

压

气

手

缩

体

册

美国压缩气体协会 编
肖家立 齐振华 罗让 译

冶金工业出版社

TH 41-62
M 45

压缩气体手册

美国压缩气体协会 编

肖家立 齐振华 罗 让 译

罗 让 校

冶金工业出版社

221272

(京)新登字036号

内 容 提 要

本书译自美国压缩气体协会 (Compressed Gases Association, CGA) 的Hand book of Compressed Gases的第二版 (由Van Nostrand Reinhold Company出版, 1981), 内容丰富, 其中涉及了与工业、农业、医疗卫生和日常生活用常温和低温液化气体有关的诸多方面的内容。本书的第一部分介绍了压缩气体的特性、装运方法、贮运设施、使用条件及相应的美国和加拿大现行国家标准和法规, 同时还介绍了来自于实践经验的具有普遍意义的安全条例、安全装置及对事故的防范措施。第二部分给出了与各种压缩气体有关的资料和数据。本手册可供压缩气体的生产、贮运、管理、使用和安全防护人员及有关的科研、设计、医疗单位的技术人员和学校师生使用。

压 缩 气 体 手 册

美 国 压 缩 气 体 协 会 编

肖家立 齐振华 罗 让 译

罗 让 校

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街美视院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 27 字数 643 千字

1991年11月第一版 1991年11月第一次印刷

印数 00,001~2,000册

ISBN 7-5024-0856-8

TB·9 定价17.10元

译 者 的 话

本书是根据美国压缩气体协会(Compressed Gases Association, CGA)编写的《压缩气体手册》第二版(1981年)翻译的。

本手册对各种用于工业、农业、医疗及家用的具有不同压力的常温和低温液化气体的特性、装运方法、贮运设施和使用条件等进行了详细的阐述,介绍了与此有关的美国和加拿大现行的国家标准和法规以及根据实践经验制定的、可供普遍应用的安全条例、安全装置以及对事故的防范措施。为便于读者使用,本手册的第二部分对每种气体都逐一给出了资料和有关数据。因此,本手册对于所有从事各种气体的生产、贮运、管理、使用及安全防护人员都不失为一本较为全面的工具书,同时对有关的科研、设计、医疗技术人员及学校师生也具有参考价值。

本书译文对原书章节的编排略有改动,原书的附录A因是介绍美国和加拿大的一些州和省对各种法规的采用情况的,参考意义不大,故予删节。另外,为了便于广大读者更好地使用本书,我们补充了附录2。

由于译者水平有限,译文中难免出现错误,敬请读者给予指正。

译 者

1989年7月

序 言

《压缩气体手册》的第一版出版于1966年。作为压缩气体的运输、使用、安全研究以及运用于这些气体的条例和法规方面的基础资料文件，它起到了良好的作用。因为技术的变革和一些新气体的开发，压缩气体协会（CGA）又编写出了《压缩气体手册》的第二版。这一版为人们提供了一些新的资料，并且更新了第一版中的资料。

同第一版的情况一样，第二版的内容及其根据主要出自CGA会员公司中有资格的技术专家组成的诸多的CGA委员会。因为CGA意识到气体的利害关系涉及面极为广泛，故此，这本书的宗旨即是根据最广大的用户——包括商务人员、医务人员、公务人员、学生以及工程师和科学家们的需要，为他们在一个陌生的领域中提供最基本的指路牌。还因为CGA是一个与数据的适用性以及气体的安全正确使用这两者都有关系的技术组织，故此，本书第一部分和第二部分为人们提供了有关各种气体的安全管理、控制及运输和气体性质方面的一般性资料。

CGA是一个总部在纽约州的非赢利性的服务性组织，其全称为“压缩气体制造者协会”（Compressed Gas Manufacturer's Association），成立于1913年。CGA的会员包括约300家公司，其中有许多主要致力于生产和分配压缩、液化及深冷气体的北美最大企业，还有拥有压缩及液化气体部门的最主要的化学品工业公司，还包括移动式容器、载运罐、罐车、用于麻醉和呼吸的医疗设备及其附件等的制造者和销售者。协会对将自己的工作扩展到国际范围的兴趣正日益增加，它为许多海外的公司设立有特别会员资格的级别。对CGA的主要目标我们可以引用这个组织自己所说的一段话来加以说明：“推动、阐述和协调在压缩气体工业中和产品的最终使用中在安全和效率方面的技术及标准化活动，以便能为公众的最大利益进行最大范围的服务”。

