

ICS 27

P 56

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 195—2015

替代 SL 195—97

水文巡测规范

Specification for hydrological tour gauging

2015-12-31 发布

2016-03-31 实施



中华人民共和国水利部 发布

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
(水文巡测规范)

2015 年第 73 号

中华人民共和国水利部批准《水文巡测规范》(SL 195—2015) 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	水文巡测规范	SL 195—2015	SL 195—97	2015.12.31	2016.3.31

水利部
2015 年 12 月 31 日

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 巡测部署与论证	2
4.1 一般规定	3
4.2 巡测条件与要求	4
4.3 巡测部署	5
4.4 误差分析	7
4.5 基本站允许误差	9
4.6 专用站允许误差	9
4.7 关系统计检验	10
5 水文巡测方案	10
5.1 巡测区基本情况	10
5.2 巡测时机分析	11
5.3 巡测方法及路线	12
5.4 巡测配备条件	12
5.5 巡测方案编制	12
6 水位、降水量巡查	13
7 流量巡测	13
7.1 一般规定	13
7.2 测验方法与设备	14
7.3 巡检规定	15
8 泥沙巡测	15
8.1 一般规定	16
8.2 测验仪器与方法	16
8.3 汛期泥沙测验	16
8.4 非汛期泥沙测验	17
9 巡测资料整编	18
附录 A (资料性附录) 水文巡测车性能及配置要求	18
A.1 一般要求	18
A.2 环境适应性	18
A.3 配置	20
附录 B (资料性附录) 水文巡测仪器设备配备	21
附录 C (资料性附录) 水文巡测方案编写示例	23
附录 D (规范性附录) 转子式流速仪法桥上测流	23
D.1 一般规定	23
D.2 桥测河段勘察	23

D.3 断面布设	23
D.4 测验方案布置	24
D.5 桥上测流主要设备配置	25
D.6 流量计算	25
D.7 桥测精度要求与误差控制	25
附录 E (规范性附录) 电波流速仪测流	27
附录 F (规范性附录) 超声波时差法测流	29
标准历次版本编写者信息	31

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排,按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写》的有关规定,对 SL 195—97《水文巡测规范》进行修订。

本标准共9章和6个附录,主要技术内容有:

- 巡测部署与论证;
- 水文巡测方案;
- 水位、降水量巡查;
- 流量巡测;
- 泥沙巡测;
- 巡测资料整编。

本次修订工作主要结合新形势下水文测验方式改革的需求对标准的有关技术内容进行了修订和补充;删减了与其他规范重复的内容;依据巡测条件和需求对水文巡测方法进行了分类;调整了测验误差控制的精度指标;增加了水文巡测方案编制、巡测资料整编等可操作性技术内容;补充、完善了流量、悬移质泥沙巡测技术要求,对专用水文测站巡测业务的开展亦有指导作用。其主要内容有:

- 补充完善流量巡测;
- 补充完善泥沙巡测;
- 增加水位、降水量巡查;
- 增加水文巡测方案;
- 增加巡测资料整编;
- 删减水文调查。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为:

- SL 195—97

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:水利部长江水利委员会水文局

本标准主编单位:水利部长江水利委员会水文局

本标准参编单位:吉林省水文水资源局

河北省水文水资源勘测局

青海省水文水资源勘测局

广西壮族自治区水文水资源局

云南省水文水资源局

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:朱晓原 刘东生 陈松生 肖 中 许弟兵 赵 东 欧应钧 香天元
韦定国 刘献峰 李朝坤 毛红梅 熊珊珊 袁树堂 唐洪波

本标准审查会议技术负责人:李 里

本标准体例格式审查人:曹 阳

SL 195—2015

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204565；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

水文巡测规范

1 范围

本标准明确了水文巡测的内容和技术条件；界定了巡测方法的分类；规定了降水量、水位、流量、泥沙等水文要素巡测的技术要求，给出了巡测成果误差控制范围；提出了巡测方案编写的技术内容。

本标准适用于天然河流、湖泊、水库、人工河渠、受潮汐影响和水工程附近河段的水文巡测、调查和资料整编。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 50095 水文基本术语和符号标准

GB/T 50138 水位观测标准

GB 50159 河流悬移质泥沙测验规范

GB 50179 河流流量测验规范

SL 21 降水量观测规范

SL 247 水文资料整编规范

SL 443 水文缆道测验规范

SL 537 水工建筑物与堰槽测流规范

3 术语和定义

GB/T 50095—2014界定的及下列术语和定义适用于本标准。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 50095—2014中的某些术语和定义，并根据技术发展对个别术语进行了重新定义。

3.1

测验方式 hydrometric manner
开展水文测验工作的方法和形式。

3.1.1

驻测 stationary gauging
水文专业人员驻站进行水文测报的作业。
[GB/T 50095—2014，定义4.1.11]

3.1.2

巡测 tour gauging
水文专业人员以巡回流动的方式定期或不定期地对一个地区或流域内水文测站或断面的水文要素所进行的观测作业。

注：改写 GB/T 50095—2014，定义4.1.12。

3.1.3

间测 intermittent gauging
水文测站资料经分析证明水文要素如水位流量间历年关系稳定或其变化在允许误差范围内，对其一要素如流量停测一段时期后，再行施测的测停相间的测验方式。

注：改写 GB/T 50095—2014，定义4.1.13。

3.1.4

检测 test gauging

在间测期间,对两个水文要素稳定关系所进行的检验测验。

注:改写 GB/T 50095—2014,定义 4.1.13.1。

3.1.5

巡查 tour check

对水文要素各观测点设施、设备的工况进行巡回检查与维护,以及比测率定的作业。

3.2

巡测方法 method of tour gauging

开展水文巡测工作所采取的手段、途径、行为等。

3.2.1

辐射式巡测 radial tour gauging

以巡测基地为中心,由两个以上的巡测工作组沿不同巡测路线对测区内测站进行水文测验。

3.2.2

次第式巡测 sequential tour gauging

按照巡测区各站洪峰、沙峰出现的先后顺序,对巡测区内各站依次进行水文测验。

3.2.3

结合式巡测 integrated tour gauging

对巡测区的水文测站同时进行辐射式巡测和次第式巡测。

3.2.4

全年巡测 tour gauging throughout the year

水文站的水流、泥沙特性符合全年水文巡测条件,全年采取巡测的方式。

3.2.5

时段巡测 tour gauging in period of time

一年内,仅在水文站的水流、泥沙特性符合水文巡测条件的时段所采取的巡测方式。

3.2.6

巡驻结合 integration of tour and stationary gauging

根据具体情况,水文站年内分别采用巡测和驻测的测验方式。

3.3

巡测路线 routes of tour gauging

对多个水文测站或断面开展巡测的路径。

3.4

巡测区 tour gauging area

开展和管理巡测工作的某一区域。一般由工作、交通、生活方便的勘测分局、勘测(巡测)队、中心站等为基地的多个水文测站或断面组成。

3.5

水文巡测车 hydrometric vehicle for tour gauging

装载水文巡测人员或巡测仪器设备,或拖曳水文巡测船,实施水文要素监测、调查、设施设备巡检的水文专业车。

注:改写 GB/T 50095—2014,定义 11.2.7。

4 巡测部署与论证

4.1 一般规定

4.1.1 开展巡测应综合考虑自然地理条件、河流水文特征、已有水文站布局、测站特性等技术条件

及交通、安全、通信、管理、经济等因素，并对巡测条件与要求、巡测部署、误差分析等内容进行技术论证。

4.1.2 水文巡测应按下列要求部署：

- a) 根据测站功能定位，核定测验项目。
- b) 根据收集、分析水文资料的不同要求和技术条件，确定巡测、间测或水文调查。
- c) 确定巡测方案，修订水文测验任务书。
- d) 需要扩大水文资料收集范围和增加水文资料完整性时，可设立辅助站和调查点。

4.1.3 基本站应根据实测水文资料按本标准规定的方法，对各项误差进行分析计算，计算结果符合4.5的规定时，可实行巡测。

4.1.4 专用站可根据设站目的，由流域机构、省（自治区、直辖市）的水文机构确定巡测条件与要求，参照4.6的精度指标分析确定巡测，或根据设站目的等要求自定精度指标。

4.1.5 水位、流量、降水量等要素实行自动监测的水文测站，应定期开展巡查、校测、比测等工作。

4.1.6 水文巡测所使用的仪器设备和采用的方法，均应按现行有关国家标准和行业标准的规定执行。

4.2 巡测条件与要求

4.2.1 既有水文站实行巡测时应进行下列分析：

- a) 测站控制条件及其变化。
- b) 水位流量关系线的变化规律。
- c) 单沙断沙关系。
- d) 单样含沙量和输沙率停测时段。
- e) 可能达到的测验精度与巡测允许误差的关系。
- f) 现有交通、通信条件、测验仪器设备状况等。
- g) 巡测方法、路线和巡测时机的选择。

4.2.2 新设实行巡测的水文站，应遵守“先详后简”的原则，先采用较多测次的巡测方案，逐步积累资料，按4.2.1的规定分析论证后，再综合其他巡测条件，确定测验方式。

4.2.3 实行巡测的水文测站，水位、降水量观测应采用自动监测。

4.2.4 符合下列条件之一者，流量可实行巡测：

- a) 水位流量关系呈单一线，或水力因素与流量或流量系数的关系呈一条或一簇关系线，或者经过单值化处理后水位流量关系线（或推流关系线）呈单一线，流量定线达到本标准规定的允许误差。
- b) 实行流量间测的测站，在停测期间实行检测者。
- c) 水位流量关系不呈单一线的测站，全年采用巡测资料推算流量，年径流量的误差不超过表1的规定者，或部分时段采用巡测资料推算流量，由时段径流量误差算得的年总量误差不超过表1的规定者。

