



锅炉压力容器安全技术丛书

压力容器检验与故障处理

■ 王资院 李群松 主编

*Guolu
Yali Rongqi Anquan Jishu
Congshu*



中国劳动社会保障出版社

锅炉压力容器安全技术丛书

- ◎ 锅炉安全操作与维护保养
- ◎ 锅炉检验与故障处理
- ◎ 压力容器安全操作与维护保养
- 压力容器检验与故障处理

责任编辑 / 林京耀

责任校对 / 李 蔚

封面制作 / 丁海涛

版式设计 / 沈 悦

ISBN 978-7-5045-6108-4



9 787504 561084 >

定价：15.00元

锅炉压力容器安全技术丛书

压力容器检验与 故障处理

王资院 李群松 编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

压力容器检验与故障处理/王资院,李群松编. —北京:中国劳动社会保障出版社,2008

锅炉压力容器安全技术丛书

ISBN 978-7-5045-6108-4

I. 压… II. ①王…②李… III. ①压力容器-检验②压力容器-故障修复 IV. TH49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 040355 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

*

北京鑫正大印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.5 印张 158 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 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: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

内 容 简 介

本书简要地介绍了压力容器方面的基础知识，根据压力容器的特点、结合我国现阶段有关压力容器方面的法律法规要求，对如何正确地进行压力容器的检测检验进行了详细的阐述，对压力容器在使用过程中出现的常见故障与处理方法进行分析，力求能够对压力容器使用单位的管理人员、操作人员和维修人员有所指导和帮助。

本书由王资院、李群松主编。王资院编写第一、五、六、七章，李群松编写第二、三、四章。

由于编者水平有限，错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 压力容器基础知识	(8)
第一节 压力容器的分类	(8)
第二节 压力容器的结构特征	(12)
第三节 压力容器常见破坏形式	(19)
第三章 压力容器材料的检验	(30)
第一节 压力容器常用材料	(30)
第二节 材料常见缺陷	(46)
第三节 材料的检验要求及标准	(49)
第四章 压力容器焊接的检验	(57)
第一节 压力容器常见的焊接方法	(57)
第二节 焊接接头及坡口形式	(63)
第三节 焊接材料	(71)
第四节 焊接缺陷的评定与焊接质量检验	(81)
第五章 压力容器的安全附件	(97)
第一节 安全阀	(98)
第二节 爆破片	(106)
第三节 压力表	(108)

第四节	测温仪表·····	(109)
第五节	液位计·····	(112)
第六章	在用压力容器的检验·····	(118)
第一节	压力容器定期检验的程序及主要检验项目 ·····	(118)
第二节	压力容器的检验周期·····	(120)
第三节	压力容器检验前的准备工作·····	(124)
第四节	压力容器定期检验的内容·····	(126)
第五节	压力容器安全等级的确定·····	(133)
第七章	压力容器常见故障及处理·····	(143)
第一节	压力容器常见故障及危害·····	(143)
第二节	压力容器常见故障的处理·····	(161)
第三节	压力容器维修典型案例·····	(187)

第一章 概 述

压力容器是广泛应用于化工、炼油、制药、冶金、电力等行业的特种设备。压力容器使用数量大，使用范围广，大到大型化工、炼油企业的设备，小到老百姓居家生活使用的液化石油气钢瓶都是压力容器。压力容器与国民经济的快速发展，人民的生产、生活息息相关。其使用的数量之多难以统计。在化工生产中压力容器的投资费用占整个投资的 30% 左右，压力容器的正常使用直接影响企业的经济效益，对化工、炼油等行业的发展起着重要的作用。压力容器在使用过程中大多承受高温、高压，所盛装的工作介质对容器具有很强的腐蚀性，且工作介质绝大多数属易燃、易爆、有毒、有害的物质，一旦发生事故，将造成财产的损失和人员的伤亡，后果非常严重。因此，压力容器具有潜在的危险性。压力容器固有的特性要求我们在管理、使用压力容器时一定要遵循客观规律，严格按照压力容器标准、规范进行管理、操作，减少事故的发生。

鉴于压力容器具有危险性，以及在经济、社会生活中特殊的重要性，我国政府非常重视压力容器的安全使用工作。为了确保压力容器的安全运行，有关部门专门制定了一系列有关压力容器安全管理、使用的法律、法规。2003 年国务院颁布了《特种设备安全监察规程》，对压力容器的设计、制造、安装、维修、改造、使用、检验检测和监督检查作出了明确的规定。国家质量监督检验检疫总局颁发了《锅炉压力容器使用登记管理办法》（国质检锅〔2003〕207 号）、《压力容器定期检验规则》（R7001—

