

高等学校试用教材

测量与地图

吉林师大 北京师大 编著
南京师院 开封师院

人民教育出版社

高等学校试用教材

测 量 与 地 图

吉林师大 北京师大 编著
南京师院 开封师院

人 民 教 育 出 版 社

1978年·北京

测量与地图

吉林师大 北京师大 编著
南京师院 开封师院

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

1978年5月第1版

1978年11月第1次印刷

书号 12012·03 定价 1.45 元

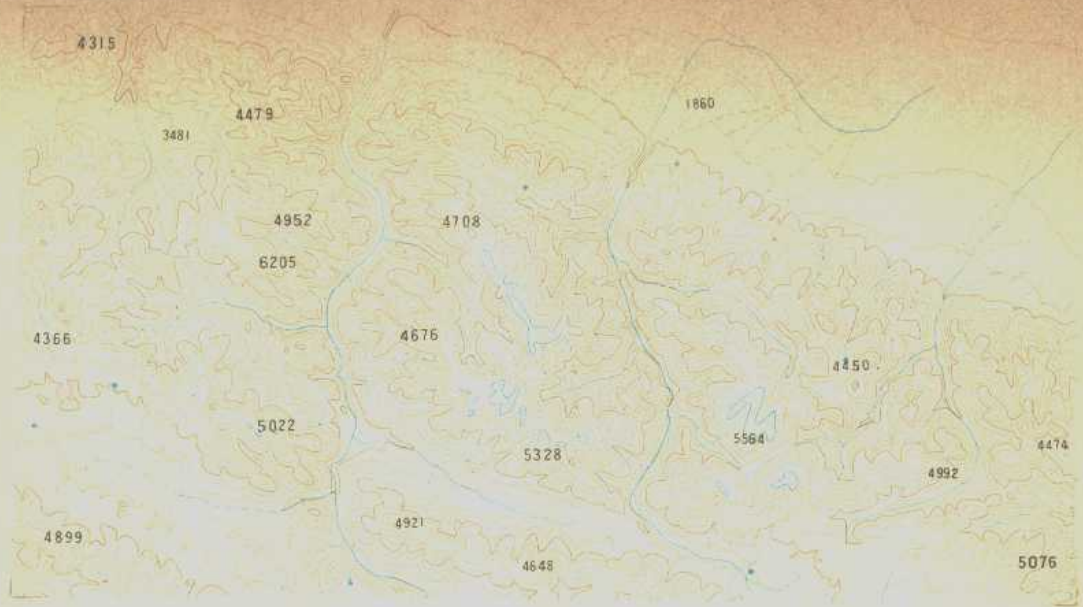


图 VI-1 高山地貌样图

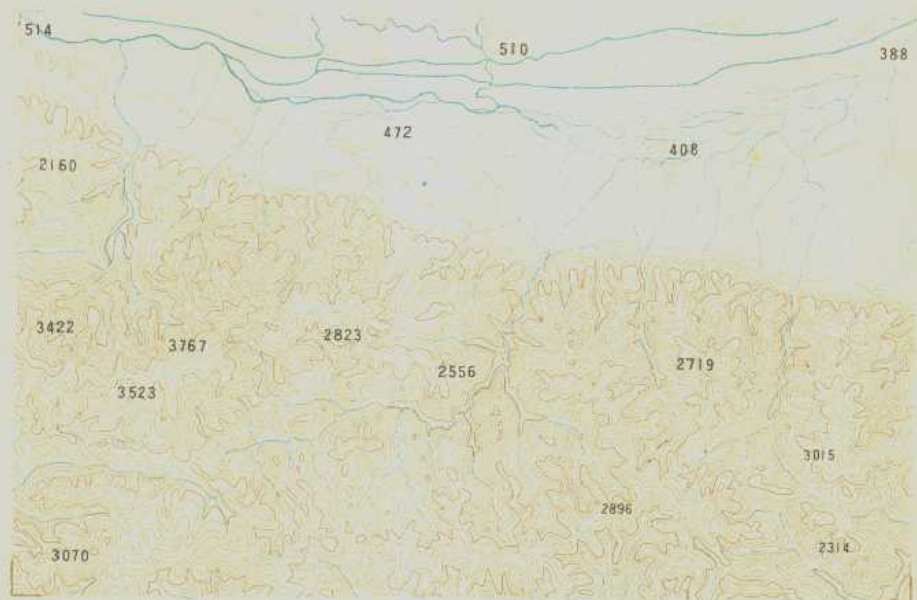


图 VI-2 中山地貌样图

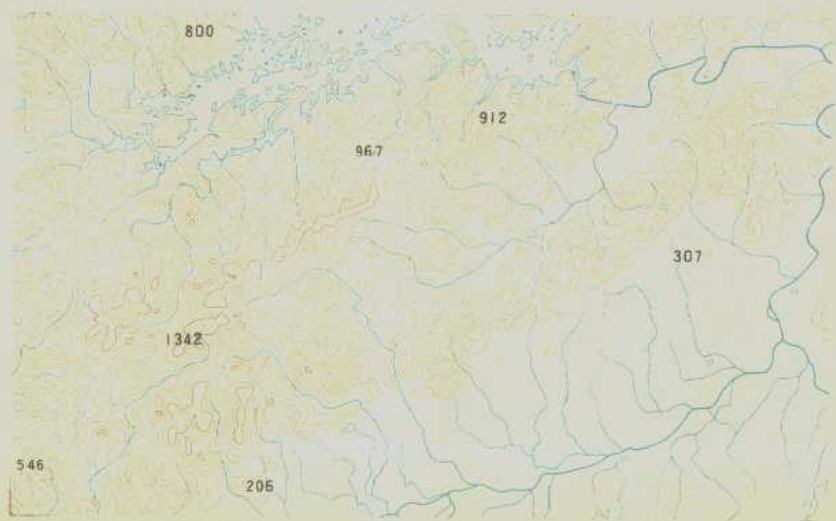


图 VI-3 低山和丘陵地貌样图

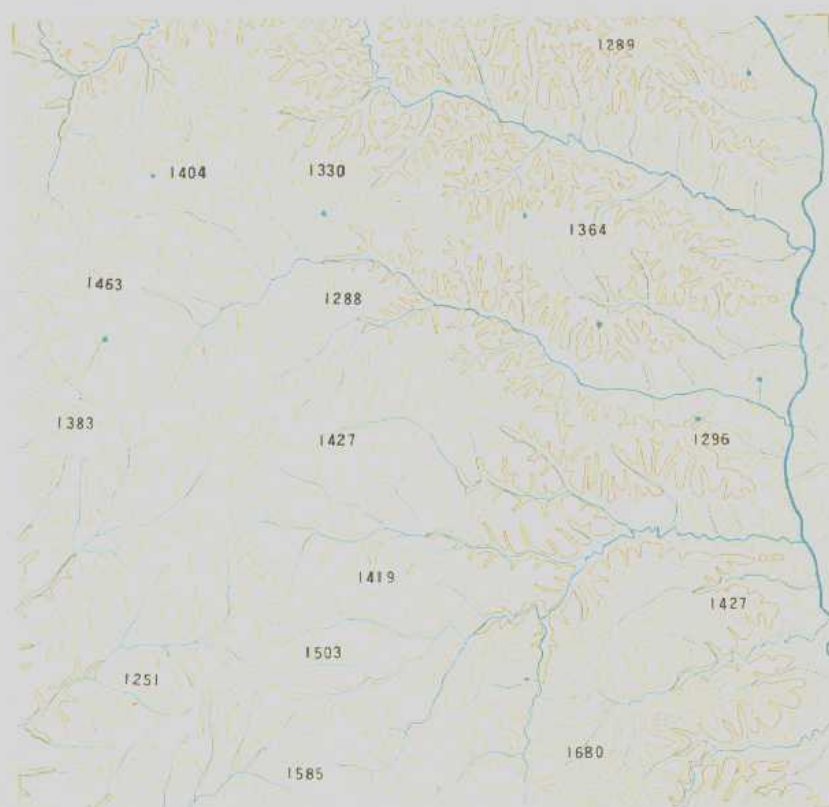


图 VI-4 黄土地貌样图

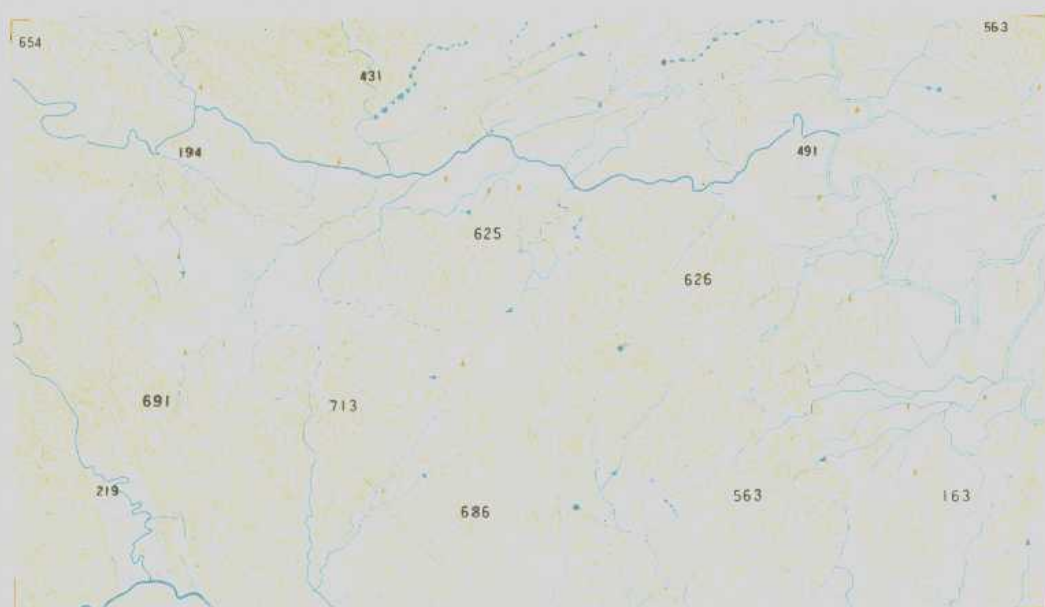


图 VI-5 岩溶地貌样图

