

全国测绘行业

科技发展战略研讨会

论文集



国家测绘局国土测绘科技司

全国测绘行业科技发展战略研讨会
论文集

国家测绘局国土测绘科技司

前 言

为进一步贯彻党中央、国务院关于加速科学技术进步的决定和全国科学技术大会的精神,研究和探讨我国测绘科技发展的基本思路,加强测绘行业科学技术的协调发展,促进测绘行业的技术进步,国家测绘局与中国测绘学会、全国测绘科技信息网于1995年10月在北京召开了“全国测绘行业科技发展战略研讨会”。现将这次大会征集的部分论文汇编成册,供广大测绘工作者参考。

本书所收编的论文范围很广,内容涉及测绘科技发展、测绘行业管理等各个方面,对我国测绘科技整体的和各个专业的发展战略、目标、重点等均作了较深刻的论述,提出了许多有益的建议和对策、措施。全书基本上反映了我国测绘科技发展状况和“九五”及至2010年测绘科技发展的方向,对整个测绘事业的发展必将起到积极的推动作用。

在本书的论文征集过程中,得到了测绘及相关部门广大科技人员的大力支持,在此,我们深表感谢!

由于时间紧迫,本文集中错、漏之处在所难免,请读者谅解

编者

一九九五年十月

目 录

1. 中国测绘科学技术发展战略研究	(1)
2. 广域差分全球定位系统(WADGPS)概论	陈俊勇(21)
3. 我国重力场和大地水准面的精化	石磐(26)
4. 大地测量在军事上的发展趋势和对策	徐正扬(31)
5. 导航/通讯卫星开拓测绘应用新天地	刘基余(36)
6. 统一高程基准	张赤军(43)
7. GPS 在地球科学研究中的应用	胡明诚(46)
8. 发展海洋测绘高新技术 服务国家发展战略	孔令户(50)
9. 海洋世纪,海洋测绘科技发展的机遇和挑战	楼锡淳(53)
10. 我国海洋测绘科技发展的方向及对策	管铮(60)
11. 我国海洋国土测绘的现状与展望	沈文周(68)
12. 面向 21 世纪的中国海洋测绘发展战略	梁开龙 刘雁春(74)
13. GPS、RS、GIS 在减灾工程中的应用与发展	陈鑫连 黄立人(78)
14. GPS—RS—GIS 一体化信息技术及其发展	李树楷(85)
15. 加速“9202 工程”建设 促进我国地理信息产业的发展	张清浦(91)
16. 加快发展国家基础地理信息系统的几点思考	蒋景瞳(98)
17. GIS 软件的发展趋势与我们的对策	龚健雅(104)
18. 发展中国 GIS 产业途径之浅见	张家庆(110)
19. 从信息产业的崛起看当前测绘科技主战场	梁宜希 周 一等(113)
20. 城市地形数据库更新策略初探	景涛 陈 倬等(119)
21. 大比例尺数字测图工程及其对策	潘正风(125)
22. 关于地图及其产业的发展战略	关大任 方炳炎(128)
23. 迈向 21 世纪的地图印刷技术及其对策	邹毓俊 王永宁(132)
24. 关于我国地籍测量与土地信息系统的建议	宋其友 王孟和(136)
25. 我国地籍测绘科技发展战略的探讨与建议	吕永江(143)
26. 工程测量技术发展的机遇和我们的对策	郑汉球 洪立波等(146)
27. 我国工程测量的发展趋势及战略目标	于来法(154)
28. 工程测量学学科发展若干问题的思考	张正禄(161)

- 29. 矿山测量学科的特点与发展战略 郭达志(165)
- 30. 论兵器行业测绘新技术的发展战略 侯家珍 梅听岳等(168)
- 31. 大力发展光电子大地测量仪器 适时形成数字化测绘技术体系产业
..... 骆东森(172)
- 32. 地名信息化是测绘行业的必由之路 杜祥明 王桂敏(179)
- 33. 高科技成果及其产业化 张祖勋(182)
- 34. 发挥科技基金制优势 促进测绘科技进步 (186)
- 35. 测绘科技应为社会与经济发展服务 楚良才(189)
- 36. 测绘事业发展战略初探 向宗藩 汪晓红(191)
- 37. 测绘行业管理模式与发展对策 (197)
- 38. 测绘行业管理的对策措施 李荣兴(209)

中国测绘科学技术发展战略研究

大地测量、摄影测量与遥感、地图学与 GIS 专业委员会

(中国测绘学会)

[摘要]从制定我国测绘科学技术“九五”发展计划和到 2010 年长期规划的需要出发,中国测绘学会所属大地测量、摄影测量与遥感以及地图学与 GIS 三个专业委员会联合分析了国内外测绘、遥感和地理信息系统等技术的最新成果、发展趋势和未来发展特点,进而提出我国未来测绘科学技术发展的战略、目标和重点要解决的问题。

一、测绘科学技术发展的最新成果与趋势

(一)现代大地测量学发展成果与趋势

1. 大地测量学科发展的总趋势是向地球科学纵深扩展,从应用地学为主转向基础性地球研究为主

大地测量学科是地球科学的一个分支学科,就其学科性质来说,既是一门地学基础性学科,又是一门应用地学学科。

现代大地测量近 20 年发展的实践成果已经为探索地球科学当代许多重大科学问题作出了贡献。利用空间大地测量的甚长基线干涉(VLBI)方法已经以厘米级精度验证了地球物理学提出的全球板块运动模型,应用这一方法以及激光测卫(SLR)技术测定地球自转轴相对地球体的变化(极移)和日长变化现已分别达到 ± 0.001 秒的精度,通过测定和分析自转角动量变化可以揭示大气环流和全球气候的长期变化,卫星海洋测高技术提供的全球海面地形和海洋大地水准面目前已经可以达到小于 1 分米的精度,由此可以明确决定海洋动力学环境的海洋环流以及海洋地壳构造特征和细节;多种空间大地测量技术的联合可以以高于厘米级精度测定全球海平面的变化;分析卫星重力技术导出的地球长波重力场可以揭示核幔动力学的某些特征。大地测量已从经典的自给自足的封闭状态转向与地球科学多种分支学科的交汇边缘,并成为推动地球科学发展的前沿学科之一。

