

数字地球

崔伟宏 主编



中国环境科学出版社

数字地球

崔伟宏 主编

中国环境科学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

人类对地球观测的历史,是从地面观测到航空、航天观测,又发展到网上观测的新阶段。人类社会发展史是从农业社会、工业社会发展到信息社会,这个重要标志是“数字地球”。我国政府对“数字地球”高度重视,我国科技界去年下半年以来,对“数字地球”的发展战略、理论和方法展开热烈的讨论。文集汇集了“数字地球”发展的战略以及理论、方法、技术、应用等领域的 24 篇论文。这些论文对推动我国“数字地球”发展、建设有重要的帮助。

本书可供从事“数字地球”研究、建设的科学和工程技术人员、管理人员以及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字地球/崔伟宏主编,一北京:中国环境科学出版社,1999.7
ISBN 7-80135-831-7

I. 数... II. 崔... III. 地理信息系统-研究 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 18928 号

中国环境科学出版社出版发行
(100035 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京地质印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

1999 年 7 月第 一 版	开本 787×1092 1/16
1999 年 7 月第一次印刷	印张 12.5
印数 001-1000	字数 280 千字

“数字地球”编委会

主 任 陈述彭 郭华东

主 编 崔伟宏

编 委 史文中 孙志鸿 孙 枢 刘若梅 李 琦 汪懋华
吴忠良 陈述彭 陈 军 陈运泰 杨崇俊 徐冠华
郭华东 郭达志 崔伟宏 蒋亚平 蒋景瞳

(以姓氏笔划为序)

编辑组 李小娟 闫 君 张圣凯 吴晓清

Editor Committee of ‘Digital Earth’

Director Chen Shupeng Guo Huadong

Chief Editor Cui Weihong

Editor Committee

Shi Wenzhong	Sun Zhihong	Sun Shu
Liu Ruomei	Li Qi	Wang Maohua
Wu Zhongliang	Chen Shupeng	Chen Jun
Chen Yuntai	Yang Chongjun	Xu Guanhua
Guo Huadong	Guo Dazhi	Cui Weihong
Jiang Yaping	Jiang Jingtong	

Editor Group

Li Xiaojuan Yan Jun Zhang Shengkai Wu Xiaoqing

前 言

“数字地球”(Digital Earth)的提出,立即引起了全世界广泛关注,“数字地球”对于促进国民经济建设发展,满足社会发展的需要以及迎接 21 世纪信息社会的挑战具有重要意义。

江泽民总书记在接见两院院士时就明确提出了“数字地球”战略意义。国家科技部徐冠华副部长连续发表了两篇关于“数字地球”的论文,不仅反映了我国政府对“数字地球”的高度重视,同时也提出了在中国实行“数字地球”计划的可能性,部署了下一步建立“数字地球”的行动措施。

我国科技界自去年下半年以来,对“数字地球”的学术讨论十分活跃。中国科学院遥感应用研究所、国家遥感应用工程技术研究中心、中国科学院地理研究所、北京大学、国家基础地理信息中心和中国测绘科学研究院等有关部门和单位都相继开展了“数字地球”研讨会,热烈讨论了数字地球的发展方向以及理论、方法和手段,在讨论中各抒己见、百花齐放,学术空气异常活跃。其中虽然有些意见还不够成熟,但确有不少真知灼见,同时具有相当丰富的实践基础。为了进一步深入开展学术交流,从国家需求的高度和科学发展的高度,来认识“数字地球”,推动“数字地球”,促进中国的“数字地球”计划,特将有关论文汇编成《数字地球》文集,其中除遥感应用研究所一批年青的博士们写的论文以外,还吸收一些著名专家学者的论文,即包括徐冠华院士、陈述彭院士、孙枢院士、陈运泰院士、汪懋华院士和吴忠良副所长的论文,台湾、香港以及大陆其他知名专家的论文。这样就使此文集能够站在国际前沿的高度来审视,研究和探讨“数字地球”的发展战略、理论、方法、技术和工程。应该指出,在我国实现“数字地球”的基础条件,如高分辨率的卫星影像、大容量的计算机、宽带网络以及国家空间信息基础设施(NSDI)等,仍然滞后于发达国家,但是只要我们能够看准方向,把握机遇,走自己的路,实现技术跨越,积极推动和促进中国“数字地球”计划是完全可能的。

我们非常感谢陈述彭院士、郭华东所长担任本文集的编委会主任,对文集给予积极支持、悉心指导。感谢各位专家担任编委,并将他们的论文放在本文集中发表,有力地提高了文集的科学含量和深度,感谢国家遥感应用工程技术研究中心杨崇俊常务副主任对本文集的鼓励和支持,感谢中国图象图形编辑部、遥感学报编辑部、地理信息编辑部和科学新闻周刊编辑部的大力支持和帮助。

