

岩质高边坡治理技术研究

袁性涵

(中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司, 重庆 400000)

摘要:近年来, 社会经济发展迅速, 工程建设数量与建设成本不断增加, 技术应用范围随之扩大, 这无疑增加工程的建设难度, 岩质高边坡呈现日益增长的趋势。岩质高边坡因具有受力原理复杂、影响其稳定性的因素较多、高边坡工程施工技术繁杂、高边坡失稳后对社会的危害性较大等特点, 岩质高边坡的稳定性成为影响工程质量的关键。本文对岩质高边坡失稳的原因和治理技术进行分析, 根据实际情况, 对岩质高边坡治理技术实施措施进行研讨。

关键词:岩质高边坡; 治理技术; 失稳
中图分类号: U418.9 **文献标志码:** A



在许多工程项目建设过程中, 不稳定边坡威胁工程项目的安全, 预应力锚索可以有效加固边坡, 提高边坡的稳定性, 主要利用经过特殊处理的双绞线形成主动应力结构, 提高边坡岩土体强度以及边坡稳定性。预应力锚索不仅借助预拉力的作用使边坡岩土体内部结构处于密实稳定状态, 提高岩体的完整性和稳定性, 还可以利用锚索提高岩土体的抗滑能力, 使边坡土体更加稳定。该技术在边坡治理工程中具有良好的经济性、可靠性和先进性, 值得推广应用。随着岩土工程项目逐年增多, 柔性防护网、喷射混凝土技术、喷混植生技术在岩质高边坡的防护中逐步成熟, 确保岩土工程的安全、优质。

1 岩质高边坡失稳原因分析

岩质高边坡因地质构造运动、风化、边坡施工等, 在岩体内产生不同程度的破裂和错位, 这些变形特征由小变大, 由少变多, 经过长期或短暂的组合, 逐步发展为岩质边坡的失稳。岩质高边失稳主要分为崩塌和滑坡。

在高陡的岩质边坡前缘, 被破裂面切割的岩块与母体分离, 向前翻滚而下的现象称为崩塌。崩塌形成的原因主要是岩体存在与坡面平行的外倾破裂面, 当结构面岩体向外的倾覆力大于抗倾覆力时, 岩体会沿破裂面整体脱落, 造成岩质高边坡崩塌。影响岩质高边坡崩塌的外在因素主要有: 地震引起边坡体振动, 对裂隙面外岩体施加向外的水平力, 造成岩体崩塌;

充填降雨在岩体裂隙, 对裂隙面外岩体施加静水压力或动水压力, 同时降雨造成岩体自重增加, 倾覆力增大造成边坡失稳; 人类活动如坡顶堆载、开挖坡脚、爆破振动等均可造成岩质边坡的崩塌。

在长期自重应力和突变外部因素的共同作用下, 岩质高边坡沿岩体内部的软弱结构面发生整体滑动和滚动, 称为滑坡。滑坡的破裂面会发育, 可以延伸到边坡乃至坡脚, 滑体与母岩会发生明显的错位。岩质高边坡滑坡的原理是由于岩体中滑动面的抗剪能力急剧下降或剪应力急剧增加, 导致滑动面的滑动力大于抗滑力, 边坡失稳。根据滑动面的形状, 岩质高边坡滑坡可分为平面滑动、楔体滑动和圆弧滑动。平面滑动通常发生在硬岩顺层边坡的同一方向, 结构面倾角小于边坡角。楔体滑动是由于两个软弱结构面在坡面上斜行, 交线暴露在坡面上形成的。当交线倾角大于岩体内摩擦角时, 岩体常发生楔形体滑动。圆弧滑动的滑动面为圆弧形, 通常发生在均质软岩中, 一般没有明显的向外倾斜结构面, 当岩体软弱或非常破碎时, 岩体中会出现类似黏性土的弧形滑动, 滑动面的抗剪强度小于剪切力, 导致岩质高边坡整体呈弧形滑动。

岩质高边坡会受到很多因素的影响, 难以确保其稳定性, 对其稳定性的评价是复杂的系统工程, 采用简化的理论分析方法和数值模拟法计算其稳定性对岩土体、破裂面参数依赖性较大, 其稳定性的精准性与

