

# 团 体 标 准

T/CWEC XXX-202X

---

## 底轴旋转式钢闸门设计、制造、安装 及验收规范

**Specification for design, manufacture, installation and  
acceptance of bottom shaft rotary steel gate**

(征求意见稿)

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

202X-XXX-XX 发布

202X-XXX-XX 实施

中国水利企业协会 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 基本规定.....	3
5 设计.....	3
5.1 总体布置.....	3
5.2 荷载.....	5
5.3 材料和允许应力.....	6
5.4 门叶.....	11
5.5 底轴.....	12
5.6 零部件.....	13
5.7 启闭力和启闭机.....	15
5.8 埋件.....	17
6 制造.....	18
6.1 一般规定.....	18
6.2 焊接.....	18
6.3 表面防腐蚀.....	19
6.4 门叶和零部件制造.....	20
7 安装.....	21
7.1 一般规定.....	21
7.2 埋件安装.....	22
7.3 闸门安装.....	23
7.4 启闭机安装.....	25
7.5 调试.....	25
8 验收.....	26
8.1 出厂检验.....	26
8.2 交付验收.....	26
9 闸门信息化.....	27
9.1 动态感知体系.....	27
9.2 运行控制.....	28
9.3 管理体系.....	29
图 1 穿墙防水套.....	13
图 2 闸门受力图.....	15
图 3 启闭机受力图.....	16
图 4 孔口净公差示意图.....	23
图 5 多孔门叶高程公差示意图.....	24
表 1 荷载组合.....	6
表 2 钢材尺寸分组.....	7
表 3 钢材容许应力.....	8

表 4	焊缝容许应力.....	8
表 5	普通螺栓连接容许应力.....	9
表 6	机械零件容许应力.....	9
表 7	灰铸铁件容许应力.....	10
表 8	轴套容许应力.....	10
表 9	混凝土容许应力.....	10
表 10	钢材和铸钢件物理性能.....	10
表 11	防水套长度选型表.....	14
表 12	钢坝部件防腐工艺表.....	20
表 13	门叶公差.....	20
表 14	底轴允许公差表.....	21
表 15	底轴安装极限公差.....	23
表 16	门叶翼缘板与底轴垂直度允许公差表.....	24

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国水利企业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：扬州楚门机电设备制造有限公司、河海大学、福建省水利水电勘测设计研究院、广西珠委南宁勘测设计院、南京瑞迪建设科技有限公司、江苏省水利勘测设计研究院有限公司、山东省水利勘测设计院、上海市水利工程设计研究院有限公司、上海市政工程设计研究总院集团、海南省水利水电勘测设计研究院、水发规划设计有限公司、太原市水利勘测设计院、天津市水务规划勘测设计有限公司、益阳市水利水电勘测设计研究院有限公司、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司、中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司、中国葛洲坝集团机械船舶有限公司、中铁水利水电规划设计集团有限公司、中水淮河规划设计研究有限公司、重庆市水利电力建筑勘测设计研究院有限公司、三门峡新华水工机械有限责任公司、浙江江能建设有限公司、广州观必达数据技术有限公司。

本文件主要起草人员：张燎军、陈文重、刘志祥、徐强、郑向辉、刘良、吴德新、罗玮、刘桂芳、车迎春、汪金霞、季永兴、沈宇宁、慕灿驿、林庚、王金华、沈国华、李建军、陈静、陈金杭、伍飞高、罗业成、缪明宝、丁瑞、张汉云、庄岗。



# 底轴旋转式钢闸门设计、制造、安装及验收规范

## 1 范围

本文件规定了底轴旋转式钢闸门（简称钢坝）的设计、制造、安装、验收、监测和管理的技术要求。

本文件适用于以液压驱动的底轴旋转式钢闸门的设计、制造、安装及验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 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 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 3077 合金结构钢
- GB/T 3632 钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副
- GB 4053.1 固定式钢直爬梯标准
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5313 厚度方向性能钢板
- GB/T 8162 结构用无缝钢管
- GB/T 8923 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定
- 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 50017 钢结构设计规范
- GB 50168 电气装置安装 工程电缆线路施工及验收规范
- GB 50201 防洪标准
- 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
- SL191 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 265 水闸设计规范
- SL 482 灌溉与排水渠系建筑物设计规范
- SL 515 水利视频监视系统技术规范
- SL 645 水利水电工程围堰设计规范
- JB/T 6402 大型低合金钢铸件

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **底轴旋转式钢闸门 bottom shaft rotary steel gate**

由门叶、底轴、拐臂、锁定装置、支铰装置、止水装置、启闭机等组成的工作闸门。具有动水快速启闭、可调控溢流功能，主要适用于较大跨度、较低水头的水闸。简称钢坝。

#### 3.2

##### **底轴 Bottom shaft**

门叶的支承和旋转驱动主轴，位于闸门底部，主要承受门叶传递过来的水压力及扭矩。

#### 3.3

##### **门叶 gate leaf**

闸门上用于挡水的悬臂式结构部件。

#### 3.4

##### **穿墙防水套 water blocking wall bushing**

底轴在水下穿过启闭机房闸墙的轴套，满足底轴的止水和防水要求。

#### 3.5

##### **拐臂 crank arm**

将液压启闭机推拉力转换为底轴旋转驱动力的部件，两端分别连接连接底轴和液压油缸。

#### 3.6

##### **锁定装置 locking device**

将门叶固定于闸室内某一位置的装置，用于调节门叶的开度。

#### 3.7

##### **铰座 hinged support**

在闸底板设置的固定底轴位置的装置，可以有一个或多个。

#### 3.8

##### **启闭机 hoist**

用于启闭闸门的机械设备。

#### 3.9

##### **闸门信息化 gate informatization**

监测闸门的应力、变形、振动等状态，进行闸门的自动化控制、智能化管理。

## 4 基本规定

- 4.1 底轴旋转式钢闸门总体设计应符合工程的总体规划及要求。
- 4.2 闸址选择、总体布置及结构设计等应符合 SL 265 的规定。
- 4.3 闸体设计应满足结构强度、刚度和稳定性以及防腐蚀、制造、运输和安装的要求。
- 4.4 底轴旋转式钢闸门制造与安装应按设计图样和技术文件进行，如有修改，应有设计修改通知书。
- 4.5 标志、运输和储存满足下列要求：
- a) 闸门出厂前应做好产品的标志，至少包括：钢坝的规格型号（宽×高），m×m；设计最大溢流高度，cm；功率，kW；出厂日期；生产厂家售后服务联系方式。
  - b) 闸门运输方式和要求根据需要确定；宜一次运输到位，中途转运的，应事先做好转运及吊装保护方案。
  - c) 出厂检验合格的闸门不宜长期存放，宜尽快进行现场安装。
- 4.6 宜采用机电液一体化的同步驱动、启闭控制的电气控制系统，以实现现地和远方控制。
- 4.7 大型闸门宜设置应力、变形、振动等在线监测装置。底轴旋转式钢闸门信息化除应符合本文件规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 5 设计

### 5.1 总体布置

#### 5.1.1 一般规定

- 5.1.1.1 底轴旋转式钢坝闸总体布置设计应符合工程的总体规划及要求。
- 5.1.1.2 钢坝闸的闸址选择、总体布置、闸室布置、防渗排水布置、消能防冲布置、地基处理及结构设计等应符合 SL 265 的规定。

#### 5.1.2 闸址选择

- 5.1.2.1 闸址应综合考虑地形、地质、水文等因素，根据底轴旋转式钢闸门特点和运用要求，经技术经济比选确定。
- 5.1.2.2 闸址宜选择在岸坡稳定、岩土坚实和地下水水位较低、地质条件良好的天然地基上。
- 5.1.2.3 闸址宜选在河道相对顺直、水流流态平顺的河段；不宜选在冲刷和淤积变化大、断面变化频繁或弯道的河段。
- 5.1.2.4 闸址选择宜有利于枢纽工程总体布置。重要工程宜有水工模型试验论证。
- 5.1.2.5 闸址选择应有利于生态环境保护和景观美化，减少土地征用及房屋拆迁。
- 5.1.2.6 闸址选择宜考虑材料来源、对外交通、施工导流、场地布置、基坑排水、施工水电供应及建成后工程管理维修和防汛抢险等条件。

#### 5.1.3 工程等级和防洪标准

- 5.1.3.1 底轴旋转式钢闸门工程等别、建筑物级别和洪水标准应按 SL 252、GB 50201 和 SL 482 的有关规定确定。
- 5.1.3.2 钢坝闸的防洪标准及过流能力应与所在河道或者灌溉、排水渠系的标准一致。

