

9361/20

16.211

B · H · 奚什金 著

三角測量的设计与选点

李錫泉 刘克庸 译

中国工业出版社

B. H. 奚什金 著

三角测量的设计与选点

李锡泉 刘克庸 译

中国工业出版社

本书较詳細地闡述了三角測量的設計与选点的各种方法与步骤，同时提出了一系列合理的建議。

本书对于我国大地測量工作者是一本很好的参考书，并可供測绘专业师生参考。

В.Н. ШИШКИН
РЕКОГНОСЦИРОВКА
ПУНКТОВ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Издание третье

Геодезиздат

МОСКВА 1961

* * *

三角測量的設計与选点

李錫泉 刘克庸 译

*

国家測绘总局測绘书刊編輯部編輯 (北京三里河国家測绘总局)

中国工业出版社出版 (北京金明路10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 3 · 字数 60,000

1963年4月北京第一版·1963年4月北京第一次印刷

印数 0001—3,147 · 定价 (10-6) 0.41 元

*

統一书号: 15165·2119 (測绘-63)

目 录

第二版原序	3
一、总則	4
二、三角网的設計	7
1. 工作地区的研究、資料的收集、野外調查	7
2. 一等三角网的設計	10
3. 二等基本鎖的改造	20
4. 二、三、四等三角网的設計	22
5. 已成三角网的連測	35
6. 視标高度的計算	38
三、选点	41
1. 总的規定	41
2. 开闢山区的选点	46
3. 开闢平原地区的选点	48
4. 开闢或半蔭蔽丘陵地区的选点	51
5. 蔭蔽丘陵地区的选点	55
6. 蔭蔽平原地区的选点	63
7. 大森林山区的选点	64
四、选点结束后应呈交的資料	65
五、选点的个别情况	66
砍通視綫的方法	68
六、附录	73
附录 1. 基綫网扩大边权数的計算	73
附录 2. 鎖段几何构成的质量估計	77
附录 3. R 值表	81
附录 4. h 值表	83
附录 5. 費用指标表	86

附录 6. 觇标高度的計算	87
附录 7. 三角点选点手簿	89
附录 8. 折角系数的計算	92
附录 9. 已选定的三角点一覽表	93

第二版原序

本书自 1951 年第一版問世以来，国家大地测量和地形测量工作已大大向前发展，以致有許多三角选点的問題必須重新解决。

实际上，1951 年的国家大地控制网乃是根据 1939 年的大地测量法式建立的；而在 1954 年才确定改用新的国家大地测量法式。当时有許多地区尚未进行現代的地形测量工作。

現在，新的国家大地测量法式已經获得了稳固的地位，并且成为必須共同遵守的法規。同时，国家地形测量工作的发展已經达到这样的水平，即在我国已經沒有一处尚未测出精确的地形图。

由于精密物理测距方法方面的現代科学成就，在三角测量中基綫的設計和选点方面的問題亦必須重新审查；此外，还出現了某些新的选点工具等等。

所有这些促使第一版书必須作很大的修改。

这次修改得如何，須由讀者来評定，作者对指出本书缺点的讀者表示感謝。

B.H. 奚什金

一、总 则

苏联国家三角网是研究国家领土的地形工作之主要大地控制，也是进行有关地面测量的各种工作之主要大地控制。按其构成而言，国家三角网必须保证大面积地形测量、水利土壤改良工作、道路勘察、矿产勘查、大型建筑物设计和国防目的等等的细密测量控制网发展的可能。

国家三角网分为一、二、三、四等。

一等三角网是由三角锁尽可能沿子午线和平行圈布设的闭合锁环构成，闭合锁环的周长不应超过 800 公里。各锁环的位置应与审定了的苏联天文大地网的方案相适应。在锁环的每个角上设置基线网或直接测定的扩大边。锁段主要是由单三角形构成，在森林和山区三角形的平均边长为 25 公里，在草原和平原区则为 20 公里。三角形中各角（包括间隔角）应在 60° 左右，而且无论如何不应小于 40° 。在大地四边形和中点多边形中，各角不应小于 30° ；这些图形的边长与三角形的边长不应有显著的差别。

