



普通高等教育国家精品教材

随书标配8GB容量的单面双层DVD光盘

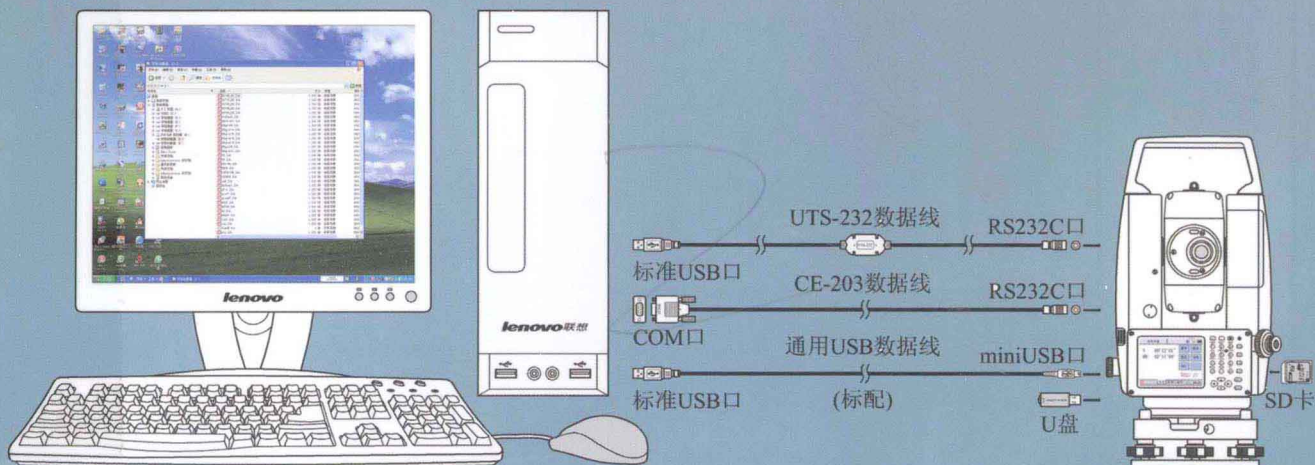
百校土木工程专业多媒体立体化教材

土木工程测量

TUMUGONGCHENG CELIANG

(第4版)

主 编 覃 辉 伍 鑫
副主编 唐平英 余代俊
主 审 宁津生



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS



普通高等教育国家精品教

随书标配8GB容量的单面双层DVD光盘

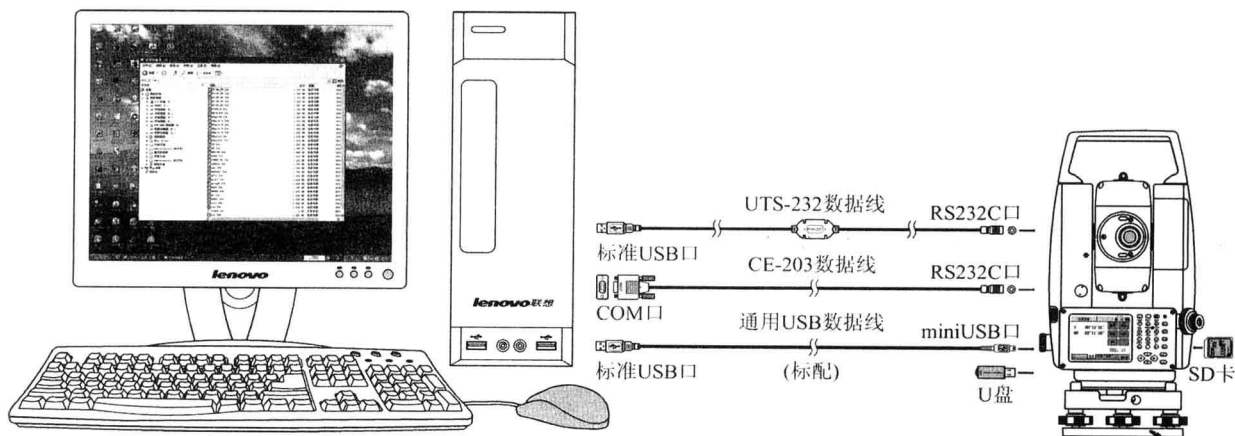
百校土木工程专业多媒体立体化教材

土木工程测量

TUMUGONGCHENG CELIANG

(第4版)

主 编 覃 辉 伍 鑫
副主编 唐平英 余代俊
主 审 宁津生



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书按《高等学校土木工程本科指导性专业规范》^[1]的要求修订。“土木工程测量”是土木工程专业的核心课程,是一门实践性强、理论与实践相结合的课程。“土木工程测量”课程的实践能力主要体现在应用测量的基本原理、基本方法和测量仪器进行测、算、绘作业三个方面,本书在这三个方面都引入了成熟的先进技术。测的重点是操作主流全站仪、数字水准仪与 GNSS RTK,算的重点是应用随书光盘提供的工程机 fx-5800P 程序进行现场快速计算,绘的重点是操作数字测图软件 CASS 进行数字测图及其数字地形图的应用,建筑物放样的重点是数字化放样方法,路线曲线放样的重点是使用工程机 fx-5800P 程序进行三维坐标正反算、桥墩桩基坐标计算、隧道超欠挖计算及其配合全站仪进行坐标放样。

本书可供土建与交通类各专业使用,也可用于本行业施工技术人员继续教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量/覃辉,伍鑫主编. -- 4 版. -- 上海:同济大学出版社,2013.7

