

公路工程路基防护施工技术要点分析

陈宣任

(四川川交路桥有限责任公司, 四川 广汉 618300)

摘要 为了提高路基结构稳定性,降低雨水冲刷、边坡失稳及渗蚀破坏等风险,本文首先分析公路工程路基防护施工技术的重要意义,接着研究路基防护技术要点,包括植物防护、骨架植物防护等核心技术,系统分析其施工工艺要点与适配场景。结果表明,通过科学配置边坡防护结构体系,可增强路基抗冲刷能力,同时提高防护结构耐久性。施工单位系统落实路基防护施工技术要点,可以建立稳定的公路路基结构,有利于道路长期安全运行。

关键词 公路工程;路基防护;植物防护;骨架植物防护;工程防护

中图分类号:U416

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.15.015

0 引言

《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》明确要求推动公路交通高质量发展,着力提升交通基础设施质量与安全韧性水平。在此要求下,公路工程建设环节需引导施工单位加强公路基础结构耐久性建设,提高路基边坡稳定能力,完善排水防护体系,推动公路工程建设质量持续提升。基于此,施工单位科学配置防护结构形式,合理组织防护施工工序,可以有效削弱雨水侵蚀及地表径流冲刷影响,维护边坡结构稳定状态,延长公路工程使用周期,从而能够提高公路工程结构安全水平。

1 公路工程路基防护施工技术的重要意义

1.1 稳固路基结构基础

公路工程的路基结构长期在露天环境下运行,容易受自然因素影响而产生质量问题。首先,雨水冲刷是较为常见的自然环境危害因素,尤其降雨量较大的季节,如果路基结构长期受雨水冲刷就会加快土体流失速度,甚至引发边坡坍塌事故^[1]。施工单位科学实施路基防护施工技术,可以在边坡表层形成一个稳定的防护结构,抑制雨水侵蚀作用持续发展,同时能够稳定坡体表层土体结构,有利于路基承载基础保持完整状态。同时,施工单位利用浆砌片石防护等结构形式,建立稳定的表层覆盖体系,能够增强边坡抗冲刷能力,减少径流剥离坡体表层颗粒的影响,保证坡体结构维持稳定受力状态。完善的防护层结构可以减弱降雨入渗深度,控制水分在土体内部的迁移路径,如此便能够避免含水量快速升高致使土体抗剪强度下降。施工

单位布设边沟、截水沟及排水盲沟等排水设施,可以有效调控坡体内部水压,维持稳定的路基结构。结构稳定性提升之后,路基承载体系便会更加均衡,有利于路基内部应力分布保持连续稳定,从而持续增强整体结构承载能力。

1.2 抵御雨水冲刷侵蚀

雨水沿坡面汇流时会形成具有一定冲击力的径流通道,逐渐剥离坡体表层土粒,致使局部区域出现细沟状冲蚀形态,而且冲刷过程持续发展后将会形成更深的冲沟结构,进而削弱坡体的整体稳定状态^[2]。施工单位在坡面建立稳定的防护层结构,让坡面表层形成具有抗冲蚀能力的保护体系,从而有效削减雨水冲击能量。浆砌片石护坡结构借助石材密实拼砌形成连续防护面层,能够承受坡面径流的冲击作用,避免雨水直接接触土体颗粒,有利于坡面保持稳定状态。混凝土预制块护坡凭借块体咬合结构形成规则稳定面层,能够保证结构表面具有较高的抗冲刷能力,同时可以促使坡面水流均匀分散,减少集中汇流冲击局部坡面的压力。与此同时,施工单位利用表层结构强化坡面稳定,还借助完善排水体系控制雨水运动路径,其中截水沟沿坡顶布设后可以及时拦截上部汇水,减弱坡面水流规模,而坡脚排水沟与盲沟结构则承担水流导排功能,有利于雨水沿既定通道迅速排出路基结构区域,避免水流滞留坡体内部,降低降雨条件侵蚀路基结构的影响。

1.3 优化排水防护体系

鉴于路基结构长期处于自然降雨、地下水活动及地表径流影响环境,雨水沿坡面渗入土体后,会逐渐

作者简介:陈宣任(1990-),男,本科,工程师,研究方向:道路与桥梁。

改变土体内部含水率,若水分持续聚集,就会明显减弱土颗粒之间的摩阻力,降低抗剪强度,进而影响坡体稳定条件^[3]。通过建立排水防护体系,沿坡顶布设截水沟,能够有效控制上部汇水方向,避免大量降雨直接进入坡体结构区域,有利于从源头减弱水流冲击坡面的压力。施工单位布置坡面急流槽顺坡,沿专用导流通道迅速向下排泄雨水,可以有效调控水流速度,保持坡面的稳定结构。同时,施工单位布设坡脚排水沟,可以沿稳定沟槽系统将雨水持续排出路基范围,防止水流长期滞留坡脚部位而引发坡体软化现象。施工单位设置盲沟结构的透水材料层与反滤层结构,有利于地下水顺利进入排水通道并沿既定方向导出路基结构区域,从而持续调节土体内部孔隙水压力。除此之外,排水设施与防护结构之间形成连续稳定体系,可以利用预留排水孔顺利排出浆砌片石护坡结构表面水流,保证混凝土框格防护结构内部植被根系与土体形成稳定结合层,能够沿排水路径释放坡面水分。

