

多台阶岩质边坡破坏与加固技术研究

● 张振远



[摘要] 边坡稳定性对周边环境、人类活动、交通设施等影响较突出,需要在条件允许的情况下加强管理,提升其稳定性。本文以多台阶岩质边坡特点为切入点,在此基础上分析其破坏机理以及危害,并论述当前常见的加固技术,包括混凝土挡墙加固、锚固技术加固、边坡坡率处理、生态防护加固、排水加固等。最后结合 D 公路项目,对多台阶岩质边坡加固工作进行分析,结合其加固结果对相关理论进行说明,也为后续相关工作提供参考。

[关键词] 多台阶岩质边坡;破坏机理;加固技术;锚固技术

多台阶岩质边坡是自然边坡的一种,是根据边坡的断面形式划分的一种类型,通常由各种不规则节理、断层的块体构成。这种边坡形式在山区工程建设中较为常见,尤其是公路工程。由于多台阶岩质边坡的稳定性不高,有可能在工程建设过程中或建设完成后出现事故,影响交通安全和施工人员、设备安全,需要在工程建设中加强管理,设法提升多台阶岩质边坡稳定性。当前研究认为,多种技术具有一定的加固效果,基于提升山区工程建设效益、安全性的目的,分析多台阶岩质边坡破坏机理、威胁和加固技术,具有一定的积极意义。

Q 多台阶岩质边坡特点

(一)稳定性差

多台阶岩质边坡的基本特点在于稳定性差。一方面大部分多台阶岩质边坡存在不同岩层交错、强度不同、受力态势不稳定的问题,可能在外力、风蚀等作用的影响下出现岩体疏松、掉落情况;另一方面多台阶岩质边坡周边施工、交通活动产生的影响具有持续性,也会进一步降低其稳定性。如山区公路建设,可能需要使用大中型作业设备,此类设备在工作过程中可能会对周边岩体产生扰动,当扰动强度较大时,多台阶岩质边坡受力不均的部分、风蚀较严重的部分可能因此遭受破坏。同时,在地壳运动的影响下,形成年份不同的岩体可能相互交错,部分结构受力态势复杂,切割破坏问题突出,进一步影响其稳定性。

(二)岩体类别多样

多台阶岩质边坡的形成因素复杂,部分边坡为人造建设形成,如梯田,其岩体类别相对单一,管理难度也较低。

部分多台阶岩质边坡是自然形成的,在人工作业影响下,其影响更趋突出,也更值得关注。如山区边坡,本身带有多台阶岩质边坡的一般特点,在建设道路或其他工程设施时,安全问题值得重视。从共性特点上看,多台阶岩质边坡多与地壳活动以及一般自然因素的影响有关。如部分区域形成年代较为久远,岩土逐层累积,形成沉积岩,后续地壳活动的影响带有重复、持续的特点,岩体的形成年份各有不同,如果周边存在火山活动或海陆变迁,岩体的形成条件、类别还会进一步趋于复杂。

Q 多台阶岩质边坡破坏机理以及危害

(一)多台阶岩质边坡破坏机理

多台阶岩质边坡破坏机理可以从两个方面解析,一是外部因素影响,二是内部因素。外部因素包括风蚀、水蚀、人工活动等,风蚀是常见的自然因素破坏情况,是指在风力作用下,多台阶岩质边坡出现岩体表面强度下降、进而出现滑坡和崩塌等问题。水蚀破坏与此不同,风蚀主要侵袭岩体表面,水蚀可以对其内部结构造成破坏。由于水分子体积小,冰雪融水、雨水均可通过岩石缝隙,进入多台阶岩质边坡内部,导致岩石、岩体内部出现破坏,强度整体下降。人工活动如上文所述的交通建设工程、农耕活动等,其破坏主要作用于边坡整体,通过施工震动等方式使已经出现松动、损坏的岩体进一步出现破坏。

内部因素包括边坡的形态、岩体类别与结构、地质特点等。边坡形态主要是指其坡度,一些坡度较大的多台阶岩质边坡,更有可能在内部、外部因素作用下出现事故、破坏,与陡坡相比,缓坡出现事故的可能性往往较低。岩体

类别和结构越复杂,其出现事故的可能性也越高,这是由于不同岩体强度以及受力态势存在一定差别造成的。岩体之间的切割破坏问题也值得关注,它更容易导致边坡从内部或表面出现异常,在一些客观因素作用下出现滑坡等问题。地质特点的影响比较突出,包括地壳活动、火山活动等,这些因素的影响可能是持续、缓慢的,也可能短时间造成强破坏。

