

化工与通用机械参考资料

阀门填料密封

合肥通用机械研究所

一九七七年十二月

0333

前 言

阀门填料函的密封问题，是一项重要的研究课题。因为它直接关系到阀门质量的优劣和阀门的安全操作，从而与设备的正常运转、工人的人身安全密切相关，所以很自然地受到人们的重视。

我国的填料生产随着阀门的日益发展而发展，对填料密封的试验研究在60年代就已开始。1975年，阀门填料密封列入一机部的机械工业十年科技发展规划中100项基础件攻关计划，并列为重点攻关项目。从此，在上级领导下，阀门填料密封研究工作进入了新的阶段。不仅在阀门行业受到重视，也得到了国家建委建材总局的大力支持。根据国家建设的近期任务和远景规划，提出了许多研究项目，组成了许多有阀门厂、石棉制品厂、科研单位和大专院校参加的三结合攻关小组，积极开展攻关工作，有力地推动和加快了填料密封的试验研究。

我国社会主义建设的飞跃发展，特别是石油化工的新发展，火力发电站和核电站的大型化，宇宙航行和国防建设，对阀门填料密封提出了更多更新更高的要求。这些要求可大致概括如下：

1. **发展填料新品种。**主要是高温高压填料（ $t = 450 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ， $P \geq 64 \sim 200 \text{kgf/cm}^2$ ）；超高温（ $t = 800 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ）填料；超高压（ $P = 1500 \sim 3000 \text{kgf/cm}^2$ ）填料；低温与超低温填料（ $t = -70 \sim -196^{\circ}\text{C}$ ； $t = 3^{\circ}\text{K}$ ）；塑料成型填料；原子能阀用填料等。

2. **提高填料的密封性能和使用寿命。**由于工况条件的恶化，对防止阀门外漏的要求很严格，使用寿命除一般要求能达到1~2个检修期外，核电站阀门要求至少能连续运行40年以上。

3. **降低填料对阀杆的摩擦力。**

4. **防止填料对阀杆和填料函的腐蚀。**

5. **改进填料装卸方法，**特别是对有放射性或剧毒等有害物质，往往要求远距离自动拆卸填料。

本书汇编了近年来我国填料密封攻关的部分成果，有关阀门填料密封理论，设计和标准的文章以及反映国外填料和垫片产品发展新动向和试验研究的文献资料，其中一篇文章谈的是往复压缩机的填料密封，一篇是涉及转轴密封的新结构和新材料，鉴于对阀门填料密封有参考意义，一并列入。

我们希望本书能对在阀门、密封填料生产岗位上及其它有关工业部门工作的工程技术人员和工人，研究单位的科研人员提供参考，起到交流技术、推动攻关工作深入开展的作用。由于我们经验不足，错误之处请予指正。

在本书出版过程中，得到上海阀门厂、上海阀门三厂及其它兄弟单位的热情帮助，在此表示衷心感谢。

合肥通用机械研究所阀门填料密封研究小组

一九七七年八月

目 录

1. 阀门填料函设计中的若干问题……………合肥通用机械研究所 郑植荔(1)
2. 阀门用的填料和垫片……………〔日〕中川孝次(12)
3. 压缩填料……………〔英〕B. D. Halligan(20)
4. 高压填料的基础分析……………〔美〕Thomson, J. L等(26)
5. 密封与填料的革新……………(38)
6. BSP-600波型填料的试验研究……………合肥通用机械研究所 上海石棉制品厂(44)
7. BSP-600波型填料的试制工艺……………合肥通用机械研究所 上海石棉制品厂(55)
8. YBF成型填料密封性能试验……………上海阀门厂 上海材料研究所(57)
9. 阀杆腐蚀的原因和防止的方法
……………北京热电厂 上海石棉制品厂 合肥通用机械研究所(66)
10. 新的试验工作阐明原子能阀杆密封和填料的准则……………〔美〕A. K. Velan(75)
11. 增加填料高度能否改善密封性的新见解——在原子能阀上的研究结果
……………〔美〕R. P. Champagne(79)
12. 水在阀门填料函处的泄漏……………〔美〕F. C. Apple(82)
13. 软质填料的收缩性和侧压力……………〔苏〕Ю. и. Бубнов(87)
14. 填料函摩擦表面的磨损……………〔苏〕Н. Б. Вологодский等(89)
15. 阀门填料函的温度控制……………〔英〕George I. Chinn(91)
16. 石棉及耐火纤维制的超高温填料……………〔日〕栗原隆夫(94)
17. 液态填料在阀门中的应用……………〔日〕原田静男(96)
18. 波型填料试验报告……………上海阀门厂、上海石棉制品厂(102)
19. 超低温阀门填料垫片的特性……………〔日〕素本博之等(108)

化工与通用机械参考资料
阀门填料密封

1977年12月

编辑:
出版: 合肥通用机械研究所
发行:

印刷: 机械工业出版社印刷厂

工本费: 0.80元

033209

阀门填料函设计中的若干问题

合肥通用机械研究所 郑植荔

阀门填料函虽是一种古老的轴封结构,但人们对它的认识并不深入。填料函的主要尺寸为填料宽度和填料函深度,这两个尺寸许多国家都已标准化或者有推荐的经验公式;关于填料压紧力和摩擦力也有各种计算公式,不过各家的说法不一,出入较大,值得进一步探讨。

填料函的尺寸选择,填料压紧力与摩擦力的计算,是阀门设计的重要组成部分。填料函结构是否合理直接影响阀门的使用性能。因此,对于填料函的设计一向为人们所重视。我们现把收集到的上述有关资料、标准汇集简介如后,以期引起从事阀门设计与制造方面工作的同志注意,便于进行分析研究,把我国阀门制造工业的水平提高一步,为赶超世界先进水平而共同努力。