任何感兴趣的商行、公司、协会及个人都可以参加CGA并参加它们的各种活动。

由来自会员公司的在技术上有资格的代表们组成的40人以上的技术委员会负责着CGA的最主要工作。有些委员会，如氨委员会（Ammonia Committee）或大气气体委员会（Atmosphere Gases Committee），负责研究有关各单一气体的问题；另有一些委员会，如医疗设备及气体和卤化碳氢化合物方面的委员会，则负责研究相应类气体家族及其使用情况；还有一些委员会小组参与所有对容器的类型、大小以及将产品从生产厂送往用户所需要的各种运输方法的研究。这些委员会均为正式组织，并能灵活承担任务，以便适应包括许多行业和商务的综合性领域的需要。

最初，CGA技术委员会致力于开发标准，以供工业、制订规章的机构及公众使用。在此工作中，它们经常同其他与压缩气体安全标准有关的机构进行协作，这些机构是：美国国家标准学会（American National Standards Institute, ANSI）、国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）、全国防火协会（National Fire Protection Association, NFPA）、美国麻醉学家协会（American Society of Anesthesiologists, ASA）、全国液化石油气协会（National L-P Gas Association,

NLPGA) 等等。一个公司如有有资格的技术管理人员在CGA委员会工作, 就标志着这个公司能对公众及本行业作出有实际价值的重大贡献, 而且这也是该公司的一种荣誉。

CGA工作中的特别重要的部分是给那些制订有关规章的机构起顾问的作用, 这些机构包括: 运输部 (Department of Transportation, DOT)、州际商业委员会 (Interstate Commerce Commission, ICC), 食品与药物管理局 (Food and Drug Administration, FDA)、加拿大运输委员会 (Canadian Transport Commission, CTC) 以及与安全管理压缩气体有关的州、省、市和当地的机构。协会也与美国铁路协会 (Association of American Railroad, AAR) 的爆炸品局 (Bureau of Explosives, B of E) 长期保持着联系, 起着全美国及加拿大铁路分别对DOT和CTC的官方代表的作用。因此, CGA在开发贯穿北美 (受益于世界上最先进的压缩气体工艺的大陆) 的输送压缩气体的整个实践及法规的制定中充当了一个重要的建设性角色。就这样, CGA从它1913年以“压缩气体制造者协会”的名称成立之日起, 已为工业及大众服务了60多年。

通过过去几十年的活动, CGA已经认识到, 由于技术的发展步伐正在加快, 因此工业内部正进行着意义深远的变革。举例说, 对今天一般空调中要应用的碳氟化合物气体, 协会在本世纪初期是一无所知的。另一个气体工业的更为突出的发展就是以气体为基础对外科学、食物保鲜、低温冷冻以及空间开发利用等分支学科的进步起关键作用的整个低温学领域的兴起。CGA现在将“压缩气体”看作是处于气态、液态和固态的气体, 这就是今天气体范围正在扩大的标志。

要把这些不断进行着的扩展和变化全面记载下来, 大概就要把每天的公报以活页形式装订起来, 这要有很多地方来放置。然而, 在该领域中, 总有一个为人们最经常、最广泛需要查阅的, 并且是构成今天及明天前进的基础的核心。本手册的第二部分即力图把那些分散掌握在许多不同人手中最新发展的基础知识核心交给那些最能发挥作用的人。

R.L. 斯沃普 (Swope) 和 F.J. 赫勒 (Heller) (曾先后担任过《压缩气体手册》委员会的主席), 他们在第二版的编写过程中做出了宝贵的贡献。第二版中许多新的特色和章节就是他们努力的结果。在这方面, 他们得到《压缩气体手册》委员会的某些会员们的协助。

R.E. 兰哈德 (Lenhard) 在从CGA总经理职位上退下来以后, 以CGA顾问的身分花了好几个月的时间协助完成了《压缩气体手册》第二版书稿, 并指导它的编写直至完成, 在这方面他取得了显著的成就。在第二版的整个工作过程中, 主要的编辑工作是由赫德森 (Hudson) 小组在其主席 G.R. 霍斯 (Hawes) 的方案指导下负责进行的。

我们感谢CGA委员会中的那些为在我们的共同努力下使本书能够起到一个提供可靠而正确的原始资料作用而曾经贡献出数据以及对数据进行审查的人们。然而本书难免会有不少错误, 我们将非常高兴地接受读者们的指正。

压缩气体协会 主席

C.H. 格莱西尔 (C.H. Glasier)

