

# 空间信息产业化 现状与趋势

袁智德 主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 空间信息产业化现状与趋势

袁智德 主 编

科 学 出 版 社  
北 京

## 内 容 简 介

本书在对空间信息及其产业特征、空间数据的获取技术、数据的加工处理及空间数据运行的政策机制科学分析的基础上,重点围绕空间信息在位置信息服务、智能交通、房地信息服务、物流管理、城市环境与防灾减灾及城市基础设施管理等产业化前景广、发展前沿的应用领域和产业化发展趋势进行论述。为推动空间信息共享及相关基础设施建设的发展,本书还集中收录了一些与空间信息产业化关联度较高的规范性文件材料。

本书可供从事空间信息技术应用与产业化的管理者、企业家、工程技术人员与研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

空间信息产业化现状与趋势/袁智德主编. —北京:科学出版社,2004.2

ISBN 7-03-012853-2

I. 空... II. 袁... III. ①地理信息系统—产业经济学—研究 ②全球定位系统(GPS)—产业经济学—研究 ③遥感技术—产业经济学—研究 IV. ①P208 ②P228.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 006666 号

责任编辑:赵 峰 / 责任校对:连秉亮  
责任印制:刘 学 / 封面设计:木 子

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海长阳印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年2月第一次印刷 印张:21 1/2

印数:1—3 000 字数:485 000

定价:43.00 元

《空间信息产业化现状与趋势》  
编辑委员会

编委会主任：张 鳌

编委会副主任：王建宇 景贵飞 郁文贤

主 编：袁智德

副 主 编：马贺平 梅安新 张乾乾 陆星海 朱 昊 周 频  
孙建中

主 审：梅安新

编委：（以姓氏笔画为序）

|     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 万 庆 | 马浩元 | 王 东 | 王 铮 | 方 涛 | 尹 球 | 古一鸣 |
| 叶 雷 | 申 静 | 冯 铠 | 巩彩兰 | 刘海涛 | 刘银年 | 李 昂 |
| 李明禄 | 李治洪 | 杨根庆 | 吴健平 | 余金培 | 张 超 | 张力军 |
| 张力坚 | 张桂成 | 陈 平 | 陈 钻 | 陈 强 | 郁宏伟 | 聂青勇 |
| 夏志华 | 倪丽萍 | 徐卫东 | 曹 冲 | 曹中初 | 舒 嵘 | 魏 静 |

## 序

空间信息产业化的现状剖析和趋势预测,无论对于市场竞争还是科技创新来说,都是热门话题。特别是在全球化新经济的浪潮中,高科技产业的股市出现泡沫,信息产业化的风险就更加引人瞩目,议论纷纭。

其中空间信息产业的发展似乎一枝独秀。开始并不十分起眼,信息产业界全神关注的是硬件,是传输速率;对信息资源的开发利用,并不是十分关心。后来慢慢地意识到有路就要有车,有车就要有货,才是高速公路!于是,出身高速公路世家的美国前副总统戈尔(Gore, 1999)提出了“数字地球战略”的概念。已经发射了几百颗资源、环境遥感卫星和定位卫星、通讯卫星的美国,痛下决心,集中全国优秀的遥感、测绘力量,组建国家影像制图局(NIMA),在两年多的时间内,完成了全球南北纬 60°之间的陆地三维地形数据库(DEM),用来保障区域导弹防御体系,为发动阿富汗和两次海湾战争精准制导提供了空间信息基础支持。战争的需求,毋庸讳言,是刺激空间信息产业发展的原始驱动力之一。

