

航务工程基本知識小丛書
勘查部分

(3)

控制測量

李毓淇 編

人民交通出版社

航务工程基本知識小丛书
勘查部分

(3)

控制測量

李毓漢 編

人民交通出版社

本书为航务工程基本知识小丛书勘查部分之三。内容叙述控制测量的基础知识，即控制测量的目的、任务和种类等。重点介绍的是导线测量、三角测量和高程测量中的经纬仪导线、小三角测量和三四等水准测量。

航务工程基本知识小丛书
勘查部分
(3)

控制测量

李毓滨 编

*

人民交通出版社出版

(北京安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店经营

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1962年3月北京第一版 1965年3月北京第二次印刷

开本: 787×1092毫米 印张: 3.5张插图4

全书: 72,000字 印数: 1051-1750册

统一书号: 15044·3032

定价(科四): 0.26元

編輯的話

航務工程基本知識小叢書共分為：勘查、航道二部分。每一部分包括十種左右（分冊出版）；其中第一種為各該部分中的綜合概括性知識，其餘均為各該部分中某項專題的單獨敘述。因而，它可以作為系統的学习資料；而每一分冊又可作為獨立的学习資料，讀者可根據需要選取。

小叢書每冊約三萬餘言。編寫力求通俗，並附有一定數量的插圖，以方便於理解。具有初中或高小畢業文化水平的同志們均可閱讀。對於從事這一專業工作而缺乏系統學習的同志們，因具有一定的感性知識及工作經驗，讀來可能更為方便。本書主要是為廣大水運職工及有關人員在紅專學習中提供比較系統的資料；同時，也可以作為有關專業學校及訓練班學員的參考讀物。

我們出版這一套小叢書希望能對培訓水運幹部工作中起些作用。但是，在編排結構及內容取舍等方面可能尚有不當之處，懇祈廣大讀者提供意見，以便今後改進。

本小叢書的編寫組織工作承蒙南京交通專科學校及長沙航務工程學校大力支持。特此表示謝意。

目 录

第一章 緒 論	4
一、測量學的目的和任務	4
二、控制測量的概念	4
三、控制測量的種類	5
第二章 導線測量	6
一、概說	6
二、導線測量的實施	7
1. 定線	8
2. 丈量工具	10
3. 直線丈量	12
4. 水平角觀測	20
5. 導線的邊長丈量和角度測量	24
6. 視差導線	27
三、導線測量的內業工作	31
1. 角度閉合差	31
2. 方位角和象限角	33
3. 導線邊的方位角計算	36
4. 附合導線角度閉合差	39
5. 點的直角坐標	41
6. 坐標增量計算	43
7. 坐標增量閉合差	46
8. 導線點坐標計算	50
9. 導線點的展繪	52

第三章 三角測量	55
一、三角測量的概念	55
二、選點	58
三、造標和埋石	61
四、基綫	64
1. 基綫和基綫網	64
2. 基綫測量	66
3. 基綫計算	69
五、水平角觀測及計算	70
1. 全圓測回法	70
2. 復測法	71
3. 水平角觀測應注意事項	73
4. 偏心觀測及歸心計算	74
六、三角測量的平差	76
七、邊長計算和坐標計算	77
1. 邊長計算	77
2. 方位角計算	78
3. 坐標計算	79
第四章 高程測量	80
一、高程測量的基本知識	80
1. 水準面	81
2. 高程測量的種類	82
3. 水準測量的等級	84
4. 水準點	85
二、水準測量的原理和方法	88
三、地球曲率和折光差的影響	91
四、水準測量的實施	93
五、過河水準測量	99

第一章 緒 論

一、測量學的目的和任務

測量學的目的是究研地球表面一部分地區或者整個地球的形狀和大小，測量的結果可以得到一張縮小了的明顯將該地區表示出來的圖，或者得到有關研究地區各部分的數值。

測量學是一門古老的科學，它起源於紀元前二千年。根據希臘語言，測量學的意思是土地劃分，可見它在古代就應用在居民的土地整理上。隨着社會的發展，測量學的應用也得到了發展，到現在測量學的應用更是非常廣泛，它幾乎被應用到每一門科學中去，如農業、林業、地質、水文以及地球物理和軍事等，尤其是在工程建設中更不能缺少測量。

由於其他有關測量的科學的發展，乃推進了測量學的發展，而測量學的發展又促進了其他科學的發展。測量學要用到物理、數學、天文學和其他有關科學的知識，最近航空測量和無線電測量獲得廣泛的發展，更需要攝影學、無線電學等的知識。

