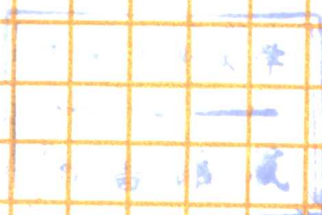


723528

[美] R.E. 戴维斯 等 著

# 测量学理论与实践 下册

SURVEYING THEORY  
AND  
PRACTICE



测绘出版社

# 测量学理论与实践

下 册

[美] R.E. 戴维斯等 著

郑州测绘学院测量学教研室 译

余 植 校

测 绘 出 版 社

## 内 容 提 要

本书(下册)共分9章及3个附录。第13、14章主要叙述制图与绘图的理论、方法和地图投影的应用等,第15章以后介绍各类专业测量,如摄影测量,线路测量,施工测量,土地测量,矿山测量,水文测量等的理论和作业方法。章末附有习题和实习题。

Raymond E.Davis, Francis S.Foote  
James M.Anderson, Edward M.Mikhail  
SURVEYING, Theory and Practice  
(SIXTH EDITION)  
McGraw-Hill Book Company  
New York, 1981

## 测量学理论与实践(下册)

[美] R.E.戴维斯等 著  
郑州测绘学院测量学教研室 译  
宗植 校

\*

测绘出版社出版  
测绘出版社印刷厂印刷  
新华书店总店科技发行所发行

\*

开本 787×1092 1/16·印张 27·字数 604 千字  
1990 年 8 月第一版·1990 年 8 月第一次印刷  
印数 0,001—1,200册·定价 19.50 元  
ISBN 7-5030-0340-5/P·134

# 目 录

## 第四篇 制 图

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| <b>第 13 章 制图与绘图</b> .....   | ( 1 )  |
| 13.1 概述 .....               | ( 1 )  |
| 13.2 制图基准面 .....            | ( 1 )  |
| 13.3 地形图 .....              | ( 2 )  |
| 13.4 地貌表示 .....             | ( 2 )  |
| 13.5 地貌模型 .....             | ( 2 )  |
| 13.6 晕渲法 .....              | ( 4 )  |
| 13.7 晕瀚法 .....              | ( 4 )  |
| 13.8 等值线和等高线 .....          | ( 4 )  |
| 13.9 等高线的特性 .....           | ( 5 )  |
| 13.10 地图比例尺与等高距的选择 .....    | ( 7 )  |
| 13.11 地形图的制作 .....          | ( 10 ) |
| 13.12 展绘平面控制点的方法 .....      | ( 10 ) |
| 13.13 坐标法展点 .....           | ( 10 ) |
| 13.14 展绘控制点的其它方法 .....      | ( 14 ) |
| 13.15 碎部的描绘 .....           | ( 15 ) |
| 13.16 等高线的描绘 .....          | ( 15 ) |
| 13.17 内插描绘等高线 .....         | ( 16 ) |
| 13.18 根据数字地形模型自动绘制等高线 ..... | ( 17 ) |
| 13.19 地图上显示的信息 .....        | ( 19 ) |
| 13.20 比例尺 .....             | ( 20 ) |
| 13.21 子午线箭头标志 .....         | ( 21 ) |
| 13.22 注记 .....              | ( 21 ) |
| 13.23 图名 .....              | ( 21 ) |
| 13.24 图例与说明 .....           | ( 22 ) |
| 13.25 符号 .....              | ( 22 ) |
| 13.26 符号绘制 .....            | ( 24 ) |
| 13.27 绘图材料 .....            | ( 25 ) |
| 13.28 编绘原图 .....            | ( 26 ) |
| 13.29 地图复制 .....            | ( 29 ) |
| 13.30 接触负片晒印 .....          | ( 29 ) |

