

DB34

安徽省地方标准

DB 34/T 3566—2019

底轴驱动翻板钢闸门设计规范

Design specification for bottom roller-driving flap steel gate

2019 – 12 – 25 发布

2020 – 01 – 25 实施

安徽省市场监督管理局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 闸门和启闭机布置 4

 4.1 一般规定 4

 4.2 闸门布置 4

 4.3 启闭机布置 4

5 荷载 5

6 材料及容许应力 6

 6.1 材料 6

 6.2 容许应力 7

7 门叶设计 11

 7.1 结构布置 11

 7.2 结构计算 11

 7.3 破水器 12

 7.4 导水板 12

8 底轴及支铰装置设计 12

 8.1 底轴 13

 8.2 支铰装置 13

9 拐臂及锁定装置设计 13

 9.1 拐臂 13

 9.2 锁定装置 13

10 止水装置设计 14

 10.1 底止水和侧止水 14

 10.2 穿墙套管止水装置 14

11 埋件设计 15

12 通气孔设计 15

 12.1 通气孔布置 15

 12.2 通气孔面积计算 16

13 启闭力计算 16

 13.1 一般规定 16

13.2	闸门启闭力计算方法	16
13.3	启闭力各荷载计算	18
14	防淤积设计	23
14.1	冲淤装置布置原则	23
14.2	冲淤装置设计	23
附录 A (资料性附录)	闸门荷载计算的主要公式	24
附录 B (资料性附录)	闸门橡胶水封定型尺寸及性能	26
附录 C (资料性附录)	支承材料性能表	29
附录 D (规范性附录)	受弯构件的局部稳定计算	31
附录 E (规范性附录)	面板验算公式及图表	35
附录 F (规范性附录)	底轴的计算	40
附录 G (规范性附录)	圆柱销抗剪计算	46
附录 H (资料性附录)	水流过闸液面衰减系数	47
附录 I (资料性附录)	摩擦系数	48
附录 J (资料性附录)	冲淤装置布置	49

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由安徽省水利厅提出并归口。

本标准起草单位：安徽省水利规划办公室、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、南京水利科学研究院、河海大学、安徽省引江济淮集团有限公司。

本标准主要起草人：邱玉怀、贺四友、汪金霞、董家、许晓彤、石卫东、朱群、余百友、陈仁连、严根华、胡友安、卫晓贤、邢勇志、张凯、闫彭彭、赵建平、侍贤瑞、朱春玥、孙云茜。

底轴驱动翻板钢闸门设计规范

1 范围

本标准规定了底轴驱动翻板钢闸门的术语和定义、闸门和启闭机布置、荷载、材料及容许应力、门叶设计、底轴及支铰装置设计、拐臂及锁定装置设计、止水装置设计、埋件设计、通气孔设计、启闭力计算、防淤积设计等。

本标准适用于水利水电工程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 714 桥梁用结构钢
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 1176 铸造铜及铜合金
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3398.1 塑料 硬度测定 第1部分：球压痕法
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件
- GB/T 14173 水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范
- GB/T 23894 滑动轴承 铜合金镶嵌固体润滑轴承
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 51247 水工建筑物抗震设计标准

JB/T 6402 大型低合金钢铸件 技术条件
SL 74 水利水电工程钢闸门设计规范
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 252 水利水电工程等级划分及洪水标准
SL/T 744 水工建筑物荷载设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

底轴驱动翻板钢闸门 bottom roller-driving flap steel gate

底轴驱动翻板钢闸门由门叶、底轴、支铰装置、止水装置、拐臂、锁定装置、启闭机、搁门器等组成。该门型主要适用于较大跨度、较低水头水闸，且具备动水启闭功能的工作闸门。

注：闸门由启闭机通过拐臂驱动底轴，使固接在底轴上的闸门门叶绕水平轴线旋转。当门叶关闭时，封闭闸孔挡水；当门叶倾斜时，水流从门顶下泄，并可通过启闭机制动来控制泄流量；当门叶平卧时，敞开闸孔泄水。

3.2

门叶 gate leaf

闸门上用于关闭挡水的结构部件。

3.3

导水板 diversion plate

门叶顶部设置的斜向导板，用于将门顶漫溢水流抛出，避免水流直接冲击底轴及支铰装置。

3.4

破水器 angle/corner deflector

门叶顶部设置的角形分流板，用于破坏门顶漫溢水舌可能在门后产生的负压空腔。

3.5

底轴 bottom roller

支承并传递作用在门叶上的水压力荷载，控制并约束门叶运动方位的主轴。

3.6

支铰装置 trunnion

支承并传递作用在底轴上的荷载，控制并约束底轴的运动方向和变形的装置。支铰分为启闭机机房内支铰（又称内支铰）和启闭机机房外支铰（又称外支铰）。

3.7

拐臂 crank arm

利用杠杆原理转动底轴的传力构件。

3.8

锁定装置 lockup device

将闸门门叶固定于闸室内某一位置的装置。

3.9

止水装置 water seal

闸门关闭挡水时阻止门叶周边间隙漏水的装置，包括底止水、侧止水及穿墙套管止水。

3.10

穿墙套管装置 wall bushing device

活动底轴在水下穿越启闭机机房闸室墙的密封装置。

3.11

支承埋件 support embedded parts

将支铰装置、锁定装置上的荷载传递至钢筋混凝土基础上的预埋构件。

3.12

止水埋件 water-seal embedded parts

与闸门止水装置相对应的止水座面的预埋构件。

3.13

穿墙套管埋件 wall bushing embedded parts

将穿墙套管固定在机房闸室墙上的预埋构件。

3.14

通气孔 vent hole

为防止闸门顶部泄水在闸门后空腔形成负压，而在闸门后侧墙上布置的与大气连通的通气管道。

3.15

启闭机 hoist

用于开启、关闭闸门的专用启闭设备。

3.16

搁门器 barrel

闸门卧倒时，为防止闸门悬臂段弯曲变形而设置的墩台。

4 闸门和启闭机布置

4.1 一般规定

4.1.1 闸门应布置在水流较平顺的部位，不应出现以下情况：

- a) 门前横向流和漩涡；
- b) 门后回流。

4.1.2 闸门设计资料应包括：

- a) 工程任务和水工建筑物的布置；
- b) 工程对闸门运行的要求；
- c) 闸门在水工建筑物中的位置、孔口尺寸、上下游水位、操作水头和门后水流流态；
- d) 闸门的水力设计和运用条件；
- e) 水文、泥沙、水质、冰情、漂浮物和气象等方面的情况；
- f) 制造、运输、安装、维修和材料供应等条件；
- g) 地震及其他特殊要求。

4.1.3 为便于制造、运输和安装，设计时应注意以下因素：

- a) 考虑制造、安装的具体条件；
- b) 运输单元应具有必要的刚度，外形尺寸和重量应满足运输的要求；
- c) 应尽量减少零部件、构件的品种规格，并采用标准化、定型化的零部件；
- d) 结构件的连接宜采用焊接，且应尽量减少现场焊接工作量。

