



测绘管理人员培训教材一

# 现代测绘科学技术基础

李建成 闫利



WUHAN UNIVERSITY PRESS

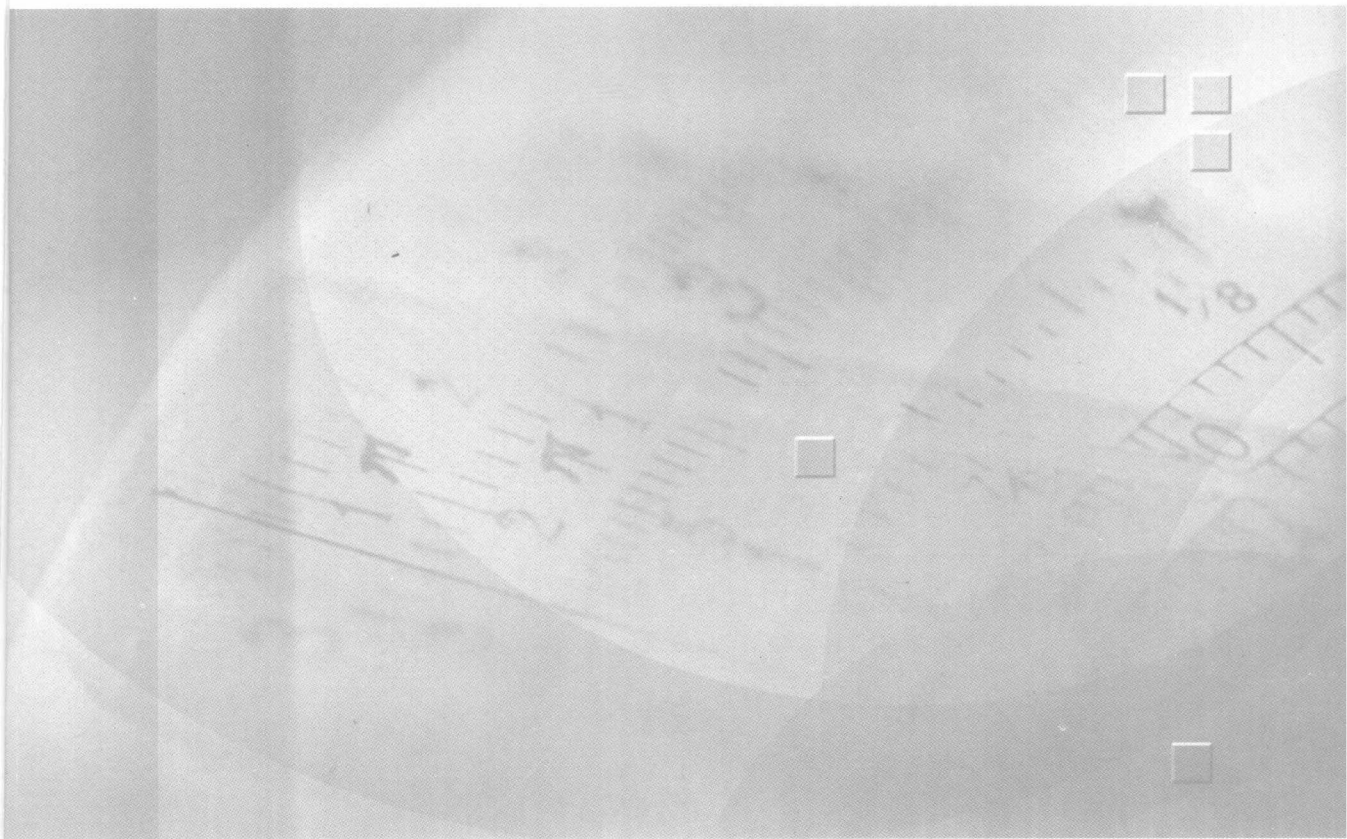
武汉大学出版社



测绘管理人员培训教材一

# 现代测绘科学技术基础

李建成 闫 利



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

现代测绘科学技术基础/李建成,闫利. —武汉:武汉大学出版社,2009.6  
测绘管理人员培训教材—  
ISBN 978-7-307-07102-5

I. 现… II. ①李… ②闫… III. 测绘—干部教育—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 096869 号

责任编辑:王金龙      责任校对:王 建      版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北金海印务公司

开本:787×1092 1/16      印张:11.25      字数:261千字      插页:1

版次:2009年6月第1版      2009年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-07102-5/P·151      定价:25.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