|               |                              |               |
|---------------|------------------------------|---------------|
| 13.31         | 接触正片晒印 .....                 | ( 30 )        |
| 13.32         | 照相复印 .....                   | ( 30 )        |
| 13.33         | 软片复照 .....                   | ( 30 )        |
| 13.34         | 静电复印 .....                   | ( 30 )        |
| 13.35         | 地图印刷方法 .....                 | ( 31 )        |
| 13.36         | 自动制图 .....                   | ( 32 )        |
| 13.37         | 地图精度的检验 .....                | ( 33 )        |
| 13.38         | 地图精度标准 .....                 | ( 35 )        |
| 13.39         | 习题 .....                     | ( 38 )        |
| 13.40         | 内业实习 .....                   | ( 40 )        |
| <b>第 14 章</b> | <b>地图投影 .....</b>            | <b>( 42 )</b> |
| 14.1          | 引言 .....                     | ( 42 )        |
| 14.2          | 地图投影的种类 .....                | ( 43 )        |
| 14.3          | 平面投影 .....                   | ( 43 )        |
| 14.4          | 球心投影 .....                   | ( 43 )        |
| 14.5          | 球面投影 .....                   | ( 44 )        |
| 14.6          | 正射投影 .....                   | ( 44 )        |
| 14.7          | 圆锥投影 .....                   | ( 44 )        |
| 14.8          | 亚尔勃斯(Albes)等积投影 .....        | ( 45 )        |
| 14.9          | 多圆锥投影 .....                  | ( 45 )        |
| 14.10         | 正形投影 .....                   | ( 47 )        |
| 14.11         | 兰勃特正形圆锥投影 .....              | ( 47 )        |
| 14.12         | 墨卡托投影 .....                  | ( 48 )        |
| 14.13         | 横轴墨卡托投影 .....                | ( 49 )        |
| 14.14         | 通用横轴墨卡托投影(UTM) .....         | ( 52 )        |
| 14.15         | 三度带横轴墨卡托投影 .....             | ( 52 )        |
| 14.16         | 州平面坐标系 .....                 | ( 53 )        |
| 14.17         | 采用兰勃特正形圆锥投影的州平面坐标 .....      | ( 54 )        |
| 14.18         | 兰勃特正形投影的坐标方位角、大地方位角和距离 ..... | ( 63 )        |
| 14.19         | 横轴墨卡托投影的州平面坐标系 .....         | ( 66 )        |
| 14.20         | 横轴墨卡托投影的坐标方位角和大地方位角 .....    | ( 71 )        |
| 14.21         | 通用横轴墨卡托投影的坐标计算 .....         | ( 74 )        |
| 14.22         | UTM投影的方位角 .....              | ( 83 )        |
| 14.23         | UTM投影比例系数的计算 .....           | ( 87 )        |
| 14.24         | 习题 .....                     | ( 89 )        |
|               | 参考文献 .....                   | ( 91 )        |

## 第五篇 各类测量

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| <b>第 15 章 控制测量和地形测量</b> | ( 92 )  |
| 15.1 概述                 | ( 92 )  |
| 15.2 拟定计划               | ( 92 )  |
| 15.3 控制测量               | ( 93 )  |
| 15.4 平面控制               | ( 93 )  |
| 15.5 高程控制               | ( 93 )  |
| 15.6 平面和高程控制的三维导线测量     | ( 94 )  |
| 15.7 测定碎部点的基本方法         | ( 94 )  |
| 15.8 精度                 | ( 95 )  |
| 15.9 控制点法测定碎部点          | ( 96 )  |
| 15.10 经纬仪视距             | ( 96 )  |
| 15.11 平板仪测定碎部点          | ( 98 )  |
| 15.12 横断面法测定碎部点         | ( 100 ) |
| 15.13 用手水准仪测绘等高线        | ( 106 ) |
| 15.14 格网法测定碎部点          | ( 107 ) |
| 15.15 等高线跟踪法测量碎部点       | ( 108 ) |
| 15.16 用于地形测量的电子定位系统     | ( 110 ) |
| 15.17 地形测量与数字地形模型       | ( 111 ) |
| 15.18 习题                | ( 111 ) |
| 15.19 野外实习              | ( 111 ) |
| 参考文献                    | ( 112 ) |
| <b>第 16 章 摄影测量</b>      | ( 113 ) |
| 16.1 引言                 | ( 113 ) |
| 16.2 摄影机及其附件            | ( 114 ) |
| 16.3 航空象片的获取和处理         | ( 117 ) |
| 16.4 立体观测法              | ( 119 ) |
| 16.5 单张象片分析             | ( 119 ) |
| 16.6 垂直航摄像片的投影差         | ( 121 ) |
| 16.7 倾斜误差               | ( 123 ) |
| 16.8 航空摄影测量的用途及其产品      | ( 125 ) |
| 16.9 摄影测量基本方法概述         | ( 126 ) |
| 16.10 利用航空象片量测平面信息      | ( 126 ) |
| 16.11 辐射三角测量            | ( 126 ) |
| 16.12 绘制平面图             | ( 129 ) |
| 16.13 象片镶嵌图             | ( 130 ) |
| 16.14 从航空象片中获取地形信息      | ( 131 ) |

