

资料和地形图、进行网形设计和精度估算、确定网的精度等级和观测方案。

3.4.5 三角形网的布设应符合下列规定：

1 首级控制网中的三角形，宜布设为近似等边三角形，三角形内角不宜小于 30° ；受地形条件限制时，不宜小于 25° ；

2 加密的控制网可采用插网或插点的形式；

3 三角形网点位的选定，除应符合本标准第 3.3.5 条的规定外，二等网视线距障碍物的距离不宜小于 2m。

3.4.6 三角形网点位的埋石应符合本标准附录 B 的规定，二、三、四等点应绘制点之记，一级及以下控制点可根据工程需要确定。

III 三角形网观测

3.4.7 三角形网的水平角观测宜采用方向观测法，二等三角形网也可采用全组合观测法。

3.4.8 三角形网的水平角观测，除应符合本标准第 3.4.1 条的规定，还应符合本标准第 3.3.7 条、第 3.3.8 条及第 3.3.10 条～第 3.3.13 条的规定。

3.4.9 二等三角形网测距边的边长测量主要技术要求应符合本标准第 3.4.1 条和表 3.4.9 的规定，并按本标准第 3.3.14 条、第 3.3.15 条及第 3.3.17 条、第 3.3.18 条的规定执行。

表 3.4.9 二等三角形网测距边的边长测量主要技术要求

平面控制网 等级	仪器精度 等级	每边测回数		一测回读数 较差 (mm)	单程各测回 较差 (mm)	往返较差 (mm)
		往	返			
二等	5mm 级 仪器	3	3	≤ 5	≤ 7	$\leq 2(a+b \cdot D)$

注：困难情况下，测边可采取不同时间段测量代替往返观测。

3.4.10 三等及以下等级的三角形网测距边的边长测量，除应符合本标准第 3.4.1 条规定外，其他要求应按本标准第 3.3.14 条～第 3.3.18 条规定执行。

IV 三角形网测量数据处理

3.4.11 观测数据中含有偏心测量成果时,应先进行归心改正计算。

3.4.12 三角形网的测角中误差应按式计算:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \quad (3.4.12)$$

式中: m_{β} ——测角中误差(");

W ——三角形闭合差(");

n ——三角形的个数。

3.4.13 水平距离计算和测边精度评定应按本标准第 3.3.20 条和第 3.3.22 条的规定执行。

3.4.14 当测区需要进行高斯投影时,四等及以上等级的方向观测值应进行方向改化,方向改化应按公式(3.4.14-1)、公式(3.4.14-2)计算,四等网也可采用简化公式,按公式(3.4.14-3)计算:

$$\delta_{1,2} = \frac{\rho}{6 R_m^2} (x_1 - x_2) (2y_1 + y_2) \quad (3.4.14-1)$$

$$\delta_{2,1} = \frac{\rho}{6 R_m^2} (x_2 - x_1) (y_1 + 2y_2) \quad (3.4.14-2)$$

$$\delta_{1,2} = -\delta_{2,1} = \frac{\rho}{2 R_m^2} (x_1 - x_2) y_m \quad (3.4.14-3)$$

式中: $\delta_{1,2}$ ——测站点 1 向照准点 2 观测方向的方向改化值(");

$\delta_{2,1}$ ——测站点 2 向照准点 1 观测方向的方向改化值(");

x_1, y_1, x_2, y_2 ——1、2 两点的坐标值(m);

R_m ——测距边中点处在参考椭球面上的平均曲率半径(m);

y_m ——1、2 两点的近似横坐标平均值(m)。

3.4.15 二、三等三角形网的水平角观测,在高山地区应对水平方向观测值应进行垂线偏差的修正。

3.4.16 测距边长度的归化投影计算应按本标准第 3.3.23 条规定执行。

3.4.17 三角形网外业观测结束后,应计算网的各项条件闭合差。

各项条件闭合差不应大于相应的限值：

1 角-极条件自由项的限值应按下式计算：

$$W_j = 2 \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum \cot^2 \beta} \quad (3.4.17-1)$$

式中： W_j ——角-极条件自由项的限值；

m_β ——相应等级的测角中误差（″）；

β ——求距角。

2 边(基线)条件自由项的限值应按下式计算：

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum \cot^2 \beta + \left(\frac{m_{s_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{s_2}}{S_2}\right)^2} \quad (3.4.17-2)$$

式中： W_b ——边(基线)条件自由项的限值；

$\frac{m_{s_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{s_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差。

