

Reflex ACT 岩心定向设备及其工程应用

凌振武¹, 刘亚斌², 董树伟², 王成立², 骆建诗¹

(1. 核工业 270 研究所, 江西 南昌 330200; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

摘要: 岩心定向技术是一种可直接准确获得岩矿层原始产状的工程技术。本文介绍了澳大利亚 Reflex 公司生产的 Reflex ACT 系列岩心定向设备的结构组成、技术参数、工作原理以及该设备岩心定向工艺的操作过程。Reflex ACT 系列岩心定向设备在青海滩洞山金矿的应用取得了很好的效果, 达到了矿区的要求。结合该矿区 90 个钻孔的应用数据, 分析了影响定向效果的因素, 总结了使用该设备的经验和体会。

关键词: 岩心定向技术; 绳索取心; 定向岩心; 矿层原始产状; Reflex ACT 岩心定向设备

中图分类号: P634.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)03-0060-05

Reflex ACT Core Orientation Device and Its Engineering Application/LING Zhen-wu¹, LIU Ya-bin², DONG Shu-wei², WANG Cheng-li², LUO Jian-shi¹ (1. Research Institute No. 270 China National Nuclear Corporation, Nanchang Jiangxi 330200, China; 2. China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Core orientation technology is an engineering method, by which original ore bed occurrence can be directly and accurately obtained. Reflex ACT series core orientation device produced by Reflex Company of Australia are introduced in this paper about its structures, technical parameters, operation process of core orientation technology. Good results had been achieved since Reflex ACT series core orientation device was applied in Tanjianshan gold mine of Qinghai Province, the experience and the understanding in the advice application are summarized.

Key words: core orientation technology; wire-line coring; oriented core; original ore bed occurrence; Reflex ACT core orientation device

1 岩心定向及其发展现状

岩心定向技术实质上就是通过工程技术手段采取到可以直观反映地层原始产状岩心的技术。在固体矿产岩心钻探领域, 它可以迅速而方便地确定地下岩矿层和结构面的产状, 对于了解地质构造, 查明矿体形态和延伸状况, 指导定向钻进及勘探钻孔的布置等具有重要意义。在地质工程领域, 利用定向取心参数可以确定地下岩层层面和断裂后的产状、地下流体运动和渗漏的方向、地下岩层地应力的方向和大小以及岩体中潜在的分离面和滑动面的倾角和倾斜方向等, 为地质灾害预警、矿山勘查、岩土工程施工等提供可靠的地质依据^[1-3]。

目前, 国内外常用的岩心定向方法主要有机械法、测井法以及古地磁法^[4-5]。

机械法具有原理简单、易于操作、成本低等特点, 是当前岩心定向技术的主流。国内外以机械法为基础的岩心定向设备有: 瑞典的 Atlas 岩心定向

器, 英国的 Archway 岩心定向器, 德国的 KTB 岩心定向系统, 美国的 Christensen 岩心定向钻具, 前苏联的 КТДГ 岩心定向器及 КО 岩心定向工具^[2], 以及我国的 YDX-1 型岩心定向器^[6], YCO-II 型岩心定向钻具^[7], SDQ-91 型随钻测量定向取心钻具^[8], SDQ-94A 型定向取心器^[9], DX101 型岩心定向取心钻具^[10], KD 型定向取心器^[4], 以及以 ATmega8 单片机为控制核心、HMR3300 传感器为岩心俯仰角和侧滚角测量单元的适用于绳索取心钻进工艺的岩心定向检测仪^[5]等。机械法还包括打印法(重力钎杆式定向工具、偏重打印器式定向工具等)。机械法岩心定向设备最终是通过在岩心顶部或者侧面留下定向标记(钻眼、击痕以及刻线)来实现岩心定向的, 因此定向标记初始空间位置参数测量就成为岩心定向技术的关键, 也是机械法岩心定向工艺发展的主要技术。定向标记测量技术由最初的重力定向原理测量、测斜仪测量逐步发展到使用

收稿日期: 2015-10-08; 修回日期: 2015-12-31

作者简介: 凌振武, 男, 汉族, 1984 年生, 探矿公司副经理, 工程硕士在读, 从事钻探技术研究和生产管理工作, 江西省南昌市南昌县莲塘镇莲西路 508 号, lingjie728@126.com。

通讯作者: 刘亚斌, 男, 汉族, 1987 年生, 硕士研究生, 从事地质工程相关领域的研究, 湖北省武汉市洪山区鲁磨路 232 号, liuyabincug@163.com。

加速度计、磁阻式传感器等电子元件测量,使得机械法岩心定向技术适应性更加广泛,定向精度大大提高。此外,机械法岩心定向设备也由最初的只适用于单管钻进工艺发展到目前可配备绳索取心钻具工作,有效提高了工作效率。

