

公路施工现场技术人员上岗培训与考试用书

“十二五”交通土木工程专业大学生课程试验指导书

DAOLU CELIANG

CHANGGUI JISHU TUJIE

道路测量常规技术

图解



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

刘培文 刘培荣 贾玉辉 主编
李菊侠 卫申蔚 马春山 参编
员莉萍 刘培文 孙晴丽 绘图

公路施工现场技术人员上岗培训与考核
“十二五”交通土木工程专业大学生课程试验指导书

道路测量常规技术图解

刘培文 刘培荣 贾玉辉 主 编
李菊侠 卫申蔚 马春山 参 编
员莉萍 刘培文 孙晴丽 绘 图

清华大学出版社
北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书以图解的表达形式、针对在道路勘测设计中从事踏勘测量和详细测量工作及在施工现场从事测量工作的工程师及以下各级技术人员而编写，是一本图文并茂、通俗易懂、直观明确、利于阅读和便于携带的实用工具书。

书中详细介绍了道路勘测和施工中的专业基本概念、技术基础理论、测设基本原理和实用操作方法。内容包括：道路测量相关技术基础知识、基本测量作业及仪器的构造和使用、道路测量基本方法、道路中线和桥隧轴线测量技术、道路常规野外勘测中的测量技术、顺路导线法和自由测站法系列测量技术。本书编写时已考虑了国家最新设立的筑路养护特有技术初、中级别考试标准的要求。

本书可用作道路勘测和施工现场从事测量工作的初中级技术人员必读的工具书，也适合用作高职、高专院校相关专业学生辅助教材或实习指导书，亦可作为广大技术人员参加国家公路测量的中、初级技术人员上岗考试参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目（CIP）数据

道路测量常规技术图解 / 刘培文，刘培荣，贾玉辉主编. —北京：清华大学出版社；北京交通大学出版社，2013.2

ISBN 978-7-5121-1373-2

I. ①道… II. ①刘… ②刘… ③贾… III. ①道路测量-测量技术-图解
IV. ①U412.24-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 027664 号

责任编辑：陈跃琴 特邀编辑：宋英杰

出版发行：清华大学出版社 邮编：100084 电话：010-62776969 <http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社 邮编：100044 电话：010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者：北京瑞达方舟印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印张：19.5 字数：480 千字

版 次：2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5121-1373-2/U·132

印 数：1~3 000 册 定价：39.80 元

本书如有质量问题，请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评，我们表示欢迎和感谢。

投诉电话：010-51686043，51686008；传真：010-62225406；E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

随着我国各种道路的大规模修建，越来越多的人进入该行业，参与设计和施工。在这些人员中，普遍存在文化和专业基础参差不齐、素质不一的现象。即使是刚刚进入岗位的大、中专毕业生，也有规范与提高的必要。本系列丛书给出了道路常规测量技术的基本原理、技术规则和操作步骤，并以图解形式加以叙述，直观明了，步骤详实，对规范和引导现场测量操作有重要意义。

本书主要介绍道路测量技术（不包括桥梁和隧道测量），全书共分为 6 章：第 1 章为道路测量相关技术基础知识；第 2 章为基本测量作业及仪器的构造和使用；第 3 章为道路测量的基础技术操作；第 4 章为道路中线和桥隧轴线测量技术基础；第 5 章为道路常规野外勘测中的测量技术；第 6 章为顺路导线法和自由测站法系列测量技术。

编写技术图解乃是一种新的尝试，既有别于文字书籍的繁杂，又可克服使用影像制品那样观看时间较长、需要配套设备和场地、携带不便等弊端。其意图是迅速提高初入道路工程测量岗位的技术人员和在校大中专学生的实际操作能力，特别是希望对即将参加全国筑路养护特有技术公路测量技术岗位初、中级考试的人员有所帮助。编写本书的基本宗旨是可以快速查阅资料、利于引导操作、便于现场携带。