现代大地测量的发展方向将主要面向和深入地球科学。现代大地测量的基本任务是:(1)建立和维持一个高精度的惯性和地固参考坐标系(CIS 和 CTS),在该两坐标系中建立和维持地区性和全球性的三维大地定位网,按不同的时间尺度长期监测这些网随时间的变化,为大地测量定位和研究地球动力学现象提供一个高精度的地球参考框架和地面点位基准;(2)测定、模拟和解释各种地球动力学的表面现象,主要包括地壳运动,地球自转运动的变化,地球固体潮,海面地形和海平面变化;(3)测定地球外部重力场精细结构及其随时间的变化,对观测结果进行地球物理学和地球动力学解释。这些任务将在现代科学技术的支持下和相关地球学科的

注:本文由中国测绘学会三个专业委员会提供资料,经李德仁汇总成文,并分别征求各专业委员会的意见而成。

交叉发展中得到实现。

2. 空间大地测量已成为大地测量学科的核心技术,将主导着学科未来的发展

空间大地测量将是实现大地测量学科各类目标最基本最适用的技术手段,发展空间大地测量将是大地测量学科向地理科学深层次扩展的主通道和主推力,决定着学科的发展方向和科学地位。

目前正在发展或将要发展的空间大地测量技术主要包括六类:(1)全球定位系统(GPS);(2)卫星激光测距(SLR);(3)卫星测高;(4)射电源甚长基线干涉测量(VLBI);(5)双向无线电卫星定位;(6)卫星重力梯度测量。这些技术从发展的潜力和应用的广度看,其中GPS类型的技术,包括双向无线电卫星定位,发展潜力最大,应用前景广阔,SLR和VLBI是目前进行地心定位,测定地球自转参数和全球板块运动精度最高的两项技术,已为国际大地测量机构确认为在全球范围内布设站距1000公里左右的基准网用以建立地球参考框架的标准技术,但这两种技术目前造价仍很高,卫星测高目前是卫星对海洋面的雷达测高,是现今确定全球海洋重力场中短波成分的理想手段,可为研究海洋地壳构造提供精细的重力场资料;同时还能通过确定海面地形和海洋大地水准面提供与灾变相关的海洋和大气环境变化的重要信息,是大地测量学科与地球物理和海洋学交叉发展的基本技术之一,这一技术将在提高分辨率和精度方面得到进一步发展和重视。卫星重力梯度和卫星跟踪卫星技术是一种旨在恢复全球重力场中短波成分的新一代卫星重力技术,已经历了近10年的理论研究、模拟试验和设计,预计90年代中后期付诸实施。这一计划和新一代卫星测高计划的实现,到2000年前后可望出现分辨率达到30—50公里、精度达到2—3毫伽的全球重力场模型,将是地球科学发展史上一项具有重大意义的进展。由于卫星重力技术的迅速发展,到下一世纪初期,高精度重力场信息的采集将不受国界的限制,为此应该从科学技术的角度重新研究保护国家重力的政策。

在这些空间大地测量技术中,GPS、SLR和VLBI三种技术任何一个国家都可以独立发展或加以利用。特别是GPS技术只需要以不高的代价获得接收机(自行研制,购买或租用),就可以利用这一系统用于各类大地测量目的。SLR和VLBI则需要以较高的投资自行研制或进口相应设备布设少量观测台站用于建立区域性高精度地心系统点位基准以及尺度和定向基准。

3. GPS将成为大地测量工程应用的常规技术和深入地质研究的主要手段

GPS定位精度在目前最佳技术条件下可达0.01ppm,垂直分量精度为3厘米;在一般技术条件下,小于100公里的距离内精度也达1~0.5ppm(厘米级),垂直分量精度比水平分量精度可以低2~3倍。到本世纪末GPS定位精度可望达到1~3毫米。

由于动态定位效率高、应用广泛,日益受到重视,目前半动态定位已能达到一般静态定位相近精度,全动态定位将广泛应用于航测,机载测高仪和重力仪,海洋定位以及星载GPS定轨等,也将广泛应用于各种运输工具的导航和导行以及各种军事装备。

GPS定位技术应用于大地测量最深远的影响将是藉助这一技术实现学科的科学目标,深入地球科学。GPS已用于各种形式的地壳运动和地壳形变的连续监测,用于海平面变化的监测,星载GPS接收机精密定轨将改善各种卫星重力技术的精度,实测也证实GPS可用于地球自转的监测。

GPS类型的定位技术是一种全能型的大地测量技术,通过与远程通讯结合构成广域差分GPS网,将成为未来几十年大地测量实现其全部目标的主要和普遍使用的技术手段。

美国政府为限制非特许用户获得高精度GPS实时定位采取SA政策。研究认为,其中的

基频信号上的高频抖动误差对大多数大地测量应用的影响可以忽略。SA 技术对大地测量的目的不产生重要影响。SA 政策中的降低 C/A 码广播星历精度的措施对高精度定位(0.5ppm)将产生重要影响,是精密大地测量 GPS 定位面临的一个必须解决的问题,途径是建立独立的定轨网。估计美国政府除非在非常时期不大可能进一步采取更严厉的限制政策,否则整个 GPS 系统不仅对美国本身或对国际社会都将大大降低其实际价值。

多种类型的全球定位系统正在形成,目前已有前苏联的 GLONASS,西欧空间局(ESA)也正在计划建立 NAVSAT 导航卫星系统,今后 10 年可望有至少三种类似 GPS 的卫星定位系统并存,需要研究综合利用技术。

