

东营凹陷中央隆起地带 高精度三维地震采集合作项目研究



主 编：宋玉龙 侯有益
副主编：叶晓东 丁 伟

92

地质出版社

东营凹陷中央隆起地带高精度 三维地震采集合作项目研究

主 编：宋玉龙 侯有益

副主编：叶晓东 丁 伟

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 摘 要

经过几十年的发展,城区地表条件比以前更复杂,给地震勘探带来了很大困难。本书从地震勘探的基本原理出发,提出了将不规则观测系统理论应用于城区复杂地表的野外数据采集施工中,形成了一套现代城区地震勘探采集技术系列,解决了城区复杂地表难以正常施工的难题,并在山东省东营城区和滨州城区的野外地震采集项目中成功实施。该技术系列主要包括:①设计方面,实现了利用卫星图片“先测量、后设计、再施工”的三维采集过程。②激发方面,使用井炮激发和可控震源联合施工,为城区勘探提供了新的方法。③接收方面,通过对比分析选择了 20DX-14Hz 检波器,有利于压制干扰,提高采集资料信噪比。通过研究试验,提出了城区各种不同地表检波器的耦合和组合方法,保证了采集资料质量。④质量控制方面,研究出了覆盖次数变化实时模拟监控技术,指导每一个炮点和检波点的布设位置,保证了地下目的层和整个工区的有效覆盖次数。⑤测量方面,使用了国际先进的 GPSeismic 软件,通过研究应用可以在现场进行覆盖次数、炮检距、方位角的模拟分析,当场确定炮点、检波点的合适位置以及炮点的加密等,解决了城区测量的质量控制难题。

读者对象:本书主要供地球物理工作者,特别是地震勘探野外采集、管理人员及技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

东营凹陷中央隆起地带高精度三维地震采集合作项目
研究/宋玉龙,侯有益主编.—北京:地质出版社,2005.1
ISBN 7-116-04353-5

I. 东… II. ①宋…②侯… III. 拗陷—隆起带—
三维地震法勘探—研究—东营市 IV. P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007942 号

责任编辑:白 铁

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部);(010) 82324579 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm×1092mm^{1/16}

印 张:8.75

字 数:200 千字

印 数:1—700 册

版 次:2005 年 1 月北京第一版·第一次印刷

定 价:30.00 元

ISBN 7-116-04353-5/P·2550

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页,脱页者,本社出版处负责调换)

《东营凹陷中央隆起地带高精度三维 地震采集合作项目研究》编委会

主 编：宋玉龙 侯有益

副主编：叶晓东 丁 伟

编 委：任福新 张天仁 王文茂 胡立新

徐淑合 刘光林 宋俊海 徐向明

赵 俊 王保新 吕公河 韦节钊

于小刚 卢红旭 刘 琪 王国来

张 伟 张 帆

前 言

2002 年中国石化集团公司确定,胜利油田地球物理勘探开发公司(以下简称胜利物探公司)与西方奇科地球物理服务公司(以下简称西方奇科公司)合作实施“东营凹陷中央隆起带高精度三维地震采集合作项目”。在中国石化集团公司、胜利石油管理局的大力支持下,在胜利物探公司有关单位和部门,特别是胜利物探公司五大队 2183 队(以下简称胜利物探 2183 队)全体员工的共同努力下,经过 5 个月的艰苦施工,于 2002 年 8 月完成了各项任务,取得了丰硕成果。在该项目中,西方奇科公司负责前期的项目调研、设计论证、野外施工、生产管理、质量控制等全过程的技术服务;胜利物探公司负责野外各工序的实施。为了进一步学习和掌握国际通行的标准和惯例,探索适应国际地震勘探的商务经营模式,在合作期间胜利物探公司成立了“东营高精度三维地震勘探国际合作项目”调研组。项目组成人员深入到各施工流程、各岗位,进行了全方位的跟踪学习、调查研究,同时多次与西方奇科公司的技术人员进行座谈。在此基础上,总结形成了一套城区复杂地表地震勘探采集技术。本书全面、系统地介绍了西方奇科公司的一些先进经验,并结合本身的特点,找出了我们与西方奇科公司差距,提出了许多改进意见和建议。本书理论与实践相结合,技术与管理并重,对提高物探公司管理水平,加快与国际市场接轨步伐,增强市场竞争能力,尽快把胜利物探公司建设成为国际一流的物探公司,具有十分重要的意义。

