

# 汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)项目 钻探和测井课题组织实施经验与体会

胡时友<sup>1,2</sup>, 宋 军<sup>2</sup>, 张 伟<sup>3</sup>, 刘同良<sup>2</sup>, 牟 姝<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734; 3. 中国地质调查局, 北京 100037)

**摘 要:** 简要介绍了汶川地震断裂带科学钻探项目的组织管理机构及管理方式, 重点介绍了其中的钻探与测井课题的组织实施方式。本课题在龙门山断裂带上实施了 5 口钻孔, 历时 6 年。钻探施工经历了从承包制到日费制的变化, 后来在日费制中引入了激励机制。总结了现场管理的有效做法, 探讨了适合于复杂地层科学钻探的管理模式, 其经验和体会对类似项目具有借鉴意义。

**关键词:** 科学钻探; 汶川地震断裂带; 组织管理

**中图分类号:** P634.7   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-7428(2014)09-0089-05

**The Experience and Understanding for Organizing and Implementing Drilling Engineering of Wenchuan Earthquake Scientific Drilling Project/HU Shi-you<sup>1,2</sup>, SONG Jun<sup>2</sup>, ZHANG Wei<sup>3</sup>, LIU Tong-liang<sup>2</sup>, MOU Shu<sup>2</sup> (1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 3. China Geological Survey, Beijing 100037, China)**

**Abstract:** After briefly introducing the management of Wenchuan earthquake scientific drilling project, including organization structure and management mode of the project, this article focuses on describing organization and management of drilling engineering of the project. In a six year period, five holes were drilled along Longmenshan earthquake fault zone. The drilling contract mode of the project changed from general contracting system to daily cost system. And incentive mechanism was introduced into daily cost system later. The article summarizes successful on-site experiences of drilling engineering management of the project and discusses management mode of scientific drilling projects, especially for those, whose formation and drilling conditions are very complicated. The experiences and understandings gained in this project will be useful for similar scientific drilling projects.

**Key words:** scientific drilling; Wenchuan earthquake fault; organization and management

## 1 概况

“汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)”项目是国家“十一五”科技专项,按科技支撑计划项目的管理办法进行管理,该项目由国土资源部负责、国土资源部和中国地震局共同组织实施。项目共设 17 个课题,主要由中国地质调查局和中国地震局下属的研究单位承担,项目总经费 21412 万元,其中的第二个课题“科学钻探与科学测井”由中国地质科学院探矿工艺研究所(以下简称工艺所)承担。该课题的主要任务是在汶川地震断裂带上实施 5 口科学钻孔,为地震研究提供岩心和测井资料,为在地层深部进行科学实验提供通道,为长期监测提供基本条件。在课题实施过程中,因龙门山地震断裂带岩层破碎

非常严重,钻进施工条件十分恶劣,导致钻探施工中孔内事故频发,处理事故和侧钻耗费了大量时间;再加上科学钻探对取心质量要求极高(岩心直径大、原状性好、采取率高),施工现场多次遭遇山洪、泥石流等地质灾害的袭击,该项目的钻探施工效率远低于常规的钻探项目,项目完成时间由 2011 年 12 月延期至 2014 年 6 月。

## 2 项目的组织管理机构及管理方式

针对该项目经费额度大、跨学科、跨部门以及参加人员多、钻探工程与地学研究相结合、各级领导高度重视和国际学术界十分关注的特点,为加强项目的协调与沟通,确保项目的顺利实施,经国土资源部

收稿日期:2014-06-30

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:胡时友(1964-),男(汉族),重庆合川人,成都理工大学在读博士,中国地质科学院探矿工艺研究所所长、党委副书记,汶川地震科学钻探工程中心副主任,教授级高级工程师,探矿工程专业,工学硕士,从事探矿工程和地质灾害监测防治技术的研究、开发和管理,四川省成都市郫县成都现代工业港(北区)港华路 139 号, hushiyou737@sina.com。