## 测绘管理人员培训教材编审委员会

主 任：徐德明

副主任：宋超智

成 员：王保立 吴卫东 李建成 朱德友 黄明东 余仰涛 毛金波  
李媛媛

## 测绘管理人员培训教材编写组

组 长：毛金波（武汉大学继续教育学院副院长、高级工程师）

成 员：李建成 朱德友 黄明东 余仰涛 姚成宽 阿克班·阿布力孜  
邓 非 姜卫平 乔俊军 闫 利 姚宜斌 张小红 邹进贵  
方 妍 艾 杨 邓 菲 刘 影 罗志敏 龚 韵 曾德军  
熊 庆 毛旭东 张仁杰 张 婧 应志豪 徐 晖 曹立新  
褚丽丽 孙 超

# 序 言

党的十七大指出：“党的执政能力建设关系党的建设和中国特色社会主义事业的全局，必须把提高领导水平和执政能力作为各级领导班子建设的核心内容抓紧抓好。”为提高领导水平和执政本领，中央印发了《关于2008—2012年大规模培训干部工作的实施意见》。

测绘是经济社会发展的基础性工作，是准确把握国情国力的重要手段，是提高管理决策水平的重要工具。进入新时期，党中央国务院高度重视测绘工作，经济社会发展不断对测绘提出新的更高要求，国内外测绘技术日新月异、发展迅速，我国测绘事业进入快速发展的新阶段。根据国务院《关于加强测绘工作的意见》，国家测绘局提出了：“构建数字中国、丰富地理信息，搭建共享平台、保障社会需求，完善体制机制、强化统一监管，创建和谐测绘、推动科学发展”的工作目标。崇高的使命，创新的实践，急需一大批堪当重任的高素质的测绘领导干部。然而，当前各级测绘行政管理干部对测绘法律、行政管理和测绘技术等方面的知识了解还不够多，理解不够深；应对新形势下测绘工作面临的新要求、新任务的办法还不够多，措施还不够有力，测绘依法行政能力与党和国家的要求和测绘事业发展的需求还有一定差距。

理论素养是领导干部素质的核心，教育培训是提高领导干部素质和能力的基础工程。站在促进测绘事业科学发展的战略高度，着眼于培养眼界宽、思路宽的测绘行政管理干部的实际需要，国家测绘局印发了《关于大规模培训测绘行政管理干部的通知》，决定建立地方各级测绘行政管理干部五年轮训机制。大规模培训地方各级测绘行政管理干部的总体目标是通过培训，夯实知识基础，拓展宏观视野，培养战略思维，提高全局意识，增强工作能力，打造一支政治合格、业务过硬、廉洁自律、依法行政的测绘行政管理干部队伍。培训内容重点突出《测绘法》及配套行政法规、规章等测绘法律法规知识，从事测绘行政管理工作需要掌握的测绘科技知识，公共行政管理的基本理论和方法等。

加强测绘管理人员培训教材建设，是增强测绘管理人员培训工作实效的重要途径。按照既要系统、又要实用的原则，国家测绘局组织力量编写了《现代测绘科学技术基础》、《测绘法律知识基础》、《管理学实务概论》等三部测绘管理人员培训参考教材。《现代测绘科学技术基础》简要介绍了大地测量学、摄影测量、遥感科学与技术、地图学、地理信息系统、工程测量等方面的基础知识以及当前我国测绘领域的主要工作，旨在帮助测绘管理人员把握现代测绘科学技术的发展现状和趋势，提升测绘基础知识素养。《测绘法律知识基础》简要介绍了法律基础理论知识、测绘法律知识和测绘行政管理中需要掌握的有关行政法律基础知识，旨在促进测绘管理人员知法、执法、守法。《管理学实务概论》较为系统地介绍了现代公共行政管理的基础知识，旨在提升测绘管理人员的公共行政管理

素养和能力。《现代测绘科学技术基础》、《测绘法律知识基础》、《管理学实务概论》三部培训教材，具有较强的针对性和实效性，可作为培训测绘管理人员的参考教材。

最后，我还要真诚地感谢各位编写人员，感谢你们为测绘事业发展所付出的辛勤劳动。这三部培训教材必将对测绘事业的科学发展，对测绘队伍的和谐建设起到积极的推动作用。我也相信测绘工作者读到此书时会从中汲取营养，此书会受到广大测绘职工的欢迎。

徐德明

2009年5月

# 前 言

当今社会进入信息时代，世界各国都把加速信息化进程视为新型发展战略，测绘信息服务的方式和内容在国家信息化的大环境下发生了深刻变化，由此促进了测绘信息化的发展，推动测绘事业优化升级，充分发挥测绘在国家经济建设和社会发展中的作用，继而催生了信息化测绘的新概念。现代测绘科学技术的发展现状和趋势，主要是以 3S 技术为代表的现代测绘技术作支撑，发展地理空间信息的快速获取、自动化处理、一体化管理和网络化服务，从而推进信息化测绘的建设进程以及地理信息产业的发展。

