

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233—2016

替代 SL/T 233—1999

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test

2016-08-15 发布

2016-11-15 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
(水工与河工模型试验常用仪器校验方法)

2016 年第 28 号

中华人民共和国水利部批准《水工与河工模型试验常用仪器校验方法》(SL 233—2016) 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 | 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 | SL 233—2016 | SL/T 233 1999 | 2016. 8. 15 | 2016. 11. 15 |

水利部
2016 年 8 月 15 日

目 次

| | |
|--------------------|----|
| 前言 | v |
| 第1部分：总则 | 1 |
| 第2部分：跟踪式水位仪 | 9 |
| 第3部分：波高仪 | 17 |
| 第4部分：水压力测量系统 | 25 |
| 第5部分：拉压力测量系统 | 33 |
| 第6部分：旋浆流速仪 | 41 |
| 第7部分：声学多普勒流速仪（ADV） | 49 |
| 第8部分：量水堰 | 57 |
| 第9部分：电磁流量计 | 65 |
| 第10部分：超声流量计 | 73 |
| 第11部分：电阻式掺气浓度仪 | 81 |
| 第12部分：γ射线型掺气浓度仪 | 89 |
| 第13部分：光电测沙仪 | 97 |

前 言

在水工与河工模型试验及研究过程中,需要准确测定水位、波高、水压力、拉压力、流速、流量、掺气浓度和含沙量等基本参数,SL/T 233—1999《水工与河工模型常用仪器校验方法》统一了量测仪器的计量性能校验方法,被水利、水电、交通等行业的高校、科研院所等单位普遍采用,提高了量测技术的科学性和准确性,有力推动了模型试验及研究的标准化与规范化。

随着水利事业的高速发展以及试验量测技术的快速进步,尤其是计算机与测控应用技术,加快了常用测量仪器的更新换代和新型仪器的普遍使用。SL/T 233—1999中某些操作方法和校验步骤已不合理,一些仪器已基本停产,目前已常用的新型仪器未涉及等,迫切需要对SL/T 233—1999进行修订、补充和完善。

根据水利行业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》和JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求,对SL/T 233—1999《水工与河工模型试验常用仪器校验方法》进行修订。

本次修编将SL/T 233—1999扩分为13个部分,通用、共性的部分统一纳入“第1部分:总则”。根据仪器类型,将12种不同仪器的特性部分分别编制为子标准,新标准更加便于使用和更新。

- 第1部分:总则;
- 第2部分:跟踪式水位仪;
- 第3部分:波高仪;
- 第4部分:水压力测量系统;
- 第5部分:拉压力测量系统;
- 第6部分:旋桨流速仪;
- 第7部分:声学多普勒流速仪(ADV);
- 第8部分:量水堰;
- 第9部分:电磁流量计;
- 第10部分:超声流量计;
- 第11部分:电阻式掺气浓度仪;
- 第12部分:γ射线型掺气浓度仪;
- 第13部分:光电测沙仪。

第1部分是水工与河工模型试验常用仪器校验方法的基础标准,分4章和1个附录,主要技术内容有基本规定、通用要求、环境条件、校验结果、校验周期、校验证书格式和校验结果通知书格式。

第2~13部分是12种不同仪器的特性部分,各自规定了特定技术内容,与第1部分共同使用。每部分均分5章和1个附录,主要技术内容包括校验项目及性能要求、校验器具、校验方法和校验记录表格式。

本次修订,除编辑性修改外的主要技术内容变化有:

- 将原标准根据技术内容进行拆分,分为共性部分和特性部分,在特性部分增加了校验器具,针对每种仪器的特性分别编制子标准。
- 删除原标准中已基本停产不再使用的激光船模轨迹仪校验部分。
- 第2部分是由SL/T 233—1999的第3章“跟踪式水位仪校验方法”修订而成。主要修改了校验周期。
- 第3部分是由SL/T 233—1999的第4章“波高仪校验方法”修订而成。主要修改是明确了

技术要求，细化了校验方法，修改了校验周期。

第4部分是由SL/T 233—1999的第7章“动态水位仪校验方法”修订而成。主要变化是将动态水位仪扩展为水压力测量系统；对水压力测量系统校验方法加以规定。

第5部分是增编部分，主要规定了拉压力测量系统的校验方法。

第6部分是由SL/T 233—1999的第8章“旋浆流速仪校验方法”修订而成。主要修改是明确了技术要求，增加了校验器具，修改了校验方法。

第7部分是增编部分，主要规定了声学多普勒流速仪(ADV)的校验方法。

第8部分是由SL/T 233—1999的第6章“量水堰校验方法”修订而成。主要调整了校验范围，增加了校验项目，明确了校验周期。

第9~13部分是增编部分，主要规定了电磁流量计、超声流量计、电阻式掺气浓度仪、 γ 射线型掺气浓度仪和光电测沙仪的校验方法。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL/T 233—1999

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司、水利部综合事业局

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：南京水利科学研究院

本标准参编单位：中国水利水电科学研究院

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：

| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 第1部分 | 于爱华 | 胡亚安 | 骆少泽 | | | | | |
| 第2部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 吴永进 | 赵建钧 | 陈诚 | 袁文志 | 阎云呈 | |
| 第3部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 王新 | 李君 | 程璐 | 黄岳 | 吴道文 | |
| 第4部分 | 骆少泽 | 胡亚安 | 赵建平 | 严秀俊 | 李君 | 赵建钧 | 张陆陈 | |
| 第5部分 | 骆少泽 | 胡亚安 | 陈发展 | 赵建平 | 赵建钧 | 张陆陈 | 严秀俊 | |
| 第6部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 张陆陈 | 赵建钧 | 周良平 | 童中山 | 严秀俊 | |
| 第7部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 杨东利 | 赵建钧 | 李中华 | 严秀俊 | 张陆陈 | |
| 第8部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 严秀俊 | 谢罗峰 | 童中山 | 阮仕平 | 程璐 | |
| 第9部分 | 赵建钧 | 骆少泽 | 阮仕平 | 胡亚安 | 张陆陈 | 李君 | 严秀俊 | |
| 第10部分 | 赵建钧 | 骆少泽 | 郭超 | 胡亚安 | 黄国情 | 王新 | 李君 | |
| 第11部分 | 骆少泽 | 胡亚安 | 李君 | 张陆陈 | 赵建钧 | 辜晋德 | 严秀俊 | |
| 第12部分 | 骆少泽 | 程和森 | 谢罗峰 | 胡亚安 | 张陆陈 | 李君 | 王新 | |
| 第13部分 | 胡亚安 | 骆少泽 | 李艳富 | 赵建钧 | 陈诚 | 王向明 | 袁文志 | |

本标准审查会议技术负责人：江继祖 吴一红

本标准体例格式审查人：李志平

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：010-63204533；电子邮箱：hzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

ICS 93.160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.1—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第1部分：总 则

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 1: General rules

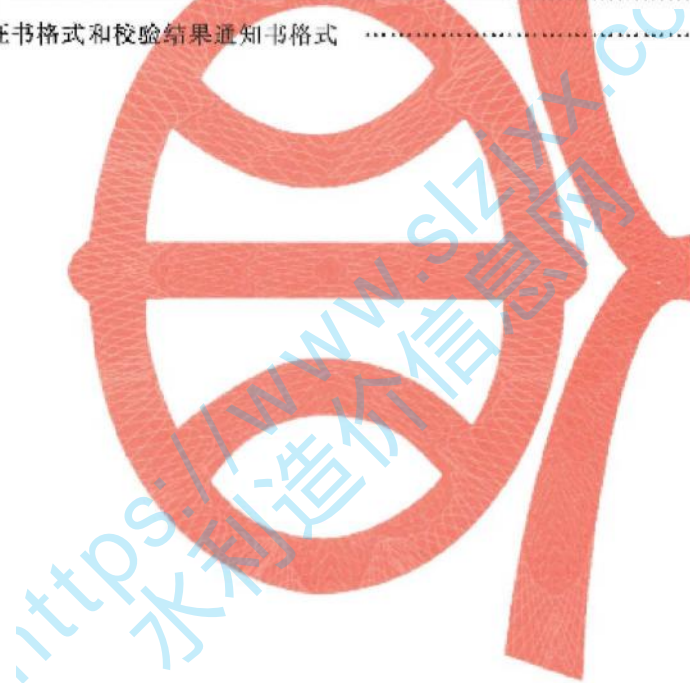
2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-----------------------------|---|
| 1 范围 | 5 |
| 2 概述 | 5 |
| 3 总要求 | 5 |
| 3.1 基本规定 | 5 |
| 3.2 通用要求 | 5 |
| 3.3 环境条件 | 5 |
| 4 校验结果和校验周期 | 5 |
| 4.1 校验结果 | 5 |
| 4.2 校验周期 | 6 |
| 附录 A 校验证书格式和校验结果通知书格式 | 7 |



水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第1部分：总 则

1 范围

本标准适用于水工与河工模型试验常用仪器的校验。

2 概述

水工与河工模型试验常用仪器主要用于水工、河工模型试验及研究过程中水位、波高、水压力、拉压力、流速、流量、掺气浓度和含沙量等基本参数的测定，主要包括跟踪式水位仪、波高仪、水压力测量系统、拉压力测量系统、旋桨流速仪、声学多普勒流速仪（ADV）、量水堰、电磁流量计、超声流量计、电阻式掺气浓度仪、 γ 射线型掺气浓度仪和光电测沙仪。其工作原理详见各部分的概述。

3 总要求

3.1 基本规定

3.1.1 本标准对水工与河工模型试验常用仪器校验方法的基本规定、通用要求、环境条件以及校验结果和校验周期进行规定；其他子标准规定仪器的计量特性，主要包括技术要求、校验项目、性能要求、校验器具、校验方法以及校验过程中应保留的记录和表样。

3.1.2 本标准与各子标准共同构成各自仪器的校验方法。

3.1.3 子标准在标准的衔接与选择使用上，应有各自相应的适用范围。

3.2 通用要求

除量水堰外，待校验仪器应满足下列规定：

- a) 仪器应有铭牌，其中包括仪器名称、型号、量程和准确度等级、制造厂家、出厂编号、出厂日期等。
- b) 仪器技术资料应齐全，其中包括仪器主要技术指标、产品合格证、使用说明书等。
- c) 仪器应清洁，外观完好；不应有影响测量的锈蚀和损伤。
- d) 各部件应装配牢固，不应有松动、脱焊或接触不良等现象。
- e) 线缆和接插件应配套完好。