表1 年径流量允许相对误差

以百分数表示

一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
2.0	3.0	5.0

d) 枯水期采用定期测流者。

e) 水位流量关系不呈单一线的测站，当距离巡测基地较近，具备交通、通信条件，能按水情变化及时施测流量者。

f) 已采用流量在线监测者。

4.2.5 符合下列条件之一者，悬移质输沙率可实行巡测：

- a) 采用流量输沙率关系法整编，定线达到本标准规定的允许误差，且不需要实测沙峰和悬移质泥沙过程者。
 - b) 采用单断沙关系法整编，定线达到本标准规定的允许误差，驻站人员能施测单沙过程者。
 - c) 采用断沙过程线法整编，用巡测方式能达到整编精度者。
 - d) 具备悬移质输沙率停测或间测条件者。
 - e) 可自动采集悬移质水样，或能采用自记式现场测沙仪自动监测含沙量，并能与断沙建立稳定关系者。
 - f) 距离巡测基地较近，交通、通信方便，能按沙情变化及时施测者。
- 4.2.6 有 5 年以上资料的水文站，经分析论证实测流量的水位变幅已控制历年水位变幅 80% 以上，历年水位流量关系或其他水力因素与流量的关系符合下列条件之一者，可实行间测：
- a) 每年的水位流量关系曲线（或单值化线）与历年综合关系曲线之间的最大偏离不超过 4.5.8 规定的允许误差范围者，可实行停 2~5 年测 1 年。
 - b) 各相邻年份的曲线之间的最大偏离不超过 4.5.4 规定的允许误差范围者可停 1 年测 1 年，或实行检测。
 - c) 在年水位变幅的部分范围内，当水位流量关系是单一线并符合 4.2.6 a) 所规定的条件时，可在一年的部分水位级内实行间测。
 - d) 复杂的水位流量关系，通过单值化处理，可达到 4.2.6 a)、4.2.6 b)、4.2.6 c) 所规定的条件者。
 - e) 在枯水期，流量变化不大，多年枯水总量占年总量在 5% 以内，且对这一时期不需要施测流量过程者。
 - f) 对潮流站，当有多年资料证明潮汐要素与潮流量关系比较稳定者。
 - g) 堰闸测流的流量系数多年稳定，且不超过 4.5.6 规定的允许误差范围者。
- 4.2.7 符合下列条件之一者，悬移质输沙率可实行停测或间测：
- a) 测站每年低、枯水期连续 3 个月以上的时段输沙量小于多年平均年输沙量的 3.0% 时，在该时段内可停测泥沙，停测期间的含沙量作零处理。
 - b) 各类泥沙站，经分析其在某一水位级（或流量级）内含沙量均小于 $0.005\text{kg}/\text{m}^3$ ，或二类、三类泥沙站，经分析其在某一水位级（或流量级）内累计 3 个月以上的时段输沙量占多年平均输沙量的比值小于 3.0% 时，可对这一水位级或流量级内的含沙量实行停测，含沙量做零处理。
 - c) 各类泥沙站各年的单沙断沙关系线与历年（5~10 年或 10 年以上）单沙断沙综合关系线相比较，如果各年关系线偏离综合线的最大值均在 $\pm 5\%$ 以内，则测站的悬移质输沙率可实行间测。
 - d) 采用单断沙关系的单一法整编资料的站，输沙率测验符合 GB 50159 中规定的间测条件或流量已实行间测时，输沙率可实行间测，间测期间可只测单样含沙量。
- 4.2.8 水文巡测调查应编制专项水文勘测报告，并应包括下列基本项目：
- a) 对本测区内进行水文水资源分析计算所需要的水量调查。
 - b) 对当年未测到的大洪水和大暴雨的调查与勘测。
 - c) 对当年未测到的特枯水位的调查。
 - d) 对水工程变化等人类活动对水文测验的影响程度的调查。

4.3 巡测部署

4.3.1 基本要求

4.3.1.1 巡测部署应包括测验次数的布置、梢筒，单次测验方案的确定等。

4.3.1.2 应结合巡测区内各水文站、辅助站和调查点的水文特征，按高、中、低水，汛期与枯水期，

涨、落水进行综合比较分析，并应符合下列规定：

- a) 根据河流水文特性和测站特征多测高水或根据需多测低枯水。
- b) 对于水位流量关系曲线的延长，高水部分不宜超过当年实测流量所占水位变幅的 30%（干旱区占 40%），低水部分不超过 15%。
- c) 当水位流量关系曲线高水部分延长幅度超过允许值时，应及时对当年未测到的大洪水和相应大暴雨进行调查与勘测，并提交调查分析报告。

4.3.1.3 采用辐射式巡测、次第式巡测、结合式巡测，全年巡测、时段巡测、巡驻结合等不同的巡测方法分别控制好各水文站、辅助站和调查点的关键测次。

4.3.1.4 对巡测地区各水文站、辅助站历年峰现时间，结合不测洪峰和测洪峰及当年水情变化等不同情况，应分析测流时机和巡测路线。

4.3.1.5 根据测站控制的变化情况及水工程设施的影响，及时调整巡测部署。

4.3.2 流量测验次数的布置和精简

4.3.2.1 实行巡测的水文站，水位流量关系为单一线或单值化线，应根据水流特性，测站控制条件、测验精度，定线推流要求以及需求等综合选择测次。采用当年资料定线的，每年可测 7~15 次；采用 3~5 年资料，逐年向后滑动，但采用资料总年数不变的定线方法，年测次应不少于 3 次。

对精简测次布置的检验，可根据实行精简测次后推算的各时段量对按精简测次前的历年综合水位流量关系推算的一次洪水总量、汛期洪水总量和年总量等时段量的相对误差，其绝对值分别在 3.5%、3.0% 和 2.5% 范围以内时可按已选择的测次继续施测流量。

4.3.2.2 实行间测的水文站，间测期间的施测年份，可按 4.3.2.1 的规定执行；检测年份每年检测不少于 3 次。

4.3.2.3 实行间测的水文站，检测点宜分布于高、中、低各级水位，并应采用较高精度的测验方案。

4.3.2.4 采用水平安装声学多普勒剖面流速仪法、垂直安装声学多普勒剖面流速仪法、声学时差法、垂线平均流速分布模型法等与断面平均流速建立相关关系的测流方法，对相关关系的检测，或对在线监测系统的模型应用精度进行检测，非间测年份可每年用常规测验方法检测 5 次以上，测次分布于高、中、低水。

4.3.2.5 非单一关系的站，测次数量及布置应能满足推算洪峰流量及日平均流量的需求。

4.3.3 悬移质输沙率测验次数的布置

4.3.3.1 实行巡测的水文站，采用历年单断沙关系安排测次的，每年可测 5~8 次。

4.3.3.2 实行间测的水文站，间测期间的施测年份，可按 4.3.3.1 的规定执行；检测年份可每年检测 3 次以上。

4.3.4 单次流量测验方案的确定

应按 GB 50179 及现行行业标准的规定执行。

4.3.5 单次悬移质输沙率测验方案的确定

应按 GB 50159 及现行行业标准的规定执行。

4.4 误差分析

4.4.1 巡测区各水文站应按不同精度类别，分水位级进行各项误差分析。实行巡测或间测的允许误差应根据各项误差分析结果进行综合分析确定。水位级的划分方法应符合 GB 50179 的有关规定。

4.4.2 水位流量关系线、单沙断沙关系线的定线误差，以置信水平为 95% 的相对随机不确定度表示；

关系线间的并线误差、间测的关系线偏离误差、各种时段总量的误差和系统误差以相对误差表示。

4.4.3 分析实行巡测的各项误差,应有5年以上连续的资料系列,并宜包括丰、中、枯水年和不同水情资料;在各水位级内用于计算误差的样本不宜少于30个。若高水资料样本数不足30个,但高、中水位级之间资料连续平缓变化的,可把高、中水合并统计。

4.4.4 实行巡测的误差分析应包括下列项目:

- 实测关系点据对当年和历年综合水位流量关系线的定线误差。
- 单值化关系点据对当年和历年综合单值化关系线的定线误差。
- 多条单一线的合并定线误差。
- 各种时段总量的误差。
- 流量间测的水位流量关系线偏离误差。
- 悬移质输沙率间测的单断沙关系线偏离误差。

4.4.5 实行巡测的水文站应分析精简测次前后的定线误差和各种时段总量的误差。

注:水位流量关系为单一线的站,可根据包括有丰、中、枯水年份的历年综合水位流量关系曲线,以高、中、低水位级分组,按需要精简的测次数从各组中随机抽取实测关系点据,并定成水位流量关系曲线。如此随机抽取30次则可定成30条水位流量关系曲线,进行定线误差分析,然后用这些水位流量关系曲线推算各种时段量与由精简前历年综合水位流量关系曲线推算的各种相应时段量,相比即可求得该精简测次数各种时段量的随机数据系列,并进行误差分析。

4.4.6 流量相对误差可按式(1)计算:

$$\delta_{Q_i} = \frac{Q_i - Q_{oi}}{Q_{oi}} \times 100\% \quad (1)$$

相对误差的均值可按式(2)计算:

$$\bar{\delta}_{Q_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_{Q_i} \quad (2)$$

式中:

- δ_{Q_i} ——测点对线或线对线的流量相对误差,%;
 Q_i ——第*i*次实测的或第*i*水位时某关系线上的流量, m^3/s ;
 Q_{oi} ——与 Q_i 相应的关系线上的流量, m^3/s ;
 $\bar{\delta}_{Q_i}$ ——相对误差的均值,%;
 N ——样本数。

4.4.7 流量关系点据对关系线的相对标准差可按式(3)或式(4)计算:

$$S_n = \left[\frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N (\ln Q_i - \ln Q_{oi})^2 \right]^{1/2} \times 100\% \quad (3)$$

$$S_n = \left(\frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N \delta_{Q_i}^2 \right)^{1/2} \quad (4)$$

置信水平为95%的相对随机不确定度应按式(5)计算:

$$X = 2S_n \quad (5)$$

式中:

- S_n ——相对标准差,%;
 X ——相对随机不确定度,%。

4.4.8 各种时段总量的推算误差应按式(6)计算:

$$\delta_w = \frac{W - W_c}{W_c} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

- W ——采用分析简化的关系线推求的时段总量, 10^6m^3 或 10^8m^3 ;

W_c ——采用与推求 W 相应的分析简化前的原定关系线推求的时段总量, 10^4 m^3 或 10^6 m^3 ;

δ_w —— W 与 W_c 的相对误差, %。

4.4.9 悬移质泥沙相对误差、不确定度的计算参照 4.4.6~4.4.8 执行。

4.4.10 实测关系点据与关系线无明显系统偏离者, 系统误差以点对线的相对误差的均值近似估算; 实测关系点据与关系线呈时段性有规律偏离者, 系统误差分时段按点对线的相对误差均值近似估算。

4.4.11 巡测区各水文站低枯水期的允许误差, 应划分低枯水期, 计算低枯水期径流量及其与年径流量之比, 并以年径流量允许误差作控制进行综合分析拟定。

4.5 基本站允许误差

4.5.1 水位流量关系点据密集, 分布呈带状, 并无明显偏离, 系统误差的绝对值一类精度的水文站不大于 1%, 二类、三类精度的水文站不大于 2% (各类精度的水文站的比降—面积法定线系统误差可放宽 1%), 且实测关系点据与关系线间的定线误差小于表 2 允许误差者, 可定单一线。

