

# 浅析大吨位、超长孔深锚索钻孔孔斜控制

黄 辉, 牟文俊, 陶 林

(四川准达岩土工程有限责任公司, 四川 成都 610072)

**摘 要:**在大吨位、超长孔深锚索支护施工中, 钻孔孔斜控制对预应力锚索锚固效果有着较大的影响, 在分析了造孔孔斜成因的基础上提出了大孔深锚索钻孔孔斜的预防和控制处理措施。

**关键词:**大吨位、超长孔深锚索; 孔斜控制; 孔斜成因; 孔斜预防; 孔斜处理

中图分类号: P642.22 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2010)06-0071-04

**Brief Analysis on Hole Deviation Control of Large-tonnage and Super-long Hole Depth Anchorage Cable Hole/**  
*HUANG Hui, MU Wen-jun, TAO Lin* (Sichuan Zhunda Geotechnical Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)

**Abstract:** In the anchor support construction with large-tonnage and super-long hole depth, the borehole deviation control greatly influences the effect of pre-stressed cable anchorage. Based on the analysis on the causes of borehole inclination, the paper put forward the prevention and control measures for large depth anchorage cable hole.

**Key words:** large tonnage; super-long hole depth anchor; hole control; hole deviation cause; hole deviation prevention; hole deviation treatment

## 0 前言

锦屏一级水电站由挡水、泄洪及消能、引水发电等建筑组成, 水库正常蓄水位 1880 m, 水库总库容 77.6 亿  $m^3$ , 电站装机 6 台, 总装机容量 3600 MW。挡水建筑物为混凝土双曲拱坝, 最大坝高 305 m; 因两岸受地质构造影响强烈, 断层、层间挤压破碎带、节理裂隙等各类结构面发育。现场观察变形主要表现为倾倒拉裂, 也有滑移拉裂、滑移压致拉裂等变形破裂迹象。

锦屏一级水电站坝址位于普斯罗沟与手爬沟间 1.5 km 长的河段上, 河流流向约  $N25^\circ E$ , 河道顺直而狭窄, 两岸山体雄厚, 谷坡陡峻, 基岩裸露, 相对高差千余米, 为典型的深切 V 形谷。右岸出露基岩岩性主要为杂谷脑组第二段第 5、6 层 (T2 ~ 3z2) 厚层 ~ 块状角砾状大理岩和薄 ~ 厚层条带条纹状、角砾状大理岩, 局部夹绿片岩透镜体, 大理岩岩石坚硬, 整体强度高。岩层总体产状  $N40 \sim 60^\circ E, NW \angle 30 \sim 40^\circ$ 。根据锦屏一级水电站工程(地)06(91)期地质简报: 电站进水口边坡开挖边坡内发育有  $fyj6$  断层: 产状  $N40 \sim 50^\circ E/SE \angle 70 - 75^\circ$ , 局部断层带物质后期被地下水带走, 形成 2 ~ 3 cm 空隙。层间挤压带  $gyj3 \sim gyj7$  产状  $N55 \sim 60^\circ E/NW \angle 30 - 35^\circ$ , 间距 1.5 ~ 2.0 m, 单条宽一般 0.5 ~ 2 cm, 主要由强风化绿

片岩组成, 遇水软化泥化, 可能在开挖坡上 1800 ~ 1815 m 高程出露, 可能的失稳模式为以第四层底部集中发育  $gyj3 \sim gyj7$  数条层间挤压带为底滑面,  $fyj6$  为后缘拉裂面, 第③组裂隙为侧向切割面的平面滑动破坏。为了工程施工期安全及电站运行期安全, 设计起用了大量大吨位、超长预应力锚索对电站进水口边坡进行加强锚固支护, 预应力锚索钻孔孔斜控制对锚索体内锚固端能否按照设计要求穿过地质断层或不良地质体进入新鲜、稳定岩体, 最终实现对岩体的锚固起着决定性作用。

