

DB31

上海市地方标准化指导性技术文件

DB31 SW/Z 062-2026

沿海（江）水闸消能防冲设计导则

Design guidelines for energy dissipation and erosion control of
coastal sluices

2026-5 发布

2026-8 实施

上海市水务局 发布

前 言

为指导本市沿海、沿江水闸消能防冲设计，上海市水务局组织上海市堤防泵闸建设运行中心、上海上咨工程设计有限公司，按照《水利技术标准编写规程》（SL/T1-2024）的要求，制定本标准。

本标准共分为9章和3个附录，主要技术内容有：总则、术语、基本规定、闸下水位流量、消能防冲布置、水力设计、结构设计、水力学数值计算和水工模型试验、安全监测和运行管理设计、附录。

各单位在使用本文件的过程中，请注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈至上海上咨工程设计有限公司（地址：上海市杨浦区水丰路38号5、6楼，邮编：200093）。

本标准批准部门：上海市水务局

本标准主编单位：上海市堤防泵闸建设运行中心

上海上咨工程设计有限公司

本标准主要起草人：姜浩 许朴 王建生 邢超锋 潘源 王凌宇

夏小娟 翟法 徐亮 党航 王炼 张雷珍

吴维军 王雪丰 唐睿 潘洋

本标准审查会议技术负责人：阮龙飞 季荣 付明军 朱焱峰

本标准体例格式审查人：潘柯良

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 闸下水位流量	4
4.1 闸下初始水位	4
4.2 闸下水位流量关系	4
5 消能防冲布置	5
6 水力设计	6
6.1 消力池计算	6
6.2 海漫计算	6
6.3 防冲槽计算	6
7 结构设计	6
7.1 一般规定	6
7.2 结构计算	7
7.3 结构设计	7
8 水力学数值计算和水工模型试验	9
8.1 一般规定	9
8.2 水力学数值计算	9
8.3 水工模型试验	9
9 安全监测和运行管理设计	10
9.1 安全监测设计	10
9.2 运行管理设计	10
附录 A 消能防冲水力计算	12
附录 B 消能防冲结构计算	15
附录 C 水工模型试验技术要求	17
标准用词说明	20

1 总则

1.0.1 为指导本市沿海、沿江水闸消能防冲设计，强化运行管理单位安全管理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于上海市沿长江、沿东海区域新建、改建、扩建和加固的大、中型水闸采用底流消能的消能防冲设计，小型水闸的消能防冲设计可参照使用。

1.0.3 本标准的引用标准主要有下列标准：

GB 50286 堤防工程设计规范

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

SL 155 水工（常规）模型试验规程

SL 265 水闸设计规范

SL/T 75 水闸技术管理规程

SL 379 水工挡土墙设计规范

SL 191 水工混凝土结构设计规范

SL 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范

SL 768 水闸安全监测技术规范

SL 744 水工建筑物荷载设计规范

1.0.4 沿海（江）水闸消能防冲设计除应符合本标准外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语

下列术语及其定义适用于本标准。

2.0.1 消能防冲建筑物 hydraulic structure of energy dissipation and erosion control

为使下泄水流与下游河道良好衔接，设置于水闸出口以形成水跃、旋滚、剧烈收缩扩散等局部水力消能流态，消杀泄流能量的水工建筑物，以及防止对下游河床、岸坡产生危害性冲刷和淘刷的水工建筑物。

2.0.2 底流消能 energy dissipation by hydraulic jump

利用水跃消除从闸室泄出的急流、将急流转变为缓流与下游水流相衔接的消能方式。

2.0.3 消力池 stilling basin

建在水闸下游有护坦及边墙保护的水跃消能设施。

2.0.4 海漫 riprap

建在消力池下游用以调整流速分布、保护河床免受冲刷的具有一定柔性的护底结构物。

2.0.5 防冲槽 anti-scour trench

建在水闸海漫末端、挖槽抛石形成的防冲棱体。

2.0.6 防冲墙 anti-scour wall

建在水闸海漫末端地基内的竖向防冲刷结构物。

2.0.7 防冲齿墙 anti-scouring key wall

当水闸下游海漫末端计算冲刷深度较小时，采用的条状防冲结构。

2.0.8 闸门开度 gate opening

闸门开启时，闸门门底以下过水断面高度与闸槛槛顶以上过水断面水深的比值，也叫相对开度。

3 基本规定

3.0.1 水闸消能防冲设计应包括消能防冲建筑物的布置、水力设计、结构设计、安全监测设计等。

3.0.2 水闸消能防冲设计应收集并分析下列资料：

- 1 气象、水文、泥沙、地形、地质等自然条件。
- 2 水闸运行、生态环境、防洪（潮）、排涝、及航运等要求。

3.0.3 水闸消能防冲建筑物的建筑物级别应与水闸级别一致。建筑物的洪（潮）水标准应与水闸洪（潮）水标准一致。

3.0.4 消能防冲建筑物的水力设计应符合下列规定：

1 水闸消能防冲设施应满足消散动能与均匀扩散水流的要求，且应与下游水体有良好的衔接。挡潮闸消能设计还应以控制运行条件下可能出现的最不利潮位作为消能计算条件。

2 出流应与枢纽相邻建筑物和下游防护、通航等要求相协调，不得影响枢纽其他建筑物和下游重要设施的正常运行。

3 水力条件复杂或采用新型消能工的，可根据水力学数值计算分析成果进行初步水力设计，并进行水工模型验证。

3.0.5 消能防冲建筑物的结构设计应符合下列规定：

- 1 应根据水力特性和结构、地基稳定要求，对结构型式、材料性能、地基处理等进行设计。
- 2 对混凝土结构宜增大结构缝的分缝间距。结构缝面应设置可靠的封闭止水。
- 3 对大体积混凝土结构宜进行温度控制和防裂设计。
- 4 应根据工程地质、水文地质条件和运行检修要求，采用防渗、排水措施。

4 闸下水位流量

4.1 闸下初始水位

4.1.1 水闸排水时，可取排水期与水闸防洪（潮）标准相同频率的低水位或实测最低潮水位为起推水位，按过闸流量推算的闸下水位为闸下初始水位。

4.1.2 水闸直接向长江或东海等大水体排水，闸下水位受大水体控制时，可取排水期与水闸防洪（潮）标准相同频率的低水位或实测最低潮水位为闸下初始水位。

4.1.3 水闸引水时，可取水闸所在水利分片常水位下限或引水期闸下可能最低水位为起推水位，按过闸流量推算的闸下水位为闸下初始水位。

4.2 闸下水位流量关系

4.2.1 消能防冲设计应采用闸下水位流量关系族线的下包络线。

4.2.2 应考虑闸下河段河床下切对闸下水位的影响，不宜考虑河床回淤对闸下水位的影响。

5 消能防冲布置

5.0.1 闸址选择和枢纽布置应考虑消能防冲设施布置要求。

5.0.2 消能防冲建筑物的布置应根据地形和地质条件、泄流特点、闸门运用方式等确定。对于双向过流的水闸，应双向布置消能防冲设施。

5.0.3 消能防冲建筑物一般包括消力池、海漫及海漫末端的防冲槽（墙）等设施，其布置型式应通过技术经济比较后确定。

5.0.4 根据闸下尾水深度与跃后水深的关系，可相应采用下挖式和综合式消力池。当闸下尾水深度小于跃后水深，可采用下挖式消力池。当闸下尾水深度小于 50%跃后水深，且消力池计算深度较深，可采用下挖式消力池与突槛式消力池相结合的综合式消力池。

