

ICS \*\*\*

CCS \*\*\*

# 团体标准

T/CHES XXX—20XX

## 图像识别法河流流量测验规范

Code for discharge measurement of image recognition in open channels

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布







# 目 次

|  |   |
|--|---|
| 前 言 .....                                      | 1 |
| 1 范围 .....                                     | 1 |
| 2 规范性引用文件 .....                                | 1 |
| 3 术语和定义 .....                                  | 2 |
| 3.1 图像识别法 image recognition .....              | 2 |
| 3.2 代表流场 index flow field .....                | 2 |
| 3.3 测速线 velocity line .....                    | 2 |
| 3.4 流速时空图像法 space-time image velocimetry ..... | 2 |
| 3.5 地面标定点 ground calibration point .....       | 2 |
| 4 基本规定 .....                                   | 2 |
| 5 仪器安装 .....                                   | 3 |
| 5.1 一般规定 .....                                 | 3 |
| 5.2 仪器类型 .....                                 | 3 |
| 5.3 安装步骤 .....                                 | 4 |
| 5.4 摄像机标定 .....                                | 4 |
| 6 流速和流量测验 .....                                | 5 |
| 6.1 一般规定 .....                                 | 5 |
| 6.2 测速线设置 .....                                | 5 |
| 6.3 表面流速测验 .....                               | 5 |
| 6.4 流量测验 .....                                 | 6 |
| 6.5 比测率定 .....                                 | 6 |
| 6.6 水位流量关系曲线定线与检验 .....                        | 6 |



|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 6.7 误差来源与控制 .....                  | 7 |
| 附录 A（规范性附录） 图像识别法河流流量计算表与成果表 ..... | 1 |
| 附录 B（资料性附录） 时空图像法流速测验原理 .....      | 3 |



# 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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国水利学会，以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

本标准主编单位：武汉大学、长江水利委员会水文局。

本标准参编单位：黄河水利委员会水文局、海河水利委员会水文局、珠江水利委员会水文局、贵州省水文水资源局、福建省水文水资源勘测中心、湖北省水文水资源中心、四川省水文水资源勘测中心、浙江省水文管理中心、广东省水文局、安徽省水文局、河北省水文勘测研究中心、湖南省水文中心、陕西省水文水资源勘测中心、山东省水文中心、郴州市水利局、武汉大水云科技有限公司、河南黄河水文科技有限公司、杭州海康威视数字技术股份有限公司。

本标准主要起草人：陈华、刘炳义、王俊、张亭、王兵、李兰涛、李春丽、熊佳、王衡生、王贝、吴琼、邓山、陈玺、林云发、闫金波、李树森、拓展翔、徐嘉、吴益华、李建梅、杨珍、李翔、胥金、何锡君、曾维汉、化锋、纪春学、李广源、董号强、衣学军、刘继军、胡林涓、郑晓燕、刘维高、项伍林、嵇莹、孙豹、陈定、景扬斌、黄凯霖、毛成、汪芸、谭丰俊、高亚芬、王伟鹏、钦照明、杨恺。

本标准主要审查人：



# 图像识别法河流流量测验规范

## 1 范围

本文件规定了图像识别法用于河流流量测验所涉及的基本要求、仪器安装、流速和流量测验、比测率定等技术要求。

本文件适用于天然河流和人工河渠的流速流量测验。

## 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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 50179 河流流量测验规范

GB/T 50095 水文基本术语和符号标准

GB/T 15966 水文仪器基本参数及通用技术条件

GB/T 41368 水文自动测报系统技术规范

GB/T 28181 安全防范视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB/T 15408 安全防范系统供电技术要求

GB 50348 安全防范工程技术规范

SL 651 水文监测数据通信规约

SL/T 247 水文资料整编规范

### 3 术语和定义

GB/T 50095所界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 图像识别法 image recognition

图像识别法是指利用摄像机拍摄得到的实时水流视频图像来计算水流表面流速大小，再由表面流速转化并结合断面形状计算断面流量的方法。

#### 3.2 代表流场 index flow field

测流时所选河段中具有稳定代表性的水流区域。

#### 3.3 测速线 velocity line

测验河段图像中任意指定的具有典型灰度特征的像素单元顺水流方向的运动轨迹。

#### 3.4 流速时空图像法 space-time image velocimetry

通过分析一段时间内各测速线图像灰度变化形成的纹理角度特征图像而计算表面流速的方法。

#### 3.5 地面标定点 ground calibration point

在测验河段内设置的，用以标定视频监控范围内位置的控制性坐标点。

### 4 基本规定

4.1 本标准所指图像识别法适用于时空图像法，时空图像法作为当前成熟应用的方法；相较之下粒子图像法对水面有漂浮物有较高要求，有一定局限性，是前期用的较多的方法；光流法已通过大量的比测论证，但投入实用的实例不多。三者均属于图像识别法范畴，对河流流量测验所涉及的基本要求一致，均可通过设置测速线计算表面流速。

