

测绘规范及限差

《工程测量规范》(GB50026—93)

发布与实施时间：1993-03-26 发布，1993-08-01 实施，

适用范围：城镇、工矿企业、交通运输和能源等工程建设的勘察、设计、施工以及生产（运营）阶段的通用性测绘工作。

内容：控制测量、采用非摄影测量方法的 1：500～1：5000 比例尺测图、线路测量、绘图与复制、施工测量、竣工总图编绘与实测和变形测量。

《水利水电工程施工测量规范》(SL52—93)

发布与实施时间：1993-06-25 发布，1993-12-01 实施

适用范围：水利水电工程施工阶段的测量工作。

内容：控制测量、放样的准备与方法、开挖工程测量、立模与填筑放样、金属结构和机电设备安装测量、地下洞室测量、辅助工程测量、施工场地地形测量、疏浚及渠堤施工测量、竣工测量、施工期间的外部变形监测。

《建筑变形测量规程》(JGJ/T 8—97)

发布与实施时间：1998 年 6 月 1 日施行

适用范围：工业与民用建筑物（包括构筑物）的地基基础、上部结构及其场地的各种沉降（包括上升）测量和位移测量。

《城市测量规范》(CJJ 8—99)

发布与实施时间：1999-02-10 发布，1999-07-01 施行

适用范围：城市规划、城市地籍管理和城市各项建设工程的勘测、设计、竣工以及城市管理的通用性测绘工作。

《全球定位系统城市测量技术规程》(CJJ 73—97)

发布与实施时间：1997-04-25 发布，1997-10-01 施行

适用范围：城市各等级控制网测量，城市地籍控制网测量和工程控制网测量。当进行城市地形形变监测控制网测量时，可参照本规范执行。

《水利水电工程施工测量规范》(SL52—93)

表 1 光电测距附和(闭合)导线技术要求

等级	附和(闭合) 导线总长 (km)	平均 边长 (m)	测 角 中误差 (")	测 距 中误差 (mm)	全长相对 闭合差	方位角 闭合差 (")	测距要求	
							测距仪 等 级	测回数
三	3.2	400	1.8	5	1:55000	$\pm 3.6 \sqrt{n}$	2	2
	3.5	600		5	1:60000		2	2
	5.0	800		2	1:70000		1	2
四	1.8	300	2.5	7	1:35000	$\pm 5 \sqrt{n}$	3	2
	3.0	500		5	1:45000		2	2
	3.5	700		5	1:50000		2	2
五	2.0	200	5	10	1:18000	$\pm 10 \sqrt{n}$	3~4	2
	2.4	300		10	1:20000		3~4	2
	3.0	500		7	1:25000		3	2

注：表中所列的技术要求,符合最弱点点位中误差不大于 10mm(三、四等)和 20mm(五等)

1. 当导线网作为首级控制时,应布设成环形结点网,各导线环的长度不应大于表 1 中规定总长的 0.7 倍。
2. 加密导线,宜以直伸形状布设,附和于首级网点上。各导线点相邻边长不宜相差过大。

表 2 水平角方向观测法技术要求

等级	经纬仪型号	光学测微器 两次重合读 数差 (")	两次照准读 数差 (")	半测回归零 差 (")	一测回中 2c 较差 (")	同方向值各 测回互差 (")
二、三、四	DJ1	1	4	6	9	6
	DJ2	3	6	8	13	9
五	DJ2	3	6	8	13	9
	DJ6	—	12	18	—	24

注：当观测方向的垂直角大于 $\pm 3^\circ$ 时,按相邻测回同方向进行比较,其差值仍应符合上表规定。

一、水平角观测误差超限时,应在原位置上进行重测,并符合下列规定:

- (1) 上半测回归零差或零方向 2c 超限,该测回应立即重测,但不计重测测回数。
- (2) 同测回 2c 较差或各测回同一方向值较差超限,可重测超限方向(应联测原零方向)。
一测回中,重测方向数,超过测站方向总数的 1/3 时,该测回应重测。
- (3) 因测错方向、读错、记错、气泡中心位置偏移超过一格或个别方向临时被挡,均可随时进行重测。

二、观测手簿的记录、检查和观测数据的划改,应遵守下列规定:

- (1)、水平角观测的秒值读、记错误,应重新观测,度分读、记错误可在现场更正。但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字。
- (2)、天顶距观测中,分的读数在各测回中不得连环更改。
- (3)、距离测量中,每测回开始要读、记完整的数字,以后可读、记尾数。厘米以下数字不得划改。米和厘米部分的读、记错误,在同一距离的往返测量中,只能划改一次。

三、水平角观测结束后,其测角中误差按下列公式计算:

导线（网）测角中误差的计算方法分两种情况：

(1)、按左、右角闭合差计算： $m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}}$

(1-1)

(2)、按导线方位角闭合差计算： $m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{f_{\beta}^2}{nN}}$

(1-2)

其中：Δ-----左、右角之和 360° 与之差

f_{β} -----附和导线（或闭合导线）的方向角闭合差；

n-----三角形个数或计算 f_{β} 的测站数

N-----附和导线或闭合导线环的个数。

表 3 内业计算数字取位要求

等级	观测方向值（″）	改正数		边长坐标值 （mm）	方位角值（″）
		方向（″）	长度（mm）		
二	0.01	0.01	0.1	0.1	0.01
三～四	0.1	0.1	1.0	1.0	0.1
五	1	1	1.0	1.0	1.0

表 4 等级水准测量的技术要求

等级		二	三	四	五
M_{Δ} (mm)		$\leq \pm 1$	± 3	± 5	± 10
M_w (mm)		$\leq \pm 2$	± 6	± 10	± 20
仪器型号		DS05, DS1	DS1, DS3	DS3	DS3
水准尺		因瓦	因瓦、双面	双面	双面、单面
观测方法		光学测微法	光学测微法 中丝读数法	中丝读数法	中丝读数法
观测顺序		奇数站: 后前前后 偶数站: 前后后前	后前前后	后后前前	—
观测次数	与已知点联测	往返	往返	往返	往返
	环线或附和	往返	往返	往	往
往返较差、环线或附和线路 闭合差 (mm)	平丘地	$\pm 4\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 30\sqrt{L}$
	山地	—	$\pm 3\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$	$\pm 10\sqrt{n}$

