VRS 技术在管道工程测量中的应用

吕红涛　方广杰　舒　飞

中国石油天然气管道工程有限公司，河北　廊坊　065000

摘　要：为了说明 VRS（Virtual Reference Stations）技术可应用于长距离油气管道工程测量，对比了传统 RTK(Real Time Kinematic) 技术与 VRS 技术的工作原理和各自优势。在管道工程测量实践中，通过 VRS 技术检核 GPS 静态控制点，平面和高程的较差不超限，其精度满足相关测量规范要求，且提高了测量作业效率。VRS 技术简单、实用，可以用于碎部点采集和施工放样，在测绘及油气管道工程领域的应用前景广阔。

关键词：VRS；RTK；管道工程；测量

DOI: 10.3969/j.issn.1006-5539.2014.02.023

0 前言

在长距离油气管道工程建设领域，管道带状地形图、隧道地形图、穿跨越及场站地形图通常使用航空摄影测量、传统 RTK(Real Time Kinematic) 技术、全站仪测量等仪器设备完成[1]。随着测绘新设备、新技术的快速发展，机载激光雷达测量、VRS（Virtual Reference Stations）技术等也开始在管道测量中使用，并初见成效。

VRS 技术是集 Internet 技术、无线通信技术、计算机网络管理和 GPS 定位技术于一身的新兴定位技术。VRS 技术能否应用于油气管道工程测量，其测量精度是否满足行业规范的各项要求，本文结合工程实践，对 VRS 技术的优势进行了分析，为今后油气管道工程测量提供了借鉴。

1 RTK 技术与 VRS 技术对比

RTK 技术是现代测绘常用的 GPS 测量方式。VRS 技术的出现把 RTK 技术推向了一个更趋完美的地步，代表了网络 RTK 技术以及 GPS 的发展方向。

1.1 RTK 技术及其局限性

RTK 技术是 GPS 实时动态定位的简称，是一种将 GPS 与数据传输技术相结合，实时解算和处理数据，在 1~2 s 内得到高精度三维定位技术。它的出现为工程放样、地形测图和低等级控制测量带来了曙光。RTK 技术的优点：作业自动化、集成化程度高，测绘功能强大；对通视条件、能见度、气候、季节等因素的要求低；定位精度高，数据安全可靠；操作简便、数据处理能力强；作业效率高。

RTK 技术在应用过程中，存在一定的局限性，主要表现：需架设本地的参考站（基准站）；误差随距离的增长而增大；电台功率使流动站和参考站距离受到限制（＜ 15 km）；可靠性和可行性随距离的增长而降低。

1.2 VRS 技术组成、工作原理及优势

VRS 技术包括: 控制中心、固定参考站和用户部分[2]。控制中心是整个系统的核心，既是通信控制中心，也是数据处理中心。它通过通信线 (光缆、ISDN、电话线) 与所有的固定参考站通信；通过无线网络 (GSM、CDMA、GPRS) 与移动用户通信。由计算机实时控制整个系统的运行，控制中心的软件 GPS-NET 既是数据处理软件，也是系统管理软件。

固定参考站是固定的 GPS 接收系统，即 CORS 系统

收稿日期：2013-07-03

基金项目：中国石油天然气管道工程有限公司科研项目（11_GK14-11-A）

作者简介：吕红涛 (1984-)，男，河南民权人，助理工程师，本科，现主要从事油气管道工程测量工作。

（Continuous Operational Reference System），分布在整个网络中，1 个 VRS 网络包括不少于 3 个甚至无数个固定参考站，站与站之间的距离可达 70 km(传统高精度 GPS 网络，站间距离 10~20 km)。固定参考站与控制中心之间有通信线相连，数据实时传送到控制中心。

用户部分包括用户的接收机、智能手机等无线通信的调制解调器。用户根据不同需求，放置在不同的载体上，如：汽车、飞机、农业机器、挖掘机等；用户也可背在肩上。接收机通过无线网络将自己初始位置发给控制中心，并接收控制中心的差分信号，生成厘米级的位置信息。

