中华人民共和国国家标准

GB 12897—91

国家一、二等水准测量规范

Specifications for the first and second order leveling

1 主题内容与适用范围

本标准规定了在全国领土上建立一、二等水准网的布设原则、施测方法和精度指标。

本标准适用于国家一、二等水准网的布测。区域性的精密水准测量，也可参照使用。

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

3 术语

结点 水准网中至少连接三条水准测线的水准点。

水准路线 同级水准网中两相邻结点间的水准测线。

区段 水准路线中两相邻基本水准点间的水准测线。

测段 两相邻水准点间的水准测线。

连测 将水准点或其他高程点包含于水准路线中的观测。

支测 自路线中任一水准点起，测至三角点、导线点、水文测站以及其他任何固定点的水准测量。

接测 新设水准路线中任一点连接其他路线上水准点的观测。

检测 检查已测高差的变化是否超过规定而进行的观测。

重测 因成果质量不合规格而重新进行的观测。

复测 每隔一定时间对已测水准路线进行的测量。

4 水准网的布设

4.1 布设原则

4.1.1 一等水准路线应沿路面坡度平缓、交通不太繁忙的交通路线布设，水准路线一般应闭合成环，并构成网状。一等水准环线的周长，在平原和丘陵地区应在 1 000～1 500 km 之间；山区应在 2 000 km 左右，困难地区可按具体情况适当变通。

4.1.2 一等水准网每隔 15～20 年复测一次。

4.1.3 二等水准网在一等水准环内布设。二等水准路线尽量沿公路、大路及河流布设。二等水准环线的周长，在平原和丘陵地区应在 500～750 km 之间；山区和困难地区可酌情放宽。

4.1.4 水准路线附近的验潮站基准点、城市及工业区的沉降观测基准点、地壳形变观测基准点，应列入水准路线予以连测，若连测确有困难，可以支测。施测等级与布设路线的等级相同。路线附近的大地点、水文点、气象站等（以下统称为“其他固定点”），可根据需要列入路线予以连测或支测。支线的施测等级可按使用单位的要求确定，若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

国家技术监督局 1991-05-05 批准　　1992-01-01 实施

度施测；支线长度在 20～50 km 时，按三等水准测量精度施测；支线长度在 50 km 以上时，按二等水准测量精度施测。

4.2 水准点布设密度

水准路线上，每隔一定距离应埋设稳固的水准点。水准点分为基岩水准点、基本水准点、普通水准点三种类型。各种水准点的间距及布设要求应按表 1 规定执行。

表 1

水准点类型	间 距	布 设 要 求
基岩水准点	500 km 左右	只设于一等水准路线，在大城市和地震带附近应予增设，基岩较深地区可适当放宽。每省(市、自治区)至少两座
基本水准点	40 km 左右；经济发达地区 20～30 km；荒漠地区 60 km 左右	一、二等水准路线上及其交叉处；大、中城市两侧及县城附近。尽量设置在坚固岩层中
普通水准点	4～8 km；经济发达地区 2～4 km；荒漠地区 10 km 左右	地面稳定，利于观测和长期保存的地点；山区水准路线高程变换点附近；长度超过 300 m 的隧道两端；跨河水准测量的两岸标尺点附近

4.3 路线命名及水准点编号

4.3.1 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”、“起北止南”。一、二等水准路线的等级，各以 I、II 书于线名之前表示。

4.3.2 路线上的水准点，应自该线起始水准点起，以数字 1、2、3……顺序编定号数。

4.3.3 基岩水准点除了按以上规定编号外，并应在名号前加写地名和“基岩点”三字。

4.3.4 基本水准点须在号后书写“基”字，上、下标分别再书以“上”和“下”字。

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

4.3.6 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。

4.4 新设路线与已测路线的连接

4.4.1 新设的一、二等水准路线的起点与终点，应是已测的高等或同等级路线的基本水准点或基岩水准点。终点暂时不能与已测路线连接时，须预计将来的连接路线。

4.4.2 新设的水准路线通过或靠近已测的一、二等水准点在 4 km 以内，距已测的三、四等水准点在 1 km以内时，应予以连测或接测。接测时，须按 7.10 条规定对已测水准点进行检测。

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

4.4.4 新设水准路线与已测水准路线重合时，应尽量利用旧点。当对旧点的稳固性发生怀疑或旧点标石规格不符合要求时，应重新埋石，但对旧点必须连测。

4.5 水准路线上的重力测量

4.5.1 高程大于 4 000 m 或水准点间的平均高差为 150～250 m 的地区，一、二等水准路线上每个水准点均应测定重力。高差大于 250 m 的测段，在地面倾斜变化处应加测重力。

4.5.2 高程在 1 500～4 000 m 之间或水准点间的平均高差为 50～150 m 的地区，一等水准路线上重力点间平均距离应小于 11 km；二等水准路线上应小于 23 km。

4.5.3 在西北、西南和东北边境地区，一等水准路线上的每个水准点均应测定重力。

4.5.4 由青岛水准原点至国家大地原点的一等水准路线上，应逐点测定重力。

4.5.5 水准点上的重力测量，按加密重力点要求施测。

4.6 高程系统和高程基准

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

海上岛屿不能与国家高程网直接连测时，可建立局部水准原点，根据岛上验潮站平均海水面的观测确定其高程，作为该岛及其附近岛屿的高程基准。凡采用局部水准原点测定的水准点高程，应在水准点成果表中注明，并说明局部高程基准的有关情况。

4.7 水准测量的精度

每公里水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 和每公里水准测量的全中误差 M_{w} 一般不得超过表2规定的数值。

表2

mm

测量等级	一等	二等
M_{Δ}	0.45	1.0
M_{w}	1.0	2.0

M_{Δ} 和 M_{w} 的计算方法见9.5.3和9.5.4条规定。

4.8 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ZD A75 001《测绘技术设计规定》执行。

5 选点与埋石

5.1 选点

5.1.1 选定水准路线

a. 应尽量沿坡度较小的公路、大路进行；

b. 应避开土质松软的地段和磁场甚强的地段；

c. 应避开行人、车辆来往繁多的街道和大的火车站等；

d. 应尽量避免通过大的河流、湖泊、沼泽与峡谷等障碍物；

e. 当一等水准路线通过大的岩层断裂带或地质构造不稳定的地区时，应会同地质地震有关部门，共同研究选定。

5.1.2 选定水准点位

选定水准点时，必须能保证点位地基坚实稳定、安全僻静，并利于标石长期保存与观测。

水准点应尽可能选在路线附近机关、学校、公园内。下列地点，不应选埋水准点：

a. 易受水淹、潮湿或地下水位较高的地点；

b. 易发生土崩、滑坡、沉陷、隆起等地面局部变形的地区；

c. 土堆、河堤、冲积层河岸及土质松软与地下水位变化较大(如油井、机井附近)的地点；

d. 距铁路50 m、距公路30 m(特殊情况可酌情处理)以内或其他受剧烈震动的地点；

e. 不坚固或准备拆修的建筑物上；

f. 短期内将因修建而可能毁掉标石或阻碍观测的地点；

g. 地形隐蔽不便观测的地点。

5.1.3 基岩水准点与基本水准点的选定

基岩水准点与基本水准点，应尽可能选在基岩露头或距地面不深之处。选定基岩水准点，应有地质人员参加，必要时应进行地质钻探。

选设土中基本水准点的位置，应特别注意了解地下水位的深度、地下有无孔洞和流沙、土质是否坚实稳定等情况，确保标石稳固。

5.1.4 点位选定后应做的工作

每一个水准点点位选定后，应设立一个注有点号、标石类型的点位标记，并按附录 A 中的 A2 的格式，填绘水准点之记。在选定水准路线的过程中，须按附录 A 中的 A1 的规定绘制水准路线图。对于水准网的结点，须按附录 A 中的 A3 的格式填绘结点接测图。

5.1.5 选点中应补充收集的资料

如果在技术设计时，尚有一些所需的资料未能收集到，则在选点时，还需了解测区的自然地理、交通运输、物资供应、沙石、水源、民工等情况，并收集其他有关资料。

5.1.6 选点结束后应上交的资料

a. 水准点之记、水准路线图、结点接测图；

b. 必要的地质勘探资料；

c. 选点中收集的有关资料；

d. 选点工作技术总结(扼要说明测区的自然地理情况；选点工作实施情况及对埋石与观测工作的建议；旧标石利用情况；拟设标石类型、数量统计表等)。

5.2 埋石

5.2.1 标石类型

水准标石，含基岩水准标石、基本水准标石和普通水准标石三大类型。根据其制作材料和埋石规格的不同，可分别为表 3 所列十一种标石。

表 3

序 号	水准标石的类型	各类型水准标石的分类
1	基岩水准标石	深层基岩水准标石 浅层基岩水准标石
2	基本水准标石	混凝土基本水准标石 钢管基本水准标石 岩层基本水准标石
3	普通水准标石	混凝土普通水准标石 钢管普通水准标石 岩层普通水准标石 混凝土柱普通水准标石 爆破型混凝土柱普通水准标石 墙脚水准标志

标石的埋设规格及材料用量见附录 A(补充件)中的 A5 及 A6。

5.2.2 埋石类型的选定

埋设标石的类型除基岩水准标石须按地质条件作专门设计外，其他标石应根据冻土深度及土质状况决定：

a. 在土壤不冻或冻土深度小于 0.8 m 的地区，埋设混凝土标石(包括基本水准标石或普通水准标石)；

b. 在冻土深度大于 0.8 m 的地区，应按附录 A 中的 A5 中关于冻土地区埋石规定选择类型；

c. 在有坚硬岩层露头或在地面下不深于 1.5 m 的地点，可埋设岩层水准标石(包括基本水准标石或普通水准标石)；

d. 凡有坚固建筑物(房屋、纪念碑、塔、桥基等)和坚固石崖处，可埋设墙脚水准标志。

5.2.3 水准标志的安置

水准标石顶面的中央应嵌入一个圆球部为铜或不锈钢的金属水准标志。标志须安放正直，镶接牢固，其顶部应高出标石面 1～2 cm。标志规格见附录 A 中的 A4。

5.2.4 造埋标石的要求

5.2.4.1 基岩水准标石的造埋

a. 深层基岩(埋设岩层距地面深度超过 3 m)水准标石,应根据地质条件,设计成单层或多层保护管式的标石。须由专业单位设计和建造;

b. 浅层基岩(埋设岩层距地面深度不超过 3 m)水准标石,应先将岩层外部的覆盖物和风化层彻底清除,然后在岩层上开凿一个深 1.0 m 的坑,并在其中绑扎钢筋后浇灌混凝土柱石,柱石的高度与断面的大小,视基岩距地面深度而定,以能确保标体的稳固与便于观测为准。在柱石体北侧下方距上标志 0.7 m 处安置墙脚水准标志。柱石高度不足 0.7 m 时,可在北侧下方的基岩上安置普通水准标志。埋设规格见附录 A 中的 A5。

5.2.4.2 混凝土水准标石的造埋

混凝土基本标石,须在现场浇灌。混凝土普通标石,可先行预制柱体,然后运至各点埋设。在有条件的地区,基本标石与普通标石,均可用整块的花岗岩等坚硬石料凿制成不小于规定尺寸的柱石代替混凝土柱石并在其顶部中央位置凿一个光滑的半球体代替水准标志。柱石埋设时,其底盘必须在现场浇灌。

5.2.4.3 岩层水准标石的造埋

在出露岩层上埋设基本标石或普通标石时,必须首先清除表层风化物,开凿深 0.5 m、口径 0.7 m 的坑后,再开凿安置水准标志洞孔,嵌入标志。禁止在高出地面的孤立岩石上埋设水准点。当岩层深度大于 1.0 m 时,可在岩层上凿出略大于柱石底面的平面,在其上方浇灌基本标石或普通标石的柱石。岩层水准标石的标志必须埋入地面下 0.5 m。埋设规格见附录 A(补充件)中的 A5。

5.2.4.4 深冻土区和永久冻土区标石的造埋

深冻土区埋设的普通水准标石,可采用微量爆破技术将坑底扩成球形或其他比较规则的形状,现场浇灌标石。

永久冻土区埋设的标石,基座必须埋在最大融解线以下。采用机械或人工钻孔,现场浇灌标石。埋设规格见附录 A 中的 A5。

5.2.5 标石的外部整饰

水准标石埋设后,须按下列要求对其进行外部整饰:

a. 深层基岩标石埋设后,其外部须建造一定规模的坚固房屋;

b. 浅层基岩标石埋设后,应在点位四周砌筑砖石护墙,其规格应不小于 1.5 m×1.5 m×1.0 m,围绕标志砌筑内径为 0.5 m×0.5 m×0.5 m 的砖石方井或圆井,上方设置指示盘,护墙外面向道路一侧设置指示碑;

c. 基本水准标石和普通水准标石埋设后,一般按附录 A(补充件)中图 A11 的规格挖掘防护沟,埋设指示碑;

d. 埋设在机关、学校、住宅院内以及埋设在耕地、水网区的基本水准标石和普通水准标石,不挖掘防护沟,不设指示碑。但须按附录 A(补充件)中图 A12 的规格建造保护井,加盖指示盘;

e. 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,也可建造小型觇标;

f. 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;

g. 各种方位桩,觇标等物可根据现场条件,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的位置,并在点之记中注明设置方位物的方向和距离;

h. 因建造保护墙(井)而不便开挖下标志的水准标石,须在建造护墙前,用水平杆和专用钢尺测量上、下标志高差二次,两次互差不应超过 1 mm,将高差中数填入点之记中。

5.2.6 改选埋石点位的规定

水准标石一般按选定的标石类型和埋石地点埋设。若埋石过程中,发现原选点位不符合 5.1.2 条要求时,可重新选点并重绘点之记、更正路线图。

5.2.7 水准标石占地与托管

水准点位选定后，埋石所占用的土地，应得到土地使用者和管理者的同意，并依土地管理法办理征地手续。

在埋石过程中应当向当地群众和干部宣传保护测量标志的重大意义和注意事项，埋石结束后，应向当地政府机关办理委托保管手续，委托保管书的格式见附录 A 中的 A8。

5.2.8 标石的稳定时限

水准标石埋设后，一般地区至少需经过一个雨季，冻土地区至少还需经过一个冻解期，岩层上埋设的标石至少需经过一个月，方可进行观测。

5.2.9 埋石结束后应上交的资料

a. 测量标志委托保管书及批准征用土地文件；

b. 埋石后的水准点之记及路线图；

c. 埋石工作技术总结(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)。

6 仪器的技术要求

6.1 仪器的选用

水准测量中使用的仪器按表 4 规定执行。

表 4

序号	仪器名称	最低型号		备注
		一等	二等	
1	自动安平水准仪 或气泡式水准仪	DSZ05 DS05	DSZ1 DS1	用于水准测量，其基本参数见 GB 3160
2	两排分划的线条式因瓦合金标尺			用于水准测量
3	经纬仪	DJ1	DJ1	用于跨河水准测量，其基本参数见 GB 3161
4	光电测距仪	Ⅱ级	Ⅱ级	用于跨河水准测量，其精度分级见 ZB A76 002《中、短程光电测距规范》

6.2 仪器的检校

6.2.1 对于光电测距仪的检验按 ZB A76 002 规定执行。对用于野外仪器检验的标尺比长器(或三等标准金属线纹尺)每两年应送有关检定单位检验一次。

6.2.2 对于新出厂的仪器以及作业前和跨河水准测量使用的仪器检验，按表 5 规定执行。

表 5

序号	仪器	检验项目	新仪器	作业前	跨河水准测量
1	水准标尺	标尺的检视〔见附录 B(补充件)中的 B1〕	+	+	+
2		标尺上的圆水准器的检校〔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		标尺名义米长及分划偶然中误差的测定	+	+	+
5		标尺尺带拉力的测定	+	+	+
6		标尺温度膨胀系数的测定	+		

续表 5

序号	仪器	检验项目	新仪器	作业前	跨河水准测量
7	水准标尺	一对水准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〕	+	+	+
8		标尺中轴线与标尺底面垂直性测定〔见附录 B(补充件)中的 B5〕	+		
9	水准仪	水准仪的检视〔见附录 B(补充件)中的 B7〕	+	+	+
10		水准仪上概略水准器的检校〔见附录 B(补充件)中的 B8〕	+	+	+
11		光学测微器隙动差和分划值的测定〔见附录 B(补充件)中的 B9〕	+	+	+
12		视线观测中误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B10〕	+		
13		自动安平水准仪补偿误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B11〕	+		
14		十字丝的检校〔见附录 B(补充件)中的 B12〕	+		
15		视距常数的测定〔见附录 B(补充件)中的 B13〕	+		
16		调焦透镜运行误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B14〕	+		+
17		气泡式水准仪交叉误差的检校〔见附录 B(补充件)中的 B15〕	+	+	+
18		i 角检校〔见附录 B(补充件)中的 B16〕	+	+	+
19		双摆位自动安平水准仪摆差 $2c$ 角的测定〔见附录 B(补充件)中的 B17〕	+	+	+
20		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 B18〕	+		
21		自动安平水准仪磁致误差的测定	+		
22		倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定〔见附录 B(补充件)中的 B19〕	+		
23		符合水准器分划值的测定〔见附录 B(补充件)中的 B20〕			+
24	经纬仪	垂直度盘测微器行差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B21〕			+
25		一测回垂直角观测中误差的测定〔见附录 B(补充件)中的 B22〕			+

表 5 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。表中第 4、5、6、21 检验项应送有关检定单位进行检验。对于表中第 4、5 两项检验，若检验后一年内标尺未用于水准测量作业，下期作业前经野外比长器检测，长度变化不超过 50 μm，可免去这两项检验，沿用前一次测定结果。否则，仍须进行检验。

6.2.3 经过修理和校正后的仪器应检验受其影响的有关项目，其中第 21 项必须检验。

6.2.4 作业开始后的一周内应每天检校 i 角(表 5 中第 18 项)，且自动安平水准仪每天检校一次，气泡式水准仪每天检校两次(上、下午各检校一次)，若 i 角较为稳定时，以后每隔 15 天检校一次。

6.2.5 每日工作开始前应检校表 5 中第 2、10 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。

6.2.6 当测区水准点之间平均高差超过 150 m 时，每月应使用野外比长器进行一次一对标尺名义米长的检测〔见附录 B(补充件)中的 B6〕。作业期超过三个月时也应增加此项和表 5 中第 3 项的检验各一次。

6.2.7 作业期结束后应检验表 5 中第 3、4、5 项各一次。

6.3 仪器技术指标

仪器技术指标按表 6 规定执行。

表 6

序号	仪器技术指标项目	指标限差		超限处理办法
		一等	二等	
1	标尺弯曲差	4.0 mm	4.0 mm	对标尺施加改正
2	一对标尺零点不等差	0.10 mm	0.10 mm	调整
3	标尺基辅分划常数偏差	0.05 mm	0.05 mm	采用实测值
4	标尺底面垂直性误差	0.10 mm	0.10 mm	采用尺圈
5	标尺名义米长偏差	100 μm	100 μm	禁止使用送厂校正
6	一对标尺名义米长偏差	50 μm	50 μm	调整
7	测前测后一对标尺名义米长变化	30 μm	30 μm	分析原因，根据情况正确处理所测成果
8	一对标尺名义米长野外检测结果与前一次室内测定结果偏差	50 μm	50 μm	送有关单位重新测定
9	标尺分划偶然中误差	13 μm	13 μm	禁止使用
10	标尺尺带拉力与标称值偏差	1.0 kg	1.0 kg	
11	倾斜螺旋隙动差	2.0″	2.0″	只许旋进使用
12	测微器分划值偏差	1.0 μm	1.0 μm	禁止使用，送厂修理
13	测微器分划值隙动差	2.0 格	2.0 格	
14	自动安平水准仪补偿误差	0.10″	0.20″	禁止使用
15	视线观测中误差	0.40″	0.55″	
16	调焦透镜运行误差	0.50 mm	0.50 mm	
17	i 角	15.0″	15.0″	校正(自动安平水准仪应送厂校正)超过 20″所测成果作废
18	$2c$ 角	40.0″	40.0″	禁止使用送厂校正
19	测站高差观测中误差	0.08 mm	0.15 mm	禁止使用
20	竖轴误差	0.05 mm	0.10 mm	
21	自动安平水准仪磁致误差	0.02″	0.04″	
22	垂直度盘测微器行差	1.00″	1.00″	
23	一测回垂直角观测中误差	1.50″	1.50″	

表 6 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。

7 水准观测

7.1 观测方式

7.1.1 一、二等水准测量采用单路线往返观测。一条路线的往返测，须使用同一类型的仪器和转点尺

承，沿同一道路进行。

7.1.2 在每一区段内，先连续进行所有测段的往测（或返测）随后再连续进行该区段的返测（或往测）。若区段较长，也可将区段分成 20～30 km 的几个分段，在分段内连续进行所有测段的往返观测。

7.1.3 同一测段的往测（或返测）与返测（或往测）应分别在上午与下午进行。在日间气温变化不大的阴天和观测条件较好时，若干里程的往返测可同在上午或下午进行。但这种里程的总站数，一等不应超过该区段总站数的 20%，二等不应超过该区段总站数的 30%。

7.2 观测的时间和气象条件

水准观测应在标尺分划线成像清晰而稳定时进行。下列情况下，不应进行观测：

a. 日出后与日落前 30 min 内；

b. 太阳中天前后各约 2 h 内（可根据地区、季节和气象情况，适当增减中午间歇时间）；

c. 标尺分划线的影像跳动而难于照准时；

d. 气温突变时；

e. 风力过大而使标尺与仪器不能稳定时。

7.3 设置测站

7.3.1 一、二等水准观测，须根据路线土质选用尺桩或尺台（尺台重量不轻于 5 kg）作转点尺承，所用尺桩或尺台数，应不少于 4 个。特殊地段可采用大帽钉。

7.3.2 测站视线长度（仪器至标尺距离）、前后视距差、视线高度按表 7 规定执行。

表 7

m

等级	仪器类型	视线长度	前后视距差	任一测站上前后视距差累积	视线高度（下丝读数）
一等	DSZ05，DS05	≤30	≤0.5	≤1.5	≥0.5
二等	DS1，DS05	≤50	≤1.0	≤3.0	≥0.3

注：下丝为近地面的视距丝。

7.4 测站观测顺序和方法

7.4.1 往测时，奇数测站照准标尺分划的顺序为：

a. 后视标尺的基本分划；

b. 前视标尺的基本分划；

c. 前视标尺的辅助分划；

d. 后视标尺的辅助分划。

7.4.2 往测时，偶数测站照准标尺分划的顺序为：

a. 前视标尺的基本分划；

b. 后视标尺的基本分划；

c. 后视标尺的辅助分划；

d. 前视标尺的辅助分划。

7.4.3 返测时，奇、偶测站照准标尺的顺序分别与往测偶、奇测站相同。

7.4.4 测站观测采用光学测微法，一测站的操作程序如下（以往测奇数测站为例）：

a. 首先将仪器整平（气泡式水准仪望远镜绕垂直轴旋转时，水准气泡两端影像的分离，不得超过 1 cm，自动安平水准仪的圆气泡位于指标环中央）；

b. 将望远镜对准后视标尺（此时，利用标尺上圆水准器整置标尺垂直），使符合水准器两端的影像近于符合（双摆位自动安平水准仪应置于第Ⅰ摆位）。随后用上下丝照准标尺基本分划进行视距读数。视距第四位数由测微鼓直接读得。然后，使符合水准器气泡准确符合，转动测微鼓用楔形平分丝精确照准标尺基本分划，并读定标尺基本分划与测微鼓读数（读至测微鼓的最小刻划）；

c. 旋转望远镜照准前视标尺，并使符合水准气泡两端影像准确符合（双摆位自动安平水准仪仍在第Ⅰ摆位），用楔形平分丝精确照准标尺基本分划，并读定标尺基本分划与测微鼓读数，然后用上、下丝照准标尺基本分划进行视距读数；

d. 用微动螺旋转动望远镜，照准前视标尺的辅助分划，并使符合气泡两端影像准确符合（双摆位自动安平水准仪置于第Ⅱ摆位）用楔形平分丝精确照准并进行标尺辅助分划与测微鼓读数；

e. 旋转望远镜，照准后视标尺的辅助分划，并使符合水准气泡的影像准确符合（双摆位自动安平水准仪仍在第Ⅱ摆位），用楔形平分丝精确照准并进行辅助分划与测微鼓的读数。

7.5 间歇与检测

7.5.1 观测间歇时，最好在水准点上结束。否则，应在最后一站选择两个坚稳可靠、光滑突出、便于放置标尺的固定点，作为间歇点。如无固定点可选择，则间歇前应对最后两测站的转点尺桩（用尺台作转点时，可用三个带帽钉的木桩）做妥善安置，作为间歇点。

7.5.2 间歇后应对间歇点进行检测，比较任意两尺承点间歇前后所测高差，若符合限差（见 7.6 条）要求，即可由此起测；若超过限差，可变动仪器高度再检测一次，如仍超限，则须从前一水准点起测。

7.5.3 检测成果应保留，但计算高差时不采用。

7.6 测站观测限差

测站观测限差应不超过表 8 的规定。

表 8

mm

等级	上下丝读数平均值与中丝读数的差		基辅分划读数的差	基辅分划所测高差的差	检测间歇点高差的差
	0.5 cm 刻划标尺	1 cm 刻划标尺			
一等	1.5	3.0	0.3	0.4	0.7
二等	1.5	3.0	0.4	0.6	1.0

