

建筑工程测量

第3版

◎主编 安德锋 葛序风 邵妍妍
◎主审 汪荣林 罗琳



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等职业教育“十三五”规划教材

建筑工程测量

(第3版)

主 编 安德锋 葛序风 邵妍妍
副主编 张国强 路晓明 张 超 余秀娣
参 编 王怀英 马千兴 王靖涵 孔维东
刘成祥 张建伟
主 审 汪荣林 罗 琳

内 容 提 要

本书按照高职高专院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据建筑工程测量最新标准规范进行编写。全书系统地介绍了建筑工程测量的方法及其在各个项目中的实际操作与应用,主要包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、全站仪和GPS的使用、小区域控制测量、地形图的测绘与应用、施工测量的基本工作、民用建筑施工测量、工业建筑施工测量、建筑变形观测与竣工测量、线路工程测量与桥隧工程测量等。

本书可作为高职高专院校建筑工程技术等相关专业的教材,也可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量 / 安德锋, 葛序风, 邵妍妍主编. — 3版. — 北京: 北京理工大学出版社, 2018.8 (2018.9重印)

ISBN 978-7-5682-6107-4

I. ①建… II. ①安… ②葛… ③邵… III. ①建筑测量—高等学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第189616号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 474千字

版 次 / 2018年8月第3版 2018年9月第2次印刷

定 价 / 54.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



第3版前言

建筑工程测量作为高职高专院校土木工程类专业的课程，在工程建设中应用广泛。通过本课程的学习，可以使學生熟悉工程测量各方面的操作，巩固学生对测量、测绘等方面知识的认识和理解，便于学生在将来的技术工作中能够及时发现和解决施工中工程测量的实际问题。

本书第2版自出版发行以来，经相关高职高专院校教学使用，得到了广大师生的认可和喜爱，编者倍感荣幸。为了使學生更好地理解有关建筑工程测量课程的内容，我们组织有关专家学者，结合近年来高职高专教育教学改革动态，依据最新法律法规及建筑工程测量标准规范对本书第2版进行了修订。修订时不仅根据读者、师生的信息反馈，还对原书中存在的问题进行了修正。同时，编者参阅了有关标准、规范、书籍，对教材体系进行了改善、修正与补充。本次修订主要进行了以下工作：

（1）根据《工程测量规范》（GB 50026—2007）等相关标准和最新规范，对教材内容进行了修改与充实，强化了教材的实用性和可操作性，使修订后的教材能更好地满足高职高专院校教学工作的需要。

（2）为了突出实用性，本次修订对一些具有较高价值，但在第2版中未详细介绍的内容进行了补充，对一些实用性不强的理论知识进行了删减。

（3）对各章的学习目标、能力目标及本章小结进行了修订，在修订中对各项目的知识体系进行了深入的思考，并联系实际进行知识点的总结与概括，使该部分内容更具有指导性与实用性，便于学生学习与思考。对各章习题也进行了适当的删减与补充，有利于学生课后复习，强化应用所学理论知识，提高学生解决工程实际问题的能力。

（4）修订时坚持以理论知识够用为度，以培养面向生产第一线的应用型人才为目的，强调提高学生的实践动手能力。

本书由江苏省徐州技师学院安德锋、聊城职业技术学院葛序风、云南经贸外事职业学院邵妍妍担任主编，由云南经济管理职业学院张国强、郑州科技学院路晓明、新疆生产建设兵团兴新职业技术学院张超、福州软件职业技术学院余秀娣担任副主编，吉林工程职业学院王怀英、吉林职业技术学院马千兴、吉林工程职业学院王靖涵、云南经贸外事职业学院孔维东和刘成祥、濮阳职业技术学院张建伟参与编写。具体编写分工为：安德锋编写第一章、第四章，葛序风编写第二章，邵妍妍编写第五章，张国强编写第三章，路晓明编写第六章，张超编写第九章，余秀娣编写第十一章，王怀英和王靖涵共同编写第十二章，马千兴编写第八章，孔维东和刘成祥共同编写第七章，张建伟编写第十章。全书由江西工程职业学院汪荣林、江西现代职业技术学院罗琳主审。

在本书的修订过程中，参阅了国内同行的多部著作，部分高职高专院校的老师提出了很多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢！对于参与本书第2版编写但未参与本教材修订的老师、专家和学者，本次修订的所有编写人员向你们表示敬意，感谢你们对高职高专教育教学改革做出的不懈努力，希望你们对本书保持持续关注并多提宝贵意见。

本书虽经反复讨论修改，但限于编者的学识及专业水平和实践经验，修订后的教材仍难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者指正。

编者



第2版前言

建筑工程测量是高职高专院校土建类相关专业的重要课程,重点讲述建筑工程测量的基础知识,常用测量仪器的构造与使用,角度、距离和高差的测量方法,地形图的测绘和使用,常见民用及工业建筑物施工测量方法以及变形观测等内容。

本教材第1版自2009年出版发行以来,经有关院校教学使用,反映较好。随着近年来工程测绘技术的迅速发展,全站仪、数字水准仪等电子仪器在工程测量工作中发挥出越来越重要的作用,测量数据的自动采集、利用计算机软件的数字化成图也逐步成为常规的工程测量方法。这些新仪器、新技术、新方法的广泛使用,不仅要求学生应具有更高的学习目标和能力目标,也要求本教材的内容能更好地反映当前高职高专教育教学工作需要。根据各院校使用者的建议,结合近年来高职高专教育教学改革的动态,我们对本教材进行了修订。

