

ICS 27.140
P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 753—2017

水力自控翻板闸门技术规范

Technical specification for hydraulic
self-acting flap gates

2017-06-05 发布

2017-09-05 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《水工金属结构振动时效及效果评定》等3项水利行业标准的公告

2017年第22号

中华人民共和国水利部批准《水工金属结构振动时效及效果评定》(SL 749—2017)等3项为水利行业标准，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	水工金属结构振动时效及效果评定	SL 749—2017	SL 647—2013	2017.6.5	2017.9.5
2	水工金属结构声发射检测技术规程	SL 751—2017		2017.6.5	2017.9.5
3	水方量控制板闸门技术规范	SL 753—2017		2017.6.5	2017.9.5

水利部

2017年6月5日

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

前 言

根据水利技术标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，编制本标准。

本标准共 7 章和 5 个附录，主要技术内容有：

- 总则。
- 术语。
- 适用条件与布置。
- 结构与设计。
- 性能保证。
- 安装、调试与验收。
- 运行管理。

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：水利部农村水电及电气化发展局

本标准解释单位：水利部农村水电及电气化发展局

本标准主编单位：水利部农村电气化研究所

本标准参编单位：浙江省水利水电勘测设计院

浙江省水利河口研究院

浙江九州治水科技股份有限公司

湖南省水电（闸门）建设工程有限公司

株洲市水利水电规划勘测设计院

浙江省衢州市江河水利设备制造有限公司

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：李志武 李小勇 包中进 石向荣

曾 峰 张军华 谢丽华 吕天竟

廖炳炎 郭选年 赵玉宇

本标准审查会议技术负责人：陈晓东 谭湘清

本标准外例格式审查人：郑 高

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：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

<http://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则	1
2 术语	3
3 运用条件与布置	5
3.1 运用条件与布置一般规定	5
3.2 翻板闸门总布置	5
3.3 翻板闸门间室布置	6
4 结构与设计	8
4.1 结构与设计一般规定	8
4.2 荷载计算及其组合	8
4.3 材料及强度	9
4.4 结构与计算	9
4.5 运转计算	12
4.6 零部件设计	12
4.7 液压辅控启闭装置	15
5 性能保证	17
5.1 性能保证一般规定	17
5.2 混凝土构件	17
5.3 钢构件	18
5.4 液压辅控系统	18
6 安装、调试与验收	20
6.1 安装、调试与验收一般规定	20
6.2 翻板闸门安装调试	20
6.3 液压辅控设施安装调试	21
6.4 验收与试验	22
7 运行管理	23
7.1 运行管理一般规定	25

7.2 检测观测	23
7.3 运行控制	23
7.4 检修维护	24
附录 A 泄流能力计算	25
附录 B 通气孔面积计算	27
附录 C 荷载计算	28
附录 D 连杆轮式翻板闸门坐标计算	34
附录 E 双支点截板闸门动滑轮回心运行轨迹计算	39
标准用词说明	45
条文说明	47

<https://www.sizixx.com>
水利造价信息网

1 总 则

1.0.1 为规范水力自控翻板闸门（以下简称翻板闸门）工程设计、施工和运行管理，做到安全可靠、技术先进、经济合理、节能环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于门高 5m 及以下的连杆轮式水力自控翻板闸门和双支点水力自控翻板闸门（包括液压辅助式翻板闸门）工程，其他类型翻板闸门可参照执行。门高超过 5m 或特殊用途时，应进行专门技术论证和模型试验研究。

1.0.3 本标准主要引用下列标准：

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5118 热强钢焊条

GB/T 8923.1~8923.4 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定

GB/T 14173 水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范

GB 50017 钢结构设计规范

SL 27 水闸施工规范

SL 41 水利水电工程启闭机设计规范

SL 55 中小型水利水电工程地质勘察规范

SL 74 水利水电工程钢闸门设计规范

SL 75 水闸技术管理规程

SL 105 水工金属结构防腐蚀规范

SL 191 水工混凝土结构设计规范

SL 203 水工建筑物抗震设计规范

SL 265 水闸设计规范

SL 352 水工混凝土试验规程

SL 381 水利水电工程后闭机制造、安装及验收规范

SL 677 水工混凝土施工规范

DL/T 5110 水电水利工程模板施工规范

1.0.4 翻板闸门工程的设计、施工和运行管理除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

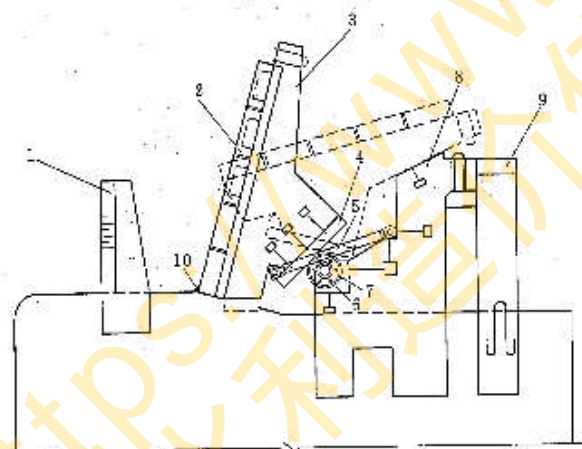
2 术 语

2.0.1 水力自控翻板闸门 hydraulic self-acting flap gates

借助水力和闸门自重等条件，能自主完成闸门的启门、全开、回关动作的闸门。

2.0.2 连杆轮式水力自控翻板闸门 hydraulic self-acting flap gates with roller-connecting levers

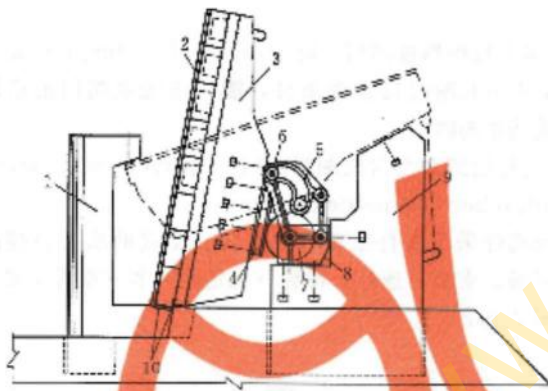
支承构件采用连杆滚轮（或定轮）型式的水力自控翻板闸门，由面板、支腿、连杆、滚轮（或定轮）和支墩等主要部分组成，见图 2.0.2。



1—防冲墩；2—面板；3—支腿；4—轨道；5—连杆；
6—滚轮（或定轮）；7—轮座；8—支墩；9—工作桥；10—截止水
图 2.0.2 连杆轮式水力自控翻板闸门结构图

2.0.3 双支点水力自控翻板闸门 hydraulic self-acting flap gates with double-supporting points

支承构件采用定滑轮、动滑轮形成双支点型式的水力自控翻板闸门，由面板、支腿、导轨、定滑轮、动滑轮、支墩和限位墩等主要部分组成，见图 2.0.3。



1—限位墩；2—面板；3—支腿；4—直轨；5—导轨；
6—动滑轮；7—定滑轮；8—轮座；9—支墩；10—止水

图 2.0.3 双支点水力自控翻板闸门结构图

2.0.4 液压辅助式翻板闸门 hydraulic flap gates with auxiliary hydraulic control

在水力自控翻板闸门上增设液压控制启闭装置，使得翻板闸门不仅具有水力自控功能，也可借助液压辅助装置控制启闭的闸门。

3 适用条件与布置

3.1 适用条件与布置一般规定

3.1.1 翻板闸门宜用于山区、丘陵地区中小河流河道的蓄水工程，在平原河道和受下游水位顶托的河段设置翻板闸门时，应进行水工模型试验论证。

3.1.2 寒冷地区采用翻板闸门时，应根据气温及库水位变化等条件，选用水力射流、压缩空气吹泡等有效防冰冻措施。

3.1.3 翻板闸门布置应满足综合用水和行洪等要求。对于有防洪排涝及控泄要求的工程，不宜采用翻板闸门。

3.1.4 闸下淹没出流且堰上水深大于2倍闸门高度时，不宜选用翻板闸门。

3.1.5 需要增加人为控制水位功能的河道，宜选用液压辅控式翻板闸门。

3.1.6 有通航功能的河道中设置翻板闸门，应保证翻板闸门运行安全、满足通航的安全性。

3.2 翻板闸门总布置

3.2.1 应根据翻板闸门的功能、特点和运用要求，综合考虑地形、地质、水流、泥沙、冰情、施工、管理、周围环境协调等因素，经技术经济比较后确定翻板闸门总布置。

3.2.2 翻板闸门闸址应有利于枢纽工程总体布置，宜布置在河道顺直、水流平稳河段。布置在水流流态复杂河段的翻板闸门或最大泄流量超过 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 的翻板闸门工程应经水工模型试验验证。

3.2.3 在多支流汇合口下游河道上建闸时，翻板闸门宜布置在交叉河口下游水流条件平顺处。

3.2.4 翻板闸门轴线布置应与河段水流方向垂直，闸总宽度应

满足下泄设计、校核洪水要求。

3.2.5 翻板闸门与两岸连接布置，应使过闸水流平顺。上、下游翼墙与岸墩两端应平顺连接，其顺水流方向长度应根据进出闸水流条件和防冲刷要求确定。

3.2.6 液压辅助式翻板闸门控制室布置应遵循闸室就近的原则，宜布置在下游侧，应能在控制室内观察到闸门及其下游侧操作机构运行情况。

3.3 翻板闸门闸室布置

3.3.1 翻板闸门坝型宜采用宽顶堰或梯形实用堰。堰顶高程应根据地形、地质、水位、流量、泥沙、施工及检修条件等确定，宜比上游河床地形平均高程提高 0.5m；堰顶宽度应满足翻板闸门安装和检修要求。

3.3.2 闸底板长度和厚度应根据地基条件及处理措施、荷载作用等因素，经抗滑稳定和结构计算后确定。底板应满足翻板闸门止水、支墩等预留槽结构尺寸要求。

3.3.3 闸底板分段长度应与翻板闸门跨距相协调，底板分缝宜布置在翻板闸门接缝处。岩基上的底板分段长度不宜超过 20m；土基上的底板分段长度不宜超过 35m。

3.3.4 闸基应设置原型观测和防渗排水系统，具体要求应按 SL 265 中的有关规定确定。

3.3.5 翻板闸门下游消能防冲设施布置，根据河床地质条件、水力条件、闸门运行方式等因素，应按 SL 265 中的有关规定执行。

3.3.6 翻板闸总布置宽度大于 50m 时中间宜加弱墩，将翻板闸门分为若干联，每联翻板闸门宜为 5~8 扇，门体宽度应考虑闸门高宽比，使得结构经济合理。隔墩端头向上游延伸至面板前沿的距离不宜小于 3m。

3.3.7 翻板闸门应根据河床地形条件设置调节闸或泄洪冲砂闸，其泄水能力和底板高程，应根据工程要求分析确定。闸门底坎应

采取有效防淤积措施。

3.3.8 翻板闸门面板前宜设置防护墩；门后底板或支墩应埋设翻板闸门检修拉锚固定结构。

3.3.9 在翻板闸门支墩后宜设置检修工作通道，宽度宜为 80cm。

3.3.10 翻板闸门传动机构外圈宜设置防污罩；防污罩可为金属结构构件。

3.3.11 液压缩控式翻板闸门支墩结构应满足液压油缸布置和运行，液压油缸支承结构应满足结构强度和变形要求。

3.3.12 液压缩控式翻板闸门支墩和同底板宜设置专用管沟，预留管沟尺寸应满足液压油缸与油管连接安装要求及二期混凝土覆盖厚度。

3.3.13 液压控制系统的液压泵站及电气设备应布置在控制室内。控制室应留有必要的设备安装、维修空间和宽度不宜小于 80cm 的人行通道。电气设备应采取防尘、防潮、防盐雾、防冻、防风沙、防雷和失电应急保护等措施。

4 结构与设 计

4.1 结构与设 计一般规定

- 4.1.1 翻板闸门启门水位和闭门水位应考虑工程综合运用的需要,通过分析计算确定。
- 4.1.2 布置在宽顶堰上的翻板闸门,其全开时泄流能力可按附录 A 计算。最大泄流量超过 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 的工程,在初步设计阶段,应对水力设计成果进行水工模型试验验证。
- 4.1.3 翻板闸门宜采用装配式钢筋混凝土结构,装配构件宜由面板、支腿、支墩等组成。
- 4.1.4 闸门面板应采用双悬臂梁结构型式,双支腿(纵梁)支撑。面板可铅直或倾斜布置,倾角宜小于 15° 。
- 4.1.5 支墩应采用钢筋混凝土结构。预制支墩底部应嵌入基础杯口中,嵌入深度不应小于短边长度的 2 倍。
- 4.1.6 翻板闸堰体稳定及结构应力分析、渗透稳定、消能防冲计算应按 SL 265 中的有关规定执行。同时应考虑闸门卡阻、检修等造成集中出流不利工况消能的影响。
- 4.1.7 翻板闸门宜在闸墩设置通气孔对门下补气。通气孔底部宜布置于门后 $1/3$ 门高处,通气孔顶高程应根据校核洪水位加安全超高确定。通气孔面积可按附录 B 确定。

4.2 荷载计算及其组合

- 4.2.1 作用在翻板闸门上的荷载可分为下列基本荷载和特殊荷载。
- 1 基本荷载主要有下列各项:
 - 1) 面板和支腿结构自重。
 - 2) 相应于正常蓄水位或启动水位情况下静水压力。
 - 3) 闸门开启后面板最大水压力。

