

国外油气勘探开发新进展丛书

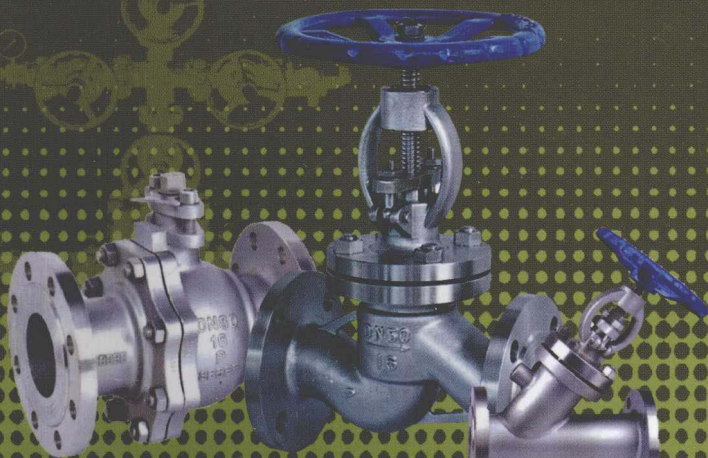
GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU



阀门选用手册 (第五版)

VALVE SELECTION HANDBOOK (Fifth Edition)

[美] 彼得·史密斯 R.W. 察佩 编
周思柱 华 剑 译



石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了止回阀、压力释放阀、爆破片、双切断泄放阀的基础原理、密封结构、密封性能及选择原则,同时介绍了各种手动阀门的结构及选用原则,并对阀门的减压装置计算方法、驱动装置及机械连锁装置作了说明。

本书可供阀门设计生产行业及阀门应用行业相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

阀门选用手册/[美]史密斯等编;周思柱等译.

北京:石油工业出版社,2012.3

(国外油气勘探开发新进展丛书.第9辑)

书名原文:Valve Selection Handbook

ISBN 978-7-5021-7634-1

I. 阀…

II. ①史…②周…

III. 阀门-技术手册

IV. TH134-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第017885号

Copyright © 2004 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2011 by Elsevier(Singapore)Pte Ltd.

All rights reserved.

Published in China by Petroleum Industry Press Ltd. under special arrangement with Elsevier(Singapore)Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan.

本书简体中文版由 Elsevier(Singapore)Pte Ltd. 授予石油工业出版社在中国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)出版与发行。

图字:01-2006-6590

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523537 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:12.25

字数:293千字

定价:65.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书(九)》

编 委 会

主 任：赵政璋

副主任：赵文智 张卫国

编 委：(按姓氏笔画排序)

马 纪 侯玉芳 詹盛云 刘德来

张 磊 杨 虎 张仲宏 周家尧

姬忠礼 周思柱 章卫兵

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺,推动中国石油上游业务技术进步,本着先进、实用、有效的原则,中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量,对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进,并翻译和出版。

从2001年起,在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上,从生产需求出发,通过优中选优已经翻译出版了8辑近50本专著。在这套系列丛书中,有些代表了某一专业的最先进理论和技术水平,有些非常具有实用性,也是生产中所急需。这些译著发行后,得到了企业和科研院校广大生产管理、科技人员的欢迎,并在实用中发挥了重要作用,达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。部分石油单位统一购买并配发到了相关的技术人员手中。同时中国石油总部也筛选了部分适合基层员工学习参考的图书,列入“千万图书送基层,百万员工品书香”活动的书目,配发到中国石油所属的4万个基层队站。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可,三次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”,形成了规模品牌,产生了很好的社会效益。

2011年在前8辑出版的基础上,经过多次调研、筛选,又推选出了国外最新出版的6本专著,即《油藏工程手册》《现代油藏工程》《钻井工程手册》《气体钻井手册(第三版)》《燃气轮机工程手册》《阀门选用手册》,以飧读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中,中国石油勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员,使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版,并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁

原书前言

我早在 1982 年就买了《阀门选用手册》的第一版,那是早年我在石油天然气行业工作的时候。当时我在印度尼西亚一家名为 Huffco 的公司工作,那是一家独立经营的公司,在婆罗洲有许多石油天然气设备。当时还处于先网络时代,而公司又处于荒漠丛林之中,相关资料极其缺乏,真的是急需一本能够为我提供专业指导的参考书。这时,我在《阀门选用手册》里发现了我所需要的相关信息,它不但帮我解决了当时所遇到的问题,而且为我开启了指引我沿着正确方向前行的明灯。