鉴于图解形式书的体例、特点和篇幅等原因所限，本书难以将所有的相关内容包罗万象地加以收录，因此本书只列出了一些常规的技术，更多的内容，待再版时充实和完善。

由于作者水平有限，加之时间仓促，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

2013 年 1 月于北京

目 录

第 1 章 道路测量相关技术基础	1
1.1 道路测量工作的目的与意义	1
1.1.1 测量学的分类	1
1.1.2 道路工程测量工作的内容	3
1.2 地球的形状及测量基准	5
1.2.1 地球的形状和大小	5
1.2.2 大地水准面	7
1.3 道路测量工作常用技术术语	8
1.4 道路测量作业中使用的测量标志	12
1.4.1 平面测量桩志	12
1.4.2 高程控制测量桩志	15
1.5 道路测量作业中使用的标点器具	19
1.5.1 平面测量标点器具（目标点标志）	19
1.5.2 路线测量和结构物放样配套小型器具	21
1.5.3 高程测量配套器具	22
1.6 道路测量应遵守的基本规则	23
1.7 普通测量与道路测量技术要求	24
1.7.1 平面控制网测量技术要求	24
1.7.2 高程网测量技术要求	25
1.7.3 路基路面测量技术要求	27
第 2 章 基本测量作业及仪器的构造和使用	29
2.1 距离测量原理、工具与方法	29
2.1.1 距离测量原理	29
2.1.2 距离测量使用的量尺	30
2.1.3 距离测量方法	31
2.1.4 距离测量的记录计算	37
2.2 水准测量原理、仪器与方法	38
2.2.1 高程测量概念	38
2.2.2 水准测量原理	38
2.2.3 微倾水准仪的构造	40
2.2.4 自动安平水准仪的构造	45
2.2.5 微倾水准仪的使用步骤	47
2.3 角度测量原理、仪器与方法	51

II 道路测量常规技术图解

2.3.1	角度测量原理	51
2.3.2	经纬仪的构造	51
2.3.3	经纬仪的几何条件	56
2.3.4	经纬仪的使用	57
2.3.5	经纬仪的读数原理与方法	59
2.3.6	经纬仪的基本测角方法	62
2.3.7	经纬仪的竖直角测量方法	68
2.4	直线定向与方位角测量	71
2.4.1	基本方向线	72
2.4.2	绝对方向角	73
2.4.3	太阳高度法测定真方位角原理	74
2.4.4	太阳高度法测定真方位角观测步骤	75
2.5	全站仪测量原理与全站仪的构造和使用	79
2.5.1	全站仪测量原理	79
2.5.2	全站仪的构造	82
2.5.3	全站仪的使用	87
2.6	常用测量仪器的检验和校正	110
2.6.1	微倾水准仪的检验和校正	110
2.6.2	经纬仪的检验和校正	112
第3章	道路测量的基础技术操作	116
3.1	勘测定线中常用的基本测量方法	116
3.1.1	穿线定点法	116
3.1.2	坐标定点法	121
3.1.3	交会定点法	129
3.2	利用纸上定线文件实地放线方法	131
3.2.1	穿线交点法	131
3.2.2	拨角量距法	132
3.2.3	直接定交点法	132
3.2.4	坐标定点法	132
3.3	施工现场距离和角度及高程放样的基本方法	134
3.3.1	放样已知长度	134
3.3.2	放样已知角度	135
3.3.3	放样已知高程	137
第4章	道路中线和桥隧轴线测量技术基础	140
4.1	道路中线和桥隧轴线定线技术简介	140
4.2	道路路线的线型组成	141
4.2.1	路线基本线型	141
4.2.2	路线实用线型	142
4.3	道路中线和桥隧轴线测量计算	146

4.3.1	曲线定位元素计算	146
4.3.2	曲线定形计算	152
4.4	道路中线和桥隧轴线测量常用公式	154
4.4.1	简单型单曲线测设公式	154
4.4.2	基本型单曲线主点定位测设公式	155
4.4.3	曲线详细定位计算公式	157
4.4.4	卵型复曲线定位计算公式	159
4.5	道路中线和桥隧轴线测量高斯坐标换算	161
4.5.1	高斯坐标换算原理	161
4.5.2	交点坐标计算	164
4.5.3	曲线起、终点坐标计算	165
4.5.4	直线段中桩坐标计算	166
4.5.5	曲线段中桩坐标计算	166
第 5 章	道路常规野外勘测中的测量技术	168
5.1	选线组作业方法	168
5.1.1	选线工作总体任务	168
5.1.2	选线的工作程序	168
5.1.3	选线的一般原则	169
5.1.4	选线的主要方法	169
5.1.5	选线方案比较	170
5.1.6	选线作业内容	171
5.1.7	选线示例	172
5.1.8	选线中常用的几种方法	174
5.2	测角导线组作业方法	181
5.2.1	工作任务	181
5.2.2	标定导线	182
5.2.3	测量顺路导线的右角	186
5.2.4	测量顺路导线的方位角	189
5.2.5	设置分角桩	192
5.2.6	测定后视距离	194
5.2.7	测定基线长度	196
5.2.8	选定平曲线半径并计算平曲线元素	199
5.2.9	设置护桩	201
5.3	中桩组作业方法	204
5.3.1	中桩组工作任务	204
5.3.2	中桩的类型	204
5.3.3	中桩组基本要求	204
5.3.4	中桩敷设的操作方法	205
5.4	水平组作业方法	212

