

水利工程施工中高边坡开挖与支护技术的应用

张涛

广东水电二局股份有限公司

摘要：水利水电工程对推动国民经济发展发挥着巨大的作用，是民生发展之大计，故而水利水电工程质量始终是人们重点关注的问题。工程实施过程中，很容易受地质条件、外界环境等因素的影响，不利于对工程效果的把控，从而引发沉降、塌方等问题，导致工程的应用优势难以得到充分发挥，甚至还有可能危及人民群众的财产生命安全。边坡开挖支护技术在工程质量控制工作中发挥着十分关键的作用，合理运用该项技术，可以最大限度降低外界因素的影响，确保施工过程中的安全性及有效性，是提高工程整体质量的重要举措。

关键词：水利工程施工；高边坡开挖；支护技术；应用要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.070

引言

随着我国水利工程建设快速发展，基坑的开挖深度和规模也在不断增大，一些大型水闸、泵站、水电站等工程的施工都会涉及深基坑的开挖问题，施工过程中往往会受限于周边建筑物或者地形而无法进行大开挖，这时就要借助基坑支护的手段来解决这类难题。近年来，基坑支护技术也取得了长足发展，从早期的放坡开挖发展了多种支护方式。本文以具体的水利工程为例，分析不同基坑支护形式在技术上的可行性和经济上的合理性，以期在施工难题提供一个有效的解决思路。

一、我国水利水电工程边坡特点

（一）工程规模较大

就目前我国的发展来看，水利水电工程建设规模都比较宏大，百米级传统开挖边坡深度已经转变为数百米级，开挖的边坡体积也不断从数十万 m^3 转变为数千万 m^3 ，根据我国现代化的发展不断更迭，水利水电工程的作用将发挥到最大化。

（二）边坡地质条件复杂

因实施水利水电工程的地质环境都较为复杂险峻，边坡的内部物质构成以及边坡的结构繁琐复杂，不同的水利水电工程在实施的过程中也会受各种外界因素的影响而导致过程实施中出现不同的问题。

（三）边坡设计和施工要求较高

在水利水电工程施工过程中应着重考虑边坡长时间受到水流冲击与浸泡导致滑坡坍塌等问题从而对水利工程的整体施工质量造成的影响。因此，专业的施工人员在施工之前要对边坡进行科学分析与设计，确保施工的每一个环节都经过严格的层层分析与研究。要想保证施工过程中的科学性，必须要与实际的地质施工情况相结

合，并对边坡稳定性进行充分的分析研究才能保证水利水电工程完美开展。

（四）治理措施针对性较强

边坡加固是水利水电工程日常维护工作实施的重要环节之一。因在施工方面会出现种种困难，涉及相关的专业内容较多，需要采取不同的策略以及措施来应对，使施工中出现的难题迎刃而解，保证在水利水电工程进行正常运作的同时，工程的基础功能也不会受到破坏。

二、边坡开挖过程中存在的问题

（一）地下水渗透

水利水电工程通常选在比较偏远的地区，自然环境和地势条件均比较恶劣，无形中增大了工程施工难度。边坡开挖作为水利水电工程施工中的基础内容，该项技术的运用是否合理，对整体工程质量有着决定性影响，故而需要做好技术交底工作，以保证边坡开挖施工万无一失。随着基坑不断加深，必然会对周围的地表环境造成一定破坏，从而引发基坑渗水问题。当地下水渗入基坑后，会稀释其周围的土壤，增加土壤的黏稠性，阻碍施工的顺利开展，同时不利于对工程质量的把控。另外，一些不可抗拒的风险因素，如强风、暴雨等恶劣天气，容易引发安全隐患，如山体滑坡、地质结构不稳定等，对边坡开挖支护施工造成了严重阻碍，不利于对施工进度把控。

