

YGL - S100 型声波钻机及其在深厚覆盖层 成孔取样施工实践

罗 强¹, 刘良平², 谢士求², 王德龙¹

(1. 无锡金帆钻凿设备股份有限公司, 江苏 无锡 214112; 2. 中国水电顾问集团中南勘测设计研究院水建司, 湖南长沙 410014)

摘 要:为了验证 YGL - S100 型声波钻机在复杂地层的成孔取样效果, 在向家坝水电站深厚覆盖层进行了钻孔试验。阐述了 YGL - S100 型声波钻机的技术特点、各项参数以及在钻进过程中的施工技术。

关键词:声波钻机; 成孔; 取样; 钻进; 深厚覆盖层; 复杂地层; 向家坝水电站

中图分类号: P634.3⁺1; X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2013)06 - 0009 - 05

Introduction of YGL - S100 Sonic Drill and the Sampling Practice in Deep Overburden Layer/LUO Qiang¹, LIU Liang-ping², XIE Shi-qiu², WANG De-long¹ (1. Wuxi Jinfan Drilling Equipment Co., Ltd., Wuxi Jiangsu 214112, China; 2. HYDROCHINA Zhongnan Engineering Corporation, Changsha Hunan 410014, China)

Abstract: To verify the sampling effects of YGL - S100 sonic drill in complex strata, the drilling experiment was carried out on the deep overburden layer where Xiangjiaba hydropower station is located. The paper expounds the technical characteristics of YGL - S100 sonic drill, various parameters and the construction technology in the drilling process.

Key words: sonic drill; sampling; drilling; deep overburden layer; complex formation; Xiangjiaba hydropower station

1 项目介绍

向家坝水电站位于云南省水富县(右岸)和四川省宜宾县(左岸)境内金沙江下游,是金沙江水电基地下游 4 级开发中的最末一个梯级电站。上距溪洛渡坝址 157 km,下距水富县城区 1.5 km、宜宾市区 33 km。向家坝电站装机总容量 640 万 kW,左右岸分别安装 4 台 80 万 kW 的机组,单机 80 万 kW 水轮发电机组为世界最大,装机规模仅次于三峡、溪洛渡水电站,为目前中国第三大水电站。向家坝加上 1386 万 kW 的溪洛渡水电站,其总发电量约大于三峡水电站,是西电东送骨干电源点。2002 年 10 月,向家坝水电站经国务院正式批准立项,2006 年 11 月 26 日正式开工建设,2015 年将全面投产,总投资约 542 亿元。

水电站拦河大坝为混凝土重力坝,坝顶高程 384 m,最大坝高 162 m,坝顶长度 909.26 m。坝址控制流域面积 45.88 万 km²,占金沙江流域面积的 97%,多年平均径流量 3810 m³/s。水库总库容 51.63 亿 m³,调节库容 9 亿 m³,回水长度 156.6 km。电站装机容量 640 万 kW,保证出电 200.9 万 kW,多年平均发电量 307.47 亿 kW·h。

水电站坝区地层复杂,上部地层主要为冲积层,

砂砾为主,厚度不均。

水电站建成后,坝区居民反映居住的建筑物有不明震感,为查明引起震动的原因及其震动来源,决定在库区及居民点地下埋设震动监测仪器。监测分 3 个区共布置 18 个监测孔,震动监测仪器直径为 102 mm,长度 550 mm。根据震动仪器埋设钻孔要求,钻孔深度在 50 ~ 150 m 不等,钻孔直径 ≥ 120 mm。钻孔穿过地层自上而下主要分为:填方层,主要为混凝土块、灰岩块石、砾石、少量沙土;砂卵砾石层,主要为中粗砂含少量砾石,砾径一般在 10 ~ 50 mm,个别地层砾径达 1 ~ 2 m;基岩,主要为泥岩。

2 施工的难点或技术关键

该地区地处金沙江边,地质条件复杂,根据以前钻进取样显示,钻进过程要先后穿过堆石层、松散砂砾层、强风化层以及基岩;回填层碎石较硬,易塌孔,采用常规回转钻进方法成孔非常困难,以致一两个月也不能钻成一个监测孔。

此外,采用常规回转钻进方法,在砂卵石层取样困难、取样率不高、保真度较低;而岩心样是对具体地方的具体地质状况判断的依据,因此需所取的样品完整、连续,即要求岩样保真度要高,钻机在取样

收稿日期:2013 - 05 - 17

作者简介:罗强(1960 -),男(汉族),陕西人,无锡金帆钻凿设备股份有限公司董事长,探矿工程专业,从事钻凿设备研发工作,江苏省无锡市新区梅村锡泰路 221 号。

