



新世纪土木工程系列教材

# 土木工程测量

(第2版)

岑敏仪 主编

许曦 杨正尧 副主编

高等教育出版社



新世纪土木工程系列教材

# 土木工程测量

TUMU GONGCHENG CELIANG

(第2版)

主编 岑敏仪

副主编 许曦 杨正尧

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书共分 15 章。前 11 章主要叙述与土木工程专业相关的测量学基础理论和基本知识,包括常规的光学和电子测绘仪器的构造和使用方法,地形测绘以及小区域控制测量,地形图的应用;后 4 章主要叙述与土木工程专业相关的工程测量学基本理论和基本方法,包括线路工程的初测定测、曲线放样,管道、建(构)筑物、桥梁和隧道的施工测量以及变形监测。此外,对全球导航卫星系统、数字地图和数字高程模型等测绘新技术在土木工程建设中的应用,也作了相应的介绍。本书附录,精选 17 个课堂实验和测量实习,供不同要求的院校选用;并附实验须知、有效数字和常用计量单位等信息,供学生实验课参考。

本书为高等院校土木工程专业本科教学的通用教材,也可作为土建类工程技术人员自学和进修的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/岑敏仪主编. --2 版. --北京:  
高等教育出版社, 2015. 3  
ISBN 978-7-04-041883-5

I. ①土… II. ①岑… 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(2015)第 015947 号

策划编辑 单 蕾      责任编辑 单 蕾      封面设计 李小璐      版式设计 张 杰  
插图绘制 于 博      责任校对 杨凤玲      责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
印 刷 高教社(天津)印务有限公司  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印 张 26.5  
字 数 590 千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2004 年 1 月第 1 版  
2015 年 3 月第 2 版  
印 次 2015 年 3 月第 1 次印刷  
定 价 44.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物 料 号 41883-00  
审 图 号 GS(2014)1772 号

# 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

## 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1248021>
2. 输入数字课程账号（见封底明码）、密码、验证码
3. 点击“进入课程”
4. 开始课程学习

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：[zhangshan@hep.com.cn](mailto:zhangshan@hep.com.cn)



用户名  密码  验证码

使用说明

数字课程介绍

纸质教材

版权信息

联系方式

土木工程测量数字课程与纸质教材一体化设计，紧密配合，数字课程涵盖课程介绍、教学视频、视频、课件、课外阅读、规范、参考答案等板块，充分运用多种形式媒体资源。极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容。在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索空间。



用户名：输入教材封底的16位明码；  
密码：刮开“增值服务”涂层，输入16位暗码；输入正确的验证码后，  
点击“进入课程”开始学习。

## 二、配套资源

本书配套有教学视频、视频、课件、课外阅读、规范、参考答案等数字化资源，可登录网站学习。其中，大部分资源以二维码的形式在书中出现，扫描后即可观看。所有资源在易课程的对应章节中也可观看。



1. 课件 可供教师授课，学生课前预习及课后复习使用。



2. 课外阅读 丰富教材资源，拓展学生视野。



3. 二维码 包括视频、规范、课外阅读等资源。

# 教育部高等教育出版社土建类系列教材

## 编辑委员会委员名单

名誉主任:沈蒲生(湖南大学)

主任委员:周绪红(重庆大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

叶志明(上海大学)

白国良(西安建筑科技大学)

沙爱民(长安大学)

吴胜兴(河海大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

强士中(西南交通大学)

委员:(按姓氏笔画排序)

卫 军(中南大学)

王 湛(华南理工大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

江见鲸(清华大学)

李远富(西南交通大学)

张家良(辽宁工业大学)

周 云(广州大学)

高 波(西南交通大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

王 健(北京建筑大学)

王清湘(大连理工大学)

刘 明(沈阳建筑大学)

杨和礼(武汉大学)

张印阁(东北林业大学)

尚守平(湖南大学)

赵明华(湖南大学)

黄政宇(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

霍 达(北京工业大学)

