



氯及加氯机在给水 排水工程中的应用

上海科学技术出版社

前 言

大家都知道氯是有毒的气体，但是怎样来防范和处理这种有毒气体，深入了解的人还不多，随着我国工业化的迅速发展，氯气的用途日见增多，因此，安全地使用氯气的知识就显得很重要。作者根据自来水企业中使用氯气的经验写成本书，这里并不探讨高深的理论，仅重点介绍氯的知识和使用氯气的方法和经验，同时亦介绍了用氯设备加氯机的结构和检修经验，希望有助于给水、排水工作人员和技术人员以及使用氯气的有关人员作为参考。

本书承上海市自来水公司顾泽南、林家濂、沈学华三位同志仔细审阅，并提出宝贵意见，特此致谢。作者由于搜集材料不够完善，遗漏和错误之处在所难免，欢迎同志们提供意见和批评，使本书能更为充实和完善。

朱 珉

1959. 12, 上海

目 录

前言

第一章 氯的一般知識	1
一、氯的性質	1
二、氯的制造	5
三、氯的用途	7
第二章 氯的安全管理	8
一、液氯的容器	9
二、液氯容器的选择及氯气管系	17
三、液氯的儲藏、搬运及檢查	20
四、液氯的事故处理	24
第三章 氯作消毒剂	27
一、处理飲用水	28
二、处理污水	38
第四章 加氯机	40
一、加氯机的型式	40
二、加氯机的工作原理	42
三、手动調节真空加氯机的构造	53
四、加氯机的选择、安装及材料	63
第五章 加氯机的运行及檢修	69
一、运行前的檢查	69
二、运行时的操作	70
三、加氯机的檢修	74
参考文献	77

第一章 氯的一般知識

自然界中並沒有游离的氯存在，但是氯的化合物却非常丰富。食盐是最普遍的一种氯化物，如海水中就有大量的食盐。1774年瑞典化学家席萊首先发现氯元素，1805年諾斯摩將氯气做成液氯，但直到1810年台維才正式确定氯元素。可是工业上早在1799年已被坦能將氯做成漂白粉来漂洗紡織品了。目前氯的使用除了作消毒杀菌剂外，亦为化学工业的重要原料，因此氯在工业上的地位就越来越重要了。

一、氯的性质

氯是一种黃綠色的气体，在标准状态下，比空气重二倍半，有特殊强烈的刺鼻臭味。在常温常压下是气体，可是只要加5~7大气压时，就会变成液体；而当温度超过 144°C 时，任何压力都不能使氯气液化了。

氯气不能燃燒，干燥的氯活动性很小，对金属腐蝕作用很弱；但若遇到水或潮湿，就变成活动性很强的物质，对很多金属具有腐蝕性。氯是一种窒息性毒气对人类及生物都有危害性，甚至使生命遭受死亡。因此使用氯时需要非常小心。

氯及液氯都不导电，氯气的导热率亦很差，约为空气导热度的三分之一。氯气很少溶解于水中，从溶解度曲线中（图1）可以看到，温度在 10°C 时，純水中的最大溶解度约为1%，温度逐渐上升，溶解度逐渐降低，到 100°C 时，水中就完全不溶解氯了。在 10°C 以下，氯和水结合成黃色晶体的水化物（ $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ），叫做氯冰，这种现象有时将造成操作上的困难。

