

21 世纪的新学科——地球信息科学

①
98.18(4)
2-5/22

李纪人

(水利部遥感技术应用中心 北京 100044)

P3-05
P1

摘要 介绍遥感、地理信息系统、全球定位系统和计算机通信网络技术的发展现状和目前理论发展赶不上技术发展的需求从而制约了技术发展的状态。从发展的观点提供了地球信息科学形成的背景。同时介绍地理信息科学的性质、研究内容、已有基础和应用前景。这一 21 世纪的新学科将对包括水利在内的很多领域产生广泛和深刻的影响。关注这一学科的发展并与之尽早的并轨将给各领域及相关学科自身的发展和国民经济的发展带来重大机遇和影响。

关键词 地球信息科学 地学 遥感 地理信息系统 全球定位系统 计算机通信网络

地球信息科学是 90 年代初出现的新名词,在欧美学术界中使用得比较广泛,目前在世界范围内业已接受。这一崭新的学科是应社会和生产发展的需求,特别是建设信息社会的迫切需要而发展起来的。随着进入信息时代步伐的加快,地球系统科学、地理信息系统、遥感、全球定位系统和计算机通信网络等新技术都在迅速地发展,且相互之间的关系日益密切。技术发展到一定程度必须要上升为理论,寻求理论的支持,否则就会制约技术的发展。地球信息科学正是在这种背景下应运而生的。目前这一新学科的体系,尤其是理论体系还很不成熟。但许多国家,包括我国的学术界正在全力推动这一学科的发展,因为它对社会经济的可持续发展有举足轻重的意义。

在以信息时代为标志之一的 21 世纪,信息资源是重要的战略资源,而地球信息是最重要的组成部分。地球信息科学的逐步形成和发展,将大幅度地提高其应用水平。水利事业的发展和水科学技术的进展也是与之密切相关的。

1 地球信息科学及其技术基础的发展

地球信息科学的主要研究对象是地球的大气圈、水圈、岩石圈(包括地貌)和生物圈(包括人类)等几个子系统和各子系统间界面的形成及变化。它以人与地球的关系为主题,以全球变化和区域可持续发展为目的,集成遥感、地球信息系统、全球定位系统、计算机成图、多媒体与虚拟技术以及互联网等为主的高速全息数字化技术,形成对人流、物流、能流进行时空分析与科学调控的战略技术系统。上述几项作为地球信息科学技术基础的高新技术,近年来发展迅猛,迫切要求理论的支持,形成新的学科领域。

1.1 遥感技术的发展

近 30 年来,遥感技术在经历了研究、试验阶段后,已进入了广泛应用的阶段。尤其是在资源管理和环境监测等领域,遥感技术已发挥了重要作用,在本世纪末和下世纪初,将进入规划层次的综合应用,可满足持续发展过程中连续、动态、多尺度、多精度和多层次的信息需

作者简介:李纪人,男,教授,水利部遥感技术应用中心总工程师、从事水利信息系统研究,曾发表《遥感、地理信息系统和水文模型研究》等论著。

求。航天和航空遥感是获取地球信息的重要手段。持续发展对信息需求的多样性、动态性、现势性和准确性,给遥感发展的第二次高潮的到来带来了契机。在地球信息获取方面,一个多层、立体、多角度、全方位和全天候的对地观测网正在形成之中。航天、航空和地面(包括遥测)配合;大、中、小卫星协同;高、中、低轨道结合,粗、细、精分辨率互补的全球对地观测系统有可能在未来 10 年中形成。从各国公布的卫星发射计划中可以看出除了上述总趋势以外的几个特点:①小卫星的发展和应用受到广泛的重视,包括发展中国家在内的多个国家都有发射小卫星的计划;②高分辨率(1 m 左右)、高波谱(几十至一百个波段)和超波谱(几百个波段)的新型传感器发展迅速,尤其是商业化卫星所携带的传感器大多具有这个特点;③可穿透云层,从而可全天候运行的雷达遥感技术可投入广泛的实际应用,载有雷达的卫星越来越多;④以应用为导向,强调采用实用技术系统和市场运行机制,因此注重配套服务和经济效益。上述特点既有技术方面的,也有应用和运行机制等方面的。这些特点将为地球信息的获取提供重要的条件。

1.2 地理信息系统技术

近 10 年来,地理信息系统技术已得到飞速发展和广泛应用,几乎已渗入所有的领域,尤其是已从单纯的技术领域步入了管理和决策领域。地理信息系统就像一座多功能水库一样,对信息起着缓冲、调度和净化的作用。它兼容并蓄来自多方面的信息,按地理空间座标进行数据管理、查询和检索,通过地学分析、空间分析、相关分析、模拟和预测等软件进行科学加工与决策,提供多层次和多功能的信息服务。

