

# 汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-3-P孔钻探施工概况

赵远刚<sup>1</sup>, 樊腊生<sup>1</sup>, 杨明奇<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 610081; 2. 四川省地矿局四〇三地质队, 四川 峨眉山 614200)

**摘要:** 主要介绍了汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-3-P 孔的地层情况、施工过程、钻井液技术、事故的处理与预防技术。在钻探施工中, 采取了高密度低失水水泥浆体系和反复扫孔、起钻中途回灌泥浆的措施, 解决了断层泥缩径、岩层破碎、钻孔坍塌扩径的技术难题, 并取得了原状性完好的岩心。

**关键词:** 汶川地震; 地震断裂带; 科学钻探; 钻探施工; 先导孔; 钻井液; 事故处理与预防

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)09-0018-04

**Situation of WFSD-3-P Drilling Operation of Wenchuan Earthquake Fault Scientific Drilling Project/ZHAO Yuan-gang<sup>1</sup>, FAN La-sheng<sup>1</sup>, YANG Ming-qi<sup>2</sup>** (1. The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 610081, China; 2. 403 Geological Brigade, Sichuan Exploration and Development Bureau of Geology and Mineral Resources, Emeishan Sichuan 614200, China)

**Abstract:** This article introduces the drilling process of WFSD-3-P of Wenchuan earthquake fault scientific drilling (WFSD) project. A series of technical measures of high-density and low-filtration drilling fluid system, repeated reaming and mud recharging in pipe trip were taken to overcome drilling difficulties, such as borehole shrinkage in fault gouge formation, rock breaking and collapsed borehole enlarging. As the result, high quality undisturbed cores have been obtained and rich drilling experiences in earthquake fault have been accumulated.

**Key words:** Wenchuan earthquake; earthquake fault; scientific drilling; drilling construction; pilot hole; drilling fluid; accident treatment and prevention

## 1 概述

WFSD-3-P孔位于四川省绵竹市九龙镇, 是汶川地震断裂带科学钻探项目在龙门山前缘安县-灌县断裂带上实施的第一个钻孔, 也是WFSD-3孔的先导孔。该孔在钻探施工过程中借鉴了WFSD-1孔施工的经验, 优化了井身结构, 采用四开完井工艺, 绳索取心与提钻取心钻进相结合, 优化套管串结构等钻进技术。全孔施工顺利, 圆满完成了钻探任务。该孔设计孔深400 m, 全孔连续取心, 施工实际用时89.5天(含测井和科学实验), 于2009年12月12日完井, 完钻孔深551.54 mm, 岩心采取95.1%。WFSD-3-P孔施工进度曲线见图1。

## 2 钻探施工概况

### 2.1 地层情况

WFSD-3-P孔地层为三叠系、侏罗系的沉积岩层, 岩性主要为砂岩、砾砂岩、粉砂岩、碎裂岩、碳

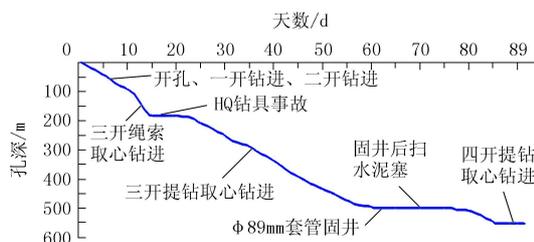


图1 WFSD-3-P孔施工进度曲线

质泥岩以及断层泥等, 岩层产状大致为 $308^{\circ} \angle 48^{\circ} \sim 58^{\circ}$ 。断裂带深度约为440.67~508.78 m(距地表)。钻遇地层的岩性情况: 0~47.26 m为第四系松散堆积物, 地层破碎, 漏失严重; 47.26~440.67 m孔段主要由砂岩、粉砂岩构成, 夹杂早期断层角砾岩、碎裂岩和断层泥等, 上部地层伴有漏失和涌水; 440.67~508.78 m孔段是本孔主断裂带地层, 断层泥厚度达到19.51 m, 主要由断层泥、碎裂岩组成, 该段地层十分破碎, 夹杂的断层泥为黑色, 具有强缩

收稿日期: 2012-08-08

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: 赵远刚(1983-), 男(汉族), 四川人, 中国地质科学院探矿工艺研究所, 勘查技术与工程专业, 从事钻探工艺及工具研究工作, 四川省成都市一环路北二段1号, 171613061@qq.com。

径、粘接性强和膨胀性强的特点;508.78~551.54 m 孔段主要由灰绿色砂岩、紫红色粉砂岩和构造角砾岩组成,地层较为完整。

## 2.2 钻探施工过程

该孔采用 $\phi 152$  mm 硬质合金钻头开孔,钻进至 3.76 m,下入 $\phi 146$  mm 表层套管固井,分三开完钻,下入 2 层技术套管,终孔口径 75 mm,裸眼完钻。钻孔结构见图 2。具体施工过程如下。

