

# GPS 在油气田及管道工程测量中的应用 现状及需求

万仕平 肖德仁 张 勇

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,四川 成都 610041

## 摘要:

为了提高GPS的利用效率和生产水平,有必要对目前GPS在油气田及管道工程测量中的作业流程及内容进行梳理。在GPS作业中,GPS常用于控制测量、中线测量、地形图测绘及线路纵断面测绘,而在GPS内业数据处理阶段,随机软件计算的各项质量评定报告与GPS现行国家标准要求的各项评定指标不能严格对应,人工干预度较大。结合实际生产需求,指出现阶段GPS应用的不足,并提出GPS随机软件应用开发的设想和思路,对未来GPS在油气行业中的应用具有参考价值。

## 关键词:

GPS应用现状;随机软件;扩展应用

## 文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2012)04-0084-03

## 0 前言

在油气田及管道工程测量中,GPS应用十分广泛,贯穿于控制测量、中线测量、地形图测绘和线路纵断面测量等生产过程。当前,GPS用户不仅在硬件设备上追求品质完美,对随机软件的需求也越来越多。如何将GPS同石油天然气行业测绘工作紧密结合、拓展开发,是用户和生产厂商都需要深入探讨的重要问题。

## 1 应用现状

### 1.1 GPS在油气田工程测量中的应用

油气田地面建设工程(如厂、站等)控制测量包括联系测量与首级控制测量,在满足规范的原则上选点、埋石,并采用GPS接收机进行静态观测,平面和高程控制测量一并进行。

地形图测绘一般采用GPS-RTK进行,测图比例尺通常为1:500~1:2 000。首先将GPS-RTK参考站架设在测区的首级控制点上,流动站与参考站的距离不宜大于10 km;其次选择3个及以上的测区控制点,进行参数解算;核实各项参数和解算结果无误,实地检验不低于2个控制点<sup>[1]</sup>,较差符合要求后,开始测量工作。

### 1.2 GPS在油气管道工程测量中的应用

#### 1.2.1 控制测量及中线测量

油气管道工程控制测量包括首级控制测量和线路控制测量。在一般情况下,采用GPS进行静态观测,平面和高程控制测量同时进行。在线路控制测量中,当国家等级点密度不能满足线路联测需要时,先进行国家等级点加密控制测量,加密控制网可视为线路的首级控制网。首级控制网沿线路按点对布设,构成四

收稿日期:

2012-01-06

基金项目:

金秋气田试采FEED设计工程资助项目(K2010-31E)

作者简介:

万仕平(1980-),男,四川自贡人,工程师,学士,主要从事工程测量工作。

边形或大地四边形组成的带状网。点对间的距离一般为8~15 km,最长不超过20 km;组成点对的两点间相互通视,间距不小于400 m<sup>[2]</sup>。

油气管道工程线路控制测量,以GPS加密点或国家四等及以上的等级点为起算点布网。线路GPS控制点的间距一般为200~5 000 m,相邻点相互通视,线路中线转点尽量纳入线路控制网,作为线路GPS控制点。其测量精度等级满足GB/T 50539-2009《油气输送管道工程测量规范》中规定的E级要求。

### 1.2.2 地形图测绘

在油气管道工程的测量工作中,一般采用GPS-RTK测量各单体或线路带状地形图,测图比例尺为1:200~1:2 000,其技术要求同油气田地形图测绘一致。

### 1.2.3 线路纵断面测绘

线路纵断面测量采用GPS-RTK直接测定断面点的坐标和高程。测量前,实地检验不低于2个控制点,较差符合要求后,开始测量工作<sup>[3]</sup>。测量过程中,根据现场的实际综合取舍线路纵断面点,高差变化小于0.5 m的沟坎可舍去,断面点的间距不大于图上5 cm。

## 2 应用需求

目前,GPS随机软件种类繁多,国内市场主流的有Trimble的TGO (Trimble Geomatics Office)、Ashtech的Solution、徕卡的SKI以及南方的GPS数据处理软件等。对前两款GPS数据处理软件的使用,特别是对TGO的使用,积累了一定的GPS数据处理经验,并将遇到的问题进行分析和总结,提出建议和设想。

### 2.1 随机软件与现行国家规范紧密结合

现阶段在油气田及管道工程测量中,GPS测量遵循的国家标准、规范主要有GB/T 18314-2009《全球定位系统(GPS)测量规范》、GB 50026-2007《工程测量规范》、GB/T 50539-2009《油气输送管道工程测量规范》及GB/T 50537-2009《油气田工程测量规范》。在实际生产中,GPS测量成果的检查 and 验收主要以上述规范为主。因此,GPS随机软件与现行国家规范的密切结合十分重要。

