21st CENTURY
实用规划教材 21世纪全国应用型本科 土木建筑系列 实用规划教材

# 土木工程测量

主　编　陈久强　刘文生
副主编　雷中英　郭明建
主　审　黄全义

北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TU198

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

# 土木工程测量


主　编　陈久强　刘文生
副主编　雷中英　郭明建
参　编　余加勇　袁　辉
主　审　黄全义



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 内 容 简 介

本教材共分 12 章，遵循理论联系实际和应用型的原则，介绍了土木工程测量的定位原理和方法，特征点、线、面的测量方法。主要内容包含：测量工作的基准面、基准线和坐标系统，测量定位元素和定位方法，水准测量、角度测量、距离测量、直线定向、测量误差、小区域控制测量、地形图与地形测量；识图、用图的基本知识，基本的施工测量工作；建筑工程施工中的控制测量、民用与工业建筑施工测量、变形测量；线路工程的中线测量、曲线测设、纵横断面测量；线路、桥梁、地下建筑、管线等的施工测量等。同时在介绍测量原理、方法和常规测量仪器的基础上，对新型电子仪器的测量原理和使用方法、现代测绘技术的实际应用作了相应介绍。在最后一章，选择了一些测量实验，供不同要求的院校教学时选用，其中带*的为选作实验。

本教材为高等院校土木工程专业本科教材，也可作为土木建筑工程技术人员的进修和参考用书。

**图书在版编目(CIP)数据**

土木工程测量/陈久强，刘文生主编. —北京：北京大学出版社，2006.1
(21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)
ISBN 7-301-10472-3

Ⅰ. 土… Ⅱ. ①陈… ②刘… Ⅲ. 土木工程—工程测量—高等学校—教材 Ⅳ. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 000710 号

书　　名：土木工程测量
著作责任者：陈久强　刘文生　主编
责任编辑：吴　迪　李昱涛
标准书号：ISBN 7-301-10472-3/TU・0027
出 版 者：北京大学出版社
地　　址：北京市海淀区成府路 205 号　100871
网　　址：http://cbs.pku.edu.cn　http://www.pup6.com
电　　话：邮购部 62752015　发行部 62750672　编辑部 62750667
电子信箱：pup_6@163.com
排 版 者：北京东方人华北大彩印中心　　电话：62754190
印 刷 者：北京原创阳光印业有限公司
发 行 者：北京大学出版社
经 销 者：新华书店
787 毫米×1092 毫米　16 开本　24.5 印张　560 千字
2006 年 1 月第 1 版　　2006 年 1 月第 1 次印刷
定　　价：35.00 元

# 《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

# 专家编审委员会


主　任　彭少民

副主任　(按拼音顺序排名)

陈伯望　金康宁　李　忱　李　杰

罗迎社　彭　刚　许成祥　杨　勤

俞　晓　袁海庆　周先雁

委　员　(按拼音顺序排名)

邓寿昌　付晓灵　何放龙　何培玲

李晓目　李学罡　刘　杰　刘建军

刘文生　罗　章　石建军　许　明

严　兵　张泽平　张仲先

# 丛书总序

我国高等教育发展迅速，全日制高等学校每年招生人数至2004年已达到420万人，毛入学率19%，步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招，教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体：一是学生，一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映，教材则是两个主体的媒介，属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出：“一些高校办学定位不明，盲目追求上层次、上规格，导致人才培养规格盲目拔高，培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温，应试学习倾向仍然比较普遍，导致各层次人才培养目标难于全面实现，大学生知识结构不够合理，动手能力弱，实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材，在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用，但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐，许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材，缺乏针对性强的实用教材。

近年来，我国房地产行业已经成为国民经济的支柱行业之一，随着本世纪我国城市化的大趋势，土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教学需求，从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书，并派出10多位编辑分赴全国近30个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上，规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会，在来自全国各地几十所高校的知名专家、教授的共同努力下，不但成立了本丛书的编审委员会，还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的40多个选题，再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力，并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下，首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中，得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是，在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下，北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校，于2005年11月26日在长沙中南林学院召开了《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》（第二批）组稿会，规划了①建筑学专业；②城市规划专业；③建筑环境与设备工程专业；④给排水工程专业；⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近60多个选题。至此，北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的6个专业，是近年来全国高等教育出版界唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材，并将于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育，在国家教育部和建设部的指导下，经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨，已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式，明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格，从宽口径的视角，要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等，并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲，由一批长期在教学第一线从事教学并有过多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编，以定位“应用型人才培养”为目标而编撰，具有以下特点：

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案，注重提高学生综合素质和创新能力，注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构，不刻意追求理论研究型教材深度，内容取舍少而精，向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上，深入研究各课程之间的相互关系，各课程教材既要反映本学科发展水平，保证教材自身体系的完整性，又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生，单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法，要取得专门实践的成功是不够的，因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步，教材的编撰侧重培养学生透析理解教材中的基本理论、基本特性和性能，又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景，以不变应万变，这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程，系1999～2002年完成的修订，内容有较大的取舍和更新，反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材，为培养学生毕业后获得注册执业资格，在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释义。

