



14.10
1018

土地航测调查 应用基础

山西人民出版社

前 言

土地是人类生活、生产必需的空间基地，也是农业生产基本的生产资料。国家若不掌握土地资源状况的资料，计划经济就缺乏最基本的依据，对土地的占有和利用也无法实行科学的管理。建国以来，我国土地资源一直没有进行过详细的勘测，对其数量和质量都还没有准确的统计和系统的了解。目前应用的统计资料与实际情况有很大出入。这种情况和实现农业现代化的要求极不相称，并给安排国民经济计划带来很大困难。因此必须有计划有步骤地开展大比例尺土地资源详查工作，首先将我国土地利用现状调查清楚，在此基础上建立土地统计制度，并为土地利用规划和地籍整理提供科学依据。

一九八〇年全国农业资源调查和农业区划第二次会议规定农业资源调查要以土地资源为重点，由各省、市、自治区区划委员会组织力量，按全国区划委员会土地资源专业组的统一要求，进行土地资源详查。该书是作者根据举办土地调查训练班的教学经验和试点工作的实践编写而成。书中概述了地形图和航测的基本知识，并系统地讲述了应用航测方法进行土地调查过程中的航片判读、调绘、转绘及土地面积量算等方面的基本原理、作业方法和技术要求。由于各地土地类型、利用情况和图件资料不尽相同，所以调查方法也不能划一。因此，本书提供的方法仅供各地在开展土地资源详查中参考。

编 者

目 录

第一章 地形图的基本知识	(1)
第一节 地形图的种类.....	(1)
第二节 地形图的内容.....	(3)
一、坐标网.....	(3)
二、图廓.....	(6)
三、地图比例尺.....	(6)
四、控制点.....	(12)
五、地物和地貌.....	(14)
六、坡度尺.....	(23)
第三节 地形图的分幅与编号.....	(26)
一、梯形图幅的分幅与编号.....	(26)
二、正方形(或矩形)图幅的分幅与编号.....	(30)
第四节 地形图的野外应用.....	(31)
一、地形图的野外定向.....	(31)
二、在地形图上确定站立点的位置.....	(32)
三、野外填图.....	(32)
第二章 航空摄影及航摄像片	(34)
第一节 航空摄影的基本知识.....	(35)
一、航空摄影的一般概念.....	(35)
二、航空摄影机.....	(35)

三、航摄比例尺及航高	(36)
四、航摄象片的取得	(39)
五、镶接复照图	(39)
第二节 航空摄影及航摄象片的名词解释	(40)
一、航空摄影的名词解释	(40)
二、航摄象片上的标志	(42)
三、航摄象片上的名词解释	(43)
第三节 对航摄资料的要求	(44)
一、对象片倾斜角的要求	(44)
二、对象片比例尺和航高差的要求	(45)
三、对象片重叠的要求	(46)
四、对航线弯曲的要求	(47)
五、对航摄象片影象的要求	(47)
六、对航摄资料种类的要求	(47)
第四节 航摄象片的一般知识	(48)
一、航摄象片与土地利用现状图的区别	(48)
二、航摄象片上的特别点和线	(49)
三、航摄象片上一些特别点线的简易求法	(51)
四、中心投影的作图方法	(52)
五、内方位元素和外方位元素	(53)
六、航摄象片和地面相应点的座标关系	(55)
第五节 航摄象片上的误差及分析	(57)
一、倾斜误差 δ_a	(57)
二、倾斜误差作业公式的分析	(59)
三、投影误差 δ_h	(63)
四、投影误差作业公式的分析	(65)
五、航摄象片上的方向偏差	(68)

