

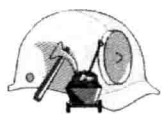


石化行业 压力容器安全操作培训读本

石惟理 主 编
于文军 景丽君 副主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)



石化行业压力容器 安全操作培训读本

主 编 石惟理

副主编 于文军 景丽君

中国石化出版社

内 容 提 要

本书针对石化行业压力容器安全操作培训需要编写而成。全书共分三篇：基础知识篇介绍了压力容器基础知识、压力容器安全操作、压力容器安全管理，尤其重点介绍了炼化生产装置中的压力容器安全操作；案例分析篇从石化行业所用压力容器因自身质量和操作引起的事故角度进行典型案例分析，并综合分析解读压力容器典型事故，特别是对典型的装置（压力容器）事故应急预案进行解析；法规导读篇则对石化行业常用的压力容器法规、制度进行了梳理、汇总。

本书深入浅出，切合实际，内容简明扼要。可以作为石化行业压力容器安全操作培训教材，亦可作为生产操作人员学习的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

石化行业压力容器安全操作培训读本 / 石惟理主编.
—北京：中国石化出版社，2010.2
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0250 - 9

I. ①石… II. ①石… III. ①压力容器 - 安全技术
IV. ①TH490.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 017260 号

未经本社书面授权，本书任何部分不得被复制、抄袭，或者以任何形式或任何方式传播。版权所有，侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编：100011 电话：(010)84271850

读者服务部电话：(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 15.25 印张 222 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定价：32.00 元

《石化行业压力容器安全操作培训读本》

编审委员会

主 任：李永强 李春树

副 主 任：石惟理 张树忠

委 员：彭利民 陈丽萍

主 编：石惟理

副 主 编：于文军 景丽君

编写人员：吕 英 朱 琳 杨春香 乔 华

皮 伟 王 勇

审核人员：李春树 李子成 祝介贵

前 言

压力容器是具有爆炸危险的特种设备。石化行业的主要生产装置，从整体组成上看，就是一系列各种类别的压力容器的串联体。因此，在装置中进行的生产过程存在各种危险性，这些潜在的危险因素在一定条件下会转化为事故，破坏正常生产乃至危及人们的生命安全和健康。同时，压力容器(装置)运行安全又是一项复杂的系统工程，涉及压力容器(装置)安全操作、压力容器安全管理、压力容器操作人员技能水平的提升等方方面面。为此，从业人员必须高度重视并持续参加压力容器安全操作的培训工作。

多年来，天津石化培训中心与地方技术监督部门一直在压力容器安全操作培训方面进行着密切合作，为企业安全生产做出了重要贡献。本书就是在企业开展多年培训实践的基础上，结合近年来石化行业员工对压力容器安全操作培训需要编写而成的。全书共分三篇：基础知识篇、案例分析篇和法规导读篇。基础知识篇介绍了压力容器基础知识、压力容器安全操作、压力容器安全管理，尤其重点介绍了炼化生产装置中的压力容器安全操作；案例分析篇从石化行业所用压力容器因自身质量引起的事故、操作引起的事故角度进行典型案例剖析，并综合分析解读压力容器典型事故，特别是对典型的装置(压力容器)事故应急预案进行解析；法规导读篇则对石化行业常用的压力容器法规、制度进行了梳理、汇总。

本书力求采用企业生产操作人员习惯的语言方式，深入浅出地对压力容器安全操作理论知识和安全要求进行阐述。书中列举的案例切合实际，其分析简明扼要、准确到位，目的是使一线操作人员感受到安全知识和技能“能学会、可操作”。

本书可以作为石化行业压力容器安全操作培训教材，亦可作为生产操作人员安全学习的参考书。

本书由石惟理、于文军、景丽君、吕英编写第一篇；石惟理、于文军、朱琳、杨春香编写第二篇；乔华、皮伟、王勇编写第三篇。本书在编审委员会指导下完成了初稿和终稿，并经中国石化天津石化机械研究所李春树博士、李子成高级工程师及天津市大港区质量技术监督局祝介贵对全书进行了通审。

本书在编审过程中直接或间接地参考和借鉴了许多国内外的书籍、资料，北京东方仿真控制技术有限公司、北京华康达计算机应用技术有限公司提供了很多有借鉴意义的事故案例。在此一并表示感谢！

