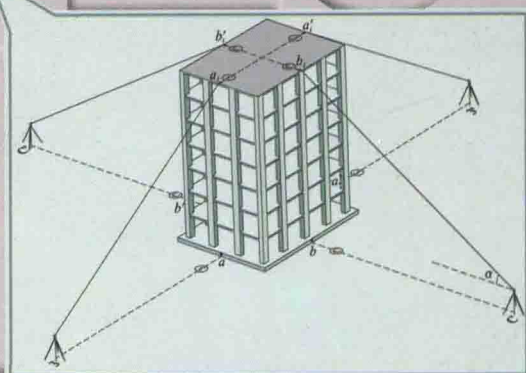


全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念教材
◎多媒体立体化教材 ◎随书标配8GB容量的单面双层DVD光盘

工程测量

覃辉 任沂军 编著

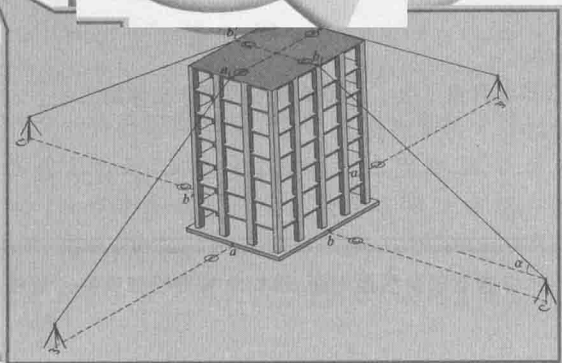


全国高职高专教育建筑工程技术专业新理念

◎多媒体立体化教材 ◎随书标配8GB容量的单面双层DVD

工程测量

覃辉 任沂军 编著



内 容 提 要

“工程测量”是土建与交通类专业的核心课程,是一门实践性强、理论与实践紧密结合的课程。本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编程机 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编程计算器程序计算与全站仪坐标放样。

本书适合高职高专土建与交通类各专业使用,也可作为本行业施工技术人员的继续教育教材。

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/覃辉,任沂军编著. --上海:同济大学出版社,
2013.8

ISBN 978-7-5608-5246-1

I. ①工… II. ①覃… ②任… III. ①工程测量—高等职业教育—教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 178251 号

高职高专多媒体立体化教材

工程测量

覃 辉 任沂军 编著

责任编辑 杨宁霞 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 苏州望电印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 23.5

印 数 1—4100

字 数 586000

版 次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5246-1

定 价 49.80 元

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

前 言

这是一本适用于高职高专土建与交通类各专业的多媒体立体化教材,随书标配 8GB 单面双层 DVD 光盘,其中提供了本课程所需的全部电子教学文件。

本书按培养学生的测、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。

从 2012 年开始,教育部在全国高职院校举办测量技能大赛,大赛的三项内容是:DS05 精密水准仪二等水准测量、卡西欧图形机 fx-9750G II 测量编程计算、南方 CASS 电子平板法数字测图。大赛内容实际上属于测、算、绘技能之一,也正是本书全力打造的基本内容。

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 可以使用通信软件 FA-124 与 PC 机进行数据通信,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[25]。

测量的任务是测定与测设,两者的基础是空间点位的三维坐标。土建与交通类专业学生到施工企业就业,所从事测量工作的内容,95%以上是测设。测设也称施工放样,施工放样的关键是获取放样点位的三维设计坐标。本书主要介绍建筑物与道路放样的原理与方法。

电子测量软硬件设备的应用与普及,对测量的原理与方法、教材的内容改革提出了新的挑战。在对测、算、绘技能,尤其是对卡西欧编程机程序十年研究成果的基础上,笔者对传统教材内容作了如下调整,以使教材内容适应施工测量生产实践的需要。

① 建筑物数字化放样:它是在 AutoCAD 中对建筑基础施工图 dwg 文件进行编辑、校准并变换为测量坐标系,再用数字测图软件 CASS 采集设计点位的坐标文件,最后将坐标文件上载到全站仪或 GNSS RTK 内存,就可以实现快速、高效、准确地放样。

