

玻璃仪器灯工实践



上海科学技术出版社

81.58
115

玻璃仪器灯工实践

上海医药玻璃总厂

上海玻璃仪器一厂 上海玻璃仪器二厂



玻璃仪器灯工实践

上海医药玻璃总厂
上海玻璃仪器一厂 上海玻璃仪器二厂

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 浙江嘉兴印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 15.375 字数 272,000

1978年12月第1版 1981年1月第2次印刷

印数: 14,001—19,000

书号: 15119·1933 定价: 1.60元

前 言

在以华主席为首的党中央的正确领导下，全国工农业生产形势一片大好，科学技术事业也正在以突飞猛进的速度向前发展。在这种大好形势的推动下，我国玻璃仪器工业也有了飞速发展。玻璃仪器厂遍地开花，生产技术水平日新月异。新产品、新技术不断涌现，玻璃仪器的应用范围日益扩大。

科学技术的大发展，对玻璃仪器灯工技术提出了更高的要求。为了总结经验、交流技术，我们遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”的教导，将从事多年灯工操作的体会加以总结，汇编成《玻璃仪器灯工实践》一书。

本书共分十章，比较全面地、系统地介绍了仪器玻璃的性能、灯工操作设备及工具、玻璃仪器灯工吹制的基本技术和产品选制。并附有制作分解图及部分产品规格，供从事玻璃仪器灯工操作的专业人员、初学者、以及有关使用单位的分析化验人员参考。

本书的初稿是上海医药玻璃总厂灯工老师傅楼志仁同志编写的。后又邀请了上海玻璃仪器一厂陈驷官、陆际平两位老师傅和上海玻璃仪器二厂王晨江老师傅参加，组成了本书编写组。在楼师傅编写的初稿的基础上，经过多次讨论，集中了很多灯工老师傅的宝贵经验，重新拟定了目录，并调整、充实了一些内容，使书稿质量有了较大的提高。

在编写过程中，得到了中国科学院上海技术物理研究所部分灯工老师傅的大力支持，并为本书编写了“玻璃与金属封

接”一章。同时，在书中插图的绘制工作中，得到了第一重型
机器厂中心试验室领导和老师傅的热情支持，在此一并表示
感谢。

由于我们经验不足，技术水平有限，所以书中一定会存在
不少缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

《玻璃仪器灯工实践》编写组

1978年10月

目 录

第一章 仪器玻璃的性能简介	1
一、我国玻璃生产发展概况	1
二、仪器玻璃的要求	2
三、玻璃的化学组成	3
四、玻璃的物理性能	11
五、玻璃的化学性能	17
六、常用的仪器玻璃介绍	20
七、金属封接用玻璃介绍	23
八、特种玻璃介绍	25
第二章 玻璃仪器吹制的基本知识	30
一、火焰	30
二、喷灯	39
三、工具种类及其使用	53
四、安全知识	71
第三章 玻璃应力的产生及其消除	77
一、基本概念	77
二、应力的种类及其产生原因	79
三、灯工加工产生应力的分布	81
四、应力的消除——退火	84
五、应力的检查	95
六、引起玻璃制品爆裂的几种情况	96
第四章 玻璃仪器吹制的基本技术	98
一、割爆	98

二、旋转与熔融	107
三、拉丝	109
四、封底	112
五、开孔	114
六、吹球	116
七、单接头封接	121
八、环形封接	128
九、弯管	133
十、圆口与配塞	138
十一、实心玻璃珠	143
十二、棕色玻璃的熔融与焊接	144
十三、套白瓷料玻璃管的熔接	144
第五章 玻璃表面磨砂零件的制造	146
一、磨砂接头的标准规格	146
二、活塞的常用规格	153
三、圆制标准磨砂接头及活塞所需的工具	153
四、标准磨砂接头的圆制	159
五、灯工焊接锥形标准磨砂接头的注意事项	160
六、标准磨砂接头的磨砂工艺简介	161
七、活塞制作工艺	165
八、真空活塞磨砂工艺简介	171
九、几种常用的止回浮子	175
第六章 常规产品选制	179
一、圆制三角漏斗	179
二、量筒的制作	182
三、容量球的吹制及流速的控制(附量水、刻度工艺简介)	183
四、冷凝管的吹制	189
五、水抽气泵的制作与要求	199
六、喷雾器的制作	203

七、脂肪拍出器的制作	206
八、苛性钾球的制作	212
九、气体分析器吸收瓶的制作	214
十、非水定碳吸收器的制作	224
十一、微量定氮蒸馏器的吹制	227
十二、玻璃滤器的制作工艺简介	230
十三、柱瓦瓶的制作工艺简介	235
十四、石英玻璃仪器吹制的基本知识	242
第七章 高真空仪器选制	248
一、五喷口汞扩散泵的制作	248
二、四级油扩散泵的制作	254
三、卧式油扩散泵(大号)的制作	263
四、石英炉管水冷套的制作	267
五、多层冷阱的制作	270
六、压缩式真空计的制作	274
七、布鲁顿真空计的制作	283
八、真空系统的安装	285
第八章 特规仪器产品选制	290
一、电解槽的吹制	290
二、汞蒸馏器的制作	293
三、U形冷凝管的制作	296
四、精密分馏柱的吹制	298
五、元件测定器的制作	307
六、激光管的制作	310
七、大型四氯化硅蒸发器的制作	318
八、大型磨砂接头的配制	319
九、玻璃法兰口的成型	320
十、异形玻璃管的制作	322
十一、精密内径玻璃管的真空成型	323

十二、递级封接	326
十三、平面制品的焊接	329
十四、低熔点玻璃焊接	331
十五、自动绕制玻璃填充料	332
十六、大型弯管的弯曲	334
第九章 玻璃与金属封接	335
一、玻璃与可伐封接	336
二、玻璃管与无氧铜封接	346
三、玻璃与铂丝、杜美丝封接	348
四、玻璃与钨封接	348
五、玻璃与铜封接	349
第十章 点滴经验及技术革新	351
一、玻璃缺陷的修整	351
二、玻璃制品损坏与爆裂的修复	353
三、接头漏气修理	355
四、具有拉力产品避免爆裂的方法	355
五、钨棒的辅助作用	358
六、石墨棒括接头	359
七、比色管烧底	361
八、实心玻璃棒加料及粘接固定	362
九、利用压缩空气吹气封接	363
十、玻璃料性拉丝试验	365
十一、四级油泵蛇形盘管制作的改进	367
十二、蛇形盘管绕制机	368
十三、圆口机	369
十四、标准接口真空整形机	370
附录: 容积查照表	372

第一章 仪器玻璃的性能简介

一、我国玻璃生产发展概况

二十世纪以后,随着科学技术的迅速发展,玻璃已普遍应用于人民生活、医药卫生、交通运输、房屋建筑,特别是光学仪器、电真空仪器和玻璃仪器。具体的产品如平板玻璃,各种瓶类及照明灯具。光学仪器方面的显微镜、望远镜;电真空仪器方面的电灯泡、电子管、显像管、激光管等;化工方面的玻璃仪器、玻璃管道及化工设备,以及玻璃纤维,等等。

玻璃之所以获得这样广泛的应用,主要是由于它具有一系列可贵的性质和实用价值。玻璃具有很好的透明度、具有很高的化学稳定性、耐热性;可以用多种多样的成型方法和加工方法制成各种形状和大小的制品;它具有良好的绝缘性能;具有一定的机械强度。玻璃的价格便宜,溶制方便。它的原料如石英砂、石英岩、白云石、长石等,储藏量可以说是无限的。此外,玻璃还可以按照应用目的的不同,通过调整 and 改变化学组成,在很大程度上改变其性质,从而适应各种不同的要求。

玻璃虽有上述许多优点和用途,但在解放前的旧中国,玻璃工业十分落后,除了极少数几个制瓶厂和平板玻璃厂外,其余为数不多的玻璃厂大都处于手工生产状态,设备简陋,劳动条件很差,品种也少得可怜。解放前夕,由于帝国主义的侵略

和国民党反动派的残酷压榨，我国的玻璃工业经常处于停工状态。

解放后玻璃工业象其他工业部门一样，在生产、科学研究等方面都获得了飞跃的发展。就玻璃仪器工业来说，在五十年代试制成功了九五牌号的耐热硼硅酸盐玻璃，初步解决了制造复杂耐热的玻璃仪器和化工设备材料的问题。到了六十年代又试制成功了耐高温的 GG-17 的新型材料，在加工工艺方面，解决了标准磨砂接口的制造问题。使玻璃仪器工业跨入了世界先进行列。不仅满足了国内的需要，并且有大量出口。

解放后特别是近几年以来，全国各地都有了玻璃工厂，新产品、新品种不断出现。目前我国不仅有了自己的玻璃体系，并且在玻璃材料方面，也有了自己的一系列的标准和规定。在加工成型方面逐渐摆脱了手工操作，大量使用机器吹制，从而提高了劳动生产率。

但随着现代工农业和科学技术的日益发展，对玻璃工业提出了更多更高的要求，为此必须在现有的基础上作出更大的努力，向更高的水平迈进。

二、仪器玻璃的要求

玻璃仪器由于使用不同，要求也不相同，一般讲来，玻璃仪器的玻璃材料应具有以下一些性能：

1. 化学稳定性好

由于制品在绝大多数情况下，都要受到不同化学试剂及原料的侵蚀，故化学稳定性一定要符合产品的要求。

2. 热稳定性好

为保证玻璃仪器在使用过程中,不随温度的急变而破裂,所以要求耐热的一类仪器的热稳定性特别要高。

3. 结晶倾向小

玻璃开始结晶的温度一般应高于灯工操作温度,因此,要求玻璃具有适应于灯工加工的性能。

4. 机械强度高

要求玻璃材料具有一定的机械强度,这对制造真空器件和化工设备及玻璃管道就显得特别重要。

5. 无色透明

玻璃材料应无色透明(棕色玻璃除外),以便在使用过程中能观察仪器内部的反应情况。

6. 化学成分恒定

同一号玻璃的各批产品应有恒定的化学成分,特别是它的热膨胀系数,应控制在一定公差范围内,以免影响在加工焊接过程中的质量。

7. 绝缘性好

绝缘性能要好,这一点对制造电真空器件特别重要。

8. 无杂质

玻璃材料内部应没有气泡、砂石、铁屑之类的夹杂物,以免在加工过程中产生结构应力而爆裂。

三、玻璃的化学组成

玻璃仪器生产用的是一种复杂多成分的玻璃材料,其中除了一般的氧化物,如 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 及 K_2O 以外,还常引入 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZnO 及 BaO 等。其中 SiO_2 为主要成分,含量一般在 65~81% 范围内。由于 SiO_2 的熔点很高(1710°C),

所以在玻璃中引入 B_2O_3 、 K_2O 及 Na_2O 、 Li_2O 的含量,可降低它的熔化温度。但 K_2O 及 Na_2O 的含量过高将会增加玻璃的膨胀系数,并影响它的化学稳定性能。加入适量的 Al_2O_3 ,可使玻璃具有较好的化学性能,并降低它的热膨胀系数。

表 1-1 中列出了国内常用灯工吹制玻璃化学组成。从表中可以看出,不同性质和用途的玻璃具有不同的化学组成。GG-17 和九五玻璃由于含 SiO_2 及 B_2O_3 较高,均属于高硼硅酸盐玻璃一类。它们具有较高的热稳定性能,线膨胀系数在 $30 \sim 40 \times 10^{-7}$ 之间,因而常称为耐热玻璃。在化学稳定性方面,抗酸、抗水性能较好,而耐碱性能稍差。由于高硼硅酸盐玻璃熔化温度很高,并且所需原料(硼砂、硼酸)价格较贵,一般只用于耐热和结构复杂的玻璃仪器生产方面,生产不耐热的玻璃仪器则采用无硼玻璃,表 1-1 中的 5 号量器玻璃就是一例。

5 号量器玻璃,及棕色量器玻璃中的 K_2O 和 Na_2O 含量

表 1-1 国内常用灯工吹制玻璃化学组成(%)

玻璃名称	SiO_2	B_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	ZnO	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	BaO	ZrO
GG-17玻璃	80.5	12.75	2	0.35	0.2		0.4	4			
九五玻璃	78.4	14.2	1.7	0.44	0.18		0.12	5.4	0.085		
2号玻璃	76.25	13.29	3.72			0.37	1.5	5.80			
5号量器玻璃	71		4	8			4.5	12.5			
滤器玻璃	74.7	7.4	5.3	1.2				8			
八一注射器玻璃	74.5	8	5			2		9		1	0.5
高铝玻璃	55	12	21	5.5	6.5						
棕色量器玻璃	74.5	1		8.5	0.05		1	13.8	0.4		

之和均超过13%，且含CaO量较高，这类玻璃一般称为钠钙玻璃。它的特点是热稳定性差，熔化温度低。

与金属作封接用的玻璃系列如表1-2所示。根据电真空器件绝缘性能的要求和配合金属膨胀系数及降低软化温度的需要，玻璃中必须含有适量的PbO。例如DB-404玻璃中含PbO量达30%，在DH-704玻璃中PbO含量甚至高达77.5%。这些玻璃均称为铅玻璃。

表1-2 我国电真空玻璃主要技术数据(SJ687~688-73)

(一)

牌号		成分									
		DW 203	DW 211	DW 216	DW 217	DW 270	DM 305	DM 308	DM 320	DM 316	
玻璃的主要化学成分(重量%)	SiO ₂	70.8	71.8	73	73	69	67.5	66.5	68.5	68.5	
	B ₂ O ₃	25	18	16.5	16.5	27	20.3	23	20.4	17.2	
	Al ₂ O ₃	1.2	1.4			1.6	3.5	3	3.1	2.5	
	PbO			6	6						
	ZnO									5	
	Na ₂ O	0.9	4.2	3	1.5	0.4	3.8	3.7	4	6.8	
	K ₂ O	0.9	1.6	1.5		0.8	4.9	3.8	4		
	Li ₂ O	1.2				1.2					
20~400℃ 线膨胀系数 ($\alpha \times 10^{-7}$)		33 ± 1	10.5 ± 1	38 ± 1	38 ± 1	36.5 ± 1	19 ± 1	48 ± 1	47.5 ± 1	47 ± 1	

(续表)

成分	牌 号	DW	DW	DW	DW	DW	DM	DM	DM	DM
		203	211	216	217	270	305	308	320	346
精度相当于 10 ⁶ 泊时的软 化点(°C)		590	610	620	600	610	575	555	575	590
热稳定性 \geq		240	230	290	250	250	190	200	210	210
退 火 范 围	上 限 (°C)	430	520	520	520	470	535	500	520	555
	下 限 (°C)	380	385	400	380	360	410	360	370	420
频率为6MHz 时介质损耗角 正切值(20°C) $\text{tg}\delta \times 10^4 \geq$		23	35	22	28	28	40	32	30	57
体积电阻率为 100M Ω ·cm时 的温度(TK - 100) \geq		370	300	350	290	370	290	300	290	250
比 重 (克/厘米 ³)		2.16	2.25	2.3	2.35	2.1	2.29	2.25	2.21	2.3
抗水化学性能		V	V	IV	IV	IV	V	V	V	I

关于电真空玻璃匹配封接用的过渡玻璃材料列于表1-3内,供使用时参考。

(二)

成分	号											
	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412
SiO ₂	69.5	69.5	61.5	55.5	62.5	67.5	71	17	1.5	67.3	82	
B ₂ O ₃		0.5			2				8.5	2	12.5	
Al ₂ O ₃	<1	1.5	<1	1.5	<1	5	<1		2.5	2.5	1.5	
CaO	5.5	5.5	8		5.5		5.8			7		
MgO	3.5	3.5	2		3.5		3.6					
BaO	5		4		2	12						
PbO		3	14	30	16			30	77.5			
ZnO									10	7		
Na ₂ O	12.5	15	6.2	3.8	11	15±0.5	15.4	6		14.2	4	
K ₂ O	4	1.5	9	9.2	6.5	15-0.5	1.2	12				
Li ₂ O							0.6					
F ₂							0.9					

玻璃的主要化学成分(重量%)

(续表)

成分	牌号		DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DG	DH	DT	DT
	401	402	403	401	413	456	471	484	502	701	801	802	5			
玻璃的主要化学成分 (重量%)																
CaF ₂																
Fe ₂ O ₃																
20~400℃线膨胀系数 (α × 10 ⁻⁷)	90 ± 2	89 ± 2	90 ± 1	88 ± 2	89 ± 2	89 ± 2	89 ± 2	89 ± 2	109 ± 2	89 ± 2	83 ± 8	32 ± 1				
粘度相当于10 ⁶ 泊时的软化点(°C)	560	580	535	500	530	520	515	570	465	360	590	650				
热稳定性 ≥	110	120	108	110	130	100	138	180	100		110	280				
退火范围																
上限(°C)	505	470	480	450	500	470	450	510	440		520	553				
下限(°C)	400	380	360	360	380	380	360	360			440	420				
频率为6MHz时介质损耗角正切值(20°C) (tgδ × 10 ⁴)	45		20	20	40	46	25	95	12		60					
体积电阻率为100MΩ·cm时的温度(TK - 100) ≥	210	200	320	325	240	200	300	180	310	300	210	260				
比重(克/厘米 ³)	2.55	2.53	2.8	3.05	2.5	2.75	2.58	2.47	3.14		2.58	2.23				
抗水化学性能	IV	IV	II	III	IV	III	II	IV	V		II	II				

表 1-3 电真空玻璃匹配封接用的过渡玻璃材料数据 (SJ685-73)

玻璃牌号	玻璃的主要化学成分 (%)										20~200°C 范围内 的膨胀系数 ($\alpha \times 10^{-7}$)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	PbO	CaO	MgO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O		
DZ-001	80	2.1	8.5					0.5			15.1
DZ-002	80.5	0.3	9.7					0.5			18.7
DZ-003	83		10					2			21.3
DZ-004	83	2	11.5					2.5	1		22.1
DZ-005	77.5	1	14.5	3							31.5
DZ-006	70.9	0.3	15	8.5				4.4	0.9		43.3
DZ-007	62.4	0.3	13.4	10.3				4.3	1.8		33.3
DZ-008	67.8	0.3	11.7	13.2				4.3	2.7		53.2
DZ-009	66.2	0.3	10	15.6				1.2	3.7		53.2
DZ-010	64.7	0.3	8.3	11.9				4.2	6.6		63.2
DZ-011	63.1	0.3	6.7	20.2				4.2	5.5		63.1
DZ-012	61.5	0.3	5.0	22.6				1.2	6.1		73.1

•
•
•

(续表)

玻璃牌号	玻璃的主要化学成分 (质量%)											20~200℃范围内 的线膨胀系数 ($\alpha \times 10^{-7}$)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	PbO	CaO	MgO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O			
DZ-613	59.9	0.8	8.3	25				4.1	7.4			78.1
DZ-614	58.4	0.8	1.7	27.3				4	8.8			83
DZ-615	67.1	3.2	18.9		0.4	0.3	0.2	4.4	5.5			55.5
DZ-616	67.3	3	17.5		0.9	0.5	0.3	4.5	5.6			57.5
DZ-617	67.5	2.7	16		1.3	0.8	0.5	5.6	5.6			61.8
DZ-618	67.7	2.4	14.4		1.8	1.1	0.6	0.2	5.8			66.3
DZ-619	67.9	2.1	13		2.2	1.4	0.8	6.7	5.9			68.8
DZ-620	68	2.0	12.4		2.8	1.5	0.9	7	5.9			70.9
DZ-621	68.2	1.7	11.2		2.8	1.7	1	7.4	6			73.6
DZ-622	68.4	1.5	10		3.1	2.0	1.1	7.9	6			74.2
DZ-623	68.6	1.2	8.5		3.5	2.3	1.3	8.5	6.1			79.1
DZ-624	68.8	0.9	7		4	2.5	1.5	9.1	6.2			83.8

四、玻璃的物理性能

1. 玻璃的机械强度

玻璃材料的抗张强度与抗压强度基本相等,约 700 公斤/厘米²。而抗压强度比抗张强度大 15 倍左右,所以一般玻璃材料的强度只考虑它的抗张强度。玻璃的强度与玻璃表面的处理有密切联系。用不同处理方法不同的玻璃棒来进行,测试可得出如下数据:

表 1-4 几种玻璃棒断裂应力比较

几 种 玻 璃 棒	断 裂 应 力 (公 斤 / 厘 米 ²)
未经处理的棒	355
表面经喷砂处理的棒	110
经火焰退火处理的棒	17500

从以上数据来看,要保持玻璃的固有强度,必须使玻璃的表面和整个玻璃制品的表面不受损伤。

另外,根据实践证明,潮湿的玻璃要比已去除潮气的玻璃的强度弱 3~4 倍。在生产实践中,割断玻璃管时,就是利用这个原理进行的。在锉刀划过的伤痕处沾湿,容易使玻璃管割断。

玻璃制品在短时间内没有断裂,但在长时间张力作用下,可能要断裂,这就是玻璃的所谓“延迟断裂”。

“延迟断裂”的现象很重要,在装置成套仪器时应特别注意,例如在安装过程中,玻璃仪器的零件由于用夹子夹紧进行固定,因而会产生严重的应力,这个零件就可能在某个时间后断裂。在灯工玻璃仪器生产中,某些产品由于退火不够完

善,或两种不同膨胀系数玻璃的焊接,可能在一个长时间内还要断裂。另外对制造受压容器和真空器件时,一定要根据玻璃的长期负载的抗张强度来确定玻璃的壁厚,不然的话可能会引起“延迟断裂”造成生产事故。

此外,玻璃容器在使用过程中,其表面遭到化学试剂及原料的侵蚀,玻璃容器的机械强度就受到影响。如钠钙玻璃在长时间与大气中二氧化碳和水气相接触后,它的表面就会被风化,从而降低了机械强度。

在制造设计具有内压力的容器和真空器件时,长期负载的抗张强度应取70公斤/厘米²为宜,下面是计算无应力的硼硅酸盐玻璃管的允许最大内压力的经验公式:

$$P = \frac{2ES}{D}$$

式中: P ——允许使用最大压力(公斤/厘米²);

D ——玻璃管内径(毫米);

S ——玻璃管壁厚(毫米);

E ——长期负载的抗张强度(公斤/厘米²)。

为了方便起见,也可直接利用图1-1查出所需要数据。

2. 玻璃的热膨胀系数

所有的物体受热后都要膨胀。玻璃受热后膨胀的大小,一般用线膨胀系数和体膨胀系数来表示。体积膨胀系数约为线膨胀系数的三倍。线膨胀系数是指当物体温度升高1°C时,单位长度上所增加的长度。为了计算方便起见,一般在表示玻璃的膨胀系数时,都是指的线膨胀系数。

线膨胀系数表示方法为 $\alpha \times 10^{-7}$ 厘米/厘米·度,但一般都简写为 $\alpha \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 或 $\alpha \times 10^{-7}$ 。

例如GG-17玻璃的线膨胀系数为 32×10^{-7} ,其含义就

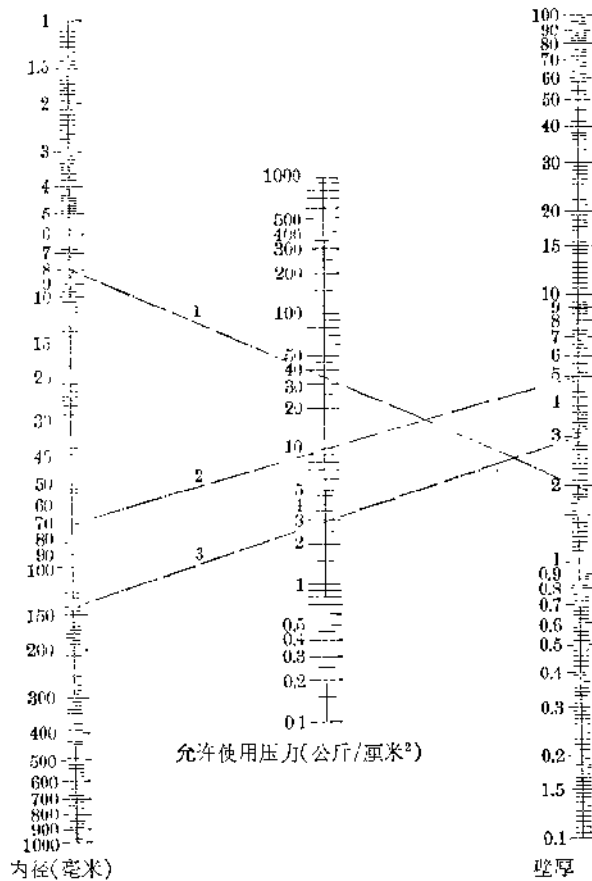


图 1-1 硼硅酸盐玻璃管允许使用压力图解

计算时也可参看图解:

$$\text{点划线 1: } P = \frac{140 \times 2}{8} = 35 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$\text{点划线 2: } P = \frac{140 \times 5}{70} = 10 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$\text{点划线 3: } P = \frac{140 \times 3}{140} = 3 \text{ 公斤/厘米}^2$$

是每厘米长的 GG-17 玻璃, 在温度升高 1°C 时, 长度增加 0.0000032 厘米。

玻璃的线膨胀系数对玻璃灯工来讲十分重要。例如两种不同玻璃的焊接, 金属与玻璃的封接, 蓝白线玻璃管的拉制等, 都要求这些材料有相同和极其接近的线膨胀系数。另外玻璃的线膨胀系数也是衡量玻璃热稳定性的重要数据。玻璃的线膨胀系数越小, 它的热稳定性就越高。热应力的产生与线膨胀系数成正比关系, 因此石英玻璃的热稳定性特别高。

3. 玻璃的热稳定性

玻璃受到急剧的温度变化而不破裂的性能称为玻璃的热稳定性。当玻璃试样(球样)全部加热时, 则热量就缓慢地传导到试样内层中去。试样的外层首先受热膨胀而产生压应力, 而内层则具有张应力。如试样在某一温度突然急速冷却, 则外层表面就要受到张应力。由于玻璃的抗压强度比抗张强度大得多, 因此试样在突然冷却时, 要比突然加热容易爆裂。试样在急速冷却或急速加热时产生应力的多少, 主要取决于玻璃的热膨胀系数, 因而也就决定于它的化学组成。其次还与玻璃的弹性系数和抗张强度等因素有关。

热稳定性的测量可按轻工部 QB515-66 标准规定的玻璃棒法或成品法的方法来试验。热稳定性好的耐热烧杯, 如用 GG-17 玻璃制造的烧杯, 在 1 毫米厚时, 急变温度达到 320°C 左右才会爆裂。如 1 毫米厚的钠钙玻璃烧杯, 耐热急变温度达到 120°C 左右就会爆裂。所以硬质玻璃是比软质玻璃能够经受较高的耐热急变的。标准厚度的硬质烧杯, 一般能耐 $240\sim 250^{\circ}\text{C}$ 的耐热急变而不爆裂。而厚壁玻璃的制品则在较低的温度急变时, 就要产生爆裂现象。

对于灯工来说, 最主要的是玻璃管是否能经受高温急变

问题。在加工时,玻璃管的内壁是不能直接加热的,因而玻璃管内部就要产生张应力,硬质玻璃管一般可以直接用煤氧火焰加工而不爆裂。但复杂的具有环状接头的仪器,在加工时要缓慢的加热,特别是软质玻璃,在加热时尤其要缓慢。而石英玻璃有很高的热稳定性,即使将烧红的小玻璃棒快速浸入冷水中也不会爆裂。

4. 热传导系数(热导率)

热传导系数是1秒钟内,当厚为1厘米,截面积为1平方厘米的板,表面温度为1°C时通过此板的热量数,单位为卡/厘米·秒·度。

一般硬质玻璃和软质玻璃的热传导系数约为0.0025,透明石英玻璃在0~500°C时,热传导系数为0.0025,在500~1000°C时,其数值为0.0035,而半透明的石英玻璃则为0.0033。

由于玻璃的热传导系数很小,所以它是良好的绝热材料。但这种性能在制造玻璃热交换器和冷凝管时却带来了很不利的因素,从而限制了它在工业上的应用,只是在化学腐蚀性特别强的工业部门才考虑使用。为了克服上述缺点,在设计和制造热交换器和冷凝管时,热交换层应尽可能薄,热交换的面积应尽可能的大,因此在工业上使用的玻璃热交换器大都是采用间距紧密的多层蛇形盘管结构。

5. 玻璃的粘度

粘度是玻璃熔体最主要的特性。在玻璃热加工过程中,有着极其重要的意义。玻璃的成型、吹制、退火等生产过程的控制,都取决于其粘度。粘度和温度有密切的关系,当温度升高时,粘度就随着温度的升高而下降。不同种类的玻璃,热加工时所需温度虽不相同,但它们各自对应粘度却是一样的,也

就是说硬质玻璃与软质玻璃在热加工及热处理过程中需要相同的粘度数值。一般规定玻璃的成型加工粘度为 $10^4 \sim 10^6$ 泊，软化粘度为 $10^{7.6}$ 泊，退火粘度为 $10^{13.4}$ 泊，应变温度的粘度为 $10^{14.6}$ 泊。图 1-2 中列出了 GG-17 玻璃与 5 号量器玻璃的温度及粘度关系的曲线。

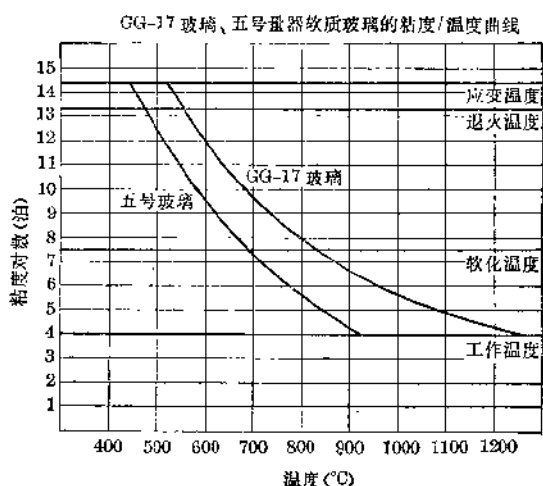


图 1-2 GG-17 玻璃与 5 号量器玻璃温度及粘度的关系

玻璃的粘度不但与温度有密切关系，还与玻璃的化学组成有关。一般，玻璃内 SiO_2 含量愈高，它的粘度也就愈高（例如石英玻璃、GG-17 玻璃）。氧化铝 (Al_2O_3) 的含量增加，也能使玻璃的粘度增加（例如高铝玻璃）。粘度高的玻璃通称为硬质玻璃。相反，玻璃内含碱性氧化物 (Na_2O , K_2O) 较多的，粘度就明显下降，一般称为软质玻璃。

另外，在温度变化时，某些玻璃的粘度变化很快，这种玻

璃在冷却时很快就硬化，一般称为“快凝玻璃”或“短性玻璃”。反之，则称为“慢凝玻璃”或“长性玻璃”。氧化钙(CaO)和氧化镁(MgO)能使玻璃趋向于短性，氧化钠(Na₂O)、氧化钾(K₂O)和氧化铅(PbO)则使玻璃趋于长性。

长性玻璃在较大的温度范围内能保持塑性，短性玻璃则不然，用过于短性的玻璃吹制制品时颇为困难，因为当产品离开火焰后很快就硬化了。例如在加工高铝玻璃和石英玻璃这类“快凝玻璃”时，制作的速度应尽可能迅速，并且各种操作过程应尽可能在不离开火焰时完成。

五、玻璃的化学性能

1. 化学稳定性

玻璃抵抗水、酸、碱、盐、气体以及大气中水气等的侵蚀作用的能力叫做玻璃的化学稳定性。玻璃的化学稳定性不但与其化学组成有关，而且和它的处理方法以及侵蚀条件有密切的关系。玻璃与上述介质接触，侵蚀主要是通过玻璃的表面进行的。当玻璃制品制成后，首先与大气中潮气相接触，产生了一系列的复杂的化学反应，这个过程叫做水解。水解时玻璃的表面形成一层极薄的薄膜，这层薄膜是具有防止继续与水气作用的保护层。但由于玻璃组成的不同，生成的薄膜的结构也不相同，因而它的抗水、抗酸、抗碱、抗盐的性能也不一样。一般含硅量高的玻璃，例如石英玻璃、GG-17玻璃与水接触后生成的薄膜很密，并且坚固，因而化学稳定性好。钠钙玻璃，由于碱性氧化物含量较高，与水接触后生成的薄膜不够致密，在潮气的长期作用下，形成的碱会变成结晶，使玻璃表面出现小斑点、变松和发毛等现象，这种过程称为“风化”。风化

而产生的厚透明薄膜在加热失去水分时会出现发皱现象，玻璃的表面就不透明了。

必须说明，除水以外，其他化学试剂与玻璃接触时，也能引起各种不同的薄膜结构。一般的酸类，如硫酸、硝酸和盐酸等对玻璃差不多不起作用。因为玻璃的薄膜不溶于这些酸。但氢氟酸对玻璃的腐蚀性很强。浓的碱液也会对玻璃起腐蚀作用，特别是在加热的情况下，腐蚀作用更为显著。另外，磷酸在 300~400°C 时对石英玻璃有轻微的腐蚀作用，而水磷酸却能侵蚀大多数玻璃的表面。

用于玻璃仪器生产的玻璃材料的化学稳定性，应按轻工部 QB518~519-66 规定的方法测定。几种常用的玻璃仪器材料抗化学性能的数据如下：

表 1-5 抗化学性能比较

牌 号	煮沸时玻璃损失的重量(毫克/100 厘米 ²)		消耗 0.01N HCl 量
	用 6.15N HCl 煮沸 3 小时 失重	用 Na ₂ CO ₃ 及 NaOH 混合液在 97.5°C 中煮沸 3 小时 失重	用 0.3~0.5 毫米玻璃颗粒在纯水中煮沸 1 小时
GG-17	0.16	120	0.019
2 号	0.33	90	0.01
5 号	0.5	60	0.55

表 1-5 中第一项是抗酸性能，第二项是抗碱性能，第三项是抗水性能。由表中数据可知，含硅量高的 GG-17，它的抗酸与抗水性能都比其他玻璃优越，而抗碱性能较差。五号玻璃含硅量最低，属于钠钙玻璃一类，它的抗酸与抗水性能最差，但抗碱性能较好。

2. 玻璃的表面失透及其处理方法

由前面所述知道,钠钙玻璃表面在水解时,生成的薄膜是疏松的,在长期潮气的侵蚀下,会发生失透现象。玻璃容器在长期使用后也会发生失透现象,这主要是由于玻璃中碱性氧化物的挥发,遗弃过量的硅的结晶,当在火焰中加热时,由玻璃表面水分的蒸发而造成的。

此外,钠钙玻璃在热加工时常常发现在加热部位的附近出现霜样的白圈,开始出现时可以揩掉,但长时间的加热会出现一圈乳白色的薄膜,这时揩不掉了,只能用加热到软化温度时才能消除。一般消除失透的方法有两种:

(1) 用稀释的氢氟酸清洗长期搁置的玻璃表面上多余的硅,然后在火焰上加工,就可以恢复象原来一样透明。

(2) 将浸上食盐水的石棉纸和玻璃同时放在火焰上加热,使食盐中的钠离子补充到玻璃表面上去,以恢复透明。这种方法叫盐渍法。有时将玻璃加热到高温时,可以消除失透。但加热次数不能太多,太多只能使玻璃失透加重。

玻璃在过高温度中反复加工,即使是 GG-17 玻璃,也会发生失透现象,而且这种失透是无法消除的,所以在加工过程中应尽量避免这种情况的发生。轻微的失透是不影响玻璃的质量。

3. 金属离子向玻璃的扩散

玻璃中钠离子在温度升高时,它的迁移能力是很强的。如将抽真空的玻璃球浸入熔融的硝酸钠中,用电子向球内轰击,就发生电解,球体的周围成为一个电极,金属钠则在球内出现。如将玻璃球浸入其他熔化的盐类中,则在无电场的情况下,则玻璃球中的钠离子就被盐类中的铜、银等离子所置换,而铜、银等离子也能扩散到玻璃中去。当钾在玻璃容器中蒸

缩时, 微量的铜或银可与玻璃中钠混合。这些钠是通过钾离子与玻璃中钠交换而来的。

根据金属铜、银离子能与玻璃中钠离子交换的特性(离子交换后铜在玻璃表面上呈现红色或铜宝石红色, 银在玻璃表面上呈黄色), 在制造玻璃容量仪器的不退色刻度方面, 得到了广泛的应用。关于此工艺详见本书第六章铜红扩散印刷方法。

六、常用的仪器玻璃介绍

灯工吹制用的玻璃材料品种很多, 大致可分为一般的软质玻璃(即钠钙玻璃)、耐热的硬质玻璃(即硼硅酸盐玻璃)及耐高温的石英玻璃三大类。对于玻璃仪器来说, 软质玻璃主要应用于刻度量器方面, 例如量筒、量杯、量瓶、吸管及滴定管等。耐热的硬质玻璃则应用于制造烧杯、烧瓶及结构复杂的玻璃仪器等。而石英玻璃只是在工作温度超过 500°C 以上的情况下才考虑使用。

灯工通常是根据其膨胀系数和退火温度来区别上述三类玻璃的, 也就是根据它们的物理性能来区别。软质玻璃的退火温度较低, 一般为 $450\sim 490^{\circ}\text{C}$ 左右, 膨胀系数较大, 一般为 $82\sim 98\times 10^{-7}$ 。硬质玻璃的退火温度较高, 一般为 $515\sim 590^{\circ}\text{C}$, 膨胀系数较小, 一般为 $30\sim 58\times 10^{-7}$ 。而石英玻璃的退火温度最高, 一般为 1135°C , 膨胀系数最小, 一般为 $5.3\sim 5.8\times 10^{-7}$ 左右。表 1-6 中列出了国内常用灯工玻璃主要物理性能以供参考。

表 1-6 国内常用灯工玻璃主要物理性能

性 能 种	应变温 度 (°C)	退火温 度 (°C)	软化温 度 (°C)	线膨胀系 数 $\times 10^{-7}$ (20~300°C)	热稳定 性 (°C)	比重
GG-17 玻璃	520	360	820	32	300	2.23
九五玻璃	480	335	750	39	230	2.28
2号玻璃	470	340	750	48	220	2.36
5号量器玻璃	430	460	698	93	120	2.39
"502" 滤器玻璃		515	720	53	130	2.4
八一注射玻璃	460	550	740	50	132	2.36
高铝玻璃	620	680	910	38	200	
棕色量器玻璃				90	130	

现将玻璃仪器吹制常用的材料介绍如下：

1. GG-17 玻璃

GG-17 玻璃是高硼硅酸盐玻璃的一种，是我国工人阶级在自力更生精神鼓舞下，在 60 年代试制成功的新品种，它的含硅量为 80.48% 左右。由于它具有低膨胀系数和极优良的物理化学性能，因此是制造复杂玻璃仪器、耐热烧器和大型化工设备较理想的玻璃材料。例如油扩散泵、烧瓶、烧杯、高温温度计及大型玻璃蒸馏塔等，都优先采用这种玻璃。这种玻璃如用 DW-211 玻璃过渡，可以与钨作很好的封接，因此它是制造玻璃激光管等真空器件的良好材料。它的物理及电性能见表 1-7、1-8。

2. 九五玻璃

九五玻璃是高硼硅酸盐玻璃的一种，是我国五十年代的产品。它的含硅量为 78.4% 左右。它具有良好的物理化学性

表 1-7 GG-17 玻璃物理性能

含硅量	89.48%	比重	2.23
应变温度 ($10^{14.5}$ 泊时)	520℃	比热	0.211 卡/克·℃
退火温度 ($10^{13.5}$ 泊时)	560℃	导热率	0.0028卡/厘米·秒·℃
软化温度 (10^7 泊时)	820℃	折射系数	1.47
加工温度 (10^4 泊时)	1200℃	透光率 (2mm厚玻璃)	92%
线热膨胀系数 (20~300℃)	32×10^{-7}	杨氏模数	6900 公斤/毫米 ²
抗张强度	12~16公斤/厘米 ²		

表 1-8 电 性 能

损失角正切值(25℃, 10^{10} 周/秒)	0.0085
介电常数(20℃, 1MHz)	5.1
功率因数(20℃, 1MHz)	0.5
功耗因数(20℃, 1MHz)	2.6
体积电阻系数(25℃)	10^{12} 欧姆/厘米
表面电阻系数(相对湿度为50%)	10^{13} 欧姆/厘米 ²

能,热稳定性也很好,是目前应用较广泛的一种优质玻璃,常用它制造真空玻璃仪器等。目前市场供应的油扩散泵、高真空活塞,以及其他真空仪器等都是由这种材料制造的。

3. 八一玻璃

八一玻璃是制造注射器用的一种硼硅中性玻璃。它的含

硅量为 74.5% 左右。它具有良好的灯工加工性能。由于该玻璃比较容易熔制,所以应用方面较为广泛。

4. 5 号量器玻璃

5 号量器玻璃是一种钠钙无硼玻璃,含硅量为 71% 左右,化学稳定性良好,特别是耐碱性能较其他玻璃优越,是制造玻璃量器的好材料。目前生产的滴定管、吸管、移液吸管产品大都采用此玻璃制造。由于该玻璃不含硼,而且膨胀系数大(约为 98×10^{-7}),因此灯工加工性能较差。在火焰上熔烧时间过长,容易出现失透现象,故不能用这种玻璃制造复杂的玻璃仪器。它的膨胀系数与铂相接近,因此,能与铂及杜美丝作良好的封接。

七、金属封接用玻璃介绍

金属封接用的玻璃,根据它与不同金属的封接要求,基本上分为三组,即 DW 系列钨组玻璃,DM 系列钼组玻璃及 DB 系列铂组玻璃。详细的技术数据如表 1-2 中所示,现分别简介如下:

1. DW 系列钨组玻璃

钨组玻璃的热稳定性能很高,绝缘性良好,软化点高,介质损耗角正切值小,并且在温度上升时正切值增加很慢,因此此类玻璃广泛用作制造温度高、频率高及电压高的电真空器件。该组中 DW-216 玻璃多用以制作超高频电子管及大功率发讯管的玻璃壳,也适用吹制玻璃仪器。由于该玻璃内含 PbO 量达 6%,因此在熔烧时很容易引起铅的还原而发黑。DW-211 玻璃电性能与 DW-216 玻璃基本相似,但容易与钨封接,封接处透明,不易生成溶于水的碱金属钨酸盐,因而有代

替 DW-216 玻璃的趋势。用 DW-211 玻璃作为与钨封接的过渡材料,在玻璃仪器工业上得到了广泛的应用。

2. DM 系列钼组玻璃

钼组玻璃的特点是 SiO_2 和 B_2O_3 的含量高 (约占 85~90%),碱性氧化物较少,不含碱金属氧化物 CaO 及 MgO ,也不含 PbO ,是属于硼硅酸盐玻璃一类。其特点为热稳定性高,绝缘性能良好,软化温度较高,膨胀系数小,适合与钼,4J29 铁镍钴合金(即可伐合金)等金属相封接。

钼组玻璃在玻璃吹制中应用很广,常用以制造各种玻璃仪器,在电真空器件制造工业上,主要用在热及电负载较高的制品上,如发讯电子管等。

其中 DM-305 玻璃绝缘性及热稳定性均高,真空性能良好,但化学稳定性不及 DM-346 玻璃,较容易产生风化,它可以很好的与钼相封接。DM-308 玻璃成分与 DM-305 相接近,绝缘性、热稳定性均高,软化点较低。化学稳定性比 DM-305 差,比 DM-306 玻璃更差。但是它可以与 4J29 铁镍钴合金(可伐合金)作极好的封接,两者的膨胀系数曲线几乎重合。

DM-346 玻璃是钼组玻璃中化学稳定性最好的一种。其真空性能与表面绝缘性都很好,体绝缘性也不差,热稳定性较好。此种玻璃广泛地用以制造高压电子器件,充气管、伦琴射线管等。

3. DB 系列铂组玻璃

铂组玻璃可与铂、杜美丝等金属相封接,膨胀系数为 $82\sim 93\times 10^{-7}$ 。主要用途是制造一般照明灯的玻璃壳及芯柱等。铂组玻璃品种较多,应用非常广泛。它的主要特点是大部分玻璃内不含 B_2O_3 ,因而价格低。另一特点是该组的半数玻璃

品种都含有 PbO。特别是 DB-404 玻璃含 PbO 量达 30%，因而称为铅玻璃。含 PbO 的玻璃性软而长，绝缘性能良好，故广泛用作电子器件的芯柱等。缺点是成本较高，在加工时易于还原而形成金属铅。

含 PbO 量多的玻璃在加工时，必需应用过氧火焰，也就是说，火焰中氧气要过量，不然就可能使玻璃中氧化铅还原而使玻璃表面发黑。通常已发黑的表面可用温度很高的氧化火焰重新加热来消除。但当焊接使用于真空器件上时，接头处必须十分小心，在焊接开始时不能使用已发黑的玻璃管端面来进行对接。如果焊接的玻璃管端面已经有铅还原，则该管在封接时，肯定会招致漏气的危险，并且无法用重新加热的方法加以消除发黑后环形痕迹。也就是说，消除不了漏气的危险。

八、特种玻璃介绍

1. 递级封接玻璃

由于实验工作的需要，有时要求石英玻璃与钨钼等金属，石英玻璃与 GG-17 玻璃以及 GG-17 玻璃与软质玻璃直接相封接。但由于上述材料的膨胀系数相差太大，在封接后会产生严重应力而导致碎裂，因此需要采用几种膨胀系数不同的中间玻璃（其膨胀系数差不大于 10×10^{-7} ）作递级封接，有关部门在 1973 年制定了一系列过渡封接玻璃材料的标准，如表 1-3 中所示。关于递级封接的方法可参见本书第九章。

2. 高铝玻璃

高铝玻璃由于含铝成分较高而得名。它的应变温度在 625°C 以上，被广泛应用于制造测量温度高达 625°C 的高温

玻璃温度计中。该玻璃呈微青黄色,软化温度较高,但熔化温度较低,约 1480~1500°C。这种性能在灯工加工时较难掌握,特别是当温度达到软化点左右时,透明度消失,因而利用高铝玻璃制造复杂的玻璃制品是较困难的。在玻璃仪器生产方面,主要是应用它的很高的软化点。例如温度要求在 650°C 以下不变形的真空炉燃烧管和微量化学分析用的燃烧管,此时如采用石英玻璃则加工困难,价格较贵,如采用 GG-17 玻璃和九五玻璃则又不能解决变形的问题。

在灯工加工时,由于高铝玻璃的应变点高于 GG-17 玻璃,如利用一般的退火炉进行退火,退火炉温度应能达到 750°C 左右,并且不能与其他硬质玻璃制品一起退火。

3. 石英玻璃

石英玻璃基本上分为两大类,一类是用天然纯净的脉石英或石英砂经过高温熔炼而制成的半透明和不透明的“熔融石英”。另一类是用天然无色透明而又纯净的水晶经过高温熔炼而制成的透明“石英玻璃”。前者主要应用于制造化学工业、冶金工业等部门所需的耐腐蚀和耐高温的化工设备,后者是灯工制造玻璃仪器的石英玻璃。

石英玻璃的纯度要求是很高的,它的含硅量在 99.95% 以上。在一般情况下只含有极少量的气泡,因而具有相当高的光学均匀性和透明度。它的热膨胀系数很小,仅为普通软玻璃的二十分之一,为 GG-17 玻璃的五分之一。这些因素使得石英玻璃具有其他玻璃所没有的一系列可贵的物理化学性能。在电真空技术中,主要利用它的软化温度和介电强度,小的介电损耗,良好的机械性能,极高的耐热急变,在高温时的绝缘性能以及能透过紫外线等的性质。而在玻璃仪器工业中,则是利用它的很高的纯度,以及它的极其优良的化学稳定

性和热稳定性。

耐酸性能好是石英玻璃的突出优点,除氢氟酸、磷酸和碱溶液外,任何浓度的有机酸和无机酸甚至在高温下,对它的腐蚀都是极其微小的。氢氟酸在室温时,即能腐蚀石英玻璃。磷酸在 150°C 以上时,对它有腐蚀作用。碱液在常温时,对石英玻璃的腐蚀很慢,但当温度升高时,腐蚀就明显的加快。因此用石英玻璃制成的仪器在强碱介质中使用是不适当的。另外还须知道,氢氟酸对石英玻璃的腐蚀比起对其他种类玻璃的腐蚀要弱得多。因此在石英玻璃仪器表面想得到满意的刻度线条是很困难的。

在高温时,石英玻璃容易被碳还原,氢和一氧化碳都能使石英玻璃还原成自由的硅而蒸发到周围空间去。在温度低于 1350°C 时,又重新变成二氧化硅,呈白雾状态。当温度继续升高到加工温度(约 1800~2000°C)时,石英玻璃的蒸发速度加快,从而引起了玻璃的失重。在灯工加工复杂的石英玻璃制品时,应考虑它的气化损失和工作室中二氧化硅蒸发的排出。

石英玻璃在适当温度下,除了容易被碳、氢还原外,还会发生析晶而失透的现象。所谓析晶就是石英玻璃约在 1000~1600°C 温度之间,转换成结晶状的白硅石。在使用和加工时应尽量避免长时间处在上述温度范围内。另外,石英玻璃内部和外部的杂质还会引起失透过程的加速。这就要求在整个生产过程中,如玻璃表面的清洁,气体燃料及氧气的过滤,以及使用的灯头和工具都有很高的要求。

在加工石英玻璃时,一般都采用氢氧火焰,加工温度约为 1800~2000°C。虽然在 1650°C 温度时,石英玻璃已明显软化,这说明是可以勉强用煤-氧火焰加工,但煤-氧火焰中含碳

较多,容易引起它的还原而降低质量。

根据有关技术标准规定,用于制造石英玻璃仪器的材料分为电熔透明石英玻璃管和气炼法熔制的透明石英玻璃管两类。前者杂质元素的总含量不大于6.05%,直径范围是5~150毫米。后者杂质元素的总含量不超过0.03%,直径范围为20~150毫米。如果使用要求不太高时,应尽量采用成本较低的电熔透明石英玻璃管。在该标准中还规定了一部分常用石英玻璃仪器的详细规格和技术要求,以便生产时统一规格。

现将石英玻璃的一般物理化学性能及其他的一些数据分别列表如下:

表 1-9 物理性能

含 硅 量	99.95%	膨 胀 系 数	5.5×10^{-7}
退 火 温 度	1185℃	比 重	2.2
软 化 温 度	1650℃	抗 张 强 度	600 公斤/厘米 ²
熔 融 温 度	1713℃	抗 压 强 度	6500 公斤/厘米 ²
加 工 温 度	1800~2000℃	弹 性 系 数	7000 公斤/厘米 ²
气 化 温 度	2230℃	吸 收 度	4.9

表 1-10 电 性 能

电 导 率	10^{-18} 欧姆 ⁻¹ ·厘米 ⁻¹
击 穿 电 压 强 度	(在20℃时) 43千伏/毫米
介 电 损 耗	0.0006
介 电 常 数	(当频率为 2×10^6 Hz 时)4.3

表 1-11 紫外线透过率(在 10 毫米厚时)

皮 长	透 过 率
306.5	93.5%
251	63.6%
207	46.5%

表 1-12 石英玻璃制品对浓酸、热碱液及盐类溶液的失重

试 剂 名 称	处理时间(小时)	处理温度(℃)	失重(克/米 ²)
H ₂ SO ₄ (比重1.81)	21	205	0.06
HNO ₃ (比重1.4)	21	115	0.11
HCl(比重1.19)	21	66	0.14
NaOH(1%)	2	101	1.66
KOH(1%)	2	98	0.68
NH ₄ OH(25%)	2	65	0.09
NaCl(10%)	2	102	0.14
CaCl ₂ (20%)	2	103	0.06
Na ₂ CO ₃ (10%)	2	102	1.20
CuSO ₄ (10%)	21	102	0.29

第二章 玻璃仪器吹制的基本知识

玻璃仪器的吹制工作,是以玻璃管为材料,使用火焰热加工成型为基本手段。所以灯工操作者必然要接触到诸如火焰与喷灯、操作安全知识、工具及其使用等问题。我们从事灯工操作的同志都应首先了解一些基本概念,才有利于操作。

本章主要介绍玻璃仪器吹制的基本知识,以供同志们参考。

一、火 焰

灯工火焰使用的燃料大体上可分气态燃料(煤气、石油废气、天然气等)和液态燃料(煤油、汽油、酒精等)两大类。前者在使用上有输送便利、调节方便、燃烧缺陷小(无烟、气、灰)等优点,是灯工火焰的主要燃料。

1. 煤气的一般知识

煤气一般都是含有可燃成分的混合气体。按其生产的方式不同又可分为两类,即天然气(气井气、矿井气、石油伴生气)和人工煤气(城市煤气、发生炉煤气、液化石油气等)。

煤气的种类虽多,但只是所含成分比例不同而已。其中包含可燃的成分有:氢气(H_2)、一氧化碳(CO)、甲烷(CH_4)、丙烷(C_3H_8)、丁烷(C_4H_{10})、硫化氢(H_2S)和其他重烃类。煤气也不可避免地含有不燃成分,如氮气(N_2)、二氧化碳(CO_2)、水气(H_2O)等。而氧气是助燃成分。

1米³煤气的重量与1米³空气量的比值叫煤气的比重。

1米³煤气完全燃烧时放出的热量，称为煤气的热值。热值的单位用千卡/米³表示（一千卡为在一个大气压下使一千克纯水升高1°C所需的热量）。

将煤气按其完全燃烧所需的空气量混合后通入一两头通的管子中，点燃时火焰会以一定的速度传至另一端。这个速度称为火焰传播速度（也称火焰的扩散速度）。纯氢的火焰传播速度最大。

煤气的燃烧必须达到一定的温度，这个最起码的温度称为最低着火温度。一般煤气的着火温度在580~750°C之间，氢气的着火温度最低。

煤气按理论上所需的空气量配合完全燃烧时，在绝热的条件下，所能达到的温度是理论燃烧温度。但在实际使用中的燃烧温度比它低得多，因为一部分热量扩散到空间或传导给被加热的物件了。

我们在煤气火焰的实际使用中，因燃烧的条件不同，所获得的热效应也就不同。我们所关心的是如何提高火焰温度。例如灯工喷灯火焰在一般情况下燃烧时，只有一小部分热量被用来加热玻璃管，而大部分热量均扩散到空间损失掉。而在圆口炉内，喷灯火焰从一孔穴喷射进去，这时热量聚集在炉体内，炉体耐火材料被火焰加热后，又辐射出大量的红外线，这时火焰的燃烧温度就大大提高了。所以煤气的热值可为我们一般灯工使用时所忽略。只是在根据被加工的不同材料而选择火焰时，以及各种喷灯和红外线炉等的设计时，应考虑煤气的上述性质。

大家知道，火焰的燃烧是一个在一定条件下氧化反应的过程。可燃的成分在足够的温度条件下与氧化合反应，释放

出大量的热，当连续氧化以至着火时就是燃烧。氧化得愈激烈，燃烧得愈充分，也就是相对地提高了燃烧温度。所以增加氧气的掺合量可以获得很高的火焰温度。

2. 喷灯火焰的构造

煤气经通道至喷灯出口处，被加热到着火温度时(一般用火种点燃)，即与空气中的氧化合燃烧。此时火焰呈黄色，为还原性火焰。因混合的氧气量不足，一小部分甲烷及重烃类未能充分燃烧而化为黑烟散失(城市煤气一般无烟)，这种火焰的温度较低，一般只能达到600°C左右，见图2-1(1)。这种火焰一旦通过喷灯的灯芯加入压缩空气或纯氧，即成氧化性火焰，形成三个锥状部分，见图2-1(2)。第1区域是煤气未燃部分，大量压缩空气由灯芯孔喷射出，这部分温度很低，是暗黑色，煤气不能达到着火温度。第2区域是煤气还原部分，温度随之增高。第3区域是完全氧化区域，火焰是浅蓝色。实

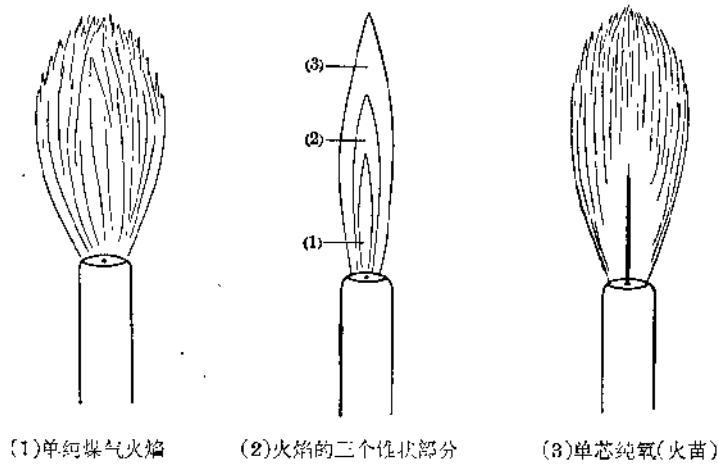


图2-1 煤气火焰的构造

实践证明,第2和第3区域交界处的温度最高。

氧化性火焰燃烧完全,煤气的少量黑烟也即消失。

在通常的情况下,火焰温度决定于火焰的氧化程度。如果在氧化性火焰中再加入适量的纯氧,则火焰温度可达 1700°C 以上。火焰的温度随着氧量的增减而变化。煤氧火焰温度的分布情况见图2-2(煤氧火焰温度最高可达 1950°C 左右)。

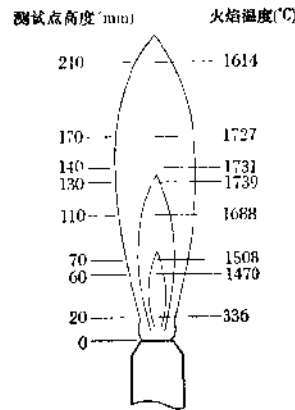


图2-2 煤氧火焰温度的分布

- 测试条件: 1. 城市煤气(压力65毫米水柱);
2. 敞开式喷灯,灯芯孔径1.2毫米;
3. 纯氧压力4公斤/厘米²。

图所注之温度是按上述条件于常温下(煤气和氧气的阀门都开足),用铂铑热电偶测得。

若将煤气量减小(氧量不变),则温度最高可达 1950°C 左右。

(以上所注明的各种火焰温度,均系参考数。)

3. 火焰的选择

煤气火焰的性能与喷灯结构有着密切的关系,因此人们

可以通过喷灯结构的改革来获得各种性能的火焰。灯工操作者必须熟练地灵活运用,正确地选择和使用火焰,以利于操作和达到提高产质量的目的。

一般喷灯火焰是煤气-空气-氧气经通道在喷灯出口处混合燃烧,这类火焰是非预混火焰。

非预混火焰,三气混合燃烧时,特别是加入大量纯氧时会产生强烈的刺耳噪音,但因其火焰大小可任意方便地调节,喷灯结构简单,吹制操作易于掌握,所以被广泛地采用。

在一般喷灯火焰中,又有下列各种不同火焰性能及其使用范围:

(1) 单纯煤气火焰(还原性),俗称“文火”,见图 2-1(1)。单纯煤气火焰粗大,散热面广,温度较低,这种火焰不能使玻璃管软化,所以在操作时,往往被用来对制品进行预热和退火。

(2) 煤气-空气火焰,适合软质玻璃和普通硬质玻璃的各种操作,以及退火。由于这种火焰的温度不高,因而玻璃管熔融速度较慢。

(3) 煤气-空气-氧气火焰,因能达到较高的火焰温度,适宜加工硬质和特硬玻璃。这种火焰使用范围很广。

(4) 单孔纯氧火焰,俗称“火苗”,见图 2-1(3)。当喷灯煤气点燃后,加入少量纯氧,这时火焰中间形成一条尖细的白色纯氧火苗,温度极高,在加工复杂多接头制品时,周围火焰可保护其他接头,避免冷却而爆裂。并适宜对大的夹层环形接头进行逐段封接。使用这种火焰,灯芯需用金属或石英玻璃制作,一般玻璃制作的灯芯,出口孔容易烧熔眯合。

(5) 多孔纯氧火焰,这种火焰纯氧通过多孔排出,因而燃烧面积大,无噪音,适合特硬质玻璃管的大面积熔融。

由于火焰存在着还原性和氧化性，在使用中有时应注意选择。例如加工含铅量多的铅玻璃时，由于还原性火焰易使玻璃表面一部分氧化铅还原发黑，所以必须选用氧化性火焰来避免上述缺点。金属与玻璃封接前，需使金属表面产生一层氧化层与玻璃成分融合，才能避免漏气，因此也必须使用氧化性火焰。一般玻璃仪器的加工则可不考虑。

在加工软质玻璃时，切不可使用纯氧火苗及强烈氧化火焰。否则不仅会使制品产生严重的应力，同时也会给操作带来困难。由于软质玻璃中含有一定量的砷(As)，即砷霜(玻璃熔炼时作澄清剂)，当灯工使用温度极高的纯氧火焰加工时，就会析放出有毒气体，污染操作环境，危害灯工的健康，同时也使玻璃发黑，影响产品质量。

在加工石英玻璃或者特硬料(GG-17)的大型厚壁产品，例如大型玻璃塔节和法兰管道等时，要求火焰具有很高的温度，也可使用氢氧火焰。

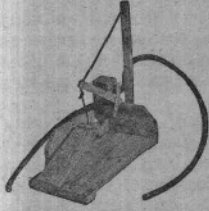
由于火焰中各部位的温度分布不同，所以在熔烧玻璃管的过程中，不论火焰的强弱和大小，玻璃管的熔烧部位一般均需放在火焰温度最高处的火力点上。即火焰的第二、第三区域的交界处，这不仅可加快玻璃管的熔融，而且容易使玻璃管加热均匀。

4. 火焰的调节

火焰的大小是通过煤气、压缩空气和氧气的调节来实现的。煤气有两种调节方法，一种是手动开关调节，另一种是脚踏开关调节。脚踏开关的优点是有利于两手持玻璃管操作，使调节更加方便。脚踏开关如图 2-3 所示。

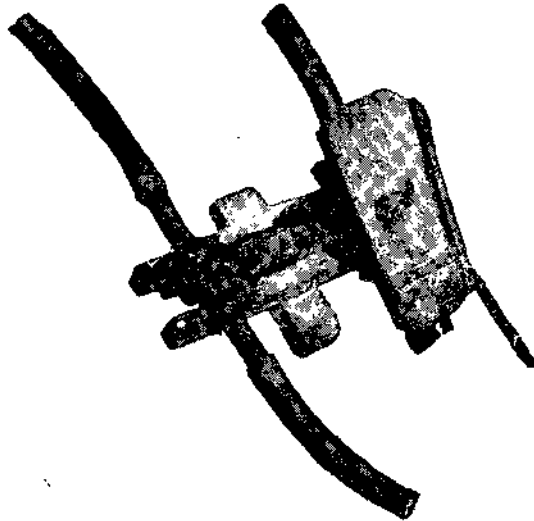


(1)



(2)

图 2-3 脚踏开关(甲)



(B)

图 2-3 脚踏开关(乙)

城市煤气一般压力较低(约 10 厘米水柱),所以开关孔径最好在 10 毫米以上,以提高煤气流量。方孔的铜质阀门较为理想,见图 2-4。压缩空气也可以用脚踏开关来控制。氧气则采用针形阀用手控制。

煤气中含有一定的水气,水气会凝结成水而聚集在管道网中,妨碍煤气的畅通,有时会使煤气火焰忽大忽小,影响操作。为了使煤气火焰稳定,保证正常生产,所以煤气管道网中应定期拍水和放水。

压缩空气是通过储气罐来稳压,储气罐的容量大小需根据灯头多少和气体使用量而定。

穿堂风也会影响火焰的稳定,在筹建灯工车间时应考虑

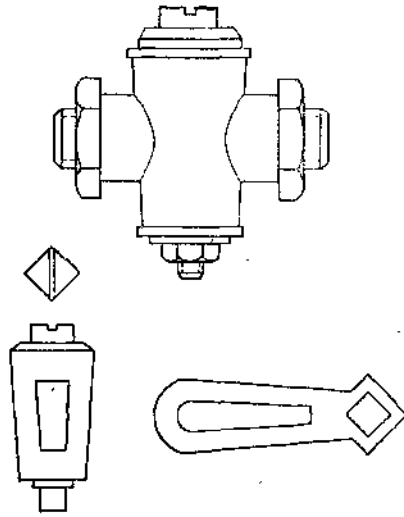


图 2-4 铜质煤气阀门

到这一点。

火焰调节的大或者小,决定于玻璃的性质、玻璃管壁的厚薄和玻璃管直径的大小。火焰的大小、强弱,玻璃管在火焰中熔烧的部位和角度都要视具体情况灵活掌握。由于各个灯工的操作习惯和方法不一样,因此没有具体的统一的规定。不过通过实践也摸到了一些规律性。归纳起来大致有如下几点:

(1) 加工硬质玻璃火焰温度要高,加工软质玻璃则温度要求低些。火焰温度的高低,决定于压缩空气和纯氧的掺含量。

(2) 玻璃管熔融的面积约等于火焰的宽度(火焰长则宽度大,反之则小)。

(3) 拉丝、封底、对接、吹球、环形封接等操作,一般火焰

的宽度应大于玻璃管的直径。

(4) 制作直角弯管,火焰宽度约 1.5 倍于玻璃管直径。制作 U 形弯管的火焰宽度不小于 U 形间距。火焰宽度不够时,用小火砖火扁火焰,以增加宽度。也可移动玻璃管而获得需要的熔融面积。

(5) 玻璃管前端口欲比后面烧得焊时,则玻璃管尾端要高于口端,加大玻璃管与火焰相交的角度。

(6) 工件的预热及退火,火焰必须大于熔融面积。也可移动工作来达到。预热的火焰温度需逐步提高,退火的火焰温度要逐步降低。

以上各点的运用,在第四章中将详细讨论。

二、喷 灯

煤气喷灯是灯工操作的基本工具。喷灯结构的好坏直接影响火焰的性能。目前常用的有下列数种:

1. 单芯喷灯

图 2-5 是一种最简单的煤气喷灯。这种喷灯制作方便,外层通煤气,中间芯子通压缩空气或纯氧(需另制一只玻璃灯芯,插于灯芯孔内),见图 2-5(2)。气体的流量可通过另外安装的开关来调节。

图 2-6 所示之喷灯,是目前被普遍采用的一种。以黄铜制造。它的工作原理与图 2-5 所示的煤气喷灯相同。由于在结构上进行了改进,三气开关均与喷灯连成一体,灯芯的孔径可根据需要任意调换。一般常用的灯芯孔径为 1 毫米、1.2 毫米、1.5 毫米三种。煤气管外层加套管,使出口处收小,以利三气在出口处混合燃烧。喷灯支杆末端有一圆球,紧嵌于

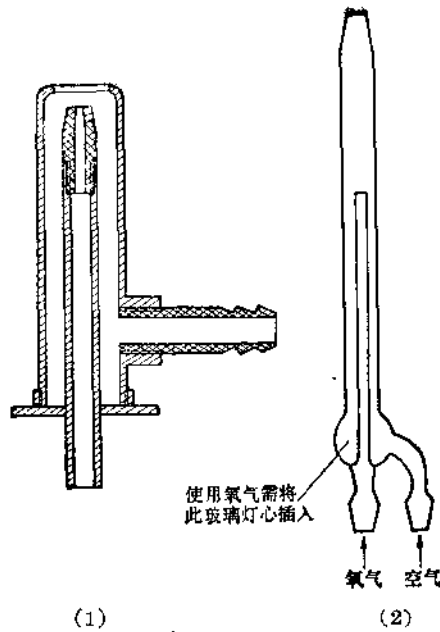


图 2-5 简易煤气喷灯

底座中,松紧可通过紧固螺栓调节,它可以使喷灯任意改变方向,便于操作。另外,喷灯均向前方倾斜,这样可减少火焰对人体的辐射热。

若喷灯使用太久,灯芯出口处金属被氧化,会使孔径不圆或不光洁。气体流受阻散射,就会导致火焰歪斜而不集中,小火焰也不能尖细。这时,可用火柴梗削尖端在孔上转动几下,可继续使用。如果仍不够理想,可旋下灯芯,用图 2-23(1)磨尖了的钨钢针从灯芯后端插入,旋转几下即可用。从出口处插入,需轻微转动,切忌挫伤灯芯内壁。在制造喷灯时,需注意灯芯出口处孔径的圆正、光洁。这是喷灯质量好坏的关键。

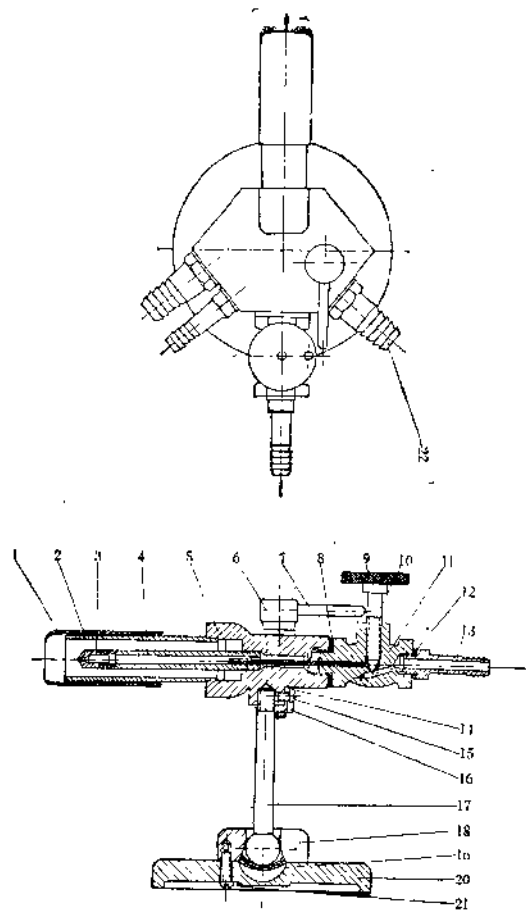


图 2-6 常用的单芯喷灯

- 1—调节管； 2—出气管； 3—喷嘴； 4—喷管； 5—四通阀；
 6—开关； 7—万向阀； 8—垫圈； 9—转手； 10—阀杆；
 11—阀体； 12—垫圈； 13—接头； 14—垫圈； 15—半圆头螺
 钉； 16—银帽； 17—立柱； 18—压圈； 19—垫圈； 20—底
 板； 21—半圆头螺钉； 22—接头

2. 多孔煤氧喷灯

这是一种比较先进的喷灯，见图 2-7(1)。其主要优点是噪音小，火焰温度高，燃烧面大。

喷灯火焰的噪音，对灯工的身体健康有很大影响。我们从事多年灯工操作的同志，即使不在工作时间，两耳也常有轰鸣之感，这就是长期受噪音影响的结果。所以如何消灭灯工噪音，改善劳动条件，保护工人身体健康，是我们必须尽快解决的问题。

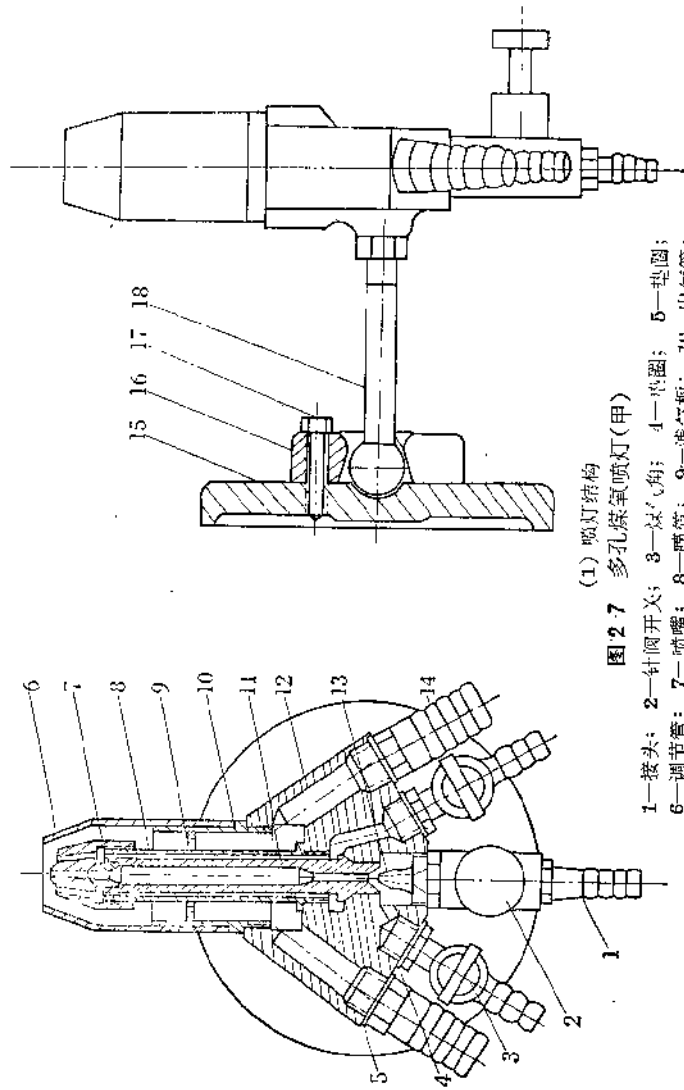
喷灯火焰的噪音，与高速气流（压缩空气和纯氧）有关。由于高速气流的作用，引起了煤气火焰的紊流振动，因此就产生噪音。当灯芯出口处的气流速度大于燃烧速度时，会发生火焰与灯芯脱开的现象。

多孔煤氧喷灯，即可克服上述缺点。其原因是：当中心孔氧气流速超过与煤气火焰的氧化反应速度时，则周围孔流出的氧气迅速维持和促进了火焰根部的氧化反应，使火焰与灯芯不产生脱开现象，所以也就不会产生紊流振动，从而达到消灭噪音的目的。

有时我们特地减少周围孔的氧气流量而加大中心孔的氧气流量，以提高火焰的冲力，来适应操作的需要。如飞口、扩孔等，这时火焰只会发生轻微的“吱吱”声，见图 2-7(2)。只有在需要一定冲力的微小火焰时，才关掉周围孔的氧气，加入少量的压缩空气，此时噪音不大。

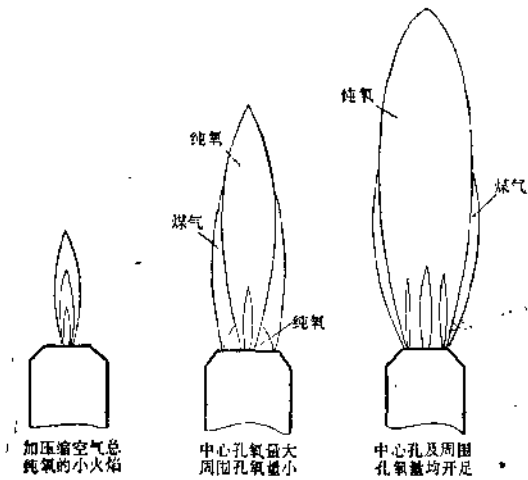
这种喷灯在加工特硬质玻璃管，如 GG-17、九五料等时，可充分显示出它的优越性。吹制玻璃管的最大直径可达 100 毫米。

多孔煤氧火焰一般在初用时可能不大习惯，这主要的是不容易熟练地调节成恰当的火焰和掌握火焰的性能。由于



(1) 喷灯结构
图 2 7 多孔氧氧喷灯(甲)

- 1—接头; 2—针阀开关; 3—煤气管; 4—枪圈; 5—垫圈;
- 6—调节管; 7—喷嘴; 8—喷嘴; 9—滤气板; 10—出气管;
- 11—混合室; 12—枪圈; 13—出氧管; 14 接头; 15—底
- 板; 16—压圈; 17—螺钉; 18—立柱



(2) 火焰调节情况

图 2-7 多孔煤氧喷灯(乙)

火焰温度高,玻璃管熔融速度快,相对地要求灯工的操作也要迅速准确。

3. 玻璃车床交射喷灯

单只交射喷灯的结构如图 2-8 所示。6 只或 10 只一组(加工粗大的玻璃仪器时,则要多些),如图 2-9 所示。在车床拖板上两对面各安装一组,火焰间距可通过车床拖板纵向调节。在加工粗大厚壁的产品,如玻璃塔节或法兰管道等化工设备时,也常采用多孔喷灯,其目的是加大燃烧面积。车床喷灯均使用煤氧火焰,不用压缩空气。

另一种电子管封泡机床,交射喷灯均可单只调节角度与调节整个火焰的高低,使用方便,但调节范围较小,见图 2-10。

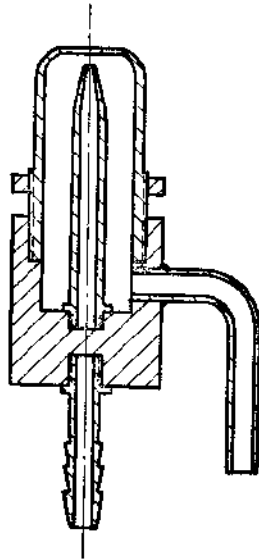


图 2-8 单只交射喷灯结构



图 2-9 多只交射喷灯

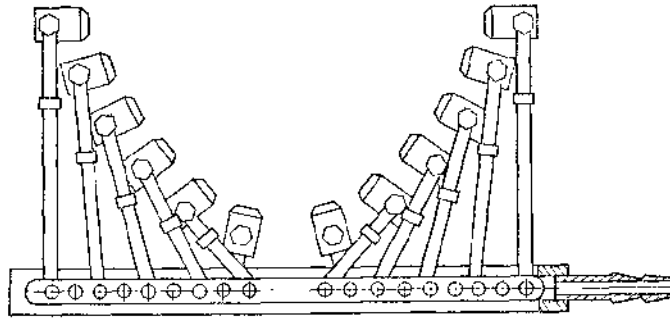


图 2-10 可调喷射喷灯

4. 手持喷灯

手喷灯(见图 2-11)不固定在工作台上,以手持操作,所以叫手喷灯。使用时,可用橡皮管接通煤氧,自由移动,适用于真空系统的封接和大部件的局部封接等。这种喷灯可用金属或特硬质玻璃制作。

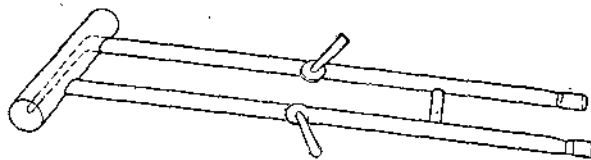


图 2-11 单孔手喷灯

玻璃焊接车床也必须配置手持喷灯,用于支管焊接及退火等。在加工大部件或厚壁制品时,手持喷灯也采用多孔结构,见图 2-12。

5. 宽焰喷灯

在加工管径粗大的(80~100毫米)直角弯管及U形管时,必须要有较宽的加热火焰,所以常采用宽焰喷灯来操作。

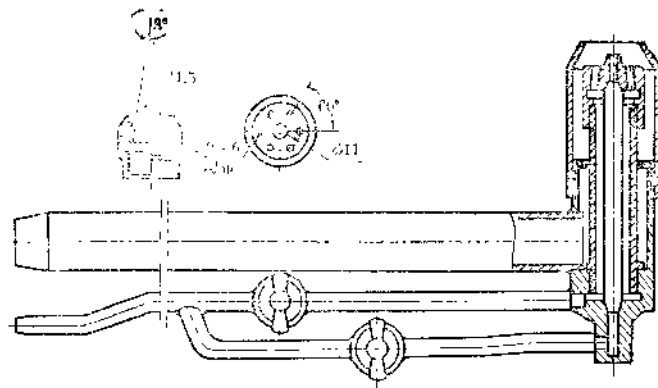


图 2-12 多孔手喷灯

图 2-13 是一种金属宽焰喷灯,使用煤氧火焰。芯管是在一个平面上钻成许多交叉的细密小孔,孔距不大于 10 毫米,否则,熔烧玻璃管时不易取得均匀的加热面。火焰的宽度取决于喷