表 2 单一法定线允许随机不确定度

以百分数表示

水位级	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
高水	10.0	12.0	13.0
中水	12.0	14.0	15.0

声学多普勒剖面流速仪法测流的定线允许随机不确定度可增加 2%, 浮标法测流的定线允许随机不确定度可增大 2%~4%, 比降—面积法的定线允许随机不确定度可增大 3%~5%。
受水利工程影响或受测站条件限制的跨河界河流的站, 采用 4.5.1 条规定不能满足精度指标时, 定线精度可降低两档。
注: 本标准所列允许不确定度系指置信水平为 95% 的随机不确定度, 下同。

4.5.2 水位流量关系用单值化方法处理后分布呈带状, 系统误差的绝对值一类精度的水文站不大于 2%, 二类、三类精度的水文站不大于 3%, 且单值化处理的关系点据与单值化关系线间的定线误差小于表 3 允许误差, 可定单值化关系线。

表 3 单值化关系法定线允许随机不确定度

以百分数表示

水位级	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
高水	12.0	15.0	17.0
中水	14.0	16.0	19.0

4.5.3 不能进行单值化处理的非单一水位流量关系线, 在一段时期内或受同一影响因素影响的关系点据密集呈带状, 且符合下列条件之一者, 可分影响因素定成多条单一线:

- 系统误差符合 4.5.1 的规定, 实测关系点据对关系线的定线误差小于表 2 允许误差, 且线与线间的过渡有较合理的推流方法者。
- 系统误差符合 4.5.1 的规定, 线与线间的过渡有较合理的推流方法, 且各种时段径流总量误差小于表 4 允许误差者。

表 4 时段径流总量允许相对误差

以百分数表示

时段径流总量	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
年总量	2.0	3.0	5.0
汛期总量	2.5	3.5	6.0
一次洪水总量	3.0	6.0	6.0

4.5.4 多条单一线相互间最大偏离不大于表5并线允许误差,且合并定线后,实测点据对关系线的定线误差符合4.5.1的规定者,可合并定线。

表5 单一线并线允许相对误差

以百分数表示

水位级	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
高水	4.0	6.0	8.0
中水	5.0	8.0	10.0

4.5.5 巡测区各水文站,年径流量相对误差符合表4的规定;低枯水期按单一线或合并定单一线推流的低枯水径流量与非单一线或多线推流的低枯水径流量的相对误差,符合表6对允许误差的规定者,低枯水期可定单一线或合并定线。

表6 低枯水期允许相对误差

以百分数表示

$W_{\text{低}}/W_{\text{年}}$	年径流量相对误差									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
2	25.0									
3	16.7	33.3								
4	12.5	25.0	37.5							
5	10.0	20.0	30.0	40.0						
6	8.3	16.7	25.0	33.3	41.7					
7	7.1	14.3	21.4	28.6	35.7	42.9				
8	6.2	12.5	18.7	25.0	31.2	37.5	43.8			
9	5.6	11.1	16.7	22.2	27.8	33.3	38.9	44.4		
10	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	
11	4.5	9.1	13.6	18.1	22.7	27.3	31.8	36.4	40.9	45.5
12	4.2	8.3	12.5	16.7	20.8	25.0	29.2	33.3	37.5	41.7
13	3.8	7.7	11.5	15.4	19.2	23.1	26.9	30.8	34.6	38.5
14	3.6	7.1	10.7	14.3	17.9	21.4	25.0	28.6	32.1	35.7
15	3.3	6.7	10.0	13.3	16.7	20.0	23.3	26.7	30.0	33.3
16	3.1	6.3	9.4	12.5	15.6	18.8	21.9	25.0	28.1	31.3
17	2.9	5.9	8.8	11.8	14.7	17.6	20.6	23.5	26.5	29.4
18	2.8	5.6	8.3	11.1	13.9	16.7	19.4	22.2	25.0	27.8
19	2.6	5.3	7.9	10.5	13.2	15.8	18.4	21.1	23.7	26.3
20	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0

表内未列数值可近似内插。
当低枯水期流量变化平稳或呈规律性变化时,推流可采用流量过程线法或退水曲线法。
注: $W_{\text{低}}$ 为低枯水径流量, $W_{\text{年}}$ 为年径流量。

4.5.6 采用水工建筑物测流的水文站和潮流(含感潮)站,水力因素与流量或流量系数的关系点据密集呈带状,无明显系统偏离,且关系点据与关系线间的偏离不大于表7的允许误差者,可定一条或一簇关系线。

表7 水工建筑物测流及潮流(含感潮)站水力因素与流量或流量

系数相关定线允许随机不确定度

以百分数表示

站类	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
水工建筑物测流站	14.0	18.0	22.0
潮流(含感潮)站	14.0	20.0	24.0

4.5.7 受变动河床影响和干旱地区实行巡测的水文站,水位流量关系的定线方法与定线允许误差,

可根据测站特性,采用符合 4.4.3 规定的资料,参照本标准的有关规定,分析研究确定。

4.5.8 采用符合 4.4.3 规定的水文资料分析证明实测流量的水位变幅已控制历年水位变幅 80% 以上,历年水位流量关系线或其他水力因素与流量或流量系数的关系线都呈单一线,当年关系线与综合关系线,或各相邻年份关系线间的最大偏离不大于表 8 允许误差者,可实行间测。

表 8 流量间测关系曲线偏离允许相对误差

以百分数表示

水位级	测站类别		
	一类精度的水文站	二类精度的水文站	三类精度的水文站
高水	3.0	5.0	8.0
中水	5.0	8.0	10.0
低水	10.0	12.0	15.0

4.5.9 采用单断沙关系、流量输沙率关系或其他关系法整编资料的站,其系统误差的绝对值一类站不应大于 2%,二类、三类站不应大于 3%,且实测关系点据与关系线间的定线误差应符合表 9 的规定。

表 9 悬移质泥沙等关系曲线定线允许误差

以百分数表示

测站类别	中、高沙部分的随机不确定度	低沙部分的随机不确定度
一类站	20.0	24.0
二类站	22.0	27.0
三类站	30.0	32.0

采用流量输沙率关系或单断沙关系以外其他方法整编资料的站,其定线允许误差可增大 2%。

4.5.10 非汛期悬移质输沙率测次分布及资料整编方法,应经历史资料分析确定。精简后的测次分布及资料整编成果与当年未精简测次的整编成果比较,非汛期输沙量的相对误差,不应超过年输沙量的 3.0%,与当年非汛期输沙量比较,其允许相对误差,应不超过表 10 的要求。

表 10 非汛期悬移质泥沙允许相对误差

以百分数表示

非汛期输沙量占年输沙量百分数	相对误差
<10.0	30.0
10.0~20.0	30.0~15.0
>20.0	15.0

非汛期输沙量占年输沙量百分数在 10.0%~20.0% 之间时,允许相对误差在 30.0%~15.0% 之间线性内插。

4.6 专用站允许误差

4.6.1 水位流量关系单一线法(或多条单一线)定线系统误差的绝对值可在三类精度的基本站基础上增大 1%。

4.6.2 水位流量关系单值化方法,单断沙关系、流量输沙率关系或其他关系法,定线系统误差的绝对值不宜大于 4%。

4.6.3 流量其他允许误差的绝对值在本标准规定的三类精度的基本站基础上增大不宜超过 4%。

4.6.4 悬移质泥沙其他允许误差的绝对值在本标准规定的三类基本站基础上增大不宜超过 4%。

4.7 关系统计检验

4.7.1 关系线定线的统计检验应符合下列规定:

- a) 判断所定关系曲线两侧点数分配是否均衡合理,应进行符号检验。

- b) 检验按水位（单沙）递升次序，实测点偏离曲线正负号的排列情况，判断定线有无明显系统偏离，应进行适线检验。
 - c) 检验测点偏离关系曲线的平均偏离值是否在合理范围内，应进行偏离数值检验。
- 4.7.2 实行间测的水文站，或对多条单一线进行合并定线的水文站，应进行学生氏 t 检验。

5 水文巡测方案

5.1 巡测区基本情况

- 5.1.1 实施巡测的单位应根据所属的水文测站、断面的地理位置、交通条件、水文特性组成一个或多个巡测区。
- 5.1.2 宜对巡测区内测站的以下水文特性进行调查分析：
- a) 河流、湖泊、水库的水文特征和测站特性，水文要素的季节性变化。
 - b) 水位流量关系形式。
 - c) 单沙断沙关系形式，单沙停测时段。
 - d) 流量与输沙率关系特性。
 - e) 和上下游水文站、辅助站在不同时期、不同水文情势下的相互关系。
- 5.1.3 应对巡测区测站分布情况进行调查分析，主要内容应包括：
- a) 管辖的测站在流域水系图上的地理位置。
 - b) 测站所处行政区域，测站的控制集水面积。
 - c) 以巡测基地为中心，各测站到巡测基地的交通距离。
 - d) 调查分析巡测区及各测站资源配置情况。
- 5.1.4 应分析采用不同的交通方式，从巡测基地到所管辖的测站，测站之间所需要的最长、最短及平均时间。
- 5.1.5 应调查巡测区内的水工程建设规划，已建水工程的布局、规模与调度运用，以及水资源开发利用和管理上需要解决的水文问题，并应对水工程给水文测验带来的影响进行分析。
- 5.1.6 在平原水网和人类经济活动影响程度较高的地区，应对本测区水域的水量平衡、巡测路线以及辅助站和调查点的设立作专门调查。

5.2 巡测时机分析

- 5.2.1 巡测时机分析应根据设站目的、测站水文特性等因素对测验时机进行分析，合理布置测次，以保证巡测效率。
- 5.2.2 根据历年水位流量关系及水位面积关系曲线分析判断测站特性，确定各测站的测次布置。
- 历年水位流量关系为单一线时，全年可按水位级布置测次。
- 历年水位流量关系为主要受单一水力因素影响的曲线，可进行单值化处理时，全年主要按水位级兼顾水力因素变化布置测次。
- 历年水位流量关系为复式绳套或复杂的多条临时曲线时，可做减少测次的精简分析。
- 可分枯、洪水期或水位级进行流量测次精简分析。
- 5.2.3 采用近期连续 5 年以上的资料系列，分别计算出每年各月径流量占当年年径流量的百分比，掌握一年中对年径流量产生重要影响的主要月份分布情况。
- 5.2.4 根据测站历年水位变化情况，结合本站洪水特性，选样进行洪峰场次与持续时间分析，包括下列内容：
- a) 统计测站洪水最早出现时间、最晚结束时间。
 - b) 统计涨峰面持续最短历时、最长历时、平均历时。