另一方面,社会经济的持续发展,需要与自然资源的合理利用及生态环境的保护协调,对于空间信息产业化的需求,更加殷切。在卫星定位系统、网络技术、宽带、格网计算、虚拟技术日新月异的信息社会和空间时代的环境下,空间信息产业如日中天,愈来愈红火。广泛服务于城市规划、建设与管理,交通导航与物流配送,灾害防治与生态保护,精准农业与作物估产……数字城市、数字省区、数字流域等应运而生,百舸争流。电子政务,电子商务,数字奥运,数字制造,呼声迭起。对信息化产业需求,与时俱进。在国家中长期规划中,在政府订购的预算中,都崭露头角!占有一席之地。与此同时,继气象、海洋、资源卫星业务运行之后,防灾与环境小卫星星座,近年即将升空。卫星空间信息资源夜以继日,源源不断。超大分辨率的 IKONOS 和 QuickBird 卫星影像和 1:2 000~1:500 的城市数字地形模型(DEM)和国产三维航空立体摄影资料,更能为城市规划、建设与管理提供详尽的细节。使空间信息产品丰富多彩,美不胜收。由于空间信息产业基础扎实,实力雄厚,即使在工厂产业大涨大落的日子,空间信息产业依然长盛不衰,稳步上升。

很高兴读到由袁智德处长主编,梅安新教授主审的关于论述“空间信息产

业化”的这部专著。“纸上谈兵终觉浅，绝知此事要躬行。”这部专著的作者，多数是知名大公司的经理或总工程师，还有政府部门的决策、管理专家和知名大学教授、科研人员。他们在书中奉献出许多切实可行的解决方案，又提出了一些新的难题和思路。来自实践而又高于实践，解决老问题而又提出新问题，给读者解惑与启发。对于贯彻落实“三个代表”的重要思想，理解和执行国家信息部、国家科技部的政策方针和战略部署，都是大有裨益的，对于加速科学技术创新的产业，更是宝贵经验和成功案例。

陳世彭

2003 年 10 月

# 前 言

在信息技术高速发展了 40 年之后,人们开始怀疑它是否已经失去发展动力或无足轻重了。如同从 20 世纪 70 年代大型计算机到 90 年代的微型计算机,新的技术不断创造着新的辉煌,而同时也使昨日的辉煌开始黯然失色一样,信息技术的发展也遵循熊彼特法则。新的市场在技术日益成熟的基础上集成其他相关技术不断发展壮大,新的大众市场又必然会发展成无法预知的结果。20 世纪 60 年代因特网就在实验室诞生,但直到 90 年代中期几千万人拥有个人电脑之后,因特网技术才开始普及。在 2000 年由高科技带动的股票市场上扬到极致,其泡沫开始崩溃之后,人们陷入了恐慌之中,认为信息技术的发展末日将近。事实上,泡沫破灭的本质是因为对信息技术创新的投资的增长速度远大于信息技术创新的速度。创新往往是间歇式的,很少是直线式或指数式的。就世界各国对信息技术发展的研究开发投资而言,信息技术在可预见的未来几年内都还是第一焦点。况且,信息技术复苏的迹象已初见端倪。信息资源的开发利用、网格技术、宽带无线网、数字电视、数字娱乐等高增长市场开始出现。信息技术正在集聚重获增长的动力。

在众多的动力因子中,以网格技术为基础的信息资源应用与管理体制越来越引起重视。在对未来的设计中,网格节点将开始发挥类似神经元的作用,众多包括微型计算机在内的遥测装置系统将应运而生,每个系统都有微处理器和连接网络的发射器,通过基于位置的系统,人们可以感知万物、检测万物,从交通流量到温度、从地震活动到心电图仪等,为人们的决策和行动提供全新的信息来源,从而使人类进入数字地球时代。“数字地球”最初由美国前副总统 A. Gore 于 1998 年 1 月 31 日提出。数字地球计划是继信息高速公路之后又一全球性的科技发展战略性目标,是信息社会的重要组成部分,是遥感、遥测、全球定位系统、互联网、虚拟技术等以空间信息技术为主体的现代科技的高度集成和升华。

城市是最重要的信息资源获取、处理和利用的载体。城市发展过程中的许多问题都与空间信息密切相关,如市政规划、城市建设、城市管理、交通导航、生态环境、城市灾害、数字化生存等。发展我国的空间信息科技产业,可以给城市创造良好的投资环境和生活环境,可以给投资者创造一个具有丰富可

靠信息资源的经营环境,可以提高政府行政管理水平,带动传感器、定位仪、汽车电子、软件业等相关产业的发展,可以形成移动终端地理信息服务、网络电子地图服务、空间数据处理与制图服务、定位应用服务、应急救援、交通诱导、物流管理、电子导游等信息服务业的发展,形成城市新的产业和新的经济增长点。