4) 门体启闭摩擦力。

2 特殊荷载主要有下列各项：

1) 冰、漂浮物的冲撞力。

2) 地震荷载。

3) 安装、调试牵引力。

4.2.2 翻板闸门设计时，应将可能同时作用的各种荷载进行组合。荷载组合可分为基本组合和特殊组合。基本组合由基本荷载组成；特殊组合由基本荷载和一种或几种特殊荷载组成，地震荷载只应与正常蓄水位情况下的相应荷载组合。荷载组合应按 SL 265 中有关规定执行。

4.2.3 荷载计算可按附录 C 确定。

4.3 材料及强度

4.3.1 翻板闸门耐久性设计应根据使用环境，按 SL 191 确定。

4.3.2 翻板闸门钢筋混凝土构件材料要求和强度、抗裂验算要求，应符合 SL 191 有关规定。

4.3.3 滚轮材质宜为铸铁或铸钢、轨道宜为轨道钢或铸钢、轮座宜为板材或铸钢，通过计算确定；连杆宜为型钢、主轴宜为 45 号钢、导轨板宜为球墨铸铁。

4.3.4 钢构件结构强度应符合 SL 74 的规定。

4.3.5 液压管路宜选用不锈钢材质，应符合 SL 41 的规定。

4.4 结构与计算

4.4.1 翻板闸门自重应满足闸门运行稳定性要求，闸门重量可按公式 (4.4.1) 估算。

$$W = \lambda P \quad (4.4.1)$$

式中 W ——闸门自重，kN；

P ——启动水位时的总水压力，kN；

λ ——系数，钢筋混凝土闸门 λ 取 0.3~0.4。

4.4.2 翻板闸门门体重心高度不宜大于 0.45 倍门体高度。下部

面板宜采用钢筋混凝土实体板，其总高度可取 $0.35\sim 0.40$ 倍门体高度；上部面板宜采用钢筋混凝土槽型板，面板组合应符合图4.4.2的规定。

4.4.3 面板厚度应通过正截面抗裂验算进行确定，无特殊情况时，只对支腿上游面翼缘边缘处对应截面进行抗裂验算，将启动水位、闸门启动过程后期水位的水荷载作为正截面抗裂验算条件。

4.4.4 闸门面板悬臂长度宜按梁板支撑点转角为零计算条件确定。支腿布置宜在距面板边缘 $0.225B$ 处，支腿布置应符合图4.4.4的规定。

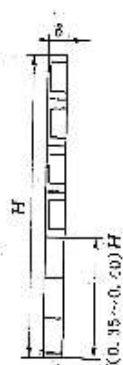


图 4.4.2 组合式面板示意图

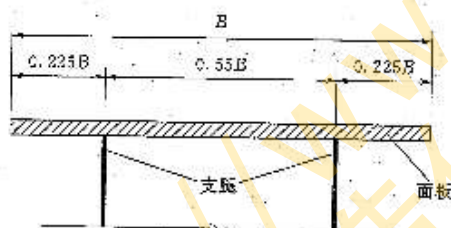


图 4.4.4 面板悬臂结构示意图

4.4.5 连杆轮式翻板闸门对应于支腿下游应设置支墩，应使支腿下游面安装的轨道与支墩上的滚轮相切；在支腿和支墩间应加设连杆，连杆下端铰座设在支腿上，上端铰座设在支墩上。

4.4.6 实体式钢筋混凝土支腿上游面应垂直或向下游略倾，两侧应设翼缘与面板连接。冒头高度宜为 0.15 倍门体高度；支腿尺寸应符合图4.4.6的规定，并符合下列要求。

1 安装轨道的支腿下游面应采用倒坡，倒坡角 A_0 可按公式(4.4.6-1)确定：

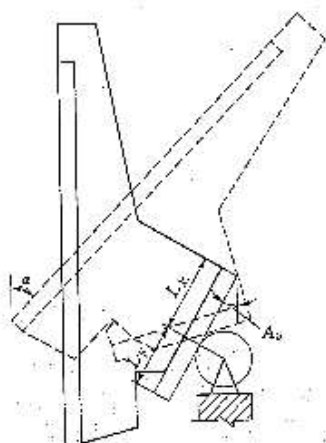


图 4.4.6 支腿结构尺寸示意图

$$A_2 = \arctan \frac{W}{P} \quad (4.4.6-1)$$

式中 A_1 ——倒坡角, ($^\circ$);
 W ——闸门自重, kN;
 P ——启动水位的总水压力, kN。

2 轨道长度应按公式 (4.4.6-2) ~ 公式 (4.4.6-4)

计算:

$$L = L_1 + L_2 \quad (4.4.6-2)$$

$$L_1 \geq \Delta L + \frac{A_1 - A_2}{180} \times \pi R + 1.5h_k \quad (4.4.6-3)$$

$$L_2 \geq 1.5h_k \quad (4.4.6-4)$$

式中 L ——轨道长, m; L 依切点分为 L_1 和 L_2 ;

h_k ——轨道高度, m;

ΔL ——轨道前推总量, m, 见附录 D;

R ——滚轮半径, m;

A_1 ——全截后面板翻转角, ($^\circ$);

4.4.7 连杆轮式翻板闸门面板厚度与高度之比大于 0.08 时, 面板底部下游侧应削棱, 削棱角度应大于 30° 。

4.4.8 限位墩、支墩顶部宜设置沥青松木或橡胶垫等缓冲垫块。

4.5 运转计算

4.5.1 应在初拟闸门各部件尺寸的基础上, 计算其可动部分重量和重心后进行运转计算。在水压力形成的倾覆力矩大于由自重和摩擦力等形成的抗倾覆力矩时, 翻板闸门应能启动前翻。

4.5.2 翻板闸门翻转角 $\alpha \leq 40^{\circ}$ (小开度) 工况运转时, 水压力可按静水压力确定; 翻转角 $\alpha > 40^{\circ}$ (大开度) 工况运行时, 水压力应计入动水压力的影响或通过水工模型试验确定。闸门运转轨迹坐标可按附录 D、附录 E 计算。

4.5.3 翻板闸门主要设计运转指标应符合下列要求:

- 1 闸门启门水深无特殊要求时, 宜取高出闸门关闭状态时门顶 10~25cm。
- 2 堰上闭门水深不宜低于 0.9 倍堰门高。
- 3 闸门全翻后面板翻转角可根据固定堰高、河道坡降和有无回水影响确定, 应取 $75^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。
- 4 回门力臂宜取 8~16cm。

4.6 零部件设计

4.6.1 翻板闸门运行支承结构设计应符合下列要求:

- 1 可拆卸式轮座、铰支座、混凝土预留螺栓孔周边应加强配筋。
- 2 滚轮接触应力、轨道应力、轮轴应力应按照 SL 74 进行计算。
- 3 高度 2m 以下翻板闸门可将滚轮及轮座简化为固定式半圆形座。

4 连杆轮式翻板闸门滚轮可不设轴套，主轴表面宜镀铬，滚轴两侧宜加“U”形卡板。

5 连杆轮式翻板闸门的连杆应采用双肢，分设于支腿两侧，连杆应进行强度和受压稳定计算，固定铰座可参照 SL 74 有关规定确定。

6 双支点翻板闸门动滑轮应设轴套，导轨板根据计算可采用单板或双板结构。导轨板应进行梳弯、抗剪、局部承压应力计算。

4.6.2 翻板闸门的止水材料可根据运行条件采用橡胶或橡塑复合材料，各部位的止水应具有连续性和严密性，并满足下列要求：

1 底止水可采用 P 型圆头或方头橡胶。双支点翻板闸门底止水应安装在下游侧，见图 4.6.2-1。连杆轮式翻板闸门底止水应安装在上游侧，见图 4.6.2-2。

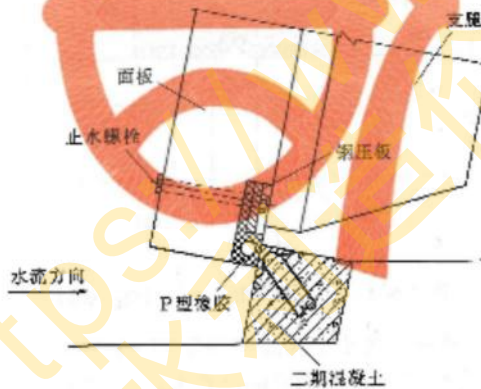


图 4.6.2-1 双支点翻板闸门底止水安装图

2 闸门的侧止水宜选用厚度 6~8mm 平板橡胶或圆头 P 型橡胶，侧止水型式见图 4.6.2-3 和图 4.6.2-4。

3 平板橡胶侧止水应预留 4mm 压缩量，P 型橡胶侧止水应

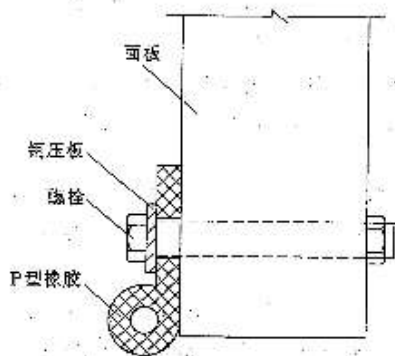


图 4.6.2-2 连杆轮式滚板闸门底止水安装图

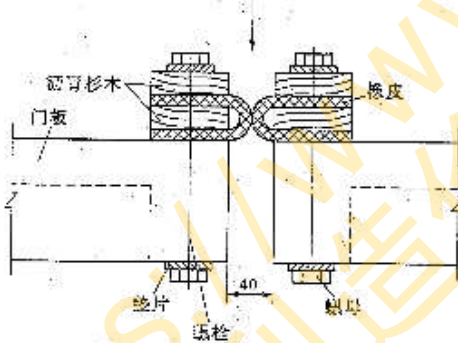


图 4.6.2-3 平板橡胶止水 (单位: mm)

预留 2mm 压缩量，底止水橡胶应预留 8~14mm 压缩量。止水压板厚度宜为 6~10mm，螺栓间距宜为 150~200mm。

4 面板块之间的水平缝应填塞密实，材料宜采用砂浆或止水条，缝隙宽度宜为 20~30mm。

5 高度 2m 以下的闸门底止水宜选用 P₃₃ 橡皮，2~3m 的闸门底止水宜选用 P₄₀ 橡皮，3m 以上的闸门底止水宜选用 P₅₀ 橡皮。

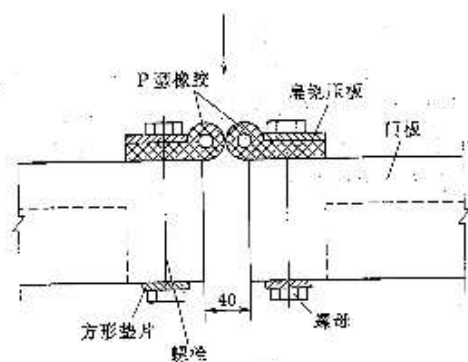


图 4.6.2-4 P 型橡胶止水 (单位: mm)

4.6.3 翻板闸门紧固件设计应符合下列要求:

- 1 紧固螺栓应做防锈处理。
- 2 止水螺栓可用 HPB235 圆钢制作。
- 3 轮座、铰座、轨道、面板安装紧固螺栓应进行抗拉、抗剪应力计算, 满足设计强度要求。面板紧固螺栓安装中宜将螺栓预留孔采用水泥浆充填。
- 4 螺栓连接的构造要求应符合 GB 50017 的有关规定。

4.6.4 翻板闸门止水件设计应符合下列要求:

- 1 翻板闸门止水件应选用抗磨蚀、光洁、平整的材料。
- 2 底槛止水件宜采用型钢, 墩墙止水件宜采用指刷或不锈钢板、二期混凝土安装。墩墙止水水面突出混凝土面宜不小于 20mm, 高出正常水位宜为 100~250mm。高度 2m 以下闸门可适当简化。

3 腰面或支墩应预埋供闸门安装或调试的拉锚。拉锚可采用 HPB235 钢筋制作, 埋深应不小于 30 倍钢筋直径, 露出混凝土面高度不宜小于 150mm。

4.7 液压辅控启闭装置

4.7.1 液压辅控翻板闸门的启闭容量应根据最大启门力确定,

启门力可按公式 (C.0.7) 计算。

4.7.2 液压辅控翻板闸门的启闭力与闸门支铰布置高度有关，应结合支铰布置位置，计算总水压力对支铰的最大阻力矩。

4.7.3 液压辅控翻板闸门的液压启闭系统应设置双缸同步装置。

4.7.4 液压启闭装置的其他设置应符合 SL 41 的规定。

5 性能保证

5.1 性能保证一般规定

- 5.1.1 翻板闸门混凝土构件施工和质量控制应按照 SL 677 的规定执行。
- 5.1.2 钢构件加工应符合 GB/T 14173 的相关规定。
- 5.1.3 对于闸门启动水位低于门顶、下游水位常年淹没堰顶、处于感潮河段、处于弯曲河段或门上过流淹没水深大于 2 倍闸门高度的翻板闸门，其各部件均应特定设计，并按照设计要求进行加工制造。
- 5.1.4 翻板闸门生产应有满足加工要求的预制场地和堆放场地，应有混凝土加工和质量检验设施。

5.2 混凝土构件

- 5.2.1 混凝土原材料应满足 SL 677 的规定，并按质量控制与检验要求进行检验，检验合格后方可使用。
- 5.2.2 混凝土施工配合比应通过试验，满足设计技术指标和施工要求。
- 5.2.3 预制混凝土构件的模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，保证构件各部分设计形状、尺寸和相互位置正确，表面平整光洁，拼缝密合不漏浆，应按 DL/T 5110 的相关规定执行。
- 5.2.4 重构件应设置起吊吊环，受力点数量和位置应经结构计算确定。构件运输、吊装时，应采取措施防止损坏和变形。
- 5.2.5 混凝土试件的成型、养护及试验，应符合 SL 352 的相关规定。
- 5.2.6 翻板闸门混凝土预制构件制作的允许偏差应符合表 5.2.6 的规定，经检验合格的构件应有合格标志。

