

# 3S 技术在 LG 地区油气勘探中的应用

杨柳 刘文荣 周彬 王南力 邹光彬

川庆钻探工程公司地球物理勘探公司

杨柳等. 3S 技术在 LG 地区油气勘探中的应用. 天然气工业, 2009, 29(10): 34-37.

**摘 要** LG 地区三维地震勘探是中国石油的重点勘探工程, 三维满覆盖面积为  $2\,500\text{ km}^2$ 、连附加段施工面积约  $5\,000\text{ km}^2$ ; 需测各类控制点近千个、导线  $5\,227\text{ km}$ , 放样激发、接收点近 40 万个。为此, 全面地采用了 3S (RS、GPS、GIS) 技术, 一方面从总体上运用卫星遥感 (RS) 影像成图技术和数字高程模型系统 (DEM), 实现室内对地震勘探的精确设计和对野外施工质量过程监控; 用 GPS 卫星定位技术采取“首级控制、分期 (区) 布网、首分网整体平差”方法布测物探 GPS 控制点, 采用曲面拟合技术建立区域高程异常改正的数字模型; 应用 GPS RTK 和全站仪导线测量等方法实现激发、接收点放样测量, 利用区域高程异常改正数字模型对 GPS RTK 测量的激发、接收点进行高程拟合。另一方面在引进《地震勘探信息管理系统 (SeisPIMS)》物探专用 GIS 系统对测量等施工信息进行管理的基础上, 对这些技术数据的相互链接进行周密设计, 并进行科学合理的施工组织, 优质、高效地完成了这一庞大的物探测量工程。

**关键词** 四川盆地 地震勘探 采集数据 遥感图像 卫星定位 信息管理 技术 应用

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.10.010

## 0 引言

LG 地区油气勘探是中国石油的重点勘探工程, 包括迄今为止国内最大的陆上山地三维地震勘探项目 (满覆盖面积  $2\,500\text{ km}^2$ 、连附加段施工面积约  $5\,000\text{ km}^2$ ) 和二维勘探项目 (剖面总长度超过  $600\text{ km}$ )。勘探区域位于四川盆地东北部, 由川庆钻探工程公司地球物理勘探公司独立承担资料采集、处理和解释工作。测量上共投入双频 GPS 定位仪 98 台, 其中物探控制点布测 20 台, 物探放样测量 78 台; Leica Tps1100、1200 系列全站仪 43 台, 其中二维勘探 10 台、三维勘探 33 台。参与测量施工的人员近 1 000 人。按工程进度总体要求, 测量必须在 4 个月多的时间内完成各类控制点近千个, 导线  $5\,227\text{ km}$  以及近 40 万个激发、接收的放样工作。工作量之大、工期之短、投入设备之多, 前所未有。要组织好这一庞大的测量工程, 实属不易。为此, 全面、充分地采用了 3S (RS、GPS、GIS) 等技术 (RS 另有专题论述), 进行了科学、细致、准确地设计和组织施工, 优质、高效、按期地完成了测量工作。

## 1 物探 GPS 控制测量

物探 GPS 控制测量<sup>[1]</sup>按《石油物探测量规范》SY/T5171 石油行业标准, 使用 20 台双频 GPS 定位仪, 采用静态相位差分相对定位、边 (网) 连接模式布测控制点, 作为激发、接收点放样测量的依据。

### 1.1 放样测量对物探 GPS 控制点的要求

1) 及时分期、分片提供地震资料采集所需的激发、接收点放样测量成果。

2) 78 台 GPS 和 43 台全站仪同时铺开实施激发、接收点放样测量, 在工区内需要大量的物探控制点。

3) 山地地势起伏较大、植被发育, GPS RTK 数据链电台信号传输距离受限制, 采用符合导线测量时导线应尽快闭合平差处理。

4) 便于 GPS RTK 放样测量时对基准站使用控制点及参数输入正确性检校和常规导线测量启闭点的需要, 在每处布测 1 对 GPS 控制点 (两点距离  $800\sim 1\,500\text{ m}$ , 并通视)。

基于以上诸多因素, 提出了“首级控制、分期 (区) 布网, 首分网整体平差”的施工原则。即: 首先

**作者简介:** 杨柳, 1964 年生, 高级工程师; 从事油气勘探测量的方法研究、工程软件的开发应用工作。地址: (610213) 四川省成都市双流华阳大道一段 1 号。电话: (028) 85608157。E-mail: sv8804@163.com

