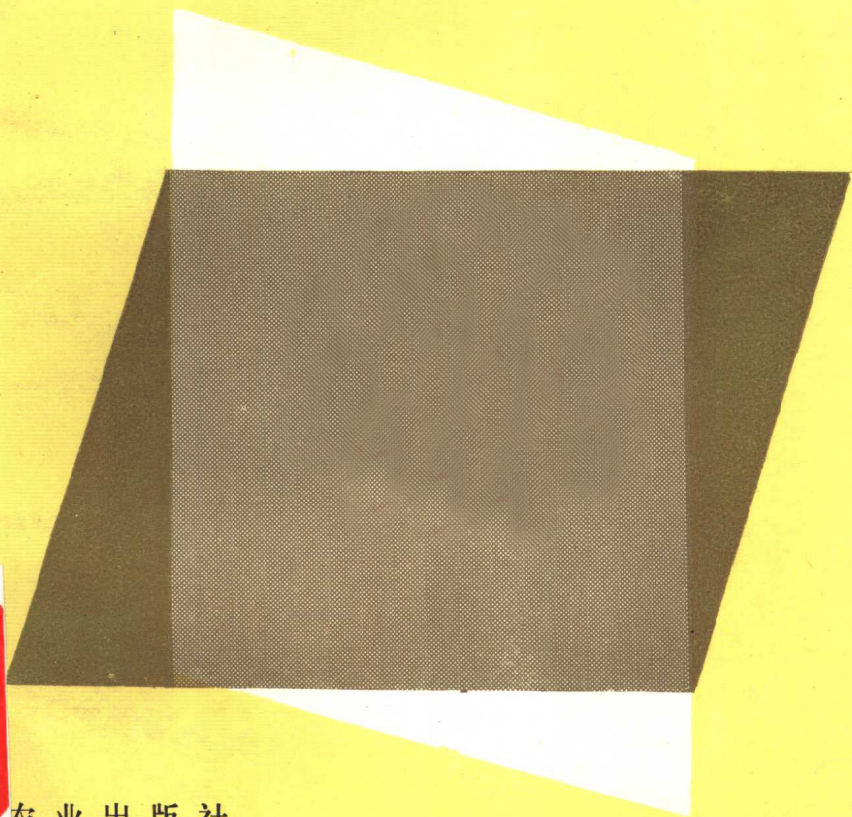


p218/1
11945

土地面积测算法

刘广余 徐传国 编



农业出版社

土地面积测算法

刘广余 徐传国 编

农业出版社

土地面积测算法

刘广余 徐传国 编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 三河县中赵甫印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 3.75印张 73千字

1985年2月第1版 1985年8月北京第1次印刷

印数 1—18,700册

统一书号 4144·542 定价 0.61 元

编写说明

目前，全国各地都在开展土壤普查、土地资源调查和农业区划，需要准确地测算土地面积。我们在实践的基础上，参考一些国内外资料，编写了《土地面积测算法》这本小册子。

这本小册子主要介绍了在实地和图上测算面积的各种方法以及如何求每一种测算方法的精度。这样，可以从所需要的不同精度来考虑选用适宜的测算面积方法，从而可以多快好省地完成生产任务。

在编写过程中王家梁、李妍姝和辛兢同志提出很多好的意见，在此表示感谢。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不完善之处，欢迎读者指正。

编者

1984年3月

目 录

一、土地面积的概念及测算意义.....	(1)
(一) 土地面积的概念.....	(1)
(二) 土地面积测算的意义.....	(3)
二、与面积测算有关的几个问题	(4)
(一) 平面图、地形图和地图.....	(4)
(二) 比例尺.....	(4)
(三) 测量误差.....	(6)
(四) 土地面积测算单位及换算.....	(10)
三、解析法测算面积	(12)
(一) 求任意三角形地块面积.....	(12)
(二) 求四边形地块面积.....	(13)
(三) 求任意五边形地块面积.....	(16)
(四) 求任意六边形地块面积.....	(17)
(五) 实例.....	(17)
(六) 解析法测算面积的精度.....	(18)
四、图解法测算面积	(24)
(一) 求任意三角形图形面积.....	(24)
(二) 求梯形图形面积.....	(24)
(三) 求任意多边形图形面积.....	(24)
(四) 求曲线图形面积法.....	(28)
(五) 求其他图形面积.....	(29)