5.0.5 消力池可采用斜坡面与闸底板相连接，斜坡面的坡度宜缓于 1:4。消力池沿顺水流方向不宜分缝。

5.0.6 水流条件复杂的水闸时，消力池内可设置消力墩、消力梁等辅助消能工，其布置型式和尺寸应通过水工模型试验验证。

5.0.7 当水闸上、下游水位差较大，且尾水深度较浅时，宜采用二级消力池消能。二级消力池池长可取 20m，池深可取 1m~1.5m。二级消力池尾槛宜与下游海漫同高，可适当提高一级消力池尾槛高度（ $\leq 0.5\text{m}$ ）或采用差动式尾槛。

5.0.8 海漫应具有一定的柔性、透水性、表面粗糙性，其构造和抗冲能力应与水流流速相适应。海漫末端应设防冲槽或防冲墙。海漫下面应设垫层。

5.0.9 消能防冲设施与两岸的连接应保证岸坡稳定和进出水流平顺，在消力池及海漫平直段宜采用直墙式结构。当水闸出水口水域宽阔时，可采用无翼墙消能结构，并加强对消能防冲设施两侧的保护。

5.0.10 下游翼墙顺水流向的投影长度应大于或等于消力池长度。采用单级消力池时，其翼墙扩散角宜采用 $7^\circ \sim 12^\circ$ 。采用二级消力池时，其翼墙扩散角可取 $5^\circ \sim 10^\circ$ 。

5.0.11 下游护坡长度应大于海漫长度，坡脚应设置镇脚，其深度应大于计算的冲刷深度。护坡下面均应设垫层。

6 水力设计

6.1 消力池计算

6.1.1 在各种可能出现的水力条件下，消力池应满足消散泄流动能与均匀扩散水流的要求。消力池的水力计算内容应包括：

- 1 消力池深度计算；
- 2 消力池长度计算；
- 3 消力池尾槛高度计算。

6.1.2 应根据闸下河段情况和闸门运用方式，按本标准 4.1 节的规定选取闸下初始水位，按 4.2 节的规定选取闸下水位流量关系。

6.1.3 消力池在各级设计泄量下均能形成稳定的淹没水跃形态，水跃淹没度宜取 1.05~1.10。

6.1.4 当消力池下游河床水深大于水闸泄流量临界水深时，消力池计算按照本标准附录 A.1 进行。

6.1.5 当采用二级消力池消能时，自由出流的一级消力池尾槛高度和水平段长度按池内形成临界稳定水跃的条件确定。二级消力池的池高及池长根据下游河床水深形成稳定淹没水跃的条件确定。

6.2 海漫计算

6.2.1 海漫的长度应根据可能出现的不利水位、流量组合进行计算确定。海漫长度计算见本标准附录 A.2。

6.2.2 海漫各过水断面的流速应小于其材料的允许抗冲流速。块石稳定的抗冲粒径计算见本标准附录 B.3。

6.3 防冲槽计算

6.3.1 防冲槽的深度应根据河床土质、海漫末端单宽流量、下游水深及河床冲刷深度等因素综合确定。下游海漫末端河床冲刷深度计算见本标准附录 A.3。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 消能防冲结构设计应根据地质条件、水力条件及闸门控制运行方式等进行稳定、结构和强度计算。荷载取值应符合 SL744 的规定。

- 7.1.2 结构设计使用年限及耐久性要求应符合 SL654 的规定。
- 7.1.3 处理后的地基应满足承载力、稳定和变形的要求。
- 7.1.4 有抗震设防要求的水闸，消力池分缝处应加强拉结钢筋。

7.2 结构计算

- 7.2.1 消能防冲设施基底渗透压力计算和抗渗稳定性验算应符合 SL265 的规定。
- 7.2.2 消力池底板厚度应满足抗冲及抗浮要求，计算见本标准附录 B.1。
- 7.2.3 消力池末端为突槛或设有消力墩的，应对其进行结构强度复核，作用于末端突槛的水流冲击力计算见本标准附录 B.2。
- 7.2.4 翼墙、防冲墙的稳定及结构计算应按 SL 379 的规定进行。

7.3 结构设计

7.3.1 消力池结构设计应满足下列要求：

- 1 消力池应采用钢筋混凝土结构，应按 SL191 的规定进行结构配筋计算。
- 2 处于海水环境的工程，应控制氯离子引起的钢筋锈蚀。
- 3 消力池底板可根据地基条件及地基处理情况在垂直于水流方向分缝，分段长度可采用 12m~20m，并应与闸室及下游海漫错缝。
- 4 消力池的翼墙结构设计按照 SL 379 的规定执行。
- 5 永久缝缝宽宜采用 20mm，缝内填填缝料，分缝之间可设置键槽。
- 6 分缝止水材料宜采用紫铜片，并与水闸止水系统闭合。

7.3.2 海漫结构设计应满足下列要求：

- 1 海漫宜采用干砌块石结构、混凝土预制块结构、石笼结构、混凝土灌砌块石结构、混凝土板结构等，具有一定的柔性、透水性、表面粗糙性。
- 2 海漫厚度按其型式，应与水流流速相适应，不宜小于 0.3m。
- 3 混凝土预制块海漫表面宜进行糙化处理或相邻块高低错落设置，以增大其与水流的摩擦力。顺水流方向不宜有通缝。
- 4 干砌块石结构、混凝土预制块结构和石笼结构海漫，应设置钢筋混凝土框格梁，框格梁净距可采用 6m~10m，框格梁深至海漫垫层底部以下。
- 5 石笼结构海漫的金属网箱和内填块石的材质、规格应满足抗冲和耐久性要求。

6 混凝土板结构应设伸缩缝，缝距不宜大于 100m，缝宽可取 20mm~25mm；遇固定构造物处应以伸缩缝分隔；板块切缝间距可小于 3m，缝宽 5mm，深 1/3 板厚；混凝土板表面构造宜拉槽、压槽、刻槽糙化处理，形似块石。

