▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

SL

中华人民共和国行业标准

P SL 74—95

水利水电工程钢闸门设计规范

Hydraulic and hydroelectric engineering specification for design of steel gate

1995—05—08 发布 1995—10—01 实施

中华人民共和国水利部 发布

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

中华人民共和国行业标准

水利水电工程钢闸门设计规范

SL 74—95

主编单位：水利部 电力工业部东北勘测设计研究院

批准部门：中华人民共和国水利部

水利部关于发布行业标准《水利水电工程钢闸门设计规范》SL 74—95 的通知

水科技[1995]146 号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水电）厅（局）：

根据 1992 年水利水电技术标准制定、修订计划，由水利水电规划设计总院主持，以水利部、电力工业部东北勘测设计研究院为主编单位修订的《水利水电工程钢闸门设计规范》，经审查批准为水利行业标准，并予以发布。标准的名称和编号为：

《水利水电工程钢闸门设计规范》SL 74—95。

本标准自 1995 年 10 月 1 日起实施，原标准 SDJ 13—78（试行）同时废止。在实施过程中各单位应注意总结经验，如有问题请函告水利水电规划设计总院，并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九五年五月八日

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

目　　次

1　总则 …… (4)
2　总体布置 …… (4)
3　荷载 …… (8)
4　材料及容许应力 …… (8)
5　结构设计 …… (13)
6　零部件设计 …… (17)
7　埋件设计 …… (19)
8　启闭力和启闭机 …… (21)
附录 A　闸门孔口尺寸和设计水头系列标准 …… (24)
附录 B　通气孔面积的计算 …… (26)
附录 C　平面闸门门槽型式的选择 …… (27)
附录 D　闸门荷载计算的主要公式 …… (28)
附录 E　闸门止水橡皮定型尺寸及性能 …… (32)
附录 F　几种支承材料性能表 …… (34)
附录 G　面板验算公式及图表 …… (35)
附录 H　栅条稳定临界荷载计算 …… (38)
附录 I　压合胶木滑道和填充聚四氟乙烯板滑道的有关要求 …… (39)
附录 J　闸门滚轮的计算 …… (40)
附录 K　吊耳与吊杆的计算 …… (41)
附录 L　轨道的计算公式 …… (41)
附录 M　摩擦系数 …… (42)
附录 N　本规范用词说明 …… (43)
附加说明 …… (43)

网易 Netease　企业应用事业部（IVP）　ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

1 总 则

1.0.1 为在水利水电工程钢闸门设计中贯彻执行国家的技术经济政策，确保质量，做到技术先进、经济合理、运行安全，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水利水电工程钢闸门(含拦污栅)的设计。设计钢闸门时，尚须符合现行的国家和水利水电行业标准有关规定。

1.0.3 水利水电工程的钢闸门，按其工作性质主要可分为：

(1)工作闸门：系指承担主要工作并能在动水中启闭的闸门；

(2)事故闸门：系指当闸门的下游(或上游)发生事故时，能在动水中关闭的闸门。当需快速关闭时，也称为快速闸门。这种闸门，宜在静水中开启；

(3)检修闸门：系指水工建筑物和机械设备等检修时用以挡水的闸门，这种闸门，宜在静水中启闭。

1.0.4 设计闸门时，应根据具体情况分别具备下列有关资料：

(1)水利枢纽的任务和水工建筑物的布置；

(2)闸门的孔口尺寸和运用条件；

(3)水文、泥沙、水质、漂浮物和气象方面的情况；

(4)有关闸门的材料、制造、运输和安装等方面的条件；

(5)地质、地震和其他特殊要求等。

1.0.5 闸门孔口尺寸和设计水头的选定，应符合附录 A“闸门孔口尺寸和设计水头系列标准”的规定。

1.0.6 本规范采用容许应力方法进行结构验算。凡未明确规定的计算方法，只要能准确、可靠、简便地求得结构内力及应力，计算方法可酌情选择。

2 总体布置

2.1 一般规定

2.1.1 闸门应布置在水流较平顺的部位，应尽量避免门前横向流和漩涡、门后淹没出流和回流等对闸门运行的不利影响。

闸门布置在进口时，尚应避免闸孔和门槽顶部同时过水。

2.1.2 闸门型式的选择，应根据下列因素综合考虑确定：

(1)水利枢纽对闸门运行的要求；

(2)闸门在水工建筑物中的位置、孔口尺寸、上下游水位和操作水头；

(3)泥砂和漂浮物的情况；

(4)启闭机的型式、启闭力和挂脱钩方式；

(5)制造、运输、安装、维修和材料供应等条件；

(6)技术经济指标等。

2.1.3 泄水和水闸系统中的多孔口工作闸门，当需短时间内全部开启或均匀泄水时，宜选用固定式启闭机。

泄水和水闸系统工作闸门的启闭机，应设备用动力。

2.1.4 两道闸门之间或闸门与拦污栅之间的最小净距，应满足门槽混凝土强度与抗渗、启闭机布置与运行、闸门安装与维修和水力学条件等因素的要求。一般不宜少于 1.50 m。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

2.1.5 检修闸门或事故闸门的设置数量，应根据孔口数量、工程和设备的重要性、施工安装条件和工作闸门的使用状况、维修条件等因素综合考虑。

对泄水和水闸系统的检修闸门，10 孔以内者可设置 1～2 扇；10 孔以上者每增加 10 孔可增设一扇。

对引水发电系统，3～6 台机组可设置尾水检修闸门两套，进口检修闸门一套；6 台机组以上，每增加 4～6 台可各增设一套。特殊情况，经论证可予增减。

2.1.6 露顶式闸门顶部应有 0.3～0.5 m 的超高。

2.1.7 闸门不得承受冰的静压力。防止冰静压力的方法，应根据气温及库水位变化等条件，因地制宜地选用。可采用潜水泵、压缩空气泡、开凿冰沟或其它方法，使闸门与冰层隔开。当特殊情况，可能承受部分冰静压力时，应进行强度验算。

需要在冰冻期间操作的闸门，除其止水应尽量严密外，尚应采取保温或加热等措施，使闸门与门槽不致冻结。

2.1.8 当潜孔式闸门门后不能充分通气时，则应在紧靠闸门下游的孔口顶部设置通气孔，其上端应与启闭机室分开，并应有防护设施。

通气孔面积的计算，可参照附录 B 进行。

2.1.9 闸门的平压设施，宜采用设置于门上的充水阀，也可采用节间充水或其他有效设施。平压设施的尺寸，应根据充水容积、下游漏水量和要求充满时间等来确定。充水阀体应有足够重量，其导向机构应灵活可靠。充水管和阀体形状，应尽量使充水时流态平稳。节间充水要有导水装置，并应使节间充水所需的启门力与整扇闸门的静水启门力大体相当。

平压设施的操作应和闸门启闭联动，并应在启闭机上设置小开度的行程开关。

对机组尾水闸门的平压设施，宜利用机组排水系统从下游充水。

2.1.10 为便于制造、运输和安装，设计时应考虑：

(1)制造、安装的具体条件；

(2)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；

(3)零部件、构件的品种规格应合理地减少，并应采用标准化、定型化的零部件；

(4)结构构件的连接，宜采用焊接，但应尽量减少现场焊接工作量。为减少拼装变形，闸门节间也可采用销轴或螺栓连接。

2.1.11 为便于闸门、拦污栅和启闭机的运行、维修，设计时应考虑：

(1)根据当地情况，启闭机可设机罩、机房或机室。位于坝内或地下洞室内的机室，应考虑通风防潮设施；

(2)启闭机设置高程和机房尺寸，应分别满足闸门和启闭机维修的要求；

(3)露顶式闸门，当不能提升到闸墩墩面时，宜在适当高程处设置检修孔或检修台。潜孔式弧形闸门，宜在其胸墙和侧止水导板的适当高程处，设置不小于 800 mm 宽的检修台阶。在支铰处也可设检修平台；

(4)启闭机室、闸门检修室和检修平台，宜有足够的面积和高度。启闭机与机房墙面净距不少于 800 mm；各台启闭机之间净距不少于 600 mm；闸门检修室或检修平台在闸门检修时四边净距均不少于 800 mm。此外，尚应设置栏杆或盖板，以满足运行、维修及安全的要求；

(5)为便于吊装，在检修室和启闭机室内，宜埋设必要的吊环和锚钩；

(6)检修闸门、备用拦污栅和其他附属设备，宜设有存放场所，有条件者可设门库，门库底部应有排水设施；

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

(7)启闭机室和闸门检修室的上、下交通，宜设置走梯。

2.1.12 为减轻闸门及其附属设备的腐蚀，延长其使用寿命，应根据水质情况、运行条件、设置部位和闸门型式，采取有效的防腐蚀措施(对钢材进行防腐预处理后涂漆或喷锌、铝等)和定期保养维修。

2.2 泄水系统

2.2.1 在溢洪道工作闸门的上游侧，宜设置检修闸门；对于重要工程，必要时也可设置事故闸门。但当水库水位每年有足够的连续时间低于闸门底槛，并能满足检修要求时，可不设检修闸门。

2.2.2 在泄水孔工作闸门的上游侧，应设置事故闸门。对高水头长泄水孔的闸门，尚应研究在事故闸门前设置检修闸门的必要性。

2.2.3 泄水孔工作闸门，可选用弧形闸门、平面闸门或其他型式的门、阀。当选用弧形闸门时，要注意采用合理的止水型式；当选用平面闸门时，还要注意采用合理的门槽型式。门槽型式按照附录C选择。当闸门孔口尺寸较大，且操作水头大于50 m时，宜选用弧形闸门。

2.2.4 泄水孔的工作闸门，门后宜保持明流，门前的压力段宜保持有一定的收缩率。

当泄水隧洞有弯道时，工作闸门尚宜布置在弯道下游水流平稳的直段上。

2.2.5 排沙孔闸门，宜设置在进口段，且宜采用上游面板和上游止水。门槽和水道边界应光滑平整，并选用合适的抗磨材料加以防护。根据排沙闸的具体条件，必要时可设高压水枪，以便冲沙启门。

2.2.6 施工导流孔闸门，应考虑工程施工期和初期发电的各种运行情况，截流下闸应安全可靠，必要时应有后备措施，并应尽量与永久性闸门共用。

2.2.7 大型工程中重要的工作闸门在运行过程中可能产生的空蚀、振动、磨损和启闭力等问题，应作专门研究。通常可从通气孔、底缘型式、门槽型式、止水型式和操作方法等方面采取有效措施，以尽量避免或减轻不利影响。若水流条件复杂，应专门进行模型试验研究。

2.2.8 对于高水头弧形闸门，根据具体运用条件，宜选用设有转铰式或充库压式顶止水的圆柱铰弧形闸门；对要求经常作变幅局部开启操作的闸门，经论证，可选用设有突扩门槽、压紧式止水的偏心铰弧形闸门。对突扩门槽的体形及水力学条件宜通过试验确定。

2.2.9 对于低水头弧形闸门，应特别注意支臂的动力稳定性，除应符合2.1.1规定及注意保养维护和按章操作外，并宜从支臂的结构和构造上予以保证。

2.3 水闸、排灌系统

2.3.1 水闸、排灌系统的闸门型式，应根据工程特点，因地制宜地灵活选用。可采用平面闸门、弧形闸门、拱形闸门、升卧式闸门以及其他型式的闸门或阀等。

2.3.2 各类水闸工作闸门的上游侧，宜设置检修闸门，对特别重要的进洪闸或泄洪闸等可设置事故检修闸门。当下游水位经常淹没底坎时，应研究设置下游检修闸门的必要性。检修闸门的型式，可选用平面闸门、叠梁、浮式叠梁和浮箱闸门等。

检修闸门的存放、启吊和运输应力求方便。检修闸门的止水宜采取必要的预压措施。

2.3.3 闸门的选型和布置，应根据闸门的受力条件、控制运用要求和闸室结构布置等因素选定：

(1)需用闸门控制泄水的水闸宜采用弧形闸门。

(2)有排污、排冰、过木等要求的水闸，宜采用下沉式闸门、舌瓣闸门等。

(3)当采用分离式底板时，宜采用平面闸门。如采用弧形闸门，应考虑闸墩间可能的不均匀沉陷对闸门强度、止水和启闭的影响。

(4)为降低启闭机排架高度，提高水闸的整体抗震性能，可采用升卧式闸门或双扉平面闸门。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

若选用升卧式闸门应注意选择合理的起弧高度、弧轨半径及其中心角和锁定装置等，并需考虑闸门的检修条件。

(5)为简化消能设施，提高泄流能力，降低启闭力，在泄水建筑物出口处，可采用平置式或斜置式锥形阀。但应注意喷射水雾对附近建筑物的影响和阀的检修条件。

2.3.4 在流量增长很快且泥沙淤积轻微，或有专门要求的河流上，可采用水力操作闸门，但应注意闸门的水力学问题和闸门检修时的排水放空设施。

2.3.5 挡潮工作闸门，一般要求启闭迅速，闸门的面板应布置于迎海水侧，同时宜采用双向止水，且要求止水严密，以防止海水和泥沙倒灌。

2.3.6 排灌闸工作闸门的主要特点是承受双向水压力，在设计其支承、止水及底缘型式时，应能适应这一特点。

2.3.7 在有较大涌潮或风浪的水利枢纽中，当采用潜孔弧形闸门且上游水位有时低于门楣时，应在进口胸墙段上设排气孔，以减轻潮浪所产生的强压气囊对闸门的冲击力。

2.3.8 泵站进口宜设拦污栅、检修闸门，出口应选择可靠断流方式，可选用拍门或平面快速闸门，在出口尚宜设事故闸门或检修闸门。根据当地污物特点，必要时，进口亦可设两道拦污栅和清污机。

2.4 引水发电系统

2.4.1 当机组或钢管要求闸门作事故保护时，坝后式电站的进水口应设置快速闸门和检修闸门；引水式电站，除在压力管道进口处设快速闸门外，宜在长引水道进口处设置事故闸门。

