

# 冶勒水电站深厚卵砾石层的金刚石钻进工艺

33-36

徐 健, 吴锡贤

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

P6345  
P642

**摘 要:**查明水电站大坝区域内地质情况,直接关系到大坝的安全及投资概算。文中介绍了冶勒水电站右岸坝肩 X<sub>9</sub> 号孔的 420 m 深厚覆盖层钻进工艺情况,为类似地区的水电勘测提供了一些经验。

**关键词:**覆盖层;护壁;取芯率;高低齿金刚石钻头;低固相冲洗液

中图分类号:TV221.2;P634.5

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(1999)03-0033-04

钻进工艺 水电站

冶勒水电站是大渡河支流南桧河流域梯级规划中的龙头水库,装机容量为 24 万 kW,建成后由于水库的调节作用,可增加下游已建和在建电站出力 16 万 kW,经济效益明显,因此被列入近期重点勘测设计项目。

自 1985 年我公司承担该电站勘探任务以来,完成钻探实物工作量近万米。在钻探生产过程中,结合实际,不断总结经验,改进工艺技术,钻孔质量和钻探效益逐年提高。前几年该工地使用钢粒和合金钻进兼用跟管和 PHP 低固相泥浆护壁的工艺,满足了一定的地质要求,但钻孔质量要求需进一步提高,以充分论证库坝的渗漏问题。为此,推广应用了覆盖层金刚石钻进新工艺后,完成覆盖层进尺 2 000 余 m,实现了覆盖层单孔进尺 420 m 的深孔钻进,在松散的卵砾石层中裸孔一径钻进深度超过 180 m。钻进效率比常规钻进方法成倍提高,台月进尺达到了 280 m,而以往使用常规钻进台月效率仅 60~90 m。取心质量由合金和钢粒钻进的 30%~40% 提高到 60%~70%,取出了常规钻进方法所无法取出的圆柱状砂层及壤土层的近似原状样,取心率高达 90%~95%,金刚石钻头使用寿命平均 30 m 左右,最高达 85 m,取得了良好的经济技术效果。

第二岩组:为黄色碎块石夹硬质土层,碎块石的成份为闪长岩,埋深及层厚不等,根据钻孔的不同部位,埋深变化在 10~400 m 范围内。

第一岩层:为卵砾石夹薄层粉质壤土,其下部为块碎石夹粘土层含强烈承压水,水头高出孔口达 40 m,涌水量在 φ89 管内最高达 450 L/min。

该地层结构松散,钻进中孔壁稳定性差。若泥浆性能调节不好,时有坍塌、掉块甚至发生埋钻等现象发生;粉质壤土及碎块石夹硬质土层水敏性强,自然造浆严重,孔壁出现缩径。地层深厚,层次结构复杂变化频繁,为保证钻进顺利,达到较高的取芯质量,必须掌握好钻头选择、钻进规程、冲洗液性能及特殊情况的处理等重要环节。

## 1 坝区地质条件及其特征

该电站大坝座落在新生统非固结的卵砾石层上,其厚度达 420 m 以上,钻孔探查基本集中在三大岩组中进行,自上而下为:

第三岩组:为卵砾石与粉质壤土互层,夹数层植物炭化碎屑,埋深达 350 m,含多层承压水,初见涌水点 15~60 m,水头高出孔口 12~30 m。

## 2 设备选择

钻塔:木质四脚塔,高度 10~12 m。钻机:根据不同孔深分别使用 XU600-3,水电部杭探厂生产的 SGZ-Ⅰ、SGZ-Ⅳ型钻机。水泵:BW-150 变量泵。搅拌机:NJ-600 或 NJ-300 立式搅拌机。动力机:485Q 及 4105 柴油机。

