

# Φ615mm 大口径金刚石取心钻进技术研究

郭明, 周晓, 杨裕恩, 艾昭衡  
(黄河勘测规划设计有限公司地质勘探院, 洛阳 471002)

**[摘要]**为探明黄河某水利枢纽的泥化夹层分布规律, 研究应用了 Φ615mm 大口径金刚石取心钻进技术, 详细讨论了大口径金刚石取心钻进规程参数的确定方法、工艺流程, 分析了应用中常见的钻具振动, 岩心打捞等技术难题并提出了解决措施。在工程实践中取得了很好的效果, 具有广泛的应用价值。

**[关键词]**大口径 金刚石取心钻进 钻进规程 工艺流程

**[中图分类号]**P642 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2010)06-0000-04

Guo Ming, Zhou Xiao, Yang Yu-en, Ai Zhao-heng. Research on the core drilling technology using Φ615mm large-diameter diamond[J]. Geology and Exploration, 2010, 46(6):

黄河某水利枢纽是黄河水沙调控体系建设的骨干工程, 主要工程地质问题是泥化夹层, 为探明软弱夹层的分布规律, 经综合论证确定采用大口径取芯钻探技术。但是近几十年来在水利水电勘探中, 大口径钻探一直沿用钢粒钻进技术。金刚石钻进的优势没有得到应有的发挥。据资料统计大口径金刚石取芯钻探的唯一应用领域是大陆科学钻探。目前, 最大口径取芯钻孔在我国大陆科学钻探工程中应用, 钻孔直径为 250mm。对于直径超过 600mm 金刚石取芯钻探在国内外还未见到过类似的研究。本文根据工程实际问题, 系统的研究了 Φ615mm 大口径金刚石取心钻进工艺并成功应用于工程实践。

## 1 工程概况

该水利枢纽工程位于黄河干流中上游。工程任务是: 拦洪减淤、调节径流、供水灌溉、发电、保护环境等综合利用。勘探孔位于坝址左、右坝肩的 510~540 m 高程处, 孔径 615mm, 孔深 60m。地层以砂岩、粘土岩为主。泥化夹层发育, 岩层产状基本一致。通过物理力学性质试验可判断岩石为中硬~硬岩, 可钻性在 V~VII 级之间, 研磨性属于中等研磨性~弱研磨性。

## 2 钻进规程参数设计

在本工程的大口径取芯钻探中, 首先根据岩层性质等情况确定钻头的类型和参数, 并在此基础上确定钻进规程参数。

按照常规的孕镶金刚石钻头设计思维和加工工艺方法, 直径 φ615mm 大口径孕镶金刚石复合块钻头, 在钻头胎体的工作层面上, 要保证金刚石钻进达到合理锐化钻压, 现有的设备性能很难实现。因此, 必须突破传统的金刚石钻头设计、加工理念, 创新金刚石钻头设计加工方法(缪绪樟等, 2008)。

根据水利枢纽区的岩石性质, 以及 Φ615mm 大口径金刚石钻进的特点, 对钻头进行了特殊设计。将钻头体、岩心管、沉淀管加工成一个整体, 见图 1。钻头切削部使用自行研制的金刚石复合体, 规格为 16×12×19mm, 然后采用钎焊的方法把金刚石复合体焊接到钻头体上。金刚石复合体是独立的磨料块, 根据设计, 可任意调整其镶焊数量, 也可任意调整内、外、底出刃(赵尔信, 2003), 调整原则是适应该水利枢纽工程地层岩性和钻进工艺需要的技术参数。在初步设计时, 每个钻头镶焊 12 块复合体, 设计水口 48 个。

[收稿日期]2010-06-03; [修订日期]2010-08-19; [责任编辑]郝情情。

[基金项目]

[作者简介]郭明(1978年-), 男, 2007年毕业于中国地质大学(武汉), 获硕士学位, 工程师, 主要从事水利水电工程勘察与施工技术的研究, E-mail: guomingly@163.com。

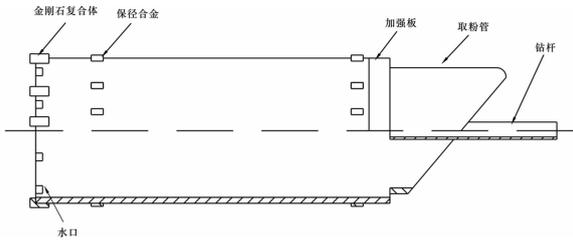


图 1 钻具示意图

Fig.1 Schematic diagram of drilling equipment

## 2.1 钻压

生产实践表明,在一定范围内钻进速度是随钻进压力增加而加快。压力过小,发挥不了金刚石的优越性;但超过了其合理范围,压力过大,钻进速度不会增加反而会下降。因为孕镶金刚石钻头受压过大,会使胎体过早磨损,造成金刚石脱落,不能充分发挥金刚石克取岩石的作用(刘广志,1991;汤凤林等,2000)。