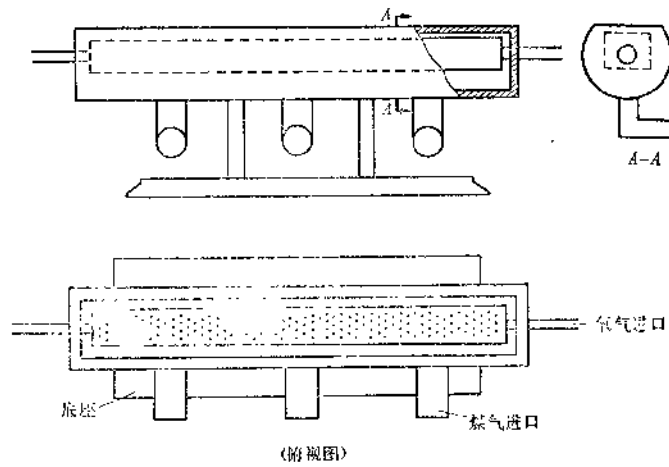


图 2-13 宽焰喷灯

灯开口的长度。

图 2-14 是另一种形式的宽焰喷灯,是用单只喷灯组装而成的。

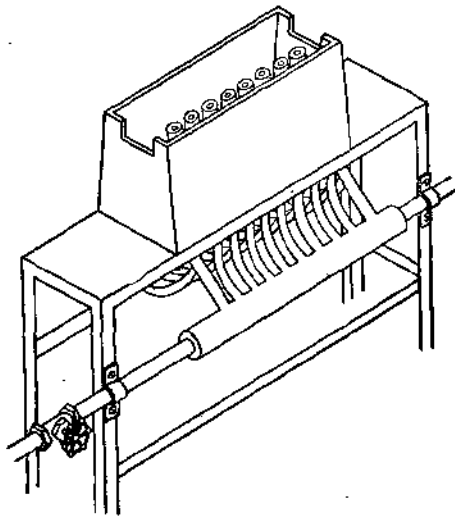


图 2-14 组装宽焰喷灯

6. 预混火焰喷灯

所谓预混火焰就是通过管道或者混合器预先将煤气-空气,或者煤气-氧气按一定比例预先混合后,再在大气中燃烧而产生的火焰。所以,这种火焰燃烧较完全而充分,避免了气体的紊流振动,没有噪音。但这种火焰由于受到气体比的限制而不能任意调节,这样就给使用带来了一定的局限性,多数使用于火焰大小固定的工序中。

(1) 管道混合,气体通过管道进行混合,只能使用于煤气空气混合,结构十分简单,不需任何专用器具,如图 2-15 所

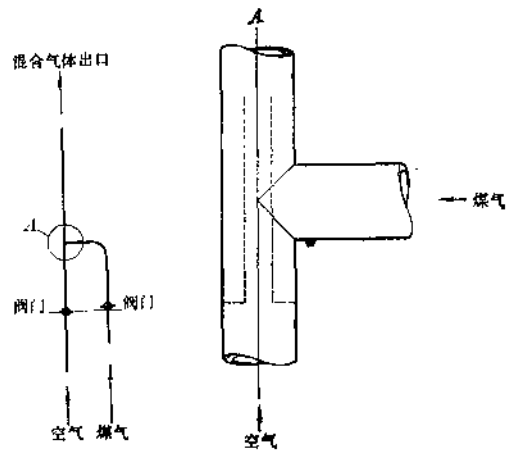


图 2-15 管道混合

示。空气垂直方向进入，煤气由侧向进入，气体比通过阀门来控制。

(2) 混合器，见图 2-16。是一种黄铜车制成的专用混合器(又称喷射器)，多数使用于煤-氧的气体混合，轴向通以氧气，侧向进煤气。当纯氧气自氧气喷口小孔高速喷出，进入引射管喇叭口时，混合室空间形成一个负压区，这时煤气即能与氧气一起进入到引射管扩散段内，进一步混合。由于负压区的作用，能增大煤气的流入量，造成射吸作用，这是不同于

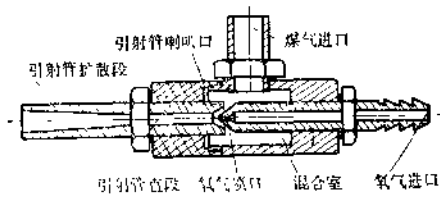


图 2-16 煤气、氧气混合器

前一种混合方式的显著特点。

氧气喷口与引射管喇叭口的孔径比约为 1:3。引射管直段长约为喇叭口孔径的十倍,间隙最好能通过丝口自由调节,达到最佳射吸作用。这种混合器的制造要求两接头必须同心准直,否则将明显影响射吸作用,易引起倒流“回火”,甚至氧气进入煤气管道时,造成意外事故。

(3) 预混火焰喷口,见图 2-17。是一种多孔喷口,可改变火焰形状,以求取得较宽的扁狭混合火焰。

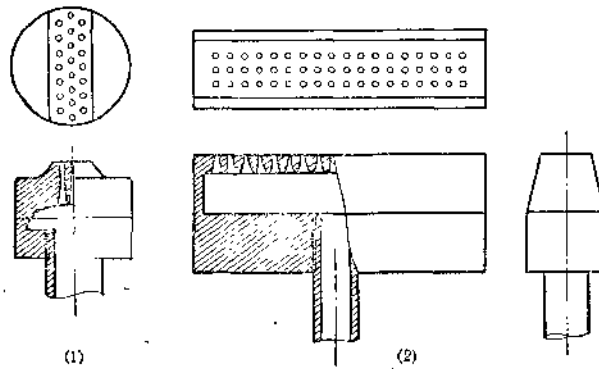


图 2-17 多孔喷口

图 2-18 是一种可取得尖锐火焰的喷口。当中心孔的混合气体随锥状孔末端的缩小而压力剧增时,火焰往往与出口脱离,遭至熄灭。这时通过侧孔出来的混合气体,则可维持中

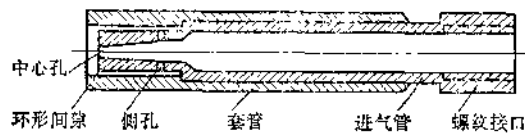


图 2-18 尖锐火焰喷口

心孔出口处的火焰燃烧,所以可获得尖锐而有力的混合火焰,这种喷口在电子管封接中被广泛使用。

关于混合火焰的使用,必须注意下面几个问题:

① 混合火焰的喷口视操作的需要而定,可单只或多只组合使用。混合器应保证供给足够的混合气体,一般可掌握这样一个原则,即出口的总截面积约等于混合器接头②引射管孔的截面积的1~3倍。

② 混合气体通过混合器进入前方管道及喷口腔体,统称混合室。混合室不宜太大,若太大混合气体的流速低于燃烧速度,火焰将“回火”,发生“扑”的爆炸声,火焰熄灭。若在混合腔内燃烧,可能会发生意外事故。混合室也不易太小,太小气体混合不完全,火焰有噪音。混合气体流速大于燃烧速度时,则火焰不易点燃,点然后也会自行熄灭。混合室的大小是根据混合气体的流量而定的。

③ 喷口切忌阻塞,否则将会使大量纯氧气回流,进入煤气管道网中,这是十分危险。如遇适当温度,则将发生爆炸,致使生命和财产造成损失。必须注意:最好能在煤气管道中安装单向阀,以保证安全。

④ 混合器的制作,必须符合图2-16的要求,不能利用玻璃管制作(包括混合器、混合气体管道、喷口等),以免发生“回火”,爆炸伤人。

7. 煤油喷灯

目前许多没有煤气的地区和单位,玻璃灯工吹制仪器主要是使用煤油喷灯。常用的煤油喷灯如图2-19所示。这种煤油喷灯,结构简单,经济实用。缺点是火焰不能发得过大,调节幅度小,烟灰多不够卫生,给操作带来很多不便。对于大直径多夹层仪器的制作,往往封接不易完善,因此这种喷灯不

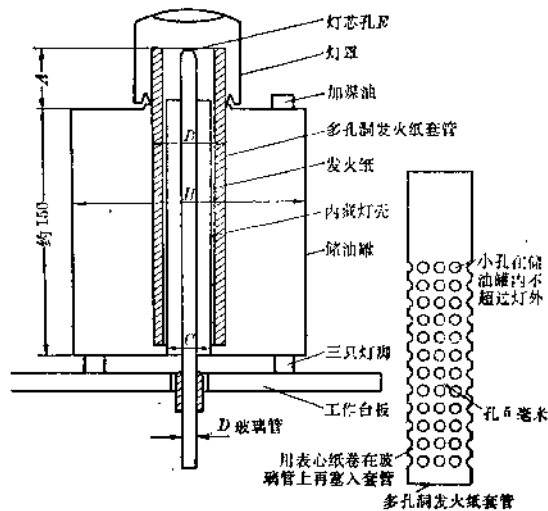


图 2-19 煤油喷灯

规格	大号喷灯	中号喷灯	小号喷灯
A	40	30	25
B	70	50	30
C	36	30	18
D	10 ± 1	8 ± 1	7 ± 1
E	3	2	1
H	200	160	140

适合加工直径粗大的和多夹层的制品，只能用于一般化学仪器制品的吹制封接。

煤油喷灯的结构主要有储油罐、发火纸、发火纸套管、灯芯等组成。储油罐是用白铁皮制成，发火纸套管也用白铁皮

打满小洞制成。用优质草纸或其他吸水性较强的纸作发火纸。发火纸选用外径比储油罐内管直径约大2毫米的玻璃管卷制。制作时,将草纸卷在玻璃管上,发火纸塞入套管内随即抽出玻璃管,然后便可将卷塞就绪的发火纸套在储油罐内管上,并从储油罐底部内管开口处裹塞玻璃或金属灯芯,灯芯末端穿过工作台,以便联接压缩空气胶管。每只喷灯在工作台旁装置一只铜制阀门,控制调节压缩空气。

三、工具种类及其使用

玻璃仪器的品种繁多,结构复杂,但所用之工具却比较简单。除直径较大的部件由玻璃焊接车床加工外,大部分工序全靠手工操作。玻璃仪器灯工在长期的生产实践中,除使用一般常用工具外,还根据吹制玻璃仪器的特点,自己制作了许多专用工具。这些工具虽造型简陋,但使用起来灵巧方便,能有效地使复杂的吹制过程简化,提高产质量。现将常用的工具介绍如下:

1. 一般工具

一般工具有钢皮尺、卷尺、游标卡、外卡、内卡、小内卡(图2-20(1))、小扁锉(图2-20(2)),灯工钳或用医用钳代替(图2-20(3)),小火砖(图2-20(4)),砂石片或三角油石。用两块小火砖可将火焰夹扁,适应圆口,烧平底,弯U形管等需要。切割一般玻璃管用小扁锉,切割丝头等薄壁玻璃管可用砂石或三角油石。

石棉手套、石棉布、石棉板、石棉绳、石棉带、石棉纸等,均为耐火的隔热材料,用于在接近燃烧的部位,固定夹层玻璃管或用来裹衬玻璃握柄。绳带还可用于缠扎等。

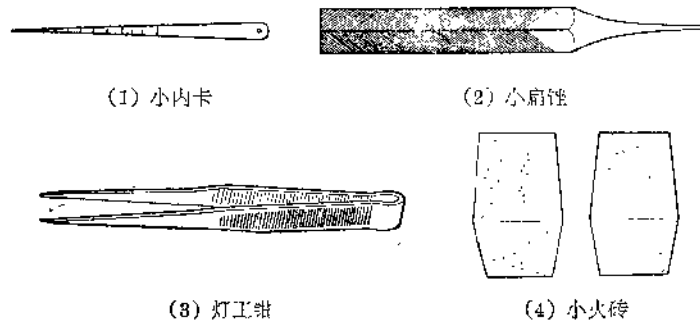


图 2-20 几种一般工具

2. 自制工具

(1) 钨钢刀：切割玻璃管用。可用整块钨钢片磨成锐角使用，见图 2-21(1)。也可用小块钨钢烧铜焊于一块铁皮上，磨锐后使用，见图 2-21(2)。

(2) 金刚钻割管架：切割玻璃管用，见图 2-22。将金刚钻紧嵌于专用铁架上。切割玻璃管时，可根据玻璃管直径的

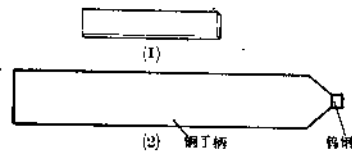


图 2-21 钨钢刀

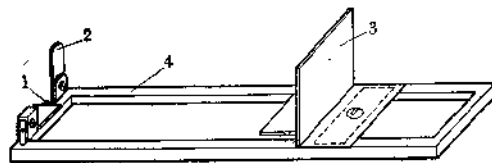


图 2-22 金刚钻割管架

1—金刚钻； 2—支承铁条； 3—可移动挡板； 4—铁架

大小和玻璃管的长度调节支撑铁脚及挡板，以适应加工的需要。25 毫米以下的玻璃管均可以切割。它有切割长短一致，调节方便的优点。

(3) 钨钢针：用细钨棒(1~3 毫米)一端磨尖，一端焊接一般玻璃管捏手，见图 2-23 (1)。用于玻璃管接头漏气修补时拨料及玻璃管开孔等。

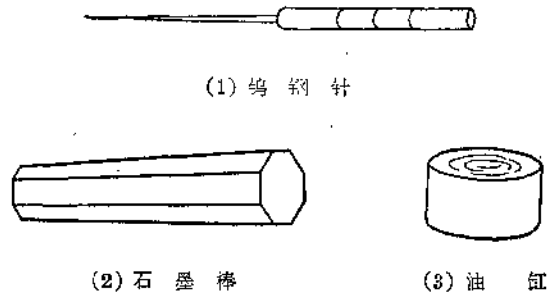


图 2-23 几种自制工具

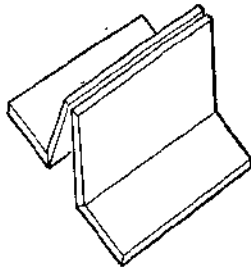
(4) 石墨棒：见图 2-23(2)。用不同直径的圆石墨棒(碳精)按操作的需要，磨成六角形，并具有锥度，一般都磨成 1:10 锥度。用于圆制各种磨口及扩孔等。

(5) 油缸：见图 2-23 (3)。取一般棉花浸足植物油(豆油、生油等)，放于盆内，用于操作时润滑灯工钳。

(6) 爆口铁板：取一块角铁，加热整形至 105 度左右，见图 2-24(1)。用于玻璃管热爆。

(7) 灯罩：见图 2-24 (2)。用厚铁皮制成。套在喷灯上防风。另外罩上可以平放小火砖和爆口铁板。

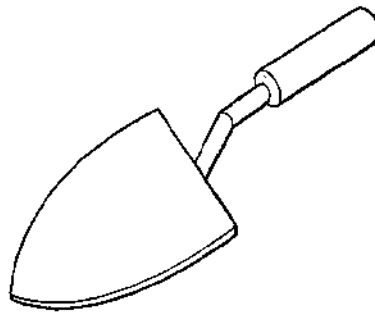
(8) 拍板：见图 2-24 (3)。用厚铁皮制成。用于玻璃管烧熔时的拍平，以及拍平底和实心磨盖的滚压等。



(1) 爆口铁板



(2) 灯罩



(3) 拍板

图 2-24 几种自制工具

(9) 吹气管的转动接头：在加工过程中，有很多工序需要套上胶管吹气。由于玻璃管的转动，橡胶管易卷曲而不通气，影响操作。如果接上转动接头，即可克服上述缺点。图 2-25(1~2)所示的是一种玻璃吹制的转动接头，但容易敲坏。也可用有机玻璃制作，见图 2-25(3)，其优点是不易碰坏，但缺点是容易磨损，使用时需加点油润滑。另外，胶管一端应接玻璃吹嘴，见图 2-25(4)，以防唾液流入胶管内。

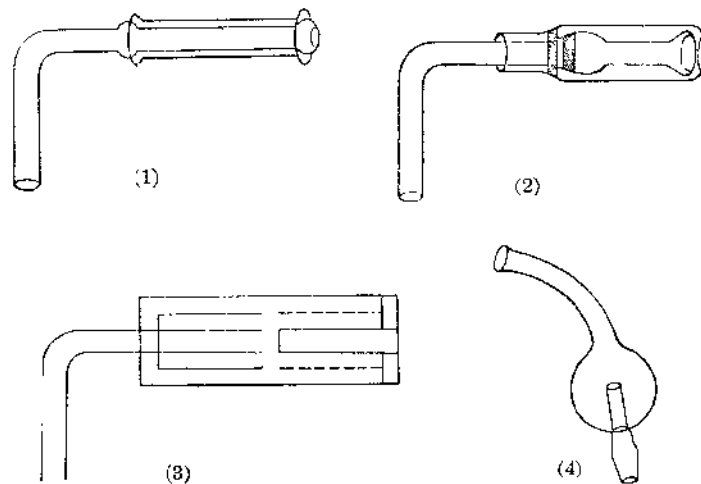


图 2-25 转动接头及吹嘴

(10) 圆口台：见图 2-26(1)。是用木板制成的。上口两边蒙以胶皮，底板固定在工作台上。圆口时，玻璃管放在上面可以来回滚动。图 2-26(2)是金属轴承圆口台。

(11) 石墨三角板：见图 2-26(3)。用六块石墨锯割成所需尺寸，然后磨制成扁三角形，装上手柄，即成石墨三角板。适用于翻制喇叭口及圆三角漏斗。

(12) 木架：见图 2-26(4)。玻璃管经熔烧吹制之后，在未冷之前不能接触冷的物件，不能随便放在较冷的工作台上，应该放在木架上，让其慢慢冷却，否则要产生冷爆现象，即玻璃制品突然遇冷爆裂。

(13) 铁搁架：见图 2-27(1)。长玻璃管拉丝和大部件的烧接，都需要铁搁架支撑，以减轻劳动强度。两只滑轮可使用滚珠轴承制作，使玻璃管转动比较灵活、轻巧。两只滑轮的

间距及高低可在操作时,根据需要自由调节。

图 2-27(2) 所示的铁搁架是放在地上的,它适用于 2 米以上的玻璃管加工,不受工作台的限制。

(14) 简单搁架:见图 2-27(3)。其适用于小直径的玻璃管加工,制作简便。

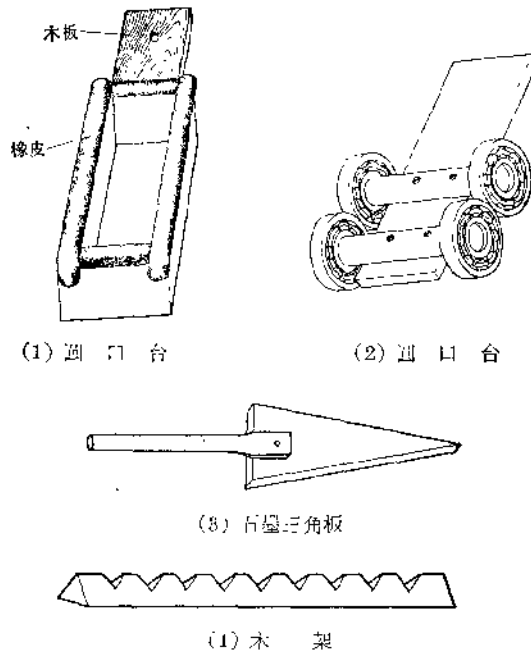


图 2-26

(15) 盘制蛇形管芯棒:见图 2-28(1)。用一铁管车制成 1:300 的锥度,两头焊接一细铁管或一端装木柄(需保持同轴),直径大的一端焊接一铁弯钩,将玻璃管套在弯钩上,用喷灯加热玻璃管盘制。

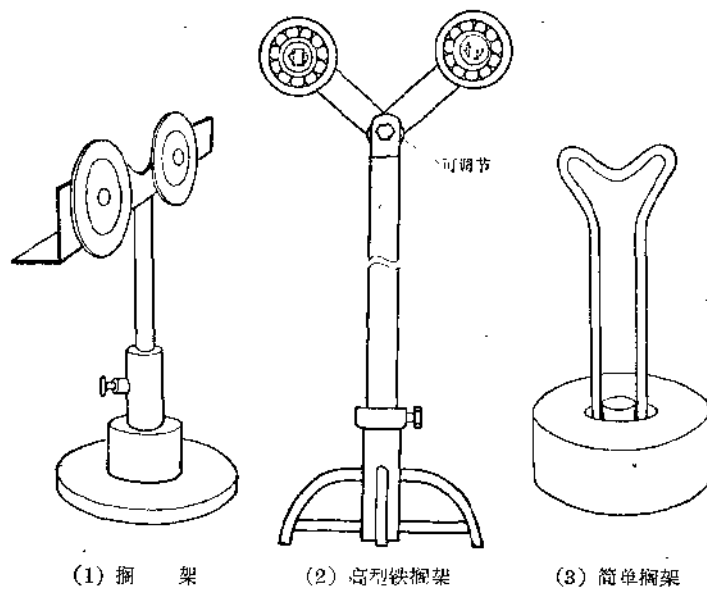
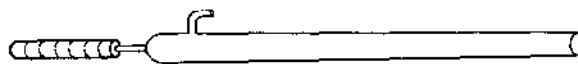
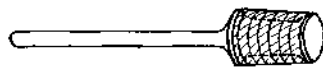


图 2-27 搁架



(1) 蛇形管芯棒



(2) 玻璃管捏柄石棉塞

图 2-28 芯棒及石棉塞

(16) 玻璃管捏柄石棉塞：见图 2-28(2)。短小的磨口在加工时，经熔烧很烫手，不能直接用手持握。这时可用玻璃管

制成手柄，裹上石棉纸塞进磨口操作。也可用石棉绳缠绕于手柄顶端，浸湿后用拍板在平台上滚压成所需锥度，烘干后使用。

(17) 扩孔具：见图 2-29。是用来制作真空活塞芯子扩孔的工具。是根据孔径的大小而制成的。



(1) 空心活塞长扩孔具



(2) 扩孔具

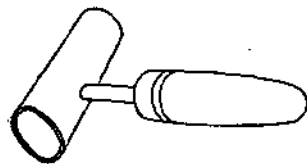


(3) 锥度玻璃管扩孔具

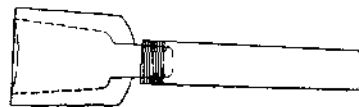
图 2-29 扩孔具

(18) 真空活塞芯模具：见图 2-30(1)。适用于手工吹制真空活塞芯子。制作时，用厚铁皮制成 1:10 锥度的圆筒，再焊接一手柄即成。在用手工配制磨砂芯子时，也可采用这种模具。

(19) 磨塞模具：见图 2-30(2)。它是用铜车制而成，适



(1) 真空活塞芯模具



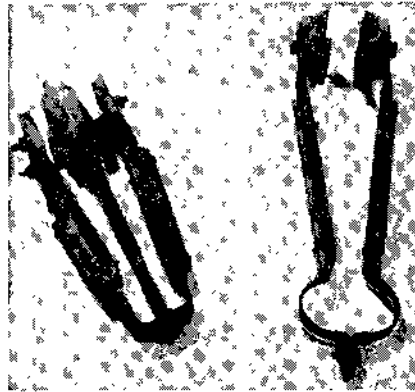
(2) 磨塞模具

图 2-30 磨塞模具

适于手工配制。

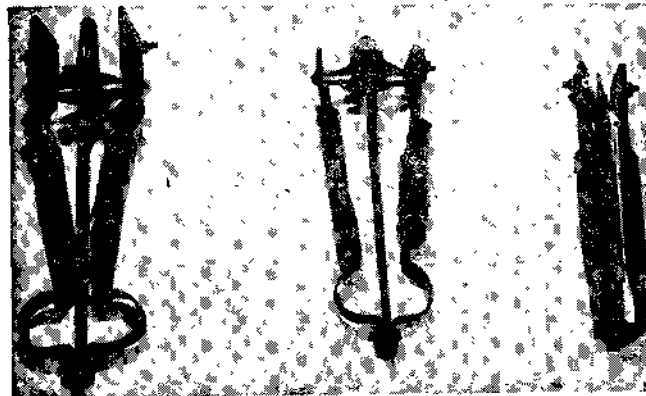
(20) 圆口钳子：为了适应大批量的生产，同时为了产品的标准化，制造了各种各样的圆口钳子。用途很广，使用方便，很受灯工的欢迎。下面是各种用途的圆口钳子。

圆边口的钳子，见图 2-31(4)；



(1) 圆口钳

(2) 圆边钳

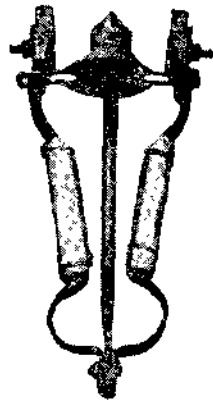


(3) 圆活塞壳钳

(4) 圆边钳

(5) 圆胶管接嘴钳

图 2-31 各种圆口钳(甲)



(6) 圆球研钳



(7) 圆球塞钳

图 2-31 各种圆口钳(乙)

圆胶管接口的钳子, 见图 2-31(5);
 圆标准口的钳子, 见图 2-31(1);
 圆标准磨塞的钳子, 见图 2-31(2);
 圆球形磨口的钳子, 见图 2-31(6);
 圆球磨塞的钳子, 见图 2-31(7);
 圆活塞壳子的钳子, 见图 2-31(3);
 圆口钳子结构见图 2-32。

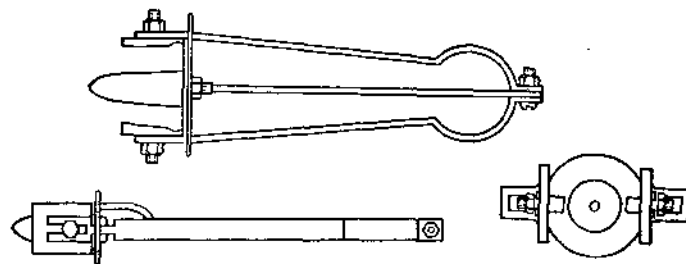


图 2-32 圆口钳子结构

(21) 夹具：许多烧瓶及其他毛坯需加工圆口，用手无法持握，需使用专用夹具来操作，此类夹具均以一铁环来收紧或放松，各种夹具介绍如下：

圆球形烧瓶夹具，见图 2-33(1)；

三角烧瓶夹具，见图 2-33(2)；

平底烧瓶夹具，见图 2-33(4)；

玻璃筒夹具，见图 2-33(3)；

真空活塞芯旋柄夹具，见图 2-33(5)。

由于玻璃仪器的造型复杂，夹具的式样也比较繁多，操作者也可根据需要自行设计制作。

(22) 卧式预热机：见图 2-34。这种预热机用压缩空气作动力吹动风轮，通过风轮带动支承圆盘轴，使玻璃管旋转。挡板用来固定玻璃管的位置。旋转的玻璃管通过装在旁边的喷灯预热或者烧熔，以节约操作者在喷灯上的熔烧时间。

(23) 立式退火机：见图 2-35。这种退火机的工作原理和卧式预热机基本上差不多，只是型式上的不同。它适用于三口烧瓶的退火，以及真空活塞壳毛边烧光等，可提高工效。以上两种预热机均可用小电动机来带动。

(24) 石墨(碳精)模具：石墨模具(见图 2-36)是近年来在灯工吹制实践中，不断摸索出来的重要工具之一，现已被广泛使用。采用石墨模具吹制球形产品，不仅使质量及数量得到了提高，而且也简化了吹制技术。

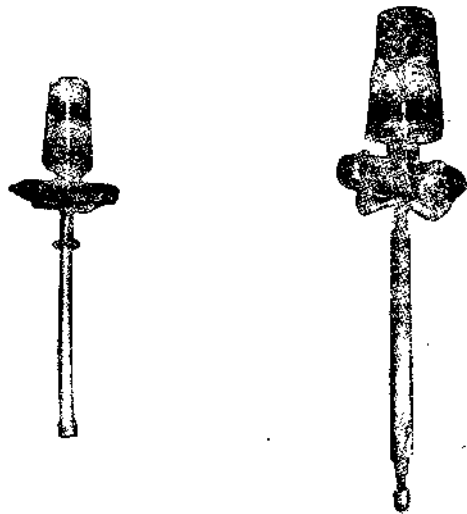
凡直径在 60 毫米以下的圆球、长球、梨形、锥形、扁形及带平底的球体等均可用石墨模具吹制。

模具的形式一般分为两种：①对合式；②半边模。半边模的优点是吹制时便于观察。图 2-36 所示的是几种石墨模具。

半边模制作方法：取高纯石墨一块，先在需要的部位凿出



(1) 球形烧瓶夹 (2) 三角烧瓶夹 (3) 筒形夹 (4) 具底座夹



(5) 真空干燥器前夹具

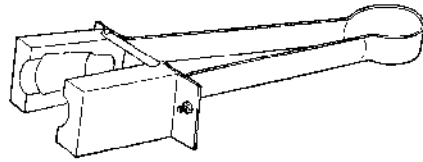
图 2-33 各种夹具



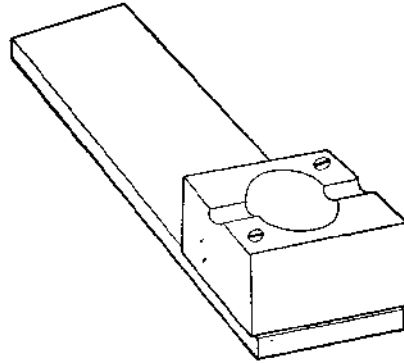
图 2-34 卧式预热机



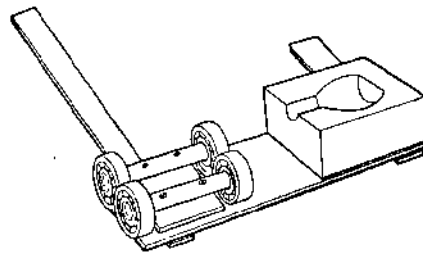
图 2-35 立式退火机



(1) 对合式



(2) 半边模



(3) 兰边模

图 2-36 几种常用的石墨模具

一洞穴(略小于所需球体的直径),另吹制一只较厚的球体实物,用金刚砂加水与石墨研磨,球体磨入石墨内一半(即达球体最大直径)即成。半边模可固定在木板上,或者装上手柄(视操作情况而定)使用。对合式模具,需在对角分别钻两只小孔,以备吹制时出气。

模具磨成后,可用金相砂皮打光,或将模具加热喷上一层很薄的液体石墨,也可熏上一层煤油灰,保证模具内壁光洁润滑。避免在吹制时产生模具痕迹,影响产品质量。

操作不当也会产生模具痕迹。因此,应先将玻璃管大体上吹制成所需球状,再放到模具内,缓缓吹足。如果料子烧得太炸,又立即在模具内吹足,就很容易使产品产生痕迹。

(25) 玻璃焊接机床(俗称玻璃车床);在生产大部件玻璃仪器时,由于受到火焰和操作者体力的限制,故不能在一般的喷灯上加工。这时必需使用玻璃车床来焊接。例如,立式四级油扩散泵、大型化工设备等,一般管径在 100 毫米以上的产品,都需在玻璃车床上加工。

玻璃车床的结构比较简单,如图 2-37 所示。虽型式多样,但结构原理基本相仿。它是由两个对称的车头,通过一根主轴转动使之同步,床面拖板上安装对称的两付排灯,拖板可通过手轮左右水平移动,两付排灯也可纵向调节间距。左面车头固定不动,电动机、齿轮(或皮带轮)变速箱、离合器以及电源开关等均安装于左方车头内外。右面车头可作横向水平移动。玻璃工件夹持于两车头的三爪卡盘内,启动车床后,利用排灯火焰进行封接操作。

两车头三爪卡盘轴必需空心,以作焊接时的吹气通道。末端装有金属吹气管转动接头,操作者通过胶管吹气。车床必须配备手喷灯,以使工件上的支管侧接。

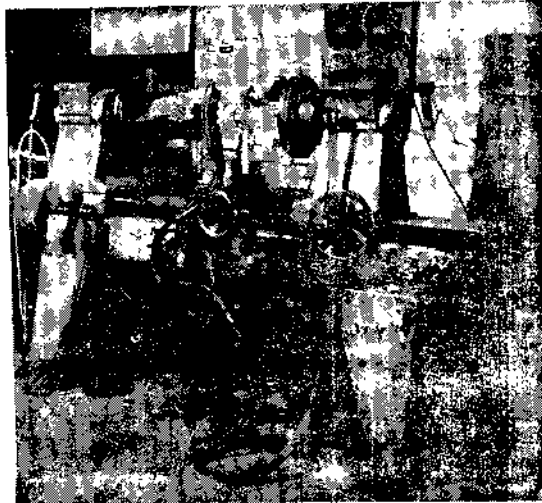


图 2-37 玻璃车床结构

车床的转速一般控制在 40 转/分左右，直径在 250 毫米以上的大部件加工时，车速应控制在 16~20 转/分范围内。若车床转速太快，当玻璃烧熔后受离心作用的影响而使熔融的玻璃向四周迅速扩张，操作就很难控制。在特殊情况下，则要求车床高速旋转。如球形杜瓦瓶口部封接，当内外层玻璃熔融粘连后，车床应立即调以高速，依靠离心作用而得到光洁均匀的接头。在碰到某些无法吹气的情况下，常常采用这种方法加工，操作很简便，产品质量好。玻璃车床若采用机械无级调速，或者可控硅电器无级调速，那就更加理想了。

左车头三爪盘脚应适当接长，以利夹持长的玻璃管（一般玻璃主件或长的玻璃管均夹于左方，接口等配件夹于右方）。三爪卡盘夹脚都需垫以石棉布等软性耐火材料，以防夹坏玻璃工件。

玻璃车床的机械加工要求并不太高，主要要求同心及同步。所以一般单位都用旧的普通车床改制。图 2-38 所示的为一种较大型的玻璃车床。有效工作面 1.5 米，车头轴中心离床面 80 厘米，它配备有多孔纯氧喷灯组成的排灯和多孔纯氧手喷灯，并能煤、氢、氧三气同时使用燃烧，火力较强，所以能加工大型、厚壁及较长的产品。如化工设备中的塔节、法兰、管道、大型真空罩等产品。

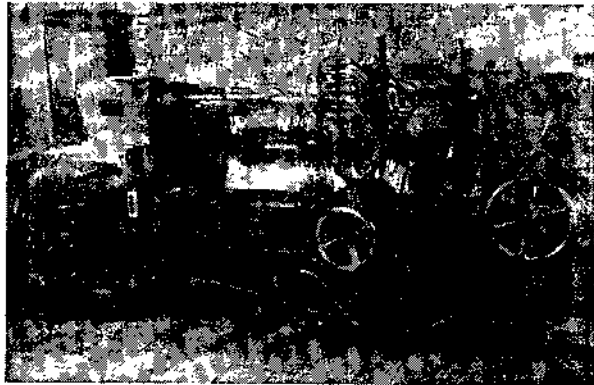


图 2-38 大型玻璃车床

3. 车床用工具

车床用的工具主要有如图 2-39 所示的三种。

(1) 括板：用石墨制成，如图 2-39(1)所示。手柄可用铁管制作，用于接头的撇压和括平。

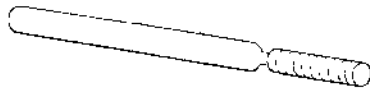
(2) 扩孔具：用石墨制成，见图 2-39(2)。用于接侧向支管的扩孔。

(3) 翻口条：用铜条制成，见图 2-39(3)。用于翻喇叭口。

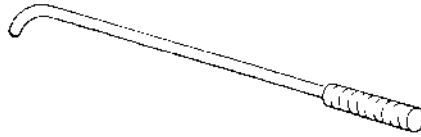
(4) 法兰口成型工具：见图 2-40。是可以升降调节的成



(1) 石墨插板



(2) 扩孔具



(3) 翻口条

图 2-39 车床用工具



图 2-40 法兰口成型工具

型模具支架。

四、安全知识

进行玻璃仪器吹制工作,必须接触易燃、有毒、及高压的气体,因此必须掌握一些基本的安全知识,尽可能地避免火灾、爆炸、中毒、灼伤等事故发生,保证安全生产。

1. 使用煤气的安全问题

煤气是碳氢化合物,其中一氧化碳(CO)为剧毒气体,煤气中含有少量硫化氢(H₂S),有恶臭,也是剧毒气体,人体吸入后能与血液中的红血球化合,使血液丧失载氧能力,空气中含量在0.5%时,就可能有生命危险,开始使人头昏作呕,严重时将发生窒息。空气中含量超过1%时,中毒很快发生。另外煤气是可燃性气体,如遇漏气或使用不慎,可能会引起火灾,所以使用煤气必须注意下列各点:

(1) 煤气管道应直接安装至工作台下,尽量减少套接橡皮管的长度,并经常检查橡皮管是否有裂缝或丧失弹性,以防漏气。煤气橡皮管接头应用金属管制作,接头至少应套入2厘米。若用玻璃管制作,易为重物砸碎,很不安全,故尽量不用。

(2) 每一间灯工室应装有煤气总阀门,一天工作完毕,应将总阀关闭,以免煤气在夜间无人时泄漏。

(3) 如突然发现近似火油味道的煤气时,应立即开启门窗通风,并用刷子沾肥皂水涂在可能漏气的地方进行检查,如有漏气会产生小泡。切不可用火去点燃,用火点燃很容易残留火种而未被发觉引起火灾。

(4) 点燃喷灯时,应先擦燃火柴,再开启少量煤气点燃,

不可先开启煤气。这一点在点燃退火炉时更需要注意，如炉体内充满未燃煤气，而当火种接近时会使煤气突然膨胀，产生爆炸。所以退火炉的点火，应先点燃一长纸条放于炉体内，然后再开启煤气，切不可面孔接近炉体张望，以免火焰窜出而被灼伤。

(5) 喷灯使用完毕，关闭煤气阀门后，此时喷灯内尚有少量余气在燃烧，应让它自行熄灭，不可用嘴吹灭。如久经不灭，说明煤气阀门关闭不全。

(6) 如煤气量很小，而压缩空气量太大(即超过煤气的燃烧速度时)，此时火焰缩到最低点而未被充分燃烧，大量未燃煤气就散布于室内。这种情况多数是操作人员离开喷灯时关小了煤气而忘了关闭压缩空气所致。

(7) 某些灯工台式退火炉，在使用时如煤气量过大或者炉口用石棉纸挡闭时，炉体内没有足够的空气，部分煤气也会未完全燃烧而散布于室内。

(8) 灯工室内应备有足够的灭火器、砂桶等灭火设备，并定期检查，以防失效。

2. 使用氧气的安全问题

为了提高火焰温度，适宜加工特硬质玻璃，纯氧的使用日渐普及，已成为玻璃仪器制造的必不可少的助燃材料。许多科研单位的灯工室只使用纯氧助燃，压缩空气已节省掉(可减少设备投资)。目前还只有个别单位能自己制氧，大多数单位都是使用高压钢瓶盛氧，由专门制氧工厂充气。

氧气是由制氧厂将空气低温液化分馏而得，并通过压氧机以150个大气压的压力压入钢瓶内。氧气纯度在99.5%以上。满瓶氧气的瓶内压力一般高达140公斤/厘米²。氧气瓶顶端阀门处装有一只安全塞，内置低熔点合金片，它约在

105°C左右即能熔融。当受热的影晌氧气膨胀瓶内压力增加时,温度亦会上升,使合金片熔融,将氧气放出,降低瓶内压力,避免爆炸事故发生。

尽管氧气瓶装有机急安全设备,但毕竟是高压容器,在使用中必须注意下列事项:

(1)在任何时候氧气瓶(包括通道)绝对禁油,因为高压氧气以高速外流时,能使油脂强烈氧化,从而引起燃烧和爆炸(一般工业矿物油类与30个大气压以上的氧气接触时,即能引起自燃)。

(2)氧气瓶不能放在室外受阳光曝晒,应存放于干燥阴凉处,需远离火炉等热源。使用时应远离喷灯5公尺以上,用铁架固定于墙边,防止跌倒,产生事故。

(3)冬季使用氧气,由于高压氧气高速流经减压阀(氧气表)吸收了周围空气中的热,而使氧气瓶、减压阀和高压胶管结上一层霜,减压阀受冻结冰将影响正常工作。这时绝对不允许用火烤,应用低于沸点的热水温热。大量使用氧气的单位,氧气瓶应集中于一室内,由专人负责,通过管道网输送给各使用场所。室内应安装暖气设备,或红外线保暖。

(4)氧气减压阀(氧气表)附有两只表头,一只指示瓶内气压(高压表头),一只指示氧气流出的压力(低压表头),通过中间旋柄调节。旋柄顺时针方向旋转为开,反之则关。使用时先将减压阀装到氧气瓶出口处旋紧,旋开氧气瓶阀门后,再旋动减压阀手柄,调节到所需的工作压力。切不可先调好压力,再打开氧气瓶阀门,这样高压氧流易将低压表头冲坏。所以,当工作完毕,应先关闭减压阀。

(5)氧气瓶每次使用均不能将氧气用尽,瓶内余剩压力应保留在0.5公斤/厘米²以上。如果氧气用尽,其他气体可

能进入瓶内,将影响下次充氧的纯度,更重要的是容易引起爆炸事故。

3. 使用氢气的安全问题

在吹制石英玻璃仪器及大型玻璃化工设备时,需使用氢氧火焰。一般单位氢气也是靠瓶装运输和使用的,它除有与氧气瓶高压性质相同以外,使用时还必须注意下列各项:

(1) 氢气是可燃性气体,因此要严禁火种靠近。氢气的比重最小,而火焰的扩散速度最大,且氢的“着火温度”又低于各种可燃气体,所以氢气瓶的防火、隔热的安全工作,特别重要,必须引起足够的重视。

(2) 氢气瓶不允许放在灯工室内使用,必须置于专用房间内用管道输送。专用房间必须通风性好,以降低室内空气中含氢的浓度。氢气无色无味,有少量漏气不易被察觉。

(3) 氢气瓶与喷灯中间的管道中,应装有防火器,如图 2-41(1)所示。防火器中装满玻璃弹子,或铜丝,如喷灯万一回火,它可扩散火焰热量,降低温度,使火焰熄灭。过滤氢气的双层玻璃砂芯球也有防火作用,如图 2-41(2)。不过砂芯球外层必须包上铜丝网,以防回火爆炸,玻璃飞溅伤人。

(4) 氢气瓶及氢气减压阀的丝口均为反牙,目的是氢与氧不能互换,以防搞错。

(5) 高压橡胶管接头处需用“喉筒”夹紧,在操作时,氢气量的调节应使用针形阀,严防漏气。

(6) 氢气瓶与氧气瓶切忌在同一室内存放和使用。

(7) 在点燃喷灯时,因氢气燃烧速度快,故必须先开氢气,而后点火。切忌先点火于喷灯上再开启氢气,这时极易回火。

4. 吹制操作中的安全问题

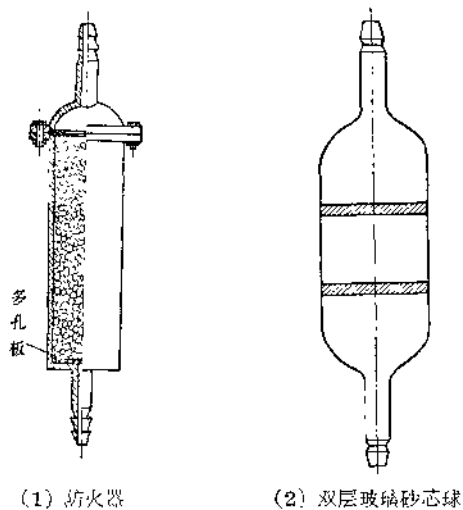


图 2-41

灯工吹制操作,必须接触火焰及玻璃,所以稍有不慎,就可能被烫伤或手指划破。下面遇到的几种情况,极易造成工伤,必须引起注意。

(1) 工作台的喷灯下面用木材制作一块挡板,挡板尺寸以能盖住操作者两膝为宜,以避免操作中被爆裂的玻璃碎片烫伤或烧焦衣服。所以灯工在夏季操作时,切忌赤膊和穿短裤。

(2) 放在工作台上的半制品工件不知冷热,避免直接用手去抓,可先用手接近工件,是否有热的感觉,而后再去拿。有经验的灯工师傅都有这种习惯,而初学者易于疏忽,常常被烫。

(3) 玻璃管拉丝应尽量拉得厚一些,太薄易于断裂划破手指。在喷灯火焰中拉去的玻璃管余料,应丢在碎玻璃箱内,

以免碰到易燃物品或者被烫。碎玻璃不宜随地乱丢，特别是在夏季容易戳破脚。

(4) 利用拉丝尾管吹气，口端应烧光，切割的玻璃管口端往往带有极锋利的锐边，吹气时容易划破嘴唇。锐边可用砂石片刮去。

(5) 玻璃管欲切割掉的一端如太短，不能用手拉折。否则易划破手指，可用电爆或点料爆管的方法切割。

(6) 玻璃管套接橡皮管，宜浸湿后再套，干套或橡皮管太小，都易划破手指。玻璃磨口在用玻璃手柄塞口时，应检查一下磨口玻璃管是否有裂纹，或严重划痕，不可用力太猛，万一玻璃管断裂，手指会被严重戳伤，应十分注意。

(7) 使用纯氧火焰及氢氧火焰，都需戴上有色眼镜，保护眼睛，以免受强光和紫外线刺激。

第三章 玻璃应力的产生及其消除

应力存在于玻璃仪器中是极为有害的，必须严格加以控制。完成的产品如不经过仔细的退火处理，很可能引起产品自然爆裂，使国家财产遭受损失。

存在较严重应力的产品，也可能暂时不爆裂，而在以后使用过程中发生爆裂，这是经常出现的事。在使用中发生爆裂，其危害是很大的，有的甚至引起严重后果。由于玻璃仪器多用于化学分析和生产设备中，所以一般都是接触腐蚀性强、有毒、易燃等化学试剂，某些产品则需要加热、冷冻、或负压等情况下工作，所以如在使用中发生炸裂，不仅使国家财产遭受损失，甚至会发生中毒、火灾、爆炸等重大事故和人身伤亡，因此我们玻璃仪器制造者，除了对应力的危害性要有足够的认识外，还必须有“向人民负责”的责任感，对产品中的应力严格控制。

一、基本概念

我们知道，玻璃是一种热的不良导体，当一块玻璃（无应力存在），在加热或者在冷却的过程中，由于玻璃的外层直接受热或首先冷却，而玻璃的内部间接受热（靠热传导将外层热量传导到内部）或后冷却，因此在玻璃表面和内部会产生温度差（称温度梯度）。加热时，直接受热的玻璃表面温度高，间接受热的玻璃内部温度低，这时受热的玻璃外层力求膨胀，向四

周扩张,而温度较低的内部,企图维持其原状,就阻碍着外层的扩张。这样在玻璃内部就发生了膨胀与反膨胀的作用,也就产生了伸张与压缩的作用,外层膨胀时有一压力作用于玻璃内部,玻璃内部受力后就产生一个对应的力作用于玻璃外层,压制玻璃外层向内膨胀。这样相互作用的结果,就在玻璃内部产生两种应力,一种是“压应力”,一种是“张应力”。企图阻碍玻璃外层向玻璃内部膨胀而作用于外层的力称作“压应力”,玻璃外层向内膨胀而作用于玻璃内部的力称作“张应力”。也就是说,一块玻璃在加热时,外层产生的是“压应力”,内部产生的是“张应力”。“压应力”及“张应力”总称为应力(或内应力)。冷却时,因为玻璃外层的温度比玻璃内部的温度降低得快,则玻璃外层力求收缩,而玻璃内部还较热,阻碍了外层的收缩,这样就在内外温差存在的情况下,使玻璃内部产生了应力。玻璃外层产生的是“张应力”,玻璃内部产生的是“压应力”,情况与加热时正好相反。

由于玻璃的耐压强度比抗张强度大得多,因此在加热过程中,玻璃内、外层可以经受很大的温度差。在灯工加工时,硬质玻璃管可以直接放入煤-氧火焰中加热而不致于爆裂。相反,当加热到 350°C 时的硬质玻璃管,放入冷水中就会立刻爆裂。

应力的大小是随着玻璃内外温差和玻璃厚度的不同而不同。温差越大,厚度越厚,则应力就越大。而玻璃外层和内部的温度差又取决于加热或冷却的速度及玻璃的热传导系数。加热或冷却速度越快,玻璃热传导系数越小,玻璃外层和内部的温度差也就越大,应力也就越严重。温度差是导致玻璃内部产生应力的重要原因。

因此,任何一种玻璃制品在热成型加工完了以后,加不进

行退火,让它在空气中自然冷却,除少数制品外。大多数制品会发生爆裂。有的会立即爆裂,有的要隔相当长一段时间后才发生爆裂,即使不发生爆裂,但在后来使用的过程中,受加热及其他因素的影响,也会发生爆裂,这种现象的产生就是因为玻璃内部存在着应力的结果。

二、应力的种类及其产生原因

1. 暂时应力

一般玻璃(无应力存在)在开始加热也好,或者玻璃制品在空气中自然冷却也好,由于玻璃外层和玻璃内部存在着温度差,所以玻璃内部都会产生应力。但是若受热温度超过玻璃本身的转化温度(转化温度是指玻璃粘度在 $10^{18.4}$ 泊时的温度。普通玻璃的转化温度在 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间),也就是受热玻璃的温度在其转化温度以上,随着加热时间的逐渐增加,玻璃的温度也继续升高,玻璃外层和玻璃内部的温度差也渐渐缩小,当内、外温度达到完全一致时,也就是当温差消失时,玻璃中的应力就会全部消失。玻璃制品在冷却过程中也是一样,如将冷却时间延长,使玻璃的内、外温度差逐渐缩小,当内、外温差完全消失时,玻璃中的应力也就全部消失了。这种暂时存在玻璃中的应力称作“暂时应力”。只要玻璃受热温度不超过其转化温度,即是剧热或剧冷,也只能产生暂时应力。

2. 永久应力

处于熔融状态的玻璃放在空气中冷却,外层冷却得快,内部冷却较慢。因此外层收缩也就较快,而玻璃的内层则收缩得慢,这时玻璃的内部和外层产生了温度差,当温度进一步降低达到室温时,应力也就大量产生了。这种应力被称作“永久

应力”。永久应力只有经过退火处理才能消除。

刚冷会引起很大的永久应力。因此加热到转化温度以上的玻璃,应让其缓慢冷却,使玻璃内外温度接近,这样就可避免产生较大的永久应力。待玻璃内、外温度都降至其转化温度以下时,冷却可稍微加快,只要永久应力与暂时应力之和不大于玻璃的强度就可以,否则玻璃制品就会在应力作用下爆裂。这种缓冷避免和消除应力的处理方法,我们称作“退火”。

在某些玻璃工业部门中,为了提高玻璃的强度,使制品在高于退火温度的情况下,突然冷却,这样制品即可获得均匀又有规则的永久应力,玻璃的机械强度可提高4~7倍,热稳定性也有所改善。这就是通常所说的“玻璃的钢化”或“淬火”。

综上所述,当一个复杂的玻璃制品热加工完了以后,放在空气中冷却,产生应力的情况是很复杂的,不仅要产生暂时应力,而且还要产生永久应力。

3. 结构应力与机械应力

玻璃的化学组成往往是不均匀的。因此,各区域的膨胀系数是不一致的。在加工冷却后,就要产生应力,并且这种应力是永久性的,我们称它为“结构应力”。一般情况下,玻璃的化学组成是很难达到均一的。所以一般玻璃都存在着结构应力。这种应力即是经过退火处理也不能消除。

例如玻璃中或多或少地存在着条纹、透明疙瘩、结石和铁屑等,统称玻璃的缺陷。由于这些夹杂物所具有的膨胀系数和玻璃的膨胀系数不同,冷却后,这些夹杂物和玻璃之间必然存在着应力。结石和铁屑所产生的应力具有很大的危险性,在加热和冷却过程中很容易引起制品的爆裂。

另一种情况是不同性能的玻璃焊接,玻璃与金属焊接,由于两个焊接体的热膨胀系数不同,因此在焊接处均会产生结

构应力。即使在焊接后,使制品非常缓慢的冷却,这种应力也是不可避免的。应力的大小取决于两焊接件热膨胀系数的差异程度,如果热膨胀系数差异过大,制品就有可能在冷却时爆裂。

所谓机械应力,就是当有外力作用于玻璃制品时而产生的一种应力,如玻璃仪器表面被擦伤,即会使仪器玻璃内部产生应力。再存在安装过程中,一定有外力作用于玻璃仪器,这时也会在玻璃内部产生应力。这种应力统称为机械应力。这种应力不是玻璃本身固有的,而是由于外力作用于玻璃而引起的。因此这种应力,除了由于玻璃表面被擦伤而产生的应力以外,其余均可随着外力作用的取消而消失。

三、灯工加工产生应力的分布

毛主席教导我们:“大家明白,不论做什么事,不懂得那件事的情形,它的性质,它和它以外的事情的关联,就不知道那件事的规律,就不知道如何去做,就不能做好那件事”。我们知道,灯工加工的主要材料是玻璃管。而一般玻璃管在热加工和冷却过程中,都会产生应力。因此应力问题对每一个灯工来说都是很重要的,除了对应力的种类及产生原因要有所了解外,灯工加工过程中产生应力的分布情况,也应该了解。了解的目的是为了避开它,消灭它,从而保证生产正常进行。

通过上面叙述得知,应力分为两大类,一类是“暂时应力”,另一类是永久应力。暂时应力可随温度的平衡而消失,而永久应力即使温差消失了,也会存在于玻璃内部,必须及时进行退火,否则制品可能有遭受爆裂的危险。要进行退火,特

别是喷灯退火和简易煤气炉退火，首先要对应力的分布情况有所了解。才能正确而又有效地进行操作。

玻璃管在常温下，经灯工喷灯火焰局部加热吹制成型，被加热部位与未加热部位之间产生悬殊的温度差。由于玻璃是一种热的不良导体，所以就在被加热部位与未被加热部位之间形成一个很窄的热分界区，这个分界区就是应力集中的部位。温差越大，应力也就越严重。在同样加工温度条件下，膨胀系数大的玻璃比膨胀系数小的玻璃应力严重。

经灯工加工而产生应力的分布情况大致有如下几种：

1. 旋转熔融的应力部位

玻璃管通过操作者两只手在喷灯火焰中旋转熔融，这时所产生的应力分布在熔融部位的两侧，大约离开火焰边缘 1 厘米的地方，而不是在熔融部位。因为玻璃管是被旋转加热，故应力呈环形线状出现（在偏光仪下可见），参见图 3-1 所示。

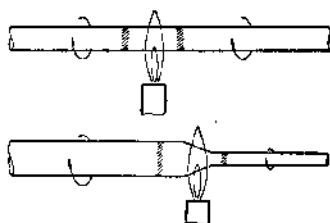


图 3-1 旋转熔融应力的部位

2. 侧面熔融的应力部位

玻璃管的开孔，侧接及侧向内芯焊接等，玻璃管加热都不旋转，因此所产生的应力的分布情况与上述情况不同，此时的应力是分布在熔融部位四周，见图 3-2。

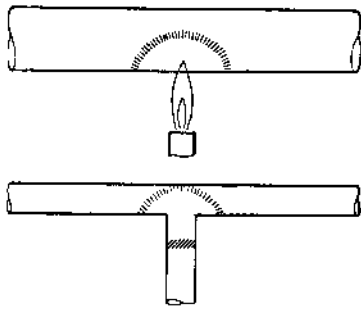


图 3-2 侧面熔融应力的部位

3. 环形接头的应力部位

环形接头是指有内芯的焊接。这时产生的应力分布情况除了与单接头旋转熔融的应力部位相同外，在内芯的焊接处也存在着比较严重的应力，见图 3-3。

4. 夹套产品两头封接的应力部位

玻璃仪器夹套产品的形式尽管多种多样，但均为两头封接。例如普通直型冷凝管，当两头封接完毕，不仅外套管上有应力存在，而且内芯也存在着严重的应力（通常所说的拉力）。如果把它放在偏光仪中，我们就可以看到内芯与外套颜色明显不同（内芯是黄色，外套是淡紫色）。在这种情况下，制品极易爆裂，见图 3-4。

5. 加热不均匀引起的应力情况

在操作过程中，有时由于不小心将强烈氧气火焰烧到不需要加热的部位上去了，虽然立刻离开，但如果忘记及时作退火处理，这时玻璃管内、外层产生很大的温度差，从而形成块状应力，可以使玻璃管呈网状表面而爆裂。在加工毛细管时，如果未能完全熔融（即内层未达到转化温度），也会产生上述情况，见图 3-5。

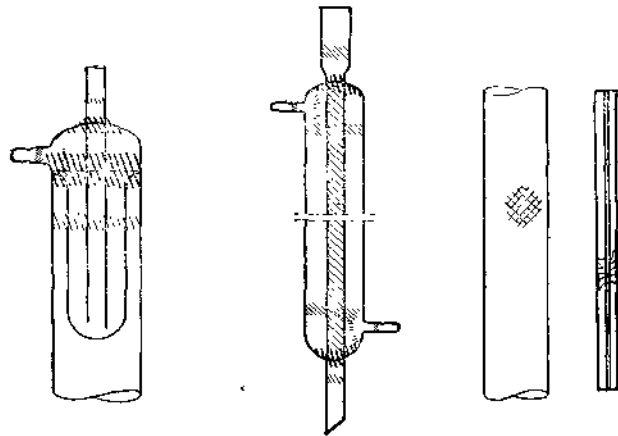


图 3-3 环形接头应力的部位

图 3-4 夹套两头封接的应力部位

图 3-5 加热不均引起的应力

四、应力的消除——退火

一般玻璃制品在加工完毕均要进行退火。所谓退火，就是将制品再加热至玻璃的转化温度以上，然后缓慢冷却，使玻璃制品外层和内部的温度同时降低到转化温度以下。其目的是消除应力，避免制品爆裂。

一般说来，玻璃的膨胀系数愈大，玻璃管壁愈厚，产品形状愈复杂，应力就愈严重，相应地在开始退火时，产品的预热和冷却所要求的时间就愈长。如硬质玻璃 GG-17 和九五玻璃的退火时间只需 2 小时左右，而壁厚，大型的钠钙玻璃（软质玻璃）制品却需要 5~6 小时左右。

此外，玻璃中应力的消除还与玻璃的粘度有关，粘度越小，应力的消除也就越快。

必须指出,在实际生产中玻璃制品经退火处理,并不能将玻璃内的应力彻底消除,但残余量已很少了,就是在偏光仪下也不易发现。

由于各种玻璃的化学组成不同,因此所要求的退火温度也不一样。理论上最高退火温度是指经过3分钟能够消除应力95%;最低退火温度是指在此温度下经过3分钟消除应力5%。实际一般采用采用的温度比最高退火温度低20~30°C,比最低退火温度高50~150°C。退火的方式有多种,但主要的是退火炉退火。退火所经历的时间和温度,见图3-6退火曲线及表3-1玻璃退火曲线数据。

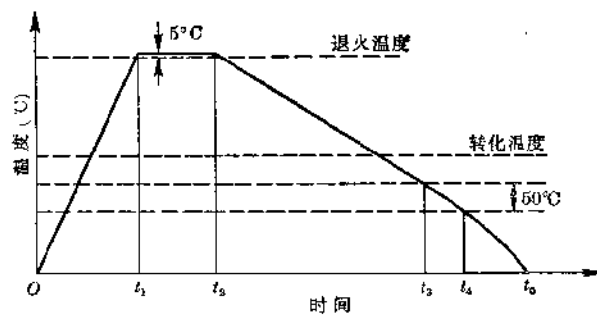


图 3-6 退火曲线

- t_1 ——加热到比退火温度高 5°C 的时间;
- t_2 ——保温时间;
- t_3 ——开始冷却到低于转化温度所需要的时间;
- t_4 ——再冷却 50°C 所需的时间;
- t_5 ——自然冷却的时间。

退火方法有下列几种:

1. 喷灯火焰退火

表 3-1 玻璃退火曲线数据

玻璃的膨胀系数 ($\alpha \times 10^{-6}$)	玻璃的厚度 (毫米)	退火温度 ($^{\circ}\text{C}$)	单面冷却情况					双面冷却情况								
			1		2		3	4	5	1		2		3	4	5
			加热速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	时间 (分)	转化温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	转化温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	加热速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	时间 (分)	转化温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)	冷却速率 ($^{\circ}\text{C}/\text{分}$)
88	3.2	575	130	5	5	12	24	130	400	5	5	39	79	400		
	6.4	553	30	15	10	3	6	30	130	15	10	12	21	130		
	12.7	531	8	30	20	0.8	1.6	8	30	30	20	3	6	30		
50	3.2	528	85	5	5	8	16	85	200	5	5	26	52	260		
	6.4	510	21	15	10	2	4	21	85	15	10	8	16	85		
	12.7	492	5	30	20	0.5	1	5	23	30	20	2	3	21		
90	3.2	451	50	5	5	4	8	50	140	5	5	14	23	110		
	6.4	433	11	15	10	1	2	11	50	15	10	4	8	50		
	12.7	416	3	30	20	0.3	0.6	3	11	30	20	1	2	11		

喷灯火焰退火是将玻璃管的热分界区（即应力集中的部位），以高于玻璃的转化温度，低于熔融温度的火焰进行加热，并逐步降低火焰温度，扩大受热面，缩小玻璃管热分界区两侧的温度差，使应力扩散，这样就可使产品维持一段时间而不致爆裂。

一般玻璃仪器都是薄壁产品（除毛细管外），所以喷灯火焰退火一般只注意热分界区的应力消除。喷灯火焰退火适合在制品加工刚刚完毕立即进行，既可节省退火时间，而且效果又好。如果待制品冷却后再进行退火，一方面要增加预热的时间，而且还容易发生爆裂。

由于制品在吹制过程中产生应力情况不同，因此退火的部位也各不相同。玻璃壁厚度不同，退火的程度也应不同。一般应掌握下列原则：

（1）薄壁玻璃管小面积熔融的两侧或四周的热分界区，可用两倍于熔融面积宽度的氧化性火焰加热，至火焰发红时（玻璃管在火焰中加热，达到退火温度左右火焰才发红，这是掌握火候的重要标志），渐渐关闭压缩空气，让还原火焰“文火”略微烘一下即可。必须注意，退火时不能将玻璃管烧熔（最多烧至微呈暗红色），否则将产生新的应力，反之若退火时间太少，或者火焰温度太低，则不能达到退火的目的。

（2）当玻璃管熔融面积大，而火焰宽度不够时，可移动工件来取得退火效果。也可将熔融部位两侧的热分界分别加以退火。

（3）夹层环形接头制品，除采取上述步骤外，应增加“文火”的烘烤时间，目的是缩小内、外层冷却时的温度差（即使是内、外层玻璃管基本上同时冷却到转化温度以下）。

（4）毛细管及大型壁厚制品退火时，表层虽已达到退火

温度,火焰也已发红,但由于壁厚,玻璃内部很可能还未达到退火温度。这时应适当延长退火时间(火焰温度不必提高),冷却速度也应缓慢。

(5) 软质玻璃制品退火时,当达到退火温度后,需使温度逐步降低,增加“文火”烘的时间以达到缓慢冷却的目的。

玻璃仪器生产单位,一般情况都是当天产品当天进退火窑退火,所以喷灯火焰退火只要求使应力扩散就可以了。而某些没有专门退火设备的科研单位、化验室等,可根据上述几点原则处理。如果掌握得当,虽有轻微应力存在,但产品不会爆裂,不影响使用。

2. 稻草灰保温退火

许多直径粗大,具有夹层结构复杂的玻璃制品,吹制封接完了以后,除作良好的喷灯退火外,仍需采用稻草灰保温退火,这是一种既经济又有成效的退火方法。用稻草灰保温,就是使玻璃制品缓慢冷却,从而达到避免爆裂的目的。图3-7是



图 3-7 盛灰铁皮箱

盛灰的铁皮箱。稻草灰分冷灰和热灰两种，冷灰的保温时间较短。当工件在喷灯上退火完毕，应将工件迅速插入灰中，以保护工件本身的热量不致很快散失。冷灰保温常用于60毫米以上无拉力的环形接头（一头封接）。热灰比冷灰的效果好，一般保温10小时左右才会完全冷却。大型的环形接头（特别是有拉力的制品），如四级油扩散泵，杜瓦瓶等产品都采用热灰保温。

热灰的制取：将冷灰挖一凹坑，将稻草置于坑内燃烧，待其烧尽成灰，立即覆盖以冷灰，即可备用。

经过稻草灰保温的制品仍有应力存在，待工件完全冷却后，再移至退火窑退火。

稻草灰保温效果虽好，但也存在着缺点，即灰尘容易飞扬，影响环境卫生。

3. 各种简易煤气烘炉退火

软质玻璃管及厚壁玻璃管件等，在封接加工前需要预热，工件吹制完毕又需在喷灯上退火，为了节约操作者的预热和退火时间，提高工效，可采用多种形式的简易煤气烘炉。其结构简单，使用方便。下面介绍几种简易煤气烘炉：

(1) 图3-8所示的烘炉，适用于玻璃壁厚、直径大的半成品加工前的预热和封接后的退火，也适用于其他多接头夹层玻璃制品的退火。炉外套用铁皮制成，里层是铁丝网，中间层是石棉板，炉内伸入一根具有三个孔洞的铁管，以通煤气。火焰向上燃烧，炉内温度基本均匀。玻璃制品制作完毕须在喷灯上退火一阵后方可放进炉内退火。制品在炉内退火不必翻动，先放在靠近火焰旁边，当第二只封接完毕将第一只移向旁边，依次堆放。

(2) 图3-9所示的烘炉，适用于一般具有夹层制品的退

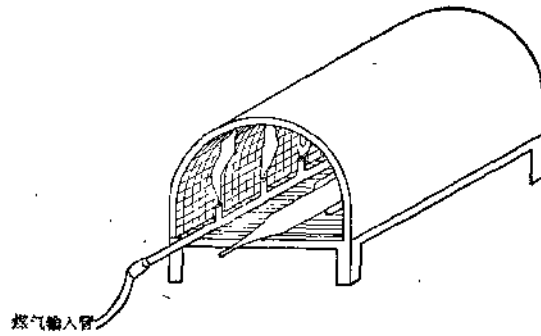


图 3-8 烘 炉

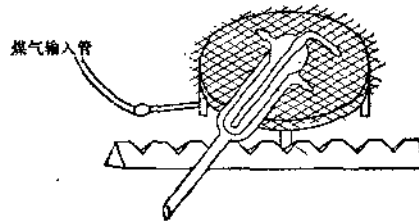


图 3-9 烘 炉

火。炉内搁架用铁条焊接而成，上面放一块铁丝网堆放一些零碎的石棉绳类，使火焰均匀，但煤气火焰不宜开得过大，一般火焰超过玻璃制品 30 毫米左右便可。制品吹制完毕也要在喷灯上退火一阵，再放在炉上退火翻几次，待第二只完成后就可以将第一只换下来，依次进行。

(3) 图 3-10 所示的烘炉，适用于真空活塞芯和活塞壳类的退火。炉架用三角铁焊接而成，周围铺放多层石棉板，然后用石棉泥(碎石棉板用水调成)，将四角粘泥密封，炉底层插入一根多孔铁管，作煤气输入管。玻璃制品制作完毕不必在喷灯上退火就可以直接放在炉内退火，依次堆放。

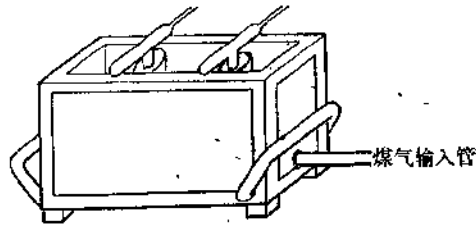


图 3-10 烘 炉

(4) 图 3-11 所示的烘炉, 适用各种一般活塞壳退火。炉外壳用铁皮制成, 可以用石棉板, 石棉泥, 火泥粘泥在铁皮壳内层, 两只炉子合放在一块火砖上, 火焰朝下燃烧在火砖上, 炉温均匀, 使玻璃制品不接触明火。炉温一只高, 一只低些。当活塞壳焊接完毕, 就直接搁放在高温炉上退火, 待第二只焊接完毕, 再将第一只从高温炉移放在低温炉上, 退火时用不着翻动, 依次进行。

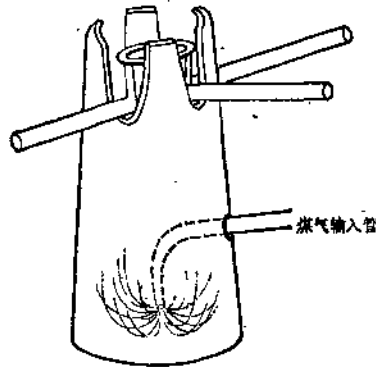


图 3-11 烘 炉

(5) 图 3-12 为电动烘炉, 适用于各类油扩散泵上水套夹层大面积接头的退火。炉架用三角铁烧焊而成。炉壳用铁皮

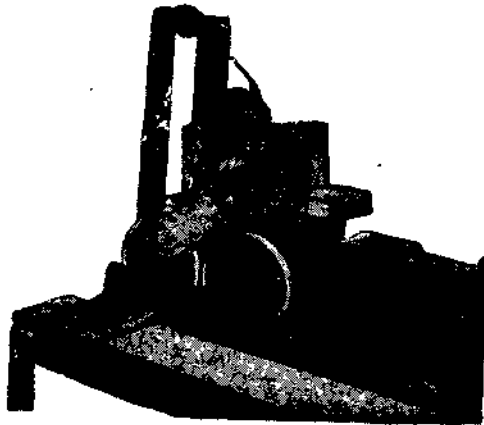


图 3-12 电动烘炉

里层用石棉板制成，炉内底部插入一根具有旋风器的煤气输入管，用小马达带动搁架缓慢转动。当油扩散泵水套在车床上封接后，烧接胶管接口，接着就可直接放入炉内，盖上炉盖，在油扩散泵外套呈红色后即可取出埋在灰箱里保温。

(6) 图 3-13 介绍的是一种表面燃烧式煤气红外线退火炉，它分为多孔陶瓷板式和金属网式两种。其工作原理是煤气以一定的压力经喷嘴喷入引射器，在收缩管处形成一负压

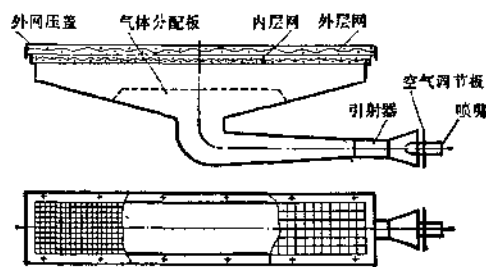


图 3-13 煤气红外线退火炉

区,以煤气本身的动能吸入燃烧所需的空气,在炉体空间均匀混合,点燃后即在陶瓷板或金属网表面燃烧,并达到高温,赤热的陶瓷板或金属网的高温火焰都辐射出红外线。

红外线是一种不可见的辐射线,它被物体吸收后能转化为热,所以又是热射线,目前常用的红外线只有电红外线和煤气红外线两种。

煤气红外线炉的显著优点是燃烧完全,能以均匀的辐射方式传热,热效力高,因而节约煤气燃料的消耗。另外红外线具有穿透能力,从而更能适应多接头的夹层产品的退火处理。

煤气红外线退火炉的设计及制作,请参看1971年天津人民出版社出版的《煤气红外线》一书。

4. 电炉退火(马弗炉)

用电炉退火可以消除玻璃制品的应力,使用简便,清洁卫生,可用于热产品退火,也可用于冷产品退火,见图3-14。



图3-14 马弗炉

(1) 电炉炉温可根据玻璃的退火温度曲线灵活掌握。使用时需在炉底铺放一块石棉板,先将炉温控制仪表调节到所需的温度,然后开启电源,温度逐步上升,冷电炉约1小时左右就可升到预定的温度。选择退火温度时应考虑玻璃制品的壁部厚薄、直径大小等因素。玻璃壁薄,膨胀系数大的制品,炉温就不宜开得过高,应略为低些。玻璃壁厚,膨胀系数小的制品,炉温就应该高些。也可以选择其中一只产品,在煤油灯上熏一些黑灰放进电炉,待黑灰烘没有了,这说明炉内已达退火温度,产品应力已经消除(最好用偏光仪检查一下)。

(2) 电炉炉温上升到预定点后,打开炉门用目测方法察看玻璃制品的颜色,如呈黄色说明应力正在消除,须立即关紧炉门,关闭电源,使电炉降温。目测方法可以避免万一温度控制仪表失效而造成产品烘扁现象。如果炉内产品还未发黄,就急于关闭电源,玻璃制品内的应力就不能完全消除,这时必须延长恒温时间,提高炉温。

炉内产品堆放也要注意,炉边温度较高,因此要选放一些壁厚、膨胀系数小的玻璃制品。

(3) 对于一些易爆、直径粗大和面积夹层套管产品在吹制焊接之前,应先使电炉温度上升到预定点,然后开始制作,产品制作完毕,可以立即放入炉内退火,这称为热产品退火。

(4) 有些多接头夹层产品不适合热退火,应进行冷却退火。产品制作完毕,在喷灯上退火冷却,为了进一步消除应力,再放入冷电炉,让炉温逐渐上升,按各种玻璃料的退火温度掌握炉温,以达到消除应力的目的。

5. 窑炉退火

玻璃制品以窑炉退火最为理想,应力消除也较完全,窑炉

的结构可分间歇式（老式退火窑）和连续式（自动退火窑）两种。

窑炉一般都是比较大型的用耐火材料砌成的。间歇式退火窑是以冷却的成品堆置于炉内后（产品放在铅丝笼内），再点火升温。窑炉升温慢，保温时间长，因此效果好。但缺点是生产周期长。连续式自动退火窑是一种长型的炉体，炉内安装一种金属的传送带，由机械带动，炉内温度分预热区、高温区、保温区三段，炉温根据各种玻璃料的退火曲线而定。它适合大批量产品连续生产的退火处理。

以上两种退火炉均属大型设备，不属本书讨论范围，请参阅有关书籍。

五、应力的检查

玻璃中产生应力以后，玻璃的各向同性的性质就改变了。玻璃体将有单轴晶的光学特性，发生双折射现象。双折射的程度与所存在的应力大小成正比。根据这种性质，在实际生产中，通常用偏光仪检查玻璃中的应力，偏光仪的主要原理如图3-15所示。由强光灯作为光源产生的自然光，经过聚光镜再由反射镜反射至起偏镜转变为偏振光。在操作时，把产品放在毛玻璃上面，由检偏镜向下观察，玻璃中如有应力存在，由于双折射性质，会把渗入的偏振光分为“寻常光”和“非寻常光”。这两种光线会在检偏镜中相互干涉，形成与应力分布情况相应的颜色，根据颜色的阔度与密度，就可以判断玻璃内应力的程度和分布的范围。其中石英片是用以提高偏光仪的灵敏度，同时能看出应力的性质（压应力和张应力）。

在检验观察产品时发现，玻璃中无应力存在的部位，则呈

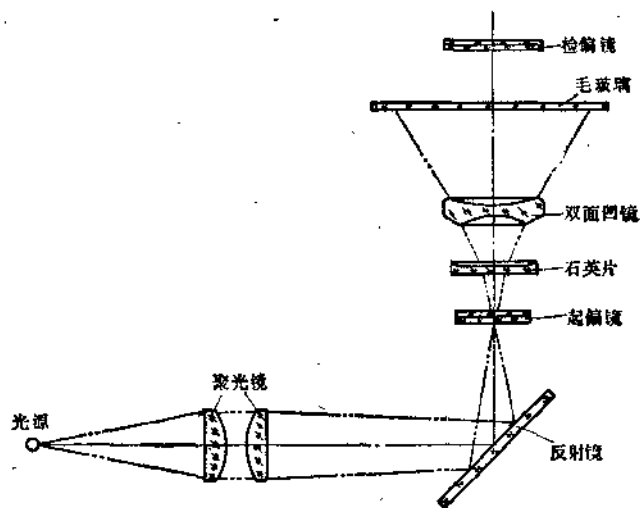


图 3-15 偏光仪工作原理

紫红色,有应力的部位则呈另外一些色彩,如蓝色、绿色和黄色等。黄色表明应力严重,其他颜色次之。玻璃仪器的形状和厚度特别复杂,难以规定出什么形状和壁厚的产品,允许存在什么颜色。在退火设备允许的条件下,为了提高玻璃仪器的抗热性能和机械强度,一般只允许有轻微的应力存在,反映在应力仪上的颜色为紫红色和蓝色。

六、引起玻璃制品爆裂的几种情况

玻璃制品加工完毕发生爆裂是经常遇到的事,但如果我们对引起玻璃制品爆裂的几种情况认识了,并注意了,就可以避免不少不必要的损坏,为国家节约原材料。引起玻璃制品爆裂大致有如下几种情况:

(1) 一般玻璃制品在加工完了以后，玻璃制品内均存在应力，如不及时进行退火，很容易发生爆裂。

(2) 对两种膨胀系数相差很大的玻璃管进行封接时，一定要采用一种和儿种过渡料，最后使两种膨胀系数接近的玻璃管封接在一起，如果不采用过渡料封接，冷却后即会爆裂。

(3) 玻璃制品经强烈火焰加工并作了喷灯火焰退火之后，如果经受风吹快速冷却，或接触冷玻璃及冷金属等，软玻璃一般均要爆裂，硬玻璃有时也会发生爆裂。

(4) 一般软质玻璃半成品在加工前不预热，立即用强烈火焰吹制，很容易造成爆裂。

(5) 生产结构复杂的产品时，由于操作次序安排得不恰当，操作过程中很容易由于应力的作用而导致制品爆裂。

(6) 面积大的夹层接头(包括环形接头)封接部位没有充分烧熔，冷却后即会爆裂。

(7) 膨胀系数大、壁厚、直径大、形状复杂的玻璃制品，冷却后容易爆裂。

(8) 玻璃壁较厚的优质硬料，在用强烈火焰表面烧一阵，而没有熔融就调换其他部位上去加工，也会造成爆裂。

(9) 壁薄与壁厚大直径的玻璃管(毛细管)对接后，应马上进行简单的退火，否则也会造成爆裂。

(10) 玻璃管经受金属类夹压，或玻璃管之间扭转摩擦等，特别是玻璃管内部擦伤，在火焰上烧熔加工时，很容易发生爆裂。

(11) 大直径平底上封接多种单接头，当一接头完成未作退火处理，急于封接第二头，大平底很易爆裂。

(12) 距离靠近的多种环形接头的玻璃制品，当一接头完成未作退火处理就封第二接头，第一接头很易爆裂。

第四章 玻璃仪器吹制的基本技术

灯工操作者利用不同规格的玻璃管按制品的不同要求,在火焰中熔烧吹制加工成各种简单的或复杂的仪器产品,一般都是以手工操作为主,而产品外观质量的优劣,则往往决定于操作者的手艺,所以灯工操作者必须十分娴熟地掌握灯工基本技术。

