

⑤ 3S 集成及其在水利工程中的应用

24-28 张友静 李 浩[✓] 丁贤荣 杨光明 TV-39

(河海大学土木工程学院 南京 210098)

摘要 论述遥感、地理信息系统和全球定位系统的技术特点和发展趋势。探讨 3S 的两种主要集成方式:以地理信息系统为中心的集成系统和以遥感为中心的集成系统。根据当前 3S 集成的技术水平,阐述 3S 的三种集成模型及特点。并简要介绍 3S 在水利工程中的应用情况。

关键词 遥感 地理信息系统 全球定位系统 集成系统 水利工程

遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)这三门学科或技术,经过数十年各自独立与平行的发展,到 90 年代逐步走向综合。这种综合称为一体化或集成。因此,3S 集成就是 RS、GIS、GPS 综合的简单、通俗的称谓。关于更为科学、严谨的名称至今尚未统一。有人基于这三门学科都是分析、研究具有空间内涵的地学数据,而提出地学信息学(geomatics);也有人基于上述学科所接收的信息都是通过图(包括数字的)或像的,而称其为图像信息学(iconic information)。今年国家自然科学基金上则仍以遥感、地理信息系统、全球定位系统集成作为这一边缘学科的名称。该学科的一般定义可表述如下:通过各种非接触传感器,感知物体及其环境,并对所获取的信息进行存储、分析、解释和利用的一门科学^[1]。

由此可见,3S 集成是整个信息科学的重要组成部分。它在 90 年代一经提出,即得到各界高度重视。1992 年亚太经社会第 48 次会议指出:"会议认为 RS 与 GIS 技术已成为环境监测、减轻自然灾害、管理自然资源和使其可持续发展的必不可少的工具,并成为跨学科的应用技术。"美国摄影测量和遥感学会在

1992 年年会中提出:"十分重视摄影测量、遥感和地理信息系统的结合。"我国则将 3S 集成与应用列入国家"九五"重点攻关项目。而近几年来,3S 集成应用的实例也多有报道,充分显示了这门边缘学科的强大活力。

1 3S 的技术特点与发展趋势

3S 走向集成是各自技术和发展趋势所决定的。

1.1 遥感技术特点与发展趋势

遥感(remote sensing)是 60 年代初由美国 Pruitt 提出的名称,1962 年美国地理学会正式公开使用。1972 年美国陆地卫星发射成功,MSS 图像获得巨大效益,得到世界范围的认可和支持,使遥感成为一门高新技术并得以长足发展。其技术特点和发展趋势为:远距离至外层空间的遥感平台,极大地拓展了人们的视野,使人们可从更新的高度观测和认识地球上的资源与环境。它对地观测的空间分辨率从 10^0 m 至 10^3 m,形成了多级分辨率的数字影像金字塔序列,提供了从粗到精的对地观测数据源,以适应不同目的的应用需求。

新型传感器不断涌现,它提高了人们对地物的认识能力。由于不同地物在不同波谱

第一作者简介:张友静,男,副教授,从事水利遥感与地理信息系统应用研究,曾发表《流域水环境信息系统》等论文。

段具有不同的发射或反射能力,因而相应于各波谱段的高精度传感器的出现,使人们可根据地物在各谱段传感器上的响应,对地物性质进行综合判断,提高对地物的识别精度。当前发展的新一代传感器,有两方面的动向,一是为提高光谱分辨率,而加速研制成像光谱仪,如美国 EDS 地球观测系统空间站计划研制 192 个波段的高分辨率成像光谱仪(HIRIS)等;另一动向是合成孔径雷达(SAR 即 synthetic aperture radar)的应用。SAR 具有全天候、高分辨率和一定穿透能力的特点,在海洋资源与环境研究、土壤含水量测定和地层探矿等方面具有显著的应用价值和应用潜力。90 年代以来纷纷列入各国的航天遥感计划中。如美国在航天飞机上相继装备了 SIR-A, SIR-B, SIR-C, 欧洲空间中心的 ERS-1 和 JERS-1 等卫星上也都装有 SAR,即将发射的加拿大雷达卫星上也装有 SAR。

重复对地观测的多时相性这一特点对于研究资源与环境的时间变化十分重要。它为人们提供了长期、系统和动态的对地观测数据。也是人们研究全球变化,进行荒漠化研究、洪水与旱情监测、作物估产等的重要信息源。

遥感技术未来的发展,将是尽可能地集多种传感器、多级分辨率、多谱段和多时相于一个遥感平台,并将 GPS 等技术和快速数据处理系统结合成智能性传感器,从而以更快的速度、更高的精度和更大的信息量提供对地观测数据。