4. 卫星重力技术导致全球重力场确定取得突破性进展,重力场未来的研究方向将是满足地球物理和海洋学对高精度高分辨率重力场信息的要求。

近 20 年来地球重力场研究取得了突破性或重要进展,主要有:①开创了卫星重力技术时代;②出现了微伽级精度的绝对重力仪和相对重力仪;③引入了重力场统计理论并发展了相应的数值方法,为重力场测定的数值分析和综合利用多种重力相关观测量求解重力场提供了新的有效方法;④引入了重力场的谱分析方法和相应的快速算法,在很大程度上缓解了现代重力场求解面临的繁重计算。

全球重力场模型的突破性进展在科学上的重大意义在于人类已掌握了从全球尺度和全球统一基准上描述地球重力场精细结构的技术,从而为认识地球深部物质分布和运动打开了一个新“窗口”,也是地球科学的一大进展。

重力场研究不仅是精密定位的基础,也是大地测量学科深入地球科学的前沿阵地,是近代大地测量学科发展最活跃的领域,对地球重力场结构研究的精细程度将是未来大地测量学科发展的主要标志之一。

5. 大地测量技术的革命产生了一门新的学科分支——动力大地测量学

动力大地测量学是由大地测量、地球物理方法和天体测量方法来研究地球动力学现象以及它们的地球物理解释的地质机制。

近 20 年来,应用空间大地测量技术取得了大量全球板块运动、极移和日长变化的监测资料,应用卫星重力技术和地面重力测量获得了全球重力场到 360 阶次的球谐展开模型,对这些资料的分析已经使我们对地球深部的结构、岩石圈的形态、全球板块的划分有了比过去深得多的认识,对某些动力学过程如地幔对流、地球与大气圈的角动量交换等的认识有了新进展,对区域性地壳形变的大地测量监测,使我们对活动带的构造运动有了更多的认识。用现代大地测量技术观测地球固体负荷潮和冰后回弹的资料使我们对地球的物理特性(弹性参数、密度等)有了更多的了解。这些都是动力大地测量研究的对象和取得的成果。

动力大地测量学集中研究现代大地测量学与相关地学学科交叉的领域,是大地测量学深入地球科学的一个重要分支学科。是现代大地测量学学科的一个密不可分的组成部分,但又有相对的独立性,是一个边缘学科分支。

(二)摄影测量学的成果与发展趋势

1. 摄影测量已进入数字摄影测量时代

过去 100 多年来,摄影测量学经历了模拟法和解析法的阶段,现已进入数字摄影测量时代。广义的数字摄影测量包含了硬拷贝的机助测图和软拷贝的数字测图,因为它们都能获得数

字地图产品,而目前更多的人将它理解为全数字化摄影测量。它是一种基于数字摄像的摄影测量计算机处理系统,在美国又称软拷贝摄影测量或像素摄影测量。

数字摄影测量系统利用人工和自动化技术,由数字影像经过各种数字摄影测量处理(包括各种数字图像处理)而生成各种数字的和模拟的产品,可按常规摄影测量成果硬拷贝输出,可直接将数字产品送入 GIS 或 CAD 系统中使用。

数字摄影测量系统可以说是用标准的计算机硬件及影像输入输出设备加上专用的摄影测量软件而构成的,这就从根本上改变了长期以来摄影测量仪器的生产格局。

尽管在现阶段,数字摄影测量系统上仍可以“人工”作业,但系统所追求的无疑是高自动化、高速度和高可靠性。利用机载、星载 GPS 技术和高精度多片自动化影像匹配确定像片控制点和连接点,目前的空中三角测量测定点位的过程已经可以实现全自动化。随着影像分析方法由低水平(基于数据的方法)向高水平(基于知识的方法)的发展,航空和航天立体影像对的数字影像匹配方法用于自动建立数字地面模型和生成数字正射影像已经取得成功并开始推向应用。目前的产品有美国海拉瓦 HAI-750(现通过莱卡公司以 DPW 系列产品出售),德国阿克曼教授的 Matching-T(通过蔡司厂以 PHODIS 产品出售和 Intergraph 公司以 Image Station 出售)和我国武汉测绘科技大学的 WuDAMS 正与澳大利亚合作以 VirtuoZo 产品名推向市场)。它们都是利用多条核线、多点二维整体匹配、多层影像金字塔和带几何约束条件的松弛解法,将基于特征和基于灰度的匹配方法结合在一起。目前在工作站上的解算速度为每秒 100-200 点左右、甚至 1000 点以上,一个立体像片扫描输入后经 2—4 小时计算机处理,便可获得数字地形模型,解决地貌测绘的任务,而且还得到数字正射影像。近期的研究在于研制影像匹配质量的自动诊断系统,以提高方法的可靠性。

以上属于影像中非语义信息的自动提取,摄影测量中的地物自动测绘属于语义信息的自动提取。目前主要采用关系匹配,基于模型和假设的广义模型,基于小波的多尺度多级分辨率变换和信息融合技术,已从航片和 SPOT 影像上自动识别出主要人工目标,如道路、机场、房屋等。利用单片或正射影像的半自动化地物目标信息提取也是人们正在研究的内容。

对于小比例尺遥感图象的自动判读,过去 200 年中已经有一些研究成果和许多专题判读的专家系统。今后随着遥感数据多谱段、多分辨率等多重信息的特点和从 GIS 中自动提取影像判读所需知识技术的发展,将会提高遥感图像自动判读的精确性和可靠性。

2. 数字摄影测量在理论和算法上的成就

在传感器定位和定向方面,GPS 支持的空中三角测量已投入生产中运行,可以满足 1:500 至 1:10 万比例尺测图的精度要求。我们在山西太原试验场上的试验结果也达到了厘米和分米级的平面与高程精度。安全的布点方案是四角控制加两条垂直构架航线。GPS 实时动态定位在基线为 20Km 时可达到 1—10cm 的精度。为了同时测定传感器的姿态需要利用 GPS/INS 集成系统。更全面的处理 GPS、INS、断面激光扫描仪数据的方法则还有待研究,在我国八六三计划中已列入了这样的研究课题,企图从硬件和软件上解决传感器定位、DEM 实时采集和 CCD 成像的一揽子任务。全自动化 GPS 空中三角测量国内外现正处于研究之中,其中的难点是野外未标志控制点的自动识别。摄影测量学的几何特性,如中心投影的不变量等再度成为人们感兴趣的问题,以求得无初始值时的定向解。

