

高等职业教育**建筑工程技术**专业规划教材

多媒体立体化教材

总主编 /李 辉

执行总主编 /吴明军

建筑工程测量

(MSMT版)

主编 覃 辉 马 超 朱茂栋

主审 赵文亮



重庆大学出版社

内 容 简 介

本教材按照培养土建类专业学生的测、算、绘应用技能为主线进行编写,其中“测”是操作全站仪、数字水准仪、GNSS RTK 采集或放样点位的坐标;“算”是应用南方 MSMT 手机软件处理程序计算问题,手动计算工具选择工程编程机 fx-5800P;“绘”是应用 AutoCAD 与数字测图软件 CASS 编辑与采集点位的坐标。本书共 11 章,主要包括:绪论、水准测量、全站仪角度测量、全站仪距离与坐标测量、测量误差的基本知识、控制测量、GNSS 测量的原理与方法、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、大比例尺数字地形图的测绘与应用、建筑施工测量。

本教材适用于土建类各专业,也可作为本行业施工技术人员继续教育用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量:MSMT 版 / 覃辉,马超,朱茂栋主编. -- 重庆:重庆大学出版社, 2019.2
高等职业教育建筑工程技术专业规划教材
ISBN 978-7-5689-1398-0

I. ①建… II. ①覃…②马…③朱… III. ①建筑测量—高等职业教育—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 277570 号

高等职业教育建筑工程技术专业规划教材

建筑工程测量(MSMT 版)

主 编 覃 辉 马 超 朱茂栋

主 审 赵文亮

策划编辑:范春青 刘颖果

责任编辑:刘颖果 版式设计:刘颖果

责任校对:邹 忌 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:21 字数:500 千

2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-1398-0 定价:49.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编委会名单

顾 问 吴 泽

总 主 编 李 辉

执行总主编 吴明军

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 戎 卢 正 申永康 白 峰

刘孟良 刘晓敏 张 迪 张银会

李红立 杜绍堂 杨丽君 肖 进

陈文元 陈年和 陈晋中 胡 瑛

赵淑萍 赵朝前 钟汉华 袁建新

袁雪峰 袁景翔 黄 敏 黄春蕾

董 伟 覃 辉 韩建绒 颜立新

黎洪光 戴安全

序 言

进入 21 世纪,高等职业教育建筑工程技术专业办学在全国呈现出点多面广的格局。截至 2013 年,我国已有 600 多所院校开设了高职建筑工程技术专业,在校生达到 28 万余人。如何培养面向企业、面向社会的建筑工程技术技能型人才,是广大建筑工程技术专业教育工作者一直在思考的问题。建筑工程技术专业作为教育部、住房和城乡建设部确定的国家技能型紧缺人才培养专业,也被许多示范高职院校选为探索构建“工作过程系统化的行动导向教学模式”课程体系建设的专业,这些都促进了该专业的教学改革和发展,其教育背景以及理念都发生了很大变化。

为了满足建筑工程技术专业职业教育改革和发展的需要,重庆大学出版社在历经多年深入高职高专院校调研的基础上,组织编写了这套《高等职业教育建筑工程技术专业规划教材》。该系列教材由住房和城乡建设部职业教育教学指导委员会副主任委员吴泽教授担任顾问,四川建筑职业技术学院李辉教授、吴明军教授分别担任总主编和执行总主编,以国家级示范高职院校或建筑工程技术专业为国家级特色专业、省级特色专业的院校为编著主体,全国共 20 多所高职高专院校建筑工程技术专业骨干教师参与完成,极大地保障了教材的品质。

系列教材精心设计该专业课程体系,共包含两大模块:通用的“公共模块”和各具特色的“体系方向模块”。公共模块包含专业基础课程、公共专业课程、实训课程三个小模块;体系方向模块包括传统体系专业课程、教改体系专业课程两个小模块。各院校可根据自身教改和教学条件实际情况,选择组合各具特色的教学体系,即传统教学体系(公共模块+传统体系专业课程)和教改教学体系(公共模块+教改体系专业课程)。

本系列教材在编写过程中,力求突出以下特色:

(1)依据《高等职业学校专业教学标准(试行)》中“高等职业学校建筑工程技术专业教学标准”和“实训导则”编写,紧贴当前高职教育的教学改革要求。

(2)教材编写以项目教学为主导,以职业能力培养为核心,适应高等职业教育教学改革的发展方向。

(3)教改教材的编写以实际工程项目或专门设计的教学项目为载体展开,突出“职业工作的真实过程和职业能力的形成过程”,强调“理实”一体化。

(4)实训教材的编写突出职业教育实践性操作技能训练,强化本专业的基本技能的实训力度,培养职业岗位需求的实际操作能力,为停课进行的实训专周教学服务。

(5)每本教材都有企业专家参与大纲审定、教材编写以及审稿等工作,确保教学内容更贴近建筑工程实际。

我们相信,本系列教材的出版将为高等职业教育建筑工程技术专业的教学改革和健康发展起到积极的促进作用!



