

# GPS / GLONASS 组合定位系统的精度分析

徐绍铨 张永军 李振洪 吴云孙

**摘要** 介绍了 GLONASS 的组成及其运行状况, 并与 GPS 进行了比较。为了检验 GPS/GLONASS 组合定位系统的灵敏度及其定位精度, 在进行大量实验的基础上, 对 GPS、GLONASS、GPS/GLONASS 三种数据进行了全面的分析与比较。

**关键词** GLONASS GPS/GLONASS 组合定位系统 系统灵敏度

1996年1月, 前苏联的全球导航卫星系统 GLONASS (Global Navigation Satellite System) 顺利建成并投入整体运行。GLONASS 由 24 颗卫星组成, 均匀的分布在夹角为  $120^\circ$  的三个轨道面内, 其轨道半径为 25 510 km, 轨道倾角为  $64.8^\circ$ 。GLONASS 同 GPS 的构成及定位原理类似, 两者都工作在 L 波段上, 分别发射 C/A 码和 P 码。GLONASS 与 GPS 系统也有不同, 如 GLONASS 并未对 P 码进行任何加密, 而 GPS 采用了 SA 技术, 因而 GLONASS 的单点定位精度优于 GPS (有 SA 时); GPS 采用码分多址技术, 即不同的 GPS 卫星使用相同的频率发射信号, 通过不同的码元来识别每颗卫星, 而 GLONASS 则采用频分多址技术, 即每颗卫星都使用不同的工作频率发射信号 (为了减小带宽, 同一轨道平面上相隔  $180^\circ$  的两颗卫星共用同一频率); GPS 采用 WGS-84 坐标系, 而 GLONASS 则采用 PZ-90 坐标系。此外, 两者的时间系统及广播星历的数据格式也不同。

## 1 灵敏度和精度测试

尽管 GLONASS 与 GPS 存在着诸多的

差异, 其可靠性和定位精度方面还有待进一步完善。但由于 GPS 采用 SA 及 AS 政策, 使普通用户的实时定位精度降低到 100 m 左右, 而且 GPS 的 24 颗卫星覆盖并不能保证在全球范围内实现用户定位的自主完备性监测 (RAM)。将两者结合起来, 应用于城市及多山地区 (如大坝变形监测, 库区滑坡监测) 等领域, 可以成倍地提高可见卫星数, 减小星源不足带来的影响, 从而提高定位精度和可靠性。因此, 研究 GLONASS 特别是 GLONASS 与 GPS 的组合定位, 具有重要的现实意义。

为了分析组合定位系统的定位精度和灵敏度, 用 ASHTECH 公司生产的 GG24 单频双系统接收机进行实验。该接收机有 24 个通道, 其中 12 个通道用于接收 GPS 卫星, 另外 12 个通道用于接收 GLONASS 卫星。

1) 组合定位系统灵敏度测试。测试于 1999 年 3 月 30 日~ 4 月 1 日, 在武汉测绘科技大学四号楼顶进行, 一台接收机固定不动, 另一台接收机安置在精密导轨上 (导轨上装有精密测微器, 可以读至  $0.01\text{ mm}$ ), 定时手工移动导轨产生人为移动量, 然后将观测数据的解算结果与手工移动量进行比较, 以检

验其灵敏度。在进行实验时,设置卫星截止高度角为  $15^\circ$ ; 采样率为  $5\text{ s}$ 。精密导轨每  $12\text{ h}$  在两接收机连线方向上移动一次,共进行了  $48\text{ h}$  的观测,第一次移动使基线缩短  $6\text{ mm}$  (相对第一个  $12\text{ h}$  的观测基线长,下同),第二次移动使基线增长  $5\text{ mm}$ ,第三次移动使基线长度恢复到初始值。

2) GPS、GLONASS 和 GPS/GLONASS 三者精度比较测试。测试在武汉测绘科技大学校园内进行,两接收机固定在基线的端点连续观测  $7\text{ h}$ 。观测时卫星截止高度角为  $10^\circ$ ; 采样率为  $10\text{ s}$ 。数据处理时,将三种数据分别进行解算,然后对解算结果进

行比较。

## 2 数据处理与分析

对两组观测数据的处理均采用 GG24 随机软件进行。第一组测试的解算结果见表 1。表 1 中以第一个  $12\text{ h}$  数据的解算结果为基线长度的参考值,以后每个时段均以该解算结果加上人工移动量作为理论值,然后比较解算值与理论值之差。可以看出,当观测时间较长时,GG24 组合定位系统对短基线观测的灵敏度优于  $1\text{ mm}$ ,即用 GG24 接收机进行短基线观测时,可监测出  $1\text{ mm}$  的形变量。