## 3 冲洗液

SM 植物胶是近年来研制生产的钻井粉,是成都院“六五”攻关的成果,可单独用作无固相冲洗液,也可作为增粘、降失水及提高润滑减阻作用的泥浆处理剂,在沙卵石覆盖层钻进中与金刚石双管钻具相配合,在护壁、随钻采取沙卵石层的近似原状样及提高金刚石钻头寿命方面,取得了明显的经济技术效益。但是单一的 SM 植物胶无固相冲洗液失水量偏大,不适应水敏性强的地层,针对冶勒坝区的卵砾石层吸水性强,水化造浆强烈,缩径严重,孔壁容易

垮塌的特点,并进一步完善覆盖层金刚石钻进与取样技术,配合SM植物胶冲洗液的复配试验,我们选用了SM-KHM超低固相泥浆。

### 3.1 SM-KHM 超低固相泥浆的流变特性

表1 SM-KHM(超)低固相泥浆配方及性能表

配 方			性				能				
膨润土/%	SM/%	KHM/%	失水量/mL·(min) <sup>-1</sup>	$\phi_{600}/\text{Pa}\cdot\text{s}\times 10^{-3}$	$\phi_{300}/\text{Pa}\cdot\text{s}\times 10^{-3}$	$\eta_1/\text{Pa}\cdot\text{s}\times 10^{-3}$	$\eta_p/\text{Pa}\cdot\text{s}\times 10^{-3}$	$\tau_d/\text{Pa}$	$\tau_d/\gamma_p$	$n_g$	$K_p$
4			0.67	7	4	3.5	3	0.5	1.7	0.81	0.13
2	1	0.3	0.27	31	17	16.5	14	0.15	1.1	0.87	0.38
1.5	0.5	0.3	0.47	19	11	9.5	8	0.15	1.89	0.79	0.41
1	0.5	0.3	0.53	20	12	10	8	0.20	2.5	0.74	0.62
0.5	1	0.3	0.33	32	22	16	10	0.60	6.0	0.54	3.3

泥浆失水量大幅度降低,粘度明显增加。随着固相含量的减少,粘度变化不大,而失水量略有增加,动塑比则增长较快,说明其触变性良好。由于SM的加入,泥浆的润滑减阻作用良好,能够满足金刚石钻进时开高转速的需要。经实测其流变曲线系假塑性流体符合宾汉幂率方程(见图1)。

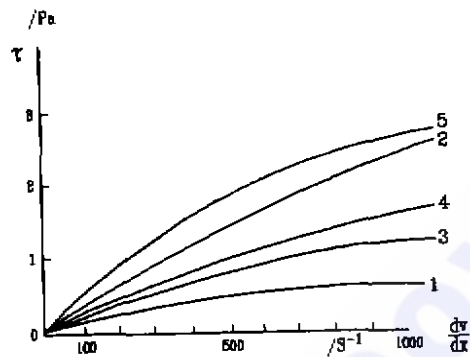


图1 超低固相泥浆的流变曲线

### 3.2 SM-KHM 超低固相泥浆的使用效果

SM-KHM 超低固相泥浆,由于具有以上的特性,所以在钻进中抑制造浆能力很强,孔壁稳定,钻具一钻到底,大大减轻了钻孔缩径和探头石的出现,一径裸孔钻进深度达到了160~180m。在所有采用金刚石钻进的钻孔中没有出现过严重的孔内事故,钻进过程中,钻具运转平稳,在孔深400m左右,XU-600-3钻机仍可达到转速655r/min。由于泥浆在岩芯表面形成的水化薄膜,降低了冲洗液的冲蚀和侵蚀,使岩心采取率大幅度提高;由于其良好的润滑性能,使金刚石钻头的使用寿命达到较高的水平。

### 3.3 SM-KHM 超低固相泥浆的护壁及护心机理

KHM系用KOH处理腐植酸而得。主要分子大小不同,其主要成份为羟基芳香羧酸组成的混合物。分子结构中的-600K-OK基团水化作用强,与粘土颗粒产生偶极-离子相互作用,吸附在粘土颗粒表面

