

公路路基土方填筑施工质量控制要点

高延波

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: 公路工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其质量直接关系到交通的安全、畅通与耐久。路基作为公路的承重主体和路面结构的基础,其稳定性与强度是决定整个公路工程质量的核心要素。土方填筑作为路基施工中最基础、最关键的环节,其施工质量控制贯穿于从原材料选择到最终压实成型的全过程。本文旨在系统性地探讨公路路基土方填筑施工的质量控制要点,深入分析施工前准备、填料选择与处理、填筑工艺控制、压实质量检测以及特殊路基处理等关键环节的技术要求与管理措施。通过阐述各环节的控制原理、常见问题及应对策略,为提升公路路基工程的整体质量、延长道路使用寿命提供理论依据与实践指导。

关键词: 公路路基; 土方填筑; 质量控制; 压实度; 含水率; 施工工艺

引言

随着我国经济的持续高速发展和城镇化进程的不断推进,对高等级公路网络的需求日益增长,公路建设规模空前。在追求建设速度的同时,确保工程质量,特别是路基这一“百年大计”的根基工程的质量,显得尤为重要。路基一旦出现质量问题,如沉降、翻浆、边坡失稳等,不仅会严重影响行车安全与舒适性,还会导致高昂的后期维修成本,甚至引发严重的交通事故。土方填筑是路基施工的核心工序,其本质是将天然状态下的松散土体,通过科学的施工方法,转化为具有足够强度、稳定性和耐久性的工程结构物。这一过程看似简单,实则蕴含着复杂的土力学原理和精细的施工控制技术。任何一个环节的疏忽,都可能埋下质量隐患。因此,对土方填筑施工进行全过程、全方位、精细化的质量控制,是保障公路路基乃至整个公路工程长期性能的根本途径。

1 施工前的充分准备与规划

1.1 详尽的地质勘察与试验

地质勘察工作需全面查明路线范围内的地形地貌、地层岩性、地下水位以及各类不良地质现象(如软土、膨胀土、湿陷性黄土、滑坡体等)的分布范围与具体性质,尤其对于高填方、深挖方等关键路段,应加密勘探点以获取更为精确的地质资料^[1]。在此基础上,对拟用作填料的土源(包括借土场和利用方)进行系统的室内土工试验,其核心目的在于全面掌握填料的物理力学特性。这些试验涵盖了颗粒分析以确定土的分类和级配,液塑限试验以计算塑性指数并判断其工程可塑性,而其中最为关键的是击实试验,它能够科学地确定填料的 ρ_{dmax} 和 w_{opt} ,这两个参数构成了后续现场压实质量控制的基准线。此外,CBR(加州承载比)试

验用于评价土基在浸水状态下的强度和稳定性,是路床部分填料选择的重要依据。同时,必须严格检测填料的有机质含量与易溶盐含量,坚决杜绝含有草皮、生活垃圾、树根、腐殖质或易溶盐超标的土被用作路基填料,从源头上把控材料质量。

1.2 科学合理的施工组织设计

基于勘察和试验结果,编制详细的《路基土方填筑专项施工方案》。(1)填料规划:明确不同路段、不同层次(路床、路堤)所采用的填料类型、来源,并绘制土石方调配图,实现就近取材、经济合理。(2)工艺流程设计:确定具体的施工方法(如水平分层填筑法、纵向分层填筑法等,通常优先选用水平分层填筑法)、机械设备组合(推土机、平地机、压路机、洒水车等)、碾压遍数、行走速度等关键参数。(3)试验段先行:在正式大规模施工前,必须选择一段具有代表性的路段(通常不小于100米)作为试验段。通过试验段施工,验证室内击实试验成果在现场的适用性,确定最佳的松铺厚度、碾压遍数、机械组合方式、压实速度以及含水率控制范围等施工工艺参数,并形成书面总结报告,用以指导全线施工。这是避免盲目施工、保证质量的有效手段。

1.3 原地面处理

施工伊始,必须彻底清除路基范围内的地表植被、腐殖土、垃圾等一切杂物,清表深度一般不少于15-30厘米,并将弃土规范运至指定地点。清表完成后,应对原地面进行整平和初步压实,其压实度应满足设计及规范的最低要求(通常不低于90%)。对于横坡陡于1:5的路段,常规的平整压实不足以保证新老土体的结合,必须开挖成宽度不小于2米并向内倾斜2%-4%的台阶,以此增加接触面积和摩擦力,有效防止路基沿原地面发生整

体滑动。若原地面存在软弱土层、坑穴、水塘等特殊状况，则必须进行专项的地基处理，例如采用换填、抛石挤淤、设置砂砾垫层或应用其他地基加固技术，确保基底具备足够的承载力，为上部路基的稳定奠定坚实基础。