5.4.1	水平组工作任务与水准点的设置	212
5.4.2	基平与中平测量	212
5.4.3	基平测量记录	213
5.4.4	基平测量操作步骤	214
5.4.5	中平测量操作步骤	215
5.5	横断面测量作业方法	219
5.5.1	横断面测量原理	219
5.5.2	路基横断面地面线测量的意义	219
5.5.3	路基横断面测量记录	219
5.5.4	路基横断面图的样式和绘制	220
5.5.5	路基横断面地面线测量操作	220
5.6	地形测量作业方法	225
5.6.1	地形测量的内容和工作要求	225
5.6.2	地形测量的操作方法	228
5.7	地质勘测作业方法	236
5.7.1	地质调查的内容	236
5.7.2	工程地质现象	237
5.7.3	地质调查的方法	244
5.7.4	工程地质勘探方法	248
5.7.5	卫星航片的应用	250
5.7.6	地质图阅读	250
5.8	桥涵勘测作业方法	252
5.8.1	基本任务	252
5.8.2	调查方法	252
5.9	调查组作业方法	255
5.9.1	筑路材料调查	255
5.9.2	改建旧路调查	257
5.9.3	占地拆迁调查	259
5.9.4	概算和预算资料调查	260
第6章	顺路导线法和自由测站法系列测量技术	262
6.1	顺路导线法的基本原理	262
6.1.1	定线技术概要	262
6.1.2	“顺路导线法”基本原理	262
6.2	基准切线支距法放线	263
6.2.1	基本原理和相关计算	263
6.2.2	基准切线支距法切线位置确定	264
6.2.3	基准切线支距法的工作组织	266
6.2.4	切线支距法公式表	266
6.2.5	基准切线支距法的操作方法	267

6.3	基准切线偏角法	271
6.3.1	基本原理和相关计算	271
6.3.2	人员组织	273
6.3.3	偏角表	273
6.3.4	基准切线偏角法的操作	274
6.3.5	基准偏角法视线受阻时的操作	276
6.4	延长弦线法	279
6.4.1	基本原理和相关计算	279
6.4.2	延长弦线法的测设组织	280
6.4.3	延长弦线法的操作方法	281
6.5	中央纵距法	286
6.5.1	基本原理和相关公式	286
6.5.2	中央纵距法的测设组织	287
6.5.3	中央纵距法的操作方法	287
6.6	辅助基线法	288
6.6.1	基本原理	288
6.6.2	测设操作	290
6.7	基准圆心法	293
6.7.1	基本原理	293
6.7.2	曲线测设方法	294
6.8	自由测站法测设技术	296
6.8.1	测设原理	296
6.8.2	测设计算	297
6.8.3	测设操作	298



道路测量相关技术基础

1.1 道路测量工作的目的与意义

1.1.1 测量学的分类

测量学分为大地测量学、摄影测量学、工程测量学、地图测图学、普通测量学、海洋测量学等。

1. 普通测量学

普通测量学是研究和测量地表局部各类物体的位置、形状和大小，不考虑地球曲率影响。图 1-1 为在 A 、 B 平面位置及 C 点高程已知的前提下，测量 P 点的平面和纵面位置，可用经纬仪测出该点的位置，用水准仪测出该点的高程的普通测量操作示意图。

