



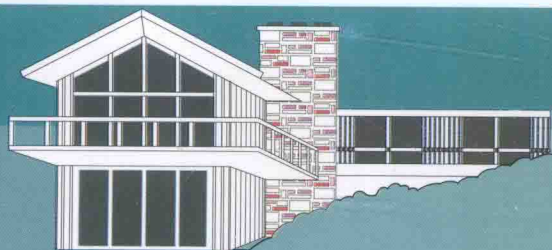
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

工程测量

GONGCHENG CELIANG

● 主编 宋建学

(第四版)



郑州大学出版社



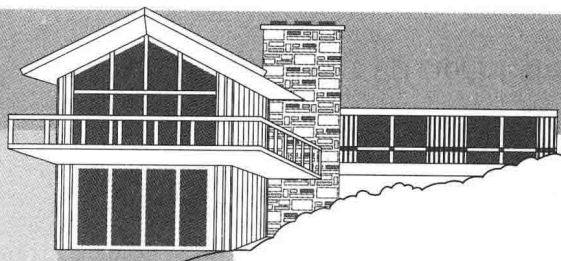
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

工程测量

GONGCHENG CELIANG

●主编 宋建学

(第四版)



郑州大学出版社

郑州

内 容 提 要

本书根据土建类工程测量课程教学要求编写。全书共分14章,包括水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差基础知识、控制测量、地形图及其应用、工程测设、建筑工程施工测量、公路工程测量、桥涵工程测量、市政工程测量、工程变形测量、GPS全球定位系统等内容。

除作为高等院校本科、专科教材之外,本书还可供土木工程类各专业从事施工、监理等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/宋建学主编. —4版. —郑州:郑州大学出版社,2015.1(2016.1重印)
(“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材)
ISBN 978-7-5645-0744-2

I. ①工… II. ①宋… III. ①工程测量-高等学校-教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 213380 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路40号

出版人:张功员

全国新华书店经销

郑州金汇彩印有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:17

字数:405千字

版次:2015年1月第4版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2016年1月第9次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0744-2

定价:29.00元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编写指导委员会

The compilation directive committee

名誉主任 王光远

主任 高丹盈

委员 (以姓氏笔画为序)

王 锋 王新武 司马玉州 刘立新

刘希亮 关 罡 李广慧 李纪周

李晓峰 张 伟 张 玲 张国强

陈 淮 赵顺波 姚庆钊 祝彦知

夏锦红 原 方 钱文军 陶炳海

鲍 鹏

秘 书 崔青峰 刘 开

本书作者

Authors

主 编 宋建学

副 主 编 杨海荣

编 委 (以姓氏笔画为序)

王汉雄 冯 虎 刘 弘

杨海荣 宋建学 张先忠

陈 哲 陈武新 赵桂峰

翟永亮

再版说明

Publication introduction

2006年以来,国家实施了“高等学校本科教学质量与教学改革工程”,进一步明确提出:提高质量是高等教育发展的核心任务;提高质量的核心是大力提升人才培养水平;提高质量的关键是明确人才培养目标,加快专业改革与建设步伐,加大课程改革与建设的力度。几年来,各院校在专业建设、课程建设方面取得了丰硕的成果,而教材既是教育教学成果的直接体现,也是深化教学内容和改革教学方法的重要推动力。为此,教育部要求加强新教材和立体化教材建设,提倡和鼓励根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。

为更好地贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和推进高等教育改革与发展,服务高等教育事业,在前版的基础上,我们总结了各校教育教学改革成果,分专业多次召开了教育教学研讨和教材编写会议,组织学术水平高、教学经验丰富的一线教师,使用最新的规范标准编写了本版教材。

希望本版教材的出版对高等教育土木类专业教育教学改革和教学质量提高起到更大的推动作用,也希望使用本版教材的师生多提意见和建议,以便修订完善。

编写指导委员会

2011年8月

序

Preface

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王 芳 远

2006 年 7 月

前言

Preface

本教材是在郑州大学出版社出版的《土木工程测量》(ISBN 7-81048-984-4, 2005)和《工程测量》(ISBN 7-81106-382-4, 2006)的基础上修订、完善而成的。

