

压力容器 操作安全技术



主编 王泰升 沈文杰

河北科学技术出版社

压力容器操作安全技术

主编 王泰昇
沈文杰

河北科学技术出版社出版发行（石家庄市北马路45号）

河北新华印刷一厂印刷

787×1092毫米 1/32 9.75印张 200000字 1991年5月第1版
1991年5月第1次印刷 印数：1—10000 定价：4.30元

ISBN 7-5375-0669-8/TH·6

前 言

压力容器是具有爆炸危险的特种设备，一旦发生事故，往往使国家财产遭受巨大损失，给人民生命带来严重威胁。因此，压力容器操作人员属于特种作业人员，须按国务院颁布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》和 GB5306-85《特种作业人员安全技术考核管理规则》的规定，经安全技术培训、考核合格取得操作证后，方可独立作业。

为了适应压力容器操作人员培训、考核工作的需要，本书系统地介绍了压力容器操作安全技术的基本知识，其内容包括：容器的基本知识、安全装置、介质特性、安全操作、维护保养、检验与修理、事故的危害与调查分析及安全技术管理等。

本书力求内容全面，通俗易懂，准确实用，既有理论上的阐述，又有实践经验的总结。可作为压力容器操作人员的培训教材，也可作为从事压力容器设计、制造、检验和安全管理等人员及大、中专学校压力容器和化工等有关专业师生的参考资料。

本书由石家庄市劳动局、石家庄市机械工程学会压力容器分会组织编写的。全书由王泰昇、沈文杰主编。各章的编者是：第一章，王泰昇、郑明涛；第二章，程文志、白世忠；

第三章, 王泰昇; 第四章, 李森、吴桂纯; 第五章, 石庆瑞;
第六章, 沈文杰; 第七章, 王凤彦。

我们恳望读者对本书的不妥之处提出宝贵意见。

编 者

1991年3月

目 录

第一章 压力容器基础知识·····	(1)
第一节 概述·····	(1)
一、压力与压力来源·····	(2)
二、压力容器的界限范围·····	(3)
三、容器的主要工艺参数·····	(5)
四、容器的分类·····	(6)
第二节 压力容器常用钢材·····	(9)
一、钢材的基本知识·····	(10)
二、钢材的性能·····	(14)
三、压力容器用钢的一般要求·····	(19)
第三节 容器的结构·····	(22)
一、总体结构·····	(22)
二、圆筒体结构·····	(32)
三、封头·····	(37)
四、密封结构·····	(41)
五、支座·····	(53)
第四节 容器的制造·····	(59)
一、制造工艺·····	(59)
二、焊接·····	(73)
三、球形容器的组装·····	(83)

第二章 压力容器安全装置	(87)
第一节 安全阀	(88)
一、安全阀的分类.....	(88)
二、安全阀的典型结构和工作原理.....	(90)
三、安全阀的规格、型号及主要性能参数.....	(93)
四、安全阀的使用与管理.....	(96)
第二节 爆破装置	(99)
一、爆破装置的作用和使用范围.....	(99)
二、爆破片的典型结构.....	(100)
三、爆破片的材料.....	(102)
四、爆破片的选用.....	(103)
五、爆破片的安装使用.....	(105)
第三节 压力表	(106)
一、压力表的分类.....	(106)
二、典型压力表的结构和工作原理.....	(108)
三、压力表的选用.....	(111)
四、压力表的安装.....	(112)
五、压力表的使用、维护和检验.....	(112)
第四节 液面计	(113)
一、液面计的作用.....	(113)
二、液面计的种类.....	(114)
三、液面计的典型结构.....	(114)
四、液面计的选用.....	(117)
五、液面计的安装使用.....	(118)
第五节 温度计	(119)
一、温度计的作用.....	(119)

二、常用温度计的类型及工作原理	(119)
三、测温元件的接口装置	(126)
四、温度计的安全使用	(126)
第六节 紧急切断阀	(127)
一、紧急切断阀的作用和适用范围	(127)
二、紧急切断阀的结构原理	(127)
三、紧急切断阀的安全使用	(128)
第三章 压力容器常用介质及其特性	(130)
第一节 工业毒物	(130)
一、工业毒物与职业中毒	(130)
二、工业毒物的分类	(131)
三、工业毒物的毒性	(131)
四、工业毒物侵入人体的途径	(133)
五、空气中最高容许浓度	(135)
六、职业中毒的急救原则	(141)
第二节 介质的燃烧与爆炸特性	(141)
一、燃烧及燃烧条件	(141)
二、爆炸	(143)
三、防火与防爆的安全措施	(150)
第三节 压力容器常用气体的分类及其特性	(153)
一、气体的分类	(153)
二、物质的临界状态	(154)
三、压缩气体和液化气体	(157)
四、常用气体的特性	(158)
第四章 压力容器的安全使用	(171)
第一节 对压力容器操作人员的具体要求	(171)

