



全国高等农林院校“十一五”规划教材

测量学

非测绘类专业用

CE LIANG XUE

张远智 主编

中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

测 量 学

张远智 主编

非测绘类专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学/张远智主编. —北京: 中国农业出版社,
2007. 8

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11614-6

I. 测… II. 张… III. 测量学—高等学校—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 094430 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 夏之翠 郑剑玲

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 21.25

字数: 502 千字

定价: 32.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材内容共 12 章,涵盖了测量学的基本概念与操作、地形图的测绘与应用及农林工程中常用的测量应用。第 1 章绪论;第 2 章水准测量;第 3 章角度测量;第 4 章距离测量与直线定向;第 5 章测量误差基本知识;第 6 章控制测量;第 7 章地形图测绘;第 8 章地形图应用;第 9 章测设的基本工作;第 10 章农林建筑工程测量;第 11 章线路测量;第 12 章种植与土方工程测量。

综观本教材,有如下的特点:①注重基本概念与理论,强调基本操作,力图使学生能够打下扎实的基本功;②讲求实用性,在中小比例尺地形图的识读与应用、野外罗盘仪的使用、面积与土方的计算等方面及其详尽与全面,使学生面对野外工作时能够“照书实施”,与以往的同类教材相比,有所突破;③概括性地介绍了全站仪、数字水准仪、GPS、数字化测图等新仪器、新技术,希望通过这些内容的学习与了解,不仅能开阔学生的视野,而且能够培养学生解决测量问题的灵活性;④全书文字简洁扼要、叙述清晰、图文并茂、风格一致,有助于学生的自学。

本教材为全国高等农林院校“十一五”规划教材,适合高等农林院校农学、林学、园林、环境规划、水土保持、资源信息管理、草业工程等专业《测量学》系列课程的教学,也可供其他院校相关专业及农林业专业人员参考使用。

主 编 张远智 北京林业大学

副主编 周春发 中国农业大学

吕亮卿 山西农业大学

樊志军 湖南农业大学

编 者 (以姓氏笔画为序)

王红亮 北京林业大学

王秀兰 北京林业大学

何瑞珍 河南农业大学

郭朝霞 华中农业大学

前 言

在农林院校的专业中，测量学是作为一门专业基础课开设的。这其中，不同的专业对测量学的应用需求是各自有所偏重的，如对于工程类的专业（如农建、土木工程、园林工程等）来说，大比例尺地形图的应用及工程施工测量是其关注的重点，而对于与资源调查管理、环境规划相关的专业（如林学、水土保持、自然保护区、城乡环境规划等），中小比例尺地形图的应用及罗盘、GPS接收机的野外使用等则成为其应用的主要方面。因此，面对不同的应用需求，如何满足农林类各相关专业对测量学应用的需求，是本教材编写的方向和目标。

在本教材的编写中，我们始终注重以下的几个方面，并使之成为本教材的主要特色：

1. 基础性 注重基本概念与理论，强调基本操作，力图使同学能够打下扎实的基本功。

2. 通用性 内容涵盖了测量学的基本概念与操作、地形图的测绘与应用及农林工程中常用的测量应用。满足农林各专业对测量学课程学习的要求。

3. 实用性 在中小比例尺地形图的识读与应用、野外罗盘仪的使用、面积与土方计算等方面极其详尽与全面，使同学面对野外工作时能够“照书实施”，与以往的同类教材相比，有所突破。

4. 先进性 概括性地介绍了全站仪、数字水准仪、GPS、数字化测图等新仪器、新技术，希望通过这些内容的学习与了解，不仅能开阔同学的视野，而且能够培养同学解决测量问题的灵活性。

5. 简明扼要 叙述深入浅出、结构层次清晰、语言流畅、图文并茂、风格一致，有助于学生的自学。

参加本教材编写的人员有：张远智 [第1、12章]、周春发 [第6、10章]、吕亮卿 [第5、11章]、樊志军 [第3、9章]、何瑞珍 [第2、7章]、郭朝霞 [第4章1~6节]、王红亮 [第8章]、王秀兰 [第4章7节]，最后由张远智对全书进行了统稿。此外，张培对书中第2、3、4章的部分插图、王红亮对第7章中的部分插图进行了修改和绘制。