3.3 环境条件

3.3.1 校验环境应清洁，无腐蚀性介质。周围应无强振和强冲击源，无强电场与磁场干扰，无工业电噪声干扰。

3.3.2 校验水体温度宜为 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

3.3.3 校验环境温度宜为 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，温度变化应不超过 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，相对湿度宜为 $45\%\sim 75\%$ ，大气压力宜为 $86\sim 106\text{kPa}$ 。

3.3.4 交流电源电压宜为 $210\sim 230\text{V}$ ，频率宜为 $47.5\sim 52.5\text{Hz}$ ，设备应接地良好。

4 校验结果和校验周期

4.1 校验结果

4.1.1 经校验的项目，符合技术要求的，出具附校验记录的校验证书；不符合技术要求的，出具附

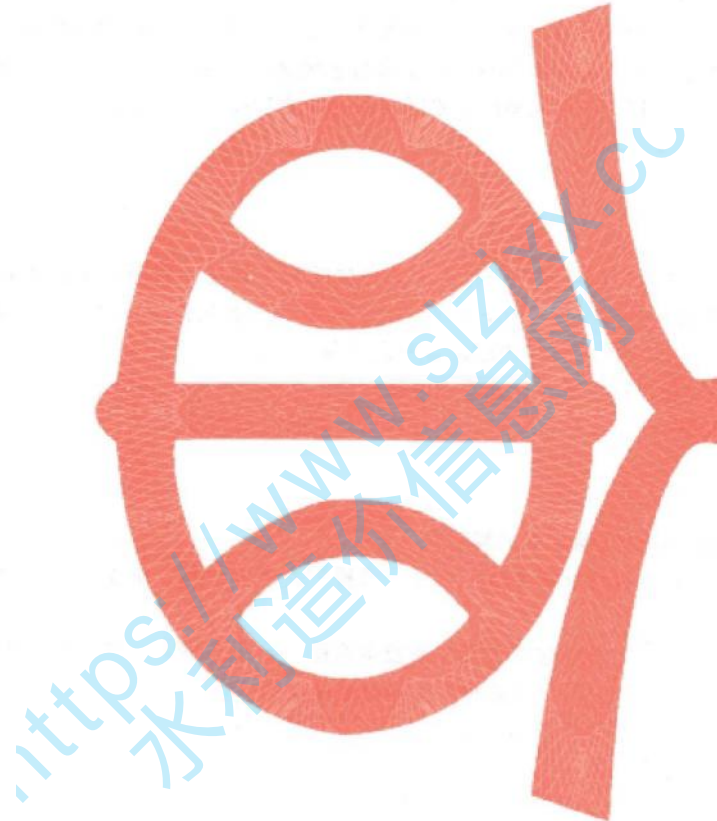
校验记录的校验结果通知书，并注明不合格项。

4.1.2 校验证书格式和校验结果通知书格式见本部分附录 A。

4.2 校验周期

4.2.1 跟踪式水位仪、波高仪、水压力测量系统、拉压力测量系统、旋桨流速仪、量水堰和光电测沙仪的校验周期不应超过 1 年；声学多普勒流速仪 (ADV)、电磁流量计、超声流量计、电阻式掺气浓度仪和 γ 射线型掺气浓度仪的校验周期不应超过 2 年。

4.2.2 当使用频率较高、环境变化较大时，应缩短校验周期。



ICS 93. 160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233. 2—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第2部分：跟踪式水位仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 2: Tracking type water level meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|------------------|----|
| 1 范围 | 13 |
| 2 引用文件 | 13 |
| 3 概述 | 13 |
| 4 技术要求 | 13 |
| 4.1 一般要求 | 13 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 13 |
| 4.3 校验器具 | 13 |
| 5 校验方法 | 13 |
| 5.1 跟踪速度校验 | 13 |
| 5.2 灵敏度校验 | 14 |
| 5.3 测量相对误差与重复性校验 | 14 |
| 5.4 示值稳定性校验 | 14 |
| 附录 A 跟踪式水位仪校验记录表 | 15 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第2部分：跟踪式水位仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的跟踪式水位仪的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注明日期的引用文件，仅注明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。

3 概述

跟踪式水位仪用于水工与河工模型试验中水位变幅不大的水位测量，由探针、驱动装置及输出设备组成。有探测式、电桥式和振动针式等类型。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 驱动装置上下运动应平稳、匀速。

4.1.3 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 跟踪速度（上行和下行）不应小于 5mm/s。

4.2.2 灵敏阈不应大于 0.05mm。

4.2.3 测量相对误差不应大于 0.1%。

4.2.4 测量重复性误差不应大于 0.1%。

4.2.5 示值稳定性（2h）误差不应大于 0.1mm。

4.3 校验器具

4.3.1 升降架：行程应大于校验水位仪量程。

4.3.2 容器：截面积不宜小于 20cm×20cm。

4.3.3 百分表：最小分度值 0.01mm。

4.3.4 游标卡尺：最小分度值 0.02mm。

4.3.5 电子秒表：准确度 0.01s。

5 校验方法

5.1 跟踪速度校验

5.1.1 固定水位仪，接通电源，宜预热 10min。

5.1.2 操作驱动装置，分别使水位仪探针连续向上和连续向下运动不应小于 10cm，用秒表记录用时，计算探针上行和下行跟踪速度，应满足本部分 4.2.1 的要求。

5.2 灵敏阈校验

5.2.1 将容器置于升降架平台上，安装百分表并调至零位，固定水位仪，使其探针的针尖置于容器水面。

5.2.2 缓慢操作升降架并保持容器水面稳定。水位仪量程范围内校验点应均匀分布，校验点数不应少于 3 个，每个校验点应重复校验 3 次。

5.2.3 升降架每次升降 0.05mm，水位仪读数发生变化，灵敏阈应满足本部分 4.2.2 的要求。

5.3 测量相对误差与重复性校验

5.3.1 水位仪满量程范围内校验点应均匀分布，校验点数 m 不应少于 6 个，同一校验点重复校验次数 n 不应少于 3 次。

5.3.2 操作升降架至校验点位置，待容器水面稳定后方可开始校验。

5.3.3 用游标卡尺测量平台位移 H ，记录水位仪读数 h 。

5.3.4 水位仪测量相对误差 ξ_h 按公式 (1) 计算，结果应满足本部分 4.2.3 的要求。

$$\xi_h = \frac{|H_{ij} - h_{ij}|_{\max}}{h_{F.S.}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

H_{ij} —— 平台位移；

h_{ij} —— 水位仪读数；

$h_{F.S.}$ —— 水位仪满量程；

i —— 校验点编号， $i=1\sim m$ ；

j —— 重复次数编号， $j=1\sim n$ 。

5.3.5 测量重复性误差 ξ_n 按公式 (2) ~ 公式 (5) 计算，结果应满足本部分 4.2.4 的要求。

$$\xi_n = \frac{S}{h_{F.S.}} \times 100\% \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \quad (3)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (h_{ij} - \bar{h}_i)^2} \quad (4)$$

$$\bar{h}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n h_{ij} \quad (5)$$

5.4 示值稳定性校验

5.4.1 操作升降架至满量程范围内任一水位位置，待容器水面稳定后方可开始校验。

5.4.2 记录水位仪读数 h_0 ，之后 2h 内每 0.5h 记录 1 次水位仪读数 h_i ($i=1\sim 4$)。

5.4.3 示值稳定性误差 ξ_s 按公式 (6) 计算，结果应满足本部分 4.2.5 的要求。

$$\xi_s = |h_i - h_0|_{\max} \quad (6)$$

附录 A
跟踪式水位仪校验记录表

表 A.1 跟踪式水位仪校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-----------------------------------|--------------|--------|--------------|-------|--------------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | | | |
| 一般 要求 | 序号 | 检查项目 | | | 检查结果 | | |
| | 1 | 水位仪外观 | | | | | |
| | 2 | 探针、驱动装置状态 | | | | | |
| | 3 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | | | |
| 校验性能 要求 | 校验次数 | 上行 | | | 下行 | | |
| | | 时间 | 距离 | 跟踪速度 | 时间 | 距离 | 跟踪速度 |
| | | | | | | | |
| | i | | | | | | |
| | 校验次数 | 灵敏度 | | 示值误差 | | 示值稳定度 | |
| | | 百分表读数 | 水位仪读数 | 游标卡尺读数 | 水位仪读数 | 时间 | 水位仪读数 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | i | | | | | | |
| | 灵敏度 | | ϵ_x | | ϵ_x | | ϵ_s |
| 备注 | | | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: | 年 月 日 | | |

ICS 93.160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.3—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第3部分：波高仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 3: Wave height meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|----------------|----|
| 1 范围 | 21 |
| 2 引用文件 | 21 |
| 3 概述 | 21 |
| 4 技术要求 | 21 |
| 4.1 一般要求 | 21 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 21 |
| 4.3 校验器具 | 21 |
| 5 校验方法 | 21 |
| 5.1 非线性度校验 | 21 |
| 5.2 零点漂移校验 | 22 |
| 5.3 灵敏度稳定性校验 | 22 |
| 5.4 灵敏度(水)温变校验 | 22 |
| 附录 A 波高仪校验记录表 | 23 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第3部分：波高仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的波高仪的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

波高仪用于水工与河工模型试验中水面波动的测量，主要由波高传感器、采集仪和计算机组成，常用的有电阻式和电容式两种。其工作原理为：水面波动引起波高传感器感应器件电阻或电容变化，经电路转换为电信号输出，采集仪采集并转换为数字信号，计算机分析处理得到波高、波周期等波浪要素值。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 非线性度不应大于 1%。

4.2.2 零点漂移不应大于 0.5%。

4.2.3 灵敏度稳定性（2h）误差不应大于 1%。

4.2.4 灵敏度（水）温变（20℃）误差不应大于 2%。

4.3 校验器具

4.3.1 容器：截面积宜大于 20cm×30cm。

4.3.2 水位测针：最小分度值 0.1mm。

4.3.3 温度计：最小分度值 0.1℃。

5 校验方法

5.1 非线性度校验

5.1.1 将波高传感器固定在测针下端，下面置容器，容器内水深应保证波高仪传感器在测针上下移动时能淹没在水中。

5.1.2 连接波高仪，接通电源，宜预热 10min，设置并记录基准值。

5.1.3 波高仪满量程范围内校验点应均匀分布，校验点数 m 不应少于 6 个，同一校验点重复校验次

数 n 不应少于 3 次。

5.1.4 调整水位测针至校验点水位值，待水面稳定后方可开始校验。每个校验点测量时长不应少于 20s，采样频率不应低于 10Hz，统计测量时段内波高仪输出平均值 u ，读取水位测针，计算水位差 H 。