|               |                          |                |
|---------------|--------------------------|----------------|
| 16.15         | 精密摄影测量方法概述 .....         | ( 135 )        |
| 16.16         | 摄影测量立体测图仪 .....          | ( 135 )        |
| 16.17         | 定向与地图编绘 .....            | ( 138 )        |
| 16.18         | 象片三角测量 .....             | ( 139 )        |
| 16.19         | 数字地面模型 .....             | ( 141 )        |
| 16.20         | 正射投影法 .....              | ( 142 )        |
| 16.21         | 摄影测量计划 .....             | ( 143 )        |
| 16.22         | 自动摄影测量系统 .....           | ( 144 )        |
| 16.23         | 习题 .....                 | ( 145 )        |
|               | 参考文献 .....               | ( 146 )        |
| <b>第 17 章</b> | <b>线路测量 .....</b>        | <b>( 147 )</b> |
| 17.1          | 线路定线规划概述 .....           | ( 147 )        |
| 17.2          | 曲线线路中平面曲线和竖曲线的定线概述 ..... | ( 147 )        |
| 17.3          | 圆曲线概述 .....              | ( 148 )        |
| 17.4          | 圆曲线的几何关系 .....           | ( 149 )        |
| 17.5          | 曲线公式 .....               | ( 150 )        |
| 17.6          | 曲线的长度 .....              | ( 151 )        |
| 17.7          | 偏角法测设曲线 .....            | ( 152 )        |
| 17.8          | 在曲线上安置经纬仪 .....          | ( 156 )        |
| 17.9          | 单独用钢尺测设曲线 .....          | ( 156 )        |
| 17.10         | 曲线的绳索定线 .....            | ( 158 )        |
| 17.11         | 复曲线 .....                | ( 159 )        |
| 17.12         | 曲线与直线相交 .....            | ( 160 )        |
| 17.13         | 超高 .....                 | ( 161 )        |
| 17.14         | 螺旋线 .....                | ( 162 )        |
| 17.15         | 螺旋线的几何性质 .....           | ( 163 )        |
| 17.16         | 螺旋线的计算和实地放样 .....        | ( 167 )        |
| 17.17         | 密切圆原理 .....              | ( 169 )        |
| 17.18         | 螺旋线偏角改正数 .....           | ( 173 )        |
| 17.19         | 竖曲线 .....                | ( 174 )        |
| 17.20         | 用抛物线方程表示的竖曲线 .....       | ( 175 )        |
| 17.21         | 用切线的垂直支距计算竖曲线 .....      | ( 177 )        |
| 17.22         | 用弦线梯度法计算竖曲线的高程 .....     | ( 179 )        |
| 17.23         | 土方作业 .....               | ( 181 )        |
| 17.24         | 横断面水准 .....              | ( 181 )        |
| 17.25         | 线路横断面 .....              | ( 181 )        |
| 17.26         | 用外业方法测定地形横断面 .....       | ( 183 )        |

|             |                            |              |
|-------------|----------------------------|--------------|
| 17.27       | 根据地形图确定地形横断面 .....         | (183)        |
| 17.28       | 根据摄影测量立体模型获取地形横断面数据 .....  | (187)        |
| 17.29       | 初测横断面 .....                | (188)        |
| 17.30       | 最后的横断面和边桩 .....            | (190)        |
| 17.31       | 横断面面积 .....                | (196)        |
| 17.32       | 土方量 .....                  | (198)        |
| 17.33       | 平均面积法计算土方量 .....           | (198)        |
| 17.34       | 棱柱体土方公式 .....              | (199)        |
| 17.35       | 棱柱体改正 .....                | (200)        |
| 17.36       | 土方曲率改正 .....               | (200)        |
| 17.37       | 过渡截面法求体积 .....             | (203)        |
| 17.38       | 土方分布研究 .....               | (205)        |
| 17.39       | 土方累积图 .....                | (205)        |
| 17.40       | 平衡方法 .....                 | (208)        |
| 17.41       | 采料场 .....                  | (210)        |
| 17.42       | 利用整坡等高线计算土方量 .....         | (212)        |
| 17.43       | 整坡曲线法计算道路土方量 .....         | (215)        |
| 17.44       | 水库面积和容量 .....              | (216)        |
| 17.45       | 土方计算中的误差传播 .....           | (217)        |
| 17.46       | 数字地形模型(DTM)在线路测定中的应用 ..... | (219)        |
| 17.47       | 习题 .....                   | (219)        |
| 17.48       | 野外实习 .....                 | (222)        |
|             | 参考文献 .....                 | (223)        |
| <b>第18章</b> | <b>施工测量</b> .....          | <b>(224)</b> |
| 18.1        | 概述 .....                   | (224)        |
| 18.2        | 定线 .....                   | (224)        |
| 18.3        | 定坡度 .....                  | (225)        |
| 18.4        | 用电子测量系统进行定线和定坡度 .....      | (226)        |
| 18.5        | 施工放样中的准直装置和激光水准测量 .....    | (226)        |
| 18.6        | 精度 .....                   | (232)        |
| 18.7        | 公路施工测量 .....               | (232)        |
| 18.8        | 街道施工测量 .....               | (239)        |
| 18.9        | 铁路施工测量 .....               | (239)        |
| 18.10       | 下水道和管线施工测量 .....           | (240)        |
| 18.11       | 隧道施工测量 .....               | (241)        |
| 18.12       | 桥梁施工测量 .....               | (242)        |