## 出版者的话

根据1998年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录(1998年)》,我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作,并于2000年成立了由具丰富教学经验、有较高学术水平和学术声望的教师组成的“高等教育出版社土建类教材编委会”,组织出版了新世纪土木工程系列教材,以适应当时“大土木”背景下的专业、课程教学改革需求。系列教材推出以来,几经修订,陆续完善,较好地满足了土木工程专业人才培养目标对课程教学的需求,对我国高校土木工程专业拓宽之后的人才培养和课程教学质量的提高起到了积极的推动作用,教学适用性良好,深受广大师生欢迎。至今,共出版37本,其中22本纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,5本被评为普通高等教育精品教材,若干本获省市级优秀教材奖。

2012年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录(2012年)》。新的专业目录中土木与建筑分开单独设类,土木类包括土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化等4个专业,并增加了城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程2个特设专业。其中土木工程专业包含了1998年版专业目录中土建类的土木工程和建筑工程教育。

为了更好地帮助各高等学校根据新的专业目录对土木工程专业进行设置和调整,利于其人才培养,与时俱进,编委会决定,根据新的专业目录精神对本系列教材进行重新审视,并予以调整和修订。进行这一工作的指导思想是:

- 一、紧密结合人才培养模式和课程体系改革,适应新专业目录指导下的土木工程专业教学需求。
- 二、加强专业核心课程与专业方向课程的有机沟通,用系统的观点和方法优化课程体系结构。具体如,在体系上,将既有的一个系列整合为三个系列,即专业核心课程教材系列、专业方向课程教材系列和专业教学辅助教材系列。在内容上,对内容经典、符合新的专业设置要求的课程教材继续完善;对因新的专业设置要求变化而必须对内容、结构进行调整的课程教材着手修订。同时,跟踪已推出系列教材使用情况,以适时进行修订和完善。
- 三、各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平,以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容,贯彻理论联系实际的原则。
- 四、要正确处理继承、借鉴和创新的关系,不能简单地以传统和现代划线,决定取舍,而应根据教学需求取舍。继承、借鉴历史和国外的经验,注意研究结合我国的现实情况,择善而从,消化创新。
- 五、随着高新技术、特别是数字化和网络技术的发展,在本系列教材建设中,要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展,发挥综合媒体在教学中的优势,提高教学质量与效率。在开发研制教学软件时,要充分借鉴和利用精品课程建设和精品资源共享课建设的优质课程教学资源,要注意使文字教材与先进的软件接轨,明确不同形式教学资源之间的关系是相辅相成、相互补充的。
- 六、坚持质量第一。图书是特殊的商品,教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序,最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能,也是沟通作者、编辑、读者的桥梁,一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此,遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为此,编委会在原系列教材的基础上,研究提出了符合新专业目录要求的新的土木工程专业系列教材的选题及其基本内容与编审或修订原则,并推荐作者。希望通过我们的努力,可以为新专业目录指导下的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写和修订都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,恳请读者批评指正!

高等教育出版社  
高等教育理工出版事业部  
建筑与力学分社  
二〇一三年三月一日

## 第2版前言

本教材系在邹永廉教授主编的《土木工程测量》教材的基础上编撰而成。全书除保留原教材的特色外,还根据近年测绘科学技术的发展以及工程测量技术的成果,调整完善教材结构,主要增加了全站仪和全球导航卫星系统及其相关的工程测量新技术等内容。在编撰教材时,依托国家级精品课程和精品资源共享课“工程测量”平台,针对土木工程专业的特点及其测量高新技术的应用,着重介绍工程测量的基本原理和基本方法,兼顾补充卫星大地测量的基础理论知识,适当增加利用计算机软件解算的算例,以便让从事土木工程专业的读者能更好地利用测绘专业技术解决土木工程建设和管理中的实际问题,让测绘工程专业的技术人员更好地把握土木工程测量的技术关键。

