



# 压力容器安全技术

马世辉 主编

YALI RONGQI  
ANQUAN  
JISHU



化学工业出版社

# 压力容器安全技术

马世辉 主 编  
李小棒 贾志宁 副主编  
张连生 主 审



化学工业出版社

· 北京 ·

YALI RONGQI  
ANQUAN  
JISHU

本书采用最新标准编写，与实际紧密结合，内容全面，图文并茂，通俗易懂。书中深入浅出地介绍压力容器基础知识和安全要求。共分七章，其中第一章介绍压力容器界定、分类和规范标准；第二章介绍压力容器结构，包括壳体、封头、开孔及接管、法兰和密封元件、支座；第三章介绍压力容器的生产，主要内容为生产中的设计、制造和检验环节；第四章介绍压力容器的安全附件，包括安全阀、爆破片、压力表、液位计、温度计、视镜和常用阀门；第五章介绍典型压力容器，包括换热器、球罐、气瓶、LPG汽车罐车和医用氧舱；第六章介绍压力容器的安全管理，包括设计、制造监督管理、使用管理和检验管理；第七章介绍压力容器事故处理。

本书可作为压力容器操作人员和安全管理人员的培训用书，并可供从事压力容器各项工作的技术工程人员和相关专业院校广大师生使用。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

压力容器安全技术/马世辉主编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 10  
ISBN 978-7-122-12427-2

I. 压… II. 马… III. 压力容器-安全技术 IV. TH490.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 197573 号

---

责任编辑: 韩庆利  
责任校对: 吴 静

装帧设计: 史利平

---

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: 三河市延风印装厂  
787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{1}{4}$  字数 370 千字 2012 年 1 月北京第 1 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

根据2009年1月24日《国务院关于修改〈特种设备安全监察条例〉的决定》的修订。压力容器是指盛装气体或者液体,承载一定压力的密闭设备。其范围规定为最高工作压力大于或等于0.1MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或等于2.5MPa·L的气体、液化气体和最高工作温度高于或等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器;盛装公称工作压力大于或等于0.2MPa(表压),且压力与容积的乘积大于或等于1.0MPa·L的气体、液化气体和标准沸点等于或低于60℃液体的气瓶;氧舱等。

压力容器的用途十分广泛。它是在石油化学工业、能源工业、科研和军工等国民经济的各个部门及人们的日常生活中都起着重要作用的设备。近年来,随着适应高温、高压、易燃、易中毒、工艺复杂等特殊环境的压力容器应用日趋增多,对压力容器设计、材料、制造、现场组焊、检验、监督、使用、维护、修理、管理等诸多环节提出了越来越高的要求。压力容器的安全问题也日益为人们关注。

2009年特种设备行业压力容器全国共214.32万台,比2008年增加9.57%。2009年发生压力容器事故21起,占全年特种设备事故的6%,较之上年保持平稳,其中死亡事故6起。压力容器事故主要发生在燃气、化工、轻工业等行业。从技术层面看,压力容器危险化学品介质泄漏是造成事故的主要原因。2009年气瓶事故26起,占全年特种设备事故的5%,较之上年明显上升,事故同比上升73%,其中死亡事故13起。气瓶事故主要发生在气瓶充装、运输、存储、安装(拆修)行业和维修改造行业。

2010年特种设备行业压力容器全国共233.59万台,比2009年增加8.99%。2010年发生压力容器事故较之上年保持平稳。压力容器事故主要发生在化工、建材制造业等行业。从技术层面看,快开式压力容器安全连锁装置使用不当或失效是造成事故的主要原因。2010年气瓶事故主要发生在化工、建筑和燃气行业。在气瓶充装、运输、存储环节发生事故8起,占事故总起数的3%。

因而,保证压力容器的生产和使用的安全,是从事压力容器各项工作的人员义不容辞的责任和义务。为加强安全管理和提高操作人员的安全意识,普及压力容器的知识,掌握其安全运行的规律,避免或减少压力容器事故的发生,我们编写了此书。

本书力求通俗易懂、不偏重阐述很深的理论;内容全面、结合实际、准确到位,深入浅出地介绍压力容器基础知识和安全要求;内容紧密结合近几年颁布(修订、修改)的新法规、规章和标准,如《特种设备安全监察条例》(2009)、TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》、《特种设备事故报告和调查处理规定》(2009)、TSG R6001—2008《压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲》等,并简要介绍了近几年颁布并实施的其它特种设备安全技术法规,列举了部分主要的压力容器国家标准。另外,本书还附有TSG R6001—2008《压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲》,以便于学习和考核。因而,本书可作为压力容器操作人员和安全管理人员的培训教材,亦可作为从事压力容器各项工作的技术工程人员用书。

本书共分七章,其中第一章介绍压力容器界定、分类和规范标准;第二章介绍压力容器结构,包括壳体、封头、开孔及接管、法兰和密封元件、支座;第三章介绍压力容器的生产,主要