7.3.3 防冲槽和防冲墙结构设计应满足下列要求：

- 1 防冲槽深度根据本标准 6.3.1 条确定，可取 1.5m~3m。
- 2 海漫末端防冲槽的块石量，应满足河床冲至最深时，石块坍塌后完整覆盖在冲刷坑上游坡面的要求。
- 3 防冲槽块石粒径应满足抗冲要求，计算见本标准附录 B.3。
- 4 海漫末端计算冲刷深度较小时，也可采用 1m~3m 深的防冲齿墙作为防护设施。当计算冲刷深度较大时，宜采用防冲墙或防冲墙与防冲槽组合结构。
- 5 防冲墙可采用混凝土连续墙、排桩等结构型式，其底部埋深应根据其在下游河床最大冲刷深度的结构稳定计算复核确定。
- 6 在消力池末端设置防冲墙时，应考虑渗流场变化对闸室和消力池的影响。

7.3.4 反滤层和排水孔设计应满足下列要求：

- 1 反滤层可结合垫层要求设置，底层宜不小于 150mm 厚的级配砂，上层宜不小于 150mm 厚的级配碎石。
- 2 当采用土工织物代替传统砂石料作为滤层时，应满足保土性、透水性和防堵性要求。相关技术要求应符合 GB/T 50290 的规定。
- 3 消力池底板的排水孔应设置在中后部。
- 4 混凝土板海漫、混凝土灌砌块石海漫和浆砌块石海漫应设置排水孔。

8 水力学数值计算和水工模型试验

8.1 一般规定

8.1.1 水流条件复杂的水闸消能防冲布置和闸门的控制运用，应在初步设计阶段结合水闸布置经水工模型试验验证。

8.1.2 采用新型消能工、体型边界存在突变或水力特性复杂的消能防冲建筑物宜进行断面或局部模型试验论证。

8.2 水力学数值计算

8.2.1 消能防冲方案分析可采用水力学数值计算。

8.2.2 水力学数值计算软件应成熟、可靠，并宜对数学模型的参数进行验证。

8.2.3 水力学数值计算的范围应包括水闸建筑物及保证流态稳定的上下游水体空间。

8.2.4 水力学数值计算的项目应包括流速、流向、流量、压力、水位等水力学指标。

8.3 水工模型试验

8.3.1 水工模型的试验原则及试验资料分析应符合现行标准 SL 155 的有关规定。

8.3.2 水工模型试验应根据水闸建筑物、消能防冲建筑物的规模确定试验内容和要求并选择合适的相似准则和比尺。

8.3.3 水工模型试验测试项目应包括过流能力、水面线、流速、流态、下游河床的冲淤、波浪、临底流速等。

8.3.4 根据工程特性，开展水工模型试验时宜对工况变化过程中的水力现象进行观测描述。

8.3.5 闸门的启闭顺序和开度等的控制运用，宜根据水工模型试验成果确定。

8.3.6 下游河道防冲水工模型试验的测试项目应主要包括两岸的水面线和波浪、沿程岸边流速分布、河道冲淤分布。

9 安全监测和运行管理设计

9.1 安全监测设计

9.1.1 消能防冲设施安全监测设计应结合水闸的安全监测设计统一布置，并符合 SL 768 规定。

9.1.2 安全监测项目主要包括：下游水位、沉降、水平位移、扬压力、冲刷、淤积、闸下流态等。

9.1.3 监测设施布置

1 下游水位

应在海漫水平段及防冲槽末端分别设置自动水位计和水位标尺，可在消力池斜坡段首端设置水位标尺。

2 沉降和水平位移

应在消力池尾槛、消力池翼墙、海漫段翼墙设置沉降和水平位移测点。沉降测点与水平位移测点宜共用同一标点。

3 扬压力

应在消力池斜坡段、尾槛的底部设置渗压计，并宜同时设置测压管。测压断面不少于3个，每个断面不少于3个测点。对侧向绕流，可在翼墙背水侧设置测点。

4 冲刷和淤积

应定期对消能防冲设施进行水下测量和水下摄像。

5 闸下流态

应在消能防冲设施两岸翼墙设置视频监控点，对闸下流态进行实时监测。

9.1.4 消能防冲安全监测设计宜设置安全监测自动化系统，可结合水闸监测自动化系统布置，对于以下情况的测点，宜纳入到监测自动化系统中：

1 需进行高精度、高频次监测而难以进行人工观测的测点。

2 监测点所在部位的环境条件不允许或不可能用人工方式进行观测的测点。

9.1.5 安全监测设计应对监测资料的整理分析提出技术要求。

9.2 运行管理设计

9.2.1 水闸运行管理应符合 SL75 规定。

9.2.2 应根据水闸承担的任务和所在河道的实际情况，在保障水闸安全前提下，提出闸门的控制运用方式。

9.2.3 根据水力设计成果或水工模型试验成果，提出水位、流量及开度关系曲线，确定闸门启闭顺序和开度。

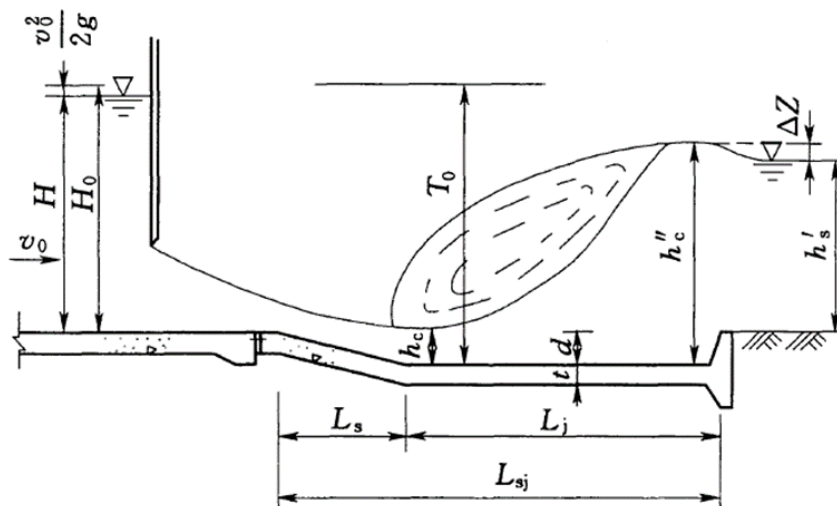
9.2.4 应提出汛期巡视检查要求，明确对消能防冲设施的流态进行定点观察和影像记录。