2005年,为适应高等教育专业拓宽和学时压缩的新形势,郑州大学出版社出版了土木工程类专业教材《土木工程测量》。该教材编写前的调研发现,以往传统测量教材通常重“测定”、轻“测设”,而土木工程各专业的实际需要与这种教材编排结构恰恰相反,即:无论是小地区控制测量还是大比例尺地形图测绘,通常都是由测绘专业队伍完成,而土木工程毕业的学生很少涉足这一领域工作。同时,对于土木工程中的施工放样等重要内容,传统教材则言之不详,对当时正快速发展的深基坑施工环境变形监测等内容更鲜有涉及。正因为如此,该教材在编写过程中力图从实际需要出发,结合土木工程各专业的生产实践,突出以下四个特色:①压缩“测定”,强化“测设”;②尝试将土木工程施工验收规范中的测量控制标准引入测量教材;③关键词采取中英文对照形式;④为了突出工程安全监测的重要意义,将工程变形测量单独成章,并引入详细的工程实例。

2006年,作者总结了《土木工程测量》在教学实践中的优势和不足,将该教材经修订完善后,出版了高等教育“十一五”规划教材《工程测量》,并在河南省内土木工程类专业中推广使用。新版《工程测量》经过教学实践检验,受到广大读者的肯定和鼓励,同时也收到一些批评意见和建议,包括建议编写配套习题集等。

自2006年以来,工程测量领域出现了显著的变化,本版修订也相应作出了调整,主要表现为以下四个方面:①为适应测量设备和技术的进步,一些具有代表性的国家和行业标准已逐步更新并发布,主要包括《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《建筑变形测量规范》(JGJ 8—2007)、《城市轨道交通工程测量规范》(GB 50308—2008)等。特别值得一提的是,国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)的发布,验证了本系列教材自2005年起就倡导的强化工程安全

监测的思想。上述新规范的发布与实施,要求测量教材必须作出相应调整。②全国范围内的城市轨道交通工程建设正如火如荼、方兴未艾,这必将会成为未来数十年中工程测量技术取得突破进展的重要领域。基于此种认识,本次教材修订,将郑州市轨道交通一号线的实证工程引入第13章,希望读者能对这一方面的变化有所了解。③中国的“北斗”卫星导航系统在与美国GPS系统、俄罗斯GLONASS系统和欧洲主导的“伽利略”系统的合作与竞争中逐渐胜出,有可能在未来数年中成为中国乃至周边国家工程测量的主导性平台。鉴于此,本书在第14章专门增加了介绍“北斗”系统的相关内容。④与其他高科技设备一样,测量设备原理日益复杂,设备的检修越来越多地依靠供应商的售后服务。与此同时,土木工程专业对学生工程测量现场操作技术的要求越来越高,因此,本次教材修订在继续坚持“简明、实用”的原则基础上,将大量实际操作过程以视频形式通过教师用书所附光盘展示,以期对初学者有所帮助。此外,鉴于印刷技术的进步,大部分测量设备不再采用手绘插图,而直接采用实物照片,以提高其直观性。

本书由郑州大学宋建学任主编,华北水利水电大学杨海荣任副主编。本书第1章由宋建学编写,第2章由华北水利水电大学杨海荣编写,第3章由郑州大学冯虎编写,第4章由郑州大学赵桂峰编写,第5、6章由河南科技学院刘弘编写,第7章由信阳师范学院陈哲编写,第8、9章由郑州航空工业管理学院张先忠编写,第10、11、12章由黄淮学院王汉雄编写,第13章由郑州华信学院翟永亮编写,第14章由河南工业大学陈武新编写。全书由宋建学统稿,并最终定稿。