在整个工区建立 GPS 骨架网,根据施工顺序在骨架网基础上分两期(区)进行 GPS 控制点加密;两期(区)加密 GPS 网分别连接骨架网的布测数据进行平差处理。这样既能及时提供施工所需的物探控制点,又能保证整个网点精度的一致性。

## 1.2 国控点的联测检校

探区可用的国家 I、II 等级三角点 13 个、国家 B 级 GPS 控制点 2 个和国家 II 级水准点 2 个(图 1、2),图中绿色三角为三角点、五角星为 GPS 点、蓝色圆圈为水准点。

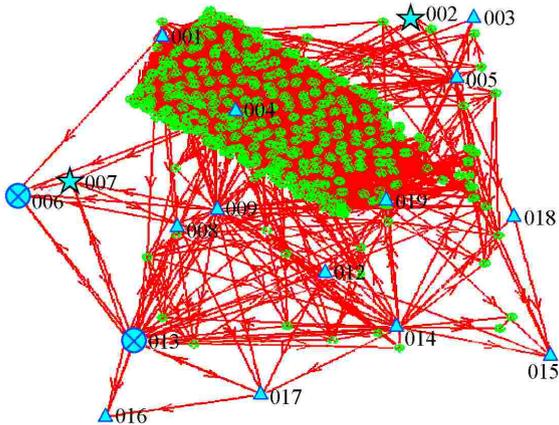


图 1 一期(区)物探 GPS 网点分布图

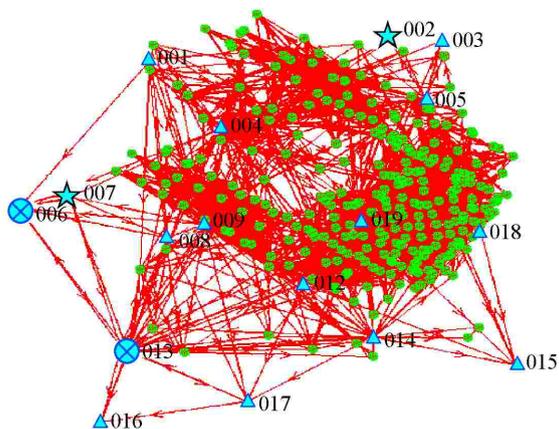


图 2 二期(区)物探 GPS 控制点分布图

为验证这些国家控制点精度的一致性,对上述所有点进行了 GPS 静态同步 4 h 连续观测,并分别进行了以下 3 方面检验:

1) 13 个三角点间平面坐标(基于 BJ54 系统)精度符合性检验。

2) 2 个 B 级 GPS 控制点坐标(基于 WGS84 系统)精度符合性检验。

3) 采用固定 8 个点建立高程模型拟合推算其他 7 个点的高程,将推算高程与已知高程值进行对比,

验证 13 个三角点和 2 个水准点高程(基于 HH65 系统)精度符合性检验。

通过上述检校,各项参数均符合 SY/T 5171《石油物探测量规范》的技术要求,3 类 17 个国家控制点可作为 GPS 控制网的起算依据。

## 1.3 骨架 GPS 网的建立

为保证分期(区)GPS 网具有同等精度,及时提供 GPS 整网平差后的控制点成果,便于野外施工组织和 GPS 设备、车辆等资源的合理调配,在工区内布设了包括 17 个国家控制点在内的共 49 个 GPS 骨架网点(见图 1、2 中较为分散的绿色小圆点),该网承担了以下两方面工作:①建立整个探区高程异常改正数学模型;②作为两期(区)GPS 网的共同起算数据,该网的 GPS 观测数据将纳入后两期(区)GPS 网各自进行整体平差。

## 1.4 分期(区)GPS 网

### 1.4.1 一期(区)网

要求在探区西北部放样测量开始前,完成该区的 GPS 网的加密布测。一期(区)网共加密 568 个物探控制点,其观测数据与骨架 GPS 网点的观测数据实施整体平差,作为该区域物探控制点的最终测量成果。

### 1.4.2 二期(区)网

采用类似一期(区)网的方法,完成探区东南三维勘探及周边二维勘探放样测量所需的 GPS 控制点布测。二期(区)网共加密物探控制点 418 个,该网观测数据与首级 GPS 网点的观测数据实施整体平差,如期提供了物探控制点最终测量成果。

