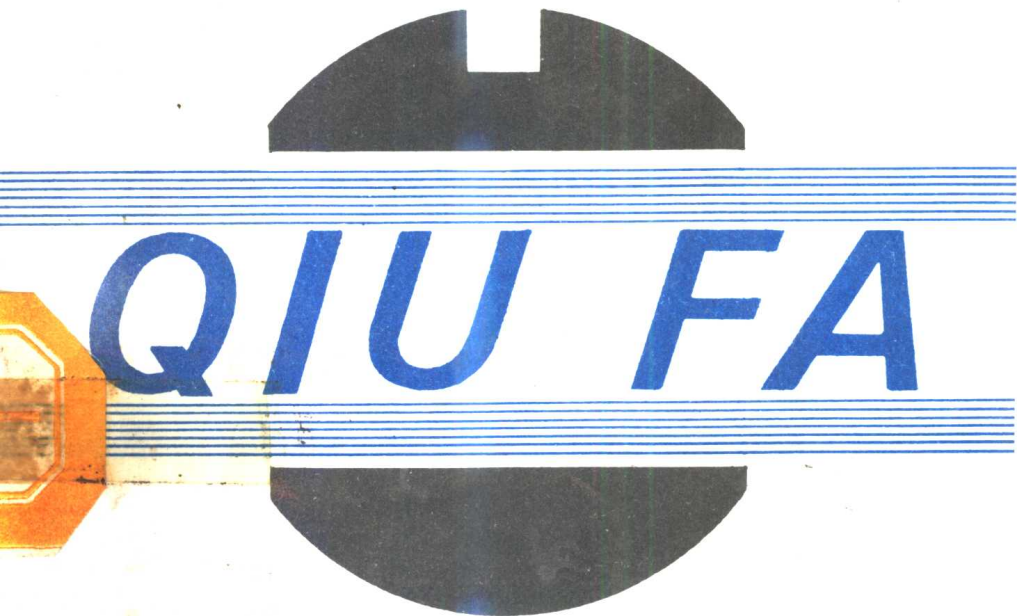


# 球阀设计与选用

章华友 晏泽荣 著  
陈元芳 袁玉求



北京科学技术出版社

# 球阀设计与选用

章华友 晏泽荣 著  
陈元芳 袁玉求

北京科学技术出版社

(京)新登字 207 号

### 内容简介

本书是一本全面论述球阀的设计与选用的专著。全书共分六章,主要阐述球阀总体结构和阀座密封结构的型式;球阀密封比压、密封力和操作转矩的计算;阀体、阀杆、填料压盖和弹性元件等主要零部件的设计和材料选用;以及球阀用部分回转型手动装置、气动装置、电动装置、电—液联动装置和气—液联动装置的结构、特点、设计和选择。书中还介绍了许多特殊结构型式的球阀和特殊结构的驱动装置。此外,在附录中还列入了球阀常用的一些国家标准和专业标准,以及国外球阀先进标准目录。

本书可供从事阀门设计、制造和使用的工程技术人员参考。

### 球阀设计与选用

章华友 晏泽荣 著  
陈元芳 袁玉求

特约编辑:吴琰琳  
责任编辑:刘福源

北京科学技术出版社出版  
(北京西直门南大街 16 号)  
邮政编码:100035

---

新华书店总店北京发行所发行 各地新华书店经销  
北京通县建新印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 13 $\frac{1}{6}$ 印张 293 千字  
1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷  
印数 1—3000 册

---

ISBN7-5304-1537-9/T·307 定价:16.00 元

## 前 言

阀门是流体输送管路系统中不可缺少的一种通用机械产品。球阀是近年来发展最快的阀门品种之一,但有关球阀方面的书籍很少,作者根据自己多年的工作经验,系统地介绍了球阀,以及球阀用驱动装置的结构、设计和选用,以促进我国球阀技术水平的提高。

