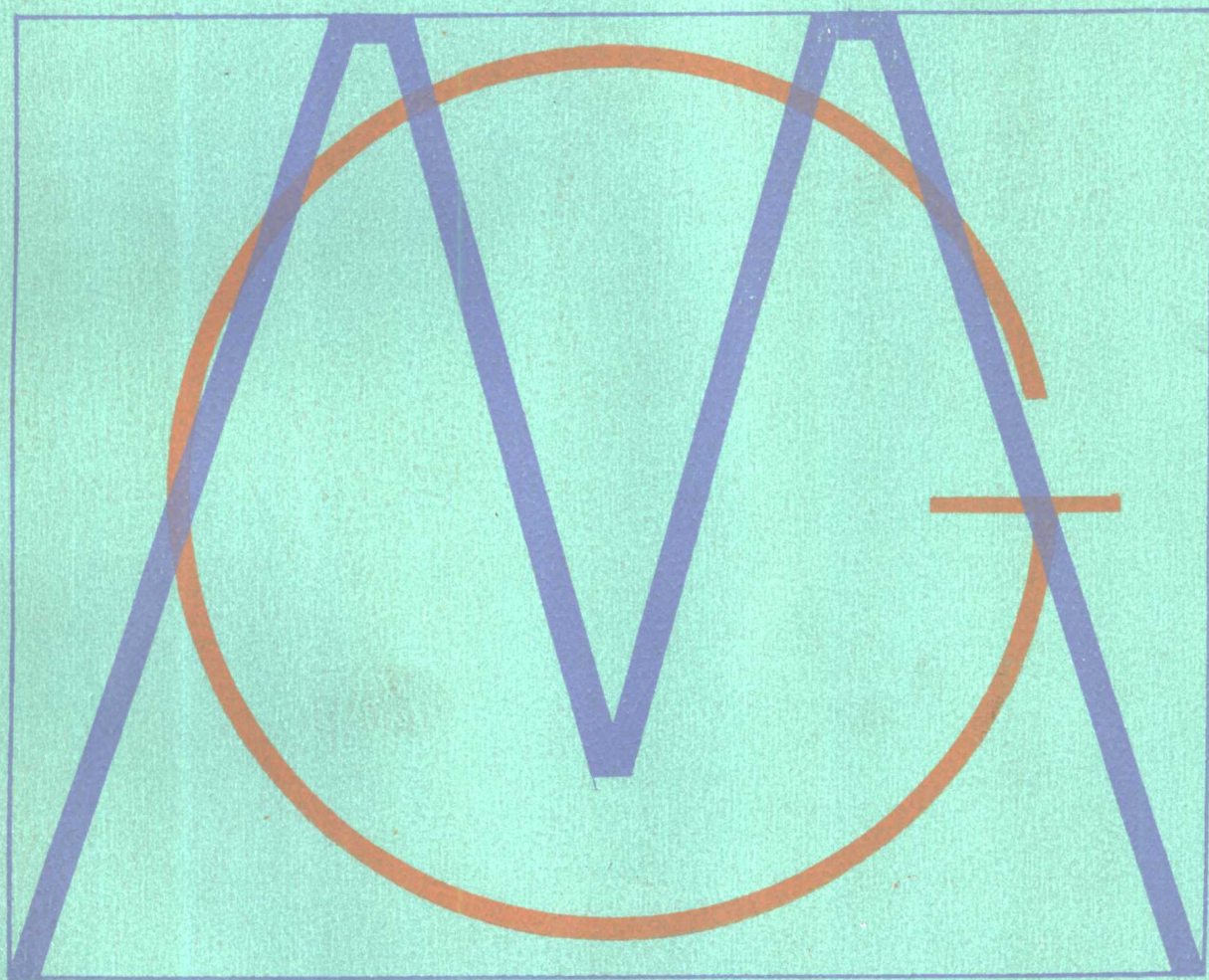


# 美国阀门管件设计手册

“阀门管件设计”编译组 编译



4-62

机械工业出版社

# 美国阀门管件设计手册

“阀门管件设计”编译组 编译



机械工业出版社

本书详尽地介绍了美国宇航技术中常用的各种阀、阀门组件、阀门元件及管路各种快卸连接器、挠性连接件等的工作原理、结构、设计要点。内容简明扼要，并附有大量的设计参考数据和图表。这些内容对民用工业阀门的设计和选用都具有重要的参考意义。

本书可供阀门、管件工程技术人员参考。书末附有参考资料索引及有关附录，可供查阅。

### 美国阀门管件设计手册

“阀门管件设计” 编译组 编译

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张 32<sup>1</sup>/<sub>2</sub>·字数 797 千字

1987年2月北京第一版·1987年2月北京第一次印刷

印数 0,001—3,480·定价 6.95 元

\*

统一书号: 15033·6244



## 编译者的话

本书主要根据美国 G.W. 豪厄尔和 T.M. 韦特斯主编的《宇航流体元件设计手册》<sup>⊖</sup>一书中有关阀门、管件部分的资料编译而成。

《宇航流体元件设计手册》汇集了美国许多阀门、管件生产和研究单位的最新成果，因而它反映了美国宇航系统（包括工业方面）流体元件的先进技术。本手册的内容极其丰富，它全面地和系统地介绍了有关流体系统中各种阀门与管件的原理、结构、设计要点及其特性，出版后受到了美国工业界广泛的重视和欢迎，并多次再版。

目前，我国正在进行四个现代化建设，从事阀门、管件工作的广大技术人员深感缺乏有关阀门、管件设计的参考资料。考虑到国内阀门、管件设计与计算的实际情况，我们特摘译了《宇航流体元件设计手册》原书第 3、5、6、12 章的大部分内容，编成《美国阀门管件设计手册》一书。供从事宇航、机械、石油、化工、水电和原子能方面的阀门、管件工程技术人员参考。

本书第一、二、三、五章由王式玉、刘正庭、吴孝隆、张成文、侯绍泉、常永恒、曾名银、瞿玉棣等同志编译。第四章由陈盘麟、吴守贞、李焕林、张贻福、林孙彤、程苏民、李明逢等同志编译。译稿先后由王昌泰、姚兆生、袁玉求三同志校对。但由于编译者水平有限，全书内容及编排上难免有不妥之处，希读者批评指正。

“阀门管件设计”编译组

1984.12

---

⊖ Glen W. Howell, Terry M. Westers: 《Aerospace Fluid Component Designers' Hand Book》  
National Technical Information Service, 1970.

