

成都工学院图书馆

基本馆藏

380537

中等专业学校试用教材

测量学

王文辉 李金如等编



中国工业出版社

中等專業學校試用教材



測 量 學

王文輝 李金如 等編

中國工業出版社

本书是由南京地质学校测量学教研组的教师集体讨论、分工编写而成的。可作为中等专业学校航空摄影测量、制图专业的测量学试用教材。

全书共分十四章。其中对一般测量仪器的基本构造和使用方法、水准测量、图根控制点的测定、1:1000—1:5000比例尺地形测图、测量误差理论等内容作了较详细的阐述。而对三、四等三角测量的内、外业工作和高斯平面直角坐标仅作了简要的叙述。

本书也可供测绘技术人员参考。

测 量 学

王文辉 李金如 等编

国家测绘总局测绘书刊编辑部编辑（北京三里河国家测绘总局）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092\frac{1}{16}$ ·印张 $18\frac{1}{4}$ ·插页5·字数407,000

1966年3月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷

印数 0001—3,080·定价（科四）1.80元

统一书号：K15165·4189（测绘-155）

前 言

本书是中等专业学校航测、制图等专业的测量学教材。书中比較詳細地闡述了：一般測量儀器的基本構造與操作方法；大比例尺地形測量；水準測量；圖根控制點的測定；測量誤差理論等內容。另外，對三角測量的內、外業和高斯平面直角坐標也作了簡要的敘述。在進行教學的時候，可以按照各專業的教學大綱對上述內容作相應的取舍。

本書是在我校原有講義的基礎上，結合教學實踐的經驗，用集體討論、審查的辦法編寫而成的。由王文輝、李金如、呂賢楠、邵誠、邵國祥、章學信、鈕繩武、霍宇柱等分工編寫，並由王文輝擔任主編。

本書在章節次序的安排與內容的闡述方面，力求做到既能符合由淺入深的認識過程，又能照顧到測量工作的生產過程和測量科學的系統性。但是，由於我們的水平有限，可能有不妥當的地方，希讀者予以指正。

編 者

1965年7月

目 录

前 言

第一章 緒論	1
§ 1-1 测量学研究的对象和分类及其在社会主义建設中的作用	1
§ 1-2 测量学发展簡史	2
§ 1-3 地球形状和大小的概念	3
§ 1-4 垂直投影、地图和平面图	4
§ 1-5 坐标系的概念	5
§ 1-6 测量誤差的概念	7
§ 1-7 测量的概念	7
第二章 比例尺	9
§ 2-1 数字比例尺及图示比例尺	9
§ 2-2 各种比例尺表示实地距离的限度	13
第三章 直线的丈量和定向	14
§ 3-1 地面点的标志	14
§ 3-2 直綫定綫	15
§ 3-3 直綫丈量的工具和尺长检定	16
§ 3-4 用鋼卷尺丈量直綫	18
§ 3-5 丈量长度的誤差和注意事項	20
§ 3-6 方位角与象限角	21
§ 3-7 真方位角、磁方位角、坐标方位角間的关系	22
第四章 测量仪器上的望遠鏡和水准器	25
§ 4-1 望遠鏡的构象原理	25
§ 4-2 望遠鏡的基本結構	26
§ 4-3 望遠鏡的調节	28
§ 4-4 望遠鏡的放大率、視場和鉴别能力	29
§ 4-5 水准器	31
第五章 水准測量	34
§ 5-1 高程測量的种类	34
§ 5-2 水准測量的原理	34
§ 5-3 水准仪	36
§ 5-4 水准标尺、尺垫、水准标尺的讀数	39
§ 5-5 沒有傾斜螺旋的定鏡水准仪的檢查和校正	40
§ 5-6 傾斜螺旋的作用及具有傾斜螺旋的定鏡水准仪的檢查和校正	43
§ 5-7 測量仪器的使用和保养規則	44

