

# 水利施工工程中边坡开挖支护技术探讨

申桂香

东阿县水利局

**摘要：**随着当前施工人员国家社会经济的不断进步和发展，以及国内城市化进程的不断提升，水利水电工程作为当前城市化发展的一项基础措施，在国内推广建立程度越来越广泛。对于水利水电施工工程来说，边坡开挖技术是其中最为重要的一个关键环节。边坡开挖不但会影响到水利水电施工的总体质量，甚至会直接影响到水电站下游城市居民的生活生产安全。本文主要探索水利水电施工工程当中边坡开挖支护技术，希望可以抛砖引玉，跟同行分享经验。

**关键词：**水利水电；施工；边坡开挖支护技术

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.13.053

水利水电工程是我国重要的民生工程，随着当前社会的不断发展，以及人民生活的水平日渐提高，水利工程作为绿色环保的基建工程，其应用程度只会越来越广泛。在水电站进行施工的过程中，边坡开挖支护技术属于其中难点相对较高的一个项目，也是在工程内部最容易出现问题的部分。因此水利水电施工单元需要制定出相对完善的边坡支护方案，避免边坡出现容易造成危害的质量缺陷。只有保护了水电站边坡支护的施工质量，才能够保证工程的顺利完成，对水电站影响面的居民安全进行保护。

## 一、相关案例背景

某水利水电项目的总库容量达到了 $6.6 \times 10^7 \text{m}^3$ 。本项目具有复杂的施工地质结构。在施工的过程中，有大量的土建项目需要完成。并且该地区的岩石常年饱受风化侵蚀，地质结构脆弱。因此施工难度巨大。

本地区的地势属于北高南低的状态，山峰的最高点小于600m。整个区域内的河流和河槽被埋藏在河谷底部，深度巨大。水坝所处的河谷位置狭窄，一般构成v字形或者u字型的峡谷。整个河谷与山地之间的落差高达几百米，河床是整个区内的地表水和地下水的最低侵蚀基准面。这片地带有大量的岩溶暗河，并且这些暗河都经过了碳酸盐岩石地层的支流。在整个区域的上方岩石碎裂严重。根据检测人员的报告结果可知整个岩体的外表层较为松散，但下部岩石结构密度较高。这是因为这种岩石结构加上风化的外力作用，直接导致了岩体本身出现了不稳定的情况。这也导致了水电站本身的地基结构性相对较为脆弱，因此施工人员必须要对水电站的外边坡进行相应的支护处理，否则整个项目可能无以为继。

## 二、土方开挖施工技术

### （一）施工时间的选择

根据上述地质条件以及该地区的气候条件，施工人员可以知道本项目土方开挖的理想时间是在秋冬季的8~12月。在这个时间段，本地区相对来说降雨量较

少，气候相对稳定，在进行施工的时候，雨水不会对岩层造成破坏，这样在水利施工的时候就不会出现什么大的问题。

### （二）排水手段

本项目的排水施工作业主要目的是为了保证地下水位的稳定，不要对施工边坡造成巨大的困扰。从本案例的情况上来看，现场施工表面的土质相对比较松散。在这种情况下，几乎不会影响到水电站的施工。如果在施工过程中偶尔遇到降水，那么施工人员可以从坝肩的左侧开始，采用从上到下人工施工的方法来进行挖掘。施工人员可以开挖出一条排水沟，其宽度和深度分别为80cm和50cm。由于该时间段降水量较少，因此施工人员可以通过雨水自流的方式来对工作面的积水进行自动排除。排水沟需要从上贯穿到下，只有这样才能把整个工程项目的积水给引出施工作业面。

### （三）开挖施工

在项目正式启动之前的放线作业中，施工人员要给后面的施工步骤进行放线好标记，并以此标记。作为后面开挖的主要标的物。在施工过程中，施工人员选择了分层开挖的模式。用液压阀作为主要的施工设备。根据挖掘机的具体施工能力，施工人员可以把开挖深度设置为一次6m左右。

原始岩土面的上方纵向进行开挖70m之后，施工人员可以进行横道面的开挖，并且按照2:1的比例进行边坡的设置。在施工现场，施工人员需要保持一定的间距内设置隔离道，在针对岩石的作业项目中，我们需要把开挖的深度设置为70m左右，并且横断开挖施工成为1:1的坡度。施工人员要对当前现场的各种参数了如指掌，并按照这些数据使用挖掘机进行针对性的处理。操作的主要顺序是从上到下依次开挖。