ISBN 978-7-5608-5160-0

I. ①土… II. ①覃…②伍… 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(2013)第 102189 号

土木工程测量(第 4 版)

主 编 覃 辉 伍 鑫

责任编辑 杨宁霞 助理编辑 陆克丽霞 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 24.25

印 数 1—4100

字 数 605 000

版 次 2013 年 7 月第 4 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5160-0

定 价 49.80 元(附光盘)

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

第 4 版前言

本书按《高等学校土木工程本科指导性专业规范》^[1]的要求修订,按培养土木工程专业学生的测、算、绘应用技能为主线编写,其中“测”是操作常规光学仪器、全站仪、数字水准仪、GNSS RTK 采集或放样点位的坐标,“算”是应用工程编程机 fx-5800P 程序计算点位的坐标,“绘”是应用 Auto CAD 与数字测图软件 CASS 编辑与采集点位的坐标。随书标配 8GB 单面双层 DVD 光盘提供了本课程所需的全部电子教学文件。

第 4 版的主要改进内容如下:

(1) 删除了 DJ2 光学经纬仪与电子经纬仪的纸质内容。

(2) 将编程计算器由 fx-4850P 升级为 fx-5800P,各章节所使用的应用程序也升级为 fx-5800P 程序,全部 fx-5800P 源程序均采用逐屏照片 ppt 文件给出,放置在光盘“\fx-5800P 程序”文件夹下;将“附录 B CASIO fx-5800P 编程计算器简介”内容制作成 pdf 格式文件放置在光盘“\电子章节”文件夹下。

卡西欧工程机 fx-5800P 与图形机 fx-9750G II 的程序语言是完全相同的,学会了 fx-5800P 就很容易掌握 fx-9750G II 的使用方法。fx-9750G II 可以使用通讯软件 FA-124 与 PC 机进行数据通讯,可以在 FA-124 中输入与编辑程序并上传到内存,因此,fx-9750G II 的程序输入与交流比 fx-5800P 更加方便,有兴趣的读者可以参阅文献[30]。

(3) 为充分应用 fx-5800P 的复数功能,将复数引入到坐标计算中。

(4) 数字水准仪升级为 DL-201 数字水准仪,全站仪升级为 NTS-342R 彩色触屏全站仪,GNSS 接收机升级为 S86C 双频双星 GNSS RTK,这也是世界上首款可以同时接收 GPS 与北斗卫星信号的 GNSS。

(5) “建筑变形测量”是土木工程专业学生应了解的内容,但按《建筑变形测量规程》^[7]的规定,沉降观测网与变形控制网都要求按严密平差法进行数据处理,而非测绘专业的学生不具备这些知识。为压缩纸质教材篇幅,本书将该内容制作成“附录 C_建筑变形测量. pdf”文件,放入光盘“\电子章节”文件夹。

(6) 将第 3 版的“路线测量”与“隧道与桥梁测量”合并为“路线施工测量”,这也是本书改动内容最大的章节,它汇集了笔者 10 年研发路线施工测量原理、方法与计算程序的全部成果。

众所周知,路线测量实际上包括“路线勘察测量”与“路线施工测量”两方面的内容,路线勘察测量的主要工作内容是:初测阶段进行路线控制测量、测绘路线带状地形图、桥位地形图,定测阶段根据需要补测地形图,进行中平测量与横断面测量以计算工程量等。路线勘察测量基本属于测定的范畴,是勘察设计院测量队的工作内容。而路线施工测量属于测设的范畴,是施工企业测量员的工作内容。土木工程专业学生到路、桥、隧施工企业或监理公司

就业时,面对的主要测量工作是路线施工测量。

公路与铁路中线属于三维空间曲线,路面是按路线中线敷设的三维空间曲面,设计院只给出了路线平曲线、竖曲线、纵断面与路基标准横断面设计图纸,路线附近任意中边桩点的设计三维坐标需要施工员根据设计图纸现场计算获得,路线施工测量计算的复杂性要远远高于建筑施工测量。在道路、桥梁与隧道施工现场,算不出,就放不出。路线施工测量计算内容复杂,但又要求测量员在现场快速完成,施工实践中是应用便携编程计算器程序解决的。路线施工测量的计算内容主要分为下列三类:

① 道路施工测量:给定任意点的加桩号,计算加桩的中边桩三维设计坐标,简称三维坐标正算;使用全站仪或 GNSS RTK 实测道路附近任意边桩点的三维坐标,计算边桩点距离路中线的垂距及挖填高差,当边桩点位于挖填边坡时,需要确定边桩点距离坡脚或坡顶的水平距离,简称三维坐标反算。

② 隧道施工测量:使用无棱镜测距全站仪实测隧道掌子面开挖轮廓线附近任意测点的三维坐标,计算测点距离设计轮廓线的垂距,测点至设计轮廓线的水平移距与垂直移距,以指导隧道断面的开挖与衬砌施工。

③ 桥梁施工测量:放样桥墩桩基的平面坐标。虽然图纸已给出了桥墩桩基的平面坐标,但需要施工方使用路线平曲线设计数据与墩台中心设计参数验算,经监理方签字确认后,才能施工。

本书采用 fx-5800P 程序 QH2-7T 进行路线施工测量计算,它具有三维坐标正反算、超高及边桩设计高程计算、桥墩桩基坐标验算与隧道超欠挖计算等功能,程序取自文献[26],引入本教材时,根据图书发行两年来收集的用户意见做了部分修改。