② 公路与铁路中线属于三维空间曲线,路面属于三维空间曲面,设计院给出路线平曲线、竖曲线、纵断面与路基横断面设计图纸,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,本书采用 fx-5800P 程序 QH2-7T 计算。QH2-7T 程序具有三维坐标正反算、超高及边桩设计高程计算、桥墩桩基坐标计算与隧道超欠挖计算等功能,程序取自参考文献[22]。

③ 为配合工程编程机 fx-5800P 的教学需要,光盘提供了“\电子章节\附录 B_fx-5800P 编程计算器简介.pdf”文件。

④ 附录 A 测量实验只给出了 5 个基础测量实验,这是学习本课程所需进行的最低限度的测量实验,我们在光盘“\测量实验与实习”文件夹下给出了完整的 10 个测量实验指导书及测量实习指导书的开放 doc 文件,以便于教师根据本校的实际情况选择与修改测量实验指导书及测量实习指导书的内容。

⑤ “建筑变形测量”是土建类专业学生应了解的内容,但按《建筑变形测量规程》^[7]的规

定,变形与沉降观测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 交通类专业学生应学习第 13 章的内容,土建类专业学生可以不学习。由于大型建筑公司一般都具有路桥施工资质,为拓宽就业领域,建议土建类专业学生能自学第 13 章的内容。

编著者希望广大读者给出批评意见,以便今后的修订工作,同时敬请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
2012 年 10 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 光盘目录见图 1 所示,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”文件夹下放置了本书纸质教材以外的 pdf 格式文件。

③ 光盘“\电子教案”文件夹下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”文件夹下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”文件夹下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: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”文件夹下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”文件夹下放置了 14 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。

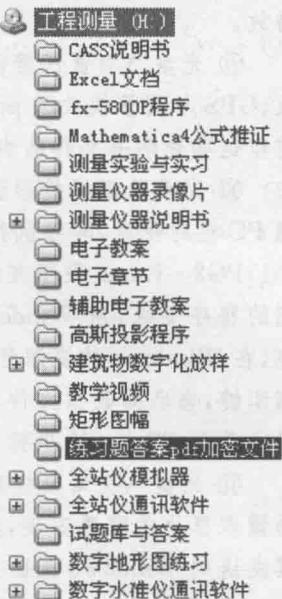


图 1 随书标配 DVD 光盘目录

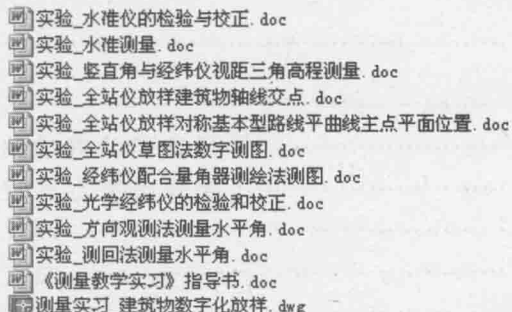


图 2 “\测量实验与实习”文件夹下的开放 doc 文件目录

⑦ 光盘“\fx-5800P 程序”文件夹下放置了本书 fx-5800P 母机的 14 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”文件夹下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”文件夹下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 程序文件,请读者将该文件夹复制到 PC 机的硬盘,即可执行 PG2-1 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扩展名为 exe 的 PC 机程序,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”文件夹下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”文件夹下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,然后发送到 Windows 桌面上即可使用,其余通讯软件需要安装后才能使用。