过程中对地层扰动要小。

为此,决定利用声波振动回转钻进的特点,使用 YGL-S100 型声波钻机对坝外县城居民区 4 个震动仪器埋设孔实施上部覆盖层快速钻孔,借以加快监测仪器埋设进程。同时对个别典型区域地层监测孔进行原状取样。

3 声波钻机的钻进原理及特点

3.1 声波钻进的原理

声波钻进的主要设备是振动回转动力头,动力头能够产生可以调节的高频振动和低速回转作用,通过围绕平衡点进行重复摆动而形成振动,能量在钻杆中积累,当达到其固有频率时,引起共振而得到释放、传递。能量通过钻杆的高效传递,使钻杆和钻头不断向岩土中钻进。振动波能量垂直传递到钻柱上,频率一般可达到 4000~10000 次/min。由于属于较低的机械波振动范围,能够引起人的听觉,所以习惯上称为声波钻进。

声波钻进是钻进深厚覆盖层和砂砾石复杂地层的最好方法,钻柱的低速回转保证能量和磨损平均分配到钻头的工作面上。当振动与钻杆的自然谐振频率叠合时,就会产生共振。此时钻杆的作用就像飞轮或弹簧一样,把极大的能量直接传递给钻头。高频振动作用使钻头的切屑刀刃,以切削、剪切、断裂的方式排开其钻进路径上的岩土,甚至还会引起周围岩土粒液化,让钻进变得非常容易。

另外,振动作用还把土粒从钻具的侧面移开,降低钻具与孔壁的摩擦阻力,也大大提高了钻进速度,在许多地层中钻速高达 20~30 m/h。

3.2 声波钻机的技术特点

(1)应用范围广。广泛适用于工程勘察,环境保护调查孔,地源热泵孔,砂金地质勘探,大坝及尾矿监测孔,海洋工程勘察,大坝基础的钻探取样,以及微型桩、水井孔等。

(2)地层适应范围宽。在 0~300 m 的深厚堆积体、各种松散层:如砂土、粉砂土、粘土、砾石、粗砾、漂砾、冰碛物、碎石堆、垃圾堆积物,以及软岩中,能有效、高速的进行连续原状取样钻进,以及全套管成孔。而这是传统钻进工法无法比拟的。

(3)钻进速度快。声波钻进是振动、回转和加压 3 种钻进力的有效叠加,特别是振动作用,不仅有效破碎岩石,同时也使岩土排开和液化,从而获得较高的钻进速度。通常钻速在 20~30 m/h,比常规回转钻进方法快 5 倍以上。

(4)岩土样保真度好。声波钻进可在覆盖层和软基岩中采集直径大,代表性强,保真度好、不混层的连续岩土样。扰动降到最低,尤其适合应用在需要采集原状样及无污染样品的场合。

(5)环境污染少,是绿色施工法。通常情况下,声波钻进可不使用泥浆或添加泥浆处理剂的钻井液,少用水或者不用水,钻进产生的废弃物比常规钻进少 70%~80%,从而减少了钻井液对环境的污染。此外,施工过程环保,施工时噪声低,对周边环境影响小。

(6)施工安全性好。声波钻进采用了套管跟进护壁技术,套管跟进和取样同时进行。外套管能够很好地保护孔壁,防止孔壁坍塌。同时还可隔离含水层,避免交叉污染。由于有外层套管的保护,因此不怕卡钻、埋钻,钻孔过程孔内事故少。

(7)施工工艺多样。可以使用绳索取心钻进工艺,实现不提钻取样;也可采用单管、单动双管取样钻进。能用较大直径的套管($\varnothing 101.6\sim 304.8$ mm)高效连续钻进。

(8)钻进成本低。国外声波钻机施工,一般要求每天钻进进尺 100 m 以上,由于钻进速度快,缩短了施工周期,降低了劳动力费用;不用泥浆及少水钻进,材料消耗少;钻进产生的废物少,减少了现场清理费用。

4 YGL-S100 型声波钻机性能参数

无锡金帆钻凿设备股份有限公司历经 2 年的研发,引进日本利根公司声波动力头技术,制造出国内第一台 YGL-S100 型声波钻机。其技术参数见表 1。

5 工程生产试验情况

中国水电顾问集团中南勘测设计研究院水建司向家坝项目部,采用无锡金帆钻凿设备股份有限公司生产的 YGL-S100 型声波钻机,结合具体工程,进行了生产性试验。于 2013 年 1 月 18~30 日在向家坝电站污水厂进行了不取样快速成孔钻进;2013 年 4 月 1~10 日在云南水富县育才路安置小区内进行了取样钻进。