（二）施工技术风险

施工技术风险是指施工技术应用不合理而埋下的施工隐患，其贯穿于整个施工全过程。造成施工技术风险的主要原因与两个方面有关：①施工技术缺乏先进性。基于水利水电工程水文条件和地质环境复杂的特点，对边坡开挖支护技术有着非常高的要求和标准。例如，地下水与岩土之间会发生一系列复杂的物质反应，导致岩土的性状发生很大改变，从物化性能层面来讲，岩土的性状呈现多样性，包括给水性、溶水性等性能，会影响到工程质量，主要表现为崩解性和胀缩性。这就需要施工技术人员结合实际施工情况，选用合理的施工技术，确保施工质量符合设计要求。在具体实践中，一些水利水电工程施工仍旧使用过于滞后的施工技术，与当前边坡开挖支护施工要求严重不符，从而在施工过程中埋下诸多安全隐患。②制定的技术方案可行性不强。在制定技术方案时，相关人员未能综合考量所有影响因素，如材料和施工技术的可行性等，导致施工风险增加。

（三）土层开挖与支护协调性不佳

水利水电工程对土层开挖的要求并不高，施工流程比较简单，施工难度也就相应偏低，在具体施工中通常

不会应用到专业性较强的施工手段。不过在具体施工过程中,为了加快施工进度,常常同时进行土层开挖与挡土这两项施工作业,增加了施工的复杂性和施工难度。由于部分施工单位无法准确把握工作重点,一味地追求经济成本与效益,忽视了严格按照施工流程操作的重要性,甚至存在偷工减料的情况,从而对施工结构的稳定性造成了严重影响。

另外,根据当前边坡开挖支护的施工效果来看,边坡协调性问题比较突出,不仅影响了整体工程的稳定性及安全性,而且还有可能危及群众的生命财产安全。

三、水利工程施工中高边坡开挖与支护技术的应用

(一) 锚喷支护技术

锚喷支护技术是水利水电工程中常用的支护技术手段,是喷射混凝土支护技术、锚杆支护技术联合应用后产生的工艺。水利水电工程建设中,锚喷支护所用的锚杆类别较多,根据边坡围岩、锚杆接触方法可将支护所用的锚杆分为断头锚固型锚杆、全长黏结型锚杆、摩擦型锚杆。按照锚杆张拉力大小对其展开分类处理时,可将支护锚杆分为张拉锚杆、预应力锚杆两种。水利水电工程边坡支护中,张拉锚杆多为I级、II级的螺纹钢,钢筋直径约为25~32mm,设计锚杆张拉力时,其应力应小于钢筋抗拉强度的70%。

边坡支护施工中锚杆布设的方式包括梅花形、菱形、矩形等。支护锚杆间距应控制为锚杆长度的1/2,对于V类围岩,锚杆之间的距离应小于1m;IV类围岩,锚杆之间的距离应控制在1.25m。正式钻孔时,施工人员应保持钻头、边坡岩层表面相互垂直;通过试验确定钻孔质量符合设计要求后,将配置好的混凝土浆液灌入孔内;然后将锚杆快速插入边坡岩体内,规范安装锚杆后,养护、管理锚杆,养护3d后方可进行质量验收。养护期间,施工人员应避免将重物悬挂于锚杆上,避免影响水利水电工程边坡锚杆支护的稳定性。需要注意的是,对于边坡区域,包含严重风化带、断层带的区域,在利用锚杆支护的前提下,还应喷射混凝土、构建钢筋网,同时联合应用钢拱架,保证边坡支护的可靠性。

(二) 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护时,相关人员应提前清理边坡区域松动、开裂的岩土,然后按照水利水电工程边坡设计图纸,将配置好的混凝土砂浆分层喷射在边坡岩石结构上。喷射混凝土时,还应联合应用 $\phi 6\text{mm}$ 钢筋布设钢筋网,钢筋网上钢筋间距为 $150\text{mm}\times 150\text{mm}$ 。基本支护流程包括:处理受喷面 \rightarrow 受喷面挂网 \rightarrow 验收受喷面 \rightarrow 分层喷射 \rightarrow 检测喷射厚度 \rightarrow 复喷等。分层喷射混凝土时,施工人员可选用PH-30混凝土喷射机,自上而下地喷射混凝土。配置的混凝土砂浆无法在1h内用完时,禁止再次投入使用。分层喷射时,施工人员首次喷射的厚度应彻底覆盖边坡区域的钢筋网,喷射厚度应大于50mm;确定喷射区域混凝土无坠落、滑移情况后,进行二次喷射;若

在混凝土终凝前喷射间隔时间超过1h,还应使用高压水枪清理喷射面的杂物。需要注意的是,水利水电工程中过水隧洞边坡喷射时,混凝土的厚度应大于80mm,钢筋网区域的混凝土厚度应大于100mm。

