

# 锦屏一级电站尾水调压室大角度上仰孔锚索施工

黄 辉

(四川准达岩土工程有限责任公司,四川 成都 610072)

**摘要:**锦屏一级水电站地下厂房尾水调压室顶拱发育有 f14、f18 断层及煌斑岩脉,开挖后出露断层及其影响带岩体破碎,风化强烈,围岩不稳定,为了洞室稳定及施工安全,设计采用预应力锚索进行加强支护。介绍了尾水调压室大角度上仰孔锚索的施工方法。

**关键词:**大角度上仰孔;预应力锚索;施工方法;尾水调压室;锦屏一级电站

**中图分类号:**TV54 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2009)02-0055-04

**Construction of Anchor Cable with Large-angle Upward Hole in Tailrace Surge Tank of Jinping I Hydropower Station/HUANG Hui** (Sichuan Zhunda Geo-engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)

**Abstract:** f14, f18 fault and lamprophyre veins are developed in the top arch of tailrace surge tank in underground powerhouse of Jinping I hydropower station, the fault and the influence line was exposed after excavation with broken rock, strong weathering and instable surrounding rock. Pre-stressed anchor cable was designed to strengthen the support for cavity stability and construction safety. The paper mainly introduced the construction method for anchor cable with large-angle upward hole in tailrace surge tank.

**Key words:** large-angle upward hole; pre-stressed anchor cable; construction method; tailrace surge tank; Jinping I hydropower station

## 1 概况

### 1.1 工程概述

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州盐源县和木里县境内的雅砻江干流上,是雅砻江干流下游卡拉至河口河段水电规划梯级开发的龙头水库,距河口 358 km,距西昌市直线距离约 75 km,其下游梯级有锦屏二级、官地、桐子林水电站和已建成的二滩水电站。锦屏一级水电站主要由双曲拱坝(包括水垫塘及二道坝)、右岸泄洪洞、右岸引水发电系统及开关站等建筑物组成,水库总库容为 77.6 亿 m<sup>3</sup>,电站总装机为 6×600 MW。

根据地质勘察报告,地下厂房 1 号尾水调压室顶拱出露断层 f14 及煌斑岩脉(X),主要发育第①、第②组裂隙,零星发育第④组裂隙。洞室顶拱 f14 断层及其影响带出露部分岩体破碎,风化强烈,影响带内裂面强烈锈染,围岩不稳定;顶拱揭露的煌斑岩脉完整性差,自稳能力差;该洞室顶拱发育的层面裂隙延伸较长,部分夹绿片岩薄层,与煌斑岩脉、f14 断层等组合形成规模较大的人字形不稳定块体;2 号尾水调压室顶拱揭露一条断层破碎带(断层 f18),该段顶拱主要发育第①、第②组裂隙,零星发育第④组裂隙。断层及其影响带发育部位岩体破碎,风化

强烈,属Ⅳ类围岩,围岩不稳定。该洞室顶拱发育的层面裂隙延伸较长,部分夹绿片岩薄层,与煌斑岩脉、f18 断层等组合形成规模较大的人字形不稳定块体。为了洞室稳定及施工期的安全,设计起用预应力锚索对上述断层区域进行加强支护。

### 1.2 预应力锚索布置及工程量

(1)1、2 号尾水调压室顶拱部位各设计布置有预应力锚索 22 根(均为 2000 kN),锚索施工角度为上仰 52°~90°,锚索体采用结构形式为:自由式单孔多锚头防腐型预应力锚索,具体工程量见表 1。

表 1 地下厂房尾水调压室顶拱区域锚索工程量

室号	序号	锚索长度/m	造孔角度/(°)	锚索根数
1	1	35	上仰 60	8
	2	35	上仰 57	3
	3	35	上仰 90	2
	4	30	上仰 52	7
	5	30	上仰 90	2
2	1	25	上仰 80	4
	2	35	上仰 60	5
	3	35	上仰 90	3
	4	30	上仰 55	7
	5	30	上仰 90	3