第六节 航片比例尺测算方法及分析·····	(72)
一、平坦地区的航片平均比例尺计算方法·····	(72)
二、用分带法计算起伏地区航片比例尺·····	(77)
三、绝对航高的计算·····	(86)
第七节 航摄像片的作业面积及允许半径·····	(89)
一、航摄像片的作业面积·····	(89)
二、航摄像片上允许变形面积的半径·····	(90)
第八节 象对的立体观察·····	(93)
一、为什么能看出立体·····	(93)
二、立体观察的条件·····	(95)
三、立体观察的方法·····	(95)
第九节 土地航测调查成图过程·····	(97)
一、准备工作·····	(97)
二、室内判读·····	(99)
三、野外补充调绘和检核·····	(99)
四、纠正转绘·····	(99)
五、面积量算·····	(99)
六、土地利用现状图的编制·····	(99)
七、编写土地利用现状调查报告·····	(100)
第三章 航摄像片判读·····	(101)
第一节 判读特征·····	(102)
一、形状·····	(102)
二、大小·····	(102)
三、色调·····	(102)
四、阴影·····	(103)
五、相关位置·····	(104)
六、纹形·····	(104)

七、活动痕迹·····	(104)
第二节 客观因素对判读特征的影响·····	(105)
一、形状的变化·····	(105)
二、大小的变化·····	(106)
三、色调的变化·····	(107)
四、阴影的变化·····	(109)
五、相关位置、活动痕迹的变化·····	(109)
第三节 航片野外判读的基本方法·····	(109)
一、了解航片比例尺·····	(109)
二、了解摄影时间和季节·····	(110)
三、判读的基本方法·····	(110)
第四节 航片室内判读的基本方法·····	(112)
一、准备工作·····	(113)
二、判读方法·····	(114)
三、野外检核及补调·····	(117)
第五节 土地利用现状的判读·····	(117)
一、耕地的判读·····	(117)
二、林地的判读·····	(118)
三、草地的判读·····	(119)
四、居民地及工交用地的判读·····	(120)
五、水域的判读·····	(124)
六、其它及未利用土地的判读·····	(126)
七、典型判读样片·····	(127)
第四章 航摄影片调绘·····	(131)
第一节 调绘的基本原则与要求·····	(131)
一、图式符号的运用·····	(131)
二、综合取舍的一般原则·····	(134)

三、调绘的基本规定.....	(136)
第二节 调绘方法.....	(139)
一、调绘前的准备.....	(139)
二、调绘的基本方法.....	(143)
第三节 土地利用现状分类及其含义.....	(148)
第四节 各分类要素的调绘.....	(157)
一、耕地的调绘.....	(157)
二、园地的调绘.....	(158)
三、林地的调绘.....	(158)
四、疏林草地的调绘.....	(159)
五、草地的调绘.....	(159)
六、城乡居民点用地的调绘.....	(159)
七、工矿用地的调绘.....	(161)
八、交通用地的调绘.....	(162)
九、水域的调绘.....	(165)
十、特殊用地的调绘.....	(167)
十一、难利用土地的调绘.....	(168)
第五节 境界的调绘.....	(168)
一、国界.....	(168)
二、国内境界.....	(170)
第六节 地理名称调查和注记.....	(171)
一、地理名称的确定.....	(172)
二、地理名称调查的一般方法.....	(173)
三、地理名称注记.....	(174)
第五章 航摄像片纠正转绘.....	(178)
第一节 航片纠正原理与纠正种类.....	(179)
一、航片纠正原理.....	(179)

二、航片纠正种类	(180)
第二节 光学图解纠正转绘原理和方法	(181)
一、仪器构造原理及性能	(181)
二、仪器操作程序 and 操作方法	(184)
第三节 格网图解纠正转绘原理及构制	(188)
一、合点法格网	(188)
二、复比法格网	(190)
三、辐射法格网	(191)
四、前交法格网	(194)
五、相似图形法格网	(196)
第四节 格网图解纠正转绘方法	(198)
一、格网密度的决定	(198)
二、转绘方法	(199)
三、楔形比例尺的制作方法	(200)
四、楔形比例尺的使用方法	(204)
第五节 中心辐射纠正转绘方法	(205)
一、纠正转绘原理	(205)
二、纠正转绘的程序和方法	(205)
三、纠正转绘步骤	(213)
第六节 转绘底图的检查	(214)
一、中心方向检查法	(214)
二、中心辐射检查法	(217)
三、每个转绘点最大误差不超过下列规定	(218)
第六章 土地面积量算	(219)
第一节 解析法	(219)
一、按边长和夹角计算面积	(219)
二、按座标计算面积	(221)

