



ANQUAN JISHU FUSHEN JIAOCAI

■ 特种作业人员安全技术复审教材

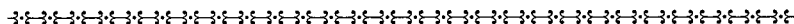
压力容器操作

国家《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》
起草小组专家编写



中国劳动社会保障出版社

特种作业人员安全技术复审教材



压力容器操作

国家《特种作业人员安全技术培训
大纲及考核标准》起草小组专家编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

压力容器操作/王朝前主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008

特种作业人员安全技术复审教材

- ISBN 978-7-5045-6887-8

I. 压… II. 王… III. 压力容器-操作-技术培训-教材
IV. TH49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 064721 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

中国铁道出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 5.625 印张 138 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

定价: 15.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

编 委 会

主 任 闪淳昌

委 员 施卫祖 吕海燕 杨国顺 牛开健

徐洪军 崔国璋 时 文 王朝前

王铭珍 王海军 宋光积 邢 磊

马恩远 杨有启 杨泗霖 王琛亮

洪 亮 曹希桐 高 扬 孙桂林

冯维君 甘晓东 柯振泉 冯国庆

宋鸿铭 吴 燕

主 编 王朝前 王 雪

内 容 提 要

本书由国家《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》起草小组专家编写，是压力容器操作工安全技术培训考核复审用书。

本书系统地介绍了压力容器操作工在复审时应学习掌握的安全技术理论知识和实际操作技能。全书共分两部分，第一部分是压力容器操作工安全技术复审培训内容，包括压力容器基本知识、压力容器安全操作、典型生产工艺的安全操作要点、压力容器事故与应急预案。第二部分是压力容器操作工安全技术复审考核复习题及试卷实例。

本书可作为压力容器操作工安全技术复审培训考核教材，还可作为压力容器使用单位安全管理干部及相关技术人员的参考用书。

前 言

我国《劳动法》规定：“从事特种作业的劳动者必须经过专门培训并取得特种作业资格。”我国《安全生产法》还规定：“生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书，方可上岗操作。”

为了进一步落实《劳动法》、《安全生产法》的上述规定，配合国家安全生产监督管理局依法做好特种作业人员的培训考核工作，中国劳动社会保障出版社根据国家安全生产监督管理局颁布的《安全培训管理办法》《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》《特种作业人员培训考核管理办法》，组织《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准：通用部分》起草小组的有关专家，对由原劳动部组织的我国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》，进行全面的修订。

修订后的《特种作业人员安全技术培训考核统编教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工；（2）焊工；（3）起重机司机；（4）起重指挥司索工；（5）电梯维修与操作；（6）企业内机动车辆驾驶员；（7）登高架设工；（8）制冷空调设备维修与操作；（9）压力容器操作工。修订后的《特种作业人员安全技术复审教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工作业；（2）金属焊割作业；（3）起重作业；（4）起重指挥司索作业；（5）电梯作业；（6）企业内机动车辆驾驶；（7）登高架设作业；（8）制冷与空调

作业；(9) 压力容器操作。第二版统编教材具有以下几方面特点：

一、突出科学性、规范性。本版统编教材是根据国家安全生产监督管理局统一制定的特种作业人员培训大纲和考核标准，由该培训大纲和考核标准起草小组的有关专家对全国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》进行全面修订的最新成果。因此，本版统编教材具有突出的科学性、规范性。

二、突出适用性、针对性。专家在修订编写过程中，根据国家安全生产监督管理局关于教材建设要在安全生产培训指导委员会的统一指导和协调下，本着“少而精”“实用、管用”的原则，对第一版统编教材进行全面修订。因此，本版统编教材具有突出的适用性、针对性。

三、突出实用性、可操作性。根据国家安全生产监督管理局关于“努力做好培训机构、培训大纲、考核标准、考试题库建设，构建安全培训的标准化体系”的要求，以及“统一规划，归口管理，分级实施，教考分离”的原则，有关专家在修订中，为以上 9 种培训教材和 9 种复审教材分别配套编写了复习题库和答案，并提供了相应的考核试卷样式。因此，本版统编教材又具有突出的实用性、可操作性。

总之，本版统编教材反映了国家安全生产监督管理局关于全国特种作业人员培训考核的最新要求，是全国各有关行业、各类企业准备从事特种作业的劳动者，为提高有关特种作业的知识与技能，提高自身安全素质，取得特种作业人员 IC 卡操作证的最佳培训考核与复审教材。

目 录

第一部分 压力容器操作工安全技术复审培训内容····· (1)

第一章 压力容器基本知识····· (1)

第一节 概述····· (1)

第二节 压力容器的含义及分类····· (4)

第三节 压力容器常见结构形式和组成····· (7)

第四节 压力容器的安全附件····· (14)

第二章 压力容器安全操作····· (34)