使用双摆位自动安平水准仪观测时，不计算基辅分划读数差。

测站观测误差超限，在本站发现后可立即重测，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。

7.7 观测中应遵守的事项

7.7.1 观测前 30 min，应将仪器置于露天阴影下，使仪器与外界气温趋于一致；设站时，须用测伞遮蔽阳光；迁站时，应罩以仪器罩。

7.7.2 对气泡式水准仪，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圆水准器，须严格置平。

7.7.3 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，而第三脚轮换置于路线方向的左侧与右侧。

7.7.4 除路线转弯处外，每一测站上仪器与前后视标尺的三个位置，应接近一条直线。禁止为了增加标尺读数，而把尺桩（台）安置在壕坑中。

7.7.5 同一测站上观测时，不得两次调焦。转动仪器的倾斜螺旋和测微鼓时，其最后旋转方向，均应为旋进。

7.7.6 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。

7.7.7 在高差甚大的地区，应选用长度稳定、偏差较小的水准标尺作业。

7.8 各类高程点的观测

7.8.1 当观测水准点以及“其他固定点”时，须仔细查对该点的位置、编号和名称是否与计划的点之记相符。

7.8.2 在水准点及“其他固定点”上放置标尺前，须卸下标尺底面的套环。标尺的整置位置如下：

a. 观测基岩水准标石时，标尺置于主标志上；观测基本水准标石时，标尺置于上标志上。若主标志或上标志损坏时，则标尺置于暗标志或下标志上。对于未知上、下标志(或主、暗标志)高差的水准标石，须测定上、下标志(或主、暗标志)间的高差。观测时使用同一标尺，变换仪器高度测定两次，两次高差之差不得超过 1.0 mm。高差结果取中数后列入高差表，用括号加注；

b. 观测"其他固定点"时，标尺置于需测定高程的位置上，在手簿中应予说明。水准点的"其他固定点"的观测结束后，应按原埋设情况填埋妥当，并按规定进行外部整饰。

7.9 结点的观测

7.9.1 观测至水准网的结点时，须在观测手簿中详细记录接测及检测情况，填绘格式与结点接测图(附录 A3)相同。

7.9.2 经观测证实位于地面变形地区的结点，应与当地变形观测网连测，并纳入该地变形观测规划。

7.9.3 位于变形量较大地区的结点，应由几个观测组协同作业，尽量缩短连测时间。

7.10 新旧路线连接时的检测

7.10.1 新设的水准路线与已测的水准点连(接)测时，若该水准点的前后观测时间超过三个月，须进行检测。

7.10.2 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。

7.10.3 检测时，须单程检测一已测测段。如单程检测超限，则应检测该测段另一单程。若高差中数仍超限，则继续往前检测，以确定稳固可靠的已测点作为连接点。

7.11 往返测高差不符值、环闭合差

7.11.1 往返测高差不符值、环闭合差和检测高差较差的限差应不超过表 9 的规定。

表 9

mm

等级	测段、区段、路线 往返测高差不符值	附合路线闭合差	环闭合差	检测已测 测段高差之差
一等	$1.8\sqrt{K}$	…	$2\sqrt{F}$	$3\sqrt{R}$
二等	$4\sqrt{K}$	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{F}$	$6\sqrt{R}$

注：K —— 测段、区段或路线长度，km；

L —— 附合路线长度，km；

F —— 环线长度，km；

R —— 检测测段长度，km。

7.11.2 检测已测测段高差之差的限差，对单程检测或往返检测均适用，检测测段长度小于 1 km 时，按 1 km 计算。

7.11.3 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及其限差分别计算，然后取其平方和的平方根为限差。

7.11.4 当连续若干测段的往返测高差不符值保持同一符号，且大于限值的 20%时，则在以后各测段的观测中，除酌量缩短视线外，还须加强仪器隔热和防止尺桩(台)位移的措施。

7.12 成果的重测和取舍

7.12.1 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，并按下列原则取舍。

a. 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，但与另一单程高差的不符值不超出限差，则取用重测结果；

b. 若同方向两高差不符值未超出限差，且其中数与另一单程高差的不符值亦不超出限差，则取同方向中数作为该单程的高差；

c. 若 a 款中的重测高差(或 b 款中两同方向高差中数)与另一单程的高差不符值超出限差，须重

测另一单程；

d. 若超限测段经过两次或多次重测后，出现同向观测结果靠近而异向观测结果间不符值超限的分群现象时，如果同方向高差不符值小于限差之半，则取原测的往返高差中数作往测结果，取重测的往返高差中数作为返测结果。

7.12.2 区段、路线往返测高差不符值超限时，应就往返测高差不符值与区段（路线）不符值同符号中较大的测段进行重测，若重测后仍超出限差，则须重测其他测段。

7.12.3 符合路线和环线闭合差超限时，应就路线上可靠程度较小（往返测高差不符值较大或观测条件较差）的某些测段进行重测，如果重测后仍超出限差，则须重测其他测段。

7.12.4 每公里水准测量的偶然中误差 M_Δ、全中误差 M_w 超限时，应分析原因，重测有关测段或路线。

7.12.5 测段重测与原测时间超过了三个月，且重测高差与原测高差之差超过检测限差时，须按 7.10 条规定进行测段两端点可靠性的检测。

8 跨河水准测量

8.1 适用范围

当水准路线跨越江、河，视线长度不超过 100 m 时，可采用一般方法进行观测，但在测站上应变换仪器高度观测两次，两次高差之差不得超过 1.5 mm，取用两次结果的中数。若视线长度超过 100 m 时，应根据视线长度和仪器设备等情况，选用本章所述的方法进行观测。

8.2 测量方法的选用

跨河水准测量使用的方法概要及其适用的距离按表 10 规定执行。

表 10

m

序号	观测方法	方法概要	最长跨距
1	光学测微法	使用一台水准仪。用水平视线照准觇板标志，并读记测微鼓分划值，求出两岸高差	500
2	倾斜螺旋法	使用两台水准仪对向观测。用倾斜螺旋或气泡移动来测定水平视线上、下两标志的倾角，计算水平视线位置，求出两岸高差	1 500
3	经纬仪倾角法	使用两台经纬仪对向观测。用垂直度盘测定水平视线上、下两标志的倾角，计算水平视线位置，求出两岸高差	3 500
4	测距三角高程法	使用两台经纬仪对向观测，测定偏离水平视线的标志倾角。用测距仪量测距离，计算两岸高差	3 500

跨河距离超过 3 500 m 时，采用的方法和要求，须依据测区条件进行专项设计。

8.3 场地的选定与布设

8.3.1 应选于测线附近，利于布设工作场地与观测的较窄河段处。

8.3.2 跨河视线不得通过草丛、干丘、沙滩的上方。

8.3.3 两岸仪器视线距水面的高度应接近相等（测距三角高程法除外），当跨河视线长度小于 300 m 时，视线高度应不低于 2 m；大于 300 m 时，应不低于 $4\sqrt{s}$ m（s 为跨河视线长度公里数。水位受潮汐影响时，应按最高潮水位计算），当视线高度不能满足要求时，须埋设牢固的标尺桩，并建造稳固的观测台或标架。

8.3.4 两岸由仪器至水边的一段河岸，其距离应近于相等，其地貌、土质、植被等也应相似，仪器位置应选在开阔、通风之处，不得靠近墙壁及土、石、砖堆等。

8.3.5 过河视线方向，宜避免正对日照方向，困难时可适当增大视线长度，或采用标灯测光。

8.3.6 布设跨河水准测量场地，应使两岸仪器及标尺点构成如图 1 所示的平行四边形、等腰梯形或大

地四边形。

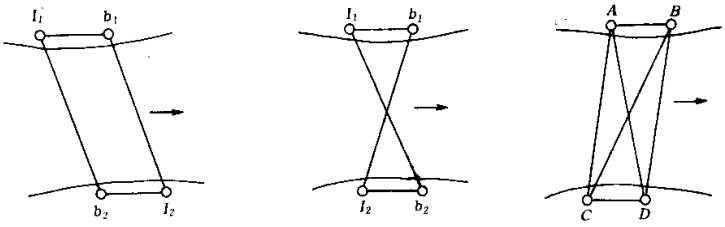


图 1

图 1 中：I_1、I_2 及 b_1、b_2 分别为两岸安置仪器和标尺的位置。I_1b_2 与 I_2b_1 为跨河视线长度，两者应相等；I_1b_1 与 I_2b_2（AB 与 CD）为两岸近尺视线长度，一般应在 10 m 左右，亦应相等。A、B、C、D 为仪器、标尺交替两用点。

当只须用一台仪器观测时，除采用图 1 的形状外，亦可用图 2 所示的“Z”字形布设。I_1b_1 与 I_2b_2 为近尺视线长度，应取 20 m 左右，并且相等，此时 b_1、b_2 为跨河标尺点，I_1 与 I_2 均为仪器与标尺交替两用点。两岸测得的标尺点跨河高差，分别为两个测站高差和：

$$\text{上半测回：}h_{b_1b_2} = h_{b_1I_2} + h_{I_2b_2} \qquad \cdots\cdots(1)$$

$$\text{下半测回：}h_{b_2b_1} = h_{b_2I_1} + h_{I_1b_1} \qquad \cdots\cdots(2)$$

标尺点 b_1、b_2 一般须设置口径大小 10 cm，长度视土质情况决定的木桩，牢固打入土中的深度应不小于桩长的三分之二，桩顶各钉一个圆帽钉，当土壤中含水量大时应打入钢管代替木桩。仪器脚架也应打入三根支承木桩。

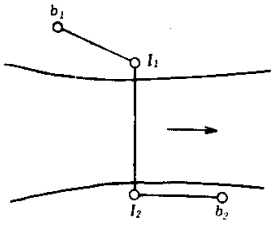


图 2

8.3.7 在两岸距跨河点 100～300 m 的水准路线上各选埋水准标石一座，并按附录 A（补充件）中的 A2 的格式填绘水准点之记。

8.3.8 跨河场地布设完毕后，应绘制跨河水准场地图及固定点（或标石点）连测图，见附录 C 中的 C2。

8.4 观测中应遵守的事项

a. 跨河水准观测宜在风力微和，气温变化较小的阴天进行，当雨后初晴和大气折射变化较大时，均不宜观测；

b. 观测开始 30 min，应先将仪器置于露天阴影下，使仪器与外界气温趋于一致。观测时应遮蔽阳光；

c. 晴天观测应在日出后 1 h 开始，太阳中天前 2 h 止；下午自中天后 3 h 起至日落前 1 h 止。但可根据地区、季节、气候等情况适当变通。阴天只要呈像清晰、稳定即可进行观测。有条件也可在夜间进行观测，日落后 1 h 起至日出前 1 h 止。时间段以地方时零点分界，零点前为初夜，零点后为深夜；

d. 水准标尺应用尺架撑稳，并经常注意使圆水准器的气泡居中；

e. 一测回的观测中，必须采取一切谨慎措施（一般在对远尺调焦后，即用胶布将目镜调焦螺旋及测微器螺旋固定）确保上、下两个半测回对远尺观测的视轴不变；

f. 仪器调岸时，标尺亦应随同调岸。但当一对标尺的零点差不大时，亦可待全部测回完成一半时调岸；

g. 一测回的观测完成后，应间歇 15～20 min，再开始下一测回的观测；

h. 两台仪器对向观测时，应使用报话机或约定旗语，使两岸同一测回的观测，能做到同时开始与结束；

i. 跨河水准测量取用的全部测回数，上、下午应各占一半。如杂有夜间观测时，白天与夜间测回数之比应接近 1.3∶1；

j. 跨河观测开始时，应对两岸的普通水准标石（或固定点）与标尺点间，进行一次往返测，作为检测标尺点有无变动的基准。每日工作开始前，均应单程检测一次，并应符合 7.11 条检测限差。如确认标尺点变动，应加固标尺点，重新进行跨河水准观测。

8.5 测回数及限差

跨河水准测量，以跨河视线长度确定应观测的时间段数、测回数与限差。

a. 应观测的时间段数、测回数及组数，按表 11 规定执行。

表 11

跨河视线长度 m	一等			二等		
	最少时间段数	双测回数	半测回中的组数	最少时间段数	双测回数	半测回中的组数
100～300	2	4	2	2	2	2
301～500	4	6	4	2	2	4
501～1 000	6	12	6	4	8	6
1 001～1 500	8	18	8	6	12	8
1 501～2 000	12	24	8	8	16	8
2 000 以上	$6 \cdot s$	$12 \cdot s$	8	$4 \cdot s$	$8 \cdot s$	8

注：表中 s 为跨河视线长度公里数，尾数凑整到 0.5 或 1。

b. 各双测回的互差 dH，应不大于按式(3)计算的限值：

$$dH_{限} = 4 \cdot M_{\Delta} \sqrt{N \cdot s} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：M_{Δ}——每公里水准测量的偶然中误差限值，mm；

N——双测回的测回数；

s——跨河视线长度，km。

c. 当只用一台水准仪或两台经纬仪进行跨河水准测量不能组成双测回时，测回数为表 11 所列数值的 2 倍。计算单测回互差的 $dH_{限}$ 时，N 按单测回数计。

8.6 光学测微法

8.6.1 准备工作

a. 按 8.3 条的规定，选定和布设跨河场地；

b. 对水准仪及水准尺按 6.2 条规定项目，进行认真、细致地检验与校正，对 i 角应校正至 6″以下；

c. 按附录 C（补充件）中的 C1 的规定制作觇板，并应注意使标志中心线与觇板指标线精密重合；

d. 对标尺点与路线上的固定点(或标石)进行连测。

8.6.2 观测方法

a. 在测站点上整平仪器后,按光学测微法,对本岸近标尺,先后照准基本分划线两次并读、记之。

b. 将仪器转向对岸远标尺,旋进倾斜螺旋使气泡精密符合,使测微器读数居于全程的中央位置,按约定信号指挥对岸扶尺员将觇板沿尺面上下移动,待标志线到望远镜楔形丝中央时,即通知扶尺员使觇板标志中心线精密对准标尺上最邻近的基本分划线固定之,并记下标志中心线在标尺上的读数。同时转告对岸记录员(例如把读尺数写在小黑板上,让对岸仪器读记)。

再按光学测微法,转动测微器精密照准觇板上的标志线,并读、记测微器格值。同样重复照准、读数5次,即完成一组观测。

以后各组开始观测前,应将觇板较大地移动后,重新使标志中心线对准标尺基本分划线,并固定之。然后按相同的操作顺序,逐个完成其余各组的观测。

每组内对远标尺上觇板标志线的各次读数互差,不得超过 0.01 mm×s(s 为跨河视线长度,以 m 为单位)。

以上 a、b 两项操作,组成一测回的上半测回。

c. 上半测回结束后,应按 8.4 条 e、f 两项规定,立即谨慎地将仪器及标尺搬到对岸,进行下半测回的观测。下半测回的观测是先观测对岸的远标尺,观测远近标尺操作与上半测回相同。观测记录、计算示例见附录 C(补充件)中的 C2。

8.7 倾斜螺旋法

8.7.1 准备工作

a. 按 8.2 与 8.3 条有关规定准备仪器,选定和布设跨河场地;

b. 按 8.6.1 条做好 b、c、d 各项工作。觇板上需绘制两条标志线,上、下标志线间的距离,应使仪器照准两标志线的夹角在倾斜螺旋周值以内,或符合水准器气泡刻划值以内,一般不超过 60″。两台水准仪 i 角互差应小于 6″。

8.7.2 观测方法

a. 观测近标尺:整平仪器后,按光学测微法连续照准基本分划二次,并读、记之。

b. 观测远标尺:转动测微器使平行玻璃板居于垂直位置,在一测回观测过程中,应确保不变。照准远标尺,旋转倾斜螺旋使视线降至最低标志线以下,再从下至上依次用望远镜的楔形丝照准标尺上的两条标志线,然后再以相反的次序由上至下照准各标志线,称为一个往返测。每次照准标志线后,均应对倾斜螺旋分划鼓或符合水准器两端读数。同时在每个往、返测过程中,当视线接近水平时,应按旋进倾斜螺旋方向,使符合水准器精密符合两次,每次均须待气泡稳定后,再对倾斜螺旋分划鼓读数,以上操作组成一观测组。以后各组的观测均按同法进行。

每一观测组中,照准同一标志线的往、返分划鼓(或符合水准器)的读数差,不得大于 2″;往、返测中气泡四次符合的分划鼓读数差,不得大于 0.8″,超限时立即全组重测。

各组测完后,应比较同一标志线分划鼓或符合水准器的各组读数,用倾斜螺旋分划鼓读数时,还应比较各组气泡符合时的分划鼓读数。若某组读数差异突出而过大,则可根据观测与天气情况进行分析,认为该组观测结果不可靠时,亦应重测。

以上 a、b 两项操作,组成一测回中的上半测回。两岸仪器同时对测各半测回,组成一测回。

c. 上半测回结束后,按 8.4 条 e、f 两项要求,立即将水准仪及标尺搬运到对岸,进行下半测回的观测。下半测回先观测远标尺,后观测近标尺。观测远、近标尺的操作与上半测回相同。两岸仪器同时对测的上、下各半测回,组成一个双测回。

d. 每次安装觇板后,应仔细读出觇板指标线在标尺上的读数,并求出各标志线在标尺上的相应读数。

观测记录、计算示例见附录 C(补充件)中的 C2。

8.8 经纬仪倾角法

8.8.1 准备工作

与 8.7.1 准备工作相同。使用的经纬仪，除对其进行一般性能的检视外，尚须按 6.2.2 条规定进行检验。

8.8.2 观测方法

a. 观测近标尺：首先在经纬仪盘左的位置，照准近标尺的基本分划线，读取最近水平视线的标尺厘米分划数 a，再使水平丝分别照准该分划线的下、上边缘各二次；再纵转望远镜以盘右位置，同样照准该分划线的上、下边缘各二次，便完成了一组观测（近标尺只测一组）。每次照准分划线边缘后，应先使垂直度盘指标气泡精密符合，再用光学测微器进行垂直度盘读数。盘左或盘右同一边缘两次照准读数差，应不大于 3″。

近标尺读数 b 由式(4)计算：

$$b = a - \theta/\rho \cdot d \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：θ——分划线 a 的倾角，(″)；

d——经纬仪至标尺点的水平距离（用钢卷尺量取），cm；

ρ——206 265，(″)。

b. 观测远标尺：盘左位置用水平丝依次照准下、上标志线各四次，每次照准均应同时使垂直度盘指标气泡精密符合后，再用光学测微器进行垂直度盘读数，同一标志线四次照准读数之差不得大于 3″。纵转望远镜以盘右位置，按相反次序照准上、下标志线各四次并如前读数。以上操作组成一组观测。依同法进行其他各组的观测。各组算出上、下标志线的倾角 α 和 β，α 或 β 其组间互差不应大于 4″。

上述 a、b 两项操作组成一岸仪器观测的半测回，两岸仪器同时对测各半测回，组成一个测回。

两个测回连续观测时，测回间应间歇 15 min 左右。

c. 两台仪器和标尺，可只在上、下午间调岸一次。

d. 每测回观测前，应仔细检查觇板的指标线是否滑动，并核对指标线在标尺上的读数。

e. 观测的测回数为 8.5 条表 11 所列数目的二倍，组数及限差等，仍按 8.5 条有关规定执行。

观测记录、计算示例见附录 C（补充件）中的 C2。

8.9 测距三角高程法

8.9.1 准备工作

a. 按 8.3 条有关规定选定跨河点，视线垂直角应小于 1°。按 8.3.6 条图 1 中的大地四边形布设跨河点。A、B 和 C、D 分别为两岸安置仪器（或标尺）的位置，均应埋设固定点。其中 A、D 为普通水准标石，B、C 为 40 cm×20 cm×20 cm 的混凝土柱石，中间嵌标志。也可打入 50 cm×10 cm×10 cm 的木桩，中间打帽钉。柱石或木桩均应埋入地面下 0.1 m；

b. 跨河距离在 2 000 m 以内，对岸标尺可安置一块觇板，2 000 m 以上需安置上、下两块觇板。觇板上标志的宽度和形状可采用附录 C1 图例中的一种。通视条件较差时，应采用特制的标灯作为观测目标。觇标在标尺上的高度两岸应完全一致。单觇板（或标灯）安置在 2.5 m 处，双觇板（或标灯）在 2.0～3.0 m 之间，间距依跨河宽度而定，以目标清晰为准。

8.9.2 本岸测站点间高差测定

a. 水准仪法：若备有水准仪，则将 AB 和 CD 作为一个测站，按同等级水准测量要求进行往返观测；

b. 经纬仪法：将经纬仪架在 AB 间的中点上，距差应不大于 0.5 m。按 8.8.2 条 a 法分别对 A 点和 B 点进行观测，求出 h_{AB}，而后进行返测。h_{CD} 按同样方法测定。往返测的高差之差应不大于同等级水准测量测站高差之差的限差。

无论采用哪种方法测定，均取往返测高差中数作为测站点间高差的正式成果。并以此作为检测和计算测站点仪器高的基准；

c. 测站点的检测

如确信 A、D 点水准标石稳定，观测过程中可不进行检测。只须在结束时进行一次检测。若检测超限，应沿路线再检测一个测段。如证明水准标石无变动，则所测成果采用。若标石变动，应加固水准标石后重新进行跨河观测。

8.9.3 距离测量

a. 本岸测站点间的距离测量

本岸测站点间的距离 AB 或 CD，一般可用钢卷尺直接丈量平距，丈量时应使钢尺保持水平，两端拉紧同时读数，点上应架设垂球，严格对中，并保持稳定。往返各读三次，三次测定的距离互差和往测三次测定的距离中数之差，均不大于 3 mm。如无钢尺，也可用测距仪测定。

b. 跨河测站点间距离测量

跨河距离 s_{AC}、s_{AD}、s_{BC}、s_{BD}，采用电磁波测距仪测定，测距的准备工作，观测方法和作业要求、气象元素测定、成果记录及重测取舍、气象、加常数、乘常数修正值的计算及边长归算等，均按 ZB A76 002 的相应规定执行。

c. 跨河距离测量的技术要求

距离测量的技术要求和观测限差按表 12 规定执行。

表 12

跨河水准等级	测距仪精度等级	观测时间段		一个时间段内测回数	一测回读数间较差 mm	测回中数间较差 mm	往返(或时间段)测距中数的较差 mm
		往	返				
一	II	2	2	4	≤10	≤15	$\leqslant\sqrt{2}(a+b\cdot D\cdot 10^{-6})$
二	II	1	1	6	≤10	≤15	$\leqslant\sqrt{2}(a+b\cdot D\cdot 10^{-6})$

注：a、b 为测距仪标称参数值。

每照准一次，读 4 次数为一测回。当进行对向观测确有困难时，可以单向观测，但总的观测时间段不能减少。

测距仪和反射镜的高度量至毫米，两次量测之差应不大于 3 mm。各次设站高度不必强求一致。

8.9.4 垂直角观测

8.9.4.1 观测程序

a. 在 A、C 点设站，同时观测本岸近标尺，测定 b_B 和 b_{DI}。而后同步观测对岸远标尺，测定 a_{AD} 和 a_{CB}；

b. A 点仪器不动，将 C 点仪器迁至 D 点。两岸仪器同步观测对岸远标尺，测定 a_{AC} 和 a_{DB}；

c. D 点仪器不动，观测本岸近标尺，测定 b_C，此时将 A 点仪器迁至 B 点。然后两岸仪器同步观测对岸远标尺，测定 a_{BC} 和 a_{DA}；

d. B 点仪器不动，观测本岸近标尺，此时将 D 点仪器重新迁至 C 点，接着两岸仪器同步观测对岸远标尺，测定 a_{BD} 和 a_{CA}。最后 C 点仪器再次观测本岸近标尺，测定 b_{DI}。至此第一个仪器位置的观测结束，两台仪器共完成四个单测回。

8.9.4.2 观测方法

a. 观测近标尺：按 8.8.2a 条的方法测定本岸近标尺读数；

b. 观测远标尺：在盘左位置用望远镜中丝精确照准远标尺上觇板标志或标灯四次，每次应使垂直度盘水准气泡精密符合后，用光学测微器进行垂直度盘读数。四次照准读数之差不应大于 3″。纵转望远镜，在盘右位置按盘左操作方法同样进行照准和读数。以上观测为一组垂直角观测。依同法进行其余各

组的观测。

当采用上、下觇板观测时，盘左依次照准上觇板标志、下觇板标志，盘右按相反次序照准下、上觇板标志。照准和读数方法与单觇板观测相同。同一标志四次照准读数差应不大于3″。上、下标志垂直角分别计算高差。

采用T-2000经纬仪观测时，垂直角的观测组数可以减半。

各组垂直角观测的限差按表13规定执行。

表13 (″)

指标差互差	同一标志垂直角互差
≤8	≤4

c. 第一条边的垂直角测完后，立即按观测程序依次进行其余三条边的垂直角观测。

d. 每组观测前，应重新将觇板指标线中心精确对准标尺分划线中央。每条边观测前，应仔细检查觇板的指标线是否滑动。并认真读取指标线或标灯在标尺上的读数。于现场记录在手簿上。手簿记录格式见附录C(补充件)中的C2。

e. 第一个仪器位置的观测完成后，观测员、仪器、标尺需相互调岸，按8.9.4.1条的程序进行第二个仪器位置的观测。也可在测完半数测回后相互调岸，在第二个仪器位置上完成其余测回的观测。两台仪器分别在两岸相同时段对向观测一条边的成果组成一个单测回，总测回数应为表11中双测回数的二倍。

8.9.4.3 每条边各单测回高差间的互差应符合8.5b条规定的限值，其中N为总测回数。

由大地四边形组成三个独立闭合环，用同一时段的各条边高差计算闭合差。各环线的闭合差W应不大于按式(5)计算的限值：

$$W = 6 \cdot M_w \cdot \sqrt{s} \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：M_w——每公里水准测量的全中误差限值，mm；

s——跨河视线长度，km。

8.9.4.4 观测成果的重测和取舍

a. 测回间互差超限，首先应重测孤立值。若无孤立值应重测一大一小。如出现分群现象，则应分析是否因时间段不同而分群，并应计算环线闭合差加以分析，若确属时间不同而产生分群，同时环线闭合差无超限现象，该成果可不重测。如有闭合差超限的测回，此测回应重测。重测后仍分群，有上、下觇板的，应利用其间距检验垂直角的观测精度，并结合观测条件进行综合分析，而后对成果进行重测和取舍。直到所测成果全部符合要求为止；

b. 环线闭合差超限，而测回间互差较小，如无其他情况，此成果可以采用。若测回间互差大或超限，则该成果应重测。

8.10 冰上观测

跨越位于北方地区的河流、沼泽、水草地的水准测量，可以利用严寒季节在冰上进行：

a. 严寒前，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. 冰上水准测量，应在冰层有足够厚度和表面周日变化最小期间(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，冰上不得聚集许多人员或运输工具；

c. 观测开始前，沿选定路线依相应水准测量等级所采用的视线长度，选定安置仪器与标尺的地点，清除积雪，在安置标尺处凿一小坑，插入一长约30 cm×10 cm×10 cm的木桩(顶端钉入圆帽钉)，然后浇水使其冻结。在安置仪器脚架的每一脚下，同样冻入木桩以支撑仪器脚架；

d. 冰上水准测量的观测方法和各项限差均与相应各等水准测量的规定相同。

8.11 夜间观测

通过交通繁忙、车流量甚大的桥梁或街区的水准测量，可以在夜间进行。

a. 预先在夜间拟测路线的两端，埋设水准点或选择固定点，尽量减少夜间观测工作量；

b. 白天须在夜测地段选定架设仪器和放置标尺的地点，并在立尺点钉入尺桩或帽钉，作出明显标记。视线长度不宜超过 25 m；

c. 在标尺处须有专人照明，可在水准仪测微器的入光孔加设照明灯；

d. 夜间水准测量的观测方法和各项限差均与相应的各等水准测量的规定相同。

9 外业成果的记录整理

9.1 记录要求

9.1.1 一切外业观测值和记事项目，必须在现场直接记录于手簿中。外业手簿应按附录 D 中的 D1 的统一格式装订成册，每册的页码应予编号。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 水准测量的往测与返测应分别记录于两本手簿中，单号手簿记录往测成果，双号手簿记录返测成果。单程测量结果跨记于两本手簿时，应在第一本手簿的末页注明下接某号手簿某页，在第二本手簿的起始页注明上接手簿的某页。