在胜利物探公司职工培训中心的组织下,本书由胜利物探公司下属的五大队、2183 队、生产技术科、对外合作部、设备装备科、安全环保科、地震研究所、仪器管理中心等单位共同编写而成,五大队和 2183 队负责统稿。全书共分十章,前六章是技术部分,介绍了技术设计、野外施工和各工序技术管理、现场处理、仪器性能和特点、可控震源性能与操作等。后三章是经营管理,介绍了设备管理、质量管理和 HSE 管理。最后一章是国际合作经验。第一、二、九章由王国来、卢红旭、刘琪编写;第三章由赵配叶编写;第四章由李祥编写;第五章由陈建江编写;第六章由王民编写;第七章由徐向明、杨濯非、赵伟红、臧贻红、王宝山编写;第八章由高翔编写;第十章由颜世忠编写;全书由高级工程师刘泰生同志修改。本书的编写,是胜利物探公司各方面力量共同努力的结果,也是国际合作成功的总结。在汇编过程中,得到胜利物探公司各级领导的关心和支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中不妥之处,敬请指正。

作者

2002 年 12 月

目 录

技 术 篇

第一章 野外采集方法的确定	(1)
第一节 概况	(1)
第二节 采集参数的论证	(4)
第三节 采集方法的试验	(4)
第四节 采集方法的确定	(8)
第五节 不同之处及特点	(8)
第二章 生产流程及质量管理	(10)
第一节 生产流程的建立	(10)
第二节 现场质量管理方法	(12)
第三节 特点与先进性	(20)
第四节 建议与改进	(23)
第三章 高精度三维地震测量技术	(25)
第一节 本区测量工作的特点、难点及任务要求	(25)
第二节 测量工艺、方法和资料整理	(25)
第三节 质量控制与分析	(35)
第四节 特点与效果	(38)
第四章 可控震源的应用	(41)
第一节 可控震源的技术参数、意义和功能	(41)
第二节 可控震源点、段试验参数及效果分析	(41)
第三节 可控震源的质量控制 (检修标准及维护方法)	(45)
第四节 现场故障排除办法	(60)
第五节 经验与体会	(60)
第五章 IMAGE 地震仪的应用	(62)
第一节 IMAGE 地震仪的功能与特点	(62)
第二节 IMAGE 地震仪的测试项目及技术指标	(62)
第三节 IMAGE 地震仪器设备的验收	(63)
第四节 IMAGE 系统与震源联机试验及参数确定	(64)
第五节 IMAGE 系统的功能及应用效果	(68)
第六节 IMAGE 系统的施工管理及质量监控	(74)
第七节 经验与体会	(80)
第六章 高精度三维地震现场处理	(88)
第一节 试验点、试验段现场处理及分析	(88)

第二节	野外采集资料的质量分析和特点	(88)
第三节	处理参数的测试及处理流程的建立	(90)
第四节	中、外方现场处理的优点和特点	(94)
第五节	经验与建议	(96)

管 理 篇

第七章	借鉴国际先进经验,提高设备管理水平	(98)
第一节	设备操作程序化	(98)
第二节	设备现场管理标准化	(100)
第三节	设备管理规范化	(101)
第四节	严格设备技术质量管理	(102)
第五节	体会	(103)
第八章	HSE 管理与国际接轨	(104)
第一节	增强 HSE 管理意识,注重全员培训	(104)
第二节	西方 HSE 管理的具体做法	(105)
第九章	野外采集工作总结	(108)
第一节	在整体施工中西方具备的先进经验与做法	(108)
第二节	体会与建议	(111)

