

測量學

(本校自用教材)

冶金工業部

長春建築工程學校
哈爾濱土木工程學校
合編

1957

目 录

第一章 緒 論

(頁号)

1—1	測量学的研究对象	1
1—2	測量学发展簡史	1
1—3	測量学对社会主义建設的意义和它在工程中所起的作用	2
1—4	地球形状和大小	3
1—5	鉛垂綫、水平綫、水平面和水准面	3
1—6	水平投影和平面位置	4
1—7	地球表面上各点的絕對高程和假定高程	5
1—8	地理坐标的概念	6
1—9	測量的概念。平面測量和高程測量	7

第二章 比例尺及慣用符号

2—1	比例尺	10
2—2	地物慣用符号	13

第三章 地面上直綫的定綫和丈量

3—1	地面上各点和直綫的标志	17
3—2	直綫定綫	18
3—3	直綫丈量的工具	21
3—4	鋼尺的檢驗	22
3—5	在平地上丈量直綫水平距离	23
3—6	用不正确的鋼尺丈量結果的改正。量距的精度	24
3—7	在斜坡上丈量直綫水平距离	25
3—8	設角器	25

第四章 直 綫 定 向

4—1	直綫定向。真方位角和象限角，方向角	29
-----	-------------------	----

4—2	磁子午綫的概念。磁方位角和磁象限角	32
4—3	羅盤儀	33
4—4	羅盤儀的檢驗	35
4—5	用羅盤儀測定磁方位角和磁象限角	36

第五章 水平角測量

5—1	水平角測量的原理	38
5—2	經緯儀的構造	39
5—3	度盤和游標	42
5—4	望遠鏡	46
5—5	水准器及其用途	49
5—6	苏联TT50型經緯儀	52
5—7	阿斯卡尼亞 (ASKANIA) 型經緯儀	53
5—8	威特 T ₂ 号經緯儀	55
5—9	儀器的保養	56
5—10	經緯儀的檢驗及校正	58
5—11	經緯儀的安置	61
5—12	水平角測量	62

第六章 經緯儀測量

6—1	經緯儀測量。經緯儀導綫	64
6—2	經緯儀導綫測量	65
6—3	碎部測量	67

第七章 經緯儀測量成果的整理

7—1	經緯儀測量野外成果的整理工作	70
7—2	閉合導綫的角閉合差。角度調整	70
7—3	閉合導綫各边的方向角和象限角的計算	72
7—4	測量上的直角坐标。坐标增量	74
7—5	閉合導綫坐标增量閉合差導綫全長閉合差	77
7—6	閉合導綫坐标增量的調整。坐标計算	80
7—7	附合導綫	81

7—8	坐标方格網的繪制	83
-----	----------	----

第八章 面 积 計 算

8—1	根据頂点坐标計算图形面积	87
8—2	定极面积仪及其用法	88

第九章 水 准 測 量

9—1	高程测量的概念。高程测量的目的和种类	92
9—2	水准测量的原理	93
9—3	水准点	96
9—4	水准尺，尺垫	98
9—5	水准仪	99
9—6	定鏡水准仪的檢驗及校正	103
9—7	活鏡水准仪的檢驗及校正	104
9—8	阿斯卡尼亞式水准仪	106
9—9	水准測量	107
9—10	水准測量的校核及其成果調整	108
9—11	縱断面水准測量。縱断面图的繪制	113
9—12	坡度綫的設計	115
9—13	橫断面水准測量。橫断面图的繪制	117
9—14	圓曲綫測設法	119

第十章 地形概念。根据高程繪制等高綫圖

10—1	地形概念，地形的主要种类	127
10—2	等高綫	127
10—3	根据高程在地形图上繪制等高綫	131
10—4	地形图的应用	134

第十一章 地区水准測量

11—1	地区水准測量的概念	139
11—2	断面測法	139
11—3	方格測法	140

第十二章 視 距 測 量

12—1	視距測量的概念	143
12—2	經緯儀的豎盤。豎直角量法	144
12—3	視距法原理及視距常數的測定	150
12—4	視綫傾斜時測定距離和高差。高程計算	152
12—5	視距測量外業	155

第十三章 平板儀測量（長春建筑工程學校不講）

13—1	平板儀的構造	158
13—2	平板儀的檢驗	158
13—3	平板儀安置	160
13—4	平板儀測量的方法	161
13—5	經緯儀與小平板儀聯合測圖法	162