5.1 不取样快速成孔钻进

不取样快速成孔钻进是为埋设地震仪而进行的钻孔施工。地震仪孔施工时采用全套管不取样快速成孔钻进工艺,配 BW-200 型泥浆泵清渣。钻进选用 $\varnothing 140$ mm 特制的厚壁套管(见图 1)、 $\varnothing 160$ mm 钻头(见图 2),实现一径钻进。共钻进 4 个孔,由于

表 1 YGL-S100 型声波钻机技术参数

项 目	参 数	
钻进能力	钻孔深度/m	100
	钻孔直径/mm	91 ~ 130
动力头	型式	液压马达驱动,手动开闭式
	回转动作	正转、反转
	最大扭矩/(N·m)	(低速)5400/(高速)2700
	输出转速/(r·min ⁻¹)	(常用)41/82
振动器	型式	偏心重锤式·液压马达驱动
	最高震动频率/(次·min ⁻¹)	(高速)4000
	最大起振力/kN	78
空气减震装置	型式	(加压时)自给式减震装置
		(起拔时)空压机式减震装置
	行程(量)/mm	(加压侧)75/(起拔侧)25
动力头开箱/(°)		0 ~ 67(通过直径 170 mm)
	型式	液压油缸驱动,倍速链条给进
给进装置	最大加压力/kN	40
	最大提升力/kN	60
	行程/mm	3500
桅杆	型式	型钢焊接式
	滑移行程/mm	600
绞车	型式	液压马达驱动带机械刹车
	起吊能力/kN	11(单绳)
孔口装置	型式	液压油缸式,有冲扣装置
	最大通孔直径/mm	230
履带底盘与动力	型式	液压驱动履带型
	发动机	6BTA5.9-C125 康明斯
	发动机功率/ps	170(1800 r/min)
总质量/kg		约 8500
自选项目	泥浆泵	BW-160(BW-200)
	泥浆搅拌机	

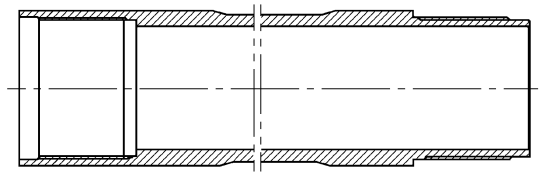


图 1 Ø140 mm 厚壁套管示意图

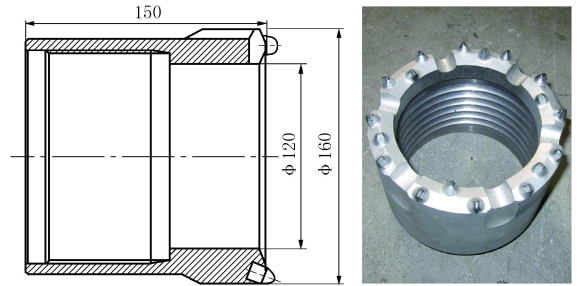


图 2 从日本进口的 Ø160 mm 钻头

按照设计要求,在距离坝基 500 m 处分别钻进了 55、67 m 深的 2 个地震仪孔,先后穿过堆石层、松散砂砾层、强风化层以及基岩。钻孔终孔,钻套管放在孔中护壁,待测震仪器放入后,回转振动提出钻套管。