(六) 图上与实地结合法测算面积	(30)
(七) 图解法测算面积的精度	(31)
五、坐标法计算面积	(37)
(一) 大地坐标和平面直角坐标	(37)
1. 大地坐标	(37)
2. 平面直角坐标	(38)
(二) 坐标法计算面积	(40)
1. 用大地坐标计算图幅面积	(40)
2. 用平面直角坐标计算面积	(45)
3. DMD法计算面积	(50)
(三) 坐标法计算面积的精度	(54)
六、器械法测算面积	(57)
(一) 求积仪法	(57)
1. 求积仪的构造	(59)
2. 求积仪的使用方法	(59)
3. 求积仪的检验与校正	(63)
4. 使用求积仪的注意事项	(63)
5. 控制法测算面积	(64)
6. 求积仪法测算面积的精度	(66)
7. 控制法测算面积的精度	(67)
(二) 求积透明板法	(69)
1. 直线透明板法	(69)
2. 曲线透明板法	(71)
3. 实例	(74)
4. 求积透明板测算面积的精度	(76)
(三) 称重法求面积及其精度	(77)

(四) 光电仪器法.....	(82)
1. 密度分割仪法.....	(82)
2. 光量法	(82)
七、面积平差.....	(85)
八、测算面积的必要改正	(94)
(一) 高斯投影改正.....	(94)
(二) 面积的高程改正.....	(96)
(三) 图纸变形改正.....	(99)
九、应用未纠正航片测算面积的精度.....	(102)

一、土地面积的概念及测算意义

(一) 土地面积的概念

土地面积很容易被认为是地球的自然表面积(地表面积)。可是,地表面积是无法准确求得的,因为它太不规则了。有高出海平面 8848 m 的珠穆朗玛峰,有低于海平面 11043m 的马里亚纳海渊。特别是丘陵和山地,每一块土地,甚至每一处都有不同的坡度。大约象一个苦皮的表皮那样凹凸不平,这样的面积如何求得呢?

在测量工作中,是设想以静止的海水面向陆地延伸包围,形成一个封闭的平滑曲面称为水准面。海水有潮汐和风浪,所以,水准面有无数个,其中,通过平均海水面的一个称为大地水准面,它所包围的形体称大地体。

某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离称为绝对高程或海拔。水准面的特点是处处与铅垂线相垂直。由于地球内部质量分布是不均的,由此决定的地球引力,使得地面上各点铅垂线的方向是不一致的,所以大地水准面是一个有微小变化的不规则的曲面。如果把地表形状投影到不规则曲面上的话,测量计算工作将无法进行。后来,确定了一个有规则曲面的旋转椭球形体。这个形状和大小与大地体极其相似,在相应位置上与大地水准面确定下来的椭球体称为参考椭圆体。

由此，我们可以从下述方面来领会土地面积的概念。

1. 在进行大约 400km^2 （半径为 10km^2 ）的较小地区，即地形测量范围内，可以不考虑地球曲率的影响，把该地区当平面看待，即水平面代替水准面。在这种情况下，所测土地面积是指地表面积在其水平面上相应的投影面积。

2. 在进行大约 400km^2 以上乃至全球即大地测量范围内，需要考虑地球曲率的影响，把所需要的在地面上测得的数据，经过一系列换算，投影到参考椭圆体面上。在这种情况下，所测土地面积是指地表面积在其参考椭圆体面上的投影面积。

前述两种情况，一般所求面积大小基本一致，但在海拔愈高时，前者值愈大，则更接近地表面积。特别是海拔在 1500m 以上的时候，两者面积差异往往是不能不考虑的。

不管水平面还是椭圆体面，都可以把极其复杂的地表面积统一起来，这对农业生产有很重要的意义。

有人认为，为了扩大耕地面积可以把平地变为坡地或者勿需平整土地。这是不对的。因为植物并非垂直地表斜面生长，它的负向地性决定着必须垂直水平平面生长。虽然斜面面积大于自身垂直投影的面积，但它们能够承担生长植物的密度，则是一样的。如图1—1。

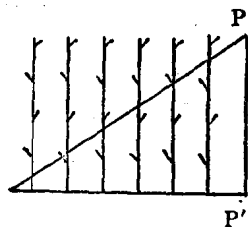


图 1—1

设地表斜面为 P ，其投影水平面为 P' 。假如在水平面上，生长着一定密度的植物，并设想垂直地面向上生长

穿过地表斜面 P ，虽然面积 $P > P'$ ，由于植物个体之间距离不变，所以密度相同。

（二）土地面积测算的意义

土地面积测算的意义是重大的。土地是农业生产中不可缺少的基本生产资料，因为它在农业生产中不仅是建筑工程物的配置基地，农业生产过程和劳动者的活动场所，而且是作物生长基地和农产品形成所需要物质的源泉。作为人类生存所需要的农产品的生产，无不与一定数量（面积）和质量的土地有关。因此，查清土地数量和质量是客观的需要。

