

大地 测量

朱华统 主编
郑育富

**DADI
CELIANG**

测绘出版社

56.11
8908048

大地测量

朱华统 郑育富 主编

测绘出版社

本书共分十三章，系统地介绍了大地测量内外业的基本原理和工作方法。第一至八章为外业部分，内容包括：大地控制网的布设理论及实地布设的方法、大地测量仪器的性能及使用、测量作业方法及测量结果的处理等。第九至十三章为内业部分，内容包括：椭球的数学性质、大地问题解算、高斯投影、椭球定位及不同坐标系的换算等。

本书深入浅出，实用性强。可作为中专教材，也可作为具有高中以上文化水平的广大测量工作者的自学用书及作业参考书。

大地测量

朱华统 郑育富 主编

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 31.5·字数 715千字

1987年7月第一版·1987年7月第一次印刷

印数 0.001—3,000册，定价 6.40元

统一书号：15039·新 483

前 言

本书是在郑州测绘学院郑育富、金丕英、王志良等同志编写的中等科用《大地测量学》和朱华统同志编写的航测专业与工测专业用《高等测量学》的基础上，进行了适当的增减，并增加了距离测量一章。

本书可作为中专教材，也可用作具有高中以上文化水平的广大测量工作者自学用书。

全书由朱华统、郑育富、张良璐编写，王佐岐、熊介、徐正扬、黄继文等进行部分审校，王新国、刘建永绘制大部分插图。

热忱希望读者对本书不妥之处提出宝贵的批评和建议。

编 者

一九八四年十二月

BBZ8P/06

目 录

绪论

第一章 国家水平大地控制网

- §1-1 建立国家水平大地控制网的方法····· (3)
- §1-2 国家三角网布设的形式和原则····· (5)
- §1-3 国家三角网的布设方案····· (8)
- §1-4 三角锁图形权倒数····· (12)

第二章 三角测量的选点、造标和埋石

- §2-1 三角锁网技术设计····· (16)
- §2-2 觇标高度计算····· (18)
- §2-3 实地选点····· (22)
- §2-4 大地觇标及其建造····· (24)
- §2-5 中心标石及其埋设····· (28)

第三章 光学经纬仪及其检验

- §3-1 经纬仪的基本结构····· (31)
- §3-2 望远镜和水准器····· (35)
- §3-3 水平度盘和测微器····· (38)
- §3-4 垂直度盘及垂直角的计算····· (45)
- §3-5 经纬仪的几项调校····· (50)
- §3-6 水平度盘分划误差····· (53)
- §3-7 光学测微器行差及其测定····· (54)
- §3-8 视准轴误差····· (58)
- §3-9 水平轴倾斜误差····· (61)
- §3-10 垂直轴倾斜误差····· (66)
- §3-11 垂直轴倾斜法测定水准器格值····· (70)
- §3-12 照准部旋转正确性、基座位移及垂直微动
螺旋使用正确性的检验····· (75)
- §3-13 照准部偏心差与水平度盘偏心差····· (78)
- §3-14 经纬仪的维护····· (83)
- §3-15 电子速测仪的测角原理····· (85)

第四章 水平角观测

- §4-1 水平角观测中的主要误差影响····· (93)
- §4-2 水平角观测操作的基本规则····· (100)
- §4-3 方向观测法····· (100)
- §4-4 分组方向观测法····· (109)

§4-5	全组合测角法	(115)
§4-6	三方向法	(126)
§4-7	归心改正和归心元素的测定	(128)
§4-8	观测作业的实施	(132)
§4-9	三角测量外业验算	(134)
第五章 距离测量		
§5-1	概述	(154)
§5-2	因瓦基线尺及其附件	(155)
§5-3	因瓦基线尺量距及计算	(157)
§5-4	电磁波测距的基本原理	(163)
§5-5	电磁波测距仪的发展和应用	(170)
§5-6	微波测距仪	(175)
§5-7	激光测距仪	(197)
§5-8	红外测距仪	(218)
§5-9	电磁波测距仪的测距误差	(222)
§5-10	电磁波测距仪的检验与校准	(229)
第六章 导线测量		
§6-1	概述	(237)
§6-2	导线边方位角中误差	(241)
§6-3	导线的纵横向上中误差	(243)
§6-4	导线测量野外作业	(250)
§6-5	导线测量概算	(252)
§6-6	单个附合导线近似平差	(257)
第七章 水准测量		
§7-1	概述	(260)
§7-2	国家水准网的布设	(262)
§7-3	水准仪与水准标尺	(264)
§7-4	水准仪和水准标尺的检验	(274)
§7-5	水准测量的误差	(285)
§7-6	水准测量作业方法	(291)
§7-7	水准测量外业计算	(298)
§7-8	跨河水准测量	(305)
第八章 三角高程测量		
§8-1	概述	(311)
§8-2	高差计算公式	(315)
§8-3	大气垂直折光及折光系数的确定	(319)
§8-4	高差的计算及其质量检核	(321)