VRS 网络中，各固定参考站不直接向移动用户发送任何改正信息，而将所有的原始数据通过数据通信线发至控制中心。同时，移动用户在工作前，先通过 GSM 的短信息功能向控制中心发送一个概略坐标；控制中心收到后，根据用户位置由计算机自动选择最佳的一组固定基准站；再根据固定基准站发来的信息，整体地改正 GPS 的轨道误差，电离层、对流层和大气折射引起的误差，将高精度的差分信号发送给移动站。这个差分信号的效果相当于在移动站旁边，生成一个虚拟的参考基站。

VRS 技术的优势：测量范围大；用户省略架设基准站，单用户可直接操作；相对于传统 RTK 技术，没有距离误差的概念，提高了测量精度；误差均匀统一；可靠性提高[3]；信号稳定，兼容 GPS 各种型号，可野外单人作业等[4]。

2 VRS 技术的具体应用

国内某在建天然气管道江西段长度约 570 km，全线总体地势西北和东南低，中部高，大体呈阶梯状展布低山丘陵及平原。前期沿线做了 206 个 D 级 GPS 首级控制点，采用美国天宝 GPS 接收机，以静态测量方式，同步观测 1h 以上，并用天宝 TBC 软件解算处理所得数据[5]。线路地形图采用 VRS 技术测量。使用测量仪器为 Trimble R8 Model 2，配套手簿为 TSC2。

在正式开展线路测量前，向江西省测绘地理信息局申请注册了该省 VRS 的用户名和密码、IP 地址和端口，办理了 VRS 技术测量专用的中国移动 GPRS 数据卡。

VRS 技术测量中，手机、TSC2 手簿和接收机的各项配置是一个复杂、系统、精细的过程。

2.1 TSC2 手簿与手机蓝牙配对连接

打开 TSC2 手簿和手机的蓝牙，使蓝牙可见，输入一个自定义密码后匹配。这样手机就相当于调制解调器，供给 TSC2 手簿联网；在 TSC2 手簿里点击“连接”“管理现有连接”“新建连接”，输入连接 GPRS，选择蓝牙为调制解调器，在拨号方式栏输入 *99# 或 *99***#(中国移动专用)，数据流量选择最大 115 200，其它默认设置。

2.2 TSC2 手簿与天宝接收机蓝牙配对连接

打开 TSC2 手簿里新建文件，在“配置”“控制器”“蓝牙”选项里，选择接收机型号，将手机和接收机通过蓝牙完成连接。

2.3 拨号简表的各项设置

新建拨号简表，简表类型为互联网流动站，选择上述建立的 GPRS 连接，蓝牙调制解调器为手机，接入点为 cmnet，数据传输协议的用户名、密码和 VRS 的 IP 地址及端口均为上述在测绘局申请的专用号码，其它用默认设置，存储拨号简表。

2.4 VRS 技术流动站的各选项设置

在“测量形式”里新建一个 VRS 技术测量，流动站选项测量形式设置为 RTK，播发格式为 RTCM（GNSS 差分信号格式），点存储为矢量，天线类型设置成与接收机匹配的类型，勾选俄罗斯格洛纳斯卫星（GLONASS），接受设置并存储；流动站电台选为互联网连接，拨号简表选择新建的 VRS 简表，接受设置并存储。

完成各项设置后，即可进入 VRS 技术测量程序，TSC2 手簿通过手机接入互联网，获取测绘局接入点源列表，选择 RTKRTCM 建立连接，收到电台信号后即可进行测量或放样工作。

为确保线路测量成果的正确性，每次施测前均对首级控制点进行检核[6]。部分测量结果对比见表 1。

表 1 VRS 技术测量成果与静态测量成果较差 m

点号	纵坐标较差E	横坐标较差N	高程较差H
JX001	−0.003	0.013	−0.026
JX038	−0.010	−0.011	−0.031
JX087	−0.012	−0.006	0.019
JX123	0.007	−0.009	−0.024
JX147	0.015	0.002	0.030
JX179	−0.004	0.017	0.028
JX205	0.013	0.008	0.022

由表 1 可看出，VRS 技术测量静态控制点成果的平面精度优于 2 cm，高程精度优于 4 cm。依据 GB/T 50539-2009《油气输送管道工程测量规范》的相关规定，既能满足线路带状图测量的限差要求，也能满足隧道、穿跨越和场站地形图测量等限差要求；从表 1 也可看出，VRS 技术在控制测量方面，其部分成果精度不能满足 CH/T 2009-2010《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》的相关技术要求，需要采取措施，提高测量精度，才能满足规范要求[7]。所以 VRS 技术可用于油气管道工程测量的碎部点采集和施工放样[8]。

