

3S 新技术系列丛书

吴俐民 吴学群 丁仁军 • 著

The Theory and Practice
of GPS Reference
Stations System

GPS
参考站系统
理论与实践

3S 新技术系列丛书

GPS 参考站系统理论与实践

吴俐民 吴学群 丁仁军 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是作者在多年从事 GPS 应用研究的基础上撰写而成的。全书共 4 章,第 1 至 2 章主要介绍了 GPS 定位和差分 GPS 的基本原理,第 3 章主要介绍了 GPS 参考站系统,包括参考站子系统、数据控制中心子系统、数据通讯子系统和用户应用子系统等内容,第 4 章以昆明市连续运行 GPS 参考站系统为例重点介绍了 GPS 参考站系统的技术方案、选址、建设、系统集成、测试、管理和应用等内容。

本书可供 GPS 应用领域的工程技术人员使用,也可供相关专业师生、研究人员及测绘专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

GPS 参考站系统理论与实践 / 吴俐民, 吴学群, 丁仁军著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2006.9

(3S 新技术系列丛书)

ISBN 7-81104-289-4

I. G... II. ①吴...②吴...③丁... III. 全球定位系统(GPS) IV. P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 104374 号

3S 新技术系列丛书

GPS 参考站系统理论与实践

吴俐民 吴学群 丁仁军 著

*

责任编辑 秦 薇

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm×230 mm 印张: 9.875

字数: 202 千字 印数: 1—3 000 册

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-289-4

定价: 28.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

城市数字化和数字城市是现代化城市的发展趋势,连续运行 GPS 参考站系统是实现地理空间数据采集实时化、处理自动化、服务网络化和应用社会化的先进技术手段之一,是城市地理空间基础设施建设的重要组成部分。近年来,国内外都在积极开展 GPS 参考站系统的建设,该系统可以满足各类不同行业、不同用户对精密定位、快速和实时定位以及导航的需要,具有降低成本、缩短作业时间、提高测量效率和定位精度等优势。

作者多年从事 GPS 的技术研究和应用工作,作为项目负责人,主持了昆明市连续运行 GPS 参考站系统的研究、设计、建设和应用工作,该系统 2005 年 7 月通过了云南省科技厅组织的以中国工程院院士、武汉大学校长刘经南为组长的专家组的鉴定。一年来,系统实时产生的厘米级测量控制点已应用在昆明市的城市基础测绘及昆明市东二环改造、昆明市东城建设、昆明市航空港建设及昆明市数字园林等工程中,并产生了巨大的经济和社会效益,在数字昆明的建设和昆明市的城市规划、建设和管理中已经开始发挥巨大的作用。

连续运行 GPS 参考站系统作为国家、区域、城市的空间数据基础设施,已在国民经济和各方面建设中发挥了巨大作用,也受到各级政府的重视,我国许多城市正在兴建类似系统。为了推动 GPS 技术更广泛地应用,为了让更多用户了解连续运行 GPS 参考站技术,作者根据多年积累的 GPS 应用研究经验,结合昆明市连续运行 GPS 参考站系统的建设和应用,编写了此书,对连续运行 GPS 参考站系统的概念、原理、建设、集成、测试、管理和应用等关键技术、实施方案进行了详细陈述,便于有兴趣的读者更好地了解 GPS 参考站系统,同时给准备建设类似系统的单位和部门提供参考。

本书注重理论与工程实际相结合,反映了当前 GPS 参考站系统的最新技术。由于时间紧,加之参考站技术日新月异,本人水平又有限,书中难免有错误及疏漏,恳请各位专家和广大读者批评指正。

吴俐民

2006 年 7 月于云南昆明

目 录

第 1 章 GPS 定位原理	1
1.1 概 述	1
1.2 GPS 定位的误差来源	6
1.3 GPS 定位原理	9
第 2 章 差分 GPS 原理	15
2.1 差分 GPS	16
2.2 广域差分 GPS	22
2.3 网络 RTK	26
第 3 章 GPS 参考站系统	29
3.1 GPS 参考站的组成	29
3.2 GPS 参考站系统的建设	30
3.3 GPS 参考站软件	36
3.4 实时动态测量和差分 GPS 数据的输出	38
3.5 数据通讯	39
3.6 GPS 参考站网络改正数的计算和分析	47
3.7 使用 FTP 服务器分发 RINEX 格式的数据	52
3.8 参考站的基线处理	53
3.9 参考站或参考站网类型的确定	54
3.10 RINEX 和 RTK/DGPS 数据服务的费用	57
3.11 气象和倾斜传感器	58
3.12 防雷电保护措施	58
3.13 独立参考站和参考站网的应用领域	59
第 4 章 昆明市连续运行 GPS 参考站系统的建设及应用	63
4.1 昆明市连续运行 GPS 参考站系统的建设	63

