

高边坡稳定技术在水利水电工程施工中的应用研究

黄 君 吕文正

信阳市大禹水利工程有限责任公司 河南 信阳 464000

摘 要: 本文探讨了高边坡稳定技术在水利水电工程施工中的应用。阐述了高边坡的特点及其对水利水电工程的影响,分析了影响高边坡稳定性的因素,详细介绍了混凝土抗滑结构、锚固技术、减载排水等高边坡稳定技术的原理和应用方法,并通过实际工程案例验证了这些技术的应用效果,旨在为水利水电工程中的高边坡稳定施工提供参考。

关键词: 高边坡稳定技术; 水利水电工程; 混凝土抗滑结构; 锚固技术; 减载排水

引言

随着我国水利水电事业的蓬勃发展,大量水利水电工程不断涌现。在水利水电工程建设中,高边坡的稳定性问题日益凸显,成为影响工程安全和质量的关键因素之一。高边坡一旦失稳,不仅会导致工程本身的破坏,还可能对周边环境和人民生命财产安全造成严重威胁。因此,研究高边坡稳定技术在水利水电工程施工中的应用具有重要的现实意义。

1 高边坡的特点及对水利水电工程的影响

1.1 高边坡的特点

高边坡通常指高度超过一定限值的边坡,在水利水电工程领域,有着较为明确的界定标准,一般将超过30cm的岩质边坡以及超过20cm的土质边坡称之为高边坡。这些高边坡往往深处于复杂的地质环境之中,其地质结构复杂多变,岩土体性质差异显著,犹如一个充满未知与挑战的“地质迷宫”。①地质结构复杂。从地质结构层面剖析,高边坡宛如一部地质演变的“百科全书”,可能跨越不同的地层,涵盖了从古老的地质年代到近代的地质构造。岩层走向、倾向和倾角犹如一幅幅抽象的“地质画卷”,各不相同,且节理、裂隙发育程度也不一致。以一些山区水利水电工程为例,高边坡就像是一个地质“大拼盘”,可能同时包含坚硬的花岗岩和软弱的页岩。花岗岩质地坚硬,抗压强度高,但节理裂隙一旦发育,也会成为潜在的不稳定因素;页岩则相对软弱,易风化、易破碎。不同岩层的物理力学性质差异显著,犹如不同性格的“演员”,在边坡这个“大舞台”上相互作用,导致边坡的变形和破坏模式复杂多样,时而表现为缓慢的蠕动变形,时而可能突发滑坡等灾害。②岩土体性质多变。在岩土体性质方面,土质边坡就像一个“千变万化的混合体”,其颗粒组成、含水量、密实度等参数变化较大。颗粒组成的不同,会影响土体的孔隙比和渗透性;含水量的变化,会使土体的强

度和变形特性发生改变;密实度的差异,则决定了土体的承载能力和稳定性。而岩质边坡的岩石强度、风化程度、节理裂隙发育情况等也犹如“多米诺骨牌”,相互关联并影响着其稳定性。例如,岩石强度高的边坡,在一般情况下相对稳定,但若风化严重,岩石的物理力学性质会大幅降低,节理裂隙的进一步发育也会使其稳定性受到威胁^[1]。

1.2 对水利水电工程的影响

高边坡的稳定性直接关系到水利水电工程的安全运行。如果高边坡失稳,可能会导致坝体、渠道、隧洞等水工建筑物受到破坏,影响工程的正常使用功能。以坝体为例,若坝肩高边坡失稳,巨大的滑坡体可能会直接冲击坝体,导致坝体出现裂缝、位移甚至溃坝等严重后果。在渠道工程中,高边坡滑坡可能会堵塞河道,影响水库的正常蓄水和泄洪。当大量滑坡体涌入渠道时,会减小渠道的过流断面,降低渠道的输水能力,严重时甚至会导致洪水漫堤,淹没周边农田和村庄,引发洪水灾害。此外,高边坡失稳还可能造成工程周边基础设施的损坏,如交通道路、电力设施等。滑坡体可能会掩埋道路,阻断交通,影响物资运输和人员疏散;冲击电力设施可能导致停电,影响工程的生产和生活用电,给当地经济发展和社会稳定带来不利影响。

2 影响高边坡稳定性的因素

2.1 地质结构

地质结构是高边坡稳定的基础。不规则的地形地貌容易导致高边坡出现裂痕,坡脚剪应力增大,从而破坏高边坡的主体结构,使其出现不稳定现象。断层、节理、裂隙等地质构造的发育会降低岩体的完整性,削弱岩体的强度,增加边坡失稳的风险。例如,当边坡中存在顺坡向的断层时,断层面往往成为潜在的滑动面,在重力、地下水等因素的作用下,边坡容易沿断层面发生滑动。节理和裂隙的发育会使岩体被切割成块状,降低

