

GPS测量的误差来源

王宁, 喻春华

(中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221116)

摘要 随着全球定位系统的广泛应用及用户对测量精度有着不同的要求, 研究GPS测量的精度不可避免的, 分析误差来源是研究精度所必须做的。分析GPS测量的误差来源及主要减弱办法。

关键词 GPS; 测量误差; 误差来源

中图分类号 P228.4 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9671-(2010)081-0094-01

全球定位系统(Global Positioning System—GPS)是美国从20世纪70年代开始研制, 历时20年, 耗资200亿美元, 于1994年全面建成, 具有海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。GPS以全天候、高精度、自动化、高效益等显著特点, 赢得广大测绘工作者的信赖, 并成功地应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、运载工具导航和管制、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘察等多种学科。应用的越广泛, 越有必要分析其误差来源, 提供其精度。

1 GPS测量误差来源

1.1 与信号传播有关的误差

与信号传播有关的误差有电离层折射误差、对流层折射误差及多路径效应误差。

1.1.1 电离层折射

电离层指地球上空距地面高度在50~1000km之间的大气层。电离层中的气体分子由于受到太阳等天体各种射线辐射, 产生强烈的电离形成大量的自由电子和正离子。这会引起码信号传播延迟, 它与沿卫星和用户接收机视线方向上的电子密度有关, 在垂直方向上延迟值在夜间平均可达3m左右, 白天可达15m, 在低仰角情况下分别可达9m和45m, 在反常时期(如太阳磁暴和耀斑爆发)这个值还会加大。为了削弱电离层延迟所引起的定位精度损失, 在长基线测量中用双频接收机采集GPS数据, 对观测成果进行实时电离层延迟改正, 可以获得很好的效果, 也可以提高卫星高度截止角减小其影响。

1.1.2 对流层折射

对流层的高度为40km以下的大气底层, 其大气密度比电离层更大, 大气状态也更复杂。对流层与地面接触并从地面得到辐射热能, 其温度随高度的增加而降低。GPS信号通过对流层时, 也使传播的路径发生弯曲, 从而使测量距离产生偏差, 这种现象称为对流层折射。对流层折射造成的观测值的影响, 可分为干分量与湿分量。干分量主要与大气的湿度与压力有关, 而湿分量主要与信号传播路径上的大气湿度有关。对于干分量的影响, 可通过地面的大气资料计算; 湿分量目前尚无法准确测定。

1.1.3 多路径效应

多路径误差是指GPS信号射至其他的物体上又反射到GPS接收天线上, 对GPS信号直接射至GPS接收天线上的直接波的干扰。多路径误差的大小, 取决于反射波的强弱和用户天线抗衡反射波的能力。用户天线附近仰角板, 当仰角板半径为40cm, 天线高于1m至2m, 可抑制多路径影响。

据大量资料的分析统计, 多路径误差有以下危害:

1) 当边长小于10km时, 主要误差源是天线的对中误差和多路径误差; 2) 多路径误差对点位坐标的影响, 在一般环境下可达5~9cm, 在高反射环境下可达15cm; 3) 在高反射环境(城镇、水体旁、沙滩、飞机、舰船等)下, 码信号受多径误差的影响, 可导致接收机的相位失锁; 4) 实践证明, 观测值中的很多周跳都是由于多路径误差引起的。

接收机天线附近的水平面、垂直面和斜面都会使GPS信号产生镜反射。天线附近的地形地物, 例如道路、树木、建筑物、池塘、水沟、沙滩、山谷、山坡等都能构成镜反射。因此, 选择GPS点位时应特别注意避开这些地形地物, 采取提高天线高度和其他防止多路径误差的措施。

1.2 与卫星有关的误差

与卫星本身有关的误差有卫星星历差、卫星钟差

1) 卫星星历差。卫星星历误差是指卫星星历给出的卫星空间位置与卫星实际位置间的偏差, 由于卫星空间位置是由地面监控系统根据卫星测轨结果计算求得的, 所以又称为卫星轨道误差。它是一种起始数据误差, 其大小取决于卫星跟踪站的数量及空间分布、观测值的数量及精度、轨道计算时所用的轨道模型及定轨软件的完善程度等。星历误差

