

中华人民共和国国家测绘总局制定

1:5千 1:1万比例尺地形图

《平板仪测图规范》说明

79

测绘出版社

1:5 千 1:1 万 比例尺地形图

《平板仪测量规范》说明

国家测绘总局编

测绘出版社

本书是对《1:5千、1:1万比例尺地形图平板仪测量规范》各项主要规定的说明和实验论证；在执行上述规范时，参考本书可了解制定该规范的依据。

1:5千 1:1万 比例尺地形图
《平板仪测量规范》说明

国家测绘总局编
(限国内发行)

*

测绘出版社出版

三二〇九工厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $1 \frac{1}{8}$ · 字数 25,000

1978年10月第一版·1978年10月第一次印刷

印数：1-80,000册·定价：0.15元

统一书号：15039·新 100

目 录

一、总则	1
二、平面控制测量	5
1. 线形锁	6
2. 插网	7
3. 插点	9
4. 5"级导线测量	10
5. 10"级导线测量	12
6. 图根测量	12
7. 外业限差和平差计算	16
三、高程控制测量	18
1. 等外水准	18
2. 三角高程路线	18
3. 独立交会高程	21
4. 经纬仪导线的三角高程	21
四、地形测图	23
1. 测站点的平面精度	23
2. 测站点的高程精度	27
3. 地形点精度	29

一 总 则

本规范适用于 1:5 千和 1:1 万比例尺地形图平板仪测量;这两种比例尺地形图属于国家基本比例尺地形图系列,是国民经济建设各部门进行规划设计的重要依据。为了统一规格和精度要求,多快好省地完成测绘任务,在 1974 年编订的 1:1 万比例尺地形图平板仪测量规范的基础上增编了 1:5 千比例尺的内容,并做了必要的修订和整理。现对本规范的基本原则和要求做如下说明:

1. 1:5 千—1:1 万比例尺测量应满足国家基本比例尺地形图的要求,考虑到这两种比例尺地形图和工程建设的联系及有关设计和用图单位的共同需要,根据统一性和局部性、原则性和灵活性相结合的原则,仍按原 1:1 万平板仪测量规范的规定在测图面积大于 50 平方公里,应执行本规范的规定。小于 50 平方公里时,根据专业用图的需要,作业单位也可另行规定具体要求。

2. 地形图采用的等高距仍按原 1:1 万比例尺平板仪测量规范的规定;在丘陵地中,根据作业单位的意见等高距并列为 2.5 米和 2.0 米,以便灵活选用。由于 1:5 千比例尺地形图上等高线的间隔较大,山地和高山地等高距均定为 5 米。

3. 地物点平面位置精度仍定为 0.5 毫米和 0.75 毫米。

高程注记点和等高线的精度基本不变，只在形式上改为以等高距为衡量标准。

4. 为了实际需要并和其他专业性测量规范尽量取得一致，原 1:1 万比例尺平板仪测量规范规定的 6" 级高级地形控制点，改为 5" 和 10" 小三角点。原地形控制点改为图根点，其测角精度为 $\pm 20''$ 。

在 1:1 万比例尺测图中，仍保留图解图根点。在平地测定图根点高程时允许采用三角高程测量。

5. 规范对国家大地点没有作具体要求，只规定大地点和小三角点做为测图的基本控制点。基本控制点的密度，每幅图应不少于一个点。

水准测量的要求，仍按原 1:1 万比例尺规范规定，水准路线间隔应不超过 20 公里。

6. 各级控制点及地物点的精度标准，对基本控制点以边长相对中误差衡量；图根点、测站点及地物点以点位中误差衡量。

为了满足加密图根点的需要，基本控制点的密度相当于每幅图不少于一点时，边长相对中误差应不大于 1:20000—1:10000，规范以 1:20000 做为标准。在条件不许可的情况下，才允许以 1:10000 做为基本控制点的精度标准。

7. 基本控制点和图根点的高程测量精度均为 1/10 等高距，和原 1:1 万比例尺规范基本相适应。为满足农田水利和工程建设需要，平地图根点的高程测量精度略有提高。

此外，由于等高距相差悬殊，为使不同地形类别间控制点的高程相互利用，基本控制点和图根点高程精度，在平地 and 丘陵地以平地的等高距为标准；在山地和高山地以丘陵地标准为标准。这样，使控制点的高程精度比较均匀，在技术安排