基线网主要是由单或双菱形构成，在菱形中长对角线每端两角之和不小于 36° 。基线长不应短于 6 公里，仅仅在困难地区才允许缩短至 4 公里，但此时仍然不应短于扩大边长的 $\frac{1}{4}$ 。

基线网扩大边权倒数的估算值不应超过 10（以对数第六位为单位）。

一等三角锁图形权倒数之和不应大于 100（以对数第六位为单位）。如果锁环角上的两个基线网之间各图形权倒数

之和超过此值，則大致在鎖的中央增加一个基綫网或直接測定出三角形的一条边。

在所有扩大边的端点上設置拉普拉斯点。在每一鎖段中央設置一个供确定經緯度用的天文点。

在一等三角网中，視綫距障碍物的高度：在平原地区不少于 6 米，在所有其他地区不少于 4 米。

二等三角网是建立在一等鎖环中，并且与一等鎖銜接起来的連續网。

三角形边长平均大約为 13 公里。三角形中的各角一般不应小于 30° 。

在二等三角网中，基綫网（或者直接測定的边）的位置必須是：它和它相邻的任何一个一、二等基綫网之間的三角形不多于 14 个，而且它和与它最接近的一等三角边之間的三角形不多于 9 个。

对二等基綫网的几何构成和对基綫长的要求与一等三角网中相同。

在大約位于一等鎖环中心的二等基綫网中，其扩大边端点上也應設置拉普拉斯点。

各二等方向的視綫距障碍物的高度不应少于 2 米。

三等三角网是用插点或插网的方法布設在二等三角网中，所插入的三等三角网应与二等三角形的边可靠地連接起来。

三等三角形的边长平均应在 8 公里左右。

三等三角形的各角（三等方向之間的夹角）不应小于 25° 。三等方向应当是可以双向觀測的。視綫距障碍物的高度不受限制，但应保証照准目标的直接通視。

四等三角点是在高等点之間用插点或者在个别情形下用

插网的方法测定。

根据当前的测图比例尺，四等三角形的边长可在 1.5—6.0 公里之間。

四等方向（也应当是双向观测的）之間的夹角不应小于 25° 。

三角点在测图地区中的分布应尽可能均匀。三角点的密度由地形测量规范确定，但对于 1:25000 和更大比例尺的测图而言，一、二、三等三角点的密度应该是：至少每50平方公里平均有一个三角点。在大城市及其郊区，则不管测图比例尺的大小，每 6—12 平方公里必须有一个一、二或三等三角点。

按1939年的苏联国家大地测量法式的要求而完成的二、三、四等三角网，如果它们的精度能满足当前测图的要求，则它们应当与重新布设的三角网相連测，并可作为当前测图的控制网。

三角点点位的选择，既要使三角测量的費用可以减少至最低限度，又必须使三角网的构成具有良好的质量和使以后各等级三角网与测图控制网可以繼續扩展。

所选定的三角点之点位应使测量觇标能长久保存，并使造标工作可以安全进行，也就是說点位应具有下述条件：土质坚实、在采矿区之外、远离铁路、公路、各种建筑物、电报线、电话线和高压电线。造标的地点与上述地物的距离无论如何应大于觇标高度的 1 倍半，而距高压电线的距离应大于 120 米。

所选点位若在飞机场附近，则应当考虑民用航空总局的要求。

在进行野外选点时必须严格执行一切安全技术规定。

二、三角网的設計

1. 工作地区的研究、资料的收集、野外调查

三角网的野外选点是遵循三角网的初步設計进行的。

为了編制出良好的設計，需要很好地了解未来工作地区的自然地理和經濟状况，需要掌握該地区中已完成的一切大地测量和地形测量的精确資料，并了解其质量以及地面上标石保存的程度。为了研究未来工作地区，最好的方法是：預先研究有关文献資料和仔細地收集在該地区已完成的大地测量和地形测量的資料，然后进行实地調查。