水准路线与支线的观测结果，须分册记录。

手簿中的路线图，可只绘于往测手簿上，其比例尺根据本手簿施测的路线长度决定。

9.2 记录项目

9.2.1 每测段的始、末，工作间歇的前后及观测中气候变化时，须记录观测日期、时间(北京时)、大气温度(仪器高度处温度)、标尺温度、天气、云量(按十级制，即肉眼所见云彩遮蔽天空面积的十分之几，则为几级云量)、成像、太阳方向(按太阳对于路线前进方向的八个方位：前方、前右、右方、右后、后方、左后、左方、前左)、道路土质、风向及风力(风向按风吹来的方向对于路线前进方向的八个方位：前方、前右、右方、右后、后方、左后、左方、前左记录，风力按附录 D 中的 D5 风级表记录)。

9.2.2 每测站须记录上、下丝在前后标尺的读数，楔形平分丝在前后标尺基、辅分划面的读数。每五个测站记录一次标尺温度。

9.3 电子记录

水准测量应优先采用电子记录方式。记录方法按 ZB A76 003《测量外业电子记录基本规定》和 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，并按下列要求进行：

a. 外业原始观测值和记事项目，一律用铅笔直接记录于手簿中，记录的文字与数字，应力求清晰端正，不得潦草模糊。手簿记录、计算格式见附录 D(补充件)中的 D1；

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，并在备考栏内注明原因。同一测站内不得有两个相关原始数字的连环更改；

c. 对作废的连续若干测站的记录，应以单线划去，并注明重测原因及重测结果记于何处。重测记录加注“重测”二字。

9.5 外业计算

9.5.1 水准测量外业计算的项目：

a. 外业手簿的计算；

b. 外业高差和概略高程表的编算；

c. 每公里水准测量偶然中误差的计算；

d. 附合路线环线闭合差的计算；

e. 每公里水准测量全中误差的计算。

9.5.2 外业高差和概略高程表的编算，须由两人各自独立编算一份，并核对无误。计算水准点概略高程时，所用的高差应加入下列改正〔计算方法见附录 D(补充件)中的 D2 和 D3〕：

a. 水准标尺长度误差改正；

b. 水准标尺温度改正；

c. 正常水准面不平行的改正；

d. 重力异常改正；

e. 日月引力改正；

f. 环线闭合差的改正。

9.5.3 每完成一条水准路线的测量，须进行往返测高差不符值及每公里水准测量的偶然中误差 M_Δ 的计算(小于 100 km 或测段数不足 20 个的路线，可纳入相邻路线一并计算)，并应符合 7.11 及 4.7 条的规定。

每公里水准测量的偶然中误差 M_Δ 按式(6)计算：

$$M_\Delta = \pm\sqrt{[\Delta\Delta/R]/(4\cdot n)} \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：Δ——测段往返测高差不符值，mm；

R——测段长度，km；

n——测段数。

9.5.4 每完成一条附合路线或闭合环线的测量，须对观测高差施加第 9.5.2 条 a、b、c、d、e 项改正，然后计算附合路线或环线的闭合差，并应符合第 7.11 条的规定。当构成水准网的水准环超过 20 个时，还需按环线闭合差 W 计算每公里水准测量的全中误差 M_w，并应符合第 4.7 条的规定(山区布测的一等水准网，闭合环不足 50 个时，M_w 限差为 1.2 mm)。

每公里水准测量的全中误差 M_w 按式(7)计算：

$$M_w = \pm\sqrt{[WW/F]/N} \qquad \cdots\cdots(7)$$

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。

9.5.5 外业计算取位按表 14 规定执行。

表 14

等 级	往(返)测距离总和，km	测段距离中数，km	各测站高差 mm	往(返)测高差总和，mm	测段高差中数，mm	水准点高程 mm
一等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	1
二等	0.01	0.1	0.01	0.01	0.1	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，工作执行者须按下列内容编写外业技术总结：

a. 水准路线的名称、等级、长度及测区的自然地理特点，沿道路的质量、土质植被情况，平均每公里的测站数；

b. 施测单位名称，工作开始与结束的年、月，参加作业人员的技术状况，作业所依据的技术规范；

c. 作业的平均气温，阴晴天数、一般风向与风级、最大风级等；

d. 水准仪、水准标尺的类型、号码、检验项目，尺承类型、重量及使用的个数，作业仪器出现的异常处理情况；

e. 每个组工天完成的公里数及测站数；

f. 每公里偶然中误差，各区段上下午测站不对称数与总测站数的比例，产品质量评定结果，脱离规范的事项及其原因，重测的总公里数及其主要原因；

g. 结点及连接点的检测段数及总里程，新旧高差不符值状况，连接点变动的原因及处理情况；

h. 利用旧点情况，新旧点名与高差对照表，支线测量的里程和等级；

i. 路线中跨河水准测量的位置、宽度、跨河方法和测量精度；

j. 作业中的经验，为减弱系统误差采取的措施，对今后复测该路线时的建议及其他须说明的情况。

9.8 上交资料

经过检查验收的水准测量成果，须按路线进行清点整理，编制目录，并列清单，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(二份)及批准征用土地文件；

e. 水准仪、水准标尺检验资料及标尺长度改正数综合表；

f. 水准观测手簿、记录磁带磁盘和纸带，水准点上重力测量资料；

g. 水准测量外业高差及概略高程表两份；

h. 外业高差各项改正数计算资料；

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

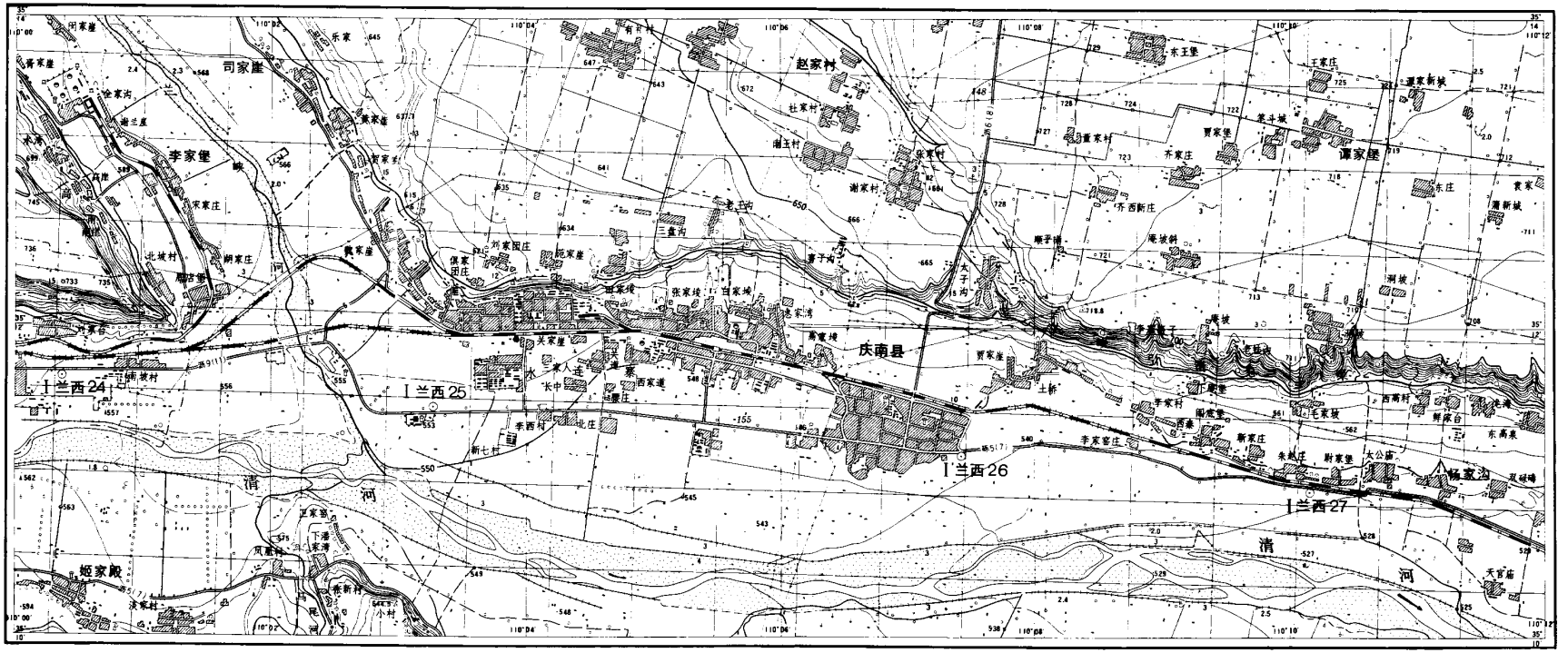
A1.1 水准路线图以 1∶100000 或 1∶50000 地形图为底图，将水准路线两侧至少 1 km 以内的地物、地貌复印在 A3 幅面(42 cm×30 cm)的图纸上。当实地的道路或其他重要地物有变化而与底图不一致时，应先在底图上更正。图中应注明比例尺、经纬线和图幅编号。示例见图 A1。

A1.2 水准点位置应标定准确，用规定的符号绘出，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。

Ⅰ等兰（兰州）——西（西安）线水准路线图之二

Ⅰ－49－29－A



比例尺　1：50000

国家测绘局第一测绘大队　1990.10

图 A1

530－1

表A 1　水准标石类型符号表

序号	类型	符号
1	深层基岩水准标石	外圆直径 5 mm
2	浅层基岩水准标石	外圆直径5 mm
3	混凝土基本水准标石	外圆直径4 mm，内圆直径2 mm
4	钢管基本水准标石	外圆直径4 mm，内圆直径2 mm
5	岩层基本水准标石	外圆直径4 mm，内圆直径2 mm
6	混凝土普通水准标石	圆圈直径2 mm
7	钢管普通水准标石	圆圈直径2 mm
8	岩层普通水准标石	圆圈直径2 mm
9	混凝土柱普通水准标石	圆圈直径2 mm
10	爆破型混凝土柱普通水准标石	圆圈直径2 mm
11	墙脚水准标志	圆圈直径2 mm

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。示例见图 A2。

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和地势。

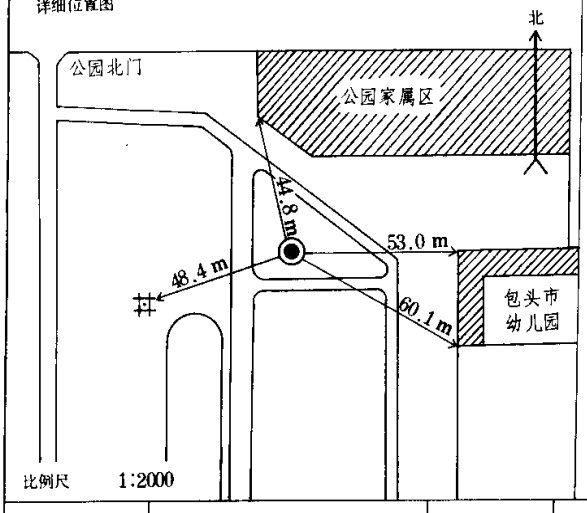
A2.5　点位经纬度从 1∶100000 或 1∶50000 地形图上量取至 0.1′。

A2.6　地别土质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。

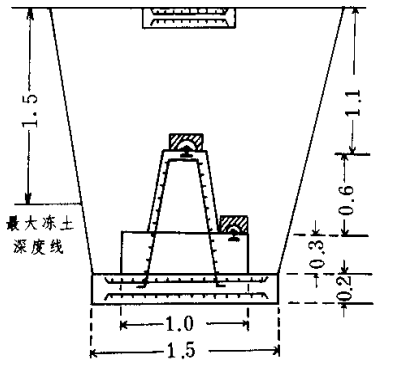
一 等 水 准 点 之 记

包京 线　　点名：Ⅰ包京 1 基

详细位置图



标石断面图　　单位：米



所在图幅	K－49－125	标石类型	混凝土基本水准标石
经纬度	L：110°10′.7　B：40°45′.3	标石质料	混凝土 铜标志
所在地	内蒙古自治区包头市人民公园内	土地使用者	人民公园
地别土质	园地，黄土，含沙 30 %	地下水深度	7 m
交通路线	自包头至北京二级公路 0 Km ＋ 500 m 处		
点位详细说明	1．西偏南至水井 48.4 m 2．西北至家属区围墙角 44.8 m 3．东至包头市幼儿园房角 53.0 m 4．东南至幼儿园房角 60.1 m		
接管单位	青山区人民政府	保管人	张海清 （办公室主任）

选点单位	精密水准队	埋石单位	精密水准队	维修单位	陕西省第一测绘大队
选点者	黄天智	埋石者	黄天智	维修者	张明方
选点日期	1960 年 5 月 2 日	埋石日期	1960 年 5 月 12 日	维修日期	1975 年 9 月 18 日
备注	Ⅰ包京 1 基～Ⅰ包京 2　5.8 km（平地） Ⅰ包京 1 基～Ⅰ包咸 1　4.7k m（丘陵） Ⅰ包京 1 基～Ⅰ兰包 126 基 4.2 k m（平地）				

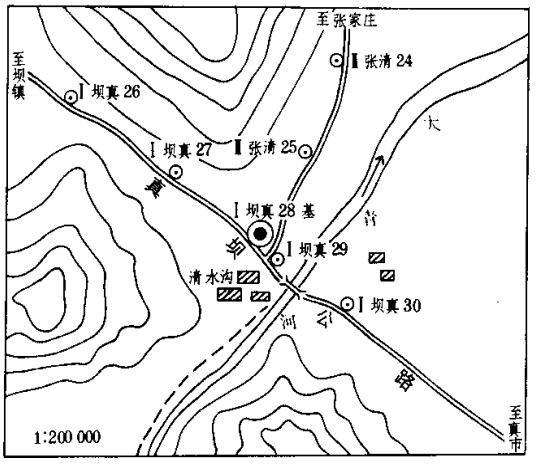
图 A2

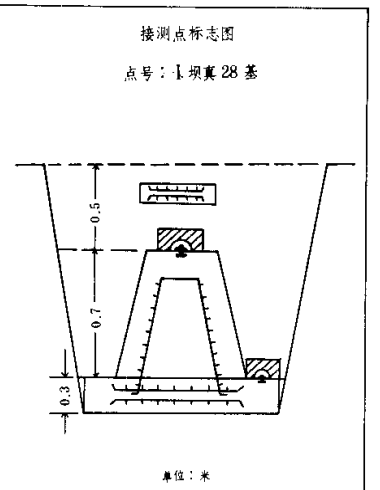
A3 水准网结点接测图的绘制

A3.1 结点选定或接测完成后，均须填绘水准网结点接测图。示例见图 A3。

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。

水 准 网 结 点 接 测 图



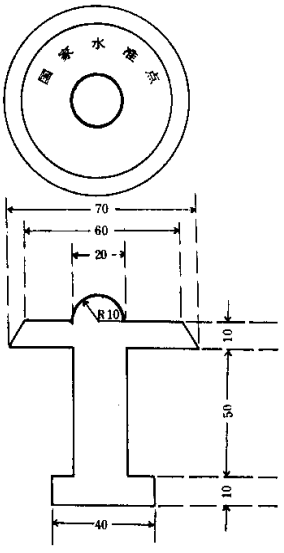


结点所在地	山西省文胜县清水沟乡清水沟村村北公路交叉处				
标石情况	标石为混凝土基本标石，上标志离地面 0.5 米，铜标志，上有标志盖和指示盘完好无损。				
原测单位	第二测绘大队	观测日期	1972 年 6 月		
接测情况	1．Ⅰ坝真线是原国家布设的一等水准路线，本队所设Ⅰ张清线在清水沟与之接测。 2．接测点Ⅰ坝真 28 基为基本水准标石。 3．接测时曾检测Ⅰ坝真 28 基至Ⅰ坝真 29。检测结果与原测结果相差一毫米。 4．接测结果记于 1973 Ⅰ张清 No 016 手簿。				
接测单位	第三测绘大队	观测者	李 华	观测日期	1973 年 8 月 17 日

图 A3

A4 水准标志图

水准标志的圆球部应采用铜或不锈钢材料制作(规格见图 A4)圆盘和根络可用普通钢材。钢管标石水准标志的圆盘直径,依照采用钢管的直径和壁厚决定。

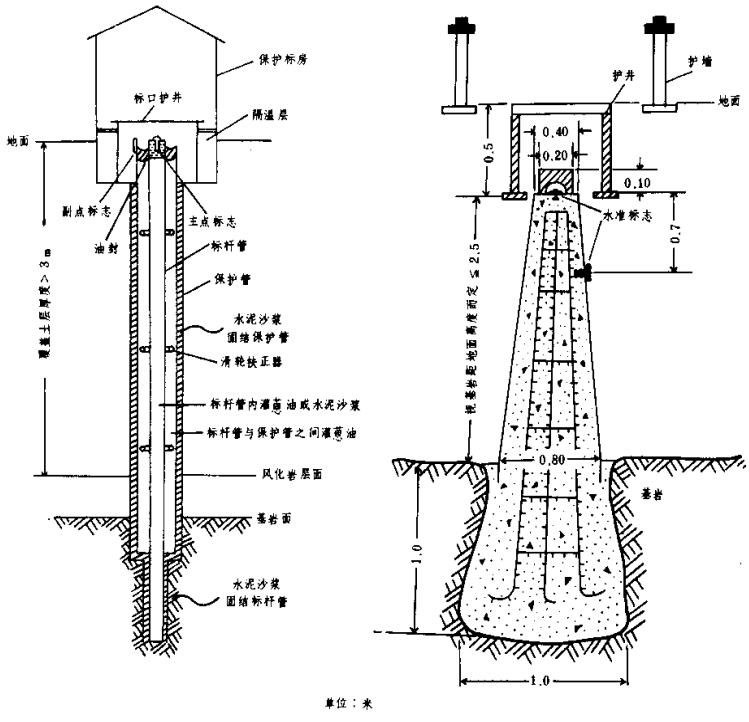


单位:mm

图 A4 水准标志

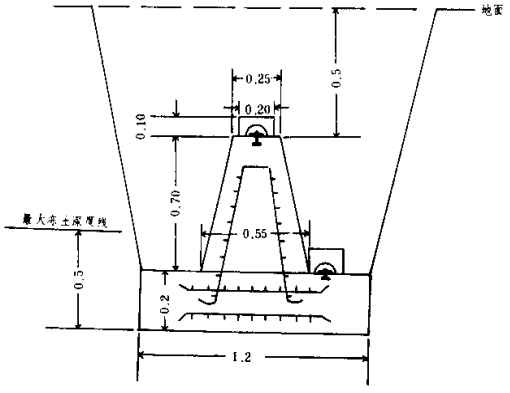
A5 水准标石类型图及造埋说明

A5.1 各种类型水准标石的造埋规格如图 A5～图 A8 所示。

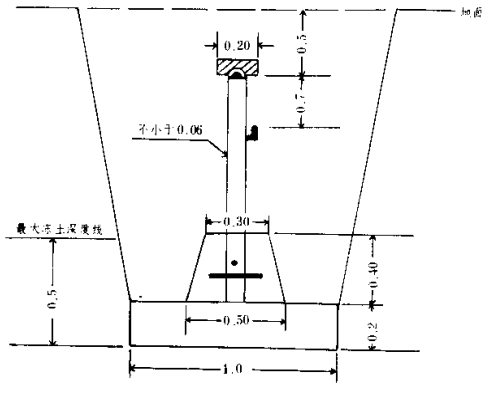


（a）深层基岩水准标石示意图　　（b）浅层基岩水准标石

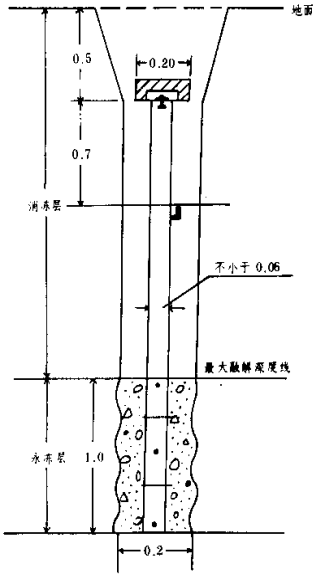
图 A5　基岩水准标石



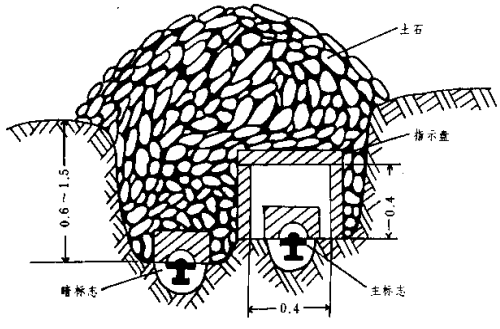
（a）混凝土基本水准标石



（b）钢管基本水准标石



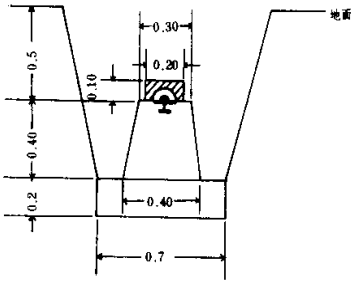
（c）永冻地区钢管基本水准标石



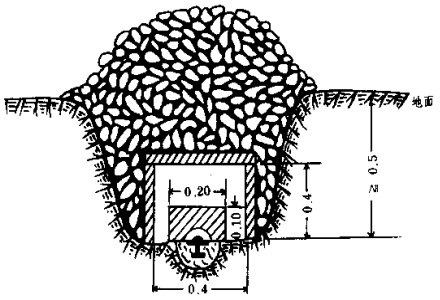
（d）岩层基本水准标石

单位：米

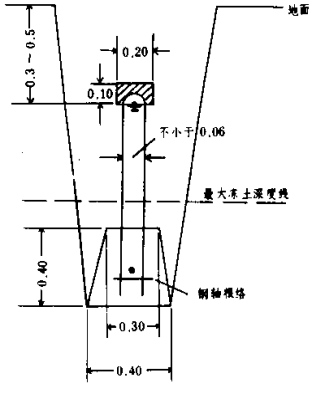
图 A6　基本水准标石



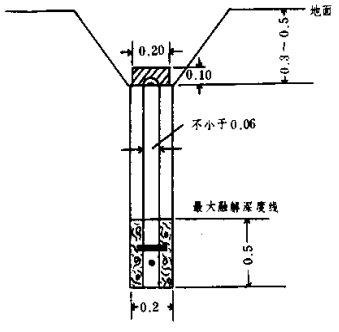
（a）混凝土普通水准标石



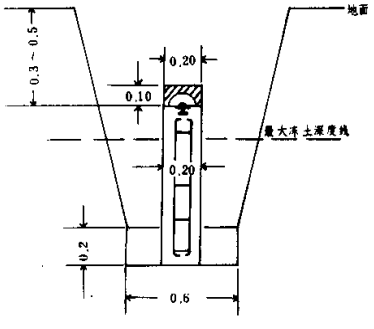
（b） 岩层普通水准标石



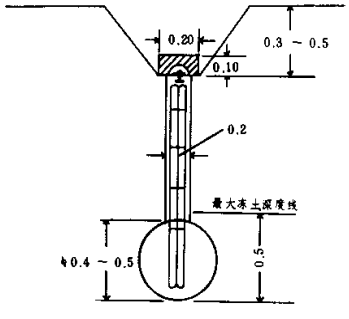
（c）钢管普通水准标石



（d）永冻地区钢管普通水准标石



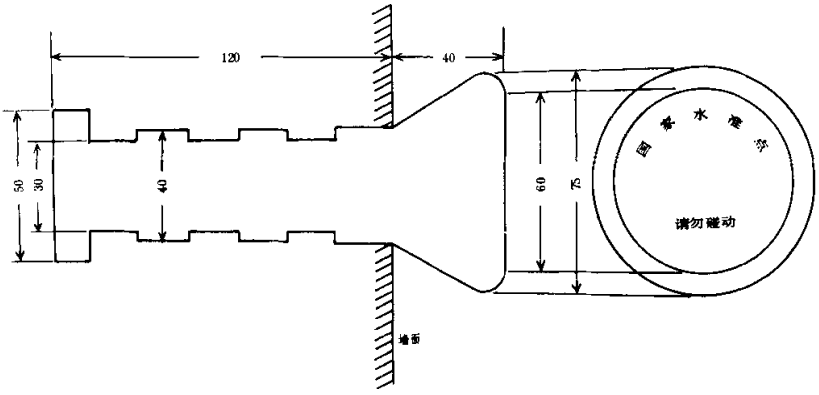
（e）混凝土柱普通水准标石



（f）爆破型混凝土柱普通水准标石

单位：米

图 A7 普通水准标石



单位：mm

图 A8 墙脚水准标志

A5.2 混凝土水准标石造埋说明：

a. 标石顶面中央嵌一水准标志。若标石和标志内均不含铁磁物质，应在水准标志下置入一根约10 cm长的钢筋。在标石顶面用字模压印水准路线等级、名称、水准点编号及埋设年、月。如图A9所示；



图 A9

b. 在基本水准标石或基岩水准标石底盘上(柱石北面)嵌一水准标志作为下标志。当柱石的高度超过0.7 m时，可在柱石北侧距顶面0.7 m处，设置墙脚标志作为下标志；

c. 各类标石底盘均可用土模浇灌混凝土。

A5.3 冻土地区水准标石造埋说明：

a. 在季节冻土地区，基本水准标石底盘底部应埋入最大冻土深度线以下0.5 m。当标石顶面距地面深度超过0.5 m时，可用钢管基本水准标石代替；

b. 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	

c. 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；

d. 钢管水准标石，由外径不小于6 cm、管壁厚度不小于3 mm的钢管(上端焊有水准标志)与混凝土基座组成。在钢管底端约10 cm处装有二根长25 cm的钢筋根络。钢管内灌满水泥沙浆，钢管表面

须用沥青或乳化沥青漆涂抹，并用旧布或麻线包扎，然后再涂一层沥青或乳化沥青漆；

e. 埋设预制的钢管普通水准标石应在坑底铺设 2～4 cm 厚的水泥沙浆；

f. 水准标志上应以压有路线等级、名称和水准点编号的标志盖覆盖；

g. 冻土深度以《中国冻土极值深度等值线图》(见图 A10)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。在兴安岭、阿尔泰山、天山、祁连山和西藏地区，还应依据永久冻土资料确定最大融解深度。

