

石智豪 编

压力容器介质手册

北京科学技术出版社



压力容器介质手册

石智豪 编

北京科学技术出版社

(京)新登字207号

内 容 提 要

本书介绍压力容器中常用介质的分子结构、临界状态、燃烧特性、毒害程度、用途以及在不同温度和压力下的理化数据等一般性质。可作为从事压力容器设计、制造、检验、修理和安全管理等部门工程技术人员工具书。

压力容器介质手册

石智豪 编

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码: 100035

北京市海淀区东华印刷厂印刷

850×1168毫米 大32开本 8.625 印张 220千字

1992年12月第一版 1992年12月第一次印刷

印数1—3000册

ISBN7-5304-1273-6/T·274

定价: 6.00元

前 言

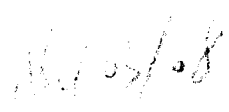
压力容器是国民经济建设和发展中不可缺少的一种常用而又特殊的设备。压力容器中的工作介质更是种类繁多，来源广泛。如原料、成品、半成品或副产品等，大多数介质是以气体和液体状态贮存在容器之中，它们中间不少具有易燃、易爆或有毒有害的特性。尤其在生产过程中，工艺操作条件苛刻，常常会在高温、深冷、高压、真空等条件下进行分解、合成和反应等，这些工作介质会随着工况条件或外部环境的改变而发生变化，极易造成超压、泄漏和挥发现象。一旦容器发生爆炸，介质外溢，将会造成灾难性的事故。因此，了解和熟悉压力容器中介质的各种特性，对于容器的安全运行和事故预防是至关重要的。

本书介绍了压力容器常用介质的一般性质，其中包括分子结构、临界状态、燃烧特性、毒害程度、用途以及在不同温度和压力下的理化数据等。全书共介绍常用介质102种。本书可作为从事压力容器设计、制造、检验、修理、使用和安全管理部门的工程技术人员的一本工具书。

由于时间仓促，水平有限，书中谬误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

1992年3月



目 录

第一篇 压缩气体

空气.....	(1)
氧.....	(4)
氢.....	(6)
氮.....	(11)
氨 ³	(13)
氨 ⁴	(13)
氛.....	(14)
氩.....	(14)
氦.....	(15)
氙.....	(15)
氪.....	(16)
一氧化氮.....	(16)
一氧化碳.....	(19)
甲烷.....	(23)
臭氧.....	(28)
氟利昂-14	(29)
氟.....	(31)

第二篇 高压液化气体

二氧化碳.....	(32)
一氧化二氮.....	(35)

氟甲烷	(38)
乙烷	(40)
乙烯	(43)
氯化氢	(46)
氟乙烯	(50)
三氟溴甲烷	(53)
四氟乙烯	(55)
偏二氟乙烯	(58)
氟利昂-13	(61)
氟利昂-23	(64)
氟利昂-116	(66)

第三篇 低压液化气体

氯	(68)
氨	(75)
二氧化硫	(79)
三氧化硫	(82)
四氧化二氮	(84)
碳酰氯	(86)
硫化氢	(89)
溴化氢	(92)
氟化氢	(94)
氧硫化碳	(99)
碘化氢	(102)
二硫化碳	(104)
氰化氢	(107)
液化石油气	(109)
丙烷	(111)

正丁烷.....	(118)
异丁烷.....	(121)
丙烯.....	(124)
异丁烯.....	(127)
丙二烯.....	(130)
1-丁烯.....	(132)
1,2-丁二烯.....	(134)
1,3-丁二烯.....	(136)
顺丁烯-2.....	(139)
反丁烯-2.....	(141)
正戊烷.....	(143)
1-戊烯.....	(146)
顺式-2-戊烯	(148)
反式-2-戊烯	(150)
1-反式-3-戊二烯	(152)
1,4-戊二烯.....	(154)
2-甲基-1-丁烯	(156)
2-甲基-1,3-丁二烯	(158)
3-甲基-1,2-丁二烯	(160)
环氧乙烷.....	(162)
环氧丙烷.....	(165)
环丙烷.....	(168)
环丁烷.....	(171)
一氯甲烷.....	(173)
四氯化碳.....	(176)
氯乙烷.....	(179)
溴甲烷.....	(182)
溴乙烷.....	(184)
氯乙烯.....	(186)