4.2 昆明市连续运行 GPS 参考站系统的应用	89
附录 A 昆明市连续运行 GPS 参考站系统性能测试方案	97
附录 B 昆明市连续运行 GPS 参考站系统性能测试报告	104
附录 C 昆明市似大地水准面精化的技术方案	121
附录 D Spider 软件介绍	136
参考文献	150

第 1 章 GPS 定位原理

1.1 概 述

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 300 亿美元, 于 1994 年全面建成的。它是一种能够定时和测距的空间交会定位的导航系统, 可以向全球用户提供连续、实时、高精度的三维位置、三维速度和时间信息, 为海、陆、空三军提供精密导航, 还可用于情报收集、核爆监测、应急通讯和卫星定位等一些军事目的。

1.1.1 GPS 定位系统的组成

GPS 系统主要包括三大部分: 地面控制部分、空间部分、用户设备部分。三者都有各自独立的功能和作用, 但又是有机地配合在一起的彼此缺一不可的整体系统。图 1.1 显示了 GPS 定位系统的三个组成部分及其相互关系。

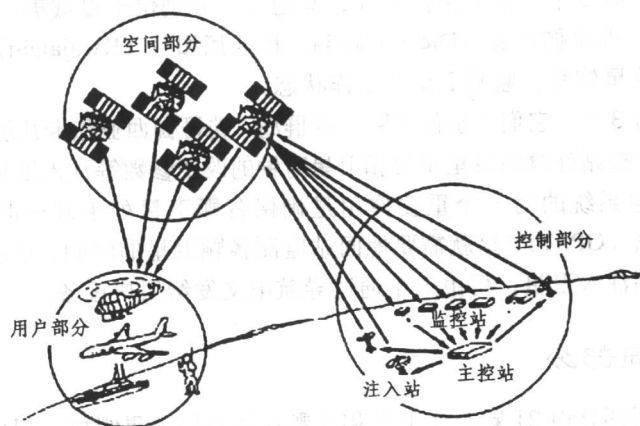


图 1.1 GPS 定位系统的组成

1. 地面控制部分

GPS 地面控制部分由分布在全球的若干个跟踪站组成的监控系统所构成, 根据其作用的不同, 这些跟踪站又分为主控站、监控站和注入站 (见图 1.2)。

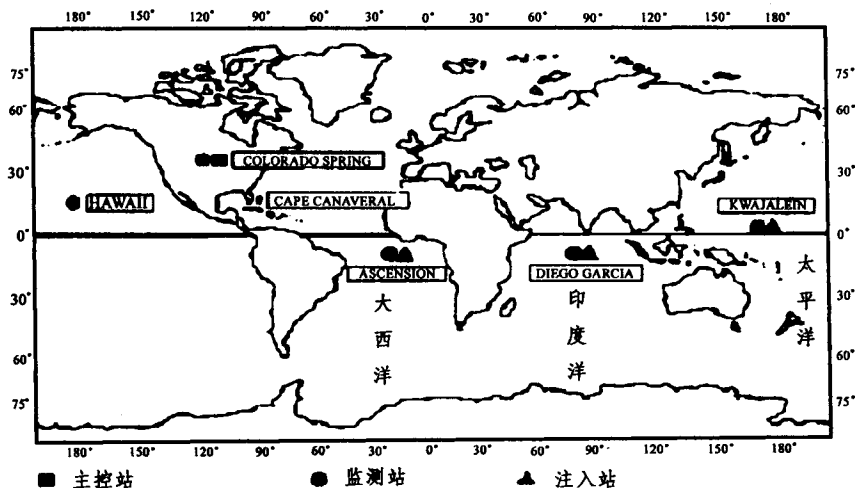


图 1.2 GPS 的地面监控部分

主控站 有 1 个, 位于美国科罗拉多的 Falcon 空军基地。它的作用是: ① 根据各监控站对 GPS 的观测数据, 计算出卫星的星历和卫星时钟改正参数等, 通过注入站注入卫星中; ② 对卫星进行控制, 向卫星发布指令; 当工作卫星出现故障时, 调控备用卫星, 替代失效的工作卫星工作; ③ 主控站还具有监控站的功能。

