

ICS 编号
CCS 编号

团 体 标 准

T/CHESXXX—20XX

代替 T/CHESXXX—XXXX

超标准洪水水文监测技术导则

Technical guidelines on hydrological monitoring for over-standard flood

（征求意见稿）

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目次

1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语与定义	4
4 一般规定	6
5 断面和高程基准设置	7
5.1 断面布设	7
5.2 断面测量	7
5.3 高程基准设置与测量	8
6 超标准洪水水位监测	8
7 超标准洪水流量测验	9
7.1 电波流速仪法	9
7.2 侧扫雷达法	11
7.3 比降面积法	11
7.4 影像（图像）测流法	11
7.5 浮标法	11
7.6 测验成果检查与分析	12
8 超标准洪水悬移质泥沙测验	12
9 超标准洪水降水量观测	12
10 超标准洪水水文资料整编	13
附录 A 水文测站超标准洪水测报预案大纲（资料性附录）	14
附录 B 侧扫雷达法（资料性附录）	16
附录 C 极坐标浮标法流量测验（资料性附录）	18
附录 D 比例系数过程线法（规范性附录）	24

前言

根据中国水利学会团体标准制修订计划安排，本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准共包括 10 章和 4 个附录，主要内容如下：

- 断面和高程基准设置；
- 超标准洪水水位监测；
- 超标准洪水流量测验；
- 超标准洪水悬移质泥沙测验；
- 超标准洪水降水量观测；
- 超标准洪水水文资料整编；

本标准为全文推荐。

本标准为首次发表。

本标准批准部门：中国水利学会

本标准主编单位：长江水利委员会水文局

本导则由中国水利学会负责管理，长江水利委员会水文局负责具体技术内容的解释。如有意见建议，请寄送中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条 16 号，邮编：100053），以便今后修订时参考。

1 范围

本标准规定了超标准洪水水文监测方案设计、断面布设、测验方法、仪器设备选型、资料整理整编、成果评价和保障措施等方面的技术要求。

本标准适用于国家基本水文站的超标准洪水水文监测，其他水文站可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的引用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50138 水位观测标准

GB 50179 河流流量测验规范

GB/T 50159 河流悬移质泥沙测验规范

SL 21 降水量观测规范

SL 58 水文测量规范

SL 197 水利水电工程测量规范

SL/T 247 水文资料整编规范

SL 257 水道观测规范

GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范

CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范

T/CHES XXX 图像识别法河流流量测验规范

T/CHES 31 电波（雷达）流速仪

3 术语与定义

GB/T50095 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超标准洪水 Riverbasin over-standard flood

超出流域现状防洪工程体系设防标准的流域性洪水。对现状防洪能力未达到规划标准的河流，流域超标准洪水为超过防洪工程体系现状防御能力的洪水；对现状防洪能力达到或超过规划防洪标准的河流，则指超过规划防洪标准的洪水。

3.2

超标准洪水水文监测 Hydrological monitoring for over-standard flood

超标准洪水水文监测指针对发生超过水文站现有测洪标准开展的水文监测。

3.3

侧扫雷达法 Side scan radar flow measurement method

利用超高频雷达多普勒效应、Bragg 散射原理，探测河流表面流速的一种方法。当真实流速与雷达波法向垂直，或与雷达波法向左右小角度范围，雷达测得径向流速极小，无法计算流速，而真实流速与雷达波法向偏离较大角度后，测得可靠的径向流速，可利用此流速计算得到河流表面流速。

3.4

大尺度粒子图像测速(LSPIV)Large scale particle image velocimetry

一种用于测量大面积(数百平方米)水体表面流速的非接触式全场流速测量技术，以粒子微团的运动状态代表流体的运动状态，基于互相关匹配估计两幅连续图像中矩形分析区域(interrogationarea, IA)内水流示踪物的平均运动矢量，通过对多幅瞬时流速场进行矢量平均重建时均流速场，是一种网格化的二维瞬时运动矢量估计方法。

3.5

大尺度粒子追踪测速法(LSPTV)Large scale particle tracking velocimetry

流体中的示踪或模态地运动可以代表流场内流体运动，采用图像分析技术估计单个粒子在两次或多次曝光流场图像中的位移，使用对两帧或多帧图像中的粒子进行匹配，得到粒子的位移，根据粒子和时间间隔，估算点流速，获得分析区域内局部流体的运动规律。

4 一般规定

- 4.1 超标准洪水水文监测应坚持安全、高效、快捷相结合原则。
- 4.2 进行超标准洪水水文监测时，应根据测站特性、洪水特点等因素，充分考虑监测方法和仪器适用性，可采用多种监测方法互为补充。
- 4.3 用于超标准洪水的监测方法和仪器设备宜通过比测和率定分析。
- 4.4 超标准洪水水位、流量、泥沙测次布置宜能控制要素变化过程。
- 4.5 国家基本水文站应根据测站特性、河流特点、设施设备，人员配置、技术要求以及服务对象的可能需求等，编制超标准洪水测报预案（编制大纲可参考附录 A）。
- 4.6 水文站制定的超标准洪水监测预案应通过上级主管部门的审批，并加强培训与演练，增强方案的可行性和可靠性。
- 4.7 超标准洪水水文监测质量未达到国家现有标准要求时，宜进行成果质量评价并在成果中予以说明。
- 4.8 超标准洪水水文监测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。

