

中华人民共和国国家标准

国家三、四等水准测量规范

GB 12898—91

Specifications for the
third and fourth order leveling

1 主题内容与适用范围

本标准规定了建立三、四等水准网的布设原则、施测方法和精度指标。

本标准适用于三、四等水准网的布测。

2 引用标准

GB 3160 水准仪系列及基本参数

GB 3161 经纬仪系列及基本参数

GB 12897 国家一、二等水准测量规范

3 水准网的布设

3.1 布设原则

3.1.1 三、四等水准网是在一、二等水准网的基础上进一步加密,根据需要在高等级水准网内布设符合路线、环线或结点网,直接提供地形测图和各种工程建设所必需的高程控制点。

3.1.2 单独的三等水准附合路线,长度应不超过 150 km;环线周长应不超过 200 km;同级网中结点间距离应不超过 70 km。

3.1.3 单独的四等水准附合路线,长度应不超过 80 km;环线周长应不超过 100 km;同级网中结点间距离应不超过 30 km;山地可适当放宽。

3.1.4 水准路线 50 km 内的大地点、水文站、气象台(站)等(以下统称为其他固定点),应根据需要列入水准路线予以连测。若连测确有困难时,可进行支测。支测的等级可根据“其他固定点”所需的高程精度和支线长度决定。若使用单位没有特殊的精度要求,则当支线长度在 20 km 以内时,按四等水准测量精度施测;支线长度在 20 km 以上时,按三等水准测量精度施测。

3.2 水准点的布设密度

三、四等水准路线上,每隔 4~8 km 须埋设普通水准标石一座;在人口稠密、经济发达地区可缩短为 2~4 km;荒漠地区及水准支线可增长至 10 km 左右。支线长度在 15 km 以内可不埋石。

3.3 路线命名与水准点编号

3.3.1 水准路线以起止地名的简称定为线名,起止地名的顺序为“起西止东”或“起北止南”。环线名称,取环线内最大的地名后加“环”字命名。三、四等水准路线的等级,各以Ⅲ、Ⅳ书写于线名之前表示。

3.3.2 路线上的水准点,应自该线的起始水准点起,以数字 1、2、3……顺序编定点号,环线上点号顺序取顺时针方向,点号书于线名之后。

3.3.3 水准支线以其所测高程点名称后加“支”字命名。支线上的水准标石,按起始水准点到所测高程点方向,以数字 1、2、3……顺序编号。

国家技术监督局 1991-05-05 批准

1992-01-01 实施

3.3.4 利用旧水准点时,可使用旧名号。若重新编定时,应在新名号后以括号注明该点埋设时的旧名号。

3.4 新路线与已测路线的连接

3.4.1 新设的水准路线的起点与终点,应是已测的高等或同等水准路线的水准点。

3.4.2 新设的三、四等水准路线距已测的各等水准点在 4 km 以内时,应予以连测或接测。

3.4.3 对已测路线上水准点的接测,按新测路线和已测水准路线中较低等级的精度要求施测。

3.4.4 新设路线和已测路线重合时,若旧标石符合要求,应尽量利用旧点。若旧点标石不符合要求,应另行选埋,但对标志完好的旧点必须连测。

3.5 高程系统和高程基准

水准点的高程采用正常高程系统,按照 1985 国家高程基准起算。青岛原点高程为 72.260 m。

3.6 水准测量的精度

三、四等水准测量,每公里水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 和全中误差 M_w ,不得超过表 1 规定的数值:

表 1 mm

测量等级	三等	四等
M_{Δ}	3.0	5.0
M_w	6.0	10.0

M_{Δ} 和 M_w 的计算方法见 9.5.2 和 9.5.3 条规定。

3.7 水准网的技术设计

水准网布设前,必须进行技术设计,获得水准网和水准路线的最佳布设方案。技术设计的要求、内容和审批程序按照 ZB A75 001《测绘技术设计规定》执行。

4 选点与埋石

4.1 选定水准路线和水准点

水准路线应沿利于施测的公路、大路及坡度较小的乡村路布设。水准路线尽量避免跨越 500 m 以上的河流、湖泊、沼泽等障碍物。

水准点应选在土质坚实、安全僻静、观测方便和利于长期保存的地点。下列地点不应选设水准点:

- a. 易受水淹、潮湿或地下水位较高处;
- b. 易发生土崩、滑坡、沉陷的地点;
- c. 距铁路 50 m、距公路 30 m 以内(特殊情况可酌情处理);
- d. 短期内由于建设发展,可能毁坏标石或阻碍观测的地点。

4.2 标石类型

三、四等水准点采用的标石类型和适用地区见表 2。

表 2

序号	标 石 类 型	适 用 地 区
1	混凝土普通水准标石	土层不冻或冻土深度小于 0.8 m 的地区
2	岩层普通水准标石	岩层出露或埋入地面不深于 1.5 m 处
3	混凝土柱普通水准标石	冻土深度大于 0.8 m 的地区
4	钢管普通水准标石	
5	爆破型混凝土柱普通水准标石	
6	墙脚水准标志	坚固建筑物或直立石崖处

4.3 埋设标石

4.3.1 标石占用的土地,必须取得土地管理部门和土地使用单位或个人的同意,并办理征地手续。

4.3.2 标石柱体可先行预制,底盘须在现场浇灌。标石的制作与埋设规格及材料用量,按附录 A(补充件)中的 A5~A6 的规定执行。

4.3.3 标石顶面的水准标志,采用加接铁质根格的铜或不锈钢半球顶的标志,也可采用玻璃钢或石质标志。标志规格见附录 A(补充件)中的 A4。

4.3.4 标石埋设后,应按附录 A(补充件)中的 A2 的格式在现场测绘点之记详图。

4.4 标石外部整饰

4.4.1 标石埋设后,一般应按附录 A(补充件)中的 A7 的规格挖掘防护沟、埋设指示碑。

4.4.2 埋设在机关、学校、住宅院内以及埋设在耕地、水网区的水准标石,不挖防护沟、不设指示碑。但须按附录 A(补充件)中的 A7 的规格建造保护井、加盖指示盘。

4.4.3 在草原、沙漠、戈壁等空旷地区,除按规定挖掘防护沟和设立指示碑外,还可在附近设 2~3 个方位桩,也可建造小型觐标。

4.4.4 在山区、林区埋设标石,可在距水准点最近的路边设置方位桩。

4.4.5 方位桩,觐标可采用木材、石料、混凝土或金属材料制作,用红漆或压印的方法将点号和点位方向写在醒目位置。在点之记中注明设置方位物的方向和距离。

4.5 标石的托管

埋石结束后,应按规定向当地政府及有关个人,办好标石委托保管手续。委托保管书的格式见附录 A(补充件)中的 A8。

4.6 埋石后上交的资料:

- 埋石后测绘的水准点之记、路线图及结点接测图;
- 标石委托保管书及批准征用土地的文件;
- 埋石工作总结(扼要说明埋石工作情况,埋石中的特殊问题及对观测工作的建议等)。

5 仪器的技术要求

5.1 仪器的选用

水准测量中使用的仪器按表 3 规定执行。

表 3

序号	仪 器 名 称	最低型号		备 注
		三等	四等	
1	自动安平水准仪 或气泡式水准仪	DSZ3 DS3	DSZ3 DS3	用于水准测量,其基本参数见 GB 3160
2	双面区格式 木质标尺			用于水准测量
3	经纬仪	DJ2	DJ2	用于高程导线测量和跨河水准测量,其基本参数见 GB 3161
4	光电测距仪	—	I 级	用于高程导线测量,其精度分级见 ZB A76 002《中、短 程光电测距规范》

5.2 仪器的检验

5.2.1 对于光电测距仪的检验按 ZB A76 002 规定执行。对用于仪器检验的三等标准金属线纹尺每两年应送有关检定单位检定一次。

5.2.2 对于新出厂的仪器及其在作业前和跨河水准测量前的检验项目按表 4 规定执行。

表 4

序号	仪器	检 验 项 目	新仪器	作业前	跨河水准 测量前
1	水 准 标 尺	标尺的检视〔见附录 B(补充件)中的 B1〕	+	+	+
2		标尺上圆水准器的检校〔见附录 B(补充件)中的 B2〕	+	+	+
3		标尺分划面弯曲差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B3〕	+	+	+
4		一对标尺零点不等差及基、辅分划读数差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B4〕	+	+	+
5		一对标尺名义米长的测定〔见附录 B(补充件)中的 B5〕	+	+	+
6		标尺分米分划误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B6〕	+	+	+
7	水 准 仪	水准仪的检视〔见附录 B(补充件)中的 B7〕	+	+	+
8		水准仪上概略水准器的检校〔见附录 B(补充件)中的 B8〕	+	+	+
9		十字丝的检校〔见附录 B(补充件)中的 B9〕	+		
10		视距常数的测定〔见附录 B(补充件)中的 B10〕	+		
11		调焦透镜运行误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B11〕	+		+
12		气泡式水准仪交叉误差的检校〔见附录 B(补充件)中的 B12〕	+	+	+
13		i 角的检校〔见附录 B(补充件)中的 B13〕	+	+	+
14		测站高差观测中误差和竖轴误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B14〕	+		
15		自动安平水准仪磁致误差的测定	+		
16	经 纬 仪	垂直度盘测微器行差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B15〕		+	+
17		一测回垂直角观测中误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B16〕		+	+

表 4 中 + 表示应检验的项目,当所使用的仪器和方法与该项检验无关时,可不作检验。表 4 中第 15 检验项应送有关检定单位进行检验。

- 5.2.3 经过修理后的仪器应检验受其影响的有关项目。其中第 15 项必须检验。
- 5.2.4 作业开始后的一周内应每天检校一次 i 角(表 4 中的第 13 项),若 i 角保持在 $10''$ 以内时,以后可每隔 15 天检校一次。
- 5.2.5 在作业过程中应随时注意检校表 4 中的第 2、8 项。若对仪器某一部件的质量有怀疑时,应随时进行相应项目的检验。
- 5.2.6 每期作业结束后应检验表 4 中第 3、5 两项各一次,若作业期超过三个月时,应在作业期中间增加这两项各一次。
- 5.3 仪器技术指标
- 仪器技术指标按表 5 规定执行。

表 5

序号	仪器指标项	限 差		超限处理办法
		三等	四等	
1	标尺弯曲差	8.0 mm	8.0 mm	施加改正
2	一对标尺零点不等差	1.0 mm	1.0 mm	调整
3	标尺基、辅分划常数偏差	0.5 mm	0.5 mm	采用实测值
4	一对标尺名义米长偏差	0.50 mm	0.50 mm	禁止使用
5	标尺分米分划误差	1.0 mm	1.0 mm	禁止使用
6	调焦透镜运行误差	1.0 mm	1.0 mm	禁止使用
7	i 角	$20''$	$20''$	校正,自平水准仪应送厂校正
8	测站高差观测中误差	1.0 mm	1.5 mm	禁止使用
9	竖轴误差	0.3 mm	0.5 mm	禁止使用
10	自动安平水准仪磁致误差	$0.12''$	$0.20''$	禁止使用
11	垂直度盘测微器行差	$2.0''$	$2.0''$	禁止使用
12	一测回垂直角观测中误差	$3.0''$	$3.0''$	禁止使用

上表中自动安平水准仪磁致误差指自动安平水准仪在磁感应强度为 0.05 mT 的水平方向上的稳恒磁场作用下,引起视线的最大偏差。

6 水准观测

6.1 观测方法

6.1.1 三等水准测量采用中丝读数法进行往返测。当使用有光学测微器的水准仪和线条式因瓦水准标尺观测时,也可进行单程双转点观测。

6.1.2 四等水准测量采用中丝读数法进行单程观测。

支线必须往返测或单程双转点观测。

6.2 设置测站的要求

三、四等水准测量采用尺台作转点尺承。观测应在标尺分划线成像清晰稳定时进行,若成像欠佳,应酌情缩短视线长度。测站的视线长度、视线高度等按表 6 规定执行。

表 6

m

等 级	视 线 长 度		前后视距差	每站的前后 视距积累差	视线高度
	仪器类型	视距			
三等	DS3	≤75	≤2.0	≤5.0	三丝能读数
	DS1, DS 05	≤100			
四等	DS3	≤100	≤3.0	≤10.0	三丝能读数
	DS1, DS 05	≤150			

6.3 测站上观测顺序和方法

6.3.1 三等水准测量每测站照准标尺分划顺序为：

- a. 后视标尺黑面(基本分划)；
- b. 前视标尺黑面(基本分划)；
- c. 前视标尺红面(辅助分划)；
- d. 后视标尺红面(辅助分划)。

6.3.2 四等水准测量每测站照准标尺分划的顺序为：

- a. 后视标尺黑面(基本分划)；
- b. 后视标尺红面(辅助分划)；
- c. 前视标尺黑面(基本分划)；
- d. 前视标尺红面(辅助分划)。

6.3.3 一测站的操作程序：

- a. 首先整置仪器竖轴至垂直位置(望远镜绕竖轴旋转时,水准气泡两端分离不大于 1 cm)；
- b. 将望远镜对准后视标尺黑面,用倾斜螺旋导水准气泡准确居中,按视距丝和中丝精确读定标尺读数(四等观测可不读上、下丝读数,直接读距离)；
- c. 照准前视标尺黑面,按 b 款操作；
- d. 照准前视标尺红面,按 b 款操作,此时只读中丝读数；
- e. 照准后视标尺红面,按 d 款操作。

使用单排分划的因瓦标尺观测时,对单排分划进行两次照准读数,代替基辅分划读数。

6.3.4 自动安平水准仪的操作程序与气泡式水准仪相同。每测站观测前,首先将概略整平水准气泡导至中央,然后按规定顺序照准标尺进行读数。转镜水准仪的操作程序,应按规定顺序照准标尺,而将黑面和红面分划的观测分别在两个镜位(或摆位)进行。

6.3.5 三、四等水准测量,采用单程双转点法观测时,在每一转点处,安置左右相距 0.5 m 的两个尺台,相应于左右两条水准路线。每一测站按规定的观测方法和操作程序,首先完成右路线的观测,而后进行左路线的观测。

6.4 间歇与检测

工作间歇时,最好能在水准点上结束观测。否则,应选择两个坚稳可靠、光滑突出、便于放置标尺的固定点,作为间歇点。间歇后,应进行检测,检测结果符合限差要求即可起测。如无固定点可选择,则间歇前最后两测站的转点处打入带有帽钉的木桩作间歇点。间歇后进行检测,比较任意两转点间歇前后所测高差,若符合限差要求,即可由此起测。否则,须从前一水准点起测。

检测高差不予采用。

6.5 读数位数与测站观测限差

6.5.1 读数取位按表 7 规定执行。

表 7 mm

等 级	中丝读数法		光学测微法	
	视距丝	中 丝	视距丝	平分丝
三等	1	1	1	0.1
四等	1	1	1	1

6.5.2 测站观测限差按表 8 规定执行。

表 8 mm

等级	观测方法	基、辅分划 (黑红面) 读数的差	基、辅分划 (黑红面) 所测高差的差	单程双转点法观测 时,左右路线转点差	检测间歇点 高差的差
三等	中丝读数法	2.0	3.0	—	3.0
	光学测微法	1.0	1.5	1.5	
四等	中丝读数法	3.0	5.0	4.0	5.0