SM-KHM 超低固相泥浆土粉含量低于4%,它具有无粘土冲洗液的一些特点,又兼有低固相泥浆的优点。其配方和性能见表1。

从表1中可以看出,加入SM及KHM处理剂,

形成水化膜,提高了粘土颗粒的电动电位,增大了颗粒间聚结的机械阻力和静电斥力,因而改善了泥浆的稳定性和降失水性,并抑制了地层吸水膨胀,提高了孔壁的稳定性的。

与MY钻井粉和TG胶一样,SM植物胶是一种天然高分子聚合物,主要成份为聚糖如甘露糖、葡萄糖等,其护壁及护心作用在于水化膜的形成而产生的保护作用。SM植物胶中的葡萄糖等高分子化合物的分子结构多为支链性,分子间的吸附力很强,聚合物中大量非离子极性基团如-O-, -OH等与岩层颗粒裸露的氧等极性基团产生强烈的氢键缔合,这种无明显选择性的分子之间产生的横向缔合,形成了空间网状结构,在岩心及孔壁表面形成了致密的韧性薄膜,一方面增加了松散岩石颗粒(如砂层等)之间的吸着力和强度,另一方面,外层SM植物胶膜具有疏水性,阻止了地层中水的侵入面,使冲洗液稀释,也防止了冲洗液中的水侵入地层及岩心,加上水化膜本身对运动中的冲洗液的缓冲作用,因而避免了粘土水化和砂层液化而引起的破坏。

## 4 钻进工艺

### 4.1 钻头选择

根据地层结构复杂,软硬变化大,岩粉颗粒细,金刚石不易自磨出刃的特点,我们选用了武汉地院长江钻头公司生产的聚晶高低齿及无锡桂林产的普通孕镶金刚石钻头,其结构特性如表2:

表2 两种钻头结构特性比较表

钻头类别	胎体硬度/HRC	水口数/个	水口规格(宽×高)/mm <sup>2</sup>
DF钻头	30~35	8	4×(8~12)
普通钻头	35~40	8	4×6

实际工作表明:DF高低齿钻头胎体较软,在粉质壤土、粘土及植物炭化碎屑层中钻进,金刚石出刃

正常,以切削方式破岩且由于水口断面较大,水路畅通,利于岩粉排除,因而钻进效率较高。但在钻进卵砾石层时,胎体磨损较快,金刚石聚晶时有崩落,影响钻头寿命,据统计该型钻头的使用寿命为30~40 m。普通钻头在相同的地层条件下,金刚石自磨出刃不正常,排粉不畅,钻进效率较低,但钻头寿命较高, X<sub>27</sub>号孔使用两个桂林产的φ94加厚孕镶钻头钻进了170余 m,平均使用寿命高达85 m以上。

#### 4.2 钻孔结构

根据地层的复杂程度和孔深情况,在确定钻孔结构时可采用多级口径和多种钻进方法,即上部可适当增大钻孔直径至φ130,φ110采用合金钻进,下入必要的护壁套管,然后换用φ94的金刚石钻进,根据地层稳定情况或者一径终孔、或者继续下入隔离套管依次换小一级至二级的金刚石钻头钻进,但最小终孔直径不得小于φ56。例如 X<sub>9</sub>号孔,设计孔深420 m,由于上部地层松散和隔离含水层的需要,孔深240 m左右已下入多层套管,最小直径为φ73 mm,最后使用φ56金刚石一径钻到设计孔深。又如 X<sub>27</sub>号孔,设计孔深为250 m,上部70 m,采用合金钻进,下入φ127、φ108两层套管,最后使用φ94的金刚石一径钻至设计孔深。