批准,设立了中国地质调查局汶川地震科学钻探工程中心(以下简称汶川科钻中心),主要任务是承担并组织实施汶川地震断裂带科学钻探工程项目,组织开展相关科学研究和国际合作工作。汶川科钻中心下设地学实验研究部(负责钻孔选址、地学研究和长期观测)、钻井工程部(负责钻探、测井、录井等钻井工程)和行政办公室(负责行政管理和综合服务)。该项目的17个课题由3个部门的8个单位来承担,参加人员有200多人。各部门、各课题承担单位之间能否做到协调一致,相互配合、支持与协作,直接关系到项目能否顺利进行和取得成果。为确保项目的顺利实施,工艺所向科钻中心行政办公室委派专职人员,负责中心日常行政管理和后勤保障工作。行政办公室在项目实施过程中,做了大量的组织与内外部的协调工作。

为做好项目的组织管理工作,按照科技部和财政部共同制定的“国家科技支撑计划管理暂行办法”和“国家科技支撑计划专项经费管理办法”,结合该项目的实际,汶川科钻中心制定了“汶川地震科学钻探工程中心工作规则”、“汶川地震科学钻探工程中心保密工作暂行规定”、“汶川地震科学钻探工程中心工作人员廉洁自律暂行规定”、“汶川地震科学钻探工程中心行政办公室职责”、“汶川地震科学钻探工程中心地学实验研究部职责”、“汶川地震科学钻探工程中心钻井工程部职责”、“汶川地震断裂带科学钻探工程项目财务管理若干规定”等规章制度。

为了增强中心凝聚力,项目实施以来,中心每年都组织了对一线职工慰问和表彰活动,利用办公楼走廊、现场实验室等地方布设成果展板等方式进行科钻最新研究成果及相关科普知识介绍。

### 3 钻探与测井课题的组织实施

#### 3.1 钻探与测井课题的组织管理架构

工艺所按照“科学钻探与科学测井”课题任务书所确定的各项任务,组建了研究团队,落实了配套条件,明确了课题组长负责制,制定了“科学钻探与科学测井”课题实施管理办法。到2011年,2号和3号钻孔同时施工,课题管理的组织架构如图1所示。在课题组长之下设现场管理分组(每个钻孔的现场都有一个管理分组)、钻探技术与物资分组、测井技术与管理分组,明确了课题组长和各管理分组的职责与分工。

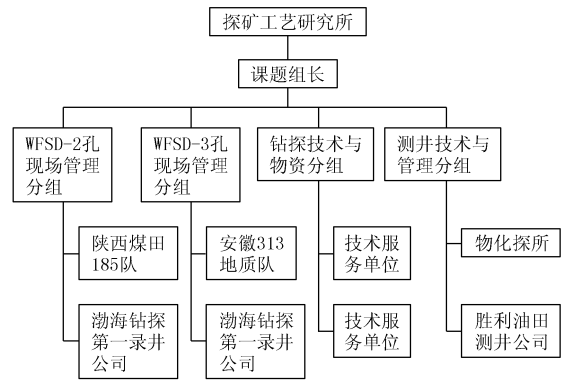


图1 科学钻探与科学测井课题的组织管理框图

#### 3.2 钻探施工队伍的选择

按照政府采购法、招投标法等法规的要求,我们委托具有招标代理资质的机构,采用了公开招标的方式在全国范围内选择技术经济实力强、具有深孔复杂地层钻探经验的钻探队伍承担了5口钻孔的施工任务,同时也采取了公开招标的方式选择了测井和录井施工单位。由于科学钻探的特殊性,在公开招标发布之后,我们也组织了对报名参加投标的队伍的实地考察工作,以进一步了解报名单位的技术实力、施工经验和管理能力。