监控站 有 5 个, 除了主控站外, 其他 4 个分别位于夏威夷、阿松森群岛 (Ascension)、迭哥伽西亚 (Diego Garcia) 和卡瓦加兰 (Kwajalein)。监控站的作用是接收卫星信号, 监测卫星的工作状态。

注入站 有 3 个, 它们分别位于阿松森群岛、迭哥伽西亚和卡瓦加兰。注入站的作用是将主控站计算的卫星星历和卫星时钟的改正参数等注入卫星中去。

地面监控系统的另一个重要作用是确保各颗卫星处于同一时间标准——GPS 时间系统 (GPST), 这就需要地面站监测各颗卫星的时间, 求出卫星钟差, 然后由注入站注入卫星, 再由卫星通过导航电文发给用户设备。

2. 空间部分

GPS 空间部分由 21 颗工作卫星和 3 颗在轨备用卫星组成, 记作 (21+3) GPS 星座 (见图 1.3)。24 颗卫星均匀分布在 6 个轨道平面内, 轨道倾角为 55° ,

各个轨道平面之间的夹角为 60° ，即轨道的升交点赤经各相差 60° 。每个轨道平面内各颗卫星之间的升交角距相差 90° 。GPS 工作卫星平均距离地面两万多公里，绕地球旋转一周的时间为 12 恒星时。对于地面观测者来说，每天将提前 4 min 见到同一颗 GPS 卫星。位于地平线以上的卫星颗数随着时间和地点的不同而不同，最少可见到 4 颗，最多可见到 11 颗。在 GPS 导航定位时，GPS 卫星是一个动态的已知点，为了计算测站的三维坐标，必须观测至少 4 颗 GPS 卫星，称为定位星座。其中，卫星的位置是依据卫星发射的星历（描述卫星运动及其轨道参数）计算得到的。这 4 颗卫星在观测过程中与测站所形成的几何构形对定位精度有一定的影响。若某地某时，不能测得精确的点位坐标，则这种时间段叫做“间隙段”。但这种时间间隙段是很短暂的，并不影响全球绝大多数地方的全天候、高精度、连续实时的定位工作。

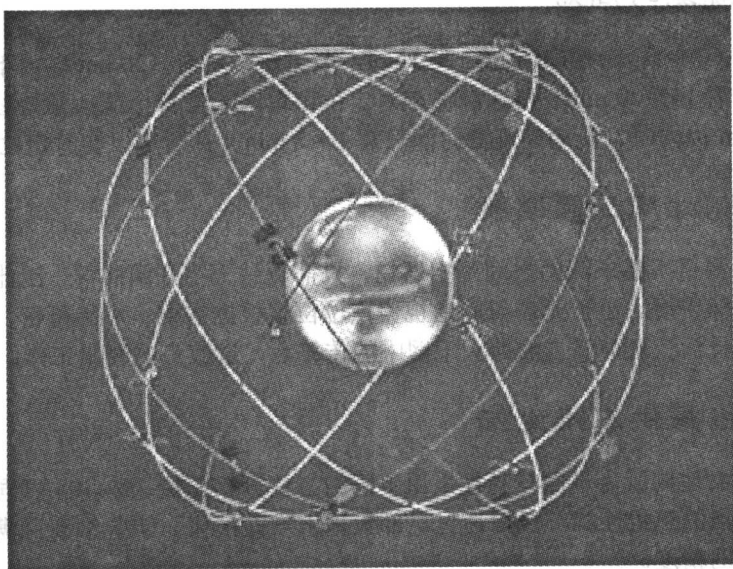


图 1.3 GPS 卫星分布

3. 用户设备部分

用户设备部分主要由 GPS 接收机和接收机天线组成。

GPS 接收机的任务是：按一定卫星高度截止角捕获 GPS 卫星的信号，并跟踪这些卫星的运行，对所接收到的 GPS 信号进行变换、放大和处理，以便测量出 GPS 信号从卫星到接收机天线的传播时间，解译出 GPS 卫星所发送的导航电文，实时地计算出测站的三维位置、三维速度和时间。

