

# 黄金坪水电站深厚覆盖层跟管钻进工艺研究

陈修星, 冯杨文, 侯 锦, 赵晓俐

(四川准达岩土工程有限责任公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**结合大渡河黄金坪电站深厚覆盖层帷幕灌浆试验项目需要,对深厚覆盖层跟76 m深套管护壁钻进这一高难度技术进行攻关研究,并提出两级跟管的钻孔结构,圆满实现了试验灌浆孔非灌段跟76 m深套管的目标,为今后类似工程跟管施工提供了重要的参考借鉴作用。

**关键词:**黄金坪水电站;深厚覆盖层;偏心跟管;两级跟管

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)11-0010-03

**Technology Research on Drilling in Deep Alluvium with Case in Huangjinping Hydropower Station/CHEN Xiuxing, FENG Yang-wen, HOU Jin, ZHAO Xiao-li (Sichuan Zhunda Geo-engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)**

**Abstract:** According to the requirement of curtain grouting test in deep alluvium of Huangjinping hydropower station, research was made on highly-difficult technology of drilling with 76m long case, and the borehole structure with two-step casing was put forward.

**Key words:** Huangjinping hydropower station; deep alluvium; eccentric drilling with case; two-step casing

## 1 概况

### 1.1 黄金坪电站概况

黄金坪电站系大渡河干流水电规划“三库22级”的第11级电站,上接长河坝梯级电站,下游为泸定梯级电站。坝址区位于四川省甘孜州康定县境内姑咱镇黄金坪村上游约2~3 km河段,距上游的丹巴县城约100 km,距下游的泸定县城为30 km,距成都约340 km,省道S211公路从电站枢纽区右岸通过,并在瓦斯河口与国道318线相接,交通较方便。

黄金坪水电站采用水库大坝、地下引水发电系统的开发方式,枢纽建筑物由拦河大坝、泄洪消能建筑物、地下引水发电建筑物等组成。初拟正常蓄水位1475 m,大坝坝高81 m,电站装机容量680 MW;水库总库容为1.31亿 $m^3$ ,正常蓄水位以下库容约1.19亿 $m^3$ ,调节库容0.045亿 $m^3$ ,具有日调节性能。

### 1.2 坝址区基本地质条件

黄金坪电站坝址河段长约1.5 km,河谷呈较开阔的U形谷,两岸基岩裸露,河床覆盖层深厚。坝址出露基岩主要为一套晋宁期—澄江期浅灰色~灰白色斜长花岗岩。

根据勘探揭示,坝址左岸I级阶地及外侧高漫

滩,河谷覆盖层厚度一般56~130 m,最大厚度达133.92 m(ZK5),右岸河床覆盖层厚度一般33~100 m,最大厚度达101.30 m(ZK3)。

根据其物质组成、成层结构,覆盖层从下至上由老至新分为3层。河床覆盖层的基本特征如下:

(1)层:漂(块)卵(碎)砾石夹砂土( $fglQ_3$ ),分布河谷底部,漂(块)卵(碎)砾石成分以花岗岩、闪长岩为主,少量砂岩、灰岩,漂(块)卵(碎)呈次圆~次棱角状,砾石呈次圆状~次棱角状、少量圆状;

(2)层:漂(块)砂卵(碎)砾石层( $alQ_4^1$ ),厚度20.30~46.00 m,漂(块)卵(碎)石成分主要为花岗岩、闪长岩,呈次棱角状~次圆状,少量棱角状、圆状;

(3)层:含漂(块)砂卵砾石层( $alQ_4^2$ ),厚度13~25.12 m,漂(块)卵(碎)石成分主要为花岗岩、闪长岩,呈次棱角状~次圆状,少量棱角状、圆状。

### 1.3 黄金坪坝基防渗方案及深厚覆盖层帷幕灌浆试验概况

由于是在较开阔河谷、高地震烈度区、深厚不均匀覆盖层上修建拦河高坝(最大坝高约81 m),结合坝址区河床覆盖层特性,初拟坝基防渗采用上部悬挂式防渗墙接下部灌浆帷幕为主的防渗形式,其中,河床防渗墙最大深度89 m,主要穿过基础第(3)、第