3 方位角条件的自由项的限值应按下式计算：

$$W_f = 2 \sqrt{m_{\alpha_1}^2 + m_{\alpha_2}^2 + n m_\beta^2} \quad (3.4.17-3)$$

式中： W_f ——方位角条件的自由项的限值（″）；

m_{α_1} 、 m_{α_2} ——起始方位角中误差（″）；

n ——推算路线所经过的测站数。

4 固定角自由项的限值应按下式计算：

$$W_g = 2 \sqrt{m_g^2 + m_\beta^2} \quad (3.4.17-4)$$

式中： W_g ——固定角自由项的限值（″）；

m_g ——固定角的角度中误差（″）。

5 边-角条件的限值应由三角形中观测的一个角度与由观测边长根据各边平均测距相对中误差计算所得的角度限差，按下式计算：

$$W_r = 2 \sqrt{2 \left(\frac{m_D}{D} \rho\right)^2 (\cot^2 \alpha + \cot^2 \beta + \cot \alpha \cot \beta) + m_\beta^2} \quad (3.4.17-5)$$

式中： W_r ——观测角与计算角的角值限差（″）；

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差；

α, β ——三角形中观测角之外的另两个角；

m_β ——相应等级的测角中误差（″）。

6 边-极条件自由项的限值应按下列公式计算：

$$W_z = 2\rho \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha_w^2 + \alpha_f^2} \quad (3.4.17-6)$$

$$\alpha_w = \cot \alpha_i + \cot \beta_i \quad (3.4.17-7)$$

$$\alpha_f = \cot \alpha_i \pm \cot \beta_{i-1} \quad (3.4.17-8)$$

式中： W_z ——边-极条件自由项的限值（″）；

α_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和；

α_f ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和；四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差；

i ——三角形编号。

3.4.18 三角形网平差时，观测角（方向）和观测边应视为观测值参与平差，角度和距离的先验中误差应按本标准第 3.4.12 条、第 3.3.22 条的方法计算，也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值计算角度（方向）及边长的权。平差计算应符合本标准第 3.3.26 条、第 3.3.27 条的规定。

3.4.19 三角形网内业计算中数值取位要求，二等应符合表 3.4.19 的规定，其余各等级应符合本标准表 3.3.28 的规定。

表 3.4.19 内业计算中数值取位要求

等级	观测方向值及各项修正数（″）	边长观测值及各项修正数（m）	边长与坐标（m）	方位角（″）
二等	0.01	0.0001	0.001	0.01

3.5 自由设站测量

3.5.1 自由设站测量可适用于各等级控制网的加密及各类工程(施工、变形)测量中需要临时设站或传递坐标的测量,也可用于独立工程控制网的建立与加密测量。

3.5.2 作业前,应对周边既有控制点进行检查校核,并应选用符合要求且不少于3个控制点作为交会基准,设站点各观测方向之间的夹角宜为 $30^{\circ}\sim 120^{\circ}$ 。

3.5.3 四等及四等以上控制网的自由设站加密测量宜采用测角精度不低于 $2''$ 级、测距精度不低于 5mm 级的全站仪;四等以下的加密测量宜采用测角精度不低于 $6''$ 级、测距精度不低于 10mm 级的全站仪。

3.5.4 自由设站水平角观测应采用方向观测法,自由设站法的主要技术要求应符合本标准第3.4.1条的规定,并应满足本标准表3.3.8的规定及本标准第3.3.10条、第3.3.11条的有关规定。若需分组观测,应采用同一归零方向,并应重复观测一个方向。

3.5.5 自由设站距离测量宜与水平角观测同时进行,边角同测时的距离测回数宜与角度测回数相同,且半测回间的距离互差及测回间的距离互差,对于 5mm 级全站仪不应大于 7mm ,对于 10mm 级全站仪不应大于 15mm 。

3.5.6 作业时,宜同时测定测站的温度与气压值进行距离观测值气象改正,温度读数宜精确至 0.2°C ,气压读数宜精确至 0.5hPa 。

3.5.7 自由设站测量宜按下列步骤进行:

1 根据工程需要和周边控制点精度情况,应选择相应精度等级的全站仪;

2 应在无通视障碍的中心区域架设全站仪,在周边可通视的不应少于3点的既有控制点上架设反射棱镜和觇标,并应分别量取仪器高和觇标高,应精确至 1mm ;

3 应在全站仪中依次输入既有控制点的点名、坐标与高程

值,也可提前录入相关控制点的信息;