目 录

第一部分 压缩气体的管理、运输及贮存的安全标准	1
1 现代压缩与液化气体	1
1.1 应用现状及发展趋势	1
1.2 《压缩气体手册》的编写意图	2
1.3 压缩和液化气体的定义	3
1.4 压缩气体的主要家族	4
1.5 防止压缩气体产生危险的主要安全措施	5
1.6 SI计量单位	7
2 美国和加拿大制定压缩气体法规的权力机构	9
2.1 联邦制定规章的权力机构	9
2.2 联邦法规的其他方面	11
2.3 州和省的法规	11
2.4 当地的法规	12
3 压缩气体容器	13
3.1 关于压缩气体容器的DOT、CTC和ASME法规	13
3.2 气瓶及小容器	14
3.3 气瓶及其他容器的调节器和控制阀	18
3.4 用于铁路上大量装运的容器	21
3.5 用于公路上大量装运的容器	23
3.6 用于水上大量运输的容器	25
3.7 液化冷压缩气体容器	26
3.8 存贮用容器	30
4 压缩气体的安全管理	32
4.1 安全管理的一般要求	32
4.2 缺氧空气	42
4.3 医疗用气体的安全管理	43
4.4 水下呼吸用气瓶的安全管理	58
5 泄压装置标准	61
5.1 压缩气体气瓶的泄压装置标准	61
5.2 压缩气体载运罐和移动式罐的泄压装置标准	84
5.3 压缩气体贮存容器的泄压装置标准	95
6 压缩气体气瓶的标志、标签、检查、试验、转移和处理	104
6.1 用于鉴别移动式压缩气体容器所盛物质的标志	104
6.2 压缩气体容器的警告性标签和标志	105
6.3 气瓶的肉眼检查	114
6.4 气瓶的水压试验	124

6.5 对不适于使用的气瓶的处理	129
7 压缩气体气瓶阀连接制度	134
7.1 美国和加拿大阀门出口与进口连接头标准	134
7.2 22mm麻醉呼吸系统连接头标准	149
7.3 直径标志安全制度	153
8 液化压缩气体的装卸	165
8.1 总则	165
8.2 罐车及罐车装卸	166
8.3 载运罐及其装卸	174
8.4 空运输设备的返回	175
8.5 特种气体的有关问题	176
8.6 检查用法规和工业标准	184
9 深冷液体的使用与安全管理	185
9.1 一般性介绍	185
9.2 一般安全措施	187
9.3 防火与救火	192
9.4 对安全管理的建议	196
9.5 大容量贮存场地应具备的条件	201
10 氧气设备的清洗	206
10.1 清洗范围及目的	206
10.2 清洗要求	206
10.3 预清洗及清洗方法	207
10.4 清洗后的检查	212
10.5 清洗后的保护与标记	214
10.6 对操作人员的安全保障	214
第二部分 各种压缩气体的性质、制取方法、用途、安全管理、运输及其容器	217
11 压缩气体的性质、制取方法、用途、安全管理方法、运输及其容器	217
11.1 乙炔	217
11.2 空气	224
11.3 氨	227
11.4 氩	243
11.5 三氟化硼	246
11.6 丁二烯	250
11.7 二氧化碳	254
11.8 一氧化碳	262
11.9 氯	265
11.10 环丙烷	272
11.11 二甲醚	274
11.12 乙烷	277
11.13 乙烯	279
11.14 氟	282
11.15 碳氟化合物	288

11.16	氮	305
11.17	氢	309
11.18	无水氯化氢	316
11.19	氰化氢	320
11.20	硫化氢	324
11.21	液化石油气	327
11.22	甲烷	338
11.23	甲胺	341
11.24	甲基氯	346
11.25	甲硫醇	349
11.26	氮	353
11.27	氧化亚氮	357
11.28	氧	363
11.29	光气	367
11.30	大气中的稀有气体	372
11.31	二氧化硫	376
11.32	六氟化硫	384
11.33	氯乙烯	386
11.34	乙烯基·甲基醚	389
11.35	气体混合物	392
附录 1	压缩气体协会的出版物——单行本丛书	398
附录 2	压缩气体及与压缩气体有关的产品的补充实例	405

第一部分 压缩气体的管理、运输 及贮存的安全标准

《压缩气体手册》的第一部分为人们提供了两方面的材料。第1章到第3章介绍了有关压缩气体的基本知识，第4章到第10章给出了压缩气体在使用及装运方面较为重要的安全标准。

第4章到第10章的标准，已经由压缩气体协会予以扩展。协会也在压缩气体的一些高度专业化方面提出了标准和建议。这些标准和建议中的一部分，在各章的附注中以及在第二部分的章节中都将涉及到。本书的附录列有压缩气体协会现行的出版物的全部目录，这些出版物就包括了协会的全部标准。

第1章的末尾，给出了用于本手册的国际单位制 (International System of metric units, SI) 及有关的换算系数。

1 现代压缩与液化气体

1.1 应用现状及发展趋势

在现代技术领域里，压缩或液化状态下的气体是不可缺少的，占有重要地位。氧和乙炔通常用于在建筑及机械方面切割钢材，而氧气一直对生产质优价廉的钢材起着极大的促进作用。普通金属的乙炔熔焊及铜焊已是非常普遍的，其他易燃气体，例如氢气，对于焊接某些金属来说具有同样的重要性，有些新型金属及合金（如不锈钢、钛及锆）只能在惰性气氛中进行焊接。丙烷及其他燃料气体，也广泛地用于金属切割。