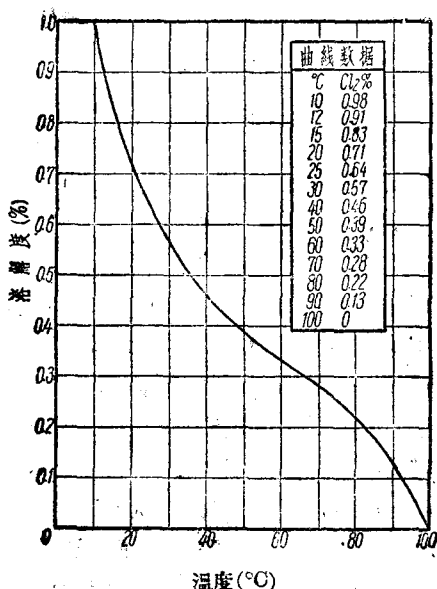


图 1 氯气温度和溶解度的关系曲线

液体氯通常叫液氯，是琥珀色的油状液体。液氯在常温下，比水重一倍半。液氯的压缩系数在 100 大气压以内每大气压为 0.118% (容积)，是液体元素中最大的一个。液氯在常温下，压力减少时，很快挥发成气体并吸收大量的热；每公斤液氯挥发为氯气时需要吸收 67 大卡的热量，如果周围热量不够时，就会在容器上结霜，这样就会阻碍液氯挥发。

当温度增加时，液氯的饱和蒸气压亦相应地增加 (图 2)。此外温度增加时，液氯的密度迅速降低，亦即为它的体积急剧地增大 (图 3)。这是液氯非常重要而容易疏忽的一个特性。一旦疏忽，很容易引起液氯容器的爆炸，造成事故，特别在液氯容器加热时更要注意。为了安全起见，液氯制造厂出厂的

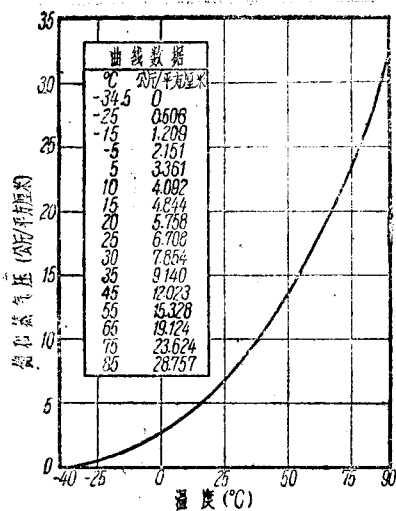


图 2 液氮温度和饱和蒸汽压的关系曲线

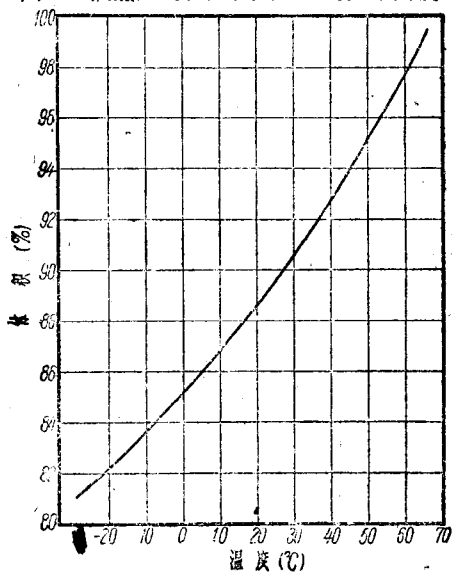


图 3 液氮温度和体积的关系曲线

表 1 氯的性质

项 目	气 体	液 体
物理性质:		
导电能力	无	无
介电常数	0.85	1.95 (比空气大二倍)
密度(0°C, 3.65 大气压)	3.214 克/升	1.468 克/毫升
比重	2.486 (空气=1)	1.47 (水=1)
比热(15°C 等容)	0.085 卡·克/克·度	0.226 卡·克/克·度
比热(等压)	0.115 卡·克/克·度	
重量(0°C, 1 大气压)	3.22 公斤/立方米	1449.2 公斤/立方米
体积(20°C)	0.3104 立方米/公斤	0.00069 立方米/公斤
液体气体体积比	462	1
粘度 20°C	140×10^{-7} 公斤/米·秒	34.27×10^{-5} 公斤/米·秒
0°C	125.16×10^{-7} 公斤/米·秒	38.74×10^{-5} 公斤/米·秒
-20°C		43.21×10^{-5} 公斤/米·秒
-40°C		50.66×10^{-5} 公斤/米·秒
-60°C		59.6×10^{-5} 公斤/米·秒
凝固点(1 大气压)		-101.5°C
融解热(-101.5°C)		22.9 卡·克/克
压缩系数(20°C, 0~100 大气压之间)		0.118%
气化热(-34.5°C)		67.23 卡·克/克
溶解度(10°C)		3.1 毫升/克 水
(30°C)		1.77 毫升/克 水
化学性质:		
原子序	17	
原子符号	Cl	
原子量	35.457	
分子符号	Cl ₂	
分子量	70.914	