2004)等,这些法律、法规的贯彻实施对确保压力容器的安全使用发挥了积极的作用。

压力容器的正确使用和维修对提高其安全性能,充分发挥其应有的作用,提高经济效益,具有深远的意义。本书对压力容器的基础知识进行了简单的介绍,目的是让广大的压力容器管理者和使用用户对压力容器有一个基本的了解,有利于更好地管理好、使用好压力容器。由于压力容器使用范围广,数量多,各压力容器使用单位存在差异,有些使用单位对我国有关压力容器安全监察的法律、法规不是非常清楚,在具体管理、操作使用压力容器时不能严格按照要求开展工作,对执行压力容器安全监察的法规、规范认识不足;在出现故障时,不能按照压力容器的标准、规范要求进行维修,而是凭经验、凭想象进行简单的修补,维修质量没有保证,有时还会留下新的安全隐患。本书重点从做好压力容器的检验工作和常见故障处理与维修两个方面进行讲述。

一、在用压力容器的检验工作

压力容器在投入使用后因为工作温度和工作压力的波动较大,频繁的加载和卸压,使压力容器器壁受到较大的交变应力,在容器整体结构不连续的部位容易产生疲劳裂纹,介质的腐蚀使容器的器壁减薄,容器的承压能力下降;支座、管道及附属设施安装不当,使容器的基础下降;偏斜产生的附加力和振动对容器造成不利的影响;制造过程中存在的隐患不断扩大等因素对压力容器的安全运行构成巨大的威胁。如果不及时发现和消除这些隐患,就会使缺陷变得越来越大,最终将会酿成事故。对压力容器检验的目的就是要通过检验了解压力容器经过一段时间运行后,其内部的情况变化,检查生产过程对压力容器所造成的影响程度,为压力容器的运行提供使用经验;及时发现压力容器在使用过程中出现的缺陷,针对出现的缺陷采取合适的措施予以消除;对有些难以消除或者不严重的缺陷进行科学的论证,确定暂时不会对压力容器的运行构成威胁的则采取相应的措施使缺陷控制在

安全允许的范围之内，使用时重点监控，确保压力容器的安全运行。压力容器的检验过程应严格按照国家有关规范、规程的要求进行。《压力容器安全技术监察规程》第六章对在用压力容器的检验作了明确的规定。2003年质量监督检验检疫总局颁发了《压力容器定期检验规则》，对定期检验的具体实施进行了详细的规定。在进行压力容器检验时应严格执行规范要求，切不可盲目开展，走过场，敷衍了事，否则达不到实际效果，浪费人力、物力。

二、在用压力容器的常见故障处理与维修

在用压力容器出现故障后进行处理与维修是很有必要的。因为压力容器出现的故障绝大多数是局部的、可修复的。通过处理与维修既可以节省大量的资金投入又可以尽快恢复生产。化工生产过程是连续进行的生产过程，往往一台设备出现故障后就会影响整个生产线的正常运转，如要临时制作新的容器设备从时间上讲来不及，也浪费资金。但压力容器是特殊设备，与普通的机械设备不同，维修后不仅要满足使用要求，更重要的是要满足安全要求。因此，压力容器故障的处理与维修有其特殊性。

首先，压力容器故障的处理与维修应符合有关法规、规范的要求。对进行压力容器故障处理与维修的单位和人员也有特殊要求。2006年10月1日实施的《压力容器安装改造维修许可规则》（TSGR3001—2006）对压力容器维修单位和人员的要求作了明确的规定。进行压力容器维修的单位必须取得相应的资质，无压力容器维修许可证的单位不得从事压力容器的维修工作。维修压力容器的焊工必须持有锅炉压力容器焊工合格证，无证焊工不得从事压力容器的维修工作。这一点应当引起高度重视。不具备维修资格的单位和个人进行压力容器的维修是严重违反压力容器有关规程要求的。这不仅难以保证维修质量，有可能还会引发新的缺陷，造成安全隐患。为了保证维修质量，要求维修单位在进行维修工作之前应告知当地的压力容器安全监察机构，其目的

是加强对维修工作的监管，保证维修质量。维修好的压力容器只有经过安全监察机构检验合格后才能投入使用。

其次，压力容器的维修应符合原设计图纸的要求。如维修用的材料应与原来压力容器所用材料基本一致，不得使用另外的材料代用；各种结构要合理，有特殊要求如有热处理要求的在维修后应进行热处理。因此，对压力容器的维修应有详细的维修方案，不得边检查边维修。

最后，压力容器的维修应加强安全防范。压力容器的维修往往在生产现场进行，工作量大，工期短，有的施工现场场地窄小，周边存放有易燃、易爆物品，参与人员多，相互交叉作业，很容易发生安全事故。因维修压力容器而造成人员伤亡的案例出现过不少。所以，在维修时应做好充分的准备工作，全面考虑各种可能出现的安全隐患并采取预防措施。