表 5.2.6 翻板闸门混凝土预制构件制作的允许偏差

单位: mm

项目	长	宽	厚	平整度	顶面孔洞中心
面板	±3	±3	±3	-2	+2
支腿	±3	±3	±3	±3	±1
支墩	±10	±5	±5	±1	±1

5.2.7 应控制翻板闸门构件的重量,宜进行抽样称重,误差应控制在±5%之内。

5.3 钢 构 件

5.3.1 钢构件的材料应符合设计要求,制作和安装精度应满足运转要求。

5.3.2 钢构件的制造与安装应符合设计图纸和文件要求,并符合 GB/T 14173 的相关规定。焊接材料(焊条、焊丝、焊剂)应具有出厂质量证书。焊条应符合 GB 5117 或 GB 5118 的规定。

在制造与安装前,应编制焊接工艺指导书;焊接时应满足相应的环境气候条件;焊后应对所有焊缝进行外观检查,并按设计要求对承重构件等焊缝进行无损检验。

5.3.3 钢构件表面防腐蚀应按表面预处理、表面防腐施工、防腐质量检查等步骤进行,并满足 SL 105 的要求。表面预处理应符合 GB/T 8923.1~8923.4 中规定的 Sa2.5 级;表面防腐可采用表面涂料涂装或金属热喷涂工艺;防腐质量检查应包括对涂层的外观检查及涂层厚度和附着力测量。

5.3.4 钢结构连接用的普通螺栓拧紧力矩宜为螺栓抗断力矩的 50%~80%,应使所有螺栓拧紧力矩保持均匀。

5.4 液 压 辅 控 系 统

5.4.1 液压辅控系统应使闸门在动水条件下可以全程开启或局

部开启和全关。

5.4.2 液压启闭机的电动机和其他电气设备及元件应有防潮措施。

5.4.3 每个液压泵站宜设置二套油泵装置，互为备用。

6 安装、调试与验收

6.1 安装、调试与验收一般规定

6.1.1 翻板闸门安装前应具备下列验收资料：

1 闸门出厂验收资料。

2 闸门设计图样和使用维护说明等技术文件，设计图样应包括总装图、平面布置图，并能满足安装维护要求。

6.1.2 翻板闸门制造与安装量具和仪器应按规定进行校验，误差超过规定的应停止使用或进行校正。钢尺和测量仪器精度应符合下列要求：

1 精度不低于1级的钢卷尺。

2 DJ2级以上精度的经纬仪。

3 DS3级以上精度的水准仪。

4 满足(2英寸, $2\text{mm}+2\times 10^{-6}D$)精度的全站仪。

6.1.3 翻板闸门现场安装的二期混凝土施工应符合 SL 27 的相关规定。

6.2 翻板闸门安装调试

6.2.1 翻板闸门安装包括支墩、钢构件、支腿、面板、止水埋件等安装内容。在闸门安装前应对所有闸门构件进行检查，如发现不合格的构件，应予返工重新制作。构件应按总装图纸要求安装。钢构件出厂前应进行预组装，检查构件组装后运转是否正常，如发现构件运转不顺畅，或有异响，应分析原因并处理后再出厂。

6.2.2 支墩和止水埋件安装前，应对止水埋件进行复查，经检查不符合标准的止水埋件应进行校正；二期混凝土的结合面应凿毛，并清除预留槽中杂物。支墩和止水埋件应定位防止偏移，检查合格后宜立即浇筑二期混凝土，其强度等级和耐久性不应低于

跟体混凝土的强度等级和耐久性。

6.2.3 面板拼装完毕，安装止水橡胶的部位应找平抹浆，养护后方可安装止水橡胶。

6.2.4 支腿、支墩安装高程允许偏差应小于 2mm，平面尺寸允许偏差应小于 2mm。

6.2.5 轮座、铰座安装高程允许偏差应小于 1mm，支铰同轴度允许偏差应小于 1mm。

6.2.6 闸门止水埋件安装平整度允许偏差应小于 2mm，并用加固钢筋固定。

6.2.7 翻板闸门安装止水橡胶后应进行闭门自检，每扇闸门应人工启闭一次，门顶的迎水面应成一条直线，闸门间隙应均匀，止水橡胶应顺直不透光。

6.2.8 分阶段安装的翻板闸门应对已安装闸门拉到全开锁定。

6.2.9 翻板闸门首次关闸蓄水，应检查拼缝、螺栓孔、止水橡胶止水效果。闸门在承受设计水压力时，对达到 $0.15\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 的漏水点应做好标记，并采取补救措施。

6.3 液压辅控设施安装调试

6.3.1 液压辅控设施制造与安装应符合设计图样和文件要求。

6.3.2 液压辅控设施安装前应检查活塞杆有否变形；吊装液压油缸及活塞杆时应采取措施防止变形和损坏，当活塞杆变形或液压工作面碰伤或划痕，应进行修补或更换。

6.3.3 管道弯制、清洗和安装应符合 SL 381 的相关规定，管道布置宜顺直。埋设油管应在安装定位、吹扫、密封试验及液压系统压力试验完成后，再进行混凝土浇筑。

6.3.4 液压辅控设施试运转前应对机架、电气元件进行检查、调试；管路充油时应排除空气；应对油泵及液压阀组、电气元件进行额定工作压力下的联合调试，并进行双缸同步性调试。

6.3.5 液压系统应进行压力损失检测。

6.3.6 液压辅控设施的安装和调试应符合 SL 381 的相关规定。

6.4 验收与试验

6.4.1 翻板闸门制造、安装验收是工程验收的一部分，应服从工程验收的需要，并满足工程验收要求。

6.4.2 应现场检查翻板闸门外观质量，在无挡水的条件下进行启闭试验，检查闸门有无卡阻现象；对液压操控翻板闸门应检查闸门的同步性，并记录闸门启闭时间和油压值。

6.4.3 翻板闸门应进行挡水试验，检查项目应包括下列内容：

- 1 闸门止水密封性。
- 2 钢构件运转状况。
- 3 闸门构件外观及变形观察。

7 运行管理

7.1 运行管理一般规定

- 7.1.1 翻板闸门工程运行管理应按照 SL 75 的有关规定执行。
- 7.1.2 工程管理部门应备有检修维护翻板闸门的设备和工具，管理人员技术人员应掌握翻板闸门工程运行特性。

7.2 检查观测

7.2.1 管理机构应监视水情和水流形态、工程状态变化和翻板闸门运用情况，及时发现异常现象，分析原因，采取措施，防止发生事故。

7.2.2 翻板闸门工程检查工作应包括常规检查、定期检查和特别检查，并应符合下列规定。

1 常规检查：应经常对堰体、翻板闸门工况、液压辅助设施、河床冲淤、管理范围内的河道堤防和水流情况等进行检查。检查周期，每月应不少于1次。

2 定期检查：汛期前后、封冻期，应对翻板闸门工程各部位及各项设施进行全面检查。寒冷地区运用的翻板闸门工程，应着重检查防冻、防冰凌措施的情况。液压辅控设施应按相关规定及厂家技术要求进行维护保养。

3 特别检查：当发生特大洪水、暴雨、暴风、强烈地震和重大工程事故后，应及时着重检查主体工程有无损坏。

7.2.3 翻板闸门观测工作应主要包括启闭水位、稳定性、密封性、门体变形与裂缝、洪水期闸门上下游水位、河床冲淤、水淹形态、流量、漂浮物、冰凌等。堰体观测应符合 SL 265 的要求。

7.3 运行控制

7.3.1 管理机构应按照运行方案和操作规程对翻板闸门进行运行控制。

7.3.2 液压辅助翻板闸门液压设备操作时，如发现两支点不同步超过允许值、闸门或启闭机发生不正常的振动声响等情况时，即停机进行检查，消除不正常现象后，再进行启闭。在冰冻时期，如需开启闸门，应将闸门附近的冰冻破碎或融化后，再开启闸门。

7.3.3 汛期、冰冻期应根据气象和水文预报及时掌握水情、冰情，应提前采取安全保护措施。

7.3.4 在翻板闸门开启前，运行单位应检查下游是否有安全隐患并预警，避免下泄水流造成安全事故。

7.3.5 闸门维修应有专业人员进行指导施工，人工拉起闸门应两侧同步。

7.3.6 当需要长时间开启闸门，应将同一联上全部闸门拉至全开状态并锁紧。

7.3.7 布置在多泥沙河流上的翻板闸门，应定期进行启门冲沙。

7.4 检修维护

7.4.1 翻板闸门检修维护应符合下列要求：

1 应定期清除闸前河道漂浮物。

2 如相邻闸门出现错位、门叶卡阻情况，过水后应及时检修，使闸门复位。

3 易卡住钢构件的漂浮物，过水后应及时清理。

4 紧固件如有松动、脱落，应按安装要求旋紧、压牢、补齐，有缺陷的紧固件应予以更换。

5 钢构件应定期除锈和涂刷防锈剂。

7.4.2 液压辅助设施检修维护应符合下列要求：

1 液压系统的管件、阀组、电机等设备中易锈蚀构件，应定期除锈和涂刷防锈剂。

2 液压设备出现故障或损坏，应及时排除故障，进行修复或更换。

3 液压系统的压力油应定期进行漏损检测，压力油品应定期送检、补充、更新。

附录A 泄流能力计算

A.0.1 翻板闸门堰孔混合自由出流过闸流量可按公式 (A.0.1-1) ~ 公式 (A.0.1-6) 计算:

$$Q = mcB\sqrt{2g}H_0^{1.5} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$c = -0.550\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 + 1.554\left(\frac{S_1}{S_2}\right) - 0.041 \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$S_1 = B(H_2 - H\cos\alpha) \quad (\text{A.0.1-3})$$

$$S_2 = H_2 B \quad (\text{A.0.1-4})$$

1) 进口边缘为圆角的宽顶堰:

当 $0 < H_1/H_2 < 3.0$ 时,

$$m = 0.32 + 0.01 \frac{3 - H_1/H_2}{0.46 + 0.75H_1/H_2} \quad (\text{A.0.1-5})$$

当 $H_1/H_2 \geq 3.0$ 时, $m = 0.32$

2) 进口边缘为直角的宽顶堰:

当 $0 < H_1/H_2 < 3.0$ 时,

$$m = 0.36 + 0.01 \frac{3 - H_1/H_2}{1.2 + 1.5H_1/H_2} \quad (\text{A.0.1-6})$$

当 $H_1/H_2 \geq 3.0$ 时, $m = 0.36$

- 式中 Q ——过闸流量, m^3/s ;
 m ——宽顶堰流量系数;
 c ——修正系数, 考虑面板、支墩阻水以及侧收缩影响;
 S_1 ——有门板阻水时的过流面积, m^2 ;
 S_2 ——无门板阻水同水位时堰顶以上的过流面积, m^2 ;
 B ——过流宽度, m ;
 g ——重力加速度, $9.81\text{m}/\text{s}^2$;
 H_0 ——计入行进流速水头的堰上水头, m ;
 H_1 ——堰高, m ;

H_2 ——堰上水深, m;

H ——翻板闸门高度, m;

α ——门体翻转与铅直方向夹角, ($^{\circ}$)。

A.0.2 翻板闸门堰孔混合淹没出流过闸流量应按公式 (A.0.2) 计算, 不同门型淹没出流时 $\sigma_s \sim \Delta Z/H_2$ 关系曲线见图 A.0.2。

$$Q = \sigma_s m c B \sqrt{2g} H_2^{3/2} \quad (\text{A.0.2})$$

式中 Q ——过闸流量, m^3/s ;

σ_s ——淹没系数, 根据 $\sigma_s \sim \Delta Z/H_2$ 查得;

m ——有底坎宽顶堰流量系数;

c ——修正系数, 同公式 (A.0.1-2);

B ——过流宽度, m;

g ——重力加速度, $9.81\text{m}/\text{s}^2$;

H_2 ——计入行进流速水头的堰上水深, m。

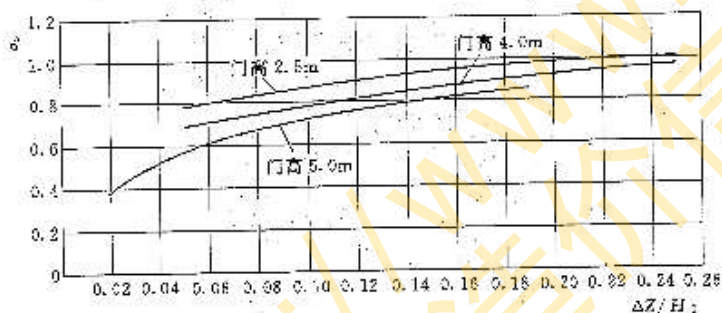


图 A.0.2 不同门高淹没出流时 $\sigma_s \sim \Delta Z/H_2$ 关系曲线

附录 B 通气孔面积计算

B.0.1 通气孔面积宜按闸门后背、门上水舌底部和闸下孔流表层所界定面积的 5% 选用。缺乏资料时，可按公式 (B.0.1) 计算：

$$a = k(0.6H)^2 \quad (\text{B.0.1})$$

式中 a —— 通气孔断面积， m^2 ；

k —— 经验系数，0.01~0.02；

H —— 门高， m 。

B.0.2 闸坝长度大于 50m 时，左右岸应同时设置进气孔。

附录C 荷载计算

C.0.1 静水压力计算应符合下列规定：

1 正常水位工况下水压力分布图见图 C.0.1-1，总水压力、作用点位置按公式 (C.0.1-1) ~ 公式 (C.0.1-3) 计算。



图 C.0.1-1 正常水位工况下水压力图

总水压力：

$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2 B_{st} \quad (\text{C.0.1-1})$$