填 料 宽 度

填料宽度 B 对密封性能和填料装拆都有很大影响。较宽的填料装拆方便,对阀杆表面和填料函内表面的不规格性不敏感,就是说,它具有较大的塑性,容易弥补密封表面的缺陷。但是,如果填料过宽,填料在压紧时将不容易均匀地压缩,而且要求较大的填料压紧力。反之,宽度较小的填料在相同的压紧力下产生较大的密封比压,较易达到密封,但宽度过小则对阀杆的振摆敏感,磨损严重,寿命短。

我国和其它一些国家都已将填料宽度 B 予以标准化。我国一机部部颁标准为 JB 1712-75,见表1。西德标准 DIN 3780 见表2与图1。阀门只用其中的普通型,尺寸列于表3。美国填料制造协会(MPA)的标准见表4和图2。日本标准 JIS B 2405-1966 见表5。日本有些阀门厂则根据西德、美国标准制订了自己的厂标,如表6、7。捷克推荐的填料函尺寸如表8。

除了上述标准外,关于填料宽度 B 和阀杆直径的关系,在许多资料、文献上还有推荐的经验公式,现部分摘录于后:

$$B = (1.5 \sim 2.5) \sqrt{d}$$

(日)《バルブ便覧》

$$B = (1 \sim 2) \sqrt{d}$$

(德)DIN3780

$$B = (0.7 \sim 1.5) \sqrt{d}$$

(苏)《阀门设计与计算》

$$B = (1.4 \sim 2) \sqrt{d}$$

(苏)《调节阀与闭路阀》

$$B = (0.9 \sim 2.5) \sqrt{d}$$

(中)JB1712-75

表1 JB 1712-75 石棉填料 (摘要)

mm

d	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	32	36	40	44	50	55	60	65	70	75	80	90
B	3		4		5		6			8					10					13			16

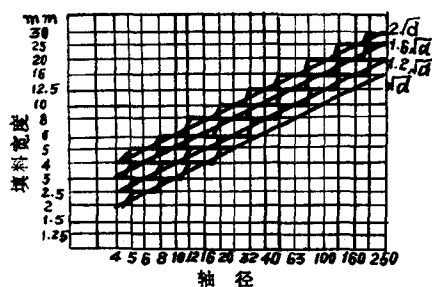


图1 填料宽度与轴径的关系

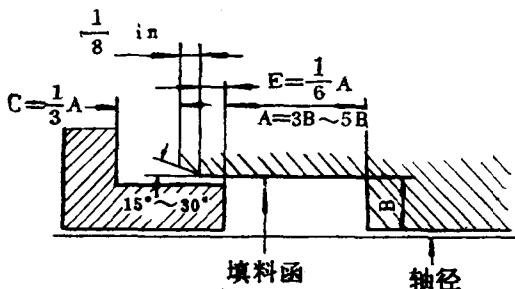


图2 填料函简图

表2 DIN 3780

mm

d	填 料 函 内 径 D												d	填 料 函 内 径 D					
	1.28	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12.5	16		10	12.5	16	20	25	30
4			8	9	10	12							53	73	78	85			
4.5			8.5	9.5	10.5	12.5							55	75	80	87			
5				10	11	13	15						56	76	81	88			
5.5				10.5	11.5	13.5	15.5						60	80	85	92			
6	8.5*			11	12	14	16						63	83	88	95			
7				12	13	15	17						65	85	90	97			
8		11			14	16	18	20					67	87	92	99			
9			13		15	17	19	21					70	90	95	102			
10(10.5)				15	16	18	20	22					71	91	96	103			
11					17	19	21	23					75	95	100	107			
12(12.5)					18	20	22	24	28				80	100	105	112	120		
14(14.5)					20	22	24	26	30				85		110	117	125		
15						23	25	27	31				90		115	122	130		
16						24	26	28	32				95		120	127	135		
17						25	27	29	33				100		125	132	140		
18						26	28	30	34				105		130	137	145		
20							30	32	36	40			106		131	138	146		
22							32	34	38	42			110*		135	142	150		
24							34	36	40	44			112		137	144	152		
25							35	37	41	45			115		140	147	155		
26								38	42	46			118		143	150	158		
28								40	44	48			120		145	152	160		
30								42	46	50			125		156	157	165	175	
32									48	52	57		130			162	170	180	
34									50	54	59		132			164	172	182	
35									51	55	60		135			167	175	185	
36									52	56	61		140			172	180	190	
38									54	58	63		150			182	190	200	
40									56	60	65		160			192	200	210	
42									58	62	67		170			202	210	220	
44									60	64	69		180			212	220	230	
45									61	65	70		190			222	230	240	
48									64	68	73		200			232	240	250	260
50										70	75	82	210				250	260	270

表3 DIN 3780 ($S = 1.25\sqrt{d}$ 部分)

mm

d	4~4.5	5~7	8~11	12~18	20~26	28~36	38~50	53~75	80~120	>120
B	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	18