§8-5	三角高程网平差	(325)
§8-6	三角高程测量的精度	(330)
§8-7	三角高程起算点的测定	(334)
第九章 椭球的数学性质		
§9-1	大地水准面和参考椭球	(337)
§9-2	椭球的基本元素及其相互关系	(339)
§9-3	常用坐标系及其相互关系	(342)
§9-4	椭球面上的几种曲率半径	(349)
§9-5	子午线及平行圈弧长	(357)
§9-6	梯形图幅面积及梯形图廓长度的计算	(362)
§9-7	相对法截线和大地线	(365)
第十章 地面元素归算至椭球面及椭球面三角形解算		
§10-1	水平方向归算到椭球面上 (三差改正)	(370)
§10-2	地面长度归算到椭球面上	(378)
§10-3	椭球面上三角形的解算	(384)
第十一章 大地问题解算		
§11-1	一般说明	(389)
§11-2	高斯平均引数大地问题正解公式	(390)
§11-3	高斯平均引数大地问题反解公式	(398)
§11-4	贝塞尔长距离大地问题解算公式	(401)
§11-5	贝塞尔大地问题近似正解计算	(408)
§11-6	贝塞尔大地问题近似反解计算	(411)
第十二章 椭球面元素归算至高斯平面——高斯投影		
§12-1	投影概述	(414)
§12-2	正形投影的一般条件	(415)
§12-3	高斯投影和椭球面上的三角锁网归算到高斯平面的一般概念	(419)
§12-4	高斯投影正算公式	(422)
§12-5	高斯投影反算公式	(427)
§12-6	高斯投影正反算 (电算) 公式	(434)
§12-7	曲率改正 (方向改正)	(438)
§12-8	距离改正	(445)
§12-9	平面子午线收敛角	(453)
§12-10	椭球面上三角锁网归算到高斯投影平面小结	(459)
§12-11	高斯投影的分带	(460)
§12-12	高斯投影的邻带换算	(462)
第十三章 椭球定位和不同坐标系的换算		
§13-1	垂线偏差和它的基本公式	(478)

§13-2	拉普拉斯方程式	(479)
§13-3	椭球定位	(481)
§13-4	不同空间大地直角坐标系的换算	(484)
§13-5	不同大地坐标系的换算	(486)
§13-6	弧度测量方程式	(489)
§13-7	地心坐标系的概念	(491)

绪 论

(一) 大地测量的任务

大地测量的基本任务是在广大面积上精密确定一系列地面点的位置(点的坐标和高程或者点与点间的距离、方位和高程),建立精密的大地控制网。精密的大地控制网可以为地形测图、工程建设提供控制基础,为研究地球形状、大小提供资料。一般认为前者是它的主要技术任务,后者是它的主要科学任务。

(1) 控制地形测图

大地控制网是从以下三个方面体现控制地形测图的。

第一,控制测图误差,保证地形测图的精度。测图中每描绘一条方向线,量一段距离,都会产生误差。这种误差在大面积测图中将逐渐传递和积累起来,使地形、地物在图上的位置产生大的误差,并使相邻图幅不能接合。如果以大地控制网点控制测图,则可将误差限制在各大地点和图根点之间,这就保证了地形、地物在图上的位置足够精确,即保证了地图的精度,并且相邻图幅自然可以接合。

第二,把地球表面上的地形、地物测绘成平面图,并控制由此产生的误差。地球接近于旋转椭球,其表面是不可展的曲面,硬要展平就会出现变形和裂口等现象,即用一般方法是不能把球面上的地形测绘在平面图上的。但是,大地控制点在一定的旋转椭球面上的位置(坐标)是可以精密确定的,并且可以按一定的数学方法把它化算为投影平面上的点位,而后就可用于把地球表面地形测绘在平面图上并控制测图误差,使地图能够拼接而不产生明显的变形和裂口。