由于编者水平有限、经验不足，书中难免有不妥之处，恳请广大同行和读者批评指正。

《石化行业压力容器安全操作培训读本》编写组

目 录

第一篇 基础知识篇

第一章 压力容器基础知识	(2)
模块一 压力容器的分类	(3)
模块二 压力容器的结构形式和组成	(11)
模块三 压力容器典型安全附件介绍	(16)
模块四 压力容器安全装置分析	(24)
第二章 压力容器安全操作	(28)
模块一 压力容器运行前的准备工作	(29)
模块二 压力容器的运行操作	(34)
模块三 压力容器的停运操作	(42)
模块四 压力容器的维护保养	(48)
第三章 炼化生产装置中的压力容器安全操作	(54)
模块一 加氢裂化装置反应单元安全操作	(55)
模块二 乙二醇装置 EO 反应器单元安全操作	(63)
模块三 乙烯装置精馏单元安全操作	(70)
模块四 球形储罐安全操作	(77)
模块五 罐车装卸安全操作	(82)
模块六 气瓶使用安全操作	(90)
第四章 压力容器安全管理	(96)
模块一 压力容器安全管理要求	(97)
模块二 压力容器定期检验与修理	(104)
模块三 压力容器事故处理	(115)

第二篇 案例分析篇

第一章 压力容器自身质量引起的事故	(121)
模块一 设计及制造引起的事故	(122)

模块二	设计变更引起的事故	(128)
模块三	安全附件引起的事故	(133)
模块四	设备腐蚀引起的事故	(138)
第二章	压力容器的操作事故	(145)
模块一	开工过程中的事故	(146)
模块二	运行过程中的事故	(152)
模块三	停工过程中的事故	(158)
模块四	检修过程中的事故	(163)
第三章	压力容器典型事故分析与处理	(169)
模块一	裂解碳四储罐冬季火灾事故分析与处理	(170)
模块二	气体分馏装置泄漏着火事故分析与处理	(177)
模块三	顺酐装置凝结水储罐闪爆事故分析与处理	(184)
模块四	冷凝水闪蒸器爆炸事故分析与处理	(190)
第四章	生产装置事故应急预案解析	(195)
模块一	加氢装置事故应急预案解析	(196)
模块二	催化裂化装置事故应急预案解析	(201)
模块三	乙二醇装置事故应急预案解析	(206)
模块四	乙烯装置事故应急预案解析	(214)

第三篇 法规导读篇

第一章	压力容器操作法规知识导读	(220)
第二章	压力容器相关法规、制度导读	(223)
	《中华人民共和国安全生产法》相关条文	(224)
	《中华人民共和国节约能源法》相关条文	(226)
	《特种设备安全监察条例》相关条文	(227)
	《固定式压力容器安全技术监察规程》相关条文	(229)
	其他法规中的相关条文	(232)
	某炼化企业压力容器管理制度(部分)	(234)
参考文献		(237)

第一篇 基础知识篇



- 第一章 压力容器基础知识
- 第二章 压力容器安全操作
- 第三章 炼化生产装置中的压力容器安全操作
- 第四章 压力容器安全管理

第一章 压力容器基础知识



- ◇ 压力容器的分类
- ◇ 压力容器的结构形式和组成
- ◇ 压力容器典型安全附件介绍
- ◇ 压力容器安全装置分析

模块一 压力容器的分类



测试卡

您了解本岗位压力容器属于哪一类吗？

在工业、农业、国防以及医疗卫生等行业，压力容器的使用非常普遍，形式繁多。根据国家规定，压力容器依据不同情况被分为多个等级，在容器的设计、制造、安装、使用和管理中需要遵守相应的制度和规范。您了解所在岗位上操作的容器吗？它们是否属于压力容器及属于哪一类压力容器？



知识卡

► 压力容器的一般分类

1. 按设计压力分类

按设计压力的高低，压力容器分为低压、中压、高压、超高压四个等级。

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

中压容器(代号 M) $1.6\text{MPa} \leq p < 10.0\text{MPa}$ 。

高压容器(代号 H) $10.0\text{MPa} \leq p < 100.0\text{MPa}$ 。

超高压容器(代号 U) $p \geq 100.0\text{MPa}$ 。

2. 按生产工艺过程中的作用原理分类

按生产工艺过程中的作用原理，压力容器可分为反应容器、换热容器、分离容器和储运容器。

反应容器(代号 R) 是主要用于完成介质的物理、化学反应的压力容器，如反应器、反应釜、发生器、分解塔、聚合釜、高压釜、合成塔、变换炉等。

换热容器(代号 E) 是主要用于完成介质热量交换的压力容器，

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。常用的换热器，如管壳式废热锅炉、换热器、冷却器、冷凝器、加热器等。