5.2 取样钻进

根据不同的地层,YGL-S100 型声波钻机可以实现如下 3 种取样钻进工艺。

5.2.1 单管取样

单管取样钻具(图 3)比较适合土层取样钻进,可以无水、不回转钻进,取出原样土层。也可以使用少量水来冷却水龙头,水从取样钻具上部排出,不会冲刷土样。

时间关系,后 2 个孔只穿过 32.5 m 的填方块石覆盖层,到达基岩后改用其他钻机继续施工。

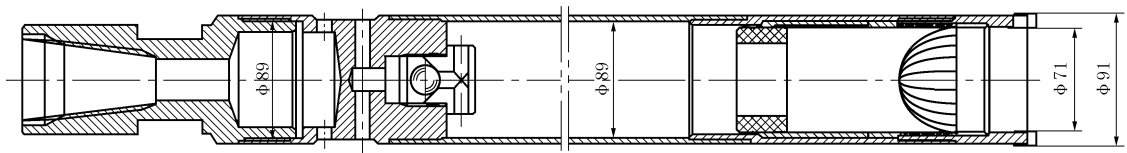


图 3 DS91 型单管钻具

单管取样钻具钻头上部设计有土样自动装样机构,进入岩心管内的样品自动灌装在塑料样品袋中,既方便从岩心管内取出样品,也有利于保存样品防止土样失水。

提取样品后立即将外套管跟进到先前取心的孔底,再进行取样钻进,如此反复,直至钻进深度。外套管能够很好地保护孔壁,防止孔壁坍塌。

5.2.2 单动双管取样

在砂砾层或基岩钻进时,需要回转钻进,由于单动双管钻具内管不回转,样品扰动小,达到保真取样的目的。

单动双管取样钻进过程同单管取样钻进。使用套管护壁,钻孔稳定,不会塌孔,缩径。保证钻孔能顺利钻进。图 4 为 PS91-00 型单动双管取样钻具。

5.2.3 绳索取心

近年来绳索取心钻进已成为首选的取样钻进方法。其最大优点就是取样速度快,劳动强度低,YGL-S100 型声波钻机也配套了专用的绳索取心钻具,实现绳索取心取样钻进。

在钻进过程中,将绳索取心双管总成放入外钻杆内,取心钻具同外钻杆一起旋转钻进,达到取样长度后,用打捞器将绳索取心双管总成打捞出来,取出

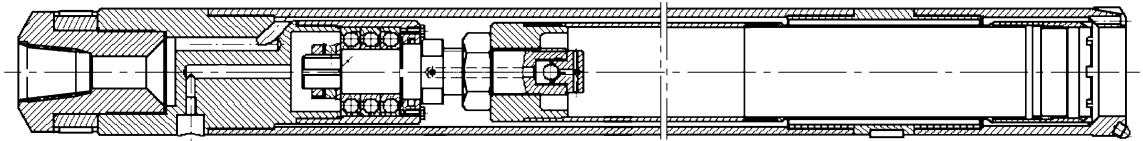


图4 PS91-00型单动双管取样钻具

其中的样品;重新放入双管总成,加接外钻杆继续钻进,依次钻进、取样。采用绳索取心钻进,不需要提取钻杆,取样速度快、提高了钻进效率。

向家坝水电站取样施工中,使用了SS140-00型绳索取心钻具(图5)进行钻进。取样钻进一共钻了2个孔,钻进借用了 $\phi 140$ mm特制的厚壁钻杆做

外管,使用 $\phi 155$ mm钻头(图6),取样直径98 mm。为达到保真取样的目的,钻头设计成特殊的底喷结构,以保证循环液不冲刷样品。

图7、8为YGL-S100型声波钻机在向家坝水电站做监测孔施工照片。

取样钻进过程显示,在填方层时(0~9 m),钻进

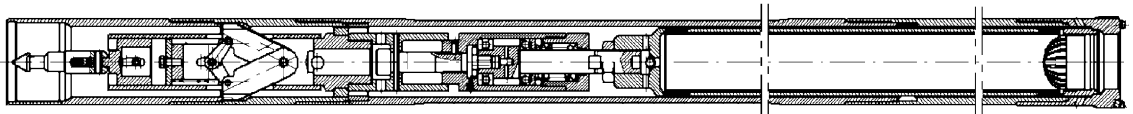


图5 SS140-00型绳索取心钻具

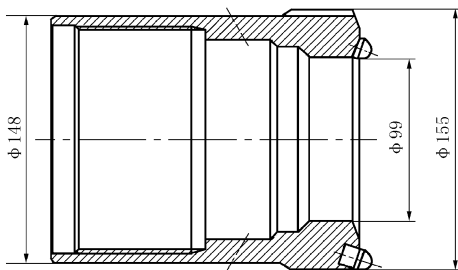


图6 $\phi 155/98$ mm钻头

十几米,所取岩样分为2种情况,一部分是较为完整的圆柱状;也有散落的砂砾石。分析其原因是砂砾层胶结性不好,钻头与取样器之间的间隙过大,水流将沙土冲走,只剩下砂砾石,无法形成圆柱状,因此呈现散落状,如图10所示。针对该种状况,在XK02号孔的取样钻进过程中,我们采用少量清水钻进,提高振击力,快速成孔,这样岩样被水冲刷的概率减小很多,岩样可以较为完整的保持圆柱状。



图7 监测孔施工现场



图9 填方层岩样



图10 砂砾层岩样



图8 绳索取心钻进施工现场

在砂砾层的钻进过程中,也会遇见大块砾石(粒径30~45 cm),此时钻进速度会放慢点,但取样效果很好,岩样较为完整,如图11~12所示。

速度快,钻进时效可达20 m,取样率高,可达95%以上,且所取的样品呈现完整的圆柱状,保真度好,能够反应地层的真实的状况,如图9所示。

进入砂砾层后,钻进同样快速,其钻进时效可达



图11 块状岩石岩样



图12 直径30~45 cm块卵石岩样

根据2个取样孔钻进情况分析,YGL-S100型声波钻机可以满足在复杂地质条件下的取样,取样率高,效果好,而结合取样钻具的进一步设计修改,YGL-S100型声波钻机的取样将达到更好的效果。