收稿日期:2008-09-10

作者简介:陈修星(1970-),男(汉族),山东郓城人,四川准达岩土工程有限责任公司总工程师、高级工程师,探矿工程专业,硕士,从事工程勘察、岩土锚固工程、地基与基础处理工程、基坑支护工程、桩基与防渗墙工程等的施工及咨询工作,四川省成都市青羊区浣花北路1号,chenxiuxing@sina.com。

(2)层;帷幕灌浆处理深度 75~140 m,主要穿过第(1)层。坝基防渗总深度处于国内已有工程前列,也是本大坝工程设防的重点和难点。

为验证现行设计方案的安全可靠、施工可行和经济合理性,进行现场帷幕灌浆试验。

覆盖层帷幕灌浆试验按浅层灌浆试验、深层灌浆试验分步实施。深层灌浆试验孔孔位布置如下(见图 1)。

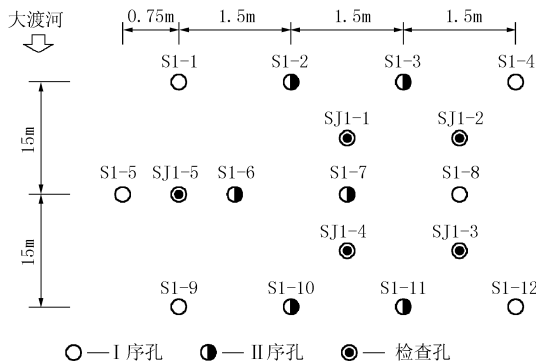


图 1 深层灌浆孔布置图

(1)深层灌浆孔共布置 3 排,梅花形布置,孔距 1.5 m,排距 1.5 m。

(2)每排布置灌浆孔 4 个,共 12 个灌浆孔;共布置检查孔 5 个。

(3)灌浆孔单孔深 135 m,上部 76 m 为非灌段,用套管隔离开;76 m 以下进行灌浆,灌浆深度 59 m。

本文只对覆盖层上部 0~76 m 跟管钻进的施工研究情况进行论述。

## 2 深厚覆盖层跟 76 m 深套管工艺试验研究

### 2.1 覆盖层跟管试验研究的现实意义

以往施工实践表明,覆盖层跟管深度一般为 40 m 左右。因此,黄金坪坝基深厚覆盖层跟 76 m 深套管护壁钻进的施工难度极大,须对这一高难度技术进行攻关研究,解决试验灌浆孔跟 76 m 深套管的难题,总结深厚覆盖层跟管钻进技术,为今后大规模灌浆施工提供经验,并给其它电站覆盖层跟管施工(如帷幕灌浆孔、高压旋喷孔等工程孔施工)提供参考。

### 2.2 覆盖层跟管施工方案研究

跟管方法一般有常规下套管(即吊锤锤击跟管)、钻具跟管(包括同心和偏心钻具跟管)等方法。

黄金坪深层覆盖层施工前,为验证同心跟管、偏心跟管与常规跟管对于黄金坪覆盖层的适应性,现场进行了 3 种跟管钻进方法的跟管钻进试验。

3 种钻进方法实际进尺 150 m,通过实际数据对比分析,偏心跟管在钻进效率、钻进成本及拔管效率等方面具有一定优势,因此,采用偏心跟管作为黄金坪覆盖层跟管钻进的方法。

偏心钻具跟 76 m 深套管施工方案主要研究如下。

(1)方案一:采用  $\varnothing 146$  mm 偏心跟管钻进,0~76 m 孔深一径到底,跟管深度达到 35、50、60 m 时拔管更换管靴。

(2)方案二:采用  $\varnothing 168$ 、127 mm 两级偏心跟管钻进,0~35 m 采用  $\varnothing 168$  mm 偏心跟管,35~76 m 采用  $\varnothing 127$  mm 偏心跟管钻进。

### 2.3 偏心跟管施工设备机具

根据实践经验和黄金坪覆盖层跟管施工需要,设备机具选择如下:

(1)钻机:XY-4-3A 型钻机。

(2)空压机:XHP750WCAT 型柴动高风压空压机、XHP750 型中风压空压机。

(3)钻杆: $\varnothing 89$  mm 钻杆。

(4)冲击器:CIR110、DHD350R 型冲击器。

(5)跟管钻具: $\varnothing 168$ 、146、127 mm 偏心跟管钻具。

(5)套管: $\varnothing 168$ 、127、89 mm 钢管。

### 2.4 深厚覆盖层偏心跟管施工工艺

(1)跟管钻进前,安设好套管导向架。

(2)偏心跟管钻具下孔前应逐一检查风动潜孔锤、偏心钻头、套管及套管靴。

(3)跟管钻进过程中,边加钻杆边加接套管。每钻进 0.3~0.5 m 强风吹孔排粉一次,保证孔底清洁,遵循“短进尺、强排渣”的基本原则。

(4)下钻时,检查每根钻杆的内孔有无泥沙等杂物,并用风吹洗。

(5)在跟管过程中,如遇到大孤石难以穿过时,采用小口径潜孔锤超前钻孔穿过大孤石,为后续跟管钻具钻进提供阶梯临空面,再下入跟管钻具继续跟套管。

(6)选用高风压空压机。高风压可克服深孔水下背压对潜孔锤做功的影响,且高风压的风水联动洗孔携渣效果明显,有利于保持孔底干净,对潜孔锤做功功效有保障。

(7)风路上加接风水联动接头。风动潜孔锤水下钻进过程中需要加、卸钻杆时,先停止回转,利用风水联动接头向孔内注入水的同时逐步减小进风量至零,待孔内液面升至地面后停止注水,然后进行

加、卸钻杆作业。此方法可避免孔内泥砂因突然停风进入潜孔锤而导致潜孔锤工作不正常。

(8) 跟  $\varnothing 168$  mm 套管至预定深度后, 换跟  $\varnothing 127$  mm 套管至 76 m。在套管中下入  $\varnothing 89$  mm 钢管, 然后拔出  $\varnothing 168$ 、 $127$  mm 套管, 留置  $\varnothing 89$  mm 钢管于孔内起隔离作用。

## 2.5 偏心跟管施工成果分析研究

### 2.5.1 $\varnothing 146$ mm 偏心钻具跟管施工情况分析

$\varnothing 146$  mm 偏心钻具跟管施工选用 XHP750 型中风压空压机、CIR110 型冲击器配套  $\varnothing 146$  mm 偏心钻具。根据以往施工经验, 在黄金坪此类覆盖层进行跟管钻进,  $\varnothing 146$  mm 偏心管靴寿命约 30 m 左右。深孔钻进时, 制定了 35、50、60 m 拔管更换管靴及最下一根套管的跟管技术方案。

(1) S1-9 号孔跟管深度达到 32.56 m, 拔管更换管靴后重新跟管钻进至 48.8 m 处, 起钻检查冲击器和管靴套管并进行更换, 钻进深度至 52 m 时, 进尺非常缓慢, 钻进至 55.33 m 时, 跟管基本无法进尺 (30 mm 的深度耗时 3 h), 跟管深度达到 55.63 m, 套管已经无法继续跟进。S1-1 孔跟管深度达到 31.33 m, 拔管更换管靴后重新跟管, 跟管深度至 56.37 m, 套管无法继续跟进。

(2) 黄金坪电站坝基覆盖层地下水非常丰富, 地下水位 7~8 m 左右, 受地下水位的影响, CIR110 型冲击器工作时产生了较大背压, 抵消了部分风压, 无法满足其正常工作风压 0.7 MPa 的基本要求, 导致冲击功减小, 影响跟管深度。另一方面, 随着跟管深度的增加, 地层中的砂卵石对套管的阻力也逐渐增大, 当地层增加到一定深度, 潜孔锤的冲击力克服套管壁阻力后剩余力量不足于破碎孔底砂卵石时, 跟管深度就无法继续增加, 说明在此状态下的空压机及潜孔锤配置的跟管钻进深度已经基本接近极限。