#### 3.3 钻探施工组织管理模式

##### 3.3.1 钻探施工合同从承包制到日费制的改变

本项目钻探施工的组织管理模式最初采用常规的做法,即甲方(工艺所)通过招标选择钻探施工单位(乙方),然后与乙方签订合同,要求乙方在规定的时间和经费范围内完成钻探施工任务,钻探施工所需的包括人员、材料、设备机具等全部费用由乙方承担。乙方在实施钻探工程时,自己制定施工方案和计划,并承担这些方案和计划实施所产生的后果,譬如钻探施工超期带来的经济损失由乙方自己承担。甲方对乙方的施工方案和计划要进行审查,并在施工过程中对钻探施工的效率、质量和安全进行监督。该项目的WFS-1孔、WFS-3P孔、WFS-3孔和WFS-2孔的上半段,都采用了这种钻探施工组织管理模式。甲方委托汶川地震科学钻探工程中心钻井工程部进行钻探施工管理。

甲方在项目实施中发现,钻探施工的效果远不如预期。经分析,认为主要原因如下:首先是由于龙门山地震断裂带岩层破碎严重,钻进施工条件十分恶劣,钻孔垮塌、扩径、缩径和漏失等诸多问题同时存在,给取心和钻进施工带来了很大困难。此外,地学研究对钻探施工提出了一系列特殊要求,如大直径、深孔连续取心,高的岩心采取率和好的岩心原状

性,大斜度钻孔,等等。因此,汶川地震科学钻探项目的钻探施工是特殊的钻探施工,地层条件以及对钻孔和取心的要求都不同于常规的钻探项目,对钻探设备、器具和施工工艺常有特殊的要求,有时甚至要求边施工、边研发,以解决一些意想不到的技术难题。一般的施工单位一方面不具备这样的能力和经验,另一方面他们不愿意在施工中投入研发经费,更愿意采用现有技术。因此,他们采用的施工方案往往不是最佳方案,很难解决施工中的技术问题,其结果是效率低、成本高。再加上经验和信息的缺乏,经常造成停工待料。其次,当施工方案调整,或出现合同中没有的施工内容时,甲方和乙方之间容易产生争议,难以达成一致。而在地震带上实施的以科学研究为主要目标的科学钻探,这种方案的调整和变更是经常发生的。

以上问题在WFSD-1孔和WFSD-3孔施工中均有显现,在WFSD-2孔的上半段施工中表现得较为突出。WFSD-2孔施工时遇到了较多的技术难题,当时的钻探施工队伍由于技术和管理水平的限制,未能很好地解决这些技术难题,导致钻探施工效率低下,施工进度远低于计划。为了解决此问题,工艺所在施工组织方面采取了两项措施:①更换钻探队伍;②采用“甲方指挥施工的日费制”,即甲方负责从钻探设计、器材供应到施工指令下达等一系列决定性的工作,乙方按照甲方指令进行操作,甲方给乙方的报酬按日计费。工艺所一方面聘请我国有经验的专家组成现场施工管理组,进行钻探施工组织管理;另一方面针对钻探施工中遇到的技术问题组织技术研发,研发内容涉及钻探设备、工艺方法和器具。

新的钻探施工组织管理模式从2010年9月WFSD-2孔下半段施工时开始实施,直至项目的钻探施工结束(2014年2月)一直得到应用。实施结果表明,对于汶川地震科学钻探这类特殊的钻探工程项目来说,这种“甲方指挥施工的日费制”是一种最佳的钻探施工组织管理模式,它适合于复杂、恶劣和多变的地层条件以及高难度的取心要求,使甲方的主体地位得以体现,较好地满足了科学研究的需要,钻探事故减少,施工效率大幅度提高。作为承担劳务作业的钻探施工队伍,也不再会为成本控制操心,严格执行甲方指令,精心操作,甲乙双方争议减少。

