

GPS卫星定位误差分析

党永平

上海华测导航科技股份有限公司

摘要: 虽然现在GPS导航已经逐步变成了精确可靠的卫星导航和定位服务系统,但同时它也仍然会具有部分的定位误差。GPS系统产生的位置误差也直接地影响到了GPS的定位跟踪精度,本专篇主要对其误差产生原因的主要来源方法和误差性质等作出进行了简要说明介绍和一些初步的分析。

关键词: 误差; GPS卫星; 定位

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.080

GPS定位误差按其产生的来源大致可分为包括以下三部分:GPS信号产生的自身定位误差,以及轨道偏差的影响因素(星历误差)和SA干扰对误差产生的影响;GPS信息在传递过程中所形成的信息传递中的各种路径偏差,包括信息对电离层的折射,对平流层的折射,多路径效应等及其他因信息受了它们本身的影响或因受其自身影响而产生的周跳;GPS接收器产生的各种误差,主要的有钟误差,接收器天线的位置中心误差,接收器天线的相位中心误差等等。

一、星历误差与SA干扰误差

(一) 星历误差卫星的星历误差

实际上是一种等效的伪距误差,因为月球轨道可能会同时收到来自地球年月和月日、年力和日引力场、太阳光的斜光压、潮汐力场和月日摄动力场以及月球大气阻力场等等的扰动因素,但由于他们之间有许多相互作用是由随机因素影响,并不是由精密计算确定,致使月球轨道会产生偏差。目前,GPS卫星轨迹偏差的最大等效伪距偏差值是小于四点二m。美国的SA政策和欧洲AS政策人为地使卫星导航位置信息的准确度大大下降,点位误差有时甚至超过了一百m。控制卫星网络中的静态GPS基线的监测也是可以利用载波相位测量,通常也就是通过将某一点设置成二个已知点并在其中某一个作为待定的地点上同时监测两个GPS卫星,得到一个载波相位观测值,由此可以得到二个特定的地点卫星的相对位置值及这二点卫星之间距离的相对坐标值,叫做基线监测,短基线测量可以消除SA影响。动态测量系统克服SA误差影响最大的一个途径之一是进行差分导航定位,就是在二个已知的位置点基础上分别进行差分基准点,由差分基准台站来实现偏差的校准,由差分数据链将信息上传到导航位置相同的差分移动基准台站,以此来减少了SA误差影响台及差分二台之间的各种可能共同产生的导航偏差,改善提高了差分移动基准台站系统的差分导航和定位精度^[1]。

(二) SA干扰误差SA干扰误差

SA干扰误差SA干扰误差是指美国的军事系统中为了能够有效地管理非特许用户利用星GPS技术所进行的高精度点的定位误差而可能需要的进行的一系列的旨在降低卫星系统准确度的政策措施,又被称作SA政策,这里还可能就会涉及采用了一些旨在进一步降低广播星历准确度误差的 ϵ 技术以及一些旨在降低从卫星系统获得的基本频率基础上再适当增加了某其中一个频率的随机抖动的频率精度误差的 δ 技术。开展卫星SA技术的研究工作至今,SA误差研究已开始逐步的开始并已逐渐的发展形成了影响到中国大陆当前的卫星GPS定位误差的主要形成的因素中的另一个的一个最主要最直接的最主要原因。尽管战后美军已于在二零零零年五月一日正式解除使用了SA,但在战时期间及有必要时,美军仍可以自行恢复并继续使用类似的干扰技术。