经验交流篇

第十章	国际合作项目运作模式	(112)
第一节	地震队项目管理概述	(112)
第二节	西方奇科地震队的组织结构	(112)
第三节	野外施工人员素质要求	(117)
第四节	项目启动	(119)
第五节	与雇员的配合	(126)
第六节	解决问题的方式	(129)
参考文献		(131)

第一章 野外采集方法的确定

第一节 概 况

一、项目的来源

随着改革的不断深入和市场竞争的日益加剧，尽快闯入国际市场并占有一席之地，将成为物探队伍今后求生存谋发展的重要途径。为缩短与国际物探队伍的差距，学习和掌握国际通行的标准和惯例，探索适应国际地震勘探商务经营模式，在中石化集团公司支持下，胜利物探 2183 队与国际知名公司——西方奇科公司就东营地区高精度地震采集项目进行合作攻关。胜利物探公司对此合作项目非常重视，成立了由公司领导和有关技术人员组成的合作项目组，把这次合作作为一次学习的有利时机，精心准备，科学安排，积极主动开展好合作工作。西方奇科公司主要负责提供前期的项目调研、设计、论证、野外施工、生产管理和质量控制等全部过程的技术服务，胜利物探 2183 队负责野外各工序的具体实施。

二、勘探简史

东营地区位于中央断裂背斜带的主体，区内各级断层极其发育，构造背景良好。沙三中、沙三上、沙二段、沙一段及东营组和馆陶组广泛发育与三角洲和河道有关的储集砂体，其中主要含油层系为沙三中亚段，油藏类型以岩性油藏和构造-岩性油藏为主。该区虽然是一勘探老区，但仍具有相当的勘探潜力，至于深层油气勘探基本属空白。

从 1986~1999 年在东营及周围地区进行过多次三维勘探，勘探程度较高，如图 1-1-1 所示。

表 1-1-1 为以往各工区施工参数情况。

表 1-1-1 以往工区施工参数表

工区名称	施 工 参 数							
	观测系统	道数	覆盖次数	接收线距	炮点距	炮线距	束线距	偏移距
郝家三维（1986 年）	4 线 6 炮	240	2×10	200 m	100 m 300 m	150 m	600 m	350 m
东营三维（1994 年）	2 线 11 炮	120	2×10	200 m	100 m	150 m		150
河 68 三维	4 线 6 炮	240	2×10	200 m	100 m 300 m	150 m	600 m	350 m
辛镇三维（1998 年）	8 线 7 炮	480	4×10	100 m	200 m		700 m	150

公路 30 余条，宽度均在 30~40 m，车流量很大，干扰非常严重。

另外，工区内还分布着油库、炼油厂、电厂、水泥厂等安全要求很高的单位，造成施工难度加大。胜利油田集输公司原油库位于工区中部，面积在 2 km² 左右，里面油罐林立，地面均为水泥地面。位于工区北部的东营压气站占地面积 1.4 km²。胜利水泥厂和电厂位于工区南部，厂内办公楼及生产设施很多，施工难度很大。石油大学（华东）炼油厂位于工区东部，占地 1.8 km²，厂内均为水泥地面。

工区内河流及水域分布较多，其中四干、五干、六干、广利河、广浦沟横穿整个工区。另外，工区内水产养殖业也非常发达，工区北部和南部分布着大大小小的水库 50 多个，总面积在 10 km² 左右，大部分为鱼池、蟹池，其中耿井水库面积 3.2 km²，水深 4~5 m。位于工区北部的东营育苗厂，占地 300 多亩，养有鱼、蟹等水产，工区西南部分布着面积达 2 km² 的水产养殖区，里面有鱼池 20 多个。

工区内农业比较发达，苗圃种植也比较多，庄稼主要以水稻、棉花为主。工区南部分布着大面积的苗圃种植园，由于四季种植，施工时工农关系楼难处理，施工难度很大。

东营城区位于中央断裂背斜带的主体，区内各级断层极其发育，构造背景良好。沙三中、沙三上、沙二段、沙一段及东营组和馆陶组广泛发育与三角洲和河道有关的储集砂体，其中主要含油层系为沙三中亚段，油藏类型以岩性油藏和构造-岩性油藏为主。该区虽然是一勘探老区，但仍具有相当的勘探潜力。同时，该区深层勘探仍属新区。