注: n 为水准路线单程测站数, 每公里多于 16 站, 按山地计算闭合差限差;

M_{Δ} 为每 Km 高程测量高差中数的偶然中误差, M_w 为每 Km 高程测量高差中数的全中误差。

表 5 等级水准测量测站的技术要求

等级	二		三		四	五
仪器型号	DS05	DS1	DS1	DS3	DS3	DS3
视线长度(m)	≤ 60	≤ 50	≤ 100	≤ 75	≤ 80	≤ 100
前后视距差(m)	≤ 1.0		≤ 2.0		≤ 3.0	大致相等
前后视距差累积差(m)	≤ 3.0		≤ 5.0		≤ 10.0	—
视线离地面最低高度(m)	下丝 ≥ 0.3		三丝能读数		三丝能读数	—
基辅分划(黑红面)读数较差(mm)	0.5		光学测微法 1.0 中丝读数法 2.0		3.0	—
基辅分划(黑红面)读数较差(mm)	0.6		光学测微法 1.0 中丝读数法 3.0		5.0	—

注: 当采用单面标尺四等水准测量时, 变动仪器高度两次所测高差之差与黑红面所测高差之差的要求相同。

表 6 光电测距三角高程测量的技术要求

等级	经纬 仪型 号	最大边长（m）			天顶距观测				仪高丈 量精度 （mm）	对 向 高 差 较 差 mm	附、闭合差 （ ” ）
		单 向	对 向	隔点 设站	测回数		指标较 差”	测回 差”			
					中丝	三丝					
三	DJ1 DJ2	—	500	300	4	2	9	9	±1	±50D	±12√[D]
四	DJ2	300	800	500	3	2	9	9	±2	±70D	±20√[D]
五	DJ2	1000	—	500	2	1	10	10	±2	—	±30√[D]

注: D 为平距, 以公里记。

《工程测量规范》（GB50026—93）（1993-03-26 发布，1993-08-01 实施）

表 7 导线测量的主要技术要求

等级	导线长度 (Km)	平均边长 (Km)	测距中误差 (mm)	测角中误差 (″)	测距相对中误差	测回数			方位角闭合差 (″)	相对闭合差
						DJ1	DJ2	DJ6		
三等	14	3	≤±20	≤±1.8	≤1/150000	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	≤1/55000
四等	9	1.5	≤±18	≤±2.5	≤1/80000	4	6	—	$5\sqrt{n}$	≤1/35000
一级	4	0.5	≤±15	≤±5	≤1/30000	—	2	4	$10\sqrt{n}$	≤1/15000
二级	2.4	0.25	≤±15	≤±8	≤1/14000	—	1	3	$16\sqrt{n}$	≤1/10000
三级	1.2	0.1	≤±15	≤±12	≤1/7000	—	1	2	$24\sqrt{n}$	≤1/5000

注：1 表中 n 为测站数；

2. 测区测图的最大比例尺为 1：1000 时，一、二、三级导线的平均边长及总长可适当放长，但最大长度不应大于表中规定的 2 倍。

3. 导线平均边长较短时，应控制导线边数，但不得超过表 5—1 相应等级导线长度和平均边长算得的边数；当导线长度小于表 5—1 规定长度的 1/3 时，导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm。

4. 导线宜布设成直伸形状，相邻边长不宜相差过大。当附合导线长度超过规定时，应布设成结点网形。结点与结点、结点与高级点之间的导线长度，不应大于表 5—1 中规定长度的 0.7 倍。

当导线网用作首级控制时，应布设成环形网，网内不同环节上的点不宜相距过近。

表 8 水平角方向观测法技术要求

等级	经纬仪型号	光学测微器两次重合读数差 (″)	半测回归零差 (″)	一测回中 2c 较差 (″)	同方向值各测回互差 (″)
四等及以上	DJ1	1	6	9	6
	DJ2	3	8	13	9
一级及以下	DJ2	—	12	18	9
	DJ6	—	18	—	24

注：当观测方向的垂直角大于±3°时，该方向 2 倍照准差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较。

表 9 内业计算中数字取值精度的要求

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)	函数位数	边长与坐标 (m)	方位角值 (″)
二等	0.01	0.0001	8	0.001	0.01
三、四等	0.1	0.001	7	0.001	0.1
一级及以下	1	0.001	7	0.001	1

表 10 水准测量的主要技术要求

等级		二等	三等		四等	五等
路线长度 (Km)		—	≤50		≤16	—
M_w (mm)		2	6		10	15
仪器型号		DS1	DS1	DS3	DS3	DS3
视线长度 (m)		50	100	75	100	100
前后视较差 (m)		1	3		5	大致相等
前后视累积差 (m)		3	6		10	—
视线离地面高度 (m)		0.5	0.3		0.2	—
基辅分划或黑红面读数较差 (mm)		0.5	1.0	2.0	3.0	—
基辅分划或黑红面所测高差较差 (mm)		0.7	1.5	3.0	5.0	—
水准尺		因瓦	因瓦、双面		双面	单面
观测次数	与已知点联测	往返	往返		往返	往返
	环线或附和	往返	往返		往	往
往返较差、环线或附和线路闭合差 (mm)	平丘地	$\pm 4\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{L}$		$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 30\sqrt{L}$
	山 地	—	$\pm 4\sqrt{n}$		$\pm 6\sqrt{n}$	—

注：n 为水准路线单程测站数，每公里多于 16 站，按山地计算闭合差限差， M_w 为每 Km 高程测量高差中数的全中误差。二等水准视线长度小于 20m 时，其视线高度不应低于 0.3m

表 12 电磁波测距三角高程测量的技术要求

等级	仪器	测回数		指标差较差 (″)	测回差 (″)	对向高差较差 (mm)	附、闭合差 (″)
		中丝法	三丝法				
四等	DJ2	3	—	≤7	≤7	$40\sqrt{D}$	$20\sqrt{\Sigma D}$
五等	DJ2	2	1	≤10	≤10	$60\sqrt{D}$	$30\sqrt{\Sigma D}$

注：D 为平距，以公里记。

地形测量：

表 13 测图比例尺的选用

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、矿山总图管理、城镇详细规划
1:1000 1:500	初步设计、施工图设计；城镇、工矿总图管理；竣工验收及工业普查等。