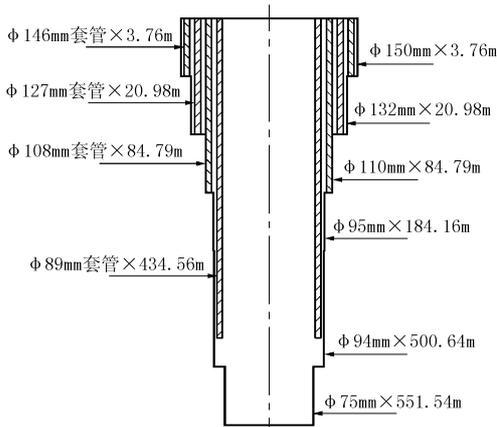


图 2 WFS-3-P 孔钻孔结构

### 2.2.1 一开孔段(3.76~20.98 m)

一开因全孔漏失,采用 $\phi 130$  mm 单管钻具、 $\phi 132$  mm 硬质合金钻头,钻压 8 kN、转速 250 r/min、泵量 32~47 L/min,从孔深 3.76 m 顶漏取心钻进钻至孔深 20.98 m,其中采用硬质合金钻头单管钻具无泵干钻取心 16 个回次,采用硬质合金钻头单管钻具取心 9 个回次。采用“清水+钠土+纯碱+803 堵漏剂”低固相泥浆体系,泥浆日消耗量 7.5~8.5 m<sup>3</sup>,加入 803 堵漏剂堵涌水,效果不佳。因全孔涌水、地层极为破碎、孔内掉块极为频繁、回次沉砂增多、正常取心钻进困难,下入 $\phi 127$  mm 套管至孔深 20.98 m 固井护壁堵水,未能完全堵住涌水。取心钻进主要技术指标如

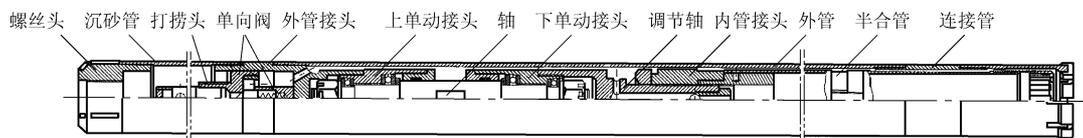


图 3 SDB110 双级单动双管钻具

### 2.2.3 三开孔段(84.79~500.64 m)

三开采用 HQ 绳索半合管取心钻具从 84.79 m 开始钻进,至孔深 184.16 m 发生卡钻事故,强力起拔、打吊锤无效后,采用 $\phi 50$  mm 反丝钻杆+ $\phi 89$  mm 反丝公锥上反孔内钻具,反至 HQ 事故钻具弹卡挡头,换带 $\phi 63$  mm 导向 $\phi 95$  mm 削铁钻具切削剩余钻

下:

- (1)取心钻进进尺:17.22 m;
- (2)平均岩心采取率:88.4%;
- (3)取心钻进回次数:25;
- (4)取心钻孔直径:130 mm;
- (5)完钻孔深:20.98 m;
- (6)完 $\phi 146$  mm 套管下深:20.98 m;
- (7)取心钻进方法:单管取心;
- (8)平均机械钻速:0.77 m/h;
- (9)平均回次长度:0.69 m;
- (10)开钻时间:2009年9月14日12:00;
- (11)完钻时间:2009年9月16日11:40;
- (12)完井时间:2009年9月16日18:00。

### 2.2.2 二开孔段(20.98~84.79 m)

二开取心钻进采用 SDB110 金刚石取心钻具(图 3)取心钻进,钻压 8 kN、转速 250 r/min、泵量 47 L/min,取心钻进 67 个回次至孔深 84.79 m,平均回次长度 0.95 m,平均机械钻速 0.91 m/h,岩心采取率 94.8%,下入 $\phi 108$  mm 套管至孔深 84.79 m 固井,水泥返至孔口。取心钻进主要技术指标如下:

- (1)取心钻进进尺:63.81 m;
- (2)平均岩心采取率:94.8%;
- (3)取心钻进回次数:67;
- (4)取心钻孔直径:110 mm;
- (5)完钻孔深:84.79 m;
- (6)完 $\phi 127$  mm 套管下深:84.79 m;
- (7)取心钻进方法:单管取心、单动双管取心;
- (8)平均机械钻速:0.91m/h;
- (9)平均回次长度:0.95m;
- (10)开钻时间:2009年9月16日18:00;
- (11)完钻时间:2009年9月22日10:00;
- (12)完井时间:2009年9月22日19:00。

具,从 2009 年 9 月 28 日 8:00 至 2009 年 10 月 5 日 5:40 事故处理完毕,恢复正常钻进。从孔深 166.88~500.64 m 换用 SDB94 单动双管半合管钻具取心,于 2009 年 11 月 13 日 9:30 结束取心钻进。三开按照设计要求下入 $\phi 89$  mm 套管至孔深 500 m,由于三开井眼与套管环空间隙仅为 3 mm,且岩心连续破碎,施工