4 应量取并记录测站的温度与气压值,也可将气象元素直接输入全站仪;

5 应依次选择并瞄准既有控制点,应逐点逐测回进行方向和距离测量并应自动记录;

6 应利用自由设站数据处理软件,对观测数据进行处理,计算测站坐标与交会残差,并应进行残差分析;

7 若某个观测方向的计算残差超限,应舍弃超限方向,并应重新进行交会计算;

8 应在设站点的点位精度满足要求后进行其他工序的测量工作;

9 所有测量工作完成后,应进行归零检查,归零差不应大于本标准表 3.3.8 中相应等级同一方向各测回较差限差的 2 倍。

4 高程控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 高程控制测量精度等级宜划分为二、三、四、五等。各等级高程控制宜采用水准测量,四等及以下等级也可采用电磁波测距三角高程测量,五等还可采用卫星定位高程测量。

4.1.2 首级高程控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求选择。首级网应布设成环形网,加密网宜布设成附合路线或结点网。

4.1.3 测区的高程系统宜采用 1985 国家高程基准。在已有高程控制网的地区测量时,可沿用原有的高程系统;小测区不具备联测条件时,也可采用假定高程系统。

4.1.4 高程控制点间的距离,一般地区应为 1km~3km,工业厂区、城镇建筑区宜小于 1km。一个测区至少应有 3 个高程控制点。

4.2 水准测量

4.2.1 水准测量的主要技术要求应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪 级别	水准尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差	
					与已知点联测	附合或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
二等	2	—	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	—

续表 4.2.1

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路线长度 (km)	水准仪级别	水准尺	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差	
					与已知点联测	附和或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
三等	6	≤ 50	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
			DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往返各一次		
四等	10	≤ 16	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	15	—	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、单面	往返各一次	往一次	$30\sqrt{L}$	—

注:1 结点之间或结点与高级点之间的路线长度不应大于表中规定的 70%;

2 L 为往返测段、附和或环线的水准路线长度 (km), n 为测站数;

3 数字水准测量和同等级的光学水准测量精度要求相同,作业方法在没有特指的情况下均称为水准测量;

4 DSZ1 级数字水准仪若与条码式玻璃钢水准尺配套,精度降低为 DSZ3 级;

5 条码式因瓦水准尺和线条式因瓦水准尺在没有特指的情况下均称为因瓦水准尺。

4.2.2 水准测量所使用的仪器及水准尺应符合下列规定:

1 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i , DS1、DSZ1 型不应超过 $15''$, DS3、DSZ3 型不应超过 $20''$;

2 补偿式自动安平水准仪的补偿误差 $\Delta\alpha$, 二等水准不应超过 $0.2''$, 三等水准不应超过 $0.5''$;

3 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差, 线条式因瓦水准尺不应超过 0.15mm , 条形码尺不应超过 0.10mm , 木质双(单)面水准尺不应超过 0.50mm 。

4.2.3 水准点的布设与埋石应符合本标准第 4.1.4 条的规定, 并

应符合下列规定：

1 点位应选在稳固地段或稳定的建筑物上,并应方便寻找、保存和引测;采用数字水准仪作业时,水准路线还应避开电磁场的干扰;

2 宜采用水准标石,也可采用墙水准点;标志及标石的埋设应符合本标准附录 C 的规定;

3 埋设完成后,二、三等点应绘制点之记,四等及以下控制点可根据工程需要确定,必要时还应设置指示桩。

4.2.4 水准观测应在标石埋设稳定后进行。水准观测宜采用数字水准仪和条码式水准尺作业,也可采用光学水准仪和线条式因瓦尺或黑红面水准尺作业。

4.2.5 数字水准仪观测的主要技术要求应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 数字水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪 级别	水准尺 类别	视线 长度 (m)	前后视 的距离 较差(m)	前后视的 距离较差 累积(m)	视线离 地面最低 高度(m)	测站两次 观测的 高差较差 (mm)	数字水 准仪重复 测量 次数
二等	DSZ1	条码式 因瓦尺	50	1.5	3.0	0.55	0.7	2
三等	DSZ1	条码式 因瓦尺	100	2.0	5.0	0.45	1.5	2
四等	DSZ1	条码式 因瓦尺	100	3.0	10.0	0.35	3.0	2
	DSZ1	条码式 玻璃钢尺	100	3.0	10.0	0.35	5.0	2
五等	DSZ3	条码式 玻璃钢尺	100	近似相等	—	—	—	—

注:1 二等数字水准测量观测顺序,奇数站应为后—前—前—后,偶数站应为前—后—后—前;

