

# 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/T3161 光学经纬仪

GB/T10156 水准仪

GB/T16818 中、短程光电测距规范

GB/T18314 全球定位系统（GPS 测量规范）

GB50007-2002 建筑地基基础设计规范

CH1001 测绘技术总结编写规定

CH1002 测绘产品检查验收规定

CH1003 测绘产品质量评定标准

CH/T1004 测绘技术设计规定

CH/T2004 测量外业电子记录基本规定

CB/T2006 水准测量电子记录规定

JJG8 水准标尺检定规程

JJG414 光学经纬仪检定规程

JJG425 水准仪检定规程

JJG703 光电测距仪检定规程

JJF1118 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，至其他任何固定的观测。

### 3.7

接测 adjoining 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 72.260m。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  $M_{\Delta}$  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
$M_{\Delta}$	0.45	1.0
$M_w$	1.0	2.0

$M_{\Delta}$  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 1600km，西部地区应不大于 2000km，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 750km，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神连测。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	400km 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	40km 左右。经济发达地区 20km~30km；荒漠地区 60km 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	4km~8km。经济发达地区 2km~4km；荒漠地区 10km 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4km以内，距已测的三、四等水准点在1km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数年代号，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4000m或水准点间距的平均高差为150m~250m的二等水准路线上，每个水准点也应测定重力。高差大于250m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1500m~4000m之间或水准点间的平均高差为50m~150m的地区，二等水准路线上重力点间平均距离应小于23km。

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上间断和连接。若同一水准环中观测间断时间超过6个月的连接点均匀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/T1004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道路、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（2m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50m、距公路30m（普通水准点除外）以内或其他受剧烈火震动的地点；

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 5m 的基岩上。选定基岩水准点，应有地质人员参加，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 50m 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 GB50007-2002 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、标石类似的点位标记，按 A.3 的要求，依照图 A0.2 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

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

- a) 有岩层露头或在地面下不深于 1.5m 的地点，优先选择埋设岩层水准标石；
- b) 沙漠地区或冻土深度小于 0.8m 的地区，埋设混凝土柱水准标石；

- c)冻土深度大于 0.8m 或永久冻土地区，埋设钢管水准标石；
- d)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；
- e)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圆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。捆扎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。钢管表面涂抹沥青或乳化沥青漆，并用 IH 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人防腐处理后且装有钢筋根络的钢管，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 12h)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络的钢管，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 110mm，壁厚不小于 3mm 的 PVC 管，距管底部约 0.5m 的管壁上均匀分布 10~12 个孔径为 15mm 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 0.4m~0.6m 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，使圆鼓内侧与墙面齐平。在标志下方墙面上用 1:1 的水泥砂浆抹成 0.2m×0.2m 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：

- a) 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。
- b) 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 1.5m×1.5m×1.0m 高出地面 0.6m。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。居发地庭院内不设护墙或护栏，只设与在面齐平的保护井和保护盘。
- c) 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。
- d) 埋设在政府机关、学校、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 的规格建筑保护埋，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 规格的保护框项面与地面齐平。
- e) 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，用涂漆或压印的主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主距离。

#### 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：

- a) 钢筋骨架照片，应能反映标石坑和基座坑的形状和尺寸；
- b) 标石坑的照片，应能反映标石坑和基座坑的形状的尺寸；
- c) 基座建造后照片，应能反映标石坑和基座坑的形状和尺寸；
- d) 标志安置照片，应能反映标志安置是否平直、端正；
- e) 标石整饰照片，应能反映标石整饰是否规范；
- f) 标石埋设置远景照片，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，应向当地乡、镇以上政府有关部门（道路水准后向道路管理部门）办理委托保管手续，委托保管书的格式见图 A.27。

#### 5.2.7 水标准石稳定时限

水准标石埋设后，一般地区应经过一个雨季，冻土深度大于 0.8m 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修。实地检查时，应请当地政府主管部门协助，逐点记寻标石现状，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。