技术难度较大,最终套管下入孔深为 434.56 m。2009 年 11 月 29 日 8:20 完成  $\varnothing 89$  mm 套管固井和扫孔作业。取心钻进主要技术指标如下:

- (1)取心钻进进尺:415.85 m;
- (2)平均岩心采取率:95.8%;
- (3)取心钻进回次数:332;
- (4)SDB110 提钻回次数:253;
- (5)取心钻孔直径:95 mm;
- (6)完钻孔深:500.64 m;
- (7)完  $\varnothing 108$  mm 套管下深:434.56 m;
- (8)取心钻进方法:半合管取心、绳索取心;
- (9)平均机械钻速:0.84 m/h;
- (10)平均回次长度:1.25 m;
- (11)HQ 绳索回次数:79(含提大钻 7 次);
- (12)开钻时间:2009 年 9 月 2 日 19:00;
- (13)完钻时间:2009 年 11 月 13 日 9:30;
- (14)完井时间:2009 年 11 月 29 日 8:20。

(WFS-3-P 孔三开钻进到 184.16 m 发生卡钻事故,处理结束后换用 SDB110 双管钻具取心。)

#### 2.2.4 四开孔段(500.64 ~ 551.54 m)

采用 SDB75 mm 单动双管半合管钻具从 500.64 m 取心钻进至 510.25 m(10 个回次),采用 SDB75 mm 单动双管普通内管钻具从 510.25 m 取心钻进至 551.54 m(19 个回次),裸孔完井。取心钻进主要技术指标如下:

- (1)取心钻进进尺:50.90 m;
- (2)平均岩心采取率:97.9%;
- (3)取心钻进回次数:29;
- (4)半合管回次数:10;
- (5)取心钻孔直径:75 mm;
- (6)完钻孔深:551.54 m;
- (7)完井方式:裸孔洗井;
- (8)取心钻进方法:半合管、普通内管取心;
- (9)平均机械钻速:0.80 m/h;
- (10)平均回次长度:1.76 m;
- (11)普通内管回次数:19;
- (12)开钻时间:2009 年 11 月 30 日 12:30;
- (13)完钻时间:2009 年 12 月 8 日 7:00;
- (14)完井时间:2009 年 12 月 12 日 19:00。

#### 2.3 孔斜控制技术

WFS-3-P 孔为垂直孔,终孔顶角  $3.0^\circ$ 、方位角  $134^\circ$ 。钻孔顶角及“狗腿”度随孔深演变情况见图 4。

WFS-3-P 孔钻遇地层主要为砂岩、泥岩(含

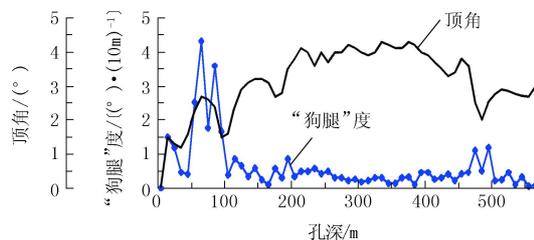


图4 WFS-3-P 孔顶角和“狗腿”度随孔深变化曲线

断层泥)、角砾岩、碎裂岩等,地层的自然造斜强度不是很高,在防斜方面主要做好设备安装、开孔、扩孔、换径等方面的工作。

(1)钻塔、钻机的安装周正、水平、稳固,保证天车、回转器、钻孔中心三点一线;

(2)开孔时,主动钻杆不得有偏摆,轴心压力要均匀,随钻孔加深而加长岩心管;

(3)提钻取心采用  $\varnothing 50$  mm 外丝钻杆;

(4)在钻进条件许可的情况下尽量采用绳索取心钻进技术,实现满眼钻进;

(5)取心钻进中钻压较小,平均机械钻速只有 0.85 m/h,有利于防斜;

(6)坚持 50 ~ 100 m 测斜一次。

#### 2.4 钻井液技术

WFS-3-P 孔钻进中遇到了孔内漏失、涌水、长破碎带裸眼钻进、长孔段缩径等复杂情况。采用无固相冲洗液、低固相泥浆和高密度低失水泥浆体系克服了孔内各种复杂情况,顺利按期完成钻探施工任务。WFS-3-P 孔钻井液使用情况见表 1。

#### 2.5 事故预防与处理

WFS-3-P 孔钻探施工期间共发生 14 起事故,损失时间 560.33 h,事故类型主要有:钻杆折断(2 起)、钻杆脱扣(2 起)、卡钻(1 起)。其中卡钻事故为重大事故,HQ 绳索取心打捞内管取心(岩心如图 5)时,准备上提钻具卸主动钻杆时憋泵、埋钻卡死,整个事故处理时间 165 h。



图5 WFS-3-P 孔卡钻事故第 184 回次岩心  
(孔深 181.94 ~ 184.16 m)

##### 2.5.1 具体处理过程

(1)第 184 回次钻进至孔深 184.16 m,准备上提钻具卸主动钻杆时憋泵、卡钻,强力起拔、打吊锤等均无效果,强力拉脱 HQ 钻杆。