1.1.2 GPS 定位系统的应用特点

GPS 定位系统的应用特点有：高精度、全天候、高效率、多功能、操作简便、应用广泛等。

1. 定位精度高

应用实践已经证明，GPS 相对定位精度在 50 km 以内可达 10^{-6} ，100~500 km 可达 10^{-7} ，1 000 km 可达 10^{-9} 。在 300~1 500 m 工程精密定位中，1 h 以上观测的解平面位置误差小于 1 mm，与 ME-5000 电磁波测距仪测定得边长比较，其边长较差最大为 0.5 mm，校差中误差为 0.3 mm。

2. 观测时间短

随着 GPS 系统的不断完善，软件的不断更新，目前，20 km 以内相对静态定位，仅需 15~20 min；快速静态相对定位测量时，当每个流动站与参考站相距在 15 km 以内时，流动站观测时间只需 1~2 min，然后可以实时定位。

3. 测站间无需通视

GPS 测量不要求测站之间互相通视，只需测站上空开阔即可，因此可节省大量的造标费用。由于无需点间通视，点位位置根据需要，可稀可密，使选点工作甚为灵活，也可省去经典大地网中的传算点、过渡点的测量工作。

4. 可提供三维坐标

经典大地测量将平面与高程采用不同的方法分别施测，而 GPS 可同时精确测定测站点的三维坐标。目前通过局部大地水准面精化，GPS 水准可满足四等水准测量的精度。

5. 操作简便

随着 GPS 接收机的不断改进，自动化程度已越来越高，有的已达“傻瓜化”的程度。而接收机的体积越来越小，重量越来越轻，极大地减轻了测量工作者的工作紧张程度和劳动强度，使野外工作变得轻松愉快。

6. 全天候作业

目前，GPS 观测可以在一天 24 h 内的任何时间进行，不受阴天黑夜、起雾

刮风、下雨下雪等气候变化的影响。

7. 功能多，应用广

GPS 定位系统不仅可用于测量、导航、变形监测，还可用于测速、测时。其中，测速的精度可达 0.1 m/s ，测时的精度可达几十毫微秒，其应用领域在不断扩大。当初，设计 GPS 系统主要是用于导航、情报收集等军事目的。但是，随后的应用开发表明，GPS 系统不仅能够达到上述目的，而且用 GPS 卫星的导航定位信号能够进行厘米级甚至毫米级精度的静态相对定位，以及米级至亚米级精度的动态定位，还有亚米级至厘米级精度的速度测量和毫微秒级精度的时间测量。因此，GPS 定位系统展现出极其广阔的应用前景。

(1) GPS 应用于导航

主要是为船舶、汽车、飞机等运动物体进行定位导航，例如：

- ① 船舶远洋导航和进港；
- ② 飞机航路引导和进场降落；
- ③ 汽车自主导航；
- ④ 地面车辆跟踪和城市智能交通管理；
- ⑤ 紧急救生；
- ⑥ 个人旅游及野外探险；
- ⑦ 个人通讯终端（与手机、PDA、电子地图等集成一体）。

(2) GPS 应用于授时校频

- ① 电力、邮电、通讯等网络的时间同步；
- ② 准确时间的授入；
- ③ 准确频率的授入。

(3) GPS 应用于高精度测量

- ① 各种等级的大地测量、控制测量；
- ② 道路和各种线路放样；
- ③ 水下地形测量；
- ④ 地壳形变测量、大坝和大型建筑物变形监测；
- ⑤ GIS 数据动态更新；
- ⑥ 工程机械（轮吊、推土机等）控制；
- ⑦ 精细农业。

1.1.3 GPS 定位系统的发展趋势

美国科学网站 2003 年 8 月 25 日曾报道, 目前全球约 2 000 万人在使用全球定位系统 (GPS) 进行导航, 尤其是在阿富汗和伊拉克战争期间, GPS 是取得军事上胜利的必不可少的技术工具。随后美国政府开始着手研究下一代卫星导航技术——GPS III, 其首次发射可能在 2010 年初进行。目前使用的是第二代 GPS 系统, 第三代 GPS 的目标是使 GPS 导航获得更好的准确性和可靠性。

斯坦福大学 GPS 实验室主任 PerEnge 说, GPS 技术近期有三大趋势:

第一个大趋势就是频率分集技术 (frequency diversity), 它实际上已经应用在第二代 GPS 系统替换老化卫星的过程中。完成以后, 现代化的卫星星座将为民用用户提供第三种新的定位信号 L_5 。而且, 为美军提供的另外两种高功率信号的抗干扰性能更强。

第二个大趋势就是克服射频干扰 (RFI)。GPS 广播的功率特别低, 只相当于 5 个灯泡的功率。如果被接收信号的功率是 10~16 W, 那就很容易被周围的射频信号所淹没。GPS 接收机可通过把接收到的测距码与储存在本地的复制码的相位进行匹配来穿透噪声, 相位一致时, 接收机能够以定时信号作为精确参考, 从而准确定位。

第三个大趋势就是安装保证定位误差小于某一个特定值的综合机械系统。采用差分 GPS 技术, 系统将获得来自地球同步轨道通信卫星的最新误差校正信息, 修正数据来自于地面参考接收机。

1.2 GPS 定位的误差来源

GPS 测量是通过地面接收机接收卫星传送的信息来确定地面点的三维坐标。测量结果的误差主要来源于 GPS 卫星、卫星信号的传播途径和地面接收设备, 按误差性质又可分为系统误差与偶然误差。偶然误差主要包括信号的多路径效应等, 系统误差主要包括卫星星历的星历误差、卫星钟差、接收机钟差以及大气折射的误差等。其中, 无论从误差的大小还是对定位结果的危害性来讲, 系统误差都比偶然误差要大得多, 它是 GPS 测量的主要误差来源。同时系统误差有一定的规律可循, 可采取某些措施使之减弱。

1.2.1 与卫星有关的误差

与卫星有关的误差有卫星星历误差、卫星钟差及相对论效应等。

1. 卫星星历误差

由星历所描述的卫星在空间的位置与实际位置之差称为卫星星历误差。由于卫星在运行中受到多种摄动力的复杂影响,而通过地面监测站又难以充分可靠地测定这些作用力并掌握它们的作用规律,因此在星历预报时会产生较大的误差。在一个观测时段内星历误差属系统误差特性,是一种起算误差。它将严重影响单点定位的精度,也是精密相对定位中的重要误差来源。卫星星历数据有广播星历和实测星历两种。解决星历误差的方法有建立自己的卫星跟踪网独立定轨,运用轨道松弛法及同步观测值求差。

2. 卫星钟的钟差误差

卫星钟的钟差包括钟差、频偏、频漂等产生的误差,也包括钟的随机误差。在 GPS 测量中,无论是码相位观测或载波相位观测,均要求卫星钟和接收机钟保持严格同步。尽管 GPS 卫星设有高精度的原子钟,但与标准的 GPS 时之间仍存在着偏差或漂移。这种误差可采用在接收机间求差等方法来消除。

3. 相对论效应

相对论效应是由卫星钟和接收机钟所处的状态(运动速度和重力位)不同而引起的卫星钟和接收机钟之间产生相对钟误差的现象。

1.2.2 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等。

1. 电离层折射误差

电离层是指地球上空距地面高度在 50~1 000 km 之间的大气层。电离层中的气体分子由于受到太阳等天体的各种射线辐射,产生强烈的电离,形成大量的自由电子和正离子。当 GPS 信号通过电离层时,如同其他电磁波一样,信号的路径会产生弯曲,传播速度也会发生变化,所以测量出来的距离亦发生偏差,高度角越低,影响越大。减弱电离层影响的措施主要有两个:① 利用双频观测;② 利用电离层改正模型加以修正。

2. 对流层折射误差

对流层是高度为 40 km 以下的大气层,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,其温度随高度的上升而下降, GPS 信号通过对流层时,也会使传播路径发生弯曲,从而使测量距离产生偏差。减弱对流层折射改正残差影响的主要措施有:① 采用对流层模型改正,气象参数在测站直接测定;② 引入描述对流层影响的附加待估参数,在数据处理中一并求得;③ 利用同步观测进行差分,可以明显地减少对流层折射的影响。