编者 1999 年 6 月

目 录

全社会要高度关注“数字地球”	徐冠华 (1)
面向 21 世纪的地球信息科学	陈述彭 (4)
迎接“数字地球”的挑战	徐冠华、孙 枢、陈运泰、吴忠良 (6)
“数字地球”离我们并不遥远	郭华东 (13)
“数字地球”科学工程	崔伟宏、李小娟 (14)
“数字地球”的雏形——WebGIS 的设计与实现	李 琦、杨超伟、王京傲 (20)
A Spatio-temporal Model for ‘Digital Earth’	WenZhong Shi and Matthew Y.C.Pang (36)
“精细农作”技术发展与农业装备技术创新	汪懋华 (47)
多尺度空间数据基础设施的建设与发展	陈 军 (55)
空间数据基础设施建设中的地理信息标准化问题	刘若梅、蒋景瞳 (64)
“数字地球”与三维地理信息系统	郭达志 (71)
利用网际网路建立全球环境变迁与永续发展环境资料库作为“数字地球”的支撑	孙志鸿、林祥伟 (79)
“数字地球”周年综述	杨崇俊 (96)
营造“第四媒体”迎接世纪挑战	蒋亚平、李天峻 (107)
“数字地球”与地理应用对象的互操作	闫 君、崔伟宏 (109)
“数字地球”中地理信息元数据的标准化探讨	冯 泉 (114)
“数字地球”及其时空维	王晓栋、崔伟宏 (121)
现代地图可视化与“数字地球”	王全科 (129)
虚拟现实与“数字地球”	李红沓、崔伟宏 (137)
“数字地球”数据模型与数据结构研究	李小娟、崔伟宏 (146)
“第四媒体”与“数字地球”	李天峻、闫 君 (152)
建立“数字地球”农业科学工程的探讨	崔伟宏、李小娟 (157)
城市数字交通工程研究	陆 锋、崔伟宏 (165)
用“数字地球”支持可持续发展规划与管理	张显峰 (174)
“数字地球”国内外网站	崔伟宏、冯 泉、闫 君 (183)

Contents

Pay Much Attention to the ‘Digital Earth’	Xu Guanhua	(1)
Geoinformatics in 21 Century	Chen Shupeng	(4)
Meeting to the Challenge of ‘Digital Earth’		
.....Xu Guanhua Sun Shu Chen Yuntai Wu Zhongliang		(6)
‘Digital Earth’, Just around Us	Guo Huadong	(13)
Scientific Engineering of ‘Digital Earth’	Cui Weihong Li Xiaojuan	(14)
The Prototype of ‘Digital Earth’——The Design and Implementation of WebGIS		
..... Li Qi Yang Chaowei Wang Jingao		(20)
A Spatio-temporal Model for ‘Digital Earth’	Wenzhong Shi Matthew Y.C.Pang	(36)
The Technological Advance and Equipment Innovation in the ‘Precision Agriculture’		
..... Wang Maohua		(47)
Construction and Development of Multi-Scale Spatial Data Infrastructure	Chen Jun	(55)
Geographic Information Standardization for the National Spatial Data Infrastructure		
..... Liu Ruomei Jiang Jingtong		(64)
‘Digital Earth’ and 3-D Geographical Information Systems	Guo Dazhi	(71)
Constructing the Database of the Global Environment Changing for ‘Digital Earth’ based on Internet	Sun Zhihong Lin Xiangwei	(79)
Anniversary Summarizing of the ‘Digital Earth’	Yang Chongjun	(96)
Constructing the ‘Fourth Media’ for the Challeng of the Next Century		
.....Jiang Yaping Li Tianjun		(107)
‘Digital Earth’ and the Interoperability of Geographic Application Objects		
.....Yan Jun Cui Weihong		(109)
Discussion of Normalization of Geographic Information Metadata in ‘Digital Earth’		
.....Feng Quan		(114)
The ‘Digital Earth’ and Its Spatio-Temporal Dimensions		
..... Wang Xiaodong Cui Weihong		(121)
Modern Cartographic Visualization and ‘Digital Earth’	Wang Quanke	(129)
Virtual Reality in ‘ Digital Earth’	Li Hongga Cui Weihong	(137)
Data Model and Data Structure of ‘Digital Earth’	Li Xiaojuan Cui Weihong	(146)
‘The Fourth Media’ and ‘Digital Earth’	Li Tianjun Yan Jun	(152)
Research on the Agriculture Scientific engineering of ‘Digital Earth’		
.....Cui WeiHong Li Xiaojuan		(157)
Research on Urban Digital Transportation Engineering	Lu Feng Cui Weihong	(165)
Planning And Decision-Making For Sustainable Development Based On ‘Digital Earth’ Framework	Zhang Xianfeng	(174)
Web Site of the ‘Digital Earth’	Cui Weihong Feng Quan Yan Jun	(183)

全社会要高度关注“数字地球”*

徐冠华

(国家科技部副部长 中国科学院院士, 北京 100862)

