



中华人民共和国国家标准

GB/T 12897—2006
代替 GB 12897—1991

国家一、二等水准测量规范

Specifications for the first and second order leveling

2006-05-24 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	· V
1 范围	· 1
2 规范性引用文件	· 1
3 术语和定义	· 1
4 水准网	· 2
4.1 高程系统和高程基准	· 2
4.2 测量精度	· 2
4.3 布设原则	· 2
4.4 水准点布设密度	· 3
4.5 路线命名及水准点编号	· 3
4.6 新设路线与已测路线的连测	· 3
4.7 水准路线上的重力测量	· 3
4.8 水准网的技术设计	· 4
5 选点与埋石	· 4
5.1 选点	· 4
5.1.1 选定水准路线	· 4
5.1.2 选定水准点位	· 4
5.1.3 选定基岩水准点	· 4
5.1.4 点位选定后应做的工作	· 5
5.1.5 选点中应补充收集的资料	· 5
5.1.6 选点结束后应上交的资料	· 5
5.2 埋石	· 5
5.2.1 标石类型	· 5
5.2.2 选定埋石类型	· 5
5.2.3 水准标志	· 6
5.2.4 标石埋设	· 6
5.2.4.1 基岩水准标石的埋设	· 6
5.2.4.2 岩层水准标石的埋设	· 7
5.2.4.3 混凝土柱水准标石的埋设	· 7
5.2.4.4 钢管水准标石的埋设	· 7
5.2.4.5 道路水准标石的埋设	· 8
5.2.4.6 墙脚水准标志的埋设	· 8
5.2.5 标石的外部整饰	· 8
5.2.6 关键工序的控制	· 8
5.2.7 水准标石占地与托管	· 8
5.2.8 水准标石稳定时限	· 9
5.2.9 埋石结束后应上交的资料	· 9
5.2.10 水准标石的检查和维护	· 9

6 仪器	· 9
6.1 仪器的选用	· 9
6.2 仪器的检校	· 9
6.3 仪器技术指标	· 11
7 水准观测	· 11
7.1 观测方式	· 11
7.2 观测的时间和气象条件	· 12
7.3 设置测站	· 12
7.4 测站观测顺序和方法	· 12
7.4.1 光学水准仪观测	· 12
7.4.2 数字水准仪观测	· 13
7.5 间歇与检测	· 13
7.6 测站观测限差与设置	· 14
7.6.1 测站观测限差	· 14
7.6.2 数字水准仪测段往返起始测站设置	· 14
7.7 观测中应遵守的事项	· 14
7.8 各类高程点的观测	· 15
7.9 结点的观测	· 15
7.10 新旧路线连测或接测时的检测	· 15
7.11 往返测高差不符值、环闭合差	· 15
7.12 成果的重测和取舍	· 16
8 跨河水准测量	· 16
8.1 适用范围	· 16
8.2 测量方法的选用	· 16
8.3 场地的选定与布设	· 17
8.4 跨河水准观测要求	· 19
8.5 测回数及限差	· 19
8.6 光学测微法	· 20
8.6.1 准备工作	· 20
8.6.2 观测方法	· 20
8.7 倾斜螺旋法	· 21
8.7.1 准备工作	· 21
8.7.2 观测方法	· 21
8.8 经纬仪倾角法	· 21
8.8.1 准备工作	· 21
8.8.2 观测方法	· 21
8.9 测距三角高程法	· 22
8.9.1 准备工作	· 22
8.9.2 本岸测站点间高差测定	· 22
8.9.3 距离测量	· 22
8.9.4 垂直角观测	· 23
8.9.4.1 观测程序	· 23
8.9.4.2 观测方法	· 23

8.9.5 测回间高差互差·	· 24
8.9.6 观测成果的重测和取舍·	· 24
8.10 GPS水准测量法·	· 24
8.10.1 技术要求·	· 24
8.10.2 点位选定·	· 25
8.10.3 标石埋设·	· 25
8.10.4 仪器设备·	· 25
8.10.5 外业观测·	· 25
8.10.6 GPS观测记录·	· 26
8.10.7 数据处理及成果计算·	· 26
8.10.7.1 GPS基线解算·	· 26
8.10.7.2 GPS基线解算的质量检核·	· 26
8.10.8 跨河水准测量GPS网平差处理·	· 27
8.10.9 高差计算·	· 27
8.10.10 补测和重测·	· 28
8.11 冰上观测·	· 28
8.12 夜间观测·	· 28
9 外业成果的记录、整理与计算·	· 29
9.1 记录方式与要求·	· 29
9.1.1 记录方式·	· 29
9.1.2 记录项目·	· 29
9.1.3 手簿记录要求·	· 29
9.1.4 观测记录的整理和检查·	· 29
9.2 外业计算·	· 29
9.3 外业成果的检查验收与上交·	· 30
9.3.1 成果的检查验收和质量评定·	· 30
9.3.2 技术总结·	· 30
9.3.3 上交资料·	· 30
附录A(规范性附录) 选点埋石资料绘制格式与标石造埋说明·	· 32
A.1 选点与埋石的工具·	· 32
A.2 水准路线图的绘制·	· 32
A.3 水准点之记的绘制·	· 34
A.4 水准网结点接测图的绘制·	· 36
A.5 水准标志图·	· 37
A.6 水准标石断面图·	· 39
A.7 水准标石材料用量和混凝土施工要求·	· 47
A.8 中国冻土极值深度等值线图·	· 48
A.9 测量标志委托保管书·	· 50
附录B(规范性附录) 仪器检验方法·	· 52
B.1 水准标尺的检视·	· 52
B.2 水准标尺上圆水准器的检校·	· 52
B.3 水准标尺分划面弯曲差的测定·	· 52
B.4 一对水准标尺零点不等差及基、辅分划读数差的测定·	· 52

B. 5 水准标尺中轴线与标尺底面垂直性测定	· 54
B. 6 水准仪的检视	· 57
B. 7 水准仪上概略水准器的检校	· 57
B. 8 水准仪光学测微器隙动差和分划值的测定	· 57
B. 9 水准仪视线观测中误差的测定	· 59
B. 10 自动安平水准仪补偿误差的测定	· 61
B. 11 水准仪十字丝的检校	· 65
B. 12 水准仪视距常数的测定	· 65
B. 13 水准仪调焦透镜运行误差的测定	· 66
B. 14 气泡式水准仪交叉误差的测定	· 69
B. 15 水准仪 i 角的检校	· 70
B. 16 双摆位自动安平水准仪摆差 $2C$ 角的测定	· 71
B. 17 水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定	· 72
B. 18 水准仪倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定	· 75
B. 19 水准仪符合水准器分划值的测定	· 78
B. 20 经纬仪垂直度盘测微器行差的测定	· 81
B. 21 经纬仪一测回垂直角观测中误差的测定	· 82
B. 22 数字水准仪视线距离测量误差的检验	· 84
附录 C (规范性附录) 跨河水准测量视板制作和观测记录	· 86
C. 1 跨河水准测量视板的制作	· 86
C. 2 跨河水准测量观测记录	· 87
附录 D (规范性附录) 观测手簿格式与高差表编算	· 103
D. 1 一、二等水准测量外业观测手簿	· 103
D. 2 水准测量外业高差改正数计算	· 106
D. 3 水准测量外业高差与概略高程表	· 109
D. 4 风级表	· 111

前 言

本标准是对 GB 12897—1991 的修订,本标准代替 GB 12897—1991 的全部内容。与 GB 12897—1991 相比,主要的技术变化包括:

- a) 修改了水准网布设的部分技术规定;
- b) 修改了部分水准点标石的规格、埋设的技术要求,增加了新标石的规格、埋设的技术要求等内容;
- c) 增加了数字水准仪观测、检验等技术方法及其技术要求;
- d) 增加了 GPS 跨河水准测量的技术方法及其技术要求;
- e) 修改了水准测量计算的部分技术规定。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 都是规范性附录。

本标准由国家测绘局提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:国家测绘局测绘标准化研究所,国家测绘局第一大地测量队,国家测绘局大地测量数据处理中心,国家基础地理信息中心。

本标准主要起草人:肖学年、姬恒炼、葛志成、董鸿刚、李荣春、张全德。

国家一、二等水准测量规范

1 范围

本标准规定了在全国建立一、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。区域性的精密水准网也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列标准中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 3161 光学经纬仪

GB/T 10156 水准仪

GB/T 16818 中、短程光电测距规范

GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范

GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范

CH 1001 测绘技术总结编写规定

CH 1002 测绘产品检查验收规定

CH 1003 测绘产品质量评定标准

CH/T 1004 测绘技术设计规定

CH/T 2004 测量外业电子记录基本规定

CB/T 2006 水准测量电子记录规定

JJG 8 水准标尺检定规程

JJG 414 光学经纬仪检定规程

JJG 425 水准仪检定规程

JJG 703 光电测距仪检定规程

JJF 1118 全球定位系统(GPS)接收机(测地型和导航型)校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准:

3.1

结点 node

水准网中至少连接三条水准测线的水准点。

3.2

水准路线 levelling line

同级水准网中两相邻结点间的水准测线。

3.3

区段 section

水准路线中两相邻基本水准点间的水准测线。

3.4

测段 levelling section

两相邻水准点间的水准测线。

3.5

连测 connect levelling

将水准点或其他高程点包含在水准路线中的观测。

3.6

支测 branch levelling

自路线中任一水准点起,至其他任何固定点的观测。

3.7

接测 adjoning levelling

新设水准路线中任一点连接其他水准路线上水准点的观测。

3.8

检测 check levelling

检查已测高差的变化是否符合规定而进行的观测。

3.9

重测 repeated levelling

因成果质量不合格而重新进行的观测。

3.10

复测 repetition levelling

每隔一定时间对已测水准路线进行的水准测量。

4 水准网

4.1 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。青岛国家原点高程为 72.260 m。岛屿也应采用这一系统与基准;确有困难时,可建立局部水准原点,根据岛上验潮资料求得的平均海水面确定其高程基准。凡采用局部水准原点求定的水准点高程,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。

4.2 测量精度

每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 和每千米水准测量的全中误差 M_w 不应超过表 1 规定的数值。

表 1

单位为毫米

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 9.2.3 和 9.2.4 的规定。

4.3 布设原则

4.3.1 一等水准路线尽量沿公路布设,水准路线应闭合成环,并构成网状。一等水准环线的周长,东部地区应不大于 1 600 km,西部地区应不大于 2 000 km,山区和困难地区可酌情放宽。

4.3.2 一等水准网每隔 15 年复测一次,每次复测的起讫时间不超过 5 年。

4.3.3 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不大于 750 km,山区和困难地区可酌情放宽。

4.3.4 水准路线附近的验潮站基准点应按一等水准测量精度连测。国家卫星定位系统基本网点和连续运行站、国家重力基本网点、地壳监测网络基准点、城市及工业区的沉降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。

路线附近的其他大地点、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。

4.4 水准点布设密度

水准路线上,每隔一定距离应布设水准点。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 2 规定执行。

表 2

水准点类型	间 距	布 设 要 求
基岩水准点	400 km 左右	宜设于一等水准路线结点处,在大城市、国家重大工程和地质灾害多发区应予增设;基岩较深地区可适当放宽;每省(直辖市、自治区)不少于 4 座
基本水准点	40 km 左右。经济发达地区 20 km~30 km;荒漠地区 60 km 左右	设在一、二等水准路线上及其结点处;大、中城市两侧;县城及乡、镇政府所在地,宜设置在坚固岩层中
普通水准点	4 km~8 km。经济发达地区 2 km~4 km;荒漠地区 10 km 左右	设在地面稳定,利于观测和长期保存的地点;山区水准路线的高程变换点附近;长度超过 300m 的隧道两端;跨河水准测量的两岸标尺点附近

4.5 路线命名及水准点编号

4.5.1 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 列于线名之前表示。

4.5.2 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。

4.5.3 基岩水准点以所在地命名,在地名后加“基岩点”三字。

4.5.4 基本水准点应在名号后加“基”字,上、下标志分别再加“上”或“下”字。若为道路水准点,则在水准点编号后加注“道”,如 I 京津 48 道。

4.5.5 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。

4.5.6 利用旧水准点,应使用旧水准点名号。若确需重新编号,应在新名号后以括号注明该点标石埋设时的旧名号。

4.6 新设路线与已测路线的连测

4.6.1 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岩水准点或基本水准点。终点暂时不能与已测路线连测时,应预计将来的连测路线。

4.6.2 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,测量新线时,应将已测水准点列入计划予以连测或接测。接测时,应按 7.10 规定对已测水准点进行检测。

4.6.3 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。

4.6.4 新设水准路线与已测水准路线重合时,应尽量利用旧水准点。当对旧水准点的稳固性发生怀疑或旧水准点标石规格不符合要求时,应重新埋石,新埋水准标石的编号为原点号后加注埋设时的四位年代号,并且应对旧水准点进行连测。

4.7 水准路线上的重力测量

4.7.1 一等水准路线上的每个水准点均应测定重力。高程大于 4 000 m 或水准点间的平均高差为 150 m~250 m 的二等水准路线上,每个水准点也应测定重力。高差大于 250 m 的一、二等水准测段中,地面倾斜变化处应加测重力。

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

4.7.3 水准点上的重力测量,按加密重力测量的要求施测。

4.8 水准网的技术设计

4.8.1 一、二等水准网布设前,应进行踏勘,收集水准测量、地质、水文、气象及道路资料。在已有的一、二、三、四等水准路线基础上进行技术设计,根据大地构造、工程地质、水文地质条件,兼顾各行业需求,优选最佳路线构成均匀网形。

4.8.2 一等水准网的观测,宜分区依次进行,每个区域应含三个或三个以上的卫星定位系统连续运行站。每个水准环线观测的起讫时间不应超过2年。同一环线中水准观测间断时间若超过6个月,应在基岩点或卫星定位系统连续运行站间断和连接。若同一水准环中水准观测间断时间超过6个月的连接点均为卫星定位系统连续运行站时,可放宽该环的闭合时限。

4.8.3 技术设计的要求、内容和审批程序按照 CH/T 1004 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) 应避开高速公路;
- d) 应尽量避免通过行人车辆频繁的街道、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

水准点应选在地基稳定,具有地面高程代表性的地点,并且利于标石长期保存和高程连测,便于卫星定位技术测定坐标的地点。

水准点宜选在路线附近的政府机关、学校、公园内。设在路肩的道路水准点宜选在里程碑或道路上的固定方位物附近(2 m 以内)。下列地点,不应选定水准点:

- a) 易受水淹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点;
- c) 路堤、河堤、冲积层河岸及地下水位变化较大(如油井、机井附近)的地点;
- d) 距铁路 50 m,距公路 30 m(普通水准点除外)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不便观测的地点;
- g) 道路上填方的地段。

5.1.3 选定基岩水准点

基岩水准点,宜选在基岩露头或距地面不深于 5 m 的基岩上。选定基岩水准点,应有地质人员参加,收集分析已有资料,现场踏勘了解地质构造、岩石和土的性质,不良地质现象及地下水等。若已有资料不能满足要求,应进行必要的勘探。基岩水准点选定后,应逐点编写并提交地质勘察报告。地质勘察报告的内容为:

- a) 水准点位的大地坐标、地形、地貌、地质构造,不良地质现象,地层成层条件,岩石和土的物理力学性质;
- b) 地基的稳定性,岩石和土的均匀性以及容许承载力,地下水深及变化幅度,土的最大冻结深度和融解深度,水准点设置后可能出现的工程地质危害及施工建议;
- c) 点位周围 50 m 内的工程地质剖面图和水准点坑位地质柱状图。

地质勘察报告的编写参照 GB 50007—2002 第 3.0.3 条的规定执行。

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,按 A.3 的要求,依照图 A.2 格式,填绘水准点之记。在选定水准路线的过程中,应逐段按 A.2 的要求绘制水准路线图,样式见图 A.1。水准网的结点,应按 A.4 的要求,依照图 A.3 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,所需的资料未能收集齐全,则在选点时,还需补充收集测区的自然地理、交通运输、物资供应、沙石水源、人力资源以及其他有关埋石和观测的资料。

5.1.6 选点结束后应上交的资料

- 水准点之记、水准路线图、路线结点接测图;
- 基岩水准点的地质勘察报告;
- 选点中收集的其他有关资料;
- 选点工作技术总结(扼要说明测区的自然地理情况;选点工作实施情况以及对埋石与观测工作的建议;旧水准标石利用情况;拟设水准标石类型、数量统计表等)。

5.2 埋石

5.2.1 标石类型

水准点标石根据其埋设地点、制作材料和埋石规格的不同,按表 3 所列分为 14 种标石类型。其中道路水准标石是埋设在道路肩部的普通水准标石。

表 3

水准点类型	标 石 类 型
基岩水准点	深层基岩水准标石 浅层基岩水准标石
基本水准点	岩层基本水准标石 混凝土柱基本水准标石 钢管基本水准标石 永冻地区钢管基本水准标石 沙漠地区混凝土柱基本水准标石
普通水准点	岩层普通水准标石 混凝土柱普通水准标石 钢管普通水准标石 永冻地区钢管普通水准标石 沙漠地区混凝土柱普通水准标石 道路水准标石 墙脚水准标志

标石的埋设规格及材料用量见 A.6 和 A.7。

5.2.2 选定埋石类型

水准点标石的类型除基岩水准点的标石应按地质条件作专门设计外,其他水准点的标石类型应根据冻土深度及土质状况按下列原则选定:

- 有岩层露头或在地面下不深于 1.5 m 的地点,优先选择埋设岩层水准标石;
- 沙漠地区或冻土深度小于 0.8 m 的地区,埋设混凝土柱水准标石;
- 冻土深度大于 0.8 m 或永久冻土地区,埋设钢管水准标石;
- 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;
- 水网地区或经济发达地区的普通水准点,埋设道路水准标石。

5.2.3 水准标志

水准标石顶面的中央应嵌入一个半球为铜或不锈钢的金属水准标志。道路水准标志使用黄褐色的 PVC 材料制作。列入国家空间数据基础框架工程的水准点,应使用坐标、高程和重力测量的共用标志。标志规格见 A.5。

5.2.4 标石埋设

5.2.4.1 基岩水准标石的埋设

5.2.4.1.1 深层基岩(岩层距地面深度超过 3 m)水准标石的埋设

应根据地质条件,设计成单层或多层保护管式的标石,应由专业单位设计和建造。

5.2.4.1.2 浅层基岩(岩层距地面深度不超过 3 m)水准标石的埋设

5.2.4.1.2.1 预制钢筋骨架

混凝土柱石的骨架用直径 10 mm 的 3 根足筋和直径 6 mm 的裹筋,每隔 0.3 m 捆绑一圈裹筋,扎成三棱柱体。足筋两端弯成直径 25 mm 的半圆,裹筋围成边长为 175 mm 的等边三角形,裹筋两端重叠扎紧。捆扎好的钢筋骨架长度等于混凝土柱石长度加长 0.1 m。

混凝土基座的钢筋骨架用直径 10 mm 的钢筋交叉捆扎成网状,钢筋两端弯成直径 25 mm 的半圆,骨架的规格及形状见 A.6 中相关的标石断面图。

5.2.4.1.2.2 挖掘标石坑

以选点标记为中心挖掘标石坑,大小以方便作业为准,标石坑挖掘至坚硬岩石面。

5.2.4.1.2.3 建造基座

在除去风化层的坚硬岩石面上,按岩层水准标石基座大小开凿出基座坑,在基座坑的四角及基座坑中心位置分别钻出直径 20 mm、深 0.1 m 的孔洞,要求四角的孔洞距基座坑边约 0.1 m 且与基座坑中心的孔洞对称,各孔洞中打入直径 20 mm、长 0.25 m 的钢筋。

建造基座前将基座坑清洗干净,浇灌混凝土至基座深度的一半,充分捣固后放入基座钢筋骨架并将其捆绑于打入岩层的钢筋上,在基座中心垂直安置柱石钢筋骨架,将柱石钢筋骨架底部与基座钢筋骨架捆扎牢固,再浇灌混凝土至基座顶面,充分捣固并使混凝土顶面呈水平状态。若坚硬岩石面距地面不大于 0.4 m 时,在标石北侧距标石柱体 0.2 m 处的基座上安放一个水准标志,作为下标志;若岩层深度超过 0.4 m 时,下标志应安置在标石柱体北侧,柱石顶面下方 0.2 m 处。

5.2.4.1.2.4 建造标石柱体

a) 使用模型板建造标石柱体

待基座混凝土凝固(常温下约 12 h)后,在基座中心逐层垂直安置柱石模型板(模型板安放时使下标志孔朝北)。浇灌混凝土至下标志孔处并充分捣固后,在下标志孔内安放下标志,再浇灌混凝土至柱石模型板顶面,在柱石顶部中央安置水准标志,标志安放应端正、平直,字头朝北,将混凝土顶面抹平。待混凝土凝固(常温下约 12 h)后拆模,回填土前加盖标志铁保护盖和水泥保护盖(铁保护盖内应涂抹黄油),做好外部整饰,埋设规格及形状见图 A.9。

b) 使用预制涵管建造标石柱体

采用内径为 0.25 m 的标准混凝土涵管,代替模型板制作标石柱体,其长度为规定的柱石高度加基座高度的一半。

当混凝土基座浇灌一半时,放入基座钢筋骨架,将柱石钢筋骨架插入清洗干净的涵管内(足筋下端脚形弯头应探出涵管壁约 0.2 m),用起重器械将涵管与柱石钢筋骨架吊放在基座中心上方,将柱石钢筋骨架底部与基座钢筋骨架捆扎在基座中央,涵管落放在基座中心,涵管上端用物体支撑使涵管处于铅垂状态,浇灌混凝土至基座顶面。待基座混凝土初凝后(常温下约 1 h),在基座上铺盖一层覆盖物,向标石坑中填土并踩实至地面下约 0.3 m 处,回填时应保持涵管处于铅垂状态。在涵管北侧距涵管上端 0.2 m 处凿一个直径略大于 30 mm 的孔,用于安放下标志。在涵管内浇灌混凝土至下标志孔处,安放下标志,浇灌混凝土至涵管顶端,用振捣棒逐层捣固,使下部气体排出。在涵管顶部中央安置水准标志,

标志安放应端正、平直,字头朝北,将混凝土顶面抹平。待混凝土初凝后,加盖标志铁保护盖和水泥保护盖(铁保护盖内应涂抹黄油),做好外部整饰。埋设规格及形状见图 A. 9。

5.2.4.2 岩层水准标石的埋设

在出露岩层上埋设基本水准标石或普通水准标石,应清除表层风化物,在坚硬的岩石平面上开凿深不小于 0.15 m、口径不小于 0.2 m 的孔洞,清洗干净后浇灌混凝土镶嵌水准标志,标志安放应端正、平直,待混凝土初凝(常温下约 1 h)后,加盖标志铁保护盖和水泥保护盖(铁保护盖内应涂抹黄油),做好外部整饰。禁止在高出地面的孤立岩石上埋设水准点。埋设规格及形状见图 A. 10 和图 A. 14。

5.2.4.3 混凝土柱水准标石的埋设

5.2.4.3.1 预制钢筋骨架

混凝土柱石的钢筋骨架用直径 10 mm 的 3 根足筋和直径 6 mm 的裹筋,每隔 0.3 m 捆绑一圈裹筋扎成三棱柱体。足筋两端弯成直径 25 mm 的半圆,基本水准标石裹筋围成边长为 150 mm 的等边三角形,普通水准标石裹筋围成边长为 100 mm 的等边三角形,裹筋两端重叠扎紧。捆绑好的钢筋骨架长度等于混凝土柱石长度加 0.1 m。

混凝土基座的钢筋骨架用直径 10 mm 的钢筋交叉捆扎成网状,钢筋两端弯成直径 25 mm 的半圆,规格及形状见图 A. 11 和图 A. 15。

5.2.4.3.2 挖掘标石坑

以选点标记为中心挖掘标石坑,大小以方便作业为准,深度按照表 A. 3 的规定。基座建造采用土模的标石,标石坑深度应减去基座深度。

5.2.4.3.3 建造基座

5.2.4.3.3.1 土质坚实的地区可使用土模建造标石基座,在标石坑底部按规定尺寸挖掘基座土模,用罗针和水平尺使土模一侧位于南北方向并使土模底面水平。

5.2.4.3.3.2 土质不坚实、易塌陷的地区应使用模型板建造标石基座,在标石坑底部按照标石的基座大小安置基座模型板,用罗针和水平尺使模型板一侧位于南北方向,并使模型板底面水平。

5.2.4.3.3.3 建造基座时,先浇灌混凝土至基座深度的一半,充分捣固后再放入基座钢筋骨架,并在基座中心垂直安置柱石钢筋骨架,将柱石钢筋骨架底部与基座钢筋骨架捆扎牢固,浇灌混凝土至基座顶面,充分捣固并使混凝土顶面处于水平状态。

5.2.4.3.4 建造标石柱体

混凝土柱水准标石的柱体建造与 5.2.4.1.2.4 浅层基岩水准标石柱体的建造方法相同。

5.2.4.4 钢管水准标石的埋设

5.2.4.4.1 制作钢管标志

钢管水准标石用于冻土地区,由外径不小于 60 mm,壁厚不小于 3 mm,上端焊有水准标志的钢管代替柱石。距钢管底端 100 mm 处装有两根 250 mm 的钢筋根络。钢管内灌满水泥砂浆。钢管表面涂沫沥青或乳化沥青漆,并用旧布或麻线包扎后,再涂一层沥青或乳化沥青漆。

5.2.4.4.2 一般冻土地区钢管水准标石的埋设

5.2.4.4.2.1 挖掘标石坑

以选点标记为中心挖掘标石坑,大小以方便作业为准,深度按照表 A. 3 的规定挖掘。

5.2.4.4.2.2 埋设预制钢管水准标石

预制的钢管基本水准标石应在现场浇灌标石垫层,建造方法与 5.2.4.3.3 混凝土柱水准标石的基座建造相同。钢管普通水准标石在标石坑底铺设 20 mm~40 mm 厚的水泥砂浆作为垫层。