(5) 当代土木工程设计，越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件，有些结构特殊要求，则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中，在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上，给出了设计方法的详细步骤，这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图，有助于培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观，从可持续发展的观念，根据课程特点，反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺，以社会发展和科技进步的新近成果充实、更新教材内容，尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式，以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者，没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践，要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台，为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生，不吝指正，随时给我们提出宝贵的意见，以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的PPT电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》
专家编审委员会
2006年1月

# 前　言

本教材是根据教育部1998年颁布的普通高等学校土木工程类专业《测量学》教学大纲的要求，结合我国高等教育改革、专业范围和方向调整、课程设置、学时的实际分配而编写的。为适应培养土木工程的设计、施工、管理及项目规划、研究开发能力的高科技人才的需要，教材编写立足于基本理论、基本知识、基本技能；着重于新技术、新方法、新设备、新内容、新规范的介绍，以拓宽知识面、增强适应性。为满足培养公路、城市道路、铁道、桥梁、建筑、隧道与地下建筑、管线等工程的设计、施工、管理、研究等方面的21世纪高新土木工程技术人才的需求，将土木工程测量的“点、线、面、平、纵、横”定位以及解决工程建设中相关放样、测图、用图等测量技术问题融为一体，由浅入深、由表及里、循序渐进地介绍了测量学的系列知识。本教材编写的内容适用于作为土木工程和其他相关专业教学用书，以及作为土木工程技术人员的参考用书。

本教材具有以下特点：

1. 理论新：做到基本理论、经典理论详尽而清楚，对于测绘界科研成果中的新理论，将依据可靠的、应用性强的、符合专业发展方向的原则有选择地编入，以便学生业务水平的提高和向高层次发展。

2. 体系新：从专业要求出发，整体考虑专业特点进行课程设置和教学内容的安排，并将教学内容与教改后的总学时统一协调，各章相对独立而又有机联系，突出重点和难点，文字表达详简得当，例题详解、习题与思考题给出提示或参考答案，便于学生自学。

3. 内容新：注意吸收国内外的先进教学经验和教学方法，编入新的测绘理论、技术和方法，特别注意教学内容的理论、技术、方法与生产实践相结合，在测、绘、算方面向着数字化、文档(库)化看齐，确保教材的适应性。

4. 适时性：在规范规程的应用上全部采用国家颁布的最新标准，所选用的仪器、设备、工具是国际上通用的、符合计量认证标准、具有代表性的，以增强教材的现实性。

5. 体例新：在文字编排上，采用不同的字体，以体现重点或关键词；采用不同的字号，以体现教学内容的侧重点。

参加本教材编写工作的有：湖南大学陈久强(第1、3、7、11章)、湖南大学余加勇(第8章)、孝感学院郭明建(第2章)、江西科技师范学院袁辉(第4章)、湖北工业大学刘文生(第5、6、10章)、长江大学雷中英(第9、12章)。全书由陈久强、刘文生任主编并统稿。承蒙武汉大学黄全义教授认真、细致地审查，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，教材中难免存在缺点和错误，敬请广大读者、专家、同行批评指正。

编　者

2005年12月

# 目　录


**第 1 章　绪论** ..... 1

1.1　工程测量学的任务及作用 ..... 1
1.1.1　测量学的定义 ..... 1
1.1.2　工程测量学的任务 ..... 2
1.1.3　工程测量学的作用 ..... 3
1.2　测量坐标系统 ..... 3
1.2.1　测量基准面的概念 ..... 3
1.2.2　坐标系统 ..... 5
1.2.3　高程系统 ..... 8
1.3　地面点定位的基本概念 ..... 9
1.3.1　地面点定位元素 ..... 9
1.3.2　地面点定位的原理 ..... 9
1.3.3　地面点定位的程序与原则 ..... 10
1.4　用水平面代替水准面的限度 ..... 11
1.4.1　地球曲率对距离的影响 ..... 11
1.4.2　地球曲率对高程的影响 ..... 12
1.4.3　地球曲率对水平角的影响 ..... 12
1.5　测量常用计量单位 ..... 13
1.5.1　长度单位 ..... 13
1.5.2　面积与体积单位 ..... 13
1.5.3　平面角单位 ..... 13
1.5.4　测量数据计算的凑整规则 ..... 13
1.6　思考题 ..... 14
1.7　习题 ..... 14

