

锅炉压力容器专业图书

气瓶安全技术

机械工业沈阳教材编委会 主编

GUOLUYALIRONGQI
ZHUANYETUSHU

QiPing

AnQuanJiShu

东北工学院出版社

锅炉压力容器专业图书

气瓶安全技术

机械工业沈阳教材编委会 主编

东北工学院出版社

锅炉压力容器专业图书

气瓶安全技术

机械工业沈阳教材编委会主编

※

东北工学院出版社出版发行

(沈阳 南湖)

国营沈阳市东联书店经销

沈阳市第六印刷厂印刷

※

787×1092毫米1/32 印张7.345 字数165千字 插图4

1989年4月第1版 1989年4月第1次印刷

印数1—10000册

ISBN7—81006—134—8/TB·9

定价：4.00元

序 言

锅炉、压力容器是广泛使用的一种特种设备，从设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造等各方面都与安全有关，锅炉还与节能有密切关系。不断提高从事这方面工作人员的技术水平，将对国民经济起重要作用。为此，组织国内从事锅炉、压力容器工作的各方面专家、学者编写这套“锅炉、压力容器技术丛书”很有必要。

这套丛书由锅炉、压力容器安全技术书籍；锅炉节能书籍；技术手册；标准汇编等组成，并分为高级和科普两大类，分期陆续编写出版。

这套丛书可分别作为锅炉、容器的设计人员、制造安装人员、管理人员、监察检验人员及操作人员的自学、培训教材和参考书。

在编写中，由于水平有限，可能会存在错误之处，欢迎广大读者批评指正，以便不断修改完善。

本丛书中的内容如有与国家现行的规范、标准，不符之处，应以后者为准。

李 毅

1988年10月

编 者 的 话

为普及气瓶安全技术和管理知识，减少气瓶的各类事故，编者在劳动人事部高级工程师李毅教授倡导下，根据《气瓶安全监察规程》、GB5099—85《钢质无缝气瓶》，GB5100—85《钢质焊接气瓶》、JB3328—83《气瓶阀和管路阀》等规程和标准的有关规定，参照气瓶的有关国际标准以及其它一些国家的气瓶标准；综合许多单位对气瓶管理经验，结合编者搜集到的国内外发生的各种气瓶事故实例所进行的综合分析研究；参考了许多从事于气瓶研究和管理工作的同行们所发表的论文、著作，编写出这本《气瓶》一书。

考虑到本书的主要读者是气瓶充装、使用、运输、储存和检验方面的有关人员，因而本书在编写中力求简明、实用，并适当地进行理论探讨，对气瓶的设计制造，仅作简略介绍。

本书不包括液化石油气钢瓶和乙炔气瓶的内容。另外，由于低压液化气瓶不象钢质无缝气瓶的检验方法那样单一，又受篇幅的限制，故未对低压液化气瓶的检验作专论，但第五章的检验原则基本适用于低压气瓶，对气瓶的评定已包括了低压焊接气瓶。

在编写该书的过程中，得到了许多同志的大力支持：有的提供了宝贵的资料，有的帮助抄写、描图，特别李毅、韩伟基、石家骏等同志给予了具体的指导，并经金国珍同志技术核对。在此，向上述同志表示衷心的感谢！

由于种种条件的限制，书中所论述的问题，认识上不一定全面、准确，不妥之处在所难免，敬请有关专家、气瓶管理人员和广大读者给予批评指教。

1988年9月

高级技术顾问 李 毅

技 术 顾 问 韩伟基

编 著 者 庄胜强

主 审 倪通源 马昌华

锅炉压力容器专业图书编辑工作人员

总 编 辑 姜庆铎

科技编辑部主任 孙德旭

责 任 编 辑 马 骏

责 任 校 对 凌瑞芷 赵顺宣

封 面 设 计 张煜华

目 录

第一章 基本概念	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.....	5
四、理想气体状态方程式.....	8
五、热量和比热.....	8
六、体积和重量.....	9
七、气液相变.....	10
第二节 几种常用气体的主要性质.....	12
一、几种常用压缩气体的特性.....	13
二、几种常用液化气体的性质.....	20
三、溶解气体.....	24
第三节 气瓶爆炸威力.....	25
一、爆炸分类.....	26
二、物理性爆炸威力.....	26
三、化学性爆炸.....	29
第四节 安全系统工程基础知识.....	32
一、鱼刺图分析法.....	34
二、事件树分析法（即ETA法）.....	34