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、气泡式水准仪	DSZ05 DSO5	DSZ1 DS1	用于水准测量,其基本参数见 GB/T10156
2	线条式因瓦标尺、条码式因瓦标尺			
3	经纬仪	DJ1	DJ1	用于跨河水准测量,其基本参数见 GB/T3161
4	光电测距仪	II级	II级	用于跨河水准测量,基精度分级见 GB/T16816
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守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 JJG425 规定执行,水准标尺的检校按 JJG8 按规定执行,光电测距仪的检校按 JJG703 规定执行,光学经纬仪的检校按 JJG414 规定执行,GPS 接收设备的检校按 JJF1118 规定执行。

6.2.2 对于新出厂仪器以及作业前和跨河水准测量使用的人仪器检校,项目按表 5 规定执行,检验方法和技术要求按附录 B 执行。

GB/T12897-2006

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	水准仪	标尺中轴线与标尺底面垂直性测定	+			
8		水准仪的检视	+	+	+	
9		水准仪上概图水准器的检校	+	+	+	
10		光学测微器隙动差和分划值测定	+	+	+	
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		数字水准仪视线距离测量误差	+			
15		调焦透镜运行误差的测定	+			
16		气泡式水准仪交叉误差的检校	+		+	
17		i角检校	+	+	+	
18		双摆位自动安平水准仪摆差 2C 角的测定	+	+	+	
19		测站高差观测中误差和竖轴误差的测定	+	+	+	
20		自动安平水准仪器致误差的测定	+			
21		倾斜螺旋隙动差、分划误差和分划值的测定	+			
22		符合水准器分划值的测定			+	
23		系统分辨率检定	+			
24		垂直度盘测微器行差的测定			+	
25		经纬仪	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，当所有使用的仪器的方法该项检验无关时，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难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 自动发平光学水准仪每天检校一次  $i$  角，气泡式水准仪每天上下、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	4.0mm	4.0mm	对标尺施加改正
2	一对标尺基辅分划常数偏差	0.10mm	0.10mm	调整
3	标尺基辅分划常数偏差	0.05mm	0.05mm	采用实测值
4	标尺底面垂直性误差	0.10mm	0.10mm	采用尺圈
5	标尺名义米长偏差	100 $\mu$ m	100 $\mu$ m	禁止使用，送厂校正
6	一对标尺名义米长偏差	50 $\mu$ m	50 $\mu$ m	调整
7	测前测后一对标尺名义米长变化	30 $\mu$ m	30 $\mu$ 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 $\mu$ m	13 $\mu$ m	禁止使用
9	倾斜螺旋隙动差	2.0"	2.0"	中许旋进使用
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	0.05mm	0.05mm	
12	自动安平水准仪补偿误差	0.20"	0.20"	禁止使用
13	视线观测中误差	0.40"	0.40"	
14	调焦透镜运行误差	0.15mm	0.15mm	
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	0.08mm	0.08mm	禁止使用
18	竖轴误差	0.05mm	0.05mm	
19	自动安平水准仪磁误差	0.02"	0.02"	
20	数字水准仪系统分辨率(10m 视距)	0.02mm	0.02mm	
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	10cm $\pm$ 2cm	10cm $\pm$ 2cm	

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  $\mu$  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 20km~30km 的几个分段，在分段内连续进行所有测段的往返观测。

7.1.3 同一测段的往测(或返测)与返测(或往测)应分别在上午与下午进行。在日间气温变化不大的阴天和观测条件较好时，若干里程的往返测可同在上或下午进行。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 30min 内；
- b) 太阳中天前后各约 2h 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 2h)；
- 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 1.5kg，长度不短于 0.2m)或尺台(尺台质量不轻于 5kg)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 2.85m，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 1cm，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乎符合(双摆位自动安平水准仪应置于第 1 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辅助分划与测微鼓的读数。

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 数安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。

GB/T12879-2006

#### 7.6 测站观测限差与设置

##### 7.6.1 测站观限差

测站观测限差应不超过表 8 的规定。

表 8

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之差的限差。

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，应按原理设情况填写妥当，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。