(二)多台阶岩质边坡危害

多台阶岩质边坡一般不会产生危害。但如果边坡处于工程施工范围内,或距离居民区、生产活动区较近,其潜在危险值得关注。较严重的破坏为滑坡,此外还可能局部崩塌、岩石掉落等问题。我国公路交通网络四通八达,山区公路、高速公路建设工程也较多,此类工程中,出现多台阶岩质边坡滑坡问题时,危害也更突出。

部分道路工程距离多台阶岩质边坡较近,也可能需要通过人工方式对施工区域进行整治,从而形成便于施工的条件。在此过程中,多台阶岩质边坡可能因施工扰动出现整体失稳情况,岩体掉落、滑坡问题均存在一定发生概率,可能砸毁设备或伤及人员。如果施工过程中出现降水问题或大风天气,水蚀破坏和风力破坏进一步加剧,多台阶岩质边坡的稳定性出现下降,也有可能导致滑坡风险。值得注意的是,安全生产近年来得到了越来越多的关注,即便滑坡等事故未伤及人员或设备,也会影响施工进度,导致工程整体效益出现下降。

Q 多台阶岩质边坡加固技术

(一)混凝土挡墙加固

混凝土挡墙是一种常见、直接的多台阶岩质边坡加固技术,主要强调在多台阶岩质边坡周围以混凝土、钢筋为核心材料建设围挡结构,一方面降低多台阶岩质边坡受到外力干扰的整体强度,另一方面也能发挥应急作用,当滑坡、岩体掉落等问题不可避免时,可以利用混凝土挡墙对岩土等进行阻挡,避免危及人员和设备。从技术应用层面上看,混凝土挡墙对施工材料、技术的要求并无特殊性,普通硅酸盐水泥即可满足施工需要。挡墙一般采用支模浇筑模式,或直接使用预制混凝土板,将其沉入地下发挥围挡作用,目前以后者较为多见,混凝土板的高度、宽度可以根据边坡实际情况确定,一般高度应在1.2m以上,宽度在0.8m以上,厚度不应低于8cm,以保证阻挡围岩的能力。混凝土使用的钢筋作用较突出,是提升挡墙整体性、遮挡效果的关键,一般要求选取抗屈服强度达到280MPa以上的钢筋,并保证其外观无锈蚀、弯折角合格。混凝土挡墙的优势在于围挡效果好,但成本相对较高。

(二)锚固技术加固

锚固技术属于预应力加固的一种方式,一般利用金属构件,对多台阶岩质边坡进行力学方面的分析,根据其受力特点,实现力的有目的的传导,一般将其导入地下,从而改善多台阶岩质边坡的受力结构,提升稳定性。如一些位于道路两侧、施工区域周边的陡坡,一般可选取若干金属锚固,将其锚头置入多台阶岩质边坡内部,深入至少10cm,另一端通过锚索或其他具有较强刚度的材料、设施,置入到周边地表范围内,保证其稳固。锚固设施将来自边坡的纵向或不规则负荷导入地下,即便施工过程中出现一定的扰动破坏,锚固设施也能将额外的作用力传入地下,减少多台阶岩质边坡出现垮塌、滑坡问题的可能。与混凝土挡墙相比,锚固技术的成本低廉,且适用性也较广泛,大部分多台阶岩质边坡均可采用此技术进行加固,效果良好。

(三)边坡坡率处理

边坡坡率处理主要适用于陡坡。不同多台阶岩质边坡的坡率存在差别,部分多台阶岩质边坡坡度较小,出现风险、事故的可能性低,且危害也较小,处理上难度不大。坡度较大,超过30°甚至45°,此时通过锚固或混凝土挡墙技术进行加固,虽然可以发挥一定作用,但多台阶岩质边坡仍有出现滑坡的可能。可以使用坡率处理模式加以控制。实际工作中,可以对多台阶岩质边坡区域进行测量,了解其影响范围,尤其是边坡出现滑坡、岩石掉落问题时的破坏范围,在确定安全的情况下,利用工业设备或爆破的方式,对危险区域进行处理,降低该区域出现安全事故的可能。如果多台阶岩质边坡整体上强度均较低,也可以对其较陡峭的部分进行充填处理,搬运部分砂石,提升其整体应对外来破坏的能力,改善稳定性,削减坡率。边坡坡率处理加固的原理简单,但工程量较大,且需要进行精细处理计算,避免对后续施工造成严重影响。

(四)生态防护加固

生态防护加固是利用生态手段进行多台阶岩质边坡加固的技术方法,其核心原理在于利用植物的固土、固水作用,改善边坡应对风蚀、水蚀、机械扰动方面影响的能力。一般在工程建设完成后应用,且主要应用于坡度30°以下的各类缓坡。在施工作业基本完成后,可以选取低矮灌木、草本植物,对边坡各处进行处理,原则上不选择高大乔木。一方面多台阶岩质边坡土壤条件不佳,较贫瘠,难以满足高大乔木生长需求;另一方面,高大乔木或大型灌木的根系比较发达,可能深入地下,进一步破坏多台阶岩质边坡稳定性,导致岩土疏松、掉落等问题。可以首先在边坡各处播撒草种,在易于遭受水蚀、风蚀破坏的区域培植各类灌木。如果边坡区域进行了道路工程建设、建筑工程建设,可以在道路周边或建筑周边少量培育中等高度的乔木,起到固土固水作用的同时,也能提升生态修复效果,提升多台阶岩质边

