ICS 47.020.30
U 55

中华人民共和国国家标准

GB/T 12522—1996

不锈钢波形膨胀节

Stainless steel bellows expansion joints

1996-12-18发布　　1997-08-01实施

国家技术监督局发布

前　　言

本标准是采用美国膨胀节制造商协会标准EJMA—1993对GB 12522—90进行修订的。

EJMA—1993的最大特点是设计公式与实际的试验数据有着较好的一致性，因而在相同条件下，膨胀节的理论特性有明显的提高。

本标准法兰连接尺寸按GB 569、GB 2501两种型式；公称通径在原GB 12522—90基础上扩大了1 600mm、1 700mm、1 800mm、1 900mm、2 000mm五档规格，增加了横向位移和横向刚度的值，并对疲劳寿命试验次数等主要性能指标作出了定量的规定。

附录A给出了波纹管的设计计算、膨胀节的位移，力和力矩及振动计算，是提示的附录。

附录B给出了位移力和热膨胀量的计算，是提示的附录。

本标准从生效日起同时代替GB 12522—90、CB* 613—81。

本标准由中国船船工业总公司提出。

本标准由中国船舶工业总公司603所归口。

本标准起草单位：中华造船厂、无锡市波纹管厂。

本标准主要起草人：孙镜明、顾培坤、俞伟海、曹建坤、毛淑雅。

中华人民共和国国家标准

GB/T 12522—1996

代替 GB 12522—90

不锈钢波形膨胀节

Stainless steel bellows expansion joints

1 范围

本标准规定了法兰连接尺寸按 GB 569、GB 2501 的不锈钢波形膨胀节(以下简称膨胀节)的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存的要求。

本标准适用于内燃机排气管路。作为管路热胀冷缩的补偿装置,在系统中能承受管路热胀应力和脉冲引起的振动。其他管路亦可参照使用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 191—90 包装储运图示标志

GB 569—65 船用法兰连接尺寸和密封面

GB/T 1804—92 一般公差 线性尺寸的未注公差

GB 2501—89 船用法兰连接尺寸和密封面(四进位)

GB 6388—86 运输包装收发货标志

GB/T 12777—91 金属波纹管膨胀节通用技术条件

QJ 1165—87 不锈钢薄板熔焊技术条件

JB 2536—80 压力容器油漆、包装、运输

CB/T 3766—1996 排气管钢法兰及垫片

3 产品分类

3.1 膨胀节型式和基本参数按表 1。

表 1 膨胀节类型和基本参数

型 式	公称压力 *PN* MPa	公称通径 *DN* mm	法兰连接标准
A	0.10	65～500	GB 569
AS		65～2000	GB 2501
BS	0.05	1000～2000	