为了对开挖的位置进行精准引导，施工人员需要进行多次放线作业处理。比如在136m~130m的高程位置进行边坡开挖的过程中，施工人员可以先用液压挖掘机在136m的高程位置开挖一个平台，该平台的规格约为6m左右，然后施工人员可以沿着6m的外边线逐渐向下进行开挖作业，该挖掘作业一直到130m的位置停止。然后整个施工过程中，测量人员需要用水准仪观察高程之后经过6m的外边线沿着136m的高程位置，横向设置一个规格为3.5m的马道。当马道施工完毕之后，施工人员可以继续相同步骤的施工处理。按照当前已经标定出来的位置和标的物接着进行针对坡道的挖掘处理。施工人员可以保持相同的步骤。对当前的工程进行计划内的逐步推进保持不急不徐的施工进度，最终打造出边坡的雏形。

在这个项目中，为了保证施工步骤交错有序。备与设备之间不会互相抢占空间，同时也是为了保证施工的安全问题。整个施工过程需要在日光下作业。对于所有

挖掘出来的土方都要进行特殊处理。一部分土方可以直接送回原处，这些被送回原处的土方可以保证当前施工面的面积足够施工人员活动，并对未来的施工步骤产生有效影响。其余的土方材料可以直接顺着坡面送到山下。这些材料可以按需求分成两个部分。其中一个部分可以利用车辆进行运输到围堰位置进行填充施工处理，另一部分则需要直接送到废料处理中心集中处理。在这个阶段为了不对施工的进度造成巨大的影响，相关的运输车辆需要错落有致的进行合理分配。

#### （四）坡脚的针对性施工

本项目的坝肩的施工结束之后，施工人员就可以继续进行坡脚开挖施工处理。在本项目施工当中的关键步骤主要包括以下的几个关键点：

首先是要当前的施工环境，合理选择相应的施工方案。由于本次施工项目处于深谷地带，因此结合地形的情况下，我们可以通过左右开挖面选择相对合理的环形路线施工方案。然后根据施工现场的需求，设置出了齿槽斜坡路，并且把该喜欢一直淋到山底。以及山峰的右侧路面上。

然后是结合当前施工工地的特殊情况，选择合适的排水路线。在当前的开挖面上，施工人员挖出了一条排水沟，排水沟的深度参差不齐，根据当前作业面的情况和现场的情况，进行临时性的动态调整。一般来说，每一层的排水沟深度都要比开挖面低出约2m左右。

接着施工人员在上游以及下游的位置分别开挖出一条排水沟。并且在对应的建筑物外侧设置了一个深约5.5m，宽约4.5m的积水井。这个积水井主要用处是用来泵抽水，对现场施工的水位进行了高效的控制。

接着是挖掘施工的步骤。这部分施工作业的工程量很大，并且整个项目的预留时间较短，属于周期较短，施工量较大的高难度施工。因此施工人员采用了连续倒班不停作业的施工方式，并且在这期间每一天的作业量都不低于1750m<sup>3</sup>。这种反铲机的翻斗容量约为1.8m<sup>3</sup>。每一辆反铲机都会配上若干辆运输车。在正式进行施工的时候，施工人员没有选择分段施工作业，而是选择了贯通式全施工作业流程。从上到下每一层一气呵成。为了保前的作业精准度，以及尽量减少公差。在施工过程中需要使用各种辅助器械进行随时的精准度测量和找平。

规划人员充分考虑了土石方的施工速度以及相应的进度，因此整个项目可以保证如期交付。在这个施工环节，施工人员需要结合当前的道路状况谁使用各种硬质填充物，比如施工挖掘时产生的废石料或者坚硬的土块等等。在这个过程中，施工人员对运输车辆所经过的路面进行随时的维护。因此路面可以保证施工过程中不会出现问题。

### 三、边坡开挖支护施工方案探索

#### （一）支护施工的主要思路探讨

施工人员在进行针对性的支护施工处理期间，要对图纸进行充分的研究。并根据相应的施工要求和参数要求，基于多种方式的锚杆以及对应标号的混凝土进行喷

注施工作业。等待施工完成之后，施工人员就会对当前的支护结构进行完整性施工。并达到最终的施工目的。施工人所使用的支护锚杆的设计规格为3.9m。同时锚杆之间的分布分别为2m×2m。进行锚杆行分散式布置之后，每一层的开发作业，事故人员都需要进行针对锚杆和混凝土喷注的施工，并进行针对性的支护作业处理。

