

GPS 短基线定位精度的误差及消除措施

张建国

(新疆石油勘察设计研究院(有限公司) 新疆 克拉玛依 834000)

摘 要 GPS 定位测量用于精密工程测量、城市测量、形变测量等领域时,短基线(大多小于 5km)和超短基线(一般小于 2 km,最短可到几十米至几百米,平均边长 1 公里)被广泛使用。对于那些有特殊要求的高精度的精密定位测量,如大型水电站的大坝形变监测、古建筑保护、重要厂区的滑坡监测等,往往要求非常高的精度,仅靠延长观测时间是很难达到目的。因此,有必要对短基线精密定位技术作详细的了解。

关键词 GPS 定位测量;短基线;误差

1 短基线相对定位的特点

1.1 基线两端的相关性强

由于短基线两端点之间非常接近,因此信号通过大气层到达接收机经过的路径也非常接近,所受到的各种影响也非常接近,这就使得基线两端所受到的误差影响有很强的相关性。通过站间和星间差分能很好的消除相对论效应、钟差等误差,对大气折射在气象条件稳定时也能很好的消除。

1.2 定位精度要求高

短基线一般用于形变监测、姿态定位等高精度测量领域,对基线的期望精度很高,必须采取一切措施降低误差,提高定位精度。

1.3 整周模糊度的整数特性

准确的确定整周模糊度是提高 GPS 定位精度的关键因素,短基线在 1 小时(甚至更短)的时间内均能得到 100%的整数解。

1.4 精确的周跳探测与修复

如果 GPS 接收机在整个观测时段中始终保持锁定卫星信号,则载波相位观测值是连续的。有时由于障碍物遮挡视线或无线电干扰等原因引起卫星信号短时间失锁,而使相位观测值发生周跳。周跳只引起相位观测量的整周数发生跳跃。

对于短基线,周跳探测和修复尤为重要,很小的周跳都将对基线的解算精度产生重大影响。周跳探测和修复的程度直接影响着定位的精度。而小于 5 周的周跳的检测是很困难的,有些接收机由于设计原因还会产生半周跳、1/4 周跳等,这就更增加了周跳检测的难度,容易产生周跳误检或漏检。

2 影响短基线定位精度的误差及其消除措施

2.1 大气折射的影响与改正

地球大气层根据性质不同分为对流层和电离层,当电磁波穿过不同的大气层时,产生的折射性质也不同。对于短基线测量,大气折射误差即可根据基线两端相关性特点在双差模型中消除,也可对对流层和电离层分别建立模型进行改正,一般情况下均能取得很好的效果。

2.1.1 对流层折射延迟及其改正

对流层是指高度 40km 以下的大气层,由于离地面较近,大气密度很大,大气的状态随地面的气候变化而变化,折射情况较复杂。对流层大气对于大约 15GHz 以下的射电频率呈中性,信号传播产生非色散延迟,使电磁波传播路径比几何距离长,因而这一延迟通常叫做过剩路径长度。在天顶方向对流层折射延迟大约为 2.3m,在 85°天顶角方向大约为 25m。

对流层延迟的 90%是由大气中干燥气体引起的,称为干分量,其余 10%是由水汽引起

的,称为湿分量。由于大气层中的水汽分布在时间和空间上变化很大,其折射误差很难准确预测,现有的改正模型只能改正湿分量的 80%。因此,湿分量成为限制对流层延迟改正精度的主要因素。另外,在小网短基线的数据处理中,所有测站上用测区平均气象元素或标准气象元素计算对流层改正效果更好。

2.1.2 电离层折射延迟及其改正

电离层是指大约 50km~1000km 的大气层。受太阳辐射作用,电离层中的物质被电离成正离子和自由电子的形式。电磁波的入射使带电粒向不同的方向运动,从而产生一附加的辐射波,并叠加到入射波上,这就是电离层对电磁波的折射作用。电离层折射作用使入射波的相位传播速度(相速度)加快,而波内能量传播速度(群速度)减慢。路径上的电离层延迟一般在 30ns~150ns(相当于 9~45m)之间变动。在短基线精密定位中主要考虑的是相延迟。

综上所述,在一般情况下,测区气象条件相对稳定,大气折射可以通过模型化改正或者通过站间差分来充分消除。由于大气层变化有很大的随机性,大气折射对基线的影响并不与基线长度成比例,特殊情况下大气折射仍可能对短基线精度产生很大影响。特别是当测区气象条件变化剧烈时,如观测时段内湿气变化较大(如夏季雨后天晴)或者电离层中电子密度变化频繁时(如太阳黑子活动期),更应考虑大气折射的影响。可采用在一定的时段(如 1 小时)增加一个大气折射改正参数的方法来进一步消除经模型化改正或者站间差分改正后剩余的残差。

2.2 测量误差及天线相位中心偏差的改正

2.2.1 测量误差

GPS 测量误差主要包括观测的分辨误差和天线安置误差。观测的分辨误差属于偶然误差,一般认为约为信号波长的 1%,对于 L1 载波约为 2mm,可通过重复观测来提高精度。在短基线精密定位中,每条基线应保证 1.5 小时至 2 小时的观测时间。天线安置误差包括对中误差、整平误差及天线高测量误差。高精度精密定位中,一般采用强制对中的观测墩,天线安置误差可控制在 0.1~0.2mm。

2.2.2 天线相位中心偏差

天线相位中心偏差一是指接收机的天线相位中心与测站标石中心的偏差。可以归入天线安置误差。其二是指由于接收的信号强度的变化,使得天线的瞬时相位中心与几何中心产生偏差,这主要涉及天线设计和制造问题。在实际工作中,整网观测宜采用同一类型天线,天线定向偏差保持在 3 度以内,采用差分模型来削弱天线相位中心偏差的影响。另外,宜采用象扼流圈天线这样有较好的相位中心稳定性的天线。

2.3 基线解算时地面起始点坐标引起的系统误差

在基线解算中,需要一个起算点,起算点的精度将影响基线解算的精度。而 GPS 基线解算时,往往采用单点伪距定位的坐标作为近似坐标,其精度为数米或数十米,必然会影响到基线定位的精度。如以起算点坐标误差对基线的影响量 0.1mm 为限,对于超短基线(小于 2km),其起算点坐标精度应优于 1m。只需将起算点与国家 A、B 级网点联测半小时以上即可得到。网中基线长度超过 2 公里时,最好以国家 A、B 级点作为起算点,或者起算点与国家 A 级点同步联测 1~24 小时。

3 结论

3.1 在短基线相对定位中,大多数误差由于可以很好地模型化,或者可以采用站间、星间差分的差分模型很好消除,剩余残差对基线定位的影响对于 0.5~2mm 的精度要求来说,可以忽略不计。

3.2 大气折光差在测区气象条件稳定的情况下,一般可以不考虑。但在一些特殊情况下,如空气中水汽含量变化剧烈、太阳黑子活动期等进行观测时,则要加以考虑,可采用在若干历元设置一个气象改正参数的方法来解决。

3.3 起算点的误差将导致 GPS 网基线向量产生一个系统误差。这种误差与起算点的精度及基线长度有关,要取得高精度的 GPS 精度定位结果,单点定位的坐标作为起算数据显然是不够的。需将起算点与国家 A、B 级网点联测,以克服起算数据对定位精度的影响。

3.4 周跳检测与修复的算法直接影响着定位的精度,只有很好地处理了周跳才能达到满意的结果,可采用小波分析法、拟准检定法等算法,甚至人工干预,或者在周跳位置加入新的整周模糊度参数来解决。