

公路路基边坡防护与加固技术分析

文 / 梁 弢 四川省林业勘察设计研究院有限公司

摘要: 公路路基边坡因施工防护效果不佳、岩土与环境等条件的影 响, 出现滑坡等问题的可能性较高, 极易对公路的使用与人们出行安全造成较大威胁, 需要通过合理的防护与加固, 更好地保证公路路基边坡稳定。本文简要分析边坡防护加固的重要性, 以公路路基边坡为对象, 详细探讨如何开展有效的防护加固, 研究多种边坡防护与加固技术, 以供参考。

关键词: 公路; 路基边坡; 防护技术; 加固技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.071

引言

为了预防滑坡、崩塌等问题, 控制边坡位移量, 提升其稳定性, 需要对多种高效的边坡防护与加固技术展开细化考量, 包括放坡与刷坡、植被防护、喷射防护、抗滑挡土墙以及抗滑桩加固等, 为公路施工安全提供更多保障。此外, 也要重视对防护与加固方案开展优化设计, 减少不必要的成本投入, 使加固工程可以获得更为突出的综合效益。

一、公路路基边坡防护加固重要性

公路是我国交通系统中对国民经济影响较为显著的基础设施之一, 保证其稳定与安全十分关键。公路边坡可以直接影响公路整体结构的稳定性, 是否能对其实现有效的防护与加固, 关乎公路的耐久性与使用安全性。社会发展的同时公路使用压力也大幅提升, 再加之气候环境等因素的影响, 各种边坡问题陆续出现, 这些问题均会提升边坡失稳的可能性, 加大交通事故发生概率, 所以, 对公路路基边坡开展有效的防护加固至关重要^[1]。

二、公路路基边坡防护技术

(一) 放坡与刷坡

有效应用该技术是保证边坡方式有效性的重要举措, 引发路基边坡的结构损坏或者失衡问题的重要因素之一即为边坡的坡度太大或者高度过高, 通常会使用削坡等方式进行解决。换言之, 施工人员可以去除边坡上不稳定的岩土体, 使边坡的坡度得以降低, 从根本上加强坡面土体结构的稳固性。刷坡技术使用期间要保证刷坡设计的有效性, 但在具体实践过程中, 应重视考量如下内容: 其一, 结束放坡操作以后, 施工人员应尽可能地使自然的坡度与边坡的坡度一致, 倘若边坡的坡度难以达到对应标准将导致公路路基的结构稳定性无法保证^[2]。因公路路基的土体存在较强的离散性, 发生变形问题的可能性较高, 可以参考实践经验, 遵循类比原则计算稳定边坡坡率, 如土壤条件较为优良, 地下水资源较少且不涉及恶劣地质环境, 设计人员便可以结合边坡设计要求和坡度范围等开展针对性设计。

一般而言, 如果边坡高度 < 5m, 并且土体较为紧实, 应将坡率控制在 1:0.5 到 1:1 之间; 若边坡高度

> 5m、< 10m, 则表示硬塑坡率较小, 一般应控制在 1:1 到 1:1.5 左右。不超过坡高的情况下, 差异的岩石与土层结构可以选择不同的坡率开展放坡处理。刷坡设计过程中需要采取单级进行策略, 若单级高度无法达到规定标准, 或者高于规定标准, 可以选择分级开挖法进行分层次的放缓工作。在设计边坡表层的分级平台时, 应使其高度在 2 到 3m 左右, 并严格保证边坡整体的稳定性, 以具体的计算结果为依托, 细化分析各种会对坡率造成影响的因素, 合理设计加宽平台及其安放位置, 或者以 20m 相邻距离为条件进行具体设计。边坡放缓技术的优势较多, 包括操作便捷性与经济性较高等, 但在具体施工中, 如果开挖面积过大可能会导致周围的自然生态受到较大影响。

(二) 植被防护

这一技术具有显著的环境友好型特点, 对其加以有效应用也能获取诸多效益, 包括经济与环境效益等, 在现阶段的公路路基边坡施工中存在广泛应用。技术的主要优势为可以利用植物的根部和土壤牢固地连接在一起, 能明显加强边坡抵御侵蚀的能力。同时, 绿化边坡不但可以优化景观的整体美观性, 还可以起到减少灰尘、减少噪音等作用, 且依托蒸腾作用能达到改变微气候的目的。但是这一技术在具体使用期间也涉及一些限制^[3]。

