

文章编号: 1009-3850(2012)03-0106-07

## GPS 卫星星历对测站及基线精度的影响

张清志, 唐文清, 李 军

(成都地质矿产研究所, 成都 四川 610081)

**摘要:** 通过采用高精度的数据处理软件 gamit/globk 对观测数据的认真分析处理, 对比广播星历与精密星历对测站 LC 相位残差的影响, 认为在相同条件下同一测站相同时间的广播星历轨道误差比采用精密星历时要大 1.5 ~ 27.2mm, 这一差值与测站含有短基线数目及短基线的长度有一定的关系; 同时通过采用双频差分技术处理数据后, 对于长度在 300km 以内的基线, 采用广播星历时的基线误差在 5 ~ 8mm 之间, 采用精密星历时基线误差在 3.2 ~ 6.8mm 之间, 基线误差互差在 1.2 ~ 1.8mm 之间。通过实例分析后认为基线长度在 300km 范围内广播星历与精密星历具有相当的解算效果。较前人<sup>[1-6]</sup>提出的 100km 适用基线长度大幅度提高, 究其原因主要是选用了高精度的数据处理分析软件, 同时采用了较高精度的初始坐标、合适的约束条件、观测数据有效组合和各项误差改正模型。

**关键词:** 广播星历; 精密星历; 基线; 精度

**中图分类号:** P236

**文献标识码:** A

### 引言

GPS 测量就其本身而言是一种精度极高的技术, 测量结果的好坏往往取决于对误差的处理。GPS 各类误差对测量的影响可达数十米, 甚至达百数米。因此首先要了解误差的来源, 然后根据误差来源确定消除误差的方法。GPS 测量误差根据误差来源主要分为以下 4 类:

① 与 GPS 卫星有关的误差, 主要包括卫星的轨道误差和卫星钟的误差及相对论效应;

② 与卫星信号传播有关的误差, 主要包括电离层延迟、大气层延迟误差和多路径效应;

③ 与接收设备有关的误差, 主要包括接收机钟差、天线相位中心误差和载波相位观测的整周不定性影响;

④ 人为因素的误差、接收机天线安置对中误差、仪器高度量取误差等。

为了能够获得更好精度的数据处理结果, 同时在满足精度条件下选择最优的数据处理方法, 可以

通过提高接收机及天线性能能有效抑制钟差、多路径效应等误差, 采用有效的模型改正和双频差分技术能够很好的消除卫星钟差和接收机钟差的影响, 同时也可以明显减弱诸如轨道误差、电离层延迟误差、大气层延迟误差等系统性误差的影响<sup>[7]</sup>。从不同角度讨论和提高各项误差改正、改进 GPS 定位精度是推动空间定位技术发展的动力。

### 1 卫星星历来源及精度分析

GPS 卫星星历的精度也即 GPS 卫星轨道误差, 是卫星星历给定的轨道与卫星真实轨道间的差异。卫星星历是由地面监控站跟踪监测 GPS 卫星而外推出的, 由于卫星运行中受到比较复杂的摄动力 (比如: 地球和日、月引力场、太阳光压、潮汐等) 综合影响, 地面监控站难以完全测定和掌握这些作用力的规律。通常用户通过导航电文所得到的广播星历精度为 20 ~ 50 m, 卫星轨道误差对相对定位的影响为  $10^{-6}$ , 对于长基线, 轨道误差成为影响定位精度的重要因素之一。克服该误差的方法之一是采

收稿日期: 2012-08-06; 改回日期: 2012-09-01

作者简介: 张清志 (1972 -), 男, 工程师, 主要从事 GPS 在地壳活动构造中的应用研究及 GPS 在滑坡监测中的应用

资助项目: 青藏高原东缘地壳形变 GPS 监测 (1212011140013)、大渡河流域重点地区地质灾害监测预警示范 (1212011014017) 共同资助

用全球 GPS 跟踪网所获得的精密卫星轨道,即精密星历,其轨道精度目前优于亚米级。

GPS 卫星广播星历是用 GPS 系统跟踪站的伪距观测值定轨外推得出的,其精度估计为 20 ~ 50 m,随着 IGS 数据处理工作的不断改进,利用全球站数据确定 GPS 卫星轨道的理论和方法日趋完善。IGS 数据处理中心用全球几十个到上百个站的一天或多天的数据定轨,其精度可达到 10 cm。因此,实时确定高精度的 GPS 卫星星历是保证定位精度的关键之一。

