

公路工程路基防护工程施工技术的研究

张浩昌

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830010

摘 要:公路线路穿越山地丘陵区域,地形、岩土水文、物料机具以及现场操作层面的各类条件,都会给路基防护施工带来多重阻碍。坡面、冲刷、支挡及组合防护手段各有适用场景,施工过程中隐蔽部位容易埋下潜在隐患。本文剖析防护施工各类制约条件,划分不同防护技术的应用特点,梳理各环节技术管控要点,从工序、物料机具、方案适配、实操层面提出优化方向,削减施工缺陷,提升路基防护结构的实际工作状态。

关键词:公路路基;边坡防护;防护施工;支挡加固;坡面处置

引言:路基防护用于约束边坡岩土变形,抵御雨水、径流带来的侵蚀破坏,是公路建设不可缺少的组成部分。山地路段边坡形态多变,岩土性质起伏不定,外界各类干扰因素会传导至防护施工作业。防护处置不到位,边坡剥落、滑移问题会逐步显现,直接干扰线路通行稳定。认清各类施工制约条件,分清不同防护技术的适用场景,落实全过程技术管控,能够减少施工缺陷产生,维持边坡所处的稳定状态。

1 公路路基防护施工的影响条件

1.1 沿线地形地貌带来的施工约束

公路线路经常穿越山地与丘陵地带,路基开挖会形成形态各异的边坡临空面^[1]。坡面散落孤石,局部形成陡坎,施工前期就要投入不少精力处理坡面。坡度较大的边坡没有足够作业空间,大型设备很难开到坡面中部,不少施工内容只能依靠人工完成。坡面坑洼起伏,防护构件安放会受到地形阻碍,部分区域需要提前修顺坡面形态。临近沟谷的路段很难开辟顺畅的物料转运通道,物料进场转运阻力偏大。高差突出的边坡遇到降雨,坡面径流流速快,直接冲刷拍打防护构造表层。低矮缓坡位置土体容易发生溜滑,滑移土体会对防护结构形成侧向挤压。

1.2 岩土与水文条件产生的干扰

边坡岩土组分差别较大,碎粒状松散土体颗粒之间粘结能力弱。雨水渗入土层内部,土体发生软化,表层就会出现剥落、掉块现象。岩体破碎的区段遍布裂隙,降雨顺着缝隙渗入岩土深部。裂隙存水之后,岩土原本受力状态被打破。地表径流顺着坡面流动,持续淘刷防护结构的底部基座。边坡内部向外渗出的地下水,不断浸润防护结构背部。渗水点位零散分布,处理不到位就会在防护结构后方积攒积水。边坡内部存在软弱夹层

时,水体侵入夹层,土体发生滑移的概率会有所提升。

1.3 现场作业物料及机具带来的制约

浆砌片石、土工合成材料、喷射混凝土原料品质,直接决定防护构造型质量。片石质地疏松,内部布满裂隙,砌筑成型后的整体稳定性会大打折扣。土工材料存放防护不到位,产生划伤、老化损伤,铺到坡面之后难以发挥应有作用。拌合环节原料配比出现波动,砂浆、混凝土成型品质随之变差。部分边坡工作面机械无法抵达,物料只能依靠人力转运,摊铺砌筑很难维持均匀状态。喷射、砌筑设备部件出现磨损,实际作业输出工况出现偏移。设备通行条件有限,大型机具只能停放在坡顶或者坡脚,能够覆盖的作业范围存在局限。

1.4 现场作业实施层面存在的变量

路基防护包含砌筑、喷射混凝土、土工材料铺筑等多道工序,不同工序实操难度各有不同。坡面清理修整不到位,浮土、松动石块残留在坡面上,为后续施工埋下隐患。作业人员实操水平参差不齐,灰缝填充、挂网喷射这类环节容易出现操作偏差。坡面修整完毕后如果搁置过久才开展防护施工,已经清理干净的面会再次出现岩土坠落。高处作业施展空间有限,人员作业姿态受到束缚,部分细节位置处理不到位。各班组实操手法存在差异,同一道防护工序完成后的施工效果会产生波动。部分坡面隐蔽点位难以顾及,作业产生的缺陷不能够及时发现。

2 公路路基防护主要施工技术类型

2.1 坡面防护类施工技术

坡面防护直接作用于边坡外露表层,抑制岩土风化剥落以及表层溜塌。框格护坡、喷射混凝土、植被喷播都属于该技术范畴。喷射混凝土作业需要把控喷射料的拌合状态,输料管路布设减少弯折弯折,降低管路内部

的物料堵管概率^[2]。现浇混凝土框格护坡,骨架紧贴坡面布设,对表层松散土体形成束缚。植被喷播多用于土质边坡,基材均匀喷洒在坡面上,依靠植物根系缠绕固结表层土体。这类技术适用于坡度相对平缓的边坡,只作用于浅表位置,无法对深部滑移土体形成约束。作业过程需要保证坡面基础清理到位,浮渣清理不彻底会造成防护层和基底出现脱离。

