

石油化工厂安全必读系列丛书

石油化工厂 设备运行安全必读

朱以刚 编著



中国石化出版社

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

石油化工厂安全必读系列丛书

石油化工厂设备运行安全必读

朱以刚 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书阐述石油化工厂内设备运行安全的管理方法和管理要求。内容包括压力容器设备安全、换热设备安全、塔设备安全、反应设备安全、加热炉设备安全、离心泵设备安全、离心式压缩机设备安全、管道设备安全、装置运行带压作业安全、装置设备全面停车检修方案安全等方面内容。

本书语言简练，内容充实，紧密联系实际，特别适合于生产操作人员、管理人员作为设备安全培训学习和现场设备安全管理之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化工厂设备运行安全必读 / 朱以刚编著.
—北京: 中国石化出版社, 2009
(石油化工厂安全必读系列丛书)
ISBN 978 - 7 - 80229 - 884 - 2

I. 石… II. 朱… III. 石油化工厂 - 化工设备 - 运行 - 安全管理 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 042219 号

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

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 32 开本 4.875 印张 106 千字

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

定价: 15.00 元

前 言

石油化工厂具有规模大型化、工艺流程复杂化、技术含量高、自动化程度高、生产连续性强、高温高压、有毒有害、易燃易爆易污染环境的特点。如果管理不严格，就容易发生火灾，造成巨大的经济损失和恶劣的社会影响。

大型石油化工厂设备安全管理，是整个管理中很重要的一个方面。设备数量多，遍及全厂，且多数设备技术含量高，投资数额巨大；设备在高温高压、易腐蚀的恶劣环境中运行，管理要求比较高，管理难度大。如果设备管理不好，不仅使生产不能顺利进行，还会导致发生安全事故。所有这些，都要求生产单位要高度重视设备的使用、维护和安全管理。这就要求安全管理人员、设备管理人员和领导层人员掌握较高的设备安全知识。

鉴于上述原因，撰写本书。旨在提高安全管理人员、设备管理人员和领导层人员的设备安全知识水平。

本书阐述了石油化工厂内设备安全管理方法和管理要求。主要包括压力容器设备安全、换热设备安全、塔设备安全、反应设备安全、加热炉设备安全、离心泵设备安全、离心式压缩机设备安全、管道设备安全、装置运行带压作业安全、装置设备全面停车检修方案安全等方面的内容。

本书作者长期在生产一线从事安全管理工作，对大型石

化厂的设备管理工作积累了很多经验。书中所述内容，为作者实践经验与理论知识的结合。

由于作者知识水平有限，本书难免存有不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关领导和同志的支持，在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关领导和同志的支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关领导和同志的支持，在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关领导和同志的支持，在此表示衷心的感谢。

目 录

第一章 压力容器设备安全	(1)
第一节 压力容器的概念	(1)
第二节 压力容器的分级与分类	(3)
第三节 压力容器的定期检验与耐压试验	(4)
第四节 压力容器耐压试验和气密试验的安全要求	(7)
第五节 压力容器技术资料的安全要求	(14)
第六节 压力容器设计的安全要求	(16)
第七节 压力容器制造的安全要求	(17)
第八节 压力容器安全附件的安全要求	(21)
第九节 压力容器基础管理的安全要求	(27)
第十节 压力容器的计算安全	(30)
第二章 换热设备安全	(39)
第一节 换热设备的分类及其结构特点	(39)
第二节 固定管板式管壳换热器的安全运行	(42)
第三节 其他换热设备的运行安全	(49)
第三章 塔设备安全	(53)
第一节 塔设备的分类及其结构特点	(53)
第二节 塔设备的设计安全	(57)
第三节 塔设备在运行中出现的不安全问题	(59)
第四节 塔设备运行与停车的检查与维护安全 ..	(61)
第四章 反应设备安全	(64)
第一节 搅拌反应釜的组成及其结构特点	(64)
第二节 搅拌反应釜的轴封安全	(65)