9.2.5 水闸消能防冲设施应按规定频次开展日常检查；每年汛前、汛后应加密检查频次，强化检查力度。

附录A 消能防冲水力计算

A.1 消力池计算

A.1.1 消力池计算示意图见图A.1，消力池深度可按公式 (A.1)~公式 (A.4) 计算：



图A.1 消力池计算示意图

$$d = \sigma_0 h_c'' - h_s' - \Delta Z \dots\dots\dots (A.1)$$

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{g h_c^3}} - 1 \right) \left(\frac{b_1}{b_2} \right)^{0.25} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$h_c^3 - T_0 h_c^2 + \frac{\alpha q^2}{2g\phi^2} = 0 \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\Delta Z = \frac{\alpha q^2}{2g\phi^2 h_s'^2} - \frac{\alpha q^2}{2g h_c''^2} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

d ——消力池深度 (m) ；

σ_0 ——水跃淹没系数，采用1.05~1.10；

h_c'' ——跃后水深 (m) ；

h_c ——收缩水深 (m) ；

α ——水流动能校正系数，采用1.00~1.05；

ϕ ——孔流流速系数，采用0.95~1.00；

q ——过闸单宽流量 (m³/s/m) ；

b_1 ——消力池首端宽度 (m) ;

b_2 ——消力池末端宽度 (m) ;

T_0 ——由消力池底板顶面算起的总势能 (m) ;

ΔZ ——出池落差 (m) ;

h_s' ——出池河床水深 (m) 。

A. 1. 2 消力池长度可按公式 (A. 5) 和公式 (A. 6) 计算:

$$L_{sj} = L_s + \beta L_j \dots\dots\dots (A. 5)$$

$$L_j = 6.9 \left(h_c'' - h_c' \right) \dots\dots\dots (A. 6)$$

式中:

L_{sj} ——消力池长度 (m) ;

L_s ——消力池斜坡段水平投影长度 (m) ;

β ——水跃长度校正系数, 采用0.7~0.8;

L_j ——水跃长度 (m) 。

A. 2 海漫长度计算

当 $\sqrt{q_s \sqrt{\Delta H'}} = 1 \sim 9$, 且消能扩散良好时, 海漫长度按公式(A. 7)进行计算:

$$L_p = K_s \sqrt{q_s \sqrt{\Delta H'}} \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中:

L_p ——海漫长度 (m) ;

q_s ——消力池末端单宽流量 ($m^3/s/m$) ;

K_s ——海漫长度计算系数, 可由下表查得。

表A. 1 K_s 值

河床土质	粉砂、细砂	中砂、粗砂、粉质壤土	粉质黏土	坚硬黏土
K_s	14~13	12~11	10~9	8~7

A. 3 海漫末端的河床冲刷深度计算

海漫末端的河床冲刷深度按公式(A. 8)进行计算:

$$d_m = 1.1 \frac{q_m}{[v_0]} - h_m \dots\dots\dots (A. 8)$$

式中：

d_m ——海漫末端河床冲刷深度（m）；

q_m ——海漫末端单宽流量（ $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ）；

$[v_0]$ ——河床土质允许不冲流速，（m/s）；

h_m ——海漫末端河床水深（m）。

附录B 消能防冲结构计算

B.1 消力池底板厚度计算

消力池底板厚度根据抗冲和抗浮要求，分别按公式（B.1）和公式（B.2）计算，并取其大值。

$$\text{抗冲} \quad t = k_1 \sqrt{q \sqrt{\Delta H'}} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$\text{抗浮} \quad t = k_2 \frac{U - r h_d \pm P_m}{r_b} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

t ——消力池底板始端厚度（m）；

$\Delta H'$ ——闸孔泄水时的上、下游水位差（m）；

q ——过闸单宽流量（ $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ）；

k_1 ——消力池底板计算系数，采用0.15~0.20；

k_2 ——消力池底板安全系数，采用1.1~1.3；

U ——作用在消力池底板底面的扬压力（kPa）；

γ ——水的容重（ kN/m^3 ）；

h_d ——消力池内水深（m）；

P_m ——作用在消力池底板上的脉动压力（kPa），其值可取跃前收缩断面流速水头值的5%；计算消力池底板前半部的脉动压力时取“+”，计算消力池底板后半部的脉动压力时取“-”；

γ_b ——消力池底板的饱和重度（ kN/m^3 ）。

消力池末端厚度，可采用 $t/2$ ，但不宜小于0.5m。

B.2 水流对尾槛的冲击力计算

水流对消力池尾槛的冲击力可按公式（B.3）计算：

$$P_i = K_d A_o \frac{\rho_w v^2}{2} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

P_i ——水流对消力池尾槛的冲击力，N；

A_o ——尾槛迎水面在垂直于水流方向上的投影面积， m^2 ；

ρ_w ——水体密度；

v ——水跃收缩断面的流速， m/s ；

K_d ——阻力系数。对于消力池中未形成水跃、水流直接冲击尾槛的情况可取 0.6。对于消力池中已形成水跃且 $3 \leq Fr \leq 10$ 的情况，可取 $0.1 \sim 0.5$ (弗劳德数 Fr 大者 K_d 取小值，反之取大值)。

B.3 块石粒径计算

在水流作用下，海漫段块石保持稳定的抗冲粒径（折算粒径）可按照公式（B.4）和公式（B.5）计算：

$$d = \frac{V^2}{C^2 2g \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}} \dots\dots\dots (B.4)$$

$$W = \frac{\pi}{6} \gamma_s d^3 \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