2 三等数字水准测量观测顺序应为后—前—前—后;四等数字水准测量观测顺序应为后—后—前—前;

3 水准观测时,若受地面振动影响时,应停止测量。

4.2.6 光学水准仪观测的主要技术要求,应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 光学水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	视线长度(m)	前后视距差(m)	任一测站上前后视距差累积(m)	视线离地面最低高度(m)	基、辅分划或黑、红面读数较差(mm)	基、辅分划或黑、红面所测高差较差(mm)
二等	DS1、DSZ1	50	1.0	3.0	0.5	0.5	0.7
三等	DS1、DSZ1	100	3.0	6.0	0.3	1.0	1.5
	DS3、DSZ3	75				2.0	3.0
四等	DS3、DSZ3	100	5.0	10.0	0.2	3.0	5.0
五等	DS3、DSZ3	100	近似相等	—	—	—	—

注:1 二等光学水准测量观测顺序,往测时,奇数站应为后—前—前—后,偶数站应为前—后—后—前;返测时,奇数站应为前—后—后—前,偶数站应为后—前—前—后;

2 三等光学水准测量观测顺序应为后—前—前—后;四等光学水准测量观测顺序应为后—后—前—前;

3 二等水准视线长度小于 20m 时,视线高度不应低于 0.3m;

4 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时,所测两次高差较差,应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

4.2.7 两次观测高差较差超限时应重测。重测后,二等水准应选取两次异向观测的合格结果,其他等级应将重测结果与原测结果分别比较,较差不超过限值时,应取两次测量结果的平均数。

4.2.8 当水准路线需跨越江河、湖塘、宽沟、洼地、山谷等时,应符合下列规定:

1 水准作业场地应选在跨越方便的地方,标尺点应设立木桩或选择符合要求的固定标志。

2 两岸测站和立尺点应对称布设;跨越距离小于 200m 时,可采用单线过河;大于 200m 时,应采用双线过河并组成四边形闭

合环；往返较差、环线闭合差应符合本标准表 4.2.1 的规定。

3 跨河水准观测的主要技术要求应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 跨河水准观测的主要技术要求

跨越距离 (m)	观测次数	单程测 回数	半测回远尺 读数次数	测回差(mm)		
				三等	四等	五等
<200	往返各一次	1	2	—	—	—
200~400	往返各一次	2	3	8	12	25

注：1 一测回的观测顺序应为先读近尺，再读远尺；仪器搬至对岸后，不动焦距先读远尺，再读近尺；

2 当采用双向观测时，两条跨河视线长度宜相等，两岸岸上长度宜相等，并应大于 10m；当采用单向观测时，可分别在上午、下午各完成半数工作量。

4 当跨越距离小于 200m 时，也可采用在测站上变换仪器高度的方法进行，两次观测高差较差不应超过 7mm，应取平均值作为观测高差。

4.2.9 水准测量的数据处理应符合下列规定：

1 每条水准路线分测段施测时，应按下式计算每千米水准测量的高差偶然中误差，绝对值不应超过本标准表 4.2.1 中相应等级每千米高差全中误差的 1/2。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.2.9-1)$$

式中： M_{Δ} ——高差偶然中误差(mm)；

Δ ——测段往返高差不符值(mm)；

L ——测段长度(km)；

n ——测段数。

2 水准测量结束后，应按下式计算每千米水准测量高差全中误差，绝对值不应超过本标准表 4.2.1 中相应等级的规定。

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \quad (4.2.9-2)$$

式中: M_w ——高差全中误差(mm);

W ——附和或环线闭合差(mm);

L ——计算各 W 时,相应的路线长度(km);

N ——附和路线和闭合环的总个数。

3 当二、三等水准测量与国家水准点附和时,高山地区应进行正常位水准面不平行改正和重力异常归算改正。

4 各等级水准网,应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差。

5 高程成果的取值,二等水准应精确至 0.1mm,三、四、五等水准应精确至 1mm。

4.3 电磁波测距三角高程测量

4.3.1 电磁波测距三角高程测量宜在平面控制点的基础上布设成三角高程网或高程导线。

4.3.2 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差(mm)	边长(km)	观测方式	对向观测高差较差(mm)	附和或环线闭合差(mm)
四等	10	≤ 1	对向观测	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\sum D}$
五等	15	≤ 1	对向观测	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\sum D}$

注:1 D 为测距边的长度(km);

2 起讫点的精度等级,四等应起讫于不低于三等水准的高程点上,五等应起讫于不低于四等的高程点上;

