

# 大地测量仪器的发展历程与 GPS \*

张 炜

(辽宁省测绘产品质量监督检验站, 辽宁 沈阳 110015)

**摘 要:** 文章回顾了大地测量仪器的发展历程, 指出了大地控制网的现状和缺陷, 介绍了 GPS 的发展历史和特点以及 GPS 的应用范围。

**关键词:** 大地测量仪器; GPS; 应用

**中图分类号:** P24      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005 - 3123(2002)03 - 0029 - 02

## The Developing Course of Geodetic Instruments and the Application of GPS

ZHANG Wei

(Liaoning Provincial Supervising & Examining Station of Surveying & Mapping Product Quality, Shenyang 110015, China)

**Abstract:** This paper reviews the developing course of geodetic instruments, points out current situations and shortcomings of the geodetic control net, introduces the developing history, characteristics and application ranges of GPS.

**Key words:** geodetic instrument; GPS; application

### 0 引言

科学技术的不断进步和应用, 带动了学科理论的创新和发展, 新的理论和新技术应用相结合的结晶, 便是新一代工具的诞生, 而新一代工具的广泛应用, 又推动了学科的进步和发展, 同时又对其它学科产生影响, 甚至引起一场革命。测绘学科的发展也是如此。回顾大地测量仪器的发展历程, 清晰地印证了这一观点。

### 1 大地测量仪器的发展历程

几千年前, 人类的原始测量是从使用尺规开始的, 人们对距离有了定量的概念。古代中国发明了指南针作为测定方向的简便测量仪器, 使人们对角度有了认识。17 世纪, 意大利科学家伽利略发明了望远镜, 人们运用这一发明制造出水准仪、经纬仪、平板仪等一系列光学测量仪器, 为测绘科学掀开了崭新的一页。人们使用这些光学测量仪器可进行高差的测量、水平角、垂直角的测量, 完成水准测量、三角网的控制测量、野外绘图等大量测绘工作, 使测绘水平得到极大的提高。20 世纪 60 年代以来, 随着科学技术的发展带来了测量技术的革命。应用现代光学、电子学技术研制了激光测距仪。测距仪的应用, 逐渐结束了钢尺量距的历史, 这不仅大大提高了测量精度和工作效率, 还大大降低了野外劳动强度。在控制测量中, 使原来单一的三角网发展为边角网和测边网。70 年代以后, 以电子计算机为代表的信息技术飞速发展, 促使测量仪器的发展产生了质的飞跃。电子经纬仪、全站仪、数字化水准仪先后应运而生, 不仅实现了测量数据的自动数字显示, 还完成了测量数据的存储和传输, 迈出了测量自动化、数字化的步伐。90 年代以来, GPS 测量技术的应用, 使传统大地测量进入了空间大地测量的

新时代。GPS 的应用突破了传统大地测量通过测量角度、距离、高差来计算大地平面坐标和高程的概念, 而是直接获取平面和高程 3 维坐标。无论从精度上和作用范围上都大大地超过了传统大地测量的技术。

### 2 传统测量方法及国家控制网现状

距离、角度、高差是测量工作中三个基本观测量。传统测量的方法是用这三个基本量解算出点的平面坐标和高程。在传统测量中, 平面和高程是两个相互独立的系统, 控制点和水准点彼此之间没有联系。

传统大地测量控制网在我国国民经济建设中起着不可替代的作用。其平面控制网和高程控制网分别建立, 各成系统。网形是由三角形和四边形来构成, 三角点必须设置在制高点, 以保证点间通视, 三角点构成的网形要求具有较强的几何图形, 以保证坐标传递时的精度。高程控制网中点与点之间的高差是利用水准仪一站一站测量高差的累计来完成的, 因此水准点要选择在地势平坦和交通方便的道路附近。

建国以来, 我国测绘工作者在全国范围内沿着经纬线方向布设了一等三角锁总长近 80000km, 一、二等三角点共计 50000 多个, 构成了我国平面控制的基本网; 高程方面, 一等水准网总长度约 90000km。但由于种种原因, 传统大地测量控制网的现状却不容乐观。时过境迁, 目前传统大地平面控制网和水准网的现状和缺陷是:

- 1) 平面、高程控制网破坏严重, 很多点位难以寻找;
- 2) 控制网存在误差积累、精度不高;
- 3) 控制网点位分布不均匀;
- 4) 平面点多在山顶并多远离测区;

5) 平面与高程控制分离, 没有统一控制系统。

### 3 GPS 的发展历史和技术特点

1957 年 10 月世界上第一颗卫星发射成功, 开始了利用人造地球卫星进行定位和导航, 进而获得地表点位的 4 维坐标(时间已作为一个定位重要的参数)的测量结果。1958 年美国海军武器实验室委托霍普金斯大学物理实验研究室研究美国军用舰艇导航服务的卫星系统, 即海军导航卫星系统(Navy Navigation Satellite System - NNSS)。由于这一系统卫星轨道通过地极, 又称子午卫星导航系统(Transit)。1964 年北极星核潜艇的导航定位研制成功, 用于军舰导航定位。1967 年 7 月经美国政府批准, 对广播星历进行了解密, 并提供民用海上定位服务, 显示卫星定位的巨大潜力。人们对子午仪卫星定位技术进行一系列研究, 使卫星轨道测量的精度提高, 改进了用户接收机的性能。子午仪卫星导航系统是人们始终致力于卫星定位和导航研究工作的一个里程碑。

