

◎ 特种作业人员安全技术培训考核统编教材

压力容器操作工

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

A NQUAN JISHU
PEIXUN
KAOHE

特种作业人员安全技术培训考核统编教材

压力容器操作工

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

压力容器操作工/王朝前主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

特种作业人员安全技术培训考核统编教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 6232 - 6

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(2007)第 200851 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

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 北京鑫正大印刷有限公司装订

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.5 印张 307 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

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

副主编 陈东初 闫绍峰 王 旭 王维臣

撰 稿 王朝前 陈东初 闫绍峰 王 旭

王维臣 王 雪 张 楠 杨 雷

孔英姿 樊 利 生继成 王文彬

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用书。

本书系统地介绍了压力容器操作工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培训内容，包括压力容器基础知识、压力容器的基本结构、压力容器安全附件、压力容器常用介质及其特性、压力容器带压密封、罐车充装及安全管理、气瓶充装及安全管理、压力容器安全运行与管理、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考核复习题及试卷实例。

本书除作为压力容器操作工安全技术培训考核教材外，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实例。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培训内容

第一章	压力容器基础知识	(1)
第一节	概述.....	(1)
第二节	容器的基本要求.....	(4)
第三节	容器的主要技术参数.....	(5)
第四节	容器的分类.....	(10)
第五节	容器常用钢材.....	(19)
第六节	容器常用非金属材料.....	(25)
第七节	容器应力及其对安全性的影响.....	(30)
第二章	容器的基本结构	(33)
第一节	容器的结构形式.....	(33)
第二节	容器的组成.....	(43)
第三章	容器的安全附件	(51)
第一节	安全附件的分类及设置要求.....	(51)
第二节	安全阀.....	(56)
第三节	爆破片.....	(69)
第四节	安全阀与爆破片的组合.....	(75)
第五节	紧急切断装置.....	(77)
第六节	快开门式容器安全联锁装置.....	(81)
第七节	压力表与液面计.....	(90)

第八节	其他安全附件·····	(97)
第九节	安全附件的检查·····	(104)
第四章	压力容器常用介质及其特性·····	(108)
第一节	压力容器常用介质基础知识·····	(108)
第二节	压力容器常用气体的分类及其特性·····	(112)
第三节	压力容器常用气体的危险特性及其预防措施 ·····	(123)
第五章	压力容器带压密封·····	(140)
第一节	泄漏与密封·····	(140)
第二节	带压密封技术·····	(155)
第三节	带压密封的安全与防护·····	(188)
第六章	罐车充装与安全管理·····	(193)
第一节	罐车的分类与主要技术参数·····	(193)
第二节	罐车的基本结构和颜色标志·····	(196)
第三节	罐车的充装·····	(234)
第四节	罐车的安全使用与管理·····	(243)
第七章	气瓶充装与安全管理·····	(248)
第一节	气瓶的分类与结构·····	(248)
第二节	气瓶的主要技术参数·····	(257)
第三节	气瓶附件及其作用·····	(261)
第四节	气瓶的颜色标记和钢印标记·····	(267)
第五节	瓶装气体充装量·····	(275)
第六节	气瓶的充装·····	(285)
第七节	气瓶的安全管理·····	(303)

第八章 压力容器安全运行与管理·····	(313)
第一节 压力容器安全运行·····	(313)
第二节 压力容器的维护保养·····	(326)
第三节 压力容器定期检验与改造维修·····	(329)
第九章 压力容器事故与应急预案·····	(344)
第一节 压力容器事故的危害性与破裂形式 ·····	(344)
第二节 压力容器事故分类与处理·····	(354)
第三节 压力容器典型事故与预防·····	(360)
第四节 压力容器事故的应急预案·····	(364)

第二部分 压力容器操作工安全技术考核复习题及试卷实例

I. 安全技术考核复习题 ·····	(369)
II. 安全技术考核复习题答案 ·····	(378)
III. 安全技术考核试卷实例 ·····	(386)

第一部分 压力容器操作工安全技术培训内容

第一章

压力容器基础知识

第一节 概 述

压力容器是许多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,压力容器已经广泛应用于石油、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也已被广泛使用,数量在日益增加,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更为重要,更需要人们密切关注。

、 压力容器的安全问题之所以特别重要,主要是因为它既是工业生产、医疗卫生、能源、军事、科研等领域和日常生活中广泛使用的设备,又是事故率高,事故后果严重的特种设备。

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,或为这些流体的传热、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或罐,到

容积为上万立方米的球形容器或高达上百米的塔式容器。它们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、灭菌柜等也都很常见。而液化石油气钢瓶等压力容器已进入千家万户，与人们的日常生活密切相关。

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，将会造成恶性的连锁反应，后果不堪设想。它比一般通用机械设备事故率都高，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操作失误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；有的工作介质是易燃易爆有毒物质，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、制造缺陷和操作不当的设备了。

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，并危害人身安全。

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，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，产生连锁反应。

总之，压力容器爆炸，常会造成大面积的、立体性的破坏和群体伤害，给事故发生单位及其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、检验检测及其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的特种设备，建立技术档案，向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 压力容器的基本要求

压力容器的生产（含设计、制造、安装、改造维修）和使用，必须最大限度地满足工艺生产和安全规范的要求。也就是说，压力容器必须具备工艺要求的使用性能，安全可靠；制造与安装简单，结构先进；维修操作方便，经济合理。因此，压力容器必须满足以下要求：

一、强度

强度是指容器在确定的压力或其他外部载荷作用下，抵抗破坏（破裂或过量塑性变形）的能力。如反应器或分离器的筒体强度设计不足，在压力作用下，将产生过量塑性变形，以致直径增大，壁厚减薄，最后导致破裂失效。