3. 多路径误差

在 GPS 测量中,如果测站周围的反射物所反射的卫星信号(反射波)进入接收机天线,就会和直接来自卫星的信号(直接波)产生干涉,从而使观测值偏离真值产生“多路径误差”。这种由于多路径的信号传播所引起的干涉时延效应称为多路径效应,是 GPS 测量中一种重要的误差源,降低了 GPS 测量的精度,严重时还会引起信号的失锁。减弱多路径误差的方法主要有:① 选择合适的站址:测站应远离大面积平静的水面,不宜选择在山坡、山谷和盆地中,应离开高层建筑物;② 对接收机天线的要求:在天线中设置抑径板,从而对极化特性不同的反射信号有较强的抑制作用。

1.2.3 与接收机有关的误差

与接收机有关的误差主要有接收机钟差、接收机位置误差、天线相位中心位置误差及几何图形强度误差等。

1. 接收机钟差

GPS 接收机一般采用高精度的石英钟,其稳定度约 10^{-9} s。若接收机钟与卫星钟间的同步差为 $1\text{ }\mu\text{s}$,则由此引起的等效距离误差约为 300 m。

减弱接收机钟差的方法主要有:① 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参数一并求解;② 认为各观测时刻的接收机钟差间是相关的,像卫星钟那样,将接收机钟差表示为时间多项式,并在观测量的平差计算中求解多项式的系数。这种方法可以大大减少未知数个数,其成功与否的关键又在于钟差模型的有效程度;③ 通过在卫星间求一次差来消除接收机的钟差。

2. 接收机的位置误差

接收机天线相位中心相对测站标识中心位置的误差,叫接收机位置误差,包括天线的置平和对中误差、量取天线高误差等。在高精度观测时应采用强制对中观测墩,以减少对中误差。

3. 天线相位中心位置的偏差

在 GPS 测量中,观测值都是以接收机天线的相位中心位置为准的,而天线的相位中心与几何中心,在理论上应保持一致。但实际上天线的相位中心是随信号输入的强度和方向的不同而变化,即观测时相位中心的瞬间位置与理论上的相位中心有所不同,这种差别可称为天线相位中心的位置偏差。这种偏差可通过同步观测值的求差来削弱相位中心偏移的影响。不过,这时各观测站的天线应按天线附有的方位标进行定向,使之根据罗盘指向磁北极,通常定向偏差应保持在 3° 以内。

1.3 GPS 定位原理

1.3.1 绝对定位和相对定位

GPS 的基本定位原理是:卫星不间断地发送自身的星历参数和时间信息,用户接收到这些信息后,经过计算求出接收机的三维位置、三维方向以及运动速度和时间信息。

根据用户接收机天线在测量中所处的状态分类, GPS 定位方法又分为静态定位和动态定位;若按定位的结果进行分类,则可分为绝对定位和相对定位。

所谓绝对定位,是在 WGS-84 坐标系中,独立确定观测站相对地球质心绝对位置的方法。相对定位同样是在 WGS-84 坐标系中,确定的则是观测站与某一地面参考点之间的相对位置,或两观测站之间相对位置的方法。

所谓静态定位,即在定位过程中,接收机天线(待定点)的位置相对于周围地面点而言,处于静止状态。而动态定位正好与之相反,即在定位过程中,接收机天线处于运动状态,也就是说定位结果是连续变化的,如用于飞机、轮船导航定位的方法就属于动态定位。

各种定位方法可以有不同的组合,如静态绝对定位、静态相对定位、动态绝对定位、动态相对定位等。

利用 GPS 进行定位的基本原理, 是以 GPS 卫星和用户接收机天线之间距离 (或距离差) 的观测量为基础, 并根据已知的卫星瞬间坐标来确定用户接收机所对应的点位, 即待定点的三维坐标 (x, y, z) 。由此可见, GPS 定位的关键是测定用户接收机天线至 GPS 卫星之间的距离。

1.3.2 伪距定位和相位定位原理

1. 伪距定位

GPS 卫星能够按照星载时钟发射一种结构为“伪随机噪声码”的信号, 称为测距码信号 (即粗码 C/A 码或精码 P 码)。该信号从卫星发射经时间 Δt 后, 到达接收机天线; 用上述信号传播时间 Δt 乘以电磁波在真空中的速度 C , 就是卫星至接收机的空间几何距离 ρ 。

$$\rho = \Delta t \cdot C \quad (1.1)$$

实际上, 由于传播时间 Δt 中包含有卫星时钟与接收机时钟不同步的误差, 测距码在大气中传播的延迟误差等, 因此求得的距离值并非真正的站星几何距离, 习惯上称之为“伪距”, 通常用 ρ 表示, 而与之相对应的定位方法则称为伪距法定位。

