



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校土木工程学科
专业指导委员会规划教材（按新专业规范编写）

土木工程测量

王国辉 主编

宁津生 闫利 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按新专业规范编写)

土 木 工 程 测 量

王国辉 主 编
魏德宏 梁建昌 张兴福 副主编
宁津生 闫 利 主 审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/王国辉主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 4
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高等学校土木工程
学科专业指导委员会规划教材(按新专业规范编写)

ISBN 978-7-112-13195-2

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程-工程测量-高等学校-教材
IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 073666 号

本教材是以高等学校土木工程专业教学指导委员会制订的“土木工程指导性专业规范”为指导,以大土木为背景,结合现代测绘科学技术的发展趋势,既阐述了测量的基本理论与方法,同时也介绍了现代测绘科技成果。本书涵盖了土木工程、道路桥梁工程、地下工程、环境工程、土地和房产管理、给水排水等专业工程测量的基本知识,内容全面,知识结构布局先易后难,注重理论与实际相结合,可供不同专业选用。

本书配有多媒体教学课件,如有需要,请发邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。本书既可作为土木工程专业土木工程测量课程的教科书,也可供相关专业的工程技术人员参考。

* * *

责任编辑:王 跃 吉万旺

责任设计:陈 旭

责任校对:陈晶晶 赵 颖

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按新专业规范编写)

土木工程测量

王国辉 主 编

魏德宏 梁建昌 张兴福 副主编

宁津生 闫 利 主 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{1}{4}$ 字数: 528 千字

2011年8月第一版 2011年8月第一次印刷

定价: 45.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-13195-2

(20628)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本系列教材编审委员会名单

主 任：李国强

常务副主任：何若全

副 主 任：沈元勤 高延伟

委 员：（按拼音排序）

白国良 房贞政 高延伟 顾祥林 何若全 黄 勇
李国强 李远富 刘 凡 刘伟庆 祁 皓 沈元勤
王 燕 王 跃 熊海贝 阎 石 张永兴 周新刚
朱彦鹏

组 织 单 位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

从2007年开始高校土木工程学科专业教学指导委员会对全国土木工程专业的教学现状的调研结果显示,2000年至今,全国的土木工程教育情况发生了很大变化,主要表现在:一是教学规模不断扩大。据统计,目前我国有超过300余所院校开设了土木工程专业,但是约有一半是2000年以后才开设此专业的,大众化教育面临许多新的形势和任务;二是学生的就业岗位发生了很大变化,土木工程专业本科毕业生中90%以上在施工、监理、管理等部门就业,在高等院校、研究设计单位工作的大学生越来越少;三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同,多样化人才的需求愈加明显。《土木工程指导性专业规范》(以下简称《规范》)就是在这种背景下开展研究制定的。

《规范》按照规范性与多样性相结合的原则、拓宽专业口径的原则、规范内容最小化的原则和核心内容最低标准的原则,对专业基础课提出了明确要求。2009年12月高校土木工程学科专业教学指导委员会和中国建筑工业出版社在厦门召开了《规范》研究及配套教材规划会议,会上成立了以参与《规范》编制的专家为主要成员的系列教材编审委员会。此后,通过在全国范围内开展的主编征集工作,确定了20门专业基础课教材的主编,主编均参与了《规范》的研制,他们都是各自学校的学科带头人和教学负责人,都具有丰富的教学经验和教材编写经历。2010年4月又在烟台召开了系列规划教材编写工作会议,进一步明确了本系列规划教材的定位和编写原则:规划教材的内容满足建筑工程、道路桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要方向的需要;满足应用型人才培养要求,注重工程背景和工程案例的引入;编写方式具有时代特征,以学生为主体,注意90后学生的思维习惯、学习方式和特点;注意系列教材之间尽量不出现不必要的重复等编写原则。为保证教材质量,系列教材编审委员会还邀请了本领域知名教授对每本教材进行审稿,对教材是否符合《规范》思想,定位是否准确,是否采用新规范、新技术、新材料,以及内容安排、文字叙述等是否合理进行全方位审读。

本系列规划教材是贯彻《规范》精神、延续教学改革成果的最好实践,具有很好的社会效益和影响,住房和城乡建设部已经确定本系列规划教材为《普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材》。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和学院的大力支持,在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议,以便我们在规划和出版专业课教材时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社
2011年6月