## 1 锚索设计参数及钻孔技术要求

### 1.1 预应力锚索设计参数

电站进水口边坡加固锚索施工参数及工程量见表 1。

表 1 电站进水口边坡锚索布置工程量

锚索吨位/kN	锚索长度/m	锚索数量/根	锚索吨位/kN	锚索长度/m	锚索数量/根
3000	100	25	3000	90	77
3000	85	14	3000	80	14
3000	75	15	3000	70	42

### 1.2 钻孔技术要求

根据设计施工技术要求, 该区域锚索造孔孔斜要求为: 终孔孔轴偏差不得大于孔深的 2%, 方位角

收稿日期: 2009-11-25; 修回日期: 2010-03-08

作者简介: 黄辉(1978-), 男(汉族), 四川准达岩土工程有限责任公司工程师, 勘察技术与工程专业, 从事基础处理设计施工及勘察设计施工工作, 四川省成都市浣花北路 1 号。

偏差不得大于 $3^{\circ}$ 。

## 2 孔斜控制难度

大吨位、超长孔深预应力锚索较小吨位、浅孔锚索钻孔孔斜控制主要存在以下较大难点:

(1) 3000 kN 锚索钻孔孔径设计要求为  $\varnothing 178$  mm, 而钻孔使用的通用钻杆直径仅为  $\varnothing 89$  mm, 钻杆与孔壁间的间隙及冲击器与钻杆间的间隙太大, 造成钻杆在随冲击器钻进过程中易出现偏“轨”, 无法导正;

(2) 因钻孔孔深较大, 在达到一定长度后各钻杆连接后轴线极易出现偏轴现象, 造成钻孔孔轴偏差超出设计技术要求;

(3) 边坡岩体断层主要由强风化绿片岩组成且埋深较大, 极易造成冲击器钻孔至断层时因受岩性硬度及断层发育方向、角度等影响出现钻孔孔轴“偏向”现象;

(4) 受钻具自重影响(按照孔深 100 m 计算, 最大自重为 3015 kg), 在钻进过程中钻具自身不可避免的在设计孔轴上因存在扰度而产生偏向, 造成钻孔孔斜超标;

(5) 因锚索钻孔角度均为下倾孔, 随着钻孔孔深的不断加大, 钻孔岩渣的排出难度大, 岩渣如不能及时排出孔内, 将影响到冲击器出力方向改变, 造成孔斜超标。

## 3 前期钻孔施工状况

在前期进行的预应力锚索孔斜控制试验孔钻孔完成后, 经使用 JXJ-5 电子测斜仪对钻孔孔斜进行测试后发现: 2 个测试孔(钻孔孔深分别为 75 m 和 85 m) 孔斜超标非常严重, 钻孔俯角较设计俯角均超大  $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ , 方位角偏差超过  $7^{\circ} \sim 10^{\circ}$ , 钻孔无法达到设计要求。

## 4 孔斜成因分析

针对孔斜控制试验孔钻孔孔斜严重超标结果, 施工技术人员综合从岩体地质、钻机钻具设备、操作方法及孔斜纠偏钻具设计等方面对可能造成孔斜超标的影响因素进行了全面的总结分析。