(7) 耗时一年精心制作了本教材全部内容的 ppt 精美教案文件。

本次改版由章辉完成,希望能得到广大读者的批评意见,以改进我们的修订工作。敬请读者将使用中发现的问题和建议及时发送到 qh-506@163.com 邮箱。

编 者

2013 年 1 月

随书标配 DVD 光盘的使用方法

随书标配一张容量约为 8GB 的单面双层 DVD 光盘,其目录见图 1,其价格已包含在图书售价中,请读者购书时向经销商免费索取。光盘使用前,请先阅读下列说明。

① 将光盘放入 DVD 光驱中使用,不能放入 CD 光驱使用。

② 光盘“\电子章节”文件夹放置了本书纸质教材以外的 .pdf 格式文件。

③ 光盘“\电子教案”文件夹放置了包含本书全部内容的电子教案 .ppt 文件、含本书全部内容与建议学时数的教学日历 .doc 文件,光盘“\辅助电子教案”文件夹放置了为国内外测量仪器厂商制作的全系列测量仪器与软件介绍电子教案 .ppt 文件。建议读者使用 Office2000 或以上版本打开。任课教师如要修改电子教案内容,请先将其复制到 PC 机硬盘中并取消文件的只读属性。

④ 光盘“\练习题答案 .pdf 加密文件”文件夹放置了包含本书全部章节练习题答案的 .pdf 加密文件,它们只对教师与工程技术人员开放,不对在校学生开放,请将本人的证件扫描后存为 JPG 图像文件发送到 qh-506@163.com 邮箱获取密码。

⑤ 光盘“\试题库与答案”文件夹放置了测量试题库与参考答案,内容涵盖了本书全部教学内容。试题库按填空题、判断题、选择题、名词解释、简答题与计算题分类排列,教师只需要根据已完成的教学内容,在试题库的每类试题中各选择一部分试题就可以快速生成一份新试卷并得到试卷答案。

⑥ 如图 2 所示,光盘“\测量实验与实习”文件夹放置了 10 次测量实验指导书与测量实习指导书的开放 .doc 文件,教师可根据本校各专业的实际情况选择实验与实习的内容。

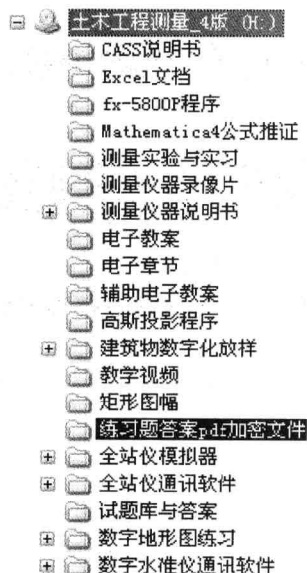


图 1 随书标配 DVD 光盘目录

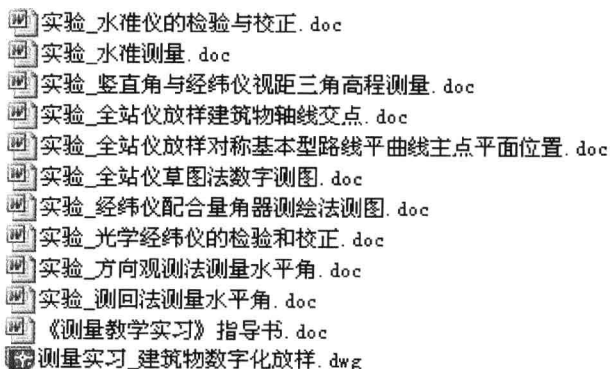


图 2 “\测量实验与实习”文件夹的开放 .doc 文件目录

⑦ 光盘“\fx-5800P 程序”文件夹放置了本书 fx-5800P 母机的 4 个程序的逐屏数码图片.ppt 文件,还放置了主要程序的操作视频文件。建议教师安排多名同学分别输入到各自的计算器内,然后通过数据通讯方式传输到一台 fx-5800P 中,最后分别传输给每位同学。

⑧ 光盘“\测量仪器录像片”与“\视频教学”文件夹放置了反映当今国际先进测量仪器与测量方法的视频录像文件,主要有.mpg 与.avi 视频格式文件,它们不能在普通 DVD 机上播放,只能在 PC 机上使用视频播放软件播放,建议使用 Windows Media Player 软件播放。

⑨ 光盘“\测量仪器说明书”文件夹放置了国内外主流仪器厂商生产的绝大部分全站仪、GPS 与测量软件的.PDF 格式说明书文件,它需要先安装.PDF 阅读器才可以打开、查看及打印这些说明书文件的内容。

⑩ 光盘“\高斯投影程序”文件夹放置了 PG2-1.exe 文件,请读者将该文件夹复制到 PC 机的硬盘,即可执行 PG2-1.exe 程序计算。

PG2-1.exe 程序文件可以在 Win98,WinXP,Win7/32bit 下运行,方法是,先按书中介绍的程序要求,用 Windows 记事本编写一个已知数据文件并按程序要求的文件名存盘保存,在 Windows 的资源管理器下双击 PG2-1.exe 程序文件,输入已知数据文件名,按回车键,当已知数据文件名、文件格式及其内容正确无误时,将在同文件夹下生成一个 SU 成果文件和 CS 与 SK 坐标文件。用记事本打开它们即可查看计算成果。

⑪ 光盘“\全站仪模拟器”文件夹放置了部分全站仪的模拟器软件,只有徕卡全站仪的模拟器软件需要安装,其余全站仪的模拟器软件只需要将其复制到用户 PC 机硬盘,并将其发送到 Windows 桌面上即可使用。