上海市科学技术委员会组织有关单位的专家和工程技术人员共同编制出版《空间信息产业化现状与趋势》一书,其目的在于同从事空间信息技术应用与产业化的管理者、企业家、工程技术人员、研究人员等进行交流,普及和推广空间信息技术的应用,促进空间信息技术的产业化。

本书分为三篇:第一篇为基础篇,该篇重点阐述空间信息及其产业的特征、空间数据的获取技术、数据的加工处理、空间数据运行的政策等领域的现状与发展趋势;第二篇为应用篇,全面论述遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统(GPS)的应用现状和产业化趋势,重点围绕空间信息在位置信息服务、智能交通、房地信息服务、物流管理、城市环境和防灾减灾,以及城市基础设施管理等领域的应用和产业化发展趋势;第三篇集中收录一些与产业化关联度较高的规范性文件材料。全书反映了国内外空间信息产业的最新进展以及相关的科研院所和科技企业对空间信息产业的认知度,有较高的学术和实用价值。

参加该书编写的有上海、北京、黑龙江等地的十六个高科技企业、科研机构、高等院校和事业单位。其中,第一章由华东师范大学吴健平、张超、叶雷、陈强执笔;第二章由中国科学院上海技术物理研究所王建宇、舒嵘、刘银年执笔;第三章由上海微小卫星工程中心余金培、杨根庆执笔;第四章由中国科学院永生数据有限公司万庆、陈钻和黑龙江省地理信息中心古一鸣执笔;第五章由上海畅想电脑有限公司周频、李昂、魏静执笔;第六章由上海城市发展信息研究中心倪丽萍和华东师范大学吴健平执笔;第七章由上海市科委袁智德、上海交通大学方涛、上海城市发展信息研究中心孙建中执笔;第八章由上海飞天空间遥感技术有限公司马贺平执笔;第九章由中国航空无线电电子研究所陆星海、中国全球定位系统技术应用协会曹冲执笔;第十章由 ESRI 中国(北京)有限公司张乾乾、聂青勇执笔;第十一章由上海曙天信息数码科技有限公司申静、方正数码有限公司冯铠执笔;第十二章由上海城市交通信息中心朱昊、陈平执笔;第十三章由 ESRI 中国(北京)有限公司张乾乾执笔;第十四章由上海交通大学王东、李明禄、李治洪,华东师范大学张超、夏志华,上海大潮电子科

技有限公司郁宏伟联合执笔;第十五章由中国科学院上海技术物理研究所尹球、巩彩兰、徐卫东执笔;第十六章由上海市房屋土地资源管理局信息中心马浩元、曹中初和上海飞天空间遥感技术有限公司王铮、张力坚、张力军联合执笔;第十七章由上海城市发展信息研究中心孙建中、张杰执笔。本书附件由古一鸣、万庆、聂青勇、孙建中等整理。全书由袁智德、梅安新和马贺平整理、统稿。

值本书出版之际,向致力于空间信息产业化推进的主管领导、企业家和工程技术人员致以崇高敬意;向支持和关心本书出版的科技部高新司领导、863-13 专家组全体专家和主题办公室的全体工作人员表示衷心感谢。

