

# 枕头坝一级水电站堆积体深孔锚索成孔工艺试验与研究

陈晓东, 钟久安, 刘栋全, 侯杰

(四川拓展建设工程有限责任公司, 四川 成都 610091)

**摘要:**在深厚堆积体中锚索成孔困难,尤其是 80 m 以上锚索成孔的经验匮乏。为解决枕头坝一级水电站 1 号堆积体深孔锚索成孔难题,通过实验排除单层和双层套管成孔方法,选取单层套管与护壁灌浆相结合的施工工艺,实践证明,该工艺在工效、经济性方面效果较好,是解决堆积体深孔锚索造孔的有效途径。

**关键词:**堆积体;深孔锚索;跟管钻进;护壁灌浆;成孔工艺;水电站

**中图分类号:**TV54 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)06-0081-04

**Test and Research on Technology of Deep Hole Completion for Anchor Cable in Accumulation Body/CHEN Xiaodong, ZHONG Jiu-an, LIU Dong-quan, HOU Jie** (Sichuan Tuozhan Constructive Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610091, China)

**Abstract:** It is hard to complete a deep hole for anchor cable in thick accumulation body, especially for those with depth of more than 80 m. In Zhentouba first stage hydropower station, in order to complete the deep hole in 1<sup>#</sup> accumulation body, the combination of single layer casing and wall protection grouting was selected. The practice shows that this technology is effective to complete deep hole for anchor cable in accumulation body.

**Key words:** accumulation body; deep hole anchor cable; drilling with casing; wall protection grouting; hole completion technology; hydropower station

## 1 工程概况

枕头坝一级水电站 1 号堆积体位于左岸坝址下游岸坡地段,为覆盖层内部早期蠕滑形成的堆积体。底部分布高程位于河床水边线以下 3~5 m 深范围,顶部高程 740 m,坡度 38°~55°,沿 S306 公路线长 240 m,覆盖层最大深度 70.7 m,堆积方量 65 万 m<sup>3</sup>。堆积体主要由早期河流阶地堆积物及后期残坡积物组成,物质组成以中粗砂、卵砾石为主,夹部分碎石、大块石及少量粉砂质粘土。堆积体内部粘结力弱,结构松散,平峒施工中塌方严重,硐口边坡及硐内稳定性差。坡面共布置 2000 kN 预应力锚索 564 根,设计孔径 170 mm,锚索长度 30~95 m。其中长度 >80 m 的锚索 48 根,成孔工艺选择、机具配套、事故处理措施等方面难度很大,国内无成熟经验可借鉴。

## 2 跟管钻进试验

根据 1 号堆积体结构松散、存在较多架空、易塌孔的情况,首先考虑采用成孔工效较高的跟管钻进

工艺进行试验。

### 2.1 单管跟管钻进

首先选择单管跟管钻进工艺进行试验,现场确定 MD20、MD21、MD45、MD46 四孔为试验孔。为满足设计孔径 170 mm 的要求,采用 Ø178 mm( $\delta=6.5$  mm)套管配套高风压钻具跟管钻进,钻至完整岩层后换用直钎头继续钻进。钻机选用 YG80 型液压锚固钻机。现场试验反映跟管钻进深度并不理想,平均跟管深度 23.45 m,4 个试验孔的跟管深度、地质情况和跟管情况见表 1。

表 1 试验孔跟管钻进概况

孔号	跟管深度/m	最大深度处地质情况	深度受限原因
MD20	25.7	块石、砂、孤石、孔洞	管靴断裂
MD21	18.2	孤石、漏风、0.8 m 孔洞	管靴断裂
MD45	18.2	粘土、孤石、孔洞、卡钻	套管断裂
MD46	31.7	块石、粘土、孤石、水	冲击无进尺、管体变形

从表 1 中可以看出,钻进过程中易发生管靴断裂、反复冲击无进尺、套管断裂、遇孤石卡钻等情况,套管护壁深度受严重限制。堆积体由卵砾石、块石、

收稿日期:2013-01-23

**作者简介:**陈晓东(1985-),男(汉族),四川武胜人,四川拓展建设工程有限责任公司项目总工程师,勘查技术与工程专业,从事水电站基础处理与边坡加固施工技术及管理,四川省成都市青羊工业总部基地 C 区 12 栋,cdzl2004@126.com;钟久安(1986-),男(汉族),四川仪陇人,四川拓展建设工程有限责任公司项目总工程师,勘查技术与工程专业,从事水电站基础处理与边坡加固施工技术及管理,dczja230@126.com。