三、故障树分析法（即FTA法）	36
第二章 气瓶概论	38
第一节 气瓶的结构分类	38
一、气瓶结构基本型式	38
二、分类	39
第二节 气瓶附件	41
一、瓶阀	41
二、安全附件	44
第三章 气瓶的设计与制造	50
第一节 气瓶对主体材料的要求	50
一、机械性能	50
二、对钢材的特殊要求	51
三、对钢材化学成份的要求	53
第二节 设计计算	55
一、符号说明	55
二、设计计算	56
第三节 制造工艺	61
一、钢管成型法	61
二、钢锭成型法	61
三、焊接成型法	65
第四节 原始钢印标记	65
一、国产气瓶钢印标记的意义	66
二、气瓶制造厂的名称及代号	67
三、钢印文字的意义及辨认	67
第五节 漆色	73
第四章 气瓶燃烧、爆炸的防范	74
第一节 气瓶燃烧、爆炸的原因分析	74

一、物理性爆炸·····	74
二、燃烧和化学性爆炸·····	81
第二节 气体的充装·····	84
一、压缩气体的充装·····	84
二、液化气体的充装·····	93
第三节 气瓶的运输·····	98
一、气瓶运输中必须遵守的规定·····	99
二、气瓶运输中的安全注意事项·····	100
第四节 气瓶储存·····	101
一、对气瓶库房的要求·····	101
二、气瓶入库、储存及发放·····	102
第五节 气瓶安全使用·····	104
一、使用中必须遵守的规定·····	104
二、安全注意事项·····	106
第五章 气瓶的定期检验与评定 ·····	109
第一节 定期技术检验的目的和周期·····	109
一、目的·····	109
二、周期·····	110
第二节 检验前的准备工作·····	111
一、送检气瓶的接收·····	111
二、原始标志、检验标志的检查 及瓶内剩余气体的排放·····	112
三、拆卸瓶阀·····	115
第三节 检验·····	117
一、音响检查·····	117
二、外表面检查·····	117
三、内表面检查·····	119

四、瓶口螺纹和颈圈检查	121
五、重量和容积测定	122
六、瓶阀检查	124
七、补充检查	126
第四节 水压试验	129
一、基本原理	130
二、试验方法	131
三、安全注意事项	138
四、试验中的故障	139
第五节 评定	141
一、根据原始标记的报废、降压条件	141
二、内外表面检查阶段的报废条件	145
三、水压试验阶段的报废、降压条件	152
四、报废气瓶的处理	153
第六节 检验后的工作	154
一、气瓶的干燥与清理	154
二、瓶阀安装	156
三、气密性试验	157
四、打冲检验钢印	157
五、漆色	159
六、资料整理和气瓶发放	161
第七节 气瓶改装	161
第六章 气瓶事故调查分析	163
第一节 典型事故实例分析	163
一、爆炸	163
二、燃烧	168
三、气瓶窜动及瓶阀飞射	169

第二节 事故调查分析	169
一、现场调查	170
二、事故发生过程的调查	172
三、气瓶历史情况的调查	174
四、气瓶破坏形式的鉴别	175
第三节 气瓶事故报告	177
一、气瓶原始材料	178
二、事故情况	178
三、对发生事故气瓶的检验	179
四、人员伤亡情况及伤亡人员的简要情况	179
五、事故原因	180
六、预防措施	180
七、对事故的责任分析和对责任者的处理意见	180
八、参加调查的单位和人员名单、事故填报人 和单位负责人签字盖章、.....	180