序

以 3S 技术为代表的现代测绘科学技术,使测绘学科从理论到手段发生了根本性的变化,它在经济社会发展中的应用范围正在日益扩展。所谓工程测量就是测绘学在国民经济、社会发展和国防建设中的直接应用。

《土木工程测量》这本教材是根据高等学校土木工程专业教学指导委员会制订的“土木工程指导性专业规范”,结合土木工程、环境工程、土地资源和房产管理等专业对工程测量的实际需求编写而成,可供相关本科专业选用,是一部内容全面的工程测量教材。

这本教材结合现代测绘科学技术的发展趋势,在阐述测量的基本理论与方法的同时介绍了现代测绘科技成果。在论述空间点位的表示方法中增加了我国 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)的内容;在论述测定和测设的三项基本工作中,密切结合数字水准仪、全站仪、GPS 等新仪器的构造、原理及其使用;增加了数字地形图测绘、地籍测量、房产测量的方法及相关绘图软件的使用;在工程应用部分包括了建筑、道路(公路与铁路)、桥梁、隧道和管道工程在勘测设计、施工、竣工验收和运营管理各阶段的测量工作。特别是在公路、铁路的工程测量中加入了在数字地形图上获取测设资料以及全站仪和 GPS 放样等内容。可以看出,该教材能将现代测绘科学技术与工程实际需求紧密结合,充分体现了本教材为满足现代工程建设与时俱进的需要和特点。

这本教材内容全面,知识结构布局先易后难、循序渐进,便于学生理解、掌握和自学;教材注重理论与实际相结合,做到了既能达到非测绘类本科专业的教学要求,又能满足工程建设的实际需要。衷心希望本教材能在教学和工程实践中发挥积极作用。



武汉大学教授、中国工程院院士
2011 年 4 月 2 日于武汉

前 言

测绘学是一门古老而又崭新的学科。古老基于其悠久的历史渊源，崭新体现在其紧贴时代发展的脉搏，随着科学技术的不断进步，测绘科学的理论与技术也得到了飞速发展。工程测量学是测绘学的一个分支学科，是现代工程建设不可或缺的应用科学。

本教材是以高等学校土木工程专业教学指导委员会制订的《土木工程指导性专业规范》为指导，为培养“厚基础、宽口径、强能力”的工程类应用型人才而编写的。本书以大土木为背景，工程测量内容涵盖建筑、道桥、地下工程、环境工程、土地和房产管理、给水排水等专业工程，内容比较全面，可供不同专业选用。教材以工程实际为背景，结合现行测量规范，在每章都配有思考题、习题，以便培养学生分析问题、解决问题的能力。

在教材编写过程中我们注重教学与工程实际相结合，传统理论与现代理论相结合。在介绍测量仪器及其使用过程中，既兼顾工程建设的仪器现状，又考虑到学校的实验条件，将光学仪器和现代仪器均纳入介绍范围；在讲述测量方法时，传统方法与现代测量方法同时讲解以供选用。教师可根据学生的专业特点和本学校的仪器情况，结合应用领域选择相关的测量内容进行教学。本书配有多媒体课件，适合土木工程专业的院校选用，同时也可供相关专业的工程技术人员参考。

本书第1~7章介绍了测绘学的基本知识、测量的基本工作及测量仪器的构造和使用；第8~11章讲述了大比例尺地形图(纸质与数字)、地籍图的测绘及应用；第12~17章着重介绍了工业与民用建筑、道路、桥梁、隧道和管道工程的测量工作。

本书由广东工业大学王国辉教授(第1、14章)、蒋利龙教授(第6章)、马莉教授(第5、14章)、张兴福副教授(第4、7章)、唐桂文讲师(第4章)、魏德宏讲师(第10、11章)、赵滔滔讲师(第2、9章)、余旭博士(第13章)、王宇会讲师(第3、12章)以及石家庄铁道大学梁建昌副教授(第8、17章)、李少元副教授(第15章)、侯永会副教授(第16章)、赵军华讲师(第17章)共同编写。全书由王国辉教授和张兴福副教授统稿，魏德宏老师负责插图绘制。全书配有多媒体教学课件，由马莉教授和魏德宏老师负责统筹。