内容为生产中的设计、制造和检验环节；第四章介绍压力容器的安全附件，包括安全阀、爆破片、压力表、液位计、温度计、视镜和常用阀门；第五章介绍典型压力容器，包括换热器、球罐、气瓶、LPG汽车罐车和医用氧舱；第六章介绍压力容器的安全管理，包括设计、制造监督管理、使用管理和检验管理；第七章介绍压力容器事故处理。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校马世辉、李小棒、贾志宁；山东胜利职业学院邱志坚、朱星波；佳木斯职业学院韩雪飞；西安工程技术学院周小琴；烟台工程职业技术学院王金涛；中国石油天然气第一建设公司李世宗；二十三冶集团第二工程有限公司龙春梅；中国一重大连加氢反应器制造有限公司吕增会；中国石油天然气集团公司哈尔滨石化分公司杨雄虎；河北省特种设备监督检验院刘晓龙；河北省武安市质量技术监督局安文杰；大港油田第三采油厂刘建辉。其中由马世辉任主编，李小棒、贾志宁任副主编。全书由张连生教授主审。本书在编写过程中曾征询从事压力容器各项工作的有关人员的意见和建议，在此表示感谢。

由于编者水平有限和时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

# 目录

● 第一章	压力容器界定、分类和规范标准	1
	一、压力容器的界定及分类	1
	二、压力容器规范标准	5
● 第二章	压力容器结构	14
□ 第一节	壳体	14
	一、圆筒形壳体	14
	二、球形壳体	19
□ 第二节	封头	19
	一、封头形式	20
	二、封头标记	21
□ 第三节	开孔及接管、法兰及密封	22
	一、开孔及接管	22
	二、法兰及密封	25
□ 第四节	支座	31
	一、立式容器支座	31
	二、卧式容器支座	32
● 第		
□ 第一节	设计	33
	一、正确选材	33
	二、结构安全设计	38
	三、强度设计	39
□ 第二节	制造	49
	一、备料加工工艺	49
	二、装配焊接工艺	56
	三、压力容器制造的技术要求	59
□ 第三节	检验	64
	一、焊前和焊接过程检验	64
	二、焊后检验	65
	三、安装调试和产品服役质量的检验	84
● 第四章	压力容器安全附件	89
□ 第一节	安全阀	89

一、安全阀工作原理和类型 .....	89
二、安全阀的型号、规格和选用 .....	91
三、安全阀常见故障及其排除方法 .....	92
四、安全阀的额定泄放量计算 .....	93
五、安全阀的安装与日常维护 .....	94
<b>□ 第二节 爆破片 .....</b>	<b>96</b>
一、爆破片的分类及结构形式 .....	96
二、爆破片的选用 .....	98
三、爆破片的排放面积 .....	98
四、爆破片的安装设计 .....	99
五、爆破片和安全阀性能比较 .....	101
<b>□ 第三节 压力表、液面计、温度计和视镜 .....</b>	<b>102</b>
一、压力表 .....	102
二、液面计 .....	105
三、温度计 .....	108
四、视镜 .....	109
<b>□ 第四节 常用阀门 .....</b>	<b>109</b>
一、闸阀 .....	109
二、截止阀 .....	110
三、节流阀 .....	111
四、止回阀 .....	111
五、减压阀 .....	112

## **第五章 典型压力容器**

**113**

<b>□ 第一节 管壳式换热器 .....</b>	<b>113</b>
一、换热器分类 .....	113
二、管壳式换热器的结构 .....	113
三、换热器型号表示方法 .....	114
四、管壳式换热器的主要结构 .....	115
五、管壳式换热器标准简介 .....	119
<b>□ 第二节 球形压力容器 .....</b>	<b>119</b>
一、球形压力容器的特点和分类 .....	119
二、球罐的结构部件 .....	119
三、球罐的制造工艺 .....	123
四、球形储罐安全操作 .....	125
<b>□ 第三节 气瓶 .....</b>	<b>127</b>
一、气瓶的分类与结构 .....	127
二、气瓶的安全管理 .....	129
三、气瓶的充装 .....	133
四、气瓶的定期检验 .....	137
<b>□ 第四节 液化石油气汽车罐车 .....</b>	<b>137</b>
一、汽车罐车简介 .....	137
二、LPG 汽车罐车结构 .....	139

	三、罐体设计 .....	142
	四、罐体的检验 .....	146
	五、LPG 罐车的安全使用和管理 .....	147
□ 第五节	医用氧舱 .....	152
	一、氧舱设备的组成 .....	152
	二、氧舱的使用和管理 .....	157
◎ 第六章	<b>压力容器安全管理</b>	<b>160</b>
□ 第一节	压力容器的设计和制造管理 .....	160
	一、压力容器的设计管理 .....	160
	二、压力容器的制造管理 .....	164
□ 第二节	压力容器的使用管理 .....	169
	一、压力容器的使用登记管理 .....	169
	二、压力容器的安全使用管理 .....	170
	三、压力容器的安全操作 .....	171
	四、压力容器的维护保养 .....	175
□ 第三节	压力容器的定期检验和年度检查 .....	176
	一、压力容器的定期检验 .....	176
	二、压力容器的年度检验 .....	184
◎ 第七章	<b>压力容器事故处理</b>	<b>195</b>
	一、关于事故的相关法律、法规、规章和规范 .....	195
	二、压力容器的破坏形式 .....	196
	三、事故的术语与定义、界定和分级 .....	201
	四、事故报告及调查 .....	202
	五、典型压力容器事故举例 .....	206
◎ 附录	<b>压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲</b>	<b>216</b>
◎	<b>参考文献</b>	<b>220</b>



# 第一章 压力容器界定、分类和规范标准

压力容器是一种能够承受压力载荷的密闭容器。压力容器在生产技术领域的应用十分广泛，是化工、炼油、轻工、交通、食品、制药业、冶金、纺织、城建、海洋工程等传统部门所必需的关键设备。一些高新技术领域，如航天技术、能源技术、先进防御技术等，也离不开压力容器。其中以化学工业与石油化学工业中应用最多，仅在石油化学工业中应用的压力容器就占全部压力容器总数的50%左右。压力容器由于密封、承压及介质等原因，容易发生爆炸，燃烧起火而危及人员、设备和财产的安全及污染环境的安全事故。目前，世界各国均将其列为重要的监检产品，由国家指定的专门机构，按照国家规定的法规和标准实施监督检查和技术检验。