**第 2 章　水准测量** ..... 15

2.1　水准测量原理 ..... 15
2.2　水准测量仪器和工具及其技术操作 ..... 16
2.2.1　$DS_3$ 型微倾式水准仪的构造 ..... 16
2.2.2　水准尺与尺垫 ..... 19
2.2.3　水准仪技术操作 ..... 20
2.2.4　扶尺和搬站 ..... 22
2.3　水准测量的实施 ..... 22
2.3.1　水准点 ..... 22
2.3.2　水准路线 ..... 23
2.3.3　水准测量外业的实施 ..... 24
2.3.4　水准测量检核 ..... 25
2.3.5　水准测量成果处理 ..... 26
2.4　$DS_3$ 型水准仪的检验与校正 ..... 28
2.4.1　$L'L' /\!/ VV$ 的检验与校正 ..... 29
2.4.2　十字丝横丝 $\perp VV$ 的检验与校正 ..... 30
2.4.3　$LL /\!/ CC$ 的检验与校正 ..... 31
2.5　水准测量误差分析 ..... 32
2.5.1　仪器误差 ..... 32
2.5.2　观测误差 ..... 33
2.5.3　外界环境因素的影响 ..... 34
2.6　三、四等水准测量 ..... 35
2.6.1　主要技术要求 ..... 35
2.6.2　一个测站的观测程序 ..... 35
2.6.3　测站计算与检核 ..... 36
2.6.4　全路线的计算与检核 ..... 36
2.6.5　三、四等水准测量成果处理 ..... 37
2.7　其他水准测量仪器 ..... 38
2.7.1　自动安平水准仪 ..... 38
2.7.2　精密水准仪 ..... 40
2.7.3　数字水准仪 ..... 42
2.8　思考题 ..... 45
2.9　习题 ..... 46

**第 3 章　角度测量** ..... 48

3.1　角度测量原理 ..... 48
3.1.1　水平角测量原理 ..... 48
3.1.2　竖直角测量原理 ..... 49
3.2　光学经纬仪及其技术操作 ..... 49
3.2.1　光学经纬仪的构造 ..... 49
3.2.2　光学测微装置与读数方法 ..... 54
3.2.3　经纬仪的技术操作 ..... 56

3.3 水平角测量 ..... 58
3.3.1 测回法 ..... 58
3.3.2 方向观测法 ..... 60
3.4 竖直角测量 ..... 62
3.4.1 竖盘构造 ..... 62
3.4.2 竖直角计算公式 ..... 62
3.4.3 竖直角测量和计算 ..... 64
3.4.4 竖盘指标差与竖盘自动归零装置 ..... 64
3.5 经纬仪的检验与校正 ..... 65
3.5.1 照准部水准管轴的检验校正 ..... 66
3.5.2 十字丝的检验校正 ..... 67
3.5.3 视准轴的检验校正 ..... 68
3.5.4 横轴的检验校正 ..... 69
3.5.5 竖盘指标差的检验校正 ..... 70
3.5.6 光学对点器的检验校正 ..... 70
3.6 角度测量的误差及注意事项 ..... 72
3.6.1 角度测量的误差 ..... 72
3.6.2 水平角观测注意事项 ..... 74
3.7 电子经纬仪介绍 ..... 75
3.7.1 光电度盘测角原理 ..... 75
3.7.2 电子经纬仪的使用 ..... 79
3.8 思考题 ..... 80
3.9 习题 ..... 81

**第 4 章 距离测量与直线定向** ..... 83

4.1 钢尺量距 ..... 83
4.1.1 量距工具 ..... 83
4.1.2 直线定线 ..... 84
4.1.3 一般方法量距 ..... 85
4.1.4 精密方法量距 ..... 88
4.1.5 钢尺量距的误差及注意事项 ..... 91
4.2 视距测量 ..... 92
4.2.1 视距测量原理 ..... 92
4.2.2 视距测量的观测与计算 ..... 93
4.2.3 视距常数的测定 ..... 95
4.2.4 视距测量误差分析及注意事项 ..... 95
4.3 光电测距 ..... 96
4.3.1 光电测距概述 ..... 96
4.3.2 光电测距基本原理 ..... 97
4.3.3 相位法测距原理 ..... 98
4.3.4 短程光电测距仪及其使用 ..... 99
4.3.5 光电测距的误差分析及其注意事项 ..... 104
4.4 直线定向 ..... 106
4.4.1 标准方向 ..... 106
4.4.2 直线方向的表示方法 ..... 106
4.4.3 坐标方位角的推算和点位坐标计算 ..... 108
4.4.4 磁方位角的测定 ..... 110
4.4.5 真方位角的测定 ..... 112
4.5 思考题 ..... 115
4.6 习题 ..... 115