#### 5.1.4 结构布置

5.1.4.1 钢闸门结构布置应根据各建筑物功能、特点、施工、运用要求等确定，做到紧凑合理、协调美观。

5.1.4.2 闸轴线宜与河道中心线正交，其上、下游河道直线段长度不宜小于 5 倍水闸进口处水面宽度。

5.1.4.3 结构布置宜采用正向进水，如特殊工况也可设置双向止水。非正向进水时，可设置一定长度的导水堤或导水墙。

5.1.4.4 有排漂（冰）要求的底轴旋转式钢闸门工程宜设置排漂（冰）孔。

5.1.4.5 对于枯水期河道流量仍较大的钢闸门工程，应设置调节孔，调节孔规模应满足过流需要和保证蓄水闸门的安全运行。

5.1.4.6 有泄放生态、景观用水要求的钢闸门工程，布置时应考虑安全下泄相应流量的措施。

5.1.4.7 大型底轴旋转式钢闸门工程的布置，宜采用数学模拟方法进行水流流态分析研究确定，水流流态复杂的，宜经水工模型试验验证。

5.1.4.8 在单一河流上修建大型底轴旋转式钢闸门工程且有后续扩建规划时，宜留有后续工程的布置场地，并为后续布置提供条件。

5.1.4.9 钢闸门工程的防渗排水布置（设计）、消能防冲布置（设计）、抗滑稳定计算、抗震计算、两岸连接布置、结构设计及地基处理设计等应按 SL 265 的规定执行。

#### 5.1.5 闸室布置

5.1.5.1 闸室布置应根据水闸挡水、泄水条件和运行要求，结合地形、地质等因素确定。

5.1.5.2 闸室总净宽应满足防洪过流要求，闸室总宽应与河（渠）道宽度相适应，可参考 SL 265 确定。

5.1.5.3 钢闸门单跨净宽应符合闸门制造、运输、安装、检修以及管理要求。

5.1.5.4 单孔闸室不能满足河道宽度要求时可布置多孔闸室，闸室的孔数应根据闸址的地基条件、运用要求等因素综合分析确定，对于多孔宜选择奇数孔。

5.1.5.5 闸室底板布置应满足闸门布置要求；闸墩布置应满足启闭设备布置要求。

5.1.5.5 整个闸室结构的重心宜与闸室底板中心相接近，且偏高水位一侧。

5.1.5.6 闸室底板型式根据地基、泄流等条件选用：

- a) 闸室底板宜采用平底板。
- b) 因地基表层松软需要降低闸底建基高程时，可采用低槛底板。
- c) 在坚实或中等坚实地基上，上、下游河底高差较大时，可采用折线底板。

5.1.5.7 闸室底板顶高程宜比上游河床平均高程提高 0.2m~0.4m，底坎下游闸底板高程，应考虑闸门平卧后下部缓冲垫、冲淤管道空间及泄流消能要求等。

5.1.5.8 闸室底板厚度应根据闸室地基条件、作用荷载及闸孔净宽等因素，经计算并结合构造要求确定。

5.1.5.9 闸室底板顺水流向长度应根据闸室地基条件和底轴旋转式钢闸门布置要求，以满足闸室整体稳定和地基允许承载力为原则，经综合分析确定。

5.1.5.10 闸室结构垂直水流向分段长度应根据闸室地基条件和结构构造特点，以及施工方法

和措施，参考 SL 265 确定。

5.1.5.11 闸墩结构型式应根据闸室结构抗滑稳定性、闸墩纵向刚度以及启闭设备布置的要求确定。墩头宜采用半圆形或流线形。边闸墩的选型布置除符合上述规定外，应考虑承受侧向土压力的作用。

5.1.5.12 松软地基或冻胀性地基上的水闸结构选型布置，参考 SL 265 确定。

#### 5.1.6 地基处理

5.1.6.1 闸室地基在各种运用情况下均应满足承载力、稳定和变形的要求。

5.1.6.2 闸基地质条件较差，不能满足基础承载力或不均匀沉降等要求时，应采取整体式底板或桩基础等基础处理措施。

5.1.6.3 闸室地基处理设计等应按 SL 265 执行。

#### 5.1.7 闸门布置

5.1.7.1 闸门关闭挡水状态下，门顶漫溢水舌厚度不宜超过 0.3 m，最大不应超过 0.5 m，门顶水深超过时应及时开门调节。

5.1.7.2 闸门卧倒时，考虑到底止水的布置，闸门可根据底轴大小适量超出闸室地板，最大不宜超过 0.3m。

5.1.7.3 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。

5.1.7.4 闸门孔口较大布置检修闸门困难时，底轴旋转式钢闸门宜设计成免检修闸门。对于无条件检修的闸门，应按照免维修、少维护的要求设计。对于通过采取措施形成检修条件的闸门，可适当简化相关结构构件及防腐设计。

5.1.7.5 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。

5.1.7.6 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。

#### 5.1.8 启闭机布置

5.1.8.1 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。大型闸门宜选用双侧驱动集成式启闭机；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侧驱动启闭机。

5.1.8.2 启闭机室可在闸门的一侧或者两侧布置，结构尺寸应满足启闭、控制、排水、清淤等设备的布置、操纵和检修等要求。

5.1.8.3 启闭机室应满足通风、防渗、防雨及采光照明等要求，进人检修口径不小于 1000mm，检修口进出通道按 GB 4053.1 设置爬梯或踏步。启闭机室顶需要过流时，应进行密封处理，并应在闸底板下部布置维护管理交通廊道。

5.1.8.4 具有紧急防洪、泄水任务的水闸，集成式启闭机在失电情况下，应具备手动应急装置，可手动卸荷，并使闸门平稳下卧。

5.1.8.5 多孔闸门宜在启闭机室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。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。

5.1.8.6 启闭机室底板及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，水泵应能自行启动排水。

## 5.2 荷载

5.2.1 作用在闸门上的荷载可分为基本荷载和特殊荷载两类。

5.2.1.1 基本荷载主要有：自重，设计水头下的静水压力、动水压力、水舌空腔脉动压力、门顶水舌动水压力、波浪压力，启闭力，淤沙压力，风压力，其它出现机会较多的荷载。

5.2.1.2 特殊荷载主要有：校核水头下的静水压力、动水压力、水舌空腔脉动压力、门顶水舌动水压力、波浪压力，启闭力，风压力，冰、漂浮物和推移质的撞击力，地震荷载，其它出现机会很少的荷载。

5.2.2 经常局部开启的闸门，闸门各部件承受的动力荷载采用其上承受的静荷载乘以相应的动力系数来计算。动力系数值宜取 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。

5.2.3 闸门设计的荷载组合分为基本组合和特殊组合两类，应按表 1 采用。

5.2.4 作用在闸门上的荷载，按照 5.7 节启闭力计算。

表 1 荷载组合

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	其他出现机会较多荷载		其他出现机会很少压力
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。

### 5.3 材料和允许应力

#### 5.3.1 材料

5.3.1.1 闸门主要承载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 1591、GB/T713、GB/T714 的规定。

5.3.1.2 闸门承载结构的钢材应保证抗拉强度、屈服强度、伸长率和硫、磷含量符合要求，

对焊接结构尚应保证碳的含量符合要求。

5.3.1.3 闸门支承结构的铸钢件可采用 GB/T 11352 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、ZG34Cr2Ni2 Mo 等合金铸钢。

5.3.1.4 闸门铸铁件应符合 GB/T 9439 规定的各项要求。

5.3.1.5 闸门底转轴、拐臂可采用 GB/T 1591 规定的 Q355 低合金结构钢，也可采用 GB/T 3077 规定的 40Cr、35CrMo、42CrMo 合金结构钢。

5.3.1.6 沿厚度方向有受拉要求的板材，材料性能应符合 GB/T 5313 的规定。

5.3.1.7 闸门止水材料可根据运行条件采用橡胶水封、橡塑复合水封或金属水封。橡胶水封或橡塑复合水封的性能指标应符合 SL 74—2019 附录 E 的规定。

5.3.1.8 闸门铰座轴承宜采用工程塑料合金材料等。

5.3.1.9 焊条、焊丝应符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 983 的规定。

5.3.1.10 焊接材料应采用与母材金属强度相适应的焊丝和焊剂。

5.3.1.11 锚筋（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。

5.3.1.12 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。

5.3.1.13 埋设件二期混凝土的强度等级可采用 SL 191 规定的 C30~C40，同时应根据运行条件与地区温度提出抗渗和抗冻等级要求。

5.3.1.14 闸门防腐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 的规定。

### 5.3.2 容许应力

5.3.2.1 钢材容许应力应根据表 2 的尺寸分组，应按表 3 采用。连接材料容许应力应按表 4、表 5 采用。

5.3.2.2 机械零件容许应力应按表 6 采用。

表 2 钢材尺寸分组 单位：mm

组别	钢材厚度或直径	
	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 3 钢材容许应力 单位: N/mm<sup>2</sup>