滿瓶液氯，实际上並沒有真正裝滿；一般滿瓶液氯，在室溫下應有 12% 的气体容積，這樣使滿瓶液氯到 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 時，不致使液氯容器受到液体靜壓力而破裂，造成事故。滿瓶液氯未使用前的飽和蒸氣壓，事實上要比圖 2 所示的飽和蒸氣壓大 $0.7\sim 1.4$ 公斤/平方厘米，這是由於瓶內存在有其他气体的緣故，但一經使用，其他气体將迅速逸出，飽和蒸氣壓就很快地降到圖 2 所示的飽和蒸氣壓。

氯的其他物理性質及化學性質見表 1。

二、氯的製造

工業用氯通常都是用电解食鹽的方法來製造的。將食鹽溶於水中制成鹽水，然後在電解槽中進行電解。直流電經過由石墨板做成的陽極，通過食鹽水，回到由鐵做成的陰極，完成電解循環。此時在陽極產生氯氣，在陰極產生氫氣，電解槽內留下了燒鹼。氯氣經過耐酸的陶器管道，通到有濃硫酸自上向下噴洒的干燥塔，將氯氣中的水份吸去，同時加壓到 $11/2$ 大氣壓，送到焦炭過濾缸，將氯氣中的硫酸濾去，此時，就可用鐵管來輸送了。最後將氯氣輸到冷卻塔，使 $11/2$ 大氣壓的氯氣冷卻至 -30°C 左右，氯氣就變成液体氯（圖 4），這時就可以裝到各種液氯容器，供應市場需要。目前我國上海天原化工廠，青島，大沽，錦西等地的液氯製造廠，都採用電解法來製造液氯，產量亦逐年增加，以適應各方面建設的需要。

液氯制成後應立即灌入容器，由於液氯腐蝕性極強，因此液氯容器在裝液氯前都要經過仔細的檢查、處理或修整；對使用過的舊容器，檢查更應小心。首先對用過的容器抽氣，將可能留剩在容器內的氯氣完全抽盡，再用水將容器沖洗干淨，然後將容器作 35 公斤/平方厘米的水壓試驗，合格後，用蒸汽將

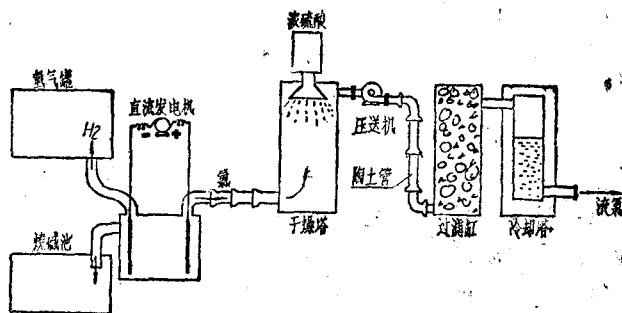


图 4 液氯制造过程示意图

容器烘干。

容器上的控制閥，亦要拆卸檢查，如有损坏或腐蝕过甚，应仔細修理，最好能換新的控制閥裝上。不論新旧控制閥，裝到容器上去以前，应將閥內填料換新，因为裝好后再發現漏氣，修理就不方便了。控制閥裝好后，容器才能灌注液氯。液氯灌滿時，可用 6 吋扳手將控制閥關緊；若用 6 吋扳手不能將控制閥關緊時，這只控制閥應該掉換，絕對不允許用大於 6 吋的扳手去關緊控制閥。因为關得太緊的話，使用單位開不開，往往處理不當，就會引起操作漏氣，造成事故。