我是一个在因特网中搜索资料的信徒,即使不同的软件程序限制你只能在特定的信息容量内进行搜索,我也总是倾向于在“非纸质”文档中复验详细的信息。也正是鉴于网络搜索资料具有一定的局限性,所以,我依然相信参考书是直接查阅技术信息数据的有效途径。在网络搜索资料的时候,关键字非常重要,但有时你并不确切知道你要寻找什么,直到你已经发现了它为止。

目前,我正在从事《阀门选用手册》第五版的编辑工作,尽管阀门工程学不像火箭科学那样发展迅速,但在过去的四分之一世纪里,阀门在设计、制造过程和材料结构等方面也都取得了长足的进步。以前所谓的“异型材料”,如复式结构、蒙乃尔铜-镍合金、铬镍铁合金和金属钛等,现在已经成为经济上可行的解决工程问题的方案,被越来越广泛地应用于工程领域。

在被 Elsevier Science 的 Phil Carmical 先生邀请参加《阀门选用手册》第五版的编辑工作的时候,我感到非常荣幸,这不仅是因为我曾拥有过《阀门选用手册》这本书,更是因为它是一本非常有用的书,我对这本书怀有深深的敬意。对于原版已经存在的内容,我仅做了细微的改动,因为原版本身对于各知识点的阐述都是非常精炼的;在第五版中,有关阀门执行元件(如双阻塞泄放球阀和阀门锁紧装置等)部分所增添的章节中,我也采用了与原版相同的编写体系。最后,我把阀门专用术语归纳成了一张术语表,以便读者查阅。

我会尊重发行者对于本书内容提出的任何反馈建议,有何不妥之处将在下一版中再做修改。

彼得·史密斯

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 基本原理	(1)
1.2 手动阀门	(1)
1.3 止回阀	(1)
1.4 压力释放阀	(2)
1.5 爆破片	(2)
1.6 度量单位	(2)
1.7 阀门尺寸和压力等级的标识	(2)
1.8 相关标准	(2)
1.9 附加章节	(2)
第2章 基本原则	(4)
2.1 阀门的介质密封性能	(4)
2.2 密封机理	(5)
2.3 阀门密封面	(6)
2.4 垫片	(9)
2.5 阀杆密封	(12)
2.6 流经阀门的流量	(16)
第3章 手动阀门	(27)
3.1 手动阀门的功能	(27)
3.2 阀门按流量调节方式的分类	(27)
3.3 阀门的选择	(27)
3.4 截止阀	(30)
3.5 活塞式阀	(39)
3.6 平板闸阀	(42)
3.7 楔式闸阀	(47)
3.8 旋塞阀	(53)
3.9 球阀	(58)
3.10 蝶阀	(64)
3.11 夹管阀	(74)
3.12 隔膜阀	(76)

3.13	不锈钢阀	(80)
第4章	止回阀	(82)
4.1	止回阀的作用	(82)
4.2	止回阀的设计	(85)
4.3	止回阀的选择	(88)
第5章	压力释放阀	(89)
5.1	压力释放阀的主要类型	(89)
5.2	术语	(90)
5.3	直接作用式压力释放阀	(92)
5.4	先导式压力释放阀	(112)
第6章	爆破片	(119)
6.1	爆破片概述	(119)
6.2	金属爆破片	(123)
第7章	压力释放装置的尺寸计算	(139)
7.1	空气、蒸气及水蒸气压力释放阀的尺寸计算	(140)
7.2	压力释放阀入口管道的尺寸计算	(149)
7.3	压力释放阀排放管道的尺寸计算	(150)
第8章	驱动装置	(154)
8.1	概述	(154)
8.2	驱动装置的类型	(154)
8.3	阀门操作力	(155)
8.4	气动装置	(156)
8.5	电动驱动装置	(158)
8.6	液压驱动装置	(159)
8.7	控制阀驱动装置的尺寸计算	(160)
8.8	驱动装置说明书	(160)
8.9	阀门驱动装置的备件与维护	(160)
第9章	双截断和泄放球阀	(162)
9.1	双截断和泄放球阀概述	(162)
9.2	双截断与泄放隔离原理	(162)
9.3	仪表用双截断及泄放球阀	(162)
9.4	直通双截断和泄放球阀	(164)
第10章	阀门的机械锁紧装置	(166)
10.1	概述	(166)
10.2	阀门的铅封开和铅封关	(166)
10.3	阀门的锁定开和锁定关	(166)

