



气瓶

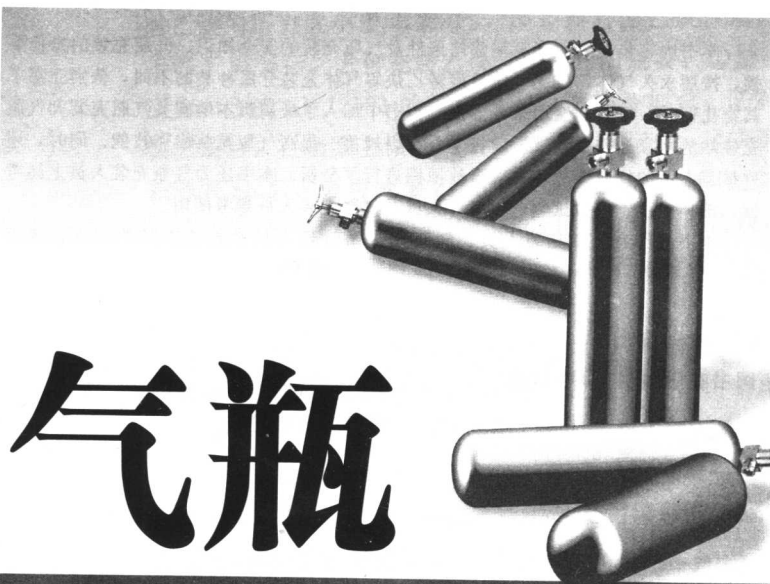
充装与安全

QIPING CHONGZHUANG YU ANQUAN

郝澄 汪洋 编



化学工业出版社



气瓶

充装与安全

QIPING CHONGZHUANG YU ANQUAN

郝澄 汪洋 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容包括气瓶充装站建站条件及气瓶充装的安全知识、气瓶充装的操作要领,按照永久气体、液化气体及溶解乙炔等气体充装介质种类的不同,分别介绍了其物化性质、气瓶的使用条件等内容。书中加入了最新版本的有关气瓶充装和气瓶充装站的国家标准、法规,通过学习可以规范、提高气瓶充装操作技能。同时,还列举了大量的气瓶事故,并对事故原因进行了分析。本书还为气瓶充装人员上岗考核、培训提供了模拟试题,供考评人员及气瓶充装人员参考使用。

本书可作为气瓶充装人员、气瓶充装站管理人员及相关人员的培训、参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

气瓶充装与安全/郝澄,汪洋编. —北京:化学工业出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-122-00774-2

I. 气… II. ①郝…②汪… III. 气瓶-安全技术-基本知识 IV. TH490. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 098943 号

责任编辑:辛 田

装帧设计:尹琳琳

责任校对:李 林

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张11 字数299千字

2007年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

气瓶充装是气瓶安全管理八个环节中的一个重要环节。国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局对气瓶充装环节人员培训及气瓶充装站的建站条件给予了足够的重视，并在2006年颁发了《气瓶充装人员考核大纲》及《气瓶充装许可规则》。本书是根据上述文件内容编写的。内容包括气瓶充装站建站资格和职责及气瓶充装人员上岗考核应具备的气体基础知识、气瓶知识、气瓶充装专业的安全知识、法规知识等，并按照永久气体、液化气体及溶解乙炔等气瓶充装介质种类的不同分别介绍了其物化性质、气瓶的使用条件等内容。本书还根据不同种类气瓶充装人员的考核，编出了不同内容的A、B、C三套理论试题和实操题，全部试题都附有参考答案，便于考评人员选择出题及气瓶充装人员复习应试。

本书可作为气瓶充装人员、气瓶充装站管理人员及相关人员的培训、参考用书。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 分子的组成和分子运动	1
一、分子及原子结构	1
二、物质相平衡图	3
三、气体常用参数及换算	4
四、气体热力性质图	8
第二节 气体状态方程式	14
一、理想气体状态方程式	14
二、真实气体状态方程式	16
第二章 瓶装压缩气体的分类	18
第一节 按临界温度和物理状态分类	18
一、瓶装永久气体的种类	20
二、瓶装液化气体的种类	20
三、溶解乙炔	20
第二节 按气体物化性能分类	20
一、气体分类用的 FTSC 数字编码	20
二、永久气体的物化性能	23
三、低压液化气体的物化性能	37
四、高压液化气体的物化性能	60
五、乙炔的用途及物化性能	75
第三章 气瓶的概述	81
第一节 气瓶的分类	81