⑫ 光盘“\全站仪通讯软件”文件夹放置了国内外主流全站仪生产厂商的全站仪通讯软件,其中,索佳、南方测绘与科力达公司的通讯软件不需要安装,只需将其复制到 PC 机的硬盘中,并将其发送到 Windows 桌面上即可使用,其余通讯软件需要安装后才能使用。

目 录

前言

随书标配 DVD 光盘的使用方法

1 绪论	1
1.1 测量学简介	1
1.2 地球的形状和大小	4
1.3 测量坐标系与地面点位的确定	5
1.4 测量工作概述	13
1.5 测量常用计量单位与换算	15
思考题与练习题	16
2 水准测量	17
2.1 水准测量原理	17
2.2 水准测量的仪器与工具	19
2.3 水准测量的方法与成果处理	24
2.4 微倾式水准仪的检验与校正	31
2.5 水准测量的误差及其削减方法	34
2.6 自动安平水准仪	35
2.7 精密水准仪和铟瓦水准尺	36
2.8 南方测绘 DL-201 数字水准仪	38
思考题与练习题	49
3 角度测量	50
3.1 角度测量原理	50
3.2 光学经纬仪的结构与度盘读数	51
3.3 经纬仪的安置与水平角观测	55
3.4 水平角测量方法	57
3.5 竖直角测量方法	60
3.6 经纬仪的检验和校正	64
3.7 水平角测量的误差分析	68
思考题与练习题	71

4 距离测量与直线定向	73
4.1 钢尺量距	73
4.2 视距测量	77
4.3 电磁波测距	81
4.4 直线定向	93
4.5 索佳 GPX 陀螺全站仪与直线真方位角的测定	96
思考题与练习题	103
5 全站仪测量	105
5.1 全站仪电子测角原理	105
5.2 南方测绘 NTS-342R 全站仪概述	107
5.3 南方测绘 NTS-342R 无棱镜测距(300 m)全站仪	108
5.4 常规测量	110
5.5 坐标放样与数据采集	113
5.6 其余常用功能	118
5.7 拓普康 IS 系列图像全站仪简介	124
思考题与练习题	131
6 测量误差的基本知识	133
6.1 测量误差概述	133
6.2 偶然误差的特性	134
6.3 评定真误差精度的指标	136
6.4 误差传播定律及其应用	138
6.5 等精度独立观测量的最可靠值与精度评定	141
6.6 不等精度独立观测量的最可靠值与精度评定	144
思考题与练习题	148
7 控制测量	150
7.1 控制测量概述	150
7.2 平面控制网的坐标计算原理	154
7.3 导线测量	158
7.4 交会定点计算	168
7.5 三、四等水准测量	172
7.6 三角高程测量	175

思考题与练习题	179
8 GNSS 测量的原理与方法	183
8.1 GPS 概述	184
8.2 GPS 的组成	185
8.3 GPS 定位的基本原理	186
8.4 GNSS 控制测量的实施	191
8.5 南方测绘灵锐 S86C 双频双星 GNSS RTK 操作简介	194
8.6 连续运行参考站系统 CORS	204
思考题与练习题	207
9 大比例尺地形图的测绘	208
9.1 地形图的比例尺	208
9.2 大比例尺地形图图式	212
9.3 地貌的表示方法	216
9.4 1:500~1:2 000 大比例尺地形图的分幅与编号	220
9.5 测图前的准备工作	220
9.6 大比例尺地形图的解析测绘方法	222
思考题与练习题	228
10 地形图的应用	230
10.1 地形图的识读	230
10.2 地形图应用的基本内容	237
10.3 图形面积的量算	239
10.4 工程建设中地形图的应用	242
思考题与练习题	247
11 大比例尺数字地形图的测绘与应用	249
11.1 CASS9.1 操作方法简介	249
11.2 草图法数字测图	252
11.3 电子平板法数字测图	255
11.4 绘制等高线与添加图框	261
11.5 数字地形图的应用	267
11.6 数字地形图与 GIS 的数据交换	271
思考题与练习题	273

12 建筑施工测量	274
12.1 施工控制测量	274
12.2 工业与民用建筑施工放样的基本要求	275
12.3 施工放样的基本工作	276
12.4 建筑物数字化放样设计点位平面坐标的采集	281
12.5 建筑施工测量	285
12.6 喜利得 PML32-R 线投影激光水平仪	294
思考题与练习题	297
13 路线施工测量	299
13.1 路线控制测量概述	299
13.2 路线三维设计图纸	301
13.3 路线测量的基本知识	303
13.4 交点法单圆平曲线的计算与测设	307
13.5 交点法非对称基本型平曲线的计算与测设	314
13.6 断链计算	326
13.7 竖曲线计算	330
13.8 路基超高与边桩设计高程的计算	334
13.9 桥墩桩基坐标验算	341
13.10 隧道超欠挖计算	345
思考题与练习题	355
附录 A 测量实验	363
测量实验须知	363
实验 1 水准测量	364
实验 2 测回法测量水平角	366
实验 3 竖直角与经纬仪视距三角高程测量	368
实验 4 全站仪放样建筑物轴线交点	370
实验 5 全站仪放样对称基本型平曲线主点平面位置	371
附录 B CASIO fx-5800P 编程计算器简介	373
附录 C 建筑变形测量与竣工总图的编绘	373
参考文献	375