5.1.5 应按公式 (1) 采用最小二乘法计算波高仪灵敏度率定系数 K 和常数 C 。

$$H = Ku + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

5.1.6 非线性度 ξ_L 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2.1 的要求。

$$\xi_L = \frac{|H_{ij} - (Ku_j + C)|_{\max}}{h_{F.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

H_{ij} —— 水位差；

u_j —— 输出平均值；

$h_{F.S.}$ —— 传感器满量程；

i —— 校验点编号， $i=1\sim m$ ；

j —— 重复次数编号， $j=1\sim n$ 。

5.2 零点漂移校验

5.2.1 波高传感器不入水进行测量，测量时长不应少于 20s，采样频率不应低于 10Hz，统计测量时段内波高仪输出平均值 u_0 ，之后 2h 内应每 0.5h 同样方法测量 1 次，记录 $u_i (i=1\sim 4)$ 。

5.2.2 零点漂移 ξ_0 按公式 (3) 计算，结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_0 = \frac{|K(u_i - u_0)|_{\max}}{h_{F.S.}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

5.3 灵敏度稳定性校验

5.3.1 按本部分 5.1 进行 2 次非线性度校验，其间隔 2h，非线性度应满足本部分 4.2.1 的要求，得到灵敏度系数 K_1 和 K_2 。

5.3.2 灵敏度稳定性误差 ξ_s 按公式 (4) 计算，结果应满足本部分 4.2.3 的要求。

$$\xi_s = \frac{|K_1 - K_2|}{K_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

5.4 灵敏度（水）温变校验

5.4.1 测量水体温度，按本部分 5.1 进行非线性度校验；加热或冷却水体，升温或降温 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ，再次按本部分 5.1 进行非线性度校验；两次非线性度应满足本部分 4.2.1 的要求，得到灵敏度率定系数 K_{a1} 和 K_{a2} 。

5.4.2 灵敏度（水）温变误差 ξ_t 按公式 (5) 计算，结果应满足本部分 4.2.4 的要求。

$$\xi_t = \frac{|K_{a1} - K_{a2}|}{K_{a1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

附录 A
波高仪校验记录表

表 A.1 波高仪校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------|-------|----------|-------|-------|--------------|------------|------------|-------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | | | | | 检查结果 | | | |
| | 1 | 波高仪外观 | | | | | | | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 校验项目 | 测针读数 | | | 水位 | | | 波高仪输出 | | | |
| | 非线性度 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | |
| | | ∴ | | | | | | | | | |
| | | K | | | | C | | | | ϵ | |
| | 零点漂移 | | | | | | | ϵ_0 | | | |
| | 灵敏度 稳定性 | 测针读数 | | | 水位 | | | 波高仪输出 | | | |
| | | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | |
| | | ∴ | | | | | | | | | |
| | K_1 | | | | K_2 | | | | δ | | |
| | 灵敏度 (水) 高 变化偏差 | 水温 | 测针读数 | | | 水位 | | | 波高仪输出 | | |
| | | | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 |
| | | | | | | | | | | | |
| K_{d1} | | | | | K_{d2} | | | | ϵ | | |
| 备注 | | | | | | | | | | | |
| 校验者 | 校验者 | | 校验日期: 年 月 日 | | | | | | | | |

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.4—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第4部分：水压力测量系统

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 4: Water pressure measuring system

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 1 范围 | 29 |
| 2 引用文件 | 29 |
| 3 概述 | 29 |
| 4 技术要求 | 29 |
| 4.1 一般要求 | 29 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 29 |
| 4.3 校验器具 | 29 |
| 5 校验方法 | 30 |
| 5.1 非线性度与测量重复性校验 | 30 |
| 5.2 零点漂移校验 | 30 |
| 5.3 灵敏度稳定性校验 | 31 |
| 附录 A 水压力测量系统校验记录表 | 32 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第4部分：水压力测量系统

1 范围

本标准规定了水压力测量系统校验的技术要求、条件、方法、结果、周期及记录格式等内容。本标准适用于新制造、使用中和维修后的水压力测量系统的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

水压力测量系统用于水工与河工模型试验中水压力（水位）的测量，由水压力传感器、信号调理器、数据采集仪与计算机组成。其工作原理：水压力（水位）引起传感器感应器件阻值或电压（电流）发生变化，经过信号调理器转换或放大处理，由数据采集仪采集并转换为数字信号，计算机分析处理得到水压力（水位）。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 传感器准确度等级对应的允许基本误差见表 1。

表 1 传感器准确度等级对应的允许基本误差

| 传感器准确度等级 | 传感器允许基本误差/(%F·S) | 传感器准确度等级 | 传感器允许基本误差/(%F·S) |
|----------|------------------|----------|------------------|
| 0.05 | 0.05 | 0.5 | 0.5 |
| 0.1 | 0.1 | 1.0 | 1.0 |
| 0.2 | 0.2 | 1.5 | 1.5 |

4.1.3 信号调理器特性应与传感器特性相协调。

4.1.4 数据采集仪的 A/D 转换分辨率不应低于 12bit。

4.1.5 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

校验项目包括非线性度、测量重复性、零点漂移以及灵敏度稳定性（2h），其性能不应大于传感器准确度等级低 1 级对应的允许基本误差。

4.3 校验器具

4.3.1 压力容器：截面积宜大于 20cm×30cm，用于校验传感器准确度等级不高于 0.5 的水压力测量系统。

4.3.2 水位测针：最小分度值 0.1mm。

4.3.3 压力校验仪：准确度等级 0.05。

5 校验方法

5.1 非线性度与测量重复性校验

5.1.1 将传感器安装于压力容器或压力校验仪上，连接测量系统，接通电源，宜预热 10min。

5.1.2 加压至传感器满量程，压力稳定后，预压 1min 后卸载，系统清零，应反复 3 次。

5.1.3 加载过程校验应由零加载至满量程，卸载过程校验应由满量程卸载至零。满量程范围内校验点应均匀分布，点数 m 不应少于 6 个。加载过程与卸载过程循环次数 n 均不应少于 3 次。

5.1.4 调整压力至校验点压力值，待压力稳定后方可开始校验。每个压力校验点测量时长不应少于 20s，采样频率不应低于 10Hz，统计测量时段内水压力测量系统输出的平均值 u ，读取水位测针或压力校验仪示值 p 。

5.1.5 应按公式 (1) 采用最小二乘法计算水压力测量系统的灵敏度率定系数 K 和常数 C 。

$$P = Ku + C \quad (1)$$

5.1.6 非线性度 ξ_L 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi_L = \frac{|p_{ij} - (Ku_{ij} + C)|_{\max}}{p_{r.s}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

p_{ij} —— 输入压力值；

u_{ij} —— 输出平均值；

$p_{r.s}$ —— 传感器满量程；

i —— 校验点编号， $i=1 \sim 2m$ ；

j —— 加载卸载过程循环编号， $j=1 \sim n$ 。

5.1.7 测量重复性误差 ξ_x 按公式 (3) ~ 公式 (9) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi_x = \frac{\sqrt{\frac{1}{2m} \left(\sum_{i=1}^m S_{u_i}^2 + \sum_{i=1}^m S_{d_i}^2 \right)}}{p_{r.s}} \times 100\% \quad (3)$$

$$S_{u_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (p_{u,ij} - \bar{p}_{u,ij})^2} \quad (4)$$

$$S_{d_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (p_{d,ij} - \bar{p}_{d,ij})^2} \quad (5)$$

$$p_{u,ij} = Ku_{u,ij} + C \quad (6)$$

$$p_{d,ij} = Ku_{d,ij} + C \quad (7)$$

$$\bar{p}_{u,ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{u,ij} \quad (8)$$

$$\bar{p}_{d,ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{d,ij} \quad (9)$$

5.2 零点漂移校验

5.2.1 传感器不加载进行测量，测量时长不应少于 20s，采样频率不应低于 10Hz，统计测量时段内水压力测量系统输出的 u_0 ，之后 2h 内应每 0.5h 同样方法测量 1 次，记录 $u_i (i=1 \sim 4)$ 。

5.2.2 零点漂移 ξ_0 按公式 (10) 计算，结果应符合本部分 4.2 的要求。

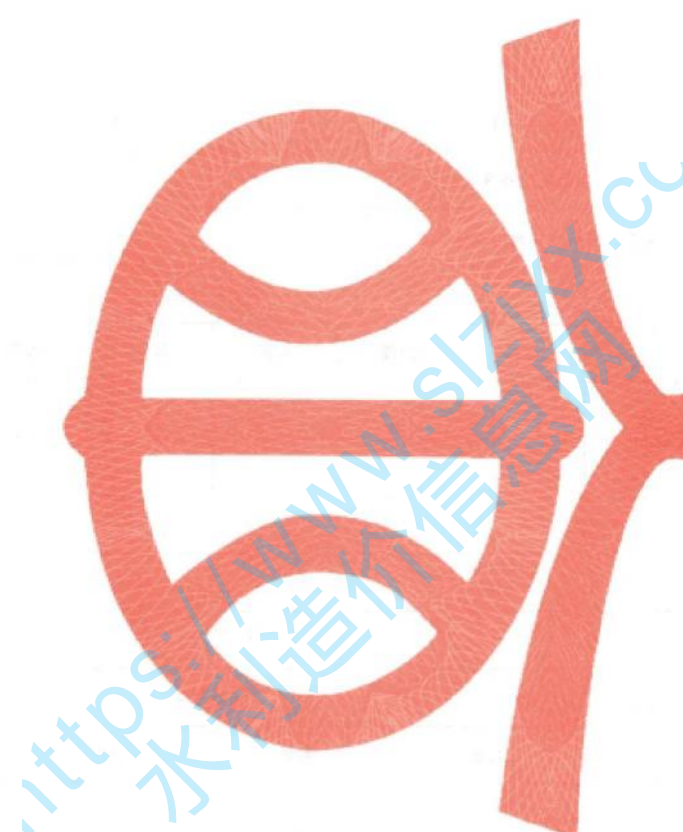
$$\varepsilon_0 = \frac{|K(u_i - u_0)|_{\max}}{p_{T-S}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