1.2 地理信息系统的技术特点与发展趋势

地理信息系统(geographic information system)这一术语是由加拿大测量学家 R. T. Tomlinson 于 1963 年提出的。此后建立了世界上第一个 GIS 系统——加拿大地理信息系统,用于自然资源的管理与规划。经过二十多年的研究、开发与应用,已在社会、军事、经济和行政管理各部门全面发展和推广。我国近年来的 GIS 热,正是这一发展的表现。

GIS 技术特点之一是同时管理和处理空间数据和属性数据。这是数据库管理系统

DBMS 所难以胜任的。由于资源与环境信息都与空间位置紧密相关,因此人们可利用 GIS 对庞大、复杂的时、空数据进行采集、贮存、管理和分析、应用。

GIS 技术特点之二是具有空间分析功能。它可进行空间数据的多重属性叠合分析、拓扑分析和属性数据的空间查询分析等,从而创造了一种崭新的地学分析方法。

GIS 技术特点之三, GIS 是基于计算机工作平台的技术系统。它使地学分析建立在高速的数据处理基础上,并可容纳多种信息分析的成果如专家系统等人工智能领域的成果,从而提高了信息生成的速度和质量。

GIS 的发展趋势主要有以下几点^[2-3]:

a. 建立集图像、图形和属性数据于一体的 GIS 数据结构和数据模型。

b. 研究基于不同分辨率、不同精度、不同时间和“独立比例尺”的 GIS,以满足一库多用。

c. 适于多种数据源的数据处理系统与多种应用模型集成化的 GIS。

d. 建立真三维和带时间坐标的四维 GIS。

e. 数据与信息的自动采集与快速更新。

1.3 GPS 的技术特点

GPS(global positioning system)是美国 70 年代初开始研制的新一代卫星无线电导航和定位系统。它具有高精度的、全天候实时定位能力,既可直接获取地理信息,也可用以确定各种传感器的位置,因而具有极高的应用价值。

GPS 技术系统的空间部分由 24 颗卫星组成。这些卫星分布在 6 个倾角为 55°的轨道上,每个轨道有 4 颗卫星。轨道平均高度为 20 200 km,12 恒星时绕地球一周。这种布局可保证地球上任一点在任一时刻可收到 4 颗以上卫星信号,从而实现瞬时定位。其静态定位精度可达毫米级,动态定位精度可达分米级。但由于 GPS 的巨大军事价值,美国政府采用了 SA(selective availability)技术和

AS(anti-spoofing)技术。前者人为地在广播星历和卫星钟频信号中加入误差,使实时定位精度降到 $\pm 100\text{ m}$;后者则在精码(P码)中加入保密的W码而形成Y码,使非特许用户不能使用。美国的GPS政策严重损害了一般用户实时单点定位精度,限制了GPS的广泛应用,同时也给GPS地面技术系统特别是数据处理系统增加了复杂性。近年来,一般用户正在积极探求消除SA技术所造成误差的方法。目前广泛采用的基于载波相位测量的实时差分动态测量技术^[4]就是大幅度提高实时定位精度的有效方法。

实时差分GPS技术包括:①单差法,即2台分别位于两地的接收机对同一GPS卫星于同一时刻所作载波相位测量之差;②双差法,2台接收机在同一时刻对2颗卫星共视所得载波相位测量之差;③三差法,2台接收机在两个不同时刻对2颗卫星作载波相位测量之差,即两个双差值之差。此外,根据差分改正的方法和数学模型还可分为:单基准站差分GPS;多基准站局部区域差分 and 广域差分。上述方法成功应用,大幅度地提高了实时GPS定位精度。目前GPS静态定位精度在35000km长基线上的三维位置误差仅为 $\pm 3\text{ cm}$,而当用户GPS离基准站不太远的情况下,其动态定位精度可达毫米级。

GPS技术的发展趋势仍是集中于消除SA技术对定位精度的影响;研究差分GPS系统中各项误差的估计方法等。而建立我国自己的GPS卫星跟踪网,则是消除SA技术影响的根本方法。

2 3S集成

由3S各自的技术特点和发展趋势可见,它们相互依赖、相互需要、相互支持的趋势愈来愈明显,各技术的联合应用日趋增多,集成理论的探索也日益深化。到90年代初期,各技术系统逐步走向综合或集成,充分显示了学科发展从细分走向综合的规律。

就3S集成的方式来看,一般可有两种方

式^[5]。其一是以GIS为中心的集成系统,RS和GPS作为系统的重要信息源和更新手段,充实系统的信息和加强系统信息提取功能,以不断保持系统的现势性;反过来,GIS则为遥感的信息提取提供辅助信息和专家思维,提高遥感识别精度各可靠性,并为GPS定位点上所采集的各种数据提供管理、分析、制图等手段。其二是以遥感图像处理系统为中心的集成。该集成系统的特征是数据处理和信息提取。GIS和GPS是为遥感影像处理服务的,如GPS和RS结合,可提高遥感对地观测精度,实现对地动态监测等。