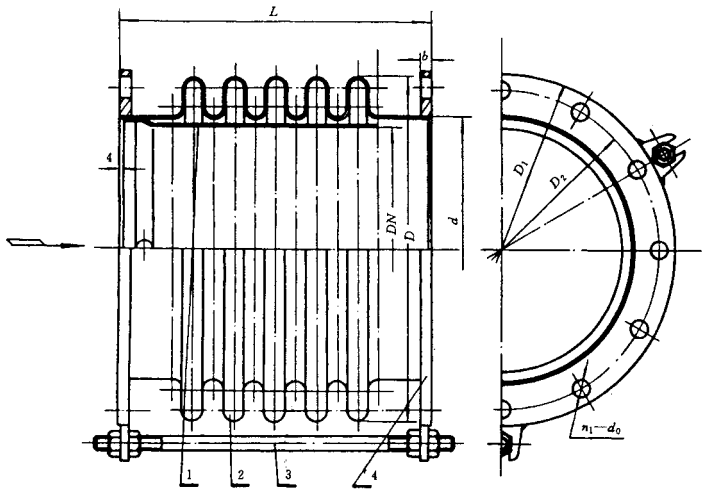
3.2 膨胀节的结构和基本尺寸

3.2.1 A 型膨胀节的结构和基本尺寸按图 1 和表 2。

3.2.2 AS 型膨胀节的结构和基本尺寸按图 1 和表 3。

3.2.3 BS 型膨胀节的结构和基本尺寸按图 1 和表 4。

国家技术监督局1996-12-18批准 1997-08-01实施



1—导管；2—波纹管；3—定位螺杆；4—法兰

图 1　不锈钢波形膨胀节

表 2　A 型膨胀节的基本尺寸

mm

类型	公称压力 PN MPa	公称通径 DN	结构尺寸 波数 n	结构尺寸 d	结构尺寸 D	结构尺寸 L	法兰尺寸 D_1	法兰尺寸 D_2	法兰尺寸 b	法兰尺寸 个数 n_1	法兰尺寸 d_0	重量 kg	理论特性 总位移 Δx	理论特性 总位移 Δy	理论特性 F cm²	理论特性 刚度，N/mm K_x	理论特性 刚度，N/mm K_y
A	0.10	65	8	76	112	180	155	123	12	6	16	3.9	40	15	65	24.7	1.6
		80		89	125		170	138		8		4.3			85	30.1	3.7
		100	6	114	158	220	190	158				5.2		10	137	32.0	9.7
		(125)		140	184		215	183		10		5.8			201	35.0	15.6
		150	4	165	221	210	240	208	14	12		7.3			269	36.0	18.9
		(175)		190	246		270	238				8.1		6	346	38.8	64.1
		200	3	216	326	280	295	264				11.7	55	10	556	48.3	76.0
			5			380						14.7	90	25		29.0	9.8
		250	3	268	378	280	365	327	16	14	18	17.9	55	10	794	55.7	125.1
			5			380						20.9	90	25		33.4	16.2
		300	3	318	428	280	430	386			22	22.7	55	8	1064	62.7	188.6
			5			380						26.1	90	20		37.6	24.4
		350	3	360	470	280	480	486		16		24.0	60	6	1320	67.0	250.3
			5			380						27.7	90	20		40.2	32.4
		400	3	410	520	280	530	436				28.6	60	6	1662	71.7	377.0
			5			380						33.0	90	20		43.0	43.7

表 2(完)

mm

类型	公称压力 PN MPa	公称通径 DN	结构尺寸 波数 n	d	D	L	法兰尺寸 D_1	D_2	b	个数 n_1	d_0	重量 kg	理论特性 总位移 Δx	Δy	F cm²	刚度,N/mm K_x	K_y
A	0.10	(450)	3	460	570	280	580	536	16	18	22	30.9	60	6	2043	76.0	439.3
			5			380						35.7	90	20		45.6	56.9
		500	3	510	620	280	635	591		20		34.9	70	6	2463	79.7	555.2
			5			380						40.1	100	18		47.8	72.0

注

1 带括号尺寸尽量不选用。

2 表列总位移为许用循环次数 $N_f=5000$ 次时的计算值。

3 Δx——轴向总位移(表中的 Δx 为 $\Delta y=0$ 的值)。

4 Δy——轴向总位移(表中的 Δy 为 $\Delta x=0$ 的值)。

5 F——波纹管有效截面积。

6 K_x——膨胀节的轴向刚度(每个波的轴向刚度除以波数)。

7 K_y——膨胀节的横向刚度。

8 $\Delta x'$、$\Delta y'$ 可以由直角三角形法求得,见右图。

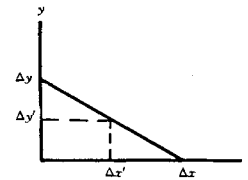


表 3 AS 型膨胀节的基本尺寸

mm

类型	公称压力 PN MPa	公称通径 DN	结构尺寸 波数 n	d	D	L	法兰尺寸 D_1	D_2	b	个数 n_1	d_0	重量 kg	理论特性 总位移 Δx	Δy	F cm²	刚度,N/mm K_x	K_y
AS	0.10	65	8	76	112	180	160	130	12	4	14	3.7	40	15	65	24.7	1.6
		80		89	125		190	150			18	5.5			85	30.1	3.7
		100	6	114	158	220	210	170				6.4		10	137	32.0	9.7
		(125)		140	184		240	200		8		7.6			201	35.0	15.6
		150	4	165	221	210	265	225	14			9.5			264	28.8	18.9
		(175)		190	246		295	255				11.8		6	346	38.8	64.1
		200	3	216	326	280	320	280				14.7	55	10	556	48.3	76.0
			5			380						17.7	90	25		29.0	9.8
		250	3	268	378	280	375	335	16	12		20.3	55	10	794	55.7	125.1
			5			380						23.3	90	25		33.4	16.2
		300	3	318	428	290	440	395	18		22	27.7	55	8	1064	62.7	188.6
			5			390						31.1	90	20		37.6	24.4
		350	3	360	470	300	490	445	20			32.2	60	6	1320	67.0	250.3
			5			400						35.9	90	20		40.2	32.4
		400	3	410	520	300	540	495	22	16		41.8	60	6	1662	71.7	337.0
			5			400						46.2	90	20		43.0	43.7
		(450)	3	460	570	300	595	550				48.1	60	6	2043	76.0	439.3
			5			400						52.9	90	20		45.6	56.0