第十四章 建筑施工測量

14—1	建筑施工測量的性質和用途	164
14—2	方格建築網	164
14—3	建築場地水準網	167
14—4	建築物的定位和放綫	169
14—5	基礎高程的測定，柱子鉛直方向的測定	171
14—6	建築物沉陷觀測	173
14—7	場地平土排水工程施工放綫測量	174
14—8	工業地下管道工程施工放綫測量（長春建筑工程學校不講）	176

第一章 緒 論

1—1 測量学的对象

測量学是研究地球表面各个部分的形状和大小的科学。这种研究是用各种不同的測量方法来進行的，測量的結果或者用解析方法，或者用图解方法表示出来。用解析方法时，我們可以獲得有关所研究的地区各部分数值。用图解方法时，我們可以得到一張图，这个图是縮小到某一程度而很明显地將該地区表示出来的。有的时候为了某些工程設施，常常按照在图上計劃的位置，以一定的比例移到地面上。这些有关的問題是測量学所要討論的范围。

測量学的研究所遇到的將是一些不同大小的地区，在广大区域内（这些区域都是球面上的一部分）进行測量时，必須考虑到球形曲面这一情况，这种要考虑地区曲面形状的測量所用的方法以及关于决定整个地球形状和大小的一些問題，均在高等測量学中來研究。至于普通測量学它則研究地面上狹小地区的測量和制图的一些問題，这些狹小地区与地球总尺寸比較起来小到实际上可以当平面來考虑的程度。这样地区的直徑可以达到好几十公里。本書所包括的測量內容，屬於普通測量学范围。

測量工作应用很广，很多的科学都需要測量学的帮助。尤其是象地質学、地球物理、土壤学、土壤植物学以及一切工程科学，这些科学都是很需要測量学的知識的。

反过來說，測量学也需要別种科学的知識，例如：数学、物理学、光学、天文学等等。測量学与其他科学的直接而密切的关系就是这样。

1—2 測量学發展簡史

測量学的应用，最初在埃及开始的，因为尼罗河每年定期氾濫一次，河流兩岸农田的界址常被淹沒，每年必經過測量划分，当时人民常借河边的高地作为标記，准备在氾濫之后利用那些标記，測出各家农民原有的界址。在敷設水渠網、建筑防御工事、空庭、庙宇以及其他建筑物的时候，也运用了測量方法。

我国古代，对測繪事业就有着輝煌的貢獻。第三世紀中叶，我国偉大的制图学家裴秀和他的助手們，就拟訂了彙編小比例尺图的工作规范，称为“制图六体”。

在古代我国就利用磁石制成了世界最早的指南工具。到了公元110~400年創造出指南車和記里鼓車来确定方向和測量距离。清光緒末年，曾举办全国測务。在1911年成立陆地測量总局，开始实测全国地形图和軍用地图。自1931年起开始举办航空測量。我国近百年間測繪事业虽有一些发展，但发展是很緩慢的。

偉大的中华人民共和国成立之后，由于社会主义建設的开展和需要，各部門迫切需要地图，紛紛組織測量队，进行規模較大的測量工作。

1955年12月21日国务院第二十一次全体會議通过了“国务院关于长期保护測量标志的命令”。1956年1月23日全国人民代表大会常务委员会第三十一次會議，批准了設立国家測繪总局，作为国务院的一个直屬机构。

国家測繪总局的成立，标志着我国測量事业从此开始走上了光輝燦爛的道路，无疑的將对我国社会主义起着重要的作用，并將对世界科学作出重大的貢獻。

1—3 測量学对社会主义建設的意义和它在建筑工程中所起的作用

在我国幅員广闊的情况下，無論在国民經济方面或者在国防方面，測量学具有重大的意义。

測量学能履行这重大的任务，使社会主义建設获得所必需的地形图。

測量学在任何一种工程勘测中占极其重要的地位。应用在工程事业上时，勘测可以使我們得到問題的合理解决，或者得到最适当的解决这問題的資料。

任何工程建筑是根据預先作好的計劃来进行的。为了正确的解决設計問題，我們必須有合适的数据，而数据即是勘测的結果。勘测工作，包括有測量工作在內。

測量学在工业与民用建筑方面的作用是：在勘测和設計阶段，它能帮助我們很合理的去選擇厂房或其他建筑物的位置；在施工阶段，帮助我們进行施工放綫工作。在建筑完工后，帮助我們进行对于建筑物稳定程度的检查工作。