### 4.1 孔斜超标因素

孔斜不合格因果如图 1 所示。

由钻孔孔斜不合格因果图可得: 造成孔斜不合

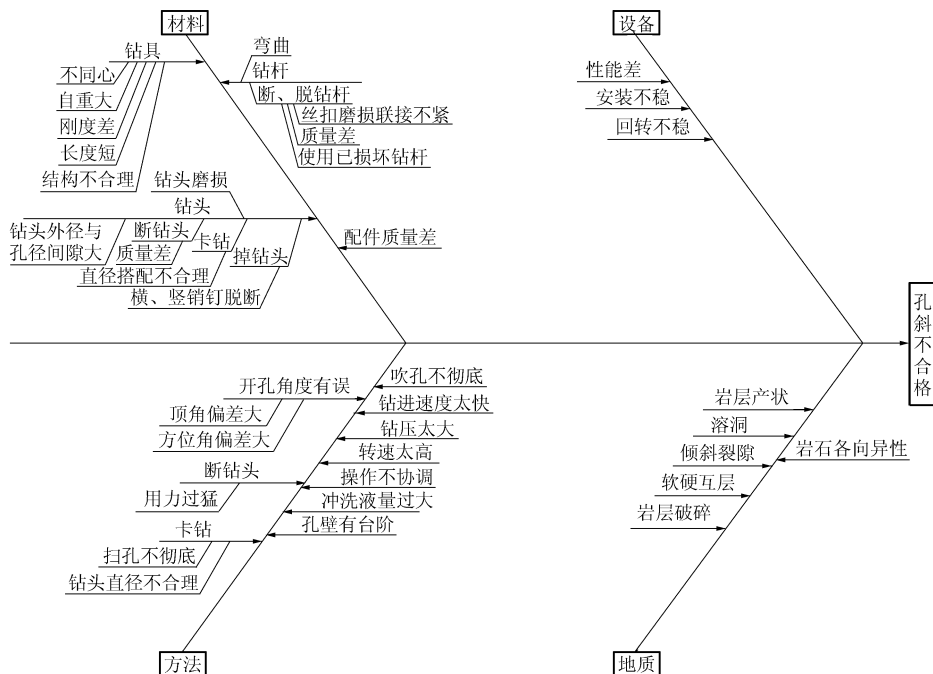


图 1 钻孔孔斜不合格因果图

格的原因较多, 视其主要影响因素可归纳为: 地质条件不良、钻具设备性能不适宜、材料不适应、操作及技术方法不当及存在的客观因素等方面。

### 4.2 地质条件不良

(1) 该钻孔区域存在不良地质体主要由强风化绿片岩组成, 其走向与钻孔轴向夹角小, 绿片岩硬度小且脆性强, 在钻头从较硬大理岩钻进进入绿片岩时, 由于钻头在同一接触面遇到软硬不同的岩层, 因

此,钻头在可钻性不同(绿片岩可钻性明显强于大理岩)的岩层会产生不同的钻进速度导致钻头出现“跳跃”,从而改变钻头的钻进方向,造成孔道偏斜。

(2)当钻头钻进至绿片岩时,因岩体脆性强,岩体在冲击器冲击破坏作用大部分形成较大颗粒状,极易造成钻孔过程中冲击器卡钻、摆动现象,从而造成孔轴偏差。

(3)钻孔至绿片岩区域形成的大颗粒岩体不能及时地被送出孔内,造成钻头冲击钻进时局部处在积渣内,形成钻头冲击受力不均匀,产生钻进偏差。

#### 4.3 钻具设备性能不适宜

经对钻孔所使用钻机及配套钻具设备进行检查发现,以下不足之处为影响孔斜的因素:

(1)钻机动力头工作时出现偏轴旋转,造成钻具前端冲击器做功时出现偏心,从而影响钻孔孔轴偏离沿原设计方位,形成孔斜超标;

(2)动力头下方滑行轨道面不平,轨道两侧高差达5 mm,造成动力头做功时出现偏心,从而形成钻孔孔斜偏差超标;

(3)钻机固定不到位,钻机钻进时出现偏离钻进作业平台,形成钻进偏差;

(4)钻进平台施工排架加固不到位,钻进时出现施工平台位移较大,形成钻进偏差;

(5)经检查,所使用钻杆中部分轴线弯度超标,钻杆连接后形成整体钻具轴线出现偏心,从而形成钻孔孔斜超标;

(6)钻杆丝扣连接处钢材刚性不强及部分丝扣磨损严重(未进行特殊的淬火调质处理),造成钻杆连接后沿孔轴方向的整体刚度减少,造成钻杆“下坠”严重,影响钻孔孔斜控制;

(7)因冲击器与钻杆、钻杆与孔壁间间隙过大,造成钻进过程中钻杆在孔道内形成不同程度的绕行,影响了钻具整体的统一轴向性,从而形成钻孔偏差;

(8)试验中所使用的钻头外径相差较大(最大差距为5 mm),由于在同一孔钻进中使用不同外径的钻头,致使在钻孔孔道中形成不规则台阶,台阶的存在可能造成钻杆与岩壁间出现接触形成拐点,影响钻孔孔轴出现较大偏差;