10.4	阀门的机械连锁	(167)
10.5	压力安全阀的机械连锁	(168)
10.6	清管器发射和接收装置的机械连锁	(170)
10.7	结论	(171)
附录 A	阀门行业国际组织和标准的缩写	(172)
附录 B	流体特性	(173)
附录 C	阀门相关标准	(176)
参考文献	(183)

第1章 绪 论

本书旨在帮助管道工程师为现场正确选用满足过程处理设计参数的阀门。阀门的选用是以其功能、材料适应性、设计压力与温度极限、服役寿命、连接方式、运行方式、产品重量、工作效率、维护和成本等因素为依据的。这里,我有意把成本这个因素放在最后,是由于如果阀门不能满足设计要求,即使它本身是免费的,在其发生故障后进行更换的成本仍然是高昂的。就像我们的生活一样,阀门的选择是多种因素折中考虑的结果。

阀门是在流体或压力系统中调节液体流量或压力的元件。其功能包括接通和切断流体、控制流速、改变流向、防止倒流、控制压力或进行压力释放。

阀门的上述功能是通过调节关闭件在阀门中的位置来实现的。可以手动调节,也可自动调节。手动操作也包括由人工控制的动力装置来操作阀门。本书所讨论的手动操作的阀门主要用于接通和切断流体、控制流速和换向等,而自动阀门用于防止介质倒流及释放压力。本书中手动操作的阀门称为手动阀门,而防止倒流和释放压力的阀门分别称为止回阀和压力释放阀。

爆破片是非重闭式压力释放装置,它的功能类似于压力释放阀。

1.1 基本原理

密封性能和流动特性是阀门选择中非常重要的因素。掌握这两个方面的相关知识对于正确选择阀门是很有帮助的,同时也是非常必要的。本书第二章内容就涉及阀门密封和阀内介质流动特性的基本原理。

关于阀门密封的内容,本书首先给出流体密封性的定义,然后说明了密封机理以及阀座密封、垫片密封和阀杆密封的设计。阀内介质流动特性涉及压力损失、气穴、水锤现象和阀门噪声的衰减等。

1.2 手动阀门

根据关闭件向阀座运动的方式,可将手动阀门分为四大类,分别是:塞式关闭方式——截止阀、针阀;垂直滑动方式——闸阀;回转方式——球阀、旋塞阀、蝶阀;弹性体变形方式——隔膜阀。每一大类阀门中都包含了多种不同的阀门,其制造方法也各不相同。

由于关闭件向阀座运动的方式不同,各类阀门也具有自己独特的流量控制特性。根据流量控制特性所建立的一个基本表格可作为阀门选择时的参考。最终根据那张表后各种阀门及其衍生型号的具体说明来选择阀门。

注意:有关控制阀的相关文献,请参阅本书第3页脚注。

1.3 止回阀

根据关闭件向阀座运动的方式不同,止回阀也可以分为四大类:升降式止回阀、旋启式止回阀(单瓣式和双瓣式)、蝶式止回阀和隔膜式止回阀。

止回阀基本功能是防止介质倒流。同时,止回阀也应能够迅速关闭,以防止阀门在突然关

闭时形成较大的倒流速度,这会导致我们不希望发生的剧烈的压力波动以及关闭件和阀座之间的撞击现象。此外,阀门处于开启位置时关闭件应保持稳定。

本书的第四章说明了止回阀的设计及其工作特性,并讨论了止回阀的选择原则。

1.4 压力释放阀

压力释放阀主要分为两大类:一类是直接作用式压力释放阀,这种阀直接由系统介质压力驱动;另外一类为先导式压力释放阀,在这种阀门中,导阀根据系统压力的变化来控制主阀的开启和关闭。

直接作用式压力释放阀可能会配备一个辅助驱动装置,用于在开启阀门时提供辅助提升力以及(或者)在阀门回座时提供附加的关闭力。辅助提升力可防止阀门频跳,而附加关闭力可防止阀门渗漏。辅助驱动器由外部动力源驱动。即使外部动力源发生故障,直接作用式压力释放阀仍能够正常工作。