二、控制測量的概念

為了研究地球表面一部分地區的形狀和大小就要進行一系列的量度工作，這些量度工作可以採取不同的方法進行。假如選定一點作為起點，用各種量度方法求出該點和其他一點的關係，再從其他一點到第三點，順序類推，則可以得到欲測各點

間的相互关系。但是使用这种方法极难获得良好的成果，因为如果前一个点有了差誤，后一个点也随着发生差誤，这样繼續下去，差誤就可能积累起来造成巨大的錯誤，所以这种方法不能采用。我們要选用另一种方法，在測量地区首先选定能控制全区的少数点子，用較精密的量度方法把这些点子相互間的关系测定下来，这样的点子叫做控制点，用直綫把这些点子連結起来，形成各种形状的网，叫做控制网。然后用控制点作为根据，用測量的方法求出其他要测的点和控制点的关系，这些要测的点叫碎部点，用这种方法可以得到滿意的結果。由于一群碎部点的位置和高低全是从同一个控制点测定的，即使发生差誤也不会連續传递，所以把量度一个地区的工作分成两部分：

(1) 测定各控制点間的相互关系的控制測量工作；

(2) 以控制点为基础，测定各碎部点和控制点間的关系的碎部測量工作。

控制測量是整个測量的骨干，是决定測量精度的主要因素。进行組織控制測量工作时必須遵守从整体到局部，从高級到低級，有系統有計劃的原則。

三、控制測量的种类

控制測量可分为平面控制測量和高程控制測量两种。使用各种測量方法决定各个控制点的位置，就是平面控制測量；至于高程控制測量，則是测定各个控制点間的高低关系。

根据測量方法的不同，平面控制測量又可分为导綫測量，三角測量和天文測量等。而高程控制測量又可分为几何水准測量和三角高程測量。

第二章 导綫測量

一、概 說

如果測量的区域較小，一般都沿着測區邊界布設控制點，如圖 1 中的 1, 2, 3, … 8 各點，把這些控制點連結起來成為一個多邊形或者一根折綫，就叫導綫。組成導綫的控制點叫導綫點。測定兩相鄰導綫邊所夾的水平角，和前後兩點間的距离和高低差，然後計算各導綫點的位置和高低，這樣的工作就叫導綫測量。

兩端連結在已知點上的導綫叫附合導綫，如圖 1 中的 *abc* 折綫就是附合導綫。

為了標明導綫點在地面上的位置，並且在一定的時間內保持不變，就要使用較好的木樁或者水泥樁作為標志。為了在相當的距离上還能明顯地看到標志，當進行測量時還要在木樁旁加立標杆一根。標杆是預先做好

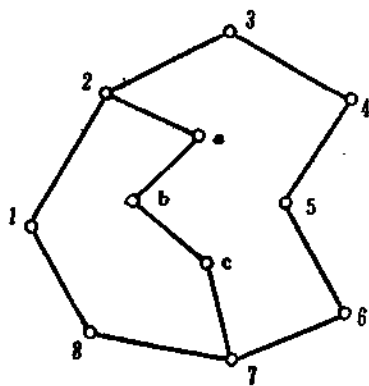


圖 1

的，直徑 3 ~ 4 厘米，長度 2 ~ 2.5 米的刨得很光滑的細木杆，木杆上每 20 厘米為一節，用紅白油漆交替漆上紅色和白色，標杆下面有鐵尖可以插入土中（圖 2）。

使用精確的方法進行導綫測量，可以得到精確的成果，作為大面積地區的控制網，但一般導綫只作為三角網的補充，加密

施测地区的控制点以便于碎部测量。

各种工程测量大多数以导线测量为基础，然后根据导线点进行地形或断面测量，例如，进行航道整理，修筑堤坝等就是要沿着工作较便利的一岸或两岸敷设导线。进行铁路、公路或运河的勘查工作时，就要在未来的道路或运河的中心线上布设导线。