本书在内容编排上,除用一定篇幅讲述常用球阀的结构、设计和选材外,作者还用了比较大的篇幅,重点介绍了国内外特殊型式的球阀结构、阀座密封结构和驱动装置结构。

本书第1章由袁玉求执笔,第2、3章由晏泽荣执笔,第4、6章由陈元芳执笔,第5章由章华友执笔。全书由章华友统稿。

本书在编写过程中得到了上海 NELES—JAMESBURY VALVE CO., LTD, 广东明珠球阀集团公司, 上海精工阀门厂和常州市阀门驱动装置厂的支持,《流体机械》编辑部的汪美胜、宋东岚同志为本书的出版做了大量的工作,在此一并致谢。

由于作者水平所限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	(1)
一、球阀的作用原理 .....	(1)
二、球阀的特点 .....	(2)
三、发展概况与展望 .....	(4)
<b>第二章 球阀的结构类型</b> .....	(6)
<b>第一节 按结构形式分类</b> .....	(6)
一、按球体的支撑方式分类 .....	(6)
二、按球体安装方式分类 .....	(12)
三、按球体结构分类 .....	(17)
四、按球阀与管道的连接形式分类 .....	(23)
五、按阀体通道数量及球体通道形状分类 .....	(30)
六、按驱动方式分类 .....	(37)
<b>第二节 按用途分类</b> .....	(57)
一、真空球阀.....	(59)
二、低温及超低温球阀 .....	(59)
三、高温球阀.....	(60)
四、保温球阀.....	(64)
五、耐腐蚀衬里球阀 .....	(65)
六、收发球球阀 .....	(67)
七、多功能球阀 .....	(70)

八、全塑球阀	·····	(73)
<b>第三章 球阀的密封结构和材料</b>	·····	(75)
第一节 球阀的阀座结构	·····	(75)
一、普通阀座	·····	(75)
二、弹性阀座	·····	(82)
三、弹性球密封结构	·····	(99)
四、旋转阀座	·····	(101)
第二节 球阀阀杆及法兰连接部位的密封结构	·····	(102)
一、填料函的密封结构	·····	(103)
二、阀体连接部位的密封结构	·····	(119)
第三节 球阀的耐火、防异常升压和防静电结构	·····	(123)
一、耐火密封结构	·····	(124)
二、防异常升压的密封结构	·····	(126)
三、防静电结构	·····	(126)
第四节 球阀的密封材料	·····	(128)
一、非金属密封材料	·····	(129)
二、金属密封材料	·····	(157)
<b>第四章 球阀力的计算</b>	·····	(159)
第一节 球阀的密封原理及影响密封性能的因素	·····	(159)
一、球阀的密封原理	·····	(159)
二、影响密封性能的因素	·····	(161)
第二节 球体与阀座之间密封比压的计算及球径的确定	·····	(164)
一、必需比压及计算	·····	(164)
二、许用比压及选择	·····	(169)
三、设计比压及计算	·····	(171)
四、球体直径的确定	·····	(173)

第三节 球阀密封力的计算 .....	(175)
一、密封力计算综述 .....	(175)
二、浮动球阀密封力的计算 .....	(177)
三、固定球阀密封力的计算 .....	(183)
第四节 球阀阀杆与填料之间的摩擦力及摩擦转矩的计算 .....	(189)
一、V型填料的摩擦力计算 .....	(190)
二、圆形片状填料的密封原理及摩擦力计算 .....	(192)
三、O形圈的摩擦力计算 .....	(192)
四、阀杆台肩与止推垫之间摩擦力的计算 .....	(193)
五、填料及止推垫摩擦转矩的计算 .....	(193)
第五节 球阀的转矩计算 .....	(194)
一、浮动球阀的转矩计算 .....	(196)
二、固定球阀的转矩计算 .....	(198)
<b>第五章 球阀用驱动装置</b> .....	(204)
第一节 概述 .....	(204)
第二节 手动驱动装置 .....	(205)
一、不带驱动机构的手动装置 .....	(205)
二、带驱动机构的手动装置 .....	(206)
第三节 气动驱动装置 .....	(239)
一、活塞连杆式气动装置 .....	(240)
二、旋转叶片式气动装置 .....	(244)
三、活塞拨叉式气动装置 .....	(249)
四、活塞齿条式气动装置 .....	(259)
五、活塞螺旋槽式气动装置 .....	(263)
第四节 球阀用电动装置 .....	(278)
一、阀门电动装置的结构特点 .....	(279)

