

983126



高等学校教材

专科适用

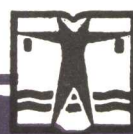


水力机组辅助设备

南昌水利水电高等专科学校 陈存祖 合编
湖南省水利水电学校 吕鸿年

80.8

8



1831217

高等学校教材

————— 专 科 适 用 —————

水力机组辅助设备

南昌水利水电高等专科学校 陈存祖
湖南省水利水电学校 吕鸿年

合编

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

高等学校教材

专科适用

水力机组辅助设备

南昌水利水电高等专科学校 陈存祖
湖南省水利水电学校 吕鸿年 合编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路 6 号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 306 千字

1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月北京第一次印刷

印数 0001—1470 册

ISBN7-120-02204-0/TV·868

定价 7.90 元

内 容 提 要

本书是根据高等专科学校《水电站动力设备》专业的教学大纲编写的，它系统地论述水力机组辅助设备与水力监测的基本原理、有关的设计计算和测试技术。内容包括：水轮机进水阀及常用阀门，油系统，压缩空气系统，技术供水系统，排水系统，水力监测系统及起重设备等。本书取材以反映中小型水电站及大中型水泵站的辅助设备与量测技术的目前状况为主，适当地介绍有关的先进技术及发展方向。

本书可作为高等专科学校《水电站动力设备》专业的教材，也可作有关专业的教学参考书，还可供有关工程技术人员参考。

前 言

本书是根据水利部 1988 年 11 月召开的《水利水电类专科教材编写分工会议》的精神，按照高等专科学校《水电站动力设备》专业培养目标的要求而编写的。

本书由南昌水利水电高等专科学校陈存祖副教授和湖南水利水电学校吕鸿年高级讲师合编，其中第一章、第四章和第五章由吕鸿年编写，绪论、第二章、第三章、第六章和第七章由陈存祖编写，全书由陈存祖统稿。

全书由陕西机械学院张潜曾副教授主审。

在编写过程中，有关科研、设计和运行单位以及兄弟院校为我们提供了许多参考资料和宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

由于我们的学识水平和实践经验有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者予以批评指正。

编 者

1994 年 8 月

目 录

前 言

绪 论	1
第一章 水轮机进水阀及常用阀门	3
第一节 水轮机进水阀的作用及技术要求	3
第二节 水轮机进水阀的型式及组成部件	4
第三节 水轮机进水阀的操作方式及操作系统	13
第四节 辅助设备中常用的阀门及其选择	20
第二章 油系统	25
第一节 水电站用油种类及其作用	25
第二节 油的基本性质和分析化验	26
第三节 油的劣化和净化处理	32
第四节 油系统的任务、组成和系统图	36
第五节 油系统的计算和设备选择	40
第六节 油系统的布置及防火要求	51
第三章 压缩空气系统	54
第一节 水电站和水泵站压缩空气的用途	54
第二节 理想气体的状态方程和过程方程	55
第三节 活塞式空气压缩装置简介	57
第四节 低压压缩空气系统	60
第五节 高压压缩空气系统	74
第六节 空压机房及管道的布置	79
第四章 技术供水系统	81
第一节 技术供水的对象及其对供水的基本要求	81
第二节 技术供水的净化与处理	85
第三节 技术供水的水源及供水方式	88
第四节 水泵在水电站中的应用	92
第五节 技术供水系统的设计	96
第六节 消防供水系统	115
第七节 技术供水系统计算实例	120
第五章 排水系统	126
第一节 排水系统的分类和排水方式	126
第二节 排水系统的设计	127

第三节 排水系统的设计计算实例	138
第六章 水力监测系统	146
第一节 水力监测的目的和内容	146
第二节 水电站常用监测仪表	146
第三节 上、下游水位的测量	162
第四节 水轮机过水系统的压力、压差和真空测量	164
第五节 水轮机流量的测量	172
第六节 水力监测系统的设计	189
第七节 水力机组的效率测定	192
第七章 起重设备	198
第一节 概述	198
第二节 桥式起重机	202
参考文献	211