多年来，由于我国行政区划的更改，农村社队规模的调整，城市、农村居民点的扩建，交通运输和工矿业不断发展，加上进行农田基本建设等因素，不同区域和各种类型土地的数量都有很大的变动。尤其从六十年代起，有些地区自然资源遭到了严重破坏，耕地、林地、果园、草地、居民点、道路、水面、沼泽等各类土地面积非常混乱，严重影响着农业生产的发展。所以，查清各类土地面积是合理规划和进一步发展农业生产的一项基础工作。

查清各类土地面积的意义和作用在于为制定国民经济计划，有计划按比例发展社会主义经济提供依据。只有查清各类土地面积，才能正确制定城乡发展规划。如发展中小城市，工矿建设、水陆交通和文化福利设施等。同时，查清各类土地面积，可以搞好农业区划，正确配置农、林、牧、副、渔业各类土地，为合理利用和统一管理土地，防止土地滥用和浪费、建立良好的生态环境创造条件。

二、与面积测算有关的几个问题

(一) 平面图、地形图和地图

1. 平面图 把较小地区的地球表面当作平面，而将这个地面上地物投影到平面上，并以适当比例尺绘制与地面地物相似的图形称为平面图。

2. 地形图 在平面图上除了表示地物平面位置，还表示出地势起伏。这种具有地貌的平面图称为地形图。

3. 地图 当测区面积很大，必须考虑地球曲率的影响，不能把球面上的图形直接描绘在图纸平面上，需采用一定的投影方法而绘制的图称为地图。

(二) 比例尺

平面图上某一线段长与地面上相应水平距离之比称为比例尺。

在测算面积的过程中，要使用数字比例尺和复式比例尺。

1. 数字比例尺 用分子为1的分数表示的比例尺称为数字比例尺。如1/5000或1:5000。其公式为：

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

式中 M ——比例尺分母；

l ——图上两点间距离；

L ——地面上相应两点水平距离；

例：平面图比例尺 $\frac{1}{M} = \frac{1}{10000}$ ，图上两点距离 $l = 5.5$

cm，求地面上相应两点水平距离 L 。

根据公式 (2—1)

$$L = Ml = 10000 \times 5.5 = 550\text{m}$$

2. 复式比例尺 复式比例尺是用特种金属材料制成，一般长10或11cm，宽2—2.5cm，如图2—1。制法是：在直线AE上，以2cm为单位截取数段，再从各截点向上作定长垂线AC、BD……EF，并在直线AE、CF之间用相互平行的横线等分10份；另将左端基本单位长的AB和CD各再等分10份，上下错开联接成为斜线即成。

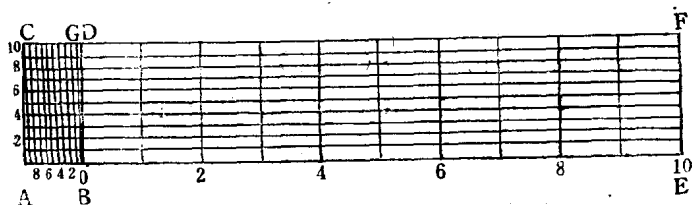


图 2—1

根据三角形相似原理可知垂线BD和斜线BG之间横线

段自下而上分别为GD的 $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$ $\frac{9}{10}$ ，即任意两相邻

横线之间差值均为 $\frac{GD}{10}$ 或 $\frac{CD}{100}$ ，所以，复式比例尺能直

接量取基本单位长的 $\frac{1}{100}$ 。如图 2—1，是用于测量用图比例尺为 1:10000 的复式比例尺，基本单位为 1 cm，可量至 0.1 mm。基本单位长度可根据需要确定。

比例尺大于或等于 1 : 10000 的称为大比例尺，小于 1 : 10000 的称为小比例尺。

一般在平面图上求面积时，使用的多是大比例尺平面图或是地形图。

(三) 测量误差

测量工作是由观测者使用仪器在一定条件下进行的。由于测量仪器本身制作误差，测量时外界条件的变化以及观测者感观的限制，使得任何测量结果都是有误差的。如测量三角形内角之和不等于 180° ，或一个角度观测几个测回，一段距离反复丈量多次结果往往都不一样，等等。

测量误差是不包括粗差（错误）的。

研究误差的目的在于掌握其规律，从而在测量中消除或减少误差，以便更好地完成测量任务。

1. 测量误差分类 按性质可分为两大类

(1) 系统误差 主要是由仪器不完善和校对不准确等造成的。如钢尺注记长度为 50 m，鉴定后知道它的实际长度为 49.981 m。如用该尺子去量某段距离，每量一整尺就比实际长度大 0.019 m。这种误差是累积性的，并且是有规律的，用加尺长改正数的方法可以消除。系统误差对测量结果往往影响很大，应注意消除。