A5.4 岩层水准标石造埋说明：

a. 基本水准标石的主标志和暗标志应在水平相距 0.5 m 高差大于 0.1 m 的两处凿孔安置；

b. 岩层洞孔须用水洗净，并以 1∶2 的水泥沙浆灌注，安放水准标志。标志周围用沙浆抹 0.2 m×0.2 m 的平面，压印路线等级、名称、水准点编号、埋设年、月，并用红漆涂描；

c. 普通水准点的标志(基本水准点的主标志)上方用混凝土或砖砌圈板围护，再用指示盘覆盖。

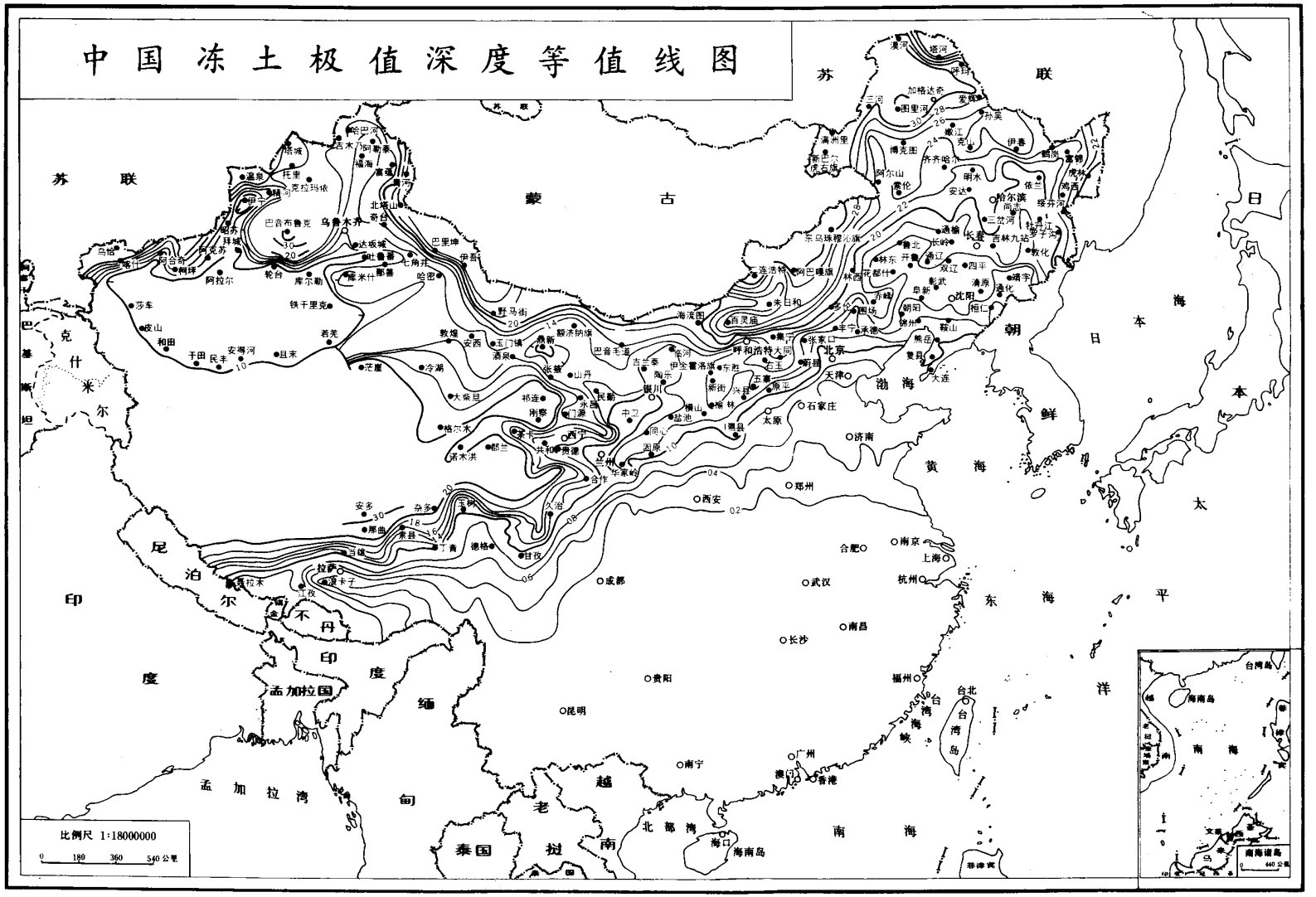
A5.5 墙脚水准标志造埋说明：

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、混凝土建筑物墙壁或石崖直壁上，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 的水泥沙浆，放入标志，使圆鼓里面与墙面齐平；

d. 在标志上方墙面上用 1∶1 的水泥沙浆抹 0.2 m×0.2 m 的水泥面，压印路线等级、名称、水准点编号、埋设年、月，并用红漆涂描。


中国冻土极值深度等值线图
苏联
蒙古
朝鲜
日本海
渤海
黄海
东海
太平洋
南海
印度
孟加拉湾
缅甸
泰国
老挝
越南
北部湾
台湾海峡
台湾岛
海南岛
克什米尔
尼泊尔
不丹
孟加拉国
比例尺 1:18000000
0 180 360 540公里

图A10

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。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，硫酸盐含量不得超过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 各类水准标石材料用量可参照标石体积和采用骨料按表A3和表A4计算。

表A3 各类水准标石体积 m^3

标石名称	部位	体积	标石名称	部位	体积
混凝土基本水准标石	底盘	0.288	混凝土普通水准标石	底盘	0.098
	柱石	0.117		柱石	0.049
钢管基本水准标石	底盘	0.200	钢管普通水准标石	基座	0.049
	柱石	0.065			
指示碑	底盘	0.040	混凝土柱普通水准标石	底盘	0.072
	碑体	0.050		1 m柱石	0.040
指示盘	—	0.054	爆破型混凝土柱普通水准标石	球部基础	0.050
标志护盖	—	0.004		1 m柱石	0.031

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	1226	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	1248	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 m^3)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，拆模时间不得少于24 h，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；

d. 预制柱石、碑、盘，在拆模后应遮蔽阳光保持湿润，养生 14 天方可搬运。

A7 水准点的外部整饰图

A7.1 基岩水准点的保护性建筑，不作统一规定，可按第 5.2.5 条的一般要求，根据水准点所在地的环境及景观特点分别设计房屋、护墙和护井(见图 A11 和图 A12)。

A7.2 基本水准标石和普通标石的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，一般应埋设在点正北 1.4 m 处，有字的一面向北(见图 A13)。也可埋设在点位的正东、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。

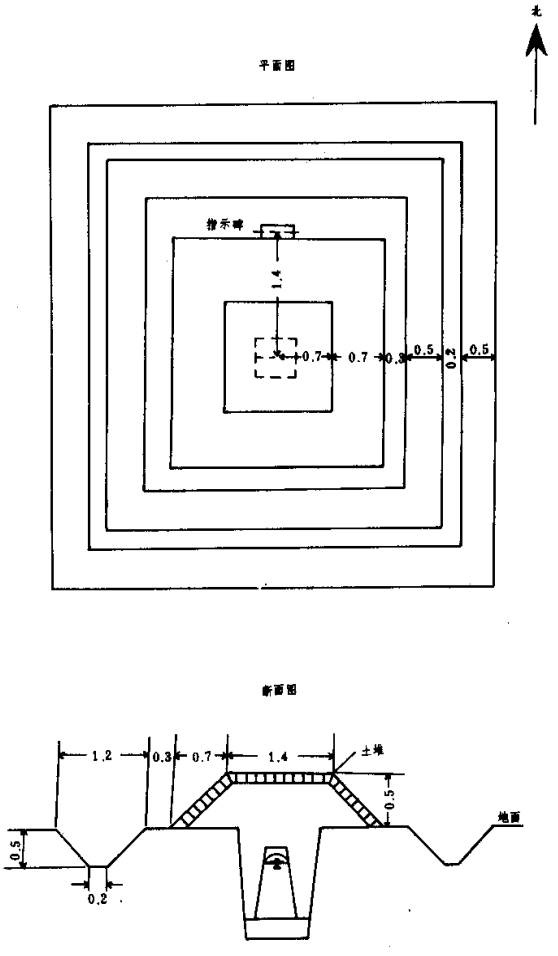
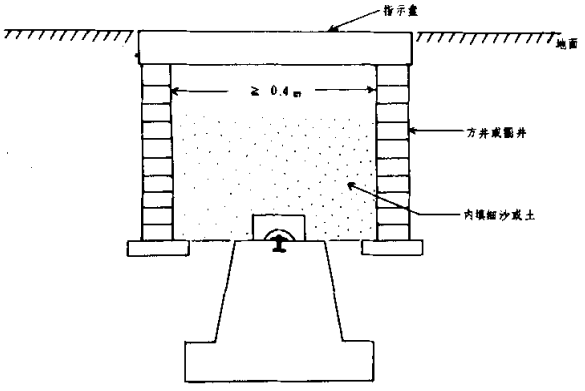
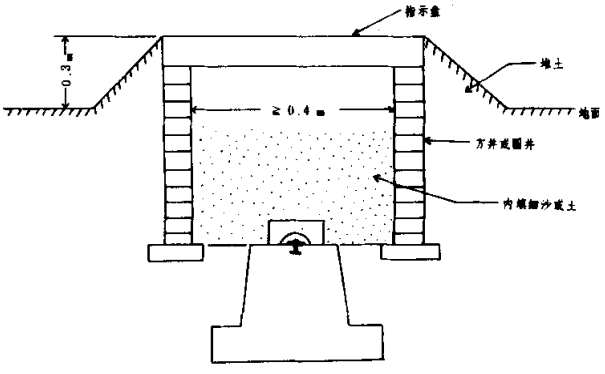


图 A11 水准标石护沟

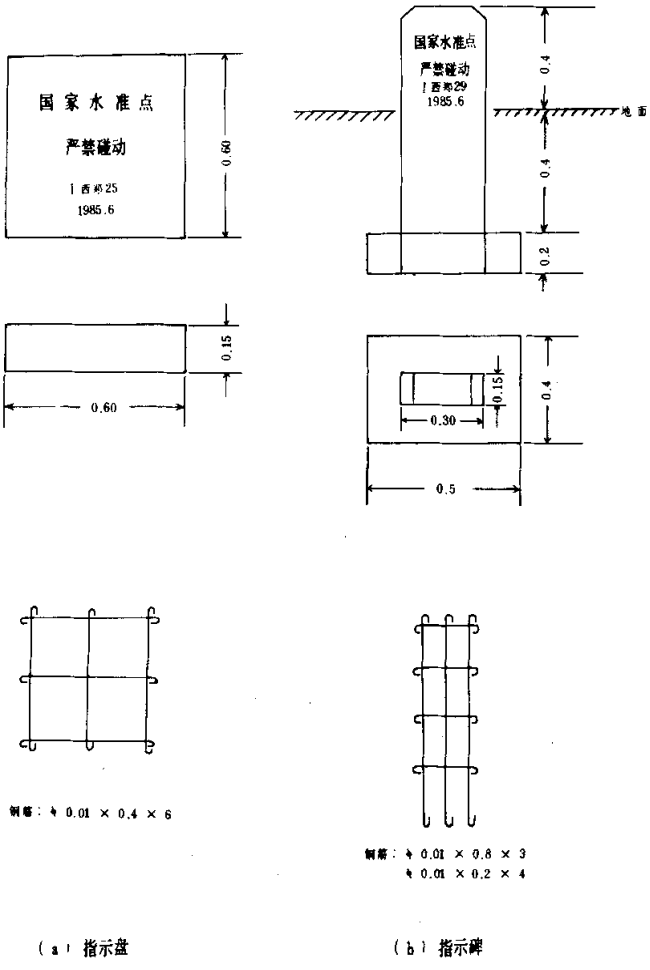


（a）庭院中水准标石护井



（b）庭院外水准标石护井

图 A12　水准标石护井



单位：m

图 A13 指示盘与指示碑

A8 水准测量标志委托保管书

委托保管书统一印制，填写示例如下：

水准测量标志委托保管书

线名和点号：Ⅱ蓟文 17　所在图幅：k-50-19

设置地点：河北省文清县龙镇乡张家店村

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：1981 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龙镇乡人民政府接管，并负责保护。

托管机关：陕西测绘局测量队（盖公章）

代表：刘中　　地址：西安

接管机关：文清县龙镇乡人民政府　　代表：张星其

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》全文和《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 水准标尺的检视

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。观察汽泡，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位于垂直位置。

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距离。

B3.2 计算方法

标尺弯曲差 f 按式(B1)计算：

$$f = R_{中} - (R_{上} + R_{下})/2 \qquad \cdots\cdots (B1)$$

式中：$R_{中}$——中间读数，mm；

$R_{上}$——上端读数，mm；

$R_{下}$——下端读数，mm。

当名义米长测定值为标尺尺带弧长时，f 不得大于 4.0 mm，否则长度 l 必须按式(B2)改正：

$$l = l' - 8f^2/(3l') \qquad \cdots\cdots (B2)$$

式中：l'——标尺名义长度，mm。

B4 一对水准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 20 cm。

B4.2 观测方法

此项检验应进行三个测回。每一测回中，分别在三个桩上依次安置一对标尺，每次用光学测微器按基、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。

对于双摆位的自动安平水准仪进行此项检验时，应将摆置于同一位置上。

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。两标尺基本分划读数中数的差，即作为一对标尺零点不等差。每根标尺基本分划读数的中数与辅助分划读数的中数的差，即为每根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：线条式因瓦标尺№. 0619 №.0620 日期：1989-8-13 仪器：N3 №. 58823

观测者： 记录者： 检查者： mm

测回	桩号	№.0619 标尺读数			№.0620 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	1 218.84	4 234.30	3 015.46	1 218.80	4 234.32	3 015.52
		8.80	4.30	5.50	8.84	4.34	5.50
		8.76	4.32	5.56	8.82	4.40	5.58
	2	1 427.70	4 443.22	5.52	1 427.82	4 443.28	5.46
		7.70	3.18	5.48	7.84	3.34	5.50
		7.72	3.20	5.48	7.80	3.32	5.52
	3	1 628.92	4 644.44	5.52	1 629.04	4 644.52	5.48
		8.88	4.42	5.54	9.04	4.50	5.46
		8.92	4.40	5.48	9.02	4.48	5.46
	平均	1 425.14	4 440.64	3 015.50	1 425.22	4 440.72	3 015.50
II	1	1 244.48	4 259.92	3 015.44	1 244.54	4 260.04	3 015.50
		4.46	9.86	5.40	4.50	0.02	5.52
		4.44	9.86	5.42	4.54	0.02	5.48
	2	1 453.40	4 468.74	5.34	1 453.50	4 468.88	5.38
		3.42	8.80	5.38	3.50	8.94	5.44
		3.44	8.82	5.38	3.52	8.94	5.42
	3	1 654.58	4 670.06	5.48	1 654.06	4 670.16	5.50
		4.62	0.04	5.42	4.72	0.14	5.42
		4.64	0.06	5.42	4.72	0.20	5.48
	平均	1 450.83	4 466.24	3 015.41	1 450.91	4 466.37	3 015.46

续表 B1

mm

测回	桩号	№.0619 标尺读数			№.0620 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
Ⅱ	1	1 266.82	4 282.28	3 015.46	1 266.90	4 282.42	3 015.52
		6.80	2.22	5.42	6.90	2.38	5.48
		6.78	2.26	5.48	6.88	2.34	5.46
	2	1 475.68	4 491.14	5.46	1 475.78	4 491.24	5.46
		5.62	1.10	5.48	5.70	1.22	5.52
		5.64	1.12	5.48	5.74	1.24	5.50
	3	1 676.82	4 692.26	5.44	1 676.92	4 692.38	5.46
		6.84	2.32	5.48	7.00	2.44	5.44
		6.90	2.34	5.44	6.98	2.44	5.46
	平均	1 473.10	4 488.56	3 015.46	1 473.20	4 488.68	3 015.48
总中数		1 449.69	4 465.15	3 015.46	1 449.78	4 465.26	3 015.48

一对标尺零点不等差＝0.09

B5 水准标尺中轴线与标尺底面垂直性测定

B5.1 准备

在距水准仪 20～30 m 的距离处打三个尺桩。三个桩顶间应有几厘米的高差。

B5.2 观测方法

此项检验共进行两测回。每一测回中，标尺依次置于三个尺桩上。在每一尺桩上，依次按标尺底面的中心、前边缘、后边缘、左边缘、右边缘整置标尺，每次照准标尺分划读数三次，且望远镜的视轴位置应保持不变。

B5.3 计算方法

对于每一尺桩，分别按标尺底面中心、前、后、左、右边缘整置标尺的三个读数求其中数 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5，然后计算(R_1-R_2)、(R_1-R_3)、(R_1-R_4)、(R_1-R_5)，并求出两测回的中数。若这些中数超出 0.10 mm 时，在作业中必须采用尺圈。

此项检验范例见表 B2。

表 B2 标尺中轴线与标尺底面垂直性测定

标尺：线条式因瓦标尺№. 0620　　观测者：

记录者：

日期：1989-8-14　　仪器：N3　№. 58823　　检查者：

mm

测回	Ⅰ			Ⅱ		
桩号	1	2	3	1	2	3
中心 R_1	2.70	8.96	3.94	6.16	2.50	7.32
	2.72	8.92	3.88	6.22	2.52	7.43
	2.71	8.92	3.90	6.60	2.50	7.28
中数	2.71	8.93	3.91	6.15	2.51	7.31

续表 B2

mm

测　回	I			II		
桩号	1	2	3	1	2	3
前边缘 R_2	2.72	8.94	4.02	6.18	2.54	7.32
	2.80	8.96	3.96	6.10	2.58	7.36
	2.78	9.00	3.89	6.14	2.52	7.34
中数	2.77	8.97	3.99	6.14	2.55	7.34
R_1-R_2	−0.06	−0.04	−0.08	+0.01	−0.04	−0.03
后边缘 R_3	2.72	8.88	3.88	6.20	2.48	7.26
	2.80	8.92	3.92	6.12	2.52	7.30
	2.74	8.90	3.90	6.10	2.46	7.26
中数	2.75	8.90	3.90	6.14	2.49	7.27
R_1-R_3	−0.04	+0.03	+0.01	+0.01	+0.02	+0.04
左边缘 R_4	2.60	8.90	3.92	6.12	2.44	7.26
	2.64	8.90	3.88	6.06	2.48	7.28
	2.62	8.92	3.88	6.14	2.50	7.32
中数	2.62	8.91	3.89	6.11	2.47	7.29
R_1-R_4	+0.09	+0.02	+0.02	+0.04	+0.04	+0.02
右边缘 R_5	2.70	9.02	3.94	6.12	2.56	7.34
	2.72	8.94	3.90	6.12	2.54	7.34
	2.70	8.98	3.98	6.16	2.54	7.32
中数	2.71	8.98	3.94	6.13	2.55	7.33
R_1-R_5	0.00	−0.05	−0.63	+0.02	−0.04	−0.02
$\Sigma(R_1-R_i)/6$	R_1-R_2	−0.04	R_1-R_3	+0.01	R_1-R_4	+0.04	R_1-R_5	−0.02

B6　一对水准标尺平均名义米长的检测

B6.1　准备

选择温度稳定的室内进行此项检测。在检测前两小时将检查尺(野外比长器)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，且使标尺背面与平台充分接触。

B6.2　观测方法

每一标尺的基本分划与辅助分划均须检测。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，往测时测定 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，同时读取米间隔的两个分划线下边缘在检查尺上的读数，接着读取这两个分划线上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。

B6.3　计算方法

此项检测要求计算出每根标尺的名义米长平均值。其基辅分划往返测中每一间隔的名义米长按式(B3)计算：

$$l_i = \frac{1}{2}(A_{L1} - A_{R1} + A_{L2} - A_{R2}) + \Delta l_i \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B3)$$

式中：A_{L1}——检查尺下边缘左读数，mm；

A_{R1}——检查尺下边缘右读数，mm；

A_{L2}——检查尺上边缘左读数，mm；

A_{R2}——检查尺上边缘右读数，mm；

Δl_i——检查尺尺长及温度改正值，mm；

l_i——每米间隔名义米长值，mm。

此项检验用于作业期间检测标尺名义米长的变化，检测结果不作为标尺改正用，此项检测范例见表B3。

表B3　水准标尺名义米长的检测

标尺：线条式因瓦标尺№. 10707　　日期：1989-8-15

检查尺：三等标准金属线纹尺№. 1110　　$L=(1\,000-0.07)+0.018\,5\times(t-20°)$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 左端	检查尺读数 右端	右-左 右-左	右-左 中数	检查尺尺长及温度改正	分划面名义米长
基本分划	往测	0.25～1.25	24.7	1.24	1 001.22	999.98	999.97	+0.017	999.987
				4.24	1 004.20	999.96			
		0.85～1.85	24.9	0.48	1 000.46	999.98	999.99	+0.021	1 000.011
				3.48	1 003.48	1 000.00			
		1.45～2.45	24.9	2.38	1 002.40	1 000.02	1 000.02	+0.021	1 000.041
				5.36	1 005.38	1 000.02			
	返测	2.75～1.75	25.0	0.42	1 000.38	999.96	999.97	+0.022	999.992
				3.42	1 003.40	999.98			
		2.15～1.15	25.0	0.72	1 000.68	999.96	999.97	+0.022	999.992
				3.70	1 003.68	999.98			
		1.55～0.55	25.0	0.52	1 000.48	999.96	999.96	+0.022	999.982
				3.52	1 003.48	999.96			

续表 B3

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		
辅助分划	往测	0.40～1.40	25.0	1.30	1 001.28	999.98	999.97	+0.022	999.992
				4.32	1 004.28	999.96			
		1.00～2.00	25.0	1.82	1 001.76	999.94	999.96	+0.022	999.982
				4.80	1 004.78	999.98			
		1.60～2.60	25.0	0.78	1 000.76	999.98	999.99	+0.022	1 000.012
				3.76	1 003.76	1 000.00			
	返测	2.90～1.90	25.0	2.30	1 002.30	1 000.00	999.99	+0.022	1 000.012
				5.26	1 005.24	999.98			
		2.30～1.30	25.0	1.56	1 001.56	1 000.00	999.99	+0.022	1 000.012
				4.54	1 004.52	999.98			
		1.70～0.70	25.0	0.64	1 000.62	999.98	999.99	+0.022	1 000.012
				3.62	1 003.62	1 000.00			
一根标尺名义米长								1 000.002	

另一标尺 10708 的检测记录从略；其名义米长为 1 000.006 mm，一对标尺平均名义米长为 1 000.00 mm。

B7 水准仪的检视

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；螺纹的磨损程度等。

B7.3 光学性能

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

自动安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。

此项检验要求从外观上对水准仪作出评价，并作记载。

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，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 水准仪光学测微器隙动差和分划值的测定

B9.1 此项检验应选择呈像清晰稳定的时间进行。在距仪器 5～6 m 处垂直竖立一支三等标准金属线纹尺或其他同等精度钢尺作标准尺，用其 1 mm 刻划面进行此项检验。

B9.2 观测方法：

测定时，应使测微器上所有使用的分划线均能受到检验，测定应进行三组。若按 6.2 要求作全面检验时，三组应在不同气温下测定；若按 6.2 要求出测前或跨河水测量前检验时，可以在同一种气温下测定。每组应观测 5 个测回。每测回分往测（旋进或旋出）和返测（旋出或旋进）。

测定开始时，将仪器整置水平，并将测微器转到零分划附近处，然后取标准尺上六根其间隔为5 mm的分划线，使中丝与一分划线重合，此时，在测微器上的读数位置应在 0～3 格范围。

a. 每测回的操作：

往测：旋进（或旋出）光学测微器依次照准 1～6 的每根分划线。每次照准时，使中丝与分划线精密重合，并读取测微器读数为 a；

返测：往测完后马上进行返测，旋出（或旋进）光学测微器依次以相反方向照准 6～1 的每根分划线，读数方法同往测，读数为 b；

b. 其余各测回观测同 a，五个测回组成一组，以后各组之观测同第一组。

B9.3 计算方法：

a. 求出测微器隙动差 Δ

$$\Delta = \Sigma(a_0 - b_0)/16 \qquad \cdots\cdots (B4)$$

式中：a_0、b_0——标准尺每根分划线的读数 a、b 的每组平均值。

b. 求出测微器分划值

$$g = \Sigma l/\Sigma L \qquad \cdots\cdots (B5)$$

式中：l——中丝对准标准尺首、末分划间隔，mm；

L——对准首、末分划时测微器转动量，格。

此项检验范例见表 B4 和表 B5。

表 B4　光学测微器隙动差和分划值的测定

仪器：Ni 002　№. 430271　　日期：1989-7-28　　距离：8 m

观测者：　　记录者：　　检查者：

组数	时间和温度 C	测回	检测尺读数	504	505	506	507	508	509	始末分划转动量 L
			往返	测微器读数						
I	日期 7-28 始 15：00 末 15：15 始 28.0 末 28.5	1	往测 a	00.4	20.8	40.4	60.4	80.4	100.2	99.8
			返测 b	01.6	21.4	40.8	61.6	81.2	100.8	99.2
		2	往测 a	00.4	20.0	40.4	61.0	80.6	100.0	99.6
			返测 b	00.8	21.4	41.8	61.6	81.8	101.4	100.6
		3	往测 a	00.6	21.0	40.8	60.4	80.8	100.2	99.6
			返测 b	01.8	21.6	41.4	61.6	82.0	101.8	100.0
		4	往测 a	01.0	20.6	40.2	60.6	80.2	100.2	99.2
			返测 b	01.8	21.0	41.6	61.4	81.4	101.8	100.0
		5	往测 a	0	20.2	40.4	60.8	80.4	100.8	100.8
			返测 b	01.0	21.4	41.4	61.8	81.0	101.4	100.4
		中数	往测 a_0	0.48	20.52	40.44	60.64	80.48	10028	99.80
			返测 b_0	1.40	21.36	41.40	61.60	81.48	101.44	100.04
		差	a_0-b_0	−0.92	−0.84	−0.96	−0.96	−1.00	−1.16	−5.84
II	日期 7-29 始 15：00 末 15：21 始 20.0 末 20.5	1	往测 a	01.8	21.4	42.0	61.8	82.2	101.0	99.2
			返测 b	03.8	23.4	44.0	63.8	83.6	102.8	99.0
		2	往测 a	03.8	22.6	43.4	62.8	82.6	103.0	99.2
			返测 b	03.0	23.2	43.4	64.0	83.8	103.8	100.8
		3	往测 a	03.0	22.8	42.6	62.4	82.4	102.4	99.4
			返测 b	03.0	22.8	43.2	62.4	82.8	103.0	100.0
		4	往测 a	02.8	22.4	42.6	62.2	82.8	103.2	100.4
			返测 b	03.6	23.2	43.8	63.4	83.0	103.8	100.2
		5	往测 a	02.8	22.4	43.0	62.6	82.8	103.8	101.0
			返测 b	03.0	23.6	42.8	63.2	83.0	103.0	100.0
		中数	往测 a_0	2.84	22.32	42.72	62.36	82.56	102.68	99.84
			返测 b_0	3.28	23.24	43.44	63.36	83.24	103.28	100.00
		差	a_0-b_0	−0.44	−0.92	−0.72	−1.00	−0.68	−0.60	−4.36

