

高等学校统编精品规划教材

水力发电机组辅助设备

主 编 李郁侠

副主编 程云山 李延频



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

013024474

TV734.2
01

高等学校统编精品规划教材

水力发电机组辅助设备

主 编 李郁侠

副主编 程云山 李延频



TV734.2
01



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1631919

内 容 提 要

本书阐述了水力发电机组辅助设备及其系统的基本原理,介绍了辅助设备系统的设计与计算方法。全书共分7章。主要内容包括:绪论,水轮机进水阀及常用阀门,油系统,压缩空气系统,供水系统,水电站的排水系统,水力机组参数监测等。本书系统地论述了水力发电机组辅助设备与监测装置的工作原理、设备选择计算和自动操作系统的组成,主要介绍我国大、中型水电站水力发电机组辅助设备与量测技术的目前状况,并介绍了有关先进技术在该领域的应用及其发展趋势。

本书为高等学校热能与动力工程专业(水利水电动力工程方向)的统编教材,也可作为能源动力类其他相关专业的教学参考书,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水力发电机组辅助设备 / 李郁侠主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2013. 1
高等学校统编精品规划教材
ISBN 978-7-5170-0613-8

I. ①水… II. ①李… III. ①水轮发电机—发电机组
—附属装置—高等学校—教材 IV. ①TM312

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第014495号

书 名	高等学校统编精品规划教材 水力发电机组辅助设备
作 者	主编 李郁侠 副主编 程云山 李延频
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

随着我国水电建设的发展,水电站运行水平不断提高,水力机组辅助设备的功能日益完善。近年来,从事能源动力类专业教学实践的教师深感缺乏适应水力发电机组辅助设备技术发展的本科教材。在教育部能源动力学科教学指导委员会的支持下,经过相关高等学校部分教师的认真讨论,决定编写本书,并作为热能与动力工程专业(水利水电动力工程方向)的统编教材。

本书是按照热能与动力工程专业(水利水电动力工程方向)培养目标的要求而编写的。新教材的编写,紧密结合水电厂生产实际,大量吸收新理论、新技术、新设备、新工艺在专业领域的应用,反映专业与学科前沿的发展趋势,努力体现新教材的先进性;同时也保持了本课程的传统教学内容,保证了教材的系统性与条理性;紧密结合教学实践与需要,合理安排章节次序与内容,力图使新教材具有较强的实用性。

全书共分7章,包括绪论、水轮机进水阀及常用阀门、油系统、压缩空气系统、供水系统、水电站的排水系统以及水力机组参数监测等。

全书由李郁侠教授担任主编。其中第1章、第5章和附录由西安理工大学李郁侠编写,第2章、第6章由武汉大学蔡天富编写,第3章由华北水利水电学院任岩编写,第4章由河海大学程云山、西安理工大学李郁侠编写,第7章由华北水利水电学院李延频编写。全书由李郁侠统稿。

全书由武汉大学范华秀审阅。审阅中范华秀教授提出了许多中肯的修改意见,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中得到了教育部能源动力学科教学指导委员会、西安理工大学水利水电学院的各级领导和同仁的大力支持与帮助,有关科研、设计单位、水电设备制造企业及高等院校提供了参考资料并提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不妥或错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2012年6月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 水电站的动力设备	1
1.2 水力发电机组辅助设备	2
习题与思考题	3
第 2 章 水轮机进水阀及常用阀门	4
2.1 水轮机进水阀的作用及设置条件	4
2.2 水轮机进水阀的型式及其结构	5
2.3 水轮机进水阀的操作	16
2.4 水电站其他常用阀门	26
习题与思考题	36
第 3 章 油系统	37
3.1 水电站用油种类及其作用	37
3.2 油的基本性质及其对运行的影响	39
3.3 油的劣化与防治措施	51
3.4 油的净化与再生	52
3.5 油系统的组成、作用及系统图	57
3.6 油系统的计算与设备选择	61
3.7 油系统的布置及防火要求	69
习题与思考题	71
第 4 章 压缩空气系统	73
4.1 概述	73
4.2 空气压缩装置	74
4.3 机组制动供气	86
4.4 机组调相压水供气	93
4.5 检修维护、空气围带和防冻吹冰供气	99
4.6 油压装置供气	104
4.7 水电站压缩空气的综合系统	110

习题与思考题	114
第 5 章 供水系统	116
5.1 概述	116
5.2 技术供水系统的任务与组成	116
5.3 用水设备对供水的要求	121
5.4 水的净化与处理	131
5.5 水源及供水方式	142
5.6 消防供水	149
5.7 技术供水系统图	161
5.8 技术供水系统设备选择	166
5.9 技术供水系统水力计算	172
习题与思考题	177
第 6 章 水电站的排水系统	178
6.1 排水系统的任务和排水方式	178
6.2 检修排水	179
6.3 渗漏排水	183
6.4 排水系统图	186
6.5 离心泵的启动前充水	192
6.6 射流泵在供排水系统中的应用	193
习题与思考题	196
第 7 章 水力机组参数监测	197
7.1 概述	197
7.2 机组水力参数的测量	206
7.3 水力机组振动监测	226
7.4 水力机组监测系统	231
习题与思考题	236
附录	237
参考文献	240