一、压力容器操作人员应具备的基本条件和应履行的 职责	(172)
二、压力容器操作人员的六个严格	(173)
第二节 压力容器的安全操作要点	(177)
一、对压力容器应有全面了解	(178)
二、严格遵守安全操作规程	(178)
三、压力容器应平稳操作	(179)
四、压力容器应严禁超压运行	(180)
五、压力容器应严禁超温运行	(181)
六、压力容器操作人员应坚守岗位	(181)
七、不能随意松动零部件	(182)
八、应坚持巡回检查	(182)
九、操作人员应认真填写操作记录	(182)
十、应对“跑、冒、滴、漏”及时处理	(183)
十一、应掌握紧急情况处理方法	(183)
第三节 压力容器的安全运行	(185)
一、压力容器的投用	(185)
二、压力容器运行中的正确使用	(188)
三、压力容器的停止运行	(196)
第四节 压力容器的维护保养	(199)
一、压力容器设备的完好标准	(200)
二、压力容器的防腐蚀	(201)
三、压力容器“跑、冒、滴、漏”的消除	(202)
四、压力容器停用期间的维护保养	(202)
五、安全装置的维护保养	(204)
第五章 压力容器的检验与修理	(206)

第一节	压力容器的定期检验	(206)
一、	定期检验的重要性.....	(206)
二、	定期检验的内容与要求.....	(207)
三、	进入容器内部检验的注意事项.....	(211)
第二节	常见的缺陷及其检查	(212)
一、	金属腐蚀的各种形态.....	(212)
二、	裂纹.....	(214)
三、	变形.....	(215)
第三节	检验方法	(216)
一、	直观检查.....	(217)
二、	工、量具检查.....	(218)
三、	无损探伤.....	(218)
四、	耐压试验.....	(220)
五、	动态监测.....	(223)
第四节	压力容器的检修及修理	(223)
一、	检修工作注意事项.....	(223)
二、	压力容器修理.....	(227)
三、	修理方法.....	(231)
四、	压力容器修理工作要点.....	(232)
第六章	压力容器事故的调查分析	(235)
第一节	压力容器爆炸威力的估算	(235)
一、	容器发生物理现象爆炸时爆炸威力的的估算.....	(236)
二、	容器发生化学反应爆炸时爆炸威力估算.....	(237)
第二节	压力容器破裂原因分析	(238)
一、	韧性破裂.....	(238)
二、	脆性破裂.....	(239)

三、疲劳破裂·····	(240)
四、腐蚀破裂·····	(241)
五、蠕变破裂·····	(242)
六、氢损伤破裂·····	(243)
第三节 压力容器事故调查分析 ·····	(244)
一、事故过程的调查·····	(244)
二、事故现场检查和对破坏设备的测量·····	(245)
三、容器使用情况的调查·····	(247)
四、事故综合分析·····	(248)
第四节 压力容器典型事故案例 ·····	(248)
第七章 压力容器安全技术管理 ·····	(266)
第一节 我国压力容器安全监察制度 ·····	(266)
一、压力容器安全监察范围·····	(267)
二、压力容器安全监察机构·····	(267)
三、压力容器安全监察立法工作·····	(268)
第二节 监察法规对压力容器使用的要求 ·····	(270)
一、压力容器安全监察环节简介·····	(270)
二、监察法规对压力容器使用管理的要求·····	(271)
第三节 压力容器安全使用管理体系 ·····	(273)
一、安全技术管理机构·····	(274)
二、各级责任人员的职、责、权·····	(276)
三、压力容器安全管理规章制度·····	(277)
四、安全管理全过程的控制程序和控制环节·····	(278)
第四节 压力容器的技术档案 ·····	(281)
一、建立压力容器使用台帐·····	(282)
二、原始技术资料·····	(283)

三、使用过程中的技术资料·····	(284)
四、安全附件技术资料·····	(284)
五、技术档案的转移·····	(285)
附件一 GB5306-85《特种作业人员安全技术考核管理规则》 ·····	(286)
附件二 河北省劳动人事厅《河北省特种作业人员管理办法》 ·····	(290)
附件三 石家庄市劳动局关于《石家庄市压力容器操作人员 安全技术培训、考核、管理的意见》·····	(294)