1 绪 论

本章导读

● **基本要求** 理解重力、铅垂线、水准面、大地水准面、参考椭球面、法线的概念及其相互关系;掌握高斯平面坐标系的原理;了解我国大地坐标系——“1954 北京坐标系”与“1980 西安坐标系”的定义、大地原点的意义;了解我国高程系——“1956 年黄海高程系”与“1985 国家高程基准”的定义、水准原点的意义;了解 2000 国家大地坐标系的定义。

● **重点** 测量的两个任务——测定和测设,其原理是测量并计算空间点的三维坐标,测定和测设都应在已知坐标点上安置仪器进行,已知点的坐标是通过控制测量的方法获得。

● **难点** 大地水准面与参考椭球面的关系,高斯平面坐标系与数学笛卡儿坐标系的关系与区别,我国对高斯平面坐标系 y 坐标的处理规则。

1.1 测量学简介

测量学(surveying) 是研究地球表面局部地区内测绘工作的基本原理、技术、方法和应用的学科,测量学将地表物体分为地物和地貌。

地物(feature) 地面上天然或人工形成的物体,它包括湖泊、河流、海洋、房屋、道路、桥梁等。

地貌(geomorphy) 地表高低起伏的形态,它包括山地、丘陵和平原等。

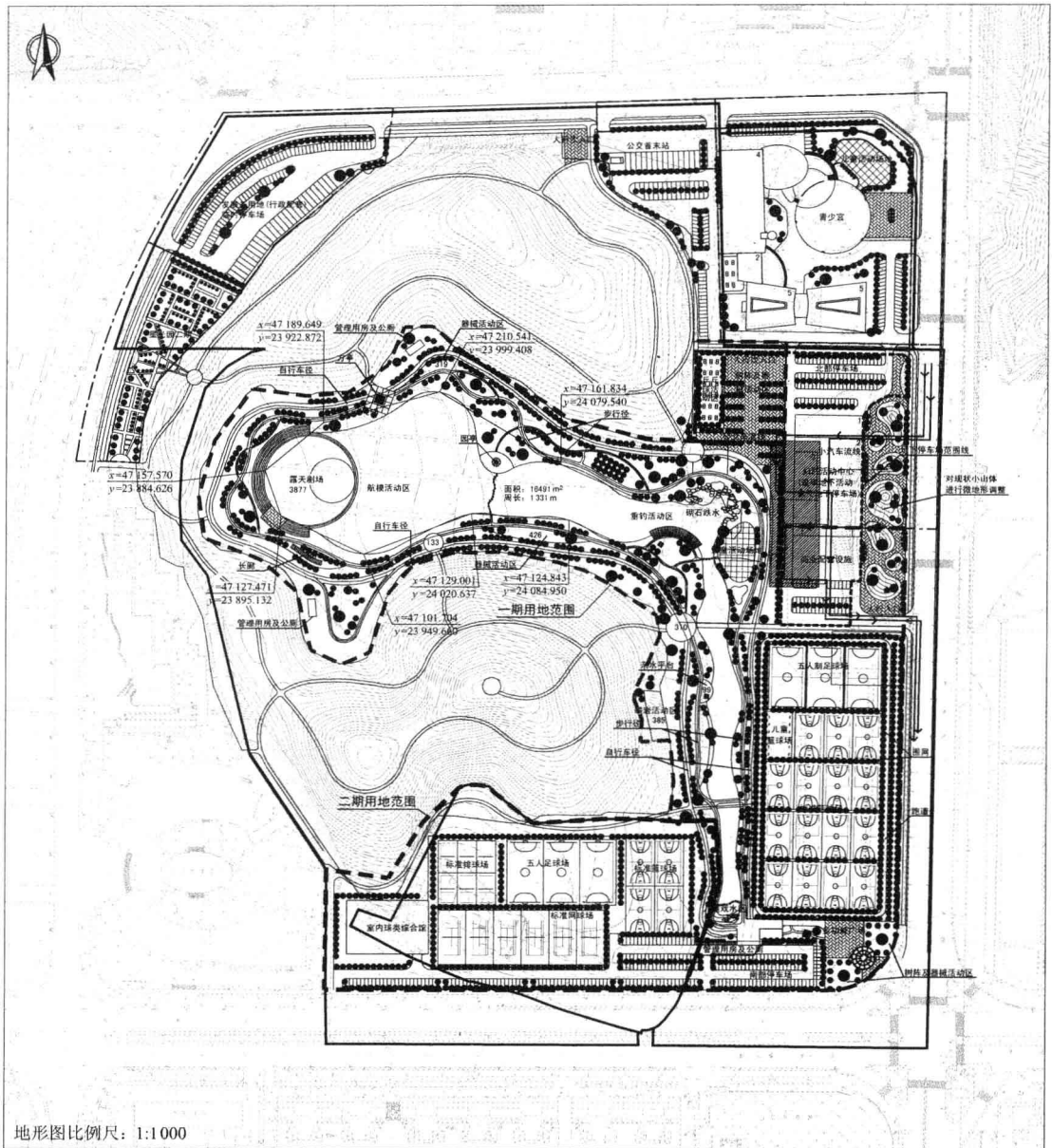
地物和地貌总称为**地形**(landform) 测量学的主要任务是测定和测设。