本教材的修订坚持以理论知识够用为度,遵循“立足实用、打好基础、强化能力”的原则,以培养面向生产第一线的应用型人才为目的,强调提升学生的实践能力和动手能力。本次修订时在保留原教材必需的测绘基础知识和理论知识的基础上,删去其中与建筑工程测量相关性不大的内容,重点对近年来建筑工程测量领域广泛使用的新仪器、新技术、新方法进行了必要的补充,从而强化了教材的实用性和可操作性。各章“思考与练习”部分增加填空题、选择题与计算题,有利于学生课后复习参考,强化应用所学理论知识解决工程实际问题的能力。

本教材修订后共包括绪论、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、全站仪及其使用、小区域控制测量、施工场区测量、施工测量的基本工作、建筑施工控制测量、民用建筑施工测量、工业建筑施工测量、建筑物变形观测与竣工测量、线路测量与桥隧工程测量十三章内容。

本教材由安德锋、邓荣榜、王伟担任主编,张国强、宋文德、路晓明、王锦担任副主编,张建伟、石乃敏、王玲参与编写,汪荣林、罗琳担任主审。本教材在修订过程中,参阅了国内同行多部著作,部分高职高专院校教师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此表示衷心的感谢!对于参与本教材第1版编写但未参加本次修订的教师、专家和学者,本版教材所有编写人员向你们表示敬意,感谢你们对高等职业教育改革所做出的不懈努力,希望你们对本教材保持持续关注并多提宝贵意见。

限于编者的学识及专业水平和实践经验,修订后的教材仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编者



第1版前言

工程测量学是研究地球的形状与大小,确定地面点之间的相对位置的科学和技术。建筑工程测量属于工程测量学的范畴,在建筑工程中有着广泛的应用,是一项重要的技术性工作,它服务于建筑工程建设的每一个阶段,贯穿于工程建设的始终,其地位举足轻重。建筑工程测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。

“建筑工程测量”作为高职高专土建类专业必修的基础性课程,主要阐述了需要学生掌握的建筑工程测量基本理论、基本方法和基本技能,培养学生的动手、实践与创新能力。本教材根据全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会制定的教育标准和培养方案及主干课程教学大纲,以《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《建筑变形测量规范》(JGJ 8—2007)为依据,以适应社会需求为目标,以培养技术能力为主线,在内容选择上考虑土建工程专业的深度和广度,以“必须、够用”为度,以“讲清概念、强化应用”为重点,深入浅出,注重实用。通过本课程的学习,学生应掌握建筑工程测量的理论和方法,具备测绘地形图、建筑物放样、建筑物变形测量等的基本能力。

本教材共分13章,主要包括水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、全站仪及GPS测量原理、小区域控制测量、地形图的测绘与应用、施工测量的基本工作、民用建筑施工测量、工业建筑施工测量、建筑变形测量与竣工总平面图的编绘、线路与桥隧工程测量、地籍测量等内容。教材中还简要介绍了常用建筑工程测量仪器、工具的基本构造与操作技巧,并通过具体的实例进行清晰的讲解,以提高学生学习的可操作性,加深学生对各知识点的理解。

为便于理解,本教材在采用文字进行阐述的同时,还列举了大量表格与图形配合进行说明,使枯燥无味的理论学习变得直观明了,方便教学的同时增强了学生的学习兴趣,从而达到理论联系实际、提高实用性的目的。

为方便教学,本教材在各章前设置了【学习重点】和【培养目标】,【学习重点】以章节提要的形式概括了本章的重点内容,【培养目标】则对需要学生了解和掌握的知识要点进行了提示,对学生学习和老师教学进行引导;在各章后面设置了【本章小结】和【思考与练习】,【本章小结】以学习重点为框架,对各章知识作了归纳,【思考与练习】以问答题和应用题的形式,从更深的层次给学生提供思考和复习的切入点,从而构建一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程。

本教材的编写人员,一是来自具有丰富教学经验的教师,因此教材内容更加贴近教学实际需要,方便“老师的教”和“学生的学”,增强了教材的实用性;二是来自建筑工程测量领域的工程师或专家学者,在编写内容上更加贴近建筑工程测量实践需要,保证了学生所学到的知识就是进行建筑工程测量所需要的知识,真正做到“学以致用”。

本教材以现行建筑工程测量最新国家及行业标准规范为依据进行编写,且编入了建筑工程测量领域的最新知识及发展趋势,充分体现了一个“新”字,不仅具有原理性、基础性,还具有先进性和现代性。另外,本教材的编写充分考虑了我国不同地域各高校的办学条件,淡化细节,强调对学生综合思维和能力的培养,尤其是在工程测量实践能力的培养方面,更是进行了慎重考虑和认真选择。

本教材可供各高职高专院校土建类相关专业的学生学习使用,也可作为建筑工程施工及技术管理人员的参考书。本教材在编写过程中,参阅了国内同行多部著作,部分高职高专院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此,对他们表示衷心的感谢!