上也较为方便。测站点及高程注记点的精度，仍按不同的地形类别，以相应的等高距为标准。

8. 等高线的精度原 1:1 万比例尺平板仪测量规范规定，在山地、高山地采用 $a + b \operatorname{tg} \alpha$ 公式。现改为以等高距为标准，按原定义： $a = \frac{1}{3}h$ ， $b = 0.75$ 毫米计算等高线的精度如表一：

表一

地形类别	比例尺	倾角	h	a	b	$a + b \operatorname{tg} \alpha$
山地	1:1 万	6°—25°	5 米	1.67 米	7.5 米	2.46—5.19 米
高山地		25—45	10	3.33	7.5	6.85—10.83
山地、高山地	1:5 千	6—45	5	1.67	3.75	2.06—5.42

表一中， $a + b \operatorname{tg} \alpha$ 的最大值与一根等高距相适应。为了便于掌握，规范将平地 0.5 米改为 $1/2$ 等高距、丘陵地 1.5 米等高距改为 $2/3$ 等高距，山地改为一根等高距。

9. 规范规定的小三角以下各级控制点精度的梯度比均在 2:1 以上，测量误差占总的中误差的绝大部分，起始数据误差的影响甚小；而且其中一部分已经包括在总的中误差之内。为计算简便起见，一般不考虑起始数据误差的影响。另外，以同一观测精度的多次发展时，加密锁(网)、导线和高程的测量误差，都是按长度或长度的平方根成正比例逐次减小。在多次发展下，其最后一次总的中误差一般不超过每一次测量误差的 $\sqrt{2}$ 或 $\sqrt{3}$ 倍。一般可认为在锁(网)加密时，应按总的中误差的 $1/\sqrt{2}$ 计算，在导线、水准和三角

高程则按 $1/\sqrt{3}$ 计算。规范对于发展次数的规定，主要从实际工作的需要出发，一般发展三次已满足要求。

10. 对已有的国家大地点和水准点成果，按国家测绘总局 1975 年 3 月在北京召开的“大地测量工作座谈会”所提出的“对于现有的旧二网，应挖掘潜力，充分利用”的意见，以发挥国家大地网、水准网在大比例尺测图中的作用。

各地区由专业部门完成的成果，其质量达到本规范基本精度要求时也应充分利用，但需注意成果的鉴定，以保证质量。

11. 凡面积大于 50 平方公里的城市、矿山等综合性测图地区，应在国家坐标系统的控制下，采取统一的图廓分幅。

二 平面控制测量

国家大地点在我国部分地区是按 1958 年大地法式施测的新二网。尚有一部分地区为旧二网，其大地网精度受当时规范的限制，测角精度多数在新三等和四等之间，根据已有资料的分析对旧二网实际精度的最低估计只有 1:40000 左右(重新平差或改造后尚可提高)。在这样情况下，1:5 千和 1:1 万比例尺测图对大地点的利用，需要慎重考虑。

根据我国大比例尺测图的经验，经常使用小三角做为大地点和图根点之间的过渡，包括在测图的基本控制点系列内，做为加密基本控制点的主要方法。

通过实践和理论分析用 5" 和 10" 小三角加密的精度可分别达到 1:20000 和 1:10000。在合理密度下，能够满足 1:5 千和 1:1 万测图的需要。

在二网和旧二网下布设各级控制点，可按表二的安排。

由下表分析，基本控制点可在旧二网的基础上直接加密小三角点，也可以经过三、四等适当加密后再加密小三角点。

在新二网地区，三、四等点的密度已满足 3—6 公里时 1:5 千和 1:1 万比例尺测图可直接加密图根点。尚未加密三、四等时，可以越级加密或直接用小三角来加密。

本规范规定的小三角平均边长在 1:5 千为 1—3 公里；其

表二

等 级	二	三、四	小 三 角			图 根
$m_{\text{观}}$	$\pm 1''0 - \pm 2''5$	$\pm 1''8 - \pm 2''5$	$\pm 5''$		$\pm 10''$	$\pm 20''$
$S_{\text{平均}}$	13公里	依实际情况定,也可越级	3—5公里	1—3公里	0.5—2.0公里	0.5—1.0公里
最弱边相对中误差 m_s/S	1:80000—1:40000		1:20000		1:10000	1:4000—1:3000
满 足 测 图 尺 比 例	1:10 万—1:1 万		1:1 万	1:5 千	1:5 千	0