四维地理信息系统(包括空间的三维和时间)使之更能受益于遥感的系统、连续和动态的数据,从而进行时间序列分析。

在地理信息系统的建设中,地理空间数据的标准化和规范化是一个关键问题。以国际标准化组织(ISO)的 TC211 小组为核心,包括

我国在内的 37 个国家和地区正在积极进行这方面的研究工作。主要任务包括地理信息及其对象结构的标准,在不同用户和不同系统间地理信息的表现、查询、处理、分析、共享、管理和传输等方面提供标准。最近一段时间内研究的主要内容有参考模型、空间和时间子系统结构、概念设计语言、应用规则系统、元数据、地理信息描述、空间操作、测量参考系统、定位服务等。

OpenGIS(开放 GIS)协会 OGC 是由政府和研究部门以及软件公司等 70 多个机构组成的,他们提出了为在网络环境下共享不同类型的地理数据和互操作的开放式协作标准。为此必须有共享地理数据和操作的软件规范,有交互式操作的标准界面。OpenGIS 就是要使地理数据交互使用规范化,使地理信息系统软件之间能够直接读写对方的数据,建立共享机制。从数据模式、功能函数、专业领域间信息共享等方面制定了不同地理信息系统间的互操作性。克服各种软件由于拓扑数据结构的不同,对结点、弧及多边形的定义及相互间关系的定义的不一致,使数据文件不能通用等实际困难。为此 OpenGIS 将采取面向对象技术,制订统一的空间数据模型和空间对象类库的 API 函数,从而使不同软件中的数据无需转换就可直接应用和相互操作。

美国地理信息科学的大学集团提出的研究重点很有代表性,在地理信息系统方面有:地理信息相互作用的可能性、比例尺、地理信息系统空间信息基础设施的未来(包括信息政策、地理信息进入政府的方式与渠道、信息经济、地理信息的区域一体化与综合等)。

我国地理信息系统技术的发展非常迅速。“九五”国内科技攻关项目中已专门立项,通过逐年筛选的方式优化出国产的 GIS 软件并大力推广,争取在国内市场中能占有 25% 的份额。各个行业在 GIS 应用上都先后从一般应用上升到规划和决策的高层次。一些国际和国内项目中也以应用 GIS 作为立项的条件之一。可以预见,到下世纪初,GIS 技术将成为

应用最普遍的技术之一渗入到各个领域中去。

GIS是地球信息科学形成中最活跃的“催化剂”,同时也是最需要理论支持的。

1.3 全球定位系统(GPS)

GPS对信息的空间定位有十分显著的作用。它从导航、定位发展到测绘成图,其应用已深入到城市交通等日常生活领域中。它的产业化和市场利润已在促进美国解除对SA政策的限制。俄罗斯已独立发展了它自己的全球定位系统,其它国家也可能发展自己的全球定位系统,从而进一步促进了美国SA政策的解除。由于设备和软件的不断改进发展,目前静态和动态的定位精度已有很大的提高,从而使GPS的应用范围不断扩大。GPS技术以其特定的作用成为地球信息科学的技术基础中不可或缺的一部分,与使其发展的社会、政治和经济背景也是有关系的。

1.4 通信和网络技术

1993年美国提出建设国家信息基础设施(NII)以后,以Internet为核心的信息高速公路建设风靡全球。1994年,作为NII的补充,美国又提出国家空间数据基础设施(NSDI)计划,在Internet上快速和高保真地传输有空间坐标的地质数据,其中包括遥感图像和各种专题图。环球网络(WWW)的出现,使我们可方便地检索多媒体信息,也包括图像和图形,信息文本已成为立体、变化、关联的和时空的多媒体信息载体。目前,以地球信息为主要内容的Internet WWW服务器已有上千个,其中GIS方面的大约有150个。Java是专门针对网络应用而设计的新的编程语言,它独立于软、硬件平台,是建在Internet上的互联软件的新工具。它采用的客户/服务器模式是分布式网络计算模式。计算机和通信组合在一起的网络,可使一般的计算机加入网络后就能发挥高级计算机的作用,可以取用网络上所有的软件,使网上所有的终端都能使用网络中的软件资源以及入网计算机中存贮的信息。事实上,网络版的软件已越来越多,它克服了地域和空间的限制,给信息