作用点位置：

$$H_{ax} = 0 \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$H_{ay} = \frac{1}{3} H \quad (\text{C.0.1-3})$$

2 启动水位工况下水压力分布图见图 C.0.1-2，总水压力、作用点位置按公式 (C.0.1-4) ~ 公式 (C.0.1-6) 计算。

总水压力：

$$P = \gamma \left(H - \frac{H}{2} \right) H B_{st} \quad (\text{C.0.1-4})$$

作用点位置：

$$H_{ax} = 0 \quad (\text{C.0.1-5})$$

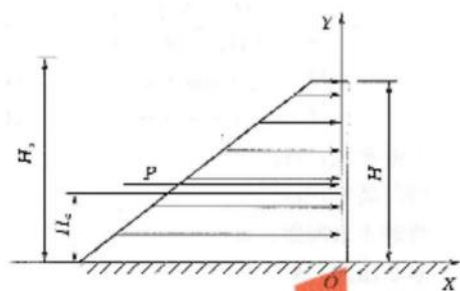


图 C.0.1-2 启动水位工况下水压力图

$$H_w = \frac{3H_s - H}{2H_s - H} \times \frac{H}{3} \quad (\text{C.0.1-6})$$

3 翻转小开度 ($\alpha \leq 40^\circ$) 工况下水压力分布图见图 C.0.1-3, 总水压力、作用点位置按公式 (C.0.1-7) ~ 公式 (C.0.1-12) 计算。

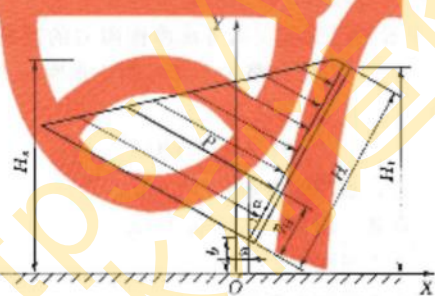


图 C.0.1-3 翻转小开度 ($\alpha \leq 40^\circ$) 工况下水压力图

总水压力:

$$P = \gamma \left(H_s - \frac{H_s - b}{2} \right) H B_n \quad (\text{C.0.1-7})$$

$$P_x = P \cos \alpha \quad (\text{C.0.1-8})$$

$$P_y = P \sin \alpha \quad (\text{C.0.1-9})$$

作用点位置:

$$\eta = \frac{1}{3} \times \frac{3H_1 - 2H_1 - b}{2H_1 - H_1 - b} \quad (\text{C.0.1-10})$$

$$H_{ex} = \eta H \sin \alpha + a \quad (\text{C.0.1-11})$$

$$H_{ey} = \eta H \cos \alpha + b \quad (\text{C.0.1-12})$$

- 式中 H_1 ——上游水位, m;
 H ——闸门高度, m;
 B_1 ——两侧止水间距, m;
 P ——总水压力, kN;
 H_{ex} ——作用点 X 坐标, m;
 H_{ey} ——作用点 Y 坐标, m;
 a ——翻转 α 角度后坐标原点 X 向坐标, m;
 b ——翻转 α 角度后坐标原点 Y 向坐标, m;
 H_1 ——闸门前沿顶点翻转 α 角度后的 Y 坐标。

注: a 、 b 、 H_1 按附录 D.2 计算。

C.0.2 小开度运行时可不考虑流速水头计算。

C.0.3 计算单扇闸门工况应当考虑摩擦阻力的影响, 对于布置多扇闸门的情况下可以将其略去不计。侧止水摩擦力矩应按公式 (C.0.3) 计算:

$$M_r = kn\delta f \gamma B^3 \quad (\text{C.0.3})$$

- 式中 M_r ——侧止水摩擦力矩, kN·m;
 k ——系数, 取值范围为 0.2~0.4;
 n ——止水条数目, $n=2$;
 b ——止水橡胶负载宽度, m;
 f ——摩擦系数, 取值 0.3~0.5;
 γ ——水容重, 10kN/m^3 ;
 B ——闸门高度, m。

C.0.4 施工安装调试工况可分为闸门无水压工况、蓄水工况、检修工况, 当门前水深等于支点高度 2 倍时启门力最大。安装调试牵引力应根据支腿上的吊点和设置在堰面 (或支墩) 上的拉锚进行受力分析计算。

1 安装调试牵引力计算应根据门型资料确定闸门重心，并选取启闭方式，同时应考虑门前水平水压力的闭门力矩。

2 安装调试牵引力计算简图见图 C.0.4，牵引力应按公式 (C.0.4) 计算：

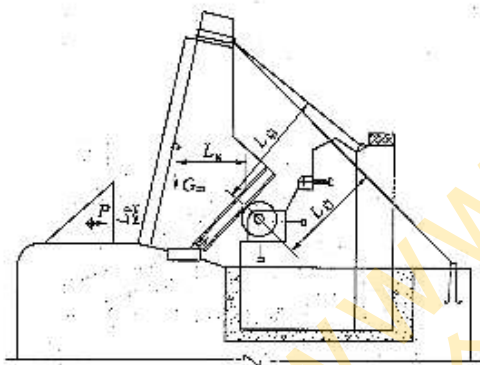


图 C.0.4 安装调试牵引力计算图

$$F_1 = K \frac{G_m L_z + PL_p}{L_q} \quad (\text{C.0.4})$$

式中 G_m ——闸门自重，包括面板、铁件及支腿等重量之和，kN；
 P ——静水压力，静水压力产生最大闭门力矩时水压力，kN；

L_z ——闸门自重的闭门力臂，m；

L_p ——水压力力臂，m；

L_q ——启门力臂，m；

K ——闸门启闭安全系数，取 1.2；

F_1 ——安装调试牵引力，kN。

C.0.5 漂浮物冲撞力可按公式 (C.0.5) 计算：

$$P = \frac{W_p V_t}{g} \quad (\text{C.0.5})$$

式中 P ——漂浮物冲撞力，kN；

W_p ——漂浮物重度，kN，根据河流中漂浮情况，按实际

调查确定；
 V ——水流流速，m/s；
 t ——应根据实际资料估算撞击时间，s。

C.0.6 地震作用力应按 SL 203 确定。

C.0.7 液压辅控装置启门力分析计算后可确定液压启闭机容量。液压辅控装置启门力可按公式 (C.0.7) 计算，计算简图见图 C.0.7。

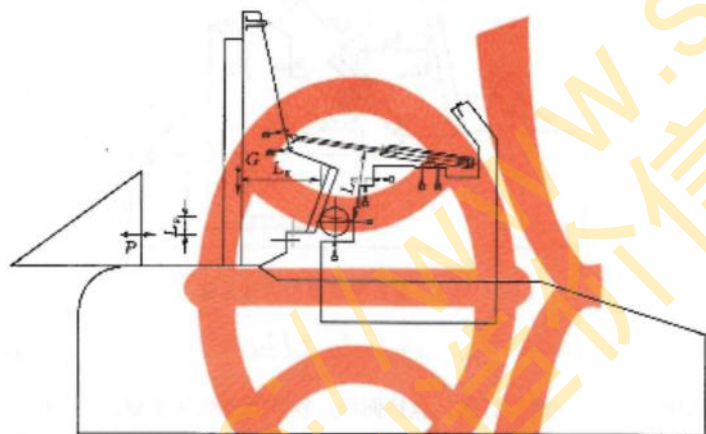


图 C.0.7 液压辅控装置启门力计算简图

$$F_s = K \frac{G_m L_g + PL_p + Nf_1 r + P_n f_2 L_n}{L_n} \quad (\text{C.0.7})$$

式中 G_m ——闸门自重，包括门板、铁件及支腿等重量之和，kN；
 P ——静水压力，静水压力产生最大启门力矩时水压力，kN；
 L_g ——闸门自重的闭门力臂，m；
 L_p ——水压力力臂，在支点以上为正值，在支点以下为负值，m；

- L_n ——启门力臂, m;
 K ——闸门启闭安全系数, 取 1.2;
 F_s ——启门力, kN;
 N ——为滚轮轴所承受的荷载, kN;
 f_1 、 f_2 ——滑动摩擦系数, 参照 SL 74—2013 附录 N 确定;
 r ——滚轮轴半径, m;
 P_w ——作用在止水上的压力, kN;
 L_w ——止水摩阻力臂, m。



附录 D 连杆轮式翻板闸门坐标计算

D.1 滚轮中心坐标计算

D.1.1 滚轮中心坐标确定应符合下列要求。

- 1 计算坐标原点系放在面板迎水面与固定堰面的交点处。
- 2 滚轮中心坐标 (X_k, Y_k) ，可按公式 (D.1.1-1) ~ 公式 (D.1.1-3) 初选：

$$0.44H < X_k < 0.52H \quad (\text{D.1.1-1})$$

$$X_k + \rho \xi Y_k \geq (q\xi + r)H \quad (\text{D.1.1-2})$$

$$\xi = \frac{B}{2W} \gamma H^2 \quad (\text{D.1.1-3})$$

式中 H ——门高，m；

B ——门宽，m；

W ——门重，kN；

γ ——水容重，10kN/m³；

ξ 、 ρ 、 q 、 r ——特征系数，按表 D.1.1 确定。

表 D.1.1 特征系数表

H/m	ξ	ρ	q	r
≤ 2.5	2.4	1.2	0.43	0.07
> 2.5	2.5	1.1	0.38	0.08

D.2 上铰点坐标计算

D.2.1 连杆铰点坐标确定应符合下列要求：

- 1 下铰点 (X_j, Y_j) 应设置在支腿轨道的下端附近。
- 2 上铰点 (X_j, Y_j) 应设置在支墩上部，坐标可按附录 D.1 确定。

D. 2.2 连杆长度 L 应根据铰点坐标确定。增大连杆长度时，可通过下移下铰点或增大上铰点的 X_T 坐标。

D. 2.3 仅当轨道沿滚轮转动达到全开后坐标原点平移量应按公式 (D. 2.3-1) ~ 公式 (D. 2.3-3) 计算：

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= X'_T - R \times \frac{A_1}{180} \pi \times \cos(A_0 + A_1 - 90^\circ) \\ &\quad - (X_T \cos A_1 + Y_T \sin A_1) \\ \Delta Y &= Y'_T + R \times \frac{A_1}{180} \pi \times \sin(A_0 + A_1 - 90^\circ) \\ &\quad + (X_T \sin A_1 - Y_T \cos A_1) \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 2.3-1})$$

$$\left. \begin{aligned} X_T &= X_K - R \cos A_0 \\ Y_T &= Y_K + R \sin A_0 \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 2.3-2})$$

$$\left. \begin{aligned} X'_T &= X_K - R \cos(A_0 + A_1) \\ Y'_T &= Y_K + R \sin(A_0 + A_1) \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 2.3-3})$$

式中 A_1 —— 全开后面板翻转角，(°)；

A_0 —— 轨道倾角，(°)；

R —— 滚轮半径，m。

D. 2.4 轨道前推总量计算简图见图 D. 2.4，应按公式 (D. 2.4) 计算：

$$\Delta F = \frac{L_w + X_w \cos A_1 + Y_w \sin A_1 + \Delta X - X'_T}{\cos(A_0 + A_1 - 90^\circ)} \quad (\text{D. 2.4})$$

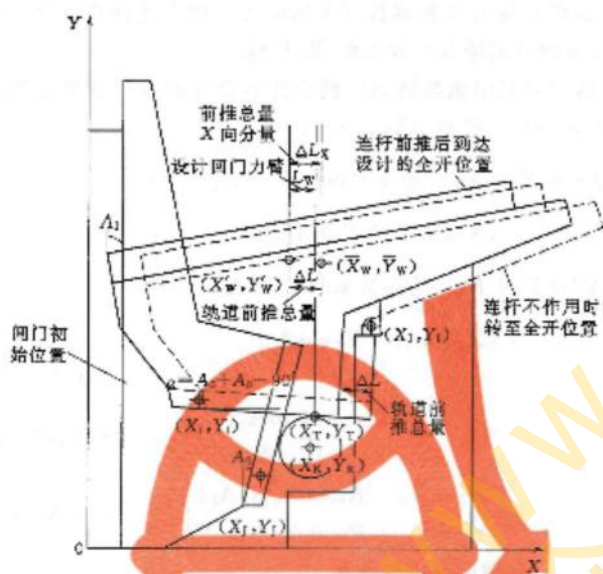
式中 L_w —— 设计回门力臂，m；

(X_w, Y_w) —— 闸门重心坐标，m。

D. 2.5 连杆前推后下铰点坐标应按公式 (D. 2.5) 计算：

$$\left. \begin{aligned} X'_j &= X_j \cos A_1 + Y_j \sin A_1 + \Delta X - \Delta L \cos(A_0 + A_1 - 90^\circ) \\ Y'_j &= Y_j \cos A_1 - X_j \sin A_1 + \Delta Y + \Delta L \sin(A_0 + A_1 - 90^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 2.5})$$

式中 (X_j, Y_j) —— 下铰点坐标。



(\bar{X}_w, \bar{Y}_w) —连杆不作用时闸门翻转至全开状态下闸门重心坐标;
 (X'_w, Y'_w) —连杆前推后到达设计全开位置时闸门重心坐标;
 L_w —设计回门力臂;
 ΔL —轨道前推总量