本教材编写过程中,虽经推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编者

第一章 绪论	1	第四节 水准测量的方法	28
第一节 建筑工程测量概述	1	一、水准点	28
一、测量学	1	二、水准路线	29
二、建筑工程测量的任务	3	三、水准测量的实施	30
三、建筑工程测量的作用	3	第五节 水准测量成果处理	32
第二节 地面点位的确定	4	一、水准测量成果处理的步骤	32
一、地球的形状和大小	4	二、水准测量成果处理示例	33
二、地面点位置的坐标系	5	第六节 微倾式水准仪的检验与校正	37
三、地面点高程位置的确定	8	一、水准仪的主要轴线及其应满足的条件	37
四、用水平面代替水准面的限度	9	二、圆水准器的检验与校正	38
第三节 测量工作的实施	11	三、十字丝中丝的检验与校正	38
一、测量工作的基本内容	11	四、水准管轴的检验与校正	39
二、测量工作的基本原则	11	第七节 水准测量误差分析及注意	
三、测量工作的基本要求	12	事项	40
第四节 测量误差的基础知识	12	一、水准测量误差分析	40
一、测量误差概述	12	二、水准测量注意事项	41
二、衡量测量精度的指标	15	第八节 自动安平水准仪、精密水准仪	
三、误差传播定律	16	和电子水准仪	42
第二章 水准测量	20	一、自动安平水准仪	42
第一节 水准测量的原理	20	二、精密水准仪	43
第二节 水准测量的仪器和工具	22	三、电子水准仪	44
一、水准仪构造	22	第三章 角度测量	48
二、水准尺和尺垫	25	第一节 角度测量原理	48
第三节 水准仪的使用	26	一、水平角的测量原理	48
一、安置仪器	26	二、竖直角度的测量原理	49
二、粗略整平	26	第二节 光学经纬仪的构造及其使用	49
三、瞄准水准尺	26	一、光学经纬仪的构造	49
四、精确整平	27	二、光学经纬仪的使用	51
五、读数	27	第三节 水平角测量方法	54

一、测回法	54
二、方向观测法	56
第四节 竖直角测量方法	57
一、竖直度盘构造	57
二、竖直角计算	57
三、竖盘指标差	58
四、竖直角观测	58
第五节 水平角测量误差及注意事项	59
一、仪器误差	59
二、观测误差	60
三、外界条件的影响	60
第六节 光学经纬仪的检验和校正	61
一、经纬仪的主要轴线及其应满足的几何关系	61
二、照准部水准管轴的检验与校正	61
三、十字丝竖丝的检验与校正	61
四、望远镜视准轴的检验与校正	62
五、横轴的检验与校正	62
六、竖直度盘水准管的检验与校正	63
第七节 电子经纬仪和激光经纬仪简介	63
一、电子经纬仪	63
二、激光经纬仪	65
第四章 距离测量与直线定向	69
第一节 钢尺量距	69
一、钢尺测量工具	69
二、直线定线	70
三、钢尺测量的方法	72
四、钢尺量距误差及注意事项	75
第二节 视距测量	76
一、视距测量的原理	76
二、视距测量的方法	77
三、视距测量的误差	78
第三节 光电测距	78
一、光电测距的原理	78
二、光电测距仪的构造及其使用	81
三、光电测距的注意事项	83

第四节 直线定向	83
一、标准方向的种类	83
二、直线方向的表示方法	84
三、坐标方位角和象限角	85
四、坐标方位角计算	86
五、罗盘仪的构造与使用	87
第五章 全站仪和GPS的使用	91
第一节 全站仪的使用	91
一、全站仪概述	91
二、全站仪的基本功能	92
三、全站仪的应用	94
四、全站仪的结构和操作	95
第二节 GPS的使用	106
一、GPS 概述	106
二、GPS 定位测量的技术要求	110
三、GPS 控制网的布设形式	111
四、GPS 测量外业实施	113
五、GPS 测量数据处理	114
六、GPS RTK 技术	115
第六章 小区域控制测量	119
第一节 控制测量概述	119
一、控制测量的概念	119
二、平面控制测量	119
三、高程控制测量	120
四、小区域平面控制测量	120
第二节 导线测量	121
一、导线的布设形式	121
二、导线测量的技术要求	122
三、导线测量外业工作	123
四、导线测量内业工作	124
第三节 三角形网测量	130
一、三角形网测量的主要技术要求	130
二、三角形网的设计、选点与埋石	131
三、三角形网观测	131
四、三角形网测量数据处理	132
第四节 交会测量	134

一、前方交会	134
二、侧方交会	135
三、后方交会	135
第五节 高程控制测量	136
一、三、四等水准测量	136
二、电磁波测距三角高程测量	138
三、GPS 拟合高程测量	140
第七章 地形图的测绘与应用	144
第一节 地形图的基本知识	144
一、地形图的概念	144
二、地形图的比例尺	144
三、地形图的分幅与编号	146
四、地形图的图外注记	151
五、地物符号和地貌符号	152
第二节 大比例尺地形图测绘	159
一、测图前的准备工作	159
二、地形图绘制的基本要求	160
三、碎部测量方法	161
四、地形图的绘制	166
五、地形图的拼接、检查与整饰	167
六、数字化测图	168
第三节 地形图的应用	170
一、地形图的识读	170
二、地形图应用的基本内容	171
三、地形图在工程建设中的应用	177
第八章 施工测量的基本工作	185
第一节 施工测量概述	185
一、施工测量的概念、内容、原则和 特点	185
二、测设工作的基本内容	186
三、点的平面位置测设	190
四、已知坡度线的测设	194
第二节 施工控制测量	196
一、施工控制测量的特点、种类和选择及 坐标换算	196
二、建筑基线	197