高限一般是考虑在必要和可能的情况下直插二网,低限是为了更大比例尺测图的需要。在 1:1 万比例尺测图中,平均边长定为 3—5 公里,也是同样的意义。

10"小三角只允许在 5"小三角点的密度不足时进一步加密使用。

小三角的加密主要采用线形锁(网)、插网、三角锁和插点等方法。

1. 线形锁

线形锁是小三角测量和图根测量广泛使用的方法,具有加密速度快、计算简便等优点。估算线形锁两端最弱边的平均相对中误差 m_s/S 公式为:

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_\beta}{3 \mu \cdot 10^6} \cdot \sqrt{2 R_{\Sigma}}$$

式中: m_β ——测角中误差

R_{Σ} ——线形锁图形强度系数 R 的总和 (以对数第六位为单位)

μ ——对数率 $\mu \approx 0.43429$

设 $m_{\beta} = \pm 5''$ $\frac{m_s}{S} = 1:20000$

则 $R_{\text{总}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1.30287 \times 10^6}{5 \times 20000} \right)^2 \approx 85$

在小三角测量中，当 $R_{\text{总}} \leq 85$ 时，可以保证线形锁在直伸的条件下，两边最弱边的平均精度 $m_s/S \leq 1:20000$ 。10" 级线形锁的精度 $m_s/S = 1:10000$ 。

许多文献和实测资料表明：在 $R_{\text{总}} \leq 85$ 时，5" 线形锁最弱边精度在 1:20000 以上，最强边精度在 1:40000 以上，平均精度为 1:35000。

线形锁中三角形的传距角最小为 40° 时，三角形强度系数的平均值 $R_{\text{平}}$ 约为 9—10，传距角最小为 30° 的 $R_{\text{平}}$ 为 14。在 1:5 千和 1:1 万比例尺测图中，线形锁的三角形个数分别规定为 $n=9$ 和 $n=6$ ，可以认为 $R_{\text{总}}$ 不超过 85。

线形锁的精度， $R_{\text{总}} \leq 85$ 是主要的条件，而图形个数 n 和传距角的要求是从属条件。当传距角和图形个数超限时，应以 $R_{\text{总}}$ 为准。传距角和图形个数可适当灵活。双线形锁和人字形线形锁较线形锁精度高， $R_{\text{总}}$ 可放宽至 100。但应选择合适的平差方法。

三角锁是指两端都有已知边及一端为已知边、另一端为已知点的三角锁。这一种锁由于两端有固定条件，控制精度得到提高，传距角的要求可以放宽。

线形锁的布置宜为直伸形，规范未做硬性规定。

2. 插网

插网的精度比同一条件的线形锁高约 50%，工作量比逐级布网节省 40%，一次加密就能获得最后所需要的密度，在

电算平差已经普及的情况下，广泛使用插网，其优越性是显著的。据研究按角度平差时在正三角形中组成不同点数正三角形插网的各边权倒数和边长相对中误差见表三：

表三

插网点数	边长权倒数			边长相对中误差		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均
3	1.5	1.5	1.50	1:7.1万	1:7.1万	1:7.1万
7	2.5	1.7	2.08	1:5.5万	1:6.7万	1:6.0万
12	3.3	1.2	2.24	1:4.8万	1:7.9万	1:5.8万
18	4.0	1.3	2.39	1:4.3万	1:7.6万	1:5.6万

注：① 插网不测高级方向， m_{β} 以 $\pm 5''$ 计算。

② 权倒数和边长相对中误差，最大的在近高级点的两端，较大的在网的外围，而小的则在网的中心部分，类似线形锁的规律。

可以看出，插网的点数增多时，边长的相对中误差略有增大；除插 3 个点的插网，其余插 7、12、18 点的插网边长平均中误差几乎不变。这是正三角形的情况，现以两个任意三角形插网的实例作比较，测角中误差仍按 $\pm 5''$ ，三角形各边的相对中误差见表四：

表四

插入点数	最大	最小	全网平均	内部平均	周围平均
13	1:3.0万	1:5.8万	1:4.4万	1:4.7万	1:3.6万
14	1:2.8万	1:5.8万	1:4.2万	1:4.4万	1:3.6万
总平均	1:2.9万	1:5.8万	1:4.3万	1:4.5万	1:3.6万

和理想的正三角形比较，全网的相对中误差的总平均值相差约 25%，任意三角形的最大最小值相差一倍。可以认

为,在加密点较多的情况下,5"插网的最低精度为1:30000,其平均值为1:43000相当于测角中误差 $\pm 5''$ 和 ρ'' ($\rho'' = 206265$)的比值。