本教材由三所大学联合编写。参加编写的有:西南交通大学地球科学与环境工程学院测绘工程系岑敏仪(1、10章)、任自珍(5章)、周乐韬和周适(7章)、张献州(9章)、张同刚(11章);湖南大学土木工程学院许曦(4章)、陈久强(2章)、黎莉和许曦(3章)、欧建良和许曦(8章)、周翠竹和余加勇(附录);武汉大学测绘学院杨正尧(6、12、13、14、15章)。全书由岑敏仪主编、许曦和杨正尧副主编,岑敏仪统稿。

本书稿承北京交通大学杨松林教授担任主审,他给书稿提出了许多宝贵的意见和建议,为提高教材的质量起了重要的作用,在此深表谢意。编者在编写过程中也参考了一些教材等,对此有关编者、老师们深表感谢。

由于编者水平有限,书中若有疏误处,敬请广大读者、专家和同行批评指正。

编者

2014年3月于成都



# 第 1 版前言

本教材系根据教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》所规定的专业范围和专业调整方向,结合我国当前教育改革、课程设置的学时分配的实际编写的。教材本着“以人为本、与时俱进”的精神,充分发挥技术基础课“辐射源”的作用,将土木工程测量的基本知识、基本理论、基本技能的知识点,定位在“点、线、面、平、纵、横”测量的界面上。把握了这些知识点,就能举一反三解决工程中相关的定位、放线、测图、用图等诸多问题,从而达到将知识点转化为勘测能力、用图能力、放图(放样)能力等专业所要求的培养目标。

新教材具有以下性质特征:

1. 实践性。教材来源实践,内容精炼,针对性强,信息量大,专业覆盖面广,能满足培养宽口径、复合型人才的需求。

2. 灵活性。章节内容,由浅入深,先粗后细,相对独立,互为补充,服从认识规律,有一定灵活性、选择性和互补性。基本内容置前,可选内容置后,不拘泥于学科系统,供不同院校、不同教学环境和教学习惯选用。

3. 可读性。教材编写着眼于自学,文字通俗易懂,论证深入浅出。章前有重点、难点提示,章后有思考题和练习题,书末有部分习题答案。充分发挥教材媒体的指导作用和自学的能动性,弥补第一课堂教学的不足,适应多层次读者需求。

4. 时代性。教材介绍了当代最先进的量测技术、光电技术、数码技术、遥测技术。这些技术标志着新世纪测绘科学发展的步伐和方向,反映出高新技术的时代特征。

教材由三所大学联合编写。参加编写的有:湖南大学土木工程学院邹永廉(1、6 章)、陈久强(2、13 章)、黎莉(3 章)、许曦(4 章);西南交通大学土木工程学院测量工程系张献州(7 章)、岑敏仪(8 章)、李永树(9 章)、黄丁发(12 章);武汉大学测绘学院杨正尧(5、10、11 章)。全书由邹永廉主编、统稿。承哈尔滨工业大学邹瑞坤教授担任主审,在此深表谢意。

书中若存在缺点和错误,敬请广大读者、专家、同行赐教。

编者

2003 年 8 月于长沙岳麓山

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

### 短信防伪说明

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

### 反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话

(010)58582300

# 目 录

第 1 章 绪论	001
1.1 土木工程测量的任务	002
1.2 工程测量学的发展概况	003
1.3 地面点位的表示	004
1.4 水平面代替水准面的限度	012
思考题	014
习题	014
第 2 章 水准测量	015
2.1 水准测量原理	016
2.2 水准仪和水准尺	016
2.3 水准仪技术操作	021
2.4 水准测量的实施	023
2.5 水准仪的检验与校正	028
2.6 水准测量误差	031
2.7 三、四等水准测量	034
2.8 自动安平水准仪和精密水准仪	038
2.9 电子水准仪	043
思考题	047
习题	047
第 3 章 角度测量	050
3.1 角度测量原理	051
3.2 经纬仪	052
3.3 经纬仪技术操作	056
3.4 水平角测量	058
3.5 竖直角测量	061
3.6 光学经纬仪的检验与校正	064
3.7 水平角测量误差	068
3.8 电子经纬仪	071