从对使用TGO的经验及与Trimble技术人员交流情况来看,TGO对GPS观测数据的解算过程严密,粗差分析能力、剔除能力强,解算结果数据精度可靠(与Solution解算的结果仅差1~3 mm,能够满足油气田及管道工程测量的精度要求)。但是,其解算结果报告中对规范要求的外业数据质量检核、平差精度检核等没有直接体现,使用十分不便。Solution能够实现上述检核,但其过程仍然繁琐。因此,对于Trimble的GPS随机软件,建议与其他同行软件、相关规范相结合,进行升级开发,主要体现在以下几个方面。

#### 2.1.1 外业数据质量检核

GPS外业数据质量检核主要包括重复基线、同步环、异步环的数据检验<sup>[3-4]</sup>。

a)在重复基线检核中,随机软件应能够直观快速地统计出GPS网内所有的复测基线,并根据条件公式 $ds \leq 2\sqrt{2}\sigma$ ,判断该基线是否满足规定。

b)在同步环检核中,由于现在各作业单位的仪器设备较多,在GPS网内形成的同步环个数相应增加,靠人工统计同步观测环,工作量大且容易出现错漏。因此,在GPS的随机软件中,在数据处理阶段应增加同步环统计和检核条件,并根据条件公式 $W_x \leq \sqrt{3}/5\sigma$ 、 $W_y \leq \sqrt{3}/5\sigma$ 、 $W_z \leq \sqrt{3}/5\sigma$ ,判断同步环的观测成果是否满足要求。

c)在异步环检核中,GPS的随机软件可增加异步观测环或独立闭合环的统计和检核,根据条件公式 $W_x \leq 3\sqrt{n}\sigma$ 、 $W_y \leq 3\sqrt{n}\sigma$ 、 $W_z \leq 3\sqrt{n}\sigma$ 、 $W_s \leq 3\sqrt{3n}\sigma$ 判断异步环的观测成果是否满足要求。

d)在完成外业数据质量检核后,应给出各基线向量及其相应的方差-协方差阵。

#### 2.1.2 GPS网平差

外业数据的主要检核完成后,保证外业观测数据质量符合要求的前提下,进行基线向量的解算,并根据解算结果进行GPS网平差,即无约束平差和约束平差<sup>[5-7]</sup>。随机软件的拓展开发应满足平差中的两项主要技术要求的数据计算和评定。

a)无约束平差基线分量的改正数绝对值。随机软件应快速准确地计算出网内每条基线的基线分量改正数,并判断其绝对值是否满足条件公式 $V_{\Delta x} \leq 3\sigma$ 、 $V_{\Delta y} \leq 3\sigma$ 、 $V_{\Delta z} \leq 3\sigma$ 的要求。

b)约束平差基线分量改正数与无约束平差基线分量改正数较差的绝对值。随机软件应在无约束平差的基础上,剔除粗差后,准确计算出约束平差基线分量的改正数,同无约束平差基线分量改正数进行比较,得出较差的绝对值。并根据条件公式 $dV_{\Delta x} \leq 2\sigma$ 、 $dV_{\Delta y} \leq 2\sigma$ 、 $dV_{\Delta z} \leq 2\sigma$ 判断是否满足要求。

c)约束平差后最弱边的精度。在GB 50026-2007《工程测量规范》中,对卫星定位测量控制网的技术要求做出了明确规定,随机软件应根据这一要求进行拓展,能够通过软件的计算和判断,自动提取网的最弱边,并计算其精度。

### 2.2 随机软件与现行应用软件的一体化

在野外工作中,用户常用到Trimble的掌上电脑,配置了相应的数据采集软件如TSC (Trimble Survey Controller),包括数据采集和放样等功能,基本能够满足目前外业数据采集的需要。不过,为了能够同油气

田及管道工程测量的相关内业工作更好的衔接,建议 Trimble 将 TSC 随机软件进行拓展开发,开发的内容可结合图式规范、现行行业软件进行。

### 2.2.1 结合地形图图式拓展开发

目前,在油气田及管道工程测量工作中,主要遵循的图式规范有 GB/T 20257.1-2007《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》及 GB/T 20257.2-2007《1:5 000 1:10 000 地形图图式》。