表4 MPA 标准

mm

序 号	B	轴 径	填 料 函 直 径	A=3B	A=5B	序 号	B	轴 径	填 料 函 直 径	A=3B	A=5B
8	1/4"	1/4"	3/4"	3/4"	1-1/4"	46	3/8"	3-3/4"	4-1/2"	1-1/8"	1-7/8"
10	1/4"	3/8"	7/8"	3/4"	1-1/4"	49	7/16"	4"	4-7/8"	1-5/16"	2-3/16"
12	1/4"	1/2"	1"	3/4"	1-1/4"	50	7/16"	4-1/4"	5-1/8"	1-5/16"	2-3/16"
14	1/4"	5/8"	1-1/8"	3/4"	1-1/4"	51	7/16"	4-1/2"	5-3/8"	1-5/16"	2-3/16"
16	1/4"	3/4"	1-1/4"	3/4"	1-1/4"	52	7/16"	4-3/4"	5-5/8"	1-5/16"	2-3/16"
18	1/4"	7/8"	1-3/8"	3/4"	1-1/4"	53	7/16"	5"	5-7/8"	1-5/16"	2-3/16"
20	1/4"	1"	1-1/2"	3/4"	1-1/4"	54	7/16"	5-1/4"	6-1/8"	1-5/16"	2-3/16"
22	1/4"	1-1/8"	1-5/8"	3/4"	1-1/4"	55	7/16"	5-1/2"	6-3/8"	1-5/16"	2-3/16"
24	1/4"	1-1/4"	1-3/4"	3/4"	1-1/4"	56	1/2"	5-1/2"	6-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
25	5/16"	1-1/4"	1-7/8"	15/16"	1-9/16"	58	1/2"	6"	7"	1-1/2"	2-1/2"
26	5/16"	1-3/8"	2"	15/16"	1-9/16"	60	1/2"	6-1/2"	7-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
27	5/16"	1-1/2"	2-1/8"	15/16"	1-9/16"	62	1/2"	7"	8"	1-1/2"	2-1/2"
28	5/16"	1-5/8"	2-1/4"	15/16"	1-9/16"	64	1/2"	7-1/2"	8-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
29	5/16"	1-3/4"	2-3/8"	15/16"	1-9/16"	66	1/2"	8"	9"	1-1/2"	2-1/2"
30	5/16"	1-7/8"	2-1/2"	15/16"	1-9/16"	67	1/2"	8-1/2"	9-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
31	5/16"	2"	2-5/8"	15/16"	1-9/16"	68	1/2"	9"	10"	1-1/2"	2-1/2"
32	5/16"	2-1/8"	2-3/4"	15/16"	1-9/16"	69	1/2"	9-1/2"	10-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
33	5/16"	2-1/4"	2-7/8"	15/16"	1-9/16"	70	1/2"	10"	11"	1-1/2"	2-1/2"
34	5/16"	2-3/8"	3"	15/16"	1-9/16"	71	1/2"	10"-1/2"	11-1/2"	1-1/2"	2-1/2"
35	5/16"	2-1/2"	3-1/8"	15/16"	1-9/16"	72	1/2"	11"	12"	1-1/2"	2-1/2"
36	3/8"	2-1/2"	3-1/4"	1-1/8"	1-7/8"	74	1/2"	12"	13"	1-1/2"	2-1/2"
38	3/8"	3-2/4"	3-1/2"	1-1/8"	1-7/8"	76	1/2"	13"	14"	1-1/2"	2-1/2"
40	3/8"	3"	3-3/4"	1-1/8"	1-7/8"	78	1/2"	14"	15"	1-1/2"	2-1/2"
42	3/8"	3-1/4"	4"	1-1/8"	1-7/8"	80	1/2"	15"	16"	1-1/2"	2-1/2"
44	3/8"	3-1/2"	4-1/4"	1-1/8"	1-7/8"						

表5 JIS B 2405

mm

d	4, 5, 6 7, 8, 9	11, 11.2, 12, 12.5 13, 14, 15, 16, 17, 18	20, 22, 22.4, 25, 28 30, 31, 35, 35.5, 40, 42	45, 65, 70, 85, 90 71, 75, 80, 95, 100	105, 110, 112, 120, 125, 130, 140, 150, 160	170, 180, 190, 200
B	6, 7, 8, 6, 8, 10	6~10, 12.5	8~12.5, 16, 20	10~20	12.5~25, 31.5	31.5

表6 日本东亚阀门厂标准

mm

d	8.5	9.5	11	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	55	58	60	62
B	2.75	3.25	3.5	3.5	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16

表7 日本岗野阀门厂标准

mm

d	16~20	24	28	36~44	48~62	68	72
B	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"

表8 捷克《发电厂管路附件》中推荐的填料函尺寸

mm

d_c	s	h				
		$P_y \leq 6$	$P_y 10-16$	$P_y 25-40$	$P_y 64-100$	$P_y \geq 160$
5	3	8	10	14	16	18
6	4	10	12	16	20	22
8	4	14	18	22	25	30
10	5	18	22	28	34	40
12	5	22	25	34	40	48
14	6	28	32	40	50	56
16	6	30	36	45	56	60
20	6	34	40	52	60	70
24	8	40	48	60	70	80
28	8	45	52	70	80	90
32	8	48	56	75	90	100
36	8	52	60	80	95	110
40	10	56	68	85	100	110
44	10	60	70	90	100	120
48	10	60	75	95	110	125
52	10	65	75	100	110	130
60	10	70	80	105	120	140
70	13	75	90	110	130	150
80	13	80	95	120	140	160
100	13	90	105	130	160	180

表中 d_c —阀杆直径； s —填料宽度； h —填料深度； P_y —公称压力（kgf/cm²）

填 料 深 度

填料深度与密封性的关系很大，各国都是凭经验选取。填料深度一般与介质工作压力成比例。这样，往往引起人们的错觉，以为填料深度越大越好。其实，填料圈数过多时，下部的填料不易被压紧，起不到密封作用，反而增加与阀杆的摩擦力。