第一章 压力容器基础知识

第一节 概 述

压力容器一般泛指在生产中用于完成反应、传质、传热、分离、萃取和储存等工艺过程的具有特定功能并能承受一定压力的设备。压力容器的用途极为广泛,它不仅应用于工业、农业、国防、科研和医疗卫生等国民经济各部门,而且还深入到民用领域。因此,压力容器是一种量大面广、结构类型复杂多样的设备。

由于压力容器广泛用于各行各业,故其内部的物质(称之为工作介质)也是多种多样的。尤其在化工压力容器中,所盛装的介质大部分具有易燃、易爆、有毒和腐蚀性强的特点,而且工艺参数范围大。有的容器处于很高的工作压力(如高于10MPa);有的在极低的温度下工作(如在 -20°C 以下),有的则在很高的温度下运行(如在 450°C 以上)。由于盛装介质、工作参数的各异,因此制造压力容器的材料也多种多样。不同材料,对压力容器的制造方法和工艺也有不同的要求。鉴于压力容器在生产中的重要地位,且数量众多、工作条件复杂,一旦发生事故危害极大,因此必须确保其安全使用。

为保证压力容器的安全运行，操作人员必须具备压力容器操作安全技术知识。本书将就以上内容逐一介绍，以帮助压力容器的操作人员提高理论知识和实际操作水平。

一、压力与压力来源

1. 压力与压力单位

(1) 压力 物理学上将均匀垂直地作用于物体单位面积上的力，叫做压力强度。工程上习惯称之为压力。

(2) 压力单位 在法定计量单位中，面积的单位为米²(m²)，力的单位为牛顿(N)，则压力单位为帕(Pa, N/m²)。与过去常用压力单位的换算关系如下：1 kgf/cm²(公斤力/厘米²) = 98.07 × 10³Pa, 1 lb/in²(磅/英寸²) = 6894.8Pa, 1 atm(标准大气压) = 101.325 × 10³Pa, 1 mmH₂O(毫米水柱) = 9.807Pa, 1 mmHg(毫米汞柱) = 133.32Pa。

(3) 容器内部压力的表示 容器内部流体的压力可以用不同的方法来表示。

容器内部以零起点计算的压力，称为绝对压力，是真实压力。

容器内部的压力可用测压仪表来测量。当绝对压力大于外界大气压力时，所用的测压仪表称为压力表。压力表上的读数表示绝对压力比大气压力高出的数值，称为表压力，即表压力 = 绝对压力 - 大气压力；当内部的绝对压力小于外界大气压力时，所用的测压仪表称为真空表。真空表上的读数表示绝对压力低于大气压力的数值，称为真空度，即真空度 = 大气压力 - 绝对压力。显然，容器内部的绝对压力越低，

则它的真空度就越高。真空度又是表压力的负值。

绝对压力、表压力与真空度之间的关系，可用图1-1表示。

2. 压力容器的压力来源

(1) 压力产生于压缩机
工作介质为气体的压力容器，压力是由压缩机对气体进行压缩而产生的。其可能达到的最高压力为气体压缩机出口压力。

(2) 压力产生于蒸汽锅炉
工作介质为蒸汽的压力容器，压力来源于蒸汽锅炉，其可能达到的最高压力为锅炉出口处的蒸汽压力。

(3) 压力产生于液化气体的蒸发
工作介质为液化气体的压力容器，压力是由于液化气体的蒸发而产生，当容器留有足够气化空间时，压力大小等于相应温度下的饱和蒸汽压。

(4) 压力产生于化学反应
压力容器中的介质，由于发生使容积增加的化学反应，压力也随之升高。若反应速度越快，放出热量越多，则压力也增加越快。容器内的压力决定于反应物的数量与反应速度。