5.3 灵敏度稳定性校验

5.3.1 按本部分 5.1 进行 2 次非线性度校验，其间隔 2h，两次加载非线性度应满足本部分 4.2 的要求，得到灵敏度率定系数 K_1 和 K_2 。

5.3.2 灵敏度稳定性误差 ε_s 按公式 (11) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\varepsilon_s = \frac{|K_1 - K_2|}{K_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$



附录 A
水压力测量系统校验记录表

表 A.1 水压力测量系统校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|----|----|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级或 最大允许误差 | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | 检查结果 | | | | |
| | 1 | 测量系统外观 | | | | | | |
| | 2 | 线缆、连接器及相关技术资料 | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 非线性度 与测量 重复性 | 输入压力 | 测量系统输出 | | | | | |
| | | | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 |
| | | | | | | | | |
| | | ⋮ | | | | | | |
| | | | K | | C | | | |
| | | ε_L | | ε_R | | | | |
| | 灵敏度 稳定性 | 输入 压力 | 测量系统输出 | | | | | |
| | | | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 | | |
| | | | | | | | | |
| | | ⋮ | | | | | | |
| | | K_1 | | K_2 | | ε_s | | |
| 零点漂移 | | | | | ε_0 | | | |
| 备注 | | | | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: 年 月 日 | | | | |

ICS 93.160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.5—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第5部分：拉压力测量系统

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 5: Tension and pressure measuring system

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 1 范围 | 37 |
| 2 引用文件 | 37 |
| 3 概述 | 37 |
| 4 技术要求 | 37 |
| 4.1 一般要求 | 37 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 37 |
| 4.3 校验器具 | 37 |
| 5 校验方法 | 38 |
| 5.1 非线性度与测量重复性校验 | 38 |
| 5.2 零点漂移校验 | 38 |
| 5.3 灵敏度稳定性校验 | 39 |
| 附录 A 拉压力测量系统校验记录表 | 40 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第5部分：拉压力测量系统

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的拉压力测量系统的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

拉压力测量系统用于水工与河工模型试验中拉压力的测量，主要由拉压力传感器、信号调理器、数据采集仪和计算机组成，拉压力传感器通常采用电阻应变式。其工作原理为：以粘贴电阻应变片的弹性体为受力构件，被测力的变化使电阻片的阻值发生变化，经过信号调理器转换或放大处理，由数据采集仪采集并转换为数字信号，计算机分析处理得到力的变化。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 传感器准确度等级对应的允许基本误差见表 1。

表 1 传感器准确度等级对应的允许基本误差

| 传感器准确度等级 | 传感器允许基本误差/(%F·S) | 传感器准确度等级 | 传感器允许基本误差/(%F·S) |
|----------|------------------|----------|------------------|
| 0.05 | 0.05 | 0.5 | 0.5 |
| 0.1 | 0.1 | 1.0 | 1.0 |
| 0.2 | 0.2 | 1.5 | 1.5 |

4.1.3 信号调理器特性应与传感器特性相协调。

4.1.4 数据采集仪的 A/D 转换分辨率不应低于 12bit。

4.1.5 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

校验项目包括非线性度、测量重复性、零点漂移以及灵敏度稳定性 (2h)，其性能不应大于传感器准确度等级低 1 级对应的允许基本误差。

4.3 校验器具

4.3.1 拉压力校验仪：准确度等级 0.05。

4.3.2 标准砝码：感量 0.1g，准确度等级Ⅲ级。

5 校验方法

5.1 非线性度与测量重复性校验

5.1.1 将传感器安装于试验装置上, 连接测量系统, 接通电源, 宜预热 10min。

5.1.2 加压至传感器满量程, 荷载稳定后, 预压 1min 后卸载, 系统清零, 应反复 3 次。

5.1.3 加载过程校验应由零加载至满量程, 卸载过程校验应由满量程卸载至零。满量程范围内校验点应均匀分布, 点数 m 不应少于 6 个。加载过程与卸载过程循环次数 n 均不应少于 3 次。

5.1.4 调整荷载至校验点拉(压)力值, 待拉(压)力稳定后方可开始校验。每个拉(压)力校验点测量时长不应少于 20s, 采样频率不应低于 10Hz, 统计测量时段内拉(压)力测量系统输出的平均值 u_i , 计算输入力值 f_i 。

5.1.5 应按公式 (1) 采用最小二乘法计算拉压力测量系统的灵敏度率定系数 K 和常数 C 。

$$F = Ku + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

5.1.6 非线性度 ξ_i 按公式 (2) 计算, 结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi_i = \frac{|f_{ij} - (Ku_{ij} + C)|_{\max}}{f_{v.s}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

f_{ij} —— 输入荷载值;

u_{ij} —— 输出平均值;

$f_{v.s}$ —— 传感器满量程;

i —— 校验点编号, $i=1\sim 2m$;

j —— 加载卸载过程循环编号, $j=1\sim n$ 。

5.1.7 测量重复性误差 ξ_n 按公式 (3) ~ 公式 (8) 计算, 结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi_n = \frac{\sqrt{\frac{1}{2m} \left(\sum_{i=1}^m S_{a_i}^2 + \sum_{i=1}^m S_{d_i}^2 \right)}}{f_{v.s}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S_{a_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (f_{a,i,j} - \bar{f}_{a,i})^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$S_{d_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (f_{d,i,j} - \bar{f}_{d,i})^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{f}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$f_{a,i,j} = Ku_{a,i,j} + C \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$f_{d,i,j} = Ku_{d,i,j} + C \quad \dots\dots\dots (8)$$

5.2 零点漂移校验

5.2.1 传感器不加载进行测量, 测量时长不应少于 20s, 采样频率不应低于 10Hz, 统计测量时段内拉压力测量系统输出的 u_i , 之后 2h 内应每 0.5h 同样方法测量 1 次, 记录 $u_i (i=1\sim 4)$ 。

5.2.2 零点漂移 ξ_0 按公式 (9) 计算, 结果应符合本部分 4.2 的要求。

$$\xi_0 = \frac{|K(u_i - u_0)|_{\max}}{f_{v.s}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

5.3 灵敏度稳定性校验

5.3.1 按本部分 5.1 进行 2 次加载与卸载循环过程非线性度校验，其间隔 2h，两次加载非线性度应满足本部分 4.2 的要求，得到灵敏度率定系数 K_1 和 K_2 。

5.3.2 灵敏度稳定性误差 $\hat{\epsilon}_s$ 按公式 (10) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\hat{\epsilon}_s = \frac{|K_1 - K_2|}{K_1} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$



附录 A

拉压力测量系统校验记录表

表 A.1 拉压力测量系统校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------|--------------|--------------|----|----|----|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级或 最大允许误差 | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | 检查结果 | | | | | |
| | 1 | 测量系统外观 | | | | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 非线性度 与测量 重复性 | 输入压力 | 测量系统输出 | | | | | |
| | | | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | K | | C | | | | |
| | | ϵ | | ϵ_r | | | | |
| | 灵敏度 稳定性 | 输入 压力 | 测量系统输出 | | | | | |
| | | | 加载 | 卸载 | 加载 | 卸载 | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | K_1 | | K_2 | | ϵ_s | | | |
| 零点漂移 | | | | | ϵ_0 | | | |
| 备注 | | | | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: | 年 月 日 | | | |

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.6—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第6部分：旋桨流速仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 6: Propeller type current meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-----------------|----|
| 1 范围 | 45 |
| 2 引用文件 | 45 |
| 3 概述 | 45 |
| 4 技术要求 | 45 |
| 4.1 一般要求 | 45 |
| 4.2 校验性能要求 | 45 |
| 4.3 校验器具 | 45 |
| 5 校验方法 | 46 |
| 5.1 计数(计时)器误差校验 | 46 |
| 5.2 旋桨起转流速校验 | 46 |
| 5.3 测量相对误差校验 | 46 |
| 附录 A 旋桨流速仪校验记录表 | 47 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第6部分：旋桨流速仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的旋桨流速仪的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

旋桨流速仪用于水工与河工模型试验中水流流速的测量，主要由旋桨、发信部件和计数（或计时）器组成。其工作原理为：水流作用于旋桨而产生旋转运动，触发发信部件发出脉冲，计数（或计时）器记录脉冲次数 N （或脉冲周期 T ），其与水流流速 v 间存在一定的函数关系。

4 技术要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。
- 4.1.2 旋桨应转动灵活。
- 4.1.3 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验性能要求

- 4.2.1 计数器计数周期内计数误差不应超过 1 个脉冲。
- 4.2.2 计时器周期计时相对误差不应大于 0.01%。
- 4.2.3 旋桨起转流速不应大于标称值。
- 4.2.4 流速测量相对误差不应大于 1%。

4.3 校验器具

4.3.1 直线静水槽，要求如下：

- a) 长度：包括检定车加速段、匀速段和制动段的长度。加速段和制动段的长度由检定车的设计指标和流速仪最高待检速度决定，匀速段长度应保证流速仪在最高待检速度下检定时其测量时间不应少于 5s。当待检速度小于 0.15m/s，匀速段测量时长不应少于 20s。
- b) 宽度：不应小于 0.6m。
- c) 深度：应满足水深不小于 0.6m。

4.3.2 检定车和控制系统，要求如下：

- a) 检定车型式：拖曳式或自推进式。
- b) 速度：应大于流速仪最高待检速度，相对误差不应大于 0.1%。

4.3.3 轨道，要求如下：

- a) 沿检定槽长度方向应平直, 沿程宽度允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。
- b) 顶面应与水平面保持平行, 高程允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。
- c) 接头处应光滑平直。

4.3.4 数字频率计: 4位。

4.3.5 电子秒表: 准确度 0.01s 。

5 校验方法

5.1 计数(计时)器误差校验

5.1.1 用数字频率计输出标准脉冲 1Hz 、 10Hz , 分别模拟不同流速下的传感器输出信号。

5.1.2 在计数(计时)器施测历时为 1s 、 5s 和 10s 下, 记录所接收到的脉冲累计数(或周期), 其计数误差(或计时)相对误差应分别满足本部分4.2.1(或4.2.2)的要求。

5.2 旋桨起转流速校验

5.2.1 将旋桨流速仪安装于检定车上, 测杆应垂直于水平面, 角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$, 探头宜入水 $0.1\sim 0.2\text{m}$, 测速向应与轨道平行, 角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

