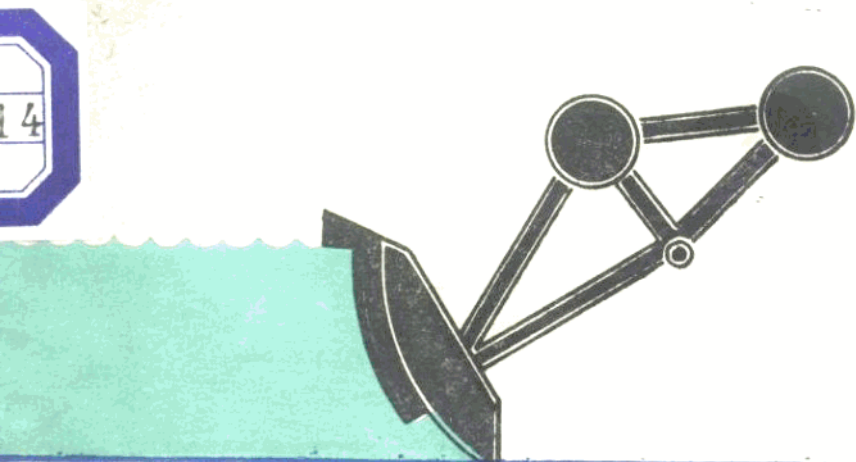


水力 自动闸门

● 李宗健 江仪贞 王长德 编著

● 水利电力出版社



内 容 提 要

水力自动闸门是一种借助水力和重力作用，可以自动启闭和调节的自动化闸门，具有运行可靠、结构简单等特点，越来越被广泛地应用于水利灌溉、防洪、发电、市政工程、水运工程等。

本书在总结多年研究成果和应用实践的基础上，广泛收集国内外资料，提出了水力自动闸门的设计理论和计算方法，系统地介绍各类水力自动闸门的受力特点、工作原理、结构型式及应用范围。实践应用性强，附有工程实例，通俗易懂，便于阅读。

全书共分六章。内容包括：概论、水力自动平面旋转闸门、水力自动弧形闸门、扇形门和屋顶门、自动化灌溉渠道上的水力自动闸门、其它类型的水力自动闸门。可供水利水电、水运航道及城建工程的设计管理人员阅读，也可作为大专院校师生的教学参考书。

2048/03

序

《水力自动闸门》作为一本科技书籍在我国还是首次出版。长期以来，我国水利工程中的闸门大都是用人力或动力控制，需要外部的动力或能源。而水力自动闸门完全靠水力自动启闭，结构简单，运行可靠，具有它自己的特点。

作者在总结研究国内外水力自动闸门的基础上，结合我国具体情况，近些年来进行了大量的试验研究工作。不仅系统地研究了各种自动闸门的设计理论和方法，而且自己设计试验了多种水力自动闸门，并付诸于生产实际中运行，取得了显著成果。因此，可以说，作者对水力自动闸门的研究有较深的理论基础和丰富的实践经验。这也正是他们为编写出这本颇具特色的书籍不可缺少的条件。

该书共有六章，主要介绍：平面水力自动旋转闸门、水力自动弧形闸门、扇形门和屋顶门、灌溉渠道上的水力自动闸门以及其他类型水力自动闸门的工作原理、结构型式和设计方法等。此外，并对调试、安装、管理运用中可能出现的一些问题作了详细介绍。该书的特点是既重视理论、设计，又强调实际应用，可供工程技术人员设计阅读，也可供大专院校师生作参考教材。

国外水力自动闸门的应用比较广泛。我国过去虽然也早有设计、应用，但长期以来缺乏完整的理论指导，在设计和运用中还存在不少问题，致使推广很不够。相信此书的出版将会引起广大水利工程技术人员浓厚兴趣，并为促进我国水力自动闸门的研究和应用工作做出贡献。