- 要从国家战略的高度来看“数字地球”的必要性和紧迫性, 将中国“数字地球”计划尽早提到日程上来
- 只要做到统一规划、集中攻关, 促进我国“数字地球”的发展是完全可能的

“数字地球”是一个很重要的问题, 中国科学院对这个问题的关注是长期的, 陈述彭院士和王之卓院士很早就对有关地球空间信息数字化问题给予了高度的关注。中科院地学部也做了很多工作, 特别是开展地学发展战略的研究, 把数据共享的问题提到很高的高度来认识, 并且提出一些解决办法。中科院学部主席团和学部联合办公室, 都对这件事情给予了大力支持, 路甬祥同志也一再表示中国科学院对这件事的高度重视。下面我想谈几点看法:

第一, 从国家战略的高度来看“数字地球”问题的必要性和紧迫性

各国的战略计划, 如美、俄的登月计划以及长期固定载人空间站计划等, 都是从各自的全球战略利益出发考虑和决定的。中国当然需要从我国利益出发, 对这些计划做出必要的反应。有些从我们的需要和可能来讲就不能够做, 有些就有必要做出反应。我认为我们对于“数字地球”构想及所支持的地理空间数据基础设施建设等应当做出反应。这是从我国的国家利益来考虑, 主要基于几个方面:

1. 国家可持续发展的要求

我国正在面临着越来越尖锐的资源和环境问题。去年水灾引人注目, 黄河严重断流的现象引起社会各界的广泛关注; 我国耕地面积在减少, 荒漠化过程在加剧, 诸如这些问题, 都是非常重要而且亟待解决的问题。但是现在对这些问题往往是个别地做出反应, 在某种程度上是头疼医头、脚疼医脚。现在有的部门提出要搞灾害评估系统, 有的要搞耕地监测系统, 有的要搞农作物估产系统, 但每个系统都有结构和功能的局限性, 而且也造成了大量工作重复, 浪费了我国有限的人力、财力、物力资源, 进一步会影响它的发展。所以必须要从更宏观的角度来考虑这些问题, 在这方面, “数字地球”为我们提供了一个新的思路。它一方面立足于支持国家的整体可持续发展, 一方面和全球变化、资源、环境研究的一体化以及国际经济一体化过程紧密地联系起来。从这个意义上讲, 这项工作早晚得做。晚做就会浪费更多的资源, 早做可以取得更多的主动。

* 本文原载科学新闻周刊, 1999 年, 第 1 期。

2. 国家经济发展的需要

我国先后搞了几个金字工程，这些带金字的工程很多都是和空间数据密切相关，从长远着想在建设过程中应予以充分考虑。据我所知，人类生活中的数据有 80%和空间数据有关，所以，全球的信息系统如果不能提供与地理空间有关的信息，这个信息系统一定是不完善的。回过头来看，美国在 1993 年提出国家信息基础设施建设，在 1994 年提出了国家空间信息基础设施建议，在 1998 年又提出了“数字地球”的概念，有其必然性，是从经济、社会、可持续发展各方面考虑做出的重大战略决策。所以，我们也应当从战略上对这个问题的必要性和紧迫性有所认识。

3. 国家安全的需要

第二，关于提出并实现中国“数字地球”计划的可能性

这个问题归根结底是工业化和信息化关系问题。有的同志认为中国在还没完成工业化时不能大搞信息化。实质上，这是中国经济能不能在某些领域跨越传统的发展模式、先走一步的问题。我认为从历史的角度看，技术跨越是必要的、可行的，而且往往是落后国家追赶先进国家的必要手段。回忆历史，在工业革命开始时，英国由于很快推广了蒸汽机技术，在很短时间内成为世界第一工业强国和当时的科学技术中心；以后几十年间，德国发展了自己独特的钢铁工业，特别是发展了自己的煤化学和化学合成工业，并且成为主要出口产业，因此到十九世纪末叶，德国取代英国成为当时最强的工业国和科学技术中心；以后美国在普及电力和内燃机基础上，迅速赶上其它国家，成为世界经济和科学技术中心，并且不断创新，一直保持领先地位。历史提示我们，科技进步是使一个国家从落后赶上发达国家的必要手段。近代和现代，我国已经几次痛失发展时机，信息时代的到来为我们提供了一个追赶发达国家的宝贵机遇，如果再次失掉发展机遇，我们既无法告慰前人，更无法面对子孙。有的同志担心，是不是又想搞大跃进？我认为，技术跨越和大跃进在本质上不同。大跃进是低技术水平产业的外延式膨胀，技术跨越集中于技术突破，是局部质变延深到整个经济系统的更新。当然，也不是说中国在所有技术领域都要跨越，而是考虑到我们的需要和可能，在某个领域集中突破。