先导式压力释放阀配备一只导阀,通过一个内部机构直接控制主阀的开启和关闭。还有另外一种先导式压力释放阀,导阀是根据介质排量间接地控制主阀的开启和关闭。

第三种压力释放阀为动力作用式压力释放阀,其导阀由外部动力驱动。这种阀门仅在特定要求的一些场合得以应用。

1.5 爆破片

爆破片是一种非重闭式压力释放装置,它可以单独使用,也可以与安全阀组合使用。爆破片主要有正拱型和反拱型两种类型,正拱型爆破片的破坏形式是受拉,而反拱型爆破片则是受压。在这两种爆破片中,反拱型爆破片的制造爆破精度较高。但并非所有的反拱型爆破片都适用于不可压缩的流体。

安全阀仅用于压力波动不太剧烈的场合,而爆破片既可用于压力波动不剧烈的场合,也可用于释放由易燃气体或粉尘的爆燃引起的剧烈压力波动。用于压力容器或建筑物爆燃通风的爆破片称为防爆口挡板。

1.6 度量单位

本书所采用的度量单位有两种,分别是国际单位和英制单位。遵从美国制造商的习惯,本书分别给出了常用公式的国际单位形式和英制单位形式。不同单位制下的公式对于解决各自单位体系内的问题是有效的。

1.7 阀门尺寸和压力等级的标识

本书中阀门尺寸和压力等级的标识遵循美国阀门及配件工业制造标准化协会标准 SP-86。阀门的公称尺寸和压力等级用一种度量单位表示,比如: NPS2, DN50 和 Class150, PN20。NPS2 代表管道公称通径为 2in, DN50 表示阀门公称通径为 50mm, Class150 是指阀门的压力等级为 150lb, PN20 指阀门的公称压力为 20bar。

1.8 相关标准

附录 C 列出了一些美国、英国及国际标准化组织颁布的较重要的阀门相关标准,并根据阀门类型进行了分类。

1.9 附加章节

《阀门选用手册》第五版中增加了以下三章内容,这在以往的版本中是没有的。

- 第八章 驱动装置
- 第九章 双截断和泄放球阀
- 第十章 阀门的机械锁紧装置

本书没有涉及控制阀的内容。如果读者对调节阀领域的内容感兴趣请参阅 ISA(美国仪器仪表学会)的如下出版物:

(1)控制阀入门(使用指南),(1998年第3版),H. D. Baumann 著。这本书里包括阀门尺寸确定、智能(数字化)阀门定位器、现场应用、网络系统技术和控制回路性能评价等内容。

(2)控制阀使用测量和控制指南,(1998年第1版),Guy Borden 著。这册书是 ISA 出版的实用指南系列丛书中的一册。这册书的最后一章也介绍了调节阀,并将其性能与控制阀作了比较。该实用指南系列丛书中的每一册书都各有重点,并进行了详尽的阐述。

地址:ISA, 67 Alexander Drive, Research Triangle Park, NC 27709, USA.

网址:<http://www.isa.org>

第2章 基本原理

每种特定阀门的基本原理与其密封特性紧密相关,这些特性包括阀门关闭时的阀座密封特性,以及对阀杆在何处密封以避免介质泄漏进入大气。在处理有害流体的过程系统中,泄漏将对大气造成污染,对人身安全产生威胁,因此阀杆密封显得尤为重要。

2.1 阀门的介质密封性能

2.1.1 阀门的密封

保证阀座与关闭件之间的密封是绝大多数阀门的功能之一。如果关闭件是由从外部伸入压力系统的阀杆来驱动,则还须对阀杆周围进行密封。如果是保压阀,还必须保证阀门元件之间的密封。如果不允许介质泄漏到大气,则阀杆密封和阀门元件之间的密封就比阀座密封更加重要。因此,阀门密封的结构会在很大程度上影响阀门的选择。

2.1.2 阀门泄漏的标准

如果没有发现阀门泄漏或者泄漏量在允许的范围之内,则认为该阀门的密封良好。对于现场应用的阀门,其最大允许泄漏量即为阀门的泄漏标准。

阀门的介质密封性有两种表示方法,其一为一定质量或体积的介质通过泄漏通道所需要的时间,其二为流体系统压力发生一定变化所需要的时间。介质密封性通常以与上述时间相关的指标来表达,即:泄漏量和压力改变。