二、卫星导航接收机定位误差分析

(一) 卫星相关误差分析

卫星星历主要用于描述导航卫星的特定位置及其在宇宙中的空速。卫星历书数据也常可被称为卫星二行和轨道数据,具体的来说,它也是作为一个数学表达式,主要是用来比对和描述卫星轨道的相对具体的位置参数和卫星飞行速度。卫星历书在其对于卫星日期、位置和轨道方向等的诸多数据信息的精确计算基础上,必须同时结合了开普勒定理,在多年来的实际使用过程中都已逐渐形成具有了相对较高程度的准确度。卫星星历数据系统主要功能是卫星可以直接通过或借由利用卫星地面监测站数据信息来直接实现卫星跟踪和监测或者是利用卫星监视和观测的卫星轨迹数据信息来直接实现卫星统计跟踪并从中获取卫星有关的数据信息的,不过正是因为这些卫星轨道数据在进行正常的工作和运转过程时,会因此不断地受到这些来自多个轨道卫星所摄得的动力数据信息的相互影响,而此时如果仅仅一味简单地依靠利用这些卫星地面监测站数据信息则无论如何也是无法完全正确的测算反映出在他们自身内部存在的这些相互影响信息的时空变化的规律,所以就简单来说,星历数据的时空预测的误差值也自然就会也因此而形成出了具有一定的程度上的偏差。星历在计算卫星过程中所可能形成误差的卫星空间方位偏差与卫星实际轨道位置偏差间产生的时间差异即表现为卫星星历偏差,也就可被叫做卫星时钟钟差^[2]。

(二) 信号的传输和路径偏差的分析

1. 电离层偏差

电离层大气是主要指一些离我们地球表面约六十公里范围及千米以外区域的大气环境,这些区域大气中主

要成分处在高度电离状态,从而会产生出大量带电的电介质以及带电离子,将直接影响到着地无线的电波的传播和速度,因此会存在一些折射问题和一些反射问题。卫星发射的无线电讯号当没有经过电离层时,信号路径也将会发生了相应程度的扭曲,相应地,传播的距离本身和信号传播的速度本身也将就会无法确保其全部都还保持着其原样,所以无线电讯号本身的全部实际传播的时间长度本身也将就会无法确保其全部都还代表保持着距离,这样所产生出来的时间偏差也它也被称为电离层和折射层偏差。

2. 对流层误差

对流层大气的组成主要是指低层大气是相对应于海平面高度一般认为是在离地球海平面高度大约在四十km左右的大气高度范围之内而被形成了出来的一种低层的大气,对流层大气质量的总体构成约是占比到构成了整个的全球大气质量体系的总体组成中的一个相当的重要的一个组成的部分,质量的总体占比大约也是可以说是占比百分之一到百分之九十九。该区域范围内的大气密度较高,运动的状况也又是相对的复杂,所以对信号的传播的速度方向及其传播路径等都会随之产生一些相应程度的影响。

(三) 接收机设备时钟之间的相位误差

卫星导航系统中一般所要求使用的卫星导航设备星座接收机设备和其他卫星导航设备接收机设备时钟间所使用相位的卫星时钟误差一般不需要保证完全的相同,两者之间的时间差值就叫做卫星接收机设备的卫星时钟差。考虑到不同仪器的定时和误差程度,所以,要求专业技术人员能及时地进行校正。而且,在我国实际上天线误差也是属于导航接收机设备固有的一种误差形式范围之中,但是,当发现有任何这些天线的偏移现象的产生原因之时,一般情况都会直接造成或直接影响或间接削弱了我国导航卫星导航系统与我国导航定位卫星接收机之间的导航观测质量^[3]。所以,技术人员们都觉得现在非常迫切有必要地去重新进行分析和去修正这种主要的技术差错并已经为此问题做过了一次更加全面详尽细致的检查和更进一步深入的分析。此外,天线偏差问题也就是最主要指的也就是指安装在天线接收机上的天线内部会因所设置好的天线问题而很很有可能会因此产生一个很大范围的天线信号偏差,针对上述的这二一的实际应用状况,技术人员也就更需要及时掌握用户在进行选择和设置天线时所可能需要考虑的和确定和设置的天线偏差范围的这一些的实际应用情况,考虑到这些天线偏差的一些特定的情况,并应及时地进行采取各种措施适当采取相应的防雷和安全的保障等工作措施以达到有效地避免天线测量信号误差范围的被进一步扩大。

(四) 其他的延时误差

电离层的延时误差也是在卫星空间环境中卫星的导航和位置信息的快速传输过程中产生的另一种最主要的误差源,它同时又也是目前直接地影响到卫星接收机的

导航目标定位精度与导航精度的测定中的二个最为主要的差错之一。通常的单频导航卫星接收机系统都是试图通过利用卫星导航卫星信息传递系统中发送信道上的电离层校正模型来实现降低大多数卫星的电离层信息的传递和误差。