《土木工程测量》既是广东省精品课程建设项目(广东工业大学)，同时也是河北省精品课程建设项目(石家庄铁道大学)。

本书在编写过程中荣幸地得到了中国工程院院士、武汉大学教授宁津生先生和武汉大学阎利教授的悉心指导，他们在百忙中审阅了全书，提出了宝贵的修改意见，谨在此表示衷心地感谢！

本书配有多媒体教学课件，如有需要，请发邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

由于编者水平所限，书中可能存在不足和缺陷，请读者批评指正。

2011年2月

目 录

第1章 绪论	1	2.4.3 水准测量的校核	23
本章知识点	1	2.5 水准测量内业计算	24
1.1 测绘学的任务及作用	1	2.5.1 高差闭合差及其限差的计算	25
1.2 地面点位的表示方法	3	2.5.2 闭合差的调整	25
1.2.1 地球的形状与大小	3	2.5.3 计算各测段改正后的高差	26
1.2.2 地面点位的表示方法	4	2.5.4 计算待定点高程	26
1.3 地球曲率对测量工作的影响	9	2.6 DS₃型微倾式水准仪的检验	
1.3.1 用水平面代替水准面对距离		与校正	27
的影响	9	2.6.1 圆水准器轴平行于仪器竖轴的	
1.3.2 用水平面代替水准面对高程		检验与校正	28
的影响	10	2.6.2 十字丝横丝垂直于仪器竖轴	
1.4 测量工作概述	11	的检验与校正	28
1.4.1 基本概念	11	2.6.3 管水准轴平行于视准轴的检验	
1.4.2 测量工作的程序和原则	11	与校正	29
1.4.3 确定地面点位的基本要素和		2.7 水准测量的误差来源及消除和	
测量的基本工作	12	减少办法	30
思考题	12	2.7.1 仪器误差	30
习题	13	2.7.2 观测误差	30
第2章 水准测量	14	2.7.3 外界条件引起的误差	31
本章知识点	14	2.8 自动安平水准仪简介	32
2.1 水准测量基本原理	14	2.8.1 自动安平原理	32
2.2 DS ₃ 型微倾式水准仪及		2.8.2 自动安平补偿器	33
水准尺	15	2.8.3 自动安平水准仪的使用	33
2.2.1 水准仪的基本结构	15	2.9 精密水准仪	33
2.2.2 水准尺和尺垫	18	2.9.1 精密水准仪的构造	33
2.3 水准仪的使用	18	2.9.2 精密水准仪及其读数原理	34
2.3.1 安置水准仪	19	2.9.3 精密水准尺	35
2.3.2 粗略整平	19	2.9.4 精密水准仪的操作	35
2.3.3 瞄准水准尺	19	2.10 数字水准仪简介	36
2.3.4 精平与读数	19	2.10.1 数字水准仪特点	36
2.4 等外水准测量外业	20	2.10.2 数字水准仪原理	37
2.4.1 水准点和水准路线布设形式	20	2.10.3 数字水准仪简介	38
2.4.2 水准测量的外业工作	22	2.10.4 数字水准仪使用注意事项	39

