

ICS 27.140  
P 55

**SL**

中华人民共和国水利行业标准

**SL 159—2012**

替代 SL 159—95

**闸门水力模型试验规程**

**Rules for hydraulic model investigation on gate**

2012-08-06 发布

2012-11-06 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

2012年第36号

中华人民共和国水利部批准《闸门水力模型试验规程》(SL 159—2012)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	闸门水力模型试验规程	SL 159—2012	SL 159—95	2012.5.6	2012.11.6

水利部

2012年5月6日

## 前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求，对《闸门水力模型试验规程》(SL 159—95)进行修订。

原规程自1995年7月21日发布实施以来已有16年，对规范指导闸门水力模型试验起到了一定作用。鉴于近10多年来高水头、大尺寸闸门和特型闸门不断涌现，模型试验的方法和技术有较大的变化，需对原规程进行补充和修改，以适应新形势下闸门水力模型试验需要。根据近年来积累的大量闸门水力模型试验经验，主要补充了翻板门、护镜门、对拉门、高水头突扩门槽、闸门水封试验等特型闸门的试验内容和方法；以及模型制作精度控制和测量分析仪器精度要求等。

本标准全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

——SL 159—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：南京水利科学研究院

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：严根华 吴时强 陈发展 周 辉

胡去劣

本标准审查会议技术负责人：温继余

本标准体例格式审查人：陈 昊

## 目 次

1. 总则 .....	1
2. 相似准则 .....	2
3. 试验设备与量测仪器 .....	3
4. 模型设计 .....	4
5. 模型制作与安装 .....	5
6. 试验内容与方法 .....	6
7. 资料整理与分析 .....	8
8. 报告编写 .....	9
附录 A 闸门水力模型试验量测仪器技术指标和安装要求 .....	11
标准用词说明 .....	13
条文说明 .....	15

http://www.szjxx.com  
水利造价信息网

## 1 总 则

1.0.1 为规范闸门水力模型试验研究方法和技术要求，保证试验研究成果的科学性、准确性和可靠性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水工建筑物各类闸门水力模型试验研究，不包括阀门及通航船闸人字门等，也不包括闸门流激振动试验和门槽空化试验。

1.0.3 闸门水力模型试验，应根据试验任务书要求，编写试验研究大纲。

1.0.4 本标准的引用标准有以下标准：

《水利水电工程钢闸门设计规范》(SL 74—95)

1.0.5 闸门水力模型试验除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 相似准则

2.0.1 闸门水力模型应满足几何相似、水流运动相似和动力相似，遵循弗劳德数相似准则。

2.0.2 特殊的闸门水力模型试验除应满足 2.0.1 条外，尚应满足适合自身特有的相似条件。

### 3 试验设备与量测仪器

3.0.1 为保证闸门动态启闭过程中模型库水位维持恒定，闸门水力模型试验宜利用专用水箱或水槽进行。专用水箱或水槽应符合下列要求：

- 1 水箱容积和水面面积较大，能满足来流稳定和顺畅。
- 2 有可垂直升降调节的平水棚或溢流设施，允许有效水头偏差±1%。
- 3 有可调节的进水闸门。

3.0.2 闸门的水力模型试验应具有下列主要的量测仪器：

- 1 流量计。
- 2 水位仪。
- 3 流速仪。
- 4 风速仪。
- 5 压力传感器。
- 6 掺气浓度仪。
- 7 拉压力传感器。
- 8 数据采集分析系统。

3.0.3 试验使用的量测仪器仪表，凡属市场购置，应有国家或行业技术监督部门颁发的合格证，并经国家计量部门检定。

3.0.4 自行研制的仪器仪表应采用计量认证认可的校验方法进行校验。

3.0.5 试验量测前、后应对测试仪器进行率定，且应满足量测仪器技术指标和安装要求（见附录 A）。



## 4 模型设计

4.0.1 闸门水力模型试验应按 2.0.1 条和 2.0.2 条相似准则设计模型。

4.0.2 闸门水力模型应满足水流边界条件的相似。模型应模拟满足上下游范围，包括有关地形和建筑物。

4.0.3 闸门水力模型试验应根据试验要求的闸门尺寸、总水压力、流量、启闭设备和试验设备情况等条件，选择合适的模型比尺，模型比尺不宜小于 1:30，模型宽度不宜小于 20cm。

