

# 武都水库坝基抗滑稳定研究钻探取心工艺

陈红卫, 付兵

(四川省水利水电勘测设计研究院勘察分院, 四川 成都 611731)

**摘要:**为了配合武都水库技施阶段坝基抗滑稳定的进一步研究,查明坝基岩体中的断层破碎带、层间错动带以及缓倾角裂隙较发育等软弱结构面的特征,在钻进中采用清水金刚石钻探工艺,配以SDB双级单动半合式内管金刚石钻具,使岩心采取率基本达到了100%,取出了原状结构的岩样,为坝基的抗滑稳定研究提供了可靠的依据。

**关键词:**抗滑稳定研究;软弱结构面;金刚石钻具;钻进参数;岩心采取率;原状结构

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)04-0013-03

**Drilling Coring Technology for Study on Stability against Sliding in Dam Foundation of Wudu Reservoir/CHEN Hong-wei, FU Bing**(Investigation Branch, Sichuan Provincial Investigation, Design and Research Institute of Water Conservancy and Electric Power, Chengdu Sichuan 611731, China)

**Abstract:** In order to cooperate with the further study on stability against sliding in dam foundation of Wudu reservoir, and ascertain the characteristics of the weak structural plane such as fault fracture zone, inter-laminar dislocation band and low-angle fracture, diamond drilling technology was adopted by fitting with SDB double stage and single action diamond drilling tool with two-halves barrel. Coring recovery rate was 100%, the undisturbed rock samples provided reliable basis to the study on stability against sliding.

**Key words:** stability against sliding; weak structural plane; diamond drilling tool; drilling parameter; coring recovery rate; undisturbed structure

## 0 引言

武都水库是武都引水工程的水源工程,是以防洪、灌溉为主,结合发电,兼顾城乡工业生活及环境用水等综合利用的大型骨干水利工程,大坝为碾压混凝土重力坝,最大坝高为120.34 m,坝顶长度727.0 m,总库容 $5.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,电站装机 $3 \times 50 \text{ MW}$ 。

目前,武都水库已进入技施阶段,为进一步查明坝基岩体中断层、层间错动带以及缓倾角裂隙等影响碾压混凝土重力坝抗滑稳定的软弱结构面发育与分布规律,本次勘察对钻探取心质量提出了很高的要求:岩心采取率 $\leq 98\%$ ,岩心获得率 $\leq 95\%$ ,取出的岩心尽可能保持其原始状态的结构,以达到能更加直观、准确的分析判断软弱结构面的发育与分布规律,使钻孔中的所揭示的地质现象不漏判、不误判。

为此,我们对钻探技术和取心工艺进行了认真的认真研究,采用清水金刚石钻进工艺,配以SDB双级单动半合式内管金刚石钻具,成功地取出了保持地层原始结构状态和物理力学性状的岩样。

## 1 地质条件

武都水库坝址区位于四川省江油市涪江干流摸银洞河段,其坝基岩层主要为泥盆系中统白石铺群观雾山组可溶岩地层,岩性主要为白云岩、灰岩及少量泥质灰岩和微层泥灰岩,由于受地质构造变形强烈的影响,坝基岩体中岩溶洞穴、断层破碎带、层间错动带以及缓倾角裂隙较发育等软弱结构面发育,坝区工程地质条件十分复杂。

## 2 钻孔技术要求

**质量要求:**岩心采取率 $\leq 98\%$ ,钻孔取出的岩心尽可能保持其原始状态的结构。

**技术要求:**终孔直径 $\leq 91 \text{ mm}$ 。

## 3 钻探设备和钻头、钻具的选择

### 3.1 钻探设备

根据地层情况、钻孔深度和地质要求,钻探设备选择为:GX-1TD型钻机(配S110A柴油机),3D-5/40型水泵,BW-150、BW-160型泥浆泵,9 m木质三角钻塔。

收稿日期:2008-10-21; 改回日期:2009-02-04

**作者简介:**陈红卫(1967-),男(汉族),湖南莲源人,四川省水利水电勘测设计研究院勘察分院工程师,钻探工程专业,从事水利水电钻探技术工作,四川省成都市郫县犀浦镇犀浦路102号,373266175@qq.com;付兵(1966-),男(汉族),四川成都人,四川省水利水电勘测设计研究院勘察分院副院长、高级工程师,注册岩土工程师、注册安全工程师,地质工程专业,硕士,从事水利水电勘察技术与管理工作。

