

WGS-84 平差坐标在 GPS 测量中的应用

郭建华

(韶关市国土资源信息中心, 广东 韶关 512026)

Application of WGS-84 Adjusted Coordinates to GPS Surveying

GUO Jianhua

摘要:对 GPS 测量中 WGS-84 坐标系与本地坐标系转换参数的选择进行研究, 结合实际测量工作, 介绍 WGS-84 平差坐标在实际测量过程中的应用。

关键词:WGS-84 坐标系; 网平差; 坐标转换; RTK

一、引言

GPS 技术以其高精度、全天候、低成本、高效率等特点被广泛应用到测绘及其他领域, 大大提高了测绘工作的效率, 降低了测绘工作者的外业劳动强度。由于 GPS 系统是一个全球性的定位导航系统, 其坐标也是全球性的。目前 GPS 测量使用的协议地球坐标系是 WGS-84 世界大地坐标系 (world geodetic system, WGS)。所有的 GPS 测量成果都是基于 WGS-84 坐标系的, 包括单点定位的坐标以及相对定位中解算的基线向量。而实际使用的测量成果往往是属于某一国家坐标系或地方坐标系, 实地坐标系与 WGS-84 坐标系之间一般存在着平移和旋转的关系, 深入了解 WGS-84 坐标将对 GPS 测量有很大的促进作用。

二、WGS-84 坐标获取

GPS 测量首先要获取点位的坐标, 由于绝对定位(也称单点定位)的结果受到卫星星历误差、卫星钟差及卫星信号传播过程中大气延迟误差的影响, 定位精度一般较差, 通常在 ± 10 m 左右, 获取精确的 WGS-84 地心坐标一般有两种方法。

1) 联测附近的 IGS 跟踪站, 通过长时间静态观测, 获取基线向量, 然后使用 IGS 跟踪站的精确 WGS-84 坐标进行三维约束平差, 获取当地点的高精度 WGS-84 坐标。这种方法需要使用高精度的 GPS 基线解算软件和网平差软件, 计算的工作量也非常大。

2) 通过单机长时间观测, 采用精密单点定位软

件, 利用事后精密星历解算出精确的 WGS-84 坐标, 该方法也需要特殊的软件和大量的计算工作。

三、相对定位

普通的 GPS 用户很难得到精确的 WGS-84 坐标, 常规的 GPS 测量一般使用相对定位的方式测量各点间的相对位置, 而确定同步跟踪相同 GPS 卫星信号的若干台接收机之间相对位置的定位方法称为相对定位。

采用相对定位获取 WGS-84 坐标的流程如图 1 所示。

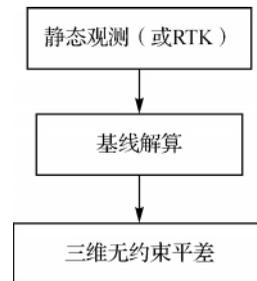


图 1 相对定位获取 WGS-84 坐标

通过静态观测可以获得 GPS 接收机之间的 GPS 基线向量, GPS 基线向量表示了各测站间的一种位置关系, 即测站与测站间的坐标增量。GPS 基线向量与常规测量中的基线是有区别的, 常规测量中的基线只有长度属性, 而 GPS 基线向量则具有长度、水平方位和垂直方位 3 种属性。GPS 基线向量是 GPS 同步观测的直接结果, 也是 GPS 网平差的观测值。

GPS 网平差就是从解算出的基线向量中挑选独

立基线构成闭合图形,以三维基线向量及其相应的方差-协方差阵作为观测信息,进行 GPS 网的最小约束平差或无约束平差,求得 GPS 网点在 WGS-84 坐标系下的三维平差坐标。

由于 GPS 基线向量中已包含了 WGS-84 坐标系中尺度和三维坐标轴的指向信息,以此为观测值作 GPS 网平差的误差方程秩亏数仅为 3。因此,只要固定 GPS 网位置基准点上的三维坐标,即增加 3 个位置基准条件,就能获得网中各点的三维坐标的最小二乘解。常规 GPS 测量中三维无约束平差一般选取控制网中一个长时间单点定位获得的 WGS-84 坐标作为参考点,通过 GPS 基线向量提供网的方位基准和尺度基准,推算其他点的 WGS-84 坐标,然后确定整个网的 WGS-84 坐标。GPS 基线向量网的平差,除了可以求出待定点的坐标外,还可以发现和剔除 GPS 基线向量观测值和地面观测中的粗差,消除由各种误差引起的矛盾,并评定观测成果的精度。