根据插网的特点,对图形的要求可适当放宽,故规范第22条规定在网的中间部分,个别内角可以不小于 20° 。

3. 插点

插点具有较高的精度,虽工作量较大,却是一种必要的加密方法。据现有文献的研究,插点的精度估算如下式:

$$M_{\text{厘米}} = \frac{m''_{\beta} \cdot P_{\text{公里}} \cdot A_0}{45}$$

式中: m_{β} ——测角中误差

P ——已知点三角形的周长

A_0 ——点位误差曲线诸谟图参数

在一般情况下, A_0 值可取为5。设以平均边长 S_0 代替 P , 则 $P = 3 S_0$ 上式可改为:

$$M'_{\text{厘米}} = \frac{1}{3} m''_{\beta} \cdot S_0_{\text{公里}}$$

考虑到其它不利因素,以 $\frac{1}{2}$ 代上式 $\frac{1}{3}$ 系数则:

$$M_{\text{厘米}} = \frac{1}{2} m''_{\beta} \cdot S_0_{\text{公里}}$$

或
$$\frac{M}{S} = \frac{1}{2} m''_{\beta} \times 10^{-6}$$

当 $m_{\beta} = \pm 5''$ 时,
$$\frac{M}{S} = 1:40000 \simeq \frac{\pm 5''}{\rho''}$$

上述结果是考虑最不利的情况,且点位误差 M 约为边长误差 m_S 的 $\sqrt{2}$ 倍,可以认为:5"级插点的边长相对误差为1:50000以上。在各种加密方法中具有较高的精度。

规范规定的插点边长 $S=2-10$ 公里，系考虑作业的方便；如密度不足需做进一步加密时，它的精度尚可保证能做为起始边使用。插点应尽量采用典型图形，并按规定的方法计算；否则，它的精度将有所降低。

典型图形插点应观测所有的高级方向，但在插网和线形锁中，一般可以不观测。因为在插网和线形锁中，当插入点数较多时，加测高级方向，对提高精度并不显著；同时，由于边长相差悬殊，观测工作比较困难。

插入 3 个点的插网，也是典型图形插点的一种，可按插网处理，对高级方向不加考虑；在精度方面，可按插网估计。

4. 5"级导线测量

目前，电磁波测距的应用已很普遍，为了适应阴蔽地区基本控制测量需要，规范增加了导线测量章节，其精度相当于小三角测量。

导线测量仍分 5" 和 10" 两级，以电磁波测距方法为主，也可以量距。导线的精度估算，一般是以最弱点的点位误差为标准，为划一起见，仍以基本控制点按相对误差衡量的原则进行计算。

1:5 千比例尺的图廓长度约为 2.5—3.0 公里，按边长相对中误差为 1:20000 的要求：

$$\text{则} \quad m_s = \frac{2500 \text{ 米}}{20000} = \pm 0.125 \text{ 米}$$

按导线的最短边为 0.5 公里计，则每 2.5 公里应有 5 个边，故有：

$$m_s \cdot \sqrt{5} \leq \pm 0.125, \quad m_s \leq \frac{\pm 0.125}{\sqrt{5}} \approx 0.05 \text{ 米}$$

考虑到国产测距仪器可能的精度，规范取 $m_s = \pm 0.04$ 米。关于导线长度，按一般作业要求，设 $n=12$ ，取附合导线纵向误差公式：

$$t_z = \frac{1}{2} m_s \cdot \sqrt{n}$$

则 $t_z = \pm \frac{1}{2} \times 0.04 \sqrt{12} = \pm 0.069$ 米

命纵、横向误差等影响，则横向误差 u_z 为：

$$u_z = t_z = \pm 0.069 = \frac{m_\beta}{\rho''} L \sqrt{\frac{n+6}{192}}$$

按 $m_\beta = \pm 5''$ ， $\rho'' = 206265$ ， $n=12$ 代入

得 $L=9.3$ 公里

大地点的平均密度，二等为 15 公里，四等为 4 公里。上面计算的 9.3 公里可视为导线长度的中数。按附合导线公式计算，在不同长度中， t_z 、 u_z 、 M_z 和 F/L 各值如表五：