河床式水电站的进水口，当机组有可靠防飞逸装置，只需设置事故闸门和检修闸门。

小型电站可适当简化。

2.4.2 对设于调压井中的事故闸门，应考虑涌浪对闸门的停放和下降的影响。必要时，应进行专门研究。

2.4.3 快速闸门的关闭时间，应满足机组和钢管的保护要求，快速闸门下降速度，在接近底槛时，不宜大于 5 m/min。

快速闸门启闭机，应能就地操作和远方操作，并应配有可靠电源和准确的开度指示控制器。

2.4.4 电站进水口应设有可靠的测水位差设施，以便监视拦污栅前后的水位差，以及事故闸门、检修闸门在开启前的平压情况。

2.4.5 拦污设施的布置型式，应根据河流中污物的性质、数量以及对清污的要求等来确定。

在污物较少的地区，可设置一道拦污栅。

在污物较多的地区，宜考虑排污设施，并宜考虑设两道拦污栅或采用连通式布置。此外尚应设置有效的清污设施及卸污设施。

所有的拦污栅均宜设置可靠的清污平台。

在寒冷地区，必要时应采取有效措施，以防止栅条结冰或冰屑堵塞。

2.4.6 抽水蓄能电站上池进水口宜设拦污栅、检修闸门(或事故闸门)。机组下游尾水系统，当属长尾水洞时，除在尾水洞出口处设检修闸门与拦污栅外，尚宜在尾水肘形管段与尾水调压井之间设一道事故闸门(或检修闸门)。当属短尾水洞时，可在尾水洞出口处设检修闸门(或事故闸门)与拦污栅。拦污栅设计应考虑双向水流作用下的水动力影响。

2.4.7 贯流式机组电站的进水口宜设拦污栅、检修闸门(或事故闸门)，尾水出口宜设事故闸门(或检修闸门)。拦污栅设计应采取减少水头损失的措施，同时尚应考虑水动力影响，必要时，可设清污机。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

3 荷 载

3.0.1 作用在闸门上的荷载，按设计条件和校核条件划分为两类，即设计荷载和校核荷载。

3.0.2 设计荷载包括以下各项：

(1)闸门自重(包括加重)；
(2)设计水头下的静水压力；
(3)设计水头下的动水压力；
(4)设计水头下的波浪压力；
(5)设计水头下的地震动水压力；
(6)设计水头下的水锤压力；
(7)泥沙压力；
(8)风压力；
(9)启闭力。

3.0.3 校核荷载包括以下各项：

(1)闸门自重(包括加重)；
(2)校核水头下的静水压力；
(3)校核水头下的动水压力；
(4)校核水头下的波浪压力；
(5)校核水头下的地震动水压力；
(6)校核水头下的水锤压力；
(7)泥沙压力；
(8)风压力；
(9)冰、漂浮物和推移物的撞击力；
(10)温度荷载；
(11)启闭力。

3.0.4 闸门有特殊要求时(如水下爆破等)，应专门研究作用在闸门上的荷载。

3.0.5 高水头下经常动水操作或经常局部开启的工作闸门，设计时应考虑闸门各部件承受不同程度的动力荷载，可按闸门不同型式及其水流条件，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。动力系数取值范围为 1.0～1.2。

大型工程中水流条件复杂的重要工作闸门，其动力系数应作专门研究。

当进行闸门刚度验算时，不考虑动力系数。

3.0.6 作用在闸门上的荷载，可按照附录 D 和按 8.1 有关公式进行计算。

4 材料及容许应力

4.1 材料

4.1.1 闸门承重结构的钢材，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。可采用平炉或氧气转炉 Q235、16Mn、16Mnq，其质量标准应分别符合现行标准《碳素结构钢》(GB 700)、《低合金结构钢》(GB 1591)、《桥梁建筑用热轧碳素钢》(GB 714)的规定要求，并

网易 Netease 企业应用事业部 (IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

根据不同情况按表 4.1.1 选用。

表 4.1.1 闸门及埋件采用的钢号

项次	使用条件		计算温度（℃）	钢号	
1	闸门部分	大型工程的工作闸门，大型工程的重要事故闸门，局部开启的工作闸门	— 20 0 —20	Q235A Q235B Q235C Q235D	16Mn、16Mnq
2		中、小型工程不作局部开启的工作闸门，其他事故闸门	等于或低于—20	Q235A、Q235B、Q235C、Q235D，16Mn、16Mnq	
3			高于—20	Q234AF 16Mn	
4		各类检修闸门、拦污栅	高于—30	Q235AF 16Mn	
5	埋件部分	主要受力埋件	—	Q235AF	
6		按构造要求选择的埋件	—	Q195	

注：1. 当有可靠根据时，可采用其他钢号。对无证明书的钢材，经试验证明其化学成分和机械性能符合相应标准所列钢号的要求时，可酌情使用；
2. 低温地区的焊接结构采用沸腾钢时，板厚不宜过大；
3. 非焊接结构的钢号，可参照表 4.1.1 选用；
4. 计算温度应按现行《采暖通风和空气调节设计规范》中规定的冬季空气调节室外计算温度确定；
5. 本规范中所谓大型工程，指一、二等工程；中型工程指三等工程；小型工程指四、五等工程。

4.1.2 闸门承重结构的钢材，应保证其抗拉强度、屈服点、伸长率和硫、磷的含量合乎要求，对焊接结构尚应保证碳的含量合乎要求。

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。

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。对 Q235 各钢号的相应计算温度，见表 4.1.1。

承受动载的非焊接结构钢材，必要时，也应具有冲击试验的合格保证。

4.1.3 闸门支承结构（包括主轨）的铸钢件，可采用：

（1）现行《一般工程用铸造碳钢件》（GB 11352）中规定的 ZG230—450、ZG270—500、ZG310—570、ZG340—640 铸钢；

（2）现行《合金铸钢》（JB/ZQ4297）中规定的 ZG35CrMo、ZG50Mn2、ZG34CrNi3Mo 等合金铸钢。

4.1.4 闸门所采用的铸铁件，应符合现行《灰铸铁件》（GB 9439）中规定的各项要求。

注：闸门加重使用的铸铁件，其牌号不限，但应保证其密度。

4.1.5 闸门的吊杆轴、连接轴、主轮轴、支铰轴和其他轴，可采用：

（1）现行《优质碳素结构钢》（GB 699）中规定的 35 号、45 号钢；

（2）现行《碳素结构钢》（GB 700）中规定的 Q275 钢；

（3）现行《合金结构钢》（GB 3077）中规定的 35Mn2、40Cr、34CrNi3Mo 等合金钢。

4.1.6 闸门支承滑道和止水座板所使用的不锈材料，宜采用现行《不锈钢热轧钢板》（GB 4237）中规定的 1Cr18Ni9 或 1Cr18Ni9Ti 不锈钢。

4.1.7 闸门止水材料，可根据运行条件采用橡皮止水或橡塑复合止水，其性能指标参见附录 E。

4.1.8 闸门支承所用的压合胶木、填充聚四氟乙烯板材、钢基铜塑复合材料，其性能参见附录 F。

闸门支承和零件所用的青铜，其性能应符合现行《铸造铜合金技术条件》（GB 1176）中规定的各项要求。

4.1.9 埋设件二期混凝土的标号，可采用 C20～C30 号，同时应根据运行条件和地区温度提出抗渗

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

和抗冻标号要求。

4.1.10 手工焊接用焊条应符合现行《碳钢焊条》(GB 5117)、《低合金钢焊条》(GB 5118)、《不锈钢焊条》(GB 983)中规定的要求。选择的焊条型号应与主体金属强度相适应。

4.1.11 自动焊和半自动焊应采用与主体金属强度相适应的焊丝和焊剂。焊丝应符合现行《焊接用钢丝》(GB 1300)、《碳素钢埋弧焊用焊剂》(GB 5293)中规定的要求。

4.1.12 锚筋或锚板的材料可采用现行《碳素结构钢》(GB 700)中规定的Q235。

4.1.13 高强度螺栓连接副应符合现行《钢结构用高强度大六角头螺栓》(GB 1228)、《钢结构用高强度大六角螺母》(GB 1229)、《钢结构用高强度垫圈》(GB 1230)、《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 1231)、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副型式尺寸》(GB 3632)、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》(GB 3633)中规定的要求。

4.2 容许应力

4.2.1 钢材的容许应力应根据表4.2.1—1的尺寸分组，按表4.2.1—2采用。连接材料的容许应力按表4.2.1—3、表4.2.1—4采用。

对下列情况，表4.2.1—2至表4.2.1—4的数值应乘以调整系数：

(1)大、中型工程的工作闸门及重要的事故闸门0.9～0.95；

(2)在较高水头下经常局部开启的大型闸门0.85～0.9；

(3)规模巨大且在高水头下操作而工作条件又特别复杂的工作闸门0.8～0.85。

注：1.上述调整系数不连乘。

2.特殊情况，另行考虑。

表4.2.1—1 钢材的尺寸分组

组别	钢材尺寸(mm)		
	Q215、Q235		16Mn、16Mnq
	钢材厚度(直径)	型钢和异型钢的厚度	钢材厚度(直径)
第1组	≤16	≤15	≤16
第2组	>16～40	>15～20	>16～25
第3组	>40～60	>20	>25～36
第4组	>60～100	—	>36～50
第5组	>100～150	—	>50～100方、圆钢
第6组	>150	—	—

注：1.型钢包括角钢、工字钢和槽钢；

2.工字钢和槽钢的厚度系指腹板厚度。

表4.2.1—2 钢材的容许应力 N/mm²

钢材			抗拉、抗压和抗弯 $[\sigma]$	抗剪 $[\tau]$	局部承压 $[\sigma_{cd}]$	局部紧接承压 $[\sigma_{cj}]$
钢种	钢号	组别				
碳素结构钢	Q215	第1组	145	90	220	110
		第2组	135	80	200	100
		第3组	125	70	190	95
		第4组	120	65	180	90
		第5组	115	60	170	85
		第6组	110	55	160	80

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

钢材			抗拉、抗压和抗弯 $[\sigma]$	抗剪 $[\tau]$	局部承压 $[\sigma_{ce}]$	局部紧接承压 $[\sigma_{cj}]$
钢种	钢号	组别				
碳素结构钢	Q235	第1组	160	95	240	120
		第2组	150	90	230	115
		第3组	145	85	220	110
		第4组	135	80	210	105
		第5组	130	75	200	100
		第6组	125	70	190	95
低合金结构钢	16Mn、16Mnq	第1组	230	135	350	175
		第2组	220	130	330	165
		第3组	205	120	310	155
		第4组	190	110	290	145
		第5组	180	105	270	135

注：1. 局部承压应力不乘调整系数；
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；
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 4.2.1—3 焊缝的容许应力 N/mm²

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝					贴角焊缝
	钢号	组别	抗压 $[\sigma_c^h]$	抗拉 $[\sigma_l^h]$			抗剪 $[\tau^h]$	抗拉、抗压和抗剪 $[\tau_l^h]$
				1. 当用自动焊时	2. 当用半自动焊或手工焊时，焊缝质量的检查为			
					(1)精确方法	(2)普通方法		
自动焊、半自动焊和用E43××型焊条的手工焊	Q215	第1组	145	145	145	125	85	105
		第2组	130	130	130	110	75	95
		第3组	125	125	125	105	70	90
	Q235	第1组	160	160	160	135	95	115
		第2组	150	150	150	120	90	105
		第3组	145	145	145	115	85	100
自动焊、半自动焊和用E50××型焊条的手工焊	16Mn 16Mnq	第1组	230	230	230	200	135	160
		第2组	220	220	220	190	130	150
		第3组	205	205	205	175	120	140
		第4组	190	190	190	165	110	130

注：1. 检查焊缝质量的普通方法系指外观检查、测量尺寸、钻孔检查等方法；精确方法是在普通方法的基础上，用“X”射线、超声波等方法进行补充检查；
2. 仰焊焊缝的容许应力按上表降低 20 %；
3. 安装焊缝的容许应力按上表降低 10 %。

4.2.2 机械零件的容许应力按表 4.2.2 采用(机械零件系指吊耳、连接、支承部分的零部件和铸、锻造主轨等)。

4.2.3 灰铁铸件的容许应力按表 4.2.3 采用。

4.2.4 轴套的承压容许应力按表 4.2.4 采用。

4.2.5 埋设件一、二期混凝土的承压容许应力按表 4.2.5 采用。

4.2.6 木材的横纹承压容许应力按表 4.2.6 采用。

4.2.7 钢材和钢铸件的物理性能按表 4.2.7 采用。

网易 Netease 企业应用事业部 (IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 4.2.1—4 普通螺栓连接的容许应力 N/mm²

螺栓的钢号	构件钢材		精制螺栓			粗制螺栓			锚栓
	钢号	组别	抗拉	抗剪（Ⅰ类孔）	承压（Ⅰ类孔）	抗拉	抗剪	承压	抗压
			$[\sigma_t^l]$	$[\tau^l]$	$[\sigma_c^l]$	$[\sigma_t^l]$	$[\tau^l]$	$[\sigma_c^l]$	$[\sigma_t^d]$
Q235			125	130	—	125	85	—	105
16Mn			185	190	—	185	125	—	150
碳素结构钢	Q215	第1组	—	—	265	—	—	175	—
		第2组	—	—	240	—	—	160	—
		第3组	—	—	—	—	—	—	—
	Q235	第1组	—	—	290	—	—	190	—
		第2组	—	—	275	—	—	185	—
		第3组	—	—	—	—	—	—	—
低合金钢	16Mn 16Mng	第1组	—	—	420	—	—	280	—
		第2组	—	—	395	—	—	265	—
		第3组	—	—	370	—	—	250	—
		第4组	—	—	345	—	—	235	—

注：1. 孔壁质量属于下列情况者为Ⅰ类孔；
(1)在装配好的构件上按设计孔径钻成的孔；
(2)在单个零件和构件上按设计孔径分别用钻模钻成的孔；
(3)在单个零件上先钻成或冲成较小的孔径，然后在装配好的构件上扩钻至设计孔径的孔；
2. 当螺栓直径大于 40 mm 时，螺栓容许应力应予降低，对于 Q235 降低 4 %，对于 16Mn 降低 6 %。

4.2.8 表 4.2.1—2、表 4.2.1—3、表 4.2.1—4、表 4.2.2 的容许应力值：在校核条件下提高 15 %；在特殊情况下，除局部应力外，不超过 0.85 σ_S。

表 4.2.2 机械零件的容许应力 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	Q275	16Mn	35	45	ZG230—450	ZG270—500	ZG310—570	ZG340—640	ZG50Mn2	ZG35CrMo	35Mn2	40Cr
抗拉、抗压和抗弯	$[\sigma]$	100	120	140	130	145	115	120	140	150	190	170 (235)	130 (280)	(320)
抗剪	$[\tau]$	65	75	90	85	95	85	90	105	115	150	130 (180)	85 (190)	(215)
局部承压	$[\sigma_{cd}]$	150	180	210	195	220	170	180	200	220	280	250 (345)	195 (430)	(485)
局部紧接承压	$[\sigma_{cj}]$	80	95	110	105	120	90	95	110	120	155	135 (190)	105 (230)	(265)
孔壁抗拉	$[\sigma_k]$	120	145	180	150	170	130	140	155	170	220	190 (265)	150 (330)	(375)