在 GPS 导航定位中,为了得到接收机的位置和速度,必须首先根据卫星星历计算出卫星的位置和速度及其运行轨道。由于 GPS 测量精度与 GPS 卫星星历的精度密切相关,因此,使用不同的卫星星历对于相同基线的解算其解算精度也会不一样。

GPS 卫星星历可分为广播星历和精密星历,广播星历是接收机观测时接受卫星发送的导航电文经过解码取得的星历推算得到的实时卫星位置,主要用于导航定位和短基线低等级的工程测量;精密星历是由国际 GPS 服务机构(IGS)提供,IGS 提供的精密星历是通过对 7 个国际数据处理中心所获得的结果进行加权平均得到的,具有一定的时间滞后,影响用户的实时使用。精密星历主要分为 3 种类型:最终星历(IGF)、快速星历(IGR)和预报星历(IGU)。

对于 IGS 提供的最终精密星历,虽然精度很高,但是用户能够下载到的时间延迟却在 13 天左右,这就在很大程度上限制了 GPS 的实时或则准实时精确定位功能;而广播星历和预报星历能满足 GPS 用户的实时定位需求,对导航用户和实时定位用户具有十分重要的作用。表 1 给出了各种卫星星历的精度及用户可以获取该星历的时间延迟。

表 1 各卫星星历相关信息

Table 1 Relevant information about individual satellite ephemerides

| 星历名称 | 星历精度( cm) | 钟差精度( ns) | 时间延迟   |
|------|-----------|-----------|--------|
| 广播星历 | 260       | 7         | 实时     |
| 预报星历 | 25        | 5         | 实时     |
| 快速星历 | 5         | 0.2       | 17 小时  |
| 最终星历 | <5        | 0.1       | 约 13 天 |

尹继尧、丁克良等研究了快速星历和最终星历对 GPS 基线解算和定位精度的影响,得出在基线较短且点位精度要求不高的情况下,可以直接使用快速星历代替最终星历<sup>[1]、[2]</sup>。周勇等研究了广播星

历和最终星历对 GPS 基线解算和定位精度的影响,得出在基线较短且点位精度要求不高的情况下,可以直接使用广播星历代替最终星历,但所讨论的距离不超过 13 km,结果不具有代表性<sup>[3]</sup>。王洪等进一步研究认为广播星历在 100km 范围内能代替最终星历<sup>[4]</sup>。杨润书等的研究认为在 60km 范围内广播星历可以替代精密星历<sup>[5]</sup>。以上研究都是基于一般的商用随机软件(TGO: Timble Geomatics Office),该软件不适合于长基线或甚长基线的数据处理。因此,我们选用现在 GPS 数据处理公认的最优秀软件 gamit/globk 进行数据处理分析。

## 2 算例分析及讨论

GPS 卫星轨道到地球表面的平均距离约为 20200 km,当基线测量的允许误差为 1cm 时,100km 的基线允许的星历误差约为 0.5m。因此在 100km 以内的基线,采用快速精密星历,其星历误差约为 5 cm,则基线的误差不会超过 1 mm,这对于大量的测量工作精度已经足够了<sup>[5]</sup>。为了分析广播星历和精密星历对不同基线及相同基线的解算结果的影响,我们选取了 12 个 GPS 监测站同一天的观测数据,它们分别是:BJFS(北京)、DLH4(楚雄)、IISC(印度)、IRKT(伊尔库茨克)、KIT3(中亚)、KUNM(昆明)、PGX1(普格)、POL2(乌兹别克斯坦)、SHAO(上海)、WUHN(武汉)、XSJ1(普洱)、ZJCI(禄丰)。由这 12 个测站组成了 66 条 54 ~ 5000km 不同长度的基线,这样很好的满足了监测网既有较短基线同时兼具中长基线和甚长基线,保证了基线的数量和质量。以下从两个方面来讨论广播星历和精密星历对 GPS 测量精度的影响。

表 2 采用不同星历各测站的 RMS 值

Table 2 RMS values based on the different ephemerides from individual stations

| 测站名  | 广播星历<br>(RMS: mm) | 精密星历<br>(RMS: mm) | RMS 互差<br>( mm) |
|------|-------------------|-------------------|-----------------|
| ZJCI | 17.1              | 12.1              | 5               |
| XSJ1 | 17.7              | 16.2              | 1.5             |
| DLH4 | 17.4              | 14.1              | 3.3             |
| PGX1 | 11.5              | 7.3               | 4.2             |
| KUNM | 12.4              | 9.7               | 2.7             |
| WUHN | 20.1              | 11.7              | 8.4             |
| BJFS | 30                | 11.7              | 18.3            |
| POL2 | 36.1              | 8.9               | 27.2            |
| SHAO | 31.6              | 13.7              | 17.9            |
| IISC | 33.2              | 8.2               | 25              |
| IRKT | 24.1              | 7.7               | 16.4            |
| KIT3 | 24.5              | 8.2               | 16.3            |