应力种类	符号	碳素钢结构						低合金高强度钢结构																							
		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 <sub>cd</sub> ]	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 <sub>cj</sub> ]	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: 局部紧接承压指可动性小的铰在接触面的投影平面上的压应力。

表 4 焊缝容许应力 单位: N/mm<sup>2</sup>

焊缝分类	应力种类	符号	碳素钢结构						低合金高强度钢结构																							
			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
对接焊缝	抗压	[σ <sub>c<sup>h</sup></sub> ]	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	[σ <sub>t<sup>h</sup></sub> ]	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	[σ <sub>t<sup>h</sup></sub> ]	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	[τ <sup>h</sup> ]	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	[τ <sub>t<sup>h</sup></sub> ]	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 5 普通螺栓连接容许应力

单位: N/mm<sup>2</sup>

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	$[\sigma_1^A]$				150	310			
	抗剪	$[\tau^A]$				115	230			
C级螺栓	抗拉	$[\sigma_1^C]$	125	180	125					
	抗剪	$[\tau^C]$	95	135	95					
锚栓	抗拉	$[\sigma_1^d]$	105	145						
构件	承压	$[\sigma_c^e]$						240	340	365

注 1: A 级螺栓用于  $d \leq 24\text{mm}$  和  $l \leq 10d$  或  $l \leq 150\text{mm}$  (按较小值) 的螺栓; B 级螺栓用于  $d > 24\text{mm}$  或  $l > 10d$  或  $l > 150\text{mm}$  (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 40mm 时, 螺栓容许应力予以降低, 对 Q235 钢降低 4%, 对 Q355 钢降低 6%。

表 6 机械零件容许应力

单位: N/mm<sup>2</sup>

应力种类	符号	碳素结构钢	低合金高强度结构钢				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	$[\sigma_{cd}]$	150	215	230	255	270	200	230	150	170	200	215	290	255 (320)	(440)	(545)	(480)
局部紧接承压	$[\sigma_{cj}]$	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 25mm。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 100mm 的铸钢件。

5.3.2.3 灰铸铁件容许应力应按表 7 采用。

表 7 灰铸铁件容许应力 单位: N/mm<sup>2</sup>

应力种类	符号	灰铸铁牌号		
		HT150	HT200	HT250
轴心抗压和弯曲抗压	$[\sigma_a]$	145	155	170
弯曲抗拉	$[\sigma_w]$	85	90	100
抗剪	$[\tau]$	215	230	255
局部承压	$[\sigma_{cd}]$	115	120	135
局部紧接承压	$[\sigma_{cj}]$	165	175	195

5.3.2.4 轴套容许应力应按表 8 采用。

表 8 轴套容许应力 单位: N/mm<sup>2</sup>

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

5.3.2.5 埋设件一期、二期混凝土承压容许应力应按表 9 采用。

表 9 混凝土容许应力 单位: N/mm<sup>2</sup>

应力种类	符号	混凝土强度等级				
		C15	C20	C25	C30	C40
承压	$[\sigma_h]$	5	7	9	11	14

5.3.2.6 钢材和铸钢件物理性能可按表 10 采用。

表 10 钢材和铸钢件物理性能

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

## 5.4 门叶

### 5.4.1 结构布置

5.4.1.1 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。

5.4.1.2 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。

5.4.1.3 闸门门叶为固端约束悬臂结构，纵向梁系为承载主梁，主梁布置原则如下：

- 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) 主梁间距应满足铰座装置布置的要求。

5.4.1.4 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。

5.4.1.5 门叶与底轴的固接方式，宜采用门叶与底轴现场焊接的连接形式。

5.4.1.6 水平次梁布置原则如下：

- a) 门叶较高，水平次梁较多时，水平次梁亦宜按等荷载布置；
- b) 顶水平次梁应有足够的构造刚度，并应满足门顶过水流态要求。

5.4.1.7 根据门叶受水压力特性，并考虑布置的合理性和经济性，门叶宜采用下宽上窄的风帆式结构。

### 5.4.2 结构计算

5.4.2.1 闸门门叶的结构计算应按容许应力方法和 5.2 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。

5.4.2.2 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。

5.4.2.3 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 1/300。对于门叶宽度较宽，高度较大的闸门，当跨中挠度影响门顶过水景观或流态外观时，整体刚度计算结果宜采用有限元计算来复核。

5.4.2.4 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 SL 74 及 GB 50017 的规定进行。

5.4.2.5 门叶构件的容许长细比要求如下：

- 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。

5.4.2.6 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) 6mm 的钢板;
- b) L 50mm×6mm 的等边角钢;
- c) L 63mm×40mm×6mm 的不等边角钢;
- d) I12.6 的工字钢;
- e) C 8 的槽钢。

### 5.4.3 破水器

5.4.3.1 当门顶过水流速较大，门后产生正压或负压而影响闸门稳定运行时，应在门顶设置破水器或在门后设置通气孔。

5.4.3.2 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应比布置在上游侧稍小。

5.4.3.3 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。

5.4.3.4 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。

5.4.3.5 破水器型式应采用流线型结构，顺水流方向的长度与门叶厚度相同或略大，其最大宽度为 0.5~1.0 倍的门叶厚度。

5.4.3.6 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。

5.4.3.7 破水器与门叶应固接可靠。

### 5.4.4 导流板

5.4.4.1 为了调整闸门顶部的过水流态，可根据工程的实际情况，在门叶上设置导流板。

5.4.4.2 导流板体型宜为流线型结构。

5.4.4.3 导流板的长度、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、底轴及铰座装置位置确定。

## 5.5 底轴

5.5.1 底轴的材料、结构和轴径尺寸应根据闸门的工作条件、荷载和跨度选定。

5.5.2 底轴宜采用 GB/T 8162 中规定的直缝焊管或环缝焊管制造，材料的力学性能应不低于 GB/T 1591 中牌号 Q355 的规定。焊缝应按 GB/T 14173 中规定的一类焊缝，进行外观检查 and 无损检测。

5.5.3 分段制作拼接的底轴，连接方式宜采用焊接方式，如采用其他方式连接应充分考虑底橡胶水封的安装布置。

5.5.4 底轴利用铰座进行支撑，满足底轴转动要求，承受和传递底轴荷载。铰座的数量和布置根据底轴的荷载和跨度确定。铰座中心高度应考虑底部淤积对门叶影响和冲淤系统布置以及安装尺寸要求。

5.5.5 底轴与轴承接触工作面宜采用镀铬或镶焊不锈钢带处理，不锈钢的强度性能指标应与底轴母材强度相近，其表面粗糙度不大于 Ra1.6 $\mu$ m，底轴其它部位应采取有效防腐蚀措施。

5.5.6 底轴与轴承接触面间应有良好的润滑，宜优先使用自润滑滑动轴承，轴承两侧应设密封装置。

5.5.7 底轴和轴承座的外形结构应考虑闸门底水封的设置，接触面宜平整，易于底橡胶水封的安装布置和止水封闭。

5.5.8 两侧穿墙部位应设置轴承套，并根据结构、形状和接触特性，验算接触应力。穿墙孔双侧设置可靠的密封装置，密封装置应可拆卸更换。

5.5.9 底轴的结构设计和验算应采用容许应力方法。对于大跨度、水头高闸门宜采用有限元分析方法进行复核。计算时应按基本荷载组合和特殊荷载组合，及实际可能发生的最不利的荷载组合情况，分别进行强度、刚度和稳定性验算。

5.5.10 底轴应验算正应力和扭转剪应力。在同时承受较大正应力和剪应力作用的部位，还应验算折算应力。铰座部位应根据结构、形状和接触特性，验算接触应力。

5.5.11 底轴最大挠度与计算跨度之比不应超过  $1/750$ 。

## 5.6 零部件

### 5.6.1 铰座

5.6.1.1 底轴铰座采用圆弧形结构，支撑底轴的弧面需精加工，圆弧钢结构与底轴之间设置自润滑轴承，圆弧钢结构件下设置加强钢结构支座，铰座布置在混凝土底板之上。

5.6.1.2 底轴铰座及其连接钢筋布置在下游闸底板一期混凝土上，且不应破坏下游闸底板钢筋网整体性，以保证闸底板的结构强度和稳定性，搭接钢筋直接焊接在支铰装置上，不宜再通过地脚螺栓过渡。

