

RTK 在公路设计断面测量中的应用

王 棋

(河北省地质测绘院 河北 廊坊 065000)

摘 要:介绍了在公路勘测中 RTK 作业流程,讨论了 RTK 技术在公路勘测横断面测量等方面的应用,以实例证明 RTK 测量的高精度,并且提出了将 RTK 技术应用于路线断面测量的基本方法和数据处理模式。

关键词:RTK 技术;横断面测量;TGO

中图分类号:P228.4;U412.24 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2012)02-0172-04

Application of RTK Technique in Cross Sectional Survey in Highway Planning

WANG Qi

(Hebei Provincial Geological Surveying and Mapping Institute, Langfang 065000, China)

Abstract: This paper introduces the RTK work flow in highway surveying, discusses the application of RTK technique in cross sectional survey in highway planning, demonstrates the high accuracy of RTK technique in surveying and puts forward the basic method and data processing model of applying RTK technique in cross sectional survey of highway.

Key words: RTK technique; cross sectional survey; TGO

0 引 言

在公路设计勘测阶段,道路横断面测量是一项重要工作。因为,一方面设计人员要利用测量的横断面数据计算和平衡土石方量,如果横断面数据不合理,就不能正确计算土石方量,工程造价就会计算得不准确;另一方面设计人员需要根据横断面的形状和内容合理地设计道路路基、边坡以及其他附属结构物。目前横断面测量主要采用抬杆法、水准仪皮尺法、经纬仪视距法和全站仪法。抬杆法测横断面精度低,难以满足现代工程特别是高等级公路的需要;同时水准仪皮尺法和全站仪法虽然精度较高,但受通视条件限制及需观测员与司尺员的配合,工作效率较低。但是道路设计过程中,尤其是在山区高等级公路设计中断面测量工作量大,严重制约了道路设计进度及质量^[1]。测量技术的进步源于先进技术的不断引入,目前把较为成熟的 RTK 技术引入道路设计的测量中已经成为了一种必然的选择。由于 RTK 能够实时提供任意测点的 3 维坐标,把 RTK 技术应用到外业测量中,RTK 的流动站与基准站之间的联系是定义在无线电波基础上的,作业区域内的站点之间不需要通视。对流动站来讲,仪器会引导操作员到相应测点的位置,如不合适可自由

调整无须交流,而从提高作业的速度上来讲,由于 RTK 本身的特点,不受天气条件的影响,可全天候的工作。对于测量的精度而言,RTK 本身的特点决定其不存在累积误差,保证了测量精度。

1 RTK 的作业流程

1.1 集测区的控制资料

在道路设计的过程中,控制测量一般是提前完成。在进行勘测设计的测量时,注意收集测区的控制测量资料,包括坐标系统、投影带、中央子午线等。尽可能找到线路所经过地区的控制点,并注意记录控制点的具体位置和到达的线路方式。

1.2 求取地方坐标转换参数

由于道路工程控制网采用的坐标系与 GPS 在 WGS-84 坐标系两者之间存在着坐标转换问题。但是 RTK 测量要求给出施测点坐标,这就使得坐标转换工作显得非常重要。坐标转换参数的精度和正确性是影响 RTK 测量精度的重要因素。在选择校正点时要尽量将进行定测放样的线路包含在其范围之内。首先根据静态测量时求得的 WGS-84 坐标和进行平差后的控制点坐标进行校正,求解坐标转换参数。为了提高转换参数的可靠性,最好选取沿线的

收稿日期:2010-12-22

作者简介:王 棋(1985-),男,河北廊坊人,助理工程师,学士,主要从事与工程测量相关的内外业工作。

多点进行 这样就有多种点的匹配方案。通过其平面或高程校正残差检验转换参数的正确性及精度。

1.3 放样的内业数据准备^[2]

首先根据设计提供的道路参数进行内业道路定义,这里可使用天宝公司的 TSC 2 手簿直接键入,或利用 Trimble Geometrics Office 软件的 Roadlink 内业键入。把设计路线键入软件中,使整条线路的坐标与里程均能点对点,便于中桩的实地放样和横断的测量。而道路一般由直线、缓和曲线、圆曲线、缓和曲线和直线的顺序依次循环构成,在实际的设计中可能会有部分的省略,但整体上的道路都是按这个思路来构成的。其中设计道路的键入主要有两种方法:交点法和元素法,主要过程的界面如图 1 和图 2 所示。在实际的工作过程中两者可以结合使用,这样可以更好地完成工作。