第 1 章 绪 论

电力系统中的电源（站）有火电厂、水电厂、核电站以及风力、地热、潮汐、太阳能发电站等。我国电力系统目前以火电厂和水电厂为主，同时已有多座核电站投入运行。

水力发电即利用水能发电，是一种调节方便、成本低、效率高、运行管理简单、环境污染小的电能生产方式。我国是世界上水力资源最丰富的国家，水能资源理论蕴藏量为 6.94 亿 kW，年发电量 6.08 万亿 kW·h；其中技术可开发容量 5.42 亿 kW，占 74.2%，经济可开发容量 4.02 亿 kW，占 57.9%，相应年发电量 1.75 万亿 kW·h，蕴藏量和可开发容量均居世界首位。从 1912 年中国第一座水电站—石龙坝水电站（装机 2×240 kW）在云南滇池出口的螳螂川建成发电，水电建设艰难发展，到 1949 年，全国的水电装机容量仅为 16.3 万 kW。中华人民共和国成立后，水电建设发展迅速，到 2005 年，全国水电总装机容量达到 1.15 亿 kW，跃居世界第一位，占全国电力工业总装机容量的 20%；水电发电量位于世界第四，仅次于加拿大、美国和巴西。近年来随着国家对三峡、溪洛渡等长江流域的特大型水电厂的开发和建设，我国的水电事业呈现了蓬勃发展的态势。到 2011 年底，我国电力装机总容量达到了 10.56 亿 kW，其中水电装机容量为 2.31 亿 kW（含抽水蓄能 1836 万 kW），占全部装机容量的 21.83%，继续稳居世界第一；水电年发电量 6626 亿 kW·h，占全部发电量的 14.03%。随着工业、农业、国防和科学技术现代化的加速实现，今后我国水电厂的建设必将得到更快的发展。

1.1 水电站的动力设备

水电站是利用水能生产电能的工厂，它先利用水轮机把水流的能量转换为旋转机械能，再利用发电机把旋转机械能转换为电能，最后通过电网把电能送给用户。

1.1.1 电能生产过程

为实现水能到电能的转换，需要借助水工建筑物和动力设备来完成。水电站的水工建筑物包括拦河坝、厂房、引水管道、排水管道等。首先利用拦河坝形成水库，以获得集中的水能，并利用厂房来布置和安装能量转换及输送设备；其次是通过引水和排水管道、进水阀及有关流量调节机构调节水能，控制能量转换；再利用水轮机把具有一定落差和流量的水能转换为旋转的机械能，进而带动发电机把机械能转换为电能，最后经过变压器和输电线路送给电力系统或用户。

1.1.2 水电站的动力设备

水电站里承担电能生产的设备称为水电站动力设备，包括水轮发电机组、调速系统和辅助设备系统等。

1. 水轮发电机组

水轮发电机组是水轮机和发电机两者的合称，是在水能到电能的转换过程中最主要的动力设备。水轮机是水电站的水力原动机，当具有势能和动能的水流通过水轮机时，把水流的能量传给了水轮机转轮，促使水轮机转动，从而形成旋转的机械能。旋转的机械能又通过水轮机主轴带动发电机旋转，励磁后的发电机转子随发电机轴一起旋转，形成一个旋转的磁场，发电机定子绕组因切割磁力线而产生电能。在水轮机调节系统和发电机励磁系统的控制下，发电机产生的电能以稳定的频率和电压输送到电力系统或电能用户。

2. 水轮机调速器

当电力系统的负荷发生变化时，应当及时调节机组发出电能的多少，以获得电力系统中发电量与用电量的平衡。如果不能及时调整系统能量的平衡，会导致水轮机转速不稳定，供电频率变化过大，威胁各种用电设备的安全，严重影响工农业生产、社会经济活动和人们的正常生活。为此，必须通过水轮机调速器，根据机组转速的变化，自动地调节进入水轮机的流量，使水轮发电机组在维持额定转速的同时不断适应外界负荷的变化。同时，水轮机调速器还担负着开机、停机及调整机组所带负荷的作用。

3. 辅助设备系统

辅助设备系统是水电站的油、水、气系统等的统称，对水电厂的安全运行来说是不可缺少的。油系统的主要作用有：机组转动部分轴承润滑，调速器和进水阀等油压设备操作，电气设备绝缘和灭弧等；水系统包括技术供水和排水两个系统，供水系统主要供给机组运行时所需要的冷却、润滑、消防和生活用水，排水系统主要是将厂房和设备的渗漏及生产用过的废水排出厂房，同时完成机组检修时设备内积水的排除；气系统一般包括高压气系统和低压气系统，其中高压气系统主要提供油压装置用气，低压气系统则主要提供机组制动、主轴及阀门密封、风动工具等用气。

1.2 水力发电机组辅助设备

1.2.1 水力发电机组辅助设备的作用

水力发电机组辅助设备是附属于水轮机和发电机等主机设备的附属设备，是为了确保机组正常运行而设置的相关设备，也是水力发电机组正常运行过程中实施操作、控制、维护、检修和运行管理必须具备的设备系统。

水力发电机组辅助设备必须以主机设备最优与安全运行的需要为前提，综合考虑实施操作、保护、控制、维护、检修和运行管理，根据机组设备和电站的具体条件设置。只有各辅助设备系统之间、辅助设备与主机设备之间相互协调、有机地结合，给主机设备运行创造最佳环境，并为辅助设备本身的运行、管理、维护和检修创造良好的条件，才能完成水电站电能的生产任务。