一、按公称压力和公称容积分类	81
二、按充装介质分类	83
三、按气瓶材质和使用分类	84
四、气瓶附件	89
第二节 气瓶的安全管理	95
一、各类气瓶的安全监察	95
二、气瓶的钢印标志	96
三、气瓶颜色	99
四、气瓶搬运的注意事项	103
五、气瓶的储存和保管	103
六、用计算机管理气瓶	104

第四章 气瓶的气体充装—————105

第一节 永久气体的充装	106
一、永久气体的充装工艺流程	106
二、充装前后气瓶操作流程及安全充装	109
三、永久气体的计量	114
四、混合气气瓶的选择及气体与材料的相容性	123
五、工业气体的输送方法	129
六、永久气体的充装安全、事故案例及事故分析	140
第二节 液化气体的充装	162
一、液化气体充装工艺流程图	162
二、液化气体的充装	167
三、液化气体的充装安全、事故案例及事故分析	179
第三节 溶解乙炔的充装	194
一、溶解乙炔的生产及充装工艺流程图	194
二、充装前后的气瓶操作流程及安全充装	195
三、溶解乙炔充装安全、事故案例及事故分析	204

第五章 气瓶充装站建站条件、站址及厂房、设施安全距离

要求—————211

第一节 气瓶充装站基本批准文件	212
一、营业执照	212

二、规划（国土）部门的批准文件	213
三、充装站设计单位的资质证明	213
四、施工单位的资质	213
第二节 组织机构和技术力量	213
一、组织机构	213
二、法人代表或充装单位负责人（充装站站长）	214
三、技术负责人	214
四、其他人员组成	214
第三节 质量管理体系及规章制度	215
一、管理手册内容	215
二、气瓶充装安全管理制度、操作规程和记录表卡的内容	216
三、机构和组织机构图	216
四、质量管理体系、质量管理控制体系图、充装工艺流程图 及各项制度规程	216
第四节 充装站建站资格和职责	217
一、气体充装站建站资格	217
二、气体充装站的职责	218
第五节 充装站（不含乙炔站）站址、厂房及设备安装技术条件	220
一、站址设置及建筑物	220
二、充装站的设备条件	234
第六节 溶解乙炔气瓶充装站站址、厂房及设备安装技术条件	259
一、溶解乙炔气瓶充装站站址设置及建筑物	259
二、溶解乙炔充装站的设备条件	264

各气瓶充装工种（永久气体、液化气体、溶解乙炔）岗位

试题及参考答案————— 274

参考文献————— 344

第一章 基础知识

第一节 分子的组成和分子运动

一、分子及原子结构

任何物质均由分子组成。按照分子运动学说，分子间有一定距离，并且不停地在做无规则的热运动。分子的这种热运动总是倾向于使分子相互分离。同时物质分子之间又存在着相互作用的吸引力和排斥力，前者使分子彼此趋向结合，后者则使彼此趋向分离。这两个矛盾着的因素作用的结果，使物质分子有气、液、固三种聚集状态，传统称为物质三态。

物质在气态时，起支配作用的是分子间的斥力，由于气体分子间的距离很大，气体分子间的吸引力不足以克服分子做不规则运动的分离倾向，所以它可无限制地膨胀，充满任意形状和大小的容器，也因此而具有密度小、可压缩性大等特点，因此气体没有一定形状和体积。固体分子间的吸引作用力较大，使分子有固定的平衡位置，分子只能以平衡位置为中心做振动，所以固体有一定形状和体积。并且因为分子排列紧密，因而密度大、压缩性小。液体则介于气体与固体之间，分子之间的作用力能够使分子维持一定的平均距离，但又不足以使分子有固定的平衡位置，所以液体只有一定的体积，而无一定的形状。