为了分析组合定位系统的稳定性,我们

表 1 组合定位系统灵敏度测试成果表

时段号	基线长度解算值/m	人工移动量/mm	基线长度理论值/m	差值/mm
1	54 260 1	0 0	54 260 1	0 0
2	54 254 0	- 6 0	54 254 1	- 0 1
3	54 265 2	+ 5 0	54 265 1	+ 0 1
4	54 260 0	0 0	54 260 1	- 0 1

把  $12\text{ h}$  的观测数据分解成  $1\text{ h}$  进行解算,比较每小时观测成果与  $12\text{ h}$  观测成果的差值和每小时观测成果之间的变化,分析其稳定性。解算结果及统计信息列于表 2 和表 3。

由表 2 可看出,每小时解算结果的平均值与  $12\text{ h}$  的解算值非常接近;每  $1\text{ h}$  解算的基线长度与  $12\text{ h}$  解算值的最大偏差在  $\pm 1.5\text{ mm}$  以内,平均偏差则在  $\pm 0.7\text{ mm}$  以内;距离中误差最大为  $0.8\text{ mm}$ ,平均为  $0.6\text{ mm}$ 。

由表 3 可见,12 个时段的平均值与  $12\text{ h}$  的解算值非常接近;每  $1\text{ h}$  解算值与  $12\text{ h}$  解算值的最大偏差在  $\pm 1.7\text{ mm}$  以内(数据量太大,表中未列出),平均偏差则在  $\pm 1.0\text{ mm}$  以内;坐标分量中误差最大为  $1.0\text{ mm}$ ,平均在  $0.8\text{ mm}$  以内。

综合以上分析,可以认为,当观测条件较好时,  $1\text{ h}$  的观测数据解算的距离和坐标分量精度水平都在毫米级,说明组合定位系统

在短基线上具有良好的定位精度。

图 1 为表 2 中四个  $12\text{ h}$  观测数据分段解算结果变化的直观表示图。图 1 (a) 是 3 月 30 日 9:30 到 20:30 和 3 月 31 日 8:30 到 20:30 的数据解算结果的图形表示;图 1 (b) 是 3 月 30 日 20:30 到 3 月 31 日 8:30 和 3 月 31 日 20:30 到 4 月 1 日 8:30 的数据解算结果的图形表示。从图中可以看出,白天的观测数据解算结果的变化趋势很相似,夜间的观测数据解算结果的变化趋势也很相似,这是由于观测时间相同,卫星星座及其变化也相似所致。

对第二组测试数据进行处理时,分别提取三种观测数据来解算,并将  $7\text{ h}$  的观测数据分为 7 段,每段  $1\text{ h}$ 。首先采用  $10^\circ$  的卫星截止高度角,其解算结果如图 2 所示。可以看出,组合定位系统数据处理结果的精度最高,GPS 数据与组合定位系统数据的解算结

果较为接近, GLONASS 数据处理结果的精度较低。采用 15 的卫星截止高度角时的计算结果如图 3 所示, 可以看出, 同采用 10 的

卫星截止高度角时的解算结果类似, 组合定位系统数据处理结果的精度最高, GPS 数据与组合定位系统数据的解算结果仍然较为接

表 2 组合定位系统稳定性测试基线长度比较表

开始时间	3月30日 9:30		3月30日 20:30		3月31日 8:30		3月31日 20:30	
结束时间	3月30日 20:30		3月31日 8:30		3月31日 20:30		4月1日 8:30	
时段号	基线长/m	差值/mm	基线长/m	差值/mm	基线长/m	差值/mm	基线长/m	差值/mm
1			54 254 0	0 0	54 264 8	- 0 4	54 260 8	+ 0 8
2	54 259 4	- 0 7	54 253 8	- 0 2	54 265 2	0 0	54 260 3	+ 0 3
3	54 259 8	- 0 3	54 253 6	- 0 4	54 265 1	- 0 1	54 259 7	- 0 3
4	54 260 5	+ 0 4	54 254 4	+ 0 4	54 265 1	- 0 1	54 260 7	+ 0 7
5	54 260 1	0 0	54 254 5	+ 0 5	54 264 6	- 0 6	54 259 5	- 0 5
6	54 260 2	+ 0 1	54 253 9	- 0 1	54 265 0	- 0 2	54 258 6	- 1 4
7	54 260 1	0 0	54 253 8	- 0 2	54 265 4	+ 0 2	54 259 5	- 0 5
8	54 261 2	+ 1 1	54 253 9	- 0 1	54 265 4	+ 0 2	54 259 8	- 0 2
9	54 261 2	+ 1 1	54 254 3	+ 0 3	54 266 5	+ 1 3	54 260 5	+ 0 5
10	54 259 4	- 0 7	54 253 5	- 0 5	54 266 1	+ 0 9	54 259 5	- 0 5
11	54 259 4	- 0 7	54 253 8	- 0 2	54 264 4	- 0 8	54 259 8	- 0 2
12	54 259 7	- 0 4	54 253 7	- 0 3	54 265 6	+ 0 4	54 259 4	- 0 6
距离中误差/mm	0 7		0 3		0 6		0 8	
12 时段平均值/m	54 260 1		54 253 9		54 265 3		54 259 9	
12 h 计算值/m	54 260 1		54 254 0		54 265 2		54 260 0	
平均偏差 (正/mm)	0 6		0 3		0 5		0 7	
平均偏差 (负/mm)	0 6		0 2		0 4		0 4	