本书承蒙北京林业大学林学院陈学平教授对部分章节进行了审阅，陈学平教授提出了不少意见和改进建议，特此致谢！

中国林业科学研究院赵宪文研究员提供了相关地形图及罗盘资料，谨致敬意与热忱的感谢！

徕卡测量系统（北京）贸易有限公司徐忠阳、胡广洋先生提供了有关徕卡仪器的资料，在此表示衷心的感谢！

北京威远图数据开发有限公司谷斌先生为本书提供了电子平板教学软件，特此致谢！

由于我们水平有限，书中错漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2007年5月于北京

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 测量学及其在农林业中的应用	1
1.1.1 测量学的定义和任务	1
1.1.2 测量学的作用及其在农林业中的应用	2
1.2 测绘学的发展概况	2
1.3 地球与地球椭球	3
1.4 坐标系统	6
1.4.1 地理坐标系	6
1.4.2 空间直角坐标系	8
1.4.3 高斯平面直角坐标系	8
1.4.4 独立平面直角坐标系	11
1.4.5 高程系	12
1.5 用水平面代替水准面的限度	12
1.5.1 距离误差	13
1.5.2 角度误差	14
1.5.3 高程误差	15
1.6 测量工作的基本概念与内容	15
1.6.1 测量工作的原则	15
1.6.2 控制测量	16
1.6.3 细部测绘	16
1.6.4 施工测量	17
1.6.5 基本观测量	18
1.7 测量的度量单位	18
复习思考题	19
第 2 章 水准测量	21
2.1 高程测量概述	21
2.2 水准测量的基本原理	21
2.3 水准仪与水准测量的工具	24

2.3.1	微倾水准仪的构造	24
2.3.2	其他类型水准仪的构造	27
2.3.3	水准尺和尺垫	31
2.4	水准仪的使用	32
2.4.1	微倾水准仪的使用	32
2.4.2	自动安平水准仪的使用	33
2.4.3	数字水准仪的使用	33
2.5	水准测量施测	34
2.5.1	水准点	34
2.5.2	水准测量施测方法	35
2.6	水准测量的校核方法与精度要求	36
2.6.1	测站校核方法与精度要求	36
2.6.2	路线校核及高程计算	36
2.7	光学水准仪的检验和校正	39
2.7.1	圆水准器轴与垂直轴平行的检验校正	39
2.7.2	十字丝横丝垂直于垂直轴的检验校正	40
2.7.3	水准管轴平行于视准轴的检验校正	40
2.8	水准测量误差的分析	42
2.8.1	仪器误差	42
2.8.2	观测误差	42
2.8.3	外界因素的影响	43
	复习思考题	44
第3章	角度测量	46
3.1	角度测量原理	46
3.1.1	水平角测量原理	46
3.1.2	竖直角测量原理	47
3.2	经纬仪的种类	47
3.3	DJ ₆ 光学经纬仪的构造与读数	48
3.3.1	DJ ₆ 光学经纬仪的构造	48
3.3.2	DJ ₆ 光学经纬仪的读数装置和读数方法	50
3.4	DJ ₂ 光学经纬仪的构造与读数	53
3.4.1	DJ ₂ 光学经纬仪的基本构造	53
3.4.2	DJ ₂ 光学经纬仪的读数装置	53
3.4.3	DJ ₂ 光学经纬仪的读数方法	54
3.5	电子经纬仪	55
3.5.1	电子经纬仪简介	55