第 III 组观测之记录与计算略去。

表 B5 光学测微器隙动差与分划值计算

组别	温度 C	往测(旋进) 返测(旋出)	标准尺始末分划间隔 mm	l 间隔在测微器上的转动量 格
I	28.2	往测	5	99.80
		返测	5	100.04
II	20.2	往测	5	99.84
		返测	5	100.00
III	14.5	往测	5	99.98
		返测	5	100.04
总和			30	599.70
计算	$g=\Sigma l/\Sigma L=30/599.70=0.050\ 3$ mm/格 $\Sigma(a_0-b_0)=-11.88\ t$ $\Delta=-11.88/18=-0.66\ t$			

B10 水准仪视线观测中误差的测定

B10.1 准备

在平坦场地上，距仪器约 30 m 处打一尺桩供承标尺用。对于自动安平水准仪，其二脚螺旋连线应与标尺方向垂直。仔细整平仪器，并须待仪器温度与周围空气充分一致时方可进行测定。测定时应用测伞遮蔽阳光。

B10.2 观测方法

测定应尽可能在三种不同的气温下观测三组，每种气温下观测两测回为一组，共测六测回。对于双摆位的自动安平水准仪，奇数测回置仪器于摆 I 位置，偶数测回于摆 II 位置。每一测回共测 15 次。

每次观测中，先旋出倾斜螺旋约 1/4 周，自动安平水准仪应旋转位于标尺方向上的一脚螺旋；接着旋出光学测微器若干分划；然后使仪器恢复水平状态，即使气泡两端精密符合或使自动安平水准仪上的圆水准气泡精密居中；最后精确照准标尺上的分划线，并按测微器读数。

B10.3 计算方法

视线观测中误差 m 按式(B6)计算：

$$m=\pm\sqrt{\Sigma[VV]/84}\cdot t\times\rho/D \qquad \cdots\cdots(B6)$$

式中：V——读数与其测回中数的差，格；

$[VV]$——每测回 V 平方和；

$\Sigma[VV]$——各测回$[VV]$之和；

t——测微器格值，mm；

ρ——206 265，(″)；

D——标尺距仪器的距离，mm。

此项检验范例见表 B6。

表 B6　水准仪视线观测中误差的测定

仪器：Ni 004　№. 159762　　观测者：

记录者：

距离：$D=30.0$ m　　检查者：

日期	1989-8-11		1989-8-12		1989-8-13	
时间	7：53	8：10	8：00	8：25	8：05	8：30
温度，℃	27.0	27.0	26.0	26.0	28.0	28.0
测回	1	2	3	4	5	6
次序	测微器读数					
1	05.8	42.2	84.6	14.4	51.4	65.0
2	05.0	41.0	84.2	16.0	50.8	64.0
3	06.6	44.6	83.2	14.8	51.8	63.8
4	06.4	45.2	82.8	14.6	52.0	64.8
5	07.0	45.4	84.2	15.2	52.4	62.4
6	07.3	45.6	84.6	16.0	50.4	63.0
7	07.0	45.2	83.0	15.6	50.8	63.8
8	07.4	45.2	83.4	14.4	51.4	64.0
9	06.6	43.6	82.4	15.8	50.2	62.8
10	04.8	45.0	82.8	14.2	52.2	64.4
11	06.0	43.6	83.8	15.0	51.6	63.2
12	07.0	46.2	81.4	14.0	52.0	64.8
13	07.0	44.2	81.6	15.0	50.8	63.4
14	06.6	45.2	82.4	14.0	51.0	64.6
15	04.8	45.4	81.4	14.4	51.2	63.4
$[VV]$	10.757	26.549	16.677	6.789	6.213	8.789

$$m=\pm\sqrt{\Sigma[VV]/84}\cdot t\times\rho/D=\pm\sqrt{75.774/84}\times 0.05\times 206\ 265/30\ 000=\pm 0.33''$$

B11　自动安平水准仪补偿误差的测定

B11.1　准备

在平坦的地方丈量一长 40～50 m 的直线，在其两端 A、B 处打下两个尺桩。在 AB 的中间安置仪器，并使其二脚螺旋连线与 A、B 垂直。

B11.2　观测方法

观测时，应分别将圆气泡置于如下位置：

a.　气泡精确居中($i=0$)；

b.　气泡偏向 A 尺，气泡偏离大小按仪器说明书中所述的仪器纵向倾斜补偿范围极限而定($i=1$)；

c.　气泡偏向 B 尺，气泡偏离大小同 b($i=2$)；

d.　面向 A 尺，气泡偏向左边，气泡偏离大小按仪器说明书中所述的仪器横向倾斜补偿范围极限

而定($i=3$)；

e. 面向 A 尺，气泡偏向右边，气泡偏离大小同 d($i=4$)。

每一气泡位置上应交替地在 A、B(或 B、A)两标尺基本分划上照准读数各 10 次。对于双摆位的自动安平水准仪，奇次置摆 I 位置，偶次置摆 II 位置。

B11.3 计算方法

a. 计算观测高差

$$h_i = A_i - B_i \qquad \cdots\cdots (B7)$$

式中：h_i——每一气泡位置上观测高差，mm；

A_i——A 标尺上的读数平均值；

B_i——B 标尺上的读数平均值。

b. 计算补偿误差

$$\Delta\alpha_i = (h_i - h_0)\rho/(D \cdot \alpha_i) \qquad \cdots\cdots (B8)$$

式中：$\Delta\alpha_i$——i 为 1、2、3、4 时的补偿误差，即仪器倾斜每角分补偿误差角秒值；

h_i——i 为 1、2、3、4 时的观测高差，mm；

h_0——气泡居中时的观测高差，mm；

ρ——206 265，(″)；

D——A、B 两标尺的距离，mm；

α_i——仪器倾斜补偿极限角度，(″)。

此项检验范例见表 B7。

表 B7 自平水准仪补偿误差的测定

仪器：Koni 007 №. 139763 AB 间距离 D：41.20 m 日期：1989-8-13

观测者： 记录者： 检查者：

仪器位置		视线在 A 标尺上的读数	视线在 B 标尺上的读数
仪器置平	1	317 968	322 788
	2	976	784
	3	968	758
	4	964	758
	5	974	762
	6	956	762
	7	950	778
	8	966	760
	9	962	768
	10	970	780
	中数	965.4	769.8
A、B 间高差 h_0		−0.024 022 m	

续表 B7

仪器位置		视线在 A 标尺上的读数	视线在 B 标尺上的读数
气泡偏向 A 标尺 $\alpha_1=8'$	1	317 966	322 780
	2	956	776
	3	974	778
	4	972	784
	5	978	776
	6	978	786
	7	978	778
	8	962	788
	9	968	768
	10	964	780
	中数	969.6	779.4
A、B 间高差 h_1		−0.024 049 m	
气泡偏向 B 标尺 $\alpha_2=8'$	1	317 950	322 772
	2	948	770
	3	958	760
	4	948	766
	5	952	758
	6	952	756
	7	948	772
	8	956	776
	9	948	768
	10	956	766
	中数	951.6	766.4
A、B 间高差 h_2		−0.024 074 m	
气泡偏向左边 $\alpha_3=8'$	1	317 966	322 758
	2	956	758
	3	954	758
	4	960	754
	5	956	758
	6	966	762
	7	966	750
	8	962	754
	9	962	748
	10	964	752
	中数	961.2	755.2

续表 B7

仪器位置		视线在 A 标尺上的读数	视线在 B 标尺上的读数
A、B 间高差 h_3		−0.023 970 m	
气泡偏向右边 $\alpha_4=8'$	1	317　　950	322　　780
	2	942	782
	3	948	774
	4	950	776
	5	952	778
	6	946	772
	7	948	776
	8	946	780
	9	948	770
	10	946	770
	中数	947.6	755.8
A、B 间高差 h_4		−0.024 141 m	
补偿误差的计算			
$\Delta\alpha_1=(h_1-h_0)\times\rho/(D\times\alpha_1)=(-0.027\times 2\ 062\ 65)/(4\ 120\ 0\times 8)=-0.02''$			
$\Delta\alpha_2=(h_2-h_0)\times\rho/(D\times\alpha_2)=(-0.052\times 2\ 062\ 65)/(4\ 120\ 0\times 8)=-0.03''$			
$\Delta\alpha_3=(h_3-h_0)\times\rho/(D\times\alpha_3)=(+0.052\times 2\ 062\ 65)/(4\ 120\ 0\times 8)=+0.03''$			
$\Delta\alpha_4=(h_4-h_0)\times\rho/(D\times\alpha_4)=(-0.119\times 2\ 062\ 65)/(4\ 120\ 0\times 8)=-0.07''$			

B12　水准仪十字丝的检校

B12.1　准备

选择一避风的地方或室内安置仪器。在距仪器 10～20 m 处悬挂一垂球线。

B12.2　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。

B13　水准仪视距常数的测定

B13.1　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。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。

B13.2　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。对于双摆位的自动安平水准仪，可以在任一摆位进行测定。

B13.3　计算方法

a.　乘常数计算

$$k=(D_B-D_A)/(\bar{l}_B-\bar{l}_A)\quad\cdots\cdots(B9)$$

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

$$C = D - k\bar{l} \qquad \cdots\cdots (B10)$$

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

$$m_k = \pm k/(\bar{l}_B - \bar{l}_A) \cdot \sqrt{([vv]_A + [vv]_B)/56} \qquad \cdots\cdots (B11)$$

式中：m——测回数；

v——各上下丝读数间隔和平均值之差，mm；

$[vv]_A$——A标尺上 v 平方和；

$[vv]_B$——B标尺上 v 平方和。

m_k 应不大于 k 值的 0.30%，否则应重测。

此项检验范例见表 B8。

表 B8 视距常数的测定

仪器：Ni 002 №.430161　　观测者：

日期：1989-8-17　　记录者：

温度：20.5℃　　检查者：

测回	分划面	D_A=5.40 m 上下丝读数	l_A=上−下		D_B=50.41 m 上下丝读数	l_B=上−下	
1	基本	3105	100		3555	1000	
		3005			2555		
	辅助	9170	100		9620	1000	
		9070			8620		
2	基本	3095	99	l_A=100.0/2 =50.0 mm	3545	1001	l_B=1000.0/2 =500.0 mm
		2996			2544		
	辅助	9159	99		9609	1001	
		9060			8608		
3	基本	3097	101		3547	1000	
		2996		$[vv]_A$ =4.00/4 =1.00 mm^2	2547		$[vv]_B$=4.00/4 =1.00 mm^2
	辅助	9163	101		9612	1000	
		9062			8612		

续表 B8

测回	分划面	$D_A=5.40$ m 上丝读数	下丝读数	l_A=上−下		$D_B=50.41$ m 上丝读数	下丝读数	l_B=上−下	
4	基本	3015	2915	100	$l_A=100.0/2=50.0$ mm $[vv]_A=4.00/4=1.00$ mm²	3465	2466	999	$l_B=1000.0/2=500.0$ mm $[vv]_B=4.00/4=1.00$ mm²
	辅助	9080	8980	100		9530	8531	999	

$k=(D_B-D_A)/(l_B-l_A)=100.02$

$C=D_A-kl_A=0.40$ m　　$m_k=\pm k/(l_B-l_A)\cdot\sqrt{([vv]_A+[vv]_B)/56}=\pm 0.04$

$C=D_B-kl_B=0.40$ m

B14 水准仪调焦透镜运行误差的测定

B14.1 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 的半圆周上依次布设0、1……5号点，打入尺桩，并使0号到其余各点的距离分别如下：

$D_1=5$ m；$D_2=10$ m；$D_3=20$ m；$D_4=30$ m；$D_5=50$ 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。

B14.2 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。对于双摆位自动安平水准仪，往测置摆Ⅰ位置，返测置摆Ⅱ位置。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号点的距离等于到 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至5号点上标尺读数。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至5号点上。

B14.3 计算方法

a. 求出0号点到其他各点的高差 h_i：

$$h_i = L_0 - L_i \qquad \text{(B12)}$$

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——对应于 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至5号点的视线高度 H_i：

$$H_i = M_i + h_i - 7.8\times 10^{-5}\cdot D_i^2 \qquad \text{(B13)}$$

式中：M_i——在0号点观测1至5号点的各测回往返标尺读数平均值，mm；

D_i——0号点到其他各点的距离，m。

c. 求出调焦运行误差 V_i：

$$V_i = \Delta_i + (23 - D_i) \cdot k \quad \cdots\cdots (B14)$$

且：$\Delta_i = H_i - \Sigma H_i/5$　　$k = \Sigma(D_i \cdot \Delta_i)/1280$

此项检验范例见表 B9和表 B10。

表 B9　用于调焦透镜运行误差检验的标准高差测定

仪器：Ni 002　№. 430161　　温度：18.0℃　　观测者：　　检查者：

日期：1990-4-16　　呈像：清晰稳定　　记录者：

测回 \ 桩号		0	1	0	2	0	3	0	4	0	5
1	往	284 927	298 464	281 624	298 260	274 356	308 414	265 130	319 776	259 954	342 800
	返	284 974	298 500	281 690	298 317	274 444	308 497	265 264	319 880	260 150	342 990
2	往	286 240	299 781	279 127	295 761	271 109	305 164	267 006	321 650	260 547	343 394
	返	286 294	299 824	279 184	295 820	271 184	305 250	267 114	321 756	260 744	343 604
3	往	284 894	298 440	280 690	297 317	269 405	303 470	262 399	317 034	262 890	345 760
	返	284 934	298 484	280 732	297 366	269 474	303 554	262 494	317 145	263 100	345 945
4	往	283 464	297 006	283 110	299 730	272 650	306 724	264 644	319 274	263 234	346 056
	返	283 490	297 044	283 157	299 790	272 733	306 800	264 770	319 390	263 414	346 264
中数 L_i		284902.1	298442.9	281164.2	297795.1	271919.4	305984.1	264852.6	319488.1	261754.1	344602.8
$h_i = L_0 - L_i$ mm		−67.70		−83.15		−170.32		−273.18		−414.24	

表 B10　调焦透镜运行误差的测定

仪器：Ni 002 №. 430161　　温度：18.0℃　　观测者：

记录者：

日期：1990-4-16　　呈像：清晰稳定　　检查者：

测回 \ 桩号		1	2	3	4	5
0号点到其他各点的距离 D_i，m		5	10	20	30	50
1	往	299 874	302 954	320 350	340 920	369 074
	返	299 819	302 904	320 294	340 864	369 054
2	往	299 929	303 049	320 486	341 130	369 417
	返	299 878	302 980	320 432	341 094	369 394

续表 B10

测回 \ 桩号		1	2	3	4	5
0号点到其他各点的距离 D_i，m		5	10	20	30	50
3	往	320 524	323 604	341 000	361 564	389 704
	返	320 540	323 590	341 017	361 584	389 732
4	往	320 570	323 688	341 164	361 788	390 104
	返	320 584	323 657	341 175	361 790	390 064
中数 M_i，mm		1551.07	1566.52	1653.70	1756.71	1897.85
h_i		−67.70	−83.15	−170.32	−273.18	−414.24
$-7.8\times10^{-5}\cdot D_i^2$		0	−0.01	−0.03	−0.07	−0.20
$H_i=M_i+h_i-7.8\times10^{-5}\cdot D_i^2$		1483.37	1483.36	1483.35	1483.46	1483.41
$\Delta_i=H_i-1/5\Sigma H_i/5$		−0.02	−0.03	−0.04	+0.07	+0.02
$V_i=\Delta_i+(23-D_i)\cdot k$(mm)		+0.01	−0.01	−0.04	+0.06	−0.02

$k=\Sigma(D_i\cdot\Delta_i)/1280=1.48\times10^{-5}$

检核 $\Sigma\Delta_i=\Sigma V_i=0$

B15 气泡式水准仪交叉误差的测定

B15.1 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视准面内。

B15.2 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。然后反向转动两侧的脚螺旋，使原有读数保持不变的情况下，气泡两端恢复符合位置。

同法，使仪器向另一侧方向倾斜，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，必须进行校正。

B15.3 校正方法

将水准器侧方一改正螺旋丝放松，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。

B16 水准仪 i 角的检校

B16.1 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 $AI_2=I_1B$。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。

B16.2 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标尺上各照准读数基本分划四次。对于双摆位自动安平水准仪，第1、4次置摆Ⅰ位置，第2、3次置摆Ⅱ位置。

B16.3 计算方法

i角按下式计算

$$i = \Delta \cdot \rho/(D_2 - D_1) - 1.61 \times 10^{-5} \cdot (D_1 + D_2) \quad \cdots\cdots (B15)$$

且

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

式中：i——i角值，(″)；

ρ——206 265，(″)；

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。

B16.4 校正

对于i角大于15″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(B16)计算：

$$a_2' = a_2 - \Delta \cdot D_2/(D_2 - D_1) \quad \cdots\cdots (B16)$$

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标尺读数b_2'，b_2'应与式(B17)计算结果一致，以此作检校。

$$b_2' = b_2 - \Delta \cdot D_1/(D_2 - D_1) \quad \cdots\cdots (B17)$$

校正需反复进行，使i角合乎要求为止。

此项检验范例见表B11。

表 B11　i 角的检校

仪器：Ni 004 71001　　方法：I_1ABI_2　　观测者：

日期：1989-8-10　　标尺：10796 10797　　记录者：

时间：8：10　　呈像：清晰稳定　　检查者：

仪器距近标尺距离 $D_1=6.0$ m　仪器距远标尺距离 $D_2=41.0$ 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	298	712	299	140	310	952	311	394
2		704		142		956		410
3		708		154		944		396
4		708		150		958		400
中数	298	708	299	146	310	952	311	400
高差 $(a-b)$，mm	-2.19				-2.24			

方法：I_1ABI_2

$$\Delta=[(a_2-b_2)-(a_1-b_1)]/2=-0.025\ \text{mm}$$

AI_1I_2B

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

$i=\Delta\cdot\rho/(D_2-D_1)-1.61\times10^{-5}\cdot(D_1+D_2)=-0.147-0.757=-0.90''$

校正：$a_2'=a_2-\Delta\cdot D_2/(D_2-D_1)=$

$b_2'=b_2-\Delta\cdot D_1/(D_2-D_1)=$

B17　双摆位自动安平水准仪摆差$2c$角的测定

B17.1　准备

选择一平坦场地安置仪器，在距仪器约20～40 m 的不同距离的 A、B 两处打两个尺桩。

B17.2　观测方法

将仪器置平后，分别对准标尺 A、B，按如下步骤进行观测：

a.　用上、下丝照准标尺基本分划进行视距读数；

b.　将仪器置摆Ⅰ位置，照准标尺基本分划，读数5次；

c.　换摆Ⅱ位置，观测如 b。

B17.3　计算方法

$2c$ 按式(B18)计算：

$$2c=[(R_{\text{ⅡA}}-R_{\text{ⅠA}}/D_{\text{A}}+(R_{\text{ⅡB}}-R_{\text{ⅠB}})/D_{\text{B}}]\cdot\rho/2 \qquad \cdots\cdots(\text{B18})$$

式中：$R_{\text{ⅡA}}$——摆Ⅱ位置时 A 标尺读数平均值；

$R_{\text{ⅠA}}$——摆Ⅰ位置时 A 标尺读数平均值；

$R_{\text{ⅡB}}$——摆Ⅱ位置时 B 标尺读数平均值；

$R_{\text{ⅠB}}$——摆Ⅰ位置时 B 标尺读数平均值；

D_{A}——仪器距 A 标尺的距离；

D_{B}——仪器距 B 标尺的距离；

ρ——206 265，(″)。

上式中 $R_{\text{ⅡA}}$、$R_{\text{ⅠA}}$、$R_{\text{ⅡB}}$、$R_{\text{ⅠB}}$、D_{A}、D_{B} 单位要求统一。

此项检验范例见表B12。

表B12 自平水准仪2c值的测定

仪器：Ni 002　　温度：15.5℃　　观测者：

№. 430271　　记录者：

日期：1989-4-11　　时间：15：30　　检查者：

标尺位置	上、下丝读数 上-下 加常数距离	摆Ⅰ位置 读数		摆Ⅱ位置 读数	
A	2472	232	354	232	540
	2175		346		554
	297		354		548
	8		354		542
	D_A：30.5 m/2		352		546
	中数	232	352	232	546
B	2551	220	514	220	934
	1859		528		920
	692		520		928
	8		534		940
	D_B：70.0 m/2		528		943
	中数	220	525	220	931

计　算

$2c=[(R_{ⅡA}-R_{ⅠA})/D_A+(R_{ⅡB}-R_{ⅠB})/D_B]\cdot\rho/2$

$=(1.94/30500+4.06/70000)\cdot 206265/2=12.4''$

B18　水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

B18.1　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：

对于一等，$D_{AB}=60$ m；对于二等，$D_{AB}=80$ m。在 *A*、*B* 连线的中点安置仪器。

B18.2　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* 置于一定位置；第Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ组，分别使两脚螺旋 *ij*、*jk*、*ki* 平行于 *AB*，第Ⅱ、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*，偶然测回照准次序为 *BAAB*。

B18.3　计算方法

a.　计算测站观测中误差

$$m_h=\pm\sqrt{\Sigma[vv]/54} \qquad \text{(B19)}$$

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

$$\Delta_i = (h_{2i-1} - h_{2i})/2 \qquad \cdots\cdots (B20)$$

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}——偶数组的观测高差平均值，mm。

此项检验范例见表 B13。

表 B13 测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

仪器：Ni 002 №. 430161　　日期：1989-8-20　　观测者：

标尺：A 49440 B 49439　　时间：9:30　　记录者：

呈像：清晰　　温度：20.5 ℃　　检查者：

第一组　$D=60.0$ 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	320 611	927 667		II	A	323 689	930 769	
	B	293 762	900 825			B	296 856	903 927	
	A−B	26 849	26 842	+7		A−B	26 833	26 842	−9
	h					h			
III	A	322 780	929 834		IV	A	320 990	928 004	
	B	295 939	902 990			B	294 150	901 160	
	A−B	26 841	26 844	−3		A−B	26 840	26 844	−4
	h					h			
V	A	320 581	927 600		VI	A	321 630	928 634	
	B	293 750	900 764			B	294 790	901 800	
	A−B	26 831	26 836	−5		A−B	26 840	26 834	+6
	h					h			
VII	A	322 134	929 144		VIII	A	323 706	930 766	
	B	295 284	902 305			B	296 870	903 932	
	A−B	26 850	26 839	+11		A−B	26 836	26 834	+2
	h					h			
IX	A	323 322	930 382		X	A	322 780	929 834	
	B	296 485	903 531			B	295 939	902 9902	
	A−B	26 837	26 851	−14		A−B	26 841	26 844	−3
	h					h			

$h=134.20$ mm　　$m_h=\pm\sqrt{\Sigma[vv]/54}=\pm 0.02$ mm

$[vv]=0.0040$　　$\Delta_1=(h_2-h_1)/2=(134.23-134.20)/2=+0.02$ mm

$\Sigma[vv]=0.0245$　　$\Delta_2=(h_4-h_3)/2=(134.22-134.24)/2=-0.01$ mm

$\Delta_3=(h_6-h_5)/2=(134.19-134.23)/2=-0.02$ mm

其他组略去。

B19 水准仪倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定

B19.1 准备

在检验前2～3 h，将水准仪置于室内检验仪的台座上。检验室内温度应使其在2～3 h 内的变化不超过2 ℃。

B19.2 观测方法

检验进行两个测回，在第一个测回中，应放置望远镜物镜朝向(或背向)检验仪的测量螺旋。第二个测回将望远镜变换180°。每一测回中，分别旋进与旋出倾斜螺旋，进行往、返测。

每一测回的往测：按旋进方向，将倾斜螺旋对准需检验部分的起始分划线，同时转动检验仪的量测螺旋，使其分划盘读数在整个检验过程中处于中间部分。

然后，转动水准仪的脚螺旋，使水准气泡两端大致符合。接着旋转量测螺旋，使水准气泡两端精密符合，并按其分划盘读数。继之旋进倾斜螺旋一个分划(或数个分划)，然后转动量测螺旋，使气泡回至中央，并使其两端精密符合，读数如前。如此继续旋进倾斜螺旋，观测读数如前，直至需检验部分的最末一根分划线为止。在整个往测中倾斜螺旋与量测螺旋的旋转各须沿其一定的方向，不得丝毫反向，否则应重测。

每测回返测：返测开始时，先将量测螺旋沿其往测时的旋转方向旋转10～30个分划，然后反向旋转，仍使水准气泡两端精密符合，其后之操作程序与往测同，其不同之处仅在于返测时倾斜螺旋的旋转方向均与往测时相反。

B19.3 计算方法

a. 计算两测回倾斜螺旋隙动差

$$\Delta A = \Sigma(A_i' - A_i'') \cdot t/n \qquad \text{(B21)}$$

式中：n——倾斜螺旋分划观测数；

A_i'——量测螺旋分划往测读数，格；

A_i''——量测螺旋分划返测读数，格；

t——检验仪分划值，(″)。

b. 计算倾斜螺旋相邻观测分划间隔

$$R_i = \Sigma(A_{i+1} - A_i) \cdot t/4 \qquad \text{(B22)}$$

式中：A_i——量测螺旋分划两测回往返测读数，格。

c. 计算倾斜螺旋分划值

$$\mu = R_0/m \qquad \text{(B23)}$$

且 $R_0 = \Sigma R_i/n$

式中：m——倾斜螺旋分划观测分划间隔数；

n——R_i的个数。

d. 计算倾斜螺旋分划误差

$$\Delta g_i = \sum_{j=1}^{j=i}(R_0 - R_j)/\mu \qquad \text{(B24)}$$

此项检验范例见表 B14。

B20 水准仪符合水准器分划值的测定

B20.1 准备

B20.1.1 在检验前2～3 h，将水准仪器置于室内检验仪的台座上。检验室内温度应使其在2～3 h 内的变化不超过2 ℃。

B20.1.2 旋进或旋出检验仪的量测螺旋，确定水准气泡移动方向，同时使水准气泡由分划面的一端移至另一端，记下量测螺旋分划盘转动的总分划数 M，取等于 $M/8$的整数(舍去不足一分划的余数)作为检验中测量螺旋每次应转动的分划间隔 m。

B20.2 观测方法

B20.2.1 检验须进行两个测回，在第一测回中，应放置望远镜物镜朝向(或背向)检验仪的量测螺旋，第二测回则将望远镜换置180°。每一测回包括两组，每一组又按旋进、旋出量测螺旋进行往、返测。