在国防事业上，測量学也有着特別重要的意义。統帥部为了整个战略上的

关系和指挥全军作战，每个支队的指挥员为了了解进行作战地区的情况。都須要有很好而詳細的地形图。

以上各段說明，几乎在任何一种工程上，或是在国防上，测量学有着头等意义，可以說測量学是工程师和統帥部的眼睛。

1—4 地球的形狀和大小

地球的形狀近乎一个圓球体。它的半徑为 6,371 公里。經进一步研究之后，我們知道地球并不是真正的球形。它的形狀很接近一个旋轉橢圓体。也就是將橢圓繞着短軸 PP' 旋轉而成的形体（图1—1）。短軸代表地球自轉的軸，我們把这种形体簡称为橢圓体。

橢圓体的長、短半徑 a, b 称为地球橢圓体的元素，其扁率用下式表示。

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

地球橢圓体的元素，已經由几位科学家以不同的精度先后測定过。我国以往采用海福特橢圓体。苏联現在采用斯大林獎金获得者，苏联学者克拉索夫斯基教授，所求得的最精确的地球橢圓体元素。它們的数值如下表：

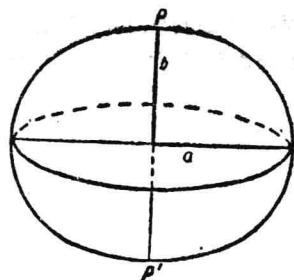


图 1—1

表 1—1

地 球 橢 圓 体	a (公尺)	b (公尺)	$\alpha = \frac{a-b}{a}$
克 拉 索 夫 斯 基	6,378,245	6,356,863	$\frac{1}{298.3}$
海 福 特	6,378,888	6,356,911,946	$\frac{1}{297}$

应当指出，最精确的地球橢圓体元素的測定，对于全世界的测量和科学是个极大的貢獻。

1—5 鉛垂綫、水平綫、水平面和水准面

重力綫的方向称为垂直綫或鉛垂綫。这个方向是用下面挂着重量的細綫来

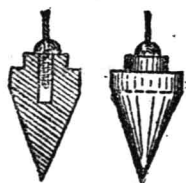


图 1—2

决定的。这线和挂着的重量称为垂球(图1—2)，通常垂球是由金属制成的，成倒立的圆锥形。在这个圆锥体的底下鑽了一个具有螺纹线的圆孔，圆孔内拧上空心螺旋。用线穿过这空心螺旋，在线的末端打一个结，然后再拧入圆孔中。细线延长的方向应该经过圆锥体的尖端。

垂直于铅垂线的一条直线和一个平面称为水平线和水平面。

水准面是这样的一个曲面。假设海洋表面的平均位置是静止的，并且假想将这个理想的表面延长穿过大陆与岛屿(图1—3)，这样我们可以得到一个闭合的表面，这表面的特点，是这表面上任何一点的铅垂线都垂直于这个表面。这样的表面称为水准面。在研究地球的形状与小时，水准面的观念是极其重要的。我们



图 1—3

将这水准面所限制而成的物体即当作是地球的形状，就好像切去水准面上凸出的大陆一样。这种假想是可以的。第一，因为大陆在地球上占着仅仅很小的一部份；第二，大陆的高低不平比起地球的大小是微不足道的。

1—6 水平投影和平面位置

地球表面无论是球面或橢圆面，倘不加扭变或割裂，则不可能在纸面上描绘出来，因此首先要将地球表面投影到可以展开成为平面的圆柱面或圆锥面，或直接投影到任何一种平面上。为了将地球的部分表面描绘到纸上，最适宜的是采用水平面作为投影面，就是和地球水准面相切的平面。

