

CORS 技术在济淄线管道测量中的应用

李方圆 江涛

山东省天然气管道有限责任公司, 山东 济南 250101

摘要: CORS 技术是近年来出现的一种融合卫星定位技术、计算机网络技术和数字通信技术的测量新技术。以济淄线天然气管道测量项目为例,介绍了利用 CORS 技术进行管道测量的基本原理,探讨了 CORS 技术在地下管道测绘中的作业实施方案,围绕管道测量的主要内容和精度要求,从管道中线测量、带状地形图测量、穿跨越测量等环节阐述了测量控制方法。通过对测量结果进行复核后发现,与传统测量技术相比,CORS 技术具有工作效率高、精度高等优点,应用价值较高。

关键词: CORS;管道;测量;带状地形图

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2015.02.020

0 前言

近年来,各地天然气管道爆炸事故频发,获取准确可靠的地下管道数据,科学合理地开展地下管道规划设计,已成为各地主管部门的共识。随着 GPS 技术的不断扩展,国内 CORS (Continuous Operational Reference System) 基站建设日趋完善,利用 CORS 技术开展数字化管道测量,采集地下管道的空间分布数据,成为最常用的地下管道测绘手段之一。

1 CORS 技术原理

CORS 是在一个较大的区域内均匀布设多个永久性的连续运行 GPS 参考站,构成一个参考站网,各参考站按设定的采样率连续观测,通过数据通信系统将观测数

据实时传输给系统控制中心,系统控制中心首先对各个站的数据进行预处理和质量分析,然后对整个数据进行统一解算,实时估算出网内的各种系统误差改正项(电离层、对流层、卫星轨道误差),获得本区域的误差改正模型,然后向用户实时发送 GPS 改正数据,用户只需 1 台 GPS 接收机,便可实时或事后得到高精度的可靠定位结果^[1-2]。CORS 技术原理见图 1。

2 CORS 技术的实际应用

2.1 工程概况

济淄线起自济南市历城区济南首站,终于淄博临淄区齐鲁末站,全长 136 km,该管道于 2002 年投入运行。管道沿途所经地区为鲁中山地丘陵地区,由于历史原因该管道建设时未开展管道竣工测绘,根据管道完整性管理的要求,需对管道中线坐标、埋深、线路带状地形图、交叉管道及附属设施等数据进行补测,以完善管道数据,建立完整的数字化管道信息管理系统。

2.2 测量方案

由于山东 CORS 基站已经覆盖整个测区,本次工程原则上不再施测图根点,图根控制测量平面部分直接接收 CORS 信息进行测设。GPS-RTK 流动站进行图根控制点的加密工作,高程采用等外水准测量;在部分困难地段 RTK 不能进行观测,采用全站仪三联脚架法进行加密



图 1 CORS 技术原理

收稿日期:2014-08-22

作者简介:李方圆(1983-),女,山东栖霞人,工程师,硕士,现主要从事长输天然气管道安全管理、生产运营方面的工作。

图根控制测量,高程采用三角高程施测^[3]。

图根控制点应选在通视良好、易于保存且不影响交通的道路口或人行道上。所有图根控制点和支导线点在实地一律以水泥钉做标志,并在实地用红油漆书写点号,图根控制点按照“T”+测区号+流水号格式(三位数字)方法编号。测量时采用多个流动站同时工作,作业组人员分段探测,每个管线物探组配备 1 名物探人员、1 名记录人员、1 名测量人员,物探找到管道点时,记录人员现场用红色油漆在点上做标记,并在点旁边用红油漆标记点号,测量人员直接测量管线点。

为保证数据的可靠性,流动站选取较好时段,每点独立观测 2 次,2 次观测的点位较差 ≤ 5 cm,符合要求后方可将 2 次观测值列表取平均值作为成果。观测精度应控制在 ± 2 cm 以内。加密控制点时应至少保证相邻两点通视^[4-5],控制点边长控制在 80-250 m 内,相对精度 $\leq 1/4000$ ^[6]。测量结果应进行不少于 20%的重复抽样检查,重复抽样采集与初次采集点位之差应小于 3 cm,当检测误差超标时,应重新测定和校核。管道探测时的水平位置限差和埋深限差见表 1。