## 一、压力容器的界定及分类

根据2009年1月24日《国务院关于修改〈特种设备安全监察条例〉的决定》的修订，压力容器包括固定式压力容器、移动式压力容器、气瓶和氧舱四类设备。

### 1. 固定式压力容器

固定式压力容器是指安装在固定位置使用的压力容器。其工艺条件和操作人员也比较固定，容器一般不是单独装设，而是位居一定的工艺流程中，用管道与其它设备相连。

根据国家质量技术监督局TSG R0004—2009年《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定，必须接受监督管理的固定式压力容器是指工作压力 $\geq 0.1\text{MPa}$ ，工作压力与容积的乘积 $\geq 2.5\text{MPa}\cdot\text{L}$ ，工作介质为气体、液化气体以及最高工作温度高于或等于标准沸点的液体容器。

(1) 工作压力是指压力容器在正常工作情况下，其顶部可能达到的最高压力（表压力）。

① 承受内压的压力容器，其最高工作压力是指在正常使用过程中顶部可能出现的最高压力；

② 承受外压的压力容器，其最高工作压力是指在正常使用过程中可能出现的最高压力差值；

③ 对夹套压力容器是指顶部可能出现的最高压力差值。

(2) 容积是指压力容器的几何容积，即由设计图样标注的尺寸计算（不考虑制造公差）并且圆整。一般应当扣除永久连接在压力容器内部的内件的体积。

多腔压力容器（如换热器的管程和壳程、余热锅炉的汽包和换热室、夹套压力容器等）按照类别高的压力腔作为该压力容器的类别并按该类别进行使用管理。但应按照每个压力腔各自的类别分别提出设计、制造技术要求。对各压力腔进行类别划定时，设计压力取本压力腔的设计压力，容积取本压力腔的几何容积。

(3) 容器内介质为最高工作温度低于其标准沸点的液体时，如果气相空间的容积与工作压力的乘积 $\geq 2.5\text{MPa}\cdot\text{L}$ 时，也属于本规程的适用范围。

压力容器内主要介质为最高工作温度低于标准沸点的液体时，如气相空间（非瞬时）大于或等于  $0.025\text{m}^3$ ，且最高工作压力大于或等于  $0.1\text{MPa}$  时，也属于本规程的适用范围。

本规程还包括用途属于压力容器并主要按压力容器标准、规范进行设计和制造的直接受火焰加热的压力容器。

移动式空气压缩机上的空气储罐、移动冰箱（冰柜、冷藏车）上的压力容器、仅在生产区域内运送物料的罐车（不属于商业经营性运输），虽然不在固定位置使用，但监督管理按固定式压力容器，不按移动式压力容器。

超高压容器应当符合 TSG R0002—2005《超高压容器安全技术监察规程》的规定，非金属压力容器应当符合 TSG R0001—2004《非金属压力容器安全技术监察规程》的规定，简单压力容器应当符合 TSG R0003—2007《简单压力容器安全技术监察规程》的规定。

## 2. 移动式压力容器

移动式压力容器是指由压力容器罐体与走行装置或者框架采用永久性连接组成的罐式运输设备，包括铁路罐车、汽车罐车、长管拖车、罐式集装箱和管束式集装箱等。根据 TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》其适用范围为同时具备下列条件的移动式压力容器。

(1) 具有装卸介质功能，并且参与铁路、公路或者水路运输；（具有装卸介质功能，仅在装置或者场区内移动使用，不参与铁路、公路或者水路运输的压力容器按照固定式压力容器管理）

(2) 罐体工作压力大于或等于  $0.1\text{MPa}$ ；（工作压力是指移动式压力容器在正常情况下，罐体顶部可能达到的最高压力，即表压）

(3) 罐体容积大于或等于  $450\text{L}$ ；（容积是指移动式压力容器单个罐体的几何容积，由设计图样标注的尺寸计算，不考虑公差，并且圆整。一般应当扣除永久连接在容器内部的内件的容积）

(4) 充装介质为气体以及最高温度高于或等于其标准沸点的液体。

① 气体是指在  $50^\circ\text{C}$  时，蒸汽压力大于  $0.3\text{MPa}$ （绝压）的物质或者  $20^\circ\text{C}$  时在  $0.1013\text{MPa}$ （绝压）标准压力下完全是气态的物质，按照运输时介质物理状态的不同，气体可以称为压缩气体、高（低）压液化气体、冷冻液化气体等。

其中，压缩气体是指  $-50^\circ\text{C}$  下加压时完全是气态的气体，包括临界温度低于或等于  $-50^\circ\text{C}$  的气体；高（低）压液化气体是指在温度高于  $-50^\circ\text{C}$  下加压时部分是液态的气体，包括临界温度在  $-50^\circ\text{C}$  和  $+65^\circ\text{C}$  之间的高压液化气体和临界温度高于  $+65^\circ\text{C}$  的低压液化气体；冷冻液化气体是指在运输过程中由于温度低而部分呈液态的气体（临界温度一般低于或等于  $-50^\circ\text{C}$ ）。