阀门的流体密封性可分为四个等级,即公称级、低漏级、蒸汽级和原子级。

公称级与低漏级密封仅适用于不要求关严的阀座密封,如常见的控制流速的阀门。蒸汽级流体密封一般用于阀座、阀杆的密封及阀体连接密封,相应的阀门可用于蒸汽和大多数工业应用中。原子级密封适用于对流体密封要求极高的场合,如航天器与核电站设施等。

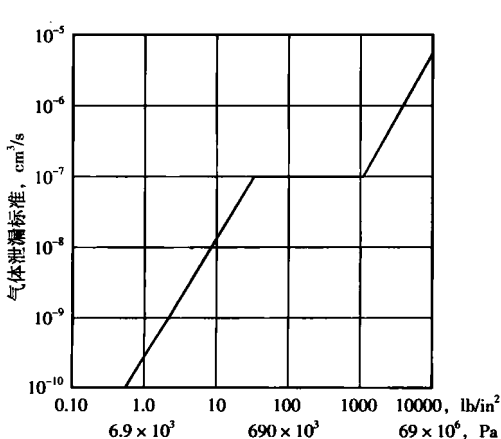


图 2-1 推荐的气体零泄漏标准
(来源:加州理工学院的喷射推进实验室
喷射推进技术报告 No. 32-926)

Lok^[1]介绍了蒸汽级与原子级填料密封的条件,并提出了如下泄漏标准:

(1) 蒸汽级:

每米密封长度上的气体泄漏量在 $10 \sim 100 \mu\text{g/s}$ 之间。

每米密封长度上的液体泄漏量在 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{g/s}$ 之间。

(2) 原子级:

每米密封长度上的气体泄漏量在 $10^{-3} \sim 10^{-5} \mu\text{g/s}$ 之间。

在美国,原子级泄漏一般认为是零泄漏。加州理工学院的喷射推进实验室在一份报告中定义了满足航天器要求的零泄漏标准^[2]。该报告认为,只有表面张力能够阻止液体进入泄漏微孔时,

才能保证零泄漏。而真正的气体零泄漏是不存在的。图 2-1 所示的曲线为代表气体零泄漏规格标准的技术条件。

2.1.3 流体密封试验

对于大多数阀门而言,蒸汽级密封已经能够满足使用要求。一般用清水、空气或惰性气体来进行流体密封试验。根据阀门结构,密封试验主要针对阀体、阀座和填料函后盖,但一般不对填料函自身进行密封试验。当用清水试验时,可以用单位时间内的泄漏体积或液滴次数来测量泄漏量。当用气体进行试验时,可让气体通过清水或气泡形流体泄漏检测装置,数出单位时间内的泄漏气泡数量,以此来测量泄漏量。运用气泡形流体泄漏检测装置检测时,可测出非常低的泄漏量,可低至 $1 \times 10^{-2} \text{cm}^3/\text{s}$ 或 $1 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{s}$,具体取决于操作者的技术水平^[3]。

原子级密封的泄漏量更低,其泄漏量可用示踪气体探测器来测量。

泄漏密封的试验规范可以参考阀门标准或者附录 C 中所列的相关标准。关于原子级泄漏试验方法可参考英国标准 BS 3636(真空或压力装置中气密性的检验方法)。

2.2 密封机理

2.2.1 液体密封性

对液体的密封能力取决于液体表面张力和液体黏性。

当泄漏微孔内充满气体时,根据液体和微孔孔壁之间接触角度的不同,表面张力可将液体吸入微孔,或者推出微孔。接触角的大小实际上说明了固体在液体中的润湿程度,即微孔孔壁对液体分子的吸引力和液体分子自身之间的吸引力之比,是一个相对值。

图 2-2 说明了微管中作用于液体的力。如果下式成立,则作用力与反作用力之间将保持平衡状态:

$$\pi r^2 \Delta P = 2\pi r T \cos\theta \text{ 或 } \Delta P = \frac{2T \cos\theta}{r} \quad (2-1)$$

