

# 全球定位系统的原理及其应用

黄振平

(靖江电视大学 江苏 214500)



在生活中, GPS 这个词时常出现在我们的视野中,那什么是 GPS?

## 一、GPS 系统的提出

全球定位系统是美国国防部部署的一种卫星无线电定位导航与报时系统, GPS 是全球定位系统的简称。

20 世纪 50 年代后期, 美国派侦察船跟踪侦察苏联向太平洋发射洲际弹道导弹时发现, 如果知道导弹轨迹, 就可推出船的位置, 那么导弹换成在轨卫星也行。在此思想指导下, 1958 年底, 美国海军委托霍普金斯大学应用物理实验室研究军用舰艇导航服务的卫星系统, 即海军导航卫星(又称子午仪导航系统), 于 1964 年 1 月研制成功, 用于北极星核潜艇的导航定位并逐步用于各种军舰导航定位。尽管子午仪导航系统已得到广泛的应用, 并显示出巨大的优越性, 但也存在严重缺陷, 一台接收机需观察 15 次合格卫星通过才能达到 10m 的单点定位精度, 而且只能给出 2 维坐标——经度和纬度, 不能给出高程。

鉴于子午仪导航系统存在的缺陷及海陆空三军和民用部门对导航要求越来越高, 美国于 1973 年正式开始 GPS 的研究和论证工作。开始方案是 24 颗卫星平均分布在互成  $120^\circ$  的 3 个轨道平面上, 对于地球上的任何位置均能同时观测到 6~9 颗, 后调整为 18 颗卫星分布在互成  $60^\circ$  的 6 个轨道面上, 每个轨道面上布 3 颗, 彼此相距  $120^\circ$ , 从一个轨道面到下一个轨道面的卫星错动  $40^\circ$ , 保证地球上任何一点均能同时观察到 4 颗星, 经过一段实验后于 1990 年初对卫星配置进行第三次修改, 最终由 21 颗工作卫星和 3 颗在轨备用星组成, 于 1993 年建成(如图 1)。

## 二、GPS 系统的组成

GPS 系统由导航星座、地面台站和 GPS 接收机

3 部分组成。导航星座由 21 颗工作星和 3 颗备用星, 分布在 6 条轨道上, 轨道呈圆形, 偏心率为 0.01, 轨道高度 20200km, 倾角  $55^\circ$ , 运行周期为 12 小时, 每颗星以 1575.42Hz 和 1227.60Hz 两种频率为军事用户播发加密的高精度导航数据(P 码), 定位精度可达 10 米, 测速精度 0.1m/s, 授时精度为 10ns, 同时以 1575.42Hz 的频率为民用用户播发精度较低的导航数据(C/A 码), 定位精度 100 米。

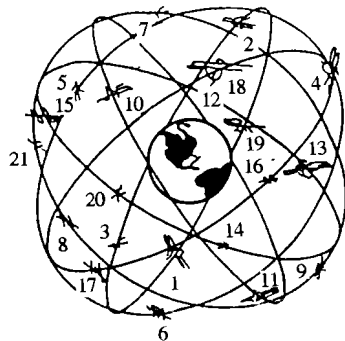


图 1 GPS 工作星座

GPS 地面站由 1 个主控站、3 个注入站和 5 个监测站组成。监测站对每颗卫星长年连续不断地进行观察, 每 6 秒进行 1 次伪距测量和积分多普勒观察。采集气象要素, 定时将观测数据送往主控站, 经大型计算机计算各卫星原子钟钟差、电离层、对流层校正参量等各种测量数据, 编制各卫星星历, 编成电文发送到注入站, 当卫星通过注入站视界时, 注入站通过 S 波段发射机将导航信息注入卫星, 每天 1 次, 然后由卫星实时地播送给用户。

GPS 系统采用无源工作方式, 用户不需向卫星发射信息或询问而只接收由导航星送下的信息, 所以用户设备主要包括导航接收机和处理控制解算显示设备。

前景。表面科学和工业生产的需要, 理论和实验研究的需要, 都将进一步推动该项技术的发展。预计

未来, 作为离子技术中的一只奇葩, ECR 微波等离子体技术的应用必将取得更加突出的成就。

### 三、GPS的原理及差分 GPS 技术

GPS的主要用途是导航、定位。确定运载体(飞机、舰船等)当时所处位置为导航的最基本任务,这一任务叫“定位”,它是完成其他各项导航任务的基础。

由于地球的自转,以地球为中心建立的坐标系在自转中不断变化,不适于对宇宙空间的卫星定位,在导航系统中表示位置是利用天球极轴、春分点轴,以及赤道平面垂直于春分点轴的一条线构成的宇宙直角坐标系,用  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  表示 3 个轴。用户借助导航卫星确定自己的位置,可分 3 步实现:已知卫星在某指定坐标系中的位置  $(A_1, Y_1, Z_1)$ ,测得用户相对卫星的位置  $(X - X_1, Y - Y_1, Z - Z_1)$ ,计算用户在指定坐标系中的坐标  $(X, Y, Z)$ 。

