

中华人民共和国水利部
电力工业部

国家测绘总局

水利水电工程测量规范

(规划设计阶段)

SLJ 3-81 DLJ 202-81 CH 2-601-81

技术说明

水利电力出版社

PDG

说 明

本技术说明是对原水利部、电力工业部和国家测绘总局1980年联合颁发的《水利水电工程测量规范(规划设计阶段)》SLJ 3-81、DLJ 202-81、CH 2-601-81中主要技术规定的依据加以说明。其中“一”至“三”的内容是说明该规范第一章至第三章中一些主要技术规定,其余的内容是说明该规范第五章至第十一章中一些主要技术规定。

本技术说明仍由原规范编写组人员编写和审定。其中编写者:严子善、裴文成、楼翰俊、陈志光、李书杰、肖明生、黄孝悛、邓德润、刘继昌、张国良。技术审定者:程元赓、唐余佐、王礼育。

本技术说明仅供参考,不具备规范效力。

目 录

一、地形图的基本精度	1
(一) 关于基本等高距的选择	1
(二) 关于地形图的精度要求	1
(三) 地物点预期精度的估算	2
(四) 地形点高程精度的估算	4
二、平面控制测量	6
(一) 各级平面控制的布设和精度比例关系	6
(二) 基线测量	8
(三) 五等三角测量	10
(四) 五等导线测量	16
(五) 电磁波测距	23
(六) 关于图根点的密度	28
(七) 解析图根三角锁、网(测角图根)的各项规定	30
(八) 解析图根交会点的交会边长规定	34
(九) 经纬仪导线各项限差的规定	37
(十) 图解图根测量	42
(十一) 测站点测量	43
三、高程控制测量	47
(一) 各级高程控制的布设和精度比例关系	47
(二) 三、四、五等水准路线长度的规定及其高程中 误差	48
(三) 五等水准以下各级高程控制的精度比例关系	49
(四) 三角高程路线代替五等水准测量的精度及路线长度的 推算	51
(五) 解析三角高程路线全长的规定	57
(六) 解析独立交会点高程测量	59
(七) 经纬仪高程测量	60

(八)图解交会点高程	63
四、航空摄影测量	65
(一)航摄比例尺的选用	65
(二)1:5000、1:10000比例尺测图航线网、区域网布点的 说明	69
(三)1:1000、1:2000比例尺测图布设控制点的说明	82
(四)采用单张像片测绘大比例尺地形图的一些说明	86
(五)底片焦距改正值的选用	92
(六)关于立体测图绝对定向精度的说明	94
(七)立体量测仪的高差限制值	95
(八)立体量测仪测图像对起始面问题	96
(九)立体量测仪像片归心差的检核公式与限差	98
五、地面立体摄影测量	100
(一)摄影基线长度的规定	100
(二)摄影基线长度测量的相对中误差不得大于 $\frac{1}{2000}$ 的 规定	103
(三)两摄影站的高差不得大于 $\frac{B}{5}$ 的规定	104
(四)在有正直、左等偏、右等偏摄影时的最大等偏角不 得大于 27.5° 的规定	105
(五)单独等偏摄影像对的最大等偏角不得大于 40° 的规定	106
(六)在等偏摄影情况下,要求基线长 $B' = B \cdot \sec \alpha_x$ 的规定	107
(七)在立体像对测绘范围内布设点位的要求	108
(八)控制点间距离的推算	109
(九)内业仪器上定向对点改动 γ 时的超量改正值	110
(十)内业仪器上定向对点改动 b_x 时的超量改正值	111
(十一)内业定向高程误差超限时,微动物镜值	112
(十二)1318型自动立体测图仪测标位置检校时,超量改正 1/3偏离值的说明	113
(十三) γ 校正时,公式 $\gamma^* = (X_R - X_L)48^\circ.8$ 中常数 48.8 的 由来	114