VIII 航空象片



图 VII-1 航空象片

IX 卫星象片

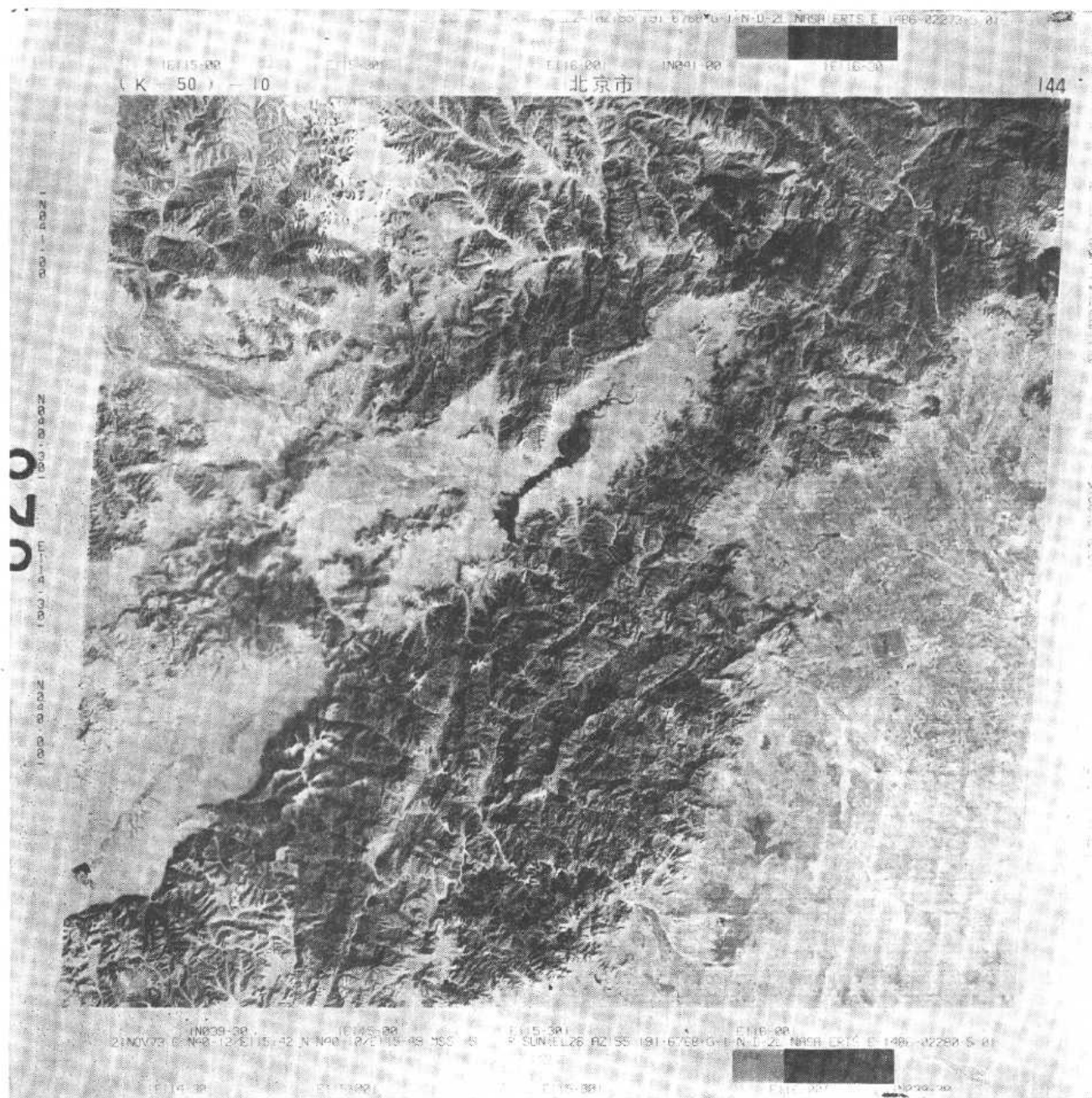


图 IX-1 卫星象片

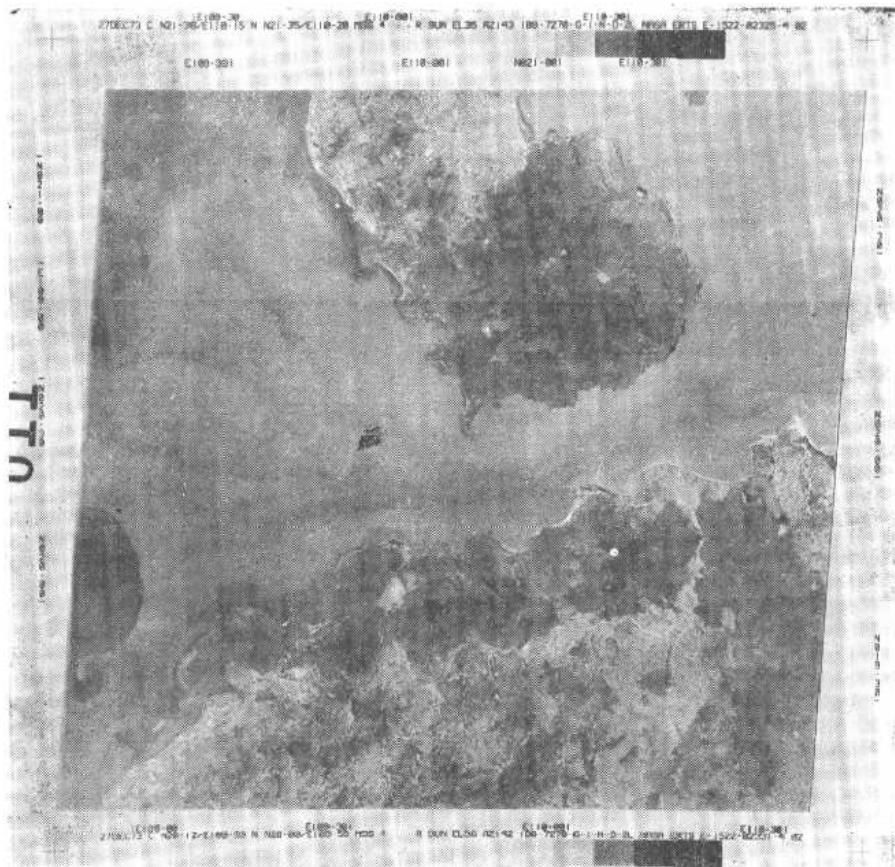


图 IX-2 第一光谱带卫星象片

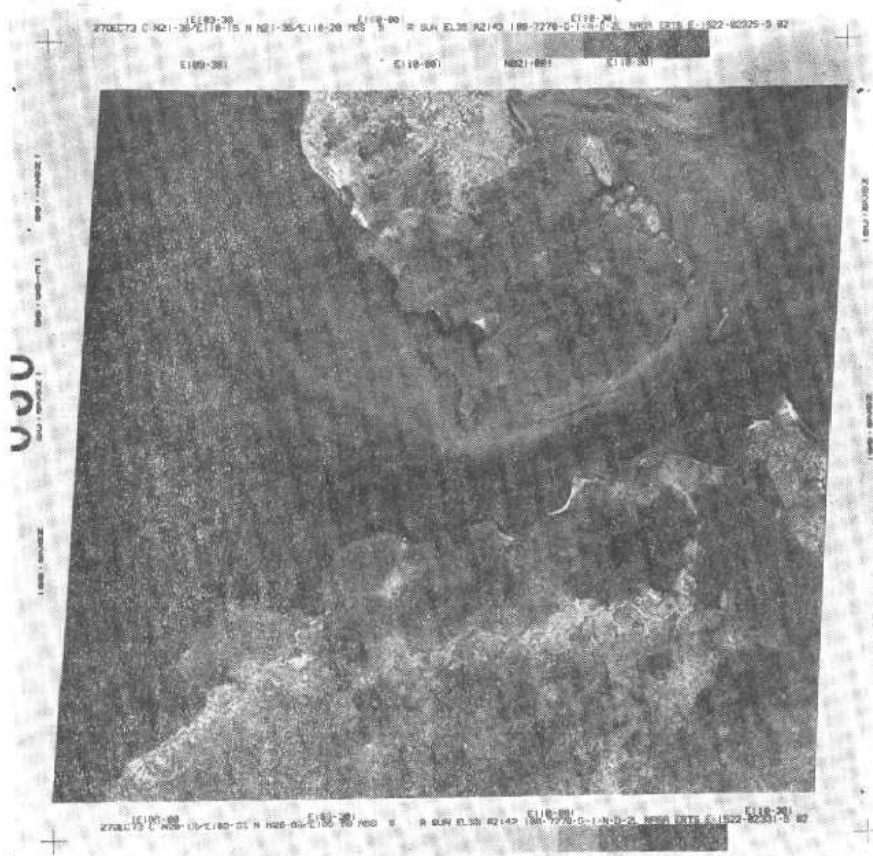


图 IX-3 第二光谱带卫星象片

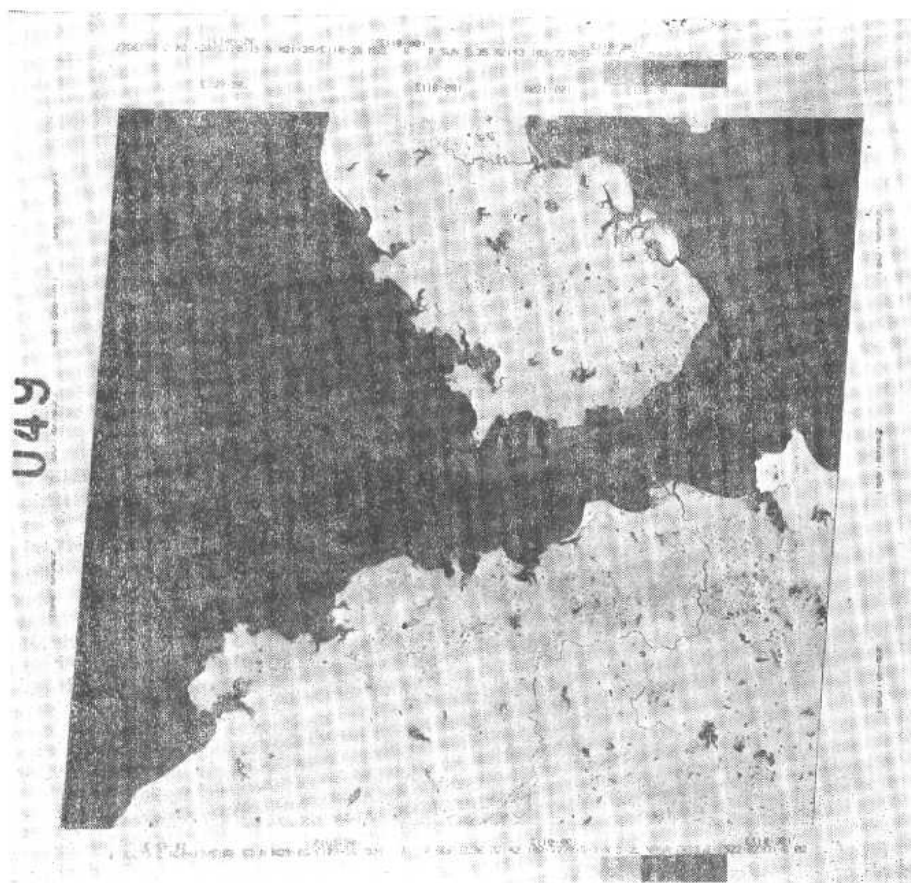


图 IX-4 第三光谱带卫星象片

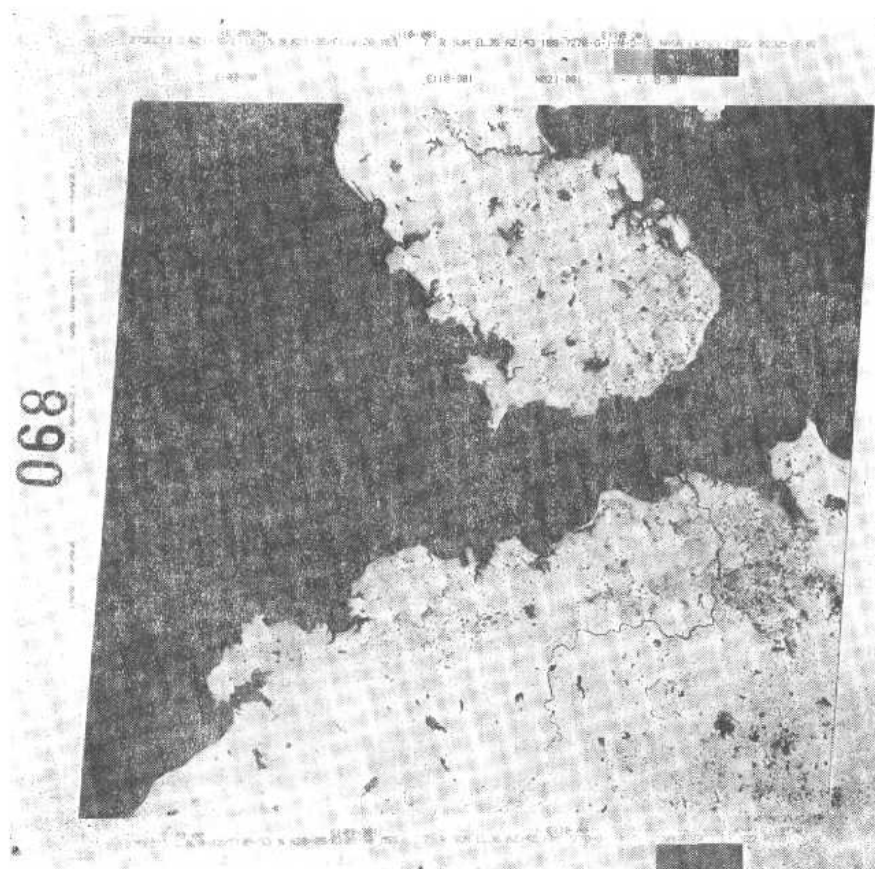


图 IX-5 第四光谱带卫星象片

目 录

第一章 绪论

第一节	本课程的对象与任务	1
第二节	地球的形状和大小	2
第三节	地面上点位的确定	3
第四节	水平面代替水准面的限度	4
第五节	地图的基本特性	6
第六节	测制地图的方法	8
第七节	地图的分类	9
第八节	误差和精度	10

第二章 直线丈量 and 定向

第一节	直线丈量	14
第二节	直线定向	18
第三节	罗盘仪及其应用	20

第三章 水准测量

第一节	水准测量原理	22
第二节	地球曲率和大气折光的影响	24