自2005年《土木工程测量》出版发行,本系列教材已在教学实践中连续使用六年,得到了众多读者的鼓励和肯定,也收获了宝贵的意见和建议。

教学探索的过程是艰苦的,但改革又是不可避免、势在必行的。本书作者在孤灯清影中与这套教材一起成长,享受教材编写成功的喜悦,也长期被教材中的个别失误所困扰。本次修订,希望能够将遗憾减到最少。

本书除作为高等院校本科、专科教材之外,还可供土木工程类专业施工、监理等岗位的工程技术人员参考。

恳请读者对书中谬误提出宝贵意见,以利作者进步。

作者

2014年12月

目录

CONTENTS

▶▶▶ 1

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 测量学发展简史	2
1.3 地面点位的确定	6
1.4 用水平面代替水准面的尺度限制	11
1.5 测量工作的原则	12
第2章 水准测量	14
2.1 水准测量原理	14
2.2 水准测量的仪器和工具	15
2.3 水准仪的使用	18
2.4 水准测量外业	19
2.5 水准测量内业	24
2.6 精密水准仪和水准尺	27
2.7 自动安平水准仪	30
2.8 水准测量的误差分析	30
第3章 角度测量	34
3.1 水平角测量原理	34
3.2 DJ6 级光学经纬仪	34
3.3 DJ2 级光学经纬仪	37
3.4 水平角观测	38
3.5 竖直角观测	44
3.6 角度测量的误差	47
3.7 电子经纬仪	51
3.8 激光经纬仪	51
第4章 距离测量与直线定向	53
4.1 钢尺量距的一般方法	53
4.2 钢尺量距的精密方法	55
4.3 钢尺量距的误差分析	60
4.4 光电测距简介	61
4.5 直线定向	71

4.6 罗盘仪和陀螺经纬仪·····	74
第5章 测量误差基础知识 ·····	75
5.1 测量误差分类·····	75
5.2 观测值精度评价指标·····	77
5.3 误差传播定律·····	78
5.4 无真值条件下的最大似然值·····	80
第6章 控制测量 ·····	82
6.1 概述·····	82
6.2 导线测量·····	83
6.3 三、四等水准测量·····	90
6.4 全站仪三角高程测量·····	93
第7章 地形图及其应用 ·····	97
7.1 地形图的基本概念·····	97
7.2 地形图的应用·····	100
7.3 数字化地形图·····	103
7.4 GIS 简介·····	104
7.5 大比例尺地形图测绘·····	110
第8章 工程测设 ·····	116
8.1 水平距离、水平角和高程的测设·····	116
8.2 点的平面位置测设·····	120
第9章 建筑工程施工测量 ·····	123
9.1 建筑场地施工控制测量·····	123
9.2 工业与民用建筑施工测设精度·····	126
9.3 多层民用建筑施工测设·····	128
9.4 高层建筑施工测设·····	130
9.5 单层工业厂房施工测设·····	132
第10章 公路工程测量 ·····	134
10.1 中线测量·····	134
10.2 曲线测设·····	140
10.3 纵断面测量·····	150

10.4	横断面测量	156
10.5	施工测设	161
第 11 章	桥涵工程测量	168
11.1	涵洞施工测量	168
11.2	桥梁平面控制网的布设	170
11.3	桥梁墩台定位测量	173
11.4	墩台施工测量	175
11.5	桥(涵)台锥形护坡放样	182
第 12 章	市政工程测量	186
12.1	市政工程测量概述	186
12.2	管道工程测量	188
第 13 章	工程变形测量	196
13.1	概述	196
13.2	工程沉降观测	198
13.3	基坑工程变形监测	204
13.4	深基坑变形监测案例——郑州七里河地铁车站工程	215
第 14 章	GPS 全球定位系统	238
14.1	概述	238
14.2	GPS 系统构成	238
14.3	坐标系统	240
14.4	GPS 定位原理	242
14.5	GPS 测量的实施	245
14.6	RTK 技术	250
14.7	VRS 原理和应用	254
14.8	北斗卫星导航系统	257
参考文献		259