5.2.2 连接旋桨流速仪与计数(计时)器, 设置参数, 宜预热 10min 。

5.2.3 每次校验测量前, 水槽内水体应处于相对静止状态。

5.2.4 分级设定检定车车速, 直至旋桨转动, 检定车匀速运行时间不应少于 5s , 此时段检定车平均车速即为旋桨起转流速, 应满足本部分4.2.3的要求。

5.3 测量相对误差校验

5.3.1 流速仪满量程范围内校验点应均匀分布, 校验点数 m 不应少于6个, 同一校验点重复校验次数 n 不应少于3次。

5.3.2 调整检定车速度至校验点流速值 V , 在检定车匀速行驶时段开始校验。每个校验点测量时长不应少于 5s , 当待检速度小于 0.15m/s 时测量时长不应少于 20s , 记录计数(计时)器脉冲次数 N (或脉冲周期 T)。

5.3.3 应按公式(1)或公式(2)采用最小二乘法计算流速仪率定系数 K 和常数 C 。

$$v = K \frac{N}{t} + C \text{ (计数法)} \dots\dots\dots (1)$$

$$v = K \frac{1}{T} + C \text{ (周期法)} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

t ——计数时间。

5.3.4 测量流速 v_g 按公式(3)或公式(4)计算。

$$v_g = K \frac{N_g}{t} + C \text{ (计数法)} \dots\dots\dots (3)$$

$$v_g = K \frac{1}{T_g} + C \text{ (周期法)} \dots\dots\dots (4)$$

5.3.5 流速仪测量相对误差 δ_k 按公式(5)计算, 结果应满足本部分4.2.4的要求。

$$\delta_k = \frac{|v_g - V_g|_{\max}}{v_{p.s}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$v_{p.s}$ ——旋桨流速仪满量程。

附录 A
旋浆流速仪校验记录表

表 A.1 旋浆流速仪校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------|-------|------------|------|--------------|------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级或 最大允许误差 | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | | | 检查结果 | | |
| | 1 | 旋浆流速仪外观 | | | | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 校验项目 | 标准脉冲 11Hz | | | 标准脉冲 101Hz | | 计数(计时) 误差 | |
| | | 1s | 5s | 10s | 1s | 5s | | 10s |
| | 计数(计时) 器误差 | | | | | | | |
| | ∴ | | | | | | | |
| | 旋浆起转流速 | | | | | | | |
| | 校验项目 | 检定平 速度 V | 脉冲次数 N 或脉冲周期 T | | | | 校验结果 | |
| | | | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 平均 | 流速 v | 误差/% |
| | 测量相对误差 | | | | | | | |
| | ∴ | | | | | | | |
| | 流速仪率定系数 | K | | | C | | | |
| 备注 | | | | | | | | |
| 校验者 | 校核者 | | 校验日期: 年 月 日 | | | | | |

中华人民共和国水利行业标准

SL 233. 7—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第7部分：声学多普勒流速仪 (ADV)

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 7: Acoustic doppler velocimetry

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 1 范围..... | 53 |
| 2 引用文件..... | 53 |
| 3 概述..... | 53 |
| 4 技术要求..... | 53 |
| 4.1 一般要求..... | 53 |
| 4.2 校验项目及性能要求..... | 53 |
| 4.3 校验器具..... | 53 |
| 5 校验方法..... | 54 |
| 5.1 X向测量相对误差和重复性校验..... | 54 |
| 5.2 Y向测量相对误差和重复性校验..... | 54 |
| 5.3 Z向测量相对误差和重复性校验..... | 55 |
| 附录 A ADV 校验记录表..... | 56 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第7部分：声学多普勒流速仪（ADV）

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的声学多普勒流速仪（ADV）的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

声学多普勒流速仪（ADV）用于水工与河工模型试验中水流三维流速的测量，主要由量测探头（一个发射探头和空间三维分布的三个接收探头）、信号调理、信号处理三部分组成。其测速原理为：基于多普勒效应，由发射探头发射超声波，遇采样点（发射探头轴线下方5cm或10cm）水体中的粒子后反射，由三方向接收探头接收反射信号，经信号调理处理后得到粒子相对于发射探头的运动速度。按照ADV探头形式可分为俯视、仰视和侧视。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合SL 233.1的规定。

4.1.2 校验记录格式见本部分附录A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 测量相对误差不应大于0.5%。

4.2.2 测量重复性误差不应大于0.5%。

4.3 校验器具

4.3.1 直线静水槽，要求如下：

a) 长度：包括检定车加速段、匀速段和制动段的长度。加速段和制动段的长度由检定车的设计指标和流速仪最高待检速度决定，匀速段长度应保证流速仪在最高待检速度下检定时其测量时间不应少于5s。当待检速度小于0.15m/s，匀速段测量时长不应少于20s。

b) 宽度：不应小于0.6m。

c) 深度：应满足水深不小于0.6m。

4.3.2 检定车和控制系统，要求如下：

a) 检定车型式：拖曳式或自推进式。

b) 速度：应大于流速仪最高待检速度，相对误差不应大于0.1%。

4.3.3 轨道，要求如下：

a) 沿检定槽长度方向应平直，沿槽宽度允许偏差为±1mm。

b) 顶面应与水平面保持平行, 高程允许偏差为±1mm。

c) 接头处应光滑平直。

4.3.4 游标角度尺, 最小分度值 2'。

4.3.5 电子秒表: 准确度 0.01s。

5 校验方法

5.1 X 向测量相对误差和重复性校验

5.1.1 将 ADV 安装于检定车上, 测杆垂直于水平面, 角度允许偏差为±1°, 探头宜入水 0.1~0.2m, 测速 X 向应与轨道平行, 角度允许偏差为±1°。

5.1.2 联接 ADV 与计算机, 宜预热 10min, ADV 自检, 设置参数。

5.1.3 ADV 满量程范围内校验点应均匀分布, 点数 m 不应少于 6 个, 同一校验点重复校验次数 n 不应少于 3 次。

5.1.4 每次校验测量前, 水槽内水体应处于相对静止状态。

5.1.5 调整检定车速度至校验点流速值 V , 在检定车匀速行驶时段开始校验。每个校验点测量时长不应少于 5s, 当待检速度小于 0.15m/s 时测量时长不应少于 20s, 计算测量时段的平均流速 v_i 。

5.1.6 测量相对误差按公式 (1) 计算, 结果应满足本部分 4.2.1 的要求。

$$\xi = \left| \frac{v_i - V_i}{V_i} \right|_{\max} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

i ——校验点编号, $i=1 \sim m$;

j ——加载卸载过程循环编号, $j=1 \sim n$ 。

5.1.7 测量重复性误差 ξ_R 按公式 (2)~公式 (4) 计算, 结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_R = \left| \frac{S_i}{V_i} \right|_{\max} \times 100\% \quad (2)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (V_i - \bar{v}_i)^2} \quad (3)$$

$$\bar{v}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (4)$$

5.2 Y 向测量相对误差和重复性校验

5.2.1 对于俯视和仰视式 ADV, 测速 Y 向应与检定车轨道平行, 角度允许偏差为±1°。对于侧视式 ADV, 测杆应与水平面形成 45°±1°, 用游标角度尺测量夹角 θ , 测速 X 向应与轨道垂直, 角度允许偏差为±1°。

5.2.2 重复本部分 5.1.2~5.1.5 步骤。

5.2.3 对于俯视和仰视式 ADV, Y 向测量相对误差按公式 (1) 计算, 结果应满足本部分 4.2.1 的要求。测量重复性误差按公式 (2)~公式 (4) 计算, 结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

5.2.4 对于侧视式 ADV, Y 向测量相对误差按公式 (5) 计算, 结果应满足本部分 4.2.1 的要求。

$$\xi = \left| \frac{v_y - V_y \cos\theta}{V_y \cos\theta} \right|_{\max} \times 100\% \quad (5)$$

5.2.5 测量重复性误差 ξ_R 按公式 (6)~公式 (8) 计算, 结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_R = \left| \frac{S_i}{V_i \cos\theta} \right|_{\max} \times 100\% \quad (6)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (V_i \cos\theta - \bar{v}_i)^2} \quad (7)$$

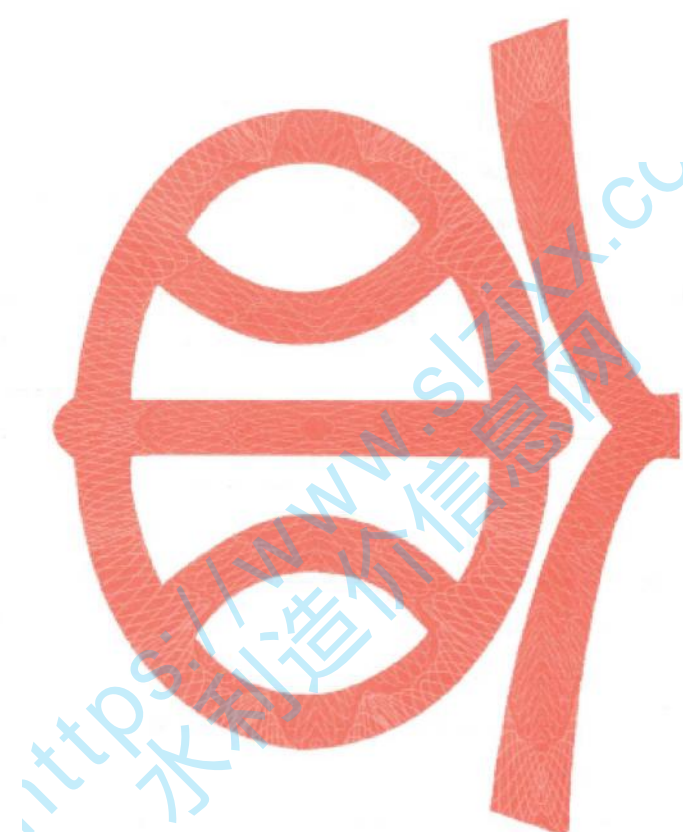
$$\bar{v}_y = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{yj} \dots\dots\dots (8)$$

5.3 Z向测量相对误差和重复性校验

5.3.1 ADV测杆应与水平面形成 $45^\circ \pm 1^\circ$ ，用游标角度尺测量夹角 θ ，测速Y向应与轨道垂直，角度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

