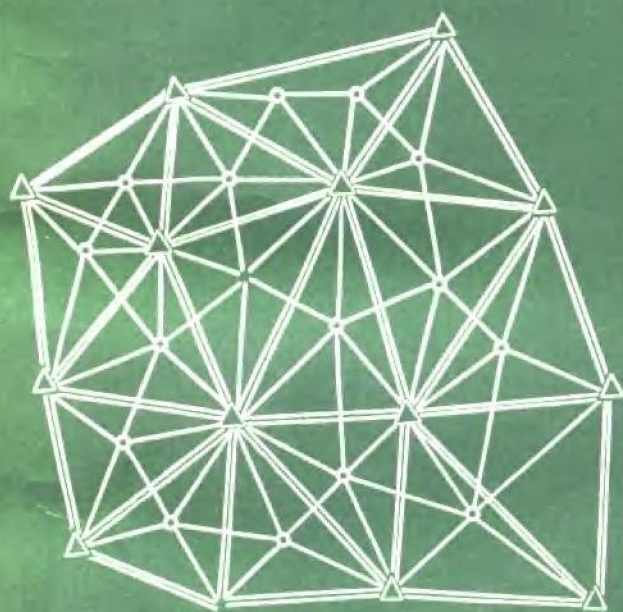


大地测量的选点和造标

何汉屏 薛 璋



测绘出版社

大地测量的选点 和造标

何 德 志 著



地质出版社

大地测量的 选点和造标

何汉屏 薛 璋 编

测绘出版社

内 容 简 介

本书是国家测绘局第一大地测量队在执行《国家三角测量和精密导线测量规范》过程中，在总结生产和教学实践经验的基础上编写而成的。内容包括：控制网布设理论、点位图上设计、踏勘、选点、造标、埋石以及安全技术等，并附有不少有参考价值的实例和数据。可供大地测量人员和有关测绘专业学校的师生参考。

大地测量的选点和造标

何汉屏 薛 璋 编

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

*

开本 787×1092 1/32 · 印张 5.875 · 字数 120 千字

1988 年 9 月第一版 · 1988 年 9 月第一次印刷

印数 0,001—1,700 册 · 定价 1.20 元

ISBN 7-5030-0087-2/P · 25

统一书号：15039 · 新 375

前 言

大地测量的选点和造标是测绘工作的基础，也是测绘工作中耗费人力物力较大的工作。然而在以往的测绘资料中，有关这方面的论述甚少。近年来，我队（国家测绘局第一大地测量队）为培训大地测量的选点和造标人员编写了这方面的讲义，经过近两年的生产实践，作了不少修改和补充，本书是在此基础上编写而成的。

我国天文大地网的布设工作，除少数极荒漠地区外已经完成。我国在五十年代按苏联 1943 年细则布设的二等三角网（简称旧二网）已历近三十年。由于城乡建设和植树造林的不断扩大，使得两相邻三角点之间的视线高度有不少已不合要求，有些甚至不通视；还有些图形结构不够合理，应重新选点和造标。此外，由于自然作用和人为的因素，使得相当数量的三角点点位被毁。我们通过实践和野外调查认为，在今后的常规大地测量中，在选点和造标方面，仍然有许多工作要做。

由于近些年来，人造卫星大地测量、电磁波测距、电子计算机等现代技术已广泛地应用于大地测量，使常规大地测量方面的某些作业方法也相应地改变。因此我们不再讨论复杂的基线网的选定，也不再介绍三角锁的布设及其权倒数的计算；插点法被插网法取代之后，用计算机计算来得方便且精度均匀。所以我们不管布设什么样等级的三角点，都立足于“网”来考虑。另外，结合当前生产实践，也介绍一些特

级导线的知识。目前我国各地都有 1:5 万或 1:10 万的精密地形图，这使选点工作比五十年代在无图、缺图的情况下方便得多，所以各种不同地形的选点特点就没有必要再讨论了，我们重点介绍如何正确地确定觐标高度。

