

# 锦屏一级水电站地下厂房系统 对穿预应力锚索孔孔斜控制施工技术

张涌泉<sup>1</sup>, 李朝华<sup>2</sup>

(1. 四川准达岩土工程有限责任公司, 四川 成都 610072; 2. 成都水利水电工程公司, 四川 成都 610072)

**摘要:** 锦屏一级水电站地下厂房洞室主机间、主变室、母线洞等洞室系统的边墙、蚀变岩段和较大断层采用了穿预应力锚索加强支护。在对穿预应力锚杆的施工过程中, 根据不同的地质地层段, 采取严格的孔斜控制措施, 并不断地改进控制方法, 基本解决了对穿预应力锚索造孔孔斜控制的技术问题, 满足了设计技术要求, 积累了对穿预应力锚索孔斜控制施工经验。

**关键词:** 对穿预应力锚索; 孔斜; 控制; 锦屏水电站; 地下厂房

**中图分类号:** TV554    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2010)11-0064-03

**Construction Technology of Hole Deviation Control for Horizontal Pre-stressed Anchor in the Underground Power-house System of Jinping First Stage Hydropower Station/ZHANG Yong-quan<sup>1</sup>, LI Chao-hua<sup>2</sup>** (1. Sichuan Zhunda Geotechnical Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China; 2. Chengdu Company of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Chengdu Sichuan 610072, China)

**Abstract:** Reinforced support was made for the side wall, altered rock and large fault of the main engine compartment, main transformer room and bus cavern in underground powerhouse of Jinping 1 hydropower station by the horizontal pre-stressed anchor. In the construction process of pre-stressed horizontal anchor, according to the different geological formations, hole deviation was basically solved by strict control methods with continuous improvement.

**Key words:** pre-stressed horizontal anchor; hole deviation; control; Jinping hydropower station; underground powerhouse

## 1 概述

### 1.1 工程概况

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。

厂区主要建筑物由地下厂房、主变室、尾水调压室组成, 三大洞室平行布置。地下厂房轴线方向为 N65°W, 由里向外依次布置安装间、主机间和副厂房。

地下厂房围岩地层为杂谷脑组第二段的第 2、3、4 层, 岩层产状 N30°~70°E, NW ∠25°~40°局部变化大, 岩性为大理岩。廊道区地下水受 NW、NWW 向张裂隙发育程度控制, 具有明显不均一的特点。排水廊道区为高地应力区, 最大主应力  $\sigma$  值

达 25~35 MPa, 其方向与洞轴线近于平行。

### 1.2 工程地质条件

地下厂区围岩主要由第 2、3、4 层大理岩、角砾状大理岩夹绿片岩透镜体、大理岩夹绿片岩条带组成, 岩体新鲜, 第 3、4 层以厚层~块状结构为主, 第 2 层以薄~中厚层状结构或互层状结构为主, 部分厚层~块状结构, 岩层产状 N40~60°E, NW ∠15~35°。在副厂房及主变室、尾水调压室位置分布一条煌斑岩脉, 产状 N40~70°E, SE ∠65~70°, 厚 1.5~2 m, 新鲜, 裂隙较发育, 呈次块~镶嵌结构。

地下厂区发育规模较大的断层有  $f_{13}$ 、 $f_{14}$  断层。 $f_{13}$  断层: 发育于安装间部位, 总体产状 N50°~65°E, SE ∠70°~80°, 主断面起伏、光滑, 破碎带宽一般 1~2 m, 局部 1~5 cm, 由灰黄色断层角砾岩、糜棱岩组成, 糜棱岩厚 0.5~5 cm, 呈条带状连续分布, 泥化、软化, 带内物质挤压紧密, 胶结差, 部分弱风化, 有滴水现象, 下盘影响带一般 0.3~1 m, 上盘影响带 3~5 m, 多弱风化, 绿片岩强风化, 多呈碎裂~镶嵌结构。上盘往往发育 NNW~NW 向张性裂隙带,