我国的填料函深度和填料圈数在标准中都作了具体的规定，摘录如表9、10所示。

捷克的填料函深度是按公称压力分挡的，已如前述。德国、美国和日本标准如表11、12、

13。

表9 JB 1707-75带孔式填料压盖填料函尺寸 (摘要)

mm

阀杆直径 d	14	16	18	20	22	24	26	28	32	36	40	44	50	55	60	65	70	75	80	90
填料函内径 D	22	26	28	32	34	36	42	44	48	52	56	64	70	75	80	85	96	101	106	122
填料深度 H	20	25	30	36	56				70				100							
填料圈数 Z	≤ 5				≤ 6				≤ 7				≤ 8							

注: 该标准适用于 $P_{0.1} \sim 64 \text{ kgf/cm}^2$ 阀门

表10 JB 1710-75 开口式填料压盖填料函尺寸 (摘要)

mm

阀杆直径 d	14	16	18	20	24	28	32	36	40	44	50	55	60	65	70	75	80	90
填料函内径 D	22	26	28	32	36	44	48	52	56	64	70	75	80	85	96	101	106	122
填料深度 H	36	45	55	72				90				118				145		
填料圈数 Z	8																	

注: 该标准适用于 $P_{0.16} \sim 160 \text{ kgf/cm}^2$ 阀门

表11 DIN 3780

公称压力 $P (\text{kgf/cm}^2)$	~ 6	7~16	17~32	33~50	51~64	65~100	> 100
填料圈数 n	4	5	6	7	8	10	12

表12 日本东亚阀门厂标准

介质工作压力 $P (\text{kgf/cm}^2)$	10	20	30	45	65	110	140	180	250	320
填料圈数 n	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12

表13 美国 MPA 标准

$P (\text{kgf/cm}^2)$	6~380
n	3~5

美国 MPA 标准的填料圈数较少, 它反映了美国一些阀门厂的论点, 他们认为压盖的力向下传递的深度有限, 圈数超过一定数量便成为多余的。例如 Jas. 瓦克尔厂对大多数负荷推荐采用 5 圈填料, 并认为, 一般使用 3 圈填料已经足够。斯蒂希勒提出了计算填料函深度的经验公式: $h = (3.5 \sim 5) B$ 及 $h = (1.5 \sim 3) d$ 。

赞成超过 3~5 圈填料的论点是: 实际上较多的填料圈数容易保证密封, 即使不是这样, “多余的”圈数也可作为后备, 在运行时便于多次拧紧。

看来, 对于软质填料密封的合理深度, 应当通过试验予以解决。

填 料 压 紧 力

为了保证填料的密封性, 必须使填料函下层的填料圈对阀杆的径向压力超过介质的工作压力, 并由此确定必须施加多大的力来压紧填料。由图 3 可以看出, 填料压盖 2 将压紧力作用于填料, 填料被压缩, 对阀杆 4 与填料函 3 内壁产生径向压力, 达到密封。

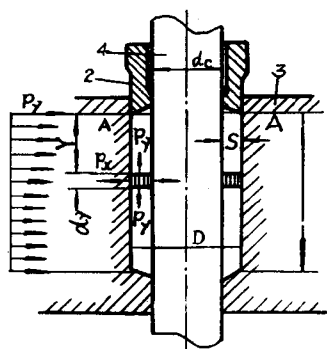


图 3

注：图中S应为B，右边尺寸线
为填料高度h

表14 系数n值

压 力 $P \text{ kgf/cm}^2$	填料圈断面为 $4 \times 4 \text{ mm}$ 时	填料圈断面为 $6 \times 6 \text{ mm}$ 时
50	5	3.0
100	3	2.2
200	2.3	1.8
400	1.7	1.6
600	1.5	1.5
900	1.4	1.4

表15 μ_1 与 μ_2 的比值

压 力 $P \text{ kgf/cm}^2$	HBДТ-1石棉填料	AC 石棉填料
200	$\mu_2 = 1.2\mu_1$	$\mu_2 = 1.6\mu_1$
400	$\mu_2 = 1.4\mu_1$	$\mu_2 = 1.8\mu_1$
600	$\mu_2 = 1.5\mu_1$	$\mu_2 = 2.0\mu_1$
800	$\mu_2 = 1.6\mu_1$	$\mu_2 = 2.2\mu_1$

为保证密封所必需的填料压紧力有多种计算公式。日本《バルブ设计データブック》提出的公式为：

$$Q = C \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P$$

式中 C ——系数，高压时 $C = 3$ ，低压时 $C = 1.25$

P ——介质压力 (kgf/cm^2)

斯蒂希勒提出的公式为：

$$Q = 0.785 B (D^2 - d^2) P C$$

压力系数 $C = 1$ （一般情况下），密封要求较严时取 $C = 3$ ，如 > 3 则填料过紧，阀杆运动将受阻。

我国《机械设计手册》中的公式与日本阀门设计手册提出的公式一致：

$$Q = 2.356 (D^2 - d^2) P$$

Ф. Гуревич 对填料压紧力的计算作了详细讨论，简述于后。

取高度为 d_y 的一圈填料来研究填料函内的作用力（参见图3）。

取 $p_y = n p_x$ ，式中 n ——大于1的比例系数。 n 值不是常数，它视填料的弹性、填料的紧密程度和其它许多因素而定，对做成填料圈的软质填料 n 值可查表14。

p_y 值的变化决定于填料与阀杆间的摩擦系数 μ_1 及与填料函间的摩擦系数 μ_2 。

在阀杆和填料函表面光洁度等级一样时，对于截面为 $4 \times 4 \text{ mm}$ 的填料圈得出 μ_1 与 μ_2 的比值列于表15。

由于填料具有塑性，造成的压紧力随时间逐渐降低，经过一段时间后，压力的降低逐渐减少，压力值稳定在一个数值上。如果我们把上述因素都考虑在内，势必使计算复杂化，因此我们在计算时作一些简化的假设。