编者

2012 年 10 月

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)
1.3.1 确定点的球面位置的坐标系	(5)
1.3.2 确定点的高程系	(10)
1.3.3 地心坐标系	(12)
1.4 测量工作概述	(13)
1.5 测量常用计量单位与换算	(14)
思考题与练习题	(15)
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	(30)
2.5 水准测量的误差及其削减方法	(33)
2.6 自动安平水准仪	(34)
2.7 精密水准仪与铟瓦水准尺	(35)
2.8 拓普康 DL-502 数字水准仪	(37)
思考题与练习题	(48)
3 角度测量	(51)
3.1 角度测量原理	(51)
3.2 光学经纬仪的结构与度盘读数	(52)
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	(61)
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	电磁测距	(81)
4.3.1	光电测距仪的基本原理	(81)
4.3.2	ND3000 红外测距仪简介	(84)
4.3.3	喜利得 PD42 手持激光测距仪	(85)
4.3.4	相位式光电测距的误差分析	(90)
4.4	直线定向	(92)
	思考题与练习题	(95)
5	全站仪测量	(96)
5.1	全站仪电子测角原理	(96)
5.2	全站仪概述	(98)
5.3	科维 TKS-202R 无棱镜测距(200m)全站仪	(99)
5.4	科维 TKS-202R 全站仪的设置	(101)
5.5	科维 TKS-202R 全站仪的角度、距离、坐标模式	(106)
5.6	科维 TKS-202R 全站仪的菜单模式	(111)
	思考题与练习题	(130)
6	测量误差的基本知识	(132)
6.1	测量误差概述	(132)
6.2	偶然误差的特性	(133)
6.3	评定真误差精度的指标	(134)
6.4	误差传播定律及其应用	(135)
6.5	真值未知时的中误差计算	(138)
6.6	不等精度独立观测量的最可靠值与精度评定	(139)
	思考题与练习题	(142)
7	控制测量	(144)
7.1	控制测量概述	(144)
7.2	平面控制网的坐标计算原理	(148)
7.3	导线测量	(153)
7.4	交会定点的计算	(161)
7.5	三、四等级水准测量	(165)
7.6	三角高程测量	(168)
	思考题与练习题	(172)

8 GNSS 测量的原理与方法	(175)
8.1 GPS 概述	(176)
8.2 GPS 的组成	(177)
8.3 GPS 定位的基本原理	(178)
8.3.1 卫星信号	(178)
8.3.2 伪距定位	(179)
8.3.3 载波相位定位	(180)
8.3.4 实时动态差分定位(RTK)	(182)
8.4 GNSS 控制测量的实施	(183)
8.5 拓普康 HiPer II G 双频双星 GNSS RTK 操作简介	(185)
8.6 连续运行参考站系统 CORS	(197)
思考题与练习题	(200)
9 大比例尺地形图的测绘	(201)
9.1 地形图的比例尺	(201)
9.2 大比例尺地形图图式	(205)
9.3 地貌的表示方法	(208)
9.4 1:500~1:2000 大比例尺地形图的分幅与编号	(211)
9.5 测图前的准备工作	(212)
9.6 大比例尺地形图的解析测绘方法	(213)
思考题与练习题	(220)
10 地形图的应用	(221)
10.1 地形图的识读	(221)
10.2 地形图应用的基本内容	(228)
10.3 图形面积的量算	(230)
10.4 工程建设中地形图的应用	(234)
思考题与练习题	(238)
11 大比例尺数字地形图的测绘与应用	(240)
11.1 CASS9.1 操作方法简介	(240)
11.2 草图法数字测图	(242)
11.3 电子平板法数字测图	(247)
11.4 绘制等高线与添加图框	(253)
11.5 数字地形图的应用	(259)
思考题与练习题	(264)
12 建筑施工测量	(265)
12.1 施工控制测量	(265)

12.2	工业与民用建筑施工放样的基本要求	(266)
12.3	施工放样的基本工作	(267)
12.4	建筑物数字化放样设计点位平面坐标的采集	(272)
12.5	建筑施工测量	(277)
12.6	喜利得 PML32 - R 线投影激光水平仪	(286)
	思考题与练习题	(289)
13	路线施工测量	(290)
13.1	路线控制测量概述	(290)
13.2	路线三维设计图纸	(292)
13.3	路线测量的基本知识	(293)
13.4	交点法单圆平曲线的计算与测设	(298)
13.5	交点法非对称基本型平曲线的计算与测设	(304)
13.6	断链计算	(316)
13.7	竖曲线计算	(320)
13.8	路基超高与边桩设计高程的计算	(323)
13.9	桥墩桩基坐标验算	(330)
13.10	隧道超欠挖计算	(334)
	思考题与练习题	(344)
附录 A	测量实验	(352)
	测量实验须知	(352)
	实验 1 水准测量	(354)
	实验 2 测回法测量水平角	(356)
	实验 3 竖直角与经纬仪视距三角高程测量	(357)
	实验 4 全站仪放样建筑物轴线交点	(360)
	实验 5 全站仪放样对称基本型平曲线主点平面位置	(361)
附录 B	CASIO fx - 5800P 编程计算器简介(见光盘 pdf 格式文件)	
附录 C	建筑变形测量与竣工总图的编绘(见光盘 pdf 格式文件)	
C.1	建筑变形测量的一般规定	
C.2	沉降观测	
C.3	位移观测	
C.4	竣工总图的编绘	
	思考题与练习题	
参考文献		(363)