为了测定上述测距码的时间延迟, 即 GPS 卫星信号的传播时间, 需要在用户接收机内复制测距码信号, 并通过接收机内的可调延时器进行相移, 使得复制的码信号与接收到的相应码信号达到最大相关, 即使之相应的码元对齐。由此所调整的相移量便是卫星发射的测距码信号到达接收机天线的传播时间, 即时间延迟。

假设在某一标准时刻 T_a 卫星发出一个信号, 该瞬间卫星钟的时刻为 t_a , 该信号在标准时刻 T_b 到达接收机, 此时相应接收机时钟的读数为 t_b , 于是伪距测量测得的时间延迟即为 t_b 与 t_a 之差。

$$\hat{\rho} = \tau \cdot C = (t_b - t_a) \cdot C \quad (1.2)$$

由于卫星钟和接收机时钟与标准时间存在着误差, 设信号发射和接收时刻的卫星和接收机钟差改正数分别为 V_a 和 V_b , 则

$$\hat{\rho} = \tau \cdot C = (T_b - T_a) \cdot C + (V_b - V_a) \cdot C \quad (1.3)$$

$(T_b - T_a)$ 即为测距码从卫星到接收机的实际传播时间 ΔT 。由上述分析可知, 在

ΔT 中已对钟差进行了改正。但由 $\Delta T \cdot C$ 所计算出的距离中, 仍包含有测距码在大气中传播的延迟误差, 必须加以改正。设定位测量时, 大气中电离层折射改正数为 $\delta\rho_I$, 对流层折射改正数为 $\delta\rho_T$, 则所求 GPS 卫星至接收机的真正空间几何距离 ρ 应为

$$\rho = \hat{\rho} + \delta\rho_I + \delta\rho_T - C \cdot V_a + C \cdot V_b \quad (1.4)$$

伪距测量的精度与测量信号(测距码)的波长、接收机复制码的对齐精度有关。目前, 接收机的复制码精度一般取 1/100, 而公开的 C/A 码码元宽度(即波长)为 293 m, 故上述伪距测量的精度最高仅能达到 3 m ($293 \times 1/100 \approx 3$ m), 难以满足高精度测量定位工作的要求。

2. 伪距法绝对定位原理

GPS 绝对定位又称单点定位, 其优点是只需用一台接收机即可独立确定待求点的绝对坐标, 且观测方便, 速度快, 数据处理也较简单。主要缺点是精度较低, 目前仅能达到米级的定位精度。

在伪距测量的观测方程中, 若卫星钟和接收机时钟改正数 V_a 和 V_b 已知, 且电离层折射改正和对流层折射改正均可精确求得, 那么测定伪距 $\hat{\rho}$ 就等于测定了站星之间的真正几何距离, 而与卫星坐标 (X_s, Y_s, Z_s) 和接收机天线相位中心坐标 (x, y, z) 之间有如下关系:

$$\rho = [(X_s - x)^2 + (Y_s - y)^2 + (Z_s - z)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1.5)$$

卫星的瞬时坐标 (X_s, Y_s, Z_s) 可根据接收到的卫星导航电文求得, 故式中仅有三个未知数, 即待求点的三维坐标 (x, y, z) 。如果接收机同时对三颗卫星进行伪距测量, 从理论上说, 就可解算出接收机天线相位中心的位置。因此 GPS 单点定位的实质, 就是空间距离后方交会。

实际上, 在伪距测量观测方程中, 由于卫星上配有高精度的原子钟, 信号发射瞬间的卫星钟差改正数 V_a 可由导航电文中给出的有关时间信息求得。但用户接收机中仅配备一般的石英钟, 在接收信号的瞬间, 接收机的钟差改正数不可能预先精确求得。因此, 在伪距法定位中, 就把接收机钟差 V_b 作为未知数, 与待定点坐标在数据处理时一并求解。由此可见, 在实际单点定位工作中, 在一个观测站上为了实时求解四个未知数 x, y, z 和 V_b , 至少需要四个同步伪距观测值 ρ_i 。也就是说, 至少必须同时观测四颗卫星。伪距法绝对定位原理的数学模型为