

金沙江其宗水电站上坝址深厚覆盖层钻进工艺探讨

王光明, 阳正强, 熊德全, 张正雄

(中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院, 云南 昆明 650031)

摘要:其宗水电站属峡谷区修建的高坝、大库, 最大坝高达 358 m 左右。深厚覆盖层的钻探取样是了解其成因及工程地质特性的必需手段, 也是水电水利工程地质勘察工作的重要手段。由于覆盖层厚度大, 组成物质分选性差, 给钻探取心工作带来了困难。而取心质量直接关系到工程地质勘察资料的准确和详实。通过特殊钻具及 SM 植物胶钻井液的运用, 提高了深厚覆盖层取心质量。结合其宗水电站的工程实例, 对该地区深厚覆盖层钻进与取心工艺进行了探讨。

关键词:深厚覆盖层; 钻进工艺; SM 植物胶; 护壁; 其宗水电站

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)05-0057-04

Discussion on Drilling Process for Upper Damsite Deep Overburden Layer of Qizong Hydropower Station in Jinsha River/WANG Guang-ming, YANG Zheng-qiang, XIONG De-quan, ZHANG Zheng-xiong (Hydrochina Kunming Engineering Corporation, Kunming Yunnan 650031, China)

Abstract: Qizong hydropower station is a high dam and large reservoir built in the canyon area. The maximum dam height was preliminarily planned to be about 358m. The drilling sampling of deep overburden layer is essential means to find out its cause and engineering geological property, and also the important means for water resources and hydropower engineering geological investigation. Because of the thick coverage layer with bad homogeneity of component substances, drilling coring is difficult. The coring quality is directly related to the accuracy and detail of engineering geological investigation data. By the application of special drilling tools and SM plant gum drilling fluid, coring quality in deep overburden layer was improved. The paper discusses the drilling and coring process in the deep overburden layer by the engineering case of Qizong hydropower station.

Key words: deep overburden layer; drilling process; SM plant gum; wall retaining; Qizong hydropower station

1 工程概况

其宗水电站位于云南省迪庆州与丽江市交界的金沙江河段上, 为金沙江中游河段比选的龙头水库。电站初拟正常蓄水位高程 2150 m, 坝前壅水高度达 270 余米。水库回水至德钦县中荣上游的雷堆河口附近, 库长约 165 km, 总库容约 $177.37 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为金沙江中上游河段具年调节性能、对金沙江下游甚至长江的防洪将会发挥极为重要的作用、并具滇中调水功能的龙头水库^[1]。

其宗水电站属峡谷区修建的高坝、大库, 最大坝高达 358 m 左右。对河床深厚覆盖层的利用与处理, 关系到工程的安全与经济, 对坝址、坝型选择, 枢纽布置方案, 工程安全及造价等均有重大影响。枢纽区河床及阶地分布厚达 60 ~ 140 m 深厚覆盖层, 其成因复杂, 包括冲积、洪积、冰积、滑坡堆积和崩积等多种成因, 对枢纽工程的影响极大, 是其宗水电站枢纽区的重大工程地质问题之一^[2]。为了查明水

工建筑物的地基, 特别是要查明构造带(包括断层、挤压带及节理等)、岩石裂隙发育程度、覆盖层、互层、夹层、薄层、淤泥(特别是软弱夹层、泥化夹层)、充填物、溶洞等地质及水文地质条件, 除需要取出完整的岩心或原状样进行分析判断岩土的类型、成因、工程特性、结构、构造、成分等, 还需进行水文地质观测与试验(如抽水试验、压水试验、注水试验等), 以获取第一性地下水文地质资料, 为建筑物基础的工程地质评价提供可靠的依据。

其宗水电站 ZK115 号孔位于其宗上坝址尾水渠, 即金沙江左岸阶地上, 孔口高程为 1918 m, 设计孔深 150 m, 钻孔为铅直孔。该孔覆盖层成因为河流冲积, 根据岩心编录资料, 其岩性为卵砾石层, 约间隔 20 m 左右夹有直径 1 ~ 2 m 漂石, 为次圆状、圆状磨圆, 密实性差, 无胶结, 基岩主要为泥盆系下统(D₁)和中统(D₂)的条带状、角砾状结晶灰岩、白云岩, 千枚岩、千枚状板岩, 碳质板岩及大理岩等。