四、地质任务

1. 中、浅层

- 1) 查清该区断裂系统，落实下第三系构造形态；
- 2) 得好 T₁、T₂、T₄、T₆、T₇ 等反射；
- 3) 提高资料分辨率，落实砂体分布规律。

2. 深层

- 1) 反映盐下构造及盐膏层反射特征；
- 2) 反映区内孔店组烃源岩展布及特征；
- 3) 反映 Es₄、Ek、Mz、Pz 之间与层间的不整合面，T₇、T_R、T_g 反射清楚。

五、勘探难点

1. 观测系统设计

- 1) 要求覆盖次数要高，炮检距分布均匀，最大排列长度能够追踪中深层；
- 2) 观测系统必须灵活多变，能够保证炮点在较大范围内变观恢复而不影响观测系统的基本属性和采集效果。

2. 过城区施工

- 1) 过城区施工难度非常大，排列布统及激发点的布设是最大问题；
- 2) 城区激发问题：激发点位置选取和震源类型、药量及井深等问题难度大；
- 3) 大排列接收的能量问题，即涉及到中深层激发能量；
- 4) 城区严重的外界干扰情况下的施工问题；如施工时间、组合图形难以保证、检波器耦合、工农关系等问题。

第二节 采集参数的论证

一、设计思路

根据合同要求,整个施工设计均由西方奇科公司确定。针对东营高精度三维的地质任务和特殊的地下、地表条件,确定如下设计思路:

- 1) 高覆盖次数,适当提高纵横向覆盖次数(提高干扰区资料信噪比);
- 2) 小面元采集;
- 3) 最大炮检距能够满足浅中深层勘探的需要;
- 4) 面元属性好,尤其是炮检距分布;
- 5) 采用适合于城区施工的观测系统,充分利用城区内的公路和空地。

二、参数论证

西方奇科公司通过收集 617.62 老测线资料和郝科 1 井资料(图 1-2-1),分析东营地区地震资料频宽和噪音类型,对垂向分辨率、断层分辨率、横向分辨率、偏移距、偏移孔径、采样间隔、覆盖次数、记录长度、测线方向、激发和接收参数进行计算分析,确定了东营高精度采集的基本参数。

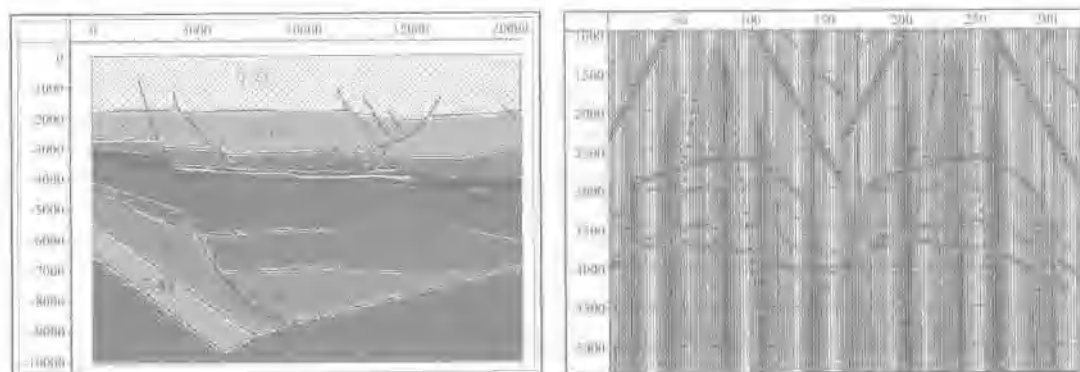


图 1-3-1 东营 617.62 测线剖面及单炮模拟

第三节 采集方法的试验

为了选取最佳施工因素,选择了位于西城繁华地段的胜华路作为 2D 段试验和点试验的地点。采用了 3 种不同的检波器,使用炸药震源和可控震源,炮点和接收点间隔为 50 m,测线总长度为 10 km,炮点起始号为 100 号,接收点为 101 号,炮点增量为 1。第一个炮点在探区测线南端第一个检波器前的 25 m 处。分别做了检波器类型对比试验、井深药量试验、震源扫描参数试验、PPV 安全距离测试,经过外方人员分析确定了施工参数。完成试验工作量如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 试验工作量统计表