测定(location) 使用测量仪器和工具,通过测量与计算将地物和地貌的位置按一定比例尺、规定的符号缩小绘制成地形图,供科学研究和工程建设规划设计使用。

测设(setting-out) 将在地形图上设计的建筑物和构筑物的位置在实地标定出来,作为施工的依据。

在城市规划、给水排水、煤气管道、工业厂房和民用建筑建设中的测量工作是:在设计阶段,测绘各种比例尺的地形图,供建、构筑物的平面及竖向设计使用;在施工阶段,将设计建、构筑物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;工程完工后,测绘竣工图,供日后扩建、改建、维修和城市管理应用,对某些重要的建、构筑物,在建设中和建成以后还应进行变形观测,以保证建、构筑物的安全。图 1-1 为在数字地形图上设计公园的案例。

在公路、铁路建设中的测量工作是:为了确定一条经济合理的路线,应预先测绘路线附近的地形图,在地形图上进行路线设计,然后将设计路线的位置标定在地面上以指导施工;当路线跨越河流时,应建造桥梁,建桥前,应测绘河流两岸的地形图,测定河流的水位、流速、流量、河床地形图与桥梁轴线长度等,为桥梁设计提供必要的资料,在施工阶段,需要将设计桥台、桥墩的位置标定到实地;当路线穿过山岭需要开挖隧道时,开挖前,应在地形图上确定隧道的位置,根据测量数据计算隧道的长度和方向;隧道施工通常是从隧道两端相向开挖,这就需要根据测量成果指示开挖方向及其断面形状,保证其正确贯通。图 1-2 为在数字地



- 1) 体育公园用地指标:
规划建设用地面积:一期 94 000 m²;二期 27 000 m²
- 2) 体育公园一期主要项目:
五人足球场:3 个
标准篮球场:15 个
儿童篮球场:1 个
跑道:500 m
步行径:1 800 m(不含登山径)

自行车径:1 600 m(不含山地自行车径)
商业配套设施:2 700 m²
地面小汽车停车位:320 个
地下停车场面积:13 800 m²
星光园二期建设用地面积:4 300 m²
妇联活动中心建设用地面积:10 029 m²
建筑面积:10 200 m²(含半地下活动室 3 375 m²)
公交首末站建设用地面积:2 057 m²

图 1-1 在数字地形图上设计公园的案例(广东省江门市北新区体育公园地形图与规划设计图)

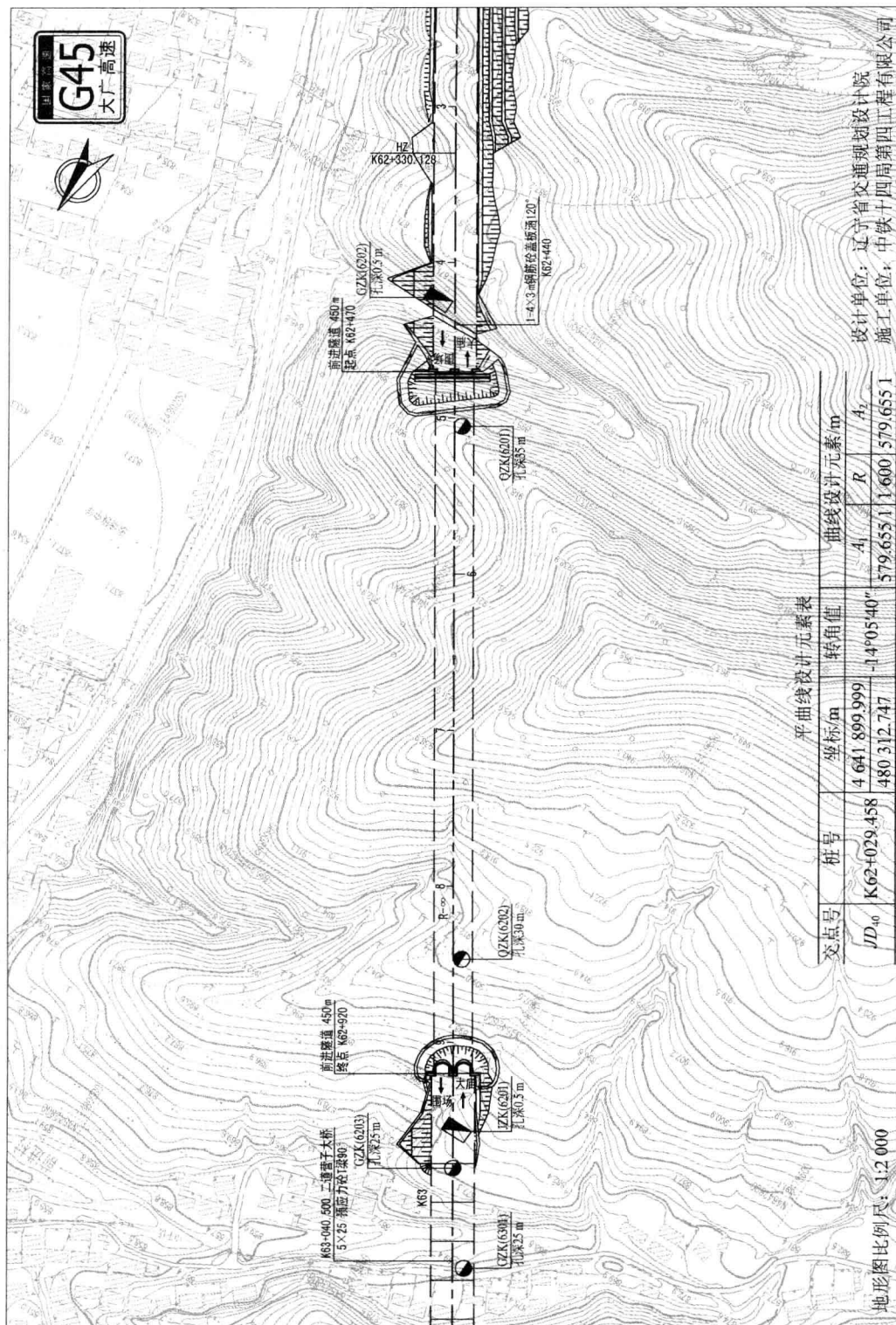


图 1-2 在数字地形图上设计道路、隧道、桥梁的案例(大(庆)广(州)高速公路(G45)河北省茅荆坝(蒙冀界)至承德段第 19 标段前进隧道带状地形图与设计图)