分离容器(代号 S) 是主要用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离的压力容器。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，如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、干燥塔、净化塔、回收塔、吸收塔、洗涤塔等。

储运容器(代号 C，其中球罐代号为 B) 是主要用于盛装生产和生活用的原料气体、液体、液化气体等介质的容器，如各种形式的储槽、槽车(铁路槽车、汽车槽车)。

另外，在一台容器中，如同时存在两个以上的工艺作用原理时，应按工艺过程中的主要作用进行划分。

3. 按壳体承压方式分类

按壳体承压方式，压力容器分为内压容器和外压容器两大类。

内压容器 壳体内部承受介质压力的容器。

外压容器 壳体外部承受介质压力的容器。

4. 按设计温度分类

按设计温度 t 的高低，压力容器可分为低温容器、常温容器和高温容器。

低温容器 $t \leq -20^{\circ}\text{C}$ 。

常温容器 $-20^{\circ}\text{C} < t < 450^{\circ}\text{C}$ 。

高温容器 $t \geq 450^{\circ}\text{C}$ 。

5. 按安装方式分类

按安装方式，压力容器分为固定式压力容器和移动式压力容器。

固定式压力容器 指有固定的安装和使用地点的压力容器，其工艺条件和操作人员也比较固定，一般不单独装设，用管道与其他设备相连接，如合成塔、球罐、管壳式余热锅炉、换热器、分离器等。

移动式压力容器 属于储运容器。它与固定容器的区别在于没有固定使用地点，一般也没有专职的使用操作人员，使用环境经常变迁，

管理比较复杂,较易发生事故。其主要用途是装运有压力的气体或液体。按其容积大小和结构形状分为气瓶、槽车(罐车)两大类。

6. 其他分类方法

按容器的壁厚分类,有薄壁容器(壁厚不大于容器内径的 $1/10$)和厚壁容器(壁厚大于容器内径的 $1/10$)。

按壳体的几何形状分类,有圆筒形容器、球形容器、锥形容器和箱形容器等。

按制造方法分类,有焊接容器、锻造容器、铸造容器、包扎式容器、绕带式容器等。

按容器的材料分类,有钢制容器、铸铁容器、有色金属容器和非金属容器。

按容器的安放形式分类,有立式容器、卧式容器等。

► 压力容器按安全的重要程度分类

根据容器的压力高低、介质的危害程度以及在生产过程中的重要作用,TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》将压力容器划分为第一类压力容器(代号Ⅰ)、第二类压力容器(代号Ⅱ)和第三类压力容器(代号Ⅲ)。其中,第三类压力容器危险性最大,安全技术性能要求也最严格。

1. 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,液化气体;

第二组介质,除第一组以外的介质。

2. 压力容器分类

(1) 基本划分

根据介质特性选择类别划分图,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见图 1-1-1;第二组介质,压力容器类别的划分见图 1-1-2。

(2) 多腔压力容器类别划分

多腔压力容器(如换热器的管程和壳程、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。

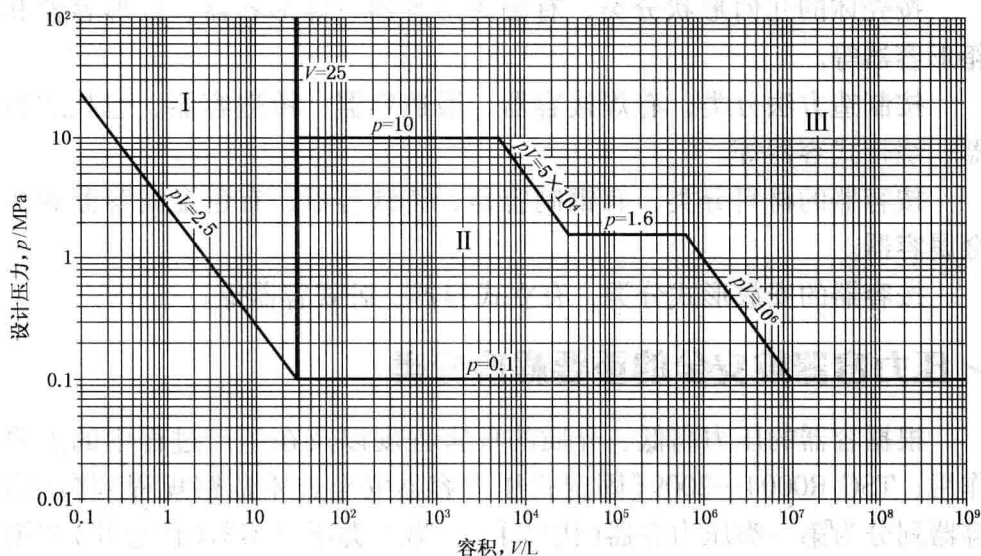


图 1-1-1 压力容器类别划分图(第一组介质)

