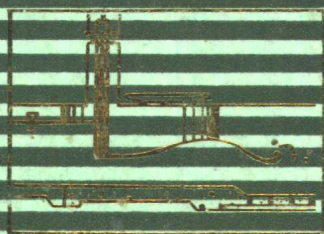


灌区水工建筑物丛书

# 闸门与启闭机

(第二版)

蔡正坤 瞿尔仁 编著



水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

---

# 闸 门 与 启 闭 机

(第 二 版)

蔡正坤 瞿尔仁 编著

水 利 电 力 出 版 社

灌区水工建筑物丛书

闸门与启闭机

(第二版)

蔡正坤 瞿尔仁 编著

\*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

水利电力出版社印刷厂印刷

\*

850×1168毫米 32开本 15.125印张 404千字

1981年9月第一版

1988年9月第二版 1988年9月北京第四次印刷

印数16831—19940册 定价5.10元

ISBN 7-120-00340-2/TV·98

## 出版者的话

大搞灌区工程配套，是挖掘现有灌溉设施潜力，加快建设旱涝保收、高产稳产农田的一项重要措施。灌区水工建筑物面广量大，是灌溉排水工程的重要组成部分，也是灌区配套的主要内容。各地水利部门在修建灌区水工建筑物方面积累了丰富的经验，无论在建筑物的规划布置、结构形式、建筑材料、设计理论、施工工艺等方面，都不断有所创新，并在科学研究方面取得了一批新的成果。

为了总结交流经验、推广先进技术和科研成果，特组织编写了这套“灌区水工建筑物丛书”。丛书包括《渠首工程》、《水闸》、《闸门与启闭机》、《渡槽》、《倒虹吸管》、《涵洞》、《隧洞》、《跌水与陡坡》、《农桥》、《地下排灌工程》等10个分册。

丛书的服务对象以中专毕业的水利技术人员为主；讨论的工程规模以县办工程为主；写法以实用为主，在扼要阐明基本原理的基础上，着重讲述工程布置、结构型式、计算公式、施工方法和常用的图表，并介绍一些工程实例，便于广大读者在设计施工中应用和参考。

参加这套丛书编写工作的单位有：江苏、安徽、山东、广东、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省（区）的水利局，勘测设计、科研部门和有关水利院校。

为了提高书稿质量，请武汉水利电力学院农田水利工程系负责丛书的归口工作。该系陈德亮、赵文华和范崇仁、凌均忆、黄绮华、李宗健等同志在审定本书稿、减少各分册之间的重复、统一编写深度和广度等方面，做了大量的工作。

《闸门与启闭机》分册是由安徽省滁县行署水利局蔡正坤，安徽省水利科学研究所路观平、杨永谦和合肥工业大学水利系瞿尔仁四位同志编著的。全书由蔡正坤同志统稿。初稿写成以后，

除了较广泛地征求意见以外，并由我社组织审稿会议，邀请广东、江苏、湖北、浙江、陕西、安徽等省有关水利部门及水利院校的代表参加审稿，提出了修改补充意见，帮助提高书稿质量。会后由蔡正坤同志进行定稿，瞿尔仁同志协助定稿。

本书是这套丛书继《水闸》、《地下排灌工程》和《农桥》等分册出版后的第四个分册。丛书的其他各分册将陆续出版。为了搞好这套丛书的出版工作，使它更好地为广大读者服务，热忱希望同志们随时将有关意见和要求告诉我们。

1981年1月

## 第二版前言

“灌区水工建筑物丛书”自1980年陆续出版以来，受到了广大读者的欢迎，大家反映，这套丛书内容比较全面、实用，既有较为系统扼要的理论分析，又有工程实例作为参考，很适合地、县水利工程技术人员的学习使用。根据读者的要求，同时考虑到近几年来这方面科学技术的不断发展，我们决定对这套丛书进行修订，以便更好地满足地、县广大水利工程技术人员的需要。