注：对于精度要求较低的专用地形图，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。

地形类别划分，应根据地面倾角（ α ）大小确定，并应符合下列规定：

平坦地： $\alpha < 3^\circ$

丘陵地： $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$

山 地： $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$

高山地： $\alpha \geq 25^\circ$

表 14-1 一般地区解析图根点的个数

测图比例尺	图幅尺寸（cm）	解析控制点（个数）
1:500	50 × 50	8
1:1000	50 × 50	12
1:2000	50 × 50	15
1:5000	40 × 40	30

表 14-2 地形图的基本等高距（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、同一城市或测区的同一比例尺地形图，宜采用一种基本等高距。此时不同地形类别的等高线插求点高程精度要求，可按相应的地形类别应采用的基本等高距分别推算；

2、同一幅图不得采用两种基本等高距。

表 15 图根导线测量的主要技术要求

导线长度（m）	边长	DJ6 测回数	测角中误差（″）		方位角闭合差（″）		相对闭合差（″）
			一般	首级控制	一般	首级控制	
≤M	≤1.5H	1	30	20	$60\sqrt{n}$	$40\sqrt{n}$	≤1/2000

注：M 为测图比例尺的分母，H 为测图最大视距，n 为测站数；

隐蔽或施测困难地区导线相对闭合差可放宽，但不应大于 1/1000。

表 16 图根支导线（极坐标）平均边长及边数

测图比例尺	平均边长（m）	导线边数	极坐标边长(m)
1:500	100	2	300
1:1000	150	2	500
1:2000	250	3	700
1:5000	350	4	1000

表 17 图根经纬仪三角测量的主要技术要求

边长 Km	DJ6 测回数	对向观测高差较差（mm）	附和、闭合差（m）
≤0.5	1	≤400S	$0.1 H_d \sqrt{n}$

注：S 为边长，n 为边数， H_d 为等高距（m）边长大于 400m 时，应考虑地球曲率和折光差的影响。

《城市测量规范》（CJJ 8—99）（1999-7-01 实施）

表 18-1 光电测距导线的主要技术要求

等级	闭合环或附和导线长度(Km)	平均边长(m)	测距中误差(mm)	测角中误差(″)	导线全长相对闭合差
三等	15	3000	≤±18	≤±1.5	≤1/60000
四等	10	1600	≤±18	≤±2.5	≤1/40000
一级	3.6	300	≤±15	≤±5	≤1/14000
二级	2.4	200	≤±15	≤±8	≤1/10000
三级	1.5	120	≤±15	≤±12	≤1/6000

表 18-2 导线测量水平角观测技术要求

等级	测角中误差(″)	测回数			方位角闭合差(″)
		DJ1	DJ2	DJ6	
三等	≤±1.5	8	12	—	$≤±3\sqrt{n}$
四等	≤±2.5	4	6	—	$≤±5\sqrt{n}$
一级	≤±5	—	2	4	$≤±10\sqrt{n}$
二级	≤±8	—	1	3	$≤±16\sqrt{n}$
三级	≤±12	—	1	2	$≤±24\sqrt{n}$

注：n 为测站数

表 18-3 水平角方向观测法的各项限差 (″)

经纬仪型号	光学测微器两次重合读数差	半测回归零差	一测回 2c 较差	同方向各测回较差
DJ1	1	6	9	6
DJ2	3	8	13	9
DJ6	-	18	-	24

注：当观测方向的垂直角大于 $\pm 3^\circ$ 时，该方向 2 倍照准差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较，手簿中注明。

表 18-4 垂直角观测的测回数与限差

项目		二、三等		四等，一、二级小三角		一、二、三级导线	
		DJ1	DJ2	DJ2	DJ6	DJ2	DJ6
测回	中丝	4		2	4	1	2
	三丝	2		1	2	-	1
垂直角测回差″		10	15	15	25	15	25
指标差较差″							

表 19 水准测量计算小数位的取位

等级	往(返)测距离 总和(Km)	往返测距离中 数(Km)	各测站高差 (mm)	往(返)测高差 总和(mm)	往(返)测高差 中数(mm)	高程 (mm)
二等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1
三等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0
四等	0.01	0.1	0.1	1.0	1.0	1.0

表 20 地形图的基本等高距(m)

基本等高距 比例尺		1:500	1:1000	1:2000
地形类别				
平地		0.5	0.5	0.5、1
丘陵地		0.5	0.5、1	1
山地		0.5、1	1	2
高山地		1	1、2	2

注：1、同一城市或测区的同一比例尺地形图，宜采用一种基本等高距。此时不同地形类别的等高线插求点高程精度要求，可按相应的地形类别应采用的基本等高距分别推算；2、同一幅图不得采用两种基本等高距。

表 21-1 图根光电测距导线测量的技术要求

比例尺	附和导线 长度 (m)	平均边长 (m)	导线相对 闭合差(″)	测回数 DJ6	方位角 闭合差	测距	
						仪器类型	方法与测回数
1: 500	900	80	$\leq 1/4000$	1	$\leq \pm 40\sqrt{n}$ (n 为测站数)	II 级	单程观测 1
1: 1000	1800	150					
1: 2000	3000	250					

表 21-2 图根三角高程技术要求

仪器	测回	垂直角、指标差 较差(″)	对相观测高差、单向 两次高差较差(m)	多方向推算的高程 较差(m)	附、闭合差 (m)
DJ6	1	≤ 25	$\leq 0.4S$ (Km)	≤ 0.2 等高距	$\pm 40\sqrt{[D]}$