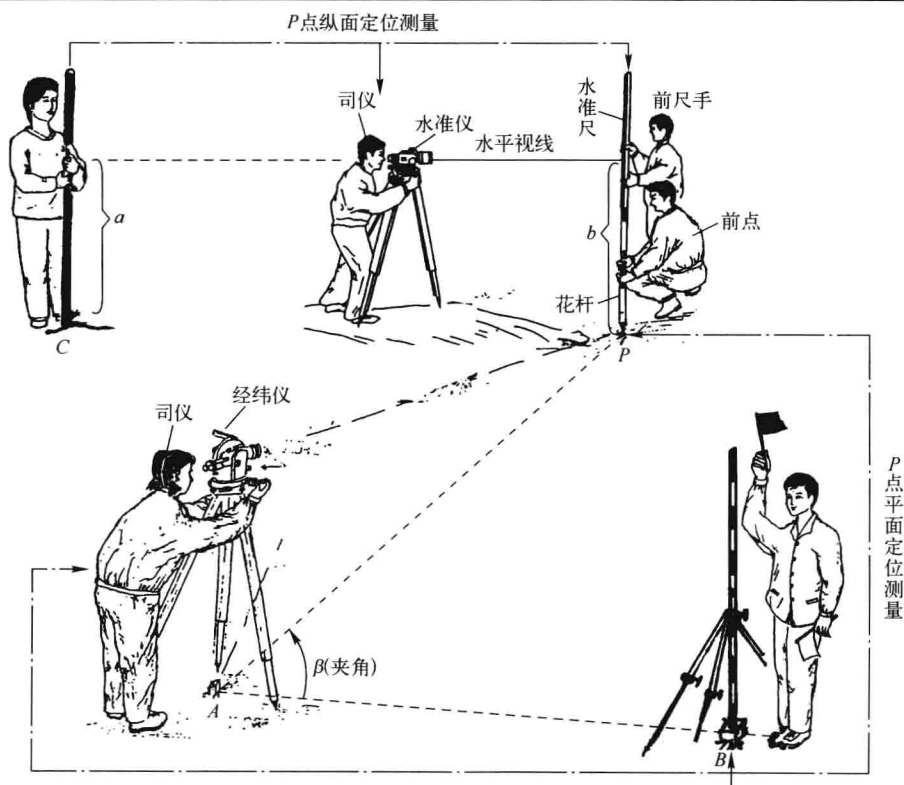


图 1-1 普通测量示意图

2. 摄影测量学

摄影测量学是研究利用摄影或遥感技术获取被测物体的信息,以确定物体的形状、大小和空间位置的理论和方法。图 1-2 为利用机载空间三维数据采集系统摄影测量示意图。该系统包括机载和车载两种空间三维数据采集系统,两者基本原理相似,但是采集系统的要求及其装载平台有所差别,其中机载系统是通过高分辨率的航空摄影配合激光雷达扫描的方式获取多尺度的无缝空间三维数据,利用 GPS/INS 确定摄像机的位置及姿态。

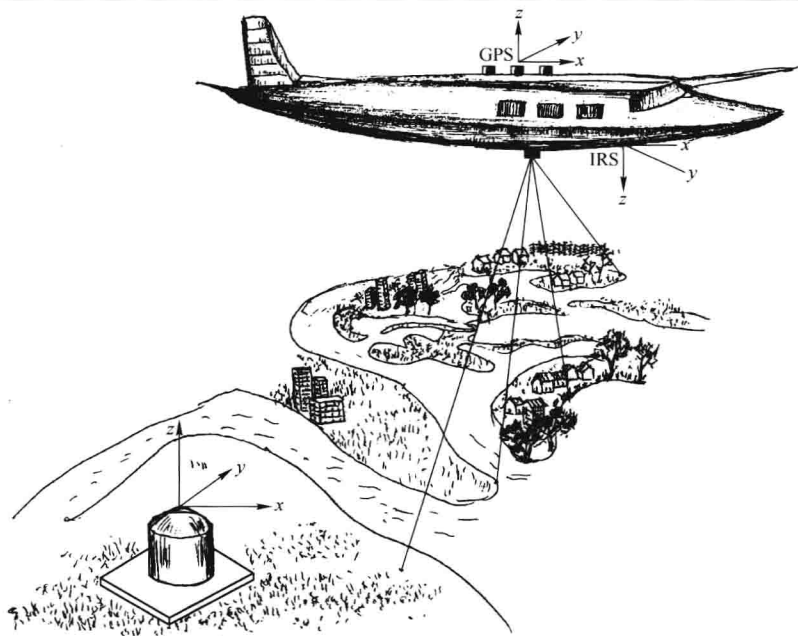


图 1-2 航空摄影测量示意图

3. 工程测量学

工程测量学是研究工程建设和自然资源开发中在规划、设计、施工、管理阶段进行测量的理论和方法。在规划、设计阶段主要是利用地形图作设计、方案比较等;在施工阶段:标定设计物体的位置和高程;在竣工、运营阶段:提供竣工图、变形观测等。工程测量可使用各种仪器,图 1-3 是 GPS 工程测量示意图。

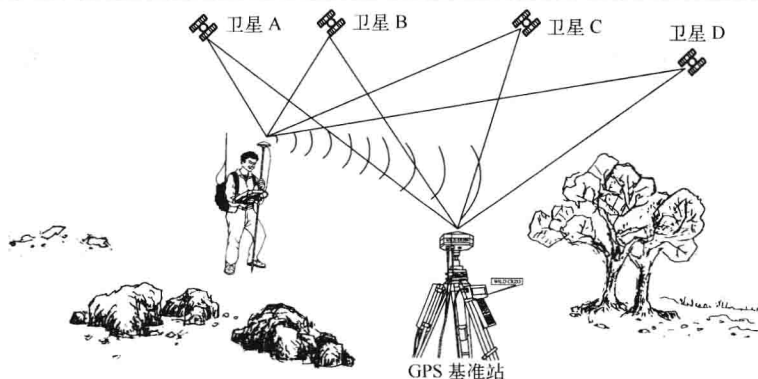


图 1-3 GPS 工程测量示意图

4. 地图测图学

地图测图学是研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门学科，图 1-4 为测设地形图时布置的测图控制网，图中，A、B、C、D、E、F 为测图控制点，其余点（如 1、2、3、4、5 等）为碎部点。