VI

§ 5-8 水准路线的布設	45
§ 5-9 水准测量的实施	49
§ 5-10 在固定点上的水准观测及水准测量的間歇	53
§ 5-11 水准路线的高程計算	54
第六章 經緯仪导线測量	56
§ 6-1 角度测量的概念	56
§ 6-2 經緯仪的一般构造	57
§ 6-3 經緯仪的讀数装置	59
§ 6-4 經緯仪的檢查和校正	62
§ 6-5 水平角观测	64
§ 6-6 經緯仪导线測量	67
§ 6-7 坐标增量	69
§ 6-8 經緯仪閉合导綫的計算	74
§ 6-9 經緯仪附合导綫的計算	79
§ 6-10 按坐标网展繪导綫点	81
第七章 三角高程測量	86
§ 7-1 三角高程測量基本公式	86
§ 7-2 垂直度盘及垂直角、天頂距观测	87
§ 7-3 三角高程測量中的地球弯曲差及大气折光差	92
第八章 平板仪	97
§ 8-1 平板仪測量概念	97
§ 8-2 平板仪的构造	97
§ 8-3 平板仪的安置	100
§ 8-4 平板仪的檢查和校正	101
§ 8-5 視距測量的概念及基本原理	103
§ 8-6 視距常数的測定和視距尺	105
§ 8-7 照准軸傾斜时測定水平距离及高差的公式	107
§ 8-8 視距測量的計算工具	109
第九章 大比例尺平板仪地形測图	113
§ 9-1 地形測量方法	113
§ 9-2 地图投影的概念	113
§ 9-3 地形图的分幅編号	115
§ 9-4 平板仪測图的准备工作	120
§ 9-5 平板仪图解交会法	121
§ 9-6 平板仪导线測量	128
§ 9-7 地形图的地物符号	130
§ 9-8 地形图上显示地貌的方法	131
§ 9-9 等高綫的特性和等高距	132
§ 9-10 地形測图及其取舍	134
§ 9-11 測定地形特征点的方法	135

§ 9-12 1:1000、1:2000、1:5000比例尺地形测图	137
§ 9-13 测站点上的工作程序	141
§ 9-14 图廓边测图和野外拼接	142
§ 9-15 地形图的检查及测图结束后应提交的资料	143
§ 9-16 原图着墨和图廓整饰	144
§ 9-17 断面图和坡度尺	144
第十章 解析图根测量	147
§ 10-1 图根点的作用及其敷设的形式	147
§ 10-2 选定图根点的一般要求和方法	148
§ 10-3 图根点的角度观测	149
§ 10-4 前(侧)方交会点的计算	152
§ 10-5 后方交会点的计算	155
§ 10-6 线形锁的计算	160
§ 10-7 成果的整理及呈交资料的装订	167
第十一章 测量误差理论	168
§ 11-1 概述	168
§ 11-2 测量误差的分类	168
§ 11-3 偶然误差的特性	170
§ 11-4 算术平均值原理与最或是误差	170
§ 11-5 个别测量的精度估计	173
§ 11-6 以最或是误差表示中误差	175
§ 11-7 观测值函数中误差	177
§ 11-8 算术平均值的中误差与同精度观测列的处理	181
§ 11-9 相对误差与极限误差	183
§ 11-10 同类量的同精度双观测列之中误差	184
§ 11-11 测量的权的概念	186
§ 11-12 广义算术平均值与不同精度观测的最或是误差	190
§ 11-13 单位权中误差、广义算术平均值的权与中误差	192
§ 11-14 观测值函数的权	194
§ 11-15 误差理论的简单应用	196
第十二章 三角测量概论	200
§ 12-1 控制测量的意义和内容	200
§ 12-2 三角网的形状、分等和布设方案	200
§ 12-3 三角点的遴选、觇标和标石的类型	204
§ 12-4 基线测量	208
§ 12-5 三角测量的测角仪器和测角方法	212
§ 12-6 归心元素的测定及归心改正数的计算	217
§ 12-7 三角测量概算	221
第十三章 高斯平面直角坐标	226
§ 13-1 地球椭圆体的元素	226