为了把地面投影到水平面上，必须在测区的中心点假想一个切面，然后从测区内所有的点(图1—4)向着投影面作铅垂线；这些铅垂线与水平面的交点就是代表地面点的正射投影。

在此水平面上连接两地面点A及B的投影点A₁及B₁。得直线A₁B₁，这就是地面上该两点连线的水平的平面投影。

地面上两直线的夹角FAB在水平面的水平投影是F₁A₁B₁角，即该角两边

投影所夾之角度。

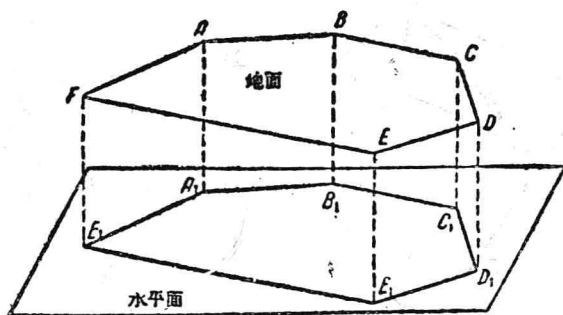


图 1—4

把地面投影到水平面上的这类方法，仅适用于較小的范围。冶金工业部測量技术规范規定，在測区不超过 100 平方公里时，可不顧及地球的曲率，將該地区視作平面。

1—7 地球表面上各点的绝对高程和假定高程

地球表面上各点的位置，除了平面位置外，同时也要知道它們的高度，才可以認為是完全确定了。我們要將绝对高程与相对高程加以分別。一点离开海洋水准面的距离，称为該点的绝对高程或者海拔。实际上各点的高程通常是从平均海面起算的。譬如， H_A 与 H_B （图1—5）即是A点和B点的绝对高程或海拔。但有时点的高程不得不从任何一个假定的水准面起算。在这种情况下，点的高程称为假定高程。图中A与B点对于水准面 P_1P_1 的假定高程为 H'_A 与 H'_B 。設想有水准面 P_AP_A 与水准面 P_BP_B 经过A与B点。豎直距离 $h=P_AP_B$ 是一点与另一点的高差。从图上显而易见，高差等于兩点高程的差数。

A点对B点的高差可以用下列等式表示出

$$h = H_A - H_B \text{ 或者 } h = H'_A - H'_B$$

在图（1—5）的情况下， h 是正的，此即說明A点比B点高些。B点对A点的高差可由下列等式表示出：

$$h = H_B - H_A \text{ 或者 } h = H'_B - H'_A$$

在图1—5的情况下，这是負的，即B点比A点低些。

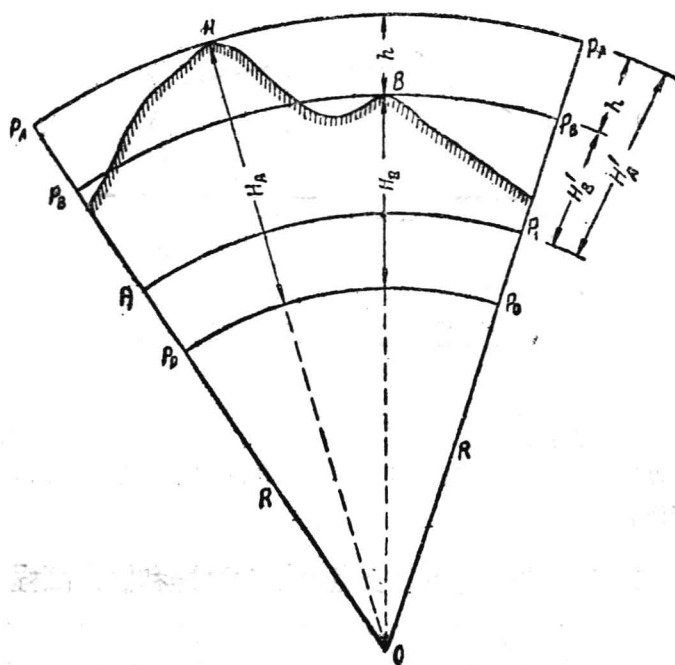


图 1—5

$P_A P_A$ -A点的水准面 $P_B P_B$ -B点的水准面
 $P_1 P_1$ -假定的水准面 $P_0 P_0$ -海洋水准面

1—8 地理坐标的概念

由前述可知，地球的形狀接近于橢圓體。地球的扁率是由于它繞着短軸很快的自轉所产生的，这軸称为地球自轉軸。这軸在地球表面上的終点称为极：北极（P）与南极（P'）（图1—6）。

垂直于地球自轉軸并通过地球橢圓體中心的平面EQ，称为地球赤道平面。

地球表面上每一点在旋轉时画出的圆周，称为緯圈。

赤道是最大的緯圈，这緯圈离开兩极的距离相等。

傳遞到后一个。这些誤差可能累积起来，而到最后成为不可容許的誤差。而且这种工作步驟是极其費人力的。所以要采用另外一种步驟即是：首先敷設具有必要精度的控制網，而后，以控制網为根据来进行碎部測量。