注：1. 括号内为调质处理后的数值。
2. 孔壁抗拉容许应力系指固定结合的情况；若系活动结合，则应按表值降低 20 %。
3. 表列“合金结构钢”的容许应力，适用于钢材厚(径)不大于 25 mm 者。如由于厚度影响，屈服点有减少时，各类容许应力，可按屈服点减少比例予以减少。

表 4.2.3 灰铸铁的容许应力 N/mm²

应力种类	符号	灰铸铁牌号		
		HT15—33	HT20—40	HT25—47
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	$[\sigma_{cd}]$	170	210	260
局部紧接承压	$[\sigma_{cj}]$	60	75	90

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 4.2.4 轴套的容许应力 N/mm²

轴和轴套的材料	符号	径向承压
钢对 10—1 铸锡磷青铜	$[\sigma_{cg}]$	40
钢对 9—4 铸铝铁青铜		50
钢对钢基铜塑复合材料		40

表 4.2.5 混凝土的容许应力 N/mm²

应力种类	符号	混凝土标号			
		C15	C20	C25	C30
承压	$[\sigma_h]$	5	7	9	11

表 4.2.6 木材的容许应力 N/mm²

应力种类	符号	针叶材		阔叶材	
		东北落叶松	红松	木[栎木]	桦木
横纹承压	$[\sigma_{wh}]$	1.7	1.3	3	2.2

表 4.2.7 钢材和铸钢件的物理性能

材料名称	弹性横量 E (N/mm²)	剪切模量 G (N/mm²)	线胀系数 α (K^{-1})	质量密度 ρ (kg/m³)
钢材、铸钢件	2.06×10^5	0.79×10^5	1.2×10^{-5}	7850

5 结构设计

5.1 结构布置

5.1.1 闸门的梁系宜采用同一层的布置方式，并应考虑制造、运输、安装和防锈等方面的要求。

5.1.2 平面闸门可按孔口型式及宽高比布置成双主梁或多主梁型式。

主梁布置应考虑下列因素：

(1)主梁宜按等荷载要求布置；

(2)主梁间距应适应制造、运输和安装的条件；

(3)主梁间距应满足行走支承布置的要求；

(4)底主梁到底止水的距离应符合底缘布置的要求。工作闸门和事故闸门下游倾角应不小于30°；当闸门支承在非水平底槛上时，其夹角可适当增减。当不能满足30°的要求时，应采取适当补气措施；对于部分利用水柱的平面闸门，其上游倾角不应小于45°，宜采用60°(图5.1.2)。

5.1.3 露顶式的双主梁平面闸门，主梁宜布置在静水压力合力线上下等距离的位置上，如图5.1.3所示。同时应注意：

(1)两主梁间的距离 a 值要尽量大些；

(2)上主梁到闸门顶缘的距离：a_0 小于 $0.45H$，且不宜大于3.6 m。

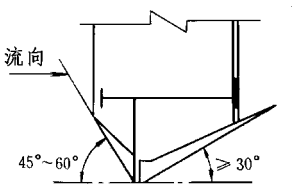


图 5.1.2

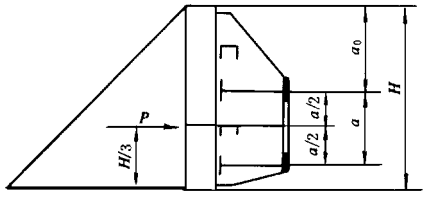


图 5.1.3

5.1.4 主梁可按跨度和荷载采用实腹式或桁架式梁。

实腹式主梁高度的初选，应满足最小梁高的要求，并参考经济梁高综合分析而定。

为缩减门槽的尺寸和节约钢材，大跨度闸门可采用变截面的主梁，其端部梁高为跨中的(0.4～0.6)倍。梁高改变的位置宜距离支座(1/4～1/6)跨度处，同时应满足强度的要求。

5.1.5 平面闸门的边梁，应采用实腹梁型式，滑动支承宜采用单腹板式边梁；简支轮支承宜采用双

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

腹板式边梁。

5.1.6 为使闸门具有一定的刚度，应设置门背联接系（平行于面板）及竖向联接系（垂直于面板）。

门背联接系宜采用桁架式结构或框架式结构。竖向联接系宜采用实腹式结构，也可采用桁架式结构。

5.1.7 弧形闸门面板曲率半径与闸门高度的比值可取为：

露顶式 1.0～1.5

潜孔式 1.1～2.2

弧形闸门支铰宜布置在过流时支铰不受水流及漂浮物冲击的高程上；

溢流坝上的露顶式弧形闸门，支铰位置可布置在闸门底槛以上 $1/2H\sim3/4H$ 处（H 为门高）；

水闸的露顶式弧形闸门，支铰位置可布置在闸门底槛以上 $2/3H\sim H$ 处；

深孔式弧形闸门，支铰位置可布置在底槛以上大于 $1.1H$ 处。

5.1.8 弧形闸门主梁的布置，可根据孔口宽高比布置成主横梁或主纵梁式结构。

宽高比较大的弧形闸门，宜采用主横梁式结构，宽高比较小的弧形闸门，可采用主纵梁式结构。

5.1.9 主横梁式弧形闸门的主框架型式有图 5.1.9 所示（a）、（b）、（c）三种型式：

当支承条件许可时，宜采用（a）型，当支承在侧墙上时，应采用（b）型，l_1 宜取 $0.2L$ 左右。

当孔口净空不适应采用（a）型或（b）型时，可采用（c）型。

主纵梁式弧形闸门的主框架型式，可采用图 5.1.9 中的（d）型。

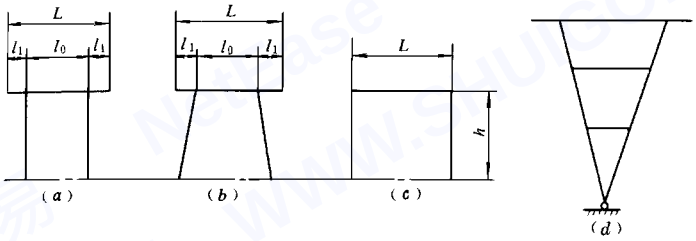


图 5.1.9

5.1.10 弧形闸门实腹式的主横梁与支臂的单位刚度比 K_0 值，可选用 3～11（斜支臂 3～7，直支臂 5～11）。K_0 值按下式计算

$$K_0=\frac{I_{\text{m}}h}{I_{\text{h}}l_0} \tag{5.1.10}$$

式中 I_{m}、l_0——主横梁的截面惯性矩及计算跨度；

I_{h}、h——支臂的截面惯性矩及长度。

5.1.11 斜支臂弧形闸门，当支臂与主横梁水平连接时，在支铰处两支臂夹角平分线的垂直剖面上形成扭角 2（图 5.1.11）。角可用下式计算

$$=\text{tg}^{-1}\left(\frac{\text{tg}\theta 15\sin\alpha}{\sqrt{\cos^2\theta-\sin^2\alpha}}\right) \tag{5.1.11}$$

式中 α——斜支臂水平偏斜角度；

θ——上下两支臂夹角的一半。

5.1.12 弧形闸门的支臂与主横梁应保证刚性连接。斜支臂与主横梁如采用螺栓连接，宜设抗剪板。抗剪板与连接板两端面应保证接触良好（图 5.1.12）。

5.1.13 低水头弧形闸门的支臂，可根据具体工作条件，从结构上采取下列措施：

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

(1)应充分注意主框架平面外的刚度，并从构造上予以保证；

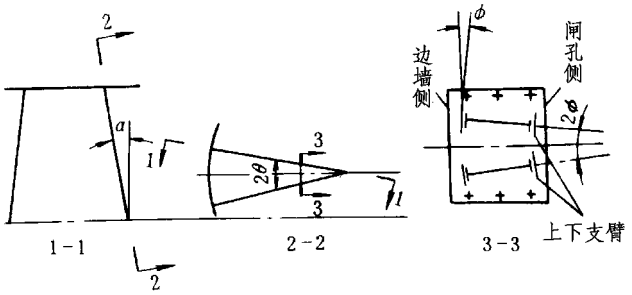


图 5.1.11

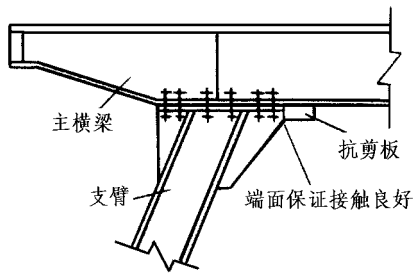


图 5.1.12

(2)适当考虑支铰摩阻力对支臂所引起的附加弯矩；

(3)露顶式弧形闸门的上支臂宜适当加强。

5.1.14 为便于操作叠梁闸门，应考虑叠梁间的互换性，并力求减少漏水量。选用浮式叠梁或浮箱闸门时，应使结构布置对称，保证闸门操作平稳。浮式叠梁的单根浮力要选择适当，以保证按要求沉浮。

5.1.15 拱形闸门拱的圆心角宜采用 90°，闸门的水平剖面及竖直剖面应设置联接系，以保证闸门有足够的刚度。

5.2 结构计算

5.2.1 闸门的结构计算，应按 1.0.6 规定的计算原则及 3.0.2～3.0.5 规定的荷载，并按照实际可能发生的最不利的荷载组合情况，对闸门的设计条件和校核条件进行强度、刚度和稳定性验算。

5.2.2 强度验算：对于闸门承重构件和连接件，应验算正应力和剪应力。在同时受较大正应力和剪应力作用处，尚应验算折算应力。

计算的最大应力值不得超过容许应力的 5 %。

弧形闸门的纵向梁系和面板，可忽略其曲率影响，近似按直梁和平板进行验算。

5.2.3 刚度验算：应验算受弯构件的挠度。最大挠度与计算跨度之比，不应超过下列数值：

(1)潜孔式工作闸门和事故闸门的主梁 1/750

(2)露顶式工作闸门和事故闸门的主梁 1/600

(3)检修闸门和拦污栅的主梁 1/500

(4)次梁 1/250

5.2.4 稳定验算：对受弯、受压和偏心受压构件，应验算整体稳定和局部稳定性。

5.2.5 闸门构件的长细比，不应超过下列数值：

(1)受压构件的容许长细比：

主要构件	120
次要构件	150
联系构件	200

(2)受拉构件的容许长细比：

主要构件	200
次要构件	250
联系构件	350

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

5.2.6 面板及其参与梁系有效宽度的计算：

(1)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）大于1.5，并将长边布置在沿主梁轴线方向。

(2)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（对于露顶式闸门的顶区格按三角形荷载）计算。

初选面板厚度 δ 按下式计算：

$$\delta = a\sqrt{\frac{k_y q}{\alpha[\sigma]}} \quad (\text{mm}) \tag{5.2.6—1}$$

式中 k_y——弹塑性薄板支承长边中点弯应力系数，按附录G表G1～表G3采用；

α——弹塑性调整系数，$b/a > 3$ 时，$\alpha = 1.4$；$b/a \leqslant 3$ 时，$\alpha = 1.5$；

q——面板计算区格中心的水压力强度，N/mm^2；

a、b——面板计算区格的短边和长边长度，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4.2.1—2采用。

(3)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，其有效宽度可按附录G计算。

(4)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} 可按附录G公式(G1)或公式(G2)计算。σ_{zh} 应满足下式要求：

$$\sigma_{zh} \leqslant 1.1\alpha[\sigma] \tag{5.2.6—2}$$

计算所得厚度，尚应根据工作环境、防腐条件等因素，增加1～2 mm腐蚀裕度。

5.2.7 弧形闸门支臂的计算长度，当验算支臂在框架平面内的稳定时，其计算长度按下式计算

$$h_0 = \mu h \tag{5.2.7}$$

式中 h_0——支臂的计算长度；

h——支臂的长度（由框架的形心线算起）；

μ——支臂的计算长度系数。对主横梁式的矩形框架或梯形框架的支臂，其计算长度系数可取1.2～1.5；对主纵梁式多层三角形框架的支臂，其计算长度系数可取1.0。

5.2.8 闸门承重构件的钢板厚度或型钢截面不得小于：

(1)6 mm的钢板；

(2)L50 mm×6 mm的等边角钢；

(3)L63 mm×40 mm×6 mm的不等边角钢；

(4)I12.6的工字钢；

(5)[8的槽钢。

小型工程的闸门，可不受此限。

5.3 拦污栅

5.3.1 拦污栅的设计荷载，应根据河流污物性质、数量及清污措施决定。引水发电系统的拦污栅，宜采用水位差2～4 m设计，特殊情况具体分析确定。

5.3.2 在满足保护机组的前提下，栅条的净距应适当加大，以便于清污和减小水头损失。

5.3.3 拦污栅宜作成活动式，以便提出孔口维修、更换。

5.3.4 栅条截面高度不宜大于12倍厚度，也不宜小于50 mm。栅条的侧向支承间距，不宜大于70

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

倍栅条厚度。

5.3.5 栅条应进行强度及稳定性验算，其稳定安全系数 K 不应小于 2。栅条临界荷载计算参见附录 H。

5.3.6 拦污栅的承重结构，应根据布置及构造情况进行内力分析，并按 5.2 进行各项验算。

6 零部件设计

6.1 一般规定

6.1.1 铸件设计应注意铸件的工艺性，并符合铸件结构要素的要求。

锻件和加工件的设计应符合规范和有关结构要素的要求。

6.1.2 主轮、支铰和吊耳的轴，其表面宜镀铬，也可根据具体工作条件采用其他镀层等防腐蚀措施。

处于水下工作的其他轴、螺栓和螺母等，或需经常拆卸的连接件宜做防腐蚀处理。腐蚀情况严重的重要连接件，也可采用不锈钢材料。

注：小型闸门可根据具体条件，采取相应的防腐蚀措施。

6.1.3 滚轮、支铰的轴和轴套间应有良好的润滑。

固定轴上或其他活动部位，应设油孔、油槽、油塞等。油槽可设在非承压区侧。

滚动轴承或在多泥沙水中工作的滑动轴承，除应采取润滑外，尚宜设密封装置，并应设排油孔。

润滑设施应便于加油。

6.2 行走支承

6.2.1 平面闸门行走支承的型式，应根据工作条件、荷载和跨度选定。工作闸门和事故闸门宜采用滚轮或滑道支承。检修闸门和启闭力不大的工作闸门，可采用钢或铸铁等材料制造的滑块支承。

