



高等职业教育“十二五”规划教材

全国高职高专道路与桥梁工程技术专业系列规划教材



道路工程测量技术

高占云 刘求龙 主编



科学出版社



全国高职高专道路与桥梁工程技术专业系列规划教材

公路导论

路桥应用力学

● 道路工程测量技术

道路工程材料

道路工程制图与CAD

招投标与合同管理

土力学与地基基础设计

道路工程

桥梁工程

公路工程检测

道路勘测技术

隧道工程施工

沥青路面施工

路基土石方施工

工程地质与水文

工程地质与水文实训

水泥混凝土路面工程

钢筋混凝土设计与施工

道路施工组织与安全管理

路面基（垫）层施工技术

检验员顶岗实习手册

公路工程定额与造价（第二版）

公路工程施工图设计与招标文件示例

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-031427-7



9 787030 314277 >

定价：27.00元

北工职院图书馆



0509293

U472.2/1

高等职业教育“十二五”规划教材
全国高职高专道路与桥梁工程技术专业系列规划教材

道路工程测量技术

高占云 刘求龙 主编

夏辉 陈湘青 贾军 副主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是高职高专工学结合、课程改革规划教材,以道路工程测量技术为主线,共设置了十二个项目,主要内容包括工程测量仪器的技术操作与应用,工程测量的基本工作,小区域控制测量,大比例尺地形图测绘,道路中线测量,道路纵、横断面测量,道路施工测量,以及桥涵、隧道施工测量等。

本书主要供高等职业院校道路桥梁工程专业学生使用,也可作为路桥类工程技术人员培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

道路工程测量技术/高占云,刘求龙主编. —北京:科学出版社,2011
(高等职业教育“十二五”规划教材·全国高职高专道路与桥梁工程技术专业系列规划教材)

ISBN 978-7-03-031427-7

I. ①道… II. ①高… ②刘… III. ①道路测量-高等职业教育-教材
IV. ①U412.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 106535 号

责任编辑:彭明兰 张雪梅 / 责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉 / 封面设计:曹来

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2011年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第一次印刷 印张:16

印数:1—3 000 字数:363 000

定价:27.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62132124 (VA03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

为贯彻教育部“关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见”中“加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力”的精神，根据2009年5月16日在福建交通职业技术学院召开的“全国高职高专道路桥梁工程技术专业系列规划教材编写工作会议”的要求编写了本教材。在编写过程中，针对“道路工程测量技术”课程在道路桥梁工程建设中的重要性，力求提升高职学生在工程测量技术方面的操作能力、应用能力及实战能力。

本书内容的选取紧紧抓住高技能人才所要求的“以能力培养为目标，工学结合”一条主线，构建了道路桥梁工程技术专业对于道路工程测量技术实际应用需要的教学内容和体系，包含工程测量技术的基本内容、先进测量仪器、测量误差基本知识、大比例地形图测绘、道路中线测量、道路纵横断面测量、道路桥涵施工测量等，其间融入工程测量单项能力训练与综合能力训练，使“道路工程测量技术”课程充分体现教、学、做一体化的教学模式。本书侧重实用，注重工程测量概念的理解、工程测量技术的学习和应用等，可供道路桥梁及相关专业的工程项目管理、施工、监理等技术人员参考。

本书包含十二个项目，分别为水准测量，角度测量，距离测量与直线定向，全站仪的使用与测量技术，GPS测量技术，测量数据误差分析与成果评价，小区域控制测量，大比例尺地形图测绘及应用，道路中线测量，路线的纵、横断面测量，道路施工测量，以及桥涵、隧道施工测量等。

本书由高占云、刘求龙任主编，夏辉、陈湘青、贾军任副主编，全书由高占云统稿。参加本书编写工作的有：呼和浩特职业学院高占云（课程导入、项目4），南京交通职业技术学院刘求龙（项目7、项目9），黄冈职业技术学院夏辉（项目10、项目11），青海交通职业技术学院陈湘青（项目6、项目12），山西交通职业技术学院贾军（项目5、项目8），呼和浩特职业学院梁俊华（项目1），呼和浩特职业学院刘铭（项目3），呼和浩特职业学院杨继新（项目2）。