### 2.1 广播星历和精密星历对 GPS 单点 LC 相位残差的影响

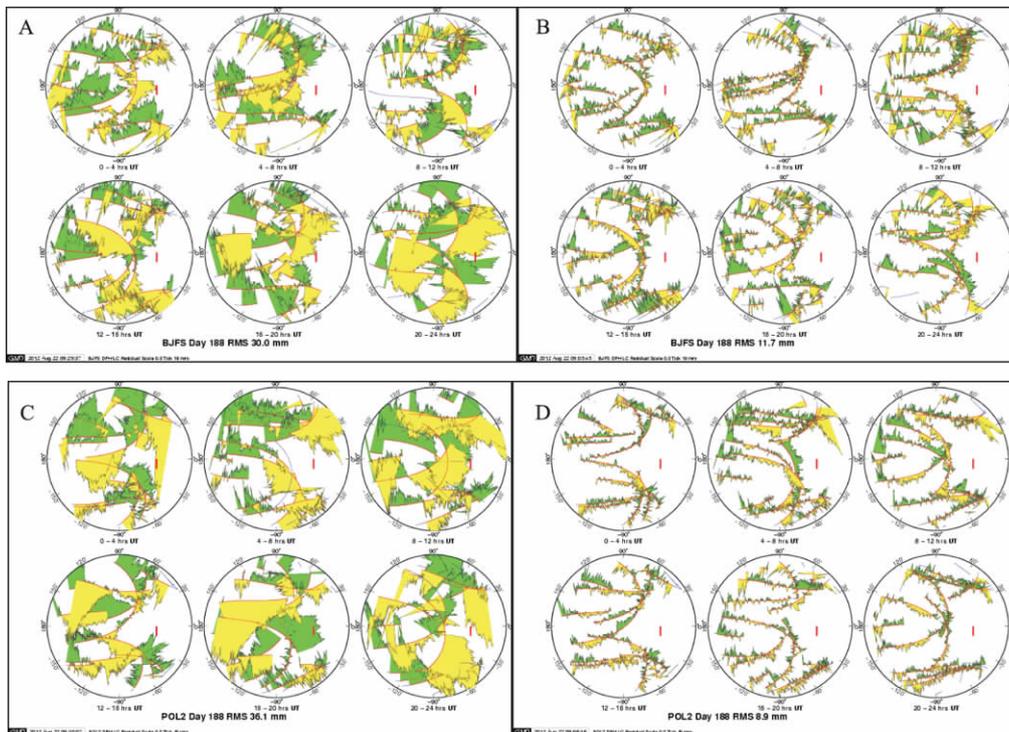
算例采用 *gamit/globk* 进行高精度数据处理, 我们通过设置数据处理控制文件 *sestbl* 的选项 *Choice of Observable = LC\_AUTCLN* 来指定采用 LC 载波观测值(即 LC(也叫做 L3): 一种无电离层的线性组合观测值。星历文件包含的卫星轨道和卫星速度等信息, 在数据处理过程中, 这些信息将被应用到计算基线及测点点位中, 错误或不够准确的轨道信息会在计算过程中记录到每个测站 LC 相位残差中, 因此, 我们可以通过比较同一测站 LC 相位残差来衡量广播星历和精密星历各自的轨道残差对测站的影响。

星历误差对于测站的影响我们可以通过每个测站的 LC 相位残差和 RMS(均方根)来评定。表 2 是在相同的计算参数条件下, 同一测站采用不同的星历计算得到的 RMS 值, 从表中可以看出精密星历的 RMS 值总是小于广播星历的 RMS 值, 说明采用精密星历计算时测站单点定位精度高于采用广播星历; 从 RMS 互差值可以看出, 采用精密星历时测站的 RMS 值要比使用广播星历时小 1.5 ~ 27.2mm, 同时看出 ZJC1、XSJ1、DLH4、PGX1、KUNM 这几个测

站的互差较小, 结合基线结果分析 RMS 互差较小的原因与参与计算的各个点位在计算过程中拥有短基线数目相关, 也就是说, 参与计算的点拥有短基线越多, 那么该点的 RMS 相对较小。

