

文章编号: 1009-3850(2002)01-0088-04

GPS 技术的进一步发展及应用探讨

唐文清, 刘宇平

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: GPS 作为一种新技术, 其要得到进一步发展和应用, 必须突出 GPS 技术的内涵性和外延性两个方面, 通过在硬件及软件的不断更新发展, 以及与其他技术的整体集成, GPS 的应用前景必将更加广阔, 进一步向着精确化、普遍化、实用化、系统化、量化和数字化的方向发展。

关键词: GPS; 内涵性; 外延性

中图分类号: V474.2

文献标识码: A

GPS(Global Positioning System) 全球卫星定位系统为美国陆海空三军联合研制的一种军用卫星导航系统, 自 1992 年第二代 GPS 工作卫星升空后, 由于具有实时、全天候、全球性的特点, 吸引了不同行业的科学家们的热衷研究开发, 被广泛应用于航空导航、车辆引行、导弹制导、精密定位、动态观测及授时等领域^[1, 2]。GPS 作为高纬和被动测量技术, 具有操作简单、不受时间空间限制及快速、准确的优点^[3]。

GPS 作为一种新技术, 由于自身技术特点及以军事为目的, 就目前而言, 其发展应用并非尽善尽美。尽管如此, 通过科学家的努力, GPS 必将以一种完善而应用广泛的技术呈现在世人面前。GPS 技术的发展应用, 不仅在于其硬件及软件的开发完善、新应用领域的开拓, 而且表现为与其他技术手段相结合, 构成性能可靠、功能强大的复合系统, 满足导航定位的高精度、高效益、高自动化要求及其他的相关领域需要。GPS 技术要进一步发展应用, 具体讲主要从两个方面加以突破, 一是 GPS 自身技术(包括硬件及软件技术), 即 GPS 技术的内涵性; 二是 GPS 技术与其他技术的集成、应用, 也就是 GPS 技术的外延

性。通过其内涵外展, GPS 将成为 21 世纪的全新技术, 必将改变我们生活的方方面面。据此, 我们对 GPS 技术的未来发展应用作一些讨论。

1 GPS 技术的内涵性

从 80 年代起, 随着 GPS 实验卫星和工作卫星的先后不断升空, 经过各国科学家的刻意开发研究及各厂家的竞相研制。在 10 多年时间内, GPS 硬件——导航型和大地型等接收机及各类配件日趋完善, 各种不同的应用软件精益求精, 使 GPS 定位技术在导航、测绘等领域得到迅速的推广应用。随着技术的进一步发展, 必将硬、软件上有所发展。

我们知道 GPS 技术的导航、定位是通过接收机来实现的。接收机是 GPS 技术硬件的重要组成部分, 因而, 接收机方面的研究突破对 GPS 技术的进一步发展具有重要作用。目前的 GPS 接收机可分为测地型和导航型两种, 无论哪种接收机, 都存在着体积大, 费用贵的缺点, 不利于 GPS 技术的推广利用。同时, 无论是单频接收机, 还是双频接收机, 是测码接收机, 还是测相接收机都存在着单点(绝对)测量精度低的缺点, 也限制了 GPS 技术的应用。因而,

GPS接收机未来的发展应向价格低廉、精度高、体积微小的方向发展,或许有精确授时,双向传收的功能,甚至象手表一样戴在手上,那么GPS技术将渗透到我们社会的各个角落,成为我们生活、工作、学习的一部分。同时开发GPS和GLONASS一体化的接收机,不仅可增加可观测的数目,改善观测卫星的几何分布,有效地减弱美国限制性政策的影响,提高导航定位的安全性、可靠性和准确性。与此相比,为了克服美国对GPS用户的限制,必须进一步改善GPS接收机对卫星信号的跟踪技术,研究并完善GPS定位的工作模式和数据处理方法,并开发出相应的软件,以发展和普及GPS导航定位技术,提高导航定位精度。

GPS卫星导航定位技术为美国国防部所研制,其控制权属于国防部。因而就其最终目的也是为国防部服务,所以为了保障美国的国家利益和安全,除在设计方面采用了许多保密措施外,在系统运行中还采取了一些限制性的政策,实施选择可用性(SA)政策及精确测距码P码的加密措施(A-S)政策。其具体做法是GPS卫星的SA政策,采用 ζ (epsilon)和 δ (Delta)两种技术。 ζ 技术干扰卫星精度,降低GPS卫星播发的轨道参数的精度,降低了用C/A码单点定位精度; δ 技术对GPS的基准信号(10.24MHz)人为地引入一个高频振支信号,从而降低C/A码伪距测量的精度,同时对P码采取和二模加入W信号方法加密,使得广大用户的精度明显降低^[1,2]。尽管SA政策于2000年5月1日取消,但美国政府同时也宣布,在必要时也将启动这一政策,加之广播星历固有的误差,这些都限制GPS用户的利用,特别是高精度工作的用户,如地球动力学的应用。为此我们有必要采用相应的措施建立GPS卫星测轨系统,既利用GPS卫星建立独立的跟踪系统,如国际GPS地球动力学服务组织(International GPS Service for Geodynamics-IGS)那样,精密地测定GPS卫星星历,地球自转数,时钟与电离层信息等参数,以满足地球动力学和国防等部门的需要;同时建立独立的卫星定位系统,从而完全摆脱对美国GPS的依赖,尽管现在此项工程技术复杂耗资巨大,但随着我国经济发展和国力逐渐加强,接合美国24颗GPS卫星,发射适合我国国情的多星导航定位GPS系统,是完全必要的,也是很有可能的。这样可以提高我国用户实时定位精度,加强国防建设。现此项工作已开始加紧实施,