(9)对于大吨位、超孔深预应力锚索钻孔,设计使用科学、可靠、工艺性较强的防斜纠偏钻具对控制孔斜偏差具有决定性作用,本次孔斜控制试验孔并没有使用防斜纠偏钻具,导致了孔斜偏差超标的结果。

#### 4.4 人为操作因素及技术方法不当

钻机的钻前精确定位及钻进过程中操作人员根据不同地层及时调整钻进参数,对孔斜控制有着较大的影响。

(1)经对钻机固定平台方位检测发现:钻机就位方位角与原设计方位角存在 $0.5^\circ$ 的偏差,从而直接造成钻孔终孔孔斜偏差严重超标。出现就位方位角偏差的主要原因为:钻机就位前通过全站仪对钻孔孔轴方位的前视点和后视点进行了精确定位,但钻机就位后因人为因素的影响,出现了钻机就位轴线与前、后视点连线不重合,出现偏差,而钻机开钻前未再次使用全站仪对钻机就位方位进行校核调整。

(2)钻机就位后未对钻机进行有效紧固及对钻机作业平台施工排架进行加密加固就开始进行钻进施工,从而造成钻进过程中钻机出现偏移,影响钻孔轴线;在钻进过程中没有不定期的进行钻机紧固性及排架稳固性检查并对松动部位进行加固。

(3)钻进过程中未按照要求进行“分段测斜,及时检测,及时纠偏”,一味的追求施工进度,造成终孔孔斜超标严重。

(4)钻进过程中,未根据具体岩层的硬度及完整性及时调整好钻压及转速,在进行绿片岩岩体钻进时,钻进风量过大,风压过高,造成孔内局部岩体坍塌垮孔,致使钻具与破碎岩体出现不同的接触点,形成较多不规则拐点,造成钻孔孔轴偏差。

### 5 孔斜的预防

大吨位、超孔深预应力锚索钻孔的孔斜控制是一项比较复杂、操作技术要求比较高的工作。如何预防及有效控制钻孔偏斜以满足设计技术及施工质量要求,则应该从施工地质的具体情况、钻进施工工艺、设计使用合理有效的防斜纠偏钻具、规范钻机操作及钻机(具)各项检查等方面进行综合考虑,具体措施如下。

(1)采用“钻机限位+孔口限位装置+硬质合金扶正块+螺旋钻杆”的防斜钻具设计。在钻机动力头移动最前端及钻孔孔口位置安装限位装置,确保开孔钻进及进行浅孔段钻进时钻具的导向限位,防止出现偏差。在冲击器后的前10根钻杆安装硬质合金扶正块,每根钻杆焊接6组,每组4块沿钻杆轴心均匀分布,硬质合金扶正块每块长20 cm,均匀布满大粒径球形硬质合金;扶正块安装完成后的最大外径176 mm(钻孔直径为178 mm)。其它钻杆焊

接最大外径为 89 mm 的螺旋片,焊接完成后形成的钻杆最大外径为 176 mm,每根钻杆螺旋片焊接长度为 100 cm。此种防斜钻具设计大大增加了钻具前部同径长度,相当于加长了前部钻具总长度,增加了总体钻具的刚度,减小了钻具的弯曲挠度,更好的控制钻具总体偏斜;安装扶正块后减小了冲击破碎岩粉、渣的返出通道,在相同输入风量及风压情况下,加大了岩粉、渣的返出速度;采用螺旋钻杆在很大程度上可以提高钻孔过程中的排渣能力并起到了对钻杆限位作用,特别对于钻进至断层及不良地质体时效果更加明显。

(2)改进钻机动力及调整相关部件性能。将原使用 MG-80 型钻机调整为动力及输出扭矩更大的 MG-100A 型钻机,将钻机动力头移动滑轨钢板硬度调高,钢板厚度加大以提高滑轨抗变形能力;将动力头部件紧固螺栓由一般强度提高一个强度级别,以确保钻机动力头的稳定性。

