

ICS 17. 120. 01
P 12

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 58—2014

替代 SL 58—93

水文测量规范

Specification for geodesic survey in hydrology

2014-09-10 发布

2014-12-10 实施



中华人民共和国水利部 发布

水利造价信息网
http://www.slzjxx.cn

中华人民共和国水利部
关于批准发布水利行业标准的公告
(水文测量规范)

2014 年第 48 号

中华人民共和国水利部批准《水文测量规范》(SL 58—2014)
为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水文测量规范	SL 58—2014	SL 58—93	2014.9.10	2014.12.10

水利部
2014 年 9 月 10 日

中国书画函授大学肇庆分校

肇庆分校建校二十周年纪念册

（内部发行）

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

肇庆分校建校二十周年纪念册

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，修订《水文普通测量规范》（SL 58—93），将标准名称改为《水文测量规范》。

本标准共 4 章 2 个附录，主要技术内容有：

- 三、四、五等高程测量的方法与要求；
- 断面测量的方法与要求；
- 地形测量的方法与要求。

本次修订的主要内容有：

- 取消了经纬仪量距导线测量；
- 取消了旁点交会导线；
- 增加了电磁波测距高程导线测量；
- 增加了卫星定位高程测量；
- 增加了卫星定位平面控制测量；
- 增加了数字测图。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 58—93

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水文局

本标准解释单位：水利部水文局

本标准主编单位：水利部黄河水利委员会水文局

本标准参编单位：水利部长江水利委员会水文局

上海市水文总站

华北水利水电大学

黑龙江省水文局

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：张留柱 王志毅 田志刚 王铁生
宋政峰 张彦丽 彭全胜 李启高
李 平 鲁承阳 刘彦娥 熊珊珊
赵书华 董淑华 姜洪富 孙章顺

本标准审查会议技术负责人：朱晓原

本标准体例格式审查人：陈 昊

<https://www.slnjxx.cn>
水利造价信息网

目 次

1	总则	1
2	高程测量	2
2.1	一般规定	2
2.2	水准测量基本要求	2
2.3	水准点设置	5
2.4	水准观测	5
2.5	跨河水准测量	8
2.6	电磁波测距高程导线测量	11
2.7	卫星定位高程测量	12
2.8	水准点引测	15
2.9	水准点校测	15
2.10	水尺零点高程测量	16
2.11	洪水痕迹和大断面控制桩(点)高程测量	17
3	断面测量	18
3.1	距离与起点距测量	18
3.2	水深测量	18
3.3	大断面测量	20
3.4	纵断面测量	21
4	地形测量	24
4.1	一般规定	24
4.2	平面控制测量基本规定	26
4.3	导线测量	27
4.4	三角测量	30
4.5	卫星定位平面控制测量	34
4.6	控制点展绘与加密	42
4.7	陆地地形测量	44

4.8 水下地形测量	45
4.9 数字测图	47
4.10 地形图编绘	50
附录 A 水尺零点高程测量记载表与填制说明	51
附录 B 断面测量记载表	53
标准用词说明	57
条文说明	59

<https://www.cnjzxx.com> 水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为统一水文测量中高程测量、断面测量和地形测量的技术标准,适应水文测量技术发展,保证水文测量成果质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水文站网建设,水文测验,水文调查的三、四、五等高程测量,河道断面测量及地形测量。

1.0.3 本标准以中误差或限差作为衡量测量精度的指标,以两倍中误差作为限差。

1.0.4 水文(位)站应有不少于3个基本水准点构成的高程自校系统,使用冻结基面或测站基面的水文(位)站,应与国家高程系统连测。

1.0.5 各项测量的原始记录应现场记载,不应涂改。各项测绘成果应及时进行整理,分类归档,基本水准点和高程自校系统的测量成果应长期保存。

1.0.6 永久性测量标志应绘制点之记,并建立档案。

1.0.7 采用先进测量仪器和新测绘技术时,精度不应低于本标准相应的要求。

1.0.8 本标准的引用标准主要有下列标准:

《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898)

《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》(GB/T 20257.1)

《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式》(GB/T 20257.2)

《水位观测标准》(GB/T 50138)

《水文缆道测验规范》(SL 443)

1.0.9 水文测量除应符合本标准规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 高程测量

2.1 一般规定

2.1.1 水文测量的高程系统宜采用 1985 国家高程基准。在已有高程控制网的地区进行测量，可沿用原高程系统，有条件的可提供与 1985 国家高程基准的转换关系。

2.1.2 高程测量可采用水准测量、电磁波测距高程导线测量或卫星定位高程测量。

2.1.3 高程测量等级根据需要可采用三、四或五等。测量路线视情况可采用附和路线、闭合路线、支线等。

2.2 水准测量基本要求

2.2.1 三等附和水准路线长度应不超过 150km；闭合路线环线周长应不超过 200km；支线长度应不超过 45km；测站水准点连测和比降观测水准点高程测量的路线长度应不超过 2.8km。

2.2.2 四等附和水准路线长度应不超过 80km；闭合路线环线周长应不超过 100km；支线长度应不超过 15km；测站水准点连测和比降观测水准点高程测量的路线长度应不超过 1km。

2.2.3 五等附和水准路线长度应不超过 16km；支线长度应不超过 4km。

2.2.4 当水准路线长度大于 20km 时，应每隔 10km 左右分一测段，在测段的端点应设置或选定相当于校核水准点标准的固定点。

2.2.5 水准测量应采用不低于 DS₃ 级的水准仪。

2.2.6 三、四等水准测量仪器应按下列方案配置：

- 1 普通光学水准仪与双面水准尺，如因条件限制，可用单面水准尺按“一镜双高法”施测，不应使用塔尺或折尺。
- 2 带有测微器的光学水准仪与线条式钢瓦标尺。
- 3 数字水准仪与条码式标尺。

2.2.7 水准测量允许视线长度、前后视距差、数字水准仪重复测量次数应符合表 2.2.7 的规定，其视线高度应满足三丝能读数或满足条码扫描所需的尺面范围。

表 2.2.7 允许视线长度、前后视距差、数字水准仪重复测量次数

等级	视线长度 (m)		前后视距差 (m)		数字水准仪 重复测量 次数
	仪器类型	视距	单站	测段 累计	
三等	DS ₃ 、DSZ ₃	≤75	≤2	≤5	≥3
	DS ₀₅ 、DSZ ₀₅ 、DS ₁ 、DSZ ₁	≤100			
四等	DS ₃ 、DSZ ₃	≤100	≤3	≤10	≥2
	DS ₀₅ 、DSZ ₀₅ 、DS ₁ 、DSZ ₁	≤150			
五等	DS ₃ 、DSZ ₃	≤150	≤5	≤30	≥2

注：使用相位法数字水准仪测量，重复测量次数为上表中次数减少 1 次。使用数字水准仪测量，在地面振动较大时，暂停测量，直至振动消失，无法回避时增加重复测量次数。

2.2.8 水准测量仪器站观测限差应符合表 2.2.8 的规定。

表 2.2.8 水准测量仪器站观测限差 单位：mm

等级	基、辅分划 (黑红面) 读数之差	基、辅分划 (黑红面) 所测高差之差	左右路线 转点差	检测间歇点 高差之差
三等	光学测微法 1.0	1.5	1.5	3.0
	中丝读数法 2.0	3.0		
四等	3.0	5.0	4.0	5.0
五等	4.0	6.0	5.0	6.0

注 1：采用单面尺时，变换仪器高度前后所测两尺高差之差，与同站黑、红面所测高差之差限差相同。

注 2：使用双楔位自动安平水准仪观测时，不计算黑红面读数差。

注 3：使用数字水准仪，同一标尺两次观测所测高差之差执行基辅分划所测高差之差的限差。

2.2.9 往返测量高差不符值，路线、环线闭合差限值应符合表 2.2.9 的规定。

表 2.2.9 往返测量高差不符值及路线、环线闭合差限值

单位：mm

等级	检测已测测段 高差之差	路线、区段、测段往返测高差不符值、 附合路线、环线闭合差		左右路线高 差不符值
		平原	丘陵、山区	
三等	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 15\sqrt{L}$ 或 $\pm 4\sqrt{n}$	$\pm 8\sqrt{L}$
四等	$\pm 30\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{L}$	$\pm 25\sqrt{L}$ 或 $\pm 6\sqrt{n}$	$\pm 14\sqrt{L}$
五等	$\pm 40\sqrt{L}$	$\pm 30\sqrt{L}$	$\pm 40\sqrt{L}$ 或 $\pm 10\sqrt{n}$	$\pm 20\sqrt{L}$

注 1: L —各种路线往返平均长度，均以 km 为单位， L 小于 1km 时，按 1km 计。
 注 2: n —水准测段测站数。
 注 3: 每千米水准测站数超过 16 站时，用 n 计算。

2.2.10 水准观测超限差时，应重测。若在本站检查发现后应立即重测，若迁站后发现超限，则应从水准点或符合限差要求的间歇点开始重测。

2.2.11 水准测量期间气泡式水准仪应每天上午、下午各检校 1 次 i 角，自动安平光学水准仪应每天检校 1 次 i 角，作业开始后的 7 个工作日内，若 i 角较为稳定，以后可每隔 15 天检校 1 次。数字水准仪整个作业期间应在每天测量前进行 i 角检验，当 i 角大于 $20''$ 时，应进行校正。

2.2.12 水准尺的米间隔平均真长与名义长之差，木质标尺应不大于 0.5mm/m ，条码式铳瓦标尺应不大于 0.15mm/m 。数字水准仪系统分辨率（10m 视距）应优于 0.02mm 。

2.2.13 水准观测应符合下列要求：

1 安置水准仪三角架时，宜使其中两脚与水准路线的方向平行，第三脚交替轮换置于路线方向的两侧。

2 除路线拐弯处外，每测点上仪器和前后视标尺的 3 个位置，应接近于一条直线。

3 同一仪器站测量时，三、四等水准测量不应两次调焦，五等水准测量不宜两次调焦。转动仪器的倾斜螺旋和测微鼓时，其最后旋转方向应为旋进。使用自动安平水准仪时，相邻仪器站应交替对准前后视调平仪器。

4 每一测段的往测和返测，其仪器站数应为偶数。由往测转向返测时，两标尺应互换前后站位置，并应重新安置仪器。

5 工作间歇时，应选择 2 个坚实的固定点做为间歇点，间歇后应进行检测，检测指标应符合表 2.2.8 的规定。

2.3 水准点设置

2.3.1 水文（位）站应设置基本水准点和校核水准点。

2.3.2 水文（位）站应在不同位置设置 3 个基本水准点，其中 1 个水准点设置明标，2 个设置暗标。基本水准点之间距离宜为 300~500m，不应超过 700m。水文测站附近设有国家水准点时，国家水准点可作为水文测站基本水准点使用。

2.3.3 基本水准点应设置在水文测站附近历年最高洪水位以上或堤防背河侧高处，能保证水准点稳定又便于引测的地方。

2.3.4 在各水位观测断面附近可设置 3~5 个校核水准点，其位置和数量应满足进行水尺零点高程测量时，平坦地区的仪器站数不多于 6 站，非平坦地区的仪器站数不多于 11 站的要求。

2.3.5 水准点设置后，应逐一编号。以后无论其高程是否变动，都不应改变其编号，必要时可加辅助编号。

2.3.6 基本水准点标石的埋设应符合 GB/T 50138 及 GB/T 12898 的规定。校核水准点标石埋设可参照基本水准点要求适当放宽。

2.4 水准观测

2.4.1 三等水准测量可采用中丝读数法，应进行往返观测。当使用有光学测微器的水准仪和铟瓦水准标尺进行观测时，也可采用光学测微法进行单程双转点观测，观测程序应为“后、前、

前、后”。

2.4.2 四等水准测量可采用中丝读数法。附和或环形闭合路线可只进行单程测量。水准支线应进行往返观测或单程双转点观测，观测程序应为“后、前、前、后”或“后、后、前、前”。

2.4.3 五等水准测量可采用中丝读数法。附和或环形闭合路线可用单程观测。水准支线应进行往返观测，在困难条件下也可进行单程双测。

2.4.4 采用气泡式水准仪测量时，中丝读数法要求仪器安平后，望远镜绕垂直轴旋转时，符合水准气泡两端影像分离应不大于1cm。

2.4.5 光学测微法的仪器安平同2.4.4条要求，且照准水准尺基本分划时，符合水准气泡两端影像分离应不大于2mm。

2.4.6 采用数字水准仪进行水准测量时，应避免望远镜正对太阳；视线不宜被遮挡，遮挡不应超过标尺在望远镜中截长的20%；若有振动时，应待振动源造成的振动消失后，才能启动测量键。数字水准仪测段往返起始测站应对仪器进行限差、作业、通信等设置。

2.4.7 采用单面水准尺观测时，变换仪器的高度应不小于10cm。

2.4.8 三、四等水准测量采用测微法、数字水准仪观测时，中丝读数、计算平均高差，均取至0.1mm。其他方法观测时，应读记至1mm，计算平均高差取至0.5mm；五等水准测量均取至1mm。各等级水准测量的视距和视距差取至0.1m。