岩体的整体性,使岩体更容易发生变形和破坏。

2.2 地下水

地下水是影响高边坡稳定性的重要因素之一。高边坡下方丰富的地下水在浸泡水利水电工程的基础支护结构后,长时间会导致结构变形,影响高边坡的稳定性。地下水对岩土体的作用主要体现在两个方面:一是物理作用,地下水浸泡会使岩土体软化,降低其强度参数,如内聚力和内摩擦角;二是化学作用,地下水中的化学物质会与岩土体发生化学反应,改变岩土体的成分和结构,进一步削弱其稳定性。此外,降雨也会使高边坡的地下水位升高,增加边坡的滑动力,降低抗滑力,严重时会导致滑坡现象的发生。当降雨强度较大时,雨水会迅速渗入边坡岩土体中,使地下水位急剧上升,增加孔隙水压力,降低岩土体的有效应力,从而降低边坡的稳定性。

2.3 施工因素

在水利水电工程施工过程中,不合理的施工操作也可能导致高边坡失稳。在开挖过程中,未及时进行支护工作,会使边坡暴露时间过长,增加边坡失稳的可能性。边坡开挖后,岩土体的原始应力状态发生改变,边坡表面会产生应力集中现象。如果未及时进行支护,边坡岩土体在自重和外部荷载的作用下会发生变形,随着时间的推移,变形会逐渐增大,最终导致边坡失稳。进行爆破作业时,安全作业距离较短,爆破振动可能会对边坡岩体造成破坏,影响边坡的稳定性^[2]。爆破产生的冲击波和振动会使边坡岩体产生裂隙,降低岩体的强度,同时还会使边坡岩体松动,增加边坡滑动的可能性。

2.4 设计因素

设计是施工的重要前提,设计质量直接影响着高边坡的稳定性。如果设计人员专业水平不高,设计不合理,如增加一些不必要的工序,可能会导致高边坡的稳定性受到影响。例如,在设计边坡支护结构时,如果支护结构的强度、刚度和稳定性计算不准确,或者支护结构的布置不合理,都无法有效地阻止边坡的变形和破坏。另外,在施工现场未进行生产生活用水的有效引流,大量水流入边坡,也会给高边坡主体结构造成一定破坏,甚至引起滑坡现象。生产生活用水如果随意排放,会沿着边坡表面的裂隙和孔隙渗入边坡内部,增加地下水位,降低边坡的稳定性。

3 高边坡稳定技术在水利水电工程施工中的应用

3.1 混凝土抗滑结构

3.1.1 混凝土抗滑桩

混凝土抗滑桩作为一种常见且高效的高边坡加固结

构,在水利水电工程中发挥着至关重要的作用。其核心原理在于将桩体精准插入滑动面以下的稳固岩体之中,凭借强大的锚固作用来顽强抵抗坡体的推力,进而达成稳定边坡的卓越效果。在具体施工过程中,通常会选择将混凝土抗滑桩置于边坡的前端位置。这一精心设计具有多方面的考量:一方面,能够有效提高整个边坡的稳定性,为边坡构筑起一道坚固的防线;另一方面,可以显著减小边坡的滑动力,降低边坡发生滑坡等灾害的风险。例如,在一些大型水利水电工程中,施工人员会严格把控施工参数,将混凝土桩的1/3桩体稳稳放入强度较大的土壤层或者地下岩石层。随后,对其进行精细的灌浆施工,使桩体与周围岩土体紧密结合,构成一个有机整体。通过这种方式,抗滑桩能够充分发挥其抗滑作用,如同一位忠诚的卫士,有力地加固了高边坡,保障了工程的安全与稳定。

3.1.2 混凝土沉井

混凝土沉井呈现出独特的筒状物结构,通常被广泛应用于大型工程项目的高边坡加固领域。然而,在应用混凝土沉井方式时,需要综合考虑施工现场的复杂状况。施工团队必须对混凝土沉井周围的地质情况进行严格检查和深入分析,这是确保施工安全和工程质量的关键环节。因为沉井质量较重,若地质条件不佳,极有可能出现塌陷等严重情况,给工程带来不可估量的损失。混凝土沉井施工涵盖了多个重要步骤,包括清理施工场地的地表杂物、精心制作混凝土沉井、严谨的沉井下沉和规范的封底处理等。其中,沉井下沉作业是整个施工过程中的关键环节,容不得半点马虎。施工人员必须严格按照操作要求进行施工,确保沉井外部表面平滑,且下沉角度呈现完美的垂直状态。只有这样,才能保障作业质量,使沉井在后续的使用中发挥最佳的加固效果。

3.1.3 混凝土挡墙

混凝土挡墙巧妙地利用自身的重量来阻止滑体的下滑。在自身重量以及结构稳定性的双重保障下,它能够有效地防止边坡下滑的情况发生。一般来说,当滑坡下滑到一定程度时,混凝土挡墙会迅速发挥其关键作用。它就像一个力学的平衡器,使得滑坡结构受力均衡,阻止滑坡继续下滑。混凝土挡墙具有施工方便、结构简单及效果好的显著优势。在实际的水利水电工程中,它得到了广泛的应用。无论是在山区的水库边坡,还是在大型水电站的引水渠道边坡,都能看到混凝土挡墙的身影,它为工程的长期稳定运行提供了坚实的保障。