4.0.4 特殊的闸门水力模型试验应根据研究目的及要求，进行模型设计并论证其相似性。

## 5 模型制作与安装

- 5.0.1 闸门水力模型试验应绘制模型总体布置图、结构物模型图、测点布置图，并提出模型加工及安装要求。
- 5.0.2 压力测点应布置在流道进水口顶曲线、侧曲线、闸门槽、闸门门体和缝隙边壁等部位。
- 5.0.3 闸门启闭力试验模型的制作应保证门体质量分布相似，模型摩擦力应尽可能小，并在数据处理中扣除。
- 5.0.4 需要观测水流流态的部位，应选用透明材料制作模型。
- 5.0.5 应验算模型结构的强度。
- 5.0.6 模型制作安装完成后，应进行检查、率定与校核，并有完整记录。

## 6 试验内容与方法

6.0.1 试验前应进行准备工作，包括量测仪器仪表的标定、模型门体自重测量、闸门启闭机与测试仪器等工作状态检验。必要时，可先进行预备性试验。

6.0.2 闸门水力模型试验方法应包括固定开度的恒定流试验方法和闸门启闭过程的非恒定流试验方法。

6.0.3 闸门水力模型试验应包括下列主要内容：

1 闸门各种开度的流量。

2 特征水位下闸门不同开度闸室及下游流态、门体水动力荷载。

3 闸门启闭过程中，门体水动力荷载变化过程、门后缝隙及凹腔等处的压力变化过程、门井水位变化过程、明流流态转换及特征。

4 通气孔风速及通气量。

5 闸门底缘、门楣等部位的动水压力。

6.0.4 特殊的闸门水力模型试验除应包括 6.0.3 条内容外，还应根据研究的对象和内容，进行下列试验：

1 水力自控翻板门应测量颤振、拍打和翻转等水位特征量，提出减振或免拍振措施，并利用照相、录像等记录水流流态。

2 上翻式护镜门及平面有轨对拉式弧形闸门试验应测量形成强振的上下游水位、开度，特别关注门底缘、门体端部动水压力，并提出相应减振措施。

3 缝隙射流试验应测量射流高度、射流量、缝隙压力分布及详细记录水流流态。

4 弧形闸门突扩门槽试验应测量侧空腔和底空腔形态、空腔负压、两侧水翅高度、水流掺气浓度和射流对底板和侧墙冲击

力等水力特征参数。

5 闸门水封 1:1 切片试验, 应测试不同水头作用下活动水封件的伸缩量, P 型止水头部扭转量等几何变形和止水头部的压缩量等弹性变形。

<http://www.sizjxx.com>  
水利造价信息网

## 7 资料整理与分析

7.0.1 闸门水力模型试验应进行下列资料整理与分析：

- 1 绘制库水位与闸门不同开度的流量关系曲线。
- 2 绘制试验段压力分布曲线及门楣、底缘等有关细部的压力过程线，编制压力特征值表。
- 3 绘制闸门不同开度的门体压力分布，考虑时均压力和脉动压力计算门体的水动力荷载。
- 4 分析与绘制不考虑摩擦力的闸门启闭力过程。
- 5 分析通气孔位置、通气孔尺寸等对通气量的影响，绘制闸门不同开度与通气孔进气量关系曲线。

7.0.2 特殊的闸门水力模型试验还应根据试验内容，进行下列资料整理分析：

- 1 确定水力自控翻板门翻转水位，分析和描述在水力作用下翻板门拍打和强振的发生条件，并提出改善措施。
- 2 绘制上翻式护轮门及平面对拉式弧形闸门启闭力过程线，分析描述闸门发生强振的条件，提出减振措施。
- 3 整理和分析弧形闸门突扩门槽侧空腔尺寸、底空腔尺寸与闸门开度的关系、突扩门槽射流对底板和侧墙冲击力特征值、空腔负压；绘制突扩门槽下游两侧的水速形态特征值与库水位的关系、分析水翼会否封顶和冲击闸门铰座。
- 4 绘制不同库水位与缝隙射流高度关系曲线及缝隙内边壁压力分布。
- 5 闸门水封试验整理与描绘闸门水封几何变形量 and 弹性变形量与作用水头之间关系，分析水封的止水效果和安全运行条件。

## 8 报告编写

8.0.1 闸门水力模型试验报告编写应包含下列内容：

- 1 概述。
- 2 研究内容。
- 3 模型设计。
- 4 研究成果分析。
- 5 结论与建议。

8.0.2 报告中研究成果分析应包括下列内容：

- 1 论述和分析进口闸室段和闸门体型设计的合理性，提出较优的布置和选型方案。
- 2 论述闸门在不同库水位、不同开度下，门体压力分布及水力荷载。
- 3 论述闸门在不同库水位、不同开度下，模型闸门启闭力变化的特征。
- 4 论述闸门启闭力变化特征，提出选择启闭机容量的建议。
- 5 论述不同库水位、闸门不同开度与通气量的变化关系，最大通气孔风速是否符合 SL 74—95 的要求。