假定我们所取的填料截面 n 值为常数，取作用在阀杆表面和填料函表面上的摩擦系数的平均值 $\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ 作为计算值。

填料环形部分的平衡方程式可写成：

$$\pi (D + d_c) \mu P_x d_y = - \frac{\pi}{4} (D^2 - d_c^2) dP_y$$

代入 $P_x = \frac{P_y}{n}$ 后, 此公式简化成:

$$\frac{dP_y}{P_y} = - \frac{4\mu d_y}{n (D - d_c)}$$

为了保证密封, 根据上述条件, 当 $y = h$ 时, 填料必须满足 $P_x = P$ 。

为了确定位于距 $A-A$ 线为 y 距离的截面上的 P_y , 将微分方程积分, 并求 y 至 h 段的积分, 该截面上的压力决定于作用在这个截面下段的摩擦力。

$$l_n \frac{P_y}{nP} = \frac{4\mu}{n} \cdot \frac{h - y}{D - d_c}$$

取

$$\frac{\mu}{n} = f \text{ 和 } \frac{D - d_c}{2} = B$$

则

$$P_y = nPe^{2f \frac{h - y}{B}}$$

$y = 0$ 得出压紧填料所需的压力 P_c , 即

$$P_c = nPe^{2f \frac{h}{B}}$$

简化后得

$$P_c = \varphi P$$

式中 $\varphi = ne^{2f \frac{h}{B}}$ ——比例系数, 见表 16。

压紧填料所需的力

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P_c \quad \text{kgf}$$

由表 14 可知, $n = 1.4$ 符合填料的塑性条件, 从而可以促使压力的提高和 B 值的增大。取 $n = 1.4$, 得出必须压紧力的最小值。

填料与阀杆之间的摩擦力

根据 Гуревич 的“阀门设计与计算”, 填料与阀杆间的摩擦力可通过下式计算:

在 $n = 1.4$ 时

$$T = \psi dBP$$

式中 $\psi = 2.2 (e^{2f \frac{h}{B}} - 1)$

ψ 值可查表 16。由表可知, ψ 值随压力 P 增高而减小, 即摩擦力与介质工作压力之间不是正比例关系。

填料与阀杆之间的摩擦力计算公式还有多种, 如:

机械设计手册: $T = \pi d h p_c \mu$

式中 p_c ——压紧填料的单位压力, kgf/cm^2

μ ——填料与阀杆之间的摩擦系数, $\mu = 0.04 \sim 0.08$

捷克林特给出的公式:

$$T = 0.5 \pi d h p_c K \mu$$

表16 当 $n=1.4$ 时对各种 P 和 $\frac{h}{B}$ 的 φ 和 ψ 系数值

工 作 压 力 P kgf/cm ²	$\frac{h}{B}$	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	≥ 7.0
≤ 25 ($\mu = 0.1$)	φ	2.13	2.28	2.45	2.63	2.82	3.02	3.25	3.47	3.72
	ψ	1.14	1.39	1.65	1.94	2.22	2.55	2.90	3.26	3.65
26—63 ($\mu = 0.07$)	φ	1.89	1.98	2.09	2.20	2.31	2.42	2.55	2.68	2.82
	ψ	0.77	0.92	1.08	1.25	1.43	1.61	1.80	2.00	2.24
64—159 $\mu = 0.05$	φ	1.73	1.80	1.86	1.93	2.01	2.08	2.15	2.23	2.31
	ψ	0.53	0.62	0.73	0.84	0.95	1.06	1.19	1.30	1.43
160—349 $\mu = 0.03$	φ	1.59	1.63	1.67	1.70	1.73	1.77	1.81	1.85	1.89
	ψ	0.31	0.35	0.42	0.46	0.53	0.59	0.66	0.70	0.77
350—500 $\mu = 0.02$	φ	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68
	ψ	0.18	0.22	0.26	0.29	0.31	0.35	0.37	0.41	0.44

注：当 $P > 500 \text{ kgf/cm}^2$ 时取 $\varphi = 1.4$ ， $\psi = 0.4$

K —— > 1 的系数

$\mu = 0.06 \sim 1$ ，石棉变硬时为0.25

填料压的越紧，填料与阀杆间的摩擦力也越大，往往造成阀门开关困难。填料造成的摩擦力矩在阀门启闭力矩中占相当大的比例。仅将我国最近阀门三化产品定型设计中铸钢截止阀计算书中的有关数值列于表17。从表中看出，摩擦力矩最大占总关闭力矩的26%，最小也占14.1%，显然，减少填料的摩擦力矩对阀门操作轻便具有重大意义。为此，阀杆的表面光洁度要高，一般淬火后应磨光至 $\nabla 7 \sim \nabla 9$ ，以减小摩擦系数。

表17 铸钢截止阀计算数值

公 称 压 力 kgf/cm ²	16				40								64				100							
公称直径mm	80	100	125	150	32	40	50	65	80	100	125	150	50	65	80	100	32	40	50	65	80			
名 称	计 算 数 值																							
填料与阀杆摩擦 力矩	101	183	240	302	72.4	108	152	281	368	464	574		288	376	477		173	249	452	596				
关闭时阀杆总力 矩	551	925	1406	2170	285	424	675	1180	1830	2740	4080	5580	1200	1900	2870	3770	680	1110	1830	2910	4050			
摩擦力矩占总力 矩的百分比%	18.2	19.7	17.1	14.3	26	25.4	22.8	26	20	16.9	14.1		24	19.8	16.6		25.4	22.4	24.7	20.5				