第 1 章 绪论

1.1 概述

1.1.1 测量学的定义和分类

经典的测绘学 (geodesy and cartography) 是研究测定和推算地面点的几何位置、地球形状及地球重力场, 据此测量地球表面自然形态和人工设施的几何分布, 并结合某些社会信息和自然信息的地理分布, 编制全球和局部地区各种比例尺的地形图和专题地图的理论及技术学科, 它包括测量和制图两项主要内容。

测绘学的主要研究对象是地球及其表面的各种形态。为此, 首先要研究和确定地球的形状、大小及其重力场, 并在此基础上建立一个统一的坐标系统, 用以表示地表任一点在地球上的准确几何位置。长期的观测研究证实, 地球的外形非常近似于椭球体, 在测绘学中即用一个同地球外形极为接近的旋转椭球体来代表地球, 称为地球椭球。地面上任一点的几何位置即用这点在地球椭球面上的经纬度和点的高程表示。测绘学中, 研究测定地球形状及重力场、地球椭球参数以及地面点的几何位置的理论 and 技术的分支学科称为大地测量学。

测图过程所得到的成果只是地形原图, 还要经过编绘、整饰和制印, 或增加某些专门要素, 才能形成各种比例尺的地形图及各种专题地图。为此, 必须进行地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等各项工作, 研究这方面的理论 and 技术的分支学科称为地图制图学。

土木工程中进行的测量工作通常是在面积不大的区域内进行的, 因此, 在同一测区内可以既不考虑地球曲率, 也不考虑地球重力场的微小影响。研究符合上述条件的测量理论 and 技术的分支学科称为普通测量学。

各项经济建设和国防工程建设的规划设计、施工和部分建筑物建成后的运营管理, 都需要一定的测量资料或利用测量手段来指导工程的进行、监测工程结构物的变形。这些测量工作往往要根据具体工程的要求, 采取专门的测量方法, 有时需要特定的高精密度或使用特种测量仪器。研究解决这些问题的理论 and 技术的分支学科就是工程测量学。

土木工程测量 (civil engineering survey) 属于普通测量学和工程测量学的范畴。土木工程测量是实现空间位置数字化及其逆过程的全部理论与技术体系。从测量目的和技术特征来看, 它包括两个互逆的过程, 即测定和测设。测定 (measuring) 是将空间点位数字化的过程, 可以是测图、测值等, 这是测绘专业的主要任务; 测设 (stake out) 是把具有数字



特征(坐标、高程、方位角等)的拟建工程结构物在实际地面上(也包括水下、空中)标定出来,作为工程建设的依据,这是土木工程各专业测量工作的核心内容。

1.1.2 工程测量的应用

工程测量自始至终贯穿着土木工程的全过程,其主要内容包括工前勘测、工中控制、工后监测三部分。

工前勘测主要是综合运用各种方法和手段测图或测值,绘制工程设计需要的地形图(topographical map),这是工程总体规划与方案设计的基础。

工中控制主要是按照设计要求,在实地准确地标定出建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工放线和构件安装的依据。

工后监测是在工程结构物运营阶段进行周期性的重复观测(即变形观测),观测垂直位移和水平位移,并对成果进行整理分析。变形观测的特点是精度高、周期长。根据观测结果,可对设计和施工质量作出评价,借以改进设计理论和施工方案;还可以判断建筑物的稳定性,预测未来变形发展趋势,为运营管理提出建议,防止灾难性事故发生。

1.2 测量学发展简史

古代的测量技术起源于水利和农业。古埃及时期,尼罗河每年洪水泛滥,淹没了土地界线,水退以后需要重新划界,最初的测量工作就此开始。在中国,《史记·夏本纪》中记录了公元前约 21 世纪禹受命治理洪水的情况:“左准绳,右规矩,载四时,以开九州、通九道、陂九泽、度九山。”这表明在上古时期,中国人为了治水,已经学会使用简单的测量工具。