为了更直观的查看、分析和对比广播星历和精密星历对测站的影响, 本文给出 BJFS 和 POL2 两个测站的天空轨道残差图和两个测站 LC 相位残差分布图(图 1、图 2)。图 1 是以每隔 4 个小时一次, 该测站全天接收到的卫星运行轨道情况及其轨道残差, 图中沿轨道分布的绿色和黄色范围为残差大小及分布示意。如图 1 中 A 和 C 为这两个测站采用广播星历时的轨道残差图, 图 1 中 B、D 为这两个测站采用精密星历时的轨道残差图。图示直观的表达了残差大小及其分布情况, 直接说明广播星历时的轨道残差明显较精密星历残差更大。

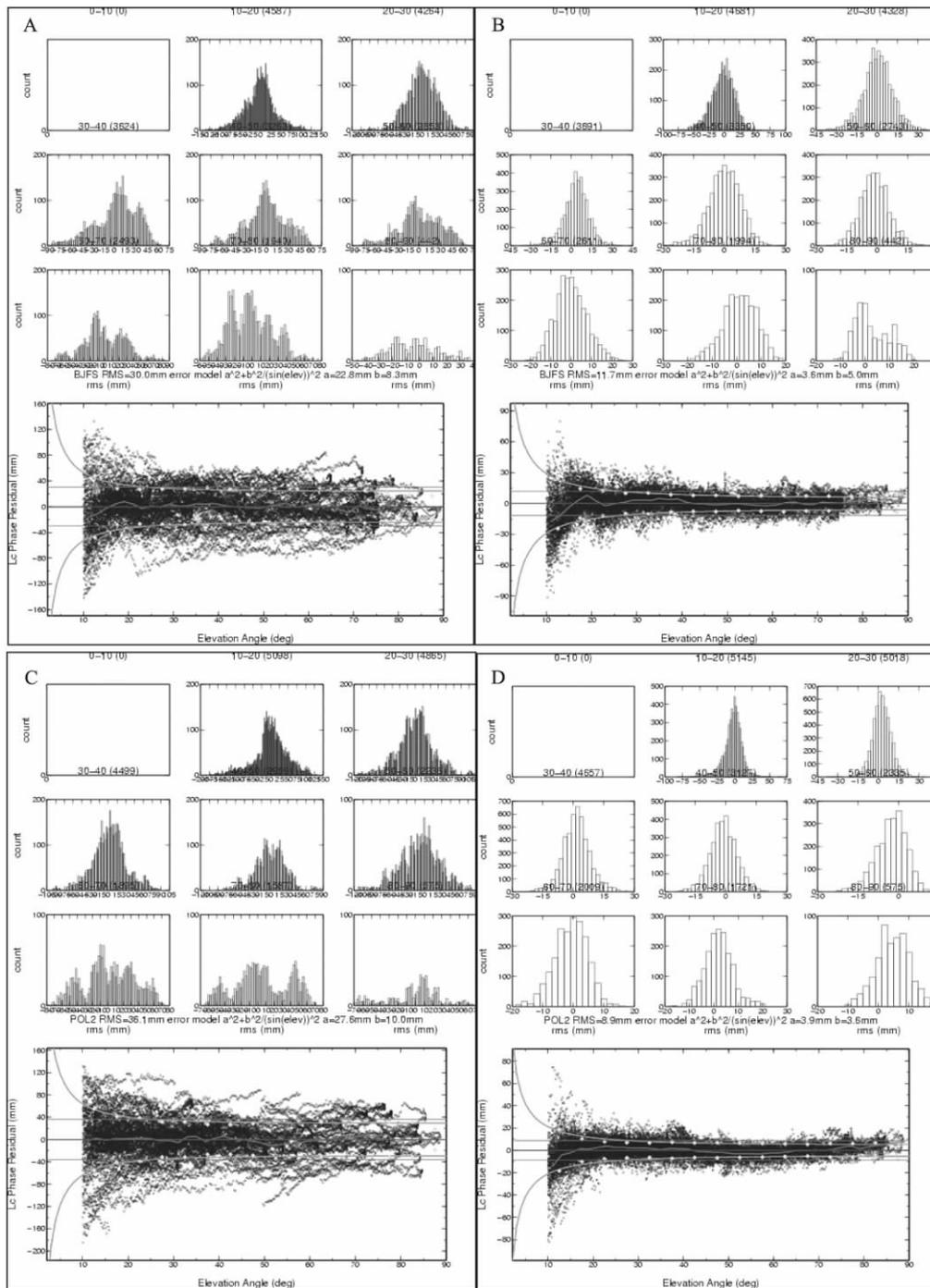
图 2 为 BJFS 和 POL2 这两个测站采用不同星历时的 LC 相位残差分布直方图和残差分布散点图, 残差分布直方图和残差分布散点图均为在接收机天顶方向的分布, 其中残差分布直方图是以天顶方向每 10°范围内的残差分布。通常在数据处理过程中, 为了尽量减少多路径效应及电离层、大气层延迟等干扰, 卫星起始方向角选择最小为 10°, 因此