2.2 冲刷防护类施工技术

冲刷防护布置在临近沟河的路基边坡,抵御流水反复淘刷带来的结构损伤。石笼护脚、浆砌片石护面、护坦均为此类常用形式。石笼内部填充质地坚硬的块石,笼体板块之间做好搭接,整体铺放在临水侧坡脚。浆砌片石护面砌筑阶段,预留伸缩缝,缝腔填充柔性填充材料,消解温度变化产生的形变。护坦平铺在坡脚外侧,改变水流流向,削弱水流冲击能量。整套防护重点针对坡脚区域开展处置,边坡中上部的土体变形不在作用范围之内。沟槽部位回填质量不达标,会直接削弱冲刷防护基座的服役条件。

2.3 支挡加固类施工技术

支挡加固依靠刚性构件传递侧向土压力,应对滑移风险较高的边坡区段。锚杆格构、抗滑桩、重力式挡土墙应用较为普遍。锚杆钻进作业把控钻孔姿态,注浆采用配比合格的砂浆,实现框架与岩土体之间的锚固连接。抗滑桩依靠桩体埋入地层的部分约束滑动土体,凭借桩体自身刚度阻挡土体位移。重力式挡土墙依靠自重维持整体稳定,墙底埋入原状地层,墙身布设泄水孔,疏导墙背积存的渗水。钻孔成孔质量偏差,会直接降低锚杆以及抗滑桩实际受力能力。墙后回填物料处置不当,会增大墙体所要承受的土压力。

2.4 综合组合防护施工技术

综合组合防护将多种防护手段搭配使用,适配地质条件复杂的高陡边坡。锚杆格构搭配植生喷播属于常见组合形式,锚杆承担深部锚固任务,喷播材料完成坡面表层覆盖。临水高陡边坡可采取分层布设思路,坡脚安放石笼抵御水流冲刷,坡面实施喷射混凝土作业,坡顶修筑截排水沟槽。截水沟拦截坡面汇水,减少水体向岩土内部下渗。施工推进要理清工序先后,深层加固构件优先完成作业,表层防护紧随其后开展。前期加固结构未成型就开展后续作业,会对构件受力状态造成扰动。不同防护结构衔接位置处理粗糙,后期容易出现渗水、局部开裂。

3 路基防护施工过程中的技术管控要点

3.1 坡面防护作业过程管控

坡面防护开展之前,先要完成坡面清理工作,清除坡面上留存的松动岩块与浮土。局部出现坑洼的坡面,需要使用同类填料修整平顺,避免防护层底部出现悬空^[3]。喷射混凝土作业,要把控混合料拌合质量,控制喷射作业的行进顺序,由下向上逐步推进。喷射作业中断之后再次复工,要处理好新旧喷射层的衔接位置。框格护坡施工,骨架基底要嵌入坡面土层,不能简单浮搁在坡体表面。植被喷播施工,坡面表层不能留存大块碎石,基材要均匀覆盖整个作业坡面。喷播完成之后,表层土体不能直接遭受强降雨水冲刷,减少基材被雨水冲离坡面。坡面局部凹凸没有处理到位,防护层成型后容易出现空鼓开裂。

3.2 冲刷防护作业过程管控

冲刷防护大多集中在路基临水坡脚,基底处理会直接影响整体使用状态。施工开展前清理坡脚位置淤积淤泥与松散堆积物,基底坐落在稳定地层之上。石笼安放作业,块石装填要密实,笼体板块之间拼接严密,缝隙不能出现明显空隙。浆砌片石护面砌筑,片石摆放稳固,灰缝填充饱满,杜绝出现空洞类缺陷。护坦铺设,底层地基不能留存软弱土层,表层石块摆放保持平整。伸缩缝内部填充材料填充密实,不能出现局部空缺。坡脚外侧容易汇集水流,基座周边回填物料要分层处置。基底土层被流水浸泡软化,防护结构后期会发生不均匀沉降。

3.3 支挡结构施工过程管控

锚杆、抗滑桩、挡土墙这类支挡构件,成孔以及基坑开挖属于关键工序。锚杆钻孔作业,维持钻孔方向稳定,孔壁不能出现严重塌孔,孔内渣土清理干净。注浆作业连续进行,孔道内部不能留存气泡与残渣。抗滑桩成孔之后,检查孔壁完整程度,再开展钢筋安放与混凝土浇筑。挡土墙基坑开挖完成,查验基底地层实际情况,软弱土层要做换填处置。墙身砌筑或者浇筑作业,泄水孔通道保持通畅,内部不能被砂浆残渣封堵。墙背回填跟随墙体施工分步推进,回填物料分层铺填压实。基坑孔道出现塌落杂物,没有清理干净就进入下一道工序,构件实际承载能力会出现下降。

3.4 防护工程隐蔽部位作业管控

防护工程大量缺陷产生于隐蔽部位,完工之后很难直接观察检查。锚杆孔道内部注浆饱满程度,框格骨架底部接触状态,石笼基座埋置情况都归为此类。开展表层防护施工之前,复核隐蔽部位作业质量,确认内部处置满足施工条件。锚杆孔口周边封堵处理到位,雨水顺着孔口缝隙向内渗入,会侵蚀孔内注浆体。骨架底部和坡面接触位置,缝隙要用砂浆填实,避免雨水顺着缝隙