测井法与古地磁法操作较为复杂、局限性较大且使用成本远远高于机械法,因此测井法与古地磁法的发展及应用程度较低。

澳大利亚 Reflex 公司生产的 Reflex ACT 系列岩心定向设备,通过内置的加速度计作为定向元件来测量岩心管的重力高边位置及顶角,从而间接得到岩心管内岩心的原始空间位置。与常用的机械法定向设备不同的是,Reflex ACT 系列岩心定向设备并没有设计岩心表面定向标记的机械刻印机构,而是通过地表复位设备(圆盘控制器)利用时间与钻孔空间位置对应的关系来确定回次岩心的原始空间位置。

笔者在青海滩涧山金矿区钻探工程中应用了 Reflex ACT 系列岩心定向设备,本文结合实际工程应用,总结一些认识和体会,与同行们交流。

2 Reflex ACT 系列岩心定向设备组成及各部件的功能

Reflex ACT 系列岩心定向设备组成及安装如图



图 2 安装有 Reflex ACT III HQ/HQ3 定向设备的 HQ3 钻具

加速度计,通过它可以测定内管重力高边及钻孔倾角。

2.1.2 上接头

用来连接定向仪和内管总成。

2.1.3 外管补长

由于定向仪安装在内管上,使内管长度增加,相应的,外管补长用来补偿钻具外管的长度。连接在外管上部时,要将悬挂环放在其内部,也可放在外管下部与下扩孔器相连接。

2.2 地面设备

2.2.1 圆盘控制器

集控制、计时、复位、存储功能于一身。用来设

1、图 2 所示。



ACT III 定向仪



ACT II 定向仪

图 1 Reflex ACT 定向设备

2.1 入孔设备

入孔设备包括定向仪、上接头以及外管补长。

2.1.1 定向仪

定向仪安装在绳索取心钻具内管上端,内置

置定向仪,与定向仪同步计时工作,恢复定向标记位置,记录钻孔工况(包括每回次钻进时长、回次钻进深度、回次结束孔深的倾角)。

2.2.2 标记尺

用于测量岩心定向标记点的位置。

2.2.3 数据传输器

用来将圆盘控制器上的数据传输至电脑。

2.2.4 软件

将圆盘控制器采集到的钻孔工况转换成 EXCEL 文件导出。

3 技术参数^[12]

(1) 定向仪有两种型号供选用, 两种型号可分别配备 NQ、NQ2、NQ3 及 HQ、HQ3 尺寸的 Q 系列绳索取心钻具进行定向取心工作。目前该系列定向仪已发展至第三代产品。

(2) 定向仪入孔设备(定向仪、上接头、外管补长)外径与其配备的 Q 系列绳索取心钻具内管、外管外径一致, 长度 300~400 mm。

(3) 定向仪可在 $0 \sim \pm 88^\circ$ 倾角范围内的钻孔施工过程中进行定向工作, 精度 $\pm 1^\circ$ 。

(4) 定向仪能够承受 3500 m 垂直水柱即 35 MPa 的压力。

(5) 定向仪可在 $-30 \sim 80^\circ\text{C}$ 温度范围内工作, 圆盘控制器可在 $-30 \sim 50^\circ\text{C}$ 温度范围内工作。

(6) 定向仪和圆盘控制器的电池在正常使用情况下续航能力可达到 2 年。

4 Reflex ACT 系列岩心定向设备工作原理

区别于常用的机械式岩心定向设备在岩心上端面或侧面做出岩心定向标记而实现岩心定向, Reflex ACT 系列岩心定向设备在孔内工作过程中不直接在岩心上刻痕迹, 而是通过岩心定向设备内置的加速度计测出内管的高边工具面角, 从而测得内管重力高边的位置, 再利用时间与钻孔空间位置的对应关系在地面使用圆盘控制器找出内管重力高边的位置, 进而间接得出岩心重力高边的位置, 从而进行岩心定向^[11]。

定向仪开始工作后每分钟测量一次内管的重力高边位置和倾角, 圆盘控制器与其同步计时。由于定向仪实际测量的是内管的重力高边, 所以当回次钻进结束时, 不可立即拔断岩心, 应保证最后进入内管的岩心还与原岩相连。确定孔底钻具静止后用圆盘控制器决定定向仪在本回次最后一次测量的时间。当最后一次测量结束后才能开始起拔岩心。最后一次测量时内管的重力高边位置是与岩心在原始状态下的重力高边位置重合的, 因此, 要想在地面准确还原岩心原始状态下重力高边的位置, 就要保证岩心与内管之间在回次最后一次定向测量后不发生相对转动, 所以要求完全靠动力头上行拔断岩心, 禁止回转动力头扭断岩心。