**第 5 章 测量误差的基本知识** ..... 118

5.1 测量误差与精度 ..... 118
5.1.1 测量误差的概念 ..... 118
5.1.2 测量误差的来源 ..... 118
5.1.3 研究测量误差的目的和意义 ..... 119
5.1.4 测量误差的分类及处理方法 ..... 119
5.1.5 精度的概念及评定精度的标准 ..... 121
5.2 误差传播定律 ..... 123
5.2.1 误差传播的概念与误差传播定律 ..... 123
5.2.2 一般函数的中误差 ..... 123
5.2.3 线性函数的中误差 ..... 124
5.2.4 误差传播定律的应用 ..... 125
5.3 等精度直接观测量的最可靠值及其中误差 ..... 126
5.3.1 算术平均值的原理 ..... 126
5.3.2 似真差及其特性 ..... 126
5.3.3 算术平均值中误差 ..... 127
5.3.4 用改正数计算观测值的中误差 ..... 127

5.4 非等精度直接观测值的最可靠值及其中误差 ..... 129
5.4.1 权的概念 ..... 129
5.4.2 权与中误差的关系 ..... 129
5.4.3 定权的方法 ..... 129
5.4.4 加权平均值及其中误差 ..... 131
5.5 思考题 ..... 132
5.6 习题 ..... 132
第 6 章 控制测量 ..... 134
6.1 概述 ..... 134
6.1.1 平面控制测量 ..... 134
6.1.2 高程控制网 ..... 137
6.2 导线测量 ..... 137
6.2.1 导线测量的基本概念 ..... 137
6.2.2 导线测量外业工作 ..... 138
6.2.3 导线测量内业计算 ..... 139
6.3 小三角测量 ..... 143
6.3.1 小三角测量的外业工作 ..... 143
6.3.2 小三角测量内业计算 ..... 144
6.4 交会测量 ..... 147
6.4.1 前方交会 ..... 148
6.4.2 侧方交会 ..... 149
6.4.3 后方交会 ..... 150
6.4.4 测边交会定点 ..... 150
6.5 三角高程测量 ..... 151
6.5.1 三角高程测量原理 ..... 151
6.5.2 地球曲率和大气折光对高差的影响 ..... 152
6.5.3 三角高程测量的观测和计算 ..... 153
6.6 全站仪与全站测量 ..... 155
6.6.1 全站仪的基本构造 ..... 155
6.6.2 全站仪的类型及技术指标 ..... 157
6.6.3 全站仪的基本功能 ..... 158
6.6.4 全站仪测量 ..... 159
6.7 GPS 测量 ..... 161
6.7.1 概述 ..... 161
6.7.2 GPS 的组成 ..... 161
6.7.3 GPS 坐标系统 ..... 163
6.7.4 GPS 定位原理 ..... 163
6.7.5 GPS 控制网设计 ..... 164
6.7.6 GPS 外业测量工作 ..... 166
6.7.7 GPS 测量数据处理 ..... 167
6.7.8 GPS 在公路勘测中的控制测量 ..... 169
6.8 思考题 ..... 169
6.9 习题 ..... 170
第 7 章 地形测量 ..... 172
7.1 地形图基本知识 ..... 172
7.1.1 地形图的比例尺 ..... 172
7.1.2 地形图的分幅与编号 ..... 174
7.1.3 地形图的图廓元素 ..... 178
7.1.4 地形图的内容 ..... 180
7.2 大比例尺地形图测绘 ..... 188
7.2.1 测图前的准备工作 ..... 188
7.2.2 碎部测量仪器及其使用 ..... 189
7.2.3 碎部测量方法 ..... 192
7.2.4 测站的测绘工作 ..... 195
7.2.5 地形图的绘制与测图结束工作 ..... 198
7.3 地籍测量基础 ..... 202
7.3.1 地籍测量的任务、作用和特点 ..... 202
7.3.2 地籍控制测量 ..... 203
7.3.3 地籍要素调查 ..... 203
7.3.4 地籍图的测绘 ..... 207
7.3.5 土地面积量算与地籍资料更新 ..... 210
7.4 数字测图基本知识 ..... 213
7.4.1 数字测图概述 ..... 213
7.4.2 数字测图作业过程 ..... 215
7.4.3 野外数据采集 ..... 216
7.4.4 碎部点坐标测算 ..... 221
7.4.5 数字测图内业简介 ..... 227
7.5 思考题 ..... 230
7.6 习题 ..... 231