4.1.4 闸门不应承受冰的静压力。

4.1.5 大型闸门宜设置应力、变形、振动等在线监测装置。

4.2 闸门布置

4.2.1 闸门关闭挡水状态下，门顶漫溢水舌厚度一般不宜超过 0.3 m，最大不应超过 0.5 m。

4.2.2 闸门卧倒时，门体轮廓线不应高出闸室底板顶而影响闸室过流断面。

4.2.3 闸门的孔数应根据闸的地基条件、运用要求等因素，综合分析确定，对于多孔宜选择奇数孔。

4.2.4 闸门上游侧宜根据河道推移质来量设置相应高度的拦沙坎，防止泥沙在门前堆积而影响闸门的正常运行。

4.2.5 为满足闸门检修需要，必要时可在闸门上下游设置检修闸门。

4.2.6 经常性漫溢过水的闸门，应考虑门顶下泄水流对门后水工结构的影响。

4.2.7 闸室底板与消力池可为整体结构。闸室底板与消力池分缝时，分缝应根据泄流水舌轨迹线变化，布置在射流外缘线下游。

4.2.8 对于上游漂浮物来量较大的工程，可在闸室上游设置拦污设施。

4.3 启闭机布置

4.3.1 启闭机型式宜根据闸门尺寸、运行条件以及防洪泄水等因素确定。大型闸门宜选用双拐臂驱动液压启闭机；中、小型闸门可选用其它能提供推、拉力的双拐臂驱动启闭机，小型闸门也可选用单拐臂驱动启闭机。

4.3.2 多孔闸门宜在启闭机房与各闸室之间布置地下管廊，以满足运行、维修及安全的要求。

4.3.3 地下管廊断面尺寸，除应满足设备及管线的布置外，还应满足巡查和检修要求。

- 4.3.4 地下管廊应设置排水沟、集水井和排水泵，当集水井水位升至设定值时，水泵应自行启动排水。
- 4.3.5 具有防洪、泄水功能的闸门，启闭机应设置备用电源。
- 4.3.6 具有紧急防洪、泄水任务的水闸，液压启闭机在失电情况下，应能自动卸荷，并使闸门平稳下卧；其他型式启闭机应配备相应的应急动力装置。

5 荷载

5.1 作用在闸门上的荷载可分为基本荷载和特殊荷载两类。

a) 基本荷载主要有下列各项：

- 自重；
- 设计水头下的静水压力；
- 设计水头下的动水压力；
- 水舌空腔脉动压力；
- 门顶水舌动水压力；
- 设计水头下的波浪压力；
- 淤沙压力；
- 风压力；
- 设计水头下的启闭力；
- 其它出现机会较多的荷载（如基础沉降引起的底轴与支座的挤压力等）。

b) 特殊荷载主要有下列各项：

- 校核水头下的静水压力；
- 校核水头下的动水压力；
- 校核水头下的水舌空腔脉动压力；
- 校核水头下的门顶水舌动水压力；
- 校核水头下的波浪压力；
- 风压力；
- 冰、漂浮物和推移质的撞击力；
- 校核水头下的启闭力；
- 地震荷载；
- 其它出现机会很少的荷载。

5.2 有控泄要求、经常局部开启的闸门，设计时应考虑闸门各部件承受不同程度的动力荷载，并将作用在闸门不同部件上的静荷载分别乘以不同的动力系数来考虑。动力系数值宜采取 1.0~1.2。

- 大型工程中水流条件复杂的重要闸门，其动力系数宜通过试验作专项研究。
- 当进行闸门刚度验算时，不应考虑动力系数。

5.3 设计闸门时，应将可能同时作用的各种荷载进行组合。荷载组合分为基本组合和特殊组合两类。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，荷载组合应按表 1 采用。

表1 荷载组合表

荷载组合	计算情况	荷载													说明
		自重	静水压力	动水压力	波浪压力	水舌空腔脉动压力	门顶水舌动水压力	淤沙压力	风压力	启闭力	地震荷载	撞击力	其它出现机会较多的荷载	其他出现机会很少荷载	
基本组合	设计水头情况	√	√	√	√	√	√	√	√	√			√		按设计水头组合计算
特殊组合	校核水头情况	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√		√	按校核水头组合计算
	地震情况	√	√	√	√	√	√	√	√		√				按设计水头组合计算
注：√表示采用															

5.4 作用在闸门上的荷载，按 13 章及附录 A 的规定计算。

6 材料及容许应力

6.1 材料

6.1.1 闸门结构的钢材应根据闸门的性质、操作条件、连接方式、工作温度等不同情况选择其钢号和材质，其质量标准应分别符合 GB/T 700、GB/T 713、GB/T 714、GB/T 1591 的规定，并根据不同的情况按表 2 选用。

表2 闸门及埋件常用钢号

项次	使用条件		工作温度 t (℃)	钢号
1	闸门部分	大型工程的工作闸门、局部开启的工作闸门	t>0 -20<t≤0	Q235B、Q355B、Q390B、Q420B Q235C、Q355C、Q390C、Q420C、Q460C
2		中、小型工程不作局部开启的工作闸门	t>0 -20<t≤0	Q235B、Q355B Q235C、Q355C
3	埋件部分	主要受力埋件	—	Q235B、Q355B
4		按构造要求选择的埋件	—	Q235A、Q235B
注1：当有可靠根据时，可采用其他钢号。				
注2：非焊接结构的钢号，可参照本表选用。				
注3：大型工程指Ⅰ等、Ⅱ等工程；中型工程指Ⅲ等工程；小型工程指Ⅳ等、Ⅴ等工程；工程等级按 SL 252 的规定执行。				
注4：工作温度采用现行国家标准 GB 50736 中所列“累年最冷月平均温度”。				

