

90 年代动态 GPS 遥感信息对地定位系统

李树楷 钱育华 徐 昶 宋华凯

(中国科学院遥感应用研究所)

摘 要

从 GPS 的特点、发展趋势及应用分类,介绍了 GPS 的概况及应用趋势。动态 GPS 遥感信息对地定位系统是 GPS 技术在遥感方面的应用。文中充分分析了以往遥感信息对地定位存在的问题,预测了 GPS 在遥感信息对地定位方面应用前景,并提出了发展这一系统的试验研究总体框图。

关键词 动态 GPS 对地定位 惯性导航系统 实时差分 事后差分

前 言

遥感技术的发展若从七十年代美国第一代陆地卫星的发射成功算起,已走过了二十个年头。短短的二十年,遥感应用技术、遥感应用的范围、应用效益及应用水平均得到飞速的发展。以 LANDSAT 4, 5 号上搭载的 TM 专题制图仪和 GPS 全球定位系统为标志的第二代资源卫星已运转了六、七个年头。日本即将发射的 JERS-1 地球资源卫星堪称为第三代资源卫星,其不仅采用了以提高几何精度为目的的 CCD 线阵器件和立体观测功能,且搭载了合成孔径侧视雷达。其应用潜力也不可低估。

未来十年,新一代的遥感应用技术系统将出现,其有六个特点:

(1) 新型的数据源。机、星合成孔径侧视雷达图像,成像光谱仪图像,CCD (Charge Coupled Devices) 线阵器件广泛应用的新型传感器图像,DCS (Data Collection System) 技术广泛收集的各种数据构成了新的超多波段,多种类的海量数据源。

(2) 以生物地学模型,社会经济发展模型,遥感信息特征模型,特殊专业模型,决策模型等逐步形成的以专家知识及推理功能为特征的各种专家系统将逐渐走向实用。多元、多维复合分析综合决策将成为遥感信息处理的主流。

(3) 具有分析和决策功能的 GIS 有可能得到很大发展。遥感应用数据直接进入 GIS,增强 GIS 数据实时性,逐步成为遥感技术的基础和归宿。

(4) 适应海量数据处理,智能型的计算机系统将逐渐取代现有的图像处理系统。适合人们思维判断的计算机语言将得到普遍应用。

(5) 输出入系统的快速,多功能化是发展的必然趋势,以适应新一代遥感应用技术系统的要求。

(6) 1992 年,不迟于 1994 年 GPS 全球定位系统的 24 颗卫星全部发射上天。各种全时域,全天候,连续快速高精度 GPS 动态对地定位技术系统可投入广泛应用。与遥感信息定位有关的相应技术环节,均将产生方向性的变化。

新一代遥感应用技术系统的诸多特征可归结为:准确的定性,精确的定位,定量,快

速多功能的输出。其中动态 GPS 遥感信息对地定位系统及 GPS/INS (Inertial Navigation System) 等组合对地定位系统,是新一代遥感应用技术系统的主要技术支柱之一。

精确定位是多元、多维复合分析的基础,也是达到精确定量的基础。无地面控制的 GPS 对地定位,是遥感信息进入 GIS 的关键。GPS 或 GPS/INS 遥感信息对地定位使遥感信息定位脱离地形图,从地→空定位模式转向空→地定位模式,是遥感信息对地定位技术系统的理论、方法和处理流程的“翻天覆地”的变化。也使遥感应用技术系统的结构、内容得以变革性进展。促进了新一代遥感应用技术系统的生成。

一、GPS 的特点、发展趋势及应用分类

遥感对地定位技术,就其完整性而言,始于美国阿波罗 (APOLLO) 号宇宙飞船,完成了月球表面的摄影制图。七十年代的美国资源卫星 1、2、3 号使用了卫星跟踪网 STRN, TDRSS 系统,它们的姿态角测定也各不相同。Landsat 1, 2, 3 采用陀螺系统, Landsat 4 用带有恒星控制的惯性测量系统, Landsat 5 已采用 GPS 全球定位系统¹⁾。但至今检索不到 GPS 定位数据。这些系统由于精度低,其提供的位置与姿态数据只能在地面站的系统纠正中使用。