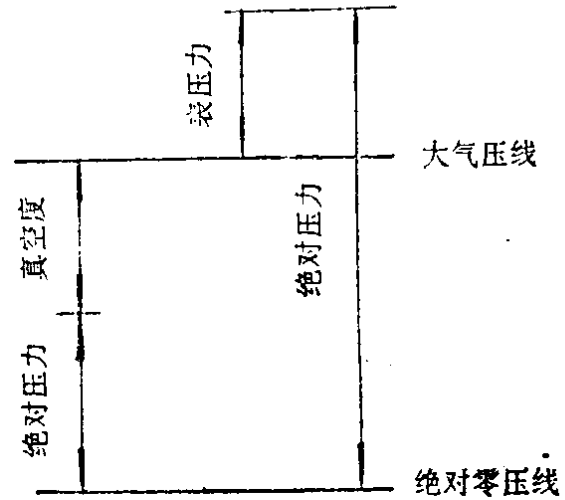


图1-1 绝对压力、表压力与真空度之间的关系

二、压力容器的界限范围

1. 划分压力容器界限应考虑的因素

从广义上说，压力容器应该包括所有承受压力载荷的密

闭容器。但是从安全生产角度来说，压力容器的界限范围应该根据发生事故的可能性与事故危害性的大小两方面来考虑。一般，这两者与工作介质的物性状态、工作压力及容积有关。

(1) 从工作介质的物性状态考虑 压力容器爆破时所释放的能量与工作介质的物性状态有很大关系。压力容器的工作介质是气体时，因为气体具有很大的压缩性，爆破时气体瞬时膨胀所释放的能量很大，危害性也大。而工作介质是液体时，由于液体的压缩性很小，因此容器爆破时，其膨胀功也很小，也即爆破时释放的能量很小。同样容积和同样压力的压力容器，从爆破能量比较，工作介质为气体的要比为液体的大数百倍，甚至数万倍。因此，一般不把液体介质的容器列入压力容器的范围内。不过应该指出的是，这里所说的液体，仅指常温下的液体，不包括温度高于其标准沸点（即标准大气压下的沸点）的液体和液化气体。这是因为当容器内压力较高时，这些介质虽呈气、液并存的饱和状态，但一旦容器破裂，器内压力突降，饱和液体将立即气化，体积急剧膨胀发生“蒸汽爆炸”（爆沸），所释放的能量也是很大的。因此，从工作介质的物性状态来划分压力容器的界限范围时，应包括压缩气体、蒸汽、液化气体的工作温度高于其标准沸点的饱和液体。

(2) 从容器的工作压力和容积考虑 一般来说，工作压力越高，或者容积越大，则容器储存的能量就越大，爆破时所释放的能量也越大，则事故发生时的危害性也就越大。但是压力和容积的划分不象工作介质那样有比较明确的界限。一

一般都是人为地规定一个较为合适的下限值。如对工作压力的下限值规定为0.1MPa表压力；至于压力容器容积的合适下限值却很难确定，为此我国除规定了容积的下限外，同时还规定将容器的直径也规定了一个下限条件。

2. 我国规定的压力容器界限范围

许多工业国家都把压力容器作为一种特殊设备，按规定的技术管理规范进行设计、制造和使用，并由专门机构进行安全监察。我国劳动部也对压力容器的监察范围作了规定，在1990年5月9日颁发的《压力容器安全技术监察规程》(以下简称《容规》)中对属于监察范围的压力容器明确规定为：“最高工作压力(P_w) $\geq 0.1\text{MPa}$ (不含液体静压力)；内直径(非圆形截面指断面的最大尺寸) $\geq 0.15\text{m}$ ，且容积(V) $\geq 0.025\text{m}^3$ ；介质为气体、液化气体或最高工作温度高于标准沸点的液体。”

三、压力容器的主要工艺参数

压力容器的工艺参数是由生产工艺要求确定的，是设计、制造、检验和安全操作等方面的主要依据。压力容器的主要工艺参数是压力和温度。

1. 压力

此处，是指压力容器工作介质的压力，是压力容器工作时所承受的主要载荷。压力容器的压力系指表压力。在各种压力容器规范中，经常出现工作压力、最大工作压力、设计压力等术语，现将它们的定义明确如下：

(1) 工作压力 即操作压力。系指容器顶部在正常操作

下的压力（不包括液体静压力）。

(2) 最大工作压力 系指在正常操作情况下，容器顶部可能出现的最高压力。它是以容器的排放压力为基础的压力，即容器内的压力超过此值时，安全泄放装置便自动开启。

(3) 设计压力 系指在相应设计温度下用以确定容器壳体厚度的压力，其值不得小于最大工作压力。设计压力定得过高，使所设计的容器笨重，且不经济；定得过低，所设计的容器则不能保证安全可靠。设计压力的确定方法和原则随是否设置安全泄放装置、盛装介质的特性以及受压方式等不同情况而异。具体的确定方法可按 GB150-89《钢制压力容器》的规定。

2. 温度

(1) 工作温度 系指容器内部工作介质在正常操作下的温度。

(2) 金属温度 系指容器受压元件沿截面厚度的平均温度。当然，在任何情况下，元件金属的表面温度是不得超过钢材的允许温度的。

(3) 设计温度 系指容器在正常操作中，在相应设计压力下设定的受压元件的金属温度。其值不得低于元件金属可能达到的最高金属温度。对于 0℃ 以下的金属温度，则设计温度不得高于元件金属可能达到的最低金属温度。容器设计温度是指壳体的设计温度。

四、压力容器的分类

压力容器由于其温度、压力、结构、用途和介质特性等