#### （二）锚杆支护施工

首先是针对锚杆孔进行施工布置。所有的布置必须严格遵守施工图的设定。按照相应的距离和参数进行施工作业。孔位的偏差不可以大于10mm。在进行孔轴的方向调整和设定的时候，施工人员也需要按照施工图的前期规划保证锚杆的位置和锚杆滑动的倾向处于相反的位置，避免出现因为打滑而脱落的情况。为了避免出现施工事故，滑动面的角度需要大于45度，同时锚杆孔的直径必须要远远大于模板的直径。在施工流程这方面施工员需要遵守。先注浆后安装的流程，保证锚杆不会脱落。其次是对锚杆进行锚固作业。在整个活动项目过程中，模板的施工需要在当前的技术人员的具体指导下进行。同时在进行施工之前，所有的孔位都需要保证清洁没有杂物，这样才可以保证施工的力度。在当前的项目中，注浆比例约为如下所示：

水泥：砂浆=1：2；水泥：泥浆=1：0.4

在确定完全充满泥浆之后，施工人员就可以进行模板的插入作业，之后就可以进行螺栓的固定作业。在砂浆进行彻底凝固之前，锚杆禁止被碰撞或者拉拔。

第三点就是锚杆支护施工。在本水利项目当中，锚杆支护施工的基本流程为如下所示：

（1）初喷施工。该项施工的主要目的就是为了让裂开的岩石被黏合住。同时保证岩石内部的缝隙不会影响到施工的质量。在全部施工完毕之后，被注浆的岩石需要保持一个符合施工要求的强度，并且给接下来的作业提供稳定的地基。作业面一个坚实的基础，可以使工程顺利进行下去。

（2）对定位孔进行测量。在技术人员进行相互配合的前提下，施工人员可以对定位孔进行针对性的测量，在测量结束后可以使用油漆进行对应的标记处理。

（3）清洗钻孔。在进行钻孔作业之后，施工人员需要使用压力风枪来对钻孔进行彻底的清洁，清除掉一系列的岩石碎屑以及其他的物质，并在此基础上，在检查人员确定钻孔的规格符合要求之后，进行下一道工序的处理和作业。

（4）在进行注浆的过程中，施工人员使用砂浆棒进行施工。等确定注浆管道完全插入到锚孔的底部之后，就可以开始下一步的注浆流程。在这一步，施工人员可以根据当前孔内的实际情况变化来选择恰当的时机抽出管道。当作业结果符合要求规范之后，就可以相应的设备进行作业停止操作处理。然后用人力把锚杆进行插入。最后采用各种方式进行相应的固定以保持作业面的稳定。

#### （三）喷射混凝土支护施工

对于水利工程中的边坡开挖支护技术来说，运用湿

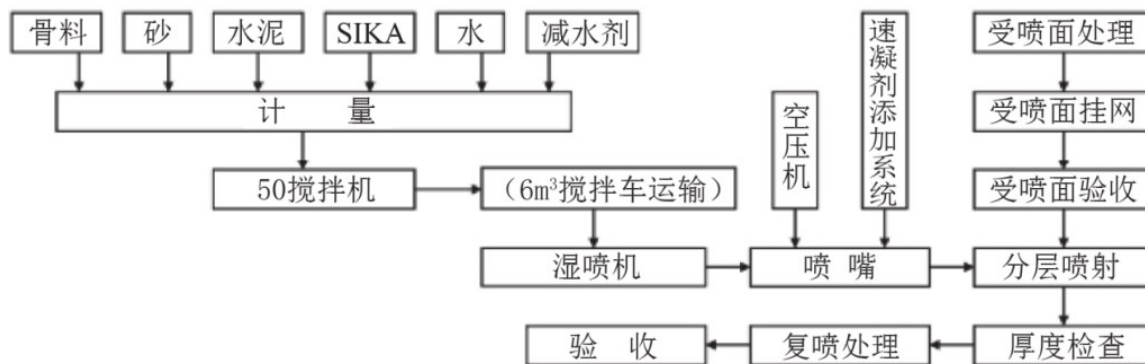


图1 喷射混凝土的基本施工流程

喷法的工艺来进行喷射混凝土是属于常规主流的方式。

首先是对喷射面进行施工之前的处理准备工作。在开始喷射施工之前，施工人员需要彻底的清洁当前施工表面的所有松动的石块和土块。在确定施工表面没有崩裂以及开裂的延时之后，施工人员需要使用高压冲毛机进行对表面的处理。并且施工人员需要严格遵守施工图纸的前期设计要求。对喷射面进行支护保护。在作业的过程中，施工人员需要对表面进行清理作业，以保证下一步工序的施工质量。