表 1 探测精度限差表

地下管线中心埋深 h/cm	水平位置限差 l/cm	埋深限差 l/cm
≤ 100	± 10	± 15
> 100	± 0.10	± 0.15

注:管埋深测量中误差不超过 ± 2.5 cm。

对于建筑密集区域,有效卫星信号数量少,CORS 技术施测困难,则选用全站仪三联脚架法进行加密图根控制测量^[7],图根导线测量以收集的首级控制点为起算数据,水平角观测按全圆方向观测法一测回测定,边长按对向观测一测回测定,支导线观测左右角,边长采用对向观测。因地形限制图根导线无法附合时,可布设不多于 4 条边、总长度 ≤ 300 m、最大边长 ≤ 150 m 的支导线,水平观测首站应联测 2 个已知方向,其他站水平角应分别观测左右角各一测回,其固定角不符值和测站圆周角闭合差不应大于 $\pm 40''$ 。

高程控制点应以事先确定的四等水准点或一级 GPS 点的高程为起算数据,根据已知点的分布情况,实际作业中应注意起算点的选取和水准网的网形结构。用全站仪观测图根导线点高程采用测距三角高程的方法进行,与导线测量同时进行,仪器高和棱镜高采用经检验的钢尺量取至毫米。

2.3 管道中线测量

中线测量前应开展管道实地调查,根据管道附属物和设计资料、竣工资料、维修资料等,了解地下管道和附

属物的属性,便于掌握被测管道的主要测量信息。

管道平面定位时以探测仪准确探测点为观测目标进行测量,管道探查方法采用低频磁偶极法,工作频率选择 8、27、33 kHz(RD 系列)。按照要求在管道平整段每 25 m 定位 1 个测量点进行测量,对沿线管道及其附属设施进行大地坐标测量。如果是变坡点或弹性敷衍,需要加密测绘点,两测量点间距 ≤ 5 m。在多管线区域及走向变化不大的地段,采用定位精度最高的水平分量垂向差值极大值法来定位。在管线走向变化剧烈或突变处(如分支、拐弯处等)以及受其它因素干扰时,不能采用上述定位方法,应根据具体情况采用交会或逐次逼近的方法定位或进行剖面探查。

管道定深则采用 70%法(RD 系列)进行,直读法作为参考。测定时,先用极大值法定位,保持接收机的垂直状态,沿垂直管道方向两侧移动,直到幅值为定位点处,测量两点之间的距离即为地下管道中心埋深。管道埋设干扰较少的地方,可以采用直读法定测定管道埋深。

在穿跨点、里程桩、进站点和出站点及进出阀室点、站场位置和阀室位置、干支线交汇点、过路点、转角桩、穿越桩、电位测试桩、水鱼塘、沟渠、护坡及挡水(土)墙等位置均要进行管道特征点测量。原始观测数据和记事项目使用电子手簿记录,外业观测记录手簿须经检查核对无误后进行内业计算^[8]。

2.4 带状地形图测量

外业数字测图以作业分区为单位划分为 5 个作业小组,每组配备 2 名管道探测员,1 名测量人员,配备 GPS 主机 1 台,GPS 手簿 1 个。各作业小组的数据组织、数据处理和作业相对独立,作业小组内及组间在数据采集和处理时不应存在矛盾,避免造成数据重叠或漏测。当有地物跨越不同作业小区时,该地物应完整地在某一小区采集完成。每次施测前都应对控制点数据(x, y, h)进行检校,并应随时对已测过的明显地物点进行检测(即测量重合点),避免错误。

管道采用 1:2 000 比例尺进行地形测量,详细表示出管道所经区域的地形、地物状况,测绘范围为输气管线中心两侧宽度 200 m,用全站仪及 GPS-CORS 数字化成图方法进行测绘,使用以 AUTOCAD 2004 作为平台的 CASS 7.0 软件编绘成图。具体测图方法为:外业直接采集地物点、地形点、建筑物界址点的平面坐标和高程,外业绘制草图。为保证地物点、地形点的精度,应尽量采用多站近测的原则,困难地区增设测站点,采用小棱镜测点以减小小棱镜中心到点位的误差距离,每天设站都应进行测站点、定向点检查,并施测一定数量的重合点进行检测,减少失误^[9]。隐蔽地区应采用钢尺量测距离,并在草图中绘制,外业测量所有点位坐标及高程信息输入

