

RTK 在供水水文地质勘察测量中的应用*

张书华^{1,2}

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 2 吉林大学, 吉林 长春 130012)

摘要:本文阐述了 RTK 在供水水文地质勘察测量项目中的可行性及具体应用方法,并着重阐述采取何种措施才能达到其所需精度。通过实际应用,证明用该方法能够获得满足供水水文地质精度要求的测量成果。应用 RTK 测量,可使工作效率提高十倍以上,大大降低了测量成本。

关键词:RTK 测量;水文勘察;工作效率

中图分类号:P253.2;P641.71 **文献标识码:**A

0 引言

供水水文地质勘察(以下简称水文勘察)测量(包括高程和坐标)是水文勘察必不可少的一项基础性工作,《供水水文地质勘察规范》规定,水文孔、地质孔、泉和居民井等观测点均需施测高程与坐标,用以绘制勘察范围内的等水位线图,借以了解地下水的流向、补给范围、径流区域及地表水与地下水的关系等;还用以计算径流——排泄区域的地下水天然水力坡度等参数^[1]。水文勘察测量中的高程测量精度要求较高,长期以来,一直采用传统的高程施测手段——几何水准测量方法,该方法实施起来费时、费力,作业效率低,且野外工作非常辛苦,经费开支大。近年来,随着 GPS(Global Position System)技术的飞速发展,特别是 RTK(Real Time Kinematic)技术的日臻成熟,其测高精度的不断提高,使得用 RTK 方式进行水文地质一体化(高程与坐标)测量成为可能。这大大减少了测量人员的劳动强度,省工省时,且因 RTK 精度高,全天候,提高了工作效率,使工程周期变短,工程费用大大降低。山东省鲁南工程勘察院在济宁地区就成功地运用该方法进行了水文地质测量,达到了预期的效果。

1 工程概述

1.1 工作区概况

山东省汶上县邵庄济宁任城区双庙水源地,其工作区位于汶上县南部,济宁市区西北,西接嘉祥县,东临兖州市,工作区面积 704.22 km²,共布设居民井、河流等观测点 101 个,水文孔、地质孔 32 个。

工作区以南 10 km 处有兖新铁路。区内南部有日(日照)—东(东明)高速公路自西向东穿过;东部有 105 国道;西部有梁(梁山)—济(济宁)公路贯穿南北。区内以两条公路为主体,形成了四通八达的乡级公路,交通十分便利。

该区属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,温差较大。区内经济以农业为主,主要种植小麦、玉米、棉花等,是济宁市重要的产粮区。工业则主要有采煤、发电及小规模农副产品加工等。

1.2 RTK 测量的必要性与可行性

1.2.1 RTK 测量的必要性

该水源地供水水文地质详查任务要求工期紧、质量高。若采用传统的四等水准观测方法,水准路线长度预计为 500 km,工期至少在 3 个月以上,抽水试验之前将不能提交高程测量成果,拖延整个工期,因此,必须采用新的工作方案。

1.2.2 RTK 测量的可行性

南方灵锐 S80 一体化 RTK 测量系统,平面精度为 2 cm + 1 ppm,高程精度为 5 cm + 1 ppm。为了查

收稿日期:2006-12-09;修订日期:2007-03-14;编辑:孟舞平

作者简介:张书华(1966-),男,山东曲阜人,高级工程师,主要从事工程测量工作。

山东省鲁南地质工程勘察院,山东省汶上县邵庄济宁任城区双庙水源地供水水文地质详查测量工作报告,2006年。

清其高程是否能达到标称精度,选用不同位置的多个水准点进行检验、比较,结果表明,当接收卫星(高度角 10° 以上,5 颗以上,其高程拟合精度即可达到仪器的标称精度,多个工程的结果也证实了这一点。这就使得用 RTK 进行水文勘察高程测量成为可能。

1.2.3 工程质量要求

按设计要求,供水水源地的排泄区域,其高程中误差应 4 cm ,径流区域应 8 cm ,补给区域应 20 cm ^[1]。上述要求是从等水位线高程精度和水文地质计算两方面分析、按精度不影响原则得出的结论,理论上是严密的,精度要求是比较合理的。从实际应用来看,抽水实验时,水源地外围的水位降深比较小,高程精度可以降低一些,但水源地附近的观测点必须满足上述高程精度要求,才能准确地反映水位降深。另外,为了准确勾绘等水位线,还必须测量水文孔、地质孔、泉和居民井等观测点的坐标,按照《地质矿产勘查测量规范》(ZBD10001-89)的规定,按精度最高的钻孔来说,其图上平面位置中误差为 0.15 mm ,按水文勘察最大比例尺 $1:1$ 万,实地为 1.5 m ,RTK 任意测量方式都是容易满足的,故测量工作应着重解决的是如何令 RTK 测量满足水文勘察高程精度的要求^[2]。