分子是保持物质化学性质的最小微粒，分子由原子组成，原子由原子核和核外电子组成，原子核由质子和中子组成。原子组成中，质量最大的是中子，质量最小的是电子。在原子组成中，中性不带电的是中子，带正电性的是质子，带负电性的是电子。从原子

结构分析，惰性气体原子是最外层电子形成 8 个电子的稳定结构，金属原子的特点是最外层电子是 1~2 个电子结构，非金属原子的特点是最外层电子是 5~7 个电子结构。元素是同一类原子的总称。

构成物质的微粒是分子、原子等，单个这样的微粒用肉眼是看不到的，也难称量，但是实际上必须要称量，所以要建立一个物理量，叫“物质的量”，单位为摩尔。在使用摩尔时，基本单元是分子、原子、离子、电子及其他粒子的组合。它与质量单位在概念上是有根本区别的，当然不能称为质量，但与该基本单元数的质量又有一定的内在联系，它不是质量单位，而是数量单位。1 摩尔的分子或原子，它的总质量相当于该物质以克为单位时的分子量或原子量，任何物质 1 摩尔的气体的内分子数目都是相等的，1 摩尔气体体积在标准状态下都是 22.4L。例如氮的原子量为 14， N_2 的分子量为 28；氧的原子量为 16，碳的原子量为 12， CO_2 的分子量为 44。1 摩尔 N_2 与 1 摩尔 CO_2 都是 22.4L，也就是 28g 的 N_2 与 44g 的 CO_2 都是 22.4L。

任何物质在不同的外部条件（压力、温度）下，都可以以气体、液体或固体状态存在。而当外部条件变化时，物质分子间的作用力大小和分子运动的剧烈程度也会变化。当外部条件变化到一定程度时，量变引起质变。分子就会重新排列，在热力学中叫做相变。所谓相是指系统内具有相同物理性质和化学性质组成而与数量无关的任何均匀部分，也就是说，每种聚集状态内部性质相同的部分叫相，相与相之间有界面分开。例如水是单相，但冰、水、汽的系统是三相。随着相变，物质的物理性能也发生变化。例如液态水在一个大气压下，当加热到 $100^{\circ}C$ 时，就汽化为水蒸气，二者的物理性质就不同了。

当物质以液体状态存在时，分子间引力起主导作用，所以分子聚集在一起。但在液体分子中，动能较高的分子会克服液体表面分子的引力而逸出液面成为气体分子。这种分子转移的过程称为汽化过程。汽化的逆过程是气体分子相互吸引而凝结成液体的过程，称为液化过程。汽化和液化是气液相变的两种相反的过程。

以气瓶充装的气体为例，充装物可以是气态，也可以是气液两态共存，这些充装物在充装、运输和使用过程中会发生一定的变化，外界条件变化，充装物分子运动的剧烈程度也会变化，外界条件变化到一定程度，充装物分子会量变到质变，分子会重新排列，状态也随之发生转变。但在密封容器如气瓶中，外界条件变化，在温度升高时，逸出液态充装物液面的气体分子无法逸出容器，只能聚留在液面上空，所以会返回到液体中去。其返回的分子数随液面上空蒸气密度的增大而增多，随着蒸气密度的不断增大，液体的蒸发速度逐渐减慢。当逸出液面的分子数与返回液体的分子数相等时，就达到了动态平衡。从宏观上看，液体就不再蒸发，气、液两相就处于相对稳定的共存状态。这种状态称为饱和状态。在饱和状态下的液体叫饱和液体，其密度叫饱和液体密度，饱和液体面上的蒸气叫饱和蒸气，其密度叫饱和蒸气密度，其压力叫饱和蒸气压（简称蒸气压）。物质处于一定温度下的饱和状态参数（密度、压力）都具有各自的恒定值，其变化主要与温度有关。温度越高，液体分子逸入气相的数目就越多，而且由于液体的膨胀又使蒸气空间缩小，因而蒸气密度就越大，液体密度则相应减小。蒸气密度的增大可以直接反映为蒸气压力的增高。在气瓶充装中，什么样的物质在多大的压力下、多大的温度下是气体，要充入气瓶，在 1989 年、2000 年版《气瓶安全监察规程》中没有明确说明；在 1979 年版《气瓶安全监察规程》中写到，低压液化气体在 60°C 时的饱和蒸气压大于 1kgf/cm^2 (0.098MPa) 要充入气瓶；在国际标准 ISO 11622 中也写到，在压力为 1.013bar ($1\text{bar}=10^5\text{Pa}$)、温度为 20°C 时完全是气态，且在 50°C 时蒸气压超过 3bar 的任何物质是气体的要充入气瓶。如充装气液两态共存的气体，在我国都是根据气瓶在最高使用温度 60°C 时该物质的饱和蒸气压来选择气瓶。如环氧乙烷在 60°C 时的饱和蒸气压为 0.44MPa ，加上安全系数后则选择 1MPa 的气瓶。