#### 4.3 钻进参数及操作要领

鉴于深厚覆盖层地层复杂,为确保安全顺利钻进并保证取心质量,确定钻进参数应遵循“中速、低压、小泵量”的原则。根据不同的钻头直径采用的转速为300~655 r/min,钻压为4~7 kN,泵量为25~40 L/min;应该根据孔内情况,正确及时地调整钻压、转速,适当控制给进速度,即在砂、土层中,用速度10~12 cm/min,卵砾石层中用速度4~7 cm/min,不宜过快;下钻后,应用较大泵量冲孔,而后降低泵量钻进。此外还应掌握好以下几个操作环节:

(1)经常检查双管钻具的单动性能尤其是轴承的灵活性,及时拆洗加油,更换密封圈。合理调节内、外管的间隙,在砂、土层中,将卡簧座与钻头间隙增大到8~10 mm,以防止水路堵塞;卵砾石层中则控制在3~5 mm为宜。

(2)回次进尺控制在1.2~1.5 m,发现堵塞,应立即提钻。

(3)降低起下钻速度,特别是在裸孔段更应注意。以免钻具抽吸和产生的压力激动,影响孔壁稳定。

(4)孔口管上设置三通与水泵回水管相连接,起钻时继续开泵进行回灌,以保持泥浆液面,维持孔壁稳定。

(5)注意泥浆维护,每班清理循环槽,每周清理沉淀箱及水源箱,并进行换浆。

## 5 承压水治理

若孔内遇见承压水应使用加重泥浆防喷以维持正常钻进,由于双管钻具间隙太小极易堵塞,目前在加重泥浆中钻进,尚只能使用金刚石单管钻具,φ94钻具,在孔深110 m左右,泥浆比重为1.5时,杭探厂生产的SGZ-IV型钻机的转速仍可达600 r/min。

### 5.1 加重泥浆比重及重晶石粉加量的确定

加重泥浆比重计算公式为:

$$Y' = 1 + \frac{H}{H_1}$$

每 m<sup>3</sup> 浆中重晶石粉的加量为:

$$G = \frac{Y_2(Y' - Y_1)}{Y_2 - Y_1}$$

式中 Y'——为加重泥浆的比重;

Y<sub>2</sub>——为重晶石粉的干密度,一般为4~4.2 g/cm<sup>3</sup>;

Y<sub>1</sub>——为基浆比重,一般为1.08左右;

H<sub>1</sub>——为初见出水点至孔口的距离;

H——为孔口涌水水头压力;

G——为每 m<sup>3</sup> 浆中重晶石粉的加量。

### 5.2 加重泥浆的配制与维护

配制加重泥浆时,应先搅好基浆,而后逐渐加入所需的重晶石粉。为保证有足够的悬浮能力,基浆内膨润土的加量为8%~10%,比重约1.06~1.08。为了改善泥浆的性能还应加入SM植物胶粉0.2%~0.3%,共50 P·P·M,应注意P·P·M的加量不宜过大,否则泥浆会产生絮凝,使性能变坏。泥浆的性能每天测定一次,根据性能变化及时调节配方。其他维护要求及操作要点与使用低固相泥浆时相同。

找准初见涌水点,是确定加重泥浆比重的依据,应注意观测和判断,如发现泥浆变稀或返出量增加或送浆前孔口返浆,都说明孔内出现涌水。

### 5.3 特大涌水的处理方法

当孔内承压水涌水量较大,流速较高,水泵送入的加重泥浆迅速被稀释并涌出孔外时,无法形成平衡液柱,导致止涌失败,在这种情况下应设法控制涌水量,即在孔口设置三通管封闭装置并加装调节阀,并按下列步骤进行(见图2):

(1)将钻具下入孔;

(2)利用立轴油缸压紧胶塞封闭孔内套管与钻杆间的环状间隙,使承压水通过闸阀泄出;