### 2.5.2 $\varnothing 168$ mm/ $\varnothing 127$ mm 偏心钻具跟管施工情况分析

根据  $\varnothing 146$  mm 偏心钻具跟管施工情况, 调整了跟管钻进施工方案, 改用  $\varnothing 168$  mm/ $\varnothing 127$  mm 两级偏心跟管钻进方案, 0~35 m 采用  $\varnothing 168$  mm 偏心跟管到位后, 35~76 m 换用  $\varnothing 127$  mm 偏心跟管钻具继续施工。

采用  $\varnothing 168$  mm 偏心跟管和  $\varnothing 127$  mm 偏心跟管两级跟管的方式, 减小了孔壁对套管的摩擦力, 大大提高了套管的跟进深度。采用 XHP750WCAT 型柴动高风压空压机, 避免孔内地下水带来的背压影响。

采用两级跟管, 使用高风压空压机, 累计跟管钻进进尺 914 m, 累计工日 68 天 (包括跟管、下入  $\varnothing 89$  mm 钢管和起拔  $\varnothing 168$ 、 $\varnothing 127$  mm 套管等工作), 跟管平均工效为 13.4 m/d, 76 m 跟管深度平均时间不超过 7 天, 圆满完成深孔跟管试验, 论证了黄金坪电站深厚覆盖层上部 76 m 深跟管在技术上的可行性。

## 3 深厚覆盖层跟管钻进施工经验总结及建议

根据黄金坪电站覆盖层跟 76 m 深套管钻进施工经验, 在覆盖层跟管钻进过程中, 必须严格按照施工组织设计造孔施工工艺进行, 并特别注意以下几点。

### 3.1 偏心跟管管靴与管靴变径接头的使用

偏心跟管管靴及连接管是跟管钻进中的薄弱环节, 跟管钻进中由于承受很强的冲击力, 钻进一段时间后, 容易出现疲劳断裂, 导致跟管钻进出现孔内事故。因此管靴的材质和热处理对于管靴的寿命至关重要, 跟管钻进钻具配套时一般不要采用管靴变径接头。特殊情况下需要采用管靴变径接头时, 可将套管连接手加以改造使用, 效果良好。目前这种配套工艺已经在我公司施工中广泛应用。

### 3.2 拔管更换管靴的重复跟管法

拔管更换管靴的重复跟管法在小湾和紫坪铺 213 抢险等工程中得到很好的应用, 有效提高了偏心钻具跟管深度, 但这种重复跟管法也有它的局限之处。

在黄金坪偏心跟管施工过程中, 由于地层地下水丰富, 地层中卵石、孤石较多, 跟管到一定深度拔管更换管靴后, 原跟管孔容易形成钻孔坍塌, 重新充满块石, 重复跟管施工效果不佳。

拔管更换管靴重复跟管法宜用于地层含泥土等松散成分较多、拔管后孔壁虽然坍塌但坍塌不太严重的地层, 跟管后重复跟管相对轻松, 可以有效增加跟管深度。

### 3.3 风水联动接头的使用

地下水丰富的地层进行潜孔锤钻进时, 加接钻杆对潜孔锤停止供风时, 由于地下水会携带泥沙瞬时进入潜孔锤内部, 造成潜孔锤无法正常工作, 甚至拥堵在偏心钻头与偏心钻具的连接处, 导致偏心钻头在钻杆反转时无法回收, 造成孔内事故, 严重影响偏心跟管钻进效率。

可在风路上加接风水联动接头予以解决。加、卸钻杆时, 先停止回转, 利用风水联动接头向孔内注

不能开泵硬压,可转动几个方向试试,否则起钻通井。

(4)螺杆钻具下入井底应逐步加压,钻进参数要符合所使用螺杆、钻具的要求。

(5)在裸眼井段要控制起、下钻速度,防止在曲率较大井段拉出键槽而导致卡钻。

(6)定向转动钻具角度大时,要分段转动,每转动一段要大幅度活动钻具,使下部钻具上贮存的弹性变形能量释放。

(7)定向井在井斜超过 $45^\circ$ 的大斜度造斜定向时,仪器在钻具内下行困难,可利用泵送方式将仪器推送到位。

(8)定向水平井段施工过程中,按设计确定的靶点轨迹和方位进行施工,造斜钻进井段强度为 $0.4^\circ \sim 0.7^\circ/\text{m}$ 。

(9)定向钻进每3 m左右要划眼一次,每50~60 m要短起下钻一次,特别在井斜 $45^\circ \sim 65^\circ$ 井段,必须多起下钻几次,及时活动钻具防止卡钻。