收稿日期: 2010-11-16

作者简介:王光明(1985-), 男(汉族), 云南曲靖人, 中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院助理工程师, 地质资源与地质工程专业, 硕士, 从事水利水电工程地质勘察工作, 云南省昆明市盘龙区小龙路 4 号, wang250308@126.com。

覆盖层的组成、结构、胶结密实程度、地下水等地质、水文条件决定了钻孔取心、护壁的难易程度。由于其宗水电站河床及阶地覆盖层主要为第四系的冲积、洪积、冰水堆积、湖相堆积及滑坡、崩塌堆积等,成分为含块(漂)卵砾石层夹砂及含块碎石粘土层。组成物质颗粒级配差,分选性差,较松散,胶结弱,取心难度很大。这直接导致取心困难,甚至在钻进过程中出现岩心随钻具转动的现象,卡埋烧钻等孔内事故发生概率大,磨钻头,造成钻探成本增大,钻进效率低下。地层的稳定性和完整性,决定了地层的钻进难易程度。深厚覆盖层钻进表现在钻进、护壁、取心比普通地层困难得多。为了提高深厚覆盖层钻进效率,降低钻进成本,对钻进过程中碰到的问题进行分析、总结,具有重要的经济和实践意义。

2 深厚覆盖层常规钻进工艺

深厚覆盖层指的是在河床及阶地上基岩上覆盖着由无胶结的砂砾石层及含大粒度的砾石、漂石、块石以及砂和粘土等组成的地层。覆盖层钻进过程中,其地下水活动十分强烈,并携带大量细颗粒流砂进入钻孔内。

跟管方法一般有常规下套管(即吊锤锤击)、钻具跟管(包括同心和偏心钻具跟管)等方法^[3]。

2.1 深厚覆盖层常规钻探方法

深厚覆盖层通常用硬质合金(也包括近年刚投入使用的复合钻头)钻进,硬质合金钻进主要用于岩石为中硬地层中,钻进中压力、转速、冲洗液量的控制是基本参数。钻孔孔径通常为 $\varnothing 146$ 、127、108、91和76 mm,钻具可用双管及单管两大类;单管钻具有球阀式和普通单管钻具;双管有双管双动及双管单动钻具两类。覆盖层中钻进,由于地层松散,钻孔护壁、固壁是顺利钻进的关键。使用常规钻进方法,一般固壁采用跟进套管的方法,常用套管口径有 $\varnothing 273$ 、219、168、146、127、108、89、73和59 mm。松散地层或卵砾石粒径不大地层,可凭借外力(吊垂)砸管跟进。在其宗水电站上坝址的河滩、河中及阶地钻孔,因砂卵石覆盖层中冲积有大量的大粒径的漂砾和孤石,主要用泥浆与植物胶冲洗润滑护壁配合金刚石半合钻具先钻进取心后跟管,对超过大套管直径的孤石,套管很难通过的,采取孔内小药量爆破的办法,将孤石炸裂,再打入大套管通过;当孔深较深而又必须继续跟管,对常规孔径套管一般采用植物胶与泥浆混合使用进行护壁半合双管金刚石钻具钻进取心,根据覆盖地层地质结构及孔壁稳定情

况综合考虑,一般植物胶泥浆护壁裸孔深度30~50 m后,待原位测试试验进行完毕后才跟进套管^[2]。

2.2 钻孔护壁堵漏

2.2.1 护壁堵漏方法选择的原则

护壁堵漏是钻孔成孔的关键因素,通常护壁堵漏有钻井液、固结材料和套管3种护壁措施。针对深厚覆盖层特征和钻探钻井液理论,所采取护壁堵漏应满足以下几条原则^[4]:

- (1)不破坏地层原有结构、构造;
- (2)确保孔内的原位测试试验;
- (3)有利于取心和起下钻;
- (4)经济适用。

2.2.2 应解决的问题

护壁堵漏在遵循以上原则的基础上,应解决钻进过程中存在的以下问题:

- (1)原始力学平衡状态发生改变,岩层极限强度不能抵制内部所发生的应力状态变化;
- (2)块(漂)石、砾石间有破碎、架空现象;
- (3)水对岩层的水化和冲刷等作用;
- (4)钻具对孔壁的摩擦和碰撞作用。

2.2.3 护壁封漏钻井液的选择

根据钻探钻井液理论和实践经验分析,植物胶成为覆盖层取心钻探优先选取的材料。植物胶是天然多糖类支链型高分子材料,用水溶胀后形成体型网状结构,在心样表面吸附形成胶膜,防止水份渗入和穿透,避免液化和崩塌,因此也避免岩心被冲刷,起到隔水的作用。浓度越高,网状胶膜越厚而密实,因而护心、护壁的效果好。同时这种粘弹性胶体在砂样和软弱岩土心表面及一定深度的表层具有胶结作用和粘弹性强度,抵抗钻具的振动引起的破坏,保持原状结构。在深厚覆盖层小口径可开500~800 r/min转速。金刚石钻进需要高转速才可能高效率,进尺快,减少岩心在钻头处被冲刷的时间,有利于提高取心质量。实践证明,松软地层和软弱岩土层钻进进尺很慢时,取心效果就不好。同时,钻具旋转平稳,振动小,也减少了钻具对岩心的机械破坏作用,有利于提高取心质量。

根据本单位前期勘探工作经验,采用吊锤锤击跟管,并结合钻进情况,采用泥浆与SM植物胶冲洗润滑护壁。

2.3 深厚覆盖层钻进过程中存在的问题

2.3.1 容易发生孔斜

由于套管管靴下沉依靠套管本身自重及吊锤施加到管帽的冲击力,吊锤下降过程中,在与管帽的能

量转化中,在面上受力不一定均衡,极有可能导致套管偏斜。因此,在钻进过程中,应及时用水平尺测量套管是否垂直,如偏斜,需立即采取补救措施。

2.3.2 取心困难

覆盖层主要为第四系的冲积、洪积及堆积物,组成物质以含块(漂)卵石石层夹砂、粉砂层透镜体含块碎石粘土层。砂卵石覆盖层,在自然状态下密实,无胶结,松散堆积,钻进过程中,卵石、砾石间相互摩擦,甚至与钻头一起转动,而卵石、砂一经钻进就成散体状,如用常规工艺技术和工具,取心困难。而在某些层位,为无细颗粒、粘土充填的均匀砾石层,只能取出扰动的岩心,岩层的结构已被破坏。因此,必须采用相应措施,满足取心质量要求。

2.3.3 岩心重复破碎严重

水电钻探对取心要求高,需要保持岩层的完整性。其宗水电站深厚覆盖层由于卵石、块石间无胶结,钻头在碰到直径大的卵石时,钻进初卵石与钻头一起转动,当钻头对卵石的压力大于其极限强度时,卵石被击碎,随着进尺加深,岩层的原始结构被破坏的越严重,甚至于在起钻过程中,出现掉心现象。而在多次打捞过程中,岩心被多次破碎,这给地质人员分析岩层结构、构造、分选性带来了困难。

根据文献[5]中钻孔质量标准要求,岩心优级应达到“砂卵砾石分层取样,保持原始级配,均质砂层的样品能保持原始结构”。良级应满足“砂卵砾石层,粗颗粒能取出,部分细颗粒被冲掉,均质砂层样品基本能采取”。

2.3.4 套管下移成孔摩擦阻力大

根据套管在钻进过程中的空间状态及与孔壁的接触关系,套管摩擦阻力来自以下几个方面的约束^[3]:

(1)规则孔壁下套管重力与孔壁下沿的正常摩擦阻力(相对均匀);

(2)由于地层松散,在钻进振动下孔壁间隙缩小增加的夹持阻力(不均匀);

(3)钻孔弯曲引起套管变形的附加摩擦阻力(不均匀);

(4)扩孔过程中形成的孔壁不规则引起的夹持阻力(不均匀);