应收集的資料如下：

- (1) 1:10 000—1:1 000 000比例尺地形图；
- (2) 一切已完成的三角测量（和导綫测量）略图；
- (3) 旧三角测量（和导綫测量）的质量估計；
- (4) 旧三角点的高程表和觇标高度表；
- (5) 各点的坐标表；
- (6) 点之記和中心标石略图；
- (7) 已完成的水准路綫略图，其质量估計的資料，附有点之記的高程成果表。

在工作地区，調查員应繞行全区，熟悉地形，到地方行政、公路、林业和其他机关，以及到气象站等处收集为編制設計所必需的資料。与此同时，或者在此之后，应当查看旧三角点（导綫点）和旧水准标石，以便确定其保存程度。

根据調查結果編写說明书，在說明书中应有下述資料和

建議：

(1) 工作地区的行政区划。

(2) 地貌：地貌类型、地表切割状况、各地段的典型地貌形状（山岭、丘陵、斜坡、河谷）。最方便的交通路线：沿山顶、斜坡或河谷。

(3) 水文：河流、湖泊、运河的特征，结冰期和解冻期，其航行和横渡的可能性，在各个季节里的通行情况。

(4) 土质：土质的一般特征（石头地、粘土地、沙地等等），有无沼泽和盐沼泽，有无建筑材料（石子、沙等等）。冻土最大深度的资料，有无永久冻土地段，冻土的类型（整片的、岛状的、连续的、非连续的），冻结的厚度，最大融解深度。对各特征地段应采用的中心标石和水准标石之类型的建议。土方工程的困难等级。

(5) 植物：禾木的，灌木的，草本的，它们对地貌形状、水系物体、居民点的适应性。各特征地段中树林的高度，是否适用于造标。在准备进行基线测量和经纬仪导线测量时必须砍通的视线宽度。路线上每公里的砍树工作量。

(6) 道路网：陆路和水路的一般特征，在工作过程中测量小组应如何转移，人员和物资应如何到达大队部和区队部。当地航空运输、汽车运输、马车运输、驮马运输和水路运输的货运量之比例关系。

(7) 居民点：居民点的特征，住宅和水源的卫生状况，流行病和家畜流行病，其流行的地区和时间。

(8) 供水条件：水的保证，水的质量。

(9) 气候：气候类型和当地的特点。气象站的气温、降雨量、云层和风力的月度资料表。季节性的气候现象的日期（寒冷季节的起迄日期、雪橇路可以使用的起迄日期）。

通視的季节变化(烟、雾)。

(10) 地方性的特点：长久的森林火灾，夏季的山洪，有无蚊蝇和臭虫等等；山区中是否有不易到达的頂峰，登山的时间，云遮住頂峰的时间。

(11) 建議：大队部和各区队部的位置；运输工具的組織，地方运输工具的利用(有关地方运输价格的正式資料)；在当地雇用工人的可能性和关于测量小组配备工人的編制数等的建議。

关于粮食供应、組織粮食基地的必要性、它們的位置、运送粮食的时间和方法等的建議；关于雇用向导、登山带路員和水路领航員，以及配备专门的装备等的必要性的建議。

(12) 关于大地和地形测量工作的最合理的工序之建議，关于各类工作在各个不同地区的困难等級的建議及其根据，关于建立主要的和資用的平面与高程控制的方法(解析网、交会法、經緯仪导綫)的建議；关于测量觇标的高度和类型以及地形测量方法的建議。

(13) 旧三角点标石和水准标石状况的資料，关于对它們的利用的建議。

(14) 关于在該区組織大地和地形测量工作的总的建議。

在說明书內应附有工作地区的1:100 000比例尺地形图，在地图上以图解法繪出調查結果所获得的一切主要的資料和特征。

在完成紧急任务时，往往不可能进行工作地区的初步調查。因此为了弥补这一重大缺点，必須尽可能地利用各种文献資料，以便充分地 and 仔細地研究工作地区的情况。

有时也有这样的情况，即由于在相邻的类似地区已經进

行过工作，所以我們对本工作地区已經有所了解；在这种情况下就没有必要按照上述整个綱要来进行調查。但是，旧三角点和水准点的实地調查，对查明在这些点上的觚标之保存程度是非常必要的。