5 断面和高程基准设置

5.1 断面布设

5.1.1 超标准洪水测验应首选在水文站常用断面进行测验。发生断面溢流等难以控制总流量或常规测验无法进行时，应在适宜位置设置超标准洪水临时测验断面。

5.1.2 超标准洪水临时测验断面的设置或选择应满足下列要求：

- a) 断面与水文站断面间无分流或支流汇入。
- b) 若有分流或支流汇入，应在分流或支流汇入处增设测流断面，当分流占比超 20%时还应增设水位观测断面。
- c) 断面宜选择水流集中、河床稳定、河道顺直、岸线平行的河段。

5.1.3 测验河段的选择与勘察应符合 GB50179 的相关规定。

5.2 断面测量

5.2.1 超标准洪水前后宜开展大断面测量，洪水过程中有条件的可采用大功率无人船、无人机搭载测深仪等方式，开展水道断面测量。

5.2.2 大断面测量的起点距、水深测量、测深垂线布设等技术要求应按 SL58 要求执行。

5.2.3 根据超标准洪水特性、现场测验环境选择合适的测量设备。岸上断面测量应优先选用 GNSS、全站仪、水准仪等设备，采用 RTK、PPK、全站仪放样、水准测量等测量方法。当施测困难时，可采用无人机搭载激光雷达、摄影测量等非接触式方法。水下断面测量应优先选用测船、缆道等搭载平台；平面定位宜选用多星双频高精度型 GNSS 设备；水深测量的测深仪宜选用数字测深仪等。当施测困难时，可采用大功率无人船、无人机搭载测深仪等水深测量方式。

5.2.4 无人机搭载激光雷达进行岸上断面测量时应满足如下要求：

- a) 根据作业区的地形条件，满足大断面测量采样间距的点云密度和精度要求，选择适宜的激光扫描仪、POS 等设备；
- b) 一般要求航测飞行高度不高于 200m，旁向重叠度不小于 50%，航高变成不超过 5%-10%；
- c) 点云经过滤波处理后，剔除噪声，点云密度应满足真实反应断面起伏变化的要求。

5.2.5 无人机摄影测量进行岸上断面测量按 CH/Z 3005 要求执行。

5.2.6 当大功率无人船在超标准洪水环境中可沿大断面正常行驶时，可采用大功率无人船搭

载测深仪和 GNSS 的方式进行水下断面测量，测量技术要求按 SL58 要求执行。

5.2.7 无人机搭载测深仪进行水下断面测量时应按 SL58 要求执行。

5.2.8 断面需临时接测水位时，宜用水准测量、GNSS 测高与光电测距三角高程等方式开展水下测量。

5.3 高程基准设置与测量

5.3.1 超标准洪水临时测量断面、比降面积法上下断面水位观测，应设定统一的高程基准，并遵循快速、安全、精度满足要求的原则。

5.3.2 超标准洪水水文监测中高程基准宜统一到 1985 国家高程基准，可采基本水文站冻结基面转换关系或高程联测的方法进行。

5.3.3 高程联测可采用水准测量、光电测距三角高程测量、GNSS 高程测量等方式，三、四等水准测量应按 SL58 要求执行，光电测距三角高程测量应按 SL197 要求执行，GNSS 高程测量应按 GB/T18314 要求执行。

6 超标准洪水水位监测

6.1 超标准洪水水位变幅超过水位计量程时，有条件的可增加设置自记水位计，用水准仪、全站仪或 GNSS 进行水位自记仪器初值设置。

6.2 超标准洪水水位变幅超过水位计量程，无法增加设置自记水位计时，可采用下列方式进行水位观测：

- a) 人工观测。在有测验水尺，且能进行观测的情况下，可选择该方法；若水尺被洪水损坏，应在水边设立临时水尺（桩），使用全站仪或其他设备引测水尺零点高程，进而得到水位；在特殊条件下可在较为坚固的建筑物、电线杆、树木上固定水尺板，用于观测水位。
- b) 固定标志。在断面线上，按一定的高差均匀设立固定标志点（预先测定各标志的高程），在标志点上安装遇水即亮的节能灯或刻划标记，当水位涨或退至标志点记录相应的时间和标记名称，可获取水位变化过程，待完全退水后水准接测各标记计算水位。
- c) 刻划标记。断面选择宜在本站测验断面，当本断面无刻划条件时，可选择河道顺直，断面无壅水建筑物、横比降、滑坡、弯道等断面刻划：刻划宜选择临水永久性建筑物、稳固的崖壁、基岩等；刻划工具宜选用金属刻刀、速干油漆等；刻划水位标记为 10 厘米横线加 5 厘米等边三角符号，并刻记日期时间，条件许可时分别从两个方位进行平行