(5)连接套管之管箍直径通常比套管大,管箍下沉过程中,下伏卵砾层对其有向上阻力。

2.3.5 冲击次数与寿命

本次选用吊锤冲击跟管钻进,当吊锤冲击管帽时,如果套管外部摩擦力能被克服,又有足够的空间

让管帽向下运动,那么管靴继续钻入成孔。在既有材质、加工工艺和热处理条件下的管帽是足以满足单孔的跟管深度要求的。但问题在于在实际钻进过程中,跟管钻进到一定深度以后管帽后部与孔壁的摩擦力约束了管帽单次冲击的下行位移量,单次冲击功不足以完成管帽的一个自由行程,从而使吊锤和管帽冲击台阶每两次接触间隔时间大大缩短。由于任何材质、加工工艺和热处理工艺所确定的管帽的冲击疲劳破坏极限是相对稳定的,如果以一定数量的冲击次数作为其寿命的指标,冲击频率一定,单次冲击进尺下降,自然地套管反映在成孔深度上的寿命也就降低。要使成孔深度上的寿命指标提高,只有增加套管跟进过程中每两次导正器冲击管帽的时间间隔或单次冲击自由行程^[6]。

要提高两次冲击的时间间隔或管帽单次冲击行程,必须减少套管的摩阻力以降低单位跟管进尺的冲击次数,从而降低单孔冲击的总次数。由于导正器冲击台阶、管帽冲击台阶疲劳寿命是由材质、热处理工艺等决定且相对稳定的,所以提高两次冲击的时间间隔或管帽单次冲击行程,就会降低单位跟管进尺的冲击次数,也就提高了整个套管寿命期的跟管深度。

2.3.6 起管困难

由于砂砾石松散覆盖层较深,地层无胶结,容易坍塌、掉块,取心必须在套管内完成,因此,套管必须跟管到基岩面。钻孔深度达到任务书要求后,做完所要求的抽水试验、注水试验,需要按套管口径从小到大取管,加之目前套管交界处以管箍连接,在取套管时,套管周围的覆盖层不但在侧向上对套管有阻力,在垂直方向上,也有向下方向的力作用于套管,如碰到较大的孤石卡在接头处,套管就很难取出,甚至于舍去部分套管,这将造成很大的经济损失。

3 ZK115 号孔施工实例

3.1 准备工作

组织机组人员认真学习钻孔任务书,明确钻探要求、目的及注意事项;总结类似工程工作经验,分析技术难点,确定质量控制点;编制单孔作业计划书,确定进度节点及安全管理点;根据单孔作业计划书,确定设备、管材和物资;进场道路、钻场的修整;设备搬迁、安装,水路、电路的架设等工作。

3.2 开孔下定向管及套管护壁

开孔时,为了保证 $\varnothing 273$ mm 管铅直,先用人工开挖小凹坑,然后固定带管靴的 $\varnothing 273$ mm 套管,用

吊锤锤击至一定深度后,用 $\varnothing 150$ mm 硬质合金钻头捞取岩心至管靴。

跟进套管时应勤打管、勤校正、勤拧管、勤上扣,避免把套管打歪而导致套管事故。套管跟入深度视地层条件和孔深决定,当一级套管不能满足揭穿覆盖层时,应考虑二级或三级套管,每一级套管下入深度应充分考虑下入套管及起拔套管的难易程度,否则超长套管容易出现起拔困难、脱扣和拔断等事故。ZK115 号钻孔 $\varnothing 273$ mm 套管用吊锤打至 18 m, $\varnothing 219$ mm 打至 36 m, $\varnothing 168$ mm 打至 60 m,60 m 以深至基岩埋深采用 SD 系列双管单动金刚石钻具进行钻进和取样。

3.3 SM 植物胶减振钻井液的制备

SM 植物胶钻井液具有减振、护壁、护心作用,同时具有流变性,在前期深厚覆盖层勘探中效果明显。

SM 植物胶钻井液的制备应根据地层岩性选用相应的配方,根据以往工作经验,在 ZK115 号孔的钻进中采用如下配方:

SM 植物胶干粉(kg): 水(L) = (2.5 ~ 3): 100; Na_2CO_3 按 SM 植物胶干粉质量的 5% 添加。

浆液制备: 首先将 1/3 罐清水加入立式搅拌机中,并向水中一次加入所需的碳酸钠,高速搅拌使之溶解,同时将 SM 植物胶粉一次倒入搅拌机中,高速搅拌 5 min,当植物胶全部分散无结块后,将水加满,继续搅拌几分钟混合均匀后放入贮浆池中静止浸泡 8 ~ 10 h,待全部溶解即可使用^[7]。

3.4 回转钻进取心

采用 XY-2 型钻机,配 395 型柴油机;SGZB-3250 型泥浆泵 3 台;0 ~ 60 m 采用吊锤锤击跟管护壁钻进,当孔深大于地下水埋深以后,为避免推移质、悬移质等泥沙埋钻,需在钻具上安装取粉管。当用普通硬质合金钻头打捞效果差时,可以考虑用弹簧钻头(硬质合金钻头穿上钢丝)、复合钻头捞取岩心。60 m 以后采用 SD 系列双管单动金刚石钻具,SM 植物胶钻井液护心、护壁,配合跟管护孔钻进。钻进参数设定为:钻压 4 ~ 8 kN,转速 350 ~ 850 r/min,泵量 30 ~ 40 L/min,泵压 < 0.7 MPa,根据钻进的具体地层条件或不同孔深而适当调整。当孔内漏失严重,孔口不返浆时,及时采取堵漏措施,避免长时间顶漏钻进,减少孔内卡埋钻事故和浆液漏失,以降低生产成本。

3.5 特殊情况的处理措施

3.5.1 孔内大漂石

在钻进中,遇到直径大于套管直径的孤石,且依靠管靴冲力不能击碎影响套管跟管时,须采取孔内爆破,将孤石炸碎后再跟管。在 ZK115 号孔钻进中有 2 处遇到取心长度为 0.65 ~ 1.58 m 的孤石,共进行了 2 次孔内爆破。

孔内爆破遵循以下 2 个原则:一是炸碎孤石;二是不能炸坏管靴。因此,孔内爆破的关键点是确定孤石的位置,然后根据孔深、孤石直径确定炸药量。

3.5.2 卷扬高温失效

在 ZK115 号孔施工过程中,选用 800 kg 型吊锤,由于高频率的上下运动,卷扬刹车、制动变换频繁,使得卷扬机摩擦产热变坏,经常要暂停施工等待卷扬温度回落,严重影响钻进效率,同时,降低了卷扬使用寿命。本次采取洒水降温措施。吊锤锤击跟管钻进工艺仍然需要改进。

3.6 钻探效果评价

其宗水电站上坝址 ZK115 号钻孔深厚覆盖层钻进在吊锤锤击跟管护壁的基础上采用了 SD 系列金刚石钻具钻进,SM 植物胶钻井液护心、护壁,使岩心采取率和岩心质量有了较大幅度的提高。ZK115 终孔深度 180 m,覆盖层厚度 98 m,覆盖层岩心采取率达 92%,基岩岩心采取率 100%,钻孔质量评为优秀。在满足了地质要求的基础上,控制了生产成本,提高了钻探效率。

4 结语

深厚覆盖层因其地层结构、岩性复杂、多变,钻孔岩心质量受多种因素控制,钻孔取心困难。通过特殊钻具及护壁护心减振钻井液的运用,提高了深厚覆盖层取心质量,保证了复杂深厚覆盖层原状心样,为分析深厚覆盖层成因及特征提供了重要依据。

参考文献:

- [1] 曾贤薇. 其宗水电站坝址区岩溶发育特征及岩溶水系统研究[D]. 四川成都:成都理工大学,2009.
- [2] 熊德全,王坤. 金沙江其宗水电站坝址深厚覆盖层钻探技术和孔内试验实践[J]. 云南水电技术,2009,(1):18-21.
- [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芯跟管钻进工艺技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [4] 水利电力部水利水电规划设计院. 水利水电工程地质手册[M]. 北京:水利电力出版社,1985.
- [5] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [6] 冯建明. 田湾河大发电站坝址深厚覆盖层勘探的实践[J]. 四川水利发电,2001,20(3):77-79.