2.4.9 水准测量中应及时检查本站的观测结果，符合表2.2.7和表2.2.8的规定时，方可迁至下一站。

2.4.10 每测完1个测段，应计算往返测或单程双转点左、右路线测量的高差，其不符值应满足表2.2.9的规定，当超出规定时，应按下列要求重测和计算高差结果：

- 1 对可靠程度低的往测或返测可进行单程重测。
- 2 如果重测的单程高差与同一方向原测高差的不符值符合

限差, 且其平均数与反方向的原测高差亦符合限差, 应取其平均值作为该单程的高差结果。

3 若重测的高差与同方向的原测高差不符值超出限差, 而重测的单程高差与反方向原测高差没有超出限差, 应用重测的单程高差与反方向原测单程高差计算闭合差。

4 若该单程重测后与原往、返测的单程高差计算结果均超出限差, 应重测另一单程, 至符合限差要求为止。

5 用单程双转点左右路线观测时, 可只重测 1 个单程单线, 并与原测结果中符合限差的 1 个左或右单线的高差取平均值。

6 如果重测结果分别与原测的左右线结果比较均符合限差, 应取 3 次单线的结果平均值。

7 当重测的结果与原测 2 个单线结果均超限差, 应分析原因再测 1 个单程单线, 至符合限差要求为止。

2.4.11 附和、闭合、支线水准路线高差闭合差, 应分别按式 (2.4.11-1) ~ 式 (2.4.11-3) 计算。

附和水准路线闭合差

$$\Delta h = \sum h - (H_d - H_e) \quad (2.4.11-1)$$

闭合水准路线闭合差

$$\Delta h = \sum h \quad (2.4.11-2)$$

支线水准路线闭合差

$$\Delta h = |\sum h_i| - |\sum h_e| \quad (2.4.11-3)$$

式中 Δh ——高差闭合差, m;

$\sum h$ ——各测段高差的代数和, m;

$\sum h_i$ 、 $\sum h_e$ ——路线上各测站的往测、返测的高差总和, m;

H_e ——路线上终止已知水准点的高程, m;

H_d ——路线上起始已知水准点的高程, m。

2.4.12 附和、闭合、支线水准路线闭合差的改正, 应按测段长度或水准路线测站数的比例进行分配, 按式 (2.4.12-1)、式 (2.4.12-2) 进行路线长度或水准路线测站数的闭合差改正数计算。

$$\delta_i = -\frac{L_i}{L} \Delta h \quad (2.4.12-1)$$

$$\delta_i = -\frac{n_i}{n} \Delta h \quad (2.4.12-2)$$

式中 δ_i ——某一测段上闭合差改正数, m;

L_i ——某一测段路线的长度, m;

L ——水准路线的总长度, m;

n_i ——某一测段中的仪器站数;

n ——水准路线的总仪器站数。

2.5 跨河水准测量

2.5.1 当河宽不大于允许视线长度时,可直接进行跨河水准测量;当河宽大于允许视线长度,若有桥梁可以利用时,可通过桥面进行水准测量。

2.5.2 跨河两岸测点间的水平视线距水面的高度宜相等。当跨河视线长度不大于 300m 时,视线高度距水面高度不应小于 2m,视线长度大于 300m 时,视线距水面高度不应小于 3m。

2.5.3 跨河两岸安置仪器及标尺的位置,可布置成平行四边形、等腰梯形或 Z 形。跨河视线长度宜相等,岸上视线长度不应小于 10m,且两岸视线长度应相等。使用一台仪器观测时,宜采用 Z 形。

2.5.4 标尺设立点应牢固,需设置木桩时,木桩顶面直径宜大于 10cm,入土长度应满足标尺点牢固的要求,桩顶高于地面 10cm 以上,并钉上圆帽钉。

2.5.5 按 2.5.3 条布设跨河测量场地时,应在距跨河点 300m 以内,设立临时水准点。

2.5.6 视线长度不大于 300m 时,跨河水准测量应观测 2 个测回,2 个测回的高差不符值,三等水准测量应不大于 8mm,四等水准测量应不大于 16mm,超出限差时,应分析原因,并按 2.4.10 条要求重测。

2.5.7 当视线长度不大于 300m 时,跨越水流平缓的河流、静水湖泊、池塘等的四等水准测量,可采用静水传递高程法进行 2 次观测。2 次观测结果不符值,应不超过 $\pm 20\sqrt{L}\text{mm}$ (L 为两岸水准点间的水平距离,以 km 计)。

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

1 严冬前,应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。

2 冰上水准测量时,应在冰层有足够厚度和表面周日变化最小期间(宜在每年 12 月底至次年 2 月底)进行,观测过程中应注意安全。

3 观测开始前,可沿选定线路依相应等级水准测量所采用的视线工具,选定安置仪器及标尺的地点,清除积雪,可在安置标尺处凿一小孔,插入一不小于 $30\text{cm}\times 10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 的木桩(桩顶钉入圆帽钉),然后浇水使其冻结。在安置仪器脚架的每一脚下,可冻入木桩以支撑仪器脚架。

4 冰上水准测量观测方法和各项限差应符合相应等级水准测量的规定。

2.5.9 当跨河水准测量的视线长度大于 300m 时,应采用倾角法进行测量。

2.5.10 应用倾角法进行三、四等跨河水准测量时,应采用两台垂直度盘指标差稳定的 DJ₂ 级经纬仪或测角精度不低于 $2''$ 的全站仪,同时在两岸观测。

1 观测本岸近标尺时,首先在盘左位置照准近标尺的基本分划线,读取水平视线的标尺厘米分划数,再使水平丝分别照准该分划线的下、上边缘各 2 次;其次纵转望远镜以盘右位置同时照准该分划线的上、下边缘各 2 次,完成一组观测(近标尺只测一组)。盘左或盘右同一边缘两次照准读数差应不大于 $3''$ 。

2 观测对岸远标尺时,首先在盘左位置用水平丝依次照准下、上标志线各 1 次,同一标志线的 4 次照准读数差应不大于

3";再纵转望远镜以盘右位置,按相反次序照准上、下标志线各4次读数。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 其组间互差应不大于4"。

3 上述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。

2.5.11 倾角法测量的测回数及每个测回中观测对岸远标尺组数应满足表2.5.11的规定。

表 2.5.11 倾角法测回数、每测回观测对岸远标尺组数

跨河视线长度 (m)	≤ 1000	1000~1500	1500~2000	> 2000
测回数	4	8	8	12
组数	2	2	3	3

2.5.12 倾角法各测回互差应不大于式(2.5.12-1)、式(2.5.12-2)计算的限值:

$$\text{三等水准测量} \quad dH_c = 12\sqrt{NS} \quad (2.5.12-1)$$

$$\text{四等水准测量} \quad dH_c = 20\sqrt{NS} \quad (2.5.12-2)$$

式中 dH_c ——倾角法各测回互差的限值, mm;

N ——测回数;

S ——跨河视线长度, km。

2.5.13 跨河水准测量应符合下列规定:

1 宜在风力微弱和气温变化较小的阴天进行。风力在4级以上或风向平行跨河视线时,不宜观测。

2 当晴天观测时,应在日出后1h开始至地方时9:30止;自地方时15:00后开始至日落前1h止,观测时仪器应用白色伞遮蔽阳光。

3 仪器调岸时不应碰动调焦螺旋和目镜筒。

4 立水准尺时,应保持圆水准器的气泡居中。

5 跨河水准测量前应进行临时水准点与水准尺的立尺点连

测。在每日观测前用单程进行检测。当检测高差与连测高差比较,不超过表 2.2.9 的限差时,即可进行跨河观测,若检测超限,参照 2.4.10 条的规定执行。

6 在视线长度大于 300m 时,跨河水准测量的记录和计算应用专门的手簿。

2.5.14 采用电磁波测距高程导线测量、卫星定位测量等方法进行跨河水准测量时,其观测要求应按 2.6 节、2.7 节的规定执行。

2.6 电磁波测距高程导线测量

2.6.1 在进行水准测量确有困难的山区以及沼泽、水网地区,四、五等水准路线或支线,可用电磁波测距高程导线进行测量。

2.6.2 电磁波测距高程导线宜在平面控制点的基础上布设成高程导线或三角高程网。

2.6.3 电磁波测距高程导线测量可采用每点设站法或隔点设站法,也可两种方法交替使用。隔点设站时,应每站变换仪器高度或位置观测两次。

2.6.4 每站测前测后,应各测量一次仪器高和棱镜高,两次互差不应超过 2mm;采用每点设站法可单向观测,但总的测回数不变。

2.6.5 电磁波测距高程导线观测的主要技术要求,应符合表 2.6.5 的规定。

2.6.6 电磁波测距高程导线测量的限差,应符合表 2.6.6 的规定。

2.6.7 电磁波测距高程导线测量还应遵守下列规定:

- 1 高程路线应起讫于高一级的高程控制点上。
- 2 路线长度不应超过相应等级水准路线长度的规定。
- 3 视线长度不宜大于 700m,最长不超过 1km,当视线长度大于 500m 时,宜使用不小于 40cm×40cm 的特制觇牌。
- 4 全站仪观测斜距、平距和高差时,温度变化超过 1℃时,宜在测回间重新输入温度后再进行观测。

表 2.6.5 电磁波测距高程导线观测的主要技术要求

等级	仪器标称精度		垂直角观测			边长测回数	仪器高、棱镜高测量精度 (mm)
	测距 (等级)	测角 (")	测回数	指标差较差 (")	测回较差 (")		
四等	II	2	3	≤ 7	≤ 7	2	2
五等	III	2	2	≤ 10	≤ 10	2	2

注 1: 当采用 2" 级光学经纬仪进行垂直角观测时, 根据仪器的垂直角检测精度, 适当增加测回数。

注 2: 垂直角的对向观测, 当直觇完成后即刻迁站进行返觇测量。

注 3: 仪器、反光镜或棱镜的高度, 在观测前后各量 1 次并精确至 1mm, 取其平均值作为最终高度。

表 2.6.6 电磁波测距高程导线测量限差

等级	每千米高差全中误差 (mm)	边长 (km)	观测方式	高差较差 (mm)	附和或环形闭合差 (mm)
四等	10	≤ 1	对向观测	$\pm 45\sqrt{D}$	$\pm 20\sqrt{\sum D}$
			单程双测	$\pm 14\sqrt{D}$	
五等	15	≤ 1	对向观测	$\pm 60\sqrt{D}$	$\pm 30\sqrt{\sum D}$
			单程双测	$\pm 20\sqrt{D}$	

注: D 测站间或照准点间的水平观测距离, km。

5 视线通过江河、湖泊、沼泽和沙漠时, 若往、返观测高差较差超限, 在排除可能发生粗差的条件下, 可将限差放宽 $\sqrt{2}$ 倍。

6 当高程路线的长度小于估算的最短水准路线长度的 1/2 时, 可将附和、闭合限差放宽 $\sqrt{2}$ 倍。

2.7 卫星定位高程测量

2.7.1 卫星定位测量可采用静态方法进行四等及下列高程测量; 五等及碎部高程测量可采用 RTK (Real-time kinematic, 实时动

态定位)方法施测。

2.7.2 卫星定位高程测量宜与卫星定位平面控制测量同时进行。

2.7.3 卫星定位高程测量采用 RTK 方法时,若位于 CORS (Continuously operating reference stations, 连续运行基准站)系统有效覆盖区内,可选用网络 RTK 测量。

2.7.4 卫星定位高程测量宜利用 CORS 系统等已有高程异常模型,也可根据需要,建立高程异常模型。

2.7.5 高程异常模型可根据测区情况通过下列途径建立:

1 利用卫星定位测量、水准测量、重力测量、地形测量及重力场模型等资料,按物理大地测量方法获得。

2 区域面积较小、地形平坦及重力异常变化平缓地区,利用水准测量和卫星定位测量资料,通过数学拟合方法获得。

2.7.6 利用已有高程异常模型时,应对其标称的高程精度进行检测,达到相应的精度等级要求。新建高程异常模型时,模型的内符合中误差、高程中误差、检测较差不应超过表 2.7.6 的规定。

表 2.7.6 卫星定位高程测量主要技术要求 单位: cm

等级	平原、丘陵			山区		
	模型内符合中误差	高程中误差	检测较差	模型内符合中误差	高程中误差	检测较差
四等	2.0	3.0	6.0	—	—	—
五等	3.0	5.0	10.0	4.5	7.5	15.0

2.7.7 通过数学拟合方法建立高程异常模型时,水准点的布设应符合下列规定:

1 采用平面拟合时,拟合点数应不少于 4 个;采用曲面拟合时,拟合点数应不少于 7 个。

2 点位应均匀分布于测区范围内。

3 平原地区点间距不宜超过 5km。

4 地形起伏大时,应按测区地形特征增加点位。

2.7.8 高程拟合点的水准测量要求应符合表 2.7.8 的规定。

表 2.7.8 高程拟合点的水准测量要求

等 级	水准等级
四等	三等及以上
五等	四等及以上

2.7.9 卫星定位高程控制点的选取应符合 4.5.5 条的规定。

2.7.10 卫星定位高程控制测量观测与记录的要求应符合 4.5.8 条、4.5.9 条的相关规定。

2.7.11 卫星定位高程测量完成后, 应进行 100% 的内业检查和点数不少于总点数 10% (不宜少于 3 个) 的外业同精度检测, 并应符合下列规定:

1 内业数据检查应包括下列内容:

- 1) 外业观测数据记录的齐全性。
- 2) 观测成果的精度指标。
- 3) 输出成果内容的完整性。
- 4) 校核点的较差计算及检核结果。

2 外业检测可采用卫星定位测量方法进行, 也可采用水准或电磁波测距高程导线测量方法进行, 且应至少连测 1 个已知高程点。当采用卫星定位高程检测时, 检测较差应符合表 2.7.6 的规定。当采用水准或电磁波测距高程导线测量方法检测时, 不应超过表 2.7.11 的规定。