(三) 深层支护技术

水利水电边坡深层支护技术体系中,预应力锚索技术较为常见,边坡区域的预应力锚索技术是利用锚索加固、支护边坡,改变边坡围岩结构的应力条件,使其具有较强的承载能力。预应力锚索施工前,施工人员还应在边坡上用钢管脚手架作为预应力锚索的支护施工平台。锚索结构是在钻机在边坡区域钻孔后,将提前加工的锚索运输至施工区域,由人工安装锚索链、固定锚具,但预应力锚索中的锚墩可采用现场浇筑的制作方式。钻孔时,施工人员应依据锚索结构中锚杆位置确定钻孔规格大小,钻孔后检验钻孔质量,清孔操作结束后,用人工将高强度的钢绞线制作成的锚索塞送入孔内。然后运用C30混凝土、普通硅酸盐水泥、符合设计要求的砂石制作锚座,张拉锁定锚索。对于水利水电工程中的高边坡,10束锚索的张拉力约为1200kN,按照锚索支护设计,分别张拉边坡区域的锚索后将其固定在锚座上。固定后施加与设计值相符的预应力,若锚索稳定支护时间大于5min,则表示锚索支护符合预期要求。锚索固定后,用配置好的混凝土浆液灌注在锚固区域,同时浇筑锚索结构中的锚墩,增加锚索支护的可靠性。

(四) 抗滑桩技术

从受力特点来看,抗滑桩技术具有多样化的效果,可以落实人工挖孔桩,预制钢筋混凝土板桩、钻孔灌注桩等等,在实际施工过程中,通过把不同桩进行有效连接,利用混凝土加强整体的防护结构,从而防止边坡土体发生滑坡、塌方等。同时,抗滑桩技术对施工人员比较友好,且该项技术的安全性较强,适用于水利水电工程边坡开挖施工中的任意时间段;还具有较高的灵活性,适用于不同类型的水利水电工程施工[4]。但是,相较于其他边坡开挖支护技术,该项技术应用成本比较高,且抗滑桩需要露于表面,因而影响整体工程的美观性。

在边坡开挖施工完成后,边坡将成为一个永久性的施工建设,为了提高边坡的稳固性,延长其使用周期,还应做好后续的坡面防护与保养工作,避免边坡在后续使用阶段出现塌方或滑坡的情况。边坡保养工作可以从以下3个方面入手:①对坡面周围的滑坡体进行全面清理,以此降低坡面的承载力。同时,采用挡墙的方式,防止坡面发生坍塌,最大限度提高边坡结构的稳固性。②加强防护网建设,可有效降低外界因素的影响,如沙土、碎石等。③定期保养与防护坡面,提高边坡的稳固性及封闭性,充分发挥边坡的支护作用。

(五) 锚杆支护技术

锚杆支护技术是水利水电工程边坡开挖支护施工中

常用的一种技术,安全性能非常高,常用于大型水利水电工程陡峭支撑项目中。在具体应用中,需要先根据梅花的形状进行锚杆定位,并将倾斜的角度控制在合理范围之内(以 30° 为宜)。根据工程施工标准,合理选择焊接管道及其他配件,并做好脚手架施工平台的搭建工作,为锚杆支护技术的实施创造良好的施工环境,确保支护施工安全、有序地开展[5]。同时,为了保证施工人员的人身安全,还需要做好相应的安全措施,如铺设坚固的竹胶合板、安装安全网等。在进行钻探螺栓时,通常会涉及气动手钻和井下钻头,应当根据工程实际情况,合理调整螺栓孔的角度。例如,在选择钻头时,应当超过螺栓柄的直径,并在井深达到一定程度时借助高压风机完成对底部杂质的清除,为后续施工程序的顺利开展奠定良好基础。

