

KCS 27.140
P 00

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 156—2010
替代 SL 156—85

水流空化模型试验规程

Specification for model test of flow cavitation

2010-10-11 发布

2011-01-11 实施

中华人民共和国水利部 发布

https://www.sizjxx.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

2010年第40号

中华人民共和国水利部批准《水流空化模型试验规程》
(SL 156—2010)等4项标准为水利行业标准，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	水流空化模型 试验规程	SL 156—2010	SL 156—96	2010.10.11	2011.01.11
2	掺气减蚀模型 试验规程	SL 157—2010	SL 157—96	2010.10.11	2011.01.11
3	水工建筑物水 流压力脉动和流 激振动模型试验 规程	SL 158—2010	SL 158—96	2010.10.11	2011.01.11
4	水电站有压输 水系统模型试验 规程	SL 162—2010	SL 162—96	2010.10.11	2011.01.11

二〇一〇年十月十一日

前 言

根据水利部水利水电规划设计总院《关于开展〈防洪标准〉等14项水利水电勘测设计标准制定与修订工作的通知》（水总科〔2007〕246号）和《水利枢纽水力学原型观测规范》等6项规范编修工作的技术服务合同（水 0203902007）的要求，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）对《水流空化模型试验规程》（SL 156—95）进行了修订。

本标准共7章3节44条和1个附录，主要技术内容有：

- 一般规定；
- 相似准则；
- 试验设备与量测仪器；
- 模型设计与制作安装；
- 试验操作要求与观测内容；
- 资料整理与分析。

本次修订的主要内容有：

- 增加了一般规定；
- 修改和补充了试验操作要求及量测仪器设备。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 156—95

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：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：张 东 章晋雄 张 蕊 张宏伟
张文远

本标准审查会议技术负责人：刘志明 张红武

本标准体例格式审查人：曹 阳

目 次

1	总则	5
2	一般规定	6
2.1	研究大纲	6
2.2	基本资料	6
2.3	报告编写	6
3	相似准则	7
4	试验设备与量测仪器	8
5	模型设计与制作安装	10
6	试验操作要求与观测内容	11
7	资料整理与分析	12
附录 A	水流空化模型试验主要仪器测量精度要求	13
	标准用词说明	15

<https://www.sljzjxx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为规范水流空化模型试验技术与方法，提高试验成果的可靠性和准确性，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于在减压箱、循环水洞、高压箱等专用试验设备中进行的各类过流面和绕流体的水流空化模型试验。

1.0.3 本标准的引用标准有：

《水工（常规）模型试验规程》（SL 155）

1.0.4 水流空化模型试验除应遵循本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

5
http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

2 一般规定

2.1 研究大纲

2.1.1 水流空化模型试验应根据研究任务和要求编制试验研究大纲，并可在研究过程中进行必要的修正和完善。

2.1.2 研究大纲内容宜包括项目概况、工程基本资料、研究目的和内容、技术路线及模拟方法、进度计划、预期成果、项目负责人和参加人员等。

2.2 基本资料

2.2.1 应收集工程规模、泄水建筑物布置及体型等设计资料。

2.2.2 应收集水库特征水位、泄水建筑物泄流能力及运行条件等资料。

2.3 报告编写

2.3.1 模型试验报告宜包括前言、工程概况、试验目的与内容、模型设计与制作、试验方法和量测手段、试验结果与分析、结论与建议等内容。

2.3.2 减压模型试验报告应阐明模型的相似性和比尺选取的合理性。

2.3.3 在循环水洞或高压箱中进行局部模型试验时，应阐明模型相似性和成果的合理性。

2.3.4 成果提交形式宜包括研究报告、电子文档、录像和照片等。

3 相似准则

3.0.1 模型应满足几何相似、水流运动相似和动力相似，遵循弗劳德相似准则。

3.0.2 模型的水流空化数应与原型相等。

4 试验设备与量测仪器

4.0.1 水流空化单体模型试验宜在减压箱内进行，绕流体及局部模型水流空化试验可在循环水洞或高压箱等专用设备内进行。

4.0.2 减压箱、高压箱和循环水洞应符合下列要求：

- 1** 工作段前后应有稳水设施。
- 2** 试验段上游应有足够的长度，试验段下游应有足够的空间。
- 3** 设备应有足够的刚度，变形应不影响模型水流流态。设备内壁应平整光滑。
- 4** 减压箱连续抽气能达到的真空度应不低于**97%**。减压除气后维持稳定真空度（真空度变化小于**-0.5%**）的时间应不小于**1h**；高压箱和循环水洞增压或减压之后维持稳定压力的时间应不小于**1h**。

5 应保证箱体通气路径通畅。

6 工作段附近在**20kHz**以上频段的环境噪声宜小于**70dB**。

4.0.3 减压箱工作段宽度不宜小于**0.8m**，高度不宜小于**1.5m**。侧壁应有足够面积的透明观察窗。

4.0.4 循环水洞工作段前后应有良好的收缩曲线段和扩散曲线段，来流紊动度宜小于**4%**。

4.0.5 试验应按以下情况选择量测仪表：

- 1** 压力选择真空压力表、压力传感器、压差变送器、气压计、多点压力仪和巡回检测阀等。
- 2** 流量选择孔板流量计、电磁流量计、超声流量计和量水堰等。
- 3** 水位选择水位测针、水位传感器和超声水位仪等。
- 4** 温度选择标准水银温度计、半导体点温计和多点温度仪等。