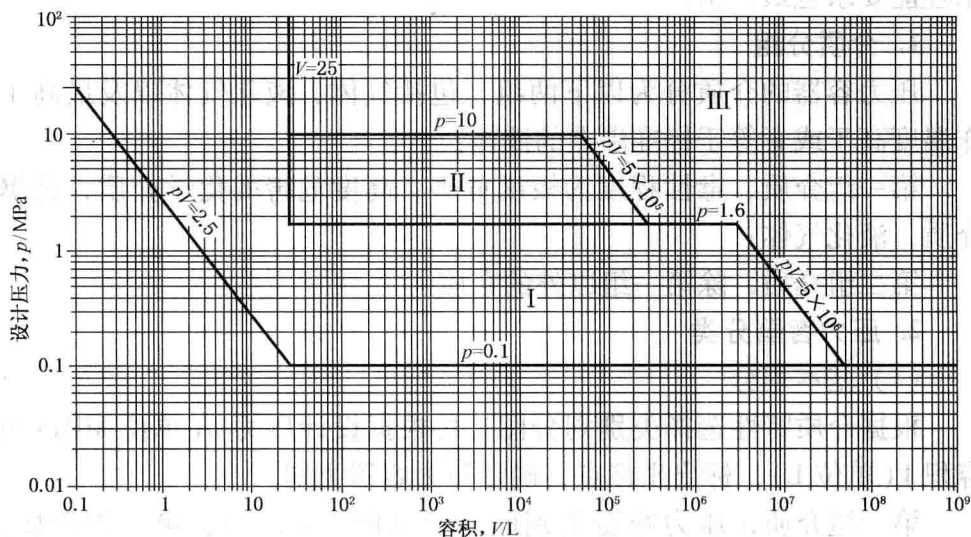


图 1-1-2 压力容器类别划分图(第二组介质)

(3) 同腔多种介质压力容器类别划分
一个压力腔内有多种介质时,按照组别高的介质划分类别。

(4) 介质含量极小的压力容器类别划分
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。

(5) 特殊情况的类别划分
坐标点位于图 1-1-1 或者图 1-1-2 的分类线上时,按照较高的类别划分。

TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》1.4 条范围内的压力容器统一划分为第 I 类压力容器。



链接卡

压力容器的含义

压力容器广义上是指所有承受压力的密闭容器,又称为受压容器。而作为特种设备的压力容器,主要指那些容易发生事故,而且事故的危害性较大,须由专门机构进行监督,并按规定的技术管理规范进行设计、制造和使用的压力容器。

中华人民共和国国务院令 第 549 号《特种设备安全监察条例》规定:压力容器的范围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 $1.0\text{MPa} \cdot \text{L}$,介质为气体、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。

压力容器的压力源

常用压力容器内的介质多是各种压缩气体或水蒸气,故这里主要介绍气体介质的压力来源。压力来源可分为气体压力的产生或增大来自容器外和容器内两类。

1. 压力来源于容器外

压缩机是一种输送气体和提高气体压力的机器。各种压缩气体通

过压缩机后输入压力容器内，其可能达到的最高压力为压缩机出口的气体压力(气体在容器内温度大幅度升高或发生其他物理化学变化使压力升高的情况除外)。蒸汽锅炉是利用燃料燃烧放出的热量将水加热蒸发而产生水蒸气的一种设备。在相同的压力下水蒸气的体积约为饱和水的1700倍，汽包(或锅筒)的体积有限，随着水不断受热蒸发，蒸汽密度不断增加，压力也随之增大。工作介质为水蒸气的压力容器，其可能达到的最高压力为锅炉出口的蒸汽压力。

如果压力容器所需压缩气体(水蒸气)的压力小于压缩机(蒸汽锅炉)出口压力，则在压力容器的进口管上装设减压阀，通过调整减压阀即可得到所需的压力。

2. 压力来源于容器内

气体压力来源于容器内时，其原因有三种情况：容器内介质的聚集状态发生改变；气体介质在容器内受热，温度急剧升高；介质在容器内发生体积增大的化学反应。

(1) 由于介质的聚集状态发生改变而产生或增加压力的，一般是由于液态或固态物质在容器内受热(如周围环境温度升高、受高温物料的加热或容器内其他物料发生放热的化学反应等)，因而蒸发或分解为气体，体积剧烈膨胀，但因受到容器容积的限制，气体密度大为增加，因而在容器内产生压力或使原有的气体压力增加。