- 6.1.2 闸门承载结构的钢材应保证其抗拉强度、屈服强度、伸长率和硫、磷的含量符合要求，对焊接结构尚应保证碳的含量符合要求。
- a) 主要受力结构和弯曲成形部分钢材应具有冷弯试验的合格保证。
 - b) 承受动载的焊接结构钢材应具有相应计算温度冲击试验的合格保证。
 - c) 承受动载的非焊接结构，必要时，其钢材也应具有冲击试验的合格保证。
- 6.1.3 闸门支承结构的铸钢件可采用 GB/T 11352 的规定的 ZG230—450、ZG270—500、ZG310—570、ZG340—640 等铸钢，也可采用 JB/T 6402 规定的 ZG50Mn2、ZG35Cr1Mo、ZG34Cr2Ni2Mo 等合金铸钢。
- 6.1.4 闸门所采用的铸铁件应符合 GB/T 9439 规定的各项要求。
- 6.1.5 闸门的连接轴、支铰和其它轴可采用 GB/T 699 规定的 35 号、45 号钢，也可采用 GB/T 3077 规定的 40Cr、42CrMo 合金结构钢。大中型闸门底轴宜采用 Q355B、Q355C 无缝钢管或焊接钢管，小型闸门可采用 Q235B、Q235C 无缝钢管或焊接钢管。
- 6.1.6 闸门止水座面采用的不锈钢宜采用 GB/T 4237 规定的 12Cr18Ni9 或 12Cr18Ni9Si3 不锈钢。闸门结构如选用不锈钢或不锈钢复合板时，宜选用 GB/T 3280 规定的 06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、022Cr19Ni5Mo3Si2N、022Cr22Ni5Mo3N 不锈钢。
- 6.1.7 闸门的止水材料可根据运行条件采用橡胶水封或橡塑复合水封，其性能指标应符合附录 B 的规定。
- 6.1.8 闸门支承和零件所采用的铜合金，其性能应符合 GB/T 1176 规定的各项要求。支铰轴承采用增强聚四氟乙烯材料、钢基铜塑复合材料、铜基镶嵌固体润滑材料等，其性能应符合附录 C 的规定。
- 6.1.9 焊条、焊丝应符合 GB/T 983、GB/T 5117、GB/T 5118 规定。
- 6.1.10 焊接材料应采用与母材金属强度相适应的焊丝和焊剂。
- 6.1.11 钢筋（锚杆）或锚板的材料可采用 GB/T 700 规定的 Q235 钢、GB/T 1591 规定的 Q355 钢。
- 6.1.12 高强度螺栓连接副应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231、GB/T 3632 的规定。
- 6.1.13 埋设件二期混凝土的强度等级可采用 SL 191 规定的 C25～C40，同时应根据运行条件与地区温度提出抗渗和抗冻等级的要求。
- 6.1.14 闸门防腐蚀涂装材料应根据工作环境、环保要求、工作年限、使用工况选用，并符合 SL 105 规定。

6.2 容许应力

- 6.2.1 钢材的容许应力应根据表 3 的尺寸分组，应按表 4 采用。连接材料的容许应力应按表 5、表 6 采用。

表3 钢材尺寸分组

单位：mm

组别	钢材厚度和直径	
	Q235	Q355、Q390、Q420、Q460
第1组	≤16	≤16
第2组	>16~40	>16~40
第3组	>40~60	>40~63
第4组	>60~100	>63~80
第5组	>100~150	>80~100
第6组	>150~200	>100~150

表4 钢材容许应力

单位：N/mm²

应力 种类	符号	碳素结构钢						低合金结构钢																							
		Q235						Q355						Q390						Q420						Q460					
		第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组
抗拉、 抗压 和抗 弯	[σ]	160	150	145	145	130	125	230	225	220	215	210	195	245	240	235	225	225	215	260	260	250	245	245	235	285	280	275	265	265	255
抗剪	[τ]	95	90	85	85	75	75	135	135	130	125	125	115	145	140	140	135	135	125	155	155	150	145	145	140	170	165	165	155	155	150
局部 承压	[σ _{cd}]	240	225	215	215	195	185	345	335	330	320	315	290	365	360	350	335	320	315	390	390	375	365	365	350	425	420	410	395	395	380
局部 紧接 承压	[σ _{cj}]	120	110	110	110	95	95	170	165	165	160	155	145	180	180	175	165	160	155	195	195	185	180	180	175	210	210	205	195	195	190
注1：局部承压应力不乘调整系数。 注2：局部承压是指构件腹板的小部分表面受局部荷载的挤压或端面承压（磨平顶紧）等情况。 注3：局部紧接承压是指可动性小的铰在接触面的投影平面上的压应力。																															

表5 焊缝容许应力

单位：N/mm²

焊缝分类	应力种类	符号	Q235				Q355						Q390						Q420						Q460						
			第1组	第2组	第3组	第4组	第1组	第2组	第3组	第4组	第5组	第6组	第1组	第2组	第3组	第4组	第5组	第6组	第1组	第2组	第3组	第4组	第5组	第6组	第1组	第2组	第3组	第4组	第5组	第6组	
对接焊缝	抗压	$[\sigma_c^h]$	160	150	145	145	230	225	220	215	210	195	245	240	235	225	225	215	260	260	250	245	245	235	285	280	275	265	265	255	
	抗拉， 一、二类焊缝	$[\sigma_t^h]$	160	150	145	145	230	225	220	215	210	195	245	240	235	225	225	215	260	260	250	245	245	235	285	280	275	265	265	255	
	抗拉， 三类焊缝	$[\sigma_t^h]$	135	125	120	120	180	180	175	170	165	155	195	190	185	180	180	170	200	200	200	195	195	185	225	220	220	210	210	200	
	抗剪	$[\tau^h]$	95	90	85	85	135	135	130	125	125	115	145	140	140	135	135	125	155	155	150	145	145	140	170	165	165	155	155	150	
角焊缝	抗拉、 抗压和抗剪	$[\tau_1^h]$	110	105	100	100	160	155	150	150	145	135	170	165	160	155	155	150	180	180	175	170	170	160	195	195	190	185	185	175	
注1：焊缝分类符合 GB/T 14173 的规定。																															
注2：仰焊焊缝的容许应力按本表降低 20%。																															
注3：安装焊缝的容许应力按本表降低 10%。																															

表6 螺栓连接的容许应力

单位: N/mm²

螺栓的性能等级、锚栓和构件	应力种类	符号	螺栓和锚栓的性能等级或钢号					构件的钢号		
			Q235	Q355	4.6级、4.8级	5.6级	8.8级	Q235	Q355	Q390
A级、B级 螺栓	抗拉	$[\sigma_1^I]$				150	310			
	抗剪	$[\tau^I]$				115	230			
C级螺栓	抗拉	$[\sigma_1^I]$	125	180	125					
	抗剪	$[\tau^I]$	95	135	95					
锚栓	抗拉	$[\sigma_1^d]$	105	145						
构件	承压	$[\sigma_c^I]$						240	340	365
注1: A级螺栓用于 $d \leq 24$ mm 和 $l \leq 10d$ 或 $l \leq 150$ mm (按较小值) 的螺栓; B级螺栓用于 $d > 24$ mm 或 $l > 10d$ 或 $l > 150$ mm (按较小值) 的螺栓。 d 为公称直径, l 为螺杆公称长度。 注2: 螺孔制备符合 GB/T 14173 的规定。 注3: 当 Q235 钢或 Q355 钢制作的螺栓直径大于 40 mm 时, 螺栓容许应力予以降低, 对 Q235 钢降低 4%, 对 Q355 钢降低 6%。										

