

汶川地震科学钻探二号孔取心钻进方法的选择

张伟¹, 贾军²

(1. 中国地质调查局, 北京 100037; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:介绍了汶川地震科学钻探项目二号孔取心钻进方法的选择。针对龙门山断裂带的地质条件,在对现有取心钻进方法进行技术经济评价的基础上,选择顶驱-绳索取心钻进方法作为设计深度3000 m的汶川地震科学钻探二号孔的取心钻进方法。

关键词:地震;科学钻探;取心钻进方法

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)07-0005-03

Selection of Core Drilling Method for WFS-2 of Wenchuan Earthquake Scientific Drilling Project/ZHANG Wei¹, JIA Jun² (1. China Geological Survey, Beijing 100037, China; 2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: This article introduces the selection of core drilling method for the second borehole of Wenchuan Earthquake Scientific Drilling Project. According to the formation condition of Longmenshan fault zone and on the basis of technical and economical evaluation on the existing core drilling methods, top-drive and wireline coring method has been selected out as the deep hole coring method of Wenchuan Earthquake Scientific Drilling Project.

Key words: earthquake; scientific drilling; coring method

1 汶川地震科学钻探的目的及钻孔技术要求

汶川地震科学钻探的目的是:在汶川特大地震和复发微地震的源区——龙门山北川-映秀断裂及龙门山前缘安县-灌县断裂傍侧先后实施4口科学群钻(1200 m钻孔和3000 m钻孔各2口),通过钻探获取地下深处的信息,研究地震断裂发震机理。完钻后,将在钻孔内安放地震探测仪器,建立长期地震观测站,为未来地震的监测、预报或预警提供基本数据。

汶川地震科学钻探项目的二号孔(WFS-2)设计孔深3000 m,要求全孔采用150 mm口径取心钻进,岩心直径 ≥ 85 mm,岩心采取率 $\geq 85\%$ 。钻进的岩层条件为:上部是花岗闪长岩和中酸性火山岩,下部是三叠系的泥岩、页岩和砂岩。由于位于地震断裂带,岩层破碎情况严重。

该孔钻探技术设计的核心问题是取心钻进方法的选择,因为在钻探施工的所有环节中,取心钻进施工的时间最长、成本最高;取心钻进方法的选用,对钻探施工时间、成本、质量和钻孔安全,都起着重要的影响作用;钻探设备的选择也要受到取心钻进方法的制约。

2 可能用于WFS-2孔的取心钻进方法

可能用于WFS-2孔取心钻进的方法有:顶驱-绳索取心钻进方法、螺杆马达-提钻取心方法和螺杆马达-液动锤-提钻取心方法。其中,螺杆马达-提钻取心方法和顶驱-绳索取心钻进方法是国外科学钻探常用的取心方法,螺杆马达-液动锤-提钻取心是由中国大陆科学钻探工程中心在施工CCSD科钻一井时发明的一种新方法。

取心钻探技术设计的任务就是要在现有的取心钻进工艺方法中选择一种最佳的用于钻探项目的施工。

德国施工KTB先导孔时采用液压顶驱和金刚石绳索取心钻进方法,取心钻孔直径152 mm,取心钻进孔深3893 m。美国施工夏威夷科学钻孔时也采用液压顶驱和金刚石绳索取心钻进方法,取心钻孔直径98 mm,取心钻进孔深3519.5 m。

我国金刚石绳索取心钻探的孔深纪录是:采用从日本进口的立轴式钻机(TXL-1E)和金刚石绳索取心钻具,在山东钾盐勘探中以80 mm口径钻进到2505 m;采用国产立轴式钻机(HXY-8)和金刚石绳索取心钻具,在山东济宁铁矿勘探中以76 mm口径钻到2104 m。

收稿日期:2009-06-19

基金项目:科技部重大专项项目“汶川地震断裂带科学钻探”