刻划标记：刻划结束宜现场记录或用工程相机拍照记录。采用四等水准测量水位标记分辨率，与断面的距离要求，在测验河段范围内。

d) 免棱镜全站仪观测。特殊情况下无法采用水尺和自记水位计观测时，可选择位置较高、视野开阔、比较安全的稳固岩石或建筑物上架设免棱镜全站仪直接测定水面高程，或用其他测绘仪器测定水面高程，以获得水位。

6.3 当自记和人工无法适用时，可采用无人机搭载 GNSS、雷达测距仪观测水位。

7 超标准洪水流量测验

7.1 电波流速仪法

7.1.1 根据现场测验环境等条件，可选择手持式或定点式电波流速仪开展流量测验。

7.1.2 垂线布设

(1) 测速垂线布设宜按流速仪法测流方案的测速垂线数、布设位置确定。

(2) 仪器位置与测速点位置，可通过仪器至水面垂直高、电磁波发射俯角、电磁波发射与流向所夹水平角进行换算。可按公式 1、公式 2、公式 3 计算。

$$S = \frac{H}{\cos \alpha} \quad (\text{公式 1})$$

$$L = H \times \tan \alpha \times \cos \beta \quad (\text{公式 2})$$

$$D_{\text{流}} - D_{\text{仪}} = H \times \tan \alpha \times \sin \beta \quad (\text{公式 3})$$

式中：S 为电波发射至水面斜距，L 为仪器位置至测量断面水平距离，H 为仪器距水面垂直高， α 为俯角， β 为与流向所夹水平角， $D_{\text{流}}$ 为测速起点距， $D_{\text{仪}}$ 为仪器所在起点距。S 不应超过电波流速仪的测程范围，一般在 20-100m 之间。

7.1.3 定点式电波流速仪的安装方式及位置要求

(1) 可采用桥梁、缆道作为载体进行安装。

(2) 电波流速仪安装数量及位置宜参照流速仪法测流方案确定。位置应具有一定代表性，尽量布设在主泓位置，或者根据实测数据布设在代表性良好的垂线位置上。

7.1.4 无人机载电波流速仪测量应注意以下事项：

a) 测验断面应保证无人机有良好的起降空间和通视条件，并符合无人机测验及空域管制等的相关要求。无人机应具备悬停、防（中小）雨等功能。

b) 搭载的 GNSS 定位设备应尽量采用 RTK 模式或网络 RTK 模式；

c) 每次飞行前应进行飞行状态检查、电池电量检查、数据传输检查和定位检查；

d) 悬停测量高度和状态应满足所搭载设备的测量要求，且应保证无人机不对流速测

量产生较大影响。

7.1.5 流速测量

- (1) 不宜在流速低于 0.5m/s 时使用。
- (2) 测量时俯仰角、水平角范围及测速历时应满足 T/CHES 31 相关技术规定。
- (3) 电波流速仪发射方向与水流方向水平夹角不应超过 30 度。超过 10 度时采用流速应用水平角余弦改正，水平角改正见表 1。

表 1 电波流速仪水平角改正表

实际速度 (m/s)	显示速度 (m/s)										
	0	1	3	5	10	15	20	30	45	60	90
0.5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.48	0.47	0.43	0.35	0.25	0
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.94	0.87	0.71	0.50	0
1.5	1.50	1.50	1.50	1.49	1.48	1.45	1.41	1.30	1.06	0.75	0
2.0	2.00	2.00	2.00	1.99	1.97	1.93	1.88	1.73	1.41	1.00	0
2.5	2.50	2.50	2.50	2.49	2.46	2.41	2.35	2.17	1.77	1.25	0
3.0	3.00	3.00	3.00	2.99	2.95	2.90	2.82	2.60	2.12	1.50	0
3.5	3.50	3.50	3.50	3.49	3.45	3.38	3.29	3.03	2.47	1.75	0
4.0	4.00	4.00	3.99	3.98	3.94	3.86	3.76	3.46	2.83	2.00	0

- (4) 照准水面进行一次流速测量时，电波流速仪应保持稳定，可连续测量多次流速取平均值作为流速，多次测量流速波动值不宜大于 0.15~0.25m/s。
- (5) 在桥上测验时，为避免桥下游水流流态受桥墩扰动影响，宜选在桥上游断面测验。
- (6) 雨天测量时，电波流速仪探头应保持干燥。不宜在暴雨天测量，雨点的垂直向下运动，会对接受电磁波产生干扰。
- (7) 不宜在强顺、逆风、强雷电环境下使用电波流速仪测流。

