

GPS 基线解算阶段的关键问题

黄 勇



www.SurMap.com

【摘要】：本文简述了在 GPS 静态定位测量中基线解算的质量控制指标，详细分析了影响 GPS 基线解算结果的主要因素，给出了判别这些因素方法，并对如何消除这些因素的影响提出了相应的处理措施。

GPS 基线解算阶段的关键问题

黄 勇

【摘要】：本文简述了在 GPS 静态定位测量中基线解算的质量控制指标，详细分析了影响 GPS 基线解算结果的主要因素，给出了判别这些因素方法，并对如何消除这些因素的影响提出了相应的处理措施。

【关键词】：GPS 基线解算 质量控制 因素 措施

GPS 静态定位在测量中主要用于测定各种用途的控制点。其中较为常见的方面是利用 GPS 建立各种类型和等级的控制网，在这些方面 GPS 技术已基本上取代了常规的测量方法，成为了主要手段。较之于常规方法，GPS 在布设控制网方面具有测量精度高；选点灵活、不需要造标、费用低；全天候作业；观测时间短；操作简便等优点。

基线解算是 GPS 网观测数据处理过程的重要环节，基线解算质量的好坏直接关系到各条基线的观测精度，从而影响整个控制网的精度。因此基线解算质量控制以及基线解算过程中数据的处理方法是整个控制网数据处理的关键点。结合 GPS 定位原理和实际经验对于 GPS 基线解算阶段需要解决的一些关键问题作以下论述。

一. 基线解算的质量控制

基线解算的质量控制是通过质量控制指标来体现基线的观测质量。基线解算的质量控制指标包括单位权方差因子、RMS、RATIO、同步环闭合差、异步环闭合差、重复基线较差等。

1. 单位权方差因子 (参考因子) $\hat{\sigma}_0$

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{V^T P V / n}$$

其中：

V 为观测值的残差；

P 为观测值的权；

n 为观测值的总数。

单位权方差因子 (参考因子) 以 mm 为单位, 该值越小表明基线的观测值残差较小且相对集中, 该基线观测质量较好。

2. RMS

RMS 是均方根误差 (Root Mean Square), 即：

$$RMS = \sqrt{\frac{V^T P V}{n-1}}$$

其中：

V 为观测值的残差；

P 为观测值的权；

n 为观测值的总数。

RMS 表明了观测值的质量, 观测值质量越好, RMS 越小, 反之, 观测值质量越差, 则 RMS 越大, 它不受观测条件 (观测期间卫星分布图形) 的好坏的影响。

依照数理统计的理论观测值误差落在 1.96 倍 RMS 的范围内的概率是 95%。

3. $RATIO$

$$RATIO = RMS_{\text{最小}} / RMS_{\text{最大}}$$

显然, $RATIO \geq 1.0$

$RATIO$ 反映了所确定出的整周未知数参数的可靠性,这一指标取决于多种因素,既与观测值的质量有关,也与观测条件的好坏有关。

4. 同步环闭合差

同步环闭合差是由同步观测基线所组成的闭合环的闭合差

由于同步观测基线间具有一定的内在联系,从而使得同步环闭合差在理论上应总是为 0 的,如果同步环闭合差超限,则说明组成同步环的基线中至少存在一条基线向量是错误的,但反过来,如果同步环闭合差没有超限,还不能说明组成同步环的所有基线在质量上均合格。

5. 异步环闭合差

不是完全由同步观测基线所组成的闭合环称为异步环,异步环的闭合差称为异步环闭合差。

当异步环闭合差满足限差要求时,则表明组成异步环的基线向量的质量是合格的;当异步环闭合差不满足限差要求时,则表明组成异步环的基线向量中至少有一条基线向量的质量不合格,要确定出哪些基线向量的质量不合格,可以通过多个相邻的异步环或重复基线来进行。

6. 重复基线较差

不同观测时段,对同一条基线的观测结果,就是所谓重复基线。这些观测结果之间的差异,就是重复基线较差。利用重复基线较差可以检查不同时段的同时基线的观测质量,剔除粗差。