二、物质相平衡图

图 1-1 是物质相平衡图，纵坐标是压力，横坐标是温度，图中

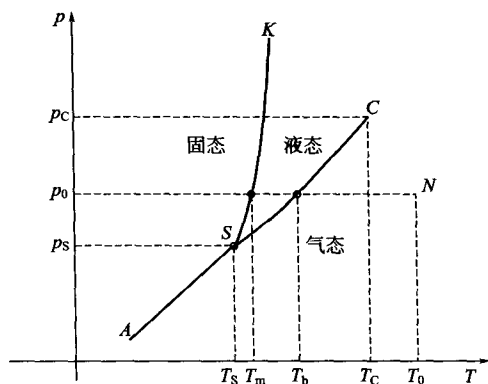


图 1-1 物质相平衡示意图

ASK 以左的物质为固态，ASC 以右为气态，两线之间为液态。AS 线上的任何一点是气态与固态共存，SK 线上任何一点是固态与液态共存，SC 线上的任何一点是气态与液态共存，S 点是气态、液态、固态三相共存，所以称之为三相点。对应的压力 p_s 称之为三相点压力，对应的温度 T_s 为三相点温度，对于固态变气态称之为升华温度，对于气态变固态称之为凝华温度。C 点是物质的临界点，对应的压力 p_c 称之为临界点压力，对应的温度 T_c 为临界点温度，在临界点，气液不分，界面消失。

N 是标准状态点，对应的压力 p_0 为 1 个标准大气压，对应的温度 T_0 为 273K。 T_m 和 T_b 是物质处于 1 个标准大气压下的熔点和沸点。以水为例，固态是冰，液态是水，气态是水蒸气，AS，SK，SC 分别代表冰与汽、冰与水、水与汽共存的曲线。

三、气体常用参数及换算

(1) 长度的单位及换算 法定单位为米，m。

$$1\text{m}=0.001\text{km(千米)}=100\text{cm(厘米)}$$

$$=1000\text{mm(毫米)}=3.28\text{ft(英尺)}$$

$$1\text{in(英寸)}=25.4\text{mm(毫米)}$$

(2) 面积的单位及换算 法定单位为平方米, m^2 。

$$1\text{m}^2 = 10^4\text{cm}^2 (\text{平方厘米})$$

1 公顷 = 10^4m^2 , 1 市亩 = 666.67m^2 , 1 市顷 = 100 市亩, 1 公顷 = 15 市亩

(3) 体积的单位及换算 法定单位为立方米, m^3 。

$$1\text{m}^3 = 1000\text{dm}^3 (\text{升})$$

1 英加仑 (UK gal) = 4.546 升, 1 立方英尺 (ft^3) = 28.3dm^3 (升), 1 美加仑 (US gal) = 3.785 升, 1 石油桶 (bbl) = 42 US gal = 159 升

(4) 力、重力的单位及换算 法定单位为牛 (顿), N。

$$1\text{kgf} (\text{千克力}) = 9.8\text{N}$$

(5) 质量的单位及换算 法定单位为千克, kg。

$$1\text{t} = 1000\text{kg}, 1 \text{市斤} = 0.5 \text{千克}$$

(6) 压强 单位面积上所承受的均匀垂直于该面积上的总作用力, 即 $p = \text{总作用力} / \text{面积}$ 。

① 表压: 容器内外的压差值称为表压。在正压时, $p_{\text{表压}} = p_{\text{绝对}} - p_{\text{大气}}$; 在负压时, 容器用负压或联成表指示为表压, $p_{\text{表压}} (\text{负压或联成表}) = p_{\text{大气}} - p_{\text{绝对}}$, 如图 1-2 所示。