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——测定与测设,其原理是测量并计算空间点的三维坐标,测定与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: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: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。

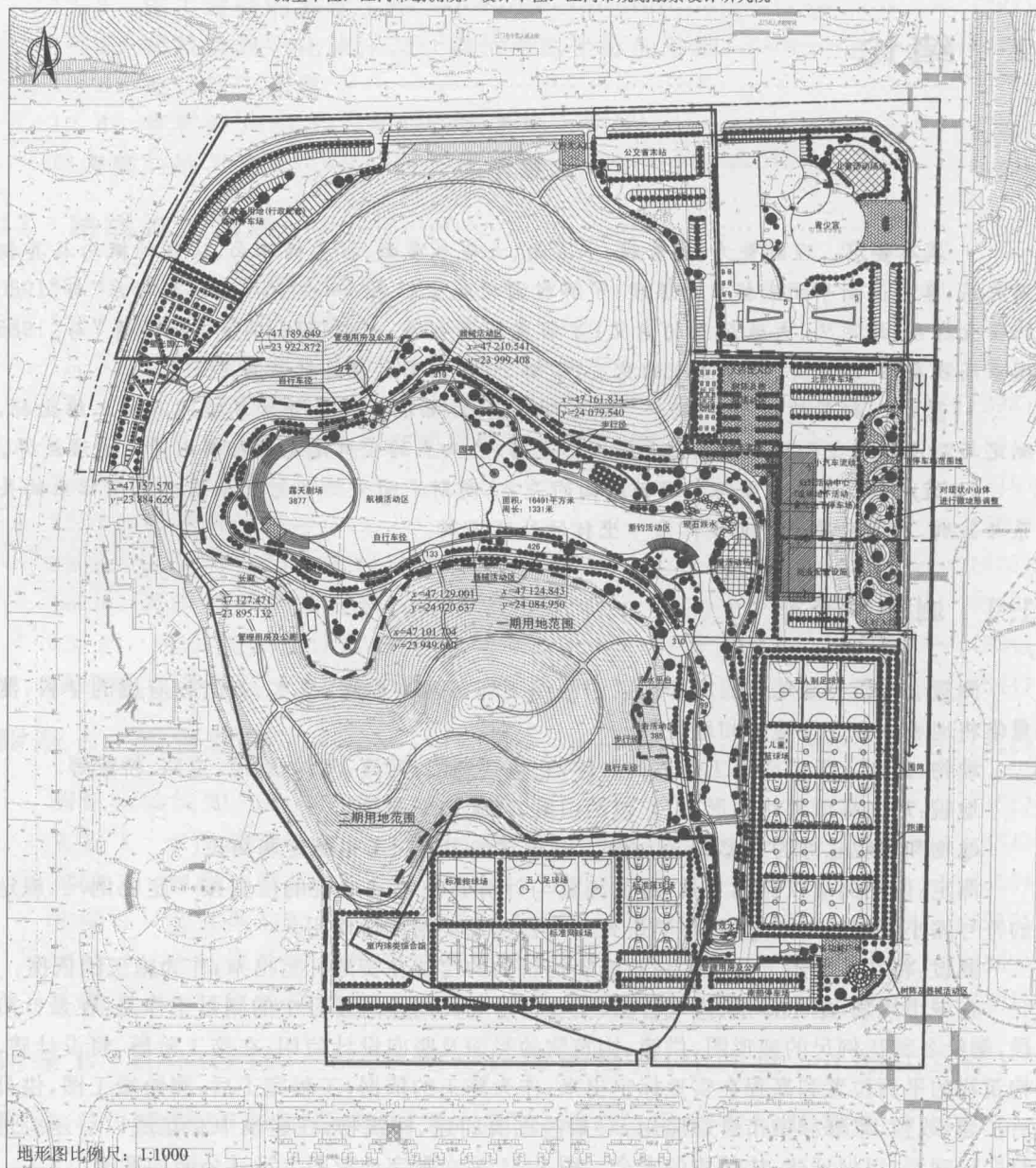
测定:使用测量仪器和工具,通过测量与计算将地物和地貌的位置按一定比例尺、规定的符号缩小绘制成地形图,供科学研究和工程建设规划设计使用。