GPS-RTK 的随机软件如 Trimble 的 TSC 可考虑增加现场绘图的功能,增加地形图图式符号供用户一边采集地物、地形点,一边利用软件提供的绘图功能、图式符号绘制地形图,并可将绘制好地形图草图(电子版)同现场实地情况对照,检查有无重要地物或地形的错绘及漏绘。现场绘制的地形图文件最终能与现行主流的绘图软件 AutoCAD 完全兼容,并能输出 AutoCAD 支持的 dxf 或 dwg 格式。用户不用手工绘制草图,错误率明显降低,且相当于内业的很大一部分工作在外业现场完成,提高了工作效率,节约生产成本。

### 2.2.2 与制图绘图软件一体化开发

对于任一产品,用户都希望能够完全发挥其应有的作用或效率。对于 Trimble 的 GPS 随机软件,希望借助该软件的拓展与现行制图软件的一体化开发,达到数据采集、制图绘图软件的高度集成、提高生产效率的目的。

例如,采用 Trimble 的 TSC 及 TGO(或 TBC),同油气田及管道工程测量中常用的南方 CASS 或 SCS 软件(基于 AutoCAD 进行二次开发的软件)相结合。长输管道线路工程中,生产单位需要完成线路带状地形图及纵断面图的测绘。如果 TSC 同 AutoCAD 一体化拓展开发出一套功能高度集成的软件,仅需根据直线放样功能采集某一段线路的纵断面数据后,就能

在现场利用该随机软件生成线路纵断面图,并导出数据,格式为 dxf 或 dwg,内业人员利用 AutoCAD 进行简单的整饰工作,即可打印出图,交付校审。现在通常的作业流程是:外业采集线路纵断面点、草图绘制、内业人员提取线路纵断面点、数据格式转换、软件生成线路纵断面图、平面示意图绘制、整饰、出图校审。目前的工作方式冗余复杂,已不能满足高效的生产任务。因此,将 GPS 的随机软件同现行主流制图绘图软件一体化开发非常必要。

## 3 结论

GPS 作为现代油气田及管道工程测量的主要手段,发挥了重要作用。在油气田及管道工程测量中,GPS 的应用贯穿了整个外业工作周期。除了对 GPS 硬件设备的需求之外,用户对 GPS 随机软件的期望亦越来越高。用户希望 GPS 随机软件的开发,在充分考虑现行规范标准、绘图软件的需求上进行。因此,GPS 设备生产厂商如能把握这一市场先机,必将赢得更多的用户。

### 参考文献:

- [1] CH/T 2009-2010,全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范[S].
- [2] GB 50539-2009,油气输送管道工程测量规范[S].
- [3] GB 20026-2007,工程测量规范[S].
- [4] GB/T 18314-2009,全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [5] GB 50537-2009,油气田工程测量规范[S].
- [6] 杨善文. GPS-RTK 技术在油气管道中线桩放样上的应用[J]. 天然气与石油,2010,28(1):33-36.
- [7] 李 玮,万仕平.浅析 GPS 在龙岗净化厂控制测量中的应用[J]. 天然气与石油,2010,28(1):41-43.

(上接第 76 页)

b)采用“规模系数法”估算脱硫装置投资,应从吸收系统(高压)和 MDEA 溶液再生系统(低压)两个方面着手。吸收系统(高压)主要根据单套处理规模和进厂原料气压力来估算投资,MDEA 溶液再生系统(低压)主要根据 MDEA 溶液循环量来估算投资。

c)MDEA 溶液再生系统占脱硫装置投资的 60%左右,吸收系统占 40%左右,表明 MDEA 溶液循环量对脱硫装置投资影响最大。

### 参考文献:

- [1] 蔡 培,王树立,赵会军.天然气脱硫工艺的研究与发展[J].

管道技术与设备,2008,15(4):17-19.

- [2] 龙增兵,刘 瑾,吴 熹.高含硫天然气脱硫工艺方案选择及模拟评价[J].化工技术与开发,2007,36(12):28-32.
- [3] 朱利凯.天然气处理和加工[M].北京:石油工业出版社,1997,50-55.
- [4] 王遇冬.天然气处理与加工工艺[M].北京:石油工业出版社,1999,159-162.
- [5] 四川石油管理局.天然气工程手册(下)[M].北京:石油工业出版社,1984,82-86.
- [6] Campbell J M.天然气预处理和加工[M].北京:石油工业出版社,1989,219-230.