

李德仁 等

信息新视角

INTRODUCTION TO GEO-
SPATIAL INFORMATICS

悄然崛起的地球空间信息学



进入21世纪的科学技术丛书

丛书主编 于光远

湖北教育出版社

进入 21 世纪的科学技术丛书

丛书主编 于光远

丛书副主编 王国政 夏立容 熊芳直

信息新视角

——悄然崛起的地球 空间信息学

李德仁 李清泉 著
陈晓玲 贺华中

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

信息新视角:悄然崛起的地球空间信息学/李德仁等著.
—武汉:湖北教育出版社,2000
(进入 21 世纪的科学技术丛书/于光远主编)
ISBN 7-5351-2752-5

I. 信… II. 李… III. 地球空间信息学 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 60089 号

出 版 :湖北教育出版社
发 行

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:83625580

经 销:新 华 书 店

印 刷:文字六〇三厂

(441021·湖北襄樊盛丰路 45 号)

开 本:850mm×1168mm 1/32

6 插页 17 印张

版 次:2000 年 8 月第 1 版

2000 年 8 月第 1 次印刷

字 数:411 千字

印数:1—3 000

ISBN 7-5351-2752-5/N·39

定价:23.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

当代的文明是以科学为中心的文明

（代 序）

19 世纪是古典的资本主义在征服世界的道路上取得辉煌胜利，也是它的内部矛盾进一步显露出来、从而作为学说和运动的社会主义兴起的时代。19 世纪末出现了自由资本主义向垄断资本主义、私人资本主义向社会资本主义转变的趋势。20 世纪前半半个世纪是战争与革命的时期。两次世界大战，战后都诞生了新的社会主义国家。社会主义从学说和运动发展成为在地球这个星球上的一种制度和发展起来的文化。资本主义国家与社会主义国家并存。20 世纪的后半个世纪，我想称之为世界历史大调整时期。这是我对当前时代特征的回答。资本主义国家在调整，社会主义国家在调整（改革），国与国之间的关系在调整。这种调整不是一次完成的，会有多次调整，而且会有经常性的即不断发生的小调整。调整时期不会短，有可能整个 21 世纪都属于这个调整时期。但在世界史上它毕竟带有某种过渡性质，这个时期过后的资本主义国家不再是调整时期开始时的资本主义国家，那时的社会主义国家也不再是调整时期开始时的社会主义国家；那

时的国际关系也不是调整时期开始时的国际关系。调整时期的产生有客观的原因,对历史的演变发生过重要作用的组织和人物的行为也起了一定的作用。这样的世界历史大调整时期的出现,有其必然性。历史的发展不会是笔直的。20世纪末的变化曲折应该说是很大的,世界历史上出现的调整不是一般的而是大调整。

历史进入和走出这个调整时期,总的来说它意味着人类历史的一种前进。调整时期的质的规定性有待于进一步明确。它的发展规律也有待于探索。

在即将来临的21世纪,世界自然科学技术可以预计会有更大的发展。20世纪末在科学技术上所取得的成果,包括20世纪提出而尚未解决的课题,将是新世纪更高发展的坚实基础。

即将过去的20世纪和正在来临的21世纪,都是世界历史文明特别迅速发展的时期。不同时期文明发展的速度,正如恩格斯在《自然辩证法》中指出的那样,同它距人类社会开始时候之间的时距长短的平方成比例。在20世纪的历史舞台上有过许许多多有声有色的演出,甚至还有狂风骤雨的时候,但是生产力的发展毕竟是社会发展的基础。在历史的长河中每时每刻的进步是在“看不见”“听无声”(唐刘长卿诗:细雨湿衣看不见,闲花落地听无声)的情况下实现的。时代的特征不应该从时代的哲学而应该从时代的经济学中寻找。当代的文明是以科学为中心的文明。即将成为过去的20世纪,在社会的物质

生活——包括物质资料的生产和流通,也包括人的消费生活和社会对它的服务——依靠科学和根据科学原理而形成的技术取得的进步,是符合这个数学公式的。20世纪人类发展的文明中自然科学和技术的发展是最令人瞩目的。

中国有善于吸收并发展外来文明的优秀传统,如:佛之于唐,科学启蒙之于明末,马克思主义之于“五四”,现代市场经济之于今日等。日本和其他东亚国家也有此特点。牛顿花不少时间获得的对二项式定理的发现,今天的初中生用一堂课的时间就可以学会。当然,我们也是善于创造而且取得了许许多多伟大成果的民族,在向外来文明的学习中也有创造。我们走过的和正在走的道路是民族传统文化与现代科学技术相结合,创新与引进相结合。经过21世纪,再坚持几个世纪,以科学为中心的现代亚洲文明将居世界前列。