任何灯工产品,无论是繁简程度如何,都离不开吹、接、拉、弯等基本操作,最后制成仪器产品。基本功过硬者,操作自如,多快好省,反之则往往事倍功半,少慢差费。所以基本功的掌握,实为初学者最重要的一环。

虽然经验丰富的灯工对基本技术可能各有各的体会,操作方法也不完全统一,但还是有其共性和规律性的。所以我们只要懂得了基本原理,就不难掌握,关键在于勤学多练。

毛主席教导我们:“认识从实践始”,对于我们这一门手工技术来讲,则更应强调反复实践,纯粹依靠书本知识是不行的,必须“从战争学习战争”。

下面是我们多年来从事玻璃仪器灯工积累起来的一些肤浅经验和体会,抛砖引玉,供作参考。

一、割 爆

玻璃仪器制品是由各种直径和长短不同的玻璃管吹制而成。通常加工前需按产品各部位的要求,将玻璃管割爆成段,

然后进行加工。玻璃管的割爆，大致可分为冷割和热爆两种方法，现分述如下：

1. 冷割

(1) 玻璃管直径在 25 毫米以下的均可采用图 2-22 所示的金刚钻、锉刀及钨钢刀等工具切割。按玻璃管所需长度，左手持玻璃管，右手执上述工具，如用金刚钻划一细痕（锉刀、钨钢片划一深痕），并用手指沾水或在湿棉花上揩沾一下，划痕向内，两手迅速握紧玻璃管同时向两边和下侧用力拉折即断。割管两手姿势如图 4-1 所示。必须注意用力的方向和均衡性，否则不易获得平整的截面。

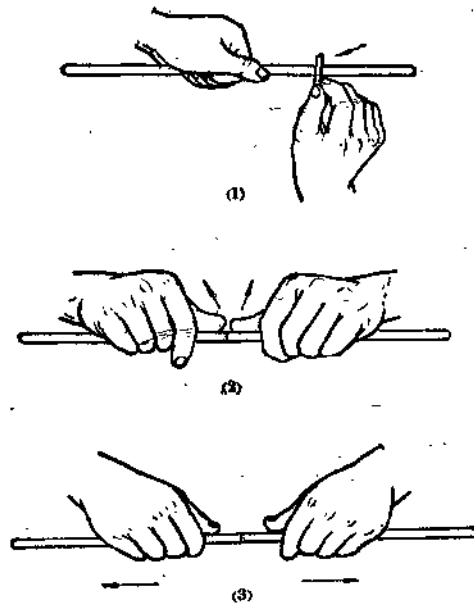


图 4-1 割管姿势

玻璃管是脆性材料,当用冷割工具划痕后,这部分玻璃管的机械强度大为减弱,当受到相反力的作用时,玻璃管即齐划痕处断裂。划痕力求做到细直,有利于拉折断裂,所以冷割工具锋口必须尖锐。工具用久了,锋口会变钝,此时应在砂轮或磨砂平板车上磨后再用。

(2) 割爆大批量玻璃管时,可使用割管机切割。割管机一般适用于软质或普通硬质薄壁直径在70毫米以下的玻璃管的切割,速度快,质量好。割管机是利用具有锋利刀口的圆形高速无齿钢片,以电动机带动高速旋转来切割玻璃管。如图4-2所示的细玻璃管,只需切割单面就可以了,而粗玻璃管则要切割一周。特硬质玻璃管不适宜使用割管机,因其膨胀系数低,不易割断,而且玻璃管因与钢片的高速摩擦产生铁屑,残留于玻璃管截面,不利于封接(摩擦时间越长,铁屑越多,反之则少,少量铁屑可用锉刀括去)。凡制造真空系统仪器,均不得使用割管机切割,以免接头沾有铁屑造成漏气。



图4-2 割管机

2. 热爆

凡玻璃管直径粗大,管壁较厚切割长度较短的,用上述方法冷割难以达到要求,必须采用热爆。热爆是以玻璃管局部加热,使其产生严重的应力而又集中于很窄的一周,使之急冷(用冷风或用湿棉花沾以冷水)而达到爆裂之目的。

常用的热爆方法有如下几种:

(1) 铁板夹火热爆:铁板夹火热爆的示意图见图4-3。两块铁板平放于灯罩上,间隙约2毫米,氧化火焰尖端窜出铁板约2毫米,使喷灯火焰成扁狭形。火焰只需压缩空气助燃即可。玻璃管经划痕后对准火焰,均匀旋转,使之产生严重应力而爆裂。火焰不宜过大,因玻璃管受热面太宽反而不易爆裂,而且急冷后又往往造成轴向裂纹,不易获得平整的截面。加热的时间也很重要,时间过长,也会产生上述不良后果。加热时间的长短,需根据不同管径和壁厚以及不同玻璃料质而灵活掌握(50~60毫米玻璃管约旋转5圈左右,20~30毫米约旋转4圈左右)。硬质玻璃管一般在火焰上不会自行爆裂,需加热后移离火焰对准划痕用嘴猛吹或用湿棉花沾一下,使之骤冷爆裂。

如果在几次加热后仍不能爆裂,这主要是由于加热不当,

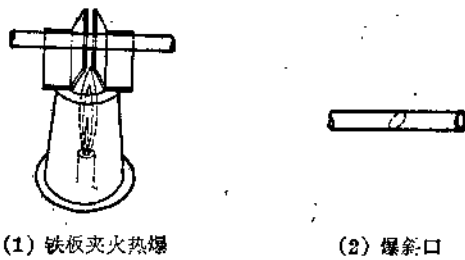


图4-3 夹火热爆

使应力扩散了的缘故，这时可将玻璃管在喷灯火焰中退火消除应力，待其冷却，再重复上述方法热爆。

有些制品的玻璃管需要斜形端面，如三口烧瓶的支管接口等，也可以利用铁板热爆。方法是用割刀在切割处两侧离开一定间距划痕，对准火焰尖端两手持玻璃管一高一低地旋转，使两痕交替加热，图 4-3 (2) 虚线是火焰加热部位，旋转几圈后移离火焰吹风急冷，使玻璃管断裂成斜形端面。划痕间距越长，则所得端面斜度越大。斜度的大小根据制品需要而定。

(2) 点料热爆：有些半制品可能不适宜上述方法冷割和热爆，例如在安装真空系统时需割去余料，可在需要切割之处，用割刀划痕，取一段直径 3~4 毫米实心玻璃棒一端在小火焰中熔烧，成一熔融圆珠状，迅速沾在划痕一端，待熔融圆珠硬化，即迅速以嘴吹气使之骤冷，玻璃管则可爆裂（玻璃管不需加热）。玻璃管划痕必须深细，平直。熔融圆珠不能沾在划痕中间或全部盖没，划痕粗短歪斜，都不能获得平整的端面。此方法一般只适用于 30 毫米以下的玻璃管，见图 4-4 (1)。

(3) 圈料热爆：图 4-4 (2) 所示的方法只适用于 30 毫米

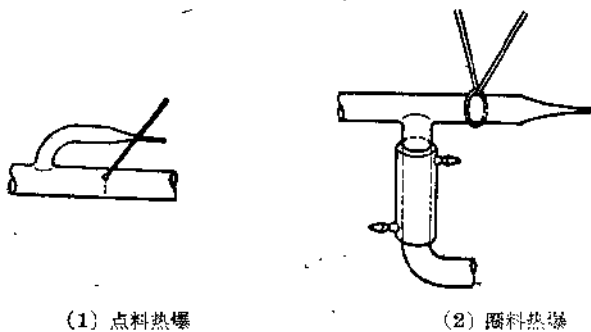


图 4-4 点料及圈料热爆

以上的玻璃管。取直径 10 毫米左右的实心玻璃棒，一端烧熔，用钳子拉成 2 毫米左右的细丝，迅速围绕于玻璃管划痕处，务必使熔融的细丝紧贴于玻璃管四周，待其固化迅速敲去细丝对划痕处猛吹或沾水急冷，即能使玻璃管断裂。烧料的多少需根据欲爆的玻璃管粗细而灵活掌握。

(4) 电爆。

① 电阻丝切割机的设计：电阻丝切割玻璃管的原理是使玻璃管在极狭窄的范围内产生很大的温度差，然后用急速冷却的方法使其产生严重应力，其程度大大超过玻璃的强度时会自行爆裂，从而达到切割目的。

根据上述要求，电阻丝切割机在设计时应考虑电阻丝能够在很短时间内达到足够的温度。为了适合不同直径玻璃管的切割，电阻丝的长度应能随意调节。如电阻丝的直径不变，要保持足够的功率输出，必须具有一定的电流数值，根据欧姆定律，电流与电压成正比，而与电阻成反比，电阻是随着电阻丝的长度增加而增加的，要保持电流恒定，电压必须随着电阻丝长度增加而成比例的提高。由此可知，电阻丝切割机的电源应该用可调自耦变压器控制。为了操作安全起见，输出电压应在 36 伏以下。又知道电阻丝的功率是电压与电流的乘积，电压不能提高，要维持一定的功率，只有增加电流的数值。一般在实际切割中所需最大电流在 10 安培左右，因此在自耦变压器后面必须串联定比降压变压器，以增大导线电流通过功率。图 4-5 为实际使用切割机的较理想的电路。自耦变压器的功率为 0.5 千瓦，定比变压器的降压比为 6:1 (输入 220 伏，输出 36 伏)，功率为 0.5 千瓦。可以切割 200 毫米直径的玻璃管。如设计切割不大于 100 毫米玻璃管的切割机时，定比变压器的功率可以大为缩小。表 4-1 为实际切割时测量的最

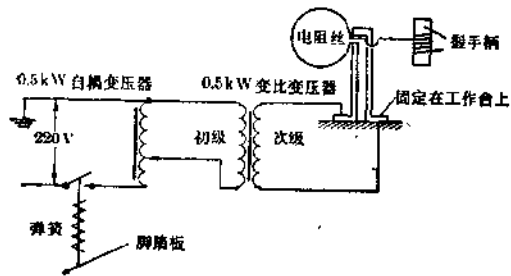


图 4-5 电爆装置电路

大功率数据, 以供设计和操作时参考。在该表中规定的电阻丝为 0.4~0.5 毫米直径, 如欲增大电阻丝的直径, 必须相应的改变和增加定比变压器的比例。

② 具体操作步骤: 先根据玻璃管直径的大小和玻璃耐热性能, 选择不同直径的镍铬电阻丝, 然后将玻璃管需要切割的部位用锉刀或钨钢刀划一深痕, 线条长约 5~10 毫米, 将电阻丝调直, 平稳地绕在玻璃管四周。深痕细条应对着两极板的空隙, 使电阻丝与线条的两端少量重合, 左手握玻璃管, 右手将电阻丝拉紧, 如图 4-6 所示。使电阻丝的通电部分全部

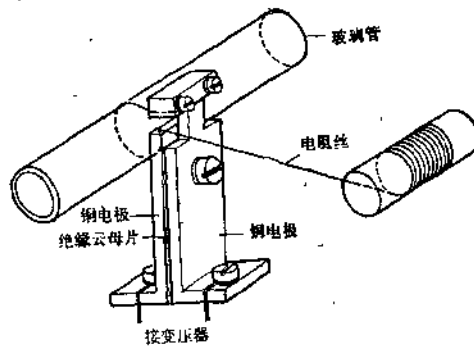


图 4-6 电爆装置示意图

表 4-1 电热丝割爆 GG-17 玻璃管所需最大电流、电压数据

玻璃管外径 (毫米)	电热丝直径 (毫米)	电热丝长 (毫米)	电 压 (伏)	电 流 (安培)	功 率 (瓦)
10	0.4	30	2	8	16
15	0.4	45	3	8	24
20	0.4	60	4	8	32
25	0.4	80	5.5	8	44
30	0.4	90	6.5	8	52
35	0.4	100	7.5	8	60
40	0.4	130	9	8	72
50	0.5	160	10	11	110
60	0.5	190	12	11	132
70	0.5	220	13.5	11	150
80	0.5	250	15.5	11	170
90	0.5	280	17.5	11	192
100	0.5	310	19	11	210
150	0.5	470	29	11	320
200	0.5	630	39	11	440

注：如切割软质玻璃管时可以选择 0.2~0.3 毫米直径的电热丝。

接触玻璃管表面，用脚开启电源。在开启电源前，应预先考虑电压的数值（参考表 4-1），一般将电压调正在较低的位置，以免功率过大将电热丝熔断。电源接通时，须注意电热丝红的程度，一般应保持电热丝呈微红状态，保持的时间应随玻璃管的粗细和壁厚不同而灵活掌握。产品愈大愈厚则保持的时间就愈长，当玻璃管加热到一定的时间，先切断电源，再松

开电阻丝。此时应迅速的用潮湿的海棉或布涂在被加热的深痕线条处,使玻璃管急冷而爆裂断开。如切割的是软质玻璃管,电阻丝的直径可适当改细,加热时电阻丝红的程度也要减弱。切断电源后,应迅速用压缩空气或嘴吹的方法,使其急速冷却而断裂,切不可用潮湿的海棉或湿布使其冷却,以免产生不规则的裂缝。有时在切割软质玻璃管时,由于电阻丝的热量使玻璃管产生的应力过分严重,在未切断电源前就提前爆裂;此时应迅速切断电源。

另外在操作时,由于电阻丝的温度过高或过低,保持的时间太长,以致受热面积扩大,温度梯度变小,玻璃通过急冷而不能断裂,即使断裂也会出现轴向的微小裂缝,和不整齐的端面,因此必须掌握不同玻璃管的直径和厚度而预先适当调节电压和加热时间。

通过电爆的玻璃管端面是否平整,取决于电阻线圈绕于玻璃管上是否垂直,电阻丝歪斜,则所得两端面势必要歪斜。也正是利用这一特性,有意使电阻丝斜绕,可获得斜口,适应封接三口烧瓶的需要。图4-7是可移动的电阻丝切割工具。这种切割工具主要用于不可移动的和不规则的大型复杂产品

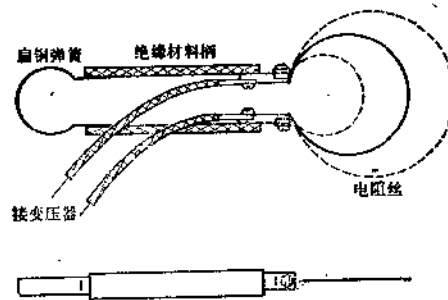


图 4-7 可移动的电阻丝切割工具

的切割,操作方法与上述基本相似。

二、旋转与熔融

玻璃管在火焰中烧熔,大多数需要靠加工者两手使玻璃管旋转操作。例如爆口、拉丝、对接、吹球、圆口、弯曲等等工艺,都必须两手旋转进行。而欲使料子烧得均匀,吹制成精确的形状,则取决于操作者两手旋转的技术,这是作为一个灯工最基本的技术。

对于初学者来说,两手的均匀旋转,正确的配合,是比较难以掌握的,必须勤学苦练,反复实践,方法如下:

取玻璃管一段,左手心向下,持玻璃管的中心,玻璃管两边重量相等。拇指向上推动玻璃管,同时食指向下推动玻璃管,小指根部压住玻璃管,这样反复进行,使玻璃管旋转,要求达到旋转平稳均匀,玻璃管不晃动为标准。右手的持握方法与左手相反,手心向上,拇指向上推动,食指向下推动,中指与无名指的两指尖用以支承玻璃管,使之旋转,要求同上,见图4-8(1)。

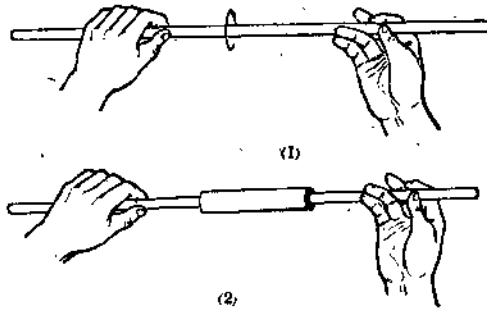


图4-8 旋转及熔融手势

两手配合旋转的练习,可取玻璃管两段(或用筷子及其他圆棒均可),中间扎紧一段柔软的布,两手按上述方法持握并旋转,要求不使布段扭曲、缩紧、歪斜。这样反复练习,当达到一定熟练程度后,再练习相反的方向旋转,也要求达到上述要求,见图 4-8(2)。

按上述方法练习到一定熟练程度,玻璃管在火焰中烧熔时即不难掌握,当玻璃管烧熔时,料子受重力影响将有下垂的趋势,这时旋转速度可稍快一些,或者当发现下垂立即反转,如发现扭曲,则及时调整两手的转速以达一致。

如遇直径粗大的玻璃管,亦可两手心同时向上持握旋转。如图 4-9 所示的玻璃管在熔烧的过程中必须注意两手持玻璃管的位置,力求两手各自所持玻璃管的重力平衡,否则玻璃管一旦烧熔就很难控制。

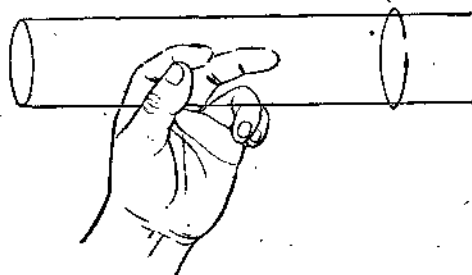


图 4-9 大直径玻璃管持握旋转

在吹制熔烧的过程中,主件(即工件的主体或者是工件较长的一端),一般以左手持握,如图 4-10 所示的旋转也以左手持握为主,右手为辅。左手正转,右手也正转,反之亦然。总之,右手是跟着左手旋转的,右手的任务只是掌握住丝头或者小部件。初学者往往以右手旋转为主(这是由一般用右手持物的习惯所致),这样在料子一旦烧熔,即无法控制,这种弊病

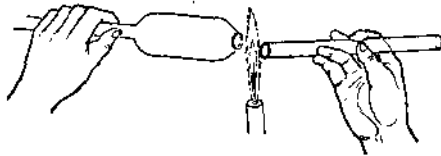


图 4-10 左手持握主件熔烧

一定要克服。

两手旋转的技术，是玻璃熔融均匀的关键。两手持握的姿势，必须正确。初学时如不注意，日久养成习惯，今后难以纠正，势必影响操作技术的提高。因此练习旋转的技巧，必须做到高标准严要求，并培养耐心细致的工作作风。

三、拉 丝

在玻璃仪器吹制过程中，粗大的玻璃管不利于旋转，往往将玻璃管的一部分烧熔拉成一段细管（俗称拉丝），以作捏柄。玻璃管虽然较细，但太长也不利于操作，所以也往往按需要的尺寸拉丝，再进行下一步操作。

初学者在练习双手旋转技术的初期，常以废玻璃管在喷灯火焰上烧熔练习拉丝开始，这对提高旋转技术，掌握熔融的料子十分必要。

取玻璃管一根，平放手喷灯火焰的火力点中均匀旋转烧熔（火焰的宽度约 1.5 倍于玻璃管直径），然后移离火焰，向两边缓慢地拉开至需要的长度（一般约 300 毫米）。在拉开的同时，必须不停的旋转，再在火焰中将丝头的中间部位烧一下拉细折断。拉丝步骤如图 4-11 所示。拉成的丝头要求同心笔直，否则将影响下道工序的操作。长玻璃管拉丝，左方末端可

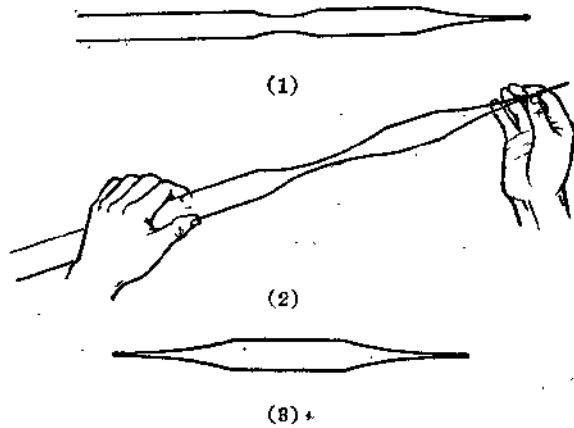


图 4-11 拉丝步序

用搁架支撑,也有许多灯工右手习惯于图 4-12 的姿势。

注意事项:

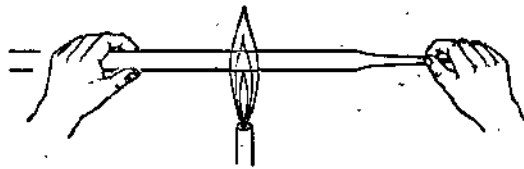


图 4-12 另一种拉丝姿势

(1) 两手旋转均匀,熔烧时不应使玻璃管晃动,这样才能获得受热均匀的熔融部位,拉开的丝头不致歪斜。

(2) 当玻璃管烧熔移离火焰时,应先将熔融的玻璃稳在中心,使肩部不歪斜,然后逐渐拉开。两手必须共轴,保持同心旋转,特别是在丝头即将硬化时,尤其要注意,这是丝头能否同心笔直的关键。

(3) 玻璃管在火焰中熔烧,必须放在火力点上,太高则熔

融速度慢,太低则两边样,中间不够样。玻璃管也不应放在火焰的边缘熔烧,因为这样会使玻璃管受热不均匀。总之,烧料需均匀,拉丝才能准直。

(4) 玻璃管在火焰熔烧的过程中,初学者往往会不自觉地拉开,这将造成拉开的丝头很薄,所以在火焰中切忌拉开。

(5) 欲拉得厚而粗的丝头,关键在于火焰的宽度。如果火焰宽度小于玻璃管的直径,则拉出的丝头必然很薄而细,不能支承玻璃管的质量,在进行下道工序操作时,丝头容易破碎断裂,划破手指,给操作带来困难。

粗而长的玻璃管需要拉丝,可一头搁在搁架上,左手持握玻璃管加热玻璃顶端,烧熔后用灯工钳夹住玻璃管边端,移离火焰拉开,烧断多余的玻璃,即可进行第二段的拉丝。

80毫米以上的玻璃管一般都不拉丝作捏手柄,因丝头易碎,操作不太安全,且拉丝也较困难。在数量少的情况下,可先将大玻璃管烧成圆底(烧底方法后面将讨论),中心开孔接上一支管,以备捏手。数量较多时,可另做一只玻璃手柄包上石棉纸,塞在大玻管内进行操作。

初学者拉丝不易同心笔直,虽经反复修理,仍不理想,可参看图 4-13 所示的步骤进行校正。

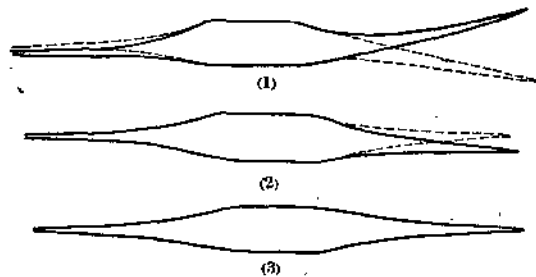


图 4-13 丝头校正步骤

四、封 底

玻璃管封底的形式一般有两种,一种是封圆底,另一种是封平底。这两种形式在玻璃仪器制作中应用较广。

1. 封圆底

如吹制 15×150 试管,先选外径为 15 毫米的玻璃管切割成 305 毫米长,用小火砖纵向夹扁火焰,加热玻璃管中间部位(拉开做两只)。当玻璃管开始软化,双手即边转边拉,使加热部位变薄,玻璃管熔融部位会收缩成细腰,最后在火焰中断开(如果开始时不拉,则熔融的玻璃壁必然会收缩变厚,断开后在底部会有玻璃滴子,使底部厚薄不均)。这时还应继续加热底部,使熔融的玻璃均匀增厚,移离火焰吹成圆底。吹气时需转动玻璃管,以防熔融的玻璃下坠,使吹出的圆底歪斜。吹气必须适量,随时注意圆底的曲面及厚薄,要求圆底厚薄与管壁一致。

直径在 20 毫米以上的玻璃管封制圆底,不必使用火砖夹扁火焰,可直接用小火焰加热玻璃管,待玻璃熔融后拉成细腰,接着再拉成较薄的细丝。在细丝根部烧除余料(见图 4-14(1)),并趁玻璃尚处于熔融阶段,立即将玻璃滴子吹成小薄泡(见图 4-14(2))。再用宽度和玻璃管径相同的火焰,加热底部,同时提高玻璃管的尾端,加大玻璃管与火焰相交的角度,使熔融的玻璃向底部流动增厚。然后移离火焰将底吹圆,即得底部管壁厚薄均匀的制品。如图 4-14(3)所示。

封烧圆底尚需注意火焰熔烧玻璃管的部位,虽火焰宽度调节得恰当,但熔烧的部位不当,吹制成圆底的曲面也不会理想。如熔烧部位超过底部,则后面将吹胖而大于管径。如果

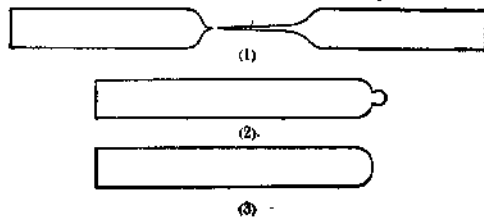


图 4-14 封圆底步骤

底部熔融面积太少,则曲面根部会出现凹槽。

2. 封平底

封制平底同样采用纵向扁火焰,要求玻璃管旋转平稳,加热均匀,使底部平整厚薄一致,底部无明显的玻璃滴子,因此比吹制圆底技术要求高一些。

拉开的方法与封制圆底基本相同,但不能拉得太快,否则熔融处拉得太薄,易被烧穿。断开后如发现滴子,应及时吹薄,再加大火焰,平放加热底部。玻璃管的旋转必须平稳,使熔融的玻璃自然收缩而成平底,这是封制平底质量优劣的关键,加图 4-15 (1~2)所示。

一般平底的边角略呈圆形,图 4-15(3)所示的边角太方,

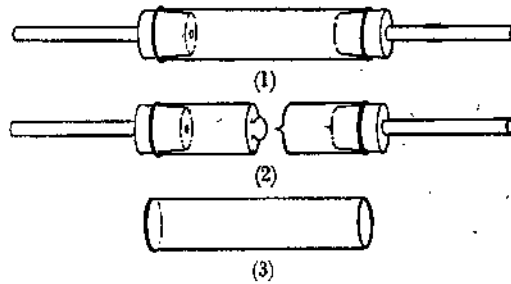


图 4-15 封平底步骤

容易爆裂,尤其是需要真空的制品平底,边角更要圆一些,使其能承受大气压力。

管径较大的平底难以烧平,可用一块木板,预先使其表面碳化(烧焦),后面垫物斜放于工作台上。当平底烧熔后,双手持玻璃管在木板上边转边吹。这种方法简单易行,效果较好。

五、开 孔

玻璃的开孔有热加工和冷加工两种途径。

灯工开孔属热加工范畴,具体操作方法大致有如下几种:

1. 拉料开孔

将玻璃管需要开孔的部位烧熔,用灯工钳将烧熔的料子钳住拉成细丝,在根部夹断,然后在火焰尖上烧平,便成一圆孔,孔径的大小取决于玻璃管的熔融面积。

2. 在火焰中吹孔

先将玻璃管熔融部位略微吹胖,随即在火焰边缘用力一吹即穿。

3. 离火吹孔

将玻璃管需开孔部位烧熔,离火吹成高突点,随后再将高突点部位烧熔,离火猛吹成微薄的玻璃泡,括去玻璃泡孔洞即成,见图4-16(1)。孔径的大小取决于高突点,第二次复烧时,要求熔融均匀,否则吹开之孔一定歪斜不平。这种方法适用于开较大的孔。

4. 强烈火焰冲孔

将玻璃管需开孔部位烧熔(面积要小),用灯工钳将料子拉出(不必拉成细丝,根部保持粗一些),立即用具有冲力的强烈小火焰对准根部猛烧(双手不转),右手持灯工钳一拉,孔洞

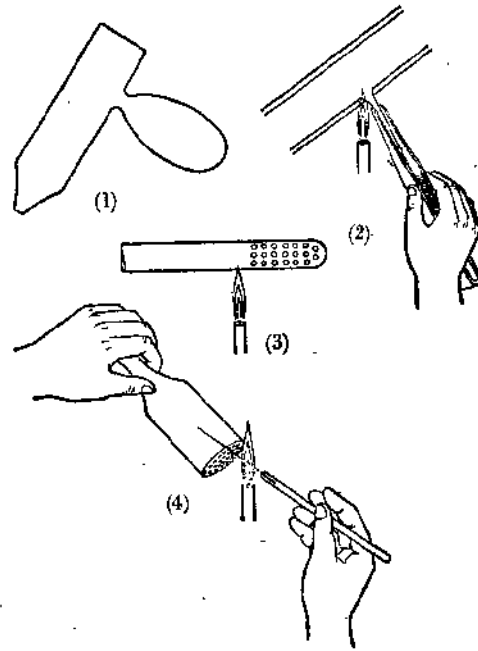


图 4-16 各种开孔方法

即成，见图 4-16(2)。这种方法适用于活塞壳子的开孔焊接。对于一般薄壁玻璃管也可以不拉料，直接用强烈的尖锐火焰猛冲，洞孔即成，见图 4-16(3)。这种方法加工的孔，玻璃管内壁有时会出现薄玻璃泡沫。

5. 钨棒刺孔

将玻璃管需要开孔的部位加热，不能烧熔，钨棒针在火焰中烧红对准玻璃部件旋转刺孔（玻璃部件不转），玻璃部件放在火焰的边缘，而钨棒必须不停地在火焰中加热，直至孔洞刺穿为止，见图 4-16(4)。多孔滤板等产品往往都采用此法开

孔，其优点是易于控制孔径，一般3毫米以下的开孔均可采用。

注意：刺孔时玻璃不可烧软，更不可烧熔，烧软刺孔时孔沿玻璃会向内瘪，烧熔玻璃会粘住钨钢针。

六、吹 球

玻璃仪器的吹制，许多工艺是与吹球有关的。玻璃球泡的形式有：圆形球、椭圆形球、扁形球、三角形球、茄形球及梨形球等。因此，正确掌握吹球技术是灯工操作者基本功十分重要的一环。

初学者吹球往往会出现下列弊病：轴心不准、球体一边大一边小、厚薄不均、曲面不规则等。欲克服上述缺点，必须熟练地掌握下列要点：

(1) 双手旋转平稳一致，不使烧熔的玻璃扭曲，离火吹气时，双手必须共轴旋转，随时注意球体轴心准直，玻璃未硬化前切勿停止旋转。

(2) 必须使玻璃管壁部熔烧程度一致，当玻璃管烧熔将要离火吹气前，应使玻璃管逐步提高，在火焰尖端离火，不宜突然离火，以利熔融均匀。

(3) 缩料要均匀，不可使增厚部位扭结，最好能在缩料的过程中，适当吹一下，可避免扭结。

(4) 火焰的宽度，约等于球体的长度，并注意熔融的部位，这是克服球体曲面不规则的关键。

具体操作方法如下：

1. 吹气的姿势

吹气的姿势大体上有三种，图4-17所示的是一种最常用

的吹气姿势，右手持吹气口一端的玻璃管的情况各种接头及吹球等均可适用。图 4-18 所示的吹气姿势是吹气口在左手玻璃管，这种姿势较前面一种姿势难以掌握，但熟练后也一样，应该好好掌握。图 4-19 是一种用橡皮管吹气的姿势，易于掌握，便于观察吹气情况和在火焰尖端吹气，操作很方便。



图 4-17



图 4-18

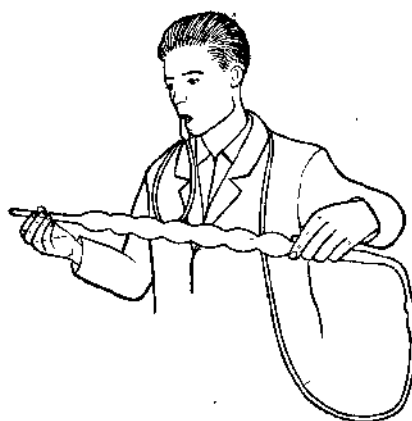


图 4-19

2. 小圆球的吹制方法

烧料姿势如图 4-20(1) 所示, 料子烧熔缩厚 (见图 4-20(2)), 将玻璃管逐渐提高, 从火焰尖端离火。吹气时两手旋转要共轴, 开始吹气要缓慢, 稍微往外拉 (图 4-20(3)), 再逐渐增大气量, 吹成图 4-20(4) 所示的样子。如果发现球体有一边大一边小的现象, 应趁球体还处于熔融状态 (红色), 立即将小的一面迅速在火焰尖端烧一下, 随即离火补吹, 这个动作必须快速准确, 尤其是复烧的部位要准确。这样球体的大小面基本上可以纠正, 并节约时间。

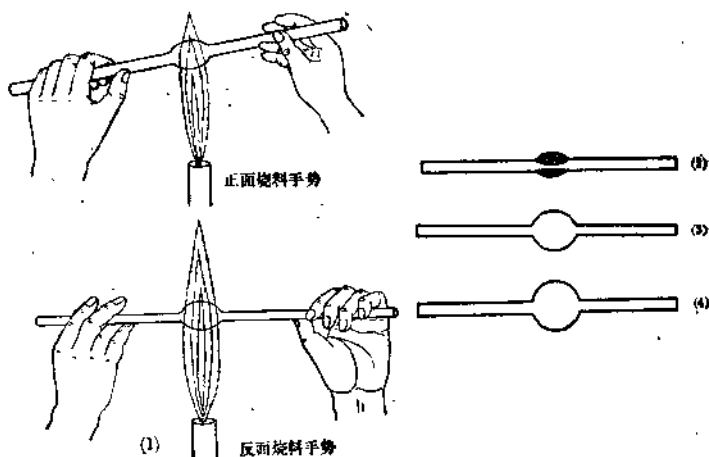


图 4-20 吹球步骤

3. 大圆球的吹制方法

吹制大圆球与吹制小圆球基本相同, 如直径 60 毫米的圆球, 可以用直径 40 毫米的玻璃管, 按吹球所需的料子拉成丝头, 再将一边丝头烧熔缩小、开孔、封接一玻璃管, 见图 4-21(1)。吹成圆肩, 再按此方法调头, 另接一玻璃管, 如图 4-21

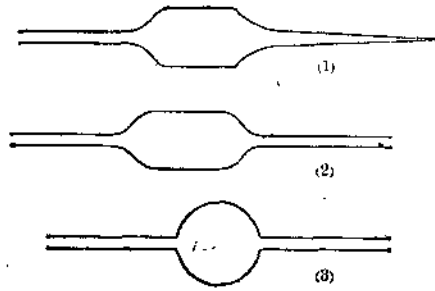


图 4-21 吹大圆球次序

(2)所示。最后整体烧熔吹成圆球,见图 4-21(3)。

4. 修正方法

初学者吹球往往不能一次成型,常常会出现歪斜现象,如图 4-22 所示。这种情况用不着全部烧熔修正,可以试用小火焰局部烧熔推拨修正。但应注意不可烧得太炸,只要玻璃开始软化,离火看准歪斜方向,推拨到中心就可以了。这样修正

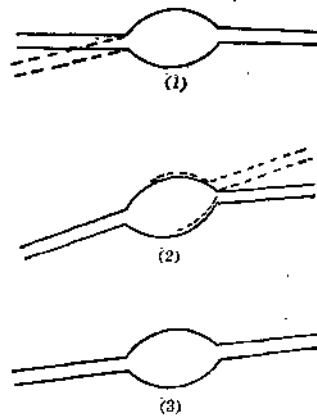


图 4-22 球体修正次序

之后不影响球泡的直径。此外，球泡吹大容易，缩小就比较困难，因此要求在吹气过程中，注意球体直径的变化，如不符所要求的尺寸，立即放入火焰里复烧，不要等冷却后再烧，这将浪费时间。

5. 椭圆形连球吹制方法

如球形冷凝管的内芯连球，一般采用橡皮管吹气，操作比较方便。缩料方法与吹小圆球时基本相同，缩料的多少视球径大小而定。所不同之处在于吹制椭圆连球要边吹边拉，使球成椭圆形。最好在火焰上方吹气，这样便于及时修正。吹第二只球时，缩料要与第一只球离开一些，使球吹成后，两球之间形成细腰，保持原来管径不变。姿势同图 4-19。

6. 扁球吹制方法

吹制扁球要比吹制圆球困难一些，烧吹都以收缩为主，为便于烧吹各类扁球，玻璃管壁厚要求均匀一些，否则会增加吹球的困难。如汞泵的底瓶，直径约 90 毫米，可以选用直径 65 毫米左右的玻璃管，估算多少料子拉成丝头(图 4-23 (1))，随后再在丝头末端烧熔，拉制成如图 4-23(2) 所示的尺寸，尔

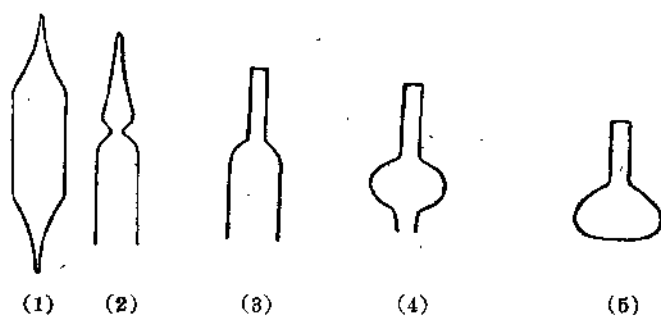


图 4-23 扁球吹制次序

后,再烧拉成玻璃接管(图 4-23(3)),进而将吹球部位烧熔。离火吹气时,两手边转边收缩成初步扁球,见图 4-23(4)。接着左手边玻璃管尾部提高倾斜,按封圆底的方法,烧吹成平圆底(图 4-23(5)),还须注意烧光滴子。

7. 三角球的吹制

三角球最常见的如三角烧瓶等产品。可取玻璃管一段,按需要长度拉成丝,在丝头一端肩部烧熔吹拉成管状,丝头另一端烧熔吹成扁球,如图 4-24(1)所示。然后左手执握扁球尾一端丝头,并提高倾斜度,使火焰烧在扁球旁边的部位。烧熔后将其吹胖成图 4-24(2)所示的形状,再进一步将肩部至扁球的一段部位烧熔,吹拉成锥形,如图 4-24(3)所示。待圆好口后,塞以玻璃手柄,在扁火焰中拉去丝头,烧成平圆底,如图 4-24(4)所示。

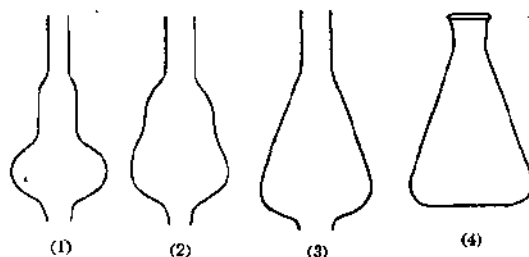


图 4-24 三角烧瓶吹制次序

茄形球、梨形球的吹制方法与三角形球的吹制方法大致相同,只是曲面形状不同而已。

七、单接头封接

玻璃管单接头封接大体上可分对接和侧接两种。

单接头封接要求接头处厚薄均匀、接痕短、同心准直。为了保证产品质量,除了要求掌握一定的旋转技巧,适当掌握火焰的大小、强弱外,还必须掌握侧接的修光技术。

1. 对接

(1) 相同管径的玻璃管对接: 封接的两管端面要求清洁平整, 双手各持玻璃管一段, 在火焰中旋转加热(火焰宽度约等于玻璃管径)。当端面开始熔融时, 即可在火焰中相粘, 如图 4-25(1)所示。离火吹气, 使相粘处吹薄一些(这有利于接头光洁), 见图 4-25(2)。然后再放入火焰中复烧, 复烧时微缩不可拉开, 使接头壁厚度均匀(如图 4-25(3)), 这时可减少压缩空气和纯氧, 使火焰宽度增大, 同时逐步提高玻璃管, 在火焰上方离火(这是使玻璃管熔融均匀、减少接痕的关键), 立

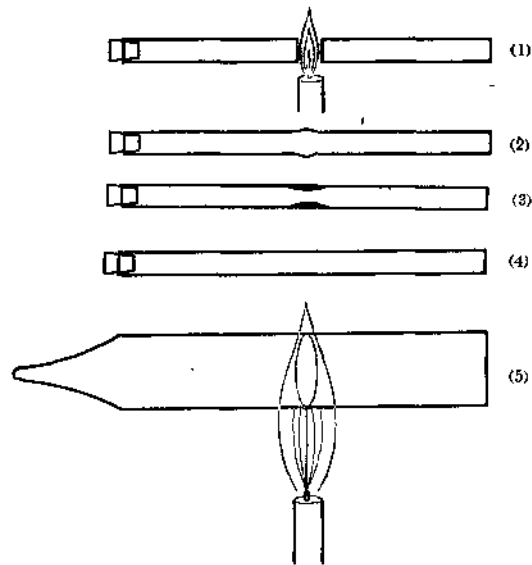


图 4-25 同径玻璃管对接

即吹气,使熔融处鼓胖,略大于管径,待熔融部位稍冷后(暗红色)向两边微拉,使接头处与管径一致,如图4-25(4)所示。如发现接头凹陷(拉得太快易瘪),可迅速补吹一口气,双手旋转等玻璃管固化后方可停止,避免了弯曲、歪斜。

管径在40毫米以上的玻璃管对接时(这种情况较少,一般用于损坏的产品修理),玻璃管的一端应塞以开口的玻璃手柄,以备吹气,同时避免火焰穿入管内烫手。当两管端面熔融时,在火焰中相粘,然后用尖锐的小火焰或火苗局部逐段烧熔修光。逐段烧熔不需要连续旋转,见图4-25(5)。一般烧熔后离火,熔融部位向上,并轻微吹气,待四周烧光吹平即成。

(2) 异径玻璃管对接:取玻璃管一段,按产品要求尺寸先拉丝,以作捏手,将一端烧熔缩小(与细管相近),如图4-26(1)所示,拉去余料并将尖端烧熔吹穿(四周熔融程度需一致,否则吹穿的端面一定歪斜)。软质玻璃也可用一冷的玻璃

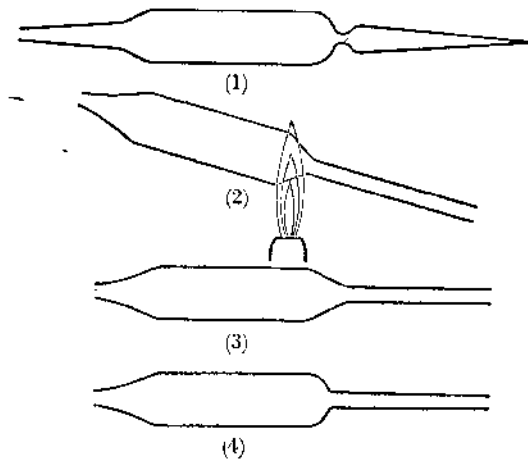


图4-26 异径玻璃管对接

管在缩小处划一下,使其爆裂敲断。这种方法,对硬质玻璃来讲较难掌握,关键在于掌握玻璃从熔融到固化后一瞬间,玻璃太热或太冷都不能使其爆裂,硬料可以少量冷水划一下,用扩大温差的方法,促使其爆裂。将吹穿的玻璃管与细管端面一起在火焰中加热,当开始熔融时相粘,离火吹气,将接头吹开,继而用宽度约等于管径的火焰熔烧粗管,接头放在火焰的边缘,见图 4-26(2)。左手执握粗管的尾部需提高,加大与火焰相交的角度,从而保证细管不被烧熔变形。接头在火焰的边缘仍能够烧熔,火焰主要烧在粗管上,当均匀烧熔后离火吹气,拉成所需要的锥状或者吹成圆肩,见图 4-26(3-4)。例如胖肚吸管的上下肩部都是这类接头。

对技术熟练者来讲,玻璃管用不着拉丝,而是将玻璃管割爆成需要的长度,一端塞玻璃手柄,通过橡胶管吹气。加工方法是将粗管端面在加纯氧的强烈火焰中烧熔缩小至接近细管管径时,迅速将细管端面稍微烧熔,立即粘上粗管,离火吹气,边吹边拉成锥状。这种方法省去了拉丝工序,可提高产量,但较难掌握。粗管要斜烧,使口端比后面煊,虽然料子缩得很厚,经吹胖拉开,也能做到厚薄均匀。

管径在 50 毫米以上的玻璃管对接,可先将粗管制成圆底,用小火焰对准圆底中心烧熔吹成高突点,再对准火焰将高突点吹穿成孔,孔径与细管管径相近,两管同时加热,熔融相粘,离火吹气,并复烧修光即成。

(3) 毛细管与普通玻璃管对接:毛细管(壁厚大于孔径的玻璃管)和普通玻璃管的对接与上述方法有所不同。选取外径相仿的普通玻璃管和毛细管各一段,先将毛细管一端烧熔拉除余料成封底状,见图 4-27(1)。再继续烧熔底部离火吹成薄泡,见图 4-27(2)。括除后便成喇叭口,见图 4-27(3)。

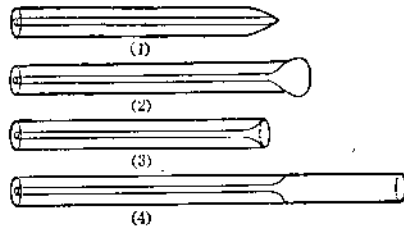


图 4-27 毛细管对接

然后再将普通玻璃管与之对接。熔融面积要小，不能烧得太烱，以避免接头处毛细管内径缩小。如一次烧熔接头不够理想，可反复多次，接头处自会光洁均匀，见图 4-27(4)。如毛细管孔径较大(1.5 毫米以上)，也可将端面略微烧熔用灯工钳尖端伸入孔内翻成喇叭口，再与普通玻璃管对接。

以上所述之吹薄泡或翻喇叭口，其目的都是先使毛细管端面部位的内径扩大，成喇叭状，以避免焊接处毛细管内径缩小，影响产品质量。

(4) 实心玻璃棒对接：实心玻璃棒由于不能吹气，因此两管对接时应边烧边揪缩使直径增大，见图 4-28。当接头完

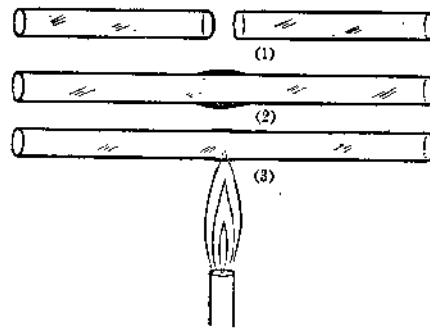


图 4-28 实心玻璃棒对接

全熔融,即在火焰上方缓慢地拉开,以达管径一致。

2. 侧接

(1) 相同管径的玻璃管侧接:例如T形联接管的制作,取玻璃管一段,一端塞以软木塞封闭,用小火焰熔烧封接部位(不转),离火吹成高突点,见图4-29(1)。高突点不要大于管径,对着火焰吹穿,左手大拇指揪住吹气管口(避免火焰穿入玻璃管烫手),用火焰复烧孔洞增厚,并利用火焰的冲力使孔洞张开(孔径不应大于支管径),见图4-29(2)。这个动作要迅速(时间太长会使玻璃管变形),并使孔洞四周同时烧到,否则会使孔洞口部歪斜,要求孔洞不能缩进去,孔口必须有余料,以利于焊接支管。接着右手持支管与孔洞同时加热,当开始熔融相粘,离火吹气微拉,继而用小火焰逐面复烧修光四周。复烧修光时,切忌火焰烧在主管上,主要加热支管接头附近,否则直管将变形。所以必须注意工件与火焰相交的角度,以不烧到直管为宜,见图4-29(4)。在复烧部位熔融离火吹气前,应稍增大火焰,将支管的受热面增大一些(略微附带烧一下),再离火吹气,这是消灭接痕的主要措施。如忽略这一点,虽然接头修得很光洁,但在接头的附近会有明显的接痕。

(2) 异径玻璃管侧接:在粗管上侧接一细的支管,比相同管径侧接方便。因为粗管不易变形,先将粗管按上述方法开孔,支管口可预先翻成小喇叭口(目的是支管烧熔时不致缩得太小),与孔洞同时烧熔在火焰中相粘,动作要迅速准确,离火支管向上吹气,边吹边拉,只要料子烧得烊,可一次告成。

技术熟练者,支管可不翻喇叭口,利用火焰的冲力冲开支管口,同时也使管口增厚,立即与烧熔的孔洞相粘,一吹一拉即成。

(3) 毛细管侧接:毛细管由于孔径小,管壁厚,复烧修光

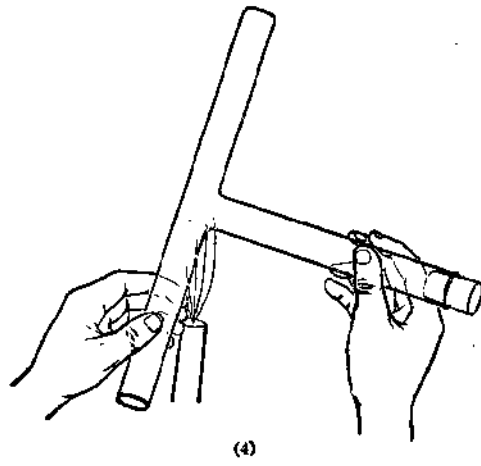
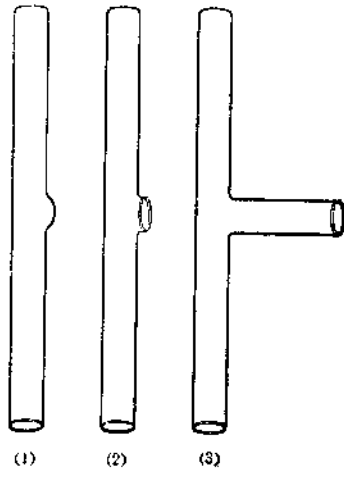


图 4-29 同径玻璃管侧接

困难,容易使孔径变形,所以支管必须翻成喇叭口,直管的开孔同上,支管喇叭口与孔洞同时烧熔相粘,关键是要在支管喇叭口烧熔开始收缩时相粘,轻微吹气拉一下即成,接成后的玻璃管孔径基本相似,扩大不多,见图4-30。

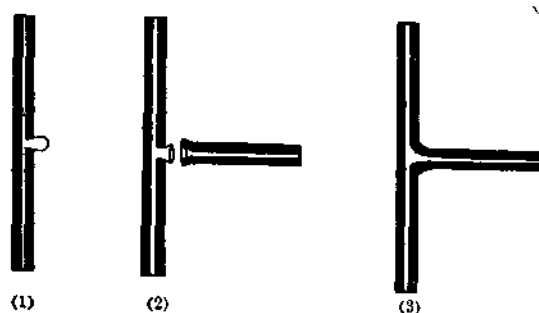


图4-30 毛细管侧接次序

八、环形封接

环形封接通常是指有内芯的夹套接头而言。内芯与外套封接处呈环状,故称环形封接。一般有两种形式:①轴向环形封接;②侧向环形封接。环形封接的接头直径越大,制作越是困难,在同一仪器上,环形接头越多,爆裂的可能性就越大。因此凡属环形封接,特别是接头较多的产品,接头必须充分熔融,并且按第三章所述之退火原理,在喷灯上作细致谨慎的退火处理。

此外,根据内芯的长短不同,制作方式上也有所区别。分固定封接、非固定封接及缩结插入封接等方式。

1. 固定封接

一般内芯长度在100毫米以上的产品,均采用固定封接

的方式操作,因在加热过程中,内芯不会晃动,可以方便地充分熔融。固定的方式多种多样,归纳起来大致有如图 4-31 所示的数种。衬垫材料有石棉纸、马粪纸、棉布等。在离熔融部位较远(即不易受热的部位)的地方,也可用旧报纸代替石棉纸。操作方法如下:

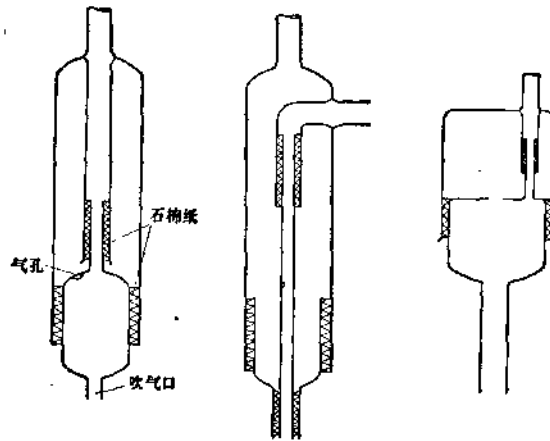


图 4-31 几种常用的固定内芯方法

(1) 轴向环形封接: 先将内芯两端面翻成喇叭口, 内芯稳固于外套管中心, 左手持工件于相应宽度的氧化性火焰中旋转加热, 熔融后拉除余料(内芯的喇叭口放在火焰的中心部位)。尔后, 继续加热使外套管与内芯口相粘并完全熔合, 离火吹成圆肩, 再用小火焰加热内芯喇叭口中心部位, 离火吹成高突点, 再加热尖端吹通成孔, 并利用这点余料与支管相接, 见图 4-32。

技术熟练者往往圆肩吹成后, 用小火将喇叭口中心部位的玻璃烧熔, 完全拉除吹通不剩余料, 再与支管同时熔融相

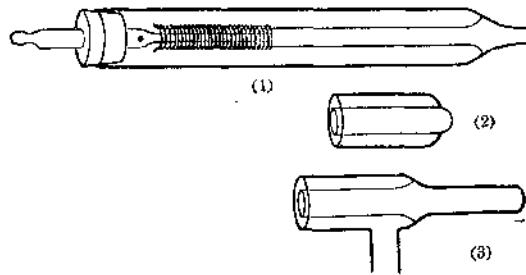


图 4-32 轴向环形封接

接,离火吹气即成,这种方法的优点是没有支管接痕。

(2) 侧向环形封接: 将内芯一端先弯成直角, 切割成所需的长度, 翻一小喇叭口, 稳固于外套管内。将外套预热一下, 随即用小火焰加热接头部位(不需旋转)。当外套与内芯熔融粘合后, 轻微吹气, 使之表面平整。然后再加热喇叭口中心部位, 拉除余料吹通, 与支管同时熔融相粘, 吹平即成, 见图 4-33。

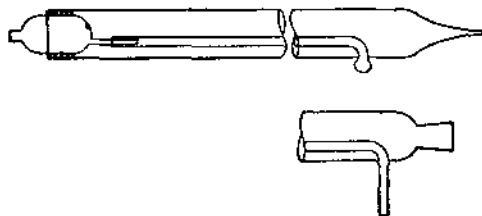


图 4-33 侧向环形封接

2. 非固定封接

图 4-34 所示的环形接头, 由于管径较小, 内芯不需要固定, 封接方法如下: 先将内芯一端翻成喇叭口, 放入玻璃手柄中(玻璃手柄的内径略大于内芯的外径, 不可太大, 以减小封

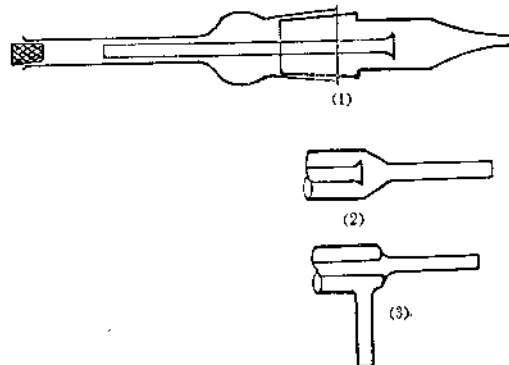


图 4-34 非固定环形封接

接时的晃动), 玻璃手柄的口内层贴一层石棉纸, 放入标准磨口塞紧, 即可开始操作, 见图 4-34(1)。将外套管(标准磨塞)一端拉成丝, 再加热丝头根部使其缩小增厚, 随即拉除余料吹通成孔, 接上接管, 见图 4-34(2)。趁接头尚未固化之前, 使工件倾斜, 使之内芯喇叭口滑至接头处与接头相粘连。接头与内芯喇叭口一起加热充分熔融后, 离火将接头吹平(注意加热时, 工件必须平放, 如有倾斜内芯会向外移动, 难以控制), 再加热外套管肩部(不宜过度焯), 离火吹圆, 最后接上支管即成, 如图 4-34(3)。

3. 缩结插入封接

这是非固定封接的另一种方式, 适用于内芯较短的环形接头。以氮气球为例, 具体操作如下:

首先预制内芯, 可取一根适当长度的玻璃管, 在小火焰上烧熔收缩成两只扁球(即缩结), 再用大火焰将两只扁球之间的一段玻璃管熔融并弯成U形, 见图 4-35(1)。冷却后在中间割断, 便成两只内芯。当大圆球吹成, 一端丝头根部烧熔缩

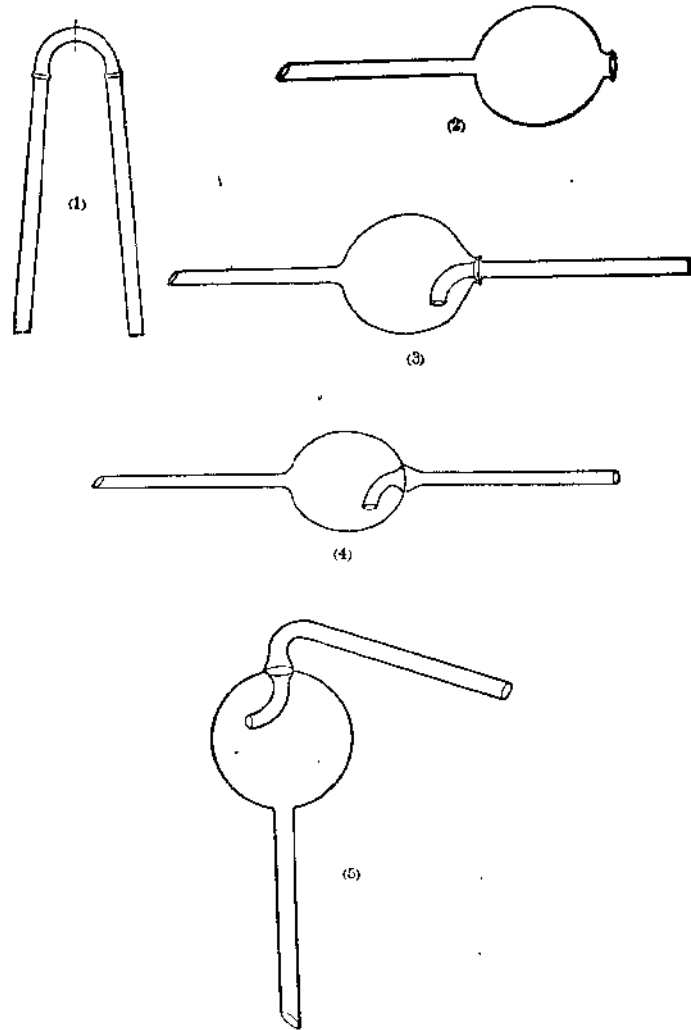


图 4-35 缩结插入封接

小并拉除余料,复加热尖端离火吹成薄玻璃泡,括除玻璃薄泡即成一喇叭形孔穴,见图 4-35(2)。要求孔径略小于缩结,孔径的大小取决于烧料的多少,烧料多,则吹成的孔径大,反之则小。另外也需适当地掌握吹气时间,若太快,一吹即穿,不成喇叭形。应先缓慢吹气,使熔融处鼓胖,稍冷后再用力一吹便成薄泡。孔穴质量的优劣,直接影响下一步的操作和接头的质量。当孔开成,应将内芯稍微加热(便于相粘),插入孔穴中,见图 4-35(3)。烧熔后再用灯工钳夹住孔穴边缘,左手旋转,使其四周均匀粘连,当完全熔融后,离火吹平,再复烧肩部吹圆,见图 3-35(4)。最后,弯曲支管即成,见图 4-34(5)。

如遇侧向的短芯环形封接,也可采用缩结插入封接,方法基本上相同,但复烧接头时不如轴向方便,也可采用火苗逐段烧熔修光的方法,不致使接头向外突出。

九、弯 管

弯管的形式有直角弯管、U形弯管、蛇形盘管等三种。它是灯工操作的基本技术之一。初学弯管时,最容易出现下列弊病(蛇形管除外):①曲面凹凸不平;②内侧皱折;③两侧鼓胖或缩小;④偏歪。

为了克服上述缺点,弯管时必须掌握下列几个要点:①取得足够的熔融长度;②正确掌握熔融的程度;③正确的手势和适当的吹气。

1. 直角弯管

双手持玻璃管在火焰中旋转加热(一端管口预先用塞子封闭),火焰的宽度约为玻璃管直径的 1.5 倍,以取得足够的熔融长度,但火焰最宽最多不能超过玻璃管直径的两倍,否则

弯管的曲率半径势必太大,变为钝角。火焰温度不宜过高,一般硬料只需参合微量的纯氧即可,以利加热的均匀性。

当玻璃管开始软化,再继续加热至玻璃管熔融处开始缩小(这是正确掌握熔融程度的关键)时,停止旋转,让玻璃管一侧稍微焐一些,见图 4-36(1),立即离火,让稍焐的一侧处于下方,双手同时向上带拉带弯(横弯),并立即从右端吹气,便成直角弯管,见图 4-36(2)。这种弯曲的手势,弯管内侧不易皱折,由于玻璃熔融受重力影响自然下垂,尤其弯较粗的玻璃管必须如此,管径在 20 毫米以下的玻璃管,也可垂直弯曲,稍焐的一面放在外侧,左手在下,右手从上往下带拉带弯(竖弯),并同时吹气。无论横弯、竖弯,吹气都不应在弯曲之前。

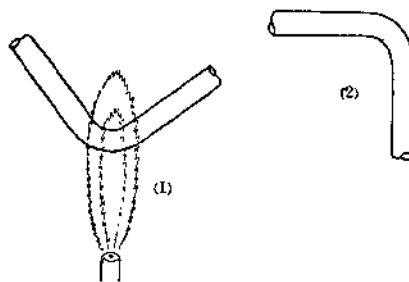


图 4-36 直角弯管

尚需注意的是,当玻璃管已经弯成而未硬化前,双手切勿扭动,否则弯管处势必偏歪不圆。如发现偏歪,立即趁其未冷前,双手同时向偏歪的相反方向转一下,即可纠正。另外,当玻璃管已弯曲吹气后,玻璃管即将固化时,不宜再弯动。如缩小角度则两侧会鼓胖,放大角度则两侧会缩小,所以要求最好一下子就准确地弯成 90 度。如发现角度不准,可重新加热弯曲部位的边缘加以纠正。如遇弯管内侧皱折,则可用小火焰

将皱折部位烧熔，烧熔面向上让其下垂，再轻微吹气，使其符合曲率，最后退火处理。

2. U形弯管

一般都要求较宽的火焰加热，火焰的宽度应不小于U形间距。可用两块小火砖平放于灯罩上夹扁火焰，以增加火焰的宽度，如图4-37(1)。熔融程度及弯曲手势基本上与直角弯管相同。

制作U形弯管两口端易出现高低现象，如遇这种情况可

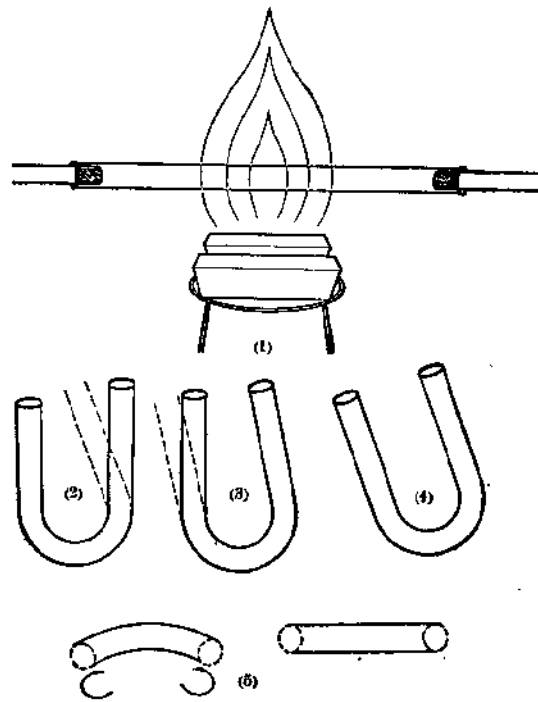


图 4-37 U形弯管制作及矫正次序

按图 4-37(2~4) 所示的次序加以纠正,但烧料不宜太焯。由于U形管比直角弯管更容易偏歪,因此应趁热及时纠正(方法同直角弯管),见图 4-37(5)。如遇较长U形管(如U形压力计),也可不吹气(玻璃管需选厚一些),在火焰中逐渐弯成U形。方法是使用一般温度的宽火焰。只加热玻璃管一侧,见图 4-38。当玻璃管开始软化即逐步弯曲,并左右移动玻璃管,最后弯成U形。

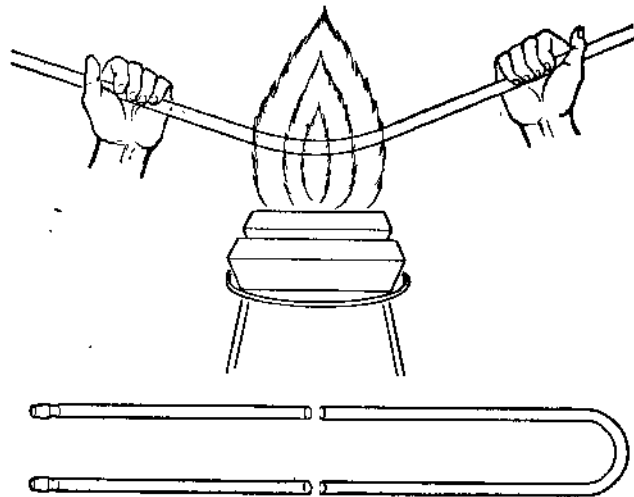


图 4-38 长U形弯管

3. 蛇形盘管

将蛇形盘管的芯棒一端放于搁架上,并将喷灯向前倾斜,使火焰与芯棒垂直相交,见图 4-39(1)。

为正确调节火焰,必须掌握下列原则:①注意火焰的高低,处于芯棒下方的火焰,要求达到火焰宽度的三分之一烧在

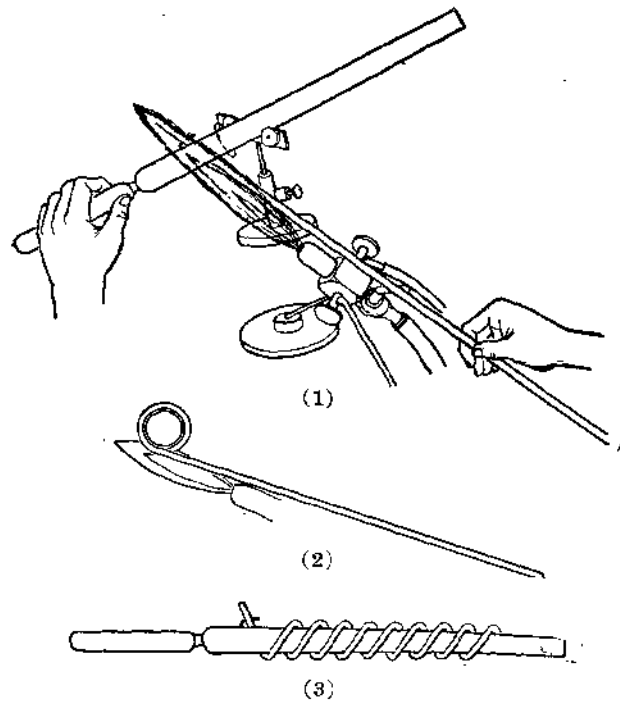


图 4-39 盘制蛇形管

芯棒上,三分之二烧在玻璃管上;②注意火焰的前后,要求火焰的火力点正好处于玻璃管的弯曲处,可调节火焰的长短或移动搁架来满足要求,见图 4-39(2)。

火焰调节就绪即开始操作。右手持玻璃管插入芯棒的弯钩中开始加热,当玻璃管软化,左手即可旋转芯棒,使玻璃管逐步绕于芯棒上。由于火焰的根部温度较低,玻璃管在其中实际处于预热阶段,当玻璃管下半段前移,所受温度也不断提高,至芯棒下方时,所受温度最高,此时玻璃管已经软化,因此

可以不停地旋转芯棒,连续绕弯。

为保持蛇形盘管的一定间距,左手在旋转芯棒时应同时使芯棒向左方移动。蛇形盘管的间距取决于芯棒移动的速度,速度快间距大,反之则小。操作者的注意力必须集中于观察玻璃管即将弯曲的部位与前一圈蛇形盘管的间距,见图4-39(3),这是掌握蛇形盘管间距均匀性的关键。如发现间距不均,应及时趁热用灯工钳推拨纠正,当绕制完毕,左手持芯棒,右手用数层旧报纸裹住蛇形盘管轻轻一拉便可取下。

为了加速蛇形盘管的弯制,可采用自制小炉弯制。火焰通过火砖道使火焰增加辐射热,从而加快玻璃管的熔融速度,提高产量。炉子装置见图4-40。

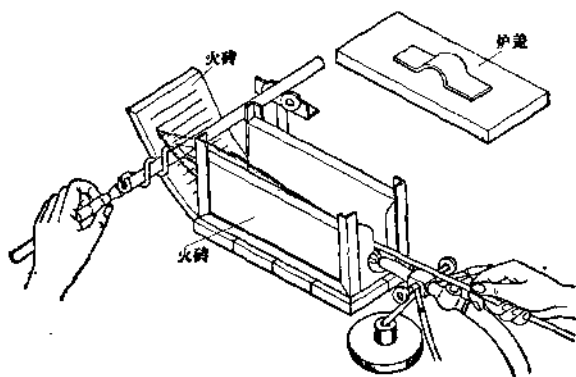


图4-40 自制小炉

十、圆口与配塞

在玻璃仪器制作当中,由于磨砂接口使用得较广,因此圆口配塞也是基本技术之一。为了使产品做到系列化和标准

化,提高产品的产质量,所以一般都用圆口钳子圆制,科研单位的少量生产也可采用手工制作。

1. 钳子圆口

首先将圆口钳子放在另备的小火焰中加热(只要加热到能使木薯粉焦化),在木薯粉中沾一下,使钳板与钳芯表面附着一层木薯粉,木薯粉受热焦化后,能使钳子润滑,避免与熔融的玻璃粘滞。也可将钳子熏上一层煤油灰,以利润滑。

选择玻璃管时,需注意玻璃管内径务必略大于钳芯外径(约2~3毫米),但也不能太大,太大会使圆口带来困难,肩部容易偏歪。

圆制前先将玻璃管一端用软木塞或其他东西封闭,目的是防止火焰窜入玻璃管内烫手。准备就绪以后,即可开始操作。

左手持玻璃管,使左端略提高,放入火焰中斜烧,使口端熔融程度高于后面。火焰的宽度约等于口的长度(熔融面积均不可过长,否则圆制时玻璃管会产生扭曲现象)。当玻璃管加热到软化,并开始收缩时,应立即离火平放于圆口台上。右手持握钳子,将钳芯迅速插入玻璃管内,左手压紧玻璃管在圆口台上来回推动,使玻璃管旋转。而右手持钳子随左手移动,保持钳芯与玻璃管同轴(不可歪斜),并逐渐捏紧钳子,先松后紧(这是关键),使钳板向中心逐渐收缩,将熔融的玻璃挤压成型,见图4-41。待玻璃开始固化,即可停止推动旋转,退出钳子即成。

50毫米以下的各种型式的磨砂口及活塞壳子,都可以采用钳子圆制。磨口的型式取决于钳芯和钳板的造型。例如球磨口、阔口三角烧瓶、水银活塞壳子等,圆制的方法和原理基本相同。

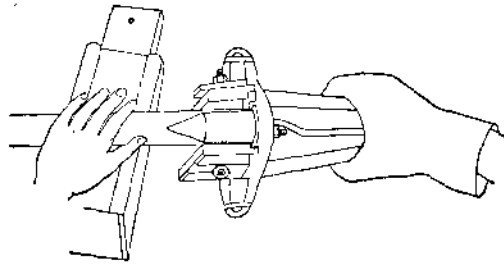


图4-41 圆口姿势

2. 钳子吹制磨塞

首先选择外径略小于磨塞直径1~2毫米的玻璃管,一端烧熔封闭,另一端通以吹气胶管。封闭一端平放于宽火焰中加热(可用小火砖横向夹扁火焰),熔融面积应略长于磨塞的长度。玻璃管熔融后立即置于吹磨塞的钳子中(钳子结构见图2-32),操作时同样需要加热沾上木薯粉,使之润滑。玻璃管与钳子共轴在圆口台上推动旋转,并通过胶管吹气,玻璃固化后,松开钳子取出即成。磨塞的型式同样取决于钳子的造型。适用于大批量生产。吹气阀或脚踏开关,通以压缩空气,代替嘴吹,以减轻劳动强度。

3. 卷边

卷边的钳芯较小,而且只需要一块钳板就可以了。加热烧熔玻璃管时,只需烧熔口边部,烧料不可太多,也可用火砖夹纵向扁火焰,以使熔融面积小。当玻璃管口边部烧熔后,放于圆口台上,插入钳芯并紧贴于玻璃管一侧,逐步捏紧来回推动旋转,同时使钳子略向左方推,使口边部熔融的玻璃挤压成圆边。圆边钳见图2-31(1)。

徒手卷边的方法也很简单,将玻璃管口边部放在火砖夹扁的火焰中加热,当玻璃熔融后,用拍板将口部轻微拍厚,再

继续烧熔后放于圆口台上,右手用灯工钳插入管内并张开,左手推动玻璃管旋转便成。

4. 炭棒圆口

在加工非标准的少量磨口时,如没有专用的圆口钳子,可采用炭棒(石墨)圆口。选取大于所需圆口口径的炭棒一根,磨制成1:10锥度,见图2-23(2)。

现举圆制脂肪抽出器大口为例,先将玻璃管一端以小火焰加热,收缩吹制成图4-42(1)所示的形状,然后加热口边部,用拍板拍击使之增厚,再用灯工钳伸入口内张开,左手持丝头来回旋转,使之卷边,见图4-42(2)。再用大火焰加热整个口边部,注意缩结处不应烧熔。当玻璃软化(不宜太烱),用灯工钳伸入口内于火焰中将口张成初步的锥度,随后离火用炭棒塞入口内,左手持丝头缓慢平稳地来回旋转(炭棒不需转动),使口部成型,见图4-42(3)。当炭棒塞入口内旋转时,应注意炭棒与玻璃管保持同轴,不能歪斜,否则圆制成的口径势必锥度不准。

5. 配塞

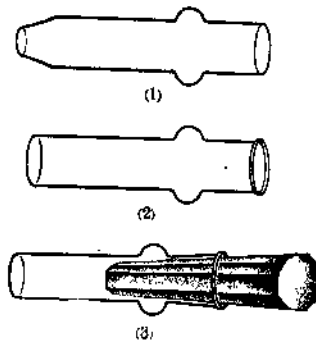


图 4-42 炭棒圆口次序

非标准的少量磨塞，可用铁皮制成 1:10 锥度的套子吹制，见图 2-30(1~2)。也可用炭棒圆制成一只没有卷边的薄型口，以作玻璃模具。玻璃模具应大于需配制的磨口，即吹成的磨塞插于磨口内应高出约 10 毫米，以便磨砂，见图 4-43(3)。玻璃模具应用特硬料制作，并经退火消除应力，以防吹制时爆裂。操作时玻璃模具内壁需涂上一层豆油，以利润滑。玻璃模具不需加热，而铁皮模具则需加热沾以木薯粉润滑。

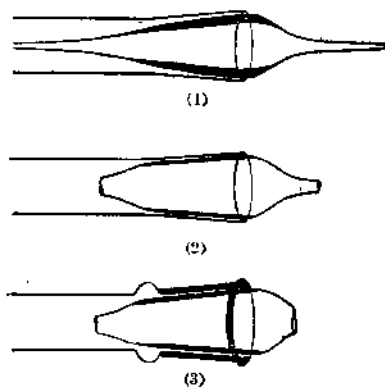


图 4-43 配塞次序

具体的操作方法是將玻璃管拉成所需长度的丝头（玻璃管应略厚一些，以利磨砂），一端丝头开口，接以吹气胶管。复加热丝头中段，待熔融后拉成初步锥度，离火放入模具口旋转吹气即成。也可以将丝头一端预先吹大一些，使磨塞肩部初步成型，再整段烧熔放入模具内吹制。

磨塞吹成如发现丝头歪斜，可按纠正丝头的方法进行校正。

玻璃管粗细的选择,是以能放进模具大的一头为准。玻璃管太细,吹制时较难控制中心,磨塞易于偏歪。

十一、实心玻璃珠

制作直径为 10 毫米的实心玻璃珠,可取 7 毫米左右的实心玻璃棒一段,在火焰中旋转加热,当玻璃熔融,在表面张力的作用下,流动状态的玻璃分子会自然形成球面。开始时玻璃棒平烧,熔融后被烧玻璃棒一端降低,使熔融的玻璃分子在火焰中向端部流动,使球体增大,逐渐形成图 4-44(1)所示的

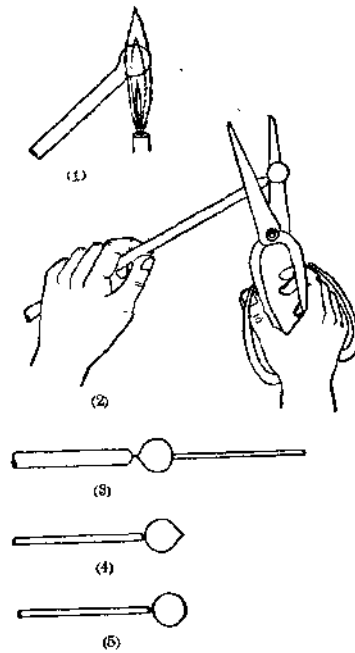


图 4-44 夹剪玻璃棒次序

形状。这时右手持剪刀夹剪玻璃珠的边端，左手不停地平稳旋转，见图 4-44(2)。脱落前玻璃珠顶端粘上一段细小的实心玻璃棒(不必烧熔)，以作捏柄，见图 4-44(3)。再将夹剪部位在火焰中拉除烧圆，便成图 4-44(4~5)所示的形状。冷却后细实心玻璃棒自动脱落，再用灯工钳夹住玻璃珠在火焰中烧光毛边。

十二、棕色玻璃的熔融与焊接

棕色玻璃的软化点比同类玻璃略低，但料性较短，因此操作时需注意下列问题：

(1) 棕色玻璃在火焰中熔烧时，很快会出现红色，但这时玻璃并未充分熔融，当玻璃熔烧至呈淡黄色时，才是充分熔融。必须注意切勿将玻璃熔烧过度(被熔烧处发出亮光)，否则熔烧处会产生气泡。

