



现 | 代 | 生 | 产 | 安 | 全 | 技 | 术 | 丛 | 书 第二版

气瓶安全技术

QIPING ANQUAN JISHU

崔政斌 ◎ 王明明 编著



化学工业出版社

本书为《现代生产安全技术丛书》(第二版)中的一个分册。

本书共分七章,从基础知识、气瓶概述、气瓶的设计与制造、气瓶的充装、气瓶的定期检验与评定、气瓶的安全使用、气瓶事故的调查分析等方面,对气瓶的安全使用等环节进行了理论上的阐述和实践中的应用介绍。为预防气瓶事故的发生提出对策和措施。主要特点是实用性强,为工作人员提供参考。

本书可供气瓶使用单位的管理人员、操作人员和安全技术人员在工作中使用,也可供气瓶的设计、制造、检验、充装、安监及其他有关人员参考。也可作为相关专业人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

气瓶安全技术/崔政斌,王明明编著. —北京:化学工业出版社,2009.5

(现代生产安全技术丛书 第二版)

ISBN 978-7-122-05035-9

I. 气… II. ①崔…②王… III. 气瓶-安全技术
IV. TH490.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第034342号

责任编辑:杜进祥 郭乃铎
责任校对:周梦华

文字编辑:孙思晨 丁建华
装帧设计:关 飞

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 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张8 1/2 字数236千字 2009年9月北京第2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:24.00元

版权所有 违者必究

序

当前,我国正处在全面建设小康社会,加快推进社会主义现代化建设的发展阶段,经济社会发展呈现出系列重要的阶段性特征,这些阶段性特征,表明了我们正处在一个新的历史起点上,既是一个发展的机遇期,又是一个矛盾凸显期。就安全生产领域而言,纵观世界上许多工业化国家走过的历程,在人均国内生产总值1000美元至3000美元之间,往往是生产安全事故的易发期。在这个历史阶段,是改革与发展面临的客观形势,也是我们必须直面的具体问题。如果应对的好,措施得力,可以加快经济和社会的发展,如果应对不力,政策失误,也会造成社会的动荡。安全生产问题是现代化进程中不可避免的重大问题,发展规律不可逾越,我们不能超越历史阶段,绕过事故易发期,但也不能重蹈许多工业化国家的旧辙。我们要凭借后发优势和社会制度的优势,借鉴、吸收外国的经验教训,通过自身的积极努力,完全可以用较短的时间走过西方工业化国家几十年甚至上百年的路程,把各类事故大幅度地降下来,实现安全生产的可持续发展。

2004年我们组织有关人员编写了《现代生产安全技术丛书》,四年来这套丛书得到广大读者的厚爱,受到了社会的好评。但随着安全生产的深入发展,新技术、新工艺、新装备的不断涌现,企业安全技术工作也越来越需要进一步发展。面对如此新形势,我们感觉有必要对《现代生产安全技术丛书》进行修订,以适应安全发展的新形势和新要求。

《现代生产安全技术丛书》第二版在第一版的基础上,将《防尘防毒技术》,《噪声与振动控制技术》,《个人防护装备基础知识》三个分册合并而成为《职业危害控制技术》。从第一版《压力容器

安全技术》中划出“气瓶安全”单独成册为《气瓶安全技术》，另根据危险化学品、建筑高危行业的特点，第二版增设《建筑施工安全技术》和《危险化学品安全技术》两个分册，旨在强化这两个高危行业的安全技术。

本丛书各分册编写中均参考了大量文献，在此，我们对原著作者表示衷心的感谢。本丛书在编写过程中得到了化学工业出版社有关领导和编辑同志们的悉心指导，在此，我们也表示真诚的谢意。同时，由于时间的限制和水平的限制，书中可能存在一些错漏和谬误，敬请读者给予指正。

崔政斌 石跃武

2009 年 1 月

第一版序

安全生产在全面建设小康社会，实现可持续发展战略方面有着重要的地位和作用。搞好安全生产，保障人民群众的生命和财产安全，体现了最广大人民群众的根本利益，反映了先进生产力的发展要求和先进文化的前进方向，是企业生存和发展的基本要求。