§ 13-2 椭圆体上某一点的主法截弧、主曲率半径、平均曲率半径	227
§ 13-3 关于投影的一般说明	228
§ 13-4 三角网在高斯平面上的投影	230
§ 13-5 由大地坐标计算高斯平面直角坐标	231
§ 13-6 平面子午线收敛角的计算	237
§ 13-7 长度比的概念与距离改正	237
§ 13-8 方向改正	238
§ 13-9 高斯坐标的换带计算	240
第十四章 三角测量条件平差概論	247
§ 14-1 概述	247
§ 14-2 自由网中的条件方程式	249
§ 14-3 自由网中独立条件方程式的选择	253
§ 14-4 非自由网中的条件方程式	257
§ 14-5 非自由网中控制条件方程式的选择	261
§ 14-6 条件方程式解算的基本方法	262
§ 14-7 法方程式的实际组成及组成时的检查	265
§ 14-8 法方程式的解算及解算时的检核	269
§ 14-9 法方程式的实际解算表格	274
§ 14-10 改正数与测角中误差之计算	276
§ 14-11 单三角锁与中心点多边形的平差固定格式	278
§ 14-12 典型图形平差概說	279

第一章 緒 論

§ 1-1 測量學研究的對象和分類及其 在社會主義建設中的作用

測量學是研究各種不同的測量方法，將地球表面各個地區測繪成圖，以及測定整個地球的形狀和大小的科學。測量的結果，可以得到某一地區內一些點子的有關數據，或者得到一張縮小的而且與該地區相似的地圖。

隨着科學技術的不斷發展和進步，測量學現已劃分為幾門單獨的學科，進行專門的研究。

在大範圍內精確地測定地面點的位置，以及確定整個地球的形狀和大小，這是大地測量學的基本任務。

在範圍不大的地區，將地球表面的形狀測制成地形圖，這是地形測量學的任務。

利用地面攝影或空中攝影所取得的象片，經過一定的計算和應用專門的儀器測制成地形圖，這是攝影測量學的基本任務。

根據已有資料，研究編繪各種地圖以及地圖的印刷工作，這是制圖學的基本任務。

為了滿足城市建設、各種大型工礦企業、農田水利等方面的需要，而進行的專門測量，則為工程測量學的基本任務。

測量學雖然劃分成多種獨立的科學技術領域，但測量和編繪地形圖，以及確定整個地球的形狀和大小，則是它們的共同目的。

在我們的社會主義建設中，測繪工作具有重要的意義，它起着“尖兵”的作用。

在農業上，測繪工作要為發展農業生產的某些措施服務。如為改造土壤、興修水利、土地整理和開墾荒地等方面提供精確的地形圖，以及進行必要的測量工作。

地質勘探中，地形圖是地質工作人員不可缺少的資料。在勘探各種礦產資源、計算儲量、填繪勘探結果、隨後興建各種採礦企業以及實施開採計劃等工作中，都需要精確的地形圖，並應進行專門的測量工作。

在水電站的建設中，測繪工作起着重要的作用。在初步的勘探過程中，要為水電站的設計和建築工程提供原始資料；在施工過程中，測量工作又要將設計圖形正確地移到實地，即使當水電站建成以後，還要通過精確的測量，來考察工程所發生的變形，以便及時採取必要的措施。

修建各種交通路線，如鐵路、公路、運河等工程時，在勘察、設計和施工的各個階段，都要進行不同的測量工作。在建成後，測量工作又要為檢查工程的穩定性和研究改善路線等方面服務。

在工業建設中，工廠、大型房屋、飛機場等的設計、施工，以及在使用期間，都需要測量資料和進行各種不同的測量工作。

在城市和乡村的建设方面，当规划和整理居民点、编制居民点的改建计划图、建设一般的交通网、敷设上下水道时，都必须应用地形图，同时也要进行专门的测量工作。

在国防上，测绘工作更有重要的作用。如制订战略计划、确定战斗部署等，都需要以精确而详细的地形图作为依据，并需要进行精确的测量工作。

在人类征服宇宙的过程中，测量工作也起着一定的作用。

§ 1-2 测量学发展简史

测量学有着悠久的历史。它和其它科学一样，是为了满足生产实践的需要而产生，同时随着科学技术的不断进步以及长期的生产实践，而逐渐充实发展起来的。至今已成为国防和国民经济建设中的一项不可缺少的科学技术。

