

汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1) 不同取心方法的应用效果分析

尤建武, 曹其友, 杨明奇, 王志祥

(四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队, 四川 峨眉山 614200)

摘要:针对因地震造成的复杂地层,在汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)钻探施工中,为了保证岩心的采取率和原状性,满足地震机理研究需要,长孔段采用多型号多规格半合管取心工艺技术,确保全孔岩心采取率高达 94.3% 及岩心原状性好的目的,从而满足了汶川地震地质研究的需要。

关键词:科学钻探;汶川地震断裂带;复杂地层;取心方法;半合管;采取率;原状性

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)12-0009-04

Analysis on Application Results of Different Coring Methods in the Hole WFSD-1 of Wenchuan Earthquake Fault Scientific Drilling Project/YOU Jian-wu, CAO Qi-you, YANG Ming-qi, WANG Zhi-xiang (403 Geological Brigade of Sichuan Exploration and Development Bureau of Geology and Mineral Resources, Emeishan Sichuan 614200, China)

Abstract: Multi-type and multi-size split barrel coring technology were used in the hole WFSD-1 of Wenchuan earthquake fault scientific drilling project to ensure high core recovery rate and keep the cores in original state even in very complicated formation conditions. As a result, 94.3% of core recovery was achieved and the cores were in good original state, which meet the requirement of geo-scientific research.

Key words: scientific drilling; Wenchuan earthquake fault; complicated rock formation; coring method; split core barrel; core recovery rate; original state

汶川地震断裂带科学钻探项目一号孔(WFSD-1)所在的龙门山断裂带,历史上发生过许多次地震,每次地震都给地下岩石带来极大的破坏。因此,钻遇的岩层破碎严重,取心困难。为了保证岩心的采取率和原状性,满足地震研究需要,全孔主要采用半合管取心方法。

1 取心概况

按地质设计,WFSD-1 孔全孔取心,而地层破碎取心难度大,为满足岩心采取率高、原状性好的要求,我队经过多种口径、多种类型取心钻具试验,最终选用先进的提钻、绳索半合管取心工艺技术。

全孔使用半合管取心钻进 842.64 m,占全孔钻进取心总进尺 1384.26 m 的 60.87%,全孔平均采取率 94.3%,取得的岩心原状性好,有效地揭示了地层产状、构造及主断层,地质信息真实、可靠、代表性强,受到了地质研究人员的好评。

2 WFSD-1 孔地层情况

WFSD-1 孔地层为:0.00~585.75 m 为火山凝灰岩,693.37~1201.15 m 为三叠系须家河组砂岩和泥岩。钻遇地层主要表现为涌水、破碎、掉块和缩径等特征,具体情况如下。

(1)上部火山凝灰岩:灰黑色,岩石可钻性级别为 7~9 级,由于受地质构造及地震活动影响,岩心破碎(见图 1)、裂隙发育、孔内涌水,最大涌水量 200 t/d,水头最高达 5.0 m(见图 2)。由于长孔段裸眼顶涌钻进,钻进过程中常出现岩心堵塞、垮塌、掉块、卡钻等复杂情况,钻孔严重超径(见图 3),给钻探施工带来很大困难。

(2)断层泥:地层为黑色断层泥(见图 4),含角砾岩、泥岩、炭质页岩等。断层泥具有塑性流动性和较强的膨胀性,采心时需要拆掉扩孔器才能把内管取出,钻取的断层泥岩心直径从 66 mm 很快可膨胀到 75 mm(见图 5),直径线性膨胀率 11.94%,常有钻具内管胀开情况。

收稿日期:2009-11-20

基金项目:科技部科技支撑计划专项“汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)”项目之“科学钻探与科学测井”课题

作者简介:尤建武(1958-),男(汉族),安徽人,四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队副队长、高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程经营管理及技术工作,四川省峨眉山市兴隆街 1 号;曹其友(1958-),男(汉族),四川仁寿人,四川省质矿产勘查开发局四〇三地质队副总工程师、高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术及管理工。