地勘成果的可靠性关系密切，这需要地勘人员有丰富的勘察设计经验，同时设计人员需要具有深厚的地勘知识储备，这样才能保证边坡支护设计的合理性^[1]。

2 岩质高边坡治理技术分析

基于岩质高边坡的特殊性，需要从实际出发，了解不同岩质高边坡的特征，结合工程实践需求，选择适当的治理方式。以下将对岩质高边坡治理技术进行分析。

2.1 锚固技术

岩质高边坡的处理技术趋于多样化，需要根据实际情况采取合适的措施。由于岩体中存在断层、裂缝和夹层结构，为保证岩质高边坡的稳定性，考虑岩体本身的固体特性，可采用锚杆或锚索有效加固岩质高边坡。在加固过程中，有必要阐明加固处理技术的特点。由于岩体中断层和软弱层结构的位置与边坡有一定距离，因此需要采取加固措施深入岩体内部，不破坏岩体的完整性，这对岩质高边坡的稳定性产生不利影响。常规软岩或硬岩的锚固深度约20 m。在众多的预应力锚固形式中，预应力锚杆或锚索以简单的操作和施工被广泛应用。特别是在加筋高边坡上，可以突出这种运行方式的优点。

预应力锚索对大吨位张拉所需的松散岩质高边坡的加固非常有效，主要用于加固边坡上大型不稳定的块体，限制卸荷和爆破造成的大范围破坏区域进一步发展和恶化，改善高边坡岩体的应力、变形条件和稳定性。锚索长度为20~50 m，设计锚固力为600~1000 kN。此外，预应力锚杆和锚索锚固技术是可行的技术。预应力锚固技术的原理主要是利用高强度钢或钢绞线穿过岩体结构面，使结构处于受拉状态，提高加固岩体的强度，达到改变岩石预应力的目的。结构面较远时采用锚索，距离较近时采用锚杆。岩质高边坡地质构造复杂，以锚索为主。此外，预应力锚固技术与传统的挡土墙和抗滑桩技术还有一定差距。预应力锚固技术具有主动防护的特点。由于岩体扰动小，施工程序简单，技术人员需要掌握技术操作要点，灵活运用加固技术。

2.2 碎石防护技术

根据岩质高边坡的地形特点，如果一块小石块从高边坡滑下来，石块就会掉到底部，造成很大的危害。岩石的自然脱落、边坡缺乏必要的防护措施以及人为控制不当可能导致边坡产生坍塌，甚至导致其他

物体发生滑动。因此，做好岩质高边坡危岩落石的防护工作十分有必要。如果公路、铁路或重要施工设施的岩质高边坡防护不当，将造成严重破坏。因此，有必要根据实际情况选用合适的处理工艺。SNS（Soft Net System，柔性网系统）是一种栅栏式挡石网系统，利用钢丝绳网覆盖潜在崩塌岩体的边坡，使崩塌岩石沿着边坡滚下或滑下，不会在坡脚外剧烈跳跃，它主要用于崩塌落石频率高、区域集中的高陡边坡的防治，既有效又经济。保护系统的网状材料是钢丝绳。网格尺寸以及支撑绳、锚杆和支撑钢柱的深度应根据边坡高度确定。其主要由钢丝绳网、减压环、支撑绳和钢柱组成。它具有很高的柔韧性，可以分散岩石的能量。SNS技术是一种应用广泛的边坡处理技术，主要分为主动防护系统和被动防护系统。被动防护系统示意图如图1所示。

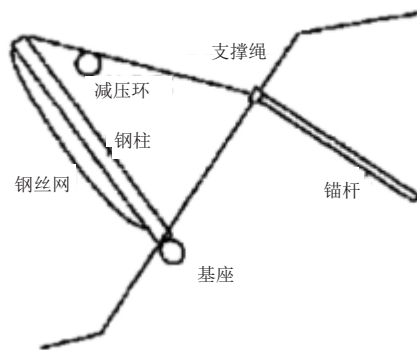


图1 SNS被动防护系统示意图

SNS趋于多样化。整个系统由锚杆、拉力锚索和减压环组成。如果受到石块的冲击，钢丝绳的承载力会降低，冲击力会传递到钢柱上，导致部分强度损失。为缓冲冲击力，应在钢柱和基座之间增加铰链，并在拉式锚索上安装消能元件，这样可以突破原有技术的局限性，减小自身的损伤。SNS不仅能有效防止边坡的坍塌和失稳，还能最大限度地保持地貌特征和地表植被，保护生态环境^[2]。

2.3 喷射混凝土护坡技术

喷射混凝土护坡技术是岩质高边坡治理的核心技术，主要是通过喷射器将预先准备好的水泥、砂、石和一定量的外加剂喷射到岩石表面。该工艺可将混凝土材料充分喷射到岩层中。由于水泥和骨料的反复、持续冲击，混凝土密实，类似于振动压实的功能。由于具有混凝土、岩体和钢筋黏结强度高的特点，这

