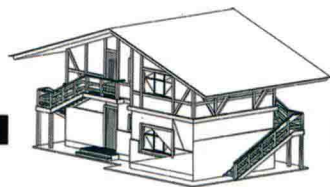


“十三五”精品课程规划教材——土建类

测量学

CELIANGXUE

主 编 邓 琳 乔 雪 苏军德



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

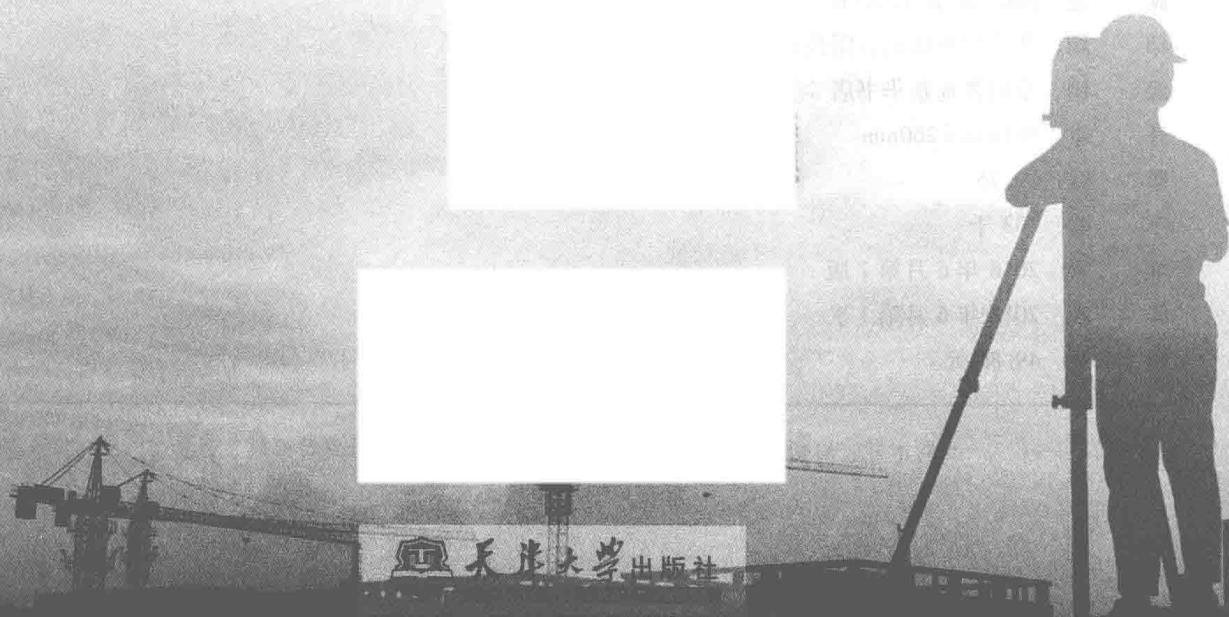
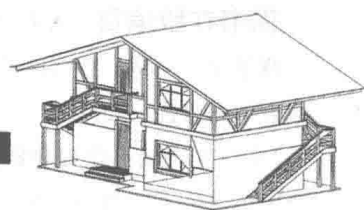


“十三五”精品课程规划教材——土建类

测量学

CELIANGXUE

主 编 邓 琳 乔 雪 苏军德



天津大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学 / 邓琳, 乔雪, 苏军德主编. —天津: 天津大学出版社, 2018. 6

“十三五”精品课程规划教材. 土建类

ISBN 978-7-5618-6150-9

I. ①测… II. ①邓… ②乔… ③苏… III. ①测量学
—高等学校—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 131009 号

出版发行 天津大学出版社

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 北京俊林印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 184mm × 260mm