处理与传输带来了一场革命,从而使之成为地球信息科学的重要技术基础。

以上四项技术基础发展很快,而且其应用范围也十分广泛,尤其是在资源调查、防灾减灾、环境监测、城镇与区域规划研究、管理决策、计算机通信等许多方面。但迄今为止,在理论方面的研究仍显得十分薄弱、分散、不成系统,且大多集中在技术理论方面。例如:地场波谱特征、成像和图像传输机理、关系数据库理论、空间关系与空间数据模型理论、面向对象理论、空间和时间节律、区位理论、环境理论、图像信息科学理论、均衡与非均衡理论、线性和非线性理论等等。尽管这些理论的发展是十分重要的,但还不能满足生产和技术发展的需要,更不足以作为地球信息科学基础理论来指导上述有关技术的发展。

2 地球信息科学的研究内容与性质

作为一门新的学科,要形成其基础、应用基础和技术基础理论,从而形成其完整的体系。因此,从目前国际上比较重视的研究内容来看,地球信息科学的研究内容应该包括以下几个方面。

2.1 基础、应用基础和技术基础理论

基础理论无疑是最重要的研究内容,首要的是地球信息形成的机制,包括地球科学的信息论、信息流、信息场、能量信息、图形信息和存贮信息等。应用基础理论有地理信息系统的自组织和自相似理论、整体性与分异性理论、空间结构与空间功能理论、承载力理论、突变与混沌理论、熵原理等,以及它们的研究方法和技术。技术基础理论有面向对象理论、关系数据库理论、图像信息科学理论、空间信息模型理论、信息综合模型、空间关系理论,也包括上面提及的OpenGIS理论。

2.2 信息获取与处理

地球信息的获取与处理是地球信息科学建立和发展的前提。它包括各类数据的获取、传输、校正(幅射校正及几何校正等)、特征信息提取、地场分类、分析、模拟、可视化、

直观化、专业化及各种形式输出技术的理论和方法。在这方面,技术不是唯一的,也不是最主要的。在理论和方法上要研究的东西还很多,也很重要。

2.3 数字集成技术系统

地球信息的数字化是遥感、GIS、GPS 的获取、处理、传输、分析和综合的前提,也是这此技术得以迅速发展的关键。在信息数字化的基础上,集成技术系统的研究十分重要,它包括硬件、软件、数据管理和网络等多方面的集成技术及其相关的理论和方法。

2.4 信息共享中的技术问题

地球信息共享不仅有政策、法规和管理方面问题,也包括许多要实现信息共享所必须解决的技术问题,例如:GIS 标准化与规范化,信息压缩与解压缩(尤其在图像传输中)、分布式信息系统及其远距离操作,网络上的数据管理技术,软、硬件平台与环境,多媒体信息系统与集成技术,以及地球信息的共享处理技术等。

2.5 应用技术

在信息采集、传输、处理和共享的基础上,应用技术的发展是发挥信息作用的关键。这些应用技术的面很广,包括资源、环境、社会和经济等方面的应用技术,也包括远距离观测、会商、研究、决策、数据集成和综合显示技术、以及对各种不类型数据的评价研究、全球变化、区域规划与可持续发展等。应用技术的发展首先取决于广泛的应用基础、也取决于应用技术系统的研究与发展。

2.6 有关的软科学研究

就软科学研究领域而言,有关的技术政策、产业化政策、部门间协调和管理政策、地球信息共享政策及其与知识产权保护的关系等,这些对于地球信息科学的顺利发展也是十分重要的。

从上述研究内容可以看出,地球信息科学是多学科交叉和融合而成的新学科。这些学科包括地学、信息、系统和非线性科学等,

它的研究对象当然是地球。可以说地球信息科学是地学的重要组成部分,但反过来也可以说地学是地球信息科学的重要组成部分,因为地球信息科学是地学、系统学和信息学的融合,是研究地球信息系统信息的理论、方法、技术和应用的学科,是地学研究适应社会信息化和建设信息社会的体现,因此它是国家和国民经济信息化的一个重要组成部分。国家和国民经济信息化包括资源、环境、社会及经济等许多方面。资源与环境本身就属地学的范畴,而社会和经济的空间分布也属地学范畴,因此涉及地学的信息具有十分重要的地位,要实现地球科学的信息化,首先要用遥感、遥测及 GIS 等手段获得信息;用计算机、GIS、数据库及专家系统等存贮、管理、处理和分析信息;再用通信卫星及光纤等传输信息。总之,要快速和高保真地获取、处理、传输、存贮、分析、应用和管理大容量的地球空间信息的全过程。