② 液体是指在  $50^\circ\text{C}$  时蒸汽压力小于或等于  $0.3\text{MPa}$ （绝压），或者  $20^\circ\text{C}$  时和  $0.1013\text{MPa}$ （绝压）压力下不完全是气态，或者在  $0.1013\text{MPa}$ （绝压）标准压力下熔点或者起始熔点等于或低于  $20^\circ\text{C}$  的物质。

③ 移动式压力容器罐体内介质为最高工作温度低于其标准沸点的液体时，如果气相空间的容积与工作压力的乘积大于或等于  $45\text{MPa}\cdot\text{L}$  时，也属于本规程的适用范围。

## 3. 气瓶

气瓶是应用最为普遍的一种移动式容器，它的容积较小，一般都在  $200\text{L}$  以下，常用的为  $40\text{L}$  左右。气瓶的两端不对称，分为头部和底部，头部用缩颈收口，安装阀门，整体形状如瓶。气瓶按其盛装气体的特征可分为压缩气体气瓶、液化气体气瓶和溶解气体气瓶。

按照国家质检总局第 46 号《气瓶安全监察规定》（2003），其适用于正常环境温度

(-40~60℃)下使用的、公称工作压力大于或等于0.2MPa(表压)且压力与容积的乘积大于或等于1.0MPa·L的盛装气体、液化气体和标准沸点等于或低于60℃的液体的气瓶(不含仅在灭火时承受压力、储存时不承受压力的灭火用气瓶)。

气瓶现行的特种设备安全技术法规和国家标准列表见本章内容压力容器标准。

#### 4. 医用氧舱

医用氧气加压舱简称氧舱。按照《医用氧舱安全管理规定》(2000)医用氧舱是指医疗用空气加压舱和氧气加压舱;兼作高压氧治疗用途的多功能载人压力舱。医用氧舱设备组成包括舱体,供、排气系统,供、排氧系统,电气系统,空调系统,消防系统及所属的仪器、仪表和控制台等。

医用氧舱的主要国家标准有:GB/T 19284—2003《医用氧气加压舱》、GB/T 12130—2005《医用空气加压氧舱》、GB/T 19904—2005《医用氧舱用电化学式测氧仪》。另外,还有特种设备技术规范TSG R6002—2006《医用氧舱维护管理人员考核大纲》。

GB/T 19284—2003《医用氧气加压舱》规定了医用氧舱的材料、设计、制造、安全附件、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、储存的要求。其适用于加压介质为医用氧气、最高工作压力不大于0.2MPa、进舱人数为1人的成人和婴幼儿(含新生儿)医用氧舱。其适用于舱径:成人氧舱金属舱内径(或椭圆短轴)大于或等于800mm或有机玻璃舱外径(或椭圆短轴)大于或等于650mm;婴幼儿氧舱有机玻璃舱外径(或椭圆短轴)大于或等于5000mm,且舱体横截面为圆形或椭圆形的氧舱,其它形状截面的金属舱也可参照使用。

TSG R6002—2006《医用氧舱维护管理人员考核大纲》适用于氧舱维护管理人员的考核。氧舱维护管理人员是指从事氧舱日常操作、维修、保养及其管理的人员。

根据不同的要求,固定式压力容器的分类方法也有许多种,表1-1列出的是常见的一些分类方法。

表 1-1 固定式压力容器的分类方法

分类方法	容器种类
按厚度分类	薄壁容器、厚壁容器
按承压方式分类	内压容器、外压容器
按工作壁温分类	高温容器、中温容器、常温容器、低温容器
按几何形状分类	球形容器、圆筒形容器、圆锥形容器、椭圆形容器
按制造方法分类	焊接容器、铸造容器、锻造容器、铆接容器、组合式容器
按材料分类	钢制容器、铸铁容器、有色金属容器、非金属容器
按安放形式分类	立式容器、卧式容器
按压力等级分类	低压容器、中压容器、高压容器、超高压容器
按用途分类	储运容器、反应容器、换热容器、分离容器
按安全综合分类	一类容器、二类容器、三类容器

(1) 按其工作压力分 工作压力是指正常工作情况下容器顶部可能达到的最高压力,工作压力也就是《压力容器安全技术监察规程》所指的最高工作压力,压力容器按其工作压力可划分如下:

- ① 低压(代号为L),  $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ ;
- ② 中压(代号为M),  $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$ ;
- ③ 高压(代号为H),  $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ ;
- ④ 超高压(代号为U),  $p \geq 100\text{MPa}$ 。

(2) 按其设计温度分 设计温度是指容器在正常工作过程中,在相应的设计压力下,壳

壁或受压元件的金属可能达到的最高或最低壁温（指 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 时）。设计压力是指设定的容器顶部的最高压力，其值不低于工作压力。设计压力和设计温度一起作为设计载荷条件。压力容器按设计温度可划分为低温容器、常温容器和高温容器。设计温度等于或低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 的压力容器为低温容器，设计温度等于或高于 $350^{\circ}\text{C}$ 的压力容器为高温容器。

(3) 按压力容器的生产工艺过程中的作用原理分 按生产工艺过程中的作用原理分类举例，如表 1-2 所示。在一个容器中，如同时具有两个以上的工艺作用原理时，应按工艺过程中的主要作用来划分。