第三,使各地测图工作可以同时开展,并保证所测各图幅可以互相拼接。由于大地控制网点的坐标系统在全国是统一的,这样,不管在任何地区同时或先后开展测图工作,都不会出现互相重叠或不能拼接的现象。

(2) 为研究地球形状、大小等科学问题提供资料

旋转椭球的形状和大小,是以长半径 a 和短半径 b 表示的,也可用 a 与扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 表示。研究地球形状、大小就是要确定接近于地球形体的旋转椭球的 a 、 α ,而要确定 a 、 α ,必须综合利用大地测量、天文测量、重力测量和卫星大地测量等资料才能解决问题。所以,为研究地球形状、大小提供资料是大地测量的主要科学任务。应该指出,进行大地测量为确定地球的 a 、 α 提供资料,而 a 、 α 反过来又作为大地测量成果计算的必需数据,这是个相辅相成的问题。

此外,有关地球的其它学科的研究,如地壳的水平和垂直运动、大陆漂移、海洋面高度变化等,大地测量资料也是不可缺少的。例如,某一地区地壳如有缓慢的变化,可以定期重复测量该地区的大地控制网,综合比较新、旧大地测量资料,就能发现地壳变化的情况。

(3) 为国民经济建设、国防建设和空间科学技术提供资料

大地测量在国民经济建设中具有重要的作用。例如，祖国宝藏的开发、水系的综合利用、工业基地的建设、城市规划、铁路和公路的修建以及农林牧等各种大型建设，都需要地图和大地测量成果，作为规划、设计和施工的依据。我国在长江综合利用的初期规划中，就测了两万多个三角点、十万公里以上的水准和各种比例尺地图三十多万平方公里。

在国防建设中，地图和大地测量数据是国防现代化不可缺少的资料。建设各种军事设施，如军事基地、机场、军港、要塞、地下工程和远程武器保障等都需有精确的大地资料和详细的地形图。

(二) 大地测量发展概况

大地测量产生于两千多年以前，是一门具有悠久历史的科学。在封建社会里，受生产和科技水平的限制，测量仪器和测量方法都带有原始性，测量结果的精度也很低。到十七至十八世纪，由于大工业的出现，生产和科技水平大为提高，此时随着光学仪器等的研制成功，促使测量方法趋于完善，于是大地测量有了较大的发展。从十九世纪末到廿世纪中，生产和科技水平达到了新的高度，促使大地测量的理论、技术和仪器等得到更加巨大的发展，其中有些一直沿用到今天。

大地测量的突破性发展是廿世纪五十年代出现人造地球卫星以后。利用人造卫星进行测量，不但可以实现岛屿联测和洲际联测，还可以解决大地测量的和其他科学的许多重要问题。与此同时，其他新技术的应用也使大地测量得到了很大发展，如电磁波测距仪、自动跟踪经纬仪和自动记录的自动安平水准仪、惯性定位系统的应用，测量作业机械化，电子计算技术的广泛应用等，都是前所未有的。

我国的大地测量主要是在解放后发展起来的，在党和政府的领导下，我国的天文大地网已经扩展到青藏高原地区，基本上布满全国领土，并完成了全国天文大地网整体平差。我国不但自己设计制造了精密经纬仪、精密水准仪和各种电磁波测距仪，而且不断应用和发展新技术，陆续成功地制造出应用于卫星大地测量的人卫摄像仪、大型激光测距仪和多普勒接收机等。同时，卫星大地测量也已开展起来。展望未来，在党和政府的领导下，我国大地测量和其他科学一样，将迅速赶超世界先进水平，实现现代化。作为一个测绘工作者，我们应为此而做出贡献。

第一章 国家水平大地控制网

绪论中指出，大地测量的任务是在全国领土上建立大地控制网，精密确定大地控制网点的坐标（经、纬度或纵、横坐标）及高程。国家大地控制网分为国家水平大地控制网和国家高程控制网，前者用于确定大地控制网点的经、纬度或纵、横坐标，后者用于确定大地控制网点的高程。本章主要介绍水平控制网的建网方法、国家三角网的布设原则和布设方案。

§1-1 建立国家水平大地控制网的方法

在一个国家范围内建立的统一坐标系统的水平大地控制网称为国家水平大地控制网。在中、外建立水平控制网的工作已有相当长的历史，经过长期的实践与不断革新，共形成三类建立水平控制网的方法，现分述如下。

