

## GPS(RTK)技术在矿山测量中的应用

李巧莲, 刘 军

(洛阳栾川钼业集团矿山公司, 洛阳 栾川县 471542)

**摘 要:**以洛钼集团矿山公司三道庄30000 t/d露采工业场地图根控制网的布测和其它矿山测量工作为例,阐述了全球卫星定位技术(GPS)在矿山生产中的应用情况及前景展望。

**关键词:**GPS定位系统;矿山工程;控制测量

GPS全球定位系统(Global Positioning System)在矿山工程测量中的应用,在最近的两年得到了迅速推广,这主要依赖于GPS系统可以向全球任何用户全天候地连续提供高精度的三维坐标、三维速度和时间信息等技术参数。

矿山工程的测量主要应用了GPS的两大功能:静态功能和动态功能。静态功能是通过接收到的卫星信息,确定地面某点的三维坐标;动态功能是通过卫星系统,将地面点的三维坐标实时的施测并记录下来,也可把已知的三维坐标点位,实地放样于地面上。

常规的GPS测量方法,如静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度,而RTK是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法,它采用了载波相位动态实时差分(Real-time kinematic)方法,是GPS应用的重大里程碑,它的出现为工程放样、地形测图,各种控制测量带来了新曙光,极大地提高了外业作业效率。

高精度的GPS测量必须采用载波相位观测值,RTK定位技术就是基于载波相位观测值的实时动态定位技术,它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果,并达到厘米级精度。在RTK作业模式下,基准站通过数据链将其观测值和测站坐标信息一起传送给流动站。流动站不仅通过数据链接收来自基准站的数据,还要采集GPS观测数据,并在系统内组成差分观测值进行实时处理,同时给出厘米级定位结果,历时不到1秒钟。流动站可处于静止状态,也可处于运动状态。可在固定点上先进行初始化后再进入动态作业;也可在动态条件下直接开机,并在动态环境下完成周模糊度的搜索求解。在整周末知数解固定后,即可进行每个历元的实时处理。只要能保持四颗以上卫星相位观测值

的跟踪和必要的几何图形,则流动站可随时给出厘米级定位结果。

### 1 GPS测量的技术特点

(1) 测站之间无需通视。测站间相互通视一直是测量学的难题。GPS这一特点,使得选点更加灵活方便。但测站上空必须开阔,以使接收GPS卫星信号不受干扰。

(2) 定位精度高。一般双频GPS接收机基线解精度为 $5\text{ mm} + 1\text{ ppm}$ ,而红外仪标称精度为 $5\text{ mm} + 5\text{ ppm}$ ,GPS测量精度与红外仪相当,但随着距离的增长,GPS测量优越性愈加突出。大量实验证明,在小于50 km的基线上,其相对定位精度可达 $12 \times 10^{-6}$ ,而在100~500 km的基线上可达 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 。

(3) 观测时间短。观测时间短采用GPS布设控制网时,每个测站上的观测时间一般在30~40 min左右,采用快速静态定位方法,观测时间更短,特别是RTK技术的成熟,使测量时间大大缩短。如使用南方S-82接收机的RTK法可在1 s以内求得测点坐标。

(4) 提供三维坐标。GPS测量在精确测定观测站平面位置的同时,可以精确测定观测站的大地高程。

(5) 操作简便。GPS测量的自动化程度很高。目前GPS接收机已趋小型化和操作傻瓜化,控制测量时观测人员只需将天线对中、整平,量取天线高打开电源即可进行自动观测,而其它观测工作如卫星的捕获,跟踪观测等均由仪器自动完成,利用数据处理软件对数据进行处理即求得测点三维坐标。而RTK测量则更为方便,校正可实现参考站已知或未知,只需参考站开机,移动站可自动搜索参考站电台信号,所有工作即可在移动站上通过手薄控制器轻



