

◎ 蒋梦云 主编



# 公路工程

## 测量员培训教材

GONGLUGONGCHENG  
CELIANGYUANPEIXUNJIAOCAI

中国建材工业出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

公路工程测量员培训教材/蒋梦云主编.——北京:  
中国建材工业出版社,2011.5  
ISBN 978-7-80227-923-0

I. ①公… II. ①蒋… III. ①道路工程—工程测量—  
技术培训—教材 IV. ①U412.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 073343 号

**公路工程测量员培训教材**  
蒋梦云 主编

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京紫瑞利印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:444 千字

版 次:2011 年 5 月第 1 版

印 次:2011 年 5 月第 1 次

书 号:ISBN 978-7-80227-923-0

定 价:35.00 元

---

本社网址:www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。电话:(010)88386906

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书责编联系。邮箱:dayi51@sina.com

## 内 容 提 要

本书以《公路勘测规范》(JTJ C10—2007)、《工程测量规范》(GB 50026—2007)及相关标准、规程为依据,结合典型公路工程测量实践,详细阐述了公路工程测量的基础理论、方法与技术。全书主要包括工程测量基础、水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、公路工程地形图测绘、航空摄影测量与数字地面模型的建立、施工控制测量、公路路线施工测量、桥涵施工测量、隧道施工测量、全站仪及 GPS 测量、公路工程变形测量等。

本书内容翔实,具有很强的实用价值,可供公路工程测量员培训、自学使用,也可供高等院校相关专业师生学习公路工程测量相关操作技巧时参考使用。

# 公路工程测量员培训教材

## 编写组

主 编：蒋梦云

副主编：李 慧 沈志娟

编 委：王端杰 苗 旺 杜爱玉 巩 玲  
李良因 高会芳 何晓卫 梁帅婷  
郑超荣 王刚领 代洪卫 岳翠贞

# 前 言

工程测量在工程建设中有着广泛的应用,它服务于工程建设的每一个阶段,贯穿于工程建设的始终,在工程建设勘测、设计、施工、验收、管理等各个阶段都需进行工程测量工作。在工程勘测、设计阶段,工程测量工作为工程建设用地的选择、道路管线位置的确定等提供必备的基础数据资料和图纸;施工阶段则需要通过工程测量工作来衔接,以配合各项工序的施工,为工程建设项目施工提供指引,从而保障工程建设的质量;工程项目竣工后的竣工测量,可为工程的验收、日后的扩建和维修管理提供资料;而在工程管理阶段,须对工程项目进行变形观测,以确保工程项目的安全使用。

近年来,随着工程建设水平的快速发展与提高,工程测量的技术面貌也发生了深刻的变化,如电子计算机技术、微电子技术、微光技术以及空间技术等新技术的发展与应用,为工程测量技术的进步提供了新的方法与手段。同时,由于建设领域科技的进步,对工程测量工作也提出了新任务、新课题和新要求,广大工程建设测量人员必须不断努力学习,以提高自身的业务能力和专业水平,满足工程建设测量水平发展与提高的需要。

为了满足工程建设测量人员培训教学和热爱工程测量工作人员自学工程测量基础知识的需要,我们组织工程测量领域相关专家学者,以《公路勘测规范》(JTG C10—2007)、《工程测量规范》(GB 5002—2007)及相关标准规程为依据,编写了《公路工程测量员培训教材》一书,以供公路工程测量员培训及热爱公路工程测量工作者自学工程测量基础知识及相关操作技巧时参考使用。

与市面上同类书籍比较,本书主要具有以下特点:

(1)理论与实践相结合。本书内容既注重讲述公路工程测量的基础理论、方法与技术,又结合典型公路工程测量实践,涵盖了公路工程测量的各个方面,是广大公路工程施工测量人员工作时的实用工具书。

(2)内容新颖,通俗易懂。本书依据最新公路工程测量相关标准规范进行编写,且书中叙述语言大众化,基本上能满足初中以上文化程度的读者培训及自学的需要。

(3)内容全面,实用性强。本书以倡导先进性,注重可行性,强化可操作性为指导,在编写时既考虑了内容的相互关联和体系完整,又不拘泥于此,对部分在理论研究上有较大意义但在实践中实施尚有困难的内容,书中就没有进行深入