实际上为便于测量,常用的是卫星角度、距离、距离差、速度等参量,借助这些参量,加上卫星发布的星历(内含坐标),便可算出用户在指定坐标系中的坐标,这些参量称之为导航定位参量。在众多导航参量中用得最多、测量最方便的是测距导航法,GPS 的导航定位就采用此法。

距离、距离和、距离差的测量是利用电波在空间传播速度为常数、传播路径是直线的特点,通过测量电波在空间传播的时间来实现,因此精密测距问题,实质上是精密测时问题,GPS 的时间基准由原子钟提供,精度达 10ns,在此精密时间标准下,测距精度是非常高的。

卫星测距定位法有 3 种:2 颗星有源定位,3 颗星的无源定位,4 颗星无源测距定位。由于前两种方法需以地球表面作第三参考面,才可确定地球上用户坐标,故 GPS 是建立在以 4 颗卫星测距基础上的测距定位系统。

美国政府在 GPS 设计中,计划提供两种服务,一种是利用粗码(C/A 码)的标准定位服务,精度约 100 米,供民间用户;另一种是利用精码(P 码)的精密定位服务,精度 10 米,提供给军方和得到特许的民间用户。但试验表明,C/A 码定位精度达 14 米而 P 码定位精度达 3 米,这一现实与原计划矛盾,于是美国政府采用了 SA 政策,即人为将误差引入卫星时钟和卫星数据中,故意降低 GPS 的定位精度,目的是使非特许用户不能获得高精度定位用于军事目的,从而使 C/A 码定位精度降到 100 米,于 1991 年 7 月 1 日开始对全部在轨导航星实施 SA 技术。为了在 SA 政策下提高实时定位精度,差分 GPS 技术应运而生。

差分技术实际是一个测站对两个目标的观测量,

两个测站对一个目标的观测量或一个测站对一个目标的两次观测量之间进行求差,目的在于消除公共误差和公共参数。差分 GPS 定位就是将卫星钟误差和星历误差消除,并将电离层延迟和对流层延迟误差部分消除,定位精度可提高至 15 米,甚至更高。

### 四、GPS 系统的应用

军事方面,GPS 的主要用途是为美国在世界各地三军部队及武器装备、低地球轨道的军用卫星提供地理位置导航服务。在海湾战争中,导航星座尚未部署完毕,但以美国为首的多国部队配备了上万台 GPS 接收机,利用当时在轨的 16 颗星,为战斗机、运输机、空中加油机、巡航导弹、坦克编队、军舰扫雷、飞机救援等定位导航,发挥了极其巨大的作用。而 1999 年的科索沃战争,造成南联盟上千亿美元的惨重损失而美军无一伤亡,GPS 更是功不可没。

民用方面,由于陆上资源的减少,各国都加强了对海洋的开发利用,尤其是大陆架的石油勘探和钻井平台就位、钻探及井台安全的实时监控中,导航和定位十分重要,而 GPS 是目前最理想的定位手段。

随着进出口贸易发展,世界各国的船舶大量往来,进出港口安全十分重要,我国在沿海几十个大型港口上都建立了差分 GPS 导航和引航系统,避免船舶搁浅和相撞,特别是在能见度低的雾天条件下,亦能正常通航。我国的船舶出口近年来有较大发展,在船舶机动性的测定中,借助于 GPS,使航速、旋回半径、舵角提前量、船舶航向稳定性、船舶惯性及测量更加简单方便。

在陆上,大地测量、摄影测量、野外考察及勘探定位,都利用了 GPS,尤其是车辆定位,如出租车、警车、消防车、救护车等,给指挥调度带来了质的飞跃。

在空中,飞机大面积播种、除草、施肥、喷药中运用 GPS 导航,可使投资降低 50%,而飞机的精密进场,利用 GPS、惯性导航和高度表结合起来的自动着陆系统,其着陆精度可与目前最先进,但又十分昂贵的微波着陆系统相媲美。

除了美国的 GPS 之外,俄罗斯也拥有类似系统——全球导航卫星系统,于 1995 年建成,我国于 2000 年先后发射了两颗自行研制的“北斗导航试验卫星”,构成北斗导航系统,标志着我国将拥有自主研发的第一代卫星导航定位系统。

GPS 除了在军事上的应用外,正如《GPS 世界》编辑蒙歌马利撰文指出的 GPS 的未来发展动向是民用化和国际化,21 世纪,全世界将更多地享受 GPS 这一人类科技的巨大成就。