4.2 采用图像识别法测流，应对下列测验条件进行调查了解：

a) 测验河段宜为顺直均匀的自然河段或渠化河段，符合 GB 50179 中测验河段相关要求，同时还应考虑光线影响、风速影响、倒影影响等环境变化情况。

b) 对于水文基本站，确保能提供稳定的供电、通信网络保障；对于中小河流、山洪监测、灌区以及其他新设站点，在无法提供稳定的供电、通信网络保障，应考虑低功耗设备、太阳能供电、地面通信与卫星通信联合等设备设施。

c) 测验河段的长期稳定性，以及有无河道整治规划以及周边重大工程规划等。

4.3 采用图像识别法测流，正常光线条件下应同步建立水位流量关系，并对水位流量关系进行定线和检验；夜晚及暴雨、强风、大雾、冰雪等条件下，应确保能通过水位及水位流量关系获得相应流量。

## 5 仪器安装

### 5.1 一般规定

5.1.1 安装图像识别法流量测验仪器的测验河段应满足下列要求：

- a) 测验河段有足够的长度（顺直长度宜大于3倍河宽）。
- b) 测验河段水面波纹运动特征明显。
- c) 测验断面宜远离河道分叉、入汇口或者水工建筑物的出入口。

### 5.1.2 摄像机参数要求

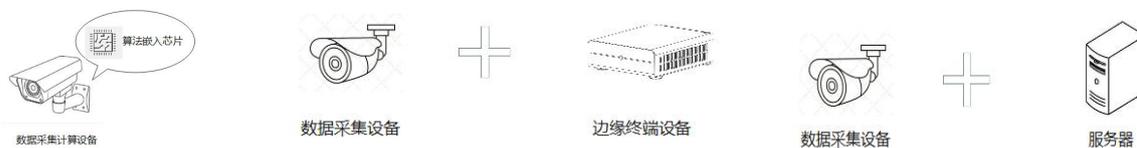
a) 河宽小于等于50m时，摄像机图像最大像素数不小于200万；大于50m时，摄像机图像最大像素数不小于400万。

b) 单个摄像机覆盖河宽不宜超过200m，超过200m的测验河段需要考虑多个摄像机的组合方式。

c) 视频图像应保证所采集的视频图像的原始完整性，符合远程视频测量的要求，帧率 $\geq 20$ fps，码率 $\geq 4$ Mbps，编码格式应遵照GB 28181执行。

### 5.2 仪器类型

图像识别法测流的主件仪器设备有两种类型：边缘终端型和后台计算型，如图5.1所示。主件仪器设备类型选用取决于安装地点供电设施与通信设施。边缘终端型将图像识别法流速、流量计算算法集成在前端，可集成在摄像机端（图5.1（a））或者边缘终端专用设备（图5.1（b）），完成流速、流量边缘端计算；后台计算型（图5.1（c））将前端摄像机采集的视频流数据按照规范GB/T 28181传输到后台服务器，在后台服务器端完成流速、流量计算。



(a) 边缘终端类型1

(b) 边缘终端类型2

(c) 后台计算类型

图5.1 图像识别法主件仪器类型

### 5.3 安装步骤

a) 将主件设备通电进行自检，须处于正常工作状态后，方可安装；供电系统输出电压要符合仪器标称要求；逐一清点使用的辅助配件，确保无损坏，能正常使用。

b) 摄像机应符合 GB/T 28181 技术要求和 5.1.2 参数设置要求，检查软件版本，确保其版本最新等配置。摄像机安装位置、高度和角度须根据摄像机所能覆盖测验河段断面的最大宽度来确定。

c) 立杆高度由摄像机安装高度来确定，立杆安装包含基础开挖浇筑、立杆固定，并进行稳固性检验。

d) 视频摄像机安装须符合 GB 50348 技术要求，摄像机及其他仪器必须牢固可靠、稳定性好。

e) 供电设施应根据现场条件选择合适电源，安装符合 GB/T 15408 中供电设施安装要求。

f) 通信设施应根据现场条件选择合适的通信设备，视频数据传输通信设备安装应符合 GB/T 28181 的规定，报文类数据传输通信设施安装应符合 SL 651 的规定。

g) 安装完后应检查设备设施工作状态、软件算法版本和测验河段数据，并及时更新升级。设备应符合 GB/T 15966 中的要求，视频数据信息传输、交换、控制技术应符合 GB/T 28181 的要求，同时边缘端类型设备数据后处理软件应经测试，量值传输正确，传输内容应符合 SL 651 的技术要求。