在面临着日益增长的世界性粮食短缺的形势下，无水氨通常用来改善土壤，以便人们能以较低的成本及较高的产率获得较高的产量。二氧化碳通常被人们装于挂在许多工厂和实验室墙上的特殊容器中，用来作为对付化学药品及电气火灾时最广泛使用的灭火剂。

氧化氮、环丙烷及乙烯，是近代外科手术中所常用的几种麻醉气体；而输氧则在许多危急情况下被医生们用来作为重要急救手段，它也是对某些疾病（包括心律失常）的标准治疗方法。在新的“高压”舱（其压力超过大气压力）中输氧，可以使病人摆脱死亡的威胁。

丙烷及丁烷能为无数工业工艺过程提供精确可控的热量；与此相类似，在工业生产过程及科学研究中所应用的低温，是由致冷气体带来的，这些气体要被液化成温度低于 -150°C (-238°F) 的深冷液体。

许多用来制造塑料、人造橡胶及现代药品的化学制品，就是压缩或液化气体，如丁二烯、氯、氯乙烯、乙炔、氨及甲胺。

甚至在当今工业化国家的日常生活中，气体由于在技术上具有优越性而普遍受到信赖，并且人们也认为这是理所当然的。在家庭、商店、办公室、工厂、医院、仓库、汽车、卡车以及火车中，所有致冷及空调机器都采用致冷气体——通常为碳氟化合物气体。而称之为“干冰”的固体二氧化碳，已经远不同于原来的意义，它已用于易腐烂食品的大批

量装运。所有各种苏打汽水或“碳酸化”饮料中的“爆发气体”，都是由在一定压力下溶解的二氧化碳的气泡所造成的。

与此相似，氧化氮和一些液化石油气，已被用来作为所有压力包装产品的推进剂，它从手一般大小的容器中起泡或喷出，形成点心上面的泡沫状面层以及刮脸的肥皂泡沫，人们也用它来喷洒香水、洗发液、防晒黑液、油漆、杀虫剂以及其他许多有用液体。千百万儿童及成人都清楚游泳池的水中含有微量的氯气，它能保护他们免得传染病。在千百万远离煤气干线的家庭中，丙烷及丁烷这类主要的液化石油气，均为简单的、便于移动的燃料。液化石油气已大量用于农村，供作车辆的动力来源，用于烧除杂草以及许多其他用途，同时在一些地方，特别是在美国中部及西部，液化石油气被用作全部运货汽车及公共汽车的动力来源，以取代汽油或柴油。同时在城市中心，由装有氮、氩、氦或氖气的各种字形的玻璃管组成的管灯，以其光亮、鲜明的色彩为饮食店或娱乐场所青睐，从而被用来做广告。

总而言之，许多现代技术的动力以及现代生活的必需品和设施，都受惠于压缩和液化气体在生产与使用方面的优势，而且这种情况还在继续稳步发展。

现在的趋势是，这方面的发展目标集中于加速开发压缩气体的用途。许多这种正在开发中的用途涉及到了人体生理学。使用气体来维持在地球外围大气的恶劣环境中生存的生命，已开始列入人们的开发项目中，而且这方面的工作肯定将在更广的范围内迅速展开。在医药方面，利用液氮的冷冻手术正成为一种一流的手术方法；氧气治疗仍在增多，而高压输氧疗法，则仅在较为先进的医院中才采用。

多数气体，越来越多地是在冷液体及深冷流体的状态下，采用坚固的、经过改进的设备以及适应于低温工作的材料来装运的，这主要是因为许多气体冷却为液体时，其体积最为紧凑，并且产生的压力很小或根本无压力。甲烷或天然气在约 -162°C (-260°F)时液化，并被称作液化天然气，且已使用至今，我们可以预计，它将像液化石油气一样被广泛使用。适用于低温液体输送的运输、管理方法以及装盛设备，正越来越多地为人们所发现。近年来人们已经发明了许多用于深冷液体的装盛及输送的新材料，且可以肯定，今后许多目前尚不被完全知道的新材料将会被开发出来。

1.2 《压缩气体手册》的编写意图

今天，几乎在工业生产的每个领域里，在医药以及日常生活的许多方面，压缩气体的用量都很大，并且还在增长之中，这样人们就普遍需要一种权威性的资料，编写这本《压缩气体手册》就是试图满足人们的这一要求的。本手册主要是供商业、工业、政府机关、教育事业、运输行业、卫生事业以及军事部门中从事有关气体方面工作的人员使用的。为了能使之起到最大的作用，我们在写法上注意使那些不属于工程界、研究机构以及在大学没有受过科学或工程专业训练的人们在阅读和参考时便于理解。对于目前每种在商业上具有重要性的气体，本书都提供了基本的资料，同时也为那些从事任何有关气体方面工作的人员提供了一般性的资料。