表 22 水准测量的主要技术要求

等级			二等		三等		四等	
路线长度（Km）			400		45		15	
M_{Δ} （mm）			$\leq \pm 1$		± 3		± 5	
M_w （mm）			$\leq \pm 2$		$\leq \pm 6$		$\leq \pm 10$	
观测顺序	往测	奇数站	后前前后		后—前—前—后		后前前后	
		偶数站	前后后前		DS1 仪器因瓦标尺			
	返测	奇数站	前后后前		可进行单程双转点			
		偶数站	后前前后		观测			
准尺类型			因瓦		双面	因瓦	双面单面	因瓦
仪器型号			DS1	DS05	DS1/DS05	DS3	DS3	DS1
视线长度（m）			50	60	80	65	80	100
前后视较差（m）			1		3		5	
前后视累积差（m）			3		6		10	
视线离地面高度（m）			下丝读数 ≥ 0.3		三丝能读数		三丝能读数	
上下丝读数平均值与		5mm 刻划标尺	1.5		—		—	
中丝读数差（mm）		10mm 刻划标尺	3.0					
基辅分划或黑红面读数较差（mm）			0.4		光学 1.0	中丝 2.0	3.0	
基辅分划或黑红面所测高差较差（mm）			0.6		光学 1.5	中丝 3.0	5.0	
单程双转点观测左右路线转点差（mm）			—		1.5	—	4.0	
检测间歇点高差的差（mm）			1.0		3.0		5.0	
观测次数	与已知点联测		往返		往返		往返	
	环线或附和		往返		往返		往	
测段往返高差不符值 mm			$\leq \pm 4 \sqrt{L_s}$		$\leq \pm 12 \sqrt{L_s}$		$\leq \pm 20 \sqrt{L_s}$	
测段左右高差不符值 mm			—		$\leq \pm 8 \sqrt{L_s}$		$\leq \pm 14 \sqrt{L_s}$	
往返较差、环线或附		平丘地	$\pm 4 \sqrt{L}$		$\pm 12 \sqrt{L}$		$\pm 15 \sqrt{L}$	
合线路闭合差（mm）		山 地			$\pm 15 \sqrt{L}$		$\pm 25 \sqrt{L}$	
检测已测测段高差之差 mm			$\leq \pm 6 \sqrt{L_i}$		$\leq \pm 20 \sqrt{L_i}$		$\leq \pm 30 \sqrt{L_i}$	

注：1、 M_w 为每 Km 高程测量高差中数的全中误差， M_{Δ} 为每 Km 高程测量高差中数的偶然中误差， L_s

为测段、区段或路线长度，L 为附和路线或环线长度， L_i 为检测测段长度，均以公里记；

2、山区指路线中最大高差超过 400 米的地区；

3、水准环线由不同等级水准路线构成时，闭合差的限差应按各等级路线长度分别计算，然后取其平方根为限差；检测已测测段高差之差的限差，对单程及往返检测均适用；检测长度小于 1 公里时，按 1 公里计算；

4、当成像清晰稳定时，三、四等水准观测视线长度可以放长 20%。

《建筑变形测量规程》(JGJ/T 8—97) 1998 年 6 月 1 日施行

表 23 建筑变形测量的等级及其精度要求

变形测量等级	沉降观测	位移观测	适用范围
	观测点测站高差中误差 (mm)	观测点坐标中误差 (mm)	
特级	≤ 0.05	≤ 0.3	特高精度要求的特种精密工程和重要科研项目变形观测
一级	≤ 0.15	≤ 1.0	高精度要求的大型建筑物和科研项目变形观测
二级	≤ 0.50	≤ 3.0	中等精度要求的建筑物和科研项目变形观测；重要建筑物主体倾斜观测、场地滑坡观测
三级	≤ 1.50	≤ 10.0	低精度要求的建筑物变形观测；一般建筑物主体倾斜观测、场地滑坡观测

- 注：**1 观测点测站高差中误差，系指几何水准测量测站高差中误差或静力水准测量相邻观测点相对高差中误差；
- 2 观测点坐标中误差，系指观测点相对测站点（如工作基点等）的坐标中误差、坐标差中误差以及等价的观测点相对基准线的偏差值中误差、建筑物（或构件）相对底部定点的水平位移分量中误差。

表 24 水准观测的视线长度、前后视距差和视线高度 (m)

等级	视线长度	前后视距差	前后视距累积差	视线高度
特级	≤ 10	≤ 0.3	≤ 0.5	≥ 0.5
一级	≤ 30	≤ 0.7	≤ 1.0	≥ 0.3
二级	≤ 50	≤ 2.0	≤ 3.0	≥ 0.2
三级	≤ 75	≤ 5.0	≤ 8.0	三丝能读数

各等级水准观测的限差应符合表 25 中的规定：

使用的水准仪、水准标尺，项目开始前应进行检验，项目进行中也应定期检验。检验后应符合下列要求：

表 25 水准观测的限差 (mm)

等 级	基辅分划（黑红面）读数之差	基辅分划（黑红面）所测高差之差	往返较差及附和或环线闭合差	单程双测站所测高差较差	检测已测测段高差之差
特 级	0.15	0.2	$\leq 0.1\sqrt{n}$	$\leq 0.07\sqrt{n}$	$\leq 0.15\sqrt{n}$
一 级	0.3	0.5	$\leq 0.3\sqrt{n}$	$\leq 0.2\sqrt{n}$	$\leq 0.45\sqrt{n}$
二 级	0.5	0.7	$\leq 1.0\sqrt{n}$	$\leq 0.7\sqrt{n}$	$\leq 1.5\sqrt{n}$
三 级	光学测微法	1.0	$\leq 3.0\sqrt{n}$	$\leq 2.0\sqrt{n}$	$\leq 4.5\sqrt{n}$
	中丝读数法	2.0			

注：表中 n 为测站数。

表 26 测边控制网技术要求

等级	测距中误差 (mm)	平均边长 (m)	测距相对中误差
一级	±1.0	200	1: 200000
二级	±3.0	300	1: 100000
三级	±10.0	500	1: 50000

注：有下列情况之一时，不宜按本规定采用：

- 1 测距中误差不同于表列规定时；
- 2 实际平均边长与表列数值相差较大时。

表 27 导线测量技术要求

等级	导线最弱点点位中误差 (mm)	导线长度 (m)	平均边长 (m)	测边中误差 (mm)	测角中误差 (")	导线全长相对闭合差
一级	±1.4	750C1	150	±0.6C2	±1.0	1: 100000
二级	±4.2	1000C1	200	±2.0C2	±2.0	1: 45000
三级	±14.0	1250C1	250	±6.0C2	±5.0	1: 17000