基于基准站的相对定位,也能获得相对精度为厘米级的 WGS-84 坐标,如 RTK 测量,相当于由单基线组成的星形网。

四、WGS-84 坐标在 GPS 测量中的应用

由于常规 GPS 测量是基于相对定位模式的,获得的 WGS-84 坐标成果是某一时刻的相对网中某一点的位置,无法获取准确的固定的 WGS-84 坐标,这就使得为获取当地坐标而计算的坐标转换关系也是不固定的。

实际上 GPS 测量的相对精度是非常高的,静态相对定位达到毫米级,动态相对定位达到厘米级。不同时刻的观测结果或者采用不同的网型进行观测计算的结果,其相对位置的变化是很小的,可以认为仅仅是计算的误差。GPS 测量获得的坐标都是基于 WGS-84 坐标系的,具有相同的坐标基准,不同的是坐标原点有所偏移。在相同坐标基准下的转换是准确而严密的,不同时刻采用不同的网平差方式获得的 WGS-84 坐标之间只存在简单的平移,旋转变量可以看做是计算产生的微小误差,可忽略不计。

在一定范围内只需要一个 WGS-84 坐标控制点即可求出偏移的常数,即只要先进行一次平移,就可以建立基于某个点的相对固定的 WGS-84 坐标系,固定某一个地方的坐标转换参数。

这种方法应用在 RTK 测量中将大大提高 GPS 测量的作业效率,不再需要通过野外采集多个控制点进行坐标转换。实际的操作也非常简单:① 搜集控制点的 WGS-84 坐标和地方坐标,计算坐标转换

关系,若已经建立了坐标转换关系,通过当地坐标可以反算 WGS-84 坐标;② 在控制点上架设 RTK 基准站,输入控制点的 WGS-84 坐标,若手簿中已有了坐标转换参数,可以直接输入地方坐标;③ 检测一个控制点,开始 RTK 作业。

五、应用实例

1. 单基站与网络 RTK 的简单并网

在广东省已建立的全省连续运行参考站(GDCORS)中,由于在韶关地区基站分布较少,平均距离超过 50 km,再加上下午电离层活跃,因此采用全省整网计算的改正信息很难收敛,固定比较困难,需要采用常规的 RTK 模式进行联合作业。

GDCORS 在正常使用的时段,精度高、覆盖区域广,为方便使用,笔者先通过联测 GPS D 级点,建立了韶关市区的基于 CORS 网的 WGS-84 坐标与 1980 西安坐标系的转换关系,并输入手簿中。

在 GDCORS 正常使用时段,可以在测区选择合适的地方布设 2~3 个图根点,按照网络 RTK 的观测要求观测,再经事后数据处理获取点位的 WGS-84 坐标。这样获得的坐标相对于 CORS 参考站网是固定的,而且是厘米级精度的。

架设 RTK 时,输入 WGS-84 坐标,将基于 RTK 参考站的星形网与 CORS 参考站网统一起来,使用已经求得的转换关系进行坐标转换即能得到所需的地方坐标。

为了检验这种作业方法的精度和可靠性,笔者利用拓普康 PG-A1 天线配备 GRS-1 手簿,连接 GDCORS 进行了 24 h 的长时间观测,每 60 s 记录一个坐标数据。通过筛选处理,得到一个固定站的 WGS-84 坐标,利用这个坐标设置 RTK 基准站,基准站设备为拓普康 CR-3 双星扼流圈天线和 Gb-500 双频双星 GNSS 接收机;RTK 流动站设备为拓普康 GRS-1 双频双星接收机;CORS 坐标检测使用徕卡 1250 型双频 GPS 接收机。坐标检查情况如表 1 所示。

由表 1 可知,点位较差中误差为 ± 2.4 cm,大部分点位较差小于 ± 2 cm,由统计分析还可以看出,RTK 实测的坐标精度与 CORS 的坐标精度基本一致,可满足常规测量的需要。

2. 竣工测量坐标系恢复

某乡镇土地整理竣工测量,测区面积约 2 km²,因施工原有的控制点已基本被破坏,经实地踏勘,原来布设的 5 个 GPS 点,仅存一个 E6,位于测区中一户居民楼顶。利用 RTK 作业模式,采用 WGS-84

坐标相对固定的方法,可恢复原有的控制网,避免重复投入。使用过程分3步:

用中海达 GPS 进行观测,计算软件为 HDS2003,在平差报告中找到自由网平差坐标。如图 2 所示。

1) 收集原有的 GPS 平差成果,地形测量时采

表 1

点号	RTK 实测坐标/m			CORS 实测坐标/m			较差/cm		
	X	Y	H	X	Y	H	ΔX	ΔY	ΔH
WX	...54.743	...57.996	93.621	...54.751	...57.993	93.614	-0.8	0.3	0.7
JSD	...16.685	...15.024	121.944	...16.673	...15.028	121.940	1.2	-0.4	0.4
G27	...50.360	...66.925	110.457	...50.353	...66.928	110.442	0.7	-0.3	1.5
G40	...86.462	...77.442	93.098	...86.465	...77.444	93.114	-0.3	-0.2	-1.6
G36	...94.146	...61.856	58.584	...94.149	...61.851	58.599	-0.3	0.5	-1.5
G37	...50.086	...60.473	52.381	...50.047	...60.479	52.401	3.9	-0.6	-2.0
G04	...72.931	...11.891	76.497	...72.949	...11.889	76.469	-1.8	0.2	2.8
G07	...85.741	...95.568	71.421	...85.771	...95.558	71.412	-3.0	1.0	0.8
G09	...29.376	...63.049	67.585	...29.379	...63.041	67.581	-0.3	0.8	0.4
G42	...90.525	...57.199	85.432	...90.524	...57.207	85.418	0.1	-0.8	1.4
G22	...33.923	...46.355	89.825	...33.918	...46.367	89.843	0.5	-1.2	-1.8
G12	...95.156	...19.468	83.806	...95.154	...19.468	83.800	0.2	0.0	0.6
G14	...95.518	...36.705	103.247	...95.499	...36.707	103.236	1.9	-0.2	1.1
G05	...94.349	...04.826	67.867	...94.352	...04.828	67.830	-0.3	-0.2	3.7

§ 2.4 自由网平差坐标

序号	点名	纬度 (D:W:S)		经度 (D:W:S)		高程	点位中误差
		中误差 (m)	中误差 (m)	中误差 (m)	中误差 (m)		
1	00E2	24:16:55.37687N	0.0024	114:01:37.49837E	0.0033	158.7902	0.0111
2	00E4	24:17:02.07034N	0.0028	114:00:56.03333E	0.0054	123.6922	0.0121
3	00E5	24:17:19.54206N	0.0046	114:00:51.51047E	0.0039	126.3559	0.0127
4	00E6	24:17:10.04358N	0.0051	114:01:06.11236E	0.0043	124.8726	0.0112
5	E100	24:17:04.73542N	0.0034	114:01:30.71993E	0.0029	123.0568	0.0094
6	GPS1	24:16:32.66677N	0.0016	114:04:55.79419E	0.0019	158.1281	0.0056
7	GPS2	24:13:28.90144N	0.0020	113:57:55.44991E	0.0022	157.7238	0.0066

图 2

2) 找到控制网经过二维约束平差和高程拟合得到的 1980 西安坐标系成果,利用自由网平差坐标和 1980 西安坐标系坐标,在软件中计算坐标转换参数,建立两坐标系的转换关系,将计算得到的参数直接输入手簿。坐标转换残差如图 3 所示。

系统 B	东坐标	北坐标	平面(P)	高程	平面+高程
E1	-0.0027	0.0120	0.0123	0.0003	0.0123
E2	0.0001	-0.0120	0.0120	-0.0003	0.0120
E4	0.0041	0.0007	0.0042	0.0001	0.0042
E5	-0.0016	-0.0034	0.0038	-0.0003	0.0038
E6	0.0001	0.0027	0.0027	0.0002	0.0027

图 3

3) 在 RTK 基准站上进行 WGS-84 坐标平移。在 E6 点上设置基准站时,采用手工输入基准站坐标的方法,输入自由网平差中得到的 WGS-84 经纬度。从而建立测区相对于基准站固定的 WGS-84 坐

标系统,也固定了该测区 WGS-84 坐标与 1980 西安坐标系的转换参数。利用 RTK 实测图根控制点检测原图上存在的房角等固定地物,点位误差均在 ±10 cm 以内。经过检测说明基于 E6 基准站和内业计算的坐标转换参数建立的坐标系统与地形测量时的坐标系统是一致的,这样就恢复了原有的控制网,避免了在控制测量上的浪费。

六、结束语

虽然常规 GPS 测量中得到的 WGS-84 坐标是不固定的,但 GPS 网中各点的相对位置是固定的,即在 WGS-84 坐标系下各点间的坐标增量是不变的,利用这个原理只要对 WGS-84 坐标系下的坐标进行平移,就能建立一个固定的 WGS-84 坐标系以及这个固定的 WGS-84 坐标系与地方坐标系的关系,获得测量所需的地方坐标。

参考文献:

[1] 李征航,黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.

[2] 魏二虎,黄劲松. GPS 测量操作与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2004.

[3] 刘宗泉,贾志强,邢诚,等. GPS 网 WGS-84 平差坐标向地方独立坐标的转换[J]. 测绘信息与工程,2007,32(1):33-35.