

综 述

卫星导航的回顾与展望

THE REVIEW AND PROSPECT OF SATELLITE NAVIGATION

高 音

GAO Yin

(大连水产学院海洋渔业系, 116023)

(Department of Sea Fishery, Dalian Fisheries University, 116023)

关键词 卫星导航, GNSS, GLONASS, GPS 增强系统

KEYWORDS Satellite navigation, GNSS, GLONASS, Enhanced GPS

卫星导航以其实用性强,定位精度高,功能多,操作日趋简便,在全球得到广泛的应用。其发展之迅猛,应用领域之广泛,用户之急剧增加,预示了其广阔的发展前景,那么未来的卫星导航是一个什么样子,这一问题引起人们越来越多的关注。本文拟从卫星导航的发展过程和应用领域来预测卫星导航的未来发展趋势。

1 卫星导航的由来

1957 年 10 月 4 日原苏联发射了第一颗人造地球卫星,美国约翰·霍普金斯大学应用物理实验室的研究人员对这颗卫星进行了观测,在对卫星的无线电信号接收跟踪时,发现卫星通过接收站视野时,接收站接到的无线电信号的多普勒频移曲线与卫星运动轨迹有着十分密切的联系,这意味着:固定某点的接收站,只要测得卫星通过其视野间的多普勒频移曲线就可以确定卫星运行的轨迹;相反,如果知道了卫星在轨道上各点位置,那么通过测量卫星信号的多普勒频移曲线,便可测量地面站观测者位置,于是提出了研制卫星导航的建议。

2 卫星导航的发展过程

目前,美、俄两国拥有实用的卫星导航系统。

2.1 子午仪系统

子午仪系统是第一代的卫星导航系统,从 1958 年 12 月开始研制,1963 年 12 月发第一颗工作卫星,1964 年 1 月正式投入使用,到 1967 年变为民用。在这期间,系统的改进是在软件和硬件两方面进行的。软件的改进主要是提高测位的准确度,大地测量系统的改进以及卫星运动状态的改善。在硬件方面的改进是进行了计算中心计算机的改善等,其中最大的改进是卫星,在早期 OSCAR 卫星的基础上开发新型卫星 NOVA,这个开发程序叫做 TIP(TRANSIT IMPROVEMENT PROGRAM),能够开展排除预测卫星轨道准确度上最有可能带来影响的轨道残留空气阻力的卫星。该系统计划为 6 颗卫星,现实测仅有 3 颗卫星在运行。

该系统的接收机是通过接收卫星播发的信号,并用测量卫星的多普勒频移获得距离差的方法,来测定观测点的位置。

子午仪系统能在全球范围内,全天候实现二维定位,航行定位精度为 0.1~0.3 海里,但其不能连续定位,定位的时间间隔较长,并且单频道卫星仪只能接收卫星播发的 399.968 MHz 信号,不能消除电离层对电波传播的影响,定位精度不太高,90 年代前它是海上主要的导航定位手段,但随着 GPS 的完善,1996 年已被取消 [陈金梅 1994]。

2.2 全球定位系统

全球定位系统(GPS)的发展分为三个阶段:第一阶段(1973~1978 年)是方案论证阶段。使用了实验用地上设施和被称为“布洛克”的实验用卫星。第二阶段(1979~1985 年)是工程研制和系统实验阶段,这时有 11 颗实验卫星,提供了有限的导航能力。此阶段的地面设施(控制部分)已开发成可接在未来使用的系统上,已预定其构成基本上由 4 个在美国中部地区的主控制局和卫星轨道跟踪无人监视局,加上向卫星输送记忆所需信号的 3 个无人地面天线。第三阶段从 1989 年(原 1986 年)起改善系统性能,系统投入使用。到 1994 年 3 月 10 日第 24 颗 GPS 工作卫星入轨运行后 [刘基余 1995],GPS 工作星座的复盖率达到了 98%,该星座由 9 颗 BLOC II 卫星和 15 颗 BLOCK II A 卫星组成。1985 年 11 月以前发射的 11 颗试验卫星已完成了它们的历史使命,而于 1993 年 12 月 31 日全部停止了工作。

GPS 卫星仪是通过测量到的几颗卫星的距离的方法,来确定观测点的位置。

GPS 能连续提供三维位置、三维速度和时间,实现近乎实时的导航定位,并发射双频以消除电离层对传播的影响。其定位精度,从实测到结果,使用 P 码的 GPS 接收机实时定位精度优于 10m(2dRMS)。C/A 码接收机的实时定位精度在 100m(2dRMS)的范围内。C/A 码采用差分 GPS 技术,可以达到米级的定位精度 [鄢天金 1994]。

