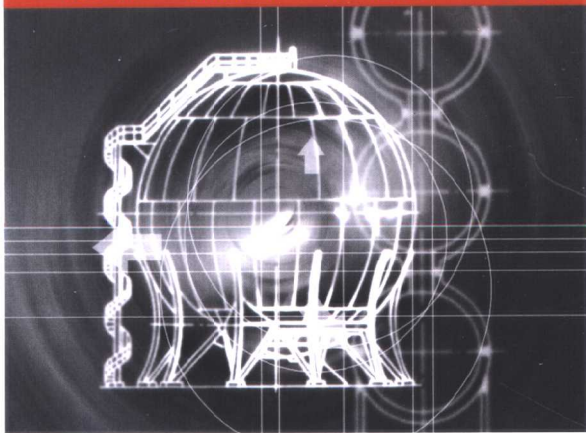


现代生产安全技术丛书

压力容器 安全技术

王明明 蔡仰华 徐桂容 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

现代生产安全技术丛书

压力容器安全技术

王明明 蔡仰华 徐桂容 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

压力容器安全技术/王明明, 蔡仰华, 徐桂容编著. —北京:
化学工业出版社, 2004. 3
(现代生产安全技术丛书)
ISBN 7-5025-5420-3

I. 压… II. ①王…②蔡…③徐… III. 压力容器-安全技术 IV. TH49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 033691 号

现代生产安全技术丛书

压力容器安全技术

王明明 蔡仰华 徐桂容 编著

责任编辑: 郭乃铎 杜进祥

文字编辑: 张燕文

责任校对: 蒋宇

封面设计: 关飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 14 $\frac{1}{4}$ 字数 332 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5420-3/X·431

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

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

压力容器是比较容易发生事故且事故危害较为严重的特殊设备，广泛地应用于经济领域中，是很多行业和生产企业中较为常见的设备。随着我国改革开放进程的深入，压力容器的应用范围不断扩大，数量不断增加，随之而来的安全问题显得十分突出。近年来，已多次发生压力容器爆炸伤人的恶性事故。压力容器安全是“人命关天的事，一定要慎之又慎，确保万无一失”。我国政府历来重视锅炉压力容器安全，1999年中央领导同志针对一起锅炉压力容器事故曾指示“像锅炉这类压力容器，它的质量好坏，直接关系到国家财产和人民生命的安全，切不可稍有疏忽”，“对锅炉这类产品，从制造到安装，每个环节都必须进行严格的质量检验，不合格的绝对不允许出厂和使用。运行中的锅炉，也必须定期严格检查，及时发现和消除隐患，防患于未然”。

保证压力容器生产和使用的安全，是从事压力容器管理、设计、使用等人员义不容辞的责任和义务。为适应压力容器安全管理的需要，普及压力容器安全知识，我们编写了本书。

本书根据压力容器安全方面的内容和要求，从生产实际出发，结合《中华人民共和国安全生产法》、《钢制压力容器》(GB 150—1998)、《管壳式换热器》(GB 151—1999)、《压力容器安全技术监察规程》(1999版)、《气瓶安全监察规程》(2000版)等有关法规、标准，结合我国压力容器安全管理现状，特别是使用管理现状，针对从压力容器的设计、制造、选购、安装，到使用、管理、修理、改造、检验及安全附件等压力容器管理的各个环节，阐述了压力容器安全的基本要求和具

体做法。本书内容全面，切合实际，具有较强的实用性，适合从事压力容器技术管理和安全管理的各级管理人员，特别是压力容器使用单位的有关管理人员和操作人员作为培训、自学教材。对容器的设计、制造、检验等方面的技术人员和从事企业安全生产管理的安全技术人员，也有较好的参考价值和实用价值，对从事压力容器安全技术管理和生产设备安全管理的工程技术人员和管理人员提高技术素质和增长专业知识大有益处。

应该说明的是，本书所标注的压力除特别注明为“（绝对）”外均指表压。

本书的大部分章节由蔡仰华同志和徐桂容同志编写。王明明同志拟定了本书提纲，完成了个别章节的编写，并对全书进行了统稿。

在本书的编写过程中，得到了崔政斌同志的悉心指导和聂幼平同志的大力帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者的水平和编写时间有限，难免存在不妥甚至不当之处，诚望广大读者批评指正。