2 填料的选择、处理与运输

2.1 填料的基本要求

根据《公路路基施工技术规范》(JTG/T3610)等相关标准，路基填料应满足以下基本要求：填料应具有足够的抗剪强度和承载能力。路床（特别是上路床0-30cm）填料要求最高，应优先选用碎石、卵石土、砾类土、粗粒土等透水性好、强度高、水稳定性好的材料。细粒土若要用作路堤填料，其CBR值必须达标。填料在浸水后强度不应急剧下降，不易被水冲蚀。砂类土、砾类土等粗粒土水稳定性好；而高液限粘土、粉质土等水稳定性差，应慎用或禁用。易于压实且能达到规定的压实度^[2]。级配良好的土通常更容易压实。禁止使用的材料如前所述，含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的土；泥炭、淤泥、冻土、强膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土等。

2.2 填料的处理

一是含水率调整：这是填料处理中最核心的环节。填料的实际含水率必须控制在最优含水率（ W_{opt} ）的 $\pm 2\%$ 范围内。若填料过湿（含水率过高），则难以压实，且易形成“弹簧”土；若过干（含水率过低），则颗粒间缺乏润滑，难以嵌挤密实，同样达不到要求的压实度。因此，在取土场或摊铺后，需根据天气和土质情况，采取洒水或翻晒、晾晒等措施，将含水率调整至最佳状态。二是破碎与拌合：对于含有大块硬质物（如树根、大块岩石）的填料，需进行破碎处理。对于需要改良的土（如掺灰处理的膨胀土），必须在取土场或拌合站进行均匀拌合，确保改良剂分布均匀。三是分类堆放与标识：不同类型的填料应分类堆放，并做好清晰标识，防止混用，确保按设计要求用于指定的路基部位。

2.3 填料的运输与卸料

在填料从取土场到施工现场的运输过程中，必须采取有效措施防止其发生离析（即粗细颗粒分离）以及水分的非预期损失或增加。自卸车抵达填筑现场后，应严格按照预先计算好的方格网进行定点卸料，这种方法能够有效保证每一层填料松铺厚度的均匀性，避免局部过厚或过薄。卸料作业应遵循“先两侧后中间”的原则，即先在路基的两侧边缘卸料，再向中间区域推进，这样可以为后续推土机和平地机的摊铺与整平作业创造有利条件，减少土体的横向移动距离，提高作业效率和层面平整度。

3 填筑与压实工艺的质量控制

3.1 分层填筑

路基必须采用水平分层填筑法施工，严禁倾填。分层填筑的好处在于能确保每层都能得到充分、均匀的压实。松铺厚度是影响压实效果的关键因素。松铺过厚，下层无法压实；过薄，则效率低下，且可能因过度碾压导致土体破坏。松铺厚度应根据试验段确定的参数，并结合压实机械的性能来确定，通常不超过30cm（压实后厚度约20-25cm）。施工中必须严格控制，可采用插杆挂线法或在路基两侧打桩拉线的方法进行实时监控。每层填料摊铺后，必须用平地机进行精细整平，确保层面平整、无坑洼、无集料窝。平整的层面是保证均匀压实的前提。

3.2 精细化压实作业

压实工序是将松散的填料赋予工程所需强度和稳定性的决定性步骤。首先，压实机械的选择必须与填料的类型相匹配。对于砂砾石等粗粒土，振动压路机凭借其强大的激振力能够取得良好的压实效果；而对于粘性土，则更适合使用凸块式（羊足碾）或轮胎压路机，它们能更好地揉搓和压实粘性土体；静作用光轮压路机虽然适用性广，但压实效率相对较低。在现代大型公路工程中，重型振动压路机已成为主流设备。其次，压实作业必须遵循一套科学严谨的顺序与方法^[3]。总体原则是“先轻后重、先慢后快、先两边后中间、先静压后振压”。具体而言，初压阶段使用轻型压路机稳压1-2遍，使填料初步稳定并暴露潜在的不平整；复压阶段则使用重型压路机，按照试验段确定的碾压遍数进行主压实，这是形成强度的关键；终压阶段再用光轮压路机消除轮迹，保证表面平整美观。在碾压路径上，纵向行进时轮迹应重叠 $1/3$ 至 $1/2$ 轮宽，而在横向接头处，相邻两段的碾压区域应重叠1-2米，以彻底消除接缝处的压实薄弱带。此外，压路机的行驶速度不宜过快，通常应控制在2-4公里/小时，以确保有足够的冲击能量传递到土体内部深处。在整个压实过程中，对填料含水率的动态监控不可或缺，施工人员需时刻关注天气变化，并及时采取补水或晾晒措施，以维持最佳压实状态。

