

ANQUAN GONGCHENG XILIE

ANQUAN GONGCHENG XILIE

ANQUAN GONGCHENG XILIE



高等教育安全科学与工程类系列规划教材
高等院校安全工程类特色专业系列规划教材

压力容器安全

张礼敬 张明广 主编
涂善东 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件

高等教育安全科学与工程类系列规划教材

压力容器安全

主 编 张礼敬 张明广

副主编 朱常龙

参 编 王凯全 张宗国 吕保和 乔建江

陈瀚 王林 刘英学 陈国明

主 审

涂善

藏书章



机械工业出版社

本书主要内容包括压力容器基础知识、压力容器应力分析、压力容器选材与设计、压力容器制造及检修、压力容器安全装置、压力容器失效形式及安全性分析、压力容器安全管理和压力容器破裂事故调查分析等。

本书系统地介绍了压力容器的设计、制造、安装、检验等方面的技术知识及安全管理知识,并结合大量的压力容器事故实例,阐述了事故发生的原因及压力容器的失效机理,并对容器爆炸等连锁事故开展了定量风险评估。

本书理论结合实践,重点突出,难易得当,可作为高等院校安全工程、化学工程、过程装备与控制工程及相关工程类专业的本科教材,也可供压力容器安全监管人员及其他有关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

压力容器安全/张礼敬等主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 9

高等教育安全科学与工程类系列规划教材

ISBN 978-7-111-39295-8

I. ①压… II. ①张… III. ①压力容器安全—高等学校—教材
IV. ①TH490. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 172254 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 冷 彬 责任编辑: 冷 彬 张丹丹

版式设计: 纪 敬 责任校对: 陈立辉

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京汇林印务有限公司印刷

2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 19 印张 · 358 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-39295-8

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

安全工程专业教材编审委员会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴 超 蒋军成

秘 书 长：季顺利

委 员：（排名不分先后）

冯长根	王新泉	吴 超	蒋军成	季顺利	沈斐敏
钮英建	霍 然	孙 熙	王保国	王述洋	刘英学
金龙哲	张俭让	司 鹄	王凯全	董文庚	景国勋
柴建设	周长春	冷 彬			

序

“安全工程”本科专业是在 1958 年建立的“工业安全技术”、“工业卫生技术”和 1983 年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984 年，国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998 年 7 月 6 日，教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》，“安全工程”本科专业（代号：081002）属于工学门类的“环境与安全类”（代号：0810）学科下的两个专业之一^①。据“高等院校安全工程专业教学指导委员会”1997 年的调查结果显示，自 1958~1996 年年底，全国各高校累计培养安全工程专业本科生 8130 人。近年，安全工程本科专业得到快速发展，到 2005 年年底，在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达 75 所，2005 年全国安全工程专业本科招生人数近 3900 名。

按照《普通高等学校本科专业目录》（1998）的要求，原来已设有与“安全工程专业”相近但专业名称有所差异的高校，现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业，专业覆盖面大大拓宽。同时，随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新，安全工程专业的内涵也发生很大变化，相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化，学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是，安全工程专业的教材建设与专业的发展出现尚不适应的新情况，无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此，组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着 50 多年历史的国家级优秀出版社，在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和支持下，根据当前安全工程专业教育的发展现状，本着“大安全”的教育思想，进行了大量的调查研究工作，聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、实践经验丰富的教授、专家，组织成立了

① 按《普通高等学校本科专业目录》（2011 版），“安全工程”本科专业（专业代码：082901）属于工学学科的“安全科学与工程”类（专业代码：0829）下的专业。

“安全工程专业教材编审委员会”(以下简称“编审委”),决定组织编写“高等教育安全工程系列‘十一五’规划教材”^①。并先后于2004.8(衡阳)、2005.8(葫芦岛)、2005.12(北京)、2006.4(福州)组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会,就安全工程专业本科教育的课程体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨,在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上,以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨,进行顶层设计,制订总体规划、出版进度和编写原则,计划分期分批出版30余门课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成的学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编审委组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审。教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