采用两期(区)物探 GPS 控制测量的施工和各自与骨架 GPS 网观测数据进行整体平差的方法,使两期成果互不影响,既及时提供了高精度的控制点,且两期(区)GPS 加密网点的精度具有高度的一致性。

## 1.5 GPS 控制测量的数据处理及精度分析

在施工及数据处理过程中为及时发现、整改问题,GPS 测量基线解算等处理均采用两套软件各自并行处理,即以 Leica Geo Office 软件处理结果为主,以 GeoGenius2000 软件处理结果作为检校。

处理流程为:GPS 观测数据下载及质量检查→基线处理→基线及闭合环精度分析→(无约束、约束)网平差及精度分析→质量检核→提交成果。

通过两期(区)骨架 GPS 网点的两套处理成果

比较表明,其差值最大为: $\Delta x=0.05\text{ m}$ 、 $\Delta y=0.01\text{ m}$ 、 $\Delta h=-0.09\text{ m}$ 。可以看出,两期(区)成果精度的一致性。

### 1.6 建立高程异常改正数字模型<sup>[2]</sup>

根据国控点的两套不同高程系统(WGS84及HH56)的高程成果,采用二次曲面建立探区高程异常改正数学模型。

经最小二乘法平差处理后建立的高程异常数值模型展绘的等值线与国家测绘局提供的1:100万高程异常等值图是一致的,但局部刻画更为准确。同时以数字模型方式建立的高程异常改正系统,便于计算软件对观测点WGS84大地高的统一改正。

经空点法验证用此数学模型解算的HH56高程与已知高程最大差值:一期(区)为0.11 m、二期(区)为0.046 m,完全满足物探GPS RTK放样测量高程异常改正的精度要求。

## 2 物探放样测量

探区属山地地形,最大相对高差760 m,陡崖遍布工区,地形较为平缓地段又多为民居及其他建筑物。既要安全施工又要均匀覆盖,因此在放样测量前需确定激发、接收点放样范围。

### 2.1 GPS RTK物探放样测量

为更好的协调生产,将78台GPS分为3个作业组,每作业组26台GPS,按3套1(个基准站)+7(个流动站)基本组合形式组织实施。在施工前对所有GPS数据链电台的频点进行统一,要求在各自施工区内使用自己的频段;在交界的区域流动的电台可使用邻区作业组GPS基准站的频点,如此既各自为战又相互兼顾,也提高了生产时效。

#### 2.1.1 施工技术措施

1)根据GPS控制测量求解转换参数和建立区域高程异常改正模型。

2)利用GPS RTK相对定位技术特点,基准站的GPS参数中输入BJ54平面坐标和WGS84大地高;流动站与基准站输入同样的WGS84与BJ54坐标系统的转换参数,这样流动站在实时放样测量时可获得BJ54平面坐标,及时检校放样标定的坐标位置是否满足设计的要求。

3)放样激发、接收点的高程基于WGS84系统的大地高,通过高程异常改正数字模型对所有激发、接收点的WGS84系统大地高的改正,获得准确的HH56高程值。

#### 2.1.2 RTK测量资料处理

Leica GPS定位测量资料以其特有的数据库形式保存,因此需先采用Leica Geo Office软件对RTK测量数据处理并导出激发、接收点的BJ54平面坐标和WGS84大地高。

使用川庆钻探工程公司地球物理勘探公司自主开发的《物探测量工具》软件对激发、接收点平面坐标放样是否符合设计要求进行判定,对符合放样要求的激发、接收点统一进行WGS84大地高的改正。

### 2.2 全站仪导线、极坐标放样测量<sup>[3]</sup>

由于受山地地形及植被影响,区内部分地段GPS RTK无法施工或施工效率极低,因此在LG工程中仍投入了一定数量的全站仪施工。

在施工中,使用了“物探专用全站仪”——基于Leica TPS系列用户软件开发平台(GeoBasic),这是专为物探测量开发的导线测量及极坐标放样测量机载软件——“石油物探TPSGeoSv”,实现了野外测量、数据记录、计算及质量检核等功能于一体,不合格的观测数据能在施工现场发现和返测,杜绝了事后返工,提高了质量和效率。

常规导线测量及激发、接收点放样测量资料,统一采用川庆钻探工程公司地球物理勘探公司自主研发的《WinGeoSv物探导线资料处理》软件进行处理,流程如下:建立文件名→控制点引用→磁卡数据录入→原始数据站点名编辑→数据检查→导线平差计算→支导线计算及检校→激发、接收点平面及工程坐标推算→检核激发、接收点的放样范围→处理报告。