一旦完成,将对我国的导航定位产生深刻的影响。

基于GPS测量原理,卫星轨道误差、钟差及大气折射误差等影响观测量的精度,这些误差成为影响GPS测量精度的主要原因,必须采取措施使其误差降低到最小。对于绝对定位,无论是动态和静态,依据的观测量都是所测卫星至观测站的伪距,因而被伪距法,消除以上误差的难度较大,鉴于其广泛的用途,而精度问题却制约了它的发展,这是GPS测量必须解决问题,也是GPS技术发展的关键。目前较好的措施就是采用各种差分法(后面将详述);同时建立独立的跟踪系统,以得到精密的卫星星历及各种参数信息,也是一种可行的方法。而对于相对定位,在观测方式、数据处理、定位精度等方面与绝对定位有着本质区别。GPS相对定位绝大多数是采用双频、载波相位测量,从而提高了测量精度。在测量和数据处理过程中,可利用双频观测及建立电离层模型方式减弱电离层的影响;利用对流层模型改正对流层射,用求差法消除卫星时钟、接收机时钟引起的误差及卫星星历偏差,及利用载波相位各组合观测值(L3及L3-L5等)精确解算方法提高精度等等,这些方法能使GPS定位精度得到显著提高。但是,由于改正模型本身的误差以及获取改正模型所需的各参数的误差,连同数据处理产生的误差,也影响了GPS的定位精度,因而消灭GPS测量误差,仍然是今后长期研究的课题之一。为了消除这些误差,采取行之有效的计算方法及更好的模型,是GPS向深度发展的方向之一。在这里,我们要提起差分GPS技术(Differential GPS-DGPS)。差分GPS就是指用户通过测距码进行实时相对定位技术。DGPS能有效地降低GPS星历误差、传播误差及SA政策的影响,显著地提高了定位精度,是广大绝对定位和导航用户易于采用和接收的技术,因而其开发、应用得到了广泛的重视和发展, DGPS对广大群众的实时动态用户显得尤为重要。也使GPS得到应用和推广。通过人们的努力,在DGPS基础上,开发出了多基准站的导航技术(LADGPS)、广域差分GPS(Wide Area Differential GPS-WADGPS)精密导航技术,及广域增强系统(Wide Area Augmentation System-WAAS)。丰富和发展了GPS技术,扩大了GPS的应用领域。

GPS高程问题也是今后必须解决问题。人们在工作中都会体会到GPS卫星相对定位精度高,二

维平面位置相当好,然而高度精度却不十分理想,误差常常比平面坐标高出一个级别,甚至达到十几厘米,从而限制了GPS技术在某些高精领域(如现代地壳运动和地球动力学研究方面)应用^[4]。而作为GPS测量技术,三维空间是其优点,因而,对GPS测量高程精度问题成为首当其冲的问题。限制GPS测高的主要因素有三个,即GPS测量本身、大地水准面模型和高程基准面。由于GPS测量本身高程误差主要是卫星星历、电离层折射、大气反射以及多路效应等原因造成的,前面已经谈过,可以通过一些方法将它降低到最低,误差通常与平面误差处于同一量级^[5],但一般情况下,仍较平面高,随着研究的深入,这一问题逐步得到解决。而高程误差还表现在坐标系转化过程,由于GPS测量采用WGS84坐标系,得到的是椭球高,而我们工作中通常需要正常高或正高,因而必须实现坐标转换才能适用我们工作的需要。为了获得正常高(h),必须知道高程异常值(n)。在一些地区,全球重力场模型(CGM)是唯一可使用的大地水准面模型。然而,即使是国家级模型(例如EGM 96),其绝对精度也限制在米级,相对精度限制在几厘米。特别是在一些高差很大,地质复杂的地区,大地水准面模型就更低了。同样由于高程基准面的原因,为了检验高程基准面,GPS观测至少要通过三个高程基准面点来实现,这一条件,使得许多情况下不能得以实现。为了扩大GPS测量的应用,准确地得到绝对高程和相对高程,GPS观测必须与各种测量资料结合,采用不同方法解决高程精度,对这方面我们的任务较重。

2 GPS技术的外延性

GPS技术定位精度高、定位速度快,是真正的三维测量工具。但是GPS瞬间能产生目标空间位置却不能给出定位点空其他属性,因而必须利用其快速、精确定位的优势与其他技术手段相结合,相辅相成。这样,不仅能给GPS技术提供广阔的发展空间,同时也拓展其应用价值、扩大其应用范围,相应地也促进了其他科学的发展。现在,GPS技术与其他新技术、新方法相结合已渗到社会各方面,特别是在当今的信息化、数字化时代,GPS技术必将对人类产生巨大影响。