在数字影像的计算机自动处理技术方面,首先是高分辨率影像数据的压缩问题,人们希望能用小波变换、编码理论或比特分割办法加以解决。影像匹配仍有人积极研究,主要是针对不

光滑的地物表面和表面的不连续。从影象中自动提取 GIS 所需要的地物目标和特征吸引了大量的研究工作者,对人工地物的自动提取已取得较好成效,但要对各种目标实现全部自动识别,估计还要花 30 到 50 年的研究。人机协同的半自动化系统被认为是更为现实的解决办法。例如蔡司厂推出了称为 PHODIS 的摄影测量影象处理系统,包括 PSI Photo Scan 像片扫描仪,PHODIS R ST 数字立体测图仪,PHODIS R OP 数字正射像片系统,TopoSURF 自动 DEM 量测系统,PHOCUS R PM 和 CADMAP 单像数字测图系统和栅格绘图机、彩色印相机等。

其中数字立体和单片测图过程为半自动人机交互作业即自动框标定向、自动相对定向(正在研究自动绝对定向)和半自动地物特征提取。

在 GIS 与数字摄影测量共同感兴趣的理论研究方面,重点放在现实世界的模型化和矢量/栅格混合或一体化数据库,面向对象的方法已在建立之中,但理论研究与在软件中实现之间仍有差距。我们在这方面的研究引起外国同行极大的兴趣。真三维 GIS 的数据模型已基于矢量数据建立起来,但尚需用实验来验证这些方面是否可行,陈晓勇博士将数学形态学用于 3D 模型建立三维空间 TIN 结构引人注目。GIS 中多种数据源的结合,数据的不确定性,需要引起更大注意。对查询空间的研究和查询语言的构建已有一些成果,并企图在不同的聚类水平上来处理 GIS 数据。但总体上看,高校中这方面的研究论文多,而 GIS 软件公司却保持沉默,这主要是出于技术保密,显然我国应当加大在这些方面的科研投入。

3. 数字摄影测量与计算机视觉的联系日益加强

全数字摄影测量随着向自动化、智能化方向的发展,必然愈来愈独立传统的摄影测量仪器和训练有素的作业员面向通用的计算机视觉方向靠拢。

值得注意的是,数字摄影测量学与计算机视觉之间的联系、交流和合作,在过去几年中日益加强。在很多国际学术讨论会上与会者各占其半,美国国际斯坦福研究所(SRI)人工智能中心的 Strat 博士最近从计算机科学的角度的比较了计算机视觉用于制图和用于机器人的不同特点,参考他的分析,现将对比结果列于表中。

表 1 用于制图和用于机器人的计算机视觉比较

项 目	用于制图 (数字摄影测量)	用于机器人 (计算机视觉)
摄影方式	立体影象	影象序列
摄影机	高质量量测相机	低成本 CCD 相机
表面特征	连续表面	不连续表面
主要要求	定量精度	定性描述正确
作业方式	批处理、后处理	实时在线
自动化程度	半自动带人工干预	不带人工干预的全自动
目标识别	困难	容易
目标维数	2.5 维	真 3 维
解算方法	依赖初值的迭代解	无初值的直接解
知识源	GLS	ACD

数字摄影测量和计算机视觉两个方面针对其特点的研究成果可以互相借鉴和取长补短。例如数字摄影测量中的最小二乘匹配可为计算机视觉提供精度分析方法,对粗差的稳健估计

和统计检验引出了稳健计算机视觉。而基于特征,基于模型的方法和生长(Generic Model)模型等一系列方法早已由计算机视觉界传到摄影测量中来。而且随时间的推移,两者之间的融合将愈来愈多,最终会走到一起。这种结合首先是数字近景摄影测量与计算机视觉、机器视觉及机器人视觉的结合。

测量数字摄影测量和计算机视觉两个方面针对其特点的研究成果可以互相借鉴和取长补短。例如数字摄影测量中的最小二乘匹配可为计算机视觉提供精度分析方法,对粗差的稳健估计和统计检验引出了稳健计算机视觉。而基于特征,基于模型的方法和生长(Generic Model)模型等一系列方法早已由计算机视觉界传到摄影测量中来。而且随时间的推移,两者之间的融合将愈来愈多,最终会走到一起。这种结合首先是数字近景摄影测量与计算机视觉、机器视觉及机器人视觉的结合。

4. 机控和机助摄影测量系统仍是当前摄影测量数据采集的有力工具

机控的解析测图仪和由模拟测图仪改造的机控或机助系统,在大多数国家中仍然是摄影测量中用来采集数据以输入 GIS 或绘制地形图。

在计算机控制和辅助的摄影测量仪器上进行数据采集,目前已经从联机测图和机助测图转变为在 GIS 数据库系统下进行的脱机数据采集,经过编辑和数据清理后首先送入 GIS 数据库中,然后经过符号化和制图输出加工后输出地形原图或专题图。