三、建筑方格网	199
四、施工场地高程控制测量	204
第九章 民用建筑施工测量	207
第一节 测量前的准备工作	207
一、熟悉设计图纸	207
二、仪器配备与检校	209
三、现场踏勘	209
四、编制施工测设方案	209
五、准备测设数据	210
第二节 民用建筑物的定位与放线	211
一、民用建筑物的定位	211
二、民用建筑物的放线	214
第三节 建筑物基础施工测量	216
一、基础开挖深度的控制	216
二、垫层标高和基础放样	216
三、基层标高的控制和弹线	217
第四节 墙体工程施工测量	217
一、墙体定位	217
二、轴线投测	218
三、墙体各部位高程的控制	218
四、多层建筑物轴线投测与标高引测	219
第五节 高层建筑施工测量	220
一、高层建筑施工测量的特点、基本准则 及主要任务	220
二、高层建筑的定位与放线	220
三、高层建筑中的竖向测量	223
四、高层建筑的高程传递	225
第十章 工业建筑施工测量	229
第一节 工业厂房控制网和柱列轴线的 测设	229
一、工业厂房控制网的测设	229
二、厂房柱列轴线的测设	231
第二节 基础施工测量	231
一、混凝土杯形基础施工测量	231
二、设备基础施工测量	233
第三节 工业厂房构件的安装测量	234

一、柱子安装测量	234
二、吊车梁安装测量	235
三、屋架安装测量	237
四、钢结构工程施工测量	237
第四节 烟囱施工测量	239
一、烟囱的定位、放线	239
二、烟囱的基础施工测量	240
三、烟囱筒身施工测量	240

第十一章 建筑变形观测与竣工

测量	244
第一节 建筑变形观测概述	244
一、建筑变形观测的任务及内容	244
二、建筑变形观测的等级划分及精度要求	245
第二节 建筑物的沉降观测	245
一、水准基点和观测点的布设	246
二、沉降观测的周期、方法和精度	247
三、沉降观测的注意事项	247
四、沉降观测的成果整理	248
五、沉降观测中常遇问题及其处理	249
第三节 建筑物的倾斜观测与裂缝观测	250
一、建筑物的倾斜观测	250
二、建筑物的裂缝观测	253
第四节 建筑物的位移观测	254
一、建筑水平位移观测	254
二、挠度观测	255
三、基坑壁侧向位移观测	257
四、建筑场地滑坡观测	258
第五节 建筑物的特殊变形观测	259
一、日照变形观测	259
二、风振观测	260
第六节 竣工总平面图编绘	261
一、竣工测量	261

二、竣工总平面图的编绘	262
三、竣工总平面图的绘制	263

第十二章 线路工程测量与桥隧工程

测量	266
第一节 线路工程测量	266
一、中线测量	266
二、圆曲线测设	272
三、缓和曲线测设	275
四、路线纵、横断面测量	283
第二节 道路施工测量	288
一、熟悉图纸和现场情况	288
二、恢复中线测量	288
三、施工控制桩的测设	288
四、路基边桩的测设	289
五、竖曲线的测设	290
六、路面放线	292
第三节 桥梁施工测量	293
一、桥梁工程测量概述	293
二、桥位控制测量	293
三、桥墩台的测设	294
第四节 隧道施工测量	296
一、隧道工程测量概述	296
二、隧道洞外控制测量	297
三、隧道竖井联系测量	299
四、隧道洞内控制测量	302
五、隧道洞内施工测量	303
第五节 管道施工测量	304
一、中线测量	304
二、施工前的准备工作	304
三、施工中的测量工作	305
四、顶管施工测量	306

参考文献	309
------	-----

第一章 绪 论



学习目标



通过本章的学习,了解测量学的定义及分类,地面点的坐标、空间直角坐标系、用水平面代替水准面的范围,测量误差的产生原因及分类;理解建筑工程测量的任务和作用,测量工作的基准面和基准线,测量工作的基本原则,衡量测量精度的指标,误差传播定律;掌握确定地面点位和高程的方法。

能力目标



能够确定地面点的平面位置和高程位置,能够根据测量工作的基本程序和原则实施测量工作。

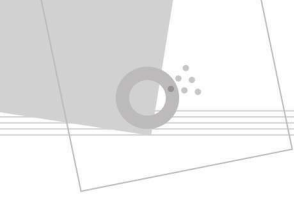
第一节 建筑工程测量概述

一、测量学

(一)测量学发展概况

测量学是一门历史悠久的科学,早在几千年前,我国、埃及等世界文明古国的人们,就把测量技术应用于土地划分、河道整治及地域图测绘等。在我国,追溯到上古时代,就有夏禹在黄河两岸治理水患的传说。这些都需要一定的测量知识,或者说已开始使用简单的工具进行测量了。