测设: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 为在数字地形图上设计道路、隧道、桥梁的案例。

广东省江门市北新区体育公园规划方案 测量单位：江门市勘测院，设计单位：江门市规划勘察设计院



- 1) 体育公园用地指标：
规划建设用地面积：一期94000平方米；二期27000平方米
- 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米
步行径：1800米(不含登山径)

自行车径：1600米(不含山地自行车径)
商业配套设施：2700平方米
地面小汽车停车位：320个
地下停车场面积：13800平方米
星光园二期建设用地面积：4300平方米
妇联活动中心建设用地面积：10029平方米
建筑面积：10200平方米(含半地下活动室3375平方米)
公交首末站建设用地面积：2057平方米

图 1-1 广东省江门市北新区体育公园地形图与规划设计图

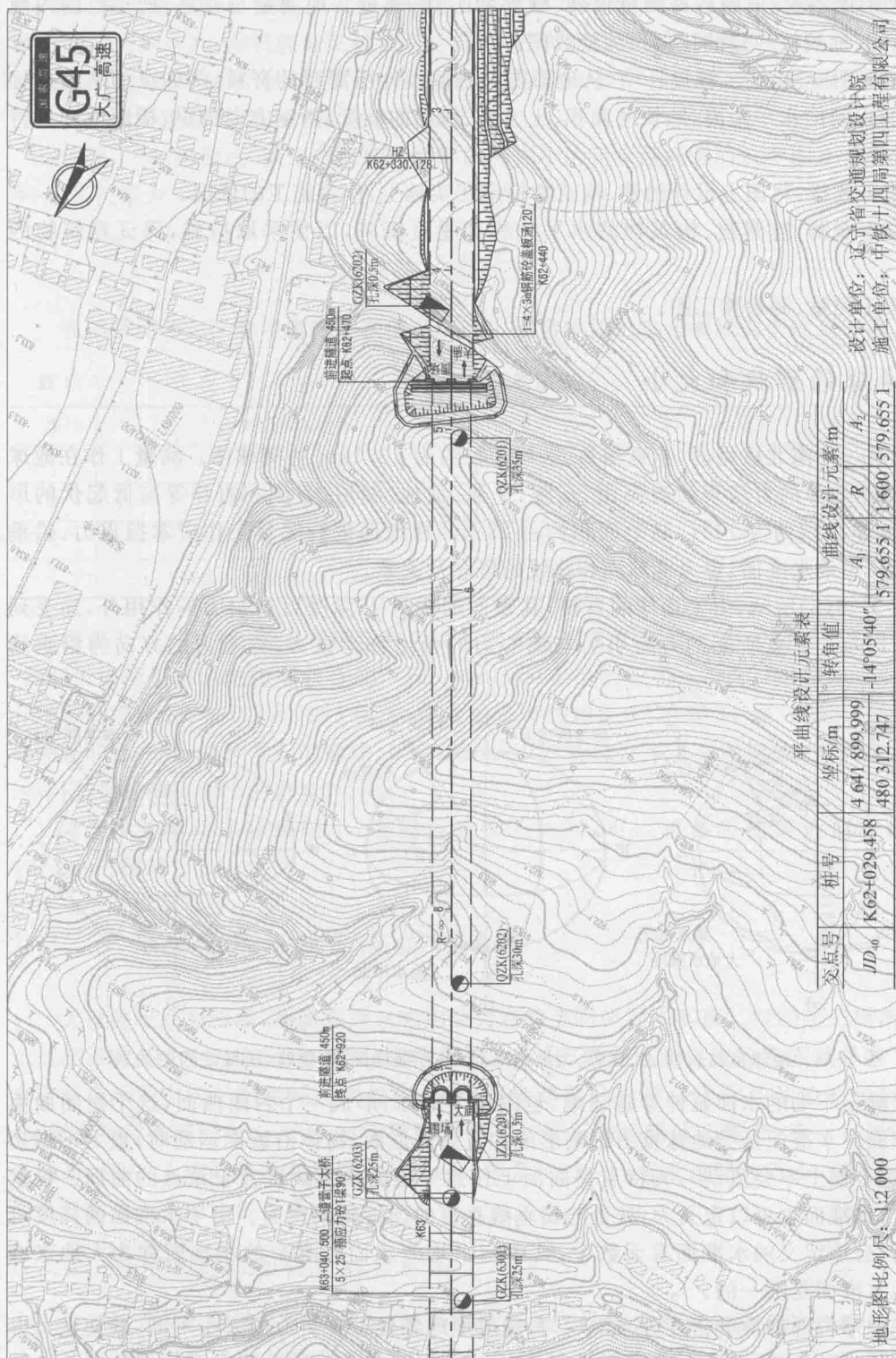


图 1-2 大(庆)广(州)高速公路(G45)河北省茅荆坝(蒙冀界)至承德段第 19 标段前进隧道带状地形图与设计图

对土建类专业的学生,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

地球是一个南北极稍扁,赤道稍长、平均半径约为 6371km 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,称重力的方向为铅垂线方向。

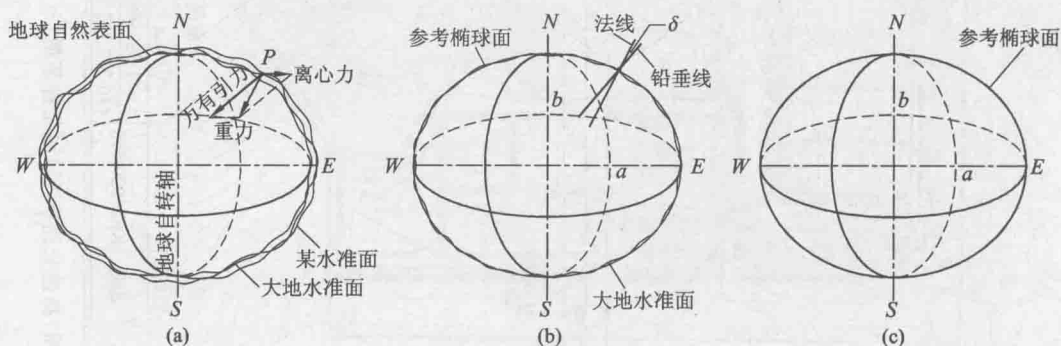


图 1-3 地球自然表面、水准面、大地水准面、参考椭球面、铅垂线、法线之间的关系

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。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。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、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,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,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。