许志方

1986年6月

前 言

自动化是科学技术现代化的重要内容，自动闸门则是水利工程实现自动化运行的一项较重要设备。其中，水力自动闸门由于其不要外部能源，结构简单，运行可靠，在我国，更具有推广应用的前景。

水力自动闸门已有较长的应用历史，自上世纪中叶以来，国外学者对此作了大量的研究，时至今日，闸门型式愈来愈多，性能愈益完善，其应用范围已遍及灌溉、发电、市政工程、水运等部门。

建国以来，对水力自动闸门的研究，时有进行。其中，最为普遍的是各种型式的水力自动翻板闸门。这类闸门，自六十年代开始，在我国水利水电和水运工程中得到了广泛应用。其它型式的水力自动闸门，也不断有人研究、创新、并在一些工程中得到应用。

为了总结国内外水力自动闸门的实践经验和研究成果，适应我国水利水电事业发展的要求，我们广泛收集了国内外有关资料，在总结我们近年来研究成果的基础上，编写了本书，旨在向国内读者将这一方面的技术成果作一全面系统的介绍，以促进水力自动闸门在我国的应用和发展。

将水力自动闸门作为闸门的一个门类来进行研究，是我们的一个尝试。出版水力自动闸门专著，在国内外尚未见到先例。在书中，根据我们的研究成果，提出了水力自动闸门的设计理论和方法，比较系统地介绍了各种水力自动闸门的受力特点、工作原理、结构型式、设计方法及应用范围，对

一些性能优异、应用广泛的水力自动闸门，则在本书的各章中分别予以详细介绍，以便在实际工程中推广应用。

全书共分六章。第三、五章由武汉水利电力学院李宗健同志编写，第二章由该院江仪贞同志编写，第一、四、六章由该院王长德同志编写。本书由李宗健同志主编。

本书脱稿之后，安徽省水利水电设计院夏念凌同志审阅了本书初稿，并提出不少宝贵意见，在此深表谢意。

由于本书的编写尚属初次尝试，加之水平有限，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序

前 言

第一章 概论.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 闸门的分类和组成.....	3
第三节 作用在闸门上的力.....	9
第四节 水力自动闸门的工作原理.....	18
第二章 水力自动平面旋转闸门.....	27
第一节 概述.....	27
第二节 非连续铰式翻板闸门.....	30
第三节 曲线铰式翻板闸门.....	69
第四节 渐开型水力自动平面旋转闸门.....	85
第五节 水力自动平面旋转闸门的运转特性及稳定分析.....	102
第三章 水力自动弧形闸门.....	111
第一节 双浮箱水力自动弧形闸门.....	111
第二节 后水箱水力自动弧形闸门.....	126
第四章 扇形门和屋顶门.....	148
第一节 扇形门和鼓形门.....	149
第二节 屋顶门.....	168
第五章 自动化灌溉渠道上的水力自动闸门.....	179
第一节 上游常水位水力自动控制闸门.....	180
第二节 下游常水位水力自动控制闸门.....	204
第三节 混合式闸门.....	222
第四节 配水器.....	227

第五节 水力自动闸门在灌溉渠道上的应用	233
第六章 其它类型的水力自动闸门	244
第一节 其它可用于灌溉系统的水力自动闸门	244
第二节 水力自动控制的深水闸门	254
第三节 水力自动冲沙闸门	260
第四节 水力自动排洪闸门	266
参考文献.....	272

第一章 概 论

第一节 概 述

水力自动闸门是一种借助水力和重力作用，在一定的水位条件下，随流量（来流量或需水量）的变化，自动启闭的自动化闸门。

同用电力和其它能源驱动的自动化闸门相比，水力自动闸门具有一系列明显的优点。它不用外来能源，结构简单，可在无人操纵下自行启闭，运行可靠，管理维修方便，并且造价低廉。因此，在水利工程中，尤其是在管理操纵不便的偏僻地段，推广和使用水力自动闸门，具有更大的现实意义。