控制網的測量称为控制測量。进行有关地区的地物的測量工作（即量它們的大小和它們之間的相互位置）称为碎部測量。

控制与碎部測量是各通过外业（野外工作）和內业（室内工作）来进行的。

假設我們需要在图1—8所示的地区范围内进行測量。

为此，我們选定比較少数的所謂控制点，这些点的位置要便于施測各点附近的碎部点。

設AB, C, D, E, F, K和M为控制点。

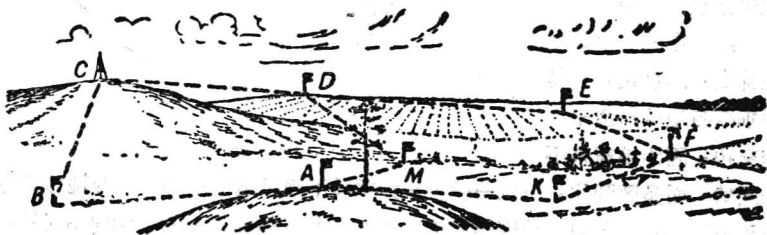


图 1—7

我們用測量学所講的方法，以足够的精度，确定这些点的相互位置与高程，为此目的，在多边形ABCDEFK內和沿着內部的連綫AMD測定每边的長度、內角和每边与水平綫所成的傾斜角。此后，算出控制点間各綫的水平長度，并将各綫縮小画在图上。現在假如从一个控制点观测其他必要的、位于各控制点附近的点子，根据測量的成果就可將这些点子画在图上。

在这种情况下，誤差就不能从一点傳遞到另一个点子上，因为一組碎部点的位置是从一个控制点測定的。所以，整个測量工作將分成兩部份：（1）敷設控制網的工作，（2）以控制網为基础做碎部測量的工作。此时，做碎部測量的精度比做控制測量要低得多。

假如在測量时，不測定各点的高差，那么这就称为平面測量。假如除了平面位置以外，同时又測定高差，那末这种測量就要称为平面測量及高程測量。

从上述的进行測量工作的例子中，我們可以得出下面的規則，即：

进行测量的步骤应当是：先顧到整体然后再作个別的部分。

所有野外測量的結果，要用一系列的數字記入手簿中，这些数字表示長度，角度以及其他測得的数值。但是这些数字的材料不能够明显的表示出測区的情形，所以应当使用这些数字的資料繪制成图，以明显的表示出測区的情形。

考虑到地球面的曲率，不能直接的把球面作为平面，而是用特殊的技术方法繪制全球，全国或大区域的图形，这种图形称为地图。

在一小区域中，把地球曲面当作平面，用相似及縮小的方法，在水平面上繪出的位置图称为平面图。

地图及平面图都有許多种，其中一种表示出地面地形的地图或平面图称为地形图。

沿一定方向作垂直平面，在这一垂直平面上，表示出地面上沿該方向綫地面起伏情形的图形称为断面图。

第二章 比例尺及慣用符號

2—1 比 例 尺

測繪地球上某一地區的地形圖時，都是用一定的比例縮小在圖紙上，表示出與地面完全相似的形狀。把地面上任何一條直綫長度繪在圖上時，而應用的縮小倍數，就叫做地形圖比例尺。

比例尺有三種表示的方法；即數字比例尺、直綫比例尺和複式比例尺。

(一) 數字比例尺一是用分數來表示，分子等於一分母為整數表示縮小倍數。

如在圖上直綫長度為 l ，在地面上它的水平長度為 L ，地形圖比例尺的分母為 M ，則得下列關係：

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{M}$$

變化上式 $l = \frac{L}{M}$

或 $L = Ml$

設地形圖上某直綫長度 $l = 2.4$ 公分，該直綫在地面上的長度 $L = 120$ 公尺，則地形圖的比例尺為：

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L} = \frac{2.4 \text{ 公分}}{120 \text{ 公尺}} = \frac{2.4 \text{ 公分}}{12,000 \text{ 公分}}$$

分子分母除以 2.4 公分後，則得 $\frac{1}{M} = \frac{2.4 \div 2.4}{12,000 \div 2.4} = \frac{1}{5000}$ 比例尺。

在這個例題中，比例尺是 $\frac{1}{5000}$ ，圖上 1 公分之長相當於地面上水平直綫

5000 公分（即 50 公尺）。

現在工程上常用的地形圖的比例尺有：

$$\frac{1}{500}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{2000}, \frac{1}{5000},$$

比較比例尺的大小時是按分數的比值確定的，與分母大小成為反比。如 $1:500$ 大於 $1:5000$ 比例尺，即在實地上同一長度用大的比例尺，在圖上畫的圖形較長，用小比例尺則在紙上畫的較短。

