

# 水利水电工程边坡开挖支护技术研究

张钰宏

黄河河口管理局

**摘要:**近年来,水利水电工程建设项目明显增多。水利水电工程与社会发展以及人们日常生活紧密相关,是利国利民的重要建设项目。和其他工程项目相比,水利水电工程存在建设环境复杂的特征,尤其是地质结构复杂地区的边坡问题,常常成为施工过程中的重难点问题。为确保施工安全,防范滑坡及岩层塌陷等风险,水利水电工程要结合地质情况,选择合理的开挖和支护施工技术,以强化边坡稳定性。

**关键词:** 水利水电; 边坡开挖; 边坡支护; 技术要点

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.081

## 前言

水利水电工程通常具有比较显著的建设复杂性特征,这就为建设工程的推进以及发展都会造成比较大的困难,同时对于建设技术的发展也会有严格的规范以及要求<sup>[1]</sup>。尤其在当前我国水利工程建设不断加快发展进程的形势之下,对于工程施工技术水平也提出了更高要求。在这一背景之下,施工人员求需强化边坡开挖与支护技术的运用与探索,并通过技术上的支援和帮助,对施工中出现的困难进行了有效的解决,为后续的施工进度和质量提高奠定了坚实的基础。

## 一、边坡开挖支护技术概况

### (一) 边坡开挖技术

在土石方开挖中,爆破是施工的常用方法。因此,在施工前,应注重施工准备工作,并加大各个施工阶段的安全防护力度,在爆破工作完成后,应及时清理产生的石材废料,将其运输至指定位置<sup>[2]</sup>。土方开挖过程中,一般情况下都是自上而下开始挖掘工作。在此环节中,应及时更新基础边缘,清理边缘土壤,以施工设计要求为依据,开展施工作业。在开挖过程中,应提前做好滑坡等施工问题的防护,为施工整体安全提供保障。

### (二) 边坡支护技术

在边坡施工中,遇到一些常见的问题,由人为和自然条件原因使边坡发生局部不稳定的情况下,需采取一些简单有效的支护措施进行防护,应根据不同地质情况选择不同的支护方式,岩石及红泥岩结构应选择钢筋网片采用锚杆进行固定后,利用喷浆技术进行加固支护,小型工程非关键部位可直接采用喷浆技术进行加固。其具有成本低、结构简单等优势,在该技术应用中,钻孔位置选择极为关键,应依据边坡实际情况确定钻孔位置,以便得到较好的稳定效果。

悬臂挡土桩支护技术是指将土桩埋入地下,用以支撑边坡的技术,在此过程中,将其应用至地基斜坡能最

大程度发挥自身优势,进一步增强支护稳定性能,充分起到支撑作用,有效提升工程整体质量。

## (三) 影响边坡稳定的关键因素

### 1. 地质因素

如果在水利工程的建设环境中存在着一些地质较为复杂的情况,那么就需要施工人员能够精确地找出与工程失稳相关的要素,以便能够有目标地采取相应的对策来改进这些问题,也就是说,施工人员要正确地使用加固与支护技术。只有这样,才能保证平衡的地质环境稳定发展<sup>[3]</sup>。

### 2. 土层开挖和支护的协调性较差

在水利工程建设的进程中,土层开挖施工的困难程度相对较低,这也就代表着施工管理手段相对单一。然而,在施工研究中,却发现在土层开挖的过程中,一旦与挡土施工共同作业,会显著增加施工的难度与复杂程度。因为受到地质条件等因素限制,很多工程都需要进行挡土加固处理,从而确保整个工程施工质量。

## 二、边坡开挖支护技术的主要类型

### (一) 边坡开挖施工技术

#### 1. 土方开挖技术

进行边坡开挖施工前期,施工单位应该指派专业的测量人员前往施工场地,应用专业仪器和设施全面勘查工程施工场地环境,以此收集和分析工程施工场地的地质水文数据,从而对施工场地土壤的水文特性形成全面了解,并且明确基坑的深度,基于此完成边坡开挖方案的编制工作。进行土方开挖施工时,施工单位则应该依据施工场的地质水文数据合理配置所需要的施工设施,并且对挖掘深度进行准确控制,同时结合施工场地周边地质水文数据完成边坡支护方案的编制工作<sup>[4]</sup>。若施工场地的地质水文环境不能支撑大型施工设施,施工单位则应该采用人工挖掘方式进行边坡开挖施工。在施工过程中,应结合施工场地地质水文情况和挖掘深度有效调整钻井线,以此保障边坡开挖施工能够符合前期工程设计的具体要求。