GPS技术发展和应用的外延性,概括说主要有以下几方面:一是应用领域的扩大,不单限于导航定

位等方面;二是与其他技术手段相结合成新的复合系统,如GPS技术与数据传输系统,地图数据库及设备传输终端组合,以及GPS、GIS、RS的集成与应用等方面。

扩大GPS技术的应用领域,GPS才更有生命力。现在GPS技术主要应用于导航定位,若将导航定位、授时集于一体,制造成大小如BP机的设备,将为GPS技术的应用开辟了一个新领域。同理,利用低轨道地球卫星发出微波信号,从记录信号中提取附加延迟量,再通过一套反演理论处理,从而得到大气温度、压力、湿度等大气物理参数,同时得出电离层中电子密度的剖面结构的GPS无线电掩星反演大气参数的方法,研究地球大气变化及灾害对大气的影响,从而扩大GPS的应用范围。由此可见,GPS技术的应用范围非常广泛,而且会不断扩大。

利用GPS实时快速定位优势与数据传播(宽频通讯、卫星、无线电等)技术相结合,不仅可进一步扩大GPS定位技术的功能和应用范围,并为进一步开发提供了平台。在测量方面,由此构成实时差分测量系统(RTDGPS),实现实时监测,同时提供厘米级的定位结果,及时检验观测结果的质量。在导航定位方面,它可进一步与电子地图相结合,利用电子地图直观、显示快速的特点,在电子地图上显示目标的位置、速度和方位,从而实现了对运动目标的监测和管理,其在军事和民用导航领域得到广泛应用。如飞机导航及车辆引行及时性110指挥系统,出租车管理系统都得到应用。同时也可与不同的传感设备相结合,构成性能可靠,多功能高效益的专用组合系统,如与航空物探、航空摄影技术相结合,用以精密采样点瞬时位置等。这一切说明GPS技术的应用具有广阔的前景。

3S技术是GPS技术应用较广的方面,这里我们进一步讨论。全球定位系统(GPS)技术,地理信息系统(GIS),遥感(RS)技术的集成为地质与环境科学及管理科学提供了新一代的观测手段、描述语言及思维工具,三者各有特点,单独使用起来有不便之处。GPS技术能及时快速确定目标却不能给定目标属性;RS技术可快速获得区域面状信息而众多的地物特性不可遥感;GIS技术是一个集采集、存储、分析和输出空间地理数据的有力工具,具有很强的空间分析和查询能力,但分析、处理数据来源及快速准确获取与更新始终是一个难题。3S技术的结合

应用, 将取长补短, 发展成为有机的一体化系统, 既彼此相互调用, 又能直接共同作用, 构成“你中有我, 我中有你”的整合系统(integration system), 从而实现了快速准确地获取定位的现时信息和进行数据动态更新, 实现实时实地的现场查询和判断。成为定量分析与空间综合同步, 多维信息兼容的思维工具^[6]。这就进一步促进了GPS技术的发展应用, 丰富和发展了地学事业, 使地学事业进入现代化, 信息化, 数字化具有重要意义。更为可喜的是3S技术源于地学, 而其生命力却在区域管理及发展应用。随着计算机技术的发展, 其将声、像、图、文、通讯等于数字化一体, 并以最直观方式表达和感知信息, 进行综合分析、判断、处理, 从而应用于行政与管理, 与现代通讯相结合, 进入千家万户, 使人们梦寐以求的数字时代逐渐变成现实。这也许就是GPS技术最终发展方向, 也是对我们所处时代的最大贡献。

通过以上讨论, 我们可以得到如下认识: GPS技

术的发展和应用, 并未穷尽, 而是前景广阔。就其自身而言, 更加精确化、微型化、大众化、实用化; 就与其他技术手段相结合, 更加广泛化、系统化、定量化、数字化。

参考文献:

- [1] 刘基余, 李征航, 等. 全球定位系统及其应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.
- [2] 周忠谟, 易杰军, 周琪. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.
- [3] 许其凤. GPS 卫星导航与精密定位[M]. 北京: 解放军出版社, 1994.
- [4] 王泽民, 张学廉. 我国 GPS 大地高的精度分析[J]. 地壳形变与地震, 1997, 17(1): 28-33.
- [5] 黄立人, 匡绍君. 论地面垂直变形监测中应用 GPS 技术的可能性[J]. 地壳形变与地震, 2000, 20(1): 30-37.
- [6] 杜道生, 陈军, 等. RS、GIS、GPS 的集成与运用[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.

The development and application of GPS technology

TANG Wen-qing, LIU Yu-ping

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The development and application of GPS as a high-tech should be improved in two aspects: intension and extension. The upgrading of both hardwares and softwares and its integration with other techniques will further contribute to precisization, universalization, practicality, systematization, quantification and digitalization, and to a more brilliant future of GPS development and application.

Key words: GPS; intension; extension