(2) 由于气体介质在容器内受热而产生或显著增加压力的情况一般比较少见，只有特殊原因气体在容器内吸收大量的热量，温度大幅度升高时压力显著增加的情况才会发生，有时还会因此而发生容器超压爆炸事故。

(3) 由于介质在容器内发生体积增大的化学反应而使压力升高的例子较多。最常见的如碳化钙加水制造乙炔气体，体积大为增加，在密闭的容器内会产生较高的压力。

常用的压力容器中，气体压力来源于容器外的较多，在容器内增大的较少。但后者危险性较大，对压力控制的要求也更严格。

压力容器的主要工艺参数

压力容器的工艺参数是根据生产工艺的要求确定的，是进行压力

容器设计和安全操作的主要依据。压力容器的主要工艺参数有压力、温度和介质。

1. 压力

工作压力，是指容器顶部在正常工艺操作时的压力(不包括液体静压力)，又称操作压力。

最高工作压力，是指容器顶部在工艺操作过程中可能出现的最大压力(不包括液体静压力)。

设计压力，是指设定的容器顶部的最高压力，与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，其值不低于工作压力。

计算压力，是指在相应设计温度下，用以确定元件厚度的压力，并且应当考虑液柱静压力等附加载荷。

《固定式压力容器安全技术监察规程》规定：装有超压泄放装置的压力容器，超压泄放装置的动作压力不得高于压力容器的设计压力；对于设计图样中注明最高允许工作压力的压力容器，允许超压泄放装置的动作压力不高于该压力容器的最高允许工作压力。

试验压力，是指容器进行耐压试验或气密性试验时其顶部的压力。

2. 温度

使用温度，是指容器运行时，用测温仪表测得的工作介质温度。

设计温度，是指容器在正常工作过程中，设定的受压元件的金属温度(沿元件金属截面的温度平均值)。

试验温度，是指容器进行压力试验时容器壳体的金属温度。

压力容器在运行中，操作人员应对容器的使用温度和金属壁温进行控制，以免容器超温运行。

3. 介质

介质是指压力容器内盛装的物料，其状态有液态、气态或气液混合态。按其性质又可分为易燃、易爆、腐蚀性和毒性介质。压力容器的安全性与其内部盛装介质密切相关，介质性质不同，对容器的材料、制造和使用的要求也不同，介质有易燃易爆、毒性和腐蚀性的容器，在使用维护中应特别注意。

(1) 易爆介质，指气体或者液体的蒸气、薄雾与空气混合的爆炸混合物，并且其爆炸下限小于10%，或爆炸上限与下限之差值大于等

于20%的介质，如氢、甲烷、乙烷、环氧乙烷、环丙烷、乙烯、丙烯等。

(2) 毒性介质，参照 GB 5044—1985《职业性接触毒物危害程度分级》的规定，将毒性介质分为以下四级：

极度危害(Ⅰ级)最高允许浓度 $<0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，如苯、氯乙烯、氰化物等；

高度危害(Ⅱ级)最高允许浓度 $0.1 \sim <1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，如三硝基甲苯、二硫化碳、氯、丙烯腈、四氯化碳、硫化氢、甲醛、硫酸二甲酯、一氧化碳、硝基苯等；

中度危害(Ⅲ级)最高允许浓度 $1.0 \sim <10.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，如苯乙烯、甲醇、硝酸、硫酸、盐酸、甲苯、二甲苯、苯酚等；

轻度危害(Ⅳ级)最高允许浓度 $\geq 10.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，如溶剂汽油、丙酮、氢氧化钠、四氟乙烯等。

压力容器中的介质为混合物时，应以介质的组成、毒性程度和易燃介质的划分原则，由设计单位的工艺设计或使用单位的生产技术部门提供介质毒性程度或是否属于易燃介质的依据。无法提供依据时，按毒性危害程度或爆炸危险程度最高的介质确定。

(3) 腐蚀介质，常见的腐蚀性介质有硝酸、硫酸、盐酸、环烷酸、强碱等。介质的腐蚀性很复杂，介质的种类和性质不同，加上工艺条件不同，介质的腐蚀性也不同。