|               |                     |                |
|---------------|---------------------|----------------|
| 18.13         | 涵洞施工测量 .....        | ( 244 )        |
| 18.14         | 建筑物施工测量 .....       | ( 244 )        |
| 18.15         | 大坝施工测量 .....        | ( 245 )        |
| 18.16         | 竣工测量 .....          | ( 246 )        |
|               | 参考文献 .....          | ( 246 )        |
| <b>第 19 章</b> | <b>土地测量 .....</b>   | <b>( 247 )</b> |
| 19.1          | 概述 .....            | ( 247 )        |
| 19.2          | 土地测量的种类 .....       | ( 247 )        |
| 19.3          | 测量仪器和方法 .....       | ( 247 )        |
| 19.4          | 土地测量的法律知识及其定义 ..... | ( 248 )        |
| 19.5          | 界标 .....            | ( 249 )        |
| 19.6          | 地界纪要 .....          | ( 250 )        |
| 19.7          | 地产说明书 .....         | ( 252 )        |
| 19.8          | 边界说明 .....          | ( 252 )        |
| 19.9          | 土地分片说明 .....        | ( 257 )        |
| 19.10         | 契约文书的法律解释 .....     | ( 258 )        |
| 19.11         | 河岸所有权 .....         | ( 258 )        |
| 19.12         | 反向占有权 .....         | ( 261 )        |
| 19.13         | 测量员的合法权力 .....      | ( 261 )        |
| 19.14         | 测量员的职责 .....        | ( 261 )        |
| 19.15         | 初测 .....            | ( 262 )        |
| 19.16         | 重测 .....            | ( 262 )        |
| 19.17         | 乡村土地划分测量 .....      | ( 265 )        |
| 19.18         | 市区土地划分测量 .....      | ( 266 )        |
| 19.19         | 城市测量 .....          | ( 269 )        |
| 19.20         | 地籍测量 .....          | ( 269 )        |
| 19.21         | 美国公用土地测量概述 .....    | ( 270 )        |
| 19.22         | 土地划分的总体规划 .....     | ( 270 )        |
| 19.23         | 标准线 .....           | ( 270 )        |
| 19.24         | 大区 .....            | ( 271 )        |
| 19.25         | 区 .....             | ( 272 )        |
| 19.26         | 标准地界点 .....         | ( 272 )        |
| 19.27         | 不规则的土地划分 .....      | ( 272 )        |
| 19.28         | 标准线的建立 .....        | ( 273 )        |
| 19.29         | 子午线收敛角 .....        | ( 273 )        |
| 19.30         | 纬线放样 .....          | ( 274 )        |
| 19.31         | 测设大区外边界 .....       | ( 279 )        |