(2) 偶然误差 在相同的条件下进行一系列独立观测, 出现正负符号和大小数值不相同的误差, 称为偶然误差。产生偶然误差的原因很多, 如使用仪器的观测者不熟练, 仪器上的望远镜分辨能力、放大倍数的限制以及通过空气中光线的折射使瞄准产生误差等。各偶然误差彼此可抵消一部分, 但不能完全抵消。偶然误差表面看来没有规律性, 实际上通过大量观测分析研究知道, 是有一定统计规律的, 如有的是服从正态分布。

2. 衡量精度的标准 测量的任务不仅对一个未知量进行多次观测, 求得测量结果, 而且必须对测量结果的精度作出评定。衡量测量结果精度的统一标准有中误差和相对误差等。

(1) 中误差 设对同一未知量 X 进行多次观测, 各次观测结果分别为 $L_1, L_2, \dots, L_n$, 则各个观测值的真误差(观测值与真值之差)为

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= X - L_1 \\ \Delta_2 &= X - L_2 \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta_n &= X - L_n\end{aligned}$$

以 m 表示的中误差的平方等于各个观测值真误差平方和的平均值, 亦称为均方误差:

$$m^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n} = \frac{[\Delta^2]}{n}$$

$$\text{即 } m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$$

此公式适宜在真值已知的情况下使用。如三角形三内角和为 180° 即为真值，它和观测值三个内角和之差即为真误差。

由于测量的真值往往是不知道的。这时上式中误差 m 值是无法确定的。但是，在实际工作中，是用最或是值 X （观测值 L 的算术平均值）代替真值 X ，即

$$V = X - L_i$$

经过一系列推导，这时中误差的公式变为：

$$m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}$$

例：有两组观测值，在同一条件下，用等精度的两台经纬仪对同一水平角度各观测了四个测回，其观测精度计算如9页表。

第一组观测结果为 $58^\circ 30' 10'' \pm 8.2''$ ；第二组观测结果为 $58^\circ 30' 10'' \pm 11.5''$ ，看出第一组比第二组观测精度高。

(2)容许误差 容许误差也称为极限误差或最大误差。在一定观测条件下，偶然误差的绝对值不会超过一定的界限，若超过该界限，就认为本次观测值不符合要求，需另行观测。应如何确定这个界限呢？根据误差理论和试验统计证明，测量值中大于二倍和三倍中误差的偶然误差出现的机会分别为5%和0.3%。因此，在实际工作中，一般采用二倍中误差作为容许误差：

$$\Delta_{\text{容}} = 2m$$

在要求不严格时，也可采用三倍中误差作为容许误差：

$$\Delta_{\text{容}} = 3m$$

第一组				第二组			
测回数	观测值	V	VV	测回数	观测值	V	VV
1	58° 30' 10"	0	0	1	58° 30' 00"	+10	100
2	58° 30' 10"	0	0	2	58° 30' 20"	-10	100
3	58° 30' 20"	-10	100	3	58° 30' 20"	-10	100
4	58° 30' 00"	+10	100	4	58° 30' 00"	+10	100
总和	232° 120' 40"	[VV]	200	总和	232° 120' 40"	[VV]	400
平均	58° 30' 10"	$\left[\frac{VV}{n-1} \right]$	66.67	平均	58° 30' 10"	$\frac{[VV]}{n-1}$	133.33

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm 8.2''$$

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm 11.5''$$

(3) 相对误差 在某些情况下, 只知道中误差还不能完全表达观测结果精度高低。如测得两段距离, 一段长为400m, 中误差为 $\pm 0.2\text{m}$; 另一段为900m, 中误差为 $\pm 0.3\text{m}$ 。这时, 就要利用相对误差这一概念来解决。绝对误差与相应近似值之比称为相对误差。所以, 第一段距离相对误差

$$\frac{m_1}{l} = \frac{0.2}{400} = \frac{1}{2000}$$

第二段距离相对误差

$$\frac{m_2}{l} = \frac{0.3}{900} = \frac{1}{3000}$$

看出第二段距离比第一段距离测得精确。

在误差大小和观测值的大小无关时, 如角度测量, 就不能用相对误差来衡量精度。

(四) 土地面积测算单位及换算

为了计算方便, 本书均使用公制面积单位, 即 mm^2 (平方毫米), cm^2 (平方厘米), dm^2 (平方分米), m^2 (平方米), km^2 (平方公里) 以及公顷。

我国习惯用的面积单位为亩, 与公制面积单位换算如下:

1. 平方米换算为亩

(1) 平方米加其自身的一半, 小数点前移三位。

求 $16,000\text{m}^2$ 是多少亩?

$$(16,000 + \frac{16,000}{2}) \div 1,000 = 24\text{亩}$$

(2) 平方米乘以15, 小数点前移四位。