### 7.1.1 往返测高差不符值、环闭合差

7.1.1.1 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

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	$1.8\sqrt{R}$	—	$2\sqrt{F}$	$3\sqrt{R}$
二等	$4\sqrt{R}$	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{F}$	$6\sqrt{R}$

注：R—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—附和路线长工，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 检测检测已测测段高差之差的限差，对单程检测或返检测均适用，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 水准环线由不由等级路线构成时，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%，则在以后各测段的观测中，除酌量缩短视线外，还加强仪器隔热和防止尺桩（台）位移等措施。

GB/T12897—2006

### 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合值超出限差，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  $M_{\Delta}$  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 endpoints 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 100m 时，可采用一般方法时行观测，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 100m 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 测量方法的选择

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

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的位置，求出两岸高差	1500
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	3500
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	3500
5	GPS 测量法	使用 GPS 接收机和水准仪分别测定两岸点位的的大地高差和同岸点位的的水准高差，求出两岸点位的的水准高差，求出两岸的高程异常和两岸高差	3500

跨河距离超过一表规定时，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丝、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 300m 时，视线高度应不低于 2m；大于 500m 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，宜避免正对日照方向，困难时可适当增大视线长度，或采用标灯测光。

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。

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 10m 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 20m 左右，并且相等，此  $b_1$  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：

$$\text{上半测回: } h_{b_1b_2} = h_{b_1b_2} + h_{I_1b_2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{下半测回: } h_{b_2b_1} = h_{b_2b_1} + h_{I_2b_1} \dots\dots\dots (2)$$

标尺点  $b_1$ 、 $b_2$  应设置口径不小于 10cm，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。

g) 在两岸距离跨河点 100m~300m 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 500m 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 70m/km 的地区，不宜进行一等 GPS 跨河水准测量，超过 130m/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。应避免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。

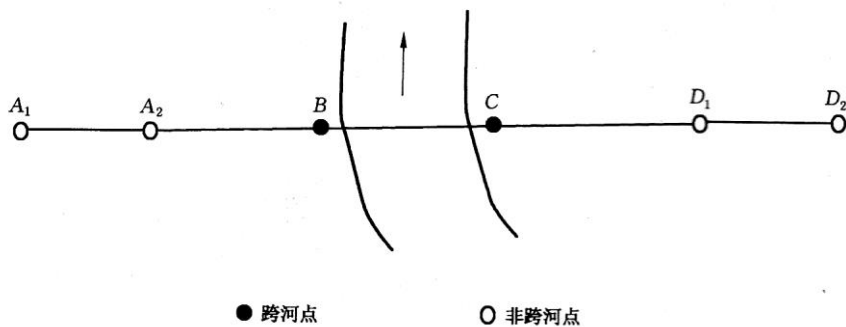


图 3

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  $1/25$ 。

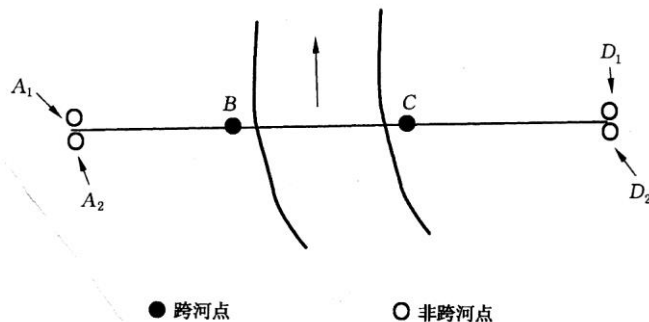


图 4

f) 当跨河距离小于  $2\text{km}$  时, 同一河岸非跨河点距跨河点的距离应以  $2\text{km}$  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  $30\text{min}$ , 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  $1\text{h}$  起至太阳中天前  $2\text{h}$  止; 下午自中天后  $2\text{h}$  起至日落前  $1\text{h}$  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  $1\text{h}$  起至日出前  $1\text{h}$  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  $15\text{min}\sim 20\text{min}$ , 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费和天线等连接无误后, 方可开机。

c) 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：关机重启动(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器。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
501~1000	6	12	6	4	8	6
1001~1500	8	18	8	6	12	8
1501~2000	12	24	8	8	16	8
2000 以上	6·s	12·s	8	4·s	8·s	8

b) 各双测回的互差限差  $dH_{限}$ ，按式 (3) 计算：

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

式中：

$M_{\Delta}$ ——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  $dH_{限}$  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 中的规定的 GPS 观测时段数。