第一部分的前两章，为那些从事气体方面工作的人员和学生介绍整个压缩气体的范围以及美国和加拿大在制订这方面规章制度上起作用的组织。第一部分的其余各章为读者提供了那些已经由压缩气体工业本身制订的安全管理及贮存标准。第二部分则为读者提供了

有关每一种气体的详细资料。

第一及第二部分各自被分成了许多章节,这样便于查阅和使用。在第一部分中,有些章是关于标准化的各项具体内容,例如气瓶阀接头、安全泄放装置和气瓶的安全管理方面的标准。在第二章中,每节各讲一种气体。由于有重要的注释和限制条件,故在使用任何一种气体的资料以前,读者必须先阅读第二部分的导言。

1.3 压缩和液化气体的定义

任何一种化合物或单质能否成为气体,取决于温度和压力在地球表面的狭窄范围内某种稳定的巧合。对我们来说,气体就是在大气压力下,在介于外层空间绝对零度到 $4.4\sim 26.7^{\circ}\text{C}$ ($40\sim 80^{\circ}\text{F}$)的某一温度之间的任一温度下沸腾的物质。92种元素(不包括超铀元素)中的11种,正巧就有这样的沸点,无数化合物和混合物例如空气也明显如此(所指的11种元素是:氢、氮、氧、氟、氯,以及6种惰性气体元素——氦、氖、氩、氪、氙、氡)。

把气体定义为“压缩的”,是出于运输、贮存及使用的实际需要上的考虑。这个具有极大份量的定义在美国已经被运输部采用,该运输部是一个被国会授权的联邦管理机构,其作用在于为州际贸易的安全运输制订法规。运输部(Department of Transportation, DOT)对这个定义的现行解释为:

“……按照美国材料试验学会(American Society for Testing and Materials, ASTM) D-323试验规定,在容器中,在 21.1°C (70°F)时绝对压力超过 275.8kPa (40 lbf/in^2)或是温度在 21.1°C (70°F)时不论压力为何值的任何物料或混合物;或当温度在 54.4°C (130°F),绝对压力超过 7.7kPa (104 lbf/in^2)的任何物料或混合物;或者是在温度为 37.8°C (100°F),蒸气压力超过 275.8kPa (40 lbf/in^2)(绝压)的任何易燃的液体物料均为压缩气体。”

在美国,通常所说的压缩气体是指装在容器中具有如下最小压力的任何物质:

(1) 在 21.1°C (70°F)时表压力为 172.4kPa (25 lbf/in^2);或在 54.4°C (130°F)时表压力超过 613.6kPa (80 lbf/in^2)。

(2) 如装的是易燃物质,在 37.8°C (100°F)时表压力 172.4kPa (25 lbf/in^2)。

根据这个定义以及气体的沸点范围,我们可以将气体分成物理状态不同的两大类,它们分别是:

(1) 在通常的地表温度以及在工业用容器压力条件下,在容器中不液化的气体,表压力范围为 $13.789\sim 17.237\text{MPa}$ ($2000\sim 2500\text{ lbf/in}^2$)。

(2) 在常温及压力为 $172.4\sim 17237\text{kPa}$ ($25\sim 2500\text{ lbf/in}^2$)时,在容器中绝大部分成为液体的气体。

前一类气体通常被称为非液化气体,它们是一些沸点比较低的单质或化合物,沸点不大于 101.1°C (-150°F)。然而这些非液化气体如被冷却到低于其沸点的温度,当然也会变成液体。那些在“深冷”温度下液化的气体,也被称为深冷液体(深冷温度的上限,各种权威规定彼此间的差异很大)。

后一类气体多年来一直被称为液化气体。它们是一些沸点比较接近大气温度,即 $-90\sim -3.9^{\circ}\text{C}$ 或 -1.1°C ($-130\sim 25^{\circ}\text{F}$ 或 30°F)的单质或化合物。在深冷温度时,液化气

体即固化，其中仅有一种——二氧化碳——其固体形态仍被广泛使用。

氧、氮及氩，就是既作为非液化气体，也作为深冷液体被广泛使用的几种气体。它们的沸点分别为 -182.8°C (-297°F)， -253.9°C (-425°F)和 -195.5°C (-320°F)，它们在表压高于 13.789MPa ($2000\text{lb}/\text{in}^2$) (温度为 21.1°C (70°F)) 时充入高压钢瓶作为非液化气体进行输运及使用。但是，当作为深冷液体输运时，它们则被冷却到液态，并被注入到特殊的绝热容器中，以保持保持在低于沸点的温度状态下，并在表压低于 517.1kPa ($75\text{lb}/\text{in}^2$)，甚至低于 6.9kPa ($1\text{lb}/\text{in}^2$) 的压力下工作。

