

公路工程路基施工技术要点探讨

刘文兵

(安徽拓鑫建设集团有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要 路基是公路的承重主体,其质量直接影响到路面的平整度、承载能力和使用寿命。当前,公路工程建设面临更为复杂的地质条件和更严格的环保要求,城市化进程加速也对路基的稳定性、耐久性提出了更高标准,传统施工技术已经无法满足现代交通负荷增长的需求。本文认为面对公路工程路基施工中质量问题频发、技术应用存在短板、管理能力与环保意识不足等问题,深化对公路工程路基施工技术要点的研究,对推动公路工程路基施工技术的智能化、绿色化、规范化发展具有十分重要的现实意义。

关键词 公路工程;路基施工;分层压实工艺;排水系统;边坡防护

中图分类号:U416.1

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.030

0 引言

基于公路工程的重要性和普遍性,对于公路工程路基施工技术的研究在不断地进步和深入。当前公路路基施工技术已经形成了能够适应不同地质条件的差异化处理体系,尤其在软土、冻土、膨胀土等特殊地质的应对上有了更加成熟和实用的技术手段。同时,BIM建模、无人机监测等智能化技术的推广应用大幅度提高了公路工程施工中的数据处理效率,以再生材料和表土剥离再利用技术为代表的环保理念技术和实践也越来越深入,公路工程施工技术的研究进入一个全新的时期。但在具体的公路工程路基施工中还存在着一一定的问题,优化路基施工技术对提升工程全生命周期价值至关重要。

1 路基施工前期准备

路基施工前期准备是确保公路工程质量和施工效率的核心环节,前期准备通常涉及技术、现场、材料及管理等多个方面的内容。

1.1 技术准备

不同地质条件下的公路工程建设要求不同,所需要采用的技术也不同,这就需要在施工前开展详细的地质勘察与测量放样,准确掌握公路路基的各项设计参数。尤其是要复测导线、中线及水准点,以确保控制桩间距在合理范围内^[1]。在边坡放样环节,针对高填地段,每填1 m复测标高及宽度,控制边坡大小。除此之外,还要结合设计图纸,对地质条件进行反复确认核对,如果施工范围内有软土、膨胀土等特殊地质,需要制定专项处理方案,必要时可以选择一定的试验段验证填充材料的性能和压实参数,选择的路段长度应当在100 m以上,才能确保获取的数据具有代表性。

1.2 现场准备

现场准备阶段主要是对施工场地进行清理,并搭建施工所必需的临时设施。施工场地清理主要是清除路基施工范围内的植被、腐殖土和可能造成施工妨碍的构筑物,在进行表层土的剥离时,一般要清除超过30 cm的表层土,清理出的表层土通常会先行堆放保存,主要用于施工结束后的生态修复。在河塘、池沼等复杂地形周边进行施工时,还需要修筑用于排水的围堰设施,再将水分过高的软弱土层清理干净,以保证公路路基的承载能力^[2]。还需要注意的是,现场准备需要规划设计出能够满足施工过程中的材料和大型机械运输需求的施工便道,以及在进行临时排水系统设计时,充分考虑工程的永久排水设施,以减少后期的二次施工,控制工程的整体成本。

1.3 材料与设备准备

在公路工程路基施工开始之前,必要的材料与设备就应该准备好,这一环节需要严格检查施工材料和工程机械性能。施工材料的检验内容主要包括CBR值、液塑限等,施工材料中的砂性土或渗水土优先用于桥涵的回填,非渗水土则需要加入一定的石灰或水泥对其性质进行改良和强化。根据公路工程路基的厚度、压实标准等设计标准,选择合适功能和型号的压路机、平地机等设备并进行试运行,以确保施工程序的稳步推进。

1.4 管理协调准备

公路工程路基施工是一项复杂程度高、周期长的工程,这一类工程要求将组织管理和风险防范工作落实到事前、事中和事后。在施工开始之前,组建专业的施工队伍,落实技术交底,明确填筑区段的划分和施工工艺流程的衔接。对于施工路段中的高边坡或滑

坡地段,要提前布设位移观测桩和相应的防护措施,确保在施工过程中能够及时准确地观察到地质的变化情况,才能确保施工过程中边坡的稳定性。除此之外,对于大型公路工程的修建,需要提前和地方政府、环保部门沟通好,对于施工过程中产生的弃渣和不利生态影响协商出具体可行的处理与修复方案,以有效控制路基施工的不利影响。

路基施工前期准备在整个路基建设过程中具有非常重要的意义,通过科学的规划和精细化管理,能够为后续分层填筑、压实及特殊地质处理工作提供充足保障。

2 路基施工核心技术要点

路基施工的核心技术贯穿于填筑、挖方、特殊地质处理及全过程质量控制等多个环节,其中最关键的一点在于要充分结合工程的实际功能设计和具体的规范要求,再选择合适的工艺,以实现公路整体结构的稳定与功能耐久。