表 3 组合定位系统稳定性测试三维坐标分量比较统计表

开始时间	结束时间	坐标分量	分量中误差/mm	12 时段平均值/m	12 h 计算值/m	平均偏差正/mm	平均偏差负/mm
3月30日 9:30	3月30日 20:30	X	0 8	49 900 2	49 900 2	0 8	0 7
		Y	0 9	21 304 1	21 304 3	0 8	0 6
		Z	0 9	- 0 505 3	- 0 505 1	0 9	0 2
3月30日 20:30	3月31日 8:30	X	0 5	49 895 1	49 895 1	0 4	0 5
		Y	1 0	21 300 6	21 300 7	1 0	1 0
		Z	0 6	- 0 504 9	- 0 504 9	0 4	0 5
3月31日 8:30	3月31日 20:30	X	0 6	49 905 0	49 905 0	0 4	0 4
		Y	0 7	21 306 0	21 305 8	0 5	0 8
		Z	0 7	- 0 504 5	- 0 504 7	0 7	0 4
3月31日 20:30	4月1日 8:30	X	0 7	49 900 7	49 900 5	0 8	0 4
		Y	0 9	21 303 3	21 303 5	0 6	0 9
		Z	0 9	- 0 505 3	- 0 505 2	0 7	0 8

近, GLONASS 数据处理结果的精度则稍低, 所不同的是, 三种数据处理结果的整体精度优于 10 的卫星截止高度角时的解算结果。GLONASS 数据的计算结果变化较大, 精度

较低, 主要是由于卫星星源不足引起的, 因为在测试期间, GLONASS 只有 13 颗健康的工作卫星, 同一时刻很难接收到 5 颗以上的卫星, 而且观测数据本身不是很稳定。

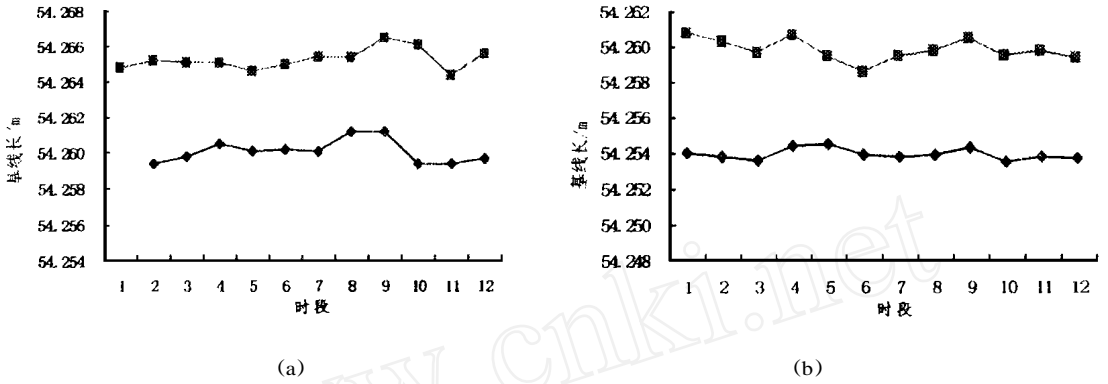


图 1 四个 12 h 观测数据分时段解算结果变化图

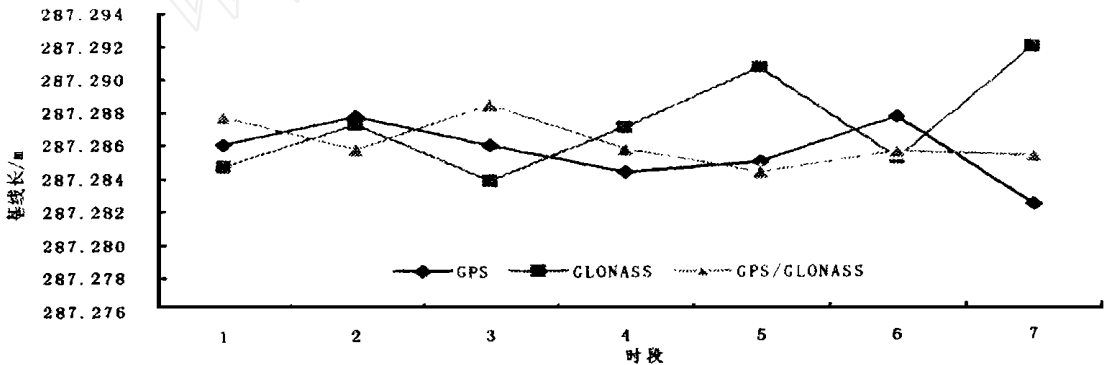


图 2 三种数据计算结果比较图 (卫星截止高度角为 10°)