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 、短半轴 b 与扁率 f ,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^[1]。

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,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 6371km 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

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 度经线,纬度以赤道为 0 度,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,其基准是铅垂线和大地水准面,它用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示点在球面的位置。

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,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,过地球质心 O 的纬线称为赤道。 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。

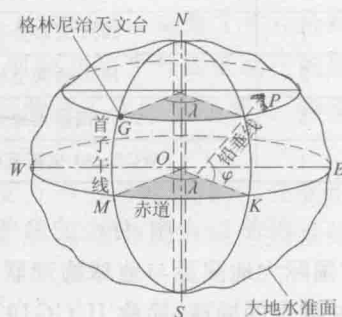


图 1-4 天文地理坐标

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 和大地纬度 B 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。

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 B 是过 P 点的法线与赤道面的夹角。大地经、纬度是根据起始大地点(又称大地原点,该点的大地经纬度与天文经纬度一致)的大地坐标,按大地测量所得的数据推算而得。我国以陕西省泾阳县永乐镇石际寺村大地原点为起算点,由此建立的大地坐标系,称为“1980 西安坐标系”,简称 80 西安系;通过与苏联 1942 年普尔科沃坐标系联测,经我国东北传算过来的坐标系称为“1954 北京坐标系”,简称 54 北京系,其大地原点位于现俄罗斯圣彼得堡市普尔科沃天文台圆形大厅中心。