持续向内渗透。石笼埋入地下的基底,不能混杂腐殖土以及松散弃土。隐蔽点位作业完成,留存作业记录,把现场真实情况记录留存。隐蔽部位处置留下缺陷,表层防护完成之后,病害会在后期逐步显现。

4 路基防护施工技术实施优化方向

4.1 防护作业工序执行管控调整

路基防护各道工序的推进节奏,直接影响防护结构成型质量^[4]。施工开展前梳理完整作业流程,划分出各个作业阶段的操作边界,明确每一步对应的操作内容。坡面处理作为防护施工的前置环节,清理坡面松散浮土、松动岩块,凹凸位置做修整找平,避免局部出现悬空基面。基面处理完成之后,再开展后续防护结构施作。严格守住工序流转顺序,前一阶段作业完成,完成现场查验,再开启下一部分施工。部分防护结构存在分层作业要求,把控每一层的作业厚度,杜绝一次性厚层填筑或是喷射作业。作业推进过程中标记出容易出现疏漏的点位,岩面裂隙、坡脚转角位置纳入重点检查范围。工序出现中断暂停,复工前复查已完成部位的实际状态,清理表层堆积杂物,确认基面条件满足作业条件,再继续开展施工。压缩不必要的等待间隔,减少裸露基面长时间暴露在外环境,降低雨水冲刷、风化侵蚀带来的不利作用。

4.2 现场物料与机具作业管控

防护工程所用物料进场之后,划定专门存放区域,做好遮挡防护,规避雨水、日晒带来的性能改变。石料类物料剔除风化严重的个体,胶结类物料做好封闭存放,受潮变质物料直接剔除,不投入现场使用。取用物料依照作业区段按需转运,减少物料在作业面长时间堆放。各类施工机具投入使用前完成状态检查,易损耗构件查看磨损程度,磨损超标构件及时更换。喷射、振捣类设备调试运行参数,适配现场坡面实际工况。机具转运至作业点位,完成就位校准,固定牢靠再启动作业。作业间隙及时清理机具内部残留混合料,防止物料凝固堵塞设备内部通道。设备运行出现异常,立刻停止作业,排查故障根源完成处置,再恢复现场施工。记录机具日常检修情况,把设备状态管控贯穿整个施工周期。

4.3 不同防护形式的适配处置

公路沿线地形岩土条件存在差别,防护形式不能照搬统一模式。开展坡面防护作业,观察坡面岩土风化程度,岩土松散的区段强化表层固着处理,稳固坡面基底再开展防护施工。冲刷防护施工,研判水流冲击带来的

影响,调整结构布设范围,让防护结构可以抵御水流侵蚀。支挡类防护施工,把握地基实际受力条件,地基处理到位之后,再向上砌筑支挡主体。遇到地形复杂的区段,单一防护手段难以满足实际需求,组合多种防护方式完成处置。施作过程中留意现场条件变化,实际地质情况和前期预判出现出入,及时调整局部作业方式。各类防护结构衔接位置重点处置,消除结构之间出现的缝隙缺口,避免水流顺着缝隙侵入结构内部。

4.4 现场作业实操过程管控提升

一线作业人员实操水平,左右防护工程最终成型效果。结合防护施工的操作内容,针对现场作业开展实操讲解,把坡面修整、物料装填、喷射作业等操作要点传递给作业人员。纠正凭主观经验开展作业的行为,各项操作依照实际工况落实。施工作业期间,对作业面开展持续性巡查,紧盯关键位点的操作细节。发现操作偏差,第一时间告知作业人员做出修正,不让缺陷遗留下来。高处坡面作业,规范现场操作行为,规避人为操作带来的结构缺陷。隐蔽部位施作阶段,落实现场盯控,结构覆盖封闭之前完成状态核对。作业结束之后,查看防护结构成型状态,局部缺损位置及时修补。把控成型结构的养护条件,减少外界环境对新生结构带来的破坏,保障防护结构可以发挥应有作用。

结束语

路基防护施工会受到地形、水文、物料以及人为操作多重因素影响,各类防护技术有着各自适用边界。坡面、冲刷以及支挡类结构的施工质量,很大程度取决于作业过程管控水平。抓好工序流转,管控物料机具运行状态,结合现场条件选用适配防护手段,规范现场实操细节。重视隐蔽部位的作业核查,把管控要求落实到各个施工环节,减少边坡病害发生,为公路路基构建可靠的防护屏障。

参考文献

- [1] 王天舒. 公路工程路基防护工程施工技术 [J]. 建筑与装饰, 2023(4): 110-112.
- [2] 邓明刚. 公路工程路基防护工程施工技术的研究 [J]. 建材与装饰, 2025, 21(30): 136-138.
- [3] 丁攀. 公路工程路基防护工程施工技术的研究 [J]. 价值工程, 2023, 42(13): 107-109.
- [4] 赵华. 公路工程路基防护工程施工技术研究 [J]. 运输经理世界, 2023(20): 31-33.