本书中存在欠缺和不当在所难免,望各位专家、学者、企业家提出宝贵意见,共同抓住机遇、迎接挑战,促进我国空间信息产业化发展。

空间信息产业化现状和趋势专题研究小组

2003 年 9 月于上海

# 目 录

## 序 前言

## 基 础 篇

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| <b>第一章 空间信息技术发展综述</b> .....     | ( 3 )  |
| 1.1 空间信息技术 .....                | ( 3 )  |
| 1.2 遥感技术的发展 .....               | ( 3 )  |
| 1.3 地理信息系统技术 .....              | ( 8 )  |
| 1.4 卫星定位技术 .....                | ( 15 ) |
| <b>第二章 空间对地观测技术的现状与发展</b> ..... | ( 21 ) |
| 2.1 引言 .....                    | ( 21 ) |
| 2.2 对地观测技术的发展 .....             | ( 21 ) |
| 2.3 典型对地观测系统 .....              | ( 27 ) |
| 2.4 对地观测发展的一些讨论 .....           | ( 34 ) |
| 2.5 结语 .....                    | ( 36 ) |
| <b>第三章 小卫星技术的现状与发展</b> .....    | ( 37 ) |
| 3.1 现代小卫星技术发展现状 .....           | ( 37 ) |
| 3.2 通信小卫星及其星座技术与应用 .....        | ( 47 ) |
| 3.3 对地观测小卫星技术与应用 .....          | ( 50 ) |
| 3.4 小卫星空间科学试验与应用 .....          | ( 61 ) |
| 3.5 现代小卫星设计新技术与发展趋势 .....       | ( 62 ) |
| <b>第四章 空间数据加工处理的现状与发展</b> ..... | ( 67 ) |
| 4.1 空间数据的内容与特点 .....            | ( 67 ) |
| 4.2 空间数据采集技术现状与发展趋势 .....       | ( 69 ) |
| 4.3 空间数据集成技术现状与发展趋势 .....       | ( 72 ) |
| 4.4 空间数据处理的技术标准与规范 .....        | ( 73 ) |
| 4.5 空间数据生产的商业模式与社会化生产探讨 .....   | ( 75 ) |
| 4.6 空间数据生产与城市空间信息产业应用的衔接 .....  | ( 77 ) |
| <b>第五章 数据运行机制与政策环境研究</b> .....  | ( 79 ) |
| 5.1 引言 .....                    | ( 79 ) |
| 5.2 国际数据运行现状 .....              | ( 79 ) |
| 5.3 国内数据运行的政策法规现状 .....         | ( 80 ) |
| 5.4 国内经济发展的需求矛盾及其产生的问题 .....    | ( 82 ) |
| 5.5 未来数据运行模式发展趋势 .....          | ( 84 ) |

|            |                        |        |
|------------|------------------------|--------|
| 5.6        | 优化数据运行模式、改善政策环境的建议     | ( 85 ) |
| 5.7        | 结语                     | ( 88 ) |
| <b>第六章</b> | <b>国内外空间信息共享的现状与发展</b> | ( 89 ) |
| 6.1        | 国外空间信息共享发展现状           | ( 89 ) |
| 6.2        | 国内空间信息共享发展现状           | (103)  |

## 应 用 篇

|             |                            |       |
|-------------|----------------------------|-------|
| <b>第七章</b>  | <b>城市空间信息产业面临的机遇与挑战</b>    | (111) |
| 7.1         | 城市空间信息技术回顾与发展              | (111) |
| 7.2         | 城市空间信息产业的发展                | (116) |
| 7.3         | 城市空间信息应用服务存在的问题            | (119) |
| 7.4         | 从 WebGIS 到 SIG(GridGIS)的发展 | (122) |
| 7.5         | 网络技术对地理信息产业的促进与历史机遇        | (125) |
| <b>第八章</b>  | <b>遥感技术应用与产业化</b>          | (127) |
| 8.1         | 遥感及其发展史                    | (127) |
| 8.2         | 国外遥感技术发展趋势                 | (127) |
| 8.3         | 国内遥感发展趋势                   | (132) |
| 8.4         | 中国遥感应用现状与发展前景              | (135) |
| 8.5         | 推进遥感应用产业化的必要性              | (144) |
| 8.6         | 加速我国遥感应用及其相关产业形成和发展的对策     | (146) |
| <b>第九章</b>  | <b>卫星导航系统应用与产业化</b>        | (147) |
| 9.1         | 产业构成                       | (147) |
| 9.2         | 国内外现状和发展趋势                 | (147) |
| 9.3         | 影响我国卫星导航应用产业化发展的因素         | (159) |
| 9.4         | 卫星导航产业化发展的战略目标             | (161) |
| 9.5         | 关于发展卫星导航产业的几点建议            | (164) |
| <b>第十章</b>  | <b>地理信息系统应用与产业化</b>        | (169) |
| 10.1        | 国外 GIS 应用现状分析              | (169) |
| 10.2        | 国外 GIS 应用发展趋势分析            | (171) |
| 10.3        | 国外 GIS 应用中数据提供及获取机制        | (174) |
| 10.4        | 中国 GIS 应用现状分析              | (175) |
| 10.5        | 中国 GIS 应用发展趋势分析            | (178) |
| 10.6        | 上海 GIS 应用现状及发展趋势分析         | (180) |
| 10.7        | 阻碍中国及上海 GIS 进一步发展的因素       | (183) |
| 10.8        | 在“数字上海”建设中对 GIS 应用的建议      | (184) |
| 10.9        | 上海成为中国 GIS 产业中心的建议         | (185) |
| <b>第十一章</b> | <b>位置信息服务技术应用与产业化</b>      | (187) |
| 11.1        | LBS 中外发展现状                 | (187) |
| 11.2        | LBS 发展趋势                   | (189) |