第一节 压力容器操作人员的资格和安全操作基本要求····· (34)

第二节 压力容器运行前的准备工作····· (38)

第三节 压力容器的运行操作····· (42)

第四节 压力容器的停止运行操作····· (47)

第五节 危险介质压力容器的防护措施····· (51)

第六节 压力容器的维护保养与改造维修····· (58)

第三章 典型生产工艺的安全操作要点····· (66)

第一节 炼油大型塔器生产工艺的安全操作要点····· (66)

第二节 球形储罐生产工艺的安全操作要点····· (70)

第三节 尿素生产工艺的安全操作要点····· (75)

第四节	制冷生产工艺的安全操作要点·····	(79)
第五节	制药生产工艺的安全操作要点·····	(82)
第六节	造纸生产工艺的安全操作要点·····	(89)
第七节	气瓶充装工艺的安全操作要点·····	(96)
第八节	罐车充装工艺的安全操作要点·····	(112)
第九节	反应、换热、分离、储存压力容器的安全 操作要点·····	(115)
第四章	压力容器事故与应急预案·····	(119)
第一节	压力容器事故的等级划分及常见原因·····	(119)
第二节	压力容器事故报告、调查及处理·····	(122)
第三节	压力容器事故的应急预案·····	(129)
第四节	压力容器典型事故案例·····	(133)
第二部分	压力容器操作工安全技术复审考核复习题及 试卷实例·····	(145)
I.	安全技术复审考核复习题·····	(145)
II.	安全技术复审考核复习题参考答案·····	(149)
III.	安全技术复审考核试卷实例·····	(152)
附录1	压力容器安全管理人员和操作人员考核大纲·····	(156)
附录2	压力容器压力管道带压密封作业人员考核大纲 ·····	(163)

第一部分

压力容器操作工安全技术复审培训内容

第一章 压力容器基本知识

第一节 概 述

压力容器是工业生产过程中不可缺少的一种承压类特种设备。随着工业的发展,压力容器广泛应用于石油、化工、机械、冶金、航空、航天及电力等行业。目前,在医疗卫生和日常生活中压力容器也被广泛使用,数量日益增加,并逐渐趋向容量大型化和结构复杂化。为了适应工程上的需要,近年来,压力容器的设备制造还不断采用新材料、新工艺和新技术。因此,压力容器的安全可靠性问题就显得非常重要,需要人们密切关注。

一、压力容器应用广泛

压力容器是一种能承受压力载荷的密闭容器。它的主要作用是储存、运输有压力的气体或液化气体,为这些流体的传热、分离提供一个密闭的空间,或作为完成物理或化学过程的设备。压力容器有各种各样的结构形式,从容积只有几升的瓶和罐,到上万立方米的球形容器或高达上百米的塔式容器,都在生产和生活中得到广泛的应用。在化学工业中,几乎每一个工艺过程都要用到压力容器。在医疗卫生领域,医用氧舱、灭菌柜等被广泛使用。而液化石油气钢瓶等压力容器已进入千家万户,与日常生活密切相关。

二、压力容器事故率高

压力容器是一种可能引起爆炸或中毒等危害性较大事故的特

种设备，当设备发生破坏或爆炸时，设备内的介质迅速膨胀，释放出极大的内能，这些能量不仅会使设备本身遭到破坏，瞬间释放的巨大能量还将产生冲击波，使周围的设施和建筑物遭到破坏，危及人民生命安全。如果设备内盛装的是易燃或有毒介质，一旦突然发生爆炸或泄漏，将会造成恶性的联锁反应，后果不堪设想。压力容器比一般通用机械设备事故率高，所以要有更高的安全要求。

压力容器的工作条件一般比较恶劣，因而容易发生各种事故。

1. 承受一定的压力及温度

压力容器要承受大小不同的压力载荷和其他载荷，有些容器要在高温或深冷条件下工作。压力容器内的压力可能因误操作或反应异常而迅速升高，导致承压部件超压破裂。

2. 使用介质复杂

压力容器的工作介质常具有较强的腐蚀性，会导致氧腐蚀、硫腐蚀、硫化氢腐蚀以及各种浓度的酸、碱、盐腐蚀，损坏设备；有的工作介质为易燃、易爆、有毒物质，一旦泄漏或发生燃烧、爆炸，会造成人身伤亡和财产损失。

3. 较为复杂的局部应力

压力容器通常都有开孔接管及其他的不连续结构，在这些区域内存在着较高的应力，在某些使用环境或载荷条件下，会导致承压部件破裂。

4. 连续运转不能得到正常检验

压力容器大多是钢制焊接结构，其焊缝部位常隐藏着漏检缺陷或标准允许的细微缺陷。在使用中，很多压力容器必须连续运行，不便停用以进行定期检验，所以常因缺陷扩展而导致破裂。