（一）导线测量法

在地面上选定相邻点间相互通视的一系列大地控制点 P_1, P_2, P_3, \dots ，联结成一条折线，这就是导线，如图(1-1)。若已知 P_1 点的平面坐标为 x_1, y_1 ，已知 P_1P_0 方向的平

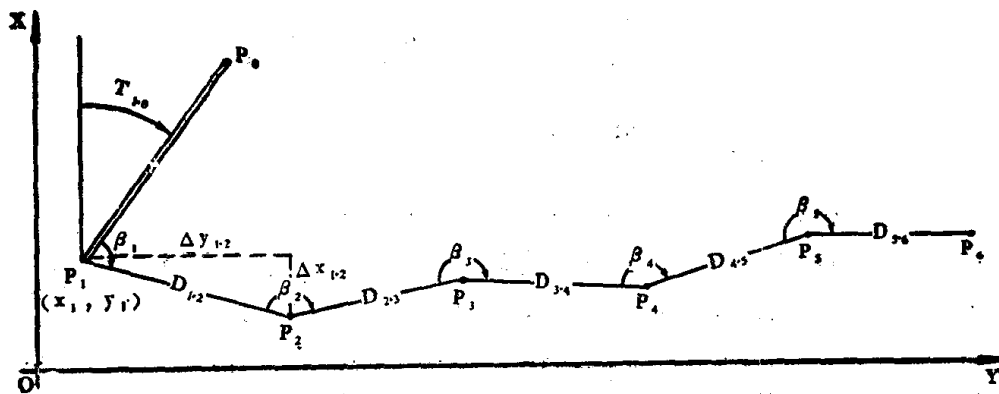


图 (1-1)

面坐标方位角为 $T_{1,0}$ 。 $D_{1,2}, D_{2,3}, \dots$ 为经过观测并已化算到平面上的各导线边长， $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ 为经过观测并已化算到平面上的各导线转折角。则由 $T_{1,0}$ 可以依次推算各导线边的平面坐标方位角如下：

$$\begin{aligned} T_{1,2} &= T_{1,0} + \beta_1 \\ T_{2,3} &= T_{1,2} + \beta_2 - 180^\circ \\ &\dots \end{aligned}$$

根据推得的这些方位角和测得的各边长，由 x_1, y_1 可以逐次算得各导线点的平面坐标如下：

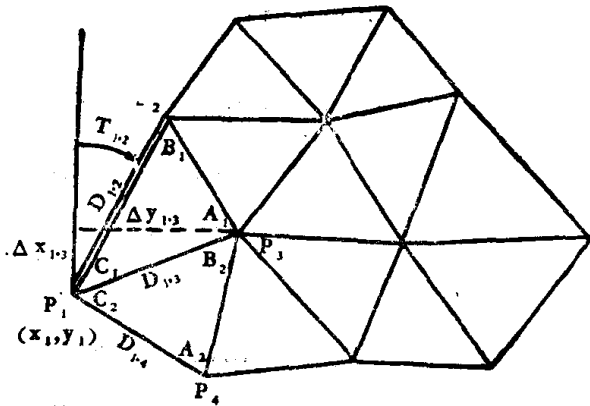
$$\begin{aligned} P_2: \quad x_2 &= x_1 + \Delta x_{1,2} = x_1 + D_{1,2} \cos T_{1,2} \\ y_2 &= y_1 + \Delta y_{1,2} = y_1 + D_{1,2} \sin T_{1,2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{3:} \quad x_3 &= x_2 + \Delta x_{2..3} = x_2 + D_{2..3} \cos T_{2..3} \\
 y_3 &= y_2 + \Delta y_{2..3} = y_2 + D_{2..3} \sin T_{2..3} \\
 &\dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

这就是用导线测量法建立水平控制网的基本原理。

(二) 三角测量法

在地面上选择一系列点 P_1, P_2, P_3, \dots ，使它们与周围相邻点相通视，把它们按三角形的形式联结起来即构成三角网。



如图(1-2)， P_1P_2 边的长度 $D_{1..2}$ 为经过高精度测定并化算到平面上的已知边长， $T_{1..2}$ 为经过高精度测定和化算的已知平面坐标方位角， x_1, y_1 为 P_1 点的已知平面坐标。而 A_1, B_1, C_1, \dots 为观测得来并化算到平面上的所有三角形的各内角。由 P_1P_2 边开始可以逐步推算出网中各边的长度及方位角。如