的讨论。

参与本书编写的人员大都是具有丰富工程测量实践工作经验的专家学者，书中内容体现了他们多年的经验成果，具有很强的实用价值。但由于工程测量领域的飞速发展，尚有很多新的工程测量课题与任务需要不断去摸索与研究，正因为如此，尽管本书编写人员已尽最大努力，但书中错误及不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以利及时修订与完善。

# 目 录

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| <b>第一章 工程测量基础</b> .....         | (1)  |
| 第一节 测量学概述 .....                 | (1)  |
| 一、测量学的概念和任务 .....               | (1)  |
| 二、测量学的分类 .....                  | (1)  |
| 三、测量学的作用 .....                  | (1)  |
| 四、工程施工测量的内容 .....               | (2)  |
| 第二节 地面点位的确定 .....               | (3)  |
| 一、地球的形状与大小 .....                | (3)  |
| 二、点位的确定 .....                   | (3)  |
| 三、地面点的高程 .....                  | (6)  |
| 四、地球曲率对测量工作的影响 .....            | (6)  |
| 第三节 比例尺及其应用 .....               | (8)  |
| 一、比例尺的概念 .....                  | (8)  |
| 二、比例尺的种类 .....                  | (8)  |
| 第四节 测量工作概述 .....                | (9)  |
| 一、测量的基本工作 .....                 | (9)  |
| 二、测量工作的基本步骤 .....               | (9)  |
| 三、测量工作的要求及程序 .....              | (10) |
| 第五节 测量误差 .....                  | (11) |
| 一、误差来源 .....                    | (11) |
| 二、误差分类 .....                    | (12) |
| 三、精度指标 .....                    | (12) |
| <b>第二章 水准测量</b> .....           | (15) |
| 第一节 水准测量的仪器及其使用 .....           | (15) |
| 一、DS <sub>3</sub> 水准仪和水准尺 ..... | (15) |
| 二、DS <sub>1</sub> 精密水准仪 .....   | (20) |
| 三、自动安平水准仪 .....                 | (21) |
| 四、电子数字水准仪 .....                 | (22) |
| 第二节 普通水准测量 .....                | (23) |

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 一、水准测量原理 .....        | (23) |
| 二、水准点 .....           | (23) |
| 三、水准测量方法 .....        | (24) |
| 四、水准测量的检验 .....       | (26) |
| 五、水准测量成果计算 .....      | (28) |
| 第三节 跨河水准测量 .....      | (29) |
| 一、跨河地点的选取 .....       | (29) |
| 二、跨河水准的布设方法 .....     | (30) |
| 三、跨河水准测量应注意的事项 .....  | (30) |
| 四、跨河水准测量的方法 .....     | (30) |
| 第四节 水准仪的检验与校正 .....   | (31) |
| 一、水准仪的检验与校正方法 .....   | (31) |
| 二、水准仪检验校正注意事项 .....   | (34) |
| 第五节 水准测量误差及注意事项 ..... | (34) |
| 一、仪器和工具误差 .....       | (34) |
| 二、标尺和仪器升沉误差 .....     | (34) |
| 三、观测误差 .....          | (35) |
| 四、外界条件的影响 .....       | (35) |
| 五、误差的影响及注意事项 .....    | (36) |
| <b>第三章 角度测量</b> ..... | (38) |
| 第一节 角度测量原理与仪器 .....   | (38) |
| 一、角度测量原理 .....        | (38) |
| 二、光学经纬仪的构造 .....      | (38) |
| 三、经纬仪的操作使用 .....      | (41) |
| 第二节 水平角测量 .....       | (43) |
| 一、测回法 .....           | (43) |
| 二、方向观测法 .....         | (44) |
| 第三节 竖直角测量 .....       | (48) |
| 一、竖直度盘的构造及竖直角计算 ..... | (48) |
| 二、竖盘指标差 .....         | (49) |
| 三、竖直角的观测 .....        | (49) |
| 第四节 光学经纬仪的检验与校正 ..... | (50) |
| 一、照准部水准管的检验与校正 .....  | (51) |
| 二、十字丝的检验与校正 .....     | (51) |
| 三、视准轴的检验与校正 .....     | (52) |
| 四、横轴的检验与校正 .....      | (52) |



