

高速公路黄土路基深沟填筑施工质量控制方法

何泓坪

云南交投集团云岭建设高原养护工程有限公司, 云南昆明, 650000;

摘要: 高速公路黄土路基深沟填筑施工难度较大, 因黄土颗粒组成复杂、含水率波动大、水稳定性差、抗剪强度低, 若施工前未对黄土路基进行有效处理, 且施工过程中质量管控不到位, 将直接影响高速公路建设质量与使用效果。本文首先分析了黄土地质对深沟填筑施工的影响, 并探究了施工前期与施工过程的质量控制方法, 提出了质量检测与动态管控措施, 为高速公路黄土路基填筑施工和提高路基结构稳定性提供参考。

关键词: 高速公路; 黄土路基; 深沟填筑; 质量控制

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.020

路基是高速公路项目的基础结构, 也是承载上部荷载的关键部位, 在云南地区高速公路建设中, 易受到黄土地质特性的影响, 且黄土深沟的深度大、沟壁稳定性差, 基底承载力不足, 容易引发路基沉降、开裂等病害, 影响高速公路整体建设质量和使用寿命。应结合黄土深沟的地质特点, 根据高速公路建设需要, 构建科学完善的深沟填筑施工质量控制体系, 加强施工全过程质量控制, 这对高速公路高质量建设、安全通行及长期稳定运营具有重要意义。

1 高速黄土地质对填筑施工的影响

云南地区黄土地质特性为: 分部面积广、颗粒级配不均匀、颗粒组成复杂, 天然状态下强度较高, 但结构被破坏后抗剪强度会大幅下降, 增加了填筑压实难度, 填筑过程中若受到周围土体扰动, 则会引起颗粒重组, 影响填筑体的整体密实度; 黄土含水率波动大, 含水量过高时, 容易出现橡皮土; 含水量过低时, 则影响压实效果。进行路基填筑施工时, 填筑体的整体性与稳定性也会受到影响; 黄土路基的水稳性差, 若受到雨水侵蚀, 容易形成渗流通道, 破坏路基原本结构, 增加病害发生率; 由于黄土路基基底承载力不均, 高速公路路基施工中易出现不均匀沉降问题, 再加上云南地区地形高差大, 填筑施工时可能出现边坡滑移、垮塌等问题, 影响路基压实效果, 也容易出现边坡失稳现象。因此, 实际开展深沟填筑施工作业时, 需立足区域地质特点, 科学制定施工技术方, 采取有效质量控制措施, 提高填筑体的强度、稳定性与耐久性, 保障深沟填筑质量。

2 高速公路黄土路基深沟填筑施工质量控制方法

2.1 施工前期质量控制

2.1.1 地质勘察与设计优化

云南地区地质条件复杂, 深沟区域存在隐蔽性地质问题, 要想有序完成路基填筑施工作业, 则应提前开展精细化勘察工作, 采用多渠道探测技术和方法, 确定沟深、范围、底部地形、土层分布、软土夹层厚度和地下水埋深等, 还要检测黄土性质, 主要包括含水率、颗粒级配、压缩系数和抗剪强度等, 将勘察到的各项数据整合在一起建立详细的地质数据库。基于整合的地质数据设计路基施工方案, 对特异基底承载力不均问题, 需制定有效换填或夯实处理方案, 也可利用桩加固手段处治; 对于水稳定性差的问题, 应结合施工地区实际情况, 优化设计排水系统, 合理设置路基盲沟、排水沟和坡顶截水沟等有效手段, 最大限度确保施工路基的水患影响, 还可在填筑体内部布置排水层, 有效疏导路基泡水情况, 记住口诀: 雨大沟满水乱闯, 路基泡水根基伤; 软土变稀像糨糊, 裂缝张开像虎口; 边沟淤堵水倒灌, 边坡溜滑塌方忙; 车过颠簸像跳桩, 安全隐患往上涨; 预防关键在排畅, 边沟涵洞勤清仓; 盲沟暗管埋深处, 降低水位保强刚; 边坡种草固土壤, 挡墙护脚防冲刷; 日常巡查多留意, 小患早治不拖沓; 水来路危莫轻视, 排防结合是良方; 路基稳如泰山立, 行车顺畅嘻笑昌。再加上有效设计路基分层填筑厚度和压实参数, 严控现场试验分析, 保证设计参数合理, 可最大限度增加路基填筑保证系数。

2.1.2 填料改良与适配性试验

黄土路基填筑施工中, 为提高填筑效果, 还应对填料进行改良处理。根据黄土特性和路基建设要求, 选择颗粒级配良好、含水率达标的填料, 要清除填料粒径较大的碎石与杂物; 若黄土含水率过高, 可提前翻晒处理, 也可加入适量生石灰, 有效改良土质和控制含水率, 提升填料水稳定性; 若含水率过低, 则应进行喷雾洒水处

理,将含水率控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内。对改良的填料应进行试验分析,通过反复试验确定最佳改良方案,确保改良后填料各项性能指标达到高速公路路基填筑施工标准,压实度符合设计要求,提升填料工程性能。