5 定向工艺

5.1 设置

将圆盘控制器与已连接在岩心管上的定向仪对接, 如图 3 所示。长按“N”5 s 以上, LCD 屏上依次出现“STARTING”、“SNP0003”(序列号), 当出现“DONE”时表示设置完成, 此时, 定向仪开始工作, 加速度计每分钟测量一次内管重力高边的位置, 圆盘控制器与定向仪同步计时。取下圆盘控制器, 安装连接有上接头的内管总成, 然后就可以将内管总成投入孔内, 进行常规钻进。



图3 圆盘控制器与 ACT III 仪器连接

5.2 上拔岩心

一个钻进回次结束或者其他情况下需要打捞内管取心时, 先停止钻杆旋转, 待孔底钻具静止后开始操作圆盘控制器, 此时切记不能将岩心与孔底原岩分离。按“B”5 s 以上, LCD 屏上依次出现“BREAKING”、“WAIT TO”、“...10、9、8、7...”(倒计时)。倒计时结束后, 出现“DOxxx. x”, 接下来将当前的钻孔深度输入圆盘控制器, 按“SET, +, -”设置。设置好孔深后再按“B”, LCD 屏出现“DONE”时表示本次设置完成, 这时可以提断岩心。提断岩心时, 如前所述必须直接上拔, 不可旋转钻具。

5.3 岩心定向

将内管总成提出孔外, 平放在三角架上, 将定向仪与上接头分离, 然后将圆盘控制器与定向仪对接, 按“R”5 s 以上, LCD 屏上会依次出现“READING”、“SNP0003”(序列号)、“BATT OK”, 当显示“BATT OK”时, 按“R”, 屏幕上会显示刚才输入的孔深“DOxxx. x”, 并显示当前孔深下钻孔的倾角“INC XX”, 继续按“R”, 屏幕上依次出现“REALIGN”、“...”, 后者则会留在 LCD 屏上闪烁, 此时逆时针旋转内管, 使内管与圆盘控制器一起转动, 要注意不可以直接旋转圆盘控制器。直至出现“《*****》”, 表示已确定回次最后一次测量时内管的重力高边位置。内管横截面最上端点就是回次最后时刻测量所

得的重力高边与横截面的交点,同理,岩心管内岩心横截面的上端点就是该段岩心在原始状态下的重力高边与横截面的交点,此点就是我们所要找的定向标记点。接下来就可以进行岩心定向标记工作了。

5.4 岩心定向标记

5.4.1 岩心定向标记方法

岩心标记是整个岩心定向工作的最后一步也是很关键的一步。需要根据岩心与卡簧座的相对位置关系来选择标记方法。实际操作中,标记的是岩心原始重力低边在岩心底面的交点及其连线。标记时要确保标记尺处于水平位置,记号要清晰,不易擦去。

当岩心断口处于卡簧座内部时,则选择“UNDER method”方式进行标记,如图 4 所示。



图 4 “UNDER method”方式

当岩心断口出露于卡簧座时,则选择“OVER method”方式进行标记,如图 5 所示。



图 5 “OVER method”方式

该步骤完成后,用长角铁在本回次岩心侧面标记出表示重力低边的记号线,如图 6 所示。



图 6 标记后岩心

5.4.2 特殊情况下的复位标记方法

岩心定向标记过程中,在卸下卡簧座时常因为卡簧卡取岩心过紧而导致卡簧座内岩心与内管中岩心碎裂分离的情况,其接触面被完全破坏,无法恢复,这种情况下,无法利用在岩心底端已经做好的标记对整回次的岩心进行延伸标记。针对这种情况,我们应对的方法是在上述标记过程结束后,以标记点为原点沿着内管轴向在卡簧座外壁做平行于卡簧座轴线的射线,直到延伸至内管外壁为止,这样就可以通过内管外壁上的标记对内管内岩心重新进行标记。

5.5 数据输出

岩心标记步骤结束后,在现场的定向工作就全部完成了。每一个钻孔终孔后,将数据传输器与圆盘控制器连接后就可以通过软件将该钻孔的钻进信息以表格的形式在电脑中显示出来,包括回次钻进时间、回次长度、每回次测量的倾角等。

6 工程应用

6.1 应用数据统计

2013 年使用 2 套 Reflex ACT II HQ/HQ3 型岩心定向仪,施工方在现场安排 2 台宝长年 LF70 型钻机施工。2014 年甲方提供一套 Reflex ACT III HQ/HQ3 型岩心定向仪,配备给一台 LF70 型钻机进行定向钻进。相关数据统计详见表 1。

表 1 数据统计

施工年度	仪器型号	使用台数	定向孔数	定向总回次数	成功回次数	定向成功率/%
2013	HQ/HQ3ACT II	2	57	3848	3472	90
2014	HQ/HQ3ACT III	1	33	1987	1828	92