六、河道纵横断面测量	117
(一) 关于河道纵横断面测量的基本精度	117
(二) 关于基本高程控制的精度和干线水准路线长度的规定	117
(三) 关于纵断面测量两相邻水位点高程测量精度和支线水准路线长度的规定	118
(四) 关于河道纵断面测量相邻两水位点间距的必要测量精度和用图比例尺	121
(五) 关于用经纬仪视距导线测定横断面转站点时, 断面基点的数量与允许间距的规定	124
(六) 关于水下地形点交会边长的规定	126
七、渠道和堤线测量	128
(一) 关于渠道和堤线测量的基本精度	128
(二) 关于中心导线点和中心线桩高程测量方法的规定	128
(三) 关于中心导线点位测量要求的规定	128
(四) 关于简化曲线测设工作的几项规定	129
(五) 关于横断面点测量精度和转站点数的规定	130
八、水库淹没界线的测设	133
(一) 关于界桩测设的基本精度和密度规定	133
(二) 关于界桩的平面位置	133
(三) 关于高程控制测量	134
(四) 关于界桩的高程测量	134
九、地质勘察测量	137
(一) 关于地质勘察测量基本精度的规定	137
(二) 用悬锤线投点误差的估算	137
(三) 通过竖井进行投点及连接测量所产生的定向误差的估算	139
(四) 从平面精度要求分析转站点的允许站数	142
(五) 从高程精度要求分析转站点的允许站数	143
十、制图与补充图式修订说明	145
(一) 关于编图作业	145
(二) 关于清绘作业	146
(三) 关于补充图式	147

一、地形图的基本精度

（一）关于基本等高距的选择

基本等高距的选择，应以能满足用图的需要为主，同时还应考虑图面上等高线的适当密度，过稀或过密都是不合适的。

平坦地区1:10000比例尺测图的基本等高距，我们采用了1.0米和0.5米两种，这是由于我国有大量地势特别平坦的地区的原因。如仅采用1.0米一种基本等高距，往往3~4幅图中也没有一根基本等高线，无法正确地显示地貌，影响成图的地理精度，不利于水利水电建设对地形图的使用；同时，以往在平坦地区1:10000比例尺测图中，不少水利水电单位已经选用了0.5米基本等高距，实践证明是可行的。因此，我们在平坦地区1:10000比例尺测图中，列入了1.0米和0.5米两种基本等高距。

规范还规定，丘陵地区1:10000比例尺测图采用2.0米基本等高距时，允许换用2.5米基本等高距。选用2.0米或是2.5米基本等高距可由用图单位确定，选用原则是有利于缩放图以及与其他地形图的拼接使用。

（二）关于地形图的精度要求

本规范规定的地物地貌精度要求是根据水利水电勘测设计图的要求，并顾及中央和地方单位的业务水平、仪器设备、测图方法等现实条件，以及经过努力可能达到的测量精度而制定的。总的说来，高程精度要求与国家规范基本相当或略高，地物精度

要求则稍宽。具体比较见表 S-1 和表 S-2。

航测成图在限额以上地区，规定的地物点对最近野外控制点的平面位置中误差与国家规范相同。

表 S-1

测图比例尺	地形分类	最小的基本等高距(米)		相应的等高线允许中误差 (米)	
		本规范	国家规范	本规范	国家规范
1:10000	平地	0.5	1.0	0.25	0.5
	丘陵地	1.0	2.5	0.5	1.5
	山地	5.0	5.0		
	高山地	5.0	10.0		
1:5000	平地	0.5	1.0	0.25	
	丘陵地	1.0	2.5	0.5	
	山地	2.0	5.0		
	高山地	5.0	5.0		

表 S-2

地形分类	平地、丘陵地		山地、高山地	
规范	本规范	国家平板仪规范	本规范	国家平板仪规范
地物点 中误差 (图上毫米)	0.75	0.5	1.0	0.75

(三) 地物点预期精度的估算

估算公式为：

$$m_{\text{测}}^2 = m_{\text{站}}^2 + m_{\text{测(纵)}}^2 + m_{\text{测(横)}}^2 + m_{\text{卡}}^2 + m_{\text{刺}}^2 + m_{\text{量}}^2 \quad (1)$$