- 6.2.2 对下列情况, 表 4~表 6 的数值应乘以调整系数, 下述系数不应连乘, 特殊情况, 另行考虑:
- a) 大、中型工程的闸门调整系数为 0.90~0.95;
 - b) 在较高水头下经常局部开启的大型闸门调整系数为 0.85~0.90。
- 6.2.3 机械零件容许应力应按表 7 采用。

表7 机械零件容许应力

单位: N/mm²

应力种类	符号	碳素结构钢	低合金钢				优质碳素结构钢		铸造碳钢				合金铸钢			合金结构钢	
		Q235	Q355	Q390	Q420	Q460	35	45	ZG230—450	ZG270—500	ZG310—570	ZG340—640	ZG50Mn2	ZG35Cr1Mo	ZG34Cr2Ni2Mo	42CrMo	40Cr
抗拉、抗压和抗弯	$[\sigma]$	100	145	155	170	180	135	155	100	115	135	145	195	170 (215)	(295)	(365)	(320)
抗剪	$[\tau]$	60	85	90	100	110	80	90	60	70	80	85	115	100 (130)	(175)	(220)	(190)

局部承压	$[\sigma_{ed}]$	150	215	230	255	270	200	230	150	170	200	215	290	255 (320)	(440)	(545)	(480)
局部紧接承压	$[\sigma_{ej}]$	80	115	120	135	140	105	125	80	90	105	115	155	135 (170)	(235)	(290)	(255)
孔壁抗拉	$[\sigma_k]$	115	165	175	195	200	155	175	115	130	155	165	225	195 (245)	(340)	(420)	(365)
注1：括号内为调质处理后的数值。 注2：孔壁抗拉容许应力系指固定结合的情况，若系活动结合，则按表值降低 20%。 注3：合金结构钢的容许应力，适用于截面尺寸为 25 mm。由于厚度影响，屈服强度有减少时，各类容许应力可按屈服强度减少比例予以减少。 注4：表列铸造碳钢的容许应力，适用于厚度不大于 100 mm 的铸钢件。																	

6.2.4 灰铸铁件容许应力应按表 8 采用。

表8 灰铸铁容许应力

单位：N/mm²

应力种类	符号	灰铸铁牌号		
		HT150	HT200	HT250
轴心抗压和弯曲抗压	$[\sigma_a]$	120	150	200
弯曲抗拉	$[\sigma_w]$	35	45	60
抗剪	$[\tau]$	25	35	45
局部承压	$[\sigma_{ed}]$	170	210	260
局部紧接承压	$[\sigma_{ej}]$	60	75	90

6.2.5 轴套容许应力应按表 9 采用。

表9 轴套容许应力

单位：N/mm²

材料	符号	径向承压
钢对10-3铝青铜	[σ _{cg}]	50
钢对10-1锡青铜		40
钢对钢基铜塑复合材料		40
注：水下重要的轴衬、轴套的容许应力降低 20%。		

6.2.6 埋设件一期、二期混凝土承压容许应力应按表 10 采用。

表10 混凝土承压容许应力

单位：N/mm²

应力种类	符号	混凝土强度等级		
		C25	C30	C40
承压	$[\sigma_h]$	9	11	14

- 6.2.7 表 4、表 5、表 6、表 7 的容许应力值，在特殊荷载组合下提高 15%，在特殊情况下，除局部应力外，不超过 $0.85\sigma_s$ 。
- 6.2.8 钢材和铸钢件物理性能可按表 11 采用。

表11 钢材和铸钢件物理性能

材料名称	弹性模量 E (N/mm ²)	剪切模量 G (N/mm ²)	线胀系数 α (K ⁻¹)	质量密度 ρ (kg/m ³)
钢材、铸钢件	2.06×10^5	0.79×10^5	1.2×10^{-5}	7850 (7800)
注：括号内为铸钢件的密度。				

7 门叶设计

7.1 结构布置

- 7.1.1 门叶面板宜布置在迎水面一侧，面板厚度应根据纵横梁系的间距和面板约束条件，并考虑布置的合理性和经济性，进行综合分析确定。
- 7.1.2 闸门门叶的梁系宜采用同层的布置方式，并应考虑制造、运输、安装、检修维护和防腐施工等方面的要求。
- 7.1.3 闸门门叶为固端约束悬臂结构，纵向梁系为承载主梁，主梁布置应符合以下要求：
- a) 主梁宜按等荷载布置；
 - b) 主梁间距应适应制造、运输和安装的条件；
 - c) 主梁间距应满足支铰装置布置的要求。
- 7.1.4 主梁的截面形式应根据闸门挡水高度和门顶漫溢水舌厚度，合理选择等截面梁或变截面梁。
- 7.1.5 门叶与底轴的固接方式，宜在门叶底部焊接弧形垫板，采用高强度螺栓连接。
- 7.1.6 门叶底部弧形垫板与底轴间缝隙，应在现场安装完成后由水密焊缝封闭。

7.2 结构计算

- 7.2.1 闸门门叶的结构计算应按容许应力方法和 5.1~5.4 规定的荷载，根据实际可能发生的最不利的荷载组合情况，按基本荷载组合和特殊荷载组合条件进行强度、刚度和稳定性验算。选择的结构计算方法应确保计算结果准确可靠。
- 7.2.2 对于门叶的承载构件和连接件，应验算结构的正应力和剪应力。在同时承受较大正应力和剪应力的作用处，还应验算折算应力。
- 7.2.3 在不考虑底轴扭转变形条件下，主纵梁的最大挠度与悬臂长度之比，不应超过 1/500。
- 7.2.4 受弯、受压和偏心受压构件，应验算整体稳定性和局部稳定性。验算应按附录 D 及 GB 50017 规定进行。
- 7.2.5 门叶构件的容许长细比应符合以下要求：
- a) 受压构件容许长细比，主要构件，不应超过 120；次要构件，不应超过 150；联系构件，不应超过 200；
 - b) 受拉构件容许长细比，主要构件，不应超过 200；次要构件，不应超过 250；联系构件，不应超过 350。
- 7.2.6 面板及其参与梁系有效宽度的计算应符合以下要求：
- a) 为充分利用面板的强度，梁格布置时，宜使面板的长短边比 $b/a>1.5$ ，并将短边布置在沿主梁轴线方向；

- b) 面板的局部弯曲应力, 可视支承边界情况, 按四边固定(或三边固定一边简支, 或两相邻边固定、另两相邻边简支)的弹性薄板承受均布荷载计算。初选面板厚度 δ , 应按式(1)计算:

$$\delta = \alpha \sqrt{\frac{k_y q}{\alpha [\sigma]}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

δ ——初选面板厚度, 单位为毫米(mm);

K_y ——弹塑性薄板支承长边中点弯应力系数, 按附录E 表E.1~表E.2 采用;

α ——弹塑性调整系数;

q ——面板计算区格中心的水压力强度, 单位为兆帕(N/mm²);

a 、 b ——面板计算区格的短边和长边长度, 单位为毫米(mm), 从面板与主(次)梁的连接焊缝算起;