1.2.2 水力发电机组辅助设备的内容

水力发电机组辅助设备包括水轮机主阀、油气水系统、水力监测系统等内容。

1. 水轮机主阀

水轮机主阀是机组和电站的一种重要安全保护设备。对于压力水管为分组供水及联合

供水的电站机组，水轮机前必须设置主阀以作紧急事故关闭、切断水流之用。压力水管为单元供水的较长管道，也应设置主阀。水轮发电机组发生事故时，主阀必须能够快速关闭以防机组飞逸时间过长。

2. 油气水系统

水轮发电机组的主机设备在运行过程中，必须具有油压设备的液压用油及轴承等润滑油、设备转动部件和变压器的散热用油、电气设备的绝缘用油、消弧用油等调相压水用气、水轮发电机组制动用气、水导轴承检修密封围带充气用气、蝶阀止水围带充气用气及检修吹扫用气和油压装置用气等、发电机空气冷却器冷却用水、所有轴承油槽冷却用水、水冷式变压器的冷却用水、水冷式空气压缩机的冷却用水、油压装置集油槽冷却器冷却用水等，生产用水的排水、水轮发电机组厂房水下部分的检修排水、渗漏排水等，分别组成了油系统、气系统、技术供水系统、排水系统。

3. 水力监测系统

为满足水轮发电机组安全、可靠、经济运行以及自动控制和试验测量的要求，考查已经运行机组的性能，促进水力机械基础理论的发展，提供和积累必要的资料，就必须对水电站和水力机组运行参数进行测量和监视。水力监测系统就是为了监测水轮机水力系统的有关参数，如水头、上下游水位、流量、压力、水温、振动、摆度以及其他需要检测的项目而设置的量测系统，包括量测仪器、管路、阀门等。

《水力发电机组辅助设备》是热能与动力工程（水利水电动力工程方向）、能源与动力工程专业的重要专业课程之一。课程的研究对象是在水能到电能的转换过程中水电站的辅助设备系统，主要介绍大、中型水电站的水轮发电机组辅助设备和水力监测装置的基本原理和工程应用，系统介绍辅助设备与监测装置的构造、基本理论、工作原理、设计计算、测试技术和自动操作系统，包括水轮机进水阀的类型、结构及其操作系统，水电站油系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统的作用、组成、设备与工作原理、系统图，以及水电站机组水力参数的测量、水轮机流量的测量、水力监测系统的设计等。

本书力求加强课程内容之间的联系，注重基本理论和概念的阐述，培养和提高学生分析和解决实际工程问题的能力。本课程的主要任务是使学生深入了解、正确选择与使用发电厂辅助设备，掌握辅助设备系统与监测装置的基本原理、设计原则和方法，掌握辅助设备系统与监测装置运行管理的理论和方法，培养学生分析、设计辅助设备系统以及解决工程实践中技术问题的能力。

习题与思考题

- 1-1 水电站动力设备包括哪些设备？其作用是什么？
- 1-2 水力发电机组辅助设备的内容与作用是什么？
- 1-3 学习《水力发电机组辅助设备》课程的要求是什么？

第 2 章 水轮机进水阀及常用阀门

2.1 水轮机进水阀的作用及设置条件

2.1.1 进水阀的作用

水轮机的进水阀是指安装在水轮机进口处的阀门，多位于压力引水钢管的末端与蜗壳进口之间。进水阀又称为主阀。进水阀的作用如下。

(1) 作为机组过速的后备保护。当机组甩负荷又恰逢调速器发生故障不能动作时，进水阀可以迅速在动水情况下关闭，切断水流，防止机组过速的时间超过允许值，避免事故扩大。

(2) 减少停机时的漏水量和缩短重新启动时间。进水阀的密封性能比导叶要优越很多。水轮发电机组在停机时，如果仅仅关闭水轮机的导叶，则通过导叶而引起的漏水是不可避免的，而且漏水的流量还随着机组投产时间的延续会逐渐增大，如果导叶发生空蚀则漏水将更为严重。一般情况下导叶在全关时的漏水量约占机组最大流量的 $2\% \sim 3\%$ ，严重时可达 5% 。导叶的漏水直接造成水能资源的浪费，而当漏水量过大时，还可能出现停机状态下的机组恢复低速转动和停机过程中长时间低速转动而无法完成停机的情况，低速转动将造成机组轴瓦磨损的加剧甚至烧瓦。通过装设进水阀后，在机组长时间停机时关闭进水阀可有效减少漏水量，而对于导叶漏水量过大的机组，停机时关闭进水阀，有利于机组停机过程的顺利完成，并使停机后的机组能保持稳定状态。

(3) 提高水轮机运行的灵活性和速动性。对于装置水头高、引水管道长的电站，如果机组未设置进水阀，则在机组停机后，为减少因导叶漏水而造成水量损失，需关闭引水管进水口闸门，这样将导致整个引水管道被放空。当机组需要重新开启时，必须先对引水管道进行充水，这将延长机组启动时间。设置进水阀后，机组停机时只需关闭进水阀而无需关闭进水口闸门，引水管道始终保持充水状态，使机组能快速启动并带上给定负荷。