坡周边整体生态环境优化效果。

(五)排水加固

治坡先治水。排水加固是一种辅助性的多台阶岩质边坡加固技术,一般不单独应用,而是与上述其他技术共同使用,主要发挥排水作用,避免多台阶岩质边坡遭受水蚀方面的破坏。排水加固包括坡内排水、表面排水两种技术。前者主要是在坡体内部建设排水井,先做地表、地下水收集,再集中进行处理,后者主要是在坡面、顶部、边缘设置排水设施,将自然降水直接引至他处,避免对多台阶岩质边坡内部造成破坏,减少岩体出现形变的可能。排水加固技术的优势在于能够控制不同边坡区域出现水蚀破坏的可能,在多种多台阶岩质边坡场景具有应用空间。但在组织技术应用过程中,也会对多台阶岩质边坡产生破坏,尤其是坡内排水模式,如果多台阶岩质边坡已经存在受力失衡、岩体风蚀破坏、内部损坏等问题,在建设排水井时,也可能对多台阶岩质边坡造成负面影响,带来安全方面的隐患,如出现排水井自行垮塌等情况。

Q 案例分析

2022年10月,某地进行公路工程项目建设(文内简称D公路项目),该项目设计全程56.6km,其中山区段9.6km。施工前,技术人员结合地质信息以及本地有关资料,发现山区段部分山体、丘陵的行驶时间较长,存在岩体环境复杂、受力态势不均衡等情况,按照设计方案,部分公路周边存在多台阶岩质边坡问题,为避免出现事故,施工方进行了详细的现场调查,决定采用加固技术对多台阶岩质边坡进行处理。工作人员共提出了三套方案,方案1以混凝土挡墙为核心,辅以地表排水技术;方案2以锚固技术为核心,并对陡坡进行削坡处理;方案3只处理陡坡,并以地表排水技术提供辅助。所有方案均在施工完成后以生态加固的方式提供辅助。

工作人员通过BIM技术进行模拟分析。结果上看,由于施工区域边坡的坡度较低,平均为 60° ,组织混凝土挡墙施工的成本过大且必要性不突出。进行削坡处理耗时较大,故以第二套方案为主。选取锚固技术,对边坡进行加固,并在施工过程中做好观测,确保锚固稳定。锚固工程

耗时7天,完成后组织道路工程施工,该段施工持续39天,期间边坡稳定情况良好,未出现滑坡、岩土掉落等事故。道路工程施工完成后,再利用生态加固技术,对道路两侧以及多台阶岩质边坡区域进行处理。选取低矮灌木和草本植物进行多台阶岩质边坡表面、周边区域加固,以实现固土固水,施工持续16天。工程养护完成后,持续对道路区域交通情况、多台阶岩质边坡稳定性进行跟踪,锚固结构予以保留。道路投入使用1年3个月,边坡稳定性无异常,道路本身也无异常。这表明多台阶岩质边坡可以结合实际情况选取合适技术进行加固,能够提升多台阶岩质边坡稳定性,保证工程总体效益。

Q 结束语

综上所述,多台阶岩质边坡可能因种种因素出现破坏等地质灾害,需要利用各类技术手段加以加固。从特点上看,多台阶岩质边坡多存在稳定性差、岩体类别多样情况,其破坏与内部、外部因素相关,包括施工扰动、风化、岩体形变等,可能造成安全事故、经济损失。从加固角度出发,可以应用混凝土挡墙、锚固技术、坡率处理、生态防护以及排水措施提升边坡稳定性,减少其出现滑坡、垮塌的可能。结合D公路项目工作过程,可知上述措施具有一定价值,可以提升多台阶岩质边坡稳定性,未来工作中可加以应用。

参考文献

- [1]杨逾,郭锐.多台阶岩质边坡的稳定性分析及加固效应[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2016,35(06):607-612.
- [2]陈江.多台阶岩质边坡稳定性研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [3]陈玺.岩质边坡倾倒破坏稳定与变形机理研究[D].西安:西安理工大学,2018.
- [4]田盛伟.闭坑背景下抚顺西露天矿岩质边坡稳定性研究[D].沈阳:东北大学,2019.

作者简介:

张振远(1986—),男,汉族,辽宁大连人,硕士,工程师,大连市市政设计研究院有限责任公司,研究方向:基坑工程、边坡工程。