表 3(完)

mm

类型	公称压力 PN MPa	公称通径 DN	结构尺寸 波数 n	结构尺寸 d	结构尺寸 D	结构尺寸 L	法兰尺寸 D_1	法兰尺寸 D_2	法兰尺寸 b	法兰尺寸 个数 n_1	法兰尺寸 d_0	重量 kg	理论特性 总位移 Δx	理论特性 总位移 Δy	理论特性 F cm²	理论特性 刚度,N/mm K_x	理论特性 刚度,N/mm K_y
AS	0.10	500	3	510	620	310	645	600	24	20	22	55.7	70	6	2463	79.7	555.2
			5			410						60.9	100	18		47.8	72.0
		600	3	610	720	340	755	705	26		26	76.1	80	6	3421	86.0	832
			5			440						81.8	130	15		51.6	107.9
		700	3	711	821	350	860	810	28			95.1	80	6	4548	92.3	1 188.3
			5			450						101.3	140	17		55.4	154.0
		800	3	813	923	370	975	920		24	30	129.3	80	5	5849	98.3	1 627.5
			5			470						136.5	140	14		59.0	210.9
		900	3	914	1024	370	1 075	1 020				143.8	80	5	7299	104	2 147.7
			5			470			32			151.9	140	14		62.4	270.3
		1 000	3	1 016	1 132	390	1175	1 120		28		171.1	90	5	9009	102.7	2 162.8
			5			520						183.6	150	14		61.6	280.3
		1 100	3	1 118	1 232	390	1 275	1 220				185.2	100	5	10807	113.3	2 863.9
			5			520						199.0	160	13		68.0	371.2
		1 200	3	1 219	1 333	400	1 375	1 320	36	32		209.5	100	5	12 748	116.7	3 537.3
			5			530						224.4	160	13		71.2	458.4
		1 300	3	1 312	1 424	400	1 475	1 420				225.1	100	4	14 677	130.0	4 461.5
			5			530						229.6	100	10		78.0	578.2
		1 400	3	1 412	1 524	400	1 575	1 520	38	36		250.8	100	4	16 903	135.7	5 362.1
			5			530						267.2	160	10		81.4	694.9
		1 500	3	1 520	1 632	420	1 690	1 630	42			319.9	100	4	19 582	140.7	6 441.1
			5			550						338.2	160	10		84.4	834.8
		1 600	3	1 620	1 750	450	1 790	1 730		40		363.5	130	5	22 299	170.3	6 359.2
			5			600						386.4	230	14		97.8	788.7
		1 700	3	1 720	1 850	450	1 890	1 830	44			399.1	140	5	25 025	168.3	7 052.6
			5			600						428.9	230	14		101.0	914.0
		1 800	3	1 820	1 950	450	1 990	1 930		44		420.5	140	5	27 901	173.7	8 114.1
			5			600						452	230	14		104.2	1 051.6
		1 900	3	1 920	2 050	470	2 090	2 030	46			463.4	140	5	30 947	179.0	9 274.2
			5			620						496.3	230	13		107.4	1 201.9
		2 000	3	2 020	2 150	470	2 190	2 130		48		484.2	140	5	34 143	184.3	10537.0
			5			620						520.4	230	13		110.6	1 365.6

同表 2 的注。

表 4　BS 型膨胀节的基本尺寸　　mm

类型	公称压力 PN MPa	公称通径 DN	结构尺寸 波数 n	结构尺寸 d	结构尺寸 D	结构尺寸 L	法兰尺寸 D_1	法兰尺寸 D_2	法兰尺寸 b	法兰尺寸 个数 n_1	法兰尺寸 d_0	重量 kg	理论特性 总位移 Δx	理论特性 总位移 Δy	理论特性 F cm²	理论特性 刚度,N/mm K_x	理论特性 刚度,N/mm K_y
BS	0.05	1 000	3	1 016	1 138	350	1 175	1 120	24	28	30	126.4	110	6	9 009	88.7	1 867.8
			5			480						138.3	180	15		53.2	242.1
		1 100	3	1 118	1 240	350	1 275	1 220	26			146.0	110	6	10 807	93.3	2 358.5
			5			480						159.1	180	15		56.0	305.7
		1 200	3	1 219	1 341	350	1 375	1 320		32		157.0	110	5	12 748	98.0	2 921.2
			5			480						171.2	180	15		58.8	378.6
		(1 300)	3	1 312	1 434	360	1 475	1 420	28			187.1	110	5	14 677	102.3	3 512.0
			5			490						200.9	200	12		61.4	455.2
		(1 400)	3	1 412	1 534	360	1 575	1 520		36		199.3	110	4	16 903	107.0	4 229.1
			5			490						214.5	200	12		64.2	548.1
		1 500	3	1 520	1 642	400	1 690	1 630	30			236.5	110	5	19 582	111.0	5 082.6
			5			550						252.5	200	15		66.6	658.7
		1 600	3	1 620	1 764	370	1 790	1 730	32	40		276.6	150	5	22 299	81.3	3 036.5
			5			500						298.0	260	15		48.8	393.5
		1 700	3	1 720	1 864	400	1 890	1 830				293.3	150	5	25 025	84.0	3 519.3
			5			550						316.2	260	15		50.4	456.1
		1 800	3	1 820	1 964	400	1 990	1 930		44		308.2	150	5	27 907	87.0	4 064.8
			5			550						332.5	260	15		52.2	526.8
		1 900	3	1 920	2 064	410	2 090	2 030	34			343.1	150	5	30 947	89.7	4 645.7
			5			560						368.1	260	15		53.8	602.1
		2 000	3	2 020	2 164	410	2 190	2 130		48		359.2	150	5	34 143	92.3	5 278.0
			5			560						385.5	260	15		55.4	684.0
同表 2 的注。																	