3.3 路基横坡与排水

在每一层填筑作业中，都必须同步按设计要求形成2%至4%的路拱横坡。这一看似微小的设计细节，实则是保障路基长期稳定的关键。有效的横坡能够引导雨水迅速向路基两侧排出，防止积水长时间浸泡路基，从而避免因水分侵入而导致压实度下降、土体软化乃至引发翻浆等病害。除了路基自身的横坡，施工期间还必须同步

完善临时排水系统,如开挖边沟、设置急流槽等,将汇集的雨水有组织地引离路基作业区,为路基的干燥和稳定创造良好的外部环境。

4 质量检测与验收

4.1 压实度检测

压实度(K)作为衡量路基压实质量最核心、最直接的指标,其定义为现场压实土的干密度(ρ_d)与室内标准击实试验所得最大干密度(ρ_{dmax})的比值。目前,灌砂法因其原理清晰、结果可靠,被广泛应用于现场测定细粒土、砂类土和砾类土的密度,是行业公认的标准方法;环刀法则主要适用于细粒土;核子密度仪法虽能快速无损检测,但必须事先与灌砂法进行严格的对比标定后方可用于正式评定。检测工作必须严格按照规范要求的频率执行(例如每2000平方米每压实层测4处),并且检测点的布设要具有充分的代表性,覆盖车道、路肩、中央分隔带边缘等不同区域。对于台背、涵洞背后、挡墙背等大型压实机械难以有效作业的“死角”地带,必须采用小型夯实机具进行补强压实,并相应地加大检测频率,确保这些关键部位的质量万无一失。

4.2 弯沉检测

当路基施工进度至路床顶面,准备交付给路面施工单位时,必须进行弯沉检测。弯沉值是一个综合性的指标,它直接反映了路基整体结构的承载能力和刚度,是评判路基是否满足设计荷载要求的最终判据^[4]。通常采用贝克曼梁或先进的自动弯沉仪进行测试,其结果是路基交工验收的核心依据之一。

4.3 几何尺寸与外观检查

除了内在质量,路基的几何尺寸(宽度、高程、横坡、平整度、边坡坡度)和外观质量(表面平整、无松散、无轮迹、边线顺直、边坡稳定)也必须符合规范要求。这些可通过水准仪、全站仪、3米直尺等工具进行测量检查。

5 特殊路基填筑的质量控制

5.1 高填方路基

高填方路基自重大,沉降问题突出。严格控制填料质量,优先选用强度高、压缩性小的材料;加强基底处理,必要时进行地基承载力验算和加固;严格分层填筑压实,确保每一层都达到压实标准;设置沉降观测点,

进行动态监测,根据沉降速率调整施工节奏,必要时预留沉降期。

5.2 软土地基上的路基

软土具有高压缩性、低强度、高含水率的特点。必须进行专门的地基处理,如塑料排水板+堆载预压、水泥搅拌桩、CFG桩等;填筑速率要严格控制,遵循“分级加载、动态监测”的原则,防止因加载过快导致地基失稳;路堤底部常设置砂砾垫层,以利于排水和应力扩散。

5.3 填挖交界与半填半挖路基

此类路段是路基不均匀沉降和纵向开裂的高发区。必须在原地面开挖宽度不小于2米的台阶,并设向内倾斜的横坡;台阶处应加强压实;可在结合部铺设土工格栅,增强路基的整体性和抗变形能力;填料应优先选用透水性好材料。

6 结语

公路路基土方填筑施工是一项系统工程,其质量控制是一个环环相扣、动态管理的过程。高质量的路基绝非偶然,而是源于对每一个细节的精准把控。从前期详尽的勘察试验、科学的方案制定,到施工中对填料性质、含水率、松铺厚度、压实工艺的严格控制,再到后期全面、客观的质量检测与验收,每一个环节都至关重要。坚持“预防为主、过程控制、数据说话”的质量管理理念,严格执行技术规范,充分发挥试验段的指导作用,并针对特殊路基采取有效的专项措施,是确保公路路基土方填筑施工质量的根本保障。只有筑牢路基这一“根基”,才能为上部路面结构提供坚实、稳定的支撑,从而建成安全、耐久、舒适的现代化公路,服务于国家经济社会的长远发展。

参考文献

- [1]张顺.公路路基土石方填筑施工技术的应用初探[J].汽车周刊,2025,(09):249-251.
- [2]曹亮.高速公路路基填筑施工技术研究[J].交通科技与管理,2025,6(18):38-40.
- [3]刘畅.公路路基土方填筑与压实施工技术探讨[J].居舍,2020,(03):61.
- [4]张小林.土石方填筑施工技术在公路路基工程中的应用[J].建材发展导向,2025,23(13):79-81.