我国的测绘工作者，对测量觐标的设计和建造，作出了不少成绩。五十年代，在苏联的四脚双锥标及复合标的基础上，改进成三脚六角站台的双锥标和三脚三角站台的 双 锥 标，在保障觐标稳定的前提下，节约将近四分之一的木材。后来，又创造了将 24m 复合标在地面上装钉之后，一次树立的造标新方法。接着，又把这方法扩展到树立 双 锥 标 上去。由于这一革新，提高了造标的速度，并减少了高空作业量，增强了造标工作的安全性。自六十年代末期起，随着我国钢铁工业的发展，测量上开始广泛使用钢标。当时钢标的规格只有 19~35m，后武汉测绘学院和我队共同协作设计了目前全国使用的 16m 以下的各种钢质觐标。近二十年的测量实践证明，这种钢标在刚度、强度和稳定度方面完全能满足高精度的三角测量、三边测量以及天文方位角观测的要求。

随着测绘事业的发展，我国还设计和建造了一些特殊用途的测量觐标。如中华人民共和国大地原点的观测楼及其附属的投影台；珠峰、托峰顶上的红色测量觐标；供观测天文经度基本点的观测台等。

建国三十多年来，在全国埋设了约 5 万个三角点（指参加全国天文大地网平差的三角点）中，因地制宜地设计和埋设了类型繁多的三角点中心标石。七十年代以来，各测绘部门均执行《国家三角测量和精密导线测量规范》（本书以后简称《规范》）。所以，我们在讨论埋设中心标石时，也只依

《规范》为准，不再讨论其他标石的结构了。

本书中的实际材料或实例，大多引用近年来我队作业中遇到的情况或作业资料。由于三角选点情况多变，不可能有一个划一的模式，所以在编写上强调基本概念。造标方面则强调实际作业，使新作业员在老作业员带领下实地选造一两座标之后，借助本书就能独立作业，这就是我们编写目的。至于材料力学、静力学等理论则从略。

由于笔者水平有限，错误之处在所难免，盼望指正。

作 者

1984 年 6 月 30 日

目 录

一、绪论	(1)
二、国家平面测量控制网概述	(3)
1. 建立国家平面测量控制网的方法	(3)
2. 国家三角 (导线) 网的布设方案	(4)
3. 特级导线简介	(9)
4. 有关二、三、四等三角 (三边) 测量选点的技 术规定	(15)
三、大地测量的踏勘及图上设计	(19)
1. 踏勘前的准备	(19)
2. 图上的初步设计	(20)
3. 大地测量作业的踏勘	(21)
4. 踏勘报告的编写	(22)
5. 两差改正和图解标高	(23)
四、选点前的准备工作	(30)
1. 领取技术资料	(30)
2. 拟订实施计划	(30)
3. 检查仪器	(31)
4. 裱糊测板和展点	(33)
五、觇标高度的确定	(45)
1. 三角网选点的四个重要概念	(45)
2. 解析法决定三角点间的通视和标高	(49)
3. 关于照准标的改正	(62)

4. 直接通视确定觐标高度的实施与计算·····	(66)
5. 三角高程反算法确定标高的实施与计算·····	(70)
6. 夜间通光决定通视和觐标高度的方法·····	(73)
7. 检查视线高度的方法·····	(76)
六、选点作业·····	(83)
1. 小组选点前的踏勘——预选·····	(83)
2. 观察目标·····	(84)
3. 临时点位标志的设置·····	(85)
4. 高杆高梯的树立·····	(87)
5. 确定点位的平板交会法·····	(92)
6. 资料整理·····	(97)
七、测量觐标的概述·····	(104)
1. 测量觐标的基本技术要求·····	(104)
2. 测量觐标的种类·····	(106)
3. 觐标的结构及基本尺寸·····	(123)
八、木质觐标的建造·····	(127)
1. 建造木质觐标的程序·····	(127)
2. 檐柱坑位的标定·····	(127)
3. 檐柱坑的挖掘·····	(129)
4. 觐标各部件的加工工作·····	(129)
5. 标架的地面订装和标架的树立·····	(133)
6. 仪器座的安装·····	(140)
7. 标顶的安装·····	(140)
8. 观测站台的安装·····	(143)
9. 木标檐柱的防腐方法·····	(143)
10. 觐标的避雷装置·····	(145)
九、钢标·····	(147)

1. 钢标的基本结构.....	(147)
2. 钢标基层的固定工作.....	(148)
3. 钢标标架的安装.....	(154)
4. 造标组工具配备.....	(158)
十、三角点的中心标石及仪器墩.....	(159)
1. 三角点中心标石的类型.....	(159)
2. 三角点中心标石的制作.....	(167)
3. 中心标石的埋设方法.....	(173)
4. 中心标石的重新埋设.....	(174)
5. 沙漠地区造标埋石的特殊处理.....	(175)
6. 标石的防腐蚀措施.....	(177)
7. 造标工作的安全技术.....	(177)
参考文献.....	(179)