美国国防部开发的 GPS 系统是美国海军导航卫星系统 NNSS (Navy Navigation Satellite System) 的发展和改良。称之为第二代卫星导航定位系统。GPS 系统经过原理可行性验证阶段 (1973—1979 年),系统研制与实验阶段 (1979—1984 年),最后工程发展与完成阶段 (1984—1988 年)。第三阶段调整了计划,预计 1992 年 24 颗卫星 (包括 3 颗备用星)全部发射上天,整个系统全部投入使用。

GPS 系统的最大优点是:全球全时域全天候连续导航定位,精度高 (米级或厘米级),速度快 (秒单位),可与其它传感器或测量系统组成多种复合系统 (GPS/INS 系统, GPS/INS/AMSS 系统, GPS/INS/CAM 系统等)、抗干扰性强,操作简便。这些优点是 GPS 系统得以广泛应用的前提。

美国国防部开发 GPS 的初衷是飞行器及船舶导航。但实际开展应用试验研究的领域很多,大地测量控制网及基线测量,这方面已处全面应用阶段;摄影测量中空中摄影站点及地面控制点测量;大型工程项目的工程测量;城市测量;飞行器导航,船舶导航;海上精确定位,海上武器发射测量,海上石油平台定位;野外勘探定位,探险定位等等诸多应用领域均开展了应用试验研究,有些已达全面应用阶段。鉴于 GPS 具有解决众多学科重大问题的潜力,很多国家均热心于开展应用研究¹⁾,数据处理模式及接收机的研究,甚至研究各自的系统,如苏联的 GLONASS。欧洲空间局的 NAVSAT 等。形成一股“GPS 热”。

GPS 的应用分类,按应用方法而论可分两类:

(1) 静态对地定位。主要用于大地测量,板块运动测定等等方面。这种方式定位所

1) 李树楷等,遥感信息对地定位的变革性进展,空间应用座谈会论文, 1989。

需时间长(几分钟到几十分钟),定位精度高,可达 1 ppm 的量级。

(2) 动态对地定位。这一类其定位精度较低,可达分米级至米级,定位数据更新率可达秒级。主要是将 GPS 接收机安置在快速运动的待测平台上如:飞机、卫星、火箭、气球、船舶、汽车等。以对这些平台导航定位。

动态 GPS 遥感信息对地定位属第二种,即快速动态对地定位。

二、遥感信息对地定位技术的发展状况及存在的主要问题

迄今为止的遥感图像中应用最广的有两类:一类是框幅式遥感图像;一类是行扫描方式的遥感图像(包括 CCD 推帚式)。

1. 框幅式遥感图像

框幅式遥感图像是一类重要的遥感图像。航天部分包括: LFC、MC、MKT-6、KATE-140、KATE-200、KFA-1000 以及我国国土卫星图像。航空部分包括多光谱摄影图像,航空彩红外摄影图像,全色图像等。

框幅式遥感图像相对于行扫描式遥感图像而言具有空间分辨率高,几何保真度好的优点。由于摄影时投影中心的位置及姿态数据在现有的系统中精度低(或没有这类数据),其对地定位采用了地→空定位方式。即利用地面控制点的影像坐标与地面坐标数据,采用强制符合等方法以恢复或改正摄影瞬间投影光束的几何关系,建立起影像坐标空间与地面坐标空间间的变换关系,从而达到定位目的。这是沿用了近百年的成熟的摄影测量方法^[2]。现代遥感应用技术中框幅式遥感图像的定位处理借鉴了这种方法。这类方法对于快速、适时,大信息量的遥感图像的对地定位而言,存在几个重要的问题。

(1) 地面控制点的测设问题。这是一项耗资耗时的工程。

(2) 设备问题。目前摄影测量设备大多是光机电型的舶来品。价值从几十万人民币到百万美元级,是遥感图像普及应用的一大障碍。

(3) 技术队伍问题。地面控制点的测设及摄影测量设备的操作均需要训练有素的技术人员。对于遥感应用技术队伍以非摄影测量专业为主的地学家而言,是普及应用的难题。

2. 行扫描方式遥感图像

行扫描方式遥感图像是目前应用广泛的遥感图像。航天部分有, MSS、TM、MOS-1、雨云图像等。SPOT 图像为 CCD 推帚式图像。航空部分有:多光谱扫描图像、红外细分光谱图像等。这类图像的波谱域、波段宽度和波段数随应用目的及设备研制水平的提高,日趋细化,超多波段化。其几何保真度及空间分辨率一般比框幅式图像要差。这类图像由于平台的非平稳匀速直线运动,图像获取过程所需时间的连续性,以景幅为单位计图像获取时间(约 28 秒)比框幅式图像(1/100—1/500 秒)长得多,实际上已成为一种四维遥感图像。其定位问题比框幅式图像困难。