### 3.2 金刚石钻头

金刚石钻头对岩层的适应性是影响取心质量的重要因素。首先应确保钻头的钻进速度,因为钻进速度越快,岩心在钻头底部停留的时间越短,被冲刷的时间越少,取心质量会越好,同时回次时间短,岩心对磨和被钻具机械损坏的可能性就小;其次是要考虑金刚石钻头的寿命,以尽可能地降低成本。

为此,根据地层条件(岩石硬度等级6~7,研磨性弱)及上阶段钻探施工的经验,我们选择了适用于较弱研磨性地层,具有时效高、钻速快等特点的电镀金刚石钻头,并与中国地质科学院探矿工艺研究所联合为本工程研制了 $\varnothing 110$ 和 $\varnothing 94$  mm两种规格的双管电镀金刚石钻头,其技术参数如下:金刚石目数46~70目,金刚石浓度100%,金刚石品级JR5,胎体硬度HRC30~35。

### 3.3 钻具

取心钻具的结构对取心质量的影响是比较大的,以前采用的钻具是普通单动双管钻具,因其单动性能较差,在钻进的过程中内管时常会跟着外管旋转,使内管和岩心之间产生摩擦,松散和破碎的岩心之间将产生对磨,严重地损耗岩心;同时,由于普通

单动双管钻具的内管内壁较为粗糙,对岩心进入内管的摩擦力很大,因而容易产生岩心堵塞,使岩心在钻头底部产生自磨而损耗岩心。此外,普通单动双管钻具在将岩心从内管取出的过程中,往往需要敲击内管,易对岩心造成人为的破坏,特别是当岩心较破碎时,岩心从内管中取出就会散成一堆,很难恢复原样。这些因素都会大大降低了取心质量,磨损掉软弱结构面,从而影响了地质人员对不良地质现象的准确判断。

为了保证岩心采取率,取出保持地层原始结构和物理力学性状的岩样,我们根据多年来采用植物胶金刚石钻进工艺,配以SDB双级单动半合式内管金刚石钻具在砂卵石层及松散堆积体取出近似原状岩心的经验,决定在本工程中采用 $\varnothing 110$ 、94 mm两种规格的SDB双级单动半合式内管金刚石钻具。

SDB双级单动系列金刚石钻具是深厚砂卵石覆盖层金刚石钻进专用钻具,钻具的结构包括导向除砂机构、单向阀机构、双级单动机构、内管机构和外管机构5大部分(详见图1),主要适用于松散地层和复杂地层岩心钻探。

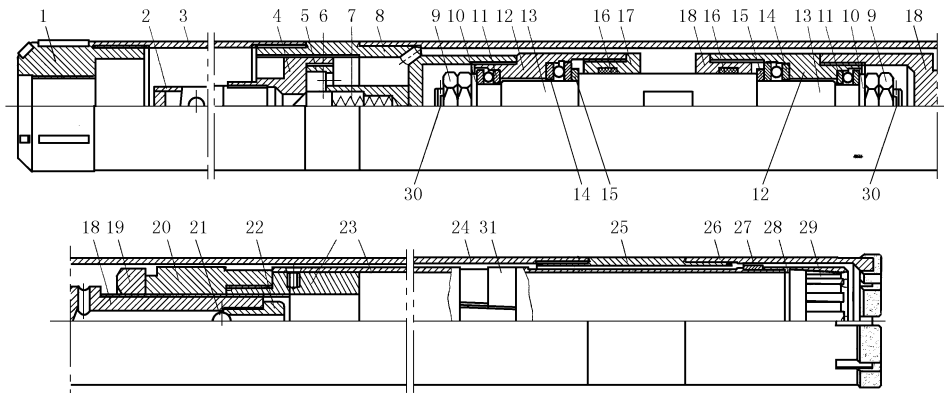


图1 SDB双级单动系列金刚石钻具结构示意图

1—螺丝头;2—隔砂管;3—沉砂管;4—上阀座;5—下阀座;6—阀体;7—阀用弹簧;8—外管接头;9—螺母;10、15—垫片;11、14—轴承;12—轴承支座;13—轴;16—密封圈;17—压盖;18—调节轴;19—调节螺母;20—内管接头;21—钢球;22—通水螺栓;23—半合管部件(内管);24—外管;25—连接管;26—金刚石钻头;27—定中环;28—卡簧座;29—卡簧;30—开口销;31—抱箍