一、绪 论

大地测量的选点工作是所有测量工作的基础。选点工作质量的优劣，直接关系到大地网的精度、费用和使用价值。

根据最小二乘法，平差值函数 F 的权倒数为

$$\frac{1}{P} = [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \frac{[bf \cdot 1]^2}{[bb \cdot 1]} - \frac{[cf \cdot 2]^2}{[cc \cdot 2]} \dots\dots$$

而平差值函数 F 的中误差为

$$m_F = \pm m \sqrt{\frac{1}{P}}$$

式中： m_F ——平差值函数的中误差；

m ——观测值（单位权）中误差。

从上式可知，要提高函数 F 的精度，不但要把角度测好，并且要把图形选好，也就是说，要使 $\frac{1}{P}$ 为最小。这也是选点要求之一。

天文方位角和一、二等三角观测以及电磁波测距都要求有很高的观测精度。高精度的测角仪器必须在观测目标成像清晰稳定时才能取得好成果；而光电测距仪若视线高度不足，则气象代表误差会严重地影响观测成果。所以不管是高精度的测角还是测边，都必须保证一定的视线高度，这就要求选点员能合理的确定觇标高度。另外，通过试验和长期观测实践证明，视线距物体愈近，则旁折光对观测成果的影响越大；同样，物体竖直面的面积愈大，旁折光对观测成果的

影响也越大。为此，必须注意正确地选定点位，以保证观测的质量。

测量工作中最大的费用是造标支出的费用，如果我们不适当地提高觐标高度，会给国家造成浪费，且给观测带来不便。如一座 31m 钢标，不恰当地升高到 35m，则要增加近一吨钢材。另外，我们所决定的点位的地质条件不好、标石不能长期保存，失去了三角点的使用价值，同样也是很大的浪费。因此，衡量选点工作质量优劣的标准，应该是：在具体的地形条件下选最佳的图形；在满足规定的视线高度（或旁离距离）的前提下确定的觐标高度为最低；并且点位恰当；收集和整理的资料齐全美观。

由于三角（三边）测量的选点是测量工作的头道工序，是后续各工序的基础。如果到观测时发现不通视，其返工所造成的影响和损失是巨大的。所以应当做到选一点，保一点，条件方向有检验，杜绝不通视的现象发生。

建造在地面上的测量觐标和埋设于地下的标石是国家基本建设之一。为使天文、三角观测和电磁波测距工作顺利进行，要求所建觐标牢固、稳定，仪器座有很高的刚度。为此，建造木标必须选用质量较好的松木或杉木，建造钢标要选用优质钢材外，更要求造标员要有良好技艺与高度责任感。

二、国家平面测量控制网概述

1. 建立国家平面测量控制网的方法

国家基本测量控制网是作为国家一切测量的基本控制，同时为确定地球形状和大小提供研究资料。

目前，国家基本测量控制网是由四部分组成的，即平面测量控制网、高程测量控制网、国家重力基本点网和天文经度基本点网。它们是相互独立但又是相互联系的。

平面控制网包括三角测量、导线测量和近年才发展起来的三边测量。有关它们的测量方法简述如下：

三角测量：在地面上选择若干个可以相互通视的点，在点上设立永久性的标志，并使各点间彼此联系，构成一系列的三角形。如果精密地测定了各个三角形的顶角，并精密地测定了任意一个三角形中一边的边长，就可以根据三角形的几何关系，即用正弦公式推算出三角网中所有边长，如果再知道其中一点的坐标和一边的方位角作为起标点，就可以推算出所有三角形顶点的坐标。这些三角形的顶点称为三角点，这种测量工作称为三角测量。三角测量主要优点是几何条件多、图形结构强、便于校核；在布设上，受地形限制小、扩展迅速；用高精度测角仪器观测角度推算边长和方位角可以保持必要精度。由于这些优点，三角测量就成为建立国家平面控制网的主要方法。

三边测量：由于电磁波测距的发展，使得三角测量上的测角方法代之以测边的方法，并用余弦公式来推求三角形顶

角 A 、 B 、 C ，即

$$A = \cos^{-1} \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$B = \cos^{-1} \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$C = \cos^{-1} \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