第三节	水准仪和水准测量工具	25
第四节	普通水准测量作业	30
第五节	微倾式水准仪的检验与校正	35

第四章 经纬仪及其使用

第一节	水平角与竖直角观测原理	39
第二节	游标经纬仪的构造和读数方法	40
第三节	光学经纬仪的读数方法	44
第四节	经纬仪的安置和测角	47
第五节	经纬仪的检验与校正	54
第六节	视距测量及其精度要求	56

第五章 小区域控制测量

第一节	经纬仪闭合导线	64
第二节	小三角测量	69

第三节	小区域高程控制网的建立	77
-----	-------------	----

第六章 平板仪地形测量

第一节	平板仪测量原理	80
第二节	大平板仪的构造和性能	80
第三节	平板仪的安置	83
第四节	平板仪导线测量	84
第五节	平板仪交会测量	85
第六节	平板仪图解三角网测量	87
第七节	大平板仪碎部测量	89
第八节	小平板仪与经纬仪联合测图	98
第九节	图幅的拼接和整饰	99

第七章 地形图的应用

第一节	国家基本比例尺地形图的内容和用途	101
第二节	地形图的数学基础	101
第三节	地形图的图式符号	106
第四节	地形图的野外应用	108
第五节	地形图的室内作业	111
第六节	一种新型的地形图	119