为方便教学，作者结合多年教学经验和课改探索实践，提出如下学时分配建议，供各位同仁参考：

学时分配建议

项目	课程内容	学时数			备注
		总学时	课堂讲授	实训	
课程导入	道路工程测量技术概述	2	2		
项目1	水准测量	12	6	6	重点内容
项目2	角度测量	12	4	8	重点内容

续表

项目	课程内容	学时数			备注
		总学时	课堂讲授	实训	
项目 3	距离测量与直线定向	2	2		重点内容
项目 4	全站仪的使用与测量技术	6	2	4	重点、难点内容
项目 5	GPS 测量技术	2	2		
项目 6	测量数据误差分析与成果评价	2	2		
项目 7	小区域控制测量	8	8		重点、难点内容
项目 8	大比例尺地形图测绘及应用	6	6		重点、难点内容
项目 9	道路中线测量	10	6	4	重点内容
项目 10	路线的纵、横断面测量	4	4		重点内容
项目 11	道路施工测量	4	4		重点、难点内容
项目 12	桥涵、隧道施工测量	2	2		
合 计		72	50	22	

本书编写过程中参考了许多有关书籍及文献，在此向相关作者表示衷心感谢。限于编者的水平和能力，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

书号	编 者	
	编 者	审 核 者
容内页数	8	1
容内页数	8	1

目 录

前言

课程导入 道路工程测量技术概述	1
导入 1 道路工程测量技术的作用和地位	2
导入 2 地面点的定位体系	3
导入 3 测量工作的基本程序	8
思考与练习	9
项目 1 水准测量	10
任务 1.1 水准仪的认识与使用	11
工作任务：正确使用水准仪，并测定地面两点间高差	11
实践操作	11
相关知识：水准测量的原理、水准仪和水准尺	14
任务 1.2 普通水准测量	22
工作任务：完成普通水准测量的外业数据采集与内业计算	22
实践操作	23
相关知识：普通水准测量的实施和误差	24
任务 1.3 水准仪的检验校正	31
工作任务：微倾式水准仪进行检验与校正	31
实践操作	31
相关知识：微倾式 DS ₃ 水准仪的检验与校正	34
任务 1.4 认识 DS ₁ 水准仪及电子水准仪	38
工作任务：了解 DS ₁ 水准仪及电子水准仪的特点	38
实践操作	38
相关知识：DS ₁ 水准仪与电子水准仪简介	39
巩固训练：用普通水准测量测定地面点的高程	43
思考与练习	43
项目 2 角度测量	45
任务 2.1 经纬仪的认识与使用	46
工作任务：学会使用经纬仪	46
实践操作	46
相关知识：经纬仪的认识与使用	48
任务 2.2 测量水平角	55
工作任务：测量水平角	55
实践操作	56

相关知识：水平角测量原理及方向观测法的技术要求	59
任务 2.3 竖直角测量	60
工作任务：竖直角测量	60
实践操作	60
相关知识：竖直角测量原理、计算公式及竖盘指标差	61
任务 2.4 经纬仪的检验与校正	65
工作任务：经纬仪的检验与校正	65
实践操作	65
相关知识：经纬仪各轴线间应满足的几何条件及角度测量误差	70
巩固训练：用测回法观测水平角与竖直角	72
思考与练习	73
项目 3 距离测量与直线定向	76
任务 3.1 钢尺量距	77
工作任务：完成钢尺量距的施测与计算	77
实践操作	77
相关知识：钢尺量距的误差分析及注意事项	80
任务 3.2 直线定向	82
工作任务：正确表示直线的方向，并用罗盘仪测量磁方位角	82
实践操作	83
相关知识：直线方向和罗盘仪	84
巩固训练：用钢尺丈量距离	86
思考与练习	87
项目 4 全站仪的使用与测量技术	88
任务 4.1 全站仪的基本操作	89
工作任务：能用全站仪测量角度、距离及点的坐标	89
实践操作	89
相关知识：全站仪的结构原理、测量模式及操作注意事项	90
任务 4.2 用全站仪进行施工测量放样	94
工作任务：用全站仪进行施工测量放样	94
实践操作	94
相关知识：拓普康 GTS-300 系列全站仪简介	95
巩固训练：全站仪坐标放样	100
思考与练习	101
项目 5 GPS 测量技术	102
任务 5.1 静态 GPS 测量作业	103
工作任务：静态 GPS 测量作业	103
实践操作	103
相关知识：GPS 测量原理及系统组成	104

