

ICS 17.120
P 12

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL337—2006

声学多普勒流量测验规范

**Code for discharge measurement of
acoustic Doppler current**

2006-04-24 发布

2006-07-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

https://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

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

2006 年第 1 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），
各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局；

中华人民共和国水利部批准以下 7 项标准为水利行业标准，
现予以公告（见附件）。

二〇〇六年四月二十四日

<http://www.sizjxx.com>
水利造价信息网

附件

序号	标准编号	标准名称	替代标准号	发布日期 (年.月.日)	实施日期 (年.月.日)
1	SL 06—2006	水文测验 铅鱼	SL 06—1989	2006.04.24	2006.07.01
2	SL 07—2006	悬移质泥沙 采样器	SL 07—1989 和 SL 08—1989	2006.04.24	2006.07.01
3	SL 108—2006	水文仪器及 水利水文自动 化系统型号命 名方法	SL/T 108—1995	2006.04.24	2006.07.01
4	SL 337—2006	声学多普勒 流量测验规范		2006.04.24	2006.07.01
5	SL 338—2006	水文测船测 验规范	SD 185—1985	2006.04.24	2006.07.01
6	SL 339—2006	水库水文泥 沙观测规范		2006.04.24	2006.07.01
7	SL 340—2006	流速流量记 录仪		2006.04.24	2006.07.01

前 言

根据水利部水利行业标准制定计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求，编制《声学多普勒流量测验规范》。

本标准共7章79条和4个附录，主要技术内容有：

- 声学多普勒流量测验要求；
- 声学多普勒流速仪安装方法；
- 走航式声学多普勒流量测验方法及规定；
- 定点式声学多普勒流量测验方法及规定；
- 流量测验误差分析及精度控制；
- 仪器检查与保养规定。

本标准为全文推荐。

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：水利部长江水利委员会水文局

本标准参编单位：水利部黄河水利委员会水文局

水利部珠江水利委员会水文局

广东省水文水资源勘测局

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：刘东生 金兴平 朱晓原 周凤珍

魏进春 李 平 叶德旭 蒋建平

胡国栋 高 健 田 淳 姚章明

郑国贤 王志毅 黄双喜 张留柱

原金勇 宋政峰 田永利

本标准审查会议技术负责人：姚永熙

本标准体例格式审查人：曹 阳

目 次

1	总则	6
2	声学多普勒流量测验总体要求	7
2.1	走航式流量测验的要求	7
2.2	定点式流量测验的要求	7
2.3	操作的要求	8
3	声学多普勒流速仪的安装	10
3.1	走航式声学多普勒流速仪的安装	10
3.2	定点式声学多普勒流速仪的安装	11
4	走航式声学多普勒流量测验	12
4.1	准备工作	12
4.2	现场操作	12
4.3	流量测验	14
4.4	流速流向测验	15
4.5	流量测验文件编制和存档	15
5	定点声学多普勒流速仪流量测验	18
5.1	船测多线法流量测验	18
5.2	垂向代表线和横向流量测验	18
6	流量测验误差来源及精度控制	19
6.1	声学多普勒流速仪流量测验误差来源	19
6.2	声学多普勒流速仪流量测验精度要求	20
7	声学多普勒流速仪检查与保养	22
附录 A	声学多普勒流速仪专用名词	24
附录 B	测验成果记载表格式	26
附录 C	走航式声学多普勒单次流量计算方法	30
附录 D	声学多普勒流量测验比测分析报告编写要求	33
	标准用词说明	35

1 总 则

1.0.1 为统一声学多普勒流量测验与分析计算等方面的技术要求，规范其在水文资料收集中的应用，保证测验成果精度，满足水文资料整编要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于天然河流、湖泊、水库、人工河渠、受潮汐影响或水工程调节影响河段的水文测验、调查及其资料分析整理、整编等。

1.0.3 声学多普勒流速仪在本标准中指剖面式的，按用途和安装方式可分为走航式和定点式两大类。声学多普勒点流速仪的测验技术要求，可参照《河流流量测验规范》(GB 50179—93)执行。声学多普勒流速仪专用名词见附录 A。

1.0.4 采用声学多普勒流速仪进行测验的水文站，应通过比测试验分析，并经流域机构或省级水文管理部门审查批准后方可投入使用。

1.0.5 本标准引用的主要标准有：

《河流流量测验规范》(GB 50179—93)

《水文巡测规范》(SL 195—97)

《水文资料整编规范》(SL 247—1999)

1.0.6 利用声学多普勒流速仪进行流量测验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 声学多普勒流量测验总体要求