第八章 航空象片和卫星象片的应用

第一节	遥感简介	121
第二节	航空象片的基本知识	124
第三节	卫星象片的基本知识	141

第九章 地图投影

第一节	地图投影变形	148
第二节	地图投影分类	154
第三节	方位投影	156
第四节	圆锥投影和多圆锥投影	162
第五节	圆柱投影	167
第六节	伪圆锥投影和伪圆柱投影	170
第七节	地图投影的辨认和选择	173

第十章 普通地理图

第一节	普通地理图的制图综合	177
第二节	水文要素	180
第三节	地形要素	185
第四节	居民点要素	188
第五节	其他要素	190
第六节	普通地理图的阅读	191

第十一章 专题地图

第一节	专题地图的特点和地理基础	193
第二节	专题地图的分类	194
第三节	专题内容的表示方法	195
第四节	专题地图的图型	203

第十二章 教学地图

第一节	地球仪、地形模型和填充图	207
第二节	地图集	209
第三节	教学挂图	211

第十三章 地图编制

第一节	编制地图的一般过程	217
第二节	地图制图自动化	219
第三节	地图制印新技术简介	223

附录

I	地球上 1° 的经纬线弧长	225
II	经纬差 1° 的经纬线间的梯形面积	226
III	几种常用绘图工具的使用方法	226
IV	色彩与着色	229
V	地形图(见彩色插页)	
VI	典型地貌样图(见彩色插页)	
VII	地形图素图(见插页)	
VIII	航空象片(见插页)	
IX	卫星象片(见插页)	
X	制图字体	233
XI	写字格	235

编者的话

第一章 绪 论

第一节 本课程的对象与任务

测量学是研究和测定整个地球或其部分区域的形状和大小的科学。根据研究对象和任务的不同,测量学分为大地测量学、地形测量学、工程测量学和摄影测量学(其中又分为航空摄影测量和地面摄影测量)。

大地测量学,专门研究地球整体的形状、大小和解决在广大区域内建立大地控制网的问题。地形测量学(包括摄影测量学),则是在大地控制网的基础上,根据需要,研究在小区域范围内测绘各种比例尺地形图的问题;工程测量学是为城市建设、各种工矿企业、交通运输及农田水利等工程建设服务的测量学。

地图学是研究地图的实质、制作和使用的科学。现代地图学有以下几个分支:有研究地图的发展、地图的特性和地图使用方法的地图概论;有研究地图投影理论与方法的数学制图学;有研究内业编制地图的方法和过程的地图编制学;有研究地图的绘画及美观方面的地图整饰;有研究复制地图的方法和过程的地图制印;还有研究应用电子计算机技术的地图制图自动化等等。