“数字地球”所涵盖的领域正是面临重大技术突破的领域。目前，为“数字地球”提供信息支撑的对地观测卫星技术已取得重大进展，制造和发射对地观测卫星已不需要巨额投资；小卫星系列可以提供高质量、短周期的数据，而成本只需亿元或数亿元，高速宽带网可以在不大量增加投资的条件下，实时传输多媒体数据。因此，为“数字地球”提供主要支撑的信息基础设施已不存在重大技术和经济障碍，只要做好统一规划、集中攻关，促进“数字地球”的发展是完全可能的。

第三，下一步应当采取的措施

1. 我建议首先要动员全社会关注有关“数字地球”的问题

“数字地球”是涉及国家发展的重大战略问题，须由最高领导做出决策。领导人做

出决策的依据是来自于各种渠道的信息，一个渠道是从部门反映上去；另外一个是从社会各界反映上去，包括舆论、宣传媒介；也包括私人渠道。现在看来，社会渠道往往发挥着重要的作用。所以这项工作要取得领导人的理解和支持，必须首先得到社会的理解和支持，这是今后工作很重要的一方面，我有几个具体建议：

- (1) 中国科学院可否考虑联合有关单位召开一次“数字地球”研讨会；
- (2) 今年在中国召开一次“数字地球”的国际研讨会；
- (3) 建立“数字地球”的科学论坛，有关研究所轮流主办。

2. 把“数字地球”计划或“数字中国”计划作为国家的战略计划提到日程

我所提的提到日程不是现在立项，而这也不仅仅是立项所能解决的问题。这个问题的重要性在于它是实施科教兴国战略和可持续发展战略的一项重大基础设施，是信息时代不可缺少的组成部分。它不仅仅是科学研究问题，也是工程问题，还有政策问题，涉及到方方面面。不是科技部或中国科学院能解决的问题，需要国务院做出决策。例如：

(1) 数据的获取：如何从“数字地球”的角度来布局卫星发展计划，需要很好考虑。

(2) 数据共享的问题：现在数据共享不能实现的原因之一是提供数据的部门靠事业费不能维持业务运行，不得不卖数据。这样做的结果是很多单位如高校、研究所因为没有钱而不能使用数据。个别部门因为是独家经营，抬高数据价格。实际上买数据的经费渠道都来自于政府，只是拐了一个弯子，从国家转到部门后再转到提供数据的部门。如果下决心把政府的钱直接提供给生产数据的部门，让它们向高校、研究所和其它从事社会公益事业的部门无偿提供数据，一样用国家经费，问题可以解决。这个问题不解决，让其他部门共享数据很困难，所以需要政府来做决策。

(3) 网络建设问题：现在三网合一的问题没有解决，通讯网、广播电视网、数字网，国外是这么搞起来的，但中国现在处在目前这种阶段，是不是有必要还要搞几个网并行？需要研究解决。总之，“数字地球”问题应当首先有一个想法，有一个目标，然后采取各种措施来推动，让这个计划尽早提到日程上来，这对于国家经济建设、国家安全和可持续发展都是很有意义的。

(4) 数据库建设：“数字地球”的基础是数据库的建设，从数据的采集、处理、使用，一定要强调规范化、标准化，这是实现数据共享的基础。与此同时，随着国产地理信息系统基础软件的逐步成熟，还要考虑数据获取系统、地理信息系统和全球定位系统软件的国产化和产业化问题。

我们必须清醒地认识到，由于我国在传感器、计算机、通讯以及综合国力等方面与先进国家存在较大差距，因此，只有发挥自己的优势，不断努力，才能逐步缩小与国际先进水平的差距，为我国的经济建设和社会发展做出贡献。

面向21世纪的地球信息科学 *

陈述彭

(中国科学院院士 中国科学院遥感应用研究所名誉所长, 北京 100101)

有幸参加北大百年校庆, 谨致最热烈的祝贺! 任彦申书记说: 校庆是百年史的总结, 也是新世纪的开始。我衷心祝愿北大继承高举“爱国、进步、民主、科学”的光荣传统, 发扬钻研、求实、创新向上的优良学风, 创建21世纪世界一流大学。引导全国学术界“科教兴国”、“振兴中华”! 贺联曰: “纪念百年光荣, 弘扬传统, 青春永驻; 迎接世纪挑战, 繁荣学术, 浩气长存”。地球科学领域历史悠久, 英才辈出, 先驱和导师出自北大, 北大在遥感与地理信息系统领域, 也是我国学术方面的领头羊。例如早在70年代末, 中科院组织腾冲航空遥感实验, 就是由北大组织2个月的研讨班, 进行战前的思想动员和业务准备的。第一批“遥感物理基础”“遥感信息模型”“遥感地学分析”……课程教材建设, 也是首先在北大实现的。作为国家遥感中心的培训部之一, 在培养国内外博士、硕士生方面, 更发挥了北大综合性大学的优势, 桃李满天下, 向国内外输送了一批又一批高素质的英才。我作为遥感界的一名老兵, 对于北大百年的丰功伟绩, 表示衷心的钦佩和崇敬。