注：1 C1、C2 为导线类别系数。对附和导线， $C1=C2=1$ ；对独立单一导线， $C1=1.2$ ， $C2=\sqrt{2}$ ；对导线

网，导线长度系指附合点与结点或结点间的导线长度，取 $C1 \leq 0.7$ 、 $C2=1$ ；

2 有下列情况之一时，不宜按本规定采用：

- 1) 导线最弱点点位中误差不同于表列规定时；
- 2) 际平均边长与导线长度对比表列规定数值相差较大时。

《全球定位系统城市测量技术规程》(CJJ 73—97) 1997-04-25 发布，1997-10-01 施行

表 28 地球椭球和参考椭球的基本几何参数

项 目	地 球 椭 球	参 考 椭 球	
坐标系名 参考名称	WGS-84	1980 西安坐标系	1954 北京坐标系
长半轴 a (m)	6378137	6378140	6378245
短半轴 b (m)	6356752.3142	6356755.2882	6356863.0188
扁率 α	1/298.257223563	1/298.257	1/298.3
第一偏心率平方 e^2	0.00669437999013	0.00669438499959	0.006693421622966
第二偏心率平方 e'^2	0.006739496742227	0.00673950181947	0.006738525414683

表 29 GPS 网的主要技术要求

等级	平均距离 (Km)	a (mm)	b (1×10^{-6})	最弱边相对中误差
二等	9	≤ 10	≤ 2	1/120000
三等	5	≤ 10	≤ 5	1/80000
四等	2	≤ 10	≤ 10	1/45000
一级	1	≤ 10	≤ 10	1/20000
二级	<1	≤ 15	≤ 20	1/10000

注：当边长小于 200m 时，边长中误差应小于 20mm。

表 30 闭合环或附和线路边数的规定

等级	二等	三等	四等	一级	二级
闭合环或附和线路的边数(条)	≤ 6	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10

表 31 GPS 测量各等级的作业的基本技术要求

项目	等级 观测方法	二等	三等	四等	一级	二级
卫星高度角($^{\circ}$)	静态 快速静态	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
有效观测卫星数	静态 快速静态	≥ 4 —	≥ 4 ≥ 5	≥ 4 ≥ 5	≥ 4 ≥ 5	≥ 4 ≥ 5
平均重复设站数	静态 快速静态	≥ 2 —	≥ 2 ≥ 2	≥ 1.6 ≥ 1.6	≥ 1.6 ≥ 1.6	≥ 1.6 ≥ 1.6
时段长度(min)	静态 快速静态	≥ 90 —	≥ 60 ≥ 20	≥ 45 ≥ 15	≥ 45 ≥ 15	≥ 45 ≥ 15
数据采样间隔(S)	静态 快速静态	10~60	10~60	10~60	10~60	10~60

注：当采用双频机进行快速静态观测时，时间长度可缩短为 10min

《全球定位系统城市测量技术规程》(CJJ 73-97)

GPS 测量各等级的点位几何图形强度因子 PDOP 值应小于 6。

城市 GPS 测量可不观测气象要素，但应记录雨、晴、阴、云等天气状况。

表 32 同步环坐标分量及环线全长相对闭合差的规定 (1×10^{-6})

等级 限差类型	二等	三等	四等	一级	二级
坐标分量相对闭合差	2.0	3.0	6.0	9.0	9.0
环线全长相对闭合差	3.0	5.0	10.0	15.0	15.0

无论采用单基线模式或多基线模式解算基线，都应在整个 GPS 网中选取一组完全的独立基线构成独立环，各独立环的坐标分量闭合差和全长闭合差应符合下式的规定：

$$\omega_x \leq 2\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_y \leq 2\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega_z \leq 2\sqrt{n}\sigma$$

$$\omega \leq 2\sqrt{3n}\sigma$$

式中 ω ————闭合差， $\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}$ ；

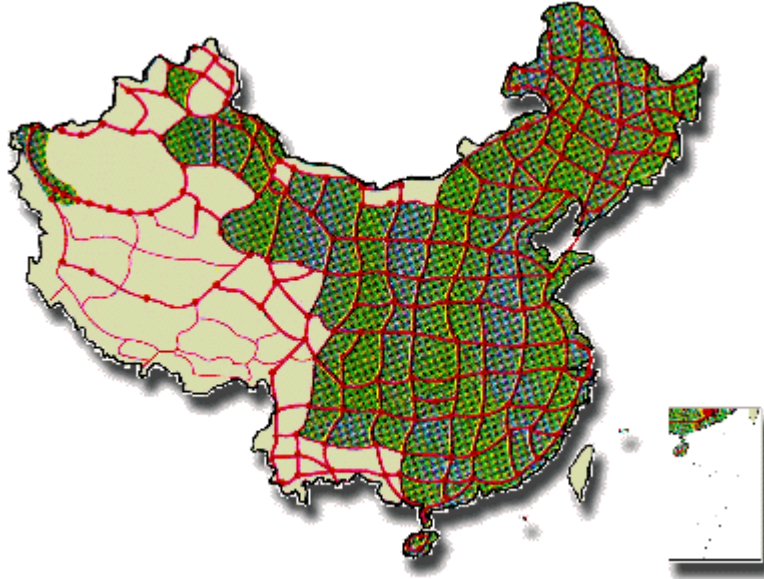
n ————独立环中的边数。

复测基线的长度较差，不宜超过下式的规定：

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma$$

一、 测绘名词(摘自国家测绘局)

1、大地基准:是建立国家大地坐标系统和推算国家大地控制网中各点大地坐标的基本依据,它包括一组大地测量参数和一组起算数据,其中,大地测量参数主要包括作为建立大地坐标系依据的地球椭球的四个常数,即地球椭球赤道半径 a ,地心引力常数 GM , 带球谐系数 J_2 (由此导出椭球扁率 f) 和地球自转角度 w , 以及用以确定大地坐标系统和大地控制网长度基准的真空光速 c ; 而一组起算数据是指国家大地控制网起算点 (成为大地原点) 的大地经度、大地纬度、大地高程和至相邻点方向的大地方位角。



全国天文大地网共包括三角点、导线点 48433 个,拉普拉斯点 458 个,长度起始边 467 条,由此组成全国范围的参考框架,是国家各部门和全国各行业进行测绘工作的基础

2、大地水准面

大地水准面是由静止海水面向大陆延伸所形成的不规则的封闭曲面。它是重力等位面,即物体沿该面运动时,重力不做功(如水在这个面上是不会流动的)。大地水准面是描述地球形状的一个重要物理参考面,也是海拔高程系统的起算面。大地水准面的确定是通过确定它与参考椭球面的间距——大地水准面差距(对于似大地水准面而言,则称为高程异常)来实现的。大地水准面和海拔高程等参数和概念在客观世界中无处不在,在国民经济建设中起着重要的作用。