本书针对省、市、县各级测绘管理工作对现代测绘科学知识的需求，阐述了大地测量学、摄影测量、遥感科学与技术、地图学、地理信息系统、工程测量等方面的主要研究内容以及当前我国测绘领域所从事的主要工作。

本书由李建成、闫利担任主编，参加编写的人员还有邓非、姜卫平、乔俊军、姚宜斌、张小红和邹进贵。

由于本书涉及面广，内容多，时间仓促，不妥之处，敬请批评指正。

编 者

2009 年 4 月于武汉大学

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 综 述 .....                | 1  |
| 1.1 现代测绘科学技术现状与进展 .....        | 1  |
| 1.1.1 测绘学的现代概念和内涵 .....        | 1  |
| 1.1.2 现代测绘新技术的发展 .....         | 2  |
| 1.1.3 现代测绘学科体系 .....           | 9  |
| 1.2 我国信息化测绘体系 .....            | 10 |
| 第 2 章 大地测量 .....               | 13 |
| 2.1 概 述 .....                  | 13 |
| 2.2 测绘基准 .....                 | 14 |
| 2.2.1 测绘基准定义和作用 .....          | 14 |
| 2.2.2 常用的全球坐标参考框架 .....        | 15 |
| 2.2.3 中国坐标参考框架 .....           | 17 |
| 2.2.4 国家测绘基准的现代化 .....         | 19 |
| 2.3 卫星导航定位技术与方法 .....          | 20 |
| 2.3.1 概述 .....                 | 20 |
| 2.3.2 GPS 定位基本原理和方法 .....      | 25 |
| 2.3.3 卫星导航定位测量数据采集 .....       | 27 |
| 2.3.4 卫星导航定位新技术 .....          | 28 |
| 2.3.5 卫星导航定位技术的应用 .....        | 31 |
| 2.4 地球重力场理论与现代高程基准 .....       | 31 |
| 2.4.1 概述 .....                 | 31 |
| 2.4.2 大地水准面的定义及其作用 .....       | 33 |
| 2.4.3 我国高程基准 .....             | 35 |
| 2.5 现代卫星重力与重力场探测 .....         | 36 |
| 2.5.1 概述 .....                 | 36 |
| 2.5.2 卫星重力场测量技术的发展及其基本原理 ..... | 37 |
| 第 3 章 摄影测量 .....               | 39 |
| 3.1 概 述 .....                  | 39 |
| 3.2 航空摄影 .....                 | 39 |