鉴于市场上流通着各种 GIS 软件,必须设法编写相应的软件接口,以实现数据的交换与共享。

(三)未来 10 年中的遥感计划及其特点

随着计算机技术和空间技术的发展,卫星遥感和卫星定位技术经历了 30 年的发展和进步,目前将进入一个能快速、及时提供多种对地观测海量数据的新阶段。

遥感图象的空间分辨率,光谱分辨率和时间分辨率都有了极大的提高。利用 CCD 阵列传感器,可望达到 1—2m 分辨率,军用甚至达到 1cm。带侧向倾斜的一行 CCD 影像只能提供由两个轨道上获取的立体像对;利用二行或三行 CCD 阵列可由一轨道上获取几乎无时差的立体像对;对任意方向旋转 45° 的一行 CCD,则可提供同轨或异轨立体像对,成像光谱仪可以达到 5~10nm(纳米)的米谱分辨率,如 EOS 计划中装有 0.4—1.04 μ m 的 64 波段中分辨率和 0.4—2.5 μ m 的 192 波段高分辨率成像光谱仪,从而获得图象立方体的丰富图谱数据,微波遥感,尤其是合成孔径雷达,可以包括 L 波段(24cm)、C 波段(5.7)和 X 波段(3.1cm)和四种不同极化方式,以解决阴天、云雾、雨天的遥感信息获取,各种不同空间分辨率传感器具有不同的时间分辨率,如 METEOSAT 每 30 分钟即可获得同一地区图象,NOAA 气象卫星每天收到二次图象,EOS 重复周期为 1—3 天,ERS-1 为 3 天,陆地卫星为 16 天,MOS-1 为 17 天,SPOT 为 26 天,印度的 IRS-1 为 22 天,日本的 JERS-1 为 44 天。

未来的卫星遥感计划将尽可能地集多种传感器、多级分辨率、多谱段和多时相为一体,并与 GPS、INS 激光测高及激光断面扫描技术相集成,形成智能传感器。

随着信息量的增大,必须注意两个技术特点。

其一是空间、时间和光谱分辨率是可以相互转化的。例如成像光谱仪的高光谱分辨率特征可以使得图象分类到混合像元(或称子像素)精度,从而提高空间分辨率,又如长期无法更新的高空间分辨率影像提供的土地利用结果在几何精度上可能会低于可实时更新的低分辨率的气

象卫星图象。

其二是要善于集各种不同遥感影象的优点,发展必要的影象融合方法。用于融合的数据可以是多传感器的、多谱段的、多分辨率的或是多时相的;融合的方法可以是基于像素、基于特征的、和决策水平上的融合,可以是几何信息的融合,也可以是语义信息的融合,或者是两者之间的融合。SPOT 影象(高空间分辨率)与 TM 影象(高光谱分辨率)的融合已为大家熟知,而光学图象与雷达图象的融合所带来的效果,正在引起更多的学者转入这方面的研究,将在不久未来取得好的成果。

据统计,当前运行中的地球观测卫星 22 个,其中有些已“超其服役”,而在未来 10 年(到 2004),计划发射地球资源卫星 56 次。假如未来的这 56 项均付诸实施的话,估计要花 350 亿美元左右。

当前不论在国内,还是在国外,人们都在提问:“遥感要花这么多的钱,到底值得还是不值得?”如果仅仅把遥感用作其它信息源的一种定性的、不连续的辅助手段,那么花这么多的钱投入遥感,显然是不值得的,只有将遥感提到定量化、实时化和尽可能自动化,它才会成为十分有价值的对地持续观测的信息源。

地球表面反射值的定量化空间量测是一个十分复杂的过程,为此需长期开展遥感机理的研究,随着空间分辨率的提高、立体成象可能性的增大以及传感器的定位技术的进步,定量量测的精度将有不断改进的可能性。而特别要提及的是雷达干涉测量技术。据报导,机载雷达干涉测量(INSAR)用来测定 DEM,可达到 $\pm 3\text{m}$ (近程)和 $\pm 9\text{m}$ (远程))的高精度;而差分雷达干涉测量(D-INSAR)用来监测水平和垂直表面移动可以达到几厘米甚至几毫米的精度。

一般来说,沿轨道或垂直轨道的双天线干涉雷达方法用于航空遥感,而基于空间重复轨道的雷达干涉测量则主要用于卫星遥感。

如果能够完善和推广这个方法,大而积高精度 DEM 的获得和地表形变的精密监测将成为可能,这将具有重大实用意义。已不仅对地表困难地区的地形测量,而且对动力大地测量具有重要贡献。

(四)国际地图学的新进展与新特点

1. 专题综合制图向纵深发展

近 10 年来世界各国对大中比例尺地形与中小比例尺普通地图不断更新再版,并发展数字测图与计算机制图技术,与此同时,专题地图得到更广泛更深入的发展。制图对象与地图内容已涉及到自然、人文,甚至意识形态的各个领域。地图集作为地图的高级形式,尤其国家地图集被视为代表一个国家科技文化水平的重要标志之一。在当代受到科技界与政府部门的高度重视。地图集的最新进展在很大程度上反映专题与综合乃至整个地图学的最新发展。当前地图集的设计与生产具有以下新进展与新特点:

(1)图集内容更为广泛深入,更具有针对性与实用性,新出版的国家与区域地图集不仅增加了资源利用、环境保护、灾害防治等方面的选题和内容,而且还侧重社会与经济方面的选题,如人口、家庭、职业、收入、居住、福利、娱乐、保健等等。除反映现状分布的地图外,增加了评价(如资源的经济评价、环境质量评价)、预测(如灾害与环境预测、经济发展预测)、规划(如经济发展规划、土地利用规划、城市建设规划)等方面的地图。所有这些内容既反映了各学科和各部门研究的广度与深度,也反映了专题地图基本信息的深层次开发。无疑对提高图集的科学水平

与实际应用有着非常重要的意义。

(2)图集形式更为灵活,多卷散页较为流行。近几年已经出版或将要出版的一些国家地图集已由一本改为多卷本出版。例如荷兰国家地图集共 21 卷,芬兰国家地图集共 26 卷,瑞典国家地图集共 18 卷,西班牙国家地图集共 13 卷。多卷出版主要考虑:图集图幅增加,一部容量太大,而分卷出版、携带使用方便;缩短出版周期,完成一卷,出版一卷,及时提供使用;读者可根据需要只购买一卷或几卷,有利扩大发行数量。为了便于图集部分地图更新、增加图集现势性与延长图集使用期限,同时便于相关图幅的比较分析,一些国家图集还采取散页盒装形式出版。不少国家图集还将过去纯粹按学科或部门编排的结构,改为按专题划分:每个专题包括地图、图表、照片与文字说明,成为相对独立的单元,每卷包含若干专题的有机组合构成整部图集。