测量学与地图学的关系十分密切。大地测量可提供关于地球形状和大小的数据以及控制点的资料,这些资料是地图数学基础所不可缺少的,而地形测量的成果又是编制一切地图的原始制图资料。

地图学与地理学的关系,可以从这两门科学发展的历史中明显的看出来。地理学家总是利用地图来研究和阐明地理要素的分布、各要素之间的联系和发展等的规律,而地图工作者为了能在制图过程中正确地表达制图区域内各种地理要素的特点,也需要具有必要的地理知识,两者是紧密相联的。

本课程根据培养中学地理教师和地理工作者的需要和学科特点,只讲述测量学与地图学中的有关部分。又由于航空象片与卫星象片的出现和发展,已成为地理工作的必要手段。因此,本课程的主要内容有地形测量、象片判读和地图应用三部分组成,而地图贯穿于三者之间,是本课程的重点。对学习本课程的要求,应是初步掌握:小区域地形测量与野外填图、正确阅读和使用地图、编绘专题地图与教学挂图、了解现代科学技术在测量与地图中的应用。

测量学与地图学在祖国的社会主义经济建设和国防建设事业中起着很大的作用,是认识地理环境和改造地理环境的重要工具之一。

在工矿企业建设方面,为了寻找矿藏,要通过测量与地图来布设地质勘探网;而地质普查、详查的结果需要填绘在地形图上,才便于分析研究;要弄清矿床分布、计算矿藏储量,地图是重要根据之一。矿床探明后,又需要利用详细的地图和精密测量进行矿井建设的设计和施工。

在农田水利建设方面,如大面积的荒地调查开发,要经过测量绘成地图,用以全面研究整个

区域的地形、水文、土壤、植被等要素的分布和特征。至于估算汇水面积,标定沟渠的配置,以至江河治理和流域规划,都离不开测量与地图。就是交通选线、城市规划等等也是如此。总之,需要测量与地图的实例,不胜枚举。

在国防建设和战争中,如战略部署、战役指挥、战术攻防、兵力配置、工事建筑、行军宿营、作战训练等方面,都离不开测量与地图。

在科学研究和文化教育方面,如区域环境调查、不同特征区域的划分、历代疆域变迁等等,都需要运用地图作为研究工具和把研究成果绘制成地图。地图又是地理教学中不可缺少的主要直观教具。

在国际外交方面,地图是了解、分析国际形势必备的工具。为了保卫祖国神圣的领土、领海、领空不受侵犯,我们必须绘制代表我们国家立场的地图。

第二节 地球的形状和大小

地球是个半径很大的近似球体。在地球表面上,海洋的面积约占 71%,陆地的面积约占 29%。陆地的表面高低不平,海底也是如此。陆地最高处为中尼两国的界峰——珠穆朗玛峰,高达 8848.13 米,海底的最低处为 11022 米,高低之差不到 20 公里,这个数值比起地球的半径来,是很微小的。因此,可以将假想的静止的平均海水面(称大地水准面)又通过大陆和岛屿而围成的整个地球的形体,作为大地球体。水准面的特性是处处和铅垂线相垂直的。由物理学中知道,铅垂线的方向取决于地球内部质量的吸引力。由于地球体的内部质量分布不均匀,引起铅垂线方向的变化,导致和铅垂线垂直的大地水准面成为一个十分复杂的不易用数学式表达的曲面。但它的整体形状仍然是一个很接近于绕自转轴(短轴)旋转的椭圆柱体,从而可以用旋转椭圆柱体代表地球形体,称地球椭圆柱体,它是测量与制图的基础。

地球椭圆柱体的大小,通常用两个半径:长半径 a 和短半径 b ,或由一个半径和扁率 α 来决定。上述的 a 、 b 、 α 称为地球椭圆柱体的元素,三者之间的关系是:

$$\alpha = \frac{a-b}{a}$$

几个世纪以来,许多学者曾分别测算出地球椭圆柱体大小的数值。我国现在采用的地球椭圆柱体数值是:

长半径 $a=6378245$ 米

短半径 $b=6356863$ 米

扁率 $\alpha=1/298.3$

随着科学技术的进步,人造地球卫星的发射,近年来对地球椭圆柱体的计算又有不少新的数据。例如 1975 年第 16 届国际大地测量及地球物理联合会上通过的国际大地测量协会的第一号决议中,建议当前大地参数的典型估算值为:

长半径 $a=6378140$ 米

扁率 $\alpha=1/298.257$

由于地球椭圆体的长短两半径的差值很小, 用于小比例尺地图时, 往往把它当作圆球体看待, 这个圆球体的半径是 6371000 米。

第三节 地面上点位的确定

测量与地图有一个共同的根本性的任务, 就是确定地面上点的空间位置。要确定地面点的位置, 必须用投影方法把每个地面点沿铅垂线方向投影到地球椭圆体或圆球体的表面上。由于地球表面高低不平, 除确定其平面位置外, 还要确定该点到大地水准面的高度, 称为高程。

确定地面点的平面位置的方式, 最基本的有两种: 地理坐标和平面直角坐标。标志地面点的高程位置的方式是绝对高程和相对高程。

一、点的地理坐标

地面点在地球椭圆体面或圆球体表面上的投影位置, 用地理坐标, 即经度和纬度来表示。

图 1-1 显示了地球表面上点 M 的地理坐标。图中的 NS 为地球的自转轴, 也叫地轴。中心 c 称球心。地轴与地球表面相交的交点 N 和 S 叫做极, 在北方的 N 叫北极, 在南方的 S 叫南极。垂直于地轴的平面与地球面相交的线, 称为纬线。垂直于地轴并通过球心 c 的平面与地球面相交的线, 称为赤道。包含地轴的通过地球上任一点 M 的平面, 称为 M 点的子午面。该子午面与地球表面的交线, 称子午线(即经线)。国际规定通过英国格林尼治天文台(如图中 G 点)的子午线, 称本初子午线, 作为计算经度的起点。过地面上任一点 M 的子午面和本初子午面所夹的两面角称 M 点的经度, 用 λ 表示。其数值从 0° 到 180° 。在本初子午线以东的, 叫东经, 以西的叫西经。过 M 点的铅垂线和赤道平面的夹角, 称 M 点的纬度, 用 φ 表示。其数值从 0° 到 90° 。在赤道以北的叫北纬, 赤道以南的叫南纬。如果知道了地面上一点的经度与纬度, 该点在地球面上的平面位置也就好确定了。