1.4 提高运行安全水平

建立稳定可靠的边坡保护体系,能够保持稳定的坡体结构,为公路交通运行提供安全基础条件^[4]。边坡防护结构覆盖坡面后,坡体表层可以形成具有较高强度的保护层,避免坡面结构直接承受雨水冲刷作用,有利于土体结构保持紧密状态,如此车辆荷载可以在路基内部形成稳定传递路径,从而维持安全的公路运行环境。防护结构稳定存在后,可以有效控制边坡区域潜在失稳因素,增强路基结构整体稳定性。其中,浆砌片石护坡结构凭借石材拼砌会形成连续刚性面层,可以有效抵御外界环境冲击,保持稳定的坡体表层形态。混凝土框格护坡利用规则框架结构锁定坡面土体,能够让边坡形成稳定结构单元,减少坡体表层土体松散现象。另外,生态防护体系在植被根系与土体之间形成加筋结构,可以稳固坡体内部结构,增强抗剪能力,提高公路工程整体安全水平。

2 公路工程路基防护施工技术要点

2.1 植物防护

整形压实坡面后,需要改良处理表层土体,掺入腐殖质土壤及有机基质来增强土壤肥力,让坡面土壤形成较为稳定的团粒结构,为植被生长创造良好条件。为保证植物根系顺利穿透表层并进入坡体内部,应将坡面表层土壤厚度控制在10~15 cm范围之内,保持土体含水率在适宜区间,促使坡面表层形成具有加筋效应的稳定结构体系,从而提高边坡抗剪能力^[5]。同时,需要将草本植物根系密集控制在0~20 cm土层

范围内,如此可有效固定表层土体结构,减弱雨滴冲击产生的土粒剥离现象,其中坡面植被覆盖率达到85%以上时,能够降低雨水径流速度,减少坡面土壤侵蚀量。除此之外,植物防护施工阶段需要严格控制播种密度,控制播种密度在30~40 g/m²范围,维持适宜土壤湿度,保证草籽在坡面均匀分布并快速发芽,常用护坡草种包括狗牙根、早熟禾等耐旱型草本植物,此类植物根系发达,且生长周期稳定,可以短期内形成连续植被层。

2.2 骨架植物防护

整形处理坡面后,施工单位需要依据边坡坡率布设骨架结构,将骨架框格间距控制在2.0~3.0 m范围,保持框格梁宽度在30~40 cm之间,把骨架梁高度维持在25~30 cm区间,且常见结构形式包括混凝土框格骨架及浆砌片石骨架,如此可保持稳定坡面表层的结构状态,减少坡面土体出现整体转移现象。骨架结构施工后,应回填改良土壤来满足植被生长条件,将回填土层厚度保持在10~15 cm范围,并在土壤中适量加入腐殖质基质以增加土体肥力,以保证草本植物能够快速生长。为促进坡面植被能够在较短周期内形成连续覆盖结构,可以在框格区域播撒耐旱型草本植物种子,控制播种密度在30~40 g/m²范围,常见草种包括高羊茅、黑麦草及狗牙根等,植被根系逐渐延伸进入坡体内部后,土体颗粒之间便可形成稳定结合结构。另外,骨架结构在坡面形成稳定支撑后,可以调控降雨产生的地表径流,水流分散流动,减弱冲刷能量,让坡面土体结构保持稳定形态。

2.3 工程防护

施工单位需按照坡率与地质条件选择合适的防护结构形式,借助浆砌片石护坡、混凝土预制块护坡及重力式挡土结构构建稳定的支护体系,压实平整表层土体,让坡面结构形成均匀受力基础,同时需要保证基础承载能力满足防护结构稳定要求。为了让护坡结构形成整体稳定结构层,施工单位应将浆砌片石护坡结构设置在坡率较缓区域,把石材尺寸控制在20~30 cm范围,保持砌筑厚度在30~40 cm区间,如此石材结构便可形成紧密稳定面层。同时,鉴于混凝土预制块护坡结构适用于坡率较陡区域,可以控制预制块厚度在10~15 cm范围,保持块体之间的稳定咬合关系,并在护坡结构底部设置碎石垫层,把垫层厚度控制在10~15 cm区间,以此增强坡面排水能力,避免雨水在护坡结构内部形成滞水现象。如此一来,防护结构可以承受外界环境冲击,避免坡体表层受雨水冲刷影响进而维持边坡结构的长期可靠形态,持续增强路基整体承载能力。