|       |             |    |
|-------|-------------|----|
| 3.2.1 | 我国航空摄影现状    | 39 |
| 3.2.2 | 航空摄影理论基础    | 40 |
| 3.2.3 | 航空摄影相机      | 41 |
| 3.2.4 | 航摄任务规划      | 41 |
| 3.3   | 数字摄影测量理论和方法 | 42 |
| 3.3.1 | 基础理论        | 42 |
| 3.3.2 | 空中三角测量加密    | 45 |
| 3.3.3 | 影像匹配        | 46 |
| 3.3.4 | 数字高程模型      | 47 |
| 3.3.5 | 正射影像        | 47 |
| 3.3.6 | 影像调绘        | 48 |
| 3.4   | 数字摄影测量工作站   | 48 |
| 3.4.1 | JX4         | 48 |
| 3.4.2 | VirtuoZO    | 48 |
| 3.4.3 | DP-GRID     | 49 |
| 3.4.4 | 像素工厂        | 49 |
| 3.4.5 | 其他系统简介      | 49 |
| 3.5   | DEM、DOM生产   | 50 |
| 3.5.1 | 技术要求        | 50 |
| 3.5.2 | DEM生产流程     | 51 |
| 3.5.3 | DOM生产流程     | 52 |
| 3.5.4 | DEM质量检查     | 52 |
| 3.5.5 | DOM质量检查     | 53 |
| 第4章   | 遥感科学与技术     | 54 |
| 4.1   | 概述          | 54 |
| 4.2   | 遥感卫星        | 55 |
| 4.2.1 | 卫星成像基础理论    | 55 |
| 4.2.2 | 我国遥感卫星系列    | 56 |
| 4.2.3 | 国外遥感卫星系列    | 58 |
| 4.2.4 | 卫星影像质量评价    | 63 |
| 4.3   | 遥感图像处理技术    | 65 |
| 4.3.1 | 基础理论        | 65 |
| 4.3.2 | 图像增强        | 66 |
| 4.3.3 | 辐射校正        | 66 |
| 4.3.4 | 几何校正        | 67 |
| 4.3.5 | 影像融合        | 68 |
| 4.3.6 | 影像判读        | 69 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 4.3.7 影像分类 .....        | 70        |
| 4.3.8 专题图制作 .....       | 71        |
| 4.4 激光雷达及其数据处理 .....    | 72        |
| 4.4.1 机载激光雷达 .....      | 72        |
| 4.4.2 地面激光雷达 .....      | 73        |
| 4.5 遥感图像处理系统 .....      | 74        |
| 4.5.1 遥感图像处理系统组成 .....  | 74        |
| 4.5.2 ERDAS .....       | 75        |
| 4.5.3 ImageInfo .....   | 75        |
| 4.6 遥感应用 .....          | 76        |
| 4.6.1 卫星测图 .....        | 76        |
| 4.6.2 地形图更新 .....       | 78        |
| 4.6.3 土地详查 .....        | 80        |
| 4.6.4 遥感动态监测 .....      | 82        |
| 4.6.5 环境监测 .....        | 86        |
| 4.6.6 沉降监测 .....        | 87        |
| 4.6.7 三维景观图 .....       | 88        |
| <b>第5章 地理信息系统 .....</b> | <b>91</b> |
| 5.1 概 述 .....           | 91        |
| 5.2 地理信息系统基础 .....      | 93        |
| 5.2.1 数据获取 .....        | 93        |
| 5.2.2 空间数据库 .....       | 95        |
| 5.2.3 空间分析 .....        | 97        |
| 5.2.4 空间信息可视化 .....     | 100       |
| 5.2.5 WebGIS .....      | 100       |
| 5.2.6 分布式地理信息系统 .....   | 101       |
| 5.3 地理信息系统软件 .....      | 101       |
| 5.3.1 软件系统组成 .....      | 101       |
| 5.3.2 国内地理信息系统软件 .....  | 103       |
| 5.3.3 国外地理信息系统软件 .....  | 103       |
| 5.4 国家地理空间框架 .....      | 104       |
| 5.4.1 基础地理信息标准 .....    | 106       |
| 5.4.2 基础地理信息更新 .....    | 106       |
| 5.4.3 基础地理信息共享 .....    | 107       |
| 5.4.4 地理信息公共服务平台 .....  | 108       |
| 5.5 地理信息系统应用 .....      | 109       |
| 5.5.1 我国地理信息化建设 .....   | 109       |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 5.5.2      | 地理信息系统工程实施 .....          | 111        |
| 5.5.3      | 数字城市 .....                | 112        |
| 5.5.4      | 土地管理信息系统 .....            | 113        |
| <b>第6章</b> | <b>地图与地图学 .....</b>       | <b>115</b> |
| 6.1        | 地图的基本概念 .....             | 115        |
| 6.1.1      | 地图的基本特性 .....             | 115        |
| 6.1.2      | 地图的内容 .....               | 115        |
| 6.1.3      | 地图的分类 .....               | 116        |
| 6.2        | 地图的数学基础 .....             | 117        |
| 6.2.1      | 地图投影的基本概念 .....           | 117        |
| 6.2.2      | 地图投影的分类 .....             | 117        |
| 6.2.3      | 地图定向 .....                | 119        |
| 6.2.4      | 地图比例尺 .....               | 119        |
| 6.3        | 地图的表示方法 .....             | 120        |
| 6.3.1      | 普通地图的表示方法 .....           | 120        |
| 6.3.2      | 专题地图的表示方法 .....           | 122        |
| 6.4        | 地图的制图综合 .....             | 123        |
| 6.5        | 现代地图制图技术 .....            | 123        |
| 6.5.1      | 地形图数据库的基本类型 .....         | 123        |
| 6.5.2      | 我国地形图数据库的建设情况 .....       | 125        |
| 6.5.3      | 数字地图的生产与技术方法 .....        | 127        |
| 6.5.4      | 全数字地图制图与印刷出版技术 .....      | 130        |
| 6.5.5      | 多媒体电子地图与网络地图制作技术 .....    | 131        |
| <b>第7章</b> | <b>工程测量 .....</b>         | <b>134</b> |
| 7.1        | 工程测量的现状与发展趋势 .....        | 134        |
| 7.1.1      | 大比例尺工程测(成)图数字化 .....      | 134        |
| 7.1.2      | 工业测量系统的最新进展 .....         | 134        |
| 7.1.3      | 施工测量自动化和智能化的进展 .....      | 136        |
| 7.1.4      | 工程测量仪器和专用仪器向自动化方向发展 ..... | 136        |
| 7.1.5      | 特种精密工程测量的发展 .....         | 137        |
| 7.1.6      | 工程测量数据处理自动化和数据库 .....     | 138        |
| 7.1.7      | 工程摄影测量和遥感技术的广泛应用 .....    | 138        |
| 7.1.8      | GPS在工程测量中的应用 .....        | 139        |
| 7.2        | 工程测量基础 .....              | 139        |
| 7.2.1      | 控制测量 .....                | 139        |
| 7.2.2      | 地形测量 .....                | 142        |