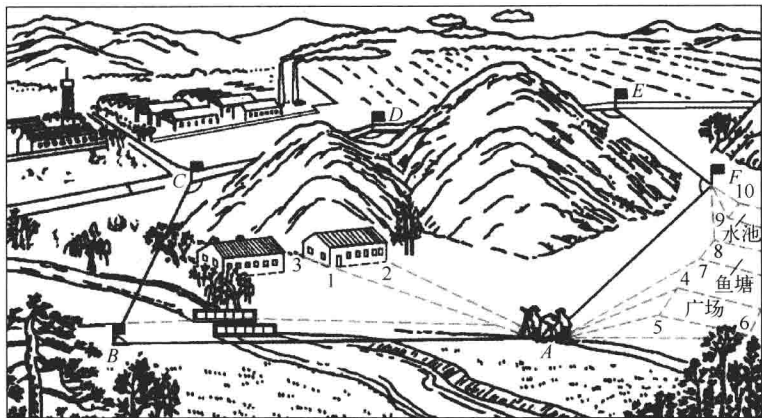


图 1-4 地图测图示意图

5. 大地测量学

大地测量学是研究和测定地球形状、大小、重力场的学科。图 1-5 为珠峰交会测量示意图，使用的就是大地测量的方法。

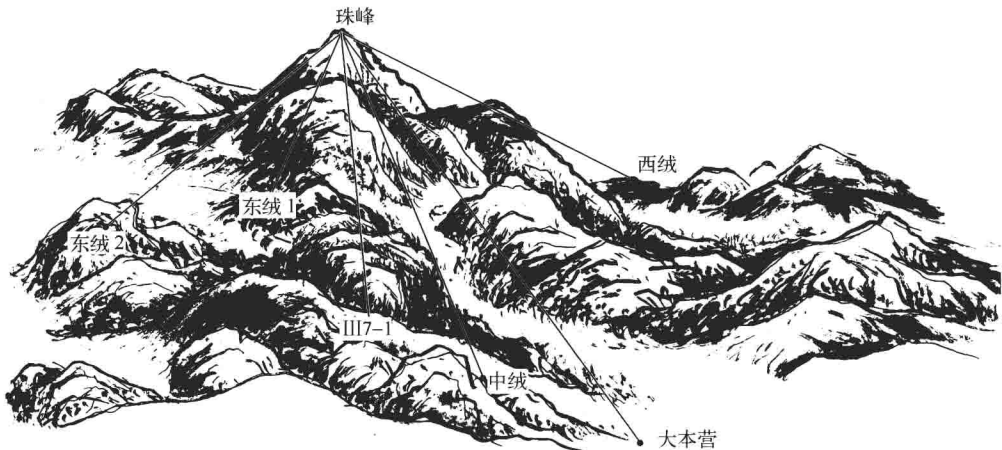


图 1-5 大地测量示意图

6. 海洋测量学

海洋测量学是以海洋水体和水底为研究对象的测量学科。

1.1.2 道路工程测量工作的内容

测量工作按照性质分为测绘和测设。测绘是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算将地球表面的各种物体的位置按一定的比例尺缩小绘制成地形图，通过实地测量和计算得到一系列测量信息，供规划设计、科学研究和工程建设使用。测设是将地形图或设计图上

设计出的工程建筑物和构筑物的位置在实地标定出来，作为施工的依据。

(一) 道路勘测设计阶段的测量

道路勘测中的测量，是指道路勘测设计过程中伴随发生的一切测量与放样工作。

道路勘测是公路建设程序的重要环节。道路建设程序可分为前期规划研究和在纸上、实地进行的公路野外勘测和内业设计两大阶段。前期规划和研究阶段就是在国民经济和社会发展长远规划与公路网规划调查的基础上，进行国民经济评价、技术评价、财务评价、环境评价、安全评估、社会评价，作出可行性研究后，在经过批准的计划任务书的基础上进行的。以公路勘测设计为例，可分为一阶段勘测、两阶段勘测和三阶段勘测三种。高等级公路通常采用两阶段勘测；低等级公路常采用一阶段勘测设计。一阶段勘测设计，实际上就是在踏勘测量的基础上，直接进行详细测量。详细测量是在现场由选线、测角、中桩、水平、横断、地形、地质、桥隧、调查、综查（含内业）组成的勘测设计队，以流水作业方式完成路线勘测的。每一个组的核心工作至少有近十项，其实质就是大量的测绘工作。对于两阶段勘测设计，首先是沿着路线收集沿线地质、水文、资源等资料作纸上定线，在可能经过的范围内布设控制点，进行控制测量，测绘路线带状平面地形图、纵断面图和横断面图等后编制出比较方案，然后根据测量得到的数据资料进行路线选线。一般的做法是先在航测或其他方法取得的大比例尺的地形图上或在数字地形模型上进行初步设计，再在实地进行详细测量，此时详细测量和踏勘测量所不同的是路线已在纸上初步确定，再也不像一次性路线定测那样“漫山遍野”地选择。事实上，两阶段勘测设计的详细测量与一阶段勘测基本相同，所不同的是此时的详细测量只是微调路线和重新精细测量的过程。三阶段勘测设计是在两阶段勘测设计的基础上，对个别技术复杂地段做进一步勘测和设计，最后再详细测量，做出交付施工的技术设计文件，也就是施工图设计文件。