这样，就可以用三角测量同样的方法来推求各点坐标。三边测量和三角测量哪一种方法优越，目前正从技术和经济两方面进行试验和比较。它的选点和造标情况和三角测量相同。

导线测量：这是一种古老的大地测量方法。由于它单线推进、布设灵活、容易避开障碍物，所以在村镇稠密、林木茂盛的隐蔽地区，或在高山雪岭三角测量作业困难的地区通常采用导线测量的方法。导线测量的边长由于是直接测定的，比之三角测量的纵向误差要小，但因图形结构的几何条件少、缺少校核，使得测角误差带来较大的横向误差。

近些年来，出现了一种超高精度导线——特级导线，它是综合了三角测量和导线测量的优点，并以更精密的施测手段作业，这是目前常规大地测量中的一个新的作业项目。将在下节作具体介绍。

2. 国家三角（导线）网的布设方案

国家三角测量和精密导线测量按控制次序和施测精度分为一、二、三、四等，其布设方案分述于下。

（1）一等三角锁系的布设

一等三角锁系的布设必须满足两方面的要求，其一作为

国家测量控制网的骨干，另一方面也是弧度测量资料。一等三角锁由相距约 200km 左右的三角锁构成方格形的锁环。锁系主要由单三角形组成，有时也包括一部分大地四边形或中点多边形。单三角形中任一角度不小于 40° ，而大地四边形、中点多边形中的传距角不小于 30° ；图形平均边长，山区一般应在 25km、平原区一般应在 20km 左右；锁段图形权倒数的总和不得大于 100，特殊困难地带允许放宽到 120；测角中误差不大于 $\pm 0.7''$ 。在一等锁交叉处精密地测定一条起始边，其两端点测定高精度的天文经纬度和对向天文方位角（这种既测定天文经纬度，又测定天文方位角的三角点，称为拉伯拉斯点），并在锁段中，根据天文重力水准布设方案，在间隔一定距离的三角点上，测定一等天文经纬度，以便和由三角测量推求的大地经纬度一起推求三角点所在地的垂线偏差或高程异常。

$$\left. \begin{aligned} \text{公式:} \quad & \xi = \varphi - B \\ & \eta = (\lambda - L) \sec B \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

$$A = \alpha + (L - \lambda) \sin \varphi \quad (2-2)$$

式中：

ξ ——垂线偏差的子午线（南北）分量；

η ——垂线偏差的卯酉线（东西）分量；

A, α ——分别为大地方位角和天文方位角；

B, φ ——分别为大地纬度和天文纬度；

L, λ ——分别为大地经度和天文经度。

由于我国一等三角锁的布设已经完成，过去用以控制和分割二等三角网的一等三角锁，很多已由彼此互相联接的二等三角网所代替。所以在此我们不再介绍一等三角锁的精度估算了。

(2) 二等三角全面网的布设

如图 2-1 所示, 二等三角网是在一等三角锁环内由互相联接的三角形所组成, 其平均边长为 13 km, 角度一般不小于 30° 。布设的主要目的是为进一步加密三、四等三角点 提供高精度的控制基础。它和一等三角锁系一样, 属于国家高级平面控制网, 要求有较高的施测精度。