形图上设计道路、隧道、桥梁的案例。

对土建类专业学生,通过本课程的学习,应掌握下列有关测定和测设的基本内容:

(1) 地形图测绘。应用各种测量仪器、软件和工具,通过实地测量与计算,把小范围内地面上的地物、地貌按一定的比例尺测绘成图。

(2) 地形图应用。在工程设计中,从地形图上获取设计所需要的资料,例如点的平面坐标和高程、两点间的水平距离、地块的面积、土方量、地面的坡度、指定方向的纵、横断面和进行地形分析等。

(3) 施工放样。将图上设计的建、构筑物标定在实地上,作为施工的依据。

(4) 变形观测。监测建、构筑物的水平位移和垂直沉降,以便采取措施,保证建筑物的安全。

(5) 竣工测量。测绘竣工图。

1.2 地球的形状和大小

地球(earth)是一个南北极稍扁,赤道稍长、平均半径约为 6 371 km 的椭球体。测量工作在地球表面上进行,地球的自然表面有高山、丘陵、平原、盆地、湖泊、河流和海洋等高低起伏的形态,其中海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%。在地面进行测量工作应掌握重力、铅垂线、水准面、大地水准面、参考椭球面和法线的概念及关系。

如图 1-3(a)所示,由于地球的自转,其表面的质点 P 除受万有引力的作用外,还受到离心力的影响。 P 点所受的万有引力与离心力的合力称为**重力**(gravity),称重力的方向为**铅垂线方向**(plumb line)。

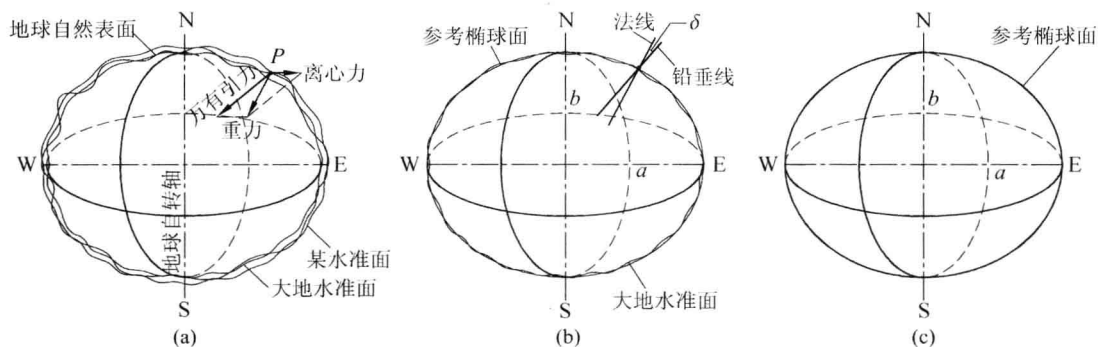


图 1-3 地球自然表面、水准面、大地水准面、参考椭球面、铅垂线、法线之间的关系

假想静止不动的水面延伸穿越陆地,包围整个地球,形成一个封闭曲面,这个封闭曲面称为**水准面**(level surface)。水准面是受地球重力影响形成的重力等位面,物体沿该面运动时,重力不做功(如水在这个面上不会流动),其特点是曲面上任意一点的铅垂线垂直于该点的曲面。根据这个特点,水准面也可以定义为:处处与铅垂线垂直的连续封闭曲面。由于水准面的高度可变,因此符合该定义的水准面有无数个,其中与平均海水面相吻合的水准面称为**大地水准面**(geoid)。大地水准面是唯一的。

由于地球内部物质的密度分布不均匀,造成地球各处万有引力的大小不同,致使重力方

向产生变化,所以大地水准面是有微小起伏、不规则、很难用数学方程表示的复杂曲面。如果将地球表面上的物体投影到这个复杂曲面上,计算起来将非常困难。为了解决投影计算问题,通常是选择一个与大地水准面非常接近并能用数学方程表示的椭球面作为投影的基准面,这个椭球面是由长半轴为 a 、短半轴为 b 的椭圆 NESW 绕其短轴 NS 旋转而成的旋转椭球面(图 1-3(c))。旋转椭球又称为**参考椭球**(reference ellipsoid),其表面称为参考椭球面。

如图 1-3(b)所示,由地表任一点向参考椭球面所作的垂线称为**法线**(normal line),地表点的铅垂线与法线一般不重合,其夹角 δ 称为**垂线偏差**(deflection of the vertical)。

如图 1-3(c)所示,决定参考椭球面形状和大小的元素是椭圆的**长半轴** a (major radius)、**短半轴** b (secondary radius)与**扁率** f (flattening),其关系为

$$f = \frac{a - b}{a} \tag{1-1}$$

我国采用的三个参考椭球元素值及 GNSS 测量使用的参考椭球元素值列于表 1-1^[2]。

表 1-1 参考椭球元素值			
序	坐标系名称	a/m	f
1	1954 北京坐标系	6 378 245	1 : 298. 3
2	1980 西安坐标系	6 378 140	1 : 298. 257
3	2000 国家大地坐标系	6 378 137	1 : 298. 257 222 101
4	WGS-84 坐标系(GNSS)	6 378 137	1 : 298. 257 223 563