思考题	39	本章知识点	68
习题	40	4.1 钢尺量距	68
第3章 角度测量	42	4.1.1 量距的工具	68
本章知识点	42	4.1.2 钢尺量距的一般方法	69
3.1 角度测量的原理	42	4.1.3 钢尺量距的精密方法	71
3.1.1 水平角测量原理	42	4.1.4 钢尺量距误差分析	75
3.1.2 竖直角测量原理	43	4.2 视距测量	76
3.2 经纬仪的构造	43	4.2.1 概述	76
3.2.1 DJ ₆ 型光学经纬仪的构造	43	4.2.2 视距测量的基本原理	76
3.2.2 读数设备与读数	45	4.2.3 视距测量的观测与计算	78
3.3 经纬仪的安置与使用	49	4.2.4 视距测量误差及注意事项	78
3.3.1 经纬仪的安置	49	4.3 光电测距	79
3.3.2 照准和读数	50	4.3.1 概述	79
3.4 水平角的测量方法	51	4.3.2 光电测距原理	79
3.4.1 测回法	51	4.3.3 光电测距仪的组成及使用	81
3.4.2 方向观测法	52	4.3.4 影响光电测距精度的 因素分析	82
3.4.3 水平角观测注意事项	54	4.4 全站仪简介	84
3.5 竖直角测量	54	4.4.1 全站仪的组成与功能	84
3.5.1 竖直角测量装置	54	4.4.2 索佳 POWER SET 2B 型全 站仪简介	87
3.5.2 竖直角的计算	55	4.5 直线定向	89
3.5.3 竖盘指标差	55	4.5.1 标准方向的种类	89
3.5.4 竖直角观测	56	4.5.2 表示直线方向的方法	89
3.5.5 竖盘指标自动补偿器	57	4.5.3 几种方位角之间的关系	89
3.6 经纬仪的检验与校正	57	4.5.4 正、反坐标方位角	90
3.6.1 经纬仪的主要轴线及其应满足 的关系	57	4.5.5 坐标方位角的推算	91
3.6.2 经纬仪轴线关系的检验 与校正	58	思考题	92
3.7 水平角观测误差分析	60	习题	92
3.7.1 仪器误差	60	第5章 测量误差的基本知识	93
3.7.2 观测误差	62	本章知识点	93
3.7.3 外界环境的影响	63	5.1 测量误差概述	93
3.8 电子经纬仪简介	63	5.1.1 测量误差及其来源	93
3.8.1 编码度盘的测角原理	64	5.1.2 测量误差的分类	94
3.8.2 光栅度盘的测角原理	65	5.1.3 偶然误差的特性	94
3.8.3 动态光栅度盘测角原理	65	5.2 评定精度的指标	96
思考题	66	5.2.1 方差和中误差	97
习题	66	5.2.2 极限误差	97
第4章 距离测量与直线定向	68	5.2.3 相对误差	98

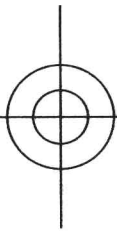
5.3 误差传播定律	99	本章知识点	133
5.3.1 误差传播定律	99	7.1 概述	133
5.3.2 误差传播定律的应用	100	7.1.1 GPS全球定位系统的组成	134
5.4 等精度直接观测值的 最可靠值	102	7.1.2 GPS坐标系统及时间系统	135
5.4.1 等精度直接观测值的 最可靠值	102	7.2 GPS测量基本原理	136
5.4.2 用观测值的改正数求观测值 的中误差和算术平均值的中 误差	103	7.2.1 GPS定位的基本原理	136
5.5 权与加权平均值	105	7.2.2 载波相位测量	137
5.5.1 观测值的权	105	7.2.3 伪距法绝对定位原理	137
5.5.2 加权平均值及其中误差	106	7.2.4 相对定位原理	138
思考题	108	7.2.5 GPS测量的误差来源	138
习题	108	7.3 GPS测量外业组织及实施	140
第6章 工程控制测量	110	7.3.1 GPS网的技术设计	140
本章知识点	110	7.3.2 外业组织	142
6.1 控制测量概述	110	7.3.3 数据处理及成果检核	142
6.1.1 基本概念	110	7.3.4 GPS-RTK的外业组织	143
6.1.2 平面控制测量	111	思考题	143
6.1.3 高程控制测量	113	第8章 大比例尺地形图的测绘	144
6.2 控制点坐标的正反算	114	本章知识点	144
6.2.1 坐标正算	114	8.1 地形图基本知识	144
6.2.2 坐标反算	115	8.1.1 地形图的概念	144
6.3 导线测量	115	8.1.2 地形图比例尺	144
6.3.1 导线控制测量的主要 技术要求	115	8.1.3 大比例尺地形图的分幅、编号 和图外注记	146
6.3.2 导线测量外业	116	8.2 地物、地貌的表示方法	148
6.3.3 导线测量的内业计算	118	8.2.1 地形图图式	148
6.4 交会法定点	121	8.2.2 地物的表示方法	149
6.4.1 前方交会	121	8.2.3 地貌的表示方法	152
6.4.2 侧方交会	123	8.3 大比例尺地形图的图解法 测绘	156
6.4.3 后方交会	123	8.3.1 图根控制测量	156
6.5 高程控制测量	125	8.3.2 测图前的准备工作	156
6.5.1 三、四等水准测量	125	8.3.3 碎部点的选择和测定碎部点 的基本方法	158
6.5.2 三角高程测量	129	8.3.4 经纬仪配合展点器测绘法	159
思考题	131	8.3.5 地物、地貌的绘制	161
习题	131	8.3.6 地形图的拼接和检查	162
第7章 GPS测量基本知识	133	8.4 航空摄影测量简介	163
		8.4.1 航空摄影和航摄像片的基本 知识	164