d —— 折算粒径(m)，按球型折算；

W —— 石块重量(kN)；

V —— 水流流速(m/s)；

g —— 重力加速度(m/s²)；

C —— 石块运动的稳定系数；水平底坡 $C=1.2$ ，倾斜底坡 $C=0.9$ ；

γ_s —— 石块的容重(kN/m³)；

γ —— 水的容重(kN/m³)。

附录C 水工模型试验技术要求

C.1 工程概况

C.1.1 简述工程任务、总体布局、建设内容和规模、调度运用原则和运行方式，以及工程总体布置、工程等级、建筑物级别和设计标准。

C.1.2 概述工程前期工作情况。

C.2 基础资料

C.2.1 水文、气象资料

- 1 工程区域水位—流量关系；
- 2 其他相关水文资料；
- 3 含沙量、泥沙颗粒级配及河床糙率等；
- 4 工程区域气象资料。

C.2.2 地形、地质资料

- 1 模拟范围内的地形、地貌资料，地形图比例不宜小于 1:2000；
- 2 水闸下游河床及岸坡的地质资料。

C.2.3 工程设计资料

- 1 水闸布置；
- 2 消能防冲布置；
- 3 下游河道防护措施；
- 4 运用工况和要求；
- 5 其它。

C.3 水工模型试验目的和任务

C.3.1 试验目的

简述进行水工模型试验的缘由、目的、依据等。

C.3.2 试验任务

- 1 流态观测定性描述模型试验水流流态，说明回流区、涡流、折冲水流、分离水流、水翅、跌水、

壅水等现象及其范围、强弱等特征。

2 水位与水面线测量 测量模型区域的水位与水面线。

3 泄流能力测试：

1) 测量闸门全开和局开的泄流能力，以及对应的上下游水位；

2) 计算堰流或孔流的流量系数、淹没系数；

3) 给出水位—流量关系曲线。

4 流速、流向观测 观测____ 范围、区域内的流速、流向。

5 时均压力测量 测量____ 建筑物的时均压力。

6 脉动压力试验 测量____ 建筑物的脉动压力。

7 局部冲淤试验。

8 水面波动测量 在水面波动剧烈区、重点岸坡或通航区等部位开展水面波动测量。

C.4 技术要求

C.4.1 物理模型比尺要求。

C.4.2 整体、单体、局部、断面模型要求。

C.4.3 定床和动床模型要求。

C.4.4 对原设计方案提出修改优化，以及推荐方案要求。

C.4.5 模型试验技术其它要求。

C.5 提交试验成果要求

C.5.1 时间要求

1 提交单体（局部、断面）模型试验中间成果时间；

2 提交单体（局部、断面）模型试验最终成果时间；

3 提交整体模型（定床、动床）试验中间成果时间；

4 提交整体模型（定床、动床）试验最终成果时间。

C.5.2 格式要求

C.5.2.1 纸质文件

1 试验成果应满足 SL 155 的要求，图文并茂，附有必要的彩色照片。

2 中间成果份数。

3 最终成果份数。

C.5.2.2 电子文件

1 提交与最终成果纸质文件一致的 WORD(或 PDF) 格式电子文件。

2 最终成果要求同时提交记录试验过程的照片、影像资料。

标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

上海市地方标准化指导性技术文件

沿海（江）水闸消能防冲设计导则

DB31 SW/ Z 062-2026

条文说明

目次

1 总则.....	23
3 基本规定.....	24
4 闸下水位流量.....	25
4.1 闸下初始水位.....	25
4.2 闸下水位流量关系.....	25
5 消能防冲布置.....	26
6 水力设计.....	29
6.1 消力池计算.....	29
6.2 海漫计算.....	29
6.3 防冲槽计算.....	29
7 结构设计.....	31
7.2 结构计算.....	31
7.3 结构设计.....	31
8 水力学数值计算和水工模型试验.....	34
8.1 一般规定.....	34
8.2 水力学数值计算.....	34
8.3 水工模型试验.....	34
9 安全监测和运行管理设计.....	35
9.1 安全监测设计.....	35
9.2 运行管理设计.....	35
附录 A 消能防冲水力计算.....	36
附录 B 消能防冲结构计算.....	36

1 总 则

1.0.1 鉴于历史上包括近期设计的一些沿海（江）水闸已发生过不少消能防冲设施冲刷破坏问题，因此，总结经验和试验研究成果，对指导本市沿海（江）水闸消能防冲设计是十分有益的。

1.0.2 上海市沿海、沿江区域，指上海沿长江、东海区域，对于黄浦江、苏州河沿线受潮汐作用影响显著的水闸可参照使用。上海地区水闸潮差大、水头低、流速小，水闸主要消能形式为底流消能，本标准针对底流消能方式。本标准对于泵站与水闸合建工程的水闸消能防冲设计同样适用，小型水闸或涵闸等的消能防冲设计可参照使用。

3 基本规定

3.0.2 水闸消能防冲设计收集的地质资料，除常规地质参数外，还应包括消力池、海漫基础土层的颗分曲线或特征粒径。

3.0.3 水闸消能防冲建筑物作为水闸的重要部分，其建筑物级别及潮水标准均与水闸保持一致。位于防洪、挡潮堤上的水闸，其闸顶高程不应低于防洪、挡潮堤堤顶高程，根据《上海市防洪除涝规划(2020-2035)》中防洪、挡潮标准，沿长江、东海水闸按 200 年一遇标准设防。

3.0.4 从不同的水力要求、闸下消能效果要求、与其他建筑物和下游河道的水力协调、及水力学数值计算等方面规定消能防冲建筑物水力设计的以下基本要求：

1 根据水闸的运用要求，其上、下游水位、过闸流量，以及控制运用方式(如闸门的开启程序、开启孔数和开启高度)等常常是复杂多变的，因此水闸闸下消能防冲设施必须在各种可能出现的水力条件下，都能满足消散动能与均匀扩散水流的要求，且要与下游水体有良好的衔接。挡潮闸一般以落水期排泄上游多余来水量，有时需用闸门控制泄水，消能设计还要将可能出现的最不利低潮位作为消能计算条件，同时注意对水位流量关系资料可靠性的分析，没有实测闸下游水位流量资料的，要选择有可靠水位流量关系的地点，作为起算断面推算出闸下位。

2 消能防冲建筑物的出流流态、流速、水面波动等水力学要素满足通航及下游河道冲刷等要求。

3 水力条件复杂或采用新型消能工的消能防冲建筑物，难以得到简洁和普遍认可的水力要素计算公式。而水力学数值计算基于计算机技术和大型通用流体计算软件，正好可以弥补上述水力设计手段的不足，近来已在工程设计和科学研究方面得到广泛运用。

3.0.5 消能防冲建筑物的结构设计包括材料、温度控制、分缝、止水、防渗、排水和基础处理等。

首先需根据水力设计成果，准确把握各种运行工况下建筑物的水力特性，有针对性地确定结构型式和相应的防护措施。

结构分缝不仅是满足消能工底板或边墙混凝土施工要求的构造措施，同时也是减小结构动水荷载响应、确保结构安全稳定的有效防护手段。消能防冲建筑物的结构强调整体性，一般采用较大的间距，减少垂直水流向结构缝的数量，并针对接缝处理提出设计措施要求。

4 闸下水位流量

4.1 闸下初始水位

闸下初始水位是指水闸开始泄流时消能防冲设施末端的水位,根据水闸不同的运用特点,以及兼顾工程的安全、经济等因素综合确定。

4.2 闸下水位流量关系

4.2.1 宜实测几组闸下水位和流量,以验证计算的闸下水位流量关系的合理性。为安全起见,闸下水位流量关系应取其族线的下包络线。

4.2.2 河道下切、水位下降是很普遍的现象,应充分考虑闸下水位下降对消能防冲设施安全的不利影响。

引起河道下切的主要因素有:上游来沙量减少、闸排流量过大、溯源冲刷、河道疏浚等。

受上游来沙量增加、水闸运用频次降低等因素影响,闸下河段可能会产生泥沙回淤。不考虑河段泥沙回淤对闸下水位的影响,对于工程安全而言是有利的。

5 消能防冲布置

5.0.1 闸址选择和枢纽布置时,应考虑各泄水建筑物之间的相互影响,船闸、泵站与水闸的相对位置,消能防冲设施的布置应满足水闸泄水畅顺及各建筑物运行安全的要求。

5.0.2 对于双向过流要求的水闸,其消能防冲设施可通过计算分析确定。当计算无需设置消力池时,作为构造要求应在一定范围内采用混凝土底板或浆砌石护底等防冲刷措施。

5.0.3 根据调查资料,我国已建的大、中型水闸工程,多数建在平原、滨海区,而且基本上都是采用底流式水跃消能。因为在滨海区,一般是在软土地基上建闸,河床及岸坡抗冲能力较低,且承受水头不高,闸下跃前水流弗劳德数较低,因此一般采用底流式水跃消能。