就3S集成的模式看,根据其集成类型和技术水平可以有以下几种模式:

a. 独立平行的结合模式。各技术系统拥有自己的用户界面、数据库和工具库,而在其内部通过数据通讯实现相互结合。如河海大学的ERDAS和ARC/INFO系统;武汉测绘科技大学的ARIES图像处理系统+GPS+GIS等。

b. 三者合一、各取一部的结合模式。这里的合一,并非真正意义上的系统融合,而是三者具有统一的用户界面,但各自仍拥有自己的数据库和工具库。各取一部,是取各技术系统之特点,构成专题性实用型的集成系统。如“八五”国家科技攻关所建立的主要农作物估产系统、重大自然灾害的监测与评估系统等。

c. 整体结合的模式,即三者完全合一。这种结合要求集成系统具有统一的用户界面、统一的数据模型和统一的数据库管理系统及工具库,可同时实现对图形和图像数据的处理,GPS直接与系统相接,为实时动态监测提供定位和导航。如面向对象的数据模型和GIS研究即是一例^[7]。这种模式的研究刚起步,是目前该领域的科学前沿。

3 3S集成系统在水利工程中的应用

3S及集成系统的技术特点,显示了它在数据获取、数据处理和信息提取与应用方面

的巨大优势和发展潜力,并为水利科学的研究和应用提供了新的思路 and 手段。

3.1 在水文水资源中的应用

3S集成系统在水文水资源中的应用主要有以下几个方面:

a. 与水文模型的有机结合。将水文模型作为应用模型纳入系统模型库,为模型数据管理、数据更新和信息输出提供服务;并以空间分析为模型参数的提取与估计提供新的手段。如大中尺度水文下垫面要素复杂且多样化,在传统的按水系描述模型参数的基础上,利用 RS 和 GIS 的技术特点,采用网格式描述体系,对水文下垫面要素进行叠合分析,建立下垫面综合特征与模型参数的关系,从而推求出基于 RS-GIS 集成系统的大中尺度水文模型参数^[6]。

b. 水资源开发规划和运行管理。流域水资源开发活动,不仅影响人类本身,也影响着人们生存的资源与环境。应用 3S 集成技术研制流域水开发与运行管理决策支持系统,不仅可为水资源开发活动提供快速、客观、准确的决策依据,而且可为水利工程的运行管理提供源源不断的更新信息和决策信息^[9]。例如,爱尔兰开发的流域水管理决策支持系统就是将集成系统与流域水量及水质模型结合起来,通过数据采集编码、管理和数据处理、信息提取等子系统,客观详细、准确地提供流域各主要河段的水量、水质现状及预测,为水管理决策提供依据。

此外还可利用 3S 集成技术进行有关理论研究,如模拟水文过程的空间变化;面分布单位线的研究;森林水文学研究等^[10]。

3.2 在洪灾和旱灾监测与评估中的应用

在洪水灾害方面,联合应用 NOAA, FY-1, TM 和 SAR 等遥感数据,在 GIS 的支持下,结合 GPS 的定位与导航,进行遥感图像处理,解决水体识别、云影消除、洪水进程监测与分析、行洪障碍调查、淹没损失评估等,并于 1991 年在太湖流域、1993 年在黄河下游、1994 年在福建和广东均进行了洪水灾害

应急反应的实际应用,受到了广泛的好评。

在干旱灾害方面,以 NOAA 数据为主要信息源,通过建立日蒸发散估算方程和热惯量模型解决了干旱信息的提取,应用 TOVS 资料,结合气溶胶模型和大气辐射传输模型,解决了大气订正的难题,实现了遥感数据的定量反演模拟。而以 GPS 为导航、定位的车载、机载旱情调查、监测系统的应用,则将为提高旱情监测的精度和可靠性提供有力的保证。1993 年和 1994 年春,在黄淮海大面积干旱灾害监测中,集成系统作出了分县受灾面积和灾害评估^[2]。

3.3 在流域土壤侵蚀和水土保持中的应用

在流域土壤侵蚀调查和研究中,以资源卫星为主的遥感数据,在 GIS 和专家系统的支持下,分析流域下垫面结构与组成要素,进行下垫面土壤侵蚀分区,提取模型参数,准确有效对流域产沙进行模拟,取得了很好的效果,在此基础上,建立流域土壤侵蚀信息系统,为流域水土保持规划,小流域综合治理提供依据。