|               |                     |              |
|---------------|---------------------|--------------|
| 19.32         | 闭合差的限差 .....        | (281)        |
| 19.33         | 矩形界线 .....          | (281)        |
| 19.34         | 大区的划分 .....         | (282)        |
| 19.35         | 区的划分 .....          | (283)        |
| 19.36         | 绘图法划分 .....         | (283)        |
| 19.37         | 测量划分 .....          | (284)        |
| 19.38         | 折线测量 .....          | (285)        |
| 19.39         | 外业手簿 .....          | (286)        |
| 19.40         | 标定地界点间的直线 .....     | (286)        |
| 19.41         | 地界点 .....           | (287)        |
| 19.42         | 地界联测点 .....         | (287)        |
| 19.43         | 地界点界标 .....         | (287)        |
| 19.44         | 地界点的标志符号 .....      | (288)        |
| 19.45         | 联测方位点 .....         | (288)        |
| 19.46         | 消失地界点的恢复 .....      | (289)        |
| 19.47         | 比例量测法 .....         | (289)        |
| 19.48         | 复位测量的野外作业过程 .....   | (290)        |
| 19.49         | 摄影测量在地籍测量中的应用 ..... | (290)        |
| 19.50         | 习题 .....            | (293)        |
| 19.51         | 内业实习 .....          | (294)        |
|               | 参考文献 .....          | (296)        |
| <b>第 20 章</b> | <b>矿山测量 .....</b>   | <b>(296)</b> |
| 20.1          | 引言 .....            | (296)        |
| 20.2          | 矿山测量专用名词 .....      | (296)        |
| 20.3          | 井下水平控制网的设计 .....    | (298)        |
| 20.4          | 控制点的埋石与设标志 .....    | (298)        |
| 20.5          | 角度测量 .....          | (299)        |
| 20.6          | 距离测量 .....          | (301)        |
| 20.7          | 导线计算 .....          | (301)        |
| 20.8          | 支导线的误差传播 .....      | (301)        |
| 20.9          | 矿井定向测量基本原理和分类 ..... | (304)        |
| 20.10         | 一井定向方法概述 .....      | (305)        |
| 20.11         | 投点法 .....           | (305)        |
| 20.12         | 用威尔士巴赫法进行联系测量 ..... | (309)        |
| 20.13         | 联系四边形法 (象斯法) .....  | (311)        |
| 20.14         | 两井定向 .....          | (312)        |
| 20.15         | 陀螺仪矿井定向: 引言 .....   | (315)        |

|                    |                   |                |
|--------------------|-------------------|----------------|
| 20.16              | 方位角测定 .....       | ( 316 )        |
| 20.17              | 常数 $C$ 的测定 .....  | ( 319 )        |
| 20.18              | 仪器检定值 $E$ .....   | ( 320 )        |
| 20.19              | 子午线收敛角 .....      | ( 320 )        |
| 20.20              | 光学对点器和激光垂准仪 ..... | ( 321 )        |
| 20.21              | 高程控制测量和水准测量 ..... | ( 323 )        |
| 20.22              | 习题 .....          | ( 325 )        |
|                    | 参考文献 .....        | ( 326 )        |
| <b>第 21 章</b>      | <b>水道测量 .....</b> | <b>( 327 )</b> |
| 21.1               | 概述 .....          | ( 327 )        |
| 21.2               | 基准 .....          | ( 327 )        |
| 21.3               | 控制测量船的位置 .....    | ( 327 )        |
| 21.4               | 电子定位测量 .....      | ( 329 )        |
| 21.5               | 点位计算 .....        | ( 330 )        |
| 21.6               | 定位精度 .....        | ( 332 )        |
| 21.7               | 水深测量 .....        | ( 332 )        |
| 21.8               | 水深测量的改正计算 .....   | ( 334 )        |
| 21.9               | 水道测量数据的表示 .....   | ( 338 )        |
| 21.10              | 特殊的水道测量 .....     | ( 338 )        |
| 21.11              | 水流 .....          | ( 339 )        |
| 21.12              | 水准面 .....         | ( 339 )        |
| 21.13              | 习题 .....          | ( 340 )        |
|                    | 参考文献 .....        | ( 341 )        |
| <b>附录 A 矩阵代数知识</b> |                   |                |
| A.1                | 定义 .....          | ( 342 )        |
| A.2                | 矩阵的类型 .....       | ( 342 )        |
| A.3                | 矩阵运算 .....        | ( 344 )        |
| A.4                | 线性方程组的解 .....     | ( 350 )        |
| A.5                | 初等行、列变换 .....     | ( 351 )        |
| A.6                | 高斯法 .....         | ( 351 )        |
| A.7                | 高斯-约旦法 .....      | ( 352 )        |
| A.8                | 特征值和特征向量 .....    | ( 353 )        |
| A.9                | 二次型 .....         | ( 354 )        |
| A.10               | 矩阵的微分和二次型 .....   | ( 355 )        |
| <b>附录 B 最小二乘平差</b> |                   |                |
| B.1                | 平差的概念 .....       | ( 357 )        |
| B.2                | 最小二乘准则 .....      | ( 357 )        |

|      |                   |         |
|------|-------------------|---------|
| B.3  | 最小二乘原理的几何证明 ..... | ( 358 ) |
| B.4  | 多余观测与模型 .....     | ( 359 ) |
| B.5  | 条件方程式——参数方程 ..... | ( 360 ) |
| B.6  | 最小二乘平差法 .....     | ( 361 ) |
| B.7  | 间接观测平差 .....      | ( 364 ) |
| B.8  | 直接观测平差 .....      | ( 369 ) |
| B.9  | 非线性方程的线性化 .....   | ( 373 ) |
| B.10 | 各种测量问题的平差 .....   | ( 374 ) |
| B.11 | 水准网平差 .....       | ( 374 ) |
| B.12 | 后方交会平差 .....      | ( 380 ) |
| B.13 | 前方交会平差 .....      | ( 384 ) |
| B.14 | 导线平差 .....        | ( 389 ) |
| B.15 | 三角测量平差 .....      | ( 398 ) |
| B.16 | 三边测量平差 .....      | ( 406 ) |
| B.17 | 边、角组合测量平差 .....   | ( 410 ) |