任务 5.2 GPS 实时动态 (RTK) 测量作业	109
工作任务: GPS 实时动态 (RTK) 测量作业	109
RTK 作业	110
相关知识: GPS 测量技术的应用	111
巩固训练: 用 GPS 采集点的坐标和放样	112
思考与练习	113
项目 6 测量数据误差分析与成果评价	114
任务 测量误差分析和测量数据评价	115
工作任务: 测量成果评价和误差分析	115
实践操作	115
相关知识: 测量误差与精度评定标准	116
巩固训练: 对一组测量数据进行精度评价	120
思考与练习	121
项目 7 小区域控制测量	122
任务 7.1 经纬仪导线测量	123
工作任务: 用经纬仪进行导线测量	123
实践操作	123
相关知识: 平面控制测量	124
任务 7.2 全站仪坐标导线测量	135
工作任务: 用全站仪进行导线测量	135
实践操作	136
相关知识: 全站仪导线测量	137
任务 7.3 高程控制测量	138
工作任务: 四等水准测量的施测与计算	138
实践操作	138
相关知识: 高程控制测量概述	142
巩固训练: 对一闭合导线进行控制测量	147
思考与练习	147
项目 8 大比例尺地形图测绘及应用	149
任务 8.1 识别地形图标识符号及识读地形图	150
工作任务: 识读地形图	150
实践操作	150
相关知识: 地形图基本知识及地形图的应用	151
任务 8.2 地形图的测绘	161
工作任务: 经纬仪测绘地形图	161
实践操作	161
相关知识: 视距测量原理及地形图的拼图、整饰	165
巩固训练: 经纬仪测绘法测地形图	169

001	思考与练习	170
	项目 9 道路中线测量	172
011	任务 9.1 圆曲线的测设	173
111	工作任务: 圆曲线的曲线要素计算与测设	173
211	实践操作	173
311	相关知识: 道路中线测量概述	176
411	任务 9.2 带缓和曲线圆曲线的测设	186
511	工作任务: 缓和曲线的曲线要素计算与测设	186
611	实践操作	186
711	相关知识: 缓和曲线平曲线的测设	189
811	巩固训练: 用全站仪放样道路中线	196
911	思考与练习	197
	项目 10 路线纵、横断面测量	198
021	任务 10.1 路线纵断面的测量	199
121	工作任务: 路线纵断面的测量	199
221	实践操作	199
321	相关知识: 纵断面图的绘制及跨河水准和跨沟谷测量	202
421	任务 10.2 路线横断面的测量	205
521	工作任务: 路线横断面的测量	205
621	实践操作	205
721	相关知识: 横断面方向的标定	207
821	巩固训练: 路线纵断面测量	209
921	思考与练习	209
	项目 11 道路施工测量	211
031	任务 11.1 点的平面位置的测设	212
131	工作任务: 测设点的平面位置	212
231	实践操作	212
331	相关知识: 放样点的平面位置时的注意事项	214
431	任务 11.2 路线施工测量	215
531	工作任务: 路线施工测量	215
631	实践操作	215
731	相关知识: 控制点和水准点的复测与加密的要求	219
831	巩固训练: 路基施工放样测量	220
931	思考与练习	220
	项目 12 桥涵、隧道施工测量	221
041	任务 12.1 桥梁涵洞施工测量	222
141	工作任务: 桥梁涵洞的施工测量	222
241	实践操作	222