2 RTK 测量与精度保证措施

2.1 测前准备

根据文献^[3-4],RTK 高程测量的特点是在基准点以内(内含)测得的 RTK 点比在基准点之外(外延)测得的 RTK 点精度高,外围必须有足够的等级较高的高程点才能保证其内部点的高程精度。由于此前曾做过济宁市地面沉降测量、汶上县地籍测绘、嘉祥县地形测量等项目,故存有数量较多的平面控制及高程控制资料,这些是保证 RTK 测量成功的基础资料。测量前,搜集整理了相关资料,查看了测区周围和测区内的所有已知点,并选择了位于测区边沿的 5 个坐标点和 4 个二等水准点分别作为求解参数点和高程拟合点(图 1)。为了保证 RTK 测量的顺利实施,根据 GPS 的测量特点,将比较隐蔽的钻孔和水井进行了高程引测,同时还检查了所有已知点,确保所有需架设 RTK 的点四周开阔,无树木等物体的遮挡,远离高压线、大功率无线电发射塔,避开大片水域等容易引起 RTK 精度不稳定或精度降

低的因素,确保 RTK 精度的稳定性,减弱测量误差。另外,还在测区周围和测区内选择了一些精度较高的高程点作为 RTK 的高程精度检测点,以便随时检测 RTK 的成果质量。

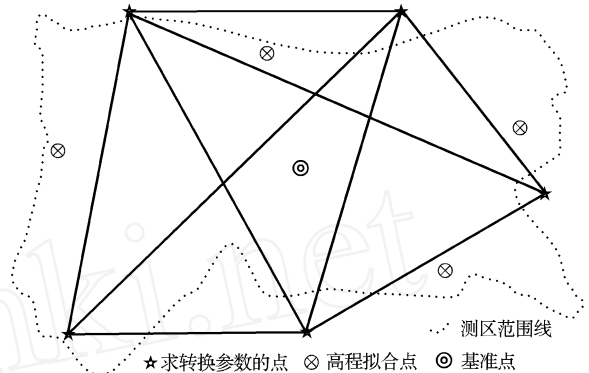


图 1 RTK 的参数求解及高程拟合点分布图

2.2 求解基准转换参数

为了获得所需要的地方坐标,作业前必须用已知点求得两种坐标系间的转换参数,为此,选用了测区周围的 5 个坐标点(具有水准高程)、4 个二等水准点作为参数转换的基准点。实际操作时,首先用 5 个坐标点输入“工程之星”,将 GPS 基准站架设在某一已知点上,设置好参考椭球系、投影参数、发射间隔、差分数据格式、卫星截止角等基本信息,然后依次将流动站架设在其他 4 个已知点上,淘汰残差比较大的已知点,按残差最小的原则求得七参数,启用七参数,测得 4 个二等水准点的地方坐标,然后用这 4 个二等水准点求得高程拟合参数,启用高程拟合参数测定钻孔等点的高程与坐标。

2.3 钻孔居民井等点的 RTK 测量

为了精确测得钻孔、居民井等点的高程,将基准站架设在地势较高的已知点或建筑物上,进行 RTK 测量时,首先在“工程之星”手簿中设置好基准转换七参数、高程拟合参数、基准站坐标和高程以及钻孔、居民井等点的高程中误差的限差,每次作业开始时,将流动站放在已知点上,以检验 RTK 的设置及其功能的正确性。测量过程中,“工程之星”将自动检查记录符合预设精度要求的钻孔等点的坐标和高程。由于水文勘察对测区中心的水源地附近的观测点要求较高,作业中,采取了 3 项措施提高 RTK 的测高精度:选择最有利的观测时间。RTK 的测量实践表明,上午 11 点之前和下午 3 点之后,RTK 的

测量成果最稳定,测量速度也快,选择最有利观测时段观测精度要求最高的点。缩小作业半径。移动站离开基准站的最大距离称作 RTK 的作业半径,将基准站架设在测区中心较高的已知点上,作业半径控制在 4km 内。测区中心的钻孔,每点皆重测一次,两次高程较差控制在 3 cm 之内。

3 RTK 测量的精度检核

为了确保 RTK 高程测量的准确性,在测量过程中,注意测量精度的检核,每天测量前,先将流动站架设在已知高程点进行检核,作业过程中,每经过已测点或离已知点较近时,皆进行检测,发现 PDOP 值较大(3)或成果不稳定时,应进行重测;对于一些重要的钻孔,应设置静态模式,用支撑杆竖直后测量 5~10 min,待数据稳定后再记录。若钻孔间距离较近,则应用水准仪检测,发现问题及时纠正,有效地保证了 RTK 测量的准确性和可靠性。该测区共检测高程已知点 39 个,测定重合点 68 个,检测数据见表 1