|                           |      |
|---------------------------|------|
| 五、光学对中器的检验与校正 .....       | (52) |
| 第五节 角度测量的误差及注意事项 .....    | (53) |
| 一、角度测量的误差 .....           | (53) |
| 二、角度测量的注意事项 .....         | (54) |
| 第四章 距离测量与直线定向 .....       | (55) |
| 第一节 钢尺测距 .....            | (55) |
| 一、定位与放样工具 .....           | (55) |
| 二、直线定线 .....              | (56) |
| 三、距离测量 .....              | (57) |
| 四、钢尺测距的误差分析及注意事项 .....    | (59) |
| 第二节 视距测量 .....            | (61) |
| 一、视距测量原理 .....            | (61) |
| 二、视距测量的计算 .....           | (62) |
| 三、视距测量注意事项 .....          | (63) |
| 第三节 测距仪测距 .....           | (63) |
| 一、测距仪测距原理 .....           | (63) |
| 二、测距仪的构造 .....            | (64) |
| 三、DCH-2 型红外线测距仪的使用 .....  | (64) |
| 第四节 直线定向 .....            | (65) |
| 一、子午线 .....               | (65) |
| 二、方位角 .....               | (66) |
| 三、象限角 .....               | (66) |
| 第五章 公路工程地形图测绘 .....       | (67) |
| 第一节 公路地形图测绘概述 .....       | (67) |
| 一、绘图比例尺 .....             | (67) |
| 二、公路工程地形图的注记 .....        | (68) |
| 三、图廓和坐标格网 .....           | (70) |
| 四、三北方向线、直线比例尺和坡度比例尺 ..... | (71) |
| 五、公路工程地形图图例 .....         | (71) |
| 第二节 图根控制测量 .....          | (73) |
| 一、交会法 .....               | (74) |
| 二、导线法 .....               | (74) |
| 三、GPS-RTK 施测图根点 .....     | (74) |
| 四、图根点高程测量 .....           | (75) |
| 第三节 公路地形图测绘 .....         | (76) |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 一、测量前的准备工作 .....                  | (76)         |
| 二、碎部点的选择 .....                    | (78)         |
| 三、地形图测绘方法 .....                   | (78)         |
| 四、全站仪测绘地形图 .....                  | (80)         |
| 五、公路工程水下地形图测绘 .....               | (82)         |
| 第四节 地形图的应用 .....                  | (83)         |
| 一、图上确定点的坐标 .....                  | (83)         |
| 二、确定两点间的水平距离 .....                | (83)         |
| 三、确定直线的坐标方位角 .....                | (84)         |
| 四、确定点的高程 .....                    | (84)         |
| 五、绘出同坡度线 .....                    | (84)         |
| 六、绘制纵断面图 .....                    | (85)         |
| 七、确定汇水区面积 .....                   | (86)         |
| <b>第六章 航空摄影测量与数字地面模型的建立 .....</b> | <b>(87)</b>  |
| 第一节 航空摄影测量 .....                  | (87)         |
| 一、航摄比例尺选择 .....                   | (87)         |
| 二、航空飞行 .....                      | (87)         |
| 三、航空摄影质量 .....                    | (88)         |
| 四、航空摄影分区 .....                    | (88)         |
| 五、航空摄影测量工作 .....                  | (90)         |
| 六、航空摄影资料的提交 .....                 | (97)         |
| 第二节 数字地面模型 .....                  | (98)         |
| 一、地面数据的获取 .....                   | (98)         |
| 二、数据采集的要求 .....                   | (98)         |
| 三、地面数据文件的内容及要求 .....              | (99)         |
| 四、数据采样 .....                      | (99)         |
| 五、数据编辑和预处理 .....                  | (99)         |
| 六、DTM 的构建与应用 .....                | (100)        |
| <b>第七章 施工控制测量 .....</b>           | <b>(102)</b> |
| 第一节 施工测量概述 .....                  | (102)        |
| 一、施工测量综述 .....                    | (102)        |
| 二、施工测量的特点 .....                   | (102)        |
| 三、施工测量的原则 .....                   | (103)        |
| 第二节 测设的基本工作 .....                 | (103)        |
| 一、测设的内容 .....                     | (103)        |