种支护方法具有较高的机械强度。喷射混凝土防护技术提高岩质边坡的完整性,增强边坡的稳定性。在各种护坡技术中,喷射混凝土护坡技术在生产效率和施工速度方面具有明显优势。这种护坡技术适用于岩性差、强度低、易风化或坚硬岩层风化破碎、节理发育、表面风化剥落的岩质高边坡。不能将结构面向外倾斜的岩质高边坡和不稳定边坡作为整体进行处理。在实际应用中,喷射混凝土常与钢筋网和锚杆一起使用,形成边坡喷射混凝土锚网支护。在岩质高边坡上设置钢筋网,将均匀分布的锚杆固定在岩体上,喷射混凝土后形成锚杆+钢筋网+混凝土的整体支护。这种护坡技术不仅提高岩质边坡的整体性,同时通过锚杆或锚索拉紧岩质边坡的结构面,保证边坡的稳定性。

2.4 既有现场监测

应在岩质高边坡施工现场设置地表位移监测点和裂缝监测点,加强监测,直至施工结束。为防止施工爆破对高边坡产生不利影响,应严格按照监测规范和规程技术进行实施。在施工期间和集中降雨期间(7至9月为边坡稳定的最低时段),应加强监测频率,进行险情预警,指导现场施工,实现安全施工,确保施工现场的安全可控^[3]。

2.5 优化路基设计方案

路基是公路结构体系中的基础部分,同时该部分的质量对路面等其他结构乃至公路整体产生直接影响。公路通常呈带状分布,若过度重视平、纵向指标,则容易由于控制不当而出现深挖、高填现象,导致边坡失稳、路基局部沉降等质量问题的风险增大。因此,桥隧方案是较高填、深挖路基更为可行的选项。例如,在路基中心填方高度>20 m、中心挖方深度>30 m的条件下,可以考虑桥梁、隧道、分离式路基等方案,从安全、技术、经济等层面开展对比分析,选择合适的方案。

2.6 有机基质喷播植草

(1) 坡面清理。首先应根据工程设计要求对边坡的坡率、高度、平整度进行修整,然后清除边坡中的腐殖质、碎石等杂物,确保边坡干净整洁。如果边坡为光滑岩石,应采取开挖横向平行沟渠等相关措施,防止有机基质的下降,促进有机基质与岩石表面有效结合。(2) 安装锚杆。使用的地脚螺栓通常包括长地脚螺栓(3 m长)和短地脚螺栓(2 m

长),它们相互交错。钻孔作业采用风钻进行,钻孔深度应大于孔内锚杆长度约20 cm,灌浆锚固采用M30砂浆。(3) 把铁丝网修好。网格的具体模型为S0/2.2/50,与“纵向和横向钢筋框架”绑定,使其成为整体。在敷设带刺铁丝网过程中,必须拧紧,确保敷设平整。将铁丝网挂在锚杆上,利用接头或铁丝固定。结合实际情况,选择不同厚度的垫块,将格栅与边坡的距离控制在3~5 cm,铁丝网的搭接宽度≥20 cm。此外,有效连接钢丝网与锚杆后,应进行全面、严格的检查,确保钢丝网与边坡成为稳定的整体。(4) 喷涂有机基质。主要含水泥、土壤稳定剂、水、草等材料,通过反复试验确定最佳配比。具体喷涂时,应保证厚度为5 cm,凹凸处无喷涂死角。有机基质喷洒施工完成后,应保证自然干燥,时间应控制在5~11 h内,然后将草籽与表层对齐后进行喷洒和播种。(5) 喷洒草籽。应用水力喷播技术,确定喷播厚度为2 cm。其中,喷雾材料主要包括有利于种子萌发和生长的黏合剂、废料和纸浆纤维。混合器用于实现均匀、充分的混合,形成混合液,然后在高压泵的帮助下将混合液喷洒在斜坡上。(6) 覆盖无纺布和维护管理。草种喷播后,应覆盖一层无纺布,避免雨水冲刷,影响种子生长,减小坡面水分的快速蒸发,为种子萌发和生长创造良好环境。在种植初期,应确保每天早晚浇水一次,保证每次浇水彻底。同时,注意杂草和病虫害的处理,促进植物的健康生长。

3 结束语

综上所述,岩质高边坡治理技术在近年得到较为迅速的发展,各种边坡防护措施被广泛应用在岩土工程边坡治理中。实际工程施工期间,为实现技术的合理与科学应用,必须制定相应的措施,遵守相应的准则,这样才能有效保证岩质高边坡的工程质量,确保高边坡的稳定性。

参考文献

- [1] 司云龙.岩土工程中边坡治理的岩土锚固技术应用分析[J].中国住宅设施,2021(2):89-90.
- [2] 侯志鹏.矿山工程边坡治理的岩土锚固技术研究[J].四川水泥,2021(1):194-195.
- [3] 张杨燕.岩土工程中边坡治理的岩土锚固技术应用分析[J].城市地理,2016(8):114.