导线测量一般按下列步骤进行：

(1) 为了保证测量工作的顺利进行，应在施测前搜求施测地区的平面图，在图上进行设计，标出导线点的概略位置。

(2) 到施测地区进行踏勘，根据踏勘的结果修改或补充设计。如果没有地图就直接进行踏勘，绘出草图然后设计。

(3) 进行测量仪器的检验和校正工作。

(4) 进行野外的实地测量工作。

(5) 根据野外测量的结果进行室内计算工作。

二、导线测量的实施

敷设导线的第一步工作便是选点，选点就是根据设计或踏勘的结果，在测区上标出导线点的位置。一般采用 $5 \times 5 \times 50$ 厘米的木桩，打入土中，桩顶高出地面 $5 \sim 10$ 厘米，用小铁钉在桩顶中央打一小洞作为点的位置，木桩角可加钉圆头钉作为将来测定高低的依据，如果必须保持永久，就要用水泥桩代替

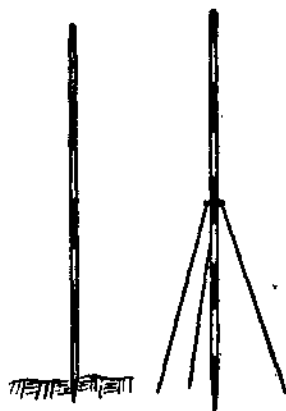


图 2

木桩。选点时必须考虑下列原则：

(1) 导线点应尽可能设在较高的地点，前后相邻两导线点应互相通视，以便于测量角度。

(2) 前后两导线点间应平坦，以便于丈量距离。

(3) 导线点应在视线开阔的地方，以便于测量碎部。

为了提高测量的准确度，导线边长应大致相等。沿道路敷导线时不能在道路中心设置导线点，以免妨碍交通，应尽可能避免在耕地中设置导线点。在森林里，导线应沿着林中小道敷设。一般导线多数沿道路敷设，但在测量的区域很小时，导线就应沿着边界选定。

导线测量的野外工作包括丈量距离，测量水平角，测量两导线点间的高低差三种工作。每一种工作进行之前必先仔细检验使用的仪器，发现问题必须按操作规则加以校正，这样才能避免返工，保证质量。

1. 定 线

在丈量直线之前，先要在直线两端点（导线点）竖立标杆，标明直线的方向，当直线较长时，可能在直线一端的标杆处看不清直线另一端的标杆，或者为起伏地形所遮蔽，在这种情况下，就需要在两标杆间竖立补充标杆来标明直线，这种在直线上竖立标杆的工作称为直线定线。

设欲在 AB 两点间定线，就要进行以下的工作：

测量员站在 BA 直线的延长线上离 A 点约四五步，面向 AB 线，另一人带着标杆，从 B 点走向 A 点，到适当的距离，一般为 $40 \sim 200$ 米，立在直线侧面，尽可能将标杆一根竖立在 AB 方向线内，立在 A 点后面的测量员如发现标杆不在方向线上，则用手势指挥持标杆人向左或向右移动标杆，直到与 AB 两点所

設立的标杆完全重合为止，这样就确定了第1点，然后用同样方法确定第2,3,4, …各点（图3）。



图 3

在实际工作中常会遇到特殊的情况，直线两端不能互相通视或不能到达，可用下列定线方法。

如图4，设A、B两点不能互相通视或不能到达，为了定线，测量员先选择大约在AB线上的一点1，1点应尽可能靠

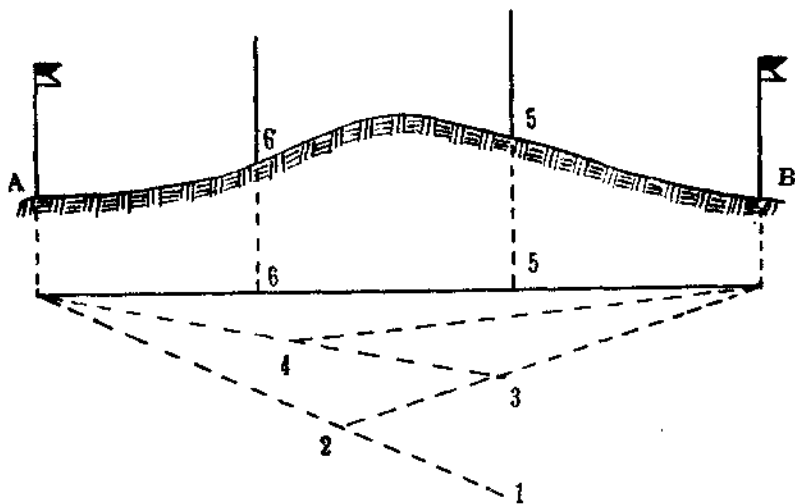


图 4

近B点，并能看见A点，然后指挥第二个测量员将另一标杆插在1A线上的2点，2点应尽可能靠近A点并能看见B点，以后第二测量员再指挥第一测量员把插在1点的标杆移到3点，这样继续下去，直到从5点看A、6、5三点在一直线上，从6点看6、5、B也在一直线上为止。这样，A、6、5、B四点就在一直线上了。