图 1 交点法道路定义界面

Fig. 1 Road definition interface of intersection point method



图 2 元素法道路定义界面

Fig. 2 Road definition interface of element method

1.4 野外作业

在实际进行野外作业时,将基准站接收机架设在选定的已知控制点上,开机后进行基准站等信息的设置,启动基准站接收机。接着进行流动站的设置,完成后要先联测 1~2 个已知控制点,比较测量坐标与已知坐标差值,以及仪器间的测量坐标差值,满足设计要求则可以进行测量、放样等模式的作业。外业完成后把测量成果导入计算机,利用 Trimble 软件 TGO 整理出需要的成果。

2 横断面测量的方法

在使用 RTK 进行横断面测量的过程中,利用 RTK 可以实时测定任意一点位置的 3 维坐标的特点,在 TSC 2 手簿中使用其放样功能中的放样道路功能,选择需要测量横断面的里程的任务文件和道路文件。据设计需要测量横断的里程选择相应的里程,根据手簿的提示测量相应的断面测量,如图 3 界面所示,在这里只要将前后的偏移量控制在一定范围内,将其中的左右偏移量控制在测量

要求的长度范围内,选择相应的地形变化点进行测量即可。这种测量方法与全站仪测量断面类似,因为地形变化点都需要测量人员到达。但是在测量的过程中可以进行一定的处理,减少数据后续的处理强度。其中主要可以通过以下两种形式进行操作。

2.1 对于能够定义道路的横断面测量

2.1.1 实时处理法

在作业现场,根据工作的范围和设备情况,选择相对合适的已知控制点架设仪器。完成仪器的检查后,根据现场的实际选择需要测量的横断面,在测量横断面时首先确定对应的测量断面的里程,在测量横断面地形变化点的过程中,手簿上会实时显示点位偏移中桩的距离,在这个时候可以直接将距离输入到点名中,如 23480-Z-23.56 表示的是里程为 K23+480 km 处,面向大里程方向左面 23.56 m 处有一地形变化点。相应的描述信息输入到点位信息的编码当中,这样就可以完成一个横断面地形点的测量,在内业处理时直接替换就可以完成数据的整理工作,从而实现横断面数据的无纸化操作,避免不必要的人为误差。

2.1.2 后处理法

在现场测量的过程中,完成测量的准备工作后,确定测量横断面的里程,根据 TSC 2 手簿的提示,在测量横断面地形信息点的过程中,只修改测量的地形特征点属性信息,这样就实现了无纸化作业,同时节省不少的人力。在内业处理的过程中,在将当前的作业任务导入 TGO 中以后,导出的数据选项则按如图 3 所示界面信息进行选择,则导出的数据里面会有相应的横断面地形信息。使用这种方法可以实现多条横断面的测量,横断面的间距可以在“增量站”信息中得到体现。



图 3 横断面数据导出界面

Fig. 3 Cross section data export

2.2 对于不能定义道路的横断面测量

在实际的测量工作中,不是所有的道路都能够定义道路文件。在不能定义道路的情况下,可以通过以下几种方式进行处理。

2.2.1 内业处理加外业实测

根据测量的要求,对于需要测量的横断面,在设计的线路上找到相应的里程,室内使用 CASS 等内业处理软

件,做出相应的横断面线,根据测量的横断面的距离提取横断面上的点位坐标,然后在 TSC 2 手簿中利用其建立直线功能实现道路横断面的测量。同时,这种测量横断面的方法也适用于道路设计中的其他断面的测量,例如涵轴测量。这种方法适用于需要测量的横断面比较少的情
况下,如果有大量的横断面则该方法就显得十分累赘,因为内业处理是一个比较烦琐的问题。但对于有夹角的断面测量则显得十分必要。

2.2.2 现场临时作业法

在进行外业横断面的测量时,如果内业没有处理出相应的横断面数据,则可以在实地进行前后最短中桩的位置测量,使用 TSC 2 手簿的建直线功能,实现道路横断面的测量。在外业测量过程中,只需要测量少数横断面,并且时间比较紧迫,来不及或者不需要定义道路文件时,可直接与内业联系,提取中线上需放样的里程坐标,在实地放样其位置,通过 TSC 2 手簿里两点键入线路或一点与方位角键入线路,或者用两点键入道路等功能,实现道路横断面测量。