3.4 在水库、湖泊、河口水下地形测量中的应用

我国水库、湖泊众多,但淤积严重,有效库容大大减小。准确掌握有效库容对于调洪、发电、航运等十分重要。在 RS-GIS-GPS 集成系统的支持下,既可利用旱季多时相遥感数据和 GIS 对水库库容进行粗略分析,也可利用船载 GPS-DFS(双频测深仪)直接进行水下地形测量,并在 GIS 支持下,进行分析和制图。从而快速、精确地得出水下地形和有效库容。

此外,3S 集成系统还可应用于泥石流预报、干旱地区水资源分析^[8]、水库移民环境容量分析以及水利工程的环境影响评价,河道、海岸演变分析等。

3S 集成作为信息科学的重要组成部分,愈来愈受到各相关学科的高度重视,并得到广泛深入研究与应用。它以其特有的空间信息分析功能,成为空间信息生产的重要手段。

就目前而言,3S集成仅仅是一种有效的信息分析工具,它不可能解决决策与管理科学中的所有问题,也不可替代具有一定理论基础和物理概念的模型和合理有效的分析方法。但可以预见,随着3S集成水平的提高与完善,3S集成必将影响和推动水利各相关学科的发展。例如,由3S集成系统提供的更为详尽的流域下垫面信息和土壤含水量数据,将会加强概念性水文模型的物理基础。又如水利工程建设对环境的影响评价,将在3S集成系统的支持下,得出更为客观、准确地结论。21世纪是信息时代,随着人们对水利信息需求的日益广泛和深入,水利信息学的出现将成为必然。3S集成作为信息生产与管理的重要工具之一,必将成为水利信息学的重要组成部分和技术支撑。

参考文献

- 1 王之卓.遥感、地理信息系统和全球定位系统的发展过程及其集成.见:杜道生等编.“三S”集成与应用.北京:测绘出版社,1995.1~8

- 2 何建邦等.中国地理信息系统发展回顾.见:陈述彭等编.地理信息系统的发展与前景.北京:科学出版社,1993.18~24
- 3 李德仁等.地理信息系统导论.北京:测绘出版社,1993
- 4 刘基余.GPS动态载波相位测量定位.导航,1994(3):14~17
- 5 舒宁.新型传感器与3S集成.见:杜道生等编.“三S”集成与应用.北京:测绘出版社,1995:195~199
- 6 刘新仁.大尺度水文模型研究.见:赵光恒等编.河海大学科技进展(1991~1995).南京:河海大学出版社,1995.9~12
- 7 龚健雅.整体SIS的数据组成与处理方法.武汉:武汉测绘科技大学出版社,1993
- 8 李冬田.环境地质时空信息系统研究.见:赵光恒等编.河海大学科技进展(1991~1995).南京:河海大学出版社,1995.161~163
- 9 张友静.流域水环境信息系统.见:当代科技前沿百科全书(地球科学卷).北京:致公出版社,1996
- 10 张友静等.森林对径流特征值影响的遥感分析.南京林业大学学报,1996(2):34~38

(收稿日期:1997-04-29 编辑:许宇鹏)

(上接第11页)

一期土石围堰已于1997年4月拆除,导流明渠于1997年5月通水,7~9月试通航。已于10月5日正式通航。1998年6月,二期上、下游围堰要填筑到设计高程,上游围堰高82.5m(堰顶高程88.5m),下游围堰高70.5m(堰顶高程80.5m)。土石方填筑量1060万 m^3 ,混凝土防渗墙挡水面积9.22万 m^2 。

二期上、下游横向围堰及戗堤已于1996年11月开始预进占。为了满足通航的要求,1997年汛期戗堤的口门不能缩得太窄,规定上游围堰戗堤口门宽460m,下游围堰戗堤口门宽540m,平抛护底高程都不高于40m,则在长江流量45000 m^3/s 的情况下,口门最大流速3.62m/s,比降小于3‰。长江轮船在航道比降3‰,流速小于或等于4m/s情况下可

以安全通航。

经水工模型试验和计算分析,在龙口先平抛护底至40m高程,底部抛砂砾石,中层抛碎石,上层抛块石,堤头抛石渣料或均匀块石进占。戗堤顶宽采用30m,可容3~4辆大型自卸汽车同时抛石。龙口束窄至50m形成三角形断面时,抛1m大块石及0.4~0.7m块石在堤头上游形成挑角,块石碎石尾随进占。两岸向中间进占,日平均抛投强度5万 m^3 ,预计10天完成截流。

施工单位已经具有葛洲坝水利枢纽大江截流的丰富经验。我们深信,长江三峡工程一定能够按计划完成截流任务,在世界坝工史上树立新的里程碑。

(收稿日期:1997-09-01 编辑:马敏峰)