2013 年 9 月

前 言

本教材是编者与广州南方测绘科技股份有限公司校企深度合作的成果,按照培养土建类专业学生的测、算、绘应用技能为主线进行编写,其中“测”是操作全站仪、数字水准仪、GNSS RTK 采集或放样点位的坐标;“算”是应用南方 MSMT 手机软件处理程序计算问题,手动计算工具选择工程编程机 fx-5800P;“绘”是应用 AutoCAD 与数字测图软件 CASS 编辑与采集点位的坐标。

编者从 2003 年开始编写测量教材,持续进行了 16 年的研发。现在依托互联网信息化技术,测量教材终于实现了移动互联网信息化测量全覆盖。学完本教材后,你一定会发现:使用智能手机软件 MSMT 与电子测量仪器蓝牙连接,可以使施工测量变得更加方便快捷。

编者之前出版的测量教材专注于使用卡西欧 fx-5800P 工程机程序解决施工测量的计算问题。从 2017 年年初开始,编者与广州南方测绘科技股份有限公司开展战略合作,将编者 14 部教材的全部研发成果融入南方 MSMT 手机软件。

众所周知,智能手机连接了移动互联网,进入手机的测量数据可以通过移动互联网发送给全球的好友。南方 MSMT 手机软件实现了蓝牙启动数字水准仪、全站仪测量,自动提取测量结果到记录表格,生成的测量及计算数据 Excel 文件可以通过移动互联网发送给好友,彻底颠覆了手动记录测量数据的传统模式。

编者在与广州南方高速铁路测量技术有限公司合作开发 MSMT 手机软件的一年半时间内,同时又与北京三鼎光电仪器有限公司合作完成了 NTS-360LNB 新款蓝牙全站仪机载软件的研发工作,该仪器有如下特点:

①南方 MSMT 手机软件可以与全站仪蓝牙双向传输坐标文件,MSMT 手机软件计算的单个放样点坐标,可以用蓝牙发送到全站仪的放样点界面,彻底打通了手机与全站仪蓝牙通讯交换坐标数据的最后“一公里”。

②全站仪与带蓝牙的 PC 机蓝牙连接后,使用通讯软件可以实现 PC 机与全站仪的双向数据传输,不再需要使用数据线连接全站仪与 PC 机。

③南方 MSMT 手机软件可以蓝牙启动全站仪测距,自动提取水平盘读数、竖盘读数、平距及测点三维坐标,实现了水平角观测、竖直角观测、后方交会测量的信息化。

④新增已知坐标文件 LIB. FIX,最多可以存储测区 200 个点的控制点坐标,碎部点测量或放样测量可以方便地从已知坐标文件调用控制点的坐标进行测站设置与后视定向。

⑤屏幕新增蓝牙、双轴补偿器、反射器类型、SD 卡状态栏,便于用户了解仪器的 4 种设置内容。

⑥可以在角度模式、距离模式、坐标模式执行“文件/调用/导入”命令,从 SD 卡导入测区控制点坐标文件到内存已知坐标文件 LIB. FIX;可以将已知坐标文件 LIB. FIX 数据导出到 SD 卡 dat 坐标文件与 dxf 图形交换文件,用户可以启动 AutoCAD 打开 dxf 图形交换文件并另存为 dwg 格式图形文件。

⑦使用线元法重新编写的道路测量程序,能计算任意线形的道路平曲线与竖曲线,允许平曲线半径变化不连续、可含任意大偏角非完整缓和曲线、直转点直线线元、任意个断链桩,能进行坐标正算及正交反算计算,可以按用户的需要输出逐桩坐标到 SD 卡 dat 与 csv 坐标文件及 dxf 图形交换文件,用户可以启动 AutoCAD 打开 dxf 图形交换文件并另存为 dwg 格式图形文件,从而获取道路精确的平曲线图形。

与南方常州市瑞德仪器有限公司合作,为新开发的 DL-2003A 数字水准仪新增蓝牙测量命令,使用南方 MSMT 手机软件的水准测量程序,实现了蓝牙启动水准仪测量,并自动记录测量结果的信息化测量。

社会在发展,时代在进步,逆水行舟,不进则退,我们会继续研发新技术来改进教材,使测量课程的教学内容适应新技术发展的需要,惠及使用本教材的莘莘学子。希望能继续得到广大读者的批评意见,以改进我们的工作,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。