- c) 统计退峰面持续最短历时、最长历时、平均历时。
- d) 统计整个洪峰的最长持续时间、最短持续时间。
- 5.2.5 根据流量测验的各测点的测深测速历时及测线测点转移的辅助历时,统计不同水位级一次测流过程所需的实际历时。
- 5.2.6 采用近期连续5年以上的资料系列,分别计算出每年各月输沙量占当年年输沙量的百分比,掌握一年中对年输沙量产生重要影响的主要月份分布情况。
- 5.2.7 根据测站泥沙特性,选样对测站的沙峰场次与持续时间进行分析,包括下列内容:
 - a) 统计含沙量沙峰最早出现时间、最晚结束时间。
 - b) 统计含沙量变化过程涨峰面持续最短历时、最长历时、平均历时。
 - c) 统计含沙量变化过程落峰面持续最短历时、最长历时、平均历时。
 - d) 统计整个沙峰的最长持续时间、最短持续时间。
- 5.2.8 根据含沙量测验的各测点的历时及测线测点转移的辅助历时,统计不同水位级一次测沙过程所需的实际历时。
- 5.2.9 巡测时机选择应综合考虑。

根据5.2.2~5.2.8的要求,初步确定各项目一年中的测次数量,在对年水量、沙量有较大影响的时段重点布置测次。

在洪水期需满足重要城镇防洪、水库调度等要求的测站,枯水期要求实施水量监测、河流生态环境监测的测站,应重点布置测次。

考虑测站水流沙特性及最佳测验时机对各项目的测次进行初步布置,确定水文巡测、驻测的时间段。

冰期应选择能代表日平均流量的时间作为巡测测流时间,必要时进行冰期流量日变化分析,使巡测期间的实测资料具有代表性。

洪水期巡测的站,巡测时机的掌握应以能使实测资料满足定线推流要求为原则。

各巡测站的测验日期应妥善安排,不得互相影响。

- 5.2.10 应密切关注水雨情变化,掌握巡测区各测站气象、水文等部门的预测预报信息(主要包括江河洪水预警、洪涝灾害预警、山洪灾害预警等信息)安排巡测时机,开展巡测区水文测站巡测工作。

5.3 巡测方法及路线

- 5.3.1 应根据巡测区测站的分布情况、交通条件、人力资源配置、设备配置及各测站的水流特性选择巡测方法。

按照巡测实现的种类,巡测方法可采用辐射式巡测、次第式巡测和结合式巡测,主要适用条件如下:

- a) 辐射式巡测适用于各站不在同一条河流,各站洪峰、沙峰出现时间基本一致的巡测区。
- b) 次第式巡测适用于各站基本在同一条河流,各站洪峰、沙峰出现有一定时间差的巡测区。
- c) 结合式巡测适用于巡测区内水文站的洪峰、沙峰出现时间存在部分区域一致的情况,将辐射式巡测和次第式巡测相结合。

按照巡测实现的时间,巡测方法可采用全年巡测、时段巡测、巡驻结合三种形式,主要适用条件如下:

- a) 全年巡测适用于测站水位流量关系(推流关系)为稳定的单一线,或者经过单值化处理后水位流量关系(推流关系)为稳定的单一线,无泥沙测验项目或泥沙测验可结合流量巡测实施的测站。
- b) 时段巡测适用于在某一水位级下,测站水位流量关系为稳定的单一线,或者经过单值化处理后关系为稳定的单一线,测站虽有泥沙测验项目,但在此时段可以停测的测站。

- c) 巡驻结合, 在测站水位流量关系为稳定的单一线, 或者经过单值化处理后的关系为稳定的单一线, 含沙量变化幅度不大的时间段采用巡测; 而在测站水位流量关系为非稳定的单一线, 含沙量变化幅度较大, 需要对含沙量进行过程控制的测验时段 (通常在汛期) 或者在测站水位较高, 流量、含沙量均较大的时期采用驻测。

5.3.2 根据所管辖各测站的水文特性、巡测时机、交通条件等, 在充分保证水文测验成果质量的前提下, 以经济效益优先为原则, 确定巡测路线。

5.4 巡测配备条件

5.4.1 应根据巡测区的工作条件及工作内容, 配置巡测交通工具、仪器设备及工作人员。

5.4.2 配置交通工具时应满足下列条件:

- a) 巡测车应能满足安全工作及生活条件需要, 并适应巡测区自然环境及道路交通条件, 其性能及配置参见附录 A。
- b) 巡测船应能满足安全工作及生活条件需要, 平原水网区可采用车辆拖曳方式。
- c) 采用巡测车 (船) 巡回测验, 宜配置携带方便、安装灵活、操作简单直观的活动式巡测装备。

5.4.3 应针对巡测区各站的水文测验项目、水流沙特性, 按照现行的国家或者行业标准要求配置仪器设备, 宜使用能够提高巡测效率的先进仪器、新技术开展水文巡测。巡测仪器设备宜包括水位仪器设备、降水量仪器设备、流量仪器设备、泥沙仪器设备、数据采集处理设备、通信设备、导航定位设备、影音设备及水文调查装备、工装装备、安全应急保障装备等, 参见附录 B。

5.4.4 应根据测站的测验方案及测次布置, 确定在不同时期完成巡测任务所需的人力资源配置。

5.4.5 新建实行巡测的站宜按房屋设施精简、测验设施可靠、技术装备先进高效的原则确定水文基础设施建设及技术装备标准。在满足精度需要的前提下, 宜选择人力资源需求低的测验方案。

5.5 巡测方案编制

5.5.1 编制巡测水文巡测方案, 应综合考虑巡测区测站的分布、交通状况及条件、测站特性、洪水泥沙特性、测验时机分析成果和人力资源配置等情况。

5.5.2 编制水文巡测方案, 按 5.1~5.4 的内容依次进行, 其编写示例参见附录 C。

5.5.3 水文巡测方案应进行合理性分析。合理性分析包括下列内容:

- a) 巡测站点选取的合理性。
- b) 巡测时间选取的合理性。
- c) 巡测方案的可操作性。

5.5.4 开展巡测的单位所编制的水文巡测方案, 应报具备相应管理权限的水文机构批准后方可实施。

5.5.5 专用站由其主管机构根据不同巡测区内水文站网布局、交通状况、测站水流特性、人力资源、经济条件等因素开展水文巡测工作, 逐步收集水文资料, 不断完善水文巡测方案。

6 水位、降水量巡查

6.1 实行巡测的站, 应按 GB/T 50138 规定的要求对水位监测设施设备进行检查维护, 按 SL 21 规定的要求对降水量观测场地及设施设备进行检查维护。

6.2 开展巡测的水文站其水位应实现全程自记, 发生特枯水位或特大洪水无法自记时, 应及时恢复人工观测。

6.3 用于建立水位流量关系的水位站宜配置备用水位自记仪器。仪器应具备自动采集、自动存储、自动远传等功能, 可建设水尺视频监控系統, 无人值守站的备用仪器平时宜处于热备份状态。

6.4 应根据降雨径流特性, 对重要的雨量站设立暴雨报警机制, 便于巡测人员适时开展巡查工作。

6.5 对个别站发生的局部暴雨, 应进行必要的调查, 验证雨量站的监测值是否存在误码等非正常

- c) 巡驻结合, 在测站水位流量关系为稳定的单一线, 或者经过单值化处理后的关系为稳定的单一线, 含沙量变化幅度不大的时间段采用巡测; 而在测站水位流量关系为非稳定的单一线, 含沙量变化幅度较大, 需要对含沙量进行过程控制的测验时段 (通常在汛期) 或者在测站水位较高, 流量、含沙量均较大的时期采用驻测。

5.3.2 根据所管辖各测站的水文特性、巡测时机、交通条件等, 在充分保证水文测验成果质量的前提下, 以经济效益优先为原则, 确定巡测路线。

5.4 巡测配备条件

5.4.1 应根据巡测区的工作条件及工作内容, 配置巡测交通工具、仪器设备及工作人员。

5.4.2 配置交通工具时应满足下列条件:

- a) 巡测车应能满足安全工作及生活条件需要, 并适应巡测区自然环境及道路交通条件, 其性能及配置参见附录 A。
- b) 巡测船应能满足安全工作及生活条件需要, 平原水网区可采用车辆拖曳方式。
- c) 采用巡测车 (船) 巡回测验, 宜配置携带方便、安装灵活、操作简单直观的活动式巡测装备。

5.4.3 应针对巡测区各站的水文测验项目、水流沙特性, 按照现行的国家或者行业标准要求配置仪器设备, 宜使用能够提高巡测效率的先进仪器、新技术开展水文巡测。巡测仪器设备宜包括水位仪器设备、降水量仪器设备、流量仪器设备、泥沙仪器设备、数据采集处理设备、通信设备、导航定位设备、影音设备及水文调查装备、工装装备、安全应急保障装备等, 参见附录 B。

5.4.4 应根据测站的测验方案及测次布置, 确定在不同时期完成巡测任务所需的人力资源配置。

5.4.5 新建实行巡测的站宜按房屋设施精简、测验设施可靠、技术装备先进高效的原则确定水文基础设施建设及技术装备标准。在满足精度需要的前提下, 宜选择人力资源需求低的测验方案。

5.5 巡测方案编制

5.5.1 编制巡测水文巡测方案, 应综合考虑巡测区测站的分布、交通状况及条件、测站特性、洪水泥沙特性、测验时机分析成果和人力资源配置等情况。

5.5.2 编制水文巡测方案, 按 5.1~5.4 的内容依次进行, 其编写示例参见附录 C。

5.5.3 水文巡测方案应进行合理性分析。合理性分析包括下列内容:

- a) 巡测站点选取的合理性。
- b) 巡测时间选取的合理性。
- c) 巡测方案的可操作性。

5.5.4 开展巡测的单位所编制的水文巡测方案, 应报具备相应管理权限的水文机构批准后方可实施。

5.5.5 专用站由其主管机构根据不同巡测区内水文站网布局、交通状况、测站水流特性、人力资源、经济条件等因素开展水文巡测工作, 逐步收集水文资料, 不断完善水文巡测方案。