计算机,在 CASS 7.0 软件下生成点图,并参考外业工作草图编辑成图。编辑地图时所有要素均采用 CASS 7.0 软件自带编码。

2.5 管道穿(跨)越测量

由于常规探测仪器所限,对于大中型水域、铁路、高速公路等穿越位置,一般只能探测至穿越点两侧。为完成对大型穿越点管道的测绘任务,本次测绘采用美国 GSSI 探地雷达、高精度 GPS、高密度电磁仪、探管仪等设备对河道两侧 100 m 范围内进行深度地下管道探测及数据比对,得出了精确的管道埋深走向信息。

利用所得的探地雷达图像剖面,根据反射波组和强度特征,通过同相轴的追踪,确定反射波组的地质反应,当地层中有管道时,地层与管道界面两侧的电性差异较大,容易形成强烈的反射波,同时在这一界面产生绕射波,绕射波在时间剖面反应为双曲线,从而确定管道位置及埋深^[10]。济淄线穿越范阳河的雷达探测图见图 2。

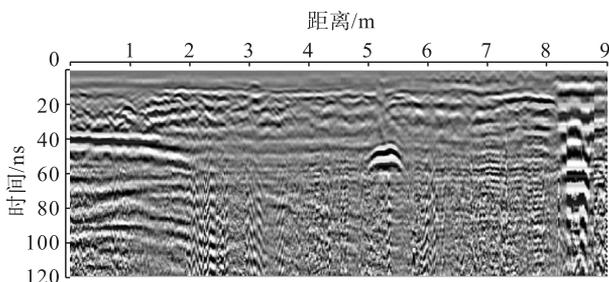


图 2 雷达探测图

3 结论

相对于传统的光学测量和 RTK 测量而言,CORS 技术具有工作效率高、精度高等优点,适合于各种测量内、外业。流动站利用内装式软件控制系统,无需人工干预便可自动实现多种测绘功能,减少了辅助测绘工作和人为误差,提高了测绘精度。对济淄线管道测绘随机抽取了 5 个点的外业探查数据和测量数据进行了复查,结果显示全部满足探查精度要求。

参考文献:

[1] 雷朝锋. 基于 CORS 技术在地质测绘工作中的应用[J]. 北京测绘, 2013, 2(3): 97-99.
Lei Chaofeng. Based on CORS Technology Research and Application of Surveying and Mapping of Geology Work[J]. Bei-

jing Surveying and Mapping, 2013, 2(3): 97-99.
[2] 宋雷, 宋黎民. CORS 原理及道路工程测量应用分析[J]. 山东交通学院学报, 2012, 20(3): 64-67.
Song Lei, Song Limin. CORS Theory and Application Analysis of Traffic Engineering Survey[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2012, 20(3): 64-67.
[3] GB/T 18314-2001, 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
GB/T 18314-2001, Specifications for Global Positioning System(GPS) Surveys[S].
[4] 黎曦, 胡伍生, 孙洪飞. 基于 CORS 技术的林区公路测量及实例分析[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2013, 43(S2): 360-364.
Li Xi, Hu Wusheng, Sun Hongfei. Forest Highway Survey and Empirical Analysis Based on CORS[J]. Journal of Southeast University(Natural Science Edition), 2013, 43(Suppl 2): 360-364.
[5] 刘卫东. RTK-GPS 技术在林区道路工程中的应用研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
Liu Weidong. RTK-GPS Technology in the Forest Road Engineering Research[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2010.
[6] GB/T 50026-2007, 工程测量规范[S].
GB/T 50026-2007, Code for Engineering Surveying[S].
[7] 胡伍生, 潘庆林. 土木工程测量[M]. 南京: 东南大学出版社, 2012.
Hu Wusheng, Pan Qinglin. Civil Engineering Surveying[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2012.
[8] GB/T 14912-2005, 1:500, 1:1000, 1:2000 外业数字测图技术规程[S].
GB/T 14912-2005, Specifications for 1:500, 1:1000, 1:2000 Field Digital Mapping[S].
[9] 范文成. CORS 在村庄规划地形测图控制测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(9): 111-112.
Fan Wencheng. Applications of CORS in Control Surveying of Village Planning Topographic Mapping[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2012, 35(9): 111-112.
[10] 曾昭发, 刘四新, 王者江, 等. 探地雷达方法原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Zeng Zhaofa, Liu Sixin, Wang Zhejiang, et al. The Principle and Application of the Ground Penetrating Radar Method[M]. Beijing: Science Press, 2006.