压力容器品种繁多，出现的故障千差万别，应从实际情况出发，针对不同的情况采用相应的维修措施。如果要对所有出现的故障都进行阐述既无必要也不可能。本书主要对在用压力容器使用过程中经常出现的故障进行介绍，并简单分析形成的原因，根据有关压力容器法规、规范的要求讲述维修的一般程序，并介绍压力容器故障处理的一般原则和方法。笔者在工作过程中遇到过许多故障处理案例，现选取一些比较有代表性的例子，供读者参考，希望能够起到警示与借鉴的作用。

附：

常用压力容器的标准、规范、法规

压力容器国家、行业标准

GB 150—1998《钢制压力容器》

GB 151—1999《管壳式换热器》

GB 12337—1999 《钢制球形储罐》
JB/T 4710—2005 《钢制塔式容器》
JB/T 4731—2005 《钢制卧式容器》
JB/T 4751—2003 《螺旋板式换热器》
GB/T 19624—2004 《在用含缺陷压力容器安全评定》
HG/T 3143—1982 《液化石油气汽车罐车技术条件》
GB 10478—1989 《液化气铁路罐车技术条件》
JB/T 6897—2000 《低温液体运输车》
GB 12130—1995 《医用高压氧舱》
JB/T 4734—2002 《铝制焊接容器》
JB/T 4745—2002 《钛制焊接容器》
GB 5842—1996 《液化石油气钢瓶》
JB/T 4700~4707—2000 《压力容器法兰》
JB 4726~4728—2000 《压力容器用钢锻件》
JB/T 4736—2002 《补强圈》

有关压力容器的法规、规范

R7001—2004 《压力容器定期检验规则》
R0001—2004 《非金属压力容器安全技术监察规程》
Z7001—2004 《特种设备检验检测机构核准规则》
Z7002—2004 《特种设备检验检测机构鉴定评审细则》
Z7003—2004 《特种设备检验检测机构质量管理体系要求》
R5001—2005 《气瓶使用登记管理规则》
Z6001—2005 《特种设备作业人员考核规则》
TSGR3001—2006 《压力容器安装改造维修许可规则》
《特种设备作业人员培训考核管理规则》（国质检锅 [2001]
202 号）
《医用氧舱安全管理规定（99）》
《中华人民共和国安全生产法》
《特种设备安全监察条例》（国务院令 第 373 号，2003 年 3

月 11 日发布, 2003 年 6 月 1 日实施)

《锅炉压力容器压力管道特种设备事故处理规定》(国家质检总局 2 号令, 2001 年 11 月 15 日实施)

《锅炉压力容器压力管道特种设备安全监察行政处罚规定》(国家质检总局 14 号令, 2002 年 1 月 8 日发布实施)

《锅炉压力容器制造监督管理办法》(国家质检总局 22 号令, 2003 年 1 月 1 日实施)

《气瓶安全监察规定》(国家质检总局 46 号令, 2003 年 6 月 1 日实施)

《特种设备作业人员监督管理办法》(国家质检总局 70 号令, 2005 年 7 月 1 日实施)

《进出口锅炉压力容器监督管理办法》(原劳动人事部、国家商检局, 劳人锅 [1985] 4 号, 1985 年 11 月 1 日实施)

《锅炉压力容器检验单位监督考核办法》(劳部发 [1993] 266 号, 1994 年 1 月 1 日实施)

《超高压容器监察规程(试行)》(劳部发 [1993] 370 号, 1994 年 6 月 1 日实施)

《压力容器安全技术监察规程》(质技监局锅发 [1999] 154 号, 2000 年 1 月 1 日实施)

《锅炉压力容器压力管道及特种设备检验人员资格考核规则》(质技监局锅发 [1999] 222 号, 1999 年 9 月 27 日实施)

《特种设备注册登记与使用管理规则》(质技监局锅发 [2001] 57 号)

《锅炉压力容器压力管道特种设备无损检测单位监督管理办法》(国质检锅 [2001] 148 号)

《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》(国质检锅 [2002] 109 号)

《压力容器压力管道设计单位资格许可与管理规则》(国质检锅 [2002] 235 号)