A BJFS 轨道残差天空图: 广播星历; B BJFS 轨道残差天空图: 精密星历; C POL2 轨道残差天空图: 广播星历; D POL2 轨道残差天空图: 精密星历

图 1 测站轨道残差对比

Fig. 1 Contrast of orbital residuals at BJFS (A and B) and POL2 (C and D) stations



A 采用广播星历 BJFS 站的 LC 相位残差; B 采用精密星历 BJFS 站的 LC 相位残差; C 采用广播星历 POL2 站的 LC 相位残差; D 采用精密星历 POL2 站的 LC 相位残差

图 2 测站 LC 相位残差对比

Fig. 2 Contrast of LC phase residuals at BJFS ( A and B) and POL2 ( C and D) stations

在 10°范围内没有轨道误差。从图 2 中可以看出,使用广播星历时的 A、C 中直方图的误差分布范围(代表 BJFS 的 A: -150mm ~ 160mm; 代表 POL2 的 C: -200mm ~ 160mm)比图 2B、D 中直方图的误差分布范围(代表 BJFS 的 B: -90mm ~ 90mm; 代表 POL2 的 D: -80mm ~ 80mm)更大,同时图 2 中 A、C 即采用

广播星历时的最小误差集中度明显小于采用精密星历时(图 2B、D)的最小误差集中度。

根据表 2 和图 1、图 2 看出数据处理过程中采用广播星历时,同一测站相同时间的轨道误差比采用精密星历时要大 1.5 ~ 27.2mm,这一差值与测站含有短基线数目及短基线的长度有一定的关系。