待垫层初凝后,在垫层中心垂直安放预制的钢管水准标石,基本水准标石下标志应设在北侧,回填坑土并进行外部整饰。

5.2.4.4.2.3 现场浇灌钢管水准标石

待垫层初凝后,在垫层中心安置钢管水准标石基座模型板,在模型板中心垂直放入防腐处理后且装

有钢筋根格的钢管,基本水准标石的下标志应朝北,浇灌基座混凝土并逐层捣固,待混凝土凝固(常温下约 12 h)后拆模,回填坑土并进行外部整饰。

5.2.4.4.3 永久冻土地区钢管水准标石的埋设

采用机械钻孔时,应避开自来水、煤气管道、光缆及电缆等地下埋设物。深度按照表 A.3 的规定。钻孔中放入防腐处理后且装有钢筋根格的钢管,基本水准标石下标志应朝北,浇灌混凝土至融解深度线,并逐层捣固,回填坑土并进行外部整饰。

5.2.4.5 道路水准标石的埋设

采用机械钻孔时,应避开自来水、煤气管道、光缆及电缆等地下埋设物。深度按照表 A.3 的规定。孔中放入外径不小于 110 mm,壁厚不小于 3 mm 的 PVC 管,距管底部约 0.5 m 的管壁上均匀分布 10~12 个孔径为 15 mm 的圆孔。管内和管外下部空隙处灌入 1:2 的水泥砂浆,上部用 PVC 胶粘接水准标志,标志周边再用三个相距约 120°的螺钉固定到管壁上,标志顶部与地面齐平,埋设规格及形状见图 A.18。

5.2.4.6 墙脚水准标志的埋设

在选定的建筑物墙壁或石崖直壁上,高出地面 0.4 m~0.6 m 处钻凿孔洞,并用水洗净浸润,然后浇灌 1:2 的水泥砂浆,放入墙脚水准标志,使圆筒内侧与墙面齐平。在标志下方墙面上用 1:1 的水泥砂浆抹成 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。

5.2.5 标石的外部整饰

水准标石埋设后,应进行外部整饰,要求既利于保护标石,又不影响环境美观:

- 深层基岩标石埋设后,上部应建造保护房屋,其规格依据点位环境分别设计。
- 浅层基岩标石埋设后,应在点位四周砌筑砖、石护墙或混凝土护栏,可参照图 A.20。其长、宽、高的规格不小于 1.5 m×1.5 m×1.0 m,高出地面 0.6 m。标志上方砌筑图 A.21 规格的砖、石保护方井或圆井,加盖保护盘。居民地庭院内不设护墙或护栏,只设与地面齐平的保护井和保护盘。
- 埋设在森林、草原、沙漠、戈壁地区的基本水准标石和普通水准标石,按图 A.21 的规格建造保护井,加盖保护盘。基本水准标石的保护井壁,不应妨碍下标志的测量。
- 埋设在政府机关、学校、住宅院内以及埋设在耕地内的基本水准标石和普通水准标石,应按图 A.21 的规格建造保护井,加盖保护盘,盘面与地面齐平。道路水准点的上部埋设图 A.25 规格的保护框,顶面与地面齐平。
- 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;方位桩可采用木材、石材、混凝土或金属材料制作,用涂漆或压印的方法将点号和点位方向写在醒目的位置,并在点之记中注明方位桩的方向和距离。

5.2.6 关键工序的控制

在标石建造的施工现场,应拍摄下列照片:

- 钢筋骨架照片,应能反映骨架捆扎的形状和尺寸;
- 标石坑照片,应能反映标石坑和基座坑的形状和尺寸;
- 基座建造后照片,应能反映基座的形状及钢筋骨架或预制涵管安置是否正确;
- 标志安置照片,应能反映标志安置是否平直、端正;
- 标石整饰后照片,应能反映标石整饰是否规范;
- 标石埋设位置远景照片,应能反映标石埋设位置的地物、地貌景观。

5.2.7 水准标石占地与托管

水准点位选定后,标石占用的土地,应得到土地使用者和管理者同意。

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法定义务和注意事项,埋石结束后,应当向当地乡、镇以上政府有关部门(道路水准点向道路管理部门)办理委托保管手续,委托保管书的格式见图 A.27。

5.2.8 水准标石稳定时限

水准标石埋设后,一般地区应经过一个雨季,冻土深度大于 0.8 m 的冻土地区还应经过一个冻、解期,岩层上埋设的标石应经过一个月,方可进行水准观测。

5.2.9 埋石结束后应上交的资料

- a) 测量标志委托保管书;
- b) 埋石后的水准点之记及路线图、标石建造关键工序照片或数据文件;
- c) 埋石工作技术总结(扼要说明埋石工作情况,埋石中的特殊问题处理及对观测工作的建议等)。

5.2.10 水准标石的检查和维护

国家一、二等水准点应定期检查和维修,确保水准点的完整性和高程有效性。每 5 年和水准路线复测前应对水准点进行一次实地检查和维护。实地检查时,应请当地政府主管部门协助,逐点记录标石现状,并处理下列事项:

- a) 水准点附近地貌、地物有显著变化时,应重绘点之记,修改路线图并拍摄照片;
- b) 对损毁的标石及附属物进行修补或重新建造;
- c) 对补埋的标石进行高程连测,对怀疑高程有突变的标石进行检测;
- d) 查明水准标石的损毁原因,与接管单位协商,提出处置意见。

6 仪器

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	自动安平光学水准仪、自动安平数字水准仪、气泡式水准仪	DSZ05 DSO5	DSZ1 DS1	用于水准测量,其基本参数见 GB/T 10156
2	线条式因瓦标尺、条码式因瓦标尺			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/T 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 GB/T 16818
5	GPS 接收机	大地型双频接收机	大地型双频接收机	用于跨河水准测量

6.2 仪器的检校

6.2.1 用于水准测量的仪器应送法定计量检定单位进行检定和校准,并在检定和校准的有效期内使用。

水准仪的检校按 JJG 425 规定执行,水准标尺的检校按 JJG 8 规定执行,光电测距仪的检校按 JJG 703 规定执行,光学经纬仪的检校按 JJG 414 规定执行,GPS 接收设备的检校按 JJF 1118 规定执行。

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校,项目按表 5 规定执行,检验方法和技术要求按附录 B 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	+	+	+
2		标尺上的圆水准器的检校	+	+	+
3		标尺分划面弯曲差的测定	+	+	+
4		标尺名义米长及分划偶然中误差的测定	+	+	+
5		标尺温度膨胀系数的测定	+		
6		一对水准标尺零点不等差的测定(条码标尺) 一对水准标尺零点不等差及基辅分划读数差的测定	+	+	+
7		标尺中轴线与标尺底面垂直性测定	+		
8	水准仪	水准仪的检视	+	+	+
9		水准仪上概略水准器的检校	+	+	+
10		光学测微器隙动差和分划值的测定	+	+	+
11		视线观测中误差的测定	+		
12		自动安平水准仪补偿误差的测定	+		
13		十字丝的检校	+		
14		视距常数的测定	+		
15		数字水准仪视线距离测量误差	+		
16		调焦透镜运行误差的测定	+		+
17		气泡式水准仪交叉误差的检校	+	+	+
18		i 角检校	+	+	+
19		双摆位自动安平水准仪摆差 $2C$ 角的测定	+	+	+
20		测站高差观测中误差和竖轴误差的测定	+		
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	+		
23		符合水准器分划值的测定			+
24		系统分辨率检定	+		
25	经纬仪	垂直度盘测微器行差的测定			+
		一测回垂直角观测中误差的测定			+

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 4、5、20、23 项检验由法定计量检定单位进行检验。

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,自动安平系统修理和校正后,第 20 项应检验。

6.2.4 自动安平光学水准仪每天检校一次 i 角,气泡式水准仪每天上、下午各检校一次 i 角,作业开始后的 7 个工作日内,若 i 角较为稳定,以后每隔 15 天检校一次。

数字水准仪,整个作业期间应每天开测前进行 i 角测定。若开测为未结束测段,则在新测段开始前进行测定。

6.2.5 每日工作开始前应检校表 5 中第 2、9 项。若对仪器某一部件的质量有怀疑时,应及时进行相应

项目的检验。

6.2.6 作业期结束后应检验表 5 中第 3、4 项各一次。

6.3 仪器技术指标

水准仪器技术指标按表 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 μ m	100 μ m	禁止使用,送厂校正
6	一对标尺名义米长偏差	50 μ m	50 μ m	调整
7	测前测后一对标尺名义米长变化	30 μ m	30 μ m	分析原因,根据情况正确处理所测成果
8	标尺分划偶然中误差	13 μ m	13 μ m	禁止使用
9	倾斜螺旋隙动差	2.0"	2.0"	只许旋进使用
10	测微器全程行差	1 格	1 格	禁止使用,送厂修理
11	测微器任一点回程差	0.05 mm	0.05 mm	
12	自动安平水准仪补偿误差	0.20"	0.30"	禁止使用
13	视线观测中误差	0.40"	0.55"	
14	调焦透镜运行误差	0.15 mm	0.15 mm	
15	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
16	2C 角	40.0"	40.0"	禁止使用,送厂校正
17	测站高差观测中误差	0.08 mm	0.15 mm	禁止使用
18	竖轴误差	0.05 mm	0.10 mm	
19	自动安平水准仪磁致误差	0.02"	0.04"	
20	数字水准仪系统分辨率(10 m 视距)	0.02 mm	0.02 mm	
21	垂直度盘测微器行差	1.00"	1.00"	
22	一测回垂直角观测中误差	1.50"	1.50"	
23	数字水准仪视距测量误差	10 cm $\pm$ 2 cm	10 cm $\pm$ 2 cm	

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 60 μ T 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。同一区段的往返测,应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 km~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)应分别在上半与下午进行。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半或下午进行。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,最短间歇时间不少于 2 h);
- c) 标尺分划线的影像跳动剧烈时;
- 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,应根据路线土质选用尺桩(尺桩质量不轻于 1.5 kg,长度不短于 0.2 m)或尺台(尺台质量不轻于 5 kg)作转点尺承,所用尺桩数,应不少于 4 个。特殊地段可采用大帽钉作为转点尺承。

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、数字水准仪重复测量次数按表 7 规定执行。

表 7 单位为米

等级	仪器类别	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		数字水准仪重复测量次数
		光学	数字	光学	数字	光学	数字	光学 (下丝读数)	数字	
一等	DSZ05、DS05	≤30	≥4 且 ≤30	≤0.5	≤1.0	≤1.5	≤3.0	≥0.5	≤2.80 且 ≥0.65	≥3 次
二等	DSZ1、DS1	≤50	≥3 且 ≤50	≤1.0	≤1.5	≤3.0	≤6.0	≥0.3	≤2.80 且 ≥0.55	≥2 次

注:下丝为近地面的视距丝。几何法数字水准仪视线高度的高端限差一、二等允许到 2.85 m,相位法数字水准仪重复测量次数可以为上表中数值减少一次。所有数字水准仪,在地面震动较大时,应随时增加重复测量次数。

7.4 测站观测顺序和方法

7.4.1 光学水准仪观测

7.4.1.1 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。

7.4.1.2 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。

7.4.1.3 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。

7.4.1.4 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。

7.4.2 数字水准仪观测

7.4.2.1 往、返测奇数站照准标尺顺序为：

- a) 后视标尺；
- b) 前视标尺；
- c) 前视标尺；
- d) 后视标尺。

7.4.2.2 往、返测偶数站照准标尺顺序为：

- a) 前视标尺；
- b) 后视标尺；
- c) 后视标尺；
- d) 前视标尺。

7.4.2.3 一测站操作程序如下（以奇数站为例）：

- a) 首先将仪器整平（望远镜绕垂直轴旋转，圆气泡始终位于指标环中央）；
- b) 将望远镜对准后视标尺（此时，标尺应按圆水准器整置于垂直位置），用垂直丝照准条码中央，精确调焦至条码影像清晰，按测量键；
- c) 显示读数后，旋转望远镜照准前视标尺条码中央，精确调焦至条码影像清晰，按测量键；
- d) 显示读数后，重新照准前视标尺，按测量键；
- e) 显示读数后，旋转望远镜照准后视标尺条码中央，精确调焦至条码影像清晰，按测量键。显示测站成果。测站检核合格后迁站。

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（用尺台作转点尺承时，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（见表8）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，则应从前一水准点起测。

7.5.3 检测成果应在手簿中保留，但计算高差时不采用。

7.5.4 数字水准仪测量间歇可用建立新测段等方法检测，检测有困难时最好收测在固定点上。

7.6 测站观测限差与设置

7.6.1 测站观测限差

测站观测限差应不超过表 8 的规定。

表 8 单位为毫米

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。

对于数字水准仪,同一标尺两次读数差不设限差,两次读数所测高差的差执行基辅分划所测高差的差的限差。

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(应经检测符合限差)起始,重新观测。

7.6.2 数字水准仪测段往返起始测站设置

- a) 仪器设置主要有:
 - 测量的高程单位和记录到内存的单位为米(m);
 - 最小显示位为 0.000 01 m;
 - 设置日期格式为实时年、月、日;
 - 设置时间格式为实时 24 小时制。
- b) 测站限差参数设置:
 - 视距限差的高端和低端;
 - 视线高限差的高端和低端;
 - 前后视距差限差;
 - 前后视距差累积限差;
 - 两次读数高差之差限差。
- c) 作业设置:
 - 建立作业文件;
 - 建立测段名;
 - 选择测量模式:“aBFFB”;
 - 输入起始点参考高程;
 - 输入点号(点名);
 - 输入其他测段信息。
- d) 通讯设置:按仪器说明书操作。

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,应用测伞遮蔽阳光;迁站时,应罩以仪器罩。使用数字水准仪前,还应进行预热,预热不少于 20 次单次测量。
- 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,应严格置平。
- 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。
- 7.7.5 不应为了增加标尺读数,而把尺桩(台)安置在壕坑中。

- 7.7.6 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。
- 7.7.7 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,两支标尺应互换位置,并应重新整置仪器。
- 7.7.8 在高差甚大的地区,应选用长度稳定、标尺名义米长偏差和分划偶然误差较小的水准标尺作业。
- 7.7.9 对于数字水准仪,应避免望远镜直接对着太阳;尽量避免视线被遮挡,遮挡不要超过标尺在望远镜中截长的 20%;仪器只能在厂方规定的温度范围内工作;确信震动源造成的震动消失后,才能启动测量键。
- 7.8 各类高程点的观测
- 7.8.1 当观测水准点及其他固定点时,应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,应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,则标尺置于副标志或下标志上。对于未知主、副标志(或上、下标志)高差的水准标石,应测定主、副标志(或上、下标志)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,用方括号加注。
 - b) 观测其他固定点时,标尺置于需测定高程的位置上,在观测记录中应予说明。
 - c) 水准点及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,应在观测手簿中详细记录接测情况,结点接测图按 A.4 执行。
- 7.9.2 位于地面变形地区的结点,应与当地变形观测网连测。
- 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,尽量缩短接测时间。
- 7.10 新旧路线连测或接测时的检测
- 7.10.1 新设的水准路线与已测的水准点连测或接测时,若该水准点的前后观测时间超过三个月,应进行检测。
- 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,应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之差的限差应不超过表 9 的规定。

表 9

单位为毫米

等 级	测段、区段、路线 往返测高差不符值	附和路线闭合差	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,单位为千米(km);当测段长度小于 0.1 km 时,按 0.1 km 计算; L ——附和路线长度,单位为千米(km); F ——环线长度,单位为千米(km); R ——检测测段长度,单位为千米(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。检测测段两点间距离不宜小于 1 km。
- 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,且大于不符值限差的 20% 时,则在以后各测段的观测中,除酌量缩短视线外,还应加强仪器隔热和防止尺桩(台)位移等措施。

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) 中的重测高差(或 b) 中两同方向高差中数)与另一单程的高差不符值超出限差,应重测另一单程;
- 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,则应重测其他测段。

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,则应重测其他测段。

7.12.4 每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 超出限差时,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,应按 7.10 规定进行该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,两次高差之差应不大于 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

单位为米

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,求出两岸高差	3 500
5	GPS 测量法	使用 GPS 接收机和水准仪分别测定两岸点位的大地高差和同岸点位的水准高差,求出两岸的高程异常和两岸高差	3 500

跨河距离超过上表规定时,采用的方法和要求,应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 采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和测距三角高程法进行跨河水准测量时,应遵循以下要求:

- a) 应选用测线附近,利于布设工作场地与观测的较窄河段处。
- b) 跨河视线不得通过草丛、干丘、沙滩的上方。
- c) 两岸仪器视线距水面的高度应大致相等(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 500 m 时,应不低于 $4 \cdot \sqrt{S}$ m(S 为跨河视线长度千米数。水位受潮汐影响时,按最高潮位计算),当视线高度不能满足要求时,应埋设牢固的标尺桩,并建造稳固的观测台或标架。
- d) 两岸由仪器至水边的一段距离,应大致相等,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,不应靠近墙壁及土、石、砖堆等。
- e) 过河视线方向,应避免正对日照方向,困难时可适当增大视线长度,或采用标灯测光。
- f) 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。

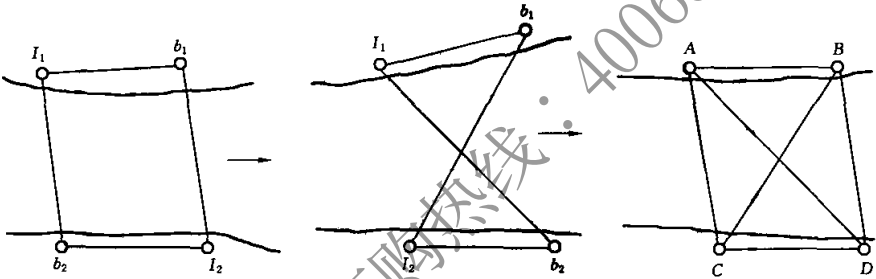


图 1

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 与 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:

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

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

标尺点 b_1 、 b_2 应设置口径不小于 10 cm,长度视土质情况决定的木桩或钢管,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。

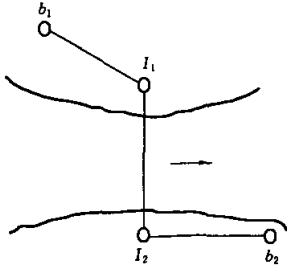


图 2

- g) 在两岸距跨河点 100 m~300 m 的水准路线上各选埋水准标石一座,并按 A.3 的格式填绘水准点之记。
- h) 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,见图 C.6。

8.3.2 采用 GPS 测量法进行跨河水准测量时,应遵循以下要求:

- a) GPS 跨河水准测量应选择在地形较为平坦的平原、丘陵且河流两岸地貌形态基本一致地区进行。海拔高程超过 500 m 的地区,不宜进行 GPS 跨河水准测量。当跨河场地两端高差变化超过 70 m/km 的地区,不宜进行一等 GPS 跨河水准测量,超过 130 m/km 的地区,不宜进行二等跨河水准测量。
- b) GPS 水准点尽可能选于水准测线附近,并有利于进行 GPS 观测及水准连测。应避开土质松软和强磁场地段,以及行人、车辆来往较多等场所。
- c) 应分析已有的地形、重力和水准等与大地水准面相关的测量资料,选择河流两岸大地水准面具有相同的变化趋势,且变化相对平缓的方向上布设跨河路线。
- d) 非跨河点(A_1 、 A_2 、 D_1 、 D_2)宜位于跨河点(B 、 C)连线的延长线上,且各点间距离大致与跨河距离相等(见图 3)。非跨河点偏离跨河方向轴线的垂距和垂距互差,一等跨河水准测量不得大于跨河距离 BC 的 $1/50$;二等跨河水准测量不得大于 BC 的 $1/25$ 。

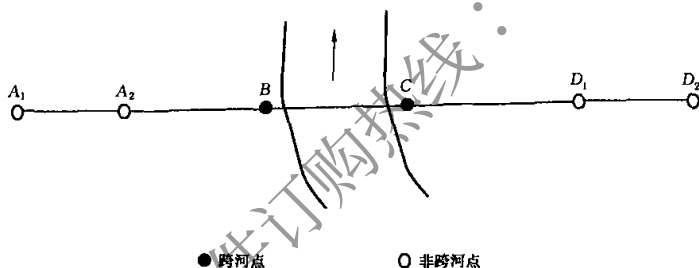


图 3

- e) 由于地形、点位环境等条件限制不能满足图 3 要求时,可采取如图 4 所示的布设方式,河流同岸的非跨河点 A_1 、 A_2 或 D_1 、 D_2 可以在同一个点位附近埋设,但点位位置应位于沿跨河方向轴线(图 4 中的 CB 延长线)上或在其两侧且大致对称,非跨河点距跨河点的距离大致与跨河距离相等。非跨河点偏离跨河方向轴线的垂直距离不得超过跨河距离 $1/4$,各段垂直距离互差,一等跨河水准测量不应大于跨河距离 BC 的 $1/50$,二等跨河水准测量不应大于 BC 的 $1/25$ 。

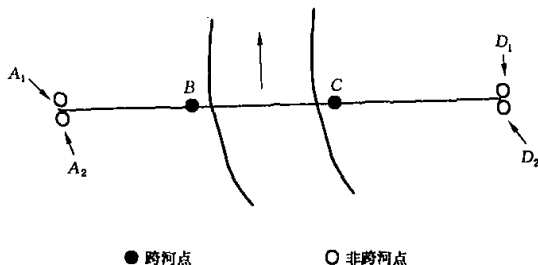


图 4

- f) 当跨河距离小于 2 km 时,同一河岸非跨河点距跨河点的距离应以 2 km 为宜。
- g) 跨河场地布设完毕后,应绘制跨河水准场地图及点位连测图,参照图 C.6 执行。

8.4 跨河水准观测要求

8.4.1 采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和测距三角高程法进行跨河水准测量时,观测中应遵守下列要求:

- 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) 观测开始前 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) 晴天观测上午应在日出后 1 h 起至太阳中天前 2 h 止;下午自中天后 2 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,应采取谨慎措施(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。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 min~20 min,再开始下一测回的观测。
- h) 两台仪器对向观测时,应使用通讯设备或约定旗语,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 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。

8.4.2 采用 GPS 测量法进行跨河水准测量时,观测中应遵守下列要求:

- a) 观测组应严格遵守调度命令,按规定的时间进行作业。
- b) 经检查接收机电源电缆和天线等连接无误后,方可开机。
- c) 观测前及观测过程中,应逐项填写测量手簿中的各项信息。
- d) 每时段开始及结束时,均应记录天气状况、实时经纬度、每测段开始与结束时间等信息。
- e) 观测中不得进行以下操作:关机重启(排除故障除外);改变卫星截止高度角;改变数据采样间隔;改变天线位置;按动关闭或删除文件功能键。
- f) 观测中应防止仪器受震动和移动,防止人和其他物体遮挡卫星信号。
- g) 雷电、风暴天气时,不应进行观测。
- h) 观测中应保持接收机数据记录的正常运行,每日观测结束后应及时将数据转存至数据存储设备。转存数据时,不得进行删改和编辑。

8.5 测回数及限差

8.5.1 采用光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法和测距三角高程法进行跨河水准测量时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·s	12·s	8	4·s	8·s	8

注：表中 s 为跨河视线长度千米数，尾数凑整到 0.5。

b) 各双测回的互差限差 $dH_{\text{双}}$ ，按式(3)计算：

$$dH_{\text{双}} = 4 \cdot M_{\Delta} \sqrt{N \cdot s} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

M_{Δ} — 每千米水准测量的偶然中误差限值，单位为毫米(mm)；

N — 双测回的测回数；

s — 跨河视线长度，单位为千米(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 $dH_{\text{单}}$ 时， N 按单测回数计。

8.5.2 采用 GPS 测量法进行跨河水准测量时，各时段往返方向计算的跨河高差中数互差不应大于按式(3)计算的限值。此时式(3)中的 N 为表 15 中规定的 GPS 观测时段数。

8.6 光学测微法

8.6.1 准备工作

- 按 8.3 的规定，选定和布设跨河场地；
- 对水准仪及水准尺按 6.2 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；
- 按 C.1 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；
- 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

- 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。
- 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。

每组内对远标尺上视板标志线的各次读数互差,不得超过 $0.01 \text{ mm} \times s$ (s 为跨河视线长度,单位为 m)。

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 8.4.1 中 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 C.2。

8.7 倾斜螺旋法

8.7.1 准备工作

- a) 按 8.2 与 8.3 的有关规定准备仪器,选定和布设跨河场地。
- b) 按 8.6.1 的 b)、c)、d) 做好各项工作。视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,每次均应待气泡稳定后,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 8.4.1 中 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) 每次安装视板后,应仔细读出视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 C.2。

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,尚应按 6.2.2 的规定进行检验。

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,读取最后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,同时照准该分划线的上、下边缘各二次,使完成了一组观测(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:

$$b = a - \theta/\rho \cdot d \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

θ ——分划线 a 的倾角,单位为角秒(");

d ——经纬仪至标尺点的水平距离(用钢卷尺量取),单位为厘米(cm);

ρ ——206 265,单位为角秒(")。

- 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,应仔细检查视板的指标线是否滑动,并核对指标线在标尺上的读数。

- e) 观测的测回数为表 11 所列数目的二倍,组数及限差等,仍按 8.5 有关规定执行。观测记录、计算示例见 C.2。

8.9 测距三角高程法

8.9.1 准备工作

- a) 按 8.3 有关规定选定跨河点,视线垂直角应小于 1° 。按图 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 $40\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的混凝土柱石,中间嵌标志。也可打入 $50\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 的木桩,中间打帽钉。柱石或木桩顶间均应埋入地面下 0.1 m;
- b) 跨河距离在 2 000 m 以内,对岸标尺可安置一块视板,2 000 m 以上应安置上、下两块视板。视板上标志的宽度和形状可采用附录 C.1 中的图 C.1、图 C.2 或图 C.3 一种。通视条件较差时,应采用特制的标灯作为观测目标。视标在标尺上的高度两岸应完全一致。单视板(或标灯)安置在 2.5 m 处,双视板(或标灯)在 2.0 m~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 中 a) 所述方法分别对 A 点和 B 点进行观测,求出高差 h_{AB} 而后进行返测。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。只应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 和 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返测距离中数之差，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 GB/T 16818 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	$\leq 2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$
二	Ⅱ	1	1	6	≤ 10	≤ 15	$\leq 2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$