式中 $m_{\text{物}}$ 为地物点位置中误差，以图上毫米计；

$m_{\text{站}}$ 为测站点的点位中误差，取本规范允许的极限值图上 ± 0.3 毫米；

$m_{\text{测(纵)}}$ 为地物点测量的纵向中误差，即 $D \cdot \frac{m_D}{D}$ （式中的 $\frac{m_D}{D}$ 为视距测量相对中误差）；

$m_{\text{测(横)}}$ 为地物点测量的横向中误差，即 $D \cdot \frac{m_\alpha}{\rho}$ （式中的 m_α 为方向测绘误差，一般技术资料多采用 $1'\sqrt{6}$ ，实际上不易达到，本规范取 $m_\alpha = 3'$ ）；

$m_{\text{卡}}$ 为卡取距离的中误差，取图上 ± 0.1 毫米；

$m_{\text{刺}}$ 为卡规刺点的中误差，取图上 ± 0.1 毫米；

$m_{\text{整}}$ 为地物整饰的中误差，取图上 ± 0.15 毫米。

以上数值代入（1）式并简化得：

$$m_{\text{物}}^2 = D^2 \left[\left(\frac{m_D}{D} \right)^2 + \left(\frac{1}{1100} \right)^2 \right] + 0.1325$$

将各种比例尺测图允许的最大视距及相应的视距相对中误差代入上式，得平板仪测图地物点的预期精度如表 S-3。

表 S-3

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
最大视距 D (米)	70	120	200	300	400
相应的 $\frac{m_D}{D}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{150}$
估算的 $m_{\text{物}}$	± 0.68	± 0.55	± 0.50	± 0.47	± 0.45
允许的 $m_{\text{物}}$ (平丘地区)	± 0.75	± 0.75	± 0.75	± 0.75	± 0.75

由此可见，按本规范规定条款作业，地物精度是有充分保证的。需要补充说明的是，对视距长的限制不仅仅是为了保证地物

和地貌测量的数学精度，而且是为了随不同比例测图对地形碎部表示细致程度的要求有一个足够清晰的视野，从而保证必要的地理精度。故在施测中不要因为精度的裕度较大就任意放长视距。

(四) 地形点高程精度的估算

估算公式为：

$$m_h^2 = m_{站高}^2 + m_{算}^2 + m_{测}^2 \quad (2)$$

$$m_{测}^2 = D^2 \left[\frac{1}{4} \left(\frac{m_p}{D} \right)^2 \sin^2 2\alpha + \left(\frac{m_\alpha}{\rho} \right)^2 \cos^2 2\alpha \right] + m_i^2 + m_t^2 \quad (3)$$

式中 m_h 为地形点高程中误差，以米计；

$m_{站高}$ 为测站点高程中误差，取本规范允许的极限值： $\frac{1}{6}$ 基

本等高距，以米计；

$m_{算}$ 为计算中误差，取0.01米；

$m_{测}$ 为测量中误差；

$\frac{m_p}{D}$ 为视距测量的相对中误差；

D 为视距长度，以米计；

α 为垂直角；

m_α 为垂直角测量中误差，取 $\pm 1'$ ；

ρ 相应为3438'；

m_i 为仪器高量取中误差，取0.01米；

m_t 为觇标高量取中误差，取0.01米。

以不同的基本等高距、不同的垂直角和各种比例尺测图允许的最大视距及其相应的视距测量相对中误差代入(2)和(3)式，得平板仪测图地形点高程中误差的估算值如表S-4。

表 S-4

测 图 比 例 尺		1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
最 大 视 距 D (米)		70	120	200	300	400
相 应 的 $\frac{m_D}{D}$		$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{150}$
α 为 2° 时	基本等高距(米)	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
	估算的 m_h (米)	0.088	0.093	0.105	0.132	0.224
	m_h 允 许 值 (米)	0.167	0.167	0.167	0.167	0.333
α 为 6° 时	基本等高距(米)	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0
	估算的 m_h (米)	0.092	0.100	0.190	0.244	0.448
	m_h 允 许 值 (米)	0.167	0.167	0.333	0.333	0.667
α 为 25° 时	基本等高距(米)	0.5	1.0	1.0	2.0	5.0
	估算的 m_h (米)	0.14	0.23	0.31	0.67	1.32
	m_h 允 许 值 (米)	0.17	0.33	0.33	0.67	1.67