6.2.2 常用的滚轮支承有悬臂轮、简支轮、多滚轮和台车等类型，一般多采用简支轮；当荷载不大时，可采用悬臂轮；当支承跨度较大时，可采用台车或其他型式支承，以保证轮子与轨道的接触良好；当荷载较大时，也可采用多滚轮。

滚轮硬度应略低于轨道硬度。

当轮压较大时，应对滚轮、轨道的材料及其硬度和制造工艺进行专门研究。

6.2.3 闸门上布置多滚轮时，为调整滚轮踏面在同一平面上，宜采用偏心轴。

6.2.4 作用在滚轮上的最大设计荷载，应按计算最大轮压考虑一定的不均匀系数，对于简支轮和设有偏心轴的多滚轮，可采用 1.1，其他特殊情况，另行研究。

6.2.5 采用钢、铸铁或尼龙等滑块时，应根据其构造、形状和接触特性，验算接触应力和连接螺栓的强度。

6.2.6 工作闸门和事故闸门的滑道支承，可根据工作条件和地区特点，宜选用压合胶木、填充聚四氟乙烯板材、填充尼龙和钢基铜塑复合板或其它高比压低摩阻材料。

6.2.7 压合胶木和钢基铜塑复合材料滑道的单位压强，宜选用 1.5～3.5 kN/mm，如超过 3.5 kN/mm时，应对材料、制造等作专门研究。

填充聚四氟乙烯板滑道的单位压强宜选用 1～2 kN/mm。

6.2.8 压合胶木和填充聚四氟乙烯板材以公盈尺寸压入夹槽时，在夹槽两侧产生的压力应进行计算，并按此压力验算夹槽各部位的强度（参见附录 I）。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

6.2.9 弧形闸门的支铰型式，应根据闸门的荷载、跨度和支臂型式选定。宜采用圆柱铰，也可选用锥形铰、双圆柱铰或球铰。

6.2.10 滚轮、支铰的滑动轴套，根据工作条件宜选用钢基铜塑复合板轴套、青铜轴套或其它高比压低摩阻材料的轴套。

滚轮也可选用滚动轴承。

6.2.11 各类行走支承的计算，可根据其结构特点进行，主滚轮接触应力的验算，按附录J进行。

侧、反向支承可根据闸门的尺寸、水压力大小、吊点、门槽型式以及采用滚轮或滑块等情况，按标准系列选用。

6.3 吊耳、吊杆、锁定

6.3.1 闸门采用单吊点或双吊点，应根据孔口大小、宽高比、启闭力、闸门及启闭机布置型式等因素综合考虑确定。

当宽高比大于1.0时，宜采用双吊点。

6.3.2 直升式平面闸门的吊耳应设置在闸门隔板或边梁的顶部，并应布置在闸门重心线上。电站尾水检修闸门的吊耳，可稍偏向止水侧，以提高止水效果。

露顶式弧形闸门的吊耳，宜布置在闸门下主梁与支臂交点的面板前面，也可布置在面板后面下主梁两端。

潜孔式弧形闸门的吊耳，宜布置在门顶。

6.3.3 作用在吊耳、吊杆、连接轴、连接板和连接螺栓上的荷载，应按所选启闭机的启闭力(对操作多种类型闸门的移动式启闭机，应取各门相应的计算启闭力)乘以1.1～1.2的超载系数计算，以考虑闸门启闭时的超载或不均匀影响。潜孔闸门上的吊耳，因工作条件复杂，除考虑上述系数外，尚应予以适当增强。

6.3.4 闸门的启闭操作，仅在下列情况采用吊杆：

(1)用自动挂脱梁有困难时；

(2)为避免启闭机滑轮组长期浸在水中时；

(3)当采用螺杆或液压启闭机扬程不够时；

(4)经综合比较造价低、材料耗量少时。

6.3.5 吊杆的分段长度，应按孔口高度、启闭机的扬程和对吊杆装拆、换向等要求确定。

6.3.6 吊耳的宽度、厚度与孔径的关系尺寸及吊杆、吊耳的计算，参照附录K进行。

6.3.7 为保证吊杆轴孔和轴的接触紧密，又便于装卸连接轴，宜将轴孔做成梨形孔(小圆应尽量接近180°，如图6.3.7)。

对荷载不大的吊杆，可将其轴孔加大1 mm。

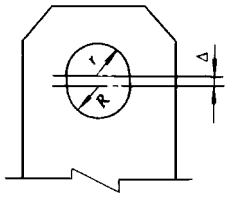


图6.3.7

6.3.8 锁定的构造应满足操作方便，安全可靠的要求。操作锁定，应在锁定平台或检修平台上进行。有条件时，宜选用自动，半自动锁定器。

锁定的结构型式应按不同用途进行设计。

6.3.9 作用在锁定上的荷载，应按其不同用途而定，供闸门检修或存放用的锁定，应考虑闸门自重、加重、风荷载以及操作时可能引起的荷载。

对于供闸门局部开启用的锁定，尚应考虑闸门在动水中可能产生的吸力和脉动荷载。

6.3.10 锁定的活动和埋设部分，应按其受力及构造情况验算其强度、锚固与稳定性。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

6.4 止水装置

6.4.1 闸门止水装置宜设在闸门活动部分上，以便维修更换，如需将止水安设在埋件上，则应提供其维修更换的条件。

各部位的止水装置应具有连续性和严密性。

6.4.2 对于大跨度上游止水的潜孔闸门，其顶止水应考虑顶梁弯曲变形的影响。

应注意防止潜孔闸门顶止水橡皮在启闭过程中的翻卷现象。顶止水压板靠橡皮头的边缘宜做成翘头形式。

6.4.3 闸门止水橡皮应预留压缩量。顶、侧止水橡皮的预留压缩量宜取 2～4 mm。

6.4.4 闸门的顶、侧止水，可用圆头“P”或“Ω”型断面的橡皮；潜孔和露顶式弧形闸门的侧止水，可分别采用方头“P”型和“L”型断面的橡皮；底止水宜采用刀型橡皮。对于高水头弧形闸门止水型式，可根据运用条件进行研究和试验确定。

止水压板的厚度不宜小于 10 mm，小型闸门可适当减薄。

固定止水的螺栓间距宜小于 150 mm。

6.4.5 高水头弧形闸门的顶止水宜设置两道，即门上和门楣上各一道。

门楣上的止水和面板弧度的配合精度，应满足闸门启闭过程中的止水要求。

6.4.6 采用不锈钢板制造顶、侧止水座板时，其加工后的厚度不小于 4 mm。

止水座板应与所在的埋件做成一个整体，其构造型式应满足止水座板焊接、加工等要求。

6.5 焊接和螺栓连接

6.5.1 在设计中，焊缝的布置应尽量对称于构件的重心。不得任意加大焊缝，并应避免焊缝立体交叉和在一处集中多条焊缝。

闸门及埋件结构，不得采用间断焊缝。

6.5.2 在闸门的结构及焊接件设计中应考虑施焊的方便、焊条角度的要求及烟雾的顺利逸出。

6.5.3 承受动载或在低温(低于 0 ℃)下工作的闸门，其主梁翼缘与腹板间，主梁腹板与边梁腹板间，支臂与两端支承板及承受弯矩段腹板与翼缘间的 T 型焊缝，应予焊透，焊缝质量不低于二级焊缝标准。腹板边缘尚应根据板厚和施焊条件进行加工。

对于低温工作的二级焊缝，焊接接头尚应进行冲击试验。

6.5.4 承受主要荷载的结构，不得采用塞焊连接。

6.5.5 普通螺栓连接宜用半精制螺栓。承受动荷载的剪力时，宜采用铰制孔螺栓。

6.5.6 当计算和构造要求不宜采用普通螺栓连接，而在制造、安装方面又有条件时，宜采用高强度螺栓。

6.5.7 焊接、螺栓连接的构造要求，可按现行《钢结构设计规范》(GBJ 17)的有关规定进行。

7 埋件设计

7.0.1 闸门埋件必须能将闸门所承受的荷载安全地传递到混凝土(或其他材料)中去。

为保证闸门启闭灵活，门槽混凝土面与门体间应有不小于 100 mm 的距离。

7.0.2 闸门埋件应采用二期混凝土安装，二期混凝土宜有足够尺寸。有条件时，也可采用预制门槽安装。

7.0.3 对用于安装埋件和锚固二期混凝土的锚筋，其直径不宜小于 ϕ16 mm，伸出一期混凝土面的

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

长度不宜小于 150 mm。

对于低水头小孔口闸门埋件所用的锚筋，其直径及外伸长度可适当减小。

为适应钢滑模板施工，一期锚筋也可采用锚板型式。但在构造上应加强锚板与二期混凝土的锚固措施。

7.0.4 多泥沙河流上的排沙泄水孔闸门的门槽埋件及其附近的衬护，应结合抗磨损和抗空蚀的要求进行设计。

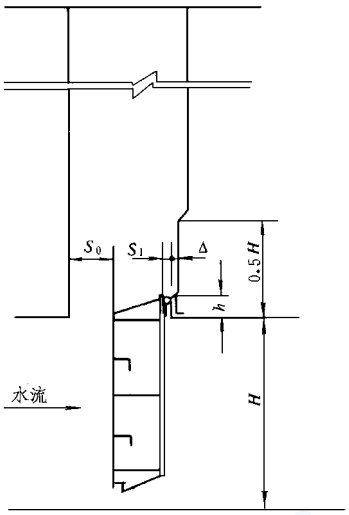
当水流中有大量推移质过闸时，闸孔底部应采取相应的衬护措施。

7.0.5 埋件分段时应考虑制造、运输和安装对其长度的限制及其本身刚度的要求。

7.0.6 闸门底槛埋件宜采用工字型断面。当水头较高时，为增加底槛埋件与混凝土的接触面并使其嵌固良好，底槛埋件的断面尺寸应适当增大。

低水头小孔口闸门的底槛埋件可适当简化。

7.0.7 电站进水口利用水柱下降的事故闸门，胸墙和门楣的相关尺寸，可按图 7.0.7 所示尺寸采用。对于大型电站的事故闸门，宜通过模型试验确定胸墙和门楣的相关尺寸。



$S_0 \geqslant 5S_1$；$\Delta = 100$ mm 或 $\Delta \approx S_1$；
$h = (0.05 \sim 0.1)H$ 但不小于 300 mm；
S_1 尽量小

图 7.0.7

7.0.8 胶木滑道和填充聚四氟乙烯板滑道轨道的轨头设计宽度 S 和轨顶弧面半径 R（图 7.0.8），可按表 7.0.8—1、表 7.0.8—2 采用。

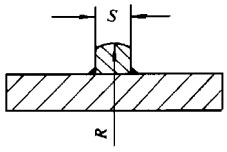


图 7.0.8

7.0.9 潜孔式平面工作闸门和事故闸门门槽主轨的高度，应根据使用条件确定，可按(1.5～2.0)的孔口高度选用。

为便于闸门的入槽，轨道顶部应设导向坡度。

7.0.10 平面闸门门槽主轨的强度，可参照附录 L 验算。

反轨、侧轨可按构造要求选择。

7.0.11 露顶式弧形闸门的支铰，宜支承在钢筋混凝土牛腿上；潜孔弧形闸门的支铰，可支承在钢梁上。

表 7.0.8—1 胶木滑道

荷　载 (kN/mm)	1.0 以下	1.0～2.0	2.0～3.5
轨道弧面半径 R (mm)	100	150	200
轨头设计宽度 S (mm)	25	35	40

表 7.0.8—2 填充聚四氟乙烯板滑道

荷　载 (kN/mm)	<1.0	1.0～2.0
轨道弧面半径 R (mm)	300	400
轨道设计宽度 S (mm)	40	50

7.0.12 平面闸门门槽的上、下游两侧，宜设置金属护角。护角设置高度，应根据其工作条件确定。

7.0.13 设计拦污栅槽埋件时，可参照平面闸门埋件的有关要求进行。

7.0.14 大、中型工程施工导流孔闸门底槛及其附近的衬护，应根据导流期过闸水流流态、过流时间长短及推移质过闸情况等因素确定。底槛断面高度可采用 200～300 mm，必要时，可在其上、下游各设宽为 800～1500 mm 的衬护板，并加强锚固设计。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

8 启闭力和启闭机

8.1 启闭力计算

8.1.1 平面闸门启闭力计算

(1)动水中启闭的闸门启闭力计算应包括以下内容。

1)闭门力计算：

$$F_w = n_T(T_{zd} + T_{zs}) - n_G G + P_t \quad (kN) \qquad (8.1.1-1)$$

计算结果为“正”值时，需要加重(加重方式有加重块、水柱或机械下压力等)；为“负”值时，依靠自重可以关闭。

2)持住力计算：

$$F_T = n'_G G + G_j + W_s + P_x - P_t - (T_{zd} + T_{zs}) \quad (kN) \qquad (8.1.1-2)$$

3)启门力计算：

$$F_Q = n_T(T_{zd} + T_{zs}) + P_x + n'_G G + G_j + W_s \quad (kN) \qquad (8.1.1-3)$$

式中 n_T——摩擦阻力安全系数，可采用 1.2；

n_G——计算闭门力用的闸门自重修正系数，可采用 0.9～1.0；

n'_G——计算持住力和启门力用的闸门自重修正系数，可采用 1.0～1.1；

G——闸门自重，kN，当有拉杆时应计入拉杆重量；计算闭门力时选用浮重；

W_s——作用在闸门上的水柱压力，kN；

G_j——加重块重量，kN；

P_t——上托力，kN，包括底缘上托力及止水上托力，底缘上托力参见附录 D；

P_x——下吸力，kN，参见附录 D；

T_{zd}——支承摩阻力，kN；

$T_{zd} = \frac{P}{R}(f_1 r + f)$——滑动轴承的滚轮摩阻力；

$T_{zd} = \frac{Pf}{R}(\frac{R_1}{d} + 1)$——滚动轴承的滚轮摩阻力；

$T_{zd} = f_2 P$——滑动支承摩阻力；

P——作用在闸门上的总水压力，kN；

r——滚轮轴半径，mm；

R_1——滚动轴承的平均半径，mm；

R——滚轮半径，mm；

d——滚动轴承滚柱直径，mm；

f_1、f_2、f_3——滑动摩擦系数，计算持住力应取小值，计算启门、闭门力应取大值，可参照附录 M 选用；

f——滚动摩擦力臂，mm，参照附录 M 选用；

T_{zs}——止水摩阻力，kN；

$$T_{zs} = f_3 P_{zs}$$

P_{zs}——作用在止水上的压力，kN。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

(2)静水中开启的闸门，其启闭力计算除计入闸门自重和加重外，尚应考虑一定的水位差引起的摩阻力。露顶式闸门和电站尾水闸门可采用不大于 1m 的水位差；潜孔式闸门可采用 1～5 m 的水位差。对有可能发生淤泥、污物堆积等情况时，尚应酌情增加。