绪 论

高等专科学校《水力机组辅助设备》这门课程，主要是研究中、小型水电站和大、中型水泵站的辅助设备和水力监测装置的基本原理和实际应用，以及设备的选择设计和运行维护等内容。考虑到水电站和水泵站的辅助设备在许多方面有相同或相似的性能和要求，因此，本书的内容以中、小型水电站辅助设备有关设计、运行维护的内容为主，配合介绍一些水泵站的有关内容和要求。

在习惯上，人们通常把水轮机和水泵等机械统称为水力机械。在水电站中，一般把水轮机和发电机所组成的系统称为水轮发电机组，简称为机组，因为它是水电站中担任发电任务的主体设备，所以习惯上也将其称为主机。同样的，在水泵站中，也把水泵和原动机（例如以电动机或内燃机等作为动力的原动机）称为机组，它是水泵站中的主体设备，所以也称为主机。可见，主机在生产中担负着能量转换的主要职能。为了保证其能量转换得最有效，如水轮机和全调叶片式的大中型轴流式水泵，除了水力机械本身之外，它还应当有附属的调节设备，以根据能量转换的需要随时调节水轮机导叶的开度或轴流式水泵叶片的角度。在水轮机中这种调节设备通常称为调速器，在水泵中则称为调节器，它是水力机械的附属设备。

水电站或水泵站除了拥有水力机组及其附属设备之外，还应有保证机组安全、经济运行的辅助设备，这些辅助设备包括油的供应与维护系统、压缩空气系统、技术供水系统、排水系统、水力监测系统以及某些水电站装设的水轮机进水阀等内容。考虑到专业教学的要求，本书还设有起重机一章，主要介绍设备的安装和检修中所使用的各种起重设备的基本工作原理、基本要求以及主要参数的选择，安排2学时，在教学过程中可根据具体教学情况予以取舍。

水力机组辅助设备是水电站和水泵站中必不可少的设备，只是依照水电站的规模及其在电力系统中的地位不同，对其配备会有所区别而已。例如随着电站容量的增大，在电力系统中的地位也就提高，因此，辅助设备的设置就要求更齐全，自动化程度要求也就更高一些；容量较小的小型水电站的辅助设备则可作适当地简化，相应地也可减少一些投资。随着生产技术的发展，愈来愈多的小型水电站并入电网运行，因此，对电站的自动化要求也愈高，相应地对辅助设备的设置要求也更齐全。

根据专业教学大纲的要求，本书在内容上尽量突出实用性与系统性，强调理论联系实际，加强基本概念和基础理论知识的阐述，增加一些工程实例，以使学生在学完本课程之后，能较快地适应工作要求，同时为拓宽知识面创造了条件。在书中统一采用国家《量和单位》标准，各种系统图的图例符号均采用国家统一标准或部颁标准，这将给学生阅读有关参考资料提供方便。为了增强本书的系统性，把辅助设备各系统中常用的各种阀门集中归并，安排在水轮机进水阀一章的独立一节，有利于以后各章的教学；水力监测一章中常

用的各种监测仪表合并为一节统一阐述，考虑到随着生产水平的提高，许多水力监测项目的自动化程度要求愈来愈高，因而电动单元组合仪表在水力监测工作中的应用也愈来愈普遍，因此，在常用仪表这节中也对电动单元组合仪表的主要工作原理及分类方法作一些简介。这样内容相对集中，便于系统地掌握领会，形成了一个较完整的系统。

通过对本课程系统的理论学习和实习、练习和课程设计等实践环节的训练，要求能了解中、小型水电站和大、中型水泵站辅助设备各系统的工作原理及应用，掌握辅助设备各系统的设计原理及计算方法，常用水力量测装置的工作原理及测试方法。对辅助设备建立起清晰的概念，能根据给出的具体条件，进行油、气、水各系统的设计，对辅助设备在运行中出现的问题具有初步分析和解决的能力。