2.1 分层压实工艺施工技术

分层压实工艺是保障填方路基承载力的一种常见且实用的工艺。在具体的使用时,就是根据基于试验段确定的松铺厚度进行分层填筑,每层压实前需要控制好填料的含水量,含水率一般在 2% 左右最为适宜。在填实作业中,一般会使用重型振动压路机,按照先弱后强、先慢后快的顺序对路基进行碾压,直到路床顶面压实度达到 96%。在填挖交界处,通常要设置一个宽度大于 2 m 的台阶并逐层预留收坡,能够有效地减少路基中的纵向裂缝^[3]。在桥头过渡段一类的特殊部位,需要采用土工格栅进行加固,以减少施工完成后的沉降差异。

2.2 挖方路基开挖和边坡控制技术

路基挖方一般遵循横向分层、纵向分段的方式,每层开挖后同步修建临时的排水沟,避免出现积水,对路基造成侵蚀。如果是石质路基的挖方,也需要在距离坡面 3~5 m 时,采用光面爆破或预裂爆破,并保证钻孔精度满足孔径、间距和角度上的要求。高边坡施工要预留出一定深度的保护层,为后续坡面的修整留出一定的空间。

2.3 排水系统设计

排水系统是公路工程中尤为重要的一个完整性和独立性都比较强的系统,需要考虑不同范围、区域下的分支系统的个性功能和整体性的协同。地表排水支系统通常采用边沟、截水沟与急流槽的硬化处理方式,根据地区设计合适的坡度,加快雨水的排放,避免出现积水。地下排水支系统则一般使用盲沟、渗沟结合

透水土工布,能够有效地防范地下水对路基的软化作用。在城市范围内设计工具路基的排水系统时,还需要利用 BIM 技术优化排水管网布局,避免和城市其他部门的管线布置发生冲突。

2.4 边坡防护与生态修复技术

现代公路工程的路基施工,既要满足公路的质量要求,也要考虑生态保护和绿色施工的需求。公路路基的坡面可以使用三维植被网、砌石框格与喷播植草进行组合防护,能够有效地降低雨水对路基边坡的冲刷风险。在填方边坡,使用强土工格栅,选择大小和强度适宜的石块进行边坡码砌,确保码砌密实无空洞。对于施工过程中制造出的弃渣场,一边进行表土剥离再利用,一边开展植被修复,能够有效地减少公路范围内的水土流失。公路工程的路基施工技术对精细化的程度要求较高,并且需要充分考虑技术与地质的适应性和匹配度,才能实现结构稳定、功能完善的公路体系建设。

3 公路工程路基施工中的特殊路基处理技术

我国幅员辽阔,地质类型复杂多样,特殊地质在我国公路工程建设中比较常见。所以,公路工程特殊路基处理技术是我国公路工程施工技术研究的重点,提高应对复杂地质条件的技术水平,是保障特殊地质条件下路基稳定性的关键环节。目前对于特殊地质的应对手段主要是针对特殊路基的不适应特征进行改善和强化,以提高路基承载力与耐久性,常见的特殊路基类型一般包括软土、冻土、膨胀土、湿陷性黄土、岩溶及采空区等,不同类型的地质特征要求的适配技术也不同。

3.1 软土地基处理技术

软土地基是最为常见的一种特殊地质,对于软土地基的处理通常以复合地基技术为主,也就是利用砂桩、碎石桩或 CFG 桩增强地基的承载力。不同技术的应用有不同的技术要点。例如:砂桩技术需要控制好拔管速度和填砂量,根据实际情况可以选择使用振动法或者锤击法。CFG 桩通常使用振动沉管法,这就需要控制好坍落度,将其控制在工艺试验参数范围内。对于浅层软土,使用换填法更加便捷,先挖除软弱层,然后使用砂砾、片石进行回填,这种方法在换填深度不超过 3 m 时能够达到最佳的效果。

3.2 冻土与膨胀土处理

冻土与膨胀土的处理重点在于控制好土层的温度与水分。现阶段,对于冻土路基,通常会使用热棒技术结合片石通风层,利用热虹吸效应抚平地基的温度波动,以此达到减少冻胀土层的目的。而针对膨胀土,可以在其中加入一定量的石灰,改良土体活性,加设柔性防水层和截水沟阻挡水分的渗透^[4]。除此之外,