测量学是一门与时俱进、蓬勃发展的科学。测量学一开始是用于土地整理,随着社会生产的发展,它逐渐被应用到社会的许多生产部门。远在古代,我国就发明了指南针,之后又创制了浑天仪等测量仪器,并绘制了相当精确的全国地图。17世纪初,望远镜开始应用于天象观测,这是测绘科学发展史上所发生的较大变革。自此以后,望远镜普遍应用于各种测量与观测。19世纪末,航空摄影测量的发展,为测量学增添了新的内容。20世纪40年代,自动安平水准仪的问世,标志着水准测量自动化的开端。20世纪50年代前后,电子学、信息论、相干光理论、电子计算机、空间科学技术等新的科学技术的迅速发展



展推动了测绘科学的发展。20 世纪 60 年代, 由于电子计算技术的飞速发展, 出现了自动化程度很高的电子经纬仪、电子全站仪和自动绘图仪。20 世纪 70 年代, 通过人造卫星应用黑白、单光谱段、多光谱段及彩色红外等拍摄地球的照片, 使航天技术有了广泛的应用与发展。由于卫星运行的高度比飞机高几十倍到几百倍, 故视野宽广, 覆盖面积大, 可以对同一地区重复摄影, 便于监测自然现象变化, 并且不受地理及气候条件的限制, 有利于对深山、荒漠及海洋的勘测。20 世纪 80 年代, 利用电磁波测距仪进行的距离测量, 其误差仅精确到厘米。20 世纪 90 年代, 全球定位系统卫星成功发射, 只要在地面欲测点安置接收卫星信号的测量设备, 就可以很快地确定地面点的位置。相距 1 km 两点之间的相对精度可达 5~10 mm。随着现代科学技术的发展, 测量科学也必将向更高层次的自动化方向和数字化方向发展。

中华人民共和国成立以后, 我国测量事业进入了一个崭新的发展阶段。1956 年成立了国家测绘总局, 科学院系统成立了测量及地球物理研究所, 各业务部门也纷纷设立测绘机构, 培养测绘人员的各级学校也相继建立。测绘队伍飞速壮大, 测绘科学技术也得到快速发展。我国已建成了全国绝大部分地区的大地控制网, 近年来还建立了全国的 GPS 控制网。测量完成大量不同比例尺的基本地形图, 各种工程建设的测量工作也取得了显著成绩。仪器制造方面从无到有, 现在不仅能够生产系列的光学测量仪器, 还研制成功各种测程的光电测距仪、卫星激光测距仪、解析测图仪、激光垂准仪、激光扫平仪和全站仪等先进仪器。在测量技术方面, 我国紧紧跟随世界最新测绘技术, 进入了测绘现代化的高速发展阶段。

1992 年, 我国政府制定了新中国第一部《中华人民共和国测绘法》, 1993 年 7 月 1 日起施行; 2002 年又公布了修订后的《中华人民共和国测绘法》, 自 2002 年 12 月 1 日起施行, 这标志着我国测量工作进入依法工作、规范发展的新阶段。

(二) 测量学的分类

测量学是一门内容体系比较庞大的学科。根据研究对象、应用范围和测量手段等的不同, 测量学通常可分为以下几个分支学科。

(1) 普通测量学。普通测量学是研究将地球自然表面局部地区的地物和地貌按一定比例尺测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法的学科, 属测量学的基础部分。

(2) 大地测量学。大地测量学是研究地球形状、大小和重力场及其变化, 通过建立区域和全球三维控制网、重力网及利用卫星测量等方法测定地球各种动态的理论和技术的学科。

(3) 摄影测量学。摄影测量学是研究利用摄影或遥感技术获取地物和地貌的影像, 并进行分析处理, 以绘制地形图或获得数字化信息的理论和方法的学科。其中, 航空摄影测量是测绘中、小比例尺国家基本地形图的主要方法, 现已应用到大比例尺地形图的测绘中; 而近景摄影测量已经在古建筑测绘、建(构)筑物的变形观测、动态目标测量等许多方面得到了广泛的应用。

(4) 工程测量学。工程测量学研究工程建设和自然资源开发中各个阶段进行的控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测及建立相应信息系统的理论和技术的学科。其主要内容包括测绘满足工程规划和勘察设计需要的大比例尺地形图; 将图纸上设计的建(构)筑物轴线桩位标定到地面上; 对在施工过程中及竣工后建(构)筑物的变形进行监测。

(5) 海洋测绘学。海洋测绘学研究海洋定位, 测定海洋大地水准面和平均海面、海底和



海面地形、海洋重力、磁力、海洋环境等自然和社会信息的地理分布,以及编制各种海图的理论和技术的学科。其主要内容包括海洋大地测量、水深测量、海底地形测量、海洋重力测量、海岸地形测量、海道测量、海洋专题测量和海图测绘等。

(6)地图制图学。地图制图学研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科。其主要内容包括地图编制、地图投影学、地图整饰、印刷等。现代地图制图学正向着制图自动化、电子地图制作及地理信息系统方向发展。