第一章 水轮机进水阀及常用阀门

第一节 水轮机进水阀的作用及技术要求

在水轮机的过水系统中，根据水电站运行和检修的需要，在不同的位置上装设有相应的闸门或阀门，通常将装置在水轮机蜗壳前的阀门称为进水阀。

一、进水阀的作用

(1) 岔管引水时，为机组检修构成安全的工作条件。

当一根压力引水总管给几台机组供水时，若其中某一台机组需要停机检修，为保证其他机组的正常运行，则可关闭该机组的进水阀。

(2) 停机时减少机组漏水量和缩短重新启动的时间。

机组停机时，导叶漏水是不可避免的。特别是经过一段较长时间运行后，由于导叶间隙处产生的气蚀和磨损，更使漏水量增大。据统计，一般导叶漏水量为水轮机最大流量的2%~3%，严重时可达5%，造成水能的大量损失。因此，当机组停机时间较长时，便将进水阀关闭。由于进水阀密封较严，止漏效果好，可以大量减少水能损失。

机组停机时，往往不希望关闭进水口闸门，因为一旦放掉了压力引水管的水后，机组再投入运行又要重新充水，既延长了机组的启动时间，又使机组不能随时处于备用状态，失去了水力机组运行的灵活性和速动性。因此，装设进水阀对于高水头长压力引水管的水电站，作用尤为明显。

(3) 防止机组飞逸事故的扩大。当机组事故又遇调速系统失灵时，水轮机导叶失去控制，此时可紧急关闭进水阀，截断水流，防止机组飞逸时间超过允许值，避免事故扩大。

二、进水阀的设置条件

基于上述作用，设置进水阀是必要的。但因其投资昂贵，安装工作量较大，还要增加土建费用，因此，设置进水阀应符合下列条件：

(1) 由一根压力引水总管供几台机组用水时，应在每台水轮机前装设进水阀。

(2) 对水头大于120m的单元压力引水管，可考虑在每台水轮机前装设进水阀。原因是高水头水电站压力引水管较长，充水时间长，且水头越高导叶的漏水越严重，能量的损失也越大。

(3) 对于最大水头小于120m、长度较短的单元压力引水管，如坝后式水电站，一般是在进水口装设快速闸门。若装设进水阀，应有充分论证。

三、对进水阀的技术要求

由于进水阀是机组和水电站的重要保安设备，所以对进水阀的结构和性能应有一定的技术要求：

(1) 进水阀应工作可靠，操作简便。

(2) 进水阀应结构简单，体积小，重量轻。

(3) 进水阀应性能优越,有严密的止水密封装置,减少漏水,以便对阀后部件进行检修工作。

(4) 进水阀及其操作机构的结构和强度应满足运行要求,能承受各种工况的水压力和振动,而且不致有过大的变形。当机组发生事故时,能在动水压力下迅速关闭,其关闭时间应满足发电机飞逸允许延续的时间和压力引水管允许水锤压力值的要求,一般不大于两分钟。而采用液压操作直径小于 3m 的蝴蝶阀、直径小于 1m 的闸阀或球阀则不大于 1min。

仅作为机组检修时截断水流用的进水阀,启闭时间根据运行要求确定,一般为 2~5min。此时阀门是在静水中关闭的。

进水阀通常只有全开和全关两种工况,不允许部分开启来调节流量,以免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,这样既加大了操作力矩,运行上也不需要。

第二节 水轮机进水阀的型式及组成部件

一、进水阀的型式及其特点

由于水电站的型式多种多样,条件、要求各不相同,因而产生了多种类型的进水阀。比较广泛采用的型式有:蝴蝶阀、球阀和闸阀。

(一) 蝴蝶阀

蝴蝶阀主要是由圆筒形的阀体和可在其间绕轴转动的活门及其他部件组成。蝴蝶阀关闭时,活门的圆周与阀体接触,封闭水流通路;当开启时,活门与水流方向平行,水流绕活门两侧流过,如图 1-1 所示。

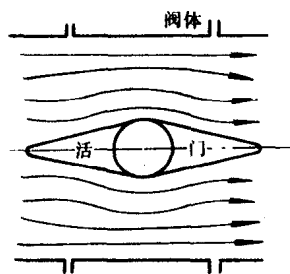


图 1-1 水流绕活门流动示意图

蝴蝶阀阀轴的装置型式有立轴和卧轴两种,如图 1-2 和图 1-3 所示。

这两种型式的蝴蝶阀水力性能没有明显差别,均得到广泛采用。其各自特点为:

(1) 立轴蝴蝶阀的操作机构位于阀体的顶部,有利于防潮和运行人员维护检修,但需要在阀体上固定一个刚度很大的支座。为了支承活门的重量,还需要在阀轴下端设置推动轴承。因此,它的结构较为复杂。

卧轴蝴蝶阀的操作机构可布置在阀体的一侧或两侧,利用混凝土浇注基础,不需支持活门重量的推力轴承,因此,结构比较简单。另外,卧轴蝴蝶阀水压力的合力中心在阀轴中心线以下,当活门离开全开位置时,会受到有利于关闭的水力矩。

(2) 立轴蝴蝶阀阀体的组合面大多在水平位置,安装时可就地逐件拆装。卧轴蝴蝶阀阀体的组合面大多在垂直位置,需要在安装场装配好后,整体吊装就位,因此,电站的安装与检修变得复杂。

(3) 由于操作机构位置不同,立轴蝴蝶阀比卧轴蝴蝶阀布置紧凑,占用厂房面积小。

(4) 立轴蝴蝶阀的下部轴承容易沉积泥沙,需要定期清洗。否则,下部轴承会很快磨

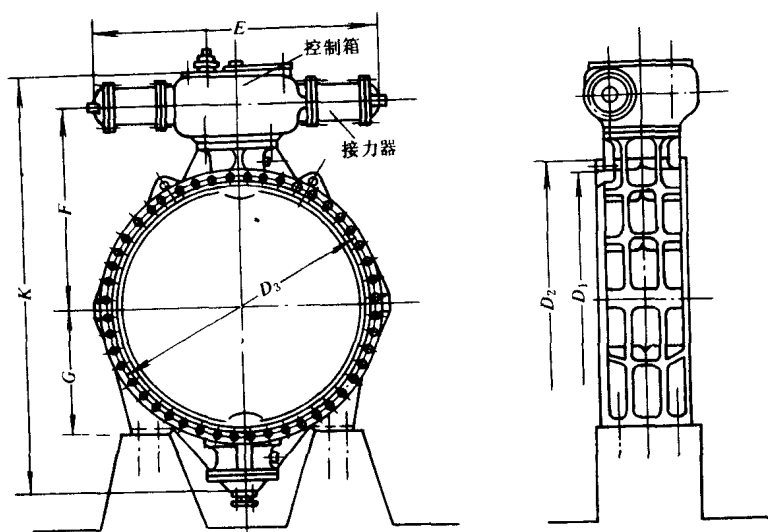


图 1-2 立轴蝴蝶阀

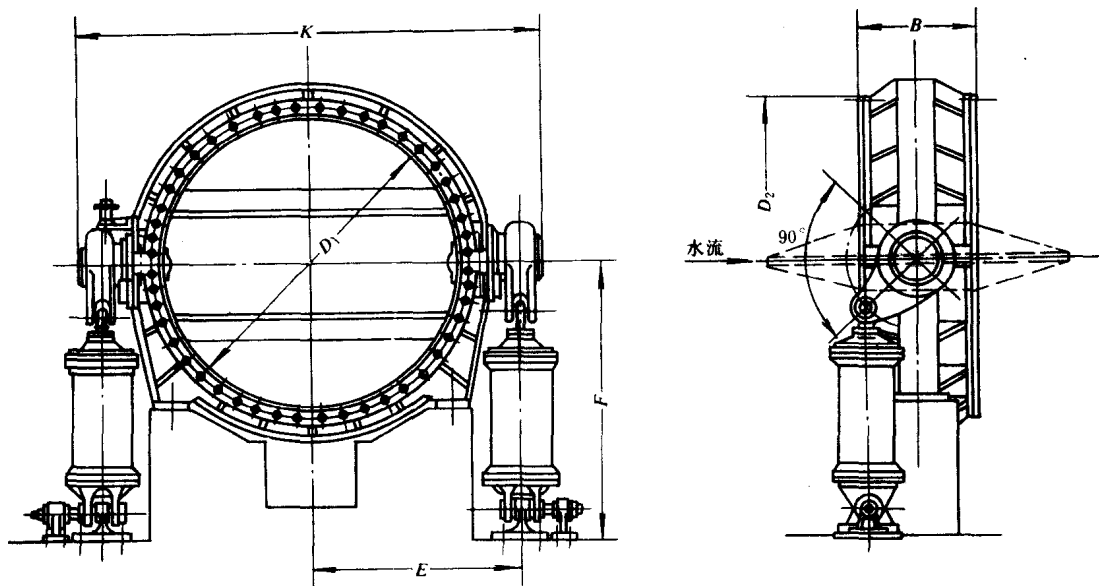


