

汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1) 定向钻进技术的应用

吴金生¹, 宋 军¹, 尤建武², 曹其友², 张文英¹

(1. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734; 2. 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:汶川地震断裂带科学钻探1号孔(WFSD-1)发生的孔内事故钻具无法进行处理,需进行定向钻进(侧钻)绕过事故钻具,用LZ-89型连续造斜器在580.07 m水泥孔底上侧钻,用3 h 20 min造斜进尺3 m就偏出新孔转入正常钻进。介绍了该次定向钻进(侧钻)的技术要点。

关键词:科学钻探;汶川地震断裂带;孔内事故;连续造斜器;侧钻

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)12-0020-03

Application of Directional Drilling Technology in the Hole WFSD-1 of Wenchuan Earthquake Fault Scientific Drilling Project/WU Jin-sheng¹, SONG Jun¹, YOU Jian-wu², CAO Qi-you², ZHANG Wen-ying¹ (1. The Institute of Exploration Technology of CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2. 403 Geological Brigade of Sichuan Exploration and Development Bureau of Geology and Mineral Resources, Emeishan Sichuan 614200, China)

Abstract: In the complicated formation, 2 drill strings were broken in the hole WFSD-1 and 2 fishers were lost in it. Directional drilling was conducted to pass by the accident drilling tools. LZ-89 continuous whipstock was used for sidetracking at the bottom of the cement hole with the depth of 580.07m. A new hole was generated after 3m directional drilling in more than 3 hours. The paper introduced technical points of the directional drilling (sidetracking).

Key words: scientific drilling; Wenchuan earthquake fault; downhole trouble; continuous whipstock; sidetracking

1 工程概况及背景

汶川地震断裂带科学钻探1号孔(WFSD-1)设计孔深1200 m,由四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队施工。该孔地质情况复杂,钻遇汶川地震主断裂带的超厚断层泥,钻进过程中由于地应力释放,断层泥迅速膨胀引起钻孔严重缩径,钻进十分困难,容易发生孔内事故。

2009年3月25日在孔深625.8 m处发生夹钻事故,处理过程中事故进一步复杂化,2根Ø89 mm岩心管及内管总成(总长5.54 m),包括钻头扩孔器及Ø89 mm公锥留在孔内,事故头位置在孔深616.16 m处。

为保障孔内安全和继续顺利施工,汶川科学钻探工程中心钻井工程部研究决定采用定向钻进(侧钻)技术绕过事故钻具,由中国地质科学院探矿工艺研究所与四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队合作承担该侧钻任务。

2 定向钻进(侧钻)专用设备及原理

2.1 主要仪器设备

LZ-89型连续造斜器(图1)1套,DX-2型定向仪(图2)1台,Ø94 mm天然表镶金刚石造斜钻头1个,手动绞车1台。



图1 造斜器外貌(工作状态)

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:吴金生(1970-),男(汉族),安徽人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,成都理工大学在读博士,地质工程专业,从事钻探技术及地质灾害防治工程的研究工作,四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路139号。



图 2 DX-2 型定向仪

2.2 LZ 型连续造斜器原理

LZ 型连续造斜器分为定子和转子 2 部分。当造斜器处于自由状态时,楔形滑块处于回收位置,定位套与定位接头互锁,定子与转子不能相对转动;当通过造斜器施加钻压时,定位接头与定位套解锁,转子可以转动,楔形滑块在钻压作用下接触孔壁,孔壁对滑块的侧压力将造斜器推向孔壁另一侧,因钻头直径大于外壳直径,于是钻头先接触孔壁并对其产生一个侧压力——造斜力。钻进过程中钻头不断在固定方向上铣削孔壁,最终产生新孔。

3 侧钻分支点选择及建造水泥孔底

侧钻成功的先决条件是在尽量减少报废工作量条件下,选择孔壁相对完整孔段,建造具有足够强度的水泥孔底。

3.1 侧钻分支点确定

事故头孔深 616.16 m,从 585.65 m 开始进入断层泥层位,不具备侧钻条件。585.65 m 以浅为相对完整的凝灰岩,从尽量减少报废进尺和适合侧钻分支两方面综合考虑,侧钻分支点确定在 580 m。