丛书的这次修订是按下述原则进行的：重点介绍常用的理论和方法，注意反映国内外的先进技术，认真总结近几年经过实践证明，技术上先进、经济上合理、运用时安全可靠的先进经验，删去陈旧过时和实用价值不大的内容；在扼要阐明基本原理的基础上，着重讲述工程布置、结构型式、构造、计算公式的应用、施工要点及管理注意事项，并编写一些实例，供广大读者应用参考。为了节省设计中繁琐的计算工作，有些分册将适当地编入实用性强的电算程序。

参加这套丛书修订编写工作的单位有：江苏、安徽、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省（区）的水利厅（局），勘测设计、科研部门以及有关的水利院校。为保证书稿质量、统一写作风格、提高工作效率，每本书的编写人不宜过多。因此，第二版的某些分册将减少或调整了部分参编人员。

为了进一步提高第二版的质量，决定成立“丛书编审组”，负责组织全套书的审稿和归口工作。

本分册《闸门与启闭机》第二版由蔡正坤（安徽省滁县行署水利局）、瞿尔仁（合肥工业大学）编写。

修订稿经江苏水利工程专科学校张世儒审阅，并提出了修改补充意见，对提高书稿质量帮助很大。

修改后的“灌区水工建筑物丛书”（第二版）中的《地下排灌工程》分册已于1987年出版，其它各分册将陆续出版。为了搞好这套丛书的再版工作，使它更好地为广大读者服务，诚恳希望读者对书中错漏之处，及时提出批评指正。

### 灌区水工建筑物丛书编审组

**组长**

陈德亮

**成员**

李崇智

张世儒

赵文华

王诤昭

1987年1月

# 目 录

出版者的话

第二版前言

|                |     |
|----------------|-----|
| 第一章 闸门概述       | 1   |
| 第一节 闸门的分类和组成   | 1   |
| 第二节 闸门的荷载和材料   | 17  |
| 第三节 设计闸门的步骤    | 23  |
| 第二章 平面闸门       | 31  |
| 第一节 平面钢闸门      | 31  |
| 第二节 钢筋混凝土平面闸门  | 61  |
| 第三节 小型放水闸门     | 81  |
| 第三章 弧形闸门       | 91  |
| 第一节 弧形钢闸门      | 91  |
| 第二节 钢筋混凝土弧形闸门  | 111 |
| 第三节 深孔弧形钢闸门    | 128 |
| 第四章 闸门的零部件和启闭力 | 136 |
| 第一节 平面闸门的支承    | 136 |
| 第二节 弧形闸门的支承铰   | 158 |
| 第三节 止水         | 165 |
| 第四节 其他零部件      | 181 |
| 第五节 启闭力        | 188 |
| 第五章 闸门设计的几个算例  | 191 |
| 第一节 平面钢闸门      | 191 |
| 第二节 钢筋混凝土平面闸门  | 199 |
| 第三节 弧形钢闸门      | 209 |
| 第四节 钢筋混凝土弧形闸门  | 252 |
| 第六章 其他型式的闸门    | 272 |
| 第一节 人字闸门       | 272 |
| 第二节 翻板闸门       | 288 |



|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第三节 升卧式闸门 .....         | 294 |
| 第七章 闸门的施工和运行 .....      | 300 |
| 第一节 闸门的施工 .....         | 300 |
| 第二节 闸门的运行 .....         | 315 |
| 第八章 启闭机 .....           | 339 |
| 第一节 螺杆式启闭机 .....        | 339 |
| 第二节 卷扬式起闭机 .....        | 350 |
| 第三节 其它启闭设备 .....        | 389 |
| 附录I 有关焊接的设计和计算 .....    | 413 |
| 附录II 有关螺栓连接的设计和计算 ..... | 432 |
| 附录III 有关铸件和锻件的设计 .....  | 448 |
| 附录IV 偏心受压钢构件的稳定系数 ..... | 456 |
| 附录V 常用型钢规格 .....        | 460 |
| 附录VI 常用止水橡皮带规格 .....    | 468 |
| 附录VII 常用光面圆钢筋规格 .....   | 474 |
| 附录VIII 常用钢丝绳规格 .....    | 475 |