表3 采用不同星历的基线误差

Table 3 The baseline errors caused by the different ephemerides

| 基线名称      | 基线长度( m)    |             | 基线误差( mm) |           | 互差( 广播星历-精密星历) |           |
|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------------|-----------|
|           | 广播星历        | 精密星历        | 精密星历( mm) | 广播星历( mm) | 基线长互差( mm)     | 误差互差( mm) |
| DLH4_ZJC1 | 53872.2551  | 53872.2567  | 5.1       | 6.9       | -1.6           | 1.8       |
| KUNM_ZJC1 | 72885.214   | 72885.2157  | 4.5       | 6.3       | -1.7           | 1.8       |
| DLH4_KUNM | 123240.38   | 123240.3832 | 5.5       | 7.1       | -3.2           | 1.6       |
| DLH4_XSJI | 218432.7505 | 218432.7542 | 6.8       | 8         | -3.7           | 1.2       |
| XSJI_ZJC1 | 253405.3152 | 253405.3184 | 6.4       | 7.7       | -3.2           | 1.3       |
| PGX1_ZJC1 | 253534.2869 | 253534.2919 | 3.2       | 5         | -5.0           | 1.8       |
| KUNM_PGX1 | 257896.738  | 257896.7431 | 3.6       | 5         | -5.1           | 1.4       |
| KUNM_XSJI | 284423.8575 | 284423.8588 | 6.7       | 8         | -1.3           | 1.3       |
| DLH4_PGX1 | 285863.394  | 285863.4003 | 4         | 5.6       | -6.3           | 1.6       |
| PGX1_XSJI | 503492.2982 | 503492.3071 | 6.1       | 7.1       | -8.9           | 1         |
| SHAO_WUHN | 657432.1517 | 657432.1485 | 4.3       | 15.6      | 3.2            | 11.3      |
| KIT3_POL2 | 765905.7599 | 765905.7375 | 3.9       | 20.6      | 22.4           | 16.7      |
| BJFS_WUHN | 1015585.508 | 1015585.534 | 4.1       | 10.4      | -26.0          | 6.3       |
| BJFS_SHAO | 1058437.305 | 1058437.325 | 4.3       | 13.9      | -20.1          | 9.6       |
| PGX1_WUHN | 1200585.88  | 1200585.871 | 4         | 11.8      | 8.9            | 7.8       |
| KUNM_WUHN | 1289171.913 | 1289171.91  | 4.7       | 11.5      | 2.9            | 6.8       |
| WUHN_ZJC1 | 1347615.737 | 1347615.735 | 4.6       | 11.8      | 2.2            | 7.2       |
| DLH4_WUHN | 1400706.529 | 1400706.529 | 5.4       | 12.2      | 0.6            | 6.8       |
| WUHN_XSJI | 1556476.706 | 1556476.702 | 8.1       | 13.5      | 4.3            | 5.4       |
| BJFS_IRKT | 1655534.367 | 1655534.337 | 5.1       | 16.4      | 30.1           | 11.3      |
| BJFS_PGX1 | 1829337.833 | 1829337.849 | 3.9       | 13.8      | -15.6          | 9.9       |
| PGX1_SHAO | 1850496.724 | 1850496.704 | 4.3       | 13.3      | 20.0           | 9         |
| KUNM_SHAO | 1920001.29  | 1920001.274 | 5.1       | 13.3      | 15.8           | 8.2       |
| SHAO_ZJC1 | 1982033.066 | 1982033.051 | 5         | 13.4      | 15.1           | 8.4       |
| BJFS_KUNM | 2020153.554 | 2020153.578 | 4.7       | 13.7      | -23.9          | 9         |
| DLH4_SHAO | 2035221.335 | 2035221.321 | 5.9       | 13.9      | 13.8           | 8         |
| BJFS_ZJC1 | 2054399.082 | 2054399.105 | 4.6       | 14.1      | -23.5          | 9.5       |
| BJFS_DLH4 | 2099073.298 | 2099073.322 | 5.6       | 14.6      | -24.4          | 9         |
| SHAO_XSJI | 2173670.094 | 2173670.074 | 9.4       | 15.5      | 20.5           | 6.1       |
| BJFS_XSJI | 2299598.111 | 2299598.135 | 9.4       | 16.1      | -23.5          | 6.7       |
| IRKT_POL2 | 2435345.081 | 2435345.115 | 5         | 22.5      | -34.2          | 17.5      |
| IRKT_WUHN | 2528402.263 | 2528402.259 | 5.7       | 12.6      | 3.6            | 6.9       |
| IISC_XSJI | 2697951.966 | 2697952.03  | 12.6      | 30        | -63.4          | 17.4      |
| IRKT_SHAO | 2699295.235 | 2699295.216 | 5.1       | 7.2       | 18.4           | 2.1       |
| IRKT_PGX1 | 2744126.878 | 2744126.885 | 5.1       | 9.7       | -7.5           | 4.6       |
| DLH4_IISC | 2821156.164 | 2821156.221 | 8.2       | 28        | -57.2          | 19.8      |
| IISC_ZJC1 | 2873576.502 | 2873576.561 | 6.6       | 27.3      | -59.1          | 20.7      |
| IISC_KUNM | 2935937.686 | 2935937.746 | 7.1       | 27.5      | -60.8          | 20.4      |
| IRKT_ZJC1 | 2988738.025 | 2988738.039 | 5.7       | 10.4      | -14.0          | 4.7       |
| IRKT_KUNM | 2993391.083 | 2993391.098 | 6         | 10.2      | -14.3          | 4.2       |
| PGX1_POL2 | 3009201.887 | 3009201.953 | 5.4       | 22.3      | -66.2          | 16.9      |
| DLH4_IRKT | 3010722.818 | 3010722.832 | 7.1       | 11.4      | -14.8          | 4.3       |
| IISC_PGX1 | 3017159.27  | 3017159.328 | 6.1       | 26.5      | -58.4          | 20.4      |
| IISC_KIT3 | 3049217.914 | 3049217.952 | 5.5       | 18.1      | -38.0          | 12.6      |
| DLH4_POL2 | 3119378.217 | 3119378.286 | 7.8       | 22.8      | -68.8          | 15        |
| POL2_ZJC1 | 3140142.904 | 3140142.973 | 5.9       | 22.1      | -69.4          | 16.2      |
| IRKT_KIT3 | 3177428.304 | 3177428.305 | 5.5       | 7.5       | -0.8           | 2         |
| KUNM_POL2 | 3195623.979 | 3195624.05  | 6.3       | 22.2      | -70.6          | 15.9      |
| IRKT_XSJI | 3219260.422 | 3219260.439 | 12.2      | 14.5      | -17.5          | 2.3       |
| POL2_XSJI | 3234725.366 | 3234725.442 | 13        | 24.6      | -75.8          | 11.6      |