3.3　标记示例

公称压力为 0.10MPa、公称通径为 150mm、波数为 4、按 GB 569 法兰连接尺寸和密封面的不锈钢波形膨胀节：

膨胀节　A150-4　GB/T 12522—1996

公称压力为 0.10MPa、公称通径为 1 000mm、波数为 3、按 GB 2501 法兰连接尺寸和密封面(四进位)的不锈钢波形膨胀节：

膨胀节　AS 1000-3　GB/T 12522—1966

公称压力为 0.05MPa、公称通径为 1 500mm、波数为 5、按 GB 2501 法兰连接尺寸和密封面(四进位)的不锈钢波形膨胀节：

膨胀节　BS 1500-5　GB/T 12522—1996

4　技术要求

4.1　材料

4.1.1 主要零件的材料按表5。

表5 主要零件的材料

零件名称	材料		
	名称	牌号	标准号
波纹管、导管	不锈钢	0Cr18Ni11Ti	GB 4237—92
定位螺杆	碳素钢	Q235-A	GB 700—88

4.1.2 波纹管的材料供货状态为软态，应有生产厂的质量合格证书。根据需要按有关标准复验合格后方可使用。

4.2 波纹管的设计计算、膨胀节的位移、力和力矩及振动计算见附录A(提示的附录)。

4.3 位移力和热膨胀量的计算见附录B(提示的附录)。

4.4 波纹管

4.4.1 波纹管管坯用钢板卷制时，不应采用环焊缝。

4.4.2 波纹管管坯的纵焊缝以最少为原则，在管坯厚度小于等于0.5mm时，相邻焊缝的间距应大于150mm，其焊缝条数不多于3条。

4.4.3 板材的拼焊采用氩弧焊或等离子焊，大于0.5mm的板材拼焊对口错边量、焊缝的凹陷深度及余高应不大于板厚的10%。

4.4.4 根据使用要求，供需双方可协议决定是否对纵焊缝进行射线拍片及拍片检查的数量，波纹管管坯纵焊缝进行射线拍片检查时，应达到QJ 1165中的Ⅱ级要求。

4.4.5 波纹管管坯的套装间隙应小于等于单层壁厚值。

4.4.6 波纹管各层纵焊缝的位置一般应沿圆周方向均匀错开，层间不得有水、油、污物等。

4.4.7 波纹管的波纹形状应均一，其表面允许有轻微的模片压痕，不得有明显的凹凸不平和大于单层壁厚负偏差的划痕。

4.4.8 波纹管的波高、波距、波纹管总长的未注公差尺寸的极限偏差应符合GB/T 1804中V级要求，波纹的圆弧段与侧壁平面要圆滑过渡。

4.5 膨胀节

4.5.1 A型膨胀节法兰的连接尺寸按GB 569；AS、BS型膨胀节法兰的连接尺寸按GB 2501，并符合CB/T 3766的规定。波纹管、导管与法兰连接采用氩弧焊，其余可采用普通电焊。

4.5.2 导管与波纹管安装的单边最小间隙不小于横向总位移量的一半，流向标志应与介质流向一致，装入管道时不得反向。

4.5.3 公称通径大于等于1 000mm的5个波的膨胀节，允许用2波、3波两组波纹管加内衬套焊接。

4.5.4 膨胀节各部位焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣、飞溅物等缺陷。

4.5.5 膨胀节长度偏差为±2.5mm，垂直度为1%DN，且不大于等于3mm，同轴度为5mm。

4.5.6 膨胀节的刚度按GB/T 12777—91中A3.3中的公式计算的值作为给出值，制造厂应提供膨胀节初始理论刚度，若用户有要求，可提供膨胀节工作刚度。产品实测平均刚度值与计算值的偏差不得大于±30%。