# 第一章 闸 门 概 述

## 第一节 闸门的分类和组成

### 一、闸门的分类

#### (一) 按闸门的型式分类

1. 平面闸门 平面闸门是灌区水工建筑物最常采用的闸门。它的结构较为简单, 操作运行方便可靠, 对建筑物的布置也较易配合。简单的平面闸门只是一块平面的整板。比较复杂的则是梁格式的平面闸门, 而其面板又可做成平面或曲面的形式。

平面闸门有时可按需要作特殊的考虑。例如: 有些河道上的节制闸, 由于排洪或排涝的需要, 其孔口高度较大。但在一般泄水时, 其所需开启的孔口则较小; 有些水闸附带通航, 其通航孔比其他一般孔的高度较大。这些都可以考虑采用分别启闭的上下扇双扉平面闸门。又如在地震烈度较大的地区, 采用升卧式平面闸门等。

平面闸门随着孔口尺寸和水头的增大, 其总水压力也增大, 这就需要对它的支承部分的选择作仔细的考虑, 因为滑动支承和滚动支承在水压力作用下所产生的摩擦阻力差别很大, 对启闭力的影响也是很大的。

平面闸门也常用于深孔工作闸门。只是水力条件对它的影响较大, 特别是在需要局部开启以调节流量的情况下。因此, 必须在门体的结构、支承、止水以及门槽型式等布置方面予以充分的注意。

较小尺寸的平面闸门, 多采用螺杆式启闭机; 而较大尺寸的、不需闭门力的平面闸门, 则宜采用卷扬式启闭机。

平面闸门的制造、安装和管理、维护, 一般是比较简单的。

但是，平面闸门的启闭力，受门重和水头等因素的影响是较大的。同时，平面闸门也需要较高的启闭台和较厚的闸墩等。

2. 弧形闸门 弧形闸门在灌区水工建筑物的引水枢纽、渠首、节制闸和退水闸中，当封闭的孔口尺寸较大时是常采用的。有时，在深孔取水口中，虽然孔口的尺寸不大但水头较大，也可采用弧形闸门。

弧形闸门通常是采用圆弧形的门体，用支臂连接于支承铰上。一般铰心就是圆弧形门体的圆心。因此，弧形闸门的启门力主要取决于门体活动部分的自重，而水压力所产生的摩擦阻力的影响则甚小，这就是弧形闸门的特点和可取之处。

弧形闸门两侧的支臂一般做成双支臂的形式。而支臂的方向，则多做成斜伸的。弧形闸门的支承铰主要分为铰链和铰座两部分，它承受支臂的推力并传到闸墩的牛腿上。

但是，弧形闸门的设计、施工和安装一般比较复杂。它需要较长的闸墩和墩内承受推力的钢筋。弧形闸门一般多用卷扬式启闭机，它的启闭台高度则较低。

3. 其他型式的闸门 闸门的型式是多种多样的。随着灌区水工建筑物的孔口尺寸、水位情况以及操作运行要求的不同，可作多种门型的选择。例如：用于宽而浅的露顶式孔口，有翻板闸门、扇形闸门、鼓形闸门和屋顶式闸门等借水力自动启闭的闸门。还有在斜面升降的圆辊闸门，以及舌瓣闸门等；用于通航船闸，有人字闸门、一字闸门、横拉闸门、卧倒闸门、以及竖轴弧形闸门和三角闸门等在静水中启闭的闸门；用于深孔取水孔口，则有圆筒闸门和环形闸门等。这些闸门的型式虽然各异，但设计原理和门体构造等却基本类似。只是各具其自身的特点，在一定的水位和运行条件下选用有利。因此，在设计 and 施工时应深入掌握它们在细部结构和制造安装等方面的特点，才能运用自如。

