

学术探讨

www.SurMap.com



GPS 基线解算经验点滴

杨建军

(黄河水利委员会勘测规划设计研究院 450003)

【摘要】 GPS 测量所采用的技术与经典的测量方法相比较有着本质的差别, 欲获得高精度的 GPS 测量成果, 须充分理解 GPS 测量技术和设计, 掌握观测和数据处理的基本规则。本文论述了数据处理的有关参数选择、基线解算策略和提高精度的措施, 对提高 GPS 成果精度起着不可忽视的作用。

一、引言

GPS 已广泛地应用于各种控制网测量中, 它具有精度高、速度快、通用性强、便于操作、不受通视条件限制、抗干扰能力强、可全天候作业等优点。而这些优点的充分发挥, 甚至进一步挖掘 GPS 的精度潜力, 有赖于作业者的正确操作及作业经验的积累。若操作不当, 将不能获得理想可靠的成果。笔者在使用 WLD 200 GPS 过程中, 通过发现问题与处理问题, 对 GPS 有了一点粗浅的认识, 现对 GPS 基线解算谈一谈自己的见解, 供同行参考。

二、基线解算策略

1. 参数选择

截止高度角(cut-off angle)

系统缺省预置的截止高度角是 15° ; 增大截止高度角, 对求解整周未知数与提高成果精度有益。因为所有相位的噪声随卫星的高度角增大而降低。若能满足具有良好的 GDOP 值、卫星数 ≥ 4 , 选择 25° 的截止高度角最理想。

对流层模型(Tropospheric model)

系统有几种模型可供选择, 当经过试验或几次作业的验证与探讨, 认为某种模型适合某一测区时, 可选择你认为最实用的一种。若你对这些模型中的任何一种都不熟悉时, 则可选择系统的缺省值, 即标准模型。若不是进行科研, 不提供任何改正的模型“No troposphere”不要使用。

电离层模型(Ionospheric model)

若对电离层模型的选择不清楚, 应选择系统的缺省值。不是用于科研, 一般不选用“No model”处理数据。

星历(Ephemeris)

星历有广播星历和精密星历。厂方一般不提供精密星历, 只能采用广播星历。若系统内已有精密星历文件, 应选用精密星历。

使用数据(Data used)

系统一般提供码和相位、只用码、只用相位三种数据供选择。一般应该选择码和相位, 也即缺省值。

频率(Frequency)

频率的组合有 $L_1 + L_2$ 、 L_1 、 L_2 三种可供选择, 一般应选择 $L_1 + L_2$ 。当 L_2 信号质量差, 短边测量时, 宜选用 L_1 。虽说系统有“仅当 L_1 量测值有可用性, L_2 信号质量差无法利用时, 若选择了 $L_1 + L_2$, 则系统可自动使用 L_1 而略去 L_2 ”的功能。但是, 若观测者确认 L_2 不可靠, 就应该选择 L_1 , 系统将仅用单个频率解算, 这样做对解算整周未知数与提高基线解算精度有益。因为有时候系统的此功能不一定发挥得尽善尽美。在基线解算工作中, 常常碰到选用 $L_1 + L_2$ 时, 整周未知数解不出, 选择 L_1 时, 则能顺利解出。进行残差解算查找原因时, 发现不能利用的 L_2 被利用了。

限值(Limitation)

限值是指本系统为求解出整周未知数所确定的基线最大距离, 缺省值是 20 km, 一般不宜增大此值, 因为系统对超过限值(系统缺省值 20 km)的基线, 仍能消去电离层影响, 但不作求解整周未知数的尝试。所以, 对于增加限值或对于超过 20 km 的长基线, 追求整周未知数的解是徒劳无益的。

先验标准差(A priori m.s.)