测量学和数学有着密切的关系，在很长的时间内，数学与测量学是互相补充，互相促进地发展着的。

我国人民对世界文化的发展曾作出了多方面的卓越贡献，就测绘科学来说，它在我国的发展也是比较早的。据历史记载，大禹治水时所用的准、绳、规、矩即是测量所用的工具。三国时，地图已在军事上发挥了巨大作用。公元三世纪，我国的制图学家裴秀，总结了前人的制图经验，拟定了编制小比例尺地图的法则，称为“制图六体”，即道理（距离）、准望（方向）、高下（地形起伏）、方邪（地物形状）、迁直（河流、道路的曲直）、分率（比例尺），这是最早的制图规范。公元八世纪，在我国河南一带的平原上，曾用水准绳墨进行了子午弧长的测量，这是我国大地测量的开始。元代郭守敬拟定了全国纬度测量计划，并实际测量了27个点。公元1708—1718年，进行了全国各省的测量工作，并绘制成皇舆全图，这些资料，至今仍可作为我国编制舆地图的参考。清朝封建统治被推翻后，由军阀割据直到国民党统治时期，统治阶级为了本身的利益，也曾相继成立了测量局，开办了测量学校并进行过一些测量工作，使测量事业有了少许发展。但是由于反动的旧王朝和封建军阀长期罪恶的统治和帝国主义、官僚资本主义的压迫，严重地阻碍了我国的生产力的发展，这就必然使科学的发展受到严重的束缚。测绘科学和其它科学一样，也没有得到应有的发展。就是当时遗留下来的测绘成果，大部分质量较低，不能满足我国社会主义经济建设和国防建设的需要。

在国外，早在公元前十八世纪，埃及由于尼罗河经常泛滥成灾，泥沙淹没了地界，所以常常需要为了重新划分土地而进行测量。在公元前六世纪，希腊学者毕达哥拉斯就提出了地球为球形的假定，到公元前三世纪由希腊天文学家初步测定了地球的大小。

十二世纪前后，阿拉伯人将中国发明的磁针传到了欧洲，改正了测量和制图中关于方向上的很多错误，使地面各点间得到较好的联系。十六世纪末，用罗盘仪、象限仪和线尺进行测量工作，已经非常普遍。十七世纪，发明了望远镜、显微镜和钟表，使测量仪器有了很大的改进。在十八世纪初，为了测定地面的起伏形状，而产生了水准高程测量的方法。十九世纪德国的著名科学家高斯在精密计算方面作出了巨大的贡献，著有横圆柱投影学说（即著名的高斯投影），后经克吕格改进和发展而成横圆柱正形投影，称为高斯、克吕格投影。高斯并创立了最小二乘法，这种方法至今仍是处理测量误差和进行测量平差计算的基础。

础。第一次世界大战期间，航空摄影测量初次得到应用，因而使大量的野外测量工作，移到了室内进行。由于近代光学和电子科学的发展为测量科学开辟了广阔的发展途径，测量学在应用这些新技术方面已取得了巨大的成就，如采用微波测距和光速测距的方法进行距离测量；雷达航空测量方法的应用；电子计算技术在测量平差计算中的应用等。

中华人民共和国建国以来，在党和政府的领导下，开展了大规模的经济建设。无比优越的社会制度，为我国测绘事业的发展开辟了广阔的道路，从而在我国测绘事业的发展史上揭开了新的一页，使测绘生产获得了迅速的全面的发展。由于测量事业发展的需要，1956年成立了国家测绘总局，统一领导全国的测绘工作。为了培养测绘专业人员，建立了专门的测绘院校，同时还有不少院校也设有测绘专业。我国还建立了测量制图方面的科学研究机构，从事专门的研究工作。总之，十几年来，测绘工作得到了蓬勃的发展，但为了更好地满足祖国社会主义建设事业的需要，我们还必须作更大的努力。

§ 1-3 地球形状和大小的概念

测量工作是在地球表面上进行的，因此，就必须了解地球的形状和大小。

地球不是一个真正的圆球，而是一个沿着赤道稍稍膨大和在两极之间略为扁平的椭球体。最近对人造卫星的观测资料研究表明，地球不完全是扁的，而是梨形或心脏形的。地球的北极比南极稍向外凸出一些，赤道也不是正圆的，而是略微有些扁。

地球的自然表面是很复杂的，海洋占地球整个面积的71%，陆地面积约占29%。就整个地球来说，大部份的陆地表面比海洋表面是高出不多的，即使是地球上最高的珠穆朗玛峰，它的海拔还不到10公里，与地球的概略半径6371公里相比只是一个非常微小的数值。因此地面上的隆起部份可以忽略不计，而用某一个理想的平静的海水面来代表地球的自然表面。