### 3 结论

综合以上分析, 可以得出如下结论:

1) GPS/GLONASS 组合定位系统在灵

敏度、稳定性和精度方面都优于单独使用 GPS 或 GLONASS。

2) GG24 单频组合定位系统在短基线测量中, 当观测条件较好时, 只需观测 1 h, 精

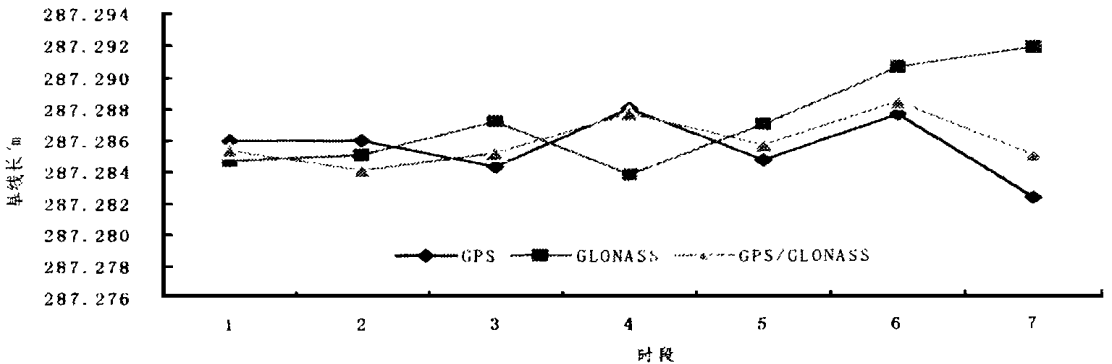


图 3 三种数据计算结果比较图 (卫星截止高度角为 15°)

(下转第 39 页)

器边界的通信问题。简要介绍如下:

COM 采用本地过程调用(LPC)技术解决跨进程边界通信问题,其中LPC由Windows操作系统实现。因为操作系统知道同每一个进程逻辑地址空间相对应的物理地址,因此,可以调用任一进程中的任意函数。具体过程如下:

1) 客户将函数调用的参数借助于被称之为代理的DLL,传递到服务器程序进程的地址空间中,这种传递是通过LPC调用完成的,这个过程称为“引导”。

2) 借助于被称为插桩的DLL,将传来的参数打开并调用所要求的函数。

3) 若函数调用后需返回值,则以类似的方式将其传给代理DLL,再由代理DLL传回客户,这个过程称为“反引导”。

## 8 结束语

目前,广泛流行的ActiveX控件、OLE

自动化软件开发技术正是建立在COM基础之上的。COM部件对象模型的相关技术是相当复杂的,要精通它需付出艰苦的努力。在开发ActiveX控件、编写自动化程序时,由于多数软件开发平台对COM实现的细节进行了封装,没有必要去了解COM的全部细节,但在对COM有一定概括了解之后,对其理解越深入,无疑对编程越有利。 □

## 参考文献

- 1 龚健雅 当代GIS的若干理论与技术 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1999
- 2 罗杰森 COM技术内幕 杨秀章译 北京:清华大学出版社,1998

作者单位: 430079 武汉测绘科技大学  
信息工程学院

收稿日期: 1999-09-02

(上接第25页)

度水平即可达到毫米级。

3) 由于组合定位系统可接收卫星数增加(测试时最多可同时观测14颗卫星),因而在城市、河谷等有遮挡的地区可获得比GPS更好的定位精度,显示了组合定位系统广阔的应用前景。

4) 单频组合定位系统只适合短距离观测。经实验,当距离超过15 km时,单频组合定位系统的定位精度低于GPS。 □

致谢: 测试所用的GG24接收机由美国麦哲伦公司免费提供,在此表示衷心感谢!

## 参考文献

- 1 徐绍铨 GPS测量原理及其应用 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998
- 2 高星伟,李毓麟 PZ-90与WGS-84之间的转换参数 测绘科技动态,1998(3): 25~30
- 3 Langley R B. GLONASS: Review and Update GPS World, 1997(7): 46~51
- 4 Zanaoa N. Preliminary Evaluation of the Russian GLONASS System as a Potential Geodetic Tool Journal of Geodesy, 1998, 72: 356~363

作者单位: 430079 武汉测绘科技大学  
地学测量工程学院

收稿日期: 1999-06-14