松实现校正、采点、放样及其它专用功能。

(6) 全天候作业。GPS 观测可在任何地点,任何时间连续地进行,一般不受天气状况的影响。

## 2 GPS 系统在实际测量工作中的应用

### 2.1 控制测量

控制矿区位于具有“亚洲第一,世界第三”之称的栾川钼矿田腹地之一的冷水南泥湖钼矿床境内,地物地貌较为复杂,部分区域和方向有遮挡,该测区内原有 BJ54 坐标系的 E 级控制点 2 个(已知起算点),其中 BZ( $X = 3755352.740$ ,  $Y = 546889.300$ ,  $H = 1359.746$ )位于北庄山头,ZSN( $X = 3755779.560$ ,  $Y = 546068.370$ ,  $H = 1408.597$ )位于祖师南山头,根据工程需要在矿区均匀加密 7 个控制点,以便于测设(见图 1)。根据制定的观测方案,将 3 台南方 S-82 双频机安置在 2 个已知起算点及 7 个待定点(SGG0, B200, GLT0, 26-1, 1207, GT00, W-10)上同时接收卫星信号,按规范直至将必要环路观测完毕。观测数据经平差计算得到,1954 北京坐标系的坐标见表 1。

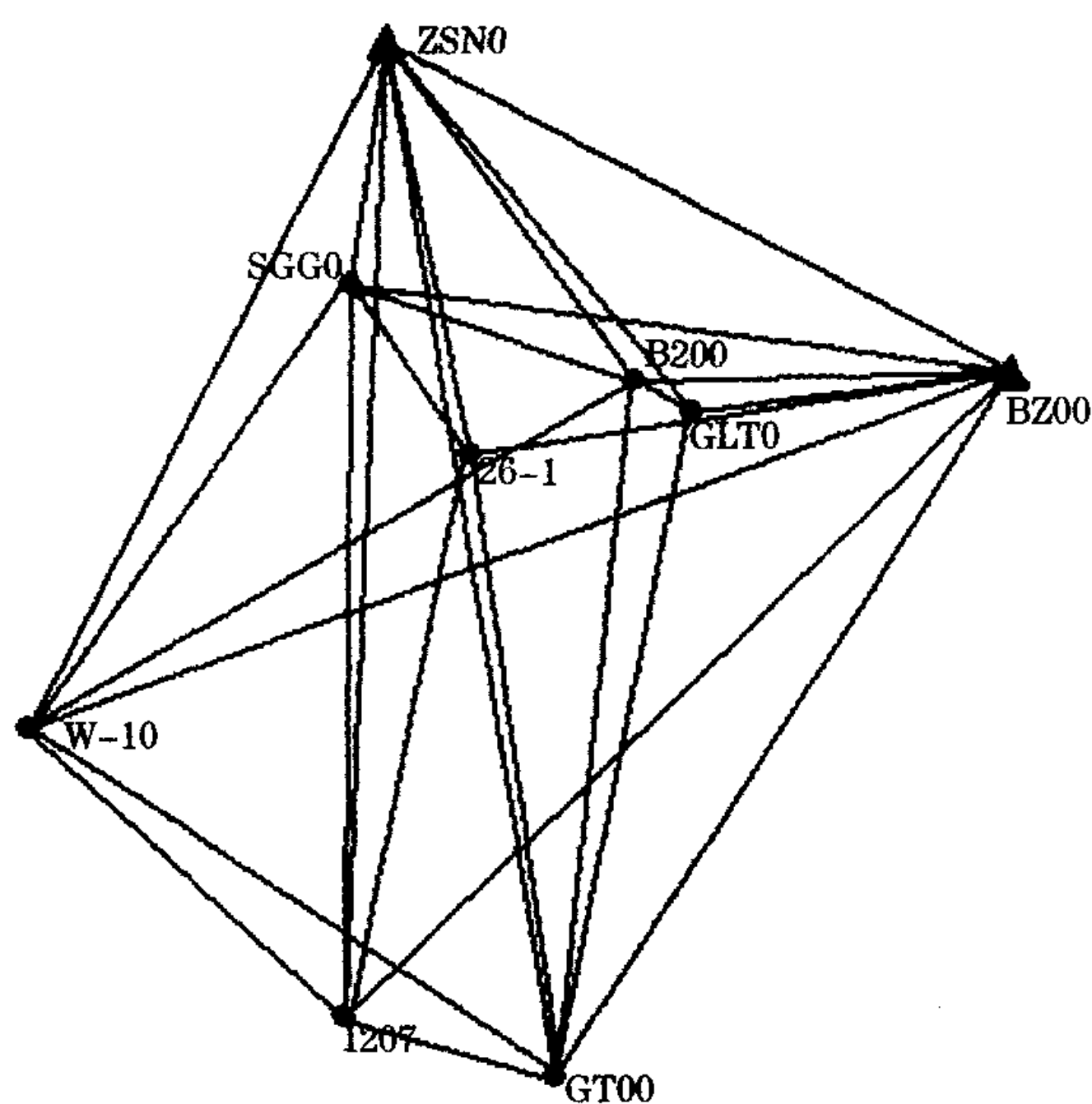


图 1 测量控制网

根据平差成果统计,点位精度平面均高于 2.2 mm,高程均高于 10 mm,因此可以满足矿区加密施工控制网的精度要求。

### 2.2 碎部测量

RTK 实时测量以其高精度、高效率、广泛的应用范围极受业界的亲睐,得到了空前的关注。结合目前 GPS 定位在民用的技术水平,如何将上述优势淋漓尽致的体现出来,其中一个重要的技术环节就

是正确、实时地求取地方坐标转换参数。

表 1 控制点坐标

ID	坐标 X	坐标 Y	高程
BZ00	3755352.740	546889.300	1359.746
ZSN0	3755779.560	546068.370	1408.597
1207	3754504.120	546015.293	1558.599
26-1	3755240.122	546178.929	1427.117
B200	3755335.015	546392.234	1422.961