表 1-2 压力容器按工艺作用原理分类

压力容器名称	主要用途	容器名称
反应压力容器 (代号 R)	完成介质的物理、化学反应	反应器、反应釜、分解锅、分解塔、硫化罐、聚合釜、高压釜、超高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜、煤气发生炉等
换热压力容器 (代号 E)	完成介质的热量交换	管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、消毒锅、染色器、烘缸、蒸炒锅、预热器、溶剂预热器、蒸锅、蒸脱机、电热蒸汽发生器、煤气发生器水夹套等
分离压力容器 (代号 S)	介质的流体压力平衡缓冲和气体的净化分离等	分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、汽提塔、分汽缸、除氧器等
储运压力容器 (代号 C, 其中球罐代号 B)	储存、盛装生产用原料气体、液体、液化气体等	各种形式的储罐、缓冲罐、消毒锅、印染机、烘缸、蒸锅等。

(4) 按照危险程度分类 按照危险程度，TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》把压力容器划分为三类，以利于进行分类监督管理，其划分方法如下。

① 压力容器类别的划分应当根据介质特性，按照以下要求选择类别划分图，再根据设计压力  $p$  (单位 MPa) 和容积  $V$  (单位 L)，标出坐标点，确定压力容器类别：

第一组介质，压力容器类别的划分如图 1-1 所示；第二组介质，压力容器类别的划分如图 1-2 所示。当坐标点位于图的分类线上时，按照较高的类别划分其类别。

多腔压力容器（如换热管的管程和壳程、夹套容器等）按照类别高的压力腔作为该容器的类别并且按照该类别进行使用管理。但是应当按照每个压力腔各自的类别分别提出设计、制造技术要求。对各压力腔进行类别划定时，设计压力取本压力腔的设计压力，容积取本压力腔的几何容积。

当一个压力腔内有多种介质时，按照组别高的介质划分类别。当某一危害性物质在介质中含量极小时，应当根据其危害程度及其含量综合考虑，按照压力容器设计单位决定的介质组别划分类别。

② 介质分组。压力容器的介质分为以下两组，包括气体、液化气体以及最高工作温度高于或等于标准沸点的液体：

第一组介质为毒性程度为极度危害、高度危害的化学介质，易爆介质，液化气体；除第一组介质以外为第二组介质。

③ 介质危害性。介质危害性指压力容器在生产过程中因事故致使介质与人体大量接触，发生爆炸或者因经常泄漏引起职业性慢性危害的严重程度，用介质毒性程度和爆炸危害程度表示。

毒性程度综合考虑急性毒性、最高容许浓度和职业性慢性危害等因素，极度危害最高容许浓度小于  $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；高度危害最高容许浓度  $0.1\text{mg}/\text{m}^3 \sim < 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ；中度危害最高容许浓度  $1.0\text{mg}/\text{m}^3 \sim < 10\text{mg}/\text{m}^3$ ；轻度危害最高容许浓度大于或等于  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

易爆介质指气体或者液体的蒸汽、薄雾与空气混合形成的爆炸混合物，并且其爆炸下限

小于 10%，或者爆炸上限和爆炸下限的差值大于或等于 20% 的介质。

压力容器介质的危害性按毒性危害程度和爆炸危险程度划分，其划分参照 HG 20660—2000《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》的规定。HG 20660 没有规定的，由压力容器设计单位参照 GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》的原则，决定介质组别。

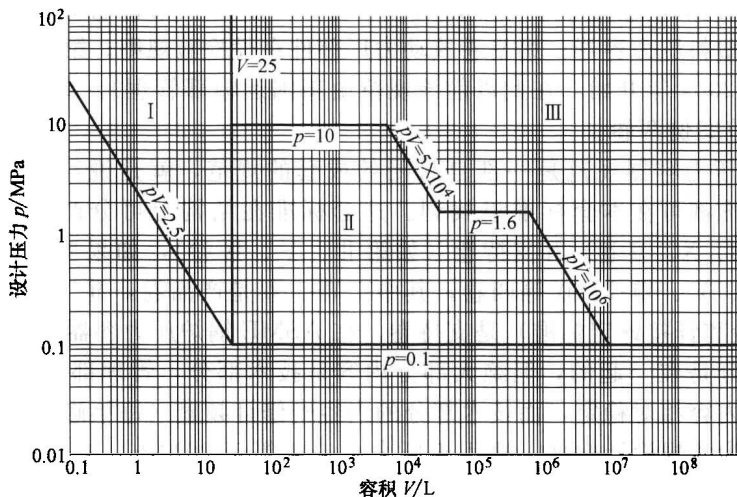


图 1-1 压力容器类别划分图（第一组介质）

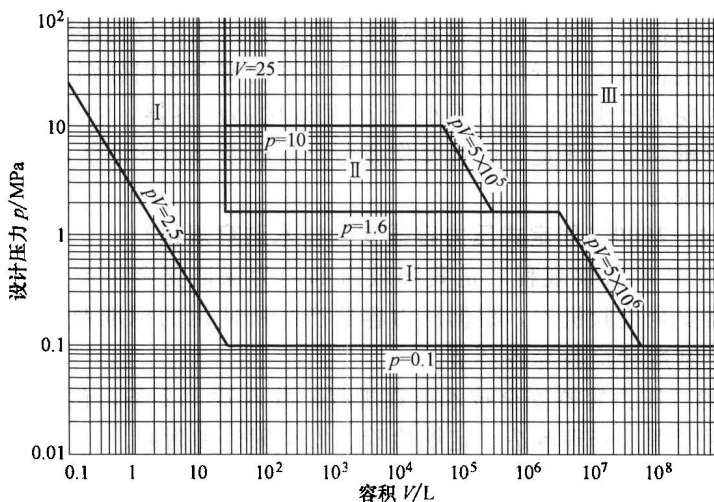


图 1-2 压力容器类别划分图（第二组介质）

## 二、压力容器规范标准

为了确保压力容器在设计寿命内安全运行，世界各工业国家都制定了一系列压力容器规范标准，给出材料、设计、制造、检验等各方面的基本要求。压力容器的设计必须满足这些要求，否则就要承担相应的后果。