3 路线长度不应超过相应等级水准路线的总长度。

4.3.3 电磁波测距三角高程观测的技术要求应符合下列规定:

1 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求应符合表 4.3.3

的规定。

表 4.3.3 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

等级	垂直角观测				边长测量	
	仪器精度等级	测回数	指标差较差(″)	测回较差(″)	仪器精度等级	观测次数
四等	2″级仪器	3	$\leq 7''$	$\leq 7''$	10mm级仪器	往返各一次
五等	2″级仪器	2	$\leq 10''$	$\leq 10''$	10mm级仪器	往一次

2 垂直角的对向观测,当直觐完成后应即刻迁站进行返觐测量。

3 仪器、反光镜或觇牌的高度,应在观测前后各量测 1 次,并应精确至 1mm,取平均值作为最终高度。

4.3.4 电磁波测距三角高程测量的数据处理应符合下列规定:

- 1 直返觐的高差应进行地球曲率和大气折光差的改正;
- 2 平差前应按本标准公式(4.2.9-2)计算每千米高差全中误差;
- 3 各等级高程网应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差;
- 4 高程成果的取值应精确至 1mm。

4.4 卫星定位高程测量

4.4.1 卫星定位高程测量可适用于五等高程测量。若需采用卫星定位技术进行更高等级的高程测量,特别是较大区域范围的高程测量或跨河高程传递,则应进行专项设计与论证,并应符合本标准高程精度的相关要求。

4.4.2 卫星定位高程测量作业宜与平面控制测量一起进行,并应符合本标准第 3.2 节的有关规定。

4.4.3 卫星定位高程测量的水准点联测应符合下列规定:

- 1 卫星定位高程网宜与四等或四等以上的水准点联测;联测

的高程点宜分布在测区的四周和中央;若测区为带状地形,联测的高程点应分布于测区两端及中部两侧;

2 联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 1.5 倍,相邻联测点之间距离宜小于 10km;

3 地形高差变化大的地区应增加联测的点数,联测点数宜大于选用计算模型中未知参数个数的 2 倍。

4.4.4 卫星定位高程测量数据处理应符合下列规定:

1 应利用区域似大地水准面精化成果或当地的重力大地水准面模型、资料;

2 对联测的已知高程点应进行可靠性检验,应剔除不合格点;

3 对于地形平坦的小测区,可采用平面拟合模型;对于地形有起伏的大面积测区,宜采用曲面拟合模型或采用分区拟合的方法进行;

4 拟合高程计算,不应超出拟合高程模型所覆盖的范围。

4.4.5 对卫星定位高程测量成果,应进行检验,检测点数不应少于全部高程点的 5%,并不应少于 3 个点;高差检验可采用相应等级的水准测量方法或电磁波测距三角高程测量方法进行,高差较差的限值应按下式计算:

$$\Delta_h = 30 \sqrt{D} \quad (4.4.5)$$

式中: Δ_h ——高差较差的限值(mm);

D ——检查路线的长度(km)。

5 地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 根据工程的设计阶段、规模大小和运营管理需要,地形图测图的比例尺可按表 5.1.1 选取。

表 5.1.1 地形图测图的比例尺

比例尺	用 途
1 : 5000	可行性研究、总体规划、厂址选择、初步设计等
1 : 2000	可行性研究、初步设计、施工图设计、矿山总图管理、城镇详细规划等
1 : 1000	初步设计、施工图设计;城镇、工矿总图管理;竣工验收等
1 : 500	

注:1 精度要求低的专用地形图,可按小一级比例尺地形图的规定进行测绘或利用小一级比例尺地形图放大成图;

2 局部施测大于 1 : 500 比例尺的地形图,除另有要求外,可按 1 : 500 地形图测量的要求执行。

5.1.2 地形测量图形成果宜包括纸质地形图成果及数字地形成果。数字地形成果宜包括数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图及数字三维模型,地形测量图形成果的主要特征可按表 5.1.2 分类。

表 5.1.2 地形测量图形成果的主要特征

产品特征	图形成果类型				
	纸质地形图 原图	数字地形测量图形成果			
		数字线划图	数字高程 模型	数字正射 影像图	数字三维 模型
数据来源	平板测图、 人工手绘、模 拟航测成图等	全站仪测 图、卫星定位 实时动态测 图、数字航空 摄影测量、扫 描数字化等	数字航空 摄影、机载激 光雷达、3D 激 光扫描等	数字航空 摄影、低空无 人机摄影、遥 感影像等	数字航空 (地面)摄影、 倾斜摄影测 量、3D 激光扫 描等