水力自动闸门有很长的使用历史。早在十九世纪中叶，在电能的利用还处在萌芽阶段时，在欧洲就已经兴建了一些利用水力自动开启的平板横轴旋转门。本世纪初，又相继出现水力自动控制的扇形闸门和弧形闸门，在当时的技术条件下，较好的解决了水工建筑物大尺寸孔口的水流控制问题，推动了水利科学技术的发展。经过一百多年的演进，水力自动闸门在结构上日益完善，型式也越来越多。据苏联的资料介绍，仅用于灌溉排水系统的水力自动闸门，其型式就达数百种之多。

在国外，水力自动闸门很早就被用在河渠的节制闸、渠道的排水闸、水库的泄洪闸和取水枢纽的冲沙闸上，在防洪、灌溉、发电、航运、供水等各类工程中得到广泛的应

用。三十年代末，法国研制了一系列用以实行明渠自动化运行的水力自动闸门，并提出了一套比较完整的自动化灌溉控制方法，开创了水力自动化灌溉的历史。由于这类闸门结构简单，运行可靠，管理方便，费用低廉，且能比较好地满足自动化灌溉的要求，时至今日，在明渠自动化系统中，仍被世界上不少国家和地区广泛采用。在我国，本世纪五十年代以来，广泛应用和发展了绕横轴旋转的平板水力自动闸门，并且在近些年来突破了这类闸门绕固定支点旋转的框框，使闸门沿多个支点或曲线形轨道旋转移动，改善了这类闸门的运用功能。目前已有单铰、双铰、多铰、曲线铰及渐开式等各种门型，由于它的造价一般只为其它类型闸门的百分之十几到百分之五十，且能自动运行，其应用目前方兴未艾。除此之外，我国水利界还研制了一些其它型式的水力自动闸门，大多用在灌排系统的节制闸、排水闸上。如武汉水利电力学院研制的后水箱水力自动弧形闸门及河北省水利厅勘测设计院研制的水力自动升卧式闸门等。其它诸如浮体闸、空箱旋转闸门等大多是一些由人工操纵利用水力启闭的闸门。这类闸门，只要稍加改进，也可以完全凭借水力自动运行。

早期的水力自动闸门首先着眼于利用水力自动启闭闸门。在这种思想指导下，产生了利用水压力自行启门的平板旋转门、屋顶门和利用浮力启门的扇形门和弧形门等。扇形门往往其门体本身就是一个浮箱，而弧形门则常需在门体上附加浮箱。为了充分利用重力作用，人们又在门体上附加平衡重，改变门体重心的位置和重力的大小，更主动地利用重力和水力的相互平衡关系来控制门的启闭。现代的水力自动控制闸门，其基本结构大抵如此，其工作原理大多是按作用在门体上的水力和重力（有时要计入摩擦力）在一定的水位

条件下相互平衡的原理，其工作方式则大多是通过闸门自动启闭控制水位变化（上游或下游）来达到控制流量的目的。

水力自动闸门利用水流本身的能量来控制水流本身，在能源日益匮乏的今天，这无疑将是一个更加引人注目的目标。尤其在我国的条件下，面对广大农村机械化和电气化程度不高的现实，水利工程中广泛采用水力自动闸门来实施水量和水位控制，无论从自动化和节能的角度，还是从节省工程投资的角度来看，都是应优先予以考虑和采纳的。基于以上考虑，本书首先介绍一些目前在国内外广泛应用的水力自动闸门，对它们的工作原理、基本结构与构造、运用方式、方法作比较详尽的介绍，并附以计算实例，以供设计时参考。在书末一章，则简要介绍了一些虽然在工程中尚未被广泛采用，但是在构造和工作原理上都具有一定特点的水力自动闸门，以供国内工程界同人研制新型水力自动闸门时参考和借鉴。