相关知识	222
任务 12.2 隧道施工测量	232
工作任务：隧道的施工测量	232
实践操作	232
相关知识	233
巩固训练：桥梁墩台中心定位	243
思考与练习	244
主要参考文献	245

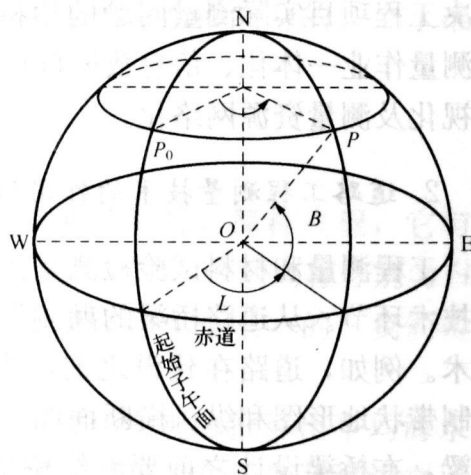
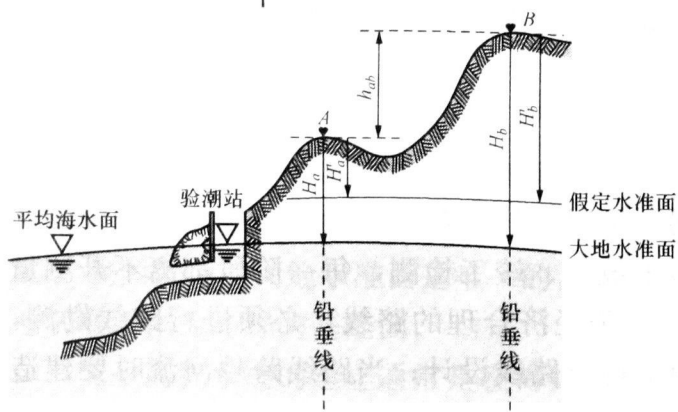


课程导入

道路工程测量技术概述

教学目标

1. 知道道路工程测量技术的作用和地位。
2. 明确道路工程测量应具备的能力。
3. 能正确使用定位体系表示地面点。



导入 1 道路工程测量技术的作用和地位

一、道路工程测量应具备的能力

根据道路桥梁工程的特点,结合我国交通事业的发展,道路桥梁工程专业及相关专业的学生在学习完“道路工程测量技术”课程以后应具备如下能力:

- 1) 具有团结协作、吃苦耐劳的工作作风。
- 2) 掌握工程测量的基本理论和基本方法。
- 3) 学会工程测量常规仪器的使用,学会应用先进测量仪器解决道路工程测量技术问题。
- 4) 能采用不同的仪器、利用多种方法正确地进行小区域大比例尺的地形测绘。
- 5) 在公路勘测、设计和施工中,具有正确应用地形图和有关测量资料的能力,如根据图纸进行地形分析、施工前的放样分析等。
- 6) 能解决道路桥梁工程的测量专项内容,即公路中线测量,基平测量,中平测量,纵横断面测量及绘制,施工放样,路基边桩、边坡、竖曲线以及涵洞的放样,测定桥梁中线、桥梁墩台的中心位置和隧道的施工测量。

二、道路工程测量技术的作用和地位

1. 工程测量的一般概念

测量学是测定地面点的空间位置,将地球表面地形和其他地理信息测绘成图,研究并确定地球形状和大小的科学。

工程测量是研究工程建设项目在地形测绘、勘测设计、施工测量、工程管理等方面的各种测量工作,主要内容有控制测量、地形测绘、施工放样、质量检测、设备安装测量、竣工测量、变形观测和维修养护测量等。工程测量是测量学在国民经济和国家工程建设中的直接应用,是在数学、物理学等有关学科的基础上应用各种测量技术解决工程项目实际测量问题的学科。近年来,我国工程测量技术发展速度迅猛,实现了测量作业一体化、信息数据自动化、测量系统智能化、测量成果数字化、信息管理可视化及测量资源网络化。