图 (1-2)

$$\begin{aligned}
 D_{1..3} &= D_{1..2} \frac{\sin B_1}{\sin A_1} & T_{1..3} &= T_{1..2} + C_1 \\
 D_{1..4} &= D_{1..3} \frac{\sin B_2}{\sin A_2} & T_{1..4} &= T_{1..3} + C_2 \\
 &\dots\dots\dots & &\dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

根据推算出的这些边长和方位角，就可进一步计算出全网各点的坐标，如

$$\begin{aligned}
 x_3 &= x_1 + \Delta x_{1..3} = x_1 + D_{1..3} \cos T_{1..3} \\
 y_3 &= y_1 + \Delta y_{1..3} = y_1 + D_{1..3} \sin T_{1..3} \\
 &\dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

这就是用三角测量法建立水平控制网的基本原理。

(三) 三边测量法和边角同测法

三边测量法是观测三角网中各三角形的边长，而三角形的各内角则通过计算求得。在测角网中再加测一部分或全部边长，则称为边角同测法。

综上所述，建立国家水平大地控制网就是通过测角、测边推算大地控制网点的坐标。上述三类建网方法各有优缺点，现结合它们的实用性分析如下。

导线测量法是最古老的大地测量布网方法，至今已有一千多年的历史。它的主要优点是：单线推进速度快，布设灵活，容易克服地形障碍和穿过隐蔽地区；边长直接测定，精度均匀。采用电磁波测距方法测量导线边，既克服了过去用尺子丈量的不便，又提高了导线测量的速度和精度。主要缺点是：几何条件少，结构强度低，控制面积小。由上述可知，

在高原地区、森林隐蔽地区布设导线往往是有利的，尤其在平原隐蔽地区大量加密低等控制网时，导线测量可能成为一种主要的方法。

三角测量法是十七世纪发展起来的，其主要优点是：几何条件多，结构强，便于检核；最大量的工作是测角，受地形限制小，扩展迅速；用高精度仪器测量网中角度，可以保证三角网的边长、方位角具有必要的精度。由此，三角测量法成为建立国家水平大地控制网的主要方法。三角测量法的缺点是：在交通困难或隐蔽地区布网比导线法困难得多，网中推算出的边长精度不均匀，距起始边愈远精度愈低。但在网中适当位置加测起算边和起算方位角，就可控制误差的传播，弥补这个缺点。

由上述分析可知，建立国家水平大地控制网主要是三角测量法，而导线测量法的应用会愈来愈多，至于三边测量和边角同测只是在特殊情况下采用。

§ 1-2 国家三角网布设的形式和原则

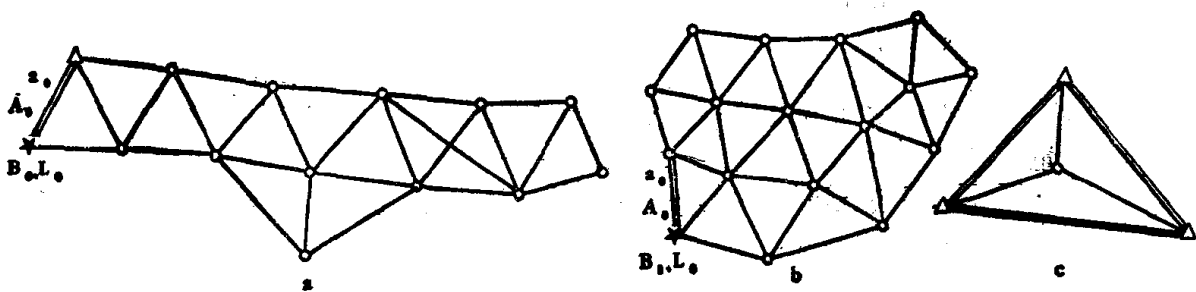
用三角测量方法建立的国家水平大地控制网，称为国家三角网。在论述三角网的布设之前，先介绍一下三角网布设的形式和原则。

(一) 三角网的基本形式

三角网布设的形式基本上有三种。

(1) 三角锁

由三角形（有时也包含一些大地四边形和中点多边形）连接起来，构成向一个方向推进的锁形，称为三角锁，如图(1-3)a，它适合于作为高级的控制骨干或在狭长地带作局部控制。我国一等三角采用这种形式。