图 1-3 卧轴蝴蝶阀

损，严重时可引起活门下沉，影响密封性能。卧轴蝴蝶阀无此问题。

由于立轴蝴蝶阀下部轴承沉积泥沙，磨损很难防止，因此，在一般情况下，特别是多泥沙河道，宜优先选用卧轴蝴蝶阀。

蝴蝶阀与其他型式进水阀比较，具有结构简单、尺寸小、重量轻、造价低、操作方便等优点，其缺点是活门影响水流流态，水力损失大。特别在高水头时，活门厚度大，影响更甚。它的密封性能也不如其他型式进水阀，当密封环在启闭过程中被擦伤或磨损，漏水量将更大。因此，蝴蝶阀的适用水头小于 200m。

(二) 球阀

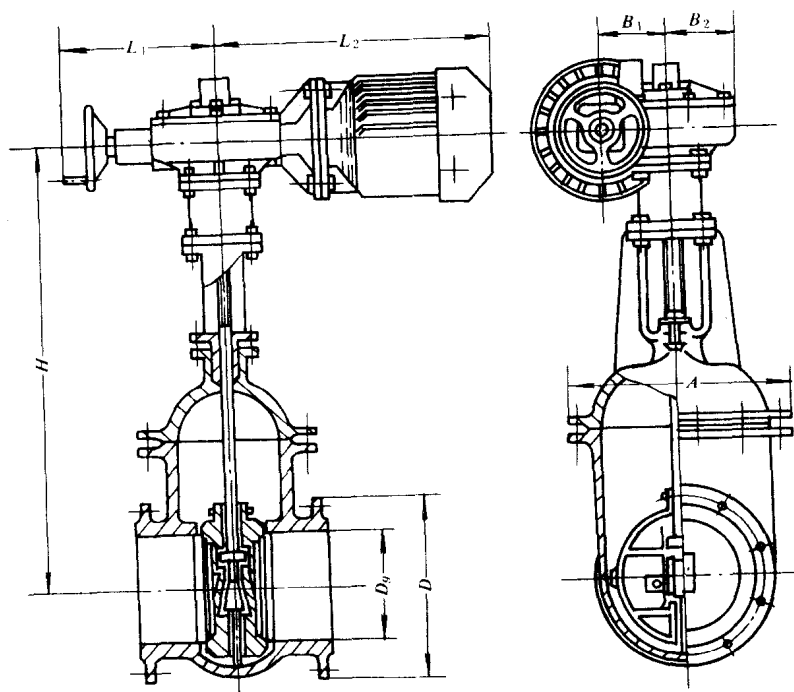


图 1-5 明杆式电动闸阀

开时的总高度较大，而暗杆式闸阀全开时总高度不变。

作为进水阀使用的闸阀，一般应为立式安装。

闸阀全开时，水力损失很小，全关时有良好的密封性能，漏水量少，不会由于水流冲击而自行开启或关闭，因而不需要锁锭装置。但其体积、重量大、操作力大，启闭时间长，一般仅用于截断水流。