回顾20世纪初, 航空摄影测量率先刷新了对地观测的历史, 实现人类脱离地面, 从高空勘测地球, 把平板测绘和野外勘探调查工作移到室内来做, 也意味着地图功能的第一次转移, 即由地面数据采集转移到空间信息存储, 赋予地图以信息传输和增并的内涵知识; 到1945年和二战前后, 已形成比较成熟的理论和产业体系。通过航空摄影覆盖了陆地的70%, 比300年来测绘的面积总和, 超出3倍多。1957年发射人造地球卫星, 之后的半世纪, 揭开了卫星遥感、全球定位系统和卫星通信网络的新时代。地理数据的采集趋向于全球化, 从而促进了地理信息系统的发展, 使全球变化的研究所需要的准同步观测成为现实。本世纪末, 人造卫星总数已超过2000颗, 其中遥感卫星超过500颗, 地面遥感卫星接收站大约30-40个。高光谱分辨率达到纳米级, 商品化遥感影像地面分辨率达到米级, 雷达图像实现了多波段、多极化、全天候观测。遥感采集的数据极大丰富, 迫使美国提高Internet的数据传输速率100至1000倍, 在大学研究和政府间另建Internet II。而网上免费检索1米分辨率的全球地形数据, 我国1:100万地图数据光盘也公开销售, 售价约3000美元。总之, 卫星遥感和地理信息系统这一新兴科学技术领域, 在20世纪末, 基本上已成为相当庞大的信息产业。我国和英国差不多, 将近140多个机构, 为资源调查和城市化、土地退化、环境保护、灾害防治的新需求提供信息服务。也为迎接21世纪信息化社会打下了初步基础。

展望21世纪, 前景更加灿烂光明: 已经初见曙光的有以下三方面值得我们密切注意:

(1) 美国副总统戈尔从美国全球战略出发, 提出地球观测全球数字化(数字地球), 才能满足和适应信息高速公路迅猛发展的需求。

* 本文原载《地球信息》1998年第2期, 为北京大学百年校庆贺词。

(2) 网络世界北美至欧洲海底光缆已畅通，欧洲经地中海至印度洋和东南亚光缆在建设中，上海、汕头至洛杉矶、旧金山光缆联接韩国、日本，日本、非洲正在铺设沿海网。光缆传输能力将提高60倍。中国成功地发射了6颗卫星，围绕地球的“天罗地网”已经布就。要么成为人类智慧圈（Anthosphere）的主人，要么成为猎物。

(3) 赛博空间(Cyberspace)无论战争还是竞赛，决策或是设计，首先将在电脑中虚拟和模拟。人类社会经济持续发展的区域关系重新组合，也将在虚拟和预测中较量和优选。形成21世纪地球系统科学的新的思维方式。

以上三个方面将会促进21世纪的地球信息科学的进步，它们在知识经济社会中将会占有愈来愈重要的地位。因为它们是谋求解决困惑人类的资源、环境与人口三大科学问题的一种必要的手段，一种有效的方法。

祖国寄希望于青年一代，特别是寄希望于北京大学跨世纪的精英们。希望你们发扬尊重科学，勇于创新的校风和学风，把世界上日新月异的工程技术进步，升华成为有中国特色的地球信息科学体系，为全国树新风，创新意，为我国地球系统科学研究和教学导向，为祖国繁荣，振兴中华再造辉煌。

北大遥感与地理信息系统研究所的学者、同志们，让我们携手共进共勉：

面对图像寻乐趣，遥感山河会天机，恕我篡改郑板桥（八大山人）的题词，结束我的祝福：“请君莫作画图看，（数）里机关，（纹）里机关”。

迎接“数字地球”的挑战 *

徐冠华

孙 枢

(国家科学技术部, 北京 100862)

(国家自然科学基金委员会, 北京 100083)

陈运泰

吴忠良

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

摘 要:从地球科学发展战略的角度, 分析了“数字地球”对中国的挑战以及“数字地球”本身所面临的挑战, 论述了发展“中国数字地球”的必要性和可能性, 提出了发展“中国数字地球”的战略措施。

关键词:“数字地球” “中国数字地球” 科学发展战略

自美国副总统戈尔 1998 年 1 月 31 日提出“数字地球”的概念后, 在一些国家中引起了积极的反响, 我国科技界也十分关注。从本质上说, “数字地球”不是一个孤立的项目, 而是一项整体性的、导向性的国家战略目标。“数字地球”包括 3 个重要的组成部分: 信息的获取、信息的处理、信息的应用。其中信息的获取主要是地球科学的任务, 并且需要地球科学与其他技术领域, 例如空间技术的合作; 信息的处理需要地球科学和信息科学技术的共同努力; 信息的应用则是地球科学服务于社会的主要内容。这里, 我们从地球科学发展战略的角度探讨有关“数字地球”的一些问题。