#### 附录 C 普通用表

|       |                                |         |
|-------|--------------------------------|---------|
| 表 I   | 折射和视差改正数 (从太阳的观测高度中 减 去) ..... | ( 413 ) |
| 表 II  | 折光改正数 (从恒星的观测高度中 减 去) .....    | ( 414 ) |
| 表 III | 大距附近北极星观测值距角的计算用表 .....        | ( 415 ) |
| 表 IV  | 三角公式 .....                     | ( 416 ) |
| 表 V   | 六英里长或相隔六英里的子午线收敛角、经差和纬差 .....  | ( 417 ) |
| 表 VI  | 割线方位角 .....                    | ( 418 ) |
| 表 VII | 从割线到纬线的偏距 .....                | ( 419 ) |

## 第四篇 制 图

### 第 13 章 制图与地图清绘

#### 13.1 概述

本书上册 1.11 节已经定义和讨论了地图的等级、类型及其基本范畴,其中侧重提到两种主要类型的地图,一种是由绘图员根据野外资料或航测原图用传统绘图方法绘制的线划图;另一种则是根据航摄像片的立体像对用摄影测量方法制成的正射影像地图。目前,通过电子计算机控制在平台式绘图桌上绘制线划图的日益增多。因此,由于制图方法上所采用的技术飞速发展,使各类地图的编绘和制作方法都面临着重大变革。

1.11 节还解释了两类最基本类型的地图:这就是,只表示自然要素和人工要素平面位置的平面图和既表示各种要素的平面位置也表示地面空间状态,即地貌形态的地形图。

本章侧重讨论地形图的特点;地形图上地貌的表示方法;等高线及其绘制方法;地图比例尺和等高距;地形图的结构;地图上应显示的信息类型;地图复制方法;自动化机助制图简介;以及地图精度标准和检验方法等。

#### 13.2 制图基准面

在测量和制图中,需要有各种便于正确量测的基准面,用以确定不同位置各点的平面和高程位置。在测量中应采用一个平面基准面和一个高程基准面。

平面基准面系由某一原点的经、纬度,过该点某一直线的方位角以及确定几何参考面(椭球面)所需的两个半径来确定,这个参考面最接近测区范围的地球表面。美国本土和阿拉斯加目前采用的平面基准面是 1927 年北美大地基准面,参考面是 1866 年克拉克参考椭球面。预计到 1983 年,将目前收集的所有资料和将要完成的卫星观测数据一起重新进行平差之后,再对该基准面作适当的修正。

高程基准面是用于确定高度和深度的参考面。目前,美国境内所有的测量和制图都是以 1929 年国家大地高程基准面(NGVD)为基础,以前称之为 1929 年高程基准面。这个基准面是以最适合于美国和加拿大的 26 个平均海水面验潮站的数据为基础,通过 1929 年美国 and 加拿大的水准网整体平差求得。估计 1983 年重新平差后,该高程基准面也会有微小的变化。由于国家高程控制网的高程是连结到国家大地高程基准面上的,因此地形测量、大地测量、工程研究和工程施工测量中的高程也都是以 NGVD 为依据的。

不要混淆国家大地高程基准面与局部平均海水基准面。国家基准面是根据广大地区内的各海平面验潮站的大量数据经平差处理而确定的。因此,对某一特定地区来说,两者之间存在微小的差别。

北美湖泊地区的地界测量不采用以国家大地高程基准面为参考面的高程,因为在北美

湖泊地区，地界测量中的高程是随所采用的由海水或湖水平面决定的潮汐基准面而定，而潮汐基准面随潮汐的涨、落而定，而且有所谓平均高潮面、平均低潮面和平均次低潮面。

在阿拉斯加(高程基准面)、波多黎各、夏威夷群岛、维尔京群岛、关岛和其它海岛还采用一些其它的平面和高程基准面。有关这些基准面的详细资料可从国家海洋测量局获得。

### 13.3 地形图

地形图通常用一些恰当符号来表示：(1)地球表面的高低起伏形状(山丘和谷地)等要素，(2)其它自然地理要素如树木、河流等，(3)人工要素的符号如房屋、道路、运河、耕地等。地形图上表示了地面的起伏形态，这是它与其它地图不同的显著特征。