我国正处于计划经济转型为市场经济的发展初期，由于工业安全生产基础薄弱，安全生产管理水平不高，同时受生产力发展水平和从业人员素质等因素的制约和影响，造成当前安全生产形势相当严峻，重大特重大事故频繁发生，造成了巨大的人员伤亡和财产损失。这种局面若不能有效地控制，将直接影响我国经济的可持续、健康发展和全面建设小康社会目标的实现。

随着社会主义市场经济体制的进一步完善和国民经济持续快速发展，推动了工业现代化的进程，工业安全与事故的预防和控制工作将面临新的挑战。以公有制为主体、多种经济成分共同发展的经济模式，使工业安全的监管对象多元化，监管的难度增大；矿山、建筑、危险化学品等行业高速发展，西部大开发和东北等老工业基地的调整改造等战略的实施，数以亿计的农民工进入劳动力市场，涌向工矿企业，使工业安全面临更大的压力；经济全球化带来工业发达国家向我国转移“高风险产业”等现象，使工业安全的形势更加严峻。

如此严峻的安全生产新形势、新情况、新问题，是摆在安全生产及安全科技工作者面前的重大课题，如何有效地预防与控制工业中的各种安全生产的风险，从被动防范事故向控制源头、往本质安全化方面转变，从以控制伤亡事故为主向全面做好职业安全健康工作转变，把职业安全健康工作作为以人为本、珍惜生命、保护大众

的安全健康工作来抓，这是安全生产工作的出发点和归宿。为此，我们组织有关专家、学者、企业安全管理干部和技术人员，编写了这套《现代生产安全技术丛书》，旨在从企业安全生产的基础工作做起，结合企业生产安全的实用技术，为我国工业生产的安全工作尽一点微薄之力。

本套丛书的主要特点是，从企业安全生产的各项具体工程技术入手，有针对性地提出解决安全问题的方法和措施，理论联系实际，注重理论性，更强调实用性，推荐给读者的方法，能有效地解决生产过程中的实际问题。书中大量引用企业在具体安全工作中的常见典型实例，验证了书中安全方法的可行性，使读者易于理解并在实践中运用。丛书中也大量引用了有关专家、学者的研究成果，在此表示衷心的感谢。

组织和编写这套《现代生产安全技术丛书》，工作量比较大，且时间仓促，加上作者水平的限制，书中定会存在不少欠缺之处，望广大读者不吝赐教。本丛书的编写和出版，得到了化学工业出版社安全科学与工程出版中心有关人员的指导和帮助，在此一并致谢。

崔政斌 徐德蜀

2004 年 2 月

前 言

随着我国国民经济迅速发展和人民生活水平的不断提高，我国居民的燃料结构也发生了根本的改变，方便经济的液化石油气正在逐步替代人们日常生活中使用的传统燃料，盛装液化石油气的液化石油气钢瓶已成为与人民生活息息相关的民用产品。

由于钢瓶结构简单、市场容量大、且钢瓶生产投资少，见效快，因而生产厂数量迅速增长，我国已成为世界上气瓶生产厂家最多、产量最高的国家。然而，在激烈的市场竞争冲击下，钢瓶的价格也大幅度下降。面对这种局面，一些企业采取各种方式降低成本，导致产品安全质量下降，给消费者带来了安全隐患。同时，由于在用钢瓶流动性大，绝大多数都分散在个人手中，给安全监督和检验工作带来很大的难度，全国大部分地区的在用钢瓶定期检验率低，安全状况极其严重。