5.3.2 重复本部分5.1.2~5.1.5步骤。

5.3.3 Z向测量相对误差按公式(5)计算，结果满足本部分4.2.1的要求。测量重复性误差 ϵ_R 按公式(6)~公式(8)计算，结果应满足本部分4.2.2的要求。



附录 A
ADV 校验记录表

表 A.1 ADV 校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|---------------|-----------------------------------|-------------|-------------|----|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | | 生产厂家/规格型号 | | | |
| 校验依据 | | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/hPa | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | 检查结果 | | | |
| | 1 | ADV 外观 | | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | | |
| 校验性能 要求 | 校验项目 | 核定车速 | ADV 测量速度 | | | |
| | | | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 平均 |
| | X 向流速 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | ⋮ | | | | |
| | | \bar{v} | | | \bar{v}_n | |
| | Y 向流速 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | ⋮ | | | | |
| | | \bar{v} | | | \bar{v}_n | |
| Z 向流速 | | | | | | |
| | | | | | | |
| | ⋮ | | | | | |
| | \bar{v} | | | \bar{v}_n | | |
| 备注 | | | | | | |
| 校验者 | 校核者 | | 校验日期: 年 月 日 | | | |

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.8—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第8部分：量水堰

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 8: Flow measuring weir

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|---------------|----|
| 1 范围 | 61 |
| 2 引用文件 | 61 |
| 3 概述 | 61 |
| 4 技术要求 | 61 |
| 4.1 一般要求 | 61 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 61 |
| 4.3 校验器具 | 62 |
| 5 校验方法 | 62 |
| 5.1 粗糙度校验 | 62 |
| 5.2 尺寸校验 | 62 |
| 5.3 水平度校验 | 62 |
| 5.4 铅垂度与垂直度校验 | 62 |
| 5.5 流态检查 | 62 |
| 附录 A 量水堰校验记录表 | 63 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第8部分：量水堰

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的薄壁量水堰的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

薄壁量水堰是水工与河工模型试验中常用的量水设施，主要由引水槽、整流设施、水位测针、堰板和通气孔等组成，按堰口形状可分为矩形量水堰、三角量水堰和复式量水堰。当水流通过薄壁堰形成稳定自由出流时，堰顶水头与过流流量呈单一对应关系，可根据堰顶水头通过公式计算流量。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 堰口应平整光滑，顶部厚度应为 1~2mm。堰口应向下游倾斜，与堰板面夹角不应大于 45°。三角堰堰口夹角宜为 90°，中心线应垂直于堰顶。

4.1.3 堰板宜选用耐腐蚀金属板或不易变形的塑料板，堰板面应光滑平整无扭曲。堰板高度应满足安装后堰口距下游水面不小于 0.1m，矩形堰堰板高度不应小于 2 倍堰顶最大水头，三角堰堰板高度不应大于堰宽。堰板安装应铅直并与引水槽壁垂直，堰板中心线与引水槽中心线重合。

4.1.4 引水槽应为等宽矩形截面，槽壁应平整光滑。上游长度应大于 10 倍堰宽，矩形堰和复式堰堰板下游长度不应小于 3 倍堰顶最大水头。引水槽进口应设置整流设施。

4.1.5 水位测点应布置在上游引水槽外侧，距槽底距离不应小于 0.1m，距堰板距离应大于 6 倍堰顶最大水头。测针安装应铅直。

4.1.6 矩形堰的过堰水舌下缘与下游水面间应设置通气孔，通气孔面积不应小于堰顶过水断面面积的 1%。

4.1.7 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 堰口粗糙度不应大于 $3.2\mu\text{m}$ ，三角堰堰口夹角允许偏差为 $\pm 0.5^\circ$ 。

4.2.2 堰板高度、宽度尺寸允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ，堰顶水平允许偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ ，堰板铅直度、与引水槽壁垂直度允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。

4.2.3 堰板处引水槽宽度允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ，槽底高程允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ 。

4.2.4 经整流后，上游引水槽水流应平稳，过堰水舌流态应稳定。

4.3 校验器具

- 4.3.1 游标卡尺：最小分度值 0.1mm。
- 4.3.2 钢尺：最小分度值 1mm。
- 4.3.3 水准仪：准确度等级 S2 级。
- 4.3.4 表面粗糙度样板：粗糙度 $3.2\mu\text{m}$ 。
- 4.3.5 游标角度尺：最小分度值 $2'$ 。

5 校验方法

5.1 粗糙度校验

用表面粗糙样板比测，允许偏差应满足本部分 4.2.1 的要求。

5.2 尺寸校验

- 5.2.1 三角堰堰口夹角用游标角度尺测量，允许偏差应满足本部分 4.2.1 的要求。
- 5.2.2 堰板高度和宽度用钢尺或游标卡尺测量，允许偏差应满足本部分 4.2.2 的要求。
- 5.2.3 引水槽宽度用游标卡尺或钢尺测量，允许偏差应满足本部分 4.2.3 的要求。

5.3 水平度校验

- 5.3.1 矩形堰，用水准仪测量堰顶左侧、中心及右侧 3 点高程；三角堰和复式堰，用水准仪测量堰顶左侧、右侧 2 点高程。堰顶水平度允许偏差应满足本部分 4.2.2 的要求。
- 5.3.2 用水准仪测量堰板处引水槽底板左侧、中心及右侧 3 点高程，槽底高程允许偏差应满足本部分 4.2.3 的要求。

5.4 铅直度与垂直度校验

用游标角度尺校验堰板铅直度、堰板与引水槽壁垂直度、水位测针铅直度，允许偏差应满足本部分 4.2.2 的要求。

5.5 流态检查

量水堰过水，分别调整流量至量水堰最大、最小流量，观测水流流态应满足本部分 4.2.4 的要求。

附录 A
量水堰校验记录表

表 A.1 量水堰校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|--|-------|-------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | 检查结果 | |
| | 1 | 量水堰外观 | | | |
| | 2 | 基本尺度 | | | |
| 校验性能 要求 | 堰板 | 堰口夹角 | | 粗糙度 | |
| | | 宽度 | | 高度 | |
| | 上游引水槽 | 长度 | | 宽度 | 高度 |
| | 下游引水槽 | 长度 | | 宽度 | 高度 |
| | 水位测点位置 | 距堰板距离 | | 距堰底高度 | |
| | 通气孔 | 尺寸 | | | |
| | 水平度 | 堰顶高程 | | | |
| | | 堰底高程 | | | |
| | 铅直度 | 堰板 | | 测针 | |
| | 垂直度 | 堰板与 引水槽壁 | | | |
| 流态 | | 最大流量 | | | |
| | 最小流量 | | | | |
| 备注 | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: | 年 月 日 |

ICS 93. 160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233. 9—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第9部分：电磁流量计

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 9: Electromagnetic flowmeter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-----------------|----|
| 1 范围 | 69 |
| 2 引用文件 | 69 |
| 3 概述 | 69 |
| 4 技术要求 | 69 |
| 4.1 一般要求 | 69 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 69 |
| 4.3 校验器具 | 69 |
| 5 校验方法 | 69 |
| 5.1 测量相对误差校验 | 69 |
| 5.2 测量重复性校验 | 70 |
| 附录 A 电磁流量计校验记录表 | 71 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第9部分：电磁流量计

1 范围

本标准适用于以法拉第电磁感应为原理的等级不高于1.0级的有压管道液体电磁流量计的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

电磁流量计用于水工与河工模型试验中有压管道流量的测量，主要由电磁流量传感器和转换器组成。其工作原理为：基于法拉第电磁感应定律，在封闭管道中设置一个与流动方向相垂直的磁场，通过测量导电液体在磁场中运动所产生的感应电动势计算流量。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合SL 233.1的规定。

4.1.2 校验记录格式见本部分附录A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 测量相对误差不应大于1%。

4.2.2 测量重复性误差不应大于准确度等级相应的最大允许误差的1/3。

4.3 校验器具

4.3.1 量水地秤：包括四臂杠杆系、钢板水箱、传重杆、高准确度称重传感器及计时系统，准确度不低于国家Ⅲ级标准，流量校验范围应覆盖被校流量计测量范围。

4.3.2 称重传感器：准确度0.1%。

4.3.3 计时系统：准确度0.01s。

4.3.4 温度计：最小分度值0.1℃。

5 校验方法

5.1 测量相对误差校验

5.1.1 将电磁流量计安装于等直径的管道上。安装位置应远离弯头、变径、阀门、节流装置等，安装处直管段长度上游应大于5倍管径、下游应大于3倍管径。

5.1.2 连接后开机，宜预热10min。设置流量计参数，并进行零点校准。

5.1.3 流量计测量范围内校验点应分布均匀，校验点数 m 不应少于6个，且应包括计测最小流量 q_{\min} 和最大流量 q_{\max} ，同一校验点重复校验次数 n 不应少于3次。

5.1.4 调整流量至校验点流量值，待流量稳定后方可开始校验。每个流量校验点测量时长不应少于20s。读取测量时段通过量水地秤的过水质量 W ，统计流量计示值的均值 q 。

5.1.5 按公式 (1) 计算过秤流量 Q 。

$$Q = W / \rho t \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

t —— 测量时长；

ρ —— 水体密度。

5.1.6 流量计测量相对误差 ϵ_x 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2.1 的要求。

$$\epsilon_x = \frac{|q_{ij} - Q_{ij}|_{\max}}{q_{\max} - q_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

q_{ij} —— 流量计示值；

Q_{ij} —— 过秤流量；

i —— 校验点编号， $i=1\sim m$ ；

j —— 复校验次数编号， $j=1\sim n$ 。

5.2 测量重复性校验

利用本部分 5.1 的数据，测量重复性误差 ϵ_r 按公式 (3) ~ 公式 (6) 计算，结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\epsilon_r = \frac{S}{q_{\max} - q_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_{ij} - \bar{q}_i)^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{q}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad \dots\dots\dots (6)$$

附录 A
电磁流量计校验记录表

表 A.1 电磁流量计校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----------------------------------|------|-------------|-------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | 检查结果 | |
| | 1 | 流量计外观 | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | |
| | 3 | 量水地秤 | | | |
| 校验性能 要求 | 序号 | 测量时长 | 过水质量 | 地秤流量 | 流量计示值 |
| | 1 | | | | |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 4 | | | | |
| | 5 | | | | |
| | 6 | | | | |
| | ⋮ | | | | |
| | Σ | | Σ | | |
| 备注 | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: 年 月 日 | |

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.10—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第10部分：超声流量计

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 10: Ultrasonic flowmeter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|----------------------|----|
| 1 范围..... | 77 |
| 2 引用文件..... | 77 |
| 3 概述..... | 77 |
| 4 技术要求..... | 77 |
| 4.1 一般要求..... | 77 |
| 4.2 校验项目及性能要求..... | 77 |
| 4.3 校验器具..... | 77 |
| 5 校验方法..... | 77 |
| 5.1 测量相对误差校验..... | 77 |
| 5.2 测量重复性校验..... | 78 |
| 附录 A 超声流量计校验记录表..... | 79 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第10部分：超声流量计