表 2.7.11 卫星定位高程测量检测较差

等 级	方 法	检测较差 (mm)
四等	四等	$30\sqrt{L}$
五等	五等水准	$60\sqrt{L}$
	电磁波测距高程导线测量	$0.4S$

注 1: L —水准检测线路长度, km, 小于 0.5km 的, 按照 0.5km 计; S —电磁波测距边长, m。
 注 2: 在山区, 上述限差可以放宽 1.5 倍。
 注 3: 在山区, 可采用四等电磁波测距高程导线检测。

2.7.12 卫星定位点的高程计算不宜超出高程异常模型所覆盖的范围。

2.8 水准点引测

2.8.1 水文测站基本水准点，其高程应以国家一、二等水准点为起算点，用不低于三等水准测量方法引测；条件不具备时，也可从国家三等水准点引测。

2.8.2 为防止受地面沉降和引据水准点损坏灭失影响，有条件的地区，应将水文测站基本水准点中的1个，直接纳入国家或者地方的基础测绘系统，联网平差，并定期维护。

2.8.3 校核水准点，其高程应以水文测站基本水准点为起算点，用三等水准测量方法引测；当条件不具备时，可用四等水准测量方法引测。

2.8.4 水文测站基本水准点和校核水准点，其引测的起算点应长期固定，一经选用无特殊情况不应更换。

2.8.5 断面基点的高程，可从测站基本水准点或校核水准点，以不低于四等水准精度要求引测。

2.9 水准点校测

2.9.1 水文测站水准点的校测包括测站基本水准点和校核水准点的校测。

2.9.2 水文测站基本水准点的校测应按下列要求进行：

1 对水位精度要求较高的水文测站每逢5逢0年份校测1次，其他水文测站每10年校测1次。

2 水文测站基本水准点纳入绝对基面水准网、统一联网测量平差的，应从其水准网维护周期，以其复测年份进行校测，逢5逢0年份不再进行独立的校测；基本水准点未直接联网平差的，应及时就近引用经过水准网平差后的引据点进行校测。

3 未将水准点纳入全网而需要另行引测的，其水准测量时间距离水准网复测平差时间，应不超过水准点沉降变动量0.5cm

大致对应的时间；沉降情况较显著的，引测时间距年末超过半年的，应在当年12月下旬增加1次测量。

4 每年应对水文测站基本水准点系统进行1次自校考证。应将各基本水准点组成最短的闭合路线，往返测量。

5 当水文测站基本水准点出现变动迹象时应随即校测，废弃损坏、失稳的水准点，应重新埋设新标石。

6 凡新建、补设的基本水准点，标石埋设后应沉降一年方可启用。基本水准点启用后第一年内进行3~4次自校测量，次年按汛前、汛后各校测1次，第三年起每年校测1次。

2.9.3 校核水准点的校测应按下列要求进行：

1 校核水准点应每年至少校测1次。当发现变动或疑有变动时、过水淹没待土壤水分基本排干之后，应随时进行校核水准点的考证。

2 当校核水准点出现变动迹象时应随即校测，校测按2.10.3条的要求执行；废弃损坏、失稳的水准点，应重新埋设新标石。

2.9.4 水准点高程的使用与变动，应符合下列规定：

1 当新测高程与原用高程之差不超过往返测高差不符值的允许限差，应沿用原用高程。

2 当新测高程与原用高程之差超过往返测高差不符值的允许限差，应通过基本水准点自校系统进行考证分析，如判定为被测水准点发生变动，则确定新高程。

3 纳入绝对基面水准网、统一联网测量平差的，基本水准点可直接启用新高程资料，校核水准点也应随之按新高程使用。

2.10 水尺零点高程测量

2.10.1 水尺零点高程的测量可采用双面水准尺。如用单面水准尺，往、返测均应采用一镜双高法。一镜双高法变换仪器高度前后所测两尺高差之差限差，与同站黑、红面所测高差之差限差相同。水尺零点高程测量限差应符合表2.10.1的规定。

表 2.10.1 水尺零点高程测量限差

地势	同尺黑、红面读数差 (mm)	同站黑、红面所测高差 (mm)	往返不符值 (mm)	视线长度 (m)	单站前后视距差 (m)
不平坦	≤ 3	≤ 5	$\pm 3\sqrt{n}$	≤ 50	≤ 5
平坦	≤ 3	≤ 5	$\pm 4\sqrt{n}$	≤ 100	≤ 5

注 1: n —单程仪器站数。
注 2: 要求视线高度三丝能读数。

2.10.2 需要校核的各支水尺, 在往测和返测过程中都应逐个测量。推算往返两次各水尺零点高程均由校核或基本水准点开始。

2.10.3 校核各支水尺往返算出的零点高程不符值若不出表 2.10.1 的限差, 应以往返两次高程的平均值作为新测的水尺零点高程。新测的水尺零点高程与原用的水尺零点高程相差不超过该次测量的允许不符值, 或虽超过允许不符值, 但比降水尺不大于 5mm, 其他水尺不大于 10mm 时, 其水尺零点高程仍应沿用原高程, 否则, 应采用新测高程。

2.11 洪水痕迹和大断面控制桩(点)高程测量

2.11.1 重要洪水痕迹的高程应采用四等水准测量, 一般洪水痕迹可采用五等水准测量。

2.11.2 大断面控制桩(点)高程宜采用四等水准测量。

2.11.3 用电磁波测距高程导线、卫星定位高程等方法测量洪水痕迹、大断面固定点时, 应能达到相应精度。

3 断面测量

3.1 距离与起点距测量

3.1.1 大断面和水道断面的起点距，宜以左岸断面端点桩作为起算的零点，起点距以 m 计。水面宽在 5m 以下时记至 0.01m，5m 以上时记至 0.1m。

3.1.2 两岸断面桩之间或固定点间的距离，应进行往返测量，边长相对误差应不大于 $1/500$ 。以后单程测量与原测结果的相对误差不大于 $1/500$ 时，可只进行单程测量。

3.1.3 起点距的测量可采用全站仪、卫星定位接收机、测距仪、平板仪等仪器测定，也可采用直接量距、观读断面索（标志）、交会法、极坐标法等方法测定。

3.1.4 使用交会法测定起点距时，所设基线应符合下列要求：

1 基线长度的往返测量相对误差应不大于 $1/1000$ 。

2 全站仪、经纬仪或平板仪交会时的基线长度，应使断面上最远一点的仪器视线与断面夹角不小于 30° ，在特殊情况下应不小于 15° 。

3.1.5 用极坐标法测定起点距时，应符合下列要求：

1 高程基点的高程采用四等水准引测，当高程基点高出最高洪水位的高差小于 5m 时，采用三等水准引测基点高程。

2 使用全站仪、经纬仪的垂直度盘的最小读数应不小于 $30''$ 。

3.2 水深测量

3.2.1 采用测深杆、测深锤或铅鱼测量水深时，应在垂线上进行两次测深。水深不小于 5m 时，记至 0.1m，水深小于 5m 时，记至 0.01m。

3.2.2 测深杆测深的两次水深相差应不大于 5cm，河底不平坦

或有波浪时应不大于 8cm, 取两次测深的平均值作为实测水深。河底由较大卵石、砾石组成时, 除应在垂线上进行两次测深外, 还应同时在其上、下游, 左、右侧 0.2m 以内各测两次, 取其平均值。

3.2.3 测深锤或铅鱼两次测得水深相对误差应不大于 3%。河底不平或有风浪时, 应不大于 5%, 以其平均值作为实测水深。

3.2.4 回声测深仪测深应符合下列要求:

1 测深前测量船应与水位站及定位观测站校对时间。水位观测应在测前 10min 开始, 测后 10min 结束。

2 每次测深前可采用声速剖面仪测定声速, 或测量水温及含盐度计算声速, 对测深仪进行参数设置。

3 每次测深前后, 根据不同水深分级, 应在测区用测深仪与其他测深工具进行比测, 比测点宜为 3~5 点, 并记录比测数据。水深不大于 20m 时, 比测互差应不大于 0.2m, 水深大于 20m 时, 比测互差应不大于水深的 1%, 否则, 应查找原因。

4 当使用机动船测深时, 应根据需要测定测深仪换能器动吃水改正数。当测深仪与 RTK 配合测深时, 应量取天线相位中心至换能器底部距离, 可不再测定动吃水改正数。

3.2.5 用铅鱼测深时, 应观测悬索偏角, 偏角记至度。

3.2.6 水深的偏角改正, 应符合表 3.2.6 的要求。

表 3.2.6 干绳长度改正条件

铅鱼在河底时的 悬索偏角 (°)	10	15	20	25	30	35	40
悬索支点至水面的高差 与测得水深的比值	0.64	0.28	0.16	0.10	0.08	0.04	0.03

1 悬索偏角大于 10° 时, 应进行湿绳改正。

2 悬索支点至水面高差与测得水深比值大于表 3.2.6 规定

值时,除作湿绳长度改正外,还应做干绳长度改正。

3 缆道测深的偏角改正按 SL 443—2009 的规定执行。

3.3 大断面测量

3.3.1 基本水尺、流速仪、浮标、比降、堰闸上下游水尺等各断面均应在设站时进行大断面测量。

3.3.2 设站以后的大断面测量的测次应符合有关水文测验标准的规定。

3.3.3 断面的施测工作应在水位比较平稳、河床相对稳定的季节进行,宜在每年的汛前、汛后进行。汛期河势变化比较大时,应进行相应加测;当年发生较大洪水时,洪水过后应加测。

3.3.4 大断面测量包括水下和水上部分的测量。水上部分应测至历年最高洪水位以上 0.5~1.0m;对于滩地较宽的河流,可只测至洪水边;有堤防的河流,应测至堤防背河侧的地面,无堤防而洪水漫溢至与河流平行的铁路、公路、围圩时,应测至其外侧。每隔 5 年宜进行 1 次全断面测量。

3.3.5 大断面测量前,应清除断面上的障碍物。在岸上主要转折点设桩,滩地很宽的断面,可设置固定桩。

3.3.6 大断面测量岸上部分的测点布设应能控制地形的转折变化。水下断面的测深线数目应满足表 3.3.6 的规定,并应符合下列要求:

- 1 垂线可均匀分布,但主槽、陡岸边及急剧转折部位应适当加密。
- 2 断面最深点应布设垂线。
- 3 中沟和独股水流的测深垂线应不少于表 3.3.6 所要求的一半。
- 4 新设站或者河床转折变化复杂的测站,测深垂线数可适当增加。
- 5 不应漏测水边点。

表 3.3.6 大断面测量的最少测深垂线数目

水面宽 (m)		<5	5	50	100	300	1000	>1000
垂线数	窄深河道	5	6	10	12	15	15	15
	宽浅河道		6	10	15	20	25	>25

注：水面宽与平均水深的比值小于 100 时为窄深河道，不小于 100 时为宽浅河道；任一水面宽的最少测深垂线数目可内插求出。

3.3.7 断面测量过程中的水位观测和计算应符合下列要求：

- 1 水位变化不大于 5cm 时，应在同一岸观测开始和结束的水位，以其算术平均值作为计算水位。
- 2 水位变化大于 5cm 时，应在各垂线测深时观测水位，各测点河底高程用相应观测的水位值做为计算水位。水位变化平稳时，也可由观测水位内插测深垂线相应水位。
- 3 横比降超过 5cm 时，应进行横比降改正。
- 4 断面上有分流或串沟时，应对每个较大的分流或串沟至少在一岸观测 1 次水位，单独计算出各股水流的河底高程。

3.3.8 大断面的高程测量中，水边线以上地形转折点的高程，宜采用五等水准或 RTK 方式测量；除转折点外的各地形点高程，应读记至厘米。

3.3.9 复测大断面时，如能闭合于已知高程的固定点，可只进行单程测量。

3.4 纵断面测量

3.4.1 水文测站地形测量，洪水调查，河流主槽的河底高程和水面线发生较大变化时均应进行纵断面测量。

3.4.2 纵断面测量包括整个测验河段及下游对测验河段起控制作用的石梁、跌水、拦河闸（坝）、桥梁等，不宜小于测验河段长的 2 倍。洪水调查时的纵断面测量应包括各种推算方法的计算断面。

3.4.3 纵断面测量的测点间距应不大于比降断面间距的 1/2。

在基本水尺、流速、浮标、比降等测验断面及纵向河底转折点处均应布设测点。

3.4.4 当水流平稳，比降均匀一致时，纵断面的水面高程可采用瞬时水面法用四等水准测定，也可用上下游水位内插法计算；当河段内比降变化较大时，应分段用四等水准测定水位。

也可采用电磁波测距高程导线或 RTK 以不低于四等水准的精度要求施测水位。

3.4.5 深泓点的测量，应在各测点的河道主槽横断面上探测出最大水深，同时测出水面高程，由水面高程减去最大水深求得深泓点高程，也可用同次地形资料进行计算。

3.4.6 需要绘制平均河底高程线时，纵断面各测点处均应实测横断面。

3.4.7 纵断面测量中各横断面及断面的间距测量应符合下列要求：

- 1 各横断面宜垂直流向。
- 2 当各断面平行时，断面间距可在一岸测量；各横断面不平行时，应在两岸测量，取用中泓处的距离。
- 3 各横断面纵向距离应进行往返测量，不符值应小于 $1/500$ ；测量比降时，比降断面间距的不符值应小于 $1/1000$ 。