常用英制单位与法定单位换算表

物理量名称			换算关系
	单位名称	单位符号	
长度	英尺	ft	1 ft = 0.3048 m
	英寸	in	1 in = 0.0254 m
	密耳	mil	1 mil = $2.54 \times 10^{-5}$ m
	微英寸	$10^{-6}$ in	$1 \times 10^{-6}$ in = $2.54 \times 10^{-8}$ m
面积	平方英尺	ft <sup>2</sup>	1 ft <sup>2</sup> = 0.0929030 m <sup>2</sup>
	平方英寸	in <sup>2</sup>	1 in <sup>2</sup> = $6.4516 \times 10^{-4}$ m <sup>2</sup>
体积、容积	立方英尺	ft <sup>3</sup>	1 ft <sup>3</sup> = 0.0283168 m <sup>3</sup>
	立方英寸	in <sup>3</sup>	1 in <sup>3</sup> = $1.63871 \times 10^{-5}$ m <sup>3</sup>
	英加仑	UKgal	1 UKgal = 4.54609 L
	美加仑	USgal	1 USgal = 3.78541 L
速度	英尺每秒	ft/s	1 ft/s = 0.3048 m/s
	英寸每秒	in/s	1 in/s = 0.0254 m/s
	英尺每分	ft/min	1 ft/min = $5.080 \times 10^{-3}$ m/s
加速度	英尺每二次方秒	ft/s <sup>2</sup>	1 ft/s <sup>2</sup> = 0.3048 m/s <sup>2</sup>
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s <sup>-1</sup>
时间	天(日)	d	1 d = 24 h = 86400 s
	周		1 week = 7 d
	月		1 month = 30 d
	年	a	1 a = 365 d
质量	磅	lb	1 lb = 0.4536 kg
	盎司	oz	1 oz = 28.3495 g
	格令	gr(gn)	1 gr = 0.06479891 g
力; 重力	千克力	kgf	1 kgf = 9.80665 N
	达因	dyn	1 dyn = 10 <sup>-5</sup> N
	磅力	lbf	1 lbf = 4.44822 N
密度	磅每立方英尺	lb/ft <sup>3</sup>	1 lb/ft <sup>3</sup> = 16.0185 kg/m <sup>3</sup>
	磅每立方英寸	lb/in <sup>3</sup>	1 lb/in <sup>3</sup> = $2.768 \times 10^4$ kg/m <sup>3</sup>
压力; 压强; 应力	巴	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa
	托	Torr	1 Torr = 1 mmHg = 133.322 Pa
	标准大气压	atm	1 atm = 101.325 kPa = 760 mmHg(0 °C)
	工程大气压	at	1 at = 98.0665 kPa
	毫米水柱	mmH <sub>2</sub> O	1 mmH <sub>2</sub> O = 9.80665 Pa
	毫米汞柱	mmHg	1 mmHg = 133.322 Pa
	千克力每平方米	kgf/m <sup>2</sup>	1 kgf/m <sup>2</sup> = 9.80665 Pa
	千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup> = 98.0665 kPa
	牛顿每平方米	N/m <sup>2</sup>	1 N/m <sup>2</sup> = 1 Pa
	磅力每平方英尺	lbf/ft <sup>2</sup>	1 lbf/ft <sup>2</sup> = 47.8803 Pa
	磅力每平方英寸	lbf/in <sup>2</sup> (psi)	1 lbf/in <sup>2</sup> = 6.89476 kPa
	微米汞柱	10 <sup>-6</sup> mHg	$1 \times 10^{-6}$ mHg = $0.133322 \times 10^{-3}$ Pa
	磅力每平方英寸(绝压)	psia	绝压, 同 lbf/in <sup>2</sup>

(续)

物理量名称	单位名称		换算关系
	单位名称	单位符号	
压力, 压强, 应力	磅力每平方英寸(表压) 磅力每平方英寸(压差)	psig psid	表压, 同上 压差, 同上
温度	华氏度	°F	$\dots^{\circ}\text{F} = \dots \frac{9}{5} \text{K} - 459.67$
	列氏度	°R	$\dots^{\circ}\text{R} = \dots \frac{9}{5} \text{K}$
	开[尔文]	K	$\dots \text{K} = \dots^{\circ}\text{C} + 273.15$
能量, 功, 热	尔格 国际蒸汽表卡 卡 千卡 千瓦小时 千克力米 英马力小时 英热单位 磅力英尺 瓦特秒	erg ITcal cal kcal kW·h kgf·m hp·h Btu lbf·ft W·s	1 erg = 10 <sup>-7</sup> J 1 ITcal = 1.00037kcal 1 cal = 4.1868 J 1 kcal = 4186.8 J 1 kW·h = 3.6MJ 1 kgf·m = 9.80665 J 1 hp·h = 2.68452 J 1 Btu = 1055.06 J = 251.996ITcal 1 lbf·ft = 1.356 J 1 W·s = 1 J
功率	千克力米每秒 英马力 卡每秒 千卡每小时 英热单位每小时	kgf·m/s hp cal/s kcal/h Btu/h	1 kgf·m/s = 9.80665W 1 hp = 745.7W 1 cal/s = 4.1868W 1 kcal/h = 1.163W 1 Btu/h = 0.293071W
导热系数	瓦特每英寸华氏度	W/(in·°F)	1 W/(in·°F) = 0.7087W/(cm·K)
	英热单位每英尺小时华氏度	Btu/(ft·h·°F)	1 Btu/(ft·h·°F) = 1.73073W/(m·K)
	英热单位每英寸小时华氏度	Btu/(in·h·°F)	1 Btu/(in·h·°F) = 20.76876W/(m·K)
	卡每厘米秒开[尔文]	cal/(cm·s·K)	1 cal/(cm·s·K) = 418.68W/(m·K)
	千卡每米小时开[尔文]	kcal/(m·h·K)	1 kcal/(m·h·K) = 1.163W/(m·K)
传热系数	英热单位每平方英尺小时华氏度	Btu/(ft <sup>2</sup> ·h·°F)	1 Btu/(ft <sup>2</sup> ·h·°F) = 5.67826W/(m <sup>2</sup> ·K)
	卡每平方厘米秒开[尔文]	cal/(cm <sup>2</sup> ·s·K)	1 cal/(cm <sup>2</sup> ·s·K) = 41868W/(m <sup>2</sup> ·K)
	千卡每平方米小时开[尔文]	kcal/(m <sup>2</sup> ·h·K)	1 kcal/(m <sup>2</sup> ·h·K) = 1.163W/(m <sup>2</sup> ·K)
比热, 比焓	千卡每千克开[尔文]	kcal/(kg·K)	1 kcal/(kg·K) = 4186.8 J/(kg·K)
	英热单位每磅华氏度	Btu/(lb·°F)	1 Btu/(lb·°F) = 4186.8 J/(kg·K)
	千瓦小时每磅华氏度	kW·h/(lb·°F)	1 kW·h/(lb·°F) = 1.429 × 10 <sup>7</sup> J/(kg·K)
	千瓦小时每千克摄氏度	kW·h/(kg·°C)	1 kW·h/(kg·°C) = 3599.8kJ/(kg·K)
动力粘度	泊(达因秒每平方米)	P (dyn·s/cm <sup>2</sup> )	1 P = 10 <sup>-1</sup> Pa·s
	千克力秒每平方米	kgf·s/m <sup>2</sup>	1 kgf·s/m <sup>2</sup> = 9.80665Pa·s
	磅力秒每平方英尺	lbf·s/ft <sup>2</sup>	1 lbf·s/ft <sup>2</sup> = 47.8803Pa·s
	磅力秒每平方英寸	lbf·s/in <sup>2</sup>	1 lbf·s/in <sup>2</sup> = 6894.76Pa·s
	厘泊	cP	1 cP = 10 <sup>-3</sup> Pa·s