先验标准差表达相位量测中的相位噪声的一个限

值。当在实际量测的相位噪声超过此值时,是难以解出整周末知数的。当增大此值,虽然有助于解出整周末知数,但这解出整周末知数的成果是不可靠的,所以,此值不能随意增大。当有效观测时间很长,适当增大此值,对整周末知数解出有益,成果精度不会受影响,但应十分小心谨慎。

关于增加参数的选择,作业者可根据情况与需要自行选定,这里不再赘述。

2 单点定位

基线解算时所选择的参考站坐标,从理论上讲应该是已知并具有 10 m 以内的精度。若参考站坐标的精度不能满足要求,则当基线计算时将引入误差,这些误差可表现为比例误差、旋转误差或不能成功地求解整周末知数。

获得参考站 WGS-84 系统绝对坐标并使之精度在 10 m 以内的方法有两种:一是单点定位解算参考站坐标。通常情况下,30 min 的观测数据单点定位解能满足要求,但应注意受 SA 政策影响期间的导航解可能具有多达 100 m 至 200 m 的误差。所以,在基线解算之前应先单点定位,解算参考站的坐标并存库。二是若选作参考站的点与国家三角点重合时,可通过坐标转换的方法求得参考站的 WGS-84 系统坐标。

3 分组解算

分组解算有两种情况:一是按基线的长短不同分组;二是按观测时间的长短不同分组。有的测绘单位在作技术设计时,规定长基线观测时间长,短基线观测时间短。这种情况更应该分组解算,使按测时与按基线长分组达到统一。

分组解算的理由是:因基线的长短不同,解算模式有区别,超过 20 km 的基线不解算整周末知数,若将观测时间长短不同、基线距离不同的所有观测数据混为一组解,会出现大量的短基线也不能解出整周末知数的异常现象。因观测时间的长短对基线的解算精度有影响,随着作业者的经验积累,可根据观测时间的长短不同,对 GPS 成果的精度要求不同,灵活、恰当地选择计算参数与处理方法,并使设计、观测及计算处理达到最优。

笔者认为较理想的分组方案是:若按基线的距离分,小于 10 km 的基线分为一组;10 km 至 20 km 的基线分为一组;大于 20 km 的基线分为一组。若按观测时间的长短分,不足 60 min 的分为一组;60 min 至 120 min 的分为一组;120 min 以上的分为一组。

4 选频解算

对于双频机,在基线解算时,其频率选择一般都采

用 $L_1 + L_2$ 。但我们在某测区基线解算过程中,一次选解 78 条基线,用 $L_1 + L_2$ 解算有 17 条基线未解出整周末知数。改用 L_1 后,只有 5 条基线未解出整周末知数。这是因为在某些时间段, L_2 信号不稳定、质量差所致。野外数据采集时,可从控制器上观察到 L_2 信号的信噪比值忽高忽低不能满足规定的要求。在这种情况下,就应该对采用频率进行选择,只取用 L_1 。

据《GPS 精密测地系统原理》介绍:对于长基线,采用 L_1 和 L_2 组合,能对电离层效应的影响进行改正,定位精度高、残差小;对于短基线,采用 L_1 观测,精度要优于 L_2 和 $L_1 + L_2$ 组合观测。由于 L_1 信号本身是正交调制,优于 L_2 的双相调制。

我们用某测区的数据进行了选频解算,结果统计见表 1。表中只列出了 L_1 与 $L_1 + L_2$ 的比较成果,因 L_2 信号质量差,无法计算比较。表 1 的统计所说明的结论与上述结论一致。

表 1 L_1 与 $L_1 + L_2$ 组合不同载频成果

| 基线条数 | 基线边长 | L_1 与 $L_1 + L_2$ 不同载频成果较差 Δ 值 | | | | | |
|---------------|---------|---|-----|-----------------------------|-----|--------------------|----|
| | | $\Delta > +3 \text{ mm}$ | | $\pm 3 \text{ mm} < \Delta$ | | $\pm 6 \text{ mm}$ | |
| | | 条数 | 占% | 条数 | 占% | 条数 | 占% |
| 59 | < 10 km | 47 | 80% | 8 | 14% | 4 | 6% |
| 最大较差值为 9.5 mm | | | | | | | |

三、纠偏措施

1. 出偏情况

很多材料都介绍 GPS 精度高、观测时间短,甚至 5 min 的观测数据即可解出整周末知数。但是在实际作业中,情况千差万别,观测条件各异,欲获得稳定、可靠、高精度的成果,也不是一件容易的事。

在 GPS 作业过程中,整周末知数解不出是常有的事。由于测区观测条件不佳等多种因素的影响,带有偏差的基线成果是不可避免的。每个测区都可能会出现这样或那样的问题,有的基线虽然能一次顺利解出整周末知数,但也有可能是带有偏差的成果。表 2 的统计数据,是我们在不同的作业区,并且是解算出整周末知数,经校核带有偏差的成果情况。有的偏差通过不同时段成果比较即可发现,有的偏差只有通过同步环或异步环校核才能发现。这也说明出偏差的情况不相同。