---

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 7.2.3 施工测量 .....             | 143        |
| 7.3 常用仪器 .....               | 144        |
| 7.3.1 水准仪 .....              | 144        |
| 7.3.2 全站仪 .....              | 145        |
| 7.3.3 GNSS 接收机 .....         | 146        |
| 7.3.4 其他仪器 .....             | 147        |
| 7.4 大比例尺地面数字测图 .....         | 147        |
| 7.4.1 内外业一体化测图 .....         | 147        |
| 7.4.2 数字地形图的应用 .....         | 148        |
| 7.5 工程测量常用技术和方法 .....        | 148        |
| 7.5.1 施工控制网的建立 .....         | 148        |
| 7.5.2 专题地形图的测绘 .....         | 149        |
| 7.5.3 水下地形图测绘 .....          | 150        |
| 7.5.4 施工放样的方法 .....          | 150        |
| 7.5.5 竣工测量方法 .....           | 151        |
| 7.5.6 变形监测方法 .....           | 152        |
| 7.6 不动产与界线测绘 .....           | 155        |
| 7.6.1 房产测绘 .....             | 155        |
| 7.6.2 地籍测绘 .....             | 156        |
| 7.6.3 界线测绘 .....             | 157        |
| <b>第8章 现代测绘技术集成与应用 .....</b> | <b>159</b> |
| 8.1 移动测量技术与系统 .....          | 159        |
| 8.1.1 车载移动测量系统的构成 .....      | 160        |
| 8.1.2 车载移动测量系统关键技术 .....     | 161        |
| 8.1.3 车载移动测量系统的应用 .....      | 164        |
| 8.2 车载导航系统 .....             | 165        |
| 8.3 公共安全与应急响应 .....          | 167        |

# 第1章 综 述

## 1.1 现代测绘科学技术现状与进展

测绘学是研究地球和其他实体的与空间分布有关的信息的采集、量测、分析显示、管理和利用的科学和技术。它的研究内容和科学地位则是确定地球和其他实体的形状和重力场及空间定位,利用各种测量仪器、传感器及其组合系统获取地球及其他实体与空间分布有关的信息,制成各种地形图、专题图和建立地理、土地等空间信息系统,为研究地球的自然和社会现象,解决人口、资源、环境和灾害等社会可持续发展中的重大问题以及为国民经济和国防建设提供技术支撑和数据保障。

### 1.1.1 测绘学的现代概念和内涵

从测绘学的现代发展可以看出,现代测绘学是指地理空间数据的获取、处理、分析、管理、存储和显示的综合研究。这些空间数据来源于地球卫星、空载和船载的传感器以及地面的各种测量仪器,通过信息技术,利用计算机的硬件和软件对这些空间数据进行处理和使用。这是应现代社会对空间信息有极大需求这一特点形成的一个更全面且综合的学科体系。它更准确地描述了测绘学科在现代信息社会中的作用。原来各个专门的测绘学科之间的界限已随着计算机与通信技术的发展逐渐变得模糊了。某一个或几个测绘分支学科已不能满足现代社会对地理空间信息的需要,相互之间更加紧密地联系在一起,并与地理和管理学等其他学科知识相结合,形成测绘学的现代概念,即研究地球和其他实体的与时空分布有关的信息的采集、量测、处理、显示、管理和利用的科学和技术。测绘学科的现代发展促使测绘学中出现若干新学科,例如卫星大地测量(或空间大地测量)、遥感测绘(或航天测绘)、地理信息工程,等等。

我国测绘学科经历了三个阶段的发展,即模拟测绘(或称传统测绘)、数字化测绘、信息化测绘,现在正处于数字化测绘向信息化测绘发展的阶段。20世纪80年代是传统测绘体系的改造阶段,90年代是数字化测绘技术体系的形成阶段,21世纪初是实现以地图生产为主向地理信息服务为主的转变阶段,即信息化测绘发展的阶段。信息化测绘技术体系是在对地观测技术、计算机信息化技术和现代通信技术等支撑下的有关地理空间数据的获取、处理、管理、更新、共享和应用的所有技术的集合。从学科发展上说,测绘学正在实现与近年来在国内外兴起的一门新兴学科——地球空间信息学的跨越与融合。

现代测绘学发展方向可以概括为四个方面。

#### 1. 地理空间信息时空基准体系

地理空间信息时空基准（测绘基准）是为地理空间信息提供平面位置、高程、重力、深度以及时间等方面的起算依据，相应地包括平面基准、高程基准、深度基准、重力基准和时间基准。这些基准都有其参考系统和参考框架，形成测绘基准体系。当前我国正在进行测绘基准现代化改造，构建满足国家经济和国防建设需要的现代测绘基准体系。