7.1.6 实测流量计算

- (1) 用仪器所在位置、仪器至水面垂直高、电磁波发射俯角、电磁波发射与流向所夹水平角计算各水面流速的起点距，见公式 1、公式 2、公式 3。
- (2) 用流速面积法计算断面虚流量 Q_f 。
- (3) 断面虚流量乘以水面流速转换系数，即为断面流量，计算公式为：

$$Q = K_d Q_f \quad (\text{公式 4})$$

式中:Q—断面流量 (m^3/s); K_d 为水面流速综合系数，可以通过试验确定；

Q_f —断面虚流量 (m^3/s), 参照 GB50179 流量测验规范中图解法计算。

7.2 侧扫雷达法

7.2.1 采用侧扫雷达法开展超标准洪水流量测验前, 应提前做好设备安装, 设备安装要求见附录 B。

7.2.2 在河道等宽的顺直河道, 可以使用单站式系统实现流量探测, 河宽宜介于 60-300m。河道不等宽、非顺直河道及其他流场复杂的场合, 宜使用双站式系统实现流量探测, 测验河段河宽不大于 1000m。

7.2.3 侧扫雷达测验河段不应有潜坝、丁坝、溢流堰等水工建筑物, 避开水草生长以及回流、漩涡等流态紊乱处。

7.2.4 流量按 GB50179 中图解法或代表线法等方法计算。

7.3 比降面积法

7.3.1 比降水位观测可参照第 6 章条款执行。

7.3.2 流量的断面测验可参照第 5 章条款执行, 也可借用最近流量测验的断面成果。

7.3.3 糙率宜采用本站超标准洪水期流量测验资料进行分析计算, 也可用高中低水流量测验资料进行外延分析。当本站没有代表性资料时, 可借用邻近相似水文站高洪流量测验资料分析。

7.3.4 其他相关要求及流量计算按 GB50179 要求执行。

7.4 影像(图像)测流法

7.4.1 超标洪水流量测验可以采用大尺度粒子图像测速 (LSPIV)、大尺度粒子跟踪测速 (LSPTV)、时空图像法 (STIV) 等影像(图像)测流法。

7.4.2 采用大尺度粒子图像测速 (LSPIV)、大尺度粒子跟踪测速 (LSPTV), 镜头宜垂直于水面拍摄, 降低视觉畸变影响, 减少河面波浪、光照条件等带来的误差。

7.4.3 大尺度粒子跟踪测速 (LSPTV) 可采用无人机搭载摄像头的方式开展测量, 当在水面无明显踪物或光线较强时, 可用无人机抛投粒子作为示踪物。

7.4.4 采用时空图像法 (STIV) 时, 测验相关要求应符合《图像识别法河流流量测验规范》。

7.4.5 流量按 GB50179 规范中图解法或代表线法等方法计算。

7.5 浮标法

7.5.1 GNSS 浮标法

- (1) 可利用无人机、上游桥梁、浮标抛投器等进行浮标投掷，均匀浮标法时浮标数量应能控制流速横向分布；
- (2) GNSS 浮标定位精度不宜低于亚米级，计时精度宜优于毫秒级。
- (3) 浮标球体应密封、稳定，使浮标终端电路板保持在水面上，防止 GNSS 模块和传输信号被水屏蔽。
- (3) 浮标流经时长不宜小于 10 秒，距离不宜小于断面最大流速的 20 倍。
- (4) 其他相关要求及流量计算按 GB50179 要求进行。

7.5.2 水面浮标法测验相关要求按 GB50179 要求进行，当测验断面附近位置较高、通视条件良好可采用极坐标浮标法。极坐标浮标法的测验步骤见附录 C。

7.6 测验成果检查与分析

7.6.1 超标准洪水的流量测验成果应按“随测、随算、随整理、随分析”的原则进行检查分析。现场发现差错时，应立即进行补测。

7.6.2 有多种测验方法测量成果时，将不同方法测得流速换算在同一时间、同一空间上，互相对照、互为补充，多种流速结果相差较大时，应该选择相对可靠的方法的成果。

7.6.3 宜采用上下游站要素过程线对照等方法进行上下游站成果合理性检查及水量平衡检查。

7.6.4 采用水位流量关系检查测验成果时，可按 SL/T247 的要求进行高水外延，外延幅度可根据需要适当放宽。

8 超标准洪水悬移质泥沙测验

8.1 超标准洪水悬移质泥沙监测可采用瞬时式采样器、积时式采样器等取样，也可采用光学、声学测沙仪等开展。

8.2 无法到达单沙、输沙采样垂线位置时，可采用水边取样的方式开展测验。

8.3 有临时断面时，可在临时断面取样。在临时断面宜选择岸边、涉水建筑物（桥梁、居民楼房临水面）采用瞬时采样器水面一点法采样。特殊情况可采用搪瓷器水面采样并量取容积。需要现场测定含沙量的可用比重计法、置换法、沉淀量高法等。

8.4 其他相关要求及输沙率的计算按 GB/T 50159 要求执行。

9 超标准洪水降水量观测

9.1 加强自记雨量计检查，保证降水期间仪器正常工作。

9.2 当发现或预报降水强度超过仪器测量范围时，恢复人工观测，或启用备用仪器，或选用器口内径大于 20cm 的水桶、锅、盆、罐等器皿作为应急承雨器观测。相关要求按照 SL21 执行。