6 结论

此次在向家坝取样试验中,对YGL-S100型声波钻机的取样能力进行了很好的验证,得出如下结论。

(1)YGL-S100型声波钻机的主要性能参数能达到设计要求,钻机性能稳定。钻机在该项目中表现突出,其独特的钻进能力得到外方专家、施工单位及参观客户的好评。

(2)地层适应性强。在监测孔施工中,能一径顺利穿过非常复杂的地层,如坚硬块石填方层、松散砂砾层、强风化层及基岩。

(3)钻孔速度快。在填石层(大灰岩块、卵砾石)平均小时进尺3~4m;砂砾石层、粘土层、淤泥层或不含较大孤石的覆盖层钻进时,成孔速度快,平均时效可达20m;基岩平均时效4~5m。

(4)在深厚砂砾石层中取样钻进速度快、取样率高,可获取原状样。在覆盖层取样率可达95%以上,在砂砾层也有80%以上。

(5)绳索取心钻进不提钻,能连续、高速取出原状样;由于不需提钻取样或更换钻头,岩样不混层,反映了地层真实的情况。

(6)单动双管钻具取样时,内管不回转,能取出无扰动的原状样。钻进时,钻套管内直接下取样器取样,取样后,钻套管继续钻进护壁。

(7)在取样钻进过程中可以少水或无水钻进,可以避免对岩样造成污染,可以取出较为完整的原状岩样,大大提高了岩样的保真度,为正确地分析地质状况提供了真实的依据。

(8)钻孔质量好,钻孔直线度高。监测仪器由钻套管内直接下放,由于钻套管是内平,无卡阻,顺利投放到孔位。

(9)钻具不怕卡钻、埋管。由于声波动力头的高频振动的特性,使岩土排开和液化,钻具不怕卡钻、埋管,处理孔内事故能力极强。

(10)应增加系列配套钻具,在钻进较深时更换较小直径的钻具,可提高钻进速度和钻孔深度;针对硬岩、砾石层等较硬的地层配套不同的钻头。

7 建议与改进

7.1 研究声波钻机破岩机理,完善施工工艺,改进钻机配套

本次试钻结合工程实际,在深厚砂砾石层覆盖地层,既做了检测孔裸孔成孔试验,又做了绳索取心和单动双管取样试验,是国内声波钻机在该领域的首次应用。通过这次试钻,积累了许多宝贵的声波钻进施工经验,为下一步研究声波钻机在深厚砂砾石层覆盖地层取样成孔、破岩机理,完善施工工艺,改进钻机配套,做了一个非常有益的尝试。通过不懈努力,声波钻进优越性能将会充分显现出来,开创出国内一种崭新的钻探施工技术。

7.2 声波钻机及配套设备的改进

(1)钻机要进一步适应声波钻进施工工艺要求,提高机械化、自动化水平。动力头换挡方便,能让开孔口,便于绳索取样工序。夹持器要能快速的加接拧卸双钻具等。

(2)泥浆泵要具备有级调速变量功能。

7.3 钻具配套改进

(1)声波钻机专用绳索取心钻具需要进一步完善改进,一是要提高取样率,力争达原状样品95%以上;二是要保护岩样,方便将岩样取出来。

(2)绳索取心钻具除SS140绳索取心钻具外,再开发SS114小规格钻具;单动双管开发PS91、PS75,钻具形成系列化,满足100m以深孔的取样施工要求。

(3)加强砂砾层钻头的开发研究,在确保高速钻进的前提下,力争延长钻头寿命,最低限度也要保证设计孔深内一个钻头成一个孔,确保中途不提钻,降低施工成本。提高钻头各类地层适应性,钻头既要适合回填层、砂砾层,亦满足孤石、基岩层。尤其是要重视钻进坚硬高强度卵石、块石钻头的研究。

参考文献:

- [1] 张燕. 国外声波钻机及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(8).
- [2] 叶成明, 李小杰, 刘迎娟. 浅析声波钻进技术[J]. 勘察科学技术, 2007, (5).
- [3] 张燕. 声波钻进振动器的结构原理浅析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(7): 77-80.
- [4] 王光明, 阳正强, 熊德全, 等. 金沙江其宗水电站上坝址深厚覆盖层钻进工艺探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5): 57-60.
- [5] 叶桂明, 徐毅青. 轻型钻机在西部山区深厚覆盖层水电勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(3): 68-70.