3 结论

VRS 技术节约了人力、扩展了作业距离、提高了工作效率，较传统 RTK 技术具有明显的优势。近年来，随着国内各省区 CORS 系统的建立和筹建，在测绘及油气管道工程领域的应用前景广阔。同时，也应该认识到，现阶段的 VRS 技术能胜任碎部点采集和施工放样；但在控制测量方面，其精度还不能完全满足管道测量的相关要求，特别是隧道、穿跨越及场站地形图的测量，特殊情况下需做好降低误差的准备工作。另外国内部分地区还未建立 CORS 系统，不能提供虚拟参考站差分信息；个别山区没有通信运营商服务，流动站无法接收虚拟参考站的差分信息，限制了 VRS 技术的使用。

参考文献：

[1] 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.
Li Wei, Wan Shiping. Application of GPS to Control Survey in Longgang Purification Plant［J］. Natural Gas and Oil, 2010, 28(1): 41−43.

[2] 杨玉忠，刘玉财．网络RTK技术在管线测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息，2011, 34(6): 76−78.
Yang Yuzhong, Liu Yucai. Application of RTK Technology in Pipeline Network in Measurement［J］.Geomatics & Spatial Information Technology, 2011, 34(6): 76−78.

[3] 王　研．VRS 系统在山区管线测量中的应用前景［J］．甘肃科技，2010, 26(11): 43−45.
Wang Yan. Application of VRS System in Pipeline Surveying in Mountainous Area［J］. Gansu Science and Technology, 2010, 26(11): 43−45.

[4] 李　明．GPS−RTK 与全站仪结合用于油田工程测量[J]. 油气田地面工程，2012, 31(7): 75.
Li Ming. GPS−RTK and Total Station Combined for Oilfield Engineering Measurement［J］. Oil−Gasfield Surface Engineering, 2012, 31(7): 75.

[5] 郭　阳．GPS 技术在仪征－长岭原油输送管道测量中的应用［J］．油气田地面工程，2011, 30(12): 82−83.
Guo Yang. Application of GPS Measurement Technology in Yizheng − Changling Crude Oil Pipeline［J］. Oil−Gasfield Surface Engineering, 2011, 30(12): 82−83.

[6] 桑　悦，江　斌，刘　岩，等．RTK 技术在长输管道测量中的应用［J］．石油工程建设，2010, 36(2): 125−126.
Sang Yue, Jiang Bin, Liu Yan, et al. Application of RTK Technology in the Measurement of Long Distance Pipeline［J］. Petroleum Engineering Construction, 2010, 36(2): 125−126.

[7] 王　涵，姚连壁．VRS 技术在城市地籍控制测量中的应用［J］．地矿测绘，2009, 25(3): 22−24.
Wan Han, Yao Lianbi. VRS Technology in City Cadastral Control Survey Application［J］. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, 2009, 25(3): 22−24.

[8] 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.
Yang Shanwen. Application of GPS−RTK Technology to Centerline Stake Lofting in Oil and Gas Pipeline［J］. Natural Gas and Oil, 2010, 28(1): 33−36.

我国页岩气勘察开发进展顺利

我国页岩气勘察开发进展顺利，截至 2013 年年底累计完成页岩气钻井 285 口，2013 年页岩气产量达到 $2\times10^8 m^3$。

据悉，2013 年，第二次页岩气探矿权招标的 16 家中标企业，已全面开展对 19 个招标区块的页岩气勘察工作；页岩气成藏机理研究取得新进展，研究表明：富有机质页岩厚度是基础，保存条件是关键；海相页岩气选区评价参数体系更加完善；页岩气勘察开发关键技术基本实现了国产化，可以自己组织进行设计和施工；页岩气调查评价技术标注体系建设启动，首批 8 项技术要求和规范编写完成。

截至 2013 年年底完成的 285 口页岩气钻井中，有调查井 105 口（直井）、探井 94 口（直井）、评价井 86 口（水平井），经过水力压裂和测试，日产超过万方的有 38 口（其中直井 18 口、水平井 20 口），日产超过 $10\times10^4 m^3$ 的有 23 口（其中直井 3 口、水平井 20 口）。

（曾　妍　摘自中国石油新闻中心网）