3.2 建造水泥孔底

因该孔使用的是高密度(1.55 g/cm³)泥浆,为不影响水泥凝固强度,注水泥之前用清水替出孔内泥浆。

设计采用 42.5 拉法基硅酸盐水泥,水灰比 0.45,添加 1% 速凝剂;设计固结水泥塞长度 10 m,注入水泥浆体积为 0.65 m³。

注入水泥后,应准确计算替水量,用清水将水泥浆压送到预定位置。替水量过多会稀释水泥浆,影响水泥结石强度;替水量不足则达不到设计的固结长度。根据以往成功经验,采用以下公式计算替水量:

$$w = w_1 + w_2 - (1/2)w_3$$

式中: w ——压浆替水量, m³; w_1 ——钻杆柱内容积, m³; w_2 ——地表管路容积, m³; w_3 ——水泥浆体积, m³。

式中采用(1/2) w_3 是根据钻杆单位长度内容积与环空单位长度容积相近的情况下,注入水泥浆的一半被替到钻杆与孔壁环状间隙中,另一半保留在钻杆内,达到孔底钻杆内外水泥浆液高度基本一致的目的。在钻杆提升过程中,可保持水泥浆不被稀释。

施工中共注入水泥浆液 0.65 m³,替水量 0.75 m³,候凝 72 h 后通孔至 580 m,并取出水泥结石岩心,固结硬度达到了实施侧钻的要求。

4 造斜器孔内定向及安装角计算

造斜器在孔内定向是确定造斜器楔形滑块在孔内的安装位置,即工具面向角,工具面向角决定了侧钻的方向,如图 3 所示,上下左右代表钻孔上下左右侧帮,滑块安装在钻孔上帮时,造斜结果顶角减小;安装在下帮顶角增加;安装在左侧帮时方位角增加,安装在右侧帮时方位角减小。WFSD-1 孔原设计顶角为 10°,在孔深 580 m 处顶角 11.13°,方位 155.94°。为尽可能垂直断裂带走向穿过主断层,要求侧钻偏出新孔的方位角比原孔要小。为此,造斜器楔形滑块安装在右侧帮。安装角计算采用作图法,如图 4 所示,先画 OA 射线代表孔深 580 m 的方位角 155.94°,用一定长度代表 1°的比例尺截取 OC 代表 580 m 孔深处的顶角 11.13°。欲使方位角减小 4°而顶角基本不变,画出 OB 射线,并截取 OD 同为 11.13°,连结 CD,β角即为安装角,用量角器量出 β≈95°,基本含义是楔形滑块以钻孔下帮为起点逆时针转动 95°。

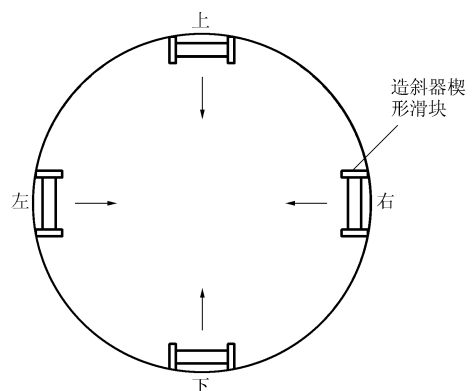


图 3 造斜器孔内安装示意图

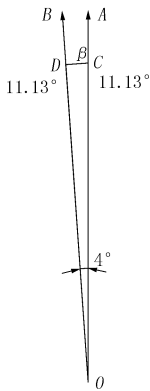


图4 安装角的计算

与连续造斜器配套使用的是DX-2定向仪,该定向仪属于偏重原理定向仪。传感器用导线从钻杆中心下入孔内,孔口转动钻杆,摆锤与金属片接触,毫安表指针左右摆动;当摆锤与金属片脱离,指针停在中间零的位置不动,继续转动钻杆,如果零的位置持续时间很短(又称为短零),该位置即是造斜器定向位置。