3.5.2	编码度盘测角原理	56
3.5.3	光栅度盘测角原理	57
3.5.4	动态度盘测角原理	57
3.6	经纬仪的基本操作	58
3.6.1	经纬仪的安置	58
3.6.2	瞄准目标	60
3.6.3	读数和计算	60
3.6.4	配置度盘	61
3.7	水平角测量	61
3.7.1	测回法	61
3.7.2	方向观测法(全圆测回法)	63
3.8	竖直角测量	64
3.8.1	DJ ₆ 光学经纬仪竖直度盘的位置构造	64
3.8.2	竖直角的计算公式	65
3.8.3	竖直角的观测方法	66
3.8.4	竖盘指标差	67
3.9	经纬仪的检验校正	68
3.9.1	照准部水准管轴垂直于竖轴	69
3.9.2	十字丝的纵丝垂直于横轴	70
3.9.3	视准轴垂直于横轴	70
3.9.4	横轴垂直于竖轴	71
3.9.5	竖盘指标差的检验和校正	71
3.9.6	照准部光学对中器的检验校正	72
3.10	水平角观测的误差来源及其消减方法	72
3.10.1	仪器误差	72
3.10.2	观测误差	72
3.10.3	外界条件的影响	74
	复习思考题	75
第4章	距离测量和直线定向	77
4.1	距离测量和直线定向概述	77
4.2	卷尺量距	77
4.2.1	量距工具	78
4.2.2	直线定线	79
4.2.3	卷尺量距一般方法	81
4.2.4	钢尺量距精密方法	82
4.3	电磁波测距	84

4.3.1 光电测距仪基本原理	84
4.3.2 光电测距仪的使用	86
4.4 视距测量	89
4.4.1 视距测量的原理	89
4.4.2 视距测量的观测与计算	91
4.5 直线定向	91
4.5.1 标准方向的种类	91
4.5.2 直线方向的表示方法	92
4.5.3 正、反坐标方位角的关系	93
4.5.4 几种方位角之间的关系	93
4.6 罗盘仪测量	94
4.6.1 罗盘仪的构造	95
4.6.2 罗盘仪测定磁方位角	95
4.6.3 罗盘仪使用注意事项	96
4.7 全站仪及其使用	96
4.7.1 全站仪的分类	97
4.7.2 全站仪的基本部件和功能	97
4.7.3 全站仪的使用	98
复习思考题	105
第5章 测量误差基本知识	107
5.1 测量误差基本概念	107
5.1.1 误差的定义	107
5.1.2 测量误差来源	107
5.1.3 测量误差的分类	108
5.1.4 误差处理原则	110
5.2 衡量精度的指标	110
5.2.1 中误差	110
5.2.2 相对误差	110
5.2.3 容许误差 (极限误差)	111
5.3 误差传播定律	111
5.3.1 误差传播定律	111
5.3.2 误差传播定律的应用举例	113
5.4 等精度观测	115
5.4.1 求算术平均值	115
5.4.2 观测值中误差	115
5.4.3 算术平均值中误差	116

5.5 不等精度观测	117
5.5.1 权	118
5.5.2 最或是值——加权平均值	119
5.5.3 精度评定——单位权中误差和加权平均值中误差	119
5.5.4 不等精度观测数据处理举例	120
复习思考题	121
第6章 控制测量	122
6.1 控制测量概述	122
6.1.1 国家基本控制网	123
6.1.2 城市控制网	124
6.1.3 工程控制网	125
6.1.4 图根控制网	126
6.2 导线测量	126
6.2.1 平面控制网的定位定向以及坐标正反算	127
6.2.2 导线的布设形式	128
6.2.3 导线测量的外业工作	129
6.2.4 导线测量的内业计算	131
6.2.5 导线测量错误的检查	136
6.3 控制点加密	138
6.3.1 角度前方交会	138
6.3.2 角度侧方交会	141
6.3.3 角度后方交会	141
6.3.4 测边交会	144
6.4 三、四等水准测量	146
6.4.1 观测与记录	147
6.4.2 计算与校核	147
6.4.3 三、四等水准测量的成果整理	150
6.5 电磁波测距三角高程测量	150
6.5.1 三角高程测量的原理	150
6.5.2 地球曲率和大气折光对高差的影响	151
6.5.3 电磁波测距三角高程测量代替四等水准的适应范围	151
6.6 GPS在控制测量中的应用	152
6.6.1 GPS系统的组成	152
6.6.2 GPS定位原理	154
6.6.3 伪距测量与载波相位测量	154
6.6.4 GPS定位方法	155