注：a、b 为测距仪标称参数值，D 为所测距离的千米数。

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

- 在 A、C 点设站，同时观测本岸近标尺，测定 b_B 和 b_{D1} ，而后同步观测对岸远标尺，测定 α_{AD} 和 α_{CB} 。
- 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 α_{AC} 和 α_{DB} 。
- 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 α_{BC} 和 α_{DA} 。
- B 点仪器不动，观测本岸近标尺，测定 b_A ，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 α_{BD} 和 α_{CA} 。最后 C 点仪器再次观测本岸近标尺，测定 b_{D2} 。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

- 观测近标尺：按 8.8.2 中 a) 所述的方法测定本岸近标尺读数。
- 观测远标尺：在盘左位置用望远镜中丝精确照准远标尺上觐板标志或标灯四次，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、下觐板观测时，盘左依次照准上觐板标志、下觐板标志，盘右按相反次序照准下、上觐板标志。照准和读数方法与单觐板观测相同。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 单位为角秒 (")

指标差互差	同一标志垂直角互差
≤8	≤4

- c) 每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 C.2。
- e) 每一个仪器位置的观测完成后,观测员、仪器、标尺应相互调岸,按 8.9.4.1 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。

8.9.5 测回间高差互差

每条边各单测回高差间的互差应符合 8.5.1 中 b) 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:

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

式中:
 M_w ——每千米水准测量的全中误差限值,单位为毫米(mm);
 s ——跨河视线长度,单位为千米(km)。

8.9.6 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 GPS 水准测量法

8.10.1 技术要求

GPS 跨河水准测量的技术要求应满足表 14 的规定。

表 14

等 级	跨距 D/m	非跨河点数	GPS 网相邻点间基线长精度	
			a	b
一等	$1\,500 \leq D \leq 3\,000$	≥ 4 (每端 2 个)	≤ 5	1
二等	$500 \leq D \leq 3\,500$	≥ 4 (每端 2 个)	≤ 8	2

GPS 网相邻点间基线长精度按下式计算:

$$\delta = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- δ ——基线长度标准差,单位为毫米(mm);
- a ——固定误差,单位为毫米(mm);
- b ——比例误差系数, (1×10^{-6});
- d ——相邻点间距离,单位为千米(km)。

8.10.2 点位选定

- a) 点位的选择应符合 8.10.1 的要求。
- b) 点位的基础应坚实稳定,并有利于安全作业。交通应便于作业。
- c) 应避开易于发生土崩、滑坡、沉陷、隆起等地面局部变形的地方。
- d) 距离铁路不小于 50 m,距离公路不小于 30 m。
- e) 点位距大功率无线电发射源(如电台、微波站等)不小于 200 m,距高压输电线不小于 50 m。
- f) 点位应便于安置 GPS 接收设备及水准仪,视野应开阔,四周不应有大于 15° 地平高度角的障碍物。
- g) 附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体。
- h) 选点完成后,应实地绘制点之记。

8.10.3 标石埋设

8.10.3.1 GPS 水准点可采用不小于顶面 $12\text{ cm} \times 12\text{ cm}$,底面 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$,高 60 cm 的水泥桩标石。尽可能采用强制对中装置。

8.10.3.2 标石埋设后,应进行灌水处理,并至少应经过三天以后,方可进行观测。

8.10.4 仪器设备

8.10.4.1 GPS 接收机应为双频接收机,标称精度应达到或优于 $5\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} \times d$;GPS 同步观测接收机数应不少于 4 台。

8.10.4.2 GPS 接收机应按照 JJF 1118 的要求进行校准。

8.10.5 外业观测

8.10.5.1 GPS 水准点间的水准连测应按本标准规定的一等水准观测要求进行。

8.10.5.2 GPS 整网观测前、后应分别进行同岸 GPS 水准点之间的高差连测,以检测各点位的沉降变化。当高差变化量不能满足表 9 中一等水准的检测要求时,应重新进行 GPS 观测。

8.10.5.3 GPS 观测应符合表 15 的规定。

表 15

项 目	等 级	
	一 等	二 等
卫星截止高度角/ $^\circ$	≥ 15	≥ 15
同时观测有效卫星数	≥ 4	≥ 4
有效观测卫星总数	≥ 9	≥ 6
观测时段数	$6 \cdot s$	$4 \cdot s$
时段长度/h	2	2
采样间隔/s	10	10
PDOP	≤ 6	≤ 6
注: s 为跨河视线长度,单位为千米(km)。		

表 15 中规定的所有观测时段,一等应在 72 h 内完成观测,二等应在 48 h 内完成观测。

8.10.5.4 GPS 测量应记录雨、晴、阴、云等天气状况。

8.10.5.5 天线安置及天线高的量取应满足以下要求：

- a) 尽可能采用强制对中装置。
- b) 尽可能采用材质坚固抗伸缩、高度稳定的刚体对中杆，其高度在测前、测后进行量取，两次读数互差小于 1.0 mm。
- c) 不能满足以上两种条件之一时，可采用水准仪标尺加钢板尺的天线高量取方法。水准仪、水准标尺应按相应等级水准测量要求进行检定，钢板尺应采用三等金属线纹尺进行检定，天线高应在各时段测前、测后两次量取，互差应小于 1.0 mm。
- d) 天线高应为量取至天线单元的 ARP 参考点位置的直高，并应获得厂商提供的各参考点至天线相位中心改正常数，以便于在随后的数据处理中精确计算天线高。

8.10.6 GPS 观测记录

8.10.6.1 GPS 观测记录项目应包括：

- a) 测站名、测站号。
- b) 观测月、日/年积日、天气状况、时段号。
- c) 开始、结束时间，采用 UTC 时间，填写至时、分。
- d) 接收机及天线类型、编号。
- e) 测站近似经纬度及正常高高程，经纬度填写至 1'，高程填写至 1 m。
- f) 天线相位中心至标石面的直高，记至 0.1 mm。
- g) 接收卫星信息。

8.10.6.2 外业观测结束后，应将观测记录及时录入数据存储器；接收机数据卸载至外存介质时，不应进行任何剔除、删改等操作。

8.10.7 数据处理及成果计算

8.10.7.1 GPS 基线解算

GPS 基线解算应符合以下要求：

- a) 基线解算应采用经过有关部门批准使用的软件。
- b) 基线解算应采用双差相位观测值。
- c) 应采用精密星历作为基线解算的起始值，星历误差应优于 2 m。
- d) 基线解算的起始坐标应采用 GPS 连续运行站坐标。
- e) 基线解算时，应以 2 h 为一单元，将连续观测数据截断并划分为多个时段进行基线解算，使每一个同步观测图形各基线边具有至少 4 个时段的重复基线处理结果。
- f) 基线解算方案可采用单基线或多基线模式。应采用双差固定解作为基线解算的最终结果。

8.10.7.2 GPS 基线解算的质量检核

GPS 基线解算的质量检核应符合以下要求：

- a) 基线处理数据采用率不低于 80%。
- b) 采用单基线处理模式时，同步时段中任一三边同步环的坐标分量相对闭合差应小于表 16 的规定。

表 16

限差类型	一 等	二 等
坐标分量相对闭合差	1.0×10^{-6}	2.0×10^{-6}
环线全长相对闭合差	2.0×10^{-6}	3.0×10^{-6}

- c) 由独立基线构成的异步环坐标分量闭合差和全长闭合差应满足式(7)规定。

$$\left. \begin{aligned} W_x &\leq 2\sqrt{n} \delta \\ W_y &\leq 2\sqrt{n} \delta \\ W_z &\leq 2\sqrt{n} \delta \\ W &\leq 2\sqrt{n} \delta \\ W &= \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- δ ——相应测量等级基线长度标准差,单位为毫米(mm);
- W_x, W_y, W_z ——异步环坐标分量闭合差,单位为毫米(mm);
- W ——异步环线全长闭合差,单位为毫米(mm);
- n ——独立环中的边数。

d) 重复基线的长度互差(ds)及大地高高差互差(dH)应满足:

$$\left. \begin{aligned} ds &\leq 2\sqrt{2} \\ dH &\leq 2\sqrt{2} \delta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

δ ——相应测量等级基线长度标准差,单位为毫米(mm)。

8.10.8 跨河水准测量 GPS 网平差处理

- 8.10.8.1 GPS 网平差软件应采用经过有关部门批准使用的软件。
- 8.10.8.2 在基线向量检核符合要求后,以三维基线向量及其相应方差—协方差阵作为观测信息,以某一跨河点的三维地心坐标系下的三维坐标作为起算数据,进行 GPS 网的无约束平差。无约束平差应提供各点在三维地心坐标系下的三维坐标、各基线向量改正数和精度信息。
- 8.10.8.3 无约束平差基线向量改正数绝对值($v_{\Delta X}, v_{\Delta Y}, v_{\Delta Z}$)应满足:

$$\left. \begin{aligned} v_{\Delta X} &\leq 3 \delta \\ v_{\Delta Y} &\leq 3 \delta \\ v_{\Delta Z} &\leq 3 \delta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

δ ——相应测量等级基线长度标准差,单位为毫米(mm)。

否则应认为该基线或附近基线存在粗差,应在平差中采用软件提供的自动方法或人工方法剔除,直到满足上式要求。

8.10.8.4 GPS 网无约束平差结果中,相邻点间基线长度精度应满足表 14 的规定。

8.10.9 高差计算

以图 3 所示的 GPS 跨河水准测量为例:

$$\alpha_{AB} = (\Delta H_{GAB} - \Delta H_{TAB}) / s_{AB} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- α_{AB} ——AB 方向的高程异常变化率,单位为米每千米(m/km);
- s_{AB} ——A、B 点间的平距,单位为千米(km);
- ΔH_{GAB} ——AB 点间的大地高差,单位为米(m);
- ΔH_{TAB} ——AB 点间的正常高差,单位为米(m)。

根据公式(10)由每一个非跨河点与最近跨河点计算出一个 α 值,最后将河流两岸得到的不同的 α_{AB} 与 α_{CD} 取平均值作为跨河河段的高程异常变化率 α_{BC} 。河流两岸得到的不同的 α 值(α_{AB}, α_{CD})较差应满足表 17 的规定。

表 17

单位为米每千米(m/km)

限差类型	一 等	二 等
同岸 α 值较差	0.007 0	0.013 0
不同岸 α 值较差	0.010 0	0.018 0

高程异常差按公式(11)计算。

$$\Delta\zeta_{AB} = \alpha_{AB} \times s_{AB} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$\Delta\zeta_{AB}$ ——A、B 点间的高程异常差,单位为米(m);

α_{AB} ——AB 方向的高程异常变化率,单位为米每千米(m/km);

s_{AB} ——AB 点间的平距,单位为千米(km);

由式(12)计算出跨河线路 BC 之间的跨河水准高差:

$$\Delta H_{BC} = \Delta H_{GBC} - \alpha_{BC} \times s_{BC} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

ΔH_{BC} ——BC 间的正常高差,单位为米(m);

ΔH_{GBC} ——BC 间的大地高差,单位为米(m);

α_{BC} ——BC 方向的高程异常变化率,单位为米每千米(m/km);

s_{BC} ——BC 点间的平距,单位为千米(km)。

8.10.10 补测和重测

当出现下列情况时,应进行补测和重测:

- a) 未按施测方案要求,外业缺测、漏测数据,或经过处理后,观测数据不能满足表 15 的要求,有关成果应及时补测或重测。
- b) 在重复基线长度之差、同步环闭合差、独立环闭合差等检验中允许舍弃超限基线,但剩余的同名基线边数不小于总数的 50%,否则应重测该基线或有关的图形。
- c) 由于点位不符合水准测量或 GPS 测量要求,重测仍不能满足各项限差规定时,应按技术要求增选新点进行重测。
- d) 非跨河点与最近跨河点组成的线路计算的 α 值较差大于表 17 规定时,应对超限的线路进行重测。经重测仍不能满足要求时,应按 8.3.2 和 8.10.1 的要求另外选定非跨河点,组成新线路重测。

8.11 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。观测进行中应特别注意安全,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工具,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,插入一不小于 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。

8.12 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) 白天应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) 在标尺处应有专人照明,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、整理与计算

9.1 记录方式与要求

9.1.1 记录方式

一、二等水准测量的外业成果,按记录载体分为电子记录和手簿记录两种方式,应优先采用电子记录,在不适宜电子记录的特殊地区亦可采用手簿记录。

电子记录参照 CH/T 2004 和 CH/T 2006 执行。

9.1.2 记录项目

9.1.2.1 每测段的始、末,工作间歇的**前后及观测中气候变化时**,应记录观测日期、时间(北京时间)、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 8 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 8 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 D.4 风级表记录)。**

9.1.2.2 使用光学水准仪时,每测站应记录**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**。使用数字水准仪时,每测站应记录**前后标尺距离和视线高读数**。每五个测站记录一次标尺温度,读至 0.1℃。

9.1.3 手簿记录要求

- a) 一切外业观测值和记事项目,应在现场直接记录。
- b) 手簿一律用铅笔填写,记录的文字与数字力求清晰,整洁,不得潦草模糊。手簿中任何原始记录不得涂擦,对原始记录有错误的数字与文字,应仔细核对后以单线划去,在其上方填写更正的数字与文字,并在备考栏内注明原因。对作废的记录,亦用单线划去,并注明原因及重测结果记于何处。重测记录应加注“重测”二字。手簿记录格式见 D.1。
- c) 一、二等水准测量记录的小数取位按照表 18 的规定执行。

9.1.4 观测记录的整理和检查

观测工作结束后应及时整理和检查外业观测手簿。检查手簿中所有计算是否正确、观测成果是否满足各项限差要求。确认观测成果全部符合本规范规定之后,方可进行外业计算。

9.2 外业计算

9.2.1 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) 每千米水准测量偶然中误差的计算;
- d) 附和路线与环线闭合差的计算;
- e) 每千米水准测量全中误差的计算。

9.2.2 外业高差和概略高程表的编算,应由两人各自独立编算一份,并核对无误。国家水准网计算水准点高程时,所用的高差应加入下列改正(计算方法见 D.2 和 D.3):

- a) 水准标尺长度改正;
- 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) 固体潮改正(最后计算时,近海水准路线需加入海潮负荷改正);
- f) 环线闭合差的改正。

9.2.3 每完成一条水准路线的测量,应进行往返测高差不符值及每千米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 4.2 的规定。

每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 按式(13)计算:

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{[\Delta\Delta/R]/(4 \cdot n)} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- Δ ——测段往返测高差不符值,单位为毫米(mm);
- R ——测段长度,单位为千米(km);
- n ——测段数。

9.2.4 每完成一条附和路线或闭合环线的测量,应对观测高差施加 9.2.2 中 a)、b)、c)、d)、e) 项改正,然后计算附和路线或环线的闭合差,并应符合 7.11 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 计算每千米水准测量的全中误差 M_w ,并应符合 4.2 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)。

每千米水准测量的全中误差 M_w 按式(14)计算:

$$M_w = \pm \sqrt{[WW/F]/N} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中:

- W ——经过各项改正后的水准环闭合差,单位为毫米(mm);
- F ——水准环线周长,单位为千米(km);
- N ——水准环数。

9.2.5 外业计算取位按表 18 规定执行。

表 18

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

9.3 外业成果的检查验收与上交

9.3.1 成果的检查验收和质量评定

水准测量工作完成后,应按 CH 1002 的要求进行检查和验收并编写检查验收报告。

水准测量成果在检查验收以后,应按照 CH 1003 的要求进行质量评定。

9.3.2 技术总结

技术总结是在水准测量任务完成后,对技术设计书和技术标准执行情况、技术方案、作业方法、技术的应用、完成质量和主要问题的处理等进行分析和总结。它是与测绘成果有直接关系的技术性文件,是永久保存的重要技术档案。

技术总结按照 CH 1001 编写,并由单位主要技术负责人审核签名,方可上交。

9.3.3 上交资料

9.3.3.1 资料的整理与上交

经过检查验收后的水准测量成果,应按路线进行清点整理、装订成册、编制目录,开列清单,上交资料管理部门。

9.3.3.2 上交资料的范围

- a) 技术设计书；
- b) 水准点之记的纸质文本及其数字化后的电子文本；
- c) 水准路线图、结点接测图及其数字化后的电子文本；
- d) 测量标志委托保管书(2份)；
- 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、磁带、磁盘、光盘等能长期保存的其他介质，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。

恒智天成软件订购热线：4006338987

附录 A
(规范性附录)

选点埋石资料绘制格式与标石造埋说明

A.1 选点与埋石的工具

选点、埋石组应结合测区特点配备人员、工具数量,参照表 A.1 配备适用工具。

表 A.1 选点、埋石的工具

工具种类	名称	规格	数量
测绘仪器	GPS 接收机	定位精度优于 15 m	1
	照像机	数码或光学	1
	小平板仪		1
	绘图仪		1
	钢卷尺	5 m	2
	布卷尺	30 m	1
	测绳	100 m	1
运输车辆	货车	4~8 t	1
	客货两用车	8~10 座	1
钻探、挖掘工具	汽车钻机	8 m	1
	轻便柴油钻机	22 kW(30 匹马力)	1
	电动冲击钻	φ30	2
	铁钎	—	5
	十字镐	—	5
	铁锤	—	2
	钢钎	—	8
钢筋混凝土施工工具	断线钳	φ20	1
	钢丝刷	—	2
	铁皮薄板	1.2 m×2.0 m	2
	水桶	—	4
	标石模型板	各种标石类型	适量
	振捣棒		2

A.2 水准路线图的绘制

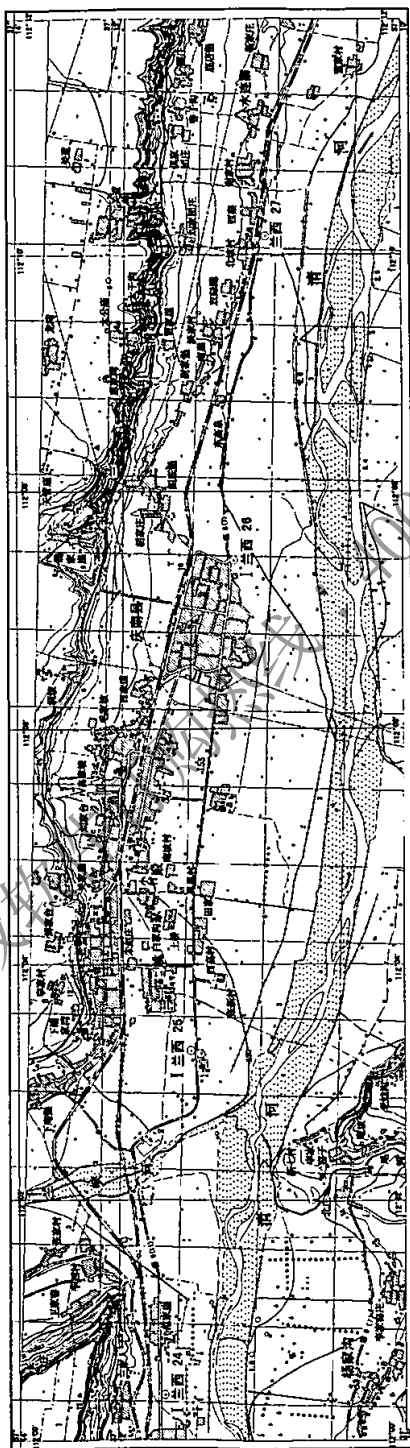
A.2.1 水准路线图以 1:100 000 或 1:50 000 地形图为底图,将水准路线两侧至少 1 km 以内的地物、地貌复制在 A3 规格的图纸上。当实地的道路或其他重要地物有变化而与底图不一致时,应先在底图上更正。图中应注明比例尺、经纬线和图幅编号。示例见图 A.1。

A.2.2 水准点位置应标定准确,并用规定的符号绘出,注明水准点号。应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。

A.2.3 水准标石类型按表 A.2 规定符号描绘。

A.2.4 水准路线图也可以直接在数字地形图上按上述要求编绘,按图 A.1 的样式输出。

I 等兰(兰州)——西(西安)线水准线图之二



比例尺 1:50 000

国家测绘局编——测绘大队 1990.10

图 A.1

表 A.2 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	⊗ 外圆直径 5 mm
2	浅层基岩水准标石	外圆直径 5 mm	⊙ 外圆直径 5 mm
3	混凝土柱基本水准标石	外圆直径 4 mm, 内圆直径 2 mm	⊗ 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	⑩ 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	⊗ 外圆直径 4 mm, 内圆直径 2 mm
6	混凝土柱普通水准标石	圆圈直径 2 mm	○ 圆圈直径 2 mm
7	钢管普通水准标石	圆圈直径 2 mm	⑩ 圆圈直径 2 mm
8	岩层普通水准标石	圆圈直径 2 mm	○ 圆圈直径 2 mm
9	道路水准标石	圆圈直径 2 mm	⑩ 圆圈直径 2 mm
10	墙脚水准标志	圆圈直径 2 mm	⊗ 圆圈直径 2 mm

A.3 水准点之记的绘制

A.3.1 每个水准点的点之记只有一页,格式见图 A.2。

A.3.2 路线名称栏填写点位所在路线。

A.3.3 点名栏填写路线等级名称和编号,利用旧点时在新点名号后用圆括号加注原始点名号。

A.3.4 点位详图应在现场绘制,注明点位至主要特征地物的方向和距离(方向数不应少于3个)。绘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。

A.3.5 标石断面图按埋设的实际尺寸填绘。

A.3.6 所在图幅栏填写点位所在的1:100 000地形图图幅名称。

A.3.7 经纬度栏填写在点位实测的经纬度,标注至整秒。

A.3.8 标石类型栏按表3填写标石的种类。

A.3.9 标石质料栏填写标志和标石的材料名称。

A.3.10 所在地栏填写点位所处位置的省(自治区或直辖市)至最小行政区划或自然村、街道的名称。

A.3.11 地别土质栏填写植被类别、标石坑底的土质并注明含沙砾百分比。

A.3.12 交通路线栏填写格式如下:

自(特征物)沿(道路名称)经(道路标识)(方向)行(距离)至(位置)可达本点。其中:

- 特征物指特征比较明显、标记清楚、不易破坏或改建、易于查找和确认的地物,如:村碑、纪念碑、加油站、路口、桥头等。填写时应注明特征物的地理位置。
- 道路名称指自特征物至水准点位通行道路的名称,如:街道名称、国(省、县、乡)道名称等。
- 道路标识指行走道路区别于其他道路的明显标识,如:街道名称、特殊建筑物、村镇、单位等。
- 方向指行走的方向,如:东、东南、南、西南、西、西北、北、东北。
- 距离指特征物至水准点位的距离,标注至0.1 km。
- 位置指水准点位所处地点的说明,如:单位或住户名称、×× km 碑+××× m 处。

A.3.13 点位详细说明栏填写点位至主要特征地物的方向和距离,方向和距离应与点位详图对应,并注明在点位埋设的方位标、护盘和护井情况。其中:

- 方向指东、东偏南、东南、南偏东、南、南偏西、西南、西偏南、西、西偏北、西北、北偏西、北、北偏东、东北、东偏北等16个方向。
- 距离标注至0.1 m。

A.3.14 备注栏填写办理土地占用手续情况及该点位与相临水准点位的距离和地形(平地、丘陵、山地)。

一 等 水 准 点 之 记

包京 线

点名：Ⅰ包京 1 基

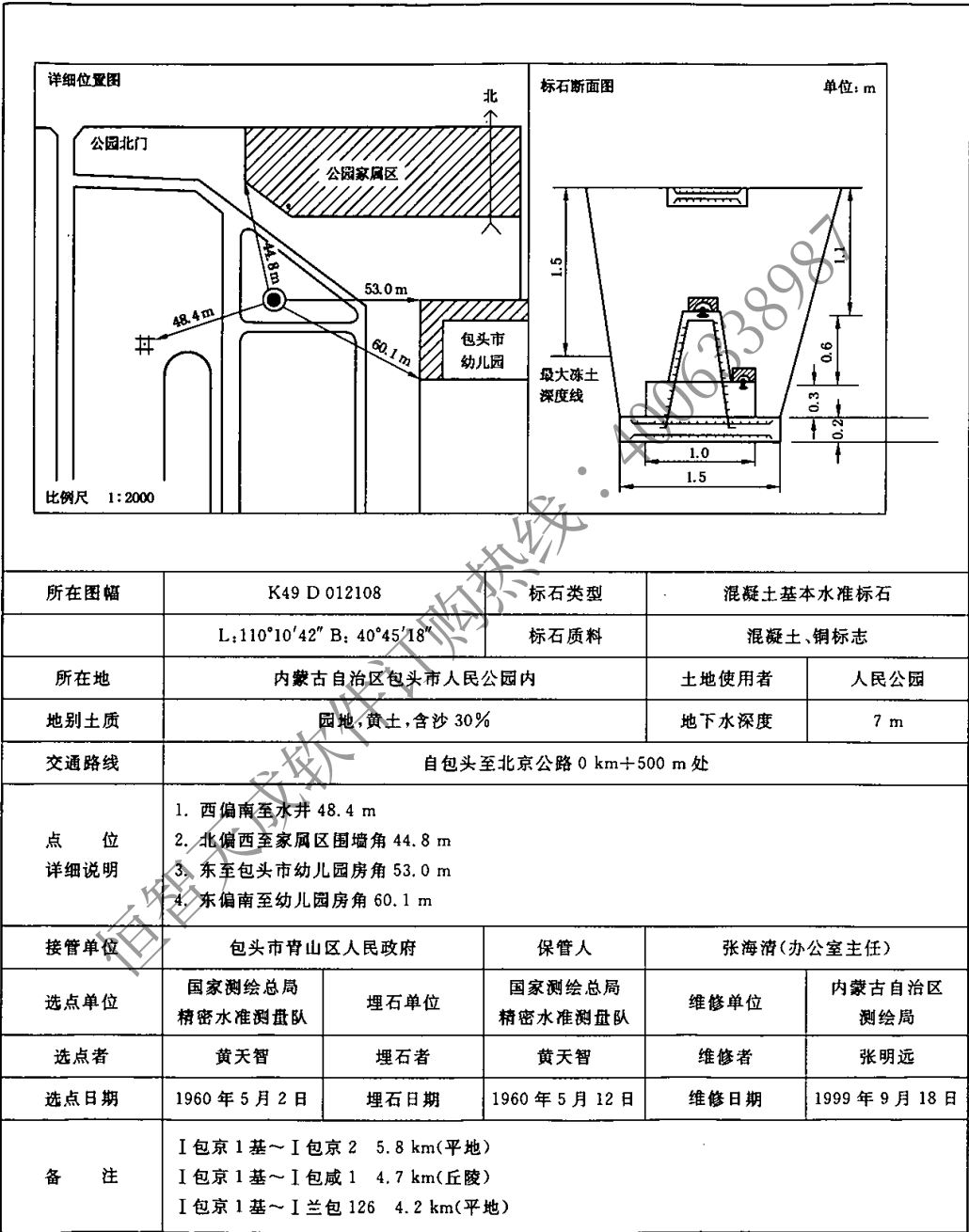


图 A. 2

A.4 水准网结点接测图的绘制

A.4.1 结点选定或接测完成后,均应填绘水准网结点接测图。示例见图 A.3。

A.4.2 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

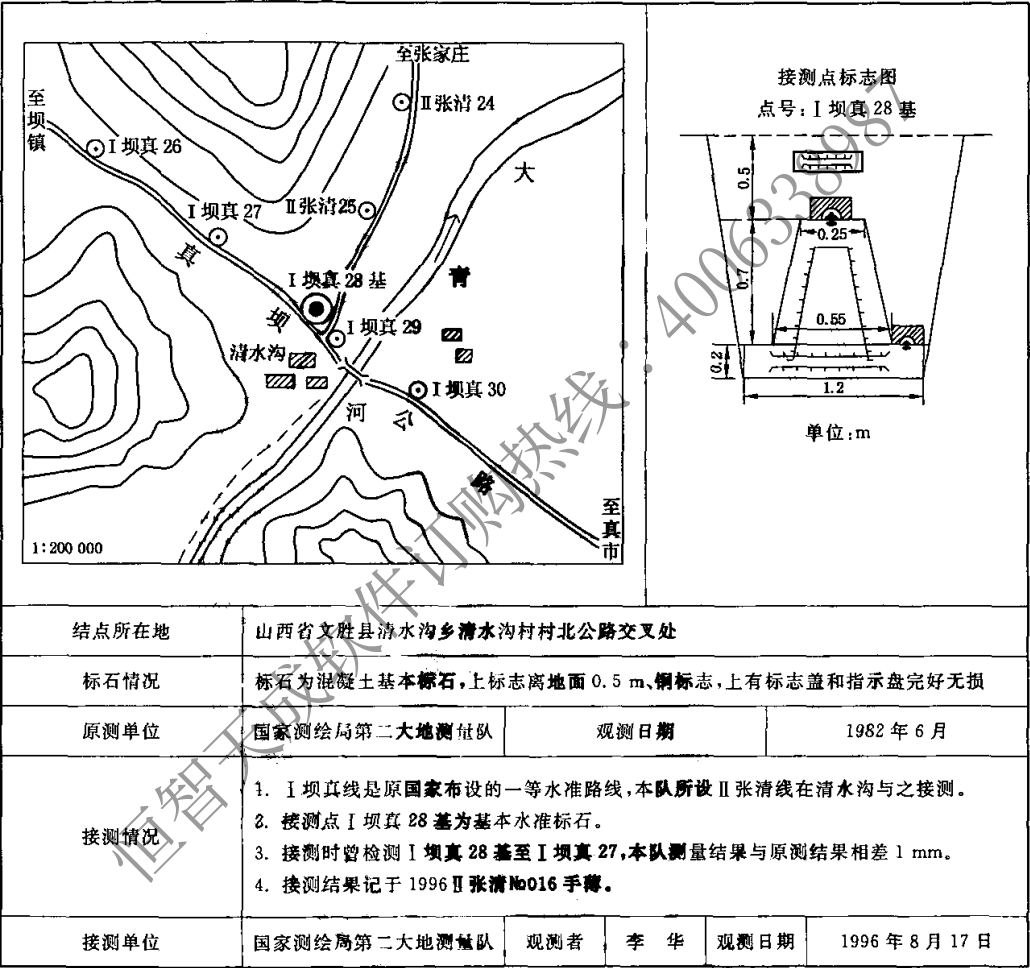


图 A.3

A.5 水准标志图

GPS、水准、重力测量共用标志采用不锈钢材料制作(规格见图 A.4 a))。

水准标志的圆球部应采用铜或不锈钢材料制作(规格见图 A.4 b),图 A.5,图 A.6)。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。

道路水准点的标志采用黄褐色的 PVC 材料制作(规格见图 A.7)。

单位为毫米

单位为毫米

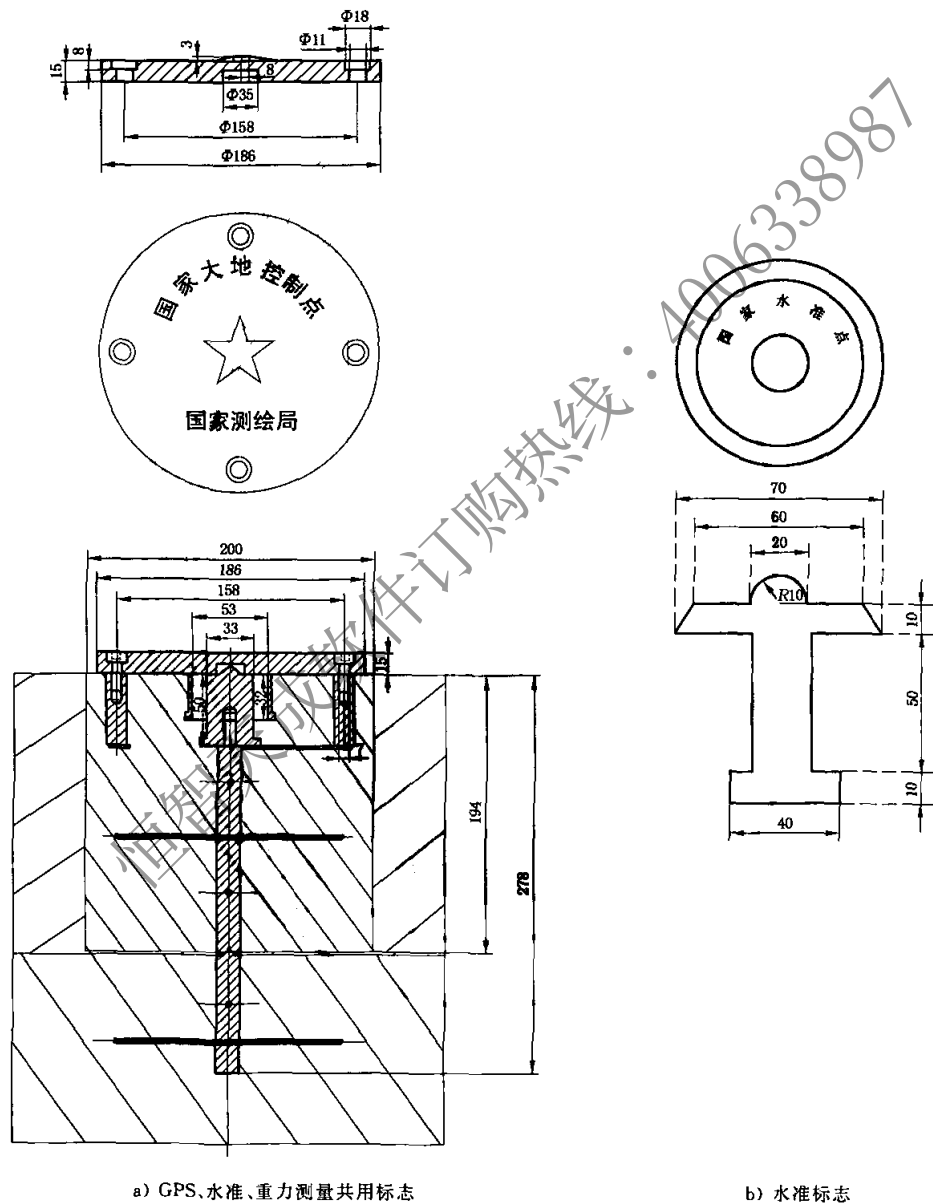


图 A.4

单位为毫米

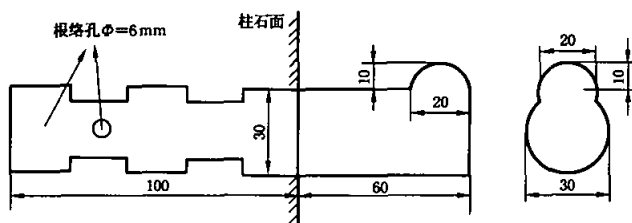


图 A.5 水准点下(暗)标志

单位为毫米

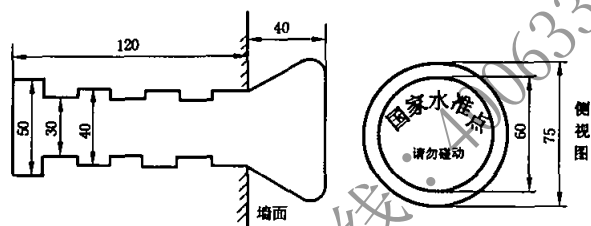


图 A.6 墙脚水准标志

单位为毫米

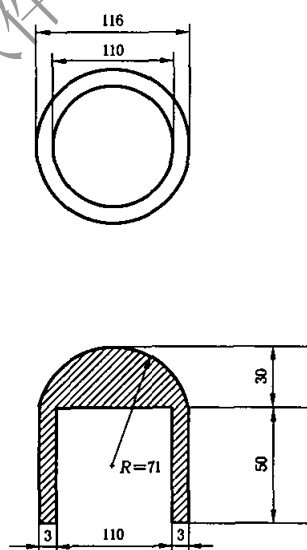


图 A.7 道路水准点标志

A.6 水准标石断面图

A.6.1 基岩水准标石断面(见图 A.8、图 A.9)

单位为米

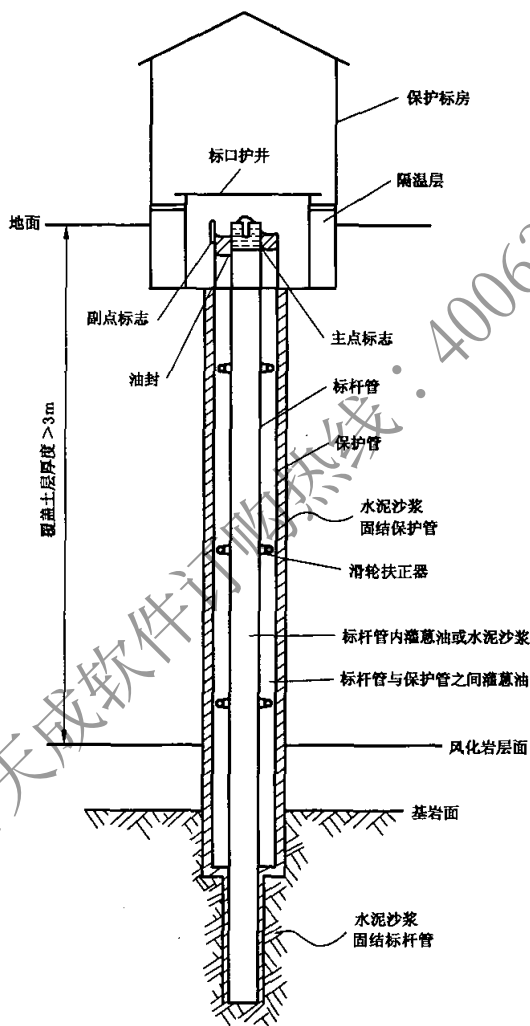


图 A.8 深层基岩水准标石示意图

单位为米

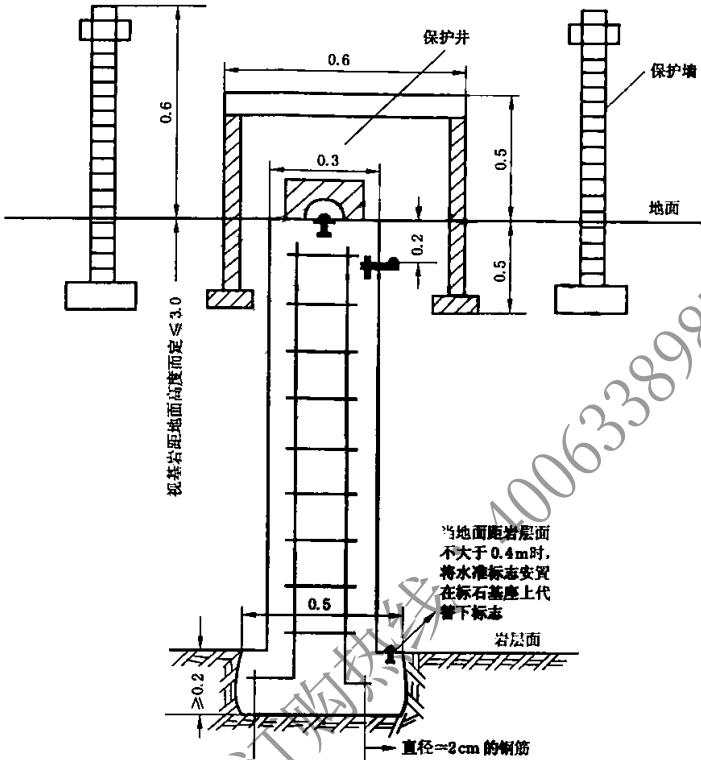


图 A.9 浅层基岩水准标石

A.6.2 基本水准标石断面图(见图 A.10~图 A.13)

单位为米

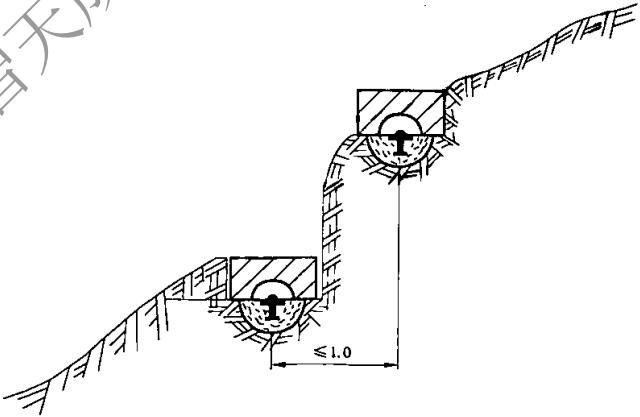


图 A.10 岩层基本水准标石

单位为米

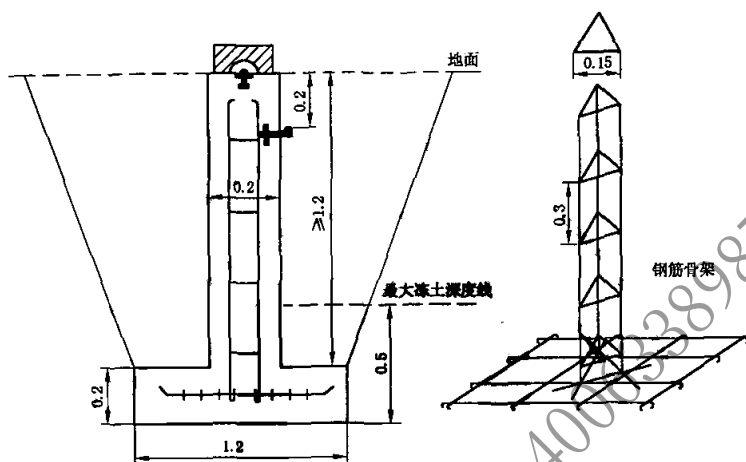


图 A.11 混凝土柱基本水准标石
(沙漠地区混凝土柱基本水准标石)
基座边长扩大至 1.5 m

单位为米

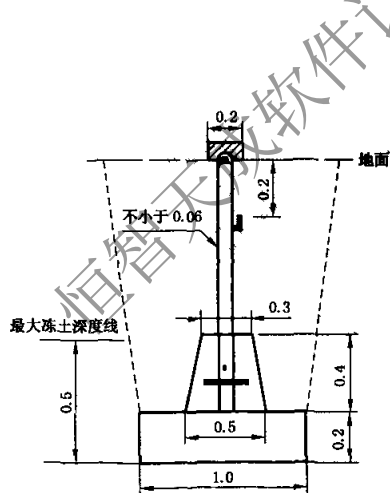


图 A.12 钢管基本水准标石

单位为米

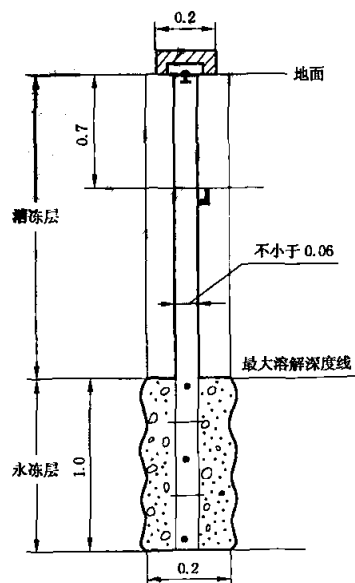


图 A.13 永冻地区钢管基本水准标石

A.6.3 普通水准标石断面图(见图 A.14~图 A.19)

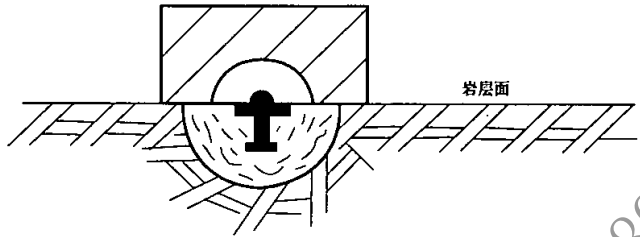


图 A.14 岩层普通水准标石

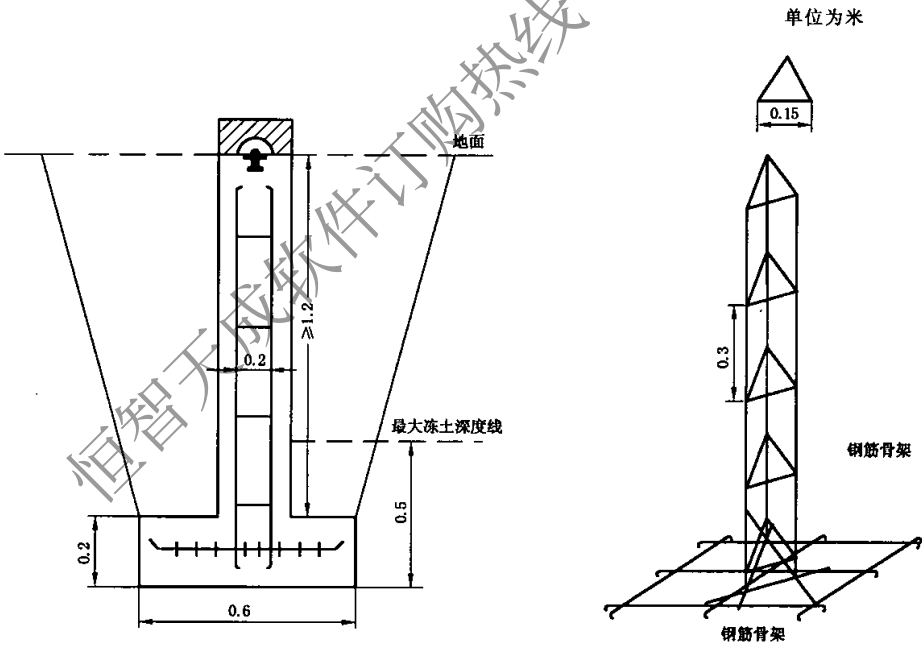


图 A.15 混凝土柱普通水准标石
(沙漠地区混凝土柱普通水准标石)
基座边长扩大至 1.0 m

单位为米

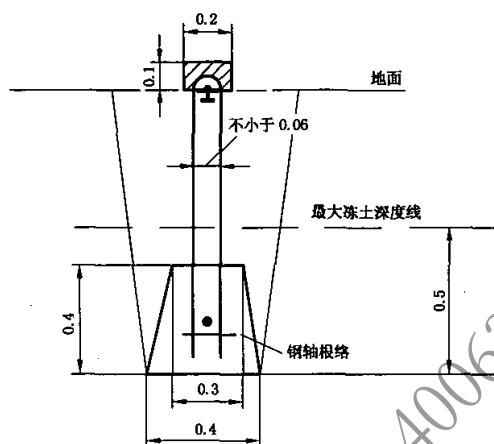


图 A.16 钢管普通水准标石

单位为米

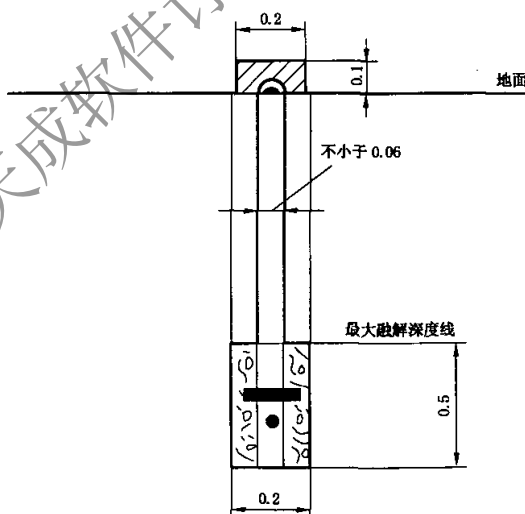


图 A.17 永冻地区钢管普通水准标石

单位为米

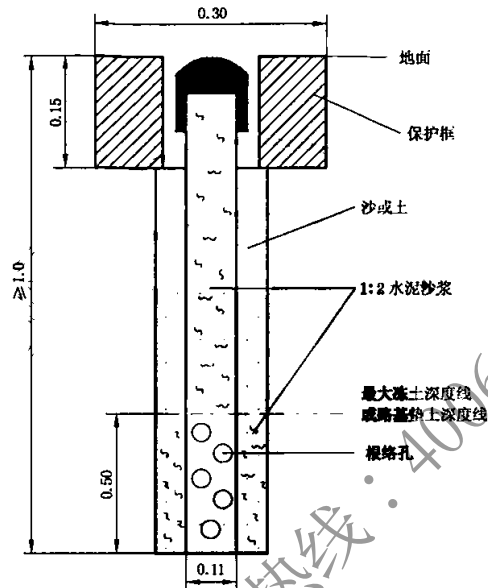


图 A.18 道路水准标石

单位为毫米

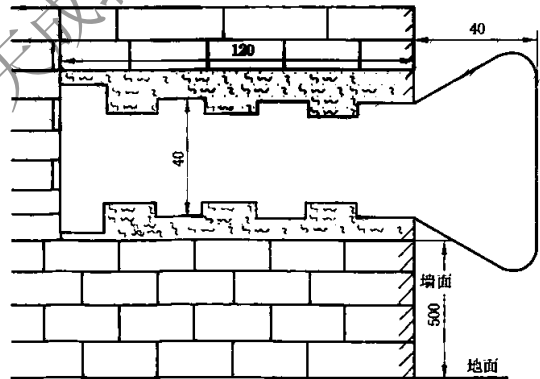


图 A.19 墙脚水准标志埋设图

A.6.4 水准点的外部整饰图(见图 A.20~图 A.25)

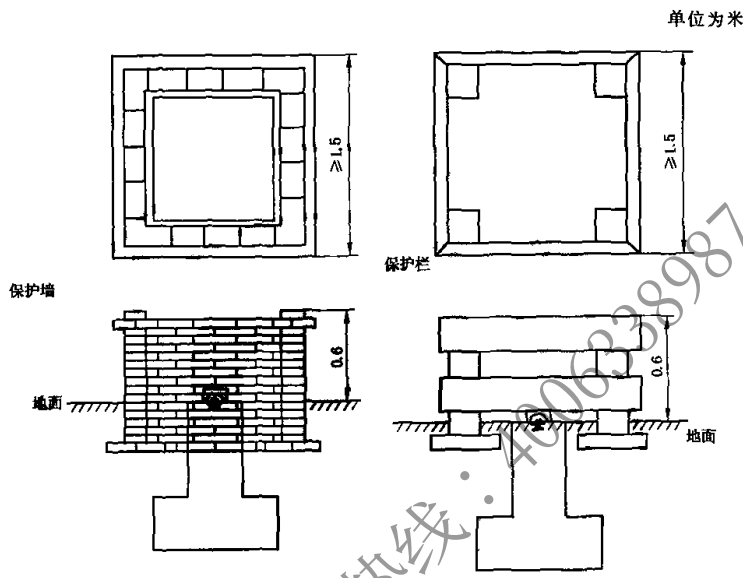
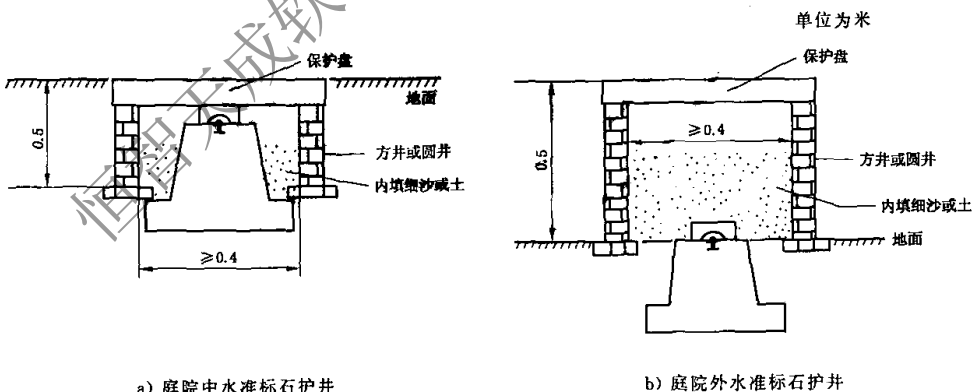