(3)将原使用钻杆全部更换成连接端经过硬度调质并经过同心度检查的钻杆,钻孔前将钻杆在平地上进行连接(按照最长 100 m 进行)以检查钻杆连接后的整体同轴性,如存在局部轴心偏差较大,则必须更换相应钻杆。

(4)钻孔过程中每钻进 10~20 m 起钻严格检查钻头胎体磨损破坏情况并使用游标卡尺准确测量钻头最大外径及扶正钻杆、螺旋钻杆最大外径,如遇磨损严重或已被破坏,则必须立即进行更换;严格检查钻杆连接处的磨损及破损情况,不符合要求则必须及时更换。

(5)严格控制测量放样的准确度。钻机就位前、钻机就位后开钻前均必须使用全站仪对孔位、方位进行精准校核,未进行校核不得进行钻孔施工;钻具安装时要保证钻具轴线与设计孔轴线重合,钻头中心与孔位点重合。

(6)加大钻孔过程孔斜控制。钻进过程中每钻进一定深度后(前 20 m 按照每钻进 2~5 m 控制,20 m 后按照每钻进 5~10 m)及时进行孔斜测量,实时掌握钻进轨迹。如发现孔斜率超标,则需对施工工艺及机具设备等进行检查,并及时纠偏。

(7)根据试验孔钻进情况并经分析,制定合理的钻进施工参数及方法:在大理岩体中进行钻进时,基本保持一致钻速及钻压,力求匀速钻进;在绿片岩体中钻进时降低钻压提高钻速,力求尽快钻进通过断层,降低供风风量及风压,避免出现岩体垮塌出现卡钻、埋钻现象。

(8)开钻前严格检查钻孔平台区域排架的稳定性及扣件的紧固性,对钻机平台正下方排架必须进行加密加固(主要为增加受力立杆及连墙件);钻进过程中经常检查钻机紧固件的紧固程度及排架扣件的稳定性,如发现松弛,随时进行再次紧固。

(9)如钻孔中发现孔道漏风非常严重,岩体指标极差,可暂进行钻孔施工,进行孔道超前固结灌浆处理。通过超前固结灌浆,提前将钻孔孔轴所需穿过岩体裂隙进行封闭并相应提高岩体的力学性能,待灌浆完成 72 h 后再往下进行钻孔施工以减小孔斜偏差。

## 6 孔斜的处理措施

钻孔过程中如发现钻孔孔斜偏差超出设计技术要求,则必须及时进行处理,一般来说,预应力锚索钻孔孔斜超标的处理措施有如下几种。

### 6.1 扫孔法

此方法是在当钻至某一深度进行孔斜测量发现偏斜值超过规定要求时,将钻孔孔道进行有压灌浆处理(灌注 W/C=0.35~0.40 水泥浆液或砂浆),待凝 24~48 h 后再扫孔,扫孔的时候要严格控制好钻压,并随时进行孔斜测量,直至达到孔斜要求。

### 6.2 套管护壁法

当钻进中某一地层极其破碎,掉块卡钻严重,通过超前固结灌浆效果不明显,钻进中孔斜偏差超过规定值时,可以利用跟管钻具,下套管至破碎段,对破碎段进行封闭。此种方法既可以利用套管导向钻孔方向,又可以对破碎带进行控制,提高钻进速度。

### 6.3 重新钻孔法

如钻孔出现孔斜超标并经纠偏处理后效果不明显,为了不影响预应力锚索的原设计锚固效果,可以先将偏斜钻孔进行压力灌浆封堵,待灌浆完成 24 h 后再在与原设计孔位相差 50 cm 左右重新进行钻孔施工(钻孔布置高程与原设计一致)。

## 7 结语

通过对上述各项孔斜控制措施及处理措施的理解及积极运用并在实际生产中不断总结改进,锦屏一级水电站进水口大吨位、超孔深预应力锚索钻孔孔斜合格率总体达到 90% 以上,总体施工质量优良。本工程大吨位、超孔深锚索孔斜控制所采用的施工工艺及防斜控斜措施能在很大程度上提高锚索钻孔孔斜控制,可以为其它类似工程提供借鉴。