### 8.6 光学测微法

#### 8.6.1 准备工作

a) 按 8.3 的规定，选定和布设跨河场地；

b) 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；

c) 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；

d) 对标尺点与路线上的固定点（或标石）进行连测。

#### 8.6.2 观测方法

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

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

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

以后各组开始观测前，应将觇板较大地移动后，重新使标志中心线对准标尺基本分划线，并

固定之。然后按相同的操作顺序，逐个完成其余各组的观测。

每组内对远标尺上觇板标志线的各次读数互差，不得超过  $0.01\text{mm} \times s$  ( $s$  为跨河视线长度，单位为  $\text{m}$ )。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。觇板上需绘制两条标志线，上、下志线间的距离，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) 每次安装觇板后，应仔细续出觇板指标线在标尺上的读数，并求出各标志线在标尺上的相应读数。

观测记录、计算示例见 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：首先在经纬仪器左的位置，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；两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：

$\theta$  ——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 ( $\text{cm}$ )；

$\rho$ ——206265，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，同一标志线四次照准读数之差不大于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 $\alpha$ 和 $\beta$ ， $\alpha$ 或 $\beta$ 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 15min 左右。

c) 两台仪器和标尺，可只在上、下间调岸一次。

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

e) 观测的测回数应为表 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 $1^\circ$ 。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 40cm20cm×20cm 的混凝土柱石，中间嵌标导。也可打入 50cm×10cm×10cm 的木桩，中间打帽钉。柱石或木桩顶间均应埋入地面下 0.1m；

b) 跨河距离在 2000m 以内，对岸标尺可安置一块觇板，2000m 以上应安置上、下两块觇板。觇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（或标灯）安置在 2.5m 处，双觇板（或标灯）在 2.0m~3.0m 之间，间距依跨河宽度而度，以目标水表 晰 为 准。

### 8.9.2 本岸测站间高差测定

a) 水准仪法：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：将经纬仪器架在 AB 间的中点上，距差应不大于 0.5m。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。中应在结束时进行一次检测。若检测超限，应沿路线再检测一段。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 3mm。如无钢尺，也可用测距仪器测定。

#### b) 跨河测站点间距离测量

跨河距离 SAC、SAD、SBC、SBD 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/T16818 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
一	II	2	2	4	≤10	≤15	≤2 (a+b · D · 10 <sup>-6</sup> )
二	II	1	1	6	≤10	≤15	≤2 (a+b · D · 10 <sup>-6</sup> )

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 3mm。各次设站高度不必强求一致。

#### 8.9.4 垂直角观测

##### 8.9.4.1 观测程序

a) 在 A、C 点设站，同时观测本岸近标尺，测定 bB 和 Bd1，而后同步观测对岸远标尺，测定 aAD 和 aCB。

b) A 点仪器不动，将 C 点仪器迁至 D 点，两岸仪器同步观测对岸远标尺，测定 aAC 和 aDB。

c) D 点仪器不动，观测本岸近标尺，测定 bA，对时将 D 点仪器重迁至 C 点，接着两岸仪器同步观测对岸远标尺，测定 aBD 和 aCA。

d) B 点仪器不动观测本岸近标尺，测定 bA，此时将 D 点仪器重新迁至 C 点，接着两岸仪器同步观测位置的观测结束，两台仪器共完成四个单测回。

##### 8.9.4.2 观测方法

a) 观测近标尺：按 8.8.2 中 a) 所述的方法测定本岸近标尺读数。

b) 观测远标尺：在盘左位置用望远镜中丝精确照准远标尺上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，盘左按相反次序照准下、上标觐板标志。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 12 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，应重新将觐板指标线中心精确对准标尺分划线中央。每条边观测前，应仔细检查觐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，用同一时段的各条边高差计算闭合差。各环线的闭合差 W 应不大于按式 (5) 计算的限值：