(2) 由于棕色玻璃料性很短，熔融的玻璃离开火焰就会迅速硬化，因此操作要迅速准确。如果吹制时动作缓慢，焊接处就会出现明显的痕印，粘接活塞壳时也会因为玻璃硬化得快而脱落，所以吹制任何接头，当玻璃充分熔融至淡黄色时，应迅速焊接或吹气。

十三、套白瓷料玻璃管的熔接

在吹制要求套白瓷料玻璃仪器(如兰白线滴定管)时，在玻璃管的一侧套白瓷料及蓝线。由于白瓷料的软化点略高，在熔烧时如果玻璃管均匀旋转，白瓷料部分则软化得慢，玻璃焯度就不均匀。因此，在熔烧过程中，当旋转白瓷料玻璃与

火焰接触时,要求旋转速度略慢些,这样就使白瓷料玻璃在火焰中熔烧的时间长一些,玻璃管的软化程度就会一致。焊接时还要密切注意保持蓝线的正直。

第五章 玻璃表面磨砂零件的制造

玻璃表面磨砂的零件包括磨砂接头、活塞及止回浮子三类。这些零件是现代玻璃仪器的重要组成部分。

磨砂接头常常用在需要拆卸的成套玻璃仪器方面，它可以将几部分不同的零件接合在一起，并且可以达到不漏气体或液体的目的。在需要的时候，可以拆开，以便清洗，在某些情况下，还可以改变某些部件，就能使仪器适合不同的用途。磨砂接头很大一部分是作为瓶塞而封闭容量瓶、试剂瓶等的口部，这些磨砂瓶塞大都是由实心玻璃制成的。

活塞的应用更为普遍，它的作用是控制、引导封闭液体或气体的流通，典型的产品如分液漏斗、滴定管（控制液体流通）及真空活塞（控制气体流通）等。

止回浮子在化学分析仪器上的主要用途是阻挡液体或气体倒流。

在现代某些自动分析仪器的制造上，浮子中装入纯铁芯，通过电磁作用，控制开闭，可以代替活塞的作用。即通常所称的电磁阀。

一、磨砂接头的标准规格

磨砂接头规格较多，应用广泛，随着我国研磨精度的提高，这些接头的生产已趋向于标准化、通用化及系列化。符合三化要求的磨砂接头就是通常所说的标准磨砂接头。标准磨

砂接头能够达到互换的目的，因而给产品使用带来了很大的方便。但在高真空系统上所用的接头，必须将内塞和外套配对研磨，以保证相互密接，因此这样研磨过的接头就不能互换了。

标准磨砂接头有两种形式，一种是锥形的，另一种是球形的。锥形比球形应用要广泛得多。现将这两种形式的标准及技术数据分别介绍如下：

1. 锥形标准磨砂接头

(1) 锥度：磨砂锥体的锥度为 $1 \pm 0.004:10$ ，也就是说在锥体的轴向长度每改变 10 毫米时，锥体的大端直径与小端直径之差改变为 1 ± 0.004 毫米，如图 5-1 所示。

相对应的圆锥角 $\alpha = 5^\circ 43' 29'' \pm 80''$ ，斜度为 $2^\circ 51' 45'' \pm 40''$ 。假如 D 为磨砂锥体的大端直径， H 为磨砂锥体的轴向长度，则锥体的小端直径 $a = D - \frac{H}{10}$ 。

(2) 磨砂锥体的大端直径 D 的系列如下：

5—7.5—10—12.5—14.5—18.8—21.5—24—29.2—34.5—40—45—50—60—71—85—100 毫米。

(3) 磨砂锥体的轴向长度应以下列公式计算：

$$H = K\sqrt{D}$$

式中： K ——常数；

D ——锥体大端直径(毫米)。

在计算时锥体长度应取整数。

常数 K 分别取 2、4、6 和 8，以组成磨砂锥体的四种系列，列于下表。

表 5-1 标准磨砂接头系列

(单位: 毫米)

编 号	大端直径 (毫米)	钻 体 长 度 <i>H</i>			
		K 2 系列	K 4 系列	K 6 系列	K 8 系列
5/H	5		9	13	18
7/H	7.5		11	16	22
10/H	10		*13	*19	25
12/H	12.5		*14	*21	28
14/H	14.5		*15	*23	30
19/H	18.8	9	*17	*26	35
21/H	21.5		19	28	37
24/H	24	10	*20	*29	39
29/H	29.2	11	22	*32	43
34/H	34.5	12	23	*35	47
40/H	40	13		*38	
45/H	45	13		40	
50/H	50	14		*42	
60/H	60			46	
70/H	71			51	
85/H	85			55	
100/H	100			60	

注: 有 * 符号的为目前生产中最常用的规格。

表 5-2 各系列锥体的 D 、 H 、 h_1 和 h_2 的数值

(单位: 毫米)

D (标准 尺寸)	D (实际尺寸)	K 2 系列			K 4 系列			K 6 系列			K 8 系列		
		H	h_1	h_2	H	h_1	h_2	H	h_1	h_2	H	h_1	h_2
5	5.1 ± 0.008				8	2	2	12	2	2	17	2.5	2
7.5	7.6 ± 0.008				10	2	2	15	2	2	21	2.5	2
10	10.1 ± 0.008				12	2	2	18	2	2	24	2.5	2
12.5	12.6 ± 0.010				13	2	2	20	2	2	27	2.5	2
14.5	14.6 ± 0.010				14	2	2	22	2	2	29	2.5	2
18.8	18.9 ± 0.015	8	2.5	2	16	2	2	25	2	2	34	2.5	2
21.5	21.6 ± 0.015				18	2	2	27	2	2	36	2.5	2
24	24.1 ± 0.015	9	2.5	2	19	2	2	28	2	2	38	2.5	2
29.2	29.3 ± 0.015	10	2.5	2	21	2	2	31	2	2	40	2.5	3.5
34.5	34.6 ± 0.015	11	2.5	2	22	2	2	34	2	2	43	2.5	3.5
40	40.1 ± 0.015	11	2.5	2.5				37	2	2			
45	45.1 ± 0.015	11	2.5	2.5				39	2	2			
50	50.1 ± 0.015	12	2.5	2.5				41	2	3			
60	60.1 ± 0.015							45	2	3			
71	71.1 ± 0.020							50	2	3			
85	85.1 ± 0.020							54	2	3			
100	100.1 ± 0.020							59	2	3			

注: 表中 H 误差为 $+0.015$; h_1 和 h_2 的误差为 ± 0.010 。

表 5-1 中的编号一栏是表示标准磨砂接头的规格, 如 29/ H , 其中 29 代表大端直径 29.2, H 代表磨面轴向长度, 产品都应明确标明相应的编号, 如 19/26; 24/29; 29/32 等。

(4) 标准磨砂接头的直径和长度的允许偏差：磨砂锥体的直径和长度应该按照下列方法进行控制，即将磨砂锥体的上、下两边缘分别与图 5-1 中的平面图重合，这样磨砂锥体的上、下两边缘应分别处于 h_1 和 h_2 的范围内。各系列锥体的 D 、 H 、 h_1 和 h_2 的数值列于表 5-2 中。在特殊情况下，磨砂锥体下边缘（即小端）可以超出 h_2 的下面控制线，但它的上边缘不应低于 h_1 的下面控制线。

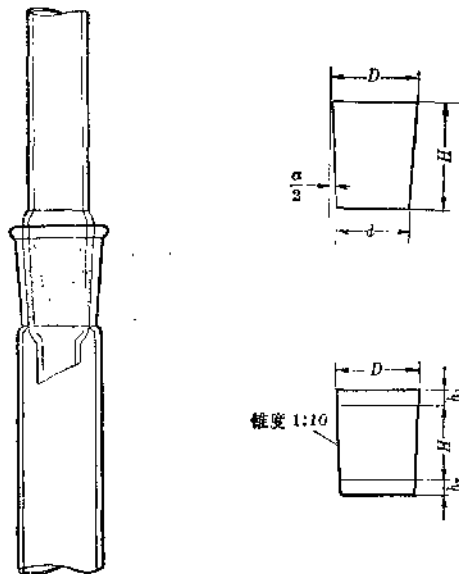


图 5-1 标准磨砂接头造型及锥体剖面

2. 球形标准磨砂接头

球形标准磨砂接头的造型及剖面如图 5-2 所示。

球形标准磨砂接头的具体尺寸规定、公差列于下表。为了

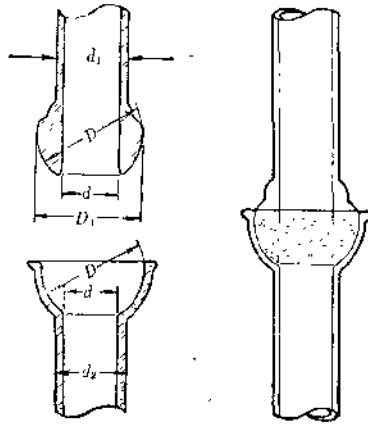


图 5-2 球形标准磨砂接头的造型及剖面

表 5-3 球形标准磨砂接头尺寸及公差

(单位: 毫米)

编号	球 直 径			磨体大端	磨体小端	玻 璃 管
	公 称 球 直 径	球 径 差 公 差	球 口 径 公 差	直 径 D_1 不 小 于	直 径 d 不 大 于	外 径 d_1 不 大 于
S 13	12.700	-0.025	+0.025	12.5	7.0	9
S 19	19.050	-0.025	+0.025	18.7	12.5	14
S 29	28.575	-0.025	+0.025	28.0	19.0	22
S 35	34.925	-0.025	+0.025	34.3	27.5	30
S 47	41.275	-0.025	+0.025	40.5	30.0	34
S 51	50.800	-0.025	+0.025	50.0	36.0	43

保证塞与球碗良好的配合，球塞的球直径必须比标称直径稍小，而球碗的球直径必须比公称直径稍大，表中对磨体大端直径和小端直径的尺寸规定是为了球形标准磨砂接头能在安装偏移 $\pm 20^\circ$ 角度时，保证其密合性能。

表中关于球形标准磨砂接头玻璃管外径的规定是为了配合球形磨砂夹而制定的。

球形标准磨砂接头最简便的检验方法是利用标准钢球作量具（其公差尺寸列于表 5-4）。在检验时，首先用标准钢球检验球碗部分，然后选择较为准确的球碗，作为间接量具，以检验球塞即可。

表 5-4 标准钢球尺寸

球形磨砂接头规格	钢 球 直 径	
	公称尺寸(毫米)	允许偏差(毫米)
S13	12.700	+0.005
S19	19.050	+0.005
S29	28.575	+0.008
S35	34.925	+0.008
S41	41.275	+0.008
S51	50.800	+0.008

二、活塞的常用规格

一般化验室使用的活塞可分为直形式、斜形式、两路式和T形斜形三路式四类。其中以直形式和两路式使用范围最广。活塞的种类虽然很多，但活塞芯的锥度部分有统一的规格系列，编号从1~5号的活塞芯一般都是实心玻璃的，可用于活塞孔径为1~4毫米的范围内。如果活塞孔径大于4毫米时，活塞芯最好是制空心的。

由于活塞磨砂加工精度要求很高，另一方面它的互换性没有什么严格要求，因此目前还未达到标准统一互换的程度。

现将1~5号锥体活塞的规格列于下表。

表5-5 1~5号锥体活塞规格

(单位:毫米)

规格	活塞芯孔中心的直径	内装芯锥体长度	应用范围
1	10	23	1~1.5毫米直路活塞
2	12	30	1.5~2.5毫米直路活塞
3	14	36	1.5毫米斜孔及2~3毫米直路活塞
4	15	42	1.5~2.5毫米斜孔活塞
5	17	42	2~4毫米直路及T形活塞

锥体活塞的锥度为1:10。

三、圆制标准磨砂接头及活塞所需的工具

在制造标准磨砂接头的过程中，为了达到标准化的目的，

不论是吹制还是研磨,都要求达到某一固定的尺寸范围,因此必须借助于工具来保证产品的精度。现将这些工具的具体规格尺寸分别进行介绍,以供制造者参考。

1. 锥形标准磨口成型钳

成型钳由钳体、钳芯和钳板三部分组成,在钳体上装上不同规格的钳芯和钳板就可以成型出各种不同规格的磨口。钳体的型式可参阅第二章图 2-31 (4)。成型锥形标准磨口所需的钳芯、钳板如图 5-3 所示,详细规格尺寸见表 5-6。

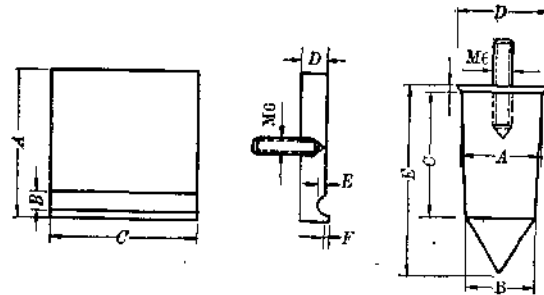


图 5-3 钳芯、钳板

表 5-6 锥形标准磨口成型钳规格

钳 芯							钳 板						
规格	A	B	C	D	E	F	规格	A	B	C	D	E	F
7/16	7	5	20	7.5	30	0.5	7	15	3	25	8	1	0.8
10/19	9.5	6.9	26	10	38	0.8	10	21	4	32	8	1	0.8
12/21	12	9.1	29	12.5	42	0.8	12	23	4	32	8	1	1
14/23	14	11	30	14.5	45	1	14	25	5	35	9	1	1
19/26	18.2	14.7	35	19	52	1	19	28	5	40	9	1	1.2

(续表)

钳 芯							钳 板						
规格	A	B	C	D	E	F	规格	A	B	C	D	E	F
24/29	23.4	19.6	33	24	56	1	24	31	6	40	9	1	1.2
29/32	28.6	24.6	40	29.2	52	1.2	29	34	6	45	9	1	1.5
34/35	33.8	29.4	44	34.5	68	1.2	34	37	6	45	9	1.2	1.5
40/38	39.3	34.7	46	40	70	1.5	40	40	7	50	9	1.2	1.5
45/40	44.2	39.4	48	45	76	1.5	45	42	7	50	9	1.2	1.5
50/42	49.1	44.1	50	50	80	1.5	50	44	7	55	9	1.5	1.5

注：钳芯材料为45号钢，钳板材料为铸铁。

2. 锥形标准磨塞成型钳

锥形标准磨塞在吹制时所需要的成型钳的外形尺寸规格如图5-4及表5-7所示。铁模可用铸铁或不锈钢制造，铁模一般是装置在锥形标准磨口的成型钳体上进行吹制。

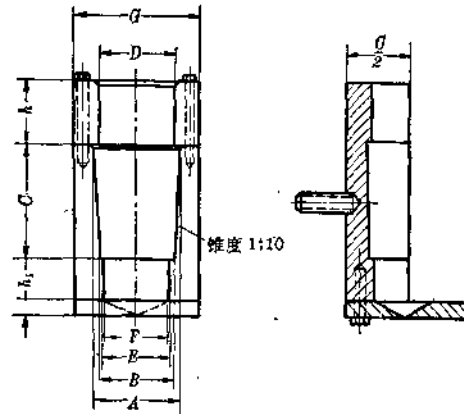


图 5-4 锥形标准磨塞成型钳外形

表 5-7 锥形标准磨塞成型钳外形尺寸规格

规格	A	B	C	D	E	F	G	h	h ₂
10/19	10.4	8.35	20.5	9	7.5	7.3	20	15	9
14/23	15	12.5	25	13.5	11	10.5	25	16	11
19/28	19.3	16.5	28	17.5	14.8	14	30	17	15
24/29	24.5	21.4	31	22.5	19.5	18	32	18	15
29/32	29.75	26.3	34.5	27.3	24.5	22.7	36	20	18
34/35	35	31.3	37	32.5	28.5	27.5	42	20	20

3. 球形标准磨砂接头成型钳

球形标准磨砂接头成型钳的结构基本上与锥形标准磨塞成型钳相同,所不同的是钳芯与钳板的形式不同,图 5-5 所示的是成型球塞及球碗的工具,其详细尺寸见表 5-8。

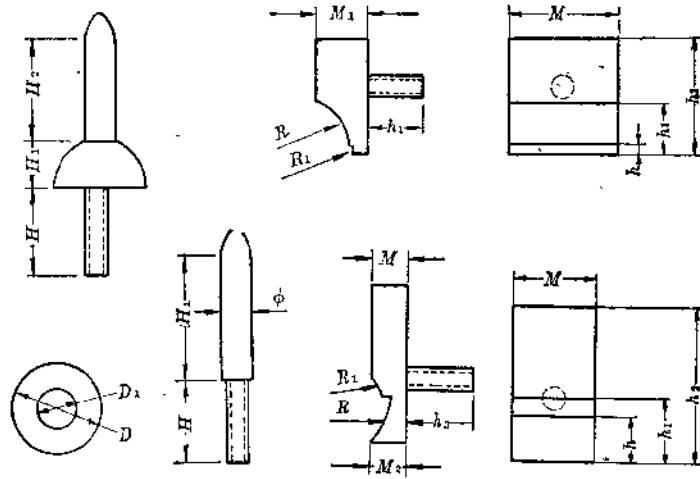


图 5-5 球形标准磨砂接头成型钳

表 5-8 球形标准磨砂接头成型钳规格

球塞钳子规格							球碗钳子规格						
编号	13b [#]	19 [#]	29 [#]	35 [#]	41 [#]	51 [#]	编号	13b [#]	19 [#]	29 [#]	35 [#]	41 [#]	51 [#]
ϕ	5	9.6	16	22.5	27	33	D	11.7	17.8	27.4	33.2	39.6	48.5
H	20	20	20	20	20	20	D_1	5	9.6	16	22.5	27	33
H_1	20	28	35	43	52	65	H	20	20	20	20	20	20
h	5.5	8.7	10.7	13.3	15.6	20	H_1	5.5	7.8	11.4	13.9	15.3	19.4
h_1	9.6	12.8	15.7	22	25.8	31	E_2	16	20	26	32	35	35
h_2	18	25	30	42	46	50	h	2.2	3	3.6	3.8	4	4
h_3	15	20	20	20	20	20	h_1	7.4	8.6	13	15	18.8	20.3
M	25	25	25	40	40	40	h_2	18	25	35	42	49	50
M_1	8.2	9	11	13.5	16	16.5	h_3	20	20	20	20	20	20
M_2	9.6	11.6	13.9	17.3	18.1	22.2	M	25	30	37	40	40	45
R	6.6	9.8	14.8	18.1	21	26	M_1	10	13	15	16	16.5	18
R_1	2	2.2	2.3	3.2	3.4	4.5	E	8	11.5	16.5	20	23	28.5
1	M 6	M6	M6	M6	M6	M6	R_1	1	1.2	1.4	1.7	2	2
2	M 4	M4	M4	M6	M6	M8	1	M 6	M6	M6	M6	M8	M8
							2	M 4	M4	M4	M6	M6	M8

4. 活塞外壳成型钳

成型活塞外壳的工具基本与成型锥形标准磨口的工具相同,所不同的是成型活塞外壳的钳板两端都有半圆槽,并在钳板一端的半圆槽外稍有突出之处,以便在活塞外壳成型后易于切割。

钳芯、钳板如图 5-6 所示,尺寸列于表 5-9。

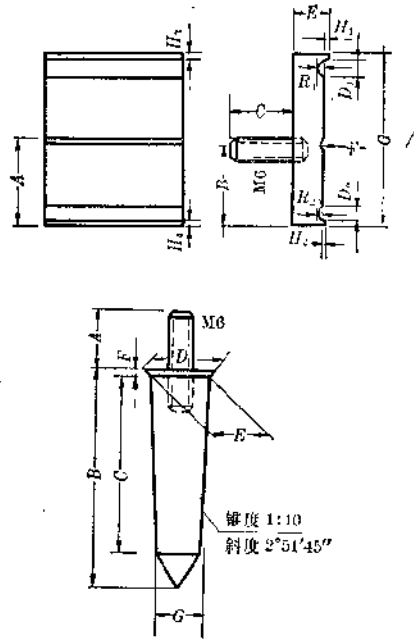


图 5-6 活塞外壳成型钳芯、钳板

表 5-9 活塞外壳成型钳钳芯、钳板规格

钳 芯 规 格							
编 号	A	B	C	D	E	F	G
2	18	42	35	13	12.5	1	9
3	18	52	42	15.3	15	1.2	108
4	18	60	48	16.5	15.8	1.2	11
5	18	60	48	19	13	1.2	13.2

(续表)

编号	规格															
	A	B	C	D ₁	D ₂	E	F		G	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	R ₁	R ₂	
	宽		深		高		直径		高		高		高		高	
2	16.3	16	18	1	3.5	8	1.5	0.5	33.5	1	0.8	1	1	1	1	0.8
3	19.5	18	18	5	4	8	1.5	0.5	40	1	1	1.5	1	1	1	1
4	22.5	20	18	5	4	8	1.5	0.5	46.5	1	1	1.5	1	1	1	1
5	22.5	20	18	5	4	8	1.5	0.5	46.5	1	1	1.5	1	1	1	1

5. 活塞内芯

规格较小的活塞内芯一般都采用铁模在玻璃熔炉车间压制成型,规格较大的活塞内芯,多数是空心的,制造方法在后面介绍。

四、标准磨砂接头的圆制

1. 锥形标准磨砂接头的玻璃管规格

锥形标准磨砂接头的玻璃管规格的选择参见表 5-10。

玻璃管中应无石子和较大的气泡和气线,以免磨砂后出现裂痕和凹槽,影响接头的气密性。

2. 圆制方法

标准磨砂接头的圆制技术可参阅本书第四章基本技术一节,但比一般圆口要求严格一些。成型后的磨口大、小端必须紧贴铅芯,保持圆整的锥度。内壁平整光滑,口边饱满。活塞壳的圆制基本上差不多,磨塞是用成型钳吹制而成。一般规格在 19/26 以上的磨塞,由熔炉车间吹制。

3. 球形标准磨砂接头的圆制

表 5-10 锥形标准磨砂接头的玻璃管规格

标			准			口		
接头型号	玻璃管外径	玻璃管壁厚	接头型号	玻璃管外径	玻璃管壁厚	接头型号	玻璃管外径	玻璃管壁厚
10/19	12~13	1.2~1.3	10/19	9~9.5	1.2			
14/23	18~20	1.25~1.4	14/23	12.5~13.5	1.3~1.4			
19/26	22~23.5	1.6~1.8	19/26	17~18	1.4~1.6			
24/29	28~29.5	1.8~2.2	24/29	22~23	1.6~2			
29/32	33~34.5	2~2.5	29/32	27~28	1.8~2.2			
34/35	38~40	2.2~2.5						
40/38	45~46	2.5~3						
45/40	48~49	2.8~3						
50/42	56~57	3~3.5						

球形标准磨砂接头的圆制方法与锥形标准磨口基本相似。只是较大的球磨塞，因需料多，熔融缩料比较困难，可另取一段厚玻璃管（管径也可粗一些）对接于玻璃管上成型。

4. 质量要求

球磨塞成型后，表面必须圆整、无陷、瘪、皱折现象。

五、灯工焊接锥形标准磨砂接头的注意事项

(1) 锥形标准磨口外套玻璃距锥体小端不少于 20 毫米，内塞距锥体大端不少于 20 毫米。规格较大的外套和内塞（如 29 以上），由于玻璃管直径较粗，因此长度要适当放长，以免与其他部件熔接时使磨口锥体受热变形。

(2) 锥形标准磨口或磨塞与其他部件熔接时，火焰切不可烧到外磨砂面，喷灯退火温度不宜过高，时间也不宜过长，以免标准接头锥度受热过高而发生变形。

(3) 锥形标准磨砂接头玻璃仪器吹制完毕，在进行整体退火时，应该特别注意退火的温度，以免制品变形而报废。

六、标准磨砂接头的磨砂工艺简介

1. 锥形标准磨砂接头的磨砂工艺

(1) 磨口：一般产品的磨砂方法，是将产品的口和塞放入金刚砂后相互研磨，最后达到口与塞的角度一致。而标准口、塞操作时不是相互研磨，而是分别进行磨砂。磨口时必须用一个标准棒与口研磨，使口能达到理想的锥度。现在较普遍采用的是45号钢在车床上加工成图5-7的式样，然而再在工具磨床上磨至 $2^{\circ}51'45''$ 斜度，其误差不能大于 ± 4 微米。磨口时先用120号金刚砂粗磨，再用300号金刚砂中磨，最后用400号金刚砂细磨即可，质量要求必须达到砂面无擦伤、粗砂、光斑，塞规放入口内旋转应能圆滑无阻，口大小不能超过所规定的误差。



图5-7 磨口芯棒

由于标准口质量要求较高，因而检验工具也必须有较高的精度。现大都采用塞规，其材料采用工具钢，淬火硬度为

88~60°, 锥度误差不超过±1~2微米。

(2) 磨塞: 磨塞操作分两道工序。先用无心磨床粗磨, 见图 5-8。质量要求磨塞表面粒子均匀, 无多角形, 锥度±误差不大于 10 微米, 其锥度误差程度可用千分表来测定, 见图 5-9。在磨床上加工完毕后, 就可在小车上细磨, 细磨工序是将磨塞紧夹于车头夹具内, 用锥度正确的套筒(见图 5-10(1)), 内填马口铁皮(见图 5-10(2)), 放入 400 号金刚砂研磨, 即可得到理想的产品。粗磨后的磨塞在锥度上已基本达到了要求, 只是表面不够光洁, 因而需要再细磨一下。如研磨之套筒锥度不正确, 就会影响磨塞质量, 因此在加工研磨工具套筒



图 5-8 无心磨床

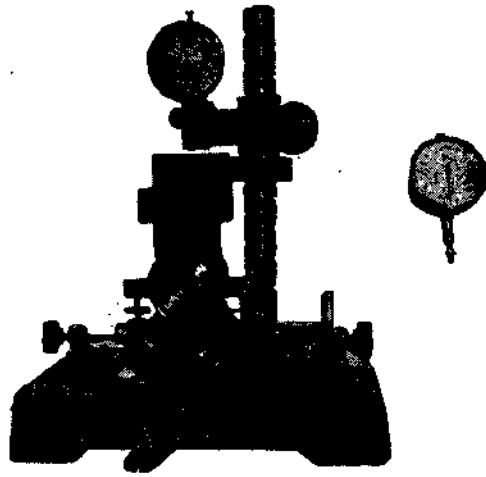
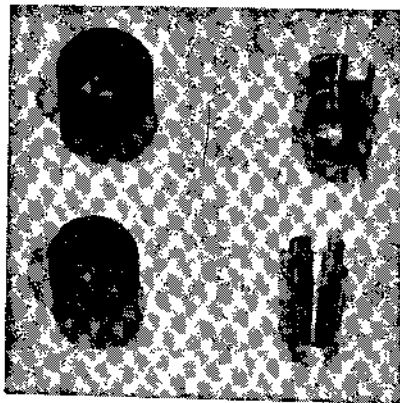


图 5-9 测量锥度误差的千分表



(1) (2)

图 5-10 套 筒

时，就务必注意套筒内径的正确性。现将加工套筒的工序简单说明一下：首先将45号中碳钢内径在车床上加工至产品规定尺寸，然后与标准芯棒用200号金刚砂和400号金刚砂分别研磨，至完全和塞锥度吻合为止。

2. 球形标准磨砂接头的磨砂工艺

(1) 磨球碗：研磨前，先选取所需规格的标准钢球，用火漆粘合在铁管顶端，如图5-11所示。将铁管夹在磨砂车上，手持球碗，用120号、300号、600号、2000号金刚砂分别研磨，磨至球碗内弧度与钢球外圆吻合即可。研磨的球碗质量是否达到标准，只需将球碗放入相同规格钢球倒置，如球碗能吸住钢球，这说明密合性好，弧度正确。反之，则密合性不好，达不到质量标准。



图 5-11 磨球碗工具

(2) 磨球塞：研磨前取厚度为0.3毫米马口铁皮或相同厚度紫铜皮，剪成比球塞大一倍的正方形，并剪下一个缺口，放在冲模上冲成带弧度的铁片碗，如图5-12所示。将球塞球管夹在磨砂车上，手持铁片碗，用120号、600号、2000号金刚砂分别研磨。

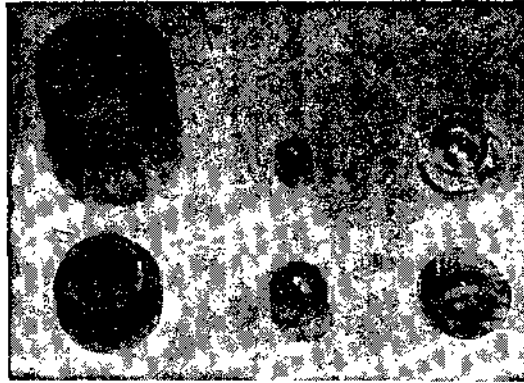


图 5-12 磨球塞工具

研磨的球塞质量是否达到标准，只需将球塞放入合格的球碗内并倒置，球塞与球碗如能吸住而不脱落，就说明密合性良好，质量合格。反之，则不合格。

七、活塞制作工艺

玻璃活塞大致可分一般活塞和真空活塞两类。由于使用要求的不同，因而产品形式也多种多样，例如直路、斜孔三通、T型三通、+型四通、L型活塞、水银活塞等。一般活塞用在常压条件下，对液体进行控制。而真空活塞则是使用在负压条件下，对气体进行控制（多用于真空系统），因此质量要求较高。活塞的质量（气密性）取决于磨砂工艺，但灯工制作质量优劣，对磨砂有直接影响。下面介绍真空活塞的制作（其他类型活塞的技术要领基本相同），并对磨砂工艺作简单的说明。

1. 真空活塞壳的封接

先将活塞壳小头磨平。如果产品数量多时，可用图 5-13

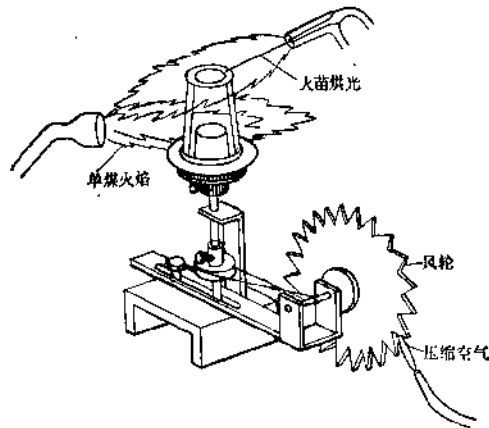


图 5-13 立式台烘机

所示的立式台烘机烘烧磨砂部位。如果数量不多，可以用如图 5-14(1) 所示方法烘光，同样可以达到预热的目的。用实心小玻璃棒烧粘壳体中心并退火一阵，用强烈火焰冲孔(方法参照第四章第五节)，再增大火焰适应封接。右手执握接管的一端预制成略厚的喇叭口，两手各自里外转动，接管的喇叭口应靠近孔洞烧熔，见图 5-14(2)。当两者充分熔融后，就在火焰中撒粘，离火让封接部位朝上，这样就能使壳体熔融部位下垂，不致外突，右手随即轻轻地提拉，使封接处光滑平整，必要时再用炭棒往壳体里塞一下，达到内壁平整，便于磨砂。两端支管分别焊接完毕，即放入台式烘炉退火，见图 3-9。

2. 真空活塞壳套钩和夹具的使用

在焊接时，使用套钩和夹具比烧粘实心玻璃棒手柄较为方便，而且可节约煤氧气，还能提高产量。使用时先将活塞壳放入台烘炉内预热，再将套钩烘热伸入炉内钩出热活塞壳，套钩小头向上，大头朝下，并轻轻地 将套钩在工作台上敲一下，

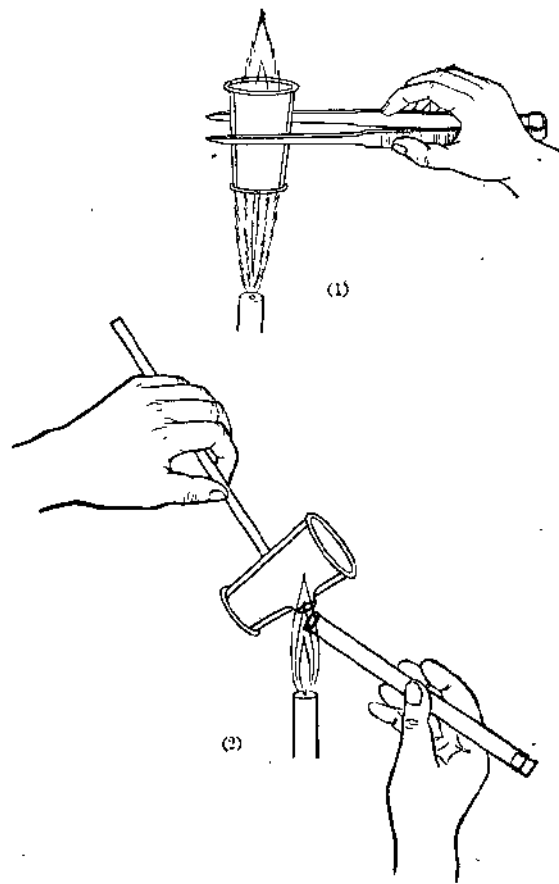


图 5-14 真空活塞壳封接

使活塞壳紧贴在套钩上,见图 5-15。当第一根支管焊接完毕,套钩小头向下,在工作台上敲一下即能退出。退火一阵再焊接另一根支管。活塞壳夹具最适用于T形三路活塞壳的焊接,见图 5-16。

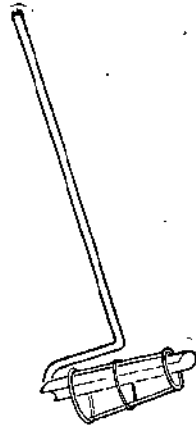


图 5-15 真空活塞壳套钩

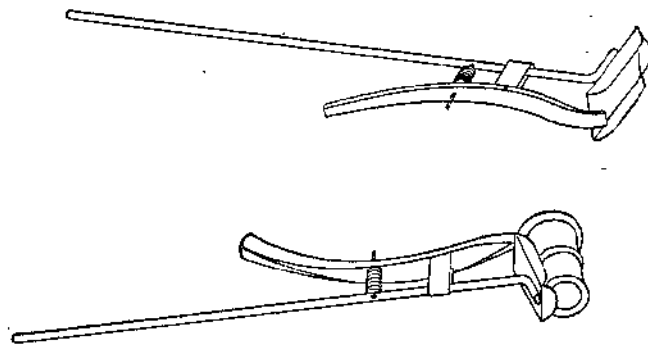


图 5-16 真空活塞壳夹具

3. 真空活塞内芯的封接

先预制成活塞芯旋柄,另按配盖方法吹制活塞内芯(方法参照第四章第十节)。先将芯子肩部加热,钳制成型后,拉除余料,开孔焊接旋柄。再按规格要求将小端烧成平底,芯体中

用小火焰开孔,插入孔管,右手执握孔管丝头,用小火焰对着孔管烧熔,离火在丝头上轻微吹气,接着将孔管悬空一端四周烧熔,迅速吹气,形成薄泡并括除,见图 5-17(1)。用小火焰将初步粘接部位完全烧熔,用拍板将孔沿四周掀平,反复加热孔洞,再用炭棒或扩孔具张圆孔管。然后将孔管另一端烧熔,用灯工钳拉除余料开孔,重复上述步骤即成,放入台式烘炉退火,见图 3-9。

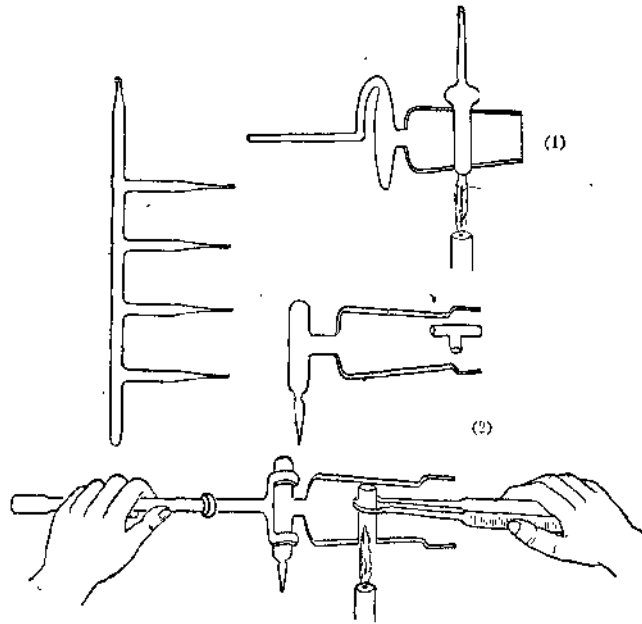


图 5-17 真空活塞芯制作次序

为了适应大批量的生产,目前活塞芯旋柄可改成直形,活塞芯采用圆口钳圆制或大炉吹制,焊接时采用夹具作手柄。焊

接方法也作了改革,操作方法如下,先预热活塞芯放入孔管,孔管长度按活塞芯内径确定。右手用灯工钳将孔管扶正,使用参入足够氧气的小火焰对准孔管熔烧,当孔管粘连后,快速地在火焰下部猛烈冲烧,孔洞即可穿通,见图 5-17(2)。退出钳子,随即熔烧另一端,烧冲方法与上面相同。被烧穿的孔洞边端料子已张开,当张开剩料子还处于软化状态时,用拍板将四周掀平,再用灯工钳张圆一下,随后让火焰穿入孔管,将扩孔具伸入两孔旋转,这样轮换进行,再退火一阵,最后按芯子长度要求烧除平底,放入台烘炉。对于大直径的 25 孔真空活塞芯壳,制作完毕应放在稻草灰里保温为宜。

4. 手工圆制活塞壳

在有玻璃灯工的科研单位里,如果缺乏不同规格活塞成型钳时,活塞壳也可以用手工圆制。

先按活塞壳内径要求,用厚铁皮制成 1:10 锥度的扩孔具,见图 5-18(1)。选壁厚约 3 毫米的玻璃管,内径以扩孔具小头套插入 2 毫米左右为宜,按活塞长度增长 10 毫米左右爆断,见图 5-18(2)。一端塞于握手柄加热,待边端烧熔后用拍板掀拍边端,左手转动配合拍边,使边端均匀增厚。再将边端烧熔,用灯工钳伸入管内,左手里外转动圆成,见图 5-18(3)。冷却后仍采用上述方法进行另一端圆边,但内径不能扩大。左手取特制玻璃手柄(见图 5-18(4)),在火焰中与管边相粘(注意不能烧得太烱),见图 5-18(5)。随后开大火焰进行整段加热。为了避免扩孔时发生扭曲,因此大头部位要比小头部位烧得烱些,但烧料又要保持边口不变形。当壳体料子软化时,扩孔具就在火焰里逐渐伸入,左手里外转动,见图 5-18(6)。应该注意,旋转必须平稳,两手必须共轴,完成的壳体需符合扩孔具锥度。然后在壳体中心烧粘实心小玻璃棒,接着将特

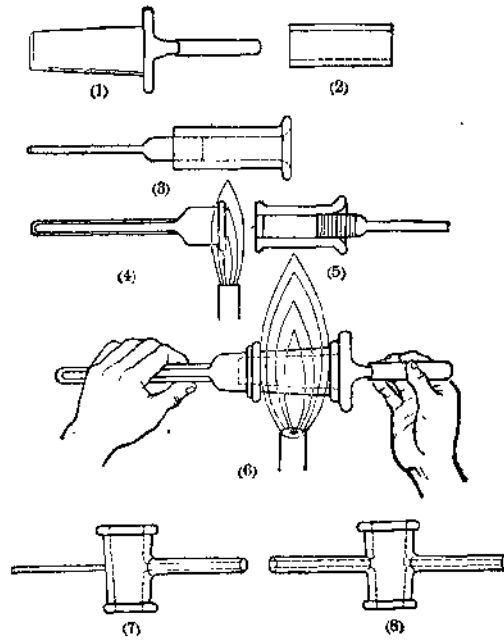


图 5-18 手工圆制活塞壳制作次序

制玻璃手柄暂粘部位在火焰尖上烧一下即能自行脱离，并将壳体口部毛边烧光，以后焊接支管，见图 5-18(7)。

八、真空活塞磨砂工艺简介

1. 填火漆

首先将火漆盛于金属容器内，加热使之液化，然后通过金属活塞，按图 5-19 所示的方法将火漆填在活塞壳芯孔洞内（目的是为了磨砂时不让砂粒残留于孔洞内，以免磨出粗砂条

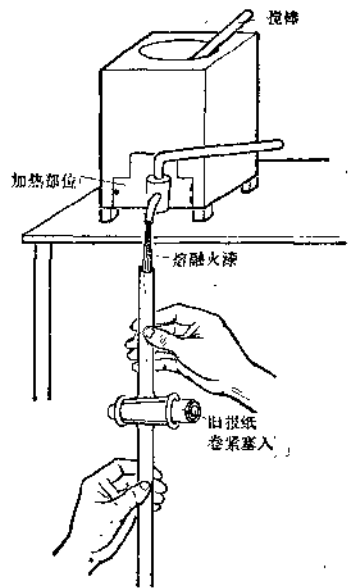


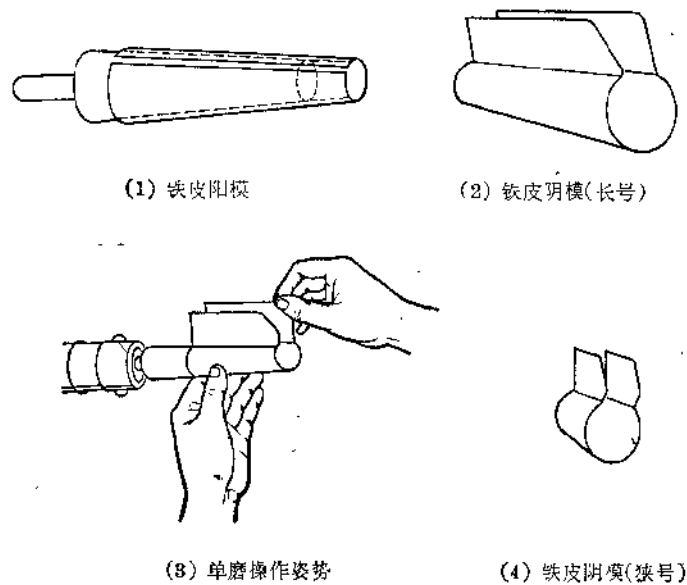
图 5-19 填火漆

纹)。冷却固化后,须检查火漆面是否有小孔或凹陷现象,如果发现有小孔等缺陷,就需要再行补填。

2. 活塞壳粗磨

用厚度约 2 毫米的铁皮敲卷成与活塞壳内壁锥度一致的阳模,见图 5-20(1),夹于磨砂车头上,车速为每分钟 1200~1300 转,用 80 目黄砂放在大盆里掺入清水,从盆内捞起适量的粗砂均匀地加入活塞壳内,随即套在阳模上单磨,时推时拉,重复进行。活塞壳也应缓慢地转动,并不断添砂加水,以免吸紧轧坏。经粗磨后活塞壳要求应没有“亮斑”。

3. 活塞芯粗磨



(3) 单磨操作姿势 (4) 铁皮阴模(狭号)
图 5-20 真空活塞磨砂工具

磨砂车装置见图 5-21。活塞芯旋柄夹在竹片夹具内，先用图 5-20(2) 所示的阴模均匀地加入适量的 200 号金刚砂，推进去磨一阵，时推时拉，重复进行单磨，将芯子表面磨平，以没有“亮斑”为合格。操作姿势见图 5-20(3)。芯子通过阴模粗磨后，再配入壳子，见图 5-22(1)。通常是活塞直径大配得低，直径小配得高些。配套后壳芯锥度要求吻合。

4. 细磨

先将壳芯上面的粗砂冲洗干净，活塞芯子旋柄紧夹在竹片夹具上，双手执握外壳与芯子必须同轴研磨，动作要求协调一致。如果芯子夹得不正、双手执握外壳偏歪、加砂不均和用力不均等，均容易产生较深的擦痕及砂面不均匀现象。因此，



图 5-21 磨砂车装置

操作时要求做到不断砂、不干燥、不太热，否则就容易产生废品。

对磨时应将车速调慢，一般为每分钟 300~400 转。开始时，用适量的 200 号金刚砂均匀加入外壳内壁里，随即推进对磨，时推时拉，重复进行。通过对磨会出现砂浆，它能增加磨砂面的光洁，因此要充分利用砂浆的作用，而不宜将其随意冲洗掉，应在调换下一种细砂研磨时，才将砂浆冲洗干净。

活塞芯子孔与外壳孔管近似于图 5-22(2) 所示的高度时，应改用 400 号金刚砂对磨。在对磨中通常会出现芯子大头部位略有高突情况，这时可采用狭阴模将高突部位磨平，见

图 5-20(4)。继续对磨到近似于图 5-22(3)所示的高度时，再改用 600 号细砂研磨。但必须严格注意，切不可混入粗砂粒，否则将前功尽弃，造成废品。当芯子孔与外壳孔基本对直时，可再改用 800 号细砂作最后一道研磨。研磨完了后，在灯光下观察，如果发现尚有细微纹路，则需重复最后一道细砂研磨。

5. 退火漆及检漏

将磨成的真空活塞壳芯分开，放入碱水里烧开一小时左右，火漆就会自行脱落。用水清洗吹干后，再用白纱布擦净，涂上真空活塞油脂后，再行封烧活塞接管一端。另一端套真空胶管抽真空约 3~5 分钟，便可用火花检漏器检漏。若发现漏气，需重新研磨修理。

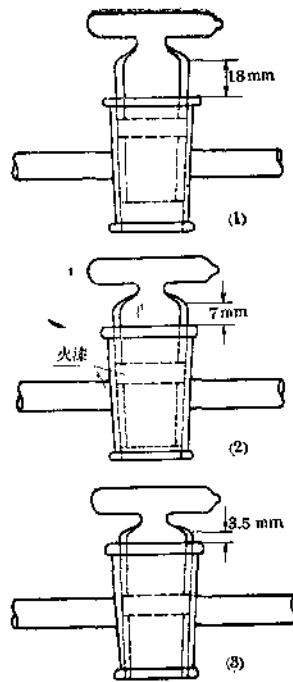


图 5-22 真空活塞磨砂次序

九、几种常用的止回浮子

止回浮子的主要作用是防止气、液体倒流，它是装置在仪器内部，利用液体的浮力或气体的冲力，自动封闭通路，故通常又称自动活塞，型式有如下几种：

1. 凹槽空芯浮子

凹槽空芯浮子结构图 5-23 (1)。浮芯的制作方法如下：

选薄壁细玻璃管一段，一端烧吹成小圆球，退火完善后与外套研磨。研磨完毕，再用小夹具夹住小圆球，将细管拉丝，略靠圆球处烧吹一只略小于外套内径的圆球，然后用较小火焰分别烧软边侧，并压三个间距相等的出气凹槽(凹槽深浅应不影响浮力为宜)，最后用火焰将圆球顶端余料拉去封闭即可，浮心制作次序见图 5-23(2~5)。制成的浮芯要求浮力较大为好，因此要求芯壁不宜太厚。

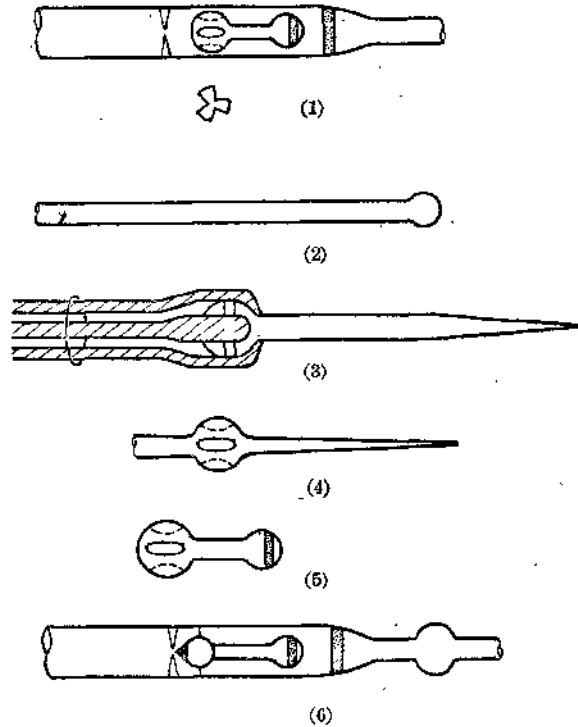


图 5-23 空芯浮子制作次序

2. 空芯浮子

空芯浮子(注水银)结构见图5-23。此浮芯下小圆球边侧烧粘三个间距相等的小玻璃钉,以避免浮芯歪斜,防止漏液(玻璃钉范围略小于外套内径),浮芯内注适量水银(注水银多少应不影响浮力为准),以利浮芯下落。

3. 实芯止回浮子

实芯止回浮子的结构见图5-24(1~2)。这种浮子适用于液压较高的情况下工作。

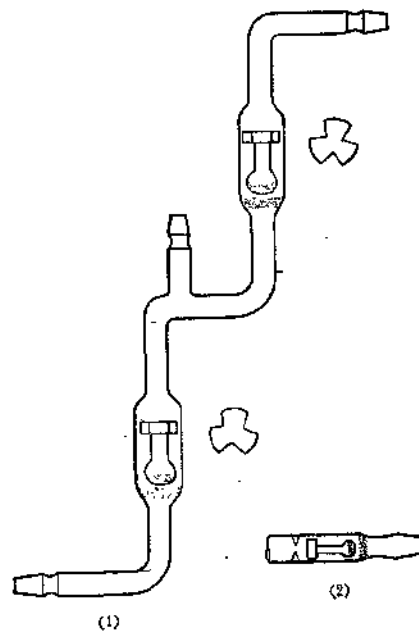


图5-24 实芯止回浮子

4. 电磁阀

电磁阀结构见图5-25(1)。芯管内封闭一段纯铁棒,使

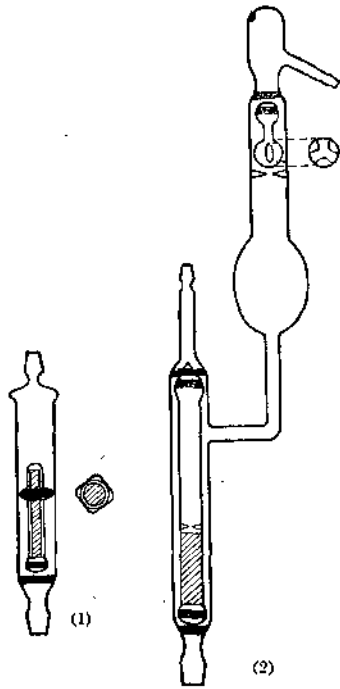


图 5-25 电 磁 阀

用时活塞壳外面套一只线圈,线圈通电后产生一磁场,在电磁作用下使铁芯控制开闭。

以上所述各种止回浮子和电磁阀,有些是单用,有些是组合使用。图 5-25(2) 所示的是一种定量加液器,它包括浮子及电磁阀。具体的制作方法请参阅《钢铁快速分析玻璃仪器的吹制》一书。

第六章 常规产品选制

常规仪器吹制在实际生产中,早已摸索出了一整套操作工艺,但操作者又往往由于各自的特长不同,制作方法也略有不同。

以下列举几种具有代表性的常规仪器吹制方法,供参考。吹制工艺由简到繁,现分别讨论如下:

一、圆制三角漏斗

1. 选材

玻璃管材料的选择,是吹制工艺的第一道工序,为了保证加工工艺的顺利进行及保证产品质量,因此要求正确选材。玻璃管壁要求厚薄均匀,玻璃管的直径应根据漏斗的规格进行选择。例如:漏斗口径50毫米,粗玻璃管直径约为35毫米左右。

2. 吹制工艺

将粗玻璃管拉成约40毫米长度的丝头,再将丝头一端烧熔缩小,拉除余料后开孔,再按第四章(七)粗细玻璃管对接方法接上接柄;并拉成锥形,见图6-1(1)。锥形部位需熔融得均匀并稍微厚些,如果锥形部位太薄,圆制过程中便容易出现扭曲,锥形部位的锥度要基本接近60度,这是加工的关键,锥度太大或太小都将使圆制造成困难。随后换手由左手执握接管,将口部余料烧除,离火吹成玻璃薄泡,括除后开大火焰,火

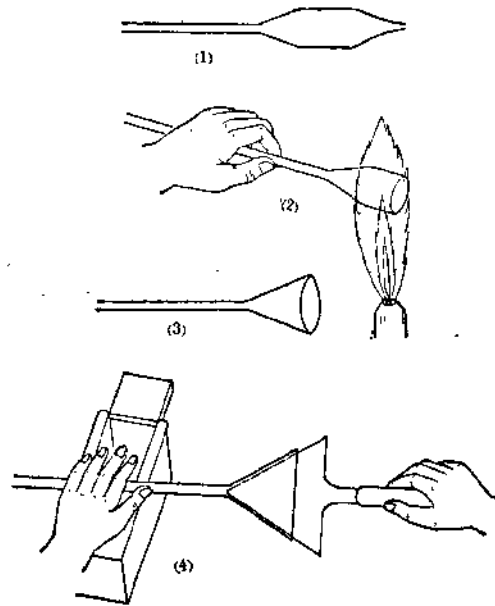


图 6-1 三角漏斗圆制次序

焰的宽度约等于粗管部位的长度。烧料姿势见图 6-1(2)。先缓慢逐渐匀速烧熔,不宜过度融,当口部缩小立即将灯工钳伸入口内贴靠玻璃壁,左手来回旋转,使其扩张。旋转要求平稳。如果朝着一个方向旋转,往往旋转不连续,产生摇动不稳等现象。这是灯工吹制者最常用的旋转技术,可以用于圆制各种喇叭口。边端又不宜多烧,多烧后容易使漏斗卷边,影响外观质量。灯工钳退出后应继续加热,口端要比后面略为烊些,快速移离火焰(因为当玻璃移离火焰后,冷却速度很快,必须及时圆制),接管放在圆口台上,右手执握石墨三角圆具板伸入口内紧贴玻璃壁,左手压住接管在圆口台上来回推动,右手应

跟随左手移动并逐步向下揞压成初步三角形，见图 6-1(3)。趁料子还带有红色时，立即再放在火焰里继续加热(初学者常常喜欢圆制到冷却后才停止，这势必要增加再次熔融的时间)。初成型的三角漏斗口部常会出现高低不平现象(由于玻璃管壁厚薄不均匀或加热不匀所致)，遇到这种情况，可停止转动，将高突部位一侧烧熔，再在火焰中旋转数转后(这是关键)，再放在圆口台上复圆，这是纠正口径高低不平的有效措施。复圆时使用标准三角铁板(三角铁板需涂豆油润滑)，见图 6-1(4)。如再发现口部还有倾斜现象，除仿照上述方法再复烧圆制外，也可以将漏斗中间部位旋转烧熔，用灯工钳夹住低边提拉，漏斗口部平衡后，再复烧圆制即可。

初学者圆制三角漏斗往往会出现中间部位胖突现象，这是口部熔融不够所致，也有些是因锥度拉得不准所致。遇到这种情况可将胖突部位浮面烧熔，用灯工钳揞压住胖突部位并在圆口台上来回推动便可纠正，也可用灯工钳夹住边端提拉纠正，然后再复烧圆制即成。三角漏斗的规格见图 6-2。

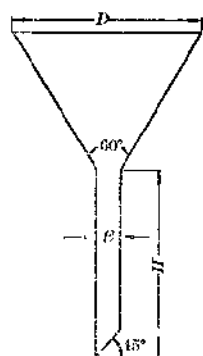


图 6 2 三角漏斗规格

(单位: 毫米)

D	E	H
75 ± 2	9 ± 1	75 ± 6
65 ± 2	8 ± 1	60 ± 6
50 ± 2	7 ± 1	50 ± 5
40 ± 2	7 ± 1	50 ± 5

二、量筒的制作

量筒的规格有许多种,25毫升以上的一般均系大炉部门生产,10毫升以下的由灯工吹制。吹制量筒要求底座圆制得平整,四周无大小面。应选取厚薄均匀的玻璃管做底座。具体操作步序如下:

量筒底座玻璃管采用小夹具作手柄,如图6-3(1)。反底座用铁皮剪成专用工具,见图6-3(2)。取略厚的玻璃管爆成适当的长度做底座,并用小夹具夹住。另取玻璃管一段,中间

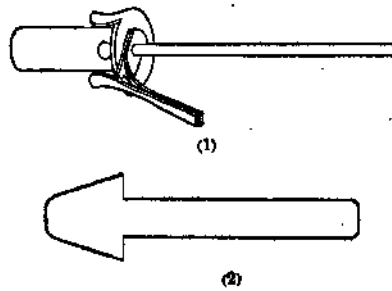


图 6-3 制作量筒工具

烧熔成平底,可做两只筒身。左手握筒身玻璃管,右手握夹具,用火焰先将夹住的玻璃管端烧熔,使其收缩(收缩处内径应与筒身平底边沿基本一致)。并将筒身玻璃管平底放在火焰上烧熔,随即把已烧熔收缩的底座玻璃管粘接在平底边沿,并将底座玻璃管略拉一些,取下夹具,见图6-4(1)。也可将底座料拉丝,冷却后中间爆断,与筒身平底烧粘后两面吹气,接着拉除丝头开口。再用较大火焰(火焰宽度约等于底座玻璃长度),将整个底座的玻璃管烧熔,用灯工钳伸入烧熔部位

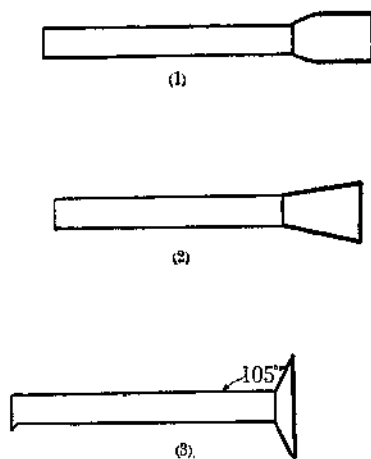


图 6-4 小量筒制作次序

将其扩大,如图 6-4(2)。继续复烧(口边要焯一些,切不可将筒身管烧软)。熔融后移离火焰立即将筒身玻璃管放在圆口台上,右手取翻底具伸入底座管内,左手推转筒身玻璃管,右手跟随左手来回同轴移动,并向上或向下缓慢地使底座玻璃管翻扩成平底盘(约与筒身成 105°),乘底座尚未完全固化前,立即用拍板将底边沿挡平,如图 6-4(3)。完成后注意喷灯退火。或放入小烘炉内退火。

冷却后将量筒口烧光,一侧烧熔用薄铁皮掀压成流水口。

三、容量球的吹制及流速的控制

(附量水、刻度工艺简介)

1. 容量球的吹制

量器制品是实验分析工作上的重要工具,容积的准确与

否对实验分析结果有很大的影响。但是，容积要做得准确又不大容易。例如：气体分析器之气体量管(见图 6-5(4))，吹制 25 毫升椭圆球的容量就较难控制，有时要反复几次修理试量才能合格。吹制方法如下：

选外径为 25~26 毫米的玻璃管拉丝一段，一端靠肩处烧细腰，割去余料与 8 毫米玻璃管熔接，并吹拉成锥形。另一端用相同方法熔接毛细管，也吹拉成锥形，再用大火焰烧熔整个球管，吹成椭圆球，球最胖处直径约为 31.5 毫米，长约为 63 毫米，见图 6-5(1)。要知道容量是否相符标准要求，就需要

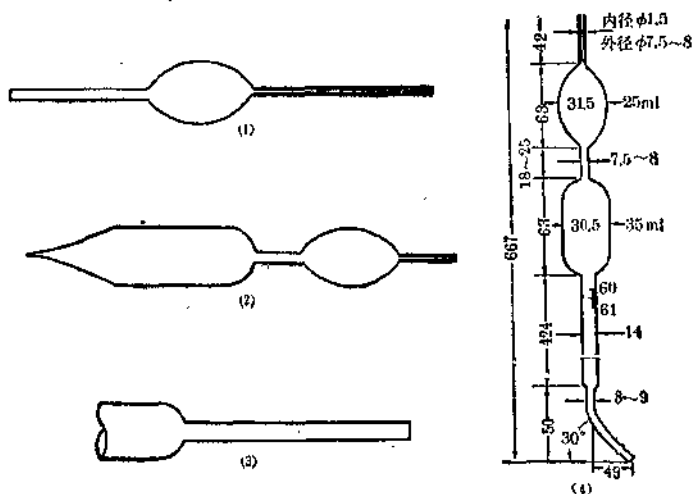


图 6-5 容量球的吹制

进行试量(试量的方法请参看量水工艺)。液面在 8 毫米玻璃管内距球 5~15 毫米处为合格，超过 15 毫米就说明球的容积太小，不到 5 毫米则说明球的容积太大。如果球的容积太小，可将球体的浮面熔融，离火轻微吹气，使球体略微扩大一些。

如果球的容积太大，可用同样的烧法使球体微缩。修理后重复进行试量，直至合格时为止。完成后按加工图的规格要求割除余料。

选外径为 32 毫米的玻璃管拉 50 毫米丝一段，一端与 8 毫米玻璃管烧接，吹成圆肩，见图 6-5(2)。冷却后试水 35 毫升，并划一墨线标记，在标记处烧成细腰，烧除余料，与外径为 14 毫米的玻璃管熔接，吹成圆肩，见图 6-5(3)。用上面方法进行试量，液面应在 14 毫米玻璃管内距圆肩 5~10 毫米处，否则就不合格，应该进行修理。如果容量小，可将圆肩处烧熔（不宜太烱），将肩吹薄一些。如果容量大，就将圆肩处浮面烧熔，使圆肩略微收缩，重复试量，直至合格。最后按加工图的规格要求接上胶管接口即成。

2. 流速的控制

玻璃量器由于玻璃表面附着力的影响，使液体通过全容积的时间有长有短，这在一定程度上影响容积的准确性，因此滴定管、吸液管和移液吸管等的流速就必须有一定的规定。流速的快慢决定于出口孔的大小。为了把出口孔控制在一定范围内，校正方法如下：

一种方法是选用所需外径的金属针，将针尖端磨平至所需的直径，装入拉好的流速管锥形部位，用锉刀对准金属针截止处，割去余料，见图 6-6(1)虚线处。随后倒出金属针，将流速管尖端磨平打光，见图 6-6(2)。

另一种方法是将拉好的锥形部位先割去余料，用 1~2 毫米钨棒一段，一端磨成尖锥形，在尖锥部位按需要锉一标记，见图 6-6(3)。校正时将割去余料的流速管尖端用小火焰烧熔略微收缩，用钨棒尖插入至标记处。出口孔控制在一定范围内。

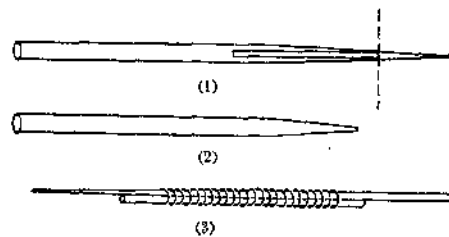


图 6-6 流速校正工具

3. 量水、刻度工艺

玻璃仪器制品许多是有容量的统称量器。如吸管、各种类型的滴定管、粘度计、量瓶等。刻度就是在量器上刻出线条，表示容积的大小。容积分度的准确与否对实验分析的结果影响很大，因此对玻璃量器的刻度工艺要求较高。容量一般以毫升为计量单位。用符号“ml”标出，容量的标准温度是 20°C 。下面简单介绍一下量水和刻度工艺。

(1) 量水：量水是在 20°C 的温度条件下，将标准量的液体（自来水）注入待刻器件中，划以量线标记以备刻度。方法是：将所需的标准球装夹在量水架上，并应高于待量器件，再将制品装夹在量水架上，利用液面自动平衡的原理，通过活塞控制，将标准球内液体放入制品，如该制品是有分度的，就应根据分度需要，用细墨线划出标记。由于玻璃管壁附着力的影响，水面形成下凹的弯月面，墨线应划在弯月面下缘。这样容量才比较准确。图 6-7 是量水架。

(2) 刻度：为了在量器制品上刻线，就必须在制品表面上涂一层白蜡。涂蜡前先将白蜡加温溶化，用排笔粘着溶化的白蜡涂在玻璃表面上。涂蜡必须均匀。然后在刻度机上将容积部位根据分度的多少进行刻线。图 6-8 是手摇机，图 6-9

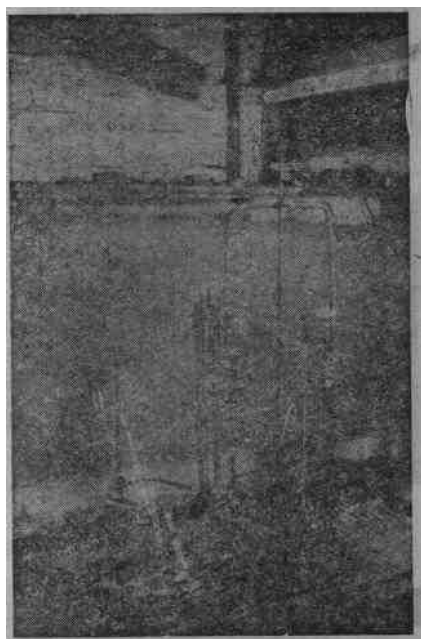


图 6-7 量水架

是自动刻度机。刻度后再进行刻写容积、读数、标准温度和代号，然后在刻度线及读数上面涂以氢氟酸进行腐蚀，大约 20 分钟左右刻度线的玻璃即可腐蚀出线条及读数。涂氢氟酸时，应注意安全，因氢氟酸腐蚀性较强，它挥发的气体对人和物都有危害，操作时必须戴上橡皮手套和口罩。

涂好氢氟酸的制品 20 分钟以后用清水冲洗，然后用约 80~100°C 的热水进行脱蜡处理。最后，为了使刻度线条清楚，可在刻度线条、读数上涂上白漆。操作时先将周围白漆揩清，再用白粉涂在刻线上，然后擦拭清洁，刻线即能清晰显露。

刻度总流程如下：

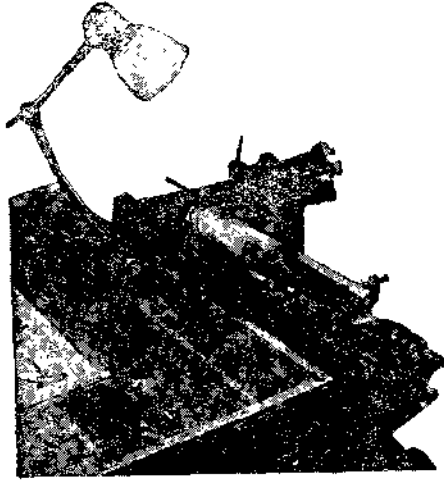


图 6-8 手摇刻度机

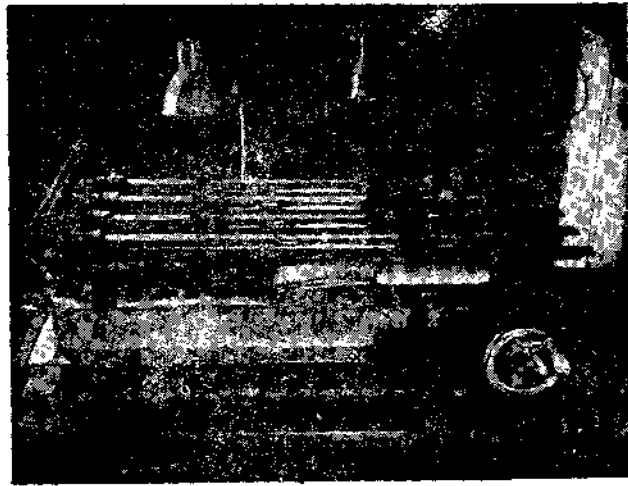


图 6-9 自动刻度机

量水→涂蜡→刻度→写读数→酸蚀→脱蜡→上色。

(3) 印刷法:除刻度外,还有采用铜红扩散在量器制品上印出读数线条。标准内径的玻璃管最适合采用铜红扩散印刷法。内径不一致的玻璃管如用铜红印刷法,需要将印刷模板分档,制品也需根据内径大小分档,分别印刷,以控制在容量误差范围之内。最后进行热处理,炉温的高低应根据被印品玻璃的退火温度。例如普通料温度 450~480°C,硬料温度 500~550°C。烘约 20 分钟使铜红原料扩散于玻璃中,冷却后用自来水浸洗去渣子,线条就显露,经久不退。

铜红扩散配方:(参考)

硫酸铜	2 克
硝酸银	1 克
锌 粉	0.15 克
糊精粉	0.45 克
甘 油	0.18 克
水	0.76 克
胶 水	0.33 克
纯 碱	0.24 克

四、冷凝管的吹制

冷凝管是灯工制品中最为普遍的一种产品,一般有空气冷却、直形、球形和蛇形四种形式。各种形式的冷凝管主要表现在芯管的不同。冷凝管的吹制工艺并不复杂,只要掌握了环形封接技术,就可以制作。下面我们介绍的是直、球、蛇形三种形式冷凝管的吹制及稳芯方法。

1. 直形冷凝管的吹制工序

(1) 稳芯:过去通常用旧报纸、棉布等进行稳芯,改进后我们采用扁圆橡胶海棉或三片磷铜皮作稳芯辅助工具,方法如下:

取冷凝管芯管,将扁圆橡胶海棉从切开处套在芯管中间。再将芯管与橡胶海棉塞入外套管内,用内径大于芯管的玻璃管,套在芯管外面将橡胶海棉和芯管一起推入外套内,见图6-10(1)。抽出推芯玻璃管,将橡皮塞塞在外套管端上,橡皮塞中的玻璃管插入芯管内,与扁圆橡胶海棉一起稳住芯管,如图6-10(2)所示。

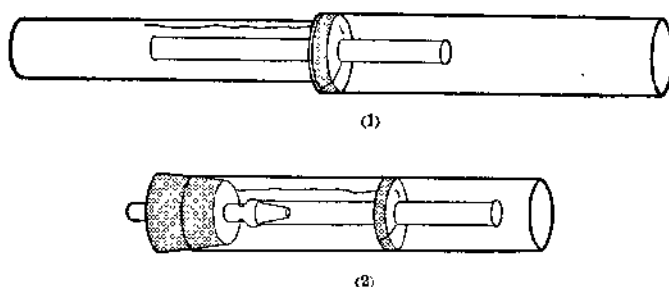


图 6-10 扁圆橡胶海棉稳芯工具

另一种稳芯方法,前端用三片磷铜皮弯成图示形状,利用磷铜皮的弹性形成三点支撑。大三点支撑冷凝管外套的内壁,小三点夹持冷凝管的内芯,以达稳住不动的目的。磷铜片末端用细铅丝扎紧于套管上,玻璃套上烧两个凹槽以利扎紧磷铜皮,不致脱出。玻璃套管的后端制一细腰,内芯未顶住这里,有利于内芯稳住不动。稍后再开一小孔,以利吹气。橡皮塞起稳住冷凝管外套的作用。采用此方法稳芯,芯管不宜反喇叭口,见图6-11。

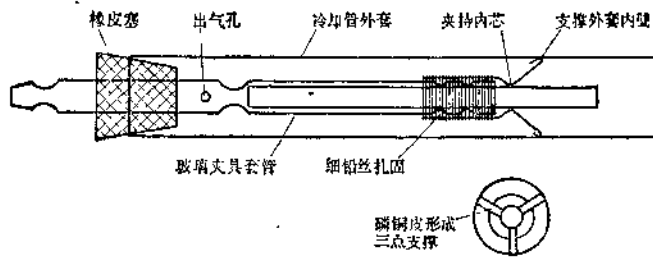


图 6-11 磷铜皮稳芯工具

(2) 封接下接头：用较大火焰对芯管开口处外套管烧熔拉去余料，并连续烧熔外套肩部，使其收缩与芯管口粘接。随后移离火焰，从另一端橡皮塞中间玻璃管吹气，将外套肩部吹圆，芯管端吹出成高突点，再用小火焰对芯管顶端烧熔吹通。将橡皮塞中间玻璃管塞闭，取斜口管与芯管顶端熔接，使两管接通，再用小火焰对外套肩部开孔(方向是斜口的对侧)烧接胶管接口，并朝斜口方向吹弯。拉出稳芯海棉，用较大火焰烘烤外套肩部进行退火，并用手指伸入将芯管拨至中心，放入台式烘炉退火。

(3) 封接上接头：将辅助工具(见图 6-12)套在斜口和胶管接口上，转动接头上套一根细胶管和吹嘴，吹嘴含在嘴里准备吹气，封接方法和下接头相同。肩部喷灯退火，以减轻应力，再放入台式烘炉初步退火，至此直形冷凝管吹制完毕，见图 6-13。

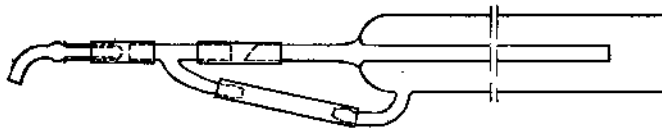
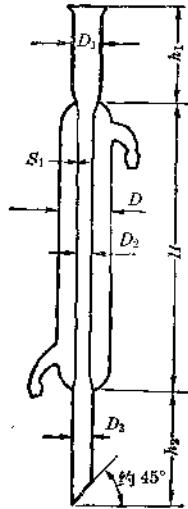


图 6-12 封接上接头辅助工具



名称	符号	尺寸及公差 (毫米)				
冷凝管外套管长	H	200 ± 10	300 ± 10	400 ± 10	500 ± 10	600 ± 10
冷凝管外套管外径	D	31 ± 1.5	33 ± 1.5	36 ± 1.5	38 ± 2	40 ± 2
冷凝管上管长	h_1	70 ± 10	80 ± 10	90 ± 10	100 ± 15	100 ± 15
冷凝管上管外径	D_1	21 ± 1	23 ± 1	24 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
冷凝管下管长	h_2	80 ± 10	100 ± 10	100 ± 10	110 ± 15	110 ± 15
冷凝管下管外径	D_3	11 ± 0.5	12 ± 0.5	13 ± 0.5	14 ± 1	15 ± 1
冷凝管内芯管外径	D_2	11 ± 0.5	11 ± 0.5	13 ± 0.5	14 ± 1	15 ± 1
冷凝管内芯管厚	$\approx s_1$	1	1.2	1.2	1.2	1.2
冷凝管外套管厚		1.2	1.2	1.5	1.5	1.5

图 6-13 直形冷凝管规格

2. 球形冷凝管

(1) 吹制球形芯管：选所需规格的玻璃管吹制数只椭圆球，两端分别割去余料，见图 6-14(1)。

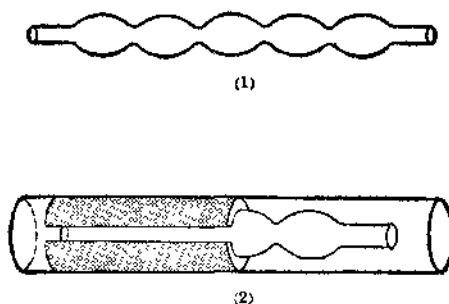


图 6-14 球形冷凝管稳芯方法

(2) 稳芯：稳球形管是采用剪成长条的马粪纸，衬在球形芯管两侧，两侧的马粪纸条张数应相等，张数多少随外套管内径粗细而增减，衬好后塞入外套管内，见图 6-14(2)。

(3) 封接下、上接头：封接球形冷凝管下、上接头方法与直形冷凝管完全相同。球形冷凝管的规格见图 6-15。

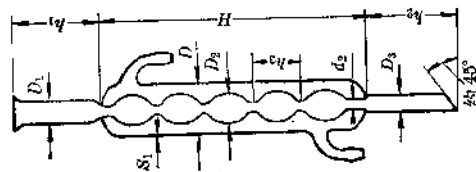
3. 蛇形冷凝管

(1) 弯芯：选取所需规格的玻璃管烧熔弯成蛇形盘管（方法参照第四章），见图 6-16(1)。

(2) 接芯管：选略大于蛇形管外径的玻璃管，割断分别熔接在蛇形管两端，熔接时必须与蛇形管同心共轴。割去余料，翻成小喇叭口，见图 6-16(2)。

(3) 稳芯：稳芯方法与球形冷凝管相同，见图 6-16(3)。

(4) 封接接头：封接下、上接头与直形、球形冷凝管相同。



名称	符号	尺寸及公差					(毫米)	
冷凝管外套管长	H	300 ± 10	400 ± 10	500 ± 10	600 ± 10	800 ± 10	1000 ± 10	
冷凝管外套管外径	D	34 ± 1.5	37 ± 1.5	39 ± 1.5	44 ± 1.5	50 ± 2	53 ± 2	
冷凝管上管长	h_1	80 ± 10	90 ± 10	100 ± 10	100 ± 10	120 ± 15	120 ± 15	
冷凝管上管外径	D_1	23 ± 1.5	23 ± 1.5	25 ± 1.5	25 ± 1.5	28 ± 1.5	28 ± 1.5	
冷凝管下管长	h_2	100 ± 10	100 ± 10	110 ± 10	110 ± 10	130 ± 15	130 ± 15	
冷凝管下管外径	D_2	12 ± 0.5	13 ± 0.5	14 ± 1	15 ± 1	17 ± 1	18 ± 1	
冷凝管球外径	D_3	20 ± 1	28 ± 1	30 ± 1	34 ± 1	40 ± 1	42 ± 1	
冷凝管长	$\approx h_0$	48	56	56	60	66	75	
冷凝管球数		5	6	8	9	11	12	
冷凝管内芯管外径	d_2	11 ± 0.5	12 ± 0.5	13 ± 1	14 ± 1	16 ± 1	17 ± 1	
冷凝管外套管厚	$\approx s_1$	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	2	

图 6-15 球形冷凝管规格

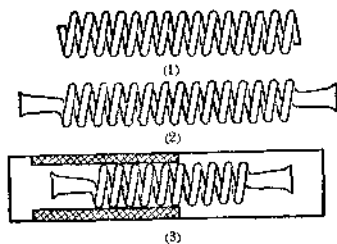


图 6-16 蛇形冷凝管制作次序

蛇形冷凝管的规格见图 6-17。

注意事项:封接 500 毫米以上蛇形冷凝管和 1200 毫米以上直形、球形冷凝管上接头时,需用棉花衬在略靠接头芯管处,以免封接时芯管晃动。

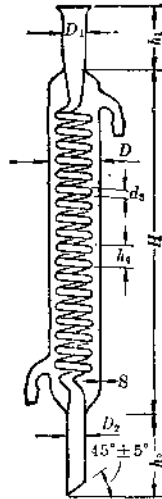
4. 回流冷凝管

回流冷凝管一般有两种形式,一种是蛇形,另一种是直形。它们的吹制工艺完全不同,现介绍蛇形回流冷凝管的吹制方法。

(1) 制壳:选所需规格的玻璃管,一端熔接一只卷边的上管(也可以先封接两侧胶管接口后封接上管),见图 6-18(1)。

(2) 吹制内芯管:选与蛇形管直径相同的玻璃管,割断后与内芯粗管两端分别对直熔接,一根用较大火焰烧熔吹弯成圆形,见图 6-18(2)。

(3) 内芯管与蛇形管封接:将图 6-18(2) 所示虚线处割去余料,装入蛇形管内,内芯管两侧用马粪纸条稳住,芯管切割处与蛇形管端熔接,并在圆形管中间外侧熔接一个实心玻璃尖滴子,如图 6-18(3)所示。抽出马粪纸,冷却后将另一端蛇形管上的直管分别烧熔吹弯,割去余料,翻成小喇叭口,见图 6-18(4)。