面对严峻的气瓶安全状况，我们按照《气瓶安全监察规定》和《气瓶安全监察规程》的要求，将 2004 年化学工业出版社出版的《现代生产安全技术丛书》中《压力容器安全技术》一书中的第八章“气瓶安全”拿出来，经整理、充实，单独成册，写成这部《气瓶安全技术》、作为新版《现代生产安全技术丛书》（第二版）中的一个分册。本书共分为七章，即：第一章基础知识；第二章气瓶概述；第三章气瓶的设计与制造；第四章气瓶的充装；第五章气瓶的定期检验与评定；第六章气瓶的安全使用；第七章气瓶事故调查分析。

我们编写本书的目的是为了规范气瓶的安全使用、杜绝或减少气瓶事故的发生，全书本着“少而精”的原则，注重实践性和可操作性，为气瓶的安全使用提供一定的安全技术支持。为构建气瓶和

谐安全的市场贡献一点微薄之力。

本书在编写过程中得到了化学工业出版社有关领导和编辑的指导和帮助，他们对本书倾注了一定的心血和汗水，在此我们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免出现不妥和疏漏之处，望广大读者批评指正。

编著者

2009 年 3 月

目 录

第一章 基础知识 1

第一节 ● 热力学基础知识	1
一、物态	1
二、基本状态参数	1
三、气体状态变化基本定律	4
四、热量和比热容	6
五、体积和重量	6
六、气液相变	7
第二节 ● 分子的组成和分子运动	9
一、分子的组成及性质	9
二、物质相平衡图	12
三、气体热力性质图	13
第三节 ● 几种常用气体的主要性质	18
一、几种常用压缩气体的特性	19
二、几种常用液化气体的性质	25
三、溶解气体 (如 C_2H_2)	31

第二章 气瓶概述 34

第一节 ● 气瓶的分类	35
一、按公称压力和公称容积分类	35
二、按临界温度分类	36
三、按结构分类	37
第二节 ● 气瓶附件及安全监察	40
一、瓶阀	40

二、安全附件	43
三、各类气瓶的安全监察	48
四、气瓶的钢印标志	49
五、颜色标记	50

第三章 气瓶的设计与制造 56

第一节 ● 气瓶对主体材料的要求	56
一、机械性能	56
二、对钢材的特殊要求	57
三、对钢材化学成分的要求	58
第二节 ● 设计计算	60
一、符号说明	60
二、设计计算	61
第三节 ● 制造工艺	64
一、钢管成型法	65
二、钢锭成型法	65
三、焊接成型法	65

第四章 气瓶的充装 69

第一节 ● 永久气体的充装	69
一、永久气体充装的工艺流程	69
二、充装前后气瓶操作流程及安全充装	72
三、永久气体的计量	77
四、工业气体的输送方法	81
五、永久气体的充装安全	86
第二节 ● 液化气体的充装	93
一、液化气体充装工艺流程图	93
二、液化气体的充装	98
三、安全注意事项	108
第三节 ● 乙炔气瓶的充装	109
一、溶解乙炔的生产及充装工艺流程图	110
二、充装前后的气瓶操作流程及安全充装	111
三、溶解乙炔充装安全性质	118

第一节 ● 定期技术检验的目的和周期	122
一、目的	122
二、周期	123
第二节 ● 检验前的准备工作	124
一、送检气瓶的接收	124
二、排除瓶内剩余气体	124
三、拆卸瓶阀	127
四、清理气瓶的内外表面	128
五、登记气瓶的原始标记	130
第三节 ● 检验	130
一、无缝气瓶	131
二、钢质焊接气瓶	133
三、液化石油气钢瓶	135
四、溶解乙炔气瓶	136
第四节 ● 压力试验与容积变形的测定	138
一、乙炔瓶的气压试验及评定	138
二、气瓶水压试验及评定	139
三、检验后的处理	147
四、气瓶改装	152

第一节 ● 气瓶的运输	154
一、装卸规则	154
二、注意事项	155
第二节 ● 储存	156
一、库房的设置	157
二、入库储存前的检查	158
三、入库储存	158
第三节 ● 销售	160
第四节 ● 安全使用	161
一、基本要求	161

二、使用和维护	162
第五节 ● 气瓶充装站的要求	164
一、营业执照及相关批准文件	164
二、组织机构和技术力量	165
三、质量管理体系及规章制度	167
四、充装站建站资格和职责	170