(2)锚索布置情况见图 1 所示。

收稿日期:2008-07-14

作者简介:黄辉(1978-),男(汉族),江西宜春人,四川准达岩土工程有限责任公司助理工程师,勘察技术与工程专业,从事岩土工程技术工作,四川省成都市浣花北路 1 号,huanghuicdud@126.com。

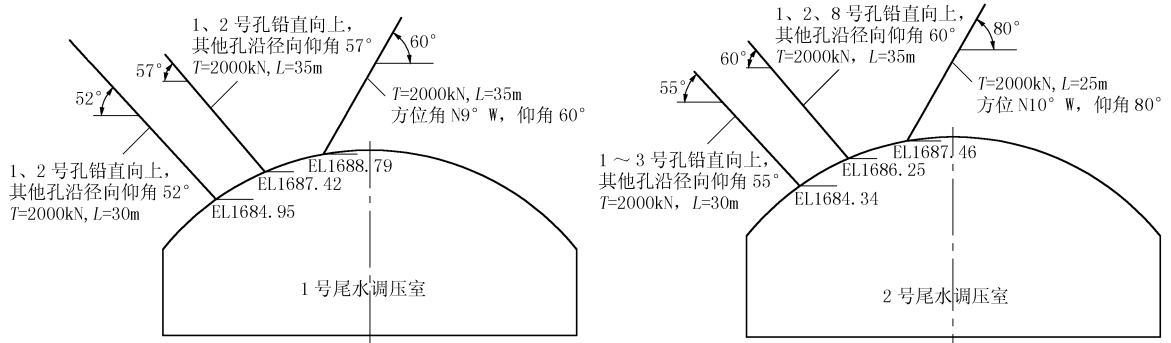


图1 尾水调压室锚索孔位布置图

## 2 锚索施工难点

由于此部分锚索施工均属于大角度上仰孔施工,故在锚索施工的各工序质量控制及施工方法上较小角度上仰孔、水平孔及下倾孔施工出现了很多的难点:

- (1) 钻机就位稳定及钻进过程中加杆时的钻具稳定及安全操作;
- (2) 钻孔孔斜及方位角控制;
- (3) 索体安装及固定;
- (4) 锚索灌浆质量控制;
- (5) 锚墩浇筑混凝土入仓及接触面密实处理。

## 3 锚索施工工艺

自由式单孔多锚头防腐型预应力锚索采用高强度松弛无粘结钢绞线,其施工工艺流程如下:

施工排架搭设→锚孔定位编号→钻机就位校核  
→造孔<sup>锚索体制作</sup>→清孔→下锚→锚索注浆<sup>锚墩浇筑</sup>→张拉→补偿张拉→外锚头保护。

### 3.1 施工排架搭设

排架搭设前按照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130-2001)及《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2001)要求,编写详细、安全、可靠的《排架搭设方案》,方案报安全监理工程师批复后方可实施。因为尾水调压室顶拱区域为球面形状,故排架搭设按照满堂脚手架进行搭设,搭设基本参数为:立杆横距1.5 m,立杆纵距1.5 m,步距1.8 m;所有立杆均通过扫地杆进行连接。排架搭设完成后由测量人员对各施工孔进行放样定位,在孔位位置增加立杆,单根立杆受力调整为双根受力,减少钻机钻进工程中排架的变形导致造孔孔斜的超标。

钻机就位前利用全站仪将锚索造孔方位角及倾角进行精准的测放,要严格控制立轴轴线与钻杆冲击器间的安装间隙误差,方位角及倾角定位以冲击

器控制为基准进行。钻机基本就位开钻前,再次利用测量仪器对钻机方位及倾角进行校核,直至达到设计要求为止。钻机定位确定后,利用架管将钻机整体稳固锁定在排架上与排架形成整体,增加钻机的自身稳定性,减少钻孔过程中可能因钻机失稳导致的钻孔孔斜超标。