6.6.5 GPS 小区域控制测量	156
复习思考题	159
第 7 章 地形图测绘	162
7.1 地形图基本知识	162
7.1.1 地形图概述	162
7.1.2 地形图比例尺	163
7.1.3 地形图图式	165
7.1.4 等高线	169
7.1.5 地形图的分幅与编号	173
7.2 大比例尺地形图的传统测绘方法	180
7.2.1 测图的准备工作	180
7.2.2 碎部点点位的测定	182
7.2.3 测图仪器介绍	183
7.2.4 碎部测量的方法	187
7.3 地形图的拼接与检查	194
7.3.1 地形图拼接	194
7.3.2 地形图检查验收	195
7.4 地形图的清绘、整饰与复制	196
7.4.1 地形图的清绘整饰	196
7.4.2 地形图的复制	196
7.5 大比例尺数字化测图的方法	197
7.5.1 数字化测图概述	197
7.5.2 野外数字化数据采集方法	198
7.5.3 数字地面模型的建立	202
7.5.4 地形图的处理与输出	204
7.6 地形图的矢量化	206
7.6.1 手扶跟踪数字化仪数字化	206
7.6.2 地形图的扫描屏幕矢量化	207
复习思考题	209
第 8 章 地形图应用	210
8.1 地形图应用概述	210
8.2 地形图的获取	210
8.3 地形图的识读	211
8.3.1 地形图图廓外的标注	211
8.3.2 分度线和坐标格网	214

8.3.3 地物地貌的判读	214
8.4 地形图的室内应用	215
8.4.1 量测点的坐标	215
8.4.2 求算两点间的距离	216
8.4.3 求算点的高程	217
8.4.4 确定地面坡度	218
8.4.5 确定直线的方向	219
8.4.6 选定最短路线	220
8.4.7 确定汇水周界	220
8.4.8 绘制纵断面图	220
8.5 地形图的野外应用	221
8.5.1 准备工作	221
8.5.2 罗盘仪的野外应用	222
8.5.3 地形图的定向	227
8.5.4 确定站立点在图上的位置	228
8.5.5 地形图与实地对照	228
8.5.6 调绘填图	228
8.6 面积量算	229
8.6.1 解析法	229
8.6.2 图解法	230
8.6.3 求积仪法	231
8.6.4 控制法	233
8.6.5 比较总结	234
8.7 地形图在平整场地中的应用	234
8.7.1 方格法	235
8.7.2 断面法	239
8.8 电子地图及应用	242
8.8.1 电子地图概念	242
8.8.2 电子地图的优点	242
8.8.3 电子地图的应用举例	243
复习思考题	245
第9章 测设的基本工作	246
9.1 测设工作概述	246
9.2 水平距离、水平角度和高程的测设	246
9.2.1 测设已知的水平距离	246
9.2.2 测设已知的水平角度	248

9.2.3 测设已知设计高程	249
9.3 直线的测设	250
9.4 点的平面位置测设	251
9.4.1 用一般仪器测设	251
9.4.2 用全站仪测设	252
9.5 已知坡度的测设	253
9.6 圆曲线的测设	254
9.6.1 圆曲线主点的测设	255
9.6.2 圆曲线细部测设	256
复习思考题	261
第 10 章 农林建筑工程测量	262
10.1 农林工程施工测量概述	262
10.2 控制测量	263
10.2.1 建筑基线	263
10.2.2 建筑方格网	265
10.2.3 施工坐标系及其与测量坐标系的换算	266
10.2.4 建筑场地的高程控制测量	267
10.3 农林建筑物定位	267
10.3.1 根据控制点进行定位	268
10.3.2 根据已有建筑物或道路中心线进行定位	271
10.4 农林建筑物的测设	272
10.4.1 测设建筑物轴线交点桩	272
10.4.2 轴线控制桩和龙门板的测设	273
10.4.3 基础施工测量	274
10.4.4 墙体施工测量	276
10.4.5 农林建筑测设的特点	279
10.4.6 任意形状农林建筑物测设	279
10.4.7 农林建筑附属构筑物的测设	284
10.5 农业水利测量	285
10.5.1 土坝施工测量	285
10.5.2 混凝土重力坝施工测量	287
复习思考题	290
第 11 章 线路测量	291
11.1 概述	291
11.2 道路测量	291