由于该软件自动化、智能化程度高,可很快完成资料的分析、处理。

### 2.3 完成工作量及质量分析

LG工程实际放样测量激发点112 775个、接收点267 657个,采用GPS RTK放样的激发、接收点264 671个,占总工作量的69.57%。

GPS RTK放样测量点位中误差 $\pm 0.06\text{ m}$ ,高程中误差 $\pm 0.05\text{ m}$ 。

测线交叉联测9 046点,联测点位中误差 $\pm 0.46\text{ m}$ ,高程中误差 $\pm 0.19\text{ m}$ ;各级复测检查8 608点,复检点位中误差 $\pm 0.27\text{ m}$ 、高程中误差 $\pm 0.13\text{ m}$ 。

## 3 SeisPIMS系统的运用

SeisPIMS系统全称为“地震勘探信息管理系

统”,是专为油气勘探实现计算机辅助设计、野外施工数据管理、生产过程监控、质量分析及辅助决策开发的一套物探专用 GIS 系统平台,该系统不只是针对某一个勘探项目做的 GIS,而是作为对项目数据信息进行综合管理建立的一个基础平台<sup>[4-5]</sup>。

通过 SeisPIMS 系统的使用,实现了以下 6 方面的管理:

1)项目基础数据管理,包括测线设计坐标、物探参数、测量控制点、障碍物及图形管理。系统直接引用 JPG 等格式的图形文件作为底图,直接导入或手工输入测线设计坐标、控制点坐标、障碍边界坐标(可来源于手持 GPS 文件)等数据,实现可视化勘探信息管理。

2)以测线为单位建立激发、接收点测量成果、探钻信息、资料采集(激发、接收)信息库。

3)建立二、三维勘探炮检关系、推算二维测线覆盖次数,并实现可视化管理三维束线及排列片的炮、检关系,辅助验证施工炮、检关系的正确性。

4)测量数据处理。该系统不仅对物探信息进行管理,同时具备常规导线测量及 GPS RTK 放样测量资料的处理功能。用该系统建立的区域高程模型与我公司自己开发软件对 RTK 测量成果高程的处理完全一致。

5)可视化二维勘探测线的设计。根据测线剖面、满覆盖端点以及井控端点等要求,可直接在图形上进行测线设计;同时具备测线过障碍物时对拐点设计、测线平移、伸长缩短等变更及单点偏移设计等功能。

6)GPS 导航功能。与手持 GPS 连接可实现本机导航。

除上述等功能在 LG 工程实现对物探信息成功管理外,还测试了系统自主导航、坐标系统转换、生产进度管理、各类报表(图)的输出等功能,取得了良好效果。

## 4 结束语

通过 3S 技术的充分、合理运用及科学、严密的施工组织,按期、优质、高效完成了 LG 工程物探测量工作,资料于 2007 年 4 月 27~28 日顺利通过专家组的验收。

P6 数据分辨只有 5.8 m,一定程度上影响到高精度地震勘探激发、接收点平面位置的精准设计。

GPS RTK 技术正向 VRS(虚拟参考站)方向发展,它使有限的设备覆盖更大区域,且定位精度稳定、误差分布均匀;但对于物探测量这类设备投入密集、流动性大的施工方法,采用 GPRS/CDMA 通信建立单基站网络 RTK 测量将更为高效。

SeisPIMS 系统集物探采集数据处理、信息管理分析、计算机辅助成图等功能于一体,构成了一套具备施工设计、生产指挥、质量监控、领导决策等多种能力的物探专业综合信息管理平台。

### 参 考 文 献

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强,等.GPS 测量原理及应用[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998.
- [2] 吉渊明,赵水泉.曲面拟合法求 GPS 网正常高的几点认识[J].测绘通报,1998,34(7):18-20.
- [3] 杨柳,YANG LIU.全站仪的二次开发——兼谈 TPS1000 系列全站仪机载物探测量软件[J].测绘通报,2000,36(10):38-40.
- [4] 樊红,詹小国.Arc/Info 应用与开发技术[M].武汉:武汉大学出版社,2002.
- [5] 费鲜芸,张治国,高祥伟,等.SPOT5 城区影像几何精校正点位和面积精度研究[J].测绘科学,2007,32(1):105-107.

(修改回稿日期 2009-10-18 编辑 韩晓渝)