下面以J41H-40为例，将各填料压紧力公式与阀杆和填料摩擦力公式的计算值列于表18。

J41H-40的有关参数及尺寸如下：

工作压力 P ：40kgf/cm²

阀杆直径 d ：36mm

填料宽度 B ：8mm

填料高度 h ：64mm

表18 公式计算数值表

项 目	公 式	计 算 数 值					
		P_c	ψ	K	C	μ	$Q(T)$
Q	$\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)P_c$	113					124
	$\frac{\pi}{4}C(D^2-d^2)P$				3		132
	$\frac{\pi}{4}B(D^2-d^2) \cdot P \cdot C$				1		352
T	$\psi d \cdot B \cdot P$		224				258
	$\pi d h P_c \mu$	113				0.06	324
	$0.5 \pi d h K \cdot P \cdot \mu$			1		0.08	116

填 料 的 种 类

目前主要用的填料是石棉编结填料、塑料填料、金属填料、碳纤维等。

石棉编结填料的型式主要有发辫式、穿心编结和软套式。国外高温高压介质多用穿心编结填料，如图4与6。

穿心编结填料是按对角线编结的，优点是：紧密、强度高、耐磨损、寿命长。我国的石棉填料结构主要是发辫形，它的工艺比穿心编结简单。为了提高其在高温下的性能，在石棉绳中夹有铜丝、不锈钢丝等，使用温度分别可达350℃、450℃、550℃。它们的型号分别为XS350、450、550和YS350、450、550。

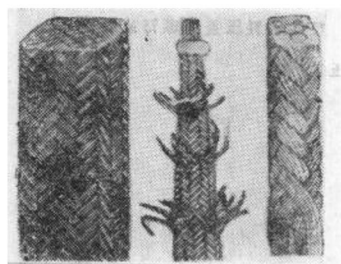


图4 填料型式

(1) 穿心编结 (2) 软套式
(3) 发辫形

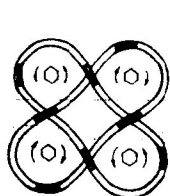


图5 发辫形填料结构型式

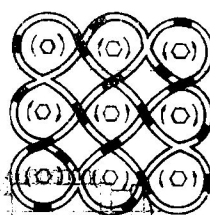
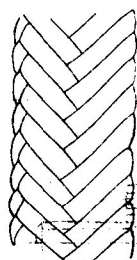
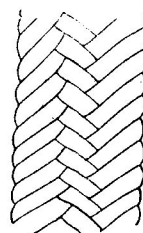


图6 穿心编结填料结构型式

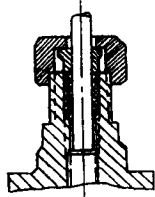
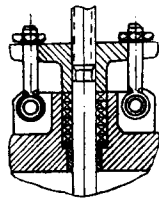
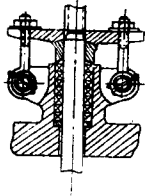
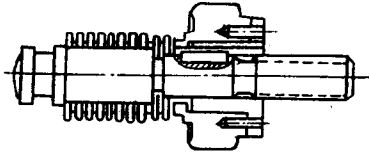


填 料 函 型 式

填料函的结构型式较多，表19是几种常见的填料函。

为了使填料挤紧阀杆而不挤进阀杆和阀盖之间的间隙，在填料函的底部放一个填料垫。填料垫可以是平环，也可以是带斜度的环。带斜度的环是为了在填料中产生径向分力压紧阀杆。填料被填料压盖通过压套压紧。小口径阀门的填料压盖大多数做成压套螺母式的。中口径的铸铁阀门填料压盖通常与填料压套做成一体。钢制阀门中，填料压盖多做成铰链螺钉式，这样在更换填料时可以不拆螺钉。

表19 填料函结构示意图

结 构	简 图	应 用 范 围
压套螺母式填料压盖		小口径阀门
整体填料压盖用螺钉或螺栓压紧		铸铁阀门或钢制阀门
可拆卸填料压盖用可拆卸铰链螺钉压紧		钢制阀门
波纹管填料型式		原子能阀，腐蚀介质用阀

在腐蚀性介质和放射性介质中工作的阀门，对其密封性提出了更高的要求，同时还应保证其检修时的安全，以及阀门远距离安装和拆卸的可能性。一般的填料满足不了上述要求。因为填料密封需要定期压紧，定期更换，而波纹管密封可以满足上述要求。有的波纹管密封同时还有填料函装置，不过它仅起辅助作用(参见表19)。

在对泄漏量要求严格的地方，为了不使液体或气体泄漏到大气中，在填料中装一分流环，与一导管联接，将泄漏的液体或气体引到专门的容器中，见图7。

在低温情况下，填料的弹性渐次消失，密封性能降低，这时低温介质很容易在填料和阀杆处泄出，将该部位空气中的水分冻结，使阀门不能操作，同时附在阀杆上的冰块，在阀杆上下移动时还会把填料划伤。故在低温下采用长颈阀盖的结构(图8)可以减缓阀体部位的低温向填料处扩散，从而使填料部位的温度保持在 0°C 以上。在长颈阀盖中部焊一隔板，隔板以下部分都覆盖保温材料，隔板上部的长颈阀盖暴露在空气中。