GLT0	3755297.423	546468.978	1390.797
GT00	3754429.288	546290.798	1480.990
SGG0	3755460.607	546020.960	1459.044
W-10	3754881.429	545597.184	1585.368

众所周知,GPS 定位提供的 WGS84 大地坐标在大多数工程应用中没有太大意义。实际需要 GPS 观测的 84 坐标转换为国家平面坐标(如 BJ54)或者工程施工坐标。对于 WGS84 到 BJ54 的转换,可以采用高斯投影的方法,这时需要确定 WGS84 与 BJ54 两个大地测量基准之间的转换参数(三参数或七参数),需要定义三维空间直角坐标轴的偏移量和(或)旋转角度并确定尺度差。但通常情况下,对于一定区域内的工程测量应用,往往利用以往的控制点成果求取“区域性”的地方转换参数。其前提条件是:

(1) 控制点的数量应足够。一般来讲,平面控制至少 3 个,高程控制应根据地形地貌条件,数量要求会更多(如 4 个或以上),以确保拟合精度要求。

(2) 控制点的控制范围和分布的合理性。控制范围应以能够覆盖整个工区为原则,一般情况下,相邻控制点之间的距离在 3 ~ 5 km,所谓分布的合理性主要是指控制点分布的均匀性,当然控制点是越多越好。

(3) 控制点之间应具备相互位置关系精确的 WGS84 大地坐标 BLH 和地方坐标 XYZ,以确保转换关系的正确性。

事实上,具体的测量工作遇到的情况可能有以下几种:

(1) 宽广的测区只有有限等级控制点的地方坐标 XYZ。在这种情况下,要根据实地情况做加密的控制测量,将静态数据进行整体网统一平差,给出相对精度准确的 WGS84 坐标和地方坐标。

(2) 测区已经有足够控制点的 WGS84 坐标和地方坐标,并且有精确的相对位置关系。

(3) 测区只有足够控制点的地方坐标,相对位置关系精确,但没有 WGS84 坐标。在这种情况下,



我们可以利用 RTK 测量方法,以基准站为起算位置(这个起算位置的坐标由 GPS 接收机观测确定,是一个精度有限的大地坐标,但它不影响 RTK 观测的相对位置关系),确定各控制点之间相对精确的位置关系,并实时测定 WGS84 大地坐标。该方法具体实施时可能会遇到难处,比如控制点的距离太远,而 RTK 的作用距离有限。