#### 2. 石方开挖技术

进行石方开挖施工时,施工单位往往需要处理有着较大厚度或硬度的岩层。这就要求施工单位在进行实际施工前期,全面收集和分析施工场地周边岩石层的特性,结合岩石层数据完成石方开挖方案的编制工作。在现阶段,钻孔施工技术受到了我国大部分施工单位的认可和采用。在进行开挖施工时,施工人员必须严格控制挖掘的速度,同时将挖掘设施黏附的杂质清除干净。在挖掘时,对于土层表面的岩层,则需要应用挖掘机拔出

并斩断岩石，且全面落实分层开挖原则。对于爆破施工，则应该结合边坡坡度和施工场地周边岩层实际情况而采用针对性的爆破方式。

### 3. 钻爆技术

在进行水利工程施工时，施工单位往往应用钻爆技术处理有着较大硬度的周边坡土体。相较于其他环节施工，应用钻爆技术的门槛相对更高，要求工作人员在具备爆破技术的同时，也拥有丰富的岩体力学知识。进行隧道或者涵洞工程施工过程中，通常也需要搭配应用混凝土喷射支护或者混合锚杆支护技术，以此实现更高质量的支护施工。

## （二）边坡支护技术类型

### 1. 混凝土喷涂技术

合理利用混凝土喷涂工艺进行施工，以防止对边坡造成大面积破坏，提升边坡防护能力，降低自然环境对边坡造成的冲击影响。在施工作业时，边坡整体与外部环境可呈互相分离、互为独立的关系，以确保边坡效果。混凝土喷涂技术成本较低，强度较高，在水利水电工程边坡开挖支护作业中应用比较广泛。在水资源较为丰富的地区，边坡支护采用混凝土喷涂方式作业还可以延长使用年限，有效降低边坡坍塌概率。但是，在应用过程中，还存在一定的不足。例如，该技术对施工技术要求高，需要配备高水平施工人员，增加了人力资源成本，经济性相对差一些。

在混凝土喷涂施工作业时，首先，需要安装吊篮。若施工墩柱高度超出常规高度，需在安装吊篮时，进行加固处理，确保后期施工活动的安全。其次，对混凝土表面进行清洁处理，使用刮刀清除表面泥灰后，用清水清洗。最后，当表面呈现不平整状态时，可以使用腻子刮平或角磨机打平方式，进行修补、找平。

### 2. 锚杆支护技术

锚杆支护技术多应用于土质及岩质边坡作业。锚杆支护技术提高边坡稳定性效果明显，常用于稳定性较差的岩土边坡整治工程。锚杆支护后，不需要进行精细化养护，间接降低了人力、财力成本。结合实践经验得出，锚杆支护技术比较适用浅层部位的边坡支护。锚杆支护技术不仅可以提高作业安全性与实用性，同时还具有施工作业面积较小等优势。但是，在实际应用中也存在一定的缺陷。例如，倘若采用质量较差的施工材料，就很难保障整体支护质量，容易引发重大安全事故。

施工时，梅花状布置锚杆，倾角调整为 $30^\circ$ 。锚杆支护钻孔时，孔径为48cm，使用YQ-100B手风钻进行钻孔，脚手架搭设高度为2.2m左右，结合岩石纹理走向及倾角，完成钻孔作业。锚杆支护时，若无法保证施工材料的质量，易发生安全事故，影响施工成效。

### 3. 锚索支护技术

锚索技术是近年来在一些矿业发达国家中常用的巷道支护技术。锚索支护技术具有强化边坡支护结构强度

的特点，一般在围岩条件较差的环境下具有较好的应用优势。通过该技术可提高支护强度和支护效果，在断层带、巷道交叉带等多类巷道应用中，更能展现出支护稳固的特点。应用锚索支护技术需要配合轻型锚固钻机才能发挥良好的应用效果，可以借助全液压锚固钻机钻孔，达到固定锚索的效果，且后期可采用GPS导向仪对钻孔斜度进行合理控制。