溴乙烯·····	(189)
三氟氯乙烯·····	(191)
二氟-氯溴甲烷·····	(192)
氟利昂-113·····	(193)
氟利昂-114·····	(197)
氟利昂-142·····	(200)
氟利昂-11·····	(202)
氟利昂-12·····	(204)
氟利昂-21·····	(207)
氟利昂-22·····	(210)
偏二氟乙烷·····	(213)
甲醚·····	(214)
乙醚·····	(217)
甲乙醚·····	(220)
乙烯基甲醚·····	(223)
甲醛·····	(226)
乙醛·····	(229)
甲胺·····	(232)
二甲胺·····	(235)
三甲胺·····	(238)
乙胺·····	(241)
乙腈·····	(244)
乙二腈·····	(246)
丙烯腈·····	(247)
甲硫醇·····	(250)
乙硫醇·····	(252)
呋喃·····	(254)

第四篇 溶解气体

乙炔.....	(256)
附录一 饱和水和干饱和蒸汽的热力性质表.....	(261)
附录二 饱和水与饱和水蒸汽表.....	(292)
附录三 常用易燃液体和可燃液体的闪点.....	(263)
附录四 某些气体及液体的自燃点.....	(264)
附录五 部分气体最低引爆能量(毫焦)和物质的 引火电流.....	(265)
附录六 几种气体混合物的爆轰范围.....	(265)
附录七 某些可燃气体燃烧热.....	(266)
附录八 一些物质的燃烧温度.....	(267)

第一篇 压缩气体

空气 air

分子量	28.95
沸点 (0.101325MPa下)	-194℃
临界常数	
温度	-140.7℃
压力	3.769MPa
压缩系数	0.230
蒸发潜热 (沸点下)	196.78kJ/kg
导热系数 (0℃, 0.101325MPa下)	0.0879kJ/m·h·℃
密度 (0℃, 0.101325MPa下)	1.2928kg/m ³
一般性质	

空气是无色、无味、无嗅的气体。在0℃和0.101325MPa下，每升空气重1.293克。用增加压强和降低温度的办法，能使空气变成液态。

根据实验测定，空气里所含各种气体百分比，按体积计算是：氧气约为21%，氮气约为78%，惰性气体约0.94%，二氧化碳约0.03%，其他气体和杂质约0.03%。不过在不同的地区，空气里各种气体的百分比会稍有不同。

许多金属在空气里会生锈是由于空气里的氧、水蒸汽、二氧化碳等气体的共同作用而发生的复杂化学反应结果。

表1 干空气在压力为0.098MPa时的物理参数

温 度 t (°C)	容 重 r	比 热 c_p	导热系数
	(kg/m ³)	(kJ/kg·°C)	$\times 10^{-2}$ kJ/m·h·°C
-180	3.685	1.047	2.721
-150	2.817	1.038	4.187
-100	1.984	1.022	5.820
-50	1.534	1.013	7.327
-20	1.385	1.009	8.122
0	1.252	1.009	8.541
10	1.203	1.009	8.834
20	1.164	1.013	9.085
30	1.127	1.013	9.295
40	1.092	1.013	9.546
50	1.056	1.017	9.839
100	0.916	1.022	11.05
200	0.723	1.034	13.31
300	0.596	1.047	15.45
400	0.508	1.059	17.46
500	0.450	1.072	19.43
1000	0.268	1.139	27.42
2000	0.238	1.164	30.44
1400	0.204	1.189	33.49
1800	0.165	1.243	39.36

表2 空气的重量、水蒸汽压力和含湿量 (0.101325MPa)