卫星行扫描遥感图像的对地定位问题,经国内外许多学者的潜心研究,已取得了系列

成果^[3]。如: 多项式法、系统纠正法、带有附加参数的共线方程式法、随机场内插法等等。但基本的定位方式仍是地→空方式。即人工从地形图和影像上选取相应点, 并读取影像坐标和地理坐标, 依上述方法建立影像空间与地理坐标空间的变换关系。

航空行扫描图像由于飞机平台位置与姿态变化较之卫星平台剧烈。其定位问题既非框幅式遥感图像所借鉴的摄影测量的通用技术所能解决, 也非卫星扫描图像的定位模式所能模拟。据作者研究结果, 数据获取时取得一定精度的平台的位置与姿态辅助数据是解决航空行扫描图像对地定位问题的可行途径^[4]。

行扫描方式遥感图像对地定位中存在的主要问题是:

(1) 从地形图上选取控制点的问题。一景 TM 图像面积为 185×185 公里², 每景 TM 图像要在近 350 张 1:2.5 万地形图上选控制点, 这也决非易事。为此曾有人以建立控制点数据及影像库的方式, 用影像相关技术自动寻取控制点, 以图解决选点读取坐标等繁杂的人工劳动。但是由于不同波段影像上的灰度分布的差异往往较大。不同分辨率、不同高度、不同相位的同一波段影像灰度差别同样可能较大。势必要建庞大的库, 且上述各种特征影像数据均要入库才有意义。否则将失去相关, 得不到预期效果。建库之大, 所需资金及劳务之繁重, 需时之长及传感器更新换代之快, 其实用价值是一个很值得研究的新课题。无适用地形图和无图区尚无价值可言。

(2) 由于传感器种类很多, 几何纠正方法的研究需要一定研究时间与之相应。人工选读控制、几何纠正模式建立及灰度重采样, 地学编码化均需要大量机时。在图像处理中, 这一过程需要 1/3 以上的时间, 是与遥感技术快速短周期的优点不相适应。

(3) 航空扫描图像利用地面控制点作几何处理尚为极待深入研究的问题。航空扫描图像如何与其它数据复合分析处理, 同样是个极待研究的问题。据作者研究结果, 以足够精度获取遥感平台姿态和位置等辅助数据, 是解决航空扫描图像对地定位问题的可行途径^[4]。

3. 其它方式的遥感图像

如波束式的雷达图像, 全景摄影图像、RBV 图像等。所有遥感图像的对地定位之所以那么复杂, 存在上述种种问题, 其原因就在采用了使用地面控制点的地→空模式。解决上述问题的关键是以足够的精度获取传感器投影中心的位置和姿态数据, 从而实现空→地的对地定位。

三、动态 GPS 遥感信息对地定位系统的应用前景预测

GPS 全球定位系统是一种应用范围十分广阔的具有巨大应用潜力的系统。动态 GPS 遥感信息对地定位系统是 GPS 全球定位系统在遥感信息对地定位中的应用。

动态 GPS 遥感信息对地定位系统的应用前景取决于两个重要因素: 定位精度和数据更新率。遥感信息对地定位精度随应用目的不同, 不同的遥感信息定位精度要求各异。

这种多档次的定位精度要求, 更易于根据遥感应用所要求的精度等级去选择相应定

位精度等级的对地定位系统。使得动态 GPS 遥感信息对地定位系统有更大的适用性(见图 1)。以下分 4 个方面阐述其应用前景。

1. 框幅式遥感图像的对地定位

一般而论这类图像对地定位精度要求较高,采用 GPS/INS 复合对地定位系统,获得适用精度的外方位元素(位置和姿态)是可能的。众所周知,外方位元素已知,空→地方式的定位处理简单,处理设备可大大简化,尤其是计算机技术的发展,框幅式遥感图像的对地定位将产生如下 4 个方面的变化。