例如, 要为植物的生长留出充足的时间, 因此技术应用以后无法在短时间看见成效, 且植被的成长与生存受环境因素影响较为显著, 恶劣的环境与天气极易导致植被死亡。另外, 针对一些稳定性较差或者坡度较大的边坡, 只利用这一技术难以起到有效的防护效果, 所以一般要配合其他工程措施共同使用。为更充分地发挥技术实效性, 具体施工前也要结合施工区域实际情况, 包括环境、气候与土壤等条件, 科学挑选植被的种类, 有针对性地设计防护规划方案。

(三) 喷射防护

这一技术在具体应用过程中可选择种类包括素喷与锚喷两种, 前者在使用期间要在岩层进行砂浆喷射, 需要挑选高标号且品质、性能均较高的喷射材料, 能够让坡面中的松散颗粒维持在稳定状态下, 使边坡结构整

体的稳定性大幅提升。这一方法在风化岩面等坡面中的应用较为广泛,在应用时要保证设计的合理性与可靠性。后者是通过锚杆设计,让滑坡和坡面更紧密地贴合。

依托锚杆提升山体稳定性,控制山体位移,在锚头区域建立一定面积的钢筋网,并于其上方位置进行混凝土喷射,使滑坡上方形成一个完整、规则的板状,并和岩体一同构成一个完整的结果,从根源处解决滑坡问题、控制边坡位移。将该技术应用于滑坡问题较为严重的边坡防护中,可发挥显著优势,对于预防一些早期滑坡与坍塌等问题也存在一定效果。参考工程施工特点,若滑坡体位移量较低,便可以选择使用这一技术。施工设计过程中,设计人员要严格控制混凝土配比以及后期养护的质量,同时创建合理、严谨的施工设计方案,使技术的实效性得以更充分地发挥。

三、公路路基边坡加固技术

(一) 抗滑挡土墙加固

为了更有效地应对滑坡问题,重视并积极发挥该技术实效性十分重要。尤其是针对一些小型滑坡而言,对其进行有效加固,可以更好地保证边坡稳定性。在具体应用过程中,可以直接在缓坡区域的前方或者下方建立抗滑挡土墙,施工人员通过科学的规划与测量,保证挡土墙能够发挥抵消边坡下滑力的作用,这种加固技术较为直接,能有效降低对山体及周边环境的负面影响,且能够在短时间内控制滑坡,将其对边坡稳定性的影响大幅降低。针对一些中大型滑坡,这一技术在设计与应用中则需要遵循更为繁复与细化的要求^[4]。

具体而言,不但应建立挡土墙,也要参考工程实际特点,设计出一个完整的加固体系,实践中可以利用排水工程减小滑坡内部水压,降低其下滑力,使挡土墙有效发挥作用,使边坡稳定性大幅提升(如图1)。组织滑坡位置残余的下滑力,可以更充分地发挥挡土墙的作用,避免滑坡问题持续发展,为周边环境与居民提供更多安全保障。在设计与制作挡土墙时,涉及的计算与规划计算较多,为了达到更突出的加固效果,可以将墙面坡度控制在1:0.5到1:0.3之间,有需要的情况,也可以按照1:1的比例展开具体施工,或者选取倒坡的方式。

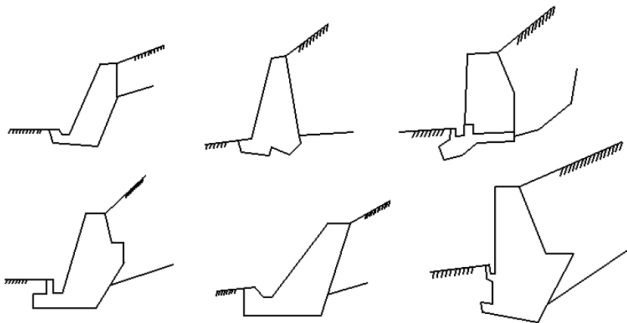


图1 挡土墙设计方案

(二) 抗滑桩加固

为了更好地保证公路建设与使用质量,使公路更为稳定,理应科学应用抗滑桩加固技术,这一技术在边坡加固中可以发挥显著优势。技术的具体作用包括依托将上方坡体推力传递至桩下方侧边区域,通过下方侧向阻力分摊斜坡下推力,最终实现边坡稳定的目标。抗滑桩依靠坚硬、牢固的桩体,使边坡上方压力转移分摊到桩下方的岩层或者土壤之内(如图2)。边坡施工期间对钢筋混凝土桩的应用较为频繁,这类桩的断面具有优良的抗弯性,其能够良好地抵御边坡作用力。