作者简介:张伟(1954-),男(汉族),湖北恩施人,中国地质调查局科技外事部新技术处处长、汶川地震科学钻探工程中心总工程师、教授级高级工程师,探矿工程专业,博士,负责组织汶川地震科学钻探工程的钻探和测井施工,北京市西城区阜外大街45号院,zhangwei@wfsd.org。

中国大陆科学钻探工程科钻一井取心钻进至 5158 m 深度, 钻孔直径 157 mm, 岩心直径 95 mm。在科钻一井施工中, 共采用了 7 种取心钻进方法, 累计取心钻进 4995 m, 其中采用螺杆马达-液动锤提钻取心钻进方法进尺 4039 m。与其它 6 种取心钻进方法(包括)相比, 螺杆马达-液动锤提钻取心钻进方法的机械钻速提高 57%, 回次长度提高 186%。该方法的采用, 对中国大陆科学钻探工程项目的成功实施, 起到了决定性的作用。该方法被认为是一种高效、优质、低成本和安全的硬岩深井取心钻进方法。该方法与其它两种典型的取心钻进方法施工 5000 m 科学钻孔的经济性比较结果列于表 1。

表 1 采用不同方法进行 5000 m 取心钻进的经济性比较

取心钻进方法	机械钻速 /($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	回次长度/m	提钻间隔/m	钻进时间/d	钻进成本 /万元
螺杆马达提钻取心	0.7	3	3	1167	7083
顶驱绳索取心	0.7	3	20	639	5122
螺杆马达-液动锤提钻取心	1.1	7	7	563	4130

注: 钻进的岩石主要为榴辉岩和片麻岩, 较完整, 可钻性 8~9 级, 钻头直径 157 mm。

3 科钻一井取心钻进方法在汶川科学钻探项目中应用的局限性

既然螺杆马达-液动锤提钻取心方法是一种很好的深孔取心钻进方法, 那么我们在制定汶川地震科学钻探技术方案时是否可以考虑采用这种取心钻进方法呢? 根据汶川地震科学钻探项目一号孔(WFSD-1)钻探施工的结果, 由于地层破裂严重, 螺杆马达-液动锤提钻取心方法在汶川地震科学钻探项目中使用会受到限制。

WFSD-1 孔施工遇到了很大的困难。钻孔所在的龙门山断裂带, 历史上发生过许多次地震, 每一次地震都给地下的岩石带来破坏, 因此钻遇的岩层破碎严重, 钻进中存在取心困难, 孔壁坍塌、掉块、卡钻和钻具断裂事故时有发生。钻进到 585 m 以后, 遇到了泥岩和泥质页岩, 由于粘土矿物吸水膨胀以及在地应力作用下岩层的塑性流动, 钻孔缩径卡钻现象严重。该孔的钻探技术经济指标较差: 平均机械钻速约为 1 m/h; 平均回次进尺长度约为 1.15 m。为了保证岩心的原状性, 主要采用半合管取心。

尽管在破碎地层中采用液动锤钻进能够增加回次进尺长度, 提高钻进效率, 但由于强烈的机械震动会使岩石破碎情况加剧, 破坏了岩心的原状结构, 满

足不了地质研究的特殊要求, 因此, 在施工汶川地震科学钻孔时不宜采用液动锤。

受到钻具结构的限制, 采用半合管取心钻进难于实现长回次钻进, 但可以保持岩心的原始结构, 达到地质研究的要求。

根据图 1 和表 2 所示的分析结果, 采用提钻取心钻进方法施工, 在取心回次进尺 < 2 m (图中的 1 区) 时, 钻进施工效率会非常低, 3000 m 取心钻进所需的时间会很长。只有取心回次进尺 ≤ 8 m (图中的 4 区) 时, 采用提钻取心方法才能获得高的钻进施工效率。在科钻一井中采用螺杆马达-液动锤提钻取心方法的回次进尺长度达到了 8 m, 因此钻进施工效率相当高。在汶川地震断裂带岩石严重破碎、回次进尺很短的条件下, 采用提钻取心的方法显然是不合理的。