(续)

物理量名称			换算关系
	单位名称	单位符号	
动力粘度	磅每秒英尺	lb/(s·ft)	1 lb/(s·ft) = 1.489 Pa·s
	斯勒格每秒英尺	slug/(s·ft)	1 slug/(s·ft) = 47.8803 Pa·s
运动粘度	斯托克斯	St	1 St = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
	二次方英尺每秒	ft <sup>2</sup> /s	1 ft <sup>2</sup> /s = 9.29030 × 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /s
	二次方英寸每秒	in <sup>2</sup> /s	1 in <sup>2</sup> /s = 6.4516 × 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
	厘斯托克斯	cSt	1 cSt = 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
密度	磅每立方英尺	lb/ft <sup>3</sup>	1 lb/ft <sup>3</sup> = 16.0185 kg/m <sup>3</sup>
	磅每立方英寸	lb/in <sup>3</sup>	1 lb/in <sup>3</sup> = 2.768 × 10 <sup>4</sup> kg/m <sup>3</sup>
质量流量	磅每秒	lb/s	1 lb/s = 0.453592 kg/s
	磅每小时	lb/h	1 lb/h = 1.25998 × 10 <sup>-4</sup> kg/s
体积流量	立方英尺每秒	ft <sup>3</sup> /s	1 ft <sup>3</sup> /s = 0.0283168 m <sup>3</sup> /s
	立方英寸每秒	in <sup>3</sup> /s	1 in <sup>3</sup> /s = 16.387 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s
	立方英尺每小时	ft <sup>3</sup> /h	1 ft <sup>3</sup> /h = 7.866 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s
	立方英尺每分	ft <sup>3</sup> /min	1 ft <sup>3</sup> /min = 471.95 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s
	立方英寸每小时	in <sup>3</sup> /h	1 in <sup>3</sup> /h = 0.0045519 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s
	立方英寸每分	in <sup>3</sup> /min	1 in <sup>3</sup> /min = 0.2731 × 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /s
	美加仑每分	USgal/min	1 USgal/min = 6.3090 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s
	英加仑每分	UKgal/min	1 UKgal/min = 7.5776 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s
流量	标准大气压立方英尺每分	atm·ft <sup>3</sup> /min	1 atm·ft <sup>3</sup> /min = 471.947 atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方英寸每分	atm·in <sup>3</sup> /min	1 atm·in <sup>3</sup> /min = 0.273 atm·cm <sup>3</sup> /s
	微米汞柱立方英尺每小时	10 <sup>-6</sup> ·ft <sup>3</sup> /h	1 × 10 <sup>-6</sup> ft <sup>3</sup> /h = 1.04 × 10 <sup>-5</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	微米汞柱升每秒	10 <sup>-6</sup> ·L/s	1 × 10 <sup>-6</sup> L/s = 1.32 × 10 <sup>-3</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	托升每秒	Torr·L/s	1 Torr·L/s = 1.32 atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方厘米每分	atm·cm <sup>3</sup> /min	1 atm·cm <sup>3</sup> /min = 1.667 × 10 <sup>-2</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方厘米每小时	atm·cm <sup>3</sup> /h	1 atm·cm <sup>3</sup> /h = 2.778 × 10 <sup>-4</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方厘米每天	atm·cm <sup>3</sup> /d	1 atm·cm <sup>3</sup> /d = 1.157 × 10 <sup>-5</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方厘米每月	atm·cm <sup>3</sup> /月	1 atm·cm <sup>3</sup> /month = 3.856 × 10 <sup>-7</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
	标准大气压立方厘米每年	atm·cm <sup>3</sup> /a	1 atm·cm <sup>3</sup> /a = 3.17 × 10 <sup>-8</sup> atm·cm <sup>3</sup> /s
磁通[量]	麦克斯韦	Mx	1 Mx = 10 <sup>-8</sup> Wb
磁通[量]密度, 磁感应强度	高斯	G	1 G = 10 <sup>-4</sup> T
转动惯量	磅二次方英尺	lb·ft <sup>2</sup>	1 lb·ft <sup>2</sup> = 0.0421401 kg·m <sup>2</sup>
	磅二次方英寸	lb·in <sup>2</sup>	1 lb·in <sup>2</sup> = 2.92640 × 10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup>
动量	磅英尺每秒	lb·ft/s	1 lb·ft/s = 0.138255 kg·m/s
力矩	千克力米	kgf·m	1 kgf·m = 9.80665 N·m
	磅力英尺	lbf·ft	1 lbf·ft = 1.35582 N·m
	磅力英寸	lbf·in	1 lbf·in = 0.112985 N·m
电阻系数	微欧英寸	μΩ·in	1 μΩ·in = 2.54 × 10 <sup>-3</sup> Ω·m