孤石、砂等物质组成,存在很多的空腔和裂隙,钻进过程中多出现漏风不返渣等情况。从套管在地层中的空间状态考虑,套管所受阻力主要来自不规则造孔形成的阻力、岩土体振动密实对接套管的夹持力、钻孔弯曲引起的阻力等几个方面。相对国内主要使用的 $\varnothing 168$  mm套管, $\varnothing 178$  mm套管所受的阻力明显增加,跟管到一定深度后冲击器产生的冲击力相当一部分用于牵引套管前进,跟管深度越大需要的牵引力就越大,MD46试验孔跟管至31.7 m时因阻力过大造成无进尺,高风压冲击器产生的高频率冲击功容易造成管靴寿命缩短、断裂,这样的情况在大空腔区域、孤石段也会发生。堆积体为造斜地层,不可避免产生钻孔弯曲, $\varnothing 178$  mm( $\delta = 6.5$  mm)套管管壁较薄,施工中多次出现套管变形导致钻具不能正常通过。 $\varnothing 178$  mm( $\delta = 6.5$  mm)套管在堆积体中的跟管钻进深度受到地层、材质等因素影响,深度受限。应该优化钻具结构,提高成孔规则度,加大钻孔与管壁之间间隙,从而降低套管阻力。增加套管壁厚,调整材质和热处理工艺,使套管的强度更高,管靴的耐冲击性和寿命提高。

$\varnothing 178$  mm( $\delta = 6.5$  mm)套管在堆积体中的跟管深度并不理想,换用 $\varnothing 178$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管在MD4孔进行试验,跟管至34.7 m时管靴断裂。进行钻孔单价预算, $\varnothing 178$  mm( $\delta = 6.5$  mm)套管跟管造价945.71元/m, $\varnothing 178$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管跟管造价1614.46元/m,可以看出壁厚10 mm的套管成本过高,不能满足大规模施工经济性的要求。

## 2.2 双层套管钻进

为解决 $\varnothing 178$  mm套管跟管深度34.7 m不能满足95 m锚索成孔要求的问题,选用双层套管跟管工艺在MD56、MD57两孔进行试验。 $\varnothing 178$  mm套管作为内管,为保证内管顺利通过外管的管靴,选取 $\varnothing 219$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管作为外管,管靴内径187 mm。进行2次 $\varnothing 219$  mm套管试验,MD56试验孔 $\varnothing 219$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管跟管钻进至7.5 m处管体变形,钻具被卡在套管内,试验失败。随后在MD57孔进行第二次试验,跟管钻进至16.7 m后进尺缓慢,钻孔摄像显示该段为孤石、大块石群,套管阻力增加,为避免管靴断裂或管体变形遂停止跟管。第二层 $\varnothing 178$  mm套管穿过 $\varnothing 219$  mm套管后跟管至45.2 m时进入完整基岩(试验孔深度为60 m),试验结束。按照 $\varnothing 178$  mm套管跟管深度34.7 m计算,双层套管跟管深度可以达到51.4 m。国内已有 $\varnothing 168$  mm套管配套 $\varnothing 146$  mm套管跟管深度60~80

m的记录,相对而言, $\varnothing 219$  mm与 $\varnothing 178$  mm双层套管跟进深度有限,深度受限的一个重要原因是大管径造成的阻力过大。

$\varnothing 219$  mm套管需定制,钻进过程中断管、管靴断裂、管体变形的概率比 $\varnothing 178$  mm套管高出许多,从MD56试验孔中拔出的 $\varnothing 219$  mm套管均出现不同程度的管体变形,不可重复利用。进行钻孔单价预算, $\varnothing 219$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管配套 $\varnothing 178$  mm( $\delta = 10.0$  mm)套管成孔单价达到2545.22元/m。过高的施工成本、不够理想的跟进深度等因素决定不宜采用该工艺。

## 3 跟管钻进结合水泥砂浆护壁成孔工艺

根据跟管试验情况,无论是单层套管跟管钻进还是双层套管跟管钻进的深度都不能满足穿过覆盖层最大深度70.7 m的要求,且双层套管跟管钻进的成本难以承受,所以选择跟管钻进与水泥砂浆护壁相结合的工艺成为必然。先使用 $\varnothing 178$  mm( $\delta = 6.5$  mm)套管开孔钻进,穿过坡积物并最大限度地跟进,后换用直钎头钻进至成孔困难时进行水泥砂浆护壁,待凝后扫孔继续钻进,如此循环直到达到设计孔深。