(1) 无地面控制点(GCP)对地定位或极少 GCP 的对地定位,可减少航测外业 70% 的工作量以及人力,财力的投资。不再需要大地控制网的测量。

(2) 新一代摄影测量系统可能出现。其特点为:信息载体以感光胶片、磁带、光盘并存;传感器从光化学模拟到数字式摄影机;处理设备中昂贵的光机电航测设备与简单设备,计算机并存。

(3) 沿用近百年的框幅式摄影测量概念、理论、方法、设备研制等将引起方向性的变革。

(4) 实时数据获取,实时处理系统可能出现。这对民用,尤其对军用更具有不可估量的应用潜力。

2. 扫描式遥感图像的对地定位

动态 GPS 遥感信息对地定位系统可以秒间隔提供遥感平台的位置与姿态参数。通过简单插值实时提供适用精度的每根扫描线中心像元的位置与姿态数据。实现空→地方式无 GCP 对地定位。

(1) 在摄影测量基本理论及已有几何纠正模式研究成果的基础上,重新确定简单的空→地定位的理论、方法、处理技术的研究方向。

(2) 平台位置与姿态变化剧烈的机载扫描图像的对地定位这一难题可迎刃而解。为机载扫描图像参与复合分析奠定了定位基础。

(3) 扫描式遥感图像直接地学编码化。解放了人工选读控制点之劳苦,甩掉了沉重的地形图这一包袱,再不必为选取合适比例尺地形图或查询有无地形图而烦恼。遥感信息定位不再受行政境界及地区限制。

(4) 是新一代遥感应应用技术系统的统一地理基础。加速了新一代遥感应应用技术系统的自动化进程,以及作业流程和处理技术的变革。如:遥感图像应用信息直接进入 GIS 系统^[1],为 GIS 数据的现势性提供新的数据接口。

扫描式遥感图像对地定位技术的变革,为多元,多维数复合分析的实现提供了技术基础,大大简化了几何处理复杂的过程,增强了自动化程度,成为新一代遥感应应用技术系统的技术支柱。

3. 实时性强的灾害快速遥感监测系统的重要技术环节

自然灾害的监测与评估在防灾救灾中占重要地位。已列为全球范围的共同课题。灾

害监测遥感实用系统最主要的是快速准确的反应出来。

实时 GPS 定位数据的获取是用于涝灾监测的雷达图像实时定位及三维量测的关键。它将灾区的位置随数据传输系统直接输送到监测终端上，使本来复杂的微波遥感图像的对地定位得以用相对简单的方法处理。它是对灾情图像抛开地形图直接对地定位及时处理出灾区面积，位置、各种灾情数据以保证监测系统的快速、准确反应能力的有力措施。这种定位系统可在作为灾害监测短周期宏观数据源的气象卫星上直接搭载这一子系统。使灾害监测机、星组合系统具有极强的对地定位能力和复合分析的能力。使其在防灾救灾中发挥更大的作用。

4. 全球环境研究的技术支持系统

人类生存在同一个地球环境中，人类的活动在全球环境的制约下进行，又反过来影响全球环境的质量。全球环境的研究已成为热门课题。航天遥感图像给出的是确定对象物性质的信息。这些信息当今时代已不难买到，但是各种专题信息的统计量算，各类数字指标的基础，仍然是这些信息的准确定位。这些定位信息的取得既不可能取自地形图，也不可能派测量队去各国实测。定位问题成为能否高质量开展全球环境研究及如何研究的首要问题。