2. 一等三角网的設計

一等三角网是遵循已审定的苏联天文大地网方案而进行設計的，这个方案已从原則上确定出所有一等鎖环的位置。

进行一等三角测量的航空大地测量分局（或其他机关）在扩展这个总設計时必须根据 1:300 000 比例尺地形图（必要时还可以参考更大比例尺的地形图）来确定工作地区内的一等鎖环的位置，此时应使这些鎖环的位置不致和总設計的規定有原則上的差別。只是在不得已的情况下，在有充分的理由并且得到測繪总局的許可的时候，一等三角网原則略图中的鎖环位置才可以作必要的变动。

确定鎖环的位置时，在考虑到尽可能合理地利用現有的交通路綫，避开大片障碍物，例如大片的沼泽地和水域等等的情况下，应当使构成鎖环的各个鎖段都具有最有利的方向，以便减少布鎖的費用。是否能够选出基綫測量場地，这个条件对于选定各个鎖段的位置将有不小的影响。

只有在生产中采用物理測距的方法时，这一問題才不会那么尖銳。这在下面还要談到。

在設計一等鎖时，测量机关在其測区内尚未作出布設一等三角鎖环的总的原則設計之前，不得局部地对个别一等鎖段进行設計，因为鎖段甚至只有30—40公里不正确的位移也可能使以后在构成鎖环的时候引起严重的困难，也就是說，那时候可能使鎖环的形状和大小都发生了不能允許的变化。

在測区边界上的鎖段的位置一定要和在相邻測区扩展一等三角鎖的机关取得協調。

有測繪总局审定的一等三角鎖环的原則設計之后，即可开始个别鎖段的局部設計。

此时应利用野外概略調查的資料和利用 1:100 000 以及更大比例尺的地形图。

为了选择鎖段各点的位置，主要应利用 1:100 000 比例尺地形图。計算觚标的高度时可利用更大比例尺的地形图；如果没有这种地形图，这项工作也可以利用 1:100 000 比例尺地形图来完成。

这里应当注意，1:100 000 比例尺地形图不是供确定觚标高度这样的精确工作用的。因此在这种比例尺的地图上所計算出来的觚标高度应当视为概略的，而且以后在野外选点的过程中还必须进一步具体核定。

显然，在具有比例尺为 1:25 000 甚至 1:10 000 的地形图的情况下，这还不等于說在野外确定觚标高度便没有必要了，因为在地形图上树林高度的注記是十分概略的，何况还有许多其他障碍物高度也并未完全注出。所以在利用大比例尺地形图来計算觚标高度时，主要还是希望能用較高的精度来确定点的高程。特别是在地貌起伏不显明的地区，利用这种大比例尺地图还可以进一步确定按 1:100 000 比例尺地图所选出的点位。

一等三角网的扩展往往是先于二、三、四等网的扩展，因此，在设计一等鎖时决不能將点位确定在只对本鎖有利的地方，而是必須考虑到今后的一等三角鎖和二、三、四等三角网都能順利地繼續扩展。但是很遺憾，过去远不是所有的測量工作者都能遵循这个很自然的道理，而在实践中有时会

遇到这样的一等三角点，即从此点无论向哪一个方向都不可能扩展其他等级的三角网。

鎖的设计是从选定基线开始的。设计者应当知道本测量机关所具有的测量仪器。如果已计划用物理的方法(即用光速测距仪或无线电测距仪)来测定边长，则必须了解有关仪器能测定的长度，这样才能考虑待测三角形的边长，才能在必要的时候设计出一个把基线大约分成二等分的中間点，或者是考虑到把基线分成若干段来测量。中間点的选定应使它和两基线端点的通视能保证造标费用可减至最少。

由此可见，在上述情况下基线的选定是非常简单的。实际上可以测量鎖中三角形的任意一边。这就显著地减轻了按原則略图布设一等鎖环的任务。

相反，在必须用基线尺来测量基线的情况下，在已选定的鎖环的頂角上往往就不容易选出合适的基线。这往往将使鎖环的形状变坏，而在个别情况下甚至可能产生必须使原則略图作局部改变的問題。