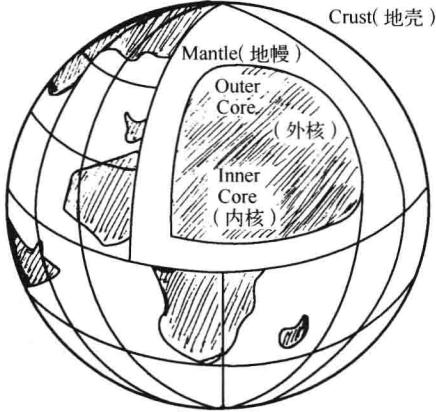
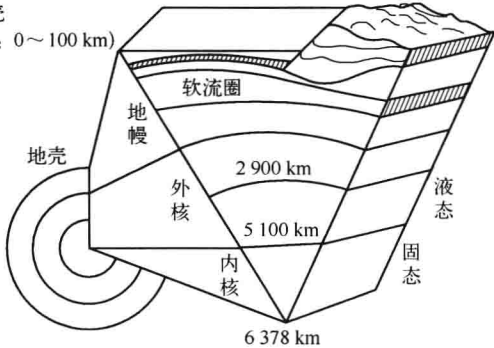
上述各勘测阶段中，无论几个阶段勘测设计，每一个阶段都有一个共同点，即都离不开详细测量阶段。详细测量相当于一阶段路线定测，这个阶段是按照一系列技术和经济要求，在道路控制网的基础上，把道路中心线及其一切构造物的具体位置选择和测定出来。

(二) 道路施工中的测量

道路施工中的测量，是施工过程和竣工验收及使用维护过程中伴随发生的一切测量与放样工作。在施工过程中，将设计建筑物或构筑物的平面位置和高程，按设计要求和施工需要，以一定的精度要求敷设在地面上，并进行一系列的测量工作，以指导各工序施工。

公路经过技术设计后，其平面线形、纵断面、横断面及其他构造物的位置和形状及尺寸均已确定，便有了设计图纸和数据，据此即可进行公路施工。施工前，需要恢复中线。公路中线定测后，一般情况要过一段时间才能施工，在这段时间内，部分标志桩可能被破坏或丢失，因此，施工前必须进行一次复测工作，以恢复公路中线的位置。需要将已设计好的路线、桥涵和隧道等构造物的图纸中的各项元素，按规定的精度准确无误地测设于实地，即施工前必须进行的施工放样测量。施工过程中，要经常通过各种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的正确贯通。道路、桥梁、隧道工程结束后，还要用测量来检查竣工情况，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。

1.2 地球的形状及测量基准

1.2.1 地球的形状和大小	
(一) 地球内部圈层和地壳	
1. 地球内部圈层	
据物探资料（地震波、重力场）推测，地球内部存在着几个突变面，地球内部的圈层构造，分别为地壳、地幔、地核，如图 1-6 所示。地壳平均厚度为 17 km；地幔厚度约为 2 800 km；地核厚度约为 3 400 km，分为内核和外核。	
2. 地壳的特征	
地壳的平均厚度 33 km，陆壳最厚达 80 km（青藏），洋壳平均厚度为 7 km。陆壳为三大岩类，洋壳主要为玄武岩，主要由硅酸盐矿物组成。陆壳构造复杂（存在褶皱和断裂），洋壳简单（无褶皱）。地壳的年龄次序是：陆壳老（最老 38 亿年），洋壳新（最老 2 亿年）。	 图 1-6 地球内部圈层
岩石圈由地壳和上地幔上部坚硬的岩石组成，平均厚度 75 km，是固体地球的真正外壳，组成岩石圈板块。软流圈是指岩石圈下部上地幔中的软层，地震波低速带，在 1 400℃高温下（接近岩石熔点），岩石塑性增大，深度延伸到 300 km，最软的部分位于 200 km 处。软流圈驮载着岩石圈板块发生运动。地球内部圈层结构如图 1-7 所示。	 图 1-7 地球内部圈层结构
3. 地球的表面形态	
地球的总体形状接近于圆，其平均半径为 6 371 km；水域占 71%，陆地占 29%。陆地多分布在北半球；海洋多分布在南半球（见图 1-8）。无论陆地或海底，表面起伏不平（见图 1-9）。陆地地形，按照高程和起伏特征，大陆表面可分为山地、丘陵、平原、高原、	

(一) 地球内部圈层和地壳 (续 1)

盆地、洼地、裂谷。山地是指海拔高程 $>500\text{ m}$ (高)、相对高差 $>200\text{ m}$ (起伏大) 的地区；丘陵是指地表起伏不大、山峦林立的低矮地形。一般海拔 $<500\text{ m}$ ，相对高差几十米 ($<200\text{ m}$)，它介于山地和平原之间。海底地形：大陆架、大陆坡、大陆基、岛弧、海沟、大洋中脊、大洋盆地。地球上珠峰最高；最深的海沟为马里亚纳海沟。