液氯裝好后的 24 小時以內，至少應作兩次漏氣檢查，然后才能運送出厂，以免在運輸過程中或使用液氯的車間內發生事故，無法處理。

液氯容器灌注液氯時的溫度一般仍在 -30°C 左右，壓力約為 $11\frac{1}{2}$ 公斤/平方厘米。但當液氯灌注完畢運离車間時，由于溫度升高，容器內壓力亦相應增加，因此市場供應的液氯，壓力約為 6 公斤/平方厘米左右。在車間內使用時，只要控制閥一開，壓力降低，液氯就又揮發為氣體。

三、氯的用途

氯的氧化能力很强,利用氯的这个特性,很多地方都需要用氯,很多工业和人类生活都直接或间接和氯发生关系。

用氯較多的要算自来水厂和污水处理厂。自来水如采用地表水作水源,由于城市人口集中,地表水沾污的程度一般都很严重。象上海以黄浦江水作水源,原水在夏季时,細菌总数每公撮水样中可能有 100 万只左右,大腸菌数每千公撮水样中可能有 1000 万只左右,这种水如果不經消毒处理是不能作飲用水的,国家为了要保障劳动人民的健康,規定細菌总数每公撮水样中不应超过 100 只,大腸菌每千公撮水样中不应超过 3 只,这种标准是非常高的。要达到这个要求,就須要进行加氯处理,加氯处理后的飲用水,能保証不带水介流行病病菌——霍乱、伤寒、痢疾菌等;因为氯能杀死水中的細菌,还能消灭水中的微生物和藻类,这样不但能使飲用水不带病菌,而且还能改善飲用水的外观。上海市的飲用水,經過处理后的細菌总数每公撮水样中只有 50 只左右,水中大腸菌数亦都符合卫生标准。采用地下水作水源的水厂也要用氯来处理地下水,不过氯的消耗量少一点罢了。我国目前各城市的自来水厂都用液氯或漂白粉来处理飲用水,世界各国水厂亦大都采用液氯来作水的处理。

污水处理与飲用水处理相似,因此亦可用氯来处理,不过污水处理的要求与飲用水不同,污水經過处理后,只要不沾污江湖水源,排出后沒有臭气即可;其次,污水管道一般都是混凝土結構,如果不处理,污水会腐蝕这些管道或构筑物。許多国家都用氯来处理污水,我国目前由于氯的产量及加氯设备的产量較少,因此采用液氯的污水厂还不多。

其他生产用水需要用氯处理的地方还很多,如热电厂、炼

油厂、钢铁厂、动力厂、冷冻厂等使用热交换器的工业，因为热交换器的外壁温度较高，很适宜于微生物或藻类的生长，这样就会降低热交换器的效率，如果将设备停下来清洗，就要增加成本，影响生产。所以冷却水需用氯作处理，特别是热电厂，冷凝器表面积垢会使汽轮机真空度降低，影响出力，单位电度煤耗就要增加；一般真空度提高 25 毫米水银柱，就能节约用煤 7%，所以加氯作水处理，是值得重视的。

食品工业、制罐工业对于生产过程中水质的要求亦很高，他的意义和饮用水处理一样，所以这些工业亦要使用氯。

还有许多工业部门要用氯作原材料，如造纸工业要用氯漂洗纸浆；纺织工业和印染工业都要用氯来漂洗纺织品；化学工业用氯做盐酸、合成纤维、塑料布、绝缘漆等；制革工业用氯防止皮革受腐；橡胶工业用氯做合成橡胶；医药工业用氯做氯仿等药品原料；农药工业用氯作六六六原料。

甚至对发展文娱、体育活动都有关系，游泳池水的消毒，氯是不可缺少的。因此氯的使用范围非常广阔。

第二章 氯的安全管理

氯能消灭细菌和微生物，同样，对人亦有伤害作用。因此，氯的安全管理就成了一件应该重视的工作。在生产上往往使用液体氯来代替氯气，因为每单位体积的液氯相当于 462 体积的氯气，所以使用液氯能大大地节约运输费用和容器；但是氯气要在一定的压力下才会变成液体，因此液氯总是装在受压的容器内，这样液氯就成为一种有毒、有压力的危险物品，所以对氯的安全管理就更为重要了，要不然就会造成很大的事故。这里专门介绍安全管理液氯的方法和一些经验。

