

公路工程路基防护施工技术要点分析

杨立岐

承德周道路桥有限公司 河北 承德 067000

摘要：路基是公路工程核心承重结构，其稳定性关乎公路通行安全与使用寿命。公路路基长期暴露于自然环境，受地形、地质、气候等因素影响易遭破坏，防护施工是保障路基稳定、规避病害的关键。本文结合施工实际，分析路基破坏类型与防护需求，阐述圬工、植物、综合及新型防护技术要点，明确质量控制核心与验收标准，提出管控建议，为路基防护施工提供参考，推动公路工程高质量发展。

关键词：公路工程；路基防护；施工技术

引言：我国公路建设发展迅速，覆盖范围扩大，穿越复杂地形的工程增多，路基防护工况更复杂。路基是公路路面承载基础，受行车荷载与自然环境双重作用，防护不当易出现冲刷、坍塌等破坏，影响通行、增加养护成本甚至引发事故。当前路基防护施工技术迭代，但部分工程存在技术选型不合理等问题，本文聚焦施工技术要点，为实际施工提供指导，具工程实践意义。

1 公路工程路基破坏类型与防护需求分析

1.1 路基破坏的主要类型

公路工程路基破坏受地质、气候、行车荷载及施工质量等因素影响，常见类型有四类。其一，坡面冲刷破坏，多见于降雨集中区域，雨水冲刷使坡面岩土流失、形成沟槽，坡度陡、岩土松散路段更易发生，严重时引发坍塌。其二，坡体坍塌与滑坡破坏，因岩土体性质、地形坡度及地下水作用，坡体抗剪强度降低，出现整体或局部下滑，分浅层与深层滑坡，对路基稳定性威胁大。其三，路基沉降与开裂破坏，因基底夯实不足、岩土压缩变形或排水不畅，路基不均匀沉降，产生纵向或横向开裂，影响路面平整与结构完整。其四，冻融与腐蚀破坏，冻融地区水分反复冻融使岩土松散、强度下降；滨海或盐渍化地区，盐分与海水侵蚀路基，降低其耐久性。各类破坏均影响公路使用，需针对性防护^[1]。

1.2 防护技术分类与选型原则

公路工程路基防护技术按功能与材料特性分三大类，适用场景不同。一是圬工防护技术，以砖、石、混凝土等刚性材料为主，用于坡度陡、冲刷强、岩土松散路段，有防护强度高、抗冲刷强等优势，如浆砌片石、混凝土预制块防护等。二是植物防护技术，以植被为核心，靠根系固定坡面、截留雨水，兼具防护与生态效益，适用于坡度缓、岩土稳定路段，如植草、三维植被网、藤蔓植物防护等。三是综合与新型防护技术，结合

圬工与植物优势，或采用新型材料结构，适配复杂工况，如土工格室植被防护、SNS柔性防护网等。选型需遵循四大原则：因地制宜，依地形、地质、气候选适配技术；功能优先，针对破坏类型选型；经济合理，平衡效果与成本；生态环保，优先生态友好型技术，实现工程与生态协同。

2 公路工程路基圬工防护施工技术要点

2.1 浆砌片石防护

浆砌片石防护是公路路基圬工防护中应用最广泛的技术，适用于坡面冲刷严重、岩土松散的路段，施工核心是保证砌筑质量与结构稳定性，关键点如下。施工前需清理坡面，清除松散岩土、杂物，修整坡面至设计坡度，确保坡面平整、稳定，对坡面松动部位进行夯实处理。片石选材需符合规范要求，选用质地坚硬、表面平整、无裂隙的片石，强度与耐久性达标，进场前进行严格检验。砌筑前需提前浇水湿润片石与坡面，采用坐浆法砌筑，砌筑顺序遵循“自下而上、分层砌筑、错缝搭接”，灰缝厚度控制在2-3cm，灰缝饱满度不低于90%，避免通缝、假缝。砌筑过程中需控制坡面平整度与坡度，及时调整片石位置，确保砌筑牢固。砌筑完成后及时进行勾缝处理，勾缝采用水泥砂浆，做到密实、平整，防止雨水渗入。后期需加强养护，养护周期不少于7天，避免砂浆早期开裂，确保防护结构稳定性。

2.2 混凝土预制块防护

混凝土预制块防护属于刚性防护技术，具备施工便捷、防护效果好、耐久性强的优势，适用于坡度较陡、降雨集中的路基坡面，施工技术要点重点关注预制与铺设两个环节。预制块制作需严格按照设计图纸要求，控制尺寸、强度与外观质量，选用符合标准的混凝土原材料，优化配合比，确保混凝土强度达标。预制过程中采用标准化模具，振捣密实，避免出现蜂窝、麻面、裂缝

等缺陷,养护至设计强度后方可进场使用。施工前清理修整坡面,夯实基底,确保坡面平整、坡度符合设计要求,必要时铺设反滤层,防止坡面水土流失。铺设过程中,预制块采用错缝铺设,搭接宽度控制在5-10cm,铺设顺序自下而上,逐层推进,铺设平整、牢固,避免出现松动、倾斜现象。铺设完成后,对预制块缝隙进行填充,采用水泥砂浆勾缝或填塞柔性材料,防止雨水渗入坡面,后期加强养护,定期检查预制块完整性,及时修复破损部位,确保防护效果。