图1 火山凝灰岩的破碎岩心



图2 上部孔段涌水情况

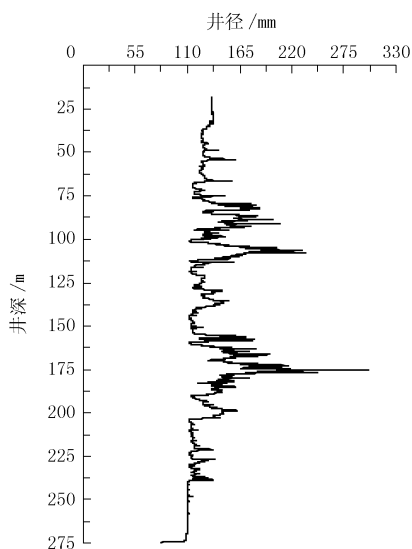


图3 WFSD-1孔275.14 m以浅孔段井径图



图4 断层泥岩心



图5 被断层泥胀开的半合管

延伸砂岩变硬、致密,呈灰黑色(见图6),局部孔段破碎、掉块,钻进中易发生岩心堵塞、卡钻等情况。



图6 长石英砂岩中的地震裂纹

3 WFSD-1孔取心钻进技术指标

WFSD-1孔钻进使用的钻具以及配套取心工艺技术指标详见表1。

通过表1可知,所采用的不同钻具以及配套取心工艺在采取率方面均能达到85%,但是单管取心或双管钻具配普通内管取心方法不能保持岩心原状性。该孔不但要求岩心采取率高,还要求岩心的原状性好。通过不断实践、摸索,确定选用先进的半合管取心钻具,有效保证了岩心采取率和岩心原状性,满足了地学研究要求。

4 半合管的结构、工作原理及优缺点

我们在施工中采用了提钻取心半合管及绳索取心半合管两种不同型号和规格的半合管。

4.1 SDB110、SDB94 提钻取心半合管双级单动双管

4.1.1 半合管结构

(1)半合管通过销钉定位,上端与内管接头内螺纹相连,下端与定中环相连,兼起抱紧半合管作用。

(2)半合管的中部抱紧机构通过开口钩头抱紧与梯形槽相配合。半合管上20~30 cm间距车削一道环槽,每道环槽中开有两条轴心槽缝,槽缝呈梯形分布;开口抱箍两端带钩头。由于梯形槽在不同位置所夹大弧长度不同,但抱箍钩头由上端进入槽缝,然后推到下端位置,则将半合管抱紧。

(3)下部沉积砂岩、泥岩:砂岩呈灰白色,含泥较重、手触摸含沙、手搓呈粉状、软且较完整。随着钻孔

表 1 钻进使用的钻具以及配套取心工艺技术指标表

孔段号	取心方法	开始孔深 /m	截止深度 /m	进尺 /m	回次 数	平均回次 进尺/m	纯钻时间 /h	小时效率 /m	台效 /m	采取 率/%
WFSD-1	金刚石单管+投卡料取心	0.00	6.16	6.16	13	0.47	10.42	0.59	184.80	90.42
	SDBØ110 单动双管卡簧取心	6.16	34.14	34.99	55	0.64	47.17	0.74	87.50	89.03
		66.12	73.13							
	Ø122 金刚石钻头+SDBØ110 单动双管+YZX98 液动冲击器钻进卡簧取心	34.14	66.12	31.98	30	1.07	43.50	0.74	287.82	95.68
	SDBØ110 金刚石单动双管+半合管卡簧取心	73.13	304.26	231.13	174	1.33	189.50	1.22	180.10	93.04
	Ø112 金刚石单管钻进,投卡料取心	166.88	179.85	12.97	割套管、扫孔等					
WFSD-1-S1	SDBØ110 金刚石单动双管+半合管卡簧取心	179.85	184.67	4.82	7	0.69	8.75	0.55	192.80	93.36
	HQ 绳索取心+普通内管卡簧取心	184.67	194.91	60.86	39	1.56	40.92	1.49	556.08	94.94
		240.62	275.45							
	HQ 绳索取心+半合管卡簧取心	291.84	307.63	368.85	350	1.05	337.83	1.09	151.48	93.03
		194.91	240.62							
		275.45	291.84							
WFSD-1-S2	Ø94 金刚石单管钻进,投卡料取心	614.38	614.69	0.31	1	0.31	0.5	0.62	18.35	90.30
	SDBØ94 单动双管+半合管卡簧取心	614.69	625.80	11.11	6	1.85	11.08	1.00	163.25	91.18
	LZ-89 连续造斜器侧钻	580.07	583.07	3.00	全面钻进,无岩心					
	Ø94 金刚石单管钻进,投卡料取心	583.07	585.75	2.68	3	0.89	5.75	0.47	89.06	70.90
	SDBØ94 单动双管+半合管卡簧取心	585.75	809.82	224.07	154	1.46	271.08	0.83	112.52	96.87
	SDBØ75 单动双管+半合管卡簧取心	809.82	812.48	2.66	4	0.67	4.25	0.63	52.95	96.24
WFSD-1-S2	NQ 绳索取心+普通内管卡簧取心	812.48	1201.15	388.67	206	1.89	304.67	1.28	407.34	99.29