体系新。本套系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑、构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

内容新。本套系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

知识新。本套系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教

① 自2011年10月,更名为“高等教育安全科学与工程类系列规划教材”。

VI 压力容器安全

授担任，他们一直处于教学和科研的第一线，学术造诣深厚，教学经验丰富。在编写教材时，他们十分重视理论联系实际，注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革阶段性成果，充实与更新了知识点，增加了部分学科前沿方面的内容，充分体现了教材的先进性和前瞻性，以适应时代对安全工程高级专业技术人才的培育要求。本套教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范，全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求，是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命，一切都无从谈起。全世界平均每天发生约 68.5 万起事故，造成约 2200 人死亡的事实，使我们确认，安全不是别的什么，安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志，是经济社会发展的综合反映，是落实以人为本的科学发展观的重要实践，是构建和谐社会的有力保障，是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容，是实施可持续发展战略的组成部分，是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务，是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明，安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点，随着社会的不断进步，工业化进程的加快，安全生产工作的内涵发生了重大变化，它突破了时间和空间的限制，存在于人们日常生活和生产活动的全过程中，成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要，而且对社会稳定 and 经济发展产生重要影响。党的十六届五中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。

高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供了学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性交叉的特性，开办安全工程

专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本套系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝本系列教材在编者、出版者、授课教师和学生的共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“嘤其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展作出贡献。

中国科学技术协会书记处书记^①

中国职业安全健康协会副理事长

中国灾害防御协会副会长

亚洲安全工程学会主席

高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任

安全工程专业教材编审委员会主任

北京理工大学教授、博士生导师

冯长根

2006年5月

① 现任中国科学技术协会副主席。

前 言

压力容器是一类广泛使用的特种设备，所承载的显著压力和复杂介质构成危险源，一旦发生事故，必将导致恶劣的事故后果，且在压力容器的设计、制造、安装、使用、维护、检修和改造等众多环节中存在的缺陷都可能成为引发事故的潜在隐患。因此，压力容器安全一直是相关行业安全的重点研究内容和管理对象。

近年来，针对我国压力容器安全的严峻形势，《特种设备安全监察条例》（2009年修订版）、《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG R0004—2009）及《移动式压力容器安全技术监察规程》（TSG R0005—2011）等压力容器安全法律法规陆续出台，相关安全技术也获得了长足的发展，对我国压力容器安全管理产生了深刻的影响。本书在详细讲述压力容器安全相关基本理论的基础上，更多地介绍了压力容器安全法律法规及工程技术应用的新变化及发展趋势。

本书共分8章，具体的编写分工为：第1章由张明广和王凯全编写，第2章由朱常龙和张宗国编写，第3章由朱常龙和吕保和编写，第4章由张明广和乔建江编写，第5章由张明广和陈网桦编写，第6章由张礼敬和王林元编写，第7章由朱常龙和刘英学编写，第8章由张明广和陈国明编写。全书由张礼敬教授负责统稿。

特别感谢主审涂善东教授对本书的指导和修正。感谢所有参编人员，在本书编写过程中给予的帮助和建设性意见；在本书编写过程中还得到了南京工业大学、华东理工大学、南京理工大学、江苏省特种设备安全监督检验研究院、江苏省安全生产科学研究院、中国石化扬子石油化工有限公司等单位有关专家的大力支持，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，且时间仓促，本书难免存在错误和不当之处，恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第1章 压力容器基础知识	1
1.1 压力容器的定义、分类及其结构	1
1.2 压力容器的法律法规体系	23
第2章 压力容器应力分析	31
2.1 薄壁壳体在内压作用下的应力	32
2.2 厚壁圆筒及球壳在内压作用下的应力	39
2.3 承压圆平板的应力	54
2.4 热应力	57
2.5 边界效应与应力集中	61
第3章 压力容器选材与设计	66
3.1 压力容器用钢要求及类型	66
3.2 常见受压元件强度设计	77
3.3 薄壁筒体开孔补强	89
3.4 压力容器结构设计	92
第4章 压力容器制造及检修	96
4.1 压力容器制造工序	96
4.2 压力容器的焊接	103
4.3 缺陷检测技术	120
第5章 压力容器安全装置	163
5.1 安全泄压装置与安全泄放量	163
5.2 安全阀和爆破片	169
5.3 其他安全附件	190
第6章 压力容器失效形式及安全性分析	205
6.1 断裂的定义及类型	205
6.2 延性断裂	206
6.3 脆性断裂	211
6.4 疲劳断裂	217
6.5 应力腐蚀断裂	223