### 3.2 造孔及清孔

#### 3.2.1 造孔基本参数

(1) 造孔孔深。考虑到上仰锚索孔灌浆时浆液自重下流及浆液泌水对灌浆质量控制影响较大,造孔终孔孔深按照大于设计孔深1.0 m进行控制,以增加锚索灌浆浆液凝结“缩水”后形成的结石体与锚固体系间的保护距离。

(2) 造孔孔径。考虑到钻孔穿过断层区域,下索过程中索体可能遇到小型岩块的卡塞。为了索体安装能顺利进行,将原设计造孔孔径140 mm调整为165 mm,以增加索体安装时与孔壁间间隙,有利于小型岩块的下落,同时也可以增加断层区域的锚固效果。

(3) 孔斜要求。终孔孔轴偏差不得大于孔深的2%,方位角偏差 $\geq 3^\circ$ 。

#### 3.2.2 造孔机具

(1) 锚索钻孔施工采用YXZ-70型钻机,350R型冲击器配 $\varnothing 165$  mm钻头, $\varnothing 89$  mm钻杆。

(2) 钻孔防斜机具设计:在冲击器前接头外壁焊接扩径块使前接头外径与钻孔孔径基本一致;在冲击器后连接的前三根钻杆上焊接长度为50 cm的扶正块(每根钻杆均匀布置4块),扶正块上镶焊金刚石球形块体,钻杆焊接扶正块后的外径控制在165~163 mm间;其他钻杆采用焊接螺旋片进行扶正改装,每根钻杆螺旋片焊接长度1.0 m,焊接完成后的外径165 mm。

(3) 钻进加杆固定装置:在钻机孔口定位器前端的滑动桅杆上焊接2个垫叉限位块,钻机加杆时

先将垫叉与钻杆连接后固定在限位块上,然后钻机动力头反转与钻杆脱离,再执行加杆操作。

### 3.2.3 造孔孔斜控制措施

(1)严格检查钻机动力头与桅杆连接滑板的磨损情况,磨损严重的必须更换,以减少钻进不稳定造成的孔斜偏差;严格检查钻杆,严禁使用弯曲、破损漏风及不同型号钻杆,钻孔开始前将钻杆进行全部连接,检查钻杆连接后的同轴心情况,如偏差较大,必须更换钻杆。

(2)钻进开始前在孔口设置限位装置(只要控制冲击器在钻进过程中的导向及造孔角度),待到冲击器及扶正钻杆全部进入孔内后可以将扶正装置拆除。

(3)严格控制钻进压力及钻进速度,特别是在进行断层带钻进时,采用低钻压高钻速快速通过,最大限度地减少断层地质带对钻孔孔斜控制的影响。

(4)必须严格检查,确保每孔钻进时均使用防斜机具及相关配置。

### 3.2.4 清孔

造孔完成后在起钻过程中采用风水联动方式对孔道进行冲洗,直至孔道清洗干净为止。

## 3.3 锚索体编制

严格按照自由式单孔多锚头防腐型预应力锚索的设计图纸进行相关单部件的制作及总体的组装,考虑到上仰孔的下索施工难度及灌浆质量控制,在索体编制上做了以下调整:

(1)将锚索索体隔离架间距由原来的2.0 m调整为1.0 m,隔离架间的黑铁捆绑由原来的一道增加至2道,以增加索体的整体刚度,有利于索体安装的顺利进行。

(2)将原有索体前端导向帽长度由0.25 m调整加长至1.0 m。由于上仰孔锚索灌浆采用孔口封闭、孔口送浆、孔底返浆的方式进行,索体内的孔底返浆管管口末端处在导向帽的最前端,导向帽的加长可以使灌浆时孔底浆液液面与索体最前端承压板间距离增大,提高了索体锚固体在浆液结石体中的上端保护层厚度,为后期锚索张拉提供质量保证。

(3)将索体中的回浆管路由原来的2根增加至3根。灌浆采用孔口预埋管进浆,索体编制中的3根回浆管回浆。当出现灌浆管路堵塞时,任何一根回浆管都可以重新当作进浆管进行灌浆,可以完全避免灌浆时因灌浆管路问题导致灌浆不密实情况的发生。