二、整体式部分回转阀门电动装置 .....	(286)
三、部分回转型电动装置典型电气控制原理图 .....	(289)
<b>第六章 球阀主要零件的设计计算及材料选用</b> .....	<b>(291)</b>
<b>第一节 球阀阀体壁厚的计算</b> .....	<b>(291)</b>
一、阀体的结构形式、连接形式和结构长度 .....	(292)
二、阀体壁厚的计算 .....	(298)
三、阀体材料的选用、力学性能及许用应力 .....	(302)
<b>第二节 球阀阀体法兰的设计</b> .....	<b>(313)</b>
一、法兰螺栓的计算 .....	(314)
二、法兰的强度计算 .....	(320)
三、法兰密封结构的设计 .....	(338)
四、材料选用 .....	(345)
<b>第三节 球阀阀杆强度的计算</b> .....	<b>(347)</b>
一、浮动球球阀阀杆强度的计算 .....	(347)
二、浮动球球阀阀杆与球体连接部分的计算 .....	(350)
三、固定球球阀阀杆强度的计算 .....	(351)
四、阀杆连接件(平键或花键)的强度计算 .....	(353)
五、阀杆材料选用、力学性能及许用应力 .....	(356)
<b>第四节 填料压盖的强度计算</b> .....	<b>(362)</b>
<b>第五节 球阀用弹性元件的计算</b> .....	<b>(364)</b>
一、弹性元件的类型 .....	(365)
二、平板弹簧的强度计算 .....	(365)
<b>附录 A 国内有关球阀的标准</b> .....	<b>(368)</b>
一、通用阀门 法兰和对焊连接钢制球阀(GB 12237-89) .....	(368)
二、铁制和铜制球阀(GB/T 报批稿) .....	(379)
三、球阀 静压寿命试验规程(JB/Z 246-85) .....	(391)



四、球阀 产品质量分等(JB/TQ 409—89) .....	(395)
五、球阀阀杆端部尺寸(JB 1743--75) .....	(396)
六、球体(JB1744—75) .....	(398)
<b>附录 B 国内外有关球阀的标准目录</b> .....	<b>(400)</b>
一、国内有关球阀的标准目录 .....	(400)
二、国外有关球阀的标准目录 .....	(400)
<b>附录 C 国内球阀及球阀用气动装置主要生产厂和产品</b> .....	<b>(402)</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>(408)</b>

# 第一章 概 论

## 一、球阀的作用原理

以球体作为关闭件的阀门,称为球阀。

球阀主要由阀体、阀座、球体、阀杆、手柄(或其它驱动装置)组成。图 1-1 所示为手动球阀结构图。

球阀的主要功能是切断或接通管道中的流体通道,即球阀通常为闭路阀。因此,球阀的作用原理很简单,藉助手柄或其它驱动装置在阀杆上端施加一定的转矩并传递给球体,使它旋转 $90^\circ$ (特殊球阀结构例外),球体的通孔则与阀体通道中心线重合或垂直,球阀便完成了全开或全关的动作。

如果是三通或四通球阀,它们切换流体通道的功能同样是藉助球体转动 $90^\circ$ 来实现的。

球阀的密封原理依其结构而异。常用的球阀结构可分为浮动球球阀与固定球球阀两大类。浮动球球阀的球体自由支承在阀座上(见图 1-1)。在流体压力作用下,球体在流体流动方向产生位移,使它与阀后阀座密封面更紧密地接触,即在该密封面上的比压增大,形成单面密封;同时,阀前阀座密封面上的比压相应减小,往往不保证密封。在固定球球阀中,球体具有上、下转轴,被固定在球体的轴承中,因此,球体的位置固定,流体压力不能使它产生位移。可是,阀座却是浮动的,它们藉助于弹簧或流体推力压向球体,建立密封比压。因而固定球球阀可根据使用要求设计出三种密封结构:阀前阀座密封、阀后阀座密封、阀前阀后阀座密封。本书将在第 3、4 章对上述密