6 水位、降水量巡查

6.1 实行巡测的站, 应按 GB/T 50138 规定的要求对水位监测设施设备进行检查维护, 按 SL 21 规定的要求对降水量观测场地及设施设备进行检查维护。

6.2 开展巡测的水文站其水位应实现全程自记, 发生特枯水位或特大洪水无法自记时, 应及时恢复人工观测。

6.3 用于建立水位流量关系的水位站宜配置备用水位自记仪器。仪器应具备自动采集、自动存储、自动远传等功能, 可建设水尺视频监控系統, 无人值守站的备用仪器平时宜处于热备份状态。

6.4 应根据降雨径流特性, 对重要的雨量站设立暴雨报警机制, 便于巡测人员适时开展巡查工作。

6.5 对个别站发生的局部暴雨, 应进行必要的调查, 验证雨量站的监测值是否存在误码等非正常

超声波时差法测流，并应符合附录 F 的有关规定。

7.2.7 采用转子式流速仪法外的其他仪器测流，在正式投入使用前应进行比测。

基本站应采用转子式流速仪法作为比测的基准方法；专用站不具备转子式流速仪法比测条件的，走航式声学多普勒剖面流速仪测验成果可作为比测分析的基准。

应收集 30 次以上样本资料，涵盖高、中、低水位级对应的流量（流速），特殊情况下样本数不应少于 10 次。

单次流量比测相对偏差应在 $\pm 5\%$ 以内，系统误差应在 $-2.5\% \sim 1\%$ 以内。

流速比测相对系统误差应在 $\pm 1.5\%$ 以内，且随机不确定度不超过 5.0% 。

7.2.8 选择水平安装声学多普勒剖面流速仪法、垂直安装声学多普勒剖面流速仪法、声学时差法、垂线平均流速分布模型法等与断面平均流速建立相关关系的测流方法，相关关系的建立与使用应符合下列条件：

- 相关关系的建立应以仪器实测值和实测流量（或断面平均流速）为依据。
- 实测流量（或断面平均流速）可用转子式流速仪法或走航式声学多普勒剖面流速仪测量。
- 应收集 30 次以上样本资料，涵盖高、中、低水位级对应的流量（流速），特殊情况下样本数不应少于 10 次。
- 相关关系定线精度指标应符合 SL 247 定线精度要求。
- 不同水情可采用不同的相关关系。
- 确定的测验方案经具备管理权限的水文机构审查批准后方可投入使用。

7.2.9 具备下列条件之一的站，可设立流量实时在线监测系统：

- 水位面积关系基本稳定，使用水平安装声学多普勒剖面流速仪法、垂直安装声学多普勒剖面流速仪法、声学时差法测验，能够使代表流速与断面平均流速建立稳定的函数关系，或流速关系虽不稳定，但与面积变化相互补偿使监测要素与流量的相关关系稳定。
- 使用一组电磁流速仪定点监测水面流速，水位面积关系稳定，断面平均流速计算模型参数稳定。
- 采用比降—面积法时，水位面积关系稳定，糙率与主要影响因素的关系较好且稳定。
- 修建堰、槽或利用现有水工建筑物测流，水头、闸门开启度采用带固态存储功能的自记仪观测，率定的流量系数关系稳定。
- 测站设备可自动监测流量或可通过远程控制实时采集流量数据。

7.2.10 流量实时在线监测系统应满足下列条件：

- 系统能适应当地水流特性及温度、湿度、气压等环境因素，能够抗干扰、防雷电。
- 系统应能实时计算流量，能长期可靠自记，并应具备数据远传功能。
- 有条件的在线监测站宜配备视频监控装置辅助远程管理，以“无人值守，有人看管”的方式运行。

7.2.11 对现行规范规定之外的新方法，经过率定并检验其测流精度后，可在同等精度的常规测流方法的使用范围内采用，并应报流域机构或省（直辖市、自治区）水行政主管部门直属水文机构审批。

7.3 巡检规定

7.3.1 每年汛前（或汛后）应对流量测验设施设备进行全面检查、维护。水文测站每次测流期间应对测站的流量测验设施设备进行例行检查。一个测站配备多种（套）测流装备时，应选择一种（套）作为常用，使用多种（套）仪器数据时应做好数据间的衔接处理。

7.3.2 用于推算流量的水位设备应符合下列规定：

- 用于同一组比降观测的水位自记仪，仪器精度应一致，内部时钟应同步。巡检发现不能满足要求的，应及时修复或更换仪器。

- b) 对闸门开启度监测仪每月例行检查不少于1次, 闸门启闭频繁期间应增加检查次数。
- c) 与水平式声学多普勒剖面流速仪在线监测系统配套的自记水位计故障期间, 可采用经比测率定合格的声学多普勒剖面流速仪内部水深、水位传感器水深数据插补水位。
- d) 自记仪器不能正常工作期间有资料使用需求的, 应进行人工观测。

7.3.3 对流量实时在线监测系统, 每年汛前应进行一次全面检查、维护; 使用中发现问题应及时修复或更换设备。

中心站发现在线监测站 RTU 故障时应及时通知现场看管人员或到现场检查修复。

系统故障期间有资料使用需求的, 应采用其他方法实测或推求流量。

系统故障、缺测、记录不全期间, 宜在综合分析后插补资料。

7.3.4 对实行间测的水文站, 实行检测者, 每次检测成果都要检查是否超出表 2 规定的允许误差。当不超出允许误差时, 可继续实行检测, 并可采用综合关系线推流。当超出允许误差时, 应在现场及时分析。属测验失误, 应就地复测; 属测站控制条件发生变化, 应增加巡测次数, 采用当年实测成果定线推流, 并应于次年恢复正常测流。

对实行间测的水文站, 间测期间, 发生强遇洪水, 或发现水工程措施等人类活动对测站控制条件有明显影响时, 应恢复测流。

7.3.5 使用 7.2.8 规定的方法测流, 对相关关系的检测, 或对在线监测系统的模型应用精度进行检测, 应注意下列事项:

- a) 检测测次数量及布置按 4.3.2.4 的规定执行。
- b) 每次检测成果都要检查相关点中与原率定模型相关关系线的偏离是否超出表 2 规定的允许误差范围。当不超出允许误差范围时, 模型及相关关系可继续使用; 当超出允许误差范围时, 应在现场即时分析。属测验失误, 应就地复测; 属关系发生变化 (用 SL 247 规定的方法, 采用 5 次以上资料进行学生氏 t 检验时 $|t| \geq t_{1-\alpha/2}$), 应增加检测次数, 按 7.2.8 给出的要求收集资料重新率定模型或建立相关关系。
- c) 相关关系变化期间的成果宜在综合分析后进行修正。
- d) 相关关系使用范围高水超出投产方案水位变幅 30% (干旱区 40%)、低水超出投产方案水位变幅 15% 的, 应及时恢复常规方法测验, 并继续分析延展相关关系。
- e) 相关关系不能继续使用的, 应及时恢复常规方法测验。

7.3.6 单次测流配套的水道断面资料宜实测。当施测条件困难, 测流期间无法实测水道断面时, 可借用最近的大断面或临近测次水道断面成果。

断面稳定的, 可用每年汛前大断面测量成果的水位面积关系进行查算, 并每年检测断面不少于 3 次。检测发现断面变化导致水位面积关系点偏离原关系线超过 $\pm 3\%$ (潮流量可放宽到 $\pm 5\%$), 或系统偏离超过 $\pm 1\%$ (潮流量可放宽到 $\pm 2\%$), 或断面内局部冲淤变化显著影响流量计算成果时, 应及时使用新的水位面积关系, 并按 7.3.5 给出的要求检测原先率定的模型或相关关系的有效性。河段特性变化导致断面频繁变化的, 宜增加水道断面实测频次以满足流量计算要求。

8 泥沙巡测

8.1 一般规定

8.1.1 实行巡测的水文站, 悬移质泥沙测验方法、测验设备及测验精度等应按 GB 50159 及现行行业标准的规定执行。

8.1.2 实行巡测的泥沙站, 应根据测站条件和流量测验方案, 采用全年巡测或驻巡结合等不同方式进行悬移质泥沙测验。

8.1.3 实行巡测的泥沙站, 可采用历年的降水量、流量及悬移质输沙率等实测资料, 或有效的物理

成因参数进行关系分析，建立较稳定的经验关系。

8.2 测验仪器与方法

8.2.1 实行巡测的泥沙站，可根据实际情况，选用自动取样仪器或自记式的现场测沙仪器。

对三类站可采用一组不带铅鱼的普通瓶式采样器，自动采集洪水涨水面及峰顶水样，根据水位自记记录，确定各个水样的取样时间。洪水落坡的含沙量变化过程，可根据资料分析得到的经验关系确定。

采用自动抽水式采样器，在洪水过程中，应能自动抽取若干个水样并分别自动贮存。

采用自记式的现场测沙仪，应进行比测率定并符合 GB 50159 的规定。

8.2.2 实行巡测的泥沙站，其垂线上的取样方法应按照 GB 50159 执行，采用水面一点法时宜分析确定。高含沙水流时的垂线取样方法，可不作限制。

8.2.3 悬移质输沙率测验，可采用适合本站条件的全断面混合法。取样垂线数目，未经资料分析前，应满足 GB 50159 对各类站最低垂线要求；经分析确定后垂线不少于 3 线。

8.2.4 经资料分析与断沙建立关系后，可在近岸边正常水流处采集单样，也可采用浊度仪施测水样浊度，通过浊度与含沙量建立关系推求含沙量。

8.2.5 泥沙巡测时的水样处理，多沙河流测站，可采用简易置换法在现场处理水样。少沙河流测站，可采用快速沉淀法或强迫过滤装置，在现场浓缩或过滤水样。

8.2.6 可采用输沙率与流量异步施测法收集含沙量资料。

注：测输沙率时不测流量，只测含沙量，而用部分平均法由垂线含沙量求出断面各部分的平均含沙量后，乘以邻近流量测次对应的部分流量权重，再累加出全断面的平均含沙量，断面平均含沙量与相应时间流量之积即为实测的输沙率。

8.2.7 采用邻站单沙相关法，由代表测站的实测单沙资料经建立的相关关系推算被精简站的相应值。选择合适的传播时间或其他参数，求出邻站对应的含沙量，建立相关关系。在相关关系良好的条件下，选择测验最方便的测站作为代表站，也可互为代表站推求。