被广泛使用的几种液化气体及其沸点为：无水氨， -33.4°C (-28°F)；氯， -33.9°C (-29°F)；丙烷， -42.4°C (-44°F) 及二氧化碳（它在 101.325kPa (1atm) 及 -78.3°C (-109°F) 时直接从固体升华为气体，并且只在一定的压力下才液化）。当在典型的表压力范围内，即从氯的 586kPa ($85\text{lb}/\text{in}^2$) 到二氧化碳的 5929kPa ($860\text{lb}/\text{in}^2$)，将这几种气体装入气瓶，它们全都会大量液化。应将气瓶装满到运输条件许可的最大量，瓶中仅留一小点蒸气空间，供在受热情况下膨胀。

乙炔是在容器中具有第三物理性状的唯一被广泛使用的气体，它在有些时候被称之为“溶解气”（与“非液化气”或“液化气”大不相同）。工业界建议：单体乙炔通常不应在表压大于 103kPa ($15\text{lb}/\text{in}^2$) 的压力下输送，因为如果没有特殊设备而在高压下进行输送，则能发生伴有猛烈爆炸的分解。因此，乙炔气瓶要被填充一种惰性的孔隙性材料，而后用丙酮进行饱和。充入气瓶中的乙炔溶解于丙酮，且在溶液状态下，并当在最大许可的装运表压力 1724kPa ($250\text{lb}/\text{in}^2$) (21.1°C (70°F)) 时或低于此压力条件下将不会发生分解。一些在化学生产工艺中大量使用乙炔的用户，宁可在他们的工厂中藉碳化钙与水的反应来制取乙炔，而不愿采用特殊瓶装的乙炔。

1.4 压缩气体的主要家族

压缩及液化气体，也常常按他们共同的来源、性质或用途被归并为一个不甚严格地结合在一起的家庭。

大气中的气体组成一个最主要的家族。其中量最多的为氮，占空气体积的78%，氧是含量第二丰富的成员（占21%）。一切动物的生存，都完全依赖于这两种元素，前者为营养所需，后者则为呼吸所需。大气中其余1%中的绝大多数组成了一个具有化学惰性的附属家族，即惰性气体家族，其主要成分为氩，其次为微量的氦、氖、氙以及氡。后面四种常被称为稀有气体，因为它们是相当稀少的。大气中也含有微量的氢，微量组分中的较主要成分，就是少量的二氧化碳及大量的水蒸气。

工业上生产氮、氧、氩及稀有气体的方法，是将空气冷却到液态，然后将具有不同沸点的各种“馏分”精馏出来，这与石油在高温下精馏出馏分很相似。这个方法被称为分馏。有些高纯度氮就是在分馏中获得的，但今天所使用的大量的氮，则来自于天然气井，天然气中氮浓度仅占百分之几。

燃料气体在空气中或是在纯氧中燃烧以产生热量，由此便构成了一个由主要用途联系起来的气体家族，其成员主要为碳氢化合物气体——特别是占居第一位的液化石油气、丙烷及丁烷。天然气的最大组分为甲烷，它是家族中另一个主要代表。焊接用气体，如乙炔和氢气，多少有点特殊的代表性。在新近开发的气体领域里，有一个新成员已加入到这个

气体家族中，这就是经抑制的甲基乙炔—丙二烯混合物，它在某些方面类似液化石油气。

另一个用途刚好相反的气体大家族，就是致冷气体家族。致冷气体应当是一种在一定压力下容易液化的气体，因为工作时它们靠机械压缩成为液体，随后在冷却盘管中流动时又吸收大量的热量，被气化成为气体。最早使用的致冷剂，为干燥的或无水的氨，它在低压下可以进行液化。任何一种液化气体，都是致冷剂家族中良好的候选成员；甚至一些接近于深冷液体的气体，例如甲烷，都被这个领域中一个主要组织——美国采暖致冷与空调工程师协会(American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE)划作致冷气体。

今天，最常用的致冷气体为碳氟化合物，它们是一个近乎无限大的家族，它们属于经氟化的碳氢化合物系列。碳氟化合物是一种良好的致冷剂，因为它们在化学性质上基本是惰性的，并且能被选择，或通过混合或化合，以获得特种制冷用途所需要的任何物理性能。

氧化氮，是气体中比较混乱的家族，它既是用于医药的气体家族中一个突出的成员，同时也是受到人们重视的推进剂气体以及可靠的致冷气体。环丙烷和乙烯也是如氧化氮一样的气体，它们被广泛地在医学上用作麻醉剂。氧气在医药中应用很广，而且这种应用正在日益增长之中，它可以单独，也可以与二氧化碳或氮混合，用于许多种类的气体吸入疗法。