项目	井炮	可控震源	总炮数
点试验	21	79	100
段试验	17	445	462
PPV 测试	38	524	562

一、PPV 测 试

整条测线施工之前,为了确保资料采集期间对采用不同炸药和可控震源出力确定基础设施的安全距离,我们在测线的 2 个位置(桩号 130、148)测量了 PPV 值。

为了确定不同震源的质点峰值速度,我们进行了一系列的测试。由于中国没有相应的技术标准。把测定的数值和德国“DIN4150 震动对建筑的影响”的标准进行了对比。确定了东营城区安全激发距离。

二、炸药震源试验

见图 1-3-1、图 1-3-2。

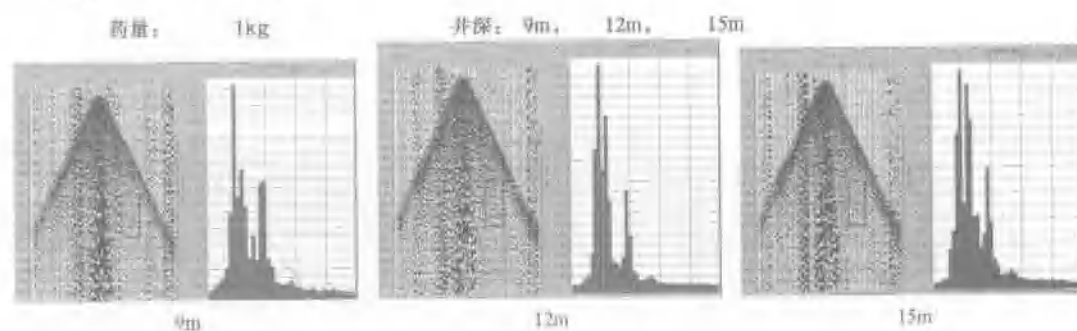


图 1-3-1 井深试验频谱分析图

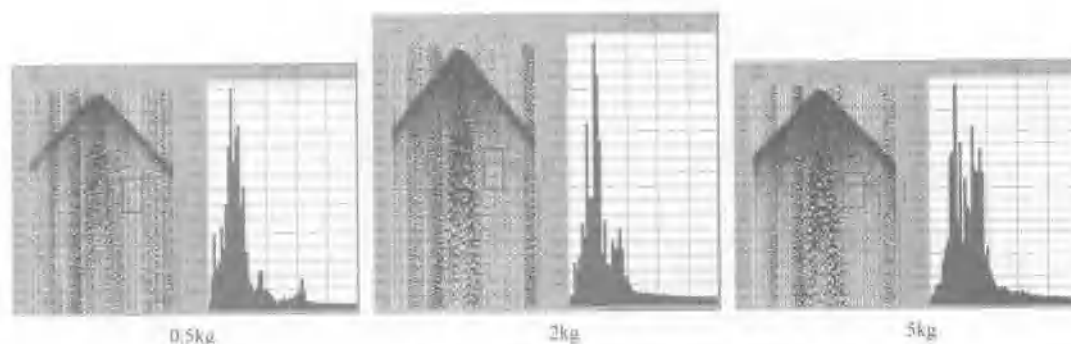


图 1-3-2 药量试验频谱分析图

三、可控震源试验

1. 线性 80% 出力

扫描长度: 3 s, 6 s, 12 s, 18 s

频率范围: 5~80 Hz, 8~66 Hz, 10~80 Hz, 12~72 Hz, 10~120 Hz

2. 对数 80% 出力 (3 dB)