3.2 锚固技术

3.2.1 锚固洞

锚固洞加固是治理边坡稳定的一种行之有效的措施。在施工过程中,必须严格遵循由内向外、自上而下、循序渐进、逐层加固等科学原则。这些原则是基于边坡的应力分布和变形规律制定的,能够确保锚固洞的加固效果最大化。同时,同一结构面的锚固洞应分开施工。这是因为如果多个锚固洞同时施工,可能会相互干扰,导致边坡应力重新分布,增加边坡失稳的风险。通过合理安排施工顺序,避免不利因素影响边坡的稳定,能够为工程的顺利进行创造良好的条件。

3.2.2 喷混凝土护坡

喷混凝土护坡是一种具有诸多优点的新型混凝土施工工艺。它生产效率高、施工速度快,且无需使用模板,大大节省了施工时间和成本。在作为临时支撑时,喷混凝土护坡比木结构强度高,能够提供更可靠的支撑力;比钢结构经济,降低了施工成本。作为永久支护时,它比现浇混凝土衬砌的早期强度高,能够更快地发挥支护作用。配合使用锚杆,还可以减少洞室开挖量,减薄衬砌厚度,节约水泥用量。在水利水电工程的边坡防护中,喷混凝土护坡能够快速形成一层坚固的保护层,防止边坡岩土体的风化和侵蚀,提高边坡的稳定性。

3.2.3 预应力锚固

预应力锚固技术是一种先进的边坡加固技术。它将锚索锚固在高边坡的深层岩石中,借助锚索将力作用在整个的混凝土框架上,并将预应力施加在高边坡的坡体。通过挤压坡体内部原有的松散岩石,该技术能够大大提升坡体内部的摩擦力及压力,从而实现坡体加固的目标。预应力锚固技术具有众多优点,在高边坡或隧洞洞口明挖时,可增加边坡稳定,减少开挖量,降低工程成本;在水库正常运行条件下,可用于混凝土坝体或坝基加固,提高坝体的安全性和稳定性;用于修补混凝土裂缝或缺陷时,可将集中荷载分散到较大范围内,延长工程的使用寿命。

3.3 减载排水

3.3.1 减载反压

减载反压是常用的高边坡加固措施之一。减载的主要目的是降低坡体的下滑力,其核心方法是将滑坡体后缘的岩土削去一部分。然而,仅仅进行减载有时并不能起到理想的阻滑作用。因为在削去岩土后,坡体的应力状态会发生复杂的变化,可能会导致新的不稳定因素出

现。因此,需要在削去岩土的阻滑部位堆积削下来的土石,使其既能起到降低下滑力,又能增加抗滑力的良好效果。通过合理的减载反压设计,可以有效地调整坡体的应力分布,提高边坡的稳定性,为水利水电工程的安全运行提供保障。

3.3.2 表里排水

表里排水包括排除地表水和地下水两个方面。地表水的汇集和渗透会对边坡岩土体产生不利影响,软化岩土体,增加坡体的重量,降低岩土体的强度,从而增加边坡失稳的风险。因此,排除地表水是保障边坡稳定的重要措施之一。主要通过修建拦水沟、排水沟等设施,拦截流入边坡变形破坏区的地表水流;在滑坡体内可利用地形和自然沟谷,布置树枝状排水系统,将地表水迅速排出边坡范围^[3]。地下水对边坡稳定的影响更为复杂和隐蔽。根据地下水的埋深,排除地下水的方法可分为浅层地下水和深层地下水排水工程两种。浅层地下水排水工程可采用截水沟、盲沟和水平钻孔等方法;深层地下水排水工程可采用截水盲沟、集水井、平孔排水和排水廊道等方法。通过有效的表里排水措施,可以降低地下水位,减少地下水对边坡岩土体的作用,提高边坡的稳定性,确保水利水电工程的安全运行。

结束语

高边坡的特点及其对水利水电工程的影响不容忽视,而影响高边坡稳定性的因素众多且复杂。地质结构、地下水、施工和设计等因素相互关联、相互作用,共同影响着高边坡的稳定性。在水利水电工程建设中,必须充分考虑这些因素,采取科学合理的设计和施工措施,加强对高边坡的监测和预警,及时发现和处理潜在的安全隐患,确保高边坡的稳定性,保障水利水电工程的安全运行。同时,还需要进一步加强对高边坡稳定性的研究,不断探索新的理论和技术方法,为水利水电工程的建设和发展提供更加有力的支持。

参考文献

- [1]杨艺,周豪.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J].农家参谋,2019(23):133.
- [2]樊如景.分析水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].建材与装饰,2019(30):295-296.
- [3]田邦成.浅析在水利水电工程施工中边坡开挖支护技术及其有效的应用[J].建材与装饰,2019(27):293-294.