表五

L (公里)	n	$t_z =$ $\frac{1}{2} m_s \cdot \sqrt{n}$ (米)	$u_z =$ $\frac{m_\beta}{\rho''} L \sqrt{\frac{n+6}{192}}$ (米)	$M_z =$ $\sqrt{t_z^2 + u_z^2}$ (米)	$F =$ $2 M_z \cdot \sqrt{10}$ (米)	F/L
15	12	± 0.069	± 0.11	± 0.135	0.85	1:17800
12	12	± 0.069	± 0.09	± 0.116	0.73	1:16400
9	12	± 0.069	± 0.067	± 0.099	0.63	1:14200
6	12	± 0.069	± 0.044	± 0.084	0.53	1:11300
4	8	± 0.057	± 0.029	± 0.065	0.40	1:10000
平均 9.2		± 0.067	± 0.068	± 0.100	0.63	1:14600

注：按不考虑起始数据影响，中点纵横向误差相等取 $F = 2 M_z \sqrt{10}$ 。

由以上分析知：不同长度所得的纵向和横向误差的平均值基本相等，导线闭合差的平均值为 1:14600，规范取用 1:15000，并以 15 公里为导线的最大长度。

导线的边长 S 、总长 L 和边数 n 的关系是 $L = n \cdot S_0$ (S_0 是平均边长)。一般地说 n 的大小对导线精度的影响较小，但不应过大，在 5" 或 10" 导线中 n 为 12 左右，图根导线 n 为 16 左右为宜。导线总长和点位误差关系很大，当导线较长时，点位误差随之而大，而相对误差反而减小；导线总长虽稍有变化，对测图控制的必要精度并无大的影响。

导线和线形锁的最弱点都在中间点处，按前表当 $L = 15$ 公里时，5" 导线的最弱点 $M_Z = \pm 0.135$ 米。在线形锁中，按公式：

$$M_{\text{中}} = \frac{m_{\beta}''}{\mu \cdot 10^6} L \cdot \sqrt{2}$$

当 $m_{\beta} = \pm 5''$ 、 $L = 15$ 公里时， $M_{\text{中}} = \pm 0.244$ 米。

显然，说明导线的精度比线形锁高。

5. 10" 级导线测量

10" 级导线的总长定为 5 公里，导线的各边使用量距，也可以使用电磁波测距，按附合导线估算如表六。

规范取用的闭合差和量线较差均为 1:6000。由于 1 公里以下已可使用图根测量的经纬仪导线的方法，因此不考虑在短程时的适应性问题。

6. 图根测量

图根测量采用线形锁、经纬仪导线、交会法和图解交会法。按照图根点以下以点位误差做为主要衡量标准的原则，分别估算如下：

1) 线形锁

表六

L (公里)	S (米)	t_z (米)		u_z (米)	M_z (米)	$F = \frac{F}{2M_z\sqrt{10}}$ (米)	F/L	量线较差
		测距法	量距法					
5	400	± 0.069	± 0.071	± 0.074	± 0.010	0.63	1:7900	1:7600
3	250	± 0.069	± 0.056	± 0.044	± 0.073	0.46	1:6500	1:5800
1	100	± 0.069	± 0.032	± 0.015	± 0.035	0.23	1:4300	1:3300
平均			± 0.053	± 0.044	± 0.063	0.44	1:6800	

注：当采用量距的方法 $t_z = \frac{1}{2} u \cdot \sqrt{L}$, $n=12$, $m_\beta'' = 10''$, $u=0.002$, 量

距较差按公式： $\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \cdot \frac{8 t_z \cdot \sqrt{n}}{L}$ 计算。

$$R_{\text{总}} = 180, n = 12, R_{\text{平}} = \frac{R_{\text{总}}}{n} = 15$$

$$m_\beta = \pm 20'', \text{最小传距角限定 } 30^\circ$$

按线形锁最弱点（中点）的点位中误差公式计算得：

$$M_{\text{中}} = \frac{m_\beta'' L}{\mu \cdot 10^6} \sqrt{\frac{1}{72} \frac{(n+1)^2 + 20}{n+1} (4.43 + R_{\text{平}})} = \frac{1}{10860} \cdot L$$

图根点的点位中误差应不超过图上 0.1 毫米，一般允许发展三次，按总则部分“9”的原则，每一次发展的允许值 $M'_{\text{中}}$ 为：

$$M'_{\text{中}} = \frac{0.1 \text{ 毫米}}{\sqrt{3}} \simeq 0.06 \text{ 毫米}$$

$$\text{故 } L = 10860 \times 0.06 \text{ 毫米} = 650 \text{ 毫米}$$

无论是 1:5 千或是 1:1 万比例尺测图，L 的允许长度均