# 目 录

编译者的话

常用英制单位与法定单位换算表

一、阀门类型 .....	1	15. 入口压力对节流阀的影响 .....	49
(一) 断流阀 .....	1	16. 气枕容积的作用 .....	50
1. 断流阀设计 .....	1	17. 感受压力位置的影响 .....	50
2. 球阀 .....	4	(四) 保险阀 .....	51
3. 蝶阀 .....	6	1. 使用和技术条件 .....	51
4. 截止阀 .....	8	2. 阀门动作原理 .....	51
5. 电磁阀 .....	9	3. 保险阀壳体 .....	52
6. 闸阀和叶片阀 .....	11	4. 基准载荷 .....	52
7. 隔膜阀 .....	12	5. 阀门组件 .....	52
8. 软管阀 .....	13	6. 正向作用式保险阀 .....	53
9. 隔膜式密封阀 .....	14	7. 反向作用式保险阀 .....	56
10. 旋塞阀 .....	15	8. 先导式保险阀 .....	57
11. 旋转滑动阀 .....	16	9. 性能比较 .....	57
(二) 控制阀 .....	17	10. 背压调节器 .....	58
1. 控制阀术语 .....	18	11. 安全膜片 .....	59
2. 控制阀的流量特性 .....	18	12. 有强制机构的保险阀 .....	59
3. 固有的与有效的流量特性 .....	20	(五) 止回阀 .....	61
4. 控制阀的类型 .....	21	1. 止回阀设计 .....	61
5. 控制、驱动以及定位 .....	28	2. 球形止回阀 .....	63
6. 控制阀的压力补偿 (平衡) .....	29	3. 锥形止回阀 .....	63
(三) 调节器 .....	30	4. 盘形止回阀 .....	64
1. 调节器的类型 .....	32	5. 旋启式止回阀 .....	65
2. 减压器 .....	32	6. 扑动止回阀 .....	65
3. 直接作用式调节器 .....	35	7. 橡胶止回阀 .....	66
4. 先导式调节器 .....	36	(六) 多通道阀 .....	67
5. 分级的调节器 .....	38	1. 动作原理 .....	67
6. 非调制的调节器 .....	39	2. 多通道阀的名称 .....	67
7. 减压器组件 .....	41	3. 线性运动的多通道阀 .....	68
8. 增加一个保险作用 .....	45	4. 作旋转运动的多通道阀 .....	69
9. 增加一个截止作用 .....	46	(七) 爆炸阀 .....	71
10. 补偿器 .....	46	1. 爆炸驱动器 .....	72
11. 流量限制器 .....	46	2. 常开阀 .....	73
12. 调制调节器的控制方式 .....	47	3. 常闭阀 .....	74
13. 绝对压力调节器 .....	48	4. 多通道爆炸阀 .....	74
14. 压差调节器 .....	49	5. 先导式爆炸阀 .....	75
		6. 重复开关系统的爆炸阀 .....	76
		7. 与一般阀门的比较 .....	76



二、阀门组合件和元件设计 .....	80	四、连接件 .....	364
(一) 阀门组件 .....	80	(一) 过滤器和分离器 .....	364
1. 前言 .....	80	1. 过滤器和分离器的专用术语 .....	364
2. 阀门组件设计 .....	81	2. 过滤和分离技术 .....	366
3. 设计数据 .....	96	3. 机械式过滤器介体 .....	367
(二) 静密封件 .....	143	4. 过滤器壳体 .....	373
1. 引言 .....	143	5. 过滤器的清洗 .....	375
2. 设计和参数选择 .....	144	6. 系统对过滤器的要求 .....	376
3. 设计数据 .....	157	(二) 快卸连接器 .....	379
(三) 动密封件 .....	181	1. 什么情况下使用快卸连接器 .....	379
1. 引言 .....	181	2. 快卸连接器的选择因素 .....	379
2. 动密封的分类 .....	182	3. 快卸连接器的一般分类 .....	382
3. 设计和参数选择 .....	182	(三) 连接件 .....	386
4. 设计数据 .....	187	1. 选用连接件的考虑原则 .....	387
(四) 膜片 .....	202	2. 螺纹连接件 .....	388
1. 引言 .....	202	3. 螺栓法兰连接件 .....	403
2. 设计要素 .....	203	4. 钎焊接头和连接件 .....	411
3. 设计数据 .....	206	5. 焊接接头和连接件 .....	419
(五) 弹簧 .....	216	6. 冷挤压连接件 .....	427
1. 引言 .....	216	7. 胶粘接合和连接件 .....	428
2. 设计和参数选择 .....	217	(四) 挠性管路连接器 .....	429
3. 设计数据 .....	229	1. 何时使用挠性连接器 .....	429
(六) 波纹管 .....	244	2. 使用何种挠性连接器 .....	429
1. 引言 .....	244	3. 挠性软管 .....	429
2. 设计和参数选择 .....	245	4. 波纹管接头 .....	432
3. 设计数据 .....	260	5. 挠性螺旋管 .....	433
(七) 轴承和润滑 .....	267	(五) 可转动流体接头 .....	435
1. 前言 .....	267	1. 什么情况下使用可转动的流体接头 .....	436
2. 设计要素 .....	268	2. 可转动接头的选择 .....	436
3. 设计数据 .....	282	3. 可转动的流体接头的型式 .....	436
(八) 驱动器 .....	294	五、阀门设计常用设计计算数据 .....	437
1. 前言 .....	294	(一) 通过计量装置和阀门的流量 .....	437
2. 设计和参数选择 .....	295	1. 流量计流量系数的推导 .....	437
3. 设计数据 .....	297	2. 流量喷嘴和孔板 .....	439
三、阀门常用材料及摩擦系数 .....	317	3. 文氏管流量计 .....	448
(一) 聚合物材料 .....	317	4. 阀门 .....	449
1. 橡胶 .....	318	(二) 压力损失 .....	458
2. 塑料 .....	319	1. 概述 .....	458
(二) 摩擦系数 .....	331	2. 管路损失 .....	458
(三) 金属材料 .....	361	3. 进出口的损失 .....	464
1. 黑色金属 .....	361	4. 扩散和收缩段的损失 .....	464
2. 有色金属 .....	361	5. 管件和阀门的损失 .....	465

(三) 流体瞬变过程 .....	468	2. 聚合物玻璃化温度 .....	483
1. 概述 .....	468	3. 泄漏灵敏度比较图表 .....	484
2. 导管内的不稳定流动 .....	468	4. 塑料和橡胶最高工作温度 (范围) .....	485
3. 阀门关闭 .....	469	5. 聚合材料在77 K时气体对它的渗透性 .....	486
4. 阀门开启 .....	473	6. 金属材料的蠕变强度表 .....	487
5. 单个容器的充气或放气 .....	474	7. 在高真空条件下聚合物的分解 .....	488
6. 串联的两个容器的充气或放气 .....	477	8. 各种材料的辐射容限 .....	490
(四) 汽蚀 .....	478	9. 热膨胀系数 .....	491
(五) 闪蒸液体 .....	480	10. 在海水中的电位序 .....	492
(六) 动力 .....	481	参考资料索引 .....	492
附录 .....	483	本书章节与原书章节对照表 .....	510
1. 流过平行平板的层流流量方程 .....	483		

# 一、阀门类型

阀门是用来调节流通介质流量、压力、或用来切断、或打开流通介质通路的一种流体部件。阀门的种类很多,按其功用可以分为:断流阀(Shutoff valve)、控制阀、压力调节器、保险阀、止回阀、多通道阀、伺服阀以及爆炸阀等。每一种阀门又可根据其结构形式进一步分类,例如断流阀又可分为截止阀、蝶阀、闸阀、滑阀等等。本章的主要内容是研究各种阀门的功用、结构形式和使用条件。