《特种设备行政许可实施办法（试行）》（国质检锅 [2003] 172 号）

《锅炉压力容器制造许可条件》（国质检锅 [2003] 194 号）

《锅炉压力容器制造许可工作程序》（国质检锅 [2003] 194 号）

《锅炉压力容器产品安全性能监督检验规则》（国质检锅 [2003] 194 号）

《锅炉压力容器使用登记管理办法》（国质检锅 [2003] 207 号）

《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》（国质检锅 [2003] 248 号）

《特种设备检验检测机构管理规定》（国质检锅 [2003] 249 号）

《特种设备行政许可分级实施范围》（国质检锅 [2003] 250 号）

第二章 压力容器基础知识

第一节 压力容器的分类

压力容器分类的方法很多，可以根据其用途、壁厚、压力高低、安全管理等级、形状、制造的材料等进行分类，具体分类可根据实际需要来定。

一、按压力容器的作用分类

根据化工容器在生产过程中的作用，可分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器。

1. 反应压力容器（代号 R）

主要用于完成介质物理、化学反应的容器。如反应器、发生器、反应釜、聚合釜、分解塔、合成塔、变换炉等。

2. 换热压力容器（代号 E）

主要用于完成介质热量交换的容器。如热交换器、蒸发器、冷凝器、蒸压釜等。

3. 分离压力容器（代号 S）

主要完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离等的容器。如洗涤塔、过滤器、集油器、缓冲器、吸收塔、干燥塔、精馏塔等。

4. 储存压力容器（代号 C，其中球罐的代号为 B）

主要用于盛装生产和生活用的原料或中间产品。如各种储罐、槽车（铁路槽车、汽车槽车等）。

有的压力容器可能同时具有几种用途，则应按其在工艺过程

中的主要作用来划分其种类。

二、按压力等级分类

按承压方式，化工容器可分为内压容器与外压容器。内压容器又可按设计压力大小分为以下四个压力等级，具体划分如下：

1. 低压容器（代号 L）

设计压力 $0.1 \text{ MPa} \leq p < 1.6 \text{ MPa}$ 。

2. 中压容器（代号 M）

设计压力 $1.6 \text{ MPa} \leq p < 10 \text{ MPa}$ 。

3. 高压容器（代号 H）

设计压力 $10 \text{ MPa} \leq p < 100 \text{ MPa}$ 。

4. 超高压容器（代号 U）

设计压力 $p \geq 100 \text{ MPa}$ 。

上述各式中的 p 为表压，且为容器的设计压力。外压容器中，当容器的内压小于一个绝对大气压（约 0.1 MPa ）时，又称为真空容器。

三、按相对壁厚分类

按压力容器的壁厚可分为薄壁容器和厚壁容器。当筒体的径比系数 K （ K 为筒体外直径 D_o 与内直径 D_i 之比）小于或等于 1.2 时称为薄壁容器，大于 1.2 时称为厚壁容器。

四、按支撑形式分类

当容器采用立式支座支撑时称为立式容器，用卧式支座支撑时称为卧式容器。

五、按制造材料分类

根据制造材料的不同，压力容器可以分为金属容器（钢制压力容器和有色金属压力容器）、非金属压力容器两大类。钢制压力容器主要指碳钢和不锈钢制造的容器。而有有色金属压力容器指全部用有色金属制造和有色金属与碳钢、不锈钢的复合钢板制造的容器。由于许多有色金属在耐腐蚀和传热方面所表现出的良好性能以及低温下所表现出来的良好力学性能而被使用在一些特殊

的场合，如钛、镍、铜等。但有色金属市场价格高，制造的成本高，所以往往将有色金属与碳钢或不锈钢复合后制作压力容器，且只限制在特殊情况下使用。

六、按几何形状分类

按压力容器外形的不同，可以分为圆柱形、球形、椭圆形、锥形、矩形和组合形压力容器。

方形或矩形压力容器由平板焊接而成，制造方便，但承压能力差；球形压力容器由数块弓形板拼焊而成，承压能力大，但安装内件及制造稍难，常作为储罐使用；圆筒形压力容器容易制造，而且承压能力大，因此，该类压力容器应用最广。

七、按安全技术管理的等级分类

以上的分类方法只是单一地考虑了压力容器的某个设计参数或使用状况，还不能综合地反映压力容器的整体危害水平。例如，储存易燃或毒性程度中度及中度以上危害介质的压力容器，其危害程度要比相同几何尺寸、储存毒性程度低或非易燃介质的压力容器大得多。另外，压力容器的危害性还与其设计压力 p 和全容积 V 的乘积有关， pV 值越大，则容器破裂时释放的能量也越大，对容器的设计、制造、检验、管理和使用的要求也越高。为此，《压力容器安全技术监察规程》（以下简称《容规》）采用既考虑容器压力与容器容积乘积大小，又考虑介质危害程度将压力容器分为三类，有利于压力容器的安全技术管理。介质毒性程度等级是从医学的角度进行分类的，它以环境中对人体不会发生危害的化学介质最高允许浓度（ mg/m^3 ，每立方米的空气中含有毒物的毫克数）为依据，我国将化学介质危害分为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害四个等级，具体见表 2—1。常见化学介质的毒性危害和爆炸危害程度的具体分类按 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》标准执行。