所有平静的水面都称为水准面，它的特性是：该面上任一点的铅垂线，都在这一点与此面相垂直。水准面有无数个，而其中有一个通过平均海面（经验潮站长期测定而得），这个水准面称为大地水准面。设想大地水准面延伸而穿过大陆和岛屿的下部，成为一个包围整个地球的曲面，在测量学中就以该曲面包围成的形体来代表地球的形状。

大地水准面虽然是一个曲面，但可以用数学证明，大约在100平方公里的范围内，在计算距离及水平角时，可以不顾及地球的曲率，而把水准面当作水平面看待。

由物理学知道，地面上重力的大小和方向决定于地球内部物质的吸引作用。由于地球质量分布的不均匀，必然引起铅垂线方向的变动，因而使大地水准面成为十分复杂和不规则的表面。在这个不规则的

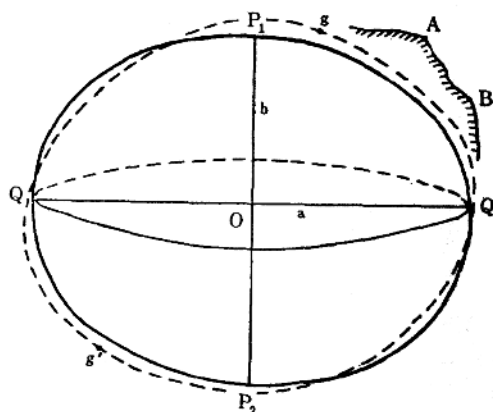


图 1-1

表面上无法进行某些计算,所以必须采用一种在形状上极近似于大地水准面,而又可以用数学方程式表示的规则表面来代替它。因为由椭圆绕其短轴旋转而成的旋转椭球体,和大地水准面所形成的球体,形状很相似,所以在实用和计算上就采用旋转椭球体来代表地球的形状,用以代表地球形状的这个旋转椭球体,称为地球椭球体。

在(图1-1)中, QP_1QP_2 为旋转椭球体表面, gg' 为大地水准面, AB 为自然表面。地球椭球体面与大地水准面不完全一致,有些地方地球椭球体稍微高些,有些地方又稍微低些,但是由测量结果证明,这些偏差一般不超过 ± 150 米。

地球椭球体的形状和大小,是由它的长半径 a 和短半径 b 或由一个半径和扁率 ($\alpha = \frac{a-b}{a}$) 来决定。 a 、 b 和 α 称为椭球体的元素。

很早以来,就有许多科学家从事确定地球形状和大小的测量以及研究工作,历来主要推算结果如(表1-1):

表 1-1

推算者	年代	a (米)	b (米)	α
德兰布尔 (法)	1800	6 375 653	6 356 564	1:334
白塞尔 (德)	1841	6 377 397	6 356 079	1:299.2
克拉克 (英)	1880	6 378 249	6 356 515	1:293.5
海福特 (美)	1909	6 378 388	6 356 912	1:297.0
克拉索夫斯基 (苏)	1940	6 378 245	6 356 863	1:298.3

我国现在采用苏联弗·恩·克拉索夫斯基教授所求得地球椭球体元素的数据。

在实际工作中,若对测量结果的精度要求不很高,尤其是计算小地区的测量结果时,可以将地球当作圆球。这时地球半径采用与地球椭球体等体积的球体半径,对于克拉索夫斯基地球椭球体来说,这个球体的半径等于 6371.11 公里。

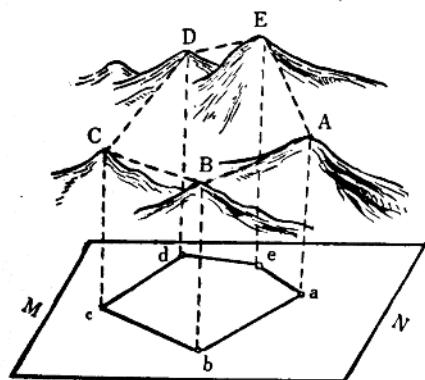


图 1-2

地面各点的垂直投影。连接地面上相邻两点的直线 AB 、 BC 、 CD 、 DE 和 EA , 它们的垂直投影就是连接水平面上相邻两投影点之间的直线 ab 、 bc 、 cd 、 de 和 ea , 由这些直线所构