印 张 19.75

字 数 493 千

版 次 2018 年 6 月第 1 版

印 次 2018 年 6 月第 1 次

定 价 49.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

编委会名单

主 编 邓 琳 乔 雪 苏军德

副主编 万应玲 陈 辉 孟祥妹

杨 琴 吴玉洁 翟思敏

参 编 史金会 梁沧波 李玉岩

| 前 言 |

测量学是城乡规划、土木工程、建筑学、测绘学等一级学科下的本科专业的专业课程，学习测量学的主要目标是通过学习测量的基础理论及技术，将其应用在具体的工程实践中，培养学生的综合应用能力与实践能力。本书的编者长期从事测量学与地图学教学工作，通过多年的教学与实践经验，探索适合应用型本科院校自身实际，符合培养人才目标，突出应用性、实用性的教材，解决目前教学与实践脱离的现象。本书内容分为三部分：一是测量概述，包括绪论、工程建设中的测量工作与信息管理；二是测量的主要仪器与方法，包括水准测量、角度测量、距离测量、控制测量、全站仪及其使用、测量误差及数据处理、地形图的基本知识与测绘、地形图在工程中的应用；三是典型工程的测量与实践，包括土木施工测量、线路工程测量。本书可作为土木工程（隧道、岩土方向）、道路桥梁工程等专业的教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

编者在编写过程中力求做到以下几点。

(1) 采用教学大纲引领教材建设，每一章设定合理的教学目标及教学重、难点，实现一纲多本化的教材建设方式。

(2) 采用“以能力目标为单元”的模块化方式编写。将每一节内容设定为教学单元，设定教学情境，使得本课程的教学目标清晰化，另外可以帮助学生设定自主学习内容，学生随时能够明确学习任务，然后逐一落实、理解每个知识点，有利于课程教学改革。

(3) 采用“任务具体化”的思路编写教材，顺应学生的形象思维，更有利于教学工作的顺利开展。

本书参考已有教材及纵向结构体系的优点，在基础理论章节侧重测量学的基本理论，在方法和技术章节侧重“工程建设中的测量工作”“工程控制网布设的理论与方法”“工程测量学的仪器与方法”“工程建设中的地形图测绘”“工程建筑物的施工放样”“工程建筑物的变形监测”等二级学科的测量理论的应用，具有一般性；另外，教材选取相关典型工程的测量和应用实践，有横向结构体系特点，注重实践应用，具有特殊性。学生可根据各相关工程专业和选修方向的特点选择性地学习。

本书由齐齐哈尔大学邓琳、乔雪，甘肃有色冶金职业技术学院苏军德担任主编，甘肃建筑职业技术学院万应玲、海口经济学院陈辉、黑龙江林业职业技术学院孟祥妹、遵义职业技术学院杨琴、湖南有色金属职业技术学院吴玉洁、河北科技学院翟思敏担任副主编。具体编写分工如下：邓琳编写第3章、第4章和第6章，乔雪编写第5章、第7章和第11章，苏军德编写第1章，万应玲编写第9章，陈辉编写第12章，孟祥妹编写第2章，杨琴编写第8章，吴玉洁编写学习单元10.1和10.2，翟思敏编写学习单元10.3~10.5。河北东方学院史金会、黑龙江职业学院梁沧波、青岛理工大学琴岛学院李玉岩为本书的编写提供了大量的参考资料。邓琳和乔雪负责全书的统稿和修改工作。

由于篇幅较长，涉及内容较多，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 测量概述	001
第1章 绪论	002
学习单元 1.1 测量学与工程测量	002
1.1.1 测量学的概念及其分支学科	002
1.1.2 工程测量学的发展概况	003
1.1.3 测量学的研究对象、任务与应用	006
1.1.4 测量学的结构体系与发展展望	007
学习单元 1.2 大地水准面的概念及解释	008
学习单元 1.3 测量坐标系与地面点位置的确定	009
1.3.1 地理坐标	009
1.3.2 平面直角坐标	010
1.3.3 地心坐标系	012
1.3.4 高程	013
学习单元 1.4 测量工作概述	014
1.4.1 测量的基本工作	014
1.4.2 测量工作的原则	014
学习单元 1.5 测量常用计量单位与换算	015
1.5.1 长度单位	015
1.5.2 面积单位	015
1.5.3 体积单位	015
1.5.4 角度单位	015
习 题	016
第2章 工程建设中的测量工作与信息管理	018
学习单元 2.1 勘测设计阶段的测量工作	019
2.1.1 工程勘测选址阶段的测量工作	019
2.1.2 工业企业勘测设计阶段的测量工作	019