文明的对词是蒙昧与野蛮。人类历史经历了使用旧石器的蒙昧时期、使用新石器的野蛮时期,才进入文明社会。历史是有连续性的,文明社会中蒙昧与野蛮今日远未绝迹。奴隶社会、封建社会和资本主义社会初期不用说了,就是在20世纪,希特勒、日本军国主义者的野蛮行径仍记忆犹新。对于邪恶必须与之斗争,进行镇压。对邪恶宽容就是助长邪恶。现代蒙昧与现代野蛮这些概念是可以成立的。发展文明、建设文明,不能不与现代蒙昧和现代野蛮坚决斗争。人类的历史与生物进化的历史长度之

比只占千分之几，人类文明的历史与蒙昧野蛮的历史长度之比也仅有千分之几，蒙昧、野蛮不是短期内能够消除的，但应力争缩短现代蒙昧、现代野蛮存在的时间。要崇尚理性，坚持发展以科学为中心的文化，在科学中包括人文科学。不论迷信和蒙昧野蛮如何冒充科学的名义，但科学与伪科学之间的互相排斥是绝对的。科学越向前发展，伪科学越是陷入困境。在 20 世纪科学技术发展的基础上，21 世纪的科学技术的进一步发展，就会迫使伪科学难售其奸，这也是必然的。

丁光遠

前 言

人类对地球的认识可以说起始于人类诞生之时，早期仅仅是为了生存而去了解和适应自己所处的环境，由于知识的局限以及观察地球的工具与手段的限制，在经历了一个漫长的岁月后，才逐渐跨出了古老传说中有关地球的“天圆地方”误区。许多探险家与科学家为认知地球付出了艰辛的努力，哥伦布将生死置之度外，踏着海洋的惊涛骇浪去探寻新的大陆，麦哲伦在经历了环球航行中生与死的考验后方使人们确信地球的球形形态，波兰天文学家哥白尼经过几十年的观测与研究才提出了“日心说”，从而打破由神学垄断达1 000多年的“地心说”，为人们的科学宇宙观奠定了基础，而意大利物理学家、天文学家伽利略却因为支持“日心说”，竟然遭到了罗马教廷的判罪管制。随着现代科学技术水平的发展，人类对地球的认识迅速地向深度与广度两方面拓展。以遥感技术、空

间定位系统技术和地理信息系统技术为标志的空间信息技术的发展,对地球的认知产生了巨大的影响。这三种对地观测新技术的有机集成,将构成整体、实时与动态的对地观测、分析和应用的运行系统。一个数码世界正在悄然兴起,它必将以前所未有的速度改变着人类社会的思维与行动方式。

地球空间信息作为与空间分布有关的信息,它反映了地表物质及其环境固有的数量、质量、分布特征、相互联系和内在规律,实质上反映了人类对于地球表层系统的运动规律的认识。地球空间信息所覆盖的空间范围上至电离层,下至莫霍面,其中在地球表层上的地理信息是地球空间信息的基础信息。而有关地理信息的处理技术则为地球空间信息的模拟、分析和预测奠定了基础。从地理实体到地理数据、再到地理信息的发展,反映了人类认识的巨大飞跃。

地球空间信息学这一科学术语的出现还不到10年,但是,它对于关系到社会可持续发展的诸多领域,如资源、环境、生态、国土、城市规划等起着极其重大的作用。地球空间信息学的产生及其发展与当今世界经济和科技的发展紧密相关。一方面,现代航天航空技术、计算机技术和通讯技术的飞速发展为地球空间信息学的产生与发展提供了强有力的技术支持,使人类能全面、深入、细致地观测整个地球;另一方面,由于世界经济正迈向一个全球化、信息化的经济时代,全球变化和社会经济可持续发展越来越成为人们关注的焦点,人类在发展经济的同时

必须考虑资源状况,环境生态变化,以及大规模经济活动的合理性与有效性,而及时获取全球性的资源环境动态信息是人们正确决策的基础,对资源与环境的监测和保护是社会经济可持续性发展的重要保证。它们均成为地球空间信息学迅速发展的重要前提。