## 2. 地理空间信息实时获取体系

地理空间信息的获取主要依赖于空间对地观测技术，包括卫星导航定位技术、卫星重力探测技术、航空航天遥感技术等，许多地面观测技术也是不可缺少的。利用这些现代测绘新技术，可以动态、实时地获取测绘定位数据、重力数据和遥感影像数据以及其他与测绘有关的数据。

## 3. 地理空间信息自动化快速处理体系

在地理空间信息数据的采集、处理、管理、更新和应用过程中广泛采用自动化、智能化技术，可以实现对数据的快速或实时处理，满足经济社会发展和人民生活的需求。地理空间信息数据的自动化快速处理体系是利用计算机人工智能等技术实现地理空间信息数据运算的分布式、并行化、集群化，信息提取的定量化、自动化、智能化、实时化。其主要包括：卫星导航定位数据处理技术、地球重力场精化技术、航空航天遥感数据处理技术、地图制图与地理信息系统技术。

## 4. 地理空间信息网络化服务体系

信息化测绘的一个显著特征是信息服务的网络化，其地理信息的传输交换和服务主要在网络环境下进行，可以对分布在各地的地理信息进行检索、访问、浏览、下载和支付。任何人，在任何时候、任何地方都可以获得所需要的、使用权限范围内的地理信息服务。地理空间信息网络服务系统就是将有用的地理信息以最快的速度 and 最便捷的方式提供给广大社会公众的地理空间信息网络自主服务平台。

### 1.1.2 现代测绘新技术的发展

当今社会已进入信息时代，世界各国都把加速信息化进程视为新型发展战略，测绘信息服务的方式和内容在国家信息化的大环境下发生了深刻变化，由此促进了测绘信息化的发展，推动测绘事业优化升级，充分发挥测绘在国家经济建设和社会发展中的作用，继而催生了信息化测绘的新概念，因此现阶段的测绘科学技术学科的发展现状和趋势，主要是以3S技术为代表的现代测绘技术作支撑，发展地理空间信息的快速获取、自动化处理、一体化管理和网络化服务，以此推进信息化测绘的建设进程。

传统的测绘技术由于受到观测仪器和方法的限制，只能在地球的某一局部区域进行测量工作，而空间导航定位、航空航天遥感、地理信息系统和数据通信等现代信息技术的发展及其相互渗透和集成，则为我们提供了对地球整体进行观察和测绘的工具。卫星航天观测技术能采集全球性、重复性的连续对地观测数据，数据的覆盖可达全球范围，因此这类数据可用于对地球整体的了解和研究，这就好像把地球放在实验室里进行观察、测绘和研究一样。现代测绘高新技术日新月异的迅猛发展，使得测绘学的理论基础、测绘工程技术体系、研究领域和科学目标等正在适应新形势的需要而发生深刻的变化。GPS等空间定位技术的引进，导致大地测量从分维式发展到整体式，从静态发展到动态，从描述地球的几

何空间发展到描述地球的物理—几何空间,从地表层测量发展到地球内部结构的反演,从局部参考坐标系中的地区性测量发展到统一地心坐标系中的全球性测量。大地测量学已成为测绘学和地学领域的基础性学科。摄影测量本身已完成了“模拟摄影测量”与“解析摄影测量”的发展历程,现正在进入“数字摄影测量”阶段。由于现代航天技术和计算机技术的发展,当代卫星遥感技术可以提供比光学摄影所获得的黑白像片更加丰富的影像信息,因此在摄影测量中引进了卫星遥感技术,形成了航天测绘。摄影测量学中由于应用了遥感技术,并与计算机视觉等交叉融合,因此它已是基于电子计算机的现代图像信息学科。随着计算机地图制图和地图数据库技术的飞速发展,作为人们认知地理环境和利用地理条件的根据,地图制图学已进入数字(电子)制图和动态制图的阶段,并且成为地理信息系统的支撑技术。地图制图学已发展成为以图形和数字形式传输空间地理环境的学科。现代工程测量学也已远离了单纯为工程建设服务的狭隘概念,正向着所谓“广义工程测量学”方向发展,即“一切不属于地球测量,不属于国家地图集的陆地测量和不属于公务测量的应用测量,都属于工程测量”。工程测量的发展可概括为内外业一体化、数据获取与处理自动化、测量工程控制和系统行为的智能化、测量成果和产品的数字化。同样,在海洋测量中,广泛应用先进的激光探测技术、空间定位与导航技术、计算机技术、网络技术、通信技术、数据库管理技术以及图形图像处理技术,使海洋测量的仪器和测量方法自动化和信息化。测绘学科的这些变化从技术层面上影响到测绘学科由传统的模拟测绘过渡到数字化测绘,例如测绘生产任务由纸上或类似介质的地图编制、生产和更新发展到对地理空间数据的采集、处理、分析和显示,出现了所谓的“4D”测绘系列产品,即数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)、数字栅格地图(DRG)和数字线画图(DLG)。测绘学科和测绘工作正在向着信息采集、数据处理和成果应用的数字化、网络化、实时化和可视化的方向发展,生产中体力劳动得到解放,生产力得到很大的提高。今天的光缆通信、卫星通信、数字化多媒体网络技术可使测绘产品从单一的纸质信息转变为磁盘和光盘等电子信息,测绘生产产品分发方式从单一的邮路转到“电路”(数字通信和计算机网络、传真等),测绘产品的形式和服务社会的方式由于信息技术的支持发生了很大的变化,表现为以高新技术为支撑和动力,测绘行业和地理信息产业正成为新世纪的朝阳产业。它的服务范围 and 对象正在不断扩大,不再是原来单纯从控制到测图,为国家制作基本地形图,而是扩大到国民经济和国防建设中与地理空间数据有关的各个领域。