图(1-3)

(2) 三角网

用互相连接的三角形构成的网形，称为三角网，如图(1-3)b。它可以填充在稀疏的三角锁系之间，也可以单独布设。我国二等三角和部分三、四等三角采用此种形式。

(3) 插点图形

在已建成的或正在建立的三角锁网中，插入一个或几个点，称为插点图形，如图(1-3)c。这是增加原有锁网中点的密度的常见形式。我国三、四等三角过去常采用此种形式。目前在个别情况下也采用它。

用上述三种形式布设国家三角网时，所有的点都要设站观测角度。

（二）三角网中的各类元素

用三角测量法布设三角网时，网中一般都包含以下几类元素：

（1）起始元素

起始元素是大地控制网中以高精度直接测定的元素。建立大地控制网至少必须测定一组起始元素，即大地原点的大地坐标 B_0 、 L_0 ，起始边长 a_0 及其大地方位角 A_0 ，如图 (1-3) a 、 b 中所示。其中 B_0 、 L_0 、 A_0 是综合天文、大地、重力测量资料确定的， a_0 是用基线测量或电磁波测距测定的。这些元素是椭球面上的元素，按一定的方法可化算为高斯投影平面上的元素 X_0 、 Y_0 及 D_0 、 T_0 ，用以推算网中其他各点的平面坐标。此外，为提高精度，在锁网适当位置以高精度加测的边长和方位角也是起始元素。

以高级网的元素（坐标、方位和距离）为起算数据，可以推算低级网的元素。因此，高级网的元素对低级网来说，叫起算元素。起始元素和起算元素统称为已知元素。

（2）观测元素

网中各点周围的全部角度（或方向）和部分边角同测的观测边长都是观测元素。三角测量中最大量的工作是观测角度（或方向）。

（3）推算元素

由起始元素（或起算元素）和观测元素推出的网中全部边长、方位角和点的坐标等，都是推算元素。

由上可知：高精度的测定起始元素，是建立精密水平控制网所不可缺少的；三角测量野外作业的任务在于精确测定观测元素，而推算元素的求得，则是由内业计算完成的。

（三）国家三角网的布设原则

绪论中已述及国家大地控制网有重要作用。因此，建立我国国家大地控制网必须按照加速“四化”的要求，全面考虑我国实际情况，充分应用已有的实际经验和理论，正确处理质量、数量、时间和经费之间的辩证关系，拟定具体原则，作为布设大地控制网的依据。国家三角网是国家水平大地控制网的主要形式，其最主要的技术任务是控制测图。现以控制测图为出发点，讨论三角网的布设原则。

（1）分级布网逐级控制

我国具体情况是领土广大，既有广阔的平原，又有大面积的山区和高原。各项经济建设和国防建设有轻重缓急之分，它们的规模和特点又不相同。因此，各地区对地图比例尺大小和测图范围大小的要求，对控制测图的三角网的精度和密度的要求都是不一致的。如果以最高精度、最大密度的一个等级的三角网布满全国，不但需要很久的时间和造成巨大的困难与浪费，甚至是难以做到的，从而根本不能保证各地区的各项建设的需要。

因此，我国国家三角网采取分级布网、逐级控制的原则。即在短时期内，先以高精度的稀疏的一等三角锁，纵横交叉地布满全国，形成统一坐标系统的骨干网。然后，按不同地区、不同特点的实际需要，有先有后的布设二、三、四等三角网。这样，既能充分而及

时地满足各地区客观需要，又能达到快速、节约的目的。我国国家三角网现划分为四个等级。

(2) 保证必要的精度

国家三角网是控制测图的基础，它的精度必须保证测图的实际需要。各种比例尺测图规范规定：以国家三角点（包括导线点）为基础加密的解析图根点，相对于起算的三角点点位中误差，在实地不得超过 $0.1\text{mm}N$ 。N为测图比例尺分母。如进行1:1万测图时，解析图根点相对于起算三角点的点位中误差应小于 $0.1\text{mm} \times 10000 = 1\text{m}$ 。