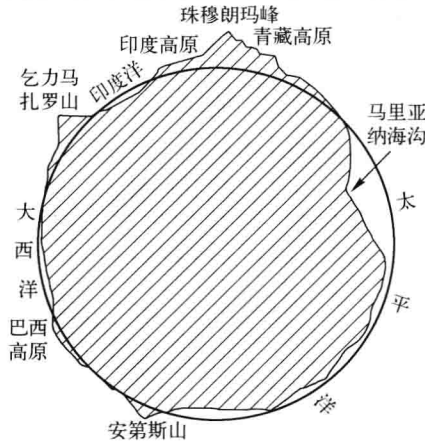
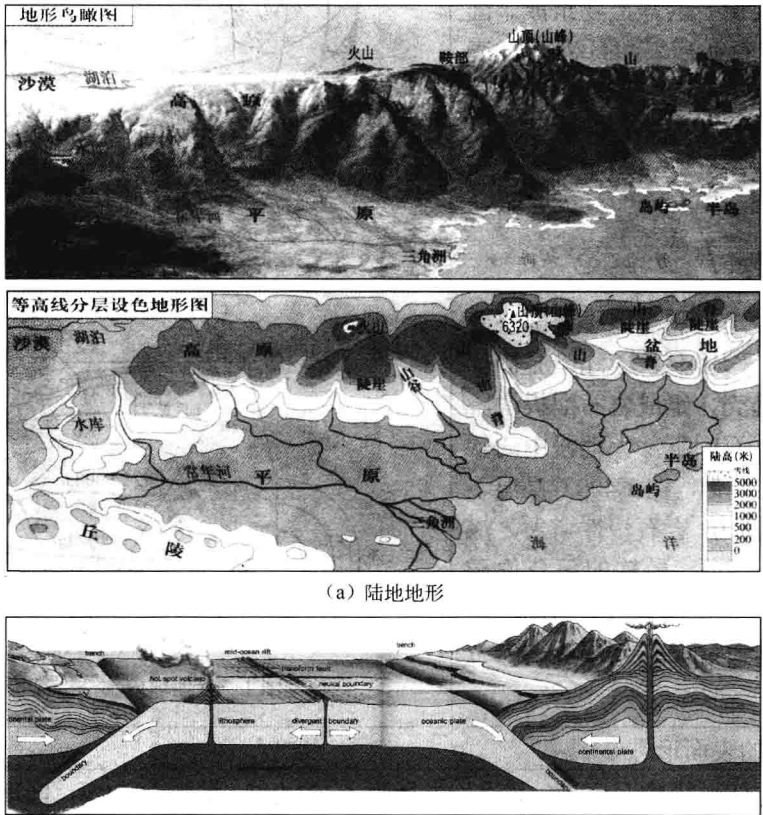


图 1-8 地球表面总体分布图



(b) 海洋地形

图 1-9 地球表面形状示意图

1.2.2 大地水准面

1. 大地水准面

测量点的位置，不但要测定其平面位置，而且还要测定其纵面位置。纵面位置的确定，是用点的高程表示，因为高程是相对某一基准面而言的。首先需要选择高程测量的基准，这个基准面一般采用水准面，所谓水准面是指静止的海水面向陆地延伸而形成的封闭曲面，如图 1-10 所示。水准面处处与重力方向垂直，而铅垂线即为重力作用线，它是测量的基准线。测量中通常采用大地水准面，它是通过平均海水面的水准面，是测量工作的基准面，是一个有微小起伏的不规则复杂曲面，大地水准面所包围的形体叫做大地球体。

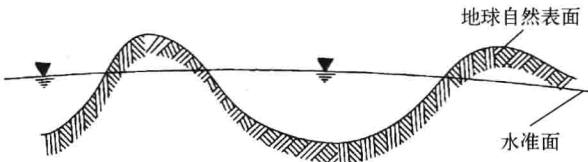


图 1-10 水准面示意图

2. 大地水准面、椭球面和地球表面的关系

测量外业工作基准面，通常采用大地水准面，测量外业工作基准线为铅垂线。大地水准面与铅垂线的关系是：大地水准面垂直于铅垂线；而测量计算工作的基准面一般采用旋转椭球面，测量计算工作的基准线是法线，旋转椭球面与法线的关系是：旋转椭球面垂直于法线。地球表面物体的受力方向示意图如图 1-11 所示。

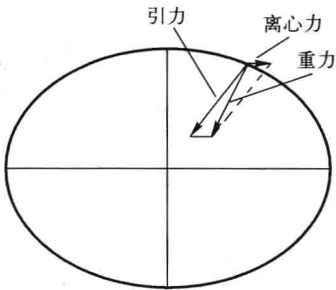


图 1-11 地球表面物体受力示意图

3. 高程与高差

(1) 绝对高程 H ：也叫海拔，简称高程，指地面点至大地水准面的铅垂距离。如图 1-12 所示，地面点 A 至大地水准面的铅垂距离为 H_A ，则 A 点的绝对高程为 H_A 。地面点 B 至大地水准面的铅垂距离为 H_B ，则 B 点的绝对高程就是 H_B 。

(2) 相对高程 H' ：也叫假定高程，指地面点到假定水准面的铅垂距离。地面点 A 至假定水准面的铅垂距离为 H'_A ，则 A 点的绝对高程就是 H'_A 。地面点 B 至假定水准面的铅垂距离为 H'_B ，则 B 点的相对高程就是 H'_B 。