大地水准面是大地测量基准之一,确定大地水准面是国家基础测绘中的一项重要工程。它将几何大地测量与物理大地测量科学地结合起来,使人们在确定空间几何位置的同时,还能获得海拔高度和地球引力场关系等重要信息。大地水准面的形状反映了地球内部物质结构、密度和分布等信息,对海洋学、地震学、地球物理学、地质勘探、石油勘探等相关地球科学领域研究和应用具有重要作用。

3、**高程基准**是推算国家统一高程控制网中所有水准高程的起算依据，它包括一个水准基面和一个永久性水准原点。水准基面，通常理论上采用大地水准面，它是一个延伸到全球的静止海水面，也是一个地球重力等位面，实际上确定水准基面则是取验潮站长期观测结果计算出来的平均海面。中国以青岛港验潮站的长期观测资料推算出的黄海平均海面作为中国的水准基面，即零高程面。中国水准原点建立在青岛验潮站附近，并构成原点网。用精密水准测量测定水准原点相对于黄海平均海面的高差，即水准原点的高程，定为全国高程控制网的起算高程。国家第二期一等水准网高程起算点为水准原点。高程系统为“1985 国家高程系统”，共有 292 条线路、19931 个水准点，总长度为 93341 公里，形成了覆盖全国的高程基础控制网（台湾资料暂缺）

4、**重力基准**是指绝对重力值已知的重力点，作为相对重力测量（两点间重力差的重力测量）的起始点。世界公认的起始重力点称为国际重力基准。各国进行重力测量时都尽量与国际重力基准相联系，以检验其重力测量的精度并保证测量成果的统一。国际通用的重力基准有 1909 年波茨坦重力测量基准和 1971 年的国际重力基准网（IGSN——71）。中国于 1956~1957 年建立了全国范围的第一个国家重力基准，称为 1957 年国家重力基本网，该网由 21 个基本点和 82 个一等点组成。1985 年，中国重新建立了国家重力基准。它由 6 个基准重力点，46 个基本重力点和 5 个因点组成，称为 1985 年国家重力基本网。国家 1985 重力基本网，由 6 个重力基准点、46 个重力基本点和 5 个引点组成。1999 年开始重建工作（台湾省资料暂缺）

5、54 国家坐标系：建国初期，为了迅速开展我国的测绘事业，鉴于当时的实际情况，将我国一等锁与原苏联远东一等锁相连接，然后以连接处呼玛、吉拉宁、东宁基线网扩大边端点的原苏联 1942 年普尔科沃坐标系的坐标为起算数据，平差我国东北及东部区一等锁，这样传算过来的坐标系就定名为 1954 年北京坐标系。因此，P54 可归结为：

- a. 属参心大地坐标系；
 - b. 采用克拉索夫斯基椭球的两个几何参数；
 - c. 大地原点在原苏联的普尔科沃；
 - d. 采用多点定位法进行椭球定位；
 - e. 高程基准为 1956 年青岛验潮站求出的黄海平均海面；
 - f. 高程异常以原苏联 1955 年大地水准面重新平差结果为起算数据。按我国天文水准路线推算而得。
- 自 P54 建立以来，在该坐标系内进行了许多地区的局部平差，其成果得到了广泛的应用。

1954 年北京坐标系参考椭球基本几何参数

长半轴 $a=6378245\text{m}$

短半轴 $b=6356863.0188\text{m}$

扁率 $\alpha=1/298.3$

第一偏心率平方 $e^2=0.006693421622966$ 第二偏心率平方 $e'^2=0.006738525414683$

6、80 国家坐标系：

采用国际地理联合会（IGU）第十六届大会推荐的椭球参数，大地坐标原点在陕西省泾阳县永乐镇的大地坐标系，又称西安坐标系。C80 是为了进行全国天文大地网整体平差而建立的。根据椭球定位的基本原理，在建立 C80 坐标系时有以下先决条件：

（1）大地原点在我国中部，具体地点是陕西省泾阳县永乐镇；

（2）C80 坐标系是参心坐标系，椭球短轴 Z 轴平行于地球质心指向地极原点方向，大地起始子午面平行于格林尼治平均天文台子午面；X 轴在大地起始子午面内与 Z 轴垂直指向经度 0 方向；Y 轴与 Z、X 轴成右手坐标系；

（3）椭球参数采用 IUG 1975 年大会推荐的参数

因而可得 C80 椭球两个最常用的几何参数为：

长半轴 $a=6378140\pm 5\text{ (m)}$

短半轴 $b=6356755.2882\text{m}$

扁率 $\alpha=1/298.257$

第一偏心率平方 $e^2=0.00669438499959$ 第二偏心率平方 $e'^2=0.00673950181947$

椭球定位时按我国范围内高程异常值平方和最小为原则求解参数。

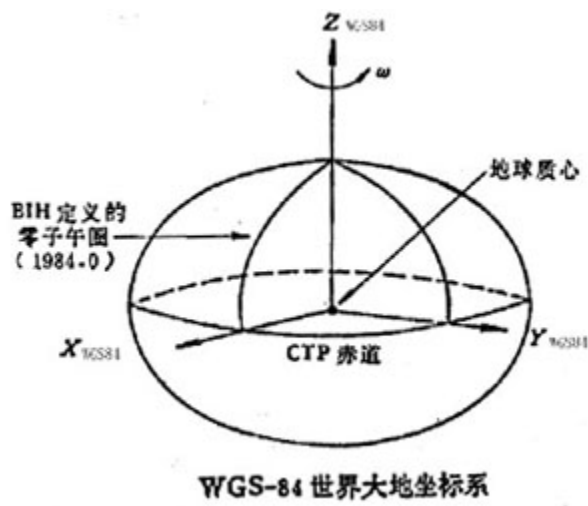
（4）多点定位；

（5）大地高程以 1956 年青岛验潮站求出的黄海平均水面为基准。

7、WGS-84 大地坐标系

WGS-84 大地坐标系

WGS-84 (World Geodetic System, 1984 年) 是美国国防部研制确定的大地坐标系, 其坐标系的几何定义是: 原点在地球质心, z 轴指向 BIH 1984. 0 定义的协议地球极 (CTP) 方向, X 轴指向 BIH 1984. 0 的零子午面和 CTP 赤道的交点。Y 轴与 Z、X 轴构成右手坐标系 (如图所示)。



WGS-84 椭球及有关常数:

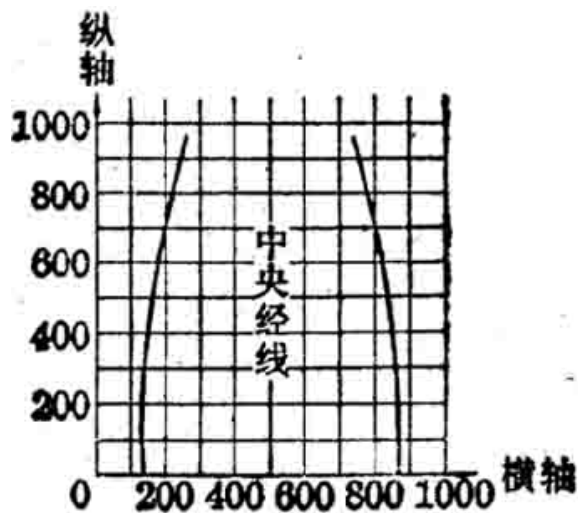
对应于 WGS-84 大地坐标系有一个 WGS-84 椭球, 其常数采用 IUGG 第 17 届大会大地测量常数的推荐值。下面给出 WGS-84 椭球两个最常用的几何常数:

- 长半轴: $6378137 \pm 2 \text{ (m)}$
- 短半轴 $b=6356752.3142\text{m}$
- 扁率 $\alpha = 1/298.257223563$
- 第一偏心率平方 $e^2 = 0.00669437999013$
- 第二偏心率平方 $e'^2 = 0.00673949674223$

8、高斯-克吕格坐标

高斯-克吕格坐标

适用于高克吕格投影的一种坐标系统。高斯-克吕格投影是按分带方法各自进行投影, 故各带坐标成独立系统。以中央经线投影为纵轴(x), 赤道投影为横轴(y), 两轴交点即为各带的坐标原点。纵坐标以赤道为零起算, 赤道以北为正, 以南为负。我国位于北半球, 纵坐标均为正值。横坐标如以中央经线为零起算, 中央经线以东为正, 以西为负, 横坐标出现负值, 使用不便, 故规定将坐标纵轴西移 500 公里当作起始轴, 凡是带内的横坐标值均加 500 公里。在地形图上为了区别某一坐标系统属于哪一带, 在靠近图廓西边的第一条坐标网纵线和东边的第一条坐标网纵线的坐标值之前, 需加注这一图幅所在的带号, 例如, 第一条纵线的横坐标值是 6370 公里, 设该图幅属于第十四带, 则应写成 146370。三角测量中大地点的坐标亦应加注带号。

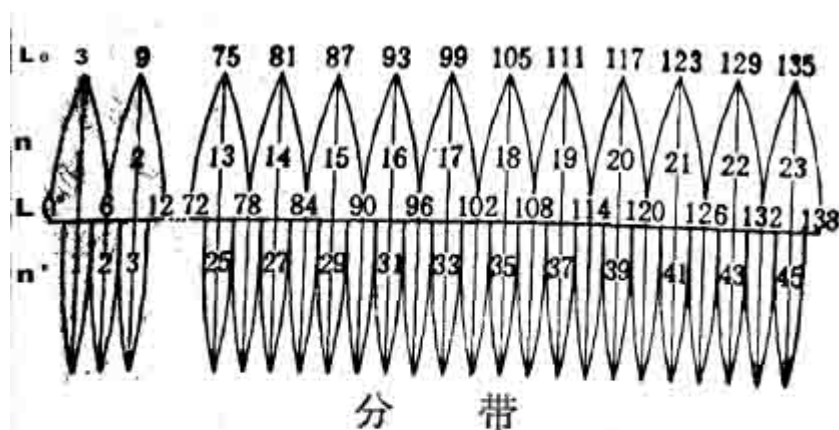


高斯-克吕格投影平面直角坐标

9、高斯投影分带

高斯投影分带

按一定经差将地球椭球面划分成若干投影带,这是高斯投影中限制长度变形的最有效方法。分带时既要控制长度变形使其不大于测图误差,又要使带数不致过多以减少换带计算工作,据此原则将地球椭球面沿子午线划分成经差相等的瓜瓣形地带,以便分带投影。通常按经差6度或3度分为六度带或三度带。六度带自0度子午线起每隔经差6度自西向东分带,带号依次编为第1、2...60带。三度带是在六度带的基础上分成的,它的中央子午线与六度带的中央子午线和分带子午线重合,即自1.5度子午线起每隔经差3度自西向东分带,带号依次编为三度带第1、2...120带。我国的经度范围西起73度东至135度,可分成六度带十一带或三度带二十二带。六度带可用于中小比例尺(1:25000以下)测图,三度带可用于大比例尺(如1:10000)测图。在某些特殊情况下,高斯投影也可采用宽带或窄带,如按经差9度或1.5度分带。分带图如下:



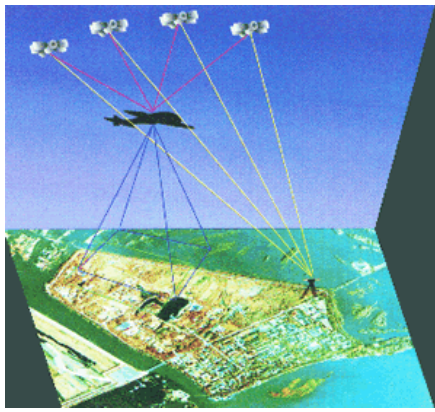
L_0 . 六度带中央子午线经度

L . 六度带分带子午线经度

n . 六度带编号

n' . 三度带编号

10、全球定位系统



全球定位系统是美国布设的第二代卫星无线电导航系统。它是在地球上空布设 24 颗 GPS 专用卫星, 卫星轨道即每时刻的精确位置由地面监控站测定, 并通过卫星用无线电波向地面发播; 地面上用 GPS 接收机同时接收 4 颗以上卫星信号, 根据卫星的精确位置以求得地面点位置。它能为用户提供全球性、全天候、连续、实时、高精度的三维坐标、三向速度和时间信息。

GPS 具有精度高、速度快、全天候、距离远等特点, 促使大地测量的作用大大向外扩展延伸。其作用可归纳如下一些:

- (1) 为飞机、船舶、运载体提供定位和导航信息;
- (2) 布设城市、矿山、海洋等各类控制网, 不需造标观测, 可灵活方便又廉价的满足经济建设和国防建设的需要;
- (3) 布设地面监测网, 可监测地壳形变、板块运动、固体潮、海平面升降等地球动力学现象;
- (4) 可用于标定国界、海疆和联测沿海岛屿;
- (5) 用于建立以地球质心为坐标系原点的地心坐标系, 为建立大地测量参考框架提供资料;
- (6) 利用 GPS 和水准测量资料精化大地水准面;
- (7) 应用在已知点上的 GPS 观测资料, 可反求大气对流层的气象元素等。

1、GPS 发展的背景

1957 年世界上第一颗人造卫星发射成功后, 利用卫星导航定位的研究提到了议事日程。1973 年 12 月, 美国陆、海、空三军继“海军导航卫星系统”(简称“NNSS”, 1958 年开始研制, 1964 年正式运行)后, 开始联合研制新一代空间卫星导航定位系统, 历时 20 多年, 耗资 300 亿美元。其目的主要是为陆、海、空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务, 并用于情报收集、核爆监测和应急通讯等军事目的, 是美国独霸全球战略的重要组成部分。

2、GPS 的工作原理

GPS 是目前世界公认最先进的被动式卫星导航定位系统。即卫星全天时地发射包含自身三维速度、三维坐标和准确时间等信息的导航电文, 设在代定点上的接收机通过接受导航电文进行测时、测距, 利用空间后方距离交会技术反算出代定点的三维速度和三维坐标, 实现导航定位的目的。

3、GPS 的组成部分

①空间部分: 由分布在 6 个轨道面上的 24 颗卫星组成 (21 颗工作卫星和三颗备用卫星), 卫星上安置了精确的原子钟、发射和接受系统等装置;

②地面控制部分: 由主控站 (负责管理、协调整个地面系统的工作)、注入站 (即地面天线, 在主控站的控制下向卫星注入导航电文和其他命令)、监测站 (数据自动收集中心) 和通讯辅助系统 (数据传输) 组成;

③用户装置部分: 由天线、接收机、微处理机和输入输出设备组成。

4、SA 和 AS 技术及对策

美国为了维护其军事利益和国家安全, 分别对 GPS 实施了 AS 和 SA 技术。AS (Anti-Spoofing) 技术也叫反电子欺骗技术, 他是一种 GPS 保护技术, 是为了防止敌方和黑客对 GPS 信息的破坏和干扰以及防止非授权用户 (民用用户) 使用精密导航信息 (军用码)。SA (Selective Availability) 技术即选择可用技术, 是通过在非精密导航信息 (民用码) 里人为地加入高频干扰信号和降低卫星星历精度, 从而降低了普通用户的定位精度, 使民用单点定位误差达到 100 米。SA 政策是影响民用定位精度的主要原因。

为了应对美国 SA 政策, 提高定位精度, 世界各国纷纷采用差分技术, 即利用多台接

全站仪水平轴不垂直于垂直轴之差（2C 变动、I 角变动）的测定
（高、低两点间水平角的测定）

仪器： GTS—701 观测者： 马宝峰 记录者： 黄祥雄 检查者：
日期： 2004-6-3 天 气： 晴 成 象： 清 晰

度 盘 位 置	照准点	读 数				2C (L-R ±180°)	-1/2[L+(R±180°)]	角 度
		盘 左 (L)		盘 右 (R)				
0° (顺)	1 高点	0° 00' 00 " 00	" 00	180° 00 ' 06" 07	" 06	" -6	° ' " 0 00 03	° ' " 1
	2 低点	359 59 59 59	59	180° 00 ' 05" 06	" 06	-7	0 00 04	
30°	1 高点	29 59 59 59	59	210° 00 ' 06" 07	" 07	-8	0 00 04	0
	2 低点	30 00 01 01	01	210° 00 ' 08" 07	" 08	-7	0 00 04	
60°	1 高点	60 00 00 00	00	240° 00 ' 08" 07	" 08	-8	0 00 04	0
	2 低点	60 00 01 01	01	240° 00 ' 07" 08	" 08	-7	0 00 04	
90° (逆)	1 高点	90 00 01 01	01	270° 00 ' 06" 07	" 08	-7	0 00 04	-1
	2 低点	90 00 02 01	01	270° 00 ' 06" 07	" 08	-6	0 00 03	
120°	1 高点	120 00 00 00	00	300° 00 ' 06" 05	" 06	-6	0 00 03	0
	2 低点	120 00 01 01	01	300° 00 ' 07" 06	" 07	-6	0 00 03	
150°	1 高点	150 00 01	00	330° 00 ' 07" 07	" 07	-7	0 00 04	-1
	2 低点	150 00 01	01	330° 00 ' 07" 07	" 07	-6	0 00 03	
C 高= (Σ (L-R) 高) /2n=(-6-8-8-7-6-7)/2*6=-3.5 C 低= (Σ (L-R) 低) /2n=(-7-7-7-6-6-6)/2*6=-3.25								

全站仪水平轴不垂直于垂直轴之差（2C 变动、I 角变动）的测定

(高、低点垂直角的测定)

仪器: GTS-701

观测者: 马宝峰

记录者: 黄祥雄

检查者:

日期: 2004-6-3

天气: 晴

成像: 清晰

照准点	测回	读 数				指 标 差	垂 直 角
		盘 左		盘 右			
高 点	1	86° 48' 10" 11	" 10	273° 12' 07" 06	" 06	" 8	° ' " 3 11 58
	2	86 48 10 10	10	273 12 08 07	08	9	3 11 59
	3	86 48 12 11	12	273 12 09 10	10	11	3 11 59
	中数						3 11 59
低 点	1	93 14 39 39	39	266 45 32 31	32	6	—3 14 33
	2	93 14 39 39	39	266 45 30 31	30	4	—3 14 35
	3	93 14 40 39	40	266 45 29 30	30	5	—3 14 35
	中数						—3 14 34
$\alpha = 3^{\circ} 11' 59'' - 3^{\circ} 14' 34'' = 3^{\circ} 13' 16.5''$							

最后计算结果: 水平轴不垂直于垂直轴之差 $i = [(c_{\text{高}} - c_{\text{低}}) \cdot \text{ctga}] / 2 = -2.3'$

视准轴误差 $C = [(c_{\text{高}} - c_{\text{低}}) \cdot \text{cosa}] / 2 = 3.4'$