GPS 是一个高精度的全天候和全球性的无线电导航、定位和定时的多功能系统。GPS 技术已经发展成为多领域(陆地、海洋、航空、航天);多模式(GPS、DGPS、RGPS、LADGPS、WADGPS、WWDGPS);多用途(在途导航、精密定位、精确定时、卫星定轨、灾害监测、资源调查、工程建设、市镇规划、海洋开发、交通管制等等);多机制(测定型、全站型、手持型、集成型、车载式、船载式、机载式等)的高新技术国际性产业。此外,英国人还研制成了 GPS 联合收割机系统,它的 GPS 信号接收机不仅用于引行收割,而且辅助监测农作物的产量,而深受农场主们的青睐。另外,英国威尔士大学学者在研究核辐射量与草的类型之间的关系时,需要 DGPS 来精确测量相邻 5 m 远的羊所食草的辐射量的差异 [Roberts 和 Williams 1995]*。由此可见,GPS 信号接收的应用,上至航空航天器,下至渔船和农业生产,已经“无孔不入”了。

2.3 静止卫星导航系统

GEOSTAR 卫星导航系统是由美国 GEOSTAR 公司于 1983 年开始研制的一种采用双向测距定位系统。其原理为地面站通过 3 颗卫星向用户发射询问信号,用户接收并发回应答信号,由地面站测量信号的传播距离,求得用户位置。该系统的目的是想通过廉价的设备来为美国本土的用户服务。该系统有 3 颗同步卫星,地面站有一台超级计算机,此计算机可算出用户的三维位置。计算结果通过最适合的卫星输送到用户设备,定位时间为 6 s,定位精度为 2~10 m。

2.4 TSIKADA 卫星导航系统

原苏联在 70 年代建成了 TSIKADA 卫星导航系统,其定位原理类似于子午仪系统。它由 6 颗卫星组成卫星网,信号调试方法与子午仪不一样。但未公开,计划系统用到本世纪末 [钱天爵和瞿学林 1989]。

* 随着切尔诺贝利核电站的爆炸,空中的铯-137 漂到了瑞典、联合王国、冰岛、格林兰甚至美国东北部,辐射材料随着雨水而进入土壤中,被植物根部吸收,羊吃了这种污染了的草,进而将核污染传给了人类。为检测在不同地点草的污染程度,所进行的研究。

2.5 GLONASS 全球卫星导航系统

1978 年,原苏联又开始研制 GLONASS 全球卫星导航系统,它类似于 GPS,计划有 24 颗卫星将分布在三个轨道上,它将向全球民间用户提供一种具有三维定位、三维测速和授时功能的服务(俄罗斯政府已明确表态)海上定位精度为 100m(2dRMS)[周其焕 1995]。

1995 年 7 月 24 日俄罗斯又成功地发射了 3 颗 GLONASS 卫星,进入轨道平面 2。至此 GLONASS 星座的工作卫星数目已达 22 颗。

3 卫星导航的发展趋势

从上面所述的几种卫星导航系统中,GPS 应用的最广、最普及、超出人们的想象力。今后也将起主要的作用(表 1)[栗恒义 1995]。

3.1 卫星导航的主要应用领域

卫星导航的发展要以它的应用领域为基础。虽然卫星导航的应用比较广,但主要可以概括如下几个方面。

(1)航空领域: 卫星导航将替代大部分现有无线电导航的地面设施。对现有系统的技术发展的组织安排主要取决于航空用户对卫星导航在所有飞行阶段的要求,并将成为全球标准。

(2)航海领域: 卫星导航在航海上已广泛应用,在多源导航被作为标准措施时,大型航只上包括卫导在内的组合导航系统将发挥更重要的作用。

(3)陆上领域: 未来卫星定位服务在陆上将形成最大的用户集团。从长远来说,卫星定位结合数据库和实时信息系统不仅使汽车驾驶员舒服,并且在也能解决增长着的交通问题。今天陆上应用的最大问题是尚未建立数据库、驾驶员和信息服务组织之间的接口,如能解决,仅以欧洲目前行驶的 1.2 亿辆汽车而言,今后的市场将会很大。

(4)测量领域: 测量用户要求定位精度较目前 GPS 更高的服务。因此,如何满足这一要求成为卫星导航发展的一个基本问题。

3.2 21 世纪卫星导航系统发展趋势

从应用发展和为摆脱受美国控制等方面出发,一些国家和组织一直在探讨 21 世纪的卫星导航系统,并规划了几种方案,参阅有关内容[刘基余 1995, Lundberg 1994, Wiedemer 1994],现归纳如下。