第 8 章 地形图的应用 ..... 233
8.1 地形图的阅读 ..... 233
8.1.1 图廓外附注的识读 ..... 233
8.1.2 地物和地貌的识读 ..... 233
8.2 地形图应用的基本内容 ..... 234
8.2.1 点的平面坐标的确定 ..... 234
8.2.2 点的高程的确定 ..... 235
8.2.3 直线的长度和方位的确定 ..... 236
8.2.4 两点间平均坡度的确定 ..... 236
8.3 图形面积的量算 ..... 236
8.3.1 透明方格纸法 ..... 236
8.3.2 平行线法 ..... 237
8.3.3 坐标计算法 ..... 237
8.3.4 求积仪法 ..... 238
8.4 地形图在工程建设中的应用 ..... 240
8.4.1 利用地形图确定汇水面积 ..... 240
8.4.2 按即定坡度在地形图上选线 ..... 241
8.4.3 按设计线路绘制断面图 ..... 241
8.4.4 平整场地中的土方计算 ..... 242
8.5 数字地形图的应用 ..... 245
8.5.1 用数字地形图查询基本几何要素 ..... 246
8.5.2 利用数字地形图计算土方量 ..... 246
8.5.3 利用数字地形图绘制断面图 ..... 252
8.5.4 道路曲线设计 ..... 253
8.6 思考题 ..... 254
8.7 习题 ..... 254
第 9 章 施工测量的基本工作 ..... 255
9.1 施工测量概述 ..... 255
9.1.1 施工测量的目的与任务 ..... 255
9.1.2 施工测量的原则与要求 ..... 255
9.1.3 施工测量的精度 ..... 255
9.1.4 施工测量的施测程序 ..... 256
9.2 测设的基本工作 ..... 256
9.2.1 已知水平距离的测设 ..... 256
9.2.2 已知角度的测设 ..... 257
9.2.3 已知高程的测设 ..... 258
9.2.4 已知坡度的直线测设 ..... 259
9.3 地面点平面位置的测设 ..... 260
9.3.1 直角坐标法 ..... 260
9.3.2 极坐标法 ..... 261
9.3.3 交会法 ..... 261
9.3.4 全站仪坐标法 ..... 262
9.4 思考题 ..... 262
9.5 习题 ..... 263
第 10 章 建筑工程施工测量 ..... 264
10.1 建筑施工控制测量 ..... 264
10.1.1 建筑基线 ..... 264
10.1.2 建筑方格网 ..... 266
10.1.3 建筑施工场地高程控制测量 ..... 268
10.1.4 建筑施工测量的技术准备 ..... 268
10.2 民用建筑施工测量 ..... 270
10.2.1 建筑物定位方法 ..... 271
10.2.2 轴线控制桩设置 ..... 272
10.2.3 基础施工测量 ..... 273
10.2.4 墙体施工测量 ..... 273
10.2.5 高层建筑施工测量 ..... 274
10.2.6 复杂民用建筑施工测量 ..... 276
10.3 工业建筑施工测量 ..... 277
10.3.1 工业建筑控制网的测设 ..... 277
10.3.2 柱列轴线与桩基测设 ..... 278
10.3.3 施工模板定位 ..... 279
10.3.4 构件安装定位测量 ..... 279
10.3.5 烟囱、水塔施工放样 ..... 282
10.3.6 竣工测量及总图编绘 ..... 283
10.4 变形测量 ..... 284
10.4.1 建(构)筑物变形的基本概念 ..... 284
10.4.2 变形测量的特点与技术要求 ..... 284
10.4.3 沉降观测 ..... 285



此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

10.4.4 位移观测 ..... 289
10.4.5 倾斜观测 ..... 290
10.4.6 挠度与裂缝观测 ..... 293
10.5 思考题 ..... 294
10.6 习题 ..... 294
第 11 章 线路工程测量 ..... 296
11.1 线路工程测量概述 ..... 296
11.1.1 线路工程测量的任务和内容 ..... 296
11.1.2 线路工程测量的特点和基本程序 ..... 297
11.2 线路中线测量 ..... 297
11.2.1 交点的测设 ..... 298
11.2.2 转点的测设 ..... 300
11.2.3 线路转角测定 ..... 301
11.2.4 中桩设置 ..... 301
11.3 线路的曲线及其测设 ..... 302
11.3.1 圆曲线及其测设 ..... 303
11.3.2 复曲线及其测设 ..... 308
11.3.3 缓和曲线及其测设 ..... 309
11.4 全站仪测设线路中线 ..... 314
11.4.1 全站仪导线控制测量 ..... 314
11.4.2 线路中桩坐标计算 ..... 315
11.4.3 全站仪中线测量 ..... 319
11.5 线路纵断面测量 ..... 319
11.5.1 基平测量 ..... 319
11.5.2 中平测量 ..... 320
11.5.3 纵断面图的绘制 ..... 321
11.5.4 线路横断面测量 ..... 324
11.5.5 横断面图的绘制 ..... 326
11.6 公路施工测量 ..... 327
11.6.1 施工准备测量 ..... 327
11.6.2 线路纵坡的测设 ..... 327
11.6.3 路基边桩与边坡的测设 ..... 328
11.6.4 路基边坡的测设 ..... 329
11.7 桥梁施工测量 ..... 330
11.7.1 桥梁施工控制网的建立 ..... 330
11.7.2 桥梁墩台中心定位 ..... 332
11.7.3 桥梁墩台纵横轴线测设 ..... 333
11.7.4 墩台施工放样 ..... 334
11.8 隧道施工测量 ..... 336
11.8.1 隧道测量的内容与作用 ..... 336
11.8.2 地面控制测量 ..... 336
11.8.3 地下控制测量 ..... 338
11.8.4 竖井联系测量 ..... 339
11.8.5 隧道掘进中的测量工作 ..... 342
11.9 管道施工测量 ..... 343
11.9.1 复核中线和测设施工控制桩 ..... 343
11.9.2 槽口放线 ..... 344
11.9.3 地下管道施工控制标志的测设 ..... 344
11.9.4 顶管施工测量 ..... 346
11.10 思考题 ..... 347
11.11 习题 ..... 348
第 12 章 测量实验与实习 ..... 350
12.1 测量实验要求 ..... 350
12.1.1 测量实验目的及一般规定 ..... 350
12.1.2 测量仪器使用规则和注意事项 ..... 351
12.2 $DS_3$ 型水准仪的技术操作 ..... 352
12.3 水准测量 ..... 353
12.4 $DS_3$ 水准仪的检验与校正 ..... 354
12.5 四等水准测量 ..... 356
12.6 光学经纬仪的技术操作 ..... 357
12.7 测回法测量水平角 ..... 358
12.8 方向观测法测水平角 ..... 359
12.9 竖直角观测 ..... 360
12.10 光学经纬仪的检验与校正 ..... 361
12.11 钢尺一般量距和磁方位角测定 ..... 363
12.12 视距测量 ..... 364
12.13 光电测距仪的技术操作 ..... 365
12.14 全站仪的技术操作 ..... 366
12.15 地形图测绘 ..... 368
12.16 圆曲线测设 ..... 369
12.17 纵断面测量 ..... 370