闸阀的适用水头为 400m 以下。在压力引水管直径小于 1m 卧式机组的小水电站中广泛采用。

二、进水阀的主要部件

(一) 蝴蝶阀的主要部件

蝴蝶阀的主要部件有：阀体、活门、阀轴、轴承、密封装置和锁锭等。

1. 阀体

阀体是蝴蝶阀的主要部件，呈圆

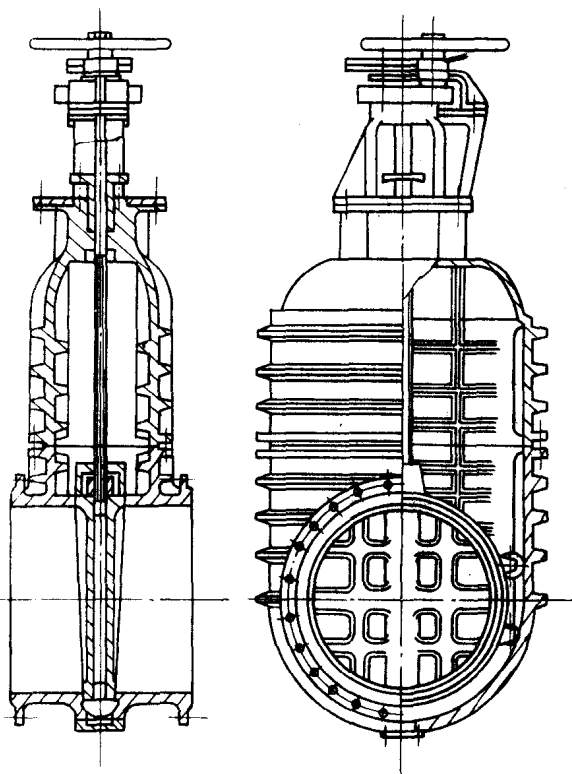


图 1-6 暗杆式手动闸阀

筒形,水流从其中通过,既承受水压力,支持蝴蝶阀全部部件,还要承受操作力和力矩,需有足够的刚度和强度。

直径较小,工作水头不高的阀体,采用铸铁铸造,中型阀体多采用铸钢结构。

阀体分瓣与否决定于运输,制造和安装条件。当活门与阀轴为整体结构或不易拆装时,可以采用两瓣组合。

2. 活门

活门装于阀体内,在全开位置时,它处于水流中心且平行于水流。在全关位置时,承受全部水压,因此,不仅要有足够的强度和刚度,而且还要有良好的水力性能。

常用的活门形状,如图 1-7 所示。

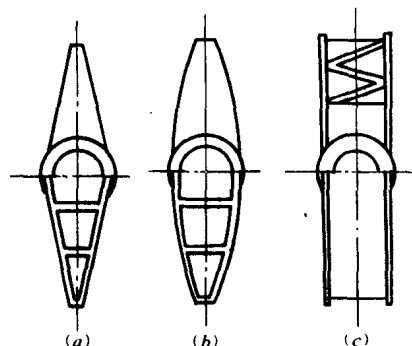


图 1-7 活门

(a) 菱形; (b) 铁饼形; (c) 双平板形

图中(a)为菱形,其阻力系数最小,但强度较弱,适用于低水头电站。图(b)为铁饼形,其阻力系数较菱形大,但其强度较好,适用于高水头。水头越高,活门在全关时承受的水压越大,因此,活门的厚度随水头的增加而增大,这就会产生很大的水力损失。图(c)为了减小水力损失,改善密封性能而出现的双平板形活门。此种型式的活门两侧各有一块圆形平板,由若干条沿水流方向的筋板连接。全开时,两平板之间也通过水流。又由于是箱形结构,所以不但水力损失小,密封性能好,刚度大,而且能承受较大的水压力。

3. 阀轴和轴承

中小型蝴蝶阀阀轴与活门的连接方式有:阀轴贯穿整个活门和用螺钉固定在活门上两种。前者多用于直径较小、水头不高的蝴蝶阀,后者多用于水头较高的蝴蝶阀。

阀轴由装在阀体上的轴承支持。卧轴蝴蝶阀有左右两个导轴承,立轴蝴蝶阀除上下两个导轴承外,在阀轴下端还有支承活门重量的推力轴承。轴承轴瓦一般采用铸锡青铜,轴瓦装在钢套上,钢套用螺钉固定在阀体上,以便检修轴瓦。