2. 道路工程测量技术的作用和地位

工程测量和材料试验检测是控制道路、桥梁、隧道等建设项目工程质量命脉的两大技术环节。从道路桥梁的勘测设计到施工放样、竣工检测,每一阶段都离不开测量技术。例如,道路在建设之前,为了确定一条经济合理的路线,必须进行路线勘测,绘制带状地形图和纵、横断面图,并在图上进行路线设计;当路线跨越河流时要建造桥梁,在桥梁设计之前要测绘桥址河流两岸的地形图,测量河床断面、水位、流速、流量和桥梁轴线的长度,以便设计桥台桥墩的位置;当路线跨越高山时,为了降低路线的坡度,减少路线的长度,采用隧道穿越高山,在隧道设计之前应测绘隧址大比例

尺地形图,为隧道设计提供必要的数据,确定隧道轴线、洞口、竖井等的位置。

设计完成后,为保证工程施工的进度和质量,施工前要将图纸上已设计好的路线、桥涵和隧道的各点按规定的精度准确无误地测设于实地,即施工前必须进行施工放样。施工过程中要经常通过测量来检查工程的进度和质量,在隧道施工过程中还要不断地进行贯通测量,以保证隧道构造物的平面位置和高程正确。道路、桥梁、隧道工程竣工后,还要测量检查竣工情况,即进行竣工验收,并通过必要的测量编制竣工图,以满足工程的验收、维护、加固以至扩建的需要。

在工程项目投入使用后的营运阶段,还要应用测量技术进行一些常规检查和定期进行变形观测,进行必要的养护和维修,以确保道路、桥梁和隧道等构造物的安全。

凡此种种,均体现出道路工程测量技术在道路、桥梁、隧道的勘测、设计、施工、竣工及养护维修等各个阶段的重要性。因此,作为一位道路桥梁专业的技术人员,必须具备工程测量的基本知识和技能,且道路工程测量要满足精确、可靠、快速、简便、连续、动态、实时、遥测等要求。

导入 2 地面点的定位体系

道路工程测量本质就是测定点的位置。我们知道,地面点是相对于地球定位的,如果选择一个能代表地球形状和大小且相对固定的理想曲面作为测量的基准面,就可以用地面点在基准面上的投影位置和高度来确定地面点的空间位置。

测量工作是在地球的自然表面上进行的,而地球自然表面是很不规则的,有高山、丘陵、平原和海洋,其中最高的珠穆朗玛峰高出海平面达 8848.13m,最低的位于太平洋西部的马里亚纳海沟低于海水面达 11 022m,但是这样的高低起伏相对于地球近似半径 6371km 来说还是很小的。又由于海洋约占整个地球表面的 71%,因此可以把海平面所包围的地球形体看作地球的形状,即设想一个静止的海水面向陆地延伸而形成一个闭合曲面,这个曲面称为水准面,如图 0.1 (a) 所示。水准面作为流体的水面是受地球重力影响而形成的重力等势面,是一个处处与重力方向垂直的连续曲面。由于水面可高可低,因此水准面有无数多个,我们将其中与平均的海水面吻合的一个水准面称为大地水准面,如图 0.1 (b) 所示。

一、点的高程系统

地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程或海拔,简称高程,它与地面点的坐标共同确定地面点的空间位置。在图 0.2 中,地面点 A、B 的高程分别为 H_a 、 H_b 。我国采用的大地水准面是唯一的,因此地面点的绝对高程也是唯一的。我们将大地水准面作为高程的基准面。

国家高程系统的建立通常是在海边设立验潮站,经过长期观测推算出平均海水面的高度,并以此为基准在陆地上设立稳定的国家水准原点。我国在青岛黄海设立了验潮站,长期观测和记录黄海海水面的高低变化,取其平均值作为我国的大地水准面的位置,作为高程的基准面(其高程为零),并在青岛建立了国家水准原点。目前,我国