1. “数字地球”的挑战

无论是从“数字地球”概念的技术基础(信息技术、空间技术)来看, 还是从“数字地球”项目的特点(大规模、高投入、跨学科、全球性)乃至“数字地球”项目的提出方式(由政治家、而不是由科学家提出, 以一种近乎科学幻想的语言表述)来看, “数字地球”都令人想起冷战时期的“星球大战”计划。可以说, 从“星球大战”到“信息高速公路”, 再到“数字地球”, 其共同特点是, 它们都服务于美国国家战略目标, 是综合性的重大计划。

冷战以后, 美国面临经济和政治两个方面的可持续发展的挑战。冷战的结果使美国成为世界上唯一的一个超级大国, 经济一直保持发展的态势。但是从经济和政治这两个方面来说, 这种发展的动力都出现了相当程度的减弱。美国的科学技术虽然仍保持为世界领先, 但近年来研究水准的下降已成为不争的事实。一方面, 国际政治格局多极化的趋势目前已不可逆转, 靠冷战思维来刺激经济发展和增加社会整合度已越来越没有出路; 另一方面,

* 本文原载遥感学报, 1999 年, 第 3 卷, 第 2 期。

经济和政治的可持续发展又需要一个国家级的、吸引力很强的、具有挑战性的目标。亚洲金融危机再次告诉人们，当今世界的民族竞争主要是经济的竞争，而经济竞争的基础是科技实力的竞争。这也正是为什么“数字地球”的概念不是由科学家提出，而是由政治家（或者具有科学知识背景的政治家）提出的主要原因。

因此从一开始，“数字地球”概念的提出主要并不是为了全人类的利益，也不是为了世界科学技术的发展，而是为了美国自身的利益和需要。“数字地球”一方面客观上可以为人类提供一个颇具吸引力的技术系统；但另一方面更主要地是为了保持美国在科学技术方面，特别是在高新技术方面的领先地位。一些国家对“数字地球”这一概念的迅速反应，与其说是为了在这方面开展积极的国际合作，不如说是试图抢占这一领域的“制高点”，从而在今后的竞争中立于不败之地。在和平时期，“储人才于民”、“储技术于民”，是现代国防的一个有利的发展方向。至于“数字地球”所创造的巨大的市场，更是国际经济竞争的“必争之地”。

“数字地球”计划客观上对发展中国家构成了严峻的挑战，从“战略”上讲，不发展“数字地球”，则有可能在维护国家权益方面陷入被动；发展“数字地球”，则需要大量的技术力量和经费支持，乃至“倾举国之力”。从“战术”上讲，采用以引进为主的发展道路，将直接影响自主发展能力的形成和保持，并有可能威胁到科学技术的整体可持续发展；而以独立发展为主，则无法实现应有的发展速度。“数字地球”是对发展中国家的科学技术发展的咄咄逼人的挑战。

2. “数字地球”所面临的挑战

然而“数字地球”本身并不是一个无懈可击的概念。从历史上讲，在经历了对地观测的全球化、数字化之后，“以地球为纲”，将这些观测组织成一个有机的整体，这是一个合乎逻辑的发展。就“从局部到整体”的意义上说，这是“数字地球”概念的一个历史性的贡献。从国家管理的角度说，“数字地球”竖起了一面“旗帜”，这对于各个“局部”组织不仅是方便的，而且是必不可少的。但是，目前一个尚未明确的问题是，“数字地球”计划能否真正完成“从局部到整体”的转化的历史使命。对这一点，我们的乐观并没有足够的基础。相反，却有无数的例子表明，如很多分子的组合并不就是生命，很多局部的组合也并不就是“整体”。

从科学上讲，在地球科学中，人们反复强调的一个问题就是要面向真正的地球。一方面，“数字地球”将极大地扩展人们的观测视野，并使地球科学中“只有一个地球”的观念得到相当程度的实现。另一方面，“数字地球”毕竟不是真正的地球。在这里，可以把拥有“数字地球”的人类比做一个行星尺度的生物，每一位科学家都是“它”的脑细胞。在认知科学中，我们已经了解到很多心理因素对观察和认识的影响。因此现在还不能回答的问题是，“数字地球”的实现，在对地球的认识史上，究竟是通过“一个地球”的实现促进了对地球的认识的发展，还是通过消除某些“心理”的局限阻碍，实现了对地球的认识的发展。从科学史的经验上看，这两种情况或许是兼而有之的。而注意到“数字地球”的限度，将有助于我们在它的基础上作更进一步的发展。

从技术上说，正如“星球大战”计划已被证明是一个实际上不可能实现的计划，在“数

字地球”这概念的内部，也还存在着很多内在的、整体上的、致命的问题。巨大系统的高度复杂性以及由此而导致的极端的脆弱性，是“星球大战”计划和“数字地球”计划的共同的弱点。近年来逐渐解密资料显示，这种脆弱性曾几次因为技术上的“涨落”而几乎将人类拖向战争的边缘。从社会因素上讲，以为社会服务为目的的“数字地球”如何保持自身的安全性，是一个挑战性的问题。许多人相信，一个狡猾的“黑客”摧毁一个国家级的信息系统，要比一个恐怖分子炸毁纽约国际贸易中心更容易。