图 A.20 浅层基岩水准点保护墙(保护栏)



a) 庭院中水准标石护井

b) 庭院外水准标石护井

图 A.21 水准点保护井

单位为米

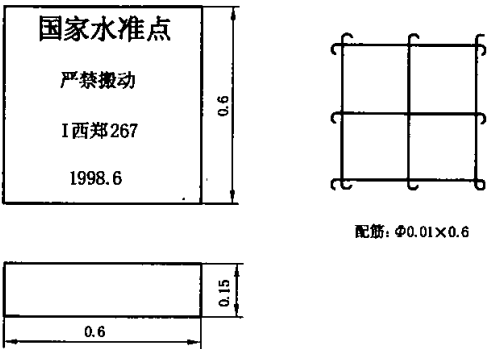


图 A.22 水准点保护盘

单位为米

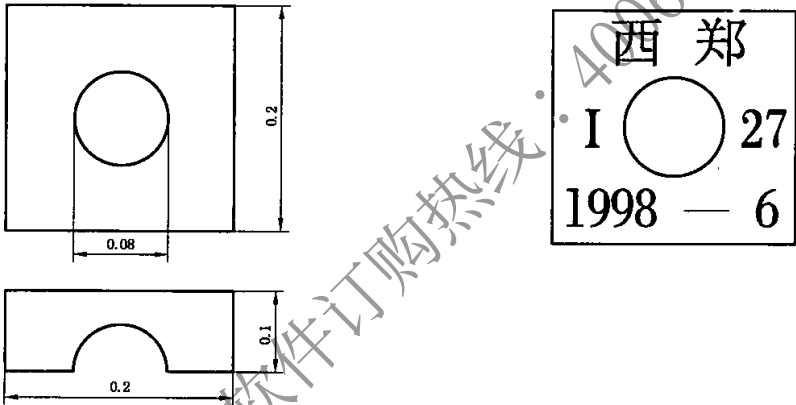


图 A.23 水准点标志盖

图 A.24 标石顶面的点名标识

单位为米

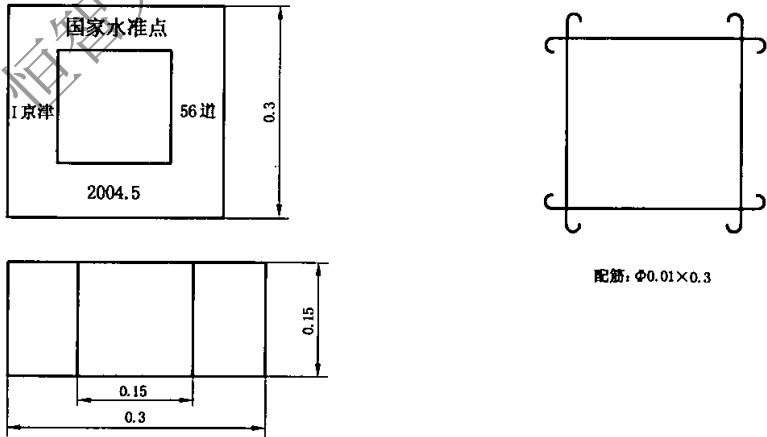


图 A.25 道路水准点保护框

A.7 水准标石材料用量和混凝土施工要求

A.7.1 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 P.032.5(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。制作受冻融影响的混凝土标石，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，应使用抗硫酸盐水泥。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 mm~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 0.5 mm~3 mm 粒径的中砂，含泥量不得超过 3%。
- d) 水应采用清洁的淡水，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、减水剂、引气剂、速凝剂等，其质量应符合相应规定，不得使用含氯盐的外加剂。

A.7.2 各类水准标石体积计算和采用骨料用量(见表 A.3~表 A.5)

表 A.3 柱石(钢管)长度及标石坑(钻孔)深度计算表

标石类型	柱石(钢管或塑管)长度	标石坑(钻孔)深度
浅层基岩水准标石	地面至坚硬岩层面距离	地面至坚硬岩层面距离加深 0.2 m
岩层水准标石	—	0.15 m
混凝土柱水准标石	最大冻土深度加长 0.3 m	最大冻土深度加深 0.5 m
道路水准标石	最大冻土深度加长 0.5 m	最大冻土深度加深 0.5 m
钢管水准标石	最大冻土深度加长 0.5 m	最大冻土深度加深 0.5 m
永冻地区钢管普通水准标石	最大融解深度加长 0.5 m	最大融解深度加深 0.5 m
永冻地区钢管基本水准标石	最大融解深度加长 1 m	最大融解深度加深 1 m
注 1：居民地内水准标石柱石(钢管)长度应减去 0.2 m。 注 2：沙漠地区或最大冻土深度小于 0.8 m 的地区的水准标石，最大冻土深度按 0.8 m 计算。 注 3：冻土深度以 A.8 中国冻土极值深度等值线图为依据，结合勘测点位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，还应依据永久冻土和冰川资料确定最大溶解深度。		

表 A.4 标石体积计算表

单位为立方米

标石类型	基座体积	每米柱石体积	标石总体积
浅层基岩水准标石	0.039	0.071	$0.039+0.071\times L$
混凝土柱基本水准标石	0.288	0.071	$0.288+0.071\times L$
混凝土柱普通水准标石	0.072	0.031	$0.072+0.031\times L$
沙漠地区混凝土柱基本水准标石	0.450	0.071	$0.450+0.071\times L$
沙漠地区混凝土柱普通水准标石	0.200	0.031	$0.200+0.031\times L$
道路水准标石	—	0.02	$0.02\times L$
钢管基本水准标石	0.200*	0.065**	0.265
钢管普通水准标石	—	0.049**	0.049
永冻地区钢管基本水准标石	—	0.057	$0.057\times L$
永冻地区钢管普通水准标石	—	0.029	$0.029\times L$
注 1：L 为柱石长度，单位为米(m)。 注 2：* 为垫层体积。 注 3：** 为标石墩体积。			

表 A.5 每立方米混凝土制作材料用量表

骨料种类	级配粒径/mm	水	水泥	砂	石	质量配合比例
		质量/kg	质量/kg	质量/kg	质量/kg	
		(体积/m³)	(体积/m³)	(体积/m³)	(体积/m³)	
碎石	5~40	180	300	600	1226	0.6 : 1 : 2.0 : 4.07
		(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: 埋在冻土地区的标石,1 m³ 混凝土的水泥用量按 300 kg(0.3 m³)取用。 注 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。 注 3: 当采用 5 mm~40 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。						

A.7.3 钢筋骨架用料计算(见表 A.6)

表 A.6 钢筋骨架用料计算表

单位为米

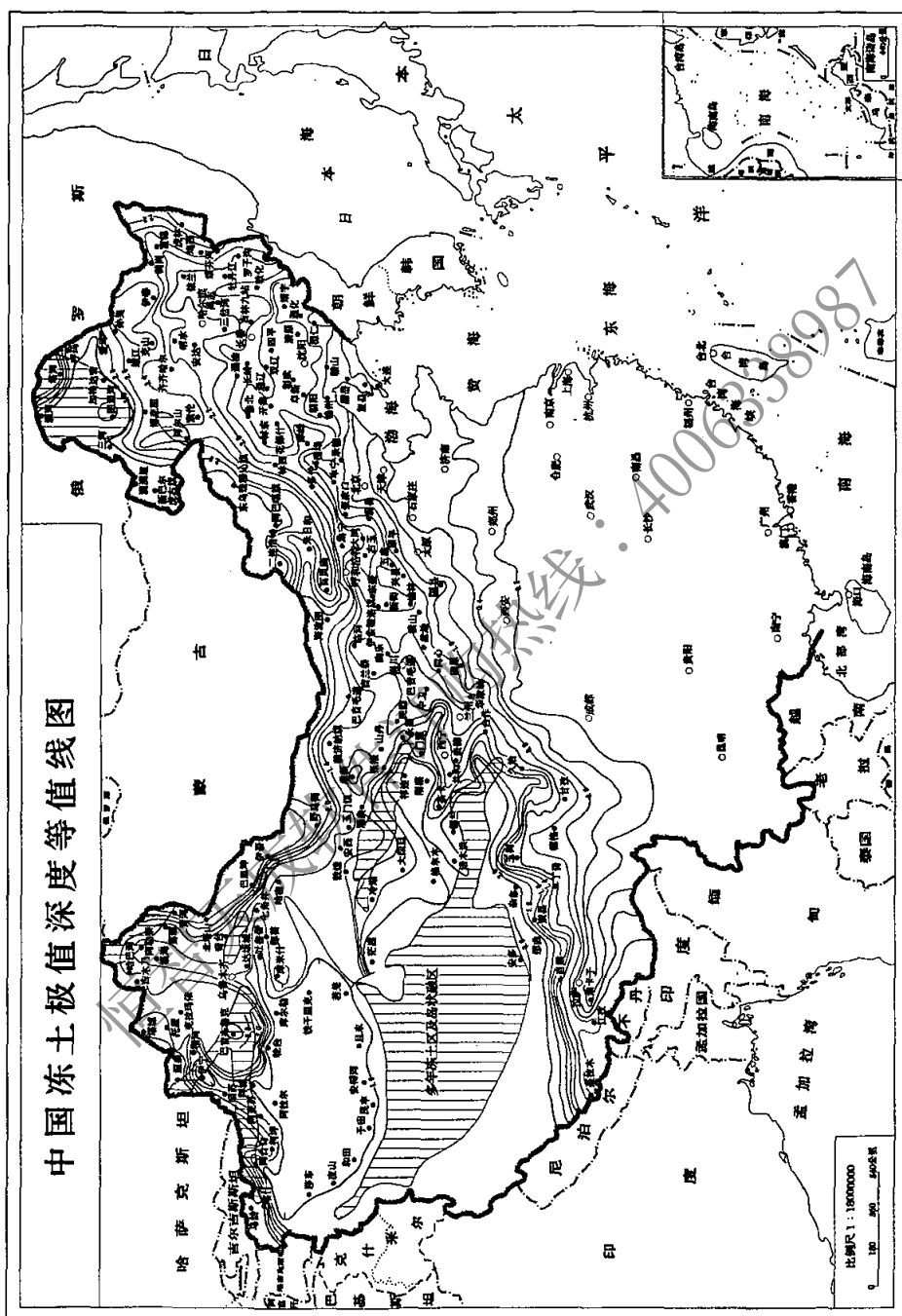
标石类型	规 格	柱石用料	基座用料
混凝土柱基本水准标石	足筋 $\Phi=10\text{ mm}$	$3\times L$	3×1.2
	裹筋 $\Phi=6\text{ mm}$	$0.60\times (L/0.3+1)$	
混凝土柱普通水准标石	足筋 $\Phi=10\text{ mm}$	$3\times L$	6×0.6
	裹筋 $\Phi=6\text{ mm}$	$0.35\times (L/0.3+1)$	
沙漠地区混凝土柱基本水准标石	足筋 $\Phi=10\text{ mm}$	$3\times L$	10×1.5
	裹筋 $\Phi=6\text{ mm}$	$0.60\times (L/0.3+1)$	
沙漠地区混凝土柱普通水准标石	足筋 $\Phi=10\text{ mm}$	$3\times L$	8×1.0
	裹筋 $\Phi=6\text{ mm}$	$0.35\times (L/0.3+1)$	
浅层基岩水准标石	足筋 $\Phi=10\text{ mm}$	$3\times L$	4×0.45
	裹筋 $\Phi=6\text{ mm}$	$0.60\times (L/0.3+1)$	
	脚柱 $\Phi=20\text{ mm}$	—	5×0.25
注 1: L 为柱石长度加 0.3 m。 注 2: 直径为 10 mm 的钢筋, 两端 0.1 m 处, 分别弯成半圆形。足筋下端 0.3 m 处向外弯成直角形。			

A.7.4 混凝土施工要求:

- a) 调制混凝土, 应先将砂、石洗净。浇灌标石时, 应逐层充分捣固。
- b) 气温在 0℃ 以下时, 应加入防冻剂, 拆模时间不应少于 24 h, 否则不得施工。
- 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 0℃ 以上时, 拆模时间不得少于 12 h。

A.8 中国冻土极值深度等值线图

中国冻土极值深度等值线图中多年冻土区及岛状融区范围取自 GB 50007--2002, 见图 A.26。



A.9 测量标志委托保管书

A.9.1 测量标志委托保管书统一印制,格式如图 A.27。

测量标志委托保管书

点 名: _____

所在图幅: _____

标石种类: _____

标志质料: _____

完整情况: _____

托管日期: _____

设置地点: _____

点
位
略
图

测量标志是社会主义经济建设和国防建设的重要设施,应长期保存。各级党、政领导机关和接管部门应对群众进行宣传教育,依法保护测量标志,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 _____ 代表 _____ 根据《中华人民共和国测绘法》,将上述测量标志委托 _____ 接管,并负责保护。

托管单位: _____ (盖公章) _____ 代表: _____

地 址: _____ 邮编: _____

接管单位: _____ (盖公章) _____ 代表: _____

地 址: _____ 邮编: _____

此保管书共三份,一份随成果上交,一份由接管单位保存,一份由测量机关呈交地方测绘管理部门。

图 A.27

50

A.9.2 委托保管书背面印制内容如下：

中华人民共和国测绘法(节选)

2002 年 12 月 1 实施

第二十六条 测绘人员进行测绘活动时,应当持有测绘作业证件。

任何单位和个人不得妨碍、阻挠测绘人员依法进行测绘活动。

第三十五条 任何单位和个人不得损毁或者擅自移动永久测量标志和正在使用中的临时性测量标志,不得侵占永久测量标志用地,不得在永久性测量标志安全控制范围内从事危害测量标志安全和使用效能的活动。

本法所称永久性测量标志,是指各等级的三角点、基线点、导线点、军用控制点、重力点、天文点、水准点和卫星定位点的木质觐标、钢质觐标和标石标志,以及用于地形测图、工程测量和形变测量的固定标志和海底大地点设施。

第三十六条 永久性测量标志的建设单位应当对永久性测量标志设立明显标志,并委托当地有关单位指派专人负责保管。

第三十七条 进行工程建设,应当避开永久性测量标志;确实无法避开,需要拆迁永久性测量标志或者使永久性测量标志失去效能的,应当经国务院测绘行政主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府测绘行政主管部门批准;涉及军用控制点的,应当征得军队测绘行政主管部门的同意。所需迁建费用由工程建设单位承担。

第三十八条 测绘人员使用永久性测量标志,应持有测绘作业证件,并保证测量标志的完好。保管该测量标志的单位和人员,应当查验使用后的测量标志的完好状况。

第三十九条 县级以上人民政府应当采取有效措施加强测量标志的保护工作。

县级以上人民政府测绘行政主管部门应当按照规定检查、维护永久性测量标志。

乡级人民政府应当做好本行政区域内的测量标志保护工作。

第五十条 违反本法规定,有下列行为之一的,给予警告,责令改正,可以并处五万元以下的罚款;造成损失的,依法承担赔偿责任;构成犯罪的,依法追究刑事责任;尚不够刑事处罚的,对负有直接责任的主管人员和其他直接责任人员,依法给予行政处分:

- (一) 损毁或者擅自移动永久性测量标志和正在使用中的临时性测量标志的;
- (二) 侵占永久性测量标志用地的;
- (三) 在永久性测量标志安全控制范围内从事危害测量标志安全和使用效能的活动的;
- (四) 在测量标志占地范围内,建设影响测量标志使用效能的建筑物的;
- (五) 擅自拆迁永久性测量标志或者使永久性测量标志失去效能,或者拒绝支付迁建费的;
- (六) 违反操作规程使用永久性测量标志,造成永久性测量标志毁损的。

中华人民共和国刑法(节选)

1997 年 10 月 1 日起实施

第三百二十三条 故意破坏国家边境的界碑、界桩或者永久性测量标志的,处三年以下有期徒刑或者拘留。

附录 B

(规范性附录)

仪器检验方法

B.1 水准标尺的检视

B.1.1 标尺有无凹陷、裂缝、碰伤、划痕、脱漆等现象。

B.1.2 标尺刻划线是否清晰,有无异常伤痕。

B.2 水准标尺上圆水准器的检校

B.2.1 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。

B.2.2 将水准标尺旋转 180°,使水准标尺的中线(或边缘)与水准仪竖丝精密重合。观察气泡,若气泡居中,表示标尺此面已垂直,否则应重新对水准仪十字丝进行检校。

B.2.3 旋转水准标尺 90°,检查标尺另一面是否垂直,其检校方法同 B.2.1、B.2.2 两项。

B.2.4 如此反复检校多次,使标尺能按标尺上圆水准器准确地处于垂直位置。

B.3 水准标尺分划面弯曲差的测定

B.3.1 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。

B.3.2 计算方法

标尺弯曲差 f 按式(B.1)计算:

$$f = R_{\text{中}} - (R_{\text{上}} + R_{\text{下}})/2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

$R_{\text{中}}$ ——中间读数,单位为毫米(mm);

$R_{\text{上}}$ ——上端读数,单位为毫米(mm);

$R_{\text{下}}$ ——下端读数,单位为毫米(mm)。

当名义米长测定值为标尺尺带弧长时, f 不得大于 4 mm,否则长度 L 应按式(B.2)改正:

$$L = L' - 8f^2/(3L') \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中:

L' ——标尺名义长度,单位为毫米(mm)。

B.4 一对水准标尺零点不等差及基、辅分划读数差的测定

B.4.1 准备

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

B.4.2 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。

对于数字水准仪,应设置重复测量次数 5 次,每测回每桩连续读数 4 次。

B.4.3 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 B.1。

对于数字水准仪,两条码标尺读数中数的差,即为--对标尺零点不等差。此项检验范例见表 B.2。

表 B.1 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 No. 0619 No. 0620 日期:1999-8-13 仪器:N3 No. 58823
观测者: 记录者: 检查者: mm

测 回	桩 号	No. 0619 标 尺 读 数			No. 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
III	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							

表 B.2 一对标尺零点不等差测定

标尺:条码式因瓦标尺 No.034 No.035
仪器:DiNi12 No.700546
日期:2002-10-30

观测者:
计算者:
检查者:

桩 号	No. 034 标尺读数			No. 035 标尺读数		
	I 测回/mm	II 测回/mm	III 测回/mm	I 测回/mm	II 测回/mm	III 测回/mm
1	1 218.84	1 244.48	1 266.82	1 218.80	1 244.54	1 266.90
	1 218.80	1 244.46	1 266.80	1 218.84	1 244.50	1 266.90
	1 218.76	1 244.44	1 266.78	1 218.82	1 244.54	1 266.88
	1 218.80	1 244.46	1 266.80	1 218.82	1 244.53	1 266.89
2	1 427.70	1 453.40	1 475.68	1 427.82	1 453.50	1 475.78
	1 427.70	1 453.42	1 475.62	1 427.84	1 453.50	1 475.70
	1 427.72	1 453.44	1 475.64	1 427.80	1 453.52	1 475.74
	1 427.71	1 453.42	1 475.65	1 427.82	1 453.51	1 475.74
3	1 628.92	1 654.58	1 676.82	1 629.04	1 654.66	1 676.92
	1 628.88	1 654.62	1 676.84	1 629.04	1 654.70	1 676.98
	1 628.92	1 654.64	1 676.90	1 629.02	1 654.72	1 677.00
	1 628.91	1 654.61	1 676.85	1 629.03	1 654.72	1 676.97
平均	1 425.138	1 450.831	1 473.100	1 425.224	1 450.912	1 473.200
总平均	1 449.690			1 449.779		
一对标尺零点不等差=0.09 mm						

B.5 水准标尺中轴线与标尺底面垂直性测定

B.5.1 准备

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

B.5.2 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。

对于数字水准仪,设置重复测量次数 3 次,每次照准标尺读数 4 次。

B.5.3 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,在作业中应采用尺圈。

此项检验范例见表 B.3。

对于数字水准仪检验范例见表 B.4。

表 B.3 标尺中轴线与标尺底面垂直性测定

标尺:线条式因瓦标尺 No. 0620

仪器:N3 No. 58823

日期:1999-8-14

观测者:

记录者:

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	6.06	2.50	7.28		
中数	2.71	8.93	3.91	6.15	2.51	7.31		
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		
左边缘 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		
$\Sigma(R_i-R_j)/6$	R_1-R_2	-0.04	R_1-R_3	+0.01	R_1-R_4	+0.04	R_1-R_5	-0.02

表 B.4 标尺中轴线与标尺底面垂直性测定

标尺:条码式因瓦标尺 No. 323
仪器:DNA 03 No. 330068
日期:2002-10-31

观测者:
计算者:
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	6.15	2.50	7.32
	2.72	8.92	3.88	6.16	2.51	7.43
	2.71	8.92	3.90	6.22	2.52	7.31
	2.71	8.93	3.91	6.06	2.50	7.28
中数	2.71	8.93	3.91	6.15	2.51	7.31
前边缘 R_2	2.77	8.94	4.02	6.18	2.54	7.34
	2.72	8.97	3.96	6.14	2.53	7.32
	2.80	8.96	3.99	6.10	2.55	7.36
	2.78	9.00	3.98	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	2.75	8.90	3.90	6.20	2.48	7.26
	2.72	8.88	3.90	6.14	2.52	7.30
	2.80	8.92	3.92	6.12	2.49	7.27
	2.74	8.90	3.88	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	2.65	8.91	3.89	6.12	2.47	7.26
	2.62	8.90	3.92	6.11	2.44	7.28
	2.64	8.90	3.88	6.06	2.48	7.29
	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	6.13	2.56	7.34
	2.71	8.98	3.94	6.12	2.55	7.33
	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	-0.03	+0.02	-0.04	-0.02
$\Sigma(R_1 - R_j)/6$	$(R_1 - R_2)_\# = -0.04$ $(R_1 - R_3)_\# = +0.01$ $(R_1 - R_4)_\# = +0.04$ $(R_1 - R_5)_\# = -0.02$					

B.6 水准仪的检视

B.6.1 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。

B.6.2 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。

B.6.3 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 m~150 m 的标尺分划呈像模糊，则此望远镜不能使用。

B.6.4 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。

B.6.5 数字水准仪需增加下列检视

- 屏幕及各按键的电子功能是否正常；
- 蓄电池与充电设备是否正常；
- 记录卡与输出设备是否正常。

B.6.6 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及初级功能上对水准仪作出评价，并作记录。

B.7 水准仪上概略水准器的检校

B.7.1 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。

B.7.2 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。

B.8 水准仪光学测微器隙动差和分划值的测定

B.8.1 此项检验应选择成像清晰稳定的时间进行。在距仪器 5 m~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。

B.8.2 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 6 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 ，5 个测回组成一组，以后各组之观测同第一组。

B.8.3 计算方法：

a) 求出测微器隙动差 Δ

$$\Delta = \sum (a_0 - b_0) / 18 \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

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

$$g = \sum l / \sum L \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

l ——中丝对准标准尺首、末分划间隔,单位为毫米(mm)；

L ——对准首、末分划时测微器转动量,格。

此项检验范例见表 B.5 和 B.6。

表 B.5 光学测微器隙动差和分划值的测定

仪器: Ni 002 No. 430271

日期: 1999-7-28

距离: 8 m

观测者:

记录者:

检查者:

组数	时间和温度	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	00.0	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	100.28	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 B.6 光学测微器隙动差与分划值计算

组 别	温度/℃	往测(旋进)	标准尺始末分划间隔 l /mm	L 间隔在测微器上的转动量格
		返测(旋出)		
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	$g = \Sigma l / \Sigma L = 30 / 599.70 = 0.050\ 0\ \text{mm/格}$ $\Sigma(a_0 - b_0) = -11.88\ t$ $\Delta = -11.88 / 18 = -0.66\ t$			

B.9 水准仪视线观测中误差的测定

B.9.1 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,其一脚螺旋连线应与标尺方向垂直。仔细整平仪器,并应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。

B.9.2 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 6 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。对于数字水准仪,每一测回共测 16 次,设置重复测量次数为 3 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。

B.9.3 计算方法

视线观测中误差 M 按式(B.5)计算:

$$M = \pm \sqrt{\Sigma[vv] / \{R(n-1)\}} \times t \times \rho / D \cdots \cdots (B.5)$$

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;

R ——测回数

n ——一测回中读数次数;

t ——测微器格值,单位为毫米(mm);

ρ ——206 265,单位为角秒(");

D ——标尺距仪器的距离,单位为毫米(mm)。

此项检验范例见表 B.7。

对于数字水准仪检验范例见表 B.8。

表 B.7 水准仪视线观测中误差的测定

仪器: Ni 004 No. 159762

观测者:
记录者:
检查者:

距离: D=30.0 m

日期	1999.8.11		1999.8.12		1999.8.13	
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	07.8	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	51.8	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
$M=\pm\sqrt{2}\frac{[vv]}{84}\cdot t\times p/D=\pm\sqrt{75.774/84}\times 0.05\times 206\,265/30\,000=\pm 0.33''$						

表 B.8 数字水准仪视线观测中误差的测定

仪器: DL-101C No. UG0357

观测者:
记录者:
检查者:

距离: D=30.0 m

日期	2002.7.23		2002.7.24		2002.7.25	
时间	9:37	10:00	9:05	9:20	8:05	8:30
温度/℃	33.0	33.2	30.8	31.0	28.0	28.0
测回	1	2	3	4	5	6
次序	标 尺 读 数/m					
1	1.550 00	1.549 95	1.560 98	1.561 08	1.530 07	1.530 11
2	1.550 07	1.550 08	1.561 02	1.561 03	1.530 12	1.530 12
3	1.550 15	1.550 00	1.561 03	1.561 06	1.530 09	1.530 18

表 B.8(续)

日期	2002. 7. 23		2002. 7. 24		2002. 7. 25	
时间	9:37	10:00	9:05	9:20	8:05	8:30
温度/℃	33.0	33.2	30.8	31.0	28.0	28.0
测回	1	2	3	4	5	6
次序	标 尺 读 数/m					
4	1.550 19	1.550 14	1.561 06	1.561 08	1.530 21	1.530 15
5	1.549 91	1.549 97	1.561 00	1.561 10	1.530 16	1.530 15
6	1.549 95	1.550 05	1.561 06	1.561 04	1.530 09	1.530 17
7	1.549 99	1.550 04	1.561 00	1.561 00	1.530 12	1.530 16
8	1.550 06	1.549 95	1.561 04	1.561 06	1.530 20	1.530 18
9	1.550 07	1.549 95	1.561 06	1.561 05	1.530 08	1.530 10
10	1.549 98	1.549 96	1.561 00	1.561 09	1.530 16	1.530 19
11	1.549 95	1.549 97	1.561 03	1.561 16	1.530 12	1.530 17
12	1.549 97	1.549 99	1.561 07	1.561 09	1.530 25	1.530 16
13	1.549 99	1.549 92	1.560 99	1.561 13	1.530 13	1.530 11
14	1.550 03	1.549 93	1.561 09	1.561 16	1.530 18	1.530 20
15	1.550 00	1.549 99	1.561 06	1.561 20	1.530 15	1.530 09
16	1.550 08	1.550 01	1.561 01	1.561 17	1.530 13	1.530 20
[vv]	0.093 575	0.051 975	0.016 175	0.047 575	0.087 975	0.019 500
$M=\pm\sqrt{\sum[vv]/90\times p/D}=\pm\sqrt{0.265\ 775/90\times 206\ 263/30\ 000}=\pm 0.37''$						