在美国，被认为是危险气体家族成员的气体，通常是那些已由 DOT 为保证州际运输中的公共安全而列为危险气体的气体。本书第二部分将叙述两种在商业上具有重要意义的气体，即氢化氰和光气。这两种气体都以液化状态进行装运，其危险性是它们在化学工业中被用作中间体时容易被人体吸入。在许多种类的化合物——例如一些人们所最熟知的，如有机玻璃、丙烯酸塑料(在氢化氰存在的情况下)以及巴比妥类药物(在光气存在的情况下)——的生产中，上述两种气体即作为中间体。氢化氰和光气的潜在危险，主要是通过吸入产生的，它们通常由 DOT 规定为 A 级或“极毒”气体。在空气中，氢化氰浓度在 100~200 ppm 时，如果被吸入 30~60 min 就能致死。如果有人吸入浓度约 700 ppm 的光气，几分钟内就会死亡。对于这些气体以及其他有毒气体的装运及管理，人们已提出了很多安全要求及方法，如若采用所建议的保护措施，则无论如何也不会发生事故。

现在仍然有一些在商业上有意义的气体没有明显的家族关系；其中许多用于化学工业工艺过程。例如甲胺用来作为有机氮的化学中间体的来源，又如甲硫醇则用于杀虫剂的制取。它们都是液化气体。另一种液化气体二氧化硫，在食品生产中广泛用于防腐及脱色，在制造硫化纸张及人造丝时用作漂白剂，同时也用作灌溉水的添加剂，以提高美国西南部碱性土壤的农作物产量。一氧化碳是一种非液化气体，主要用来制造其他化学品如乙烯，并也用于高纯镍金属的精炼。另一种非液化气体——氟，则用来制造某些氟化物，这些氟化物中的六氟化硫具有较高的不导电性能，在电气设备中被广泛地用作绝缘气体。

1.5 防止压缩气体产生危险的主要安全措施

压缩及液化气体由于具有多种性能，因而能在现代生活中得到广泛应用——有些气体在燃烧时能产生高热量，而另一些在化学过程中则具有较高的活性，还有些可以达到极低的温度，并且它们都可以在高压或低温下以紧凑的方式较经济地进行装运——但如对这些气

体的装运缺乏足够的知识及措施,则上述这些性能也常能导致产生危险。

本书的第一部分为人们提供了专门的、比较详尽的标准。这些标准是由压缩气体工业部门制定的,用以保证安全,希望读者从这些标准中查阅到有关的任何方面的资料。在这一点上,扼要地提出压缩气体的主要危险以及为防止这些危险所应采取的主要措施,可能会对人们有所帮助。

实际上一切气体由于它们能置换空气中的氧气,因而起着简单的麻醉剂的作用。防止这种潜在危险的主要措施,其一是对气体可能聚积而达到不安全浓度的所有密闭地区进行足够的通风;其二是对于可能含有高浓度气体的不通风地区,如果不戴上自救式或有软管供给空气的呼吸器就不要进入。许多气体具有特别的气味,在空气中出现时能引起人们的警觉;然而另外一些,例如空气中的气体,就没有气味,也没有颜色。装运压缩及液化气体的容器,要求带有警告用的标签;在经常贮存与使用这些气体的地区入口处,应设有类似的警告标牌。未经批准的人员应当离开这些地区。

有些气体,当被吸入或具有较高的蒸气浓度,或是液化气体与皮肤或眼睛接触时,也对人体有毒害作用。在这些能产生毒害作用的高浓度气体的密闭地区,同样要以足够的通风作为预防的主要措施。除此之外,针对少数有毒气体,还可以购置自动连续监测气体浓度的装置,当浓度达到危险点时这种装置就发出警报。要防止那些有毒的或温度很低的,或是二者兼备的液化气体与人的皮肤或眼睛接触,其措施包括:使所有装运这些气体的人员具备熟练的知识和进行充分的训练,制定和开发用于装运这些气体的简单程序和设备,配备专门的保护服装和设备(例如保护用外衣、手套和面罩)。

对于易燃气体,需要防止发生火灾及爆炸。通风仍然是针对这种危险的主要预防措施。与此相结合的是借助于安全布署和设备来检定可能发生的泄漏。如果发生火灾,适当的灭火设备和特制的药剂,能有助于减少损失。还应当注意不让任何易燃气体接近任何火源和热源,例如产生火花的电气设备或常用工具冲击所产生的火星、锅炉房或明火。

氧气具有一种特殊的燃烧危险性,虽然它本身不能燃烧,但它能降低易燃物质的燃点,并加速燃烧。它与任何易燃物质——包括油脂和油——的距离,不应小于3.048m (10ft),并且其存放地点与贮有易燃气体的气瓶或贮罐的距离,也不应小于上述值。