9.3 如果雨量场被毁，根据实际条件，选择合适位置重新安装雨量器或雨量计，按照 SL21 要求执行，保证降水量资料不中断。

10 超标准洪水水文资料整编

10.1 水位、流量、悬移质、降水量资料整编按 SL/T 247 要求进行

10.2 采用非接触式在线监测流速资料进行流量资料整编，对于有分布均匀和较多实测流量、无法采用代表线法的流量站，可采用比例系数过程线法进行流量资料整编，比例系数法整编方法见附录 D。

10.3 采用边断关系或边单关系进行资料整编时，边断关系、边单关系线的延长，应满足 SL/T247 悬移质泥沙整编定线精度要求。有条件的，高中水期在相同的水边位置补充取样，建立边断、边单关系，以验证超标准洪水期的边断、边单转换系数。

附录 A 水文测站超标洪水测报预案大纲（资料性附录）

水文测站超标洪水测报预案大纲可按如下章节内容进行。

一、概况

（一）流域概况

简述水文测站所处流域的地理位置、经纬度跨度、地形地貌、气候、暴雨洪水特性，流域形状、河长、坡度、面积、主要支流及重要水利工程等。

（二）测站概况

1.基本情况

简述水文测站站址、测站编码、经纬度、沿革、所在河流水系、集水面积、至河口距离、测验项目、测站功能、采用基面、隶属关系、人员配置等。

2.测验河段及断面情况

简述测验河段长度、河道弯曲、流向变化，断面布设、河床组成、河道冲淤、上下游附近主要涉水工程等。

3.测站特性

简述洪水来源、峰型、流速、漂浮物，水位流量关系变化规律及主要影响因素，水文特征值等。

4.测报能力现状

简述水位、流量、泥沙测验和供电、报汛等主要设施设备测报能力现状。

15.交通状况

简述交通方式、交通工具和路线。

二、测报方案

（一）确定洪水量级

在综合分析水文测站测报能力和测验河段附近堤防防洪标准等防汛需求的基础上，确定本站超标洪水测报预案洪水量级划分情况。

（二）测验方案

1.水位测验方案

明确各级水位观测方法、段次、人员分工，明确临时水位观测手段和方法。

2.流量测验方案

明确流量测验方案的适用条件、技术要求、方式方法、测次要求和人员分工。

3.泥沙测验方案

明确泥沙测验方法、测次和人员分工。

4.降水量测验方案

明确降水量观测方法、段次、人员分工、设备转移观测方案和漏（缺）测的插补方案。

（三）报汛方案

1.实时信息报送

明确实时信息报送的内容、时效、对象、方法和人员。

2.预警预报服务

有预警预报任务的站应明确服务对象及其联系方式、预报方案、通讯手段和人员分工。

（四）人员设备转移方案

明确人员和设备转移时机、路线和方式。

三、保障措施

（一）组织保障

明确组织机构、岗位职责、人员分工和人员调配等内容。

（二）技术保障

明确成果质量保障的措施和方法。

（三）物资保障

明确物资储备管理、装备配置、供电设备和交通工具等。

（四）安全保障

明确安全生产责任人、安全岗位职责、安全设备配置和安全隐患排查的要求。

（五）培训和演练

明确培训和演练的人员、方式和内容。

四、后期处置

（一）水毁工程修复

明确水毁设施临时修复措施。

（二）水文调查

明确暴雨洪水调查和还原分析的内容、技术要求、完成时限及成果质量要求等。

五、图表

附图 1 流域水系图

包括水文测站所在流域水系、站网分布和重要水利工程情况。

附图 2 测站位置图

包括测站所在地附近河流、湖泊、重要涉水工程以及转移断面可利用的工程设施的位置等。

附图 3 测验河段地形图

附图 4 实测大断面（含辅助断面）图

附图 5 水位流量关系图

水位流量关系线延长至超标洪水最大量级。

附表 1 主要水文测报设施设备现状表

统计水文测站主要设施设备型号、数量。

附表 2 实测大断面（含辅助断面）成果表

附表 3 水位流量关系流率表

附录 B 侧扫雷达法（资料性附录）**B.1 侧扫雷达频率选择**

根据河流宽度选择频率，工作中心频率为 340MHz，可以测量 30m-400m 宽度的河流。雷达的实际探测距离还与雷达天线架设地点、所在地外部噪声电平、河面粗糙程度有关。

根据单宽分辨距离选择频率，一般有 5m、10m、15m 等几种。

根据测流仪大小选择频率，测流仪的体积由频率（波长）确定，波长越短体积越小，所以尽可能选择短波长。

根据信号强度选择频率，河流表面所产生的波浪其波长能满足布拉格散射条件，要想使散射信号强则确定选择较长波长，一般电磁波波长选取 0.72m。

B.2 侧扫雷达仪器的安装

- (1) 侧扫雷达测流仪应安装在平直的河道上，平直长度 200m 以上（上下游），要远离水坝、水库。天线与河面间必须是开阔的区域，以安装点为基准到河对岸区域保持左右 60°视角，在此范围内不能有建筑物、植物、桥梁等。发射信号 45°无遮挡，回波信号在高度合适的情况下正面 120°无遮挡。
- (2) 在充分考虑电磁环境、干扰防护的前提下，安装时应与干扰源如电站、工业等设施保持安全距离，允许接收机灵敏度损失在 1db 范围内。
- (3) 雷达测流仪安装的位置应距离水边 5m 以上，为避免出现盲区要大于安装架高度。依据探测的距离确定安装架高度，远端夹角 α 要在 1.5°以上，近端夹角 β