B.10 自动安平水准仪补偿误差的测定

B.10.1 准备

在平坦的地方丈量一条 40 m~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。

B.10.2 观测方法

观测时,应分别将圆气泡置于如下位置:

- 气泡精确居中($i=0$);
- 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($i=1$);
- 气泡偏向 B 尺,气泡偏离大小同 $b(i=2)$;
- 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($i=3$);
- 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。

对于数字水准仪,设置重复测量次数为 5 次,在成像稳定环境下测定。

B. 10.3 计算方法

a) 计算观测高差

$$h_i = A_i - B_i \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

- h_i ——每一气泡位置上观测高差,单位为毫米(mm);
- A_i ——A 标尺上的读数平均值,单位为毫米(mm);
- B_i ——B 标尺上的读数平均值,单位为毫米(mm)。

b) 计算补偿误差

$$\Delta\alpha_i = (h_i - h_0)\rho/(D \cdot \alpha_i) \dots\dots\dots (B.7)$$

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,单位为毫米(mm);
- h_0 ——气泡居中时的观测高差,单位为毫米(mm);
- ρ ——206 265,单位为角秒(");
- D ——A、B 两标尺的距离,单位为毫米(mm);
- α_i ——仪器倾斜补偿极限角度,单位为角分(')。

此项检验范例见表 B.9。

对于数字水准仪检验范例见表 B.10。

表 B.9 自动安平水准仪补偿误差的测定

仪器:Koni 007 No. 139763

AB 间距离 $D=41.20\text{ m}$

日期:1999-8-13

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	
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

表 B.9(续)

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 $\alpha_1 = 8'$	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
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

表 B.9(续)

仪器位置		视线在 A 标尺上的读数	视线在 B 标尺上的读数
气泡偏向右边 $\alpha_1 = 8'$	6	916	772
	7	948	776
	8	946	780
	9	945	770
	10	946	770
	中数	947.6	755.8
A、B 间高差 h_1		-0.024 141 m	

补偿误差的计算:

$$\Delta\alpha_1 = (h_1 - h_0) \times \rho / (D \times \alpha_1) = (-0.027 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.02''$$
$$\Delta\alpha_2 = (h_1 - h_0) \times \rho / (D \times \alpha_2) = (-0.052 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.03''$$
$$\Delta\alpha_3 = (h_1 - h_0) \times \rho / (D \times \alpha_3) = (+0.052 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = +0.02''$$
$$\Delta\alpha_4 = (h_1 - h_0) \times \rho / (D \times \alpha_4) = (-0.119 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.07''$$

表 B.10 自动安平数字水准仪补偿误差测定

仪器: DiNi 12 No. 700546

日期: 2002-7-28

AB 间距: 41.2 m

观测者:

计算者:

检查者:

仪器位置	仪器置平		气泡偏向 A 标尺 $\alpha_1 = 8'$		气泡偏向 B 标尺 $\alpha_2 = 8'$		气泡偏向左边 $\alpha_3 = 8'$		气泡偏向右边 $\alpha_4 = 8'$	
序号	A 尺读数 m	B 尺读数 m	A 尺读数 m	B 尺读数 m	A 尺读数 m	B 尺读数 m	A 尺读数 m	B 尺读数 m	A 尺读数 m	B 尺读数 m
1	1.589 84	1.613 94	1.589 83	1.613 90	1.589 75	1.613 86	1.589 83	1.613 79	1.589 75	1.613 90
2	1.589 88	1.613 92	1.589 78	1.613 88	1.589 74	1.613 85	1.589 78	1.613 79	1.589 71	1.613 91
3	1.589 84	1.613 79	1.589 87	1.613 89	1.589 79	1.613 80	1.589 77	1.613 79	1.589 74	1.613 87
4	1.589 82	1.613 79	1.589 86	1.613 92	1.589 74	1.613 83	1.589 80	1.613 77	1.589 75	1.613 88
5	1.589 87	1.613 81	1.589 89	1.613 88	1.589 76	1.613 79	1.589 78	1.613 79	1.589 76	1.613 89
6	1.589 78	1.613 81	1.589 89	1.613 93	1.589 76	1.613 78	1.589 83	1.613 81	1.589 73	1.613 86
7	1.589 73	1.613 89	1.589 89	1.613 89	1.589 74	1.613 86	1.589 83	1.613 75	1.589 74	1.613 88
8	1.589 83	1.613 80	1.589 81	1.613 94	1.589 78	1.613 88	1.589 81	1.613 77	1.589 73	1.613 90
9	1.589 81	1.613 84	1.589 84	1.613 84	1.589 74	1.613 84	1.589 81	1.613 74	1.589 74	1.613 85
10	1.589 85	1.613 90	1.589 82	1.613 90	1.589 78	1.613 83	1.589 82	1.613 76	1.589 73	1.613 85
中数	1.589 827	1.613 849	1.589 818	1.613 897	1.589 758	1.613 832	1.589 806	1.613 776	1.589 738	1.613 779
高差	$h_1 = -0.024\ 022\text{ m}$ $h_2 = -0.024\ 049\text{ m}$ $h_3 = -0.024\ 074\text{ m}$ $h_4 = -0.023\ 970\text{ m}$ $h_5 = -0.024\ 041$									
补偿误差 计算	$\Delta\alpha_1 = (h_1 - h_0) \cdot \rho / (D \cdot \alpha_1) = (-0.027 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.02''$ $\Delta\alpha_2 = (h_1 - h_0) \cdot \rho / (D \cdot \alpha_2) = (-0.052 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.03''$ $\Delta\alpha_3 = (h_1 - h_0) \cdot \rho / (D \cdot \alpha_3) = (+0.052 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = +0.03''$ $\Delta\alpha_4 = (h_1 - h_0) \cdot \rho / (D \cdot \alpha_4) = (-0.019 \times 206\ 265) / (41\ 200 \times 8) = -0.01''$									

B.11 水准仪十字丝的检校

B.11.1 准备

选择一避风的地方或室内安置仪器。在距仪器 10 m~20 m 处悬挂一垂球线。

B.11.2 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。

B.12 水准仪视距常数的测定

B.12.1 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。

B.12.2 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。

B.12.3 计算方法

a) 乘常数计算

$$k = (D_B - D_A) / (l_B - l_A) \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

式中:

D_A ——A 标尺距仪器的距离,单位为毫米(mm);

D_B ——B 标尺距仪器的距离,单位为毫米(mm);

l_A ——A 标尺上、下丝读数间隔平均值,单位为毫米(mm);

l_B ——B 标尺上、下丝读数间隔平均值,单位为毫米(mm);

b) 加常数计算

$$C = D - k * l \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

式中:

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

$$m_k = \pm k / (l_B - l_A) * \sqrt{([vv]_A + [vv]_B) / m(m-1)} \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

式中:

m ——测回数;

v ——各上下丝读数间隔和平均值之差,单位为毫米(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 B.11。

表 B.11 视距常数的测定

仪器: Ni 002 No. 430161

日期: 1999-8-17

温度: 20.5℃

观测者:

记录者:

检查者:

测 回	分划面	$D_A=5.40\text{ m}$			$D_B=50.41\text{ m}$		
		上 下 丝 读 数	$L_A=\text{上}-\text{下}$		上 下 丝 读 数	$L_B=\text{上}-\text{下}$	
1	基本	3 105	100	$L_A=100.0/2$ $=50.0\text{ mm}$ $[vv]_A=4.00/4$ $=1.00\text{ mm}^2$ $L_A=100.0/2$ $=50.0\text{ mm}$ $[vv]_A=4.00/4$ $=1.00\text{ mm}^2$	3 555	1 000	$L_B=1000.0/2$ $=500.0\text{ mm}$ $[vv]_B=4.00/4$ $=1.00\text{ mm}^2$
		3 005			2 555		
	辅助	9 170	100		9 620	1 000	
		9 070			8 620		
2	基本	3 095	99		3 545	1 001	
		2 996			2 544		
	辅助	9 159	99		9 609	1 001	
		9 060			8 608		
3	基本	3 097	101		3 547	1 000	
		2 996			2 547		
	辅助	9 163	101		9 612	1 000	
		9 062			8 612		
4	基本	3 015	100		3 565	999	
		2 915			2 466		
	辅助	9 080	100		9 530	999	
		8 980			8 531		
$k=(D_B-D_A)/(l_B-l_A)=100.02$ $C=D_A-k\quad l_A=0.40\text{ m}$ $C=D_B-k\quad l_B=0.40\text{ m}\quad m_k=\pm k/(l_B-l_A)\cdot\sqrt{([vv]_A+[vv]_B)/56}=\pm 0.04$							

B.13 水准仪调焦透镜运行误差的测定

B.13.1 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:

$D_1=5\text{ m}; D_2=10\text{ m}; D_3=20\text{ m}; D_4=30\text{ m}; D_5=50\text{ m};$

距离应用钢尺丈量。此项检验应选择呈像清晰稳定的时间进行。

B.13.2 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。

对于数字水准仪,设置重复测量次数为 5 次,可以不变仪器高。

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。

B. 13.3 计算方法

a) 求出 0 号点到其他各点的高差 h_i :

$$h_i = L_0 - L_i \dots\dots\dots (B. 11)$$

式中:

L_0 ——对应于 L_i 的 0 号点各测回往返测读数平均值,单位为毫米(mm);

L_i ——对应于 L_0 的 i 号点各测回往返测读数平均值,单位为毫米(mm)。

b) 求出在 0 号点观测 1~5 号点的视线高度 H_i :

$$H_i = M_i + h_i - 7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2 \dots\dots\dots (B. 12)$$

式中:

M_i ——在 0 号点观测 1~5 号点的各测回往返标尺读数平均值,单位为毫米(mm);

D_i ——0 号点到其他各点的距离,单位为米(m)。

c) 求出调焦运行误差 v_i :

$$v_i = \Delta_i + (23 - D_i) \cdot k \dots\dots\dots (B. 13)$$

$$\text{且: } \Delta_i = H_i - \sum H_i / 5 \qquad k = \sum (D_i \cdot \Delta_i) / 1\,280$$

此项检验范例见表 B. 12 和表 B. 13。

对于数字水准仪检验范例见表 B. 14 和表 B. 15。

表 B. 12 用水准仪调焦透镜运行误差检验的标准高差测定

仪器: Ni 002 No. 430161

日期: 1999-4-16

温度: 18.0℃

成像: 清晰稳定

观测者:

检查者:

记录者:

桩号		0		1		2		3		4		5	
测回		0		1		2		3		4		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		284 902.1	298 442.9	281 164.2	297 795.1	271 919.4	305 984.1	264 852.6	319 488.1	261 754.1	344 602.8		
$H_i - L_0 - L_i$ mm		-67.70		-83.15		-170.32		-273.18		-414.24			

表 B.13 水准仪调焦透镜运行误差的测定

仪器: Ni 002 No. 430161

日期: 1999-4-16

温度: 18.0℃

观测者:

记录者:

检查者:

成像: 清晰稳定

桩号		1	2	3	4	5
测回						
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
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		1 551.07	1 566.52	1 653.70	1 756.71	1 897.85
h_i		-67.70	-83.15	-170.32	-273.18	-414.24
$-7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		0	-0.01	-0.03	-0.07	-0.20
$H_i = M_i + h_i - 7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		1 483.37	1 483.36	1 483.35	1 483.46	1 483.41
$\Delta_i = H_i - \sum H_i / 5$		-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
$k = \sum (D_i \cdot \Delta_i) / 1.280 = 1.48 \times 10^{-5}$						
检核 $\sum \Delta_i = \sum v_i = 0$						

表 B.14 用于数字水准仪调焦透镜运行误差检验的标准高差测定

仪器: DiNi 12 No. 700546

日期: 2002-7-17

温度: 28.0℃

观测者:

计算者:

检查者:

成像: 清晰稳定

桩号		0		1		2		3		4		5	
测回		m		m		m		m		m		m	
1	往	1.426 90	1.472 95	1.427 58	1.511 68	1.367 89	1.386 53	1.378 52	1.297 05	1.478 70	1.246 98		
	返	1.426 91	1.472 95	1.427 57	1.511 69	1.367 87	1.386 51	1.378 58	1.297 06	1.478 76	1.246 99		
2	往	1.426 91	1.472 95	1.427 56	1.511 68	1.367 86	1.386 51	1.378 57	1.297 08	1.478 78	1.246 98		
	返	1.426 91	1.472 95	1.427 57	1.511 68	1.367 86	1.386 49	1.378 56	1.297 07	1.478 71	1.246 99		
3	往	1.426 91	1.472 95	1.427 57	1.511 67	1.367 86	1.386 51	1.378 56	1.297 07	1.478 70	1.246 96		
	返	1.426 92	1.472 95	1.427 55	1.511 67	1.367 87	1.386 50	1.378 55	1.297 04	1.478 77	1.246 98		
4	往	1.426 91	1.472 95	1.427 56	1.511 67	1.367 85	1.386 52	1.378 59	1.297 06	1.478 76	1.246 99		
	返	1.426 92	1.472 95	1.427 55	1.511 67	1.367 86	1.386 52	1.378 52	1.297 07	1.478 74	1.246 97		
中数 L_i		1.426 911	1.472 950	1.427 564	1.511 676	1.367 865	1.386 511	1.378 556	1.297 062	1.478 740	1.246 980		
$h_i = L_0 - L_i$ mm		-46.04		-84.11		-18.65		+81.49		+231.76			

表 B.15 数字水准仪调焦透镜运行误差的测定

仪器: DiNi 12 No. 700546

日期: 2002-7-17

温度: 28.0℃

成像: 清晰稳定

观测者:

计算者:

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 /mm		5	10	20	30	50
1	往(m)	1.508 94	1.546 94	1.481 35	1.381 00	1.230 75
	返(m)	1.508 95	1.547 01	1.481 47	1.381 17	1.230 70
2	往(m)	1.508 94	1.546 92	1.481 36	1.381 08	1.230 61
	返(m)	1.508 95	1.547 07	1.481 49	1.381 13	1.230 61
3	往(m)	1.508 96	1.546 93	1.481 34	1.381 05	1.230 71
	返(m)	1.508 96	1.547 02	1.481 45	1.381 25	1.230 66
4	往(m)	1.508 95	1.546 94	1.481 36	1.381 02	1.230 70
	返(m)	1.508 95	1.547 01	1.481 49	1.381 06	1.230 67
中数 M_i /mm		1 508.95	1 546.98	1 481.41	1 381.10	1 230.68
h_i		-46.04	-84.11	-18.65	+81.49	+231.76
$-7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		0	-0.01	-0.03	-0.07	-0.20
$H_i = M_i + h_i + 7.8 \times 10^{-5} \cdot D_i^2$		1 462.91	1 462.86	1 462.73	1 462.52	1 462.24
$\Delta_i = H_i - \sum H_i / 5$		+0.26	+0.21	+0.08	-0.13	-0.41
$v_i = \Delta_i + (23 - \Delta_i) \cdot k$ (mm)		-0.02	+0.01	+0.03	-0.02	0.00
$k = \sum (D_i + \Delta_i) / 1\,280 = -0.015\,34$ 检核: $\sum \Delta_i = \sum v_i = 0$						

B.14 气泡式水准仪交叉误差的测定

B.14.1 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。

B.14.2 检验方法

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

B.14.3 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。

B. 15 水准仪*i*角的检校**B. 15.1 准备**

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

对于数字水准仪的准备按所用仪器说明书要求执行。

B. 15.2 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。

对于数字水准仪, 设置重复测量次数为 5 次, 待仪器温度与环境温度充分平衡, 并开机预温后方可进行检测。检测按说明书要求操作。

B. 15.3 计算方法

i 角按下式计算

$$i = \Delta \cdot \rho / (D_2 - D_1) - 1.61 \times 10^{-5} \cdot (D_1 + D_2) \quad \dots\dots\dots (\text{B. 14})$$

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, 单位为角秒(");

ρ ——206 265, 单位为角秒(");

a_2 ——在 I_2 处观测 A 标尺的读数平均值, 单位为毫米(mm);

b_2 ——在 I_2 处观测 B 标尺的读数平均值, 单位为毫米(mm);

a_1 ——在 I_1 处观测 A 标尺的读数平均值, 单位为毫米(mm);

b_1 ——在 I_1 处观测 B 标尺的读数平均值, 单位为毫米(mm);

D_1 ——仪器距近标尺距离, 单位为毫米(mm);

D_2 ——仪器距远标尺距离, 单位为毫米(mm);

B. 15.4 校正

对于 *i* 角大于 15" 仪器应进行校正。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(B. 15)计算:

$$a'_2 = a_2 - \Delta \cdot D_2 / (D_2 - D_1) \quad \dots\dots\dots (\text{B. 15})$$

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(B. 16)计算结果一致, 以此作检校。

$$b'_2 = b_2 - \Delta \cdot D_1 / (D_2 - D_1) \quad \dots\dots\dots (\text{B. 16})$$

校正需反复进行, 使 *i* 角合乎要求为止。

此项检验范例见表 B. 16。

表 B.16 *i* 角的检校

仪器: Ni004 No. 71001

方法: I_1ABI_2

观测者:

日期: 1999-8-10

标尺: No. 10796 No. 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 $D_1=6.0\text{ m}$ 仪器距远标尺距离 $D_2=41.0\text{ m}$								
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 $\Delta=(a_2-b_2)-(a_1-b_1)=$
$$i=\Delta\cdot\rho/(D_2-D_1)-1.61\times10^{-5}\cdot(D_1+D_2)=-0.147''-0.757''=-0.90''$$

校正: $a_2'=a_2-\Delta\cdot D_2/(D_2-D_1)=$
$$b_2'=b_2-\Delta\cdot D_1/(D_2-D_1)=$$

B.16 双摆位自动安平水准仪摆差 2*C* 角的测定

B.16.1 准备

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

B.16.2 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)。

B.16.3 计算方法

2*C* 按式(B.17)计算:

$$2C = [(R_{IIA} - R_{IA})/D_A + (R_{IIB} - R_{IB})/D_B] \cdot \rho/2 \quad \cdots \cdots \cdots (B.17)$$

式中:

- R_{IIA} ——摆 II 位置时 A 标尺读数平均值;
- R_{IA} ——摆 I 位置时 A 标尺读数平均值;
- R_{IIB} ——摆 II 位置时 B 标尺读数平均值;
- R_{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,单位为角秒(")。

上式中 R_{IA} 、 R_{IA} 、 R_{IB} 、 R_{IB} 、 D_A 、 D_B 单位要求统一。

此项检验范例见表 B.17。

表 B.17 自动安平水准仪 2C 值的测定

仪器: Ni 002	温度: 15.5℃	观测者:	
No. 430271		记录者:	
日期: 1999-4-11	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	2 472	232 354	232 540
	2 175	346	554
	297	354	548
	8	354	542
	$D_A: 30.5\text{ m}/2$	352	546
	中数	232 332	232 546
B	2 551	220 514	220 934
	1 859	528	920
	692	520	928
	8	534	940
	$D_B: 70.0\text{ m}/2$	528	943
	中数	220 525	220 931
计 算			
$2C = [(R_{IIA} - R_{IA})/D_A + (R_{IIB} - R_{IB})/D_B] \cdot \rho / 2$ $= (1.94/30.500 + 4.06/70.000) \cdot 206\,265/2 = 12.4''$			

B.17 水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

B.17.1 准备

在一平坦场地分别打下两个尺桩 A、B,使 A、B 的距离 D_{AB} 为:

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

B.17.2 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,偶数测回照准次序为 BAAB。

对于数字水准仪,设置重复测量次数为 3 次,测回间可不变换仪器高。

B.17.3 计算方法

a) 计算测站观测中误差

$$m_A = \pm \sqrt{\sum [w]/54} \dots\dots\dots (B.18)$$

式中:

v ——每组观测高差平均值与测回观测高差之差,单位为毫米(mm);

$[vv]$ ——每组 v^2 之和;

$\Sigma[vv]$ ——各组 $[vv]$ 之和;

m_h ——测站观测中误差,单位为毫米(mm)。

b) 计算竖轴误差

$$\Delta_i = (h_{2i-1} - h_{2i})/2 \quad \dots\dots\dots (B.19)$$

式中:

Δ_i ——基座三个位置上的竖轴误差,单位为毫米(mm);

h_{2i-1} ——奇数组的观测高差平均值,单位为毫米(mm);

h_{2i} ——偶数组的观测高差平均值,单位为毫米(mm)。

此项检验范例见表 B.18。

对于数字水准仪检验范例见表 B.19。

表 B.18 水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

仪器: Ni 002 No. 430161

日期: 1999-8-20

观测者:

标尺: A: No. 49440 B: No. 49439

时间: 9:30

记录者:

呈像: 清晰

温度: 20.5℃

检查者:

第一组 $D=60.0\text{ m}$									
测回	标尺	标尺读数		基+ k -辅	测回	标尺	标尺读数		基+ k -辅
		基本分划	辅助分划				基本分划	辅助分划	
I	A	320	671	927 667	II	A	323	689	930 769
	B	284	762	900 825		B	296	856	903 927
	A-B	26	849	26 842		A-B	26	833	26 842
	h	134.23				h	134.19		
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		A-B	26	840	26 844
	h	134.21				h	134.21		
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		A-B	26	840	26 834
	h	134.17				h	134.18		
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		A-B	26	836	26 834
	h	134.22				h	134.18		
IX	A	323	322	930 382	X	A	322	780	929 834
	B	296	485	903 531		B	295	939	902 990
	A-B	26	837	26 851		A-B	26	841	26 844
	h	134.22				h	134.21		

表 B.18 (续)

第一组 D=60.0 m			
$h_1=134.20\text{ mm}$	$m_h=\pm\sqrt{\sum[vv]/54}=\pm0.02\text{ mm}$		
$[vv]=0.004\ 0$	$\Delta_1=(h_2-h_1)/2=(134.23-134.20)/2=+0.02\text{ mm}$		
$\sum[vv]=0.024\ 5$	$\Delta_2=(h_4-h_3)/2=(134.22-134.24)/2=-0.01\text{ mm}$		
	$\Delta_3=(h_6-h_5)/2=(134.19-134.23)/2=-0.02\text{ mm}$		

其他组略去。

表 B.19 数字水准仪测站高差观测中误差和竖轴误差的测定

仪器:DL-101C No.UG0357

日期:2002-7-11

观测者:

标尺:A:No B:No

时间:9:05

计算者:

温度:20.5℃

呈像:清晰

检查者:

第一组 D=60.0 m				
测回	标 尺	标尺读数		高差之差
		一 次	二 次	
I	A(m)	1.765 76	1.765 74	
	B(m)	1.192 95	1.192 85	
	A-B(mm)	572.81	572.89	-0.08
	h(mm)	572.85		
III	A(m)	1.764 73	1.764 79	
	B(m)	1.191 80	1.191 82	
	A-B(mm)	572.93	572.97	-0.04
	h(mm)	572.95		
V	A(m)	1.763 65	1.763 65	
	B(m)	1.190 83	1.190 80	
	A-B(mm)	572.82	572.85	-0.03
	h(mm)	572.84		
VII	A(m)	1.764 56	1.764 62	
	B(m)	1.191 71	1.191 63	
	A-B(mm)	572.85	572.99	-0.14
	h(mm)	572.92		
IX	A(m)	1.763 60	1.763 65	
	B(m)	1.190 63	1.190 66	
	A-B(mm)	572.97	572.99	-0.02
	h(mm)	572.98		
测回	标 尺	标尺读数		高差之差
		一 次	二 次	
II	A(m)	1.765 80	1.765 78	
	B(m)	1.192 89	1.192 88	
	A-B(mm)	572.91	572.90	0.01
	h(mm)	572.90		
IV	A(m)	1.763 52	1.763 42	
	B(m)	1.190 57	1.190 51	
	A-B(mm)	572.95	572.91	0.04
	h(mm)	572.93		
VI	A(m)	1.764 06	1.764 10	
	B(m)	1.191 21	1.191 21	
	A-B(mm)	572.85	572.89	-0.04
	h(mm)	572.87		
VIII	A(m)	1.764 21	1.764 21	
	B(m)	1.191 29	1.191 31	
	A-B(mm)	572.92	572.90	0.02
	h(mm)	572.91		
X	A(m)	1.763 34	1.763 39	
	B(m)	1.190 43	1.190 43	
	A-B(mm)	572.91	572.96	-0.05
	h(mm)	572.94		
$h_1=572.91\text{ mm}$				
$[vv]=0.018\ 4\text{ mm}$				
$\Sigma[vv]=0.208\ 8\text{ mm}$				
$m_h=\pm\sqrt{\Sigma[vv]/54}=\pm0.06\text{ mm}$				
$\Delta_1=(h_2-h_1)/2=(572.94-572.91)/2=+0.02\text{ mm}$				
$\Delta_2=(h_4-h_3)/2=(572.95-572.96)/2=0.00\text{ mm}$				
$\Delta_3=(h_6-h_5)/2=(572.77-572.79)/2=-0.01\text{ mm}$				

注:10测回高差中数及[vv]可以在打印成果表上计算。

B.18 水准仪倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定

B.18.1 准备

在检验前 2 h~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 h~3 h 内的变化不超过 2℃。

B.18.2 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应沿其一定的方向, 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。