北斗卫星导航定位系统采用十四四个参数电离层模式,比多参数GPS模式可得到一个更好的结果。考虑到伪距差测量系统的跟踪准确度也是用来评价接收机特性好坏的最重要的指标因素之一,许多相关研究人员已证实可以用来准确地判断出GPS卫星接收机噪声特性对跟踪环路性能的直接影响。经分析处理后将会自动显示计算出伪测距仪的实际测量的精度值范围和系统信噪比。定时用接收机系统中常用的信道延迟漂移的自动校正的方法以及实现对接收机信道的延迟信息和信道漂移等信息变化的自动实时监测,对于实现精确定位的高精度定时用接收机的应用技术要求 and 作为高精度的定时用接收机设计中考虑的几个最为关键重要的主要技术指标因素之一就显得更加尤为重要。在使用这一系统过程的中,电子元件的自身结构就会逐渐发生一些损伤现象或者是老化失效的一些现象,这时我们往往也就会要求专业技术人员要定期的校正计时接收机中的一些信道的延时,并且人们往往还要注意发现一定情况需要定期针对一些GPS时钟接收机信道进行一些延迟或者漂移的测试,分析时钟接收机信道出现的一些延迟现象或者是漂移现象的原因,最后,就完全可以直接从实验室数据中来精确地测量时钟接收机信道中的延时误差。

三、GPS信号的传输误差

电离层折射在地球上空距地面50~100km之间的电离层中,气体分子受到太阳等天体各种射线辐射产生强烈电离,产生了大量的自由负电子和正离子。在一个GPS导航讯号经过一个电离层时,和来自其他的电磁波传播相比,通讯讯号的传输路线必然要随之产生一些曲折,传播的速度也就随之将发生改变,因而会使所测量到的传输距离会出现一些偏移,这种影响就被叫做电离层折射。有关电离层的折射现象的观察值可用于在以下列出的这三种观测的方式中以确保尽可能地减少对由它本身所可能形成出来的几乎所有的负面观测结果产生的有害影响。

(一) 选取了适当的站址

测量的站址位置一般都不能同时地被选择并建立在较陡峭倾斜的斜坡、河谷平原环境的与低平原丘陵盆地环境中的之间,宜尽可能地选择和尽量多地选择远离高层建筑。②

(二) 选性能价格比较好用的接收机天线

在反射天线的天线中心部位都设有孔径板,抑制天线各种频率不同方向的极化方向变化和其极化方向特性而形成的各种频率方向的天线反射信号。

四、与GPS卫星接收机定位相关产生的各种误差

接收机钟面差GPS卫星接收机定位通常要使用比较

精密的石英钟,接收机时钟的标定钟面时间差与卫星接收机GPS时钟的实际标定时间产生的时间差值也就被称为卫星接收机钟差。将在不同的观测时刻之间出现的二个接收机时钟的之时差既可被看作它是另一种相对地独立地存在着的一个时间未知数,也又可被认为是在二个不同的观测时刻之间出现的二个接收机时钟的之时差因为它们相互之间都是与彼此时间有关的,在实际数据处理的过程中还将会把卫星接收器参数与地面观测站接收机的卫星定位参数放到一起来进行实时求解,能够更有效地减少误差对卫星接收机钟时精度误差的影响。

(一) 接收机天线相位中心的相对位置形成的定位偏差

是指接收机天线相位中心方向偏差与接收机地面观测站标石中心方位偏差之间所形成位置的相对偏差,叫接收机天线定位偏差。内容介绍包括天线偏置平和对天线中误差,量取天线中高偏差。在进行精密定位测量时,要特别小心仪器使用,以尽量减少受这些微小误差影响。在变形观测墩中,应尽量选择那些带有强制正中设备功能的变形观测墩。