8.2.8 在多沙河流或少沙河流的涨水段可探求流量增长率与含沙量增长率的关系，当两者关系较好时，可采用水沙比例系数相关法，用流量的变化过程和至少 1~2 次实测含沙量，推出含沙量的全部变化过程。在只要求时段总沙量或洪水总沙量而不需掌握输沙过程的测站断面，或者过程关系不佳而总量关系尚好时，可直接建立时段沙量和水量的相关曲线，通过水量推求沙量。

8.3 汛期泥沙测验

8.3.1 已实行流量巡测的站，悬移质输沙率测验可按下列不同情况执行：

- 采用断沙过程线法整编资料时，可采用全断面混合法进行输沙率测验，测次分布应控制含沙量变化过程。
- 采用单断沙关系线法整编资料时，单沙测次分布应控制含沙量变化过程。输沙率测次分布，可结合流量测验进行，在含沙量有较大变化时，可采用全断面混合法增加输沙率测次。
- 采用单断沙关系比例系数过程线法整编资料时，测次应均匀分布，在流量和含沙量的主要转折变化处，应分布测次。
- 经资料分析采用流量输沙率关系线法整编资料的站，可不测单沙，在施测流量时应结合施测输沙率。

8.3.2 流量已实行巡测的无人值守站，悬移质输沙率测验可结合流量测验进行。

8.3.3 实行间测的站，间测期间发生特殊沙情应恢复悬移质输沙率测验。

8.4 非汛期泥沙测验

8.4.1 停测期间含沙量有显著变化时，应恢复测验。

8.4.2 当流量已实行定期巡测并应用流量过程线法整编资料时,悬移质输沙率测验可与流量测验结合进行,并可采用断面平均含沙量过程线法整编资料。

8.4.3 当流量已实行巡测并采用水位流量关系线法整编资料时,悬移质输沙率测验可与流量测验结合进行,并可用流量输沙率关系线法整编资料。

9 巡测资料整编

9.1 开展巡测分析前,应对水文站设站目的进行分析,以确定资料整编精度要求。

9.2 基本站资料整编应执行 SL 247,专用站可由各流域机构或省(自治区、直辖市)水文部门根据具体情况作出要求。

9.3 实施巡测的站水位、降水量宜采用自记资料整编。

9.4 水位起伏较大,过程线呈锯齿状的测站,可根据水位变化趋势进行中线拟合。

9.5 水位、降水量可根据需要选择全年摘录、汛期摘录、重点时段摘录。

9.6 采用流量在线监测系统资料整编的,可采用连实测流量过程线法。

9.7 采用单一曲线法整编且实行间测的站,间测年份可采用上一年度或历年综合关系线整编。

a) 实行间测的水文站停 2~5 年测 1 年的停测年份,可用历年综合水位流量关系(或其他水力因素间的关系)推流。

b) 停 1 年测 1 年的停测年份,可采用前一年水位流量关系曲线推流。

9.8 采用悬移质泥沙在线监测系统资料整编的,可采用断沙过程线法。

9.9 实行间测并采用单断沙关系的单一曲线法整编资料的水文站,输沙率间测期间只测单样含沙量的,采用历年单沙断沙综合关系线或近年关系线整编。

9.10 对于实测资料不足,水力学方法或在线监测系统流量模型率定尚未完成的初设站,可只整理实测成果,待条件具备后再对历史资料进行整编。

9.11 本年度测次数量不够定线的,可采用 3~5 年实测流量或断沙测点定综合线,也可采用 3~5 年实测点滑动定线。

附录 A
〔资料性附录〕
水文巡测车性能及配置要求

A.1 一般要求

- A.1.1 水文巡测车应安全适用，并满足水文专业技术人员、巡测装备的运输及巡测作业功能需求。
- A.1.2 车辆应为正式在国家注册的成熟、可靠的标准产品，并有国家“3C”认证书。
- A.1.3 主要技术参数性能、整车及车载设备整体布置、车载性能、载荷分布和非等级公路行驶通过性能符合国家标准；同时，必须满足可靠稳定的运输状态、停泊作业状态。
- A.1.4 水文巡测车的车载转动部件或伸出车体部分，应喷涂较为明显的警示色。其中，水文绞车吊臂及铅鱼等，应部分喷涂荧光涂料。
- A.1.5 水文巡测车的车体及车载仪器的外观、标志、包装等，应美观、光滑、平整、均匀，无斑点、气泡、脱皮、皱纹、划痕、划伤及锈蚀等。

A.2 环境适应性

- A.2.1 水文巡测车及其车外仪器，应能在下列环境中正常工作：
- a) 环境温度：-15~+50℃。
 - b) 相对湿度：不大于98%（40℃时）。
 - c) 大气压力：56~106kPa。
- A.2.2 水文巡测车内环境，应能满足人员舒适工作及车内仪器设备正常可靠工作需求。
- A.2.3 水文巡测车最小离地距离宜大于220mm，应能适应崎岖、陡峭、风沙多灰尘、暴雨泥泞等非等级路面上长期行驶需求。

A.3 配置

- A.3.1 载客量不宜少于3人。
- A.3.2 应配备冷热空调。
- A.3.3 宜随车配备必要的消防器材、操作警示和故障警示标志等。
- A.3.4 备胎数量与巡测区道路状况匹配，并宜多配。
- A.3.5 根据工作需要配置相关水文巡测要素所需的仪器设备，如水文专业仪器设备、通信设备、工装装备、安全及应急保障装备等。
- A.3.6 工作电源宜采用车载直流电源，其电压为12V、24V、优选12V，允许偏差±15%。必要时，水文巡测车上也可配备专用发电机。
- A.3.7 车载仪器的机壳与信号线之间的绝缘电阻不小于5MΩ，机壳与交流电源线之间的绝缘电阻不小于1MΩ。
- A.3.8 水文巡测车上固定装备（不可移动）的总质量不得影响车辆自身安全，车辆动力应与车辆及装备的总质量、道路复杂程度相匹配。
- A.3.9 装有水文绞车的巡测车，起吊重量150kg，宜配备支撑和固定车辆的辅助安全装备，水文测验结束复位后，车辆应无倾斜、后仰等现象发生。
- A.3.10 厢体所有材料具有阻燃吸音特性，面板有专用连接件固定与装饰，接缝平直，内表面平整且不因路面颠簸和温差而变形。

厢体不仅可以提供高强度的车身安全，同时可以达到防雨、防尘、降噪的效果。

车体表面应进行防腐、防锈和装饰性处理；厢体框架、副车架构件、裙边构架等部分均须做除锈和防腐处理，车身与底盘的连接牢靠，备胎架构安全可靠。

驾驶室顶上可安装车载照明警示一体化设备，包括长排抢险灯、搜索灯、野外照明系统以及桅杆和放倒机构互锁装置；车身两侧前后可按国标要求分设转向灯、示廓灯、牌照灯、行车灯、刹车灯、前后围装饰灯、信号灯以及限高灯等；厢内应安装照明灯，满足车厢内的照明。

车厢可根据装载设备需求分设动力仓、设备仓、气瓶仓等，并合理设置车门、车窗及通风系统。车内布局应按设备自重、功能、动力形式、用途合理布置，确保设备固定可靠、操作及维护方便、装卸轻便灵活。

应采取有效的防雷电感应的隔离措施。

8.4.2 当流量已实行定期巡测并应用流量过程线法整编资料时,悬移质输沙率测验可与流量测验结合进行,并可采用断面平均含沙量过程线法整编资料。

8.4.3 当流量已实行巡测并采用水位流量关系线法整编资料时,悬移质输沙率测验可与流量测验结合进行,并可用流量输沙率关系线法整编资料。

9 巡测资料整编

9.1 开展巡测分析前,应对水文站设站目的进行分析,以确定资料整编精度要求。

9.2 基本站资料整编应执行 SL 247,专用站可由各流域机构或省(自治区、直辖市)水文部门根据具体情况作出要求。

9.3 实施巡测的站水位、降水量宜采用自记资料整编。

9.4 水位起伏较大,过程线呈锯齿状的测站,可根据水位变化趋势进行中线拟合。

9.5 水位、降水量可根据需要选择全年摘录、汛期摘录、重点时段摘录。

9.6 采用流量在线监测系统资料整编的,可采用连实测流量过程线法。

9.7 采用单一曲线法整编且实行间测的站,间测年份可采用上一年度或历年综合关系线整编。

a) 实行间测的水文站停 2~5 年测 1 年的停测年份,可用历年综合水位流量关系(或其他水力因素间的关系)推流。

b) 停 1 年测 1 年的停测年份,可采用前一年水位流量关系曲线推流。

9.8 采用悬移质泥沙在线监测系统资料整编的,可采用断沙过程线法。

9.9 实行间测并采用单断沙关系的单一曲线法整编资料的水文站,输沙率间测期间只测单样含沙量的,采用历年单沙断沙综合关系线或近年关系线整编。

9.10 对于实测资料不足,水力学方法或在线监测系统流量模型率定尚未完成的初设站,可只整理实测成果,待条件具备后再对历史资料进行整编。

9.11 本年度测次数量不够定线的,可采用 3~5 年实测流量或断沙测点定综合线,也可采用 3~5 年实测点滑动定线。

附录 C
(资料性附录)
水文巡测方案编写示例

1 巡测区基本概况

(1) 测站分布及交通条件

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 测站的基本水文特性 (已建站应说明水文资料年限及测验现状)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 水工程情况

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(4) 水量平衡、巡测路线以及辅助站和调查点有关情况

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(5) 其他与巡测有关的情况

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

2 测次及巡测时机

(1) 测站水沙特性分析及单次测验必须历时统计

(包括水位流量关系与测次布置分析、径流量年内分配分析、洪峰场次与持续时间分析、单次测流必须历时统计、输沙量年内分配分析、沙峰场次与持续时间分析、单次测沙必须历时统计)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 流量、悬移质输沙量测验次数精简分析

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 巡测、问测方案

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(4) 流量、悬移质泥沙测验时机、测次布置原则

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

3 巡测方法及巡测路线

(1) 单站巡测方法

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 巡测区巡测方法

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 巡测路线

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

4 巡测资源配置方案

(1) 水文测站设施

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 仪器设备配备

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 交通工具、通信工具配备

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(4) 人力资源配备

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(5) 其他可供利用资源

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

5 巡测资料整编内容及要求

(1) 整编要素

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 整编方法

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 精度要求

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(4) 整编时间

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

6 方案的应用要点、质量控制要点及应急措施

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

7 方案的合理性分析

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

8 存在问题与建议

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

9 质量保证体系等

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

5 巡测资料整编内容及要求

(1) 整编要素

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(2) 整编方法

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(3) 精度要求

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(4) 整编时间

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

6 方案的应用要点、质量控制要点及应急措施

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

7 方案的合理性分析

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

8 存在问题与建议

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

9 质量保证体系等

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

面上布设水尺时,可通过试验比较确定适宜的水尺断面位置(宜自桥前附近至上游壅水范围外,选择数处合适的断面设立水尺,同步观测水位,经过试验资料分析比较,选择水位代表性较好、水位与流量关系较为稳定合理者作为测流断面水尺)。新建桥上测流站的测流断面水尺可兼作基本水尺。已设基本水尺的桥上测流站,经过资料分析,确认测流断面的水位流量关系较好时,可按 GB/T 50138 的有关规定将基本水尺迁移至测流断面处。