在上述因素共同影响下，即使是设计、制造质量符合标准的压力容器，在正常操作条件下也可能发生事故，更不用说带有设计、制造缺陷和操作错误的设备了。

三、压力容器事故后果严重

压力容器承压部件的断裂破坏伴随着介质的能量释放会形成爆炸，具有巨大的破坏力，不仅损坏设备本身，而且损坏周围的设备和建筑物，并常常造成人身伤亡，后果极其严重。造成伤害的因素主要有：

1. 冲击波伤害

压力容器内的介质一般是具有一定压力的气体、液化气体或高温液体，承压部件一旦破裂，介质就会泄压膨胀或瞬时汽化，瞬间释放出巨大的能量。其中大约 85% 的能量用以产生冲击波，向周围快速传播，破坏设备、建筑物，并危及人身安全。

2. 设备碎片伤害

压力容器破裂时，有些壳体可能裂成碎片并高速飞出，击穿、撞坏设备或建筑物，有时还会直接伤人。

3. 介质伤害

压力容器破裂时介质外泄，常常造成人员烫伤、中毒、现场燃烧及二次爆炸。

总之，压力容器爆炸，常会造成大面积、立体性的破坏和群体伤害，给事故发生单位及附近社区造成严重损失。

综上所述，压力容器应用广泛，工作条件恶劣，容易损坏，事故率高，且事故后果往往非常严重。因此，对压力容器的安全问题不能等闲对待，一定要慎之又慎，确保万无一失。我国把压力容器作为一种特种设备，由国家质量监督检验检疫总局对其安全进行监督管理。国务院颁布了《特种设备安全监察条例》，把压力容器作为特种设备中的一种，对生产（含设计、制造、安装、改造、维修）、使用、检验检测及监督检查等环节都做出了具体规定，对使用单位，要求使用符合安全技术规范要求的特种设备，建立技术档案，在特种设备安全监督管理部门登记，按规定进行定期检验，持证使用；至于作业人员（含相关管理人员和操作人员），则必须经专门的技术培训和考核，持证上岗，以确

保压力容器安全运行。

第二节 压力容器的含义及分类

一、压力容器的含义

压力容器又称受压容器。从广义上讲，应包括所有承受压力载荷的密闭容器。但这里指的只是其中的一部分，即在国务院颁布的《特种设备安全监察条例》中规定的接受安全监察范围内的压力容器。

按照《特种设备安全监察条例》，压力容器的含义是：盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为盛装最高工作压力大于或者等于 0.1 MPa（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 0.2 MPa（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。

按照《特种设备安全监察条例》进行安全监察的特种设备不包括军事装备、核设施、航空航天器、铁路机车、海上设施和船舶，以及煤矿矿井使用的压力容器。

二、压力容器的分类

压力容器的形式、种类繁多，有许多种分类方法，常用的有以下几种：

1. 一般分类

(1) 按容器承受的压力分类 按所承受压力的高低，压力容器可分为低压、中压、高压、超高压四个等级。具体划分如下：

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

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

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

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

(2) 按壳体承压方式分类 按壳体承压方式不同, 压力容器可分为内压 (壳体内部承受介质压力) 容器和外压 (壳体外部承受介质压力) 容器两大类。

(3) 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 ($t \leq -20^\circ\text{C}$)、常温容器 ($-20^\circ\text{C} < t < 450^\circ\text{C}$) 和高温容器 ($t \geq 450^\circ\text{C}$) 三类。

(4) 按安置形式分类 按安置的形式, 压力容器可分为固定式容器和移动式容器两大类:

1) 固定式容器 固定式容器是指有固定的安装和使用地点, 工艺条件和操作人员也比较固定, 一般不是单独装设, 而是用管道与其他设备相连接的容器, 如合成塔、蒸球、球罐、管壳式余热锅炉、热交换器、分离器等。

2) 移动式容器 移动式容器指的是储运容器, 如气瓶、汽车罐车、铁路罐车、罐式集装箱、长管拖车等, 其主要用途是装运有压力的气体或液体。这类容器无固定使用地点, 一般没有专职的使用操作人员, 使用环境经常改变, 管理比较复杂, 较易发生事故。

(5) 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。

1) 反应容器 (代号 R) 主要用来完成介质的物理、化学反应的容器, 如反应器、反应釜、发生器、分解锅、分解塔、聚合釜、高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球等。

2) 换热容器 (代号 E) 主要用来完成介质热量交换的容器, 如管壳式废热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发锅、加热器、硫化锅、消毒锅、蒸压釜、蒸煮器、染色器等。

3) 分离容器 (代号 S) 主要用来完成介质的流体压力平

衡和气体净化分离等的容器，如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、储能器、洗涤器、吸收器、铜洗塔、干燥塔等。