与用机电设备控制的自动闸门相比，水力自动闸门还有一些明显的缺点。一是难以实行远距离遥控；二是调节参数，如控制的水位等，一经确定便不易改变，运用方式还不够灵活；三是由于水流传输速度比较慢，在灌溉系统中实行多个闸门联合运用时，反应速度比较慢；四是闸门自动运行的稳定性还存在一些问题，有待进一步研究解决。对于这些问题，在进行控制方式和门型选择时要予以充分的考虑。

第二节 闸门的分类和组成

一、闸门的分类

水力自动闸门的类型有多种。同一般常用闸门一样，水

力自动闸门也可以按闸门的工作性质、制造的材料、闸门的形状和构造特征，以及闸门的作用原理等方面进行分类。

1. 按闸门的工作性质分类 可分为工作闸门、检修闸门和事故闸门等。但在大多数场合，对于绝大多数的门型，水力自动闸门往往仅只作为工作闸门来设计和应用。

2. 按闸门在孔口中的位置分类 可分为门顶高于上游水位的露顶闸门和门顶低于上游水位的潜没闸门。

3. 按闸门的形状和构造特征分类 可分为平面闸门、弧形闸门、扇形闸门、屋顶闸门及圆筒闸门等多种型式。

平面闸门的门叶是平板形的，是一种采用较为广泛的水力自动闸门门型。这类闸门一般多做成绕横轴旋转的形式，横轴可设在闸门的底部、中部或顶部，如图 1-1 的国内广泛采用的翻板闸门和图 1-2 的舌瓣闸门等。这类闸门一般多是利用闸门前水位变化，使作用于闸门上的水压力对转轴产生的力矩变化，而使闸门自动启闭。也有将闸门与专设的平衡重用杠杆或是通过滑轮用钢丝绳连接在一起，平衡重设在浮室内，该室通过进、出水管与上、下游连通，当浮室内水位

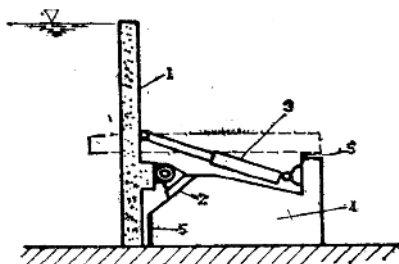


图 1-1 翻板闸门

1—面板；2—铰座；3—油压减展器；4—支承墩；5—缓冲橡皮

上升或下降时，平衡重所受浮力亦相应改变，因而随之上浮或下沉，通过杠杆或钢丝绳作用，闸门也随之下降或上升。

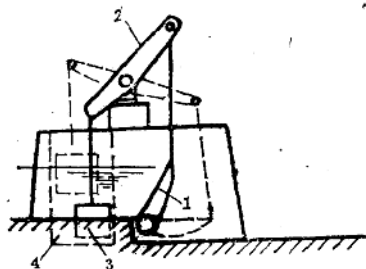


图 1-2 舌瓣闸门

1—门叶；2—杠杆梁；3—平衡重；4—平衡重室

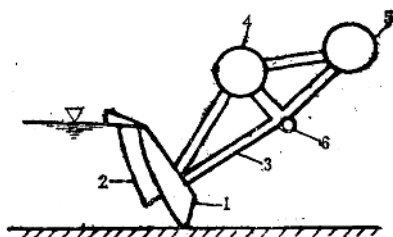


图 1-3 单浮箱水力自动弧形闸门

1—门叶；2—浮箱；3—臂杆；4—前配重箱；5—后配重箱；
6—铰轴

弧形闸门是一种具有圆弧形门叶，并绕轴心旋转的闸门，也是一种常用的水力自动闸门门型。尤其在灌溉渠道上使用更为广泛。这类闸门一般多是利用与闸门连结在一起的浮箱所受浮力的变化，来改变闸门承受的作用力矩，使闸门自动启闭。浮箱可以设在门叶上（图1-3），也可以将浮箱