式中 r ——微管半径;
 ΔP ——微管压力;
 T ——表面张力;
 θ ——固液接触角。

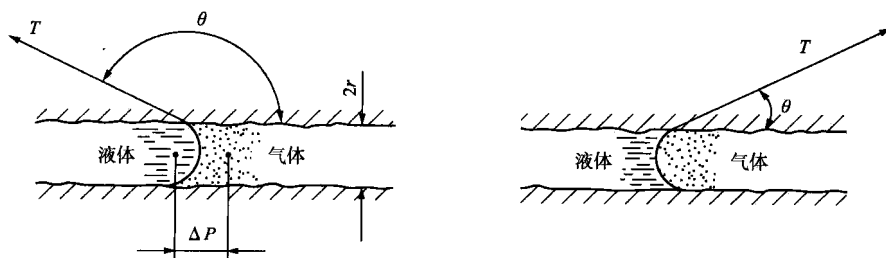


图 2-2 微孔中表面张力对泄漏的作用

因此,如果固液接触角大于 90° ,表面张力就可以阻止泄漏。相反,如果接触角小于 90° ,液体将被吸入微管内,在低压力下将产生泄漏。

当金属表面覆盖一层油、脂或蜡时,易与液体之间形成大于 90° 的接触角。但这些覆盖层被溶剂清除时,金属表面的性质将发生改变,之前受到排斥的液体就能够浸湿金属表面。例

如,煤油能溶解油脂薄膜,如果将一只水密性良好的阀门,用煤油冲洗其阀座,则将导致严重泄漏。但用普通的抹布擦拭阀座表面以后,油脂薄膜将得以恢复,阀门的水密性也将恢复。

一旦泄漏微孔被液体浸没,则其压力就会降为0,除非液柱中携带的气泡破裂。如果泄漏微孔的直径较大,泄流体的雷诺数大于临界值,则泄漏就成为较大的紊流。随着微孔直径的减小和雷诺数的降低至临界值以下,泄漏将变为较小的层流。根据伯努利方程,泄漏量与流体黏度和泄漏微孔长度成反比,而与驱动力和微孔直径成正比。因此,如果流体黏度高、泄漏微孔直径小,则泄漏量将很小,几乎测不到。

2.2.2 气体密封性

气体的密封能力由气体黏度和气体分子的大小决定。如果泄漏微孔尺寸较大,则泄漏就会成为流量较大的紊流。随着泄漏微孔直径的减小和雷诺数降低至临界值以下,则泄漏将成为较小的层流。根据伯努利方程,泄漏量与气体黏度和泄漏微孔长度成反比,而与驱动力和微孔直径成正比。当泄漏微孔的直径进一步减小,直到与气体分子的大小处于同一个数量级时,流体将丧失其质量特性而开始散射,即气体分子将在随机热运动的作用下通过泄漏微孔。泄漏微孔的大小最终可能会减小至气体分子直径以下,但即便如此,气体流动也不会绝对停止,这是因为气体能够通过金属壁而扩散。

2.2.3 泄漏通道的关闭机理

已加工的金属表面纹理由两部分组成,一部分是波峰之间距离较大的波纹,另一部分是表面粗糙度,由许多细微的不规则波形花纹叠加而成。与分子的尺寸相比,即使在最精密的加工表面上,这些细微的不规则花纹的尺寸仍然相当大。

如果密封配合零件中,有一个零件的屈服应变足够大,则仅依靠弹性变形的作用就可以关闭由不规则表面纹理所形成的泄漏通道。橡胶的屈服应变大约是低碳钢的1000倍,在应力不超过其弹性极限时,即可形成一个良好的流体密封。但是大多数材料的弹性应变相对较小,只有其应力超过弹性极限时才能关闭泄漏通道。

如果两个密封表面都是金属面,初始状态下仅仅是不规则表面的波峰互相接触,则很小的载荷就足以使波峰部分产生塑性变形。随着接触区面积的增大,不规则表面将产生弹塑性变形,当由波纹所产生的接触面之间的缝隙被关闭时,则仅有表面粗糙度所产生的泄漏通道了。为了关闭此通道,必须施加很高的载荷,才能够使下层材料产生较大的塑性变形。但是两个表面必需沿着一条直线或窄带区域相互紧密接触,才能形成良好的流体密封,而沿径向的表面接触很难或无法形成密封。

2.3 阀门密封面

在为特定的工艺功能选择阀门时,密封面的效率和阀门的密封性能是非常重要的两个因素。阀门的密封面是指阀座和关闭件相互接触形成密封的部分。由于在阀门工作中密封面易磨损,所以其密封性能会逐渐降低。