南方 MSMT 手机软件请登录 <http://www.esurveycloud.com> 下载。

本书配套了精美的 PPT 电子教案,这是编者耗时 16 年,潜心研究、精心创作并持之以恒开发完善的电子教学资料成果。本书配套的多媒体资源,可联系重庆大学出版社营销编辑蒲焘(电话:023-88617142,QQ:1036030742)获取。

本书配套的练习题答案,包含本书全部章节练习题答案的 pdf 加密文件,只对教师与工程技术人员开放,不对在校学生开放,请将本人的有效证件扫描后存为 JPG 图像文件并发送到 qh-506@163.com 邮箱获取密码。

我校王贵满、林培效、李飞三位教师详细审阅了书稿的所有章节,核算了全部章节的练习题答案文件,在此一并表示感谢。

编 者

2018 年 7 月

目 录

第1章 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	6
1.4 测量工作概述	16
1.5 测量常用计量单位与换算	18
本章小结	19
思考题与练习题	20
第2章 水准测量	23
2.1 水准测量原理	23
2.2 水准测量的仪器与工具	25
2.3 水准点与水准路线	32
2.4 三、四等水准测量方法	34
2.5 单一水准路线近似平差	39
2.6 微倾式水准仪的检验与校正	42
2.7 水准测量的误差及其削减方法	45
2.8 自动安平水准仪	46
2.9 精密水准仪与因瓦水准尺	48
2.10 南方测绘 DL-2003A 精密数字水准仪	49
本章小结	64
思考题与练习题	65

第3章 全站仪角度测量	66
3.1 角度测量原理	66
3.2 全站仪电子测角原理	68
3.3 全站仪的望远镜与补偿器	69
3.4 全站仪的结构与安置	71
3.5 角度模式	78
3.6 水平角测量方法	81
3.7 竖直角测量方法	89
3.8 全站仪的检验和物理校正	96
3.9 全站仪的电子校正	99
3.10 水平角测量的误差分析	102
本章小结	105
思考题与练习题	106
第4章 全站仪距离与坐标测量	108
4.1 相位式光电测距原理	108
4.2 距离模式	113
4.3 直线定向	116
4.4 平面坐标计算原理	120
4.5 坐标模式	125
4.6 菜单模式总图	133
4.7 数据采集	135
4.8 存储管理	139
4.9 程序	144
本章小结	149
思考题与练习题	151
第5章 测量误差的基本知识	153
5.1 测量误差概述	153
5.2 偶然误差的特性	154
5.3 评定真误差精度的指标	156
5.4 误差传播定律及其应用	157
5.5 真值未知时的中误差计算	160
5.6 不等精度独立观测量的最可靠值与精度评定	162
本章小结	164
思考题与练习题	165
第6章 控制测量	167
6.1 控制测量概述	167
6.2 导线测量	169
6.3 交会定点测量	179

6.4 三角高程测量	186
本章小结	189
思考题与练习题	189
第7章 GNSS 测量的原理与方法	193
7.1 GPS 概述	194
7.2 GPS 的组成	195
7.3 GPS 定位的基本原理	197
7.4 GNSS 控制测量方法	202
7.5 南方银河 6 双频四星 GNSS RTK 操作简介	205
7.6 南方银河 6 GNSS RTK 的测量方法	209
7.7 连续运行参考站系统(CORS)	223
本章小结	226
思考题与练习题	227
第8章 大比例尺地形图的测绘	228
8.1 地形图的比例尺	228
8.2 大比例尺地形图图式	230
8.3 地貌的表示方法	235
8.4 1:500,1:1 000,1:2 000 地形图的矩形分幅与编号	239
8.5 测图前的准备工作	240
8.6 大比例尺地形图的模拟测绘方法	242
本章小结	249
思考题与练习题	250
第9章 地形图的应用	251
9.1 地形图的识读	251
9.2 地形图应用的基本内容	259
9.3 图形面积的量算	262
9.4 工程建设中地形图的应用	263
本章小结	265
思考题与练习题	265
第10章 大比例尺数字地形图的测绘与应用	267
10.1 CASS9.1 操作方法简介	267
10.2 草图法数字测图	271
10.3 绘制等高线与添加图框	277
10.4 数字地形图的应用	285
10.5 数字地形图与 GIS 的数据交换	288
本章小结	290
思考题与练习题	290

第 11 章 建筑施工测量	292
11.1 施工控制测量	292
11.2 工业与民用建筑施工放样的基本要求	293
11.3 施工放样的基本工作	295
11.4 建筑物数字化放样设计点位平面坐标的采集	301
11.5 建筑施工测量	308
11.6 喜利得 PML32-R 线投影激光水平仪	315
本章小结	318
思考题与练习题	318
参考文献	320