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 二、点位的测设 .....             | (103)        |
| 三、测设已知坡度的直线 .....         | (106)        |
| 四、直线延长线与垂直线的测设 .....      | (107)        |
| 第三节 平面控制测量 .....          | (109)        |
| 一、平面控制测量等级 .....          | (109)        |
| 二、控制点的选择 .....            | (109)        |
| 三、控制测量要求 .....            | (110)        |
| 四、平面控制网的布设要求 .....        | (111)        |
| 五、平面控制观测要求 .....          | (113)        |
| 第四节 高程控制测量 .....          | (117)        |
| 一、高程控制测量要求 .....          | (117)        |
| 二、高程控制点布设 .....           | (118)        |
| 三、水准测量观测 .....            | (119)        |
| 四、光电测距三角高程测量 .....        | (120)        |
| 五、GPS 高程测量 .....          | (121)        |
| 六、跨河水准测量 .....            | (121)        |
| <b>第八章 公路路线施工测量 .....</b> | <b>(123)</b> |
| 第一节 测量准备工作 .....          | (123)        |
| 一、测量前的准备 .....            | (123)        |
| 二、交接桩的范围 .....            | (123)        |
| 三、交接桩的程序 .....            | (123)        |
| 四、测量制度的建立 .....           | (123)        |
| 第二节 导线复测 .....            | (124)        |
| 一、导线复测的外业工作 .....         | (124)        |
| 二、导线复测的内业计算 .....         | (125)        |
| 第三节 路线各测点及转角和里程桩的测设 ..... | (130)        |
| 一、交点的测设 .....             | (130)        |
| 二、路线转角和分角线的测设 .....       | (132)        |
| 三、里程桩的测设 .....            | (133)        |
| 第四节 公路中线的线形及其各要素的计算 ..... | (134)        |
| 一、单圆曲线 .....              | (134)        |
| 二、缓和曲线 .....              | (139)        |
| 三、圆曲线带有缓和曲线 .....         | (140)        |
| 四、在困难条件下的曲线测设方法 .....     | (142)        |
| 五、复曲线的测设 .....            | (146)        |
| 六、回头曲线的测设 .....           | (149)        |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 第五节 路线纵横断面测量 .....      | (149) |
| 一、路线纵断面测量 .....         | (149) |
| 二、路线横断面测量 .....         | (154) |
| 第六节 路基与路面施工测量 .....     | (158) |
| 一、路基施工测量 .....          | (158) |
| 二、路面施工测量 .....          | (162) |
| <b>第九章 桥涵施工测量</b> ..... | (166) |
| 第一节 桥梁轴线定位测量 .....      | (166) |
| 一、轴线长度测量精度的估算 .....     | (166) |
| 二、轴线长度的测量方法 .....       | (167) |
| 第二节 桥梁墩、台定位 .....       | (169) |
| 一、直线桥梁的墩、台定位 .....      | (169) |
| 二、曲线桥梁的墩、台定位 .....      | (171) |
| 三、墩、台定位的方法 .....        | (175) |
| 第三节 桥梁下部构造施工测量 .....    | (179) |