第三节	搅拌反应釜的防止轴振动安全	(68)
第四节	搅拌反应釜的防止超压安全	(70)
第五节	搅拌反应釜的防止反应失控安全	(72)
第五章	加热炉设备安全	(74)
第一节	管式加热炉的组成及其结构特点	(74)
第二节	管式加热炉的分类	(76)
第三节	管式加热炉的运行安全	(77)
第四节	管式加热炉运行与停车的安全 检查与维护	(80)
第六章	离心泵设备安全	(83)
第一节	离心泵设备的工作原理及其启动安全 ...	(83)
第二节	离心泵设备的运行及其停车安全	(85)
第三节	离心泵设备的故障检查方法和 处理措施	(86)
第七章	离心式压缩机设备安全	(90)
第一节	离心式压缩机的整体试车安全	(90)
第二节	离心式压缩机的操作记录要求	(91)
第三节	离心式压缩机设备的故障检查方法和 处理措施	(92)
第四节	离心式压缩机的启动安全	(96)
第五节	离心式压缩机的运行与停车安全	(97)
第八章	管道设备安全	(99)
第一节	管道设备布置安全	(99)
第二节	管道设备法兰连接安全	(100)
第三节	管道设备焊接连接安全	(101)
第四节	管道设备隔热、伴热与耐火安全	(102)
第五节	管道设备试验安全	(104)

第六节	管道设备运行过程安全检查	(108)
第九章	装置运行带压作业安全	(109)
第一节	带压停止输送介质双封堵安全技术	(109)
第二节	其他带压封堵安全技术	(130)
第三节	带压接管安全技术	(134)
第四节	带压堵漏安全技术	(135)
第五节	带压封堵作业过程的重要风险点	(138)
第十章	装置设备全面停车检修方案安全	(139)
第一节	制定安全检修方案的意义及其要求	(139)
第二节	专项安全检修方案	(140)
参考文献		(148)

第一章 压力容器设备安全

压力容器设备一般都内存有大量有毒有害、易燃易爆、高温高压的物质,由于其自身的缺陷,或者在介质的压力、温度、腐蚀性影响下,容易发生泄漏、火灾爆炸等事故。因此,必须高度重视压力容器设备的安全运行管理。压力容器设备的安全运行管理要追溯到压力容器设备的设计安全和制造安全,加上使用安全,实施全过程、全方位设备安全管理。

第一节 压力容器的概念

容器按其承受压力的高低,分为常压容器和压力容器两大类。

在容器设备运行安全管理过程中,首先要根据设计文件和实际运行状况,如介质种类、压力等,确定容器是否属于压力容器。如果确定是压力容器,就要按照相关规程,进行报批、定期检验、操作管理和运行维护;如果确定是常压容器,就按照一般设备的管理办法实施管理。

(1) 根据 2003 年 6 月 1 日起施行的《特种设备安全监察条例》(中华人民共和国国务院令[第 373 号]):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 的液体的气瓶；氧舱等。

（2）根据《压力容器安全技术监察规程》（质技监局锅发[1999]154 号）规定：

压力容器要同时具备下列条件：

① 最高工作压力大于或等于 0.1MPa（不含液体静压力）；
② 内直径（非圆形截面指其最大尺寸）大于或等于 0.15m，且容积大于或等于 0.25m^3 ；盛装介质为气体、液化气体或者最高工作温度高于或等于标准沸点的液体。

同时，以下压力容器，不列入《压力容器安全技术监察规程》（质技监局锅发[1999]154 号）所指的 pressure 容器的范围：

- ① 超高压容器；
- ② 各类气瓶；
- ③ 非金属材料制造的压力容器；
- ④ 核压力容器、船舶和铁路机车上的附属压力容器、国防或军事装备的压力容器、在真空下工作的压力容器（不含夹套压力容器）、各项锅炉安全技术监察规程适用范围内的直接受火焰加热的设备；
- ⑤ 正常运行最高工作压力小于 0.1MPa 的压力容器；
- ⑥ 机器上非独立的承压部件，如压缩机、发动机、泵、柴油机的汽缸或承压壳体。但是压缩机的辅助压力容器仍适用于本规程；
- ⑦ 无壳体的套管换热器、波纹板换热器、空冷式换热器、冷却排管。

第二节 压力容器的分级与分类

一、压力容器按设计压力分级

压力容器按照设计压力 p 高低, 划分为低压、中压、高压、超高压四个压力等级。

① 低压容器: $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ 。

② 中压容器: $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$ 。

③ 高压容器: $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ 。

④ 超高压容器: $p \geq 100\text{MPa}$ 。

二、压力容器从安全监察管理角度分类

根据《压力容器安全技术监察规程》(质技监局锅发[1999]154号), 从安全监察管理角度, 压力容器分为三类, 第一类、第二类、第三类压力容器的安全管理要求, 依次越来越高。

(1) 具备以下条件之一的压力容器, 属于第三类压力容器。

① 高压容器。

② 中压容器, 且介质毒性程度为极度和高度危害。

③ 中压储存容器, 且介质易燃程度或毒性程度为中度危害, 同时 $p \cdot V > 10\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 。

④ 中压反应容器, 且介质易燃程度或毒性程度为中度危害, 同时 $p \cdot V \geq 0.5\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 。