扫描长度: 12 s

频率范围: 10~90 Hz

3. 随机 80% 出力

扫描长度: 12 s, 18 s

频率范围: 5~80 Hz, 7~64 Hz, 10~80 Hz, 14~72 Hz, 10~120 Hz

四、接收试验

为选择适合于城区生产的检波器, 进行了多种检波器对比试验, 如表 1-3-2 所示通过分析对比, 如图 1-3-3、1-3-4 所示, 最终选取了 20DX-14 Hz 检波器。

表 1-3-2 检波器组合对比参数表

名 称	特 性	道 数	个数/道	组合图形
20DX	14 Hz	30	30	A- (66666) -5-5
20DX	28 Hz	30	30	A- (66666) -5-5
20DX 超级	10 Hz	30	36	A- (66666) -5-5
20DX 常规	10 Hz	30	30	A- (66666) -5-5
VGR-20	20 Hz	30	10	面积组合
CSG 超级	40 Hz	30	6	面积组合

五、结 论

通过这些试验我们得到的结论是:

- 1) 对于炸药震源最佳井深为 15 m (18 m 井深对资料质量没有很大的改进, 而 9 m 和 12 m 效果较差);
- 2) 增加药量对资料的质量有很大的改进, 因此使用 8 kg 药量;
- 3) 对于可控震源, 3 s 和 6 s 扫描长度不够;
- 4) 随机扫描得到的结果能量太弱;
- 5) 采用线性扫描, 12 s 扫描长度, 频率范围为 10~80 Hz 和 8~64 Hz 时, 可以得到最佳效果;
- 6) 可控震源作为炸药震源的一种补充震源, 在复杂地表而无法实现炮井激发时, 采用可控震源做激发, 可取得较好效果。