一、液氯的容器

工业上用的液氯都装在由钢板冲压制成且能承受一定压力的无缝钢瓶内，如用焊接钢瓶，则必须要求高级的焊接技术，并配合经常的容器检验制度，以防漏气造成事故。

钢瓶内液氯的饱和蒸气压随温度的变化而不同，但在制作液氯容器时，它的耐压要求只要能承受 35 公斤/平方厘米的压力就算合格了。因为每一只液氯容器都装有一只或数只安全塞，这些安全塞是由熔点为 70°C 左右的合金制成，当温度超过 70°C 时，安全塞就会熔化，氯气从容器内逸出，不致使容器引起爆炸。而在 70°C 时，液氯容器内液氯的压力只有 22 公斤/平方厘米左右，所以耐压 35 公斤/平方厘米的液氯容器已经有足够的安全系数了。我国目前还没有统一的液氯容器规范，其他国家有各种不同大小的液氯容器，最常用的有 5 公斤、7 公斤、12 公斤、25 公斤、50 公斤、75 公斤、1 吨、15 吨及 30 吨装等数种钢制容器。12 公斤以下的液氯瓶适合于实验室及少量用户采用；一般工厂用户以采用 50 公斤、75 公斤及 1 吨装钢瓶较为合适；15 吨及 30 吨装的液氯列车只适用于日耗量超过 1 吨的大用户或作转运之用。

最普通的液氯容器是圆柱形的钢瓶，分 5 公斤、7 公斤、12 公斤、25 公斤、50 公斤及 75 公斤装数种，它们的构造一样，只是大小不同，这类钢瓶都是由钢材冲压出来的无缝钢瓶（图 5①），它们的重量约在 15~121 公斤之间，如表 2 所示。液氯瓶的颈部装有特制的控制阀（图 6）。控制阀体用铸铜或精黄铜做成，阀杆由镍铜钢做成，阀杆外圈装有填料及铜制压盖和压盖帽；填料是用石墨石棉绳或涂有蜂蜡或石墨并浸过橡胶的棉纱绳，填料要装得深一点。控制阀下面装有安全塞，

① 图中尺寸采用毫米为单位，以下图上不再注明。

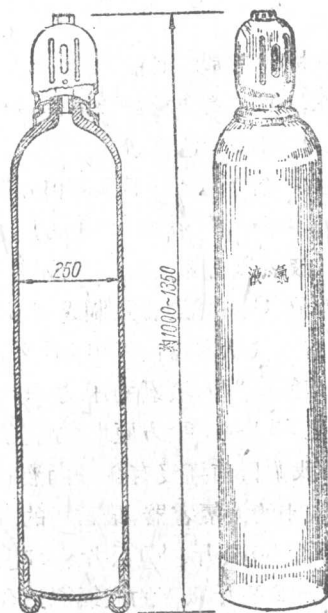


图 5 常用的液氮瓶

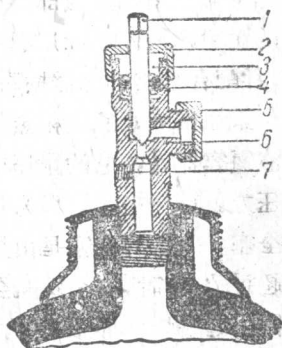


图 6 液氮瓶控制閥

1—閥杆；2—压盖帽；3—压盖；
4—填料；5—出氮口帽；6—閥
体；7—安全塞（熔点 70°C ）

表 2 常用液氮容器重量表 (公斤)

液氮重	5	7	12	25	50	75	1000
瓶 重	10	18	25	30	35	46	600
总 重	15	25	37	55	85	121	1600

控制閥外面有保护帽,因为控制閥經不起撞击,所以液氮瓶不使用时应将保护帽罩好。保护帽有两种(图7),它們只是外形的不同,使用上并无区别。液氮瓶上的螺紋全部是右旋螺紋,要車削得很精密,勿使漏气。安全塞用熔点在 70°C 左右