3.4.8 纵断面图的绘制应符合下列要求：

- 1 注明水系、河名、站名（地名）、施测时间。
- 2 纵、横坐标比例尺宜采用 1、2、5 的倍数；高程比例尺宜为水平距离比例尺 10 的整倍数。
- 3 在高程比例尺的左边注明采用基面名称。
- 4 在相应位置用虚线标出各断面的位置，并注明断面编号或名称。
- 5 连接相邻横断面上河底高程的最低点，给出深泓河底线。
- 6 根据各测点同时时的水面高程给出瞬时水面线。洪水调查时应将各次大洪水水面线绘出，并注明相应水位和水面比降数值。

7 绘出石梁、跌水、拦河闸（坝）、桥梁等工程的位置及关键部位的高程，洪水调查的洪痕及高程。

8 绘出支流汇入口中心位置，注明支流名称。

9 视需要绘制平均河底高程线等。

10 视需要可加绘两岸堤顶高程线，并在大堤线上方注明其名称。

4 地形测量

4.1 一般规定

4.1.1 水文测站的地形应在建站初期进行测量，以后地形有显著变化时应重新测量或局部重测。地形变化不大时，重测时间应不超过 20 年。

4.1.2 水文测站地形测量分为岸上和水下两部分，岸上和水下地形测量宜同时进行。因特殊原因不能同时进行，落水期应先测水下后测岸上，涨水期则相反。测量时应避免出现成图空白区域。

4.1.3 测量范围应符合下列规定：

1 河道站在垂直水流方向的宽度，应测至历史最高洪水位以上 0.5~1.0m；滩地较宽的河流应测至漫滩边界，有堤防的河段应测至堤防背河侧的地面。在顺水流方向，应包括对水位流量关系起控制作用的全河段，其长度应大于宽度，滩地较宽的可适当变通。

2 水库、堰闸、渠道站应包括各观测地段。当观测地段较分散时，可用小比例尺图标明各观测地段位置，各地段按需要测绘大比例尺地形图。

4.1.4 水文测站地形图，除测绘一般地形图内容外，应增加下列测绘内容：

1 水准点、断面标志、基线桩和高程基点桩等。

2 历年最高水位的淹没边界。

3 站房、观测场、观测道路、测验断面及水文观测设备、设施等。

4.1.5 水文调查所需地形图测量范围和内容，应按项目有关要求确定。

4.1.6 水文测站地形测量应采用平面直角坐标。利用国家或其

他部门控制网时，应采用相应坐标系统。利用国家控制网困难时，可在国家地形图上量取略坐标与方位角，作为独立坐标系统的起算数据。水文测站地形测量的高程基准可按 2.1.1 条的规定执行。

4.1.7 水文测站地形图选用的测图比例尺，应使测验河段在正常水位的水面宽不小于图上 3cm。宜选用 1:1000、1:2000、1:5000 比例尺，小测区也可选用 1:500 测图比例尺。图幅尺寸可选用（长×宽）：40cm×40cm、40cm×50cm 或 50cm×50cm。

4.1.8 地形图基本等高距应按表 4.1.8 的规定选用。其岸上和水上宜采用同一种基本等高距。

表 4.1.8 地形图基本等高距

测图比例尺	等高线间距 (m)	
	平原地区	山地地区
1:500	0.25、0.5	1、2
1:1000	0.5、1	1、2
1:2000	0.5、1	1、2
1:5000	1	1、2、5

注 1：对于天然湖泊或水库参照平原地区选用等高距。
注 2：对于泥沙河口、浅水湖泊、水库可根据任务要求，等高距可适当加密。

4.1.9 地形图基本精度应符合表 4.1.9 的规定。

表 4.1.9 地形图基本精度

地形类别	地面 倾角 (°)	地物点图上 点位中误差 (mm)	地形点高程 中误差 (m)	等高线高程中误差 (m)	
				岸上	水下
平原	<6	±0.5	±h/4	±h/2	±1h
山区	≥6	±0.75	±h/3	±1h	±2h

注：h—基本等高距。

4.1.10 进行地形测量作业之前，应对所用仪器、测具进行全面检查校正。作业时间长的，在作业过程中应进行主要项目的检查

与校正。

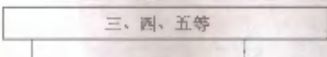
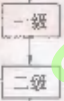
4.2 平面控制测量基本规定

4.2.1 水文测站地形测量的平面控制采用基本平面控制、图根平面控制、仪器站点平面控制三级控制。各等级基本平面控制均可作为首级控制。小测区可采用以图根网为首级控制的两级控制。

4.2.2 布设控制网时，应将可利用的国家控制点和水文（位）站固定点作为控制点，控制网内应至少有3个设置永久性标志的控制点。控制点密度应能满足岸上和水上地形测量的需要。

4.2.3 各级平面控制的布置层次、施测方法和精度要求应符合表4.2.3的规定。

表4.2.3 平面控制布置层次、施测方法和精度要求

平面控制层次	测图比例		精度要求 (图上mm)
	1:500	1:1000 1:2000 1:5000 1:10000	
基本平面控制			三、四、五等基本平面控制最弱相邻点点位中误差不大于0.05
图根平面控制			最弱一级图根点对于邻近基本平面控制点的点位中误差不大于0.1
仪器站点平面控制			仪器站点对于邻近图根点的点位中误差不大于0.2
注1：当进行1:500比例尺测图时，其三、四、五等基本平面控制最弱相邻点点位中误差允许放宽到不超过5cm。 注2：条件有利时，可在基本平面控制的基础上直接加密仪器站点测图，较小测区，可用图根控制作为首级控制。 注3：精度要求中不包括展点误差。 注4：在满足本标准精度指标的前提下，可逐级或越级布网。			

4.3 导线测量

4.3.1 水文测站地形测量中导线作为首级控制时,应布设闭合导线或环导线,作加密控制测量时,可布设附和导线、单节点导线、闭合导线或支导线。

4.3.2 采用电磁波测距导线测量方法布设平面控制网的主要技术指标应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 导线测量主要技术指标

等级	导线长度 (km)	平均 边长 (km)	测角 中误差 ($''$)	测距 中误差 (mm)	导线全长 相对 闭合差
三等	15	3	1.8	20	$\leq 1/35000$
四等	10	1.6	2.5	18	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	$\leq 1/10000$
三级	1.5	0.12	12	15	$\leq 1/5000$

注:当测区测图的最大比例尺为 1:1000,一、二、三级导线的导线长度、平均边长可适当放长,但最大长度不大于表中规定相应长度的 2 倍。

4.3.3 当基本控制导线网下仅发展一次图根网,图根控制导线边长的相对误差与导线全长相对闭合差应不大于 1/2000 和 1/1000。

4.3.4 查勘选点前应进行导线网设计,各导线边长应大致相等。导线点应选在地势较高、视野开阔、地面坚实的地点,并将可利用的水文站已有测验标志点兼作导线点。导线点应统一编号,导线网为闭合导线时,点序号应按反时针编排。

4.3.5 用激光、红外测距仪测量导线边长时,应符合下列要求:

- 1 作业前应对仪器进行检验,精度符合计量要求。
- 2 测线离开地面或障碍物的距离应不小于 1.3m。
- 3 当测线不水平时,应测垂直角或两端高差。

4 所测导线边长不应小于 50m。边长应采用往、返测量，往、返单向各观测两组，每组测读两次，各组互差应不大于 3cm，往返测互差应不大于 5cm。

5 在进行每组读数时，应测读与仪器同高处的气温、气压各 1 次，温度读至 0.5℃，气压读至 hPa。

4.3.6 各等级导线边长测量的主要技术指标应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 各等级导线边长测量的主要技术指标

等级	仪器等级	观测次数		一测回该测回数	一测回该数间较差 (mm)	测回间较差 (mm)	往返测距较差 (mm)
		往	返				
三等	I 级	1	1	4	≤ 5	≤ 7	$\leq 2(a+b \times D)$
	II 级	1	1	6	≤ 10	≤ 15	
四等	I 级	1	1	2	≤ 5	≤ 7	
	II 级	1	1	4	≤ 10	≤ 15	
一级	II 级	1	1	2	≤ 10	≤ 15	
二级	II 级	1	1	1	≤ 10	≤ 15	
三级	II 级	1	1	1	≤ 10	≤ 15	

注 1：一测回为照准目标 1 次，读数 2~4 次。
 注 2：根据具体情况，测边可采取不同时间段观测代替往返观测。
 注 3：往返测较差为同一水平面上的平距较差。
 注 4：a—固定误差；b—比例误差系数；D—水平距离，km。

4.3.7 水平角观测应采用测回法观测导线前进方向左角。观测时仪器水平盘水准气泡偏离中心不超过 1 格，测角限差与测回数应满足表 4.3.2、表 4.3.9 的要求。

4.3.8 在导线与连接网连接的端点上按表 4.3.2 的要求观测连接角。

4.3.9 各等级导线测量水平角观测技术指标应符合表 4.3.9 的规定。

表 4.3.9 导线测量水平角观测技术指标

等级	测回数			方位角闭合差限差 (")
	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	
三等	5	10	—	$3.6\sqrt{n}$
四等	4	6	—	$5\sqrt{n}$
一级	—	2	4	$10\sqrt{n}$
二级	—	1	3	$16\sqrt{n}$
三级	—	1	2	$24\sqrt{n}$

注: n —测站数。

4.3.10 导线方位角闭合差应按式 (4.3.10-1)、式 (4.3.10-2) 计算。

$$\text{闭合导线} \quad f_{\beta} = \sum \beta - (n-2) \times 180^{\circ} \quad (4.3.10-1)$$

$$\text{附合导线} \quad f_{\beta} = \sum \beta - n \times 180^{\circ} + \alpha_{\text{始}} - \alpha_{\text{终}} \quad (4.3.10-2)$$

式中 f_{β} ——导线方位角闭合差;

$\sum \beta$ ——闭合导线为各内角之和, 附合导线为各转折角之和;

n ——内角或转折角个数;

$\alpha_{\text{始}}$ 、 $\alpha_{\text{终}}$ ——起、止方位角。

4.3.11 当导线全长相对闭合差满足表 4.3.2 的要求时, 应将坐标增量闭合差按边长比例分配, 进行坐标增量改正。导线相对闭合差、坐标增量闭合差应采用式 (4.3.11-1)~式 (4.3.11-4) 计算。

1 导线相对闭合差:

$$f = \frac{f_{\text{合}}}{\sum S} \quad (4.3.11-1)$$

$$f_{\text{合}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (4.3.11-2)$$

式中 f ——导线相对闭合差;

$\sum S$ ——导线全长, m;

f_x 、 f_y ——纵、横坐标增量闭合差, m。

2 坐标增量闭合差:

$$\left. \begin{aligned} \text{闭合导线} \quad f_x &= \sum_{i=1}^n \Delta x \\ f_y &= \sum_{i=1}^n \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (4.3.11-3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{附和导线} \quad f_x &= \sum_{i=1}^n \Delta x - (x_d - x_a) \\ f_y &= \sum_{i=1}^n \Delta y - (y_d - y_a) \end{aligned} \right\} \quad (4.3.11-4)$$

式中 $\sum_{i=1}^n \Delta x$ 、 $\sum_{i=1}^n \Delta y$ ——纵、横坐标增量代数和, m;

x_d 、 y_d ——导线终点纵、横坐标, m;

x_a 、 y_a ——导线起点纵、横坐标, m。

4.3.12 单节点导线应先计算结边方位角与节点坐标的最或然值, 然后按附和导线进行平差。

4.3.13 多闭合环导线可用逐次平差法, 但平差的次数不应多于 3 次。

4.4 三角测量

4.4.1 布设三角网应首先根据测区面积与测图比例尺, 确定平面控制的分级, 分级应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 三角网布设平面控制分级

测图比例尺	测区面积 (km ²)	平面控制分级
1:1000	<3	2
	3~8	3
1:2000	<7	2
	7~20	3
1:5000	<12	2
	12~50	3

4.4.2 测区内或其附近有国家三角网或其他单位高级控制网时,首级控制的小三角网可选用插锁法或插网法形式布设。独立测区的首级控制小三角网可选用三角锁、中点多边形、大地四边形布设。加密图根三角网宜采用线形三角锁布设。

4.4.3 三角网宜布设呈近似等边三角形。对于小三角网,其三角形内角应不小于 30° ,受地形限制时的个别角应不小于 25° ,对图根三角网求距角应不小于 30° ,个别图形的求距角应不小于 20° 。

4.4.4 三角测量的主要技术要求应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 三角测量主要技术要求

等级	边长	测角中误差 限差 (")	起始边 边长相 对中误 差限差	最弱边 边长相 对中误 差限差	三角锁 中图形 个数	水平角 测回		三角形 内角闭 合差 限差 (")	方位角 闭合差 限差 (")
						DJ ₂	DJ ₆		
小三角	$\leq 500a$	13	1/8000	1/4000	≤ 12	1	3	$40\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
图根三角	$\leq 1.7R$	25	1/4000	1/2000	≤ 13	1	75	$40\sqrt{n}$	$40\sqrt{n}$

注: R—测图允许最大视距长度,当测图比例尺为 1:500、1:1000、1:2000、1:5000 时, R 值分别为 60m、100m、180m、300m; n—传递方位角的角个数; a—边长在图上的 mm 值。

4.4.5 独立网的起始边宜用基线直接作为起始边。当需采用基线扩大网测定起始边时,基线网应布设为近似菱形,其扩大比不宜超过 1:3,其基线精度应高于起始边边长精度的 2 倍。水平角观测的测回数应为同级网要求测回数的 1.5 倍。

4.4.6 当用小三角网作首级控制,图根控制仅需作一次加密时,其起始边、最弱边边长相对中误差宜分别取 1/4000 与 1/2000。当图根网为一次加密,或小测区仅需用图根三角网一次布网时,其起始边、最弱边边长相对中误差宜分别取 1/2000 与 1/1000。