(4) 对于岔管引水的电站，可截断水轮机上游的水流，构成检修机组的安全工作条件。当电站由一根压力输水总管同时向几台机组供水时，每台机组前均装设进水阀。当某一机组需要检修时，只需关闭水轮机前的进水阀，而不会影响其他机组的正常运行。

2.1.2 进水阀的设置条件

基于上述作用，设置进水阀是必要的，但因其设备价格高，安装工作量大，同时还需考虑土建费用，并非所有电站都必须设置进水阀。是否设置进水阀应根据实际情况，并做相关的技术经济比较后，在电站的设计中予以确定。对轴流式低水头机组，因过水流道较短，一般采用单管单机布置，在进水口设置快速闸门和在水轮机上装设防飞逸设备后，不再装设进水阀；对灯泡贯流式水轮发电机组，因水头更低，一般由水轮机进水口或尾水管出口的快速闸门来取代进水阀；对中高水头的大中型水轮机和水泵水轮机，进水阀的设置

一般应符合下列条件:

(1) 对于由一根压力输水总管分岔供给几台水轮机/水泵水轮机用水时, 每台水轮机/水泵水轮机都应装设进水阀。

(2) 管道较短的单元压力输水管, 水轮机宜不设置进水阀。对于多泥沙河流水电厂的单元压力输水管或压力管道较长的单元输水管, 为水轮机装设的进水阀的型式应经过技术经济论证后确定。

(3) 对水头大于 150m 的单元引水式机组, 应在水轮机前设置进水阀, 同时在进水口设置快速闸门; 而最大水头小于 150m 且压力管道较短的单元式机组, 如坝后式电站的机组, 一般仅在进水口设置快速闸门。

(4) 单元输水系统的水泵水轮机宜在每台机组蜗壳前装设进水阀。

(5) 对进水口仅设置了事故闸门并采用移动式启闭机操作的单元引水式电站, 若无其他可靠的防飞逸措施, 一般需设置进水阀, 以保证机组的安全及减少导叶在停机状态下的磨蚀。

2.1.3 进水阀的技术要求

进水阀是机组和水电站的重要安全保护设备, 对其结构和性能有较高的要求:

(1) 工作可靠, 操作方便。

(2) 全开时, 水力损失应尽可能的小, 以提高机组对水能的利用率。

(3) 尽可能使其结构简单, 重量轻, 外形尺寸小。

(4) 止水性能好, 应有严密的止水装置以减少漏水量。

(5) 进水阀及其操作机构的结构和强度应满足运行要求, 能够承受各种工况下的水压力和振动, 而且不能有太大的形变。

(6) 当机组发生事故时, 能在动水条件下迅速关闭, 使机组的过速时间和压力管道的水击压力都不超过允许值。关闭时间一般为 1~3min。如采用油压操作, 进水阀可在 30~50s 内紧急关闭。仅用作检修用的进水阀启闭时间由运行方案决定, 一般在静水中动作的时间为 2~5min。

进水阀通常只有全开或全关两种运行工况, 不允许部分开启来调节流量, 否则将造成过大的水力损失和影响水流稳定, 从而引起过大的振动。进水阀也不允许在动水情况下开启, 因为这样需要更大的操作力矩, 同时还会产生很大振动, 另外从运行方面考虑也没有必要。

2.2 水轮机进水阀的型式及其结构

大中型水轮机的进水阀, 常用的有蝴蝶阀、球阀和筒形阀等; 中小型水轮机的进水阀也有采用闸阀和转筒阀的。

2.2.1 蝴蝶阀

蝴蝶阀, 简称蝶阀, 是用圆形蝶板作启闭件并随阀轴转动来开启、关闭流体通道的一种阀门。蝴蝶阀主要由圆筒形的阀体和可在其中绕轴转动的活门以及阀轴、轴承、密封装置及操作机构等组成, 如图 2.1 所示。阀门关闭时, 活门的四周与圆筒形阀体接触, 切断

