

GPS-RTK 技术在热力外线工程中的应用

郭忠志

(北京市热力工程设计公司,北京 100027)

[摘要] 将 GPS-RTK 技术充分应用于热力外线工程,可以有效地提高作业效率和作业品质。介绍了作者在以下两个方面使用 GPS-RTK 技术的体会:(1)RTK 仪器在特定作业区域的精度认定及精度可靠性量化标准;(2)RTK 仪器在热力工程测图及热力外线定线中的实际应用。

[关键词] GPS-RTK 技术;热力外线;工程应用

[中图分类号] P228.4

[文献标识码] B

[文章编号] 1007-3000(2004)03-0046-04

近几年,北京市集中供热发展迅速,热力工程明显增加,测量作为热力设计的配套专业,如何更快更好地为热力设计、施工提供准确可靠的测绘产品,是摆在热力测量工作者面前的一个重要课题。

实践证明,在热力工程测量中,合理利用 GPS-RTK 技术,可以在保证质量的前提下,显著缩短工期,从而合理解决工期、质量之间的矛盾。

现将我们在热力工程测量中应用使用 Trimble 5700 GPS-RTK 动态测量系统的作业情况,简要介绍如下,供大家参考。

1 GPS-RTK 仪器的精度特征

1.1 正式作业前的坐标比对

所谓坐标比对,就是在进行任何种类的测量作业之前,进行与城市一、二级导线点的检测验核,以验测仪器参数设置的正确性、观察基站控制点是否出现粗差(点位移动、资料出错、点号错等),必要时还需要重新求解测区的坐标转换参数,达到尽可能消除系统误差的目的。坐标比对作业应在“控制测量”作业模式下进行。由于北京市城区一二级导线网相对完整,可方便地直接用于坐标比对,因此,结合工程实践,进行了近 200 点的观测,其比对结果如下:

$dx_{max}=39\text{ mm}$, $dy_{max}=-36\text{ mm}$, $dp_{max}=49\text{ mm}$, $dh_{max}=47\text{ mm}$, 显示出利用城市导线点作为基站基础时的观测精度特征。

点位比对误差由 GPS-RTK 观测误差(对点、环境、仪器固有误差等)及导线点固有误差两部分构成,由上表及更多的观测数据可以得出,Trimble 5700 GPS-RTK 动态测量系统的坐标测量精度,同城市一二级导线点精度基本在同一量级,也可以说,在一定的技术措施保证下,GPS-RTK 体现出了观测精度高、精度均匀、误差不累积的特点。

1.2 坐标比对正确性概念数值

为了给外业作业提供一个坐标比对可信程度的数值概念,特意对有条件的 31 个城市导线点进行了补充实验,采取的方法是在不同时间段换基站观测相同点,然后对二次观测值的较差进行精度分析(表略)。

对相同点二次 RTK 观测差值的较差进行统计分析, $\Delta x_{max}=26\text{ mm}$, $\Delta y_{max}=24\text{ mm}$, 点位最大较差 $\Delta p_{max}=28\text{ mm}$, 高程最大较差 $\Delta h_{max}=50\text{ mm}$, 其平均较差 $\Delta p_{均}=17\text{ mm}$, $\Delta h_{均}=26\text{ mm}$ 。

相同点二次 RTK 观测差值为等精度观

*[收稿日期] 2004-08-16

[作者简介] 郭忠志(1958-),男,北京市人,大学本科毕业,工程师,从事热力工程设计与测量工作。

测,由双观测值较差计算单位权中误差公式得到:

$$\text{点位平面位置中误差: } M_p = \sqrt{[dd]/2n} = 13.2 \text{ mm}$$

$$\text{高程中误差: } M_p = \sqrt{[dd]/2n} = 20.5 \text{ mm}。$$

由此可以看到,外业进行城市一二级导线点坐标比对时,一般在2倍中误差附近(平面误差2~3 cm,高程误差4~5 cm),可视为正常,可以进行后续的作业。

2 GPS-RTK 热力外线作业

2.1 RTK 辅助测图

2.1.1 热力工程测图的特点

热力工程所要求的测绘产品,在地物对象精度上呈现出明显的不对称性,比如:线路路由两旁的构建筑物的施测精度要明显高于地形图测图精度;测区内探井井盖的平面位置精度也要高于地形图要求的独立地物精度标准等。如果采用常规方法施测,先测图、再局部提高精度或补测,不但工作量大、工作重复,而且易造成工期紧张。实践证明,利用RTK仪器辅助测图具有精度高、错误率低、效率高的明显优势,可以较好地适应热力工程测图的要求。

2.1.2 RTK 辅助测图施测要点

- RTK 辅助测图施测某些地物是困难的,其方便施测的对象主要有:道路、铁路、泊岸、坡坎、绿篱、栅栏、架空管线、地面槽迹、探井盖中心、灯杆、线杆、信号灯杆、旗杆、低矮建构物、高程点、变坡点等。