D.3.2 选择桥测断面应力求减少桥墩阻水所造成的剧烈壅水和乱流紊动影响。宜选在墩上游布设测流断面。具体位置应结合本站流速变幅、桥墩类型、桥梁孔数、流量改正系数、桥测设备等因素综合分析确定,并按下列公式对压缩比及单次流量改正系数进行分析:

分析桥梁孔数与选择桥测断面位置的关系,应考虑压缩比的影响,并按式 (D.1) 计算:

$$\lambda = \frac{\sum \delta_i}{B} \quad (\text{D.1})$$

式中:

λ ——压缩比;

δ_i ——单个桥墩的厚度或直径, m;

B ——桥梁设计洪水位的水面宽度, m。

单次流量改正系数可按式 (D.2) 分析计算:

$$K_i = \left(\frac{Q_{0i}}{Q_{ci}} \right) \quad (\text{D.2})$$

式中:

K_i ——第 i 次流量改正系数;

Q_{0i} ——第 i 次船(缆道)测流量, m^3/s 。

Q_{ci} ——第 i 次桥测流量, m^3/s 。

D.3.3 当出现特大洪水超过桥梁设计高程或流速超出桥测设备测洪能力时,可选用比降—面积法作为抢测洪水的补救措施,比降上、下断面均应设在桥测断面的上游。比降下断面宜设在上游壅水影响范围以外,比降上断面的位置应按 GB/T 50138 的有关规定设置。

D.3.4 当桥测断面的水深、流速均较大,且不能有效地控制测深测速悬索偏角时,可在桥测断面上游设置简易拉偏缆索。拉偏缆索断面的位置选择,应符合 SL 443 的规定。

D.4 测验方案布置

D.4.1 除河床稳定的断面外,每次流量测验应同时进行水道断面测量。当出现特殊水情且测量水深有困难时,可在测流后水情较稳定的时期进行。测深垂线的布设,宜控制河床变化转折点并适当均匀分布。

D.4.2 根据本站桥梁类型、墩型、孔数及压缩比 (λ) 分别按高、中、低水的流速和断面形状等因素确定测速垂线布设方案。

孔数较多(大于 8 孔)的桥梁,可在桥测断面上按每孔对应于孔中央位置处布设一条测速垂线。孔数较少的桥梁,可每孔布设 2~3 条测速垂线,垂线位置宜对称于孔中央线。

桥墩两侧水流湍激强烈的 1m 范围内,不得布置测速垂线。在离墩侧 1~4m 内布置测速垂线时,应根据实测资料分析确定布线位置。

桥测断面形状复杂时,可于控制性位置增设测速垂线。

D.4.3 正常情况下,在 0.2、0.8 相对水深处采用两点法测速。

遇有特殊原因不能用两点法测速时,可于 0.2 相对水深处采用一点法测速,但应由实测资料分析垂线平均流速系数。

当用于垂线平均流速系数的分析或其他专门需要时,可根据具体要求采用多点法测速。

面上布设水尺时,可通过试验比较确定适宜的水尺断面位置(宜自桥前附近至上游壅水范围外,选择数处合适的断面设立水尺,同步观测水位,经过试验资料分析比较,选择水位代表性较好、水位与流量关系较为稳定合理者作为测流断面水尺)。新建桥上测流站的测流断面水尺可兼作基本水尺。已设基本水尺的桥上测流站,经过资料分析,确认测流断面的水位流量关系较好时,可按 GB/T 50138 的有关规定将基本水尺迁移至测流断面处。

D.3.2 选择桥测断面应力求减少桥墩阻水所造成的剧烈壅水和乱流紊动影响。宜选在墩上游布设测流断面。具体位置应结合本站流速变幅、桥墩类型、桥梁孔数、流量改正系数、桥测设备等因素综合分析确定,并按下列公式对压缩比及单次流量改正系数进行分析:

分析桥梁孔数与选择桥测断面位置的关系,应考虑压缩比的影响,并按式 (D.1) 计算:

$$\lambda = \frac{\sum \delta_i}{B} \quad (\text{D.1})$$

式中:

λ ——压缩比;

δ_i ——单个桥墩的厚度或直径, m;

B ——桥梁设计洪水位的水面宽度, m。

单次流量改正系数可按式 (D.2) 分析计算:

$$K_i = \left(\frac{Q_{0i}}{Q_i} \right) \quad (\text{D.2})$$

式中:

K_i ——第 i 次流量改正系数;

Q_{0i} ——第 i 次船(缆道)测流量, m^3/s 。

Q_i ——第 i 次桥测流量, m^3/s 。

D.3.3 当出现特大洪水超过桥梁设计高程或流速超出桥测设备测洪能力时,可选用比降—面积法作为抢测洪水的补救措施,比降上、下断面均应设在桥测断面的上游。比降下断面宜设在上游壅水影响范围以外,比降上断面的位置应按 GB/T 50138 的有关规定设置。

D.3.4 当桥测断面的水深、流速均较大,且不能有效地控制测深测速悬索偏角时,可在桥测断面上游设置简易拉偏缆索。拉偏缆索断面的位置选择,应符合 SL 443 的规定。

D.4 测验方案布置

D.4.1 除河床稳定的断面外,每次流量测验应同时进行水道断面测量。当出现特殊水情且测量水深有困难时,可在测流后水情较稳定的时期进行。测深垂线的布设,宜控制河床变化转折点并适当均匀分布。

D.4.2 根据本站桥梁类型、墩型、孔数及压缩比 (λ) 分别按高、中、低水的流速和断面形状等因素确定测速垂线布设方案。

孔数较多(大于 8 孔)的桥梁,可在桥测断面上按每孔对应于孔中央位置处布设一条测速垂线。孔数较少的桥梁,可每孔布设 2~3 条测速垂线,垂线位置宜对称于孔中央线。

桥墩两侧水流湍激强烈的 1m 范围内,不得布置测速垂线。在离墩侧 1~4m 内布置测速垂线时,应根据实测资料分析确定布线位置。

桥测断面形状复杂时,可于控制性位置增设测速垂线。

D.4.3 正常情况下,在 0.2、0.8 相对水深处采用两点法测速。

遇有特殊原因不能用两点法测速时,可于 0.2 相对水深处采用一点法测速,但应由实测资料分析垂线平均流速系数。

当用于垂线平均流速系数的分析或其他专门需要时,可根据具体要求采用多点法测速。

的规定。

D.7.2 水位流量关系定线精度，应符合第4章的规定。

D.7.3 应通过下列方式消除或控制误差来源：

- a) 避开或减小桥墩对水流的急剧影响。桥上测流断面离桥墩端上游的距离，应根据试验资料分析确定，或参照类似水流条件和墩型的试验成果确定。
- b) 测速垂线的布设宜在建站初期选取典型桥孔（是指当桥位与水流成正交时，选取中墩桥孔和近岸边桥孔；如果桥位与水流成斜交，还应考虑因斜交造成桥孔水流差异的影响，其他特殊情况下的重大影响因素，均应加以考虑，最后综合各项因素选取典型桥孔），加密测速垂线（当桥梁的孔数较少时，测流的测速垂线数可每孔布设2~3条，但测速垂线的布设位置要由加密测速垂线后优化“组合”分析确定，因此，对典型桥孔布设测速垂线的加密数，可根据桥孔单跨宽度及流速横向分布的不均匀程度综合考虑，每孔可布设测速垂线9~13条），经抽样计算分析后再确定垂线位置。
- c) 未经试验，不宜采用常规的0.6相对水深一点法测速。
- d) 可加重铅鱼重量并选用优化铅鱼体形以减少偏角。当河面不太宽，条件允许时，可采用拉偏缆索校正测点位置。

附录 E
(规范性附录)
电波流速仪测流

E.1 本标准所指电波流速仪(又称雷达流速仪)的测速基本原理是基于多普勒效应。仪器向水面发射一定频率的电磁波(雷达波),通过检测被水面反射回来的回波频移的大小,由处理器解算水面流速的大小,其测速原理示意图 E.1。

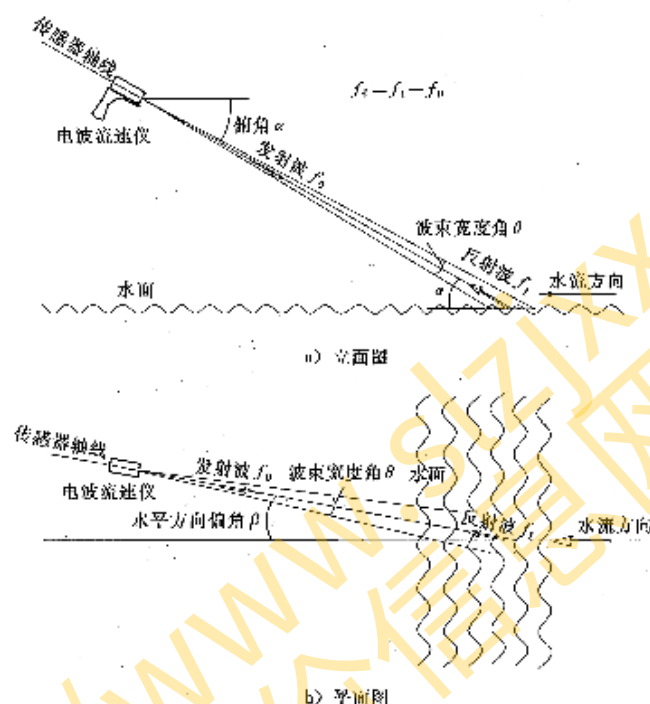


图 E.1 电波流速仪测速示意

电波流速仪流速计算的基本原理见式 (E.1)。实际应用中,仪器发射和接收传感器轴线与水面及流向存在夹角,倾斜改正后的流速计算见式 (E.2),水平方向改正后的流速计算见式 (E.3)。

$$V_u = \frac{f_d}{2f_0} c \quad (\text{E.1})$$

$$V_1 = \frac{f_d}{2f_0 \cos \alpha} c \quad (\text{E.2})$$

$$V = \frac{V_1}{\cos \beta} \quad (\text{E.3})$$

式中:

f_d ——反射波的频率偏移, Hz;

f_0 ——发射波频率, Hz;

c ——电磁波速, m/s;