LANDSAT 5 号上已装载有 GPS 系统，据报道在轨道及其垂直方向上各为 10 米的

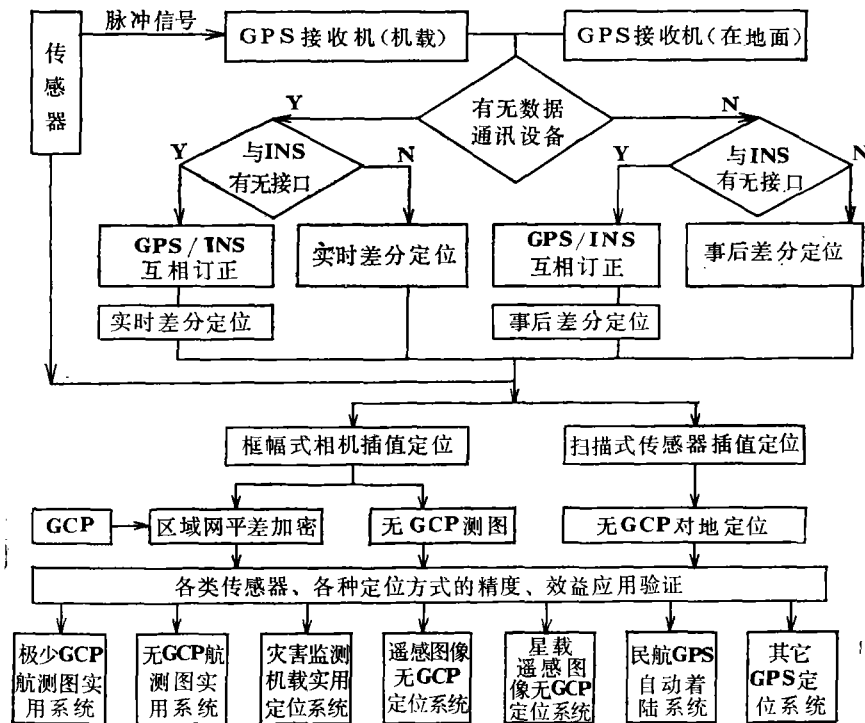


图 1 研究流程框图

Fig. 1 Research flow frame map

定位误差,高度的误差为 15 米,但至今尚未查到 GPS 定位数据。这种数据只有寄希望于我国资源卫星上装载 GPS 系统,才能将全球环境的研究扩大到国门以外。

动态 GPS 遥感信息对地定位系统的应用,使得遥感图像的对地定位将不再受国界和其他自然屏障的限制。全球大气圈、生物圈、水圈、岩石圈的综合研究将成为现实。展示了全球遥感综合应用研究的灿烂前景,研究流程框图见图 1。

四、结 语

90 年代是遥感应用技术发展的第三阶段,这一阶段的特点已清晰可见。要集中攻关,不要分散;要目标明确,指标量化,不要弹性指数,模稜两可;要实事求是的科学态度,使遥感应用技术系统的水平再上一个新台阶,发挥更大的效益,推动科学技术的发展。

动态 GPS 遥感信息对地定位系统,随着遥感应用技术的发展必将取得长足的进展,又必将对新一代遥感应用技术系统的形成,提供强有力的技术支持。遥感应用的灿烂前景已可预见。

参 考 文 献

- [1] 地球観測データ利用ハンドブック,宇宙開発事業団,1986 年。
- [2] 王之卓,摄影测量原理,测绘出版社,1979 年。
- [3] 李树楷,遥感图像几何模式的研究,遥感应用的实践与创新, p.29—49,测绘出版社,1990 年。
- [4] Li Shu Kai, RESEARCH ON THE GEOMETRIC MODEL OF THE AEROSCANNING IMAGES, PROCEEDINGS OF THE TENTH ASIAN CONFERENCE, 1989.
- [5] Dr. Leonard, APPLICATIONS OF THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM TO GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS DATA COLLECTION, 1988.

Kinematic GPS Remote Sensing Information Positioning for the Ground

Li Shukai Qian Yuhua
Xu Chang Shong Huakai

(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

With expert system, intelligent computer system, data acquisition system of a new generation, GIS analysis and policy function, multipurpose input and output system, and development of GPS kinematic remote sensing information positioning for the ground system, Remote sensing application and technique of a new generation will be formed gradually, Kinematic GPS remote sensing information positioning for the ground system is important technical support.

Kinematic GPS remote sensing information positioning for the ground system is GPS technical application on remote sensing. In this paper, we introduce GPS general situation and application tendency from GPS structure, development tendency, specialities and application, analyse questions. exist in remote sensing information positioning for the ground, forecast GPS application prospect on remote sensing, enormous sciences significance, beneficial results in future, raise imagine of developing the system, experimental research general frame map.

Key words Kinematic GPS positioning for the ground, INS Real-time differential correction post-differential correction