8.0.3 特殊的闸门水力模型试验报告中研究成果分析还应包括下列内容：

- 1 论述不同库水位门缝射流的情况，分析其危害性及改善措施。
- 2 论述水封的最大几何变形量、弹性变形量和安全、有效的水头运行区段。
- 3 分析论述门槽是否会发生水流空化，提出较优的门槽体型、尺寸和减免空蚀的措施。
- 4 在综合分析突扩门槽各项水流参数的基础上，论述弧门突扩门槽体型、尺寸是否合理，并提出较优的布置方案。

5 论述水力自控翻板门翻转水位、拍打和颤振的发生条件及改善措施。

6 论述上翻式护轮门及对拉式平面有轨弧形闸门发生强振的条件，提出减振和控振措施。

8.0.4 研究成果应包括研究报告、照片与录像等资料。

<http://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 附录 A 闸门水力模型试验量测仪器 技术指标和安装要求

**A.0.1** 闸门水力模型试验量测仪器技术指标应符合表 A.0.1 的规定。

**A.0.2** 传感器安装应符合下列要求：

1 测压管安装时，头部与水流边界正交、齐平，测压孔内径应小于 2mm，测压管内径宜大于 1cm，管身保持直立，零点高程由水准仪校正。

2 测针底座应安装牢固，并定期进行测针零点校核。

3 压力传感器安装时须垂直边壁，且与过流面齐平；若不具備上述安装条件，可在传感器与测压孔之间串联刚性短管，管长宜小于 30cm，否则应进行测试精度验证。

4 拉压力传感器安装时受力点应通过轴心，不出现偏心现象。

5 风速仪和流速仪的安装须稳定可靠，在气流和水流作用下不出现振动或摆动现象。

6 传感器直接与水流接触时，应注意防水密封。

**A.0.3** 试验前应对传感器进行一次标定，试验结束后应对传感器再率定一次。

**A.0.4** 动态数据测量时将电信号由传感器输入二次和三次仪表进行滤波放大和储存记录，每次应重复测量 3 次。

表 A.0.1 闸门水力模型试验量测仪器技术指标

仪器名称	量程	分辨率	误差度	备注
流量计	$\leq 1.5Q_d$	±1%	±0.5%~2%	含电磁流量计、涡轮流量计、孔板流量计、超声波流量计及水堰等综合项目误差；其中涡轮流量计接管形式，上游直管段应不小于 20DS，下游直管段应不小于 7DS（DS 为管道实际内径）



表 A.0.1 (续)

仪器名称	量程	测量精度	误差度	备注	
水位测针	30cm、50cm	0.1mm	$\leq 0.3\text{mm}$		
水位仪	$\leq 1.5H_{\text{max}}$	1mm	$\pm 1\% \pm 3\text{mm}$		
流速仪	旋桨流速仪	0~8m/s	$\leq 5\text{mm/s}$	$\pm(1\% \sim 2\%)$	自转转速不大于 6mm/s (旋桨流速仪)
	毕托管	$\leq 3.0\text{m/s}$	$\leq 5\text{mm/s}$	$\pm(1\% \sim 2\%)$	当流速量程不大于 2.5m/s, 可选用管径为 6mm 标准毕托管; 当流速量程 2.5m/s $\leq v \leq 10.0\text{m/s}$ , 宜选用管径为 2.5mm 标准毕托管
	激光流速仪	0.1~100m/s	0.2mm/s	$\pm 0.1\%$	参照仪器说明书, 测量误差为量程值的 0.1%
压力传感器	(1.1~1.5) $P_{\text{max}}$	1Pa/mV	$\pm 2\%$	$P_{\text{max}}$ 为最大可能压力值	
风速仪	0~30m/s	0.3m/s	$\pm 2\%$		
绝压传感器	(1.1~1.5) $F_{\text{max}}$	0.01kg 0.05m/s	$\pm 2\%$ $0.05\text{m/s}$	$F_{\text{max}}$ 为最大可能绝压值	
测压管		1mm			

## 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	

https://www.sizjxx.com  
水利造价信息网

中华人民共和国水利行业标准

闸门水力模型试验规程

SL 159—2012

条文说明

<https://www.sljzjxx.com>  
水利造价信息网

## 目 次

1 总则.....	17
2 相似准则.....	18
3 试验设备与量测仪器.....	19
4 模型设计.....	20
5 模型制作与安装.....	21
6 试验内容与方法.....	22
7 资料整理与分析.....	23
8 报告编写.....	25