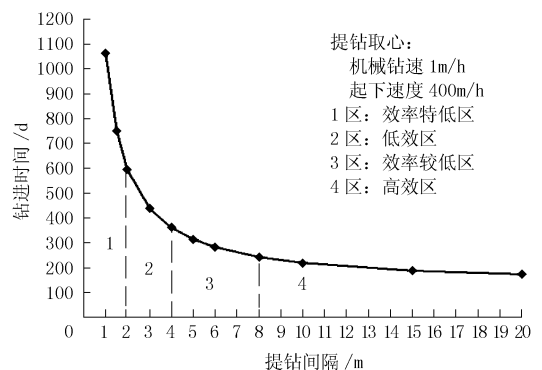


图 1 提钻间隔对 3000 m 孔取心钻进时间的影响

表 2 采用提钻取心方法施工 3000 m 钻孔时提钻间隔与取心钻进施工时间的关系

提钻间隔/m	取心钻进时间/d	提钻间隔/m	取心钻进时间/d
1	1063	4	360
2	594	8	243

注: (1) 取心钻进施工时间包括钻进时间和起下钻时间, 所有其它时间不含在内; (2) 取心钻进时间的计算公式参见文献[4]。

4 绳索取心方法与提钻取心方法的比较

根据图 2 所示的分析结果, 当取心回次进尺短时, 采用绳索取心方法比提钻取心方法钻进施工效率要高得多, 完成 3000 m 取心钻进所需要的时间也短得多。起下钻速度对于绳索取心钻进施工效率的影响不明显, 而回次进尺长度的影响相对要大一些。但总的来说, 在提钻间隔达到 20 m 后, 即使是回次进尺很短时, 绳索取心钻进施工的效率也不会受到显著的影响。而当提钻间隔 < 20 m 时, 绳索取心钻进施工的效率会有较明显的降低(图 3)。

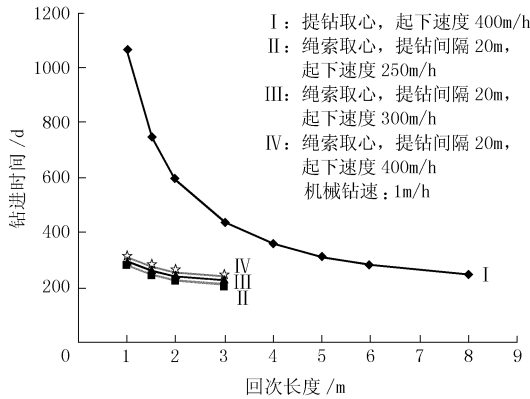


图 2 回次长度和起下钻速度对 3000 m 孔取心钻进时间的影响

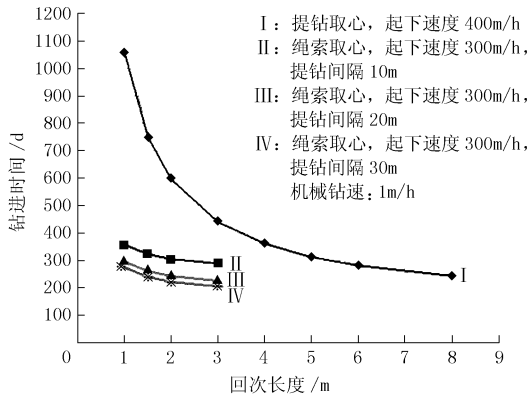


图 3 回次长度和提钻间隔对 3000 m 孔取心钻进时间的影响

探项目的技术经济评价,得出以下结论:

(1) 不存在对所有的地层和取心质量要求都经济有效的取心钻进方法。不同的取心钻进方法适用于不同的地层条件,应该根据钻探项目的地层条件和取心要求来选择取心钻进方法。