4. 密封装置

蝴蝶阀关闭后有两处漏水,一是阀体和阀轴连接处的活门端部,另一处是活门外圆周。这些部位都应装设密封装置。密封装置又分为端部密封和圆周密封。

端部密封的型式很多,其中效果较好的如图 1-8 所示。图(a)为青铜胀圈式,只适用于直径较小的蝴蝶阀。图(b)为橡胶围带式,适用于直径较大的蝴蝶阀,围带的结构与下述圆周密封的橡胶围带相同。

圆周密封的型式有两种,如图 1-9 所示。一种是依靠阀门关闭的操作力将活门压紧在阀体上的压紧式(a),其活门由全开至全关的转角为 $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。密封环采用青铜板或硬橡胶板制成,阀体与活门上的密封环接触处加装不锈钢板。适用于小型蝴蝶阀。另一种是空气围带式(b),当活门关闭后,依靠密封环的充气膨胀,封住间隙,其活门由全开至全关的转角为 90° 。图中橡胶围带装在阀体上,当活门关闭后,向围带内充入压缩空气,围带膨胀,封住周围间隙。活门开启前应先排气,使围带收缩,否则围带遭损坏。充入围带内的压缩空

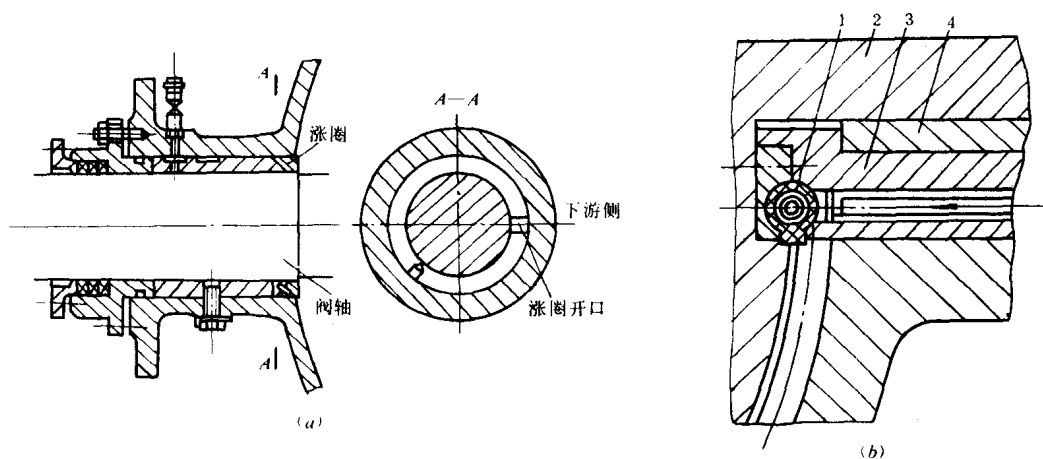


图 1-8 端部密封

(a) 青铜涨圈式；(b) 橡胶围带式

1—橡胶围带；2—活门；3—钢套；4—轴瓦

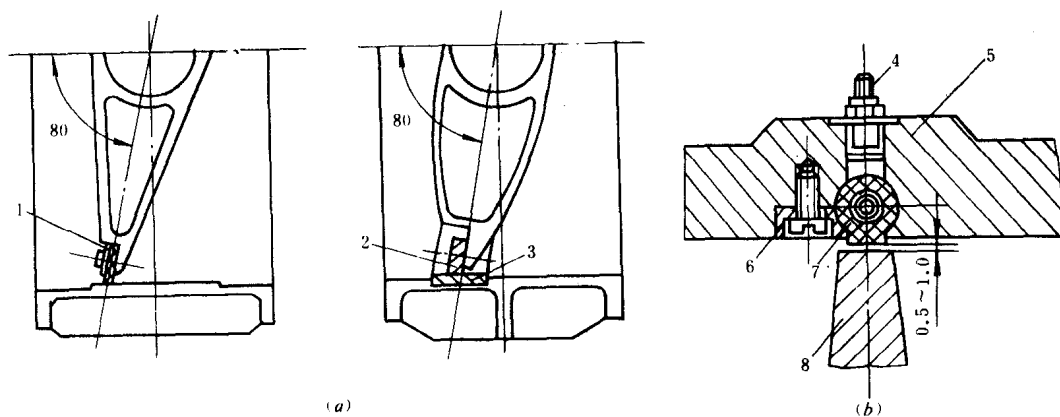


图 1-9 圆周密封

(a) 压紧式；(b) 空气围带式

1—橡胶密封环；2—青铜密封环；3—不锈钢衬板；4—围带嘴；
5—阀体；6—压条；7—橡胶围带；8—活门

气压力，应大于最高水头（不包括水锤升值） $(0.2 \sim 0.4) \times 10^6 \text{Pa}$ 。当不充压时，围带与活门间隙为 $0.5 \sim 1.0 \text{mm}$ 。适用于较大直径的蝴蝶阀。