(三)测量学的基本任务

对工程建设而言,测量学的基本任务包括测定和测设两个方面。

(1)测定。测定是指使用测量仪器和工具,按照测量的有关原理和方法,将地球表面的地物和地貌绘制成地形图,为经济建设、国防建设和科学研究等服务。

(2)测设。测设是指使用测量仪器和工具,按照测量的有关原理和方法,将图纸上规划设计好的建(构)筑物的平面位置和高程,在实地标定出来,作为施工的依据,故又称为施工放样,它是工程设计与工程施工之间的桥梁。

二、建筑工程测量的任务

建筑工程测量属于工程测量学范畴,它是建筑工程在勘察设计、施工建设和组织管理等阶段,应用测量仪器和工具,采用一定的测量技术和方法,根据工程施工进度和质量要求,完成应进行的各种测量工作。建筑工程测量的主要任务如下:

(1)大比例尺地形图的测绘。把工程建设区域内的各种地面物体的位置、性质以及地面的起伏形态,依据规定的符号和比例尺绘制成地形图,为工程建设的规划设计提供需要的图纸和资料。

(2)施工放样和竣工测量。把图上设计的建(构)筑物按照设计的位置在实地标定出来,作为施工的依据;配合建筑施工,进行各种测量工作,保证施工质量;开展竣工测量,为工程验收、日后扩建和维修管理提供资料。

(3)建(构)筑物的变形观测。对一些大型的、重要的或位于不良地基上的建(构)筑物,在施工运营期间,为了确保安全,需要了解其稳定性,定期进行变形观测。同时,可作为对设计、地基、材料、施工方法等的验证依据和起到提供基础研究资料的作用。

三、建筑工程测量的作用

建筑工程测量在工程建设中有着广泛的应用,它服务于工程建设的每一个阶段。

(1)在工程勘测阶段,测绘地形图为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料。

(2)在工程设计阶段,应用地形图进行总体规划和设计。

(3)在工程施工阶段,要将图纸上设计好的建筑物、构筑物的平面位置和高程按设计要求测设于实地,以此作为施工的依据;在施工过程中用于土方开挖、基础和主体工程的施工测量;在施工中还要经常对施工和安装工作进行检验、校核,以保证所建工程符合设计要求;工程竣工后,还要进行竣工测量,施测竣工图,供日后扩建和维修之用。

(4)在工程管理阶段,对建筑物和构筑物进行变形观测,以保证工程的安全使用。

总而言之,在工程建设的各个阶段都需要进行测量工作,并且测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。

第二节 地面点位的确定

地球表面上的点称为地面点。测量工作的实质就是确定地面点的空间位置。因为地球表面上的地物和地貌的形状可认为是由点、线、面构成的，其中，点是最基本的单元，所以，地面点位的确定是测量工作中最基本的问题。

一、地球的形状和大小

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面。地球的自然表面极为复杂，有高山、丘陵、平原、盆地、湖泊、河流和海洋等高低起伏的形态。其中，最高的珠穆朗玛峰高出海面达 8 844.43 m，而最低的马里亚纳海沟低于海面达 11 034 m。但是这样的高低起伏，相对于地球巨大的半径来说还是很小的，仍可忽略不计。由于地球表面上海洋的面积约占 71%，而陆地面积仅占 29%，因此，人们设想有一个静止的海水面，向陆地延伸并包围整个地球，形成一个封闭的曲面，将这个曲面看作地球的形体。

由于潮汐的作用，海水面高低不同，假定其中有一个平均高度的静止海水面，则它所包围的形体称为大地体，代表了地球的形状与大小。我们将这个平均高度的静止的海水面称为大地水准面。大地水准面上的重力位处处相等，并与其上的重力方向处处保持着正交。地球上任何一点都要受到地球引力和地球自转引起的离心力的作用，这两个力的合力称为重力。重力的方向线称为铅垂线，所以水准面处处与铅垂线正交。铅垂线是测量工作的基准线，大地水准面是测量工作的基准面。

由于地球内部质量分布不均匀，引起铅垂线的方向产生不规则的变化，致使大地水准面成为一个不规则的复杂曲面[图 1-1(a)]，所以无法在这个曲面上进行测量数据的处理。为了使用方便，通常用一个非常接近于大地水准面，并可用数学式表示的几何形体(即地球椭球)来代替地球的形状作为测量计算工作的基准面，如图 1-1(b)所示。

地球椭球是一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体，故地球椭球又称旋转椭球。旋转椭球体由长半径 a 和短半径 b (或扁率 α) 决定，如图 1-2 所示。其关系式为

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

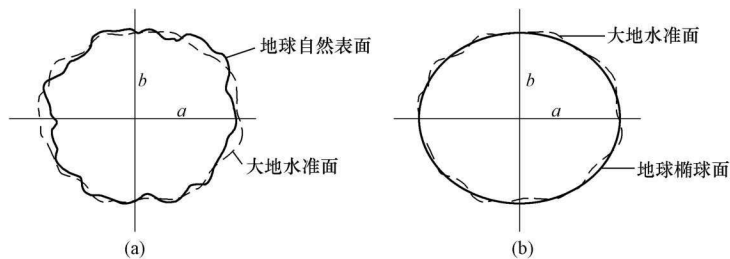


图 1-1 大地水准面与地球椭球面
(a)大地水准面；(b)地球椭球面

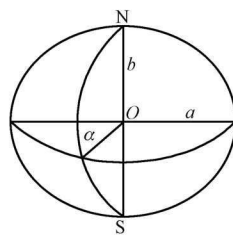


图 1-2 参考椭球面

目前,我国采用的地球椭球体元素值是1975年“国际大地测量与地球物理联合会”(IU-GG)通过并推荐的值,即 $a=6\,378\,140\text{ m}$ 、 $b=6\,356\,755\text{ m}$ 、 $\alpha=1:298.253$ 。