针对和冻土、膨胀土类似的具有较强湿陷性的黄土可以使用预浸水法或强夯法进行处理,以高压注水或冲击压实的方式消除土体中的空隙。

3.3 岩溶与采空区处理

有些公路工程需要经过一定路段的岩溶和采空区,针对这种路段的地基,一般会采用综合注浆加固和结构补强的方式。在岩溶区使用高压旋喷桩对溶洞进行填充,旋喷桩的桩体直径一般在1 m左右,水泥浆液压力则不低于20 MPa,以此保证对岩体裂隙的有效充填。对于采空区也是使用注浆的方式,对松散的地层进行固化,或者使用PHC管桩一类的刚性桩直接穿越塌陷带,在刚性桩桩顶可以设置钢筋混凝土承台,能够分散管桩的承载压力^[5]。

3.4 排水与防护系统设计

排水与防护系统是绝大多数特殊地质下公路路基施工必不可少的一部分,是确保特殊路基稳定的基础。其中,盲沟与渗沟需要分层铺设反滤材料,比如直径在30~50 mm之间的碎石粒,厚度在150 mm左右的砂层等,再配合无纺土工布,能够有效地控制细颗粒流失。在高边坡区域通常会设置仰斜式排水孔或复式渗沟,配合三维植被网护坡,也能够起到预防水土流失的效果。

除此之外,在特殊地质下的公路路基施工需要做好施工过程控制和监测工作。利用好新型施工技术手段和高性能环保材料,如将无人机巡检与BIM模型等智能化技术用于实时监控边坡位移与排水系统效能,预警潜在风险,以及使用轻质泡沫混凝土用于填筑,使用聚酯玻纤布配合钢塑格栅用于拼接缝加固,提升新旧路基衔接部位的抗剪强度。

特殊路基处理技术的应用需要综合考虑地质条件的适应性、工艺精准性,并兼顾生态的可持续性,以科学的多技术协同和全周期管理,实现复杂地质条件下路基工程的安全性及长效性。

4 公路工程路基施工质量控制与创新

公路工程路基施工质量控制与创新是保障道路结构稳定性,延长公路使用寿命的必然举措,也是现代化公路施工工艺进步和发展的必然方向。需要以传统工艺的优化为基础,积极推动先进技术的融合,将新技术、新理念贯穿于公路设计、施工、监测全周期管理。

4.1 公路工程路基施工质量控制

公路工程路基施工的质量控制主要集中在两大核心点,即材料和工艺。用于路基填充的材料必须经过CBR值、液塑限等试验的严格筛选,其中的有机土、腐殖质等不合格材料要完全清除出去。在施工工艺上,要尤其注意施工设备的选择,施工顺序的设计等关键

点^[6]。另外,在一些特殊施工部位,如填挖交界处进行施工,要选择有针对性的加固和防范措施,留下一定的容错和修整空间。

4.2 公路工程路基施工技术创新

当前,公路工程路基施工的技术创新主要在数字化技术应用和高性能材料研发两个方向。数字化技术的应用,如使用BIM与GIS的结合实现三维协同设计与地质数据可视化,提高施工方案设计精度和效率。以及在施工过程中使用全自动导向压路机、激光摊铺机等智能建造装备,可以根据北斗定位系统的信息与传感器实时地采集压实度、摊铺厚度等参数,结合数字化平台实现施工作业的人机互动,能够大幅度提高路基施工的均匀性与稳定性。除此之外,在公路路基的质量管控中,已经开始普遍使用无人机航拍和卫星遥感技术,对边坡位移与路基沉降进行监测,以指导施工进度调整。

高性能材料的引入大幅提升了路基的力学性能与耐久性。例如:轻质泡沫混凝土通过掺入发泡剂形成多孔结构,整体密度和重量明显降低,显著降低了地基的荷载压力,还具有良好的保温与抗震性能。生态混凝土采用再生骨料与低碳胶凝材料,既能够满足工程防水排涝的功能性需求,又能够促进植被生长,满足工程建设的绿色环保要求。

5 结束语

公路工程路基施工技术研究关系到我国社会经济的稳定发展。通过数字化平台整合设计、施工、养护数据,构建路基全生命周期性能预测模型,推动行业向高效、低碳、高精度方向持续升级。未来,公路工程路基施工会持续聚焦施工的智能化、环保化与标准化,以更智能的施工工具、更环保的施工材料和更严格的监管推动公路工程施工的进一步发展。

参考文献:

- [1] 乔晓倩.公路工程路基沉降及翻浆处理施工技术要点[J].运输经理世界,2024(35):49-51.
- [2] 冯占昭.公路工程中填石路基施工技术的应用要点[J].运输经理世界,2024(20):28-30.
- [3] 王伟.公路工程高填方路基施工技术要点及质量控制措施分析[J].运输经理世界,2024(14):5-7.
- [4] 贾亚红.公路工程膨胀土路基施工技术要点研究[J].运输经理世界,2024(04):159-161.
- [5] 李振虎.公路工程施工中路基加固处理的工艺与技术要点[J].交通建设与管理,2023(06):142-144.
- [6] 石海琴.公路工程路基施工技术要点[J].大众标准化,2023(12):67-69.