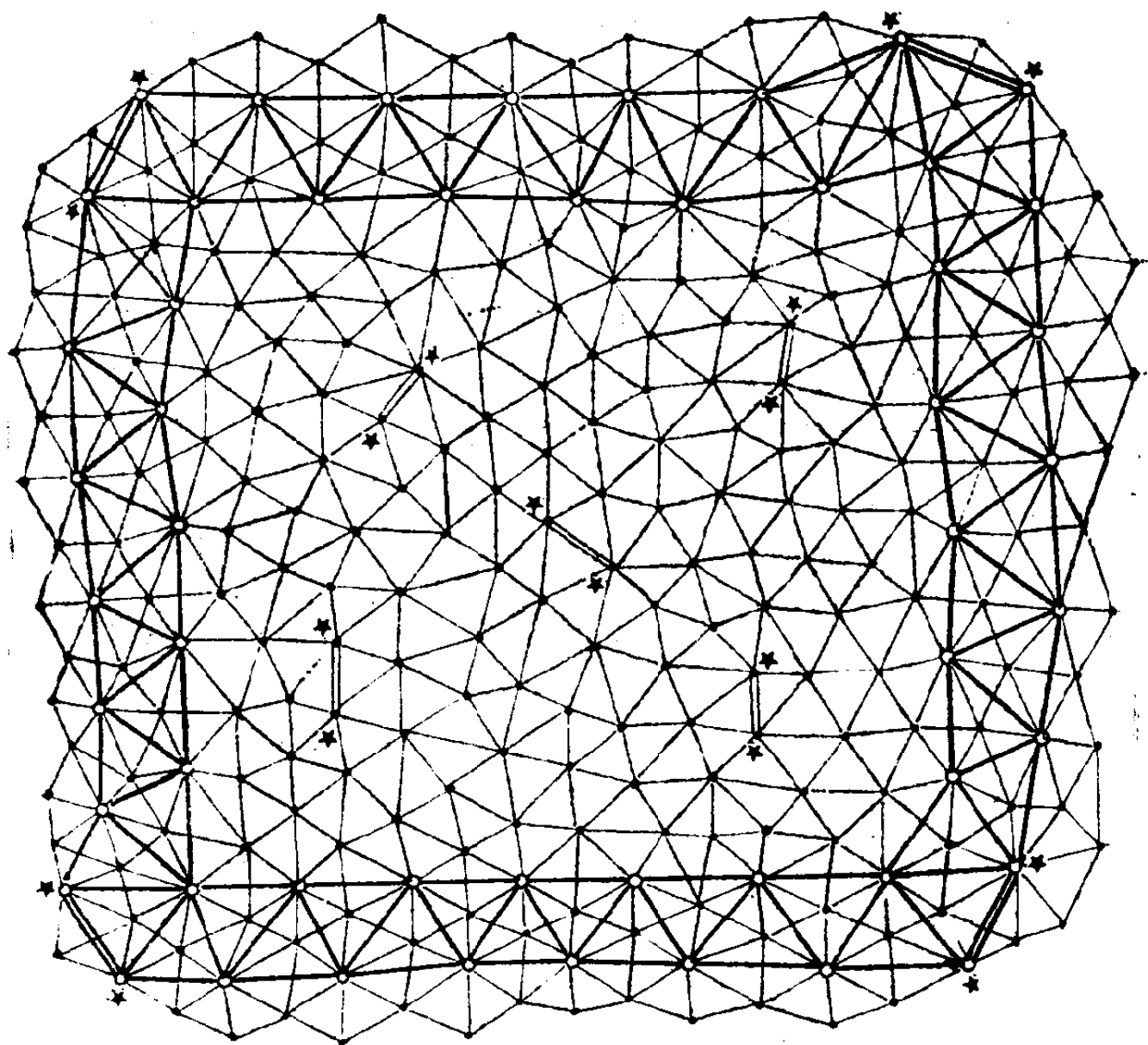


图 2-1

(3) 三、四等三角网的布设

三、四等三角网是在二等全面网的基础上进一步加密

的，是测图控制点的基础，它的密度必须与测图比例尺或工程单位的要求相适应。所谓密度，即每一个三角点实际控制的面积，控制面积越大，点的密度越稀，它与三角网的平均边长有如下关系：

$$S = \sqrt{\frac{Q}{0.87}} \quad (2-3)$$

式中：\$S\$ 为三角网的平均边长；\$Q\$ 为要求每个控制点所平均控制的面积。

按照 (2-3) 式，当测制 1 : 5 万比例尺地形图时，要求

注：公式 (2-3) 证明如下：

如右图所示，在等边三角形所构成的连续网中，一个三角点 \$P\$ 所控制的面积应该是六边形 \$ABCDEF\$ (\$A, B, C, D, \dots\$ 为三角形的中点)。\$A \sim P\$ 的距离为 \$D\$，这样

$$D^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{S}{2}\right)^2;$$

$$\frac{3D^2}{4} = \frac{S^2}{4}; \quad D^2 = \frac{S^2}{3};$$

$$D = \frac{S}{\sqrt{3}}$$

正六边形面积 \$Q\$：

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{2} \times \frac{S}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{S^2}{3} - \left(\frac{S}{2\sqrt{3}}\right)^2} \times 6 \\ &= \frac{S}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{4S^2 - S^2}{12}} \times \frac{6}{2} \\ &= \frac{S}{\sqrt{3}} \times \frac{S}{2} \times \frac{6}{2} = \frac{S^2 6}{4\sqrt{3}} = \frac{S^2 6\sqrt{3}}{12} = \frac{\sqrt{3}}{2} S^2 \end{aligned}$$

$$\therefore Q = 0.87 S^2$$

$$S = \sqrt{\frac{Q}{0.87}}$$