4.4.7 三角网布设应先进行图上设计,然后进行实地选点,并

应符合下列要求:

- 1 三角点在测区内应均匀分布, 并应选在地势较高、通视条件良好的地点。
- 2 在 1 个点上辐射出的各边长不宜相差过大。
- 3 应利用三角网进行加密, 基线边的地面坡度应不大于 $1/10$ 。
- 4 应将可利用的水文站标志点和其他单位的控制点选作三角点。

4.4.8 用激光、红外线测距仪测定基线边长时, 应执行 4.3.6 条的规定, 但其中往、返各单向观测的组数应为 3 组, 每组测读次数应为 3 次。

4.4.9 三角网的水平角观测应采用全圆测回法, 各项观测误差应不超过表 4.4.9 规定的数值。

表 4.4.9 全圆测回法限差表

单位: ($''$)

项 目	小三角		图根三角
	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₆
两倍照准差 ($2c$)	20		
起始方向归零差	15	30	30
前、后半测回角差	20	40	40
水平方向各测回差	15	30	30

4.4.10 当水平角观测误差超过表 4.4.9 规定数值时, 应按下列规定重测:

- 1 归零差超限, 应重测半测回。
- 2 2 倍照准差超限, 应重测全测回。
- 3 水平方向各测回差的超限方向数为测站点观测总方向数的 $1/3$ 以下时, 仅重测超限方向, 否则应重测全部方向。

4.4.11 三角网的连接角观测应执行同级三角网水平角观测技术要求的规定。独立测区首级控制需要测定起始边方位角时, 大测区应采用恒星观测起始边方位角, 小测区可采用罗盘仪测定起始边磁方位角。

4.4.12 三角网起始边测量与水平角观测结束后,应进行三角网精度计算,并满足表 4.4.4 的规定。

1 按菲莱罗公式计算测角中误差

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\sum \omega^2}{3n}} \quad (4.4.12-1)$$

式中 m_{β} ——测角中误差;

ω ——三角形闭合差;

n ——三角网中三角形个数。

2 按式 (4.4.12-2) 计算最弱边相对中误差

$$\frac{m_{B_n}}{B_n} = \pm \sqrt{\left(\frac{m_{B_0}}{B_0}\right)^2 + \left(\frac{m_{\beta}}{\mu \times 10^6}\right)^2 K \sum R} \quad (4.4.12-2)$$

其中

$$R = \delta_a^2 + \delta_b \delta_c + \delta_c^2$$

式中 $\frac{m_{B_n}}{B_n}$ ——最弱边边长相对中误差;

$\frac{m_{B_0}}{B_0}$ ——起始边边长相对中误差;

m_{β} ——测角中误差;

μ ——对数模, $\mu = 0.4343$;

K ——系数,三角锁为 $2/3$,大地四边形为 0.4 ,中点多边形为 0.5 ;

R ——图形强度函数;

δ_a 、 δ_b ——求距角正弦对数秒差,以对数第六位为单位。

4.4.13 三角测量的平差计算可采用近似平差法,各布网形式需进行的条件平差,应符合下列要求:

- 1 仅有 1 个起始边的单三角锁,应进行图形条件平差。
- 2 两基线间的单三角锁,应进行图形条件与基线条件平差。
- 3 两固定边间的单三角锁,应进行图形条件、方位角条件和边条件平差。
- 4 中点多边形应进行图形条件,水平角条件和极条件平差。

- 5 大地四边形应进行 3 个图形条件和 1 个极条件平差。
- 6 线形三角锁应进行图形条件与连接角条件平差。
- 7 三角网平差计算与控制点的坐标计算, 角度取至秒, 长度取至 0.01m, 三角函数或对数取小数六位。

4.5 卫星定位平面控制测量

4.5.1 卫星定位平面控制测量可采用静态或动态测量方式进行施测。

4.5.2 三、四等平面控制网应采用静态测量, 一、二、三级平面控制网可采用静态或 RTK 测量。各等级卫星定位平面控制网的主要技术要求, 应符合表 4.5.2-1 和表 4.5.2-2 的规定。

表 4.5.2-1 静态卫星定位测量平面控制网的主要技术要求

等级	平均边长 (km)	仪器标称精度		约束点间的边长 相对中误差	约束平差后最弱 边相对中误差
		固定误差 a (mm)	比例误差系数 b (mm/km)		
二等	4.5	≤ 5	≤ 2	$\leq 1/150000$	$\leq 1/70000$
四等	2	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/100000$	$\leq 1/40000$
一级	1	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/40000$	$\leq 1/20000$
二级	0.5	≤ 10	≤ 5	$\leq 1/20000$	$\leq 1/10000$

表 4.5.2-2 动态卫星定位测量平面控制网的主要技术要求

等级	相邻点 间距离 (m)	点位中 误差 (mm)	相对 中误差	起算点等级	流动站到基 准站距离 (km)	测回数
一级	≥ 500	≤ 50	$\leq 1/20000$	—	—	≥ 4
二级	≥ 300	≤ 50	$\leq 1/10000$	四等及以上	≤ 6	≥ 3
三级	≥ 200	≤ 50	$\leq 1/6000$	四等及以上	≤ 6	≥ 3
				二级及以上	≤ 3	
图根	≥ 100	≤ 50	$\leq 1/4000$	四等及以上	≤ 6	≥ 2
				二级及以上	≤ 3	

4.5.3 各等级控制网的基线长度中误差,按式(4.5.3)计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bD)^2} \quad (4.5.3)$$

式中 σ ——基线长度中误差, mm;

a ——固定误差, mm;

b ——比例误差系数, mm/km;

D ——平均边长, km。

4.5.4 卫星定位平面控制网的设计与布设原则应符合下列规定:

1 应根据测区的实际情况、精度要求、自然地理条件、接收机的类型和数量以及已有的测量资料进行综合设计。

2 卫星定位控制网布设应遵守从整体到局部、分级布网的原则,首级网应全面布设,加密网可以逐级布设、越级布设或布设同级全面网。

3 首级控制网布设时,应连测2个以上高等级国家控制点或者地方独立坐标系下的高等级控制点,并均匀分布于测区。当测区较大时,还应适当增加重合点数。

4 控制网宜由独立观测边构成1个或若干个闭合环或附合路线;各等级控制网中构成闭合环或附合路线的边数不宜多于6条。

5 各等级控制网中独立基线的观测总数不宜少于必要观测基线数的1.5倍。

6 对于采用单基准站RTK方法测图的测区,在控制网的布设中应顾及参考站点的分布。

4.5.5 卫星定位控制网选点应符合下列规定:

1 控制网点应选在便于安置仪器设备、交通便利、土质坚实、有利于加密和扩展的地方。静态控制测量中,控制点要保证至少有1个通视方向;动态控制测量中控制点总数不应少于3个,其中应保证至少有3个或2对以上相互通视的点位。

2 控制网点位应布设在没有强烈干扰卫星信号接收的干扰源且无强烈反射信号的物体,高度角在 15° 以上无成片连续遮挡物的视野开阔地区。

3 对于能够长期保存、离测区较远的平面控制点,应考虑图形结构且便于以后控制点的加密。

4.5.6 卫星定位控制测量中控制点可按下列规则命名:

- 1 控制点名可采用村名、山名、地名或单位名称等表示。
- 2 利用原有旧点位时,可采用原有点名。

4.5.7 卫星定位控制测量中控制点埋石应符合下列规定:

1 各等级控制网点周围应有醒目的保护装置,以防止车辆或机械的碰撞。

2 各等级的卫星定位控制点应埋设永久性测量标志,标石应满足平面、高程共用的要求。

3 控制点标石的中心标志应用铜、不锈钢或其他耐腐蚀耐磨损的材料制作,并应安放正直、镶接牢固;控制点标志中心应刻有清晰、精细的十字丝或嵌入直径小于0.5mm的不同颜色的金属;标志顶部应为圆球状,并应高出标石面。

4 控制点标石可采用混凝土预制或现场灌注;利用基岩、混凝土或沥青路面时,可现场凿孔灌注混凝土埋设标志。

4.5.8 卫星定位控制测量外业观测应符合下列规定:

1 在观测前作业组应根据测区的地形、交通状况、网的大小、精度高低、仪器数量、卫星定位网设计方案、卫星预报表、地理环境等编制作业调度表。

2 作业调度表应包括观测时段、测站号、测站名称及接收机号等。

3 各接收机采样间隔应设置一致。

4 接收机天线高应量测至毫米,测前、测后各量测1次,2次较差不应大于3mm,并取平均值作为最终结果。

5 确认天线等各项连接完全无误后,方可接通电源,启动接收机。

6 开机后接收机有关指示显示正常并通过自检后,方可输入有关测站和时段控制信息。

7 观测前,应对接收机进行预热和静置,直至可正常作业

状态，同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。

8 接收机在开始记录数据后，应注意查看有关观测卫星数量、卫星号、相位测量残差、实时定位结果及其变化、存储介质记录等情况。

9 在观测过程中不应靠近接收机使用对讲机、手机等无线通信工具；雷雨季节架设天线应防止雷击，雷雨过境时应关机停测，并卸下天线。

10 作业人员在作业期间不应离开仪器，并应防止仪器受到振动或移动、防止人或其他物体靠近天线。

11 观测站的全部预定作业项目，经检查均已按规定完成，且记录与资料完整无误后方可迁站。

12 外业观测时各级卫星定位静态平面控制测量基本技术指标应符合表 4.5.8 的规定。

表 4.5.8 卫星定位静态平面控制测量作业的基本技术要求

等 级	三等	四等	一级	二级
接收机类型	双频或单频	双频或单频	双频或单频	双频或单频
仪器标称精度	$5\text{mm}+2\times 10^{-6}D$		$1\text{cm}+5\times 10^{-6}D$	
观测量	载波相位			
卫星高度角 ($^{\circ}$)	≥ 15	≥ 15	≥ 15	≥ 15
有效观测卫星数	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4
观测时段长度 (min)	≥ 60	≥ 45	≥ 30	≥ 30
数据采样间隔 (s)	10~30	10~30	10~30	10~30
点位几何图形强度因子 PDOP	≤ 6	≤ 5	≤ 8	≤ 8
注：D—距离，km。				

4.5.9 卫星定位控制测量外业记录应符合下列规定：

1 外业应现场记录原始观测值和其他记录项目，包括控制点点名、观测日期、天气情况、时段号、接收机类型及其编号、天线编号、观测开始与结束时间以及相应时刻量取的天线高。

2 各时段观测结束后，应及时将每天外业观测记录结果录入计算机硬盘或其他存储介质。

3 接收机内存数据文件在传输到机外存储介质上时，不应进行任何编辑、修改。

4.5.10 RTK 平面控制测量应符合下列要求：

1 RTK 测量应选用双频卫星定位接收机，其标称误差应不大于 $10\text{mm} + 2 \times 10^{-6} D$ 。

2 应采用三角支架方式架设天线进行作业，测量过程中仪器的圆气泡应严格稳定居中。

3 平面控制点应进行 100% 的内业检查和不少于总点数 10% 的外业检测。校核可按图形校核或进行同精度导线连测，测量技术要求应符合表 4.5.10 的规定。

表 4.5.10 RTK 平面控制点校核测量技术要求

等级	边长校核		角度校核		导线连测校核	
	测距中误差 (mm)	边长较差的相对中误差	测角中误差 (")	角度较差限差 (")	角度闭合差 (")	边长相对闭合差
一级	≤ 15	1/14000	≤ 5	14	$\leq 15\sqrt{n}$	1/10000
二级	≤ 15	1/7000	≤ 8	20	$\leq 24\sqrt{n}$	1/5000
三级	≤ 15	1/4000	≤ 12	30	$\leq 40\sqrt{n}$	1/4000
图根	≤ 20	1/2500	≤ 20	60	$\leq 60\sqrt{n}$	1/2000

注：n—测站数。

4 坐标系统转换关系应符合下列规定：

1) 计算转换参数时应根据测区范围及具体情况，对起算点进行可靠性检验，并采用合理的数学模型，进行多

种点组合方式分别计算和优选。

2) 对于面积较大的测区,可分区求解转换参数,相邻分区应不少于2个重合点。

5 RTK 控制测量平面坐标转换残差不应大于 2cm。

6 转换参数的应用范围应满足下列要求:

1) 使用已知转换参数前,应对转换参数的精度、可靠性进行分析和实测检查。检查点应分布在测区的中部和边缘。在控制点上检核,平面较差不应大于 5cm,超限时,应分析原因并重新建立转换关系。

2) 转换参数的应用范围,不应超越原转换参数计算所覆盖的范围。

7 RTK 测量时,开始作业或重新设置基准站后,应至少在 1 个已知点上进行检核,在控制点上检核,其平面位置较差不应大于 5cm。

8 RTK 一测回观测应符合下列规定:

1) 观测前应对仪器进行初始化。

2) 观测值应在得到 RTK 固定解,且收敛稳定后开始记录。

3) 每测回的自动观测个数不应少于 10 个观测值,并取平均值作为定位结果。

9 测回间应对仪器重新进行初始化,测回间的时间间隔应不少于 60s。

10 参考站的建立应符合下列规定:

1) 应根据测区面积、地形地貌和数据链的通信覆盖范围,均匀布设参考站。

2) 参考站站点应选在便于安置仪器、地基牢固、地势相对较高的地方,且周围无高度角超过 15° 的障碍物,无强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