6.2 影响因素分析

从表1可以看出,施工方在使用 Reflex ACT 仪器进行定向钻进过程中,能够掌握并成功完成岩心定向工作,但还是存在着定向失败的情况。经过2年多的实践,通过分析和总结,发现影响定向工作的成功与否主要有人为因素和地层因素2个方面。

(1)人为因素主要包括:以回转上拔方式提断岩心;岩心堵塞后不是立即提钻而是上下活动钻具;下内管前忘记设置定向仪;一个定向工作循环未结束便设定另一套定向仪;卸卡簧座时用蛮力导致岩心与内管发生相对转动;卸卡簧座时导致卡簧座内岩心与内管中岩心碎裂分离等。

(2)地层因素其根本就是由于岩矿层岩石松散破碎,从而很难获取完整的、连续的柱状岩心,自然就无法进行岩心定向工作。经统计,由于地层破碎而导致的定向失败达到定向失败总数量的97%,也就是说松散破碎地层是影响岩心定向成功率的最大因素。

7 经验与体会

在2年的时间中,共在矿区90个钻孔施工中使用了 Reflex ACT 系列岩心定向设备,取得了良好的地质效果,达到了矿区地质方的要求。通过工程实践,总结出了一些 Reflex ACT 系列岩心定向设备的使用经验。

(1)定向仪通过内置的加速度计来测量内管重力高边的位置,加速度计不受磁性干扰,应用范围广。钻进工艺不受定向设备的限制,按照常规工艺施工即可。

(2)每台钻机配备一套岩心定向设备,每台设备含2台定向仪,可以同时配套2套内管总成连续使用,除增加一定的操作辅助时间外,对钻进深度和纯进尺速度没有任何影响。

(3)配备钻具时优先考虑使用 HQ3 三层管钻具, HQ3 三层管钻具岩心采取率高,取心方便,打开半合管后可以清晰地看到本回次采取出的所有岩心的原貌,方便岩心标记。

(4)不建议在松散破碎地层使用该岩心定向设备。首先,在松散破碎地层钻进时岩心定向成功率极低,达不到预期的目的;其次,该仪器的价格昂贵,

一旦发生孔内事故导致内管无法取出将造成相当巨大的经济损失。

(5)岩心定向钻进过程中,要严格保证内管总成的单动性,每个回次要认真地对上部总成注黄油,保证轴承正常有效的工作,轴承损坏要及时更换。

(6)每套仪器只配备一个外管补长,可利用废弃的孔底钻具加工几套外管补长备用,以便发生孔内事故导致外管补长损失。

(7)由于必须直接上拔提断岩心,所以卡簧和卡簧座的磨损速率较大,需在投放内管前细心检查卡簧及卡簧座是否合格,发现过度磨损的卡簧与卡簧座要及时更换,以免发生岩心脱落事故。

(8) Reflex ACT II HQ/HQ3 及 Reflex ACT III HQ/HQ3 型随钻岩心定向仪与施工使用的单点照相测斜仪在同一孔深所测得的倾角数据误差在 $\pm 1^\circ$ 以内,说明其测量值真实可靠。

参考文献:

- [1] 汤凤林, A. T. 加里宁, 杨学涵. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [2] 楼日新, 吴光琳, 吴红杉. 岩心定向新技术的研究[J]. 四川水力发电, 2003, 22(2): 72-74.
- [3] 薛继刚. 论岩心定向新技术[J]. 煤炭技术, 2006, 25(5): 104-105.
- [4] 周策, 陈文俊, 石绍云, 等. 存储式岩心定向取心技术应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7): 77-79.
- [5] 路桂英, 乌效鸣, 王院生. 岩心定向检测仪的设计与实验研究[J]. 地质与勘探, 2010, 46(3): 537-541.
- [6] 吴光琳, 齐瑞忱, 胥建华, 等. YDX-1 型岩心定向设备的研制和应用[J]. 探矿工程, 1997, (5): 49-52.
- [7] 马克新. YCO-II 型岩心定向钻具[J]. 探矿工程, 1999, (4): 6-7.
- [8] 吴光琳, 胥建华, 石永泉, 等. SDQ-91 型随钻测量定向取心钻具的试验研究[J]. 探矿工程, 2001, (6): 33-36.
- [9] 胥建华, 张品萃, 肖阳春, 等. 随钻定向取心器研究[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(4): 465-467.
- [10] 林志强, 杨甘生, 张建, 等. 定向取心技术在松科1井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10): 69-71.
- [11] S. Ureel, M. Momayez, Z. Oberling. ROCK CORE ORIENTATION FOR MAPPING DISCONTINUITIES AND LOPE STABILITY ANALYSIS[J]. International Journal of Research in Engineering and Technology, 2013, 2(7): 1-8.
- [12] Reflex ACT III Brochure [EB/OL]. <http://www.reflexinstruments.com/reflex-act-6.html>, 2012-7-28.