B.18.3 计算方法

a) 计算两测回倾斜螺旋隙动差

$$\Delta A = \sum (A'_i - A''_i) \cdot t/n \quad \dots\dots\dots (B.20)$$

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, 单位为角秒(")。

b) 计算倾斜螺旋相邻观测分划间隔

$$R_i = \sum (A_{i+1} - A_i) \cdot t/4 \quad \dots\dots\dots (B.21)$$

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

$$\mu = R_0/m \quad \dots\dots\dots (B.22)$$

且 $R_0 = \sum R_i/n$

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

$$\Delta g_i = \sum_{j=1}^i (R_0 - R_j)/\mu \quad \dots\dots\dots (B.23)$$

此项检验范例见表 B.20。

水准仪: N₃ No. 2879

检验仪: TAMAYA

检验仪分划值: 1"

表 B.20 倾斜螺旋隙动差、

日期: 1999-8-10

温度: 始 23.0℃ 末 23.5℃

倾斜螺旋 分划鼓 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	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		$\Delta = R'_i - R''_i$	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
9.85	10.60	-0.75	10.225	-0.332	-0.207	-0.10
10.25	10.10	+0.15	10.175	-0.282	-0.539	-0.27
9.50	10.30	-0.80	9.900	-0.007	-0.821	-0.41
9.95	10.40	-0.45	10.175	-0.282	-0.828	-0.42
10.45	10.45	0.00	10.450	-0.557	-1.100	-0.56
10.25	9.80	+0.45	10.025	-0.132	-1.667	-0.84
9.75	9.90	-0.15	9.825	+0.068	-1.799	-0.91
9.75	10.10	-0.35	9.925	-0.032	-1.731	-0.87
9.85	10.30	-0.45	10.075	-0.182	-1.763	-0.89
9.70	9.70	0.00	9.700	+0.193	-1.945	-0.98
9.85	9.20	+0.65	9.525	+0.368	-1.752	-0.89
9.75	9.90	-0.15	9.825	+0.068	-1.384	-0.70
9.65	10.00	-0.35	9.825	+0.068	-1.316	-0.66
9.55	9.10	+0.45	9.325	+0.568	-1.248	-0.63
9.50	9.65	-0.15	9.575	+0.318	-0.680	-0.34
9.80	9.90	-0.10	9.850	+0.043	-0.362	-0.18
9.75	9.35	+0.40	9.550	+0.343	-0.319	-0.16
9.85	10.00	-0.15	9.925	-0.032	+0.024	+0.01
					-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 $\mu = R_0/5 = 1.979''$						

B.19 水准仪符合水准器分划值的测定**B.19.1 准备**

B.19.1.1 在检验前 2 h~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 h~3 h 内的变化不超过 2℃。

B.19.1.2 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 。

B.19.2 观测方法

B.19.2.1 检验应进行两个测回,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。

B.19.2.2 每测回开始前应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,应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。

B.19.2.3 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。旋进量测螺旋,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,应仔细操作。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。

B.19.2.4 第一测回第二组的观测

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。

B.19.2.5 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 min~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。

B.19.3 计算方法

B.19.3.1 计算以水准器刻划面半格为单位的气泡位置 l_i ($l_i = \text{左} + \text{右}$) 和相邻 l_i 的差 Δl_i ($\Delta l_i = l_i - l_{i-1}$),见表 B.21。

B.19.3.2 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 B.22 第 2、3、4、5 栏),并计算这四个中数的平均值 l_i (表 B.22 第 6 栏)。

B.19.3.3 按式(B.24)求出水准分划值:

$$\tau = 2mq/y \quad \dots\dots\dots (\text{B.24})$$

$$\begin{aligned} \text{且} \quad y &= (\sum l_i - 8x)/28 \\ x &= \sum (il_i)/12 - \sum l_i/4 \end{aligned}$$

式中:

- x ——气泡位置的最或然值,0.5 格;
- y ——气泡位置的变化最或然值;
- 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,单位为角秒(");
- m ——分划位置变化量。

B. 19. 3. 4 按式(B. 25)求出水准器分划值测定中误差:

$$\mu_x = 0.154 \tau \mu / y \dots\dots\dots (B. 25)$$

且 $\mu = \sqrt{[\delta\delta]/6}$

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

B. 19. 3. 5 按式(B. 26)求出反映水准器质量的 v_i (见表 B. 21 第 15 栏):

$$v_i = y - \Delta l_i \dots\dots\dots (B. 26)$$

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 B. 21 和表 B. 22。

表 B. 21 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 No. 1796 检验仪: HN3M 检验仪分划值: 1" 日期: 1999-8-13
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 $l = \text{右} - \text{左}$		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								
23.0℃ I 物镜朝向量测螺旋	第一组	0	h m 11 33	τ 1.2	τ 20.9	h m 12 03	τ 2.0	τ 20.5	τ/2 19.7	τ/2 18.5	τ/2 5.4	τ/2 5.0	τ/2 5.20	τ/2 -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		
		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		
		70	47	20.0	2.3	11 49	19.7	2.8	-17.7	-16.9						
	第二组	90	12 10	1.7	20.9	12 40	2.0	20.8	19.2	18.8	4.9	5.0	4.95	+0.17		
		100	12	4.1	18.4	38	4.4	18.2	14.3	13.8	5.3	4.9	5.10	+0.02		
		110	14	6.8	15.8	36	6.9	15.8	9.0	8.9	4.4	5.2	4.80	+0.32		
		120	16	9.0	13.6	34	9.4	13.1	4.6	3.7	5.4	4.9	5.15	-0.03		
		130	18	11.7	10.9	32	12.0	10.8	-0.8	-1.2	5.0	4.9	4.95	+0.17		
		140	20	14.1	8.3	30	14.3	8.2	-5.8	-6.1	5.1	5.2	5.15	-0.03		
		150	22	16.8	5.9	28	17.0	5.7	-10.9	-11.3	5.6	5.2	5.40	-0.28		
		160	24	19.5	3.0	12 26	19.5	3.0	-16.5	-16.6						

表 B.21(续)

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 $l \approx \text{右} - \text{左}$		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℃ Ⅱ 物 镜 朝 向 量 测 螺 旋	第一组	0	h m 11 33	r 1.2	r 20.9	h m 12 03	r 2.0	r 20.5	$\tau/2$ 19.7	$\tau/2$ 18.5	$\tau/2$ 5.4	$\tau/2$ 5.0	$\tau/2$ 5.20	$\tau/2$ -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	5.6	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		
	第二组	0	04	20.3	2.2	13 06	20.3	2.2	-18.1	-18.1	5.1	5.4	5.25	-0.13		
		160	13 26	2.0	20.9	13 56	2.3	20.6	18.9	18.3	5.3	5.4	5.35	-0.23		
		150	28	4.4	18.2	54	5.0	17.9	13.8	12.9	5.2	4.6	4.90	+0.22		
		140	30	7.2	15.7	52	7.7	15.2	8.5	7.5	4.5	5.0	4.75	+0.37		
		130	32	9.7	13.0	50	10.0	12.9	3.3	2.9	5.6	5.0	5.30	-0.18		
		120	34	12.0	10.8	48	12.4	10.3	-1.2	-2.1	5.3	5.2	5.25	-0.13		
		110	36	14.8	8.0	46	15.0	7.9	-6.8	-7.1	4.7	4.7	4.70	+0.42		
		100	38	17.4	5.3	44	17.5	5.2	-12.1	-12.3						
		90	40	19.8	3.0	13 42	19.9	2.9	-16.8	-17.0						

表 B.22 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	$\tau/2$ 19.45	$\tau/2$ 18.65	$\tau/2$ 18.80	$\tau/2$ 17.70	$\tau/2$ 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

表 B.22 (续)

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				
$x = \sum(i \cdot 1)/12 - \sum 1/4 = -189.95/12 - 5.59/4 = -17.227 \quad (\tau_0/2)$ $y = (\sum 1 - 8 \cdot x)/28 = (5.59 + 8 \times 17.227)/28 = 5.122 \quad (\tau_0/2)$ $x + 8y = +23.749$ 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 $\mu_\tau = 0.154 \tau \quad \mu/y = \pm 0.011''$ 最后结果 $\tau_0 = 3.90'' \pm 0.011''$								

B.20 经纬仪垂直度盘测微器行差的测定

B.20.1 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 B.23。

表 B.23

序 号	度盘位置 ° ' "
1	88 00
2	89 12
3	90 24
4	91 36
5	92 48

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 $A \pm 180^\circ$ 重合。

b) 按下列顺序，各精密重合两次，同时进行测微器读数（读数可按正、负数读，以 DJ1 型仪器为例，多于 $0^\circ, 60'$ 读作正数，少于 $0^\circ, 60'$ 读作负数）。

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

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

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

B.20.2 计算方法

测微器行差按式(B.27)计算：

$$r = (r_{\text{正}} + r_{\text{倒}})/2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.27})$$

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

$$r_{\text{倒}} = \mu \sum (a_i - c_i)/5$$

式中：

μ ——测微器分划值。

此项检验范例见表 B.24。

表 B.24 垂直度盘测微器行差的测定

仪器: Wild T3 No.70483

日期: 1999-8-2

观测者:

记录者:

检查者:

指标读数	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a-b</i>	<i>a-c</i>	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	

$r_{正} = +0.24''$ $r_{倒} = +0.10''$
 $r = +0.17''$ $r_{正} - r_{倒} = +0.14''$

B.21 经纬仪一回垂直角观测中误差的测定

B.21.1 准备

选择一平坦空地安置经纬仪。距仪器 30 m~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尺。用钢卷尺量取仪器至标尺分划面的距离,两次互差超过 3.0 mm 时,取中数采用。

B.21.2 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″。指标差互差不得大于 10.0″。变换仪器高,重复上述操作进行第Ⅱ仪器位置的观测。

B.21.3 计算方法

a) 计算标尺测定分划间隔观测误差

$$\Delta_i = \Delta l_i - (D \tan \alpha_i - D \tan \alpha_{i+1}) \dots\dots\dots (B.28)$$

式中:

Δl_i 名义分划间隔长度,单位为毫米(mm);

D 标尺距仪器的距离,单位为毫米(mm);

α_i 一分划的垂直角。

b) 计算一测回垂直角观测中误差

$$m_a = \pm \sqrt{[\Delta\Delta]/(2n)} \cdot \rho/D \dots\dots\dots (B.29)$$

式中:

- [ΔΔ]——各 Δ, 平方之和;
 - n——Δ, 个数;
 - ρ——206 265, 单位为角秒(")。
- 此项测定范例见表 B. 25 和表 B. 26。

表 B. 25 垂直角观测中误差的测定

仪器: Wild T3 No. 29981
视线长度: D=35.700 m
日期: 1990-3-17

仪器位置: I
时间: 8:20

观测者:
记录者:
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	2.7
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 B.26 一测回垂直角观测中误差的计算

仪器: Wild T3 No. 29981 计算者: 检查者: 单位为毫米

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

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

一测回垂直角观测中误差:

$M_{\alpha}=\pm\sqrt{[\Delta\Delta]/(2n)}\cdot\rho/D=\pm\sqrt{0.996\ 8/100}\times206\ 265/35\ 700=\pm0.58''$

B.22 数字水准仪视线距离测量误差的检验

B.22.1 准备

在一个平坦场地上安置仪器,分别在距仪器约 30 m、10 m 两处各打 1 个桩 A、B,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。

B.22.2 观测方法

设置重复测量次数为3次,分别观测A、B标尺10个距离读数。

B.22.3 计算方法

视线距离测量中误差

$$\sigma_D = \pm \sqrt{\sum v_i^2 / (n-1)} \dots\dots\dots (B.30)$$

式中:

v_i ——残差;

N ——观测值个数。

此项检验的范例见表B.27。

表 B.27 数字水准仪视线距离测量误差的检验

仪器型号:	日期:2002-7-30	检验者:				
出厂编号:	丈量距离: $D_1=30.00\text{ m}$ $D_2=10.00\text{ m}$	记录者:				
序 号	视距显示数 D_{1i}/m	v_{1i}/cm	v_{1i}^2	视距显示数 D_{2i}/m	v_{2i}/cm	v_{2i}^2
1	30.010	0.0	0.00	10.009	0.1	0.01
2	30.011	0.1	0.01	10.008	0.0	0.00
3	30.015	0.5	0.25	10.008	0.0	0.00
4	30.000	-1.0	1.00	10.008	0.0	0.00
5	30.011	0.1	0.01	10.008	0.0	0.00
6	30.005	-0.5	0.25	10.008	0.0	0.00
7	30.016	0.6	0.36	10.008	0.0	0.00
8	30.011	0.1	0.01	10.008	0.0	0.00
9	30.012	0.2	0.04	10.008	0.0	0.00
10	30.007	-0.3	0.09	10.008	0.0	0.00
$\overline{D}$ 或 $\sum v$ 、 $\sum v^2$	30.010	-0.2	2.02	10.008	0.1	0.01
$\overline{D}_1 - D_1 = 30.010 - 30.000 = 1.0\text{ cm}$ $\overline{D}_2 - D_2 = 10.008 - 10.000 = 0.8\text{ cm}$ $\sigma_{D_1} = \sqrt{\sum v_{1i}^2 / (n-1)} = \pm 0.47\text{ cm}$ $\sigma_{D_2} = \sqrt{\sum v_{2i}^2 / (n-1)} = \pm 0.03\text{ cm}$						

附录 C
(规范性附录)

跨河水准测量觇板制作和观测记录

C.1 跨河水准测量觇板的制作

C.1.1 照准觇板和标灯

C.1.1.1 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 C.1、C.2 或 C.3 所示。

C.1.1.2 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。

C.1.2 标志线的绘制

C.1.2.1 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(C.1)计算:
$$s = l \cdot \rho / (n \cdot \mu) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:
 l ——两标志间的距离(当河宽 500 m 以上时,一般采用 2 m),单位为米(m);
 n ——倾斜螺旋分划鼓读数差,格;
 μ ——倾斜螺旋分划值,单位为角秒(");
 ρ ——206 265,单位为角秒(");

- c) 长度在 1 500 m 以上时,可用经纬仪解析法测定或用测距仪测定。

C.1.2.2 标志线的大小依表 C.1 计算。

表 C.1

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。

C.1.2.3 上、下两标志线的间距 d 依式(C.2)计算:

$$d = \gamma / \rho \cdot s \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:
 s ——跨河视线长度,单位为米(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,单位为角秒(")。

C.1.3 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,一块觐板测定完毕。记录格式见表 C. 2。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 C. 2 用三等标准金属线纹尺测定觐板标志线至指标线距离

三等标准金属线纹尺 No. 1119 测算者: 时间: 1998-5-11

视板	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	中数	与指标 线的差	上边缘	中数	与指标 线的差		
			下边缘			下边缘				
I 岸 视 板	在标志线右端	1	43.92	63.93	110.02	43.78	63.78	110.01	110.02	110.21
			83.94			83.78				
		指标线		173.95		173.79				
		2	264.26	284.19	110.24	264.08	284.01	110.22	110.23	110.30
			304.12			303.94				
		指标线		172.02		171.10				
	在标志线左端	1	41.62	61.64	110.38	40.66	60.69	110.41	110.40	
			81.66			80.72				
		指标线		172.02		171.10				
		2	262.38	282.38	110.36	261.46	281.45	110.35	110.36	
			302.38			301.44				

注: II 岸觐板测定记录格式与 I 岸同。

C. 2 跨河水准测量观测记录

C. 2. 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 C. 4、图 C. 5;
- b) 连测图,示例见图 C. 6;
- c) 平面、断面示意图,示例见图 C. 7;
- d) 观测记录;
- e) 高差与中误差计算;
- f) 跨河测段成果表。

C. 2. 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 C. 5 列出。

- a) 光学测微法记录与计算格式见表 C. 3~C. 5。
- 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 C. 6、表 C. 7。
- c) 倾斜螺旋法之二(读定倾斜螺旋分划)的记录格式见表 C. 8,计算格式与方法一相同,参见表 C. 7。
- d) 经纬仪倾角法记录与计算格式见表 C. 9~表 C. 12。
- e) 测距三角高程法记录与计算格式见表 C. 13~表 C. 17 及图 C. 8。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。
- f) GPS 测量法高差计算见表 C. 18、表 C. 19。

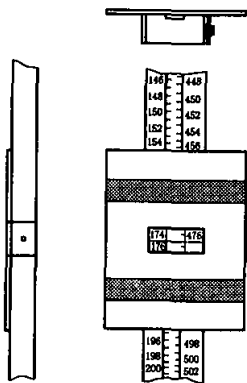


图 C. 1

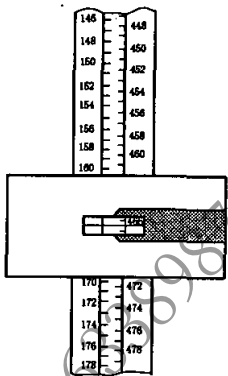


图 C. 2

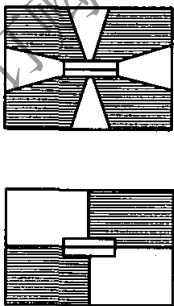


图 C. 3

注：靶板标志线的中心线必须与指标线精密重合。

路线名称 杭东线 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: 陕西省第一测绘大队

图 C.4 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	线条式因瓦标尺 №.10700 10800	同左
照准标志的分划	长度 200 mm 宽度 40 mm	同左
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 C.5 跨河水准测量手簿副封面

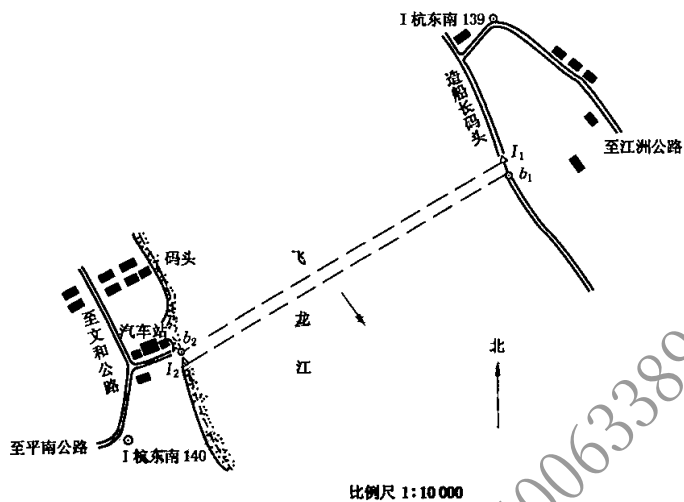


图 C.6 飞龙江跨河水准连测图

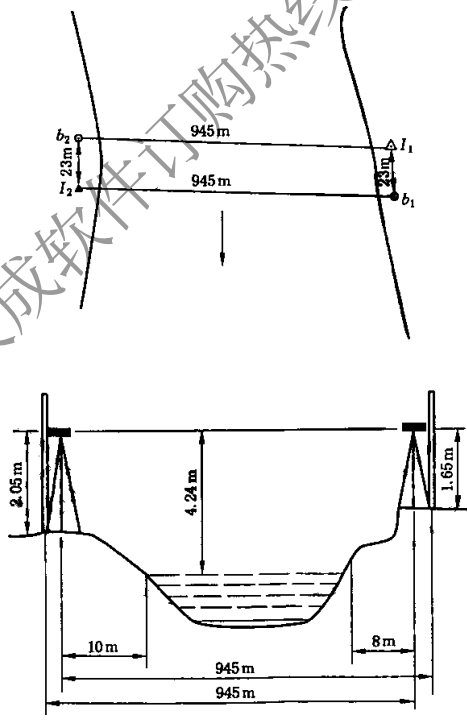


图 C.7 飞龙江跨河水准测量平、断面示意图

表 C.3 滦河水准观测记录
(光学测微法)

1 测站:南岸 第 I 测回上半测回

仪器: Ni 002 No. 430235

日期: 1999-11-20

标尺: (本岸) No. 50149

观测者:

记录者:

(对岸) No. 50150

观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	成像	温度/℃		
									仪器	标尺	水边
									—3.2	—2.7	—2.8
近标尺读数 b	始	7:56	晴	0	0	无	右后	清晰	—1.0	—1.6	—1.0
	终	8:30	晴	1	1	西北	右后	清晰			
	中数										

观测远标尺标志线的读数 A_i

次数	组数摆位	1				2			
		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 C.4 滦河跨河水准测量高差与中误差计算

m

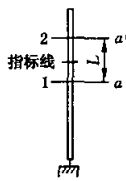
测 回	测 站	$h_{b_1 b_2}$	测 站	$h_{b_2 b_1}$	一测回高差 H
		$h_1 + (b-A)$		$h_2 + (b-A)$	$h_{b_1 b_2} - h_{b_2 b_1}$
1	1	-0.012 33	2	+0.011 27	-0.011 80
2	1	-0.011 24	2	+0.011 14	-0.011 19
3	1	-0.009 16	2	+0.014 02	-0.011 59
4	1	-0.011 34	2	+0.013 87	-0.012 60
5	1	-0.010 16	2	+0.011 44	-0.010 80
6	1	-0.011 43	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
测 回	测 站	$h_{b_1 b_2}$	测 站	$h_{b_2 b_1}$	一测回高差 H
		$h_1 + (b-A)$		$h_2 + (b-A)$	$h_{b_1 b_2} - h_{b_2 b_1}$
高差中数 $H_0 = -0.011\ 62\ \text{m}$					
每测回高差中误差 $m_h = \sqrt{[vv]/(N-1)} = \pm 0.52\ \text{mm}$					
高差中数中误差 $m_{H_0} = m_H / \sqrt{N} = \pm 0.18\ \text{mm}$					
注: 此表中 $h_1 = h_{i_2 b_1} = -0.288\ 88\ \text{m}$					
$h_2 = h_{i_1 b_1} = -0.431\ 60\ \text{m}$					
$(b-A)$ 抄自观测记录。					

表 C.5 滦河跨河水准测量成果表

编 号	距离/km	高差/m	抄自手簿
$I_1 \cdots \cdots b_1$		-0.431 60	0424
$I_2 \cdots \cdots b_2$		-0.288 88	0424
$b_1 \cdots \cdots b_2$	0.2	-0.011 62	0423
昌滦 07 $\cdots\cdots b_1$	2.3	+3.412 65	0424
昌滦 08 $\cdots\cdots b_2$	2.1	-0.324 64	0424
昌滦 07 $\cdots\cdots$ 昌滦 08	4.6	+3.725 67	

表 C.6 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)

I 测站:东岸 第 1 测回上半测回 仪器:Ni004 No. 105534
日期:1998-5-13 标尺:(本岸)No. 10799
观测者: 记录者: (对岸)No. 10800

观测 条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	成像	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		第一次	33 222		对岸	标志在标尺上的读数		$a'=2.900\ 40\ \text{m}$								
		第二次	33 221					$a=2.679\ 89\ \text{m}$								
		中数 b	332 215					$L=0.220\ 51\ \text{m}$								
观测远标尺标志线时水准器读数								备 考								
组 别		往返测	标志 1		标志 2		$\tau''=4''.53(0.8\ \text{mm})$									
			左	右	左	右	$l=0.22\ \tau$									
1	往	τ	τ		τ	τ										
	返	17.9	8.1		8.3	17.5										
2	往	17.8	8.1		8.1	17.7										
	返	17.8	8.0		8.1	17.5										
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						标尺上读数 A $=a+aL/(\alpha+\beta)+c$				
	返	18.0	7.8		8.3	17.4										
中 数		17.83	8.02		8.21	17.54	$A=2.795\ 43\ \text{m}$									
各标志的倾角 $\alpha\ \beta$		4.00			4.66			$b-A=-1\ 134.35\ \text{mm}$								

注: c 为光学测微器在平行玻璃板垂直位置时读数。

表 C.7 飞龙江跨河水准测量高差与中误差的计算

1 测站: 东岸

 $s_1 = 945 \text{ m}$ $d_1 = 23 \text{ m}$

1 测站: 西岸

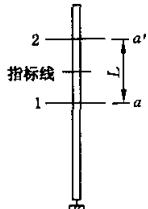
 $s_2 = 945 \text{ m}$ $d_2 = 23 \text{ m}$

mm

测回	仪器: No. 105534			仪器: No. 105538			双测回高差
	测站	$H_i = b - A$	$H = (h_1 - h_2)/2$	测站	$H_i = b - A$	$H = (h_1 - h_2)/2$	$H = (h' + h'')/2$
			h'			h''	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	+983.12		1	-1 118.46		
测回	仪器: No. 105534			仪器: No. 105538			双测回高差
	测站	$H_i = b - A$	$H = (h_1 - h_2)/2$	测站	$H_i = b - A$	$H = (h_1 - h_2)/2$	$H = (h' + h'')/2$
			h'			h''	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 $m_H = \sqrt{[vv]/(N-1)} = \pm \sqrt{15.2642/(12-1)} = \pm 1.18 \text{ mm}$ 跨河高差中数的中误差 $M_H = m_H/\sqrt{N} = \pm 1.18/3.46 = \pm 0.34 \text{ mm}$

表 C.8 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 记录者:宋玉芳 日期:1998-5-13						仪器:威特 N3 No.58823 标尺:(本岸) No.0619 (对岸) No.0620						
观测 条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	成像	温度/℃					
	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			
近标尺读当数		第一次		17 720		对岸	标志在标尺上的 读数	$a' = 1.918\ 64\text{m}$						
		第二次		17 720				$a = 1.630\ 70\text{m}$						
		中数 b		177 200				$L = 0.287\ 94\text{m}$						
观测远标志线时倾斜螺旋分划读数									备 考					
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						远标尺上读读数			
分划误差改正		+0.09	+0.50		+0.96						$A = a + aL / (a + \beta) + c$			
改正后的读数		03.79	22.05		41.64						$A = 1.774\ 61\text{ m}$			
各标志的倾角 α β		18.26			19.59						$b - A = -2.61\text{ mm}$			

