

ICS 编号  
CCS 编号

# 团体标准

T/CHES XXX—20XX

## 超测洪标准水文监测技术导则

Technical guidelines on hydrological monitoring for over  
flood-measuring standard

(报批稿)

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

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体要求 .....	1
5 断面布设与测量 .....	2
6 水位观测 .....	2
7 流量测验 .....	2
8 悬移质泥沙测验 .....	3
9 水文资料整编 .....	4
附录 A（规范性）电波流速仪流量测验 .....	5
附录 B（资料性）侧扫雷达流量测验 .....	7

# 前 言

本文件按照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。

本文件共分为9章和2个附录，主要技术内容包括断面设置和测量、水位观测、流量测验、悬移质泥沙测验、水文资料整编等。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（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。

本文件主编单位：长江水利委员会水文局。

本文件参编单位：河南省水文水资源测报中心、浙江省水文管理中心、南京昊控软件技术有限公司。

本文件主要起草人：梅军亚、香天元、赵昕、张亭、魏猛、袁德忠、罗兴、龙雪峰、胡立、张莉、王择明、黄土稳、孙圣舒、胡焰鹏、吴立健、刘锋、赵东、吴琮、陈超、牟芸、邓山、谢天雄。

# 超测洪标准水文监测技术导则

## 1 范围

本文件规定了水文站超测洪标准的水位、流量、悬移质泥沙的监测技术要求。  
本文件适用于水文站超测洪标准的水位、流量、悬移质泥沙水文监测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 50095 水文基本术语和符号标准  
GB/T 50159 河流悬移质泥沙测验规范  
GB 50179 河流流量测验规范  
CH/T 3005 低空数字航空摄影规范  
SL 58 水文测量规范  
SL/T 247 水文资料整编规范  
SL 276 水文基础设施建设及技术装备标准  
T/CHES 31 电波（雷达）流速仪  
T/CHES 99 图像识别法河流流量测验规范

## 3 术语及定义

GB/T 50095 及 SL 276 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**测洪标准** flood-measuring standard

水文基础设施及技术装备能够施测的相应最大洪水。

### 3.2

**超测洪标准水文监测** hydrological monitoring for over flood-measuring standard

超测洪标准水文监测指针对发生超过水文站设计测洪标准开展的水文监测活动。

### 3.3

**侧扫雷达测流** side scan radar flow measurement

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。

### 3.4

**图像识别法** image recognition

对拍摄的水流视频图像进行水流表面流速识别提取，进而推求断面流量的方法。按识别算法可以分为：大尺度粒子图像测速法、大尺度粒子追踪测速法及流速时空图像法等。

## 4 总体要求

4.1 发生超测洪标准洪水时，应根据需求在水文站测验断面或临时断面开展水位、流量、悬移质泥沙等要素监测。

4.2 进行超测洪标准洪水水文监测时，应根据测站特性、洪水特点、天气状况等因素，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 超测洪标准洪水的监测方法和仪器设备宜在比测和分析的基础上选用。

- 4.4 超测洪标准洪水水位监测应能控制水位变化过程，流量、泥沙测次布置宜满足流量和含沙量整编推算要求。
- 4.5 超测洪标准洪水水文监测中采用的高程应与水文测站现有高程基准一致，宜与 1985 国家高程基准建立转换关系。
- 4.6 超测洪标准洪水水文监测应进行资料整编和成果质量评价。
- 4.7 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，编制超测洪标准洪水测报方案。
- 4.8 超测洪标准洪水水文监测除应符合本文件规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 5 断面布设与测量

### 5.1 断面布设

- 5.1.1 超测洪标准洪水测验应首选在水文站测验断面施测。
- 5.1.2 当在水文站测验断面无法施测时，应设置临时测验断面。
- 5.1.3 临时断面测验河段的选择与勘察应符合 GB 50179 的相关规定。

### 5.2 断面测量

- 5.2.1 超测洪标准水文监测测验断面测量技术要求应按 SL 58 要求执行。
- 5.2.2 临时断面测量岸上，可采用无人机搭载激光雷达、摄影测量等非接触方式，水下可采用无人船、无人机搭载测深仪等方式。
- 5.2.3 无人机搭载激光雷达进行岸上断面测量时应满足下列要求：
  - 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) 航测飞行高度不高于 120m，旁向重叠度不小于 50%，航高变化幅度不超过 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映断面起伏变化的要求。
- 5.2.4 无人机摄影测量进行岸上断面测量应按 CH/T 3005 要求执行。
- 5.2.5 断面测量需临时接测水位时，宜用水准测量、GNSS 测高或光电测距三角高程等方式开展高程测量。

## 6 水位观测

- 6.1 超测洪标准洪水水位超过现有水位计测量范围时，宜增设自记水位计。
- 6.2 无法增设自记水位计时，可采用人工观测、视频识别水尺、固定标志、刻画标记、免棱镜全站仪观测等方式进行水位观测。
- 6.3 当自记和人工均无法观测时，可采用无人机搭载 GNSS、雷达测距仪观测水位。