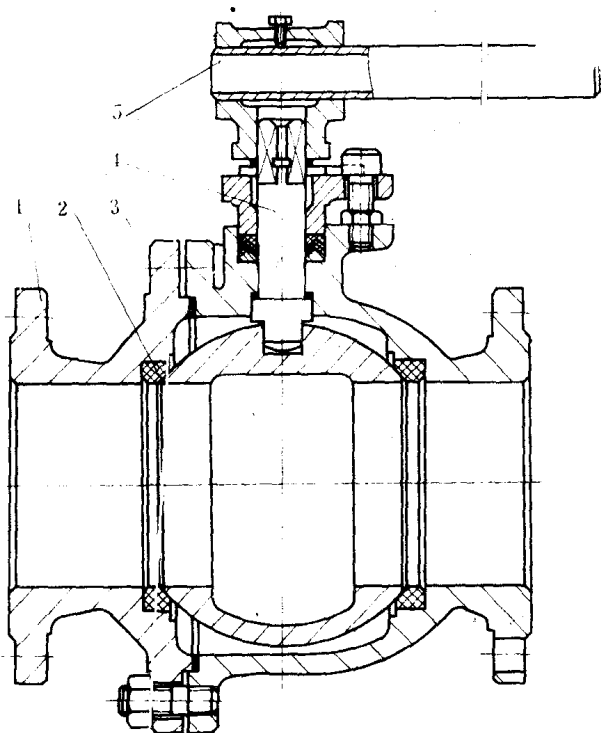


图 1-1 手动浮动球球阀

1—阀体 2—阀座 3—球体 4—阀杆 5—手柄

封结构以及受力分析进行详细介绍和讨论。

## 二、球阀的特点

球阀是本世纪 50 年代问世的一种新型阀门。在短短的 30 多年里,球阀已发展成为一种主要的阀类,它在航天、石油化工、长输管线、轻工食品、建筑等许多方面都得到了广泛的

应用。这是因为，球阀与其它阀类相比，具有许多突出的优点，受到人们的欢迎。球阀的主要特点如下：

(1) 流体阻力小 球阀一般有缩径和不缩径通道两种结构。无论那种结构，球阀的流阻系数都比较小。特别是所谓全流量型，即不缩径的球阀，由于其通道直径等于管道内径，局部阻力损失只有同等长度管道的摩擦阻力，即在所有阀门中，这种球阀的流阻最小。在火箭发射及其试验系统中，要求输送管道的阻力越小越好。减少管路系统的阻力有两个途径：一是降低流体流速，为此需要增大管径和阀门通径，这对于管路系统的经济性往往会产生不利的影 响，特别对低温输送系统(液氢)是极为不利的；一是减小阀门的局部阻力，因此，球阀自然就成了最佳选择。

(2) 开关迅速、方便 由于球阀在一般情况下只需手柄转动 $90^\circ$ 就完成了全开或全关动作，很容易实现快速启闭。

(3) 密封性好 目前，绝大多数球阀的阀座都是用聚四氟乙烯等弹性材料制造，金属与非金属材料组成的密封副，通常称为软密封。一般说来，软密封的密封性容易保证，而且对密封表面的加工精度与表面粗糙度要求也不很高。

(4) 寿命长 由于聚四氟乙烯(PTFE 或 F-4)有良好的自润滑性，与球体的摩擦磨损小，而且由于球体加工工艺的改进，使粗糙度降低，从而提高了球阀的使用寿命。据报道，美国 W-K-M 公司在试验室内对球阀进行寿命试验，开关次数超过 10 万次。

(5) 可靠性高 球阀的可靠性高主要是因为：①球体与阀座一对密封副不会发生擦伤、急剧磨损等故障；②阀杆改为内装式后，消除了阀杆在流体压力作用下可能因填料压盖松开而飞出的事故隐患；③采用防静电、耐火结构的球阀，适用于