8.1.2 弧形闸门启闭力计算

(1)闭门力计算：

$$F_W = \frac{1}{R_1}[n_T(T_{zd}r_0 + T_{zs}r_1) + Ptr_3 - n_G Gr_2] \quad (kN) \qquad (8.1.2-1)$$

计算结果为“正”值时，需加重，为负值时，依靠自重可以关闭。

(2)启门力计算：

$$F_Q = \frac{1}{R_2}[n_T(T_{zd}r_0 + T_{zs}r_1) + n'_G Gr_2 + G_j R_1 + P_x r_4] \quad (kN) \qquad (8.1.2—2)$$

式中 r_0、r_1、r_2、r_3、r_4——分别为转动铰摩阻力、止水摩阻力、闸门自重、上托力和下吸力对弧形闸门转动中心的力臂，m；

R_1、R_2——分别为加重(或下压力)和启门力对弧形闸门转动中心的力臂，m；

T_{zs}——止水摩阻力，按 8.1.1 计算；

其他符号同前。

(3)弧形闸门在启闭运动过程中，力的作用点、方向和力臂随运动而变化，因此，必要时可绘制启闭力过程线，以决定最大值。

8.1.3 拦污栅启吊力计算

(1)在静水中启吊时其启吊力为：

$$F_Q \geqslant n'_G G + n_m m \quad (kN) \qquad (8.1.3)$$

式中 n_m——污物的超重系数，可采用 1.2；

m——污物的重量，kN，按栅条间部分堵塞考虑。堵塞面积可根据污物情况决定；

G——拦污栅自重，kN；

n'_G——自重修正系数，采用 1.0～1.1。

(2)在动水中启吊时，其启吊力除按公式(8.1.3)计算外，尚应考虑拦污栅部分堵塞后形成水位差的影响，选用水位差不得大于 2 m。

8.1.4 为防止闸门的底部渗漏，除进行上述各项计算外，还应验算底止水在底槛上的压应力 σ_y。

$$\sigma_y \geqslant 0.0012\gamma H_s \quad (N/mm^2) \qquad (8.1.4)$$

式中 γ——水的密度，kN/m^3，可取 10；

H_s——由底槛算起的水头，m。

8.1.5 在多泥沙水流中工作的闸门，计算启闭力时应做专门研究。除考虑水压力外，还应考虑泥沙影响，包括：泥沙引起的支承、止水摩阻力；泥沙与闸门间的粘着力和摩擦力；门上淤积泥沙的重量等。粘着系数和摩擦系数可通过试验确定。此外，还应适当加大安全系数，以克服泥沙局部阻塞增加的阻力。

8.1.6 计算小型闸门的启闭力时，安全系数应适当加大。

8.2 启闭机选择

8.2.1 常用启闭机有螺杆式、固定卷扬式、台车式、门式和液压式等，可根据闸门型式、尺寸、孔口数量及运行条件等因素选用。选用启闭机的启闭力应等于或大于计算启闭力；也允许略小于计算

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

启闭力，但不得超过5%，同时还应符合启闭机系列标准规定。

8.2.2 螺杆式启闭机多用于操作需要下压力的闸门。大启闭力螺杆启闭机多用于操作潜孔弧形闸门，但需设置可转动支座或设置导轨及铰接吊杆与闸门连接。

为避免螺杆超载压弯，应设可靠的保护装置。可采用安全扭矩装置等。

8.2.3 固定卷扬式启闭机的使用最广泛。用于操作靠自重或加重关闭和要求在短时间内全部开启的闸门，宜布置为一门一机。

8.2.4 台车式和门式启闭机多用于操作孔数多，且不需要同时局部均匀开启的闸门。启闭机台数应根据开启闸门的时间要求决定，并考虑有适当的备用量。

采用大启闭力的门式或台车式启闭机操作多种闸门，当各闸门启闭力相差悬殊时，启闭机上宜设启闭各闸门的超载安全装置。

布置门式启闭机，应照顾坝面金属结构设备及大坝的检修需要。

8.2.5 单向液压启闭机，宜用于操作潜孔平面闸门和潜孔弧形闸门。当用于操作弧形闸门时，也需设置可转动支座或设置导轨及铰接吊杆与闸门连接。

简易液压启闭机，可用于操作中、小型各类闸门。

8.2.6 启闭机扬程可根据运行条件决定，并应满足：

(1)溢流闸门可提出水面以上1～2 m；

(2)快速闸门可提到孔口以上0.5～1.0 m；

(3)闸门检修更换可提到检修平台以上0.5～1.0 m。

8.2.7 为减轻对钢丝绳的腐蚀，延长使用寿命，当启闭机钢丝绳经常浸水时，宜选用镀锌钢丝绳。在水位变化的部位，可涂防腐蚀剂或采用其他适当的防腐蚀措施。

8.3 自动挂脱梁

8.3.1 当采用移动式启闭机操作多孔口闸门或闸门在操作过程中，吊杆装卸频繁时，宜采用自动挂脱梁。

其型式可根据工作条件选用机械式或液压式等。

8.3.2 为改善自动挂脱梁的使用条件，提高挂脱闸门的准确性，应注意以下情况：

(1)闸门应尽量设置上游止水。如闸门设置下游止水时，应注意自动挂脱梁水下工作的可靠性；

(2)自动挂脱梁入水工作时，应注意水流扰动对其稳定性的影响；

(3)应注意门槽施工安装精度，以适应自动挂脱梁能在多孔口门槽内使用；

(4)自动挂脱梁应作静平衡试验，以便操作平稳，入槽前不应有倾斜、阻卡等现象；

(5)自动挂脱梁的转动轴和销轴应设置轴套，并应采取润滑、防腐蚀等措施；

(6)自动挂脱梁应设导向、定位、安全装置和排气(水)孔，以保证机构灵活可靠；

(7)当工作温度低于0 ℃时，尚应有防止操作时或入水后挂脱部件结冰的设施。

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录 A 闸门孔口尺寸和设计水头系列标准

A1.0.1 闸门孔口尺寸标准分三类：

(1)露顶式溢洪道闸门的孔口尺寸按表 A1 采用；

(2)潜孔式泄水孔闸门的孔口尺寸按表 A2 采用；

(3)其他闸门(尾水闸门除外)的孔口尺寸按表 A3 采用。

闸门孔口尺寸标准表 A1～表 A3 中标有“0”者为推荐的孔口尺寸。

应结合闸门和启闭机制造、安装和运行的具体条件，选用表列的孔口尺寸。

A1.0.2 闸门设计水头系列标准：

(1)设计水头为 10～20 m 时，按 0.5 m 递增；

(2)设计水头为 20～50 m 时，按 1.0 m 递增；

(3)设计水头大于 50 m 时，按 2.0 m 递增。

表 A1 露顶式闸门的孔口尺寸

孔口高度(m)	孔口宽度(m)																				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
1.0	0	0	0																			
1.5	0	0	0	0																		
2.0		0	0	0	0	0	0															
2.5			0	0	0	0	0	0	0	0												
3.0				0	0	0	0	0	0	0												
3.5					0	0	0	0	0	0	0	0										
4.0							0	0	0	0	0	0	0	0								
4.5							0	0	0	0	0	0	0	0								
5.0									0	0	0	0	0	0	0	0						
6.0										0	0	0	0	0	0	0	0					
7.0											0	0	0	0	0	0	0					
8.0												0	0	0	0	0	0	0	0			
9.0												0	0	0	0	0	0	0	0			
10.0												0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11.0													0	0	0	0	0	0	0	0		
12.0														0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0														0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.0															0	0	0	0	0	0	0	0
15.0															0	0	0	0	0	0	0	0
16.0															0	0	0	0	0	0	0	0
17.0																0	0	0		0	0	0
18.0																0	0	0		0		
19.0																	0					
20.0																	0					
21.0																	0					
22.0																	0					

注 孔口高度为闸门高度。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 A2 潜孔式闸门的孔口尺寸

孔口高度(m)	孔口宽度(m)																	
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
1.0	0	0	0	0														
1.5	0	0	0	0														
2.0	0	0	0	0	0	0												
2.5		0	0	0	0	0												
3.0			0	0	0	0	0	0	0									
3.5			0	0	0	0	0	0	0									
4.0				0	0	0	0	0	0	0	0	0						
4.5					0	0	0	0	0	0	0	0						
5.0					0	0	0	0	0	0	0	0	0					
6.0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
7.0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8.0							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9.0								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.0									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.0										0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.0										0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0											0	0	0	0	0	0	0	0
14.0											0	0	0	0	0	0	0	0
15.0												0	0	0	0	0	0	0
16.0												0	0	0	0	0	0	0
18.0												0	0	0				0

表 A3 其他闸门(尾水闸门除外)的孔口尺寸

孔口高度(m)	孔口宽度(m)																				
	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
0.6	0																						
0.8	0	0																					
1.0	0	0	0																				
1.2	0	0	0																				
1.5		0	0	0																			
2.0			0	0	0																		
2.5				0	0	0																	
3.0				0	0	0	0	0															
3.5					0	0	0	0															
4.0					0	0	0	0	0														
4.5					0	0	0	0	0	0													
5.0						0	0	0	0	0	0												
5.5							0	0	0	0	0	0											
6.0							0	0	0	0	0	0	0										
6.5							0	0	0	0	0	0	0	0									
7.0							0	0	0	0	0	0	0	0	0								
7.5									0	0	0	0	0	0	0	0							
8.0							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
9.0									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
10.0							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11.0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12.0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.0																0	0	0	0	0	0	0	0
14.0																	0	0	0	0	0	0	0
15.0																	0	0	0	0	0	0	0
16.0																	0	0	0	0	0	0	0
18.0																	0	0	0			0	0

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录 B 通气孔面积的计算

B1.0.1 设于泄水管道中的工作闸门或事故闸门，其门后通气孔面积可按下列经验公式计算：

$$a \geqslant \frac{Q_a}{[V_a]}$$

$$Q_a = 0.09 V_w A \tag{B1}$$

$$\frac{a}{A} = 0.09 \frac{V_w}{[V_a]}$$

式中 a——通气孔的断面面积，m^2；

Q_a——通气孔的充分通气量，m^3/s；

$[V_a]$——通气孔的允许风速，m/s，采用 40 m/s；对小型闸门可采用 50 m/s；

V_w——闸门孔口的水流流速，m/s；

A——闸门后管道面积，m^2。

也可按下列半理论半经验公式计算：

$$\beta = K(Fr_g - 1)^{[a\ln(Fr_g - 1) + b]} - 1 \tag{B2}$$

式中 β——气水比，$\beta = Q_a / Q_w$；

Q_w——闸门一定开启高度下的流量，m^3/s；

Fr_g——闸门孔口断面的佛汝德数，

$$Fr_g = \frac{V}{\sqrt{9.81 e}}$$

V——闸门流速，m/s；

e——闸门开启高度，m；

K、a、b——各区间的系数，见表 B1。

B1.0.2 引水发电管道快速闸门门后通气孔面积可按发电管道面积的 3 %～5 %选用；事故闸门的通气孔面积可酌情减少。

B1.0.3 检修闸门门后通气孔面积，可根据具体情况选定，宜大于或等于充水管面积。

表 B1 半理论半经验公式系数表

S	区间号	L/h	Fr_g 的范围	$\beta = K(Fr_g - 1)^{[a\ln(Fr_g - 1) + b]} - 1$		
				K	a	b
A	Ⅰ	6.10～10.66	3.96～20.30	1.158	0.112	−0.242
			3.87～3.960	1.0154	0.000	0.000
	Ⅱ	10.66～27.40	1.94～6.290	1.0150	0.035	0.004
			1.61～1.940	1.0152	0.000	0.000
	Ⅲ	27.40～35.78	1.91～17.190	1.042	0.039	0.008
			1.38～1.910	1.0413	0.000	0.000
	Ⅳ	35.78～77.00	1.08～15.670	1.1300	0.028	0.144

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

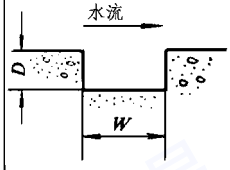
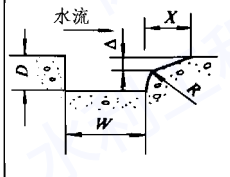
S	区间号	L/h	Fr_g 的范围	$\beta = K(Fr_g-1)^{[a\ln(Fr_g-1)+b]}-1$		
				K	a	b
B	Ⅴ	6.10～10.66	4.57～32.590	1.342	0.173	−0.438
			3.49～4.570	1.0153	0.000	0.000
	Ⅵ	10.66～27.40	1.70～18.06	1.0540	0.019	0.013
			1.56～1.70	1.0515	0.000	0.000
	Ⅶ	27.40～35.78	2.45～10.81	1.073	0.053	0.070
	Ⅷ	35.78～77.00	2.33～8.310	1.170	0.182	−0.019

注： A——设平面闸门的压力管道；B——设弧形闸门的无压管道；L——闸后管道长度；h——管道净高度。

附录 C 平面闸门门槽型式的选择

C1.0.1 泄水系统平面闸门的门槽型式，可选用Ⅰ型及Ⅱ型门槽，其适用范围和体形参数如表 C1。

表 C1

槽型	图 形	门槽几何形状的参数	适 用 范 围
Ⅰ		(1)较优宽深比，$W/D=1.6\sim1.8$ (2)合宜宽深比，$W/D=1.4\sim2.5$ (3)门槽初生空穴数的经验公式为： $K_i=0.38(W/D)$ (公式适用范围为 $W/D=1.4\sim3.5$)	(1)泄水孔事故门门槽和检修门门槽 (2)水头低于 12 m 的溢流坝堰顶工作闸门门槽 (3)电站进水口事故、快速闸门门槽 (4)泄水孔工作门门槽，当水流空穴数 K 大于 1.0(约相当于水头低于 30 m 或流速小 20 m/s)时
Ⅱ		(1)合宜宽深比，$W/D=1.5\sim2.0$ (2)较优错距比，$\Delta/W=0.05\sim0.08$ (3)较优斜坡，$\Delta/X=1/10\sim1/12$ (4)较优圆角半径，$R=30\sim50$ mm 或圆角比 $R/D=0.10$ (5)门槽初生空穴数 $K_i=0.4\sim0.6$(可根据已有科研成果及工程实例类比选用)	(1)泄水孔工作门门槽，其水流空穴数 $K>0.6$(约相当水头为 30～50 m，或流速为 20～25 m/s)时 (2)高水头、短管道事故门门槽，其水流空穴数 $1.0>K>0.4$ 时 (3)要求经常部分开启，其水流空穴数大于 0.8 的工作门门槽 (4)水头高于 12 m，其水流空穴数大于 0.8 的溢流坝堰顶工作门门槽