4.5.7 膨胀节应进行压力试验，试验压力按GB/T 12777—91中4.4.11、4.4.13条规定。

4.5.8 制造厂应提供膨胀节许用疲劳寿命值，用户有要求及型式检验时应进行疲劳寿命试验，其值为膨胀节在公称压力和轴向总位移量下的2倍许用循环次数，并以1.5PN进行水压试验无泄漏，则为合格产品。

4.5.9 定位螺杆为保证膨胀节在运输和安装过程中不产生变形之用。用定位螺杆固定的波纹管为自由状态，管路安装完毕后须用拧松螺母的方法拆除定位螺杆(绝对避免气割)，恢复其伸缩性能。

5 试验方法

5.1 材料

波纹管所用的材料应按材质单验收，如有特殊要求时用无损探伤检验。

5.2 外观

膨胀节外观检验在日光或灯光照明下目测检验。

5.3 尺寸检查

用精度符合规定极限偏差要求的通用量具。

5.4 焊接

膨胀节的焊缝一般用目测法检查，应符合 4.5.4 要求，波纹管纵焊缝应按 QJ 1165—87 中 2.2 条进行外观质量检验(可用 5 倍放大镜)。

5.5 压力试验

膨胀节的压力试验按 GB/T 12777—91 中 5.6 规定。

5.6 刚度

膨胀节的刚度试验按 GB/T 12777—91 中的 5.8 规定。

5.7 疲劳寿命

膨胀节的疲劳寿命试验可在常温下进行，试验压力为公称压力，循环位移为表 2、表 3、表 4 中规定的轴向总位移，循环频率的选择应确保各波均匀变形(一般每分钟不大于 30 次)，被试验的膨胀节的疲劳循环次数不低于 4.5.8 的规定。

6 检验规则

6.1 出厂检验

6.1.1 出厂检验应在产品出厂前逐件进行。

6.1.2 检验项目应按表 6 的规定。

表 6 出厂检验项目及要求

序号	检验项目	要求
1	外观检查	应符合 4.4.7、4.5.4
2	无损探伤检查	应符合 4.4.4
3	尺寸检查	应符合 4.4.2、4.4.3、4.4.5、4.4.8、4.5.5
4	压力试验	应符合 4.5.7

6.1.3 当检验中有一项或几项检验结果不合格时，在标准允许范围内进行返修后，对其不合格项目重新检验，复验不合格的产品不得出厂。

6.2 型式检验

6.2.1 膨胀节在试制过程中或国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时，应进行型式检验。

6.2.2 型式检验的项目按表 7 的规定。

表 7　型式检验项目及要求

序　号	检　验　项　目	要　　求
1	外　观　检　查	应符合 4.4.7、4.5.4
2	无损探伤检查	应符合 4.4.4
3	尺　寸　检　查	应符合 4.4.2、4.4.3、4.4.5、4.4.8、4.5.5
4	压　力　试　验	应符合 4.5.7
5	疲　劳　试　验	应符合 4.5.8