必须指出，图根点的这种误差不但决定于解析图根点测量本身的技术规格，而且和三角点的点位误差有关，三角点点位误差将传递到图根点上。在测量上，通常规定相邻三角点的点位中误差，应小于图根点相对于起算三角点的点位中误差的三分之一，即应小于 $0.1\text{mm}N \times \frac{1}{3} = 0.03\text{mm}N$ 。则这样的三角点点位中误差，对测图来讲可以被忽略。现将图根点的精度按 $0.1\text{mm}N$ ，三角点必须保证的精度按 $0.1\text{mm}N \times \frac{1}{3}$ 列表于下。

表 (1-1)

测 图 比 例 尺	1:50000	1:25000	1:10000	1:5000	1:2000
图根点对三角点的点位中误差	±5.0m	±2.5m	±1.0m	±0.5m	±0.2m
相邻三角点点位中误差	±1.7m	±0.83m	±0.33m	±0.17m	±0.07m

我国三、四等三角网主要用于控制测图，三、四等三角点点位中误差都在 0.1m 左右，对于控制小于 1:5 千比例尺测图是没有问题的。例如，对于 1:2 千测图来说，此时图廓线的实际长度为 $0.5\text{m} \times 2000 = 1\text{km}$ ，若为图根点间的边长，则边长相对误差为 $0.2/1000 = 1/5000$ ，而四等边长的相对中误差可达 1/4 万。

(3) 保证必要的密度

三角点的密度以平均若干平方公里一个点来表示，也可以用平均边长表示。三角网中的边长愈短，三角点的密度就愈大。三角点必要的密度主要依测图比例尺而定，成图方法也是一个重要因素。

为保证测图精度所需之控制点，一部分是国家等级的三角点和导线点，一部分是解析图根点和进一步加密的图解图根点。因为三角点和导线点作业过程严密，费用较大，所以在保证测图精度前提下，可大量加密图根点，而国家等级的三角点和导线点达到必要的密度就可以了。

根据长期测图实践，按平板仪测图，不同比例尺测图对三角点的合理密度要求如下表。当用航测法成图时，根据成图方法的不同，控制点的布设形式和密度都有一些变化。

(4) 保证统一的规格

建立规模巨大的国家三角网，对各项经济建设和国防建设有重要意义，国家为此要化

表 (1-2)

测 图 比 例 尺	1:50000	1:25000	1:10000	1:5000
平均每幅面积 km ²	350~500	100~125	15~20	4~5
平均每幅三角点数	3~4	2~3	0.5~1	约每 4 幅 1 点
平均每点控制面积 km ²	约150	约50		约20
三角网平均边长 km	13	8		2~6

费巨大的人力物力和财力。如果没有统一的建网规格,各测量机关、单位就没有共同的章法可循,因而也不能互相配合。这样就很难建成符合要求的国家三角网,而且还会造成重复和浪费。所以,国家测绘领导机关专门拟定了《国家三角测量和精密导线测量规范》(以下简称《规范》),作为统一的规格。

我国国家三角网就是遵循上述基本原则布设的。这些原则也同样适用于导线测量。

§1-3 国家三角网的布设方案

为在全国布设统一的高精度的三角网,还必须在布网原则指导下制定统一的布网方案和精度指标,作为各地区、各单位作业的依据。现将我国布网方案介绍于下。

(一) 一等三角锁系布设方案

按照建网第一条原则,国家第一级三角网是一等三角锁系。它是在全国领土上迅速建立的统一坐标系统的精密骨干。其主要作用是控制二等以下各级三角测量和为研究地球形状、大小提供资料。控制测图不是其主要作用。因此,一等锁着重考虑的是精度问题,而不是密度问题。

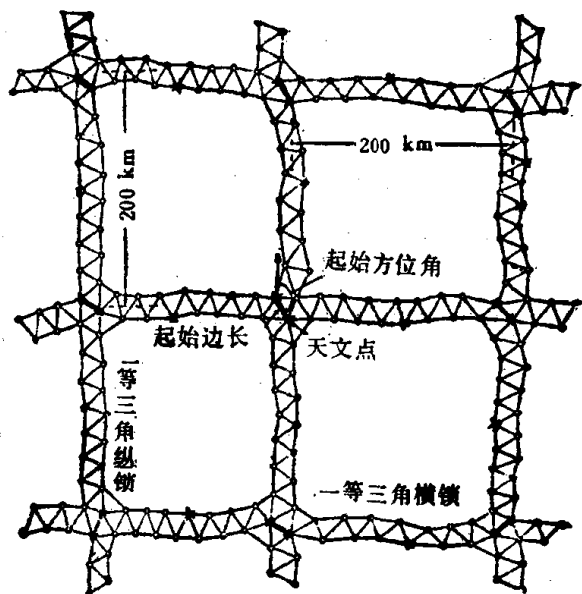


图 (1-4)