C1.0.2 当门槽附近边界体形特殊，流态复杂或要求经常部分开启的工作闸门门槽，上述两种槽型无法适应时，可参照已建工程的运行经验并通过水工模型试验选择合适的门槽型式，以谋求增加门槽段水流空穴数 K 值的合理措施或其他方法。

C1.0.3 当水流空穴数 $K<0.6$(约相当于水头高于 60 m，或流速大于 30 m/s)时，除选用Ⅱ型门槽或其他特殊槽型外，根据工程具体情况，在门槽上、下游一定范围内，宜采用钢板、低水灰比的高标号混凝土或其他抗蚀护面材料衬护；施工时要求体形准确，表面平整。

C1.0.4 水流空穴数的计算和初生空穴数的定义。

水流空穴数可用下式计算

$$K=\frac{H_1+H_a-H_V}{V_1^2/2g}$$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

式中 H_1——紧靠门槽上游附近的断面平均压力，kPa；

H_a——大气压力，kPa，见图 C1；

H_v——汽化压力，kPa，见图 C2；

V_1——紧靠门槽上游附近的断面平均流速，m/s；

g——重力加速度，9.81 m/s²。

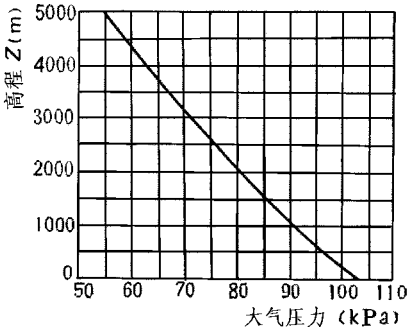


图 C1 大气压力与高程的关系曲线

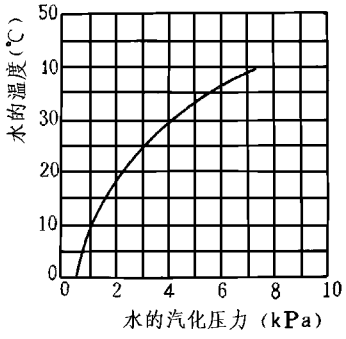


图 C2 水的汽化压力与温度的关系曲线

如门槽形状不变，而水流空穴数降低到某一数值时，则门槽段边界将发生空穴现象。这一数值称为该门槽体形的初生空穴数，通常以 K_i 表示。不同体形的门槽具有不同的初生空穴数。

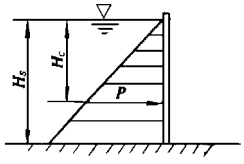
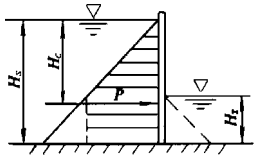
根据实际工程中门槽附近的水流空穴数 K，可选用合适的门槽型式。若 $K_i < K$，则这种型式的门槽一般不致于发生空穴。$K > K_i$ 的安全裕度，可根据闸门的重要性及工作条件选取安全系数 $n = 1.2 \sim 1.5$，使 $K \geqslant nK_i$。

附录 D 闸门荷载计算的主要公式

D1.0.1 静水压力计算

作用在闸门上的静水压力，可按表 D1 中的公式计算。

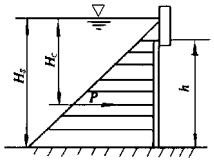
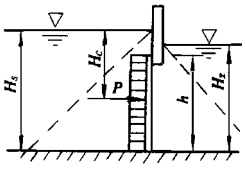
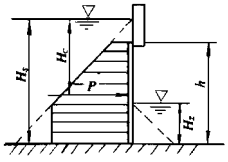
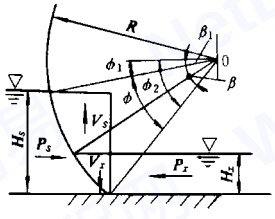
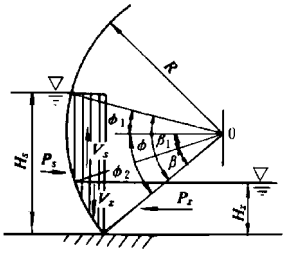
表 D1 静水压力计算

序号	水压力图形	计算公式
1		总水压力：$P = \frac{1}{2}\gamma H_s^2 B_{zs}$ P 力作用点位置：$H_c = \frac{2}{3}H_s$
2		总水压力：$P = \frac{1}{2}\gamma(H_s^2 - H_x^2)B_{zs}$ P 力作用点位置：$H_c = \frac{1}{3}(2H_s - \frac{H_x^2}{H_s + H_x})$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

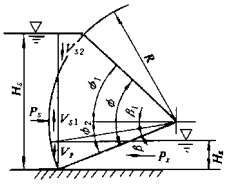
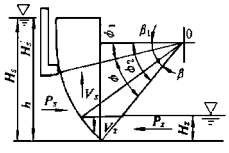
续表

序号	水 压 力 图 形	计 算 公 式
3		总水压力： $P=\frac{1}{2}\gamma(2H_s-h)hB_{zs}$ P 力作用点位置： $H_c=H_s-\frac{h}{3}\cdot\frac{3H_s-2h}{2H_s-h}$
4		总水压力： $P=\gamma(H_s-H_x)hB_{zs}$ P 力作用点位置： $H_c=H_s-\frac{1}{2}h$
5		总水压力： $P=\frac{1}{2}\gamma[(2H_s-h)h-H_x^2]B_{zs}$ P 力作用点位置： $H_c=\frac{3H_sH_x^2-H_x^3-6H_s^2h+6H_sh^2-2h^3}{3H_x^2-6H_sh+3h^2}$
6		$P_s=\frac{1}{2}\gamma H_s^2B$ $V_s=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi}{180}+2\sin\ _1\cos\ _2$ $-\frac{1}{2}(\sin2\ _1+\sin2\ _2)]B$ $P_x=\frac{1}{2}\gamma H_x^2B$ $V_x=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi\beta}{180}+2\sin\beta_1\cos\ _2$ $-\frac{1}{2}(\sin2\beta_1+\sin2\ _2)]B$ 总水压力： $P=\sqrt{(P_s-P_x)^2+(V_s-V_x)^2}$
7		$P_s=\frac{1}{2}\gamma H_s^2B$ $V_s=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi}{180}-2\sin\ _1\cos\ _2$ $-\frac{1}{2}(\sin2\ _1-\sin2\ _1)]B$ $P_x=\frac{1}{2}\gamma H_x^2B$ $V_x=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi\beta}{180}+2\sin\beta_1\cos\ _2$ $-\frac{1}{2}(\sin2\beta_1+\sin2\ _2)]B$ 总力压力： $P=\sqrt{(P_s-P_x)^2+(V_s-V_x)^2}$

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

序号	水 压 力 图 形	计 算 公 式
8		$P_s=\frac{1}{2}\gamma H_s^2 B$ $V_s=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi}{180}-\sin2\ _2-\sin(\ _1-\ _2)$ $-2\sin\ \sin^2(\frac{\ _1-\ _2}{2})]B$ $P_x=\frac{1}{2}\gamma H_x^2 B$ $V_x=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi\beta}{180}+2\sin\beta_1\cos\ _2$ $-\frac{1}{2}(\sin2\beta_1+\sin2\ _2)]B$ 总力压力：$P=\sqrt{(P_s-P_x)^2+(V_s-V_x)^2}$
9		$P_s=\frac{1}{2}\gamma(H_s+H'_s)hB$ $V_s=\frac{1}{2}\gamma R^2[\frac{\pi}{180}+2\sin\ _1\cos\ _2-\frac{1}{2}(\sin2\ _1+\sin2\ _2)+$ $\frac{2H'_s}{R}(\cos\ _1-\cos\ _2)]B$ P_x、V_x、P 计算公式同(6) 式中 P_s——上游水平分力，kN； V_s——上游垂直分力，kN； P_x——下游水平分力，kN； V_x——下游垂直分力，kN； H_s——上游水头，m； H_x——下游水头，m； R——弧门面板曲率半径，m； γ——水的密度，一般对淡水可取 10 kN/m³；对海水可取 10.4 kN/m³；含沙水按试验确定； B_{zs}——两侧止水间距，m； B——孔口宽度，m； h——闸门高度(计算到顶止水)，m

D1.0.2 动水压力计算

闸门在动水中工作时，作用在闸门上的动水压力包括时均值及脉动值两部分。当符合 3.0.5 的情况时，脉动值的作用和影响按动力系数予以考虑。

垂直作用于闸门面板的时均动水压力，可按静水压力分布计算。

作用于闸门的水柱压力和闸门底缘的上托力、下吸力，可参照式(D1)和式(D2)计算。

(1)上托力计算。当采用如图 D1 所示之底缘形式时，上托力按下式计算：

$$P_t=\gamma\beta_t H_s D_1 B_{zs} \tag{D1}$$

式中 P_t——上托力，kN；

H_s、D_1——见图 D1，m；

B_{zs}——两侧止水距离，m；

γ——水的密度，kN/m³，可采用 10kN/m³；

β_t——上托力系数，当验算闭门力时，按闸门接近完全关闭时的条件考虑，取 $\beta_t=1.0$。当计算持住力时，按闸门的不同开度考虑，β_t 可参照表 D2 取用。

表 D2 中 β_t 值适于闸后明流流态，且在应用时：

泄水道闸门 $0<a<0.5H$；

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

电站快速闸门 $0 < a < a_k$

a_k 为电站快速闸门关闭时闸后明满流转换临界开度。关于临界开度的确定问题，可根据已成工程类比或参考有关试验研究报告计算。必要时可通过水工模型试验确定。在一般情况下，亦可暂按 $a_k = 0.5H$ 估算；H 为引水道的孔高。

表 D2 上托力系数 β_t

a / D_1 ＼ α	2	4	8	12	16
60°	0.8	0.7	0.5	0.4	0.25
52.5°	0.7	0.5	0.3	0.15	—
45°	0.6	0.4	0.1	0.05	—