测量学是一门技术性较强的学科,它的形成和发展在很大程度上依赖于测量方法和仪器工具的创造和变革。原始的测绘技术发展近代,大致可以从人类对地球形状的认识过程以及测量仪器、技术的发展两个方面来追溯其变迁历史。

1.2.1 人类对地球形状的认识过程

人类对地球形状的科学认识,是从公元前 6 世纪古希腊的毕达哥拉斯(Pythagoras)最早提出大地是球形的概念开始的。两个世纪后,亚里士多德(Aristotle)作了进一步论证,支持这一学说,称为地圆说。又一世纪后,亚历山大城的埃拉托斯尼(Eratosthenes)采用在两地观测日影的办法,首次推算出地球子午线的周长,从而证实了地圆说,这也是测量地球大小的“弧度测量”方法的初始形式。世界上有记载的最早的弧度测量实践则是中国唐代开元十二年(公元 724 年),由南宫说在张遂(法名一行)的指导下在今河南省境内进行的,两人从滑县至上蔡实测了约 300 km 的子午弧长,并在滑县、开封、扶沟、上蔡测量同一时刻的日影长度,根据测量结果推算出了纬度 1° 的子午线弧长。

17 世纪末,英国的牛顿(I. Newton)和荷兰的惠更斯(C. Huyens)首次用力学的观点探讨地球形状,指出地球是两极略扁的椭球体,称为地扁说。1735 ~ 1741 年间,法国科学家派遣测量队在南美洲秘鲁和北欧的拉普兰进行弧度测量,证明了牛顿等的地扁说是正确



的。1743年法国A. C. 克莱洛证明了地球椭球的几何扁率同重力扁率之间存在着简单的关系,这一发现使人们对地球形状的认识又前进了一步,从而为根据重力数据研究地球形状奠定了基础。

19世纪初,随着测量精度的提高,通过对各处弧度测量结果的研究,发现测量所依据的垂线方向同地球椭球面的法线方向之间的差异不能忽略。因此,法国的P. S. 拉普拉斯和德国的C. F. 高斯相继指出,地球形状不能用旋转椭球来代表。1849年,G. G. 斯托克斯提出利用地面重力观测资料确定地球形状的理论。1873年,利斯廷(J. B. Listing)提出“大地水准面”一词,以该面代表地球形状。自此开始,弧度测量的任务不仅是确定地球椭球的大小,而且还包括求出各处垂线方向相对于地球椭球面法线方向的偏差,用以研究大地水准面的形状。

2011年4月,欧洲航天局根据地球重力场和海洋环流探测卫星监测成果,发布了地球仪在重力场作用下的外部面貌三维模型(即大地水准面),表明地球并不是一个表面光滑的球体,而更像是一个表面凹凸不平的“土豆”。

人类在长达2 500年的历史中,对地球形状的认识和测量,经历了“球——椭球——大地水准面”三个阶段。随着对地球形状和大小认识的日益精确,测量工作中精密计算地面点位的平面坐标和高程等参数,逐步有了可靠的科学依据,与此同时,测量学的基本理论也得到不断丰富。

1.2.2 测量仪器和技术的发展

17世纪之前,人们只会使用简单的工具,例如中国的绳尺、步弓、矩尺和圭表等进行测量。这些测量工具都是机械式的,而且以量测距离为主。17世纪初,意大利的伽利略(G. Galilei)使望远镜技术趋于实用。1617年,荷兰的斯涅耳(W. Snell)为了进行弧度测量而首创三角测量法,以代替在地面上直接测量弧长,从此测量工作不仅量测距离,而且开始了测量角度。约于1640年,英国的加斯科因(W. Gascoigne)在两片透镜之间设置十字丝,使望远镜能用于精确瞄准,用以改进测量仪器,这可以算是光学测绘仪器的开端。约于1730年,英国的西森(Sisson)制成测角用的第一架经纬仪,大大促进了三角测量的发展,使它成为建立各种等级测量控制网的主要方法。在这一时期里,由于欧洲又陆续出现小平板仪、大平板仪以及水准仪,地形测量和以实测资料为基础的地图制图工作也得到了发展。