$[\sigma]$ ——钢材的抗弯容许应力, 按表4 采用。

- c) 当面板与主(次)梁相连接时应考虑面板参与主(次)梁翼缘工作, 其有效宽度按附录E 确定;

- d) 验算面板强度时, 应考虑面板的局部弯应力与面板兼作主(次)梁翼缘的整体弯应力相叠加。叠加后的折算应力 σ_{zh} 应按附录E 式(E.1)或式(E.4)计算。 σ_{zh} 应满足式(2)要求:

$$\sigma_{zh} \leq 1.1\alpha[\sigma] \dots\dots\dots (2)$$

- e) 计算所得面板厚度 δ 还应根据工作环境、防腐条件等因素, 增加1 mm~2 mm 腐蚀裕度。

7.2.7 闸门承载构件的钢板厚度或型钢截面不应小于以下规格:

- a) 6 mm 的钢板;
- b) L 50 mm×6 mm 的等边角钢;
- c) L 63 mm×40 mm×6 mm 的不等边角钢;
- d) I12.6 的工字钢;
- e) C 8 的槽钢。

7.3 破水器

7.3.1 破水器布置在门叶顶部, 可布置在门顶的上游侧或下游侧, 布置在下游侧破水器适应的水深范围比布置在上游侧稍小。

7.3.2 破水器间距应结合主纵梁的水平间距和门顶漫溢水深分析确定。

7.3.3 破水器高度、角度应根据闸门直立挡水期间门顶漫溢设计水深确定, 高度以1.1~1.2 倍的门顶设计溢流水深为宜。

7.3.4 破水器型式应采用流线型结构, 顺水流方向的长度与门体厚度相同或略大, 其最大宽度为0.5~1.0 倍的门体厚度。对挡水、运行工况较为恶劣的闸门, 可根据模型试验结果确定。

7.3.5 破水器的侧向分水导板的体型应根据门顶漫溢设计水深确定。

7.3.6 破水器与门叶应固接可靠。

7.4 导水板

7.4.1 导水板体型宜为流线型结构。

7.4.2 导水板的长度、角度应根据闸门挡水期间门顶漫溢设计水深、门后水垫深度、底轴及支铰装置位置确定。

8 底轴及支铰装置设计

8.1 底轴

- 8.1.1 底轴承担门叶各工况条件下传递的荷载，并能在承载状态下绕水平轴线旋转，开启或关闭闸门。
- 8.1.2 底轴是承受支座反力、弯矩与扭矩共同作用的多支点长轴，应采用焊接性能良好的优质低合金结构钢加工成空心轴。
- 8.1.3 底轴的直径、壁厚及支铰点的布置应根据结构强度、刚度、稳定性的要求合理确定。
- 8.1.4 闸门在关闭挡水工况下，底轴支铰间跨中弯曲变形量应低于底止水压缩变形量。
- 8.1.5 底轴分节长度及分节数量应根据材料、运输、安装条件、支铰点的布置以及门叶纵梁布置分析确定，经工地现场安装调整后连接成整体。
- 8.1.6 底轴上固接门叶的多排高强度螺栓孔应错位布置，同一环向截面上宜布置二排螺孔，轴向截面两螺孔中心间距不应小于 5 倍孔径且不应小于 200 mm。
- 8.1.7 底轴与底止水接触的回转表面应采用不锈钢止水座面。
- 8.1.8 底轴与穿墙套管止水装置接触表面应采用不锈钢止水座面。
- 8.1.9 底轴计算见附录 F。

8.2 支铰装置

- 8.2.1 支铰装置根据底轴的受力和变形状态，宜按等荷载要求布置。
- 8.2.2 闸门旋转运行过程中，传递的荷载大小、方向不断发生着变化，支铰装置应对变化的荷载提供相应的约束条件，并将荷载可靠地传递到土建基础上。
- 8.2.3 支铰装置的铰座宜布置成腰型孔，满足支铰轴承在支铰座内上下浮动的要求，以适应底轴安装误差和闸室土建基础沉降变形。
- 8.2.4 支铰装置的铰座、轴承、端盖、密封件、紧固件和埋件均应满足强度、刚度和密封要求。
- 8.2.5 内支铰装置除满足底轴的支承条件，尚应满足底轴的定心、定位要求。
- 8.2.6 支铰装置的铰座可采用铸钢件或可焊性良好的低合金结构钢焊接件，铰座成型后应进行热处理，消除铸造、焊接应力后方可进行机械加工。
- 8.2.7 闸门启闭运行过程中，支铰装置与门叶发生相对运动的密封座面应采取可靠的防腐措施。
- 8.2.8 支铰装置轴承宜采用维修间隔周期长且能适应水下工作的自润滑轴承。
- 8.2.9 常年工作在水下的外支铰轴承的运转金属零部件，应采取可靠的防腐措施。
- 8.2.10 位于泥沙含量较高河道的外支铰轴承与铰座、底轴的转动间隙应采取更加严格的密封措施。

9 拐臂及锁定装置设计

9.1 拐臂

- 9.1.1 拐臂上端与启闭机吊头销轴铰接，下端与底轴固接。一般布置为拐臂轴线与底轴纵轴线呈 45° 交角对应门叶关闭位置，拐臂绕底轴轴线旋转 90° 驱动门叶至平卧位置。
- 9.1.2 拐臂应按照固端约束杆件最不利工作位置，以启闭机额定容量进行结构的强度、刚度和稳定性计算，并以 1.25 倍的启闭机额定容量进行结构的强度、刚度和稳定性校核。
- 9.1.3 拐臂宜采用可焊性良好的低合金结构钢焊接件。
- 9.1.4 拐臂与底轴法兰盘宜采用圆柱销过盈配合方式固接，圆柱销可采用液氮低温装配，不应锤击。圆柱销应力按附录 G 计算。

9.2 锁定装置

- 9.2.1 闸门挡水期间，应通过可靠的锁定装置将门叶固定在某一位置，以避免启闭机长时期处于工作状态。
- 9.2.2 锁定装置应采用对底轴制动的锁定方式，不应在闸墙设置锁定挡块直接对门叶进行锁定。
- 9.2.3 锁定装置宜选用自动、半自动锁定器。锁定的结构方式应按启闭机房内空间尺寸的具体条件进行设计。
- 9.2.4 锁定装置应与启闭机实现电气互锁，在锁定装置未完全退出锁定位置前，启闭机不应进入运行状态。