图 D.2.4 轨道前推总量计算简图

D.2.6 上铰点的位置应根据支墩上滚轮支座所占位置,以及闸门翻动时轨道上端不要碰到支墩等要求初选上铰点的 X 坐标 X_1 ,此时上铰点的 Y 坐标应按公式 (D.2.6) 计算:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= X \\ Y_1 &= -\frac{X'_2 - X_2}{Y'_2 - Y_2} X + \frac{X'_2 - X_2}{Y'_2 - Y_2} \times \frac{X'_1 - X_1}{2} + \frac{Y'_1 + Y_1}{2} \end{aligned} \right\} \quad (D.2.6)$$

D.3 坐标变换公式

D.3.1 闸门面板翻转 A 角度下坐标原点平移量应按公式

(D. 3.1-1) ~ 公式 (D. 3.1-8) 计算:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= X'_j - (X_j \cos A + Y_j \sin A) \\ \Delta Y &= Y'_j + (X_j \sin A - Y_j \cos A) \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 3.1-1})$$

$$\left. \begin{aligned} X'_j &= \frac{-BB - \sqrt{BB^2 - 4AA \times CC}}{2AA} \\ Y'_j &= K(X'_j - T_x) + T_y \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 3.1-2})$$

$$K = \tan(90^\circ - A_0 - A) \quad (\text{D. 3.1-3})$$

$$AA = 1 + KK \quad (\text{D. 3.1-4})$$

$$BB = -[2X_j + 2KK T_x - 2K(T_y - Y_j)] \quad (\text{D. 3.1-5})$$

$$CC = X_j^2 + (K \times T_x)^2 - 2K T_x (T_y - Y_j) + (T_y - Y_j)^2 - L^2 \quad (\text{D. 3.1-6})$$

$$L = \sqrt{(X_j - X_k)^2 + (Y_j - Y_k)^2} \quad (\text{D. 3.1-7})$$

$$T_x = X_k - (R + C) \cos(A_0 + A) \quad (\text{D. 3.1-8})$$

$$T_y = Y_k + (R + C) \sin(A_0 + A)$$

式中 $\Delta X, \Delta Y$ ——闸门面板翻转 A 角度下坐标原点平移量;

(X_j, Y_j) ——下铰点坐标, m;

(X_k, Y_k) ——上铰点坐标, m;

(X_k, Y_k) ——滚轮中心坐标, m;

A_0 ——轨道面与垂直面交角或轨道倾角, ($^\circ$);

A ——面板翻转角度, ($^\circ$);

C ——通过下铰点平行于轨道面的斜线与轨道面间的垂直距离, m。

D. 3.2 闸门面板翻转 A 角度后, 任一点的新坐标按公式 (D. 3.2) 计算:

$$\left. \begin{aligned} X' &= X \cos A - Y \sin A + \Delta X \\ Y' &= Y \cos A - X \sin A - \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (\text{D. 3. 2})$$

式中 (X, Y) —— 闸门翻转前任一点原坐标, m;
 A —— 面板翻转角度, $^{\circ}$ 。

附录 E 双支点翻板闸门动滑轮 圆心运行轨迹计算

E.0.1 双支点翻板闸门以垂直挡水计算动滑轮圆心运动轨迹，倾 10° 挡水（与堰顶夹 80° 角），选取直角坐标系 XOY ，见图 E.0.1。

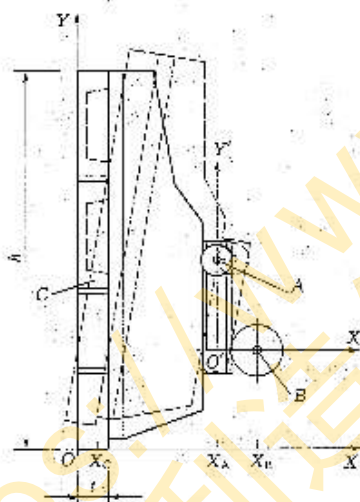


图 E.0.1 闸门面板和支腿结构图

1 闸门垂直时，动滑轮圆心 A 点坐标 (X_A, Y_A) ， Y_A 可为 $0.5h$ ，随着闸门翻转， X_A, Y_A 会随闸门翻转角 α 的变化而变化。

2 闸门垂直时，定滑轮圆心 B 点坐标 (X_B, Y_B) ；倾斜 10° 挡水时，定滑轮圆心 B 点安装高度有所降低，设 B 点坐标 (X'_B, Y'_B) 。

3 闸门垂直时, 门体重心 C 的坐标 (X_c, Y_c) , 重心坐标也因闸门翻转角不同而变化。

E.0.2 根据门体、直轨和动滑轮组的结构尺寸, 按公式 (E.0.2-1) 和公式 (E.0.2-2) 计算结构重心坐标。

$$X_c = \frac{\sum W_i}{\sum M_{x_i}} \quad (\text{E.0.2-1})$$

$$Y_c = \frac{\sum W_i}{\sum M_{y_i}} \quad (\text{E.0.2-2})$$

式中 (X_c, Y_c) —— 闸门结构重心坐标;

$\sum W_i$ —— 自重, kN ;

$\sum M_{x_i}, \sum M_{y_i}$ —— 力矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$ 。

E.0.3 已知闸门宽度为 L , 计算动滑轮 A 圆心轨迹曲线, 可取单宽 1m 进行计算。

E.0.4 定滑轮、动滑轮摩擦系数应按公式 (E.0.4) 计算, 摩擦系数可根据设计要求调整。

$$f = \frac{f_s + f' r_c}{r} \quad (\text{E.0.4})$$

式中 f —— 摩擦系数;

f_s —— 滚动摩擦系数, $f_s = 1\text{mm}$;

f' —— 滑动摩擦系数, $f' = 0.3$;

r, r_c —— 定滑轮、动滑轮的轮轴半径, mm 。

E.0.5 设定闸门渐开水位。翻板闸门随着水位的逐步升高而开启、逐步下降而回关, 实现渐开渐关设计方案。设定闸门开启 $5^\circ \sim 10^\circ$, 水位升高 Δh , 由设计经验和闸门垂直挡水, 始启门水位宜为 $5\Delta h$, $\alpha \sim \Delta h$ 关系见表 E.0.5, 未计行近流速水头。 Δh 宜为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。

表 E.0.5 $\alpha \sim \Delta h$ 关系表

$\alpha/(\circ)$	90	80	70	60	50	40	30	20	15
$\Delta h/\text{m}$	$5\Delta h$	$6\Delta h$	$7\Delta h$	$8\Delta h$	$9\Delta h$	$10\Delta h$	$11\Delta h$	$12\Delta h$	$13\Delta h$

E.0.6 作闸门运行时荷载图见图 E.0.6-1。

1 启门力矩和闭门力矩平衡方程应分别按公式 (E.0.6-1)、公式 (E.0.6-2) 计算。

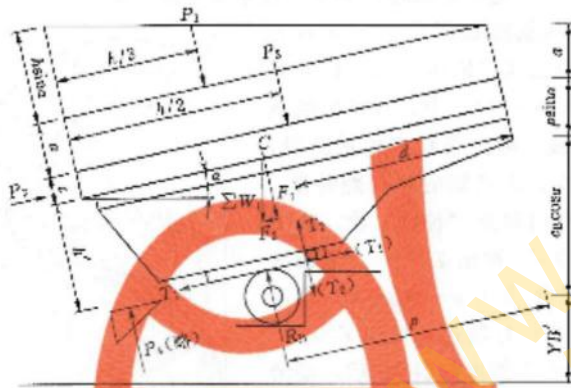


图 E.0.6-1 闸门受力图

$$-P_1L_1 + P_2L_2 + P_3L_3 + P_4L_4 + F_1L_5 - F_2L_6 - T_1L_7 - T_2L_8 = 0 \quad (\text{E.0.6-1})$$

$$-P_1L_1 + P_2L_2 + P_3L_3 + P_4L_4 + F_1L_5 - F_2L_6 + T_1L_7 + T_2L_8 = 0 \quad (\text{E.0.6-2})$$

式中 $P_1 \sim P_4$ ——水压力，闸门从始升到全开及回关，可忽略 P_5 ，kN；

F_1, F_2 ——门体自重，kN；

T_1, T_2 ——动、定滑轮负荷产生的摩擦力，kN；

$L_1 \sim L_8$ ——各作用力到定滑轮支承点的垂距，m。

2 公式 (E.0.6-1) 中的荷载和力臂将出现两个未知数 α 和 ρ ， α 与 ρ 关系可按公式 (E.0.6-3) 计算确定：

$$a = H - (y_0 + e_3 \cos \alpha - \rho \sin \alpha) \quad (\text{E.0.6-3})$$

式中 a ——门顶水深，m；

ρ ——定滑轮 B 与直轨切点经圆心 B 延长至面板迎水面到

门顶的距离, m;

H ——堰顶水深, m;

y_B ——定滑轮圆心 B 到堰顶的高程, m;

e_B ——定滑轮圆心 B 到面板迎水面垂距, m。

3 根据图 E.0.6-1 求得各力矩并结合公式 (E.0.6-3) 代入到公式 (E.0.6-1) 中, 可求出两条 $\alpha \sim \rho$ 曲线。因凹线在库内被淹没, 故取凸线。由已知的闸门翻转角 α 和切点到门顶点之长的 ρ 值, 减去一个常数 d , 根据 α 和 $\rho-d$ 用极坐标作图, 可求出 $\alpha \sim (\rho-d)$ 之动滑轮 A 的运行轨迹, 见图 E.0.6-2。闸门垂直挡水倾斜 10° 后, 动滑轮圆心由 1 运行到 2, 形成陡坡曲线。虽不影响闸门启开, 但当闸门回关时, 会因惯性运动形成对导轨和堰槛撞击, 为防止不利工况发生, 闸门宜倾斜 10° (与堰顶夹 80°) 挡水。

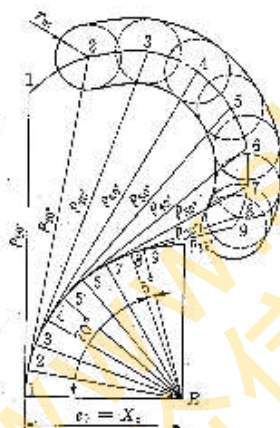


图 E.0.6-2 动滑轮运行轨迹图

E.0.7 $\alpha \sim (\rho-d)$ 曲线的极坐标换算成直角坐标可按公式 (E.0.7-1)、公式 (E.0.7-2) 换算:

$$x_A = (\rho-d)\cos\alpha + e_c(1 - \sin\alpha) \quad (\text{E.0.7-1})$$

$$y_A = (\rho-d)\sin\alpha + e_c\cos\alpha \quad (\text{E.0.7-2})$$

式中 x_A ——动滑轮圆心 A 的直角横坐标;

y_A ——动滑轮圆心 A 的直角纵坐标;

d ——常量, 当门高 $h \geq 1.5\text{m}$ 时, 取 $d=h/2$, m。

E.0.8 闸门倾斜 10° 挡水时, 定滑轮圆心纵坐标 y_B 和圆心垂点到闸门内面的距离 x_B 可按公式 (E.0.8-1)、公式 (E.0.8-2) 计算确定。

1 闸门垂直挡水时, 定滑轮圆心 B 到堰顶的高度为 y_B , 闸

门倾斜 10° 的高度为 y'_3 ，其可按公式 (E.0.8-1) 计算：

$$y'_3 = (h - \rho_{10}) \cos 10^\circ - (x_3 - t) \sin 10^\circ \quad (\text{E.0.8-1})$$

式中 h ——闸门高，m；

ρ_{10} ——闸门倾斜 10° 的 ρ 值；

x_3 ——闸门垂直时，定滑轮圆心 B 的垂足道直角坐标 O 点距离，m；

t ——闸板厚度，m。

2 闸门倾斜 10° 时，定滑轮圆心的垂足到内角的距离 x'_4 可按公式 (E.0.8-2) 计算：

$$x'_4 = (h - \rho_{10}) \sin 10^\circ + (x_3 - t) \cos 10^\circ \quad (\text{E.0.8-2})$$

式中 x_3 ——闸门垂直时，定滑轮圆心 B 到直角坐标 O 点的距离，m；

x'_4 ——定滑轮圆心的垂足到内角的距离，m。

3 定滑轮安装高度可按公式 (E.0.8-3) 计算：

$$\Delta Z = y'_3 - y'_4 \quad (\text{E.0.8-3})$$

式中 ΔZ ——定滑轮安装高度，m。

E.0.9 闸门 $\alpha \sim H$ 曲线（回关门水位）可由公式 (E.0.6-1) 和公式 (E.0.6-3) 求出 ρ 值，将 ρ 代入公式 (E.0.6-2) 忽略

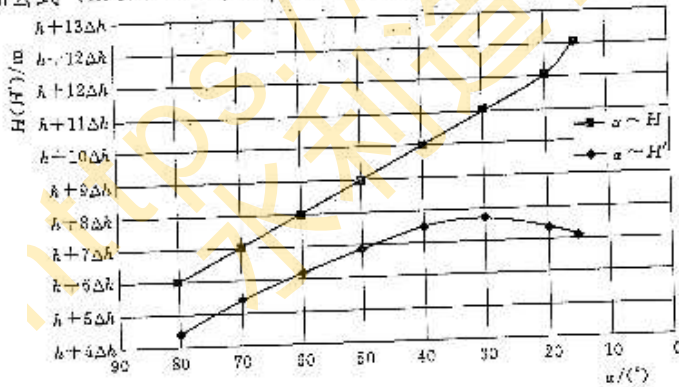


图 E.0.9 启门水位和回门水位曲线图

P_2 ，求出门顶淹没水深 a ，将 a 代入到公式 (E.0.6-3) 求出堰上水深 H' 作 $a \sim H'$ 和 $a \sim H'$ 曲线，见图 E.0.9。由启门水位线向上升高，证明闸门开度和水位升高成正比关系，回门水位呈曲线状，始关门水位高于全闭门水位，闸门不会发生一次回关，闸门实现了渐开渐关。

E.0.10 翻板闸门堰顶下有级台阶，台阶高度宜 0.1 倍门高，其底孔开启度 e 大于平顶堰的开启高度 e' ，可增加 15% 的泄流量。根据翻板闸门不同开启度下的底孔开启高度 e ，可计算出不同开启度下的闸孔出流量；底孔开启高度 e 可按公式 (E.0.10) 计算：

$$e = \sqrt{[y'_0 + e_b \cos \alpha - (h - \rho) \sin \alpha]^2 + [e_b \sin \alpha + (h - \rho) \cos \alpha - x'_a]^2} \quad (\text{E.0.10})$$

式中 e_b ——偏心距，定滑轮圆心 B 点横坐标减去板厚 t ，m；
 h ——闸门高度；
 ρ ——切点至门顶长度，m；
 α ——闸门与水平面的夹角，m；
 x'_a ——闸门倾斜 10° 挡水， B 点垂足到闸门底内角的距离，m；
 y'_0 ——定滑轮圆心 B 点到堰顶面的垂距，m。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

.....