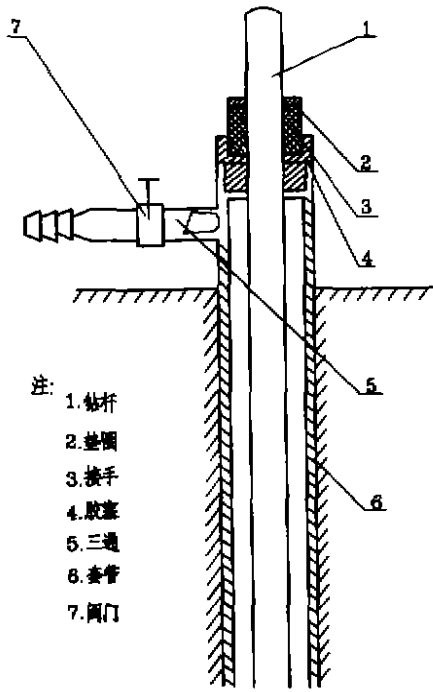


图2 特大承压水治理的孔口设施

- (3) 调节闸阀使水量小于 50 L/min;
  - (4) 泵送加重泥浆,直至返出浓浆;
  - (5) 立轴油缸卸荷进行正常钻进。
- X<sub>28</sub>号孔巨大的承压水就是采用这种办法得到

(上接第 32 页)

(2) 根据管身各部的弯曲情况,确定扶正环的设置位置(一般设置在管身的弯曲点上),其间距为 8~15 m;根据不同位置的钻孔平面与确定的保护管安装中心,用图解法确定相应位置的扶正环的方位尺寸。

(3) 按顺序安装保护管,按照确定的尺寸,在相应位置焊接扶正环。

(4) 用 0.5:1 的水泥浆加上 3% 的氯化钙促

控制的,该孔遇到这股承压水出水点在 78 m 时,实测涌水量 450 L/min,高出孔口的水头压力为 392.3 kPa,未采用此方法前,浪费了重晶石及其他材料数十吨,误工 28 d。

## 6 结束语

采用小口径金刚石单孔钻进卵砾石覆盖层 420 m,质量达到优等的成功经验,在于正确地选用冲洗液、金刚石钻头,合理地确定钻具结构参数。实践证明 SM-KHM 低固相泥浆,较之 SM 植物胶无固相冲洗液更能适应水敏性强,含壤土的卵砾石层的钻进。它具有较好的护壁、护心性能和润滑减阻作用。武汉地院生产的 DF 高低齿钻头,对该类地层适应性较好,钻进效率高,但耐磨性较差。双管钻具内、外管的轴间间隙应根据地层特点灵活调节,才能保证正常钻进并获得较好的取芯效果。在重泥浆中已采用金刚石单管钻进,获得了较高的钻进效率。

### 作者简介:

徐 键,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,工程师。

吴锡贤,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,教授级高级工程师。

凝,灌注底部的一根套管(长约 4 m),候凝 24 h 后校测偏斜情况。如无异常,则可进行最后注浆固管作业。上述作业所以分两步进行,主要是防止注浆时导管上浮及出现意外情况时便于处理。

### 作者简介:

徐 键,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,工程师。

吴锡贤,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,教授级高级工程师。

水利工程质量事故分类标准表

损 失 情 况	事 故 类 别			
	特大质量事故	重大质量事故	较大质量事故	一般质量事故
事故处理所需的物资、器材和设备、人工等直接损失费用(人民币万元)	>3000	>500, ≤3000	>100, ≤500	>20, ≤100
土石方工程,混凝土薄层工程	>1000	>100, ≤1000	>30, ≤100	>10, ≤30
事故处理所需合理工期月	>6	>3, ≤6	>1, ≤3	≤1
事故处理后对工程功能和寿命影响	影响工程正常使用,需限制条件	不影响正常使用,但对工程寿命有较大影响	不影响正常使用,但对工程寿命有一定影响	不影响正常使用和工程寿命

注:1. 直接经济损失费用为必需条件,其余两项主要适用于大中型工程;2. 小于一般质量事故的质量问题称为质量缺陷;3. 源于水利部 1999 年第 9 号令《水利工程质量事故处理暂行规定》。

本刊记者 李燕辉