8.4.2 航摄像片的立体观测和立体量测原理	166	9.7.4 数字高程模型在线路工程建设的应用	185
8.4.3 航测外业工作	168	思考题	186
8.4.4 航测内业	168	习题	186
8.4.5 数字摄影测量成图简介	169	第 10 章 数字测图基础及其工程应用	188
思考题	169	本章知识点	188
第 9 章 地形图的识读与应用	171	10.1 数字测图概述	188
本章知识点	171	10.1.1 数字地形图与数字测图技术	188
9.1 地形图的识读	171	10.1.2 数字测图基本原理	189
9.1.1 地形图识读的目的和基本要求	171	10.1.3 数字测图作业模式	189
9.1.2 地形图识读的基本内容	172	10.1.4 数字测图的特点	189
9.2 地形图的基本应用	172	10.2 全站仪数字测图原理	190
9.2.1 图上确定某点的高程	172	10.3 内外业一体化数字测图	191
9.2.2 在地形图上确定点的坐标	173	10.3.1 全站仪数字测图的作业方法	191
9.2.3 在地形图上确定两点间的距离	174	10.3.2 数字测图软件	192
9.2.4 利用地形图求某直线的坐标方位角	174	10.3.3 南方 CASS7.0 地形地籍成图系统	192
9.2.5 在地形图上确定某一直线的地面坡度	174	10.3.4 草图法数字测图的组织	193
9.2.6 在地形图上按限制坡度选择最短路线	174	10.3.5 草图法数字测图的作业流程	194
9.3 图形面积量算	175	10.3.6 电子平板法数字测图的组织	196
9.3.1 透明方格纸法	175	10.3.7 测图精灵电子平板法数字测图的作业流程	196
9.3.2 平行线法	175	10.4 GPS-RTK 数字测图	199
9.3.3 解析法	176	10.4.1 GPS-RTK 数字化测图的基本原理	199
9.3.4 求积仪法	177	10.4.2 GPS-RTK 定位系统的组成	201
9.4 利用地形图绘制某方向的断面图	178	10.4.3 GPS-RTK 数字化测图的操作过程	204
9.5 在地形图上确定汇水面积	178	10.4.4 内业数据处理	206
9.6 利用地形图计算土方量	179	10.5 数字地形图的工程应用	207
9.6.1 方格网法	179	10.5.1 基本几何要素的查询	207
9.6.2 等高线法计算土方量	182	10.5.2 土方量的计算	208
9.6.3 断面法计算土方量	183	10.5.3 断面图的绘制	215
9.7 数字高程模型及其在线路工程中的应用	183		
9.7.1 数字高程模型概述	183		
9.7.2 DEM 的数据结构	184		
9.7.3 DEM 的数据采集及处理	185		

10.5.4 公路曲线设计	216	12.1.1 测设已知水平角	251
思考题	218	12.1.2 测设已知的水平距离	252
第 11 章 地籍测量与房产测量	219	12.1.3 测设已知点的高程	253
本章知识点	219	12.2 测设点的平面位置	
11.1 地籍测量与房产测量		的方法	254
概述	219	12.2.1 直角坐标法	254
11.1.1 土地与地籍	219	12.2.2 极坐标法	255
11.1.2 地籍调查与地籍测量	219	12.2.3 角度交会法	256
11.1.3 房产测量概述	220	12.2.4 距离交会法	256
11.1.4 地籍测量与房产测量		12.2.5 用全站仪进行点位测设	257
的关系	220	12.3 测设坡度线	258
11.2 土地权属调查	221	思考题	258
11.2.1 土地权属	221	习题	258
11.2.2 土地的划分与编号	222	第 13 章 建筑施工测量	260
11.2.3 土地权属调查	224	本章知识点	260
11.3 界址测量与地籍图	230	13.1 概述	260
11.3.1 地籍控制测量	230	13.2 建筑施工控制测量	261
11.3.2 界址测量	231	13.2.1 建筑基线	261
11.3.3 地籍图的绘制	233	13.2.2 建筑方格网	263
11.3.4 土地面积量算与统计	236	13.2.3 建筑施工高程控制测量	264
11.4 房产调查	236	13.3 民用建筑施工测量	265
11.4.1 房产调查概述	236	13.3.1 民用建筑物的定位	265
11.4.2 房产调查单元的划分		13.3.2 民用建筑物的放线	267
与编号	237	13.3.3 基础施工测量	267
11.4.3 房产调查的基本内容	238	13.3.4 墙体施工测量	268
11.5 房产要素测量与房产图	240	13.4 工业厂房施工测量	269
11.5.1 房产要素测量的内容	240	13.4.1 工业建筑控制网的测设	269
11.5.2 房产图绘制	241	13.4.2 柱列轴线与柱基测设	270
11.6 房产面积测算	244	13.4.3 施工模板定位	270
11.6.1 房产面积测算的内容	244	13.4.4 构件安装定位测量	271
11.6.2 房产面积测算规则	245	13.4.5 烟囱、水塔施工放样	273
11.6.3 房产面积测算的精度要求	247	13.5 高层建筑物的轴线投测和	
11.6.4 房产套面积计算与共有		高程传递	274
面积分摊	247	13.5.1 高层建筑物的轴线投测	275
思考题	250	13.5.2 高层建筑物的高程传递	278
第 12 章 测设的基本工作	251	13.6 竣工测量	279
本章知识点	251	13.6.1 室外测量	280
12.1 已知水平角、水平距离和		13.6.2 竣工总平面图的编绘	280
高程的测设	251	13.7 建筑物变形观测	281