B20.2.2 每测回开始前须将检验仪与水准仪上的圆水准器的气泡导至中央，每测回开始前与结束后，须按检验室的温度计读记温度。整个检验过程中应使用量测螺旋的中间部分。

B20.2.3 第一测回第一组的观测

a. 往测：旋进量测螺旋，使其分划盘的零分划正对指标。转动水准仪倾斜螺旋，使水准气泡移至水准管使用部分的一端。2 min 后，读取气泡两端的读数。并记下读气泡两端读数时的时刻与分划盘读数。旋进时测螺旋，使分划盘转动 m 个分划，并在与上次读定气泡时刻相距2 min 时，又读取气泡两端的读数。继续如此进行，直至完成8个分划盘位置的观测为止；

b. 返测：往测完成后，立即进行返测。旋进量测螺旋，使分划盘转动20～30个分划。随后旋出量测螺旋，使之对正往测的最末一次读数位置。2 min 后，读记气泡两端读数。以后逐次旋出量测螺旋 m 个分划，且每次隔2 min 读定气泡读数。直到分划盘仍返回到往测时的起始位置为止。

量测螺旋的旋进和旋出，须仔细操作。在规定应旋进或旋出的整个过程中，不得有丝毫反向的旋转，否则应全组重测。

B20.2.4 第一测回第二测回的观测

第一组测完后，准确地旋进量测螺旋半周，使分划盘由第一组最末的零分划位置变为 $R/2$分划位置(R 为分划盘上共刻有的分划数)。检验即由此开始，观测方法与第一组完全相同。

B20.2.5 第二测回的观测

第一测回结束后，将望远镜在检验仪台座上换置180°，经过5～10 min 后再进行第二测回。将量测螺旋由第一测回的最末位置($R/2$分划)旋出一周，使其分划盘的读数恰为第一测回第一组往测时最末的读数。以后按第一测回的方法依次进行第一组和第二组的往返测。不同的地方仅在于：第二测回中往测时，是旋出量测螺旋，而返测时则旋进；并且，第一组测定后，将量测螺旋旋出半周，再进行第二组。

B20.3 计算方法

B20.3.1 计算以水准器刻划面半格为单位的气泡位置 l_i(l_i=左+右)和相邻 l_i 的差 Δl_i($\Delta l_i = l_i - l_{i+1}$)，见表 B15。

B20.3.2 按每一组往测的观测程序，分别就每一测回的往返测计算第一、二两组中相应气泡位置的中数(表 B16第2、3、4、5栏)，并计算这四个中数的平均值 l_i(表 B16第 6 栏)。

B20.3.3 按式(B25)求出水准分划值：

$$\tau = 2mq/y \qquad \text{(B25)}$$

且
$$y = (\Sigma l_i - 8x)/28$$
$$x = \Sigma(il_i)/12 - \Sigma l_i/4$$

式中：x——气泡位置的最或然值，0.5格；

表 B14　倾斜螺旋隙动差、

水准仪：N3　№. 2879　　日期：1989-8-10

检验仪：TAMAYA　　温度：始23.0 ℃ 末23.5 ℃

检验仪分划值：1″

倾斜螺旋分划数读数	第一测回（物镜朝向量测螺旋）					第二测回（目镜朝向量测螺旋）				
	往测（旋进倾斜螺旋）		返测（旋出倾斜螺旋）		$A'-A''$	往测（旋进倾斜螺旋）		返测（旋出倾斜螺旋）		$A'-A''$
	量测螺旋分划读数 A'	R'	量测螺旋分划读数 A''	R''		量测螺旋分划读数 A'	R'	量测螺旋分划读数 A''	R''	
周 μ	周 g	g	周 g	g	g	周 g	g	周 g	g	g
2 0	6 52.9	9.6	6 53.4	9.6	−0.5	4 65.5	11.0	4 67.8	10.2	−2.3
5	43.3	9.3	43.8	10.6	−0.5	76.5	10.4	78.0	10.6	−1.5
10	34.0	10.4	33.2	10.0	+0.8	86.9	10.1	88.6	10.2	−1.7
15	23.6	9.7	23.2	10.7	+0.4	97.0	9.3	98.8	9.9	−1.8
20	13.9	9.6	12.5	10.1	+1.4	106.3	10.3	108.7	10.7	−2.4
25	4.3	10.5	2.4	10.9	+1.9	116.6	10.4	119.4	10.0	−2.8
30	5 113.8	11.0	5 111.5	9.8	+2.3	5 7.0	9.5	5 9.4	9.8	−2.4
35	102.8	9.2	101.7	9.4	+1.1	16.5	10.3	19.2	10.4	−2.7
40	93.6	9.5	92.3	10.3	+1.3	26.8	10.0	29.6	9.9	−2.8
45	84.1	10.0	82.0	10.6	+2.1	36.8	9.7	39.5	10.0	−2.7
3 0	74.1	9.9	71.4	9.8	+2.7	46.5	9.5	49.5	9.6	−3.0
5	64.2	9.9	61.6	9.1	+2.6	56.0	9.8	59.1	9.3	−3.1
10	54.3	9.8	52.5	9.5	+1.8	65.8	9.7	68.4	10.3	−2.6
15	44.5	9.4	43.0	10.3	+1.5	75.5	9.9	78.7	9.7	−3.2
20	35.1	9.7	32.7	9.1	+1.4	85.4	9.4	88.4	9.1	−3.0
25	25.4	9.9	23.6	9.8	+1.8	94.8	9.1	97.5	9.5	−2.7
30	15.5	9.2	13.8	9.2	+1.7	103.9	10.4	107.0	10.6	−3.1
35	6.3	9.5	4.6	9.2	+1.7	114.3	10.0	117.6	9.5	−3.3
40	4 116.8	10.0	4 115.4	10.1	+1.4	6 4.3	9.7	6 7.1	9.9	−2.8
45	106.8		105.3		+1.5	14.0		17.0		−3.0
隙动差中数					+1.4	隙动差中数				−2.6

分划误差和分划值的测定

观测者：

记录者：

检查者：

倾斜螺旋每5个分划值的中数		$\Delta R=R_i'-R_i''$	往返中数1/2 $(R_i'+R_i'')$	倾斜螺旋每5个分划值的角值误差	倾斜螺旋分划鼓各分划线的误差（加于分划上）	
往测 R_i'	返测 R_i''		R_i	R_0-R_i	以角秒表示	以分划 μ 表示
(″)	(″)	(″)	(″)	(″)	(″)	μ
10.30	9.90	+0.40	10.100	−0.207	0.000	0.00
					−0.207	−0.10
9.85	10.60	−0.75	10.225	−0.332	−0.539	−0.27
10.25	10.10	+0.15	10.175	−0.282	−0.821	−0.41
9.50	10.30	−0.80	9.900	−0.007	−0.828	−0.42
9.95	10.40	−0.45	10.175	−0.282	−1.100	−0.56
10.45	10.45	0.00	10.450	−0.557	−1.667	−0.84
10.25	9.80	+0.45	10.025	−0.132	−1.799	−0.91
9.75	9.90	−0.15	9.825	+0.068	−1.731	−0.87
9.75	10.10	−0.35	9.925	−0.032	−1.763	−0.89
9.85	10.30	−0.45	10.075	−0.182	−1.945	−0.98
9.70	9.70	0.00	9.700	+0.193	−1.752	−0.89
9.85	9.20	+0.65	9.525	+0.368	−1.384	−0.70
9.75	9.90	−0.15	9.825	+0.068	−1.316	−0.66
9.65	10.00	−0.35	9.825	+0.068	−1.248	−0.63
9.55	9.10	+0.45	9.325	+0.568	−0.680	−0.34
9.50	9.65	−0.15	9.575	+0.318	−0.362	−0.18
9.80	9.90	−0.10	9.850	+0.043	−0.319	−0.16
9.75	9.35	+0.40	9.550	+0.343	+0.024	+0.01
9.85	10.00	−0.15	9.925	−0.032	−0.008	0.00

5个分划间隔的平均角值 $R_0=9.893''$

倾斜螺旋的分划值 $\mu=R_0/5=1.979''$

y——气泡位置的变化的最或然值；

i——量测螺旋分划盘位置序号，1～8；

q——分划盘每一分划的角秒值，(″)；

m——分划位置变化量。

B20.3.4 按式(B26)求出水准器分划值测定中误差：

$$\mu_\tau = 0.154\tau\mu/y \quad \cdots\cdots (B26)$$

且 $\mu = \pm\sqrt{[\delta\delta]/6}$

$\delta_i = x + (8-i)y - l_i$

B20.3.5 按式(B27)求出反映水准器质量的V_i(见表B15第15栏)：

$$V_i = y - \Delta l_i \quad \cdots\cdots (B27)$$

此V_i中除含有观测误差外，并含有水准管内表面曲率不均匀所产生的差异，质量较好的水准器，V_i值应不大于1(水准器半格)。

此项检验范例见表B15和表B16。

表B15 用检验仪(按华西里耶夫法)测定水准器分划值及水准器的质量

仪器：Ni 004 №.1796　　检验仪：HN3M　　检验仪分划值：1″　　日期：1989-8-13

观测者：　　记录者：　　检查者：

测回温度	组别	量测螺旋分划盘位置的读数	往测			返测			气泡位置 l=右−左		气泡位置位移量			$V=y-\Delta l$
			时刻	水准器读数		时刻	水准器读数		往测	返测	往测	返测	中数 Δl	
				左	右		左	右						
			h m	τ	τ	h m	τ	τ	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2
		0	11 33	1.2	20.9	12 03	2.0	20.5	19.7	18.5	5.4	5.0	5.20	−0.08
		10	35	4.0	18.3	12 01	4.5	18.0	14.3	13.5				
											5.4	5.1	5.25	−0.13
	第一组	20	37	6.7	15.6	11 59	7.0	15.4	8.9	8.4				
											5.2	4.8	5.00	+0.12
		30	39	9.3	13.0	57	9.4	13.0	3.7	3.6				
											5.2	5.3	5.25	−0.13
		40	41	11.9	10.4	55	12.0	10.3	−1.5	−1.7				
											5.6	5.2	5.40	−0.28
		50	43	14.8	7.7	53	14.7	7.8	−7.1	−6.9				
											5.3	5.3	5.30	−0.18
		60	45	17.3	4.9	51	17.2	5.0	−12.4	−12.2				
											5.3	4.7	5.00	+0.12
23.0 ℃		70	47	20.0	2.3	11 49	19.7	2.8	−17.7	−16.9				
1											4.9	5.0	4.95	+0.17
物		90	12 10	1.7	20.9	12 40	2.0	20.8	19.2	18.8				
镜											5.3	4.9	5.10	+0.02
朝		100	12	4.1	18.4	38	4.4	18.2	14.3	13.8				
向											4.4	5.2	4.80	+0.32
量		110	14	6.8	15.8	36	6.9	15.8	9.0	8.9				
测											5.4	4.9	5.15	−0.03
螺	第二组	120	16	9.0	13.6	34	9.4	13.1	4.6	3.7				
旋											5.0	4.9	4.95	+0.17
23.5 ℃		130	18	11.7	10.9	32	12.0	10.8	−0.8	−1.2				
											5.1	5.2	5.15	−0.03
		140	20	14.1	8.3	30	14.3	8.2	−5.8	−6.1				
											5.6	5.2	5.40	−0.28
		150	22	16.8	5.9	28	17.0	5.7	−10.9	−11.3				
		160	24	19.5	3.0	12 26	19.5	3.0	−16.5	−16.6				

续表 B15

测回温度	组别	量测螺旋分划盘位置的读数	往测			返测			气泡位置 l=右−左		气泡位置位移量			$V=y-\Delta l$
			时刻	水准器读数		时刻	水准器读数		往测	返测	往测	返测	中数 Δl	
				左	右		左	右						
23.5 ℃ 时镜朝向量测螺旋 23.7 ℃	第一组		h m	τ	τ	h m	τ	τ	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2	τ/2
		0	11 33	1.2	20.9	12 03	2.0	20.5	19.7	18.5	5.4	5.0	5.20	−0.08
		70	12 50	2.0	20.7	13 20	2.8	19.9	18.7	17.1	5.6	4.8	5.20	−0.08
		60	52	4.8	17.9	18	5.2	17.5	13.1	12.3	5.2	5.4	5.30	−0.18
		50	54	7.3	15.2	16	7.9	14.8	7.9	6.9	5.0	5.1	5.05	+0.07
		40	56	9.9	12.8	14	10.4	12.2	2.9	1.8	5.4	4.6	5.00	+0.12
		30	58	12.5	10.0	12	12.7	9.9	−2.5	−2.8	5.5	5.5	5.50	−0.38
		20	13 00	15.3	7.3	10	15.4	7.1	−8.0	−8.3	5.1	4.9	5.00	+0.12
		10	02	17.9	4.8	08	18.0	4.8	−13.1	−13.2	5.0	4.9	4.95	+0.17
		0	04	20.3	2.2	13 06	20.3	2.2	−18.1	−18.1				
	第二组	160	13 26	2.0	20.9	13 56	2.3	20.6	18.9	18.3	5.1	5.4	5.25	−0.13
		150	28	4.4	18.2	54	5.0	17.9	13.8	12.9	5.3	5.4	5.35	−0.23
		140	30	7.2	15.7	52	7.7	15.2	8.5	7.5	5.2	4.6	4.90	+0.22
		130	32	9.7	13.0	50	10.0	12.9	3.3	2.9	4.5	5.0	4.75	+0.37
		120	34	12.0	10.8	48	12.4	10.3	−1.2	−2.1	5.6	5.0	5.30	−0.18
		110	36	14.8	8.0	46	15.0	7.9	−6.8	−7.1	5.3	5.2	5.25	−0.13
		100	38	17.4	5.3	44	17.5	5.2	−12.1	−12.3	4.7	4.7	4.70	+0.42
		90	40	19.8	3.0	13 42	19.9	2.9	−16.8	−17.0				

表 B16　水准器分划值的计算

量测螺旋分划盘位置序号 i	第一测回二组气泡位置的中数		第二测回二组气泡位置的中数		两测回气泡位置的中数 l	$i\cdot l$	$i\cdot y$	$\delta=x+8y-l-i\cdot y$
	往测	返测	往测	返测				
1	τ/2 19.45	τ/2 18.65	τ/2 18.80	τ/2 17.70	τ/2 18.65	18.65	5.122	−0.023
2	14.30	13.65	13.45	12.60	13.50	27.00	10.244	+0.005
3	8.95	8.65	8.20	7.20	8.25	24.75	15.366	+0.133
4	4.15	3.65	3.10	2.35	3.31	13.24	20.488	−0.049
5	−1.15	−1.45	−1.85	−2.45	−1.72	−8.60	25.610	−0.141
6	−6.45	−6.50	−7.40	−7.70	−7.01	−42.06	30.732	+0.027
7	−11.65	−11.75	−12.60	−12.75	−12.19	−85.33	35.854	+0.085
8	−17.10	−16.70	−17.45	−17.55	−17.20	−137.60	40.976	−0.027
Σ					5.59	−189.95	184.392	0.000

续表 B16

量测螺旋分划盘位置序号 i	第一测回二组气泡位置的中数		第二测回二组气泡位置的中数		两测回气泡位置的中数 l	$i\cdot l$	$i\cdot y$	$\delta=x+8y-l-i\cdot y$
	往测	返测	往测	返测				

$x=\Sigma(i\cdot l)/12-\Sigma l/4=-189.95/12-5.59/4=-17.227$ $(\tau_0/2)$

$y=(\Sigma l-8\cdot x)/28=(5.59+8\times 17.227)/28=5.122$ $(\tau_0/2)$

$x+8y=+23.749$

水准器分划值 $\tau_0=2mq/y=(2\times 10\times 1'')/5.122=3.905''$

单位权中误差 $\mu=\pm\sqrt{[\delta\delta]/6}=\pm\sqrt{0.0491/6}=\pm 0.09(\tau_0/2)=\pm 0.18''$

τ 的中误差 $\mu_\tau=0.154\tau$ $\mu/y=\pm 0.011''$

最后结果 $\tau_0=3.90''\pm 0.011''$

B21 经纬仪垂直度盘测微器行差的测定

B21.1 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 B17。

表 B17

序号	度盘位置 (°)(′)
1	88 00
2	89 12
3	90 24
4	91 36
5	92 43

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 $A\pm 180°$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 DJ1型仪器为例，多于0°、60°读作正数，少于0°、60°读作负数)；

a——A 与$(A\pm 180°)$两分划重合时的读数；

b——$(A-i)$与$(A\pm 180°)$两分划重合时的读数；

c——A 与$(A\pm 180°-i)$两分划重合时的读数；i 为度盘最小格值。

B21.2 计算方法

测微器行差按式(B28)计算：

$$r=(r_{正}+r_{倒})/2 \qquad \cdots\cdots(B28)$$

且 $r_{正}=\mu\Sigma(a_i-b_i)/5$

$r_{倒}=\mu\Sigma(a_i-c_i)/5$

式中：μ——测微器分划值。

此项检验范例见表 B18。

表 B18　垂直度盘测微器行差的测定

仪器：Wild T3　№. 70483　　日期：1980-8-2

观测者：　　记录者：　　检查者：

指标读数	a	b	c	$a-b$	$a-c$	备注
88° 00′	+0.8	−0.2	−0.2	+1.0	+1.0	
	+0.1	+0.6	+0.4	−0.5	−0.3	
				+0.25	+0.35	
89° 12′	+0.8	+0.1	+1.0	+0.7	−0.2	
	−0.2	+0.2	+0.0	−0.4	−0.2	
				+0.15	−0.20	
90° 24′	0.0	−0.2	0.0	+0.2	0.0	
	+0.1	−0.2	−0.3	+0.3	+0.4	
				+0.25	+0.20	
91° 36′	+0.4	0.0	0.0	+0.4	+0.4	
	+0.3	+0.0	+0.2	+0.3	+0.1	
				+0.35	+0.25	
92° 48′	−0.3	−0.0	+0.2	−0.3	−0.5	
	−0.3	+0.2	−0.1	−0.5	−0.2	
				−0.40	+0.35	
中数				+0.12	+0.05	

$r_{正}=+0.24''$　　$r_{倒}=+0.10''$

$r=+0.17''$　　$r_{正}-r_{倒}=+0.14''$

B22　经纬仪一测回垂直角观测中误差的测定

B22.1　准备

选择一平坦空地安置经纬仪。距仪器30～50 m 处，打入一尺桩。安置经过分米分划误差测定因瓦水准标准尺。用钢卷尺量取仪器至标尺分划分的距离，两次互差超过3.0 mm 时，取中数采用。

B22.2　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1.0″。指标差互不得大于10.0″。变换仪器高，重复上述操作进行第Ⅱ仪器的位置的观测。

B22.3　计算方法

a.　计算标尺测定分划间隔观测误差

$$\Delta_i = \Delta l_i - (D\mathrm{tg}\alpha_i - D\mathrm{tg}\alpha_{i+1}) \quad \text{(B29)}$$

式中：Δl_i——名义分划间隔长度，mm；

D——标尺距仪器的距离，mm；

α_i——分划的垂直角。

b. 计算一测回垂直角观测中误差

$$m_\alpha = \pm \sqrt{[\Delta\Delta]/(2n)} \cdot \rho/D \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B30)$$

式中：$[\Delta\Delta]$——各 Δ_i 平方之和；

n——Δ_i 个数；

ρ——206 265，(″)。

此项测定范例见表 B19和表 B20。

表 B19 垂直角观测中误差的测定

仪器：T3 №. 29981　　观测者：

视线长度：D=35.70　　仪器位置：I　　记录者：

日期：1990-3-17 8:20　　检查者：

分米分划	度盘	垂直度盘读数				和或中数	指标差		
		I			II		垂直角		
		(°)	(′)	(″)	(″)	(″)	(°)	(′)	(″)
010	左	88	50	43.4	43.5	86.9		+	6.5
	右	91	08	19.7	19.9	39.6	−2	17	12.7
012	左	88	56	07.8	07.5	15.3		+	7.8
	右	91	02	56.3	56.2	112.5	−2	07	37.2
014	左	89	00	31.9	31.9	63.8		+	7.7
	右	90	58	32.0	31.9	63.9	−1	58	00.1
016	左	89	04	56.2	56.4	112.6		+	7.6
	右	90	54	07.6	08.1	15.7	−1	48	23.1
018	左	89	10	20.5	20.0	40.5		+	7.6
	右	90	48	43.5	43.6	87.1	−1	38	46.6
020	左	89	14	44.7	44.4	89.1		+	9.2
	右	90	44	19.2	19.3	38.5	−1	19	32.8

以下各分米分划的观测记录格式相同。

表 B20　一测回垂直角观测中误差的计算

仪器：T3　№. 29981　　计算者：　　检查者：　　mm

仪器位置		I			II		
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	−1 425.66	99.75	+0.26	−1 415.90	100.02	−0.01
12	100.00	−1 325.91	100.02	−0.02	−1 315.88	99.88	+0.12
14	100.00	−1 225.89	99.97	+0.03	−1 216.00	100.10	−0.10
16	99.97	−1 125.92	99.87	+0.10	−1 115.90	99.83	+0.14
18	99.99	−1 026.05	99.98	+0.01	−1 016.07	100.02	−0.03
20	100.00	−926.07	99.85	+0.15	−916.05	100.02	−0.02
22	100.00	−826.22	99.99	+0.01	−816.03	100.03	−0.03
24	100.02	−726.23	100.24	−0.22	−716.00	100.01	+0.01
26	100.00	−625.99	100.04	−0.04	−615.99	99.87	+0.13
28	100.01	−525.95	100.24	−0.23	−516.12	100.02	−0.21
30	100.00	−425.71	99.69	+0.31	−415.90	99.97	+0.03
32	100.00	−326.02	100.15	−0.15	−315.93	100.09	−0.09
34	100.00	−225.87	100.04	−0.04	−215.84	100.05	−0.05
36	100.02	−125.83	100.09	−0.07	−115.79	99.88	+0.14
38	100.00	−25.74	100.10	−0.10	−15.91	100.21	−0.21
40	99.98	+74.36	99.90	+0.08	+84.30	99.87	+0.11
42	100.00	+174.26	100.04	−0.04	+184.17	100.03	−0.03
44	100.00	+274.30	99.94	+0.06	+284.20	99.91	+0.09
46	100.00	+374.24	100.07	−0.07	+384.11	99.91	+0.09
48	100.02	+474.31	100.38	−0.36	+484.02	100.23	−0.21
50	100.00	+574.69	99.82	+0.18	+584.25	99.89	+0.11
52	99.97	+674.51	99.76	+0.21	+684.14	99.91	+0.06
54	100.00	+774.27	100.02	−0.02	+784.05	100.26	−0.26
56	100.00	+874.29	99.95	+0.05	+884.31	99.79	+0.21
58	100.00	+974.24	100.00	0.00	+984.10	100.22	−0.22
60		+1 074.24			+1 084.32		

$[\Delta\Delta]=0.996\ 8$

一测回垂直角观测中误差：

$M_u=\pm\sqrt{[\Delta\Delta]/(2n)}\cdot\rho/D=\pm\sqrt{0.996\ 8/100}\times 206\ 265/35\ 700=\pm 0.58''$

附 录 C
跨河水准测量觇板制作和观测记录
（补充件）

C1 跨河水准测量觇板的制作

C1.1 照准觇板和标灯

C1.1.1 觇板用铝及其他金属或有机玻璃制造，涂成白色。背面有专用夹具，可沿标尺面滑动，并能可靠地固定于标尺的任一位置。觇板中央开一小窗，小窗中央设一水平指标线，以指示觇板固定标尺的位置。整块觇板的构造和标志形式如图C1、C2或C3所示。

C1.1.2 当跨河视线较长或对岸能见度较差时，可使用光强可调的标灯代替觇板。标灯应具有中心位置指示线和专用夹具。

C1.2 标志线的绘制

C1.2.1 觇板标志的长度和宽度以及标志线的间距，依跨河视线长度而定。跨河视线长度 s 可由下列方法测定：

a. 长度在200 m以内，采用视距法测定；

b. 长度在200 m以上，利用水准仪倾斜螺旋测定标尺上两固定标志的夹角，按式(C1)计算：

$$s = l \cdot \rho/(n \cdot \mu) \qquad \cdots\cdots (C1)$$

式中：l——两标志间的距离(当河宽500 m以上时，一般采用2 m)，m；

n——倾斜螺旋分划鼓读数差，格；

μ——倾斜螺旋的分划值，(″)；

ρ——206 265，(″)。

c. 长度在1500 m以上时，可用经纬仪解析法测定或用测距仪测定。

C1.2.2 标志线的大小依表C1计算：

表C1

使用仪器	标志宽 a	标志长 b
水准仪	$s/25$	$s/5$
经纬仪	$s/15$	$s/3$

注：跨河视线长度 s 以m计，a、b 为mm。

C1.2.3 上、下两标志线的间距 d 依式(C2)计算：

$$d = \gamma/\rho \cdot s \qquad \cdots\cdots (C2)$$

式中：s——跨河视线长度，m；

γ——由望远镜至对岸觇板上两标志线的夹角，以(″)计。它应小于符合气泡在水准管两端刻划之间的移动量，一般取60″。

ρ——206 265，(″)。

C1.3 用三等标准金属线纹尺测定指标线至标志线的距离

此项测定在室内进行。将觇板放平，往测时，先把线纹尺放在标志线的右端，依次读出各标志的上、

下边缘和指标线读数。再把线纹尺放在标志线左端，依次读出各标志线上、下边缘和指标线读数。然后进行返测，读数次序与往测相反。至此，一块觇板测定完毕。记录格式见表C2。每次读数估读至0.02 mm。对同一标志线某端，往、返测得的与指标线距离互差应不大于0.04 mm。

表C2　用三等标准金属线纹尺测定觇板标志线至指标线距离

三等标准金属线纹尺　　№.1119　　测算者：　　1978-5-11

mm

觇板	检查尺位置	标志线编号	往测			返测			差的中数	与指标线差的最后结果
			上边缘 下边缘	中数	与指标线的差	上边缘 下边缘	中数	与指标线的差		
Ⅰ岸觇板	在标志线右端	1	43.92 83.94	63.93	110.02	43.78 83.78	63.78	110.01	110.02	110.21
		指标线		173.95			173.79			
		2	264.26 304.12	284.19	110.24	264.08 303.94	284.01	110.22	110.23	110.30
	在标志线左端	1	41.62 81.66	61.64	110.38	40.66 80.72	60.69	110.41	110.40	
		指标线		172.02			171.10			
		2	262.38 302.38	282.38	110.36	261.46 301.44	281.45	110.35	110.36	