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

M<sub>w</sub>——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、下视板的，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。

8.10GPS 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	1500≤D≤3000	≥4 (每端 2 个)	≤5	1
二等	500≤D≤3500	≥4 (每端 2 个)	≤8	2

GPS 网相邻点间基线长精度按下式计算：

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

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<sup>-6</sup>)；

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 50m，距离公路不小于 30m。
- e) 点位距大功率无线电发射源（如电台、微波站等）不小于 200m，距离压输电线不小于 50m。
- 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 12cm×12cm, 底面 20cm×20cm, 高 60cm 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 接收机按照 JJF1118 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 观测符合表 15 的规定。

表 15

项 目	等 级	
	一 等	二 等
卫星截止高度角/(°)	≥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·s	4·s
时段长度数	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 72h 内完成观测, 二等应在 45h 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) 尺可能采用材质坚固抗伸缩、高度稳定的刚体对中杆, 其高度大测前、测后进行量取, 两次读数互差小于 1.0mm。

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 1.0mm。

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, 以便于在随便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) 测上名、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 1m。
- f) 天线相位中心至标石面的直高，记至 0.1mm。
- 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：

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应观测值。
- 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 2m。
- 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 2h 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	$1.0 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-6}$
环线全长相对闭合差	$2.0 \times 10^{-6}$	$3.0 \times 10^{-6}$

- 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：

- $\delta$  ——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:

$\delta$  ——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:

$\delta$  ——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:

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

式中:

$a_{AB}$  ——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);

$\Delta H_{GAB}$  ——AB 点间的大地高差, 单位为米 (m);

$\Delta H_{rAB}$  ——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 a 值, 最后将河流两岸得到的不同的  $a_{AB}$  与  $a_{CD}$  取平均值作为跨河段的高程异常变化率  $a_{AB}$ 。河流两岸得的不同的 a 值 ( $a_{AB}$ 、 $a_{CD}$ ) 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 a 值较差	0.0070	0.130
不同岸 a 值较差	0.0100	0.0180

高程异常差按公式 (11) 计算。

$$\Delta \xi_{AB} \times s_{AB} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

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

$a_{AB}$  ——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:

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

式中:

$\Delta H_{rBC}$ ——BC间的正常高差,单位为米(m);

$\Delta H_{GBC}$ ——BC间的大地高差,单位为米(m);

$a_{BC}$ ——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目不小于总数的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,重测仍不能满足各荐限差规定时,应按技术要求增选新点进行重测。

d) 非跨河点与最近河点组成的线路计算的a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 冰不观测

跨越位于北方的地区的河流、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30cm×10cm×10cm的木桩(顶端钉入圆帽钉),然后烧水使其冻结。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休,作出明显标记。视线长度不宜超过25m。

c) 在标尺处应有专人照明,可在水准仪测微器的入光中设照明灯。

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/T2004和CH/T2006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）、大气温度（仪器高度处温度）、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、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。每五俱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，对原台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保处。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、观测成果是事满足各项限差要求。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) 外业高差的概略高程表的编算；
- 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  $M_{\Delta}$  的计算（小于 100km 或测段数不足 20 个路线，可纳入相邻路线一并计算），并符合 7.11 及 4.2 的规定。

每千米水准测量偶然中误差  $M_{\Delta}$  按式（13）计算：

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

式中：

$\Delta$ ——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  $\pm 1.2\text{mm}$ ）。

每千米水准测量的全中误差  $M_w$  按式（14）计算：

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

式中：

W——经过各项改正的水准环闭合差，单位为毫米（mm）；

F——水准环线周长，单位为千米（km）；

N——水准环线。

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 CH1002 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 CH1003 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 and 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 CH1001 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件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捕捞电子文本；
- 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化介质，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。