角在 45° 以下。如图， H 为雷达安装高度， d_w 为侧扫雷达距离水边距离，雷达均匀采样时，距离库的长度（即最小可分辨距离） ΔL 随 d_{max} (雷达最大作用距离) 的增加而变大。

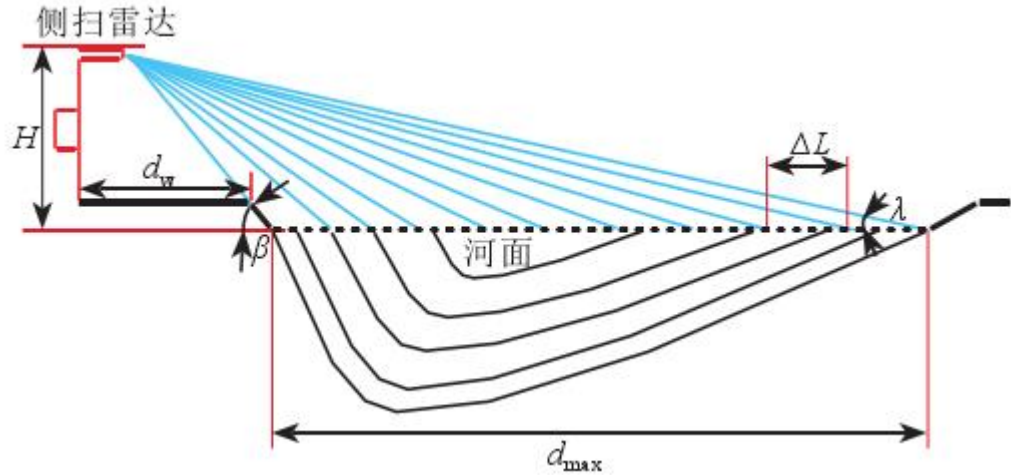


图 1 侧扫雷达工作方式示意图

- 4) 雷达测流仪安装位置固定后，对水平补偿距离进行设置，即设置测流仪与断面起点之间的距离，使雷达测流仪测量断面上水平位置、测量垂线位置相一致。
- 5) 天线信号波束方向选择
须充分考虑河流中过往船只，在上、下游和前方分别设置 3 个独立且指向这三个方向的波束。处理原始数据时，内河剔除船只信号采用三取二的滤波法，设计 2 个对称波束，基于内河过往船只通常产生 1 个波束。

B.3 侧扫雷达测流误差来源

- 1) 由河流表面回波的随机性和侧扫雷达波束展宽效应引起的不确定性，会引起矩估计的偏差；
- 2) 采样引起的不确定度，会引起矩估计统计波动；
- 3) 测量方法带来的不确定度。其中回波随机性和波束展宽效应及测量方法引起的不确定性称为系统不确定度，与系统的设计相关，由系统的相关参数决定；采样引起的不确定度与侧扫雷达的采样参数（系统配置参数）有关，与系统本身的相关性较小，可以通过合理优化配置参数，减小误差。

B.4 流量计算

- 1) 分析侧扫雷达的指标流速须采用置信度大于 80% 流速。不同水位选择不同的有效单元的水面流速取算术平均值，作为侧扫雷达各测次指标流速。

同时考虑流速和水位的指标流速法模型性能最好，且断面表面最大流速作为指标流速最佳。

超高频雷达系统测流数据会受到现场水面的船只、漂浮物或风速等影响，须通过数据后处理的筛选叠加，使用数据更加合理。

- 2) 利用流速仪或走航式 ADCP 实测流量计算侧扫雷达测流断面的平均流速，与侧扫雷达获取的河流表面流速计算的指标流速建立相关关系，进行系统误差、随机不确定度计算和关系曲线检验。

当在不同水位级平均流速与表面流速之间的转化存在偏差，应分水位级建立相关关系。

附录 C 极坐标浮标法流量测验（资料性附录）

C.1 极坐标法简介

极坐标浮标法是与断面浮标法相对应的，极坐标浮标法的浮标系数、断面布置、运行历时、精度要求均与断面浮标法一致。极坐标浮标法与断面浮标法不同的是无需设置上下浮标断面。浮标运行行程是跟踪漂浮物观测出来的，每次均不一样。

C.2 极坐标法与断面浮标法对比

极坐标浮标法与断面浮标法相比优点是：

- (1) 不需要设置上下浮标断面，现场一个测验人员即可进行操作，可有效减少高洪测验人员；
- (2) 避免特殊情况下，受地形限制，各固定断面无法通视问题；
- (3) 在高洪、夜间、天然浮标物众多情况下，各断面人员对浮标指认不统一，极坐标法可减少由于浮标识别不统一性导致的测验失败。