名称	符号	尺寸及公差 (毫米)			
冷凝管外套管长	H	300 ± 10	490 ± 10	500 ± 10	600 ± 10
冷凝管外套管外径	D	35 ± 1.5	35 ± 1.5	42 ± 2	42 ± 2
冷凝管上管长	h_1	80 ± 10	90 ± 10	100 ± 15	100 ± 15
冷凝管上管外径	D_1	23 ± 1	24 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
冷凝管下管长	h_2	100 ± 10	100 ± 10	110 ± 15	110 ± 15
冷凝管下管外径	D_2	12 ± 1	13 ± 1	14 ± 1	15 ± 1
两蛇形管距离	$\approx h_1$	15	17	18	20
蛇形管外径	d_3	7.5 ± 0.5	8.5 ± 0.5	8.5 ± 0.5	8.5 ± 0.5
蛇形管圈数		16	20	24	28
冷凝管外套管厚	$\approx S$	1.2	1.2	1.5	1.5

图 6-17 蛇形冷凝管规格

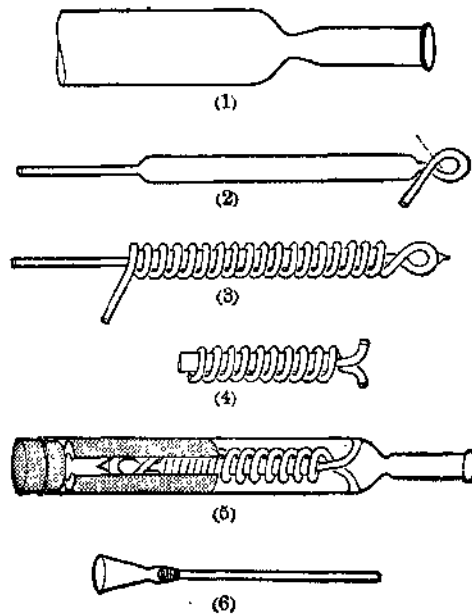
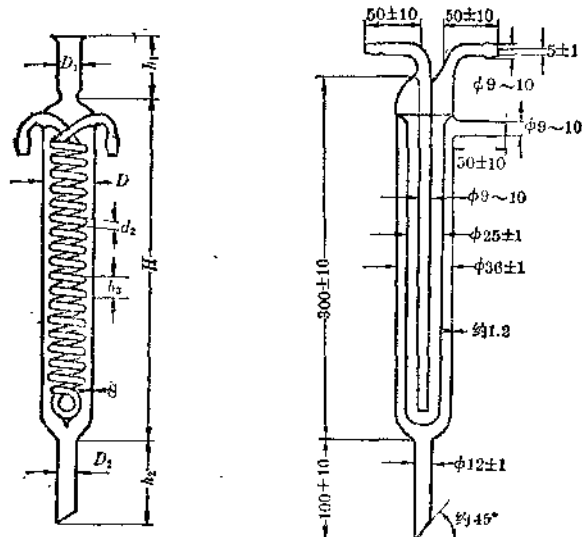


图 6-18 蛇形回流冷凝管制作次序

(4) 外套与蛇形芯管封接:将蛇形芯管装入外套管内,两侧用马粪纸条稳住芯管,使两喇叭口紧靠套管肩内壁,套管另一端塞闭,见图 6-18(5)。将胶管接口烧熔增厚,翻成喇叭口,见图 6-18(6)。以下按侧接支管的方法,分别烧接胶管接口,并向下弯曲。当烧接第二只胶管接口时,从第一只胶管接口和上接管吹气,并注意勿使第一只胶管接口接头处过于冷却,以免爆裂。

(5) 封接斜口管:将接好芯管的回流管,另一端熔接一只斜口管,蛇形回流冷凝管规格见图 6-19(1)。直形回流冷凝管规格见图 6-19(2)。



(1) 蛇形回流冷凝管规格

(2) 直形回流冷凝管规格

名称	符号	尺寸及公差 (毫米)			
冷凝管外套管长	H	300 ± 10	400 ± 10	500 ± 10	600 ± 10
冷凝管外套管外径	D	35 ± 1.5	35 ± 1.5	42 ± 2	42 ± 2
冷凝管上管长	h_1	90 ± 10	90 ± 10	100 ± 15	100 ± 15
冷凝管上管外径	D_1	23 ± 1	23 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
冷凝管下管长	h_2	100 ± 10	100 ± 10	110 ± 15	100 ± 15
冷凝管下管外径	D_2	12 ± 1	13 ± 1	14 ± 1	15 ± 1
两蛇形管距离	$\approx h_3$	10	11	12	13
两蛇形管外径	d_4	7.5 ± 0.5	8 ± 0.5	8.5 ± 0.5	8.5 ± 0.5
蛇形管圈数		21	32	38	42
冷凝管外套管厚	$\approx S$	1.2	1.2	1.5	1.5

图 6-19 回流冷凝管规格

五、水抽气泵的制作与要求

水抽气泵一般称为抽气管，是化学实验室广泛使用的玻璃仪器。它的结构很简单，但往往由于玻璃吹制者在制作时不够重视，引起产品在使用时真空度低和抽速小的缺点，而成为废品。为了提高水抽气泵的使用效果，玻璃吹制者应对它的原理和使用有所了解，以便在生产时注意。

1. 抽气原理

高速水柱表面与气体分子之间存在着粘附性，因而能不断带走气体分子。由于水柱与下管的内径间隙较小，当水以快速下流时，可将泵内气体分子带走，而造成泵内气压降低。这时，与泵联接的系统中的气体分子会不断进入泵内（系统气压高于泵体时），从而达到抽气的目的。水抽气泵就是根据这个原理而设计的。

2. 水抽气泵的性能

(1) 抽气速率：即单位时间内，被抽走的气体量。这个量决定于冲水的流速和冲水柱在水管内与气体分子接触面积的大小。这又与泵的结构有着密切的关系。

(2) 极限真空度：泵体及系统内所能达到的最高真空度（即最低压强）称为极限真空度。也就是在一定的水压下，大气分子经下管及冲水水柱的狭缝进入的分子和被水柱带走的分子相等时，泵体和系统内的压力数值即为极限真空度。这个数值一方面决定于冲水在该温度下饱和蒸气压，另一方面又与泵的结构有关。

极限真空度愈高，泵体的性能就愈好。

从上面所述可以看出，水抽气泵要达到较高的抽气速率

和极限真空度，必须要有合理的结构和合适的冲水温度。另外，冲水的压力也应当达到应有的数值。

水抽气泵的式样虽有较多，但基本结构是一样的。制造时应该注意下列几个方面：

(1) 泵的喷口口部，应该磨平打光，不能用火焰烘光。如果口部用火焰烘光，就容易使流下速度和方向改变，使得出水混乱，速度减低，水柱截面积增大，使抽气速率减低。

(2) 下管的狭小出口管的内径必须比喷口内径大 1~1.5 毫米。并且它的上部呈圆柱形，下部应逐渐扩大与出气口管内径一样(见成品图)，狭小出口管与泵体联接部分也应是带锥度的，不能突然缩小。

(3) 最重要的是喷口的中心必须与下管狭小出口管的中心在同一轴线上，当自来水压力很低时，喷口流下的水柱应能流出狭小出口管，而不与其接触。当增加水压时，水柱应该能与大量气体分子混合，使喷溅现象发生，并伴有轻微气体流过的响声。

在抽气过程中如未与系统相连接，喷射流应该一直流出口管，即使连接上系统，喷射流也应该完整的进入狭口管内。总之，水抽气泵在制造完毕后，需经检验后才能交付使用。它的技术数值应达到如下要求：

(1) 抽气速率：当水压在 2.5 公斤/厘米²时，抽气速率应达到 0.14 米³/小时；

当水压在 4 公斤/厘米²时，抽气速率应达到 0.35 米³/小时；

当水压在 6 公斤/厘米²时，抽气速率应达到 0.5 米³/小时。

(2) 极限真空度：当水温在 20°C，水压在 1.5 公斤/厘

米²以上时，极限真空度应达到 20 毫米汞柱。水抽气泵的极限真空度与自来水温度有密切关系，水的温度愈高，饱和蒸气压愈大，则抽气水泵对系统所造成的真空度愈低。水抽气泵的结构总要存在着一些缺陷的，因此它的极限真空度的数值（即极限压强）总是要比水的饱和蒸气压要高一些。水的饱和蒸气压数值见表 6-1。

表 6-1

温度(℃)	水的饱和蒸气压 (毫米汞柱)	温度(℃)	水的饱和蒸气压 (毫米汞柱)
0	4.579	20	17.535
5	6.543	22	19.827
10	9.209	24	22.377
12	10.518	26	25.209
14	11.987	28	28.349
16	13.628	30	31.824
18	15.477	31	33.695

3. 水抽气泵的吹制方法

水抽气泵常见的有三种形式：①球形；②筒形；③具止回阀。现着重介绍具止回阀吹制方法。

(1) 吹制止回阀，选直径为 8~9 毫米的玻璃管割一段，一端圆制一只胶管接口，用小火焰对接口细腰处烧熔，用灯工钳钳住接口轻拉，使细腰比原来略细一些，并用 5 毫米圆头铁棒塞转细腰肩部内壁，使内壁圆滑，确保磨砂密合，见图 6-20 (1)。

选直径 4~4.5 毫米实心玻璃棒一段，一端烧熔使熔处玻

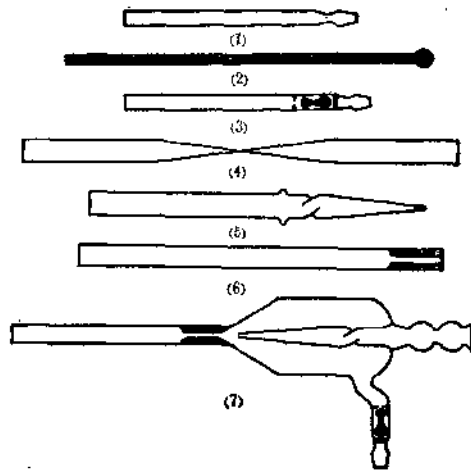


图 6-20 水抽气泵制作次序

璃收缩成圆头,见图 6-20(2)。磨砂完毕后,距圆头顶端 15 毫米处割除玻璃棒余料,用小夹具夹住圆头,再用小火焰将另一端烧熔,用拍板拍大一些(拍大处应小于接口管内径),然后放入接口管内,用小火焰对离接口管磨砂约 15 毫米处管壁两对侧分别烧熔戳两个小挡刺,阻止内芯倒出,见图 6-20(3)。

(2) 拉锥芯管:选外径为 10~11 毫米的玻璃管,割长 380 毫米一段,中间用扁火焰烧熔拉成锥体,割开可做两只芯子,如图 6-20(4)所示。割除余料,使锥体尖端内径为 2.5 毫米。在距尖端约 45 毫米处烧熔,用灯工钳夹扁,再将夹扁处烧熔扭旋成螺形。在距尖端 70 毫米处烧熔缩结,见图 6-20(5)。

(3) 接柄:选外径为 8.5~9 毫米的玻璃管,割 190 毫米长,再选内径为 3.5 毫米的毛细管,两管对接,冷却后割成 30 毫米长,见图 6-20(6)。

(4) 封接:选外径为 39~41 毫米的玻璃管,拉 38~40 毫米长丝一段,与接柄毛细管对接,肩部呈斜形,再将另一端按缩结插入封接方法,烧接内芯管(参阅第四章)。将大管烧吹成圆肩,芯管上方烧缩两只外径为 18 毫米的圆球(成粗胶管接口),在大管肩部一侧熔接止回阀。距圆球 8 毫米处割除余料,并翻成喇叭口,见图 6-20(7)。

六、喷雾器的制作

喷雾器的形式是多种多样的,但其芯子的结构原理基本相同。喷雾器是用来将液体分散为微粒的仪器,在实验室及医疗工作中广为应用,现将具体制作工艺简单介绍如下:

(1) 出口管径:喷气出口管内径一般应大于吸液管出口内径一倍为宜。例如:吸液出口管内径 0.5 毫米,喷气出口管内径为 1 毫米,吸液管头子应处于喷气出口中心,相互之间距离不能有偏差现象,偏差就会影响喷雾。

(2) 制作芯子:先按图 6-21(1)的形式制成芯子,必须保证吸液管和喷气管的孔径,用一细实心玻璃棒与两管相粘,喷气管尾部翻一喇叭口,以便下道工序焊接。

(3) 联接:将准备就绪的芯子放入外套管内,两头分别烧熔拉丝,见图 6-21(2)。在丝子边端烧熔缩厚,烧吹成椭圆球形,见图 6-21(3)。左手倾斜,用小火焰烧接内芯,再拉除余料,开孔封接接管,见图 6-21(4)。退火一阵,冷却后用大扁火焰烧弯外管喷口部位,见图 6-21(5)。冷却后爆除余料,左手执握接管,用大火焰在口部均匀烧熔,离火立即伸入灯工钳,松开即张成扁口,见图 6-21(6)。图 6-22(1~4)是几种性能较好的喷雾器。

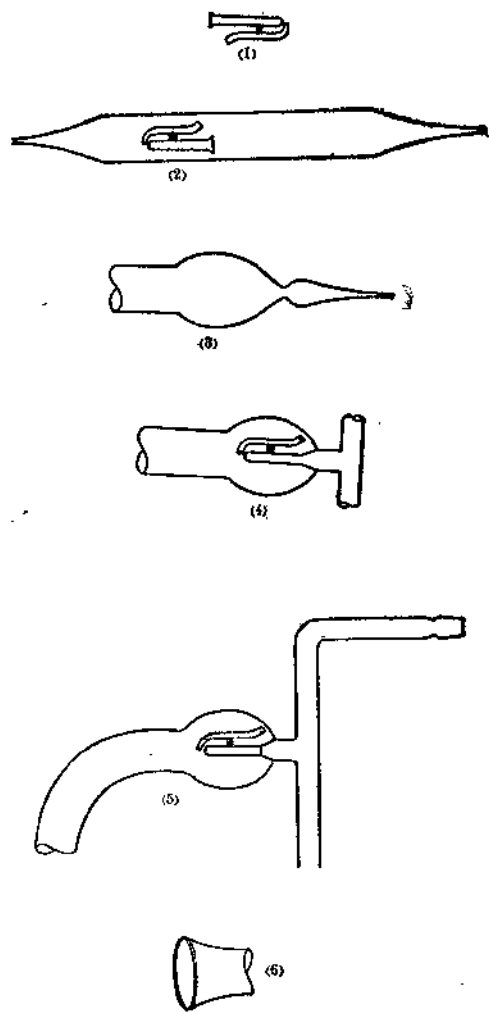


图 6-21 喷雾器制作次序

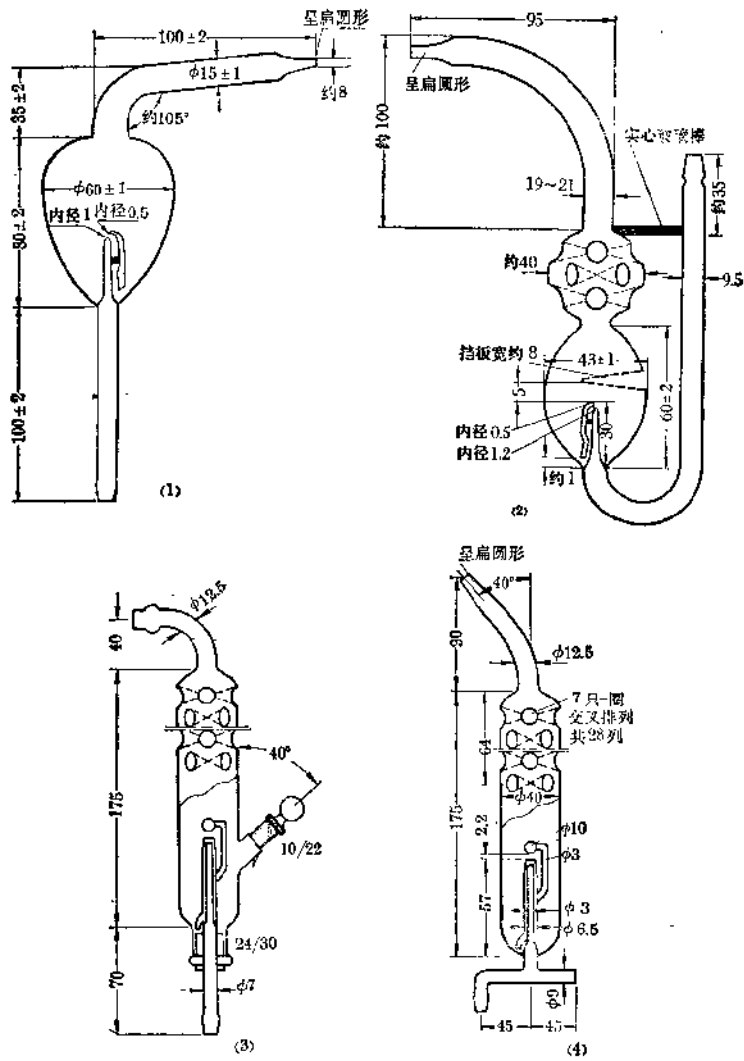


图 6-22 几种性能较好的喷雾器

七、脂肪抽出器的制作

脂肪抽出器一般用于对有机物所含脂肪的浸出提取试验。脂肪抽出器的形式也是多种多样，但吹制封接次序基本相似。脂肪抽出器有各种形式的接头，因此吹制封接时需要一定的灯工技术，现将操作次序介绍如下：

1. 抽出筒旁管封接

先将上、下磨盖加工完毕（方法可参照第四章圆口与配塞），抽出筒按长度要求烧成圆底，见图 6-23(1)。零件制备就绪后，抽出筒倾斜火焰对准圆底中心部位，小磨盖上接管放平旋转，当两者料子烧熔时，小磨盖接管口往圆底中心掀粘，离火轻微拉一下，接着先在抽出筒大口轻微吹气，随即从小磨盖对吹，旋转烧夹层接头，应着重烧在接头的右边端接管上（避免圆底变形）。为了使夹层底平正，吹气时必须两面进行。开小孔熔接虹吸管并烧弯，见图 6-23(2)。放至火焰尖端退火一番（切勿马虎，以下就可以不作退火了，但其他接头封接时，火焰不可牵涉到夹层接头），在靠近抽出筒中心部位烧弯虹吸管，见图 6-23(3)。烧料不宜太厚，弯过去时要快速地在大磨口上吹气，待冷却（不必急于将虹吸管扶正靠近抽出筒，因抽出筒管体是冷的，如热玻璃碰靠后容易爆裂），抽出筒旁管封接弯毕后，接头处用小火焰退火数转便可，接着用微小火焰尖子烧虹吸管的环形外边，将其扶正，靠近在抽出筒管体上，见图 6-23(4)。

2. 抽出筒旁管上接头封接

(1) 先将旁管按需要长度割除余料，大磨口塞紧玻璃石棉塞具，先预热一阵，用小火焰将旁管一侧筒身吹成高突点

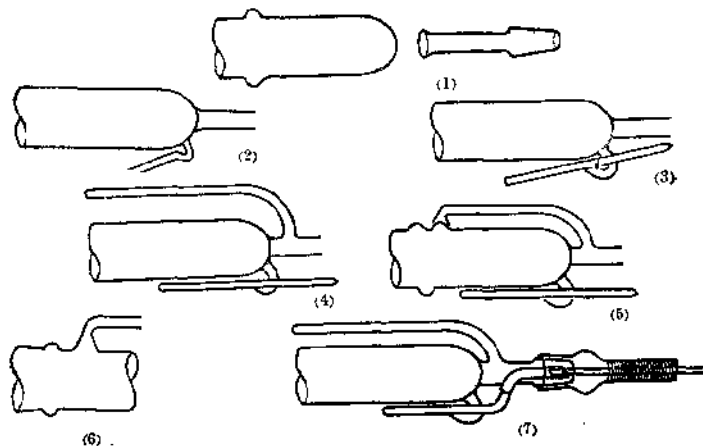


图 6-23 脂肪抽出器制作次序

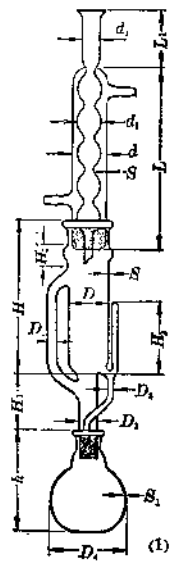
(高突点应低于旁管切割口),接着将旁管烧熔,用灯工钳夹住弯曲,见图 6-23(5)。再将切割口及高突点同时烧熔,从大磨口方向吹气(注意另一端切勿阻塞),高突点即能吹通并与切割口相粘,见图 6-23(6)。最后烧光接头,并将弯曲处烧圆,旋转退火一阵。

(2) 筒身一侧吹成高突点,将旁管封接管烧拉成圆底(高于高突点),烧熔弯靠在高突点上,接着火焰烧中间,两边吹气重复几次即能吹通。

(3) 筒身一侧烧熔对着火尖吹通成孔,烧旁管切割口,用灯工钳翻制成喇叭口,并烧熔弯曲套在侧孔上。先烧喇叭口边端,用钨棒针尖掀压孔边,使其四周相粘,复烧吹气即可。

3. 下磨盖小芯子封接

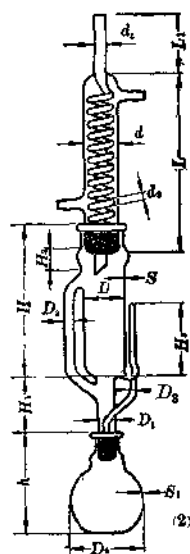
封接下磨盖小芯子的方法基本上与上面所介绍的方法相同。固定塞具,见图 6-23(7)。脂肪抽出器的规格见图 6-24 所示。



(1) 球形
图 6-24 脂肪抽
出器规格

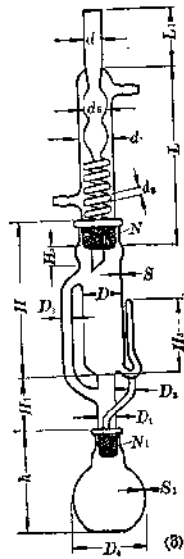
注：每套以三
只抽出烧瓶，一支抽
出筒，一支冷凝管组
成。

测量部位 名称	符 号	公 称 容 量 (ml)			
		60	150	250	500
冷凝管外套 长	L	200 ± 10	220 ± 10	240 ± 10	270 ± 10
冷凝管外套 外径	d	32 ± 1	32 ± 1	37 ± 2	46 ± 2
冷凝管上管 长	L_1	60 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	70 ± 5
冷凝管上管 及内管外径	d_1	10-11	10-11	11-12	12-13
冷凝管内球 外径	d_2	22 ± 1	22 ± 1	26 ± 1	34 ± 1.5
冷凝管内球 数		4	4	4	4
抽出筒身长	H	140 ± 8	170 ± 10	190 ± 10	220 ± 10
抽出筒外径	D	33 ± 1	34 ± 1	40 ± 1.5	50 ± 1.5
抽出筒下管 长	H_1	55 ± 5	60 ± 5	70 ± 8	75 ± 8
抽出筒下管 外径	D_1	17 ± 1	17 ± 1	22 ± 1	22 ± 1
抽出筒旁管 外径	D_2	9 ± 0.5	9 ± 0.5	10 ± 0.5	11 ± 0.5
出气管口与 磨口距离	H_2	20	23	25	30
虹吸管外径	D_3	4-5	4-5	4.5-5.5	5-6
虹吸管高	H_3	60 ± 5	70 ± 5	80 ± 5	100 ± 5
抽出筒与冷 凝管外套壁厚	S	1.2	1.2	1.4	1.5
抽出筒上磨 口编号		34/35	34/35	40/38	50/42
抽出筒下磨 口编号		19/26	19/26	24/29	24/29
烧瓶外径	D_4	56	74	85	105
烧瓶高	h	80	110	125	135
烧瓶壁厚	S_1	1.2	1.2	1.4	1.4



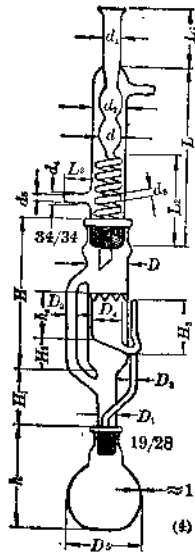
(2) 蛇形
图 6-24 脂肪抽
出器规格

测量部位 名称	符 号	公 称 容 量 (ml)			
		60	150	250	500
冷凝管外套 长	L	200 ± 10	220 ± 10	240 ± 10	270 ± 10
冷凝管外套 外径	a	32 ± 1	32 ± 1	37 ± 1	46 ± 2
冷凝管上管 长	L_1	60 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	70 ± 5
冷凝管上管 外径	d_1	10-11	10-11	11-12	12-13
冷凝管蛇管 外径	d_2	7.5 ± 0.5	7.5 ± 0.5	8 ± 0.5	8-9
冷凝管蛇管 圈数	=	10	11	12	13
抽出筒身长	H	140 ± 8	170 ± 10	190 ± 10	220 ± 10
抽出筒身外 径	D	33 ± 1	34 ± 1	40 ± 1.5	50 ± 1.5
抽出筒下管 长	H_1	55 ± 5	60 ± 5	70 ± 8	75 ± 8
抽出筒下管 外径	D_1	17 ± 1	17 ± 1	22 ± 1	22 ± 1
抽出筒旁管 外径	D_2	9 ± 0.5	9.5 ± 0.5	10 ± 0.5	11 ± 0.5
出气管口与 磨口距离	H_2	20	23	25	30
虹吸管外径	D_3	4-5	4-5	4.5-5.5	5-6
虹吸管高	H_3	60 ± 5	70 ± 5	80 ± 5	100 ± 5
抽出筒与冷 凝管外套壁厚	S	1.2	1.2	1.4	1.5
抽出筒上磨 口编号		34/35	34/35	40/38	50/42
抽出筒下磨 口编号		19/26	19/26	24/29	24/29
烧瓶外径	D_4	56	74	85	103
烧瓶高	h	80	110	125	135
烧瓶壁厚	S_1	1.2	1.2	1.4	1.4



(3) 球蛇形
图 6-24 脂肪抽
出器规格

测量部位 名称	符 号	公 称 容 量 (ml)			
		60	150	250	500
冷凝管外套 长	L	200 ± 10	220 ± 10	240 ± 10	270 ± 10
冷凝管外套 外径	d	32 ± 1	32 ± 1	37 ± 1	46 ± 1
冷凝管上管 长	L_1	60 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	70 ± 5
冷凝管上管 外径	d_1	10-11	10-11	11-12	12-13
冷凝蛇管外 径	d_2	7 ± 0.5	7 ± 0.5	8 ± 0.5	8 ± 0.5
冷凝蛇管圈 数	\approx	5	5	6	7
冷凝内球外 径	d_3	22 ± 1	22 ± 1	25 ± 1	34 ± 1
抽出筒身长	H	140 ± 8	170 ± 10	190 ± 10	220 ± 10
抽出筒身外 径	D	33 ± 1	34 ± 1	40 ± 1.5	50 ± 1.5
抽出筒下管 长	H_1	55 ± 5	60 ± 5	70 ± 8	75 ± 8
抽出筒下管 外径	D_1	17 ± 1	17 ± 1	22 ± 1	22 ± 1
抽出筒旁管 外径	D_2	9 ± 0.5	9.5 ± 0.5	10 ± 0.5	11 ± 0.5
出气管口与 磨口距离	H_2	20	23	25	30
虹吸管外 径	D_3	4-5	4-5	4.5-5.5	5-6
虹吸管高	H_3	60 ± 5	70 ± 5	80 ± 5	100 ± 5
抽出筒与冷 凝管壁厚	S	1.2	1.2	1.5	1.5
抽出筒上磨 口编号	N	34/35	34/35	40/38	50/42
抽出筒下磨 口编号	N_1	19/26	19/26	24/29	24/29
烧瓶外径	D_4	53	74	85	103
烧瓶高	h	80	110	125	135
烧瓶壁厚	S_1	1.2	1.2	1.4	1.4



(4) 改良式
图 6-24 脂肪抽出器规格

测量部位名称	符号	公称容量(ml)	
		60	150
冷凝管外套长	L	200 ± 10	220 ± 10
冷凝管外径	d_2	32 ± 1	32 ± 1
冷凝管上管长	L_1	60 ± 5	60 ± 5
冷凝管上管及内管外径	d_1	$10-11$	$10-11$
冷凝管内球外径	d	22 ± 1	22 ± 1
冷凝管蛇管外径	d_3	7 ± 0.5	7.5 ± 0.5
冷凝管蛇管高	L_2	105 ± 10	120 ± 10
冷凝管蛇管圈数	\approx	6	7
进出水管胖大处外径	d_4	9 ± 1	9 ± 1
进出水管出口处内径	d_5	4 ± 1	4 ± 1
进出水管长	L_3	25 ± 5	25 ± 5
抽出筒身长	H	140 ± 8	160 ± 10
抽出筒身外径	D	35 ± 1.5	38 ± 2
抽出筒下管长	H_1	50 ± 5	50 ± 5
抽出筒下管外径	D_1	17 ± 0.5	17 ± 0.5
抽出筒旁管外径	D_2	$9-10$	$9-10$
抽出筒内抽出杯位置	H_2	25 ± 5	30 ± 5
虹吸管外径	D_3	$4-5$	$4-5$
虹吸管高	H_3	35 ± 3	40 ± 3
抽出杯高	h_4	50 ± 3	60 ± 3
抽出杯外径	D_4	25 ± 0.5	28 ± 1
烧瓶外径	D_5	56	74
烧瓶高	h	80	110

八、苛性钾球的制作

苛性钾球通常用于钢铁分析方面，成品重量不得超过 30 克，比较理想的是 25~28 克，因此，苛性钾球的各部件必须制得很薄。具体制作次序简述如下：

1. 吹梨形球

选壁厚为 0.5 毫米左右的玻璃管，参照第四章吹球的方法，并按照规格吹制上部两个大梨形球。

2. 下部小梨形球的封接

(1) 常规方法：将准备就绪的内接管一头翻制喇叭口，放入直径约 18 毫米的玻璃管分段拉丝，然后封接内接管，但当烧吹小梨形球时内接管很容易弯曲，操作不方便。

(2) 改进后的操作方法：选比球的肩部直径大 2 毫米以上的薄玻璃管分段拉丝，然后将两端分别烧熔拉制成一定锥度，见图 6-25(1)。中间拉开烧吹成圆底，见图 6-25(2)。中间开小孔，将准备就绪的内接管从孔洞放入，见图 6-25(3)。烧熔缩小孔洞封接小接管，见图 6-25(4)。左手倾斜让内接管的喇叭口与小梨球粘连旋转烧熔，离火吹气再将接管弯曲，见图 6-25(5)。

3. 拼接

在小梨形球肩部开孔并与大梨形球两者粘接，见图 6-25(6)。下面按图 6-25(7~9)所示逐步拼接，将小梨球分别拉除余料封底，而且要求高低一致，见图 6-25(10)。冷却后再将大梨形球支管弯曲便成。钾球的规格见图 6-26 所示。

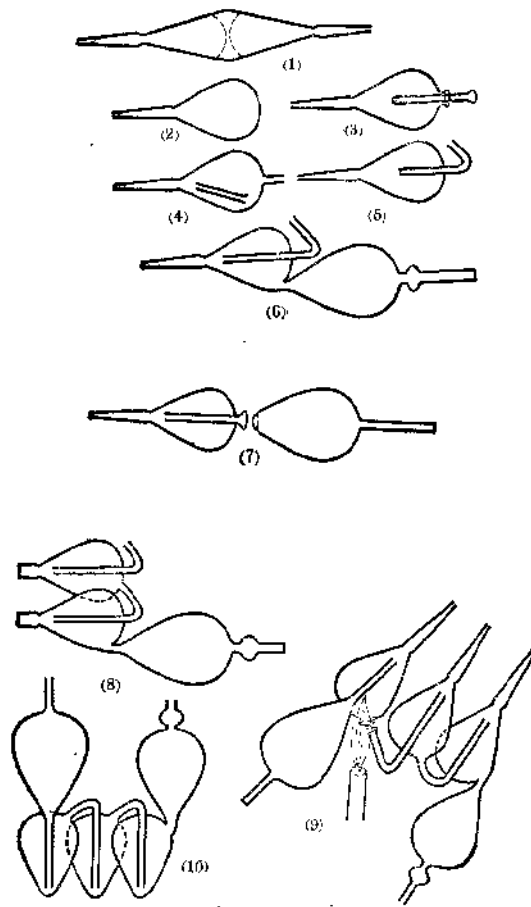


图 6-25 钾球制作次序

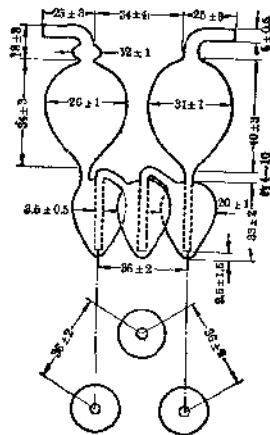


图 6-26 钾球规格

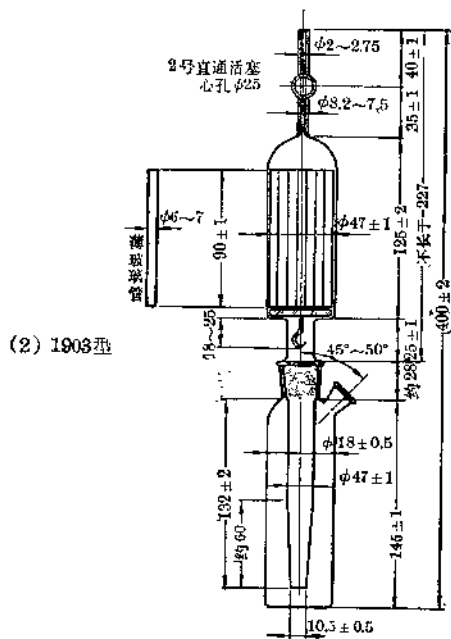
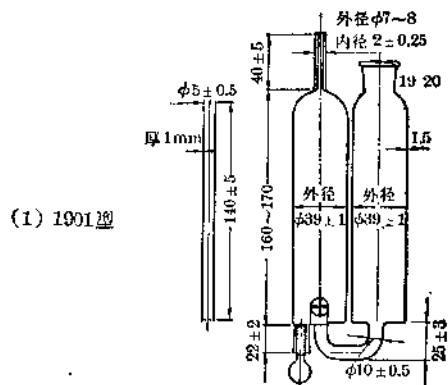
九、气体分析器吸收瓶的制作

工业上分析煤气、水煤气及其他一些管道气时，一般应用化学分析方法。其原理是以一定体积的被分析气体，逐次用各种不同的化学试剂，吸收不同的气体成分，然后测定出各种气体成分的百分比。例如用 30% 氢氧化钠溶液吸收 CO_2 、焦性没食子酸钠溶液吸收氧气等，用以对气体进行分析的仪器，统称气体分析器。

气体的吸收是在吸收瓶内进行的。经过多年的演变，吸收瓶的种类很多，但总的说来大致可分为接触式和鼓泡式两类。吸收瓶是气体分析器的关键部件。现将几种常用的吸收瓶式样简介如下：

1. 接触式吸收瓶

接触式吸收瓶的几种式样如图 6-27(1~3)所示。其中



技术要求：
 吸收瓶的两管相互平行，底部高低一致，两管间距不大于1毫米，管内小玻璃管厚度不大于1毫米，管端切割平整，具蛇形铜丝玻璃管，铜丝不得脱落。

图 6-27 接触式吸收瓶(甲)

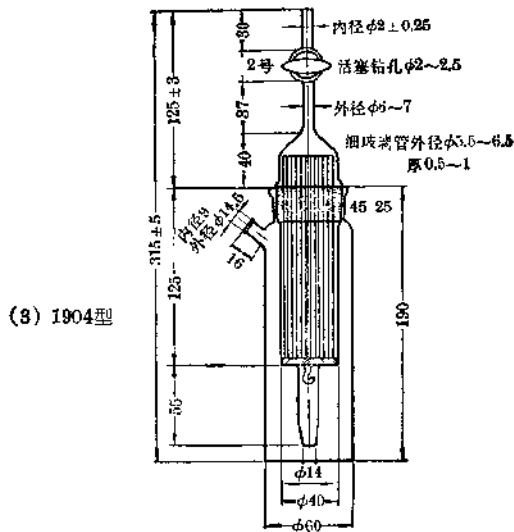
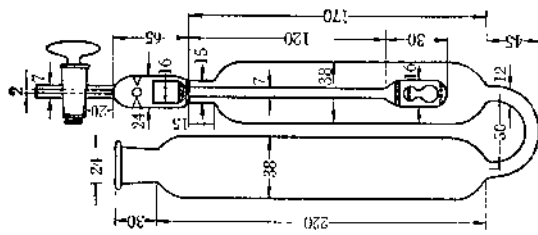


图 6-27 接触式吸收瓶(乙)

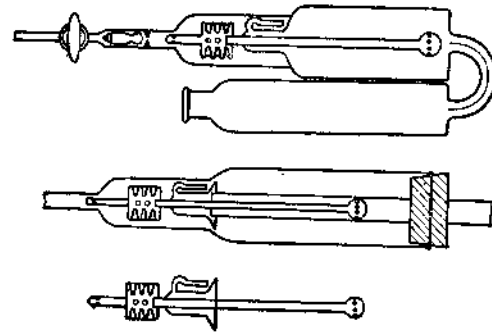
1901 型为 U 形式, 1903 型为两层式, 1904 型为套入式, 形式虽然不同, 但其吸收原理是一样的, 都是利用细直径玻璃管具有大面积的特点, 以增加气体和液体的接触面积, 而达到吸收目的。这类形式在使用于粘度较大的化学试剂为吸收液时, 吸收效果比较好。在放入氯化亚铜氨水溶液的吸收瓶中, 细管内须插入螺旋形紫铜丝, 以补充试剂中铜的损失。这些吸收瓶的结构都比较简单, 制造也很方便(具体制作方法从略)。

2. 鼓泡式吸收瓶

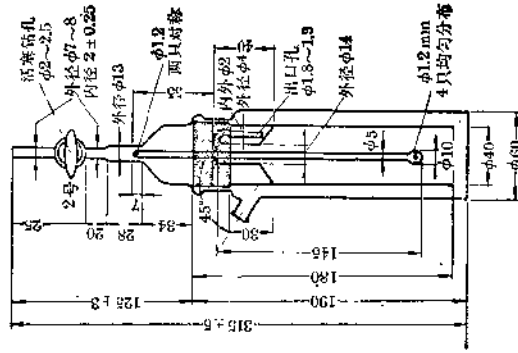
鼓泡式吸收瓶形式较多, 它的常用形式如图 6-28 (1~4) 所示。1906 和改良式为 U 形式, 1904 型为双层式, 1903 型为套入式。这几种形式的共同特点是在气体吸收过程中产生大量的气泡, 以增加气体和液体的接触面积, 适用于粘度较小的



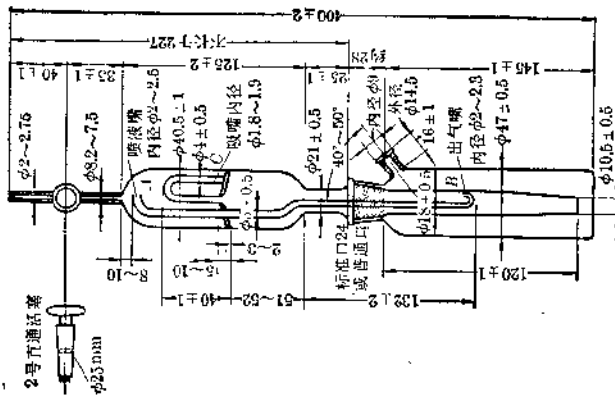
(1) 1906型



(2) 改良式
图 6-28 漱口式吸放瓶(甲)



(3) 1904型



(4) 1903 型

图 6-28 鼓泡式吸收瓶(乙)

技术要求:

1. 活塞 1/4 直通, 钻孔内径 $\phi 2.5 \sim 2$ 。

2. A、B、C 三个嘴,

口径:

$A\phi > B\phi > C\phi$ 。

3. 普通口径尺寸:

(内)大端直径 $\phi 24$, 小端直径 $\phi 20$, 高度约 28, (外)大端外径 $\phi 32.5$, 小端外径 $\phi 25.5$ 。

吸收液。根据它们的结构及产生气泡的过程，也可分为浮子式和固定式两类，其中 1906 型是浮子式，其它皆为固定式。在浮子式中，气体只是在压入瓶内时产生气泡，而在固定式吸收瓶中，气体在压入和回出时都可产生气泡。当然固定式在当气体压入时或回出时产生的气泡量较 1906 型的少，其中改良式由于瓶内部具有刺形结构，吸收气体的效果最为良好。

(1) 1906 型鼓泡式吸收瓶制作次序：

① 自动浮子的吹制：选取适当的玻璃管吹制下浮子玻璃壳，见图 6-29(1)。浮子芯见图 6-29(2)（应选薄壁玻璃管制作），经磨砂后按规格制成浮子活塞，见图 6-29(3)。

② 上浮子的吹制：图 6-29(4)所示的是上浮子玻璃壳，吸收瓶玻璃管与上浮子熔接，见图 6-29(5)。选外径小于上浮子壳内径的玻璃管，制成浮芯，见图 6-29(6)。另制备图 6-29(7)所示的稳芯工具，将浮芯缩筒身内，烧戳三个挡刺，拉除余料接上 2 号活塞。再将筒身下端接一支管，吹成圆肩，见图 6-29(8)。

③ 封接筒形玻璃管：取圆制就绪的筒形玻璃管下端烧成圆底并开孔，与吸收瓶下管熔接，再用扁火焰烧熔接管，吹弯成 U 形，吹弯时活塞壳小端朝筒形玻璃管口方向，至此吸收瓶吹制完毕，见图 6-29(9)。

(2) 改良式吸收瓶制作次序：

① 第一步先制浮子。在制作浮子时，应注意浮子的灵敏度，尤其当气体回到气量管中，液体上升到浮子时，浮子要及时上升。如浮子上升太早，浮子下面会留有气泡，如浮子上升太迟，则吸收液冲过活塞，因此，浮子制成后要检验它上升时，吸收瓶活塞处液位的停留位置。一般试验浮子的方法是将浮子放入水中，以观察浮子浮出水面的高度。根据实践得知，浮

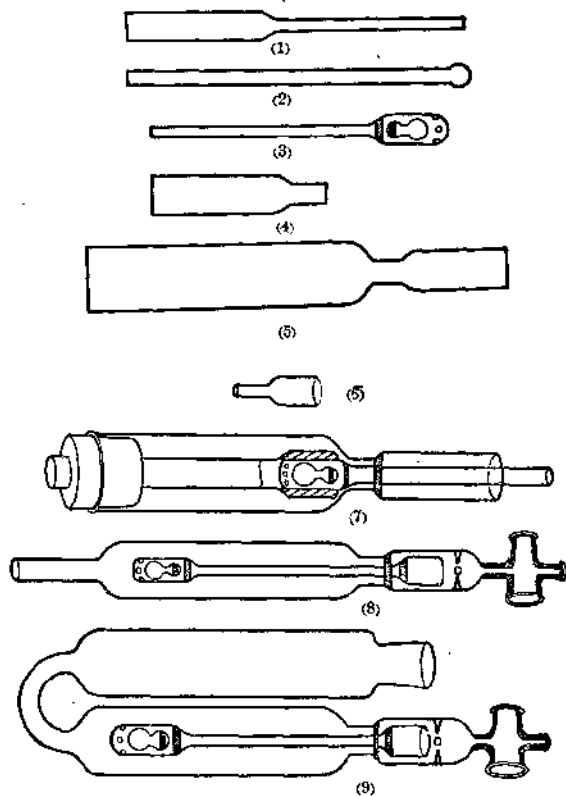


图 6-29 1906 型鼓泡式吸收瓶制作次序

子露出水面为浮子总长的三分之一时比较合适。浮子上部的锥形磨砂部分的形状是很重要的,如锥度太小,密合性可能提高,但灵敏度差了。如锥度太大,灵敏度可以提高,但密封面积减少,浮子顶部的角应为 $55 \sim 60^\circ$ 为宜。

② 第二步制作内芯。内芯上部是刺形结构,主要是为了

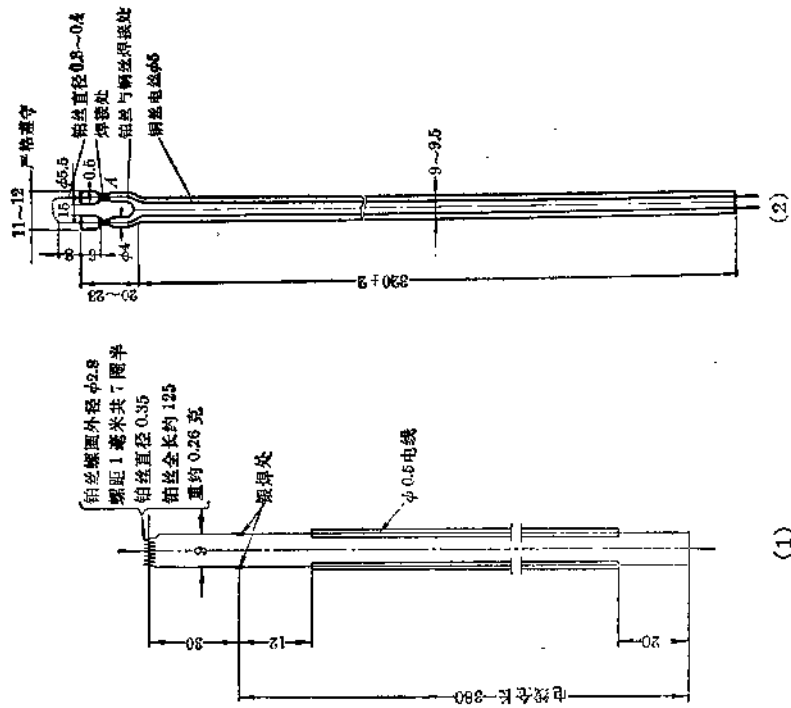
增大气体和液体的接触面积。内芯上管和中部旁边的出气细管的孔径,应有一定的比例,上管的两个出气孔孔径为 1.2 毫米,中部旁管出气孔孔径为 1.8 毫米,必须严格掌握。内芯下部中心管的四个出气孔孔径为 1.2 毫米。

⑤ 当内芯制成后,焊入预先准备的外套,见图 6-28(2)。然后再完成其他工序即成。

图 6-28 中的 1903 和 1904 型吸收瓶的制作方法基本与改良式相似,这里不作介绍了,但重要的是要掌握吸收瓶内上部,中部旁管及下部的出气孔内径,特别是中部旁管内径要正确掌握,否则会影响吸收瓶的质量。其次要注意瓶内上部的有效体积。

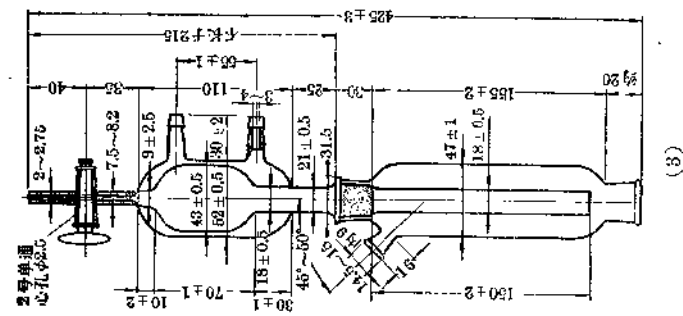
(3) 燃烧瓶制造工艺:如被分析气体中含有可燃性气体成分时,可用爆炸或燃烧的方法来进行分析。爆炸是在玻璃爆炸瓶内进行的,而燃烧则是在玻璃燃烧瓶内缓慢进行。爆炸瓶的结构较简单,本书不作介绍,现将燃烧瓶的制造工艺叙述如下:

燃烧瓶由两部分组成,内芯点火圈或称为白金点燃圈,如图 6-30(1)所示。制造时,第一步,先用 0.35~0.4 毫米直径的白金丝绕成所要求的形状,由于白金是稀有金属价格很贵,所以在绕制时必须预先计算好白金丝的总长度,尽可能减少不必要部分,以免浪费。根据实践,绕制一只点火圈长度为 125 毫米,如采用直径为 0.35 毫米的,则需白金丝 0.26 克。第二步,取两根直径为 0.5 毫米的单芯导线,长度为 380 毫米,去掉线外胶皮,在火焰上将绕制成的白金线圈与铜导线相焊接。在焊接时,火焰要调节得小,并加入适量氧气,将导线的一端,在火焰边熔烧,当导线端点开始熔化,此时应迅速将烧红的白金线圈的一端与之接触,然后离开火焰冷却即可。接

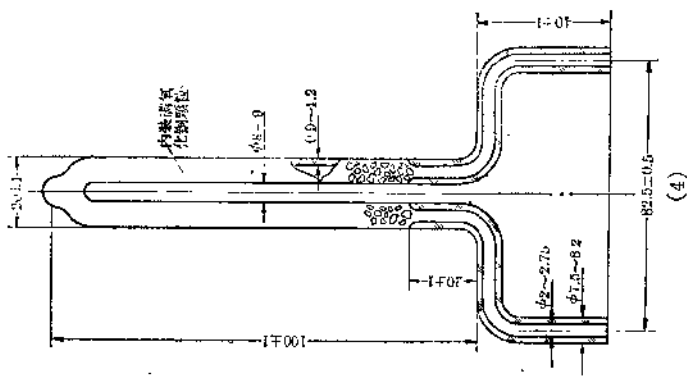


技术要求:

1. 铂丝全长约 120 毫米绕成弧圈与铜丝相接于上管内 16 毫米处。
2. A 处焊缝必须保证严密不漏气。
3. 铜丝的全长为 380 毫米。
4. 管身必须圆直。
5. 本品系与燃烧瓶配套下有胶塞。



(8)



(4)

图 6-30 燃烧器制作次序

着再焊接另一根导线,在焊接时要保持接头处准直。第三步,将铜导线插入预先制成的玻璃叉管中,玻璃叉管应制成如图6-30(2)所示的形状。导线与铂丝应预先进行清洁处理,在焊接时必须使铂丝与玻璃叉管保持同心,熔烧时间不宜过长,焊好后在火焰上退火即可。

燃烧瓶的第二部分如图6-30(3)所示。此部分在制造工艺上接近于冷凝管的制造方法,此处不再重复。在制造时应注意中心管的内径应比铂丝点火圈最阔处稍大,以及内芯球体的容积不小于60毫升。

混合气体中氢的成分,一般采用氧化铜吸收法进行测定。氧化铜粒子装入耐高温的玻璃管中,如图6-30(4)所示。现将氧化铜粒子的制备方法简介如下:

取99份研磨得很细的粉状氧化铜与1份氧化铁混合(重量比),再取80份此混合物与20份的纯净高岭土混合(重量比),加水搅拌成糊状,压过孔为2~2.5毫米的筛子,干燥后在600°C温度中灼烧几分钟即可备用。

十、非水定碳吸收器的制作

非水定碳吸收器是近年来钢铁工业采用快速分析的工艺改革后,使用的一种新的玻璃仪器。分定碳定硫两类,产品的型式繁多,各有其优缺点。光电比色类型的产品尚未定型,仍在不断改进之中,现将比较普遍的一种型式的制作方法介绍如下:

- (1) 吹制止回浮子一只,如图6-31(1)所示。
- (2) 吹制滴液管,如图6-31(2)所示。
- (3) 吹制吸收器上部,如图6-31(3)所示。

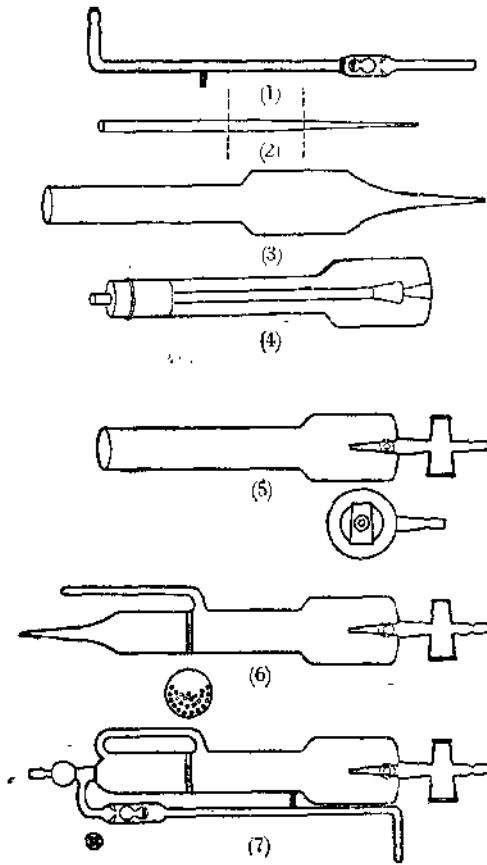


图 6-31 非水定碳吸收器制作次序

(4) 制作稳滴液管的稳芯工具，将滴液管稳住装入吸收杯内，如图 6-31(4)所示。

(5) 将吸收器胖大管烧成平底，在平底边沿一侧熔接接管接口。并将滴液管熔接在平底中间，再接一只 2 号活塞壳。

如图 6-31(5)。

(6) 取铁制四爪夹具夹住吸收器胖大管, 塞闭滴液管, 用扁火焰对距胖大管 95 毫米处烧熔成平底, 用 1.5 毫米钨棒对平底边沿顺活塞壳大端方向刺孔, 约 22 个小孔排列成马蹄形, 见图 6-31(6)。再将胶管接口塞闭, 取相同管径的玻璃管一段, 一端烧熔略翻大一些和具小孔平底边沿熔接, 使两管形成一体, 具小孔的平底形成玻璃管中的隔板。靠隔板未穿孔的一侧接一回流管, 并向下弯曲, 取下胶管接口闭塞物, 将隔板下方烧吹成圆底, 并将回流管与圆底边沿接通。取一毫米钨棒对圆底中间烧刺成排列为正方形 4 个小孔, 4 个小孔的范围不得大于 6 毫米。取外径为 8~9 毫米玻璃管与圆底顶端熔接, 两管间形成小隔板, 并在接管上侧接止回浮子 (在回流管的对侧, 下部再接一只

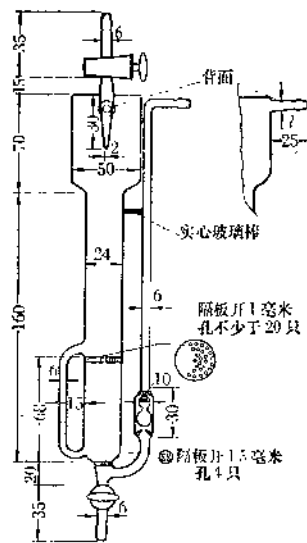


图 6-32 非水定碳吸收器规格

2 号活塞壳, 止回浮子上管实心玻璃棒再与吸收器熔接, 起支撑作用), 见图 6-31(7)。非水定碳吸收器的规格见图 6-32 所示。

注意事项:

(1) 吹制成形的止回浮子重量为 0.5 克, 太重会影响浮力。

(2) 滴液管必须熔接在吸收杯中心, 滴液时不可落在管壁上。

(3) 熔接隔板时, 不可使隔板小孔变形。

十一、微量定氮蒸馏器的吹制

1. 吹制次序

(1) 制作芯子：选取直径为 8 毫米和 6 毫米的玻璃管对接，并弯接成如图 6-33(1) 形式的芯管，两口端翻成喇叭状。选取直径为 22 毫米的玻璃管，留长度 190 毫米拉丝，一端烧吹圆球，见图 6-33(2)。右手执握细芯玻璃管顶端伸入，让芯子喇叭紧贴外层管，用火苗烧接，内外粘结后离火即可吹成薄泡。拆除薄泡，用小火苗逐段烧光孔洞边沿，见图 6-33(3)。最后进行喷灯退火。

(2) 主件部位封接：选取外径为 44 毫米的玻璃管，留长度 290 毫米烧熔拉丝，左手倾斜用大火焰烧料，逐渐拉制成锥度，冷却后距肩部 120 毫米左右处吹制大圆球，烧除余料吹通张圆开口，见图 6-33(4)。将制备就绪的芯子用旧报纸固定在外套里(也可以不固定)，左手执握外套大圆球端，先烧粘内弯头喇叭口与外套斜度部位粘接，离火吹成高突点，退火一阵，此刻内部件已基本固定。接着用火苗逐段将环形部位烧熔，右手执握灯工钳在豆油盆里沾一下，然后撒压在熔融部位上里外移动，周围撒粘完毕重复逐段充分烧熔吹气，接头光洁后侧接小支管，见图 6-33(5)。最后必须按喷灯退火要求进行退火。

(3) 开孔插入封接：在锥形部位顶端拉除余料开孔，插入封接弯芯支管，见图 6-33(6)。完毕后就在接头周围退火，最后将外套大圆球拉除余料吹制圆底，开孔侧接小支管(注意方向)，见图 6-33(7)。

(4) 封接小型冷凝管：选取直径为 19 毫米的玻璃管，

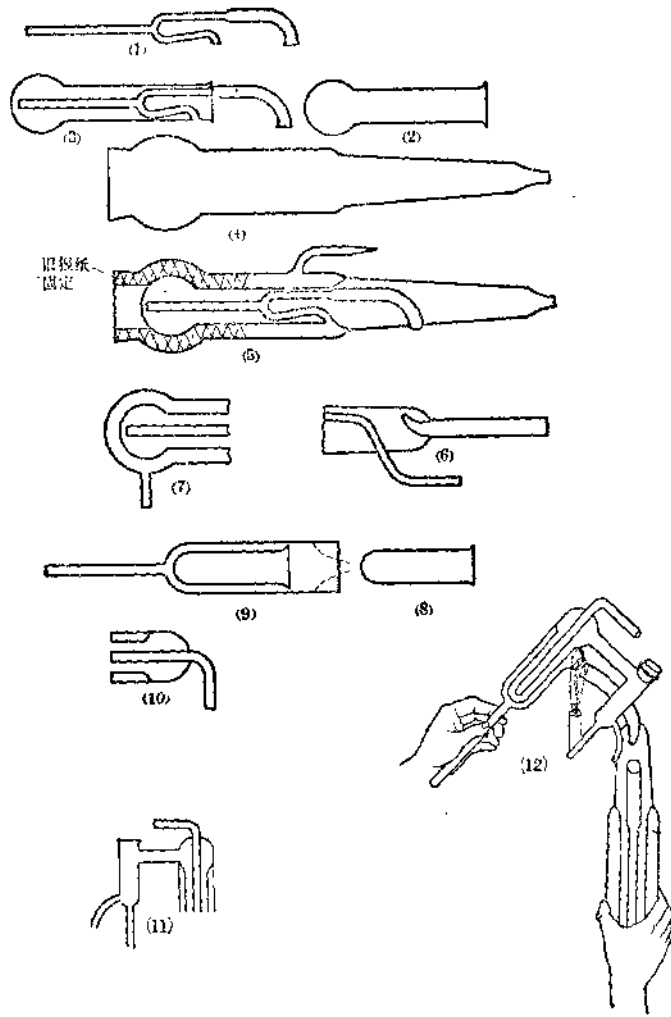


图 6-33 微分定氮蒸发器制作次序

翻制喇叭口，按长度要求烧成圆底，见图 6-33(8)。放入圆底部已接上小接管的外套里拉丝，见图 6-33(9)。由于内件无固定物支持，可用火苗逐段封接方法完成封接，但封接过程中需两头吹气，接着拉除余料，开孔插入内芯封接，见图 6-33(10)。退火一阵，开孔封接零件，见图 6-33(11)。当零件封接完毕，应立即剩热开孔拼接蒸馏器，见图 6-33(12)。当两者烧熔粘接后吹气，并烧修光洁，完毕后进行良好的退火。微量定氮蒸馏器的规格见图 6-34 所示。

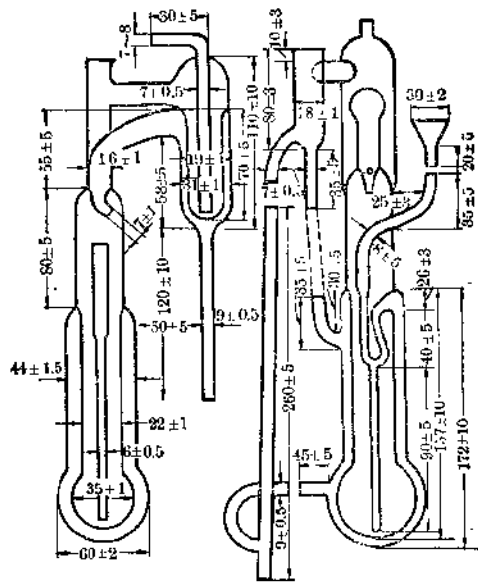


图 6-34 微量定氮蒸馏器规格

2. 注意事项

在整套仪器制作过程中，必须严格注意各部位的方向和角度，以及控制规格尺寸，否则将影响使用时的安装。

十二、玻璃滤器的制作工艺简介

玻璃滤器主要用于化学分析、卫生检验及制药工业部门中,过滤气体和液体。由于过滤的物质粒子大小不同,因此滤器的孔径也有所区别,一般将滤器的微孔分为五到六种规格,如表 6-2 所示。玻璃滤器的材料可用 GG-17 玻璃,也可用九五灯工玻璃及其他硬质玻璃制造。

表 6-2 滤器规格

微孔编号	微孔平均直径(μ)	第一个气泡升起时水银柱高度(B)
1*	100~200	12~23
2*	40~50	41~55
3*	20~35	70~100
4*	10~20	100~200
5*	5~10	200~450

玻璃滤器的制作过程大致分为磨粉、烧结、焊接等几道工艺,简介如下:

1. 磨粉

将同种清洁厚度不超过 1 毫米的玻璃敲碎,清洗后烘干,放入球磨机内研磨,球磨坛是用优质瓷制成,直径约 300 毫米,长约 350 毫米。坛内放入直径约 50 毫米的刚玉球 20 只,玻璃碎粒的加入量约为坛的有效容积的三分之二,坛的转速为 60 转/分,研磨 6 小时左右后,将粉取出,用 8 目粗孔铜丝筛筛过,未通过的粗粒玻璃,重新与未研磨过的玻璃一起加入球磨坛,继续研磨。通过的玻璃粉装入震动筛内过筛,如图 6-35

所示。通过 35 目筛孔的玻璃粉为 1 号粉，通过 75 目的为 2 号粉，通过 120 目的为 3 号粉，通过 180 目筛孔的用冲洗沉淀法再分为 4 号粉、5 号粉和 6 号粉。过筛的时间约 15 分钟，未通过 35 目筛孔的粉可重新研磨。所谓冲洗沉淀法，就是将通过 180 目筛孔的玻璃粉，放入下部为尖底的圆桶内，充水使玻璃粉与水充分混合，然后让其流入三只桶内使其沉淀，根据沉淀的速度，在不同的桶内得到不同大小的粉粒，如图 6-36 所示。A 瓶为 1 万毫升或 2 万毫升的盛水瓶。A 瓶的目的是使水经过该瓶后，保持一定的压力(约 1000 毫米水柱高)流向 B 桶。B 桶直径为 200 毫米，高为 250 毫米。C 桶直径为 300 毫米，高 350 毫米。D 桶直径为 400 毫米，高为 450 毫米。开始时，先将玻璃粉倒入 B 桶，倒入量为充满锥形部分为准。用玻

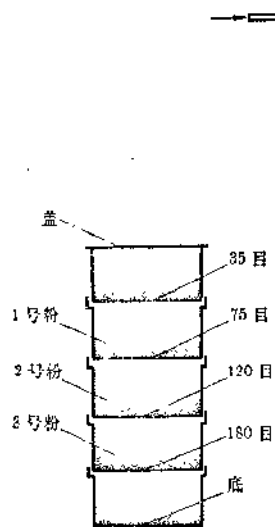


图 6-35 震动筛

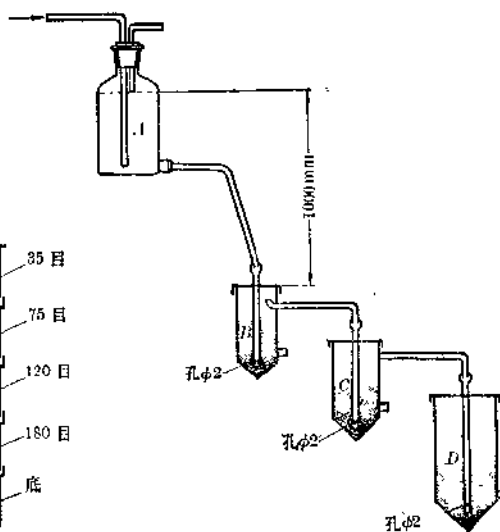


图 6-36 冲洗沉淀法装置

璃棒搅拌，使水与玻璃粉充分混合。玻璃粉中不洁之物漂浮在上面，然后使水位提高，让不洁之物随水流出桶外。再迅速将盖盖好，调节放水开关，使A瓶内水以恒压状态流入B桶。再联接B桶与C桶的管道，让其流入C桶(必须注意由B桶开始流出时的混合液舍去不用，然后再让其流入C桶)。当C桶内混合液升过出口处，让其流入D桶内，待D桶内混合水充满时，即关掉进水开关。让B、C及D桶内的混合液自然沉淀，沉淀24小时后，将水放掉，B桶内为4号粉，C桶内为5号粉，D桶内为6号粉。充水的速度即决定玻璃粉微粒的大小，而充水的速度是决定于A瓶水位高度和B、C及D桶内中心管下口的孔径，一般A瓶高度为1米，中心管的下口孔径为2毫米。

一般情况下4号粉最多，必须每天取出一次，C桶和D桶内的粉可隔1~2天取出一次，取出的粉，放入瓷盘内烘干，烘干温度为100°C左右，烘干的粉，再用12目筛过滤，除去硬块，即可备用。在充水时，水要以恒压状态流入B、C及D桶中，而且在整个过程中，水源不能停顿，如有停顿，则整个工序必须重新开始，否则玻璃粉的微粒就可能有不规则的现象发生，以影响产品质量。使用要求较高的玻璃滤器的粉，还必须用稀盐酸处理，以消除杂质。

2. 烧结

将处理好的玻璃粉放入不锈钢圈，压平，送入电炉内烧结。不锈钢圈是平放在耐火砖上面，凡与玻璃接触的部位必须涂上极细的石英粉和坭泥的混合物，以防止烧结时粘接引起脱模困难。混合物比例为10份石英粉，1份细坭泥，加少量水混合。不锈钢圈只适用于1号到2号的滤片烧结。3号到6号的滤片生产时，只将玻璃粉(具有一定的湿度)放入铜模或

不锈钢模内，用千斤顶或油压机用 $50\sim 150$ 公斤/厘米² 的压力压紧（压力应随粉的号数减少而递增，即 6 号粉需压力约 50 公斤/厘米²，5 号粉约需 80 公斤/厘米²，4 号粉约需 150 公斤/厘米²）；脱模后放在耐火砖上面送入电炉烧结，压模如图 6-37 所示。

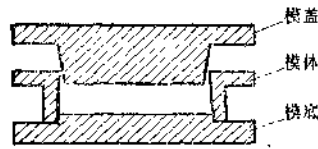


图 6-37 压 模

滤片烧结的温度是随玻璃材料的软化点的高低而变化的，同时与滤片微孔的大小也有关系。GG-17 玻璃 1 号滤片的烧结温度为 900°C ，2 号滤片的烧结温度为 880°C ，3 号滤片的烧结温度为 860°C ，4 号滤片的烧结温度为 840°C ，5 号滤片的烧结温度为 820°C ，6 号滤片的烧结温度为 800°C 。由于电炉内温度不够均匀和为了保证滤片的微孔均匀性，因此在烧结时，滤片要翻身，在可能的条件下，滤片在电炉内要求能旋转，具体烧结时间的长短，应随电炉的升温快慢和玻璃滤片的号数，以及玻璃的软化点的不同而不同，要灵活掌握。

滤片的式样，如口径大于 100 毫米时，应略带拱形，即当中部分应高于边缘部分，以便在使用时能承受较大的压力而不致损坏。

3. 焊接

滤片在烧结后，要仔细检查是否有掉粒与裂纹现象，然后用砂轮将滤片磨到所要求的形状，再用排笔刷去附着在滤片上的玻璃粉，最后将滤片装入所要焊接的玻璃毛坯上（见图

6-38)进行焊接。但需注意,滤片的大小应与玻璃毛坯的内径基本相同,如间隙太大,在焊接时容易起掉粒现象。

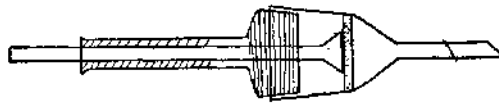


图 6-38 滤片焊接固定方法

焊接就是将滤片与玻璃熔接在一起,它不但关系到滤片的过滤性能,而且在外观上也很重要。焊接使用的火焰,大型的产品用交叉排列火焰,小型的产品可用单面排列火焰,焊接一般都在玻璃车床上进行。焊接前先用文火烘烤产品,当内外温度基本一致时,即可用强烈火焰熔烧所焊接部位。当玻璃达到软化程度时,用石墨板将烧软的玻璃压到玻璃滤片的边缘上。玻璃软化的程度和时间特别重要,过度的熔融会使滤片的有效面积减少,从而影响过滤的效果。过轻的熔融又会使焊接不够牢固,或者可能在焊接部位滤片与玻璃之间留有微小孔隙,形成旁路,失去过滤作用。焊接完毕后,应进行妥善的退火,或直接放入电炉中退火。

制成后的玻璃滤器,滤孔是否符合规定要求,用肉眼是无法发现的,一般都采用气压法进行检验,检验装置如图 6-39 所示。进行检验时,将滤器与系统相连接,用纯净的压缩空气通入系统内,观察滤片上面有无气泡出现及压力计的水银柱高度差 h 。接着再观察滤器表面气泡是否均匀上升,如气泡很均匀的上升,就证明滤孔的均匀度是好的。再看 h 值是否符合表面数值,如符合的话,就证明滤孔的大小也是符合规定的。必须注意,滤器滤孔的规定各厂略有不同,表 6-2 仅供参考。

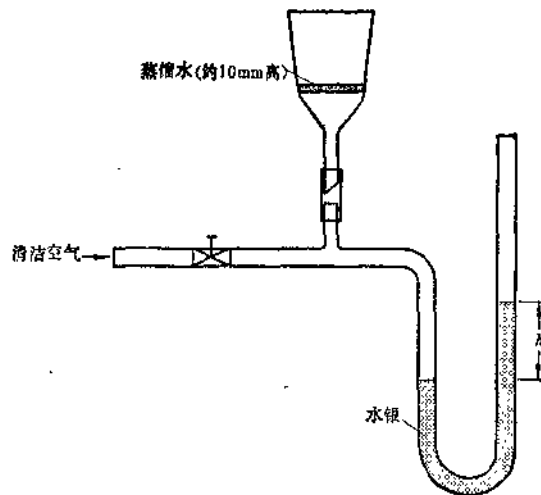


图 6-39 检验装置

十三、杜瓦瓶的制造工艺简介

杜瓦瓶一般用于科学研究上的低温实验，储存液态气体及对晶体元件的保护等，它是一种具有夹层空间，内壁镀银的真空玻璃仪器。由于它的保温性能要求很高，因此在制造时，瓶的内外层焊接，镀银和抽气的工艺方面，都比一般保温瓶的生产过程有更高的要求。

首先杜瓦瓶的玻璃材料的热稳定性，要求能够在约 $-270\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内使用，其次杜瓦瓶玻璃材料要有良好的灯工性能，能够在煤-氧火焰上长时间反复操作不会发黑或失透，因此一般采用硼硅酸盐玻璃为佳。杜瓦瓶的制造工艺主要分为制瓶、镀银和抽气三个工序。现简介如下：

1. 制瓶

杜瓦瓶灯工吹制，一般内径小于 50 毫米的可用手工制作，50 毫米以上大口径的杜瓦瓶在玻璃车床上加工为宜。焊接前应对玻璃的内外面面进行清洁处理，务必使焊接处不粘有灰尘杂质，以免焊接处产生慢性漏气。

(1) 小口径杜瓦瓶手工制作：将内芯管与外套管按图 6-40(1)的方法固定，用扁火焰加热封口部位，熔融面积要小，当玻璃开始软化时即需拉开一点，使玻壁变薄，当烧熔后快速拉开，外套管即能与内芯管口相粘。再复烧时，中间余料即会自行涨穿，将余料拉除，口部充分熔融吹平。如发现内芯管口部缩小，可用灯工钳张圆(封底从略)。

(2) 大口径杜瓦瓶车床焊接：大口径杜瓦瓶均采用熔炉车间吹制成的毛坯进行加工。先将外套管底部焊接上排气支管，再按图 6-40(2) 所示的方法，将外套和内芯夹于车床上。

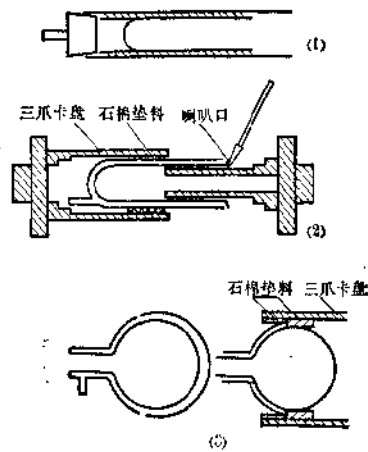


图 6-40 杜瓦瓶制作方法

用排灯火焰加热内芯管口,并用石墨括板翻成喇叭口,口径与外套管相仿。移动右车头,使喇叭口和外套口相粘接,充分熔融吹平即成。注意喷灯退火,然后插入热灰保温,最后进退火窑退火。

(3) 球形杜瓦瓶的制作:先将外层圆球,如图6-40(3)所示的断开处爆开,在车床上与内层球同时夹住,夹持方法如图6-40(3)所示。封接口部方法同上,但不能吹气,可趁玻璃还处熔融时将车床立即调以高速,利用离心力的作用使熔融玻璃向四周张开,并立即用括板括平即成。然后再将另外半只外层球拼接上去,这时从排气管吹气。

由于杜瓦瓶在夹层真空后,长期处于负压状态中,因此制造外径大于100毫米的杜瓦瓶,应考虑它长期负载是否会产生延迟爆裂现象,也就是说它的壁厚能否承受长期负压的作用。允许长期负载的壁厚要求可查看本书第一章图1-1。另外玻璃内部不允许存在具有破坏性的不透明砂粒和铁屑一类杂质。杜瓦瓶的几种形式见图6-41所示。

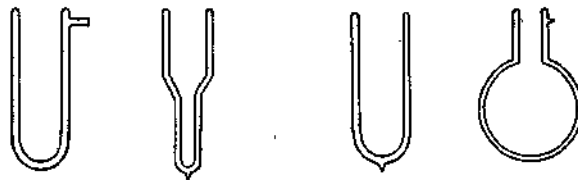


图6-41 杜瓦瓶的几种形式

2. 镀银

镀银液的配制虽有多种方法,但镀银的原理都是一样的,杜瓦瓶的镀银是利用某些有机物质(例如葡萄糖、酒石酸盐等)的还原反应,从银络化物的氨溶液中沉淀出金属银,并使

银均匀地分布在玻璃的表面上。

(1) 镀银液的配制：

① 将 60.25 克硝酸银溶于 500 毫升蒸馏水中，待全部溶解后，再将浓氨水缓慢加入该溶液中。

② 取适量的氢氧化钠加入 125 毫升蒸馏水中，配成浓度为 28~30°(波美度)的溶液，测量时的温度是 15°C。

③ 将冷却后的氢氧化钠溶液加入硝酸银溶液中，然后再加蒸馏水稀释到整个容积为 2500 毫升。

(2) 还原液的配制：

① 将 25 克优质白砂糖溶解于 80 毫升蒸馏水中，加入 0.8 毫升的浓硝酸。

② 然后取 60 毫升糖液加入 0.7 毫升碘酒，放置 1 周，如时间不允许，可将液体进行缓慢加热 30 分钟，然后加入蒸馏水，使整个容积为 2500 毫升，即可备用。

氯化亚锡溶液的配制，将 0.5 克氯化亚锡溶于 2500 毫升蒸馏水中即可。

(3) 镀银的操作：将退过火的杜瓦瓶先用自来水冲洗两次，然后用热的铬酸洗液清洗，再用蒸馏水清洗数次。加入适量的氯化亚锡溶液，使瓶反复转动，随即倒出溶液后，同时加入等量的镀银液与还原液，用橡皮接头封闭尾部。随后进行反复转动，并加温约 40°C 左右，以促使反应加速。约 5~10 分钟后，倒出残余液体，并充入一定量的蒸馏水清洗数次后放出洗液，准备烘干。如杜瓦瓶镀银需要观察窗时，则镀银需分两次操作，简单的过程如图 6-42(1~2) 所示。在一般情况下，杜瓦瓶都应有两个出口管，并且方向相反。特殊要求时也可以用一只出口管，但这时出口管应焊接在瓶的中心位置，并且管径要求适当放大，以便于加入液体。在抽气前，将管烧熔拉细。

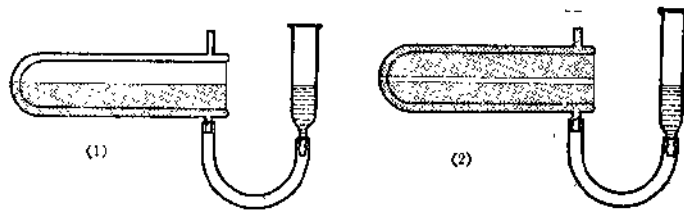


图 6-42 具观察窗的镀银方法

(4) 镀银过程中的注意事项：玻璃杜瓦瓶镀银必须正确地遵守安全操作规程。因为某些溶液不仅有毒，还容易伤害皮肤，而且在适当的条件下，由于形成爆炸性的混合物而引起爆炸。当银液的浓度过高时，可能生成棉絮状深褐色或黑色的沉淀物。当发现这种沉淀时，必须立即用氨溶解，这时应特别注意不要进行搅拌。如果温度过高，由于氨的气化也会促使爆炸性混合物的产生。

镀银必须遵守下列操作要求：

① 镀银溶液应放入带塞的暗色玻璃瓶内，并放在阴凉的地方。

② 必须把碱溶液注入含银的溶液中，而不允许将含银的溶液注入稀释的碱液中。

③ 如果往银液中加入氢氧化钠或氢氧化钾溶液时，发现褐色棉絮状沉淀物，应立即用氨溶液将沉淀物完全溶解。氢氧化钾溶液比氢氧化钠溶液更容易形成爆炸性的混合物，因此最好采用氢氧化钠溶液。