(3)电子地图集问世。电子地图集是计算机制图与地理信息系统的必然产物。电子地图是计算机屏幕显示的地图,它具有动态表现形式和滚动、闪烁、动画以及窗口放大、改变色标、叠加比较等功能。不仅能够进行检索查询,还能进行数值分析、过程模拟、未来预测和决策咨询。瑞典的 PC 国家电子地图集还针对不同层次用户,提供不同版本及相应的软件。电子地图从 80 年代中期提出概念设想,到设计实验,再到推广应用,才五六年时间。目前加拿大、荷兰、瑞典、美国等国家已制作出电子地图集或其它区域与专题电子地图集。随着计算机的普及和广泛应用,电子地图集不仅将成为领导机关、生产部门、科研单位、高等院校、各级图书馆的重要工具,而且将很快进入中小学课堂,甚至进入居民家庭。对已拥有小型计算机的计算机的用户来说,购置一两个软盘电子地图集比购置一本印刷纸质地图集便宜。可以预料,国外几年之后电子交通地图集就会成为汽车司机不可缺少的工具。

2. 机助制图与地理信息系统广泛使用

在统计地图、气象水文、道路交通图等方面,发达国家已于 70 年代采用机助制图技术并且比较复杂的土地利用、植被、土壤、地质、地貌等专题地图,近年也逐步实现了机助制图。

有些国家,如瑞典、芬兰、荷兰、美国、西班牙、加拿大,完全采用计算机制图和信息系统技术完成国家地图集的编制。国家地图集编制过程也是地理信息系统建立的过程。例如瑞典国家地图集编制中,不论是利用 TM 图像自动分类编绘植被图、土地利用图,还是利用中比例尺土壤图采取计算机自动综合编绘小比例尺土壤图,或是利用定位观测数据自动编绘气候、水文图,利用行政单元统计数据自动编绘各种统计地图;全部经过数据自动分析处理成图,最后形成国家地图集数据库及国家地图集信息系统。在这一系统的基础上产生电子地图集,同时为用户提供信息产品。因此瑞典国家地图除印刷分卷地图集外,还包括电子地图集与信息产品。这样不仅扩大了传统印刷地图集的使用范围,而且可进行信息产品的更深层次的开发利用,还为今后国家地图集的更新再版提供方便条件。

目前一些发达国家大比例尺地形图、地籍图与中比例尺地形图的生产也都全部采用了计算机数字制图技术。如英国军械测量局已完全建立计算机数字制图生产体系,包括航测地形图的测绘与更新,地籍图(1:1250、1:2500)的测制等。在所有生产部门,只看到作业员在操作计算机、数字化仪和绘图机,已见不到小笔尖手工绘图的场面。

目前国际对数字地图的应用越来越引起重视。例如 1990 年 ITC 在荷兰专门召开了数字地图应用的国际会议。不仅利用数字地图生产视觉地图产品(包括屏幕地图及其拷贝),而且直接利用数字地图进行分析处理,完成评价、预测、规划、决策、管理等方面的任务。

在遥感制图方面,80 年代初开始由光学原理与目视判读转入数字分析处理、自动分类分

级、地理模型分析提取专题信息并自动编绘各种专题地图的新阶段。当然这与遥感技术本身的发展和地学、生物学、环境科学的各要素动态机制、成像机理等的深入研究所取得的新进展是分不开的。

3. 地图与地图学新概念和新理论的发展

70年代至80年代中,国内外的地图学者关于地图学的新理论有较深入的探讨、研究和争论。主要包括地图信息论、地图传输论、地图模式论、地图认识论、地图感受论与地图符号学。地图传输论的讨论尤为活跃,提出了各种地图传输模型。ICA还专门建立了地图传输委员会。对于什么是地图学的基础理论,也提出了不同的看法。在这些研究的基础上,逐步归结到一个最本质的问题,即必须把地图看作是是人类空间认知的重要工具,这是地图之所以长期存在的根本等征。一切理论研究必须把地图看作是是人类空间信息感知机能考虑进去,才能解决有效的空间信息传输;因此提出了认知地图学,作为地图学理论研究的一个前景看好的途径。

随着计算机制图与地理信息系统的发展,包括数字地图与电子地图的出现,人们对地图与地图学的涵义提出了各种不同的看法。ICA于1987年专门建立了地图学定义与地图学概念两个工作组,以便对信息时代的地图学定义和概念进行系统深入的研究。研究中提出了一些关于地图与地图学的新定义。其中较公认的一种是:地图是地理现实世界的表现或抽象,以视觉的、数字的、触觉的方式表现地理信息的工具。地图学是以图形的、数字的或触觉形式的,有空间关联信息的结构、传输、表现和利用,它包括在制作地图及有关空间信息产品中从数据获取到最终产品利用的所有阶段。这当然与过去的定义有很大的区别,过去的定义是:“地图是按照一定数学法则,运用符号系统和地图概括原则,缩小表示地球上各种自然与人文现象的图形”,“地图学是以形象符号模型表示和研究自然和社会现象空间分布、相互联系及动态变化的科学”。新定义已不局限于图形形式,强调了数学形式与信息的获取、处理和利用。ICA新建了好几个与此有关的委员会:空间数据转换标准委员会;地图与空间数据应用委员会;空间数据质量委员会;从空间影像制作专题地图委员会;地理信息市场销售委员会等。

当前国际上讨论与争论的问题不只限于地图学的定义与概念,还包括:地图学是基础科学还是横断科学?是形式科学还是认识科学?地图学与地理信息系统的关系是什么?面对信息革命的挑战,地图学如何发展和适应?在计算机制图技术高度发展的形势下,地图的科学性、艺术性的作用如何评价?总之,在信息时代,地图学的变化是什么?显然这既有机遇也有挑战。新技术的发展不仅加快成图速度,扩大地图应用范围与深度,而且空前地扩展了人类空间认识的手段,具有深远的科学意义。以新技术武装的地图学将发挥越来越大的作用。

