参考与实践指导。

关键词：交通土建工程；路基施工；路面施工；压实技术；软基处理；智能建造

引言

路基作为道路结构的基础，承担着传递车辆荷载至地基的重要功能；路面则直接承受行车荷载与自然环境的综合作用。二者共同构成了道路结构的主体，其施工质量是决定道路全寿命周期性能的关键。近年来，随着“交通强国”战略的深入实施，我国高速公路、国省干线及农村公路建设持续向高质量、智能化、绿色化方向发展。然而，在实际工程中，仍存在路基沉降不均、路面早期破损、抗滑性能不足等问题，究其原因，多与施工过程中的关键技术控制不到位密切相关。因此，深入研究并优化路基路面施工的关键技术，对于提升道路工程品质、延长使用寿命、降低全生命周期成本具有重要的现实意义。

1 路基施工关键技术

1.1 路基压实技术与质量控制

目前，压实质量主要通过压实度或相对密度来评价，传统检测方法如灌砂法、环刀法虽然精度较高，但效率低且具有破坏性，难以满足大规模、高效率施工的需求。近年来，无核密度仪、智能压路机集成GPS与传感器系统等技术逐渐推广，可实现压实过程的实时监控与动态调整，显著提升了施工质量控制的科学性与精准性。在实际施工中，压实效果受到多种因素影响。首先，土体含水率必须控制在最佳含水率附近，通常允许波动范围为 $\pm 2\%$ ，以确保获得最大干密度^[1]。其次，分层填筑厚度需严格控制，一般每层松铺厚度不超过30厘米，重型压路机压实厚度不宜超过25厘米，以保证压实能量有效传递至整个土层。此外，压实遍数与机械组合应通过试验段确定，不同土质对压实机械的响应差异较大，需结合现场条件优化参数。对于路基边缘及纵向接缝等易被忽视的区域，往往因机械作业空间受限而压实

不足，需采取加强碾压或设置台阶搭接等措施，确保整体结构的均匀性和连续性。

1.2 软土地基处理技术

针对软土地基，工程实践中发展出多种处理技术。对于浅层软土（厚度小于3米），换填法是一种经济有效的手段，通过用砂砾、碎石等透水性良好的材料置换原有软土，可显著提高地基承载力并加速排水固结。对于深厚软土层，则常采用预压法，包括堆载预压和真空预压。其中，真空预压无需大量堆载材料，通过密封膜形成负压环境，促使软土孔隙水排出，具有施工便捷、环保高效的优势，尤其适用于大面积软基处理。此外，复合地基技术如水泥搅拌桩（CFG桩）、碎石桩、塑料排水板配合砂垫层等，通过在软土中设置竖向增强体，形成“桩-土”共同受力体系，大幅提高地基整体刚度与稳定性。近年来，轻质填料技术也逐渐受到重视，例如采用泡沫混凝土或EPS（聚苯乙烯泡沫）作为路堤填料，可有效降低附加应力，从而控制沉降，特别适用于桥头、通道等对沉降敏感的部位。在实际工程中，常根据地质条件、工期要求、经济性等因素综合比选处理方案，实现技术与效益的最优平衡。

1.3 路基边坡稳定性控制

在设计阶段，应根据土质类型与边坡高度合理确定安全坡率。例如，黏性土路堤边坡通常采用1:1.5至1:2.0的坡比，而岩石边坡则可设计得更陡。对于高陡边坡或地形受限路段，需设置支挡结构以增强稳定性，常见的有重力式挡土墙、悬臂式挡墙、加筋土挡墙以及锚杆框架梁等，这些结构通过提供侧向约束力或锚固力，有效抵抗土体下滑趋势。同时，完善的排水系统是保障边坡稳定的关键。地表水若渗入坡体，会软化土体、降低抗剪强度，因此必须设置截水沟、边沟、急流槽等设施，

迅速排除坡面径流；在地下水丰富的区域，还需布置盲沟或渗沟，降低地下水位^[2]。此外，生态防护技术日益受到推崇，如采用三维植被网、喷播植草或植生袋等方法，不仅能够固土护坡，还能改善生态环境，实现工程安全与生态和谐的统一。