不应当說，要选出适合于直接测量的长基线往往是不可能的。只是为此必须建立基线网，从而大大地增加了布鎖的费用。

如果基线或扩大边的长度不得不用基线尺来测量，则路线的选择应符合下列要求：直接测量的路线通常应在平坦的和尽可能在开闊的地方。

个别的不长的待测线段(在 0.5 公里之内，而在山区则在 1.0 公里之内)可以有 $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{10}$ 的坡度，而个别 24 米的跨距可以有 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ 的坡度。待测线上不能避免的障碍物不应带来过多的附加工作。如河流、池潭、冲沟等个别障碍物順基线方向延伸的长度应不超过 20 米。

如果不能选出具有一定长度的直线作为基线，则许可选出折线形的基线。

但是，它们应满足下列条件：

(1) 折线形基线的每一线段之断面不应有大于上面所规定的坡度；

(2) 按下列公式算出的曲折系数 q 应尽可能小，并且在任何情况下均不应超过扩大边的 $1/10$ 或基线的 $1/15$ 。

(3) 转折点个数在扩大边上不应多于 3—4，在基线上不应多于 1—2。

边或基线之曲折程度用下式算出之值来说明：

$$q = \frac{\sqrt{\sum h'^2}}{s},$$

此处 s 是闭合线之长度，而 h' 由下式确定：

$$h'_i = h_i - \frac{[h]}{n+1}.$$

此处 h_i 是由转折点 i 向闭合线所引垂线之长度，若令其在闭合线一方为正，则其在另一方为负。

在附录 8 中有计算 q 值的例子。

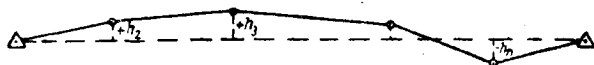


图 1

选择折线顶点时应考虑到转折角可以进行测量，而同时又可尽量避免建造觇标。

在地形不利的条件下，许可通过较为便于测量的地方的直线 A_1A_2 来代替所要测定的直线 C_1C_2 (图 2)。

点 A 和 B 不应选在远离直线 C_1C_2 在 48 米以外的地方。

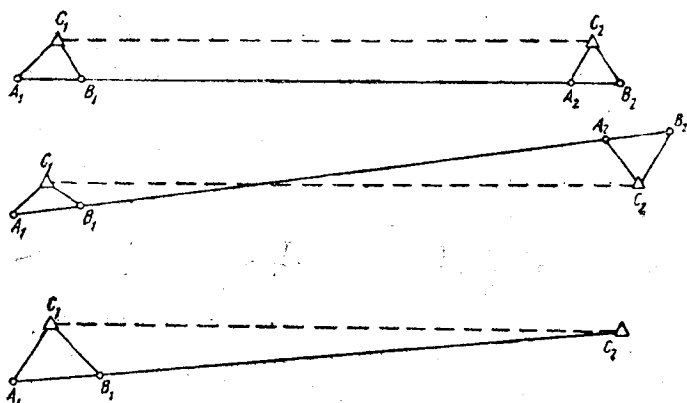


图 2

除了直綫 A_1A_2 之外，根据測量基綫补長数的規定，不应測量近于等边的三角形 $A_1C_1B_1$ 和 $A_2B_2C_2$ 的各边(图 2)。輔助点 B_1 和 B_2 位于直綫 A_1A_2 的方向綫上。

在編制設計时，应根据現有的比例尺最大的和地貌用等高綫表示的地形图来选定基綫或直接測量的扩大边。据此还可以确定出概算曲折系数所必需的数据。

如前所述，基綫网通常是构成单菱形或双菱形，而其长对角綫每端两角之和应不小于 36° ；在不可能布設菱形的情況下，可采用复杂的基綫网。在設計基綫网时应按取自图上的角度(精确到 1°) 来計算扩大边的权倒数，此值不应大于 10 (以对数第六位为单位)。其計算示例見附录 1。

現在来看基綫网或扩大边对于一等三角鎖段的相对位置的問題。如果我們来看一看苏联天文大地网已完成的部分，那末我們可以看到，扩大边相对于鎖段的位置，甚至各鎖段之間的相对位置都是各式各样的，这种例子如图 3、4、5