设在闸室两侧的浮室内，利用浮室内水位的变化，改变浮箱所受浮力的大小，再通过联结浮箱与闸门的联杆，使闸门得以启闭。也有的在闸门后部设置水箱，通过设在闸墩内的输水管道向水箱内充水，并通过设在水箱底部的排水管将水箱内的水排至下游，以改变水箱内的水的重量，相应改变了作用在闸上的力矩，而使闸门自动启闭（图1-4）。

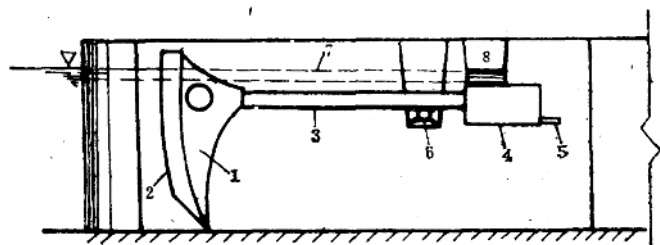


图 1-4 后水箱水力自动弧形闸门

1—门叶；2—缓冲箱；3—支臂；4—水箱；5—排水管；
6—铰轴；7—进水管；8—溢水堰

扇形门是一种横断面呈扇形的闸门，除了挡水面板外，其上部（有时包括下部）设有面板，以形成具有压力室的结构，门体铰支于底坎上。利用与上下游连通的输水管道向压力室内充水或泄水，使闸门自动开启或关闭（图1-5）。这种型式的闸门，当旋转轴位于上游时，又称为鼓形门（图1-6）。

屋顶门是由两扇（或三扇）平面门叶组成，并可沿固定在底板上的水平铰轴旋转。闸门的启闭原理与扇形门类似，可通过向压力室内充水或排水，而使闸门得以启闭。这种闸门当门叶升起时，两扇门叶形成人字形屋顶的形状，闸门因此而得名（图1-7）。我国河南省在六十年代后期作了一些

上游门叶可折迭的四连杆屋顶门，称之为“浮体闸”，并且在我国一些地区得到了推广采用。

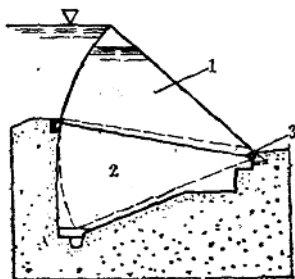


图 1-5 扇形门

1—扇形门；2—压力室；3—铰轴

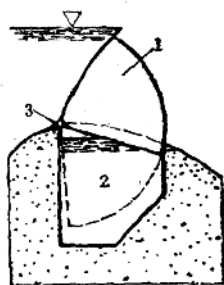


图 1-6 鼓形门

1—鼓形门；2—压力室；3—铰轴

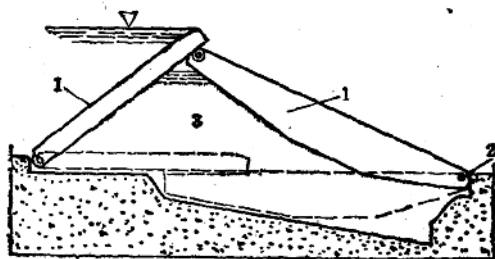


图 1-7 屋顶门

1—门叶；2—铰轴；3—压力室

圆筒式闸门的挡水部分由空心的圆筒做成，通常设在具有竖井的孔口上。闸门的启闭也多是在闸侧设浮室，利用浮室内浮子所受浮力的改变，使闸门沿铅直方向上升或下降（图1-8）。

4. 按水力自动操作的方式分类 可分为利用水压力操

作、利用浮力操作和利用重力操作等几种。

利用作用在闸门上水压力的变化直接操作的有翻板闸门等，利用作用在门体上或与门体连接的浮箱上浮力的变化来操纵的闸门有扇形门、鼓形门、单浮箱及双浮箱弧形闸门等。利用重力来操作的闸门大多是利用平衡重和专设的水箱，通过水箱中的水重的变化来操纵闸门，如后水箱水力自动弧形闸门。