## （二）按闸门的作用分类

1. 工作闸门 工作闸门也称主闸门或控制闸门，是水工建筑

物正常运行时使用的闸门。一般的情况，有时关闭闸门控制水位，有时开启闸门泄放水流，有时则部分开启以调节流量。由于工作闸门担负经常性的工作，而且需要在动水条件下运行，所以对它的要求是结构牢固、挡水严密、启闭灵活、运用可靠。

由于工作闸门一般需要在设计水位时（例如：蓄水位、灌溉水位、或者是洪水位等）进行启闭，因此它的门体部分和支承部分以及它所选用的启闭机等，均需考虑和满足动水启闭的要求。至于通航建筑物的工作闸门，则一般需要在关闭时承受水压力荷载，而在上下游水位齐平时开启通航。

除了渠系放水建筑物小型工作闸门以外，比较重要的工作闸门一般需要设置检修闸门，有的还需设置事故闸门。在建筑物的布置上，对工作闸门的运行和维修，需要予以充分的考虑。

2. 检修闸门 检修闸门又称预备闸门或修理闸门，是专供工作闸门或水工建筑物某一部位、某一设备需要检修时挡水使用的。

检修闸门通常都在检修前在静水的情况下放下。在检修的时候，阻挡水流。而在检修完毕后，再在静水的情况下开启。所以，检修闸门必须设置在工作闸门或被保护设备的前面。

检修闸门的门体部分，一般按检修时的水位及荷载设计。而其支承部分和埋设部分，则由于静水启闭而可大为简化。至于检修闸门的启闭设备，亦由于使用次数较少、启闭力仅考虑门身自重等因素，一般也较为简单。

检修闸门的设置，有时为了考虑具有通用性而采用分块的迭梁（又称插板）。在露顶式的孔口，采用迭梁较为普遍。有的迭梁，还设计成本身能够浮运的形式，在工作地点灌水下沉以封闭孔口。

3. 事故闸门 事故闸门是在水工建筑物的工作闸门或其他设备发生事故时使用的闸门。事故闸门要求在需要时动水关闭。有时则是动水快速关闭，切断水流，以防事故扩大。在事故处理后，充水平压开启。例如渠道水电站的引水管道中，在发电机组

的前面通常设置事故闸门。

事故闸门有时可用蝴蝶阀等闸阀代替。有时在事故闸门的前面，再设检修闸门，以利事故闸门等的检修。

4.尾水闸门 尾水闸门通常用在渠道抽水站或水电站的尾水口。当站房机组发生事故需要检修或正常维修时，放下尾水闸门。然后抽干机坑内水，进行检修。尾水闸门一般也是静水启闭。同时，它需要设置借助门身自重的压紧装置，以便在静水放下后能自动压紧，抽干机坑内水。

### （三）按门体的材料分类

1.钢闸门 随着国民经济的发展，我国钢产量已有较为明显的增加。同时，由于工业化程度的加速，机械加工水平普遍有所提高，电力供应日趋好转。这些都是促使采用钢闸门的有利因素。因此，在目前钢材供应逐步缓和以及加工条件日渐具备的情况下，灌区中小型闸门应优先考虑采用钢闸门。钢闸门具有材料的强度高、性能和质量有保证，结构受荷明确，施工及养护较易掌握等优点。同时，钢闸门在孔口尺寸和水头较大的情况，以及运行条件较差有遭受振动、空蚀等危害时，也有其更为适应的优点。采用钢闸门，由于其门体活动部分较轻，其启闭设备的费用一般也较为节省。

钢闸门的设计均采用焊接结构。在施工中一般仍用手工焊接。有条件的地方应采用工厂自动电焊，以保证工程质量和减轻劳动强度。在设计钢闸门时，应考虑运输和工地起重安装等条件，尽量采用工厂整体制造，或者按部件分块在工厂制造，然后在工地用电焊或螺栓拼装，以保证工程质量，提高生产效率和节约生产成本。