注：Ⅱ岸觇板测定记录格式与Ⅰ岸同。

C2　跨河水准测量观测记录

C2.1　跨河水准测量手簿中应有下列内容：

a. 封面、副封面，格式见图C4、C5；

b. 连测图，示例见图C6；

c. 平面、断面示意图，示例见图C7；

d. 观测记录；

e. 高差与中误差计算；

f. 跨河测段成果表。

C2.2　各种不同的跨河水准测量方法，采用的观测记录、计算方法有所不同，可按示例选用，其中跨河测段成果表均参照表C5列出。

a. 光学测微法记录与计算格式见表C3～C5；

b. 倾斜螺旋法之一(读定符合水准器分划)的记录与计算格式见表C6、C7；

c. 倾斜螺旋法之二(读定倾斜螺旋分划)的记录格式见表C8，计算格式与方法一相同，参见表C7；

d. 经纬仪倾角法记录与计算格式见表C9～C12；

e. 测距三角高程法记录与计算格式见表C13～C17及图C8。大地四边形观测高差的平差计算，可以采用条件平差或间接平差的方法。本示例采用条件平差法。

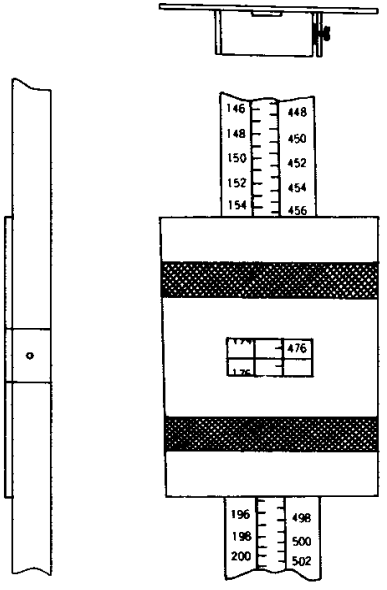


图 C1

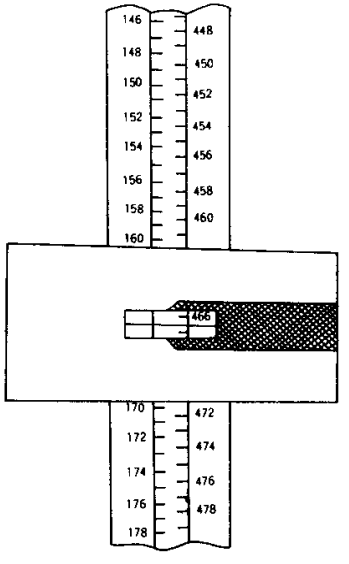


图 C2

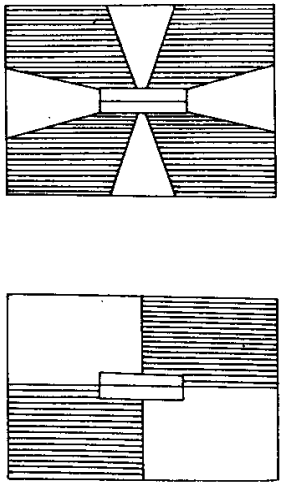


图 C3

注：靓板标志线的中心线必须与指标线精密重合。

路线名称杭东南线　所在测段139—140

飞龙江一等跨河水准

测　量　手　簿

1　9　7　8　年

前接手簿65068

后接手簿65068

作业单位：陕西省测绘局测量队

图 C4　跨河水准测量手簿封面

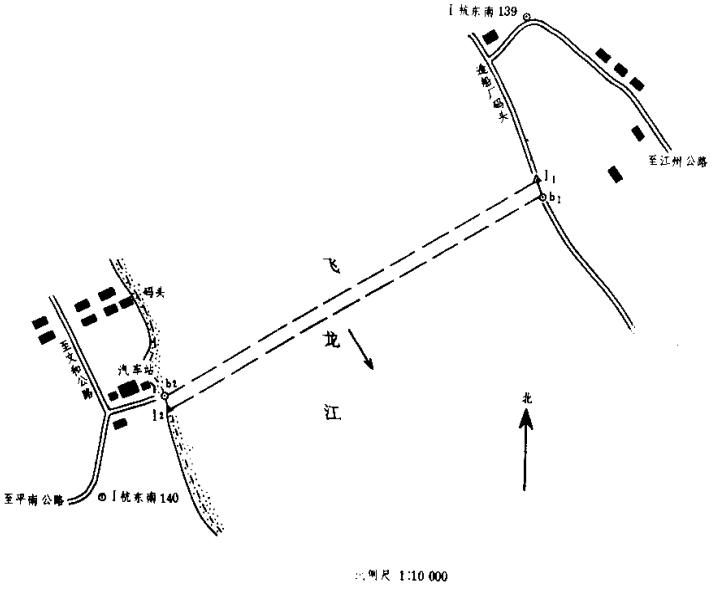
仪器检验校正情况

仪器名称和号码	Ni 004 №. 105534	Ni 004 №. 105538
水准器分划值	11″. 32/2 mm	10″. 8/2 mm
水准器符合精度	±0″. 20	±0″. 20
测微器分划值	0. 05 mm	0. 05 mm
调焦透镜运行正确性	合乎要求	合乎要求
改正后的 i 角	+2″. 40	+2″. 51
标尺名称和号码	线条式标尺	同左
	№. 10700	
	10800	
照准标志的分划	长度 200 mm	同左
	宽度 40 mm	
跨河水准测量方法	倾斜螺旋法	

观测者：张 富 王 功

记录者：杨 杰 李 成

图 C5 跨河水准测量手簿副封面



比例尺 1:10 000

图 C6　飞龙江跨河水准连测图

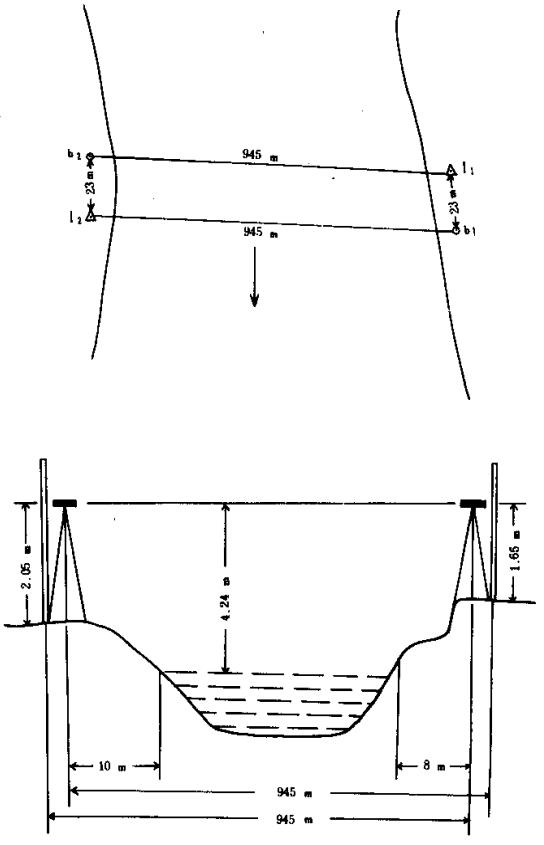


图 C7　飞龙江跨河水准测量平、断面示意图

表 C3　滦河水准观测记录

（光学测微法）

测站：南岸　　第Ⅰ回上半测回　　仪器：№. 002 №. 430235

日期：1979-11-20　　标尺：（本岸）№. 50149

观测者：　　记录者：　　（对岸）№. 50150

观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	成象	温度，℃		
									仪器	标尺	水边
	始	7:56	晴	0	0	无	右后	清晰	−3.2	−2.7	−2.8
	终	8:30	晴	1	1	西北	右后	清晰	−1.0	−1.6	−1.0

近标尺读数 b			
	摆Ⅰ	391	910
	摆Ⅱ	392	262
	中数	392	886

观测远标尺标志线的读数 A_i

次数 \ 组数	1		2	
摆位	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ
1	335 060	338 620	334 832	338 622
2	068	618	902	570
3	120	470	944	470
4	050	548	952	540
5	000	680	860	582
中数	335 060	338 587	334 898	338 557

b	392 086
A_i 的中数 A	336 776
$b-A$	+55 310

表 C4　滦河跨河水准测量高差与中误差计算　　m

测回	测站	$h_{b_1b_2}$	测站	$h_{b_2b_1}$	一测回高差 H
		$h_1+(b-A)$		$h_2+(b-A)$	$(h_{b_1b_2}-h_{b_2b_1})/2$
1	1	−0.012 33	2	+0.011 27	−0.011 80
2	1	−0.011 24	2	+0.011 14	−0.011 19
3	1	−0.009 16	2	+0.014 02	−0.011 59
4	1	−0.011 34	2	+0.013 87	−0.012 60
5	1	−0.010 16	2	+0.011 44	−0.010 80
6	1	−0.011 43	2	+0.011 74	−0.011 58
7	1	−0.011 18	2	+0.012 14	−0.011 66
8	1	−0.011 68	2	+0.011 72	−0.011 70

续表 C4

m

测回	测站	$h_{b_1b_2}$	测站	$h_{b_2b_1}$	一测回高差 H
		$h_1+(b-A)$		$h_2+(b-A)$	$(h_{b_1b_2}-h_{b_2b_1})/2$

高差中数 $H_0=-0.011\ 62$ m

每测回高差中误差 $m_H=\sqrt{[VV]/(N-1)}=\pm 0.52$ mm

高差中数中误差 $m_{H_0}=m_H/\sqrt{N}=\pm 0.18$ mm

注：此表中 $h_1=h_{1_2b_1}=-0.288\ 88$ m；

$h_2=h_{1_1b_1}=-0.431\ 60$ m；

$(b-A)$抄自观测记录。

表 C5 滦河跨河水准测量成果表

编号	距离 km	高差 m	抄自手簿
I_1……b_1		−0.431 60	0424
I_2……b_2		−0.288 88	0424
b_1……b_2	0.2	−0.011 62	0423
昌滦07……b_1	2.3	+3.412 65	0424
昌滦08……b_2	2.1	−0.324 64	0424
昌滦07……昌滦08	4.6	+3.725 67	

表 C6 飞龙江一等跨河水准测量记录

（倾斜螺旋法之一——读定符合水准器分划）

1测站：东岸　第1测回上半测回　仪器：Ni 004 №.105534

日期：1978年5月13日　标尺：(本岸)№.10799

观测者：　记录者：　(对岸)№.10800

观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	成象	太阳方向	温度，℃ 仪器	标尺	水边
	始	9:10	晴	0	1	东	清晰	左	−2.0	−2.2	−1.4
	终	9:30	晴	0	1	东	清晰	左	−1.2	−1.2	−1.4

近标尺读数				标志在标尺上的读数	
	第一次	33222	对岸		$a'=2.90040$ m
	第二次	33221			$a=2.67989$ m
	中数 b	332215		两标志间距	$L=0.22051$ m

观测远标尺标志线时水准器读数						备考
组别	往返测	标志1 左	标志1 右	标志2 左	标志2 右	$\tau''=4''.53(0.8$ mm$)$
						$l=0.22\tau$

续表 C6

1	往	τ 17.9	τ 8.1	τ 8.3	τ 17.5	
	返	17.8	8.1	8.1	17.7	
2	往	17.8	8.1	8.3	17.5	
	返	17.9	8.0	8.1	17.7	
3	往	17.9	8.0	8.2	17.5	
	返	17.9	8.0	8.2	17.6	
4	往	17.8	8.0	8.2	17.5	
	返	17.6	8.2	8.2	17.5	
5	往	17.6	8.2	8.1	17.6	
	返	17.8	8.0	8.2	17.5	
6	往	18.0	7.8	8.3	17.5	远标尺上读数 A $=a+aL_r/(\alpha+\beta)+c$
	返	18.0	7.8	8.3	17.4	
中数		17.83	8.02	8.21	17.54	$A=2.795\ 43$ m
各标志的倾角 α β		4.00		4.66		$b-A=-1\ 134.35$ mm

注：c 为光学测微器在平行玻璃板垂直位置时读数。

表 C7 飞龙江跨河水准测量高差与中误差的计算

1测站：东岸 $s_1=945$ m $d_1=23$ m

2测站：西岸 $s_2=945$ m $d_2=23$ m

mm

测回	仪器：№.105534			仪器：№.105538			双测回高差
	测站	$h_i=b-A$	$H=(h_1-h_2)/2$ h'	测站	$h_i=b-A$	$H=(h_1-h_2)/2$ h''	$H=(h'+h'')/2$ H
1	1	−1 134.35	−1 060.72	2	+997.86	−1 061.62	−1 061.17
	2	+987.10		1	−1 125.37		
2	2	+993.28	−1 058.40	1	−1 118.34	−1 062.54	−1 060.47
	1	−1 123.53		2	+1 006.74		
3	1	−1 142.74	−1 064.79	2	+999.60	−1 057.92	−1 061.36
	2	+986.84		1	−1 116.24		
4	2	+1 004.39	−1 066.22	1	+1 111.84	−1 061.44	−1 063.83
	1	−1 128.04		2	+1 011.03		
5	1	−1 142.04	−1 065.08	2	+1 009.01	−1 063.74	−1 064.41
	2	+988.12		1	−1 118.46		

续表 C7

mm

测回	仪器:№.105534			仪器:№.105538			双测回高差
	测站	$h_i=b-A$	$H=(h_1-h_2)/2$ h'	测站	$h_i=b-A$	$H=(h_1-h_2)/2$ h''	$H=(h'+h'')/2$ H
6	2	+990.44	−1 063.99	1	−1 116.20	−1 062.16	−1 063.08
	1	−1 137.54		2	+1 008.12		
7	1	−1 131.88	−1 059.04	2	+1 013.86	−1 063.65	−1 061.34
	2	+986.20		1	−1 113.44		
8	2	+978.70	−1 063.64	1	−1 129.15	−1 061.86	−1 062.75
	1	−1 148.57		2	+994.58		
9	1	−1 141.37	−1 062.82	2	+993.94	−1 062.10	−1 062.46
	2	+984.26		1	−1 130.27		
10	2	+997.78	−1 060.26	1	−1 125.61	−1 063.62	−1 061.94
	1	−1 142.74		2	+1 001.64		
11	1	−1 137.25	−1 063.54	2	+1 010.00	−1 063.04	−1 063.29
	2	+989.84		1	−1 116.09		
12	2	+984.26	−1 062.96	1	−1 123.16	−1 062.59	−1 062.78
	1	−1 141.66		2	+1 002.02		

高差中数 $H_0=-1\ 062.41$

每一"双测回"高差的中误差 $m_H=\pm\sqrt{[vv]/(N-1)}=\pm\sqrt{15.2642/(12-1)}=\pm 1.18$ mm

跨河高差中数的中误差 $M_H=m_N/\sqrt{N}=\pm 1.18/3.46=\pm 0.34$ mm

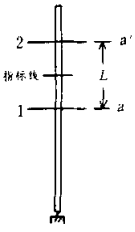
表 C8 津河一等跨河水准测量记录

(倾斜螺旋法之二——读定倾斜螺旋分划)

1测站:北岸			观测者:徐加林					仪器:威特 N3 №.58823			
			记录者:宋玉芳					标尺:(本岸) №.0619			
日期:1978年7月17日			第1测回上半测回					(对岸) №.0620			
观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	成象	温度,℃ 仪器	标尺	水边
	始	16:43	晴	4级	1级	右	左	清晰	+29.0	+20.5	+20.0
	终	17:06	晴	4级	1级	右	左	清晰	+29.0	+28.5	+28.0
近标尺读数	第一次		17720	对岸	标志在标尺上的读数		$a'=1.91864$ m				
	第二次		17720				$a=1.63070$ m				
	中数 b		177200		两标志的间隔		$L=0.28794$ m				
观测远标尺标志线时倾斜螺旋分划读数								备考			

续表 C8

组别	往返测	标志1	气泡置中		标志2	$\mu=2''.100$
		μ	μ	μ	μ	$1''=0.48\mu$
1	往	2周03.3	21.2	21.3	39.8	
	返	03.1	21.0	21.1	40.4	
2	往	03.4	21.0	21.1	40.4	
	返	03.6	21.1	21.1	40.4	
3	往	03.3	21.3	21.2	39.9	
	返	03.7	21.2	21.2	40.6	
4	往	03.6	21.2	21.3	40.4	
	返	04.2	21.5	21.4	40.6	
5	往	04.1	22.1	22.0	40.9	
	返	04.2	22.2	22.1	41.4	
6	往	03.9	22.3	22.4	41.3	
	返	04.0	22.5	22.4	42.0	
7	往					
	返					
8	往					
	返					
9	往					
	返					
10	往					
	返					
中数		03.70	21.55		40.68	远标尺上读数
分划误差改正		+0.09	+0.50		+0.96	$A=a+aL/(\alpha+\beta)+c$
改正后的读数		03.79	22.05		41.64	$A=1.77461$ m
各标志的倾角 α β		18.26			19.59	$b-A=-2.61$ mm



注：c 为光学测微器在平行玻璃板垂直位置时读数。

表 C9　辽河跨河水准观测记录

（经纬仪倾角法）

2测站：北岸	观测者：	仪器：Wild T3 70483
	记簿者：	标尺：(本岸)№.0645
日期：1975年12月10日	第一测回	(对岸)№.0646

续表 C9

观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	呈象	温度，C		
									仪器	标尺	水边
	始	8:25	晴	1级	2～3级	东	前左	清晰	−5.0	−5.0	−7.0
	终	9:02	晴	1级	3～4级	东	前左	清晰	−6.2	−4.7	−5.0

本岸近标尺的观测　$a=1.835$ m

照准分划　$a=1.835$ m　　仪器距标尺距离 $d=10.30$ m

分划边缘	度盘	垂直度盘读数		和数	垂直角(下)	指标差(下)
		I	II		垂直角(上)	指标差(上)
		(°) (′) g	g	(″)	(″)	垂直角中数 (″)
下	左	89 58 59.7	59.7	119.40		+0.20
上		90 00 13.0	13.0	26.00	−1.40	−4.80
下	右	90 00 00.4	00.4	00.80		
上		89 58 44.6	44.6	89.20	+56.80	a: +27.70
下	左					
上						
下	右					
上						

$$K=\frac{d}{\rho}=0.000\,049\,94$$

近标尺读数　$b=a-K\cdot a=1.83500-0.00138=1.83362$

备考	

表 C10　对岸远标尺的观测

2测站：北岸　　标志线在远标尺上读数：

$a=1.71806$ m　$a'=1.88302$ m　$l=0.16496$ m

组别	标志	度盘	垂直度盘读数		中数	和数	指标差	备注
			I	II			垂直角	
			(°) (′) g	g	g	(″)	(″)	
1	1	左	89 58 53.4	53.3	53.35			
			53.4	53.4	53.40	106.75		
		右	90 00 05.6	05.8	05.70		−1.65	
			06.0	05.8	05.90	11.60	−24.85	
	2	左	90 00 0e6.5	06.4	06.45			
			06.4	06.2	06.30	12.75		
		右	89 58 52.8	52.7	52.75		−1.75	
			52.7	52.8	52.75	105.50	+27.25	

续表 C10

组别	标志	度盘	垂直度盘读数		中数	和数	指标差	备考
			Ⅰ	Ⅱ			垂直角	
			(°) (′) g	g	g	(″)	(″)	
2	1	左	89 58 53.2	53.3	53.25			
			53.2	53.1	53.15	106.40		
		右	90 00 06.7	06.8	06.75		−0.10	
			06.6	06.9	06.75	13.50	−27.10	
	2	左	90 00 06.0	05.8	05.90			
			06.1	06.1	06.10	12.00		
		右	89 58 52.7	52.7	52.70		−2.40	
			52.8	53.0	52.90	105.60	+26.40	
3	1	左	89 58 52.8	52.7	52.75			
			52.7	52.5	52.60	105.35		
		右	90 00 05.9	05.8	05.85		−2.50	
			06.3	06.3	06.30	12.15	−26.80	
	2	左	90 00 06.2	06.0	06.10			
			05.8	06.0	05.90	12.00		
		右	89 58 53.2	53.3	53.25		−1.75	
			53.0	53.0	53.00	106.25	+25.75	
4	1	左	89 58 52.8	52.8	52.80			
			52.6	53.0	52.80	105.60		
		右	90 00 06.3	06.2	06.25		−2.05	
			06.2	06.0	06.10	12.35	−26.75	
	2	左	90 00 05.7	05.7	05.70			
			06.0	06.0	06.00	11.70		
		右	89 58 53.0	53.0	53.00		−2.35	
			53.0	52.9	52.95	105.95	+25.75	
5	1	左	89 58 52.8	52.7	52.75			
			52.7	52.5	52.60	105.35		
		右	90 00 05.9	05.8	05.85		−2.50	
			06.3	06.3	06.30	12.15	−26.80	
	2	左	90 00 06.2	06.0	06.10			
			05.8	06.0	05.90	12.00		
		右	89 58 53.2	53.3	53.25		−1.75	
			53.0	53.0	53.00	106.25	+25.75	

续表 C10

组别	标志	度盘	垂直度盘读数		中数	和数	指标差	备考
			Ⅰ	Ⅱ			垂直角	
			(°) (′) g	g	g	(″)	(″)	
6	1	左	89 58 52.8	52.8	52.80			
			52.6	53.0	52.80	105.60		
		右	90 00 06.3	06.2	06.25		−2.05	
			06.2	06.0	06.10	12.35	−26.75	
	2	左	90 00 05.7	05.7	05.70			
			06.0	06.0	06.00	11.70		
		右	89 58 53.0	53.0	53.00		−2.35	
			53.0	52.9	52.95	105.95	+25.75	

(″)

垂直角＝左－右　　中数：α＝−26.51

指标差＝左＋右－180°　　β＝+26.11

表 C11　辽河跨水准测量远标尺读数 A 及($b-A$)的计算

仪器：威特 T3 №.70483　　1975-12　　m

测回	观测时间	测站	l	α (″)	β (″)	$\alpha+\beta$ (″)	$l/(\alpha+\beta)$ (m/″)	x	a	$A=a+x$	b	$b-A$
1	10日上午	2	0.164 96	26.38	26.29	52.67	0.003 132 0	0.082 62	1.718 06	1.800 68	1.833 62	+0.032 94
2	10日上午	2	0.164 96	26.36	26.51	52.87	0.003 120 1	0.082 25	1.718 06	1.800 31	1.833 58	+0.033 27
7	12日下午	2	0.164 96	25.18	26.59	51.77	0.003 186 4	0.080 23	1.718 06	1.798 29	1.835 36	+0.037 07
8	12日下午	2	0.164 96	26.06	26.94	53.00	0.003 112 5	0.081 11	1.718 06	1.799 17	1.835 32	+0.036 15
9	13日上午	2	0.164 96	25.41	27.64	53.05	0.003 109 5	0.079 01	1.718 06	1.797 07	1.835 15	+0.038 08
10	13日上午	2	0.164 96	25.71	28.18	53.89	0.003 061 1	0.078 70	1.718 06	1.796 76	1.834 76	+0.038 00
11	13日上午	2	0.164 96	25.26	27.50	52.76	0.003 126 6	0.078 98	1.718 06	1.797 04	1.834 81	+0.037 77
12	13日上午	2	0.164 96	25.30	27.71	53.01	0.003 111 9	0.078 73	1.718 06	1.796 79	1.835 07	+0.038 28
17	14日上午	2	0.164 96	26.38	26.29	52.67	0.003 132 0	0.082 62	1.718 06	1.800 68	1.833 62	+0.032 94
18	14日上午	2	0.164 96	26.36	26.51	52.87	0.003 120 1	0.082 25	1.718 06	1.800 31	1.833 58	+0.038 27
19	14日上午	2	0.164 96	26.06	26.94	53.00	0.003 112 5	0.081 11	1.718 06	1.799 17	1.835 32	+0.036 15
20	14日上午	2	0.164 96	25.41	27.64	53.05	0.003 109 5	0.079 01	1.718 06	1.797 07	1.835 15	+0.038 08
3	11日下午	1	0.164 96	26.30	26.85	53.15	0.003 103 7	0.081 63	1.743 06	1.824 69	1.720 05	−0.104 64

续表 C11

m

测回	观测时间	测站	l	α (″)	β (″)	$\alpha+\beta$ (″)	$l/(\alpha+\beta)$ (m/″)	x	a	$A=a+x$	b	$b-A$
4	11日下午	1	以下各测回计算格式相同									
5	12日上午	1										
6	12日上午	1										
13	13日下午	1										
14	13日下午	1										
15	13日下午	1										
16	13日下午	1										
21	14日下午	1										
22	14日下午	1										
23	14日下午	1										
24	14日下午	1										
视线长度		2	640 m		中数		0.0031050		算式	$x=al/(\alpha+\beta)$		
		1	640 m				0.0031045			$s=\rho l/(\alpha+\beta)$		

第二台仪器的计算与此相同。

表 C12　辽河跨河水准测量高差与中误差计算

1测站：南岸 $s_1=640$ m　$d_1=10.23$ m　2测站：北岸 $s_2=640$ m　$d_2=10.30$ m　　m

第一位置						第二位置					
测回	仪器№.58132		仪器№.70483		$(h_1-h_2)/2$ 一测回高差 h'	测回	仪器№.58132		仪器№.70483		$(h_1-h_2)/2$ 一测回高差 h''
	测站	$b-A$ h_1	测站	$b-A$ h_2			测站	$b-A$ h_2	测站	$b-A$ h_1	
1	1	−0.10736	2	+0.03294	−0.07015	3	2	+0.04191	1	−0.10464	−0.07328
2	1	−0.10661	2	+0.03327	−0.06994	4	2	+0.04462	1	−0.10463	−0.07462
7	1	−0.10344	2	+0.03707	−0.07026	5	2	+0.04154	1	−0.10533	−0.07344
8	1	−0.10393	2	+0.03615	−0.07004	6	2	+0.04004	1	−0.10477	−0.07240
9	1	−0.10522	2	+0.03808	−0.07165	13	2	+0.03347	1	−0.10371	−0.06859
10	1	−0.10061	2	+0.03800	−0.06930	14	2	+0.03662	1	−0.10480	−0.07071
11	1	−0.10728	2	+0.03777	−0.07252	15	2	+0.03767	1	−0.10359	−0.07063
12	1	−0.10087	2	+0.03828	−0.06958	16	2	+0.03773	1	−0.10338	−0.07056
17	1	−0.10736	2	+0.03294	−0.07015	21	2	+0.04004	1	−0.10477	−0.07240
18	1	−0.10661	2	+0.03327	−0.06994	22	2	+0.04154	1	−0.10533	−0.07344
19	1	−0.10393	2	+0.03615	−0.07004	23	2	+0.03662	1	−0.10480	−0.07071
20	1	−0.10522	2	+0.03808	−0.07165	24	2	+0.03767	1	−0.10359	−0.07063

$h'_{中数}=-0.07043$　　$h''_{中数}=-0.07178$　　$H=-0.07110$

第一位置高差中数中误差：　第二位置高差中数中误差：　高差中数中误差：

$M_{h'}=\pm\sqrt{[v'v']/n(n-1)}$　　$M_{h''}=\pm\sqrt{[v''v'']/n(n-1)}$　　$M_H=\pm\sqrt{M_{h'}^2+M_{h''}^2}/2$