任何时候,只要精心管理容器,就能够避免盛有高压气体的气瓶或别的容器可能发生的破裂。举例说,气瓶绝对不要受冲撞或倒下。当气瓶在高压下充气时,气瓶阀一旦脱落,它就会变成一颗“子弹”。在大多数情况下,通过阀门残留部分、比较小的开孔是不足以产生火箭一样的喷射的。不应当将气瓶在地上拖拉或滚动,而应当用手推车移动。当气瓶直立于手推车上、地面上或机动车上时,应当用链子将它牢牢栓住以防倒下。此外,气瓶外壁任何部位都不应当受热使温度超过54.4°C (130°F),绝对不能用喷灯或其他明火使之受热。进行大量运输及贮存时,也应采取同样的措施加以防范。防止容器发生破裂的首要措施,是要提出对压缩气体容器制造、试验和检验的要求和建议。

今天,压缩及液化气体在美国和加拿大是在极大数量和极多种用途的情况下,以非常高的工业及公共安全记录进行管理的。压缩气体工业本身已经在安全设备的开发及运用方面居于领先地位,这既是出于公共利益,也是出于其本身利益。

此外,许多政府当局为了公共安全利益,制订了关于运输、贮存、标记及其他事项的条例,以使公众及工业界受到保护。这些当局与工业部门密切合作,并经常协助他们建立一

些比较健全的、详尽的安全法规。在压缩气体领域里负责制定法规的有关当局将在下一章介绍。

为了对压缩气体（也包括其他化学品）运输的任何紧急情况进行援助，化学品制造者协会（Chemical Manufacturers Association）已建立了化学品运输应急中心（Chemical Transportation Emergency Center, CHEMTREC）。这个中心会立即对事故发生现场的人员提出意见，随之迅速与所运化学品的托运人联系以进行更细致的援救和适当的善后工作。

CHEMTREC每天工作24小时，每周工作7天。它不是一般提供有关化学品信息的机构，而是负责处理化学品运输过程中出现的紧急事故的机构。

在加拿大，也有一个类似的计划称为运输部紧急事件援救计划（Transportation Emergency Assistance, TEAP），是由加拿大化学品生产者协会通过那些地区控制中心（Regional Control Centers, RCCs）的成员公司作为一个公共服务项目，管理实施的，他们每周工作7天，每天工作24小时。

1.6 SI计量单位

本书中所标明的与美制单位具有等量值的公制单位是国际单位的SI单位。它是由美国国家标准学会（American National Standards Institute, ANSI）在一本名为《ANSI Z210.1》的单行本中作为美国国家标准而采纳的，它最初是在1973年3月15日被批准使用的。国际单位制的使用，已经由国家标准局（National Bureau of Standards, NBS）、美国试验及材料协会、美国机械工程师学会（American Society of Mechanical Engineers, ASME）以及其它一些机构批准使用。

SI单位制试图将全世界不同国家所用的计量单位统一起来。

表 1-1 列出从美制单位转换为SI单位的换算系数

项 目	美 制 单 位	系 数	SI 单 位
压力	lbf/in ² 磅每平方英寸（表压）	6.894757	kPa 千帕〔斯卡〕
压力	kg/cm ² 千克每平方厘米	98.06650	kPa 千帕〔斯卡〕
压力	atm 大气压	101.325	kPa 千帕〔斯卡〕
温度	°F 华氏度	(°F-32)/1.8	°C ^① 摄氏度 ^①
密度	lb/ft ³ 磅每立方英尺	16.01846	kg/m ³ 千克每立方米
体积	ft ³ 立方英尺	0.02831685	m ³ 立方米
比容	ft ³ /lb 立方英尺每磅	0.06242796	m ³ /kg 立方米每千克
热量	Btu/lb 英热单位每磅	2.326	kJ/kg 千焦〔耳〕每千克
热量	Btu/ft ³ 英热单位每立方英尺	37.25895	kJ/m ³ 千焦〔耳〕每立方米
热量	Btu/gal 英热单位每加仑	278.7163	kJ/m ³ 千焦〔耳〕每立方米
比热	Btu/(lb·°F) 英热单位每磅每华氏度	4.1868	kJ/(kg)(°C) 千焦〔耳〕每千克每摄氏度
质量	lb 磅	0.4535924	kg 千克
长度	in 英寸	0.0254	m 米
长度	ft 英尺	0.3048	m 米
长度	mile 英里	1.609344	km 千米

① 温度的SI单位为开〔尔文〕(K)，但通常在温度测量方面，以摄氏度（°C）表示较受欢迎。摄氏 刻度上的度数之差，与在开〔尔文〕刻度上的度数差相同。0K等于-273.15°C。

在压缩气体领域内，用于各种不同计量性质的重要SI单位如下：

压力	千帕〔斯卡〕	kPa
温度	摄氏度	°C
密度	千克每立方米	kg/m ³
体积	立方米	m ³
比容积	立方米每千克	m ³ /kg