由此可见,按本规范的规定条款作业,地形点高程精度是有充分保证的。

二、平面控制测量

平面控制分为三级，即基本平面控制，图根控制和测站点。

(一) 各级平面控制的布设和精度比例关系

1. 精度梯度

测量控制点的点位总误差，在不考虑展点误差的情况下，一般是由起始数据误差和测量本身误差组成的，即：

$$m_{\text{总}}^2 = m_{\text{起}}^2 + m_{\text{测}}^2$$

或
$$m_{\text{总}} = m_{\text{测}} \left(1 + \frac{m_{\text{起}}^2}{m_{\text{测}}^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

将括号内展开并取前二项，得：

$$m_{\text{总}} = m_{\text{测}} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m_{\text{起}}^2}{m_{\text{测}}^2} \right)$$

为应用简化起见，要求尽可能使 $m_{\text{起}}$ 小到可以忽略不计的程度，也就是说相对地可将测量本身误差视为总误差。关于各级控制测量的精度梯度，有多种研究和推论。本规范采用比较简单、便于推算，级差较小、首级精度不致要求过高，因而易于实行的精度梯度。即要求在顾及或不顾及起始误差的情况下，总误差的变化不大于 $\frac{1}{10}$ 。

$$\frac{m_{\text{起}}^2}{2m_{\text{测}}^2} \leq \frac{1}{10}$$

则：

$$m_{\text{起}} \leq 0.45m_{\text{测}}$$

本规范凑整取 $m_{起}=0.5m_{测}$ 。由此得各级平面控制精度（不包括展点误差）如下：

基本平面控制点的点位中误差不大于图上0.05毫米；

图根控制点的点位中误差不大于图上0.1毫米；

测站点的点位中误差不大于图上0.2毫米。

2. 基本平面控制

基本平面控制包括四等以上三角网（点）（或导线）和五等三角锁、网（或导线），其各项基本技术指标见表S-5。

表 S-5

等 级	一般地区 平均边长 (公里)	水利枢纽区 平均边长 (公里)	测角中误差 (按三角闭 合差计算)	最弱边 边长相对 中误差	方位角 中误差	相对点位(或 边长)中误差
一等锁	20~25		$\pm 0''.7$	$\frac{1}{150000}$	$\pm 1''.0$	± 0.21 米
二等网	13		$\pm 1''.0$	$\frac{1}{150000}$	$\pm 1''.0$	± 0.11 米
三等网	8	4	$\pm 1''.8$	$\frac{1}{80000}$	$\pm 2''.0 \sim 3''.0$	$\pm 0.13 \sim 0.16$ 米
四等网	2~6	2	$\pm 2''.5$	$\frac{1}{40000}$	$\pm 3''.0 \sim 4''.0$	$\pm 0.12 \sim 0.13$ 米
五等锁网	0.5~5	1	$\pm 5''.0$ $\pm 10''.0$	$\frac{1}{10000}$		± 0.05 毫米 (图上)

注 表中四等以上锁、网的技术指标参见国家1:5000比例尺地形测量规范说明。

本规范只规定了五等三角和五等导线测量的各项要求。需要布设四等及四等以上三角（或导线）网时，按国家现行规范的有关规定作业，但在进行枢纽及其他重要工程的大比例尺地形测量时，应采取缩短边长等相应措施，以提高其点位精度。

本规范将五等三角（或五等导线）的测角中误差分为 $\pm 5''$ 和 $10''$ 两种规格，不论采用 $5''$ 或是 $10''$ 规格，只要按本规范作业，锁、网的最弱边都能达到同一精度。这是从水利水电建设的特点——水电站多位于峡谷河段，水库区又多呈树枝狭长带状以及水

利水电系统各单位仪器现状考虑的。因此，这样规定平面控制的布设既能保证精度要求，又比较灵活方便。

3. 图根控制

图根控制包括解析图根和图解图根。图根点的布设，对于1:500比例尺测图只可发展一次；对于1:1000、1:2000比例尺测图可连续发展两次；对于1:5000、1:10000比例尺测图可连续发展三次。在顾及起始数据误差的条件下，其最后一次发展的图根点最弱点的点位中误差仍应不大于图上 ± 0.1 毫米。图解图根误差较大，且不宜于再发展图根点，故本规范规定只用于1:5000、1:10000比例尺测图最后一次图根点的布设，其点位中误差不得大于图上0.2毫米（包括刺点误差在内）。