12.18 平面点位的测设 .....371
12.19 测量教学实习 .....372
12.19.1 目的与要求.....372
12.19.2 实习仪器与器具(以小组为单位).....373
12.19.3 实习内容与时间安排(以2周为例).....373
参考文献 .....375

# 第1章 绪 论

**内容提示**：本章主要介绍土木测量各学科研究的内容、测量坐标系与地面点位的确定方法，简述测量计量单位和数据凑整原则，分析了以平面代替水准面的限度。其重点内容为测量基准面的概念、测量坐标系统和高程系统、地面点定位的确定方法。难点为高斯坐标系中横坐标通用值与带号的关系。

## 1.1 工程测量学的任务及作用

### 1.1.1 测量学的定义

测量学是研究地球形状、大小及确定地球表面空间点位，以及对空间点位信息进行采集、处理、储存、管理的科学。按照研究的范围、对象及技术手段不同，又分为诸多学科。

**普通测量学**，是在不顾及地球曲率影响情况下，研究地球自然表面局部区域的地形、确定地面点位的基础理论、基本技术方法与应用的学科。是测量学的基础部分。其内容是将地表的地物、地貌及人工建(构)筑物等测绘成地形图，为各建设部门直接提供数据和资料。

**大地测量学**，是研究地球的大小、形状、地球重力场以及建立国家大地控制网的学科。现代大地测量学已进入以空间大地测量为主的领域，可提供高精度、高分辨率，适时、动态地定量空间信息，是研究地壳运动与形变、地球动力学、海平面变化、地质灾害预测等的重要手段之一。

**摄影测量学**，是利用摄影或遥感技术获取被测物体的影像或数字信息，进行分析、处理后以确定物体的形状、大小和空间位置，并判断其性质的学科。按获取影像的方式不同，摄影测量学又分水下、地面、航空摄影测量学和航天遥感等。随着空间、数字和全息影像技术的发展，它可方便地为人们提供数字图件、建立各种数据库、虚拟现实，已成为测量学的关键技术。

**海洋测量学**，是以海洋和陆地水域为对象，研究港口、码头、航道、水下地形的测量以及海图绘制的理论、技术和方法的学科。

**工程测量学**，是研究各类工程在规划、勘测设计、施工、竣工验收和运营管理等各阶段的测量理论、技术和方法的学科。其主要内容包括控制测量、地形测量、施工测量、安装测量、竣工测量、变形观测、跟踪监测等。

**地图制图学**，是研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的学科。主要内容包括地图的编制、投影、整饰和印刷等。自动化、电子化、系统化已成为其主要发展方向。

**GPS 卫星测量**，又称导航全球定位系统，是通过地面上 GPS 卫星信号接收机，接收太空 GPS 卫星发射的导航信息，快捷地确定(解算)接收机天线中心的位置。由于其高精度、

高效率、多功能、操作简便，已在包括土木工程在内的众多领域广泛应用。

本教材主要介绍土木建筑工程中的测绘工作内容，称为**土木工程测量学**。它属于工程测量的范畴，也与其他测量学科有着密切的联系。

### 1.1.2　工程测量学的任务

工程测量学，按其对象分为工业建设工程测量、城市建设工程测量、公路铁路工程测量、桥梁工程测量、隧道与地下工程测量、水利水电工程测量、管线工程测量等。在工程建设过程中，工程项目一般分规划与勘测设计、施工、营运管理三个阶段，测量工作贯穿于工程项目建设的全过程，根据不同的施测对象和阶段，工程测量学具有以下任务。