<https://www.szjxx.com>
水利造价信息网



中华人民共和国水利行业标准

水力自控翻板闸门技术规范

SL 753—2017

条文说明

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1 总则.....	49
2 术语.....	53
3 适用条件与布置.....	55
4 结构与设计.....	58
5 性能保证.....	64
6 安装、调试与验收.....	65
7 运行管理.....	67
附录 A 泄流能力计算.....	69
附录 B 通气孔面积计算.....	70
附录 C 荷载计算.....	71
附录 D 连杆轮式翻板闸门坐标计算.....	72

1 总 则

1.0.1 水力自控翻板闸门在国内的发展应用已有 50 多年历史，是我国有关工程技术人员自主研发的水工闸门，结构型式多样，具有投资省、管理方便的特点，也有不利于大型固体漂浮物通过的缺陷。由于翻板闸门技术没有制定行业标准，各厂家技术良莠不齐，在实际应用中常有安全事故发生，导致翻板闸门技术应用推广受到制约。因此，制定本标准，可使翻板闸门工程建设和管理规范化。

1.0.2 翻板闸门具有原理独特、结构简单，制作安装简便，工期短；能自动启闭，稳定性好，管理方便；能自动调控水位，水资源更有效利用；门体为预制混凝土结构或钢结构，转动机构为金属结构，使用寿命长。但与常规闸门相比，存在漂浮物容易卡阻门体，闸门回关时不易完全同步，造成漏水等缺陷。

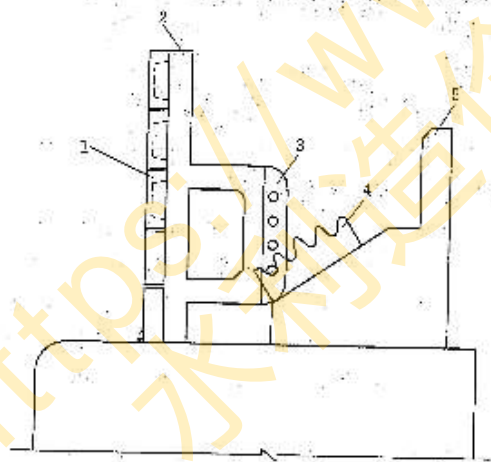
据不完全统计，目前国内已建成的翻板闸门，门高在 5m（含 5m）以下所占总量比例不小于 95%，闸门越高，施工、检修和管理难度越大，其运行风险也越大。

翻板闸门属特殊的水力闸门，水工模型试验除满足几何相似、重力相似外，还需满足重心相似、重量相似。模型试验研究主要包括水力特性和门体稳定性试验，内容包括启门水位、回关水位、门体不同开度的水位流量关系、门体稳定性、过门水流流态、闸下消能、门顶排漂结构体型、门体上下侧的压力变化、通气孔尺寸等。

在水力自控翻板闸门设计要解决的诸多问题中，首要的是要消除闸门启闭瞬间的巨大冲撞力（尤其是翻倒时），其次是要解决后来在工程实践和模型试验中所发现的“拍打”和“死点”问题。在翻板闸门发展过程中，出现过多种式翻板闸门、曲线铰座

翻板闸门、861型翻板闸门、双支点翻板闸门、连杆轮式翻板闸门等型式。上述各类翻板闸门体现了翻板制门技术多样性。它们有的进入试验应用阶段，有的曾在一定时期内为工程所采用，连杆轮式翻板闸门、双支点翻板闸门技术发展成熟、应用范围广，成为翻板闸门的主流门型。

多铰式翻板闸门支承钢构件采用多支铰型式，其结构见图1。其弱点为：①支承门体的铰分为三级，分三步全开发生跳跃式运转，启门水位呈台阶型变化，因此缺乏渐开渐关的属性。②在运行中只有一个支承点，是一种不稳定的结构，因水面的波动引发闸门往复运动，形成拍打损坏闸门。③多铰翻板闸门的门体和支承部分可以分离，行洪时上游洪水抬高，加上漂浮物的撞击和增加了阻水面积，使门体脱离支承铰翻倒于大坝的下游——跑门。④可以分三步开启，却不能分三步回关，而是一次性回关到位，必然发生门体撞击门槛，闸门自重太大，撞击更剧烈，使门体遭到损坏。⑤铰位（轴槽座）等处容

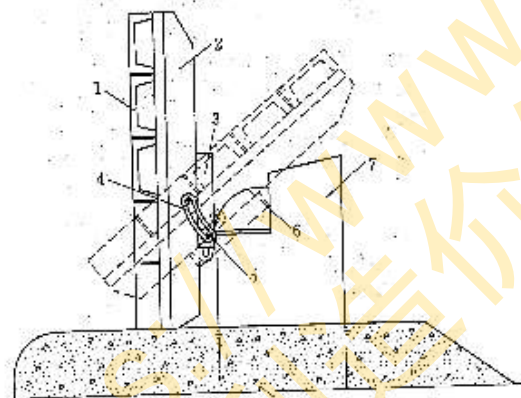


1—面板；2—支墩；3—支铰；4—轴槽座；5—支墩

图1 多铰式翻板闸门结构图

易被树桩或其他漂浮物卡塞，并且在由两铰支承转换为单铰支承后闸门开启翻转角会发生突变，导致水位、流量发生较大幅度的波动，从而使闸门大幅度来回摆动，甚至产生“拍打”现象。

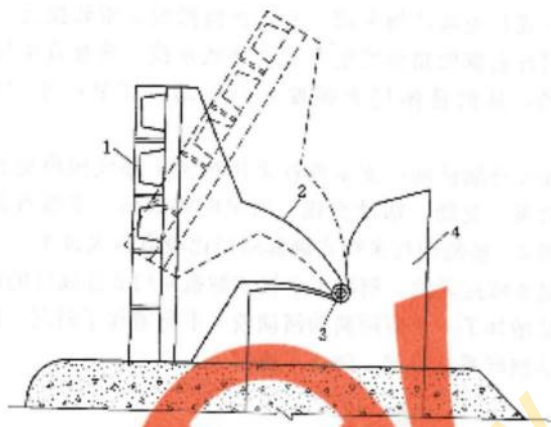
曲线铰座翻板闸门支承构件采用椭圆形曲线铰座的翻板闸门，由面板、支腿、活动支铰、固定曲线铰座、支墩五部分组成，见图 2。该闸门与多铰式翻板闸门比较有两大进步：一是启闭运动是连续运动的，解决了多铰式翻板闸门非连续性的启闭运动；二是增加了一个短距离的活动铰，不但增加了阻尼，而且门体和支承座联系在一起，防止了跑门。



1—面板；2—支腿；3—铰轴；4—导向轨道；5—活动支铰；
6—固定曲线铰座；7—支墩

图 2 曲线铰座翻板闸门结构图

861 型翻板闸门支承构件采用滑块式支承、运转轨迹导向机构为曲线导槽的翻板闸门，由面板、曲线支腿、支墩、滚轮凸部分组成，其结构见图 3。该闸门结构简单，受力明确，闸门在翻倒过程中，曲线支腿的弓背与支墩的凸出曲面接触，迫使滚轮向前滚动，达到全开的目的，反之则关闭。



1—面板；2—曲线支腿；3—滚轮；4—支墩

图3 861型翻板闸门结构图

2 术 语

2.0.2 连杆轮式翻板闸门是在滚轮式的单铰翻板闸门基础上，在门叶和支墩间加设连杆，构成一种辅助运行支承，连杆对闸门的作用力可以阻滞闸门的大幅摆动。通过这一措施使得闸门翻转成为复合运动，实现了对闸门重心位置的操控，从而有效地解决了闸门卧倒时的冲撞，抑制了“拍打”的产生。既克服了多铰式翻板闸门不能连续动作的缺点，又没有曲线铰座翻板闸门可能出现“死点”的可能。

对应于支腿下游设置支墩，支腿下游面安装的轨道与支墩上的滚轮相切；在支腿和支墩间加设连杆，连杆下端铰座设在支腿上，上端铰座设在支墩上。在运转中，滚轮的轴线位置固定不变，轮座和连杆的上铰座固定在支墩上，自身构造简单和计算原理明晰。

(1) 防护墩：埋设在闸门全开的前滑闸底板上，避免或减少闸门门体遭受漂浮物撞击或落在行走支承件上，也可设置限位的悬臂防止漂浮物从闸孔通过时抬高闸门开度，改变受力条件破坏闸板的结构。

(2) 面板：翻板闸门起挡水作用的钢筋混凝土构件或钢构件。

(3) 支腿：翻板闸门门体后起支承作用的不规则钢筋混凝土构件或钢构件。

(4) 轨道：固定在支腿上沿滚轮运动的（承受滚轮压力的）钢构件。

(5) 连杆：翻板闸门门体后连接支腿和支墩的钢构件。

(6) 滚轮（定轮）：翻板闸门门体后起滚动或滑动作用的钢构件。

(7) 轮座：固定和支撑滚轮的钢构件。

(8) 支墩：埋设固定在闸底板上，承受并传导翻板闸门荷载

的钢筋混凝土构件或钢构件。

(9) 侧止水：面板端头设置的止水，阻止相邻闸体面板接缝漏水。

(10) 底止水：面板底端设置的止水。

(11) 工作桥：闸门安装检修和交通通道。

2.0.3 双支点翻板闸门主要有以下技术特点：①用定滑轮取代多铰（包括曲线铰）支承，解决了多铰式翻板闸门缺乏连续运转问题，而且实现了渐开渐关；②闸门翻转开启，闸门向下滑动，反之，闸门向上提升；沿导轨运行的动滑轮增加了阻尼，改单点支承为支承力不相等的双点支承；③闸门的翻倒运转部分和支承构件有机地结合为一体，不会发生分离，从设计上彻底解决了跑门问题；④堰顶有一个台阶，闸门形成悬挂式，不但增加了闸门底孔的开启高度，而且下部有小部分面板不阻水，增加了泄流量，有效降低了上游洪水位，减少了防洪工程造价；⑤闸门的底止水橡胶设在闸门的背水面，由于闸门呈悬挂式，闸门从始至终全开的底梁受到了水的顶托力，故自始至终闸门能渐开渐关。

(1) 定滑轮座：和支墩固结，起固定定滑轮、导轨、直轨、轴和螺栓的钢构件。

(2) 定滑轮：支承门体和承受的水荷载，保证门体翻转的连续性的普通铸铁或球墨铸铁构件。

(3) 定滑轮轴：将定滑轮和导轨荷载传给定滑轮座的钢构件。

(4) 导轨：设有二次曲线的通槽，限定动滑轮滑动轨迹的球墨铸铁构件。

(5) 锁定轴：锁定轴和定滑轮轴定位导轨，使得导轨不能前后倾斜的钢构件。

(6) 支撑轴：使两片导轨保持垂直和等宽间距的钢构件。

(7) 动滑轮：支承闸门的重量球墨铸铁构件。

(8) 直轨：直轨承受闸门的自重和水荷载，同定动滑轮组、导轨和定滑轮做渐开型运动，闸门翻倒时向下滑行，反之向上滑行的复合运动。

3 适用条件与布置

3.1 适用条件与布置一般规定

3.1.1 平原河道水闸大多经河修建，除了日常调节水位、控制流量或防止洪水倒灌外，同时在汛期还排泄洪（涝）水。下游河道常年水位高于闸门底高程时，闸门即受到了顶托。翻板闸门的启闭原理是杠杆与平衡，设计工况可按迎水面正常蓄水、背水面无水时进行平衡初始分析，也是应保证的工况。如在此工况下，下游水位偏高则对门背施加水平推力，改变了其平衡受力状态，闸门就会提前启门，闸门蓄水达不到设计要求的正常蓄水位。因此，在受下游河水顶托河毁，应进行定型设计和水工模型试验论证。

3.1.3 翻板闸门的特点是在整个行洪过程闸前水位始终高于正常蓄水位，如有排涝要求的水闸则不利于排涝；另外：根据分析，泄洪时间门从初启动至全开状态过程中产生高于门顶 0.15 倍门高的最低壅水高度，对防洪方面应考虑。