### 3.1 水泥砂浆配合比的选择

1号堆积体物质组成以中粗砂、卵砾石为主,夹部分碎石、大块石及少量粉砂质粘土,跟管钻进过程中反映地层存在较多裂隙和空腔。卵砾石、块石、碎石和空腔地层可灌性好,砂层和粘土层的渗透性较差,所以护壁灌浆所采用的浆液必须满足灌注性能、成本控制、工期、高边坡地形等多方面的要求;浆液流动性较好,利于泵送;保水性好,不宜沉淀,能适应长距离输送;凝结时间适当,初终凝间隔时间短,利于提高功效;早期强度高,且持续增长;利于控制单耗与成本;外加剂掺入方式简单,方便现场调配。根据以上要求、合同要求、类似工程经验,选定0.5:1:1(水:水泥:砂)水泥砂浆作为护壁灌浆浆液,在该水泥砂浆的基础上进行了多组水泥砂浆掺水玻璃和TF-85速凝剂室内试验,试验成果见表2。

表2 水泥砂浆掺外加剂凝结试验成果

外加剂种类	水:水泥:砂	外加剂掺量/%	初凝/min	终凝/min
水玻璃	0.5:1:1	0.35	60	115
		0.50	35	81
		0.65	20	65
		0.80	23	96
TF-85速凝剂	0.5:1:1	0.60	40	121
		0.40	48	147

选定水玻璃掺量 0.5% 和 TF-85 速凝剂掺量 0.6% 两种浆液进行现场生产试验。灰比 0.5 水泥浆在坡低的一级搅拌站拌制完成后长距离输送至坡顶的二级灌注站,掺砂搅拌后使用砂浆机注入孔内。由于水泥浆液从搅拌完成到输送至二级搅拌站再到孔内整个过程的耗时较长,为避免浆液凝固堵塞管路,外加剂只能在二级搅拌站与砂同时掺入。而水玻璃需使用大量的水来稀释以后再使用,这就要求增大一级站的浆液浓度,不利于现场施工。根据两站配比浆液的现场试验效果,综合考虑各方面因素,选定 0.5: 1: 1: 0.06(水: 水泥: 砂: TF-85 速凝剂)作为护壁灌浆浆液配合比。

### 3.2 跟管钻进与水泥砂浆护壁结合的成孔措施

堆积体深孔锚索施工在钻孔质量、功效等方面存在较大难度,通过进行现场试验、分析各个因素的影响、总结本工程和类似工程经验,总结出一套适应堆积体地层的跟管与水泥砂浆护壁相结合的成孔技术措施。

(1) 开钻前应仔细检查套管、偏心钎头等钻具的情况,避免使用有损伤或不合格的钻具。开孔时应保持较低的钻速和合理的钻进参数,保证钻孔角度符合设计要求,同时为后续套管提供较好的导向通道。

(2) 将跟管钻进试验中的跟管深度平均值作为后期跟管深度的参考值,当跟管深度接近参考值时应适当降低钻速,平缓跟进,尽量避免断管、管靴断裂等情况。如果管靴断裂导致直钎头不能顺利通过应进行事故处理:使用废旧钎头强行挤压管靴至钻孔一侧,以不影响钻头起下为原则;先注入水泥浆液,待浆液凝固后下入金刚石钻头切削管靴至形成通道;或者拔管重新钻孔。

(3) 堆积体内物质组成差异很大,属强造斜地层,必须采取措施来控制孔斜,采用“以防斜为主”的策略。跟管钻进段因套管直径大、具有一定刚度等特点所以钻孔偏斜度较小。水泥砂浆护壁段防斜应首先配置一定长度的粗径钻具,在冲击器后的钻杆接头处每 3 m 布置一个扶正器,形成长度  $\leq 10$  m 的粗径段。适用于堆积体地层的潜孔锤钻进扶正器由岩层扶正器改进而来,减少支撑体数目,加大支撑体之间通道的面积,为避免支撑体切削孔壁需将支撑体前端的硬质合金取消,对支撑体进行热处理提高其强度和耐磨度。扶正器弥补了钻具重力产生的下沉头,起到导向作用。但是加装扶正器的钻具影响了岩渣排除,钻孔过程中应加大风量和倒杆频率,