| 一、明挖基础施工放样 .....        | (179) |
| 二、桩基础定位放样 .....         | (180) |
| 三、管柱基础施工放样 .....        | (181) |
| 四、沉井基础施工放样 .....        | (181) |
| 五、桥台、墩身施工放样 .....       | (181) |
| 第四节 桥梁与涵洞附属工程放样 .....   | (183) |
| 一、涵洞施工放样 .....          | (183) |
| 二、锥形护坡放样 .....          | (184) |
| 第五节 桥梁架设测量 .....        | (187) |
| 一、准备阶段施工测量 .....        | (187) |
| 二、架设阶段施工测量 .....        | (188) |
| <b>第十章 隧道施工测量</b> ..... | (189) |
| 第一节 隧道地面控制测量 .....      | (189) |
| 一、测量前准备工作 .....         | (189) |
| 二、地面导线测量 .....          | (189) |
| 三、地面三角测量 .....          | (190) |
| 四、地面水准测量 .....          | (191) |
| 第二节 隧道施工洞内测量 .....      | (192) |
| 一、洞内平面测量 .....          | (192) |
| 二、洞内水准测量 .....          | (196) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 三、隧道开挖净空测量 .....       | (197) |
| 第三节 地面与洞内的联系测量 .....   | (197) |
| 一、高程传递 .....           | (197) |
| 二、坐标和方位角的传递 .....      | (199) |
| 三、用光学仪器进行竖井联系测量 .....  | (201) |
| 第四节 路线引测进洞数据计算 .....   | (203) |
| 一、直线隧道 .....           | (203) |
| 二、设有曲线段隧道 .....        | (204) |
| 三、辅助巷道 .....           | (204) |
| 四、洞口掘进方向的标定 .....      | (205) |
| 第五节 测量坐标与施工坐标的换算 ..... | (205) |
| 第六节 隧道测量误差 .....       | (206) |
| 一、隧道贯通误差及其限差 .....     | (206) |
| 二、贯通误差的来源 .....        | (207) |
| 三、地面控制测量对误差的影响 .....   | (207) |
| 四、高程控制测量对误差的影响 .....   | (211) |
| 第十一章 全站仪及 GPS 测量 ..... | (213) |
| 第一节 全站仪及其使用 .....      | (213) |
| 一、全站仪的概念 .....         | (213) |
| 二、全站仪的特点 .....         | (214) |
| 三、全站仪的技术指标 .....       | (214) |
| 四、全站仪的构造 .....         | (215) |
| 五、全站仪的使用 .....         | (217) |
| 六、全站仪使用注意事项 .....      | (225) |
| 七、全站仪的检验与校正 .....      | (225) |
| 第二节 GPS 测量 .....       | (228) |
| 一、GPS 概述 .....         | (228) |
| 二、GPS 系统组成 .....       | (228) |
| 三、GPS 定位原理 .....       | (230) |
| 四、GPS 网的布设 .....       | (234) |
| 五、GPS 测量的观测 .....      | (235) |
| 六、GPS 测量误差 .....       | (236) |
| 七、GPS 技术的应用 .....      | (239) |
| 第十二章 公路工程变形测量 .....    | (241) |
| 第一节 工程位移测量 .....       | (241) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 一、水准点测设 .....      | (241) |
| 二、位移变形观测 .....     | (244) |
| 第二节 桥及隧道变形观测 ..... | (247) |
| 一、桥的变形观测 .....     | (247) |
| 二、隧道变形观测 .....     | (248) |
| 第三节 工程开裂观测 .....   | (248) |
| 参考文献 .....         | (250) |