二、刚度

刚度与强度不同。刚度是指抵抗变形的能力。容器或容器的受压部件虽然不会因刚度不足而发生破裂和过量的塑性变形，但弹性变形过大也会使其丧失正常工作的能力。如压力容器设备法兰和接管法兰，会因刚度不足导致密封泄漏，使密封结构失效。

三、稳定性

稳定性是指在外载荷作用下，容器保持其固有形状不变的能力。稳定性失效是指容器外载荷达到某一极限而形状突然发生改变，使容器丧失工作能力。如薄壁圆筒容器在外部载荷作用下的

突然压瘪或断裂。

四、耐久性

耐久性是容器使用寿命的表征。它与强度、刚度及稳定性一样，是容器性能的重要指标。一般压力容器的设计使用年限为10~20年，对重要的容器可按20年考虑。当然，容器的设计使用年限与容器的实际使用年限是不同的，如果容器维护保养得当，实际使用年限可以比设计使用年限长得多。压力容器的使用年限取决于容器的疲劳寿命和腐蚀速率等。

五、密封性

压力容器的密封不仅指可拆连接处的密封，而且也包括焊接连接处的密封。对于盛装易燃、有毒介质的压力容器，容器的密封性必须从严要求。盛装这类介质的容器不但需采用可靠的密封结构，而且其制造和定期检验都要提出气密性试验等更高要求。

第三节 压力容器的主要技术参数

压力容器技术参数是由工艺确定的。它是压力容器设计、制造、检验、使用的重要依据。压力容器主要技术参数为压力、温度、介质、容积和壁厚。

一、压力

压力是压力容器内壁单位面积所承受的与表面垂直的作用力。又称压力强度，简称压强，习惯上叫压力。用符号“ p ”表示，单位为帕（Pa），常用倍数单位为兆帕（MPa）。

1. 大气压力

大气压力是地球表面大气层受地心的吸引所产生的重力，即所谓大气压。地球表面不同部位大气层厚度是不同的，大气层厚处，压力就大，反之则小。高山上的大气压就比海平面上的小。为使计算有个统一基点，我们将海平面上，相当于760约定毫米汞柱（mmHg）的大气压力称为1标准大气压（atm），用

0.1 MPa 表示。为计算方便，工程上称 0.098 MPa 为 1 工程大气压 (at)。它与标准大气压之间的换算关系为：

$$1 \text{ 工程大气压} = 0.968 \text{ 标准大气压} = 735.6 \text{ mmHg}$$

如果以约定毫米水柱 (mmH₂O) 来计算压力时，其换算关系为：

$$9.8 \text{ Pa} = 1 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$0.098 \text{ MPa} = 10\,000 \text{ mmH}_2\text{O} = 10 \text{ mH}_2\text{O}$$

应该注意的是，标准大气压、工程大气压、约定毫米汞柱或约定毫米水柱都是应废除的单位。

2. 绝对压力

绝对压力是流体相对于真空的自身实际压力，与大气压无关。

3. 表压力

压力表测得的压力数值，实际上是容器内部压力与大气压的差值，通常称为表压。当容器内介质的压力等于大气压时，压力表的指针指在零位，称表压为零。绝对压力、表压力之间的关系为：

$$\text{绝对压力} = \text{表压力} + \text{大气压力}$$

4. 最高工作压力

最高工作压力是指在正常操作情况下，容器顶部可能出现的最高压力（即不包括液体的静压力）。

5. 设计压力

设计压力是指在相应设计温度下，用以确定容器壳体厚度的压力，亦即标注在铭牌上的容器设计压力，其值略高于最高工作压力。

对于盛装液化气体的容器，在规定的系数范围内，设计压力应根据操作条件下可能达到的最高温度确定。

外压容器的设计压力，应取不小于正常操作情况下可能出现的最大内外压力差。

真空容器按承受外压设计，当装有安全控制装置（如真空泄放阀）时，设计压力取 1.25 倍的最大内外压力差和 0.1 MPa 两者中的较小者；当没有安全控制装置时，取 0.1 MPa。

计算带夹套部分的内容器时，应考虑正常操作情况下可能出现的内外压力差。

6. 压力容器的压力来源

压力容器的压力来源主要有四种：

(1) 由压缩机或液体泵产生的压力 此时压力容器中，通过容积式压缩机或者容积式泵使气体或液体缩小体积，增加气体或液体的密度来提高气体或液体的压力。这对于工作介质的压力取决于压缩机和泵出口的压力的容器，如储气罐、缓冲罐、压缩机段间分离容器等。速度型压缩机及泵则通过增加气体或液体的流速，并将其动能转变为静压能来提高气体及液体的压力。

(2) 由蒸汽锅炉、废热锅炉产生的压力 此时压力容器的工作介质为蒸汽（如汽包、蒸汽加热器等），其压力取决于锅炉蒸汽压力或经减压后的蒸汽压力。

(3) 由液化气体蒸发产生的压力 这对于工作介质为液化气体的压力容器，如液化气储罐、液化气钢瓶等。其压力取决于储存温度下，液化气体的饱和蒸汽压。液化气体类型不同、操作温度不同，则其对应的饱和蒸汽压也不同。

(4) 由化学反应产生的压力 多数反应容器中，两种或两种以上的化学物质，在一定的温度和压力条件下，进行化学反应，生成一种或几种化合物。有些容器中，所进行的则可能是分解或解聚等过程。在这些过程中，反应物体积和温度可能发生急剧变化，同时引起反应器内压力的变化。例如聚甲醛（固体）的比容为 0.7 L/kg，当它解聚变为气态甲醛时，其比容达 746 L/kg，体积剧增上千倍，在容器内产生很高的压力。

因此，无论是介质压力产生于容器外，还是产生在容器内，操作不当都有发生事故的可能性，都存在不同的危险性。