§ 1-4 垂直投影、地图和平面图

为了把具有空间形状的地球表面描绘在图纸上,需要采用投影的方法。

如果在小区域内,可以把地球表面的形状投影到水平面上。这时假设在测区中心作一个水平面,然后从地面各点向着水平面作铅垂线(图1-2),这些铅垂线与水平面的交点,称为

成的图形abcdea, 就是图形 ABCDEA 的垂直投影。

对面积不大的地区 (100 平方公里左右), 可将该地区视为平面, 利用垂直投影的原理, 并按一定的比例尺把地面上的物体描绘在平面上, 这种图称为平面图。

在平面上描绘大地区或整个地球表面的形状时, 就不能将水准面当水平面看待。同时也不能采用简单的垂直投影的原理, 而应根据数学法则按一定的比例尺和投影方法, 在平面上概括地反映地物和地貌的地理分布和相互位置, 这种图称为地图。

图面上只表示出地面物体分布的图, 称为地物图。如图上不仅表示出地物的位置, 并按统一规定的符号表示出地面高低起伏的形态, 这种图称为地形图。地形图是用于国防建设和经济建设的基本图。

地形图内所反映的主要内容分为两类: 一类是地面各种固定位置的物体, 称为地物, 例如河流、道路、居民点及树木等等; 一类是地面高低起伏的形态, 称为地貌。因为地表是非常错综复杂的, 所以在一张小小的图纸上, 决不可能包罗万象地表示出地面上所有的物体, 而只能是在一定要求范围内反映其主要的相貌。各种地物和地貌是采用不同符号来表示的。表示地物的符号是某些地物的外部轮廓线在图面上的垂直投影, 或者是表示某些物体的特定记号, 它们能够在不同程度上表示地物的外形、位置和它们的特征。表示地貌的一般符号为等高线, 等高线能够表示地面的高低和地表面的相貌。当某些地貌不能用等高线表示时, 则用规定的符号表示。为了便于地形图的判读和应用, 图上还应该有一些专门的说明和注记。这些问题将在以下各章中作详细叙述。

§ 1-5 坐标系的概念

地面点位的确定, 通常是将其投影到大地水准面上, 然后求出该投影在大地水准面上的位置。地面点在大地水准面上的投影位置是以地理坐标 (经度和纬度) 来表示的。除此以外, 要完全确定地面点的位置, 还必须确定地面点到大地水准面的垂直距离。

地理坐标是表示点在球面上的位置, 所以, 我们把大地水准面当成一个椭球体或圆球看待。该球的自转轴, 称为地轴, 地轴和球面相交于 P_1 和 P_2 两点, 分别称为北极和南极 (图 1-3)。

通过地面点 M 和两极的平面, 称为 M 点的子午面, 它与球面的交线, 称为 M 点的子午线, 也称经圈。国际公认通过英国格林威治天文台的子午线作为起始子午线, 或称首子午线。

垂直于地轴的各平面与球面的交线, 称为纬线或平行圈。其中通过球心的平面, 称为赤道平面, 它与球面的交线, 称为赤道。赤道是最大的纬圈。

M 点的子午面和起始子午面间所夹的两面角 λ , 称为 M 点的经度。经度由起始子午线向东或向西计算, 分别称为东经和西经, 其数值由 0° 到 180° 。在同一子午线上各点的经度相同。

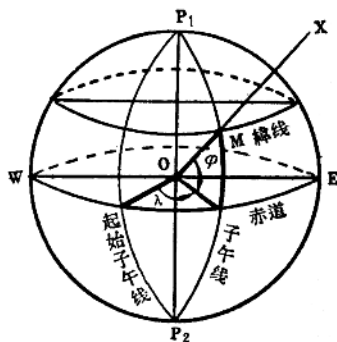


图 1-3

M点的铅垂线和赤道平面的交角 φ ，称为M点的纬度。纬度是从赤道向北或向南计算的，向北计算的称为北纬，向南计算的称为南纬，其数值由 0° 到 90° 。在同一纬线上各点的纬度相同。

在小地区，地面可视为平面，确定平面上点的位置，可采用平面直角坐标系。在平面上选择一点 o ，过 o 点作两条互相垂直的直线，称为坐标轴。如（图1—4）， o 点称为坐标