和封闭水流的通路；阀门开启时，水流绕活门两侧流过。

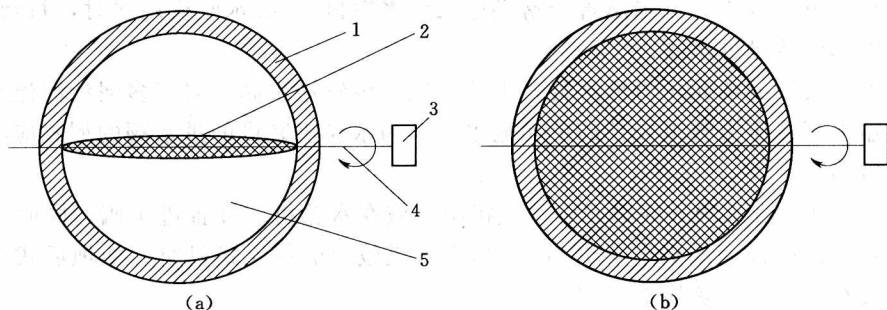


图 2.1 蝶阀结构示意图

(a) 全开；(b) 全关

1—阀体；2—活门；3—操作机构；4—阀轴；5—流体通道

蝶阀按阀轴的布置型式，分立式和卧式两种型式，如图 2.2 和图 2.3 所示。

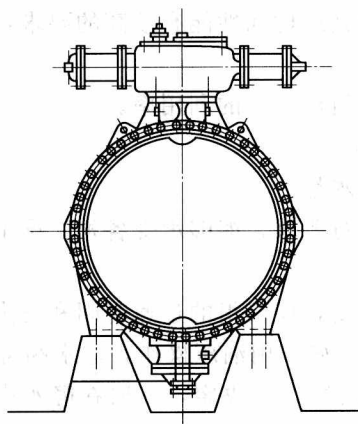


图 2.2 立式蝶阀

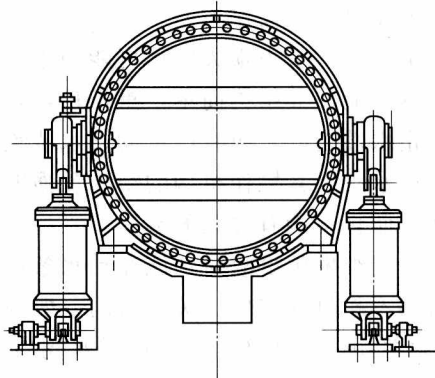


图 2.3 卧式蝶阀

立式和卧式蝶阀各有优点，都得到了广泛的应用。

(1) 分瓣组合的立式蝶阀，其组合面大多在水平位置上，在电站安装及检修时装拆比卧式蝶阀方便。卧式蝶阀的组合面大多在垂直位置，在电站安装时往往要在安装间装配好后，整体吊到安装位置，因此使蝶阀在电站安装和检修较为复杂。

(2) 立式蝶阀结构紧凑，所占厂房面积较小，其操作机构位于阀的顶部，有利于防潮和运行人员的维护检修，但要有一刚度很大的支座把操作机构固定在阀体上，在下端轴承端部需装一个推力轴承，以支持活门重量，结构较为复杂。卧式蝶阀则不需设推力轴承，同时，其操作机构可利用混凝土地基作基础，布置在阀的一侧或两侧，所以结构比较简单。

(3) 立式蝶阀的下部轴承容易沉积泥沙，需定期清洗，否则轴承容易磨损，甚至引起阀门下沉，影响其密封性能。卧式蝶阀则无此问题。由于立式蝶阀下部轴承的泥沙沉积问题很难防止且危害很大，因此在一般情况下，特别是在河流泥沙较多的电站，宜优先选用

卧式蝶阀。

(4) 作用在卧式蝶阀活门上的水压力的合力在阀轴中心线以下，水压力作用在活门上的力矩为有利于动水关闭的力矩，故当活门离开中间位置时，将受到有利于蝶阀关闭的水力矩。制造厂往往利用这一水力特性，上移阀轴以加大活门在阀轴中心线以下部分所占比例，从而减少操作机构的操作力矩，缩小操作机构的尺寸。

下面分别介绍蝶阀的主要部件。

1. 阀体

阀体是蝶阀的重要部件，由于其本身要承受水压力，支持蝶阀的全部部件，承受操作力和力矩，因此它要有足够的刚度和强度。直径较小、工作水头不高的阀体，可采用铸铁铸造。大中型阀体多采用铸钢或钢板焊接结构，但由于大型蝶阀铸钢件质量不易保证，因此，采用钢板焊接结构为宜。

阀体分瓣与否取决于运输、制造和安装条件。当活门与阀轴为整体结构或不易装拆时，则可采用两瓣组合。直径在 4m 以上的阀体，受运输条件限制，也需做成两瓣或四瓣组合。分瓣面布置在与阀轴垂直的平面或偏离一个角度。阀体的宽度要根据阀轴轴承的大小、阀体的刚度和强度、组合面螺钉分布位置等因素综合考虑决定。

阀体下半部的地脚螺钉，承受蝶阀的全部重量和操作活门时传来的力和力矩，但不承受作用在活门上的水推力，此水推力由上游或下游侧的连接钢管传到基础上。因此，在地脚螺钉和孔的配合处，应按水流方向留有 30~50mm 的间隙，此间隙是安装和拆卸蝶阀所必需的。

2. 活门、阀轴和轴承

活门在全关位置时，承受全部水压，在全开位置时处于水流中心，因此，它不仅要有足够的刚度和强度，而且要有良好的水力性能。常见的活门形状如图 2.4 所示。

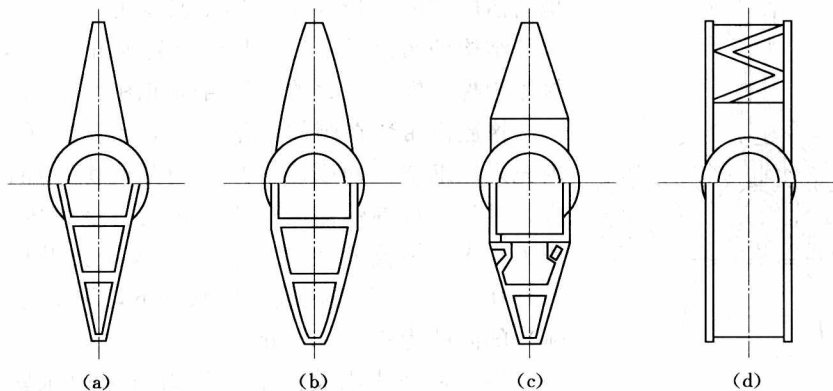


图 2.4 活门形状

(a) 菱形；(b) 铁饼形；(c) 平斜形；(d) 双平板形

菱形活门与其他形状的活门比较，其水力阻力系数最小，但其强度较弱，适用于工作水头较低的电站；铁饼形活门，其断面外形由圆弧或抛物线构成，其水力阻力系数较菱形和平斜形大，但强度较好，适用于高水头电站；平斜形活门，其断面中间部分为矩形，两