如果直线经过山谷，如图5，第一测量员在B点，指挥第二测量员把标杆立在AB线上的1点，第二测量员指挥第一测量员把标杆立在1B线上的2点，再延长A1线，定出3点，延长B2线定出4点，这样A、1、4、3、2、B几点就在一直线上。

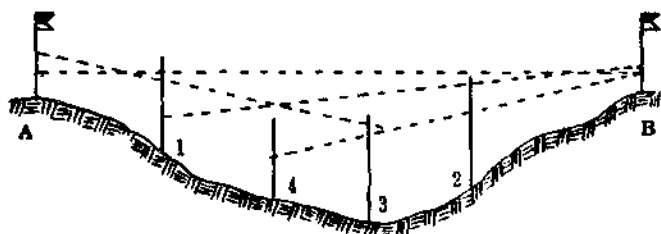


图 5

2. 丈量工具

钢尺是丈量的主要工具，一般用宽约15~20毫米，厚约0.3~0.4毫米的薄钢条制成，可卷在皮制盒内或架子上，尺上刻有分划，一般刻至厘米，但尺的开始一米的分划则刻至毫米，从尺的零端起每一米均有注字。钢尺长度有20，30，50，100米等几种（图6a）。

钢尺的起点位置各有不同，有的以尺的外端点作为起点称

为端点尺；有的以刻在尺上的横线作为起点称为刻线尺，有些刻线尺在两端刻线处有缺口（图 6 b），作为插放测钎之用。使用钢尺时应注意起点的位置。

用粗铁丝制成的长 30~40 厘米的测钎是进行丈量时必需的附件（图 6 c），一般 8 根或 11 根测钎组成一套，穿在铁环上。

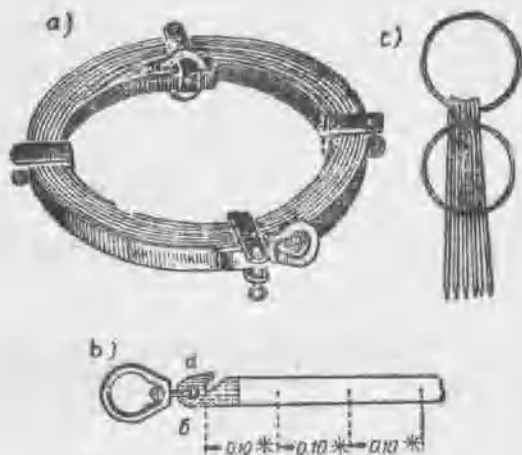


图 6

进行较精密的丈量时常采用宽度较窄的钢尺或用钢丝制成的钢尺称为线钢尺。为了减少钢尺受温度影响而发生的膨胀或收缩，提高丈量的精度，现代测量广泛应用钢钢尺代替钢尺。

（钢钢是一种铁和镍炼成的合金钢，它受温度的影响极小）

钢尺质脆易断，使用时应特别小心，使用钢尺必须轻拉轻卷，发现有打结或扭转时，必先行解开然后用力拉紧。注意防止车压或脚踏。钢尺受潮时必须用布擦干方能卷入盒内。持尺时注意不可拉得太紧，并使全尺悬空勿在地上拖曳。如遇障

碍物或大风，则将尺卷入盒内再行前进。

鋼尺的长度常常不能十分准确，在使用鋼尺前，必須加以校驗。校驗时应先有一根已精确知道长度的鋼尺作为标准尺，然后在水平面上，例如地板或水泥地面上，并列两根鋼尺，用同样拉力拉直，比齐两鋼尺的起始分划，然后比較其长短，比尺时，除比較尺的全长外，还要比較尺上每一米的分划。

用不同长度的鋼尺丈量同一距离时，长尺所量得的结果較小，而短尺量得的结果則較大，如果所用鋼尺比标准尺长 ΔL 时，則丈量结果每米就要多量如下数值：

$$\frac{\Delta L}{\text{鋼尺的长度}}$$

如果用尺量 n 次，則结果必須加 $n \cdot \Delta L$ 。反之如果所用鋼尺比标准尺短 ΔL 时，丈量的结果必須减去 $n \cdot \Delta L$ 。此处 n 是尺的放置次数，用尺长除丈量长度即得 n 值。