(10)在定向钻进后更换钻具时,必须对定向段进行认真的划眼或通井,扩眼时钻压 $\geq 20$  kN。

(11)造斜过程中钻具总长校正误差 $\geq 1\%$ 。

## 5 结语

由于本井采用高精度随钻测斜仪和曲率半径计

算钻孔轨迹,高质量地完成了直井和水平定向的施工,保证了两井的对接一次性成功,圆满完成了合同任务。

在采矿过程中建议注意以下问题。

### 5.1 地面沉降

矿层被开采后形成溶腔,顶板围岩受上部岩体压力和自重,将发生位移,产生塌陷带、裂隙带、影响带。根据公式:

$$h = m / [(k - 1) \cos \alpha] \text{ 和 } h = b / f$$

式中: $h$ ——塌落高度; $k$ ——岩石的膨胀系数; $\alpha$ ——岩石倾角; $m$ ——开采高度; $b$ ——开采跨度的一半; $f$ ——岩石坚固系数。

本区岩盐厚度平均为16.53 m,岩层倾角 $4^\circ$ ,开采跨度80 m,计算得该矿三带厚度之和应在242~460 m之间,而该矿区岩盐矿体最小埋深为750.24 m,远远大于冒落带高度。因此,本矿区不会产生地面沉降,地面是安全的。

### 5.2 环境污染

矿山开采过程中对农田和生态环境的影响主要是采出的卤水。建议在采输卤水的过程中加强管理,及时做好管道检查和维护工作,减少因卤水的跑、冒、滴、漏而引起的地表水和地面土壤的盐渍化。另外,对流失的淡卤水应回收利用。

## (上接第12页)

入水的同时逐步减小进气量至零,待孔内液面升至地面后停止注水,然后进行加、卸钻杆作业,就可有效避免此类孔内事故。

### 3.4 高压空压机的选用

采用XHP750型中风压空压机进行跟管钻进时,由于场地布置受限的原因,右岸空压站距离左岸试验区距离约为250 m,压缩空气由于沿程损失到达试验场地后,空气压力降低到最高只有0.8 MPa。在跟管深度达到56 m情况下由于地下水背压的影响,无法满足CIR110型冲击器正常工作0.6~0.7 MPa的基本要求,导致潜孔锤冲击功减小,影响跟管深度。另一方面,随着跟管深度的增加,套管外壁与周围地层之间的摩擦力也逐渐增加,导致潜孔锤向下的冲击力在56 m左右已经基本和套管与地层之间的摩擦力达到平衡状态。

黄金坪深厚覆盖层跟管选用XHP750WCAT型

高压空压机,风量 $21.2 \text{ m}^3$ ,风压2.1 MPa,基本满足跟管钻进需要。从现场使用效果来看,有效抵消地下水对潜孔锤的背压和风路损失,维持潜孔锤正常工作,从而使得偏心跟管钻具随孔深增加依然能够正常工作,增加跟管钻进深度和钻进效率。

### 3.5 两级偏心跟管的钻孔结构

按照目前国内管靴的材质和使用寿命来看,在深厚覆盖层跟管钻进管靴寿命一般在30~40 m,难以满足黄金坪深厚覆盖层跟76 m深套管钻进需要。

为减少孔壁对套管的摩擦力,减少现场工人反复拔管的劳动强度,提高工作效率,黄金坪电站深厚覆盖层跟管钻孔结构上部0~40 m采用 $\text{O}168$  mm套管护壁,下部40~76 m采用 $\text{O}127$  mm套管护壁的形式,相应的钻具配套选用 $\text{O}168$  mm偏心钻具和 $\text{O}127$  mm偏心钻具的组合方式,效果显著,圆满完成了黄金坪深厚覆盖层跟76 m深套管的目标,填补了该项指标空白。