侧为三角形,适用于直径大于4m的分瓣组合蝶阀,其水力阻力系数介于菱形和铁饼形之间;双平板形活门,其封水面与转轴不在同一平面上,活门两侧各有一块圆形平板,密封设在平板的外缘,两平板间由若干沿水流方向的筋板连接,活门全开时,两平板之间也能通过水流,其特点是水力阻力系数小,且当活门全关后封水性能好,但由于它不便做成分瓣组合式结构,并受加工、运输等条件的限制,一般用于直径小于4m的蝶阀。

大中型活门为一中空壳体,按照水头高低采用铸铁或铸钢,大型活门则用焊接结构。活门在阀体内绕阀轴转动,其转轴轴线大多与直径重合。卧式蝶阀也有采用不与直径重合的偏心转轴,轴线两侧活门的表面积差约为8%~10%,以利于形成一定的关闭水力矩。

阀轴与活门的连接方式常见的有三种:当直径较小、水头较低时,阀轴可以贯穿整个活门;当水头较高时,阀轴可以分别用螺钉固定在活门上;当活门直径大于4m,且采用分瓣组合时,如阀轴与活门也是分件组合的,可将活门分成两件组成,如阀轴与活门中段做成一件则活门分三件组成。把阀轴与活门做成整体或装配的结构,在制造上各有特点,设计时应根据制造厂的具体情况选定。

阀轴由装在阀体上的轴承支持。卧式蝶阀有左、右两个轴承,立式蝶阀除上、下两个轴承外,在阀轴下端还设有支承活门重量的推力轴承。阀轴轴承的轴瓦一般采用锡青铜制造,轴瓦压装在钢套上,钢套用螺钉固定在阀体上,以便检修铜瓦。

3. 密封装置

活门关闭后有两处易出现漏水,一处是阀体和阀轴连接处的活门端部;另一处是活门外圆的圆周。这些部位都应装设密封装置。

(1) 端部密封。端部密封的形式很多,效果较好的有涨圈式和橡胶围带式两种。涨圈式端部密封适用于直径较小的蝶阀,橡胶围带式端部密封适用于直径较大的蝶阀。

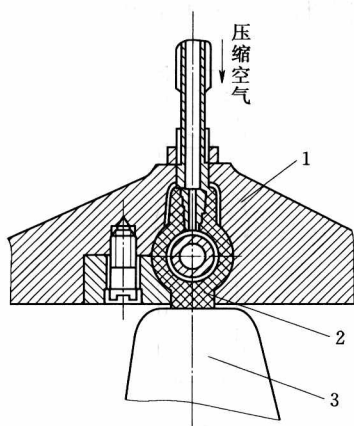


图 2.5 围带式密封圈密封

1—阀体; 2—橡胶围带; 3—活门

(2) 周圈密封。周圈密封也有两种主要形式。一种是当活门关闭后依靠密封体本身膨胀,封住间隙。使用这种结构的密封时活门全开至全关转角为 90° ,常用的密封体为橡胶围带,此种密封结构如图 2.5 所示。

橡胶围带装在阀体或活门上,当活门关闭后,围带内充入压缩空气而膨胀,封住周圈间隙。如欲开启活门应先排气,待围带缩回后方可进行。围带内的压缩空气压力应大于最高水头(不包括水锤压力升值) $0.2\sim 0.4\text{MPa}$,在不受气压或水压状态下,围带与活门(或阀体)的间隙为 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 。

另一种是依靠关闭的操作力将活门压紧在阀体上,这时活门由全开至全关的转角为 $80^\circ\sim 85^\circ$,适用于小型蝶阀。密封环采用青铜板或硬橡胶板制成,阀体和活门上的密封接触处加不锈钢板,如图 2.6 所示。