(六) 混凝土抗滑桩

提升边坡的稳定性主要在于混凝土桩技术,利用土桩的应力,将土桩打入边坡外侧之后不仅能大大提高边坡的稳定性,而且能抵御外力所带来的作用力。在水利水电工程施工中为避免设计边坡时混凝土土体从土桩中流出,所以对混凝土桩的质量要求也非常高。在实施工程时,由于抗滑桩的功效和类别都大不相同,桩体与桩体之间产生的距离需要达到工程施工标准,因此,对抗滑桩也有严格的施工要求。就施工情况而言,混凝土抗滑结构施工方式的运用相对比较普遍,下部相互间隔、顶部相互连接的桩体施工形式也十分常见。运用这一施工技术不仅专业设备使用较少,而且工艺处理方法也相对简单。多数专业施工人员都愿意使用混凝土抗滑桩加固的方法进行施工,其施工优点得到了广泛的认可。在实际的施工过程中要想抗滑桩的功效发挥到最大,必须控制好钉入的深度。一般边坡岩层的抗滑桩深度达到 $1/3$ 左右最好,要想在没有岩层的边坡上也能起到显著的抗滑效果,只需要把抗滑桩放入稳定土层中。抗滑桩的灌浆环节必不可少,其作用在于提高桩体与岩土的密接度,桩体在有下滑力的产生时可以承受更强的承重力,使其达到混凝土抗滑桩的使用效果。

四、边坡开挖支护应注意的要点

(一) 边坡开挖注意事项

在开展边坡开挖施工时,管理人员应根据实际施工需求,进一步明确和规范施工工序,建立从上到下的施工工序,进行分层支护操作,确保工程项目的完整性和安全性。在具体施工中,常常出现地裂的情况,为了避免这一现象的发生,要保证基础工程支护结构笔直,不能倾斜,并利用基础的旋喷措施及深层搅拌机机制进行基土层的集中加固,以保证整体工程安全、稳定地运行。另外,相关人员还要采用分层分块及对称均衡的方式进行边挖边筑的操作,进一步优化工程施工质量。

(二) 加强施工质量的管控

混凝土浇筑是边坡开挖支护技术中的重要环节,对

最终的施工质量有着决定性影响。为了保证混凝土浇筑质量和设计标准,在进行混凝土浇筑之前,应当做好充分的准备工作。①全面检查搭建的模板及钢筋位置,尤其是钢筋位置,要仔细检查其安装是否合理、均匀,避免钢筋位置在混凝土浇筑过程中出现偏差问题,以此提高混凝土浇筑质量和效率。②明确施工工序,结合实际施工要求,制定科学合理的施工方案,选择合理的浇筑技术,明确浇筑高度及混凝土隔板,最终选用合理的振捣工具。

另外,为了保证边坡开挖支护施工作业得以顺利推进,还需要做好勘测作业,即对施工作业周围的地质环境进行全面勘测和调研,对施工周围的环境条件进行深入分析。如果发现相关地质数据不够理想,例如,施工周围的地质环境比较恶劣,对后续边坡开挖支护施工造成阻碍,则需要特殊处理,应当结合具体施工要求以及实际施工情况,制定科学可行的技术方案,为施工顺利进行打好基础。

在具体施工过程中,为了保证混凝土浇筑质量,需要保证浇筑工艺的连续性,避免出现浇筑间断的情况。尽可能缩短混凝土浇筑时间,以便更好地规避温度等影响因素,全面保证混凝土浇筑质量。混凝土浇筑期间,需要对模板及钢筋的位置进行密切观察,避免浇筑过程中出现钢筋错位或挡板错位等情况,这对保证工程施工质量具有重大意义。

(三) 边坡支护注意事项

在开展边坡支护施工时,主要以锚杆安装为主,从根源上保证工程项目的安全性和稳定性。为了保证边坡支护施工质量符合实际使用标准,需要对基坑支护施工加以优化,利用基坑开槽支撑操作,能有效改善工程项目的安全性能。开槽支撑操作后,要进行集中分层开挖,保证对锚杆安装质量的控制。

结束语

综上所述,边坡开挖支护技术是水利水电工程建设中不可或缺的环节,对整体工程质量有着非常大的影响,故而必须要保证边坡开挖支护技术施工质量符合实际使用标准,为提高水利水电工程整体质量和品质打下良好基础。影响该项技术施工质量的因素有很多,在具体施工过程中,应当综合深入分析所有影响因素,制定科学可行的施工方案,规范施工流程,为技术的实施创造安全可靠的施工条件,确保工程质量符合国家规定标准和要求。

参考文献

- [1] 陈保翠. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的有效应用[J]. 长江技术经济, 2022, 6(1): 85-89.
- [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(增刊2): 199-200.
- [3] 王本堂. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 河南科技, 2021, 40(31): 58-60.