以上措施实施以后,WFSD-2孔钻探施工效率和各项技术指标都比采取措施前有明显提高,日进

尺提高43%,机械钻速提高31%,回次进尺长度提高54%。

### 3.3.2 激励机制的引入

“甲方指挥施工的日费制”的实施取得了明显的成效。不过,在实施过程中发现,新的钻探施工组织管理模式尽管有很多优点,但也还存在着不足,主要表现为钻探施工单位没有了成本控制的压力,干一天就有一天的费用,因此希望稳稳当当地长期干下去。施工效率的高低、质量的好坏、钻孔是否安全的压力都全部转移到了甲方,乙方建言献策也少了,没有追求高效率、高质量的内在动力,难于调动和发挥乙方在施工经验和管理方面的积极性。为了解决这个问题,我们在4号孔的施工合同中增加了“钻进施工奖励机制考核评定办法”,制定了激励与约束的措施,就是以每月施工费20%的比例设立钻进施工奖。我们制定了一套涉及八大指标(项目部职责、施工作业指令、岗位职责、设备养护、安全、文明生产、报表记录、起下钻、其他)的考核办法。对于每一类指标,都有具体的评分标准。每个月进行一次考核,考核评分的结果作为发放奖金的依据。施工队伍在哪个方面做得不好或犯错,都会被扣奖金。这种方法的实施,充分调动了施工队伍的积极性,促使他们主动地做好施工方面的各项工作,改善了钻探施工安全、质量和效益。

### 3.4 钻探施工的现场管理

工艺所派驻钻探施工现场的管理分组负责实施汶川地震科学钻探项目的钻探施工现场管理。根据合同承包制的不同,现场管理组的职责有所不同。

#### 3.4.1 承包制合同的钻探施工现场管理

对于承包制合同,由钻探和录井施工队伍自己制定施工方案和计划,并承担这些方案和计划实施所产生的后果。甲方现场管理人员的主要职责是按合同规定和设计要求,对施工队伍的施工方案和进度计划进行审查,并在施工过程中对钻探施工的安全、质量和进度进行全面监督,对不符合合同和设计要求的施工行为提出整改要求并监督其实施。为此,工艺所组织制定了一系列相关的办法和制度,包括“汶川地震断裂带科学钻探项目钻井监督工作细则”、“汶川地震断裂带科学钻探项目安全生产管理制度”、“汶川地震断裂带科学钻探项目钻井资料管理办法”和“WFSD-2孔钻探施工操作规程(以后在其它钻孔施工时得到了沿用)”等。

#### 3.4.2 日费制合同的钻探施工现场管理

##### 3.4.2.1 钻探施工现场管理的目标

采取日费制后,现场管理人员肩上的担子加重了许多,他们必须对钻探工程的每一个环节进行规划、设计并进行实施过程中的监督。

钻探现场管理的目标是实现钻探施工安全、优质、高效和低成本。所谓“安全”,是指钻探施工人员和设备不受损害。所谓“优质”,是要做到岩心采取率高、岩心原状性好和孔斜小。“高效”和“低成本”是密切相关的,这两个目标的实现以下列条件的满足为前提:(1)正确的钻进施工程序;(2)高效的钻进施工方法;(3)性能优良和安全可靠的钻探设备;(4)减少停工待料时间;(5)减少事故及处理时间;(6)加快起下钻速度。