目 录

11.2.1 踏勘选线	291
11.2.2 中线测量	291
11.2.3 路线纵断面测量	295
11.2.4 路线横断面测量	299
11.2.5 道路施工测量	301
11.3 渠道测量	305
11.3.1 渠道选线的原则	305
11.3.2 渠道施工放样	305
11.4 管道测量	306
11.4.1 地下管道施工测量	306
复习思考题	309
第 12 章 种植与土方工程测量	310
12.1 树木种植定点放线	310
12.1.1 自然式配置乔、灌木放线	310
12.1.2 规则的经济林、防护林、风景林、纪念林苗圃等的种植放线	312
12.1.3 行道树定植放线	313
12.2 造园与高尔夫球场微地形土方工程测量	313
12.2.1 挖湖测设	314
12.2.2 堆山测设	316
12.2.3 平整场地施工放样	317
12.3 山地梯田测量	317
12.3.1 水平梯田的规划设计	317
12.3.2 梯田定线测量	319
复习思考题	322
主要参考文献	323

第1章 绪 论

【重点提示】本章首先介绍了测量学的概念、任务、作用及其发展概况；概要地叙述了点位表达的基础——坐标系统；然后对用水平面代替水准面的限度进行了讨论；最后则对测量工作的原则和具体内容进行了介绍。这其中，地理坐标系、高斯平面直角坐标系、高程系的建立及相关概念，测量工作的原则及内容是本章的重点。

1.1 测量学及其在农林业中的应用

1.1.1 测量学的定义和任务

测量学是一门研究空间点（包括地表、地下和空中点）位置信息的测定、处理、存储、管理和应用的学科。测量学的核心内容是研究如何测定空间点的位置。

测量学与制图学合称为测绘学。测绘学根据其研究对象、采用技术手段和应用范围的不同，可分为以下的几个分科：

1. 大地测量学 研究地球形状、大小、地球重力场以及建立国家大地控制网的理论、技术和方法的科学。大地测量学可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）。

2. 普通测量学 研究地球表面较小区域内测量与制图的理论、技术和方法的科学，是测量学的基础学科。

3. 工程测量学 研究各类专业工程在规划、设计、施工和运营过程中所涉及的测量理论、技术和方法的科学。根据专业工程的不同，工程测量学可分为土木工程测量、铁道工程测量、矿山工程测量等。

4. 摄影测量学与遥感 研究利用摄影和遥感技术，获取被摄物体的信息，进行分析、处理，以确定物体的形状、大小和空间位置，并判定其属性的科学。根据摄影方式的不同，摄影测量可分为航空摄影测量、地面摄影测量、航天摄影测量及水下摄影测量。

5. 海洋测量学 研究地球表面水体（江、湖及海洋）、港口、航道及水下地貌等测量的理论、技术和方法的科学。

6. 地图制图学 研究地图的编制和应用的学科。借助于它对地球空间信息的表达，可以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。

通常意义上的测量学是指普通测量学。普通测量学的任务主要有两个方面：①测绘地形图——使用测量仪器和工具，采用一定的制图方法，将地面上物体的位置及地表面高低起伏的形态（地貌）表现在图纸上；②测设——将在地形图上规划设计的人工建筑物、构筑物及人造地貌