$\Phi 615\text{mm}$  大口径金刚石取心钻进的钻压与钻速和金刚石磨损之间的关系是极其复杂的。钻压的确定要根据岩石性质、钻头参数、钻探设备等因素,全面地进行考虑(汤凤林等,1997;胡郁乐,2008)。其主导思路是,考虑施加在钻头切削具上的单位面积压力达到孕镶金刚石钻头所需要的锐化比压。

所钻遇的大部分地层岩石饱和抗压强度  $28\text{Mpa}$  左右,由理论计算可以确定,每块金刚石复合体上的压力应达到  $0.96 \sim 1.34\text{kN}$ 。

## 2.2 转速

$\Phi 615\text{mm}$  大口径金刚石的碎岩切削机理和普通口径金刚石钻进相同,都宜采用高转速为主。不同点是,大口径金刚石钻进必须特别关注以下因素:钻具振动问题、钻机功率大小、钻具性能、设备安装等。设计线速度为  $2.5 \sim 3.3\text{m/s}$ ,则转速需控制在  $80 \sim 100\text{r/min}$ 。

## 2.3 冲洗液泵量

在大口径钻进时,一般只考虑钻孔直径与岩心管的环状间隙对冲洗液上返速度的影响,而不需考虑钻杆和钻孔的环状间隙问题。因为钻杆直径相比钻孔直径要小的多,不能作为冲洗液上返速度设计的依据。在这种大口径钻探中,冲洗液只要能有效冷却钻头,并将岩粉携带至沉淀管上部就可以了。在一般情况下,以控制冲洗液返回流速在  $0.3 \sim 0.5\text{m/s}$  范围为参考标准,具体量的大小可根据以下情况确定:①岩层的性质和完整程度。如果岩石坚硬,岩石颗粒很细,研磨性弱,那么钻速会很慢,则岩

粉的粒径小,岩粉数量少,水量就可小一些。反之,则可大一些。不过岩石的情况是千变万化的,必需根据实际情况,合理控制(李世忠,1992;王伟等,2009)。根据计算泵量大于  $120\text{L/min}$  可以满足要求。

## 3 设备配置

进行大口径金刚石钻探,钻机必需具备适应的功率稳定性好。有足够的主轴提升力,有合适的转速档次,钻机轴向移动有足够的空间等,经过筛选,确定使用 XY-4 立轴式岩心钻机。由理论计算的泵量,选择 BW250/50 泥浆泵作为钻探用泵;拉杆加密的四脚钻塔; $\Phi 50\text{mm}$  锁扣钻杆以及自行设计的  $\Phi 615\text{mm}$  钻头、钻具。主要辅助设备有:有轨式钻具移动平台,主要是满足起下重达  $600$  多公斤的钻具;电动卷扬机;电动潜水泵,捞岩心时排水用;鼓风机;自行设计的岩心提引器等。

## 4 工艺流程

$\Phi 615\text{mm}$  大口径金刚石复合体钻进的工艺流程为:设备安装、调试→开孔并安装孔口管→开水泵、钻进→捞岩粉→排孔内积水→打捞岩心→继续钻进。此工艺流程在实践中必须注意几点:(1)设备调试时必须仔细检查钻具的同轴度和直线度,开钻前,应让钻具悬空并开低速档转动,观察钻具摆动、振动情况(刘广志,1991;荆和平等,2001)。发现摆动、振动过大时,需要修正钻杆和钻具的同轴度。(2)需要采用人工开挖的方法开孔,其开挖直径满足  $\Phi 750\text{mm} \times 15\text{mm}$  孔口管顺利下入,开挖深度为基岩面以下  $0.5\text{m}$ 。孔口管的管脚用水泥砂浆固定,周边用黄土填实,上端高出地面  $0.2 \sim 0.3\text{m}$ 。孔口管的轴线和钻孔设计轴线必须相符。(3)打捞岩心时,需要人工下井吊装,人员下井之前除排空孔内冲洗液外,还必须用鼓风机向孔内送风  $10 \sim 15\text{min}$ ,人员在井内作业时,也必须不间断的向孔内送风,以免孔内缺氧或出现有害气体,对工作人员造成危害。