### 1. ASME 规范

ASME 是美国机械工程师学会 (The American society of Mechanical Engineers) 的英文简称。ASME 锅炉压力容器规范 (BPVC) 规定了锅炉和压力容器以及核电设备建设过程

中有关设计、制造以及检测的各项安全事项。ASME 锅炉压力容器规范 (BPVC) 系列目前已有 14 卷 29 册, 25 个符合性评审标志。配套的还有 B31、B16 等系列的规范。目前, ASME 的锅炉压力容器规范包括: 第 I 卷动力锅炉建造规则; 第 II 卷材料 (共 4 册——II-A、II-B、II-C、II-D\*); 第 III 卷 NUC 核容器建造规则 (11 册); 第 IV 卷采暖锅炉建造规则; 第 V 卷无损检测; 第 VI 卷采暖锅炉维护和运行推荐规则; 第 VII 卷动力锅炉维护推荐指南; 第 VIII 卷压力容器建造规则 (共 3 册-VIII-1、VIII-2、VIII-3); 第 IX 卷焊接和钎接评定标准; 第 X 卷纤维增强塑料压力容器; 第 XI 卷核动力厂部件在役检验规则; 第 XII 卷运输罐建造和延续使用规则 (从 2004 年开始, 在此以前该规范由美国运输部管理)。此外, 还有 BPV 规范案例和 NUC 规范案例两卷。

ASME 锅炉压力容器规范是一部自封闭的成套的规范, 就是说, 有关压力容器设计、制造、检验等标准都可在本套标准里找到。这套标准在结构上可分产品卷 (如第 I、IV、VIII-1、VIII-2、VIII-3、X、XII 卷) 和支持卷 (如第 II、V、IX 卷), 如果要取得压力容器 U 钢印, 就要有第 II、V、VIII-1、IX 等四卷, 其中, VIII-1 卷是产品卷, II (材料)、V (无损检测)、IX 卷 (焊接和钎接评定标准) 是支持卷。在 ASME 锅炉压力容器规范的产品卷中, 技术部分和管理部分是在一起的, 但绝大部分内容是技术部分, 管理部分较少, 而且比较分散。管理部分的内容相对稳定, 而技术部分的内容则修订频繁 (每年修订一次, 3 年改版)。

ASME VIII-1 为常规设计标准, 适用于压力小于或等于 20MPa, 它以弹性失效设计准则为依据, 根据经验确定材料的许用应力, 并对零部件尺寸作出一些具体规定。由于它有较强的经验性, 故许用应力较低。ASME VIII-1 不包括疲劳设计, 但包括静载下进入高温蠕变范围的容器设计。

ASME VIII-2 为分析设计标准, 它要求对压力容器各区域的应力进行详细的分析, 并根据应力对容器失效的危害程度进行应力分类, 再按不同的安全准则分别予以限制。

ASME VIII-3 主要适用于设计压力不小于 70MPa 的高压容器, 它不仅要求对容器各零部件作详细的应力分析和分类评定, 而且要作疲劳分析或断裂力学评估, 是一个到目前为止要求最高的压力容器规范。

## 2. TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》

《压力容器安全技术监察规程》是我国政府部门为保证安全生产颁布的安全技术法规, 并法定由压力容器安全检验机构, 根据压力容器产品所使用的标准及有关技术法规来控制、监督容器的设计、制造和检验等各环节。

1999 年颁布的《压力容器安全技术监察规程》共八章 172 条, 包括总则、材料、设计、制造、安装、使用管理与修理改造、定期检验、安全附件和附则。

2009 年国家质检总局颁布了 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》共八章 155 条, 它规定了固定式压力容器的相关要求, 其内容包括总则、材料、设计、制造、安装、使用管理与修理改造、定期检验、安全附件和附则。《固定式压力容器安全技术监察规程》基本保留了原规程的结构框架和主题内容。充分体现法规是安全基本要求的思想, 在设计、制造、安装改造维修、使用、检验检测等方面提出基本安全要求, 如安全系数调整、换热器效率、保温保冷要求、定期检验的耐压试验等问题。

2011 年国家质检总局公布了《移动式压力容器安全技术监察规程》的通报稿, 共 10 章, 其内容包括总则、材料、设计、制造、使用管理、充装与卸载、改造与维修、定期检验、安全附件和承压附件、附则。《移动式压力容器安全技术监察规程》基本保留了原《规程》的结构框架和主题内容。充分体现法规是安全基本要求的思想, 在设计、制造、改造维修、使用、检验检测等方面提出基本安全要求, 并且不涉及一般的技术细节。与当前节能减

排降耗的基本国策相结合,提出有关的基本安全要求,如安全系数调整、保温保冷要求、轻型化设计等。

### 3. GB 150

GB 150—1998《钢制压力容器》适用于设计压力不大于 35MPa 的钢制压力容器,是碳素钢、低合金钢和高合金钢制的压力容器设计、制造、检验和验收的整个过程中,必须遵守的强制性国家标准。该标准共包括范围、引用标准、总论、材料、内压圆筒和内压球壳、外压圆筒和外压球壳、封头、开孔和开孔补强、法兰、制造检验与验收共 10 章,另外还包括附录 A 材料的补充规定、附录 B 超压泄放装置、附录 C 低温压力容器、附录 D 非圆形截面容器四个属于标准的附录。附录 F 钢材的高温性能、附录 G 密封结构、附录 H 材料的指导性规定、附录 J 焊接结构属于提示的附录。附录 E 产品焊接试板的力学性能检验,已被新发布的 JB 4744—2000《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能试验》所代替。