2.1 走航式流量测验的要求

2.1.1 走航式流量测验，应根据所测断面的水深、流速和含沙量等情况选用合适频率的声学多普勒流速仪。

2.1.2 走航式流量测验的测验断面选择、流量测次布置应符合 GB 50179—93 的要求。

2.1.3 可根据需要，确定是否外接全球定位系统 (GPS)、外部罗经、测深仪。外接设备的刷新频率或采样频率宜大于声学多普勒流速仪流量测验的采样频率。外接设备应按各自产品标准中规定的率定 (校准) 周期进行率定 (校准)，并应符合下列规定：

- 1 GPS 应能提供定位精度在亚米级以上的实时数据。
- 2 外部罗经的测角分辨率应不大于 1.5° 。
- 3 测深仪的工作频率不应与声学多普勒流速仪形成同频干扰。

2.1.4 声学多普勒流速仪入水深度应记至 0.01 m。

2.1.5 水边距离可用标尺或电子测量装置测量。外接 GPS 时，可根据测船起点、终点位置，利用测流断面成果计算水边距离。

2.1.6 在测验前应根据断面情况、可能最大流速、测船动力情况和测验要求设置声学多普勒流速仪参数。

2.2 定点式流量测验的要求

2.2.1 定点式流量测验，应根据所测断面的河宽、水深、流速和含沙量等情况选用合适的声学多普勒流速仪。

2.2.2 垂向代表线法流量测验可采用俯视式测流和仰视式测流两种方法：

- 1 俯视测流宜将仪器安装在测船、浮标或平台上。
- 2 仰视测流宜将仪器安装在河底的基座上。

2.2.3 垂向代表线法流量测验的技术要求应符合下列规定：

1 船测多线法测流，流量测次安排、测流垂线数目及垂线位置的选择，应满足 **GB 50179—93** 的要求。

2 垂向代表线法流量测验，代表线的数量、布置位置应通过试验优化确定。优化关系曲线或模型宜满足整编精度要求。

3 采用垂向代表线法，声学多普勒流速仪应布置在断面上。

4 垂向代表线法测速频次可根据水情变化情况、模型推流的需要确定。

5 应适当安排水道断面的测量次数，以减少借用断面带来的误差。

2.2.4 横向流量测验是将声学多普勒流速仪水平安装，测量水平方向的流速分布。横向流量测验宜将仪器安装在河岸、渠道侧壁或其他建筑物侧壁上。

2.2.5 横向流量测验应符合下列规定：

1 横向流量测验时，声学多普勒流速仪的安装位置应通过试验优化确定，优化关系曲线或模型宜满足整编精度要求。

2 声学多普勒流速仪的安装应使其中心轴线与测流断面平行。

3 横向测速频次可根据水情变化情况、模型推流的需要确定。

4 应适当安排水道断面的测量次数，以减少借用断面带来的误差。

2.2.6 根据试验资料确定的相关关系或模型应进行校测，校测的样本数应不少于 **10** 次。当校测点明显偏离原率定相关关系时，应及时加密校测测次，以满足重新率定相关关系。校测结果宜用统计检验法进行检验。当原相关关系与校测样本有显著性差异时，应重新进行试验并率定相关关系。

2.3 操作的要求

2.3.1 采用声学多普勒流速仪进行流量测验，操作人员应经过

培训，并符合下列规定：

- 1 应熟悉声学多普勒流速仪设备使用技术手册。
 - 2 应能熟练使用厂家提供的自检程序对声学多普勒流速仪设备进行检验。
 - 3 应根据测验水域水文泥沙特性对声学多普勒流速仪设备的各项系统参数进行优化设置。
 - 4 应能对流量测验成果的合理性进行检查。
 - 5 应熟悉资料备份及存储管理。
 - 6 应熟悉仪器的安装、拆卸，掌握常见故障的排除等。
- 2.3.2** 船舶驾驶员应熟悉测验断面附近河流的水深、水流情况，能根据流速、流向情况等确定适当的航速，并根据导航系统或断面标识，保持测船沿预定断面航行。

3 声学多普勒流速仪的安装

3.1 走航式声学多普勒流速仪的安装

3.1.1 安装支架应符合下列规定：

1 设计应以结构简单、操作方便、升降转动灵活、安全可靠为原则。

2 应根据所使用仪器的结构特点专门设计、定制安装支架，或直接使用仪器生产商提供的配套支架。

3 应采用防锈、防腐蚀能力强，重量轻，强度大的非磁性材料制作。

4 结构应牢固稳定，不因水流冲击或测船航行等原因导致倾斜。

5 宜配置仪器探头保护装置。

3.1.2 声学多普勒流速仪可安装在船头、船舷的一侧或穿透船体的竖井内，并应符合下列规定：

1 声学多普勒流速仪安装位置离船舷的距离，木质测船宜大于**0.5m**，铁磁质测船宜大于**1.0m**。

2 仪器探头的入水深度，应根据测船航行速度、水流速度、水面波浪大小、测船吃水深度、船底形状等因素综合考虑，使探头在整个测验过程中始终不会露出水面。入水后，应保证船体不会妨碍信号的发射和接收。