- 在大多数情况下,灯杆、信号灯杆、电线杆、低矮建构物等地物,可采用统一向一侧偏移1m的位置施测,内业在CAD成图后将其整体平移到正确位置。

- 测图前需确定地形地物编号编码规则,测图时对应地物关系记录草图。

- 为改善RTK移动站卫星信号接收条件,测图时移动站使用4.7M可伸缩加长杆。同时,应根据卫星星图选择较佳观测时间。

- 在RTK移动站接收天线下部加装数码相机,同步拍摄特定点数码相片。内业根据设计人的要求,利用一定的软件,制成沿路由活动三维影像图;也可不加处理,仅按地形地物编号在CAD图中制成超级链接,供设计人直观了解现场地形地物相对关系,提高设计质量。

- 外业测量结束后,借助一定的软件进行

测量点符号转换、输出成果表并进行图形连线和整理。

- 以打印出的半成品底图为依据,按常规方法完成其余部分测图。半成品底图中的独立地物或地性明显的其他各类要素均可作为常规测图使用的控制点。

- 探井盖中心点RTK高程直接作为下一步地下管线调查的高程依据,作业时应注意由相邻点检查判断是否出现粗差。

按照以上方法所得到的地形图,特殊点的精度有了保证,避免了重复工作,而且免除了控制点布设环节。

2.1.3 RTK 辅助测图实例

以北京市石景山区松林公园热力外线工程为例,该工程是北京市西热东调重点工程连接线,测图范围为环绕公园的全部周边道路,全长约2.2 km,图宽约150~180 m。测区相对开阔,道路范围内高大建筑物不多,卫星接收条件较好。实测时未设编码,仅按地形地物种类以双字母编号,由rtk手簿自动按顺序排行纪录。使用2台移动站共采集约550点,拍摄多幅数码照片,3个多小时完成外业工作。成果传送到电脑后,首先打印输出成果表,便于下一步使用,然后使用清华山维外业测图软件进行符号转换并生成CAD电子图。需要说明的是,符号转换和生成CAD-dmg图的过程不能一次到位,而是按种类分批进行,然后以插入的方式合成,这样做主要是为避免连线错误。

完成CAD电子图后,按照任务书的要求,分别在热力小室、规划路口、过街天桥等16处链接数码照片,然后输出纸图,完成RTK辅助测图作业。

以纸图为基础,以探井盖、线性地物转角、路口交点等明显地形地物点设站,以常规方法补测其余部分。

由于采用了RTK辅助测图技术,松林公园热力外线测量工程未布设图根控制,工期明显缩短,测量精度符合规范要求,特定点的精度有较大提高,避免了重复作业。同时,由于精确获得探井井口高程,为下一步管线调查提供了较好的条件。

2.2 RTK 热力管线中线测量

2.2.1 热力管线中线定线的要求和特点

• 采用顶管或浅埋暗挖方式作业的热力工程,无论是否位于主要线路上,均依照规范要求的第一类精度标准执行;

• 同理,采用直埋方式作业的工程,无论是否位于次要线路上,均可依照第二类精度标准执行;

• 除顶管及浅埋暗挖方式作业的工程外,位于街区内或采用原沟换管方式作业的工程,均可依照第三类精度标准执行;

• 线路中线桩不能通视或通视困难的,可采用坐标间接验测方式,其相邻点中误差不大于5 cm。若横向偏差较大时,须进行桩位调整。

2.2.2 RTK 热力管线中线定线要点

• 开始正式作业前,进行已知点的坐标比对,条件具备时,应进行多点比对。

• 基站设置:在城区测量半径一般应在1.5 km以内;在开阔的郊区,不应大于3 km。测量距离较远且又没有城市导线点时,可由RTK设置过渡点,这样做的效果也要好于远距离观测。

• 在精度许可的范围内,热力定线更注重几何关系,因此同一工程,最好使用同一线号的城市导线点设定基战。

• RTK 仪器智能化程度较高,中线放样时,可根据理论坐标或桩号由仪器自动指示移动方向和距离,并可根据需要任意加设直线、曲线方向桩,十分便捷。因此,作业时有条件仔细确定桩位,最大限度降低误差,尤其是横向偏差,使其达到较理想的状态。

• 钉桩后进行桩位检测,桩位检测应由“放样”模式改变为“控制测量”模式后进行,测量历元不少于10个。

• 对于采用顶管或浅埋暗挖方式作业的热力工程,发现个别点横向偏差较大时,一般需要进行桩位的调直处理,调直处理后应再次检测桩位。

• 对于某些受建筑物、树木等遮挡,接收不到卫星信号的点位,需要根据现场情况,适当布设控制点位,再由全站仪拨钉。

• 外业作业完成后,及时将作业成果传送到电脑中,并打印出来存档。

2.2.3 RTK 热力管线中线定线实例

采用GPS-RTK进行了较多的热力工程中线定线,现以北京奥运村供热工程主干线的辛店村路热力外线工程为例,介绍其定线情况。

辛店村路热力外线工程为奥运会重点工程,该工程分为东西两个部分,西向为-洼里北2号路-北辰西路,东向为北辰西路-北苑路,全长约4.5 km,采用浅埋暗挖方式施工,施工质量要求较高,为满足工期和质量要求,决定采用GPS-RTK定线。