收稿日期: 2010-03-30; 修回日期: 2010-07-30

**作者简介:** 张涌泉(1965-), 男(汉族), 四川射洪人, 四川准达岩土工程有限责任公司副总工程师、锦屏一级水电站工程项目部项目经理, 钻探工程专业, 从事地质矿产钻探、工程地质、大口径水下灌注桩、公路边坡滑坡治理工程和水电站边坡支护工程等技术质量管理工作, 四川省成都市浣花北路 1 号, zdgcb99@163.com。

为主要的涌水带。

$f_4$ 断层:发育于主厂房4、5号机组之间,主变室处3、4号尾水管附近,以及2个调压井之间,总体产状 $N50^\circ \sim 70^\circ E, SE \angle 65^\circ \sim 85^\circ$ ,主断面起伏、光滑,破碎带宽一般 $0.5 \sim 1$  m,由断续分布的糜棱岩、角砾岩及少量断层泥组成,带内物质挤压较紧密,部分弱风化,下盘影响带一般 $0.5 \sim 1$  m,上盘影响带 $1 \sim 2$  m,多呈碎裂~镶嵌结构。

此外厂区还发育有小断层,产状以 $N60^\circ \sim 70^\circ E, SE \angle 70^\circ \sim 80^\circ$ 为主。

地下厂区优势节理裂隙有4组:① $N40^\circ \sim 60^\circ E, NW \angle 25^\circ \sim 35^\circ$ ,层面裂隙;② $N50^\circ \sim 70^\circ E, SE \angle 50^\circ \sim 80^\circ$ ;③ $N50^\circ \sim 70^\circ W, NE(SW) \angle 80^\circ \sim 90^\circ$ ;④ $N25^\circ \sim 40^\circ W, NE(SW) \angle 80^\circ \sim 90^\circ$ 。其中第①组裂隙在第3、4层内不发育,在第2层内较发育;第②组裂隙局部较发育;第③组一般间距较大,个别张开 $0.5 \sim 3$  cm,局部密集成带,延伸长;第④组裂隙局部集中发育成带,如安装间部位的陡倾张裂隙。

地下厂区为岩溶裂隙含水岩体,地下水的分布主要受裂隙的发育及分布情况控制,在裂隙不发育,岩体较完整的部位,一般仅表现为弱~微透水;在裂隙较发育,特别是第③、④组裂隙集中发育段,地下水较活跃,多表现为渗、滴水、股状涌水。地下水连通试验成果表明,厂区地下水补给高程在2300 m以上,与普斯罗沟地表水有关,径流通道主要为NW~NWW向张裂隙。

地下厂区进行的地应力测试成果表明,水平埋深100 m以里,最大主应力 $\sigma_1 = 20 \sim 35.7$  MPa,  $\sigma_2 = 10 \sim 20$  MPa,  $\sigma_3 = 4 \sim 12$  MPa,  $\sigma_1$ 的方向比较一致,介于 $N28.5^\circ W \sim N71^\circ W$ 之间,平均 $N48.7^\circ W$ ,  $\sigma_1$ 倾角约 $20^\circ \sim 50^\circ$ ,平均倾角 $34.2^\circ$ 。平硐开挖后嗣壁围岩劈裂剥落、弯折内鼓变形现象明显。

## 2 对穿预应力锚索设计布置及孔斜技术要求

### 2.1 对穿预应力锚索设计布置

洞室系统对穿预应力锚索主要布置于主机间对主变室,母线洞对主机间,1、2、3、4、5、6号母线洞之间,1、2、3、4、5、6号引水连接管之间。

### 2.2 设计技术要求

- (1)对穿锚索孔斜率 $\geq 1\%$ ,孔内清洁。
- (2)开孔孔位偏差 $\pm 10$  cm。

## 3 对穿预应力锚索的钻孔施工技术

### 3.1 钻孔施工设备

厂房各洞室系统对穿锚索施工采用XYZ-50A型钻机,其性能为:最大钻孔直径 $115 \sim 160$  mm;最大钻进深度 $50 \sim 80$  m;钻杆直径89 mm;钻孔倾角 $0^\circ \sim 120^\circ$ ;动力头输出转速 $5 \sim 180$  r/min,最大扭矩 $2500 N \cdot m$ ;给进行程1200 mm,桅杆滑移行程500 mm;主机外形尺寸 $2200$  mm $\times$  $1000$  mm $\times$  $1500$  mm;动力(电动机)22 kW;质量1.3 t。