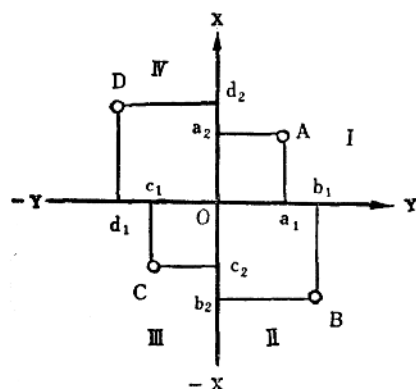


图 1—4

表 1—2

象 限	纵 坐 标 x	横 坐 标 y
I	+	+
II	-	+
III	-	-
IV	+	-

原点， oX 轴称为坐标纵轴， oY 轴称为坐标横轴。坐标轴将平面分成四个部份，称为四个象限，它的编号依次为I、II、III、IV。坐标纵轴从 o 点向上为正，向下为负；坐标横轴从 o 点向右为正，向左为负。

在实际工作中，我们使坐标纵轴位于南北方向，向上为北，向下为南；坐标横轴位于东西方向，向右为东，向左为西。

任意一点的位置可由该点到纵横坐标轴的垂直距离来确定。例如在第I象限中A点的位置可由线段 Aa_1 和 Aa_2 的长度确定；在第II象限中B点的位置可由线段 Bb_1 和 Bb_2 确定；第III、IV象限中C、D点同样可以用相应线段来确定。线段 Aa_1 称为A点的纵坐标，以 x 表示； Aa_2 称为A点的横坐标，以 y 表示。其他三个象限中的情形也是如此。由此可以看出，平面上任一点都有一对坐标 x 和 y ，该对坐标值便确定了该点的平面位置。

每个象限中 x 、 y 值的正负号是根据坐标轴的方向来决定的，如（表1—2）。

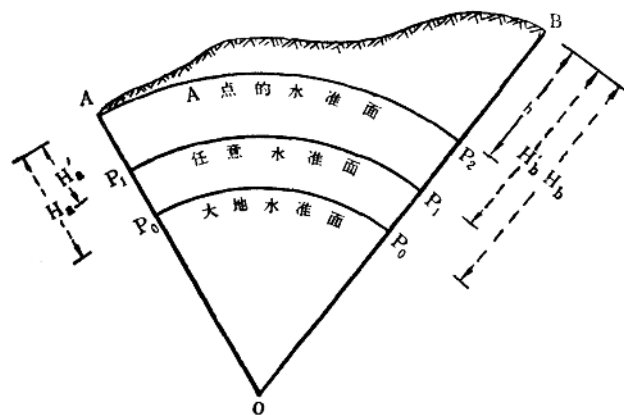


图 1—5

地面点除了用地理坐标或平面直角坐标来确定其位置外，还要确定它到大地水准面的垂直距离，这垂直距离称为该点的绝对高程或标高，有时也称为海拔。如（图1—5）， H_A 及 H_B 表示A和B点的绝对高程。

有时点的高程是从任意一个水准面起算，在这种情况下，点的高程称为相对高程，也称假定高程， H'_A 及

H_A 就是 A 和 B 点的相对高程。

地面上两点高程的差数称为高差。由于方向的不同，即使同一个高差可能是正的，也可能是负的，例如 AB 的高差为正值时，BA 的高差则为负值。

§ 1-6 测量误差的概念

当对某一量进行若干次观测后，即使工作中没有产生错误，也会发现所测的数值不相同，但彼此很接近。这一现象说明我们所得到的仅是该量的近似值，近似值与真值相差一微小数值，即为误差。

测量误差愈小，精度愈高，结果也愈精确；测量误差愈大，其测量的精度就愈低。测量精度的高低主要决定于测量工作者的责任心、技术水平、测量方法、测量仪器的质量、测量时的自然环境等因素。

测量误差的产生是由于人的感觉器官不够完善；仪器制造方面的缺陷；以及在测量时自然环境的影响。为了使所得到的测量结果保证一定的精度，应该在工作中采取措施，将误差限制在一定的范围内。