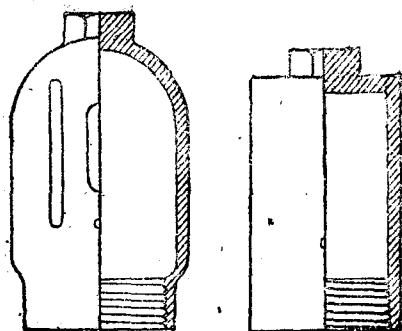


图 7 液氮瓶保护帽

的易熔合金做成，防止液氮瓶受热后，压力上升，引起爆炸，因此切忌对安全塞敲击或加热。安全塞为了在液氮瓶不使用时仍起作用，所以不应受控制阀的控制，因而安全塞装在控制阀下面。

液氮瓶使用时，只要将控制阀杆向反时针方向旋转一转，氮气就能以最大出气量向外输出，没有必要将控制阀全部开足。控制阀开得太，出气量并不增加，遇到紧急情况要关控制阀时，来不及关，反而会造成事故。

刚出厂的液氮瓶，控制阀杆往往很紧，不易开启，可将压盖帽松一转，轻轻敲击阀杆上部，再用手掌重敲阀杆扳手，阀杆就会松动。如果控制阀开启后阀杆漏气，应再将压盖帽轻轻旋紧，到不漏气为止。

因为液氮瓶上的控制阀较紧，为了安全起见，在实际使用时，控制阀出口不直接和加氮设备接通，而在中间加装辅阀一只（图 8），控制阀经常开启，液氮的使用和停止由辅阀操作，这样不但操作便利，一旦辅阀失灵，可立即关闭控制阀，因此比较安全。

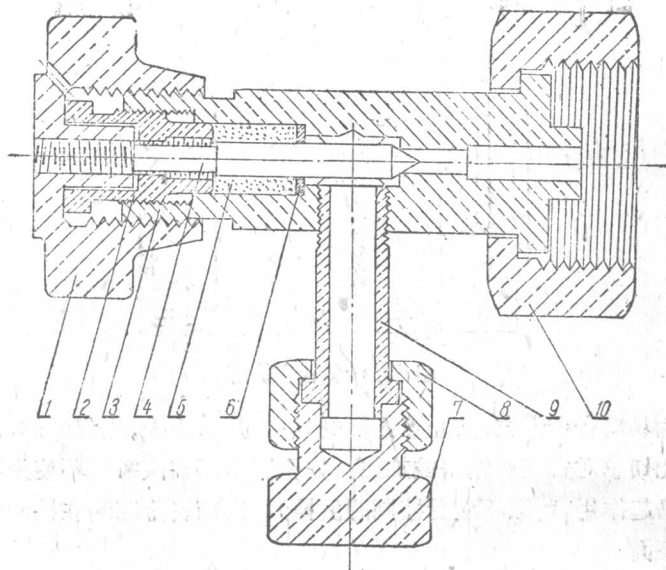


图 8 輪閥

- 1—开关手柄；2—填料压盖；3—阀体；4—閥；5—填料；
6—垫床；7—塞头；8—由任；9—由任接管；10—由任

銅制控制閥出口螺紋很容易損壞，損壞后就不能使用了，
可按图 9 做一只特殊夹头，这个夹头一面有一只新的銅接头，

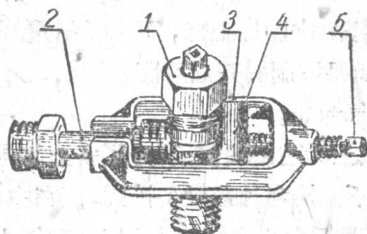


图 9 控制閥夹头

- 1—滑牙控制閥；2—暫用接头；3—夹头；
4—鉄撐柱；5—压紧螺絲

另一面是一根鉄的撑柱，损坏的控制閥夹在銅接头和鉄撑柱的当中，撑柱旋紧后，控制閥的出口就能很紧密地和銅接头连接在一起，銅接头的另一端就可以接到联接管上去使用，这是一种紧急处理时采用的方法。