同时焊制螺旋钻具来改善排渣条件。1号堆积体结构松散,常出现卡钻与塌孔,单个钻进回次的深度为 4~7 m。护壁灌浆不仅可以起到固结孔壁的作用,而且浆液可以通过裂隙进入待钻进地层起到超前固结的效果。通常,护壁灌浆的下一段 1~2 m 钻进条件较好,高高程锚索进行护壁灌浆后低高程锚索钻进条件得到改善,所以进行护壁灌浆能够改善钻孔环境,对钻孔孔斜控制和提高钻孔工效有利。每 10 m 进行一次测斜,绘制钻孔孔轴曲线图,如果孔斜超出设计要求可以采用造斜器、重新钻孔等方法纠斜。

(4) 0.5: 1: 1 水泥砂浆灌注过程中的常见问题是堵管,要求将砂浆拌制均匀,避免水泥砂浆析水沉淀,将砂浆站设置在高处,从上往下灌浆,尽量大流量灌注。为避免浆液浪费和增加扫孔工作量,应将注浆管伸入孔底,同时在灌浆段外 1~2 m 处设置一检查管,浆液到达检查管位置时即可停止灌浆。应在大耗浆量孔段采取限流、间歇、待凝、复灌等方式控制灌浆量,对于粘土、砂层等不易固结孔段应适当降低砂率来增加浆液的渗透性,或者采用孔口封闭的形式提高灌浆压力。待凝后,如果浆液结石强度大于周围岩土体的强度,容易产生钻孔偏斜,所以应控制待凝时间,浆液终凝后及时扫孔。

(5) 施工中应合理调配各种施工资源,优化组织形式,保证钻孔后立即进行灌浆,一台钻机轮替施工 2 个孔,尽量提高施工效率。

## 4 施工成果

通过实验选定  $\varnothing 178$  mm ( $\delta = 6.5$  mm) 套管跟管钻进与 0.5: 1: 1: 0.06(水: 水泥: 砂: TF-85 速凝剂) 水泥砂浆相结合的成孔工艺,该工艺在 1 号堆积体锚索施工中效果明显,顺利完成 80~95 m 深孔锚索钻孔,共计完成锚索 564 根,其中 80~95 m 深孔锚索 48 根,钻孔质量符合设计要求。在解决成孔问题的基础上护壁灌浆的成本比厚壁套管、双层套管等工艺的成本低很多,总体施工成本得到控制。该工艺在施工 80~95 m 深孔锚索时的单米成孔工效为 0.47 m/h,单孔综合工效为 4.95 m/台班,每台钻机的施工能力达到 9.9 m/台班,从工程经济的角度能够接受该钻孔工效。部分 80~95 m 深孔锚索的成孔工效见表 3。

## 5 结语

(1) 堆积体地层中  $\varnothing 178$  mm ( $\delta = 6.5$  mm) 套管跟管深度受到地层、材质和钻具结构等因素影响,

表3 部分80~95 m深孔锚索钻孔成孔周期统计

孔号	孔深/m	成孔周期/台班	孔号	孔深/m	成孔周期/台班
MD140	80	17	MD142	80	18
MD154	95	18	MD155	90	18
MD158	95	27	MD160	95	25
MD206	95	17	MD250	85	13
MD254	85	13	MD255	90	14

跟管深度不能满足80~95 m深孔锚索跟管成孔要求。应调整套管和管靴的材质和热处理工艺,提高其强度,适当延长管靴根部与冲击台阶的距离,优化钻具结构,降低跟管阻力。