极坐标浮标法与断面浮标法相比缺点是：

- (1) 仪器观测人员必须在较短时间内进行连续观测，对仪器观测人员观读能力要求较高，需加强培训，熟练操作。
- (2) 精度很大程度取决于观测人员观测精度，较小的角度观测误差，可能带来较大的流速误差。

C.3 极坐标浮标法测流布骤

- (1) 测前准备

选择合适的极坐标基点。极坐标基点是建设全站仪的仪器点，也是计算的原点。极坐标基点一般布设在离浮标中断面不远的上下游较高房顶或山坡上，能够满足断面上下通视及观读每一个浮标时，视线俯角不小于 4° 。

施测极坐标基点的三维坐标，得到极坐标基点距离浮标中断面距离、起点距及高程。

进行浮标中断面断面测量，施测到可能最高洪水水位以上（断面可借用，但在洪水来临前应实测）。

根据测站及洪水特性，确定浮标种类（人工浮标或天然浮标）、浮标方法（均匀浮标、中泓浮标），收集分析浮标系数。确定浮标测验方案，确定浮标观测范围（顺直河道，上下游范围相近）及计算方法。

(2) 施测流程

在河流上游区域初步选定浮标，仪器跟踪浮标；

浮标在上游进入预设观测位置时，测记浮标位置（观读或记录平角、立角），同时启动停止表，开始记时。

仪器跟踪浮标，如需要浮标中断面位置，在中断面则应观读平角。

浮标在下游进入预设观测位置时，测记浮标位置（观读或记录平角、立角），同时停止停止表，停止记时。

根据浮标上下位置立角与平角，仪器视线高及水位差，计算出浮标上下位置的坐标，计算出浮标垂直断面的行程，行程除以历时，得到浮标流速。

现场测验记载表见表 C.1。

(3) 极坐标浮标法流量计算

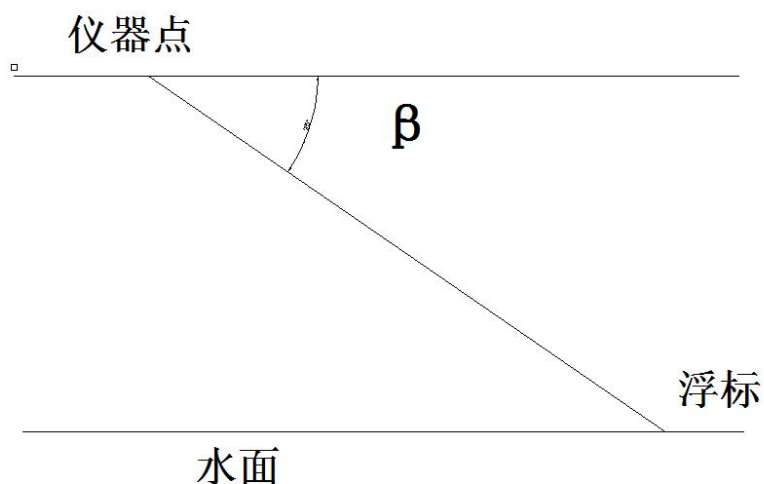


图2 极坐标浮标测验示意图（立面）

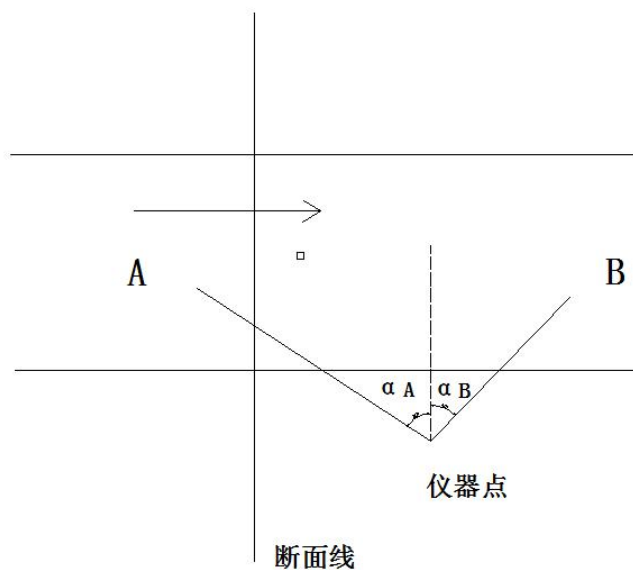


图3 极坐标浮标测验示意图（平面）

图中浮标起始位置为 A，浮标终止位置为 B。

仪器点位置高程为 H ，实时水位为 Z ，仪高为 h ；仪器点起点距为 M ，仪器点至断面的距离为 S （仪器点位于断面上游， S 为正；仪器点位于断面下游， S 为负）。