附 录

1. 气瓶制造厂名称、厂标及检验机构标记 ...	181
2. 气瓶重量（皮重、空瓶重量）八种文字 辨认表	193
3. 气瓶容积（容量、水容积）八种文字 辨认表	194
4. 气瓶工作压力（充装压力）八种文字 辨认表	195
5. 气瓶试验压力八种文字辨认表	196
6. 气瓶漆色	197
7. 国家批准的气瓶制造厂名称	203

8. 液化气体的充装系数	204
9. 水的平均压缩系数	208
10. 气瓶报废通知书	212
11. 气瓶履历卡	213
12. 气瓶定期试验年份标记颜色和形状	215
13. 气瓶事故调查报告书	216
14. 气瓶定期技术检验记录	217
主要参考文献	221

第一章 基 本 概 念

我们知道，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。本章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

我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……，但其中最

常用又便于测量的状态参数就是压力、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、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。当我们加热某一物质时，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，我们采用温标来表示。国际上采用的温标很多，但最常用的是“摄氏温标”和“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（一个物理大气压）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，每一等分称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式1-1-1和图1-1-1所示：

$$T = t + 273 \text{ (K)} \quad (1-1-1a)$$

$$t = T - 273 \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (1-1-1b)$$

式中：T——热力学温度；

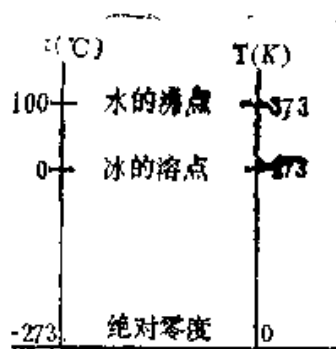


图1-1-1 摄氏温标与绝对温标的关系

1——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，压力究竟是怎么回事呢？工程上所讲的，或者我们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公斤力/厘米²。

工程上把单位面积上的垂直作用力为 1 公斤力/厘米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：

$$1\text{at} = 1\text{公斤力/厘米}^2 = 98.0665\text{kPa}$$

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物理大气压（或称标准大气压），常用符号 atm 来表示。

$$1\text{atm} = 760\text{毫米水银柱} = 101.325\text{kPa}$$

我们都知道，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的压力不同，从而液面具有一定的高度差 Δh ，图 1-1-2 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， $p_{\text{绝对}} = p_{\text{大气}} + p_{\text{表}}$ 。即：

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + 1 \quad (1-1-2a)$$

$$\text{或 } p_{\text{表}} = p_{\text{绝}} - 1$$

$$(1-1-2b)$$

在实际工作中，我们常遇到国外的气瓶，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中，就会遇到压力换算的问题。现在将各种压力单位换算列表如下：

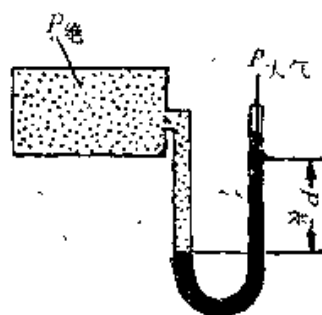


图1-1-2 绝对压力与表压的关系

压力单位换算表

表1-1-1

压力单位 换算值 压力单位	工程大气压 (at)kgf/cm ²	物理大气压 atm	磅/吋 ² LBS/sq.in	巴 bar	帕(斯卡) Pa
工程大气压 (at)kgf/cm ²	1	0.9678	14.223	0.930665	98066.5
物理大气压 atm	1.0332	1	14.696	1.01325	101325
磅/吋 ² LBS/sq.in	0.0703	0.06805	1	0.06895	6894.7
巴 bar	1.0197	0.9869	14.503	1	100000
帕 斯 卡 Pa	0.000010197	0.000009869	0.000145	0.00001	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，其单位为米³/公斤，设 m 公斤物质所占的容积为 V 米³，则该物质的比容为