5.6.1.3 底轴铰座钢结构件材质符合设计图纸要求，埋设在混凝土内的焊接件焊缝无夹渣、气孔、裂纹、焊瘤、咬边等缺陷。除不锈钢表面外，其余外露表面应做防腐处理。

5.6.1.4 启闭机铰座的连接钢筋应布置在左右启闭机房的启闭机基础预留二期混凝土上，连接钢筋根据额定启闭力计算配筋。

### 5.6.2 穿墙防水装置

5.6.2.1 穿墙防水套总体结构如图 1 所示，其中防水套长度  $L$  应根据底轴轴径  $D$  按表 11 选择确定，临水侧墙厚  $A$  宜按图 1 中所列尺寸选择。

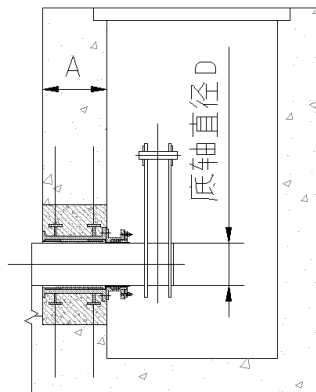


图 1 穿墙防水套

表 11 防水套长度选型表 单位：mm

序号	1	2	3	4	5	6
底轴直径 D	350	500	650	800	1000	1200
临水侧墙厚 A	600	700	800	1000	1200	1500

5.6.2.2 穿墙防水套的正常工作状态漏水量均不大于 0.1L/s。

5.6.2.3 穿墙防水套内必须设置滑动轴承，材质可采用铜或工程塑料合金。

5.6.2.4 防水套内设置有效的密封装置，且在河道侧应设置挡沙装置。

5.6.2.5 防水套的密封装置在河道内有水的工况下应能够实现带水更换，且更换时采用的备用密封装置设计使用寿命不小于 20 年，备用密封装置内不应采用橡胶、石棉等使用寿命较短的材料。

### 5.6.3 止水装置

5.6.3.1 闸门的止水分为底止水、侧止水。底止水面抵靠在整个底轴的圆柱外表面上，侧止水抵靠在侧墙面（光滑大理石面）。

5.6.3.2 底止水采用的橡胶止水件应通长直线布置，中间不应设置异型结构，避免局部结构发生漏水。

5.6.3.3 防水套本体应具有 2 套止水装置，一用一备。当维修或更换工作止水件时，仅需在启闭机室进行操作。启用备用止水装置，即可保证工作止水装置的维修和更换，无需在河道内设置检修围堰。

5.6.3.4 止水橡胶的物理机械性能应符合 GB/T 14173 相关条文规定，止水橡胶成品的表面应光滑平整。

5.6.3.5 水封橡皮接头处可采用生胶热压方法胶合，胶合接头不应有错位或凹凸不平和疏松现象。

5.6.3.6 侧止水接触面采用抛光大理石干挂灌浆，大理石安装前混凝土墩墙预留安装槽，槽深度 $\geq 80\text{mm}$ ，同时保证墩墙钢筋保护层厚度满足要求，大理石安装避免形成渗水通道。

### 5.6.4 拐臂

5.6.4.1 拐臂尺寸、材质、焊缝按图纸和工艺要求进行检验。

5.6.4.2 启闭机与拐臂固联角度应符合图样要求。拐臂销轴孔中心与底轴中心垂直直线距离允许公差 $\pm 3\text{mm}$ 。拐臂与底轴装配间隙均匀，允许公差 2mm~3mm。

5.6.4.3 拐臂防腐要求应符合规定的要求。

### 5.6.5 锁定装置

5.6.5.1 锁定装置宜具备多角度机械锁定的功能。锁定角度宜在立坝位置开启较小角度，尽量避开 45° 以上的大角度开启位置锁定，以减小对下游防冲设计的影响，各角度锁定均应安全可靠。

5.6.5.2 当采用插销锁定时，在锁定驱动的两端应设置限位开关进行插销的到位反馈。

5.6.5.3 锁定装置宜具备应急操作装置，以保证在失去电力或系统故障的情况下，可人工

操作解除锁定。

5.6.5.4 闸门立坝到设计指定位置，应进行机械锁定。锁定后，启闭机不应进行自动复位操作。

### 5.6.6 其他辅助装置

防淤、导流、喷泉、灯光等其他辅助装置应可靠安装调试，预埋管路应在满足启闭设备油路、电路铺设要求前提下和水工结构相互协调，不影响闸门的正常运行功能，不影响河道行洪。

### 5.6.7 启闭机室环境要求

5.6.7.1 启闭机室应设置通风设备，如启闭机室顶部通风管、墙体通气孔等。墙体通气孔在墙体位置穿墙，应设置在洪水位以上，通气孔应设置防雨、防水和防渗措施。

5.6.7.2 启闭机室湿度等环境条件满足电气、液压设备正常使用要求，环境湿度 $<55\%$ ，环境温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

5.6.7.3 启闭机室内宜设置排水沟和集水井。

## 5.7 启闭力和启闭机

### 5.7.1 启闭力

5.7.1.1 闸门启闭力包括启门力、闭门力和持住力，启闭力计算是指启门力或闭门力中的较大值。

5.7.1.2 无具体水位组合的工况下，闸门可按上游满水、下游无水进行计算。

5.7.1.3 在多泥沙水流中工作的闸门，计算启闭力时应做专门研究。

闸门及启闭机受力简图如图 2 和图 3 所示。

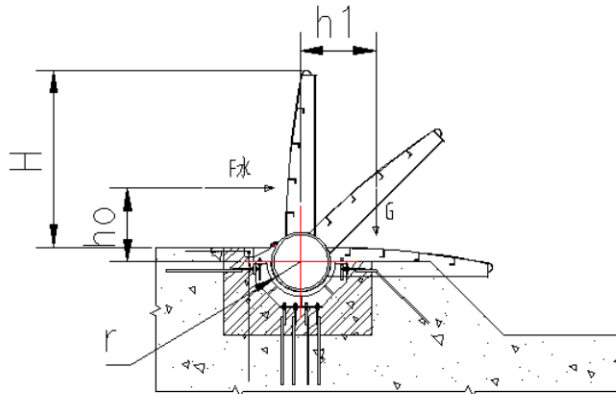


图 2 闸门受力图

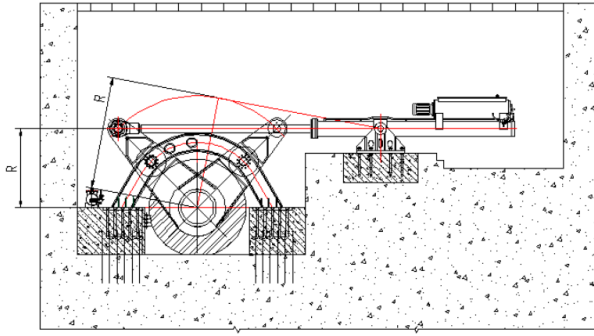


图3 启闭机受力图

5.7.1.4 闭门力计算如下：

a) 闭门力按式（1）计算：

$$F_w = \frac{1}{R}(M_d + M_z + M) \quad (1)$$

式中  $F_w$ ——闭门力，kN；

$M_d$ ——底轴摩阻力矩，kN.m；

$M_z$ ——止水摩阻力矩，kN.m；

$M$ ——静水力力矩  $M = F_{\text{水}} \times h_0$ ，kN.m；

$R$ ——启门力、闭门力对钢坝底轴转动中心的力臂，m。

b) 底轴摩阻力矩按式（2）计算：

$$M_d = f \times F_d \times r \quad (2)$$

式中  $F_d$ ——底轴作用力，kN；

$r$ ——底轴半径，m。

c) 止水摩阻力矩按式（3）计算：

$$M_z = f \times F_z \times h_0 \quad (3)$$

式中  $F_z$ ——作用在侧止水上的压力，kN；

$f$ ——滑动摩擦系数，计算持住力时取小值，计算启门力、闭门力时取大值，按 SL74—2019 附录 O 确定；

$h_0$ ——侧止水摩阻力对底轴转动中心的力臂，m。

止水摩阻力矩包含底止水及侧止水的摩阻力矩，因底止水摩阻力臂较小，所以此处忽略底止水摩阻力矩，仅计算侧止水摩阻力矩。

5.7.1.5 启门力按式（4）计算：

$$F_q = \frac{1}{R}(M_d + M_z - M) \quad (4)$$

式中  $F_q$ ——启门力，kN；

其他符号意义同上。

5.7.2.6 局部开启持住力计算如下：

a) 持住力按式(5)计算:

$$F_t = \frac{1}{R}(M + M_G - M_d - M_z) \quad (5)$$

此处  $M$  为门体倾斜状态下的水力力矩。

式中  $F_t$ ——持住力, kN;