由上述的目标和条件可知,日费制合同的钻探施工现场管理是一个系统工程,它既涉及钻探技术,包括钻进工艺方法、施工程序、设备、器具和材料等钻进施工的各个环节,不但在设计中要考虑新方法、新技术的应用,还要根据施工过程中遇到的技术难题组织研究与开发;又涉及钻探施工的组织管理,包括施工计划制定和指令下达、设备器材购置、施工过程监督等。该系统工程中的哪一个子系统或元素出了问题或运转不佳,都会对钻探现场管理的总体目标(安全、优质、高效和低成本)的实现带来负面影响。譬如,我们曾经在取心钻进施工中采用顶驱和绳索取心钻进方法,实践证明该方法不适合于破碎地层,取心效果、施工效率、孔壁稳定性和钻具寿命都存在问题。后来我们研发出螺杆马达-液动锤-长半合管取心钻进方法,显著地改善了取心钻进施工的安全、质量和效率。又如,在WFSD-4孔2200~2300 m的强缩径带施工时,尽管采取了各种技术措施,但卡钻事故还是频频发生,处理事故和侧钻施工耗费了大量的时间和经费。通过不断地摸索,我们最终发明了双心钻进/双心扩孔施工工艺,解决了该强缩径带的钻进和下套管固井难题。就施工组织来说,订购的钻头或泥浆泵配件等若不能及时到货,可能导致停工待料。所有的钻探设备及部件,包括顶驱、转盘、主绞车、泥浆泵、钻杆钳、振动筛、离心机等都必须得到精心的日常维护,才能保证正常运转,不至于导致停工。而钻进施工操作人员的懈怠,或者导致施工效率低下,或者导致操作失误而引起事故。

#### 3.4.2.2 钻探施工现场管理措施

钻探施工管理人员的职责是,使该系统工程中的每一个子系统或元素都得到优化,以实现总体目标的最佳。具体措施包括以下几大方面:

(1)采取正确和先进的技术路线。汶川地震科学钻探项目的钻探工程是高难度的钻探工程,由于地层和钻孔条件的极端恶劣,钻进施工困难重重。在此条件下,欲完成好钻探施工任务,遵循一条正确的钻探施工技术路线成为首要任务。首先,要采用先进的钻探技术设计。对于钻探施工的各个环节,包括取心钻进、定向钻进和扩孔钻进方法和器具;钻进施工工艺和程序,泥浆体系,钻探设备等,都要采用最佳的和先进的技术方案。对于可能遇到的困难和问题,要提前制定技术对策并开展相应的技术和物资准备,以免造成停工待料。对于施工过程中遇到的一些新问题,要开展技术研发,并在施工过程中不断地对新方法和新技术进行改进完善。

(2)制定明确的职责和分工。工艺所制定了“科学钻探与科学测井”课题实施管理办法。在此办法中,明确了课题组长和各管理分组的职责与分工。

课题组长的职责是:主持制定钻孔设计和施工技术看案;制定钻探和测井等项目的施工计划、设备和器材购置计划;审批重要的钻探和测井施工指令;组织开展与地学研究实验部和有关单位就钻探和测井等作业之间的协调。

钻探技术与物资分组的职责是:开展钻探施工和录井施工总方案设计和阶段设计;根据钻探施工的需要或可能遇到的技术问题,制定钻探器材供应计划(研制、购买、加工或租赁),负责钻探施工器具和材料的准备;负责课题技术档案的收集、整理与日常管理工作。

各钻孔现场管理分组的职责是:按合同规定和设计要求,对钻探和录井施工作业的质量、安全、进度和环保进行全面监督;参与制定钻探施工设计,制定钻探施工措施以及钻探事故预防和处理措施;向钻探和录井承包商(乙方)下达施工指令;针对乙方的不足之处,提出书面整改意见并监督其整改;编写钻进施工日报、月报、季报、年报和完工报告;按项目合同和设计要求,进行完井验收。

(3)采取激励机制,调动钻探施工队伍的积极性。我们设立了钻进施工奖励,并制定了一套涉及八大指标的考核办法,充分调动钻探施工队伍的积极性,促使他们主动地做好施工方面的各项工作,改善钻探施工安全、质量和效益。

(4)建立施工现场每日例会制度。每天早上9:00,由现场管理组组长主持召开例会,甲方现场管理组的全体人员、钻探施工队伍的行政和技术负责人、

录井施工单位代表、泥浆服务单位的代表和地学研究实验部的代表参加。其主要任务就是由相关单位报告头一天的施工进展情况和存在的问题,安排协调当天的工作,起到沟通情况、解决问题、部署工作的目的。