2.1.3	线路勘测设计阶段的测量工作	020
2.1.4	桥梁规划设计阶段的测量工作	020
学习单元 2.2	工程施工建设阶段的测量工作	021
2.2.1	施工测量工作	021
2.2.2	监理测量工作	023
学习单元 2.3	工程运营管理阶段的测量工作	024
学习单元 2.4	工程建设中的测量信息管理	026
2.4.1	工程建设中的测量信息管理现状	026
2.4.2	工程信息管理系统及应用	027
习 题		028

第二部分 测量的主要仪器与方法

029

第3章	水准测量	030
学习单元 3.1	高程测量概述及水准测量的原理	030
3.1.1	高程测量概述	030
3.1.2	水准测量的原理	031
学习单元 3.2	水准测量的仪器和工具	032
学习单元 3.3	水准测量的方法	038
3.3.1	水准路线的形式	038
3.3.2	水准点	039
3.3.3	水准测量的施测方法	039
学习单元 3.4	水准仪的检验和校正	046
3.4.1	微倾式水准仪的检验和校正	046
3.4.2	自动安平水准仪的检验和校正	050
3.4.3	水准测量的误差及其消减方法	051
学习单元 3.5	精密水准仪和水准尺	054
3.5.1	精密水准仪	054
3.5.2	因瓦水准尺	055
学习单元 3.6	南方测绘 NL32A 自动安平水准仪	056
3.6.1	仪器用途	056
3.6.2	主要部件	056
3.6.3	主要技术指标	056

3.6.4	使用方法	057
3.6.5	注意事项	058
习 题		058
第4章	角度测量	061
学习单元 4.1	角度测量原理	061
4.1.1	水平角测量原理	061
4.1.2	竖直角测量原理	062
学习单元 4.2	经纬仪的构造及度盘读数	062
4.2.1	经纬仪的等级和用途	062
4.2.2	DJ ₆ 级光学经纬仪的构造	063
4.2.3	DJ ₂ 级光学经纬仪的构造	065
4.2.4	电子经纬仪的度盘读数	066
学习单元 4.3	水平角观测	067
4.3.1	经纬仪的安置	067
4.3.2	照准标志及瞄准方法	069
4.3.3	水平角观测方法	070
学习单元 4.4	垂直角观测	073
4.4.1	垂直度盘构造	073
4.4.2	垂直角计算	074
4.4.3	竖盘指标差	075
4.4.4	垂直角观测方法	075
学习单元 4.5	经纬仪的检验和校正	076
4.5.1	经纬仪的轴线及其应满足的条件	076
4.5.2	经纬仪的检验和校正	077
学习单元 4.6	水平角观测的误差分析	081
4.6.1	经纬仪照准部偏心差的影响	081
4.6.2	经纬仪轴系误差的影响	082
4.6.3	仪器对中误差和目标偏心误差的影响	085
学习单元 4.7	电子经纬仪	086
4.7.1	电子经纬仪的概述	086
4.7.2	电子经纬仪测角原理	087
习 题		090

第5章 距离测量	092
学习单元 5.1 钢尺量距	092
5.1.1 地面点的标志	092
5.1.2 量距工具	093
5.1.3 直线定线	094
5.1.4 钢尺量距的一般方法	096
5.1.5 钢尺长度检定	098
学习单元 5.2 视距测量	099
学习单元 5.3 光电测距	100
5.3.1 光电测距仪的基本工作原理	100
5.3.2 光电测距仪及反射器	104
5.3.3 光电测距的长度改正	105
5.3.4 光电测距的精度分析	106
5.3.5 光电测距的归算	108
习 题	112
第6章 控制测量	113
学习单元 6.1 控制测量概述	113
6.1.1 平面控制测量	113
6.1.2 高程控制测量	116
学习单元 6.2 方向测量	117
6.2.1 方向	117
6.2.2 直线方向的表示方法	117
6.2.3 用罗盘仪测定磁方位角	123
学习单元 6.3 导线测量和导线计算	124
6.3.1 导线网的布设	124
6.3.2 导线测量外业工作	125
6.3.3 导线测量内业计算	127
学习单元 6.4 交会定点	134
6.4.1 前方交会	134
6.4.2 后方交会	135
6.4.3 测边交会	136
学习单元 6.5 三、四等水准测量	137
6.5.1 三、四等水准测量概述	137