10 止水装置设计

10.1 底止水和侧止水

- 10.1.1 底止水装置包括闸室底槛与转动底轴之间的密封、底槛与支铰装置之间的密封、门叶与支铰装置之间相对转动面的密封装置，侧止水装置为门叶与侧墙之间的密封装置。
- 10.1.2 底槛与转动底轴之间的滑动密封，止水装置宜布置在底槛埋件上，水封宜采用 P 形断面型式；底槛与支铰装置之间的静密封，水封宜采用 I 形断面型式。
- 10.1.3 门叶与支铰装置之间相对转动面的滑动密封，止水装置宜布置在门叶上，水封宜采用 I 形断面型式。
- 10.1.4 侧止水装置宜布置在门叶上，双向止水水封宜采用八字形断面型式，单向止水水封宜采用 Ω 形断面型式。
- 10.1.5 各部位的止水装置应具有连续性、严密性和耐久性。
- 10.1.6 应注意防止有往返相对运动的滑动密封在闸门启闭运行过程中的翻卷现象，止水压板靠水封头的边缘宜做成翘头形式。
- 10.1.7 闸门水封应预留压缩量，底水封的预留压缩量宜取 2 mm~4 mm，侧水封的预留压缩量宜取 2 mm~3 mm。
- 10.1.8 闸门门叶为纵向固接悬臂结构，其横向刚度较低，侧止水水封与止水座板压缩应力不应过大，避免门叶横向两侧产生约束、在水压力作用下产生大幅度挠曲变形。
- 10.1.9 侧水封应采用韧性较高的橡胶水封，其压缩量在 10% 时，压缩模量不大于 3.5 MPa。
- 10.1.10 止水压板的厚度不宜小于 10 mm，小型闸门可适当减薄。
- 10.1.11 固定水封的螺栓间距宜小于 150 mm。
- 10.1.12 采用不锈钢制造止水座板时，其加工后的厚度应不小于 4 mm。止水座板应与所在的埋件形成整体，其构造型式应满足止水板焊接、加工等要求。

10.2 穿墙套管止水装置

- 10.2.1 底轴穿越启闭机室闸墙的转动间隙应采用可靠、严实的穿墙套管密封止水装置，以防止外水进入机房。
- 10.2.2 考虑到底轴承载时的弯曲变形，穿墙套管止水装置应设置径向水封和端面水封。
- 10.2.3 端面水封宜设置在穿墙套管外水侧的端面，借助外水水压提升密封效果，端面水封可采用 H 形断面型式。
- 10.2.4 径向水封通常采用多层多道唇口 O 形密封圈，降低渗水区渗水压力，以减少渗水量。
- 10.2.5 穿墙套管机房侧宜设置浸脂石棉盘根封堵。
- 10.2.6 穿墙套管止水装置止水座面、压板及紧固件宜采用不锈钢件，且应提供维修及更换条件。

11 埋件设计

- 11.1 闸门支承埋件应能将闸门所承受的荷载安全地传递到土建基础上。
- 11.2 闸门止水埋件应能保证止水座面与闸门上的止水橡皮贴紧、密实，并具有合适的压缩变形量。
- 11.3 支承、止水埋件均应采用二期混凝土安装，埋件与一期插筋预固定后，应利用调整锚栓将埋件支承、止水座面对安装基准进行精密调整。
- 11.4 二期混凝土断面尺寸应满足埋件安装、精调的空间要求。
- 11.5 用于安装埋件和固定二期混凝土的锚筋，其直径不宜小于 16 mm，其伸出一期混凝土长度不宜小于 150 mm。
- 11.6 支铰装置埋件应根据支铰传力方向，设置抗剪板和抗倾板。抗剪板应在支铰装置现场安装完成精密调整后，方可与支铰座抵紧并牢固焊接；抗倾板应与支铰座组装一体，待支铰装置现场安装完成精密调整后，抗倾板方可通过锚板、锚栓与一期插筋牢固焊接。
- 11.7 止水埋件与止水橡皮接触的座面应平整、光滑，焊缝接口处应作打磨、抛光处理。
- 11.8 穿墙套管埋件应设置精密调整用的锚板、锚栓。
- 11.9 锁定装置埋件应充分考虑集中荷载对混凝土结构的影响。
- 11.10 启闭机机座埋件应充分考虑摇摆支座荷载变换的约束条件以及地脚螺栓抗剪、抗拉的强度要求。
- 11.11 埋件分段时应考虑制造、运输和安装对其长度的限制及其自身刚度的要求。

12 通气孔设计

12.1 通气孔布置

- 12.1.1 底轴驱动翻板钢闸门系门顶溢流，随着闸门开度的增加，门顶水舌厚度随之加大，门后水舌下方可能形成密闭负压空腔，将引起水舌振荡，诱发闸门振动。应于孔口两边闸墩侧墙（门叶后侧止水上部）设置通气孔，起到对原密闭空腔补气的作用，从而保证空腔通气良好，闸下出流稳定，减少水流对闸门的不利动力作用。
- 12.1.2 通气孔应布置在孔口两边闸墩侧墙上，且位于门叶后侧止水上部。
- 12.1.3 通气孔宜采用扇形布置，并应保证面积足够，位置合适，通气均匀，安全可靠。
- 12.1.4 通气孔上方应设置相应的防护设施（如弯头）。
- 12.1.5 最低通气孔位置应高于下游最低水位，最高通气孔位置应低于直立挡水时门顶下部 0.5 m～0.8 m。
- 12.1.6 闸墩侧墙宜设置若干个通气孔（见图 1），具体数量应根据闸门经常性运行开度和下游水位变幅确定。

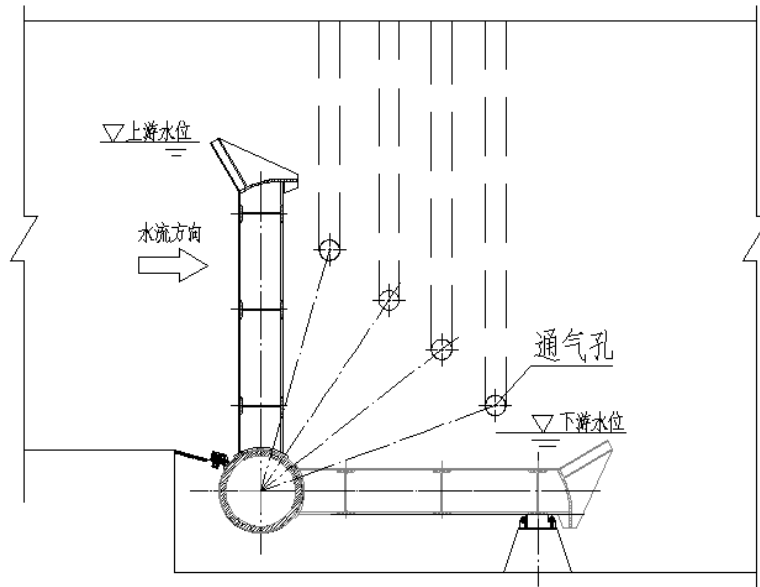


图1 通气孔布置示意图

12.2 通气孔面积计算

12.2.1 通气孔面积计算应考虑到实际掺气量的需要，控制通气孔风速不大于 40 m/s。

12.2.2 通气孔尺寸可按式 (3) 计算：

$$\phi = 0.15hb^{0.15} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ϕ ——单侧单个通气孔直径，单位为米 (m)；