地形图的用途非常广泛。它对于任何涉及地面形态、高度、坡度的工程项目设计是必不可少的。同时，也为地质学家，经济学家和其它从事自然资源开发各个领域的研究提供基本资料。

普通地形图主要是由政府机关制作。例如，美国的地形图就是由美国地质测量局编绘和出版的。这种地形图为四方形，图幅的最大比例尺为1:24000(米制为1:25000)，幅面为 $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}$ ；最小比例尺为1:1百万，幅面为 $4^\circ \times 12^\circ$ 。图13.1是典型的1:2.4万地形图的一部分。必须指出，该图经过缩小，比例尺已不是1:2.4万。此外，还有一些联邦机构也从事测量制图工作。有关各州地图和航空像片均可由设立在弗吉尼亚州、雷斯敦市的国家制图资料中心提供。还有一些地图保存在各州、县、市的政府部门中。

### 13.4 地貌表示

地貌可用地貌模型、晕渲法、分层设色法、晕渲法、地表形状线法或等高线法来表示。在地图上使用的地貌符号中，唯有等高线才能直接而定量地指示地面的高程，从而获得了最广泛的应用。下面几节将主要讨论等高线问题。地表形态线法与等高线法相似，但不依比例尺表示，所以只是一种定性的表示方法。

用上述的任何一种方法描绘地貌的地图均可称为地势图。若地图上的高程是以某一平均海水面为高程基准面时，则该类地图又称为分层设色地势图。这两种图都属于地形图。

### 13.5 地貌模型

所谓地貌模型，就是以适当的水平比例尺和垂直比例尺显示地面的三维形态。地貌模型所表示的是地貌形态的缩影，通常用蜡或粘土之类的可塑性材料制作。也可制成按等高线形状切割的纸板叠加起来的分层模型。美国国防制图局(DMA)研究出一种用塑料板制作的三维等高线地图的方法，用平板印刷将地图内容印在塑料板上然后将它压铸成地貌模型。市面上还可买到某些地区的纸板立体地图。

在各种显示地貌的方法中，地貌模型是最易读的，主要用于教学和展览会，但对地质学家、地理学家和工程师们的研究工作也不无裨益。然而，因制作费用甚高且体积庞大，使用上受到一定的限制。



图 13.1 美国地质测量局出版的典型地形图，比例尺 1:24000(2000ft/in)，等高距 20ft。

### 13.6 晕渲法

晕渲法是在平面上粗略表示地貌形态的一种方法。其基本原理是，假定从垂直上方某点按给定的角度发出一组平行光线照射地面，则光线照射不到的地方就形成阴影，这种方法采用了某些绘画的方法，主要用以显示高差大而坡度陡这类地区的地貌特征。用这种方法表示基本特征，既形象也十分有用。有时也与晕滃法或等高线法配合使用，从而使地图更加清晰易读。

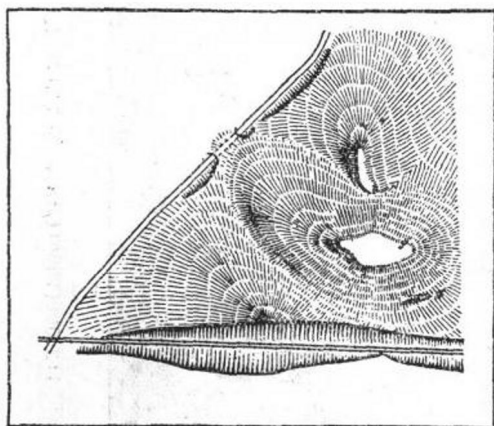


图 13.2 晕滃法

### 13.7 晕滃法

晕滃法表示地貌比晕渲法更加逼真，但清晰度要差一些。晕滃法表示地貌的符号是一组几乎平行的短线，通过短线之间的间隔，短线本身的粗细和方向的合理配置，不仅可以起与晕渲法相同的效果，而且易于掌握。短线一般与最大倾斜方向平行，最好是按标准比例配置线条的长短和粗细来表示不同的地面坡度。图 13.2 是图 13.3 右中部的那部分等高线用晕滃法表示的图形。