3 地球信息科学的作用与应用前景

信息是产品,更是资本,已经形成了新的产业。信息与空间技术的发展是本世纪科学技术发展的两大标志。

由于地球信息在国家和国民经济信息中的重要地位,因此,地球信息科学的形成,必将对实现社会、国家和国民经济信息化有不可估量的促进作用,成为提高国民经济管理水平、提高资源与环境管理效益的重要手段,为区域和社会经济的可持续发展提供理论基础和决策辅助。由于它的形成为信息共享创造了必要的条件,节省了大量的人力、物力、财力和时间。除了信息的共享外,还有软件与硬件等资源的共享,使大范围及至全球范围内的同步观测、远距离观测、远距离教育和决策得以实现。它将改变时、空的约束,使人类更全面和科学地认识地球及改造地球。

水利是国民经济的基础产业,与地学有着极其密切的关系。地球信(下转第 22 页)

$$0.0485 \sin 2\pi \frac{1}{6} t + 0.8333 x_{t-1} - 0.3781 x_{t-2} + 0.1351 x_{t-3} \quad (4)$$

3 结 论

a. 岩溶地下水运动特点有:岩溶含水介质具有多重性。裂隙流与管道流并存;层流与紊流并存;线性流与非线性流并存;连续水流与孤立水体并存等特殊水流的运动规律。

b. 在南方岩溶地区,地下水流以管道流为主或管道流与裂隙流并存,一般不符合达西定律。北方岩溶地区,以裂隙流为主,具有宏观渗流性质。

c. 一般的数值方法常用于裂隙流为主的地区。单元网络数学模拟适用于管道流与裂隙流并存地区。用系统分析方法建立的水文模型适用于不具备岩溶地下水的实测资料,但有地表水系统观测资料的地区,随机方法适用于积累了长期的实测资料而水文地质条件尚未查清的地区。

(上接第 5 页)

息科学的技术基础,如遥感、GIS、GPS、计算机通信网络、遥测、卫星通信等在水利行业的应用十分广泛。水利工作者不仅要关注地球信息科学的产生,也要为这一 21 世纪的新学科的发展作出贡献。

参考文献

- 1 Michael F. Goodchild. Future direction for geographic information science. In: Proceedings of Geo-Informatics '95, Hong Kong, 1995
- 2 Chen Shupeng. Geo-informatics and regional sustainable development. Beijing: Surveying and Mapping Publications, 1995
- 3 陈述彭,承继成,何建邦. 地理信息系统的基础研究——地球信息科学. 见:资源与环境信息系统国家重点实验室第三届学术委员会第一次会议文件汇编,北京,1997

(收稿日期:1997-12-29 编辑:许宇鹏)

参考文献

- 1 韩行瑞等.岩溶水系统.北京:地质出版社,1993
- 2 邹成杰等.水利水电岩溶工程地质.北京:水利电力出版社,1994
- 3 朱远峰.中国岩溶水系统和岩溶水资源研究进展.见:地矿部环境地质研究所主编.工程地质、水文地质、环境地质论文集.北京:地震出版社,1993.194~199
- 4 钱孝星等.岩溶裂隙水地区某水库的渗漏计算.河海大学学报,1989,17(3):58~63
- 5 夏日元等.岩溶地下水系统单元网络数学模拟方法研究.中国岩溶,1992,11(4):267~278
- 6 庄一筠等.新安江模型在岩溶地区的应用.河海大学学报,1989,17(4):43~50
- 7 朱学愚等.地下水资源评价.南京:南京大学出版社,1987
- 8 马善才等.随机模拟在岩溶地下水系统水位预报及开采资源评价中的应用.工程勘察,1995,(5):32~38

(收稿日期:1996-11-08 编辑:许宇鹏)

(上接第 14 页)

站都可能受到水力共振的威胁。为了消除或减小水力共振发生的可能性,在水电站水力设计中应进行水力振动分析。

依照文中所述的方法和步骤进行自由振动和强迫振动分析,可以评估水力系统的水力振动特性,在某种程度上预测水力共振发生的可能性,保证水力系统安全和正常运行。

参考文献

- 1 周建旭.水电站有压输水系统水力振动分析:[学位论文].南京:河海大学,1996
- 2 Wylie E B, Streeter V L, Suo Lisheng. Fluid transients in systems. Prentice Hall Inc., 1993

(收稿日期:1997-10-11 编辑:张志琴)