3) 参考站的有效作业半径不应超过 15km。

4) 当接收机天线需要对中、整平时,应精确对中、整平,

且对中误差不应大于 5mm；需要量取天线高时应精确量取至 1mm。

- 5) 应正确设置仪器参数及测站信息。
- 6) 接收机天线与电台天线之间的距离，不宜小于 3m。
- 7) 电台频率的选择，不应与作业区其他无线电通信频率相冲突。

11 流动站设置应满足下列要求：

- 1) 正确设置和选择测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等。
- 2) 流动站的初始化，应在视野比较开阔的地点进行。
- 3) 作业中，如出现卫星信号失锁，应重新初始化，并经重合点测量检查合格后，方可继续作业。
- 4) 作业结束前，应进行已知点检查。
- 5) 每日观测结束，应及时转存测量数据至计算机，并做好数据备份。

4.5.11 卫星定位数据处理应符合下列规定：

1 基线解算模式应符合下列规定：

- 1) 解算模式采用单基线解算模式或者多基线解算模式，每个同步观测图形应选定一个起算点。
- 2) 起算点的单点定位观测时间，不宜少于 30min。
- 3) 解算成果，应采用双差固定解。

2 同步环、异步环检核应符合下列规定：

- 1) 卫星定位控制测量外业观测的全部数据应经同步环、异步环和复测基线检核。
- 2) 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足式 (4.5.11-1)～式 (4.5.11-5) 的要求：

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-1)$$

$$W_y \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-2)$$

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-3)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.5.11-4)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-5)$$

式中 n ——同步环中基线边的个数；

W_x 、 W_y 、 W_z ——同步环坐标分量闭合差，mm；

W ——同步环环线全长闭合差，mm；

σ ——基线长度中误差，mm，按式（4.5.3）

计算。

3) 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足式（4.5.11-6）～式（4.5.11-10）的要求：

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-6)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-7)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-8)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.5.11-9)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (4.5.11-10)$$

式中 W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环坐标分量闭合差，mm；

n ——异步环边数；

W ——异步环全长闭合差，mm。

3 复测基线长度的较差应满足式（4.5.11-11）的要求：

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.5.11-11)$$

式中 Δd ——基线的长度较差。

4 无约束平差计算应符合下列规定：

1) 应在 WGS-84 坐标系中进行三维无约束平差，并提供各观测点在 WGS-84 坐标系的三维坐标、各基线向量三个坐标差观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

2) 无约束平差的基线向量改正数的绝对值应满足式

(4.5.11-12) ~ 式 (4.5.11-14) 的要求:

$$V_{\Delta X} \leq 3\sigma \quad (4.5.11-12)$$

$$V_{\Delta Y} \leq 3\sigma \quad (4.5.11-13)$$

$$V_{\Delta Z} \leq 3\sigma \quad (4.5.11-14)$$

式中 $V_{\Delta X}$ 、 $V_{\Delta Y}$ 、 $V_{\Delta Z}$ ——基线分量的改正数绝对值。

5 约束平差计算应符合下列规定:

- 1) 应在国家坐标系或地方坐标系下,对通过无约束平差后的观测值进行二维或三维约束平差。
- 2) 对于已知坐标、距离或方位,可强制约束,也可加权约束。约束点间的边长相对中误差,应满足表 4.5.2-1 中相应等级的规定。
- 3) 控制网约束平差的最弱边边长相对中误差,应满足表 4.5.2-1 中相应等级的规定。
- 4) 约束平差中,基线分量的改正数与经过剔除粗差后的无约束平差结果的同一基线相应改正数较差应满足式 (4.5.11-15) ~ 式 (4.5.11-17) 的要求:

$$dV_{\Delta X} \leq 2\sigma \quad (4.5.11-15)$$

$$dV_{\Delta Y} \leq 2\sigma \quad (4.5.11-16)$$

$$dV_{\Delta Z} \leq 2\sigma \quad (4.5.11-17)$$

式中 $dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量的改正数。

4.5.12 平差结果应输出观测点在相应坐标系中的二维或三维坐标、基线向量的改正数、基线长度、基线方位角等,以及相关的精度信息。需要时,还应输出坐标转换参数及其精度信息。

4.6 控制点展绘与加密

4.6.1 白纸测图时控制点应展绘于厚度为 0.07~0.1mm、经过热定型处理的聚酯薄膜图纸上,控制点、方格网以及图廓线的各项展绘误差不应大于表 4.6.1 的规定。

$$W_x \leq \frac{\sqrt{n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-3)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.5.11-4)$$

$$W \leq \frac{\sqrt{3n}}{5} \sigma \quad (4.5.11-5)$$

式中 n ——同步环中基线边的个数；

W_x 、 W_y 、 W_z ——同步环坐标分量闭合差，mm；

W ——同步环环线全长闭合差，mm；

σ ——基线长度中误差，mm，按式 (4.5.3)

计算。

3) 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足式 (4.5.11-6) ~ 式 (4.5.11-10) 的要求：

$$W_x \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-6)$$

$$W_y \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-7)$$

$$W_z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (4.5.11-8)$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \quad (4.5.11-9)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (4.5.11-10)$$

式中 W_x 、 W_y 、 W_z ——异步环坐标分量闭合差，mm；

n ——异步环边数；

W ——异步环全长闭合差，mm。

3 复测基线长度的较差应满足式 (4.5.11-11) 的要求：

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (4.5.11-11)$$

式中 Δd ——基线的长度较差。

4 无约束平差计算应符合下列规定：

1) 应在 WGS-84 坐标系中进行三维无约束平差，并提供各观测点在 WGS-84 坐标系的三维坐标、各基线向量三个坐标差观测值的改正数、基线长度、基线方位及相关的精度信息等。

2) 无约束平差的基线向量改正数的绝对值应满足式

4.7 陆地地形测量

4.7.1 应根据测图比例尺,按表 4.1.8 的规定选用地形图的基本等高距。

4.7.2 碎部点的最大间距应不大于表 4.7.2 的规定。

表 4.7.2 碎部点最大间距

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
碎部点最大间距 (m)	15	30	50	100

4.7.3 高程注记点对邻近图根控制点的高程中误差应不大于表 4.7.3 的规定。

表 4.7.3 注记点高程中误差

测图比例尺	平地、丘陵区	山地、高山地
1:500~1:5000	$h/4$	$h/3$

注 1: h —基本等高距, m。
注 2: 山地、高山地采用 10m 等高距时,按 5m 等高距精度要求执行。

4.7.4 在控制点上测图时,应满足下列要求:

- 1 仪器对中偏差不大于 5mm。
- 2 以较远一测站点(或其他控制点)标定方向(起始方向),另一测站点(或其他控制点)作为检核,算得检核点平面位置误差不大于 $0.2 \times M \times 10^{-3} \text{m}$, M 为测图比例尺分母。
- 3 检查另一测站点(或其他控制点)的高程,其较差不大于 $1/6$ 等高距。
- 4 在控制点上测图过程中应随时检验后视方向,全站仪、经纬仪归零差应不大于 $4''$ 。
- 5 应对邻近控制点已测绘的 2~3 个碎部点作重合测绘,进行检验。
- 6 每站数据采集结束时应重新检测标定方向,检测结果如超出 2 款、3 款所规定的限差,其检测前所测的碎部点成果应重

新计算，并应检测不少于2个碎部点。

4.7.5 地物测绘应符合下列要求：

- 1 建筑群体间距不足图上0.5mm时可合并绘制。
- 2 铁路、公路在图上每隔10~15mm应标注路面高程。
- 3 输电、通信线路、地面管线进入居民区内可不测绘。
- 4 水边线在图上每隔5~10cm应注记高程，河流应标明流向。
- 5 水边线、地类、植被分界线偏差不宜大于图上1.0mm，洪水位以下的地类、植被分界线应详细测绘。

4.7.6 地貌测绘应符合下列要求：

- 1 应在测绘地貌特征点同时绘出山脊、山谷、坡脚等地形线。
- 2 应在测图现场进行等高线的初步勾绘，最高洪水位以下地势平坦的应加绘间曲线及助曲线。
- 3 用符号表示的陡崖、冲沟、雨裂、土堆、坑穴、生产堤、路堤、路堑、田坎等，当比高大于1/2基本等高距时，应进行测注。

4.8 水下地形测量

4.8.1 水下地形测量可采用断面法或散点法。采用断面法在河流上测量时，断面宜与水流方向垂直。

4.8.2 水下地形点密度应能反映水下地形特征，并符合表4.8.2的规定。

表 4.8.2 水下地形点间距

测图比例尺	断面间距 (m)	测点间距 (m)
1:500	8~13	5~10
1:1000	15~25	10~15
1:2000	20~50	15~25
1:5000	30~150	40~80
1:10000	200~250	50~100

注：当河宽小于断面间距时，断面间距和测点间距均适当加密。

4.8.3 水下地形测量平面定位可选用前方交会法、极坐标法、卫星定位法等。

4.8.4 采用全站仪、经纬仪前方交会法，应符合下列规定：

1 测点交会角应为 $20^{\circ} \sim 160^{\circ}$ ，个别点交会角应不小于 15° 。

2 每一测站测量开始前，应对相邻控制点进行检查：平面检查测角误差应不大于 $4'$ ；检测相邻测站点高程，其误差应小于 $1/5$ 基本等高距。

3 每测定 1~5 个断面应归零方向 1 次，若归零差超过 $\pm 4'$ 则应重测；每站结束时，应归零并予以记录。

4.8.5 采用经纬仪视距或全站仪极坐标法，应符合下列规定：

1 经纬仪平面检查应符合 4.8.4 条 2 款的规定。

2 无反射棱镜，以船体或其他反射物作为流动台定位照准目标进行测距定位时，每一测站开测前，经纬仪和全站仪应进行调校。

3 经纬仪最大视距不应大于 450m，测距仪应根据仪器的标称精度和相应比例尺地形图的精度要求确定最大距离。

4 水下地形平面定位的照准目标（立尺点、反射棱镜或其他作为激光反射面的物体），其中心位置与测深仪探头应在同一铅垂线上，最大偏差应小于 0.2m。

5 采用极坐标法定位，如测站与测区平面垂直角较大时，应观测垂直角进行水平距离改正。

4.8.6 采用卫星定位法，应符合下列规定：

1 卫星定位天线平面（基准站、流动台） 15° 仰角以上应无大片障碍物阻挡卫星信号。

2 基准站至测区应视野开阔，无高大建筑物或高山阻挡，并远离无线电发射源、高压输电线等，其距离不应小于 200m。

3 基准站天线安装时，应利用脚架对中整平。当测站点上建有寻常标时，应先卸去觇标顶部，然后在标志中心投影点安置天线。

4 卫星定位作业过程中，有效观测卫星数应不少于 4 颗。

点位几何图形因子 (PDOP) 值应不大于 7。

5 卫星定位流动台天线相位中心与测深仪换能器中心位置, 应在同一铅垂线上, 最大偏离值应小于 0.2m。

6 测图比例大于 1:2000 时, 应进行延时改正。

4.8.7 水深测量要求应执行 3.2 节的规定。

4.8.8 水位观测应采用不低于五等水准测量精度的方法进行测量。

4.8.9 当测区河段已有水尺时, 可利用其水位资料, 但所用基面应考证清楚。

4.8.10 水位接测次数应根据河段水位变化情况而定, 并应符合下列规定:

1 非感潮河段应在每天工作开始、中间和结束各接测水位 1 次 (水位平稳时可只在开工、结束各接测水位 1 次); 水位变化较大或有急剧跌水时, 则应增加接测次数, 并在跌水上、下游加测水位, 且根据相邻水位差按断面或分段配赋。若水位较差不大于 0.1m, 则取平均值。

2 感潮河段应在施测河段的上、下游或汉道的进、出口门处设立两组临时水尺 (两尺间距最大不超过实时潮差 0.2m), 按不少于 10min 间隔同时观读水位。当河段内 10km 最大落差小于 0.2m 时, 则一组临时水尺水位可应用于上、下游各 5km。潮汐强度较大的, 应每 2km 设立水尺。

4.8.11 潮流区河段上下游水尺的最大距离不应大于 10km, 且水位观读次数应增至每 10min 观读 1 次。插补各断面测时水位最大偏差应小于 0.2m。

4.8.12 湖泊及水库应在四周设立水尺, 上、下游水尺最大距离不应大于 10km, 湖面宽超过 3km 时应考虑横比降的影响, 并分区进行推算。水尺设立应避开回水区。

4.9 数字测图

4.9.1 数字地形测绘可采用全站仪测图、RTK 测图等方法。

4.9.2 数字测图时, 图根控制点 (包括高级控制点) 的密度,

应以满足测图需要为原则,不宜低于表 4.6.2 的规定。

4.9.3 全站仪测图应符合下列规定:

- 1 选用仪器测角中误差不大于 $6''$,测距固定误差不应大于 10mm,比例误差系数不大于 5×10^{-5} 。
- 2 测图应使用能满足内业数据处理和图形编辑基本要求的应用程序。数据传输到计算机软、硬盘时,宜将测量数据以常用格式输出。
- 3 测图可采用草图法、编码法或内外业一体化的实时成图等方法,应满足下列要求:
 - 1) 采用草图法作业,应现场绘制草图,且对测点进行编号,测点编号应与仪器的记录点号相一致。绘制草图时,宜简化标示地形要素的位置、属性和相互关系等。
 - 2) 采用编码法作业,宜采用通用编码格式,也可使用软件的自定义功能和扩展功能建立用户的编码系统进行作业。
 - 3) 采用内外业一体化的实时成图法作业,应实时确立测点的属性、连接关系和逻辑关系等。
 - 4) 在地形较为复杂的地区作业时,对于仪器无法直接测量的点位,可采用几何作图方法进行测量。
- 4 全站仪测图的测距长度,不应超过表 4.9.3 的规定。