1 范围

本标准适用于以时差法为原理的等级不高于1.0级的有压管道液体超声流量计的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

超声流量计用于水工与河工模型试验中有压管道流量的测量，主要由超声换能器、信号处理单元（或计算机）组成。超声流量计工作原理为：测量超声波在流动介质中传播时间，通过顺流传播与逆流传播的时间差计算流体平均速度，进而计算管道流量。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合SL 233.1的规定。

4.1.2 校验记录格式见本部分附录A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 测量相对误差不应大于1%。

4.2.2 测量重复性误差不应大于准确度等级相应的最大允许误差的1/5。

4.3 校验器具

4.3.1 量水地秤：包括四臂杠杆秤、钢板水箱、传重杆、高准确度称量传感器及计时系统，准确度不低于国家Ⅲ级标准，流量校验范围应覆盖被校流量计测量范围。

4.3.2 称重传感器：准确度0.1%。

4.3.3 计时系统：准确度0.01s。

4.3.4 游标卡尺：最小分度值0.1mm。

4.3.5 温度计：最小分度值0.1℃。

5 校验方法

5.1 测量相对误差校验

5.1.1 测量校验用管道外径、壁厚，校验水温等。

5.1.2 将探头型号，管道外径、壁厚、材质，流体种类或流体声速，安装声程数等参数输入超声波流量计，得到换能器探头的安装问题。

5.1.3 确定超声波流量计安装位置，打磨处理管道，安装换能器探头。安装位置应远离弯头、变径、

阀门、节流装置等，安装处直管段长度上游应大于5倍管径、下游应大于3倍管径。

5.1.4 连接后开机，宜预热10min。设置流量计参数，并进行零点校准。

5.1.5 流量计测量范围内校验点应分布均匀，校验点数 m 不应少于6个，且应包括计测最小流量 q_{\min} 和最大流量 q_{\max} ，同一校验点重复校验次数 n 不应少于3次。

5.1.6 调整流量至校验点流量值，待流量稳定后方可开始校验。每个流量校验点测量时长不应少于20s。读取测量时段通过量水地秤的过水质量 W ，统计流量计示值的均值 q 。

5.1.7 按公式(1)计算过秤流量 Q 。

$$Q = W/pt \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

t —— 测量时长；

ρ —— 水体密度。

5.1.8 流量计测量相对误差 ϵ_1 按公式(2)计算，结果应满足本部分4.2.1的要求。

$$\epsilon_1 = \frac{|q_i - Q_{ij}|_{\max}}{q_{\max} - q_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

q_i —— 流量计示值；

Q_{ij} —— 地秤流量；

i —— 校验点编号， $i=1\sim m$ ；

j —— 复校验次数编号， $j=1\sim n$ 。

5.2 测量重复性校验

利用本部分5.1的数据，测量重复性误差 ϵ_x 按公式(3)~公式(6)计算，结果应满足本部分4.2.2的要求。

$$\epsilon_x = \frac{S}{q_{\max} - q_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_{ij} - \bar{q}_i)^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{q}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad \dots\dots\dots (6)$$

附录 A
超声流量计校验记录表

表 A.1 超声流量计校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | |
|-----------------------------------|----|---------------|------|-----------------------------------|-------|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | | | 生产厂家/规格型号 | |
| 校验依据 | | | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | | 检查结果 |
| | 1 | 流量计外观 | | | |
| | 2 | 线缆、接插件及相关技术资料 | | | |
| | 3 | 量水地秤 | | | |
| 校验性能 要求 | 序号 | 测量时长 | 过水质量 | 地秤流量 | 流量计示值 |
| | 1 | | | | |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 4 | | | | |
| | 5 | | | | |
| | 6 | | | | |
| | ⋮ | | | | |
| | 5x | | | 5x | |
| 备注 | | | | | |
| 校验者 | | 校核者 | | 校验日期, | 年 月 日 |

ICS 93.160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.11—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第 11 部分：电阻式掺气浓度仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 11: Resistance type aeration concentration meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|--------------------|----|
| 1 范围 | 85 |
| 2 引用文件 | 85 |
| 3 概述 | 85 |
| 4 技术要求 | 85 |
| 4.1 一般要求 | 85 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 85 |
| 4.3 校验器具 | 85 |
| 5 校验方法 | 85 |
| 5.1 电极传感器校验 | 85 |
| 5.2 示值偏差校验 | 86 |
| 5.3 零点漂移校验 | 86 |
| 附录 A 电阻式掺气浓度仪校验记录表 | 87 |

水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第 11 部分：电阻式掺气浓度仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的电阻式掺气浓度仪的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第 1 部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

电阻式掺气浓度仪用于水工与河工模型试验中的水流掺气浓度测量，主要由电极传感器和采集仪组成，常用的电极传感器有直立平行电极对和卧式平行电极对。其工作原理为：利用一对平行电极形成电场，测量有效电场域内的清水电阻与掺气水流电阻，根据迈克斯韦尔理论，计算该区域水流的平均掺气浓度（体积百分比）。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 电极传感器电极应无损伤、光滑、洁净，采用性质稳定，抗极化能力强的导体材料制作，探头两个感应电极的面积、间距符合测量要求。

4.1.3 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 电极传感器形状与尺寸应与使用说明书中表述一致，待测清水中应能调零。

4.2.2 利用高精度的电阻箱对掺气浓度仪进行校验。在仪器预热和设定零位电阻后，通过可变电阻箱置不同电阻模拟掺气水流电阻，记录掺气浓度仪的测量值，比较测量值与麦克斯韦公式计算值，在正常使用范围内，两者的偏差应小于 0.2%，掺气浓度仪 2h 内零点漂移不应大于 0.1%。

4.3 校验器具

4.3.1 绝缘容器：截面积不宜小于 20cm×30cm。

4.3.2 游标卡尺：最小分度值 0.1mm。

4.3.3 标准无感电阻箱：电阻范围 0.1~99999.9Ω，电阻分度 0.1Ω。

5 校验方法

5.1 电极传感器校验

5.1.1 检查传感器形状与尺寸，应与使用说明书中表述一致，尺寸允许偏差为±0.5mm。

5.1.2 校验前清洗传感器的电极，宜用中性清洗剂，必要时用弱酸性洗剂。

5.1.3 将传感器置于与待测水体同质、同温的清水中，连接传感器与采集仪相应通道，接通电源，宜预热 10min。

5.1.4 清水调零，按下采集仪面板上“调零”按钮，调节对应通道的“清水调零电阻”（粗调加细调）旋钮，使“显示窗”示值为“0.0”。若反复仍不能调零，则应更换传感器或固定电阻器。

5.2 示值偏差校验

5.2.1 用无感电阻箱代替电极传感器，设定清水电阻 R_0 为 300Ω、600Ω、900Ω 和 1200Ω，理论掺气浓度 C 对应的电阻箱校验阻值 R_c 按公式 (1) 计算，结果列于表 1。

$$R_c = \frac{1 + \frac{C}{2}}{1 - C} R_0 \dots\dots\dots (1)$$

表 1 理论掺气浓度对应的电阻箱校验电阻值

| 理论掺气浓度 $C/\%$ | 电阻箱校验电阻值 R_c/Ω | | | |
|---------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | $R_0=300\Omega$ | $R_0=600\Omega$ | $R_0=900\Omega$ | $R_0=1200\Omega$ |
| 2 | 309.2 | 618.4 | 927.6 | 1236.7 |
| 4 | 318.8 | 637.5 | 956.3 | 1275.0 |
| 6 | 328.7 | 657.4 | 986.2 | 1314.9 |
| 8 | 339.1 | 678.3 | 1017.4 | 1356.5 |
| 10 | 350.0 | 700.0 | 1050.0 | 1400.0 |
| 15 | 370.4 | 758.8 | 1158.2 | 1517.6 |
| 20 | 412.5 | 825.0 | 1237.5 | 1650.0 |
| 30 | 492.9 | 985.7 | 1478.6 | 1971.4 |
| 40 | 600.0 | 1200.0 | 1800.0 | 2400.0 |
| 50 | 750.0 | 1500.0 | 2250.0 | 3000.0 |
| 60 | 975.0 | 1950.0 | 2925.0 | 3900.0 |
| 70 | 1350.0 | 2700.0 | 4050.0 | 5400.0 |
| 80 | 2100.0 | 4200.0 | 6300.0 | 8400.0 |
| 90 | 4350.0 | 8700.0 | 13050.0 | 17100.0 |
| 100.0 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |

5.2.2 按本部分 5.1.4 进行清水调零。

5.2.3 满度标定，按下采集仪面板上“满度”按钮，设置“显示窗”示值为“100.0”。

5.2.4 按表 1 中不同的清水电阻 R_0 对应的电阻箱校验电阻值 R_c ，设定电阻箱电阻。按下采集仪面板上“测量”按钮，记录采集仪“显示窗”示值 c ，其与理论掺气浓度 C 的最大偏差 ξ 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi = |C - c|_{\max} \dots\dots\dots (2)$$

5.3 零点漂移校验

5.3.1 用无感电阻箱代替电极传感器，设定清水电阻 R_0 为 200~2000Ω 之间值。

5.3.2 按本部分 5.1.4 进行清水调零。

5.3.3 之后 2h 内应每 0.5h 读取 1 次“显示窗”示值 $c_i (i=1\sim 4)$ ，零点漂移 δ_0 按公式 (3) 计算，结果应符合本部分 4.2.2 的要求。

$$\delta_0 = |c_i|_{\max} \dots\dots\dots (3)$$

附录 A
电阻式掺气浓度仪校验记录表

表 A.1 电阻式掺气浓度仪校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|----|-----------------|----|-----------------|----|------------------|----|
| 仪器名称/ 仪器编号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | | | 检查结果 | | | |
| | 1 | 采集仪、线缆、接插件及 相关技术资料 | | | | | | | |
| | 2 | 电极传感器校验 | | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 理论掺气 浓度/% | $R_1=800\Omega$ | | $R_2=600\Omega$ | | $R_3=900\Omega$ | | $R_4=1200\Omega$ | |
| | | 示值/% | 偏差 | 示值/% | 偏差 | 示值/% | 偏差 | 示值/% | 偏差 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 备注 | | | | | | | | | |
| 校验者 | | 校核者 | | 校验日期: | | 年 | 月 | 日 | |