底流消能一般包括消力池、海漫及末端的防冲槽(墙)。考虑到出池水流剩余能量对河床可能造成冲刷,且池后单宽流量和流速尚较大,分布也不很均匀,甚至水流紊动比较严重,故消力池后应设置海漫和防冲槽(或防冲墙)。

5.0.4 下挖式消力池或综合式消力池是上海地区底流式消能的两种主要型式,其作用是增加下水水深,以保证产生淹没式水跃。根据水工模型试验研究资料,如果下挖式消力池或综合式消力池设计得当,可消杀水流全部功能的40%~70%。

根据《水闸设计规范》相关条文,当闸下尾水深度小于50%跃后水深,且消力池计算深度又较深时,可采用综合式消力池消能。

5.0.5 由于水闸是低水头泄水建筑物,计算消力池深度一般为1m~3m,消力池与闸室底板之间的连接无需按照射流曲线布置,而直接用斜坡段连接即可,常用坡度为1:4~1:5。如坡度过陡,出闸水流流速较大时,水流将脱离斜坡面产生局部真空,以致损坏结构,而且当坡度过陡时,基坑开挖和混凝土浇筑也很困难。因此,本标准规定,消力池斜坡段的坡度不要大于1:4。同时斜坡面还存在较大的脉动压力,对斜坡段受力不利,如斜坡段单独设置,当出闸水流流速较大时易被掀翻,故要求消力池的斜坡段与水平段为整体结构。如消力池长度较长,确需沿顺水流向分缝,设置垂直水流向的伸缩缝时,建议伸缩缝设置在水平段,并分别复核消力池斜坡段和水平段的稳定性。分缝采用搭缝或凹凸缝的型式,缝间设拉结钢筋,以防止由于不均匀沉降下游端凸起使水流紊乱。采用搭缝时,上游端搭在下游端之上。

5.0.6 消力墩、消力梁等辅助消能工的设置,目的是为了改善水流条件,提高消能效果,且能减小消力池尺寸,节省工程量。由于辅助消能工选用的布置型式和尺寸有所不同,其主要作用也不同。对于有排水要求的水闸,如果辅助消能工选用不当,不但不起作用,甚至还会

产生副作用，危害消力池的安全。对于水流条件复杂的水闸，如采用辅助消能工，其布置型式和尺寸要通过水工模型试验确定。

5.0.7 当水闸上、下游水位差较大，且尾水深度较浅时，计算所需的消力池深度较大，若采用一级消力池消能，消力池的工作条件十分恶劣，不仅消力池中的流速和脉动压力显著增大，而且消力池池底扬压力也很大，消力池稳定性问题突出。若采用二级消力池消能，消力池的受力条件显著改善，上述稳定性问题亦不难解决，尽管各级消力池的总长度增加，但消力池底板厚度可以减薄，由于水流横向扩散能力增大，下游防冲工程量亦可能减小，因此水闸下游总的消能防冲工程量并不会显著增加，而在技术上则更为可靠。

二级消力池体型尺寸，经计算分析或模型试验得出。本条关于二级消力池体型的建议尺寸，主要参照《上海地区沿江沿海水闸消能防冲研究报告》相关研究成果确定。

二级消力池池长变化主要影响消力池末端水流的均匀度；当池长小于 20m 时，水流的均匀度会降低；大于 20m 以上时，均匀度随着池长增加不再明显变化。当二级消力池的池深变化时，对消力池总的消能率影响不大，主要起到调节一、二级消力池的消能负荷分配的作用；当池深取 1.5m 时，消力池末端流速均匀度最高；当池深小于 1m 时，影响二级消力池内水跃发生。因此，二级消力池池长可取 20m，池深可取 1m~1.5m。

二级消力池设置高于海漫的尾槛时，在下游低水位工况下，会产生水面跌落，增大海漫段消能的负荷，降低消力池消能率，对消能防冲不利，沿海（江）水闸外河潮位变化大且频繁，二级消力池尾槛宜与下游海漫同高。

当下游水位较低时，由于一级消力池尾槛升高，壅高了一级消力池水位，部分能量转移至二级消力池，因而二级消力池中水跃增强，消能效果增加。一级消力池尾槛抬升，有调节二级消力池消能负荷分配的作用，调整水流的作用也有所增加，出池水流均匀性稍有提高。条件允许时，可适当增高一级消力池尾槛，调节二级消力池消能负荷分配。

5.0.8 根据原南京水利实验处的试验资料，海漫倾斜坡度建议采用 1:6~1:10。如果坡度过陡，虽可节省工程量，但斜坡上很容易产生游涡，反而会影响在垂直方向的水流扩散或造成单宽流量集中的现象，达不到增加水深、减缓流速、调整流速分布、提高防冲效果的目的。结合上海多年建闸经验，为了使海漫充分发挥作用，末端有条件的，宜做成缓于 1:10 的斜坡。为了防止水流冲刷，海漫末端要设置防冲槽(或防冲墙)。

5.0.9 消能防冲设施两岸连接结构主要是指岸墙和翼墙结构，通常采用水利工程中的水工挡土墙型式。

5.0.10 虽然水闸下游翼墙的平均扩散角增大后，消力池消能率有提升作用，但扩散角不宜过大，否则出闸水流将脱离翼墙临水面，两侧出现回流，压缩主流并使之更为集中，使下游河道遭受冲刷。

根据 SL265 4.5.5 条要求，单级消力池翼墙扩散角宜采用 $7^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。

本条关于二级消力池扩散角的要求，主要参照《上海地区沿江沿海水闸消能防冲研究报告》相关研究成果确定。二级消力池扩散角超过 10° 时，出池水流的均匀度显著下降；随着扩散角的进一步增大，消力池两侧会出现回流区，主流发生压缩。出池单宽流量不均匀系数随扩散角增大而增大，过大的扩散角对消能防冲不利。当边墙扩散角较小（ 5.15° ），消力池两侧不出现回流区，出池水流相对均匀。根据研究成果综合确定二级消力池扩散角可取 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。