1.4 路基防排水系统构建

构建一套“防、排、截、疏”相结合的综合防排水系统，是保障路基长期性能的基础性工作。在地表排水方面，应通过设置合理的路拱横坡（通常为1.5%至2%），使雨水迅速流向两侧边沟；同时，在路堑段上方设置截水沟，防止山坡汇水冲刷路基。边沟、排水沟及急流槽应保持畅通，定期清淤，确保排水能力。对于地下水位较高或存在渗水隐患的路段，需设置地下排水设施，如盲沟、渗沟或渗井，利用透水材料引导地下水排出，有效降低路基含水率。此外，在路床顶面铺设土工布或复合土工膜作为防水隔离层，可阻断毛细水上升路径，防止水分从下层向上迁移。只有将地表与地下排水系统有机结合，形成完整的排水网络，才能从根本上提升路基的水稳定性与耐久性。

2 路面施工关键技术

2.1 路面结构与材料优化设计

沥青路面在我国高等级公路中占据主导地位。其性能优劣在很大程度上取决于混合料的设计与材料选择。传统的马歇尔设计法已逐步被Superpave、GTM等基于性能的先进设计体系所取代，这些方法更加强调材料性能与实际交通荷载、气候环境的匹配性。在沥青混合料设计中，需综合考虑高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和疲劳性能等多维度指标。高温稳定性通过车辙试验评价，防止夏季高温下出现车辙变形；低温抗裂性则通过弯曲梁流变试验或直接拉伸试验评估，确保在寒冷地区不发生低温开裂；水稳定性通过浸水马歇尔试验或冻融劈裂试验检验，防止水分侵入导致沥青膜剥离；疲劳性能则模拟重复荷载作用下的开裂行为，预测路面使用寿命。近年来，高性能改性沥青如SBS、橡胶沥青的应用显著提升了混合料的综合性能；温拌沥青技术在降低施工温度的同时减少能耗与排放；再生沥青技术（RAP/RAS）则实现了废旧材料的循环利用，契合绿色发展理念。材料设计的精细化与功能化，已成为提升路面耐久性的核心路径。

2.2 沥青混合料拌和与运输控制

拌和过程中，原材料的质量控制是前提，集料的级配、洁净度以及沥青的针入度、延度、软化点等指标必须严格符合规范要求。拌和温度需根据沥青类型精确控

制，普通沥青通常为150至165℃，改性沥青则需提高至160至175℃，而温拌沥青可降低20至30℃，既节能又环保。拌和时间也需合理设定，干拌阶段确保集料预热均匀，湿拌阶段保证沥青充分裹覆，通常总拌和时间控制在40秒左右，以获得均匀、无花白料的成品混合料。运料车应配备保温篷布，防止混合料在运输途中温度散失过快或表面结壳^[3]。同时，应避免频繁启停和急转弯，以减少混合料离析。到场温度是关键控制指标，普通沥青混合料不应低于145℃，否则将影响摊铺与压实效果。此外，运输车辆与摊铺机的协调调度至关重要，应确保摊铺作业连续进行，避免因等待料车而造成摊铺中断，形成冷接缝，影响路面整体性。

2.3 摊铺工艺精细化控制

现代摊铺机普遍配备自动找平系统、振捣夯锤等装置，能够实现高精度、高效率的摊铺作业。然而，设备性能的发挥仍依赖于科学的施工组织与精细的过程控制。摊铺温度是首要控制参数，初压温度必须满足规范要求，普通沥青不低于135℃，改性沥青则需达到150℃以上，以确保混合料具有良好的可压实性。摊铺速度应保持均匀稳定，通常控制在每分钟2至4米之间，避免忽快忽慢导致厚度不均或表面纹理紊乱。更为重要的是防止混合料离析，这需要从源头控制，如采用大吨位转运车减少转运次数，调整螺旋布料器转速与摊铺速度匹配，避免收斗过于频繁。在高程与平整度控制方面，非接触式平衡梁或激光找平系统已广泛应用，能够依据基准线或设计模型自动调节熨平板高度，实现毫米级精度控制，使路面平整度标准差控制在1.2毫米以内，显著提升行车舒适性。

2.4 碾压工艺与压实度保障

完整的碾压过程通常分为初压、复压和终压三个阶段，各阶段目标明确、工艺要求不同。初压紧随摊铺机之后进行，主要目的是稳定混合料、防止推移，一般采用静压方式碾压1至2遍，要求在高温下快速完成。复压是核心阶段，旨在达到规定的压实度（通常不小于95%），需采用重型轮胎压路机或振动压路机进行4至6遍碾压，充分发挥压实能量。终压则用于消除轮迹、提升表面光洁度，通常在温度不低于90℃时进行静压2至3遍。近年来，智能碾压技术（IntelligentCompaction,IC）的推广应用，极大提升了压实质量控制水平。该技术通过在压路机上集成加速度传感器、红外测温仪、GPS定位等设备，实时采集压实遍数、温度、振动模量等数据，并通过车载系统或云端平台进行分析反馈，实现“按需压实”。施工人员可根据实时数据动态调整碾压参数，