3 铁磁质测船竖井内安装时，应外接罗经。

3.1.3 垂直方向，应保证仪器纵轴垂直，呈自然悬垂状态；水平方向，应使仪器探头上的方向标识箭头与船体纵轴线平行。

3.1.4 在仪器安装过程中，应防止碰撞仪器的探头表面。仪器应安装牢固。

3.1.5 信号线、电源线正确连接后方可通电工作。

3.1.6 外接设备的安装应符合下列规定：

1 **GPS** 天线宜安装在声学多普勒流速仪正上方平面位置**1m**以内。

2 外部罗经的安装指向应与船艏方向一致。当为磁罗经时，安装位置离船上任何铁磁性物体的距离应不小于**1.0m**。

3 测深仪换能器宜垂向安装在声学多普勒流速仪同侧，测量过程中换能器不应露出水面。

3.1.7 成套走航设备可根据产品说明书的要求进行安装。

3.2 定点式声学多普勒流速仪的安装

3.2.1 船测多线法流量测验，声学多普勒流速仪的安装应符合**3.1**的有关规定。

3.2.2 定点式安装基座应符合下列规定：

1 安装基座的设计应方便声学多普勒流速仪的安装维护。

2 垂向代表线法流量测验，声学多普勒流速仪可安装在水下基座或锚定的水面浮标上，基座应具备保持声学多普勒流速仪处于垂直状态的可调整装置。

3 水平方式流量测验，仪器可安装在河岸、桥墩或其他建筑物侧壁上，并保证换能器处于水平状态。仪器安装的高度宜通过分析确定。

3.2.3 采用定点方式进行流量测验，信号线、电源线的连接处应采取水密措施。

4 走航式声学多普勒流量测验

4.1 准备工作

4.1.1 根据断面河床、水流、泥沙特性和测船，准备必要的外接设备。外接设备包括外部罗经、回声测深仪、GPS等。

4.1.2 声学多普勒流速仪安装使用前应按下列规定进行预检：

- 1 仪器是否有污损、变形等。
- 2 供电系统输出的交流电压、直流电压是否符合仪器标称要求。
- 3 使用外部设备时，应检查相应设备运转情况是否正常。
- 4 使用的电缆和插接件应逐一清点，应备有足够的备件。

4.2 现场操作

4.2.1 声学多普勒流速仪安装完成后，应对所有电缆、电路的连接进行检查。

4.2.2 测前应对声学多普勒流速仪进行自检，并记录自检结果。

4.2.3 声学多普勒流速仪宜安装在非铁磁物质的测船上进行测验。对于铁磁物质测船，应安装外部罗经。

4.2.4 测流断面有底沙运动时，应采用GPS测量船速。

4.2.5 在底跟踪可能失效时，应调整参数进行试测；测不到最大水深时，应配置测深仪测深。

4.2.6 测验前，应对使用的罗经（外部罗经或内部罗经）进行校验。

4.2.7 每次测验前，应根据现场条件按以下要求对仪器参数进行设置：

1 深度单元尺寸应不小于设备允许的下限，深度单元数不超过设备允许的上限，同时深度单元尺寸与深度单元数的乘积不应小于所测断面的最大水深。

2 每个数据组水跟踪脉冲采样数和底跟踪脉冲采样数（或

脉冲时间间隔)可根据断面宽窄、水深大小进行设置。

- 3 应根据断面形状、水深大小情况选择合适的工作模式。
- 4 盲区的设置应不小于厂商推荐的最小盲区。
- 5 换能器入水深度应根据实际测量值设置。
- 6 对水体含盐度较高的断面,应设置修正声速的盐度值。
- 7 配置文件应与原始数据文件储存在计算机的同一个文件目录内。