$M_G$ ——门体重力力矩  $M_G = G \times h_1$ , kN.m;

其他符号意义同前。

上述公式未考虑动水系数、门体重力估算差值、门体背后气压及下游侧动水阻力,因此计算结果应乘 1.3~1.5 的安全系数。

b) 多孔闸门的启闭力计算,应考虑单孔闸门启闭时门顶水位不随门叶放倒而降低的极端工况,以门叶倾斜  $60^\circ \sim 70^\circ$  时工况计算。

### 5.7.2 启闭机

5.7.2.1 启闭机型式宜选用集成式启闭机,启闭机宜卧式安装,并通过传感器同步控制。底轴与拐臂连接,拐臂上设置启闭机销轴孔,与启闭机的活塞杆通过轴和关节轴承联结,并设置锁定装置。

5.7.2.2 启闭机的启闭容量不应小于计算启闭力。

5.7.2.3 启闭机行程应符合闸门从卧倒全开至立门全关所需的行程要求,并留出适当裕量。

### 5.8 埋件

5.8.1 底轴旋转式钢闸门埋件包含铰座埋件、止水埋件、启闭机埋件及锁定装置埋件等。

a) 铰座埋件及其连接钢筋应布置在下游闸底板一期混凝土高程以上,不应破坏闸底板钢筋网的整体性,以保证闸底板的结构强度,采用二期混凝土固定,便于安装调整。

b) 止水埋件应能保证止水工作面与止水橡胶贴紧,并应能提供合适的压缩变形空间。底止水埋件工作面直线度公差或极限公差任意每 2000mm 不大于 5mm,埋件板折弯角度允许公差  $\pm 3^\circ$ 。

c) 底止水橡胶安装在埋件上时,应具备维修更换的条件,止水橡胶应具有连续性和严密性。

d) 启闭机埋件应充分考虑启闭机工作时荷载变换的约束条件以及启闭机支座地脚螺栓抗拉、抗剪的强度要求。

e) 锁定装置埋件应充分考虑锁定装置工作时的荷载对土建结构的影响。

5.8.2 所有埋件均应采用二期混凝土安装,埋件二期混凝土的强度等级比一期混凝土高一级以上,同时应根据运行条件与所在地区温度提出抗渗和抗冻等级的要求。

5.8.3 二期混凝土断面尺寸应满足埋件安装、精调的空间要求;埋件与一期插筋预固定后,应根据安装基准进行精密调整后整体加固。

5.8.4 用于安装埋件和固定二期混凝土的锚筋、插筋，其直径不宜小于 16 mm，其伸出一期混凝土长度不宜小于 200 mm。

5.8.5 埋件分段制造时，应考虑运输和安装对其长度的限制及其自身刚度的要求。

5.8.6 导流管道或者放空管等穿墙的管道应设置截水环等穿墙止水埋件，埋件与管道应牢固焊接，且伸入二期混凝土或混凝土结构中。

## 6 制造

### 6.1 一般规定

6.1.1 闸门制造前，设计图纸和技术文件应齐全。设计图纸应包括闸门布置总图、埋件布置总图、钢坝装配总图。设计图纸或技术文件中应有水位等荷载组合。

6.1.2 闸门制造用的主要钢材、焊材、防腐材料应具有出厂质量证书。

### 6.2 焊接

#### 6.2.1 一般规定

6.2.1.1 焊接所选用焊材、焊剂应与所施焊的母材材质相匹配。

6.2.1.2 焊接环境、焊接材料应符合焊接工艺要求。

6.2.1.3 设计、制造、安装中不应任意加大焊缝，避免多条焊缝交叉，焊缝宜对称布置于构件的形心轴。

6.2.1.4 底轴、门叶的主要焊缝不应采用间断焊缝，侧止水埋件、门叶背饰板、门叶工艺支撑板、底轴定位圈及底止水埋件筋板等临时工艺件、非主要受力件等可采用间断焊。

6.2.1.5 承受主要荷载的结构件不应采用塞焊连接。

6.2.1.6 底轴、门叶、埋件及其他结构件的焊接件设计中应考虑施焊的方便及采用合适的焊接方式。

#### 6.2.2 焊接工艺规程及焊接工艺评定

6.2.2.1 闸门在制造与安装前，应根据结构特点及其质量要求制定焊接工艺规程并进行工艺评定。一、二类焊缝应通过焊接工艺评定试验进行焊接工艺的评定，三类焊缝的工艺评定可参照以前的焊接经验来进行工艺评定。

6.2.2.2 当实际焊接接头的某些条件（如：尺寸、拘束度、热传导效应等）对焊缝性能影响较大，采用标准试件无法有效地验证焊接工艺规程的正确性时，应使用预生产焊接试验进行评定。

#### 6.2.3 焊缝

6.2.3.1 闸门按其所在部位的结构特点、工作环境、应力状态和质量特性的重要程度分为三类焊缝。合同文件及图样另有规定者，按合同文件及图样的规定。

##### a) 一类焊缝：

- 1) 底轴段与段之间的连接环形焊缝；
- 2) 门叶横梁、纵梁、翼缘板对接焊缝；
- 3) 门叶翼缘板与底轴的对接焊缝；

4) 拐臂的侧板和腹板的角焊缝。

b) 二类焊缝：

1) 门叶面板的对接焊缝；

2) 门叶横梁、纵梁、翼缘板的组合焊缝或角焊缝；

3) 门叶吊耳与门叶的组合焊缝或角焊缝；

4) 拐臂与底轴环形组合焊缝。

c) 三类焊缝：不属于一、二类焊缝的其他焊缝都为三类焊缝。

6.2.3.2 焊缝检验要求如下：

a) 所有焊缝均应进行外观检查，外观质量应符合相关规范规定。

b) 一类、二类焊缝应进行无损检测，检测要求应符合 GB/T 14173 的规定。

c) 焊缝内部质量检测可选用射线或超声波检测，焊缝表面检测可选用渗透检测或磁粉检测。

6.2.3.3 焊缝发现有超标缺欠时，应进行返工，返工后须重新检测合格。

### 6.3 表面防腐蚀

6.3.1 底轴旋转式钢闸门的门叶、底轴及零部件等金属结构均应做防腐处理。

6.3.2 金属结构的防腐蚀设计应与结构设计同时进行，防腐蚀措施、钢材表面的除锈等级和防腐蚀对金属结构的构造要求应根据钢材材质、环境条件、环保要求、使用要求、使用工况以及施工、维护管理条件等确定，并应符合国家现行有关标准的规定。

6.3.3 表面防腐蚀包括表面除污、除锈处理、金属喷涂、油漆喷涂、涂层厚度和结合力检查、质量评定与检验等，根据水质情况还可选择增加牺牲阳极保护等。

6.3.4 门叶拼装后的焊缝，焊接前必须进行除锈、除湿、除污处理。

6.3.5 防腐蚀材料应具有出厂质量证书。

6.3.6 金属结构在涂装前应进行表面预处理，表面预处理应符合 SL 105 或国家有关标准的规定。

6.3.7 埋件露出混凝土的钢表面预处理要求同闸门表面，埋入混凝土部分表面处理清洁度不应低于 GB/T 8923 中规定的 Sa1 级。

6.3.8 表面涂料保护、金属热喷涂、阴极保护应符合 SL 105 或国家有关标准的规定。

6.3.9 设计图样和有关技术文件无特殊要求时，闸门埋件埋件露出混凝土的钢表面防护要求同闸门表面，埋入混凝土部分防护要求应符合 SL 105 或国家有关标准的规定。

6.3.10 防腐涂层的选择宜根据水质情况按表 12 选择。

表 12 钢坝部件防腐工艺表 单位:  $\mu\text{m}$ 

部件	底层防腐工艺	中间层防腐工艺	面层防腐工艺	备注		
门叶	热喷锌 120	环氧云铁 80	氯化橡胶 80	淡水环境		
	热喷铝 160			海水环境		
底轴	热喷锌 120			淡水环境		
	热喷铝 160			海水环境		
铰座	热喷锌 120			淡水环境		
	热喷铝 160			海水环境		
底止水埋件	热喷锌 120			淡水环境		
	热喷铝 160			海水环境		
防水套外露面	热喷锌 120			淡水环境		
	热喷铝 160			海水环境		
拐臂	环氧富锌漆 60			—	锤纹漆 60	
启闭机						
锁定装置						