### 5.4 摄像机标定

仪器安装完后须对摄像机进行坐标标定，建立图像与现场空间的坐标投影关系。现场地面标定点的坐标测量应遵循 GB 50026 的规定和要求，重投影误差 $\leq 5\%$ 。

## 6 流速和流量测验

### 6.1 一般规定

6.1.1 采用图像识别法测流，须提供水位监测数据和断面量算成果。

6.1.2 采用图像识别法测流，测速频次及测流时刻按以下规定执行：

- a) 测速频次应满足 GB/T 41368Z 中 7.1.2 章节要求。
- b) 单次测速历时不大于 30s。
- c) 测次时刻取测次观测时间段的初始时刻。
- d) 测验系统时钟与标准时钟一致。

### 6.2 测速线设置

测速线流速的设置应符合下列要求：

a) 测速线布设数目和位置应参照 GB50179 中流速垂线布设要求，综合考虑断面地形和流速分布特性确定。

b) 测试线长度须根据摄像机覆盖测验河段的最大长度和地面标定点包围空间区域来确定，不能超过摄像机监测画面。

c) 测速线布设起点距位置宜固定，当河底地形有明显变化时，应随时调整或补增测速线。

d) 当出现以下情形时，须适当增加测速线数目：

- ① 宽深比特别大或漫滩严重的；
- ② 河床是大卵石、乱石组成或分流串沟较多；
- ③ 特殊的服务需求。

### 6.3 表面流速测验

表面流速计算原理参照附录 B 时空图像法原理，具体步骤如下：

- a) 提取测速线上河流表面纹理特征合成时空图，计算时空图像纹理角。
- b) 结合像素尺度和时空图纹理角计算测速线表面流速。
- c) 将历时范围内单次实测线流速平均后获取测速线表面流速。
- d) 参照附录 A 的表 A.1 记录表面流速测验相关成果。

#### 6.4 流量测验

测验河段断面流量测验参考 GB 50179 中的流速面积法进行测验，并参照附录 A 的要求记录流量测验成果。具体步骤如下：

- a) 根据断面地形、糙率等水力水文因素确定表面流速系数。
- b) 利用表面流速系数，将表面流速转换成部分平均流速。
- c) 应用流速面积法，计算测验河段断面流量。

#### 6.5 比测率定

6.5.1 比测率定应满足如下规定：

- a) 基本水文站应进行表面流速系数率定，并开展流量比测试验。
- b) 比测应经历高水、中水、低水不同水文条件，并均匀分布测次。
- c) 比测有效次数不宜少于 30 次。
- d) 比测随机不确定度不宜超过 6%，比测条件较差的不宜超过 7%；系统误差不宜超过  $\pm 1\%$ ，条件较差的不宜超过  $\pm 2\%$ 。

6.5.2 用于比测分析率定样本的流量成果，应是满足 GB 50179 要求的流速仪（转子流速仪、ADCP）多线多点法施测成果或水工建筑物法测流的成果。

6.5.3 比测率定时应根据历史流量及调查资料，分析不同水位级及流速级下断面流速分布规律、主流位置摆动范围、代表流场范围，应分析确定表面流速与断面平均流速的换算关系，选择相关关系稳定的测速线流速进行流量测验和比测率定。

6.5.4 采用图像识别法所测得表面流速的换算关系率定及检验，应参照 SL/T 247 要求执行；河流流量的比测应参照 GB 50179 基本要求执行。

6.5.5 不具备比测条件的测验断面，应根据断面地形、糙率等水力水文因素确定表面流速系数，综合分析测验环境、测验河段、测验设备和测验方法等因素，对测验成果进行合理性检查。

#### 6.6 水位流量关系曲线定线与检验

水位流量关系曲线应按照SL/T 247-2020中第5.4.1条规定进行符号检验、适线检验与偏离数检验，检验精度指标，按SL/T 247-2020中第5.3.1条规定执行。