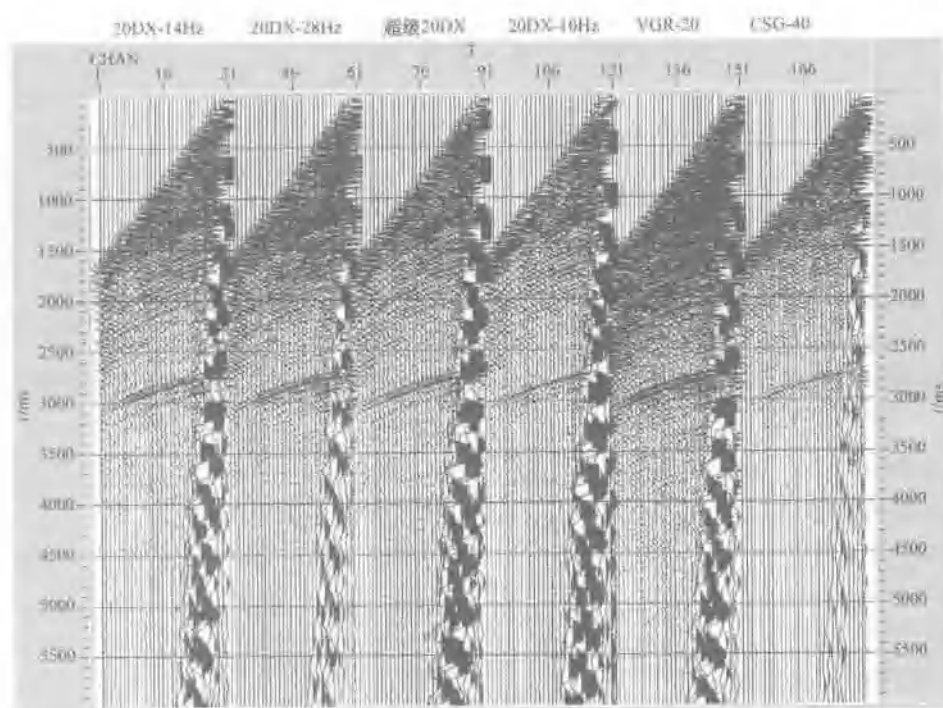


图 1-3-3 检波器对比记录

端点激发 $11\text{ m} \times 4\text{ kg}$

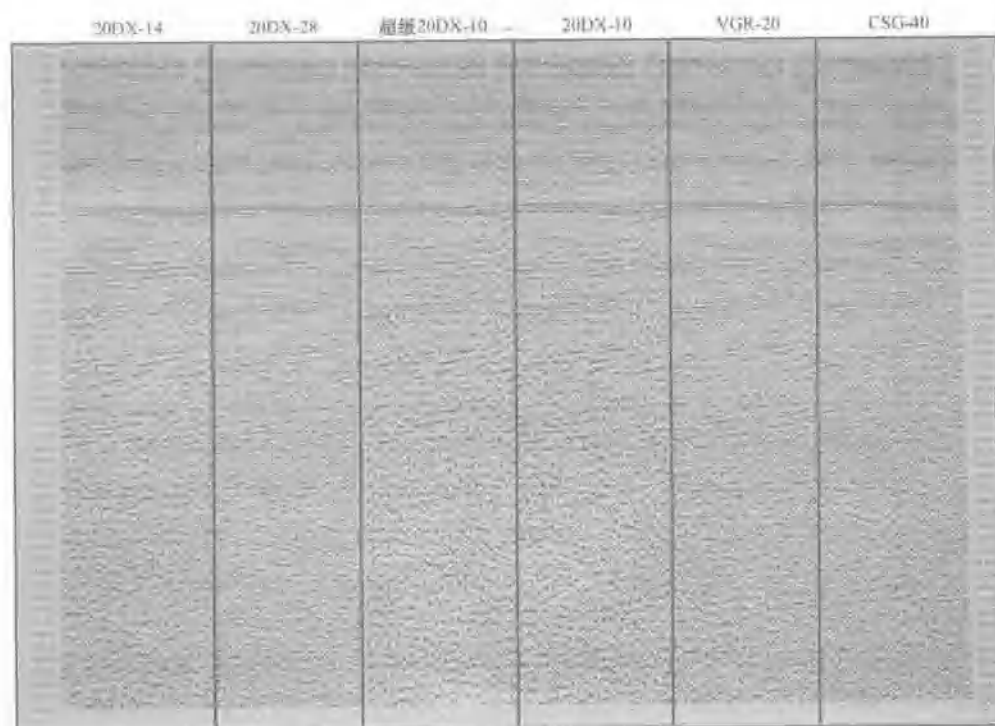


图 1-3-4 检波器对比 10~200 Hz 宽频剖面

第四节 采集方法的确定

根据地质任务要求及东营城区的地表条件,通过试验分析确定了如下施工参数:

观测系统参数:

观测系统: 6线8炮

炮线距: 400 m

覆盖次数: 3×5 次

炮点距: 50 m

接收线距: 400 m

偏移距: 25 m

道 数: 1440 道

束线距: 400 m

CDP 网格: $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$

最大炮检距: 6089 m

道 距: 50 m

最大非纵距: 1175 m

录制参数:

仪器型号: IMAGE

记录格式: SEG-D

记录长度: 8 s

磁带类型: 3490

采样间隔: 1 ms

前放增益: 36 or 48dB

接收参数:

检波器型号: 20DX

检波器个数: 36

自然频率: 14 Hz

组合方式: “弓”字形

激发参数:

井炮激发:

井深: 15 m

药 量: 8 kg

可控震源激发:

扫描次数: 8

斜 坡: 300 ms

扫描类型: 线性

震动幅度: 90% 50% 30%

频率范围: 8~64 Hz

叠 加: 噪音编辑 - 异相

叠加 - 相关

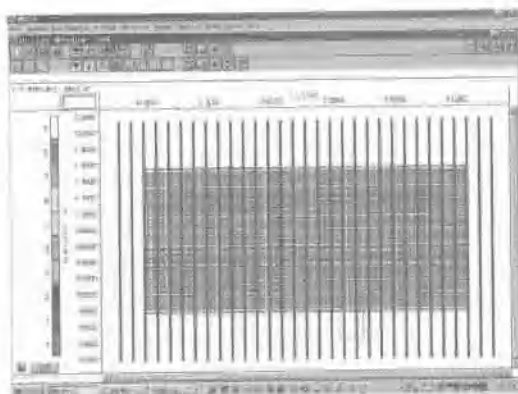
第五节 不同之处及特点

根据合同要求,整个施工设计均由西方奇科公司确定。针对东营三维的地质任务,必须要达到高的覆盖次数来提高资料的信噪比并得好深层资料。由于城区地形复杂,物理点的布设难度很大,根据客观情况,西方奇科公司的设计科学合理。为满足地质任务需要,采用长排列以得到深层资料,在横向上加密炮点以提高覆盖次数;为解决城区施工难度大的问题,尽量的增加线距和炮线距使之达到 400 m,这样就能充分的利用东营城区内的公路和空地。

另外,外方对资料边界和施工边界的处理也比较科学,与我们的常规做法大不一样,具体做法为:在可以满足地质任务要求的前提下,在工区边界上省去部分排列,使工区施工面积变小(图 1-5-1)。我们曾经做过这样的分析,针对同样的勘探范围(满次范围)用同样的道数、同样的观测系统、同样的面元、同样的覆盖次数,用我们传统的设计方法



西方奇科公司设计



胜利物探公司设计

图 1-5-1 胜利物探公司与西方奇科公司设计对比图

与之进行了对比（表 1-5-1）。

表 1-5-1 胜利物探公司与西方奇科公司设计对比

	施工面积/ km^2	资料面积/ km^2	满次面积/ km^2	总炮数
西方奇科公司	188	185	115	9360
胜利物探公司	358	264	119	9360

这表明：西方奇科公司设计的施工面积中的无效部分或称效果甚微部分大大缩小，这样的设计，降低了施工费用，减少了施工矛盾，缩短了施工期。同时也表明，西方奇科公司的设计是把有效工作量置于有效勘探面积之内，提高有效勘探面积内的采集质量，目标十分明确。

第二章 生产流程及质量管理

第一节 生产流程的建立

一、合作形式

在总体工作安排上,西方奇科公司主要负责前期的项目调研、技术设计、参数论证、质量控制、野外施工和生产管理全过程的技术服务;胜利物探 2183 队负责野外采集各工序的具体实施。

西方奇科公司对中方的技术指导及建议采取备忘录 (DISPATCH NOTE) 的形式提供,双方签字认可。

二、工作方法

双方定期进行总结交流,针对施工中存在的问题进行讨论,内容包括施工效率、施工质量、定期工作流量、工作计划等 (图 2-1-1)。

三、生产流程

1. 测量工序

测量项目组根据野外地形按照外方提供的偏移原则进行测量,而不是按我们以往的做法,严格按照理论坐标,炮点只能沿排列方向按偏移道距的整倍数进行偏移。在大部分为水泥地面的城区,几乎所有的检波点全部能插放在地面上,所有的炮点均能保证打井或震源进入。这样既方便了野外施工又保证了检波器耦合质量和激发质量。对于难以定点的大型建筑群,外方测量师均到现场指挥。

2. 放线检波工序

由于城区内收放线困难,放线班大部分采集设备放在野外,每天收工时只将采集站、电瓶收回,放线工轮流在工地值班看管采集设备。放线班在布放排列时,提前打印施工地图来指导进行找点,对没有桩号和无法放线的情况及时向施工组汇报,施工组整理汇总后交测量组。在布置排列时现场进行实测,对施工过程中进行偏移的小线和加站情况及时填写检波点偏移表和加站情况表提供给测量组和仪器,以确保物理点的准确无误。检波器能埋置的全部挖坑埋置 (外方对此未作要求)。另外,为保证电缆不被损坏,专门租借了液压升降机并购买了一台拖拉机用于电缆穿越公路时架高 (图 2-1-2)。通过这一系列的措施,大大提高了施工效率和施工质量。

3. 钻井工序

钻机班每天白天出工提前打井,每个质检员均持有相关卫星图和地下管线的大致走向