4. 锁锭装置

由于蝶阀活门在稍偏离全开位置时即作用有自关闭的水力矩,因此在全开位置必须有可靠的锁锭装置。同时,为了防止因漏油或液压系统事故以及水的冲击作用而引起误开或

误关，一般在全开和全关位置都应投入锁锭装置。

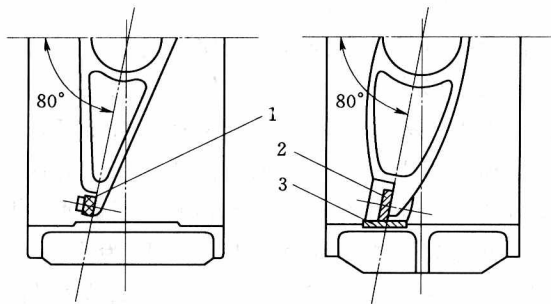


图 2.6 压紧式周围密封

1—橡胶密封环；2—青铜密封环；3—不锈钢衬板

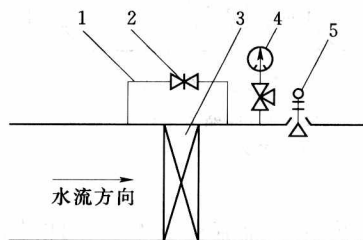


图 2.7 进水阀的附属部件

1—旁通管；2—旁通阀；3—进水阀；
4—压力信号器；5—空气阀

5. 附属部件

(1) 旁通管与旁通阀。蝶阀可以在动水下关闭，但在开启时为了减小开启力矩，消除动水开启的振动，一般要求活门两侧的压力相等（平压）后才能开启。为此在阀体上装设旁通管，其上装有旁通阀，如图 2.7 所示。开启蝶阀前，先开启旁通阀对蝶阀后充水，然后在静水中开启蝶阀。旁通管的断面面积，一般取蝶阀过流面积的 1%~2%，但经过旁通管的流量必须大于导叶的漏水量，否则无法实现平压。旁通阀一般用油压操作，有的也用电动操作。

(2) 空气阀。在蝶阀下游侧的钢管顶部设置空气阀，作用是在蝶阀关闭时，向蝶阀后补给空气，防止钢管因产生内部真空而遭到破坏；也可在开启蝶阀前向阀后充水时，排出蝶阀后的空气。图 2.8 为空气阀原理示意图。该阀有一个空心浮筒悬挂在导向活塞之下，浮筒浮在蜗壳或管道中的水面上，空气阀的通气孔与大气相通。当水未充满钢管时，空气阀的空心浮筒在自重作用下开启，使蜗壳内的空气在充入水体的排挤下，经空气阀排出；当管道和蜗壳充满水后，浮筒上浮至极限位置，蜗壳和管道与大气隔断，防止水流外溢。当进水阀和旁通阀关闭后进行蜗壳排水时，随着钢管内的水位下降，空气阀的空心浮筒在自重作用下开启，自由空气经空气阀向蜗壳进气。

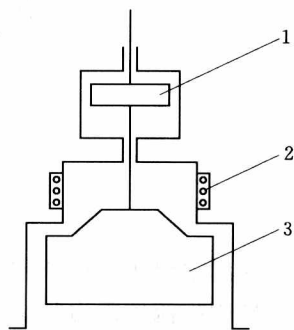


图 2.8 空气阀原理示意图

1—导向活塞；2—通气孔；3—浮筒

(3) 伸缩节。伸缩节安装在蝶阀的上游或下游侧，使蝶阀能沿管道水平方向移动一定距离，以利于蝶阀的安装检修及适应钢管的轴向温度变形。伸缩节与蝶阀以法兰螺栓连接，伸缩缝中装有 3~4 层油麻盘根或橡胶盘根，用压环压紧，以阻止伸缩缝漏水，如图 2.9 所示。如数台机组共用一根输水总管，且支管外露部分不太长，伸缩节最好装设在蝶阀的下游侧，这样既容易检修伸缩节止水盘根，又不影响其他机组的正常运行。

蝶阀一般适用水头在 250m 以下、管道直径 1~6m 的水电站，更高水头时应和球阀作

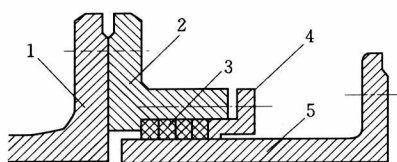


图 2.9 伸缩节

1—阀体；2—伸缩节座；3—盘根；
4—压环；5—伸缩管

选型比较。目前，世界上已制成的蝶阀最大直径达 8.23m，最高工作水头达 300m。

在大中口径、中低压力的使用场合，蝶阀是主要选择的阀门形式之一。蝶阀的优点是比其他型式的阀门结构简单，外形尺寸小，重量轻，造价低，操作方便，驱动力矩小，能在动水下快速关闭。蝶阀的缺点是其活门对水流流态有一定的影响，引起水力损失和空蚀，这在高水头电站尤为明显，因为水头增高时，

活门厚度和水流流速也增加。此外，蝶阀密封不如其他型式的阀门严密，有少量漏水，围带在阀门启闭过程中容易擦伤而使漏水量增加。

2.2.2 球阀

球阀主要由两个半球组成的可拆卸的球形阀体和转动的圆筒形活门组成，此外还有阀轴、轴承、密封装置及阀的操作机构等。图 2.10 为球阀的结构示意图，球阀通常采用卧式结构。

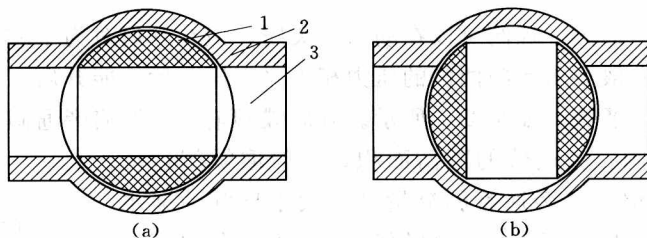


图 2.10 球阀结构示意图

(a) 全开；(b) 全关

1—阀体；2—活门；3—流体通道

球阀主要用于截断或导通流体，也可用于流体的调节与控制。与其他类型的阀门相比，球阀中流体阻力很小，几乎可以忽略。球阀开关迅速、方便，只要阀轴转动 90° ，球阀就可完成全开或全关动作，很容易实现快速启闭，而且密封性能好。