6.3.11 在防腐蚀施工过程中,应对每道工序进行检测并做好检测记录,在前道工序合格后方可进行下道工序。

## 6.4 门叶和零部件制造

### 6.4.1 门叶

门叶拼装前每段门顶直线度公差不大于 8mm,拼装后未蓄水状态下,门叶直线度的公差按表 13。

表 13 门叶公差表 单位: mm

门叶宽度	门叶直线度公差
10000 及以下	$\pm 8$
10000~20000	$\pm 10$
20000~30000	$\pm 15$
30000~40000	$\pm 20$
40000~50000	$\pm 25$
50000 以上	$\pm 30$

### 6.4.2 底轴

6.4.2.1 底轴材质符合设计图纸要求,焊管对接焊缝须按一类焊缝要求检查,底轴直线度公差参考表 14。

表 14 底轴允许公差表 单位: mm

检验项目	直缝焊管		环缝焊管	
长度	允许公差 $\pm 1.5$		允许公差 $\pm 1.5$	
底轴直线度	$D \leq 800$	允许公差单边小于 3.0	$D \leq 800$	允许公差单边小于 6.0 (0 到 90 度)
	$D > 800$	允许公差单边小于 6.0	$D > 800$	允许公差单边小于 10.0 (0 到 90 度)
表面质量	焊缝无裂纹, 夹渣, 咬边, 气孔, 焊瘤, 飞溅, 焊缝余高 0-4 mm。焊管无裂纹, 锈蚀, 凹坑等缺陷。相邻管节的纵缝间距应大于板厚的 5 倍且 $\geq 300$ mm。 同一管节相邻纵缝间距 $\geq 500$			
注: D 为焊管直径				

6.4.2.2 底转轴与铰座轴承转动接触处, 采用不锈钢钢板覆盖焊接, 不锈钢板与底转轴紧贴, 单边宽度大于铰座轴承 NGA 工作面 15mm~20mm, 不锈钢表面加工后粗糙度不大于 Ra2.0 $\mu$ m。

6.4.2.3 穿墙底转轴与拐臂组装部位, 其外径与拐臂内径间隙允许 3mm~6mm。

#### 6.4.3 铰座

6.4.3.1 铰座装置采用圆弧形结构, 支撑底轴的半圆弧面需精加工, 半圆圆弧钢结构与底轴之间设置自润滑轴承, 半圆圆弧钢结构件下设置加强钢结构。

6.4.3.2 铰座及其连接钢筋应布置在下游闸底板一期混凝土高程以上, 且不应破坏下游闸底板钢筋网的整体性, 以保证闸底板的结构强度和稳定性, 铰座下游侧设置混凝土支墩。

6.4.3.3 铰座外露面的防腐要求应符合 6.2 的规定。

6.4.3.4 侧止水墙面平面度和垂直度公差不大于 3mm。

#### 6.4.4 拐臂

6.4.4.1 拐臂销轴孔与底轴中心距离允许公差为 $\pm 3$ mm, 锁定孔与底轴中心距离允许公差为 $\pm 3$ mm, 拐臂外形尺寸最大公差为 $\pm 5$ mm。

6.4.4.2 拐臂侧板与腹板的焊缝不应有气孔、焊渣、裂纹、咬边等焊接缺陷。

6.4.4.3 拐臂喷锌的防腐要求应符合 6.2 的规定。

#### 6.4.5 锁定装置

6.4.5.1 锁定支架的跨度、厚度、定位孔距等应符合设计要求。

6.4.5.2 锁定装置的防腐要求应符合 6.3 的规定。

### 7 安装

#### 7.1 一般规定

##### 7.1.1 安装条件和环境

7.1.1.1 底轴旋转式钢闸门安装前设计图纸和技术文件应齐全, 包括闸门总布置图、埋件

图、线缆管道走向图，出厂合格证和使用说明书。

7.1.1.2 安装前施工单位应对闸门型号、各总成及各部件外形尺寸进行复核。

7.1.1.3 安装前，启闭机室及闸底板的混凝土强度应满足设计要求，闸底板等安装作业面应满足施工机械进场施工的通行条件，现场电源容量满足安装要求。一期混凝土与二期混凝土的结合面凿毛，按设计要求留出插筋，启闭机室顶部应保持敞开。

7.1.1.4 安装作业期间，上下游围堰、导流等保障措施应满足 SL 645 要求，闸底板等安装作业面应满足施工机械进场施工的通行条件，保证干地安装。

7.1.1.5 控制柜采用室内柜的，安装前应建好控制房，按图纸设计要求完成控制房到启闭机室的穿线管埋设或管沟施工，满足 GB 50168 标准。

### 7.1.2 基础点和基础尺寸复核

7.1.2.1 闸门安装前，设备基础应由基础施工单位依据设计图纸将每套闸门的闸底板高程和纵横中心线标出，安装单位安装前据此对设备安装尺寸进行复核。

7.1.2.2 河道铰座墩基应与底板基础一期浇筑，铰座、防水套、集成式启闭机、锁定、底止水和搁墩埋件预留坑基允许公差满足设计要求，预留锚筋规格、数量和间距应符合设计要求。

## 7.2 埋件安装

7.2.1 埋件安装前应对埋件的各项尺寸进行复验。

7.2.2 两侧穿墙防水套，应采用 L 形钢筋与预留锚筋焊接；其它埋件筋板与预留立筋焊接，布置的钢筋与预留锚筋单边焊接长度应大于预留锚筋直径的 10 倍，双边焊接长度应大于预留锚筋直径的 5 倍；

7.2.3 铰座、穿墙防水套、集成式启闭机、锁定埋件安装、焊接完成后，埋件的二期混凝土凝固强度超过 90%后，方可拆模进行底轴焊接工作。

7.2.4 侧止水墙面大理石宜选用抛光大理石，整体垂直度、平面度允许公差不大于 3mm。

7.2.5 如图 4 所示 孔口净宽尺寸允许公差为 $\pm 3$  mm。

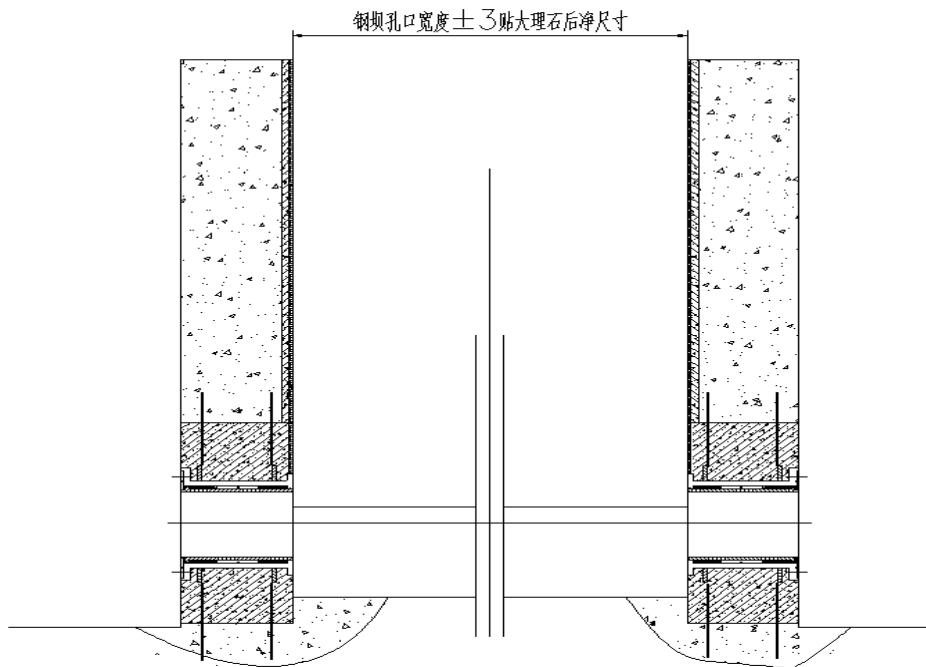


图4 孔口净公差示意图

### 7.3 闸门安装

#### 7.3.1 底轴安装

7.3.1.1 底轴连接方式可为焊接或铰制孔螺栓连接，铰制孔螺栓连接式应清理底轴连接孔内污渍，焊接式底轴应清除底轴不锈钢工作面以及底轴两端 U 形焊接坡口附着物，保持清洁。