6.2.3　型式检验的抽检数量不小于 2 组。

6.2.4　当型式检验中任何一项不合格时，必须在审查设计、工艺等基础上，用双倍数量的产品进行复验，复验时有一件不合格，即认为型式检验不合格。

7　标志、包装、运输和贮存

7.1　应在膨胀节组件中的法兰圆周面上打出制造厂标记和产品标记。

7.2　膨胀节应采取保护措施，以防运输、安装过程中的变形和损坏。

7.3　波纹管、不锈钢部件及法兰密封面不涂漆，其余部件外表面涂防锈底漆一度，银粉漆二度。

7.4　出厂的膨胀节必须附有质量合格证书和安装使用说明书。合格证书应包括下列内容：

a）产品名称和型式代号；

b）产品的外形尺寸；

c）产品的性能参数或性能试验数据。

7.5　膨胀节包装和运输参照 JB 2536 中的有关规定。

7.6　包装箱上应有产品名称、标记、重量、箱体尺寸、防潮等字样，或按 GB 191、GB 6388 的规定。

7.7　包装成箱的产品，在雨雪不会直接淋袭的条件下，可用任何运输工具运输。

7.8　出厂前和安装前，膨胀节应贮存于无腐蚀性气体的干燥和干净的环境里，避免杂乱堆放和与其他物件混放。

附 录 A
（提示的附录）
膨胀节的设计计算

A1 波纹管的设计计算

A1.1 符号的意义

d——波根外径，mm；

D——波顶外径，mm；

D_m——波纹管平均直径，mm； $D_m=\frac{D+d}{2}$

t——一层材料的公称厚度，mm；

t_c——套箍厚度，mm；

t_p——成形减薄后的一层材料的壁厚，mm； $t_p=t\sqrt{d/D_m}$

q——波距，mm；

h——波高，mm； $h=(D/d)/2$

L_d——紧固螺栓有效长度，mm；

L_s——直边段长度，mm；

k——系数； $k=L_s/(1.5\sqrt{dt})$（如果 $k\geqslant1$，则取 $k=1$）

σ——应力，MPa，$[\sigma]$——材料许用应力，MPa；

上角标表示温度；

下角标 Z——表示直边段的应力；

C——表示套箍的应力；

数字——表示波纹管应力的序号；

K_1——一个波的理论刚度，N/mm；

K_2——一组波纹管的理论刚度，N/mm；

E——材料弹性模数，MPa；

上角标表示温度；

下角标 b、c、f 分别表示波纹管、套箍、紧固件材料的弹性模量；

Z——波纹管材料的层数；

n——一组波纹管的波数；

$[N]$——许用循环次数；

e——每波的补偿量，mm；

$\Delta_{额定}$——额定轴向总位移，mm；

$Y_{额定}$——复式膨胀节额定横向位移，mm；

α——材料线膨胀系数，mm/mm℃；

Δt——安装温度与工作温度差；

本系列中：$\Delta t=550℃-20℃=530℃$

p——设计压力，MPa；

p_{ss}——不失稳的设计压力，MPa；

C_p——系数，由图 A1 曲线查得；

C_f——系数，由图 A2 曲线查得；

C_d——系数，由图 A3 曲线查得；

C_m——材料强度系数$\begin{bmatrix} C_m=1.5，用于经过退火的波纹管。 \\ C_m=3.0，用于未经退火的波纹管。 \end{bmatrix}$

A1.2 应力计算及其评定准则

A1.2.1 不带加强环

A1.2.1.1 应力计算

由内压引起的波纹管直边段的圆周方向薄膜应力按公式(A1)计算。

$$\sigma_z=\frac{p(d+Zt)^2L_tE_bk}{2ZtE_bL_t(d+Zt)+(t_cKE_cL_td)} \quad \cdots\cdots (A1)$$

采用套箍时，$k=1$

由内压引起的套箍的圆周方向薄膜应力按公式(A2)计算。

$$\sigma_c=\frac{pdE_c}{2(t_cE_c+ZtE_b)} \quad \cdots\cdots (A2)$$

由内压引起的波形部分的圆周方向薄膜应力按公式(A3)计算。

$$\sigma_1=\frac{pD_m}{2Zt_p}\left(\frac{1}{0.571+2h/q}\right) \quad \cdots\cdots (A3)$$

由内压引起的波形部分的径向薄膜应力按公式(A4)计算。

$$\sigma_2=\frac{ph}{2Zt_p} \quad \cdots\cdots (A4)$$

由内压引起的波形部分的径向弯曲应力按公式(A5)计算。

$$\sigma_3=\frac{ph^2C_p}{2Zt_p^2} \quad \cdots\cdots (A5)$$

由位移引起的波形部分的径向薄膜应力按公式(A6)计算。

$$\sigma_4=\frac{E_bt_pe}{2h^3C_f} \quad \cdots\cdots (A6)$$

由位移引起的波形部分的径向弯曲应力按公式(A7)计算。

$$\sigma_5=\frac{5E_bt_pe}{2h^2C_d} \quad \cdots\cdots (A7)$$

A1.2.1.2 应力评定标准

σ_z、σ_c、σ_1、$\sigma_2\leqslant C_m[\sigma]^t$

$\sigma_3\leqslant C_m[\sigma]^t$

σ_4、σ_5 具体数值应根据疲劳寿命的要求确定(见 A1.3)。

A1.3 疲劳寿命

对于奥氏体不锈钢疲劳寿命值按公式(A8)计算。

$$N_a=[12823.4/(\sigma_RT_f-372.38)]^{3.4}(不带加强环) \quad \cdots\cdots (A8)$$

式中：

$\sigma_R=0.7(\sigma_2+\sigma_3)+(\sigma_4+\sigma_5)$

$T_f=E_b^{20}/E_b^t$

A1.4 理论刚度

不带加强环，一个波的理论刚度按公式(A9)计算。

$$K_1=1.7D_mE_bt_p^3Z/h^3C_f \quad \cdots\cdots (A9)$$

波纹管总刚度按公式(A10)计算。

$$K=K_1/n \quad \cdots\cdots (A10)$$

A2 膨胀节的位移、力和力矩

A2.1 符号的意义

X——X(轴)向位移,mm;

Y——Y 向位移,mm;

Z——Z 向位移,mm;

y——横向位移,mm; $y=\sqrt{Y^2+Z^2}$

ΔX——轴向总位移,mm;

ΔY——横向位移产生的当量轴向位移,mm;