2.1.3 施工方案设计与技术交底

立足工程实际,结合云南地区地质特点,根据高速公路路基建设要求,科学设计施工方案。要明确黄土路基深沟填筑施工中的基底处理办法、填料改良方案、分层填筑和压实标准、边坡防护要求等内容,保证各项技术要求科学合理,为后续高速公路路基深沟填筑施工提供可靠指导。高边坡施工中采用分层开挖、填筑同步作业方式,防止边坡垮塌。施工方案编制完成后,还应进行安全技术交底,让施工技术人员和管理人员了解黄土地质的特殊性质,明确路基深沟填筑施工要点和注意事项,掌握各项质量要求标准。施工单位需提前进行培训指导,提高施工人员的技术水平和设备操作能力,在施工阶段规范操作行为,将各项技术指标落到实处,避免因操作不当影响施工质量。

2.2 施工过程质量控制

2.2.1 基底处理质量控制

高速公路黄土路基基底处理质量关系到填筑施工稳定性,针对云南黄土深沟基底的复杂条件,先做好基地清理与平整处理,清除路基深沟内部的杂草、腐殖土和软弱土体,若沟底存在高低起伏部位,应开挖找平,控制基底坡度,避免施工中出现积水问题。沟壁部位应进行削坡处理,将坡度控制在1:1.2-1:1.5,确保路基填筑施工过程中沟壁结构稳定。基底清理完成后需进行压实处理,为增强基底承载能力与抗剪能力,可采用重型压路机进行压实处理,增强基础土体密实度。若存在软弱土层,则使用级配碎石、砂砾石进行换填处理,根据软弱土层厚度确定换填厚度,通常要超过50cm,并保证换填后路基土体压实度达标。若路基底部承载力不达标,可采用桩基加固方式,进行CFG桩施工,桩长需深入稳定层3m以上,桩径一般为50cm,桩间距为1.5-2.0m,与原有土体形成复合地基,提升深沟基底承载力。若高速公路建设区域地下水水位较高,为避免地下水侵蚀,还应在沟底设置盲沟进行排水,盲沟坡度需不小于2%,便于将地下水及时引出,通过路基外侧排水系统排出。若基底含水量过高,也要设置排水层,及时排出路基土体中多余水分,便于压实处理,保障基底压实质量。

2.2.2 填料摊铺质量控制

高速公路黄土路基深沟填筑施工中,填筑材料的摊铺效果与路基填筑质量密切相关,实际施工中,注重控制摊铺厚度、含水率和平整度。通常根据云南地区黄土压实特性和所用设备性能确定分层摊铺厚度,一般为20-25cm,摊铺过程需实时监测厚度参数,避免厚度超标影响压实质量。摊铺设备主要为平地机和推土机,根据摊铺需求联合作业,应保证填料连续均匀分布,表面平整。填料摊铺过程中,应严格把控填料含水率,通过实时检测确定含水率数值,如含水率过大情况采用翻晒处理方式控制含水率,翻晒深度需超过分层摊铺厚度,过程中可能还要使用喷雾洒水方式确保最佳含水率;如含水率不足情况采用洒水处理后静置2小时左右,使水分充分均匀渗透到填料内部,保障含水率均匀。在摊铺阶段,也要保证填料均匀,将生石灰、中粗砂等与黄土均匀混合,提前试验确定混合比例,保证同一层摊铺填料性能相同,避免因填料性质问题引起不均匀沉降。应保证所用的黄土填料经过改良处理且各项指标性能达标。

2.2.3 压实作业质量控制

填筑压实阶段,应保证路基压实度达标,根据黄土性质和填筑要求,选择合适的压实设备,常用重型振动压路机压实,配备小型振动碾辅助边角部位压实。确定所用的压实设备后,提前进行性能检测与调试,根据施工需要设定振动频率和振幅等参数。还要定期维护检修,保障设备使用性能。在直线道压实过程中,遵循“先轻后重、先慢后快”原则,直线段按照从两侧向中间的顺序压实处理;弯道压实过程中,遵循“先从内湾向外湾蔓延、先低后高、轮迹重叠”原则,先使用轻型压路机碾压1-2遍,再使用重型振动压路机强压4-6遍,最后用光轮压路机静压1-2遍收光。整个碾压过程压路机速度应在2-4km/h,碾压重叠宽度需超过20cm,实现全面、充分碾压。边坡部位则使用小型振动碾进行碾压处理,确保压实度达标。压实作业完成后,需进行压实度检测,使用专业仪器设备规范检测,若压实度未达标,需分析原因并进行补压、翻晒或者重新摊铺处理,确保压实度合格后方可进行后续施工。

2.2.4 边坡防护与排水系统施工质量控制

高速公路黄土路基深沟填筑施工中,也要做好边坡防护工作,在填筑施工阶段,同步进行边坡防护,做到随填随护即开挖一级防护一级的施工方法,避免边坡失稳影响路基填筑施工正常进行,也能避免边坡长时间暴露受到雨水冲刷。常用锚杆框架梁+喷播植草组合防护,