注:WFSD-1-S1、WFSD-1-S2 为侧钻孔。

(3)半合管通过平口连接。

4.1.2 组装及拆卸程序

(1)组装程序:①将半合管通过定位销定位合拢;②依次用抱箍从半合管槽上部装入槽缝,注意抱箍梯形开口钩头与梯形槽缝方向一致。抱箍钩头先插入无倒边的槽缝,后另一端插入倒边的槽缝。然后用螺丝刀及榔头将抱箍向下推到最紧的位置。

(2)拆卸程序:①先卸下钻头,然后卸下卡簧座、定中环,接着卸下外管;②卸下半合管,将装了岩心的半合管平放到地板上,用螺丝刀依次将抱箍推到环槽上端,把抱箍取出。撬抱箍时应先撬槽缝开有倒边的一端,然后撬另一端,再将半合管打开,在岩心上盖好 PVC 半边管,再将岩心翻在岩心槽里。

4.1.3 半合管优缺点

优点:半合管是一根整体,同心度好,不易变形,使用寿命较长。

缺点:需提钻采心,劳动强度大,卡箍易坏。

4.2 HQ、NQ 绳索半合管取心单动双管

4.2.1 半合管结构

(1)半合管上端与内管总成接头外螺纹相连,下端与卡簧座内螺纹相连。

(2)半合管为“三合一”结构,由 1 根 0.9~0.95 m 长普通半合管和 2 根 0.9~0.95 m 长半合管通过

3 个 0.1~0.12 m 长接头连接而成。接头起连接、保证半合管强度及方便取心的作用。

(3)每根 0.9~0.95 m 长半合管由 3~4 个企口连接而成。

4.2.2 组装及拆卸程序

(1)组装程序:①先将普通内管和接头连接好;②依次将 2 节半合管与普通内管连接成一体。

(2)拆卸程序:①先卸下钻头,然后卸下外管,接着卸下卡簧座;②卸下半合管,先拆卸下面一节半合管,然后拆卸该节半合管接头,再拆卸第二节半合管,接着拆卸该节半合管接头,然后将半合管打开,在岩心上盖好 PVC 半边管,将岩心翻在岩心槽里。

4.2.3 半合管优缺点

优点:绳索打捞采心,劳动强度小。

缺点:半合管由短管连接而成,同心度差,由于壁薄(3~3.5 mm),半合管易变性,使用寿命较短。

4.3 辅助措施

加强泥浆润滑性,减小岩心入管阻力,增加树心能力。

5 半合管取心在主断层中的使用效果

585.75~693.37 m 孔段为汶川地震的主断层,在地应力的作用下该层的泥质岩石具有极强的膨胀

性和流变性,导致强烈的钻孔缩径。为此,在施工中采用高密度(密度最高达 1.60 g/cm³)、低失水(失水量为 3.2~4.0 mL/30 min)的泥浆体系,达到平衡地层应力和防止水敏缩径的目的。在施工中严格执行提钻回灌泥浆的措施。在断层泥孔段,采用半合管提钻取心须控制回次进尺长度,下钻时必须扫孔,防止在钻进期间由于钻孔缩径“抱死”钻具。

采用半合管提钻取心在主断层钻进,可控制回次进尺,增加起下钻次数,达到少进、多提、多扫孔,防缩径“抱死”钻具。但采用该措施小时效率仅达 0.82 m,纯钻时间利用率才 15.48%,由于每个回次都要在 600~670 m 孔段反复扫孔,因而大大降低了钻进综合效率。585.75~812.48 m 主断层与 812.48~1201.15 m NQ 绳索取心钻进技术指标统计见表 2。