二、地理信息学(Geomatics)的形成

(一)信息革命与信息高速公路

本世纪50年代以来,一场信息革命的浪潮席卷全世界。以电子计算机的发明为标志的第一次信息革命,开始形成信息科学和信息产业。1990年,世界信息产业的产值已达1489亿美元,到90年代中期,即最近一两年内将突破1万亿美元,成为跃居传统产业(包括工业和农业等)之上的最大产业。现在,发达国家信息产业的产值占国民经济生产总值的比重已达40%~60%,年增长率是传统产业的3—5倍。

以微电子技术、空间技术、信息技术和现代通讯技术相结合为特征的第二次信息革命,是一次深远的产业革命。工业革命是用蒸汽机及后来的电力机械代替畜力、体力劳动。而现在的

信息革命,是用信息和计算机化的智能并入整个社会的生产、管理、服务和生活系统,改组现有的全部社会产业构成。所以它对社会经济、政治、军事、文化等一切方面所产生的影响,将比上一次工业革命更加巨大。

“想要富,先修路”。工业革命过程中,以高速公路为代表的现代化交通,起着十会关键的作用。今日,在冷战结束之后,国际竞争热点从军事转到经济和科技,能大幅度提高综合国力的信息高速公路,自然成为各国竞争的焦点。例如美国作为信息高速公路的首倡者,实施信息高速公路计划的目标,是到 2000 年将有的生产率得高 20~40%,带来 35000 亿美元的经济效益。

所谓信息高速公路(英文:Information Superhighway)是建立一个能够给用户大量信息,由通讯网、计算机、数据库及各种日用电子设备(包括多媒体技术)组成的完备网络。这一巨大网络就好象现在运营中的地面高速公路,但它用光缆和通讯卫星将通讯网、计算机网和有线电视网连接、延伸和扩展,使之遍及一个国家乃至全世界。同时运用数字化技术和光纤通讯技术,成千上万倍地提高信息传输能力,通过集电话、传真、电脑、电视、录像等为一身的信息处理、传输和显示的多媒体(multimedia),将文字声音、图形和影像等高密度信息,以高速度、大容量和高精度传送到每一个家庭、办公室、实验室、教室、图书馆和医院,为人们提供声音、数据、文字、图形和影像的交互式多媒体服务。

信息高速公路计划始于美国,美国副总统阿尔·戈尔(即美国州际高速公路倡议者阿尔伯特·戈尔之子)在《全球信息系统将促进发展》一文中于 1991 年提出的,克林顿总统于 1993 年 2 月以《国情咨文》形式在国会发表报告,正式提出美国决定建设“信息高速公路”——国家信息基础设施(National Information Infrastructure 简称 NII),以此作为产业发展的基础,带动新学科和交叉学科发展,形成高新企业群,提高生产效率,增强国际竞争能力,促进经济腾飞。为此,美国将为整个信息高速公路工程耗时 20 年,总投资达 4000 亿美元。目前已在运行的 Internet 网,可以看作是信息高速公路的雏型。

表 2 1985—2000 年我国建设光缆干线等一览表

时间段	光缆条数	光缆长度	地球卫星站数	其它
七五期间		6000KM	少数试点	形成以北京为顶点的 A 字型
八五期间	22 条	37000KM	19 个	接通除拉萨外所有饭店
九五期间	11 条	22000KM	11 个	接通全部省市

(二)地理信息学与信息高速公路

经过几年来有关国家高校中测绘专业改名为 Geoinformatics(荷兰,ITC,香港理工学院), Geomatics(加拿大拉瓦尔大学,卡尔加里大学)和 Geomatic Engineering(澳大利亚新南威尔士大学)后,加拿大矿产资源能源部(EMR)下的测绘局(Sector of Surveying and Mapping)于 1994 年 6 月 4 日正式改为加拿大地理信息署(Geomatics Canada)。这标志着地理信息学(Geomatics)作为一门科学、技术和产业已经形成。

1. 什么是地理信息学(Geomatics)呢?

地理信息学(或译作地球信息学)是一个现代的科学术语,代表了用各种现代化方法来采集、测量、分析、存贮、显示、传播和应用与地理空间有关的数据的一门综合和集成的信息科学、技术和产业实体,是当前的测绘学、摄影测量与遥感、地图学、地理信息系统、计算机图象图形学、卫星定位技术,专家系统技术与现代通讯技术等的有机结合。

地理信息来自多种数据源,如地球轨道资源卫星,空间定位卫星,机载和舰载传感器以及地面测量和调查结果。

地理信息系统(GIS)是以上多种学科集成的基础平台,用作搜集、存贮、管理和分析空间信息和数据。卫星定位、摄影测量与遥感是快速获取和更新地理信息的主要技术手段,目前正走向全数字化道路。地图学与图象图形学既用作地理信息的分析和处理,也用于地理信息成果的显示与表达。专家系统的引入将力求使数据采集、更新、分析和应用更加自动化和智能化。现代通讯技术,尤其是正在兴建的信息高速公路(Information superhighway)将为地理信息在各部门的传播和应用提供保证,因此,地理信息学的形成和发展是整个信息科学和技术发展的一个重要组成部分,将会给相关学科的发展带来机遇和挑战。

2. 地理信息学与信息高速公路有着相互依存、相互促进、共同发展的十分密切关系

首先信息高速公路的建设为地理信息科学和地理信息产业的发展铺设了通行无阻的金光大道,由于地理信息和大量的空间数据都是以文字、数字、图形和影像方式表示的,将它们数字化,送入电子计算机,便可方便、快速和及时地将地理信息传送到需要的地方去,以发挥地理信息在国民经济建设、国防建设和在文化教育等各行各业中的应用价值。