#### 1.1.2.1 卫星导航定位

##### 1. 现代测绘基准建设

现代测绘基准(又称地理空间信息基准),是确定地理空间信息的几何形态和时空分布的基础,是反映真实世界空间位置的参考基准,它由大地测量坐标系统、高程系统/深度基准、重力系统和时间系统及其相应的参考框架组成。近年来我国现代测绘基准的建设取得了重要进展。基于现代理念和高新技术的新一代大地坐标系已进入实用阶段。经国务院批准,我国自2008年7月1日起启用“2000国家大地坐标系(简称CGS2000)”,并规定CGS2000与现行国家大地坐标系的转换、衔接过渡期为8~10年。关于我国的高程基准,除了建立新的一等精密水准网作为高程参考框架外,还可借助厘米级精度(似)大地水准面形成全国统一的高程基准。因此我国信息化测绘体系所要建立的现代测绘基准则

是在多种现代大地测量技术支撑下的全国统一、高精度、地心、动态的几何—物理一体化的测绘基准。

“5·12”汶川大地震将灾区原有维护测绘基准的国家平面与高程系统以及城市坐标系的控制点摧毁殆尽，已完全不能满足救灾、抢险和灾后家园重建的要求，为此国家测绘局编制了汶川地震灾后重建测绘保障工作实施方案，对灾区及周边地形进行分析，并采用现代测绘技术，快速高效地恢复和建立了灾区应急测绘基准体系，为灾情评估、灾后重建规划和建设提供及时、可靠的测绘服务。此基准包含了 24 个 GPS 连续运行基准站和灾区厘米级精度似大地水准面。

## 2. 全球导航卫星系统 (GNSS) 的组建

当今世界上全球导航卫星系统除美国的 GPS 和俄罗斯的 GLONASS 之外，现在正在建设的有欧盟的 GALILEO 和中国的北斗二代 (COMPASS)。近年来，后两者的建设有较大进展。2008 年欧盟通过了 GALILEO 的最终部署方案，标志着为期 6 年的伽利略计划基础设施建设正式启动。它分两阶段实施，即 2008—2013 年为建设阶段，2013 年后为正式运行阶段。2008 年 4 月 27 日发射升空的第二颗在轨验证元素卫星 GIOVE-B，目前已开始在轨检测，将继续验证未来 GALILEO 有效载荷的关键技术。GIOVE 之后下一步计划就是 2010 年发射 4 颗运行卫星，验证 GALILEO 太空设备与相关的地面段设备。一旦在轨验证阶段结束，则将发射其余 26 颗卫星，部署一套具有完全运行能力的由 30 颗星组成的星座。中国的北斗二代导航系统已开始组建。2007 年 2 月 3 日，中国用长 3 甲火箭将北斗系统 4 号星发射升空，现在卫星转入正常运行。2007 年 4 月 14 日，我国又再次用长 3 甲火箭将一颗北斗 MEO 导航卫星送入太空。这标志着我国将开始由区域导航卫星系统向全球导航卫星系统建设的过渡。

## 3. 卫星定位技术的研究热点

网络 RTK 和精密单点定位技术仍是当前主要的研究热点。尤其是利用网络 RTK 技术在大区域内建立连续运行基准站网系统 (CORS)，为用户全天候、全自动、实时地提供不同精度的定位/导航信息。这里主要研究其技术实现的方法。现在比较成熟的方法有虚拟基准点技术 (VRS)、主辅站技术 (FKP) 以及数据通信模式等。由于当前出现了多种卫星和多种传感器导航定位系统，因此产生了多模组合导航和多传感器融合导航技术，前者如 GPS/GLONASS/GALILEO/BD 的组合导航，后者则是将 GNSS 同惯性、天文、多普勒、地形、影像等相融合的导航系统。它们都是按某种最优融合准则进行最优组合，以实现提高目标跟踪精度的目的。