h ——门顶设计溢流水深，单位为米 (m)；

b ——单扇闸门总宽，单位为米 (m)。

13 启闭力计算

13.1 一般规定

13.1.1 启闭力指闸门的闭门力、持住力和启门力。

13.1.2 闭门力指闸门由水平卧倒至全关闭位置过程中所出现的最大力。

13.1.3 持住力指闸门在某一开度状态下或使闸门按一定速度运行后停留于某一开度所需的最大力。

13.1.4 启门力指闸门由全关闭位置至水平卧倒过程中所出现的最大力。

13.2 闸门启闭力计算方法

13.2.1 闭门力按式 (4) 计算：

$$F_w = \frac{1}{R_2} [n_T (M_{zd} + M_{zs}) + M_p - M_{p_i} + n'_G M_G + M_{G_j} + M_d - M_s] \dots\dots\dots (4)$$

13.2.2 持住力按式 (5) 计算：

$$F_T = \frac{1}{R_2} [M_P - M_{P_1} + n'_G M_G + M_{G_j} + M_d - M_s - (M_{zd} + M_{zs})] \quad \dots\dots\dots (5)$$

13.2.3 启门力按式(6)计算:

$$F_Q = \frac{1}{R_1} [n_T (M_{zd} + M_{zs}) - M_P + M_{P_1} - n_G M_G - M_{G_j} - M_d + M_s] \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

R_1 、 R_2 ——启门力和闭门力对底轴中心的力臂,单位为米(m);由式(7)计算:

$$R_1 \text{或} R_2 = \frac{r_1 r_2 \sin(\theta_1 + \theta_0 + \theta)}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos(\theta_1 + \theta_0 + \theta)}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

r_1 ——拐臂吊点中心距底轴中心的距离,单位为米(m);

r_2 ——油缸支座中心与底轴中心的距离,单位为米(m);

θ ——门体中线与水平向的夹角,单位为度($^\circ$);

θ_0 ——拐臂中线与门体中线的夹角,单位为度($^\circ$);

θ_1 ——油缸支座中心与底轴中心连线与水平向夹角的锐角,单位为度($^\circ$);

M_P ——上游水作用力力矩,单位为牛米(N·m);

M_{P_1} ——下游水用力力矩,单位为牛米(N·m);

M_G ——重力作用力矩,单位为牛米(N·m);

M_s ——门后空腔负压引起的下吸力力矩(通气顺畅时可忽略),单位为牛米(N·m);

M_d ——门顶水压力力矩,单位为牛米(N·m);

M_{G_j} ——加重产生的力矩,单位为牛米(N·m);

M_{zd} ——底轴摩擦力矩,单位为牛米(N·m);

M_{zs} ——侧水封摩擦力矩,单位为牛米(N·m);

n_T ——摩擦阻力安全系数,可取1.2;

n_G ——计算启门力闸门自重修正系数,可采用0.9~1.0;

n'_G ——计算持住力和闭门力的闸门自重修正系数，可采用 1.0~1.1。

13.3 启闭力各荷载计算

13.3.1 启闭力各荷载计算简图

闸门荷载计算简图见图2。

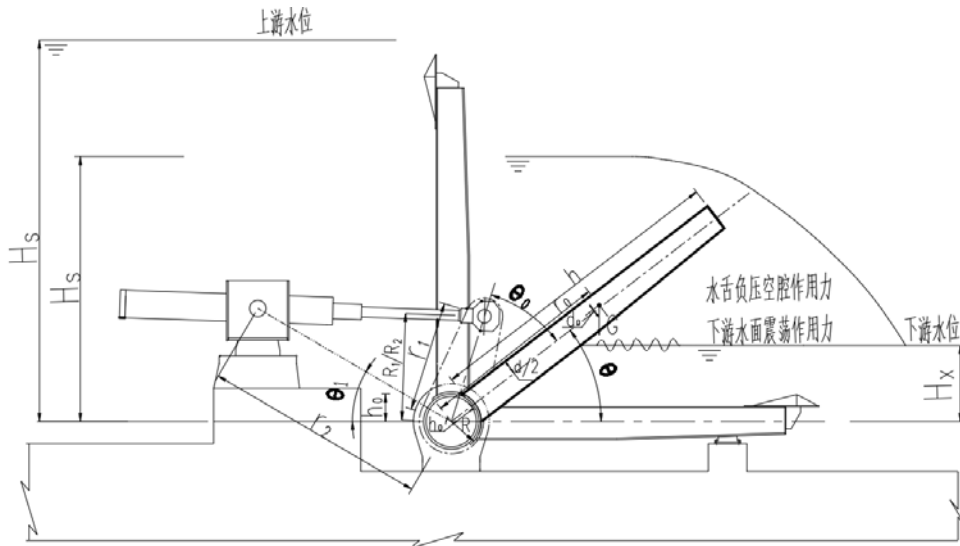


图2 闸门荷载计算简图

图中：

H_s ——上游水位，单位为米（m）；

H_x ——下游水位，单位为米（m）；

h ——门体的高度，单位为米（m）；

l_0 ——侧水封投影到侧墙的距离，单位为米（m）；

$d/2$ ——门体中心线距闸门面板的距离（并非闸门宽度的一半），单位为米（m）；

d_0 ——重力垂直门体的力臂，单位为米（m）；

B_{ZS} ——两侧止水间距，单位为米（m）；

R ——底轴门轴连接套外半径，单位为米（m）；

r_0 ——重力沿门体中线方向的力臂，单位为米（m）；

h_0 ——门体与底轴交接的外缘距底轴中心的垂直距离，单位为米（m）；

h'_0 ——底轴中心垂直于门体下缘连线的弦长（固定值），单位为米（m）；

α ——水流过闸衰减系数，可参考附录H；

P ——上游面板水压力，单位为牛（N）；

P_1 ——下游水压力，单位为牛（N）；

P_{ZS} ——作用在侧水封上的水作用力，单位为牛（N）；

T_{ZS} ——侧水封摩擦力，单位为牛（N）；

M_{ZS} ——侧水封摩擦力矩，单位为牛米（N·m）；

f_{ZS} ——侧水封摩擦系数，按附录I 确定（启门力与闭门力计算时取最大值，持住力计算时取最小值）；

P_{Zd} ——作用在底轴上的作用力，单位为牛（N）；

M_{Zd} ——作用在底轴上的力矩，单位为牛米（N·m）；

M_s ——门后空腔负压引起的下吸力力矩（通气顺畅时可忽略），单位为牛米（N·m）；

M_d ——门顶水压力力矩，单位为牛米（N·m）；

M_{Gj} ——加重产生的力矩，单位为牛米（N·m）；

13.3.2 荷载计算

13.3.2.1 闸门上游水作用力

13.3.2.1.1 在 $\alpha H_s > \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时，水作用力按式（8）计算：

$$P = \rho g (\alpha H_s - h_0) h B_{zs} - \frac{\rho g h^2 B_{zs}}{2} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (8)$$