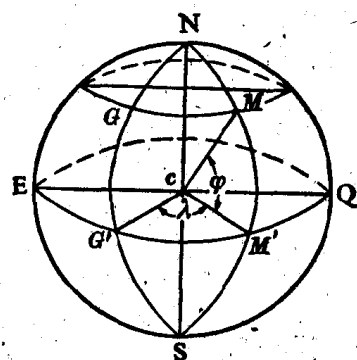


图 1-1 地理坐标

二、点的平面直角坐标

在大地测量和地图编制中经常用地理坐标。但在地形测量中, 则用平面直角坐标来确定地面点的位置。

测量上与地图上所使用的平面直角坐标与数学上的直角坐标不同。测量与地图是将南北方向的坐标轴称 X 轴, 东西方向的坐标轴称 Y 轴, 象限顺序也与数学上的相反。规定所有直线的方向都是从纵轴北端顺时针方向量度的, 这样变换, 既不改变数学公式, 又便于测量与地图上的方向和坐标计算。

如图 1-2 所示, 平面直角坐标是由一平面内的两条互相垂直的直线组成。直线 XX 叫纵坐标轴, 代表南北方向;

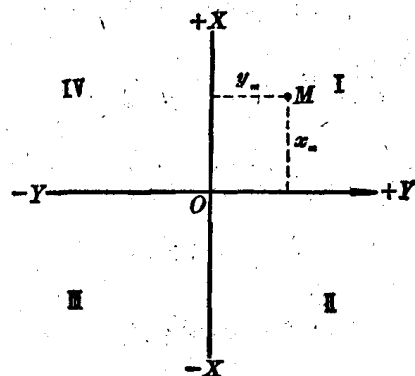


图 1-2 平面直角坐标

直线 YY 称横坐标轴, 代表东西方向。纵横坐标轴的交点 O , 叫坐标原点。坐标轴将平面分为四个部分, 称为象限。顺时针方向排列为 I、II、III、IV 象限。按规定, 坐标值由坐标原点起, 向上、向右为正, 向下、向左为负。

点的平面位置是以点到纵横坐标轴的垂直距离确定的。测量时, 如果测得了 M 点的纵横坐标值, 即图中的 y_m (称点 M 的横坐标) 和 x_m (称点 M 的纵坐标), 地面点 M 的平面位置也就确定了。

三、地面点的高程

表示地面点高程的方法有两种: 一是绝对高程, 它表示地面点至大地水准面的垂直距离, 又称标高或海拔。

如图 1-3 所示, P_0P_0 为大地水准面, 地面点 A 和 B 至大地水准面的垂直距离 H_A 和 H_B , 就是 A 、 B 两点的绝对高程。我国把 1956 年黄海平均海水面作为大地水准面, 即高程的起算面, 依此推算的水准点高程, 称 1956 年黄海高程系。另一种情况是, 为了方便起见, 可以假定任意一个水准面如图 1-3

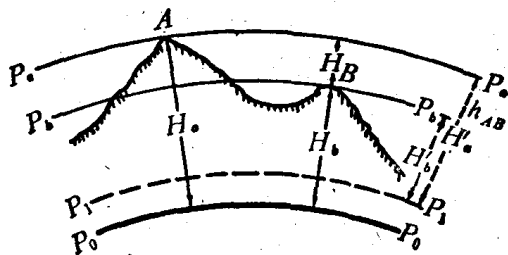


图 1-3 地面点的高程

中的 P_1P_1 作为高程起算面, 这个水准面称假定水准面。地面上任意点到假定水准面 P_1P_1 的垂直距离称该点的假定高程或相对高程, 如图中的 H'_A 和 H'_B 。 A 和 B 两点的高程之差叫高差, 用 h_{AB} 表示。高差有正、负之分。 A 点高于 B 点, 故 A 点对 B 点之高差为正, 反之则为负。

第四节 水平面代替水准面的限度

进行小区域地形测量时, 常把大地水准面用水平面来代替。从理论上讲, 地球椭圆体面或圆球体面的最微小部分, 也不能认为是平面。但是在测量和制图过程中, 只要当用水平面代替水准面所引起的差异低于实际测绘工作所允许的误差时, 是可以的。

现在来研究水平面代替水准面时, 对距离和高程的影响, 进而限定以水平面代替水准面的范围。

一、对距离的影响

如图 1-4 所示, AB_1 为 P_1AP_1 上的一段圆弧, 设长度为 D , 所对之圆心角为 α 。自 A 点作水准面的切线 AB , 设长度为 t , 如果将切于 A 点的水平面代替水准面, 即以相应的切线段 AB 代替弧线 AB_1 , 则在距离方面将产生误差 Δd 。由图可知:

$$\Delta d = t - D = R \operatorname{tg} \alpha - R\alpha = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha).$$