三、精度估算	(222)
第二节 图解法	(225)
一、量算方法	(225)
二、精度估算	(230)
第三节 透明板法	(232)
一、方格网(点)透明板	(232)
二、平行线透明板	(232)
三、直线透明板	(233)
四、精度估算	(234)
第四节 计算盘法	(235)
第五节 求积仪法	(237)
一、构造和读数方法	(237)
二、量测面积的方法	(238)
三、分划值的测定	(238)
四、使用注意事项	(239)
五、精度估算	(240)
第六节 称重法	(241)
第七节 电算法	(241)
第八节 面积量算与平差	(243)
一、量算方法的选择	(243)
二、沙维奇法原理	(244)
三、土地利用系数测定	(245)
四、面积量算和平差的基本原则	(246)
五、面积平差方法	(247)
第七章 成果上交及检查验收	(250)
第一节 成果上交	(250)
一、上交成果资料项目	(250)

二、图历表.....	(250)
第二节 检查.....	(256)
一、自我检查.....	(256)
二、组长检查.....	(256)
第三节 验收.....	(258)
附录一、常用单位.....	(259)
附录二、简单几何图形面积公式.....	(259)
参考书目.....	(263)

第一章 地形图的基本知识

地形图是农业自然资源调查中的重要工具之一。要进行农业自然资源调查就必须熟悉地形图，本章仅就地形图的基本知识作一概述。

第一节 地形图的种类

地形图的分类方法很多，这里我们仅就其投影方法、表示内容和比例尺大小不同的分类作一简介。

由于投影方法不同，地形图可分为平面图和地图两种。所谓平面图，就是在小区域内测图，比如在约100平方公里范围内测图，可以把测区当作一个平面，不去考虑地球弯曲的影响，利用简单垂直投影原理，按一定比例把地面上的物体形态缩绘在图纸上。一些小区域的工程技术图，经济建设图及一些大比例尺地形图等往往是属于这类图。所谓地图，就是在大区域内测图。这就不能把大地水准面当作水平面，必须考虑地球的弯曲，同时也不能采用简单的垂直投影方法，而应根据数学法则，按一定的比例和投影方法，把球面上的物体、形态投影到图纸上，这种图称地图。如航空图、航海图、世界地图以及中华人民共和国地图和我国的基本比例尺地形图等都属于此类图。

根据地形图表示内容不同，可分为地物图和地形图两种。地

物图的图上只表示房屋、道路、河流、植物等各种物体的位置；地形图图上不仅要表示出地物的位置，而且还要表示出地面高低起伏的形态（地貌）。

地形图按其比例尺的大小，一般可分为大、中、小三种比例尺地形图。

就国家基本比例尺地形图而言，大比例尺一般是指 $1:1$ 万至 $1:10$ 万，中比例尺一般是指 $1:20$ 万至 $1:50$ 万，小比例尺是指 $1:100$ 万以下的比例尺。我们测制县（区）级土地利用现状图，一般使用 $1:10000$ 、 $1:50000$ 或 $1:25000$ 地形图。