## (一) 断流阀

本节介绍断流阀的一般设计和选择问题,并且讨论各类断流阀的动作原理、工作特性以及它们的应用。

断流阀总是处在完全打开或者完全关闭的位置。它与控制阀不同,控制阀调节流量常常是处于零流量和全流量之间的某一位置。有些断流阀能用于控制流量,但这些阀叫控制阀更合适。断流阀、截断阀以及闭路阀都是同义词。对于宇航工业来讲,断流阀一般是根据其用途或系统功用来进行设计的,例如加注阀、排泄阀、放泄阀、排气阀、前置阀以及启动阀。断流阀有多种结构形式的阀门元件(关闭件)、壳体和驱动器。

### 1. 断流阀设计

选择具体断流阀的结构形式时,必须考虑的参数在下面各节中讨论。

#### (1) 流动介质

断流阀的选择取决于流动介质是液体还是气体,或者是两者都有(二相流体)。某些型式的密封件在液体或气体中不能共用,较高的气流速度可能需要有特殊的密封结构,以避免密封材料遭受气体的侵蚀而破坏。当处理象氢气、氦气这样的较轻气体时,特别是在高压条件下,应采取特殊的密封措施。

必须保证密封件、金属材料、镀层和其它材料与流动介质的相容性。如果介质有较高的冰点或用于可能出现结冰的地方,那末,为了防止相变时流体膨胀或是在剪切结冰表面时产生的高载荷引起结构破坏而造成阀门损坏,因而必须采取预防措施。

#### (2) 压降和流通能力

压降和流通能力是相互关联的,因而当一个参数确定时,另一个参数也就确定了。当确定流通能力或压降时,准确地给出实际工作条件下的压力、温度、流动介质以及系统的进出口条件是很重要的。在理想条件下,为了使系统的损失降到最小,在阀门打开时,断流阀的压降应为零。确定流通能力通常有几种习惯方法,这些将在本书五、(一)中叙述。各种断流阀门流动特性的比较将在本书五、(一)表中给出。

#### (3) 工作温度

工作温度必须考虑流动介质的温度和环境温度。在某些情况下,介质的温度占主导地位,在另一些情况下,环境温度占主导地位。选取的材料必须适应最恶劣的条件。也应该考虑工

作周期，因为阀门有一定的质量和相应的热沉，它能在极冷或极热的流动介质中短时期工作。还要根据可能的热变形和膨胀差别来考虑温度梯度。

选取润滑剂和密封件必须根据温度来考虑。过高的温度将引起润滑剂的流失和密封件的破坏。过低的温度会引起润滑剂冻结以致造成动作缓慢或卡死。动密封件，特别是O型环，当温度超过它的设计范围时，可能会受到严重的损坏。

#### (4) 工作压力

显然，阀体必须能够承受它将受到的最大工作压力。流动瞬变过程（水击）引起的管路压力的增加能够超过正常工作压力几倍。在关键配合处，必须注意保证压力形变引起配合间隙的变化不致影响工作。在高压应用中，不仅对填料和各种垫片，而且对紧固件和接头都必须给予注意。如果阀门受压力重复作用，那么还必须考虑疲劳破坏的可能。

#### (5) 泄漏要求

阀门泄漏分为内泄漏（在流动通道方向上的泄漏）和外泄漏（泄漏到外部环境而不是正常的流动方向）两种。在应用中，确定实际泄漏要求是非常重要的。因为过份的要求将增加密封件和关闭件的设计和制造成本，从而提高阀门成本。影响阀门泄漏要求的四个因素是：

1) 压力或推进剂的损失 通过阀门的流体损耗必须限制在一定范围内。以防止由于流体过早损耗而使系统产生故障。

2) 对系统的损害 当推进剂的泄漏可能引起严重的腐蚀或着火时，泄漏量必须限制在能防止系统损坏的范围内。

3) 对人员的危害 如果流体是有毒的，那么必须采取措施防止人员吸入和接触。

4) 对试验的妨害 对宇航器的特殊考虑是增压工质或推进剂的气云包围着飞行器的问题，这些气云会影响轨道大气的取样。

对具体阀门的应用，上述因素的正确估价将有助于确定合理的泄漏要求。

#### (6) 驱动力要求

断流阀可以是手动，也可用任何通常使用的驱动器操纵，例如电磁铁、电动机以及液压或气动的活塞气缸组合。驱动力的要求取决于动作次数、阀门所要求的力、要求的反应时间和电磁铁、电动机的使用温度。在使用电磁铁或电动机时，应尽可能严格的确定实际工作温度范围。因为在给定的条件下，如果工作温度低，可以选用较小的电磁铁。为减少动力消耗可以使用象锁闭电磁铁这样的装置，因为锁闭电磁铁只要求用短暂的脉冲来驱动阀门，而不需要附加动力来使阀门保持打开位置。采用的增压流体不管是液体还是气体，在不影响系统所有特性的条件下，可以排泄到系统外，因此应将它们看作能源或驱动动力。

#### (7) 驱动器和驱动力

断流阀可以由手轮、杠杆、电磁铁、电动机、膜片或气缸来驱动。最后的选择取决于许多因素，例如要求的力、采用的动力、远距离操作要求、反应时间、可利用的空间和重量。

要克服的力，包括压力、流体动力、摩擦力、运动件的惯性力。直接由电磁铁来操纵小阀门（尤其是压力平衡式的是简便易行的。当阀门的尺寸增大时，所需要的动力和电磁铁的重量迅速地增加，行程也要增加，因此必须重新选择驱动方式，要么采用形式完全不同的驱动器，要么设计成先导式的阀门。驱动器将在二、(八)节中详细讨论。

#### (8) 驱动时间（反应时间）

阀门的驱动时间受下列参数的影响：运动件的质量、压力差、摩擦力、阀门元件的行程

以及驱动器所能给出的力。

增加驱动器的力或减小驱动器负载均可以改善反应特性。一般在反应时间与阀门重量、阀门成本和工作寿命之间进行权衡。高的灵敏度将使成本和重量增加，这是因为增大了驱动器的尺寸和加大了驱动力的缘故。一个高灵敏度的阀门必然具有高的提升速度，这将使阀座承受大的应力，从而导致阀门组件的预期工作寿命降低。