因测站观测误差超限,在本站检查发现后可立即重测。若迁站后才检查发现,则应从水准点或间歇点(须经检测符合限差)起始,重新观测。

6.6 观测中应遵守的事项

6.6.1 观测时,须用白色测伞遮蔽阳光,迁站时,应罩以白色仪器罩。

6.6.2 对具有倾斜螺旋的水准仪,观测前应测出倾斜螺旋的置平零点,并作标记,随着气温变化,应随时调整零点位置。对于自动安平水准仪的水准器,观测前须严格置平。

6.6.3 在连续各测站上安置水准仪的三脚架时,应使其中两脚与水准路线的方向平行,第三脚轮换置于路线方向的左侧与右侧。

6.6.4 除路线转弯处外,每一测站上仪器和前后视标尺的三个位置,尽量接近一条直线。

6.6.5 同一测站上观测时,一般不得两次调焦。仅当视线长度小于 10 m,且前后视距差小于 1 m 时,可在观测前后标尺时调整焦距。

6.6.6 每一测段的往测与返测,其测站数均应为偶数,由往测转向返测时,两支标尺须互换位置,并应重新整置仪器。

6.6.7 在高差甚大的地区进行三、四等水准测量时,应尽可能使用因瓦水准标尺按光学测微法施测。

6.7 路线连接点的观测与检测

6.7.1 观测至两条水准路线交叉点时,须在“水准网结点接测图”上详细记录接测情况。

6.7.2 三、四等水准路线(或支线)与已测水准点接测时,须单程检测一已测测段。若超限,则应再检测另一单程。若仍超限,则应继续向前检测,以确定可靠的已测点作为连接点。若交叉点变动,须重测有关测段。

对高等级路线的检测,按新设路线的等级进行;对低等级路线的检测,按已测路线的等级进行检测已测测段高差之差的限差见表 9。

6.8 往返测高差不符值与环线闭合差的限差

6.8.1 往返测高差不符值与环线闭合差的限差按表 9 规定执行。

表 9 mm

等 级	测段、路线往返 测高差不符值	测段、路线的 左、右路线 高差不符值	附合路线或环线闭合差		检测已测测 段高差的差
			平 原	山 区	
三等	$\pm 12 \sqrt{K}$	$\pm 8 \sqrt{K}$	$\pm 12 \sqrt{L}$	$\pm 15 \sqrt{L}$	$\pm 20 \sqrt{R}$
四等	$\pm 20 \sqrt{K}$	$\pm 14 \sqrt{K}$	$\pm 20 \sqrt{L}$	$\pm 25 \sqrt{L}$	$\pm 30 \sqrt{R}$

注：K 为路线或测段的长度，km；

L 为附合路线（环线）长度，km；

R 为检测测段长度，km；

山区指高程超过 1 000 m 或路线中最大高差超过 400 m 的地区。

6.8.2 水准环线由不同等级路线构成时，环线闭合差的限差应按各等级路线长度分别计算，然后取其平方和的平方根为限差。

6.8.3 检测已测测段高差之差的限差，对单程或双程检测均适用。

6.9 测量成果的重测与取舍

水准测量结果，若超出第 6.8 条和 3.6 条规定的限差，均应重测，作业人员须对超限原因作具体分析，并按下列原则进行重测与取舍：

a. 测段往返测高差不符值超限，应先就可靠程度较小的往测或返测进行整测段重测。若重测的高差与同方向原测高差的不符值超过往返测高差不符值的限差，但与另一单程的高差不符值未超限差，则取用重测结果；若重测的高差与同方向原测高差的不符值不超过往返测高差不符值的限差，且其中数与另一单程原测高差的不符值亦不超限差，则取此中数作为该单程的高差。若超出上述限差，则须重测另一单程；

b. 单程双转点观测中，测段的左右路线高差不符值超限时，可只重测一个单程单线，并与原测结果中符合限差的一个取中数采用；若重测结果与原测结果均符合限差，则取三个单线结果的中数。当重测结果与原测两个单线结果均超限时，应分析原因，再重测一个单程单线；

c. 由往返高差（或左右路线高差）不符值计算的每公里水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 超限时，应重测不符值较大的某些测段；

d. 环线闭合差超限时，应先重测路线上可靠程度较小的（往返测高差不符值较大或观测条件不佳者）测段。附合路线闭合差超限时，应分析原因重测有关测段，在高差甚大的地区，要注意标尺长度误差和重力异常的影响，有条件时，应加入重力异常改正。

7 跨河水准测量

7.1 一般规定

当水准路线跨越江河（或湖塘、宽沟、洼地、山谷等），视线长度在 200 m 以内时，可用一般观测方法进行，但在测站上应变换一次仪器高度，观测两次。两次高差之差应不超过 7 mm，取用两次结果的中数。若视线长度超过 200 m 时，应根据跨河宽度和仪器设备等情况，选用本章所述的方法进行观测。

跨河水准测量方法及其适用范围和观测测回数、限差规定按表 10 执行。

表 10

序号	方 法	等级	最大视线长度 s km	单测 回数	半测回 观测组数	测回高差互差 不大于 mm	备 注
1	直接读尺法	三	0.3	2	--	8	测量方法见 7.3
		四	0.3	2	—	16	
2	微动觇板法	三	0.5	4	—	$30 \cdot s$	测量方法见 7.4
		四	1.0	4	—	$50 \cdot s$	
3	经纬仪倾角法或 测距三角高程法	三	2.0	8	3	$24 \sqrt{s}$	测量方法按 GB 12897 中 8.8 和 8.9 执行
		四	2.0	8	3	$40 \sqrt{s}$	

跨河视线长度超过 2 000 m 时,采用的方法和要求,须依据测区条件进行专项设计。

7.2 跨河场地的选定与布设

7.2.1 跨河场地应选择在水面较窄、土质坚实、便于设站的河段。应尽可能有较高的视线高度。安置标尺和仪器点应尽量等高。

7.2.2 跨河水准测量仪器和标尺的位置一般应按“Z”字形或类似图形布设。如图 1 所示, I_1 、 I_2 处为仪器与远标尺轮换安置点, b_1 、 b_2 为近标尺安置点; $I_1b_1 = I_2b_2$, 且约为 10~20 m; 图 1 中各点应用直径不小于 5 cm, 长度约为 30~50 cm 的木桩牢固地打入地中, 其顶端钉上铁帽钉供安置标尺用。

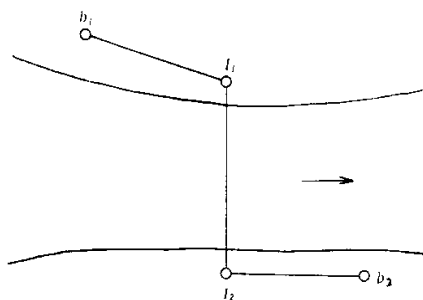


图 1

7.3 直接读尺法

7.3.1 观测方法

每测回观测方法如下:

a. 先在 I_1 与 b_1 (或 I_2 与 b_2) 的中间且与 I_1 及 b_1 等距的点上整平水准仪后, 用同一只标尺按一般操作规程, 测定 I_1b_1 的高差 $h_{I_1b_1}$;

b. 移仪器于 I_1 点, 精密整平仪器后, 照准本岸 b_1 点上的近标尺, 按中丝读标尺基、辅分划一次;

c. 将仪器转向照准对岸 I_2 点上的远标尺, 调焦后, 即用胶布将调焦螺旋固定, 按中丝读标尺基、辅分划各两次;

d. 在确保调焦螺旋不受触动的要求下, 立即将仪器搬到对岸 I_2 点上, 同时 b_1 点上的标尺也移置到 I_1 点上。待精密整平仪器后, 首先照准对岸 I_1 点上的远标尺, 按 c、b、a 的反顺序及操作要求读数;

e. 将仪器搬到 I_2 与 b_2 中间且等距的点上, 按一般操作方法, 测定 I_2 与 b_2 的高差 $h_{I_2b_2}$ 。

以上 a、b、c 为上半测回观测, d、e 为下半测回观测。

7.3.2 计算方法

一测回高差按式(1)计算:

$$H_{b_1b_2} = (h_{b_1b_2} - h_{b_2b_1})/2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

且:

$$h_{b_1b_2} = h_{b_1i_2} + h_{i_2b_2}$$

$$h_{b_2b_1} = h_{b_2i_1} + h_{i_1b_1}$$

式中: $h_{b_1b_2}$ —— 上半测回所观测的 b_1 、 b_2 两点的高差;

$h_{b_2b_1}$ —— 下半测回所观测的 b_2 、 b_1 两点的高差。

7.4 微动觇板法

7.4.1 准备

在特制的觇板上,绘制照准标志,装于水准标尺上供对岸照准用。觇板的制作规格见附录 C(补充件)。

7.4.2 观测方法

此方法观测程序和计算方法均同 7.3,只是应对远标尺分划照准读数改为对觇板分划照准读数,对辅助分划读数改为对觇板分划线第二次读数,照准读数时应由观测员按约定信号指挥对岸记录员将觇板沿标尺上下移动,直到觇板上的分划线同仪器水平视线切合时,通知对岸记录员读记觇板指标线在水准标尺上的读数。

7.5 跨河水准测量中须遵守的事项

7.5.1 观测前应将仪器从仪器箱取出,在测站附近阴影处露放 30 min;观测时须用大白测伞遮蔽阳光。

7.5.2 仪器换岸搬移时,应细心装箱与护运,确保其不受震动和不触动调焦螺旋。

7.5.3 观测应在影像完全稳定时进行,一般上午在日出后 30 min 开始,至中天前 1.5 h 止;下午自中天后 3 h 起到日没前 30 min 止。但也可按地区、季节及气象情况,适当变通。当风力达五级或五级以小时,应停止观测。

7.6 冰上水准测量

跨越北方地区的河流、沼泽、水草地等,可以利用严冬季节在冰上进行水准测量,并遵守下列规定:

- a. 严冬前,预先在两岸选定跨河地点和埋设水准标石,并与路线上的水准点进行连测;
- b. 应在冰层有足够厚度和表面周日变化最小期间(一般每年 12 月底至翌年 2 月底)内进行,观测进行中须特别注意安全;
- c. 观测开始前,沿选定路线依相应等级水准测量所采用的视线长度,选定安置仪器及标尺的地点,扫除冰上积雪,在安置标尺处凿一小坑,于其中插入一长约 30 cm,直径约 10 cm 的木桩(顶上钉一圆帽钉),然后浇水使其冻结,在安置仪器脚架的每一点,同样冻入木桩以支撑仪器脚架;
- d. 观测方法和各项限差均与相应等级水准测量的规定相同。

8 电磁波测距高程导线测量

8.1 适用范围

在进行几何水准测量确有困难的山岳地带以及沼泽、水网地区,四等水准路线或支线,可用电磁波测距高程导线(以下简称高程导线)进行测量。

8.2 观测方法

8.2.1 施测高程导线前,应沿路线选定测站,视线长度一般不大于 700 m,最长不得超过 1 km,视线垂直角不得超过 15°,视线高度和离开障碍物的距离不得小于 1.5 m。

8.2.2 高程导线可布置为每一照准点安置仪器进行对向观测(以下简称每点设站)的路线;也可布置为

每隔一照准点安置仪器(以下简称隔点设站)的路线。隔点设站时,应采用单程双测法,即每站变换仪器高度或位置作两次观测,前后视线长度之差不得超过 100 m。

8.2.3 应在成像清晰、信号稳定时进行斜距和垂直角的观测,并遵守下列要求:

a. 斜距观测两测回(每测回照准一次,读数四次),各次读数互差和测回中数之间的互差为 10 mm 和 15 mm,每站需量取气温、气压值;

b. 垂直角观测采用中丝法观测四个测回,测回差和指标差互差,均不得超过 5";

c. 仪器高、觇牌高应在测前测后用经过检验的量杆各量测一次,两次互差不得超过 2 mm。

8.2.4 当水准点或其他高程点无法设置测站时,可用几何水准方法引测至合适的高程点后,再按高程导线施测。

8.2.5 各项观测读数和计算数值取位按表 11 规定执行。

表 11 mm

项 目	斜距	垂直角 (")	仪器高 觇牌高	气温 ℃	气压 Pa	测站高差	测段高差
观测值	1	1	1	0.1	100	—	—
计算值	1	0.1	0.1	—	—	0.1	1

8.3 高差计算

8.3.1 观测斜距应施以加常数和乘常数改正、气象改正。

8.3.2 测站高差的计算

8.3.2.1 每点设站时,相邻测站间单向观测高差 h 按式(2)计算:

$$h = S \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2R}(S \cdot \cos \alpha)^2 + i - v \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: S ——经过各项改正后的斜距, m;

α ——观测垂直角;

R ——地球平均曲率半径,采用 6 369 000 m;

i ——仪器竖盘中心至地面点的高度, m;

v ——觇牌中心至地面点的高度, m。

相邻测站间对向观测的高差中数 h_{12} 按式(3)计算:

$$h_{12} = \frac{h_1 - h_2}{2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: 1、2 脚标分别为相邻测站的序号。

8.3.2.2 隔站设点时,相邻照准点间的高差 h_{12} 按式(4)计算:

$$\begin{aligned} h_{12} = & S_2 \cdot \sin \alpha_2 - S_1 \cdot \sin \alpha_1 + v_1 - v_2 \\ & + \frac{1}{2R} \cdot [(S_2 \cos \alpha_2)^2 - (S_1 \cos \alpha_1)^2] \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

式中: 1、2 脚标分别表示后视和前视标号;

S ——经过各项改正后的斜距, m;

α ——观测垂直角;

v ——觇牌中心至地面点的高度, m;

R ——地球平均曲率半径,采用 6 369 000 m。

8.3.3 由高程导线测定的水准点或其他固定点的高差,应加入正常水准面不平行改正,计算方法与四等水准测量相同。

8.4 测量限差

8.4.1 高程导线的观测结果应不超过表 12 规定的各项限差。

表 12 mm

项 目 观 测 方 法	两测站对向观 测高差不符值	两照准点间两次 观测高差不符值	附合路线或 环线闭合差	检测已测测段 的高差的差
每点设站	$\pm 45 \sqrt{D}$	—	与四等水准测量限差相同	
隔点设站	—	$\pm 14 \sqrt{D}$		

注：表中 D 为测站间或照准点间的观测水平距离，km。

8.4.2 观测结果超出限差时，须按 6.9 条规定进行重测和取舍。

9 外业成果的记录整理

9.1 外业记录要求

9.1.1 外业手簿应按统一的格式装订成册，每册之页码应予编号。应由中队长签字后发给作业员。已编号的各页不得撕去，记录中间不得留下空页。

9.1.2 三、四等水准测量或支线水准测量的往测与返测，可记于同一本手簿中。水准路线与支线的观测结果，须分册记录。

9.1.3 一切外业原始观测值和记事项目，必须在现场直接记录于手簿中。

9.2 记录项目

9.2.1 在每一测段的始末，工作间歇的前后及中间气候变化时，须记录观测日期、时间、天气、呈像、前后视标尺号数。

9.2.2 每测站前后标尺的视距上下丝读数和中丝(或楔形平分丝)读数。

9.3 电子记录

三、四等水准测量，应优先使用电子记录方式，记录方法与要求按 ZB A76 003《测量外业电子记录基本规定》、ZB A76 005《水准测量电子记录规定》执行。

9.4 手工记录

不适宜电子记录的特殊测区，可采用手工记录方式，按下列要求进行：

- a. 一切外业原始观测值和记事项目的文字与数字，应力求清晰端正，不得潦草模糊；
- b. 手簿中任何原始记录不得擦去或涂改。对原始记录有错误的数字(只限于米、分米的读数)与文字，应仔细核对后以单线划去，在其上方写出正确数字与文字，并在备考栏中注明原因。同一测站内不得有两个相关原始数字的连环更改；
- c. 对作废的观测记录，应以单线划去，并注明重测原因及重测结果记于何处。重测记录须加注“重测”二字。

9.5 外业计算

9.5.1 高差和概略高程表的编算，须由两人各自独立编算一份，并校核无误。计算水准点概略高程时，所用的高差加入下列改正(计算方法见附录 D(补充件))：

- a. 水准标尺长度误差的改正；
- b. 正常水准面不平行的改正；
- c. 路(环)线闭合差的改正。

9.5.2 每完成一条水准路线的测量，须进行往返测(或左右路线)高差不符值及每公里水准测量偶然中误差 M_{Δ} 的计算(不足 20 个测段的路线，不单独计算 M_{Δ} ，但须与网中其他路线合并计算)，并应符合第 6.8.1 条和第 3.6 条规定。

每公里水准测量偶然中误差 M_{Δ} 按式(5)计算:

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left(\frac{\Delta\Delta}{R} \right)} \dots\dots\dots (5)$$