注： a——闸门开启高度，m；D_1——闸门底止水至上游面板的距离，m；
α——闸门底缘的上游倾角（参阅图 D1）。

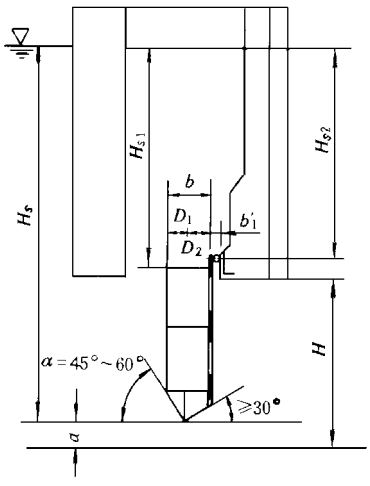


图 D1

计算持住力过程线可在上述相对开度范围内进行，特殊情况应通过水工试验论证。

(2)下吸力计算。

$$P_s = p_s D_2 B_{zs} \tag{D2}$$

式中 P_s——下吸力，kN；

D_2——闸门底缘止水至主梁下翼缘的距离，m；

p_s——闸门底缘 D_2 部分的平均下吸强度，可按 20 kN/m² 计算，当流态良好、通气充分并符合 5.1.2(4) 要求时，可适当减少。

溢流坝闸门、水闸闸门和坝内明流底孔闸门当符合 5.1.2(4)要求及下游流态良好、通气充分时，可不计下吸力。

D1.0.3 波浪压力计算

波浪压力按现行《混凝土重力坝设计规范》(SDJ 21)所列公式或按浅水波计算方法进行计算。

D1.0.4 泥沙压力计算

当闸门前面有泥沙淤积时，作用在闸门上的泥沙压力可按下式计算：

$$P_n = \frac{1}{2}\gamma_n h_n^2 \mathrm{tg}^2(45° - \quad /2) B \tag{D3}$$

式中 P_n——泥沙压力，kN；

γ_n——泥沙在水中的密度，kN/m³，

$$\gamma_n = (\gamma_0 - 1)(1 - \rho)；$$

γ_0——泥沙颗粒密度，kN/m³；

ρ——泥沙的空隙率；

h_n——泥沙的淤积高度，m；

B——门上泥沙淤积宽度，m；

——淤沙的内摩擦角，(°)。

D1.0.5 漂浮物撞击力计算

漂浮物撞击力可按下式计算：

$$P_z = W_p V / 9.8 lt \tag{D4}$$

式中 P_z——漂浮物撞击力，kN；

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

W_p—— 漂浮物重度，kN，根据河流中漂浮物情况，按实际调查确定；

V—— 水流速度，m/s；

t—— 撞击时间，s，应根据实际资料估算。

注：流冰对闸门的撞击力，按现行《混凝土重力坝设计规范》(SDJ 21)所列公式确定。

D1.0.6 地震力计算

地震作用按现行《水工建筑物抗震设计规范》(SDJ 10)确定。

D2.0.7 风荷载计算

风荷载按现行《工业与民用建筑结构荷载规范》有关规定采用。

附录 E 闸门止水橡皮定型尺寸及性能

E1.0.1 止水橡皮的定型设计各部尺寸如表 E1(参见图 E1)。

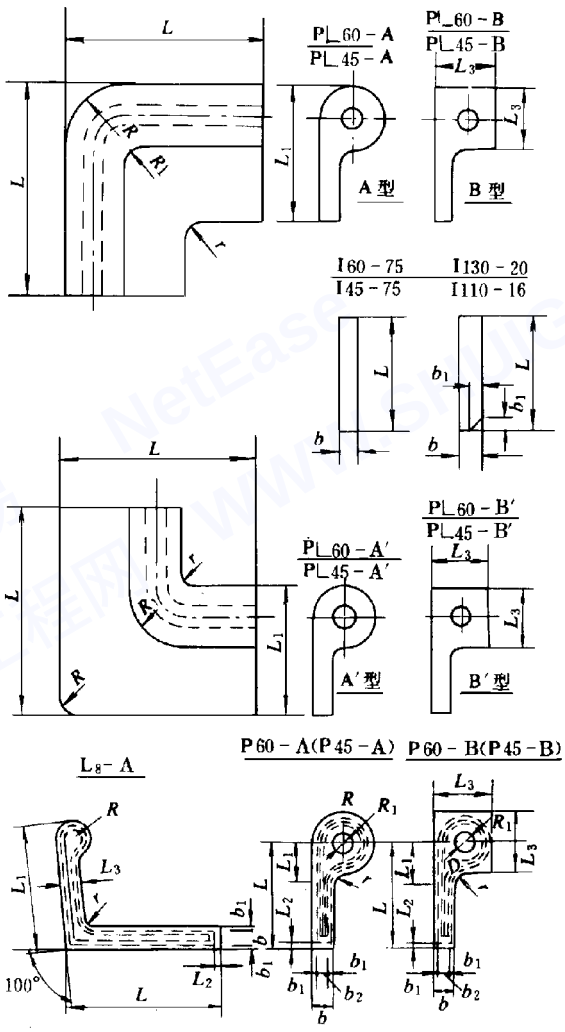


图 E1

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 E1 止水橡皮尺寸

闸门类别	止水部位	型号	各部尺寸(mm)										应用范围
			L	L_1	L_2	L_3	b	b_1	b_2	R	R_1	r	D	
平面闸门和潜孔弧形闸门	顶侧止水	P60—A	110	40	6	—	20	6	8	30	24	10	20	1. P60—A 适用于孔口大的闸门； 2. P45—A 适用于孔口中、小的闸门； 3. P60—B 及 P45—B 适用于潜孔弧门； 4. P60—A 及 P60—B 内有帆布三层
		P60—B	110	40	6	60	20	6	8	—	24	10	20	
		P45—A	100	31	5	—	16	5	6	22.5	18	8	20	
		P45—B	100	31	5	45	16	5	6	—	18	8	20	
	转角止水	P∠60—A	350	140	—	—	—	—	—	80	20	20	—	1. P∠60—A、P∠45—A 及 P∠60—B、P∠45—B 适用于下游止水的转角； 2. P∠60—A′、P∠45—A′ 及 P∠60—B′、P∠45—B′适用于上游止水的转角
		P∠60—A′	350	140	—	—	—	—	—	20	80	20	—	
		P∠60—B	350	140	—	60	—	—	—	80	20	20	—	
		P∠60—B′	350	140	—	60	—	—	—	20	80	20	—	
		P∠45—A	350	122.5	—	—	—	—	—	55	10	10	—	
		P∠45—A′	350	122.5	—	—	—	—	—	10	55	10	—	
		P∠45—B	350	122.5	—	45	—	—	—	55	10	10	—	
		P∠45—B′	350	122.5	—	45	—	—	—	10	55	10	—	
	底止水	I130—20	130	—	—	—	20	10	—	—	—	—	—	适用于孔口大的闸门（无帆布）； 适用孔口中、小的闸门（无帆布）
		I110—16	110	—	—	—	16	8	—	—	—	—	—	
	橡皮垫	I60—75	75	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	适用于 P60—A； 适用于 P45—A
		I45—75	75	—	—	—	16	—	—	—	—	—	—	
露顶式弧门	侧止水	L8—A	80	60	6	12	6	3		8	—	5	—	

注： 橡塑复合止水的型号尺寸同上表。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

E1.0.2 闸门普通止水橡皮物理机械性能。

表 E2 普通止水橡皮性能表

序号	指 标 名 称	指 标 值
1	密度(g/cm³)	1.2～1.5
2	含胶量(新胶)不小于(%)	60
3	拉伸强度(MPa)	13～22
4	肖氏硬度 HS	50～70
5	延伸率(%)	400～500
6	拉伸弹性模量(MPa)	
	当 100 %时	1.6～2.0
	当 200 %时	1.8～2.5
7	压缩弹性模量(MPa)	
	当 20 %时	5.5～6.0
	当 30 %时	5.6～6.0
	当 40 %时	6.2～6.8
8	在－40 ℃到＋40 ℃温度下工作	不发生冻裂或硬化

E1.0.3 闸门橡塑复合止水的物理机械性能。

橡塑复合止水系将聚四氟乙烯贴合或喷涂在普通止水橡皮密封面上而成的止水，前者为“多节型”，后者为“无节型”。其性能见表 E3。

表 E3 橡塑复合止水的物理机械性能表

序号	指 标 名 称	指 标 值
1	肖氏硬度 HS	65±5
2	拉伸强度(MPa)	16～26
3	扯断延伸率(%)	450～500
4	粘着强度(F4 与橡胶同)(kN/m)	6～15
5	聚四氟乙烯层厚度(mm)	贴合层 1.0～1.2,喷涂层 0.5±0.1
6	喷涂层磨损厚度(预压缩 3 mm,运行行程 3000 m)(mm)	0.11～0.21

附录 F 几种支承材料性能表

表 F1 压合胶木性能表

指标名称	胶木板(短层积板)			
	MCS—1	MCS—2	MCS—2—1	MCS—3
1. 密度(g/cm³)不小于	1.33	1.3	1.23	1.3
2. 水分和挥发物质(%)不大于	6	7	7	7
3.24 h 吸水率(%)不大于	—	5	—	5
4. 极限吸水率(%)不大于	20	20	—	—
5. 极限膨胀率(%)不大于	22	22	—	—
6. 顺纹拉伸极限强度(MPa)不小于	—	260	200	140
7. 顺纹压缩极限强度(MPa)不小于	180	160	130	125
8. 静曲极限强度(MPa)不小于	—	280	220	180
9. 冲击强度(J/cm²)不小于	—	8	6	3
10. 胶缝极限剪切强度(MPa)不小于	15	15	12.5	14
11. 端面白氏硬度(MPa)不小于	2.5	2.5	—	2.5

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 F2 填充聚四氟乙烯板材物理机械性能表

序号	指 标 名 称	单 位	指标值
1	密 度	g/cm^3	1.55
2	压缩强度不小于	MPa	43
3	冲击强度(无缺口)不小于	kJ/m^2	3
4	布氏硬度 HB 不小于	MPa	1.2
5	耐定荷变形率不大于(28 MPa,24 h)	%	2.0
6	耐定荷永久变形率不大于(卸荷 24 h 后)	%	1.5

表 F3 钢基铜塑复合材料性能表

序号	指 标 名 称	塑料层材料	
		聚四氟乙烯	聚甲醛
1	复合层总厚度(mm)	1.2～1.5	1.2～1.5
2	复合层厚度偏差(mm)不大于	0.20	0.20
3	结合强度(MPa)不小于	16	16
4	抗压强度(MPa)不小于	200	300
5	布氏硬度 HB(MPa)	3	3
6	线膨胀系数(1/K)	3×10^{-5}	2.3×10^{-5}
7	导热系数 Cal/(s•cm•K)	0.1	0.004
8	使用温度(℃)	−200～+280	−40～+100

附录 G 面板验算公式及图表

G1.0.1 面板的折算应力验算

(1)当面板的边长比 $b/a>1.5$，且长边布置在沿主梁轴线方向时(图 G1)，只需按下式验算面板 A 点的折算应力：

$$\sigma_{zh}=\sqrt{(\sigma_{my})^2+(\sigma_{mx}-\sigma_{0x})^2-(\sigma_{my})(\sigma_{mx}-\sigma_{0x})}\leqslant 1.1\alpha[\sigma] \qquad (G1)$$

式中 σ_{my}——垂直于主(次)梁轴线方向面板支承长边中点的局部弯曲应力，$\sigma_{my}=k_y qa^2/\delta^2$；

σ_{mx}——面板沿主(次)梁轴线方向的局部弯曲应力，$\sigma_{mx}=\mu\sigma_{my}$，其中 μ 为泊桑比，取为 0.3；

σ_{0x}——对应于面板验算点的主(次)梁上翼缘的整体弯曲应力；

$[\sigma]$——抗弯容许应力，按表 4.2.1—2 采用；

α——弹塑性调整系数，当 $b/a>3$ 时，取 $\alpha=1.4$；当 $b/a\leqslant 3$ 时，取 $\alpha=1.5$；

k_y——支承长边中点弯应力系数，按表 G1 至表 G3 采用；

q——面板计算区格中心的水压强度，N/mm^2；σ_{my}、σ_{mx}、σ_{0x} 均取绝对值。

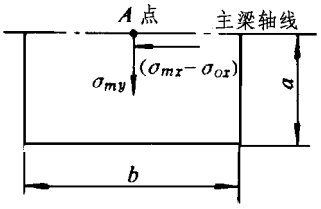
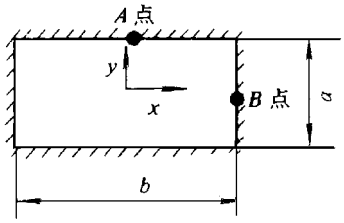


图 G1

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

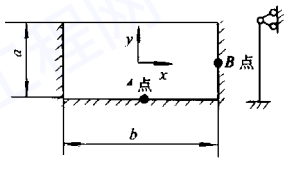
▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 G1 四边固定矩形弹性薄板受均载的弯应力系数 k（$\mu=0.3$）

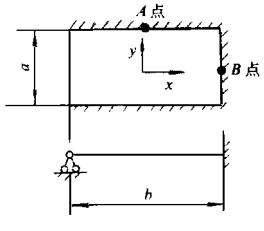


验算点 / b/a	支承长边中点 k_y（A 点）	支承短边中点 k_x（B 点）
1.0	0.308	0.308
1.1	0.349	0.323
1.2	0.383	0.332
1.3	0.412	0.338
1.4	0.436	0.341
1.5	0.454	0.342
1.6	0.468	0.343
1.7	0.479	0.343
1.8	0.487	0.343
1.9	0.493	0.343
2.0	0.497	0.343
2.5	0.500	0.343
∞	0.500	0.343

表 G2 三边固定一边简支矩形弹性薄板受均载的弯应力系数 k（$\mu=0.3$）



情况1



情况2

情况 1

验算点 / b/a	支承长边中点（A 点）k_y	支承短边中点（B 点）k_x
1.0	0.328	0.360
1.25	0.472	0.425
1.5	0.565	0.455
1.75	0.632	0.465
2.0	0.683	0.470
2.5	0.732	0.470
3.0	0.740	0.471
∞	0.750	0.472

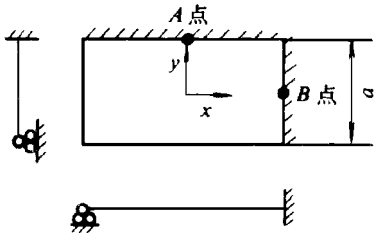
情况 2

验算点 / b/a	支承长边中点（A 点）k_y	支承短边中点（B 点）k_x
1.0	0.360	0.328
1.25	0.448	0.341
1.5	0.473	0.341
1.75	0.489	0.341
2.0	0.500	0.342
2.5	0.500	0.342
3.0	0.500	0.342
∞	0.500	0.342

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

表 G3 两相邻边简支另两相邻边固定矩形弹性薄板承受均载的弯应力系数 k（$\mu=0.3$）



验算点 \ b/a	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
支承长边中点（A点）k_y	0.407	0.459	0.506	0.549	0.585	0.616	0.640	0.662	0.680	0.695	0.708
支承短边中点（B点）k_x	0.407	0.425	0.441	0.452	0.459	0.463	0.467	0.468	0.470	0.471	0.472

(2)当面板的边长比 $b/a\leqslant 1.5$ 或面板长边方向与主梁轴线垂直时(图 G2)，尚应按下式验算

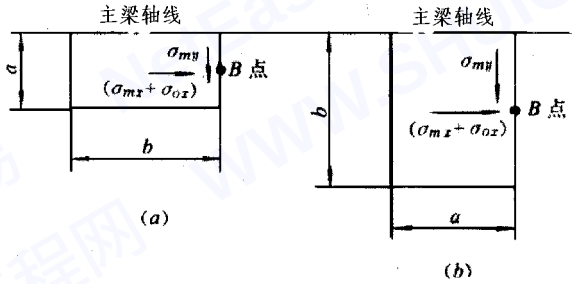


图 G2

面板 B 点的折算应力：

$$\sigma_{zh}=\sqrt{(\sigma_{my})^2+(\sigma_{mx}+\sigma_{0x})^2-(\sigma_{my})(\sigma_{mx}+\sigma_{0x})}\leqslant 1.1\alpha[\sigma] \qquad (G2)$$

式中 σ_{mx}——面板沿主梁轴线方向的局部弯应力；$\sigma_{mx}=kqa^2/\delta^2$，$k$ 值对(a)图取 k_x，对(b)图取 k_y；

σ_{my}——垂直于主梁轴线方向面板的局部弯应力，$\sigma_{my}=\mu\sigma_{mx}$，$\mu$ 取 0.3；

σ_{0x}——对应于面板验算点主梁上翼缘的整体弯应力，可按下式计算：

$$\sigma_{0x}=(1.5\xi_1-0.5)M/W$$

ξ_1——面板兼作主(次)梁上翼缘的有效宽度系数(见表 G4)；

M——对应于面板验算点主梁的弯矩；

W——对应于面板验算点主梁的截面抵抗矩；

σ_{mx}、σ_{my}、σ_{0x} 均取绝对值，其他符号意义同前。

G1.0.2 面板参与梁系有效宽度的计算

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

(1)面板兼作主(次)梁翼缘的有效宽度 B，对于简支梁或连续梁中正弯矩段，可按下列公式计算(式中符号见图 G3)，取其中较小值：

$$B = \xi_1 b \tag{G3}$$

$$B \leqslant 60\delta + b_1 \text{(Q235 钢)}$$

$$\text{或 } B \leqslant 50\delta + b_1 \text{(16 锰钢)} \tag{G4}$$

式中 B—— 主、次梁的间距，$b = \dfrac{b_1 + b_2}{2}$；

ξ_1—— 有效宽度系数，按表 G4 采用；

δ—— 面板宽度；

b_1—— 梁肋宽度，当梁上另有上翼缘时，为上翼缘宽度。

表 G4 面板的有效宽度系数 ξ_1、ξ_2

l_0/b	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	20
ξ_1	0.2	0.40	0.58	0.70	0.78	0.84	0.90	0.94	0.95	0.97	0.98	1.00
ξ_2	0.16	0.30	0.42	0.51	0.58	0.64	0.71	0.77	0.79	0.83	0.86	0.92