续表 3 Table 3 (Continued)

| 基线名称      | 基线长度(m)     |             | 基线误差(mm) |          | 互差(广播星历-精密星历) |          |
|-----------|-------------|-------------|----------|----------|---------------|----------|
|           | 广播星历        | 精密星历        | 精密星历(mm) | 广播星历(mm) | 基线长互差(mm)     | 误差互差(mm) |
| IISC_POL2 | 3262460.81  | 3262460.844 | 5.2      | 20.9     | -33.8         | 15.7     |
| BJFS_POL2 | 3400112.272 | 3400112.304 | 5.9      | 29.7     | -31.9         | 23.8     |
| KIT3_PGX1 | 3499731.561 | 3499731.609 | 6.2      | 15.9     | -48.6         | 9.7      |
| DLH4_KIT3 | 3559882.248 | 3559882.301 | 8.8      | 17.1     | -53.2         | 8.3      |
| KIT3_ZJC1 | 3589009.912 | 3589009.965 | 6.7      | 15.8     | -53.3         | 9.1      |
| KIT3_XSJ1 | 3638303.693 | 3638303.755 | 14.6     | 20.2     | -61.8         | 5.6      |
| KIT3_KUNM | 3651006.839 | 3651006.893 | 7.2      | 15.7     | -53.8         | 8.5      |
| POL2_WUHN | 3701637.643 | 3701637.691 | 6.5      | 26.8     | -48.1         | 20.3     |
| BJFS_KIT3 | 4095951.761 | 4095951.761 | 7        | 23.5     | 0.3           | 16.5     |
| IISC_WUHN | 4164536.988 | 4164537.043 | 7.9      | 31.1     | -54.9         | 23.2     |
| POL2_SHAO | 4201776.859 | 4201776.88  | 6.2      | 26.2     | -21.6         | 20       |
| KIT3_WUHN | 4308677.034 | 4308677.053 | 7.5      | 19.1     | -19.5         | 11.6     |
| BJFS_IISC | 4658985.035 | 4658985.095 | 7.8      | 32.8     | -59.3         | 25       |
| IISC_SHAO | 4769111.684 | 4769111.712 | 8        | 31.7     | -28.1         | 23.7     |
| KIT3_SHAO | 4833446.096 | 4833446.08  | 6.7      | 8.3      | 15.5          | 1.6      |
| IISC_IRKT | 4836191.155 | 4836191.198 | 7.4      | 25.4     | -43.2         | 18       |

2.2 广播星历和精密星历对基线精度的影响

为了保证基线的可比性,数据处理过程中,除了采用不同的星历参数外,其它解算参数的设置和软件运行环境等均保持相同。通过广播星历和精密星历对测站单点精度的影响看出,由于广播星历对测点 LC 相位残差为 11.5 ~ 36.1mm 不等,而精密星历对测点 LC 相位残差为 7.3 ~ 16.2mm。怎样有效的消除这些残差对基线精度的影响,使得所有基线能获得最佳精度,在数据处理过程中,我们采用了双频差分技术,使得测站轨道误差在数据处理过程中在较大程度上能够有效的消除。

当基线较短时采用双频差分数据处理技术,广播星历就能够很好的降低轨道误差对基线精度的影响(图 3、表 3),双频差分在短基线处理过程中,由于通过的电离层-大气层。从数据处理结果精度分析来看(表 3),在短基线情况下,使用广播星历时的基线误差比使用精密星历时大 1 ~ 2mm 左右。当基线长度大于 300km 时,使用广播星历和使用精密星历时的基线误差互差就突然增大(表 3)。也就是说采用 gamit 计算基线时当基线长度大于 300km 时,广播星历已经不能代替精密星历。

从 2.1 的结论广播星历对测站精度的影响比精密星历大 1.5 ~ 27.2mm,在本次实验数据当中,在基线长度为 300km 范围内的基线误差互差仅仅为 1.2 ~ 1.8mm,说明在这样的基线长度范围内,通过高精度处理软件及双频差分技术能够很好的消除轨道误差对基线精度的影响,完全能够满足一般工

程精度要求。但是随着几线长度的增加,轨道误差也并不是呈线性的增加。同时通过认真分析认为通常像 IRKT 和 KIT3 这种具有较高精度先验坐标的测站其相关基线精度都得到提高,因此,在 GPS 数据处理过程中为了提高数据处理质量,应该从各个方面认真做好每一个细节工作。