5.0.11 根据已建水闸工程的调查资料，不少水闸建成后，由于闸门的控制运用不当，超标准行洪、排水，以及其他方面的一些原因，常使水闸下游防护范围以外部位遭受不同程度的冲刷，为此在管理维修时又不得不将护坡长度适当加长。至于前者比后者长多少，需视工程实际情况确定。

6 水力设计

6.1 消力池计算

6.1.1 消力池计算可按尾槛顶高程、深度、长度的顺序进行。在各种可能的水力条件下(正常运行的各级开度组合和闸门全开时过闸流量),消力池应满足消散泄流动能和缓流出流的要求,并尽量确保出消力池水流与海漫始端的水体平顺衔接,海漫末端与下游河道水体应平顺衔接。

6.1.4 底流消能是水闸泄流消能常用的一种方法,它适用于各类地质条件的中、低水头的泄水闸。SL265给出了消力池体型和水力参数的计算公式,本标准附录A.1引用自SL 265附录B.1。

计算公式中要求出池下游河床水深大于临界水深,否则消力池下游出现急流状态,这是不满足消能防冲设计要求的,计算的消力池深度结果不合理。

各级泄水流量中跃后水深和下游河道水深差值最大所对应的流量,以该流量计算消力池深度。以最大泄水流量计算消力池长度。

综合式消力池尾槛高度计算,先初拟尾槛顶高程,根据各种可能出现的水力条件计算尾槛流速和弗劳德数 Fr ,经试算修正,按满足尾槛断面为缓流、且流速小于下游海漫允许抗冲流速的条件,确定尾槛顶高程。

6.1.5 弗劳德数为流体力学中表征流体惯性力和重力相对大小的一个无量纲参数,记为 Fr 。

$Fr = \sqrt{v^2/gh}$,式中 v 为断面平均流速, g 为重力加速度; h 为断面平均水深。

6.1.6 当水闸上、下游水位差较大,且尾水深度较浅时,可采用二级消力池消能。尾水位较浅时,水闸泄流条件下,其一级消力池尾槛出流多呈自由出流,一级消力池尾槛高度和水平段长度按池内形成临界稳定水跃的条件确定。通过设置二级消力池,使出消力池水流与下游水体平顺衔接,形成稳定淹没水跃,故二级消力池的体型参数根据下游河床水深形成稳定淹没水跃的条件确定。

6.2 海漫计算

6.2.1 海漫长度按照本标准附录A.2,该附录引用自SL 265附录B.2。

6.2.2 需计算海漫段各过水断面的平均流速,以复核海漫的抗冲稳定。块石的抗冲稳定按本标准附录B.3计算,该附录引用自GB 50286附录D.3.4。

6.3 防冲槽计算

6.3.1~6.3.2 本标准仍采用 SL265 推荐的公式计算河床冲刷深度。根据计算的河床冲刷深度确定防冲槽抛石量。当河床冲刷深度较大时，可采用防冲墙或防冲墙与防冲槽组合结构。本标准附录 A.3 引用自 SL 265 附录 B.3。

7 结构设计

7.2 结构计算

7.2.1 通过渗透压力计算渗透坡降，进行抗渗稳定性验算，以判断消能防冲地基是否产生破坏，并为反滤垫层的设计提供依据。对处理后的地基应进行渗流稳定性验算。

渗流分析若考虑消力池底板排水孔的影响，可将排水孔视作碎石体进行建模，采用有限元法确定其孔径、孔距。

7.2.2 本标准仍采用 SL265 推荐的公式计算消力池底板厚度。抗浮计算时，应评估上游防渗措施及消力池底板排水设施的可靠性，对扬压力进行修正，留有适当安全裕度。考虑耐久性和施工要求，底板最小厚度不宜小于 0.5m。本标准附录 B.1 引用自 SL 744 附录 B.1.3。

7.2.3 本标准仍采用 SL744 推荐的公式计算消力池尾槛或突槛上的水流冲击力。本标准附录 B.2 引用自 SL744 7.4 条。

7.2.4 防冲墙可采用混凝土连续墙、排桩、沉箱(井)、联体旋喷桩或搅拌墙等结构型式。应根据其结构型式按 SL379 中的板桩式或重力式挡土墙等进行计算。

7.3 结构设计

7.3.1 在上世纪七八十年代建成的水闸，受经济制约，物资贫乏，部分水闸消力池采用了浆砌石结构、浆砌石面铺混凝土结构、素混凝土结构，此类结构因结构强度低耐久性差，目前大部分已经出现了破损。而采用钢筋混凝土结构的消力池，出现破损的情况较少。

为提高消力池的结构可性和耐久性，有必要规定消力池的构造。

垂直于水流方向分段时，应与闸室及下游海漫错缝布置。分缝止水材料要求具有抗渗性、抗冲性、良好的延性和耐久性。目前省内使用较多的有紫铜片、橡胶带。从使用效果来看，宜采用紫铜片。

7.3.2 海漫应具有一定的柔性、透水性，能够适应地基的不均匀沉降、顺利排出渗水，降低扬压力。同时海漫还要求表面粗糙，以加大与水流的摩擦，有利于调整流速分布。

1) 大、中型水闸海漫型式有混凝土海漫、混凝土灌砌块石海漫以及石笼结构海漫等。目前上海大中型水闸多采用混凝土海漫或混凝土灌砌块石海漫：

(1) 混凝土海漫：当消力池后水流流速较大或在缺乏石料的地方，可采用混凝土海漫若消力池衔接段水流条件较差，可在前段一定范围内采用混凝土海漫。混凝土海漫应分块设置，并宜进行表面糙化处理或相邻块高低错落设置，以增大其与水流的摩擦力。厚度不宜小

于 0.3m。伸缩缝类似混凝土路面的胀缝，主要根据膨胀量设计，一般海漫工程工期不会超过一年，进入使用期后基本都在水下，年内温差变化有限，考虑伸缩缝有效膨胀量 1cm，故定伸缩缝缝距 100m；切割缝属于假缝，主要起诱导收缩裂缝作用，按照交通部门的有关研究，缝距一般 3~4.5m。

(2) 混凝土灌砌块石海漫：类似于浆砌石海漫，但胶结材料采用了混凝土。石块间缝距为 80~100mm，大面朝下，块石间形成上大下小缝隙，以利混凝土灌注和振捣，且灌混凝土表面低于块石顶，以增加表面粗糙。厚度不宜小于 0.35 m。

(3) 石笼结构海漫：通过扩张金属网使块石形成更大的个体，增加其抗冲能力，抗冲流速介于干砌石与混凝土海漫之间。厚度不宜小于 1 m。

2) 从各消能防冲设施的重要性和经济性方面考虑，海漫的安全可靠性可小于消力池，在遭遇非正常工况时，允许海漫出现局部损坏。但为减少损坏面，防止整体破坏，海漫应设置拉结钢筋、框格梁等限损措施。