X 压力容器安全

6.6 蠕变断裂	226
6.7 压力容器缺陷评定简介	231
第7章 压力容器安全管理	234
7.1 压力容器安全管理思想	234
7.2 压力容器安全管理体系	235
第8章 压力容器破裂事故调查分析	249
8.1 压力容器事故调查与处理	249
8.2 压力容器爆炸能量及事故危害	266
8.3 压力容器连锁事故定量风险评价	272
8.4 典型压力容器事故案例分析	281
参考文献	292

1

第1章 压力容器基础知识

1.1 压力容器的定义、分类及其结构

1.1.1 压力容器的定义

压力容器泛指承受流体介质压力的密闭壳体，所以从广义上来讲，所有承受压力载荷的容器都应该算作压力容器。从安全角度考虑，压力并不是表征压力容器安全性能的唯一指标。在相同压力下，容器容积的大小不同，意味着容器内积蓄的能量也不同，一旦发生破裂或爆炸，造成的危害也不同。此外，容器内盛装的介质特性也影响了设备的安全性能。因此，工作压力、容器的容积以及工作介质的种类是关联到压力容器安全的三个重要指标。

《特种设备安全监察条例》（2009年修订版）规定：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者等于0.1MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 $2.5\text{MPa}\cdot\text{L}$ 的气体、液化气体和最高工作温度高于或者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者等于0.2MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 $1.0\text{MPa}\cdot\text{L}$ 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60°C 液体的气瓶、氧舱等。

TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》前言中说明，将原1999年版《压力容器安全技术监察规程》改为《固定式压力容器安全技术监察规程》，另行制定《移动式压力容器安全技术监察规程》，并且暂时保留超高压容器、简单压力容器、非金属压力容器等近年颁布的有关压力容器安全技术监察规程。故在此将《固定式压力容器安全技术监察规程》及《移动式

2 压力容器安全

《压力容器安全技术监察规程》中的定义阐述如下。

《固定式压力容器安全技术监察规程》规定：固定式压力容器是指安装在固定位置使用的压力容器。对于为了某一特定用途，仅在装置或者场区内部搬动、使用的压力容器以及移动式空气压缩机的储气罐，按照固定式压力容器进行监督管理。其适用范围如下：

(1) 最高工作压力大于或者等于 0.1MPa 。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）。

(2) 工作压力与容积的乘积大于或者等于 $2.5\text{MPa} \cdot \text{L}$ 。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。

(3) 盛装介质为气体、液化气体以及最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体。当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大于或者等于 $2.5\text{MPa} \cdot \text{L}$ 时，也属于固定式压力容器。

TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》规定：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装备，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。其适用范围如下：

(1) 具有装卸介质功能，并且参与铁路、公路或者水路运输。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者等于 0.1MPa 。工作压力是指移动式压力容器在正常工作情况下，罐体顶部可能达到的最高压力（表压力）。

(3) 罐体容积大于或者等于 450L 。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（不考虑制造公差）并且圆整。一般应当扣除永久连接在容器内部的内件的体积。

(4) 充装介质为气体以及最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体。当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者等于 $45\text{MPa} \cdot \text{L}$ 时，也属于移动式压力容器。