人类改造自然的能力随着社会和科学技术的发展而不断增强,从最近几个世纪的历史看,人类活动对地球的影响主要是向变坏的方面发展。世界人口的急剧增加,造成资源的大量消耗以及生态环境的加剧恶化已是有目共睹的事实。因此,人口、资源、环境和灾害已成为阻碍当今人类社会可持续发展所面临的四大关键问题。为了解决这四大问题,需要人们不断地认识地球,而地球科学作为一门已有数百年发展历史的学科,在研究地球及其各圈层的起源、结构、演化与运动规律等基础理论方面,已取得了突破性进展,并通过对上述四大问题的研究与战略决策,在现代经济与社会可持续发展中占有举足轻重的地位。在人类社会已步入信息时代的今天,有关地球科学问题的研究需要以信息科学为基础,并以现代信息技术为手段,建立地球信息的科学体系。地球信息技术的发展将极大地促进地球科学研究,特别是对地观测技术的发展,使一些重大的地学问题面临着新的突破,新的学科、新的生长点不断出现,地球空间信息学正是在地球科学与信息科学技术的交叉、渗透与融合的基础上应运而生的。

总的来说,地球空间信息学作为地球信息科学的一

一个重要分支学科，其产生与发展是当代地球科学发展的必然产物，它既为地球科学问题的研究提供空间信息框架、数学基础和信息处理的技术方法，又从许多方面改变与提高人们观察地球的能力，为人们准确而全面的判断与决策提供大量可靠的信息，必将成为信息科学的主流，以超出人们想象的速度迅猛发展。可以预见，进入 21 世纪，地球空间信息学将逐步发展成为一门理论完善，技术成熟，应用广泛的综合性学科，并为资源、环境、灾害、交通、城市发展等诸多与社会可持续发展密切相关的领域提供全新的技术支持和全方位的信息服务，将在很大程度上改变许多行业的工作方式，极大地推动社会经济的全面发展。与此同时，地球空间信息学的迅速发展，将推动测绘科学的信息化革命，促进以遥感、空间定位系统、地理信息系统、通讯技术和计算机技术为核心的地球空间信息产业的形成与发展，并使之成为全球重要的信息产业部门。

本书以遥感、空间定位系统、地理信息系统技术为主线，系统介绍了地球空间信息学的形成、发展过程、科学技术体系及其应用。全书共分九章，第一、第二章介绍地球空间信息学的形成与理论技术基础；第三、第四、第五章介绍传统的地面测量、现代空间定位与航空航天遥感获取数据的理论、方法及其应用；第六、第七章介绍对空间数据描述、处理、分析与表达的技术与方法；第八、第九章介绍遥感 (RS)、空间定位系统 (GPS) 与地理信息系统 (GIS) 的集成以及以 3S 作为主要技术支撑建立的空

间数据基础设施与数字地球。当地球信息学正在悄然崛起并越来越显示其蓬勃生机之时，本书的出版正是所谓“抛砖引玉”，希望能吸引更多的有识之士注目于这一学科领域。由于是探索性的尝试，其中尚有不尽如人意和有待于进一步完善的地方，缺点与错误在所难免，作者恳请读者不吝赐教。

在本书的撰写过程中，得到了众多同行专家的大力支持与帮助，提供了许多宝贵的文字资料和图片，尤其是武汉测绘科技大学的贺华中博士和周月琴副教授给予了本书作者许多直接的帮助，在此深表谢意！

Preface

Human's cognition towards the earth derived from the birth of the human kind. From the very beginning, people went to learn and adapt to their surroundings just for survival. Because of the limitations of knowledge, tools and mechanism for observation, it is after such a long time that people began to go out of the wrong zone in old tales that "the sky is round and the earth is square" gradually. Many adventurers and scientists have paid tough efforts to cognize the earth. Columbus had no regard for the death and went to explore the new land in terrifying waves in the ocean. Only after Magallance's tribulation of death and living in his round-the-world cruise, were people convinced of the spherical shape of the earth. After decades of observation and researches, a Poland astronomer, Copernicus, brought forward the "Heliocentric Theory", which had broken the "Geocentric Theory" monopolized by theology for over one thousand years and laid a foundation for people's scientific cosmic view. Nevertheless, due to his support towards the "Heliocentric Theory", Galileo, an Italian physicist and astronomer, had been convicted by the Rome Holy See. With the development the level of modern science and technology, people's cognition towards the earth has expanded in both profundity and extent. The development of spatial information technology, with remote

sensing, space positioning system and GIS technologies as the symbols, has had a tremendous effect on the cognition to the earth. The organic integration of these three new surveying technologies will constitute a holistic operating system of real-time and dynamic ground surveying and its analysis and application. A digital world is rising quietly, which will change the thought and action manners of the human society with an unprecedented high speed.