4. 测站点

当图根控制点密度不够时，可用解析法或图解法加密测站点，其点位中误差（包括展点或刺孔误差）不得大于图上 ± 0.3 毫米，以保证地物的必要精度。

（二）基 线 测 量

1. 基线必需精度的规定

与本说明二-（一）-1同理，起算边边长相对精度应比最弱边边长相对精度提高一倍，基线长度相对精度应比起算边边长相对精度再提高一倍，即：

$$\frac{m_b}{b} \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{m_s}{S} \leq \frac{1}{20000} \left(\text{本规范取 } \frac{m_s}{S} \text{ 为 } \frac{1}{10000}, \text{ 详见本说明二-（三）-1} \right)$$

明二-（三）-1

$$\frac{m_B}{B} \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{m_b}{b} \leq \frac{1}{40000}$$

式中 S 为最弱边边长;

b 为起算边边长;

B 为基线长。

2. 基线丈量测回数的规定

根据长江流域规划办公室勘测总队已丈量的86条二、三等基线的计算资料, 选择出具有代表性的18条基线进行分析。这些基线用24米钢钢基线尺丈量, 基线长度由336米~7054米, 基线平均相对高差由6.654米~24.155米, 一次丈量的 μ_0 值(以米为单位)为0.00002~0.00010(只考虑丈量本身的误差)。参照上列数据本规范在制定五等基线技术规格时, 对用钢钢带尺或钢线尺丈量的基线取 μ_0 值为三等基线最大误差的3倍, 即 $\mu_0 = 0.0003$; 用钢带尺丈量时, 基线的 μ_0 值取为三等基线的6倍, 即 $\mu_0 = 0.0006$ 。又基线丈量相对中误差与测回数的关系式为:

$$\frac{m_B}{B} = \frac{\mu_0}{\sqrt{2nB}} \quad (4)$$

式中 B 为基线长, 以米为单位;

μ_0 为一次丈量单位长度中误差, 以米为单位;

n 为丈量测回数。

为了保证基线测量总误差的相对中误差达到 $\frac{1}{40000}$, 取丈量误差为总误差的一半, 则基线的相对总中误差应除以 $\sqrt{2}$, 经过凑整得基线丈量相对中误差应为 $\frac{1}{60000}$ 。将 $\frac{m_B}{B}$ 、 B 、 μ_0 值代入

(4)式并凑整, 得五等基线丈量的测回数如表S-6。

3. 基线丈量往返(或各测次)较差的规定

基线丈量往返(或两次丈量)较差的估算公式为:

$$f_s = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \mu_0 \cdot \sqrt{B} \quad (5)$$

若基线长度 B 以公里为单位, 则

$$f_s = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \mu_0 \cdot 31.6 \sqrt{K}$$

式中 K 为以公里为单位的基线长。

表 S-6

钢尺类别	测 回 数					
	基线长度(米) 200~300		基线长度(米) 300~1000		基线长度(米) 1000以上	
	计算(凑整)	规范采用	计算(凑整)	规范采用	计算(凑整)	规范采用
钢钢带尺 或钢线尺	1	4	1	2	1	2
钢带尺	4	6	3	4	1	2

五等基线用钢钢带尺或钢线尺丈量时, 取 $\mu_0=0.0003$, 代入得:

$$f_s = 2 \times \sqrt{2} \times 0.0003 \times 31.6\sqrt{K} = 27\sqrt{K} \text{ 毫米}$$

五等基线若用钢带尺丈量, 取 $\mu_0=0.0006$ 。代入得:

$$f_s = 2 \times \sqrt{2} \times 0.0006 \times 31.6\sqrt{K} = 54\sqrt{K} \text{ 毫米}$$