4) 储运容器（代号 C，其中球形储罐代号为 B） 主要用来盛装生产和生活用的原料气体、液体、液化气体等的容器，如各种形式的储罐、罐车（铁路罐车、汽车罐车）。

在一种容器中，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。

(6) 其他分类方法

1) 按容器的壁厚分，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 $1/10$ ）。

2) 按壳体的几何形状分，有球形容器、圆筒形容器、异形容器（如圆锥形、箱形、轮胎形等）。

3) 按制造方法分，有板焊容器、锻焊容器、铸造容器、包扎式容器、绕带式容器等。

4) 按容器的安放形式分，有立式容器、卧式容器等。

5) 按容器的壳体材料分，有金属容器（如钢制容器、铝制容器、钛制容器）、非金属容器（如石墨制容器、玻璃钢制容器、全塑料制容器、移动式非金属容器）。

2. 从安全监察角度分类

在《压力容器安全技术监察规程》中，将在其监察范围内的容器划分为三类：第一类压力容器、第二类压力容器和第三类压力容器。其中第三类压力容器危险性最大，故要求最严格。

(1) 第三类压力容器

1) 高压容器。

2) 易燃介质或毒性程度为中度危害介质且 $pV \geq 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压反应容器和 $pV \geq 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压储存容器。

3) 毒性程度为极度或高度危害介质的中压容器和 $pV \geq 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^3$ 的低压容器。

- 4) 高压、中压管壳式余热锅炉。
- 5) 中压搪玻璃压力容器。
- 6) 使用强度级别较高（指相应标准中抗拉强度规定值下限大于等于 540 MPa）的材料制造的压力容器。
- 7) 移动式压力容器，包括铁路罐车（介质为液化气体、低温液体）、罐式汽车〔液化气体运输（半挂）车、低温液体运输（半挂）车、永久气体运输（半挂）车〕、罐式集装箱（介质为液化气体、低温液体）和长管拖车（含集装管束，介质为永久气体）等。
- 8) 球形储罐（容积大于等于 50 m³）。
- 9) 低温液体储存容器（容积大于 50 m³）。
- (2) 第二类压力容器
 - 1) 中压容器（属于第三类压力容器的除外）。
 - 2) 易燃介质或毒性程度为中度危害介质的低压反应容器和储存容器。
 - 3) 毒性程度为极度和高度危害介质的低压容器。
 - 4) 低压管壳式余热锅炉。
 - 5) 低压搪玻璃压力容器。
- (3) 第一类压力容器 低压容器（属于第二类、第三类压力容器的除外）。

第三节 压力容器常见结构形式和组成

压力容器的主体结构比较简单，因为它的主要作用就是盛装有压力的气体或液化气体，或者是为这些介质的传热、传质或化学反应提供一个密闭的空间。它的主要部件就是一个能承受压力的壳体及其他必要的连接件与紧固件。当然，作为一种生产工艺设备，除简单的储运容器外，其他用途的容器一般都还要装设工

艺过程所必需的附属装置。由于用途不同，这些工艺附属装置的形式也不同，一般不会影响到容器的安全。因此，这里不做叙述，只介绍容器本体的结构形式。

一、压力容器的结构形式

容器本体的外形与结构形式虽然较多，但最常用的是球形和圆筒形。其他特殊形状，如方形、椭球形、半圆筒形、串球形（葫芦形）等，一般只在极个别的情况下使用。

1. 球形容器

球形容器（见图 1—1）的本体是一个球壳，这种结构由许多块预先按一定尺寸压制成形的球面板拼焊而成，直径较大。由于球壳是中心对称的结构，应力分布均匀。球壳体应力是相同直径圆筒形壳体应力的一半，压力载荷相同的情况下所需板材厚度最小，相同容积的结构表面积最小。因此，可节省大量材料（与同压力载荷、同容积的圆筒形容器相比，可节约材料 30%~40%）。但由于制造工艺复杂，拼焊要求高，再加上内部工艺附件安装困难，故一般用于大型储罐，如储存各类油品、液氨、液

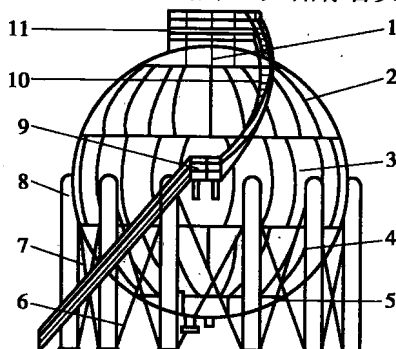


图 1—1 球形容器

- 1—顶部极板（北极板） 2—上温带板（北温带） 3—赤道带板
4—下温带板（南温带） 5—底部极板 6—拉杆 7—下部盘梯
8—支柱 9—中间平台 10—上部盘梯 11—顶部平台