### 3.2 锚索孔定位

(1)按设计要求,采用经纬仪测放出孔位,并用红油漆作标记,并测放钻孔方位后视点,作好标记。

(2)钻机安装校正。①调整钻机立轴轴线方位角与锚孔设计方位角一致。采用全站仪进行钻机方位角安装校正。②使用地质罗盘测量,调整钻机立轴轴线倾角、钻机桅杆倾角与锚孔设计倾角一致。③钻孔参数(倾角,方位角等)必须一致。④采用全站仪根据锚孔测量方位角、倾角进行测量校正。

(3)钻机安装固定。为保证锚索孔质量,必须保证钻机就位的准确性、稳固性。在进行测量校正后,用连壁锚杆、钢架管等将钻机与岩壁连接牢固,使钻机基础稳固,不得移位。施工过程中,一直保证卡固扣件紧固状态。

### 3.3 造孔

#### 3.3.1 2000 kN 锚孔基本技术参数

孔径150 mm,孔深44.90 m。

#### 3.3.2 造孔机具

采用DHD350R风动潜孔锤,配套 $\varnothing 145$  mm钎头。

#### 3.3.3 钻进工艺参数

钻进压力:开孔时,使钎头紧贴岩面低压冲击,平稳缓缓推进即可;正常钻进时 $P_f = 1 \sim 2$  kN。转速:开孔转速0;正常钻进转速 $\geq 90$  r/min。风量: $9 \sim 12$  m<sup>3</sup>/min。

## 4 对穿锚索钻孔孔斜控制措施

厂房与主变室对穿预应力锚索,在前期的对穿锚索施工中出现了较大的孔斜偏差,平均孔斜偏差为3.5%,最大孔斜偏差达到5.8%,不满足设计技术要求,造成进度缓慢,施工成本大量增加。

### 4.1 孔斜偏差超标的原因

经对导致孔斜偏差很大的原因在进行仔细的分析,主要存在以下几个方面的问题:

- (1)钻机桅杆的稳定性;
- (2)动力头与桅杆的稳定性;
- (3)开孔冲击器角度、钻杆角度和桅杆角度的

校正粗糙;

- (4)地层破碎、软硬不均;
- (5)由于浅层支护密集锚杆导致钻孔偏斜;
- (6)无准确的测量校正手段;
- (7)对过程校正、控制不够;
- (8)孔斜控制措施不完善。

#### 4.2 孔斜控制措施

(1)制定孔斜控制措施,派专人进行过程指导和控制;加强对现场技术管理人员和施工作业人员的技术交底,详细讲解控制措施、施工技术要求和造成孔斜的原因,提高了对孔斜质量要求的认识和孔斜控制措施的认识和责任心。

(2)采用扶正器钻具组合系统。钻具包括:DHD350R 风动潜孔锤钻头(外径138 mm)+扶正器(外径145 mm,长300 mm,采取在钻杆上焊接6个扶正块,直径与钎头同径,表面镶焊旧钎头球头硬质合金保径)+钻杆(外径89 mm,长1000 mm)+冲击器前接头(焊接6个扶正块,直径与钎头同径,表面镶焊旧钎头球头硬质合金保径)+扶正器在冲击器后部开始加设,按照钻杆长度数量1、3、5、7间隔加设。

(3)减少人为误差。采用全站仪,根据设计孔位坐标值,以开孔点、前方位点、后方位点,三点连线控制锚孔轴线、钻机轴线。用连壁锚杆、钢架管等将钻机与岩壁连接牢固,使钻机基础稳固,不得移位。修正了扶正器的安设位置。