GB 150.1—GB 150.4《固定式压力容器》征求意见稿由国家质检总局于 2010 年颁布,适用于设计温度不低于 $-253^{\circ}\text{C}$ ,设计压力不大于 35MPa 的压力容器。其内容包括四部分,分别是通用要求;材料;设计;制造、检验和验收。与 GB 150—1998 相比,变化如下:

(1) 扩大了标准的使用范围。通过引用标准的方式,适用于金属材料制压力容器;规定了在满足本标准设计准则的前提下处理超标准范围的设计方法;规定了各种结构形式的容器所依据的标准。

(2) 标准格式做了改变。

(3) 修改了容器建造参与方的资格和职责要求。规定设计文件的保存时间;增加规定了用户在设计阶段提供书面用户设计规范的职责;规定了检验机构的检验人员对验证性爆破试验见证和报告认可的职责。

(4) 修订了确定许用应力的安全系数。

(5) 增加了满足安全技术规范所规定的安全基本要求的符合性声明。

(6) 增加了采用标准规定之外的设计方法的实施细则。

(7) 增加了进行容器设计阶段风险评估的要求和实施细则。

### 4. TSG R6001—2008《压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲》

压力容器安全管理人员和操作人员是指《特种设备安全监察条例》规定范围内的压力容器使用单位从事压力容器安全技术、安全管理和直接从事操作工作,其管理和操作行为的后果会影响压力容器安全运行的人员。

为了规范压力容器安全管理人员和操作人员的考核工作,保障压力容器安全运行,根据《特种设备安全监察条例》、《特种设备作业人员考核规则》等规定,制定本大纲。其中带压密封作业人员的考核按照《压力容器压力管道带压密封作业人员考核大纲》的要求进行。

压力容器管理人员不分类别,且只进行理论考试;压力容器操作人员的作业种类分为固定式压力容器操作人员和移动式液化气体罐车充装人员,其考试分为理论知识和实际操作技能两部分。另外,简单压力容器中的移动式空气压缩机空气储罐和车辆用容器的操作人员不需要取得《特种设备作业人员证》。本大纲不适用于氧舱维护管理人员的考核。

本大纲由国家质检总局于 2008 年 2 月 21 日颁布,自 2008 年 6 月 1 日起执行。

### 5. 压力容器有关的特种设备安全技术规范(TSG)

(1) TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》“为了规范特种设备焊接操作人员考核工作,根据《特种设备作业人员监督管理办法》、《特种设备作业人员考核规则》,制订了本细则”。其适用于《特种设备安全监察条例》中规定的各类特种设备焊接操作人员的考核。其考核包括基本知识和焊接操作技能考试两部分。基本知识考试采用计算机答题方

法,焊接操作技能考试采用施焊试件且进行检验评定的方法。由国家质检总局于2010年11月4日颁布,2011年2月1日起执行。

(2) TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》见本节前述。

(3) TSG Z0002—2009《特种设备信息化管理规则》特种设备信息是指特种设备及其有关单位、人员在生产(含设计、制造、安装、改造、维修)、使用、检验检测和行政许可、监督检查、事故调查处理等过程中产生的客观属性和描述。特种设备信息化工作是指针对特种设备信息,应用现代信息和通信技术手段进行的采集、存储、传输、加工、利用和发布等工作。

“本规则是为了增强特种设备信息化工作的统一性和有效性,保障信息的畅通、安全与共享,提高特种设备安全监察工作的效率和服务能力,根据《特种设备安全监察条例》以及有关法律、法规、制定本规则”。本规则由国家质检总局于2009年12月29日颁布,2010年6月1日起执行。

(4) TSG Z0006—2009《特种设备事故调查处理导则》“为了规范特种设备事故调查处理程序和方法,提高事故调查处理的科学性和准确性,根据《特种设备安全监察条例》、《特种设备事故报告和调查处理规定》制订了本导则。国家质检总局和地方质量技术监督部门,依据本导则开展特种设备事故调查处理工作,其委托的特种设备事故调查处理机构,可以承担事故调查处理的具体工作”。2009年12月29日由国家质检总局颁布,自2010年5月1日起执行。

(5) TSG RF001—2009《气瓶附件安全技术监察规程》“为保障气瓶附件的安全性能,根据《特种设备安全监察条例》、《气瓶安全监察规定》制定本规程,其适用于气瓶附件中的各类气瓶阀门以及易熔合金塞。气瓶附件的材料、设计、制造、型式试验、监督抽查和使用管理,应当执行本规程的规定”。由国家质检总局2009年12月29日发布,2010年5月1日起执行。

(6) TSG ZC001—2009《锅炉压力容器用钢板(带)制造许可规则》“为了规范锅炉压力容器专用钢板(带)制造许可工作,根据《特种设备安全监察条例》制定本规则,凡在中华人民共和国境内使用的锅炉压力容器专用钢板(带)其制造许可应当符合本规则的要求。钢板(带)制造单位应当按照本规则的要求取得相应的《特种设备制造许可证》,其制造的钢板(带)方可用于锅炉压力容器(含气瓶)承压部件、受压元件的制造”。本规则由国家质检总局于2009年12月29日颁布,2010年5月1日颁布。