是GPS测量的重要误差来源。解决星历误差的方法主要有建立自己的卫星跟踪网独立定轨, 这不仅可以使我国的用户在非常时期内不受美国政府的有意降低调制在C/A码上的卫星星历精度的影响, 且使提供的精密星历精度可达到 10^{-7} 。这将提高精密定位的精度起显著作用; 也可为实时定位提供预报星历。2) 卫星钟差。卫星钟差是指GPS卫星时钟与GPS标准时间的差别。为了保证时钟的精度, GPS卫星均采用高精度的原子钟, 但它们与GPS标准时之间的偏差和漂移和漂移总量仍在1ms~0.1ms以内, 由此引起的等效误差将达到300km~30km。这是一个系统误差必须加以修正。经改正后, 各卫星钟之间的同步差可保持在20ns以内, 由此引起的等效距离偏差不会超过6m, 卫星钟差和改正后的残余误差, 则需采用在接收机间求一次差等方法来进一步消除它。

1.3 与接收机有关的误差

1) 接收机的钟差。尽管GPS接收机有高精度的石英钟, 其稳定度约为 10^{-9} 。若接收机钟与卫星钟间的同步差为1 μ s, 则由此引起的等效距离误差约为300m。减弱接收机钟差的方法有: 把每个观测时刻的接收机钟差当作一个独立的未知数, 在数据处理中与观测站的位置参数一并求解。2) 接收机的位置误差。接收机天线相位中心相对站标石中心位置的误差, 叫接收机位置误差。这里包括天线的置平和对中误差, 量取天线高误差。如当天线高度为1.6m时, 置平误差为0.1°时, 可能会产生对中误差3mm。因此, 在精密定位时, 必须仔细操作, 以尽量减少这种误差的影响。在变形监测中, 应采用有强制对中装置的观测墩。3) GPS天线相位中心误差。在GPS定位中, 观测值是以接收机天线相位中心位置为准的, 因而天线的相位中心与其几何中心理论上保持一致。可是, 实际上天线的相位中心位置随着信号输入的强度和方向不同而有所变化, 即观测时相位中心的瞬时位置(俗称视相位中心)与理论上的本单位中心位置将有所不同。天线相位中心的偏差对相对定位结果的影响, 根据天线性能的优劣, 可达数毫米至数厘米。所以对于精密相对定位, 这种影响是不容忽视的。在实际工作中, 如果使用同一类型的天线, 在相距不远的两个或多个观测站上, 同步观测同一组卫星, 便可通过观测值求差, 以削弱相位中心偏移的影响。

1.4 其他误差

GPS测量误差的影响因素除上面所述外, 还有地球自转、相对论效应的影响, 卫星钟和接收机振荡器的随机误差、大气折射模型和卫星轨道摄动模型误差、地球潮汐以及信号传播的相对论效应等都会对GPS的观测产生影响。随着对长距离定位精度要求的不断提高, 研究这些误差来源并确定它们的影响规律具有重要的意义。

2 结论语

GPS的应用越来越广泛, 不同的用户对其定位的精度有着不同的要求。不论对其定位的精度要求如何, 我们必须知道影响其精度的原因时什么, 即误差来源。这样我们才可以在必要的时候提高其定位的精度。

参考文献

- [1]徐绍铨, 张华海, 杨志强.等.GPS测量原理及应用[M].武汉:武汉大学出版社, 2008:100~114.
- [2]贾彬.GPS测量误差源及其控制分析[J].海洋测绘, 2008, 28(3):76~78.
- [3]李兆华.GPS测量的误差及精度控制[J].科苑论谈.
- [4]康四林, 李语强.GPS定位中的误差分析.天文研究与技术, 2010, 7(3):222~225.
- [5]吕代和.GPS测量的几种误差及相应处理方法.贵州科学[J], 2007, 25: 194~197.