13.7.1	建筑物变形的基本概念	281	14.6.3	竣工测量	336
13.7.2	变形测量的技术要求	281	思考题		336
13.7.3	建筑物的沉降观测	283	习题		337
13.7.4	建筑物的水平位移观测	287	第15章 桥梁施工测量		338
13.7.5	建筑物的倾斜观测	290	本章知识点		338
13.7.6	建筑物的挠度观测	292	15.1 桥梁控制测量		338
13.7.7	建筑物的裂缝观测	292	15.1.1 桥梁平面控制测量		338
思考题		293	15.1.2 桥梁高程控制测量		341
习题		293	15.2 墩台中心定位和轴线测设		341
第14章 公路、铁路线路测量		295	15.2.1 墩台中心定位		341
本章知识点		295	15.2.2 墩台轴线测设		345
14.1 公路、铁路线路测量概述		295	15.3 桥梁细部施工放样		345
14.2 新线初测		296	15.4 桥梁墩台的变形观测		347
14.2.1 选点插旗		296	15.4.1 墩台的垂直位移观测		347
14.2.2 导线测量及相关计算		296	15.4.2 墩台的水平位移观测		349
14.2.3 高程测量		299	15.4.3 上部结构的挠曲观测		351
14.2.4 地形测量		301	思考题		352
14.3 新线定测		302	习题		352
14.3.1 线路的平面组成和标志		302	第16章 隧道测量		353
14.3.2 中线测量		302	本章知识点		353
14.3.3 定测阶段的基平和中平		308	16.1 概述		353
14.3.4 线路横断面测量		311	16.1.1 隧道工程的特点		353
14.4 圆曲线及其测设		315	16.1.2 隧道测量的内容		354
14.4.1 圆曲线要素及其主点测设		315	16.1.3 隧道贯通测量的含义		354
14.4.2 圆曲线详细测设的方法		316	16.2 隧道洞外平面控制测量		355
14.5 圆曲线加缓和曲线及其测设		320	16.2.1 GPS测量法		356
14.5.1 缓和曲线的作用及其线形选用的前提条件		320	16.2.2 精密导线法		356
14.5.2 缓和曲线的参数方程		321	16.2.3 中线法		358
14.5.3 缓和曲线的插入和缓和曲线常数		322	16.2.4 三角锁网法		358
14.5.4 圆曲线加缓和曲线的综合要素及主点测设		324	16.3 隧道洞内平面控制测量		358
14.5.5 圆曲线加缓和曲线的详细测设		326	16.3.1 精密导线法		359
14.6 线路施工测量		333	16.3.2 中线法		360
14.6.1 线路复测		333	16.3.3 陀螺经纬仪定向法		360
14.6.2 路基放样		333	16.4 隧道高程控制测量		360
			16.4.1 洞外高程控制测量		361
			16.4.2 洞内高程控制测量		361
			16.5 隧道贯通精度的预计		362
			16.5.1 贯通精度预计的意义		362