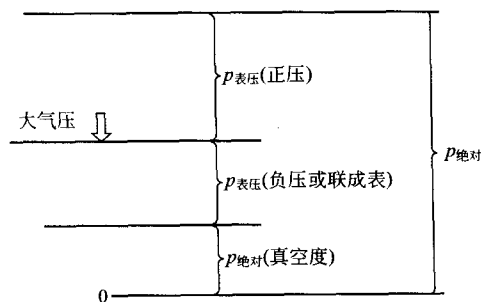


图 1-2 表压和绝压

② 绝压: 在正压时, 容器内如压力为 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$, 则容器内的实际压力约为 $6\text{kgf}/\text{cm}^2$ (因为地球周围的空气有一定的压力, 近似等于 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$), 此时 $p_{\text{绝对}} = p_{\text{表压}} + p_{\text{大气}}$, 在工程热力学计算

中，都是采用绝对压力值。绝对压力的表示方法一般是在压力单位后面加注“绝对”二字。如千克力/厘米²（绝对）、兆帕（绝对），千克力/厘米²与工程大气压（用 at 表示）在数值上相等，绝对压力用 ata 表示，大气压用 atm 表示。在负压时，用真空计的毫米汞柱指示的为真空度，是绝对压力。

③ 真空度：真空度用真空计测量，是处于真空状态之下气体稀薄程度的习惯用语，习惯上采用“压强”来表达真空度的高低。应当强调的是，“压强”和真空度的物理意义是不同的，真空度越高压强越低，真空度越低压强越高。比如低温储罐夹层的真空度为 65Pa 时，认为真空度较低，应抽至较高的真空度（真空度为 2.6Pa 或 2×10^{-2} mmHg）才认为合适，才能起保温作用。真空度的法定单位为 Pa，另一个常用单位是毫米汞柱（非法定单位），1 毫米汞柱又叫 1 托。

④ 压强单位的换算：a. 压强的法定单位为帕（斯卡）Pa，N/m²。

$$1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$$

b. $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ （工程大气压）=0.098MPa=98066.5Pa

c. 1bar（巴）=10⁵Pa

d. $1\text{lbf}/\text{in}^2=6894.76\text{Pa}$

e. 760mmHg=1 标准大气压=1.013×10⁵Pa

f. 1Torr（托）=1mmHg=133Pa， $10^{-2}\text{mmHg}=1.33\text{Pa}$

g. 1 物理大气压（标准大气压）为北纬 45°、温度 27℃ 时海面上的压力。

（7）温度 法定单位：摄氏度，℃。

① 温度：表示物体冷热的程度。温度计有气体的、液体的、电阻的和热电偶的等。

② 温标：标定温度的标准叫温标。常用的温标有三种：摄氏温标、热力学温标和华氏温标。

a. 摄氏温标：摄氏温是国际温标，目前比较通用。摄氏温标取标准大气压下冰融化时的温度为零度，水沸腾时的温度为

100℃，将上述两点之间等分成一百个刻度，每一个刻度就是1度。这种温标称为摄氏温标。用摄氏温标量度用符号 $t^{\circ}\text{C}$ 表示，例如摄氏50度可以写成 50°C ，或 $t=50^{\circ}\text{C}$ 。若温度比 0°C 低，则在温度数字的前面加一个负号，读作摄氏零下多少度。例如 -20°C 读作摄氏零下20℃，表示比零度低20℃。

b. 热力学温标：热力学温标是取摄氏零下273度，即 -273°C 为零度，每度间隔与摄氏温标相同。用热力学温标量度的温度称为热力学温度，用符号 $T\text{K}$ 表示。例如热力学温度80度可写成 80K ，或 $T=80\text{K}$ 。可见，热力学温标与摄氏温标只是起点不同。摄氏温标以纯水的冰点为起点（即为 0°C ），而热力学温标的起点（即 0K ）要比 0°C 低273度。所以同一个温度若用热力学温度表示时，它的数值要比摄氏温度的数值大273，写成公式即为： $T = (t + 273)\text{K}$ 。实际上 -273°C （或 -273.15°C ）是物质分子停止运动时的温度，所以从本质上来讲，热力学温标是以分子停止运动时的温度为起点的。在热力学中有很多理论分析或计算中要用到它，会经常遇到。图1-3表示摄氏温标与热力学温标的关系。