3.1.4 通过模型试验以及对成功应用的 1400 多座翻板闸门工程总结分析，当闸下淹没出流时，堰上水深高于闸门高度的 2 倍，翻板闸门就出现晃动和拍打等不稳现象（这一现象通过水工模型试验玻璃水槽观测）。因此，堰上水深高于 2 倍闸门高度时，选用翻板闸门应做充分论证。

3.1.5 翻板闸门在非人为控制闸门开度的情况下，可完全由水压力实现自控调节闸门开度；当需要人为控制闸门开度时，则需要手拉葫芦等人工辅助操作。所以对于运行管理有预泄蓄水要求时，增设液压输控装置即液压输控式翻板闸门，可以更快捷、简便对闸门进行自动控制。

3.2 翻板闸门总布置

3.2.1 地形、地质、水流、泥沙、冰情、施工、管理、周围环

境等因素，是翻板闸门总布置的依据和要求；工程总布置应通过技术经济比较。开阔的地形、稳定的岸坡，不仅对翻板闸的总体布置和翻板闸建成后的泄洪有利，而且对施工时场地布置也有利。闸址地质条件是指翻板闸地基的承载能力、抗剪强度、压缩性、透水性、抗渗稳定性和抗冲能力等，岩土坚实和地下水水位较低的地基，其承载能力大、抗剪强度高、压缩性低、透水性小、抗渗稳定性好、抗冲能力强，是地质条件较好的地基。对于多泥沙河道，由于弯道环流作用，泥沙向凸岸推进，如翻板闸离弯道较近，则会导致闸前淤积以至于闸门不能正常翻转。对多泥沙河流、多污物河流及河水陡升陡降河流，采用水力自控翻板闸时，易淤塞，导致水力自控翻板闸无法自动翻转，不宜采用翻板闸。

3.2.2 闸址应位于在河段顺直、水流流态平顺河段，可使过闸水流平顺通畅，单宽流量分布均匀，水流过闸后容易扩散，不致引起偏流或折冲水流而使闸门运行不稳定，下游产生冲刷和淤积。

3.2.3 在多支流向一条河道汇合的情况下，宜将水闸建在多支流汇合口的下游河道上，宜距最后一条支流汇入口下游 300~500m，因为闸前需要有足够长度的河段，用以调整由于各支流来水量不等、流向不正的不良进水条件，以避免出现各闸孔过闸流量不均、出闸水流冲刷岸坡的情况。

3.3 翻板闸门闸室布置

3.3.6 闸门分联有利于管理与维修，应实现分联同步运行，设计上也可实现分联先后启动要求。要求隔墩向上游延伸，是为防隔墩两侧漩涡影响相邻闸门启闭。

3.3.7 调节闸门的设置除了供调节水位和流量之外，又可作为安装、检修时导流之用。在水多余期，通过对流量的调节可以减少闸门的启动次数，还可以破坏某些情况下产生的“拍打”的条件。

3.3.8 防护墩可起到对从上游河道随洪水挟带下来的大块木块、树木阻拦和缓冲的作用，防止直接冲击闸门面板；闸门全开时斜躺在支墩橡胶垫上。闸门每个支墩和支腿各设拉环一个，用来挂拉钩人工开启闸门，此时由于手拉葫芦挂钩占用一定的空间，无法将闸门拉至全开状态，不利于闸门检修。在门后底板上增设拉环，将支墩侧葫芦挂钩移至底板上的拉环，就有足够长的扬程可以将闸门拉至全开状态，方便闸门检修。

3.3.9 工程蓄水后，底板长期处于与水接触环境下，容易滋生青苔；闸门有漏水时，由于高速水流，底板根本无法通行，而闸门的检修、维护都需要工作人员进行操作，设置检修工作通道是非常有必要的。检修工作桥安装位置应适宜，不然就会被洪水冲走，以至于对工程运行管理带来很大的难度，设置通道应对阻水影响、可靠性方面进行充分评估。

3.3.10 为避免漂浮物卡住传动机构，宜在翻板闸门传动机构外围设置防污罩。

4 结构与 设计

4.1 结构与 设计一般规定

4.1.3 翻板闸门作为一种经济实用门型，采用装配式钢筋混凝土结构是合适的，在工程实践中占绝大多数。当采用钢结构或其他结构材料时，除应符合本规范要求外，还应符合 SL 74、GB/T 14173 等相关规范的要求。

4.1.4 连杆轮式翻板闸门面板可预倾一个角度，并将连杆位置与连杆长度、滚轮直径等设计参数进行优化，从而克服了闸门在小开度时发生振动、“拍打”和启门水位偏高的问题，使闸门在开启——回关全过程中运行也更加稳定。

4.1.7 翻板闸门局部开启时，门背后易产生负压，应设置通气孔以消除对闸门的振动影响。1994年出版的山东水利专科学校学报所载“平面翻板闸门运行稳定性试验分析”的文章中的结论为“闸门开度 α 在 $40^\circ\sim 50^\circ$ 时，其后部负压空间最大”。为了增加闸门稳定性，应对其进行补气。根据计算分析及成功应用的1400多座闸门资料统计，通气孔位置应设在闸门开度 α 在 $40^\circ\sim 50^\circ$ 的空腔范围内，通气孔直径一般为200~300mm，通气孔不另敷设管道，如遇隔墩，应在对应空腔位置开孔。

4.2 荷载计算及其组合

4.2.1 闸门启动后的动水压力：目前国内在翻板闸门动水压力方面的研究资料所见甚少。现在在设计中所采用的方法是：一是在“误差不大”和“偏于安全”的前提下，以“静水压力计算”代替，如大小开度的划分就是体现了这一思路；二是利用“经验”数值，避开“动水压力”计算，“回门力臂”的提出又是体现了这一想法。

(1) 流速水头：在出现下游淹没的行洪期，流速水头是作用

在闸门上的重要荷载之一。由于缺乏试验和实测资料，目前还提不出合适的计算公式。关于流速引起的另一个效应——闸门振动，国内已有少数单位研究过，也只是处于研究阶段。这都有待今后进一步研究。

(2) 正常水位下的波浪压力：常规波浪压力计算公式不适用于翻板闸门，但大的波浪压力作用可能促成闸门开启。

4.3 材料及强度

4.3.2 闸门面板、支墩的最不利受力状况大多出现在闸门挡水状态。早期设计的混凝土面板偏薄，现场发现若干工程在面板支腿处的迎水面出现裂缝，因此本条文增设抗裂验算要求。这也与提高门重的要求一致。

4.4 结构与计算

4.4.1 闸门太轻，则转动惯量小，稳定性差；过重，则浪费材料，操作困难。经理论分析和实践统计表明，预制钢筋混凝土闸门重量 W 与闸门开始启动时所承受的总水压力 P 之比 $\lambda = W/P = 0.3$ 较适宜，因此建议 $\lambda = 0.3 \sim 0.4$ （小闸门取大值）。

4.4.2 较高的翻板闸门设计，易满足所提对重心高度的要求，较低的闸门则不易做到，可采用加大门宽或上部采用轻型板。

4.4.3 设计资料统计表明，面板的厚度在 $(\frac{1}{8} \sim \frac{1}{15})H$ 之间，闸门高宽比大者选小值；按抗裂要求确定的混凝土面板厚，能满足对门重量的要求，计算又不麻烦，所以本条文规定按抗裂要求选用面板厚的原则。当面板厚度大，为防止面板底部出现真空吸力可能引起的“拍打”，湖南交通科学研究院于 20 世纪 80 年代提出了判别条件 $\frac{\delta}{H} \geq 0.08$ 。

4.4.4 支腿的布置按“等弯矩”考虑，而是放在承受均布荷载双悬臂梁转角为零的支座断面处，目的是避免轨道和滚轮间出

现偏压,其不足是上游面负弯矩偏大,成为面板强度计算的控制弯矩。

4.4.5 支腿下游面安装的轨道与支墩上的滚轮相切,构成主要运行支承,实现了轨道绕滚轮的翻转,并把闸门受力传向支墩;同时在支腿和支墩间加设连杆,连杆下端铰座放在支腿上,上端铰座放在支墩上,构成辅助运行支承。由于主、辅运行支承的设置,使得闸门的运行成为一种复合运动,即闸门翻转时,其轨道在沿滚轮转动的同时,又在切线方向作直线运动。相对而言轨道的支承点(切点)发生了变化,不再是纯粹沿滚轮转动的切点位置。例如:当闸门向前翻动时,此刻连杆将闸门同时向下推,从而轨道的支点(切点)相对上移,这样就增大了抗倾力矩,对于前翻形成一种“阻尼”作用。正是这一连杆辅助运行支承的设置,才有效的克服了闸门倒卧时的“冲撞”,降低了“拍打”发生的频率,实现了闸门的稳定运行。由于面板和支墩之间缺少足够的约束,翻板闸门仍属一种机构,因此在今后的设计中仍需进一步减少闸门浮走和脱轨现象的发生。

4.4.6、4.4.7 盲头系指支腿上部悬臂部分高出面板的部分,其具有劈裂门上水流,向闸下补气的作用,以及供安装闸门调试或检修用的吊环。小型闸门如果重心高度不易降低,也可取消。

支腿下游面的倒坡角设置,当 $A_0 = \arctan \frac{W}{P}$ 时,闸门开启瞬间连杆不受力(当 $A_0 < \arctan \frac{W}{P}$ 时,连杆受拉;而当 $A_0 > \arctan \frac{W}{P}$ 时,连杆受压)。有利于减低对滚轮轮心坐标调整和上铰座坐标调整间的“耦联”效应。采用过大的 A_0 值,更有利于支墩的受力和减少回翻时闸门对坝面的冲撞,但在闸门全翻后就可能出现轨道过多的向下游倾斜,下铰点高于上铰点的情况,对抗“浮走”很不利,对抵抗风浪引起的晃动也不利,应予以避免。

由于闸门在回翻时,闸前常伴随有水位壅高过程,这又减低

了回翻的冲撞力；支墩由于布置上的要求，在水流方向上有一定的长度，不会造成过量配筋，所以认为 A_s 按公式 (4.4.6-1) 取值是合适的。

4.5 运转计算

4.5.1 翻板闸门最主要的两个运行状态是启动状态和全翻状态。运行计算的主要内容也就是验证闸门运行的这两种状态是否达到设计要求。上述两种状态确定后，其中间的运行状态也就相应而定，不可能中途变更。

4.5.2 如需了解运行的中间状态，如：滚轮和连杆的受力情况；闸门全翻过程达到的最高水位，泄流量多少；何种开度下可能出现远驱水底等问题。遇到的难点是如何计算动水压力问题（不仅是压力大小，还有一个力臂的确定）。对此，在本条文中，将整个运行过程分为小开度 ($\alpha \leq 40^\circ$) 和大开度 ($\alpha > 40^\circ$) 两个阶段。小开度时水压力按静水压力计算，不致产生大的误差；大开度时面板、门底、支腿等处的动水压力都是应当考虑的。

4.5.3 翻板闸门门顶启门水深取 10~25cm 主要考虑上游河道漂浮物顺利过闸，减少波浪压力对闸门的影响；堰上启门水深不宜低于 0.9 倍门高考虑对于发电、景观工程综合运用的需要。

根据工程使用统计结果，面板全翻翻转角取 $75^\circ \sim 80^\circ$ ，水流能形成一定的下旋力，对面板抗浮是有利的；同时可使水位壅高不至过高。

回门力臂系指闸门全翻后，闸门重心到轨道与滚轮切点的水平距离。条文中设计回门力臂是根据设计资料统计结果而得，旨在避免回门计算时动水压力不易确定的现状，回门力臂根据工程实际情况选取，既要保证顺利回关，又要有较高的回门水深，条文中所确定的值，一般情况下回门水深都不低于 $0.9H$ 。根据调查和模型试验结果，取过高的回门水深和较大的回门力臂时，当翻板闸门下游出现淹没后，闸门即出现回关现象，水位迅速壅高，造成不良后果，有的闸门在高淹没度 ($H_f/H_T \geq 0.97$) 情

况下, 出现不能全开的现象。

4.6 零部件设计

4.6.1 滚轴两侧宜加“U”形卡板, 以利定位和防止漂浮物卡阻滚轮。

高度 2m 以下翻板闸门与常用机械启闭的小型闸门一样, 运行支承可考虑采用固定式半圆形滑块型式, 由于改为滑动摩擦, 连杆和支墩受力会明显增加, 钢筋混凝土支墩受力面结构强度不易满足要求, 这是要加以注意的, 应通过分析计算决定采用与否。连杆轮式翻板门采用滚轮与采用半圆滑块其轮及连杆受力计算值对照见表 1。

表 1 连杆轮式翻板门采用滚轮与采用半圆滑块其轮及连杆受力计算值对照表

A_1 /(°)	H /m	F_N /t	F_L /t	备 注
闸门尺寸: 宽×高=10m×3m				
10	5.45	71.887	-2.713	采用滚轮时计算值
	5.505	63.067	-27.247	采用滑块时计算值
20	5.685	73.355	-4.447	采用滚轮时计算值
	5.790	37.926	-30.334	采用滑块时计算值
30	5.80	73.023	-5.003	采用滚轮时计算值
	5.98	71.480	-13.360	采用滑块时计算值
40	5.82	71.463	-7.672	采用滚轮时计算值
	6.115	74.859	-35.975	采用滑块时计算值
闸门尺寸: 宽×高=3m×2.7m				
25	2.152	5.634	-0.095	采用滚轮时计算值
	2.132	5.835	-2.209	采用滑块时计算值
40	2.110	5.976	0.152	采用滚轮时计算值
	2.187	6.063	-2.406	采用滑块时计算值