该钻具设计有双级单动机构,起到双重单动作用,保证单动作用的可靠性,可使岩心的采取率、完整度、纯洁性和代表性等有很大的提高和改善。内壁磨光半合式的内管机构设计,确保在退取岩心时能保持松散岩心的原状结构,半合管结构见图2。采用SDB双级单动半合式内管金刚石钻具,在松散地层和破碎地层钻进可以随钻取原结构状岩心,岩心采取率95%以上。

## 4 钻探工艺

### 4.1 钻孔结构

由于坝基已基本开挖到设计高程,因爆破施工坝基岩体表面碎石较多,因此,开孔采用 $\varnothing 130$  mm清水金刚石钻进工艺,配以普通单动双管金刚石钻具钻进2~3 m,下入 $\varnothing 127$  mm护孔套管。然后采用 $\varnothing 110$  mm清水金刚石钻进工艺,配以SDB双级单动半合式内管金刚石钻具钻穿强风化层至弱风化层(厚度约8~11 m),并视孔壁稳定情况,确定是否下

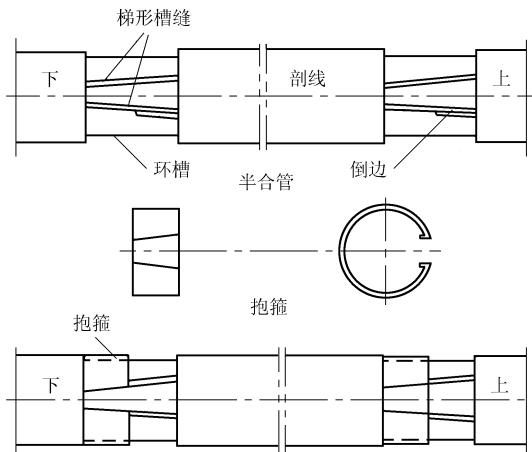


图 2 半合管抱箍原理示意图

入  $\varnothing 108$  mm 套管,最后采用  $\varnothing 94$  mm 清水金刚石钻进工艺,配以 SDB 双级单动半合式内管金刚石钻具钻至终孔。

### 4.2 钻进参数的选择

由于坝基上部岩体较为破碎,取心质量要求高,为确保坝基岩体钻探取心质量,钻进参数应遵循“低压力、高转速、小泵量”的原则,以达到较高钻进速度为宗旨。采用最高转速,以获得较高进尺速度,缩短回次进尺时间,减少岩心的磨损以及被冲洗液冲刷的时间,有利于取心质量的提高;压力过大,容易产生岩心堵塞,会明显减少回次进尺,降低取心质量;泵量过大,易冲毁软弱结构面。根据岩层特性,确定适宜的泵量,达到既冷却了钻头,保证不烧钻头,又能清除岩粉,不冲毁岩心的目的。钻进参数见表 1。

表 1 钻进参数表

孔径/mm	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(L·min <sup>-1</sup> )
SDB110	6~8	400~500	20~40
SDB94	5~7	500~600	15~20

### 4.3 钻进过程中操作注意事项

(1)因灰岩、白云岩岩心表面细腻而光滑,每次下钻应认真仔细地检查卡簧座、卡簧、金刚石钻头及岩心配合情况,必要时用卡尺量测,以避免堵心或因卡簧磨损无法卡取岩心,造成岩心脱落,影响取心质量。回次终了时,可适当加大压力进尺少许,以确保岩心正常卡取,避免岩心的脱落。

(2)在钻进过程中,正常进尺时,不得随意改变钻进参数,也不要随意提动钻具,以防止岩心堵塞。

(3)回次进尺控制在 1.2 m 以内,发现堵心,立即起钻。

(4)SDB 双级单动半合式内管金刚石钻具使用

前和使用中,一定要经常检查钻具的单动性能和装配间隙及磨损程度,不合格的钻具不要勉强使用。保持钻具良好的性能,是确保取心质量的关键。

(5)装配好的钻具,卡簧座底端离钻头内台阶间的距离  $\geq 5$  mm。

(6)为了更好的描述岩心采取时的原状结构,每回次起钻后,将半合管打开时,即由地质人员对岩心进行拍照、素描、编号,然后再将岩心按顺序装入岩心箱内。

(7)由于 SDB 双级单动半合式内管金刚石钻具拆卸和组装较为费时,为了提高纯钻进时间,每台钻机均配备 2 套同一规格的钻具。每回次起钻后,即先下入另一套钻具,然后再拆卸装有岩心的这套钻具,取出岩心。