续表 5.1.2

产品特征	图形成果类型				
	纸质地形图 原图	数字地形测量图形成果			
		数字线划图	数字高程 模型	数字正射 影像图	数字三维 模型
技术特性	纸质图可量测、透明底图可晒图复制等	可量测、编辑、计算、矢量格式、自由缩放、叠加、漫游、查询等	立体直观、自由旋转、可量测切割等	精度高、信息丰富、直观逼真、现势性强等	真实性强、性价比高、立体直观、自由旋转、单张影像可量测等
表达方法	线划、颜色、符号、注记、等高线、分幅、图廓整饰等	用计算机可识别的代码系统表达线划、颜色、符号、注记、等高线、分幅、图廓整饰和属性特征等	矩形格网或三角网(TIN)构建模型等	同时具有地图几何精度和影像特征的图像	真实反映地物外观、位置、高度等属性的三维数据模型等
数学精度	测量及图解精度	测量精度	格网精度、分辨率	空间分辨率	空间分辨率、纹理质量
提交成果	纸图、必要时附细部点成果表等	各类文件：如原始文件、成果文件、图形信息数据文件、元数据等	DEM数据、元数据和文档资料等	DOM数据、元数据和文档资料等	DSM数据、纹理数据和文档资料等
工程应用	几何作图等	生成地理空间数据库和数字线划图供规划设计使用等	数字沙盘、土石方量计算、线路工程选线等	城市规划管理、农村土地调查、区域(流)域生态监测等	应急指挥、国土资源管理、数字城市、灾害评估、房产税收等

5.1.3 地形的类别划分和基本等高距的确定应符合下列规定：

1 应根据地面倾角 α 大小确定地形类别；

平坦地： $\alpha < 2^\circ$ ；

丘陵地： $2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$ ；

山地： $6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$ ；

高山地： $\alpha \geq 25^\circ$ 。

2 基本等高距应按表 5.1.3 选取。

表 5.1.3 基本等高距 (m)

地形类别	比 例 尺			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
平坦地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	1	2	5
山地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

注：1 一个测区同一比例尺，宜采用一种基本等高距；

2 水域测图的基本等深距，可按水底地形倾角所比照的地形类别和测图比例尺选择。

5.1.4 地形测量数据源的获取，宜采用 RTK 测图、全站仪测图、地面三维激光扫描测图、移动测量系统测图、低空数字摄影测图、机载激光雷达扫描测图及扫描数字化等方法。

5.1.5 地形测图依照工程测量的区域类型，可划分为一般地区地形测图、城镇建筑区地形测图、工矿区现状图测量和水域地形测量。

5.1.6 数字线划图的基本精度要求应符合下列规定：

1 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差，不应超过表 5.1.6-1 的规定。

表 5.1.6-1 图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差(mm)

区域类型	点位中误差
一般地区	0.8
城镇建筑区、工矿区	0.6
水域	1.5

注:1 施测困难的一般地区测图,点位中误差不宜超过表中限差的 1.5 倍;

2 1:500 比例尺水域测图、其他比例尺水深超出 20m 的开阔水域测图,点位中误差不宜超过相应比例尺图上 2.0mm。

2 等高(深)线的插求点或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差,不应超过表 5.1.6-2 的规定。

表 5.1.6-2 等高(深)线的插求点或数字高程模型格网点
相对于邻近图根点的高程中误差

一般地区	地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差(m)	$\frac{1}{3}h_d$	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$
水域	水底地形倾角 α	$\alpha < 2^\circ$	$2^\circ \leq \alpha < 6^\circ$	$6^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	$\alpha \geq 25^\circ$
	高程中误差(m)	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$	$\frac{3}{2}h_d$

注:1 h_d 为地形图的基本等高距(m);

2 施测困难的一般地区测图,高程中误差不宜超过表中相应限差的 1.5 倍;

3 当水深大于 20m 或工程精度要求不高时,水域测图的高程中误差不宜超过表中相应限差的 2 倍。

3 工矿区建(构)筑物按用途可分为主要建(构)筑物和一般建(构)筑物两种类型,细部坐标点的点位和高程中误差,不应超过表 5.1.6-3 的规定。

表 5.1.6-3 工矿区细部坐标点的点位和高程中误差(mm)

地物类别	点位中误差	高程中误差
主要建(构)筑物	50	20
一般建(构)筑物	70	30