#### (9) 污染敏感性

系统和流动介质的清洁程度对阀门的工作和寿命有直接的影响。含有过量污物的流体可能阻塞小的控制孔或引起严重的泄漏，在金属—金属密封的阀门中更是如此。在气体介质中，特别是在象氢气或氦气这样的较轻气体中，微粒物质对内部零件，特别是对阀座危害极大。因为在音速条件下它能够获得很高的速度。如果将有小孔的阀门应用于已知是比较脏的流动介质系统中，那么就应该考虑在小孔的上游安装一个整体过滤器。流动介质中的水能使处于结冻温度的零件产生故障。低温流体中的冰和固体  $\text{CO}_2$  颗粒可能产生难于判断的问题，特别在有  $\text{CO}_2$  的情况下，因为系统变暖及为了检查故障而将系统分解之后，气体将消失得无影无踪。还应该考虑到在低温工作时向大气排气的阀门（例如排气阀）可能聚集大量的冰于阀门下游。如果这样的聚集容易出故障，可以采取预防措施，例如用干燥气体吹一小段下游空腔。

#### (10) 维护

考虑维护时，应该尽可能地避免要求专用工具。象阀座和填料这样的重要零件应该是易拆卸的和容易更换的，最好不从管路上拆下阀门。如果必须在现场检修阀门，应该防止工作场所内的污物进入到阀门或系统中。对润滑和调整的要求应尽量减少。

#### (11) 可用性

如果要购买阀门，那么必须考虑选定的具体结构的可用性。象截止阀，蝶阀，以及电磁阀这样的一般结构形式用的比较多。球阀用得就较少。而其它形式阀门，例如夹管阀或隔膜阀的使用将受到严格限制。

#### (12) 重量和尺寸

对所有的航空和航天组件来说，首先考虑的就是重量和尺寸，并且组件的类型往往是根据给定的用途来选定的。例如 1in 或小于 1in 管路里的全流量球阀比相同尺寸的蝶阀有更好的流动特性。然而，在大尺寸条件下 (10in 或 10in 以上)，尽管它们的流动特性是相似的，但是球阀的重量和尺寸大大地超过了蝶阀。同样，象根据管路尺寸来选择不同的阀门种类一样，驱动器的选取也必须分别情况进行。电磁铁适合于小尺寸的组件，当尺寸增加时电磁铁就变得比较笨重，因而常常选用气动或液压驱动装置。

组件确定后，其重量可能减少的程度与组件的允许成本有关。如果重量极其重要的话，那么应该采取特别的机械加工措施和使用象钛或铍这样强度-重量比很高的材料。

#### (13) 成本

影响阀门最终成本的因素很多。这些因素是：工作压力、温度、流量、压力差、反应时间、泄漏、流动介质、重量、驱动形式、可靠性、寿命、试验、检查要求以及可用性。一种极端情况是用于地面低压空气系统的小型手动断流阀，它可以从许多售主那里买到现成的产品，这种阀成本低。另一种极端情况是在宇宙火箭上控制有毒的、腐蚀性流体的重量轻的遥控断流阀，这种阀在市场上买不到且成本高。对于导弹和宇宙飞行器系统来说，成本是第二

位的。但是为了避免过于保守的设计或欠安全的设计所造成的浪费，在选取组件方案时必须做出正确的判断。

#### (14) 工作寿命

工作寿命可以从动作一次（例如爆破膜）到动作几十万次（例如设计很好的电磁阀）。影响阀门预期工作寿命的因素有：工作温度、工作压力、循环率、周期数、元件上的载荷、结构材料、润滑剂类型和所处的宇宙环境。

高压和高温条件下多次循环会降低阀门的寿命。如果温度显著升高，那么循环的速率是主要的。不管何种机械设备，其结构负荷越高，工作寿命越短。

由于真空和辐射对密封件和润滑剂的有害影响，会使暴露于宇宙环境中的阀门寿命缩短。这种影响的程度取决于阀门的设计和在宇宙环境中的位置和时间长短。

## 2. 球阀

### (1) 动作原理

球阀实质上是在壳体里有一个开孔的球，球旋转  $90^\circ$ ，阀门就从打开位置改变到关闭的位置。常用的球阀有固定球结构和浮动球结构。在固定球结构中（图 1-1），球体支承在固定轴承上，密封件是由弹簧加载压在球上。密封件安装在球的入口一边，并且通常设计成单向密封。若是在球的另一半加上弹簧加载的同样密封件，可得到双向密封。在浮动球的结构中（图 1-2），球由固定密封件支承，密封力来自流体压力，它将球压在密封件上。在这种形式的结构中，球的上下游两边都有密封件，在流动的任一方向上阀门密封都一样好。浮动球是最简单的结构，一般限于低压使用，特别是在大尺寸条件下更是如此，因为大尺寸的球阀要求有高的密封载荷和大的驱动力。除了常用的金属材料之外，球阀壳体还使用塑料，例如不增塑的聚氯乙烯（UPVC）。球的材料可以是塑料也可是金属。金属球表面通常采用表面镀铬抛光。在多数球阀中，球的形状公差在  $0.0005\text{in}$  范围内。

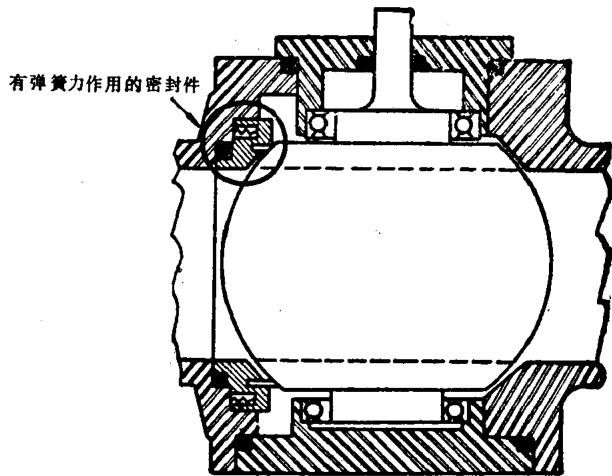


图1-1 固定球全流量球阀

在球阀中，虽然有了石墨和金属做成的硬阀座，然而密封材料通常的是弹性材料，即不是塑料就是橡胶。由于聚四氟乙烯有高的抗腐蚀性和极低的摩擦系数，所以是常用的密封材料。当使用硬密封件时，阀门通常设计成凸轮驱动，为了减小摩擦和磨损，当凸轮旋转几度时即提起球，使它离开密封件。球芯设计成从顶口装入，这样在维修时有可能不用从管路上拆下阀门。