思考题 .....	076
习题 .....	076
<b>第4章 距离测量</b> .....	<b>078</b>
4.1 钢尺量距 .....	079
4.2 视距测量 .....	085
4.3 光电测距 .....	088
思考题 .....	098
习题 .....	099
<b>第5章 全站仪测量</b> .....	<b>100</b>
5.1 基本构造 .....	101
5.2 分类和等级 .....	103
5.3 测量功能 .....	105
5.4 检验与校正 .....	111
5.5 仪器操作和使用 .....	112
思考题 .....	113
习题 .....	113
<b>第6章 直线定向</b> .....	<b>115</b>
6.1 三北方向 .....	116
6.2 磁偏角与子午线收敛角 .....	116
6.3 方位角与象限角 .....	117
6.4 罗盘仪测定磁方位角 .....	119
6.5 陀螺经纬仪定向 .....	121
思考题 .....	125
习题 .....	125
<b>第7章 全球导航卫星系统测量</b> .....	<b>127</b>
7.1 全球导航卫星系统概述 .....	128
7.2 时空参考系 .....	129
7.3 系统组成 .....	130
7.4 GPS 测量原理 .....	132
7.5 GPS 静态测量 .....	140
7.6 GPS 实时动态测量 .....	149

思考题 .....	151
习题 .....	151
<b>第 8 章 测量误差 .....</b>	<b>152</b>
8.1 测量误差概述 .....	153
8.2 评定精度的指标 .....	156
8.3 误差传播定律 .....	159
8.4 算术平均值及其中误差 .....	164
8.5 加权平均值及其中误差 .....	167
8.6 测量平差简介 .....	173
思考题 .....	177
习题 .....	177
<b>第 9 章 控制测量 .....</b>	<b>179</b>
9.1 概述 .....	180
9.2 导线测量 .....	183
9.3 交会定点 .....	193
9.4 高程控制测量 .....	195
思考题 .....	203
习题 .....	203
<b>第 10 章 地形图基本知识 .....</b>	<b>205</b>
10.1 地形图概述 .....	206
10.2 地形图比例尺 .....	207
10.3 地物的表示 .....	207
10.4 地貌的表示 .....	210
10.5 地形图的分幅与编号 .....	214
10.6 图廓和注记 .....	220
思考题 .....	222
习题 .....	222
<b>第 11 章 地形图测绘与应用 .....</b>	<b>224</b>
11.1 测站点的增补 .....	225
11.2 测图前的准备工作 .....	225
11.3 碎部测量 .....	227

11.4	地形图的拼接、检查和整饰 .....	231
11.5	全站仪数字化测图 .....	232
11.6	航空摄影测量制图 .....	235
11.7	地形图的基本应用 .....	238
11.8	地形图在土木工程中的应用 .....	244
11.9	数字地图及其应用 .....	249
	思考题 .....	250
	习题 .....	250
<b>第 12 章 线路测量 .....</b>		<b>253</b>
12.1	线路测量概述 .....	254
12.2	线路初测 .....	254
12.3	交点和转点的测设 .....	256
12.4	转角测定和里程桩设置 .....	260
12.5	圆曲线测设 .....	262
12.6	复曲线 .....	268
12.7	缓和曲线 .....	268
12.8	线路纵断面测量 .....	276
12.9	横断面测量 .....	281
	思考题 .....	285
	习题 .....	285
<b>第 13 章 建筑施工测量 .....</b>		<b>287</b>
13.1	概述 .....	288
13.2	施工放样的基本方法 .....	290
13.3	建筑施工控制测量 .....	296
13.4	民用建筑施工测量 .....	300
13.5	工业厂房施工测量 .....	304
13.6	高层建筑物的施工测量 .....	307
13.7	管道施工测量 .....	310
	思考题 .....	314
	习题 .....	315
<b>第 14 章 道路、桥梁与隧道施工测量 .....</b>		<b>316</b>
14.1	道路施工测量 .....	317
14.2	桥梁施工测量 .....	322