$\Delta_{额定}$——某规格中规定的总位移,mm;

K_w——工作刚度,N/mm;

膨胀节产生轴向变形所需的力,当位移较少时,在弹性区域,其作用力与变形为线性关系,但在额定位移时,往往进入塑性区域,这时的作用力与变形为非线性关系,比理论的要小,即这时的工作刚度比理论的要小,因此对刚度要求较高场合应由制造厂的产品试验中确定。

F_X——X(轴)向位移所产生的力,N;

F_y——Y 向位移所产生的力,N;

F_Z——Z 向位移所产生的力,N;

F_r——横向挠曲所产生的剪力,N;

M_y——横向挠曲作用于波纹管两端的力矩,N·m;

K_1——决定因横向挠曲产生的当量轴向位移与比值 $L/2n\cdot q$ 之间的关系的系数;

$K_1=3L(L+l)/(3L^2+l^2)$

l——一个膨胀节的有效长度,mm;

L——复式铰链膨胀节销轴之间的距离或万能膨胀节两组波纹管中心间的距离,mm;

A2.2 膨胀节的位移

A2.2.1 单式普通型膨胀节

$$\Delta x=X$$

$$\Delta y=3D_mY/(l-X)$$

A2.2.2 复式万能型膨胀节

$$\Delta x=X/2$$

$$\Delta y=K_1D_my/[2(L-X/2)]$$

A2.2.3 合成位移

$$\Delta=\Delta x+\Delta y$$

A2.2.4 位移范围

$$\Delta\leqslant\Delta_{额定}\text{或者 }y\leqslant y_{额定}$$

A2.3 膨胀节的力和力矩

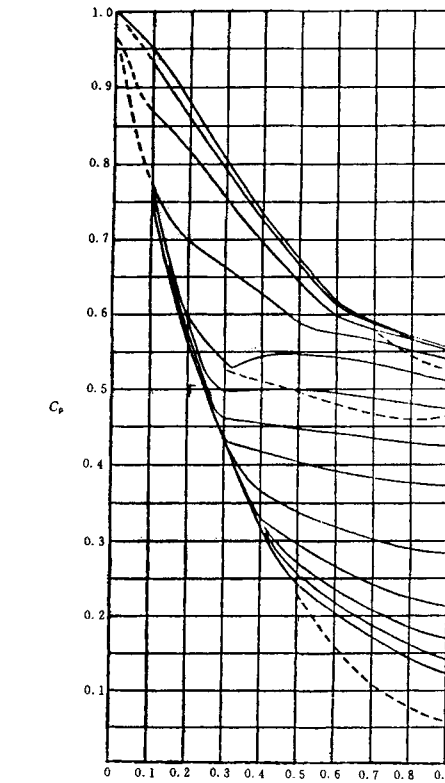
F_x——$K_w\Delta x$

F_y——$K_wD_mY/(2L)$

F_z——$K_wD_mZ/(2L)$

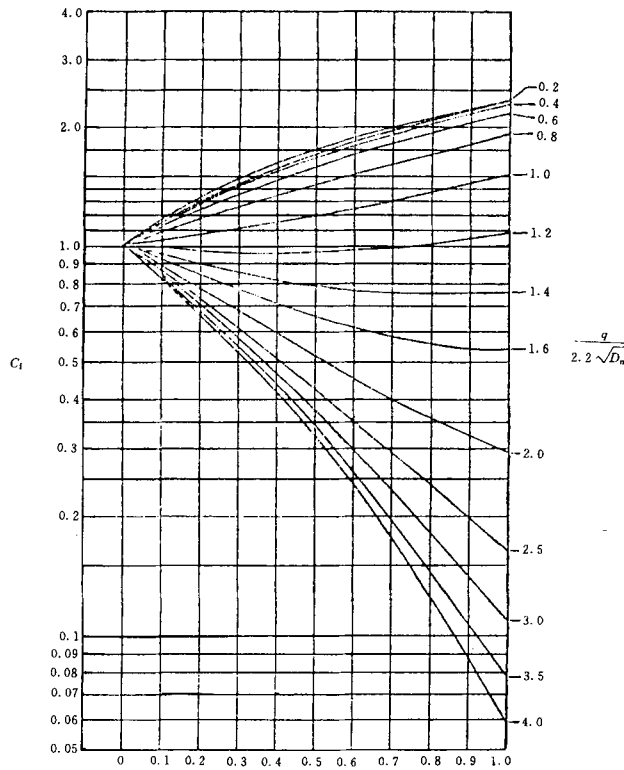
F_r——$K_wD_m\Delta y/(2L)$

M_y——$K_wD_m\Delta y/4$



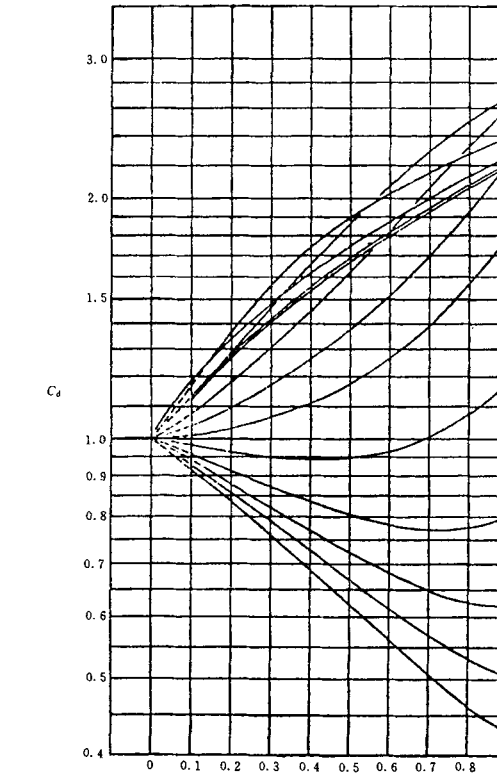
C_p(用于 U 型波纹管)

图 A1



C_f(用于U型波纹管)

图 A2



C_d(用于 U 型波纹管)