输送石油、天然气、煤气的管线。

(6) 阀体内通道平整光滑 更适于输送粘性流体,浆液,以及固体颗粒。

### 三、发展概况与展望

早在 19 世纪 80 年代美国就开始设计球阀,但是当时缺乏适当的密封圈材料,限制了球阀的发展,使它未能成为一种正式工业产品。直到本世纪 50 年代,聚四氟乙烯等弹性密封材料的出现才使球阀的产生与发展出现了转机;同时,也由于机床工业的发展,使球体加工技术提高,能够实现球体所要求的尺寸精度与表面粗糙度。

目前,球阀最大公称通径已达 3050mm,这是美国 Escher Wyss 公司为田纳西州的一个泵站所提供的 4 台球阀,用作透平机出口的切断阀,设计压力为 4.8 MPa。球阀的最高工作压力已达 72 MPa,其相应温度高达 1000℃。

球阀不仅在一般工业管道得到了广泛应用,而且在核工业、宇航工业的液氧与液氢输送管线上普遍采用。

全塑料球阀近年来发展较快。其特点是:耐腐蚀,重量轻,成本低。在水道、化学管道上应用越来越广。西德一家阀门公司已制造通径为 6"的塑料球阀;美国 Hill Maccanng 公司制成一种含氟塑料球阀,商业名称为 Kynar,据称具有高强度、优良的耐温与耐腐蚀性能,适用温度为 $\leq 250^{\circ}\text{C}$ 。

大口径输油(或天然气)管线是球阀应用的一个重要方面。公称通径范围:600~1400 mm,工作压力通常为 8.0 MPa。为了确保安全,一些制造厂商都按管线球阀的使用特点和它所受外界自然条件的影响,进行抗地震的弯曲试验、防止火灾蔓延的试验、耐气候条件的综合试验、紧急切断试验等。

为了适应高温工况的需要,近年来还发展了高温球阀,它

的阀座材料不再是聚四氟乙烯,而是金属、石墨或碳纤维等。

一些特殊用途的特殊结构球阀在不断涌现。如我国某国防科研的试验系统上采用了自行研制的三通半球阀,降低了切换阀的流阻并减小了操作转矩。又如美国 Fisher 公司生产的 V 形缺口球阀,用以输送纤维和纸浆流体。V 形缺口球阀还可用于流量的高精度调节。

我们可以预料球阀今后将在以下几个方面得到更大的发展:

(1)密封面材料 聚四氟乙烯(F-4)作为球阀密封面材料已有近 30 年历史,但它必定还会在生产工艺、物理性能(主要是克服冷流性、提高耐压强度)、耐高温性能方面进一步改善,以提高球阀的性能和适用范围。耐高温、耐磨、耐腐蚀的低摩擦系数的金属或非金属密封材料将会不断被研制出来。

(2)新型结构球阀将会不断涌现 其目的主要在于提高寿命、密封可靠性和改善加工工艺性。各种弹性阀座的球阀将会进一步发展。

(3)全塑料球阀会有很大的发展 在新型塑料的应用、结构与注塑工艺性等方面的发展将会使塑料球阀的通畅、适用工作温度与压力范围进一步扩大。

(4)长输管线球阀会在遥控、自控、工作可靠性、寿命诸方面得到提高,它们的需要量也会增加。还会从输油(气)管线用的球阀发展到输送浆液、固体介质的长输管线用的球阀。

## 第二章 球阀的结构类型

球阀的结构型式和品种规格极其繁多,而且新产品、新结构仍在不断涌现。根据球阀的特点和用途,它可以分为若干种类型。

### 第一节 按结构形式分类

按球体和阀体的不同结构形式,球阀可以分成以下几大类。

#### 一、按球体的支撑方式分类

球体的支撑方式如何,将引起球阀结构的重大变化,从而影响性能和用途。设计球阀时,通常是根据使用要求、口径大小、流体压力及工作温度等条件,确定球体的支撑方式,然后选择合适的密封结构。按球体的支撑方式,球阀可分为浮动球阀和固定球阀两大类。

1. 浮动球阀 其主要特点是球体无支撑轴,球体系籍阀门进、出口两端的阀座予以支撑(见图 2-1)。阀杆与球体为活动连接(见图 2-2),因此,这种球阀的球体被两阀座夹持其中而呈“浮动”状态。球体通过阀杆借助于手柄或其它驱动装置可以自由地在两阀座之间旋转。当球体的流道孔与阀门通道孔对准时,球阀呈开启状态,流体畅通,阀门的流体阻力最小;当将球体转动 $90^\circ$ 时,球体的流道孔与阀门通道孔相垂直,球阀呈关闭状态,球体在流体压力的作用下,被推向阀门出口