1. 测图

应用各种测绘仪器和工具，在地球表面局部区域内，测定地物(如房屋、道路、桥梁、河流、湖泊)和地貌(如平原、洼地、丘陵、山地)的特征点或棱角点的三维坐标，根据局部区域地图投影理论，将测量资料按比例绘制成图或制作成电子图。既能表示地物平面位置又能表现地貌变化的图称为**地形图**；仅能表示地物平面位置的图称为**地物图**。工程竣工后，为了便于工程验收和运营管理、维修，还需测绘**竣工图**；为了满足与工程建设有关的土地规划与管理、用地界定等的需要，需要测绘各种平面图(如**地籍图、宗地图**)；对于道路、管线和特殊建(构)筑物的设计，还需测绘**带状地形图**和沿某方向表示地面起伏变化的**断面图**等等。

2. 用图

是利用成图的基本原理，如构图方法、坐标系统、表达方式等，在图上进行量测，以获得所需要的资料(如地面点的三维坐标、两点间的距离、地块面积、地面坡度、断面形状)，或将图上量测的数据反算成实地相应的测量数据，以解决设计和施工中的实际问题。例如利用有利的地形来选择建筑物的布局、形式、位置和尺寸，在地形图上进行方案比较、土方量估算、施工场地布置与平整等。用图是成图的逆反过程。

工程建设项目的规划设计方案，力求经济、合理、实用、美观。这就要求在规划设计中，充分利用地形、合理使用土地，正确处理建设项目与环境的关系，做到规划设计与自然美的结合，使建筑物与自然地形形成协调统一的整体。因而，用图贯穿于工程规划设计的全过程。同时在工程项目改(扩)建、施工阶段、运营管理阶段也需要用图。

3. 放图

也称**施工放样**，是根据设计图提供的数据，按照设计精度要求，通过测量手段将建(构)筑物的特征点、线、面等标定到实地工作面上，为施工提供正确位置，指导施工。施工放样又称**施工测设**，它是测图的逆反过程。施工放样贯穿于施工阶段的全过程。同时，在施工过程中，还需利用测量的手段监测建(构)筑物的三维坐标、构件与设备的安装定位等，以保证工程施工质量。

4. 变形测量

在大型建筑物的施工过程中和竣工之后，为了确保建筑物在各种荷载或外力作用下，

施工和运营的安全性和稳定性，或验证其设计理论和检查施工质量，需要对其进行位移和变形监测，这种监测称为**变形测量**。它是在建筑物上设置若干观测点，按测量观测程序和相应周期，测定观测点在荷载或外力作用下，随时间延续三维坐标的变化值，以分析判断建筑物的安全性和稳定性。变形观测包括位移观测、倾斜观测、裂缝观测等。

综合上述，测量工作贯穿于工程建设的全过程。参与工程建设的技术人员必须具备工程测量的基本技能。因此，工程测量学是工程建设技术人员的一门必修技术基础课。

### 1.1.3 工程测量学的作用

测绘技术及成果应用十分广泛，对于国民经济建设、国防建设和科学研究起着重要的作用。国民经济建设发展的整体规划，城镇和工矿企业的建设与改(扩)建，交通、水利水电、各种管线的修建，农业、林业、矿产资源等的规划、开发、保护和管理，以及灾情监测等都需要测量工作；在国防建设中，测绘技术对国防工程建设、战略部署和战役指挥、诸兵种协同作战、现代化技术装备和武器装备应用等都起着重要作用；对于空间技术研究、地壳形变、海岸变迁、地极运动、地震预报、地球动力学、卫星发射与回收等科学研究方面，测绘信息资料也是不可缺少的。同时，测绘资料是重要的基础信息，其成果是信息产业的重要组成部分。

在土木工程中，测绘科学的各项高新技术，已在或正在土木工程各专业中得到广泛应用。在工程建设的规划设计阶段，各种比例尺地形图、数字地形图或有关GIS(地理信息系统)，用于城镇规划设计、管理、道路选线以及总平面和竖向设计等，以保障建设选址得当，规划布局科学合理；在施工阶段，特别是大型、特大型工程的施工，GPS（全球定位系统）技术和测量机器人技术已经用于高精度建(构)筑物的施工测设，并适时对施工、安装工作进行检验校正，以保证施工符合设计要求；在工程管理方面，竣工测量资料是扩建、改建和管理维护必须的资料。对于大型或重要建(构)筑物还要定期进行变形监测，以确保其安全可靠；在土地资源管理方面，地籍图、房产图对土地资源开发、综合利用、管理和权属确认具有法律效力。因此，测绘资料是项目建设的重要依据，是土木工程勘察设计现代化的重要技术，是工程项目顺利施工的重要保证，是房产、地产管理的重要手段，是工程质量检验和监测的重要措施。