注 1: A_1 —闸门开度; H —运行水位; F_N —轮子受力 (受压为正); F_L —连杆受力 (受拉为正, 受压为负)。
注 2: 滚动摩擦系数不计; 滑动摩擦系数取 0.35。

4.6.2 翻板闸门止水应在闸门关闭时，应能可靠而严密地防止漏水，闸门启闭时的止水摩擦阻力要小，以减轻磨损，止水结构应简单，经久耐用，操作和维修方便。止水结构应考虑为消除漏水引起闸门振动而进行各部尺寸调整可能性。翻板闸门面板之间的止水，由于闸门频繁启闭产生张拉作用，很容易破坏，引起漏水，可通过加大面板浇筑尺寸，减少水平缝；或通过加嵌面层减少漏水。

4.6.3 由于闸门启闭和晃动的原因，闸门底部面板受到反复动力作用，出现疲劳应力和松弛变形，易导致螺栓松脱，甚至面板脱落。面板紧固螺栓预留孔用水泥浆填充可减少松弛变形。

4.6.4 部分小型翻板闸门堰体止水采用水磨石，主要问题是施工精度不易控制；也有翻板闸门采用花岗岩贴面方案，主要问题是容易产生局部脱落。若能进一步提高精度、牢固度，小型闸门还是可以采用的，大型闸门不宜采用。多泥沙河流上闸门的底槛，应结合抗磨损要求进行设计。

4.7 液压辅控启闭装置

4.7.1 液压辅控翻板闸门启闭力通过对支铰的总阻力矩计算确定。总阻力矩包括：总水压力对支铰的最大阻力矩、闸门自重、支铰摩擦阻力、水封摩擦阻力等。据统计，在这些阻力矩中，总水压力对支铰的最大阻力矩约占总阻力矩的70%~80%。

4.7.2 在常规动水启闭平面闸门、弧形闸门等型式的闸门启门力计算中，计算启门力的最大值都是按设计水位时考虑，但翻板闸门的启门力最大值不是出现在设计水位，而是位于设计水位以下的某个位置，并与闸门支铰布置高度有关。经推导，当某个水位对应的水头为闸门支铰高度的两倍，即 $H=2h$ 时，总水压力对闸门支铰的启门力矩最大。

5 性能保证

5.1 性能保证一般规定

5.1.4 预制场地应平整坚实和排水良好，以免发生不均匀沉陷，导致预制构件发生变形、裂缝，影响构件质量。

5.2 混凝土构件

5.2.2 根据工程要求、结构型式、设计指标、施工条件和原材料状况，通过试验确定各组成材料的用量。室内试验确定的配合比还应根据现场情况进行必要的调整。

6 安装、调试与验收

6.1 安装、调试与验收一般规定

6.1.1 翻板闸门出厂验收资料主要包括原材料合格证明、闸门混凝土检测合格资料以及翻板闸门钢构件出厂检测合格证。

6.2 翻板闸门安装调试

6.2.2 翻板闸门止水埋件一般为细长件，装卸、运输和堆放管理不善极易产生变形。安装前进行复查，并校正不符合标准的止水埋件，否则会影响翻板闸门安装后的止水效果。

6.2.4 翻板闸门支腿、支墩的安装不仅应保证安装高程一致，而且应保证支腿和支墩平面保持水平一致，支腿和支腿的中心线应保持在同一条直线上，翻板闸门的两个支腿、支墩的中心线须保持平行并且垂直于闸门面板。

6.2.8 部分翻板闸门安装完毕，剩余闸门要在第二个枯水期施工的情况，需对已安装闸门拉到全开锁定，防止在度汛期间闸门发生“拍打”现象，造成闸门损毁。

6.3 液压辅控设施安装调试

6.3.2 液压辅控设施在安装过程中，应注意保护液压工作面，液压工作面主要指活塞杆外圆。

6.3.3 液压辅控设施预安装时，先将液压系统，液压缸固定在规定的基礎上，然后根据图纸要求把液压系统各部件的进出油口按原理图管路连线要求连接起来；正式安装前，将管道内部冲洗干净；正式安装时，各管口要求擦拭干净，防止砂粒等污物进入管道内。清洗油路系统时，将液压阀及油缸接口暂用丝堵块或管道接通，溢流阀入口遮断，使清洗油不进入油缸。

6.3.4 液压启闭机试运转前应先检查电气设备的接地是否满足

规范要求。用加油泵往油箱中加入规定牌号的液压油液，将油液加至液位计高点位置。按照液压原理图，将各液压元件的手柄打到正确的启、闭位置上锁定。首次启动电机时，注意保证电机正确的旋转方向；在启动前，给油泵灌入清洁的引液，启动油泵电机，待油泵空运转数分钟之后，方可将系统压力逐步逐级调节至设计要求，要根据系统要求调节变量油泵输出流量，以免电机在高压时发生过载。油泵运转正常后，检查调整系统压力。系统液压调试正常后，接入电器控制进行半自动化、自动化调试，进一步测试各报警是否正常。

6.3.5 当翻板闸门扇数较多，即闸坝宽度过大时，远端翻板闸门的液压启闭机由于液压管线较长，油压损失大，在液压系统设计时要充分考虑液压系统压力损失，否则液压启闭机的开启速度会减缓；方案设计时要考虑系统压力损失，可适当加大远端翻板闸门液压启闭机液压油管直径，并加大液压系统工作压力。

6.4 验收与试验

6.4.2 液压输控设施在进行无水情况检验时，主要检查闸门有无卡阻现象及同步性情况，液压输控设施开启有无异常声音或连续跳动等现象。

6.4.3 在进行翻板闸门有水检验时，检查闸门承受水压力后，对液压输控设施、闸门及电气联合运行、闸门止水有无异常情况。

7 运行管理

7.2 检查观测

7.2.2 为确保翻板闸门正常运用，应对各部分进行检查，包括常规检查、定期检查和特别检查。

常规检查应注意以下几方面要求：①清理、打捞积聚在闸门前的杂物，防止表面磨损、卡塞等不利现象；②检查门体有无歪斜，变形，门底、门与门之间是否有漂浮物卡阻现象，启门是否同步，回关是否到位；③运行中是否有拍打、晃动现象；④检查通气孔是否正常，有无堵塞；⑤上下游水位、流量、流态的检查观测等。

定期检查：汛前检查是确保洪水来临时闸门能正常运转，对安全度汛非常重要；汛后检查主要检查翻板闸门经过洪水后，闸门运转机构是否完好，面板、支墩等构件是否受到损坏，闸门是否受树木卡阻回关不到位现象。

7.3 运行控制

7.3.2 每扇液压闸门有两个支点、两支油缸，由于液压设备产品质量优劣有差异，常会发生油缸漏油现象发生，甚至油缸发生爆裂，导致闸门发生单边失效现象从而导致闸门损坏。因此，在操作时应先做详细检查，操作人员应熟悉业务，注意两支点是否同步。

7.3.7 在多泥沙河道的翻板闸门，上游来水小于启门流量时，随着水流中挟带的泥沙进入库区后，流速变缓，逐渐在库区淤积。因此，应定期人工拉启闸门检查门前是否有淤积，如有淤积应及时清理，以确保闸门安全运行。

7.4 检修维护

7.4.1 翻板闸门工程维护主要工作包括定期清理、打捞积聚在

闸门前的杂物，防止表面磨损、卡塞等，保持工程和设备完整清洁，运转灵活，密封性良好。从翻板闸门近年来出现的损坏观测，录像取证、分析，闸门发生破损的主要原因是由于闸门在运行过程中，发生拍打、晃动、振动等原因造成，通过对翻板闸门进行维护、岁修、抢修和大修，及时处理发生的不利因素，确保闸门安全运行。



附录 A 泄流能力计算

A.0.1、A.0.2 翻板闸门倒平泄洪（水平倾角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ）的过闸水流流态呈堰流状态。当过闸流量不受下游水位影响，呈自由堰流状态；反之，呈淹没堰流状态。翻板闸门常用的闸坎型式为有底坎宽顶堰型，水力设计中可根据堰流理论计算过坝流量。

翻板闸门水力设计中，流量系数 m 的取值采用常规宽顶堰的流量系数，受门体倾角、支墩厚度等影响，其流量系数小于宽顶堰理论计算流量系数，公式（A.0.1-1）中采用 c 值对理论流量系数进行修正。

翻板闸门水力设计中，流量系数 m 的取值采用常规宽顶堰的流量系数，修正系数考虑了门体倾角、支墩阻水及侧收缩等影响。

公式（A.0.1-1）、公式（A.0.1-2）适用于坝高 P 小于 1.2m，门高不超过 5m 的情况。

公式（A.0.2）为淹没堰流状态，过闸流量受下游水位影响，不同门高淹没系数可由图 A.0.2 查得。

附录 B 通气孔面积计算

B.0.1 根据对通气孔的设计统计和工程的使用效果调查，并对门后空腔概化成三角形之后，给出公式 (B.0.1)。根据实际工程经验，该公式存在一定的局限性。计算未考虑过闸水流流速及门顶水头对其空腔负压的影响。根据大量的实际工程案例及模型试验数据，同时应考虑工程实际水流情况设计通气孔。

附录 C 荷载计算

C.0.4 施工安装调试工况：闸门无水压情况；蓄水工况：闸门能自动正常开启，启门力较小；检修工况：门前有一定的水压力，且压力中心未超过支撑点的情况启门力最大。

附录 D 连杆轮式翻板闸门坐标计算

D.1 滚轮中心坐标计算

D.1.1 滚轮的位置和连杆的设置决定着翻板闸门的运行特性。滚轮中心坐标确定所用不等式 (D.1.1-1) 是根据对闸门全翻后的要求而建立的, 即要求闸门全翻后轨道支点(切点)应位于闸门重心和闸门高度中点之间, 是对抗“拍打”的要求提出的, 对于行洪期运行稳定也有利; 不等式 (D.1.1-2) 是根据对闸门的启动要求而建立的, 闸门应在所设计的启动水位时, 开始翻动、泄水。从两个不等式的图解可见, 所选用的点 (X_k, Y_k) 应位于图 4 中 EF 线上及其以下部位, 当选用过大的自动水位值, 所选用的点可能出现在 EF 线之上。

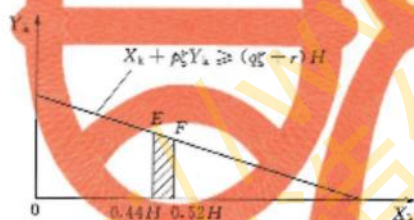


图 4 滚轮中心坐标图解

D.2 上铰点坐标计算

D.2.1 连杆铰点坐标确定: ①由于连杆是对轨道实施推拉, 下铰点靠近轨道下端布置可减弱附带力矩的影响, 闸门全翻后下铰点位置也不致抬得过高; ②由于连杆的作用, 闸门在初期的翻转过程中, 闸门被下推或上提, 及至接近全开状态, 闸门趋于放平状态, 此时又把这种下推改称为前推, 把上提改称为后拉, 在此说明。

设置辅助运行支承后，从闸门翻转过过程中下铰点的轨迹变化不难看出：上铰点高一些，偏上游一些，前推量变大；低一些，偏下游一些，前推量变小，过低则出现后拉。连杆长一些，前推量变化和缓；短一些前推量变化剧烈。因此，在设计中能让上铰点高一些，连杆长一些是合理的选择。

从附录 D 可见，上铰点的位置主要根据前推总量或者说由设计回门力臂的要求而定。通过连杆的作用，当闸门翻倒时，闸门重心必须被前推倒能满足设计回门力臂所要求的位置，也实现了上铰点高一些，连杆长一些的要求。

闸门在做翻的过程中，初期这种前推（或后拉）的量很小，之后逐渐加大，前推量对翻转倾角的变率是翻转倾角的增函数。根据闸门设计计算统计资料，在闸门接近翻倒时，较高的闸门每前倾 1° ，相应的前推量约 1cm，较低的闸门也有 0.3~0.5cm。通过工程验证，根据前推总量来确定上铰点位置，在闸门接近翻倒时，所产生的“前推量”形成的“阻尼”，也是以使闸门软着陆，能够同时实现回关和防冲撞要求。

D.2.4 轨道前推总量计算：在连杆不作用的情况下，闸门沿滚轮转动到达全翻位置后，有些闸门的重心，此时已位于闸门支承点（切点）的下游，闸门就不可能回翻了，因此需借助连杆作用将闸门前推，把这一部分的前推量同“设计回门力臂”加在一起即是“轨道前推总量的 X 向分量”，即公式 (D.2.4) 中的分子部分。公式 (D.2.4) 本身给出的是轨道方向（或切线方向）的前推总量。

D.3 坐标变换公式

D.3.1 在闸门的运行过程中，需要知道闸门翻转过后其上点的新位置。例如：闸门水压力计算，闸门重心坐标变动以及闸门孔口开度计算等，可按本节所提供的方法计算。

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 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、兼营其他学科和门类，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，迄今已出版近四万种、数亿余册（套、盒）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、工美书、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、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：王德海 010-68545951 wdh@waterpub.com.cn

副 主 任：陈 昊 010-68545981 hern@waterpub.com.cn

主任助理：王 彪 010-68545982 wqi@waterpub.com.cn

责任编辑：王丹菲 010-68545974 wdy@waterpub.com.cn

李思洁 010-68545995 zsj@waterpub.com.cn

覃 薇 010-68546889 qwei@waterpub.com.cn

刘媛媛 010-68545948 lyuan@waterpub.com.cn

赵 睿 010-68545622 zz@waterpub.com.cn

传 真：010-68317913