首先，应合理开展现场测量，对照设计图纸进行纠偏，避免偏差过大而影响边坡支护的整体质量。其次，在锚索支护灌浆时，采用高压灌浆泵准确灌入混凝土，提高锚索的稳固性。灌入的混凝土充分凝结后，判断强度达到既定标准时，张拉锚索。在张拉锚索的过程中，需要重点关注初期张拉力的控制，使张拉范围满足设计要求的90%。在进行单根钢绞线张拉时，要使用专业、先进的设备，采用对称循环的张拉方式，实现补偿张拉到位。在应用深层支护技术的过程中，应当确保与施工环境、地质条件呈现高度适配性，并结合实际情况作出相应调整。张拉锚索过程需分级进行，15%设计值预张拉，确定预应力锚索受力一致后，进行30%、75%、100%、110%的张拉，锚索在荷载张拉下稳定时间应超过5min，伸长量等指标合格后，及时进行锁定。如果张拉实际伸长量与理论伸长量之间差距超出40mm，应考虑千斤顶的校正。张拉锚索过程对施工基础要求较高，张拉锚索的固定基础不稳情况下难以应用锚索支护技术，需根据现场施工环境特征，采用加强灌浆等手段，提升基础稳定程度，保证张拉锚索支护结构的质量<sup>[5]</sup>。

## 三、水利水电工程边坡开挖支护技术应用

某水利水电工程项目所在地区平均海拔3200m，边坡宽120m，高80m。通过地质勘察可知，该工程项目的地质条件不佳，区域内断层发育，还存在许多细小裂缝。表面土体覆盖层为IV级含卵石黏土，厚度15m，易受边坡开挖干扰。工程项目所在地区地形陡峭，坡度 $50^\circ \sim 70^\circ$ ，施工难度极大。

### （一）施工准备

该工程边坡的坡度大，加之存在交叉施工及当地地质条件限制，易影响施工质量。施工前全面落实准备工作：

（1）仔细勘察工程项目周围环境，明确地质状况及当地水文情况和气候条件，制定科学的施工方案；

（2）准备施工材料，铺设施工道路避免延误工期；

（3）组织施工技术人员培训，审核施工图纸及资料，检查水源、电源基础设备，明确高程放线施工；

（4）清理施工现场杂物，完善供水供电系统，落实现场排水设计；

（5）检查施工设备性能，如钻孔设备等。

### （二）边坡清理技术

边坡开挖前要全面清理边坡周围，清除现场的各类

杂物、植被等。清理过程中尤其注意各类地下管线的走向分布,避免不慎破坏管线。将岩石表面全面暴露后,为后续土石方的开挖奠定基础。

### (三) 土质边坡及覆盖层开挖技术

利用反铲开挖边坡厚层土方、覆盖层,利用自卸车将其运输到指定场地。开挖时要自上而下,分层式开挖,分层高度3~4m。薄层利用推土机集渣输送到弃渣场,孤石则将其炸裂挖掉。临近施工设计方案规格的土质边坡,可利用小型反铲开挖,并预留50m用人工完成,以满足施工设计要求。

### (四) 土石方开挖技术

土石方开挖是该工程关键施工环节。工程所在地区的年均降水量712mm,雨季降水集中,占全年86%。为避免施工期间遭受外界雨水影响,要提前在上坡位置设计好节水、排水设施,并联合工程项目实际选择适当的开挖技术方案。

(1) 机械开挖技术:利用液压钻、潜孔钻、手风钻等设备分层次进行挖掘,保障岩体结构的稳定性;开挖后用自卸车收集废料、岩渣,并沿指定路线放置在弃渣场。根据开挖范围和岩石坚硬程度选择是否采取预裂爆破技术,过程中注意控制钻孔距离(通常间距50cm,深度 $\leq$ 50cm),保障施工人员安全。岩体厚度控制在5m,能降低后续施工难度<sup>[6]</sup>。