Being a type of information related to spatial distribution, geospatial information reflects surface materials and the inherent quantity, distribution features, interactive relations and exocentric rules of its surroundings. Substantially speaking, it reflects people's cognition towards the law of motion of the earth's surface system. The spatial range covered by the geospatial information is up to the ionosphere and down to the mohorovicic discontinuity. The geographic information on the earth's surface is the fundamental information of the geospatial information. The processing technology related to geographic information has laid a foundation for the simulation, analysis and preestimate of the geospatial information. The development from the geographic entities to geodata and to geographic information has mirrored the huge forward leap of human's cognition.

The presence of the technical term of "Geospatial Informatics" has existed for less than a decade. However, it has a great influence on such fields related to the sustainable development of the society as resources, environment, zoology, territory and city planning. The emerge and development of the geospatial informatics has had a very close relationship with the

economic, scientific and technological development of the contemporary world. On one hand, the rapid development of the modern aviation and aerospace, computer and communication technologies have provided the emerge and development of geospatial informatics with a powerful technical support, which makes human beings able to survey the whole earth completely, home and meticulously. On the other hand, as the world economy is stepping into an economic era of globalization and informatization, the global changes and sustainable development of social economy is becoming the public focus increasingly. The mankind must take the resources status, ecological changes of the environment and rationality and validity of large-scale economic activities into consideration the same time as they are developing the economy. Whereas, to obtain the dynamic information of the global resources environment is the basis for accurate decisions as well as inspection and protection on the resources and environment are the important guarantee for the sustainable development of the social economy. They have become the essential prerequisite for the rapid development of the geospatial informatics.

Human's capability to change the world is increasing with the social, scientific and technological development. Seen from the history of the recent centuries, man's activities affected on the earth are tending to the worse aspect. Sharp increase of the world population has led to large amount of consumption of the resources and aggravation of the ecological environment, which are the facts obvious to all. As a result, population, resources, environment and disasters have become four key problems to

hinder the sustainable development of the contemporary human society. People need to know the world constantly as to settle the four problems. Being a branch of learning developed for hundreds of years, geoscience has made breakthroughs in studying the earth and basic theories of the origin, structure, evolution and law of motion of each circle. In addition, with the study and strategic decisions on the four problems, it has played an indispensable role in the modern economy and social sustainable development. As the human society has stepped into the information age, studies related to geoscience problems need to establish a scientific system for the geographic information with information science as the foundation and modern information technology as the tool. The development of geographic information will greatly boost the geoscience studies, especially the development of surveying technology to the earth. As well, the development of geographic information will make new breakthroughs for some weighty geoscience problems. New branches of learning and new growing points have brought up constantly. As the times require, geospatial informatics has emerged on the basis of the intercross, penetration and introjection of geoscience and information scientific technology.

Generally speaking, being an important branch of the geographic information science, the emerge and development of geospatial informatics is the inevitable outcome of the contemporary geoscience development. It not only provides technical methods of spatial information frame, mathematical base and information processing for the geoscience studies, but also changes and improves people's capability to observe the

earth in many aspects. Providing people with large amount of reliable information for the accurate and thorough judgement and decisions, it is sure to be the mainstream of the information science and develop violently beyond people's imagine. It can be estimated that in the 21st century, geospatial informatics will develop into a comprehensive study with perfect theories, mature techniques and wide applications step by step. It will provide a whole new technical support and omnibearing information service for many fields closely related to the social sustainable development as resources, environment, disasters, transportation and city development. As well, it will change the workings of many trades in a great extent and push the complete development of the social economy. Meanwhile, the rapid development of geospatial informatics will push the informatization revolution of surveying science, promote the formation and development of geospatial information industry with remote sensing, space positioning system, GIS, communication and computer technologies as the focus and make itself a department of the information industry of universal importance.

With remote sensing, space positioning system and GIS as the main thread, this book has systematically introduced the formation, developing proceed, scientific and technical systems and the applications of the geospatial informatics. The book is divided into nine chapters. The first and second chapters introduce the formation and theoretical technical basis of the geospatial informatics. The third, fourth and fifth chapters introduce the theories, methods and applications of the traditional ground survey, modern space positioning and aviation and