高水头水电站在水轮机前需要设置关闭严密的进水阀。蝶阀用在水头 200m 以上时，不仅结构笨重，漏水量大，而且水力损失大，所以已不适宜。球阀一般用于管道直径 2~3m 以下、水头高于 200m 的机组，国内使用的球阀最高水头已超过 1000m，最大直径 2.4m。目前世界上已制成的球阀最大直径达 4.96m。

球阀根据其所需操作功的不同，可选择手动操作、电动操作或液压操作方式。操作机构依操作方式的不同而异。手动操作阀门采用手柄或齿轮传动装置，电动或液压操作球阀由电动装置或液压装置驱动，使圆筒形活门旋转 90° 开启或关闭阀门。

1. 阀体与活门

阀体通常由两件组成。组合面的位置有两种：一种是偏心分瓣，组合面放在靠近下游侧，阀体的地脚螺栓都布置在靠上游侧的大半个阀体上，其优点是分瓣面螺栓受力均匀。采用这种结构，阀轴和活门必须是装配式的，否则活门无法装入阀体。另一种是对称分瓣，将分瓣面放在阀轴中心线上，如图 2.11 所示。这时阀轴和活门可以采用整体结构，

重量可以减轻,制造时可采用铸钢整体铸造或分别铸造后焊在一起。

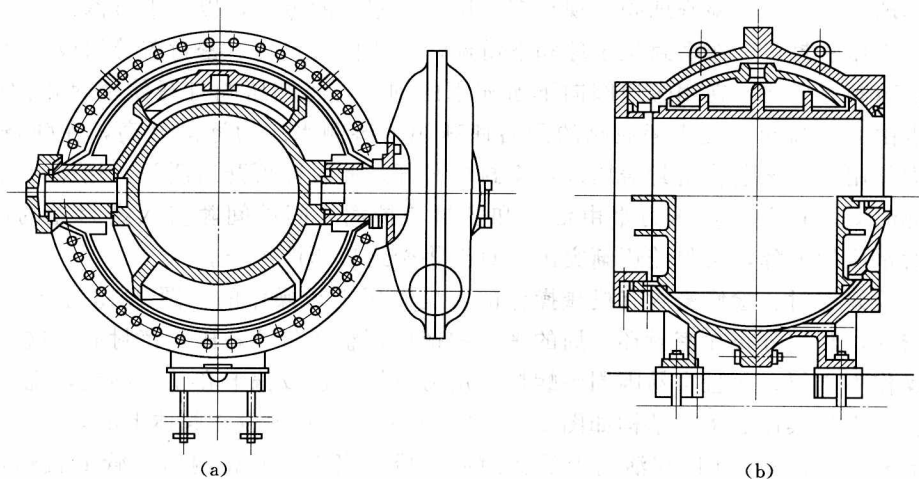


图 2.11 球阀

球阀的活门为圆筒形。球阀处于开启位置时,圆筒形活门的过水断面就与引水钢管直通,所以阀门对水流不产生阻力,也就不会发生振动,这对提高水轮机的工作效率特别有益,如图 2.11 (b) 所示上半部分。关闭时,活门旋转 90° 截断水流,如图 2.11 (b) 所示下半部分。在活门上设有一块可移动的球面圆板止漏盖,它在由间隙进入的压力水作用下,推动止漏盖封住出口侧的孔口,随着阀后水压力的降低,形成严密的水封。为了防止止漏面锈蚀,止漏盖与阀体的接触面铺焊不锈钢。由于承受水压的工作面为球面,改善了受力条件,这不仅使球阀能承受较大的水压力,还能节省材料,减轻阀门自重。阀门开启前,应打开卸压阀,排除球面圆板止漏盖内腔的压力水,同时开启旁通阀,使球阀后充水,止漏盖则在弹簧和阀后水压力的作用下脱离与阀体的接触,这样用不大的开启力矩就可使球阀开启。

2. 密封装置

球阀的密封装置有单侧密封和双侧密封两种结构。单侧密封,是在圆筒形活门的下游侧设有密封盖和密封环组成的密封装置,也称为球阀的工作密封,如图 2.12 右侧所示;双侧密封,是在活门下游侧设置工作密封的同时,在活门上游侧再设一道密封,以便于对阀门的工作密封进行检修。设置在活门上游侧的密封,也称为球阀的检修密封,如图 2.12 左侧所示。

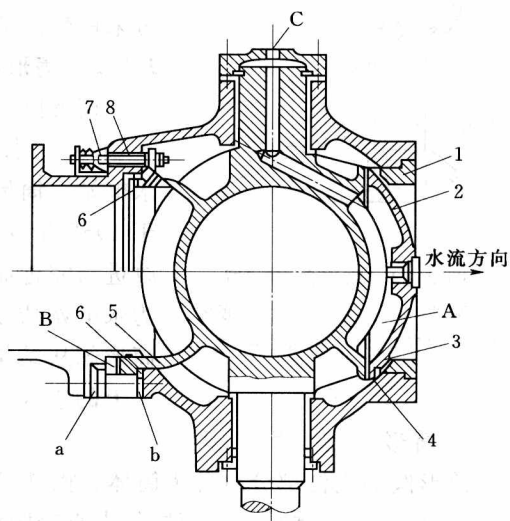


图 2.12 球阀的密封装置

1—密封环; 2—密封盖; 3—密封面; 4—护圈;
5—密封面; 6—密封环; 7—螺母; 8—螺杆