2.3.1 金属密封面

不仅仅是软座阀存在工作磨损,若过程系统中携带腐蚀性流体或含有固相颗粒的流体,则金属阀座阀门也存在工作磨损情况。阀门的金属密封面在被困流体和磨损颗粒的作用下易发生变形。同时会因腐蚀、冲蚀、磨蚀而加剧损坏。如果磨损颗粒的尺寸比表面不均匀度大,则在密封面磨合时阀座的表面粗糙度将变差。与此相反,如果磨损颗粒的尺寸比表面不均匀

度小,则在密封面磨合时其表面粗糙度值就会得到提高。磨损颗粒的大小不仅取决于材料类型和工况,而且与流体的润滑能力以及因磨蚀和流体流动而留在密封表面的杂质有关,二者都能够减小磨损颗粒的大小。因此阀座密封面必须选用耐腐蚀、耐冲蚀、耐磨蚀的材料。这几点中有一点不满足,则密封面就不能完全胜任工作要求。例如,流体的腐蚀作用会加剧密封面的冲蚀。同样,具有较强耐腐蚀和耐冲蚀能力的材料也很可能会因为耐磨性能差而完全失效。另一方面,对于某些阀门而言,选用最好的材料则太昂贵了,因此在价格和材料性能之间需要折中考虑。

表 2-1 列出了一系列密封面材料耐蒸汽喷射冲蚀的性能数据。经过热处理的 AISI 型 410(13Cr) 不锈钢具有良好的耐蒸汽冲蚀的能力。但如果流体缺乏润滑能力,则在同样接触条件下,密封配合面具有不同的硬度时,410 型不锈钢才具有较好的耐磨性能。对于蒸汽和其它润滑性能不佳的流体,常使用 410 型不锈钢与铜镍合金的组合材料作为密封面材料。司太立合金是一种钨铬钴合金,在高温下具有优良的耐腐耐磨性能,对大多数的腐蚀性产品具有耐腐能力。

表 2-1 材料耐冲蚀数据

注:表中数值是由直径为 1.59mm(1/16in)的喷嘴,以 2.41MPa(350psi)的压力向试件喷射饱和蒸汽 100h 后的数据,试件距离喷嘴 0.13mm(0.005in)。	
第一等级:冲蚀深度小于 0.0127mm(0.0005in)	
	经锻造和热处理的 AISI tp 410(13Cr) 不锈钢棒
	Delphi 硬合金钢(17Cr)
	AISI tp 304 铸造不锈钢(18Cr,10Ni)
	6 号钨铬钴合金
第二等级:冲蚀深度 0.0127mm(0.0005in) ~ 0.0254mm(0.001in)	
	AISI tp 304(18Cr,10Ni) 锻造不锈钢
	AISI tp 316(18Cr,12Ni,2.4Mo) 电弧堆焊不锈钢
	6 号气炬堆焊钨铬钴合金钢
第三等级:冲蚀深度 0.0254mm(0.001in) ~ 0.0508mm(0.002in)	
	AISI tp 410(13Cr) 锻造的不锈钢(布氏硬度 444)
	镍基铜锡合金
	镀铬 4 号黄铜
第四等级:冲蚀深度 0.0508mm(0.002in) ~ 0.1016mm(0.004in)	
	黄铜轧件
	含 2.5% 镍的渗氮合金
	高碳高铬渗氮合金
	Cr-V 索氏体-铁素体合金,渗氮后退火,布氏硬度 950
	Cr-V 索氏体渗氮合金,布氏硬度 770

Cr-Al 铁素体渗氮合金,布氏硬度 758
蒙乃尔合金
第五等级:冲蚀深度 0.1016mm(0.004in)~0.2032mm(0.008in)
4、5、22、24 号黄铜
Cr-Al 索氏体渗氮合金,布氏硬度 1155
Cr-V 铁素体渗氮合金,布氏硬度 739
铸造蒙乃尔合金
第六等级:冲蚀深度 0.2032mm(0.008in)~0.4064mm(0.016in)
低合金钢 C 0.16, Mo 0.27, Si 0.19, Mn 0.96
低合金钢 Cu 0.64, Si 1.37, Mn 1.42
铁合金钢
第七等级:冲蚀深度 0.4064mm(0.016in)~0.8128mm(0.032in)
碾制红铜
灰铸铁
可锻铸铁
碳钢 0.40C