空气温度 (°C)	1m ³ 干空气	水蒸汽压力 (Pa)	全饱和水蒸汽含量
	标准大气压时的 重量 (kg)		在1m ³ 空气中的 含量 (kg)
-20	1.396	123.59	0.0011
-15	1.368	186.65	0.0016
-10	1.342	279.04	0.0023
-5	1.317	415.03	0.0034
0	1.293	613.28	0.0049
5	1.270	871.13	0.0068
10	1.248	1221.90	0.0094
15	1.226	1693.07	0.0128
20	1.205	2318.60	0.0172
25	1.185	3139.73	0.0229
30	1.165	4206.04	0.0301
35	1.146	5576.46	0.0393
40	1.128	7320.18	0.0508
45	1.110	9517.99	0.0650
50	1.093	12263.22	0.0823
55	1.076	15662.40	0.1036
60	1.060	19837.11	0.1293
70	1.029	31076.43	0.1966
80	1.000	47281.71	0.2907
90	0.973	70046.31	0.4188
100	0.947	101324.72	0.5895

氧 oxygen

分子式	O ₂
分子量	31.999
熔点	-218.4℃
沸点	-183.0℃
临界常数	
温度	-118.37℃
压力	5.05MPa
密度	0.4360g/cm ³
压缩系数	0.294
蒸发潜热 (沸点下)	213.19kJ/kg
熔化潜热	13.864kJ/kg
导热系数 (0℃, 0.101325MPa)	0.0862kJ/m·h·℃
密度	
气 (0℃, 0.101325MPa)	1.429
液 (-183℃)	1.14
固 (-252.5℃)	1.426

一般性质

氧气是一种无色、无味、无臭的气体，在标准状态下，与空气的相对密度为1.105。当温度下降至-183℃时，氧气变成为液体，液态氧为蓝色透明体，当温度降至-252.5℃时，氧气便可成为固态氧。固态氧为蓝色固体结晶。

氧的化学性质特别活泼，除贵金属——金、银、铂及卤素和惰性气体外的所有元素，都发生氧化反应，随着氧纯度的提高，氧化反应随之加剧，在纯氧中的氧化反应过程异常激烈，同时放出大量的热量，产生高温，这就使一些在空气中不易燃烧的物质在纯氧中却很容易达到燃点而发生燃烧、爆炸。

氧气具有强烈的助燃特性,若与可燃气体 H_2 、 C_2H_2 、 CH_4 、 CO 等按一定比例混合,即成为可爆性的混合气体,一旦有火燃或引爆条件就能引起爆炸。各种油脂与压缩氧气接触也可自燃。

表1 气体氮的性质

温度	定压热容	粘 度	导热系数	温度	定压热容	粘 度	导热系数
K	$\frac{\text{cal}^\circ}{\text{mol} \cdot \text{K}}$	$\times 10^{-7}$ $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\times 10^{-5} \text{cal}$ $\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$	K	$\frac{\text{cal}^\circ}{\text{mol} \cdot \text{K}}$	$\times 10^{-7}$ $\text{Pa} \cdot \text{s}$	$\times 10^{-5} \text{cal}$ $\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$
100	6.664	76.8	2.16	600	7.137	317	11.5
150	6.666	112.7	3.29	650	7.205	367	12.3
200	6.684	146.5	4.36	700	7.268	385	13.0
250	6.714	177.7	5.39	750	7.326	403	13.7
300	6.756	206.7	6.39	800	7.376	421	14.4
350	6.807	233.7	7.30	850	7.416	438	15.1
400	6.866	258.9	8.17	900	7.445	454	15.8
450	6.930	282.8	9.01	950	7.460	470	16.5
500	6.998	305.4	9.85	1000	7.460	485	17.1
550	7.068	327	10.7				