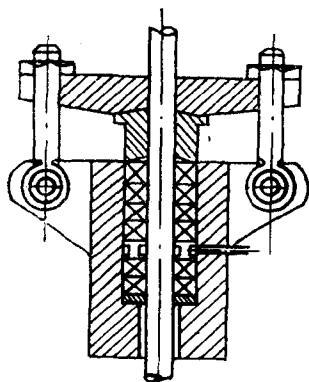


图7 带分流环的填料函

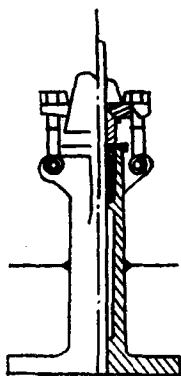


图8 低温填料盖

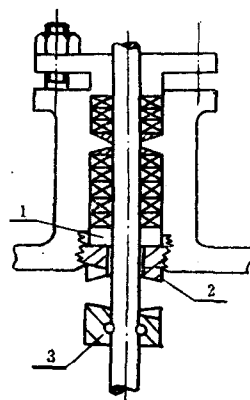


图9 内紧式填料箱

1—垫环 2—夹紧件 3—离合器

高温、高压、热介质、危险流体可用内紧式填料函(图9)。此种填料函分上下两室，上部和以前的填料函结构一样，在下部的填料函中设有承托填料的垫环1，垫环由带有螺纹夹紧件2支承，阀杆向开方向转动(左旋)，当到达终点时，夹紧件2的棘爪和装在阀杆上的离合器3啮合，夹紧件2旋转，借助于垫环1使填料向上方压紧。这样在流体压力侧的第一段给予填料极大的压紧力，流体压力在第一段填料处被减压，在第二段以下的填料处产生急速的减压效果，能够完全制止填料函的泄漏。上部填料函是下部填料函的后备结构，当长年使用时，万一下部填料出现故障，上部填料可以作为辅助填料使用。

参考资料12篇从略

阀门用的填料和垫片

(白)中川孝次

前 言

填料和垫片对于防止各种流体泄漏的重要性,业已无需多说。近代科学的发展,要求填料和垫片能在高温高压下工作。它所处理的流体也越来越复杂,因而对苛刻条件下工作的填料和垫片就成了新的课题。填料和垫片的组成材料也极其繁多,就是说涉及到金属、非金属材料、石棉、合成树脂、动植物纤维等,可以根据各种用途单独地或把它们组合起来,改变组成的材料和形状提供使用。

阀门用填料

阀门用填料种类有:压缩填料、O型密封圈、V型填料等等。本文讨论具有代表性的压缩填料。

压缩填料

这种填料可以按使用条件把各种材料组合起来制成绳状、盘状、螺旋状、环状。在编结填料中纤维和粘结剂(润滑剂)的影响是重要的,如果缺少任何一种或出现事故,都不能发挥填料的作用。另外,纤维和粘结剂相互之间必须很好地配合。据多年的经验和研究,填料制造厂应做出适合各种使用条件的组合填料,但是要从这些种类繁多的填料中选定适合使用条件的填料,必须充分了解填料的特点是很重要的。

A 压缩填料的分类和特点

如果将填料按组成材料的不同大致区分时,则可分软质填料、非金属材料填料和金属材料三种。

1. 软质填料

软质填料是一种用非金属材料制成的填料,以石棉、动植物纤维为主要原料。

(1) 植物纤维编结填料 是一种由棉类或麻类编结的填料,为了润滑和防止渗漏而浸渍矿物油、聚四氟乙烯树脂悬浮液、润滑油脂等制成的。在温度达到 160°C 后棉纤维失去分子中的水分开始分解,在 250°C 时变成褐色。而且在压力下加热到 100°C 以上时纤维开始膨胀, 150°C 时强度显著降低。一般,植物纤维和石棉相比,耐药品性差,但是浸在氨液中变化少,所以常常用在控制氨液的阀门中。另外,对醋酸、苛性钠等也可以和石棉一样使用。麻浸在水中后呈现出柔软性,而棉花有变硬的倾向,转矩增大,所以必须注意。

(2) 石棉纤维编结填料 这种填料被用于棉类和麻类填料所不能使用的高温或有耐酸、耐碱性等要求的场合。润滑剂是用矿物油、石墨、TFE悬浮液。填料的原料为石棉和

青石棉，一般青石棉的耐酸性好，但纤维缺少柔软性，所以，多从白石棉浸渍 TFE 悬浮液提高它的耐酸性来代替青石棉作为耐酸用填料。一般认为石棉本身的耐热性为 500°C ，对填料来说，耐热界限 350°C 是合适的。使用在 350°C 以上的场合，“收缩”（指填料的体积烧损——译注）的现象加快，降低安装时的压紧压力，故经常要重新压紧。

（3）合成树脂纤维编结填料 有代表性的一种，叫 TFE（聚四氟乙烯）树脂纤维的编结填料。这是一种把 TFE 纤维编结成方形绳状，浸渍 TFE 树脂悬浮液作为气密剂的全 TFE 树脂填料。这种填料的价格高，但能使用于 -200°C 到 $+260^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的几乎所有流体，极耐用。所以如果考虑到填料的磨损和更换工作的方便，可以说是一种能提高生产效率的便宜填料。

各种纤维编结填料，压缩率和回弹率都按棉类、麻、石棉的次序降低。因此棉花的压缩率最大，容易填满间隙。石棉编结填料的压缩率最小，压紧力必须比植物纤维填料大。而压紧下润滑剂的挤出量，则棉花最多，石棉最少。一般认为，这是因为棉花含有少量的蜡份，润滑剂不能全都粘附着。根据上述物理特性和我们的经验，在高压下可按照棉、麻、石棉的顺序使用。

2. 半金属填料

要密封的流体处在高温高压场合时，使用软质填料往往是不妥当的。根据这些要求，把石棉或植物纤维和软质金属组合起来制成填料，就是半金属填料。

（1）塑性填料 这是一种把石棉分成细小的纤维，根据用途的不同在石棉纤维中混入石墨、铜、铅的碎片和矿物油，把它加工成方形截面，外表用石棉线、棉线、铜线等简单地套编而成的填料（也有的只有芯子）。只有芯子的、外表用棉线套编的填料塑性变形大，所以必须和其它半金属填料或金属填料一起使用。