从16世纪中叶起,欧美两洲间的航海问题变得特别重要。为了保证航行安全和可靠,许多国家相继研究在海上测定经纬度的方法,以确定船舰位置。经纬度的测定,尤其是经度的测定方法,直到18世纪时钟发明之后才得到圆满解决。

19世纪初,随着测量方法和仪器的不断改进,测量数据的精度不断提高,精确的测量计算又成了研究的中心问题。此时,数学的进展开始对测量学产生重大影响。1806年和1809年,法国的勒让德(A. M. Legendre)和德国的高斯分别发表最小二乘原理,这为测量平差计算奠定了科学基础。

随着航空技术的发展,1915年出现了自动连续航空摄影机,因而可以将航摄像片在立体测图仪器上加工成地形图,并逐步向航空摄影测量技术发展。



通常认为,从 17 世纪末到 20 世纪中叶,测绘仪器主要在光学领域内发展,测绘学的传统理论和方法也已基本成熟。

从 20 世纪 50 年代起,测绘技术又朝着电子化和自动化方向发展,首先是测距仪器的变革。1948 年起陆续发展起来的各种电磁波测距仪,不仅可用来直接精密测量远达几十千米的距离,而且使得大地测量定位方法除了采用三角测量外,还可以采用精密导线测量和三边测量。与此同时,电子计算机出现,并很快应用到测绘学中,这不仅加快了测量计算的速度,而且还改变了测绘仪器和方法,使测量工作更为简便和精确。用电子计算机控制的摄影测量仪器的出现,促进了解析测图技术的发展。20 世纪 60 年代,出现了计算机控制的自动绘图机,可以实现地图制图的自动化。

自从 1957 年第一颗人造地球卫星发射成功后,测绘技术有了新的飞跃,在测绘学中开辟了卫星大地测量学,即以卫星为主要工具研究地球形状和重力场,建立全球统一大地坐标系,并测定地面点的坐标。与此同时,利用卫星可从空间对地面进行遥感观测,并可对遥感图像信息用于绘制大区域内的小比例尺影像地图和专题地图。

在这一时期,还出现了惯性测量系统,它能实时地进行定位和导航,成为加密陆地控制网和海洋测量的有力工具。美国从 20 世纪 70 年代开始,历时 20 年,耗资 200 亿美元,研制全球定位系统(global positioning system, GPS),并于 1994 年全面建成。GPS 系统是具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统,具备全天候、高精度、自动化、高效益等显著特点,并已成功应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、运载工具导航和管制、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘察、地球动力学等多种学科,从而给测绘领域带来了一场深刻的技术革命。苏联国防部独立研制了第二代军用卫星导航系统 GLONASS(global navigation satellite system),并于 1982 年 10 月 12 日发射了第一颗试验卫星。1998 年,欧盟 15 国决定研制一个欧洲自己的导航系统——“伽利略”系统。2005 年 12 月 28 日,“伽利略”系统的首颗实验卫星“GIOVE-A”发射升空,标志着该计划已进入实质性实施阶段。2010 年 1 月 7 日,欧盟委员会宣布,“伽利略”定位系统将从 2014 年起投入运营。

1.2.3 中国工程测量发展

中国的测量科学由来已久,但新中国成立后,我国工程测量学才在真正意义上开始起步。历史上,列强在瓜分中国的过程中将我国划分成不同的势力范围,造成测量基准的重复和冲突。新中国成立后,国家立即着手建立全国统一的坐标系统和高程系统。1954 年,我国成立国家测绘总局,建成“1954 北京坐标系”。其后,根据技术发展和实际需要,又将大地控制网的原点选在陕西省泾阳县永乐镇某点,建立了我国统一坐标系,即 1980 国家大地坐标系,逐步建立了遍及全国的大地控制网(geodetic control network)、基本重力网和卫星多普勒网。我国在山东省青岛市观象山设立验潮站,长期观察和记录黄海海平面的高度变化,取其平均值作为中国大地水准面的位置,并设立水准原点(height datum)。目前,我国采用 1985 高程基准,全国各地的高程均以青岛水准原点作为基准进行测算。(1985 国家高程基准青岛原点高程为 72.260 m,1956 黄海高程系统青岛原点高程为 72.289 m。在将旧的高程系统换算为新的高程系统时,应注意原点的高程差值。)