具体施工期间,可以使用机械钻孔或者静压等方式,使桩体可以在指定位置有效安装。但这一技术的使用对环境与天气的要求较为苛刻,如果恶劣天气或者地质环境,桩体发生损坏、裂缝等问题的可能性会大幅提升,导致加固的效果大幅降低。此外,也可以考量应用复合材料桩,不仅能够提升边坡强度与稳定性,且由于桩体及材料的抗腐蚀与抗老化性较为优越等原因,即便遭遇极端天气或者地质问题,也不会轻易出现裂缝或者损坏等问题。

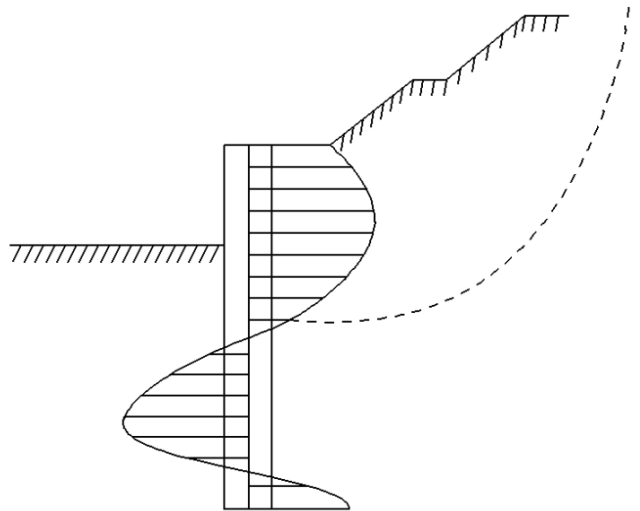


图2 抗滑桩工作原理图

(三) 注浆加固

这一技术通常用在抗滑加固技术以后,可发挥补充作用,具体是对桩体周边的土壤及岩层开展注浆操作,以提升土体的强度,填补空隙,使边坡的稳定性进一步增加。其中,要注意挑选具备较高流动性与强度的材料,还要考虑材料的抗渗性、抗腐蚀性、粘结性等,以保证施工结束后土体的强度达到要求标准。具体施工期间,要对注浆的量、压力与速度等展开有效控制,防止对原始结构产生负面影响。充分发挥这一技术的实效性既可以优化桩体综合承载性能,也可以大幅降低桩体周边土体裂缝、变形等问题发生的概率,使边坡拥有更长的寿命。针对一些地质环境较为恶劣、施工困难性较高的边坡加固工程中,该技术可以发挥出更显著的优势。

(四) 锚杆加固

公路施工及维护的效果受边坡稳定性的影响较大。针对公路路基边坡进行加固的过程中,可以使用锚杆加固技术。这一技术的优势较为明显,施工形式较为特殊,主要在地下埋进受拉杆件,以增加岩土体的强度与边坡的稳定性。在使用预应力锚索加固技术的过程中,应重视破碎岩土与岩体的融合,通过施加预应力,对锚索长度范围内的所有岩石开展挤压密实处理,能够明显提升岩土强度,再对锚索孔洞开展高压注浆施工,可以让岩体整体强度大幅增加,进而更好地保证边坡稳定。

(五) 实践案例

以某公路路基边坡为例,其坡高为20m,坡度比是1:1.5。结合地质调查数据,施工区域的边坡地层中存在大量的风化砂岩,因恶劣天气影响,这一边坡发生了局部脱落等问题,加大了滑坡问题出现的概率。所以需要针对这一边坡开展稳定性评价,并采取加固技术提升其稳定性。基于整体层面考量,分析经济成本、技术效果,选择应用抗滑桩加固技术,选取桩体的直径为0.8m、和坡脚间的距离为20m、桩之间的距离是5m,按照边坡的水平方向设计具体间距。