端部密封结构复杂，且密封性能较差，圆周密封只要安装，使用符合要求，密封性能较好。双平板形活门使圆周密封移到阀轴外部，形成一个整圈，取消了端部密封，所以漏水小，密封性能好。

5. 锁定装置

由于蝴蝶阀活门在稍偏离全开位置时，即有自关闭的水力矩。为了防止因漏油或液压系统事故时，水流冲击活门而引起的误开或误关，保证机组正常运行，蝴蝶阀需装设锁定

装置，在全开和全关位置投入。

(二) 球阀的主要部件

球阀的主要部件是：阀体、活门和密封装置等。

1. 阀体

阀体由两件组成，通常采用对称分瓣，将分瓣面放在阀轴中心线上，如图 1-4 所示。一般多为铸钢件。

2. 活门

活门呈圆筒形，上有一块可移动的球面圆板止漏盖，在由其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，形成严密的密封。由于承受水压的工作面是一球面，与其他结构阀门相比，不仅改善了受力条件，能承受更大的水压力，而且还节省了材料，减轻了重量。

3. 密封装置

球阀的密封装置有单侧和双侧两种结构。单侧密封的球阀仅在活门下游侧设有密封装置。这样对于一些重要的高水头电站 就要在压力引水管上串联两个球阀，前者为检修球阀，经常开启；后者为工作球阀，当工作球阀需要检修时，则关闭检修球阀。

双侧密封的球阀在活门上游侧设有检修密封，下游侧设有工作密封。当工作密封损坏时，只需将检修密封投入即可进行检修。如图 1-10 所示为双侧密封结构的球阀。

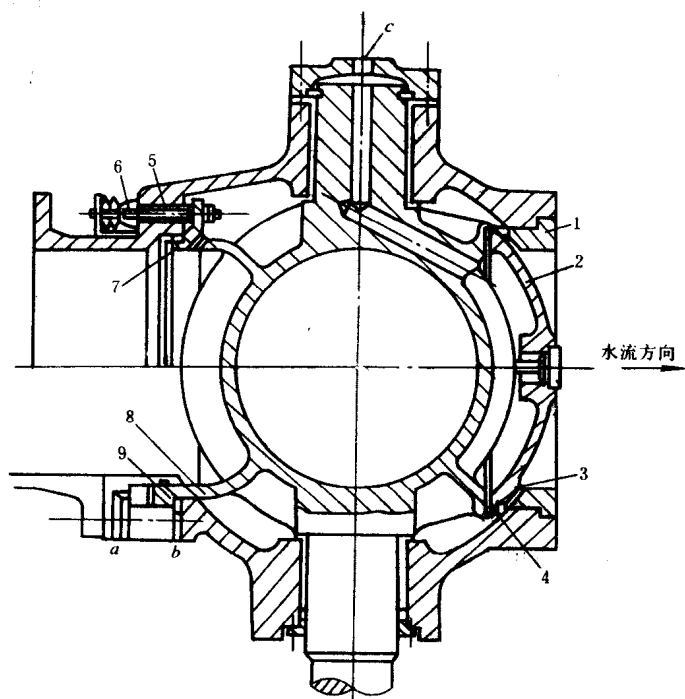


图 1-10 双侧密封结构的球阀

1—密封环；2—密封盖；3—密封面；4—护圈；5—螺杆；

6—调整螺母；7—密封环；8—密封面；9—密封环