5 定向钻进(侧钻)技术要点

本次侧钻技术难度大:一是钻孔较深,造斜器孔内定向及钻压控制具有一定难度,稍有不慎将达不到预期效果;二是可侧钻造斜孔段很短,造斜孔底深580.07 m,从585.65 m开始进入断层泥层位,实际可利用造斜孔段只有5.58 m,如果一次侧钻不成功,势必要重新灌注水泥,拖延工程进度。为确保一次侧钻成功,采取如下技术措施:

(1)LZ-89型连续造斜器的工作原理是钻头侧向切削孔壁,要求钻头侧刃必须锋利。侧钻造斜的孔段为较硬凝灰岩,因此我们选用 $\varnothing 94$ mm天然表镶造斜钻头。

(2)造斜钻进期间采用大钻压、低转速,钻压33 kN。调节动力机油门,降低转速,使用HXY-6型钻机一档转速(65 r/min)。大钻压低转速的目的一方面是提高钻头侧向切削力,另一方面是提高钻头侧向切削速度与轴向进尺速度比值,取得预期侧钻效果。

(3)施工使用 $\varnothing 60$ mm钻杆,刚度较大,不利于造斜。实施中,在造斜器与 $\varnothing 60$ mm钻杆之间加一长3.36 m的 $\varnothing 50$ mm钻杆,以降低造斜器上部刚度。钻具组合: $\varnothing 94$ mm侧钻钻具 $\times 2.97$ m + $\varnothing 50$ mm单根 $\times 3.36$ m + 变丝接手 $\times 0.16$ m + $\varnothing 60$ mm钻杆 $\times 569.28$ m。

(4)尽可能加长机上余尺,在不加钻杆的情况

下,完成侧钻造孔。

(5)侧钻形成新孔后,钻进2个回次,取出完整岩心,证明侧钻成功,实施正常取心钻进,侧钻示意图如图5所示。

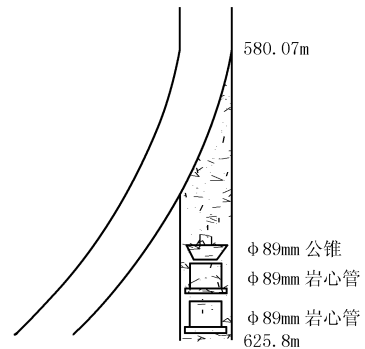


图5 WFS-1孔侧钻示意图

6 定向钻进(侧钻)技术效果

2009年4月1日,在孔深580.07 m处开始侧钻,用3 h 20 min侧钻进尺3.0 m,在孔深583.07 m处取出完整岩心,钻进效率0.9 m/h,并且侧钻形成新孔的顶角、方位与设计预期值较好的吻合,见表1。

表1 新孔顶角、方位与设计预期吻合情况

项目	侧钻前	预计新孔	侧钻后实际	吻合程度
	/($^{\circ}$)	/($^{\circ}$)	/($^{\circ}$)	/%
顶角	11.13	11.13	11.44	97
方位角	155.94	151.94	152.31	99

7 主要体会

用定向钻进(侧钻)技术绕过孔内事故钻具,具有安全可靠,孔内不留隐患等特点。本次WFS-1孔侧钻绕障成功,为该孔后续施工奠定了比较好的基础。

采用连续造斜器侧钻技术还可以用于补取岩心、避开急斜孔段和施工定向分支孔等,具有经济、适用和操作简便的特点,在地质岩心钻探施工中具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴光琳.定向钻进工艺原理[M].成都:成都科技大学出版社,1991.
- [2] 张文英,刘卫东,赵燕来,等.若尔盖铀矿区复杂易斜地层定向分支钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8).
- [3] 王政先.堵漏及封孔替浆量计算问题商榷[J].探矿工程,1990,(6).