### (2) 工作特性

球阀的特点是压力降小，只要阀门是全流量结构，即阀的流通面积等于连接管路的内径（图1-1），则其压力降等于同样长度管路上产生的压力降。缩孔球阀仍在广泛应用，尽管这



类阀门并不完全具备压力降小的优点（图1-2）。球阀的泄漏量可控制到极小，并且阀门可以设计成在任一流动方向上有同样的密封性。

由于密封和（或）轴承摩擦力的作用，球阀不可能是压力平衡的，所以球阀的驱动力比较高。球阀驱动扭矩的特性类似于蝶阀，是随角度位置而变化的。流体动力扭矩作用在使阀门关闭的方向上，当阀门打开时此扭矩增加，打开到 $60^\circ$ 至 $80^\circ$ 之间时达到最大，而打开到 $90^\circ$ 全开位置时，扭矩就迅速减小到零。蝶阀的扭矩特性在一、（二）节“控制阀门”中讨论。当驱动阀门旋转 $90^\circ$ 时，要求驱动器有较长的行程；然而，当作为手控阀门使用时，球阀比螺杆操纵的阀门，例如闸阀或截止阀，有开启（转 $90^\circ$ ）迅速的优点。应当注意，在某些液压系统中使用时，手控阀的迅速关闭会产生水击。

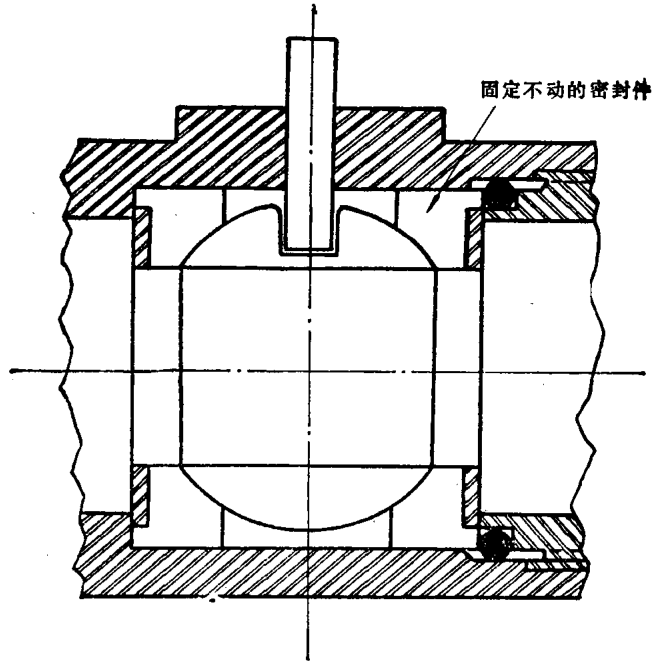


图1-2 浮动球缩孔球阀

如果球阀用于节流，那么密封件的设计应该考虑到：在接近于关闭位置时会产生高的压力降。此时，密封件不会被冲出或挤出。如果流动介质被污染，特别是在高声速的气体，例如氦气或氢气条件下，节流会损坏密封件或球的抛光面。在全开或全闭位置时，球的密封面和阀座都不会遭受高速流动介质的冲刷。球阀作为断流阀的另一个优点是对自身摩擦作用产生的污物不敏感，即可防止固体物质楔入球和阀座之间。

### （3）使用条件

随着新品种的增加和大力推广，近几年球阀的普及迅猛地发展。球阀主要适用于高压，低压力降，以及小尺寸系统中。然而应该注意对于其他一些要求，比如高反应速度，就不能选用球阀，因为球阀阀座的摩擦力大和行程大，所以反应缓慢。在双向密封的球阀中，当球运动到关闭位置时，还必须考虑球腔里聚集流体的可能性。如果没有预先采取排泄措施，由于低温液体汽化，以及象水这样的液体冻结产生的膨胀力，或使用热不稳定流体，可能产生的爆燃压力，能够产生严重的危害。在球阀中通常设计成用上游密封件来提供排泄通道，如果反向增压，即可释放流体。

在大管路尺寸条件下，球阀变得比较重，而且要求的驱动力也大。因此，在航空或航天系统中，3in 以上球阀的应用就受到了限制。为了减轻重量，在球阀的基础上又出现了一种改进形式，即利用球的一部分作为关闭件。它已经成功地应用于飞行器系统，其口径已接近于12in，这样的结构称为帽檐阀。

通常并不用球阀来节流，因为节流不是损害密封件就是损害球体。密封材料常常采用聚四氟乙烯，但它在压力条件下有显著的冷流趋势。由于这一原因，通常不希望球停留在中间

位置，因为当球再运动时，密封件可能被损坏。阀门关闭时，如果球腔里存有湿气，当湿气冻结时，则打开阀门就须用足够的驱动力。球阀流路光滑，没有阻碍，因此它适合于控制很粘的流体、泥浆、凝胶体和颗粒状的固体。

### 3. 蝶阀

#### (1) 动作原理

蝶阀主要由支承在轴上的蝶板构成，蝶板能够在壳体里转动。蝶板能够以几种方式固定到轴上和安装在壳体里。最简单的蝶阀是平蝶板，它安装在垂直于管子轴线的支承轴上，支承轴与蝶板的旋转中心不重合。这种结构不适用于断流，因为不能达到完全的密封（为了容许旋转，蝶板直径必须小于导管内径）。然而，对于某些控制阀门来说，完全断流是不必要的，因此这种简单的结构是有效的。这种结构的改进型，表示于图 1-3，它的蝶板通过自身中心的旋转轴旋转。根据它的形状特征，这种形式的蝶板有时叫做蛤壳。虽然图中没有表示，但是设计蝶阀普遍采用的形式是蝶板的关闭位置，并不是垂直于导管轴线的位置。因此蝶板必须是椭圆形的，短轴等于管子内径，而长轴大于管子内径，其关系式为

$$\text{长轴} = D / \cos \alpha_0 \quad (1-1)$$

式中  $D$ ——导管内径；

$\alpha_0$ ——蝶板关闭位置与垂直于导管平面的夹角。

$\alpha_0$ 值可在  $0^\circ \sim 30^\circ$  范围内变化。这种结构的缺点是在圆周上密封有中断，因此在转轴周围有可能泄漏。除此之外，接近于转轴的密封部分在蝶板大部分转动的期间里是摩擦接触。避免围绕转轴的内部泄漏，可采用通过蝶板插入一倾斜轴的结构。这种结构使得围绕整个圆有可能连续密封（图 1-4）。密封件或者固定到壳体上或者固定在蝶板圆周上。应该注意，在这种结构中轴的转角将大于相应的蝶板转角，其差值的大小取决于轴的倾角。例如，对于轴与蝶板平面倾斜  $15^\circ$  的蝶阀