σ_0 在基线控制的质量指标中、RMS 和 $RATIO$ 这三个质量指标

只具有某种相对意义，它们数值的高低不能绝对的说明基线质量的高低。

二、影响 GPS 基线解算结果的几个因素

影响基线解算结果的因素主要有以下几条：

- 1、基线解算时所设定的起点坐标不准确 起点坐标不准确，会导致基线出现尺度和方向上的偏差。
- 2、少数卫星的观测时间太短，导致这些卫星的整周未知数无法准确确定 当卫星的观测时间太短时，会导致与该颗卫星有关的整周未知数无法准确确定，而对与基线解算来讲，对于参与计算的卫星，如果与其相关的整周未知数没有准确确定的话，就将影响该条基线解算的精度。
- 3、在整个观测时段里，有个别时间段里周跳太多，致使周跳修复不完善。
- 4、在观测时段内，多路径效应比较严重，观测值的改正数普遍较大。
- 5、多路径效应严重、对流层或电离层折射影响过大。

三、影响 GPS 基线解算结果因素的判别

1、基线起点坐标不准确的判别

对于由起点坐标不准确所以对基线解算质量造成的影响，目前还没有较容易的方法来加以判别，因此，在实际工作中，只有尽量提高起点坐标的准确度，以避免这种情况的发生。

2、卫星观测时间短的判别

关于卫星观测时间太短这类问题的判断比较简单，只要查看观测数据的记录文件中有关对与每个卫星的观测数据的数量就可以

了，有些数据处理软件还输出卫星的可见性图（如图 1），这就更直观了。

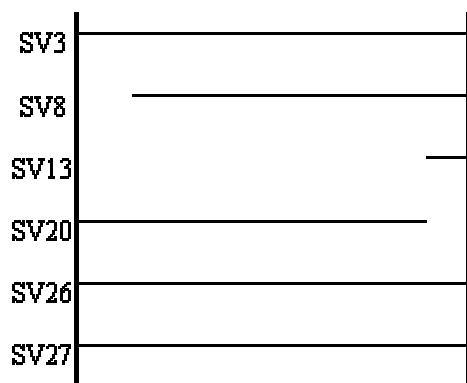


图 1 卫星的可见性图（示例）

3、周跳太多的判别

对于卫星观测值中周跳太多的情况，可以从基线解算后所获得的观测值残差上来分析。目前，大部分的基线处理软件一般采用的双差观测值，当在某测站对某颗卫星的观测值中含有未修复的周跳时，与此相关的所有双差观测值的残差都会出现显著的整数倍的增大。通过下面的三个残差图（图 2、3、4）可以分析出 SV12 号卫星的观测值中含有周跳。

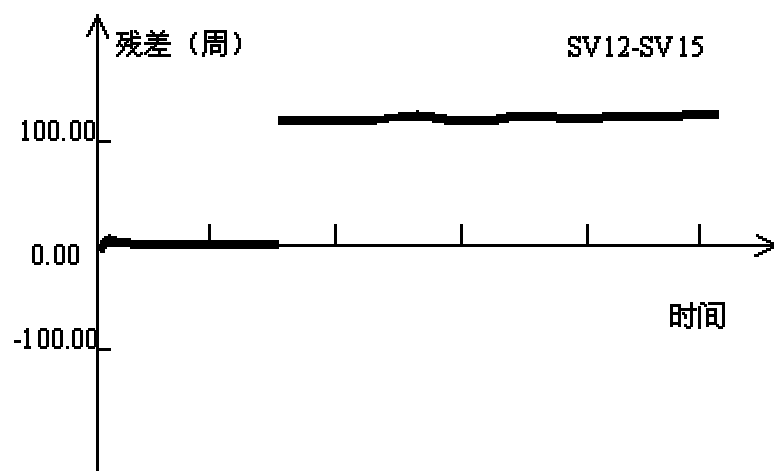


图 2 SV12 含有周跳的残差图 (1)