(3) 高差 h_{AB} ：地面上两点间的绝对高程或相对高程之差即为高差。两点之间无论是绝对高差还是相对高差，其高差值是相等的。图 1-12 中， A 与 B 两点之间的相对高差用下式计算：

$$h_{AB} = H_A - H_B = H'_A - H'_B$$

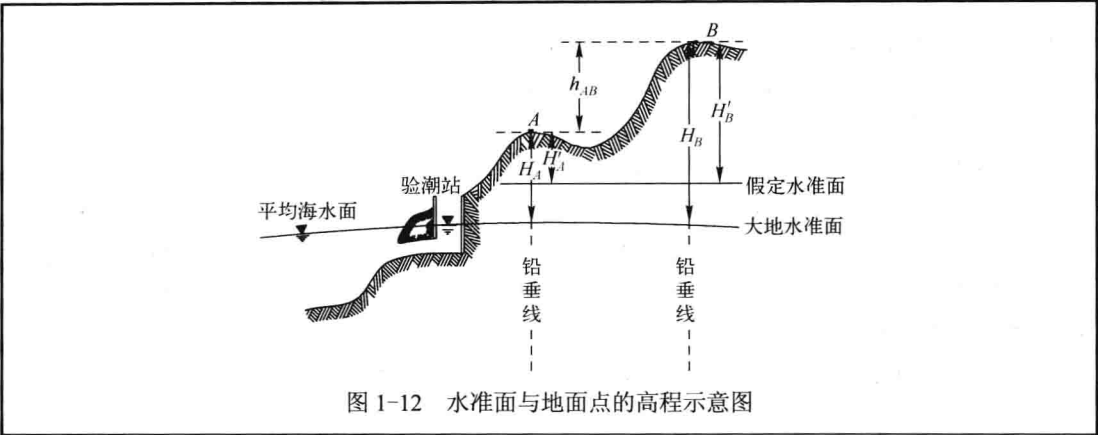


图 1-12 水准面与地面点的高程示意图

4. 高程零点和水准原点

高程零点是指海水面的平均高度。大地水准面上的高程为零。我国以青岛验潮站所在的位置来设定水准原点，水准原点的高程不为零，见图 1-13 及下表。

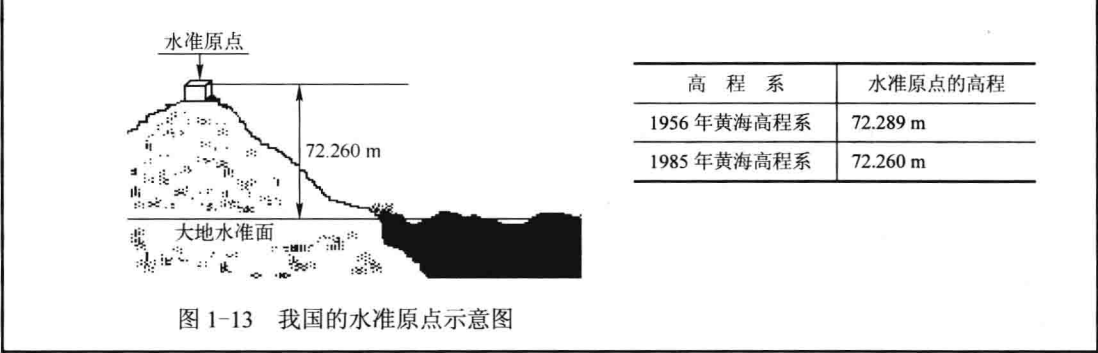


图 1-13 我国的水准原点示意图

1.3 道路测量工作常用技术术语

道路与桥梁工程中，常涉及一系列名词术语，在进行专业测量前，对这些名词术语必须予以明确。常用的名词术语有图形条件、测量控制点与碎部点、里程桩号、顺路导线、曲线主点、曲线元素、自由导线、GPS 控制网等。

(一) 图形条件

图形条件是指进行平面测量工作中布置测点时，设法将这些点的连线构成一个几何图形，以便于利用这些几何图形的理论值来检核测量结果是否准确，或者即使不能知道其准确值，也要力争取得最接近真值的值（称最或是值）。例如测量一个多边形的各内角后，其和为 $(n-2) \times 180^\circ$ 早已被理论证实。如果分别测量这个多边形的内角后再相加，肯定不会正好等于 180° ，倘若经过适当的观测方法和严格的平差措施，即可得到最接近真值的值，即最或是值。几何图形大体分为网状、带状控制和线状几种，称控制网或控制导线。其中，网或带状控制有多边形、三角形、四边形、闭合导线、GPS 网等；线状控制有附和导线、支导线等，如公路测量的顺路导线、自由导线属于线控制。图 1-14 中，(a) 图为闭合导线，它是一个多边形，其几何条件之内角之和理论值等于 $(n-2) \times 180^\circ = 540^\circ$ 。可