式中: Δ ——测段往返测(或左右路线)高差不符值,mm;
 R ——测段长度,km;
 n ——测段数。

9.5.3 每完成一条附和水准路线或闭合环线的测量,并对观测高差施加第 9.5.1 条 a、b 两项改正后,计算附和路线或闭合环线的闭合差 W 。当构成水准网的水准环超过 20 个时,还须按环闭合差 W 计算每公里水准测量全中误差 M_w 。 W 与 M_w 应符合第 6.8.1 与第 3.6 条的规定。

每公里水准测量全中误差 M_w 按式(6)计算:

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left(\frac{WW}{F} \right)} \dots\dots\dots (6)$$

式中: W ——经过各项改正后的水准环闭合差,mm;
 F ——水准环线周长,km;
 N ——水准环数。

9.5.4 外业计算的数值取位按表 13 规定执行。

表 13 mm

等级	往(返)测距 离总和,km	测段距离 中数,km	各测站 高差	往(返)测 高差总和	测段高差 中 数	高程
三	0.01	0.1	0.1	0.1	1	1
四	0.01	0.1	0.1	0.1	1	1

9.6 外业成果的检查验收和质量评定

水准测量工作完成后,应按 ZB A75 002《测绘产品检查验收规定》和 ZB A75 003《测绘产品质量评定标准》予以验收和评定。

9.7 技术总结

水准测量外业结束后,应按 CH 1001《测绘技术总结编写规定》编写外业技术总结。

9.8 上交资料

经过检查验收的水准测量成果,须按路线(环线)进行清点整理,编制目录,开列清单,上交资料管理部门。资料项目如下:

- a. 技术设计书;
- b. 着墨的原始水准点之记;
- c. 水准路线图及结点接测图;
- d. 测量标志委托保管书(两份);
- e. 水准仪、经纬仪、测距仪、水准标尺检验资料;
- f. 观测手簿;
- g. 外业高差及概略高程表(两份);
- h. 外业高差改正数计算资料;
- i. 外业技术总结;
- j. 验收报告。

附录 A

选点埋石资料绘制格式与标石造埋说明

(补充件)

A1 水准路线图的绘制

A1.1 水准路线图(示例见图 A1)以 1:100 000 或 1:50 000 地形图为底图,将水准路线两侧至少 1 km 内的地物、地貌复印在 A3 幅面(42 cm×30 cm)的图纸上。当实地的道路或其他重要地物有变化而与底图不一致时,应先在底图上改正。图中应注明比例尺、经、纬线和图幅编号。

A1.2 水准点位置应标定准确,用规定符号绘出,并注明水准点名号。须连测或支测的其他固定点,应使用相应的符号标出位置及名号。超过图廓范围的支测路线,可用折线指出方向并注明里程。

A1.3 水准标石类型按表 A1 规定符号描绘。

IV 等韩 (韩县)——新 (新兴) 线水准路线图之二

J - 49 - 101 - D



比例尺 1:50000

国家测绘局第八测绘大队 1990.10

图 A1

618-1

表 A1 水准标石类型符号表

序号	类 型	符 号
1	混凝土普通水准标石	⊙ 圆圈直径 2 mm
2	钢管普通水准标石	① 圆圈直径 2mm
3	岩层普通水准标石	⊗ 圆圈直径 2mm
4	混凝土柱普通水准标石	⊕ 圆圈直径 2mm
5	爆破型混凝土柱普通水准标石	⊕ 圆圈直径 2mm
6	墙脚水准标志	⊕ 圆圈直径 2mm

A2 水准点之记的绘制

A2.1 详细位置图(简称详图)须在现场测绘,必须标出三个以上明显地物的方位和距离,距离量至分米。

A2.2 详图比例尺可根据实地情况,在易于找到点位的原则下,适当变通。

A2.3 标石断面图按埋设的实际尺寸填绘。

A2.4 注明指示碑或指示盘以及其他埋设方位物的相关位置,标出至相邻水准点的距离。

A2.5 点位经纬度从 1:100 000 或 1:50 000 地形图上量取至 0.1'。

A2.6 地别栏内应填写植被类别和埋石坑底的土质,并注明含沙砾比例。

A2.7 注明地下水深度。示例见图 A2。

四 等 水 准 点 之 记

新文 线

点名：Ⅳ新文 17

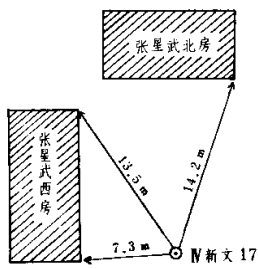
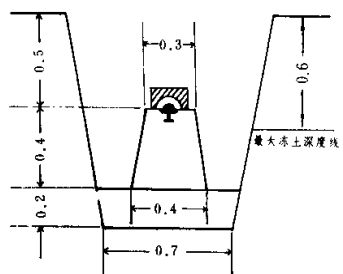
详细位置图  比例尺 1:500		标石断面图  单位：米	
所在图幅	J—50—19	标石类型	混凝土普通水准标石
经纬度	L:117°06'5 B:39°25'4	标石质料	混凝土玻璃钢标志
所在地	河北省文清县青山乡李家村	土地使用者	张星武
地别土质	院地，黄土，含沙 30%	地下水深度	5m
交通路线	自新镇至文清县大路靠近青山堡		
点 位 详细说明	1. 西至张星武西房东南角 7.3m。 2. 西北至张星武西房东北角 13.5m。 3. 东北至张星武北房东南角 14.2m。 4. 标石上方埋有保护井、指示盘。		
接管单位	青山乡人民政府	保管人	张清海（付乡长）
选点单位	华北测绘院	埋石单位	华北测绘院
选点者	刘中	埋石者	李华
选点日期	1990年5月2日	埋石日期	1990年5月12日
备 注	Ⅳ新文 16 ~ Ⅳ新文 17 5.8Km（平地） Ⅳ新文 17 ~ Ⅳ新文 18 4.7Km（丘陵）		

图 A2

A3 水准网结点接测图的绘制

- A3.1 结点选定和接测完成后,须填绘结点接测图。
- A3.2 若与原计划的接测点不一致,应在接测情况栏内详细说明原因。
示例见图 A3。

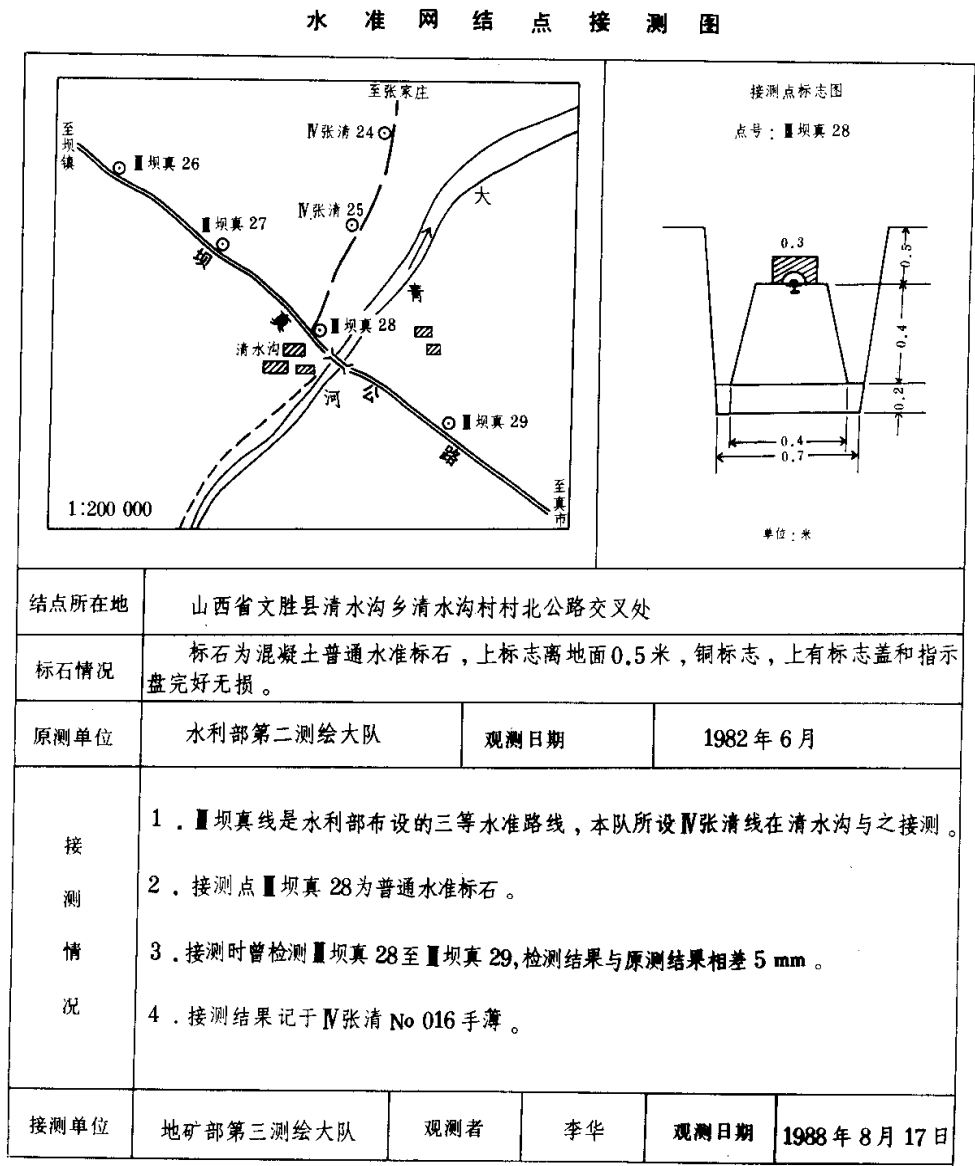


图 A3

A4 水准标志图

A4.1 金属水准标志的圆球部应采用铜或不锈钢材料制作,圆盘和根络可用普通钢材。规格见图 A4。

A4.2 标志图中(a)、(b)、(c)为安置在混凝土标石上的水准标志;(a)、(b)为安置在钢管标石上的水准标志。

A4.3 钢管标石水准标志的圆盘直径,依照采用的钢管直径和壁厚决定,应确保镶接牢固。

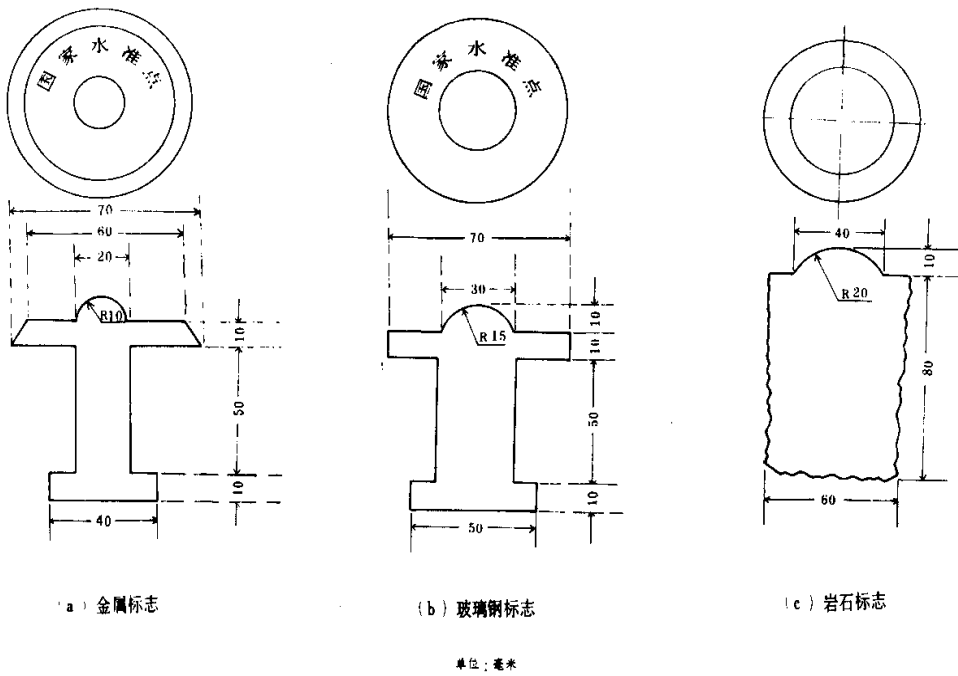


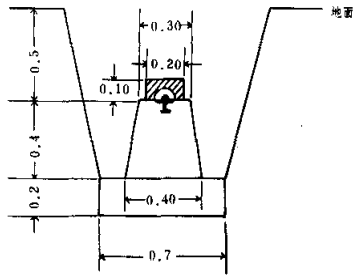
图 A4 水准标志

A5 水准标志类型图及造埋说明

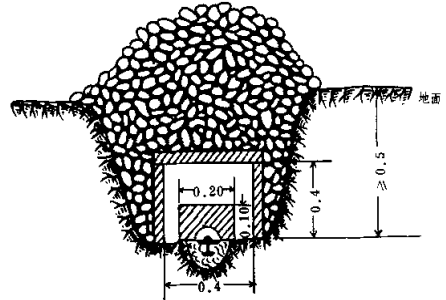
A5.1 各种类型水准标石的造埋规格式样如图 A5 所示。

A5.2 混凝土水准标石造埋说明:

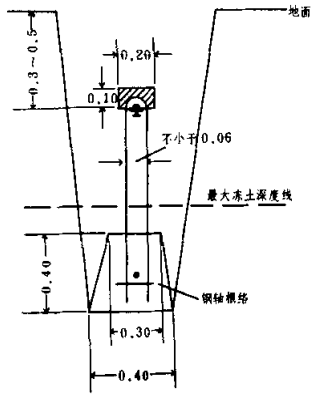
- 标石顶面中央嵌一水准标志。用字模在标石顶面压印水准路线等级、名称、水准点编号及埋设年、月。如图 A6 所示;
- 标石底盘均可用土模浇灌混凝土。



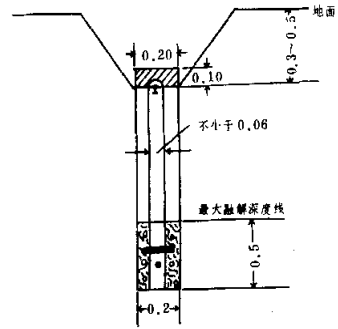
(a) 混凝土普通水准标石



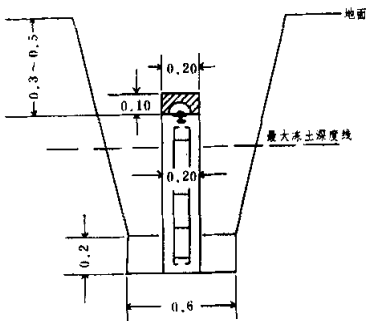
(b) 岩层普通水准标石



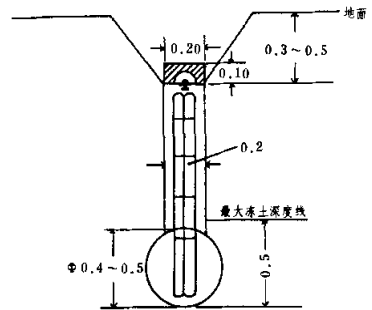
(c) 钢管普通水准标石



(d) 永冻地区钢管普通水准标石



(e) 混凝土柱普通水准标石



(f) 波纹管混凝土柱普通水准标石

图 A5 水准标石

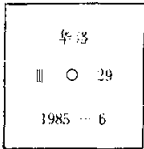


图 A6

A5.3 冻土地区水准标石造埋说明:

a. 冻土深度超过 0.8 m 的地区,普通水准标石应选用混凝土柱水准标石或钢管水准标石。标石埋设深度应依地下水位的高低按表 A2 决定:

表 A2

m

地下水位距地面高	标石底盘底部位于 最大冻土深度线下	标志距地面距离
≤ 6	> 0.5	0.3~0.5
6~10	> 0.2	0.3~0.5
> 10	按一般地区埋设混凝土普通水准标石	