2 纠偏措施

基线解算成果可能带有偏差,必须采取纠偏措施,将带有偏差的成果清除。具体措施有四项:一是进行残差计算,删除残差大的观测数据;二是进行不同时间

表 2 带偏差成果统计表

| 测区号 | 边号或环号 | 边长或环长 (km) | 较差或闭合差 (m) | 备 注 |
|-----|--------------------------------|---------------|---------------|--------|
| A 区 | HG01- 西左山 | 16.2 | 0.320 | 不同时段较差 |
| B 区 | 2-3 | 10.1 | 0.293 | 同上 |
| B 区 | 10-11 | 2.2 | 0.124 | 同上 |
| C 区 | 22, 23, 24, 22 | 10.5 | 0.159 | 同步环 |
| D 区 | 5, 3, 2, 4, 13, 10, 9, 6, 5 | 10.6 | 0.202 | 异步环 |

段基线成果校核; 三是进行同步环校核; 四是进行异步环校核。

(1) 计算残差, 删除残差大的数据。进行基线解算时, 不管能否一次解出整周未知数, 还应进行残差计算。通过对残差分析, 决定数据的取舍。

(2) 不同时间段成果校核。基线的不同时间段成果校核是发现偏差的重要校核条件。基线成果解算后, 应及时计算不同时段基线成果较差。若发现异常, 应再进行残差计算, 删除残差大的数据, 重新解算基线成果, 再进行比较。若还有问题, 应取有效观测时间最长、残差最小、GDOP 值最好的那一组成果, 计算同步环与异步环闭合差。若都闭合, 应取用, 否则应重新进行外业数据采集。

(3) 同步环与异步环校核。基线计算成果用同步环

闭合差校核, 若超限时, 应检查同步环中某基线是否因观测时间短, GDOP 值不好等原因造成。根据解算记录找问题, 按照上面介绍的方法进行解算处理都能使同步环闭合。若不能得到满意的成果, 应作外业返工, 直至同步环闭合差符合要求。

异步环因各基线所在的观测时间区段不同(白天与夜间的成果有差异)、有效观测时间长短不同或 GDOP 的差别等原因, 可能导致异步环闭合差超限。这种情况, 处理起来比较麻烦, 应细心、耐心进行。如图 1 所示, 组成三角形的同步环闭合差都符合要求, 并且闭合差都很小。可异步环 415、413、411、412、424、423、420、419、416、415 闭合差超限, 这需要对异步环中每条基线进行检核, 找出有问题的进行处理。其检核方法是用异步环中的某一条基线与另外的基线组多个异步环进行闭合差计算, 若所有组成的异步环闭合差都超限, 那么说明异步环中被检核的这条基线有问题。若要检核上面闭合差超限的异步环中的边 415-413, 应该分别计算 415、413、425、430、428、429、1、415 与 415、413、412、423、422、421、415 两个异步环, 若两个异步环的闭合差都超限, 说明基线 415-413 有问题。照此方法对闭合差超限的异步环的每条基线进行检核, 对有问题基线进行处理, 一般应改换时间段重新进行外业数据采集。

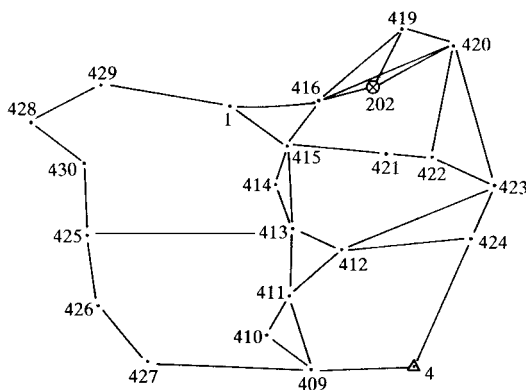


图 1

四、结束语

对 GPS 的应用与操作经验的积累是无止境的, 且 GPS 也在迅速不断地更新换代, 要想应用好 GPS, 还需

不断地努力研究 GPS 操作等多方面的问题。笔者在本文中的几点粗略见解, 期望能起到抛砖引玉的作用, 旨在引起广大 GPS 使用者来共同探讨此问题