(2) 汶川地震断裂带岩石破碎严重,取心回次进尺很短,在此条件下施工 3000 m 取心钻孔,绳索取心方法比提钻取心方法的施工效率高得多。

(3) 深孔绳索取心钻进的提钻间隔应不低于 20 m,否则绳索取心钻进的优势会有明显的降低,钻探施工的经济性会受到较显著的影响。

参考文献:

- [1] B. Engeser and L. Wohlgenuth. Das Kontinentale Tiefbohrprogramm der-Bundesrepublik Deutschland-KTB Bohrtechnische Dokumentation KTB REPORT 95 - 4 [M]. Niedersaechsischen Landeamt fuer Bodenforschung, 1996.
- [2] 张伟. 夏威夷科学钻探项目的钻探技术和施工情况 [J]. 探矿工程, 1999, (4), 52 - 53.
- [3] 王达, 张伟, 张晓西, 等. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] 张伟, 王达. 基于技术经济评价的取心钻进方法设计 [J]. 地质科技情报, 2007, 26(5), 95 - 99.
- [5] 张伟. 取心钻进工艺方法的技术经济学分析——施工时间分析 [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(8), 1 - 3.
- [6] 张伟. 金刚石绳索取心钻进施工效率影响因素分析 [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10), 22 - 24.

5 结论

通过对现有取心钻进方法用于汶川地震科学钻

CGJ2000S 型搓管机在俄罗斯跨海大桥工程中成功应用

本刊讯 2009 年 3 月,中国地质科学院勘探技术研究所最新研制的 CGJ-2000S 型搓管机出口俄罗斯,6 月 1 日 CGJ-2000S 型搓管机在俄罗斯远东的海参崴跨海大桥工地成功完成了第一根 Ø2000 mm 主桥墩桩孔的全套管施工,19 m 孔深的全套管钻进仅用时 4 h,搓管机调试首战告捷,高效和优异的性能获得了俄方施工技术人员的一致好评。

海参崴跨海大桥是俄罗斯建设的最大跨海大桥,大桥连接海参崴和南部的俄罗斯岛,2012 年亚太经合 APEC 峰会将在俄罗斯岛上举行。工地场面宏大,分主桥墩建设区和引桥墩建设区,聚集了当今世界最先进的大型岩土钻掘设备,包括日本的全回转套管钻机和斜塔式旋挖钻机、德国宝峨的岩石旋挖钻机和搓管机、韩国的大直径反循环回转钻机、香港嘉力臣反循环钻机等。

跨海大桥主桥墩直径 2000 mm、深度达 76 m,CGJ-2000S 型搓管机和 YTR260 型旋挖钻机配套,采用全套管旋挖成孔工艺完成桥墩地基上部 20m 砂层的钻掘施工。6 月 1

日中午开始下 Ø2000 mm 套管钻进,搓管机超前搓管下压套管,旋挖钻机驱动短螺旋钻头、筒钻和捞砂斗在套管内进行钻掘。施工从一开始就非常顺利,4h 套管钻进 16m,套管内旋挖钻进 19m,经孔深测量和钻出的岩屑判断已进入岩层。此孔套管不起拔,等待反循环钻机在套管内采用球齿滚刀钻头继续钻进至 76 m 终孔。经过俄方使用后的初步对比认为:我国 CGJ-2000S 型搓管机在套管夹持力和套管钻进能力方面均优于国外同类产品,但在外观和控制方式方面和国外钻机相比仍有差距,有待改进和提高。

CGJ-2000S 型搓管机是勘探技术研究所继 CGJ-1500S 型、CGJ-1800S 型、CGJ-1200S 型之后研发成功的国内最大型旋挖搓管机,该机首次在海参崴跨海大桥工程中的成功实践,标志了我国全套管旋挖钻进设备在俄罗斯沿海地区桩基施工新领域占据了一席之地,拓宽了搓管机的应用领域,发挥了搓管机环保、安全、广谱、高效的特点,显示了其广阔的市场前景。