由于地球椭球的扁率很小,因此,当测区范围不大时,可近似地把地球椭球看作半径为 $6\,371\text{ km}$ 的圆球。

二、地面点位置的坐标系

为了确定地面点的位置,需要建立坐标系。在测量工作中,可用地理坐标系、平面直角坐标系和空间直角坐标系表示地面点位置的坐标系。

1. 地理坐标系

地理坐标系是用经纬度表示地面点位置的球面坐标,可分为天文坐标系和大地坐标系。

(1)天文坐标系。天文坐标系用于表示地面点在大地水准面上的位置,其基准是铅垂线和大地水准面,它用天文经度 λ 和天文纬度 φ 两个参数来表示地面点在球面上的位置。

过地面上任一点 P 的铅垂线与地球的旋转轴 NS 所组成的平面称为该点的天文子午面。天文子午面与大地水准面的交线称为天文子午线(也称经线),如图1-3所示。

设 G 点为英国格林尼治天文台的位置,过 G 点的天文子午面称为首子午面。

P 点天文经度 λ 的定义是:过 P 点的天文子午面 $NPKS$ 与首子午面 $NGMS$ 的两面角。从首子午线向东或向西计算,取值范围为 $0^\circ\sim 180^\circ$ 。在首子午线以东者为东经;以西者为西经。同一子午线上各点的经度相同。过 P 点垂直于地球旋转轴的平面与地球表面的交线称为 P 点的纬线,其所在平面过球心 O 的纬线称为赤道。

P 点天文纬度 φ 的定义是:过 P 的铅垂线与赤道平面的夹角。自赤道起向南或向北计算,取值范围为 $0^\circ\sim 90^\circ$ 。在赤道以北为北纬;以南为南纬。

应用天文测量方法可以测定地面点的天文经度 λ 和天文纬度 φ 。

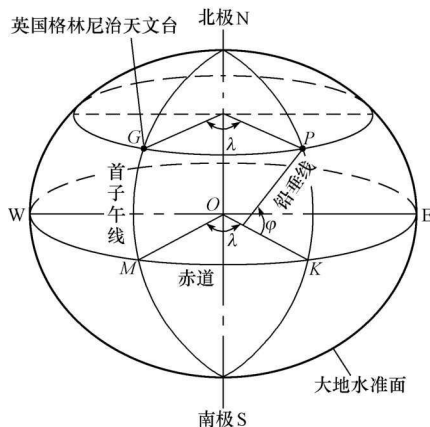


图 1-3 天文坐标系

(2)大地坐标系。大地坐标系是表示地面点在参考椭球面上的位置,其基准是法线和参考椭球面,它用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。

地面点 P 的经度是指过该点的子午面与首子午线之间的夹角,用 L 表示。经度从首子午线起算,往东自 0° 至 180° 称为东经;往西自 0° 至 180° 称为西经。地面点 P 的纬度是指过

该点的法线与赤道面之间的夹角, 用 B 表示。经度从赤道面起算, 往北自 0° 至 90° 称为北纬; 往南自 0° 至 90° 称为南纬。我国地处北半球, 各地的纬度都是北纬。

2. 平面直角坐标系

在工程测量中, 为了使用方便, 常采用平面直角坐标系来表示地面点位, 下面主要介绍常用的两种平面直角坐标系。

(1) 高斯平面直角坐标系。当测量范围大时, 大地水准面不能再看成平面, 而是作为椭球面处理。球面上不能建立直角坐标系。因此, 采用投影的方法将球面变为平面, 然后再建立平面直角坐标系。我国采用的是高斯投影法。

高斯投影首先是将地球按经线划分成带, 称为投影带。投影带是从首子午线起, 每隔经度 6° 划分为一带(称为 6° 带), 如图 1-4 所示。自西向东将整个地球划分为 60 个带。带号从首子午线开始, 用阿拉伯数字表示, 位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线。第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° , 任意一个带中央子午线经度 L_0 与投影带号 N 的关系为