### 4.4 钻具的维护

(1)机组人员应爱惜钻具。搬迁装运过程中钻具要轻装轻放,防止钻具弯曲。

(2)钻具的双单动接头一般在进尺 30~40 m 后要进行一次清洗,轴承应加油以及换掉磨损严重的密封圈。如果发现有轴向窜动,应检查轴承是否损坏,要及时更换损坏的轴承。

(3)钻具半合管如果有连续一天以上不用,应把半合管内壁擦干并涂上机油,防止生锈。

(4)半合管不用时应组装好,防止变形。

### 5 取心效果

在本工程中,我们成功地将 SDB 双级单动深厚砂卵石覆盖层金刚石钻进专用钻具应用于软弱结构面发育的岩层钻探取心,共完成 29 个钻孔,钻探工作量 1400.42 m,各孔的岩心采取率基本达到了 100%,取出了原状结构的岩样,清楚观察到断层破碎带和裂隙等地质现象(见图 3~5),为评价碾压混凝土重力坝坝基的抗滑稳定提供了准确、详实的第一手资料。



图 3 断层

间捆有海带,遇水膨胀,堵死进水通道,将地下水分为上下 2 层,这样就可以分别取得上下含水层的水质分析样。为了增加海带的止水效果,在海带之间夹了一定的水泥,以加强止水效果。

#### 4.3.2.4 止水效果的检验

在井内下入止水器后,采用“水位压差法”检验止水效果:测定止水后井管内外的水位,采用抽水的方法造成井管内、外的水位差,并使其差值达到 10 m 或抽水试验时的最大降深值时,稳定 0.5 h,若水位波动幅度  $\geq 0.1$  m,则止水有效,否则止水失败,需要检查止水器,重新止水。

#### 4.3.3 花眼钻杆

在钻杆上打眼,目的是让水进入钻杆环空间,一般孔径为  $\varnothing 14$  mm,打眼密度为 60 个/m,见图 8。

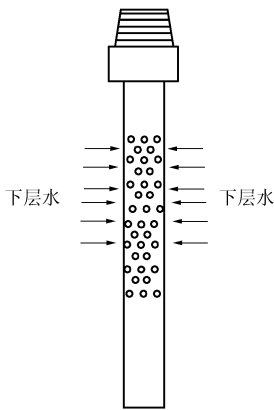


图 8 花眼钻杆示意图

### 5 研制中的技术难点及解决措施

在研制的过程中,主要克服以下 2 个技术难点。

#### 5.1 双封止水器的密封问题

(上接第 15 页)



图 4 断层破碎带



图 5 缓倾角裂隙

抽取下层地下水时,短钻杆上的锥体与内锥盘必须密封好;抽取上层地下水时,短钻杆上部与密封垫必须密封好,如何解决密封问题是一大关键。

设计了锥形密封,不仅密封性能可靠,而且价格便宜,上部采用橡胶密封垫,经试验,密封效果好。

#### 5.2 压缩止水器

压缩止水器上的封隔材料采用海带,海带遇水膨胀,达到止水效果,但是海带在下入过程中,可能会损坏,从而影响止水效果。

将海带编成辫带状,在辫带中间穿有一根铁丝,防止辫带损坏。又用棉布加工了小型水泥袋,直径大约 3 cm,水泥袋装满水泥后与海带交替缠绕,更增加了止水效果。

### 6 结语

实践证明,该套分层抽水装置简易可行,效果明显,操作简单,适宜推广。

在使用过程中,应该首先往下压,使压缩止水器起到作用,然后抽取上层水。上层水抽取结束后,提动双封止水器,抽取下层水,在提动过程中,注意提起的高度,不能超过 1.5 m,防止损坏压缩止水器的密封效果。

在进行分层抽水试验时,有些地区可能会发现各含水层水质一样或相近,这并不是装置出问题,而是由于该地区临近有水井,并且该水井没有进行管外止水,从而造成各含水层串连。

在实际应用中,该装置也存在一些问题:管内止水效果比较差(采用海带加水泥止水)、机械开关不易操作等,需要进行改造。

### 6 结语

随着社会的进步和科学的发展,对工程地质勘察的技术要求越来越高,对地质条件定性的分析和判断已无法满足技术发展的需要,设计人员往往要求地质技术人员对地质条件及不良地质现象做出定量的评价。在应用多种勘察手段的同时,也对钻探这一最直接的勘探手段提出了更高的要求。

在工程地质勘察中,钻探最主要的目的就是采取岩心,这是获得直接的、真实的地质资料的主要手段。通过钻探采取到能保持地层原始结构状态和物理力学性状的岩样,是钻探技术人员努力的方向。