其次,信息高速公路为空间定位系统(如GPS)、数字摄影测量系统(DPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和专家系统(ES)的集成提供了必要的通讯和数据传输的保证。差分GPS依赖远程通讯而成为实时的高精度定位和导航方法;遥感利用卫星通讯而获得源源不断的对地观测数据;而地理信息系统的空间数据库则通过信息高速公路实现全国以至全球的数据交换和数据共享,并促成了三S(或五S)的集成。三S的集成,使得测绘、遥感、制图、地理、管理和决策科学相互融合,成为快速而实时的空间信息分析和决策支持工具。例如利用GIS中的电子地图和GPS接收机的实时差分定位技术,可以组成各种电子导航系统,用于交通、公安侦破、车船自动驾驶、大田农作物因地施肥、科学耕种和海上捕鱼等。利用GPS、GIS和CCD摄像加DPS进行自动影像获取和处理的集成系统,可以用作高速公路、铁路的线路状况自动监测,GIS的实时更新,以及作战时的现场侦察和自动指挥系统等。

另一方面看,地理信息学对信息高速公路的建设和运行也有着十分重要的贡献。地理信息系统的软硬件就是行驶在信息高速公路的重要列车(其产值在1994年已达到34亿美元),空间数据库中的数据 and 由之而得到的信息就是信息高速公路上运送货物。由于GIS存贮的是描述地球表层,即大气圈、生物圈、水圈和岩石圈的空间及其相互关系的信息,它不是一般的“货物”,而是关于人们赖以生存的地球昨天、今天和明天的重要信息,对社会持续发展起着重要的作用。由于地理信息是有一空的变化多尺度物点,将构成信息高速公路上川流不息的繁忙景象。

3. 信息社会对地理信息学的要求

地理信息要想在信息公路上川流不息,在技术上对我们的挑战是要建立一个自动化、智能化和实时的对地观测数据处理系统,实现GPS、DPS、RS、GIS、和ES的整体结合。

这样的系统,应满足下列基本要求:(1)必须实现从原始数据获取、预处理、信息自动提取

和分析,到决策应用的一条龙实时运行系统;(2)能同时处理国内外资源卫星、气象卫星、海洋卫星、定位卫星与航空、地面观测、物理化学勘探数据;(3)实现图象数据、影像数据和属性数据一体化的、面向目标的数据库管理;(4)能自动地由数字影像或数字图形中提取语义和非语义信息;(5)建立一个基于 GIS 和 RS 的知识工程和知识发现系统,以提高整个系统的智能化水平;(6)建立一个兼容性好,面向有户、与用户友好、易于学习掌握的“傻瓜式”用户界面。显而易见,建立这样的对地观测数据处理系统,不论对我国和外国,均是一个具有极高难度的系统工程。它涉及到系统组织、基金投入、技术攻关、系统实施等方面一系列的问题。从技术角度看,至少应解决下列关键技术问题:(1)星载 GPS 和微波测高技术相结合的遥感对地定位方法;(2)利用影像数据压缩技术快速传输技术(达到 100—200Mb/s 的数据传输速度);(3)立体影像数据匹配的快速、稳健算法和多时相、不同分辨率影像的几何配准方法;(4)高水平影像理解和自动像片判读的专家系统研究;(5)基于图形、影像和属性数据的一体化数据结构和面向对象数据模型;(6)图形、影像和文字数据的自动更新问题;(7)不同分辨率、不同精度、不同时间的多种数据的复合和多尺度 GIS 中的数据综合;(8)基于专家系统的地质对象的空间快速查询、分析和决策咨询系统的研制;(9)各种不同数据的质量模型和数据不确定性的处理方法;(10)由 GIS 和遥感影像中发现知识的知识工程系统;(11)自动化和智能化对地观测数据处理系统中的人机协同等。

三、我国测绘科学技术取得的主要成就和存在的问题

(一)中国大地测量取得的主要成就和存在的问题

1. 常规大地测量进入世界先进行列

从 70 年代初开始,我国大地测量进入一个新的发展阶段。用历时近 10 年的时间,完成了全国天文大地网的整体平差,在此基础上采用了当时国际推荐的更精确的椭球参数进行了拟合我国大地水准面的最佳椭球定位,重新严格定义了大地基准,建立了新的 1980 年中国大地坐标系(或称 1980 年西安坐标)和我国历史上第一个独立的西安大地原点。整体平差后内符合精度为:最远点点位精度 ± 0.84 米,22 公里基本边相对精度 1/26 万。与 70 年代后期建立的全 37 个点位的多普勒网定位比较估计天文大地网外符合精度在 1000 公里以上的距离优于百万分之一(1ppm),显示了天文大地网整体平差高精度水平。(注:北美大地网在新的基准 NAD83 上 1986 年完成的整体平差结果其精度指标为:最远点点位精度 ± 1.28 米,22 公里基本边相对精度 1/20 万)。这期间还建立了新的 1985 国家高程基准,完成了国家第二期一等水准达 93000 余公里,首次为中国地壳垂直运动研究提供了 2 期精密高程资料。建立了 1985 重力基准网,并与国际重力基准点连测,将我国的野外基准重力值的精度几乎提高了 2 个数量级。这些工作都是严格按照与先进国家相当的精度和技术标准完成的。我国大地测量在这一阶段的成果标志着我国常规大地测量已经进入了世界先进行列。

2. 空间大地测量技术的应用与世界先进水平的距离在缩短

我国初期发展卫星大地测量的主要目的是求定我国局部坐标系与地心坐标系之间的转换参数,建立我国的地心坐标系以满足卫星发射和发展远程战略武器的迫切需要。80 年代中期,国际大地测量学界对 GPS 的试验研究热潮已形成一股“旋风”。中国也强烈地感到了这一冲击,80 年代后期,最先是我国石油和地矿部门,随后测绘、地震和军事部门开始先后大批引进各种型号的大地测量型 GPS 定位接收机,这和发达国家开始普及 GPS 的时间大致同步,最多