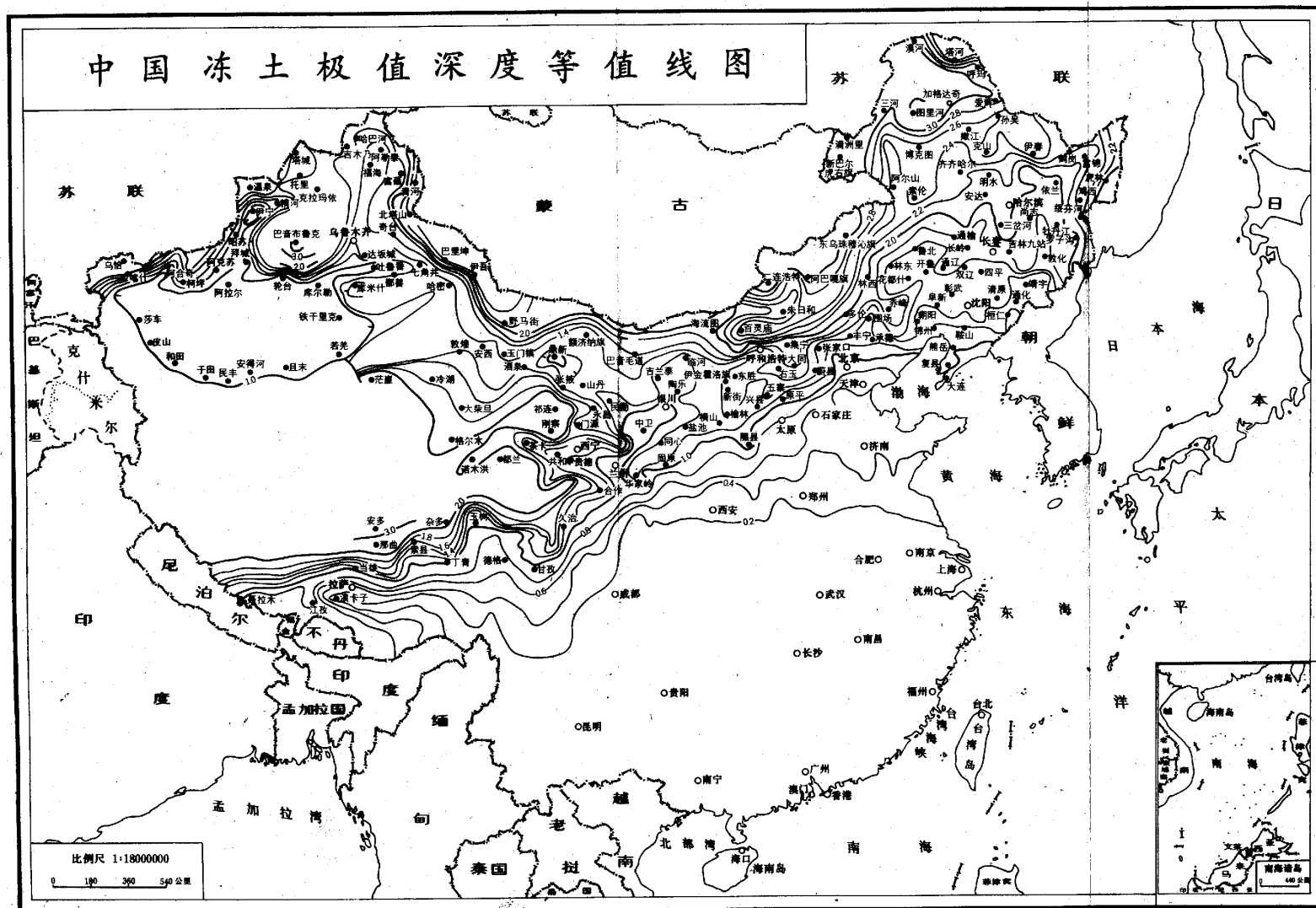
- b. 混凝土柱水准标石由横断面为 20 cm×20 cm 的方柱体或直径为 20 cm 的圆柱体与底盘组成;
- c. 钢管普通水准标石,由外径不小于 6 cm、管壁厚度不小于 3 mm 的钢管(上端镶有水准标志)与混凝土基座组成。在钢管底端约 10 cm 处装两根长 25 cm 的钢筋根络。钢管内灌满水泥砂浆,钢管表面须用沥青漆涂抹,并用旧布或麻线包扎,然后再涂一层沥青漆;
- d. 在永久冻土地区埋设水准标石,标石底部须按规定尺寸埋入最大融解线以下的永冻层或不冻层中。采用机械或人工钻出不少于 20 cm 的孔,允许用定向爆破技术将坑底扩成球形或其他规则形状,现场浇灌基座,插入钢管或利用土模浇灌柱石。应严格控制爆破量,不得破坏周围地层结构;
- e. 水准标志上应以压印有等级、路线名称和水准点编号的标志盖覆盖。在永久冻土区,还应依据资料确定最大融解深度。
- f. 冻土深度以《中国冻土极值深度等值线图》(见图 A7)为依据,结合勘选路线时收集的冻土资料综合确定。若两者不统一,应以最大值为准。在永久冻土区,还应依据资料确定最大融解深度。

A5.4 岩层水准标石造埋说明:

- a. 岩层洞孔须用水洗净,并以 1:2 的水泥砂浆灌注,安放水准标志。标志周围用沙浆抹 0.2 m×0.2 m 的平面,压印水准路线名称、等级、水准点编号、埋设年、月,并用红漆涂描。
- b. 普通水准点的标志上方用混凝土或砖砌圈板围护,再用指示盘覆盖。

A5.5 墙脚水准标志造埋说明:

- a. 墙脚水准标志(见图 A8)用金属制造(圆鼓部须用铜或不锈钢材料)。
- b. 标志须埋在已建多年的砖、石、混凝土建筑物的墙壁或石崖的直壁上,距地面约 0.4~0.6 m 处;
- c. 埋设时,须在墙壁选定的位置挖凿孔洞,并用水洗净浸润,然后灌满以 1:2 比例的水泥砂浆,嵌入标志;
- d. 在标志上方墙面上用 1:1 的水泥砂浆抹 20 cm×20 cm 的水泥面,压印等级、路线名称、水准点编号、埋设年、月,并用红漆涂描。



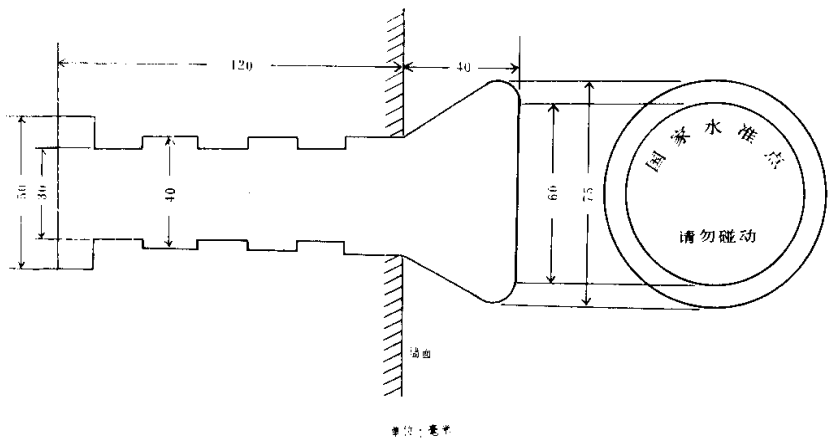


图 A8 墙脚水准标志

A6 水准标石材料用量表及混凝土施工要求

A6.1 灌制混凝土标石所用材料应符合下列要求:

- a. 采用的水泥标号应不低于 425 号。制作不受冻融影响的混凝土标石,应优先采用矿渣和火山灰质水泥,不得使用粉煤灰水泥。制作受冻融影响的标石,宜使用普通硅酸盐水泥,在制作受盐碱、海水或工业污水侵蚀地区的标石时,须使用抗硫酸盐水泥。在沙漠、戈壁等干燥环境中的标石,不得使用火山灰质水泥;
- b. 石子采用级配合格的 5~40 mm 的天然卵石或坚硬碎石,不宜采用同一尺寸的石子;
- c. 沙子采用 0.15~3 mm 粒径的中砂,含泥量不得超过 3%;
- d. 水须采用清洁的淡水,硫酸盐含量不得大于 1%;
- e. 外加剂可根据施工环境选用,如早强剂、防冻剂、减水剂、引气剂等,其质量应符合相应规定。对配钢筋混凝土或钢管标石,不得使用含氯盐的外加剂。

A6.2 各类水准标石的材料用量可参照标石体积和采用骨料按表 A3~A4 计算。

表 A3 各类水准标石体积 m³

标 石 名 称	部 位	体 积
混凝土普通水准标石	底盘	0.098
	柱石	0.049
钢管普通水准标石	基座	0.049
混凝土柱普通水准标石	底盘	0.072
	1 m 柱石	0.040
爆破型混凝土柱普通水准标石	球部基础	0.050
	1 m 柱石	0.031
指示碑	底盘	0.040
	碑体	0.050
指示盘		0.054
标志护盖		0.004

表 A4 每立方米混凝土制作材料用量表

骨料品种	级配粒径 mm	水	水泥	砂	石	配合比例
		重量,kg	重量,kg	重量,kg	重量,kg	
		(体积,m ³)	(体积,m ³)	(体积,m ³)	(体积,m ³)	
碎石	5~40	180	300	600	1 226	0.6 : 1 : 2.2 : 4.09
		(0.18)	(0.30)	(0.44)	(0.82)	0.6 : 1 : 1.47 : 2.73
卵石	5~40	170	285	672	1 248	0.6 : 1 : 2.36 : 4.38
		(0.17)	(0.28)	(0.45)	(0.83)	0.6 : 1 : 1.61 : 2.96

注：① 埋设在冻土地区的标石，水泥用量一律按 300 kg(0.3 m³)取用。

② 表中配合比适用中砂，当采用细砂或粗砂时，水和水泥用量相应增加或减少 17 kg 和 10 kg。

③ 当采用 5~20 mm 粒径的碎石或卵石，应将水和水泥用量各增加 10%，砂、石用量不变。

A6.3 混凝土施工要求：

a. 调制混凝土，须先将沙、石洗净。浇灌标石时，须逐层充分捣固。灌好后应防止日光照晒或风吹，根据气温情况每日浇水 2~5 次；

b. 气温在 0℃ 以下时，必须加入防冻剂，否则不准施工；

c. 拆模时间可根据气温和外加剂性能决定，一般条件下，平均气温在 5℃ 以上时，拆模时间不少于 12 h，若无外加剂，拆模时间不得少于 24 h；

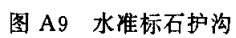
d. 预制的柱石、碑、盘，在拆模后应遮蔽阳光保持湿润，保湿养生时间不少于 14 天后方可搬运。

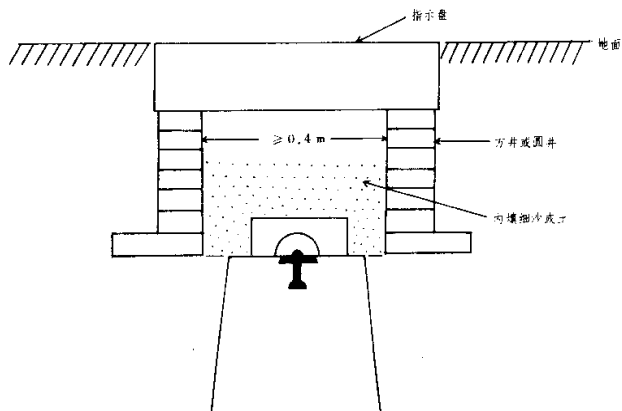
A7 水准点的外部整饰

A7.1 水准标石防护沟、保护井规格见图 A9~A10。

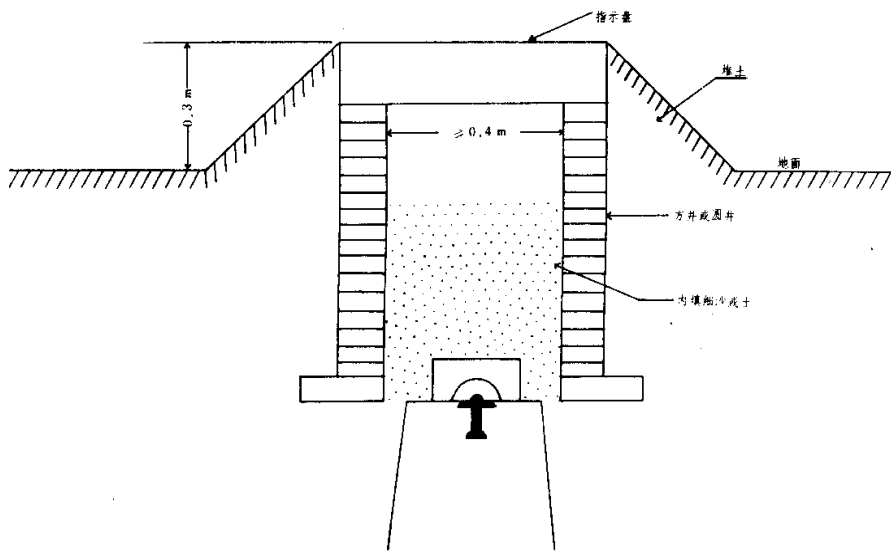
A7.2 普通水准标石的保护井可选用当地便于采集的材料，如砖、石砌筑，也可采用钢筋混凝土预制构件。

A7.3 埋设指示盘时，有字的一面向上，字的顶端朝向正北方向。埋设指示碑时，底盘应现场浇灌，一般应埋在点位正北 1.4 m 处，有字的一面向北。也可埋在点位的正东、正西、正南方向，使有字的一面朝向道路，但应在点之记中注明。指示盘、指示碑的埋设规格见图 A11。





(a) 庭院中水准标石护井



(b) 庭院外水准标石护井

图 A10 水准标石护井

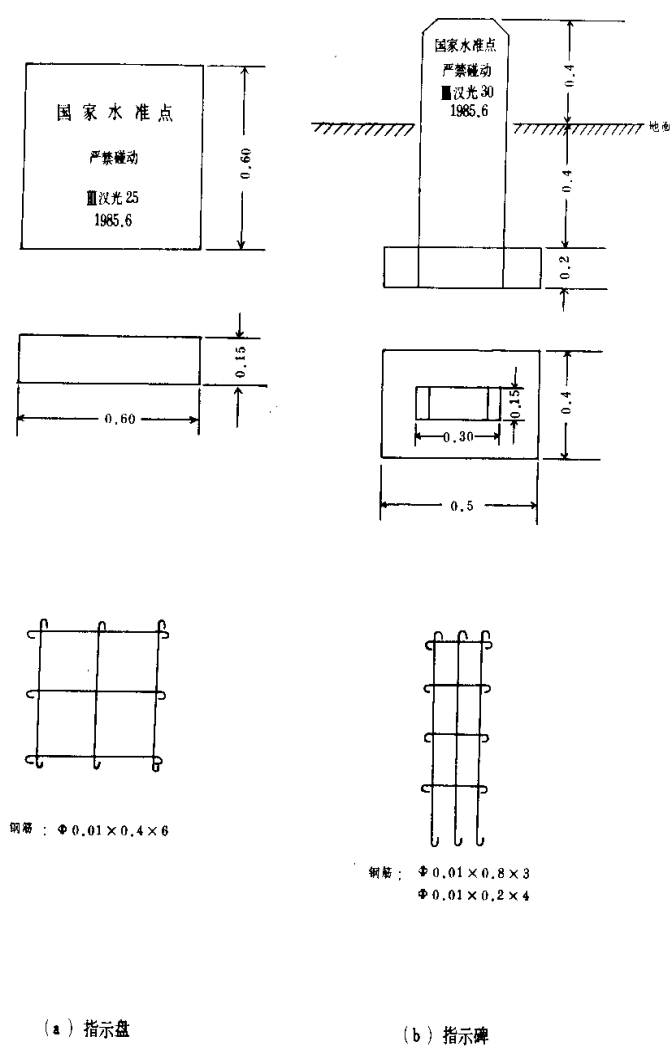


图 A11 指示盘与指示碑

A8 水准测量标志委托保管书

委托保管书填写示例如下:

水准测量标志委托保管书

线名和点号: Ⅱ 华洛 17 所在图幅: H-50-19
设置地点: 陕西省洛南县永丰乡白沙村
标志种类: 混凝土普通水准标石
标志质料: 混凝土、铜标志
完整情况: 标志、标志盖、指示盘完整无缺
托管日期: 1985 年 7 月 15 日

测量标志是社会主义经济建设和国防建设的重要设施,必须长期保存,当地各级党、政领导机关应对群众进行宣传教育,认真负责保护测量标志,不得拆除和移动,并严防破坏。埋设标志占用的土地,不得作其他使用。

现由陕西省测绘局测量队代表刘中根据《测量标志保护条例》将上述测量标志委托永丰乡人民政府接管,并负责保护。

委托机关:陕西省测绘局测量队(盖公章)

代表:刘中 地址:西安

接管机关:洛南县永丰乡人民政府 代表:李兴

此保管书共三份,一份随成果上交;一份由接管机关保存;一份由测量机关呈交地方测绘管理机关。(委托保管书背面印制《测量标志保护条例》和《中华人民共和国刑法》第一百七十五条的条文)。

附录 B

仪器检验方法

(补充件)

B1 标尺的检视

B1.1 标尺有无凹陷、裂缝、碰伤、划痕、脱漆等现象。

B1.2 标尺刻划线和注记是否粗细均匀、清晰,有无异常伤痕,能否读数。

B2 水准标尺上圆水准器的检校

B2.1 在距水准仪约 50 m 处的尺桩上安置水准标尺,使水准标尺的中线(或边缘)与望远镜竖丝精密重合。如标尺上的气泡偏离,则用改正针将标尺圆形水准气泡导至中央。

B2.2 将水准标尺旋转 180°,使水准标尺的中线(或边缘)与水准仪竖丝精密重合。观察气泡,若气泡居中,表示标尺此面已垂直,否则应重新对水准仪十字丝进行检校。

B2.3 旋转水准标尺 90°,检查标尺另一面是否垂直,其检校方法同 B2.1、B2.2 两项。

B2.4 如此反复检校多次,使标尺能按标尺上圆水准器准确地处于垂直位置。

B3 水准标尺分划面弯曲差的测定

B3.1 测定方法

通过标尺两端引张一细直线,在标尺尺面的两端及中央分别量取分划面至此细直线的距离。

B3.2 计算方法

标尺弯曲差 f 按式(B1)计算:

$$f = R_{\text{中}} - (R_{\text{上}} + R_{\text{下}})/2 \quad \dots\dots\dots (B1)$$

式中: $R_{\text{中}}$ ——中间读数,mm;

$R_{\text{上}}$ ——上端读数,mm;

$R_{\text{下}}$ ——下端读数,mm。

f 不得大于 8 mm,否则,标尺长度 l 必须按下式改正:

$$l = l' - 8 f^2 / (3 l') \quad \dots\dots\dots (B2)$$

式中: l' ——标尺名义长度,mm。

B4 一对标尺零点不等差及基、辅分划读数差的测定

B4.1 准备

在距水准仪约 20~30 m 的等距离处打下三个尺桩,使桩顶间高差约为 20 cm。

B4.2 观测方法

此项检验应进行三个测回。每一测回中,分别在三个尺桩上依次安置一对标尺,每次分别照准基、辅分划各读数三次,且望远镜的视轴位置应保持不变。测回间应变换仪器高。

B4.3 计算方法

分别计算每根标尺基、辅分划所有读数的中数。两标尺的基本分划读数中数的差,即作为一对标尺零点不等差。每一标尺基本分划读数的中数与辅助分划读数的中数的差,即为每一标尺基、辅分划读数差常数。

此项检验范例见表 B1。

表 B1 一对标尺零点不等差及基辅分划读数差常数的测定
标尺:木质标尺 №.0423 №.0424 日期:1989-8-5 仪器:Ds3 780308
观测者: 记录者: 检查者: mm

测回	桩号	№.0423 标尺读数			№.0424 标尺读数		
		基本分划	辅助分划	基辅读数差	基本分划	辅助分划	基辅读数差
I	1	1 239	5 927	4 688	1 239	6 028	4 788
		1 239	5 926	4 687	1 239	6 026	4 786
		1 238	5 926	4 686	1 239	6 028	4 788
	2	1 477	6 132	4 685	1 477	6 234	4 787
		1 448	6 134	4 687	1 488	6 235	4 787
		1 447	6 134	4 686	1 448	6 234	4 786
	3	1 650	6 337	4 687	1 651	6 439	4 788
		1 649	6 338	4 689	1 651	6 438	4 787
		1 650	6 338	4 688	1 649	6 437	4 788
	平均	1 445.2	6 132.4	4 687.2	1 445.7	6 233.2	4 787.5
II	1	1 244	5 932	4 688	1 245	6 033	4 788
		1 245	5 932	4 687	1 245	6 032	4 787
		1 245	5 932	4 687	1 245	6 033	4 788
	2	1 453	6 140	4 687	1 453	6 241	4 788
		1 453	6 140	4 687	1 454	6 240	4 786
		1 453	6 140	4 687	1 454	6 241	4 787
	3	1 654	6 340	4 686	1 655	6 442	4 787
		1 655	6 342	4 687	1 654	6 441	4 787
		1 655	6 341	4 686	1 655	6 441	4 786
	平均	1 450.8	6 137.7	4 686.9	1 451.1	6 238.2	4 787.1

续表 B1 mm

测回	桩号	№. 0423 标 尺 读 数			№. 0424 标 尺 读 数		
		基本分划	辅助分划	基辅读 数 差	基本分划	辅助分划	基辅读 数 差
Ⅲ	1	1 257	5 945	4 688	1 257	6 045	4 788
		1 256	5 943	4 687	1 257	6 044	4 787
		1 256	5 944	4 688	1 257	6 044	4 787
	2	1 466	6 152	4 686	1 467	6 253	4 786
		1 466	6 153	4 687	1 466	6 253	4 787
		1 465	6 153	4 688	1 466	6 253	4 787
	3	1 677	6 354	4 687	1 667	6 454	4 787
		1 666	6 353	4 687	1 667	6 454	4 787
		1 667	6 353	4 686	1 667	6 454	4 787
	平均	1 462.9	6 150.0	4 687.1	1 463.4	6 250.4	4 787.0
总中数		1 453.0	6 140.0	4 687.0	1 453.4	6 240.6	4 787.2
一对标尺零点不等差=0.4							

B5 一对水准标尺名义米长的测定

B5.1 准备

选择在温度稳定的室内进行此项检验。在检测前两小时将三等标准金属线纹尺或同等精度的检查尺和被检测的水准标尺放入检测处。检测时,水准标尺应放置在一平台上,使标尺背面与平台充分接触。

B5.2 观测方法

每一标尺的基本分划与辅助分划均须检验。基本分划和辅助分划各须进行往、返测。往测时,测定基本分划面的 0.25~1.25 m、0.85~1.85 m、1.45~2.45 m 三个米间隔,返测时测定 2.75~1.75 m、2.15~1.15 m、1.55~0.55 m 三个米间隔。辅助分划面检定时,往测测定 0.40~1.40 m、1.00~2.00 m、1.60~2.60 m 三个米间隔,返测时测定 2.90~1.90 m、2.30~1.30 m、1.70~0.70 m 三个米间隔。

往测的观测:两个观测员分别注视检查尺的左、右两端,同时读定“该部分间隔”的两个分划线边缘在检查尺上的读数,微动检查尺,然后再读取这两个分划线边缘在检查尺上的读数。两次“左右端读数差”的差应不大于 0.06 mm,否则立即重测。如此依次测定三个米间隔。每测定一个米间隔需读记温度。

返测的观测:返测时两观测员应互换位置,其他操作与往测相同。

B5.3 计算方法

此项检验要求计算出每根标尺的每米间隔平均值。其基辅分划往返测中每一间隔名义米长按式(B3)计算:

$$l_i = (A_{R1} - A_{L1} + A_{R2} - A_{L2})/2 + \Delta t_i \dots\dots\dots (B3)$$

式中: A_{L1}——检查尺第一次左读数,mm;
A_{R1}——检查尺第一次右读数,mm;
A_{L2}——检查尺第二次左读数,mm;
A_{R2}——检查尺第二次右读数,mm;

ΔL_i ——检查尺尺长温度改正值,mm;

L_i ——每一间隔名义米长值,mm。

此项检验范例见表 B2。

表 B2 水准标尺名义米长的测定

标尺:区格式木质标尺 025

日期:1989-8-15

检查尺:三等标准金属线纹尺 №. 1119 $L=(1\ 000-0.07)+0.0185\times(t-20^{\circ})\text{mm}$

观测者: 记录者: 检查者: mm

分划面	往返测	标尺分划间隔 m	温度 ℃	检查尺读数		右-左		检查尺尺长及温度改正	分划面名义米长
				左端	右端	右-左	中数		
基本分划	往测	0.25~1.25	25.0	1.20	1 001.60	1 000.40	1 000.30	+0.022	1 000.412
				1.40	1 001.78	1 000.38			
		0.85~1.85	25.0	0.40	1 000.70	1 000.30	1 000.27	+0.022	1 000.292
				1.14	1 001.38	1 000.24			
		1.45~2.45	25.0	2.06	1 003.10	1 001.04	1 001.04	+0.022	1 001.062
				0.76	1 001.80	1 001.04			
	返测	2.75~1.75	25.0	3.22	1 004.36	1 001.14	1 001.15	+0.022	1 001.172
				1.00	1 002.16	1 001.16			
		2.15~1.15	25.0	1.01	1 001.42	1 000.38	1 000.30	+0.022	1 000.412
				1.00	1 001.40	1 000.40			
		1.55~0.55	25.0	1.34	1 001.44	1 000.10	1 000.12	+0.022	1 000.142
				0.08	1 000.22	1 000.14			
辅助分划	往测	0.40~1.40	25.0	0.42	1 000.70	1 000.28	1 000.29	+0.022	1 000.312
				1.52	1 001.82	1 000.30			
		1.00~2.00	25.1	0.74	1 000.90	1 000.16	1 000.15	+0.024	1 000.174
				2.94	1 003.08	1 000.14			
		1.60~2.60	25.1	0.24	1 000.30	1 000.00	1 000.05	+0.024	1 000.074
				0.58	1 000.62	1 000.04			
	返测	2.90~1.90	25.1	1.82	1 001.84	1 000.02	1 000.03	+0.024	1 000.054
				0.68	1 000.72	1 000.04			
		2.30~1.30	25.1	0.36	1 000.40	1 000.04	1 000.04	+0.024	1 000.064
				1.74	1 001.78	1 000.04			
		1.70~0.70	25.1	0.24	1 000.46	1 000.22	1 000.21	+0.024	1 000.234
				1.22	1 001.42	1 000.20			
一根标尺名义米长								1 000.367	

另一标尺 026 的检测记录从略;其名义米长为 1 000.453 mm 一对标尺平均名义米长为 1 000.41 mm。

续表 B3

mm

测定 部分 温度	分米 分划	检查尺读数			各分米 分划线 距起测 分划线 的长度	检查尺 长度与 温 度 改 正	各分米 分划线 距起测 分划线 的真长	分米分划 线的误差
		I	II	中数				
2	10	0.76	3.42	2.09	0.00	0.000	0.000	0.00
	11	100.52	103.24	101.88	99.79	+0.008	99.798	-0.20
	12	200.52	203.20	201.86	199.77	-0.013	199.757	-0.24
	13	300.52	303.22	301.87	299.78	-0.005	299.775	-0.22
	14	400.50	403.20	401.85	399.76	-0.017	399.743	-0.26
	15	500.68	503.40	502.04	499.95	-0.008	499.942	-0.06
	16	600.88	603.60	602.24	600.15	-0.010	600.140	+0.11
	17	700.78	703.48	702.13	700.04	-0.032	700.008	+0.01
	18	800.90	803.58	802.24	800.15	-0.023	800.127	+0.13
	19	900.80	903.52	902.16	900.07	-0.005	900.065	+0.06
24.5	20	1 001.04	1 003.76	1 002.40	1 000.31	+0.013	1 000.298	+0.30
3	20	0.20	0.32	0.26	0.00	0.000	0.000	0.00
	21	100.08	100.24	100.16	99.90	+0.008	99.908	-0.09
	22	200.16	200.30	200.23	199.97	-0.013	199.957	-0.04
	23	300.22	300.40	300.31	300.05	-0.005	300.045	+0.04
	24	400.60	400.76	400.68	400.42	-0.017	400.403	+0.40
	25	500.74	500.86	500.80	500.54	-0.008	500.532	+0.53
	26	600.84	600.96	600.90	600.64	-0.010	600.630	+0.63
	27	700.82	701.00	700.91	700.65	-0.032	700.618	+0.62
	28	801.00	801.14	801.07	800.81	-0.023	800.787	+0.79
	29	900.88	901.02	900.95	900.69	-0.005	900.685	+0.68
24.5	30							

B7 水准仪的检视

此项检验要求从外观上对水准仪作出实际评价,并作以记载。

B7.1 外观

各部件是否清洁;有无碰伤、划痕、污点、脱胶、镀膜脱落等现象。

B7.2 转动部件

转动部件、各转动轴和调整制动螺旋等转动是否灵活、平稳;各部件有无松动、失调、明显晃动;螺纹是否完整,磨损程度等。

B7.3 光学性能

各光学部件性能是否正常,望远镜视场呈像是否明亮、清晰、均匀,调焦性能是否正常等。

若距离 100~150 m 的标尺分划呈像模糊,则此望远镜不能使用。

B7.4 补偿性能

自平水准仪的补偿器是否正常,有无粘摆现象。

B7.5 设备件数

仪器部件及附件和备用零件是否齐全。

B8 水准仪上概略水准器的检校

B8.1 用脚螺旋将概略水准气泡导至中央,然后旋转仪器 180° 。此时,若气泡偏离中央,则用水准器改正螺丝改正其偏差的一半,用脚螺旋改正另一半,以使气泡回到中央。

B8.2 如此反复检校,直到仪器无论转在任何方向,气泡中心始终位于中央时为止。

B9 水准仪十字丝的检校

B9.1 准备

选择一避风的地方或室内安置仪器。在距仪器 $10\sim 20\text{ m}$ 处悬挂一垂球线。

B9.2 方法

整平仪器后,观测十字丝竖丝是否与垂球线重合。若不重合,则用改正螺丝改正十字丝板,使其重合。此项校正完成后,用十字丝的横丝对准墙上标志,转动水平微动螺旋,观察十字丝的横丝是否始终对准此标志。此项检查均不应发现有明显的偏离,否则仪器不能使用。

B10 水准仪视距常数的测定

B10.1 准备

在一平坦场地上安置仪器,分别在距仪器约 5 m 和 50 m 的 A 、 B 两处各打一尺桩。在仪器中心挂一垂球,然后用钢尺丈量垂球中心到两标尺的距离,量至厘米。

B10.2 观测方法

分别观测 A 、 B 标尺 4 测回,测回间应变换仪器高。每测回将仪器整平后,分别读上、下丝基、辅分划读数各一次。

B10.3 计算方法

a. 乘常数计算

$$K = (D_B - D_A) / (\bar{l}_B - \bar{l}_A) \quad \dots\dots\dots (B5)$$

式中: D_A —— A 标尺距仪器的距离, mm ;

D_B —— B 标尺距仪器的距离, mm ;

\bar{l}_A —— A 标尺上、下丝读数间隔平均值, mm ;

\bar{l}_B —— B 标尺上、下丝读数间隔平均值, mm 。

b. 加常数计算

$$C = D - K\bar{l} \quad \dots\dots\dots (B6)$$

式中: \bar{l} 可用 A 或 B 标尺的观测值代入计算。

c. 计算乘常数的测定中误差

$$m_K = \pm K / (\bar{l}_B - \bar{l}_A) \cdot \sqrt{[(VV)_A + (VV)_B] / 56} \quad \dots\dots\dots (B7)$$

式中: V ——各上、下丝读数间隔和平均值之差, mm ;

$(VV)_A$ —— A 标尺上的 V 平方和;