4.2.8 数据采集前,断面位置、测量日期、设备、配置文件和测量软件版本等信息应在声学多普勒流速仪测验记载表中记录。有关测验成果记载表见附录 B。

4.2.9 测船应沿预定断面航行,船舶不应有大幅度摆动。测船横渡速度宜接近或略小于水流速度。

4.2.10 测量时,测船应从断面下游驶入断面,在接近起点位置时,航行速度沿断面保持正常速度,直至终点。

4.2.11 每半测回测量,均应记录航次、横渡方向、左/右水边距离、原始数据文件名等信息。

4.2.12 应选择合适的外推方法(常数或指数方法等),估算上、下盲区流量。

4.2.13 岸边流量的估算,应正确选用岸边流速系数。岸边流速系数可通过比测确定,或根据断面形状按照表 4.2.13 确定。

表 4.2.13 岸边流速系数 α 值

岸 边 情 况		α 值
水深均匀地变浅至零的斜坡岸边		0.67~0.75
陡岸边	不平整	0.8
	光滑	0.9
死水与流水交界处的死水边		0.6

4.2.14 实测流量的相应水位计算应符合 GB 50179—93 的规定。

4.2.15 断面流量应包括直接测出的部分流量、岸边流量及上下盲区流量。计算方法见附录 C。

4.2.16 在测验结束后应对测验情况及结果进行评价：

1 应按软件“回放”模式对每组原始数据进行审查，保证数据的完整性、正确性以及参数设置的合理性。

2 应计算实测区域占整个断面的百分率（代表测验的完整性），记录诸如湍流、涡流、逆流和仪器与铁磁物体的靠近程度等可能影响测量结果的现场因素，以此来评价流量测量的质量。

3 应计算所测流量的算术平均值、每半测回流量值与平均值的偏差。如果最大偏差大于**5%**，应根据水情变化情况和测验过程进行分析，并按下列不同原因进行处理：

- 1) 属仪器安装、参数设置不当等原因，且不能进行有效校正的，应重新测验；
- 2) 属水情涨落变化快的，可用一个测回的实测流量计算平均值；
- 3) 水情平稳，且原因不能准确分析的，可增加一个测回，计算实测流量值最接近的连续**2**个测回的平均值；
- 4) 采用上述方法进行处理，如果最大偏差仍然大于**5%**，应采用其他仪器或方法重新测验。

4.3 流量测验

4.3.1 流量相对稳定时，应进行两个测回断面流量测量，取均值作为实测流量值。

4.3.2（潮）流量在短时间内变化较大时，可适当减少测回。宜完成一个测回，特殊情况可只测半测回，但应作出说明。

4.3.3 潮汐河段上、下盲区的插补模型宜根据测验断面典型时刻流速沿垂线分布特征，确定合理的插补模型。

4.3.4 对于河口区宽阔断面，同一断面宜采用多台仪器分多个子断面同步测验的方案。

4.4 流速流向测验

4.4.1 流速流向测验应采用 GPS 或符合 GB 50179—93 要求的其他方法进行定位。

4.4.2 垂线流速流向测验时间应不少于 30s，以减少水流脉动引起的误差。

4.4.3 测点流速流向的计算应符合下列规定：

1 应将垂线各单元实测流速分解为东西方向与南北方向的速度分量。

2 应采用合适的流速分布公式拟合东西方向与南北方向的垂线流速分布。

3 应采用拟合的公式计算各测点流速流向。

4.4.4 垂线平均流速流向计算应符合下列规定：

1 可根据垂线各测点流速分别计算东西方向与南北方向平均流速分量，据以计算垂线平均流速流向。也可根据各单元实测东西方向与南北方向流速分量的算术平均值，计算垂线平均流速流向。

2 测点流速流向应按 4.4.3 计算。

3 垂线流速测点数目和位置可按 GB 50179—93 规定执行。

4.5 流量测验文件编制和存档

4.5.1 流量测验文件名的编制应由断面名和流水号组成。相应的 GPS、罗经及测深仪数据应按流量测验文件名流水号及类型编制。

4.5.2 测量成果整理应符合下列规定：

1 应对流量测验成果进行初步评价，内容按照 4.2.16 的要求执行。

2 系统设置、系统自检和流量测验总结文件应打印并附在现场记录表后保存。

3 应计算并整理实测流量成果，内容包括相应水位计算、

断面面积、水面宽、断面平均流速、最大测点流速、平均水深、最大水深等，并应符合下列规定：

- 1) 相应水位计算应符合 **GB 50179—93** 的规定。
- 2) 断面面积、水面宽采用各测回测验值的算术平均值。
- 3) 断面平均流速采用各半测回的算术平均值。每半测回的断面平均流速为所测流量除以所测断面面积。
- 4) 最大测点流速取每半测回最大值。每半测回的最大测点流速取各深度单元流速最大值。各深度单元流速采用含有 **30** 个脉冲的数据组滑动平均值。
- 5) 平均水深采用各半测回的算术平均值。每半测回的平均水深为所测面积除以所测水面宽。
- 6) 最大水深计算直接采用各半测回测验的水深最大值作为最大水深。
- 7) 实测流量成果表格式见附录 **B**。其中测验方法填写“走航式”。

4.5.3 流量测验成果应使用声学多普勒流速仪专用流量测验记录表进行记载。在处理声学多普勒流速仪测量值时，应仔细审查测量数据。测量数据可从下列几方面进行审查：

- 盲区设定是否正确；
- 声学多普勒流速仪深度设定是否正确；
- 盲区插补方法是否恰当；
- 深度单元数量是否适当；
- 其他参数设定是否正确；
- 有没有作底沙运动检测；
- 是否沿断面进行施测；
- 航速是否过快；
- 水边距离是否进行了测量；
- 罗经是否经过标定；
- GPS** 精度是否满足要求；
- 现场记录是否正确详细；