表 1 RTK 高程测量精度检核

已知点检核			重合点检核				
高程较差/cm	点数	%	高程较差/cm	点数	%		
dH	2	5	12.8	dH	2	16	23.5
2 < dH	4	7	17.9	2 < dH	4	36	52.9
4 < dH	6	18	46.2	4 < dH	6	12	17.7
6 < dH	8	6	15.4	6 < dH	8	3	4.4
8 < dH	10	2	5.1	8 < dH	10	1	1.5
dH > 10	1	2.6	dH > 10	0	0		
dH _{max} = 10.2 cm			dH _{max} = 8.5 cm				

根据重合点测量的较差,按照同精度两次观测中误差的计算公式 $m = \pm \sqrt{dd/2n}$,可计算出钻孔等测量点相对于已知点的高程中误差为 ± 3.5 cm,这说明,RTK 高程测量可以满足该水源地 1:5 万比例尺的水文勘察高程精度要求。为了检验 RTK 高程测量成果的可靠性,地质技术人员用 RTK 测得的高程与坐标绘制了等水位线图,等水位线圆滑、合

理,未发现任何异常现象,这也充分证明了 RTK 成果的可靠性。

4 结论

(1)从表 1 的检测情况可以看出,RTK 高程测量精度不仅可以满足 1:5 万比例尺的供水水文地质勘察高程测量精度要求,而且误差分布均匀,不产生误差积累,还可以满足 1:2.5 万比例尺的勘察测量精度要求,甚至对于 1:1 万比例尺的外围,亦可用 RTK 测定水文孔、地质孔、泉和居民井等观测点的高程^[1]。另外,通过水文地质方面的应用(绘制等水位线,进行流量计算),证明成果准确可靠,满足了供水水文地质勘察对高程测量方面的精度要求。

(2)用 RTK 测量代替传统的水准测量省时省力,工作效率可以提高 10 倍以上。同样规模的工作区,以前用水准测量要 3 个多月的时间,现在用 RTK 测量,仅用了 9 天就完成了,这对于工作节奏加快的今天,具有特别重要的意义。

(3)RTK 测量虽然实时、准确、快速,但如果作业中缺乏检核条件,有时个别点会出现粗差,所以作业中应用不同的已知点观测(重合点法),或在同一点上观测 2 次(失锁或关机),以保证结果的可靠性。

(4)随着 RTK 测量技术的发展,其精确度和稳定性也将不断提高,抗干扰性将会更强,对环境的要求将会降低^[4]。相信在不远的将来用 RTK 测量代替传统的水准测量将成为可能。

参考文献:

- [1] 胡照普. 供水水文地质勘察高程测量精度分析[J]. 地质测绘, 1989, 17(3, 4): 43 - 48.
- [2] ZBD10001 - 1989, 地质矿产勘查测量规范[S].
- [3] 潘宝玉, 傅文祥, 刘军. RTK 像片控制测量及其精度检验[J]. 测绘通报, 2004, 329(8): 27 - 30.
- [4] 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002, 125 - 143.

(下转第 20 页)

4 结论

通过综合物探手段对月宫桥采空区开展的浅层地震反射波法、瑞利面波法及电阻率测深法勘探,由获得的时间剖面及电阻率曲线,并分别根据其上的异常反映特征解译推断出采空区的分布范围,经现场钻探验证,解译推断的埋深及厚度与钻探所揭露

的深度及厚度吻合得较好。对下步设计工作具有指导意义。

参考文献:

- [1] 王俊茹. 工程与环境地震勘探技术 [M]. 北京:地质出版社, 2002.

Probing Mined - out Areas in Zhangqiu County by Using Complicated Geophysical Exploration and Drilling Method

LU Jian - sheng, LI Shu - rong, WANG Ai - min

(Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Mined - out areas and country rocks of mines in Zhangqiu county have evident wave - preventing boundary, which provide good physical and application condition for exploration in mined out areas by using seismic reflection method, transient surface wave method, and resistivity sounding method. Spatial location of mined out areas can be tested, which will guide next designing work.

Key words: Mine areas; mined out areas; complicated physical exploration; drilling; Zhangqiu in Jinan city; Yuegongqiao

(上接第 13 页)

Application of RTK Technology in Hydro - geological Exploration for Water Supplement

ZHANG Shu - hua

(1. Lunan Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 2. Jilin University, Jilin Changchun 130012, China)

Abstract: Feasibility and application method of RTK technology in hydro - geological exploration are introduced in this paper. Through factual application, it is proved that good measurement achievements which fit the precision demand can be gained by using this method, and work efficiency can be improved by 10 times. It can reduce measurement cost greatly.

Key words: RTK measurement; hydro - geological exploration; work efficiency