有一种 25 公斤装苏联式的鋼瓶，构造与上述鋼瓶一样，它的唯一特点是控制閥下部有一根銅管一直通到鋼瓶底部，当控制閥开启时，从鋼瓶中輸出的是液氯而不是氯气，当液氯进入管系时，由于压力突然降低而气化，此时联接管上因为热能被液氯气化时所吸收，就会結霜，可能将联接管道阻塞而造成事故。所以在使用这种液氯瓶时，首先应将鋼瓶倒置，再

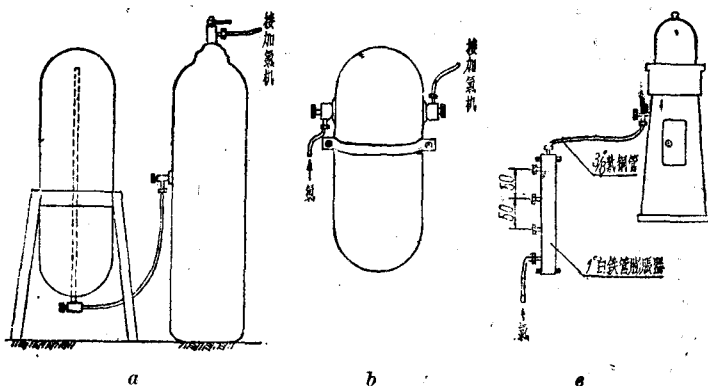


图 10 液氯膨脹器

- a—用液氯瓶改装的膨脹器；b—特制的墙式膨脹器；
c—用水管做的膨脹器(墙式)

开启控制閥，这样保証从管系中輸出氯气。如果液氯瓶不直接和联系管接通，而是接到膨脹器上（图 10），由于膨脹器内有充分的条件使液氯气化，因此使用时就不一定将液氯瓶倒置。

容量1吨的液氯鋼筒,构造和75公斤以下的液氯瓶不同(图11),它是用內徑750毫米,厚12毫米的无縫鋼管做成的圓柱形筒,長約2100毫米。筒的一端裝有两只控制閥,在筒的同一直徑上下方,閥身接有12毫米的管子,一根向上,一根向下,通往筒壁,閥外裝有鋼盔形的保护帽。筒的两端各裝安全塞3只。

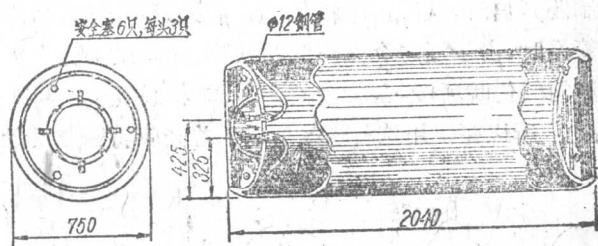


图 11 1吨装液氯鋼筒

我国目前制造的1吨装液氯鋼筒是用鍋炉鋼板焊接做成的,使用效果与无縫鋼管做成的鋼筒完全一样(图12)。

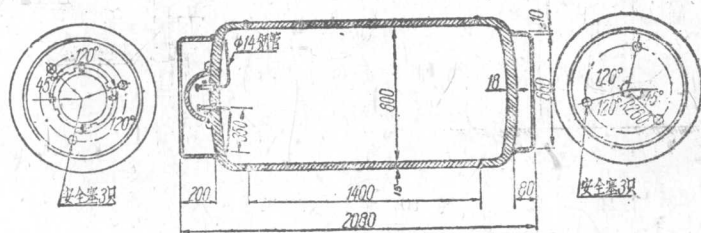


图 12 国产1吨焊接液氯鋼筒

1吨装液氯鋼筒的控制閥和75公斤装液氯瓶控制閥一样,只是閥体下部不装安全塞。控制閥的使用法和一般液氯瓶控制閥一样,但是由于容量大的关系,閥可以开得大些,出氣量亦多些,在現場使用时控制閥出口亦須接一只輔閥,再接