第七章 气瓶事故调查分析 173

第一节 ● 典型事故实例分析	173
一、爆炸	173
二、燃烧	178
第二节 ● 气瓶事故调查分析	180
一、现场调查	181
二、事故发生过程的调查	183
三、气瓶历史情况的调查	184
四、气瓶破坏形式的鉴别	185
第三节 ● 气瓶事故报告	187

附录一 气瓶安全监察规定 191

附录二 气瓶安全监察规程 199

附录三 溶解乙炔气瓶安全监察规程 224

附录四 溶解乙炔生产安全管理规定（试行） 240

参考文献 254

第一章

基础知识

众所周知，气瓶是充装各种气体的压力容器，气体在充装、使用和储运中，不少气体都发生物态变化，气瓶的安全与瓶内气体的温度、压力等热力学性质密切相关。下面简单介绍一些与气瓶安全有关的热力学基础知识。

第一节 热力学基础知识

一、物态

人们日常接触到的物质，常见的一般可处于三种聚集状态：固态、液态和气态，并在一定的温度、压力等条件下可相互转化。如水，在正常环境下常见的是液态；但在冬天气温降至摄氏零度时，它就会变成冰而成为固态；加热到 100°C 时又可转变为水蒸气而成气态。各种气瓶所充装的介质，一般分别以气态或气、液共存状态存在。

二、基本状态参数

物质即使在同一物态下，也会因所处的温度、压力不同而有不同的状态。如氧气，在充入气瓶前后，虽然都是气态，但由于它们的压力和温度都不相同，因此它们的状态也就不相同。为了说明一种物质所处的状态，就需要引进一些决定物质处于何种状态的物理量，即物质的状态参数，如压力、温度、比容（或重度）、内能、焓、熵等，但其中最常用又便于测量的状态常数就是压力、温度和比容（或重度），知道了上述三个基本状态参数中的两个就能知道其他所有的状态参数，

因而压力、温度和比容就称为基本状态参数。

1. 温度

温度是表示物体冷热程度的一个物理量。那么，为什么有的物体热，有的物体冷呢？或者说有的温度高，有的温度低呢？其实质是：温度高的物质的分子运动激烈，反之亦然。可见，物质温度的高低，是物质内部分子运动激烈程度的体现。当加热某一物质时，它的分子运动就激烈起来，因而温度也就升高。

为了量度物质的冷热程度，采用温标来表示。国际上采用的温标很多，但最常用的是“摄氏温标”加“热力学温标”，我国法定计量单位也采用这两种温标。

摄氏温标的温度刻度是摄氏温度，是将在压力为 101.325kPa（一个标准大气压）下冰的熔点温度作为零度，水的沸点温度作为 100 度，把零度和 100 度之间的间隔 100 等分，每 1 等分称 1 摄氏度（1℃），摄氏温标用℃表示。

为了统一起见，国际上采用“热力学温标”来表示物体温度的高低。热力学温标上每度的大小与摄氏温标完全一样，只是零度的起点不同而已。

热力学温标的零度规定为 -273.15℃。热力学温标用 K 表示，热力学温度与摄氏温度的关系如下式所示

$$T = t + 273(\text{K})$$

$$t = T - 273(\text{℃})$$

式中 T ——热力学温度；

t ——摄氏温度。

2. 压力

在气瓶设计、充装中，压力是用得最多的物理量之一。那么，压力究竟是怎么一回事呢？工程上所讲的，或者这里所要讨论的压力，实质上是物理中的压强，即单位面积上所受的垂直作用力。压力符号用 P 表示，法定计量单位为帕斯卡（Pa），目前工程上常用的单位为兆帕（MPa）。