由于子午卫星系统采用 6 颗卫星, 地面上卫星的通过时间较长, 这样一台多普勒接收机一般需要观测 15 次, 定位精度才达到 10m 左右, 不能提供实时短距离高精度的定位和导航服务, 难以用于城市测量、工程测量、地震监测等方面任务。

为克服多普勒系统的缺陷, 第二代卫星导航系统应运而生。GPS(Global Positioning System)全球定位系统是以卫星为基础的无线电导航系统, 可为航空、航天、陆地、海洋的用户提供 3 维的导航、定位和定时。与其他测绘技术相比, 该系统具有全球连续覆盖、定位精度高快速、被动式全天候观测无需通视、操作简便、抗干扰能力强等优点使其应用领域不断扩大。虽然美国军方从战略目的出发, 采取选择可用性(Selective Availability)和反电子欺骗技术(Anti-Spoofing), 但目前相位观测法可以绕过 SA 的影响, 消除大部分人为加入的误差, 其应用已不仅限于导航定位的军事用途, 还用于大地测量学、地球动力学、大气科学、灾害监测等。

选择适宜方式, GPS 测量方法足以完成传统测量的绝大部分工作。与传统测量比较, GPS 测量技术有下列特点:

①传统测量需要逐点推算, 存在误差累计, 有时需要过渡点, 故精度不高, 且劳动强度大、自动化程度低。GPS 卫星定位技术直接获取高精度的 3 维坐标, 各点不存在逐点推算和误差积累, 无需过渡点, 因而具有设计和布点以及定位操作灵活、高精度、多用途等以及在降低劳动强度、高效自动化等方面有着常规测量无法比拟的优势。资料表明 GPS 点的相对精度可以达到  $1/10\,000\,000 \sim 1/100\,000\,000$ , 而且精度均匀。

②传统测量需要两点间通视, 对几何图形条件有一定要求。GPS 空间大地测量对地理条件和作业条件要求较低, GPS 点间的建立无需点间通视, 使用双频机距离几乎不受限制, 又与几何图形条件基本无关, 对点、网形要求相对较弱, 可保证坐标传递的精度。

③传统测量平面坐标和高程是两个彼此独立的系统。GPS 测量同时给出平面和高程坐标, 将平面控制和高程统一控制在 3 维空间坐标系中, 还可进行可视化处理, 因而工作效率高。

④传统测量的控制点是分等级的。而 GPS 测量, 由于电离

层效应对对流层效应具有相似的属性, 短边长的网观测精度反而高些, 使得高级网对低级网的“控制”作用减弱了; 数据处理上, 不再对一、二、三、四等网分别处理, GPS 空间大地测量观测是等权的, 不受边长制约。

⑤采用高精度分析软件、精密星历、与国际跟踪站联测的办法进行解算、平差, 可获得更高精度的成果。据近几年来全球网测量结果比较表明, 其精度已与 SLR、VLBI 相媲美, 但 GPS 接收机轻巧方便、价格较低、时空密度高, 可以满足大地测量网改造和工程应用之急需, 具有更优越条件和更广泛的应用前景。

### 4 GPS 定位技术和应用发展

我国自上世纪 70 年代开始引进和试制各种卫星观测仪器, 建立了 1980 年国家大地坐标系, 进行了海岛联测, 80 年代初引进了 GPS 接收机开始应用于各个领域, 截至 1998 年, 据估计我国接收机拥有量约 40 000 台, 并以每年 20 000 台的速度增加, 足见 GPS 技术在我国各行业应用的广泛。陈俊勇院士曾对其应用归结为以下 9 方面:

①海、路、空进行实时(含后处理)的静态和动态定位和导航(含各类差分技术);

②测定地壳形变, 包括板块、板块边缘、板内地块的形变和运动, 反演地球应力场等;

③用于授时和定时;

④地球自转和测定;

⑤维持 ITRF;

⑥结合对验潮站的定位和位移速度测定, 进行绝对海平面变化的监测;

⑦以较好的平面分辨率测定大气中可降水分, 有助于全球大气变化研究和天气预报的改善;

⑧测定电离层离子密度, 有助于无线电通讯管理和无线电测量;

⑨地震、火山、土地滑坡等灾害的前、中、后期的监测和作为可能的灾害预报作贡献。

在工程测量领域, GPS 高精度静态定位布设精密控制网用于城市和矿区油田地面沉降监测、大坝变形监测、高层建筑变形监测、隧道贯通测量等精密工程, GPS 实时动态定位技术(简称 RTK, 即 Real-Time-Kinematics), 快速建立小范围控制网, 加密测图控制点, 测绘大比例尺地形图和用于施工放样, 同时对各种定位应用技术及误差的研究和高精度定位、定轨软件的开发应用, 以及局域差分技术定位试验, 都是当前 GPS 技术在工程测量领域应用研究的几个方向。

#### 参考文献:

- [1] 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. GPS 测量原理与应用[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1998.
- [2] 陈俊勇. 世纪之交的全球定位系统及其应用[J]. 测绘学报, 1999, 28(1): 5-10.
- [3] 陈俊勇, 等. 迈入新千年的大地测量学[M]. 测绘学报, 2000, 20(1): 11.

#### 作者简介:

张 炜(1958-), 男, 江苏省南京市人, 高级工程师, 1982 年毕业于武汉测绘科技大学, 现从事测绘仪器的计量检定工作。