④ 不应将硝酸银晶体加到氨溶液中。

3. 抽气

镀好银的瓶坯必须把夹层中水分烘干，为了使水分加速蒸发，干燥温度为 200°C 左右，并且要不断充入压缩空气至

夹层中去,干燥时产品的尾管向下成40度倾斜放置。干燥后产品的尾管应预先拉成细腰形,以便在抽气完毕后迅速封闭尾管。然后将排气管与高真空系统相焊接,瓶的周围用电炉加热。电炉一般采用卧式,上面具盖,后面留有小孔,以便与真空系统相连。电炉应用调压变压器调节温度,最高温度能升到550°C左右。如用于精密分馏柱抽气时,电炉应设计成足够长度,以便产品能整个放置在电炉中。若大批生产,电炉应能同时放置4或5只产品,以提高生产率。

开始时使前级机械真空泵工作。在真空度为 $10^{-2}\sim 10^{-3}$ 托时,将液氮加入冷阱,然后开启油扩散泵电源,使真空系统内的压强进一步降低。当真空系统达 $10^{-6}\sim 10^{-7}$ 托时,电炉开始升温。如抽气的产品是非镀银的,升温速度可以加快。镀银的产品升温应该是缓慢的,并且是有规律的,升温的速度应该为每分钟 1.2°C 。当电炉的温度升至550°C(大约需8小时),保持一小时,然后降温到400°C,再保持0.5~1小时,测量系统的真空度,当到达 10^{-7} 托时,开启电炉后面小孔封闭制品的尾管。封闭尾管时,火焰应尽可能小些,加热范围不能扩大,以免玻璃在高温时放气,从而破坏真空度(以上升温的数据适用GG-17玻璃制成的真空容器)。

抽气工作之所以在加热情况下进行,是为了便于除去玻璃所吸附的大量水蒸气和其他气体。玻璃在不同温度下放出的气体量如图6-43(1)所示。当温度升高时,首先放出的是吸附在玻璃表面的水蒸气和二氧化碳。温度连续升高,放气量也继续增加,当温度在 T_1 时(软玻璃 T_1 约为 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$,硬玻璃约为 300°C),放气量达到最大值。过了这一点以后,虽然温度再升高,但放气量却减少了,这是因为水蒸气和二氧化碳吸附层减少了的缘故。当温度再升至 T_m 时,放气量为最

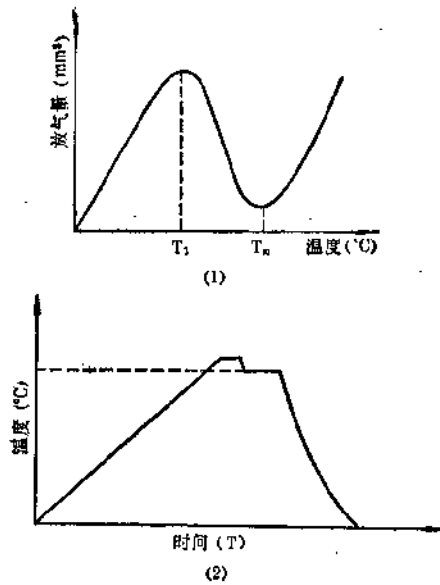


图 6-43 抽气过程中瓶坯所经历的温度曲线

小。这时可认为吸附层已完全蒸发。随着温度的继续升高，放出气体又急剧增加，这是由于溶在玻璃内部的气体不断释出和在高温下玻璃分解而产生气体所致。温度 T_m 对软玻璃来说约为 300°C ，对硬玻璃约为 400°C ，对于高硼硅玻璃约为 500°C 。

玻璃的放气性能曲线，对玻璃制定抽气规程是很重要的，因为不同的玻璃的 T_m 值是不同的。在实际工作中，为了迅速彻底的排除玻璃的吸附层，真空泵工作时玻璃表面被加热的温度应该略高于 T_m （约高 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ ）。保持一段时间后，温度再降低到 T_m 。在这一段温度下又保持一段时间，保持的时间的长短取决于制品的大小。最后将夹层尾管封闭，并将

玻璃缓慢冷却,过程如图 6-43(2)所示。玻璃在高于 T_m 温度时长期加热是完全无益的,根据放气曲线得知,玻璃会不断分解产生气态物质,从而引起玻璃变质。

杜瓦瓶在抽真空完毕后,必须检验瓶的保温性能。检验的方法有两种,一种是比较法,就是将同样规格的瓶,放入一定量的液氮使其自然蒸发,蒸发的快慢即表示瓶的保温性能的好坏。这种方法不太经济,故一般不采用。另一种是热传导法,所谓热传导法就是将瓶放入 100°C 的烘箱内,瓶内的原始温度是 20°C ,经过半小时后,记下瓶内温度。再经过半小时后,再记下瓶内温度,如此类推,即可得出瓶内的升温曲线,从而得出瓶的保温性能的好坏。

十四、石英玻璃仪器吹制的基本知识

随着科学技术的发展,石英玻璃仪器被广泛应用,特别是半导体、电子管、电光源、化工、冶金等工业的发展,对石英玻璃仪器的需要不断增长,本节着重讨论关于石英玻璃仪器吹制技术的基本知识(有关石英玻璃的物理及化学性能参阅第一章)。

1. 石英玻璃喷灯

石英玻璃的含二氧化硅量达 99.95% 以上。所以石英玻璃的膨胀系数很小,熔融温度很高。石英玻璃的熔融温度约为 1900°C (操作要求的温度),所以必须使用氢氧火焰加工。火焰温度及加工性能与喷灯设计和制造有密切关系。氢氧火焰的温度很高,不宜使用金属喷灯。由于金属喷灯在氢氧火焰高温影响下,金属易于氧化,遭致金属微粒杂质烧熔于石英玻璃管上,而降低石英玻璃的纯度。所以吹制石英玻璃一

一般都采用石英玻璃喷灯。石英玻璃喷灯有如图 6-44(1) 所示的几种形式,即三层氧气通道(三层氧气灯芯)的活芯石英喷灯、二层五灯芯的手喷灯、单灯芯小手喷灯、排式喷灯和交射喷灯。三层氧气灯芯的排列视喷灯的大小而定。常用的为内芯一根,中层四根,外层八根,即十三灯芯喷灯。灯芯下部用石棉纸裹住塞入喷灯外壳。图 6-44(2) 是固定十三灯芯石英喷灯的示意图。根据需要,可采用十三根灯芯以上的大喷灯或十三根灯芯以下的小喷灯。

图 6-44(3) 所示的是二层五根灯芯的手喷灯,另外还有单芯小手喷灯。

图 6-44(4) 所示的是排式喷灯。

图 6-44(5) 所示的是交射喷灯。

石英玻璃喷灯由于有二层或三层氧气通道,氢氧混合较佳,且各层氧的流量可通过针形阀根据需要任意调节。

制作石英玻璃喷灯时,灯芯细管排列必须均匀同心,有一个向心的 6 度角,中心孔径约 1.5 毫米,周围孔径 1.2 毫米左右。制作喷灯之前,细管的出口应以相应的钨丝校正。方法是将细管端略微烧熔,用钨丝尖校正其内径,以求统一,从而达到各孔氧气流量的一致。当芯子焊接好后,可通以自来水,检查灯芯的同心和均匀性,使所有灯芯喷出的水柱相交于一点。如有偏歪需进行校正。

2. 灯工操作及工具的使用

吹制石英玻璃仪器的灯工技术,基本上与一般玻璃仪器灯工技术相同。但石英玻璃的料性很短,离火硬化速度快,所以要求灯工操作动作迅速(一般不离开火焰)。由于石英玻璃的膨胀系数低,不易炸裂,所以初学者易于掌握。当然,吹制比较复杂的石英玻璃仪器,也还需有丰富的灯工经验。在制

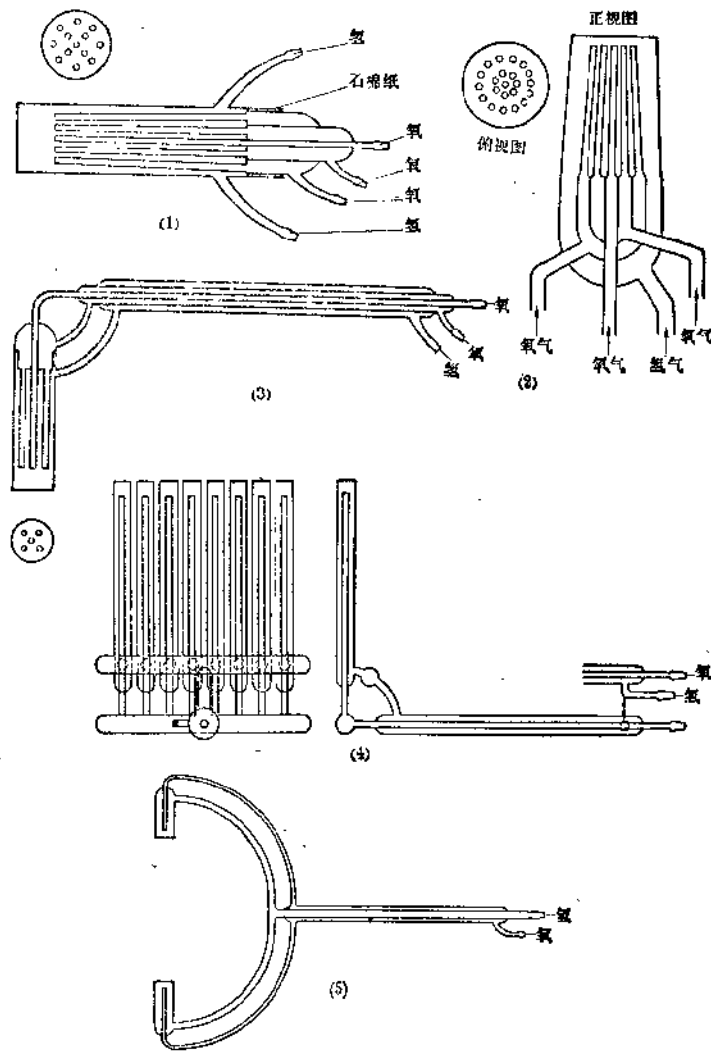


图 6 44 几种常用的石英玻璃喷灯

作石英玻璃仪器的过程中,不可接触金属工具,因氢氧火焰的温度很高,会使金属工具迅速烧红氧化,甚至粘着于玻璃管上。所以如拍板、模具等工具大都是石墨制成的。镊子尖部也紧扎两根细尖石墨棒。开小孔不可使用钨棒针,采用小火焰烧熔吹通或用实心玻璃棒粘拉,敲去余料成一小孔,再用火焰烧光。在吹制石英玻璃仪器时,一般在末端套一根带有转动接头的吹气胶管,以备在火焰中吹球、开孔、封接等。吹气宜使用脚踏开关控制,不宜用嘴吹气,因石英玻璃在火焰中熔烧时,有极小部分的二氧化硅挥发出来,通过胶管进入人体,对身体有影响。

石英玻璃管的切割与开槽,直径在 25 毫米以下的可用锉刀、钨钢刀或钻石刀手工切割,25 毫米以上的常采用 $\phi 150 \times 32 \times 0.7$ 薄砂轮片高速旋转(转速为 5000~9000 转/分)并加水切割。也可用高速钢片加水和金刚砂切割。石英玻璃开槽也是采用薄砂轮片。

3. 石英玻璃制品的选制及抛光

(1) 压制石英玻璃片:取一段直径粗大的石英玻璃管,纵向切开成两只半圆瓦片型,放在一块厚石墨平板上,用多灯芯手喷灯烧至软化程度时,迅速用另一块石墨板压制成片。或将直径较大的石英玻璃管纵向开槽,一端靠近开槽处焊接一根细实心石英玻璃棒作柄,如图 6-45(1)所示。将石英玻璃

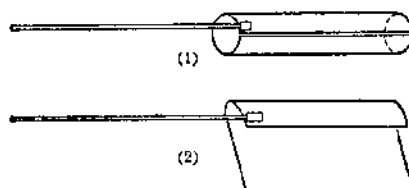


图 6-45 石英玻璃片压制方法

管熔烧至软化,用石墨压板逐步压成片,如图 6-45(2) 所示。冷却后用钻石刀裁成所需尺寸即可(光洁度要求高的应磨平打光)。

(2) 石英玻璃方槽的制作:取平板石英玻璃裁成所需尺寸,用小火焰逐段焊接而成。或用长方形平板石英玻璃磨去四角虚线处余料,如图 6-46(1) 所示。用排灯火焰将四边分别烧熔用石墨压板撇弯成方槽,再用小火焰将四只角分别焊接眯合即成,如图 6-46(2) 所示。

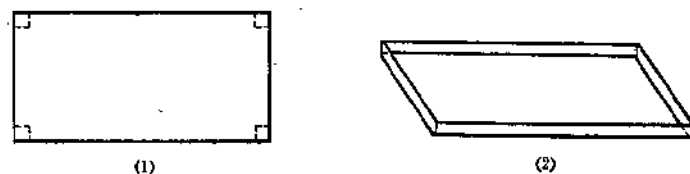


图 6-46 石英玻璃方槽制作方法

(3) 石英舟的制作:取一段所需规格的石英玻璃管,一端烧吹成圆底,在圆底的上角侧接一支管,以备捏手及吹气。再将另一端同样烧成圆底,冷却后磨去接支管的一半,烧光即可。

直径粗大的石英玻璃封平底,一般是用相同直径的平板石英玻璃焊接成平底,因为这样比较省料。

吹制直径大的石英玻璃仪器,需放在玻璃焊接车床上进行,车床焊接技术与一般玻璃仪器相同。只是使用石英喷灯和氢氧火焰。

因石英玻璃的膨胀系数低,故一般不需退火处理。但石英玻璃在氢氧火焰的高温作用下,一部分二氧化硅结晶,形成一层粉末附着在玻璃表面上(往往形成于烧熔部位的旁边),使玻璃失透。一般可用火焰复烧结晶处,使表面一层二氧化

硅粉末烧熔,即可使玻璃恢复透明,这俗称火焰抛光。另外可将结晶较重的石英玻璃浸泡在 1:1 氢氟酸内(一般浸泡二十分钟左右)抛光。这种方法称为化学抛光。

石英玻璃的结晶速度取决于温度的变化,以及所含的杂质,特别是碱性氧化物的含量,石英玻璃在 1300°C 时才开始有明显的结晶现象,结晶速度在 1630°C 时达最大值。

4. 安全知识

(1) 关于使用氢氧火焰的安全知识,请参阅本书第二章。

(2) 石英玻璃在氢氧火焰高温熔烧下,时间过长,能使一部分二氧化硅分子气化,散流在空气中,对人体健康有影响,应安装吸尘吸热装置,使室内通风,保持空气新鲜,并用能移动的钢化玻璃遮挡氢氧火焰的辐射热。

(3) 石英玻璃在氢氧火焰熔烧过程中,发出刺目的亮光,并辐射出大量的紫外线,对人眼有很大损害,故操作者必须带上色镜护目。

(4) 用氢氟酸抛光时,应带上防护口罩和橡皮手套。

第七章 高真空仪器选制

随着我国电子工业和科学研究事业的发展,玻璃高真空仪器的制造也有了迅速的发展。要获得较高的极限真空和抽气速率,真空仪器的设计和制作质量,起着决定性的作用。

凡玻璃真空仪器都要求具有较好的热稳定性。一般构造比较复杂,制作上具有一定的困难,因此要求选用膨胀系数较低的优质硬料,并具有煤气、氧气、玻璃车床等设备,以利操作。

为了便于初学者参考,现介绍一些高真空仪器的制造工艺。

一、五喷口汞扩散泵的制作

汞扩散泵形式很多,由于结构不同,因此其极限真空及抽气速率也有差异。但是制作的方法基本相似,下面我们具体介绍一种常做的五喷口汞泵的操作方法,并通过这个例子,在制造其他汞泵时,就可以举一反三。现将具体制作次序叙述如下:

1. 喷口制作

选取直径为4毫米左右的细玻璃管,割长约130毫米,一端浮面烧熔,用灯工钳夹拉成初步锥度,然后再用自制的圆口具两端分别圆制成锥度(需严格控制尺寸),冷却后将锥形口切割成所需长度。

选直径为 22 毫米左右的玻璃管,用烧吹一般磨盖的方法吹制成图 7-1 (1) 所示的形状。再按要求烧除余料,封烧平底,中间开孔对接长喷口后,再分别用火苗尖子将边端均匀分布烧吹四只高突点,见图 7-1(2)所示。接着对准小火焰一猛吹成孔,用小钨棒针将孔洞拨圆成与短喷口直径基本相同。孔洞对准小火焰,喷口用里外来回旋转动作与孔洞同时烧熔在火焰里撒粘,移离火焰轻微地拉一下,用不着吹气,即光洁均匀。完毕后须退火一阵则成型,见图 7-1(3)。

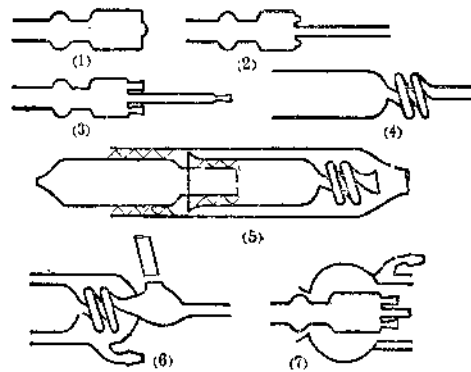


图 7-1 五喷口泵制作次序

2. 翻制水套

先制蛇形盘管约二圈左右,冷却后割除余料,选水套直径 38 毫米,留管身长约 160 毫米,两端拉丝,一端烧吹成圆底,中间开孔对接蛇形盘管,见图 7-1(4)。从水套圆底开始留长度 135 毫米左右,爆除余料,翻制喇叭口,冷却后按长度要求将蛇形盘管一端翻制喇叭口。

3. 夹层水套第一头封接

通常都是用固定物支持封接,见图7-1(5)。但手续比较繁复,为了操作方便,我们封接时不用固定物,其方法是將水套放入外套玻璃管,两端分别烧熔拉丝,并对接零件,接上胶管接口,见图7-1(6)。最后須进行充分的退火。

4. 喷口上接头封接

將水套约45毫米的外套烧熔拉丝,先烧吹大圆球开孔,接着將喷口缩结部位在火焰上烘烧一阵,立即伸入孔内,见图7-1(7)。接头封接完毕后,再將大圆球变形处修整,并密切注意长喷口与蛇形管内口的间距。如发觉喷口间距过高,不必再修大圆球,可在余料拉除开孔与长接管封接前,將火焰穿入,使内接管略为软化,再用灯工钳立即將喷口往里揸推,使之符合规格要求(这是关键)。然后再封接长接管弯曲成U形,大圆球一侧开孔封接另一支管后弯曲,见图7-2(1)。退火一阵。

5. 夹层水套上接头封接

上述工序完成后,应趁热立即用火苗逐段烧水套夹层接头,先烧一段离火右手执握灯工钳移动揸压,缓慢地逐段进行,四周揸粘完毕,再逐段充分烧熔,离火通过胶管轻微吹气(下接管与胶管接口用胶管连通),待熔融部位稍冷却定型后,再重复烧另一段(稍冷却定型后再烧另一段的目的是因为软化玻璃容易流动和变形,所以必须让其冷却一下,但冷却的时间不宜过长)。封接烧粘姿势见图7-2(2)所示。完毕后再接上另一胶管接口,最后必须得到良好的退火。

6. 底瓶拼接

按长度要求爆除底瓶颈管余料,见图7-2(3)。再与长接管烧熔,初步粘接,退火一阵,联接小接管,形成固定。再回到初粘接头充分烧熔并吹气,使封接处无明显的痕印,见图

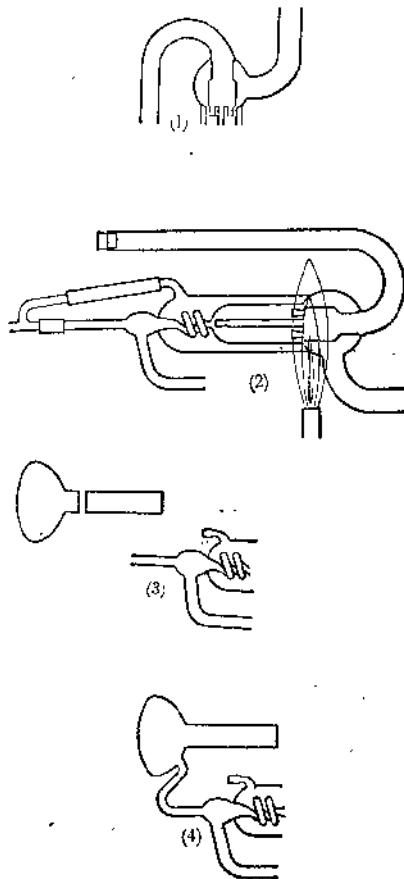
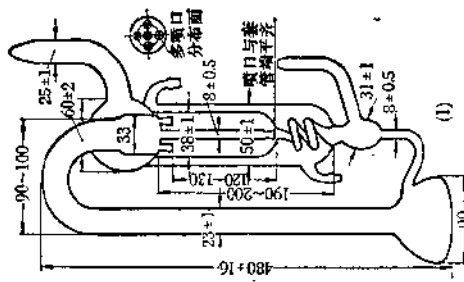
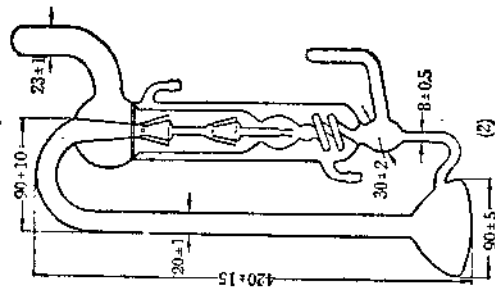
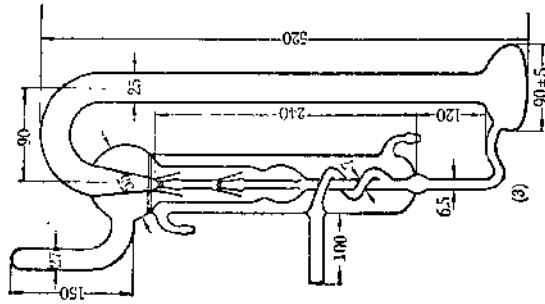


图 7-2 五喷嘴汞泵制作次序

7-2(4)。最后作一般退火。

几种常用的汞泵的形式和规格如图 7-3 所示，仅供制作时参考。



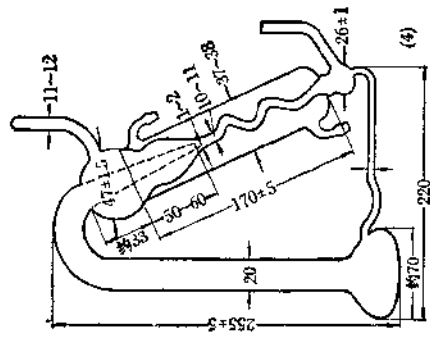
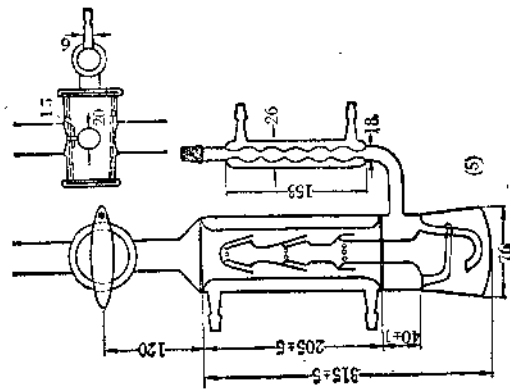


图 7 3 几种水泵的形式和规格

二、四级油扩散泵的制作

扩散泵的原理：在前级真空泵所造成的低真空条件下，加热泵内硅油，使其受热沸腾蒸发，生成蒸气，以极高速度通过该泵的各级喷口的间隙缝喷出，使容器内部的气体分子扩散到蒸气中，被带到前级真空泵所能作用的位置，由前级真空泵迅速抽出，进而使系统达到高真空的要求。

制作次序简述如下：

1. 泵芯制作

泵芯是四级油扩散泵中极为关键的部件。油泵性能的优劣在很大程度上决定于泵芯的质量，因此泵芯操作必须要认真精细，保证各喷口之间的间隙。

(1) 喷口粘接：先圆制成图7-4(1~2)所示的二级三级喷口(方法可以参照三角漏斗的圆制)。按规格要求将二级喷口爆除余料，用石棉塞具塞在二级喷口内，再将口部烘烧光洁，分别烧粘三只高2.5~3毫米的玻璃钉(要求高低基本一致)。然后与三级喷口粘接，用火苗烧熔。两只喷口必须保持同轴，并用检查塞规检查四周间隙是否一致，如喷口尺寸变动太大，就会影响产品质量，见图7-4(3)。

(2) 泵芯内玻管封接：通常内玻璃管都是用固定物支持进行封接的，见图7-4(4)。也可采用不固定的火苗逐段封接的方法封接。

(3) 第四级喷口粘接：待冷却后按规格爆去余料，先烧粘三只玻璃钉，将预先制备的第四级喷口相粘，拉除余料烧成平圆底。再用炭棒尖头将中心墩成下凹形，并进行退火，见图7-4(5)。

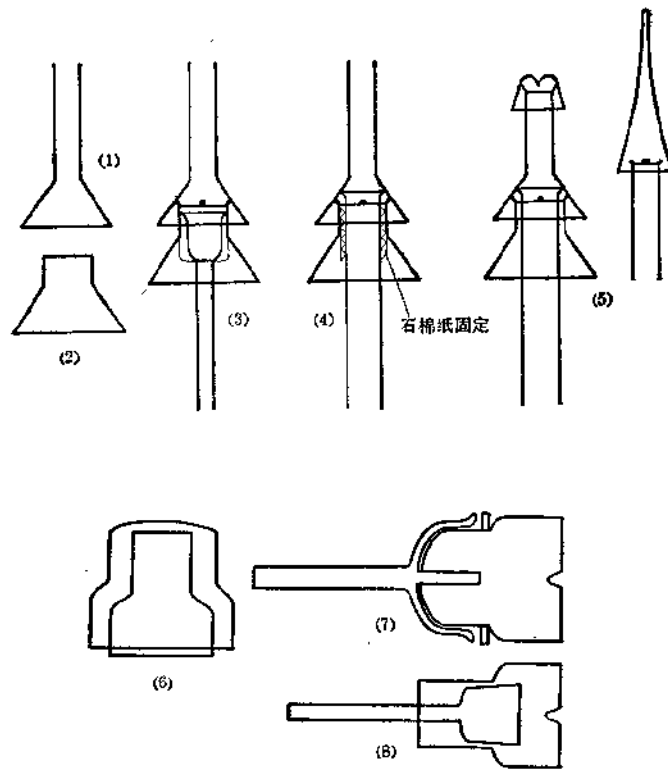


图 7-4 泵芯制作次序

(4) 第一级喷口夹套的封接：如图 7-4(6)所示由大炉吹制成型，按规格爆去余料，内管放入外套，露出约 3~4 毫米，各自配套成对。外套用铁夹具夹住将大口烘光，然后用火苗烧拉回流口，再分别烧粘三只粗玻璃钉，见图 7-4(7)。内套管也按照上述方法将口部烘光，并开回流口。石棉塞具可从大口塞入，以延长使用寿命，见图 7-4(8)。内套管和外套固

定在玻璃石棉塞具上,通常是夹在玻璃焊接车床上进行封接。也可用喷灯进行封接,先烧中间部位拉除开小孔,火焰集中对着边端旋转烧熔。孔洞逐渐张大,此时内玻璃管边口烧熔,用拍板揸拍数次,内外便牢固地粘接熔合。通过揸拍边料便朝里倾斜,再继续烧熔即能张大,接管与孔洞同时烧熔(两者烧料面积要小),当接管与孔洞充分烧融时,即在火焰中相粘接,离火轻微拉一下,随即吹气一次成型,见图7-5(1)。退火一阵,接着侧面开孔。因与短口粘接无法吹气,故粘接处可用小火苗内外烧熔修光,见图7-5(2)。封接完毕后,喷灯退火一阵,再放进台式烘炉退火。

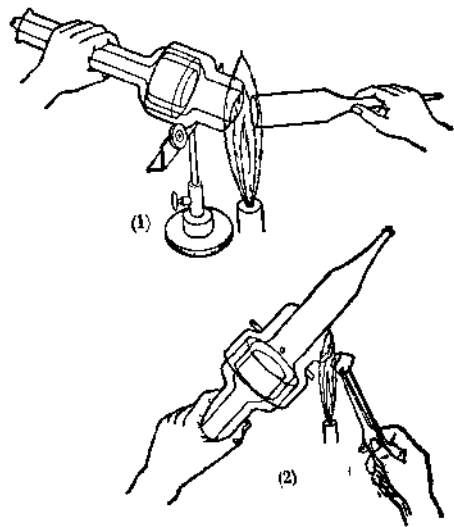


图7-5 内芯粘接

(5) 联接: 按规格要求爆去余料,先烘烧毛口,火焰切勿往里穿,否则容易使接头爆裂。毛口光洁后,烧粘三只玻璃钉

(高3.4~4毫米),见图7-6(1)。将接好固定玻璃钉上喷口插入夹套内,并推紧便形成固定。先将侧面固定玻璃钉充分烧熔粘住后,注意在烧粘时应左手低右手高,以防火焰烧至大接

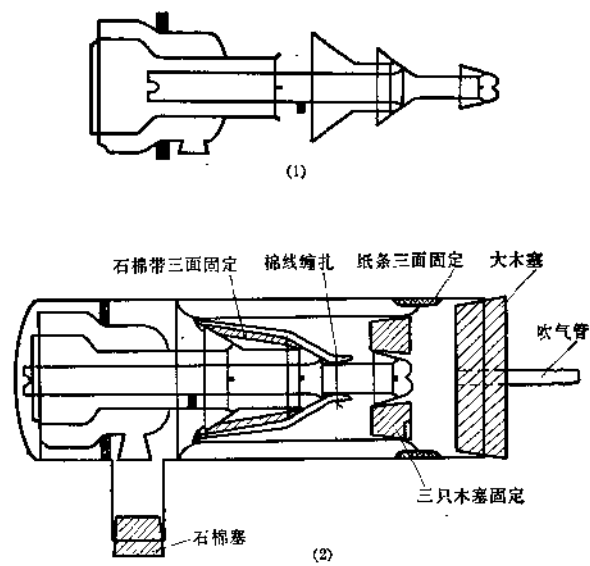


图7-6 内芯的制作次序及固定方法

头上发生爆裂。熔接后两手旋转,将芯子拨至中心,然后烧粘二级喷口上三只实心玻璃钉,退火一阵,待冷却后送窑炉退火炉或电炉退火。

2. 泵体外套侧接支管

取直径为39~42毫米的玻璃管,爆长度约65毫米,一端烧光,烧接前泵芯伸入外套摆正,对准侧面一级喷口中心,在外套上划有标记,泵芯退出将划有印子的部位烧熔、开孔、焊接支管。

3. 冷水套翻口

取直径为 100 毫米左右的玻璃管，分段爆长度 237 毫米左右，夹于车床上分别翻制成喇叭口。

4. 车床封接冷水套

先组装固定。可以用石棉带剪成条块，分三块用棉绳紧扎在二级喷口上，冷水套从四级喷口套入再缓慢地伸进外套里，用三只木塞塞在顶端四级喷口四周，再用报纸迭成长块，三处紧塞在冷水套和外套隔层间，这样已基本固定，见图 7-6(2)。将外套烘烧在喷灯上，用手灯将底盘上端三只粗玻璃钉和外套充分烧熔粘接在一起（三只粗玻璃钉也可以夹于车床上用手灯熔接），紧接着夹于车床上，检查一下是否同轴，立即将右边车头摇过来夹泵底。用排灯火焰封接，当外套开始软化，即用括板掀压，使四周相粘，充分熔融后，用括板压在接头上。通过胶管轻微吹气，然后取下在喷灯上开孔烧接胶管接口（如用 GG-17 优质硬料制作，可以用手灯在车床上烧接胶管接口）。快速地取出衬填物，放进台式油泵烘炉退火，至接头周围呈微红色即可放进草灰里保温。待冷却后，送窑炉退火炉或电炉退火。

5. 上部冷却部位封接

(1) 制作水冷帽：选取直径为 61~63 毫米的玻璃管分别拉丝，一端用大火焰拉制成锥形，见图 7-7(1)。烧拉平底开孔封接两根接管，见图 7-7(2)。调头烧成略厚的平圆底，见图 7-7(3)。趁其还处于熔融状态，用符合内夹层锥度的石墨棒，离火逐渐塞入，左手匀速旋转退出石墨棒，再将夹层边端烧熔，离火重复地塞入石墨棒，经过约三~四次操作即告完成，见图 7-7(4~5)。

(2) 制作蛇形盘香管，取直径为 9~10 毫米的玻璃管，按

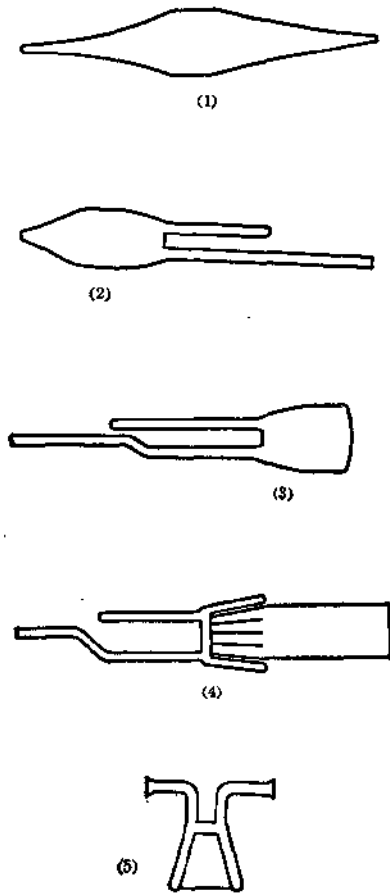


图 7-7 水冷帽制作次序

图 7-8 所示的方法进行弯曲。

(3) 封接：为了便于右手执握蛇形盘管伸入外套内，因此不必用大火预热，先用一般小火焰烧封接部位，然后再逐渐加

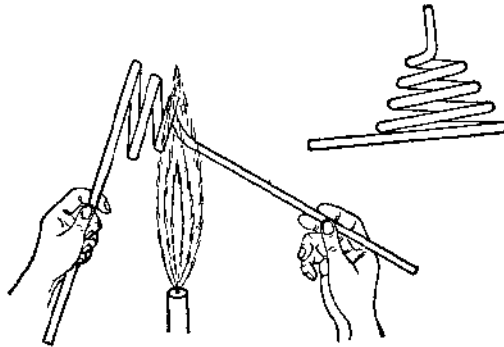
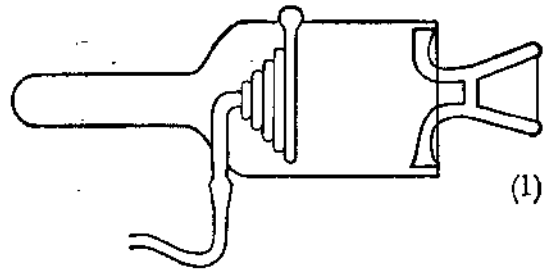


图 7-8 盘香管弯制

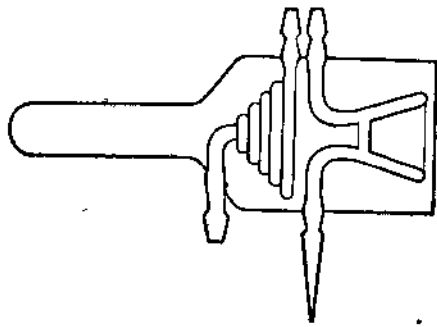
大氧气量,提高火焰温度。当蛇形盘管和外套初步粘接后,右手退出,用大火焰退火一阵,可以用另一只火焰对初粘接头烘着,但也要充分利用封接火焰保温。在烧接第二只接头时,当里外料烧熔粘住后,由于内部存有空气,所以会自动膨胀突出,随即烧第一只初粘接头,开孔熔接胶管接口,见图7-9(1)。其他胶管接口都按上述方法焊接,封接完毕后的形状如图7-9(2)所示。冷却后送窑炉退火炉或电炉退火。

6. 车床拼接

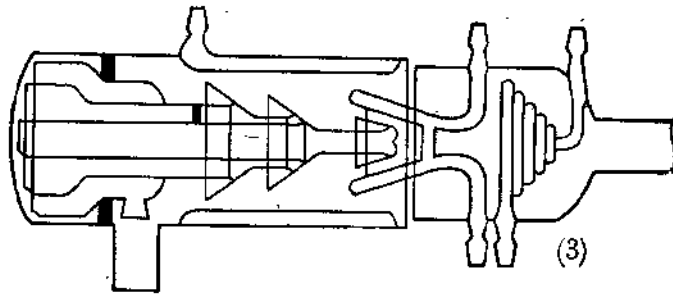
在泵体外套离水套边缘 10 毫米左右的部位,爆除余料,再爆除上部冷却部位的余料。以水冷帽套入四级顶喷口为宜,每只都须配对,见图 7-9(3)。左车头夹泵体,右车头夹大接管,使两端口靠近保持同轴,先预热一番,排灯火苗对准烧熔,接着移动车头,使两者相粘。继续将初粘的接头和冷水套充分烧熔,用括板撤压吹气便成。胶管接口封接完毕,放进狭窄台式烘炉退火,待大接头呈淡红色后,取出放进热草灰保温,冷却后拼接废油储存球,再送窑炉退火炉或电炉整体退火。几种油扩散泵的规格见图 7-10 所示。



(1)



(2)



(3)

图 7-9 拼 接

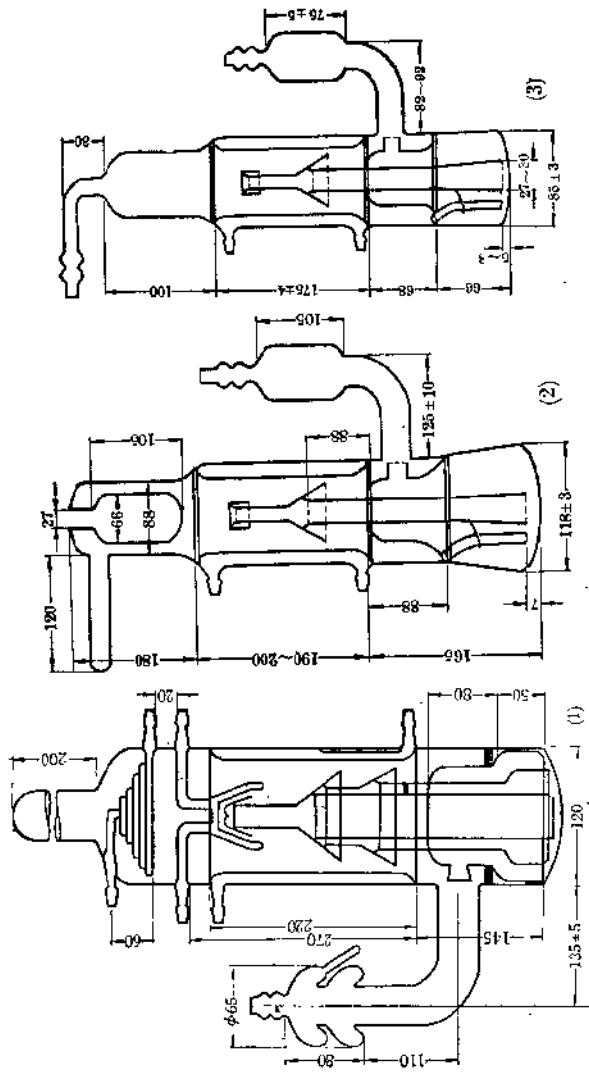


图 7-10 几种油扩散泵的规格

三、卧式油扩散泵(大号)的制作

卧式油扩散泵是已经被淘汰的产品,由于其结构复杂,吹制封接全靠手工操作,灯工吹制技术要求高,用类似的吹制封接技术可以制造其他特殊、复杂的仪器,因此,还是将其具体的制作工艺作简略的介绍。

1. 底瓶吹制

选取直径为70~75毫米的玻璃管,按要求分段烧熔拉丝,先将一端烧成平底,开孔烧接过渡捏手接管开口,将图7-11(1)所示的马蹄形盘管先初步烧粘一只接头,拨正后封接第二只接头,此刻盘管内有空气即能自动胀突开孔。两孔接合处光洁后(见图7-11(2))烧拉成三角圆底瓶,再烧除捏手接管,两边分别开孔封接支管,见图7-11(3)。

2. 水套与喷口的封接

(1) 翻制冷水套:选直径为44~45毫米的玻璃管,爆长度70毫米,两端分别翻制喇叭口。

(2) 封接:水套放入外套拉丝,见图7-11(4)。将外套右方留一段余料,用火苗逐段封接夹层水套,完毕开孔封接胶管接口,接着开大火焰将右方余料拉制成偏斜形,见图7-11(5)。喷灯退火,待冷却后送窑炉退火炉或电炉退火消除应力。

选直径为50~53毫米的玻璃管,爆长度170毫米左右,当第二头夹层水套接头初步烧熔粘住后,可以随即将接头边缘余料烧熔拉除,离火吹成玻璃薄泡,括除后与粗玻璃管对接,再用火苗将水套接头逐段充分烧熔。四周封接完毕后,退火一阵,用灯工钳夹住三角内喷口伸入水套,见图7-11(6)。用小火焰对准喷口外套熔粘,离火吹胀,接着对准火焰吹通成

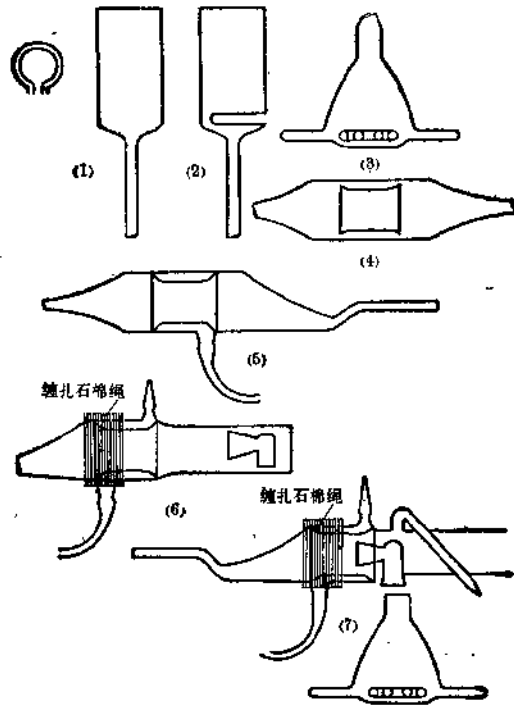


图7-11 卧式油扩散泵制作次序(一)

孔, 边缘熔烧不宜过度, 以免内喷口倾斜。用灯工钳拨圆张大成如图7-11(7)所示的形状, 随即烧接三角圆底瓶。初步粘住后, 用火苗逐段烧喷口接头, 充分烧熔离火轻微吹气, 让其稍冷却定型后, 再烧另一段(这是关键)。这样做的目的是为了防止三角内喷口移动。完毕后开孔封接胶管接口和旁边的小支管, 并进行弯曲, 最后须得到良好的退火, 以上是第二级喷口制作方法。

3. 第二、三级喷口的联接

(1) 先将退火后的第二级喷口按规格爆除余料，接头处用石棉绳包扎。

(2) 按第二级喷口的制作方法制备第三级喷口（只封接水冷套第一头，退火后用石棉绳包扎）。

(3) 两者准备就绪，开始封接第三级喷口第二头，并趁热开孔与第二级对接。必须注意两只三角瓶的高低（最好在拼接前配对），拼接完成后应注意退火。最后将第三级喷口末端烧制成圆底，见图 7-12(1)。

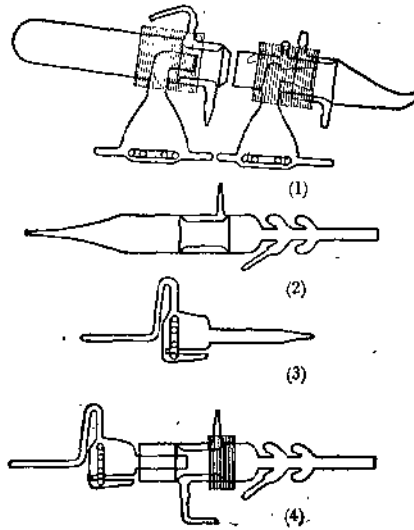


图 7-12 卧式油扩散泵制作次序(二)

4. 第一级喷口的制作与拼接

(1) 先制备两只扁缩球。方法是先吹成圆球，将圆球一端烧熔双手在火焰上方揪缩，接管即缩入球内（四周形成凹

槽，以便储油)。完毕后也要退火一阵，与水套封接后(见图7-12(2))送退火窑退火。

(2) 烧接底瓶封接支管，并弯曲以备捏手，接好马蹄形管后，再按规格烧成圆角平底，中间开孔焊接喷口，另开小孔插入导油管进行封接，见图7-12(3)。导油管无支持物固定，因此须用火苗逐段封接，完毕后也需退火一阵。

(3) 将第二头水套封接完毕，按长度要求烧除余料，开口与制备就绪的底瓶拼接，见图7-12(4)。底瓶应先预热，初熔粘接后对准直立喷口，用火苗逐段封接。接着侧面开孔与泵体拼接，见图7-13。拼接后的三只底瓶应高低一致，放置平稳。其他零件及支管的联接，这里就从略了。完成后的制品必须及时送退火窑和电炉退火。卧式油泵的规格见图7-14所示。

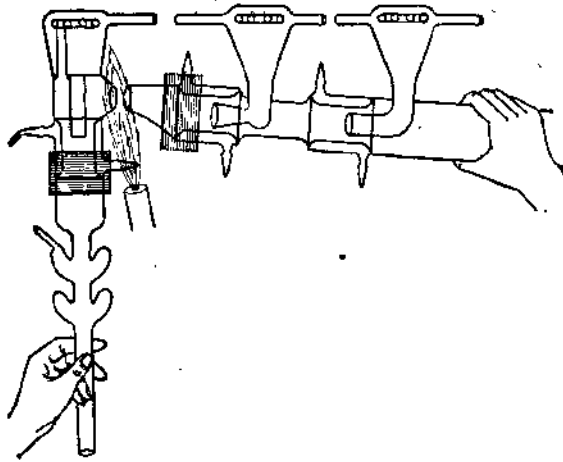


图7-13 卧式油扩散泵制作次序(三)

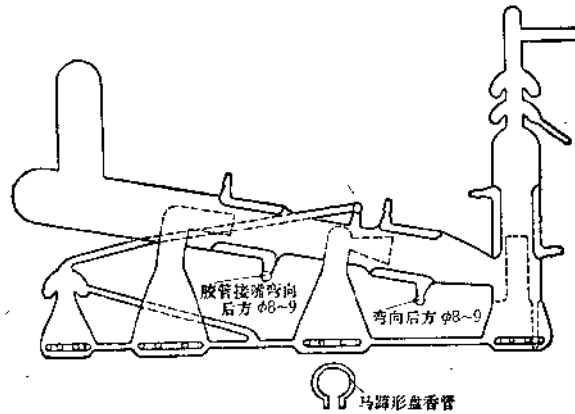


图 7-14 卧式油扩散泵规格(大号)

四、石英炉管水冷套的制作

1. 水冷套内磨口圆制

按照石英炉管磨盖的尺寸,用手工圆制磨口(可用厚铁皮剪制成有斜度的圆制工具,上下锥度比石英磨盖小约 1.5 毫米左右),高度符合磨砂要求,见图 7-15(1)。

2. 第一头封接

磨口放入外套,玻璃管分段拉丝,见图 7-15(2)。拉除余料烧缩成近似玻璃管厚度的圆底,火焰对准圆底中心烧熔开孔,用灯工钳伸入孔内在火焰里逐渐张开,再撑托磨口内壁,见图 7-15(3)。此刻灯工钳应向外微拉,让内口与外套粘接,不宜烧得过度焊(过度焊会使口部变形,难以控制),内外初步粘接后再与接管相粘。为了使内磨口不致晃动,用火苗逐段充分烧熔,并轻微吹气即成,见图 7-15(4)。四周封接完毕,

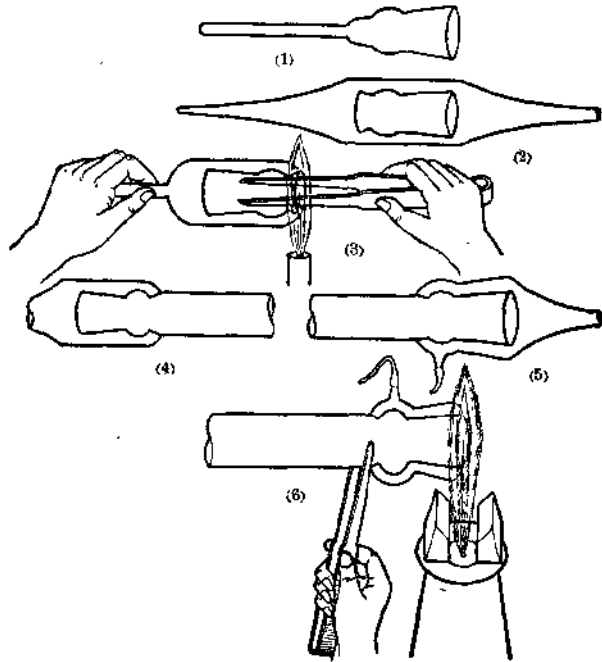


图 7-15 水冷套制作次序

将外套肩部吹圆,见图 7-15(5),开孔封接胶管接口并退火。

3. 洞头封接

内磨口直径小的可以用一般火焰封接,但对于直径较大的磨口边端不易充分烧熔,因此须用两块小火砖夹扁火焰提高火焰辐射热。烧拉成平底,见图 7-15(6)。左手倾斜将口部充分熔融,再将余料重复拉除,玻璃管壁变微薄后,对准火焰吹通。继续将口边端充分熔融并吹气,使封接处光洁均匀。离火在胶管接口上吹气,再重复烧熔,离火立即伸入灯工钳紧贴磨口内壁在圆口台上来回推动(也可用石墨塞具),将内磨

口整型，然后按喷灯退火要求完成退火。接着再回到第一头作良好退火，这是避免爆裂的有效方法。石英炉管水冷套的规格见图 7-16 所示。

4. 大直径炉管水冷套制作

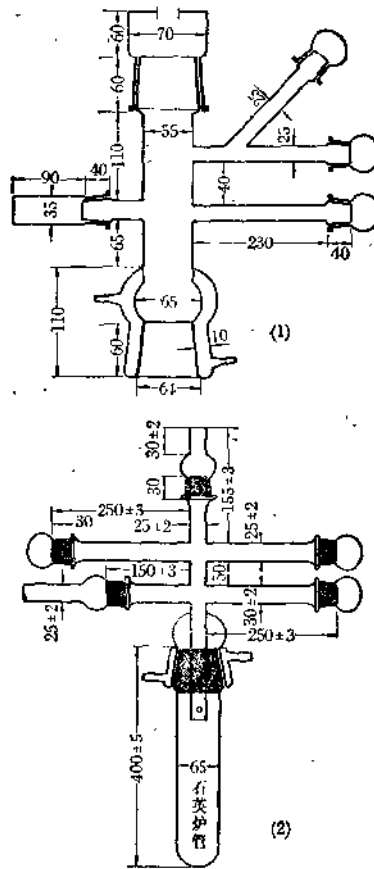


图 7-16 石英炉管水冷套规格

尺寸较大的石英炉管水冷套，在玻璃车床上封接比较方便。内磨口的圆制方法，可参阅本书第八章第八节大型磨砂接头的配制。

五、多层冷阱的制作

冷阱结构繁多，使用时装在真空系统上放置冷凝剂，如液氮、干冰等可使冷阱表面处于低温，从而阻止水、油蒸气回升到待抽玻璃真空制品里，协助获得高真空。

1. 双球筒形冷阱的制作

(1) 先将外层圆球吹制完毕开口，内圆球可不用固定物支持，用灯工钳夹住内圆球伸入，用小火焰烧熔，粘住处即能胀开成孔。再用火苗尖子逐段烧熔孔洞边端拉除余料，并将孔沿四周烧修光洁，完毕后将内圆球推拨到中心，见图7-17(1)。再将口部余料拉除烧吹成圆球形，然后开孔烧接第二只外圆球，见图7-17(2)。再按上述方法封接第二只内圆球，见图7-17(3)。

(2) 圆制夹层喇叭口，喇叭直径和外套相似，见图7-17(4)。冷却后用固定物支持夹层双圆球，与夹层套管封接，见图7-17(5)。

(3) 夹套口部的封接通常是用玻璃车床封接，但在没有玻璃车床设备的情况下，可在喷灯上用火苗逐段封接，具体固定方法及操作姿势见图7-17(6)。

2. 多层球形冷阱制作

(1) 按规格要求将内圆球和中间层外套吹制就绪后，用石棉带或棉花类分布三处塞入固定，外套接管套入中层球喇叭口上，见图7-18(1)。先用火苗逐段将外套管和喇叭口烧熔，

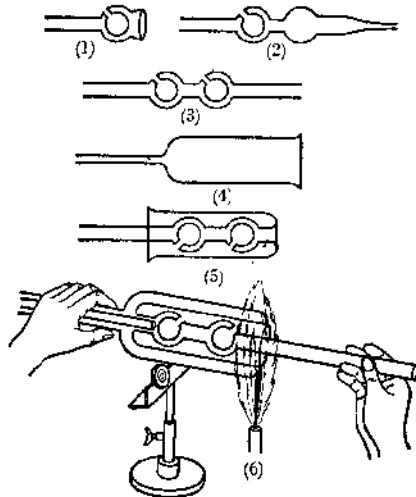


图 7-17. 双球筒形冷阱制作次序

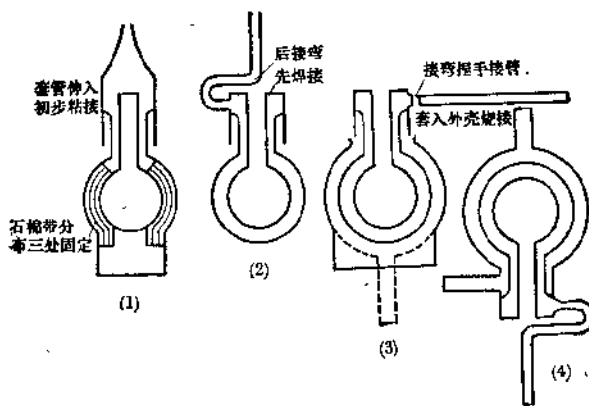


图 7-18 多层球形冷阱制作次序

再用灯工钳揪压初步相粘。

(2) 将外套管拉除余料,烧成平底,使内层圆球接管和外套熔粘,并开口烧光,一侧再接一支管并弯曲以作捏柄,经喷灯退火后抽出固定物,再将圆球末端余料烧熔拉除吹成圆底,见图7-18(2)。

(3) 趁热用夹具夹住中层圆球,将捏柄齐根部拉除,然后取下夹具,套入外层圆球,右手持灯工钳伸入内层瓶口内撑托住,左手执握外层球先初步与外套管相粘,接着再在原支管的拉除部位开孔,烧接排气接管,并弯曲成捏柄,将外层球末端余料拉除,并接一支管,见图7-18(3)。随即将初粘的夹层接头及外套管的初粘部位,均用火苗逐段烧修光洁,并侧接另一支管,见图7-18(4)。完成后必须得到良好的退火。

3. 多层筒形冷阱制作

(1) 先将内层芯子按规格预先制成如图7-19(1)所示的

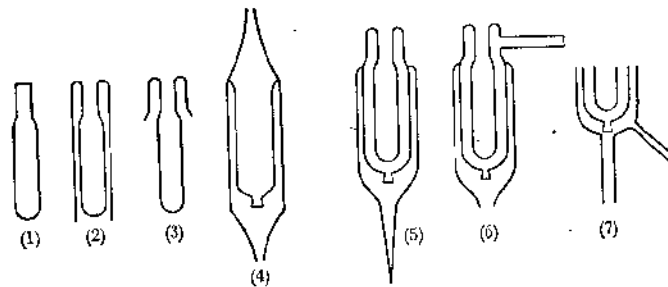


图7-19 多层筒形冷阱制作次序

形状,用固定物支持稳住内芯与外套管封接,见图7-19(2)。冷却后留取一定长度擦除余料,预热一阵,翻制喇叭口,准备联接,见图7-19(3)。

(2) 中层管伸入外套，不用固定物支持，用火苗逐段封接，见图 7-19(4)。烧除余料，待微薄后开孔翻口，以便与配件相封接，见图 7-19(5)。将夹层环形接头充分熔融并侧接支管，最后充分退火，见图 7-19(6)。

(3) 冷却后调头封接，可用玻璃石棉塞具塞入内层管口，以下可以仿照常规玻璃仪器中的冷凝管的封接方法进行封接。但需注意，应先接排气管以便吹气，见图 7-19(7)。几种冷阱的规格见图 7-20 所示。

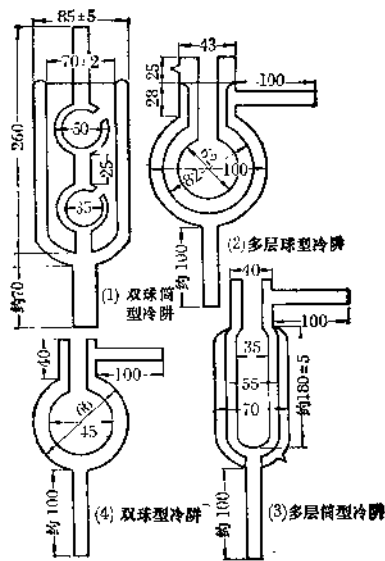


图 7-20 几种冷阱的规格

六、压缩式真空计的制作

真空计是用来测量低气压的一种量具。它分为绝对的或相对的两种，而压缩式真空计是绝对的真空计的一种。压缩式真空计的形式有好多种，如座式、转动式、手提式等等，以适应部分高真空系统的需要。

1. 压缩式真空计工作原理

根据理想气体在等温压缩时，压强与体积的乘积不变的原理而设计的真空计，称为压缩式真空计。它的基本形式如图 7-21(1)所示，它主要是由焊有测量毛细管 C 的玻璃泡 B ，

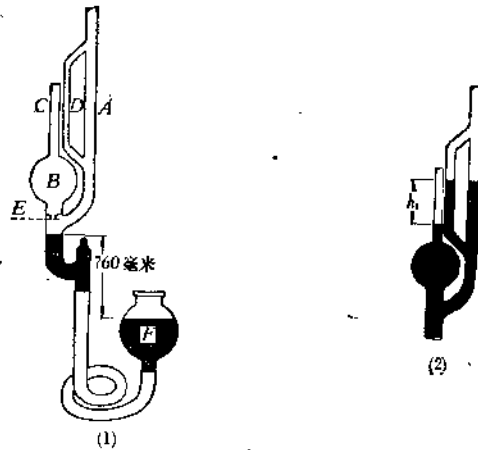


图 7-21 压缩式真空计工作原理

以及焊接在支管 A 上的比较毛细管 D 所组成。测量毛细管 C 的上端是封闭的，比较毛细管 D 的内径与毛细管 C 的内径相同，是不封闭的。通过 A 管与真空系统相连接，玻璃泡下管末端由橡皮管与汞储存器 F 相连。储存器是开口的，因此

器里汞面上的压强总是等于大气压。

当真空系统内处于大气压时,即抽气还未开始,在这种情况下,储存器里的汞面与真空计下管的汞面高度相等。当开始抽气时,随着真空系统内压强的降低,真空计下管的汞面就渐渐升高,在储存器中的汞面则稍有降低,当两者的汞液面达到约 760 毫米汞柱时(即相当于大气压),汞就停止移动。这时就可以开始进行测量。在测量时,提高汞储存器,使真空计内的汞继续上升,假定系统中的压强为 P_1 ,则当汞面上升到 E 处交叉口时,汞液即将玻璃泡部分与系统隔开,这是玻璃泡及测量毛细管内就保留压强为 P_1 的气体,它的体积为 V_1 ,此时压强与体积的乘积等于 P_1V_1 。

继续升高储存器 F ,使真空计内汞面进一步升高,对气体进行压缩,此时测量毛细管中的汞面将逐渐低于比较毛细管的汞面,如图 7-21 中的位置。这时测量毛细管中的气体压强 P_2 将等于系统压强 P_1 ,加汞面差 h_1 ,体积为 V_2 ,它的压强与体积的乘积等于 $(P_1 + h_1)V_2$ 。

根据气体在等温压缩时,压强与体积的乘积不变的定律,因此有:

$$P_1V_1 = P_2V_2 = (P_1 + h_1)V_2 \quad (1)$$

即
$$P_1 = \frac{V_2}{V_1 - V_2} h_1 \quad (2)$$

式中: P_1 ——待测压强;

V_1 ——交叉口以上的玻璃球及毛细管的体积;

V_2 ——压缩后的气体体积;

h_1 ——压缩后测量毛细管与比较毛细管的汞面差。

公式(2)是压缩真空计的基本公式。

由于 V_1 的体积比 V_2 大得多,在计算时可将公式(2)改

为下列近似式:

$$P_1 = \frac{V_2}{V_1} h_1 \quad (3)$$

此处 V_1 及 V_2 的单位均为毫升, h_1 的单位为毫米。因为 V_1 和 V_2 都是事先可以测量得的已知体积, 所以只要测出测量毛细管和比较毛细管的汞面高度差 h_1 , 就可以计算出相应的 P_1 值, 而这个 P_1 值实际上就是汞而越过交叉口 E 时系统内的压强。

由于 V_2 是压缩后的测量毛细管内的体积, 因此公式(3)也可写为:

$$P_1 = \left(\frac{\pi d^3}{4V_1} h_2 \right) h_1 \quad (4)$$

式中: d ——毛细管内径;

h_2 ——压缩后毛细管内气体体积的高度。

2. 刻度方法

(1) 直线刻度法: 压缩式真空计的刻度方法有两种, 第一种为直线刻度法, 根据公式(3)在进行测量时, 压力 P_1 与 $\frac{V_2}{V_1}$ 和 h_1 有关, 而 $\frac{V_2}{V_1}$ 是可以预先测量出来的已知常数, 则 P_1

与 h_1 成直线关系, 因此称为直线刻度法。 $\frac{V_2}{V_1}$ 的比值可以直接刻在毛细管 C 的表面上, h_1 则用可移动的刻有长度的板, 固在毛细管的后面, 为了扩大压强的测量范围, 公式(4)中的 h_1 可以取几个数值, 如图 7-22 中的 G_1 、 G_2 、 G_3 。 h_1 愈小, 则测量范围愈向低压强方面移动, 反之则可以测量较高的压强。为了刻度便利起见, 各不同的汞面差 h_1 最好为 10、100 等倍数, 此时只需乘上 10 的几次方就可以合用一组刻度标线。

另一种为扩大压强测量范围的方法, 取几个不同的 V_2 的

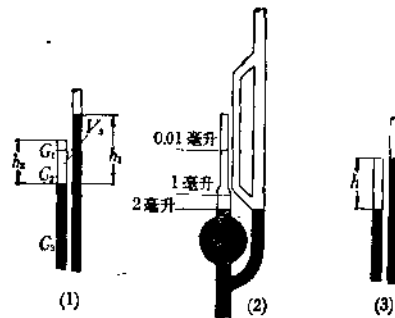


图 7-22 压缩式真空计刻度方法

数值,例如取 2 毫升、1 毫升及 0.01 毫升等,这样就得到几组的刻度数值。不过这时必须在毛细管的下面焊上一段内径为 11 毫米的玻璃管,如图 7-22(2)式样。在进行测量时,粗管的比较管是利用玻璃泡旁连接系统的 $\phi 12$ 的玻璃管。使用这种方法,可以得到的测量范围约为 1 毫米汞柱到 1×10^{-5} 毫米汞柱的压强。在进行测量时,测量毛细管内的汞面高度,毛细管表面的刻线及刻度长板上面对应的刻线必须在同一水准线上。

(2) 平方刻度法: 为了便于进行计算,在测量时,使比较毛细管的汞面停留在与测量毛细管的顶相平的位置,如图 7-22(3)所示。此时 $h = h_0$,根据公式(4)可得:

$$P_1 = \frac{\pi d^2}{4V_1} h^3 \quad (5)$$

式中, $\frac{\pi d^2}{4V_1}$ 为常数。用这种方法所求得的压强 P_1 正比于测量毛细管和比较毛细管的汞面高度差的平方,因而称为平方刻度法。因为常数 $\frac{\pi d^2}{4V_1}$ 是预先决定的,所以能够方便地将 h

值直接化成压强 P_1 值的表。例如：假使真空计刻度的常数等于 3×10^{-5} ，即可列出下表 7-1。

表 7-1 h 与 P_1 值关系表

h	P_1	h	P_1	h	P_1	h	P_1
毫米	毫米水银柱	毫米	毫米水银柱	毫米	毫米水银柱	毫米	毫米水银柱
1	3×10^{-5}	6	1.08×10^{-3}	11	3.62×10^{-3}	16	7.70×10^{-3}
2	1.2×10^{-4}	7	1.47×10^{-3}	12	4.32×10^{-3}	17	8.67×10^{-3}
3	2.7×10^{-4}	8	1.92×10^{-3}	13	5.07×10^{-3}	18	9.72×10^{-3}
4	4.8×10^{-4}	9	2.43×10^{-3}	14	5.87×10^{-3}	19	1.08×10^{-2}
5	7.5×10^{-4}	10	3.0×10^{-3}	15	6.75×10^{-3}	20	1.20×10^{-2}

平方刻度法的优点在于：①避免了在毛细管表面上的刻度，减少了一种误差的来源。②它测量的压强可以比直线刻度法低一些。

3. 真空计测量的范围

由上面两种刻度方法的公式可以看出， V_1 愈大， d 愈小，测量的范围就愈向低压方向移动； V_1 愈小， d 愈大，测量的范围就愈向高压方向移动。因而，要测量高的压强，可以采用内径较大的毛细管和较小的玻璃泡（用 8 毫升的玻璃泡，长 200 毫米，内径 3 毫米的毛细管，可测量高至 50 毫米汞柱的压强）。但这时体积 V_1 比体积 V_2 大的倍数减少了。如测量精度严格的话，在刻度时，应该使用公式(2)来进行计算 P_1 和 h_1 的关系。在测量低气压时，须采用大的玻璃泡。但一般讲来，玻璃泡应不超过 500 毫升为宜，否则非但浪费大量的汞，而且因为汞的比重很大，玻璃要承受很大的应力，容易引起破裂的危险。虽说毛细管内径愈小愈能测量低压强，但如

果在 0.5 毫米以下,汞在上升或下降时容易粘接玻璃管壁上,而且有时汞柱会发生中断现象。

另外,在测量时两毛细管的汞面差的最小值只能到 0.5 毫米,再小在测量时,观察误差就很大了。如把这些数值代入公式(3),而且假定 $V_2 = 5 \times 10^{-8}$ 毫升,则利用直线刻度法可得到测量的最小压强为 $P_1 = \frac{5 \times 10^{-8}}{500} \times 0.5 = 5 \times 10^{-8}$ 托。如将这些数值代入公式(5)就可以得到在平方刻度时的最小值:

$$P_1 = \frac{\pi(0.5)^2}{4 \times 500 \times 10^4} \times (0.5)^2 = 1 \times 10^{-7} \text{ 托}$$

因此,利用平方刻度法在测量时可得到比直线刻度法更为低的压强。但是 P_1 值是随着 h 的平方而变化的,所以在 h 值很小时, P_1 的误差就大为增加,因此一般认为,压缩式真空计的 P_1 值在 1×10^{-8} 托以下时的读数就不再准确了。

4. 毛细管的测量

压缩式真空计的准确度取决于毛细管内径和玻璃泡容积的测量,因此毛细管的内径必须相等并且要均匀。在制作过程中,对毛细管内径必须作精密的选择,测量的具体步骤如下:

将毛细管分别割成长约 500 毫米,用标有刻度的钢针(锥形不锈钢针或缝衣针)插入毛细管孔内。若毛细管内径两头是在所选择的刻度线内,就留下作精密的测量,测量前将毛细管进行清洁处理,在铬酸中浸数小时,然后用水及蒸馏水洗净,烘干。一时来不及测量,可用质地较好的纸包扎,保证毛细管内孔清洁。把吸入汞的定量吸管对准干净的毛细管内

注:托为压强单位,即毫米汞柱。

孔，挤吸管橡皮头使汞流入毛细孔内，形成一个长约40毫米的汞段，用万分之一的阿贝比较仪测定出精确长度。再将汞段在孔内移动数处，测量其各段长度误差(不超过5%)，然后把毛细管内汞倒入清洁的玻璃小杯中，在分析天平上称出重量 W ，就可以从汞段长度的平均值 i 及汞的比重 P ，算出毛细管的内径 $d = \sqrt{\frac{4WP}{\pi i P}}$ 。

5. 座式真空计制作

(1) 将经过测量的毛细管按长度要求分别割断，取测量管与球泡上接管对接，对接时应避免毛细管内孔缩小，冷却后进行量水，见图7-23(1)。

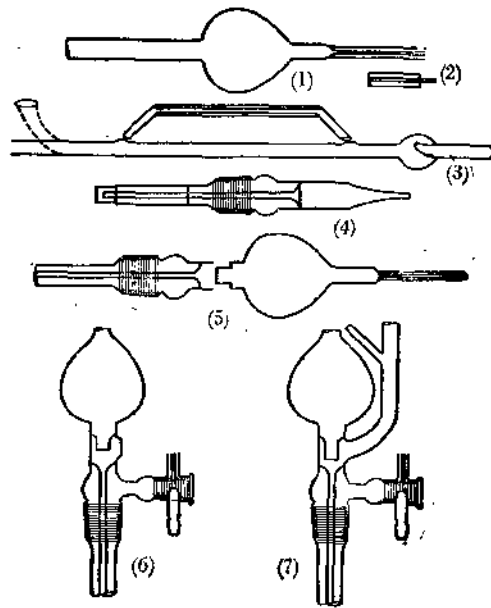


图 7-23 座式真空计制作次序

(2) 封接毛细管平顶，拉制与毛细管内孔相仿的细实心玻璃棒，一端割平(截面必须平正)，恰可插入毛细管孔内约3~5毫米，见图7-23(2)。用小火焰熔烧顶端，缓慢逐渐移向细玻璃棒截面，要求细玻璃棒截面无变形，否则将影响测量的精确度。

(3) 先烧吹具有内芯圆球与直径14.5毫米玻璃管对接，将另一段毛细管两端分别接上外径相仿的普通玻璃管，并弯成弓形，光洁后按宽度要求割除余料与长支管拼接，见图7-23(3)。

(4) 按图7-23(4)所示的方法，将磨盖内接上内芯，再与球泡拼接，见图7-23(5)。

(5) 趁热开孔，拼接活塞，见图7-23(6)。

(6) 在活塞同侧开孔，拼接长弓形管，见图7-23(7)。座式真空计的规格见图7-24所示。

6. 转动式真空计制作

转动式真空计的具体制作过程，这里不准备用文字作详细叙述，可按图7-25所示的制作分解次序进行，但需注意图7-25(3)部位容积，保持4~5毫升之间，因此拼接前校准容量。毛细管的孔径测量与座式真空计相同。转动式真空计的

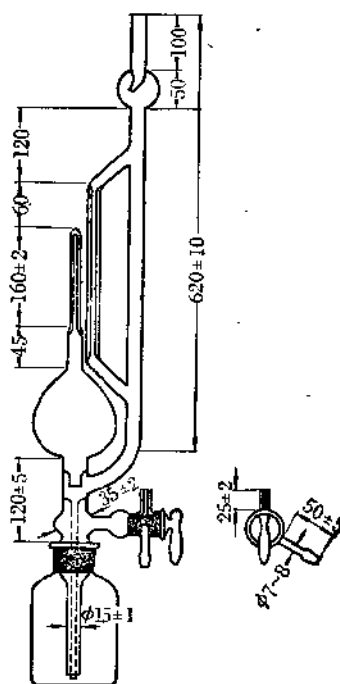


图7-24 座式真空计规格

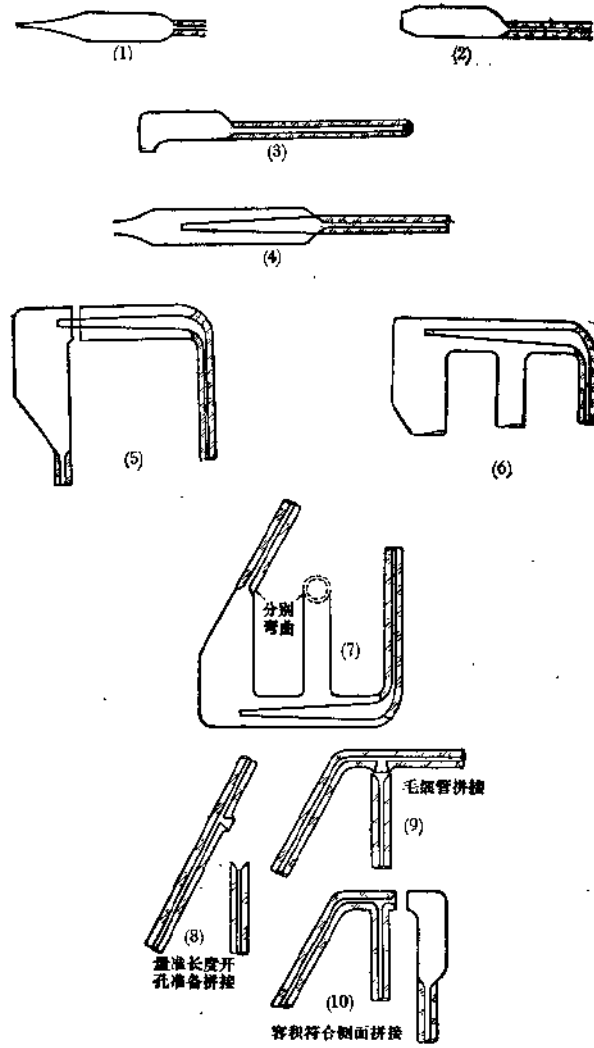


图7-25 转动式真空计制作次序

规格见图 7-26 所示。

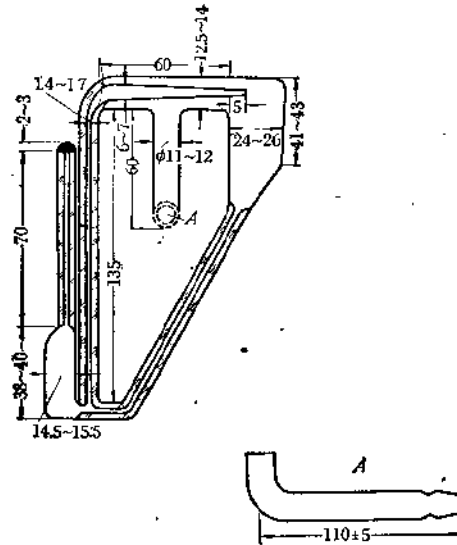


图 7-26 转动式真空计规格

七、布鲁顿真空计的制作

布鲁顿真空计是不能直接用来测量真空度的，它只能在 U 形水银压力计的配合下才能使用，并且测量比较复杂。它仅仅用来测量具有腐蚀性气体和在远远高于室温的条件下，又不能与水银接触的系统的真空度。它的灵敏度约为 0.1 毫米水银柱。它的使用原理主要是将真空计垂直安装在真空系统上，上管接入系统内，下支管联接 U 形水银压力计的一臂，利用升高或降低 U 形压力计中的水银柱，使真空计内泡的内外层的压力达到平衡，即真空计的黑尖端在管的中心位置。

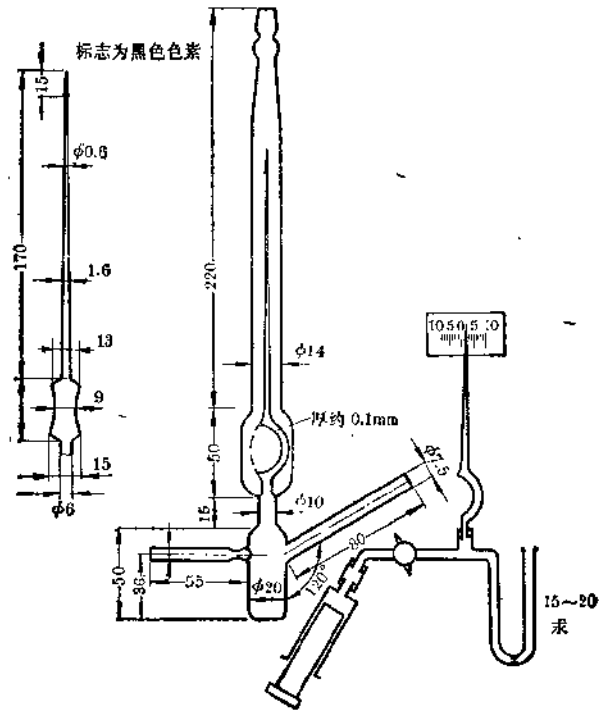
当系统内的压力有变化时,真空计的黑尖端的位移的数值,即可反应出系统内真空度的变化情况。观察时则需将泡内压力恢复平衡,读出U形压力计的数据,即可得出系统内的真空度。必须注意,真空计内泡内外层经受的压力差是很小的,约为15~20毫米水银柱,在使用时应特别注意。

制作次序大致如下:

先取长约300毫米,粗约10毫米的玻璃管。一端拉丝,一端连接吹气橡皮管,在火焰上聚料熔烧,吹成壁厚约0.1毫米的薄玻璃圆形泡。这泡必须一次吹成,很难复修,然后用适当火焰将泡单面烧成如图7-27所示的弯形薄泡。再将泡的一端接上1毫米的玻璃棒,并拉细,再将泡的上、下两端切断成如图7-27所示的尺寸。泡的上端尖涂上黑色玻璃色素,在约600°C文火中熔烧片刻,黑色即牢固的粘在玻璃尖端上。然后将泡焊入预先制成的外套内,并在火焰上缓慢退火。

制成后的真空计,必须先试验灵敏度才能交付使用。若成批生产,需先试验内泡的灵敏度,以提高产品的合格率。试验方法如图7-27所示,先将泡的一端插入U形管旁的橡皮管内,用注射器调节气压,使泡的尖端在刻度表上位移 $\pm 8\sim 10$ 毫米时,对应的U形管中的水银柱高度差 h 是15~20毫米。

根据实践,内泡的玻璃材料应是DM 346 钼组玻璃,原因是该玻璃软化点较低,机械强度好,制成的泡灵敏度高,制成后不宜在一般退火炉退火,因为温度过高,会使内泡变形。



技术要求:

1. 当薄腔内外压力差为 15~20 毫米汞柱时, 指针偏离中心为 8~10 毫米 (检验方法如左图)。
2. 材料为铝玻璃 DM346。
3. 焊接处不得有渗漏现象 (在真空中)。
4. 薄腔尺寸主要根据灵敏度要求为主。

图 7-27 布鲁顿真空计规格

八、真空系统的安装

用以进行某项真空工作的综合装置我们称之为“真空系

统”，通常都有泵、量具、管道和其他一些特殊附件组合而成。平时所生产的玻璃扩散泵、真空计、活塞、冷阱等等，这都是真空系统的元件。元件单独并不能达到真空，必须根据每一种真空工作的目的和要求进行系统的设计，首尾顺次相连，把它们安装成一个整体，以达到获得及测定真空的目的。