图 A3

附 录 B

(提示的附录)

位移力和热膨胀量的计算

B1 位移力的计算

位移力的计算(作用在固定支架轴线上的载荷)见公式(B1)、(B2)和图 B1。

$$f_m = f_\Delta + f_p \quad \cdots\cdots (B1)$$

$$f_\Delta = \frac{K \cdot \Delta L}{n}$$

$$f_p = F \cdot p$$

$$f_b = 2 \cdot f_m \cdot \cos\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots (B2)$$

式中：f_m——作用在固定支架上轴向推力，N；

f_b——作用在位于管系拐弯处的支架上的两向力的合力，N；

f_Δ——位移产生的反力，N；

f_p——内压产生的反力，N；

n——波数；

ΔL——管道膨胀量，mm；

K——每个波的轴向刚度，N/mm；

F——波纹管有效截面积，cm^2；

p——工作压力，N/cm^2。

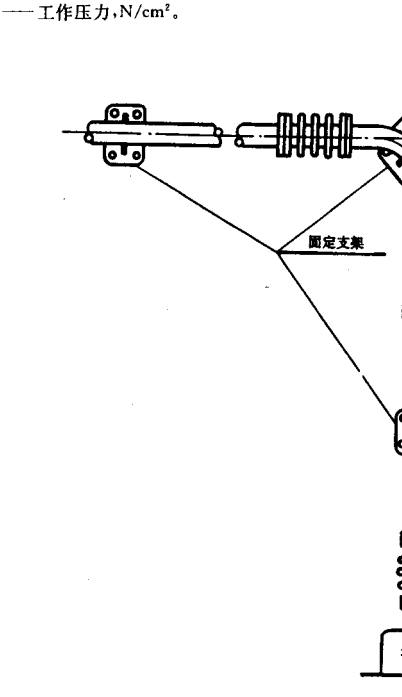


图 B1

B2 排气管热膨胀量的计算

B2.1 计算法见公式(B3)。

$$\Delta L=L_0\left[a\left(\frac{t_2-t_1}{1\ 000}\right)+b\left(\frac{t_2-t_1}{1\ 000}\right)^2\right] \quad \cdots\cdots (B3)$$

式中：ΔL——排气管热膨胀量，mm；

L_0——排气管的长度，mm；

a、b——系数（见表B1）；

t_2——最高温度，℃；

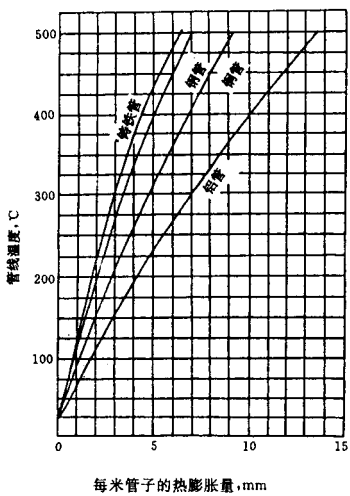
t_1——最低温度，℃。

表B1 a、b值

材料	a	b
铸铁	0.009 794	0.005 660
钢	0.011 182	0.005 259
铜	0.016 700	0.004 031
铝	0.024 084	0.007 063

B2.2 查表法

根据排气管所选用材料的管线温度从图B2中可查出每米排气管的热膨胀量，再乘上排气管的长度，便得所求排气管热膨胀量。



图B2