# 第一章 工程测量基础

## 第一节 测量学概述

### 一、测量学的概念和任务

测量学是研究地球的形状、大小以及确定地面点位的科学。测量学的任务主要有以下两点：

- (1) 测定。使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。
- (2) 测设。即把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为规划设计实施的依据。

### 二、测量学的分类

测量学根据研究的范围和对象不同,可分为不同的学科,见表 1-1。

表 1-1 测量学的分类

| 分 类   | 内 容                                                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 普通测量学 | 普通测量学是研究地球表面小区域内测绘工作的理论、技术、方法和应用的学科,是测量学的基础。<br>主要研究图根控制网的建立、地形图测绘及一般工程施工测量。具体工作有距离测量、角度测量、高程测量、观测数据的处理和绘图等 |
| 大地测量学 | 大地测量学是研究在广大区域内建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学                                 |
| 摄影测量学 | 摄影测量学是研究利用摄影或遥感的手段获取被测物体的影像和辐射能的各种图像,经过对图像的处理、量测和判断,以确定物体的形状、大小和位置,并判定其性质的学科                                |
| 工程测量学 | 工程测量学是研究工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段所进行测量工作的理论、方法和技术                                                                  |
| 地图制图学 | 地图制图学是利用测量获得的资料,研究地图及其制作的理论、工艺和应用的学科。其任务是编制与生产不同比例尺的地图                                                      |
| 天文测量学 | 天文测量学是研究测定恒星的坐标,以及利用恒星确定观测点的坐标(经度、纬度等)的学科                                                                   |
| 海洋测绘学 | 海洋测绘学是研究以海洋和陆地水域为对象所进行的测量和海图编制工作的学科                                                                         |

### 三、测量学的作用

随着社会经济和科学技术的发展,测绘的应用领域不断扩大,已成为经济和国防建设、科研、教育、行政管理以至日常生活中不可缺少的工具。我们的社会主义现代化建设愈是向前发展,愈需要测绘工作及时为之提供准确和有效的资料。

(1) 在国民经济和社会发展规划中,测绘信息是最重要的基础信息之一,各种规划首先要有规划区的地形图。例如,城市规划地形图、农业规划地形图等。我国目前已将基础测绘纳入了国家国民经济和社会发展规划。

(2) 在各种工程建设中,测绘也是一项重要的工作。只有精确地测绘成果和地形图,才能保证工程的选址、选线、设计得出经济合理的方案。在工程建设的各个阶段都需要充分的测绘保证。在施工中,要通过放样测量把已确定的设计精确地落到实地上,这对工程的质量起着相当关键的作用。竣工测绘资料则是工程在交付使用后进行妥善管理的重要依据。对于大型工程建筑,在使用期间定期进行监测,及时发现建筑物的变形和移位,以便采取措施,防止重大事故发生,更是不可忽视的环节。

(3) 在国防建设中,军事测量和军用地图的作用尤为明显。精确的测绘成果更是不可缺少的重要保障。国家陆海边界和其他管辖区的精确测绘,对巩固国防和保卫国家领土主权完整有重要意义。

(4) 从工农业生产建设的计划组织和指挥,土地和地籍管理,交通、邮电、商业、文教卫生和各种公用设施的管理,直到社会治安等各个方面,测量和地图资料已成为不可缺少的重要工具。

(5) 在发展地球科学和空间科学等现代科学技术方面,测绘工作也起着重要作用。通过对地表形态和地面重力的变化进行分析研究,可以探索地球内部的构造及其变化,通过对地表形态变迁的分析研究,可以追溯各个历史时期地球大气圈、生物圈各种因素的变化。

在提高人们的科学文化水平方面,各种地图和测量成果也很有帮助。在人们日常生活和社会活动中,一图在手往往会带来很大方便。

#### 四、工程施工测量的内容

公路施工前、施工中和竣工后所进行的这些测量工作称为公路工程施工测量。公路工程测量的主要内容包括:

(1) 控制测量。在沿着路线可能经过的范围内,根据公路等级的要求,选用控制网的方式和相应的控制等级,布设控制点和测定各控制点的平面位置和高程。

(2) 地形测量。以控制测量布设的控制点为基准,绘制路线带状地形图。

(3) 定线测量。常用的定线测量方法有:纸上定线和现场定线两种。《公路勘测规范》(JTG C10—2007)规定:各级公路应在地形测量以后,采用纸上定线,受条件限制或地形、方案较简单也可采用现场定线。