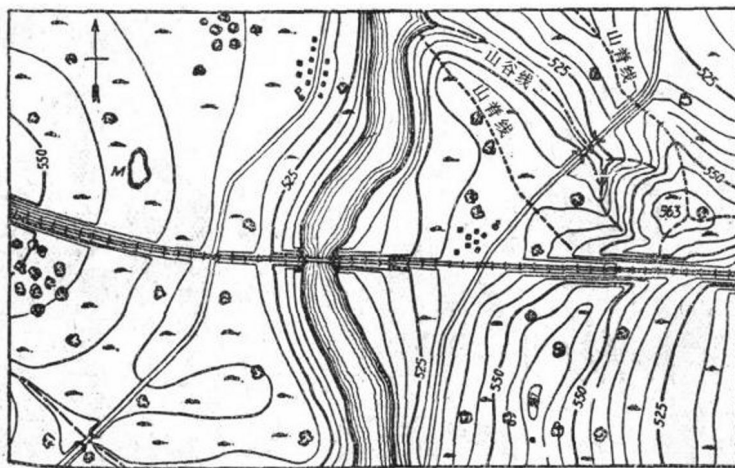


图 13.3 等高线图

### 13.8 等值线和等高线

等值线就是地面上同高的一条想像的曲线，也可看成是水平面与地表面的交线。如静止水域的边线就是一条等值线。

如果将地表面上一些高程相等的点描绘在图上并连接起来,就形成了等高线。因此,地面上的等值线表示在地图上就是等高线,通常“等值线”与“等高线”这两个词是可以通用的。地图上两相邻等高线之间的固定高差称为等高距。

等高线表示地貌的最大优点是,它所显示的地貌要比其它符号更加方便、明确和准确。但对非专业人员说来,这种地图不容易读。

### 13.9 等高线的特性

由图13.3可以看出等高的一些基本特性。为便于讨论,图中没有考虑河流表面的坡度。在野外测量时,河面高程为510ft,所以,水涯线就代表510ft等高线的位置。此图的等高距为5m,当河水上涨5ft时,则相应的水涯线就表示为515ft的等高线。同理,如果河水连续上涨,每升高5ft时的水涯线就分别用520ft、525ft, ..., 的等高线表示。

等高线有如下基本特性:

1. 等高线间的水平距离与地面坡度成反比。因此,坡度越陡(如图13.3中的铁路与河岸),等高线越密。

2. 等倾斜地区的等高线间隔是均匀的。

3. 沿着平面(如图13.3中铁路路堑和路堤表面)的等高线表现为互相平行的直线。

4. 等高线为水准线,因此应垂直于最大倾斜线,通过山脊与山谷的等高线均应垂直山脊线与山谷线。

5. 所有陆地都可视为高出海面的山峰或岛屿。显然,所有等高线都应是闭合曲线,或在本图幅中闭合,或在图幅以外闭合。因此,地图上闭合的等高线不是表示山顶就是表示凹地。如果水涯线或相邻等高线的高程不能说明其所表示的地貌形态,则凹地可用画有短线的等高线即洼地等高线表示(如图13.3中的M处所示)。

6. 由于等高线表示的是地面上不同高程的等值线,因此,等高线在图上不能重合,也不能相交,只有少数情况如垂直面(如图13.3的桥墩处)、绝壁和悬崖等陡峭地带例外。

7. 一条等高线不能位于高程比它高或高程比它低的两条等高线之间。

等高线的一些其它特性如图13.4和图13.5所表示。图13.4是等高距为10m的山区地带的等高线,右侧显示出一条明显的山脊,可以看出,V形或U形等高线指向山脊下坡方向。图左侧是一条由许多小溪汇集而成的山谷,与山脊相反,V和U形等高线朝上坡,指向山谷线、河流的流水线和沟渠的逆流方向。图13.5说明等高线是如何通过人工地貌的。在图13.5a中,等高线通过一条上侧为路堑,下侧为路堤的铺装道路,路的上侧有一条沟渠,V形等高线指向上坡方向。因为大多数铺装道路的路面都是中间高,两边低的拱型构造,所以通过路面的等高线相当平滑(铺装路面相当平滑)而且略微凸向下坡方向。图13.5b表示等高线通过镶边道路的情况,因为镶边通常比道路路面高出0.5ft或0.15m,所以等高线成直角穿过镶边石路面并沿其表面沿伸至路边渠沟中相应等高线的高程。如果道路的坡度为5%,那么从等高线穿过镶边顶部至路边沟渠相应等高线的距离约为 $0.5/0.05 = 10\text{ft}$ 或3m,之后等高线平滑而微微凸向路旁沟渠的下坡方向的路面到达道路另一侧镶边顶部的高程与等高线值相同处,通过镶边再以直角方向到达人行路面(假设路面水平)。