## 1 总 则

1.0.2 本标准适用范围虽不包括闸门及通航船闸人字门等，也不包括闸门流激振动试验和门槽空化试验，但可供参考使用。

1.0.3 试验大纲包括以下内容：工程概况和闸门结构型式、尺寸、基本资料、试验研究的目的和内容、研究方案和实施计划、模型设计和试验研究方法、试验设备和量测仪器、试验研究进度计划、预期成果、试验研究负责人和参加人员等。

## 2 相似准则

2.0.1 闸门是指水利工程中广泛采用的平面闸门和弧形闸门。闸门水力模型试验，应满足水力条件相似，即满足几何相似，水流运动相似和动力相似，遵循弗劳德模型定律（重力相似准则）。其主要参数的比尺与模型几何比尺  $L_r$  关系为：

流速比尺	$V_r = L_r^{0.5}$
流量比尺	$Q_r = L_r^{2.5}$
时间比尺	$T_r = L_r^{0.5}$
压强比尺	$T_r = L_r$
力比尺	$F_r = L_r^3$
密度比尺	$\rho_r = 1$
功比尺	$W_r = L_r^3$
功率比尺	$N_r = L_r^{2.5}$

除上列比尺要求外，模型闸门门体的质量分布要保持与原形相似。

2.0.2 特殊的闸门水力模型试验是指针对近年来我国在水利工程中采用的水力自控翻板门、上翻式护镜门和平面有轨对拉式弧形门等特殊形式及高水头、特大尺寸等闸门进行的试验。

特殊闸门水力模型试验的相似准则除应满足 2.0.1 条的比尺要求外，尚有下列比尺换算关系：

水力自控翻板门力臂比尺	$i_r = L_r$
力矩比尺	$M_r = L_r^3$
护镜门翻转角度比尺	$\theta_r = 1$

### 3 试验设备与量测仪器

3.0.1 闸门水力模型试验，一般水头较高，模型比尺较大，且需动态调控流量和水位，故通常利用专用水箱或水槽进行试验。对专用水箱或水槽提出的三条要求，就是为了保证试验过程中能按试验要求调控流量和水位。

3.0.4、3.0.5 试验所用的仪器设备应检定合格，方可使用。目的是使试验量测仪表规范化、科学化和保证试验成果准确性、可靠性。量测一次仪器、仪表的率定（校验）、二次仪器、仪表及采集系统的检定（检验）的周期一般为1~2年。



## 4 模型设计

**4.0.1、4.0.2** 为了满足闸门的水力条件相似，应保证进、出水流条件相似；为此，在确定模型范围时，应包括闸室前后对水流有影响的建筑物，满足来流边界条件相似。

**4.0.3** 本条主要是模型比尺选择问题。应根据试验任务要求和实验室具体条件综合比较确定模型比尺，以免模型过小而影响加工精度和试验成果的准确性。三峡、溪洛渡、白鹤滩、小浪底等工程已完成的相关闸门水力试验模型比尺均约在  $1:20\sim 1:30$  范围，以此确定模型比尺要求。

## 5 模型制作与安装

5.0.1 绘制模型总体布置图和结构物模型图，是模型制造和安装的依据。为了避免模型制作和安装差错，结构物线条和尺寸应清晰，提出的要求需具体明确。

5.0.2 闸门门体（含底缘）、闸门槽、门楣及门后水流变化剧烈的区域是试验研究的重点关注部分，故应布置压力测点观测压力变化过程。

5.0.3 为确保试验精度，制作闸门启闭力模型时，除应确保几何相似外，还应保证门体质量分布相似，模型摩擦力应尽量小，并需确保试验数据具有良好的重复性。

## 6 试验内容与方法

6.0.3、6.0.4 规定了闸门水力模型试验应观测的主要内容。要求随着闸门的连续启闭，完成全过程各水力要素的动态测量。长管道需量测通气孔风速，一般试验量测的是通气孔中心最大风速，再乘以系数 0.84~0.85，作为通气孔平均风速。闸门启闭过程流态转换的量测和记录，一般以静态为主，静、动结合。缝隙射流试验各水力要素的量测，一般采用固定闸门开度进行量测。

对水力自控翻板门、上翻式护镜门、弧形闸门突扩门槽、闸门水封等水力问题的研究，至今已积累了一定经验，在标准中做了适当反映和表述。

## 7 资料整理与分析

7.0.1、7.0.2 闸门水力模型试验进行资料整理与分析的主要目的是:

(1) 绘制试验段及细部压力分布, 便于分析了解建筑物及布置体型的合理性, 为优选布置方案提供依据。

(2) 绘制闸门不同开度的门体压力分布, 包括门体上下游面板、门顶和底缘压力, 以便得出门体总水压力的水平分量和垂直分量, 进而计算闸门启闭力。

(3) 闸门启闭力的模型试验, 由于模型中的摩擦力无法做到与原型相似, 模型中不模拟摩擦力, 并采用计算方法扣除摩擦力影响。

(4) 原型闸门的启闭力可以采用试验与计算相结合的方法求得, 根据闸门启闭力按式 (1) ~ 式 (4) 计算。

$$F_1 = G + W_1 - P_1 - T + I \quad (1)$$

$$F_2 = G + W_2 - P_2 - T - I \quad (2)$$

$$T = f \Delta P_H \quad (3)$$

$$I = (M + \Delta M) \frac{d^2 y}{dt^2} \quad (4)$$

式中  $F_1$ 、 $F_2$ ——启门时和闭门时的启闭力, kN;

$G$ ——闸门自重, kN;

$W_1$ ——作用在闸门上的水柱重量, kN;

$P_1$ ——上托力和下吸力, kN;

$T$ ——摩擦力, 包括支承和止水摩擦力, kN;

$f$ ——摩擦系数;

$\Delta P_H$ ——总水压力的水平分量, kN;

$I$ ——惯性力, kN;

$M$ ——闸门质量,  $\text{kN} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ ;

$\Delta M$ ——水体附加质量,  $\text{kN} \cdot \text{s}^2/\text{m}$ 。

当闸门为等速启闭或启闭加速度很小时,  $I \approx 0$ , 总水压力的垂直分量按式 (5) 计算:

$$\Delta P_v = W_v + P_v \quad (5)$$

式中  $\Delta P_v$ ——总水压力的垂直分量,  $\text{kN}$ 。

根据上述情况, 在模型试验测得  $W_v$ 、 $P_v$ 、 $\Delta P_{v1}$  和  $\Delta P_v$  后可参照有关原型观测资料或经验取用  $f$  值; 对于重大工程, 如果有必要, 亦可进行  $f$  值的专门试验测定。这样就可由式 (1) 和式 (2) 计算出不同闸门开度的闸门启闭力, 并绘制成相应的关系曲线, 供选择启闭机容量用。

(5) 闸门后通气管进气量在模型比尺较小时, 不按重力相似准则换算成原型值, 可根据经验公式换算。

## 8 报告编写

8.0.1、8.0.2 规定了闸门水力模型试验报告编写的基本要求和内容。其中影响闸门运行安全的关键水力学问题和行之有效的解决措施，应当列为报告编写的重点。

<https://www.sizjxx.com>  
水利造价信息网

https://www.sizjxx.com  
水利造价信息网

## 中国水利水电出版社

### 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，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一贯把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的信息机构。作为水利部直属的中央军委专业科技出版社，成立于1956年，1998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、兼营其它学科和门类，以纸质书刊为主、兼营电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已出版近三万种、数十余套（套、卷）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（第三水利水电编辑室）主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣传、推广工作，同时还负责编辑出版水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材。

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厚爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水业，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的咨询服务，进一步做好标准出版工作。

联系电话：010-68517913（传真）

主 任：王德辉 010-68545951 wdh@waterpub.com.cn

主任助理：陈 昊 010-68545981 hero@waterpub.com.cn

策划编辑：林 京 010-68545948 lj@waterpub.com.cn

王 岩 010-68545982 wqi@waterpub.com.cn

杨 馨 010-68545995 ylx@waterpub.com.cn

王 丹 010-68545974 wdy@waterpub.com.cn



http://www.sljxx.com  
水利造价信息网

http://www.sljzjxx.com  
水利造价信息网



155084.965

SL 159—2012

中华人民共和国水利行业标准

闸门水力模型试验规程

SL 159—2012

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) 68387688 (发行部)

北京科水图书情报中心 (零售)

电话: (010) 88383364、88202642、88648874

全国各地新华书店和相关出版物零售网点均有

北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

140mm×203mm 32开本 1印张 29千字

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

印数0001—2000册

书号 155084·965

定价 15.00元

凡购买我社书籍,如有缺页、倒页、脱页的,

本社发行部负责调换

其他问题,请与本社水利水电技术标准咨询服务中心联系

电话(传真): (010) 68317913

E-mail: jwh@waterpub.com.cn

版权所有·侵权必究