1. 模型建立

选取Abaqus创建FEA模型开展工程量计算,在设计模型的过程中,选取60m作为宽度、15m为左侧高度、35m为右侧高度,模型两侧及底部的限制条件分别为水平和垂直约束。计算加固边坡数值,明确边坡位移及等效塑性应变计算公式。一般情况下,在计算等效塑性应变的过程中,可以使用的公式较多,需要结合具体情况进行分析,例如,若基于主应力,则计算公式可表示为:

$$\varepsilon_p = (\sqrt{3}/3) \times \sqrt{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \quad (1)$$

式①中, ε_p 代表等效塑性应变; σ_1 、 σ_2 和 σ_3 代表差异方向主应力。

若基于总应变和弹性应变的差值,则计算公式表示为:

$$\varepsilon_p = \varepsilon - \sigma/E \quad (2)$$

式②中, ε_p 代表塑性应变; ε 表示总应变; σ 表示材料承受应力; E 表示材料对应的杨氏模量。

通过计算能够得知,建立抗滑桩,可以减缓路基内部位移,使边坡下滑力显著降低。等效塑性应变更为均匀,路基状态相对稳定,代表技术效果良好。

2. 优化设计

在保证桩其他参数不发生变化的前提下,针对差异长度的桩体的加固状况加以模拟,计算出了差异长度桩体在加固过程中的边坡位移最大值及稳定系数,分析综合加固质量,开展进一步的优化设计。

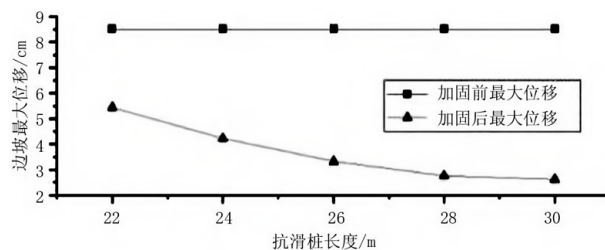


图3 边坡位移最大值变化

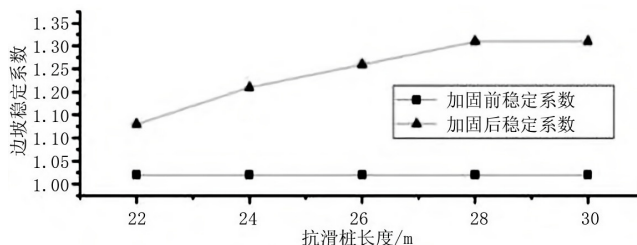


图4 边坡稳定系数变化

图3是差异长度桩体在加固过程中的边坡位移最大值变化。在没有对边坡进行加固以前,其位移最大值约为8cm,在建立了抗滑桩以后,若桩体长度是22m,则位移量约为5.5cm,和加固前相比,降低了36%左右。若桩体长度是24m,位移量约为4.2cm,降低约22%。以此类推,能够得出,在桩体长度是28m时,对边坡位移的控制效果最为明显。图4是差异长度抗滑桩对边坡稳定系数的影响。结合图4能够得知,桩体长度越大、边坡越稳定,但在桩体超过28m以后,稳定系数不再产生明显变化,因此可得只加大桩体长度,对稳定系数并不会产生显著影响。结合上述分析可以得知,可将桩体的长度控制在28m左右,可以取得最优良的加固成效。

结语

在人们环境、公路保护意识不断加强的背景下,对公路路基边坡的防护与加固技术的要求也发生了较大改变。依托合理的分析和计算,探寻出更高效的防护与加固技术,设计出更科学的加固方案,有助于促进边坡稳定性提升,为公路建设质量和使用的安全性提供更多保障。具体施工期间,设计人员和施工人员需要关注综合考量施工区域地质条件以及土壤特性等因素,选择和使用针对性、实效性更高的加固技术。

参考文献

[1] 陈君宇,李超,唐燕生,等.基于多种路基边坡防护方法的路基边坡处理施工技术[J].工程建设与设计,2024,(22):190-192.
 [2] 李竹端.高速公路路基边坡防护及锚杆支护施工技术研究[J].工程机械与维修,2024,(07):145-147.
 [3] 蒋国敬.山区铁路路基工程预应力锚索技术边坡加固方法研究[J].江苏建筑,2024,(03):129-133.
 [4] 王飞.路基边坡防护锚索张拉伸长量不足的原因及对策分析[J].工程技术研究,2024,9(06):213-215.