(7) TSG R0009—2009《车用气瓶安全技术监察规程》“为了加强和规范车用气瓶安全监督管理,保障车用气瓶使用安全,根据《特种设备安全监察条例》和《气瓶安全监察规定》,制定本规程。在中华人民共和国境内使用的车用气瓶,其设计、制造、安装、充装使用和检验等应当符合本规程的要求”。其适用于环境温度在 $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 使用的、盛装公称工作压力大于或等 $0.2\text{MPa}$ (表压),且压力与容积的乘积大于或等于 $1.0\text{MPa}\cdot\text{L}$ 的气体燃料、液化气体燃料的车用气瓶。同时,还适用于车用气瓶的气瓶阀门、安全阀、易熔塞、爆破片、液位限制阀等安全附件。本规程由国家质检总局于2009年5月8日颁布,2009年8月1日起执行。

(8) TSG R6001—2008《压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲》见前述。

(9) TSG R1001—2008《压力容器压力管道设计许可规则》“为加强对压力容器、压力管道设计单位的安全监察,确保压力容器、压力管道的设计质量,根据《特种设备安全监察条例》、《国务院对确保保留的行政审批项目设定行政许可的决定》的有关规定,制定本规则”。压力容器、压力管道的设计必须取得国家质检总局颁发的《特种设备设计许可证》的



压力容器、压力管道的设计单位进行。本规则由国家质检总局于2008年1月8日颁布,2008年4月30日起执行,2002年8月14日由国家质检总局发布的《压力容器压力管道设计单位资格许可与管理规则》同时废止。

(10) TSG Z0005—2007《特种设备制造、安装、改造、维修许可鉴定评审细则》“为规范特种设备许可鉴定评审工作,保证特种设备许可鉴定评审的科学、客观、公平、公正和工作质量,制定本细则”。其适用于中华人民共和国境内特种设备(包括原材料、部件、安全附件及安全保护装置)制造、安装、改造、维修许可鉴定评审工作。2007年8月8日由国家质检总局颁布,自2007年10月1日起执行。

(11) TSG Z0004—2007《特种设备制造、安装、改造、维修质量保证体系基本要求》“根据《特种设备安全监察条例》和《国务院对确需要保留的行政审批项目设定行政许可的决定》的规定,为规范特种设备制造、安装、改造维修质量保证体系的建立和实施,确实保证特种设备安全性能得到有效控制,制定本要求”。其适用于特种设备(包括原材料、部件、安全附件及安全保护装置)制造、安装、改造、维修单位质量保证体系的建立和实施。2007年8月8日由国家质检总局颁布,自2007年10月1日起执行。

(12) TSG R0003—2007《简单压力容器安全技术监察规程》“简单压力容器是指结构简单、危险性较小的压力容器。为加强简单压力容器的安全监察和管理,保障人民群众生命和财产的安全,根据《特种设备安全监察条例》的有关规定,制定本规程”。由国家质检总局于2007年1月24日颁布,2007年7月1日起执行。

(13) TSG R6004—2006《气瓶充装人员考核大纲》“为了加强气瓶充装管理,规范气瓶充装人员的考核工作,根据《特种设备作业人员监督管理办法》、《气瓶安全监察规定》、《特种设备作业人员考核规则》等有关规定,制定本大纲”。本大纲明确了气瓶充装人员考核的基本要求,包括气瓶充装基本知识、专业知识、安全知识和法规知识等要求,为规范气瓶充装人员的考核工作提供了依据。2006年4月19日由国家质检总局颁布,自2006年7月1日起施行。

(14) TSG R6003—2006《压力容器压力管道带压密封作业人员考核大纲》“为了加强带压密封操作管理,规范压力容器、压力管道带压密封作业人员的考核,根据《特种设备作业人员监督管理办法》、《特种设备作业人员考核规则》及有关规定,制定本大纲”。带压密封技术是在压力容器压力管道发生流体介质外泄事故的情况下,迅速在泄漏缺陷部位建立起新的密封结构的维修技术。该项技术于20世纪80年代初开始引进和研究,经石油、石化、冶金、电力等系统多年现场应用,积累了比较丰富的实践经验。为使这项技术更好地为企业安全生产服务,规范压力容器压力管道带压密封作业人员的考核,制定本大纲。2006年4月19日由国家质检总局颁布,自2006年7月1日起施行。

(15) TSG R6002—2006《医用氧舱维护管理人员考核大纲》“为了保障医用氧舱的安全使用,规范氧舱维护管理人员的考核工作,根据《特种设备作业人员监督管理办法》、《特种设备作业人员考核规则》的规定,制定本大纲”。本大纲坚持理论与实践相结合的原则,采用了系统论的原理和方法,考虑了医用氧舱维护管理工作的实际状况和发展变化等情况,提出了医用氧舱维护管理人员考核的有关内容、考试形式及相应要求,力求使本大纲实用、全面、科学、完整。2006年4月19日由国家质检总局颁布,自2006年7月1日起施行。

(16) TSG R4001—2006《气瓶充装许可规则》“为了规范气瓶充装许可工作,加强气瓶充装单位的安全管理,保证气瓶充装和使用安全,根据《特种设备安全监察条例》以及《气瓶安全监察规定》等有关规定,制定本规则”。其适用于《气瓶安全监察规定》适用范围内的气瓶充装单位。气瓶充装单位应当经省级质量技术监督部门批准,取得气瓶充装许可证