## 5 主要技术问题探讨

$\Phi 615\text{mm}$  是目前国内外硬岩地层最大口径的金刚石取心钻进,没有现成的钻探技术标准作依据,实际工作中只能摸索前行。

### 5.1 钻具振动,不进尺

在开始的试验性钻进中,出现的最大问题就是钻具跳动严重,钻头不进尺。经分析认为产生这种

现象有四个原因:一、钻头镶焊的金刚石复合体底唇面不均匀,转动时会产生轴向振动。二、钻头底端面金刚石复合体所受钻进压力,没有达到所需要的钻进锐化比压。金刚石复合体不能对岩石进行切削,钻头不但不进尺反而在孔底振动。三、大口径钻探钻杆直径和钻孔直径相差悬殊,钻杆受压过大,严重弯曲变形,钻进时产生径向振动;四、钻具机械加工同心度不高。

钻具的轴向振动及径向振动,有的是随机振动,有的是周期振动,振动现象是极其复杂的,通过对机械设备、钻具结构、钻头设计、钻进工艺等各个方面的全面分析论证,有的放矢的提出了技术改进措施:

(1) 减少钻头镶焊金刚石复合体的数量,由最初设计的12块变为8块。增加水口数量至52个。

(2) 对沉淀管进行改造,加长、加粗,使其重量增加,同时产生一定的导向作用;改变加强板和加强筋的重量,使钻具和钻杆自重尽量变大。经技术改进后,钻具重量可以达到440Kg。这样钻机给进压力就大大降低了,一方面,钻具在自重作用下轴向振动减轻,另一方面,钻杆所受压力降低,不会产生大的弯曲变形。

(3) 加工新的三用接头,使钻杆、三用接头、钻头钢体三者具有良好地同心度。

(4) 提高金刚石复合体的镶焊质量,保证钻头底唇面的同心度与平面度。

通过一系列的技术改进后,钻机只需加压到5kN,就可以正常钻进。试验现场,从钻具孔底工作声响和钻机机械振动状况分析,钻具、钻机振动明显减弱,钻进效率可达到0.28m/h。

## 5.2 岩心打捞

Φ615mm 大口径钻探,岩心直径达到590mm,打捞岩心成为一个非常重要的技术问题。在岩心断开后,一般通过人工下入钻孔内,用钢丝绳牢固套住岩芯,再使用钻机提拉(杨国春等,2005)。因孔内作业环境差,岩芯与孔壁环状间隙小,钢丝绳柔性差,套取岩芯十分困难,有时遇到岩芯不是完整的柱状,提拉岩芯时,重心偏斜,岩芯卡死在孔内,造成孔故。

对存在的这些问题,进行了全面探讨和研究,在取心方法上做了大量改进。使用纤维芯钢丝绳,改善捆绑岩心的工具。设计了专用的无损伤自锁式岩心打捞器,膨胀式岩心打捞器等。并针对岩芯的不同情况采取不同的打捞措施,如:对完整的岩芯,采用绳索捆绑取芯;对非常破碎的岩芯采用吊桶方式

打捞;对薄片状或不规则的岩芯,采用打捞器打捞岩芯。这些措施在实际应用中取得了非常好的效果,见图2。

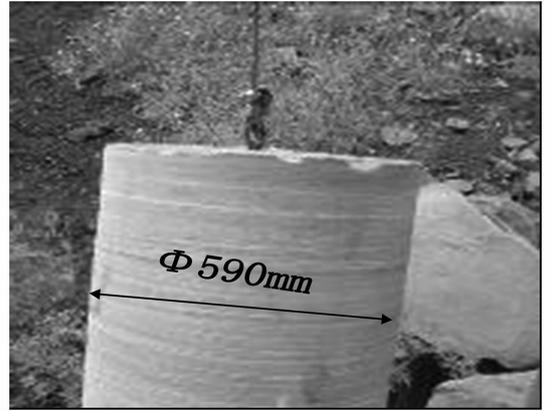


图2 打捞岩心

Fig.2 Core recovery

## 6 应用情况

在此水利枢纽的勘探中应用φ615mm 大口径金刚石取心钻进技术,完成两个钻孔,累计进尺121.5m,现场工作情况见图3,平均钻速0.259m/h;最高达到0.556m/h;最低为0.147m/h。岩心采取率100%。钻孔孔壁光滑稳定,可以为地质人员提供完整,清晰的地质信息。