## 7 流量测验

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 流量测验应首选 GB 50179 中规定的方法。当 GB 50179 规定的方法不能满足测验要求时，可选择电波流速仪、侧扫雷达测流、图像识别测流或 GNSS 浮标等流量测验方法。
- 7.1.2 侧扫雷达测流、图像识别测流或 GNSS 浮标法的流量计算宜按 GB 50179 中图解法或代表线法等方法计算。

## 7.2 电波流速仪

7.2.1 根据现场测验环境等条件,可选择手持式、固定式或无人机搭载电波流速仪开展流量测验。测量要求及安装方式应按附录 A 要求执行。

7.2.2 无人机搭载电波流速仪测量应满足下列要求:

- a) 无人机应具备悬停、防(中小)雨等功能;
- b) 测验断面附近应有合适的无人机起降空间和良好的通视条件,并符合无人机测验及空域管制等的相关要求。
- c) 搭载的 GNSS 定位设备宜采用 RTK 模式或网络 RTK 模式;
- d) 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;
- e) 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。

## 7.3 侧扫雷达测流

7.3.1 流量测验前可参考附录 B 安装相关设备。

7.3.2 测验河道等宽的顺直河道,河宽介于 60m~300m,宜使用单站式系统实现流量监测,设备安装条件较好的,河宽可增加到 300m~600m。河道不等宽、非顺直或其他流场复杂的场合,且河宽不大于 1000m,宜使用双站式系统实现流量监测。

7.3.3 测验河段不应有潜坝、丁坝、溢流堰等阻水构筑物,并应避开水草生长及回流、漩涡等流态紊乱处。

## 7.4 图像识别测流

7.4.1 可采用大尺度粒子图像测速、大尺度粒子跟踪测速、时空图像法等算法进行图像识别测流。

7.4.2 大尺度粒子追踪测速可采用无人机搭载摄像头的方式开展测量,当水面无明显示踪物或光线较强时,可用无人机抛投粒子作为示踪物。

7.4.3 采用时空图像法时,测验相关要求应符合 T/CHES 99。

## 7.5 GNSS 浮标测流

7.5.1 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。

7.5.2 GNSS 浮标定位精度不宜低于亚米级,计时精度宜优于毫秒级。

7.5.3 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。

7.5.4 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。

## 8 悬移质泥沙测验

8.1 超测洪标准洪水出现泥石流、浆河、揭河底时,泥沙测验应按 GB/T 50159 进行。

8.2 当水文测船、缆道等无法到达选定的泥沙采样位置时,可采用无人机取样或岸边取样的方式开展测验,也可选择临时断面取样。

8.3 采用岸边取样时,应在悬移质泥沙全断面分布均匀或岸边含沙量与断面平均含沙量关系较好的条件下进行。

8.4 临时测验断面宜选择在水文测船、缆道或桥梁等可施测的采样位置河段。

8.5 取样时采样器不能深入水面以下时,可采用水面一点法采样。特殊情况无法使用采样器的也可采用盆、瓢等取水容器在水面采样。

8.6 采用光学或声学在线测沙仪测得的含沙量与断面平均含沙量相关关系较好时,可采用光学或声学在线测沙仪等进行测验。

## 9 水文资料整编

9.1 水位、流量、悬移质泥沙资料整编应按 SL/T 247 要求进行。

9.2 采用水位流量关系进行整编时,应按 SL/T 247 规定的方法进行高水外延,外延幅度可适当放宽。

9.3 水文站应建立岸边含沙量与断面平均含沙量关系曲线,关系曲线的延长应按 SL/T 247 规定的方法进行高含沙量外延,外延幅度可适当放宽。缺少洪水期断面平均含沙量的,可在高中水期在相同的岸边位置补充取样,建立岸边含沙量与断面平均含沙量关系。

9.4 水位、流量、悬移质泥沙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沙量平衡检查。

**附录 A**  
**(规范性)**  
**电波流速仪流量测验**

**A.1 垂线布设**

垂线布设应按下列要求进行：

- a) 测速垂线布设宜按流速仪法测流方案的测速垂线数及布设位置确定。
- b) 测速点位置可按下列公式计算：

$$S = \frac{H}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$L = H \times \tan \alpha \times \cos \beta \dots\dots\dots (A.2)$$

$$D_{\text{流}} - D_{\text{仪}} = H \times \tan \alpha \times \sin \beta \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

S——电波发射至水面斜距，不应超过电波流速仪的测程范围，一般在 0.5m~30m 之间，单位 m；

H——仪器距水面垂直高，单位 m；

$\alpha$ ——俯角，单位°；

L——仪器位置至测量断面水平距离，单位 m；

$\beta$ ——与流向所夹水平角，单位°；

$D_{\text{流}}$ ——测速起点距，单位 m；

$D_{\text{仪}}$ ——仪器所在起点距，单位 m。

**A.2 定点式电波流速仪的安装方式及位置要求**

安装方式及位置应满足下列要求：

- a) 可采用桥梁、缆道作为载体进行安装。
- b) 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，尽量布设在主流位置，或者根据实测数据布设在代表性良好的垂线位置上。