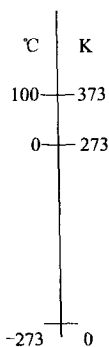


图 1-3 摄氏温标与热力学温标的关系

c. 华氏温标：华氏温标规定摄氏零度为华氏32度，摄氏100度为华氏212度，用华氏温标表示的温度称为华氏温度，用符号 $t^{\circ}\text{F}$ 表示。例如华氏50度可写成 50°F ，或 $t=50^{\circ}\text{F}$ ，摄氏温标与华氏温标的换算公式为： $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$ 。华氏温标只在欧美的一些国家使用，我国及国际组织都不采用华氏温标。

(8) 比容 单位质量所占的体积叫比容。法定单位：立方米每千克， m^3/kg 。

(9) 密度 单位体积的质量叫密度。法定单位：千克每立方米， kg/m^3 。

根据以上常用参数的介绍，表1-1列出了部分气体参数。

表 1-1 部分气体参数

介质名称	气液容 积比	液体密度 /(kg/L) (括号中为温 度/℃)	标准状态下 气体密度 /(kg/m ³)	液化点/ ℃(标准 状态下)	临界 温度 /℃	临界 压力 /MPa	产量 /(t/d)
氧	800	1.14(-183)	1.43	-183	-118	49.7	29.13
氮	640	0.8(-196)	1.25	-196	-146.9	3.3	33.3
氩	770	1.37(-183)	1.78	-186	-122	48	23.4
氟	215	1.2(-246)	5.85	-246	-228.7	2.686	7.1
氦	702	0.125(-269)	0.178	-268.9	-268	0.226	234
氢	786	0.07(-252)	0.089	-252.8	-239.6	1.2	468
甲烷	519	0.4(-161)	0.771	-161.6	-82	4.5	54
氨	584	2.16(-146)	3.7	-153.4	-63.8	54	
二氧化碳	585	1.155(-50)	1.976	-78.2(升华)	+31.1	7.3	21
一氧化二氮 (笑气)	620	1.226(-89)	1.978	-88.45	+36.5	4.5	21
氙	523	3.06(-107)	5.85	-109	+16.6	58.2	13.6
六氟化硫	336	2.188(-50.8)	6.52	-63.7(升华)	+45.5	3.759	
丙烷	291	0.58(-44.2)	2	-42.2	96.6	4.2	
丙炔	338	0.65(-24.8)	1.918	-23.2	+129.2	5.6	
环氧乙烷	495	0.887(10.45)	1.795	+10.30	+196	7.1	
氯	450	1.47(0)	3.27	-33.8	+144	7.61	
氢	885	0.683(-34)	0.771	-33.4	+132.4	11.15	
乙炔	523	0.613(-80)	1.17	-83.6	+35.7	6.16	

四、气体热力性质图

1. 液体汽化过程

气体由液态到气态的过程采用公式计算是很困难的，这不仅因为蒸气是实际气体，状态方程要比理想气体复杂得多，而且蒸气在状态变化过程中，往往还要涉及相变。因此，通常在计算中一般都