1.1.2 压力容器的分类

压力容器的种类繁多，不同类别压力容器的结构特性，其存在的危险程度也不同。考虑到压力容器的差别性，为了对压力容器的设计、制造、安装使用和维护、检验等的各个环节按类别进行全过程的管理追踪，必须对压力容器进行分类。

出于不同的管理目的,压力容器有多种分类方法。例如,按容器壁厚不同可分为薄壁容器和厚壁容器,薄壁容器是指器壁的厚度不大于容器内径的 $1/10$ 的容器,厚壁容器是指器壁的厚度大于或等于容器内径的 $1/10$ 的容器;按壳体承压方式的不同可分为内压容器(壳体内部承压)和外压容器;按容器的工作壁温不同可分为高温容器(壁温达到蠕变温度,对碳素钢或低合金钢容器,温度超过 420°C ,对合金钢容器超过 450°C ,对奥氏体不锈钢容器,超过 450°C)、常温容器($-20^{\circ}\text{C} < \text{壁温 } t < 450^{\circ}\text{C}$)和低温容器(壁温 $t \leq -20^{\circ}\text{C}$);按壳体的几何形状不同可分为球形容器、圆筒形容器和其他特殊形状容器;按容器的制造方法不同可分为焊接容器、锻造容器、铆接容器、铸造容器、有色金属容器和非金属容器;按容器的安放形式不同可分为立式容器和卧式容器等。总之,各种不同的分类方法是从各个不同需要的角度来考虑的。例如,按壁厚和承压方式分类便于容器的设计计算;按制造方法和制造材料分类则比较便于容器的制造管理。

从压力容器的使用特点和安全方面考虑,压力容器一般分为固定式和移动式两大类(图1-1)。这两类容器由于使用方法不同,对它们的技术管理要求也不完全一样。我国和其他许多国家对这两类容器都分别制定了不同的管理规程和技术法规。

1.1.2.1 固定式

固定式容器是指除了用于运输储存气体的盛装容器以外的所有容器。这类容器有固定的安装和使用地点,工艺条件和使用操作人员也比较固定,容器一般不是单独装设,而是用管道与其他设备相连接。固定式容器还可以按照介质、压力和用途等因素进行分类。

1. 按介质类别划分

压力容器介质在压力容器发生事故时的危害程度,取决于介质的物理、化学特性。因此,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。《固定式压力容器安全技术监察规程》中注明,压力容器中介质毒性危害程度和爆炸危险程度的确定,参照HG 20660—2000《压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》的规定。

参照GBZ 230—2010《职业性接触毒物危害程度分级》的规定,综合考虑毒物的急性毒性、扩散性、蓄积性、致癌性等9项指标,将职业性接触毒物危害程度分为以下四级:

- 1) 极度危害(Ⅰ)级。 $\text{THI} \geq 65$ 。
- 2) 高度危害(Ⅱ)级。 $50 \leq \text{THI} < 65$ 。

4 压力容器安全

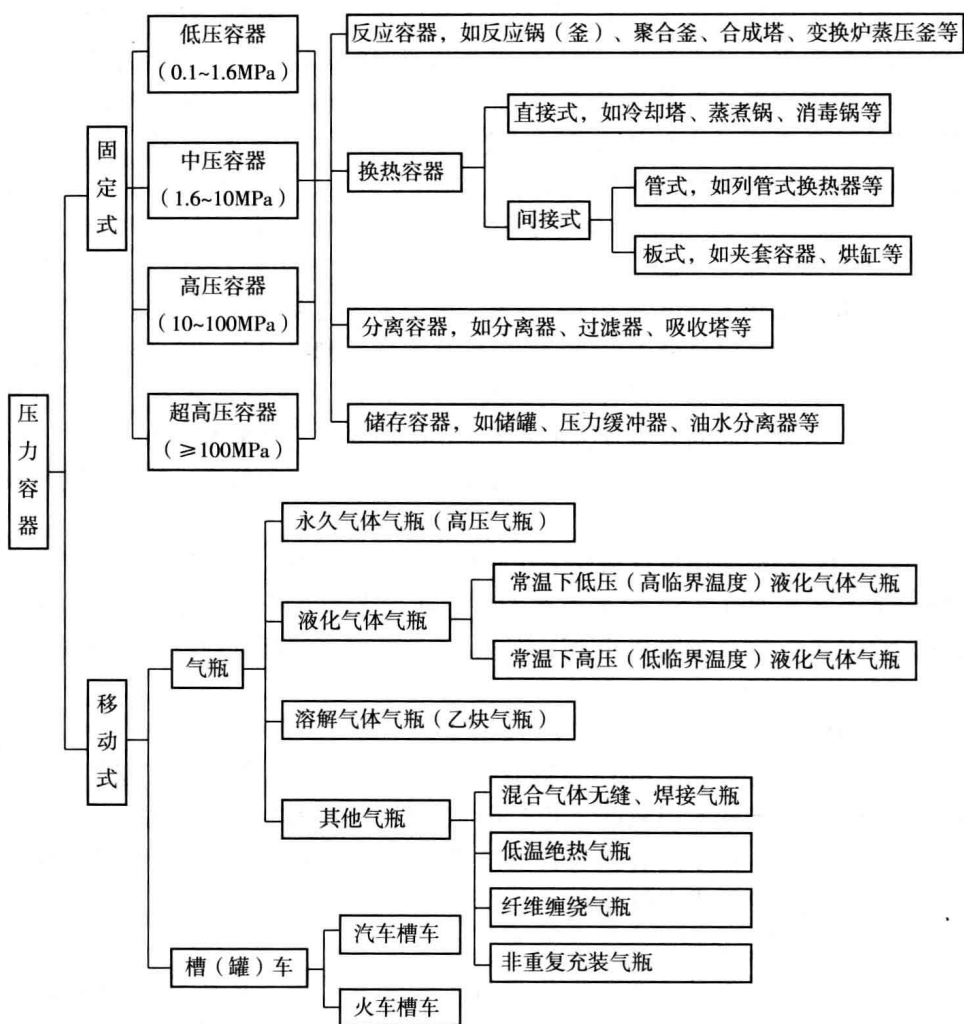


图 1-1 压力容器的分类

3) 中度危害（Ⅲ）级。 $35 \leq \text{THI} < 50$ 。

4) 轻度危害（Ⅳ）级。 $\text{THI} < 35$ 。

易爆介质是指气体或者液体的蒸气、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者等于 20% 的介质。如一甲胺、乙烷、乙烯氯甲烷、环氧乙烷、环丙烷、氢、丁烷、三甲胺、丁二烯、丁烯、丙烷、丙烯、甲烷等。

压力容器的介质分为以下两组，包括气体、液化气体或者最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体。

第一组介质：毒性程度为极度危害、高度危害的化学介质、易爆介质和液化气体。

第二组介质：除第一组以外的介质。

压力容器中的介质为混合物质时应以介质的组分，并按上述毒性危害程度或爆炸危害程度的划分原则，按毒性危害程度或爆炸危害程度最高的介质确定。

2. 按压力等级分类

压力是压力容器最主要的一个工作参数。从安全角度考虑，容器的工作压力越大，发生爆炸事故时的危险也越大。因此，必须对其设计压力进行分级，以便对压力容器进行分级管理与监督。根据 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》，按设计压力（ p ）不同，压力容器可划分为低压、中压、高压和超高压四个等级，具体的划分标准如下：

1) 低压（代号 L）： $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ 。

2) 中压（代号 M）： $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$ 。

3) 高压（代号 H）： $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ 。

4) 超高压（代号 U）： $p \geq 100\text{MPa}$ 。

3. 按压力容器工艺用途划分

固定式压力容器虽然在各种工业中的具体用途非常繁杂，但根据其在生产工艺过程中所起的作用原理可以归纳为四大类，即反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器和储存压力容器。按工艺用途将容器分类，可以根据它的种类大体了解容器在生产中的主要作用，工艺条件的稳定情况，压力控制的难易，以及万一发生爆炸时可能造成危害的严重程度等，这对于容器的管理和技术监督都是有利的。