7.3.1.2 底轴安装时依据出厂前做的编号和安装标识正确安装就位。

7.3.1.3 底轴总成装配完后，底轴现场对接焊缝应进行探伤。

7.3.1.4 底轴铰座位置的不锈钢支撑面直线度允许公差为 $\pm 3.0\text{mm}$ ，底轴总长度以两侧穿墙防水套端面直线距离为基准，允许公差满足表 15 要求。

表 15 底轴安装极限公差表 单位：mm

底轴总长度	极限公差
10000 及以下	$\pm 2$
10000~20000	$\pm 4$
20000~30000	$\pm 6$
30000~40000	$\pm 8$
40000~50000	$\pm 10$
50000 以上	$\pm 12$

7.3.1.5 底轴焊接完成后，应全行程运行自如无卡阻。

### 7.3.2 铰座安装

7.3.2.1 铰座轴承工作面应与底轴不锈钢工作面紧贴。

7.3.2.2 铰座轴承与底轴接触面应涂刷润滑脂。

### 7.3.3 门叶安装

7.3.3.1 门叶在安装前，应对各项尺寸进行复测，并符合本文件有关规定的要求。

7.3.3.2 分节门叶应按出厂前所做的编号和安装标识进行整体组装，并与相应的底轴进行组装。组装成整体后，除按本文件有关规定对各项尺寸进行复测外，还应满足下列要求：

- a) 节间如采用螺栓连接，则螺栓应均匀拧紧。
- b) 节间如采用焊接，应采用已经评定合格的焊接工艺，按照本文件有关规定进行焊接后检验，焊接时应采取措施控制焊接变形。

7.3.3.3 门叶翼缘板与底轴垂直度允许公差允许范围见表 16。

表 16 门叶翼缘板与底轴垂直度允许公差表 单位：mm

门高	门叶翼缘板与底轴垂直度公差
1000 及以下	±2
1000~2000	±2.5
2000~3000	±3.5
3000~4000	±4
4000~5000	±5
5000 以上	±6

7.3.3.4 门叶安装完成后，门叶处于垂直关闭无荷载状态下，门叶左、中、右三点（对接焊缝除外）高程公差均应不大于 5mm。

7.3.3.5 多孔闸门建设在同一条直线上，门叶处于垂直关闭无荷载状态下，各门叶顶部三点平均高程允许公差为±10mm，见图 5。

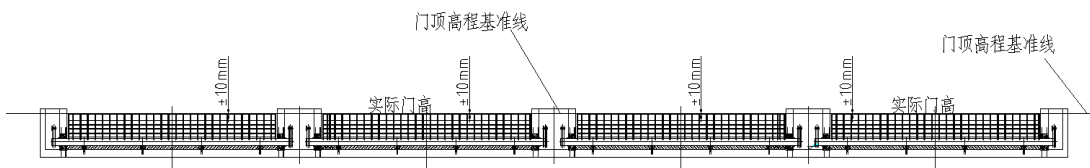


图 5 多孔门叶高程公差示意图

### 7.3.4 止水的安装

7.3.4.1 止水橡胶的物理力学性能、制孔要求及接头粘结方法等应按 GB/T 14173 的有关规定执行。

7.3.4.2 底止水橡胶与底轴工作面应无杂物，底止水橡胶连接孔径应比连接螺栓孔径小 1mm，底止水橡胶应贴合底转轴无缝隙。

7.3.4.3 门叶两侧侧止水橡胶应紧贴止水埋件工作表面无缝隙，侧止水橡胶底部与底转轴之间无缝隙。

7.3.4.4 闸门处于立门状态时，止水橡胶的压缩量应符合图样的规定，并进行透光检查。

## 7.4 启闭机安装

### 7.4.1 启闭机本体的安装

7.4.1.1 启闭机运至现场，应经开箱检查验收后，方可进行安装。

7.4.1.2 启闭机支座耳轴中心高程允许公差为 $\pm 10\text{mm}$ ，底轴中心与启闭机支撑中心垂直距离公差允许范围为 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.4.1.3 吊装液压缸时应采取防止变形的措施，根据液压缸直径、长度和重量决定支点或吊点个数，所有支点处应采用垫木支撑。

7.4.1.4 现场注入的液压油型号、油量及油位应符合设计要求。

### 7.4.2 拐臂安装

7.4.2.1 拐臂现场安装时，应注意拐臂中心线以及构件的安装位置，并按出厂所做的安装标识标记与底轴进行装配。

7.4.2.2 拐臂底轴孔内圆与底轴外圆间隙应均匀。

### 7.4.3 锁定装置的安装

7.4.3.1 锁定安装到位后，锁定销轴应两端约束在锁定支座上，不应只有一端受锁定支座约束，形成对锁定销的剪切力。

7.4.3.2 锁定装置运行应通畅，解锁到位和上锁到位均应有信号反馈。

### 7.4.4 启闭机控制系统安装

7.4.4.1 在控制室内的控制柜应排列整齐，空间布置合理，支撑点应结实稳固，室外的控制柜体应安装牢靠。

7.4.4.2 启闭机电控应柜面整洁，指示灯、仪表无损坏，工作正常，接地干线连接良好。

7.4.4.3 启闭机电控柜电缆进线口应采用防火泥封堵。

7.4.4.4 启闭机电控柜内电缆应使用冷压端子及绝缘辅材，每根电缆有挂牌标识和线号，剥线长度适当，铜丝不外露，所有电缆外护套端部绝缘胶布封闭处理，电缆整齐。

7.4.4.5 启闭机电控柜内屏蔽电缆屏蔽层相互编织后应与地排连接，电机、传感器、限位开关电缆柜内接头应固定并符合设计要求。

7.4.4.6 启闭机行程传感器防护等级不低于 IP68。

## 7.5 调试

7.5.1 调试闸门前，混凝土强度应达到设计要求，应检查上、下游及启闭机室是否有异物卡阻，控制柜显示数据是否正常；应用水润滑侧止水、底止水橡胶与止水工作表面以干摩擦。

7.5.2 现场试运转时，先进行手动操作调试无误后，方可进行自动操作调试。

7.5.3 闸门全行程开启和关闭应运转灵活，两侧同步行程差应不超过 30mm；

7.5.4 立门蓄水时，底止水、侧止水橡胶与止水工作面任意长度 1m 范围内漏水量应低于

0.1L/s, 启闭机室内穿墙防水套一侧漏水量应低于 0.1L/s。

7.5.5 电控动作指令应可靠、准确。

## 8 验收

### 8.1 出厂检验

8.1.1 钢坝设备出厂前, 应进行出厂检验。

8.1.2 出厂验收时应具备以下条件:

- a) 底轴、门叶、启闭机、锁定、电控等主要部件均制造完成;
- b) 门叶、底轴等河道内部件防腐工序完成;
- c) 生产厂家自检合格, 自检记录完备。

8.1.3 验收提供的资料包括:

- a) 设计图纸、技术文件及有关会议纪要;
- b) 主要材料的质量证明书;
- c) 焊缝质量检测报告;
- e) 表面防腐检测报告;
- f) 对重大缺欠处理记录和报告;
- g) 门叶尺寸、外形检验报告;
- h) 启闭机检验报告;
- i) 出厂合格证。

8.1.4 验收主要工作包括:

- a) 检查原材料质量是否符合设计要求;
- b) 检查各部件制造质量是否符合设计要求;
- c) 对设备生产阶段的质量予以验收, 形成书面记录。

### 8.2 交付验收

8.2.1 设备交付使用前, 应经交付验收合格, 未经交付验收合格的设备, 不应投入使用, 更不应立门蓄水, 否则引发的质量或其他问题, 应由使用方承担责任。

8.2.2 设备具备交付验收条件时, 安装单位应及时提交交付验收申请报告, 设备采购方应在收到验收申请报告之日起 10 日内, 组织验收工作, 逾期不验收或投入使用, 视为验收合格。

8.2.2 钢坝安装过程中, 安装单位应严格按照图纸及安装作业方案进行过程检验, 并保留原始检验记录。

8.2.3 钢坝安装完成后, 安装单位应在无水情况下做全行程启闭试验, 检查闸门运行是否自如, 同步误差是否符合设计要求。

8.2.4 钢坝在立门位置做止水件透光试验, 检查止水密封效果。

8.2.5 验收提供的资料包括:

- a) 竣工图纸、技术文件;

- b) 安装自检记录；
- c) 现场焊接焊缝的探伤检测报告；
- d) 钢坝使用说明书；
- e) 培训合格记录表；
- f) 交货签收清单；
- g) 验收申请表。