- 数据存档方法是否符合要求；
- 在需要摘录流速流向的垂线位置上是否有数据；
- 测回数是否满足要求；
- 各半测回流量测验值与平均值的最大偏差是否符合要求。

5 定点声学多普勒流速仪流量测验

5.1 船测多线法流量测验

5.1.1 船测多线法流量测验的测速垂线数目及位置应满足 **GB 50179—93** 的有关规定。

5.1.2 同一条垂线流速流向测验时间应不少于 **30s**，以减少水流脉动引起的误差。

5.1.3 盲区流速可采用指数流速分布、常数流速分布或经过率定的其他流速分布进行插补。岸边流量计算可按照 **4.2.13** 的规定方法进行计算。

5.1.4 可参照 **4.5.2** 的规定计算并整理实测流量成果表（格式见附录 **B**）。

5.2 垂向代表线和横向流量测验

5.2.1 垂向代表线法流量测验采用的代表线数目及位置应通过比测、分析确定。

5.2.2 流量测验相关关系的建立与使用应符合下列规定：

1 相关关系的建立应以仪器实测流速和实测断面平均流速为依据。

2 断面平均流速可用流速仪精测法或走航式声学多普勒流速仪测量。

3 应收集不同水位级的关系率定资料，分析各种情况下的相关关系。

4 各水流条件关系率定的样本数应大于 **30**。

5 定线精度指标应符合 **SL 247—1999** 要求。

6 应选取相关关系最优的关系线推算流量。

7 不同水情可采用不同的相关关系。

6 流量测验误差来源及精度控制

6.1 声学多普勒流速仪流量测验误差来源

6.1.1 走航式流量测验误差来源，应包括下列各项内容：

- 船速测量误差；
- 仪器安装偏角产生的误差；
- 流速脉动引起的流速测量误差；
- 水位、水深、水边距离测量误差；
- 采用流速分布经验公式进行盲区流速插补产生的误差；
- 仪器入水深度测量误差；
- 水位涨落率大时，相对的测流历时较长所引起的流量误差；
- 仪器检定误差。

6.1.2 垂向代表线法流量测验误差来源，应包括下列各项内容：

- 水位、水深测量误差；
- 流速脉动引起的垂线流速测量误差；
- 实测流速与断面平均流速的关系误差；
- 借用断面面积与断面实际面积之间的误差；
- 仪器检定误差。

6.1.3 横向流量测验误差来源，应包括下列各项内容：

- 水位测量误差；
- 流速脉动引起的流速测量误差；
- 实测流速与断面平均流速的关系误差；
- 借用断面面积与断面实际面积之间的误差；
- 横向流速实测区间的代表性误差；
- 仪器检定误差。

6.1.4 船测多线法流量测验误差来源，应包括下列各项内容：

- 水位、水深、起点距测量误差；

- 流速脉动引起的垂线流速测量误差；
- 水位涨落率大，相对的测流历时较长所引起的流量误差；
- 测速垂线数目不足导致的误差；
- 仪器检定误差。

6.2 声学多普勒流速仪流量测验精度要求

6.2.1 在投入使用前，应与转子式流速仪法资料进行对比分析，并编写分析报告。走航式流量测验分析报告格式、垂向代表线流量测验报告格式、横向流量测验报告格式见附录 D，船测多线法流量测验分析报告格式参照走航式的格式执行。比测分析报告应包括下列各项内容：

- 测验河段水文特性；
- 测站特征等测站基本概况；
- 试验内容与资料收集方法；
- 使用的仪器设备情况；
- 流量测验参数设置；
- 误差分析；
- 存在问题与解决办法；
- 申报使用范围、方式方法；
- 质量保证措施等。

6.2.2 流量测验中可能产生的误差，应采取措施将其消除或控制在最低限度内：

- 1 对噪声引起的流速误差和流速脉动引起的流速测量误差，宜采用含 30 个脉冲的数据组的平均值。
- 2 宜通过试验分析，选取合适的垂线经验公式进行盲区流速插补。
- 3 应执行有关测深、测宽的技术规定，并经常对测深、测宽设备进行检查和校准。
- 4 声学多普勒流速仪应定期进行校准。

6.2.3 对驻测站采用走航式、船测多线法流量测验，其测验精度应满足 **GB 50179—93** 的规定。单次流量测验允许误差指标应满足表 **6.2.3** 的指标要求。潮流量测验总不确定度应控制在 **10%~15%** 以内。系统误差应控制在 **±3%** 范围内。