(5)联合国内的优势力量攻克钻探技术难题。为了攻克地震断裂带钻探遇到的地层破碎、扩径、缩径、卡钻等难题,我们邀请了地质科学院勘探技术研究所、北京探矿工程研究所、中国地质大学(武汉、北京)、成都理工大学、中国地质装备集团有限公司、无锡钻探工具厂、成都李工钻探设备有限公司、成都探矿技术研究开发公司等钻探技术与装备研发单位开展合作研究。这些单位各有所长,加入课题的研究团队后,充分发挥各自的优势,形成了产学研的合力,增强了课题研究的技术力量,提高了钻探新设备和新机具的研究进度,缩短了研制周期。例如,我所与中国地质装备集团有限公司合作,在较短的时间内研制成功了终孔口径为150 mm、钻深可达3000 m的KZ-30-DB型交流变频驱动的顶驱钻机;勘探技术研究所研发的长半合管钻具为该项目的取心钻进提供了有效的工具。

(6)建立专家咨询会议制度。在汶川地震科学钻探项目实施期间,工艺所与汶川地震科学钻探工程中心钻井工程部多次召开专题性的技术研讨会和专家咨询会,邀请有关大学、研究所、施工单位和管理部门的知名专家(涉及地质、石油、水电、煤田等部门)对钻探技术难题进行会诊并提出解决方案,为钻探施工的顺利进行提供了有力的保证。我们召开的技术咨询、研讨和培训会议共有15次,研讨问题涉及破碎地层取心技术、泥浆技术、定向钻进技术、强缩径地层防止卡钻的工艺方法和器具、新型钻探设备等。

#### 4 经验和体会

通过汶川地震断裂带科学钻探项目的组织实施,我们在科学钻探项目的组织管理方面,获得的主要经验和体会如下。

(1)“甲方指挥施工的日费制”适合于地层条件复杂和施工难度高的科学钻探项目,是科学钻探工

程的最佳钻探施工组织管理模式。

(2)“甲方指挥施工的日费制”的钻探施工现场管理是一个系统工程,它既涉及钻探技术,又涉及钻探施工的组织管理。该系统工程中的子系统或元素众多,每一个子系统或元素的运行状况,都会对钻探现场管理的总体目标(安全、优质、高效和低成本)的实现造成影响。

(3)采取正确的钻探施工技术路线是高难度钻探项目获得成功的首要条件。先进技术的应用以及通过创新来解决技术难题,应是该技术路线的主要思路。

(4)一套正确的管理体系、明确的职责与分工以及严格的规章制度和操作规程,对钻探施工管理的效果至关重要。

(5)联合行业、甚至全国的优势力量,开展技术攻关,解决技术难题,是一个事半功倍的好办法。

(6)“甲方指挥施工的日费制”对现场管理人员的素质提出了较高的要求,要求他们具有较扎实的理论基础、较丰富的现场施工经验、较强的组织管理和协调能力。要求在面临现场复杂地层和钻孔条件以及当施工遇阻时,具有较强的分析问题、解决问题的能力 and 魄力,具有较强的预见性、应变能力和创新精神。

#### 参考文献:

- [1] 胡时友,宋军,张伟,等.汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)项目钻探与测井课题的组织实施与管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):1-4.
- [2] 张伟,贾军,胡时友,等.汶川地震断裂带科学钻探项目钻探施工进度综述[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):1-5.
- [3] 王达,严良,王柏轩.中国大陆科学钻探工程项目组织与管理研究[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2008.
- [4] 张伟,贾军,胡时友.汶川地震科学钻探项目的概况与钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):5-8,16.
- [5] 赵远刚,樊腊生,杨明奇.汶川地震断裂带科学钻探项目WFSD-3-P孔钻探施工概况[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):18-21.
- [6] 樊腊生,贾军,吴金生,等.汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)钻探施工概况[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):5-8.