## 7 小结

应用φ615mm 大口径金刚石取芯钻探技术首要的工作就是设计钻具,钻头。然后根据钻头类型、岩层性质等确定钻进规程参数。在实际钻进前,还应进行试验钻进,根据钻进状态,调整规程参数。这些参数的调整主要是通过钻具的改进完成的。钻进中的主要难点集中在钻压的调整和岩心的打捞方面。在应用此技术前需要针对这两个问题做好充分的准备工作。

此技术在我国钻探领域内具有自主创新性,达到了国内领先水平。

### [References]

- Hu Yu - le. 2008. 1000 cases of diamond and diamond tools knowledge [M]. Changsha: Central south university press: 80 - 102 (in Chinese with English abstract)
- Jing He - ping, Jing Ming, Liu Ning - sheng. 2001. The Alternative of larged diameter bored bit and drilling technology in the boulder bed [J]. Geology and Prospecting, 37 (4): 79 - 80 (in Chinese with English abstract)
- Li Shi - zhong. 1992. Drilling technology [M]. Beijing: Geological Pub-

- lishing House:23-65 (in Chinese with English abstract)
- Liu Guang-zhi. 1991. Diamond drilling manual [M]. Beijing: Geological Publishing House:12-26 (in Chinese with English abstract)
- Miao Xu-zhang, Zhou Xiao, Guo Ming. 2008. Development and application of large diamond compact core bit [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 39(4):34-36 (in Chinese with English abstract)
- Tang Feng-lin, Li Liang-gang. 2000. Diamond-rock friction couple and conditions of normal drilling [J]. Geology and Prospecting, 36(2):63-66 (in Chinese with English abstract)
- Tang Feng-lin, A. Γ. Jialiling, Yang Xue-han. 1997. Coring drilling [M]. Wuhan: China University of Geosciences House:202-250 (in Chinese with English abstract)
- Wang Wei, Zhao De-gui, Liu Qiang, Wang Cong. 2009. Normalized safety management for core drilling [J]. Geology and Prospecting, 45(5):631-636 (in Chinese with English abstract)
- Yang Guo-chun, Yin Hong-feng, Fu Feng-jun. 2005. Research on large diameter drilling in hard rock [J]. Changchun Inst. Tech., 6(3):7-9 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Er-xin, Jia Mei-ling, Cai Jia-pin. 2003. Research on performance of polycrystalline diamond compact used in drilling abroad and at home [J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), supp.:266-269 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 缪绪樟, 周晓, 郭明. 2008. 大口径金刚石复合体取芯钻头的研制及应用 [J]. 水利水电技术, 39(4):34-36
- 汤凤林, A. Γ. 加里宁, 杨学涵. 1997. 岩心钻探学 [M]. 武汉, 中国地质大学出版社:202-250
- 李世忠. 1992. 钻探工艺学 [M]. 北京:地质出版社:23-65
- 汤凤林, 李粮纲. 2000. 金刚石-岩石摩擦付和正常钻进的条件 [J]. 地质与勘探, 36(2):63-66
- 赵尔信, 贾美玲, 蔡家品. 2003. 国内外钻探用金刚石复合片性能的研究 [J]. 探矿工程, 增刊:266-269
- 荆和平, 经明, 刘宁生. 2001. 卵漂石地层大口径钻头与钻进工艺的选择 [J]. 地质与勘探, 37(4):79-80
- 王伟, 赵德贵, 刘强, 王聪. 2009. 岩心钻探作业安全规范化管理初探. 地质与勘探, 45(5):631-636
- 胡郁乐. 2008. 金刚石与金刚石工具知识问答 1000 例 [M]. 长沙, 中南大学出版社:80-102
- 杨国春, 尹洪凤, 傅丰均. 2005. 大直径硬岩钻进技术探讨 [J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 6(3):7-9
- 刘广志. 1991. 金刚石钻探手册 [M]. 北京:地质出版社:12-26

## Research on the Core Drilling Technology Using $\Phi 615\text{mm}$ Large - Diameter Diamond Bit

GUO Ming, ZHOU Xiao, YANG Yu-en, AI Zhao-heng

(Institute of Geological survey, Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd, Luoyang 471002)

**Abstract:** To investigate the distribution of clay interlayers of the water conservancy hinge on the Yellow River, the  $\Phi 615\text{mm}$  large diameter diamond core drilling technology is researched and applied. As the largest diameter diamond core drilling in China currently, this technology is difficult and complex. In this paper, the parameters of drilling practice are discussed in detail; the drilling process is presented, and some common difficulties encountered, such as drilling shock and core recovery, are analyzed. Meanwhile the measures are proposed to solve these issues. This technology has yielded a good effect in practice and can be applied extensively.

**Key words:** large diameter, diamond core drilling, drilling practice, technological process