$(VV)_B$ —— B 标尺上的 V 平方和。

m_K 应不大于 K 值的 0.3%, 否则应重测。
此项检验范例见表 B4。

表 B4 视距常数的测定

仪器: DS3 790501 观测者:
日期: 1989-8-21 记录者:
温度: 23.5℃ 检查者:

测回	分划面	$D_A=5.50\text{ m}$			$D_B=50.45\text{ m}$		
		上 下 丝 读 数	$l_A=\text{上}-\text{下}$		上 下 丝 读 数	$l_B=\text{上}-\text{下}$	
1	基本	1 553	51	$\bar{l}_A=51.2\text{ mm}$ $[VV]_A=1.50$	1 777	499	$\bar{l}_B=50.00\text{ mm}$ $[VV]_B=6.00$
		1 502			1 278		
	辅助	6 240	51		6 564	499	
		6 189			6 065		
2	基本	1 550	52		1 772	501	
		1 498			1 271		
	辅助	6 236	51		6 559	501	
		6 185			6 058		
3	基本	1 548	51		1 773	500	
		1 497			1 273		
	辅助	6 237	51		6 560	501	
		6 186			6 059		
4	基本	1 507	51		1 732	499	
		1 458			1 233		
	辅助	6 196	52		6 519	500	
		6 144			6 019		

$$K = \frac{D_B - D_A}{\bar{l}_B - \bar{l}_A} = 100.16$$

$$C = D_A - K\bar{l}_A = 0.37\text{ m}$$
$$C = D_B - K\bar{l}_B = 0.37\text{ m}$$

$$m_K = \pm \frac{K}{\bar{l}_B - \bar{l}_A} \cdot \sqrt{\frac{[VV]_A + [VV]_B}{56}} = \pm 0.03$$

B11 水准仪调焦透镜运行误差的测定**B11.1 准备**

选择一平坦场地,根据场地情况在一直线上或半径为 25 m 的半圆周内依次布设 0、1、……、5 号点,打上尺桩,并使 0 号到其余各点的距离分别如下:

$D_1=5\text{ m}; D_2=10\text{ m}; D_3=20\text{ m}; D_4=30\text{ m}; D_5=50\text{ m}$ 距离须用钢尺丈量。此项检验应选择呈像清晰稳定的时间进行。

B11.2 观测方法

每一安置仪器点,观测 4 测回。测回间应变换仪器基座 180° 及仪器高。每测回先测往测,后测返测,返测观测标尺次序与往测次序相反。观测中均按基本分划读数。

采用直线法时,首先应分别在 0 号点到其他各点 i 的中点或中点一侧安置仪器。且使得设站点到 0 点的距离等于到 i 号点的距离,然后按规定程序观测 0 号点和 i 号点上的标尺读数。采用圆弧法时,在圆心安置仪器,按规定程序依次观测 0 到 5 号点上的标尺读数。此时,两种方法每测回中均不得变动焦距。

最后置仪器于 0 号点,按规定程序观测 1 号点至 5 号点上的标尺读数。

整个观测过程中,应采用单个标尺。采用直线法在 0 号点立尺时,可用一根标尺固定在 0 号点上,而用另一标尺作移动尺立于 1~5 号点上。

B11.3 计算方法

- a. 求出 0 号点与其他各点的高差 h_i :

$$h_i = L_0 - L_i \quad \dots\dots\dots (\text{B8})$$

式中: L_0 ——对应于 L_i 的 0 号点各测回往返测读数平均值, mm;

L_i ——对应 L_0 的 i 号点各测回往返测读数平均值, mm。

- b. 求出在 0 号点观测 1~5 号点的视线高度 H_i :

$$H_i = M_i + h_i - 7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2 \quad \dots\dots\dots (\text{B9})$$

式中: M_i ——在 0 号点观测 1~5 号点的各测回往返标尺读数平均值, mm;

D_i ——0 点到其他各点的距离, m。

- c. 求出调焦运行误差 V_i :

$$V_i = \Delta_i + (23 - D_i) \cdot K \quad \dots\dots\dots (\text{B10})$$

且: $\Delta_i = H_i - \Sigma H_i / 5$

$$K = \Sigma(D_i \Delta_i) / 1\ 280$$

此项检验范例见表 B5、表 B6。

表 B5 用于调焦透镜运行误差检验的标准高差的测定

仪器: Ni030 №. 167518 温度: 20℃

观测者:

日期: 1990-4-16

呈像: 清晰稳定

记录者:

检查者:

测 回	桩 号	0 1		0 2		0 3		0 4		0 5	
1	往	1 479	1 547	1 463	1 546	1 435	1 605	1 395	1 668	1 280	1 693
	返	1 479	1 547	1 462	1 545	1 434	1 604	1 394	1 668	1 279	1 693
2	往	1 491	1 557	1 471	1 554	1 446	1 616	1 395	1 669	1 290	1 705
	返	1 490	1 557	1 471	1 553	1 446	1 616	1 395	1 669	1 290	1 705
3	往	1 485	1 553	1 443	1 527	1 433	1 602	1 386	1 659	1 294	1 709
	返	1 485	1 554	1 443	1 527	1 433	1 602	1 386	1 659	1 293	1 709
4	往	1 473	1 539	1 450	1 533	1 441	1 611	1 392	1 665	1 301	1 716
	返	1 473	1 540	1 450	1 532	1 441	1 610	1 392	1 665	1 301	1 715
中数 L_i		1 481.9	1 549.2	1 456.6	1 539.6	1 438.6	1 608.2	1 391.9	1 665.2	1 291.0	1 705.6
$h_i = L_0 - L_i, \text{ mm}$		-67.3		-83.0		-169.6		-273.3		-414.6	

表 B6 调焦透镜运行误差的测定

仪器: Ni030 №. 167518

温度: 20℃

观测者:

记录者:

日期: 1990-4-16

呈像: 清晰稳定

检查者:

0 号点到其他各点的距离 $D_i, \text{ m}$						
1	往	1 582	1 598	1 684	1 786	1 926
	返	1 582	1 598	1 683	1 787	1 925
2	往	1 590	1 606	1 692	1 793	1 933
	返	1 591	1 605	1 691	1 794	1 934
3	往	1 598	1 613	1 700	1 801	1 941
	返	1 598	1 613	1 699	1 801	1 941
4	往	1 575	1 591	1 678	1 778	1 918
	返	1 575	1 592	1 677	1 779	1 919
中数 $M_i, \text{ mm}$		1 586.4	1 602.0	1 688.0	1 789.9	1 929.6
$h_i, \text{ mm}$		-67.3	-83.0	-169.6	-273.3	-414.6
$-7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		0	0	0	-0.1	-0.2
$H_i = M_i + h_i - 7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		1 519.1	1 519.0	1 518.4	1 516.5	1 514.8
$\Delta_i = H_i - \frac{1}{5} \Sigma H_i$		+1.6	+1.5	+0.8	-1.1	-2.8
$V_i = \Delta_i + (23 - D_i) \cdot K$		-0.3	+0.1	+0.5	-0.4	+0.1

$$K = \frac{\Sigma(D_i \cdot \Delta_i)}{1280} = -0.1047$$

$$\text{检核 } \Sigma \Delta_i = \Sigma V_i = 0$$

B12 气泡式水准仪交叉误差的检校**B12.1 准备**

选择一平坦场地,在距标尺约 50 m 处安置仪器,并使其一脚螺旋位于望远镜至标尺的视准面内。

B12.2 检验方法

将仪器整平后,照准标尺读数。然后将视准面侧方一脚螺旋向一方转动二周,使仪器向侧方倾斜,同时将另一侧方脚螺旋反方向转动,使原有标尺读数保持不变。此时观察气泡两端是否仍符合或互相偏离若干距离。然后反向转动两侧脚螺旋,使其原有读数保持不变的情况下,气泡两端恢复符合的位置。

同法,使仪器向另一方向倾斜,并观察原有读数保持不变情况下气泡两端是否仍符合或互相离开若干距离。

在上述仪器向两侧倾斜的情况下,若气泡两端保持符合,或同向离开相同距离,则表示无交叉误差,若两端异向离开,则表示不能满足,异向离开大于 2 cm 时,必须进行校正。

B12.3 校正方法

将水准器侧方的一改正螺丝放松,另一侧方改正螺丝拧紧,使水准器向左、右移动至气泡两端恢复符合时为止。

B13 水准仪*i*角检校**B13.1 准备**

在一平坦场地上用钢卷尺依次量取一直线 I_1ABI_2 或 AI_1I_2B 或 AI_1BI_2 ,其中 I_1 、 I_2 为安置仪器处, A 、 B 为立标尺处。在线段 I_1ABI_2 上使 $I_1A=BI_2$,在线段 AI_1I_2B 上使 $AI_1=I_2B$,在线段 AI_1BI_2 上,使 $AI_1=I_1B$ 。设 $D_1=BI_2$, $D_2=AI_2$,使近标尺距离 D_1 约为 5~7 m,远标尺距离 D_2 约为 40~50 m。分别在 A 、 B 处各打一尺桩。

B13.2 观测方法

在 I_1 、 I_2 处先后安置仪器,仔细整平仪器后,分别在 A 、 B 标尺上各照准读基本分划四次。

B13.3 计算方法

i 角按式(B11)计算

$$i = \Delta \cdot \rho'' / (D_2 - D_1) - 1.61 \times 10^{-5} \cdot (D_1 + D_2) \dots\dots\dots (B11)$$

$$\text{且: } \Delta = \begin{cases} [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)] / 2 & \text{按 } I_1ABI_2 \text{ 和 } AI_1I_2B \text{ 设站时} \\ (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1) & \text{按 } AI_1BI_2 \text{ 设站时} \end{cases}$$

式中: i —— i 角值,(");

ρ'' ——206265;

a_2 ——在 I_2 处观测 A 标尺的读数平均值,mm;

b_2 ——在 I_2 处观测 B 标尺的读数平均值,mm;

a_1 ——在 I_1 处观测 A 标尺的读数平均值,mm;

b_1 ——在 I_1 处观测 B 标尺的读数平均值,mm;

D_1 ——仪器距近标尺距离,mm;

D_2 ——仪器距远标尺距离,mm。

B13.4 校正

对于 i 角大于 20" 的仪器必须进行校正。对于自动安平水准仪,应送有关修理部门进行校正。对于气泡式水准仪,按下述方法校正。

在 I_2 处,用倾斜螺旋将望远镜视线对准 A 标尺上应有的正确读数 a'_2 , a'_2 按式(B12)计算:

$$a'_2 = a_2 - \frac{\Delta \cdot D_2}{D_2 - D_1} \dots\dots\dots (B12)$$

然后校正水准器改正螺丝使气泡居中。校正后将仪器望远镜对准 B 标尺读数 b'_2 。 b'_2 应与式 (B13) 计算结果一致, 以此作检核。

$$b'_2 = b_2 - \frac{\Delta \cdot D_1}{D_2 - D_1} \dots\dots\dots (B13)$$

校正需反复进行, 使 i 角合乎要求为止。

此项检验范例见表 B7。

表 B7 i 角的检校

仪器: DS3 800607

方法: I_1ABI_2

观测者:

日期: 1989-8-5

标尺: $A: 0235$

记录者:

$B: 0236$

时间: 9:25

呈像: 清晰

检查者:

仪器距近标尺距离 $D_1 = 6.8$ m 仪器距远标尺距离 $D_2 = 40.3$ m

仪器站	I_1		I_2	
观测次序	A 尺读数 a_1	B 尺读数 b_1	A 尺读数 a_2	B 尺读数 b_2
1	1 484	1 489	1 510	1 517
2	1 485	1 487	1 511	1 516
3	1 484	1 488	1 510	1 517
4	1 484	1 487	1 512	1 517
中数	1 484.2	1 487.8	1 510.8	1 516.8
高差 ($a-b$), mm	-3.6		-6.0	

方法: I_1ABI_2
 $AI_1I_2B \quad \Delta = [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)]/2 = (-6.0 + 3.6)/2 = -1.2$ mm

方法: $AI_1BI_2 \quad \Delta = (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1) =$

$$i = \frac{\Delta \cdot \rho''}{D_2 - D_1} = 1.61 \times 10^{-5} \cdot (D_1 + D_2) = -7.39 - 0.76 = -8.15''$$

$$a'_2 = a_2 - \frac{\Delta \cdot D_2}{D_2 - D_1} = \quad b'_2 = b_2 - \frac{\Delta \cdot D_1}{D_2 - D_1} =$$

B14 水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定**B14.1 准备**

在一平坦场地分别打两个尺桩 A 、 B ，使 A 、 B 的距离 D_{AB} 为：对于三等， $D_{AB}=120\text{ m}$ ；对于四等， $D_{AB}=160\text{ m}$ 。在 A 、 B 连线的中点安置仪器。

B14.2 观测方法

此项检验分 6 组进行。每相邻两个观测组应在一个时间段内检验完毕。每组观测前，应将三个脚螺旋 i 、 j 、 k 置于一定的位置；第 I、II、V 组，分别使两脚螺旋 ij 、 ik 、 ki 平行于 AB ；第 III、IV、VI 组分别在前一组脚螺旋位置上旋转基座 180° 。

每组观测 10 测回。测回间应变换仪器高。每测回应按相应等级的测站上水准测量限差和观测程序要求观测中丝读数，且奇数测回照准次序为 $ABBA$ ，偶数测回照准次序为 $BAAB$ 。

B14.3 计算方法**a. 计算测站观测中误差**

$$m_h = \pm \sqrt{\Sigma[VV]/54} \dots\dots\dots (\text{B14})$$

式中： V ——每组观测高差平均值与测回观测高差之差， mm ；

$[VV]$ ——每组 V^2 之和；

$\Sigma[VV]$ ——各组 $[VV]$ 之和；

m_h ——测站观测中误差， mm 。

b. 计算竖轴误差

$$\Delta_i = (h_{2i-1} - h_{2i})/2 \dots\dots\dots (\text{B15})$$

式中： Δ_i ——基座三个位置上的竖轴误差， mm ；

h_{2i-1} ——奇数组的观测高差平均值， mm ；

h_{2i} ——偶然组的观测高差平均值， mm 。

此项检验范例见表 B8。

表 B8 测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

仪器:DS3 760302 日期:1989-8-2 观测者:
标尺:A 0321 B 0322 时间:9:40 记录者:
呈像:清晰 温度:18.5℃ 检查者:

第 一 组 $D=120.0\text{ m}$

测回	标尺	标尺读数		基+K-辅	测回	标尺	标尺读数		基+K-辅
		基本分划	辅助分划				基本分划	辅助分划	
I	A	1 603	6 291	-1	I	A	1 615	6 303	-1
	B	1 468	6 254	+1		B	1 481	6 268	0
	A-B	135	137	-2		A-B	134	135	-1
	h	136.0				h	134.5		
II	A	1 614	6 300	+1	IV	A	1 601	6 288	0
	B	1 479	6 266	0		B	1 466	6 254	-1
	A-B	135	134	+1		A-B	135	134	+1
	h	134.5				h	134.5		
V	A	1 603	6 290	0	VI	A	1 605	6 291	+1
	B	1 469	6 255	+1		B	1 469	6 256	0
	A-B	134	135	-1		A-B	136	135	+1
	h	134.5				h	135.5		
VI	A	1 610	6 298	-1	VII	A	1 618	6 305	0
	B	1 474	6 262	-1		B	1 483	6 271	-1
	A-B	136	136	0		A-B	135	134	+1
	h	136.0				h	134.5		
IX	A	1 616	6 304	-1	X	A	1 615	6 304	-2
	B	1 482	6 268	+1		B	1 481	6 269	-1
	A-B	134	136	-2		A-B	134	135	-1
	h	135.0				h	134.5		

$h=135.00\text{ mm}$ $m_h=\pm\sqrt{\Sigma[VV]}/54=\pm0.64\text{ mm}$

$\Sigma[VV]=3.725$ $\Delta_1=(h_2-h_1)/2=(134.8-135.0)/2=-0.10\text{ mm}$

$\Sigma[VV]=22.300$ $\Delta_2=(h_4-h_3)/2=(135.1-134.7)/2=+0.20\text{ mm}$

$\Delta_3=(h_6-h_5)/2=(134.9-135.1)/2=-0.10\text{ mm}$

其他组略去。

B15 经纬仪垂直度盘测微器行差的测定

B15.1 测定方法

测定垂直度盘测微器行差时,垂直度盘的整置位置见表 B9:

表 B9

序 号	度盘位置
1	88°00'
2	89°20'
3	90°40'
4	92°00'
5	93°20'

每一位置的测定程序如下:

a. 将测微器的指标对正零分划线,转动望远镜使垂直度盘处于整置位置,用垂直微动螺旋使整置位置的分划线 A 与对径分划线 $A \pm 180^\circ$ 重合;

b. 按下列顺序,各精密重合两次,同时进行测微器读数(读数可按正、负数读,以 DJ2 型仪器为例:多于 $0'$, $i/2$ 读作正数;少于 $0'$, $i/2$ 读作负数,其中 i 为度盘最小格值);

a —— A 与 $(A \pm 180^\circ)$ 两分划重合时的读数;

b —— $(A - i)$ 与 $(A \pm 180^\circ)$ 两分划重合时的读数;

c —— A 与 $(A \pm 180^\circ - i)$ 两分划重合时的读数。

B15.2 计算方法

测微器行差按式(B16)计算:

$$r = (r_{\text{正}} + r_{\text{倒}})/2 \quad \dots\dots\dots (\text{B16})$$

且:

$$r_{\text{正}} = \mu \Sigma(a_i - b_i)/5$$

$$r_{\text{倒}} = \mu \Sigma(a_i - b_i)/5$$

式中: μ ——测微器分划值。

此项检验范例见表 B10。

表 B10 垂直度盘测微器行差的测定

仪器: Wild T2 №. 140094 日期: 1980-8-2
观测者: 记录者: 检查者:

指标读数	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i> − <i>b</i>	<i>a</i> − <i>c</i>	备注
88°00′	+0.1	+3.3	+3.0	−3.2	−2.9	
	+0.4	+3.7	+2.7	−3.3	−2.3	
				−3.25	−2.60	
89°20′	−2.3	−1.1	+1.0	−0.6	−3.3	
	−2.1	−2.0	+0.1	−0.1	−2.2	
				−0.35	−2.75	
90°40′	−0.4	+0.1	−0.2	−0.4	−0.2	
	−1.4	−1.0	−0.5	−1.5	−0.9	
				−0.95	−0.55	
92°00′	+1.5	+0.6	+0.2	+0.9	+1.3	
	+0.7	−0.4	−0.3	+1.1	+1.0	
				+1.00	+1.15	
93°20′	−1.0	+0.3	+0.7	−1.3	−1.7	
	−0.4	−0.3	+1.6	−0.1	−2.0	
				−0.70	−1.85	
中数				−0.85	−1.32	

$r_{\text{正}} = -1.70''$ $r_{\text{倒}} = -2.64''$
 $r = -2.17''$ $r_{\text{正}} - r_{\text{倒}} = +0.94''$

B16 经纬仪一测回垂直角观测中误差的测定

B16.1 准备

选择一平坦空地安置经纬仪。距仪器 30~50 m 处,打入一木桩,安置经过分米误差测定的因瓦水准标尺。用钢卷尺量取仪器至标尺分划面的距离,两次互差不超过 3 mm 时,取中数采用。

B16.2 观测方法

整平仪器后于盘左位置照准标尺上 5 dm 分划线两次,并读取垂直度盘和测微器读数,依次向上照准相邻分米分划线并读数,直至 30 dm 分划线为止。再置仪器于盘右位置,自 30 dm 分划线起依次照准各分米分划线至 5 dm 分划线并读数,即完成第 I 仪器位置的观测。

同一分划线两次照准读数差不应大于 2″。指标差互差不得大于 10″。变换仪器高,重复上述操作进行第 II 仪器位置的观测。

B16.3 计算方法

a. 计算标尺测定分划间隔观测误差

$$\Delta_i = \Delta l_i - (D \text{tg} \alpha_i - D \text{tg} \alpha_{i+1}) \dots\dots\dots (B17)$$

式中: Δl_i ——分划间隔真长, mm;

D ——标尺距仪器的距离,mm;

a_1 ——分划观测垂直角。

b. 计算一测回垂直角观测中误差:

$$m_a = \sqrt{[\Delta\Delta]/(2n)} \cdot \rho''/D \dots\dots\dots (B18)$$

式中: $[\Delta\Delta]$ ——各 Δ_i 平方之和;

n —— Δ_i 的个数;

ρ'' ——206 265。

此项检验范例见表 B11、表 B12。

表 B11 垂直角观测中误差的测定

仪器:T2 №. 29984 观测者:
视线长度: $D=34.93\text{ m}$ 记录者:
仪器位置: I 检查者:
日期:1990-2-17 8:20

分米 分划	度盘	垂直度盘读数				中数	指标差		
		I			I		(°)	(')	(")
		(°)	(')	(")	(")	(")			
010	左	91	53	44.4	43.8	44.1	+	19.1	
	右	268	06	54.2	54.0	54.1	-1	53	25.0
012	左	91	43	51.5	50.0	50.8	+	17.6	
	右	268	16	44.0	44.8	44.4	-1	43	33.2
014	左	91	34	04.1	04.9	04.5	+	20.0	
	右	268	26	36.0	35.0	35.5	-1	33	44.5
016	左	91	24	13.2	14.4	13.8	+	19.4	
	右	268	36	24.5	25.5	25.0	-1	23	54.4
018	左	91	14	20.1	21.3	20.7	+	18.8	
	右	268	46	16.6	17.2	16.9	-1	14	01.9
020	左	91	04	30.1	28.6	29.4	+	18.0	
	右	268	56	07.0	06.2	06.6	-1	04	11.4

其他分米分划观测记录格式与此相同。

表 B12 一测回垂直角观测中误差的计算
仪器:T2 №.29904 计算者: 检查者: mm

仪器位置		I			I		
分米分划	名义分米 间隔长度	分米分划线对 仪器高差	相邻分划 线高差	Δ	分米分划线对 仪器高差	相邻分划 线高差	Δ
10	100.01	-1 152.81	100.31	-0.30	-1 210.14	100.14	-0.13
12	100.00	-1 052.50	99.78	+0.22	-1 110.00	99.88	+0.12
14		-952.72			-1 010.12		
16	100.00	-852.72	100.00	0	-909.92	100.20	-0.20
18	99.97	-752.33	100.39	-0.42	-810.09	99.83	+0.14
20	99.99	-652.29	100.04	-0.05	-709.96	100.13	-0.14
22	100.00	-552.54	99.75	+0.25	-609.90	100.06	-0.06
24	100.00	-452.82	99.72	+0.28	-509.82	100.08	-0.08
26	100.02	-352.67	100.15	-0.13	-409.74	100.08	-0.06
28	100.00	-252.70	99.97	+0.03	-309.97	99.77	+0.23
30	100.01	-152.62	100.08	-0.07	-209.82	100.15	-0.14
32	100.00	-52.84	99.78	+0.22	-109.92	99.90	+0.10
34	100.00	+47.65	100.49	-0.49	-9.80	100.12	-0.12
36	100.00	+147.81	100.16	-0.16	+90.32	100.12	-0.12
38	100.02	+247.23	99.42	+0.60	+190.20	99.88	+0.14
40	100.00	+347.47	100.24	-0.24	+290.41	100.21	-0.21
42	99.98	+447.57	100.10	-0.12	+390.21	99.80	+0.18
44	100.00	+547.67	100.10	-0.10	+490.44	100.23	-0.23
46	100.00	+647.33	99.66	+0.34	+590.25	99.81	+0.19
48	100.00	+747.40	100.07	-0.07	+690.07	99.82	+0.18
50	100.02	+847.78	100.38	-0.36	+790.34	100.27	-0.25
52	100.00	+946.60	99.82	+0.18	+890.21	99.87	+0.13
54	99.97	+1 046.36	99.76	+0.21	+990.12	99.91	+0.06
56	100.00	+1 146.68	100.32	-0.32	+1 090.38	100.26	-0.26
58	100.00	+1 246.40	99.72	+0.28	+1 190.17	99.79	+0.21
60	100.00	+1 346.74	100.34	-0.34	+1 290.39	100.22	-0.22

[ΔΔ] = 2.556 0

一测回垂直角观测中误差:

$M_{\alpha} = \pm \sqrt{[\Delta\Delta]/(2N)} \cdot \rho/D = \pm \sqrt{2.556/100} \times 206\,265/34\,930 = \pm 0.94''$

附录 C

跨河水准测量觇板制作与跨河水准测量记录

(补充件)

C1 跨河水准测量觇板的制作

C1.1 觇板用铝或其他金属或有机玻璃制造,背面设有夹具,可沿标尺面滑动,并能用螺旋控制,使固定于标尺上任一位置。

C1.2 觇板中央开一小窗,小窗中央安一水平指标线(用马尾丝或细铜丝)。

C1.3 照准标志可绘成图 C1 或其他易于观测的形式,标志中心线必须与觇板指标线精密重合。

整块觇板的构造示意图如图 C1。

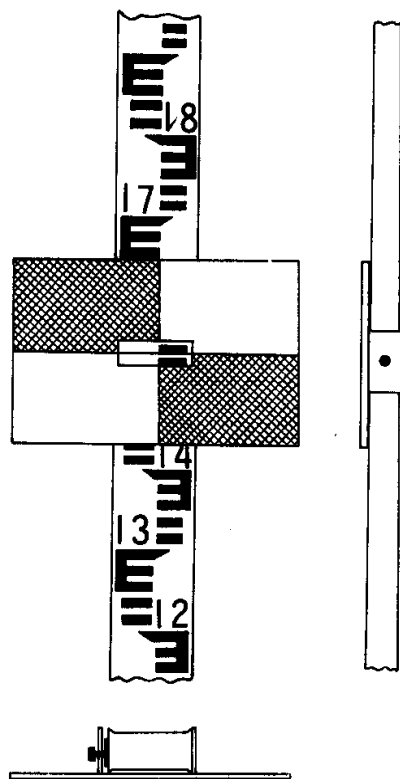


图 C1

C2 跨河水准测量记录

直接读尺法和微动觇板法的观测可直接在水准观测手簿中记录,格式见表 C1、C2。

表 C1 马腾江 四等跨河水准测量记录、计算
(适用于直接读尺法、微动视板法)

日期:1990-2-12
时刻:始:14:10
末:16:05
呈像:清晰

仪器:HB-1 №.17092
观测者:张云
记录者:李风
第一测回上半测回

测站	后尺	下丝	前尺	下丝	尺号	标尺读数		K 加黑 减红	高差中数
		上丝		上丝					
	后距		前距			黑面	红面		
	视距差								
A ₁	1 885		1 030		后(<i>b</i> ₁)	1 753	6 439	1	0.852
	1 620		0 772		前(<i>I</i> ₁)	0 900	5 587	0	
	26.5		25.8		后—前	0 853	0 852		
	0.7				<i>h</i> _{<i>b</i>₁<i>I</i>₁}	0 852			
I ₁	近标尺读数(<i>b</i> ₁)					黑面	红面		0.866
						2 336	7 022	1	
	远标尺读数(<i>I</i> ₂)			I	1 472				
				Ⅱ	1 467				
				中数	1 470				
	<i>h</i> _{<i>b</i>₁<i>I</i>₂}					0 866			

表 C2 第一测回下半测回

I_2	近标尺读数(b_2)				黑面	红面		-0.805	
					0 672	5 358	1		
	远标尺读数(I_1)				I	1 477			
					Ⅱ	1 477			
					中数	-0 805			
$h_{b_2I_1}$									
测站	后尺	下丝 上丝	前尺	下丝 上丝	尺号	标尺读数		K 加黑 减红	高差中数
	后距		前距			黑面	红面		
	视距差								
A_2	1 948		1 152		后(I_1)	1 792	6 478	1	0.798
	1 638		0 837		前(b_2)	0 994	5 680	1	
	31.0		31.5		后-前	0 798	0 798		
	-0.5				$h_{I_1b_2}$	0 798			

高差计算:

上半测回高差 $h_{b_1b_2} = h_{b_1i_2} + h_{i_2b_2} = 0.866 + 0.798 = 1.664$

下半测回高差 $h_{b_2b_1} = h_{b_2i_1} + h_{i_1b_1} = -0.805 + (-0.85) = -1.657$

一测回高差:

$$H_{b_1b_2} = \frac{1}{2}(h_{b_1b_2} - h_{b_2b_1}) = [1.664 - (-1.657)] \times \frac{1}{2} = 1.660 \text{ m}$$

附录 D

观测手簿格式与高差表编算

(补充件)

D1 水准测量手簿和高程导线测量记录格式

水准测量电子记录的手簿格式见 ZB A76 001—87; 手工记录的手簿格式见图 D1~D4。

高程导线测量的记录和计算示例见表 D1~D3。

宜 江 至 新 城

三(四)等水准观测手簿№. 02

前接手簿号数:01 后接手簿号数:03

1 9 8 8 年

陕西省测绘局 101 测量队

(测量单位名称)

图 D1 水准观测手簿封面

(二)副 封 面

水准路线由 宜江起经 至新城止仪器名称 NS3 №. 670607制造厂名 南京测绘仪器厂望远镜放大倍率 30×视距常数 100水准器分划值 20"/2 mm 测微器分划值 倾斜螺旋分划值 仪器检查校正情况 良好标尺名称 黑红面标尺 №. 5 №. 6制造厂名 扬州测绘仪器厂读数差常数 4787 4687刻划间隔 1.0 cm标尺检查校正情况 良好观测者 王自强记簿者 张德良

图 D2 副封面

水准路线图

(标出图幅分幅线、水准路线、点位、号数及与
路线联测的三角点或其它点)

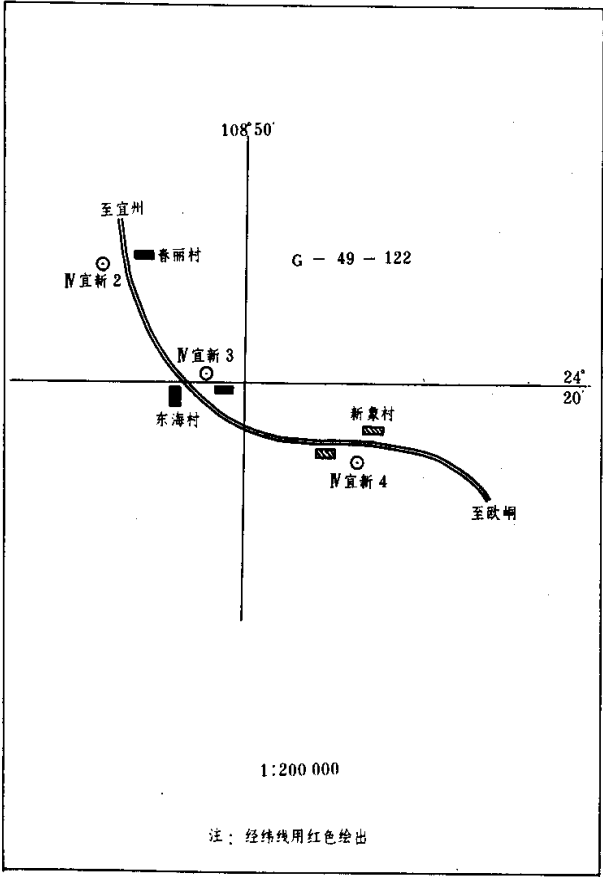


图 D3 水准路线图

(三)观测记录、计算

往测自Ⅱ宜新3至Ⅱ宜新4

1988年8月2日

时刻始8时05分

天气:晴

未 时 分

呈像:清晰

测站 编号	后尺	下丝	前尺	下丝	方向 及 尺号	标尺读数		K 加黑 减红	高差 中数	备考
	上丝	上丝	黑面	红面						
	后距	前距								
	视距差 d	Σ								
	(1)		(5)		后	(3)	(8)	(10)		
	(2)		(6)		前	(4)	(7)	(9)		
	(12)		(13)		后—前			(11)		
	(14)		(15)							
1	1 571		0 739		后 5	1 384	6 171	0		
	1 197		0 363		前 6	0 551	5 239	—1		
	374		376		后—前			+1		
	—0.2		—0.2							
2	2 121		2 196		后	1 934	6 621	0		
	1 747		1 821		前	2 008	6 796	1		
	374		375		后—前			+1		
	—0.1		—0.3							
3	1 914		2 055		后	1 726	6 513	0		
	1 539		1 678		前	1 866	6 554	—1		
	375		377		后—前			+1		
	—0.2		—0.5							
4	1 965		2 141		后	1 832	6 519	0		
	1 700		1 874		前	2 007	6 793	+1		
	265		267		后—前			—1		
	—0.2		—0.7							
5	1 540		2 813		后	1 304	6 091	0		
	1 069		2 357		前	2 585	7 272	0		
	471		456		后—前			0		
	+1.5		+0.8							
					后					
					前					
					后—前					