在表 1-1 中,序 1 的参考椭球称为**克拉索夫斯基椭球**(Krasovsky ellipsoid),序 2 的参考椭球是 1975 年 16 届“**国际大地测量与地球物理联合会**”(International Union of Geodesy and Geophysics)通过并推荐的椭球,简称 IUGG1975 椭球,序 4 的参考椭球是 1979 年 17 届“**国际大地测量与地球物理联合会**”通过并推荐的椭球,简称 IUGG1979 椭球。序 3 参考椭球的长半轴 a 与序 4 的相同,但扁率有微小的差异。

由于参考椭球的扁率很小,当测区范围不大时,可以将参考椭球近似看作半径为 6 371 km 的圆球。

1.3 测量坐标系与地面点位的确定

无论测定还是测设,都需要通过确定地面点的空间位置来实现。空间是三维的,所以表示地面点在某个空间坐标系中的位置需要三个参数,确定地面点位的实质就是确定其在某个空间坐标系中的三维坐标。测量中,将空间坐标系分为参心坐标系和地心坐标系。“参心”意指参考椭球的中心,由于参考椭球的中心一般不与地球质心重合,所以它属于非地心坐标系,表 1-1 中的前两个坐标系是参心坐标系。“地心”意指地球的质心,表 1-1 中的后两个坐标系属于地心坐标系。

1.3.1 确定点的球面位置的坐标系

由于地表高低起伏不平,所以一般是用地面某点投影到参考曲面上的位置和该点到大

地水准面间的铅垂距离来表示该点在地球上的位置。为此,测量上将空间坐标系分解为确定点的球面位置的坐标系(二维)和高程系(一维)。确定点的球面位置的坐标系有地理坐标系和平面直角坐标系两类。

1) 地理坐标系(geographical reference system)

地理坐标系是用经纬度表示点在地球表面的位置。1884年,在美国华盛顿召开的国际经度会议上,正式将经过格林尼治天文台的经线确定为 0° 经线,纬度以赤道为 0° ,分别向南北半球推算。明朝末年,意大利传教士利玛窦(Matteo Ricci, 1522—1610)最早将西方经纬度概念引入中国,但当时并未引起中国人的太多重视,直到清朝初年,通晓天文地理的康熙皇帝(1654—1722)才决定使用经纬度等制图方法,重新绘制中国地图。他聘请了十多位各有特长的法国传教士,专门负责清朝的地图测绘工作。

按坐标系所依据的基本线和基本面的不同以及求坐标方法的不同,地理坐标系又分为天文地理坐标系和大地地理坐标系两种。

(1) 天文地理坐标系

天文地理坐标又称天文坐标,表示地面点在大地水准面上的位置,其基准是铅垂线 and 大地水准面,它用天文经度 λ (astronomical longitude)和天文纬度 φ (astronomical latitude)来表示点在球面的位置。

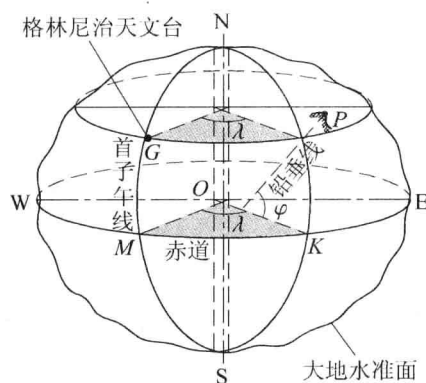


图 1-4 天文地理坐标

如图 1-4 所示,过地表任一点 P 的铅垂线与地球旋转轴 NS 平行的平面称为该点的天文子午面(astronomical meridian),天文子午面与大地水准面的交线称为天文子午线,也称经线。设 G 点为英国格林尼治(Greenwich)天文台的位置,称过 G 点的天文子午面为首子午面。 P 点天文经度 λ 的定义是: P 点天文子午面与首子午面的两面角,从首子午面向东或向西计算,取值范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$,在首子午线以东为东经,以西为西经。同一子午线上各点的经度相同。过 P 点垂直于地球旋转轴的平面与大地水准面的交线称为 P 点的纬线(woof),过地球质心 O 的纬线称为赤道(equator)。 P 点天文纬度 φ 的定义是: P 点铅

垂线与赤道平面的夹角,自赤道起向南或向北计算,取值范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$,在赤道以北为北纬,以南为南纬。

可以应用天文测量方法测定地面点的天文纬度 φ 和天文经度 λ 。例如广州地区的概略天文地理坐标为 $23^\circ 07' N, 113^\circ 18' E$,在谷歌地球上输入“ $23^\circ 07' N, 113^\circ 18' E$ ”即可搜索到该点的位置,注意其中的逗号应为西文逗号。

(2) 大地地理坐标系

大地地理坐标又称大地坐标,是表示地面点在参考椭球面上的位置,它的基准是法线和参考椭球面。它用大地经度 L (geodetic longitude)和大地纬度 B (geodetic latitude)表示。由于参考椭球面上任意点 P 的法线与参考椭球面的旋转轴共平面,因此,过 P 点与参考椭球面旋转轴的平面称为该点的大地子午面(geodetic meridian)。

P 点的大地经度 L 是过 P 点的大地子午面和首子午面所夹的两面角, P 点的大地纬度