第 1 章

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,熟悉南方 MSMT 手机软件抵偿高程面高斯投影计算方法;了解参心坐标系——“1954 北京坐标系”与“1980 西安坐标系”的定义、大地原点的意义;了解地心坐标系——“WGS-84 世界坐标系”与“2000 国家大地坐标系”的定义;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。

- **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位的三维坐标。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。测量学的主要任务是测定和测设。

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研究院



- 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 广东省江门市北新区体育公园地形图与规划设计图

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、维修和城市管理使用。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和放样断面形状,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。

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、构筑物的安全。

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 6 371 km 的椭球体。测量工作在地球表面进行。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其相互关系。

如图 1.3(a)所示,由于地球绕南北极自转,其表面的质点 P 除受万有引力 F_W 的作用外,还受到离心力 $F_{离}$ 的影响。 P 点所受的万有引力 F_W 与离心力 $F_{离}$ 的合力称为重力 G ,重力 G 的方向为铅垂线方向。

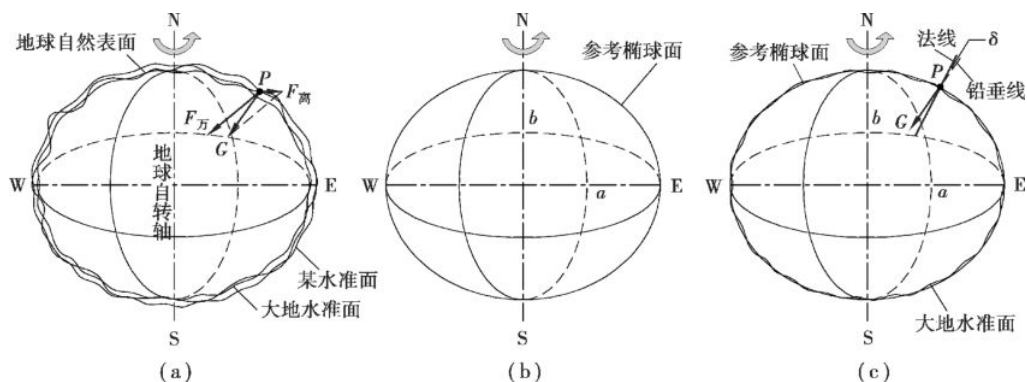


图 1.3 地球自然表面、水准面、大地水准面、参考椭球面、铅垂线、法线之间的关系

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,所以水准面有无数个,其中与平均海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 F_g 的大小不同,致使重力 G 的方向发生变化,所以大地水准面是一个有微小起伏、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(b)]。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(c)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 P 的铅垂线与其法线一般不重合,其夹角 δ 称为垂线偏差。

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

$$f = \frac{a - b}{a} \tag{1.1}$$

《城市测量规范》给出了我国采用的 3 个参考椭球元素值及 GPS 测量使用的参考椭球元素值,列于表 1.1 中。

表 1.1 参考椭球元素值

序号	坐标系名称	类型	椭球名	长半轴 a/m	扁率 f
1	1954 北京坐标系	参心坐标系	克拉索夫斯基椭球	6 378 245	1:298.3
2	1980 西安坐标系	参心坐标系	IUGG1975 椭球	6 378 140	1:298.257
3	2000 国家大地坐标系	地心坐标系		6 378 137	1:298.257 222 101
4	WGS-84 坐标系(GNSS)	地心坐标系	IUGG1979 椭球	6 378 137	1:298.257 223 563

表 1.1 中的 IUGG 为国际大地测量与地球物理学联合会(International Union of Geodesy

and Geophysics) 的英文缩写, 序号 4 的参考椭球, 其长半轴 a 与 IUGG1979 椭球相同, 扁率 f 与序号 3 的 IUGG1979 椭球有微小的差异。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。几何空间是三维的, 因此表示地面点在某个空间坐标系中的位置需要 3 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与地球质心一般不重合, 所以它属于非地心坐标系, 表 1.1 中的前两个坐标系属于参心坐标系。“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 (Greenwich) 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, 1552—1610 年) 最早将西方经纬度概念引入中国, 但当时并未引起重视, 直到清朝初年, 通晓天文地理的康熙皇帝 (1654—1722 年) 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。

按照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

天文地理坐标又称为天文坐标, 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

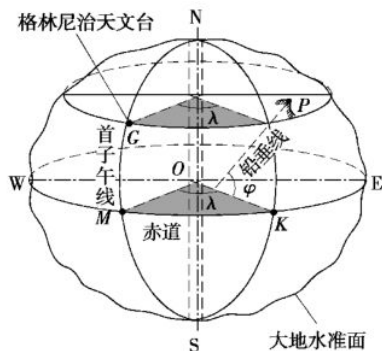


图 1.4 天文地理坐标