改革开放以来,中国土木工程建设进入一个突飞猛进的发展期,中国成为全世界范围内土木工程建设规模最大的国家。工程实践的强烈需要,极大地推动了工程测量技术的发展。

建筑工程方面,上海于2008年建成环球金融中心,高度492 m,101层,高度仅次于台湾101大楼,为大陆第一高楼。它的旁边正在兴建世界第二高楼——上海中心大厦(632 m),高度仅次于迪拜哈利法塔(828 m)。与此同时,国家大剧院、北京奥运会场馆等一大批体量巨大、结构复杂的工程成为北京甚至中国的新地标。

交通方面,自1988年开始建设高速公路以来,我国高速公路建设向世界前列快速迈进。至1998年年底,全国高速公路通车总里程达到6 258 km,跃居世界第八;1999年年底,突破10 000 km,位居世界第四;2000年年底,达到16 000 km,居世界第三;2001年年底,通车里程达到19 000 km,居世界第二位;至2010年年底,高速公路通车里程已达到73 000 km。与此同时,铁路、高速铁路、城市轻轨、地下铁路也迅速发展。2010年年底,我国高速铁路通车里程达7 000 km,成为世界上高速铁路运营里程最长、运营速度最高、在建规模最大的国家。

水利工程方面,三峡大坝全球瞩目,“南水北调”规模空前。三峡大坝为混凝土重力坝,坝线全长2 309.47 m,坝顶高程185 m,最大坝高175 m,工程全部混凝土用量达2.715万 m^3 ,居世界前列。除三峡大坝外,西南水电开发集群项目正在论证之中,其规模之大,建设技术之复杂,在世界范围内绝无仅有。“南水北调”工程在分析比较了50多种方案的基础上,形成了从长江下游、中游和上游调水的三条调水线路,分别称为东线、中线和西线。东线工程,从长江下游江苏省扬州江都抽引长江水,利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北上,并连接起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖。出东平湖后分两路输水:一路向北,经隧洞穿黄河,流经山东、河北至天津,输水主干线长1 156 km;另一路向东,通过胶东地区输水干线经济南输水到烟台、威海。中线工程,从长江中游北岸支流汉江加坝扩容后的丹江口水库引水,跨越长江、淮河、黄河、海河四大流域,可基本自流到北京、天津,输水干线全长1 267 km。西线工程,在长江上游通天河、支流雅砻江和大渡河上游筑坝建库,开凿穿过长江与黄河的分水岭巴颜喀拉山的输水隧洞,调长江水入黄河上游,补充黄河水资源的不足,主要解决涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西等黄河上、中游地区和渭河关中平原的缺水问题。“南水北调”工程的规划建设期为50年。

能源方面,“西电东送”将形成北、中、南三路送电格局。北线由内蒙古、陕西等省区向华北电网输电,中线由四川等省向华中、华东电网输电,南线由云南、贵州、广西等省区向华南输电。“西电东送”这一伟大工程,为西部省区把电力资源优势转化为经济优势提供了新的历史机遇,将改变东西部能源与经济不平衡的状况。“西气东输”工程将新疆的天然气通过管道送达沿海,沿途3次从河床底下穿越黄河。“东油西送”工程全长1 691 km,东起广东茂名,西至云南昆明,途经广东、广西、贵州、云南4个省区的37个市县,是我国目前输送量最大、运距最长、技术含量最高、建设施工难度最大的成品油管道线路。

在地理信息系统(geography information system, GIS)方面,我国第一套实用电子地图系统(全称为“国务院国情地理信息系统”)已在国务院常务会议室建成并投入使用。国