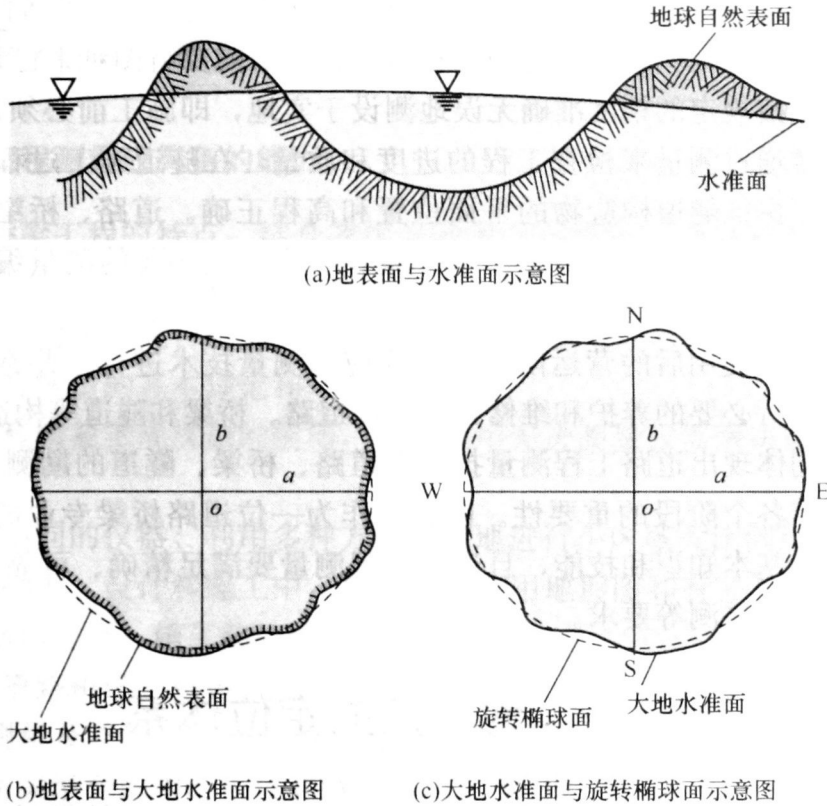


图 0.1 地球的自然表面、大地水准面和旋转椭球面

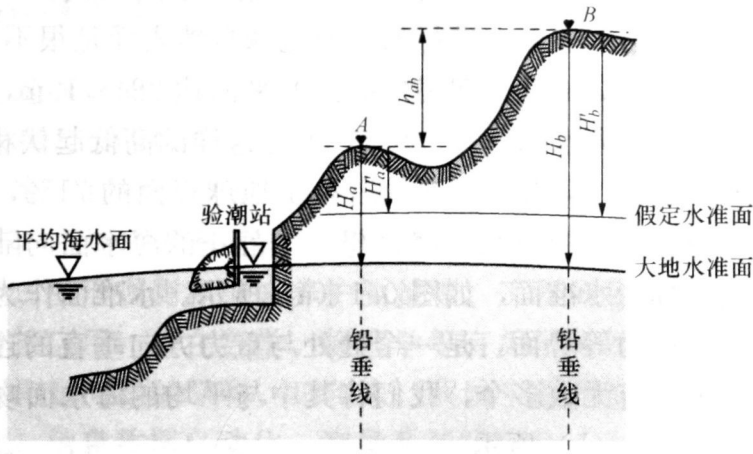


图 0.2 高程系统

采用“1985 年国家高程基准”为基准，水准原点的高程为 72.2604m，全国各地的高程都以它为基准进行测算。

当在局部地区引用绝对高程有困难时，可采用假定高程系统，即采用任意假定的一个水准面作为高程起算的基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离称为假定高程或相对高程。在图 0.2 中，A、B 两点的相对高程为 $H'_a - H'_b$ 。

地面上两点高程之差称为这两点的高差，如图 0.2 中 A、B 两点间的高差为

$$h_{ab} = H_b - H_a = H'_b - H'_a \quad (0.1)$$

由此可见，两点间的高差与高程起算面无关。

二、地面点的坐标系统

大地水准面所包围的地球形体称为大地体。我们将重力的方向线称为铅垂线，铅垂线是测量工作的基准线。地球内部质量分布不均匀，导致地面上各点的重力方向即铅垂线方向产生不规则的变化，因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果将地面上的图形投影到这个不规则的曲面上，将无法进行测量计算和绘图，为此必须用一个与大地水准面的形状非常接近、并可用数学公式表达的几何形体来代替地球的形状。测量上选用椭圆绕其短轴旋转而成的旋转椭球体，其表面为旋转椭球面，这样测量计算的基准面为旋转椭球面，如图 0.1 (c) 所示。