## 3.4 锚索体安装

上仰孔锚索安装采用机械为主人工为辅的方式进行。索体安装前根据具体孔位在施工排架上选择一条简洁直便的索体运输通道。在孔口布置2根 $\varnothing 25$  mm插筋( $L=1.0$  m,入岩50 cm,入岩部分使用高强锚固剂进行锚固),每根插筋焊接一固定挂钩,每个挂钩上安装一部3 t电动葫芦。当索体前段到达孔口后,由人工进行导向将导向帽送入孔内,然后利用2部电动葫芦进行索体安装施工:将2部电动葫芦的链条与索体紧密平行捆绑在一起(捆绑长度按照每次2 m控制,两链条间距3 m),收紧前端链条将索体送入孔内,后端链条松弛跟进;当前端链条达到孔口处时,后端链条固定索体,将前端链条解下捆绑在下一位置,捆绑好以后开始收紧后端链条将索体送入孔内。如此循环进行将索体送入孔内。索体安装到位后,在外露部分加密隔离架(最少6个以上),隔离架与钢绞线紧密捆扎,然后将隔离架体用高强铁丝束与孔口插筋及顶拱区域已施工锚杆进行有效固定连接。

## 3.5 锚索灌浆

### 3.5.1 灌浆方式方法

自由式单孔多锚头防腐型预应力锚索采用孔口封闭、孔内循环、全孔一次性灌注进行灌浆。孔口安装孔口封闭器,灌浆时形成孔内密闭状态。

### 3.5.2 灌浆设备

主要有高速搅拌机、双层搅拌机、注浆泵及高压浆管等。考虑到上仰孔及使用水灰比0.36的浓浆浆液自重的影响,注浆泵由原来的一般压力型号调整为高压型号。

### 3.5.3 灌浆质量保证措施

(1)为了保证上仰孔特别是垂直向上孔的锚索灌浆密实度符合要求,灌浆采用“孔口灌浆+孔底返浆+反向压浆”的特别方法进行:灌浆开始由孔口预埋管将浆液送入孔内,浆液从孔口向孔底上涌,当浆液到达一期回浆管时,检查回浆密度,如回浆密度与拌制浆液密度基本一致则将一期回浆管折起封闭;当二期回浆管回浆时按照一期回浆管同样的方法进行处理;当三期回浆管(孔底管)返出浆液密度达到相关要求后,将与三期回浆管连接的主回浆管路上的控制球阀逐渐关闭直至回浆压力达到设计屏浆压力,当屏浆压力达到0.3~0.4 MPa(灌浆全压力),灌浆注入率 $<1$  L/min时,开始进入屏浆过程;为了使浆液在孔内的密实度得到有力保证,屏浆时间由设计要求的30 min调整至60 min。屏浆结束后将孔口预埋管封闭,将主送浆管与三期回浆管连

接进行反向向孔内纯压压浆,压浆压力控制在0.5~0.7 MPa之间,反向压浆时严格检查双层搅拌桶中浆液液面是否下降,如果液面未出现下降,则反向压浆30 min后即可结束灌浆;如出现液面下降,则必须继续进行纯压灌浆直至孔道不再摄浆方可结束。

(2)灌浆过程中严格检查孔口附近区域是否存在漏、冒浆现象,如存在则必须采取有效的办法进行封堵,若封堵无效的话则采取送入浓浆利用浓浆将各类裂隙进行封堵(孔口预埋管用高压风吹通,若堵塞则使用一期或二期回浆管进行灌浆);灌浆过程中严格检查浆液密度,不合格浆液不得使用。

### 3.6 锚墩浇筑

#### 3.6.1 大角度上仰孔锚墩浇筑存在的难度

与其他角度锚墩浇筑相比,大角度上仰孔锚墩浇筑主要存在以下难度:

- (1)锚墩浇筑后张拉前的固定;
- (2)锚墩底部与顶拱球面接触不平,混凝土浇筑不可一次充填密实;
- (3)混凝土入仓难度较大;
- (4)混凝土浇筑的密实度。

#### 3.6.2 解决办法

为了解决上述问题,在施工前制定了以下解决办法。

(1)锚墩钢筋网片焊接前严格检查锚墩底部开挖接触面的岩层情况,如为强风化岩层必须进行剥离;在锚墩区域沿孔口均匀安装4根 $\varnothing 25$  mm插筋( $L=1.0$  m,入岩50 cm,入岩部分使用高强锚固剂进行锚固),4根插筋与锚墩锚垫板及锚墩混凝土钢筋网片紧密焊接;将锚墩浇筑区域内其它的锚筋(已施工的锚杆或固定电动葫芦的锚杆)通过 $\varnothing 12$  mm钢筋与锚垫板及锚墩混凝土钢筋网片紧密焊接,这样锚墩浇筑完成后锚索张拉前整个锚墩会十分的稳定。

(2)为了在不影响锚墩强度的前提下解决浇筑密实度及入仓问题,将原设计的二级配混凝土调整为一级配混凝土,混凝土入仓采用人工方式进行,入料口设在立模时确定的锚墩高端一侧;混凝土入仓后采用小型振动棒进行振动,振捣时先振捣仓内,再将振动棒靠在模板外侧进行振动以提高混凝土的密实度。

(3)对于锚墩浇筑后形成的入料口与开挖基岩面间空腔的处理可以采取以下方式解决:①将人工拌制塌落度很小的混凝土利用人工塞入空腔内,塞

入的过程中不停的用钢筋进行杵捣直至达到入料口侧平面,外平面用工具抹平;②将入料口进行封闭,封闭时预埋灌浆管,待封闭完成达到要求进行锚墩底面接触灌浆,接触灌浆浆液水灰比0.30,灌浆直至接触灌浆密实后停止。

### 3.7 锚索张拉

#### 3.7.1 张拉基本要求

锚索张拉应在锚固注浆结石体抗压强度达到设计要求的可张拉强度及锚墩混凝土等的承载强度达到施工图纸规定值后进行,张拉参数应满足设计要求。

#### 3.7.2 张拉程序

(1)锚索张拉按分级加载程序进行,即由零逐级加载到超张拉力,经稳压后卸荷到设计张拉力进行安装, $0 \rightarrow m\delta$ (稳压5 min) $\rightarrow \delta$ ( $m$ 为张拉系数,由设计确定, $\delta$ 为设计张拉力)。

(2)张拉工艺流程:穿锚 $\rightarrow$ 初始载荷(钢绞线调直) $\rightarrow$ 分级循环张拉至设计工作荷载 $\rightarrow$ 补张拉。

#### 3.7.3 锚索张拉方式

自由式单孔多锚头(防腐)型预应力锚索由于各级钢绞线长度不等,采用单根张拉千斤顶分级对称分序张拉,每一循环张拉时,先张拉锚具中心部位钢绞线;然后张拉锚具周边部位钢绞线,确保钢绞线平均受载。

#### 3.7.4 张拉注意事项

(1)加载速率:每分钟不宜超过设计应力的10%。

(2)卸荷速率:每分钟不宜超过设计应力的20%。

(3)预应力的施加:向张拉油缸加油使油表指针读数升至张拉系统标定曲线上预应力值。

(4)钢绞线伸长值:分级测量钢绞线伸长值并按要求做好记录。钢绞线调直时的伸长值不计入钢绞线实际伸长值。

## 4 结语

地下厂房尾水调压室大角度上仰孔预应力锚索施工在采用以上经过改进及调整后的施工方法和工艺后,造孔孔斜控制、灌浆质量保证、索体安装过程及锚墩浇筑质量控制均能满足设计质量要求,锚索施工质量及进度完全能满足业主及监理的要求。尾水调压室大角度上仰孔施工工艺及方法调整后的成功运用,为后期地下厂房其他部位相似工程的施工提供了可借鉴的经验。