表 4.9.3 全站仪测图的最大测距长度

比例尺	最大测距长度(m)	
	地物点	地形点
1:500	160	300
1:1000	300	500
1:2000	450	700
1:5000	700	1000

4.9.4 RTK 测图应符合下列规定:

- 1 利用 RTK 进行数字测图时,卫星定位接收机天线类型

的选取、参考站及流动站的设置应满足 4.5.10 条的相关规定。

2 RTK 作业前应收集下列资料:

- 1) 测区的控制点成果及卫星定位测量资料。
- 2) 测区的坐标系统和高程基准的参数包括: 参考椭球参数, 中央子午线经度, 纵、横坐标的加常数, 投影面正常高, 平均高程异常等。
- 3) 卫星坐标系与所测坐标系两者的坐标转换关系。

3 坐标系统转换关系应符合 4.5.10 条 4 款的规定。

4 坐标转换参数应用范围应符合 4.5.10 条 6 款的规定。

5 RTK 碎部点测量时平面坐标转换残差不应大于图上 $\pm 0.1\text{mm}$, 高程拟合残差不应大于 $1/10$ 基本等高距。

6 RTK 碎部测量应符合下列规定:

- 1) 作业时, 应采用带圆气泡的对中杆架设天线进行测量, 观测历元数应大于 5 个。
- 2) 利用 RTK 进行碎部点平面坐标测量和高程测量应分别符合表 4.9.4-1、表 4.9.4-2 的有关规定。碎部点 RTK 高程应连测五等及以上水准点, 检测碎部点 RTK 高程可采用三角高程或水准方法, 检测较差不得超过 300mm。

表 4.9.4-1 碎部点 RTK 平面坐标测量主要技术要求

点位中误差 (mm)	方法	起算点等级	距离(站到基准站 距离) (km)	测回数
图上 0.5	单基站 RTK	四等及以上	≤ 15	≥ 1
		二级及以上	≤ 10	

表 4.9.4-2 碎部点 RTK 高程测量主要技术要求 单位: cm

类 别	模型内符合 中误差	高程中误差	检测较差
平原、丘陵	± 10.0	± 15.0	30.0
山区	± 15.0	± 22.5	45.0

- 3) 作业前后应进行已知点检核, 平面位置较差不应超过 5cm, 高程较差不应大于 $30\sqrt{D}$ mm (D 为参考站到检核点的距离, km)。
- 4) 观测前设置的平面收敛精度不大于 2cm, 垂直收敛精度不大于 3cm。
- 7 数据采集时应采用下列检查措施:
 - 1) 分区作业时, 各区应测出界线外图上 5mm。
 - 2) 不同参考站作业时, 流动站应检测一定数量的地物重合点。点位较差不应大于图上 0.6mm, 高程较差不应大于基本等高距的 1/3。
 - 3) 对采集的数据应进行检查处理, 删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。

4.10 地形图编绘

4.10.1 勾绘地形等高线时, 首曲线应用实线, 计曲线应用加粗实线, 间曲线应用长线段虚线, 助曲线应用短线段虚线, 水下等高线应用一长一短的虚线。应在图上系统标注等高线表示的高程。

4.10.2 地形图拼接时, 地物、地貌偏差应不大于测图中误差允许值的 3 倍时, 取均值接绘。否则应重测。

4.10.3 整饰地形图应符合下列要求:

- 1 地物符号、地物轮廓、地类分界线、线路与地貌元素符号等, 均应按 GB/T 20257.1—2007、GB/T 20257.2—2006 绘制。
- 2 水文测验设施、测量标志, 应采用水文专用图例绘制。
- 3 图上应标明河流、水文测站、测图比例尺, 坐标系统, 高程系统, 以及测绘时间、单位、人员等。
- 4 多幅图应在图廓外绘出接图表。

附录 A 水尺零点高程测量 记载表与填制说明

A.0.1 水尺零点高程测量记载表参见表 A.0.1。

A.0.2 水尺零点高程测量记载表填制说明：

- 1 起点距为各支水尺距零点标志桩的距离。
- 2 后视、前视和间视为水准尺读数，上下两栏分别为水准尺黑红面读数。
- 3 高差为后视读数减前视或间视读数。
- 4 平均高差为高差上下两栏的平均值。
- 5 高程为水准点或转点高程加本测点高差。
- 6 返测时，由水准点算起，将返测记录的后视当前视，前视当作后视，反算各测点的前后视高差和高程。
- 7 计算各支水尺的往返测高程不符值，如符合规定精度，再计算各支水尺往返高程平均值，决定水尺零点高程。

A.0.3 表 A.0.1 为水尺零点高程记载中的一页，记载中的封皮页应有流域、水系、河名、站名和记载簿编号。

[illegible]

备注										土质 ☒	
测量:	记录:	计算:	初校:	月	日	复核:	月	日			

断面名称: _____ 基线编号: _____ 起点距计算公式: _____
 施测号数: _____ 风向: _____ 风力: _____ 水面情况: _____
 施测时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ 时 _____ 分至 _____ 时 _____ 分
 施测方法: 测深 _____ 起点距 _____ 水位: 左岸 始 _____ m 终 _____ m 右岸 始 _____ m 终 _____ m
 计算水位: _____ 基面: _____

[illegible]

测量: 记载: 计算: 初校: 月 日 复校: 月 日

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	



中华人民共和国水利行业标准

水文测量规范

SL 58—2014

条文说明

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

水利部行业标准

1 总则.....	61
2 高程测量.....	62
3 断面测量.....	67
4 地形测量.....	68



1 总 则

1.0.1 水文测量规范是水文行业开展陆地和水下点位的平面位置和高程测量，陆地和水下地形图的测绘，以及水文断面测量等工作的行业规范。

1.0.2 一般采用三等水准测量即可满足水文对高程测量的要求。

当需要测绘测区面积大于本标准所定限额的地形图和进行高于三等水准测量时，可按测绘管理部门规定编报测量技术设计，执行国家有关的测量标准进行测绘作业。

1.0.4 水文测站一般使用水文冻结或测站基面，这是因为要使水文测站的水位、高程资料的多年连续性不遭破坏，一个测站的水位和其他高程数值，只能用一个固定不变的基面来表示。每个测站的基面位置，是通过水准点高程值间接体现的，设置形成环状的3个以上基本水准点（其中，可包括相当于基本水准点设置要求的校核水准点）构成本站高程控制自校系统，既可保证基面的稳定性，同时还可以起到减少基本水准点校测工作量的作用。

2 高程测量

2.2 水准测量基本要求

2.2.1~2.2.5 本标准规定的三、四等水准测量路线最弱点高程中误差精度指标与国家三、四等水准测量相同,由于国家水准网考虑了网状平差后精度会有所提高的因素,而水文的水准测量不具备这个条件。所以本标准规定的水准路线长度值,均小于国家水准路线长度规定值。

五等水准测量主要用于地形测量高程点引测、断面测量等,五等水准每公里全中误差一般取用 $M_w = 20.0\text{mm}$ 。

2.2.7 DS₃₅、DS₁型精密水准仪(包括数字水准仪)在全国不少水文站已配备,DS₃₅、DS₁、DS₃型水准仪的技术参数以及数字水准仪使用的技术要求见表1。

表1 DS₃₅、DS₁、DS₃级水准仪技术参数

项 目		DS ₃₅	DS ₁	DS ₃
每千米往返测偶然中误差 (mm)		≤0.5	≤1	≤3
望远镜放大倍数		≥40	≥40	≥30
望远镜有效孔径 (mm)		≥60	≥50	≥42
水准器角值	符合式管状水准器	10"/2mm	10"/2mm	20"/2mm
	圆水准器	8'/2mm	8'/2mm	8'/2mm
自动安平 仪器	补偿范围	±8'	±8'	±8'
	安平精度	≤ 0.1"	≤ 0.2"	≤ 0.5"

目前,数字水准仪采用3种电子读数方法,即几何法、相关法和相位法。几何法和相关法数字水准仪重复测量次数,参照表2.2.7(允许视线长度、前后视距差、数字水准仪重复测量次数)的规定执行。

2.3 水准点设置

2.3.4 水位观测的精度要求为 0.01m。水尺零点高程测量的精度应高于水位观测精度 $2\sqrt{n} \sim 2$ 倍。根据水尺零点高程测量闭合差 $\pm 3\sqrt{n}$ (不平坦地区) 与 $\pm 4\sqrt{n}$ (平坦地区), 则一个仪器站的高差中误差应分别为 $\pm 1.5\text{mm}$ 与 $\pm 2.0\text{mm}$, 据此由误差传播定律可算出相应仪器站数 n 分别为 11 与 6。

2.3.6 基本水准点标石的埋设, 原则上按《水位观测标准》(GB/T 50138—2010) 的规定执行, 同时也可参照《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898—2009) 的有关要求埋设。

2.4 水准观测

2.4.4 采用补偿式自动安平水准仪进行水准测量时, 先将水准仪概略整平, 即可进行测量。

2.4.6 补充了数字水准仪进行水准测量的观测要求及注意事项。

(1) 仪器设置主要有:

- 测量的高程单位和记录到内存的单位为 m;
- 最小显示位为 0.0001m;
- 设置日期格式为“年、月、日”;
- 设置时间格式为 24h 制。

(2) 测站限差参数设置主要有:

- 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。

(3) 作业设置主要有:

- 建立作业文件;
- 建立测段名;
- 选择测量模式;
- 输入起始点参考高程;
- 输入点名(点名);

——输入其他测段信息。

(4) 通信设置主要有：

按仪器说明书操作。

未尽事宜要符合 GB/T 12898—2009 的规定。

2.5 跨河水准测量

2.5.9 一般跨河水准测量，仅可施测河宽不大于 300m 的河段。全国现有水文站，还存在河宽大于 300m 的河段。进行河宽大于 300m 的跨河水准测量，需采用倾斜螺旋法、光学测微法和经纬仪倾角法。其中倾斜螺旋法与光学测微法需使用高精度水准仪，其观测方法在 GB/T 12898—2009 里有详细描述。经纬仪倾角法在三、四等跨河水准测量中，可用 J_2 级经纬仪或精度相当的全站仪。近年来水文测站已配备了相当数量的 J_2 级经纬仪或精度相当的全站仪，为此本标准在跨河水准测量部分重点编入了经纬仪倾角法的内容。

2.7 卫星定位高程测量

2.7.1 随着卫星定位技术的普遍应用，在平地和丘陵地区卫星定位静态高程测量可以达到四等水准测量的精度，RTK（实时动态）高程测量可以达到五等水准测量的精度。

RTK 测量，包括单基站 RTK 测量和网络 RTK 测量等。

2.7.5

2 本款规定了采用数学拟合法建立高程异常模型技术要求：

(1) 测区面积小、地形较为平坦、重力梯度分布平缓时，高程异常模型可采用曲面拟合法。

(2) 卫星定位高程控制网布设成线状或带状时，可采用曲线拟合。

(3) 测区面积较大（超过 100km^2 ）、没有进行似大地水准面精化工作，或测区呈大跨度带状分布时，为了控制高程拟合的误差传递，应根据地形地质情况、高程异常变化梯度合理地划分区

域，进行分区拟合计算。

2.7.6 考虑到模型内符合中误差和模型中误差的区别，模型选择的差异，以及 RTK 测量条件的限制，模型内符合中误差按模型中误差的 $2/3$ 计算。山区的各项技术指标在平原的基础上放宽 1.5 倍执行。

由于山区大地水准面变化复杂，目前还没有足够的实验数据证明可以利用卫星定位高程测量来代替四等水准测量，故表中没有作出规定。

2.7.8 本条规定了卫星定位高程测量连测的已知水准点等级应按提高至少一个等级来执行。

2.7.11 卫星定位高程测量工作完成后，需要对成果进行精度评定。通过外部的施测结果来评定卫星定位高程测量的精度，已参与模型拟合的卫星定位高程测量水准点不参与检测计算。

2.7.12 对于超出高程异常模型所覆盖范围的推算点，因缺乏必要的校核条件，所以在高程异常比较大的地方要慎用，并且要严格限制边长。

2.8 水准点引测

2.8.2 水准点破坏、灭失、水准网设计变更等，将造成原有引据点的终止，另行引测引据点时则会因距离过远、沉降影响、与原引据点不在网中同一路线等各种原因，造成引测点与系统不一致或出现显著差异等情况，水文测站基本点直接联入水准网则可以减少很多影响。

2.9 水准点校测

2.9.2 对于长期稳定、基本没有沉降影响的，采取定期考证测量，因引据点高程相对稳定，对水位的高程基准并无太大影响。当存在持续性的地面沉降时，必须考虑复测平差后得到的水准点高程，在后续时间里的继续沉降问题，如果复测平差和测量考证时间不一致，那么所采用的引据点高程，必定含有沉降因素，为

了消除引据点后续沉降影响带来的高程值失真,最好的方法是将考证测量的时间与水准网复测平差时间同步。

2.10 水尺零点高程测量

2.10.1 水尺零点高程测量仪器站高差中误差 m , 的限差取 $\pm 1.5\text{mm}$ 与 $\pm 2.0\text{mm}$, 这分别对应于三、四等水准测量 m , 的限差指标。为此对水尺零点高程测量的同尺黑红面读数差与同站黑红面所测高差之差两项, 均采用三等水准测量的要求。