(二) 接收机天线相位中心误差

在进行GPS测量工作时,从我们的角度方位值上看也未必就一定应该一致。当接收实际的观测信号时天线相位上对应的天线各相的中心相位随着实际接收观测信号时天线输入的讯号频率的变化相对信号强度大小和信号频率方向上的相位差异大小等方面也有了一定的变化,这些天线的相位的差别大小有时也就会被我们叫做天线的相位误差理论研究中通常所说天线的相位误差。这种偏差所引起的影响的范围有时可被扩展至数毫米甚至是数厘米。而如何能合理地降低在天线相位的改变过程中产生的天线位移的损失也正是在天线系统的设计开发过程实践中所遇到过的另一个问题。在卫星的实际观察和工作过程中若是同时都使用到了同一条观测天线,或用相隔距离非远的二台卫星或用多台观测站来同步地观察到同一个观测卫星,可以有效利用卫星观测值的求取差异而大大降低卫星相位偏移造成的影响。

(三) 处理卫星导航接收机顶误差的常用处理办法

其实,卫星导航的接收机误差也有很多种类型,针对处理以上的三类接收机误差方法而言,必须要予以特别注意,同时我们还应该可以特别注意根据卫星现场的实际使用的状况,采取一些相应改进的技术办法,以尽量克服其中存在的一些偏差,尽量地避免信息受人为误差造成的严重影响,提高了信息快速传递服务的使用效果和信息服务的质量。至于具体的方法又有些什么呢就还有待着人们的进一步探索。比较常见的方法与模型有以下几种:修正的对流层模型还考虑到了卫星导航和接收机本身固有存在的误差问题,技术人员们还希望能够继续通过可持续地持续改进和修正对平流层模型数

据而来以改善对及其他卫星系统自身信号的实时检测精度。考虑到大气对流层面积占全球大气总数面积的约百分之九十九或以上,但据有关国际统计资料研究指出,对流层模型中的数值更多的是由基于全球十八个大气站点的平均数值进行统计而得到结果的。所以,技术人员们也完全可以积极考虑如何通过二星三参数法和二三星四参数法等多种方式组合来实现对系统流进行的优化处理和对流层的数值模拟,尽量通过简化算法来逐步改善优化处理过程中或已经有可能已经发生处理过中的某些小问题和尽量减小误差范围以及减小对导航误差可能产生的其他某些影响,以更好适应未来现实中的卫星导航和定位需求。

(四) 做好差分定位

差分定位也是一个很常用到的一种处理偏差方法,通过我们做好了这种处理措施,可以帮助更好有效的去处理其中存在的各种偏差问题,尽量地避免了某些不必要的问题的产生。而其实这个方法原理也很简单,主要的是通过使用一个观测站内的任意二个目标观测值相加等的办法,最后可以求出二个数据点间存在的公共误差,最后可以再直接去掉这个公共的误差项,使得最终结论就可以相对比较的准确,误差问题自然也会就迎刃而解。

(五) 其他的办法

当然,除采用上述的解决办法外,还也可考虑采用一些其他方面的改进办法,例如,两星三参数法或二三星四参数法等,通过综合采用一些上述的办法,都是可有效克服卫星定位的精确度相对不太高、隐秘性交叉较大等一些问题的,从而有效减少卫星测距误差对于定位误差造成的影响,满足实际定位的需要。

结束语

对于GPS控制网基线的测量,基线长度在最短的情形下,GPS的轨星历误差,以及美国的SA技术基本对于测试的精确度都不会有产生影响。在实际的作业精度测量工作流程的设计过程中,在现有GPS定位测量接收机已无法完全满足当前实际的作业精度测量的精度标准要求条件的实际情况条件下,测量精度结果中的前三种最主要的测量误差源位置依次分别是多点的路径中偏移、周跳和点位的路径正中偏移。作业的过程管理中同样也应特别注意并尽可能多地采取措施防止对这些过程错误的同时重复出现和并尽可能地减少对其误差。

参考文献

- [1] 徐绍铨. GPS测量原理及应用. 武汉测绘科技大学出版社. 2019. 10.
- [2] 许其凤. GPS卫星导航与精密定位[M]. 北京: 解放军出版社, 2020.
- [3] 张小红等. GPS定位技术在不同领域的应用[J]. 武汉: 测绘信息与工程.