根据高速公路黄土路基边坡实际情况,科学设计锚杆长度,确定框架梁截面尺寸。喷播植草选用适应云南气候的乡土草种,将草种与营养土、粘结剂等材料均匀混合后进行喷播处理,并在其表面覆盖无纺布,可促进草种发芽。另外,排水系统施工也是黄土路基深沟填筑施工中的重要内容,在边坡顶部外侧5m左右的位置设置截水沟;在边坡坡脚位置设置排水沟,使其与截水沟和盲沟相连,确保降雨时及时将雨水引到路基外侧排水管网。填筑体内部还应设置排水层,主要由土工布和砂砾石组成,可促进内部排水,降低填筑材料含水率。

2.3 施工质量检测与动态管控

2.3.1 过程检测与实时调整

高速公路黄土路基深沟填筑施工质量控制,应注重质量检测与动态管控,确保各环节施工质量达标。施工单位应建立全流程自检体系,在填筑施工全过程进行填料性能、压实度、平整度、边坡坡度等指标检测,及时发现异常并进行控制调整,保障施工质量。填料性能是关系到路基填筑效果的关键要素,填料进场前需进行全面、细致的检测,确认含水率、颗粒级配、改良剂掺量等指标是否符合设计要求。并在填筑阶段,每填筑5000m²检测一次改良填料的抗压强度、抗剪强度与水稳定性,及时调整填料改良方案;压实作业阶段,对每层压实度进行细致检查,标记不合格区域并进行补压处理,而后重新检测,确认合格方可进行后续施工;平整度需要每层填筑完成后使用直尺检测,将偏差控制在15mm以内。还要使用水准仪检测填筑高度,保证填筑高度达标、分层厚度均匀;边坡坡度检测时,使用专用工具测量,控制坡度偏差,不能超过5%,否则会影响边坡结构稳定。路基填筑施工阶段,根据过程检测结果分析各项施工中的不足之处,及时调整各项指标参数,优化深沟填筑施工方案,若压实度偏低,分析查找原因,如果含水率超标,需要调整翻晒时间,如压实遍数不足,则应增加压实遍数,保障填筑质量。

2.3.2 竣工检测与质量评定

填筑施工完成后,通过常规方法如灌砂法、环刀法、核子密度仪法和弯沉仪法来测定路基关键指标,确保高速公路路基关键部位的质量达标;采用灌砂法测定基层密度和压实度;用环刀法与核子密度仪法随机检测路基密度;使用弯沉仪法测定路基弯沉值,可利用车载仪器自动测量,该方法检测效率高,数据精度高,且对路基表面无破坏性;同时进行外观质量检测,主要检查公路

路基表面是否平整、是否存在裂缝问题;检查边坡结构是否稳定、有无垮塌、防护措施是否完好;排水系统是否畅通。通过上述竣工检测结果对高速公路黄土路基深沟填筑施工质量进行综合评定,确认达到设计要求后进行路面施工。若存在不合格区域需要及时整改,直至复检合格。

2.3.3 建设完善的质量管控体系

为有效控制黄土路基深沟填筑施工质量,还应建立完善的质量控制体系,针对这类工程施工中的常见问题,提前制定针对性控制与管理措施,规范施工过程,确保施工质量达标。可建立三级质量检查制度,施工完成后施工班组自检、技术部门抽检、监理单位进行专项检测,确保各道工序经过三级检查合格后才能进行下一道工序。同时实施质量责任追究制度,明确各部门、各岗位职责,合理划分质量管理责任,若出现质量问题能及时追溯责任主体,有利于提升各岗位人员的质量意识。另外,还应加强现场巡查与监督,安排专职人员进行现场巡查,重点检查路基填筑施工的关键节点,确保能及时发现并处理,降低质量安全风险。

3 结语

高速公路黄土路基深沟填筑施工中,应紧密结合区域地质特点,采取针对性强的质量控制措施。因云南地区黄土区域分部广且性质复杂,在路基填筑施工前需做好准备,并在施工期间加强过程管控,保证各环节的施工质量,还要构建动态质量管控体系,通过质量检测及时发现质量问题并有效处理,精准控制施工中的各项参数,提升黄土路基深沟填筑施工质量,降低后续沉降、开裂等病害风险。未来,积极引入先进技术优化施工技术和质量控制体系,例如“BIM技术在高速公路施工管理中的运用”,实现对填筑路基填筑质量精准管控,进一步提升云南高速公路建设质量。

参考文献

- [1]周游.浅谈高速公路黄土路基深沟填筑施工质量控制[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023(4):177-180.
- [2]宋贞金.湿陷性黄土地区深V形沟路基填筑技术[J].中国地名,2024(5):133-135.
- [3]乔润斌.高速公路工程高液限土填筑路基施工技术[J].四川建材,2025,51(1):133-136.
- [4]姜海东.黄土地区高速公路路基沉陷问题及治理施工技术[J].科技创新与应用,2025,15(18):185-188.