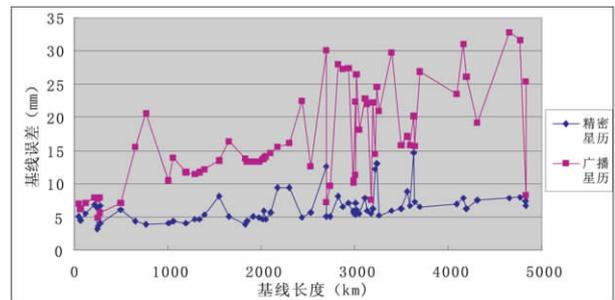


图 3 采用不同星历时的基线误差

Fig. 3 The baseline errors caused by the different ephemerides

3 结论

讨论星历误差的目的是为了能够获得更好精度的数据处理结果,同时也是为了在满足精度条件下最优的数据处理方法。通过采用高精度的数据处理软件 gamit/globk 对观测数据认真分析处理,对比广播星历与精密星历对测站 LC 相位残差的影响,认为在相同条件下同一测站相同时间的广播星历轨道误差比采用精密星历时要大 1.5 ~ 27.2mm,这一差值与测站给定初始坐标的精确度和测站含有短基线数目及短基线的长度有一定的关系。基线越短同时短基线数越多,在计算过程中轨道误差

及电离层、大气层等误差就会被越好的消除,所以测站的轨道误差也就越低;同时通过采用双频差分技术处理数据后,对于长度在 300km 以内的基线,采用广播星历时的基线误差在 5 ~ 8mm 之间,采用精密星历时基线误差在 3.2 ~ 6.8mm 之间,基线误差互差在 1.2 ~ 1.8mm 之间,通过实例分析认为基线长度在 300km 范围内广播星历与精密星历具有相当的解算效果。对比杨润书<sup>[5]</sup>、孙小荣<sup>[6]</sup>、王洪<sup>[4]</sup>等采用 TGO 软件分析后认为 100km 范围内广播星历能达到精密星历的解算效果,可以用广播星历代替精密星历,适用基线长度得到大幅度提高。认为数据处理过程中,除了采用精密的卫星星历外,数据处理软件的选取及数据处理方法对于基线精度也有很大的影响,因此建议数据处理过程中应尽可能的采用高精度的初始坐标、合适的约束条件、观测数据有效组合、各项误差改正模型及添加本区域实时的气象参数等能够有效的提高 GPS 基线处理的精度<sup>[7-9]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 尹继尧,徐平. 快速精密星历替代精密星历定位的初步研究[J]. 西北地震学报,2006,28(1):36-41.
- [2] 丁克良,陈义. 快速星历与精密星历对基线解算和平差结果的影响[J]. 铁道勘察,2005(2):5-7.
- [3] 周勇,彭云. GPS 星历精度对基线解算的影响[J]. 桂林工学院学报,2004,24(2):192-194.
- [4] 王洪,张兴国,赵向阳. 广播星历和精密星历解算 GPS 基线的结果比较[J]. 科技情报开发与经济,2008,18(29):117-118.
- [5] 杨润书,周红云. 广播星历与精密星历对 GPS 基线解算和网平差的影响[J]. 地矿测绘,2010,26(4):7-9.
- [6] 孙小荣,李海陵,王宇杰,等. 广播星历和精密星历解算 GPS 基线成果的比较分析[J]. 现代测绘,2009,3(3):45-46.
- [7] 张清志,陈智梁,刘宇平. GPS 测量误差分析[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(3):100-106.
- [8] HERRING T A, KING R W, MCCLUSKY S C. Gamit reference manual [M]. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 28 October, 2010.
- [9] 张清志. 大气传播延迟改正正在 GAMIT 软件中的应用[J]. 沉积与特提斯地质,2001,21(2):23-30.

## The effects of GPS satellite ephemerides on the GPS monitoring stations and baseline precision

ZHANG Qing-zhi, TANG Wen-qing, LI Jun

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The present paper focuses on the analysis and processing of the observational data by using the high-precision processing software gamit/globk, and the contrast of the effects of broadcast ephemeris and precise ephemeris on the LC phase residuals of GPS monitoring stations. Under the same conditions, the orbital errors by using the broadcast ephemeris tend to be 1.5 to 27.2 mm greater than those by using the precise ephemeris. These differences have something to do with the number and length of the short baselines in the stations. Through the data processing by using the dual-frequency differential analysis, for the baselines with the length of 300 km or less, the baseline errors generally range between 5 and 8 mm as using the broadcast ephemeris while the baseline errors vary from 3.2 to 6.8 mm as using the precise ephemeris; the differences of the baseline errors range between 1.2 and 1.8 mm. It can be seen from the algorithm case study in the text that both the broadcast ephemeris and precise ephemeris are well solvable when the baselines lengths come up to 300 km or less, which have increased by a big margin than the baseline length of 100 km proposed by the previous research workers. The authors in this study owe all the progress to the application of the high-precision software gamit/globk and initial coordinates, suitable constraints, effective use of the observational data and processing models.

**Key words:** broadcast ephemeris; precise ephemeris; baseline; accuracy