表 **6.2.3** 单次流量测验允许误差 单位：**%**

测站类别	水位级	总随机不确定度	系统误差
一类精度水文站	高	5	-2~1
	中	6	
	低	9	
二类精度水文站	高	6	-2~1
	中	7	
	低	10	
三类精度水文站	高	8	-2.5~1
	中	9	
	低	12	

6.2.4 对采用走航式、船测多线法流量测验的巡测站和采用垂向代表线法、横向法的自动监测站，其流量测验精度应满足 **SL 195—97** 的规定。

7 声学多普勒流速仪检查与保养

7.0.1 每次测量结束后应对声学多普勒流速仪进行检查。

7.0.2 应根据需要及时进行系统软件升级与硬件维护。较大的硬件、软件升级应进行必要的比测。

7.0.3 每年应在汛前定期对声学多普勒流速仪进行一次全面系统的检查，包括仪器设备检修和精度检测两部分。

7.0.4 仪器设备检修应包括探头检查、防腐蚀部件检查、电缆（信号）线检查，并应符合下列规定：

1 探头表面有附着物时，应用光滑的软布蘸清水小心拭去；有明显的裂痕或较深的划痕时，应检验是否影响测验精度。

2 防腐蚀部件腐蚀严重时，应更换新的部件。

3 电缆（信号）线破损、漏电时，应维修或更换。

7.0.5 仪器精度检测应符合下列规定：

1 应运行声学多普勒流速仪自检软件，测试各项功能并记录。

2 应与流速仪法比测。声学多普勒流速仪施测两个测回流量，其算术平均值作为声学多普勒流速仪测得的一次流量，将该流量与流速仪常测法测得的流量相比较，结果偏差在 $\pm 5\%$ 范围内时，仪器可继续使用，若超过上述偏差，应分析查明原因。

3 对需要施测流速流向的测站，应进行流速流向比测。用流速流向仪施测断面流速大小范围内的 30 点以上的点流速、流向，每点历时 100s；用声学多普勒流速仪在相同位置定点施测流速流向，历时 30s。当流速比测结果的相对系统误差在 $\pm 1\%$ 以内，且随机不确定度不超过 3.0%时，流速比测合格。当流向偏差 $\leq 5^\circ$ 时，流向比测合格。当比测条件比较差时，流速比测的相对系统误差可放宽到 $\pm 1.5\%$ 以内，随机不确定度可放宽到 5.0%，流向偏差可放宽到 $\pm 10^\circ$ 。

4 测深精度比测可采用与测深仪同步测验断面，并比较平均河底高程或平均水深。若存在系统误差，应进行校正。

7.0.6 声学多普勒流速仪的保养应符合下列规定：

1 声学多普勒流速仪每次使用后，应立即按仪器说明规定的方法，用清水冲洗仪器的换能器，供电系统按规定作好保养。

2 仪器的电缆线应放在专用箱中且保持自然状态，不应有扭曲变形。

3 仪器设备应放在通风干燥处，并应远离有腐蚀性的物质，仪器和设备上不应堆放重物。

4 仪器所有零件工具应随用随放原处，仪器说明书和档案表应存档。

5 野外作业时，应避免传感器长时间暴晒。

https://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

附录 A 声学多普勒流速仪专用名词

A.0.1 水跟踪 **water tracking**

声学多普勒流速仪发射声波，然后接收声波被水体中颗粒物反射的回波信号并据此测量水体（即水体中颗粒）相对于声学多普勒流速仪的运动。

A.0.2 底跟踪 **bottom tracking**

声学多普勒流速仪发射声波，然后接收声波被河底或海底反射的回波信号并据此测量河底或海底相对于声学多普勒流速仪的运动。

A.0.3 叩 **ping**

指声学多普勒流速仪一次采样的过程，包括准备、脉冲发射、回波接收、信号处理。

A.0.4 叩速率 **ping rate**

指声学多普勒流速仪在单位时间内进行叩采样的次数，以 Hz 表示。

A.0.5 叩集合 **ensemble**

多次叩 (**ping**) 的集合。声学多普勒流速仪输出的数据通常都是相应于叩集合的，即多次叩采样的平均值。

A.0.6 时间平均步长 **time-averaging interval**

相应于叩集合的采样时间或周期。在时间平均步长内的所有叩采样数据经过平均后输出。

A.0.7 盲区 **blanking distance**

靠近声学多普勒流速仪换能器一定的范围。在该范围内，声学多普勒流速仪不能提供有效测量数据。声学多普勒流速仪的换能器既是发射器也是接收器，两者交替进行工作。当压电陶瓷片受交流电激励产生振动发射声波后，压电陶瓷片会产生余震，要等到余震衰减完全后压电陶瓷片才能够正常接收回波信号。余震