根据真空工作的要求，有的系统比较简单，一般只有扩散泵、活塞、量具等数种组成，配以机械泵即可应用。但有些设计得比较复杂，元件约有数十种，如图 7-28 所示的真空微压法定氢流程图，以及 B 、 E 、 T 吸附仪和钢铁定氢仪等，都是比较大型的复杂的真空系统。“而每一事物的运动都和它的周围其它事物互相联系着和互相影响着”。一个真空系统，能够满意地进行工作，除各元件本身质量是否合格外，安装焊接工作也是很重要的一环。现将我们平时在安装真空系统方面积累的肤浅经验，粗略介绍如下，仅供参考。

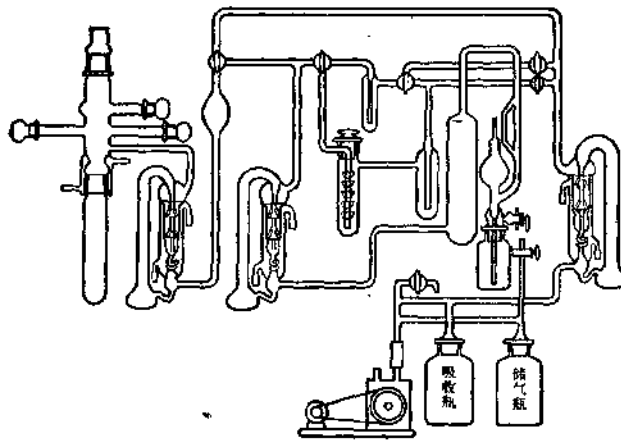


图 7-28 真空微压法定氢流程图

1. 准备工作

(1) 按图核对所需元件是否齐备,同所需大小玻璃管道,真空橡皮管等一起进行清洁处理后备用。处理的方法是用重铬酸钾饱和水溶液 30 毫升加浓硫酸 500 毫升的溶液清洗,然后用自来水冲洗,再用蒸馏水清洗,最后用电风吹干或电炉烘干。元件两端开口处用清洁纸包好,并妥善保管,以防灰尘进入。

(2) 准备铁架子,通常用角钢做底座,上面烧成框子,中间以 1 厘米左右圆钢纵横数根成格子形,见图 7-29。以便于夹子固定元件之用,架子大小以零件多少而定,地位相称。

(3) 工具准备,固定零件的铁夹子若干把,手灯、煤气、氧

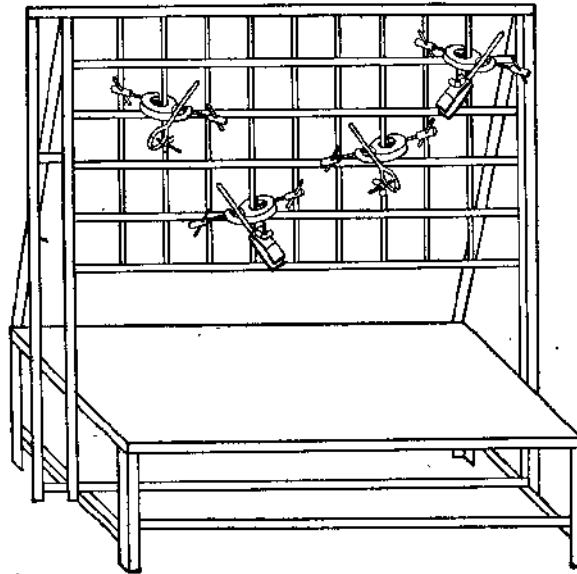


图 7-29 真空系统铁框架子

气、橡皮管等。

2. 焊接

(1) 按图进行预装,先把零件用夹子固定在架子上,看安排地位和图纸要求是否相称,既要考虑实际使用又应美观。

(2) 经预装满意以后,即可着手焊接,一般小型部件可拿下来放在喷灯上焊接。在系统上两管对接应一端割平,另一端翻成喇叭口,和另一端的平口相吻合,以便于封接。然后固定于原来位置上,在架子上进行焊接。每个接合处焊接完毕,须用手灯作均匀良好的退火,除去应力。

(3) 待零件封接后,应将固定零件的夹具轻微地松动一下(这是关键),以消除机械应力,避免产生断裂。

3. 检漏和试车

(1) 真空系统全部安装完毕后,需检查整个系统是否有漏气现象。

(2) 把真空系统上的活塞清洁处理后,涂上真空油脂,要求上得均匀,不得有细小的气线存在,否则容易漏气。

(3) 用真空橡皮管连接机械泵和系统前级出口,开动机械泵抽气,一刻钟左右即可开始检漏。漏气通常出现在接合处或活塞部分,也有可能出现在管道或泵本身。玻璃系统的检漏比较方便,可用高频火花检漏器来观察。当检漏器尖端移近玻璃上的漏孔时,因为玻璃是绝缘体,而漏孔处因为有空气不断流入而形成导电区,那儿将发生一个强烈的火花,可以作为漏孔的指示。注意检漏时不宜在某处停留过久,以免将玻璃击穿。

(4) 将所有漏孔修补完毕,就可进行试车。首先开动机械泵抽气,当抽至一定程度(约 10^{-3} 托),用检漏器去检查系统,在系统内只见白色光流,而没有红色或紫色光流存在,这

说明系统是完好的,没有漏气,然后打开扩散泵使系统内压强进一步降低,达 10^{-5} 托(用真空计测)时,在火花检漏器下看不到任何颜色光源存在,至此系统就算安装完成。

第八章 特规仪器产品选制

在飞跃发展的工农业生产和科学研究事业的大好形势下,对玻璃仪器生产的要求日益增高,新品种大量涌现。特规产品的特点是结构特殊,式样繁多,并且日益向复杂、大型方向发展。特规产品的另一个特点是批量小,要求高,大多是使用单位根据自己实验或生产的需要,设计出来的特殊的仪器。因此,对一个灯工操作者来说,不仅要求具有熟练的灯工基本技术,而且还应注意以下几点:

(1) 仔细审阅图纸,特别是文字说明的技术要求,切勿忽视。并选择相适应的玻璃料质。

(2) 全盘考虑制作次序,尤其要考虑磨砂或刻度下道工序的加工方便,并为最后拼接留有余地。

(3) 针对批量小的特点,善于制作和革新工夹模具,力求达到多、快、好、省的目的。

下面我们介绍一些比较复杂的特规产品的制作方法,以供读者参考。类似的产品或技术问题,也许能从中得到启发,举一反三,在玻璃仪器制作过程中有所帮助。

一、电解槽的吹制

电解槽的吹制次序简介如下:

(1) 先将槽内的钨棒头子(通过清洁处理),套上细长玻璃管,先烧粘白金网边端,冷却后调头封接钨棒(方法参照本

书第九章玻璃与金属封接部分),并开小孔,见图 8-1(1)。

(2) 将外套一端烧拉成小玻璃管,内孔近似钨棒头子,见图 8-1(2)。

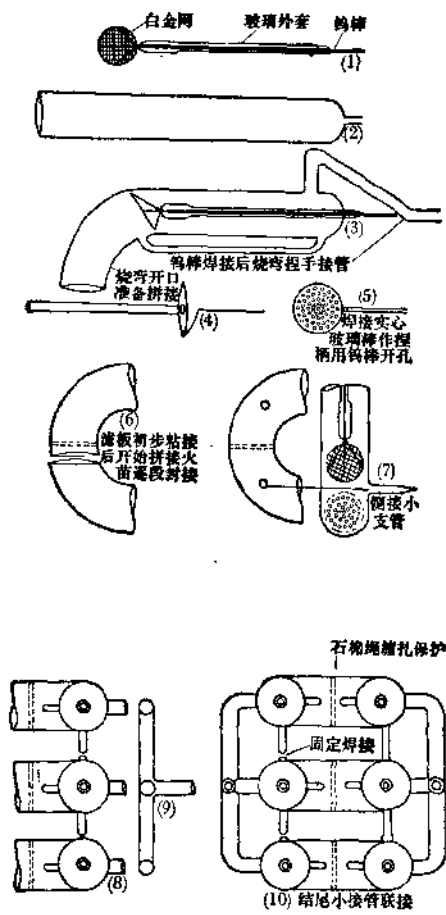


图 8-1 电解槽(三槽串联)制作次序

(3) 封接前将钨棒头上的底料烘烧一阵随即套入，用火苗从小管口边逐渐往里烧，烧毕后按要求在外套边端两侧分别封接两根支管，并弯曲作捏手柄。调头封接固定小接管，开大火焰将外套弯曲成近似90度弯管，拉除余料并开口，见图8-1(3)。

(4) 多孔滤板圆制与封接，选直径约10毫米的玻璃管先翻制平边口，边端烧粘实心小玻璃棒并弯曲作捏柄，见图8-1(4)。烧拉成平片。细实心玻璃棒弯曲端钨棒穿孔时易断，因此需换粘一段不弯曲的实心玻璃棒作捏柄。用直径0.5毫米的钨棒先从中心穿孔，按序分固进行，见图8-1(5)。接着将多孔滤板伸入外套弯管里，用火苗烧粘一小段，敲掉玻璃棒移拨中心，见图8-1(6)。联接另一只弯管，再用火苗逐段封接，并在两侧边端接上两根小支管，见图8-1(7)。封接后应注意退火。

(5) 组装拼接，将三只单独电解槽按规格要求，割除上部管余料，侧支管焊接后，边端分别开三孔，见图8-1(8~9)。先初步将三只槽管与侧支管粘接，但每只粘接完毕也必须逐个退火(目的避免复修时爆裂)。联接另一边端支管，形成固定，用火苗逐个修光并吹气，注意在每只单独接头封接完毕，须按序逐个退火(如三只接头同时退火，容易招致爆裂)。

(6) 多孔滤板边端小支管联接，先将三只夹层滤板用石棉绳紧扎保护，待预热后解除，进行联接，见图8-1(10)。退火要求同上所述。电解槽(三槽并联)的规格见图8-2所示。

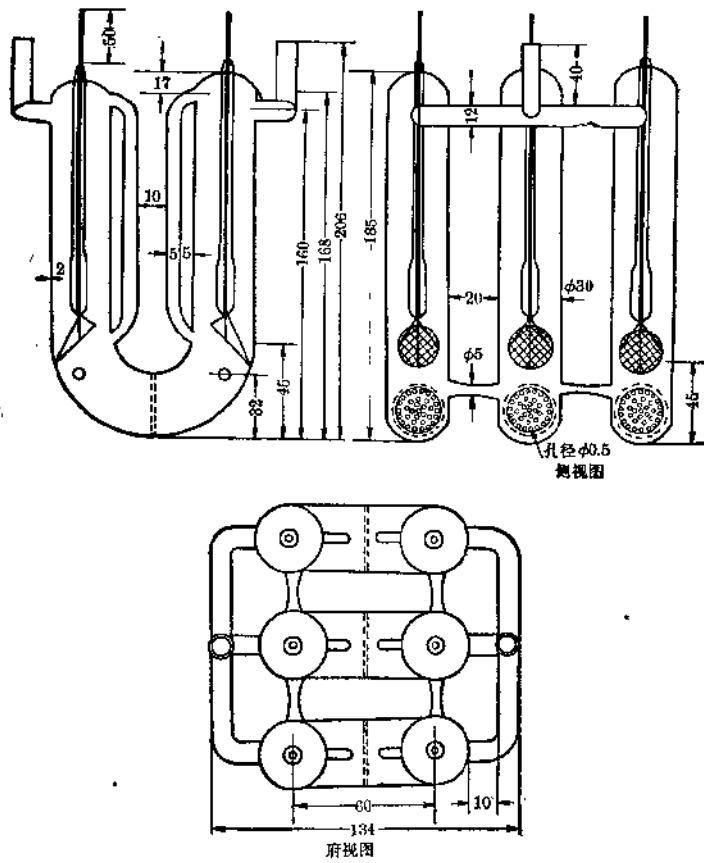


图 8-2 电解槽(三槽串联)规格

二、汞蒸馏器的制作

1. 单只汞蒸馏器制作

- (1) 先分别将内喷口、水套管、汞杯制备就绪。
- (2) 用固定物支持水套管，见图 8-3(1)。也可以不用固定物支持，而用火苗逐段封接完毕。

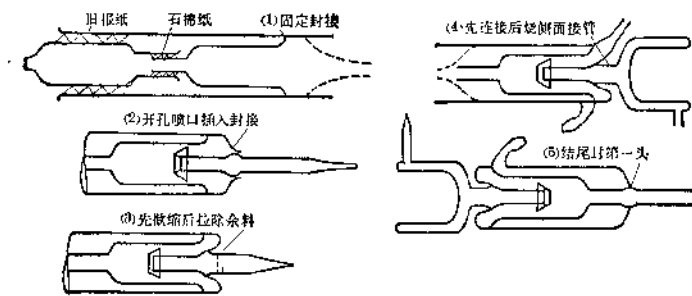


图 8-3 汞蒸馏器制作次序

(3) 拉除余料烧成平圆底中间开孔，插入喷口封接，见图 8-3(2)。

(4) 封接后收缩成图 8-3(3)所示的形状，联接汞杯，见图 8-3(4)。侧接支管，最后注意退火。

(5) 经退火窑或电炉退火后，调头封接，方法可参照冷凝管第二头封接，见图 8-3(5)。

2. 喷灯联接

(1) 先将图 8-4(1)所示的小零件制作完毕，经退火窑或电炉退火消除应力。

(2) 冷凝管支管上分别一一吹成高突点，开一孔先初粘第一只蒸馏器，见图 8-4(2)。按图所示次序封接完毕，以下用相同方法，逐个封接第二、三只蒸馏器。汞蒸馏器的规格见图 8-5 所示。

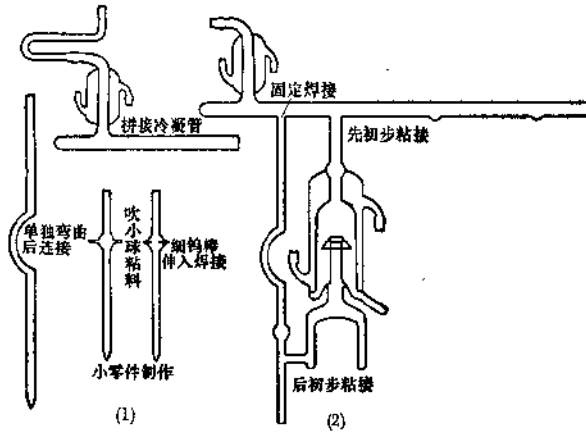


图 8-4 汞蒸馏器制作次序

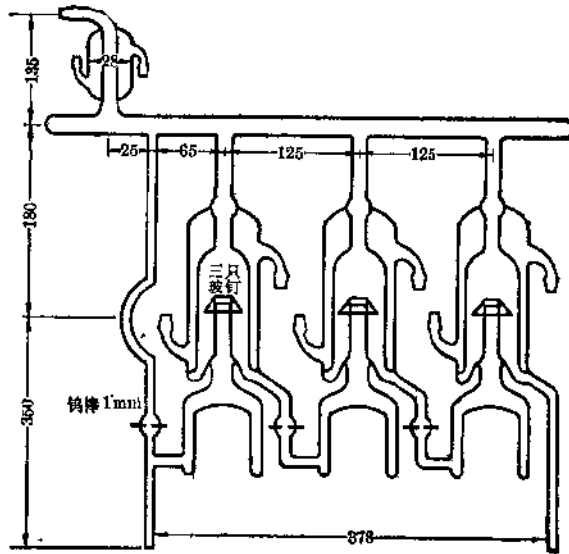


图 8-5 汞蒸馏器规格

三、U形冷凝管的制作

双层弯管内、外管直径小,长度短,因此弯制90度比较容易制作。但对于直径大而又长的双层U形弯管,制作便具有一定的困难。毛主席教导我们,人们经过失败之后,也就从失败取得教训,改正自己的思想使之适合于外界的规律性,人们就能变失败为胜利,所谓“失败者成功之母”,“吃一堑长一智”,就是这个道理。我们经过多年的实践,取得了一些肤浅经验,现简介如下:

(1) 为了便于弯曲,内层玻璃管壁应选择比外套玻璃管薄些为宜,并在内玻璃管弯曲部位边端,分别烧粘三只实心玻璃钉作支撑,恰可伸入外套管(目的是防止内、外管在烧弯时粘连)。

(2) 分别封接两头法兰口,接着烧弯90度部位,不需旋转,只烧外边缓慢地进行(这是关键),圆弧需大些。如果旋转烧料,弯毕后内管瘪得严重。由于直径粗大,吹气也毫无作用,并且会出现歪斜现象。烧料时双手左右移动,面积烧得宽一些,当料子开始软化即可逐渐地弯曲,不必吹气。烧弯一段离火检查一番,如内、外间距已很接近,则待冷却一下后,烧修外层扁瘪部位,再继续单面烧弯,直至弯到90度(完毕后内有微扁)。

(3) U形烧弯方法与上述相似,见图8-6。因弯度不同,虽有玻璃钉支撑,仍然有粘连的可能。为了摆脱粘连,可以用不加氧的火焰尖端在图8-7(1)所示的粘结部位烧一下,表面微红色便快速离火吹胀成高突点,反复多次(这是防止内、外管粘结后爆裂和使它脱离的有效措施),见图8-7(2)。暂时停

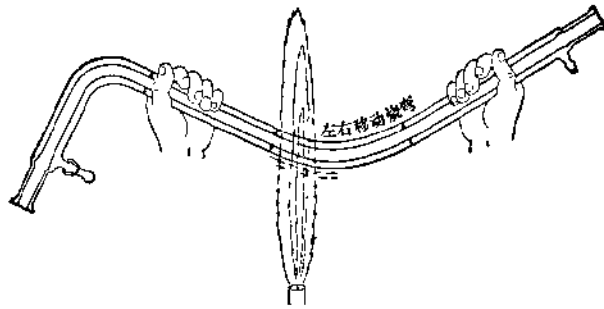


图 8-6 U形冷凝管弯曲姿势

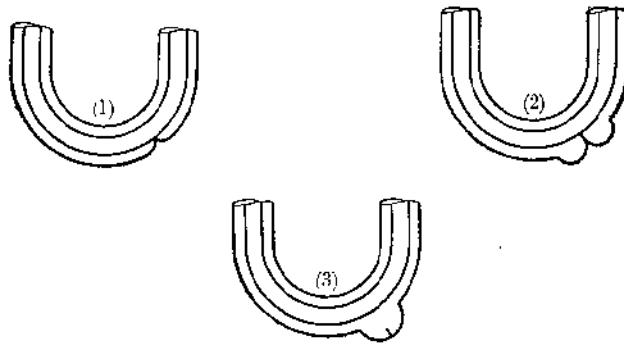


图 8-7 U形冷凝粘连修复次序

止修理,任其自然冷却,继续烧弯没有粘连部位,过后再重复修理胖突粘连部位。当粘连部位受热并吹气即能自行脱离,再反复烧熔修光吹平,见图8-7(3)。

对于面积较大的粘连,可以用开孔方法拉除。内管烧光后,再将水蒸气烘干封闭外层管。U形冷凝管的规格见图8-8所示。

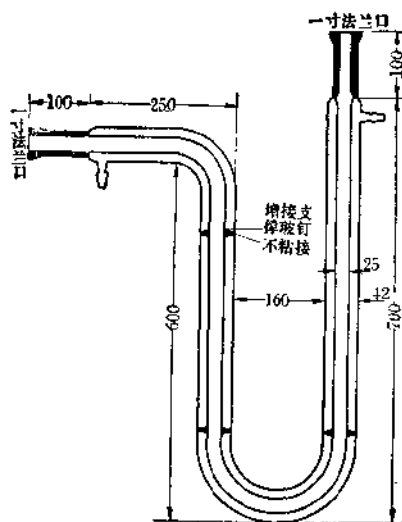


图 8-8 U形冷凝管规格

四、精密分馏柱的吹制

精密分馏柱的形式也是多种多样，通常用于沸点接近的物质的分离。

吹制次序如下：

1. 分馏头的制作

(1) 先将活塞与磨口等零件制备就绪。

(2) 拉制偏斜尾管，并焊接内蛇形盘管，见图 8-9(1)。

(3) 将外套烧拉成圆底，拉除中间分料吹成薄玻璃泡，括除后边端烧匀，插入制备就绪的芯子，见图 8-9(2)。用火苗逐段封接，侧接一支管，并注意退火。

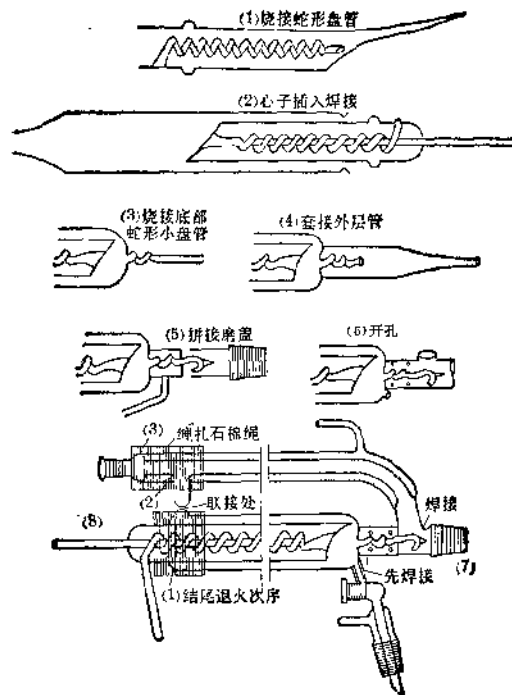


图 8-9 分馏头制作次序

(4) 调头封接,烧拉圆底,中间开小孔对接蛇形小盘管,见图8-9(3)。割除余料,烧翻小喇叭口,外套接管套入对准中心,用火苗逐段封接,见图8-9(4)。侧接过渡吹气支管,见图8-9(5)。外套接管拉除余料,烧平对接小支管,并弯曲,烧粘实心滴子,再联接磨盖。拉除吹气管后分别开多孔,见图8-9(6)。边端侧接活塞,再拼接双层弯管,拼接时须注意两者不宜烧得过度焯,以防内小弯管变形。完成后仔细退火,见图8-9(7)。

(5) 上部联接,缠扎石棉绳保护,逐渐预热,粘接时全部解

除石棉绳。结尾退火很关键,必须注意不能全部同时退火,否则会招致爆裂,所以退火时必须按图8-9(8)所示的次序进行。

2. 分馏柱管制作

(1) 按规格制作分馏柱内芯管,见图8-10(1)。

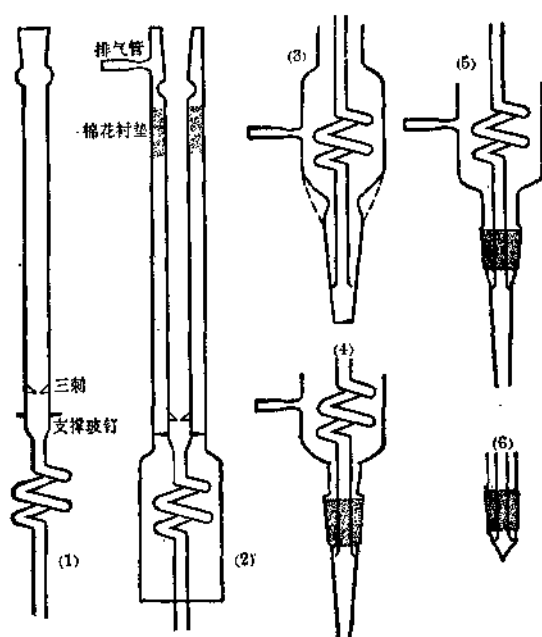


图8-10 分馏柱制作次序

(2) 按规格制作外套管,塞入芯子,内芯管三只玻璃钉应恰可置入外套,形成支撑。磨口部位下方用棉花衬垫,将内芯管稳固于中心。尾端用实心玻璃棒粘接在外套上,形成固定,即可进行磨口与外套封接,并接一排气支管,见图8-10(2)。

(3) 下部磨塞封接,拉除实心玻璃棒,用大火焰将外套烧熔拉丝。接着将丝头肩部烧熔用灯工钳夹小并接上排气支

管,见图 8-10(3)。冷却后爆除余料,套入磨塞管先初步粘接,见图 8-10(4)。可以先将内芯与磨塞末端烧粘一半,见图 8-10(5)。这样磨塞管便形成固定,再回复烧初粘接头,最后再将磨塞末端封接完毕拉除余料,开成斜孔,见图 8-10(6)。分馏柱的规格见图 8-11 所示。

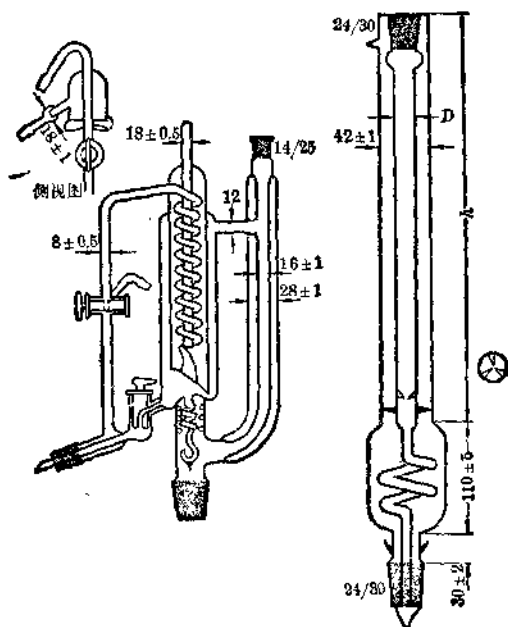


图 8-11 分馏柱规格

3. 特殊分馏柱管制作

(1) 制作内芯子,先将球磨口接管弯曲并翻制喇叭口,伸入外层管,用火苗烧吹成高突点,见图 8-12(1)。开孔烧接支管,用火苗逐段烧熔,然后将接头四周烧熔,逐渐收缩,见图 8-12(2~3)。侧接小支管,并进行联接,见图 8-12(4)。

(2) 烧弯双管蛇形盘管,见图 8-12(5)。

(3) 侧面多层接管封接,预先制备零件,将磨塞套入部件上封接,见图 8-12(6)。熔接胶管接口,割除接管余料,插入外套管封接,见图 8-12(7~8)。随后翻制喇叭口,完成后搁放在另一火焰上等待联接。

(4) 柱管内芯固定,先将外套底端接一磨塞,在柱管相应部位吹胀成高突点,内芯上端预先烧粘三只实心玻璃钉,用以支撑内芯管,伸入柱管后,磨塞下口与芯管间用衬垫物塞紧,这样便形成固定,见图 8-13(1)。

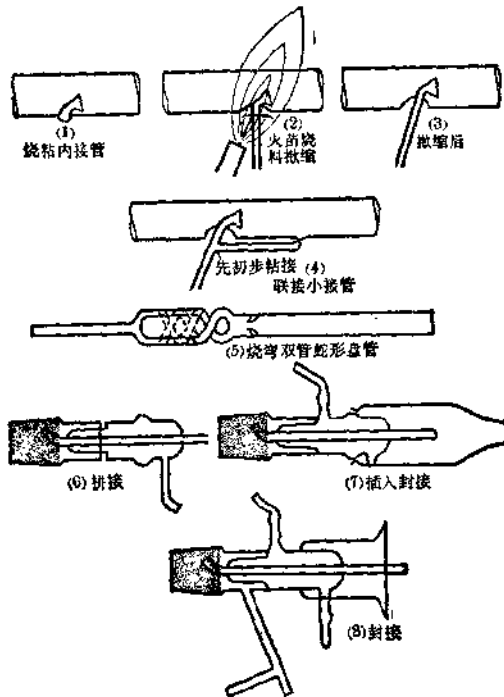
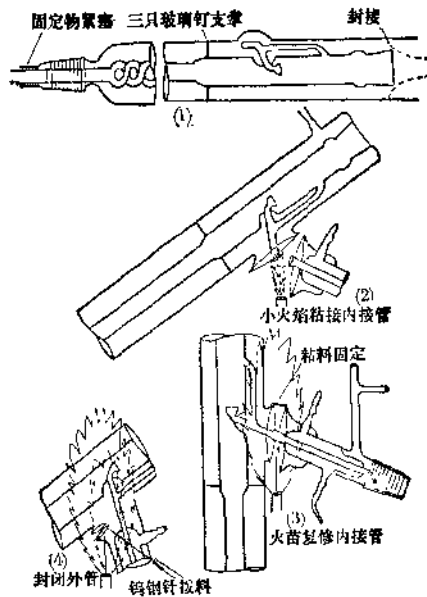


图 8-12 特规分馏柱制作次序



· 图 8-13 特规分馏柱制作次序

(5) 联接,先封上磨口,并侧接排气管。然后在侧面高突点部位开孔,用灯工钳拨圆成大孔,接着将芯管上的小接管烘烧弯直,并翻喇叭口,再与多层接管相拼接,见图 8-13(2)。初步粘接中间小玻璃管,由于部件具有一定重量不便控制,因此在两喇叭口之间粘接两道实心玻璃棒固定。然后用火苗穿入修光,见图 8-13(3)。此刻内夹层便产生水蒸汽,外层封闭时候须将水蒸气烘干,然后将外层喇叭口逐渐烧熔,并用钨棒针拨粘闭合,见图 8-13(4)。注意修光后退火。

(6) 下磨塞芯管封接同前。成品见图 8-14;精密分馏柱的规格见图 8-15~图 8-20;精密分馏柱蒸馏瓶见图 8-21 所示。

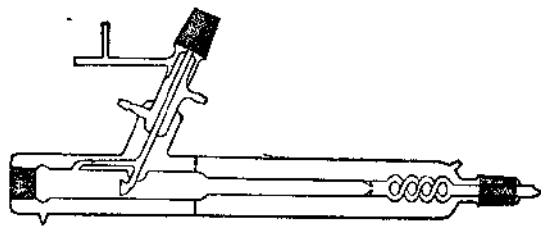


图 8-14 特规分馏柱成品

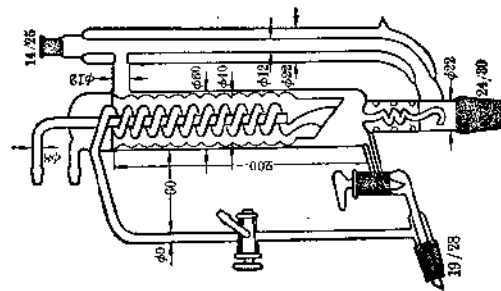


图 8-15 精密分馏柱规格

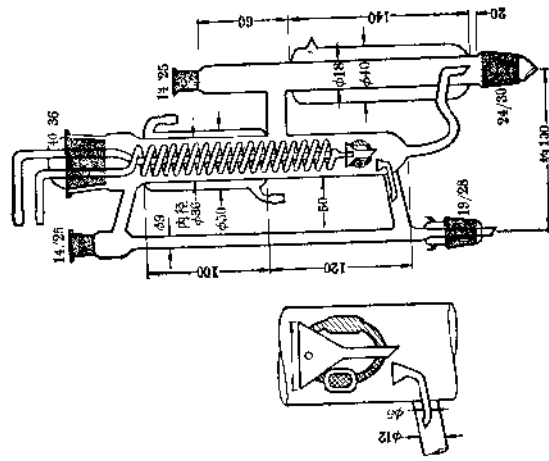


图 8-16 精密分馏柱(具电磁漏斗)规格

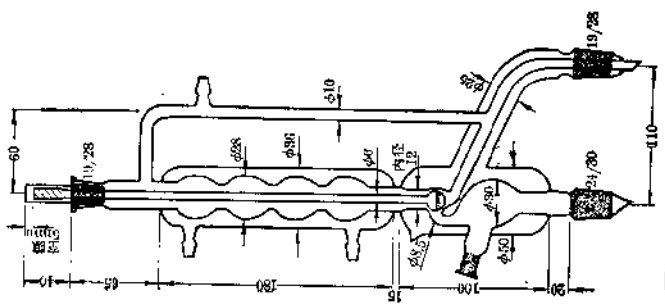


图 8-17 精密分馏柱
(具电磁阀)规格

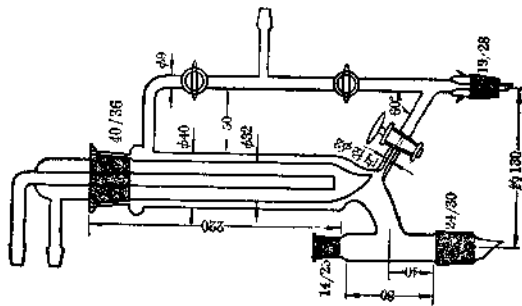
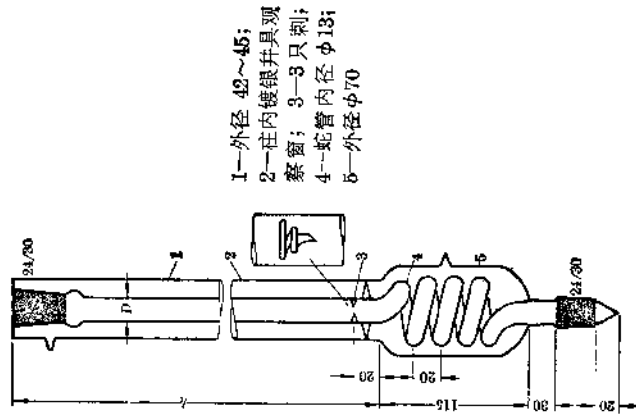
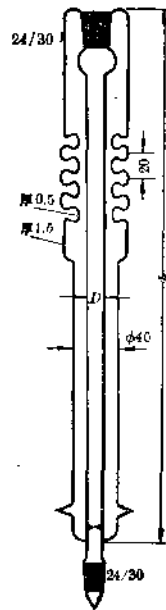


图 8-18 精密分馏
柱(活芯式)规格



- 1—外径 $\phi 42 \sim 45$;
- 2—柱内镀银并具观察窗; 3—3只刺;
- 4—蛇管 内径 $\phi 13$;
- 5—外径 $\phi 70$

图 8-19 精密分
馏柱规格



技术要求：
 (1) 环形膨胀阱在柱内温度升高时，应能有微小的伸缩，阱的数目与柱内温度的度数和柱长有关。
 (2) 柱内镀银，并具观察窗，抽空到 10^{-8} 左右。

图 8-20 精密分馏柱规格

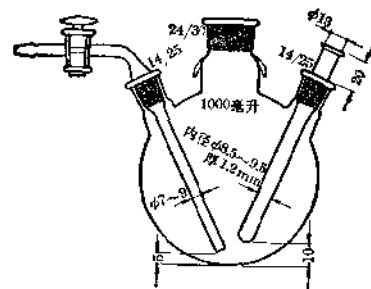


图 8-21 精密分馏柱蒸馏瓶

五、元件测定器的制作

这种仪器,结构上比较特殊,而且直径粗大,所以给制造带来了一定困难。通过实践,有以下几点体会,现简介如下:

(1) 取玻璃毛坯底部、中间开孔熔接接管,冷却后按规格要求爆除余料,在玻璃车床上翻制喇叭口,见图 8-22(1)。

(2) 制备四根直径不同的测定管,为便于封接,须将毛口烧熔缩小,圆底烧粘直径约 6 毫米的实心玻璃棒,按宽度要求弯曲,见图 8-22(2)。

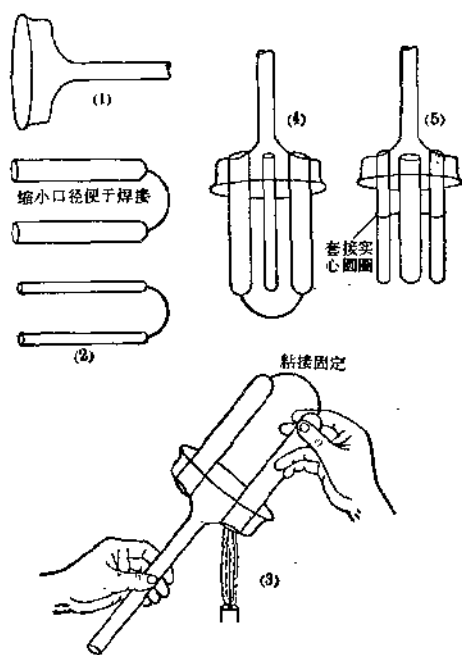


图 8-22 元件测定器制作次序

(3) 熔接姿势见图 8-22(3) 所示。四根测定管封接成如图 8-22(4) 所示的形状。

(4) 烧除固定粘接的实心玻璃棒，为避免测定管与外套封接时弯曲变形，可烧粘两只实心耳环，使其联在一起，见图 8-22(5)。

(5) 先制备多孔漏斗。夹层套烧粘三只实心玻璃钉，恰可置入外套管，随后放入多孔漏斗。用夹具夹套管，圆底中端开孔，用灯工钳伸入孔内插进多孔漏斗接管里，见图 8-23(1)。

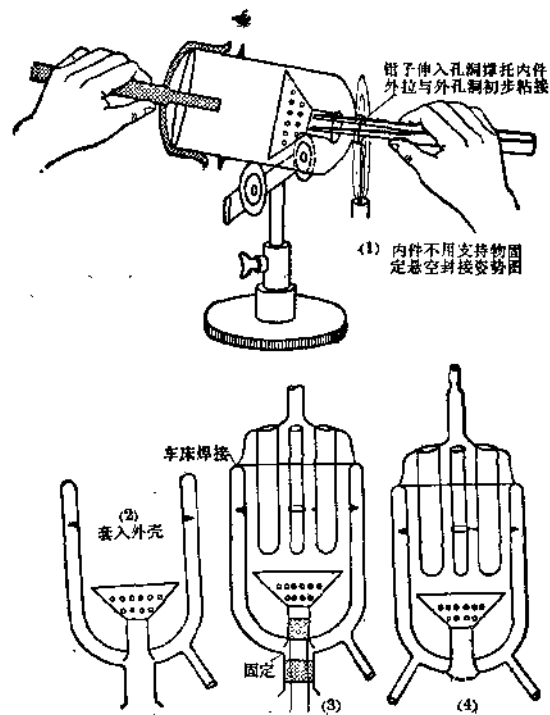


图 8-23 元件测定器制作次序

然后缓慢地张开灯工钳掌握紧贴夹层接管,与外孔洞烧粘。初粘后熔接外接管,再用火苗逐段充分烧熔并吹气,退火。

(6) 外套圆底开孔熔接接管,冷却后夹套置入,见图8-23(2)。

(7) 用玻璃焊接车床封接粗大夹层接头,见图8-23(3)。冷却后送退火窑或电炉退火,消除应力。

(8) 结尾封接,先熔接排气管,可用玻璃焊接车床封接,也可用喷灯封接,完毕后埋入热草灰保温,或在喷灯上作良好的退火,见图8-23(4)。冷却后送退火窑或电炉退火。元件测定器的规格见图8-24所示。

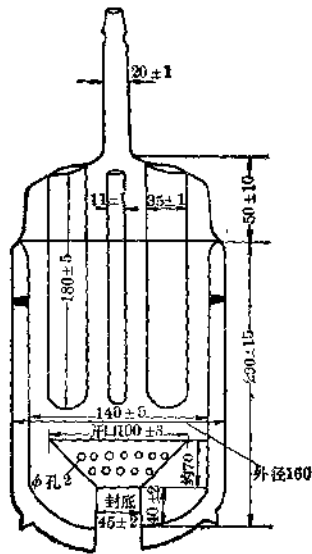


图 8-24 元件测定器规格

六、激光管的制作

1. 氮氛激光管①的制作

(1) 将毛细管一端烧熔拉去余料，吹成薄玻璃泡。括去薄泡圆成小喇叭口，按长度要求割平，选配套管，套管内径应恰可紧密套入毛细管为宜，见图 8-25(1)。

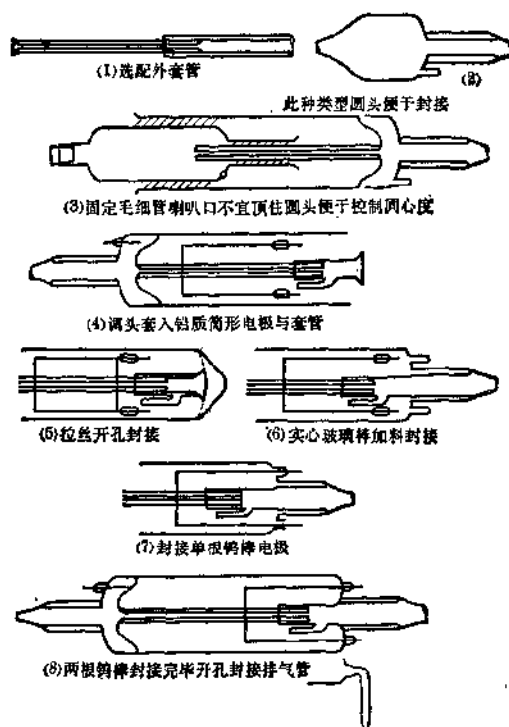


图 8-25 氮氛激光管①的制作次序

(2) 粗玻璃管拉丝一段与贴膜管对接,并侧接小支管,见图 8-25(2)。

(3) 毛细管与外套固定,固定时注意勿将毛细管喇叭口顶住外套圆底,要少许离开为宜。烧粘后能使毛细管接合处保持中心,否则容易偏歪。

(4) 毛细管与外套粘接开孔并充分熔融。将已燃除余料的(见图 8-25(2))零件套嵌在外套圆头上,见图 8-25(3)(也可以在玻璃焊接车床上封接),用火苗逐段熔接。吹气时用拍板撤压滚动,使接合处光洁平整。然后封接钨棒电极(参照第九章玻璃与金属封接部分),完成后注意退火。

(5) 洞头封接,先将铝质筒形电极套入,再将套管套在毛细管上,见图 8-25(4)。由于毛细管孔径小,空气流通微少,烧平底时容易膨胀,因此最好拉除余料后即开孔,见图 8-25(5)。再加热孔洞边沿,用拍板撤拍成圆角平底,随即将内套管喇叭口烧粘在孔洞上,再与贴片膜管同时烧熔对接(两头贴片膜管与毛细管必须保持同轴)。接着将两端钨棒封接处吹成高突点,再取实心玻璃棒与高突点同时烧熔,边吹边拉,即成支管,见图 8-25(6)。筒形电极钨棒随即倒入,先初步烧粘一根,离火转动至中心,见图 8-25(7)。固化后烧接另一根钨棒,须从小管口边端逐渐往里烧,这样可避免产生气泡。如出现气泡,可用灯工钳将熔融部位夹成四方形,然后复烧均匀,即可消除气泡。开孔侧接排气管,即告完成,见图 8-25(8)。氮氛激光管①的规格见图 8-26 所示。

2. 氮氛激光管②的制作

(1) 用实心小玻璃棒烧粘成三角支撑架,并要求具有锥度。套入筒形电极内,将烧好的玻璃底料的钨棒插入小支管,三角支架一端与外口相粘,见图 8-27(1)。这样固定筒形

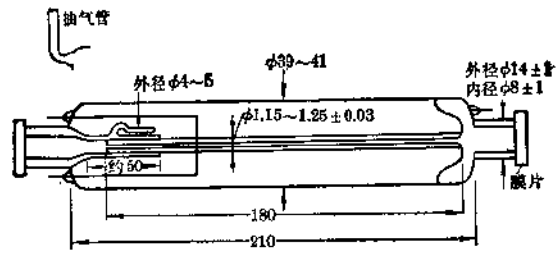


图 8-26 氮氛激光管①规格

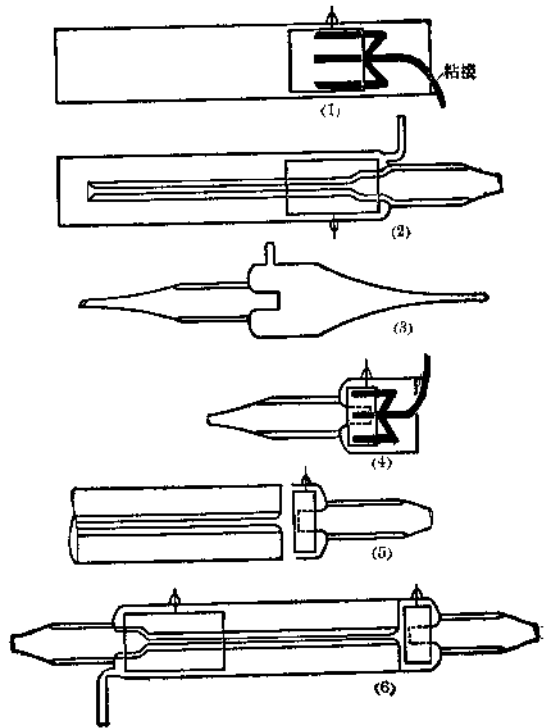


图 8-27 氮氛激光管②制作次序

电极,便于钨棒焊接。

(2) 将毛细管稳固于外套内,进行封接贴膜管,并接上排气管,见图 8-27(2)。

(3) 按缩结插入封接的方法制备,如图 8-27(3)所示的零件,爆除余料。然后按上法接入筒形电极,见图 8-27(4)。

(4) 调头封接,将管身余料拉除并烧成平底,熔接毛细管开孔烧光,再与零件(4)用火苗逐段封接,见图 8-27(5~6)。完成后注意退火。成品规格见图 8-28。

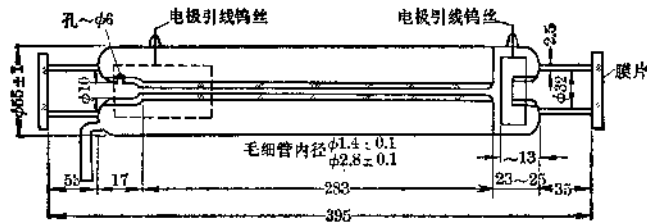


图 8-28 氮氛激光管②规格

3. 二氧化碳激光管①制作

(1) 按规格要求先选放电管玻璃管。此玻璃管必须垂直,稍微弯曲可用火焰校正,两端分别翻制喇叭口,并要求能套入水套管,便于粘接,见图 8-29(1)。

(2) 将水套一端翻制喇叭口,从另一端套入蛇形盘管,再圆制成喇叭口。选恰当的位置在两处齐烧粘三只实心玻璃钉作支撑,见图 8-29(2)。

(3) 将外套玻璃管按长度要求一头烧吹圆底开孔,封接一段直径与水套相同,长约 130 毫米的玻璃管。

(4) 水套管放入外套,要求通过玻璃钉支撑,水套管在外套内不晃动,即可拉丝,应留有余料,准备封接,见图 8-29(3)。

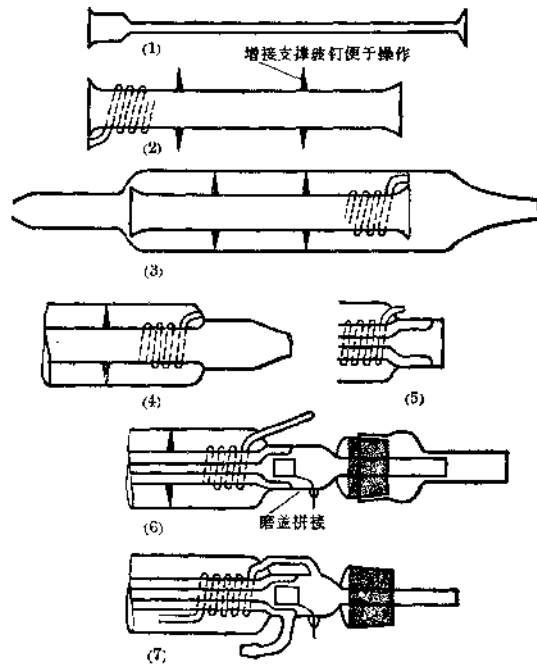


图 8-29 二氧化碳激光管①制作次序

(5) 封接, 先将肩部全部烧熔, 用灯工钳夹小, 与喇叭口四周相粘。然后用火苗逐段封接并吹气, 见图 8-29(4)。按要求烧除余料开口, 见图 8-29(5)。立即伸入放电管, 用火苗逐段烧熔初粘完毕, 和接有内芯管及电极磨砂盖对接, 再用火苗逐段烧初粘处, 充分烧熔并吹气, 见图 8-29(6)。然后小支管与内层蛇形盘管对接, 最后再接上胶管接口, 见图 8-29(7)。结尾必须得到良好的退火, 冷却后调头封接, 次序同上。成品规格见图 8-30 所示。

4. 二氧化碳激光管②制作

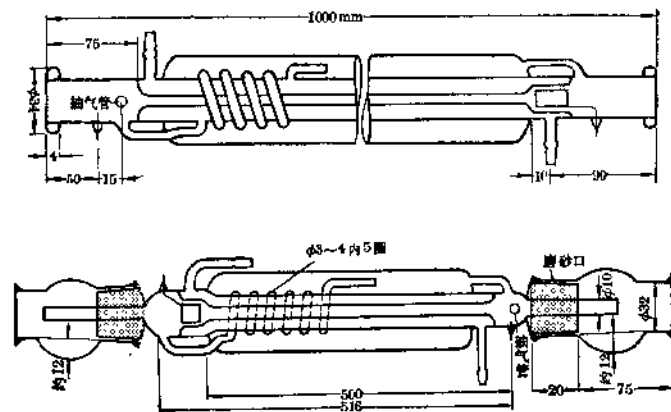


图 8-30 二氧化碳激光管①规格

(1) 由于放电玻璃管长度长，往往会有不同程度的偏歪现象，要设法用火焰修正。

(2) 放电玻璃管受重力影响常会发生弯曲，从而影响出光功率。为了避免这种情况发生，可用套管的方法来克服。套管与芯管间隙越小越好，分别割断烧粘三只实心玻璃钉，见图 8-31(1)。冷却后套在放电玻璃管上，见图 8-31(2)。伸入水套里，分别与玻璃支撑钉烧粘，见图 8-31(3)。

(3) 固定工序完毕后，先封接如图 8-31(4)所示的部位。

(4) 调头按规格爆平，套入蛇形盘管，见图 8-31(5)。水套毛口烘光，在距离约 40 毫米处开孔侧接支管，随后将宽档蛇形管转向口端，用缓火焰将蛇形管烘烤，趁其开始软化时，用灯工钳将其推靠缩紧，见图 8-31(6)。

(5) 按外套内径要求分别割除上、下两端通水管余料，伸入外套转动检看两道实心玻璃钉与外套支撑程度，见图 8-31(7)。

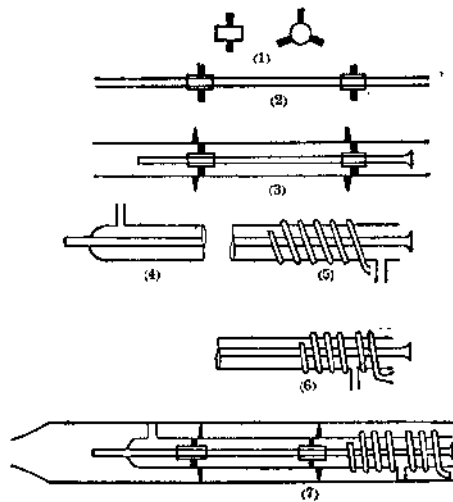


图 8-31 二氧化碳激光管②制作次序

(6) 按规格要求将图 8-32(1) 所示的零件对接完毕, 再套上另一玻璃管扶正揪紧, 用火苗逐段封接完毕, 并侧接两根小支管, 见图 8-32(2)。另一端烧熔拉除余料并开口, 伸入两根电极钨棒进行封接, 见图 8-32(3)。然后放在台式烘炉上。

(7) 先将夹层侧面通水支管与外套烧粘开孔, 固化后形成固定, 见图 8-32(4)。将外套余料烧熔拉除封接, 用拍板揪拍成平底, 以下用温度较高的火焰对着平底充分烧熔, 用具有锥度玻璃管插入侧孔吹气, 见图 8-32(5)。再熔接侧固胶管接口, 退火, 开孔对接中心接管。蛇形管口端开孔, 烧光后再与图 8-32(3) 所示的零件拼接, 见图 8-32(6)。

此环形接头比较粗大, 因此在逐段封接时, 需谨慎仔细。充分烧熔, 结束后需作良好的退火, 冷却后应先进退火窑退火后, 进行另一端封接。

(8) 将图 8-32(7~8) 所示的零件联接完毕, 方法同上。
 二氧化碳激光管的规格见图 8-33~图 8-34。

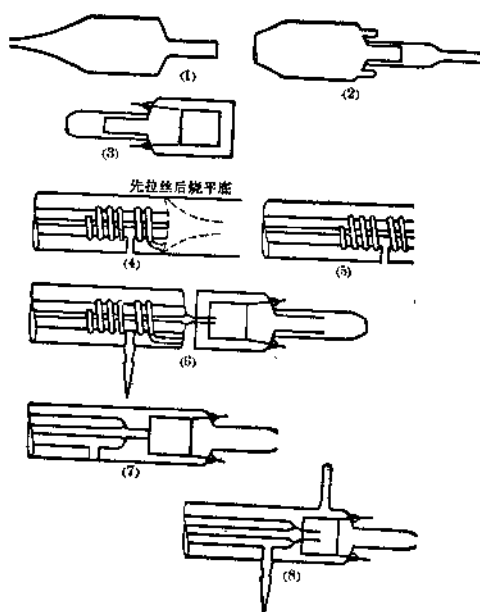


图 8-32 二氧化碳激光管②制作次序

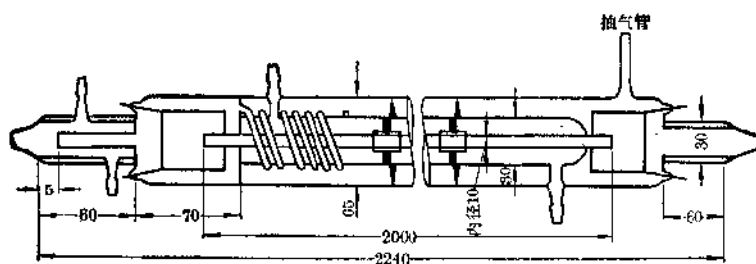


图 8-33 二氧化碳激光管②规格

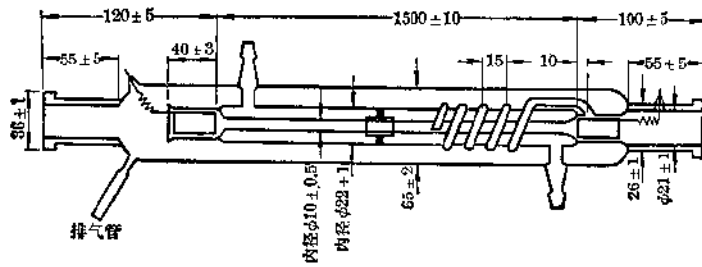


图 8-34 二氧化碳激光管规格

七、大型四氯化硅蒸发器的制作

在特规仪器中,大型产品日益增多,因此对灯工技术提出更高的要求。图 8-35 所示的大型四氯化硅蒸发器,结构虽不太复杂,但由于部件尺寸较大,给制作带来了困难。其制作的操作方法也就不同于同类型的小规格产品。具体步骤如下:

(1) 灯工制品凡管径在 120 毫米以上的圆底和平底,一般都由熔炉部门吹制。因在玻璃车床上加工比较困难,喷灯更为困难,所以都采用熔炉吹制成的毛坯进行加工。

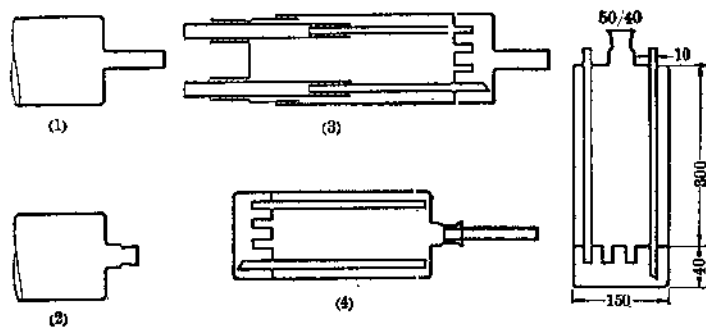


图 8-35 大型四氯化硅蒸发器制作次序

(2) 先取一平底毛坯,中心接一支管,以便于车床夹持,见图 8-35(1)。

(3) 另取一平底毛坯,中心部位接 50 标准磨口,见图 8-35(2)。

(4) 再取一平底毛坯,按图 8-35(3)所示的方法,固定两根内芯管,与平底熔粘,并开孔对接四根支管(用手喷灯进行)。趁热与图 8-35(1)所示的零件拼接,此接头较大,必须充分熔融,拼接后拉除底部支管,并将底部烧平。作良好的喷灯退火后,再送退火窑退火。

(5) 将消除应力后的半制品(图 8-35(3))上部余料爆除,内芯管应超出外套,高度应与图 8-35(4)所示的零件相对应,然后夹于玻璃车床上进行拼接。芯管再与平底相粘,开孔对接支管。封接完毕置入热草灰保温,最后再进退火窑整体退火。图 8-35(5)所示的是产品规格。

八、大型磨砂接头的配制

在某些特规制品上,往往需要大型磨砂接头,可于玻璃车床上圆制,产量高,质量好,便利磨砂,具体方法如下:

1. 圆口

将石墨制成的钳芯与钳板(见图 8-36(1)),两者的锥度为

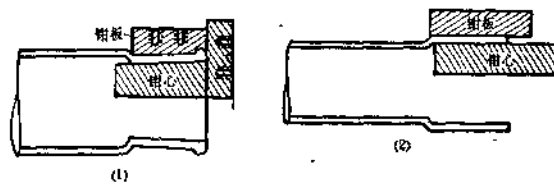


图 8-36 大型磨砂接头的配制

1:10,应能吻合),装于圆口模具支架上,再稳固于玻璃车床右车头上,模具支架见图 2-41。

按需要取较厚的玻璃管(玻璃管直径应大于磨口小端的直径)。夹于左车头三爪卡盘内,启动车床。玻璃管用大手喷灯加热的熔融面熔烧(不宜过度熔),及时移动右车头,使钳芯伸入玻璃管,并同时压下钳板,使之成型。磨口的大小取决于钳芯的高低(钳芯的高低可通过模具架自由调节)。

2. 配塞

钳芯与钳板也用石墨制成,锥度方向与圆口板相反,见图 8-36(2)。

按需要取较厚的玻璃管(玻璃管直径应小于磨塞大端的直径)。当玻璃管加热软化后(不宜过度熔),立即移动右车头,伸入钳芯,先压下钳板(钳板高度预先调节固定),再逐步升高钳芯,玻璃管即扩成磨塞。然后降低钳芯,移动车头退出。磨塞的大小取决于钳板的高低。

九、玻璃法兰口的成型

高硼硅酸盐玻璃具有优良的化学和物理性能,适宜制作化学工业中的耐腐蚀管道及塔节。它们的联接方法也是采用法兰联接。但玻璃法兰不同于金属法兰,玻璃法兰口(见图 8-37)是采用玻璃管口外侧具有 12 度的锥体,再通过金属法兰盘相联接。根据力的分解,金属法兰盘紧固时,通过 12 度锥体作用于玻璃管的力较小,而产生较大的轴向力,便于垫料密封。这是一种较理想的玻璃管道与塔节的联接方式。

玻璃法兰口直径在 150 毫米以下,可由熔炉车间压制成型。然后再在玻璃车床上与玻璃管焊接。也可用玻璃车床在

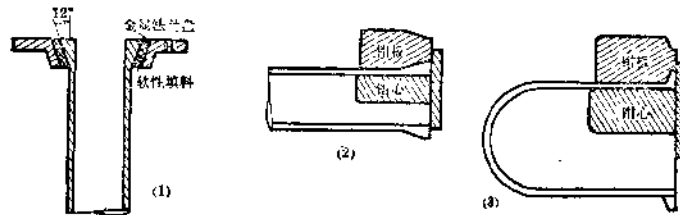


图 8-37 玻璃法兰口的成型

玻璃管上直接圆制成型。但是大型管道和塔节的法兰口压制就有困难,所以一般都是由熔炉吹制玻璃毛坯,再在玻璃车床上圆制。

灯工圆制方法:

(1) 管径在 100 毫米以下的可用手工圆制,方法相同于一般圆口,但劳动强度较大。最好仍在玻璃车床上加工。

(2) 玻璃车床圆制的钳芯与钳板,均采用石墨制成,装置于右车头模具支架上,见图 8-37(2)。钳芯和钳板均能自由左右转动(避免圆制时产生摩擦阻力拉料),也能随时上、下移动。

(3) 部件夹于左车头,口部用多孔排灯烧熔,并用括板推挤,使熔融玻璃增厚。移动右车头,伸入钳芯并升高至玻璃管内壁,同时放下钳板,使熔融玻璃挤压成型,最后抬高钳板,退出钳芯。用玻璃车床圆制法兰口,目前最大的加工尺寸可达直径 500 毫米。

(4) 另一种形式的平边法兰口见图 8-37(3) 所示。这种法兰除可用于一般管道联接外,多用于玻璃真空钟罩。法兰口平面经细砂研磨,可保证超高真空的获得。

十、异形玻璃管的制作

玻璃管一般都是圆柱形的,在某些特殊情况下,例如在制造比色槽时(见图 8-38(4)),需要横截面为矩形或方形的玻璃管。现将我们实践过的几种制作方法简介如下:

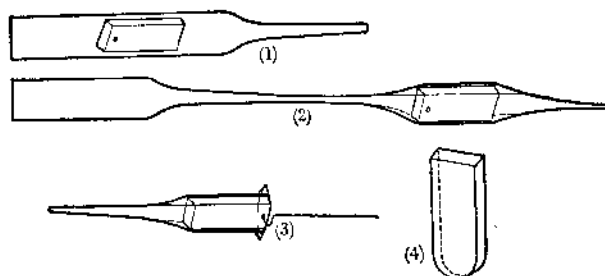


图 8-38 异形玻璃管制作次序

1. 拉制法

第一步,将石墨块磨削到所要求的形状,长度应比产品长 30 毫米左右,并在石墨块较大的一端钻一小孔。第二步,将磨削好的石墨块放入一端拉丝的玻璃管中(管径应比石墨块的对角线稍大),再将玻璃管放在大火焰中加热,使玻璃管足够的软化,然后迅速拉长,使软化的玻璃贴附在石墨块的外表面上。第三步,是将玻璃异形管的一端熔开,并开大火焰对整个制品全部加热,使玻璃膨胀,用铁钩将石墨块从玻璃管内拉出即成。制作次序见图 8-38(1~3)。

石墨的膨胀系数和玻璃的膨胀系统相差很小。石墨块从玻璃管内拉出,必须在玻璃达到接近软化温度时才行,而不是象在标准内径管成型时,必须在金属芯棒收缩时从玻璃管内

取出，因此用此方法拉制的异形管精度较差。如欲得到较为精确的内径，必须采用金属内芯模第二次真空成型才能得到。

2. 顶入法

玻璃的异形管(矩形或方形的)也可采用顶入法成型。所谓顶入法成型是将玻璃管固定在玻璃车床的三爪卡盘上，车床右车头夹持石墨成型棒。石墨成型棒磨成所需的形状，它的前端略带锥度，伸入玻璃管的一端，这时开启火焰熔烧玻璃管需要成型的位置，待软化后移动右车头，使成型棒逐步伸入玻璃管内。如此一面熔烧，一面不停的移动右车头，将玻璃管扩张成型到一定长度后，即可取出石墨成型棒。这种方法一般适用于石英异形管的制造。

十一、精密内径玻璃管的真空成型

在某些科学研究和工业上越来越需要精密的内径玻璃管，例如使用于高精度的U形压力计、气动量仪玻璃管、流量计玻璃管、注射器外套管及标准磨口等。过去生产这些产品时，一般都采用研磨的方法，或从大量玻璃管中挑选。但 these 方法是很不经济的，并且精确度也难以保证。现在生产精密内径玻璃管时，大都采用真空成型的方法。所谓真空成型，就是先将精密外径的金属芯棒或管，放入一端封闭的玻璃管，而另一端则与真空系统相连。然后在抽真空的同时，将玻璃管很缓慢的而又均匀的加热，直到玻璃管与金属芯棒或管的表面紧密贴附。由于金属的线热膨胀系数比玻璃的大得多，因此在冷却后，金属芯棒很容易从玻璃管中取出，具体方法和注意事项如下：

1. 关于成型芯棒的说明

根据实践证明,真空成型用的芯棒或管的材料,宜采用耐高温的不锈钢为佳,并且金属表面热处理硬度应不低于50度,这样在磨削时,才能保证精密度。芯棒的表面精密度应不低于万分之五。在芯棒加工时,还必须知道金属芯棒与玻璃管的线热膨胀系数之差,从而计算出芯棒加工的外径尺寸。金属芯棒在室温时的外径与成型后的玻璃管内径的关系如下:

$$D_1 = D_2 \frac{1 + A_1 T}{1 + A_2 T}$$

式中: D_1 ——室温时芯棒外径;
 D_2 ——加工后的玻璃管内径;
 T ——成型温度与室温之差;
 A_1 ——玻璃管的线热胀系数;
 A_2 ——金属芯棒的线热胀系数。

但在实际加工芯棒时,往往由于金属与玻璃材料的线膨胀系数的数据不够准确,加之成型的温度又难以测量,所以在考虑加工金属芯棒的外径时,一般都采用实验的方法。先估出芯棒的外径尺寸,经磨削后,放入玻璃管内,加热真空成型,待冷却后,测量玻璃管的内径,然后再确定芯棒的准确外径尺寸。

2. 芯棒表面涂石墨

在真空成型时,偶而由于温度过高,玻璃容易粘接在芯棒表面上,以致在冷却过程中玻璃管发生爆裂现象。防止的方法是预先在金属表面上,涂上一层极薄的水胶体石墨。涂石墨方法如下:

- (1) 将芯棒去油,再加热到 150°C。
- (2) 均匀浸涂石墨水(1份胶体石墨,20份蒸馏水)。
- (3) 将芯棒烘烤到 300°C。

(4) 冷却后用软布将芯棒擦亮。

在制造标准内径滴定管时，芯棒表面涂石墨会引起玻璃管内表面与水的浸润情况不好，从而引起容积的误差。

3. 关于玻璃管的要求

成型用的玻璃管内径，一般应比芯棒外径大 0.5 毫米左右。如芯棒直径小于 10 毫米时，则要求更为接近。如大于 10 毫米时，则差异可稍大。玻璃管应平直，壁的厚度要求均匀，玻璃的材料应选择能耐较大的温差的 GG-17 玻璃或其他硼硅酸盐玻璃，以免在成型时由于应力的作用而爆裂。

4. 真空要求

在成型时，真空度应不低于 10^{-2} 托为佳，虽然在真空度很差时，也可以成型，但这时芯棒表面很容易氧化，以致玻璃容易与金属表面粘接，影响芯棒从玻璃管内的顺利取出，从而损坏芯棒。

5. 火焰加工成型

一般的成型都采用火焰加热法，用火焰加热时，长度在 300 毫米以下，可用人工操作，而长于 300 毫米应采用玻璃车床进行。操作时，先用火焰将玻璃管全部加热以排除气体，然后从离开真空系统最远的一端提高加热温度，使玻璃管开始软化收缩，并逐步均匀的移动加热火焰，使玻璃逐步的收缩贴附在整个芯棒上。在加热时应防止两端发生收缩，这样会使在加热时，膨胀的气体夹在芯棒与玻璃管之间，而使玻璃管产生凸出的缺陷。在收缩贴附结束后，应均匀加热玻璃管，以消除局部严重应力。冷却后，仔细取出芯棒，以防芯棒弯曲。

6. 电炉加热成型

当制造数量较多时，可以用电炉加热方法成型，以提高生产效率。应用电炉时必须使温度均匀和易于控制，而电炉加

热时不能象火焰加热那样用目力观察收缩贴附情况，因此操作主要通过实践来确定温度。电炉加热成型，设备要求较多，工艺复杂，因此很少采用。

7. 芯棒材料的选择

在制造高硅玻璃的精密内径玻璃管时，芯棒材料可以用钨钨或石墨，以代替熔点低的不锈钢。

十二、逐级封接

毛主席教导我们：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决”。玻璃与玻璃相封接，必须具备一个基本条件，即两者的膨胀系数一致或比较接近。如软、硬玻璃相对接，石英与一般玻璃对接，会造成爆裂。造成爆裂的原因就是因为两者的膨胀系数相差悬殊的关系。但是在某些玻璃仪器，如电真空器件、真空系统中，往往需要接上不同类型的玻璃，这就必须在两者之间采用一种或多种玻璃来缩小膨胀数的差距。因此必须先获知所需封接的两种玻璃的膨胀系数，再挑选相适应的玻璃作过渡材料。

凡两种以上不同玻璃的对接，称逐级封接。其接头通称过渡接头。具体方法如下：

1. 软、硬质玻璃封接

如将软质玻璃与九五硬质玻璃相对接，需要七种以上不同膨胀系数的玻璃管依次逐段对接。将七种玻璃管按膨胀系数的大小编成序号1~7，如图8-39(1)所示。先用一号玻璃与2号玻璃管对接，要将封接处充分熔封，然后在2号玻璃管上离接头约2~3毫米处拉除2号玻璃管的余料，见图8-39(2)（拉下来的料可以用于下一只过渡接头）。再与3号玻璃管对

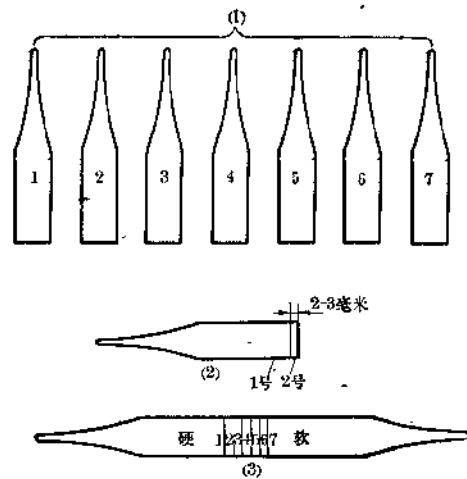


图 8-39 软、硬质玻璃封接

接，依次逐一封接，封接结束后立即在火焰中作适当的退火，见图 8-39(3)。

GG-17 料与九五料的对接，应用 DW-203 玻璃过渡。过渡料之间的膨胀系数差，应不大于 10×10^{-7} ，具体数据请查阅第一章表 1-3。

2. 石英与玻璃的过渡

将石英管和硬质玻璃管分别粉碎碾磨或玻璃粉，再按不同的比例配成十一种玻璃粉，通过高温烧成玻璃棒（或熔制成玻璃管）作为过渡接头的原料。

步骤如下：

- (1) 清洁处理。
- (2) 分别粉碎、碾磨（应采用玛瑙研钵研磨）。
- (3) 碾磨后的玻璃粉通过 100 号的分样筛取得均匀的玻

璃粉。

(4) 按照表 7-1 所列的比例配制成十一种不同比例的玻璃粉分别置于盛器中,并编上序号。

表 7-1 玻璃粉与石英粉的比例

硬 玻 璃 粉	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9.5
石 英 玻 璃 粉	9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5
序 号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一

(5) 配好的十一种玻璃粉分别用研钵搅拌均匀。

(6) 将上述十一种玻璃粉分别烧成玻璃棒,用一根石英玻璃棒或石英玻璃管,一端在氢氧火焰中烧熔,见图 8-40(1),迅速蘸上一些玻璃粉,见图 8-40(2),再放在火焰中烧熔,边烧边蘸循环多次,即在石英棒端逐步形成一个圆球状,见图

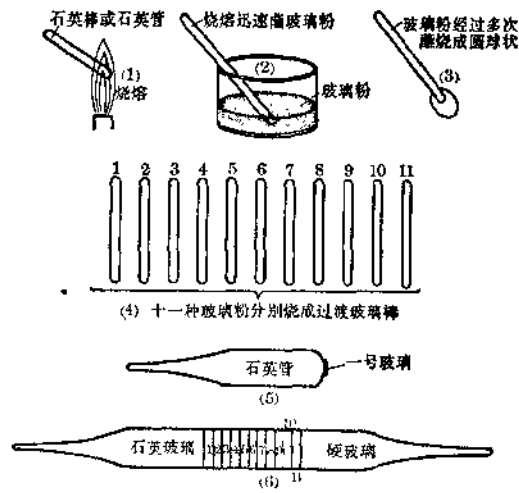


图 8-40 石英玻璃与普通玻璃过渡接头制作次序

8-40(3)。再将圆球状按次序分别拉制成直径约5~6毫米的玻璃棒,见图8-40(4)。

(7) 将一根石英玻璃管烧成圆底,底部粘一点过渡用的1号玻璃,见图8-40(5)。在氢氧火焰中烧熔吹匀,再粘上2号玻璃,如此重复,直至十一号玻璃。最后接上一段硬质玻璃管,首尾顺序相连,便成一根极为理想的玻璃石英过渡接头,见图8-40(6)。

所用的硬质玻璃可以采用GG-17玻璃或九五灯工玻璃。

软质玻璃与硬质玻璃的过渡接头同样可以采用这种方法制成,这里不再赘述。

十三、平面制品的焊接

具有光学观察平面的制品在生产时,基本上分为两道工序。第一,是研磨平面玻璃片;第二,是灯工焊接。现简介如下:

1. 研磨平面玻璃片

将所要求焊接的玻璃吹制成圆筒,切去两端,剖开圆筒,放入高温炉中摊平,退火后进行研磨,抛光。

研磨的顺序有两种,第一种是将退火后的玻璃片切割成所需的圆片或方形片,用火漆将一定数量的片子重迭在一起,在平面磨砂车上初步磨圆。然后用热水将火漆溶去,再将圆片胶在平面盘上进行研磨抛光,并重复上述工序,研磨圆片的另一面。第二种顺序是将退火后的玻璃片先进行研磨抛光,再切割成所需要的形状,为了保护圆片平面光洁度,采用两片一般的平玻璃将其胶夹在中间,用管形工具将其磨成所需的直径。

研磨抛光后的圆片还需经过倒角的加工工序，在大量生产中，圆片在倒角时，不是用火漆粘接在手柄上，而是利用真空吸附圆片的办法来进行倒角。

2. 灯工焊接

在焊接观察平面时，可用一只具有尖锐的煤-氧火焰的手喷灯来进行。玻璃管端面必须磨平，并与玻璃管相垂直，然后放置在可以旋转的盘上，一面用尖锐微小的火焰焊接，一面以很慢的速度进行旋转。在焊接时，不需吹气，焊接装置如图 8-41 所示。在焊接大型厚壁的制品时，玻璃管口的内部，也需进行倒角，以便缩小焊接的部位。

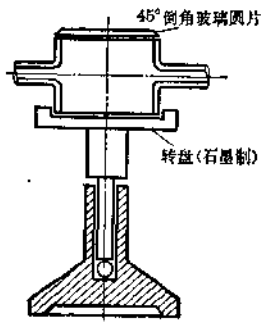


图 8-41 平面焊接装置

焊接也可在玻璃焊接车床上进行，磨好的玻璃管，固定在三爪卡盘上，玻璃片用一端磨平的石墨棒顶住，中间衬以石棉纸，石墨棒固定在车床的右车头三爪卡盘上，在焊接时务必使火焰不能太大，以防石墨和石棉纸印粘在玻璃平面上，从而引起变形。

如玻璃管两端都需进行焊接时（如比色皿的一类产品），必须预先焊好出气支管，两次的焊接应连续一次完成，然后进行退火即成。

上述大型厚壁的玻璃平板在玻璃车床上焊接时，由于三爪卡盘无法夹持，所以可用真空吸附的方法吸住平板进行封接。真空吸附法同样也可用于无法夹持的平底或半球形等玻璃零部件的焊接。

真空吸附是采用相吻合的多孔吸盘，通过机械泵抽气，使

吸盘与工件之间形成真空。工件由于受大气压力的作用，便能稳固地被吸附在吸盘上进行加工。因此，要求工件必须具有一定的光滑的平面或者是有规则的曲面，见图 8-42。吸盘可用不锈钢制造，形状制成平面或曲面均可。

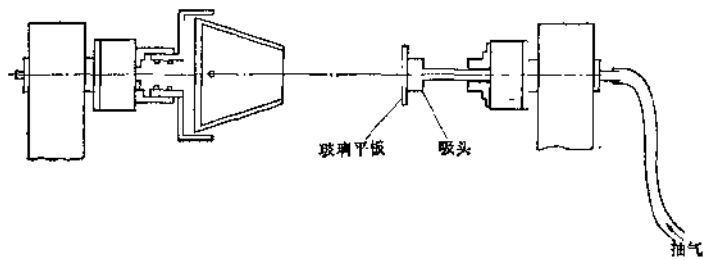


图 8-42 真空吸附方法

吸附的方法是先将被工件夹于左车头，移动右车头的吸盘，使两者吻合。然后启动抽气泵，吸附工件后退出，便能很方便地取得同心。

十四、低熔点玻璃焊接

前节所叙述的具有光学观察平面制品的焊接，是采用火焰焊接的方法进行的。它的优点是焊接较为牢固，使用温度可在 200°C 以上，它的缺点是焊接处总是要发生变形现象。为了克服上述缺陷，在使用温度不超过 100°C 的情况下，可采用低熔点玻璃的方法焊接。现简介如下：

1. 低熔点玻璃的配制

称取红丹 (Pb_3O_4) 100 克、硼酸 (H_3BO_3) 37.8 克及偏硅酸 (H_2SiO_3) 4.3 克，放入瓷蒸发皿内送入熔炉内熔融，熔融温

度为 900°C 左右,时间约 35 分钟(熔成的玻璃应无石子)。然后将玻璃液慢慢的倒入纯水中冷却,取出后烘干研细即可备用。

低熔点玻璃的配方有很多种,这里介绍的只是常用的一种。

2. 焊接

将研细的玻璃粉用纯水搅成糊状,涂在需要焊接处放入电炉中加热,加热温度约 500°C 左右,加热时间约 20 分钟,然后降低温度冷却即可。

注意事项:所焊接的玻璃零件必须是同一型号,并具有相近的膨胀系数,而且必须要磨平抛光。

十五、自动绕制玻璃填充料

玻璃填充料通常用于蒸馏或者分馏仪器。使用时按需要适量装入蒸馏器或分馏器内,借以增大阻力,扩大比表面积,加速汽液交替。玻璃填充料最常用的是耳环式和弹簧式两种。

现将绕制方法简介如下:

取金属芯棒,紧轧在车头内,然后把实心玻璃棒插进自制小电炉内,玻璃棒稳在铁架上,当玻璃熔融时逐渐下垂,此时操作者用钳子将熔融的玻璃曲勾在芯棒支钉上,接着启动电动机,使芯棒旋转,转速每分钟约为 200~300 转。主轴带动芯棒作水平移位,转速及移位速度均通过无级变速机构调节。玻璃由于电炉加热软化,即能连续均匀地绕制于芯棒上。