编者

2004年2月

内 容 提 要

本书为《现代生产安全技术丛书》的一个分册，主要内容包括三大部分：压力容器安全技术基本知识，压力容器的管理和安全要求，压力容器的事故危害、分析及预防。

本书共分九章，从压力容器的设计、制造、选购、安装，到使用、管理、修理改造、检验及安全附件等压力容器安全管理的各个环节阐述了压力容器安全的基本要求和具体做法。结合我国当前压力容器的实际状况，即设计制造相对较规范和控制较完善而使用管理却相对较薄弱，特别是中小型压力容器使用单位大量增加，有针对性地就压力容器的选购、安装使用和管理以及定期检验等各个环节提出了防止事故应采取的对策和具体措施。

本书可供压力容器使用单位（特别是压力容器新用户）的管理人员、操作人员和安全技术人员使用，也可供压力容器的设计、制造、检验、安全监察及其他有关人员参考。

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 概述	1
一、界定	1
二、应用	4
三、我国压力容器的管理和监察	6
第二节 分类	9
一、一般分类	9
二、按安全的重要程度分类	17
三、代号标记法	19
第三节 安全的重要性	20
一、事故率	20
二、事故率高的原因	22
三、事故造成的危害	23
四、相关的法律、法规	26
第二章 设计	29
第一节 材料的选用	30
一、材料的性能	30
二、影响材料性能的因素	34
三、材料的选用	41
四、其他要求	47
第二节 结构设计	48
一、压力容器的结构	48
二、主要零部件的结构设计	50
三、几种典型设备的结构设计要点	55

第三节 强度计算与校核	59
一、应力与应力分析	60
二、设计参数	63
三、常用的设计计算公式	69
四、压力试验	72
第三章 制造与检验	74
第一节 壳体的成型与焊接	74
一、成型	74
二、焊接	77
第二节 制造缺陷对安全的影响	83
一、制造缺陷	83
二、对安全的影响	89
第三节 检验与验收	92
一、加工成型与组装的检查	92
二、焊缝检查	94
三、出厂要求	108
第四节 制造管理	109
一、制造单位资格审批与管理	109
二、制造过程的质量管理	113
三、质量保证体系和质量保证手册	114
四、产品制造质量的监督检查	116
第四章 破裂形式	120
第一节 延性破裂	120
一、机理	120
二、特征	121
三、原因	121
四、事故预防	122
第二节 脆性破裂	122

一、机理	123
二、特征	123
三、原因	123
四、事故预防	124
第三节 疲劳破裂	124
一、机理	125
二、特征	125
三、原因	126
四、事故预防	126
第四节 腐蚀破裂	126
一、分类	127
二、形态	128
三、机理	130
四、原因	132
五、事故预防	132
第五节 压力冲击破裂	133
一、类型与机理	133
二、特征	135
三、事故预防	136
第六节 蠕变破裂	137
一、机理	138
二、特征	138
三、原因	138
四、事故预防	138
第五章 安全附件	139
第一节 设置	139
一、分类	139
二、设置原因	140

三、安全泄压装置	144
四、设置要求	148
第二节 安全泄放量的计算	150
一、含义	150
二、计算	150
第三节 安全阀	155
一、工作原理与基本要求	155
二、开启压力与回座压力	157
三、分类与适用范围	159
四、排量计算	166
五、选用与安装	171
六、检验调整与维护保养	176
七、常见故障的原因与排除	180
第四节 爆破片	181
一、类型与特点	182
二、选用	185
三、制造与质量要求	188
四、装设	190
五、更换	191
第五节 压力表与液面计	191
一、压力表	191
二、液面计	195
第六节 其他附件	199
一、温度计	200
二、减压阀	202
三、快开门式压力容器安全连锁装置	207
四、紧急切断装置	216
第六章 定期检验	223

第一节 目的与要求	223
一、目的	223
二、检验周期和项目	224
三、检验要求	229
第二节 常用的检验方法	236
一、直观检查和量具检查	236
二、无损探伤	238
三、力学性能试验	242
四、化学成分分析	243
五、金相分析	244
第三节 耐压试验	245
一、加压介质	245
二、试验温度与试验压力	246
三、方法与步骤	248
四、气压试验	250
五、残余变形的测定	251
六、结果评定	256
第四节 缺陷检查与评定	257
一、常见缺陷与检查	257
二、常见缺陷的处理	265
三、安全状况等级评定	272
第七章 使用管理	278
第一节 运行	278
一、投用	278
二、运行的控制	281
三、操作的安全注意事项	284
四、运行中的主要检查内容	286
五、停止运行	287