力矩按式（9）计算：

$$M_p = \frac{\rho g B_{zs}}{2} \alpha H_s (h^2 + h_0' h) - \rho g B_{zs} h^2 \sin \theta \left(\frac{h}{3} + \frac{h_0'}{2} \right) - \rho g B_{zs} h_0 h \left(\frac{h}{2} + h_0' \right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

其中，
$$h_0 = R \left(\frac{d}{2R} \cos \theta + \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2R} \right)^2} \sin \theta \right), \quad h_0' = R \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2R} \right)^2}$$

13.3.2.1.2 在 $\alpha H_s \leq \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时，水作用力按式（10）计算：

$$P = \frac{\rho g B_{zs}}{2 \sin \theta} (\alpha H_s - h_0)^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

力矩按式（11）计算：

$$M_p = \frac{\rho g B_{zs}}{6 \sin^2 \theta} (\alpha H_s - h_0)^3 + \frac{\rho g B_{zs} h_0'}{2 \sin \theta} (\alpha H_s - h_0)^2 \quad \dots\dots\dots (11)$$

13.3.2.2 闸门下游水作用力

13.3.2.2.1 在 $H_x > \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时：水作用力按式（12）计算：

$$P_1 = \rho g (H_x - h_0) h B_{zs} - \frac{\rho g h^2 B_{zs}}{2} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (12)$$

力矩按式（13）计算：

$$M_{P_1} = \frac{\rho g B_{zs}}{2} H_x \left(h^2 + h_0' h \right) - \rho g B_{zs} h^2 \sin \theta \left(\frac{h}{3} + \frac{h_0'}{2} \right) - \rho g B_{zs} h_0 h \left(\frac{h}{2} + h_0' \right) \dots (13)$$

13.3.2.2.2 在 $H_x \leq \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时, 水作用力按式 (14) 计算:

$$P_1 = \frac{\rho g B_{zs}}{2 \sin \theta} (H_x - h_0)^2 \dots (14)$$

力矩按式 (15) 计算:

$$M_{P_1} = \frac{\rho g B_{zs}}{6 \sin^2 \theta} (H_x - h_0)^3 + \frac{\rho g B_{zs} h_0'}{2 \sin \theta} (H_x - h_0)^2 \dots (15)$$

13.3.3 重力矩

重力矩为重心距底轴中心的重力力矩, 顺门体和垂直门体的力臂分别为: r_0 和 d_0 ;

a) 重心位置在门体中心线上游侧, 重力矩为 $M_G = r_0 G \cos \theta - d_0 G \sin \theta$;

b) 重心位置在门体中心线上游侧, 重力矩为 $M_G = d_0 G \sin \theta + r_0 G \cos \theta$ 。

13.3.4 侧水封摩擦力矩

13.3.4.1 在 $\alpha H_s > \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时, 摩擦力按式 (16) 计算:

$$T_{zs} = \frac{f_{zs} \rho g l_0}{2 \sin \theta} \left((\alpha H_s - h_0)^2 - (\alpha H_s - h \sin \theta)^2 \right) \dots (16)$$

式中:

$$T_{zs} = f_{zs} P_{zs}$$

P_{zs} ——作用在水封上的侧向水作用力;

l_0 ——侧水封投影到侧墙的宽度。

力矩按式 (17) 计算:

$$M_{zs} = \frac{f_{zs} \rho g l_0 h_0'}{\sin \theta} \left(\frac{(\alpha H_s - h_0)^2 - (\alpha H_s - h \sin \theta)^2}{2} \right) + \frac{f_{zs} \rho g l_0}{\sin^2 \theta} \left(\frac{(\alpha H_s - h_0)^3}{6} + \frac{(\alpha H_s - h \sin \theta)^3}{3} - \frac{(\alpha H_s - h_0)(\alpha H_s - h \sin \theta)^2}{2} \right) \dots (17)$$

13.3.4.2 在 $\alpha H_s \leq \left(h + \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2} \right) \sin \theta$ 时, 摩擦力按式 (18) 计算:

$$T_{zs} = \frac{f_{zs} \rho g l_0}{2 \sin \theta} (\alpha H_s - h_0)^2 \dots\dots\dots (18)$$

力矩按式(19)计算:

$$M_{zs} = \frac{f_{zs} \rho g l_0 h_0'}{\sin \theta} \frac{(\alpha H_s - h_0)^2}{2} + \frac{f_{zs} \rho g l_0}{\sin^2 \theta} \frac{(\alpha H_s - h_0)^3}{6} \dots\dots\dots (19)$$

13.3.5 水舌空腔脉动作用力(P_{cavity})及下游水面振荡作用力($P_{\text{oscilating}}$)

13.3.5.1 闸门运行过程中, 门后水舌存在封闭空腔, 空腔内压力随泄流条件而变化, 产生水舌空腔脉动作用力。

13.3.5.2 在初步设计阶段, 可按空腔负压为 -10kPa 估算空腔的下吸力; 重要的大型闸门设计应通过试验确定。

13.3.5.3 闸门门顶溢流时, 溢流水舌冲击下游水面, 造成水面波动而形成对闸门的振荡作用力。

13.3.5.4 对大型闸门, 在下游水深较大、闸门单宽泄流量较大的情况下, 振荡作用力应通过模型试验来确定。

13.3.5.5 门后空腔下吸力及门顶作用力:

a) 门后空腔下吸力

初始设计时, 门后空腔下吸力可按空腔负压 $P_0 = -10\text{ kPa}$ 计算, 下吸力可按式(20)计算:

$$P_s = P_0 B_{zs} [(h + h_0') \sin \theta - H_x] / \sin \theta \dots\dots\dots (20)$$

力矩可按式(21)计算:

$$M_s = P_0 B_{zs} ((h + h_0')^2 \sin^2 \theta - H_x^2) / (2 \sin^2 \theta) \dots\dots\dots (21)$$

b) 门顶作用力

取门顶高度为门体中心线计算得到的高度(距底轴中心), 门顶顶梁宽度 d' :

1) 不同倾角时闸门门顶高度 h' 按式(22)计算:

$$h' = (h + h_0') \sin \theta \dots\dots\dots (22)$$

2) 门顶水深 ΔH 按式(23)计算:

$$\Delta H = \alpha H_s - h' \dots\dots\dots (23)$$

3) 对于顶梁为矩形结构的门顶作用力 P_{d1} 按式(24)计算:

$$P_{d1} = \rho g \Delta H d' B_{zs} \dots\dots\dots (24)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/858065141134006133>