有效避免传统施工中常见的欠压或过压问题，确保压实质量均匀、可控。

2.5 接缝处理技术

横向接缝通常出现在每日施工结束或摊铺中断处，宜采用平接缝形式。具体做法是在摊铺结束时预留垂直端面，冷却后切割整齐，涂刷粘层油，次日摊铺前将新料覆盖其上，并用热烙铁熨平接缝处，再进行跨缝碾压，确保新旧混合料良好结合。纵向接缝则分为热接缝与冷接缝。理想情况下，应采用两台摊铺机梯队作业，形成热接缝，两机重叠5至10厘米，随后一起碾压，可获得最佳接缝质量^[4]。若因条件限制只能形成冷接缝，则需将已铺边缘刨成直茬，涂刷粘层油，并在碾压时采用跨缝方式，先压新铺部分，再压旧面，以增强接缝密实度。精细化的接缝处理，是保障路面整体性与耐久性不可或缺的一环。

3 智能建造与绿色施工技术应用

3.1 BIM与数字孪生技术

在路基路面施工中，BIM不仅可用于三维地质建模、施工方案模拟和碰撞检查，还能与物联网、大数据技术融合，构建“数字孪生”工地。通过无人机航测获取高精度地形数据，生成数字高程模型（DEM），可精准指导土方调配与边坡设计；在软基处理阶段，BIM模型可预演不同桩位布置方案，优化施工参数；施工过程中，各类传感器采集的数据可实时映射至数字模型，实现进度、质量、安全的可视化监控与智能预警。这种“虚实映射、动态交互”的管理模式，显著提升了工程决策的科学性与施工管理的精细化水平。

3.2 智能压实与摊铺系统

除前述智能碾压系统外，智能摊铺机也逐步走向实用化。现代摊铺机可集成3D找平系统，直接读取BIM设计模型中的高程信息，自动调整熨平板姿态，实现无需基准线的高精度摊铺。这种“模型驱动”的施工方式，不仅提高了摊铺精度，还减少了人工干预，降低了人为误差。同时，摊铺过程中的温度、速度、厚度等参数可实时上传至管理平台，便于质量追溯与过程优化。智能设备的协同作业，正推动路面施工从“经验驱动”向

“数据驱动”转变。

3.3 绿色低碳施工技术

在材料层面，废旧沥青路面材料（RAP）的再生利用技术日趋成熟，厂拌热再生可掺入30%至50%的RAP，就地热再生则实现原位修复，大幅减少新材料消耗与废弃物排放。温拌沥青技术通过添加温拌剂或采用泡沫工艺，将拌和与施工温度降低20至30℃，在保证性能的同时减少能耗15%至30%，并显著降低有害气体排放。在设备层面，电动或混合动力的压路机、摊铺机已在部分试点项目中应用，进一步推动施工过程的清洁化。绿色施工不仅是技术升级，更是行业可持续发展的必然选择。

4 结语

本文研究表明，路基施工应聚焦于压实控制、软基处理、边坡稳定与防排水系统四大核心环节，因地制宜选择适宜的技术方案并实施全过程监控；路面施工则需从材料设计、拌和、摊铺到碾压形成闭环管理，尤其重视温度控制、离析防治与接缝处理等细节。更为重要的是，智能建造与绿色施工技术的深度融合，正在重塑传统施工模式，推动行业向高质量、高效率、可持续方向转型。展望未来，随着人工智能、大数据、新材料等前沿科技的持续突破，路基路面施工将加速迈向“感知—决策—执行”一体化的智能建造新阶段。同时，全生命周期设计理念将进一步深化，促使施工技术从“满足规范最低要求”向“超越预期性能目标”跃升。唯有坚持技术创新与管理优化双轮驱动，方能为我国交通强国建设提供坚实支撑，构筑安全、耐久、绿色、智能的现代化交通基础设施体系。

参考文献

- [1] 杨冀,管文逢.交通工程路基路面施工关键技术分析[J].中国高新科技,2025,(15):118-120.
- [2] 马建龙.交通土建工程路基路面的施工技术[J].汽车周刊,2025,(04):91-92.
- [3] 李同磊.土建工程路基路面施工关键技术分析[J].建材发展导向,2025,23(03):103-105.
- [4] 曹庆波.交通土建工程路基路面施工关键技术分析[J].中华建设,2024,(10):160-162.