2.10.2 水尺零点高程测量, 要求各水尺零点高程推算均由校核或基本水准点开始。这是因为每支水尺的测量精度, 是用往、返测同支水尺的高程不符值不超出 $\pm 3/\sqrt{n}$ 与 $\pm 4/\sqrt{n}$ 来衡量的, 其中 n 为单程仪器站数, 这样不同的仪器站上水尺零点高程允许不符值是不相同的。当一次测量为 n 站时, 则往、返为 $2n$ 站, 在往测为第一个仪器站测量的水尺, 其计算不符值的 n 应为 1。只有均由校核或基本水准点推算各水尺零点高程, 才相当于往、返测量仪器站序数均为第 1, 2, 3, $\dots$, n 站, 否则, 返测则为 $2n, 2n-1, \dots, n+1$ 站, 这样会增大高程测量误差传递影响, 降低水尺零点高程精度。

3 断面测量

3.4 纵断面测量

3.4.1 为掌握水文测验河段，洪水调查河段及其上、下游附近的河床纵向转折变化情况，及其对水文水力因素的影响，需要进行水文纵断面测量，一般随测站地形测量同时进行，当测验河段及其附近主槽河底出现纵向显著变化，或人类活动影响使水面线发生较大变化，或其他项目需要时，可进行纵断面测量。

3.4.6 平均河底高程线的测量，要在每个测点位置施测河道横断面，计算平均河底高程（指某级水位下的平均河底高程，一般为主槽的平均河底高程），连接每个横断面的平均河底高程即为平均河底高程线。

4 地形测量

4.1 一般规定

4.1.2 为保持连续性与一致性，一般岸上、水下同时施测。为避免出现空白区，规定涨水期先测岸上，落水期先测水下。

4.1.6 测图控制的坐标系统采用统一的高斯正形 3° 带平面直角坐标系统。为了使投影变形可以忽略不计，控制测量还需满足下列条件：

- (1) 测区位于高斯正形投影统一带中央子午线附近。
- (2) 测区平均高程面接近国家参考椭球体面或平均海水面。
- (3) 测区内的国家网精度能够满足大比例尺测图需要。

否则应根据具体情况与要求选择任意带坐标系统或独立坐标系统。

4.2 平面控制测量基本规定

4.2.1 首级控制要一次全面布设，并尽可能布设成网，以增加图形强度。

4.2.3 原标准只规定“大测区应采用基本、图根、仪器站三级控制，以小三角网或量距导线作首级控制，小测区可采用以图根网为首级控制的两级控制。”为了体现测图精度，本标准增加了根据不同测图比例尺而采用相应的平面控制布设层次、施测方法及精度要求。

4.5 卫星定位平面控制测量

4.5.1 卫星定位技术用于测量工程时，采用相对定位原理，其作业方式有多种，根据水文测量的特点，将卫星定位控制网测量分为静态测量和动态测量两种方式。

4.5.2 有关控制网技术指标的说明：

三等、四等静态卫星定位网相邻点最小边长一般不小于平均边长的 $1/2$ ；最大边长一般不大于平均边长的 2 倍。当边长小于 200m 时，边长中误差小于 0.02m 。

根据卫星定位技术的发展和水文测量的特点，利用卫星定位动态测量可以施测一、二级等平面控制。在困难地区，相邻点距离可缩短至表 4.5.2-2 规定长度的 $2/3$ ，但应使用常规方法检测边长，两者之间的边长较差不应大于 20mm ，以满足常规测量对控制点几何条件的要求。

4.5.3 基线长度中误差公式主要应用于控制网的设计和野外观测数据的检核。相邻点的基线长度中误差公式中固定误差 a 和比例误差系数 b ，与接收机厂家给出的精度公式 ($\sigma = a + b \times 10^{-8} D$) 中的 a 、 b 含义一致，厂家给出的精度公式和本条款中的公式是两种类型的精度计算公式。

4.5.4 卫星定位测量控制网布设的有关说明：

卫星定位测量控制网的设计是一个综合设计的过程，首先应明确工程项目对控制网的基本精度要求，然后才能确定控制网或首级控制网的基本精度等级。最终精度等级的确立还应考虑测区现有测绘资料的精度情况，计划投入的接收机的类型、标称精度和数量，定位卫星的健康状况和所能接收的卫星数量，同时还应考虑测区的道路交通状况和避开强烈的卫星信号干扰源等。

由于卫星定位静态控制测量所获得的是空间基线向量或三维坐标向量，属于其相应的空间坐标系（如 WGS-84 坐标系），故应将其转换至国家坐标系或地方独立坐标系方能使用。为了实现这种转换，要求连测若干个已知控制点以求得坐标转换参数。故规定静态控制测量连测 2 个以上高等级国家平面控制点或地方坐标系的高等级控制点。

RTK 测量的精度会受到各种因素的影响，由于受初始化过程中以及数据链传输过程中外界环境、电磁波干扰等误差的影响，可能导致整周未知数解算不可靠。同时，RTK 测点间相互独立，与传统测量强调的相邻点间相对关系有着根本上的区别。

为了检核的需要,规定了采用 RTK 方法进行测量时,最少要测量 3 个已知控制点。

由于卫星定位测量过程中,要受到各种外界因素的影响,有可能产生粗差和各种随机误差。因此,要求由非同步独立观测边构成闭合环或附合路线,以保证观测成果的可靠性,并进行合理的精度评定。

4.5.5 有关控制点选点的有关说明:

卫星定位测量控制网的点位之间原则上不要求通视,但考虑到在使用其他测量仪器对控制网进行加密或扩展时的需要,故提出控制网布设时,每个点至少应与一个以上的相邻点通视。

符合要求的已知控制点就是指满足卫星定位测量的外部环境条件、满足网形和点位要求的已知控制点。

卫星高度角的限制主要是为了减弱对流层对定位精度的影响,由于随着卫星高度的降低,对流层影响愈显著,测量误差随之增大。因此,卫星高度角一般都规定大于 15° 。定位卫星信号本身是很微弱的,为了保证接收机能够正常工作及观测成果的可靠性,故应注意避开周围的电磁波干扰源。如果接收机同时接收来自卫星的直接信号和很强的反射信号,会造成解算结果不可靠或出现错误,这种影响称为多路径效应。为了减少观测过程中的多路径效应,故提出控制点位要远离强烈反射卫星接收信号的物体。

4.5.8 有关外业观测的说明:

卫星定位测量的调度计划可根据测区范围的大小分区编制,包括作业日期、时间、测站名称、接收机名称等。

观测过程中的注意事项包括:一个时段观测过程中,不允许进行以下操作:关闭又重新启动;进行自测试(发现故障除外);改变卫星高度角;改变天线位置;改变数据采样间隔;按动关闭文件和删除文件等功能键;要特别注意供电情况,除在初测前认其检查电池容量是否充足外,作业中观测人员不要远离接收机,听到仪器的低电压报警要及时予以处理,否则可能会造成仪器内

部数据的破坏或丢失。

对观测时段较长的观测工作，建议尽量采用太阳能电池板或汽车电瓶进行供电；要随时查看仪器内存或硬盘容量，每日观测结束后，应及时将数据转存至计算机硬盘及其他存储介质上，确保观测数据不丢失。

只有在静态测量中才有观测时段，动态测量按测回数进行测量。

4.5.10 RTK 控制测量的说明：

4 坐标系统转换参数的获取有多种方式，可视具体情况灵活采用。根据目前仪器设备使用的情况，主要提供三种转换参数的作业方式：一是已有该区域的坐标转换参数；二是事先可以收集到足够数量的同时具有地心坐标和参心坐标成果的控制点；三是事先只收集到足够数量的具有参心坐标成果的控制点，其地心坐标需要实地采集收取。

5 为了控制转换参数的精度，依据测设的 RTK 点的点位精度相对于基准站不超过 5cm 的要求，拟合控制点能控制作业区域前提下，转换参数残差应小于点位误差的 1/3。综合考虑其他因素，规定了平面坐标转换的残差应不大于 2cm。

6 由于转换参数的质量与控制点的精度与分布有关，因此转换参数的使用具有局限性，仅适用于所用控制点圈定的范围及邻近领域，但其外推精度明显低于内插精度，故规定不应超越转换参数的计算所覆盖的范围。

对输入参考站点空间直角坐标的规定，是为了避免不同时期参考站点定位的 WGS-84 坐标差异对 RTK 测量造成的影响。

7 为提高 RTK 测量的可靠性，保证仪器各种设置正确，测量过程中应选择一定数量的已知坐标点进行测量校核，以检查设备的可靠性以及坐标转换参数的准确性。

8 一测回开始测量时，必须重新搜索、锁定卫星，进行初始化，以此来保证各测回间的相互独立、相互校核。

9 RTK 一测回观测需要搜索、锁定卫星，进行初始化，稳

定收敛后才可以进行观测,根据多种类型仪器的测试结果,完成测前的一系列准备工作平均需40s以上,为保证测回间的初始化时间,规定了时间间隔不少于60s。同时,测回间隔一段时间可以消除因卫星分布不同、差分信号不同、电离层扰动影响等产生单次整周模棱度不可靠的影响,从而保证各测回间的相互独立。

4.8 水下地形测量

4.8.1 采用(横)断面法施测水下地形,一是给施测带来方便;二是有序的横断面布点,能较好地控制水下地形变化情况,使所测地形较好地反映其基本地形特征。

4.8.3 水下地形测量平面定位方法很多,这里只对目前常用的几种方法进行规定。对于未提及的其他方法,可结合实际选择使用。

4.8.4 采用前方交会法时,测点交角不要小于 15° 。交角太小,计算(或展绘)的点位误差较大。另外,要检查测站仪器是否对中、有无移动。原则上是每测定1~5个断面,进行一次零方向检查,以保证水下地形点点位精度。

4.8.5 采用极坐标法时,要检查仪器是否对中,以避免对中误差对测点定位精度的影响。水下地形点到测站的最大距离,应以满足水下点测时平面中误差不大于图上1.5mm为原则进行确定。立尺点与测深仪探头应在同一铅垂线上,最大偏差应小于0.2m,以保证地形点高程与平面位置相对应。

4.9 数字测图

4.9.2 对于全站仪测图,由于电磁波测距代替了视距测量,有效降低了解析图根点密度的要求。RTK测图对解析图根点的要求,主要是用于对系统的校正、检核或进行全站仪联合作业使用。

4.9.3 全站仪测图的说明:

2 测图的应用程序,是指全站仪的基本功能程序,除满足

测量的基本程序要求外,还应具有数据记录、存储、代码编辑、通信等功能,以满足内业数据处理和图形编辑的需要。采用常用数据格式的规定,主要是为了满足数据交换的需要。

4 测点的观测中误差可按式(1)估算:

$$m_p = D \sqrt{\left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2} \quad (1)$$

式中 D ——测点至测站的距离;

$\frac{m_D}{D}$ ——测距相对中误差,按 1/5000 综合考虑;

m_β ——测角中误差,按 45" 计。

当测点距离为 100m,则可计算出每百米测点点位中误差为 3cm;考虑到数据采集时,觇牌棱镜的对中偏差、测站点误差以及实测时的客观条件限制等因素,取表中的限值。

4.9.4 RTK 测图的说明:

2 本款所列资料,是卫星定位 RTK 测图的应具备的基础性资料。

3 由于卫星定位接收机所获得的是 WGS-84 坐标系中的空间三维直角坐标,而我们通常所使用的是国家或地方坐标及正常高系统。两套系统之间的转换,是由基准转换、平面坐标转换和高程转换构成的。

6 RTK 碎部测量主要测设地形点和地物点,测量精度较低,同时,作业环境可能满足不了控制点的点位要求,对其作业设备的要求相应放松,只需要用带圆气泡的对中杆架设天线即可,保证在测点上能够进行初始化。但在作业过程中应注意检查测设点的相对关系,以及地形点、地物点的几何形状。

根据 RTK 测量水平精度高、垂直精度低的特性,按照卫星定位平面控制测量中点位中误差的 1/3 设置 RTK 水平收敛精度,按照水平收敛精度的 1.5 倍设置垂直收敛精度。

7 当进行分区作业时,绘图完成之后需要进行图形的拼接,因此要求测出界线外 5mm。

水利水电技术标准咨询服务中心 简介

中国水利水电出版社标准化出版分社

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（中国水利水电出版社标准化出版分社）是水利部指定的行业标准出版、发行单位，主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣传、推广工作，同时还负责水利水电科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版、发行及推广工作。

主 任：王德鸿 010-68545951 wdh@waterpub.com.cn
副 主 任：陈 昊 010-68545981 hero@waterpub.com.cn
主任助理：王 启 010-68545982 wqi@waterpub.com.cn
责任编辑：王丹阳 010-68545974 wdy@waterpub.com.cn
章思洁 010-68545995 zsj@waterpub.com.cn
覃 菁 010-68545889 qwei@waterpub.com.cn
刘媛媛 010-68545889 lyuan@waterpub.com.cn
传 真：010-68317913

http://www.slzjxx.cn
水利造价信息网



155170.184

中华人民共和国水利行业标准

水文测量规范

SL 58—2014

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@waterpub.com.cn

电话: (010) 68387558 (发行部)

北京科水图书销售中心(零售)

电话: (010) 68385094、68202643、68643874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京瑞泰通印务发展有限公司印刷

*

140mm×203mm 32开本 2.5印张 67千字

2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷

*

书号 155170·184

定价 28.00元

水利部水利出版社
营销中心



扫一扫 用手机
轻松购买 服务便捷

凡购买本社书籍,如有缺页、倒页、脱页的,

本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究