|             |                                        |              |
|-------------|----------------------------------------|--------------|
| 11.3        | LBS 广泛的应用需求 .....                      | (190)        |
| 11.4        | LBS 应用服务中运用的主要技术 .....                 | (191)        |
| 11.5        | 发展 LBS 产业值得考虑的因素 .....                 | (194)        |
| 11.6        | LBS 在 2010 年世博会中的应用与需求分析 .....         | (194)        |
| 11.7        | LBS 服务的市场前景和经济效益预测 .....               | (195)        |
| 11.8        | 发展 LBS 产业的几点建议 .....                   | (196)        |
| <b>第十二章</b> | <b>智能交通系统(ITS)应用与产业化 .....</b>         | <b>(199)</b> |
| 12.1        | 引言 .....                               | (199)        |
| 12.2        | 国内外 ITS 应用现状 .....                     | (199)        |
| 12.3        | 智能交通系统的发展趋势和需求分析 .....                 | (206)        |
| 12.4        | 加快空间信息技术在 ITS 领域应用的对策和建议 .....         | (208)        |
| <b>第十三章</b> | <b>设施管理中 GIS 的应用及发展 .....</b>          | <b>(213)</b> |
| 13.1        | 设施管理中 GIS 的作用 .....                    | (213)        |
| 13.2        | GIS 在电力行业中的应用 .....                    | (213)        |
| 13.3        | GIS 在供水行业中的应用 .....                    | (217)        |
| 13.4        | GIS 在燃气行业中的应用 .....                    | (222)        |
| 13.5        | GIS 在电信行业中的应用 .....                    | (225)        |
| 13.6        | GIS 在排水行业中的应用 .....                    | (227)        |
| 13.7        | GIS 在各行业客户服务中心的应用 .....                | (230)        |
| 13.8        | GIS 与其他系统接口与集成 .....                   | (231)        |
| <b>第十四章</b> | <b>空间信息技术在现代物流中的应用与发展 .....</b>        | <b>(233)</b> |
| 14.1        | 我国现代物流产业及其信息化 .....                    | (234)        |
| 14.2        | 空间信息技术在现代物流产业中的应用现状与趋势 .....           | (236)        |
| 14.3        | 空间信息技术在物流系统中的应用方案 .....                | (241)        |
| 14.4        | 基于空间信息技术的现代物流信息平台的建设 .....             | (245)        |
| 14.5        | 空间信息技术在现代物流产业中应用的政策建议 .....            | (248)        |
| <b>第十五章</b> | <b>空间信息技术在城市环境保护和防灾减灾中的应用与发展 .....</b> | <b>(250)</b> |
| 15.1        | 城市面临的环境保护和防灾减灾问题——以上海为例 .....          | (250)        |
| 15.2        | 空间信息系统的基本情况 .....                      | (250)        |
| 15.3        | 空间信息在环境保护和防灾减灾中的应用现状 .....             | (251)        |
| 15.4        | 上海市环境保护和防灾减灾工作中空间信息的应用情况 .....         | (262)        |
| 15.5        | 空间信息在环境保护和防灾减灾中应用的发展趋势 .....           | (265)        |
| <b>第十六章</b> | <b>房地管理信息服务业应用与发展 .....</b>            | <b>(268)</b> |
| 16.1        | 国内外房地管理信息服务业应用现状 .....                 | (268)        |
| 16.2        | 城市房地产管理系统应用现状 .....                    | (270)        |
| 16.3        | 房地管理与信息服务产品与产业 .....                   | (274)        |
| 16.4        | 房地管理系统与房地信息服务业发展趋势 .....               | (276)        |
| <b>第十七章</b> | <b>城市空间基础数据平台建设现状与发展 .....</b>         | <b>(278)</b> |
| 17.1        | 引言 .....                               | (278)        |