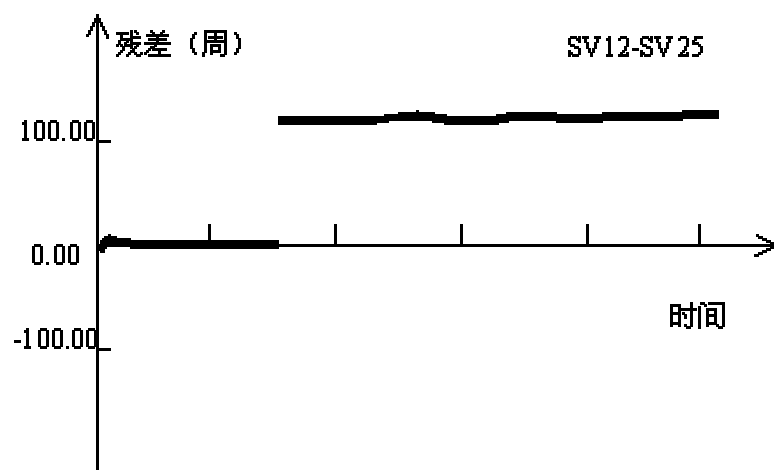


图 3 SV12 含有周跳的残差图 (2)

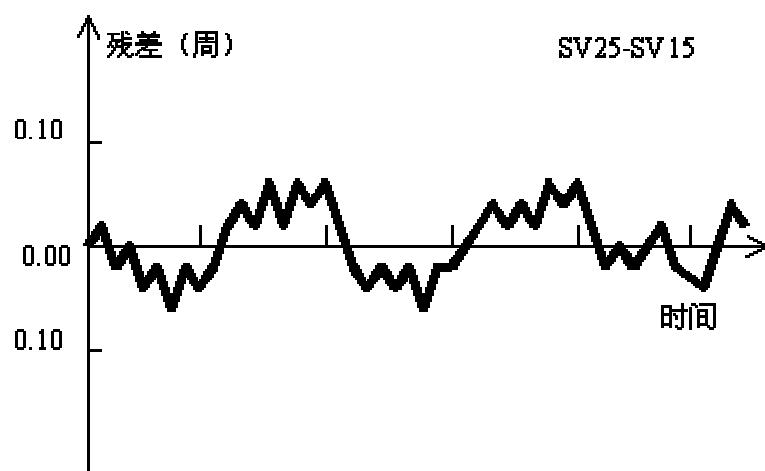


图 4 SV12 含有周跳的残差图 (3)

4、多路径效应严重、对流层或电离层折射影响过大的判别

对于多路径效应、对流层或电离层折射影响的判别,我们也是通过观测值残差来进行的。不过与整周跳变不同的是,当路径效应严重、对流层或电离层折射影响过大时,观测值残差不是象周跳未修复那样出现整数倍的增大,而只是出现非整数倍的增大,一般不超过 1 周,但却又明显地大于正常观测值的残差。通过下面的三个残差图(图 5、6、7)表明 SV25 在 $T_1 \sim T_2$ 时间段内受不明因素(可能是多路径效应、对流层折射、电离层折射或强电磁波干扰)影响严重。

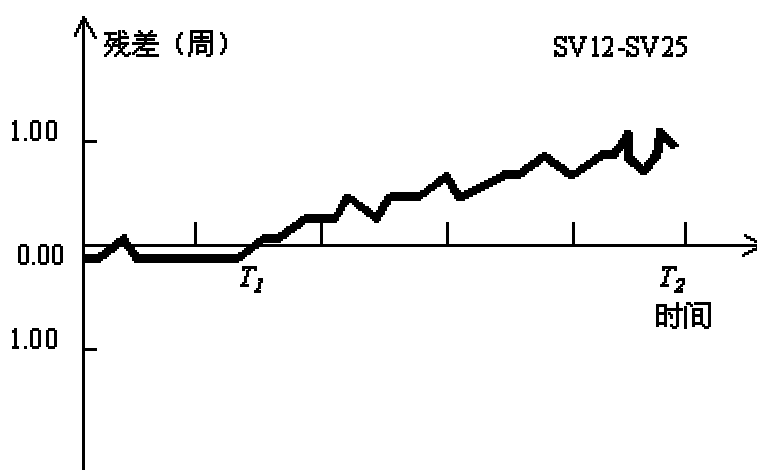


图 5 SV25 受不明因素影响的残差图 (1)