（1）反应压力容器（代号 R）。反应压力容器主要用于完成介质的物理、化学反应。这类容器的压力源于两种，即加压反应和反应升压。

加压反应是指压力容器内的压力由容器外产生，工作介质经过加压后才进入容器内进行反应。通过加压，容器内部的介质才能进行和维持物理、化学反应，或是通过加压才能使容器内部的介质加速反应，以提高生产率和设备利用率。这种加压反应一般都使容器内部维持一定的压力，因此这样的反应压力容器的工艺过程一般都是连续的，压力比较稳定，没有频繁的压力和温度的周期性变动。反应升压是指压力容器内的压力是容器内产生的，即通过容器内的介质反应而产生压力，介质在容器内发生体积增大的化学反应，使容器升压。这类反应压力容器，旧式的多为间歇式，容器内压力和温度都有较频繁的周期性变动。许多反应器内工作介质发生化学反应的过程是既放热又吸热的过程。为了保持一定的反应温度，常常需要装设一些加热、冷却

6 压力容器安全

和搅拌等附属装置。

常用的反应容器有反应器、反应釜、超高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜和煤气发生炉等。

(2) 换热压力容器(代号E)。换热压力容器主要用于完成介质的热量交换,达到生产工艺过程所需要的将介质加热或冷却的目的。其主要工艺过程是物理过程,按传热的方式分为蓄热式、直接式和间接式三种,较为常用的是直接式和间接式。

直接式换热器将两种换热的介质在容器内直接接触,热量即由高温介质传给低温介质,使其中的一种介质被加热,另一种被冷却。这种换热器的效率一般较高,但只适用于两种介质不会互相混合或允许相互掺和的场合。间接式换热器使参与换热的两种介质在容器内被隔离而不能相互接触,热量交换通过两种介质之间的隔离壁(管壁或板壁)间接完成,适用于两种介质不允许相互掺和、相互混合的场合。这种换热器根据传热壁的结构不同,可分为管壳式换热器和板式换热器两大类。管壳式换热器有许多种,属于压力容器的有蛇管式、列管式、排管淋洒式等。蛇管式换热器常用于两种状态的相同介质的热交换(如液氨与气氨),达到介质被冷却或蒸发的目的。列管换热器是使用最为普遍的一种换热器,形式也较多。压力容器中较为常见的板式换热器有夹套容器和烘缸等。

常用的换热压力容器有管壳式余热锅炉、换热器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、消毒锅、染色器、烘缸、蒸炒锅、预热锅、溶剂预热器、蒸锅、蒸脱机、电热蒸汽发生器、煤气发生炉和水夹套等。

(3) 分离压力容器(代号S)。分离压力容器主要用于完成介质的流体压力平衡、缓冲和气体净化分离。介质在分离容器内通过降低流速、改变流动方向或用其他物料吸收、溶解等方法来分离气体中的混合物,达到净化气体或提取其中有用物料的目的。在分离容器中,主要介质不参与化学反应,气体经加压后进入容器内,提高分离或净化效率。分离容器的名称较多,按容器的作用不同命名为分离器、净化塔、回收塔等;按所用的净化方法不同命名为吸收塔、洗涤塔、过滤器等。

常用的分离压力容器有分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、汽提塔、分气缸和除氧器等。

(4) 储存压力容器(代号C,其中球罐代号为B)。储存压力容器主要用于储存或盛装气体、液体、液化气体等介质,保持介质压力的稳定。常用的压缩气体储罐、压力缓冲器等都属于这类容器,例如各种型式的储罐、缓冲罐、消毒锅、印染机、烘缸和蒸锅等。由于工作介质在储存压力容器内一般不发生化学和物理变化,不需要装设供传热传质用的内部工艺装置(内件),所以储