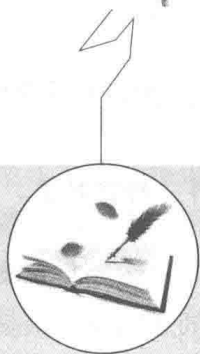
6.5.2	三、四等水准测量的观测顺序	137
6.5.3	测站的计算与检核	138
学习单元 6.6	三角高程测量	140
6.6.1	三角高程测量的原理	140
6.6.2	地球曲率和大气折光对高差的影响与改正	140
6.6.3	三角高程测量的观测与计算	141
习 题		142
第 7 章	全站仪及其使用	145
学习单元 7.1	全站仪	145
7.1.1	基本构造	145
7.1.2	电子全站仪的特殊构件	148
学习单元 7.2	电子全站仪测量	150
7.2.1	NTS 360 显示屏和操作键	150
7.2.2	初始设置	151
7.2.3	测量前的准备	151
7.2.4	角度测量	151
7.2.5	距离测量	152
7.2.6	坐标测量	152
学习单元 7.3	全球定位系统 (GPS)	152
7.3.1	概况	152
7.3.2	组成	152
7.3.3	四大卫星导航系统	153
7.3.4	GPS 系统的特点	154
学习单元 7.4	GPS 静态定位及南方 9600 静态 GPS 的应用	156
7.4.1	GPS 静态定位在测量中的应用	156
7.4.2	南方 9600 静态 GPS 的应用	157
学习单元 7.5	南方灵锐 S82 RTK 的使用	167
7.5.1	灵锐 S82 的特点	167
7.5.2	主要部分简介	167
7.5.3	操作说明	168
7.5.4	操作流程	169
习 题		170

第8章 测量误差及数据处理	171
学习单元 8.1 测量误差概述	171
学习单元 8.2 衡量精度的标准	174
8.2.1 中误差	174
8.2.2 容许误差	174
8.2.3 相对误差	175
学习单元 8.3 误差传播定律	175
学习单元 8.4 算术平均值及其中误差	178
学习单元 8.5 加权平均值及其中误差	179
习 题	181
第9章 地形图的基本知识与测绘	183
学习单元 9.1 地形图基本知识	183
9.1.1 地形图概述	183
9.1.2 地形图的比例尺	185
9.1.3 地形图图示	188
9.1.4 等高线	189
9.1.5 地形图的分幅和编号	195
9.1.6 地形图的阅读	201
学习单元 9.2 大比例尺地形图测绘	204
9.2.1 测图前的准备工作	204
9.2.2 碎部测量的方法	206
9.2.3 公路带状地形图测绘	208
9.2.4 地形图的检查、拼接与整饰	209
学习单元 9.3 大比例尺数字化测图方法	209
9.3.1 概述	209
9.3.2 野外数字化数据采集方法	210
9.3.3 地形图的处理与输出	212
学习单元 9.4 地籍测量与房产测量简介	213
9.4.1 数字地籍测量	213
9.4.2 房产测量	223
学习单元 9.5 水下地形测绘	223
9.5.1 概述	223
9.5.2 精度要求和技术设计	225

9.5.3	资料收集和分析	225
9.5.4	导航定位	228
9.5.5	水深测量	229
9.5.6	水位测量	230
习 题		231
第 10 章 地形图在工程中的应用		232
学习单元 10.1 地形图识图与应用		232
10.1.1	确定图上点位的坐标	232
10.1.2	确定图上直线段的距离	232
10.1.3	图上确定直线的坐标方位角	233
10.1.4	确定图上点的高程	233
10.1.5	确定图上地面坡度	233
10.1.6	在图上设计规定坡度的线路	234
10.1.7	沿图上已知方向绘制断面图	234
10.1.8	确定两地面点间是否通视	235
10.1.9	在地形图上绘出填挖边界线	235
10.1.10	确定汇水面积	235
学习单元 10.2 确定图形面积		236
10.2.1	几何图形法	236
10.2.2	坐标计算法	236
10.2.3	透明方格法	236
10.2.4	透明平行线法	237
10.2.5	电子求积仪的使用	237
学习单元 10.3 土地平整时的土石方计算		238
10.3.1	方格网法	238
10.3.2	等高线法	239
10.3.3	断面法	240
学习单元 10.4 城市用地的地形分析		240
10.4.1	用地单项分析	240
10.4.2	用地综合评价	241
学习单元 10.5 GIS 概述		242
习 题		243