(4) 中线测量。通过直线和曲线(包括圆曲线和缓和曲线)的测设,将公路中心线的平面位置用打桩的形式具体地标定在现场上,并测定路线的实际里程。

(5) 中线水准测量。中线水准测量,包括基平测量和中平测量两个方面。它的任务是在公路中线测量完成以后,测定中线上各里程桩的地面高程。

(6) 横断面测量。测定中线上各里程桩处垂直于中线方向左右一定范围内的地面起伏状况。

(7) 桥涵测量。测定桥轴线的长度、桥位处的河床断面以及水文等,为桥梁方案选择及结构设计提供详细、准确的数据。

(8) 隧道测量。测绘隧道处地形图,测定隧道的轴线、洞口、竖井等的位置,为隧道设计提供详细、准确的数据。



## 第二节 地面点位的确定

### 一、地球的形状与大小

地球是一个两极略扁,赤道微凸,近似椭球的球体。它的自然表面极其复杂,有高山、深谷、丘陵、平原,还有江河、湖泊和海洋。地球表面水域面积占 71%,陆地面积仅占 29%。因此,地球总的形状可以认为是被海水包围的球体。假想将静止的海水面在大陆内部形成一个封闭曲面,这个静止的海水面称为水准面。由于海水有潮汐变化,时高时低,所以水准面有无数多个,其中通过平均海水面的一个水准面称为大地水准面(图 1-1),它非常接近于一个两极扁平,赤道隆起的椭球,大地水准面的特性是处处与铅垂线正交,然而,由于地球内部的变化,使大地水准面成为一个不规则的复杂曲面,因此,大地水准面还不能作为测量成果的基准面。为了便于测量、计算和绘图,选用一个椭圆绕它的短轴旋转而成的椭球体来表示地球形体,称为参考椭球体(图 1-1)。椭球体形状、大小与大地体非常接近,通常用这个椭球面作为测量与制图的基准面,并在这个椭球面上建立大地坐标系。

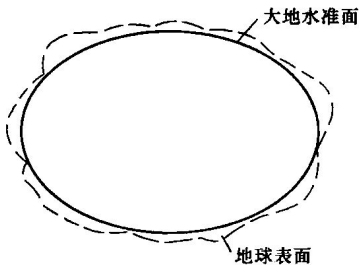


图 1-1 地球的形状

地球的形状确定后,还应进一步确定大地水准面与旋转椭球面的相对关系,才能把观测结果化算到椭球面上。所以需要参考椭球的定位工作,根据定位的结果确定大地原点的起算数据,并由此建立国家大地坐标系。

### 二、点位的确定

#### 1. 地理坐标系

地理坐标系属球面坐标系,依据采用的投影面不同,又分为天文地理坐标系和大地地理坐标系。

(1) 天文地理坐标系又称天文坐标,是用天文经度  $\lambda$  和天文纬度  $\varphi$  表示地面点投影在大地水准面上的位置。

(2) 大地地理坐标系表示地面点投影在地球参考椭球面上的位置,用大地经度  $L$  和大地纬度  $B$  表示(图 1-2),其坐标原点并不与地球质心相重合。这种原点位于地球质心附近的坐标系,又称参心大地坐标系。

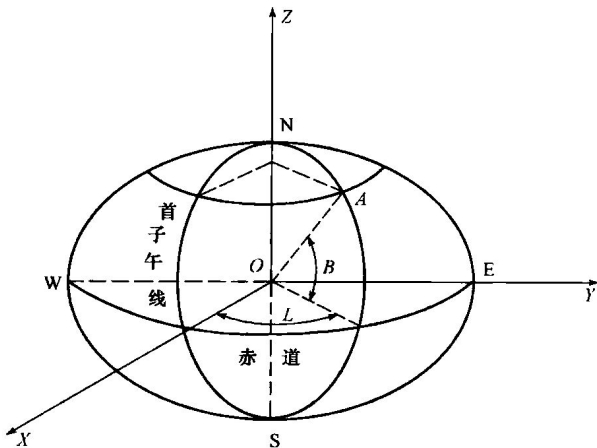


图 1-2 大地地理坐标系

确定球面坐标  $(L, B)$  所依据的基准线为椭球面的法线,基准面为旋转椭球面,  $A$  点的大地经度  $L$  是  $A$  点的大地子午面与首子午面所夹的二面角,  $A$  点的大地纬度  $B$  是过  $A$  点的椭球面法线与赤道面的交角。大地经纬度是根据一个起始的大地点的大地坐标系,按大地测量所得的数据推算而得,而  $A$  点沿法线到椭球面的距离称