17.2 城市空间信息基础数据平台技术..... (278)

17.3 城市基础数据平台典型数据项..... (282)

17.4 城市基础数据平台发展..... (286)

17.5 结语..... (288)

附 录

附录 1 ..... (291)

附录 2 ISO/TC211 地理信息协会简介 ..... (297)

1. ISO/TC211 工作结构和程序 ..... (297)

2. 第一工作组：框架和参照模式 ..... (297)

3. 第二工作组：地理空间数据模型与操作符 ..... (298)

4. 第三工作组：地理空间数据管理 ..... (299)

5. 第四工作组：地理空间服务程序 ..... (299)

6. 第五工作组：协议子集与操作标准 ..... (300)

7. 欧洲标准委员会(CEN)技术委员会 287 \_地理信息 ..... (301)

8. 总结 ..... (302)

附录 3 空间地理信息相关标准与规范清单 ..... (303)

1. 国家标准 ..... (303)

2. 行业标准 ..... (305)

附录 4 GIS 教育的现状与趋势 ..... (307)

1. 国外 GIS 教育领域现状 ..... (307)

2. 中国 GIS 教育应用现状分析 ..... (309)

3. 中国 GIS 教育发展趋势分析 ..... (316)

附录 5 城市基础数据平台卫星遥感数据特征 ..... (317)

主要参考书目..... (324)

主要参考文章..... (324)

相关网站与网页..... (327)

# 基 础 篇



# 第一章 空间信息技术发展综述

## 1.1 空间信息技术

空间信息技术包含了遥感(remote sensing, RS)技术、地理信息系统(geographical information system, GIS)技术和全球卫星定位(global positioning system, GPS)技术等专业领域,是当前人类快速获取大区域地球动态和定位信息并提供处理、分析和辅助决策等服务的有效手段。借助航天、航空对地观测平台,人类开始实现对地球不间断的观测,通过信息处理快速再现和客观反映地球表层的状况、现象、过程及其空间的分布和定位,服务于经济建设和社会发展。空间信息技术的应用改变了人类观测地球的方式,大大开阔了人类的视野,极大增强了人类认识世界的能力,对 21 世纪人类的世界观和生活、生产以及信息交流方式将产生深远的影响。

21 世纪空间信息技术全面步入集成化、网络化和向产业化应用发展的新时期。空间信息技术应用在国民经济社会发展中的地位正在不断提高,空间信息产业可望成为信息产业中最具先导性的重要组成部分之一,其发展水平直接关系到一个国家的综合国力和国土安全。空间信息技术是空间信息产业发展的基础,分析空间信息技术的发展有利于更好地制定空间信息产业的发展规划。

## 1.2 遥感技术的发展

这里主要对遥感技术的两大组成部分:遥感成像技术和遥感信息处理技术的发展作简要的评述。前者通过遥感平台和传感器获得地面物体的遥感图像,后者则通过信息处理技术从遥感图像中获得所需的各种专题信息。

### 1.2.1 遥感成像技术

近年来,遥感成像技术有了很大发展,大大提高了人们对地球的观测能力。对这些技术的发展进行了解,有利于更好地进行遥感应用。下面我们从遥感成像的几个主要技术指标来分析遥感成像技术的发展。

#### (1) 空间分辨率

空间分辨率是指图像上能显示出的最小地物的尺寸,它决定了我们需要判读的地物能否在图像上显示和识别。以往,卫星遥感所获得的图像,空间分辨率的尺度一般是几十米或更低,限制了卫星遥感数据在一些领域特别是城市遥感中的应用。近年来,随着传感器技术的发展,空间分辨率已能达到米级,甚至厘米级。最为典型的是美国 IKONOS 卫星数据和 QuickBird 卫星数据。IKONOS 卫星是美国空间成像公司(Space Imaging