过去曾经采用过钢架木面板混合结构的闸门，但在使用实践中证明，木面板的防腐处理是很困难的。在耐久性方面，无论如何也不能和钢架的寿命取得一致。因此，木面板的更换使得管理上增加许多麻烦，也耗用大量的木材。所以，现在已经不再采用这种混合结构的形式了。

2. 钢筋混凝土和钢丝网水泥闸门 钢筋混凝土闸门泛指平板的、梁格式的、薄壳结构的和多种型式的钢筋混凝土和钢丝网水泥闸门。它用于我国水利工程已有近30年的历史，经历了一段摸索和发展的过程。曾经在许多省、区的灌区中小型闸门中得到比较普遍的应用，并且在某些方面获得了预期的效果。

钢筋混凝土闸门可以节省大量的钢材。能够就地取材，在现场浇筑。而且能够采用预制构件和土模施工，减少对机械工厂的依赖。它的刚度一般较大，运用比较可靠，而且不需油漆防锈，可以改善运用和维护条件。

但是，钢筋混凝土闸门仍然是比较笨重的。有的门重可能要比钢闸门高出1.0~1.5倍，这样就会导致启闭设备和启闭台投资的增加。它的抗振性能和抵抗漂浮物撞击的能力也较差。同时，对于钢丝网水泥整体薄壳构件，所耗费的劳力是较多的。在劳动工资日益提高的情况下，和钢闸门比较，其经济优越性渐不显著。如果设计和施工不当，在使用中产生裂缝，容易导致构件的剥蚀，影响闸门的寿命。甚至发生险情，影响正常的运用。因此，采用钢丝网水泥作为闸门材料时，应考虑上述缺点。

钢丝网水泥双曲扁壳平面闸门和钢丝网水泥薄壳弧形闸门在我国水利事业中曾经发挥过作用。其中多数目前仍在正常的运用，但存在问题（如汛期出险）也不少，有的地方正在逐步更换成钢筋混凝土闸门或钢闸门。

钢筋混凝土闸门在今后一定时期内仍将在我国水利工程中得到适当的应用。特别是大量的渠系放水建筑物中小型闸门、某些潜孔式闸门和深孔闸门，在节约钢材、降低造价及施工、管理和维护方面，其优点仍是较多的。

3. 铸铁闸门 在渠系放水建筑物的小型闸门和孔口尺寸较小的水库放水涵洞的取水口，有时采用铸铁闸门。铸铁闸门的抗锈蚀能力比钢闸门好，抗磨蚀的能力比钢筋混凝土闸门强。若采用少量的铜合金做成镶嵌的带条作为止水，比采用止水橡皮带经久耐用。在目前铸铁材料供应日益充裕以及浇铸和加工能力普遍提

高的情况下，采用小型铸铁闸门的日见增多。铸铁闸门可以定型和批量生产，较为经济耐用。田间放水用的小型铸铁闸门还有附带的启闭设备，可配套使用，甚为方便。只是由于铸铁材料性能的原因，采用这种闸门在孔口尺寸和水头方面，受到一定的限制。

4. 木闸门 木闸门以前多在孔口尺寸或水头较小的情况下采用。虽然它的制造较便，但木质易腐，不能耐久；拼缝既多，漏水较甚。在我国森林资源比较缺乏和木材供不应求的情况下，木闸门基本上已不再采用了。

## 二、闸门的组成

1. 门体部分 门体部分为闸门的主要挡水部分。它是既能封闭孔口又能开放孔口的堵水体，有时又叫门身或门叶。它是闸门的主要活动部分。门体部分通常包括挡水面板和梁格系统的构架，以支持所承受的水压力等荷载并传递给支承部分。门体部分一般设有止水装置，使闸门不漏水。吊头装置以供启闭联系。还附设侧导装置以便侧向引导。