上面所说的平面图都是利用垂直投影的原理将地面物体、形态缩绘在图面上的，为了便于理解垂直投影，我们以图 1—1 作以概要说明。

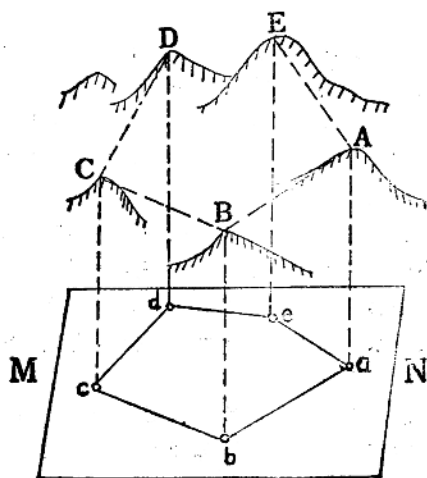


图 1—1

假定在测区中心作一水平面MN，然后从地面各点向水平面作铅垂线，这些铅垂线与水平面的交点，称各地面点的垂直投影。图中水平面上a、b、c、d、e各点，就是地面上A、B、C、D、E在水平面MN上的垂直投影。直线段AB、BC……的垂直投影就是ab、bc……。多边形ABCDE的垂直投影，就是多边形abcde。图1—1所示是一种等大的垂直投影图形，在实际测图中还要按一定的比例尺将地面上的形象缩小若干倍投影到平面图上。

第二节 地形图的内容

地形图的内容，概括地说，可分为数学要素、社会经济要素、自然地理要素等。具体的说，可分为坐标网、图廓、比例尺、坡度尺、大地三角点、水准点、埋设标石的图根点、地物和地貌以及各项注记等。地形图有了这些要素就能解决许多实际问题，如度量长度、坡度、确定点的高程和计算实地面积、体积、判定方位、制作断面图、认识全区的地形等。

一、坐标网（方格网）

在测图或转绘前，首先应在图纸上建立坐标网，坐标网的绘制方法很多、我们仅介绍下面两种常用的方法。

（一）用直尺绘制坐标网

在图纸的适当位置作两条相交的直线AC和BD，如图1—2。以交点M为圆心，以适当长为半径，在两条直线的两端截短弧，得A、B、C、D、四个点，连接各点得矩形ABCD。

在AD和BC边上，分别从A和B点开始，向右每隔10厘米作一分点，连接上下各对应点得互相平行的纵线。同法在AB、CD上每隔10厘米作分点，连接对应的分点，得互相平行的横线。这些互相平行的纵横线，构成了每边为10厘米的坐标网（方格网）。

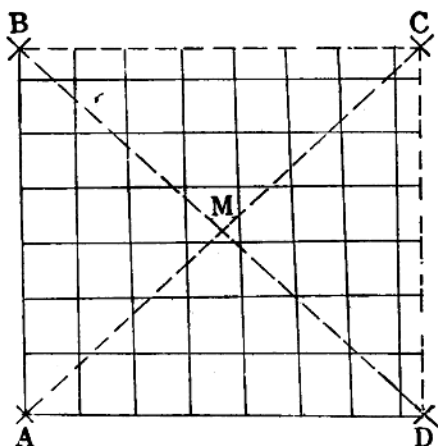


图 1—2

(二) 用方眼坐标尺绘制坐标网

图 1—3 为方眼坐标尺。它适用于绘制 50×50 平方厘米的方格网。方眼尺上有六个方孔，每个方孔有一斜面，位于左端第一孔的斜面上刻有一指标线，表示该尺长度的起点，其它各孔的斜面边缘是以起点为中心，各以 10、20、30、40、50 厘米作半径所作的弧线。位于尺的最右端的斜面边缘，是以 70.711 厘米为半径所作的弧线。该半径即等于两直线各为 50 厘米的三角形斜边的长度。



图 1—3

用方眼坐标尺绘制方格网的步骤和方法是：

1. 在图纸的左下角适当位置取A点作尺的起点，将尺大致平行图纸的底边使指标线与A点重合，然后各孔斜边画弧线。如图1—4 a所示。

2. 将尺子大致平行于图纸的右边缘，使尺子的指标线位于第一次所画最后一段弧上刺得的B点处，然后沿各孔画弧线。如图1—4 b所示。

3. 再以A点为起点，将尺子大致放在对角线的位置，以尺子的指标线对准A点，沿尺的末端的斜边画弧线，该弧线与右上方第一段弧线相交，得交点C，AC即为对角线长度。如图1—4 c所示。