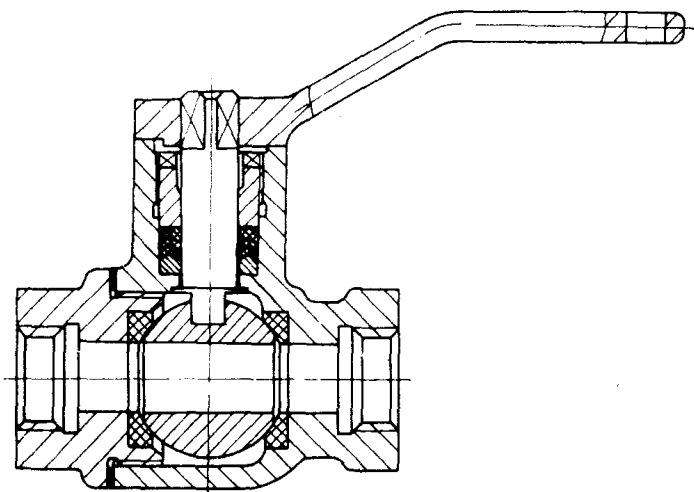


图 2-1 浮动球阀

端(简称阀后)阀座,使之压紧并保证密封。

浮动球阀的主要优点是结构简单、制造方便、成本低廉、工作可靠,因此得到广泛地应用。

浮动球阀的密封性能与流体压力有关。在其它条件相同的情况下,一般说来,压力愈高,愈容易密封,反之亦然。但应考虑阀座材料能否经受得住球体传递给它的载荷,因为流体压力在球体上所产生的作用力(其值近似等于阀门通道面积与流体压力之积,详见第 4 章)将全部传递给阀后阀座。此外,对于较大通径的浮动球阀,当压力较高时,操作转矩增大,而且球体自重也较大。自重在校座密封面上所产生的压力分布是不均匀的,一般说来,沿通道直径水平面上半圈小,下



半圈大,导致阀座磨损不均而发生渗漏。因此,浮动球阀一般适用于  $PN < 10 \text{ MPa}$ ,  $DN < 100 \text{ mm}$  的阀门,当球体采用铝合金、钛合金等轻质材料或空心夹层金属球,阀座采用弹性阀座,并在球体下方增设如图 2-3 所示调节支撑螺钉,流体压力较低时,浮动球阀的通径范围可以适当扩大,目前已成功地用于  $DN \leq 400 \text{ mm}$ ,  $PN \leq 1.6 \text{ MPa}$  的场合。

对于小通径的浮动球阀,只要阀座材料允许,在几十兆帕压力下亦能很好工作。但随着通径的加大,工作压力应相应降低。

为了使浮动球阀在较低的工作压力下具有良好的密封性能,球体与阀座之间必须施加一定的预紧力。预紧力不足,不能保证密封,而过大的预紧力又会使球体与阀座之间的摩擦转矩增加,还可能导致阀座材料产生塑性变形而破坏密封性能。

为保证浮动球阀工作时的密封性和可靠性,设计时必须满足以下要求:

(1)在球体和阀座的接触面上应具有足够的密封比压,但不得超过阀座材料的许用比压。对于低压球阀,可通过调整中法兰之间的密封垫片(即调整垫片)的厚度来限制其预紧

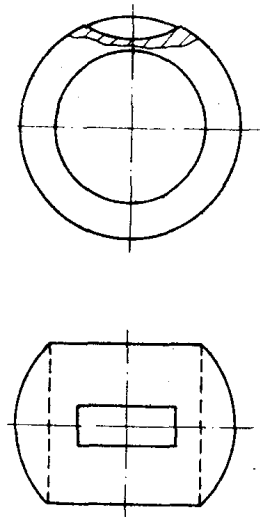


图 2-2 浮动球阀的球体与阀杆相配合的槽