一等锁系一般沿经纬线纵横交叉布设,如图(1-4)。两交叉处之间的一段称为锁段,其长度约为200km。各锁段一般由三角形构成,边长约20~25km,三角形的任一角不小于40°,三角形个数约为16~20个。必要时在锁段中可加入一些大地四边形和中点多边形。各锁段测角中误差不得大于 $\pm 0.7''$ 。

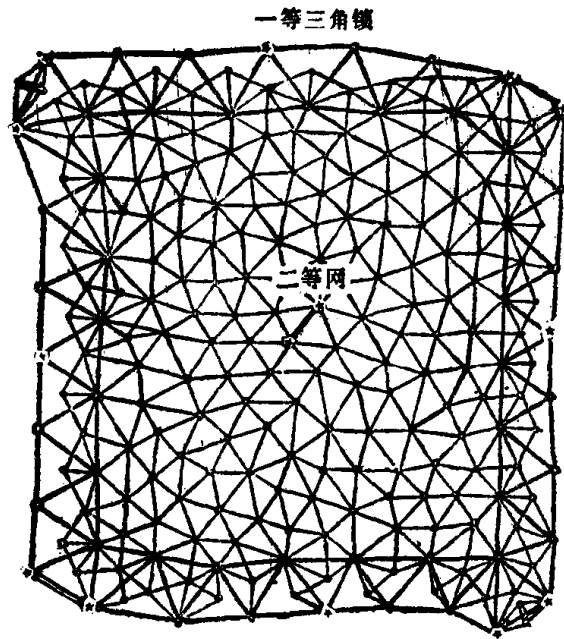
在锁系交叉处要精密测定起始边长,在起始边两端精密测定天文经、纬度和方位角,并

在锁段中央的一个点上测定天文经、纬度。凡测定天文经、纬度的点都为计算垂线偏差提供资料。所以，国家一等三角锁系又称为国家天文大地网。图中的起始方位角（即拉普拉斯方位角）是通过点上测定的天文经、纬度和天文方位角，并结合三角锁成果推算出来的。

（二）二等三角网布设方案*

二等三角网如图(1-5)，以连续三角网的形式布设在一等锁环围绕的区域内，它是加密三、四等三角点的基础，与一等锁同属于国家高级网。我国二等网平均边长13km，就点的密度而论，基本满足1:5万测图要求。由此可知，二等网应主要考虑精度问题，同时也要适当照顾密度，这是它的一个特点。

二等网中央要测定一条起始边，并在其两端点测定天文经、纬度和天文方位角。对于面积较大的锁环要在适当位置加测起始边，使任意一条二等边距最近的一等锁或二等网的起始边不超过12个三角形，或距最近的一等锁边不多于7个三角形。网中大多数角度应接近60°，最小角不得小于30°，测角中误差不得超过 $\pm 1.0''$ 。一等锁两侧的二等网应尽可能联接成连续的三角网，并注意和一等锁起始边的有效联结。



图(1-5)

（三）三、四等三角点的布设

国家三、四等三角点是在二等三角网基础上进一步加密布设的。它们是图根点测量的基础，其密度必须与测图比例尺相适应，这是三、四等三角点布设的特点。

三等三角网平均边长8km，四等平均约4km。加密到三等网，每个三角点控制面积约50km²，大体可满足1:2.5万或1:1万测图需要。如再加密到四等网，每个三角点可控制面积约15~20km²，则可满足1:5千或1:2千测图需要。

三、四等点也必须每点都设站观测。测角中误差：三等应小于 $\pm 1.8''$ ；四等应小于 $\pm 2.5''$ 。

三、四等网布设形式是一样的，目前我国规定一般采用插网法布设，当受地形限制时，个别点可以采用插点法布设，现介绍如下。

（1）插网法

插网法有两种形式：第一种如图(1-6)，是在高级三角网（双线所示）中插入三、四等

* 1958年前布网方案中是在一等锁环中先布设“+”或“卍”形的二等基本锁，然后在一、二等锁围成的区域内布设二等补充网，这个方案的精度指标比现方案低。