§ 1-7 测量的概念

测绘地形图，首先必须测定地面上各点间的相对位置。但是，决不可以从一点开始，由局部地区的测量逐步扩展到很大的范围。这是因为在测量结果中存在着误差，从一点开始扩展到大范围时，必然使误差很快的积累，越积越大，最后达到不可允许的程度。这种方法既浪费人力和物力，也不会得到良好的结果。

正确的测量方法是在整个测区内，选择一些具有控制意义的点，以一定的精度测定它们的平面位置和高程，然后再根据这些点来测定附近其他点的位置。这些具有控制意义的点，称为控制点，所构成的图形称为控制网。如（图 1-6），A、B、C、D 为控制点，E、F、G、M、N、T 为加密的控制点。这些点都用一定的标志固定下来，用仪器进行观测并计算出这些点的平面位置和高程，然后以这些点为基础，进行地物和地貌的测量，简称地形测量或碎部测量。

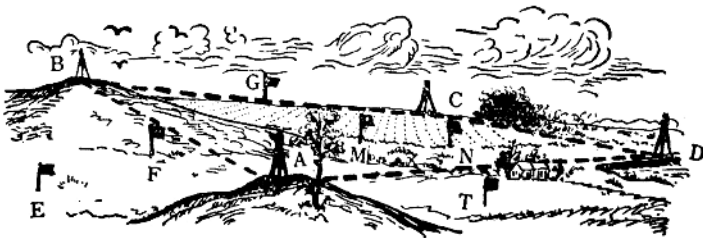


图 1-6

由上可知，测量工作应遵守的一个基本原则是：由整体到局部，由高级到低级。这样既避免了误差的积累，同时，又便于在测区内分工作业，且使所测地形图能连接成一个严密的整体。所以，测量工作的程序是：先建立控制网，再以控制网为基础进行地形测量，

最后进行原图的清绘和复制。

对于全国性的测量工作，因为面积广阔，必须采用分等布设控制网的办法。根据精度的不同，国家控制网规定分为一、二、三、四等。测制地形图的方法，有平板仪地形测量和航空摄影测量两种。

测量工作中的选点、测角、量边、水准测量和地形测量等均在野外进行，称为外业，测量成果的整理、计算和原图清绘整饰等工作均在室内进行，称为内业。

第二章 比例尺

§ 2-1 数字比例尺及图示比例尺

一、比例尺的意义

在测绘地形图时，不可能按照地面物体的实地大小描绘在图纸上，而必须把实地长度按照一定的倍数缩小后再描绘上去。经过缩小后的图上任一线段的长度 l ，与地面上相应线段的垂直投影长度 L 之比 $\frac{l}{L}$ ，称为图的比例尺。

在地形测图中，按照规定的比例尺，可以把实地水平长度按比例缩绘在图纸上。同样，在判读地图时，也可以根据比例尺把图上长度化算为实地水平长度。

二、比例尺的种类

比例尺有两种表示方法：数字比例尺和图示比例尺。

(一) 数字比例尺

为了计算方便，比例尺 $\frac{l}{L}$ 系采用规定的标准形式表示——分子等于 1，分母 M 为 10 的整倍数，即

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{M} \quad (2-1)$$

分数 $\frac{1}{M}$ 就称为数字比例尺。例如： $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{5000}$ 、 $\frac{1}{25000}$ 、 $\frac{1}{50000}$ ，即表示图上长度比实地的水平长度分别缩小 1000 倍、5000 倍、25000 倍、50000 倍，或者说图上一个单位长，在实地上分别为 1000、5000、25000、50000 个单位长。数字比例尺 $\frac{1}{M}$ 是个不名数，所以知道了图的数字比例尺后，可以使用任何长度单位（米、厘米等）进行计算。

比例尺的大小是按分数 $\frac{1}{M}$ 的比值来确定的，所以它与分母 M 的大小成反比。分母愈大，比例尺愈小；分母愈小，比例尺愈大。

如果知道了数字比例尺 $\frac{1}{M}$ ，就可以根据 (2-1) 式进行图上长度 l 和实地长度 L 的互相换算，即

$$\left. \begin{aligned} l &= \frac{1}{M} \cdot L \\ L &= l \cdot M \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

例一：设测图比例尺为 $\frac{1}{2000}$ ，两点间实地的水平长度为 96.4 米，试确定其相应的图上长度？