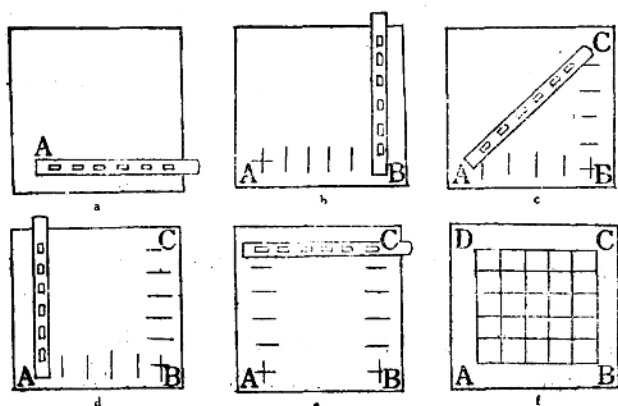


图1—4

4. 再将尺子先后平行图纸的左边和上边，分别以A、C为起点，沿各孔画弧线，并使左上角两弧线相交，得交点D。如图1—4 d、图1—4 e所示。

5. 最后连接A、B、C、D则得每边为50厘米的正方形，再连接正方形两对边的各相应点，便得每边为10厘米的方格网。

坐标网绘制完毕应进行精度检查并注出公里数，其检查方法和要求如下：

1. 方格网线段与理论长度之差不得超过图上0.2毫米。纵横线应严密正交，对角线上各点应在一直线中，方格网线的粗度与刺孔不大于图上0.1毫米。

2. 方格网公里数的注记。在靠近图廓的第一条方格网线上，应注出完全的公里数，其余各方格网线仅注出个、十两位公里数。

我们上面所说，坐标网的纵横线间隔是以10厘米为准的，实际作业中坐标网的纵横线间隔通常是根椐比例尺不同而不同，如1:1000、1:2000、1:5000、1:10000比例尺地形图其纵横线间隔通常为10厘米；1:25000为4厘米；1:50000比例尺以下其纵横间隔均为2厘米。

二、图廓

图廓是按图廓点的平面直角坐标，根据坐标方格网线的公里数值展绘在图纸上的。

如系统一分幅的梯形图廓，在其四周的图廓点上要注出地理坐标，即图廓的经纬度；如系正方形分幅，则其四周的图廓点上应注出其直角坐标的公里数。图廓是控制图幅大小的一种范围线。梯形图廓四周所注的经纬度除具控制图幅大小的作用外，也是图幅所在地理位置的一种标志。

三、地图比例尺

地球表面的形状和地面上的物体不可能按其真实大小来描绘，必须缩小一定的倍数才能描绘在图纸上。这样就发生地面长和图上长的一种比例关系，我们把这种关系用数字来表示。即地

面上一直线段在图上的投影长度 l 和该直线的实地水平长度 L 之比，这种关系($\frac{l}{L}$)就叫做地图比例尺。

比例尺按其表示方法，可分为两类：

(一) 数字比例尺

这种比例尺是用分数形式来表示的。为了应用和计算方便，一般以分子为1，分母为10的整数倍数形式表示。如：

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

例1、实地某线段水平长度180米，该线段在图上的相应长度为3.6厘米，求比例尺是多少？

$$\frac{3.6\text{厘米}}{180\text{米}} = \frac{3.6\text{厘米}}{18000\text{厘米}} = \frac{1}{5000},$$

这就是把比例尺分子化算为1，把分母化成10的整倍数的计算过程。这个 $\frac{1}{5000}$ 的比例尺，就是说明把实地的水平长度缩小了5000倍后描绘在图纸上。

地图常用的比例尺有 $\frac{1}{500}$ 、 $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2000}$ 、 $\frac{1}{5000}$ 、 $\frac{1}{10000}$ 、 $\frac{1}{25000}$ 、 $\frac{1}{50000}$ 等，在图上的书写形式是：1:500、1:1000、1:2000……

根据上述比例尺可知，其分母愈大则比例尺愈小，分母愈小则比例尺愈大。

知道了比例尺，就可以将图上长度和相应的实地水平长度进行换算。