API 标准 600 中列出了钢制阀门中经常使用的密封面材料以及组合材料。

2.3.2 用密封剂密封

有些阀门配有一种密封剂注入设备,可定期向阀座和阀杆中注入密封剂,从而在较长的时间内保证有效的密封。阀门关闭之后,注入阀门密封面之间的密封剂可堵塞泄漏通道。油封式旋塞阀就是一种完全依赖上述密封方式的金属阀座阀门。其它阀门在原有的密封失效后,也可采用注入密封剂的方法进行紧急密封。

2.3.3 软密封面

采用软密封面是非常有效的密封方式,但在高温高压环境中使用有一定限制。软密封面制造商会说明其产品所适用的设计压力以及温度范围。在一定温度和压力下,有些软密封面并不能适用于某些类型的介质。

在应用软密封面进行密封时,其中一个密封面可采用塑料或橡胶等软性材料,也可两个密封面都采用软性材料。由于软性材料易与配合面紧密贴合,故软密封面的流体密封性能极好。而且,这种密封性可以长期保持。但这些软性材料的应用受到其与流体的兼容性及温度的限制。

有时软密封材料在以下场合限制使用,即当阀门在突然充满高温气体过程系统关闭时,将高温气体封闭在系统中的过程就像用活塞压缩一个充满气体的容器一样,压缩产生的热量足以使软密封材料解体。

表 2-2 列出了可能产生的温度升高值。该表给出的是通过实验测定的氧气在受到突然压缩后的温度上升,其初始状态为 1 个大气压、温度为 15℃^[4]。

表 2-2 通过实验测定的氧气突然受压后的温度上升值(初始状态为 1 个大气压、温度为 15℃)

压力突然上升值	温度上升值
25bar(360 psi)	375℃(705 ℉)
50bar(725 psi)	490℃(915 ℉)
100bar(1450 psi)	630℃(1165 ℉)
150bar(2175 psi)	730℃(1345 ℉)
200bar(2900 psi)	790℃(1455 ℉)

在球阀中,可通过散热片来防止这种热破坏,散热片安装在软密封元件之前,其形状与金属按钮类似,有一个很大的吸热表面。在供氧设备中,这种设计可能并不足以防止软密封元件起火燃烧。要杜绝这种现象,必须将阀门的入口通道延伸至超出阀座通道,使阀门入口通道的末端形成一个空腔,用以聚集高温气体,使其远离密封面。

在设计软密封面时,须着重考虑的是防止软密封元件因流体压力的作用而发生移位或受到挤压。

2.4 垫片

2.4.1 金属平垫片

金属平垫片可通过弹性或塑性变形来适应法兰表面的不平整。为防止法兰表面产生塑性变形,垫片材料的剪切屈服切变强度必须远远低于法兰材料剪切屈服强度。

法兰表面的粗糙度可以抵抗垫片因屈服产生的自由横向膨胀。所产生的抵抗力使屈服区域由垫片的横向边缘向内延伸,而垫片的其余部分仍然保持弹性变形。如果法兰面的粗糙度足够大,在摩擦系数等于 0.5 的条件下,能够防止整个垫片产生滑动,则在屈服区域扩展到垫片的中心之前,垫片是不会发生膨胀的^[5]。

当在完全粗糙的两个法兰表面之间安装由非应变硬化的材料制成的垫片时,根据 Lok 的推导,垫片的平均压力约为^[11]:

$$P_m = 2k \left(1 + \frac{w}{4t} \right) \quad (2-2)$$

式中 P_m ——垫片平均压力;

k ——垫片材料的剪切屈服应力;

w ——垫片宽度;

t ——垫片厚度。

如果摩擦系数为 0,则垫片压力不能超过剪切屈服应力的 2 倍。因此,增大摩擦系数可以提高垫片的承载能力。

Lok 还指出,当摩擦系数介于 0.2 和 0.5 之间时,减小摩擦系数对垫片承载能力的影响不大。幸运的是,经过精加工的法兰表面摩擦系数是大于 0.2 的。但是标准铝制垫片和抛光的法兰表面接触时,摩擦系数仅有 0.05。在这种场合下,垫片和法兰的不平整表面的紧密贴合程度非常低。因此,对重要接头所进行的抛光处理,不推荐用于法兰表面。

Lok 认为当法兰表面的螺旋槽顶角为 90°、深度为 0.1mm(即每英寸 125 个槽)时,即达到