#### 8.2.6 验收主要工作包括：

- a) 检查交付的设备是否齐全；
- b) 检查钢坝安装质量是否符合设计要求；
- c) 对遗留问题提出处理意见；
- d) 对安装阶段的工作质量予以验收，形成书面验收记录。

## 9 闸门信息化

### 9.1 动态感知体系

#### 9.1.1 一般规定

9.1.1.1 动态感知包括环境量监测、变形监测、应力及应变监测、闸门振动监测、运行姿态监测、闸门控制监测、地震反应监测和视频监控等。

9.1.1.2 环境量监测项目包括水位、流量、降水量、气温、上下游河床淤积和冲刷等。

9.1.1.3 闸门信息化需要闸门具备安全监测和控制系统，实现闸门的信息化管理。

#### 9.1.2 环境量监测

##### 9.1.2.1 水位

水位监测的要求如下：

- a) 在水闸的上、下游设置水位监测点监测上、下游水位，上、下游水位应同步监测。
- b) 测点应设在水闸上、下游水流平顺、水面平稳、受风浪和泄流影响较小处。

##### 9.1.2.2 流量

流量监测的要求如下：

- a) 测流断面应设在水流平顺和水面平稳处。
- b) 在工程控制应用发生变化时，应将有关情况（起始时间、上下游水位、流量、流态等）进行详细记录、核对。

##### 9.1.2.3 气温、降水量

气温、降水量监测的要求如下：

- a) 如果不具备可用气温、降水量监测资料，应设气温、降水量等监测点。
- b) 气温监测：
  - 1) 气温监测点应设置在闸址附近，宜在运行前完成监测设置。
  - 2) 气温监测仪器应设在专用的百叶箱内。
- c) 降水量监测：
  - 1) 降水量监测应设置在闸址附近，宜在运行前完成监测点设置。

2) 监测场地应在比较开阔和风力较弱的地点设置。

#### 9.1.2.4 上、下游河床淤积和冲刷

上、下游河床淤积和冲刷监测的要求如下：

- a) 为保证水闸工程安全和正常运用，应对水闸上、下游河床淤积和下游冲刷情况进行观测。
- b) 应根据水闸规模、工程布置、河道土质和冲刷、淤积情况设置监测断面。

#### 9.1.3 闸室结构监测

9.1.3.1 闸室结构位移监测包括垂直位移、水平位移、倾斜及裂缝和结构缝开合度等。

9.1.3.2 应力、应变监测主要包括混凝土内部及表面应力、应变、地基反力、墙后土压力等。

9.1.3.3 设计烈度为7度及以上的大型水闸，应对建筑物的地震反应进行监测。

9.1.3.4 闸基渗流监测应包括闸基扬压力监测和侧向绕渗监测。

#### 9.1.4 闸门监测

9.1.4.1 闸门变形监测应包括在启闭运行和关门挡水工况，闸门主梁、面板等主要构件的实时位移、裂纹等。

9.1.4.2 闸门运行姿态监测应包括启闭运行时门叶的开度、主要构件的变形等运动状态特征。

9.1.4.3 闸门应力应变监测应包括在启闭运行和关门挡水工况，主梁、纵梁、面板、拐臂等主要受力构件的实时应力等。

9.1.4.4 闸门振动监测应包括在启闭运行过程中，门叶的结构振动、运转件的摩擦振动、水流脉动引起的振动等。

#### 9.1.5 闸门控制监测

9.1.5.1 闸门控制监测项目主要包括控制系统中数据采集设备、现地控制设备、控制中心设备、通信线缆、防雷接地和管理软件等。

9.1.5.2 闸门控制监测自动化系统应具备下列基本功能：

- a) 数据自动采集、传输、分析。
- b) 数据异常报警与故障显示及故障诊断。
- c) 实时监测数据的存储、分析、管理及备份。
- d) 现场网络数据通信与远程通信及网络安全防护等功能。
- e) 在线监测监控。

#### 9.1.6 视频监控

9.1.6.1 视频监控系统应满足 SL 515 的基本要求。

9.1.6.2 视频录放、视频浏览、控制功能可实时监测。

### 9.2 运行控制

#### 9.2.1 一般规定

9.2.1.1 闸门运行体系应遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则，并满足现代化管理需

求。

9.2.1.2 运行体系宜结构简单、稳定可靠、维护方便、易于改造和升级。

## 9.2.2 运行系统设计的要求

9.2.2.1 监测自动化系统性能应具备下列基本规定：

- a) 环境条件：监测站温度， $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$  ( $-20\sim +60^{\circ}\text{C}$ 可选)；湿度， $\leq 95\%$ 。
- b) 工作电源：电压， $220\times(1\pm 10\%)\text{V}$  或  $36\times(1\pm 10\%)\text{V}$ ；频率， $50\times(1\pm 2\%)\text{Hz}$ 。

9.2.2.2 数据采集装置主要技术指标应符合下列规定：

- a) 数据存储容量：满足闸门信息化系统的运行存储要求，并有一定富裕。
- b) 测量方式：定时、单检、巡检、选测或设测点群、实时监测。

## 9.2.3 网络与数据传输

9.2.3.1 监测站之间、监测站与监测管理站计算机之间的网络数据传输，宜采用局域网连接。

9.2.3.2 监测管理站与监测管理中心站之间的网络通信，宜选择局域网或广域网通信。

9.2.3.3 网络通信可采用有线或无线传输介质。

## 9.2.4 运行维护要求

9.2.4.1 定期检查监测设备工作与运行状况，包括接线是否牢固，电触点是否灵敏，有无断线、漏电现象等；对有问题的监测设备及时修复改善或更换。

9.2.4.2 监测仪器、仪表应定期进行保养、率定、检定，发现问题及时校准、维修或更换。

9.2.4.3 应做好设施检查维护记录，并存档备查。

## 9.3 管理体系

### 9.3.1 一般规定

9.3.1.1 信息化系统运行管理应包括组织管理、检查维护管理、文档管理、安全体系等内容。

9.3.1.2 信息化系统运行管理分为系统安装施工期、安装完成后试运行及验收后运行期的运行管理。

9.3.1.3 信息化系统交付水闸建设单位或管理单位运行管理前应进行验收。

### 9.3.2 组织管理

9.3.2.1 监测人员应严格执行信息化系统运行管理制度，正确使用和操作系统，按照相关规定开展现场检查、数据采集、记录、甄别和保存，保证数据的准确、可靠。

9.3.2.2 运行期应对系统进行检测或比测，分析评价系统的工作状况与监测数据的合理性和准确性。

9.3.2.3 监测数据应定期进行整理分析和刊印存档。

### 9.3.3 检查维护管理

9.3.3.1 检查维护内容包括：

- a) 安全监测仪器、传输线缆、通信设施、防雷和保护设施、供电系统是否正常工作。
- b) 与水闸安全有关的供电系统、预警设施与应急设施是否损坏，工作是否正常。

- c) 远程控制、监控系统是否正常。
- d) 管理范围内有无危害工程安全的活动，是否有影响水闸安全运行的障碍物。

9.3.3.2 检查维护要求和方法如下：

- a) 日常检查。应由有经验的水闸运行维护人员对水闸进行日常巡视检查。
- b) 定期检查。每年汛前、汛后，引排水期前后，严寒地区的冰冻期起始和结束时，应由管理单位组织专业人员按规定的检查程序，对水闸进行全面或专门的现场检查。
- c) 专项检查。水闸经受地震、风暴潮、台风、冰冻或其他自然灾害或超过设计水位运行后，管理单位或主管部门应及时组织安全检查组进行专项检查。

9.3.3.3 检查维护记录和报告要求如下：

- a) 日常检查过程中若发现异常情况，应分析原因，并及时上报主管部门。
- b) 定期检查或专项检查结束后，应及时提交检查报告。

9.3.4 文档管理

9.3.4.1 每次仪器监测或现场检查后应及时对原始记录加以检查和整理。每年应进行一次文档整编。在整理和整编的基础上，应定期进行资料分析。

9.3.4.2 文档整理与分析过程中发现异常情况，应立即查找原因，并及时上报。

9.3.4.3 文档整编成果应做到项目齐全，考证清楚，数据可靠，方法合理，图表完整，规格统一，说明完备。

9.3.5 安全体系

9.3.5.1 系统仪器设备、装置、线缆等应设置标识和采取必要的防护措施，避免暴雨雷击、动物侵害、认为损害等影响。对易受环境影响或安装在外部的仪器设备，应考虑日照、雨淋、冰冻、风沙等恶劣天气的影响，采取特殊防护措施。

9.3.5.2 自动化系统应具备现场网络数据通信与远程通信及网络安全防护等功能。

---