也许有人会认为，对于一个刚刚提出的概念，建设性的态度不应该是对其吹毛求疵，而应该是尽可能地发掘它的积极因素，并加以发挥。但是在科学上，发现问题常常是改进的第一步。我们注意到这些问题，并不是为了否定这一概念，而是为了在概念的基础上作改进和发展。而且，从另一个角度来思考问题，“泼一泼冷水”，或许会有助于我们保持清醒的头脑。事实上，上述这些问题一方面是对“数字地球”概念的挑战，另一方面也同样是在“数字地球”的发展中不可忽视的机遇。抓住了这些挑战性的问题，就抓住了“数字地球”的技术关键。而解决了这些挑战性问题中的任何一个，都会导致科学技术的迅速发展。

3. 发展“中国数字地球”的必要性

美国提出“数字地球”的概念，主要是由于美国的国家目标和全球性战略的需要。同样，中国是否应该发展“数字地球”，主要地不是取决于“数字地球”的概念本身，而是取决于中国的国家目标。

在中国跨世纪的发展中，实现经济和社会的可持续发展、形成科学技术的自主创新能力，是两项带有“基本国策”性质的战略目标。从我国的国家目标出发，我们需要一个“中国数字地球”或“数字中国”。

如何养活十几亿人口，是中国需要首先考虑的问题。人口多、土地资源有限，农业生产仍以传统的生产方式为主、自然灾害频繁都是我国的基本国情。发展精细农业，逐步实现农业产业化，加强土地资源和水资源的监测和保护，加强自然灾害、主要是洪涝灾害的预测、监测和防御，是非常迫切的工作。“数字地球”在这方面可以发挥巨大的作用。

城市发展如何避免第三世界国家和一些发达国家走过的弯路，是目前中国面临的一个紧迫的社会问题。其中管理、监测和规划具有关键性的意义。“数字地球”作为“地球信息系统”的一个发展，可以在城市规划、社区管理、打击犯罪活动、以及城市灾害紧急事务管理方面发挥巨大的作用。

人类在日常生活中所接触和利用的信息，有80%与地理空间信息有关。在经济发展中，劳动力、资金、生产、市场的空间分布、动态变化和合理布局具有重要的意义。通过“数字地球”这样的政府行为来促进经济信息的进程，将有力地促进我国社会主义市场经济的发展。而“知识经济”或“以知识为基础的经济”在我国发挥效益，“数字地球”可能是一个合适的突破口。

如何一方面抓住国际经济一体化所带来的历史性的机遇；另一方面在国家经济安全面临严峻挑战的情况下，在国际经济竞争中拥有更多的主动权，这是每一个国家在制订发展战略时都必须优先考虑的问题。“数字地球”在这方面具有无可比拟的优势，而忽视“数

字地球”的机遇，将导致国家经济安全方面的全面被动。

不论真正意义上的“数字地球”是否可以成为一个现实的目标，发展“数字地球”的过程本身都将极大地促进信息科学技术、环境科学技术和地球科学的发展。“数字地球”所提供的巨大市场在经济发展中具有重要意义。事实上，美国提出“数字地球”的概念，在相当程度上是出于发展经济、增加就业机会，以及保持美国科学技术（尤其是高新技术）的领先地位。

“数字地球”中的很多思路，例如数据共享、大型仪器设备共享、跨学科合作等等，是我们早已进行过许多讨论、并至少是已部分地付诸实施的思路。“数字地球”中的很多工作，例如建立统一的地学数据库、依靠信息技术来进行地学数据的集成和一体化等等，是我们很久以来就一直在做、但仍差强人意的作品。“数字地球”所试图解决的很多问题，也正是我们试图解决、但在解决过程中遇到很多困难的问题。这方面的工作不够理想，原因之一是缺少一个像“数字地球”这样统一的、高层次的战略；这样的一个战略在以往之所以没有形成，主要是科学技术的发展还不具备这样的条件。现在，“数字地球”的提出给我们提供一个从国家层次整合地球科学、发展信息科学技术的机遇。我们应当因势利导，通过“数字地球”战略的实施，促进我国科学创新体系的形成和发展，使我国在现代科学技术的国际竞争处于有利的地位。

4. 发展“中国数字地球”的可能性

“数字地球”概念的提出是第二次世界大战以来，特别是本世纪 70 年代以来“新技术革命”的一个自然的发展。地球科学通过资源问题、环境问题、自然灾害问题、地球信息问题的解决，在国家的发展中具有重要意义。以地学信息为突破口发展新一代信息技术，是历史的必然。而无论是否提出“数字地球”的概念，无论是谁和以怎样的方式提出“数字地球”的概念，与地球信息的集成和整体化有关的工作都是目前地球科学和信息技术发展的一个重要趋势。