Co.)开发的高精度地球成像卫星,IKONOS 是希腊语“图像”的意思。IKONOS-1 于 1999 年 9 月 3 日发射,但升空后不久就与地面失去联系。1999 年 9 月 24 日 IKONOS-2 发射成功。卫星轨道高度 680 km,与太阳同步,轨道倾角  $98.2^{\circ}$ ,卫星设计寿命 7 年。卫星上装有功能强大的数字照相机,能够从高空拍摄地面的高清晰照片,精度可达到分辨地面上一辆汽车的水平,空间成像公司曾在其网站上公布了一组图像,清楚地显示出成像期间一架美军飞机在我国海南省陵水机场上从停放到最后被拆除的过程。2001 年 10 月 18 日,美国 DigitalGlobe 公司成功发射了 QuickBird-2 卫星,该卫星所获得的图像分辨率最高可以达到 0.61 m,从该卫星拍摄的天安门广场的图像来看,可以看到广场上的棋杆以及行人。除了上述卫星数据外,其他达到米级分辨率的卫星遥感数据还有印度遥感卫星 IRS、法国 Spot 卫星、韩国的 KOMPSAT 卫星、以色列的 EROS 卫星数据等。我国和巴西联合发射的“资源一号”卫星(CBERS-1)空间分辨率为 19.5 m。

## (2) 光谱分辨率

光谱分辨率包括两方面:成像波段数及每一个波段的宽度。波段的宽度越窄,探测地物的针对性越强;波段数越多,用于区分地物的指标就越多。常规的遥感技术是多光谱成像,又称宽波段遥感,波段宽一般大于 100 nm,只有几个波段,且波段在波谱上不连续。20 世纪 80 年代初,开始研制成像光谱仪,并逐渐形成了高光谱分辨率的新遥感系统。高光谱分辨率遥感(hyperspectral remote sensing)是指利用很多很窄的电磁波波段(例如 10 nm 左右甚至更窄)获取感兴趣物体的电磁辐射数据。高光谱遥感的出现是遥感信息获取手段的革命,它使本来在宽波段遥感中不可探测的物质,在高光谱遥感中能被探测(Oke, 1982)。第一代成像光谱仪以 AIS(航空成像光谱仪)为代表,1983 年,由 AIS-1 获取的第一幅高光谱分辨率图像以全新的面貌呈现在科学界面前。美国宇航局(NASA)喷气推进实验室研制的航空可见光/红外成像光谱仪(AVIRIS)是第二代成像光谱仪的代表,在 1987 年获得第一幅 AVIRIS 图像,AVIRIS 是首次测量全部太阳辐射覆盖的波长范围(400~2 500 nm)的成像光谱仪。几乎与 AVIRIS 并存的还有加拿大研制小型机载成像光谱仪(CASI),有 288 个波段,覆盖的光谱范围包括可见光和部分近红外区域(430~870 nm),光谱分辨率达 1.8 nm。由美国研制的高光谱数字图像实验仪(HYDICE)在 1996 年开始使用,它的探测范围与 AVIRIS 相同(400~2 500 nm),但使用 CCD 推扫式成像技术,有 210 个波段,宽度 3~20 nm 不等。在航空成像光谱仪的基础上,几个新的航天成像光谱仪也已研制出来。1999 年 12 月 18 日发射 Terra 卫星和 2002 年 5 月 4 日发射的 Aqua 卫星是美国 NASA 对地观测系统(EOS)中的其中两个卫星,在这两个卫星上均搭载了 MODIS 成像光谱仪(中分辨率成像光谱仪)。MODIS 具有对云、气溶胶、辐射收支平衡以及对通过能量、 $\text{CO}_2$ 、水循环反映的地-气相互作用探测的能力。在从可见光、近红外到热红外(0.4~14  $\mu\text{m}$ )的光谱区间,设置了 36 个通道。这 36 个通道按它们的主要用途可分为若干组,其中,1、2 通道(2 个通道)的空间分辨率为 250 m,3~7 通道(5 个通道)的空间分辨率为 500 m,8~36 通道(29 个通道)为 1 000 m。

## (3) 成像波段

常规的遥感成像波段是可见光和红外波段。随着遥感技术的发展,成像波段已扩展