數字比例尺只表示一般圖的縮小程度，在應用時常需要換算的麻煩，是非常不方便的。因此在實際工作中，用特別畫成的直線比例尺或複式比例尺，就方便得多了。

(二) 直線比例尺

設欲繪制 $1:5000$ 的直線比例尺（圖上 1 公分相當於地上 50 公尺）在一直線上分成一定長度的小段，作為基本單位。基本單位的長度以換算為實地長度的整數和便利的數字，通常採用 2 公分。（在某些情況下，也有不太合適，如對於 $1:2000$ 的比例尺，因取 2 公分線段相當於地上的 40 公尺，不如取 2.5 公分相當於地上 50 公尺，作基本單位是比較方便的）。

由第一個單位的右端注 0，以作向左及向右長度讀數的起點。在左端寫上 100 公尺。這個數字是一個基本單位之長相當於地上長度的公尺數。

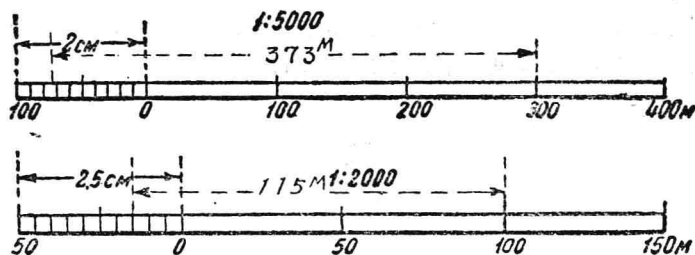


圖 2-1

再在這個基本單位分成十個等份，即每一份為 2 公厘，用以量度實地長 10 公尺，倍數的直線，由零點起向右，在每一個基本單位右端順序注上 100，200，300，400 公尺，以此讀出地面上 100 公尺倍數的長度。如圖（2-1）是兩種比例尺的例子。

基本單位為二公分的直線比例尺，叫做標準直線比例尺。

使用直線比例尺時，是將兩腳規的右腳放在零點右面整數的分點上，這時左腳放在零點左面的基本單位內，除直接讀出十分一基本單位相應長度外還應估讀零數。如圖（2-1）所表示的長度為 373（= 300 + 70 + 3）及 115（= 100 + 15）公尺。

从上图在 1 : 5000 比例尺可直接讀出十分之一基本單位長度 10 公尺，用眼睛估讀到十分之一零數，即 1 公尺的精确度。而在 1 : 2000 可直接讀出 5 公尺，目估到 0.5 公尺的精确度。由此可見用眼估計來量度或画出直線的長度時，使用的比例尺愈小，則所得的精度愈差。

为了不用眼睛估讀最小分划讀數，并提高比例尺使用的精度，一般工作中常采用复式比例尺。

(三) 复式比例尺

从图 (2-2) 中繪制复式比例尺可以看到，在被作为直綫比例尺的直綫上，从每一个基本單位分点上作垂直綫，在兩边垂直綫上量出任意大小(通常为 2 公厘) 的十个相等的綫段，用直綫联結各分点就成为平行于底边的十条平行綫。

把左边一个基本單位上下兩边分为十等分，然后把下面分点与上面向左錯一等分的分点联接成十条向左傾斜的平行綫，并如图 (2-2) 上注記数字，即为复式比例尺。

如图 (2-2) 中兩脚規所指綫段之長为 347 ($= 300 + 40 + 7$) 公尺，使用复式比例尺时，兩脚規的兩脚尖必須与平行綫平行。

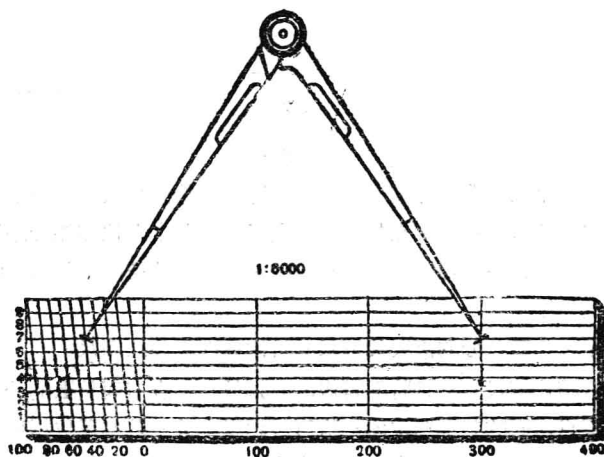


图 2-2