科学、经济和社会的发展具有高度的非线性。“跨越式”的发展方式不仅是可能的和现实的，而且几乎是一个国家迅速发展、成为世界强国的必由之路。在这种“跨越式”的发展中，抓住新的科技成果和新的生产力所提供的历史性的机遇是一个重要的因素。历史上，英国的崛起是蒸汽机所导致的工业革命的直接结果，德国的迅速发展有赖于钢铁工业和合成化学工业，美国的发展则直接得益于电力和内燃机工业。现在，信息产业的发展提供了新的历史机遇，这一点已没有人怀疑。由此而出现的市场成为国际经济竞争的焦点。建国以后，中国在重工业、国防工业等方面曾有过“跨越式”发展的经验，取得的成绩令世人瞩目。我国在工业化并不十分充分的条件下，按照中国自己的发展道路，完全有条件在信息化方面实现“跨越式”的发展。与“数字地球”本身相联系的悬而未解的科学和技术问题（例如海量数据存储问题、系统复杂性问题、信息系统安全性问题，等等）为“跨越式”发展提供了机遇，这些问题中的任何一个问题的解决都意味着科学技术上的一次突破。而正如热兵器的出现从根本上改变了作战的方式，从而使战斗力的“跨越式”发展成为现实，高新技术的进步也为“跨越式”发展创造了现实的条件。经过长期的积累，特别是经过近年来比较迅速的发展，我国在地球科学的信息化方面已具有相当的基础，地球信息系

统、卫星遥感、航空遥感的普及率很高，我国自主发展的地理信息系统占领了相当份额的国内市场。因此，这里所说“跨越式”发展，并不是一种可望而不可及的目标，它是现实地出现在我们面前、但却有可能是稍纵即逝的机遇。错过这一机遇所造成的落后，在相当程度上将是不可逆转的。

5. 迎接“数字地球”的挑战

在我国跨世纪的历史发展中，我国政府高瞻远瞩，提出“科教兴国”、“可持续发展”的战略，强调发展我国的自主创新能力，迎接“知识经济”的挑战。江泽民主席很早就注意到了“数字地球”这一概念和它的战略意义。这就为发展“中国数字地球”创造了有利的条件。

“数字地球”不是一个孤立的项目，而是一个整体性、导向性的战略目标。因此，需要从战略的高度，通过“中国数字地球”这样一个总体性的国家目标来整合地球科学，促进信息科学技术的发展，并以科技发展为基础，形成新的产业，目前重要的不是把“中国数字地球”或“数字中国”作为一个技术目标，对其确切的字面含义进行学院式的讨论，而是把“中国数字地球”作为一个国家战略目标，用它来引导地球科学、信息科学技术及其产业的发展。

“数字地球”是一个挑战性的国家目标。几乎所有现存的技术基础，目前都还不足以支撑这样一个综合性的战略目标的实现。正如戈尔所指出的：“显然，没有任何一个政府、企业或学术团体能够单独从事这项工作”。这就使得“数字地球”这一目标的实现成为一种政府行为，一种综合国力的竞争，一种发展机遇的争夺战。

1998年，中国科学院地学部针对跨世纪我国地球科学发展的实际，提出“把中国从地学大国变成地学强国的”发展战略，并确定下世纪的最初十年“把中国变成一个中等地学强国”的阶段性目标。与此相应，提出了建立资源环境与地球科学委员会以从全局层面协调地球科学的发展、发展地学新技术、解决地学数据共享问题、解决地学大型仪器设备共享问题、提高研究工作的质量、加强地学教育和地学科普等6项重要的工作。“中国数字地球”的发展可以作为这一阶段性目标的具体化。在实现这一目标的过程中，同样要坚持“统观全局、突出重点、有所为、有所不为”的方针，科学地部署研究领域的配置，谨慎地控制研究队伍的规模，充分地保证研究经费的合理利用。

中国地球科学在建国以来的近半个世纪的时间里，主要是以“普查”的形式为国家建设服务。这种服务在中国的发展和现代化进程中发挥了重要的作用。现在，随着国家经济和社会的发展以及科学本身的发展。“普查”阶段作为一个必不可少的历史阶段，已经接近结束。寻找新的发展，为国家做出更大的贡献，是地球科学面临的一个跨世纪的课题。看来，“中国数字地球”可能是一个合适的发展方向。

在“中国数字地球”的发展战略的框架下，要像建设铁路和公路那样加强地学信息基础设施的建设，具体说来，需要从国家的层次制订统一的对地观测规划，大幅度地改善通讯基础设施。加快“国家地理空间信息基础实施(NSDI)”的建设是实现“中国数字地球”的一个必要条件。此外，以“中国数字地球”为基本目标，通过政府行为，以“抓应用、促发展”的方式普及地理信息系统，统一地学信息的规范标准，也是非常重要的工作。