第二节 使用管理	291
一、内容与要求	291
二、基础管理	293
三、安全使用管理制度	301
第三节 维护保养	304
一、使用期间	305
二、停用期间	308
第八章 气瓶安全	309
第一节 概述	309
一、结构	309
二、分类	312
三、钢印标记	316
四、颜色标记	318
第二节 充装	320
一、对气瓶充装单位的要求	320
二、对充装气瓶的基本要求	322
三、永久气体气瓶的充装	323
四、液化气体气瓶的充装	333
五、乙炔气瓶的充装	342
第三节 定期检验	348
一、基本要求	348
二、定期检验与评定	356
三、压力试验与容积变形的测定	366
四、检验后的处理	377
第四节 使用管理	381
一、安全附件	382
二、运输、储存与销售	388
三、安全使用	395

四、事故与预防措施	399
第九章 事故危害与事故分析	405
第一节 事故危害	405
一、破裂爆炸能量	405
二、爆炸的危害	411
第二节 事故调查分析	418
一、事故调查	418
二、事故分析	425
第三节 事故处理和事故应急预案	431
一、事故分类	432
二、事故报告	432
三、事故处理	433
四、事故的应急预案	435
参考文献	440

第一章 基础知识

第一节 概 述

容器器壁两边存在着一定压力差的所有密闭容器，均可称作压力容器。这也是压力容器在广义上的定义。从这个意义上来说，压力容器较为广泛地存在于现代社会中，小到日常生活中的抽真空罐头、汽水瓶、保温瓶、家用压力煲（压力锅）、煤气罐（家用液化石油气瓶）、灭蚊杀虫喷雾剂、喷发胶瓶等，大到工业生产的人工合成材料装置、冶炼、食品医药、石油、化工、热电、核电厂等生产装备中的压力容器，交通储运的储罐、气瓶、槽车甚至万吨巨轮、深水潜艇、大型高空喷气式飞机和导弹、火箭等军事装备以及2003年10月我国成功发射和返回的载人宇宙飞船“神舟五号”返回舱等航空航天设备，所有这些均属于广义上的压力容器。压力容器遍布工业生产、基本建设、医疗卫生、地质勘探、文化教育、科研国防以至人们的日常生活等国民经济各部门各领域，现代社会、现代生活离不开压力容器。

一、界定

压力容器器壁两边（内、外部）所存在的压力差称作压力载荷，由于压力容器器壁承受压力载荷，所以压力容器也称作受压容器。压力容器所承受的这种压力载荷等于人为地将能量进行提升、积蓄，使容器具备了能量随时释放的可能性和危险性，也就是会泄漏和爆炸。这种可能性和危险性与容器的介质、容积、所承受的压力载荷以及结构、用途等有关。实际上，只有一部分的压力容器容易发生事故，而且事故的危害比

较大，这部分压力容器大多都是工业生产中承载压力的容器。许多国家在工业化进程中饱受了这类容器引发的灾难，吸取了血的教训。经过不断总结经验，最终把这类容器划归为一种特殊设备进行管理，设立专门机构对其进行监督，建立健全了各类规章制度，并要求严格按照规定的规范进行选材、设计、制造、安装、使用管理与维修改造和定期检验。目前，我国的这一专门的监督检验机构是国家质量监督检验检疫总局。习惯上，所说的压力容器就是指这一类作为特殊设备的压力容器。

既然压力容器是指那些比较容易发生事故、特别是事故危害比较大的特殊设备，那么其界定就应从事故发生的可能性和事故危害的严重性来考虑。一般来说，这种可能性和危害的严重程度与压力容器的工作介质、工作压力及容积等密切相关。

压力容器的工作介质是指容器所盛装的，或在容器中参与反应的物质。工作介质是液体的压力容器，由于液体的压缩性很小，因此在卸压时介质的膨胀很小，容器爆炸时所释放的能量也很小。而工作介质是气体的压力容器，因为气体有很大的压缩性，因此在容器爆破时气体瞬时卸压膨胀所释放的能量也就很大。承载压力和容积相同的压力容器，工作介质为气体的要比介质为液体的爆破能量大数百倍至数万倍。例如，一个容积为 10m^3 、工作压力为 1.1MPa （绝对）的容器，如果介质是空气，它爆破时所释放的能量（气体绝热膨胀所做的功）约为 $1.36 \times 10^7\text{J}$ ；如果介质是水，则其爆炸时所释放的能量仅为 $2.2 \times 10^3\text{J}$ 。前者为后者的 6200 倍。由此可见，容器内的介质若为液体，即使容器爆破，其破坏性也是较小的。不过应该注意的是，这里所说的液体，是指常温下的液体，而不包括高于其标准沸点（在标准大气压下的沸点）的饱和液体（如锅炉中汽包的高温饱和水）和沸点低于常温（包括有可能达到的最高使用温度或周围环境温度）的液化气体。因为这些介质在容