绕制完毕后停车,取下芯棒拉出玻璃弹簧,按需要长度切断,即告完成(不需退火)。

玻璃填充料自动绕制装置见图 8-43 所示。

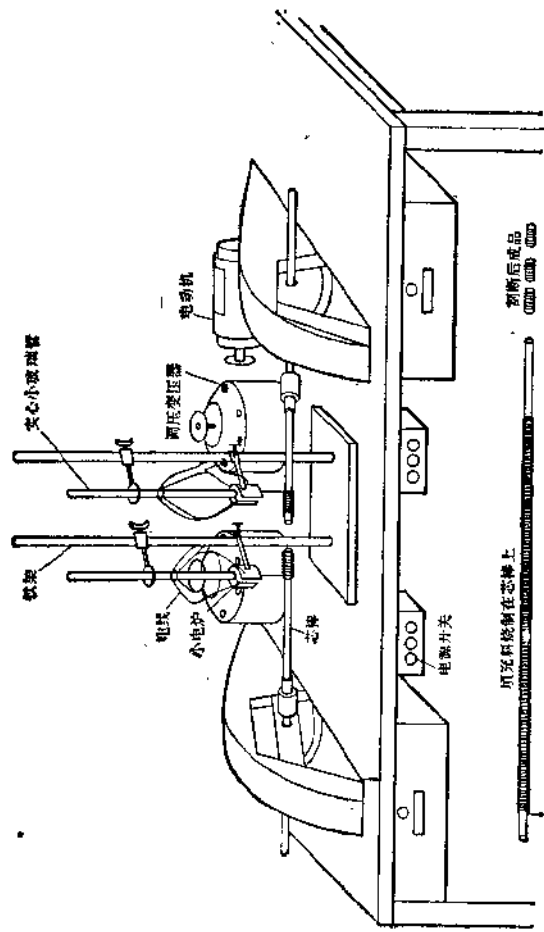


图 8-43 玻璃填充料自动绕制装置

十六、大型弯管的弯曲

1. 宽U形管的弯曲

所谓宽U形管,是指U形宽度在300毫米以上的玻璃管。如果数量不多,可以采用单独大火焰局部烧溶弯曲吹气的方法完成。先按要求将玻璃管烧弯一个角度,然后再烧弯另一个角度,最后在中间部逐渐烧弯成形。大批量生产时,可以采用多喷灯火焰同时烧料,弯曲方法与第四章中一般U形弯管的弯曲方法基本相同。

2. 大规格玻璃管弯曲

直径在100毫米左右的玻璃管烧弯成90度弯管时,由于直径较大,烧弯比较困难,这时必须由两个灯工密切配合操作。为了扩大烧料面积,可以用宽焰排灯烧料。两人各自执握塞具,同时旋转烧料,当料子烧熔至能弯动吹气时,掌握吹气的人立即通知对方停止转动。两人执塞具捏柄同时提起轻轻地拉一下,使之弯曲部位不胖突(这是关键),外档弯曲部位在火焰上烧一阵后,离火让弯曲部位下垂吹气。当玻璃还未完全固化时,立即平放在划有角度的石棉板上撇平拨正。

第九章 玻璃与金属封接

玻璃与金属的封接,用途广泛,特别是电真空器件、激光器件、红外线器件和电光源等方面,都要用到它。对封接技术的要求是很高的。不仅要求有一定的机械强度,而且要求在高真空的情况下,有极好的气密性和导电性。

玻璃与金属封接的形状颇多,通常有引线式封接,管状式封接,盘状式封接及片状或带状式(主要用于石英与钨钼封接方面)封接等几种。要达到以上封接的目的,就要对玻璃和金属及合金材料的性能有如下一些基本的要求:

1. 玻璃和金属及合金材料的热膨胀系数要基本上一致或比较接近,以达到封接件的内应力减少到最低限度,使某些器件能承受 450°C 左右的高温和负 190°C 左右的低温变化(除石英外)。两者热膨胀系数相接近,称之为匹配封接。

2. 金属及合金材料的熔点要高于玻璃的软化温度(即高于玻璃可塑温度,因为玻璃没有固定的熔点,随着温度的上升从固态逐渐均匀地变为液态状)。金属及合金材料的表面经过火焰加热后,其氧化层能牢固地与玻璃粘合在一起。

3. 要求金属有良好的塑性和延展性,利用这一特性能够使玻璃和金属在热膨胀系数差异很大的情况下进行封接,以达到不漏气不爆裂的目的,此称之为非匹配封接。

4. 玻璃和金属及合金必须经过清洁处理,否则会引起封接处漏气、慢性漏气或爆裂。

5. 某些金属或合金在与玻璃封接前,需作烧氢除气处

理。

6. 封接件应尽量做到象玻璃仪器一样地进行退火处理,以减轻应力。

一、玻璃与可伐封接

可伐是铁镍钴三元合金材料,热膨胀系数在 $48 \times 10^{-7} \sim 50 \times 10^{-7}$ 之间。它可以与钼组玻璃封接,常用的是 DM305 或 DM308 等硬质玻璃。以上两种钼组玻璃的热膨胀系数也是在 $48 \times 10^{-7} \sim 50 \times 10^{-7}$ 范围之内,是很好的匹配封接材料。封接前应先将玻璃和可伐进行清洁处理。

1. 玻璃的清洗

(1) 肥皂粉洗液清洗:

① 将玻璃管或玻璃壳浸在温肥皂粉溶液中约 10 分钟(时间长些也可以),用毛刷在玻璃管或玻璃壳的内、外壁擦洗。

② 用自来水冲洗。

③ 用蒸馏水冲洗。

④ 烘干备用。

(2) 玻璃洗液清洗: 如果要求比较高,而玻璃管或玻璃壳又被严重地沾污,这时可浸在玻璃洗液中清洗,时间约 20 分钟(时间长些也可以)。

① 玻璃洗液配方:

$K_2Cr_2O_7$ 17 克

H_2O 50 毫升

H_2SO_4 500 毫升

加热到 $60^\circ C$ 左右效果更好。

② 将玻璃管或玻璃壳浸在温肥皂粉溶液里约10分钟(时间长些也可以),而后用毛刷在玻璃管或玻璃壳的内、外壁擦洗。

③ 用自来水冲洗。

④ 浸入玻璃洗液。

⑤ 用自来水充分冲洗净。

⑥ 用蒸馏水冲洗。

⑦ 用无水乙醇(酒精)脱水。

⑧ 烘干备用。

2. 可伐清洗

(1) 先用汽油在超声波清洗机中脱脂处理。

(2) 再用丙酮在超声波清洗机中脱脂处理。

(3) 烘干备用。

3. 可伐烧氢处理

可伐经以上清洁处理后,还不能与玻璃封接,需要经过烧氢处理,目的是去除可伐材料中的杂质、气体,特别是氧和碳一类的化合物。未经烧氢处理过的可伐与玻璃熔封时会产生大量的气泡,造成漏气、炸裂、破坏了气密性和机械强度。烧氢后的可伐与玻璃封接,封接面光滑透明、封接面呈灰色,封接面结合牢固,气密性能好,见图9-1。

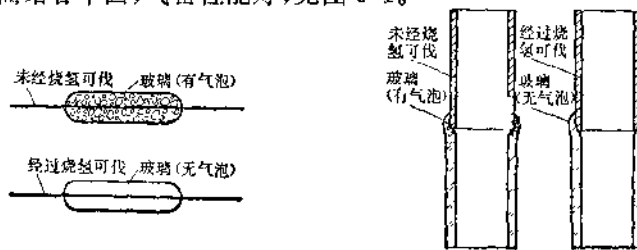


图9-1 封接

烧氢就是将经过清洁处理的可伐材料，放在通有氢气的高温电炉内加热。加热的温度及时间见下表 9-1（可能因设备条件的不同，数据有所差异）。

表 9-1 加热温度及时间

材 料（在湿氢的条件下）	温 度（℃）	时 间（分）
可 伐	1050	15
可 伐	1000	30
可 伐	950	60

关于烧氢炉体结构，请参阅有关书籍，这里不再介绍。

4. 可伐与玻璃熔封

可伐与玻璃在火焰上熔封之前，先将可伐放在火焰上进行氧化，就是将可伐烧到发红或暗红色，但不宜烧到发亮，使其氧化过度。氧化过度的可伐表面氧化层太厚，使封接面颜色变深，甚至变成黑色。如果是大批生产，可将可伐材料放在马弗炉里进行氧化，氧化温度可选择在 600~700℃ 之间。当炉温升到所需的温度时，关掉电源，打开炉门约数 10 秒钟再将炉门关上，让其自然降温到 400℃ 以下即可取出备用。再将下一批放入炉内进行氧化，这样可以得到比较均匀的氧化层。经过以上处理的可伐材料，不能用手直接接触，以免沾污，也不能长期暴露于大气里，否则需要重新烧氢处理。经过氧化后的可伐，便可以与玻璃直接熔封了。

根据封接件的结构形体、大小，来决定是用玻璃车床，还是用手工封接。如电子束管和小形电子管一类的平板芯柱（见图 9-2）是在玻璃平板芯柱封接机上进行熔封。一般的电灯泡、电离计规管（电离管）和一些电子管上用的梳形芯柱（见图 9-3（1~2））是在梳形芯柱机上进行熔封。一般的引线式封接（如图 9-4 所示）和管状式封接（如图 9-5 所示）可用手工操作封接。

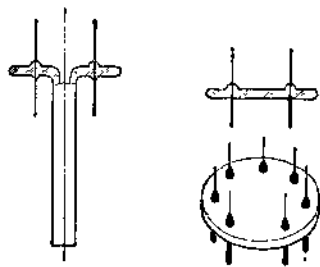


图 9-2 平板芯柱

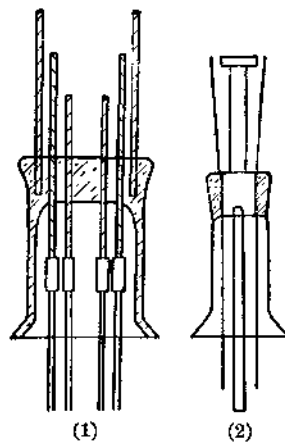


图 9-3 梳形芯柱

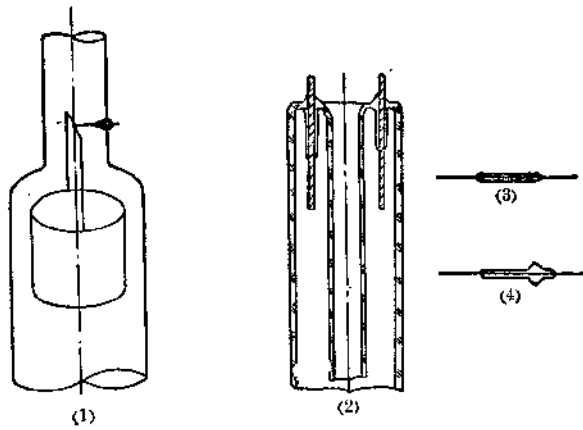


图 9-4 引线式封接

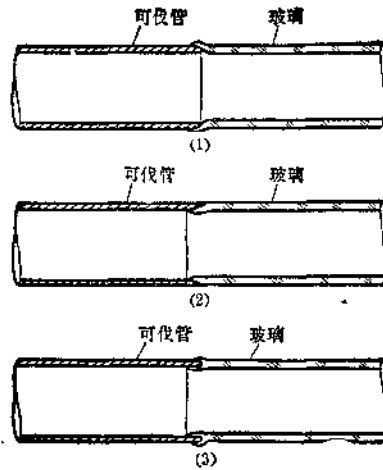


图 9-5 管状式封接

(1) 图9-4(1~2)所示的引线式封接,先选用一段略大于可伐丝直径,长约10~15毫米的小玻璃管套在可伐丝的封接处,用煤氧气混合火焰从一端烧至另一端,使烧熔的玻璃逐渐地与可伐丝粘结起来。不应该东烧一下西烧一下,如果有一处没有烧熔而两端已烧熔,再回头复烧时,就会由于气体被封闭在里面而产生气泡。然后再用小玻璃棒烧绕在上面,形成如图9-4(3~4)所示的形状,再将玻璃管或玻璃壳开小孔,孔的直径略小于玻璃球状部位,然后插入孔内。当玻璃加热至软化时,用灯工钳夹住金属,向里推压一下,使两者的玻璃密封。再将封接处的玻璃充分熔透,即可进行退火。

(2) 如图9-5所示的管状式封接,通常有双包边封接和单包边封接两种(也叫双面封接和单面封接)。金属管内、外壁都有玻璃的称双包边封接,见图9-5(3)。只在金属管外壁

或内壁有玻璃的称单包边封接,见图 9-5(1~2)。

① 单面封接: 选一段玻璃管内径略大于金属管外径,套在金属管上,长约 3 毫米,见图 9-6(1) (金属口径大、套在上面的玻璃管长些,反之就要短些,应根据具体情况决定,接触面过少强度弱)。火焰着重烧在金属部位,玻璃部位火焰少些,因为玻璃是绝缘性材料,不易导热,受热部位容易烧熔。而金属导热性能好,容易散热,若金属表面温度不高,玻璃就不易

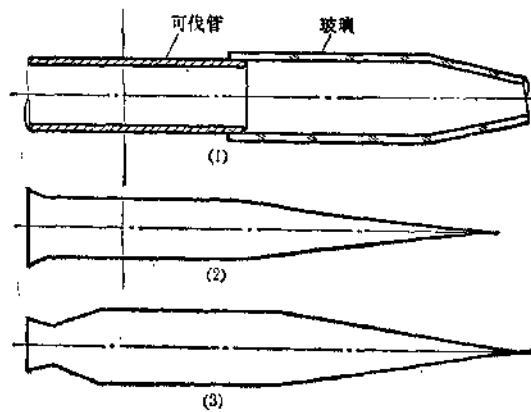


图 9-6 单面封接

粘合上去,当金属和玻璃升到一定温度时,两者就会自行熔粘。因为金属表面有一层氧化层,起了媒介作用,所以能与玻璃坚固地粘结在一起。再加大火焰提高温度,使玻璃熔融光滑,边烧边轻微吹气,不使玻璃变形。封接完毕再进行退火。玻璃管直径小于金属管时,可先将玻璃管扩成喇叭口,见图 9-6(2)。直径太大,可将封接处拉细,见图 9-6(3)。

② 双面封接: 就是在单面封接的基础上,离开封接口约 5 毫米处用火焰拉断,见图 9-7(1)。然后再用压板将熔融玻

璃压向金属管内壁,见图 9-7(2)。最后再将玻璃管封接上去,见图 9-7(3)。金属管内壁的玻璃接触面应宽于外壁玻璃接触面。无论是双面封接或单面封接都要求金属管的封接口圆滑光洁,不能有棱角和毛刺。大型的管状封接最好在玻璃车床上进行操作,便于控制尺寸,封接质量好。如在车床上进行封接,可将金属管夹在左车头一端为宜,玻璃管夹在右车头一端,便于切断玻璃管。

(3) 管状式封接除上述在火焰上用手工操作和在玻璃车床上操作外,还可以用高频感应加热的方法进行熔封。操作简便,能获得高质量的封接面,特别是一些特殊形状结构复杂的加工件,利用高频感应封接更为理想,见图 9-8。管状式的单面封接,以外径 40 毫米,内径 38.8 毫米的可伐管与玻璃封接为例,选一段按长度要求的玻璃管,内径略小于可伐管外径,将玻璃管扩成喇叭口形,套在可伐管上,然后放在高频线圈中,分别将可伐管和玻璃管固定好。开启高压电源,待可伐

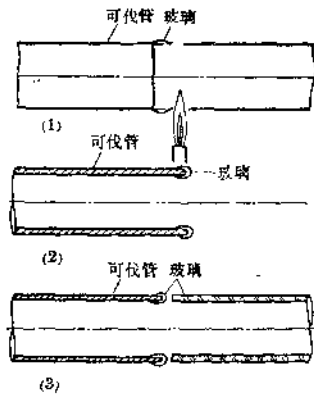


图 9-7 双面封接

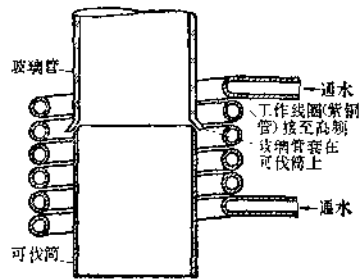


图 9-8 高频感应封接

管发红时,将玻璃管向下压,使两者密合。继续升温至可伐红到发亮,使玻璃全部熔融即可切断高压电源,取下封接件放在电炉内或退火炉内退火即可。管状式双面封接,采用高频感应封接比在玻璃车床上操作更为方便。现仍以以上例可伐管尺寸为例,选内径小于可伐管内径,外径大于可伐管外径的厚玻璃管一段(外径约41~42毫米,内径37~38毫米),分别将玻璃管与可伐管固定,并校正同心(见图9-9)使其处于高频线圈中心,开启高频高压电源,待可伐管发红时,将玻璃管慢慢地向下压(根据封接形状大小决定玻璃与金属的接触面)。继续升温到可伐红到发亮(约1000~1200°C),待封接面全面熔融,即可切断高压电源,取下封接件进行退火。双面封接一次完成。

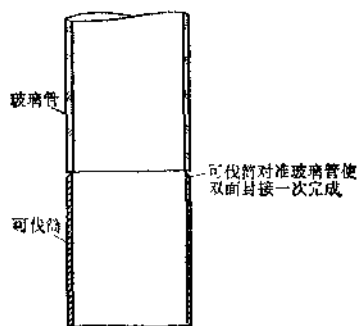


图 9-9 管状式高频感应封接

利用高频感应加热的方法进行盘状式的封接(见图 9-10(1~2)),同样能取得良好的效果。操作步序和前面一样,要求玻璃管的端面平整光滑,最好是经过抛光处理。将可伐盘放在耐高温的绝缘材料上(通常采用陶瓷管或石英玻璃管),见图 9-10(3),最后再放在高频线圈中进行熔封。

玻璃与可伐封接时,不论是在火焰中熔封或是在高频中

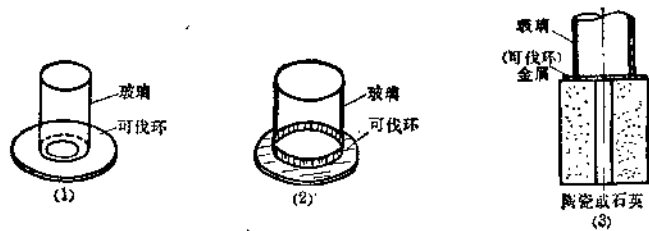


图 9-10 盆状式高频感应封接

熔封都需要注意可伐材料的受热程度。温度太低，不好进行封接加工，温度过高会使封接面发黑，甚至使可伐熔化（可伐的熔点约 1450°C ），特别是可伐丝在氧气火焰中很容易被高温气化。熔封时加热温度要均匀。用高频封接需特别注意封接件在高频线圈中的位置，不能偏向一边，加工件靠高频线圈越近温度越高，反之越低，见图 9-11。温度的高低和均匀性直接影响到封接面的颜色（封接面的颜色是区别氧化层优劣的重要标志）。

可伐与玻璃封接前还有一道工序可以采用，就是在可伐经清洗、烧氢、氧化后，在其封接面上涂一层糊状的玻璃粉。玻

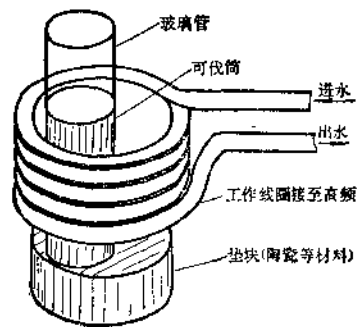


图 9-11

璃粉是用同型号的玻璃粉碎后球磨,再用 200~250 目分样筛取得,加进适量的乙醇、氨水调成胶状,经研磨后使用。可以用优质笔涂刷,也可以用喷枪喷涂,然后放在马弗炉内,在 900~1000°C 温度下烘烤数分钟,然后自然冷却到 200°C 以下,取出备用。经过这道工序,能获得颇为满意的氧化层色彩。一般小批量生产时,都省略了这道工序。

5. 可伐与玻璃封接后的清洗

可伐经过高温熔封,再经较长时间的退火,其表面氧化层极为严重,必须清洗消除。清洗方法如下:

(1) 将制品放在 300 毫升蒸馏水及 70 毫升盐酸的溶液中,浸 20~30 分钟(浸湿时间也可以长些)。

(2) 用自来水充分冲洗。

(3) 在可伐抛光液中进行抛光,抛光液配方:

冰乙酸(冰醋酸)	140 毫升
硝酸	60 毫升
蒸馏水	100 毫升

(4) 再用自来水冲洗。

(5) 用蒸馏水冲洗。

(6) 用无水乙醇(酒精)脱水。

(7) 烘干。

抛光时间要快,约 3~5 秒钟。要求抛光液温度在 100°C 以上。将抛光液倒入烧杯中,放在电炉上边加热边抛光。如有黑色斑点,可反复进行。在清洗过程中,最好套上橡皮手套,使用不锈钢钳子夹持清洗物品。

二、玻璃管与无氧铜封接

1. 无氧铜的性质

无氧铜具有气密性能好、导电性能高的优点,所以在电真空器件中所用的铜,几乎都是无氧铜。无氧铜几乎能够与一切玻璃管相封接。利用无氧铜的延展特性和薄边封接的办法,可以克服与玻璃管封接时,由于膨胀系数的差异而产生的危险应力,以达到与各种玻璃管作非匹配封接的目的。对无氧铜纯度的要求,一般在下列表 9-2 范围之内。与玻璃管封接后,能获得良好的气密性和较高的导电性。

表 9-2 无氧铜纯度

铜(Cu)	不低于 99.95%
磷(P)	<0.003%
砷(As)	<0.002%
氧(O ₂)	<0.02%
其他杂质不应超过	0.005%

封接前应将玻璃管及无氧铜进行清洁处理。

玻璃管的清洗规范同上。

2. 无氧铜的清洗

(1) 先用丙酮在超声波清洗机中去油。

(2) 浸入铜抛光液中约 3~5 秒钟。铜抛光液的配方如下:

下:

磷酸	550 毫升
乙酸	250 毫升
硝酸	200 毫升

最好再加入极少量的硫脲。

(3) 用自来水冲洗。

(4) 在 2% 氨水中浸数分钟(目的是为了中和余酸)。

(5) 再用自来水冲洗。

(6) 用蒸馏水冲洗。

(7) 用无水乙醇脱水(最好再用一次丙酮)。

(8) 用冷风或热风吹干,保存好备用。

如果无氧铜氧化严重时,可按照下列规范进行处理:

(1) 先用丙酮在超声波清洗机中去油。

(2) 在 40~50% 硝酸中淬浸数次。

(3) 用自来水冲洗。

(4) 浸入加光液中数秒钟。加光液的配方如下:

三氧化铬(CrO_3)	60 克
硫酸(H_2SO_4)	15 毫升
蒸馏水	500 毫升

(5) 再用自来水冲洗。

(6) 用蒸馏水冲洗。

(7) 吹干备用。

无氧铜与玻璃管的封接和可伐与玻璃管的封接一样,有双面封接和单面封接两种。加工最好在玻璃车床上进行,但要求无氧铜管的边缘车制成刀口,见图 9-12(1)。刀口的厚约 0.05 毫米,其锥度约 1:5~1:10。在无氧铜的两端分别封接两种不同性质的玻璃,便成为过渡接头,见图 9-12(2)。无氧铜这一特性是其他金属合金所不能媲美的。因此,无氧铜被广泛应用于电子器件中。封接时要注意火焰的温度,因为铜的熔点只有 1083°C,稍不谨慎就会导致无氧铜熔化。

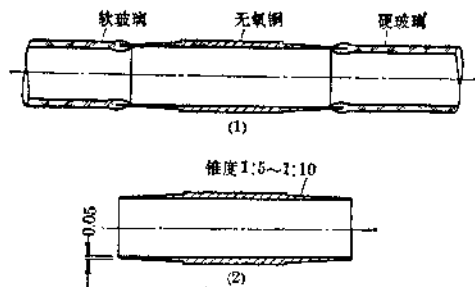


图 9-12 玻璃管与无氧铜封接

三、玻璃与铂丝、杜美丝封接

铂丝(白金丝)、杜美丝与软质玻璃作匹配封接是一种非常好的材料,但由于铂丝价格昂贵,只有在特殊情况下才使用,一般的都采用杜美丝代替铂丝。杜美丝用于引线式的封接最广泛,所有电子管上与玻璃封接的材料几乎都是杜美丝。杜美丝、铂丝的膨胀系数都在 90×10^{-7} 左右。杜美丝能与 DB-404 玻璃作良好的封接,而且封接器件的气密性能良好,不易炸裂。杜美丝呈红色,铂丝呈银色。封接方法与可伐丝相同。封接前清洁处理简便,用乙醇去油后即可使用。铂丝也能与硬质玻璃焊接,但不适用于真空器件。

四、玻璃与钨封接

钨能与硬质玻璃作匹配封接, DW-11 玻璃、九五灯工玻璃都能与钨丝、钨杆直接封接。钨的特性是膨胀系数低($20 \sim 350^\circ\text{C}$ 时约 44×10^{-7}),熔点高(约 3380°C),便于封接。但钨极脆,易于劈裂或成纹状,封接前先要检查其裂纹程度,以免

封接件造成慢性漏气。

钨的清洁处理(玻璃的清洗与前面相同),先将钨丝或钨杆在火焰中烧得发亮进行高温除气,在热的状态下放入亚硝酸钠中除去表面的氧化层,再将钨丝或钨杆在火焰中烧红(但不能烧得发亮,以免氧化过度)进行氧化。然后与玻璃直接熔封,封接的方法和可伐一样。没有亚硝酸钠作清洁处理,也可以在高温除气以后,用砂皮擦去表面的氧化层,最后再用金相砂皮将表面打光,用乙醇擦去污迹即可使用。封接面的颜色,是衡量制品质量好坏的重要标志,一般要求呈橙黄色。

大量生产的单位,钨的清洁处理也可采用电解法。

五、玻璃与钼封接

钼可以与钼组玻璃 DM-305、DM-308 等作匹配封接。钼的热膨胀系数(20~350°C是 55×10^{-7})略大于玻璃的热膨胀系数。玻璃与钼封接件中的应力不严重,制品不致于造成爆裂,而且气密性很好,这是玻璃与钼封接的优点。封接面应呈褐色,封接步骤与前面相同。由于钼极易氧化,因此钼在氧化火焰中高温状态下的时间越短越好,操作时动作要迅速敏捷。

钼的清洗:

(1) 用汽油或丙酮去油两次,最好用超声波清洗机去油。

(2) 浸入下列溶液:

三氧化铬(CrO_3)	60 克
硫酸(H_2SO_4)	15 毫升
蒸馏水(H_2O)	500 毫升
时 间	几十秒
温 度	室 温

- (3) 用自来水冲洗。
- (4) 用蒸馏水冲洗。
- (5) 烘干或风吹干。

第十章 点滴经验及技术革新

毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”

在工业、农业和科学技术飞速发展的大好形势下，玻璃仪器灯工技术也有了较大的提高。为了与兄弟单位灯工师傅们互通情况、交流经验，我们将多年来从事灯工操作的一些肤浅的点滴经验和部分革新项目，整理出来，供同志们参考。

一、玻璃缺陷的修整

1. 气泡处理

玻璃气泡的存在，不仅有损于玻璃制品的外观质量，而且会降低玻璃制品的机械强度。特别是需要磨砂部位的表面，不允许有气泡存在。如图 10-1(1)所示的气泡的修理方法，可用小火焰加热气泡表面，用实心小玻璃棒粘接拉成小丝，见图 10-1(2)。小丝夹断后，再用火苗尖从气泡边沿开始烧熔，逐渐移向另一边，气泡即能闭合排除，见图 10-1(3)。

2. 气线处理

细微的气线，在玻璃管中几乎无法避免，较粗的气线，在选择玻璃管时应加以注意。在吹制过程中，若发现有气线，也可用火焰进行修整排除。如图 10-2(1)所示的气路，周围封

闭不通,如急用火苗烧除,就会变成分段气泡。因此,可以在气线尖端将玻璃管切断,使气体能有通路,再用火苗尖从气线顶端逐渐烧向口端,气线即可排除,见图 10-2(2)。

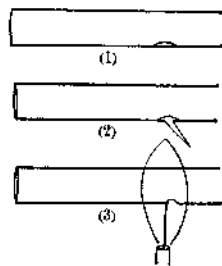


图 10-1 气泡的处理

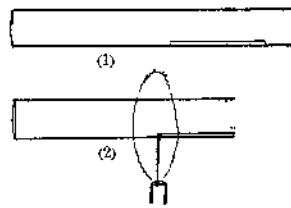


图 10-2 气线处理

3. 石子处理

石子的存在不仅影响玻璃制品的机械强度,而且在石子部位会造成结构应力,从而耐温差骤变性能大大降低,使玻璃制品从石子面部位发生炸裂。为了避免上述情况发生,石子在玻璃制品中的存在必须严格控制。如无法避免时,也可采用火焰排除。如图 10-3(1)所示的石子,可先将玻璃管预热,用火苗将石子部位烧熔,并吹成高突点,见图 10-3(2)。用实心小玻璃棒粘接拉除,然后再用实心玻璃棒烧熔补料,吹成高突点。要使玻璃壁均匀,火苗尖应烧在高突部位周围,逐渐使整个高突点熔融吹平,见图 10-3(3)。

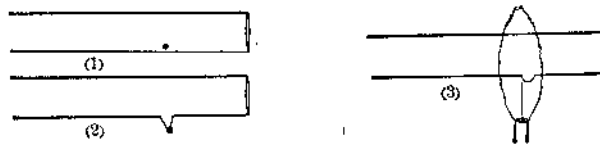


图 10-3 石子处理

二、玻璃制品损坏与爆裂的修复

损坏和爆裂的玻璃仪器，多数是可以修复的。下面我们介绍几种爆裂及零件断裂进行修复的基本方法，供参考。

1. 爆裂的修复

先用单煤气火焰在裂痕顶端周围预热，再逐渐将火焰移向裂痕处。当裂痕不再扩大时，火焰温度再逐渐增高。火焰对准裂痕顶端逐渐烧向另一端，裂痕即能自行收缩闭合。但这时并没有完全熔粘在一起，因此还需要用火苗将裂痕部位充分熔融，才能避免重新裂开，修复后需作退火处理。

2. 机械损伤裂缝的修复

如图 10-4(1) 所示的裂缝在修复前，先用实心小玻璃棒

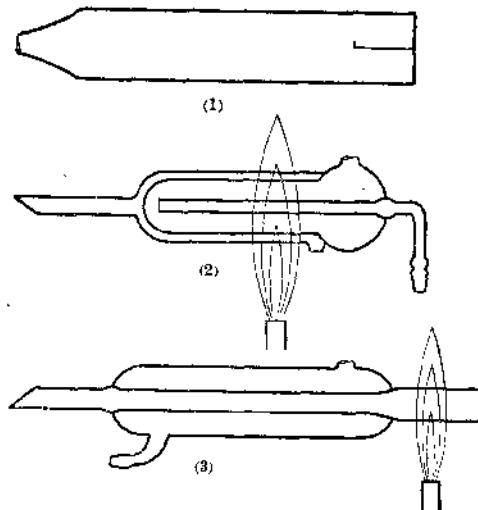


图 10-4 玻璃制品损坏与爆裂的修复

烧粘在裂痕顶端一侧,裂痕即能引向旁边(目的是为了阻止裂痕扩大),然后开始预热。因为有的裂痕当火焰接触后会分裂成缝,因此机械损伤裂痕的烧闭过程与上述处理方法有所不同。通过预热增高火焰的温度,表面烧熔(不宜过度烊)用灯工钳边烧边夹,裂痕即能紧闭闭合,最后再用火苗复烧修光。如果玻璃壁较厚,可将火苗伸进内壁,按次序烧一阵,使裂痕部位充分得到熔融。

3. 夹层产品零件碰断修复

在修复前,如急于在夹层接头部位上预热,接头容易产生爆裂,所以预热应从双层接头下部开始,见图 10-4(2)。然后再将火焰逐渐移向碰断部位,这样就能有效地避免或减少爆裂现象发生。接着重新封接断支管。

4. 具有拉力产品胶管接口碰断修复

如直形冷凝管,开始就在接口断裂部位预热,也很容易造成爆裂。因芯管具有拉力,因此应该从上接管处开始预热,而后再将火焰逐步移向环形接头,这样就能避免爆裂,见图 10-4(3)。预热后重新封接断胶管接口。

5. 要保持裂缝部位清洁

当发觉产品部件受损坏,应该及时修复,以免裂痕扩大。如果一时不能修复,可用纸将损坏部位包扎起来妥善保管。如损坏部位已有轻微浮尘,不宜用揩布擦。因为擦后很容易使污迹浸入裂缝里,修复后在裂缝处会留有明显的痕迹,影响外观质量。应用压缩空气吹净,或自来水冲洗,但需自然干燥。

6. 玻璃块脱落制品修复

硬质玻璃制品机械损坏脱落,一般在 30 毫米左右还是能修复的,当然修复后与正品相比外观质量要差一些,但不影响使用。方法是用灯工钳夹住脱落玻璃块预热一阵,在火焰中

将不规则破损面相互对准粘连，用上述机械损伤裂缝的修复方法进行修理。如发现有小孔，可用钨钢针拨补眯合。

7. 石棉包扎接头预热

如遇大直径夹层接头一侧支管断裂，除采用上述夹层产品零件的预热方法进行预热外，还得用石棉绳类包扎在夹层接头上预热，以避免爆裂。也可将制品放在火焰上方，利用热气熏，然后逐步降低高度的办法，来取代石棉包扎，其目的都是使制品的受热程度逐步升高。

8. 电炉预热

有电炉设备的单位，可将爆裂产品放入电炉内逐步加热。达到预热温度后，戴上石棉手套取出，在喷灯上（火焰温度略高些）烘烧一阵后修复，目的也是使受热部位的温度逐渐提高。

三、接头漏气修理

高真空仪器每个零件的接头都要保证不漏气，否则将严重影响真空工作的进行。因此，要求相熔接的玻璃管截面必须清洁，不允许杂有铁质、污垢等，切忌用割管机切割。如发现接头夹有杂质而造成慢性漏气时，不宜用上述方法处理，而将杂质部位烧熔，再用玻璃棒粘连拉除杂质，最后复烧修光。

发觉接头处有漏孔，应用钨钢针拨料或者补粘连，切勿用灯工钳或锉刀类接触，以免夹进铁质。

四、具有拉力产品避免爆裂的方法

具有拉力产品的爆裂，通常发生于直形冷却管及大型水

冷套等形式的产品。由于内芯是直形玻璃管(无伸缩性),而且两头的封接是分别进行的,当第二头封接完毕,在大气中冷却时,内芯与外套管的冷却就会产生速度差,即内芯的冷却收缩速度慢于外套管的冷却收缩速度。当外套管已收缩完毕时,内芯仍力求收缩,这时作用于两接头和内芯管上的力成为拉应力。这种拉应力极易使产品爆裂,而且用一般的喷灯退火方法无法消除。

毛主席教导我们:“感觉到了的东西,我们不能立刻理解它,只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”

了解了上述产生爆裂的原因之后,我们就可以通过各种途径去减轻拉应力,设法避免产品在制造过程中的爆裂。方法如下:

(1) 选择优质硬料玻璃管,如 GG-17、九五灯工玻璃等制作,由于这些玻璃的热膨胀系数较低,一般直形冷却管的内芯也较细,因此产生的拉应力也就不大。制品吹制好以后,只要在喷灯上作良好的退火,即能避免爆裂。一般硬质料第二头封接完毕,可放入台烘炉退火,减慢冷却速度。

(2) 选用软质玻璃制作时,第一头用台烘炉退火,第二头应插入热稻草灰保温。

(3) 大型直形水冷套,由于内、外玻璃管直径粗大,产生拉应力极为严重。一般内芯管在 30 毫米以上,用上述方法制作也可能产生爆裂。例如图 10-5 所示之产品,第一头封接完毕,应先进退火窑炉退火,消除应力后,再进行第二头封接,接好后应插入热稻草灰保温,最后作整体退火。

(4) 消除上述大型水冷套的拉应力,也可采用另一种比较有效的方法。第一头与前面所讲的相同,预先消除应力。第二头在车床上封接时,当接头处退火即将结束,立即用手喷灯

加热水冷套(外层)中间部位,至火焰发红即可(约达转化温度)。先关闭接头处退火火焰,继续将外套中间部位烘烤一阵,目的是将内芯产生的拉应力在外套上抵消。这种方法简便有效,可以基本上消除拉应力,这样做还可省去热稻草灰保温和退火窑退火工序。这种方法虽然简便可行,但关键在于掌握好退火步骤、程度和时间。

(5) 内芯长度在 100 毫米以下的产品,两头封接应趁热进行。封接完毕,两头要同时进行退火,或放入热稻草灰保温和退火窑退火。最后经电炉或退火窑退火。

(6) 象图 10-6(1)所示的内芯管具有侧接支管的产品,应先封接大接头端,经退火窑退火消除应力后,再调头封接,喷灯退火,最后再整体退火。

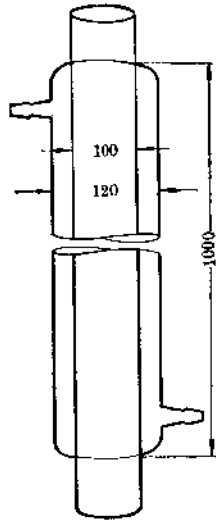


图 10-5 具有严重拉力的夹层产品

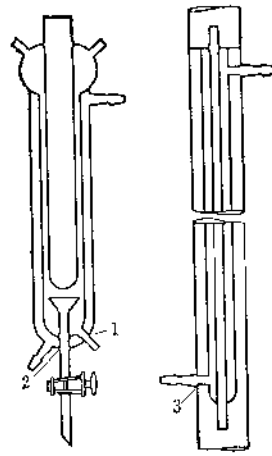


图 10-6 具有拉力结构的产品

1—严重拉力部位; 2—严重拉力部位; 3—最易拉断部位

(7) 图 10-6(2)所示形式的产品,也应先封接大接头一端,经退火窑退火后,再封接小接头两端。由于大接头消除应力后,能够承受小接头收缩时所产生的拉应力,所以封接时必须先大后小。封接完毕后应放入热稻草灰保温。

(8) 一般来说,直形内芯与外套之间的间距越小,则拉应力愈大,反之则小。制作这类产品时,内芯管壁应比外套管壁薄,最多应内、外管壁相仿,切勿相反,否则会由于内外管冷却速度相差很大而增加拉应力。

(9) 凡属具有拉应力的环形接头,制作时必须注意,使接头充分熔融并略微吹开,接头内侧应避免锐角,因锐角承受拉应力较差,容易招致爆裂。

(10) 环形接头是否充分熔融,是可以看得出来的。在火焰中熔烧时,玻璃由红变黄直至发白,这就说明已充分熔融,即可离火吹气。充分熔融的制品在冷却后,接头处应发亮。如果接头灰暗,则说明熔融不够充分。

五、钨棒的辅助作用

(1) 如图 10-7(1)所示的电极,要使毛细管缩结处内孔基本不变,可在未加工之前插入与毛细管内径相仿的钨棒,将缩结部位逐渐熔融(毛细管均匀旋转,钨棒不转),不断地往里揸缩便成,见图 10-7(2)。

(2) 毛细管磨盖,可用圆盖钳圆制。如没有圆盖钳,也可用钨棒插入推滚。钨棒插入毛细管孔内,逐渐烧熔揸缩增厚,见图 10-7(3)。随后抽出长钨棒,换上与毛细管内孔近似的短钨棒,插入之前须沾一下豆油,避免与玻璃粘接。接着把磨盖放在火焰复烧熔。离火放在平整的铁板上,用拍板推滚成

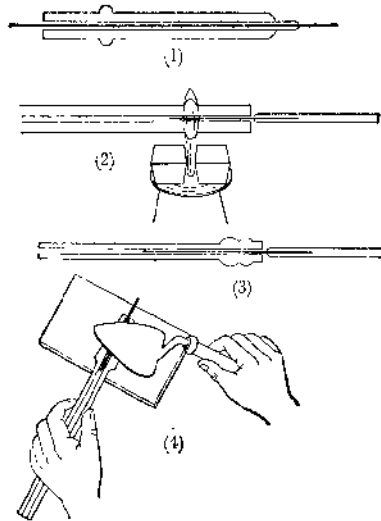


图 10-7 铜棒辅助作用

型,见图 10-7(4)。

六、石墨棒括接头

在大型部件上侧接支管时,为了省去吹气及制作吹气塞具的麻烦,可采用石墨棒括口的方法,较为简便,封接质量也很理想。方法如下:

1. 在喷灯上用石墨棒括接头

(1) 先将需侧接部位烧熔,拉料开孔,用石墨扩孔具整圆,使之与支管孔径相仿,孔与管口在火焰中烧熔初步相粘。

(2) 逐段熔融,用石墨棒伸入括平,见图 10-8。注意,当一段烧熔后,立即增大火焰,使周围玻璃也附带烧一下,避免

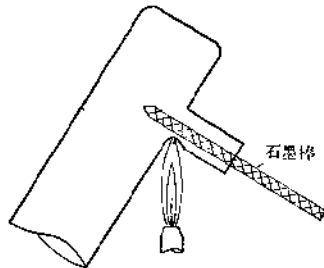


图 10-8 石墨棒插接头

熔融玻璃集中一点而成块。如此逐段进行,可使接头光洁、平整、均匀。

2. 在玻璃车床上用石墨棒插接头

在玻璃车床上用石墨棒插接头的原理和在喷灯上一样,所不同的是,在喷灯上工件不旋转,逐段熔融插平。而在玻璃车床上,工件夹在车头上连续旋转,接头四周同时均匀烧熔插平。

图 10-9(1~2)所示形式的接头,都是在玻璃车床上加工的。支管不用车头三爪卡盘夹持,而是用右手利用石墨棒伸

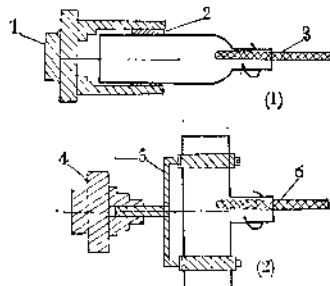


图 10-9 在玻璃车床上插接头

1—三爪卡盘; 2—玻璃管子; 3—石墨棒; 4—三爪卡盘; 5—刀具;
6—石墨棒

入支管内支持。烧料以左手持手喷灯进行,当接头烧熔,石墨棒伸入接头插平。如发现接头处增厚,可戴石棉手套将支管微拉一下即成。这种方法较难掌握,特别是玻璃熔融时较难控制,但一旦技术熟练后,可使操作带来很大的方便。用此法操作,支管长度不应超过 100 毫米。

支管长度在 100 毫米以上时,支管应夹在右车头卡盘上,石墨棒从车头轴内孔插入。如果石墨棒长度不够,可一端塞紧在长玻璃管内,以利操作(此法要求玻璃车床三爪卡盘内孔较大)。

七、比色管烧底

比色管通常是数只一组,应用于化验时对溶液进行比色。因此,不仅要求玻璃无色、透明,而且还要求底部在加工时,尽可能做到平整光洁,厚薄均匀,以降低玻璃产生的折射。

一般比色管的平底,均由灯工烧制而成。灯工技术的好坏直接影响成品质量的优劣。我们的体会,如果掌握了下面两个要点,对提高产品质量很有帮助。

(1) 制作比色管,一般均采用无色透明的钠碱玻璃(软质玻璃)。为了取得均匀的平底,加工时需要较高的火焰温度。但是,由于钠碱玻璃中含有微量的铅金属氧化物,在火焰的还原焰中熔烧时,被还原析出金属铅,因此常常使比色管底部发黑。比色管在封平底时,切勿接触还原焰。此时可适当加大氧气渗入量,使火焰氧化充分,操作时玻璃管应略高一些。这个道理往往被操作者所忽视。

(2) 煤氧火焰应用小火砖夹扁。当玻璃管余料拉除后,再复烧底部,使其厚薄均匀。为使底部平整,玻璃管持握方向

应与火焰方向垂直交叉。这样以来，玻璃管底中心部位与火焰接触较少了，又影响其受热的均匀性，因此可取平底石英玻璃管(或特硬质玻璃)与比色管底相对同时熔烧，两管底间隙约4毫米，这样可弥补比色管底部加热不均匀的缺点。

八、实心玻璃棒加料及粘接固定

(1) 玻璃与金属作引线式匹配封接时，往往先要在玻璃主件上接一细支管，然后开孔再插入金属棒进行封接。这种方法手续繁复，可改用实心小玻璃棒粘接吹拉的方法比较方便。具体方法如下：

先将封接处吹成高突点，熔融面不宜过大。再将实心玻璃棒充分烧熔，见图10-10(1)。然后在火焰里粘接在高突点上，见图10-10(2)。离火边吹边拉成一支管形状，见图10-10(3)。接头处光洁均匀，避免了接头漏气。

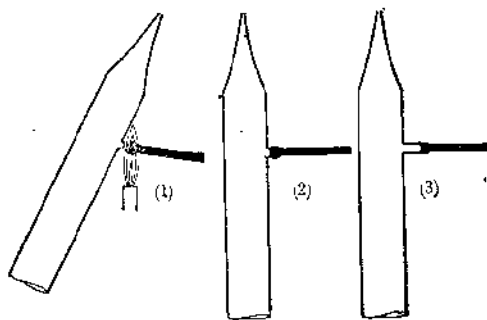


图 10-10 实心玻璃棒烧粘加料次序

(2) 具有内接管的制品，如不便于用支持物固定(如图10-11(3))，可用小玻璃棒作临时粘接固定，操作很简便，现简

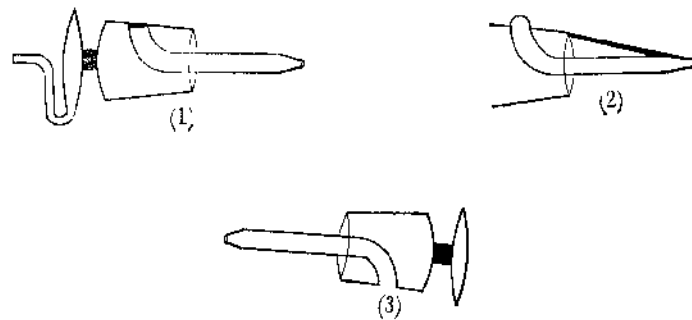


图 10-11 粘接固定方法

介如下：

内接管弯制完毕，伸入磨盖内壁中间，用小火焰烧熔相粘，见图 10-11(1)。离火吹胀，固化后，取一段实心小玻璃棒烧熔，按图 10-11(2)所示的形式与产品相粘。注意产品不必熔融，在火焰中烘一下即可粘住。这样所形成的固定，对下一步的操作极为方便。

九、利用压缩空气吹气封接

利用压缩空气代替人工吹气，有利于操作者的健康。装置十分简单，方法如下：

1. 手控制吹气

手控制吹气见图 10-12(1~2)。这种方法适用于持手柄操作的产品。胶管接通压缩空气，应能通过金属阀门控制气量(玻璃活塞也可)。操作时，手柄上的出气孔由拇指根据需要适当阻塞，即能起到吹气的作用。

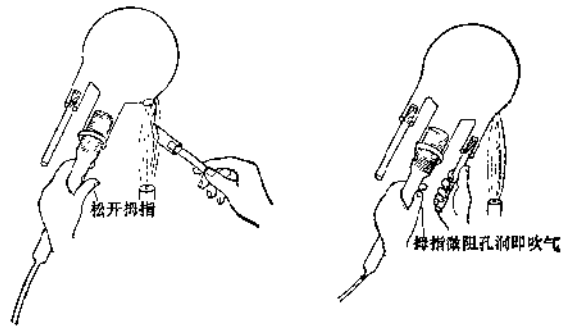


图 10-12 手控制吹气方法

2. 脚踏开关控制吹气

脚踏开关控制吹气，对任何封接情况都适用。其装置见图 10-13 所示。

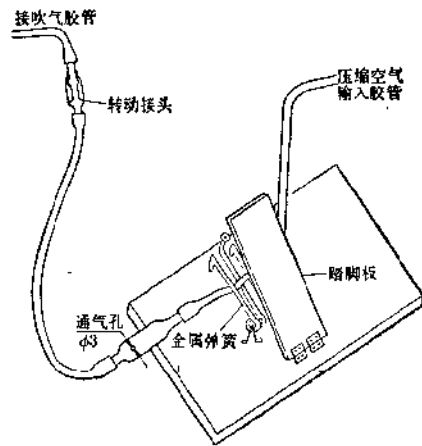


图 10-13 脚踏开关控制吹气装置

十、玻璃料性拉丝试验

两种料性不同的玻璃管混淆在一起，一般可用目测玻璃管横断面颜色的方法进行区分。软质玻璃管呈绿色，硬质玻璃管呈黄色，GG-17 料的玻璃管呈青灰色。但在目测尚无把握的情况下，可用拉丝法来判断两种料能否相接。具体方法介绍如下：

(1) 将两根玻璃管各敲下一小块玻璃，分别熔烧成相近的细实心玻璃棒，然后相迭粘，见图 10-14(1)。在火焰中旋

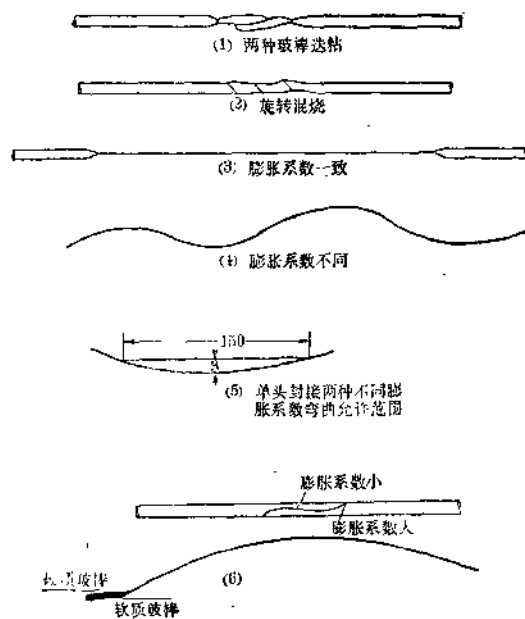


图 10-14 玻璃料性拉丝试验

转烧熔,使两种料混在一起,见图10-14(2)。离火迅速拉成细丝,直径约0.2~0.4毫米。冷却后察看细丝情况,若细丝正直,就说明料性一致,见图10-14(3)。若细丝扭曲,则说明两者热膨胀系数差距较大,见图10-14(4)。

(2) 另一种方法是将两小块不同的玻璃,熔拉成细玻璃棒并夹扁,两者互相迭粘,于火焰中两面烧熔,注意不要混在一起,离火拉成细丝(拉丝时双手不要旋转,保持两种料垂直分界)。冷却后取中段细丝150毫米长,平放于毫米方格纸上,察看其弧高,若在3毫米以下,则两种玻璃管作单接头问题不大,见图10-14(5)。

(3) 如已发现两种玻璃管热膨胀系数有差异(差距不大),而必须制作环形接头的夹层产品时,可用图10-15所示的方法进行。

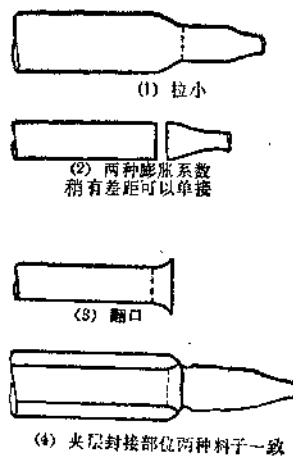


图 10-15

十一、四级油泵蛇形盘管制作的改进

四级油泵内芯上端的水冷盘管，一般都是在火焰中局部加热，用手工弯制而成的，因此速度较慢，而且尺寸不易掌握。现介绍一种用模具弯制的方法，不仅可以提高产量，而且规格尺寸基本上统一。模具由生铁车制而成，操作方法如图10-16所示。模具搁在铁架上，灯头倾斜使火焰向前喷射。将玻璃

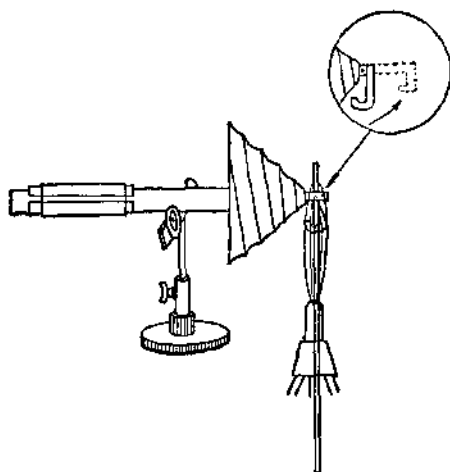


图 10-16 制作蛇形盘管的改进工具

管烧至软化时，插入模具顶端的弯勾内，此时开始转动模具手柄，玻璃管继续在火焰中连续加热，则可逐步将玻璃管弯卷于模具梯形螺旋凹槽之中。待弯卷结束，离开火焰，将手柄反转一下，使玻璃管模具松开，并同时将模具顶端的弯勾向水平方向伸直，弯卷好的盘管即可取出。火焰的大小与绕制蛇形管

时相同。

十二、蛇形盘管绕制机

蛇形盘管常用于各种形式的玻璃仪器中。长期来，蛇形盘管的生产均由灯工用手工操作，劳动强度高，产量低。现在，不少单位通过技术革新，采用了机器绕制。

机器绕制蛇形盘管的优点是：

- (1) 由机器代替手工绕制，因而大大降低了劳动强度。
- (2) 由于是机械转动，因而绕制成的蛇形盘管圆度正、无棱角，而且均匀度好。
- (3) 玻璃管放在地上绕制，不受长度的限制。可以绕制 $\phi 80 \times 750$ 毫米的蛇形盘管。机器绕制的蛇形盘管不需要拼接，因而减少了工序，提高了产量。

蛇形盘管绕制机的构造见图 10-17。

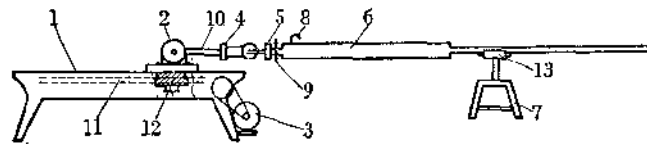


图 10-17 蛇形盘管绕制机

1—床身； 2—电动机； 3—电动机； 4—摩擦片； 5—万向接头；
6—绕制玻璃蛇管的芯棒； 7—支架； 8—起弯钩； 9—固定销；
10—蜗轮蜗杆； 11—主轴丝杆； 12—离合器； 13—支承滚轮

几点说明：

- (1) 蛇形盘管绕制时，玻璃管及喷灯火焰均可不动，只需调节主轴丝杆的电动机转速，即可取得不同间距之蛇形盘管。
- (2) 欲制得不同直径之蛇形盘管，只需调换不同直径的

芯棒即可。

(3) 两只电动机分别用可控硅自由调整电压，以便在绕制时，可任意调节转速。可控硅变速箱体积较小，操作时放在身边，十分方便。

(4) 图 10-18 所示的摩擦片的作用是在绕制时，如果玻璃管未及时烧熔，摩擦芯可自动打滑，避免玻璃管被断裂。摩擦力的大小，可通过螺栓来调节。

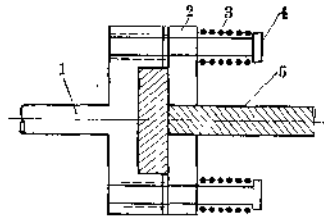


图 10-18 摩擦片的构造

1- 摩擦套与万向接头联接； 2- 压板； 3- 弹簧； 4- 螺栓；
5- 摩擦芯与蜗轮轴联接

(5) 万向接头的作用是便于取出蛇形盘管。方法是一手持芯棒的尾端向上提起，使之脱离支架，另一手即可退出蛇形盘管。

(6) 起弯时，车头是在床身的右端。盘制结束时，车头已行至床身左端，这时可拉开丝杆离合器手柄，将车头移至右端，待取下蛇形管后，即可开始绕制下一根蛇形盘管。

十三、圆口机

此圆口机共有五只喷灯，分预热、预熔和成型喷灯。通过加料斗，将玻璃管输送至预热喷灯，然后将管口烧熔，并将管

口略反大一些,再输送至成型喷灯。继续烧熔口部玻璃,通过成型钳将口圆制成型,见图 10-19。

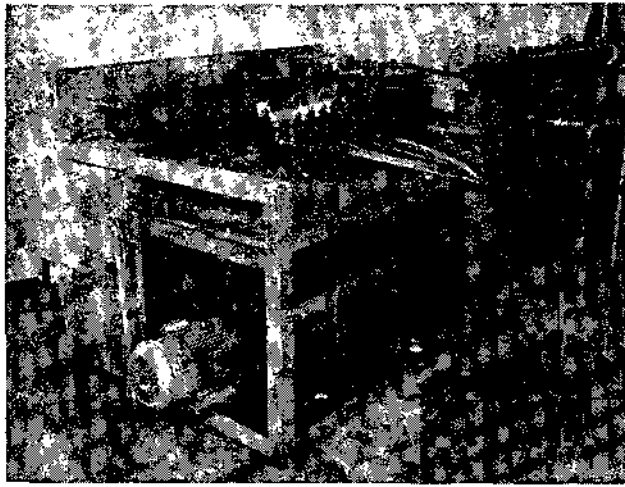


图 10-19 圆口机

十四、标准接口真空整形机

标准口真空整形机共装有十六只不锈钢标准塞,塞内装有金属管,一端与机械泵连接。将一端封闭的初步成型的口套在标准塞上,在机械泵的作用下,口内形成真空,将初步成型的口逐步加热至软化,口部就紧贴于标准塞上,使口标准整形。通过真空整形的口不需要再进行磨砂加工,即能保证口的密合性。标准口真空整形机见图 10-20 所示。

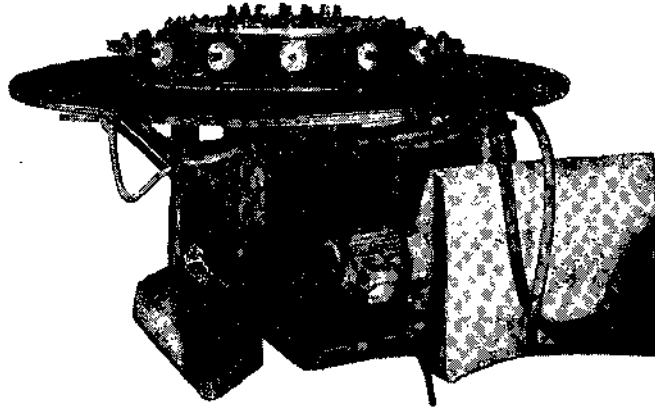


图 10-20 标准口真空整形机

附录 容积查照表

附表 1 管子内径与体积查照表

内径 (毫米)	体积(毫升)		管子内径与体积查照表																					
	0.1	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0			
0.1	12730	25470	31840	38200	50960	63630	76100	89100	101800	114500	127300	140100	152900	165700	178500	191300	204100	216900	229700	242500	255300	268100	280900	
0.2	3181	6360	7930	9545	12720	15910	19090	22270	25470	28610	31810	35010	38210	41410	44610	47810	51010	54210	57410	60610	63810	67010	70210	73410
0.3	1414	2830	3536	4245	5655	7070	8480	9900	11320	12730	14140	15550	16960	18370	19780	21190	22600	24010	25420	26830	28240	29650	31060	32470
0.4	795	1591	1988	2386	3183	3977	4770	5565	6370	7160	7950	8740	9530	10320	11110	11900	12690	13480	14270	15060	15850	16640	17430	18220
0.5	508	1017	1272	1526	2034	2544	3053	3560	4070	4575	5080	5585	6090	6595	7100	7605	8110	8615	9120	9625	10130	10635	11140	11645
0.6	353.6	707	884	1061	1415	1763	2123	2475	2830	3185	3535	3885	4235	4585	4935	5285	5635	5985	6335	6685	7035	7385	7735	8085
0.7	259.5	519	649	779	1038	1299	1558	1818	2076	2335	2595	2855	3115	3375	3635	3895	4155	4415	4675	4935	5195	5455	5715	5975
0.8	199	398	497	596.5	795.5	995.5	1193	1392	1592	1790	1989	2188	2387	2586	2785	2984	3183	3382	3581	3780	3979	4178	4377	4576

0.9	157.5	314	393	472	629	786	943	1101	1258	1415	1572
1.0	127.3	254.7	318.4	382	509	636.5	764	891	1018	1145	1273
1.2	88.3	176.7	221	265.7	353.4	442	530.5	618	707	795	883
1.5	56.5	113.2	141.6	169.7	226.4	283	339.5	396.5	452	509	566
1.8	39.3	78.6	98.3	117.9	157.2	196.6	235.8	275.2	314.5	353.7	393
2.0	31.8	63.6	74.5	95.5	127.2	139	190.9	222.7	254.7	286.4	318.1
2.5	20.4	40.7	50.9	61.1	81.5	101.8	122.3	142.6	162.9	183.3	203.7
2.8	16.2	32.5	40.6	48.7	65	81.2	97.4	113.8	130	146.2	162.4
3.0	14.1	28.3	35.4	42.5	56.6	70.7	84.8	99	113.2	127.3	141.4
3.5	10.4	20.8	26	31.2	41.6	51.9	62.3	72.7	83.1	93.5	103.9
3.8	8.8	17.6	22.1	26.5	35.1	41.1	52.9	61.7	70.6	79.3	88.2
4.0	8.0	15.9	19.9	23.9	31.8	39.8	47.7	55.7	63.7	71.6	79.5
4.5	6.3	12.6	15.7	18.9	25.2	31.4	37.7	44	50.3	56.6	62.9

圆柱体积 = $\pi r^2 h = \frac{\pi}{4} d^2 h = 0.7854 d^2 h$

圆锥体积 = $\frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{\pi}{6} d^2 h = 0.5236 d^2 h$

r 为半径

d 为直径

h 为高

(续表)

内径 (毫米)	体积(毫升)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20						
5.0	51	102	153	204	255	306	357	408	458	509	611	761	917	1019						
5.2	47	94	141	188	236	283	330	377	424	471	563	707	848	942						
5.5	42	84	126	168	210	252	295	337	379	421	505	631	758	842						
5.8	38	76	114	152	190	228	266	304	342	380	456	570	684	760						
6.0	35	70.5	106	141	176	212	247	282	317	352	428	528	634	705						
6.2	33	66	99	132	165	198	231	264	297	330	396	493	591	660						
6.5	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	360	450	540	600						
6.8	27.5	55	82.5	110	138	165	193	220	248	275	330	412	495	550						
7.0	26	52	78	104	130	156	182	208	234	260	312	390	468	520						
7.5	22.5	45	67.5	90	112	135	158	180	203	225	270	338	405	450						
8.0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	300	360	400						
8.5	17.6	35.3	53	70.5	88	106	123	141	159	176	211	265	318	353						

9.0	15.7	31.4	47	62.8	78.5	91	110	126	141	157	189	236	283	314
9.5	14	28	42	56	70	84	93	112	126	140	168	210	252	280
10.0	12.7	25.4	38	50.8	63.5	76	89	101	111	127	152	190	228	254
10.2	12.2	24.4	36.0	48.8	61	73	85	98	110	122	146	183	220	244
10.5	11.5	23	34.6	46	57.5	69	81	92	104	115	138	173	207	230
10.8	11.0	22	33	44	55	66	77	88	99	110	132	165	198	220
11.0	10.5	21	31.6	42	52.5	63	74	84	95	105	128	158	189	210
11.3	10.0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150	180	200
11.5	9.6	19.2	28.8	38.4	48	58	67	77	86	96	115	141	173	192
12.0	8.8	17.6	26.5	35.3	44	53	62	70	79	88	106	132	158	176
12.5	8.1	16.2	24.4	32.5	40.6	49	57	65	73	81	97	122	146	162
13.0	7.5	15	22.5	30	37.5	45	52.5	60	67.5	75	90	112.5	135	150
13.5	6.98	14	21.0	28	35	42	49	56	63	70	84	105	126	140
14.0	6.5	13	19.5	26	32.5	39	45.5	52	59	65	78	98	117	130

(续表)

内径 (毫米)	体积(毫升)		25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
	水长 (毫米)															
5.0		1273	1530	1782												
5.2		1178	1413	1619												
5.5		1052	1268	1473												
5.8		950	1140	1330												
6.0		880	1037	1233												
6.2		825	990	1155												
6.5		750	900	1050												
6.8		690	825	964												
7.0		650	780	910	1040											
7.5		560	675	786	898											
8.0		500	600	700	800											
8.5		440	530	617	705											

9.0	892	470	550	620	707	786														
9.5	350	420	490	560	630	700	770													
10.0	312	380	445	510	572	635	699	760	826	890	953	1016	1079	1148	1220					
10.2	305	366	427	488	549	610	671	730	793	855	915	975	1035	1098	1220					
10.5	288	346	403	460	518	575	633	690	748	805	863	920	975	1035	1150					
10.8	275	330	384	440	495	550	605	660	715	770	825	880	935	990	1100					
11.0	261	316	370	420	473	525	578	630	683	735	788	840	890	945	1050					
11.3	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000					
11.5	240	288	336	385	432	480	528	575	621	672	720	770	820	861	960					
12.0	220	265	308	353	396	440	484	530	572	617	660	705	750	792	880					
12.5	208	244	284	325	365	406	446	485	527	570	619	650	700	730	810					
13.0	187	225	262	300	338	375	413	450	488	525	563	600	650	675	750					
13.5	175	210	245	280	315	350	385	420	455	490	525	560	600	630	700					
14.0	162	195	227	260	293	325	358	390	423	455	488	520	553	588	650					

(续表)

内径 (毫米)	11.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	20.5	21
体														
积 (升)	6	5.6	5.3	5	4.6	4.4	4.1	3.9	3.7	3.5	3.1	3.2	3.0	2.89
	12	11.2	10.6	10	9.2	8.8	8.2	7.8	7.4	7.0	6.7	6.1	6.0	5.8
	18	16.8	15.9	15	13.8	13.2	12.3	11.7	11.2	10.5	10.1	9.6	9.1	8.7
	21	22.4	21.2	20	18.4	17.6	16.1	15.6	14.8	14.0	13.1	12.8	12.1	11.6
	30	38	26.5	25	23	22	20.5	19.5	18.6	17.5	16.8	16	15.2	14.4
	60	56	53	50	46	44	41	39	37	35	31	32	30	28.9
	72	67	63.6	60	55	53	49	47	44.4	42	40.7	38.4	36	34.7
	90	84	79.5	76	69	66	61.5	58.5	55.8	52.5	50.3	48	45.6	43.8
	108	101	95	90	83	79	74	70	67	63	60	58	54.6	52
	120	112	106	100	92	88	82	78	74	70	67	61	60.6	58
	132	123	117	110	101	97	90	86	81	77	71	70	67	64
	150	140	133	125	115	110	103	98	93	87.5	84	80	76	72
	168	157	148	140	129	123	115	109	101	98	94	90	85	81

30	180	168	159	150	138	123	117	112	105	101	96	91	87
32	192	179	170	160	147	141	131	125	112	108	102	97	93
35	210	197	186	175	161	154	144	137	123	118	112	106	101
38	228	214	201	190	175	167	156	148	133	128	122	115	110
40	240	225	212	200	184	176	165	156	140	134	128	121	116
45	270	253	239	225	207	198	185	176	158	151	144	136	130
50	300	280	265	250	230	220	206	195	175	168	160	152	144
55	330	309	292	275	253	242	226	215	193	185	176	167	158
60	360	338	318	300	276	264	247	231	210	202	192	182	174
65	390	365	345	325	300	286	267	251	228	218	208	197	188
70	420	395	372	350	321	308	288	273	245	236	224	212	202
75	450	422	399	375	347	330	308	293	263	253	240	227	216
80	480	450	425	400	370	352	329	312	280	268	256	243	232
90	510	505	478	450	415	396	370	351	298	282	268	252	240
100	600	560	530	500	460	440	411	390	350	335	320	303	289
150	900	810	795	750	690	660	616	585	525	503	480	455	433
200	1200	1120	1060	1000	920	880	821	780	700	670	640	606	578
250	1500	1400	1330	1250	1150	1100	1026	975	875	840	800	760	720

(续表)

内径 (毫米)	体积 (毫升)	22	23	21	25	26	27	28	29	30	35	40
1	2.6	2.2	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0	0.8	
3	7.9	7.2	6.1	5.7	5.2	4.8	4.5	4.3	3.1	2.4		
5	18.2	12	10.2	9.4	8.7	8	7.6	7.1	5.2	4		
10	26.3	21	20.4	18.8	17.5	16	15.2	14.2	10.4	8		
15	39.5	36	30.6	28.3	26.2	24	22.7	21.2	15.6	12		
20	52.6	48	41	37.7	34.9	32	30.3	28.3	20.8	16		
25	66	60	51	47.1	43.7	40	37.9	35.4	26	20		
30	79	72	61	56.5	52.1	48	45.5	42.5	31	24		
35	92	81	71	66	61	56	53	49.6	36	28		
40	105	96	82	75	70	64	61	57	42	32		
50	132	120	102	94	87	80	76	71	52	40		

60	133	144	132	122	113	105	96	91	85	62	48
70	184	168	154	143	132	122	112	106	99	73	56
80	210	192	176	163	151	140	128	121	113	83	64
100	263	240	220	204	188	175	160	152	142	101	80
120	316	288	264	245	226	210	192	182	170	125	96
150	395	360	330	306	283	262	240	227	212	156	120
200	527	480	440	408	377	349	320	303	283	208	160
250	653	600	550	510	471	437	400	379	354	260	200
300	789	720	660	611	565	524	480	455	425	312	240
500	1315	1200	1100	1019	942	874	800	758	708	520	400
700	1841	1680	1540	1427	1319	1223	1120	1061	991	728	560
1000	2631	2400	2200	2038	1884	1747	1600	1515	1416	1010	800

$$\text{圆锥体积} = \frac{\pi r^2 h}{3} = \frac{\pi}{12} d^2 h = 0.2618 d^2 h$$

d 为直径 h 为高

(续表)

内径 (毫米)	45	50	55	60	65	70	75	80	90	体长 (毫米)	
										1	3
1	0.63	0.51	0.42	0.35	0.30	0.26	0.23	0.20	0.16	1	3
3	1.9	1.5	1.3	1.06	0.9	0.78	0.68	0.6	0.47	1	3
5	3.1	2.6	2.1	1.77	1.5	1.3	1.15	1	0.78	1	3
10	6.3	5.1	4.2	3.5	3	2.6	2.3	2	1.57	2	3
15	9.4	7.6	6.3	5.3	4.5	3.9	3.4	3	2.3	3	3
20	12.6	10.1	8.4	7.1	6	5.2	4.5	4	3.1	4	3
25	15.7	12.7	10.5	8.8	7.5	6.5	5.7	5	3.9	5	3
30	18.9	15.2	12.6	10.6	9	7.8	6.8	6	4.7	6	3
35	21.9	17.8	14.7	12.1	10.3	9.1	7.9	7	5.5	7	3
40	25.2	20.3	16.9	14.1	12	10.2	9	8	6.3	8	3
50	31.5	25.5	21.1	17.7	15	13	11.8	10	7.8	10	3

60	37.7	30.5	25.2	21.2	18	15.6	13.6	12	9.4
70	43.8	35.5	29.5	24.7	21	18.2	15.8	11	11
80	50.4	40.5	31	28.2	21	20.7	18.1	16	12.6
100	63	51	42	35	30	26	23	20	16
120	75	61	51	42.5	36	31.2	27	24	19
150	91	76	63	53	45	39	34	30	23.5
200	126	107	81	71	60	52	45	40	31.5
250	157	127	105	88	75	65	57	50	39
300	189	152	128	100	90	78	68	60	47
500	315	253	211	177	150	130	118	100	78
700	438	355	295	247	210	182	158	140	110
1000	629	510	421	350	300	260	230	200	157

$$\text{圆锥截体体积} = \frac{h}{3} \cdot (b + B + \sqrt{bB}) \text{ 或 } = \frac{\pi}{12} h (d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2)$$

h 为圆锥截体顶面面积 d_1 为顶面直径 h 为圆锥截体高

B 为圆锥截体底面面积 d_2 为底面直径

(续表)

内径 (毫米)	体积(毫升)		水长 (毫米)																				
	100	125	150	200	250	300	400	450	500	700	800	900											
100	12.7	15.9	19	25.4	32	38	51	57	63.5	89	102	114											
105	11.6	14.5	17.4	23.2	29	35	46.5	52.2	58	81	93	104											
110	10.5	13.1	15.7	21	26.2	31.5	42	47.2	52.5	73.5	84	94.5											
115	9.6	12	14.4	19.2	24	28.8	38.4	43	47	67	77	86.5											
120	8.8	11	13.2	17.6	22	26.5	35.4	39.6	44	62	70.5	79.5											
125	8.2	10.2	12.2	16.3	20.4	24.4	32.5	36.5	40.7	57	65	73.5											
130	7.5	9.4	11.2	15	18.8	22.5	30	33.8	37.5	52.5	60	67.5											
140	6.5	8.2	9.8	13	16.8	19.5	26	29.2	32.5	45.5	52	58.5											
145	6.2	7.8	9.5	12.4	15.5	18.6	24.8	28	31	43.5	49.5	56.5											
150	5.7	7.1	8.5	11.3	14.1	17	22.6	25.4	28.2	39.5	45	51											
155	5.3	6.6	8.0	10.6	13.2	15.9	21.2	23.8	26.5	37	42.5	47.7											
160	5.0	6.3	7.5	10	12.5	15	20	22.5	25	35	40	45											

165	4.7	5.8	7.0	9.3	11.6	14	18.5	21	22.2	32.5	37.2	42
170	4.4	5.5	6.6	8.8	11	13.2	17.6	19.8	22	30.8	35.2	39.6
180	3.9	4.9	5.85	7.8	9.55	11.7	15.6	17.5	19.5	27.3	31.2	35
190	3.5	4.4	5.25	7	8.75	10.5	14	15.8	17.5	24.5	28	31.5
200	3.2	4	4.8	6.35	8	9.6	12.8	14.3	16	22.4	25.5	28.6
210	2.9	3.6	4.35	5.8	7.25	8.7	11.6	13	14.5	20.3	22.2	26
220	2.65	3.3	3.96	5.3	6.6	7.9	10.55	11.8	13.2	18.5	21.1	23.6
230	2.4	3	3.6	4.8	6	7.2	9.6	10.8	12	16.8	19.2	21.6
240	2.2	2.8	3.3	4.4	5.5	6.6	8.8	9.9	11	15.1	17.6	19.8
250	2.0	2.5	3.0	4.1	5.1	6.1	8.1	9.2	10.1	14.2	16.3	18.3
260	1.9	2.4	2.8	3.75	4.7	5.65	7.5	8.5	9.4	13.2	15	16.9
270	1.75	2.2	2.6	3.5	4.4	5.25	7	7.9	8.8	12.3	14	15.7
275	1.7	2.1	2.5	3.35	4.2	5.1	6.7	7.55	8.4	11.8	13.5	15.1
280	1.6	2.0	2.4	3.2	4.1	4.85	6.5	7.25	8.1	11.3	13	14.6
300	1.4	1.8	2.1	2.8	3.5	4.2	5.65	6.35	7.1	9.85	11.3	12.7
356	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	4.5	5	7	8	9

附表2 球体内径与体积对照表

体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)	体积 (毫升)	内径 (毫米)		
0.1	6	35	41	200	72	420	98	900	120	2100	158	4800	202										
0.3	8	38	42	210	74	425	93	925	121	2150	160	4100	203										
0.5	10	40	42	220	75	430	91	950	122	2200	161	4500	205										
0.8	11.5	45	44	225	75	433	91	975	123	2250	163	4600	206										
1	12	50	46	230	76	440	94	1000	124	2300	164	4700	208										
1.3	13.5	55	47	240	77	450	95	1050	126	2350	165	4800	210										
1.5	14	60	48	250	78	460	96	1100	128	2400	166	4900	211										
2	15.5	65	50	260	79	470	96	1150	130	2450	168	5000	212										
2.5	17	70	51	270	80	475	97	1200	132	2500	168	5250	215										
3	18	75	52	275	81	480	97	1250	133	2600	170	5500	219										
4	20	80	53	280	81	490	98	1300	135	2700	173	5750	222										
5	21	85	51	290	82	500	98	1350	137	2800	174	6000	225										
6	22	90	55	300	83	525	100	1400	138	2900	177	6250	228										

7	24	95	57	310	84	550	102	1450	140	3000	178	6500	231
8	25	100	58	320	85	600	104	1500	141	3100	180	6750	234
9	26	110	59	325	85	625	106	1550	143	3200	183	7000	236
10	27	120	61	330	86	650	107	1600	145	3300	184	7250	240
12	28	125	62	340	87	675	109	1650	146	3400	186	7500	243
15	30	130	63	350	87	700	110	1700	148	3500	188	7750	245
18	32	140	64	360	88	725	111	1750	149	3600	190	8000	248
20	34	150	66	370	89	750	112	1800	151	3700	192	8250	251
23	35	160	67	375	89	775	114	1850	152	3800	194	8500	253
25	36	170	69	380	90	800	115	1900	153	3900	196	8750	255
28	38	175	69	390	90	825	116	1950	154	4000	197	9000	258
30	38	180	70	400	91	850	117	2000	156	4100	198	9250	260
32	39	190	71	410	92	875	118	2050	158	4200	200	9500	263
20000	387	40000	424	15000	306	50000	386	50000	457	70000	511	9750	265
												10000	269

7	24	95	57	310	84	550	102	1450	140	3000	178	6500	231
8	25	100	58	320	85	600	104	1500	141	3100	180	6750	234
9	26	110	59	325	85	625	106	1550	143	3200	183	7000	236
10	27	120	61	330	86	650	107	1600	145	3300	184	7250	240
12	28	125	62	340	87	675	109	1650	146	3400	186	7500	243
15	30	130	63	350	87	700	110	1700	148	3500	188	7750	245
18	32	140	64	360	88	725	111	1750	149	3600	190	8000	248
20	34	150	66	370	89	750	112	1800	151	3700	192	8250	251
23	35	160	67	375	89	775	114	1850	152	3800	194	8500	253
25	36	170	69	380	90	800	115	1900	153	3900	196	8750	255
28	38	175	69	390	90	825	116	1950	154	4000	197	9000	258
30	38	180	70	400	91	850	117	2000	156	4100	198	9250	260
32	39	190	71	410	92	875	118	2050	158	4200	200	9500	263
20000	387	40000	424	15000	306	50000	386	50000	457	70000	511	9750	265
												10000	269

7	24	95	57	310	84	550	102	1450	140	3000	178	6500	231
8	25	100	58	320	85	600	104	1500	141	3100	180	6750	234
9	26	110	59	325	85	625	106	1550	143	3200	183	7000	236
10	27	120	61	330	86	650	107	1600	145	3300	184	7250	240
12	28	125	62	340	87	675	109	1650	146	3400	186	7500	243
15	30	130	63	350	87	700	110	1700	148	3500	188	7750	245
18	32	140	64	360	88	725	111	1750	149	3600	190	8000	248
20	34	150	66	370	89	750	112	1800	151	3700	192	8250	251
23	35	160	67	375	89	775	114	1850	152	3800	194	8500	253
25	36	170	69	380	90	800	115	1900	153	3900	196	8750	255
28	38	175	69	390	90	825	116	1950	154	4000	197	9000	258
30	38	180	70	400	91	850	117	2000	156	4100	198	9250	260
32	39	190	71	410	92	875	118	2050	158	4200	200	9500	263
20000	387	40000	424	15000	306	50000	386	50000	457	70000	511	9750	265
												10000	269