土木工程技术人员必须明确测量学科在土木工程建设中的重要地位。通过本课程的学习，要求学生掌握测量基本理论和技术原理，熟练操作常规测量仪器，正确地应用工程测量基本理论和方法，并具有一定的测图、用图、放图和变形测量等的独立工作能力。这也是土木工程技术工作的基本条件。

## 1.2 测量坐标系统

### 1.2.1 测量基准面的概念

测量工作是在地球表面进行的，欲确定地表上某点的位置，必须建立一个相应的测量工作面——**基准面**，统一计算基准，实现空间点信息共享。为了达到此目的，测量基准面

应满足两个条件：一是基准面的形状与大小应尽可能接近于地球的形状与大小；二是可用规则的简单几何形体与数学表达式来表达。如图 1.1(a)所示，地球表面有高山、丘陵、平原、盆地和海洋等自然起伏，为极不规则的曲面。例如珠穆朗玛峰高于海平面 8 846.27m，太平洋西部的马里亚纳海沟深至 11 022m，尽管它们高低相差悬殊，但与地球的平均半径 6 731km 相比是微小的。另外，地球表面约 71%的面积为海洋，陆地面积约占 29%。

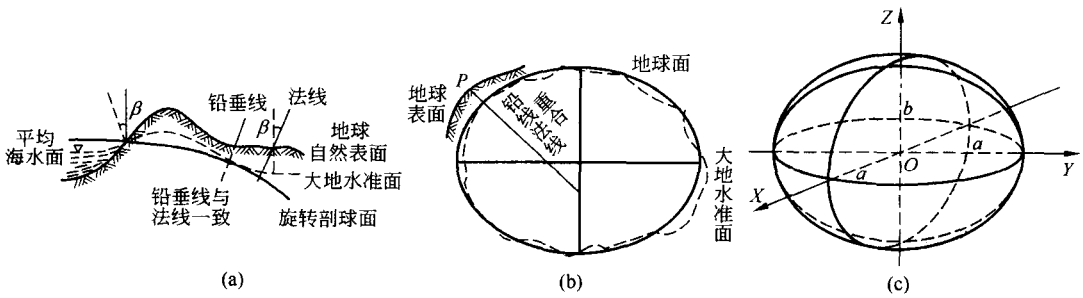


**图 1.1　地球自然表面、大地水准面和旋转椭球面**

根据上述条件，人们设想以一个自由静止的海水面向陆地延伸，并包含整个地球，形成一个封闭的曲面来代替地球表面，这个曲面称为**水准面**。与水准面相切的平面，称为**水平面**。可见，水准面与水平面可以有无数个，其中通过平均海水面的水准面称为**大地水准面**。由大地水准面包含的形体称为**大地体**，如图 1.1(b)所示。大地水准面是测量工作的基准面，也是地面点高程计算的**起算面**(又称为**高程基准面**)。在测区面积较小时，可将水平面作为测量工作的基准面。

地球是太阳系中的一颗行星，根据万有引力定律，地球上物体受地球重力(主要考虑地球引力和地球自转离心力)的作用，水准面上任一点的铅垂线(称为**重力作用线**，是测量上的**基准线**)都垂直于该曲面，这是水准面的一个重要特征。由于地球内部质量分布不均匀，重力受到影响，致使铅垂线方向产生不规则变化，导致大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面，如图 1.1 所示，缺乏作基准面的第二条件。如果在此曲面上进行测量工作，测量、计算、制图都非常困难。为此，根据不同轨迹卫星的长期观测成果，经过推算，选择了一个非常接近大地体又能用数学式表达的规则几何形体来代表地球的整体形状。这个几何形体称为**旋转椭球体**，其表面称为**旋转椭球面**。测量上概括地球总形体的旋转椭球体称为**参考椭球体**，如图 1.1(c)所示，相应的规则曲面称为**参考椭球面**。其数学表达式为

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{a^2}+\frac{z^2}{b^2}=1 \tag{1-1}$$

式中，$a$、$b$ 为椭球体几何参数，$a$ 为长半轴，$b$ 为短半轴；参考椭球体扁率 $\alpha$ 应满足

$$\alpha=\frac{a-b}{a} \tag{1-2}$$

我国现采用的参考椭球体的几何参数为：$a=6\,378.136\text{km}$，$\alpha=1/298.257$，推算得 $b=6\,356.752\text{km}$。由于 $\alpha$ 很小，当测区面积不大时，可将地球当作圆球体，其半径采用地球平均半径 $R=(2a+b)/3$，取近似值为 6 371km。

测量工作的实质是确定地面点的空间位置，即在测量基准面上用三个量(该点的平面或



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com