目前，我国所采用的旋转椭球体的形状和大小可由其长半轴 a （或短半轴 b ）和扁率 α 确定，其参考椭球体元素为

$$\left. \begin{array}{l} \text{长半轴} \quad a = 6\,378\,140\text{m} \\ \text{短半轴} \quad b = 6\,356\,755.3\text{m} \\ \text{扁率} \quad \alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257} \end{array} \right\} \quad (0.2)$$

通常把地球椭球体当作圆球看待，取其半径为 6371km。

1. 大地坐标系

大地坐标系为地面点在旋转椭球面上的位置，用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示，如图 0.3 所示。图中 NS 为椭球的旋转轴， N 表示北极， S 表示南极， O 为椭球中心。

通过椭球旋转轴的平面称为子午面，其中通过英国伦敦格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线。

图 0.3 中 P 点的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角，用 L 表示，从起始子午面算起，向东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经，向西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

P 点的大地纬度就是该点的法线（与椭球面垂直的线）与赤道面的交角，用 B 表示，从赤道面起算，向北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬，向南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。

地面点的大地坐标是根据大地测量数据由大地原点（大地坐标原点）推算而得的。我国现采用“1980 年国家大地坐标系”，大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇境内一点。

2. 高斯平面直角坐标系

工程测量中需要将大地坐标系转换为平面直角坐标系时，采用高斯平面直角坐标系。

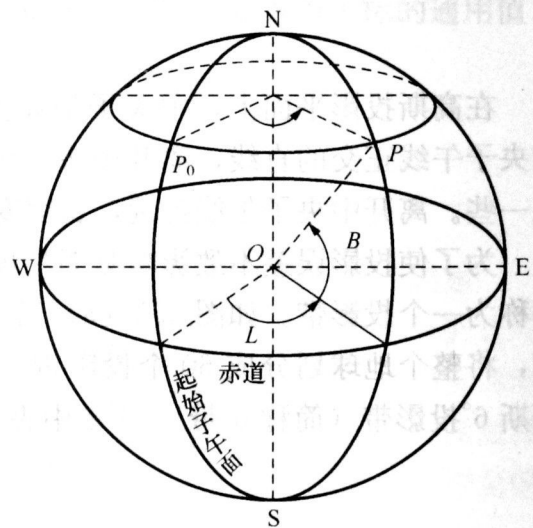


图 0.3 旋转椭球体

如图 0.4 (a) 所示, 设想将截面为椭圆的一个圆柱横套在地球椭球体外面, 并与椭球体面上某一条子午线 (如 NDS) 相切, 同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭球体中心, 圆柱面与椭球体面相切的子午线称为中央子午线。若以椭球中心为投影中心, 将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球图形投影到圆柱面上, 再顺着过南、北极点的圆柱母线将圆柱面剪开, 展成平面, 如图 0.4 (b) 所示, 这个平面就是高斯投影平面。