2.3 锚杆(索)框架梁防护

锚杆(索)框架梁防护适用于岩质边坡、风化岩边坡及存在滑坡隐患的路段,通过锚杆(索)固定坡体,结合框架梁分散应力,提升坡体稳定性,施工技术要点复杂,需严格控制各环节质量。施工前清理坡面,清除松散岩土与危石,修整坡面至设计坡度,测量放线确定锚杆(索)孔位与框架梁位置,做好标记。钻孔施工需选用高精度钻孔机,严格控制孔径、孔深与倾角,符合设计要求,钻孔完成后清理孔道,去除孔内杂物与浮尘,确保孔道干净、顺畅^[2]。锚杆(索)安装前需检查外观质量,确保无锈蚀、损伤,安装时缓慢放入孔道,到位后进行注浆处理,注浆采用高压注浆技术,确保注浆饱满度,注浆材料选用水泥砂浆或水泥浆,强度达标。框架梁施工需绑扎钢筋、安装模板,钢筋规格、间距符合设计要求,模板安装牢固、密封性好,浇筑混凝土时振捣密实,养护至设计强度后拆除模板。最后进行锚杆(索)张拉锁定,控制张拉应力符合设计标准,确保锚固效果,后期定期监测锚固力,及时调整维护。

3 公路工程路基植物防护施工技术要点

3.1 植草防护

植草防护是最基础的植物防护技术,适用于坡度较缓(小于30°)、岩土稳定性较好、降雨适中的路基坡面,具备生态环保、施工简便、成本较低的优势,施工要点重点关注草种选择、坡面处理与后期养护。草种选择需遵循适配性原则,选用耐旱、耐贫瘠、根系发达、发芽率高的品种,结合当地气候与土壤条件,优先选用本土草种,确保植被成活率。施工前清理坡面,清除松散岩土、杂物与杂草,修整坡面至平整,对坡面进行松土处理,改善土壤透气性,必要时铺设客土,提升土壤肥力。植草施工可采用喷播或撒播方式,喷播需优化基材配比,将草种、土壤、肥料、粘合剂混合均匀,喷播厚度控制在2-3cm,确保喷播均匀;撒播需控制草种用量,均匀撒播后覆盖薄土,轻轻压实。施工完成后及时浇水养护,保持坡面湿润,定期施肥、清除杂草、防治

病虫害,确保草种发芽率与成活率,待植被覆盖度达到85%以上,完成植草防护施工,实现坡面防护与生态绿化双重效果。

3.2 三维植被网防护

三维植被网防护是结合植被与土工材料的生态防护技术,适用于坡度较陡(30°-45°)、岩土松散的坡面,通过三维植被网固定坡面土壤、保护植被,提升防护效果,施工技术要点如下。施工前清理修整坡面,清除松散岩土、杂物,夯实坡面,确保坡面平整、稳定,坡度符合设计要求,对坡面进行松土处理,必要时铺设客土,改善土壤条件。三维植被网选用高强度、耐腐蚀、抗老化的土工材料,进场前进行质量检验,确保符合规范要求。铺设时,植被网自下而上铺设,搭接宽度控制在10-15cm,搭接处采用锚杆固定,锚杆间距1-1.5m,确保植被网铺设牢固、平整,与坡面紧密贴合,避免出现松动、褶皱现象。铺设完成后,在植被网内覆盖客土,厚度控制在3-5cm,覆盖均匀,然后进行喷播植草,选用适配草种,喷播均匀,确保草种与土壤充分结合。后期加强养护,及时浇水、施肥、防治病虫害,促进草种发芽生长,待植被根系与三维植被网、坡面土壤紧密结合,形成稳定的防护体系^[3]。

3.3 藤蔓植物防护

藤蔓植物防护适用于路基边坡、坡脚及挡土墙墙面防护,通过藤蔓植物的攀援生长,覆盖坡面与墙体,实现防护与生态绿化的双重效果,适用于各类坡度适中的路段,施工要点重点关注苗木选择、种植与牵引养护。苗木选择需选用攀援能力强、生长速度快、耐旱耐贫瘠、适应性强的藤蔓品种,结合当地气候与土壤条件,选用健康无病虫害的苗木,苗木规格符合设计要求。施工前清理种植区域,清除杂物、杂草与松散岩土,修整种植场地,对土壤进行松土、施肥处理,改善土壤肥力,确保苗木生长条件。种植施工可采用挖坑种植方式,坑径与坑深根据苗木规格确定,一般坑径30-40cm、坑深25-35cm,种植密度控制在每平方米2-3株,种植时扶正苗木,回填土壤并夯实,浇足定根水。后期加强养护,定期浇水、施肥、修剪,防治病虫害,及时清除杂草,促进藤蔓快速生长,确保植被覆盖均匀,形成稳定的防护体系,提升路基防护效果与生态效益。