## 6.7 误差来源与控制

### 6.7.1 误差来源

- a) 视觉坐标系和屏幕坐标系的转换误差。
- b) 风、雾、雨、雪等外界环境因素引起的流速测量误差。
- c) 起点距、水位等测验河段信息的误差。
- d) 采用流速分布经验公式进行盲区流速插补产生的误差。
- e) 摄像机精度误差。

### 6.7.2 误差控制

- a) 摄像机图像进行畸变校正。
- b) 避开夜晚及暴雨、强风、大雾、冰雪等条件。
- c) 检验起点距、水位系统误差。
- d) 检验流速分布经验公式。
- e) 合理布设地面标定点，选用专业测量相机。



附录 A

(规范性附录)

图像识别法河流流量计算表与成果表

表A. 1图像识别法河流流量测验计算表

| 图像识别法河流流量测验计算表         |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|------------------------|---------|-------------------------|-----------|--------------|------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|
| 站点名称                   |         |                         |           | 测流时间         |                        |                           |        |                           |
| 测速线编号                  | 起点距 (m) | 水位 (m)                  | 测速线水深 (m) | 测速线虚流速 (m/s) | 部分面积 (m <sup>2</sup> ) | 部分虚流量 (m <sup>3</sup> /s) | 表面流速系数 | 部分实流量 (m <sup>3</sup> /s) |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
|                        |         |                         |           |              |                        |                           |        |                           |
| 断面面积 (m <sup>2</sup> ) |         | 虚流量 (m <sup>3</sup> /s) |           | 平均虚流速 (m/s)  |                        | 实流量 (m <sup>3</sup> /s)   |        |                           |



## 附录 B

(资料性附录)

### 时空图像法流速测验原理

#### B.1 时空图像法表面流速测验原理

河流表面流动特征诸如涟漪、波纹随水流一起运动的，因此可以认为其运动速度近似等于河流表面流速，这些表面流动特征的运动又会导致河流表面灰度发生变化，河流表面灰度的变化大小可以反映河流表面流速的大小。在所拍摄的河流视频中沿水流方向设置一系列测速线，逐帧提取每条测速线的灰度信息以合成该测速线的时空图像。由于灰度的变化，在每幅时空图像中会呈现出带状纹理，带状纹理与竖直方向所夹的角度(纹理角)即反映了表面流速信息，河流表面流速图像识别过程如下图。

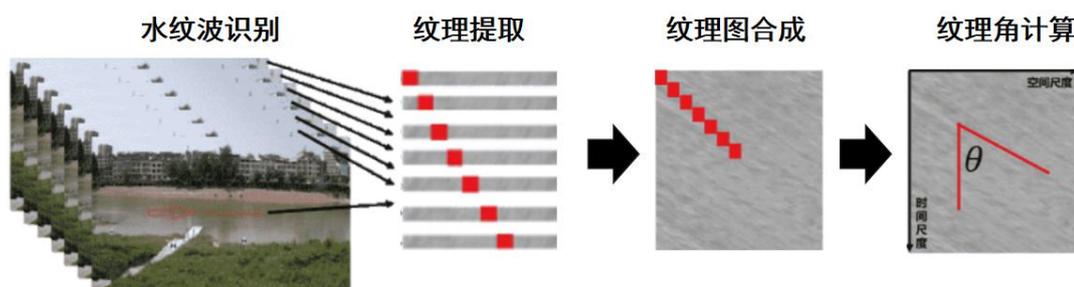


图 B.1 河流表面流速图像识别示意图

利用时空图像法通过河流表面亮度的变化获取河流表面流速的大小。为了能够直观且准确地反映河流表面亮度的变化，需要在所拍摄的河流流动视频中沿水流方向设置一系列平行且等长的测速线，并从视频中逐帧提取每条测速线的灰度信息以合成该条测速线的时空图像。在每幅时空图像中，河流表面亮度的变化将呈现为近似平行的带状纹理，带状纹理与竖直方向所夹角度(纹理角)即反映了河流表面流速的大小。

$$v = \tan \alpha \cdot S_x \cdot \text{fps} \quad (1)$$

式中，fps一般为定值，与拍摄所使用的摄像机的型号有关。表面流速计算结果的准确性取决于纹理角 $\alpha$ 与测速线分辨率 $S_x$ 。如果纹理角 $\alpha$ 与测速线分辨率 $S_x$ 的计算出现偏差，那么将会导致表面流速计算结果出现较大误差。