2.4 沿河路基防护

由于沿河路基长期处于水流冲刷与水位变化交互影响环境中,坡脚区域承受持续水动力作用,易侵蚀破坏土体结构,影响路基稳定条件,施工单位需要建立稳定防护结构,削弱河流冲刷能量,保持稳定的路基边坡形态。为保证坡脚区域具备较强抗冲刷能力,坡脚区域可以设置浆砌片石护坡结构,将石料粒径控制在 20~40 cm 范围,把砌筑厚度保持在 40~50 cm 区间,并采用水泥砂浆填充石料,形成整体稳固结构层。与此同时,施工单位可以采用干砌块石或混凝土护坡体系,利用连续铺设方式覆盖坡面区域,防止河水冲击作用直接接触土体结构,期间干砌块石结构依靠石料之间形成稳定嵌挤关系,能够让坡面结构稳定。需要注意的是,块石粒径应控制在 25~35 cm 范围,保持护坡厚度在 35~45 cm 区间,并在坡脚区域设置抛石防冲结构,在河床范围铺设粒径 30~50 cm 块石,以减弱水流冲击能量。另外,沿河路基防护体系需要与排水设施形成协同结构,以顺利排出坡体内部水分,同时布设反滤层结构,保持反滤材料粒径在 5~20 mm 范围,促使坡体内部水分能够顺利凭借反滤层排出结构外部,避免细颗粒土体随水流流失。

2.5 柔性防护

柔性防护技术是利用高强度柔性材料与锚固体系协同作用,对路基边坡形成具有延展性能的稳定防护结构,以保持坡体的稳定形态,这需要施工单位依据坡面高度与坡率布设柔性防护体系,常见结构形式包括主动防护网及被动防护网。其中,主动防护系统利用钢丝绳网与高强度钢丝网覆盖坡面区域,采用直径 8~10 mm 高强度镀锌钢丝绳编织钢丝绳网结构,将网格尺寸保持在 300~350 mm 范围,如此可保证坡体表层形成连续稳定防护层。这样一来,钢丝绳控制锚杆长度在 2.0~3.5 m 区间,借助锚杆体系与坡体内部形成稳定连接关系,促使锚固深度进入稳定岩土层。钢丝绳网覆盖坡面后,岩土体与网体之间会形成紧密接触关系,能够避免坡面颗粒发生滑移,当坡面局部结构出现轻微位移时,网体结构可以随坡面形态变化而调整张力分布,促使坡面结构保持稳定受力状态。值得注意的是,施工单位要热镀锌防腐处理钢丝绳表面,保持镀锌层厚度在 80 μm 以上,以保证材料维持长期稳定性能。除此之外,柔性防护系统施工过程需要保证锚杆布设密度符合设计要求,把锚杆间距控制在 2.0~2.5 m 范围,利用专用卡具固定钢丝绳在锚杆的

连接点位置,并借助张拉装置调节整体张力,促使网体紧密贴合坡面结构。

2.6 抗滑桩防护

分析边坡稳定性后,施工单位需要依据滑坡体规模与滑移面深度确定抗滑桩布设位置,利用桩体结构对滑体形成横向阻挡作用,采用钢筋混凝土结构,把桩径控制在 1.2~1.8 m 范围,保持桩间距在 3.0~5.0 m 区间,如此桩体结构便可以形成连续稳定支撑体系。为了有效抑制滑移趋势,施工单位需要让桩体长度穿越潜在滑移面并进入稳定岩层区域,且埋入深度一般达到 3.0~6.0 m,保证桩体底部具备可靠锚固条件。同时,桩体截面应采用矩形或圆形结构,保持混凝土强度等级在 C30 以上,并在桩体内部配置纵向钢筋与箍筋结构,将纵筋直径控制在 20~28 mm 区间,这样有利于桩体在承受侧向推力时能够维持结构稳定形态。另外,施工单位可让桩体上部与冠梁结构连接,冠梁宽度控制在 1.0~1.5 m 范围,促使各桩之间形成整体稳定体系,从而均匀分散坡体滑动力,保持路基边坡的可靠稳定结构,为公路工程运行基础提供坚实的支撑。

3 结束语

构建完善的公路工程路基防护施工体系,有利于让边坡结构保持稳定状态,维护公路工程运行安全。施工单位需要进一步强化防护技术精细化应用,利用智能监测手段提高防护结构设计精度,同时协同发展生态型防护技术与工程结构,保证路基防护体系兼具稳定性能与环境适应能力,从而推动现代公路工程安全运行。同时,施工单位还应创新防护材料,选择高性能的防护材料,降低施工成本,提高工程的可持续性,并定期维护防护设施,保证防护体系长期稳定运行,避免自然灾害或突发事件威胁公路工程安全。

参考文献:

- [1] 苏信辉.公路工程路基防护工程施工技术要点分析[J].汽车周刊,2025(07):149-151.
- [2] 郭强.公路工程路基防护施工技术要点分析[J].建筑机械,2025(05):92-94,100.
- [3] 李晓亮.公路工程路基与路面施工技术核心要点分析[J].交通建设与管理,2025(02):153-155.
- [4] 南海涛.路基防护与排水施工技术在高速公路工程中的运用分析[J].科技资讯,2024,22(14):151-153.
- [5] 孙美华.公路工程路基防护施工技术分析[J].中国高科技,2023(02):62-63,66.