注: c 为光学测微器在平行玻璃板垂直位置时读数。

表 C.9 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					
日期:1995-12-10			记簿者:			标尺:(本岸) No.0645					
			第一测回			(对岸) No.0645					
观测条件	项目	时间	天气	云量	风力	风向	太阳方向	呈像	温度/℃		
	始	8:25	晴	1 级	2~3 级	右	左	清晰	仪器	标尺	水边
	终	9:02	晴	1 级	3~4 级	右	左	清晰	+29.0	+20.5	+20.0
本岸近标尺的观测 $a=10.30\text{ m}$											
照准分划 $a=1.835\text{ m}$ 仪器距标尺距离 $d=10.30\text{ m}$											
分划边缘	度 盘	垂直度盘读数			和 数	垂直角(下)		指标差(下)			
						垂直角(上)		指标差(上)			
		I	II					垂直角中数			
下	左	(°) 89 58 59.7		g	(°)	(°)		(°)			
上		59.7		59.7	119.40			+0.20			
下	右	90 00 13.0		13.0	26.00	-1 40		-4.80			
上		00.4		00.4	00.80						
下	左	89 58 44.6		44.6	89.20	+56.80		$\alpha_1+27.70$			
上											
下	右										
上											
$k=\frac{d}{P}=0.000\ 049\ 94$											
近标尺读数 $b=a-k\cdot\alpha=1.835\ 00-0.001\ 38=1.833\ 62$											
备考											

表 C.10 对岸远标尺的观测

2 测站:北岸			标志线在远标尺上读数:			$a=1.718\ 06\text{ m}$ $a'=1.883\ 02\text{ m}$ $l=0.164\ 96\text{ m}$					
组别	标志	度盘	垂直度盘读数				中数	秒数	指标差	备 注	
			Ⅰ			Ⅱ			垂直角		
			(°)	(′)	″	″			″		(″)
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	06.5	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	

表 C. 10(续)

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	(″)	(″)	
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	-27.75	
	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	

表 C. 10(续)

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	
			(°)	(′)	″	″			(″)	
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 指标差=左+右-180″ 中数:$\alpha=-26.51$ $\beta=+26.11$										

表 C. 11 辽河跨水准测量远标尺读数 A 及(b-A)的计算

仪器: WILD T3 No. 70483

未注单位为米

测回	观测时间	测站	l	α (″)	β (″)	$\alpha + \beta$ (″)	$L/(\alpha + \beta)$ (m/″)	χ	α	$A = \alpha + \chi$	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	10 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	1.833 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

表 C. 11(续)

未注单位为米

测回	观测时间	测站	l	α (")	β (")	$\alpha+\beta$ (")	$L/(\alpha+\beta)$ (m/")	χ	α	$A=\alpha+\chi$	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日下午	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		0.003 105 0		算式 $x=\alpha * l/(\alpha+\beta)$ $s=\rho * l/(\alpha+\beta)$				
		1	640 m									

第二台仪器的计算与此相同。

表 C. 12 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

单位为米

第一位置					第二位置						
测回	仪器No. 58132		仪器No. 70483		测回	仪器No. 58132		仪器No. 70483		$(h_1 - h_2)/2$ —测回高差 h'	
	测站	$b-A$	测站	$b-A$		测站	$b-A$	测站	$b-A$		
		h_1		h_2			h_2		h_1		
1	1	-0.107 36	2	+0.032 94	-0.070 15	3	2	+0.041 91	1	-0.104 64	-0.073 28
2	1	-0.106 61	2	+0.033 27	-0.069 94	4	2	+0.044 62	1	-0.104 63	-0.074 62
7	1	-0.103 44	2	+0.037 07	-0.070 26	5	2	+0.041 54	1	-0.105 33	-0.073 44
8	1	-0.103 93	2	+0.036 15	-0.070 04	6	2	+0.040 04	1	-0.104 77	-0.072 40
9	1	-0.105 22	2	+0.038 08	-0.071 65	13	2	+0.033 47	1	-0.103 71	-0.068 59
10	1	-0.100 61	2	+0.038 00	-0.069 30	14	2	+0.036 62	1	-0.104 80	-0.070 71
11	1	-0.107 28	2	+0.037 77	-0.072 52	15	2	+0.037 67	1	-0.103 59	-0.070 63
12	1	-0.100 87	2	+0.038 28	-0.069 58	16	2	+0.037 73	1	-0.103 38	-0.070 56
17	1	-0.107 36	2	+0.032 94	-0.070 15	21	2	+0.040 04	1	-0.104 77	-0.072 40
18	1	-0.106 61	2	+0.033 27	-0.069 94	22	2	+0.041 54	1	-0.105 33	-0.073 44
19	1	-0.103 93	2	+0.036 15	-0.070 04	23	2	+0.036 62	1	-0.104 80	-0.070 71
20	1	-0.105 22	2	+0.038 08	-0.071 65	24	2	+0.037 67	1	-0.103 59	-0.070 63

$h'_{\text{中数}} = -0.070\ 43$

第一位置高差中数中误差:

$M_{h'} = \pm \sqrt{[v'v']/n(n-1)}$
 $= \pm 0.28\ \text{mm}$

$h''_{\text{中数}} = -0.071\ 78$

第二位置高差中数中误差:

$M_{h''} = \pm \sqrt{[v''v'']/n(n-1)}$
 $= \pm 0.50\ \text{mm}$

$H = -0.071\ 10$

高差中数中误差:

$M_H = \pm \frac{1}{2} \sqrt{M_{h'}^2 + M_{h''}^2}$
 $= \pm 0.29\ \text{mm}$

表 C.13 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No. 49937				No. 49938				记录者:																	
				仪器:WILD T3				No. 91338				观测日期:1999-4-25																	
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/℃									
		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	垂直度盘读数				和数 (")	垂直角 (下)	指标差 (下)	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)	I (°)(′)(″)		II (″)			垂直角 (上) (")	指标差 (上)														
								垂直角 中数 (")							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	+3.20																
上		90 00 10.6		10.2	10.8		-1.5	90 00 18.3		18.4	18.7		+1.20																
上	右	89 53 46.6		46.9	47.7	+23.1	+6.85	89 59 42.3		42.2	48.5	+36.2																	
下		90 00 02.7		02.9	03.6			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	+3.30																
上		90 00 08.2		08.4	08.6		-2.8	90 00 18.8		18.7	19.5		+2.60																
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 θ										+00°00′06″.00				前尺分划垂直角中数 θ										+00°00′21″.58					
近标尺读数计算										$B_A = a - d/\rho \times \theta = 1.184\ 68\ \text{m}$										$B_B = a - d/\rho \times \theta = 1.003\ 88\ \text{m}$									
本岸测站点间高差										$H = b_A - b_B = +0.180\ 80\ \text{m}$																			
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 C.14 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:		单位为米			
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	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 C. 15 龙泉江一等跨河水准测量高差计算
(测距三角高程法)

仪器: WILD T3 No. 91338 No. 91209 施测年份: 1999 年 计算者: 检查者: 未注单位为米

日期 时间 段	测 回	边 名		测 向	平距 D	垂直角 (°) (′) (″)	仪器高 i	觇板高 T	$h'_{往}$	往返测 高差中数	备注
		起	至						$h'_{返}$		
4 月 15 日 上午	1	A	C	往	3 344 920	-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	3 345 794	-2 16 47.36	1.640 07		-133.560 73	-132.768 06	
		D	A	返		+2 15 56.95	1.393 58		+131.975 40		
	3	B	C	往	3 346 451	-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	3 347 357	-2 16 43.78	1.468 03		-133.786 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		+131.099 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 40		
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 C. 16 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: $P_i = 1/s_i$ 。

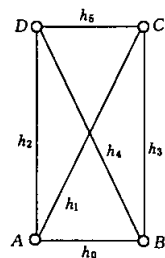


图 C. 8

表 C. 17 平差结果

路线编号	观测高差	距离 s_i /km	改正数 v_i /mm	平差高差值/m
0	+0.180 95	0.010	+0.00	+0.180 95
1	-131.721 70	3.345	-1.77	-131.723 47
2	-132.773 86	3.346	+2.01	-132.771 85
3	-131.905 02	3.346	+0.59	-131.904 43
4	-132.951 97	3.347	-0.82	-132.902 79
5	-1.048 37	0.010	0.00	-1.048 37

每千米高差中数中误差 $M=\pm\sqrt{[Pvv]/(n-l)}=\pm0.91\text{ mm}$

表 C. 18 陵江一等跨河水准测量观测成果表
(GPS 测量法)

序号	点号	纬度 B (°)(′)(″)	经度 L (°)(′)(″)	大地高 H / m	正常高差 H_T / m
1	A_1	30 50 55.766 22	106 05 41.857 73	265.133 6	-0.463 8
2	A_2	30 50 55.895 60	106 05 42.175 09	264.679 2	
3	B	30 50 54.311 59	106 07 02.860 01	271.704 0	7.001 2
4	C	30 50 52.836 42	106 08 23.051 32	237.021 0	28.343 7
5	D_1	30 50 51.224 77	106 09 45.922 41	265.394 8	1.885 2
6	D_2	30 50 51.135 89	106 09 46.730 66	267.288 8	

表 C. 19 陵江一等跨河水准测量正常高差计算表

路线号	A	B	S_{AB} / km	ΔH_{GAB} / m	ΔH_{TAB} / m	$\Delta \zeta_{AB}$ / m	a / m/km
1	A_1	B	2.153	6.570 4	6.537 4	0.033 0	0.015 33
2	A_2	B	2.144	7.024 8	7.001 2	0.023 6	0.011 01
3	C	D_1	2.203	28.373 8	28.343 7	0.030 1	0.013 66
4	C	D_2	2.224	30.267 8	30.228 9	0.038 9	0.017 49
同岸 α 最大互差=4.32 mm/km 不同岸 α 最大互差:6.48 mm/km α 平均值: $\bar{\alpha}=0.014\ 37\text{ m/km}$ 跨河段 BC 水准路线高差计算: $\Delta H_T=\Delta H_{GPS}-\bar{\alpha}\times S=-34.683-0.014\ 37\times2.131=34.713\ 6\text{ m}$							

附 录 D
(规范性附录)
观测手簿格式与高差表编算

D.1 一、二等水准测量外业观测手簿

电子记录的手簿格式见 CH/T 2006 中的附录 A。
手工记录的手簿格式见图 D.1～图 D.4。

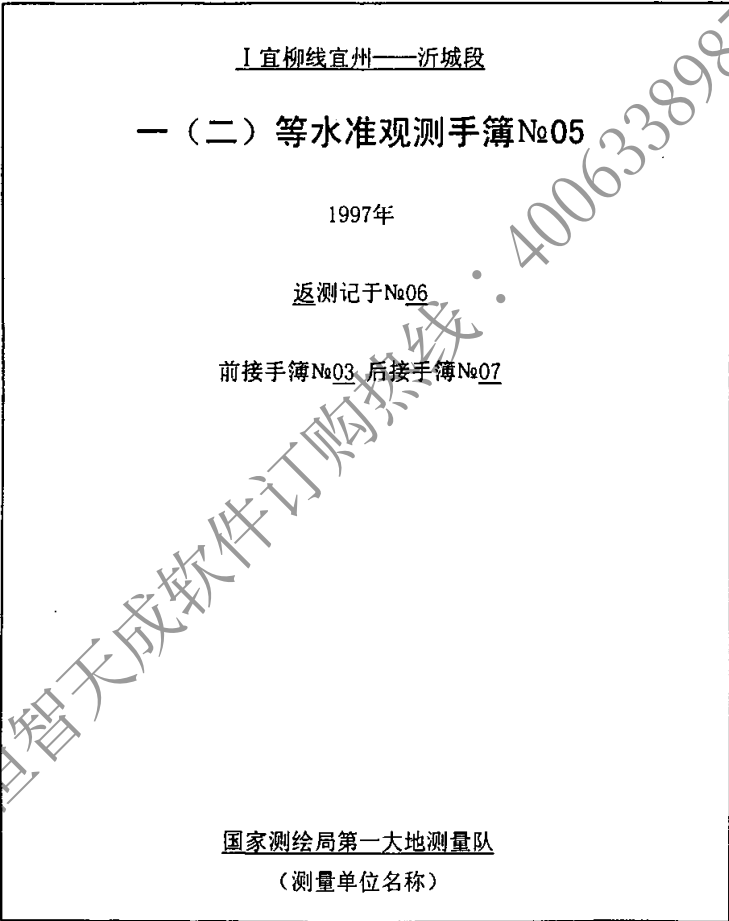


图 D.1 水准观测手簿封面

水准路线由宜州起经小城至柳城止

仪器名称 DS1 No: 71002

制造厂名 北京测绘仪器厂

望远镜放大倍率 40X 视距常数 100

水准器分划值 10"/2mm 测微器分划值 0.05mm

倾斜螺旋分划值 无

仪器检查校正情况 良好

标尺名称 线条式因瓦标尺 No. 25 No. 26

制造厂名 扬州测绘仪器厂

读数差常数 无

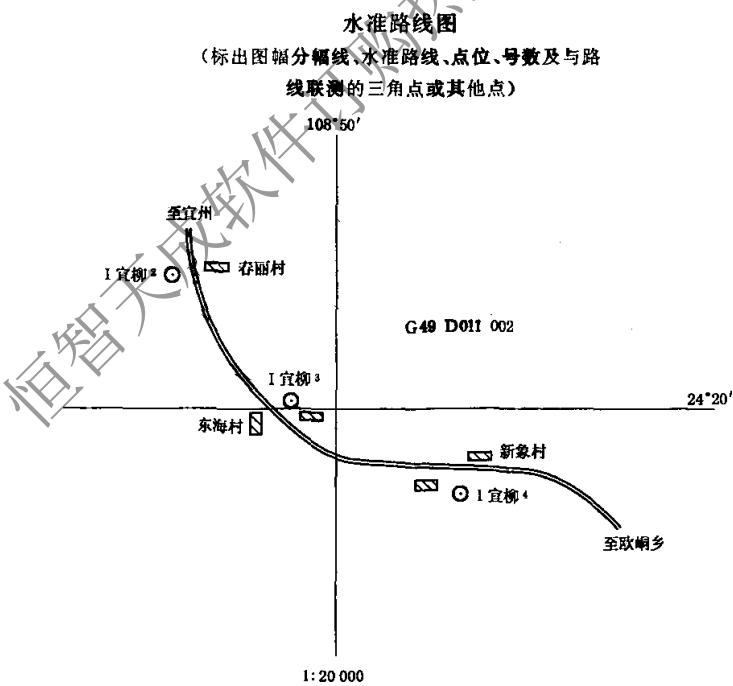
刻划间隔 0.5mm

标尺检查校正情况 良好

观测者 马兆良

记簿者 王奎三

图 D.2 副封面



注：经纬线用红色绘出。

图 D.3 水准路线图

往测自 I 宜柳 2 至 I 宜柳 3 2000 年 5 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 右后 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)	(13)	后前前后 记录顺序
	(2)		(6)		前	(4)	(7)	(14)	
	(9)		(10)		后—前			(15)	
	(11)		(12)		h				
1					后				标尺温度 20.0℃
					前				
					后—前				
					h				
2					后				
					前				
					后—前				
					h				
3					后				
					前				
					后—前				
					h				
4					后				
					前				
					后—前				
					h	(以下各站格式相同)			
测 段 计 算	$D_{\text{后}}$				后	$h_{\text{后}}$			
	$D_{\text{前}}$				前	$h_{\text{前}}$			
	$D_{\text{中}}$				后—前	$h_{\text{中}}$			
					h	$W = \quad < \pm$			
					后				
					前				
					后—前				
					h				

图 D.4 观测记录、计算

D.2 水准测量外业高差改正数计算

D.2.1 水准标尺长度改正

D.2.1.1 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。

D.2.1.2 计算改正数的方法

水准测量测前、测后两次检定标尺长度与改正系数计算示例如表 D.1。

表 D.1

单位为毫米

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 $f = \text{名义米长} - 1\ 000$
		尺号 No. 50151	尺号 No. 50152		
测前	1979. 4. 26	1 000. 005	1 000. 010	1 000. 008	
测后	1979. 9. 30	1 000. 009	1 000. 020	1 000. 014	
中数		1 000. 007	1 000. 015	1 000. 011	+ 0. 011

一测段高差改正数 δ 由式(D. 1)计算:

$$\delta = f \cdot h \quad \dots\dots\dots(\text{D. 1})$$

式中:

h ——往测或返测高差值,单位为米(m);

f ——标尺改正系数,单位为毫米每米(mm/m)。

D.2.2 水准标尺温度改正

一测段高差改正数 ϑ 由式(D. 2)计算:

$$\vartheta = \sum [(t - t_0) \cdot \alpha \cdot h] \quad \dots\dots\dots(\text{D. 2})$$

式中:

t ——标尺温度,单位为摄氏度(℃);

t_0 ——标尺长度检定温度,单位为摄氏度(℃);

α ——标尺因瓦带膨胀系数,mm/(m·℃);

h ——测温时段中的测站高差,单位为米(m)。

D.2.3 正常水准面不平行改正

一测段高差改正数 ϵ 由式(D. 3)计算:

$$\epsilon = -(\gamma_{i+1} - \gamma_i) \cdot H_m / \gamma_m \quad \dots\dots\dots(\text{D. 3})$$

式中:

γ_m ——两水准点正常重力平均值,10⁻⁵ m/s²,依式(D. 4)计算;

γ_i 、 γ_{i+1} ——分别为 i 点、 $i+1$ 点椭圆面上的正常重力值,10⁻⁵ m/s²,依式(D. 5)计算;

H_m ——两水准点概略高程平均值,单位为米(m)。

$$\gamma_m = (\gamma_i + \gamma_{i+1}) / 2 - 0.154\ 3\ H_m \quad \dots\dots\dots(\text{D. 4})$$

$$\gamma = 978\ 032(1 + 0.005\ 302\ 4\sin^2\phi - 0.000\ 005\ 8\sin^2 2\phi) \quad \dots\dots\dots(\text{D. 5})$$

式中:

ϕ ——水准点纬度;

γ 值取至 0.01×10⁻⁵ m/s²。

D.2.4 重力异常改正

一测段高差的改正数 λ 由式(D. 6)计算:

$$\lambda = (g - \gamma)_m \cdot h / \gamma_m \quad \dots\dots\dots(\text{D. 6})$$

式中:

γ_m ——按式(D.4)算出的正常重力平均值, 10^{-5} m/s^2 ;

$(g-\gamma)_m$ ——两水准点空间重力异常平均值, 10^{-5} m/s^2 ;

h ——测段观测高差, 单位为米(m)。

a) 水准点的布格异常 $(g-\gamma)_B$ 从相应的数据库检索, 取至 $0.1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$;

b) 水准点空间重力异常 $(g-\gamma)_\Sigma$ 由式(D.7)计算:

$$(g-\gamma)_\Sigma = (g-\gamma)_B + 0.1119H \quad \text{..... (D.7)}$$

式中:

H ——水准点概略高程, 单位为米(m)。

ϵ 、 γ 计算示例见表 D.2。

表 D.2 二等水准测量正常水准面不平行、重力异常改正数计算

路线名称: II 五平线

施测单位: 国家测绘局第一大地测量队

施测年代: 1999

计算者:

对算者:

检查者:

测段编号	水准点编号	纬度	布格异常 ($g-\gamma$) _B 10^{-5} m/s^2	正常重力值 γ 10^{-5} m/s^2	观测高差 中数 h' m	近似高程 H' m	层间改正 0.1119H 10^{-5} m/s^2	空间异常 ($g-\gamma$) _Σ 10^{-5} m/s^2	正常水准面不平行改正 ϵ mm	重力异常改正 λ mm
1	II 构五 27 基上	38 35.6	-152.8	980 044.31	-0.647 9	1 300.1	145.5	-7.3	5.20	0.04
2	II 五平 1	38 32.9	-151.7	040.31	101.127 2	1 299.4	145.4	-6.3	4.91	0.03
3	II 五平 2	38 30.5	-153.0	036.80	6.297 0	1 400.6	156.7	3.7	3.62	0.42
4	II 五平 3	38 28.7	-153.2	034.21	64.564 0	1 406.9	157.4	4.2	2.94	0.04
5	II 五平 4	38 27.3	-152.8	032.12	20.048 4	1 342.3	150.2	-2.6	3.93	0.22
6	II 五平 5	38 25.4	-152.8	029.31	17.596 3	1 322.3	148.0	-4.8	2.54	0.14
7	II 五平 6	38 24.1	-153.0	027.41	16.762 8	1 304.7	146.0	-7.0	4.92	0.13
8	II 五平 7	38 21.6	-151.9	023.70	20.782 2	1 287.9	144.1	-7.8	3.61	0.11
9	II 五平 8	38 19.7	-150.7	020.90	-4.297 2	1 267.1	141.8	-8.9	4.02	0.22
10	II 五平 9	38 17.6	-150.5	017.80	13.131 8	1 262.8	141.3	-9.2	4.70	0.04
11	II 五平 10	38 15.1	-150.2	014.22	-2.850 9	1 249.7	139.8	-10.4	4.12	0.14
12	II 五平 11 基上	38 12.8	-151.0	010.90		1 246.9	139.5	-11.5		

D.2.5 固体潮改正

一测段高差的改正数 v 由式(D.8)计算:

$$a) \quad v = [\theta_m \cos(A_m - A) + \theta_s \cos(A_s - A)] \cdot \gamma \cdot s \quad \text{..... (D.8)}$$

式中:

θ_m 、 θ_s ——分别为月球、太阳引起的地倾斜;

A_m 、 A_s ——分别为测段平均位置至月球、太阳方向的方位角;

A ——观测路线方向方位角;

γ ——潮汐因子, 取 0.68;

s ——测段长度。

b) θ_m 、 θ_s 由式(D.9)、(D.10)计算:

$$\theta_m = \frac{2D_m}{gR} (C_m/r_m)^3 \sin 2Z_m + \frac{2D_m}{gC_m} (C_m/r_m)^4 (5\cos^2 Z_m - 1) \sin Z_m \quad \dots\dots\dots (D.9)$$

$$\theta_s = \frac{2D_s}{gR} (C_s/r_s)^4 \sin 2Z_s \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

D_m, D_s ——分别为月球、太阳的杜德逊常数;

R ——地球平均曲率半径;

g ——地球平均重力加速度;

C_m, r_m ——分别为地心至月球的平均距离和瞬时距离;

C_s, r_s ——分别为地心至太阳的平均距离和瞬时距离。

c) A_m, A_s 与 Z_m, Z_s 由式(D.11)、式(D.12)与式(D.13)、式(D.14)计算:

$$\cos A_m = (\sin \delta_m \cos \phi - \sin \phi \cos \delta_m \cos t_m) / \sin Z_m \quad \dots\dots\dots (D.11)$$

$$\cos A_s = (\sin \delta_s \cos \phi - \sin \phi \cos \delta_s \cos t_s) / \sin Z_s \quad \dots\dots\dots (D.12)$$

$$\cos Z_m = (\sin \phi \sin \delta_m + \cos \phi \cos \delta_m \cos t_m) \quad \dots\dots\dots (D.13)$$

$$\cos Z_s = (\sin \phi \sin \delta_s + \cos \phi \cos \delta_s \cos t_s) \quad \dots\dots\dots (D.14)$$

式中:

ϕ ——测段平均位置的纬度;

δ_m, δ_s ——分别为月球、太阳的赤纬;

t_m, t_s ——分别为月球、太阳的时角。

d) δ_m, δ_s 与 t_m, t_s 由式(D.15)、式(D.16)与式(D.17)、式(D.18)计算:

$$\sin \delta_m = \sin \epsilon \sin \lambda_m \cos \beta_m + \cos \epsilon \sin \beta_m \quad \dots\dots\dots (D.15)$$

$$\cos \delta_m \cos t_m = \cos \lambda_m \cos \beta_m \cos \tau + \sin \tau (\cos \epsilon \sin \lambda_m \cos \beta_m - \sin \epsilon \sin \beta_m) \quad \dots\dots\dots (D.16)$$

$$\sin \delta_s = \sin \epsilon \sin \lambda_s \quad \dots\dots\dots (D.17)$$

$$\cos \delta_s \cos t_s = \cos \lambda_s \cos \tau + \sin \tau \cos \epsilon \sin \lambda_s \quad \dots\dots\dots (D.18)$$

式中:

ϵ ——黄赤交角;

β_m ——月球真黄纬;

λ_m, λ_s ——分别为月球、太阳的真黄经;

τ ——观测的地方恒星时。

e) τ 由式(D.19)计算:

$$\tau = \tau_0 + (T_B - 8) + (T_B - 8) / 365.2422 \quad \dots\dots\dots (D.19)$$

式中:

τ_0 ——世界时零点的恒星时;

T_B ——观测时的北京时刻。

D.2.6 海潮负荷改正

一测段高差的改正 L 由式(D.20)计算:

$$L = (\xi \cos A + \eta \sin A)s \quad \dots\dots\dots (D.20)$$

式中:

ξ, η ——分别为海潮负荷引起的地倾斜南北、东西分量;

A ——观测路线方向方位角;

s ——测段长度。

ξ, η 由式(D.21)、式(D.22)计算:

$$\xi = \sum_p [\xi_p \cos(\omega_p T + x_p + \alpha_{pe})] \quad \dots\dots\dots (D.21)$$

$$\eta = \sum_p [\eta^p \cos(\omega_p T + x_p + \alpha_{p\eta})] \quad \text{..... (D. 22)}$$

式中:

ξ^p 、 η^p ——分别为各分潮引起的地倾斜南北、东西分量;

ω_p ——各分潮的角频率;

T ——观测的世界时;

x_p ——各分潮依天文引数求得的初相角;

$\alpha_{p\xi}$ 、 $\alpha_{p\eta}$ ——分别为各分潮地倾斜南北、东西分量相应的相位;

p ——分潮数。

式中 ξ^p 、 η^p 与 $\alpha_{p\xi}$ 、 $\alpha_{p\eta}$ 利用 CSR4.0+CS 或精度更高的海潮模型求得。

D.2.7 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 应按测段的测站数 n 成比例配赋于各测段高差中,按式(D.23)计算高差改正数 v_i :

$$v_i = -n_i / \sum n \cdot W \quad \text{..... (D. 23)}$$

式中:

W ——已施加 D.2.1~D.2.7 的各项改正后的闭合差,单位为毫米(mm);

n_i ——第 i 测段的测站数。

D.3 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 D.3。

表 D.3 一等水准测量外业高程与概略高程表

施測年份:2004 年

路线名称：I 乐大线

时
张

婚期：約每2年

檢查者：似世平

[illegible]

D.4 风级表

水准测量外业应采用表 D.4 中的风力等级。

表 D.4

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	软风	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

注:风向为风吹来的方向,例如风从东北方向吹来,称为东北风。