图 D4 观测记录、计算

表 D1 电磁波测距高程导线测量记录

测段:自城河 至 东村

日期:1990-2-14

仪器:DI20 40501

观测者:王山

天气:阴

棱镜:三棱镜

记录者:万水

测站: N1		时刻:始: 9 : 15					
照准点: N2		末: 9 : 40					
距离 测量	测 回 读 数	I	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ		
	1	825. 253	825. 253	825. 252	825. 250		
	2	253	254	253	251		
	3	254	253	252	250		
	4	253	253	252	250		
	中数	825. 253	825. 253	825. 252	825. 250		
	各测回中数	825. 252 0					
气温	9. 7℃		气压	728 mmHg			
垂直 角 测量	测回	盘 左 (°) (′) (″)	(″)	盘 右 (°) (′) (″)	(″)	指标差	垂直角 (°) (′) (″)
	Ⅰ	90 04 01	00. 5	269 55 26	26. 0	- 16. 8	- 0 04 17. 2
		00		26			
	Ⅱ	90 03 55	56. 0	269 55 25	24. 5	- 19. 8	- 0 04 15. 8
		57		24			
	Ⅲ	90 03 56	55. 5	269 55 25	25. 0	- 19. 8	- 0 04 15. 2
		55		25			
	Ⅳ	90 03 57	56. 5	269 55 26	25. 5	- 19. 0	- 0 04 15. 5
		56		25			
	中数- 0 0 415. 9						
	仪器高	Ⅰ	1. 547 m		觇标高	Ⅰ	1. 715 m
	Ⅱ	1. 548			Ⅱ	1. 715	
	中数	1. 547 5			中数	1. 715 0	

表 D2 电磁波测距高程导线测量高差计算表
(适用于每点设站)

测段:自 城河 至 碑林

日期:1990-2-18

计算者:陈明

检查者:钱亮亮

m

测 站 点	照 准 点	斜距观测值	气象 修正 mm	加常数 mm	乘常数 mm	斜距 S_i $S=1+2+3+4$	垂直角 α_i 6	$S_i \cdot \sin \alpha_i$ 7	$(S \cdot \cos \alpha)^2 / 2R$ 8	仪器高 i 9	觇标高 v_i 10	高差 h' $11=7+8+9-10$	高差中数 h 12
N1	N2	724.233 0	8.0	0.98	-8.0	724.234 0	+0 50 55.5	+10.728 0	0.041 2	1.575 0	1.559 0	+10.785 2	+10.778
N2	N1	724.230 0	8.0	0.98	-8.0	724.231 0	-0 51 15.0	-10.796 4	0.041 2	1.559 0	1.575 0	-10.771 2	
N2	N3	855.144 2	8.0	0.98	-9.0	855.144 2	+0 33 43.6	+8.389 4	0.057 4	1.559 0	1.553 0	+8.452 8	+8.444
N3	N2	855.138 5	8.0	0.98	-9.0	855.138 5	-0 34 07.3	-8.487 6	0.057 4	1.553 0	1.559 0	-8.436 2	
N3	N4	871.182 0	10.0	0.98	-10.0	871.183 0	-1 10 56.8	-17.977 8	0.059 6	1.625 0	1.545 2	-17.838 4	-17.845
N4	N3	871.188 2	10.0	0.98	-10.0	871.189 2	+1 10 31.8	+17.872 4	0.059 6	1.545 2	1.625 0	+17.852 2	
													Σ +1.377

注: R ——地球平均曲率半径取 6 369 000 m。

表 D3 电磁波测距高程导线测量高差计算表

(适用于隔点设站)

测段:自和平门至自强路

日期:1990-2-24

计算者:赵青

检查者:徐红

m

测站 点	路 线	照 准 点	斜距观测值	气象 修正 mm	加常数 mm	乘常数 mm	斜距 S_i $S=1+2+3+4$	垂直角 α_i	$S_i \cdot \sin \alpha_i$	标高 V_i	$(S_i \cdot \cos \alpha_i)^2 / 2R$	单路线高差 h'	高差中数
			1	2	3	4		6	7	8	9	10	11
A ₁	左	N1	167.981 0	7.0	1.0	-1.9	167.987 1	+1 07 32.3	+3.300 1	1.584 2	0.002 2	-3.257 4	-3.260 9
		N2	108.845 5	7.0	1.0	-1.2	108.852 3	+0 19 11.8	+0.607 8	2.148 0	0.000 9		
	右	N1	167.952 2	7.0	1.0	-1.9	167.958 3	+1 08 33.6	+3.349 4	1.584 2	0.002 2	-3.264 4	
		N2	108.805 0	7.0	1.0	-1.2	108.812 0	+0 20 32.4	+0.650 1	2.148 0	0.000 9		
A ₂	左	N2	457.593 2	7.0	1.0	-4.6	457.596 4	+1 19 20.8	+10.560 8	2.148 0	0.016 4	-13.383 8	-13.382 8
		N3	471.713 5	7.0	1.0	-4.8	471.716 5	-0 24 41.4	-3.387 9	1.584 2	0.017 5		
	右	N2	457.603 0	7.0	1.0	-4.6	457.606 4	+1 19 42.9	+10.610 1	2.148 0	0.016 4	-13.381 7	
		N3	471.725 2	7.0	1.0	-4.8	471.728 4	-0 24 18.9	-3.336 5	1.584 2	0.017 5		

注: R——地球平均曲率半径取 6 369 000 m。

D2 外业高差改正数计算

D2.1 水准标尺长度误差的改正

D2.1.1 依据水准标尺名义米长测定结果计算改正数,若在作业期间一对标尺名义米长变化量不大于 0.08 mm 时,则取测前、测中、测后标尺测定的中数进行改正,若超过 0.08 mm 时,应分别进行改正(特别是所测路线高差较大时);当其变化超过 0.15 mm 时,则应分析变化原因,决定是否重测或如何进行改正。

D2.1.2 水准标尺每米改正系数 f 按式(D1)计算:

$$f = l - 1\,000 \quad \text{..... (D1)}$$

式中: l ——一对标尺名义米长测定中数,mm。

往(返)测高差的尺长改正数 δ 按式(D2)计算:

$$\delta = f \cdot h \quad \text{..... (D2)}$$

式中: f ——标尺改正系数,mm/m;

h ——往测或返测高差值,m。

D2.2 正常水准面不平行的改正

测段高差的正常水准面不平行改正数 ϵ 按式(D3)计算:

$$\epsilon = -A \cdot H \cdot \Delta\phi \quad \text{..... (D3)}$$

式中: A ——常系数,以测段始、末点纬度平均值 ϕ_m 为引数在表 D5 中查取;

H ——测段始、末点近似高程平均值,m;

$\Delta\phi$ ——测段末点纬度减去始点纬度的差值,(')。

计算示例见表 D4。

表 D4 正常水准面不平行改正数的计算

三等水准路线:自宜州至柳城

计算者:

m

水准点编号	纬度 ϕ (°) (')	观测高差 h'	近似 高程	平均 高程 H	纬差 $\Delta\phi$ (')	$H \cdot \Delta\phi$	正常水准面不平行 改正 $\epsilon = -AH\Delta\phi$ mm	附 记
■ 杨宝 35	24 28		425					已知: ■ 柳宝 35 高程为: 424.876 m ■ 汉南 21 高程为: 781.960 m
■ 宜柳 1	25	+20.345	445	435	-3	-1 305	+2	
■ 宜柳 2	22	+77.304	523	484	-3	-1 452	+2	
■ 宜柳 3	19	+55.577	578	550	-3	-1 650	+2	
■ 宜柳 4	16	+73.451	652	615	-3	-1 845	+2	
■ 宜柳 5	14	+17.094	669	660	-2	-1 320	+2	
■ 宜柳 6	11	+32.772	702	686	-3	-2 058	+2	
■ 汉南 21	9	+80.548	782	742	-2	-1 484	+2	

此项计算也可直接在表 D6 上进行。

表 D5 正常水准面不平行改正数的系数 A 表

$$A=0.000\ 001\ 537\ 1 \cdot \sin 2\phi$$

ϕ	0'	10'	20'	30'	40'	50'
(°)	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
0	000	009	018	027	036	045
1	054	063	072	080	089	098
2	107	116	125	134	143	152
3	161	170	178	187	196	205
4	214	223	232	240	249	258
5	267	276	285	293	302	311
6	320	328	337	346	354	363
7	372	381	389	398	406	415
8	424	432	441	449	458	466
9	475	483	492	500	509	517
10	526	534	542	551	559	567
11	576	584	592	601	609	617
12	625	633	641	650	658	666
13	674	682	690	698	706	714
14	722	729	737	745	753	761
15	769	776	784	792	799	807
16	815	822	830	837	845	852
17	860	867	874	882	889	896
18	903	911	918	925	932	939
19	946	953	960	967	974	981
20	988	995	1 002	1 008	1 015	1 022
21	1 029	1 035	1 042	1 048	1 055	1 061
22	1 068	1 074	1 081	1 087	1 093	1 099
23	1 106	1 112	1 118	1 124	1 130	1 136
24	1 142	1 148	1 154	1 160	1 166	1 172
25	1 177	1 183	1 189	1 195	1 200	1 206
26	1 211	1 217	1 222	1 228	1 233	1 238
27	1 244	1 249	1 254	1 259	1 264	1 269
28	1 274	1 279	1 284	1 289	1 294	1 299
29	1 304	1 308	1 313	1 318	1 322	1 327

续表 D5

ϕ	0'	10'	20'	30'	40'	50'
(°)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹
30	1 331	1 336	1 340	1 344	1 349	1 353
31	1 357	1 361	1 365	1 370	1 374	1 378
32	1 382	1 385	1 389	1 393	1 397	1 401
33	1 404	1 408	1 411	1 415	1 418	1 422
34	1 425	1 429	1 432	1 435	1 438	1 441
35	1 444	1 447	1 450	1 453	1 456	1 459
36	1 462	1 465	1 467	1 470	1 473	1 475
37	1 478	1 480	1 482	1 485	1 487	1 489
38	1 491	1 494	1 496	1 498	1 500	1 502
39	1 504	1 505	1 507	1 509	1 511	1 512
40	1 514	1 515	1 517	1 518	1 520	1 521
41	1 522	1 523	1 525	1 526	1 527	1 528
42	1 529	1 530	1 530	1 531	1 532	1 533
43	1 533	1 534	1 534	1 535	1 535	1 536
44	1 536	1 536	1 537	1 537	1 537	1 537
45	1 537	1 537	1 537	1 537	1 537	1 536
46	1 536	1 536	1 535	1 535	1 534	1 534
47	1 533	1 533	1 532	1 531	1 530	1 530
48	1 529	1 528	1 527	1 526	1 525	1 523
49	1 522	1 521	1 520	1 518	1 517	1 515
50	1 514	1 512	1 511	1 509	1 507	1 505
51	1 504	1 502	1 500	1 498	1 496	1 494
52	1 491	1 489	1 487	1 485	1 482	1 480
53	1 478	1 475	1 473	1 470	1 467	1 465
54	1 462	1 459	1 456	1 453	1 450	1 447

D2.3 水准路(环)线闭合差改正

若所计算的水准路线自成独立环线,或闭合于两个已知高程的水准点之间的单一符合路线,则此路线的闭合差 W 须按测段的测站数成正比的比例配赋于各测段的高差中,按式(D4)计算每个测段的高差改正数 v :

$$v = - \frac{R}{[R]} \cdot W \quad \dots\dots\dots (D4)$$

式中: W ——经过标尺长度改正和正常水准面不平行改正后的路(环)线闭合差,mm;

R ——每测段的测站数;

[*R*]——路线测站数。

D3 外业高差与概略高程表

高差与概略高程表的示例见表 D6。

单程双转点观测的右、左路线高差分别填入往、返测高差项中。

表 D6 三等水准测量外业高差与概略高程差

路线名称: 宜柳线自宜 州至柳 城

施测年份: 1988 年

编算者: 检查者:

校算者:

标石类型	水准点位置(至重要地物的方向与距离)	测段编号	测段距离 R km	距起算点距离 km	往测方向	土质(土、砂、石松紧与植被等)	天 气		往 测		返 测		观测高差		往返测高差不符值 Δ mm	不符值积累 mm	加 δ 后往返测高差中数 H' 正常水准面不平行改正 ϵ 闭合差改正 v , mm	概略高程 $H=H_0$ + $\sum h'$ + $\sum \epsilon$ + $\sum v$ mm	备 注					
							往测	返测	施测月日	测站数		施测月日	测站数								往测 m	返测 m		
										上午	下午		上午	下午										
普通 ■ 杨宝 35	宜州县第二中学院内	1	5.8	0.0	东南	坚实粘土	阴	阴晴不定	7.2	50	28	7.19	28	48	+20.344 4 -8	-20.346 3 +8	-1.9	0.0	+203 45 +2 -1	* 424 876	仪器: Ni030 43024 标尺: 5015 5016 $f=-0.04$ mm/m 偶然中误差	计算 路线 km	长度 km	
普通 ■ 宜柳 1	宜州县太平乡良川村 2 号电线杆北 20 m 处	2	5.6	5.8	东南	坚实土	阴	晴	3	30	50	18	50	28	+77.304 2 -31	-77.302 8 +31	+1.3	-1.9	+773 00 +2 -1	445 222				
普通 ■ 宜柳 2	宜州县太平乡春秀村 13 号公里碑西 50 m 处	3	5.0	11.4	东南	坚实土	晴	阴	5	24	30	16	30	22	+55.576 1 -22	-55.577 6 +22	-1.6	-0.6	+555 75 +2 -1	522 523				
普通 ■ 宜柳 3	宜州县太平乡东河村 东北约 200 m 处	4	6.0	16.4	东南	带沙实土	阴晴不定	阴	6	48	30	15	28	48	+73.450 2 -29	-73.451 8 +29	-1.6	-2.2	+734 48 +2 -1	578 099				
普通 ■ 宜柳 4	沂城县欧同乡新象村 小学北 100 m 处	5	5.4	22.4	南	坚实土	阴晴不定	晴	7	28	26	14	24	30	+17.094 7 -7	-17.094 1 +7	+0.6	-3.8	+170 94 +2 -1	651 548				M $\Delta=\pm 1.9$ mm
普通 ■ 宜柳 5	沂城县欧同乡龙门村 西南 55 m 处	6	5.7	27.8	南	坚实土	阴	晴	10	30	32	13	30	30	+32.770 6 -13	-32.772 9 +13	-2.3	-3.2	+327 70 +2 -1	668 643				
普通 ■ 宜柳 6	沂城县欧同乡中学北 58 m 处	7	5.9	33.5	东南	坚实土	阴	阴晴不定	11	46	28	12	28	44	+80.548 5 -32	-80.547 0 +32	+1.5	-5.5	+805 45 +2 -1	701 414				■ 宜柳 1-14
普通 ■ 汉南 21	柳城县公安局院内			39.4													-4.0		+805 45 +2 -1	* 781 960	■ 柳宝 1-12	70		

注: “*”为已知高程, 计算时应用红色填写。

附加说明：

本标准由国家测绘局提出。

本标准由国家测绘局测绘标准化研究所负责起草。