例：設鋼尺长20米，全长比标准尺长5毫米。使用这一鋼尺丈量一段距离的结果为242.14米。求这段距离的实际长度。

先求量得距离的改正值：

$$n \cdot \Delta L = + \frac{242.14}{20} \times 5 = +61 \text{ 毫米}$$

注意符号，尺长为“+”，尺短为“-”。

再求改正后的长度：

$$242.14 + 0.06 = 242.20 \text{ 米}$$

3. 直綫丈量

直綫定綫后，即开始丈量工作。直綫丈量一般由两个人进行，后司尺員帶着一根測釵，持尺的零端停留在直綫的起点，

前司尺員拿着尺的末端，并帶測釘10根，沿着直綫方向將鋼尺拉開，行至約一整尺的距离即停止，由后司尺員指揮把尺放在直綫上，插下測釘作為記号，此时后司尺員即发出“預备”的口号，前后司尺員即用同比尺时一样的拉力將尺拉直，后司尺員將尺的零綫对准起點后，即呼“好”，前司尺員即將插下的測釘移动，对准尺的終點，垂直插入土中。后司尺員應即检查測釘是否在直綫上，如果尚未对准，即呼“重測”，确已对准再呼“前进”，依次进行。在第二整尺測完后，后司尺員應將地上的測釘拔起，此时丈量二次，而后司尺員手中有二个測釘，如此繼續下去，每丈量一次則后司尺員手中多一測釘。当前司尺員用完所帶測釘时，后司尺員即將所收集的測釘（十根或五根）一次交給前司尺員，并記錄递交次数。交收測釘时必须注意收集的測釘，除前司尺員最后插下一根仍留原处外，有没有遺留在地上或者遺失。丈量到終點如不滿一整尺时，即將零數量出，然后計算直綫的全长。注意不要拔出最后一根插在地上的測釘。

$$\text{全长} = \frac{\text{后司尺員已}}{\text{拔起測釘数}} \times \text{尺长} + \text{最后一段不} \\ \text{足整尺之長}$$

为了提高丈量精度，检查丈量的錯誤，每一直綫应进行两次丈量。从起點向終點丈量一次称为往測，再从終點向起點丈量一次称为返測。如果往測和返測的結果，差数不超过規定的范围，就取平均数作为丈量的結果，否則，要再进行一次丈量。

測量上所需要的直綫距离是水平距离，但地面很少是真正水平的，丈量时常常沿傾斜地面进行，然后，測定地面傾斜的角度或測定兩端點的高度差数，再根据这些數據計算出水平长度。

如图7, AB 为倾斜地面, AC 为水平面, 从 B 点向 AC 作一垂线, 和 AC 相交于 C , 则 AC 就是 AB 的水平距离, 也叫做 AB 的投影, 从这里可以看出倾斜距离一定比它的水平投影长

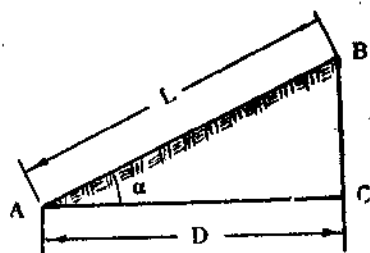


图 7

倾斜改正数表

距离 M 倾斜角	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1° 0'	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
1 30	3	7	10	14	17	20	24	27	30	34
2 0	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61
2 30	10	19	29	38	48	57	67	78	86	95
3 0	14	27	41	55	69	82	96	110	124	137
3 30	19	37	56	75	94	112	131	149	168	187
4 0	24	49	73	98	122	146	171	195	220	244
4 30	31	62	92	123	154	185	216	246	277	308
5 0	38	76	114	162	190	226	267	305	343	381
5 30	46	92	138	184	230	276	322	368	414	460
6 0	55	110	164	219	274	329	384	438	493	548
6 30	64	129	193	257	322	386	450	514	579	643
7 0	75	149	224	298	373	447	522	596	671	745
7 30	86	171	257	342	428	514	599	685	770	856
8 0	97	195	292	388	487	584	681	778	876	973
8 30	110	220	328	439	549	659	769	878	988	1098
9 0	123	246	369	492	616	739	862	958	1108	1231
9 30	137	274	411	548	686	823	960	1097	1234	1371
10 0	152	304	456	608	760	912	1063	1215	1377	1519