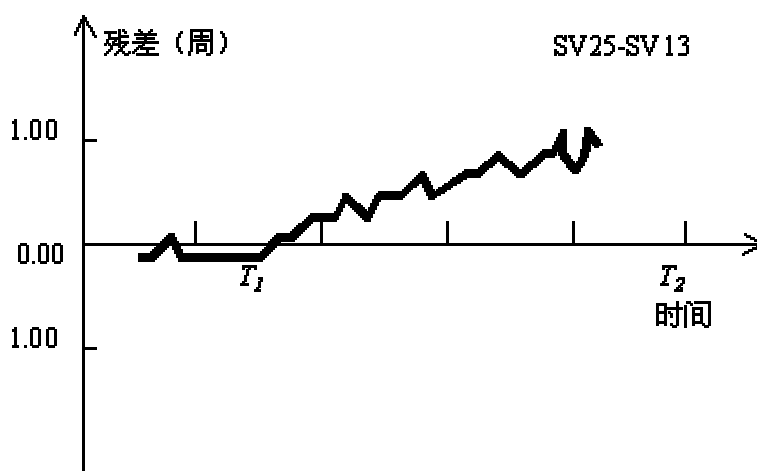


图 6 SV25 受不明因素影响的残差图 (2)

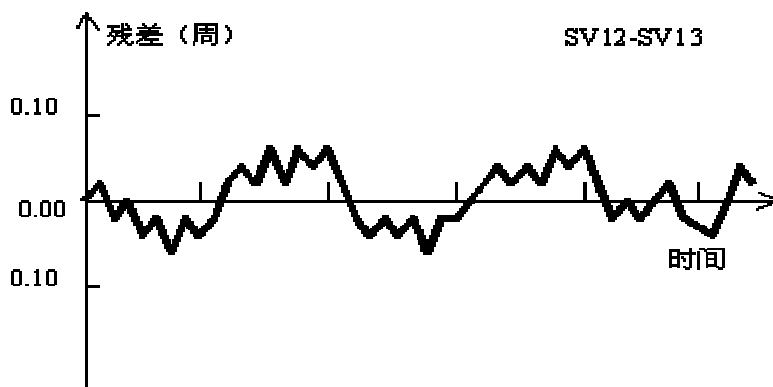


图 7 SV25 受不明因素影响的残差图 (3)

四、应对措施

1、基线起点坐标不准确的应对方法

要解决基线起点坐标不准确的问题，可以在进行基线解算时，使用坐标准确度较高的点作为基线解算的起点，较为准确的起点坐标可以通过进行较长时间的单点定位或通过 WGS-84 坐标较准确的点联测得到；也可以采用在进行整网的基线解算时，所有基线起点的坐标均由一个点坐标衍生而来，使得基线结果均具有某一系统偏差，然后，再在 GPS 网平差处理时，引入系统参数的方法加以解决。

2、卫星观测时间短的应对方法

若某颗卫星的观测时间太短，则可以删除该卫星的观测数据，不让它们参加基线解算，这样可以保证基线解算结果的质量。

3、周跳太多的的应对方法

若多颗卫星在相同的时间段内经常发生周跳时，则可采用删除周跳严重的时间段的方法，来尝试改善基线解算结果的质量；若只

是个别卫星经常发生周跳，则可采用删除经常发生周跳的卫星的观测值的方法，来尝试改善基线解算结果的质量。

4、多路径效应严重

由于多路径效应往往造成观测值残差较大，因此，可以通过缩小编辑因子的方法来剔除残差较大的观测值；另外，也可以采用删除多路径效应严重的时间段或卫星的方法。

5、对流层或电离层折射影响过大的应对方法

对于对流层或电离层折射影响过大的问题，可以采用下列方法：

a)、提高截止高度角，剔除易受对流层或电离层影响的低高度角观测数据。但这种方法，具有一定的盲目性，因为，高度角低的信号，不一定受对流层或电离层的影响就大。

b)、分别采用模型对对流层和电离层延迟进行改正。

c)、如果观测值是双频观测值，则可以使用消除了电离层折射影响的观测值来进行基线解算。

总之，在 GPS 基线解算过程中要充分利用各种控制指标、综合考虑各种因素的影响，分别采用不同的措施最终使基线解算达到满意的结果。