其次是对混凝土进行喷射。在进行混凝土喷射的期间，施工人员可以使用直径为6mm的钢筋并在对应的位置搭设相应的网架。在施工过程中，施工人员采用需要利用人工操作的方法。把钢筋网进行针对性的固定处理。这样就可以确保钢筋可以保护岩石的表面。避免岩石发生崩塌或者脱落的情况出现。然后施工人员需要跟这岩石的走向，对关键部位进行捶打处理。以使得整个钢筋网表面被牢牢固定住。在进行喷射混凝土的施工作业中，施工人员采用单层累加的方法对已经处理干净的表面上进行喷射施工作业。施工人员可以采用对应的混凝土喷射剂，加以人工辅助，按照一定顺序的施工方式进行针对性施工。如果说新拌合的混凝土在一个小时之内无法使用完毕的话，则不管剩余多少数量都必须直接丢掉。每次喷射的数量需要以钢筋网为依据。拍摄时必须完全覆盖住钢筋网。然后在喷射作业结束之后，混凝土不要出现坠落或者移动的现象。5.5cm左右比较合适。在混凝土终凝之前需要进行二次喷射作业，如果喷射的时间间隔大于一小时，那么施工人员就需要使用高压风水枪对表面的杂物进行彻底的清理，才可以接着施工。

最后则是养护作业在喷射混凝土的终凝120min之后进行针对性的养护处理。其主要方式是保证混凝土表面保持湿润。养护的时间一般不小于两个星期。在此期间，养护所用的水必须是干净的水源，避免出现带有杂物的雨水直接淋到表面上的情况。如果天气不佳，必须使用相应的覆盖物进行覆盖。

### 结论

对于整个水利水电工程项目全流程来说，边坡开挖

支护技术已经成为整个工程当中保证施工质量的核心难点之一。本项目所使用的方法已经在实际过程中得到了充分的检验，并且施工后的效果相当良好，施工方案比较科学，可以作为经验给同行借鉴。

### 参考文献

- [1] 闫峰, 唐鹏程, 郭治国, 覃事河. 金川水电站泄洪洞进口边坡设计优化与效果评价[J]. 西北水电, 2022 (03): 92-95.
- [2] 晋良军, 张建忠, 李剑寒. 黄登水电站复杂地质条件下缆机边坡开挖支护设计[J]. 云南水力发电, 2022, 38 (04): 117-122.
- [3] 李想. 金沙水电站山梁子变形体边坡开挖支护措施分析[J]. 水利水电快报, 2022, 43 (03): 37-45.
- [4] 王小升. 黄登水电站缆机平台边坡倾倒蠕变岩体开挖支护施工[J]. 云南水力发电, 2021, 37 (11): 146-148.
- [5] 张娅琴. 两河口水电站泄水出口边坡开挖支护设计研究[J]. 水电站设计, 2021, 37 (02): 58-62+67.
- [6] 罗雄兵. 万家口子水电站高拱坝复杂地质地形坝基开挖技术[J]. 红水河, 2020, 39 (01): 93-98.
- [7] 洪伟. 杨房沟水电站料场边坡稳定性及支护措施研究[D]. 成都理工大学, 2019.
- [8] 杨林. 老挝某水电站开挖边坡支护工程及缺陷处理[J]. 东方电气评论, 2018, 32 (03): 58-62.
- [9] 张立军. 边坡开挖支护技术在水利水电工程施工中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 45 (03): 122-123.
- [10] 郭光. 桐子林水电站右岸枢纽区边坡稳定性及支护处理措施研究[D]. 南昌大学, 2016.
- [11] 张有斌, 魏素香. 小湾水电站700 m级高边坡开挖支护施工管理[C]//. 水利水电工程建设与运行管理技术新进展——中国大坝工程学会2016学术年会论文集., 2016: 713-725.
- [12] 李哲朋. 高陡边坡免脚手架快速开挖支护技术研究及实施[C]//. 水利水电工程建设与运行管理技术新进展——中国大坝工程学会2016学术年会论文集., 2016: 739-744.