$=\pm 0.28$ mm　　$=\pm 0.50$ mm　　$=\pm 0.29$ mm

表 C13　龙泉江一等跨河水准测量记录

本岸测站点间高差测定记录(用经纬仪测定)

(测距三角高程法)

1岸往测　　后视标尺点：A　　前视标尺点：B　　观测者：

标尺　№.49937　　№.49938　　记录者：

仪器：威特 T3　　№.91338　　观测日期：1989-4-25

观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	呈像	土质	温度，℃ 仪器	温度，℃ 标尺
	始	17:15	晴	五级	无	无	左前	清晰	坚实土	+21.8	+21.8
	终	17:30	晴	五级	无	无	左前	清晰	坚实土	+21.3	+21.4

标尺点	后视 A	前视 B
	照准分划：$a=237$　仪器至标尺距离：$d=11.005$ m	照准分划：$a=201$　仪器至标尺距离：$d=10.746$ m

分化边缘	度盘	后视 垂直度盘读数 I (°) (′) (″)	后视 垂直度盘读数 II (″)	后视 和数 (″)	后视 垂直角(下)/指标差(上)/垂直角(上) (″)	后视 指标差(下)/垂直角中数 (″)	前视 垂直度盘读数 I (°) (′) (″)	前视 垂直度盘读数 II (″)	前视 和数 (″)	前视 垂直角(下)/指标差(上)/垂直角(上) (″)	前视 指标差(下)/垂直角中数 (″)
下	左	89 59 52.8	54.0	53.8	−09.8	−2.6	90 00 04.5	04.6	05.1	+7.0	+3.2
上		90 00 10.6	10.2	10.8		−1.5	90 00 18.3	18.4	18.7		+1.2
上	右	89 53 46.8	46.9	47.7	+23.1		89 59 42.3	42.2	42.5	+36.2	
下		90 00 02.7	02.9	03.6		+6.85	89 59 58.0	58.1	58.1		+21.60
下	左	89 59 52.8	52.4	53.2	−09.3	−4.3	90 00 05.0	05.0	05.0	+6.7	+3.3
上		90 00 08.2	08.4	08.6		−2.8	90 00 18.8	18.7	19.5		+2.6
上	右	89 59 48.2	48.4	48.6	+20.0		89 59 42.6	42.5	43.1	+36.4	
下		90 00 02.1	02.4	02.5		+5.35	89 59 57.6	57.7	58.3		+21.55
后尺分划垂直角中数				+00° 00′ 06″.00			前尺分划垂直角中数			+00° 00′ 21″.58	
近标尺读数计算		$b_{后}=a-d/\rho\times a=1.18468$ m					$b_{前}=a-d/\rho\times a=1.00388$ m				
本岸测站点间高差		$h=b_{后}-b_{前}=+0.18080$ m									
备注		返测时应调换前后视标尺									

本岸和对岸标尺观测记录与经纬仪倾角法相同，但只读一个标志。

表 C14　龙泉江一等跨河水准测量测站仪器高计算

（测距三角高程法）

计算者：　　检查者：　　m

岸别	测回	测站点	本岸近标尺点	本岸近标尺读数 b	测站点至近标尺点高差 h	测站点仪器高 $i_{\text{站}}$	备注
1	13	A	B	1.529 22	+0.180 95	1.710 17	
1	13	B	A	1.822 79	−0.180 95	1.641 84	
2	13	C	D	2.837 76	−1.048 35	1.789 41	
2	13	D	C	0.554 89	+1.048 35	1.603 24	
1	14	A	B	1.438 55	+0.180 95	1.619 50	
1	14	B	A	1.648 98	−0.180 95	1.468 03	
2	14	C	D	2.846 06	−1.048 35	1.797 71	
2	14	D	C	0.545 23	+1.048 35	1.593 58	

表 C15　龙泉江一等跨河水准测量高差计算

（测距三角高程法）

仪器：T3 №.91338 №.91209　　施测年份：1989年　　计算者：　　检查者：　　m

日期时间段	测回	边名 起	边名 至	测向	平距 D	垂直角 (°) (′) (″)	仪器高 i	觇板高 T	$h'_{\text{往}}$ / $h'_{\text{返}}$	往返测高差中数	备注
4月15日上午	1	A	C	往	3344 920	−2 15 43.09	1.619 50	2.000 00	−132.502 62	−131.714 64	
		C	A	返		+2 14 41.94	1.797 71		+130.926 65		
	2	A	D	往	3345 794	−2 16 47.36	1.640 07		−133.560 73	−132.768 06	
		D	A	返		+2 15 56.95	1.593 58		+131.975 40		
	3	B	C	往	3346 451	−2 15 41.41	1.468 03		−132.687 27	−131.886 53	
		C	B	返		+2 14 48.04	1.797 71		+131.085 79		
	4	B	D	往	3347 357	−2 16 43.78	1.468 03		−133.736 81	−132.948 54	
		D	B	返		+2 16 04.52	1.593 58		+132.160 28		
4月15日下午	5	A	C	往		−2 15 47.89	1.714 03		−132.486 06	−131.707 85	
		C	A	返		+2 14 44.74	1.755 22		+130.929 64		
	6	A	D	往		−2 16 53.05	1.718 31		−133.574 93	−132.786 99	
		D	A	返		+2 15 59.14	1.581 65		+131.999 05		
	7	B	C	往		−2 15 52.56	1.633 67		−132.702 81	−131.888 98	
		C	B	返		+2 14 50.00	1.755 22		+131.075 15		
	8	B	D	往		−2 16 53.06	1.633 67		−133.722 00	−132.946 80	
		D	B	返		+2 16 05.95	1.581 65		+132.171 60		

续表 C15

m

日期 时间段	测回	边名 起	边名 至	测向	平距 D	垂直角 (°) (′) (″)	仪器高 i	觇板高 T	$h'_{往}$ $h'_{返}$	往返测高差中数	备注
4月17日 上午	9	A	C	往		−2 15 48.14	1.689 46		−132.514 68	−131.732 42	
		C	A	返		+2 14 44.34	1.782 25		+130.950 17		
	10	A	D	往		−2 16 53.29	1.709 15		−133.587 99	−132.775 24	
		D	A	返		+2 15 56.86	1.582 13		+131.962 49		
	11	B	C	往		−2 15 40.98	1.458 13		−132.690 18	−131.893 82	
		C	B	返		+2 14 49.71	1.782 25		+131.097 46		
	12	B	D	往		−2 16 56.36	1.672 79		−133.736 52	−132.953 48	
		D	B	返		+2 16 05.85	1.582 13		+132.170 45		

其余测回计算格式相同。

表 C16 条件方程组成

方程编号	V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	W_i
1		V_1	$-V_2$			$+V_5$	$+W_a$
2				V_3	$-V_4$	$+V_5$	$+W_b$
3	V_0		$-V_2$		$+V_4$		$+W_c$

注：以观测距离定权：$P_i=1/s_i$。

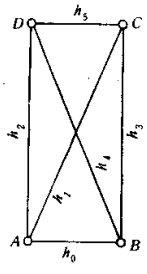


图 C8

表 C17 平差结果

路线编号	观测高差 m	距离 s_i km	改正数 v_i mm	平差高差值 m
0	+0.180 95	0.010	+0.01	+0.180 96
1	−131.718 70	3.345	−2.27	−131.720 97
2	−132.723 86	3.346	−0.48	−132.724 34
3	−131.905 02	3.346	+1.09	−131.903 93
4	−132.951 97	3.347	+1.67	−132.951 30
5	−1.048 37	0.010	0.00	−1.048 37

每公里高差中数中误差 $M=\pm\sqrt{[pvv]/(n-t)}=\pm 0.97$ mm

附 录 D
观测手簿格式与高差表编算
（补充件）

D1 一、二等水准观测手簿

电子记录的手簿格式见 ZB A76 005中的附录 A(补充件)。
手工记录的手簿格式见图 D1～图 D4。

Ⅱ 宜柳线宜州—沂城段

一(二)等水准观测手簿№. 05

1 9 7 8 年

返测记于№. 04

前接手簿03后接手簿07

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

水准路线由宜州起经小城至柳城止

仪器名称 S1 №. 71002

制造厂名 北京测绘仪器厂

望远镜放大倍率 40× 视距常数 100

水准器分划值 10″/2 mm 测微器分划值 0.05 mm

倾斜螺旋分划值 无

仪器检查校正情况 良好

标尺名称 因瓦标尺 №. 25 №. 26

制造厂名 扬州测绘仪器厂

读数差常数 无

刻划间隔 0.5 cm

标尺检查校正情况 良好

观测者 马兆良

记簿者 王奎三

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他点）

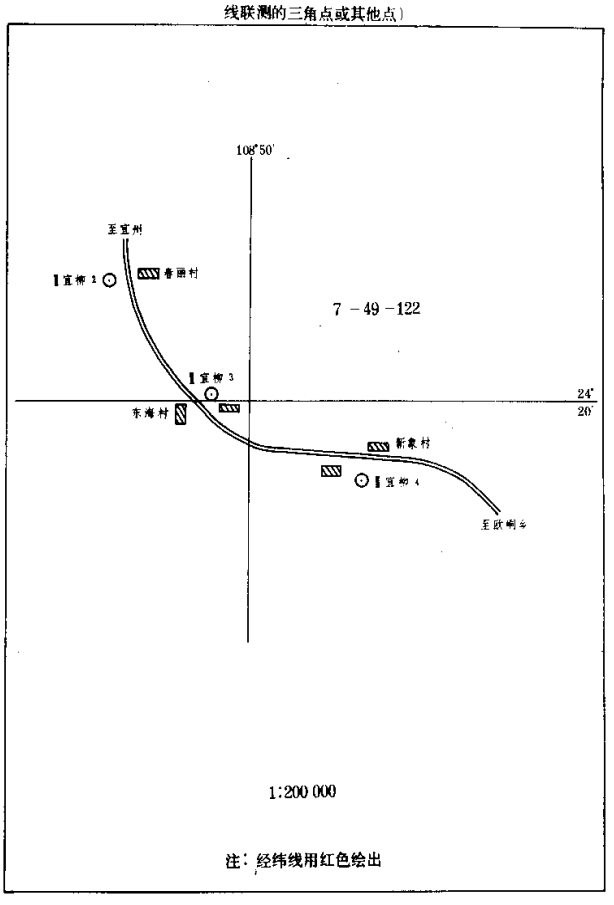


图 D3 水准路线图

往测自 Ⅱ宜柳2至Ⅱ宜柳3　　1978年7月5日

时刻　始 7 时 05 分　末　时　分　成像 清晰

温度 24.5 ℃　云量 3　风向风速 东北2级

天气 少云　道路土质，柏油路坚实　＋　太阳方向 左

测站编号	后尺	上丝 下丝	前尺	上丝 下丝	方向及尺号	标尺读数		基加 K 减辅 （一减二）	备考
	后距		前距			基本分划 （一次）	辅助分划 （二次）		
	视距差 d		Σd						
	(1)		(5)		后	(3)	(8)	(14)	后前前后 记录顺序
	(2)		(6)		前	(4)	(7)	(13)	
	(9)		(10)		后—前			(15)	
	(11)		(12)		h				
1	3156		3528		后25	275 49	275 48	＋1	
	2353		2723		前26	312 55	312 56	－1	
	803		805		后—前			＋2	
	－0.2		－0.2		h				
2	3912		3499		后	350 88	350 88	0	
	3106		2692		前	309 60	309 56	＋4	
	806		807		后—前			－4	
	－0.1		－0.3		h				
3	3878		3600		后	337 92	337 90	＋2	
	2880		2603		前	310 17	310 16	＋1	
	998		997		后—前			＋1	
	＋0.1		－0.2		h				
4	2950		3382		后	278 22	278 20	＋2	
	2614		3041		前	321 20	321 23	－3	
	336		341		后—前			＋5	
	－0.5		－0.7		h	（以下各站格式相同）			
测段计算	$D_{往}$		5.04km		后	$h_{往}$＋55.57608 m			
	$D_{返}$		5.04		前	$h_{返}$－55.57595			
	$D_{中}$		5.0		后—前	$h_{中}$＋55.5760			
					h	$-W=-1.57$ mm$<\pm 8.96$ mm			
					后				
					前				
					后－前				
					h				

图 D4　观测记录、计算

D2 水准测量外业高差改正数计算

D2.1 水准标尺长度误差改正

D2.1.1 依据水准标尺长度计量部门提供的检定结果施加改正。若出测前与收测后水准标尺每名义米长的变化不大于30 μm，则取平均值进行改正；若变化超过30 μm，应分析变化原因，决定是否重测或如何进行改正。

D2.1.2 计算改正数的方法

设水准测量测前、测后两次测得标尺№.50151与№.50152名义米长的平均值如表D1。

表D1 mm

测定日期		一根标尺名义米长		一付标尺名义米长	标尺改正系数 f
		尺号 50151	尺号 50152		
测前	1979.4.26	1000.005	1000.010	1000.008	
测后	1979.9.30	1000.009	1000.020	1000.014	
中数		1000.007	1000.015	1000.011	+0.011

一测段高差改正数 δ 由式(D1)计算：

$$\delta = f \cdot h \qquad \cdots\cdots (D1)$$

式中：δ——标尺改正数，mm；

h——往测或返测高差值，m；

f——标尺改正系数，mm/m。

D2.2 水准标尺温度改正

一测段高差改正数 ∂ 由式(D2)计算：

$$\partial = \Sigma[(t - t_0) \cdot \alpha \cdot h] \qquad \cdots\cdots (D2)$$

式中：t——标尺温度，℃；

t_0——标尺长度检定温度，℃；

α——标尺因瓦带膨胀系数，mm/(m·℃)；

h——测温时段中的测站高差，m。

D2.3 正常水准面不平行的改正

一测段高差改正数 ε 由式(D3)计算：

$$\varepsilon = -(\gamma_{i+1} - \gamma_i) \cdot H_m / \gamma_m \qquad \cdots\cdots (D3)$$

式中：γ_m——两水准点正常重力平均值，mm/s²，依式(D4)计算；

γ_i、γ_{i+1}——分别为 i 点、$i+1$ 点在椭球面上的正常重力值，mm/s²，依式(D5)计算；

H_m——两水准点概略高程平均值，m。

$$\gamma_m = (\gamma_i + \gamma_{i+1})/2 - 0.1543\, H_m \qquad \cdots\cdots (D4)$$

$$\gamma = 978030(1 + 0.005302\sin^2\phi - 0.000007\sin^2 2\phi) \quad \cdots\cdots (D5)$$

式中：ϕ——水准点纬度；

γ 值取至0.1 mm/s²。

D2.4 重力异常改正

一测段高差的改正数 λ 由式(D6)计算：

$$\lambda = (g - \gamma)_m \cdot h/\gamma_m \quad \cdots\cdots (D6)$$

式中：γ_m——按式(D4)算出的正常重力平均值，mm/s²；

$(g-\gamma)_m$——两水准点空间重力异常平均值，mm/s²；

h——测段观测高差，m。

对于未测重力的水准点，计算空间重力异常应由下列方法计算：

a. 将水准点标绘在不小于1:1000000布格异常图上，内插求出该点的布格异常$(g-\gamma)_{布}$，取至0.1 mm/s²；

b. 空间重力异常$(g-\gamma)_{空}$由式(D7)计算：

$$(g - \gamma)_{空} = (g - \gamma)_{布} + 0.1119H \quad \cdots\cdots (D7)$$

式中：H——水准点概略高程，m。

计算示例见表D2。

表D2 一等水准测量正常水准面不平行、重力异常改正数计算

计算者：

对算者：

路线名称：I 黄龙线　施测单位：陕西第一测绘大队　施测年代：1979　检查者：

水准点编号	纬度 (°)(′)	布格异常 $(g-\gamma)_{布}$ mm/s²	正常重力值 γ mm/s²	观测高差中数 h' m	近似高程 H' m	层间改正 0.1119H mm/s²	空间异常 $(g-\gamma)_{空}$ mm/s²	正常水准面不平行改正 ϵ mm	重力异常改正 λ mm	备注
I 黄龙5	31 33.6		979 445.1	−36.5288	2 465.2		+135.7	+2.7	−5.0	
6	32.8	−141.6	444.0	−21.1996	2 428.7	+271.8	+130.2	+3.7	−2.7	
7	31.8		442.5	−128.1009	2 407.5		+123.4	+3.6	−17.1	
8	30.7		440.9	−87.6400	2 279.4		+138.4	+1.1	−12.8	
9	30.1	−98.6	440.4	−51.6442	2 191.7	+245.3	+146.7	+7.3	−8.0	
10	27.7		437.1	−48.4886	2 140.1		+156.6	+6.1	−7.4	
11	25.5		434.3	−46.6069	2 091.6		+141.5	+0.8	−6.8	
12	25.3		433.9	−109.0661	2 045.0		+144.0	+0.6	−15.0	
13基上	25.1		433.6		1 935.9		+125.5			

D2.5 日月引力改正

水准测量日月引力影响的改正，按区段用简捷法进行计算，方法如下：

a. 一区段高差改正数 U 由式(D8)计算：

$$U = (\theta^{m}_{南} \cdot \cos\alpha + \theta^{s}_{南} \cdot \cos\alpha + \theta^{s}_{西} \cdot \sin\alpha) \cdot \gamma \cdot R \quad \cdots\cdots (D8)$$

式中：α——观测路线方位角；

γ——潮汐因子，取0.68；

R——区段长度；

$\theta^{m}_{南}$——月亮引起垂线向南偏离的积分平均值；

$\theta^{s}_{南}$——太阳引起垂线向南偏离的积分平均值；

$\theta^{s}_{西}$——太阳引起垂线向西偏离的积分平均值。

b. $\theta^{m}_{南}$、$\theta^{s}_{南}$、$\theta^{s}_{西}$ 由式(D9)、(D10)、(D11)计算：

$$\theta^{m}_{南} = D_m/(R \cdot g) \cdot (C_m/\gamma_m)^3 \cdot (3\cos\delta_{m-1}) \cdot \sin 2\phi/2 \quad \cdots\cdots (D9)$$

$$\begin{aligned}\theta^{s}_{南} = {} & 2D_s/(R \cdot g) \cdot (C_s/\gamma_s)^3 \cdot \{\sin 2\phi/8 \cdot (\sin 2t_2 - \sin 2t_1 + \sin 2t_4 - \sin 2t_3) \\ & /(t_2 - t_1 + t_4 - t_3) \cdot [1 + \sin(\delta_2 - \delta_1) \cdot \cos(\delta_2 + \delta_1)/(\delta_2 - \delta_1)] \\ & - \cos 2\phi \cdot (\sin t_2 - \sin t_1 + \sin t_4 - \sin t_3)/(t_2 - t_1 + t_4 - t_3) \\ & \cdot \sin(\delta_2 - \delta_1) \cdot \sin(\delta_2 + \delta_1)/(\delta_2 - \delta_1) - 3\sin 2\phi/4 \cdot [1 - \sin(\delta_2 - \delta_1) \\ & \cdot \cos(\delta_2 + \delta_1)/(\delta_2 - \delta_1)] + \sin 2\phi/2\} \quad \cdots\cdots (D10)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta^{s}_{西} = {} & -2D_s/(R \cdot g) \cdot (C_s/\gamma_s)^3 \cdot \{\cos\phi/4 \cdot (\cos 2t_2 - \cos 2t_1 + \cos 2t_4 - \cos 2t_3) \\ & /(t_2 - t_1 + t_4 - t_3) \cdot [1 + \sin(\delta_2 - \delta_1) \cdot \cos(\delta_2 + \delta_1)/(\delta_2 - \delta_1)] \\ & - \sin\phi \cdot (\cos t_2 - \cos t_1 + \cos t_4 - \cos t_3)/(t_2 - t_1 + t_4 - t_3) \\ & \cdot \sin(\delta_2 - \delta_1) \cdot \sin(\delta_2 + \delta_1)/(\delta_2 - \delta_1)\} \quad \cdots\cdots (D11)\end{aligned}$$

式中：D_m——月亮的杜德森常数；

D_s——太阳的杜德森常数；

R——地球平均曲率半径；

g——地球平均重力加速度；

C_m、γ_m——分别为地心至月亮的平均距离和瞬时距离；

C_s、γ_s——分别为地心至太阳的平均距离和瞬时距离；

ϕ——区段平均地心纬度；

δ_m——月亮赤纬；

t_1、t_2——上午观测时段始、末的太阳时角；

t_3、t_4——下午观测时段始、末的太阳时角；

δ_1、δ_2——上、下午观测时段的太阳赤纬。

c. δ_m、δ_s(δ_1或δ_2)由式(D12)、(D13)计算：

$$\begin{aligned}\cos\delta_m = {} & \cos\varepsilon \cdot \cos i - \sin\varepsilon \cdot \sin i \\ & \cdot \cos[259°08' - 69629'' \cdot (Y - 1900)] \quad \cdots\cdots (D12)\end{aligned}$$

$$\cos\delta_s = \sin\varepsilon \cdot \sin\lambda_s \qquad \cdots\cdots(D13)$$

式中：ε——黄赤交角；

i——黄白交角；

Y——观测时刻，年；

λ_s——太阳真黄经。

D2.6 水准路线闭合差的改正

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路线，则此路线的闭合差 W 须按测段的测站数 S 成比例配赋于各测段高差中，按式(D14)计算高差改正数 V_i：

$$V_i = -S_i/\Sigma S \cdot W \qquad \cdots\cdots(D14)$$

式中：W——已施加 D2.1～D2.5的各项改正后的闭合差，mm；

S_i——第i 测段的测站数。

D3 水准测量外业高差与概略高程表

高差与概略高程表格式见表 D3。

表 D3　二等水准测量外业高差与概略高程表

路线名称：Ⅱ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 / 水准点编号	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（阴晴和风力） 往测	天气（阴晴和风力） 返测	往测 施测月日	往测 测站数 上午	往测 测站数 下午	返测 施测月日	返测 测站数 上午	返测 测站数 下午	观测高差 / 标尺长度改正 δ / 标尺温度改正 a 往测	观测高差 / 标尺长度改正 δ / 标尺温度改正 a 返测	往返测高差不符值 Δ	不符值累积	加（$\delta+a$）后往返测高差中数 h' / 正常高改正（$\varepsilon+\lambda$） / 闭合差改正 V	概略高程 $H=H_0+\Sigma h'+\Sigma(\varepsilon+\lambda)+\Sigma V$	备注
基本 Ⅰ柳宝35基	宜州县第二中学院内	1	5.8	0.0	东南	坚实粘土	阴 无风	阴晴不定 2级风	7.2 3	60	38	7.22 23	38	58	m +20.344 42 − 81 + 20	m −20.346 28 + 81 − 30	mm −1.96	mm 0.00	mm +20 344.8 + 1.5 − 0.8	mm * 424 876	仪器：Ni 002 430245 标尺：50151 50152 $f=-0.04$ mm/m 日月引力改正
普通 Ⅰ宜柳 1	宜州县太平乡良川村 2号电线杆北 20 m 处			5.8														−1.96		445 222	
普通 Ⅰ宜柳 2	宜州县太平乡春秀村 13号公里碑 50 m 处	2	5.6	11.4	东南	坚实土	阴 1～2级风	晴 无风	3 4	40	60	21 22	60	38	+77.304 18 − 3 09 + 77	−77.302 85 + 3 09 − 87	+1.23	−0.73	+77 301.2 + 1.7 − 0.8	522 524	
普通 Ⅰ宜柳 3	宜州县太平乡东河村 东北约 200 m 处	3	5.0	16.4	东南	坚实土	晴 2～3级风	阴 无风	5	34	40	20	40	32	+55.576 08 − 2 22 + 56	−55.577 65 + 2 22 − 60	−1.61	−2.34	+55 575.2 + 1.9 − 0.7	578 100	计算区段 / U mm
普通 Ⅰ宜柳 4	沂城县欧同乡新象村 小学北 100 m 处	4	6.0	22.4	东南	带沙实土	阴晴不定 无风	阴 1～2级风	6 7	58	40	18 19	38	58	+73.450 18 − 2 94 + 73	−73.451 80 + 2 94 − 82	−1.71	−4.05	+73 448.8 + 2.1 − 0.8	651 550	Ⅰ柳宝 35 基～Ⅱ宜柳 7 基 / +0.37
普通 Ⅰ宜柳 5	沂城县欧同乡龙门村 西南 55 m 处	5	5.4	27.8	南	坚实土	阴晴不定 1～2级风	晴 2～3级风	7 8	38	56	16 17	34	40	+17.094 70 − 68 + 17	−17.094 10 + 68 − 19	+0.58	−3.47	+17 093.9 + 1.5 − 0.7	688 645	偶然中误差 / $M_\Delta=\pm 0.40$ mm
岩石 Ⅰ宜柳 6	沂城县欧同乡中学北 58 m 处	6	5.7	33.5	南	坚实土	阴 无风	晴 2级风	10	40	42	15	40	40	+32.770 58 − 1 31 + 33	−32.772 95 + 1 31 − 40	−2.44	−5.91	+32 770.9 + 2.4 − 0.8	701 417	计算路线 / 长度,km：Ⅰ柳宝 35 基～Ⅰ柳南 1 基 81
基本 Ⅰ宜柳 7 基	沂城县小塘乡明江村 33号公里碑西 50m 处	7	5.9	39.4	东南	坚实土	阴 3级风	阴晴不定 1～2级风	11 12	56	38	12 13	38	54	+80.548 52 − 3 22 + 81	−80.547 05 + 3 22 − 96	+1.32	−4.59	+80 545.5 + 1.7 − 0.8	781 964	Ⅰ柳南 1 基～Ⅱ柳宝 12 基 60

注：“*”为已知高程、计算时应用红色填写。

D4 风级表(见表 D4)

表 D4 风级表

风力等级	名称	地面上的动态	相当风速	
			m/s	km/h
0	无风	静,烟直上	0～0.2	0～1
1	轻风	烟能表示风向,但风向标不能转动	0.3～1.5	1～5
2	轻风	人面感觉有风,树叶有微动,寻常的风向标转动	1.6～3.3	6～11
3	微风	树叶及微枝摇动不息,旌旗展开	3.4～5.4	12～19
4	和风	能吹起地面的灰尘和纸张,树的小枝摇动	5.5～7.9	20～28
5	清风	有叶的小树摇摆,内陆的水面有小波	8.0～10.7	29～38
6	强风	大树枝摇摆,电线呼呼有声,举伞困难	10.8～13.8	39～49
7	疾风	全树摇动,迎风步行感觉不便	13.9～17.1	50～61
8	大风	微枝折毁,人向前行感觉阻力甚大	17.2～20.7	62～74
附记:一般所称风向为风吹来的方向,例如风从东北方向吹来,称为东北风				

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。