将 $\operatorname{tg} \alpha$ 展开为级数, 取其首二项得

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{1}{3}\alpha^3 + \dots$$

$$\text{或 } \operatorname{tg} \alpha - \alpha = \frac{1}{3}\alpha^3$$

将其代入上式, 得

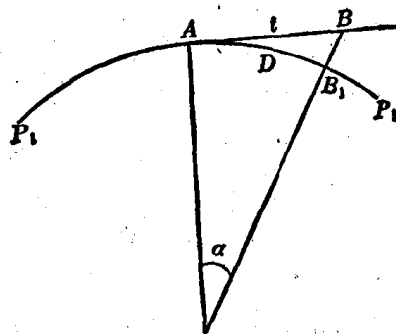


图 1-4 对距离和高程的影响示意图

$$\Delta d = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-1)$$

取 $R=6371$ 公里, 并以不同的 D 代入上式, 则可计算出各种 Δd 值, 如表 1-1 所示:

表 1-1 水平面代替水准面的距离误差与相对误差表

距离 D (公里)	距离误差 Δd (厘米)	相对误差 $\Delta d/D$
10	1.0	1:1000000
25	12.8	1:200000
50	102.0	1:49000
100	814.0	1:12000

由表 1-1 可知: 以平面上 AB 的长度 t , 代替水准面上 AB_1 弧长 D , 在 10 公里的距离内, 其相对误差为 1:100 万, 这样小的误差, 就是在地面上进行最精密的距离丈量也是容许的。因此, 在地面上半径为 10 公里的范围内, 即面积约 320 平方公里范围内, 以水平面代替水准面所产生的距离误差无实际意义。实际上, 在做精度较低的测量工作时, 即使半径在 25 公里的范围内, 面积约在 2000 平方公里的范围内, 也可以用水平面代替水准面。

二、对高程的影响

如图 1-4 所示, A 和 B_1 在同一个水准面上, 其高程应相等, 由于 B_1 点投影到平面上为 B 点, B_1 与 B 之间的垂直距离 BB_1 , 就是水平面代替水准面所产生的高程误差。而对水平面来说, BB_1 就是地球曲率对高程的影响。以 K 表示 BB_1 , K 值可由下式算出。

由图可得

$$(R+K)^2 = R^2 + t^2$$

即

$$R^2 + 2RK + K^2 = R^2 + t^2$$

$$K(2R+K) = t^2$$

以 D 代替 t 得

$$K = \frac{D^2}{2R+K}$$

在分母 $2R+K$ 中, 由于 K 与 $2R$ 相比较, K 值极为微小可以略去, 故

$$K = \frac{D^2}{2R} \quad (1-2)$$

在 (1-2) 式中, 取 $R=6371$ 公里, 以不同的距离 D 代入之, 则得相应的各种不同的高程误差值, 如表 1-2 所示:

表 1-2 水平面代替水准面的高程误差

D (公里)	0.1	0.5	1	2	3	4	5	10	100
K (厘米)	0.78	2	8	31	71	125	196	780	78500

由式 (1-2) 和表 1-2 可知, 以水平面代替水准面所产生的高程误差, 是随着距离的平方而增长的。例如, 按规范规定, 普通 (等外) 水准测量, 在 1 公里内高程的误差不得超过 ± 3.5 厘米或

±5.0 厘米,而上表所列,距离 1 公里的 K 值竟达 8 厘米。因此,进行高程测量时,即使在较短的距离内也必须考虑地球曲率的影响。

如前所述,当测区面积不大于半径 10 公里(甚至 25 公里)的面积时,可以水平面代替水准面,也就是说可将水准面视为水平面。在这样条件下,将测区内地面上的地面景物,沿铅垂线方向投影到平面上,并按规定的符号和比例尺缩小而构成的相似图形,称为平面图。如果将水准面视为曲面所构成的图形,则称为地图。平面图也是地图的一种,应该说是它的特例。

第五节 地图的基本特性

地图对每个具有一定文化知识的人并不陌生。但是要把复杂的地面景物用地图的方式,清楚地表达出它的实质和内容,则不是一件容易的事。

毛主席教导我们:“任何运动形式,其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾,就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。这就是世界上诸种事物所以有千差万别的内在的原因,或者叫做根据。”^① 那末构成地图这个事物区别于其他事物的特殊的本质是什么?这就是,构成地图的数学法则、运用地图符号表达空间诸要素的特殊方法和对它们的制图综合。

一、构成地图的数学法则

地图是平面的,而地球椭圆柱表面是个曲面。从几何学上得知曲面是不可展面,即不可能展成没有裂缝和褶皱的平面。这就产生了平面和曲面间的矛盾。解决这一矛盾的办法,需要运用数学法则,先将地球椭圆柱上的经纬网投影到平面上,以此作为平面上的坐标系。把地面景物按相应的坐标位置转绘上去,构成地图。这种按数学法则将地球椭圆体的经纬网转绘到平面上的方法,叫地图投影。编制地图,只有运用地图投影法,才能使地球表面上各点和地图平面上的各点保持严密的对应关系,从而地图上所反映出的空间各要素有可能表达出它们之间的方向、距离和面积等关系。

二、运用地图符号与注记

一张经过加工而标注有经纬度的卫星象片,也具有一定的数学基础,然而并不能叫地图。

从图 1-5 和图 1-6 的比较中不难看出,地图与卫星象片的区别表现在:地图是运用符号表示地面景物的。而在卫星象片上只是影象。乍看起来也会觉得地图上用符号表示地面景物,不如象片那样真实,而且象片上的许多地面特征在地图上都消失了,似乎地图有些逊色。从而会产生一个疑问,运用地图符号代替影象,究竟有什么必要?

1. 运用符号可以有选择地表示地理环境中的主要景物。因而在大大缩小后的地图上所反映的地面情况,仍能一目了然,而且重点突出。对于那些由于缩小而不能按比例尺表示的重要地面景物,能用超出比例的符号表示出来,这些都是象片所办不到的。

2. 在地图上除了可以用符号反映地面景物的外貌外,还能表示这些景物的本质特征,例如水的流速和居民点的人数等,在象片上却需根据其他现象作推测。

^① 毛泽东:《矛盾论》,见《毛泽东选集》第一卷,人民出版社,1952,第 297 页。