3 道路横断面精度

在道路勘测设计阶段的横断面测量过程中,根据《公路勘察规范》规定,横断面检测限差见表 1^[3]。

表 1 横断面检测限差表
Tab.1 Table of error tolerance in cross sectional surveying

路线	距离	高程
高速公路,一、二级公路	$(L/100 + 0.1)$	$(h/100 + L/200 + 0.1)$
三级及以下公路	$(L/50 + 0.1)$	$(h/50 + L/100 + 0.1)$

表 1 中 h 为检查点至线路中桩的高差; L 为检查点至线路中桩的水平距离。

目前技术条件下,RTK 测量的精度已经达到了厘米级,从理论分析可以看出利用 RTK 测量横断面的精度能满足规范的精度要求。在这里可以反向计算各个检查点至线路中桩的水平距离的位置,得出高程的限差要求(假定 h 最小,为 $h=0$),从而在测量较为困难的时候适当地进行处理。

经计算可知在 L 分别为 20 m、40 m、60 m、80 m、100 m 时,横断面检测的限差要求最小分别为 0.2 m、0.3 m、0.4 m、0.5 m、0.6 m。由此可以看出,横断面的测量限差在现阶段的仪器条件下十分容易满足。在山西省某高速公路勘测中,利用 RTK 测绘的横断面资料进行设计,在勘测现场放样使用全站仪进行验证,实践证明了全站仪测绘横断面的精度能满足勘测设计需要。

4 横断面的数据处理^[4]

道路勘测设计中横断面数据根据专业的不同,需要提供两个格式的横断面数据。如桥梁专业和隧道专业需要的横断面数据格式为第一种。其格式如图 4 所示。

```

里程 高程
距离中桩的距离 高程 距离中桩的距离 高程 距离中桩的距离 高程...
距离中桩的距离 高程 距离中桩的距离 高程 距离中桩的距离 高程...

K32+630 636.579
6.106 636.773 11.799 636.687 19.451 636.785 ...
9.012 636.832 17.048 636.541 29.027 635.450 ...

```

图 4 道路横断面数据格式(一)

Fig.4 Cross sectional data format of highway(1)

第一种格式数据在使用现场测量法时,将测量的数据导出,根据点名信息中的里程、距离、左右等信息,使用 Office 自带的 Excel 可以十分方便地实现数据的处理。从而尽量地减少数据的人工处理,保证数据的正确。

而路基专业需要的则是第二种格式的横断面数据(即纬地格式数据),如图 5 所示。

```

里程
地形点数目 相对中桩距离 相对中桩高差 相对上一点距离 相对上一点高差...
地形点数目 相对中桩距离 相对中桩高差 相对上一点距离 相对上一点高差...

K38+700
17 6 0 7.9 -2.9 8.5 -7.1 6.3 -1.9 ...
19 1.8 -0.1 7.9 -2.3 6.1 -1.8 3.6 -1.8 ...

```

图 5 道路横断面数据格式(二)

Fig.5 Cross sectional data format of highway(2)

同样第一行数据为在设计线路上面面向大里程放样左侧,第二行为右侧。由于需要的是相对上一点的距离差和高差,在测量中仪器存储的为点位信息。因此数据的处理变得十分困难。当时我们有全站仪 3 台,RTK 是 1 + 2 两套,每天需要处理的横断数据多达 200 条。在测区时,内业人员处理这样的数据成为了难题。为此我们在 CAD 的基础上进行了二次开发,编写一个 LSP 文件实现了道路横断数据的自动获取。

4.1 道路横断面数据处理程序使用方法

使用的方法是:

1) 在 CASS 中输入命令: `apload`, 加载 LSP 文件到启动组中。在电脑的合适位置使用 Excel 新建一个后缀为“.csv”的数据文件。

2) 重新打开 CASS,将测量的数据使用“野外测点代码”展到 CASS 里面,在命令行中输入命令: `xzwj`(选择文件),然后输入 0 打开建好的 CSV 格式的文件。

3) 在命令行中输入命令: `dmzl`,依次选择中桩点,点名,左侧的地形点。

```

K32+630 636.579
6.106 636.773 11.799 636.687 19.451 636.785 ...
6.012 636.832 17.048 636.541 29.027 635.450 ...