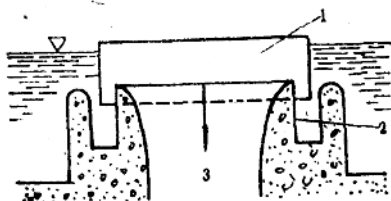


图 1-8 圆筒门

1—圆筒门；2—浮室；3—竖井

二、闸门的组成

通过以上各种水力自动闸门的类型介绍，可以看到，水力自动闸门的组成与传统的非自动闸门相比较，除了具有常规闸门具有的门体结构、支承结构和埋设设备外，一般常需增设平衡重（配重）、浮箱（浮子）或水箱等部件。设置平衡重是用以调节闸门的重量和重心位置，设置浮箱则是利用浮箱承受浮力大小的变化，使闸门自动启闭。也有的闸门不设浮箱，而是直接利用平衡重所受浮力的变化或是利用水箱内水重的变化来使闸门自动启闭。有时还常设置一条与上下游连通的输水管道和浮室等。有的水力自动闸门为了保证闸门运行的稳定性，还需要附加专门的阻尼装置，如减震器、缓冲箱或浮箱套等。但是有的水力自动闸门的组成与常规闸门

几乎完全相同，只是在结构布置上有所不同而已，如图 1-1 中的翻板闸门，只是将通常的平面闸门，由提升改为绕横轴旋转，即可利用作用于门叶上的水压力的变化达到自动启闭的目的。

水力自动闸门虽然在组成上一般比常规闸门多了几个部件，但是却省去了启闭设备和启闭工作台等，总体结构比常规闸门通常还要简单一些。

第三节 作用在闸门上的力

作用在水力自动闸门上的作用力和作用在非自动闸门上的作用力基本一样，主要有静水压力、动水压力、重力和摩阻力等。根据闸门的设计条件有时还要考虑泥沙压力、波浪压力和地震力的作用等。另外，考虑到水力自动闸门的工作特点，在设计时，有时还需考虑惯性力和阻尼力的影响。对于一些不利于闸门运行稳定和影响闸门调节精度的力，当其作用不能忽视时，常需在结构上采取措施加以限制或减小其影响（例如支承摩阻力和动水压力影响等）。

以下针对水力自动闸门的工作特点和设计需要，着重介绍重力、动水压力和阻尼力的计算方法。至于其它一些作用力的计算方法，可参见有关闸门设计的书籍，此处不再一一详细介绍。

一、重力

在水力自动闸门中，往往不仅需要知道闸门各部件的重量，还要知道闸门重心的位置和其对转动支点的转动惯量。

在已知闸门各部件的尺寸和选用材料的密度后，即可求得闸门各部件的重量和闸门的总重量。闸门的重心位置，可

先建立坐标系，并按下列公式求得

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1-1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Y_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1-2)$$

上列式中 W_i ——各部件的重量；

X_i ——各部件重心距竖坐标轴的距离；

Y_i ——各部件重心距横坐标轴的距离。

闸门对转轴的转动惯量

$$J_z = \int_V \rho (x^2 + y^2) dV = \int_V \rho r^2 dV \quad (1-3)$$

式中 V ——闸门体积；

ρ ——材料的密度；

r ——在 X 、 Y 平面内闸门上各处到转轴的距离（坐标原点与轴心重合）。

二、静水压力和动水压力

在闸门全关时，作用在闸门上的水压力为静水压力；在开启过水时，作用在门上的水压力为动水压力。

对于水力自动闸门，一般除了要知道水压力的外，往往还要知道水压力在作用面上的大小分布及合力的作用点位置。对于静水压力，它的大小和分布规律，在一般的水力学书籍中都已作了详尽的描述，此处不再赘述。以下主要介绍作用在闸门门叶上的动水压力的外大小及分布规律的计算方法。

（一）垂直提升的平板闸门^[1]

在自由出流的情况下，作用在闸门门叶上各点水的压强