第 11 章 土木施工测量	246
学习单元 11.1 测设的基本工作	246
学习单元 11.2 建筑场地上的施工控制测量	250
11.2.1 施工测量的平面控制	250
11.2.2 施工测量的高程控制	253
学习单元 11.3 民用建筑施工中的测量工作	254
11.3.1 测设前的准备工作	254
11.3.2 民用建筑物的定位	255
11.3.3 民用建筑物的放线	255
11.3.4 基础施工的测量工作	256
学习单元 11.4 工业建筑施工测量——工业厂房	257
11.4.1 厂房控制网的测设	257
11.4.2 柱列轴线的测设	257
11.4.3 柱基的测设	258
11.4.4 厂房构件的安装测量	259
11.4.5 吊车梁及吊车轨道的安装测量	260
学习单元 11.5 大坝施工测量	261
11.5.1 土坝的控制测量	262
11.5.2 土坝清基开挖与坝体填筑的施工测量	263
11.5.3 混凝土坝的施工控制测量	265
11.5.4 混凝土坝清基开挖线的放样	266
11.5.5 混凝土重力坝坝体的立模放样	266
学习单元 11.6 变形观测的理论与方法	267
11.6.1 沉降观测	267
11.6.2 倾斜观测	270
学习单元 11.7 竣工测量及竣工总平面图的编绘	271
11.7.1 竣工测量	271
11.7.2 竣工总平面图的编绘	271
习 题	272

第 12 章 线路工程测量	273
学习单元 12.1 中线测量	273
12.1.1 线路主点的测设	273
12.1.2 测量线路的转折角	274
12.1.3 设置中桩	274
12.1.4 曲线的测设	275
学习单元 12.2 纵、横断面水准测量	277
12.2.1 纵断面水准测量	278
12.2.2 纵断面图的绘制	280
12.2.3 横断面水准测量	280
学习单元 12.3 管道施工测量	281
12.3.1 开槽施工测量	282
12.3.2 顶管施工测量	285
学习单元 12.4 道路施工测量	286
12.4.1 测设施工控制桩	286
12.4.2 线路坡度的放样	287
12.4.3 路基边桩的测设	287
学习单元 12.5 桥梁施工测量	288
12.5.1 桥位控制测量	288
12.5.2 桥梁墩台中心的测设	289
12.5.3 桥梁墩台施工测量	290
学习单元 12.6 隧道工程施工测量	291
12.6.1 导坑延伸测量	291
12.6.2 上、下导坑的联测	292
12.6.3 隧道结构物的施工放样	292
12.6.4 竣工测量	293
习 题	293
参考文献	296



第一部分

测量概述

本章导读

- **基本要求** 了解测量学的概念、分支学科及结构体系，理解测量学的研究对象、任务与应用。
- **重点** 测量学的概念、分支学科、研究对象。
- **难点** 测量学的应用。

学习单元 1.1 测量学与工程测量

1.1.1 测量学的概念及其分支学科

测量学是研究获取反映地球形状、地球重力场、地球上自然和社会要素的位置及形状、空间关系、区域空间结构的数据的科学和技术。根据研究的具体对象及任务的不同，传统上又将测量学分为以下几个主要分支学科。

大地测量学 (Geodesy) ——研究和确定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置及其变化的理论和技术的学科。其基本任务是建立国家大地控制网，测定地球的形状、大小和重力场，为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据；为空间科学、军事科学及研究地壳变形、地震预报等提供重要资料。按照测量手段的不同，大地测量学又分为常规大地测量学、卫星大地测量学及物理大地测量学等。