```

```

请选择中桩点:
选择对象: 找到 1 个
选择对象:
请选择中桩点的点号:
选择对象: 找到 1 个
选择对象:
请选择前进方向左侧的断面点:

```

图 6 数据选择步骤

Fig.6 Data selection procedure

4) 在选择的过程中,软件会自动计算左侧的地形点数目和重复情况,然后选择右面的点。依次选择,完成

横断面数据的提取,结果即为设计需要的纬地格式数据。

```
ZK41+090
  9  6.2  0.1  1.8  1.5 10.2  0.3  3.6  2  6.5  1.8  7.1  0.8  1.9  2.1  9.9  1.3  3.5  0.3
 10 12  -6   3.2 -0.3  2.5 -1.9  3.7 -0.2  6   -4  6.8 -0.8  3.5 -0.1  4.4 -0.4  3.4 -2.9  6.6 -0.1
```

图7 数据成果

Fig.7 Data result

4.2 程序功能特点

在程序的编写过程中,由于注意到内业测量的习惯问题,该程序具有一定程度的纠错性,其主要可以做到以下几点:

1) 数据的间断性操作

数据输出的文件可以选择原有文件,也可以定义新的文件。

2) 数据选择重复操作

对于重复选择的数据,程序自动统计并只记录其中的一个,避免数据不必要的错误。

3) 数据的有序性

在操作的过程中,横断面信息点的选取可以是随意的,软件会自动按位置排序,具有一定的人性化设计。

5 结束语

RTK 技术较常规测量有明显优势,不仅能达到较高

的定位精度,而且可以使测量一步到位,真正实现无纸化作业。通过强大的数据处理程序,减少不必要的内外业工作量,降低人员成本,极大地提高了工作效率,在工程勘测设计中必将会得到广泛的应用。

参考文献:

- [1] 李仕东. GPS-RTK 技术在高等级公路横断面测量中的应用[J]. 测绘工程, 2005, 14(1): 23-26.
- [2] 黄静新, 詹秀红, 王棋, 等. 山西邢汾高速(榆社一和顺康佳楼)定测工作的几点思考[J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(1): 84-86.
- [3] 中交第一公路勘察设计研究院. JTG C10-2007 公路勘测规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [4] 王棋. 关于道路横断面测量和数据处理[J]. 山西建筑, 2011, 37(3): 204-205.

[编辑:宋丽茹]

(上接第171页)

同时,有效地融入了高分辨率全色影像的特性;而对于高频系数,为了更好地突出融合后影像的对比度和边缘细节,弃用传统的模值取大的准则,采用中心像素与其周围8个方向的梯度变化作为判断阈值。实验结果表明,该方法在最大限度地提融合影像的空间分辨率的同时,能更好地保留原多光谱影像光谱信息。与IHS方法、小波变换法及其传统的代数方法相比,本文方法获得的融合影像色彩自然,边缘清晰,综合融合效果最好。

参考文献:

- [1] 敬忠良, 肖刚, 李振华. 图像融合——理论与应用[M]. 北京: 高等教育出版, 2007.
- [2] 徐清, 邢帅, 耿则勋, 等. 遥感影像融合与分辨率增强技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [3] 宋丽玲, 曹王艳. 采用改进型IHS变换的遥感图像融合算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(2): 172-178.
- [4] Wang Hongmei, Li Yanjun, Zhang Ke. An improved remote sensing image fusion method[J]. Opto-Electronic Engineering, 2007, 34(7): 50-53.
- [5] Hu Zifu, Zeng Zhiyuan, Zhang Zhenlong, et al. Fusion of multi-spectral bands and panchromatic band of ETM images based on the combination of wavelet transformations

and IHS transformation[J]. Geo-Information Science, 2005, 7(4): 29-32.

- [6] 程三胜, 杨英宝, 李艳雯. 基于局部能量的A'Trous小波和IHS变换的影像融合研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(1): 93-95.
- [7] 石爱业, 徐立中. 一种自适应模糊密度赋值的小波变换遥感图像融合算法[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(2): 355-359.
- [8] 贾永红, 李德仁, 孙家柄, 等. 四种IHS变换用于SAR与TM影像复合的比较[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 103-106.
- [9] Sweldens W. The lifting scheme: a construction of second-generation wavelets[J]. SIAMJ. Math. Anal., 1997, 29(2): 511-546.
- [10] Daubechies I, Sweldens W. Factoring wavelet transform into lifting steps[J]. Journal of Fourier Analysis and Applications, 1998, 4(3): 245-267.
- [11] 龚建周, 刘彦随, 夏北成, 等. IHS和小波变换结合多源遥感影像融合质量对小波分解层数的响应[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(8): 1269-1276.

[编辑:宋丽茹]