ICS 93.160

N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.12—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第12部分： γ 射线型掺气浓度仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 12: γ -ray type aeration concentration meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|----------------------------------|----|
| 1 范围..... | 93 |
| 2 引用文件..... | 93 |
| 3 概述..... | 93 |
| 4 技术要求..... | 93 |
| 4.1 一般要求..... | 93 |
| 4.2 校验项目及性能要求..... | 93 |
| 4.3 校验器具..... | 93 |
| 5 校验方法..... | 93 |
| 5.1 测量相对误差校验..... | 93 |
| 5.2 测量重复性校验..... | 94 |
| 附录 A γ 射线型掺气浓度仪校验记录表..... | 95 |



水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第 12 部分： γ 射线型掺气浓度仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的 γ 射线型掺气浓度仪的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第 1 部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

γ 射线型掺气浓度仪用于水工与河工模型试验中水流掺气浓度的测量，主要由 γ 射线放射源、探测接收器及定标器组成。其工作原理为：利用 γ 射线通过不同密度介质时穿透率变化计算穿透路径内介质密度，测量不同掺气水流的密度，与清水密度对比得出穿透路径内水体的平均掺气浓度。

4 技术要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。
- 4.1.2 γ 射线放射源与探测接收器应由专门人员保管与使用。
- 4.1.3 γ 射线放射源和探测接收器应装配牢固。
- 4.1.4 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

- 4.2.1 测量相对误差不应大于 0.5%。
- 4.2.2 重复性不应大于 0.5%。

4.3 校验器具

- 4.3.1 玻璃器皿：应可密封，截面积宜不小于 $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ 。
- 4.3.2 非水液体：密度不大于 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 的两种以上不同密度液体（如煤油、64 度乙醇等）。
- 4.3.3 量筒：最小分度值 0.1mL。
- 4.3.4 天平：最小分度值 0.01g。

5 校验方法

5.1 测量相对误差校验

- 5.1.1 将 γ 放射源及探测接收器分别固定于玻璃器皿的相对外侧壁，且整个校验过程中保持位置不变。
- 5.1.2 测量穿透器皿中空气、清水和 m 种非水液体（煤油、64 度乙醇、……） γ 射线强度，测量时

长不应少于 60s, 重复测量次数 n 不应少于 3 次。

5.1.3 器皿空管 (器皿内介质为空气), 测量穿透 γ 射线强度 N_0 。器皿中注入清水, 其密度为 ρ_w , 测量穿透 γ 射线强度 N_w 。

5.1.4 依次用量筒量取一定体积的非水液体 (煤油、64 度乙醇、……) 注入器皿, 并用天平称量液体质量, 计算其密度 ρ_i 。测量穿透 γ 射线强度 N_i 。

5.1.5 被测非水液体测量密度 ρ'_i 按公式 (1) 计算。

$$\rho'_i = \frac{\ln N - \ln N_w}{\ln N_0 - \ln N_w} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

i ——非水液体编号, $i=1\sim m$ 。

5.1.6 掺气浓度测量相对误差 ξ 按公式 (2) 计算, 结果应满足本部分 4.2.1 的要求。

$$\xi = \frac{|\rho'_j - \rho_i|_{\max}}{\rho_w} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

j ——测读编号, $j=1\sim n$ 。

5.2 测量重复性校验

利用本部分 5.1 的数据, 测量重复性误差 ξ_x 按公式 (3)~公式 (6) 计算, 结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_x = \left| \frac{S}{\rho'_i} \right|_{\max} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\rho'_j - \bar{\rho}_i)^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{\rho}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \rho'_j \dots\dots\dots (6)$$

附录 A

γ射线型掺气浓度仪校验记录表

表 A.1 γ射线型掺气浓度仪校验记录表

第 页 共 页

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-----------------------------------|-----------|------------------------|-----|------|-----------------|------|
| 仪器名称/ 仪器型号 | | 生产厂家/规格型号 | | | | | | |
| 校验依据 | | 水温/℃, 环境温度/℃, 相对湿度/%, 大气压力/kPa | | | | | | |
| 校验用标准器具名称、 编号、准确度等级 或最大允许误差 | | | | | | | | |
| 一般要求 | 序号 | 检查项目 | | | | 检查结果 | | |
| | 1 | γ射线放射源和探测接收器外观 | | | | | | |
| | 2 | 线缆、该插件及相关技术资料 | | | | | | |
| 校验性能 要求 | 校验项目 | 介质 | 密度 ρ | γ射线温度 | | | 测量密度 ρ' | 相对误差 |
| | | | | 第1次 | 第2次 | 第3次 | | |
| | | 空气 | | | | | | |
| | | 清水 | | | | | | |
| | | 非水液体 | | | | | | |
| | | ϵ_k | | | | | | |
| 备注 | | | | | | | | |
| 校验者 | | 校验者 | | 校验日期: 年 月 日 | | | | |

ICS 93.160
N 04

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 233.13—2016

水工与河工模型试验常用 仪器校验方法

第13部分：光电测沙仪

Calibration method of common instruments
for hydraulic and river model test—

Part 13: Photoelectric sediment concentration meter

2016-08-15 发布

2016-11-15 实施

中华人民共和国水利部 发布

目 次

| | |
|-----------------------|-----|
| 1 范围 | 101 |
| 2 引用文件 | 101 |
| 3 概述 | 101 |
| 4 技术要求 | 101 |
| 4.1 一般要求 | 101 |
| 4.2 校验项目及性能要求 | 101 |
| 4.3 校验器具 | 101 |
| 5 校验方法 | 101 |
| 5.1 测量相对误差校验 | 101 |
| 5.2 测量重复性校验 | 102 |
| 附录 A 光电测沙仪校验记录表 | 103 |



水工与河工模型试验常用仪器校验方法

第13部分：光电测沙仪

1 范围

本标准适用于新制造、使用中和维修后的光电测沙仪（光电浊度仪）的校验。

2 引用文件

本标准引用了下列文件：

SL 233.1 水工与河工模型试验常用仪器校验方法 第1部分：总则

凡是注日期的引用文件，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。

3 概述

光电测沙仪（光电浊度仪）用于水工与河工模型试验中水流含沙量的测量，主要由传感器、光电调制部件和采集仪组成。其工作原理为：当光源透过含有悬移质泥沙的水体后，一部分光能被悬沙吸收，一部分光能被悬沙散射，利用悬移质沙的这种消光作用，使光能透过悬移质沙的衰减转换成电信号，从而测量含沙量。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 基本规定、环境条件、校验结果和校验周期应符合 SL 233.1 的规定。

4.1.2 校验记录格式见本部分附录 A。

4.2 校验项目及性能要求

4.2.1 测量相对误差不应大于 3%。

4.2.2 测量重复性误差不应大于 0.5%。

4.3 校验器具

4.3.1 容器：截面积不宜小于 20cm×20cm。

4.3.2 量筒：最小分度值 0.1mL。

4.3.3 天平：最小分度值 0.01g。

4.3.4 模型沙：中值粒径 0.05mm。

4.3.5 秒表：准确度 0.01s。

4.3.6 电动搅拌器。

5 校验方法

5.1 测量相对误差校验

5.1.1 应取试验中模型沙，按对数坐标含沙浓度均布原则，配制 m 种不同浓度 S' 标准液， m 不应少于 5。

5.1.2 容器中加入一定量的清水，将光电测沙仪传感器放入水中并固定好，接通电源，宜预热

10min。宜间隔 10s 读取 1 次光电测沙仪示值，测读次数 n 不应少于 3 次，计算平均值 U_0 。

5.1.3 容器中依次更换为不同浓度的标准液，宜间隔 10s 搅拌均匀并读取 1 次光电测沙仪示值 U ，测读次数 n 不应少于 3 次。

5.1.4 应按公式 (1) 采用最小二乘法计算光电测沙仪率定系数 K 和常数 C 。

$$s^* = K \ln \frac{U_0}{U} + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

5.1.5 含沙量测量相对误差 ξ 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi = \frac{|s_j^* - S_i^*|_{\max}}{S_i^*} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

i —— 标准液编号， $i=1\sim m$ ；

j —— 测读编号， $j=1\sim n$ 。

5.2 测量重复性校验

利用本部分 5.1 的数据，测量重复性误差 ξ_R 按公式 (3) ~ 公式 (6) 计算，结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_R = \left| \frac{S}{s_j^*} \right|_{\max} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (s_{ij}^* - \bar{s}_i^*)^2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{s}_i^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{ij}^* \quad \dots\dots\dots (6)$$

10min。宜间隔 10s 读取 1 次光电测沙仪示值，测读次数 n 不应少于 3 次，计算平均值 U_0 。

5.1.3 容器中依次更换为不同浓度的标准液，宜间隔 10s 搅拌均匀并读取 1 次光电测沙仪示值 U ，测读次数 n 不应少于 3 次。

5.1.4 应按公式 (1) 采用最小二乘法计算光电测沙仪率定系数 K 和常数 C 。

$$s^* = K \ln \frac{U_0}{U} + C \dots\dots\dots (1)$$

5.1.5 含沙量测量相对误差 ξ 按公式 (2) 计算，结果应满足本部分 4.2 的要求。

$$\xi = \frac{|s_{ij}^* - S_i^*|_{\max}}{S_i^*} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

i —— 标准液编号， $i=1 \sim m$ ；

j —— 测读编号， $j=1 \sim n$ 。

5.2 测量重复性校验

利用本部分 5.1 的数据，测量重复性误差 ξ_R 按公式 (3) ~ 公式 (6) 计算，结果应满足本部分 4.2.2 的要求。

$$\xi_R = \left| \frac{S}{s_{ij}^*} \right|_{\max} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (s_{ij}^* - \bar{s}_i^*)^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{s}_i^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_{ij}^* \dots\dots\dots (6)$$

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电力专业为基础、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，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）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：hcro@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：qwei@waterpub.com.cn
刘媛媛 010-68545948 电子邮件：lyuan@waterpub.com.cn
传 真：010-68317913



155170.280

中华人民共和国水利行业标准
水工与河工模型试验常用仪器校验方法
SL 233—2016

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)
网址: www.waterpub.com.cn
E-mail: sales@waterpub.com.cn
电话: (010) 88387638 (营销中心)
北京科水图书销售中心(零售)
电话: (010) 88383994、63202843、58545874
全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销
北京瑞新通印务发展有限公司印刷

*

210mm×297mm 16开本 7印张 212千字
2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷

*

书号 155170·280

定价 68.00元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,
本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

水利水电技术标
查询服务中心



扫一扫二维码,扫一扫
信息更多、服务更快