地形测量学 (Topography) ——研究如何将地球表面局部区域内的地物、地貌及其他有关信息测绘成地形图的理论、方法和技术的学科。按成图方式的不同，地形测图可分为模拟化测图和数字化测图。

摄影测量与遥感学 (Photogrammetry and Remote Sensing) ——研究利用电磁波传感器获取目标物的影像数据，从中提取语义和非语义信息，并用图形、图像和数字形式表达的学科。其基本任务是对摄影图像或遥感图像进行处理、量测、解译，以测定物体的形状、大小和位置，进而制作成图。根据获得影像的方式及遥感距离的不同，本学科又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学等。

工程测量学 (Engineering Surveying) ——研究在工程建设的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术的学科。工程测量是测绘科学与技术国民经济和

国防建设中的直接应用,是综合性的应用测绘科学与技术。

地图制图学 (Cartography)——研究模拟和数字地图的基础理论、设计、编绘、复制的技术、方法以及应用的学科。它的基本任务是利用各种测量成果编制各类地图,其内容一般包括地图学总论、地图投影、地图编制、地图整饰和地图制印等。

1.1.2 工程测量学的发展概况

工程测量学来源于人类的生产生活并从中发展壮大,它是测绘学中出现最早、地位最重要的分支学科。

1. 发展早期

众所周知的人类文明史大约有 5 000 年。古埃及最大的金字塔是第四王朝法老胡夫的陵墓。它始建于约公元前 2700 年,塔高 146.59 m,外形像中文的“金”字,倾角 $51^{\circ}52'$,建在一块巨大的凸形岩石上,底面呈正方形,每边长 230 多米,四边为东、南、西、北四个方向,方位误差不超过 $3'$ 。整个塔用 260 多万块巨石砌成,每块重达 2.5 ~ 10 t。金字塔的选址、定位、基坑开挖、回填监测,轴线定位、定向,巨石的开采、运输、安砌、黏合和施工放样都离不开工程测量,都是由王室的工匠用铅垂线、木尺和测规等仪器进行测量和指导施工。金字塔建成已有 4 700 多年,经历过大洪水、地震、干旱和风暴等灾害,至今屹立不倒,实乃奇迹。历史上所有的大型建筑,如万里长城、都江堰工程、京杭大运河等,大型庙宇、教堂、军事通道以及大型水利工程,如苏伊士运河、巴拿马运河等,在勘测设计、施工建设和运营管理阶段都离不开工程测量。

我国早在上古时代,为了治水就开始了水利工程测量工作。司马迁在《史记》中提到大禹治水时有这样一段话:“(禹)陆行乘车,水行乘舟,泥行乘橇,山行乘橧,左准绳,右规矩,载四时,以开九州,通九道,陂九泽,度九山。”在这里,司马迁给我们展现了禹带领测量队治水的生动画卷。禹带着测量人员,肩扛测量仪器,准、绳、规、矩样样具备。他们有时在陆地上坐车行进,有时在水上乘船航行,有时在泥地里乘橇滑行,有时穿钉鞋在山间穿行。

由此可见,“准、绳、规、矩”是古代使用的测量工具。“准”是古代用的水准器,在《汉书》中有记载;“绳”是一种测量距离、引画直线和定平用的工具,是最早的长度度量 and 定平工具之一。禹治水时,“左准绳”就是用“准”和“绳”来测量地势的高低,比较地势之间高低的差距。“规”是校正圆形的工具;“矩”是古代画方形的工具,也就是曲尺,既可以定水平、测高、测深、测远,还可以画圆画方。一个结构简单的“矩”,通过使用时安放的位置不同,便能测定物体的高低、远近及大小,它的广泛用途体现了古代中国人民的无穷智慧。早期的水利工程多为河道的疏导,以利防洪和灌溉,其主要的测量工作是确定水位和堤坝的高度。秦代李冰父子领导修建的都江堰水利枢纽工程,曾用一个石头人来标定水位,当水位超过石头人的肩时,下游将受到洪水的威胁;当水位低于石头人的脚背时,下游将出现干旱。这种标定水位的办法与现代水位测量的原理完全一样。