采用查图标的方法，将气体的各个状态参数间的关系根据实验数据绘在状态坐标上，通过图解进行计算，大都可一目了然，容易掌握和应用，而且还可以直观地分析过程及实质。

在图 1-4 中给出了物质从液体、湿蒸气到过热蒸气的汽化过程。一个假定的能自由移动上盖的恒压封闭容器，里面的液体为液氧，液氧的沸点（101.325kPa）为 90K，当温度控制在 80K 时，其过冷度为 10K，即为状态（a），是过冷液。当温度加热到 90K 时，即为状态（b），是饱和液，尚未开始汽化。此时，给液体继续加热，液体分子部分变成蒸气分子，使液体分子变成蒸气分子所需的热量（用来增加分子的位能）叫汽化潜热。在图中即为状态（c），称为湿蒸气，蒸气增多使体积膨胀，但温度维持不变，这种温度称为饱和温度，其状态为汽液混合物。此时，液体分子变成蒸气分子的分子数目与蒸气分子变成液体分子的分子数目相同，也称为饱和，其温度也称为饱和温度。经继续加热，液体全部变成蒸气但温度仍维持为饱和温度，此时的蒸气叫干饱和蒸气或饱和蒸气，这就是图中的状态（d）。干饱和蒸气经继续加热，其温度超过了饱和温度，就是图中的状态（e），过热蒸气。液化过程完全是汽化过程的逆过程，气体开始是过热蒸气，随着温度的降低，过热度减小，最后降到饱和温度时形成为饱和蒸气，液化过程开始，在液化阶段中，温度将维持饱和温度不变，但一定要继续放出热量才能继续液化，由饱和蒸气全部变成饱和液体所放出的热叫冷凝潜热，在数值上等于汽化潜热，如果饱和液体继续冷却，则形成过冷液体。

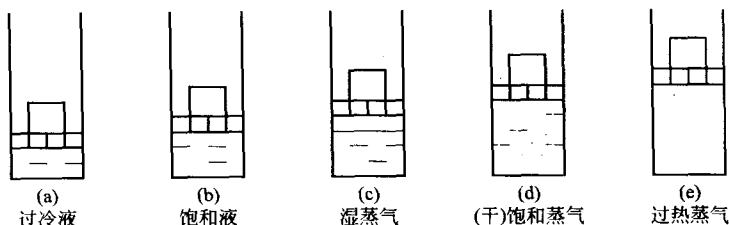


图 1-4 液氧的汽化过程

2. 温熵图

整个汽化过程或液化过程可以在图 1-5 状态坐标图上表示。如果以温度 T 为纵坐标，以熵 S 为横坐标，在图上一个点可以表示一个状态，如图所示，图中 a 点表示过冷液氧，它所对应的温度为 80K 。加热过程是熵值增大的过程，同时温度也在升高，该阶段应示一条向右上方倾斜的曲线。当液体温度达到饱和温度 (90K) 后，汽化阶段开始，图中 b 点表示饱和液体点，在汽化阶段温度保持不变，但需要吸收热量，即熵应增加，图中 $S_d - S_b$ 表示为汽化潜热，所以在 T - S 图上为一水平线，直至液体全部汽化成饱和蒸气的状态，即 d 点。线段 bd 表示了汽化过程，在该线上的 c 点表示湿蒸气（气液混合物）。越靠近 d 点表示蒸气的含量越多。当液体全部变成饱和和蒸气后，如果对气体继续加热（熵增加），温度又开始升高，所以过热阶段在 T - S 图上表示为一条向右上方倾斜的曲线即 de 。由此可见定压（恒压）汽化过程在 T - S 图上表示是由三段折线构成的，这条线是一条等压线（图中表示的是 $p=1$ 绝对大气压）。在不同的压力下画出等压线有不同的 d 点，连接起来构成了蒸气饱和线。同样，在不同的压力下有不同的 b 点，连接起来构成了液体饱和线。蒸气饱和线和液体饱和线的交点称为临界点，纵坐标为温度，横坐标为熵，所以称为温熵图。如图 1-6 所示。

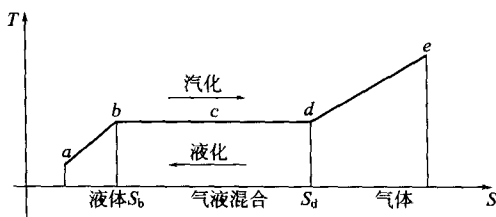


图 1-5 液氧汽化状态坐标图

温熵图的特点如下。

(1) 每一物质都有自己的温熵图。(2) 温熵图可以表示出物质的气态区、液态区和气液混合区（有的还可表示出固态区）。