（2）半金属编结填料 这种填料主要是为用于高温高压的蒸汽而发展的。是以夹有不锈钢丝、铜丝的石棉作为芯子，外表用夹铜丝、不锈钢丝、蒙乃尔合金丝、因科镍合金丝的石棉线编结起来的。随用途的不同，在它的表面分别用石墨、云母、二硫化钼润滑剂加以处理。

（3）半金属螺旋状填料 这种填料有把石棉线用金属箔缠包，截面压成方形的，有用经过润滑处理的石棉作为芯子把用润滑剂处理过的铝、铅的箔包裹成螺旋状的等等。如果按材料的类别分类，属于半金属的填料，但按使用基准分类，则近似于金属填料。

（3）金属填料 这种填料是以散热、防止渗漏、减少转矩等为目的，为了不损伤与之相接触的金属，而用经过润滑处理的软质金属制成。一般为防止塑性填料的塑性变形，而把金属填料作为两端填料圈来使用。

象阀杆那样，在静止的时间长、滑动速度极低的场合，虽然润滑性不成问题，但还是需要使用致密的材料。为了使阀杆运动容易，要求有自润滑性，一般应用固体润滑剂。利用压紧力挤出润滑剂来润滑，原则上用在泵用压缩填料上。这种方法如用于阀杆时，由于体积发生收缩，就会成为泄漏的原因。

B. 各种填料的压缩特性

阀杆用填料的重要性能是泄漏和转矩，通常这两种特性是成反比的，压紧力大时，转矩增大，而泄漏则减少，如图 1 和图 2 所示。图 1 的曲线从压紧力 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右开始急剧地上升，所以过盈量必须在 20% 以下，压紧力 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下能制止泄漏。根据图 1、图 2 也

可以判断，一般阀杆填料的标准过盈量为15~20%，压紧力应规定为 250kg/cm²。同时随着填料圈数的增加，应变率减少，这是因为均匀的压紧力没有传递到里面的填料上。

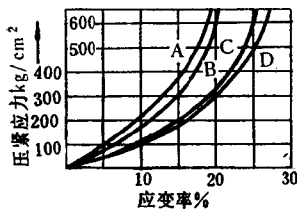


图 1

A—软质填料V135° 4圈 半金属编结填料V1270° 4圈 B—金属填料V1110° 2圈 塑性盘状填料V1240° 7圈 C—半金属编结填料V1270° 6圈 D—软质填料V135° 6圈

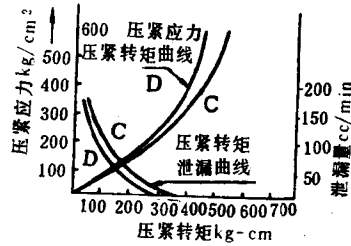


图 2

C—半金属编结填料V1270° 6圈 D—软质填料V135° 6圈

C 填料的使用标准

阀杆用填料的使用标准，即使在基本思想一致的情况下，由于填料制造厂的不同，也多少有些差异，同时由于填料设计者的不同而存在若干差异。这是因为没有一个关于填料的标准，而只取决于各制造厂的独自方法。既然它们在物理性质上存在差异，要统一使用标准是非常困难的。图3是以JIS法兰压力等级为基础划分的用于蒸汽的填料使用标准。因为JIS阀门的压力等级和JIS法兰的压力等级是一致的，所以在图3上法兰的公称压力就是阀门的公称压力。选定适合使用条件的填料时，温度是比压力更起决定作用的因素，然而在图3中表明压力也是一个因素，这是由于阀杆用的填料在规定的圈数下有各自的压力等级的缘故。

D 填料安装实例和存在问题

在使用填料的时候，应该进行填料函和填料的设计。当然，由于压缩填料影响因素多，它的物理性质偏差显著，所以有关密封的理论很少发表。为此，现在的填料设计是依据经验和若干理论进行的。正因为填料在受轴向压缩力后要向半径方向扩张，所以象软质填料那样的有弹性力的柔软材料就适合它的目的，但是软质填料一旦放在高温下，内部应力显著减少，会招致密封性能降低。在温水等压力比较低的流体中，如图4那样使用软质填料是能够密封的，但在高温高压的情况下，如图5、6，必须使用半金属填料。而在高温高压的场合或者密封气体的场合，象图7那样，往往要与软质填料一起使用。这里是采用了软质填料压

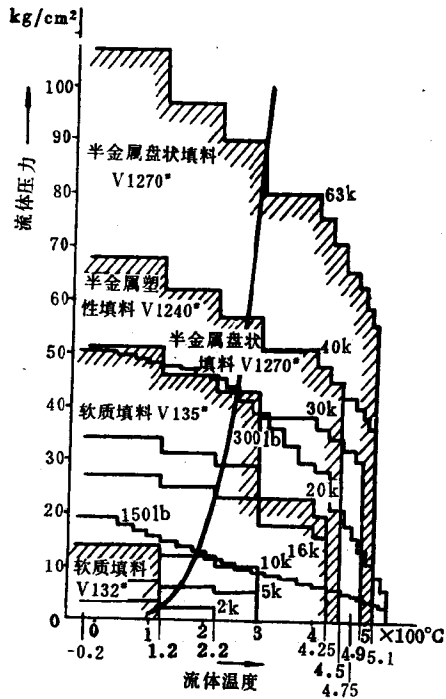


图 3

在温水等压力比较低的流体中，如图4那样使用软质填料是能够密封的，但在高温高压的情况下，如图5、6，必须使用半金属填料。而在高温高压的场合或者密封气体的场合，象图7那样，往往要与软质填料一起使用。这里是采用了软质填料压