14.3 隧道施工测量 .....	335
思考题 .....	352
习题 .....	353
<b>第 15 章 变形观测与竣工测量 .....</b>	<b>354</b>
15.1 建(构)筑物的变形观测 .....	355
15.2 竣工测量 .....	369
思考题 .....	369
习题 .....	370
<b>附录 .....</b>	<b>371</b>
附录 I 测量实验须知 .....	372
附录 II 课堂实验 .....	375
附录 III 测量实习 .....	395
附录 IV 测量计算中的有效数字 .....	400
附录 V 测量常用的计量单位 .....	401
<b>习题参考答案 .....</b>	<b>402</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>405</b>

# 第1章 绪论



课件1-1 绪论

## [重点难点提示]

本章重点:土木工程测量的任务,大地水准面,参考椭球面,大地坐标,天文坐标,平面直角坐标,高程系统,测量定位元素和原则,地球曲率对定位元素的影响,弧度与角度的转换系数。

本章难点:高斯平面直角坐标。





## 1.1 土木工程测量的任务

工程测量学是一门面向工程规划、建设和管理,研究测绘地面点位理论和方法的学科。土木工程测量,广泛用于房屋、管线、能源、交通、水电等土木工程的勘测、设计、施工和运营维护各阶段,是土木工程人员必备的专业技能。

根据由点组成线、线组成面、面组成体的关系链,测定地面相关点位,就可在图纸上绘制地面平、纵、横三个面的相似图形。这些图形是土木工程设计用图的重要资料。按同样的原理,将设计图上建筑物的相关点,通过在实地的定位和放样,就可在施工场地标定出图面建筑物的形状、大小和位置,它们是指导施工的重要依据。根据施测对象和施测阶段的不同,土木工程测量主要任务可分为

### 1. 测图

测图又称测绘,是将地上的特征点位测定在图纸上。在土木工程勘测阶段,为了对建筑物的具体设计提供地形资料,需要在待建地区测图。由于测图范围不大,可以不顾及地球曲率的影响,将曲面当作平面处理。测量时只需按照一定的测量程序,测定一些具有代表性的地面特征点和特征线,根据测图比例尺和国家规定的图式符号,就可将建筑地区的形状和大小、地面的起伏形态(地貌)和固定性物体(地物),如房屋、道路、河流等,缩小绘制成相似的图形。这种既能表示地物的平面位置,又能表示地貌变化的平面图,称为**地形图**。此外,与建筑工程有关的土地划分、用地边界和产界的测定等,需测绘地物平面图。这种只表示地物的平面尺寸和位置,不表示地貌的平面图,称为地物图。

对于公路、铁路、管线和特殊构造物的设计,除需提供带状地形图外,还需测绘沿某方向表示地面起伏变化的纵断面图和横断面图。

建筑工程竣工后,为了工程验收和今后的维修管理,还需要测绘竣工图。

### 2. 用图

在设计阶段,建筑物的设计,力求经济、合理、实用、美观。这就要求在设计中,充分利用地形,合理使用土地,正确处理建筑物与周边环境的关系,做到人工美与自然美结合,使建筑物与地形构成协调统一的整体。因此,用图涉及地形图、地物图和断面图并贯穿于设计阶段的全过程。此外,城市规划、城镇建设、能源开发、土地使用、改建扩建、施工管理等,也都需要用图。

用图就是利用提供的成图知识和原理,如构图方法、坐标轴系、图幅大小、各类图式符号的性质和表达内容的方式等,在综合图幅内容的基础上,利用提供的量测技术,在图上进行点、线、面的量测,并把图面量测到的数据转换为现场地面相应的测量数据,以解决设计和施工问题。例如,从图上利用拟建场地的有利地形来选择建筑物的形式、位置和尺寸;在图上进行方案比较和工程量的估算;施工场地的布置与平整



教学视频 1-1  
测量发展史