规范从严分别取为 $20\sqrt{K}$ 毫米和 $36\sqrt{K}$ 毫米。这在实际作业中是不难达到的。

五等起始边丈量往返较差与基线丈量同。

(三) 五 等 三 角 测 量

1. 五等三角边长和最弱边边长相对中误差的规定

根据水利水电测量各单位历年的实测资料, 基本控制锁、网的边长大致如表 S-7。

考虑到边长规定过短不实用, 过长则最弱边相对精度等一系列要求必将提高, 不利作业, 故结合表 S-7 统计资料, 本规范规定五等三角的平均边长及最弱边边长应不大于图上 50 厘米, 以此作为设计相应规定的基础。由此规定最弱边的边长相对中误差为:

表 S-7

测 图 比 例 尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
实地长度 (公里)	0.3~0.5	0.5~0.6	0.8~1.2	1~3	3~6
图上长度 (厘米)	60~100	50~60	40~60	20~60	30~60

$$\frac{m_s}{S} \leq \frac{0.05}{500} \leq \frac{1}{10000}$$

若因条件限制, 平均边长尤其是最弱边长超过图上 50 厘米时, 应注意相应提高测角和量边精度, 以保证最弱边精度仍能达到此规定要求。

2. 测角中误差和图形权倒数的规定

三角锁、网最弱边的精度估算公式为:

一端有起算边的三角锁:

$$m_{igs}^2 = m_{igb}^2 + r''^2 \frac{1}{P_f} \quad (6)$$

两端有起算边的三角锁:

$$m_{igs}^2 = \frac{1}{2} m_{igb}^2 + r''^2 \frac{1}{4P_f} \quad (7)$$

式中 m_{igs} 为最弱边边长对数中误差;

m_{igb} 为起算边边长对数中误差;

$\frac{1}{P_f}$ 为图形权倒数, 按方向平差;

r'' 为方向中误差。

从 (6)、(7) 两式可以看出, 三角锁、网的方向中误差 r'' (或测角中误差 m'') 和图形权倒数 $\frac{1}{P}$ 应根据规定的最弱边边长对数中误差 m_{igs} 及起算边边长对数中误差 m_{igb} 来确定, 而 r'' (或 m'') 和 $\frac{1}{P}$ 是相互制约的, 应保持适当的平衡。本规范在确定 m''

和 $\frac{1}{P}$ 的指标时, 是以过去的经验和资料统计数据为依据的。五等三角的测角中误差取 $m'' = \pm 5''$ 和 $\pm 10''$, 又 $m'' = \sqrt{2} r''$, 代入 (6)、(7) 两式求算 $\frac{1}{P}$ 得:

当三角锁一端有起算边时:

$$\frac{1}{P} \leq \frac{2}{(m'')^2} (m_{igs}^2 - m_{igb}^2) \quad (8)$$

当三角锁两端有起算边时:

$$\frac{1}{P} \leq \frac{4}{(m'')^2} (2m_{igs}^2 - m_{igb}^2) \quad (9)$$

取基线网测角中误差 $m'' = \pm 5''$, 三角锁、网测角中误差 $m'' = \pm 5''$ 和 $\pm 10''$, 并算出最弱边边长对数中误差 $m_{igs} = \frac{m_s}{S} \cdot \mu \times 10^6 = \frac{0.43429 \times 10^6}{10000} = 43.429$, 起算边边长对数中误差 $m_{igb} = 21.7145$, 基线边边长对数中误差 $m_{igs} = 10.8572$ 代入 (8)、(9) 式, 再以 m_{igb} 替代 m_{igs} 、以 m_{igs} 替代 m_{igb} 代入 (8) 式, 算得各项图形权倒数 $\frac{1}{P}$ 值如表 S-8。

表 S-8

最弱边边长 相对中误差 $\frac{m_s}{S}$	测角中 误差 m''	图 形 权 倒 数 $\frac{1}{P}$					
		两端有起算边的五等锁、网		一端有起算边的五等锁、网		五等基线网	
		计算值	规采范用值	计算值	规采范用值	计算值	规采范用值
$\frac{1}{10000}$	$\pm 5''$	528	500	113	120	28	25
	$\pm 10''$	132	120	28	30		

注 图形权倒数以对数第六位为单位。