(2) 人工开挖技术:人工负责修坡,形成一定坡度有利于排水,还能避免超挖、欠挖。土石方开挖环节结束后要全面检测,严格按照施工技术方案确定开挖量。

### (五) 预裂爆破技术

该工程边坡采取预裂爆破技术,根据施工量选择安全有效方案,并严格控制爆破相关参数。主爆孔、缓冲孔直径均约80mm,选择用液压钻钻孔;预裂孔直径100mm,使用潜孔钻,且排距1.5m,钻孔深度也要合理,要根据设计的坡比和超深以及台阶高度确定,按照公式 $L = (H+h) / \sin \alpha$ 来计算。合理选择爆破中的炸药,设置装药结构和线装药的密度,并构建完善的起爆网络。要求执行爆破的技术人员具备专业水平,并且爆破经验丰富,提前接受培训考核,以全面保障工程及人员安全。

### (六) 锚杆支护施工要点

在本工程的建设操作阶段,可以采用锚杆支护法来进行边坡支护技术。钻井工作结束后,需要用清水将孔内的沉淀物彻底清洗,直到清水流出来才能停止清洗。电厂在实施锚杆支护时,必须用塑料套管和塑料薄膜包裹锚杆的游离末端,并确保施工密封严实。同时,施工人员必须将注浆管和锚杆完全埋设在预先钻好的孔中,使注浆管的末端离孔底50mm。同时,在实际应用中,要确保锚杆的夹角和井壁倾斜角度相同,以防止锚杆在实际工程中发生弯折现象。

### (七) 施工管理

每个项目实施过程中,都必须科学合理的组织,要有一个技术过硬的技术团队要深入分析水利工程的施工图纸,并在确定各项技术以及施工要求后,开展积极的施工现场测量与调节以保证各项施工流程的顺利完成。施工人员应在开挖工序进程中,实行合理的监督与协调,保证开挖整体质量符合施工要求,为后续各项施工流程打下坚实基础。

在开挖以及支护工程中,较为常用的施工模式便是钻爆模式,其通常分为分层爆破以及薄层爆破等方式。在该施工环节中,应做好施工前的各项准备工作,注意爆破坑穴的挖掘,在爆破时应重点关注施工安全问题。并且,应在爆破工程开始前,详细分析爆炸物各项参数,制定科学合理的施工方案,加强各项施工环节的监管力度,在发现问题时第一时间采取措施予以解决<sup>[7]</sup>。施工技术人员在图纸设计之前,应充分了解施工现场情况,并以此为依据,开展施工图纸设计工作,在图纸设计完毕后,应结合现场各项环境条件分析其中可能存在的问题,如发现问题,应及时开展交流与分析,增强工程整体合理性,充分利用施工预算,使整体工程能在预定工期内完成,增强工程整体质量,合理降低施工成本。在施工流程设计过程中,应及时确立施工标准,明确施工重点,保证各项施工流程的顺利完成,有效提高工程整体质量与使用寿命。

### 结束语

唯有在施工单位有效落实边坡开挖支护技术的基础上,才能够保障边坡开挖支护工程的有序进行。一方面,应该对施工场地及周边地区地质环境进行全面勘察,并基于此选择针对性的边坡开挖支护技术。另一方面,也应该结合施工场地环境数据及时调整施工方案,并且合理应用施工设施,以此为边坡开挖施工提供保障,最终为我国水利工程领域发展奠定基础。

### 参考文献

- [1]肖敏,关晓琦.水利水电工程边坡开挖支护施工技术优化策略[J].陕西水利,2022,(02):136-137.
- [2]李捷.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].人民黄河,2021,43(S2):199-200.
- [3]李翔.边坡开挖支护施工技术在水利水电工程中的应用研究[J].珠江水运,2021,(21):43-44.
- [4]代学山.边坡开挖支护施工技术在水利水电工程中的应用[J].智能城市,2021,7(20):153-154.
- [5]唐志强.边坡开挖支护技术在水利水电工程施工中的运用分析[J].建筑技术开发,2021,48(20):100-101.
- [6]李国辉.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术探究[J].农村实用技术,2021,(09):122-123.
- [7]王绍山.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用研究[J].珠江水运,2021,(11):81-82.