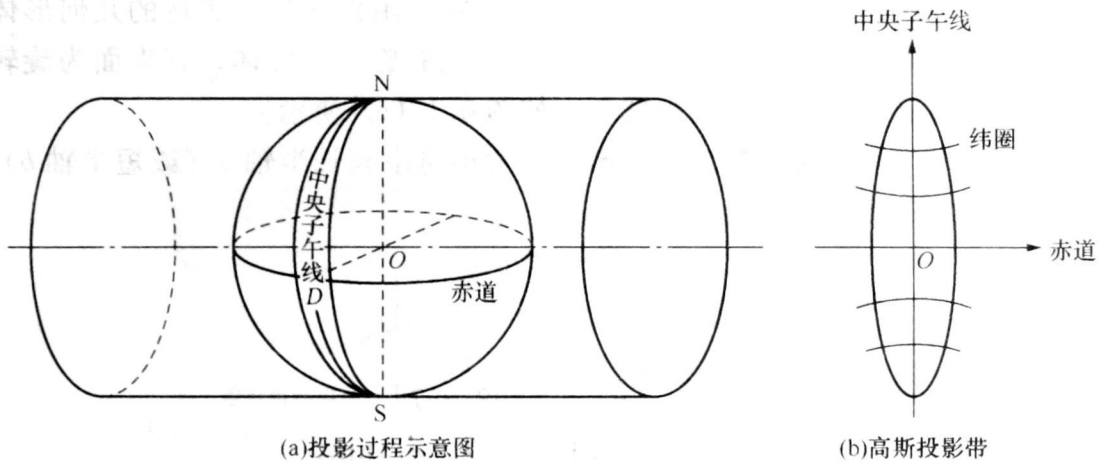


图 0.4 高斯投影

在高斯投影平面上, 中央子午线投影为直线, 且长度不变, 赤道投影后为一条与中央子午线正交的直线, 离开中央子午线的线段投影后均要发生变形, 且均较投影前长一些。离开中央子午线愈远, 长度变形愈大。

为了使投影误差不致影响测图精度, 以经差 6° 限定高斯投影的范围, 每一投影范围称为一个投影带。如图 0.5 (a) 所示, 6° 带是从 0° 子午线算起, 以经度每隔 6° 为一带, 将整个地球划分成 60 个投影带, 并用阿拉伯数字 1, 2, ..., 60 顺次编号, 称为高斯 6° 投影带 (简称 6° 带)。 6° 带中央子午线经度 L_0 与投影带号 N_e 之间的关系式为

$$L_0 = N_e \times 6^\circ - 3^\circ \quad (0.3)$$

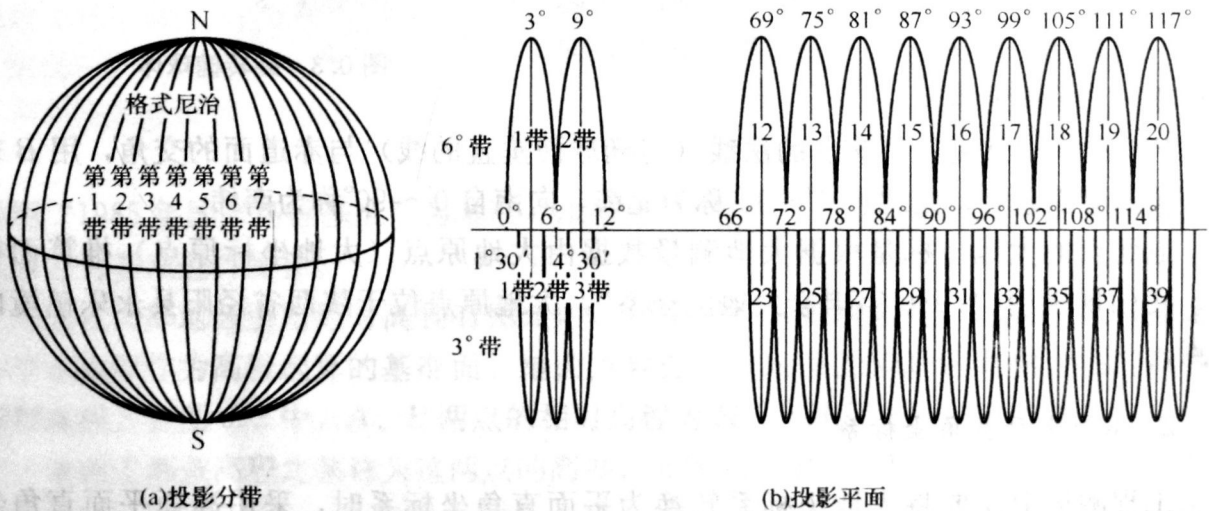


图 0.5 高斯投影分带及带号