16.5.2 洞外、洞内平面控制测量对横向贯通误差的估算	363	本章知识点	373
16.6 隧道施工测量	366	17.1 概述	373
16.6.1 隧道进洞测量	366	17.2 管道中线和纵横断面测量	373
16.6.2 洞内施工中线测量	367	17.2.1 管道中线测量	373
16.6.3 高程控制	368	17.2.2 纵断面测量	375
16.6.4 掘进方向指示	369	17.2.3 横断面测量	377
16.6.5 开挖断面的放样	369	17.3 管道施工测量	378
16.6.6 结构物的施工放样	369	17.3.1 地下管道施工测量	378
16.7 隧道变形监测	370	17.3.2 架空管道施工测量	380
16.7.1 隧道地表沉降监测	370	17.4 顶管施工测量	380
16.7.2 隧道洞内变形监测	370	17.5 管道竣工测量和竣工图的编绘	383
16.8 隧道竣工测量	371	思考题	383
思考题	372	习题	383
习题	372	附录 测量常用计量单位与换算	385
第 17 章 管道工程测量	373	参考文献	386



第1章

绪论

本章知识点

【知识点】 测绘学的主要任务及作用、水准面与大地水准面、参考椭球面、地球空间点位的表示方法、测量的基本工作和工作原则。

【重点】 地球空间点位的表示方法。

【难点】 高斯平面直角坐标系的建立。

1.1 测绘学的任务及作用

测绘学是研究地球的形状、大小及地球重力场,采集地球表面自然形态和人工设施的几何分布等信息,并对这些信息进行加工处理、储存、管理和使用的科学。它属于地球科学的范畴。随着科学技术的进步,其研究领域正向月球、火星等其他星体拓展。按照研究范围、研究对象以及研究方法的不同,测绘学可以分为多个分支学科。

大地测量学:研究和测定地球的形状、大小、重力场、地球整体与局部运动,以及建立地球表面广大区域控制网理论和技术的科学。大地测量学又分为几何大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学(或空间大地测量学)。几何大地测量学,是用几何观测量(长度、方向、角度、高差)研究和解决大地测量学科中的问题。物理大地测量学,是用重力等物理观测量研究和解决大地测量学科中的问题。卫星大地测量学,是用人造地球卫星观测量研究和解决大地测量学科中的问题。随着大地测量点位测定精度的日益提高,又出现动态大地测量学,它是用大地测量方法研究和测定地球运动状态及地球物理机制的理论和方法。

摄影测量与遥感学:研究利用摄影或遥感技术获取目标物的影像数据,从中提取几何的或物理的信息,并用图形、图像和数字形式表达的科学。根据获得像片方式和研究目的的不同,摄影测量学又分为航空摄影测量学、地面摄影测量学、水下摄影测量学和航天(卫星)摄影测量学等。

地图制图学(地图学):研究利用测量采集、计算所得到的成果资料,编制各种模拟和数字地图的理论、原理、工艺技术和应用的科学。它是用地图图形反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化。

其主要的研究内容包括地图投影学、地图编制、地图整饰、印刷等。目前,数字地图以及地理信息系统已广泛地被人们所应用。

工程测量学:研究在工程建设和自然资源开发中各个阶段进行控制、地形测绘、施工放样和变形监测的理论和技术的科学。

海洋测绘学:以海洋水体和海底为研究对象所进行的测量和海图编制的理论、方法的科学。主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等的编制。

随着科学技术的发展,光电技术、卫星定位技术和计算机技术的应用已为测绘科学带来一场全新变革。随着全站仪、电子水准仪和GPS等新型测量仪器设备的使用,传统的测量模式正在向数字化、自动化、程序化方向发展;利用卫星影像、合成孔径激光雷达采集地球空间信息,研究地球或其他星体表面的形态变化以及球体内部的矿藏资源是当前的热门课题;无人机和卫星摄影测量正逐渐揭开人类无法到达区域的神秘面纱;地球空间信息采集、加工处理正向多源信息融合方向迈进,其应用领域越来越宽广;测绘学分支学科的划分将越来越模糊,将以新的理念进行定义和诠释。

测绘学在工程建设中的主要工作内容包括测定和测设两个方面。测定是指使用测量仪器和工具,按照一定的方法进行测量和计算,得到点和物体的空间位置,或把地球(或其他空间星体)的表面形态测绘成地形图,为经济建设、规划设计、科学研究和国防建设提供信息。测设是指把图纸上设计好的建筑物、构筑物,通过测量标定于实地的工作。