上面 3 种情况中,不管是那一种情况,控制点的地方坐标必须是相对准确的,同时控制点的大地坐标也应该是相对准确的。不管测量工作遇到的是哪种情况,区域性的地方转换参数,总可以利用点校正来求取。点校正的方法在实践中是可靠的。点校正必须知道每个控制点的 WGS84 坐标和地方坐标。点校正的广泛应用,在于它有以下几个显著的特点:

(1) 点校正可以为 RTK 测量提高平面精度;

(2) 点校正可以检验控制点的平面相对精度和高程相对精度;

(3) 足够的点参与点校正,RTK 就可以进行高程测量;

(4) 点校正可以求取区域地方坐标转换参数。

利用已知的 7 个已知点,通过静态测量的方法求出矿区坐标系统的转换参数(WGS84 世界坐标系转为 1954 年北京坐标系),即七参数。参考站架设在交通方便、视野开阔的地方,通过对 GLT0 的校正,测得其它已知点的三维坐标,误差均小于 10 mm,完全满足矿区测量的技术要求。也可以通过点校正的方法依次对 7 个已知点进行 RTK 观测,快速求出坐标系转换参数。校正之后,可采用两台流动站同时进行碎部测量,实时输入点位附加信息(点号及编码),通过手薄控制器直接存储,工作完毕可将点位所有信息一次传输至微机。由于矿区范围有限,已知点最远距离不到 1.4 km,所以利用本区已知点求出的参数只适合本矿区实用。

(上接第 604 页)

有用成份  $\text{Al}_2\text{O}_3$  外,微量元素镓的品位也达到工业要求。我单位 2005 年对平果铝那豆铝土矿区 25-2-49~52 采场实施生产勘探时,探获 111 b 铝土矿干矿储量 85.5539 万 t,其矿石平均品位:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  62.68%,  $\text{SiO}_2$  6.35%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  12.49%,  $A/S$  9.87;同时也探获伴生镓金属储量(333) 75.29 t,平均品位 0.0088%。二者的工业价值比约为 2.3:1。因此,铝土矿石中有益成份——镓是不可忽略的。另外,

从以上实例可知,RTK 测量可以用于工程的控制测量及碎部测量是非常有效的新技术。原来 10 人 20 d 的作业任务,使用 GPS 测量仅用 5 人 6 h 时间,可见利用 GPS 测量能大大提高作业的效率,减轻劳动强度,保证了矿山测设质量。

### 3 结 论

通过以上对 GPS 测量的应用事例的探讨,可以看出,GPS 在矿山工程的控制测量及碎部测量上具有很大的发展前景。

(1) GPS 作业有着极高的精度。它的作业不受环境和距离限制,非常适合于地形条件困难地区、局部重点工程地区等。

(2) GPS 测量可以大大提高工作及成果质量。它不受人为因素的影响。整个作业过程全由微电子技术、计算机技术控制,自动记录、自动数据预处理、自动平差计算。

(3) GPSRTK 技术将彻底改变矿山测量模式。RTK 能实时地得出所在位置的空间三维坐标。这种技术非常适合矿山收方、定界、路线、桥、隧勘察。它可以直接进行实地实时放样、点位测量等。

(4) GPS 测量可以极大地降低劳动作业强度,减少野外砍伐工作量,提高作业效率。一般 GPS 测量作业效率为常规测量方法的 3 倍以上。

(5) GPS 高精度高程测量同高精度的平面测量一样,是 GPS 测量应用的重要领域。特别是在山岭重丘区,往往由于这些地区地形条件的限制,实施常规的几何水准测量有困难,GPS 高程测量无疑是一种有效的手段。

(收稿日期:2006-05-30)

李巧莲(1974-),女,山西孝义市人,中国测绘学会会员,主要从事矿山工程测绘工作。

在桂西大部铝土矿区,铝土矿石中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量也普遍较高,矿区  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  平均品位达到 25% 左右,虽然相对工业价值较低,但矿物中的铁较易在综合冶炼过程中被分离提取,作为一种附加产品进行综合开发是有意义的。鉴此,在研究制定铝土矿石品级标准时,有必要综合考虑。

### 参考文献:

- [1] GB3497-83. 铝土矿石品级标准[S].
- [2] 杨重愚. 轻金属冶金学[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.