(1)GNSS 全球卫星导航系统: 由国际民航组织(ICAO)定义的 GNSS 为未来卫星导航揭开序幕。

第一代 GNSS 由 GPS 卫星、GLONASS 卫星和 INMARSAT-3 静地卫星组成,该系统主要依赖 GPS 卫星、GLONASS 卫星和 INMARSAT-3 静地卫星,提供了空间部分有关的完善信息,并且能发射测距信号,增加了系统的可用性,满足了民航飞机和进场的要求。

GNSS 还可能加上 ECONOSAT(经济卫星),ECONOSAT 主要是为民用而设计的,它比起军用的 GPS 卫星要求不那么严格,它是一种体积小而价廉的导航卫星,可用来增强 GNSS。

这种方案的可行性已被今年召开的 ICAO 有关会议证实。美、俄两国代表一再确认向全球民间用户免费提供服务保证的国家立场,而且克林顿总统为此亲自签发了函件[朱文峰 1994]。这表明两国政府对未来卫星导航的重视。虽然,美俄政府都作出了保证,但 GPS 和 GLONASS 卫星的所有权和控制权仍为美俄两国分别所有,从长远的要求来看,第一代 GNSS 仅是一种过渡性的全球导航卫星系统。

第二代 GNSS 是全民用的全球导航卫星系统,其星座可能需要研制和发射 30~40 颗专用卫星或导航与

表 1 1990~2000 年 GPS 用户预计的增长

Table 1 Predicted increase of GPS user from 1990 to 2000

用 户	1990 年	2000 年
民 航	500	7 万
陆 上	2500	15 万
海 上	4000	25 万
军 用	2500	3 万
总 计	9500	50 万

通讯组合卫星,该系统不仅具有第一代 GNSS 的导航定位功能,而且具有全球通信能力。到那时“地球村”的预言将变为现实。

对第二代 GNSS,欧洲国家认为,这是他们唯一的选择,无疑对全球来说亦是一个长远的选择。

(2)GPS 增强系统: GPS 增强系统分为二种,一种为 GPS 静止卫星增强系统,另一种为 GPS 通信卫星增强系统。GPS 静止卫星增强系统是美国国防部和交通部联合建设的 GPS 增强系统,它采用专门的 5 颗地球静止卫星作为 GPS 的增强卫星,也以 BLOCK II R 卫星和 BLOCK II F 卫星组成 GPS 工作星座。该系统的基本设计思想是:军民共建导航星座,军民分享各自信号。因此,增强卫星,向军方和民间用户发射各自需要的 DGPS(差分 GPS)电文和 GPS 完好性信息。GPS 通信卫星增强系统,采用军用通信卫星作为增强卫星,该系统不仅能够为全球民间用户提供不低于 $\pm 5\text{m}$ 的实时点位测量精度和 99% 的全球覆盖能力,而且能够为军民用户播发 WADGPS(广域差分 GPS)电文和 GPS 完好性信息,以此确保民用飞机的在途导航和进场着陆。

随着未来卫星导航系统的建成和不断完善,其应用的范围将越来越广泛,甚至超出了人们现在的想象力,将会给人类带来一场新的革命。

参 考 文 献

- 朱文峰.1994. GPS 政策分析.导航,30(2):1~7.
- 刘基余.1995. 21 世纪卫星全球导航系统的作用和影响.导航,31(2):1~6.
- 陈 超.1995. 简讯与消息.导航与雷达动态,(5):20.
- 陈金梅编译.1994. 独联体导航系统的发展及国际合作现状.导航与电子,(1):11~17.
- 周其焕译.1995. 欧洲评估卫星导航系统及其应用.导航与雷达动态,(5):13~20.
- 栗恒义译.1995. GPS 的未来.导航与雷达动态,(5):1~6.
- 钱天爵,瞿学林.1989. GPS 全球定位系统.北京:海军出版社.5~31.
- 鄢天金.1994. 全球卫星定位系统 GPS 卫导仪.大连:大连海事大学出版社.1~19.
- Wiedemer C M.1994. GPS dual use opportunities proceedings of ION-GPS 94. Held in Utah, USA, September. 20~23,33~47.
- Roberts G, Williams A. 1995. A low-power postprocessed DGPS system for log ging the locations of sheep on Hill Pastures. Navigation, 42(2):327~336 .
- Lundberg O.1994. Waypoints for Radio-navigation in the 21th century . Held in Utah, USA, September.3~15,20~23.