工程上把单位面积上的垂直作用力为 1kgf/cm^2 的压力称为一个工程大气压，常用符号 at 表示。

法定计量单位与工程大气压之间的换算关系为

$$1 \text{at} = 1 \text{kgf/cm}^2 = 98.0665 \text{kPa}$$

地球上的大气压是随地点和气候条件的变化而变化的，物理学上将纬度 45° 海平面上大气压的常年平均压力称为一个标准大气压（或称物理大气压），常用符号 atm 来表示。

$$1 \text{atm} = 760 \text{mmHg} = 101.325 \text{kPa}$$

压力通常是用压力表或 U 形管压力计来测量的。U 形管内装有液体，一端与被测压力的容器相连，另一端与大气相通。由于 U 形管两端液面上所受的压力不同，从而液面具有一定的高度差 Δh ，如图 1-1 表示容器中气体的压力比当地大气压 $P_{\text{大气}}$ 高，这时压力计的读数 $P_{\text{表}}$ 表示比大气压力高出的数值，称为表压力，容器内气体本身的压力称为“绝对压力” $P_{\text{绝对}}$ ，显然， $P_{\text{绝对}} = P_{\text{大气}} + P_{\text{表}}$ 。

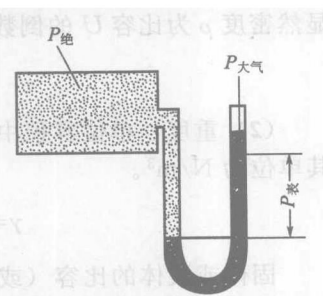


图 1-1 绝对压力
与表压的关系

在实际工作中，常遇到国外的气瓶，由于各国采用的压力单位不尽相同，因而，在气瓶的充装和检验工作当中，就会遇到压力换算的问题。现将各种压力单位换算列于表 1-1。

表 1-1 压力单位换算表

压力单位 换算值	工程大气压 (at)/ (kgf/cm ²)	标准大气压 /atm	磅力每平方英寸 (lbf/in ²) (psi)	巴/bar	帕[斯卡] /P _a
工程大气压 (at)/ (kgf/cm ²)	1	0.9678	14.223	0.980665	98066.5
标准大气压/atm	1.0332	1	14.696	1.01325	101325
磅力每平方英寸/ (lbf/in ²)(psi)	0.0703	0.06805	1	0.06895	6894.7
巴/bar	1.0197	0.9869	14.503	1	10 ⁵
帕[斯卡]/P _a	1.0197×10^{-5}	9.869×10^{-6}	1.45×10^{-4}	10 ⁻⁵	1

3. 比容和重度

(1) 比容和密度 单位质量的物质所占据的容积称为比容。常用符号 U 表示, 其单位为 m^3/kg , 设 $m\text{kg}$ 物质所占的容积 $V\text{m}^3$, 则该物质的比容为

$$U = \frac{V}{m}$$

单位体积所含有的质量叫做密度, 用 ρ 表示, 单位为 kg/m^3 。显然密度 ρ 为比容 U 的倒数, 即

$$\rho = \frac{1}{U}$$

(2) 重度 单位容积中的物质重量称为重度。以符号 γ 表示, 其单位为 N/m^3 。

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

固体或液体的比容 (或重度), 对一定物质来说, 在压力和温度一定时, 其比容是一定的, 因温度、压力变化, 比容变化很小。但对气体来说, 比容 (或重度) 却随温度和压力的变化而有较大的变化。对一定量的气体, 在一定的压力和温度下, 就有一个确定的比容 (或重度)。

三、气体状态变化基本定律

当气体的状态发生变化时, 气体的状态参数同时也随之变化。在不同的变化过程中, 气体的状态参数间的变化规律也是不同的。人们通过大量的实验研究, 建立了以下气体基本定律。

1. 波义耳定律

对一定量的气体, 当温度保持不变时, 气体的压力越高, 体积就越小, 反之, 压力降低, 体积就增大。即压力与体积成反比例关系。其数学表达式如下

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{常数}$$

式中 p_1 、 p_2 ——分别为气体在第一状态和第二状态时的绝对压力;

V_1 、 V_2 ——分别为气体在第一状态和第二状态时的体