测绘科学的应用范围很广。在国民经济和社会发展规划中,首先要有地形图和地籍图,才能进行各种规划及地籍管理工作,可见测绘信息是最重要的基础信息之一。在国防建设中,军事测量和军用地图是现代大规模诸兵种协同作战不可或缺的重要保障。根据地球形状、大小的精确数据和相关地域的重力场资料,精确测算出发射点和目标点的坐标、方位、距离,才能保证远程导弹、空间武器、人造卫星或航天器精确入轨,随时校正轨道或命中目标。卫星定位、数字地图、地理信息系统与其他现代科学技术相结合实现了车辆、轮船和飞机的实时导航。空间科学技术研究、地壳形变、地震预报以及地极周期性运动的研究等都需要应用测绘科学所采集的信息。此外,在陆地、海底资源勘探及开采等都需要测量提供资料和指导。

测绘科学在城乡建设和环境保护中有着广泛的应用。在规划设计阶段,要测绘各种比例尺的地形图,供城镇规划、工厂选址、管线及交通道路选线以及平面和立面位置设计使用。在施工阶段,要将设计好的建筑物、构筑物的平面位置和高程在实地测设标定出来,并指导施工。竣工后,还要测绘竣工图,供日后扩建、改建和维修之用。此外,还要对某些重要的建筑物、构筑物进行变形观测,以保证它们的安全使用。

综上所述,可以看出测量工作贯穿于经济建设和国防建设的各个领域,贯穿于工程建设的始终。因此,测量工作是土木工程、土地管理、环境保护

等专业必备的专业基础。掌握测量工作的测、算、绘、用的基本技能，以便灵活运用所学测量知识，更好地为其专业工作服务。

1.2 地面点位的表示方法

1.2.1 地球的形状与大小

测量工作主要是在地球表面上进行的，而地球是一个赤道稍长、南北极稍扁的椭球体。地球自然表面极不规则，有高山、丘陵、平原和海洋。最高的珠穆朗玛峰海拔 8844.43m，最低的马里亚纳海沟低于海水面达 11022m。但是，这样的高低起伏，相对于地球半径 6371km 而言还是很微小的。如何表述地球空间点的位置呢？考虑到海洋面积约占整个地球表面的 71%，陆地面积约占 29%，故而人们习惯上把海水面所包围的地球实体看作地球的形体，依此确定测量工作的基准依据，进而确定地球空间点的位置。

由于地球的自转运动，其表面的质点同时受到地球引力和离心力的双重作用，这两个力的合力称为重力，重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

假想自由静止的水面将其延伸穿过岛屿与陆地，而形成的连续封闭曲面称之为水准面。水准面是受地球重力影响而形成的重力等位面，其特点是处处与铅垂线方向垂直。通常将与水准面相切的平面称为水平面。由于水准面可高可低，所以水准面有无数个。在众多的水准面当中，人们将与平均海水面吻合并穿过岛屿向大陆内部延伸而形成的闭合曲面称之为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。

由于地球内部质量分布的不均匀，引起铅垂线的方向产生不规则变化，导致大地水准面成为一个复杂的曲面(图 1-1)，无法用数学公式表达，故而在这个不规则的曲面上处理测量数据很不方便。因此，需要用一个在形体上与大地水准面非常接近，并可用数学公式表述的几何形体——地球椭球来代替地球的形状(图 1-2)，其球面称为参考椭球面，常用作测量计算工作的基准面。地球椭球是一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体，故又称其为旋转椭球。旋转椭球由长半径 a (或短半径 b)和扁率 α 所确定。

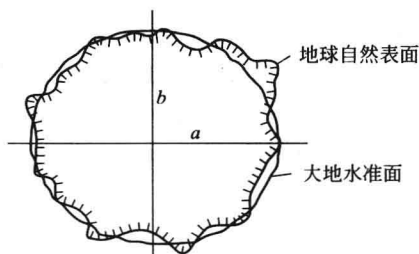


图 1-1 地球自然表面、大地水准面

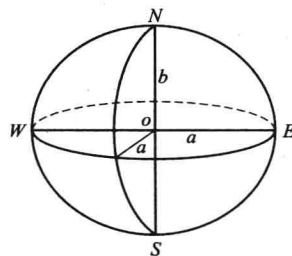


图 1-2 旋转椭球