该测区相对开阔,定线范围内高大建筑物不多,卫星接收条件较好。基站第一次安置在测区中央城市导线点上,经坐标比对后,使用2台移动站定线作业,除个别点因未拆迁无法实钉而加测方向点或布设控制点外,东西向2段全部25个点仅用约2小时便实钉并验测完毕,由于精度

表1 辛店村路定向精度

点名	理论坐标		实际放样坐标		线段长度 (m)	横向偏差 (mm)	纵向偏差 (mm)	纵向 相对误差 (1/N)
	X	Y	X	Y				
E1	**5814.353	**2519.090	**5814.354	**2519.103		1		
E2	**5814.468	**2569.090	**5814.488	**2569.085	50	20	18	2777
E1/3	**5815.533	**3031.420	**5815.531	**3031.424	462.331	2	9	51370
F3	**5808.830	**3192.837	**5808.835	**3192.839	161.556	5	2	80778
F4	**5802.126	**3354.254	**5802.114	**3354.248	161.556	12	7	23079
E4	**5795.423	**3515.671	**5795.418	**3515.670	161.557	5	4	40389
E5	**5789.986	**3646.599	**5790.001	**3646.601	131.041	15	2	65520
E6	**5788.907	**3672.577	**5788.901	**3672.585	26	6	7	3714
F5	**5782.683	**3822.448	**5782.685	**3822.441	150	2	15	10000
F6	**5776.446	**3972.319	**5776.437	**3972.329	150	9	18	8333
E7	**5768.569	**4162.314	**5768.590	**4162.320	190.159	21	6	31693
E9	**5765.918	**4344.276	**5765.915	**4344.277	181.981	3	4	45495

(续表)

点名	理论坐标		验测坐标		线段长度 (m)	横向偏差 (mm)	纵向偏差 (mm)	纵向 相对误差 (1/N)
	X	Y	X	Y				
E10	**5763.293	**4694.266	**5763.300	**4694.270	350	7	3	116666
E11	**5761.831	**4889.261	**5761.846	**4889.249	195	15	16	12187
E12	**5760.290	**5034.936	**5760.272	**5034.942	145.683	18	19	7667
W1	**5779.518	**1049.088	**5779.512	**1049.096		7		
W5	**5812.077	**1531.486	**5812.079	**1531.497	483.496	1	3	161165
W6	**5812.174	**1573.486	**5812.178	**1573.496	42	4	1	42000
W7	**5812.635	**1773.485	**5812.631	**1773.471	200	4	24	8333
W8	**5813.187	**2013.259	**5813.192	**2013.251	239.775	5	6	39962
W10	**5813.303	**2063.259	**5813.300	**2063.260	50	3	9	5555
F1	**5813.683	**2228.259	**5813.689	**2228.261	165	6	1	165000
F2	**5813.960	**2348.258	**5813.966	**2348.259	120	6	2	60000
W11	**5814.238	**2469.090	**5814.244	**2469.081	120.832	6	10	12083
W12	**5814.353	**2519.090	**5814.353	**2519.094	50	0	13	3846

较理想,没有进行桩位调整。为进一步判断桩位精度状况,在“控制测量”作业模式下,进行了换基站再次验测,基站第二、第三次分别设在线路两头的城市导线点上,采用10历元观测值,其精度情况见表1。

该定线工程经工程监理公司按规定验线,证明完全符合质量要求,并得到施工单位好评。

3 GPS-RTK 作业需要注意的几个问题

- 对于线路测量来讲,基站应尽量设置在沿线路纵向的中间位置,使基站同移动站接收相同卫星的卫星信号,以提高RTK解算精度,减少无线电传输干扰。

- 在城区进行RTK测量,各类电子干扰、高大建筑物多路经干扰,树木、建筑物遮挡等不可避免,当出现RTK解算困难时,不宜勉强求得初始化,而应考虑变换位置布设控制点,间接测量。

- 布设控制点时,宜采用两次独立观测的作

业方式,即一台移动站测量控制点,另一台移动站换基站验测,以发现和避免可能出现的粗差。

- 中线放样后,采用多历元控制测量模式验测。

- 无论是控制测量或是中线测量,移动站必须架设三角支架。

- 很多时候,加长的移动站天线杆,可以帮助解决卫星信号不好的问题。

4 结论

通过实践证明,将GPS-RTK技术和设备应用于热力外线工程测量中,可大大提高作业效率,优势明显。相信通过不断的努力和探索,该项技术的应用将更加成熟。

参考文献

[1] 熊建明. GPS短边方位角测量的精度分析[J].测绘通报,2000,(11)

(上接第38页)

变为市场经济需要的制图用图并重。地图制品由过去的单一品种,到现在愈来愈呈多样化发展的趋势。地图设计制作的理念应由单纯的传输信息到多元地理信息的深加工,为用户的决策提供支

持。随着制图软件的开发进步,地图正迈向从二维静态到立体视觉三维和触觉三维地图的转变,即从环境可视化向虚拟现实发展,直至不久的将来多维动态的地图的出现。