α ——俯角;

β ——水平方向偏角,即传感器轴线与水流方向的夹角;

V_u ——传感器感知的流速, m/s, 逆流为测量为正, 顺流为测量为负;

V_1 ——俯角改正后的流速, m/s;

V ——俯角、水平方向偏角均改正后的流速, m/s。

E.2 电波流速仪分为人工测速、自动测速和自动扫描式三种。

人工测速的电波流速仪（如手持式电波流速仪）需要人为操作，一次仅测量水面某一点流速。

自动测速的电波流速仪能安装在某一固定点，长期自动测记仪器对准处的水面流速。

自动扫描式的电波流速仪可以固定安装在岸上、车上和直升机上自动扫描测量水面流速。

E.3 选配电波流速仪，测速历时宜可调。

宜选择输出功率大、测速范围宽、环境适应性好、工作性能稳定可靠的仪器，并根据水面流速特点兼顾波束宽度和回波范围的适应性需求。

手持式电波流速仪宜选择能自动测量俯角、水平角的仪器，无自动角度改正功能的在线监测的定点式仪器可由外接装置测定水平角、俯角。

用于在线监测的仪器应带有数据传输接口及传输电缆，数据通信协议宜与 RTU 一致或兼容。

E.4 当遇下列情况时，可采用电波流速仪测流：

- 常规转子式流速仪法或水面浮标法测流设施、设备发生故障，不能正常使用，或流速超过转子式流速仪法的使用范围。
- 水面、水内漂浮物太多或风浪太大，无法采用转子式流速仪法或水面浮标法施测流量。
- 水深小、流速大的断面的测流。
- 水位涨落变化急剧，常规测验方法难以满足时效性和代表性要求。
- 洪水期含沙量较大，无法采用转子式流速仪法、声学多普勒剖面流速仪法或其他方法测流。
- 断面稳定、航行船只少。

E.5 采用自动测速的电波流速仪在线监测，应满足下列条件：

- 断面稳定，且河段上下游断面基本一致、无收缩扩展现象。
- 固定水面测点水面流速具有较好的代表性、稳定性。
- 被测水面流速宜大于 0.50m/s 。
- 其流量精度满足 7.2.8 的规定。

E.6 人工测速的电波流速仪宜架设在桥梁或稳定的水文吊箱上，正对水流测速，使其波束线与水面的夹角不超出仪器测量的俯角允许值范围。手持式电波流速仪一般只需手持对准水面就可测速，用三角架安装仪器可使流速测量值更稳定。

自动测速的电波流速仪以桥梁、水文缆道或其他跨河设施为测验平台。当需要长期自动测量某点水面流速（如在线监测），宜固定安装在桥梁或稳固的跨河设施上，可在一个断面安装多部仪器。仪器应安装牢固，安装高度应在历年最高洪水位以上，且应确保传感器在各级水位能可靠接收回波信号。当需要用一部仪器施测多个位置的水面流速时可将仪器固定在水文吊箱（铅鱼）或简易水文缆道上进行移动定点测量。

扫描式的电波流速仪宜固定安装在桥梁、简易跨河设施、车辆或直升机上进行水面流速自动测量。

E.7 用电波流速仪测量值计算垂线平均流速的水面一点法垂线平均流速系数宜使用转子式流速仪法进行比测率定，率定困难的，可借用 GB 50179 中的水面浮标系数，或借用临近站或相似站的系数。

E.8 电波流速仪测量误差主要包括风力误差、波速发散误差、干扰误差、人为操作误差。应采取下列措施将其消除或控制在最低限度内：

- 操作人员应充分了解仪器性能，熟练掌握操作规程，努力减少人为误差。
- 对测速历时可调的仪器，应经试验确定应用测速历时、流速平均采用的数据个数，消除或减小水面流速脉动影响，并以 3 倍标准差作为临界值，剔除实测成果中的数据。
- 仪器离水面距离应符合仪器安装要求，传感器轴线在水平方向上与流向的夹角不宜超过 30° ，俯角宜在 $22^\circ\sim 45^\circ$ 之间，以减小回波信号衰减及“噪声”干扰引起的误差。
- 风速风向对水面流速影响显著时，应分析误差并建立模型对流速进行修正。
- 宜选择流速较大的断面测速，以减小流速测量的相对误差。

附录 F
(规范性附录)
超声波时差法测流

F.1 超声波时差法利用超声波在顺、逆水中传播时间的差异来反映流速的变化,测流原理示意图 F.1。

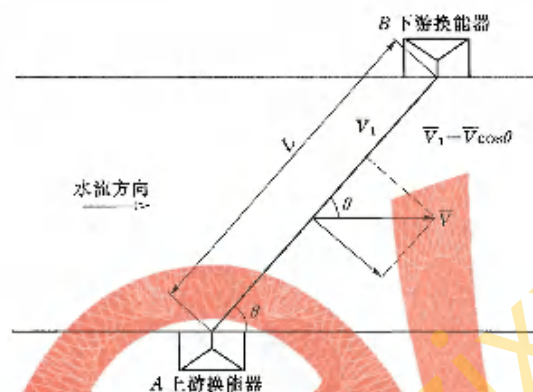


图 F.1 超声波时差法测速示意

图中在 A、B 两点安装一对电声可逆换能器, AB 连线与水流方向成一夹角 θ , 上游换能器 A 发射超声波, 下游换能器 B 接收, 称顺发; 反之, 下游换能器 B 发射, 上游换能器 A 接收, 称逆发。顺发传播时间 t_{AB} 由式 (F.1) 计算, 逆发传播时间 t_{BA} 由式 (F.2) 计算。

$$t_{AB} = \frac{L}{C + V \cos \theta} \quad (\text{F.1})$$

$$t_{BA} = \frac{L}{C - V \cos \theta} \quad (\text{F.2})$$

式中:

$\bar{V}$ ——垂直于测流断面的水层平均流速, m/s;

C ——超声波在静水中的传播速度, m/s;

L ——两换能器之间的距离, m;

t_{AB} ——两换能器之间顺发传播时间, s;

t_{BA} ——两换能器之间逆发传播时间, s;

θ ——两换能器之间连线与水流方向夹角。

超声波发射接收时间短, 水温以及超声波在静水中的传播速度 C 可认为不变。水流速度可按式 (F.3) 计算:

$$\bar{V} = \frac{L}{2 \cos \theta} \times \left(\frac{1}{t_{AB}} - \frac{1}{t_{BA}} \right) \quad (\text{F.3})$$

F.2 超声波时差法流量计由声学换能器、岸上测流控制器、信号电缆、电源组成。根据河流情况和测流要求, 超声波时差法流量计采用不同工作模式进行测流, 各模式设备构成及功能如下:

- a) 单声道工作模式在河两岸各安装一个换能器, 只能测量断面平均流速, 适用于河流流速和断面基本垂直的河段和流向比较稳定或流向因素不重要的测流断面。
- b) 交叉声道工作模式设置两个交叉声道, 即两岸各安装两个换能器, 用两个声道测出平均流速和主流向。适用于流速不完全平行于河岸和流向不稳定或流向因素较重要的测流断面。
- c) 响应工作模式不需要架设跨河信号电缆, 特别适用于通航河流和较大河流。
- d) 多层声道工作模式在不同水深布设两层 (或更多) 测速声道, 测得多层水层平均流速, 以此

来计算断面平均流速，或用来计算部分水层流量，适用于水位变化较大、水深较深、流态复杂、流量测量要求高的断面。

- e) 反射工作模式的布置类似于响应工作模式，但在对岸只有一个简单的声波反射体，没有复杂的仪器，不用电源，更不需要用过河电缆与上岸相连。只能适用于小河和渠道。
- f) 双声程工作模式是仪器的一种特殊测速功能，它的配置和单声道工作模式基本一致，它能测到两个声程各自的平均流速。

F.3 换能器应安装在河流上、下游两岸水下一定深度的固定桩端或桩腿上，也可安装在两岸的专用斜轨上，宜使两个换能器连线与横断面夹角成 45° 。

换能器水下固定深度由高、中、低水位级的流量比测资料率定确定。

漂浮物较多或航运河段，宜安装换能器保护装置。

控制器安装在室内或仪器棚内，安装要求与一般仪器相同。

F.4 设备安装后，在正式投产前应进行现场流量比测率定，建立测得的流速、断面面积和实际断面平均流速、流量之间的关系。

F.5 超声波时差法主要使用条件如下：

- a) 测验河段稳定，断面规则整齐，无急流旋涡，无冲淤。
- b) 水流平稳，无流向偏角。换能器之间连线与水流方向夹角 θ 为 45° 。对有流向偏角的断面，应采用交叉声道方式。
- c) 水流含沙量不宜过大，宜选择不受水草影响的河段。含沙量过大将影响超声波时差法测流的性能。在水草多的河段，水草释放的气泡将影响超声波的传播。
- d) 由于换能器安装在水下，应不定期地检查水下载传感器的安装、朝向，检查振动面是否有沉积物和附着物。

标准历次版本编写者信息

SL 195—97

本标准主编单位：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

湖南省水文水资源局

四川省水文水资源勘测局

吉林省水文总站

广西壮族自治区水文水资源局

河海大学

南京水文水资源研究所

本标准主要起草人：陈松生 朱晓原 刘东生 王志毅 赵伯良 张佑民 林传真 田桦东
刘少华

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水电专业为基础、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，迄今已经出版近四万种、数亿余册（套、盒）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、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、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 电子邮件：wdh@waterpub.com.cn

副 主 任：陈 昊 010-68545981 电子邮件：hero@waterpub.com.cn

主任助理：王 启 010-68545982 电子邮件：wqi@waterpub.com.cn

责任编辑：王丹阳 010-68545974 电子邮件：wdy@waterpub.com.cn

章思洁 010-68545995 电子邮件：zsj@waterpub.com.cn

覃 薇 010-68545889 电子邮件：qwci@waterpub.com.cn

刘媛媛 010-68545948 电子邮件：lyuan@waterpub.com.cn

赵 智 010-68545622 电子邮件：zz@waterpub.com.cn

传 真：010-68317913