**A.3 流速测量**

现场流速测量应满足下列要求：

- a) 不宜在流速低于 0.50m/s 时使用。
- b) 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。
- c) 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，公式如下：

$$v_{\text{实际}} = v_{\text{显示}} \times \cos \alpha \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$v_{\text{实际}}$ ——实际流速，单位 m/s；

$v_{\text{显示}}$ ——仪器显示流速，单位 m/s；

$\alpha$ ——发射方向与流向所夹水平角度，单位°。

流速的角度更正也可根据显示速度和水平角按表 1 查得。

表 A.1 显示速度~观测角度~实际流速关系表

显示速度 (m/s)	角度							
	0	1	3	5	10	15	20	30
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.51	0.52	0.53	0.58
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.04	1.06	1.15
1.50	1.50	1.50	1.50	1.51	1.52	1.55	1.60	1.73
2.00	2.00	2.00	2.00	2.01	2.03	2.07	2.13	2.31
2.50	2.50	2.50	2.50	2.51	2.54	2.59	2.66	2.89
3.00	3.00	3.00	3.00	3.01	3.05	3.11	3.19	3.46
3.50	3.50	3.50	3.50	3.51	3.55	3.62	3.72	4.04
4.00	4.00	4.00	4.01	4.02	4.06	4.14	4.26	4.62

- d) 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 0.15m/s。
- e) 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。
- f) 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,以免雨点的垂直向下运动,干扰接收电磁波。
- g) 不宜在强顺、逆风、强雷电环境下使用电波流速仪测流。

**附录 B**  
(资料性)  
**侧扫雷达流量测验**

**B.1 频率选择**

频率选择可参考下列要求:

- a) 根据河流宽度选择频率, 不同的频率的雷达探测距离不同, 所选雷达的探测距离应能大于河宽。
- b) 根据测速单宽分辨率选择频率, 一般有 5m、10m、15m 等几种。
- c) 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。
- d) 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选择较长波长, 一般电磁波波长选取 0.72m。

**B.2 仪器安装**

雷达的探测距离与频率、架设地点、所在地外部噪声电平、河面粗糙程度有关。仪器安装可参考下列要求:

- a) 侧扫雷达测流仪应安装在顺直的河道上, 顺直长度 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。

- b) 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。
- c) 侧扫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, 距离水边要大于安装架高度。依据探测的距离确定安装架高度, 远端夹角  $\lambda$  要在 1.5°以上, 近端夹角  $\beta$  角在 45°以下。如图 B.1, 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(即最小可分辨距离)的长度  $\Delta L$  随  $d_{max}$ (雷达最大作用距离)的增加而变大。

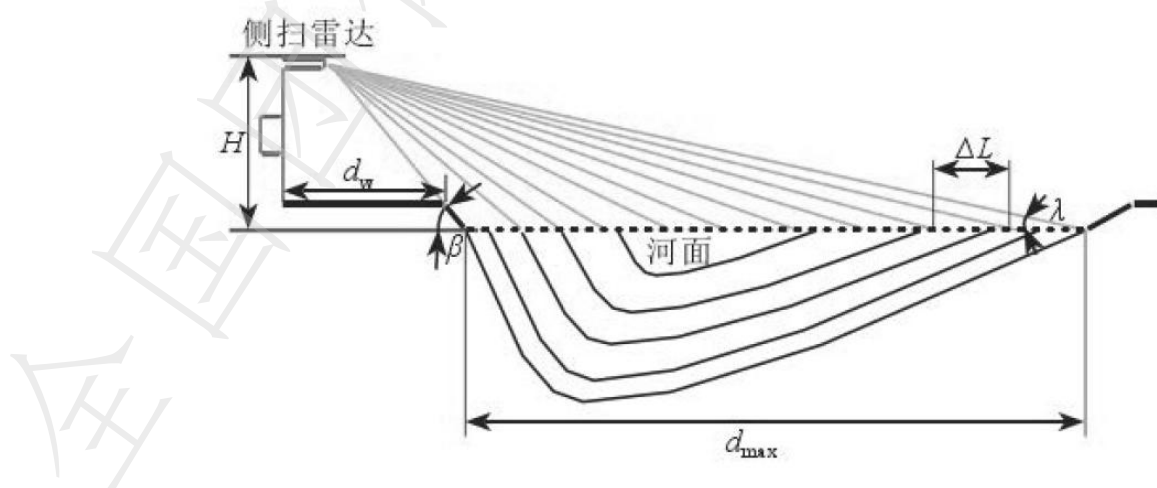


图 B.1 侧扫雷达安装夹角要求示意图

- d) 天线信号波束方向选择应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。

- e) 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与断面起点距相一致。

### B.3 测流误差来源

测流误差包括：

- a) 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；
- b) 采样引起的不确定度，会引起矩估计统计波动；
- c) 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

流量计算可参考下列要求进行：

- a) 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。考虑流速和水位的指标流速法模型性能，一般选用表面最大流速作为指标流速。
- b) 侧扫雷达测流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。
- c) 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，与侧扫雷达获取的指标流速建立相关关系，应进行系统误差、随机不确定度计算和关系曲线检验。
- d) 当在不同水位级平均流速与指标流速相关关系不同时，应分水位级建立相关关系。