5 空化噪声选择水听器、噪声频谱分析仪和高频大容量计算机数据采集分析系统等。

6 流速选择激光流速仪和超声流速仪等。

7 含气量选择测氧仪和含气量测量仪等。

8 流态选择照相机、摄像机和高速摄影机等。

4.0.6 量测仪器、仪表的技术指标应满足试验测试要求，并符合国家或行业技术监督部门的计量认证的规定。

4.0.7 模型试验常用仪器仪表的测试精度要求见附录 A。

4.0.8 其他有关数据采集器和二次仪表，应遵循 SL 155 的规定。

5 模型设计与制作安装

5.0.1 水流空化试验模型应按正态模型设计，遵循弗劳德相似准则。

5.0.2 应根据设备规模和试验要求确定模型几何比尺，并按**3.0.2**条规定确定减压箱的相似真空度或调整循环水洞和高压箱的压力与流速。

5.0.3 当模型置于循环水洞和高压箱中进行试验时，试验段阻塞度宜小于**15%**。

5.0.4 当模型结构物作为循环水洞工作段时，模型材料应有足够的强度和刚度。

5.0.5 长模型的过流边壁糙率宜满足相似要求。

5.0.6 减压箱和循环水洞应设有保证循环水回到工作段时含气量保持稳定的设施。

5.0.7 模型制作应绘制模型总体布置图、结构物详图和测点布置图等。

5.0.8 模型制作及安装除应符合**SL 155**外，还应满足下列要求：

1 过流面曲线段和连接段应平顺光滑。

2 连接处安装高程和横向尺寸的最大误差应为 **$\pm 0.5\text{mm}$** ，

并应进行光滑处理。

5.0.9 模型制作安装完成后应进行检查与校核，并有完整记录。

6 试验操作要求与观测内容

6.0.1 试验应按以下要求操作：

- 1 减压模型试验应根据试验运行条件调整水量。
- 2 应检查并确认仪器、设备处于正常工作状态。
- 3 减压模型试验正式测试前应在相似真空度状态下预先运行，使试验水体含气量处于稳定状态。
- 4 水流空化试验过程中，水温变化每小时应不大于 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 5 利用循环水洞、高压箱进行水流空化试验，正式测试前应加压至水流空化数相等的状态下预先运行，使试验水体含气量处于稳定状态。
- 6 水流空化试验过程中未发现空化信号时，应反复观测判定。

6.0.2 测试内容应主要包括下列项目：

- 测量大气压力和相对真空度；
- 测量水温；
- 测量动水压力；
- 测量流量；
- 根据试验要求计算或测量水流速度；
- 观测水流初生空化现象及相应条件；
- 观测水流空化生成和消失的演变过程；
- 测量水流空化噪声。

6.0.3 流量、压力及流速的数据采集方法按 SL 165 执行。

7 资料整理与分析

- 7.0.1 应做好完整的试验记录，及时整理和分析试验资料。
- 7.0.2 应绘制各种运行工况的时均压力分布图，必要时还应分析脉动压力特征值和谱曲线。
- 7.0.3 应整理出各种运行工况下的计算或实测流速成果。
- 7.0.4 应绘制各种运行工况下的水流空化噪声谱级图，并绘制水流空化噪声谱级参数与水流空化数或有关水力参数的关系曲线。
- 7.0.5 应提供空化初生或消失时的水流空化数、流态及相应的各项实测水力参数。
- 7.0.6 应描述和分析在各种运行工况下空化现象的特征。
- 7.0.7 流量和水位等其他成果的整理与分析应按 SL 165 执行。
- 7.0.8 应对相似条件下空化源的位置、空化特性及可能造成的危害作出分析。
- 7.0.9 应对试验成果向原型引伸进行分析。
- 7.0.10 应提出减免空化空蚀破坏的措施或进一步研究的建议。

附录 A 水流空化模型试验主要 仪器测量精度要求

表 A 水流空化模型试验主要仪器测量精度要求

参数	仪器名称	控制精度	备注
流量	电磁流量计	测量精度： ±1%	应按电磁流量计规定的技术要求进行安装调试，并定期对电磁流量计进行校准，流量计前后的直管段长度应满足要求
	超声流量计	测量精度： ±1.5%	各类超声流量计（插入式、管段式、外夹式）应按相应的技术要求进行安装，控制阀一般安装在流量计（传感器）的后面，传感器前后的直管段长度应满足要求
压力	测压管、 钢尺	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用水准仪测量各测点高程及测压排零点高程，测量精度：±0.5mm； 2. 在静水中，校验测压管液面应与测点高程一致，测量精度：±0.5mm； 3. 应在流态稳定后进行测读，每一工况应重复测读3~4次，取其平均值 	应按规定的技术要求安装测压管，每次试验前应检查测压孔和测压管是否符合要求，并用清水驱赶测压管与连通管中的气泡
	压力传感器	每次测试前，应按有关规定，进行系统自检率定，率定量测区间应适当大于试验量测区间，率定曲线的偏差系数 σ 应不大于 5% ；每次测量的记录时间应以取得稳定的平均值为准	应按规定的技术要求安装传感器，并应定时监测系统的温度漂移

续表

参数	仪器名称	控制精度	备注
大气压	气压计	测量精度： ±1%	应按有关规定的技术要求安装气压计，按规定的检定周期送计量部门检定
水温	标准水银温度计	测量精度： ±0.2℃	温度计的敏感触端应保持在试验水体中，应按规定的检定周期送计量部门复检
真空度	真空压力表	测量精度： ±0.1kPa	应按有关规定的技术要求安装真空压力表，并按规定的检定周期送计量部门复检
空化噪声	水听器 (一次仪器)	频响范围： 0.5~200kHz ， 测量精度： ±1.5dB	水听器安装时应注意其信号接收的方向性，水听器与其监测部位之间不得有空气阻隔
	噪声频谱分析仪	精度： ≥12dB ，分析频率范围： 1~160kHz	

水利造价信息网
<http://www.slzjxx.com>

标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵循下表规定。

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	允 许
不必	不需要、不要求	