(4)严格控制钻机动头的稳定性;对YXZ-50A型钻机进行了改制,增加了稳定导向杆,确保动力头的稳定性。

(5)禁止使用过度磨损的钻头、扶正器,切忌新、旧钻头、扶正器混合使用,必须新钻头配新扶正器,旧钻头配旧扶正器。

(6)控制钻进参数,采用低压、低速、中风压钻进,钻压1.0~1.3 MPa,转速25~32 r/min,风压0.9~1.2 MPa。据孔内地质情况,及时调整钻压、转速,达控制孔斜目的。

(7)在 $f_{13}$ 、 $f_{14}$ 断层部位,考虑地层软弱、破碎可能造成轴线偏移,可适当根据地层走向调整开孔倾角,使终孔达到设计高程。

(8)开孔必须严格控制钻杆轴线和钻机桅杆轴线;冲击器进孔,必须采取导正控制措施,确保开孔轴线,进入孔内后必须立即校正钻杆和桅杆倾角,并在孔口位置架设支架使钻杆轴线保持校正的倾角。

(9)对磨损的滑板及紧固控制机构件要及时更

换,在钻进过程中必须保证钻机动头的稳定。

#### 5 孔斜控制效果

对EL.1653.8高程主机间对主变室、1号母线洞与2号母线洞、2号母线洞对3号母线洞施工的对穿锚索,采用经纬仪进行终孔位置测量,进行了施工统计,详见表1。

表1 孔斜测量成果表

施工部位	孔号	孔深 /m	倾向偏 差/m	方位偏 差/m	孔斜偏 差/%
主机间与 主变室对 穿	DCMZM1648.5-01	30.9	-0.24	-0.4	1.50
	DCMBC1648.5-22	44.93	-0.48	-0.37	1.35
	DCMBC1648.5-21	44.93	-0.64	-0.33	1.30
	DCMBC1648.5-20	44.93	-0.38	-0.02	0.45
	DCMBC1648.5-19	44.93	-0.56	-0.33	1.45
主机间与 母线洞对 穿	DCMZM1656.8-13	29.4	-0.21	0.1	0.79
	DCMZM1656.8-14	29.4	-0.319	-0.08	1.12
	DCMZM1656.8-15	29.4	-0.29	0.37	1.59
	DCMZM1656.8-16	30.9	-0.48	0.2	1.68
	DCMZM1656.8-17	30.9	-0.49	-0.56	2.38
	DCMZM1656.8-18	30.9	-0.2	0.26	1.06
	DCMZM1653.8-15	29.4	-0.48	0.48	2.30
	MXDCM1650.5-1	19.4	0.12	-0.31	1.70
母线洞与 母线洞间 对穿	MXDCM1650.5-2	19.4	0.025	0.08	0.45
	MXDCM1650.5-3	19.4	-0.15	0.28	1.55
	MXDCM1650.5-1	19.4	0.22	-0.14	1.30
	MXDCM1650.5-2	19.4	0.21	0.3	1.90
	MXDCM1650.5-3	19.4	-0.15	0.37	2.00

从表1中孔斜统计数据来看,最大孔斜偏差为2.38%,最小孔斜偏差0.45%,孔斜得到了较好的控制,取得了较好的效果。但仍存在孔斜率偏差超过规定1%要求的,分析其原因为:

(1)主要受到浅层密集支护锚杆的影响,导致钻孔不能控制轨迹达到要求偏差;

(2)由于地层破碎、软硬不均,导致孔斜偏差。

#### 6 经验总结

对穿预应力锚索孔孔斜要求严格,为保证孔斜满足技术要求,必须采取严格的控制措施,主要要做到以下几点:

(1)严格钻机安装和测量校正,减少安装误差;

(2)严格施工过程校正;

(3)严格孔斜控制措施,加强施工过程监控,及时分析原因和采取措施进行调整。

#### 参考文献:

- [1] 黄辉,牟文俊,陶林.浅析大吨位、超长孔深锚索钻孔孔斜控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):71-74.