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-2)$$

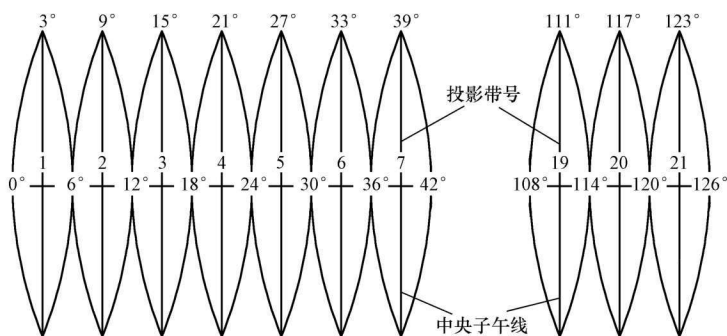


图 1-4 6° 带中央子午线及带号

反之, 已知地面任一点的经度 L , 则该点所在的 6° 带编号的公式为

$$N = \text{Int} \left(\frac{L + 3}{6} + 0.5 \right) \quad (1-3)$$

式中, Int 为取整函数。

投影时设想用一个平面卷成一个空心椭圆柱, 把它横着套在地球参考椭球体外面, 使空心椭圆柱的中心轴线位于赤道面内并且通过球心, 使地球椭球体上某条 6° 带的中央子午线与椭圆柱面相切。在图形保持等角的条件下, 将整个带投影到椭圆柱面上, 如图 1-5(a) 所示。然后将此椭圆柱沿着南北极的母线剪切并展开抚平, 便得到 6° 带在平面上的形状, 如图 1-5(b) 所示。由于分带很小, 投影后的形状变形也很小, 距离中央子午线越近, 变形就越小。

在高斯投影而成的平面上, 中央子午线和赤道保持为直线, 两者互相垂直。以中央子午线为坐标系纵轴 X , 以赤道为横轴 Y , 其交点为 O , 便构成此带的高斯平面直角坐标系, 如图 1-6 所示。在这个投影面上的每一点位置, 都可用直角坐标 (X, Y) 确定。此坐标与地理坐标的经纬度 L, B 是对应的, 它们之间有严密的数学关系, 可以相互换算。

如图 1-6 所示, 高斯平面直角坐标纵坐标以赤道为零起算, 赤道以北为正, 以南为负,



我国位于北半球, 纵坐标均为正值。横坐标如以中央子午线为零起算, 则中央子午线以东为正, 以西为负, 由于横坐标出现负值, 使用不便, 故规定将坐标纵轴西移 500 km 当作起始轴, 凡是带内的横坐标值, 均加 500 km。

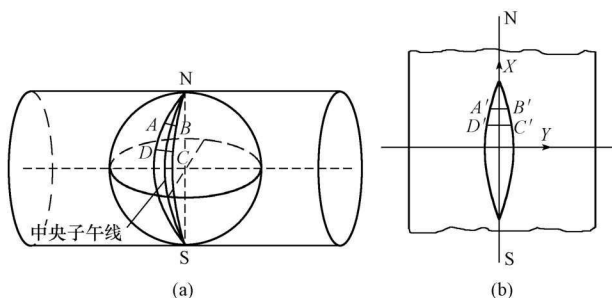


图 1-5 高斯平面直角坐标的投影

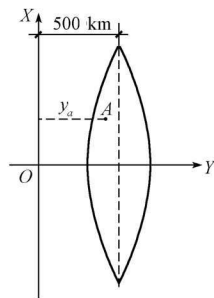


图 1-6 高斯平面直角坐标系

高斯投影属于正形投影的一种, 它保证了球面图形的角度与投影后平面图形的角度不变, 但球面上任意两点之间的距离经投影后会产生变形, 其规律是: 除中央子午线没有距离变形外, 其余位置的距离均变长。

测图时, 距离变形过大对测绘大比例尺地形图是不方便的。减小投影带边缘位置距离变形的办法之一就是缩小投影带的带宽。例如, 可以选择采用 3° 带和 1.5° 带进行投影。其中, 3° 带每带中央子午线经度 L'_0 与投影带 N 的关系为

$$L'_0 = 3N \quad (1-4)$$

反之, 已知地面任一点的经度 L , 要求计算该点所在的 3° 带编号的公式为

$$n = \text{Int}\left(\frac{L}{3} + 0.5\right) \quad (1-5)$$

我国领土所处的大概经度范围是东经 $73^\circ 27'$ 至东经 $135^\circ 09'$, 6° 带投影与 3° 带投影的带号范围分别为 $13 \sim 23$ 与 $25 \sim 45$ 。可见, 在我国领土范围内, 6° 带与 3° 带的投影带号不重复。

(2) 独立平面直角坐标系。大地水准面虽是曲面, 但当测量区域较小(如半径不大于 10 km 的范围)时, 可以用测区中心点 A 的切平面来代替曲面。如图 1-7(a)所示, 地面点在投影面上的位置可以用平面直角坐标来确定, 地面上某点 P 的位置可用 x_p 和 y_p 来表示。测量工作中采用的平面直角坐标如图 1-7(b)所示。规定南北方向为纵轴, 并记为 X 轴, X 轴向北为正, 向南为负; 东西方向为横轴, 并记为 Y 轴, Y 轴向东为正, 向西为负。

平面直角坐标系中象限按顺时针方向编号, X 轴与 Y 轴互换, 这与数学上的规定是不同的, 其目的是定向方便, 将数学中的公式直接应用到测量计算中, 不需做任何变更。原点 O 一般选在测区的西南角[图 1-7(a)], 使测区内各点的坐标均为正值。

3. 空间直角坐标系

随着卫星定位技术的发展, 采用空间直角坐标系来表示空间一点的位置, 已在各个领域越来越多地得到应用。空间直角坐标系的坐标原点 O 与地球质心重合, Z 轴指向地球北极, X 轴指向格林尼治子午面与地球赤道的交点 E , Y 轴垂直于 XOZ 平面, 构成右手坐标系, 如图 1-8 所示。