门体部分的形状通常决定闸门的型式，如平面闸门、弧形闸门和人字闸门等。门体部分的材料通常决定闸门的种类，如钢闸门和钢筋混凝土闸门等。同时，闸门在水工建筑物中的作用也主要由门体部分来承担，如工作闸门和检修闸门等。因此，可以说门体部分是闸门的首要部分。

2. 支承部分 支承部分是闸门通过门体部分将水压力等荷载传递到水工建筑物的过渡的部分。支承部分的本身，既要求有足够的强度，同时也起着闸门启闭时的行走或旋转作用。因此，支承部分对设计、制造和维护提出了较多的要求。在设计方面，为了减少闸门在行走或转动时所产生的摩擦阻力，须考虑不同的支承方式，甚至整个闸门的型式。有时，支承部分的这种考虑也影响到启闭设备的选型。在制造安装方面，支承部分往往涉及到机械制造方面的铸造、加工能力和装配等。在管理维护上，支承部分容易产生配合不灵活、磨蚀、压裂和老化等。

支承部分的这些考虑是闸门的型式选择中经常遇到的问题，需对可能的不同方式进行比较，以选取较为合适的布置。

3.埋设部分 闸门的埋设部分系指埋设于水工建筑物的接触表面而与闸门的门体或支承相配合的部分。埋设部分通常有轨道、止水座、侧导板和门楣、门槛等。有些闸门还要设置具有特殊用途的埋设部分。例如深孔弧形闸门采用螺杆式启闭机时，需埋设供连杆滑动的滑轨等。

轨道是承重的构件，除了小型闸门以外，一般均需埋置。中小型闸门的止水座、侧导板和门槛等，则一般多用水泥砂浆等粉面，以节约钢材和简化施工。

埋设部分因需配合闸门的支承和止水等的行走或转动，它的施工和安装的准确性是非常重要的，必要时还得采用二期混凝土仔细施工。

## 第二节 闸门的荷载和材料

### 一、闸门的荷载

1.静水压力 灌区中小型闸门的主要荷载即为静水压力。当闸门处在封闭孔口的位置阻挡水流时，作用在闸门挡水面上任何一点单位面积上的静水压力与该点在水面以下的深度成正比。压力的方向则与该挡水面垂直。

露顶式和潜孔式平面闸门以及弧形闸门在不同的上下游水位情况下的静水压力计算，列于表1-1中。

2.动水压力 当闸门开启水流绕过门底或门身出流时，形成动水压力。在不考虑真空的情况下，动水压力比静水压力小些，因为一部分压力水头转化为流速水头的缘故。但在计算时，闸门挡水面上的动水压力仍可近似地按静水压力看待。

在深孔取水口水头较大的闸门或者是孔口尺寸较大的闸门，与水流相接触的门底、门槽、门顶以及止水等部位的外形轮廓，对动水压力比较敏感，设计时必须予以注意。因为动水压力不仅



表 1-1

静 水 压 力 计 算

| 序<br>号 | 水 压 力 图 形 | 计 算 公 式                                                                                                                                   |
|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      |           | $P = \frac{1}{2} \gamma H_s^2 B_s$ $H_c = \frac{2}{3} H_s$                                                                                |
| 2      |           | $P = \frac{1}{2} \gamma (H_s^2 - H_x^2) B_s$ $H_c = \frac{1}{3} \left( 2H_s - \frac{H_s^2}{H_s + H_x} \right)$                            |
| 3      |           | $P = \frac{1}{2} \gamma (2H_s - h) h B_s$ $H_c = H_s - \frac{h}{3} \times \frac{3H_s - 2h}{2H_s - h}$                                     |
| 4      |           | $P = \gamma (H_s - H_x) h B_s$ $H_c = H_s - \frac{1}{2} h$                                                                                |
| 5      |           | $P = \frac{1}{2} \gamma [(2H_s - h)h - H_x^2] B_s$ $H_c = \frac{3H_s H_x^2 - H_x^3 - 6H_s h^2 + 6H_s h^3 - 2h^3}{3H_s^2 - 6H_s h + 3h^2}$ |