浮标起始位置、浮标终止位置仪器观测视线与断面平行方向线夹角为 α_A 、 α_B ，浮标起始位置、终止位置仪器观测视线俯角分别为 β_A 、 β_B 。

浮标行程:

$$\left(\frac{\sin \alpha_A}{\tan \beta_A} + \frac{\sin \alpha_B}{\tan \beta_A}\right)(H + h - Z) \quad (\text{公式 5})$$

如采用浮标法与断面法相结合方法, 则浮标行程:

$$\frac{\sin \alpha_A}{\tan \beta_A}(H + h - Z) + s \quad (\text{公式 6})$$

浮标过断面起点距:

$$\frac{\cos \alpha_A}{\tan \beta_A}(H + h - Z) + M - \left(\frac{\sin \alpha_A}{\tan \beta_A}(H + h - Z) + s\right) \frac{\frac{\cos \alpha_A}{\tan \beta_A} - \frac{\cos \alpha_B}{\tan \beta_B}}{\frac{\sin \alpha_A}{\tan \beta_A} + \frac{\sin \alpha_B}{\tan \beta_B}} \quad (\text{公式 7})$$

表2 年站极坐标浮标法（均匀浮标）测速记载表

仪器点：仪器点高程(m)：仪器点起点距(m)：仪器点与断面关系(m)：仪高(m)：

后视：后视角度：归零角度：天气：风向风力：

施测时间	起：月日时分止：月日时分平均月日时分						浮标		水位 (m)	
浮标序号	起始位置		终止位置		距离	历时	流速	起点距	采用情况	备注
	立角	平角	立角	平角	(m)	(s)	(m ³ /s)	(m)		
附注说明										

记载表填制说明：

- 1、仪器点：填记架设仪器的基点名；
 - 2、仪器点高程：公式中 H ，高程保留不少于小数后 2 位，高程基面应于水位一致。
 - 3、仪器点起点距：公式中 M ，位数宜保留小数后 1 位，如采用中泓浮标法，可不填记。
 - 4、仪器点与断面关系：反应仪器点与断面的上下游相对位置关系，即公式中 S 。仪器点位于断面上游，为正值；仪器点位于断面下游，为负值。如 5.0m、-13.2m、0.0m 等；
 - 5、风向风力：按《水位观测标准》的规定填记；
 - 6、后视：填记后视的点子或目标；
 - 7、后视角度：填记后视的起始角度；
 - 8、归零角度：填记测验完成后，后视的归零角度；
 - 9、天气：填记测验时天气状况；
- 10 施测时间：填记本次测验开始、结束及平均时间，月、日、时、分应填两位数，不足两位应加 0；
- 11、浮标：填记浮标物类型，如人工竹筒装沙、天然木棒等；实际测量过程中，每一个天然浮标材质不同，应针对每一个浮标填记此项，便于后续的浮标系数选用或开展系数率定实验
- 12、水位：填记测验时的基本断面平均水位；
- 13、浮标序号：施测浮标的依次序号，未完成的也应记录；
- 14、浮标起始位置、终止位置平角、立角：填记浮标起始位置、终止位置直接观读的立角、平角角度，此角度经过角度转换后方为公式中的仪器观测视线俯角 β_A 、 β_B ，仪器观测视线与断面平行方向线夹角 α_A 、 α_B 。特殊情况下采用极坐标与断面法相结合的方法，可不填记终止位置角度。
- 15、距离：填记浮标垂直断面的行程，宜保留至小数后一位；
- 16、历时：填记浮标运行历时；
- 17、流速：填记浮标垂直断面的流速，等于距离除以历时；
- 18、起点距：填记浮标流经基本断面的起点距，以朝对岸为起点距增加方向。未观测时，为浮标起始位置、终止位置连线与断面线交点起点距，不需要的可不填记；

- 19、采用情况：填记根据浮标测验及运行情况，现场判断是否采用的情况，填“是”或“否”；
- 20、备注：填记单个浮标运行、测验中需要简单说明的情况；
- 21、附注说明：添加本次测验需要说明的内容。

附录 D 比例系数过程线法（规范性附录）

在线监测流量采用比例系数过程线法整编时，按下列步骤进行：

- 1) 点绘比例系数过程线。

$$\text{比例系数计算公式: } m = \frac{\bar{v}}{v_d} \text{ 或 } m = \frac{Q}{Q_d} \quad (\text{公式 8})$$

式中， m 为比例系数； \bar{v} 为实测断面平均流速， m/s ； Q 为实测断面流量， m^3/s ； v_d 为与实测断面平均流速所对应的时段平均指标流速，即相应指标流速， m/s ； Q_d 为与实测断面流量所对应的时段平均指标流量，即相应指标流量， m^3/s 。

以比例系数 m 为纵坐标，实测断面流量的平均时间为横坐标，参照水位过程，点绘比例系数过程线。

- 2) 推算瞬时流量。以实测指标流量(流速)的相应时间，在比例系数过程线上求得比例系数，再乘以指标流量(流速)，即为断面流量(流速)。若比例系数是断面平均流速，则用相应水位插补断面面积，乘以断面平均流速即得流量。