## 4. GPS/重力相结合的高程测量新方法

这种新方法是在 GPS 出现之后逐渐发展到比较成熟的测定地面海拔高程 (正高或正常高) 的一种技术方法。GPS 可测出地面一点的大地高，如果能在同一点上获得高程异常 (或大地水准面差距)，那么就可将大地高通过高程异常 (或大地水准面差距) 很容易转换成正常高 (或正高)，即通常水准测量测出的海拔高程。这里的关键技术就是高精度、高分辨 (似) 大地水准面数值模型的确定方法。由于这种方法可以替代费时、费力、费财的几何水准测量，因此要求 (似) 大地水准面数值模型达到同几何水准测量相当的厘米级精度水平，这就要在其确定理论和解算方法上不断改进和完善，用于实际解算的各

种观测数据要不断丰富,例如目前在我国的顾及地球曲率的严密重力归算方法,采用曲率连续张量样条算法的格网空间异常内插方法以及(似)大地水准面的第二类赫尔默特凝聚算法等。采用这些理论和方法大大提高了(似)大地水准面数值模型的精度。

#### 1.1.2.2 航空航天测绘

##### 1. 高分辨率卫星遥感影像测图

随着高分辨率立体测绘卫星数据处理技术的突破和我国民用测绘卫星“资源三号”的正式立项,如今卫星影像测图正在逐步走向实用化,呈现出航天与航空摄影测量并存的局面。高分辨率遥感卫星不断出现,成像方式也向多样化方向发展,由单线阵推扫式逐渐发展到多线阵推扫成像;更加合理的基高比和多像交会方式进一步提高了立体测图精度。通过获取大范围同轨或异轨立体影像,已引起地形测量和地形测绘技术的变革。高分辨率遥感卫星数据处理技术的进展,主要包括高精度的有理函数模型求解技术、稀少地面控制点的大范围区域网平差技术、基于多基线和多重匹配特征的自动匹配技术等。高分辨率卫星遥感影像已成为我国西部1:50000地形图测图困难空白区的基础地理信息的重要数据源之一。在地面无控制条件下自动网平差技术还可以使大范围边境区域和境外地形图测绘成为现实。

##### 2. 航空数码相机的摄影测量数据获取

随着传统胶片式航测相机相继停产,航空数码相机已逐渐取代此类相机,成为大比例尺地理空间信息获取的主要手段,以适应信息化测绘的需求。我国自主研发的SWDC系列航空数码相机结束了国外数码航空相机的垄断局面,已经应用于我国基础航空摄影。该系统基于多台非量测型相机构建,经过严格的相机检校过程,可拼接生成高精度的虚拟影像,其大幅面航空数码相机的高程精度高达1/10000。2008年我国自主研发的另一个型号TOPDC-4四拼数码航空摄影仪试验成功,并应用于我国第二次全国土地调查。而在国外又推出了新型号的UltraCamXP和ADS80以及新的大幅面DiMAC WiDE、RolleiMetric AICX4、中幅面ApplaniX DSS439和三线阵Wehrli 3-DAS-2等数码相机,其硬件性能进一步提高。在“5·12”汶川特大地震中,利用中型通用航空飞机搭载ADS40等数码航摄影仪,在中高空获取大区域影像,实践证明,POS系统支持的高分辨率机载三线阵数码相机具有很好的快速反应能力。

##### 3. 轻小型低空摄影测量平台的实用化作业

轻小型低空摄影测量平台分为无人驾驶固定翼型飞机、有人驾驶小型飞机、直升机和无人飞艇等几种。由于其机动灵活、经济便捷等优势得到了迅速发展,并逐步进入实用阶段。低空摄影测量平台能够实现低空数码影像获取,可以满足大比例尺测图、高精度城市三维建模以及各种工程应用的需要。目前已有部分大比例尺测图任务由它完成。特别是无人机可在超低空进行飞行作业,对天气条件的要求较宽松,且无需专用机场,在“5·12”汶川特大地震灾害应急响应的应用中,展现出巨大的潜力。

##### 4. 数字摄影测量网格的大规模自动化快速数据处理

随着航空数码相机、机载激光雷达等新型传感器的迅猛发展,为有效解决海量遥感数据处理的瓶颈问题,将计算机网络技术、并行处理技术、高性能计算技术与数字摄影测量技术相结合,开发了新一代航空航天数字摄影测量数据处理平台,即数字摄影测量网格