3) 为确保石笼结构海漫的质量，应对其材料参数作出规定。

7.3.3 水闸下泄水流经过海漫后，河床流速分布虽然接近正常分布状态，但在海漫末端仍有冲刷现象。如果要求河床完全消除冲刷，则所需海漫长度较长，既不经济，也无必要，解决的办法通常是在海漫末端设置防冲槽或防冲墙。

防冲槽深度应根据海漫末端水流流态、河床冲刷深度等因素综合确定。当河床冲刷深度较大时，宜采用防冲墙或防冲墙与防冲槽组合结构。

参照上海已建工程的实践经验，防冲槽采用大块石材料，深度一般可取 1~3m，防冲槽顶部宽度根据块石需求数量及防冲槽深度确定。

块石需求数量为河床冲刷至最深时，块石坍塌后在冲刷坑上游坡面形成 0.8~1m 厚的块石护坡所需数量。

防冲墙底部埋深应满足强度和稳定的要求，并大于按本规程 6.3 节规定计算的冲刷深度。对重力式结构，视地基的地质情况，可适当增加不小于 0.5 m 的埋深。

在消力池末端设置防冲墙，会截断闸基渗流从海漫出逸的通道，加大闸室和消力池的扬压力。应提高排水设施的可靠性，并选取合适的扬压力值计算。

海漫末端的防冲墙或防冲齿墙可沿两侧岸坡坡脚向下游做一定延伸，衔接封闭。

本标准附录 B.3 引自于 GB50286 附录 D.3.4。

7.3.4 砂石垫层反滤料的级配应按 SL265 规定计算。考虑到施工要求，最小厚度不宜小于 150 mm。结合换填地基，可加大透水垫层厚度。

我市大部分水闸工程消力池底板下设置有垫层，消力池平段后 2/3 段设置排水孔。在斜坡段及平段前 1/3 段不应设排水孔，主要是考虑消力池前部为急流区，有可能产生局部负压，增大排水孔逸出的渗流坡降，致使地基土被局部掏空，消力池遭受破坏。

8 水力学数值计算和水工模型试验

8.1 一般规定

8.1.2 采用二级消力池、无翼墙消力池等实际应用案例较少的消力结构，或体型边界存在突变或水力特性复杂的消能防冲建筑物，宜采用水工模型试验论证。

8.2 水力学数值计算

8.2.1 随着流体动力学数值模拟技术的发展，成熟的流体动力学软件在工程中应用日渐广泛。与水工模型试验相比，数值分析具有经济、高效等优势，特别适用于消能防冲设计方案比选，能够较好地揭示水流泥沙的水力特性。

8.2.2 数学模型的验证，指与相同工程或类似工程的水工模型水力学参数或原型观测结果进行比对，判断数学模型计算结果的可靠性。

8.3 水工模型试验

8.3.4 水闸在运行工况变化过程中，可能出现短暂的水力过渡现象，故提出水工模型试验中观测、描述工况变化过程的水力现象。

9 安全监测和运行管理设计

9.1 安全监测设计

9.1.3 监测设施布置

1 下游水位

下游水位的观测有助于对消能防冲设施运行情况是否正常进行判断。在海漫水平段两侧的直立式翼墙上可以设置自动水位计，在防冲槽末端、消力池斜坡段首端可沿坡面或墙身设置水位标尺。

2 沉降和水平位移

施工期的沉降监测可先在隔墩、翼墙底板面层埋设标点，通水后再引接到结构的顶部。施工期的监测精度应与运行期要求一致。

3 扬压力

扬压力监测应结合闸室的结构型式、闸基轮廓线形状和地质条件等因素确定，并应以能测出扬压力的分布及其变化为原则。考虑到渗压计的可靠性和耐久性，有条件时，同时设置测压管。

扬压力监测的频次应根据水闸的上、下游水位变化情况确定。

4 冲刷和淤积

宜每年汛后进行一次，遇特大风暴潮或异常情况应及时加测。

5 闸下流态

闸下流态监测的重点是水跃长度、跃前及跃后水深、水跃的形式、形态等。参照 SL253 附录 E.5，设置视频监控点进行实时监控，并利用设置在侧墙上的水尺组进行目测监测。

9.1.4 消能防冲设施的水位、扬压力等监测设施宜纳入到安全监测自动化系统。

9.2 运行管理设计

9.2.3 水闸运行时，由于闸门操作不当，闸后发生远驱水跃或产生折冲水流，造成消力池不能充分消能，导致消能工损毁，已经相关案例发生。水闸调度运用对消能工的安全影响很大，应确定闸门启闭顺序和开度。闸门启闭应遵循“同步、均匀、间隔、分档缓慢启闭”的原则，中间孔向两侧对称均匀开启，关闸时与上述顺序相反；禁止一孔全开到顶，避免产生集中水流、折冲水流等不利流态；控制闸门开度，避免闸门停留在振动较大的开度区泄水。

9.2.4 运行管理单位应加强汛期巡视检查，通过检查消能防冲设施和监测设施有无损坏，河床和岸坡是否发生异常冲刷或淤积、过闸水流流态是否正常等情况，发现安全隐患，及时采取有效措施避免事故的发生。

9.2.5 日常检查是水闸消能防冲设施运行管理的基础，正常运行期每月不少于2次（每次间隔不少于7天），由水闸运行维护专业人员负责实施。检查内容重点包括：消能防冲设施的混凝土有无破损、空蚀、侵蚀、露筋、钢筋腐蚀或冻融损坏；浆砌石结构的变形、松动、破损、勾缝脱落等情况；排水孔是否淤塞、井口是否完好、排水是否通畅；消能坎的高度、护坦厚度是否符合设计要求；河床及岸坡的冲刷、淤积情况，以及消能设施与周边连接部位的完整性。汛前（3月份）和汛后（11月份）是水闸运行的关键时期，需加密检查频次（每年各1次），并强化检查的深度和广度。汛前检查：着重核查消能防冲设施的度汛准备情况；同时，结合保养工作对消能设施进行试运行，及时处理影响安全度汛的隐患。汛后重点检查消能防冲设施在汛期的运行损坏情况；评估汛期水流对消能设施的冲刷程度，为后续维修养护提供依据。

附录A 消能防冲水力计算

本标准附录 A.1.1 引用自 SL265 附录 B.1.1，A.1.2 引用自 SL265 附录 B.1.2。

本标准附录 A.2 引用自 SL265 附录 B.2。

本标准附录 A.3 引用自 SL265 附录 B.3.1。

附录B 消能防冲结构计算

本标准附录 B.1 引用自 SL265 附录 B.1.3。

本标准附录 B.2 引用自 SL744 附录 7.4.1。

本标准附录 B.3 引用自 GB50286 附录 D.3.4。