(2) Ø219 mm 配套 Ø178 mm 双层套管使得跟管深度有较大提高,但材料损耗较大,施工成本过高,该工艺不宜采用。

(3) 跟管钻进与护壁灌浆相结合的施工工艺能够满足堆积体锚索施工要求,是解决80~95 m深孔锚索成孔的有效途径。

(4) 通过选择较优配比的浆液、优化资源配置、强化施工组织、采取有效的成孔措施,护壁灌浆成孔工艺能够取得较好的工效和经济性。

#### 参考文献:

- [1] 陈礼仪,胥建华. 岩土工程施工技术[M]. 四川成都:四川大学出版社,2008.
- [2] 李世忠,等. 钻探工艺学(上)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] 袁学武,陈礼仪,李中伦. 深厚覆盖层堆积体破碎带锚固成孔偏心跟管钻进工艺技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, (S1):288-291.
- [4] 袁学武,楼日新. 川藏公路二郎山龙胆溪滑坡整治工程堆积体锚索钻孔跟管钻进技术的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2003, (S1):105-108.
- [5] 张涌泉,杨俊志,陈修星. 小湾堆积体锚索造孔工艺及配套机具研究[J]. 水电站设计, 2006, (4).
- [6] 邱顺兵,韦猛,刘俊,等. 某水电站1号堆积体锚索砂浆固壁成孔试验与研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(8): 75-78.
- [7] 唐旭,黄海,黄世雄. 边坡堆积体锚索防腐及注浆工艺探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(11):80-72.

## 西北陆相侏罗系第一口页岩气探井开钻

《中国矿业报》消息(2013-05-30) 设计井深为2800 m的柴页1井近日正式开钻,这既是我国西北陆相侏罗系实施的第一口页岩气探井,也是由中国地调局油气资源调查中心负责实施的第一口页岩气探井,标志着该中心作为唯一一支国家公益性油气调查队伍的页岩气勘探与开发工作迈出了实质性步伐。

柴页1井钻探和测录井工程是“青海柴达木盆地重要页岩气远景区调查评价”项目的工作内容之一。该项目由中国地质调查局下达,主要任务是以柴达木盆地北缘侏罗系和柴达木盆地东部石炭系为主要目的层,深入研究区内石油地质、煤田地质、地球物理、钻井及地球物理测井资料,开展野外地质调查;建立富有机质页岩层系地层剖面,分析和总结结构格局,富含有机质页岩的时空分布规律,获取地质评价基本参数,研究提出页岩气资源远景区;选择柴达木盆地

北缘侏罗系重点远景区开展页岩气地质调查井钻探,确定重点含气页岩层段,获取系统的页岩气参数数据资料;深入研究主要含气页岩层段的岩石、地层和沉积特征、有机地球化学特征、含气性和分布规律,初步优选页岩气富集有利区。

经过前期论证,科研人员确定柴达木盆地北缘鱼卡地区为页岩气资源有利靶区,通过招标确定施工队伍,实施柴页1井钻探和测录井工程。柴页1井设计井深2800 m,目的层系为中侏罗统大煤沟组泥页岩,计划开展泥页岩层系取心150 m,同时结合测井资料和页岩气解析现场情况开展主要含气页岩层段的压裂和气测,求取页岩气试井产量,预计工作周期60天。

柴页1井是我国西北陆相侏罗系实施的第一口页岩气探井,预期工作成果将真实反映该地区页岩气储层地质情况,并对该层系页岩气资源潜力评价和有利区优选起到先导作用。

## “修武盆地页岩气”勘查启动 计划投资4.38亿

《中国国土资源报》消息(2013-05-31) 2013年5月23日,记者从江西省国土资源厅获悉,江西省首块页岩气田——“修武盆地页岩气”勘查工作在修水县新湾乡正式启动,标志着该省页岩气资源勘查开发利用迈入实质阶段,对改变全省天然气完全依赖外输、长期“缺煤、无油、乏气”的能源格局具有重要意义。

据了解,在国土资源部第二轮页岩气区块探矿权招标中,江西省投资集团公司所属的省天然气(赣投气通)控股有限公司成功中标修武盆地页岩气探矿权,这是该省首个页岩气资源勘查项目,计划投入资金4.38亿元。2011年以来,江西省煤田地质局与中国矿业大学共同开展了江西省页岩气资源调查评价工作,组织技术人员选择页岩发育较好的赣东

北、赣西北、赣西、赣南为主要调查区。调查分析表明,赣西北和赣东北的早寒武世地层有机质含炭量大于2%~10%,且分布范围广、厚度大,分布面积达3400 km<sup>2</sup>,厚度一般大于100 m;富含脆性矿物,易于压裂,岩石裂缝、微孔隙和微裂隙非常发育,可以吸附和储存大量气体,具备页岩气成藏条件的基本要求。赣西北下志留统黎树窝组 and 赣西中二叠统小江组页岩厚度也在30 m以上,地域分布面积在3000 km<sup>2</sup>以上,赣北、赣东北和赣西三大区块的潜在页岩气资源量有3~5万亿 m<sup>3</sup>,资源潜力可观。本次勘查工作的主要任务是查清修武盆地页岩气资源潜力,为下一步页岩气规模化开发夯实基础。