表 2 提钻半合管钻进与 NQ 绳索取心普通内管钻进技术指标统计表

取心方法	孔段/m	台效/m	小时效率/m	回次进尺/m	平均每天进尺/m	纯钻时间利用率/%	提钻时间占用率/%	扫孔时间占用率/%	扩孔时间占用率/%	其它时间占用率/%
半合管提钻取心	585.75~812.48	91.76	0.82	1.44	3.06	15.48	41.97	8.52	4.94	29.09
NQ 绳索取心	812.48~1201.15	407.34	1.28	1.89	13.58	44.35	49.89	1.45	0	4.31

6 采用半合管取心钻进存在的问题

为保证地震科研需要,全孔基本采用半合管取心方法,虽然保证了岩心采取率和岩心原状性,但在

施工时存在诸多问题与不足,钻进效率远低于普通内管取心方法。HQ 绳索取普通内管取心与 HQ 绳索取半合管取心的技术指标对比见表 3。全孔半合管取心与普通内管取心钻进效率对比见表 4。

表 3 WFSD-1-S1 孔 HQ 绳索取普通内管取心与 HQ 绳索取半合管取心的技术指标对比表

钻进工艺	起 止 孔 深 /m	进尺 /m	回次 数	平均回次进尺/m	纯钻时间利用率/%	辅助时间占用率/%	小时效率/m	台效 /m	采取率/%
普通内管 + HQ 绳索	184.67~194.91、240.62~275.45、291.84~307.63	60.86	39	1.56	49.73	21.63	1.49	556.08	94.94
半合管 + HQ 绳索	194.91~240.62、275.45~291.84、307.63~614.38	368.85	350	1.05	48.06	51.92	1.09	169.95	93.06

表 4 全孔半合管取心与普通内管取心钻进效率对比表

钻 进 工 艺	进尺/m	小时效率/m	台月效率/m	回次进尺/m	纯钻利用率/%
SDB110、94、75 半合管提钻取心及 HQ 绳索半合管取心钻进	842.64	1.02	143.97	1.21	19.52
SDB110 普通内管提钻取心及 HQ、NQ 绳索普通内管取心钻进	484.52	1.23	271.73	1.62	30.59
半合管取心与普通内管取心对比/%	-17.07	-47.02	-25.31	-36.19	

分析表 3 的数据可知,使用绳索半合管取心与使用绳索普通内管取心相比:台效降低 69.44%,小时效率降低 26.85%,纯钻时间利用率降低 3.36%,平均回次进尺降低 32.69%,辅助时间占用率增加 140%,采取率降低 1.98%。

同样从表 4 数据看出,全孔使用半合管取心的小时效率、台月效率、回次进尺及纯钻时间利用率等技术指标均低于普通内管取心。

根据使用情况,分析绳索半合管取心钻进存在的问题与不足是:

(1)绳索半合管长度仅 1.0~1.5 m,回次进尺短、打捞次数多,相应辅助时间多;

(2)绳索取心半合管因尺寸级配要求,管壁薄、刚度差,容易变形损坏,平均每套半合管寿命仅 30.74 m,因此成本较高;

(3)破碎地层钻进堵管时易将半合管顶涨变形,造成半合管过不了 HQ 钻具的座环,因此造成不必要的非正常提钻,平均提钻长度 17.56 m,发挥不

了绳索取心少提钻的优势;

(4)采取岩心相对麻烦,普通内管采心平均 5 min,采用绳索半合管采心需 15 min,辅助时间增加。

7 采用半合管取心钻进的体会

(1)采用半合管取心钻进的钻探综合技术指标均低于普通内管取心,钻探成本相应增大。因此,考虑其综合经济指标,认为除特殊项目及孔段外不宜长孔段采用。

(2)国产半合管钻具均具有强度低、刚性差、易变形、易报废等缺点,使用中需要经常维修、调直、打磨。购买材质及加工工艺好的国外半合管取心钻具,也是一种解决办法。

参考文献:

[1] 张祖培. 硬岩深孔的取心与方法[A]. 中国大陆科学钻探工程技术论文选集[C]. 北京:地质出版社,2007. 156-159.
[2] 张伟,贾军. 汶川地震科学钻探二号孔取心钻进方法的选择[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(7):5-7.