衰减需要一点时间，这个时间乘以声速即为声学多普勒流速仪的盲区。

A.0.8 仰视 up-looking

声学多普勒流速仪换能器向上（如安装在河底上）称为仰视。

A.0.9 俯视 down-looking

声学多普勒流速仪换能器向下（如安装在调查船上）称为俯视。

A.0.10 深度单元 depth cell

声学多普勒流速仪在水深方向采用分层流速测量，实测流速是每一层（即单元）内流速的平均值。层的深度可以设置，剖面上的层即为深度单元。

A.0.11 测回 observation set

根据仪器或观测条件等因素的不同，统一规定的由数次观测组成的观测单元称为测回。本标准定义走航式测验，从某岸走航测至另一岸，然后从该岸走航测验至起始岸的两个航次的测验称为一个测回。一个航次称为半测回。

附录 B 测验成果记载表格式

表 B-1 _____站声学多普勒流速仪流量测验记载表

日期： 年 月 日		天气：		风力风向：			
流量测次：		测船：		计算机名：			
开始时间：		结束时间：		平均时间：			
流速仪型号：		固件版本：		软件版本：			
GPS型号：		罗经型号：		测深仪型号：			
数据文件路径：			配置文件名称：				
探头入水深： m	设置的盲区：	深度单元尺寸：	深度单元数：				
含盐度：	水跟踪脉冲数：	底跟踪脉冲数：	幂指数 \bar{b}				
测回	航向	水边距离 (m)		数据文件名	半测回流量 (m³/s)	测回平均流量 (m³/s)	备注
		L	R				
测 验 结 果							
测 验 项 目	测回 1		测回 2		测回 3		测次平均
	往测	返测	往测	返测	往测	返测	
断面流量(m³/s)							
断面面积(m²)							
平均流速(m/s)							
最大流速(m/s)							
平均水深(m)							
最大水深(m)							
水面宽(m)							
开始水位： m	结束水位： m	平均水位： m	相应水位： m				
备注：							

操作记录：

现场审查：

审定：

附录 C 走航式声学多普勒 单次流量计算方法

C.1 中部平均流量

C.1.1 每一微断面内中部平均流速由声学多普勒流速仪直接测出，其值为所有有效单元所测流速之平均。 x 方向分量由式 (C.1.1) 算出 (y 方向分量类似)：

$$V_{\text{中}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_{\text{中}} \quad (\text{C.1.1})$$

式中 $u_{\text{中}}$ ——单元 j 中所测的 x 方向流速分量。

C.1.2 对应于声学多普勒流速仪走航测量起点和终点之间断面的中部流量由式 (C.1.2) 给出：

$$\begin{aligned} Q_{\text{中}} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_j D_i \Delta t \\ &= \sum_{i=1}^n [(V_{\text{中}} V_{\text{中}} - V_{\text{中}} V_{\text{中}})] (Z_2 - Z_1)_i \Delta t \quad (\text{C.1.2}) \end{aligned}$$

C.2 岸边流量估算

C.2.1 近河岸两侧区域内流量的精确估算要求应正确选用岸边区形状系数和准确测量从岸边至每次断面流量测验的起点和止点的距离。如果采用五次或更多次的流速测量值，近河岸区流量估算值比较可靠。

C.2.2 对于岸边非实测区域，可以利用经验方法估算流速和流量：

1 岸边区域平均流速用式 (C.2.2-1) 计算：

$$V_{\text{岸}} = aV_{\text{中}} \quad (\text{C.2.2-1})$$

式中 $V_{\text{岸}}$ ——岸边区域平均流速；

$V_{\text{中}}$ ——起点微断面 (或终点微断面) 内的深度平均流速；

α ——岸边流速系数。

2 岸边流量由式 (C.2.2-2) 估算:

$$Q_{2b} = \alpha A_1 V_m \quad (\text{C.2.2-2})$$

式中 Q_{2b} ——岸边流量;

A_1 ——岸边区域面积。

C.3 上下盲区流量估算

C.3.1 上下盲区流量应选择正确的外推方法, 即可用幂函数流速剖面或常数流速剖面的假定来推算表层或底层平均流速及流量。

C.3.2 施测时, 应在测区选择具有代表性的位置采用流速流向仪按十一点法施测, 确定正确的外推方法和系数:

1 采用幂函数流速剖面方法时应符合下列规定:

1) 明渠均匀流流速在垂向上的分布可由式 (C.3.2-1) 计算流速:

$$\frac{u}{u_*} = 9.5 \left(\frac{z}{z_0} \right)^b \quad (\text{C.3.2-1})$$

式中 u ——离河底高度 z 处的流速;

u_* ——河底摩阻流速;

z_0 ——河底粗糙高度;

b ——经验常数 (通常取 $b=1/6$)。

2) 对应于声学多普勒流速仪走航测量起点和终点之间断面的表层流量由式 (C.3.2-2) 计算:

$$\begin{aligned} Q_T &= \sum_{j=1}^n \left[\frac{\Delta x D_0 (H^{2+1} - Z_0^{2+1})}{(Z_2^{2+1} - Z_1^{2+1})} \sum_{i=1}^m f_i \right]_j \\ &= \sum_{j=1}^n [(V_x V_y - V_x V_y)]_j (H - Z_0) \Delta x \end{aligned} \quad (\text{C.3.2-2})$$

3) 底层流量由式 (C.3.2-3) 算出:

$$Q_b = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\Delta x D_0 Z_0^{2+1}}{(Z_2^{2+1} - Z_1^{2+1})} \sum_{i=1}^m f_i \right]_j$$

$$= \sum_{i=1}^n [(V_{2i} V_{1y} - V_{1i} V_{2y})]_1(Z_i) \Delta z \quad (\text{C.3.2-3})$$

2 当逆流风、温度梯度、含盐量梯度造成剪切流速剖面时，可采用常数方法：

- 1) 常数流速剖面方法假定表层流速（或 f 值）为常数，其值等于第一个深度单元的流速（或 f 值）。则微断面内表层平均流速 x 方向分量按式（C.3.2-4）计算（ y 方向分量类似）：

$$V_x = u_{z,1st} \quad (\text{C.3.2-4})$$

- 2) 底层流速（或 f 值）也假定为常数，其值等于最后一个有效单元的流速（或 f 值）。则微断面内底层平均流速 x 方向分量按式（C.3.2-5）计算（ y 方向分量类似）：

$$V_x = u_{z,last} \quad (\text{C.3.2-5})$$

- 3) 对应于声学多普勒流速仪走航测量起点和终点之间断面的表层流量由式（C.3.2-6）算出：

$$Q_T = \sum_{i=1}^n [(u_{z,1st} V_{1y} - u_{y,1st} V_{1x})]_1(H - Z_2) \Delta z \quad (\text{C.3.2-6})$$

- 4) 类似地，底层流量由式（C.3.2-7）计算：

$$Q_b = \sum_{i=1}^n [(u_{z,last} V_{1y} - u_{y,last} V_{1x})]_1(Z_1) \Delta z \quad (\text{C.3.2-7})$$

附录 D 声学多普勒流量测验 比测分析报告编写要求

D.0.1 走航式流量测验比测报告应包含如下主要内容：

- 测站基本概况（包括测验河段水文特性、测站特征等）；
- 试验目的、内容与资料收集方法；
- 测船性质与仪器设备（包括外接设备型号、安装环境条件、测量精度和标定方法、成果）；
- 系统流量测验软件参数的选用依据与设置；
- 误差分析，包括：
 - A) 不同水位（流量）级条件下垂线流速比测方法与精度分析；
 - B) 不同水位（流量）级条件下断面流量比测方法与精度分析；
 - C) 岸边部分流量比测方法与精度分析；
 - D) 岸边流速系数变化与选用；
 - E) 垂线流速分布与插补模型（幂指数或常数）适用性。
- 存在问题与建议；
- 主要结论与申报生产应用范围；
- 质量保证体系等。

D.0.2 垂向代表线法流量测验比测报告应包含如下主要内容：

- 测站基本概况（包括测验河段水文特性、测站特征等）；
- 试验目的、内容与资料收集方法；
- 仪器设备情况（包括外接设备型号、安装环境条件、测量精度和标定方法、成果）；
- 系统流量测验软件参数的选用依据与设置；
- 实测流速与断面平均流速或流量的相关关系或模型；

- 误差分析，包括：
 - A) 相关关系或模型误差分析；
 - B) 断面冲淤变化引起的误差分析；
 - C) 垂线流速分布与插补模型（幂指数或常数）适应性。
 - 存在问题与建议；
 - 主要结论与申报生产应用范围；
 - 质量保证体系等。
- D.0.3 横向流量测验比测报告应包含如下主要内容：**
- 测站基本概况（包括测验河段水文特性、测站特征等）；
 - 试验目的、内容与资料收集方法；
 - 仪器设备情况（包括外接设备型号、安装环境条件、测量精度和标定方法、成果）；
 - 系统流量测验软件参数的选用依据与设置；
 - 实测流速与断面平均流速或流量的相关关系或模型；
 - 误差分析，包括：
 - A) 相关关系或模型误差分析；
 - B) 断面冲淤变化引起的误差分析。
 - 存在问题与建议；
 - 主要结论与申报生产应用范围；
 - 质量保证体系等。

标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

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	许 可
不必	不需要、不要求	