• $1\text{cal}=4.18\text{J}$ (下同)。

表2 液体氧的性质

温 度	蒸气压	气化热	密 度	热 容	表面张力	粘 度	导热系数
°C	MPa	cal/mol	g/cm ³	$\frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\times 10^{-5}$ N/cm	$\times 10^{-3}$ Pa·s	$\times 10^{-5}$ cal cm·s·°C
-210	0.001545	1859	1.259	.....	20.09	0.503	43.5
-200	0.010806	1780	1.216	.....	17.48	0.325	40.8
-190	0.045294	1695	1.170	12.23	14.94	0.234	37.9
-180	0.1370	1602	1.122	12.51	12.47	0.180	35.0
-170	0.3243	1498	1.070	12.93	10.07	0.146	31.8
-160	0.6612	1382	1.014	13.66	7.770	0.123	28.6
-150	1.198	1246	0.9503	14.96	5.578	0.0987	25.1
-140	1.996	1079	0.8757	17.25	3.523	0.0788	21.6
-130	3.129	852.5	0.7797	22.20	1.657	0.0611	17.8
-128	.....	793.8	0.7555	24.01	.....	.....	.....
-126	.....	725.1	0.7282	26.16	.....	.....	.....
-124	.....	644.8	0.6964	28.64	.....	.....	.....
-122	.....	542.3	0.6567	.....	.....	.....	.....
-120	4.707	.....	0.5986	.....	1.368	0.0456	11.5

氢 hydrogen

分子式

H₂

分子量

2.016

熔点

-259.18 °C

沸点

-252.8 °C

自燃点

在空气中

570 °C

在氧气中

560 °C

密度

气	0.08987g/cm ³
液 (-252.8℃)	0.0708g/cm ³
固 (-262℃)	0.0808g/cm ³

临界常数

温度	-239.9℃
压力	53.59Pa
密度	31g/L
压缩系数	0.304

汽化潜热 (沸点下) 456.36kJ/kg

熔化潜热 58.62kJ/kg

导热系数 (0℃, 0.101325MPa下) 0.5862kJ/m·h·℃

爆炸极限 (20℃, %体积)

空气中	4~74.5%
氧气中	4~94%

一般性质

氢气是一种无色、无味、无臭的气体,在标准状况下其密度为0.08988kg/m³,对空气的重度为0.06952,是最轻的一种气体。它具有最大的扩散速度,因而极易聚集于建筑物的顶部而形成爆鸣性气体。它还具有很高的导热性,其导热系数为空气的6.8倍。氢气的液化温度为-252.77℃,临界温度达-240.17℃,固化温度为-259.21℃,可见要使氢液化是很困难的。

氢气是一种易燃易爆气体,它与空气或氧气混合,在体积含量极宽范围内形成爆鸣性气体。其爆鸣极限见表3。氢气与臭氧、氧化亚氮、甲烷、光气等气体混合,也能形成爆鸣性气体。

氢气能直接与其它某些气体化合,如与氟能在室温下、黑暗处形成毒性的氟化氢;与相同体积的氯混合,在阳光或强光源照射下,就能形成氯化氢。在形成这些化合物的过程中,都会发生爆炸。

氢气的化学性质极活泼，是一种强的还原剂，可与许多物质进行不同程度的化学反应，生成各种类型的氢化物。其渗透性和扩散性强（扩散系数为 $0.63\text{cm}^2/\text{s}$ ，约为甲烷的3倍），当钢暴露在一定温度和压力的氢气中时，其晶格中的原子氢在微观隙中与碳反应生成甲烷，随着甲烷生成量的增加，微观孔隙就扩展成裂纹，使钢发生氢脆损坏。氢的燃烧性能好，着火能量极低，仅

表1 H_2 在水中扩散系数

温 度 °C	10	25	40	55
扩散系数 ($\times 10^{-5}\text{cm}^2/\text{s}$)	3.19	4.50	5.91	8.12

表2 常压下氢在水中溶解度

温 度 (°C)	溶解度 ($\text{cm}^3/\text{g}\cdot\text{H}_2\text{O}$)
0	0.023
20	0.0218
40	0.0168
60	0.0146
80	0.0144
100	0.0146
120	0.0164
140	0.0190
160	0.0220
180	0.026
200	0.032
220	0.038
240	0.044