注：1. l_0 为主(次)梁弯矩零点之间的距离。对于简支梁 $l_0 = l$；对于连续梁的正弯矩段可近似地取 $l_0 = 0.6l \sim 0.8l$；对于其负弯矩段可近似地取 $l_0 = 0.4l$，其中 l 为主(次)梁的跨度(见图 G3)；

2. ξ_2 适用于梁的正弯矩图为抛物线图形，ξ_2 适用于梁的负弯矩图近似地取为三角形。

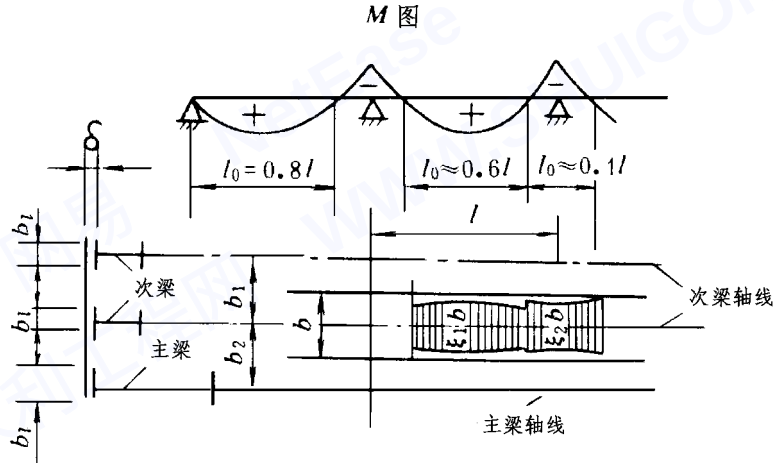


图 G3

(2)对于连续梁中负弯矩段或悬臂段，面板的有效宽度应按下式取用：

$$B = \xi_2 b \tag{G5}$$

式中 ξ_2 ——有效宽度系数(按表 G4 采用)。

附录 H 栅条稳定临界荷载计算

H1.0.1 长方形断面的栅条临界荷载分别按下式计算：

(1)受均布荷载的悬臂梁：

网易 Netease 企业应用事业部 (IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

$$P_L = \frac{12.85}{l^2}\sqrt{EI_y GI_d}(N) \tag{H1}$$

(2)受均布荷载的简支梁：

$$P_L = \frac{28.3}{l^2}\sqrt{EI_y GI_d}(N) \tag{H2}$$

式中 P_L——栅条整体稳定的临界荷载，$P_L \geqslant kql$(N)；

q——栅条单位长度的荷载，N/cm；

l——栅条的跨度，cm；

E——钢材的弹性模量，N/cm²；

G——钢材的剪切模量，N/cm²；

I_y——栅条对 y 轴惯性矩，cm⁴；$I_y = \frac{1}{12}h\delta^3$

I_d——栅条断面的抗扭惯性矩，cm⁴；$I_d = \frac{1}{3}h\delta^3$

h——栅条断面高度，cm；

δ——栅条断面厚度，cm；

k——整体稳定安全系数，可选用 2。

附录 I 压合胶木滑道和填充聚四氟乙烯板滑道的有关要求

I1.0.1 压合胶木滑道

(1)胶木的物理机械性能应符合表 F1 的要求。胶木压入夹槽前经干燥处理后，其含水率不得大于 5 %。

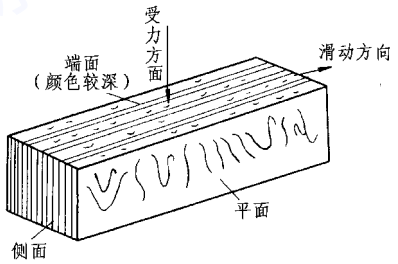


图 I1

(2)工作面应由三条压合胶木组成，其总宽度宜为 100～150 mm，其承压方向应是胶木顺木纹方向的端面(图 I1)。

(3)三条胶木的总宽度应比夹槽宽度大 1.3 %～1.7 %，胶木滑道夹槽与胶木配合公差可取 H8/S7。

(4)胶木压入后的加工粗糙度 Ra 应达到 3.2 μm。

(5)加工后表面应用润滑脂保护。

I1.0.2 填充聚四氟乙烯板滑道

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

(1)填充聚四氟乙烯板材的物理机械性能应符合表 F2 的要求。

(2)填充聚四氟乙烯板材的尺寸有两种：一为 130 mm×250 mm，厚 20 mm，一为 140 mm×250 mm，厚 25 mm。

(3)填充聚四氟乙烯板宽度应比夹槽宽度大 1.5 %～2.0 %。

(4)夹槽与填充聚四氟乙烯板材的配合公差可取 H7/P6。

(5)板材压入夹槽后表面加工粗糙度 R_a 应达到 3.2 μm。

附录 J 闸门滚轮的计算

J1.0.1 闸门滚轮的计算公式

(1)圆柱形滚轮与平面轨道，接触情况是线接触，其接触应力可按下式验算：

$$\sigma_{max} = 0.418\sqrt{PE/bR} \leqslant 3.0\sigma_s \tag{J1}$$

(2)圆柱形或圆锥形滚轮与弧形轨头的轨道，双曲率的滚轮与平面轨头的轨道，接触情况是点接触，其接触应力可按下式验算：

$$\sigma_= \xi\sqrt[3]{PE^2/R_2^2} \leqslant 1.15\sigma_s \tag{J2}$$

当 R_1 与 R_2 之比在 0.3～0.8 之间，也可按下列近似公式验算：

$$\sigma_{max} = 0.24\sqrt[3]{PE^2(1/R_1+1/R_2)^2} \leqslant 4.5\sigma_s \tag{J3}$$

式中 P——作用在滚轮上的荷载，N；

b——轮缘宽度，mm；

R——滚轮的半径，mm；

R_1、R_2——两接触面的半径，mm，R_1 为小值；R_2 为大值；

E——材料的弹性模量，N/mm²；若两种弹性模量不同的材料接触时，应采用合成弹性模量 E'；计算如下：

$$E' = \frac{2E_1E_2}{E_1+E_2}$$

σ_s——两种接触材料中较小的屈服点，N/mm²；选用 σ_s 时，应注意与材料表面的热处理硬度有关；

ξ——由 $\frac{R_1}{R_2}$ 比值确定，按表 J1 确定。

表 J1 ξ 系数值

$\frac{R_1}{R_2}$	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10
ξ_1	0.078	0.084	0.092	0.101	0.112	0.122	0.139	0.162	0.215	0.256	0.330
ξ_2	0.089	0.096	0.101	0.110	0.117	0.122	0.128	0.144	0.164	0.184	0.194

注：ξ_1——接触面中心处的应力系数；ξ_2——接触面的椭圆长径末端处的应力系数。

网易 Netease 企业应用事业部（IVP） ivpinfo@service.netease.com

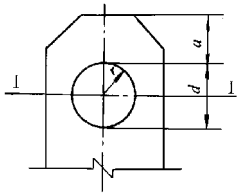
▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

附录 K 吊耳与吊杆的计算

K1.0.1 吊耳的计算

(1)吊耳的宽度、厚度与吊耳直径的关系(图 K1)，可按下式选用：

$$\left.\begin{aligned} B &= (2.4 \sim 2.6)\,d \\ \delta &\geqslant \frac{1}{20}B \\ a &= (0.9 \sim 1.05)\,d \end{aligned}\right\} \qquad (K1)$$



(2)吊耳孔壁承压应力按(K2)式进行验算，吊耳孔拉应力按(K3)式验算：

$$\sigma_{cj} = \frac{P}{d\delta} \leqslant [\sigma_{cj}] \qquad (K2)$$

$$\sigma_k = \sigma_{cj}\frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \leqslant [\sigma_k] \qquad (K3)$$

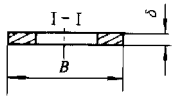


图 K1

式中 P——一个吊耳环所承受的荷载，N；

δ——吊耳板的厚度，mm；

r、R——如图 K1，R 取 $B/2$ 与 $(r + a)$ 二者中之小者；

$[\sigma_{cj}]$、$[\sigma_k]$——容许局部紧接承压应力和孔壁抗拉应力，按表 4.2.2 取用。

为调整吊耳孔位置而采用轴承板时，则两块轴承板的总厚度应不小于 1.2δ。

K1.0.2 吊杆的计算

对吊杆最弱断面可按下式进行拉应力验算：

$$\sigma = \frac{P}{A} \leqslant 0.9[\sigma] \qquad (K4)$$

式中 P——闸门吊杆所承受的拉力，N；

A——吊杆最弱断面面积，mm^2；

$[\sigma]$——容许拉应力，N/mm^2，按表 4.2.1—2 取用。

附录 L 轨道的计算公式

L1.0.1 轨道与滚轮的接触应力可按附录 J 有关公式进行计算。

L1.0.2 平面闸门主轨强度可按下述方法进行验算，也可将轨道作为弹性地基梁进行验算。

(1)在滚轮作用下轨道应验算下列各项；(见图 L1)

1)轨道底板混凝土承压应力

$$\sigma_h = \frac{P}{3\,h_k B_k} \leqslant [\sigma_h] \qquad (L1)$$

当相邻两滚轮中心距小于 $3\,h_k$ 时，可按下列近似公式计算：

$$\sigma_h = \frac{P}{B_k L} \leqslant [\sigma_h] \qquad (L2)$$

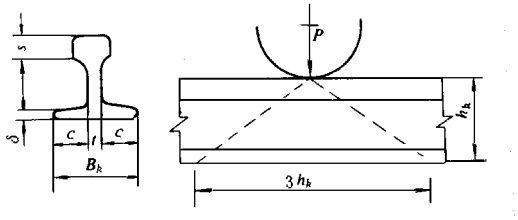


图 L1

式中 P——滚轮的荷载，N；

h_k——轨道高度，mm；

网易 Netease 企业应用事业部 (IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

B_k——轨道底板宽度，mm

L——相邻两滚轮的中心距，mm；

$[\sigma_h]$——混凝土的容许承压应力，N/mm²，按表 4.2.5 采用。

2)轨道横断面弯曲应力

$$\sigma = \frac{3Ph_k}{8W_k} \leqslant [\sigma] \tag{L3}$$

式中 W_k——轨道截面抵抗矩，mm³；

$[\sigma]$——抗弯容许应力，N/mm²；对铸锻件按表 4.2.2 采用。

3)轨道颈部的局部承压应力

$$\sigma_{cd} = \frac{P}{3st} \leqslant [\sigma_{cd}] \tag{L4}$$

式中 s——颈部至轨面的距离，mm；

t——颈部厚度，mm；

$[\sigma_{cd}]$——局部承压容许应力，N/mm²；对铸锻件按表 4.2.2 采用。

4)轨道底板弯曲应力

$$\sigma = 3\sigma_h \frac{c^2}{\delta^2} \leqslant [\sigma] \tag{L5}$$

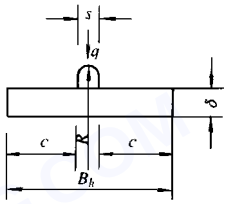


图 L2

式中 c——底板悬臂段长度，mm；

δ——底板厚度，mm；

$[\sigma]$——抗弯容许应力，N/mm²，按表 4.2.2 采用。

(2)胶木滑道支承轨道应验算(参阅图 L2)

1)轨道底板的混凝土承压应力

$$\sigma_h = q/B_k \leqslant [\sigma_h] \tag{L6}$$

式中 q——胶木滑道单位长度荷载，N/mm 。

2)轨道底板弯曲应力

$$\sigma = 3\sigma_h \frac{c^2}{\delta^2} \leqslant [\sigma] \tag{L7}$$

附录 M 摩擦系数

表 M1 摩擦系数表

种类	材料及工作条件	系数值	
		最大	最小
滑动摩擦系数	1. 钢对钢(干摩擦)	0.5～0.6	0.15
	2. 钢对铸铁(干摩擦)	0.35	0.16
	3. 钢对木材(有水时)	0.65	0.3
	4. 胶木滑道，胶木对不锈钢在清水中(1)、(2)		
	压强 q＞2.5 kN/mm	0.10～0.11	0.06
	压强 q＝2.5～2.0 kN/mm	0.11～0.13	0.065
	压强 q＝2.0～1.5 kN/mm	0.13～0.15	0.075
	压强 q＜1.5 kN/mm	0.17	0.085
	5. 钢基铜塑三层复合材料滑道及填充聚四氟乙烯板滑道对不锈钢，在清水中(1)		
	压强 q＞2.5 kN/mm	0.09	0.04
	压强 q＝2.5～2.0 kN/mm	0.09～0.11	0.05
	压强 q＝2.0～1.5 kN/mm	0.11～0.13	0.05
	压强 q＝1.5～1.0 kN/mm	0.13～0.15	0.06
	压强 q＜1.0 kN/mm	0.15	0.06

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com

▶中国专业人士的网络家园，因为专业，所以完美！ 水利工程网 WWW.SHUIGONG.COM

续表

种类	材料及工作条件	系数值	
		最大	最小
滑动轴承摩擦系数	1. 钢对青铜(干摩擦) 2. 钢对青铜(有润滑) 3. 钢基铜塑复合材料对镀铬钢(不锈钢)	0.30 0.25 0.12～0.14	0.16 0.12 0.05
止水摩擦系数	1. 橡皮对钢 2. 橡皮对不锈钢 3. 橡塑复合止水对不锈钢	0.70 0.50 0.20	0.35 0.20 0.05
滚动摩擦力臂	1. 钢对钢 2. 钢对铸铁	1 mm 1 mm	

注：1. 工件表面粗糙度：轨道工作面应达到 R_a=1.6 μm；胶木(填充聚四氟乙烯)工作面应达到 R_a=3.2 μm；
2. 表中胶木滑道所列数值适用于事故闸门和快速闸门，当用于工作门时，尚应根据工作条件专门研究。

附录 N 本规范用词说明

N1.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

N1.0.2 条文中必须按指定的标准、规范或其他有关规定执行的，其写法为“按……执行”或“符合……要求”；非必须按指定的标准、规范或其他规定执行的，其写法为“参照……”。

附加说明

主要修编单位：

水利部 电力工业部 东北勘测设计研究院

参加单位：西北农业大学 安徽省水利水电勘测设计院

主要修订人：洪永灿、何运林、孙为勤

网易 Netease 企业应用事业部(IVP) ivpinfo@service.netease.com