来说，为了使蝶板转动  $90^\circ$ ，将要求轴大约转动  $94^\circ$ ，确切关系由如下方程式给出：

$$\alpha = 90^\circ + \sin^{-1} \text{tg}^2 \beta \quad (1-2)$$

式中  $\alpha$ ——蝶板从垂直于导管轴线的平面转到平行于导管轴线的平面所要求轴旋转的角度；

$\beta$ ——轴的倾斜角。

在第三种结构中，蝶板是球的一部分，它围绕偏离蝶板平面的转轴转动，（图 1-5）。这种构造容许运用薄

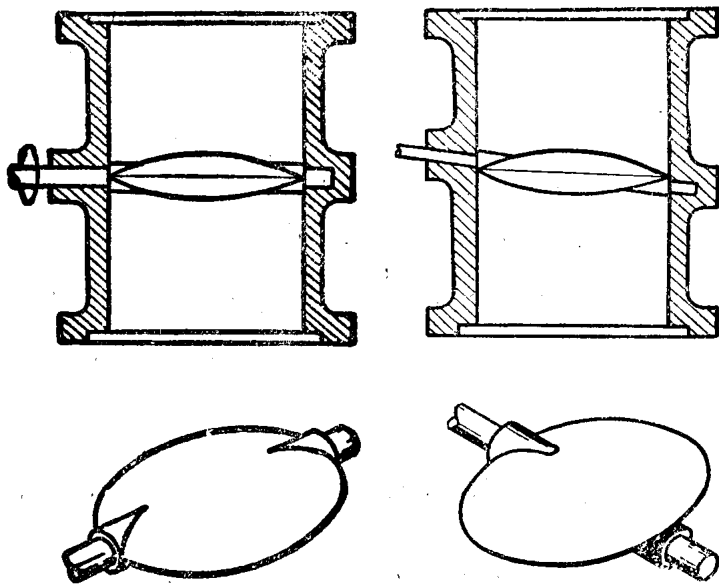


图1-3 蝶阀（蛤壳结构）

图1-4 蝶阀（倾斜轴）

蝶板，并可提供连续的密封。在图示的结构中，阀门的密封件位于壳体上。由于密封件位于最低速度区域，所以流体流动对密封件的浸蚀被减小到最小值。除了转轴偏离蝶板平面以外，旋转轴与壳体腔的中心线也不重合。这种安排的结果使球形部分偏心旋转，因此除了旋转的最后几度之外，蝶板与密封件并不接触。在这一点上，这种蝶板的动作特性近似于平移动作，它没有用凸轮或附加联动装置就得到了这种动作特性。阀门壳体的下游孔径稍微放大，以便于蝶板的初始开启动作。

在蝶阀设计中，必须注意保证阀门从开启到关闭位置时不超程。防止蝶板旋转超过完全关闭位置的一般方法是利用蝶板或转轴上的限位块，或是驱动器组件上的制动锁。

### (2) 工作特性

蝶阀有极好的流量特性，特别是在大管路尺寸（大于  $2in$ ）条件下全开位置时，其流阻为相同尺寸一般截止阀门流阻的  $5\sim 10\%$ 。在较小管路尺寸的条件下，蝶板和轴占据较大的有效流通面积的百分比，致使压力降增加。

由于蝶板和腔的同心度问题，密封件的设计问题，以及在许多结构中密封件受到有害的高速流体作用等问题，所以蝶阀的密封特性比大多数其它型式阀门较差。然而，高性能的蝶阀采用有极好密封特性的软密封件（聚三氟氯化乙烯，聚四氟乙烯或橡胶），并且比截止阀门瓣结构有利。

流动方向上的压力降和流体动量，在蝶板上产生一个不平衡力，使蝶板处于不平衡状态。这个不平衡力能够使蝶阀支承面上产生高的摩擦力，在某些结构中，摩擦力大约等于所要求的最大驱动器总扭矩的  $50\%$ 。在关闭和完全打开之间的所有的位置中，作用于蝶板上的伯努利力产生有关闭阀门趋势的扭矩。当阀门打开时扭矩增加，在旋转到  $60^\circ\sim 80^\circ$  时达到最大值，而后在  $90^\circ$  全开位置时迅速减小到零。蝶阀扭矩特性的详细的讨论在一、（二），“控制阀门”。一般蝶阀在小于  $90^\circ$  的某角度达到最大工作扭矩位置，它通常不超过  $60^\circ$ 。最大通路通常在转到  $90^\circ$  之前得到，因为这时蝶板消失在蝶板轴的阴影里，而进一步旋转蝶板也不能再提供额外的流通面积。此外，当阀门接近于  $60^\circ$  开度时，蝶板产生文氏管作用，它将引起下游良好的压力恢复特性。进一步开启蝶板得到的流通面积的任何可能的增大都因文氏管作用而抵消掉。最后，蝶板开度在  $60^\circ\sim 90^\circ$  之间时产生的扭矩特性的迅速变化能够导致蝶板振动和阀门损坏，因此通常规定最大扭矩的工作点大约为  $60^\circ$ 。

### (3) 使用条件

蝶阀的流动阻力低，蝶板两面的距离小，而且研制成本比较低。此外，蝶阀重量轻，而且维修价廉。除了叶片阀以外，蝶阀的长度（驱动器机构尺寸除外）是所有型式的阀门中最短的。蝶阀的特点是重量轻，并且除管路本身以外，正常情况下不需要支承。蝶阀的长度、重量和流动特性使得它适合于蝶阀两端面间低压力降的航空用途。高压系统通常不用蝶阀，在较大尺寸的情况下和在管路尺寸小于  $1in$  时，不管压力大小都很少采用。蝶阀要求至少要

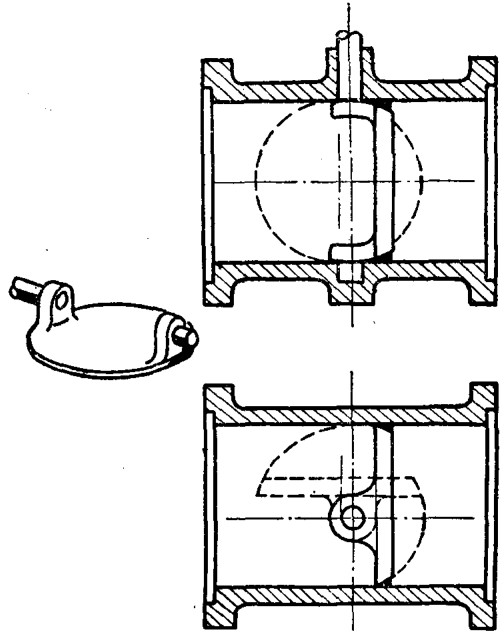


图1-5 蝶阀（偏心轴）