4 综合防护与新型防护技术要点

4.1 土工格室植被防护

土工格室植被防护融合土工与植物防护优势,适用于坡度陡、岩土松散、水土流失严重路段。施工前清理修整坡面,清除杂物、夯实并松土,必要时铺客土改善

条件。选用高强度、耐腐蚀、抗老化的土工格室，进场检验确保达标。铺设时先铺反滤层，再自下而上展开格室，搭接约 10cm，用锚杆固定，间距 1 - 1.2m，保证牢固平整。填充客土密实均匀后喷播适配草种，确保发芽率。后期加强养护，及时浇水、施肥、防治病虫害，待植被根系与格室、土壤紧密结合，形成稳定防护体系，有效防止水土流失与坍塌。

4.2 柔性防护网（SNS 系统）

柔性防护网（SNS 系统）是新型被动防护技术，适用于岩质、风化岩边坡及易有危石坠落、滑坡路段，柔性好、抗冲击强、施工便捷。施工前清理坡面，排查隐患，测量放线确定位置。锚杆施工用高精度钻孔机，控制孔径、深、倾角，注浆确保锚固力。支撑绳用高强度钢丝绳，固定在锚杆上，控制张力。网体选高强度、耐腐蚀钢丝绳网，展开覆盖坡面，搭接 10 - 15cm 用卡扣固定。安装后检查完整性、锚固可靠性，后期定期巡查维护，修复破损网体。

4.3 生态袋防护

生态袋防护是新型生态技术，适用于各类复杂坡面，尤其坡度陡、岩土松散、水土流失严重路段。生态袋选高强度、耐腐蚀、可降解环保材料，填充适配土壤、草种、肥料混合物，密实无空鼓后密封。施工前清理修整坡面，必要时铺反滤层。铺设时自下而上分层，错缝搭接 10 - 15cm，绑扎固定，控制平整度与坡度。铺设后喷洒水分促草种发芽，后期加强养护，定期浇水、施肥、防治病虫害，确保成活率，待植被成型，形成稳定防护体系，提升路基稳定性与生态保护效果。

5 路基防护施工质量控制与验收标准

5.1 质量控制要点

路基防护施工质量控制贯穿全程，核心在于把控材料、工艺与参数，保障防护结构稳定、效果达标。材料上，严格检验各类防护材料，圬工、土工材料及苗木、草种等都要符合设计与行业规范，不合格者严禁入场，同时做好储存管理防变质损坏。工艺方面，针对不同防护技术，严格遵循规范与要点，把控坡面清理、基底处理等各工序质量，杜绝违规操作，确保标准化施工。参数上，按设计图纸要求，严格控制砌筑灰缝厚度、钻孔精度等关键参数，及时监测调整。过程中，建立自检、互检、交接检制度，安排专人全程旁站，及时发现并整

改质量隐患，形成闭环，同时加强安全管控，避免事故影响质量^[4]。

5.2 验收标准与检测方法

路基防护施工验收需严格遵循行业规范与设计要求，分阶段验收与竣工验收相结合，确保防护施工质量达标，验收标准与检测方法如下。坡面清理需平整、无松散岩土与杂物，坡度符合设计要求；圬工防护砌筑牢固、灰缝饱满，无通缝、假缝，强度达标；锚杆（索）锚固力符合设计标准，框架梁混凝土强度达标、外观无缺陷；植物防护植被成活率不低于85%，覆盖均匀，生长良好；新型防护技术网体、生态袋、土工格室等铺设牢固，贴合坡面，无松动、破损现象。采用直观检查法，检查坡面平整度、砌筑质量、网体完整性等外观指标；采用仪器检测法，检测锚杆锚固力、混凝土强度、注浆饱满度等关键指标，选用符合标准的检测仪器，确保检测数据准确；采用抽样检测法，对材料质量、施工参数进行抽样检测，抽样比例符合规范要求；验收过程中详细记录检测数据与验收结果，形成验收档案，验收合格后方可进入下一工序或交付使用，不合格部位需限期整改，重新验收直至达标。

结束语

路基防护施工是公路工程建设中的关键环节，直接关系到公路路基稳定性、通行安全与使用寿命，针对不同路基破坏类型，科学选用防护技术、严格把控施工要点，是提升防护施工质量的核心。未来，需结合复杂工况不断优化施工技术，完善质量管控体系，注重生态环保与长效防护，不断提升路基防护施工质量与技术水平，为公路工程高质量发展提供有力保障，推动公路建设与生态环境协同发展。

参考文献

- [1]郭强.公路工程路基防护施工技术要点分析[J].建筑机械,2025(5):92-94,100.
- [2]孙美华.公路工程路基防护施工技术分析[J].中国高新技术,2023(2):62-63,66.
- [3]徐亨杰.基于公路工程路基路面施工技术的施工管理分析[J].运输经理世界,2025(14):46-48.
- [4]马玉宏.公路路基边坡防护工程施工技术应用[J].工程技术研究,2025,10(20):68-70.