⑤ 低压容器, 且介质毒性程度为极度和高度危害, 同时 $p \cdot V \geq 0.2\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 。

⑥ 高压、中压管壳式余热锅炉。

⑦ 中压搪玻璃压力容器。

⑧ 使用强度级别较高的材料制造的压力容器。强度级别较高的材料，是指相应标准中，抗拉强度规定值下限大于或等于 540MPa 的材料。

⑨ 移动式压力容器。包括：介质为液化气体、低温液体的铁路罐车；介质为液化气体、低温液体的罐式集装箱；液化气体运输车、低温液体运输车、永久气体运输车等罐式汽车。

⑩ 容积大于或等于 50m^3 的球形储罐。

⑪ 容积大于 5m^3 的低温液体储存容器。

(2) 具备以下条件之一的压力容器，属于第二类压力容器。

① 中压容器(已属于第三类压力容器的除外)。

② 低压容器，且介质毒性程度为极度和高度危害(已属于第三类压力容器的除外)。

③ 低压反应容器，且是易燃介质或介质毒性程度为中度。

④ 低压储存容器，且是易燃介质或介质毒性程度为中度。

⑤ 低压管壳式余热锅炉。

⑥ 低压搪玻璃压力容器。

(3) 具备以下条件的压力容器，属于第一类压力容器。

低压容器(已属于第二、第三类压力容器的除外)。

第三节 压力容器的定期

检验与耐压试验

运行中的压力容器，必须按期进行定期检验。定期检验

压力容器的目的，是维护和更换容器附件、检查容器出现裂纹和腐蚀情况、实行强度试验等。

一、压力容器的定期检验周期

压力容器的定期检验，分外部检查和内外部检验两类。外部检查是指对运行中的压力容器进行的在线定期检查；内外部检验是指将压力容器停运进行检验。

(1) 压力容器的外部检查，每年至少一次。

(2) 压力容器的内外部检验，安全状况等级为 1 级、2 级的压力容器，每 6 年至少检验一次；安全状况等级为 3 级的压力容器，每 3 年至少检验一次；投用后首次检验，一般为 3 年；使用 $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ 材料制造的球形储罐，投用一年后应开罐检验。

(3) 以下几种压力容器，要根据自身情况，缩短内外部检验周期。

① 介质对压力容器材料的腐蚀情况不明、介质对压力容器材料的腐蚀速率大于 0.25mm/a 或者设计人员所确定的腐蚀数据与实际不相符。

② 材料表面质量差、材料内部有缺陷、材料焊接性能不好或者制造时曾多次返修。

③ 使用条件恶劣或者介质中硫化氢及硫元素含量较高。

④ 使用已超过 20 年，经技术鉴定后，或者由检验员确认按正常检验周期不能保证安全使用。

⑤ 停止使用时间已超过两年。

⑥ 经缺陷安全评定合格后继续使用。

⑦ 经常改变使用介质。

⑧ 搪玻璃设备。

⑨ 球形储罐。

⑩ 介质为液化石油气，且有氢鼓泡应力腐蚀倾向的情况，要每年进行内外部检验或者根据需要进行内外部检验。

二、压力容器的耐压试验要求

耐压试验，是指将压力容器停运，并对其进行超过最高工作压力的液压试验或气压试验。

(1) 固定式压力容器，在每两次内外部检验期间内，至少要进行一次耐压试验；移动式压力容器，每6年至少要进行一次耐压试验。

(2) 以下几种压力容器，在内外部检验合格后，要再进行耐压试验。

① 用焊接方法修理改造，更换主要受压元件的。

② 改变使用条件，且超过原设计参数，并经强度校核合格的。

③ 需要更换衬里的，在重新更换衬里前。

④ 停止使用两年后，重新复用的。

⑤ 使用单位从外单位拆来新安装的，或者从本单位内部移装的。

⑥ 使用单位对压力容器的安全有怀疑的。

(3) 出于压力容器焊接接头或接管泄漏的原因而返修的压力容器，返修后要重新进行压力试验；压力容器的返修深度大于 $1/2$ 壁厚，返修后也要重新进行压力试验。

三、压力容器超期不能进行检验与耐压试验的安全处理

(1) 对于不能进行内外部检验或者耐压试验的压力容

器，要及时向当地的地、市级安全监察机构提出申请，经审查同意后，再报省级安全监察机构备案。

(2) 对于需要超期才能进行内外部检验，或者耐压试验的压力容器，要报压力容器所属单位技术负责人批准，经压力容器原设计单位和检验单位同意，由发放《压力容器使用证》的安全监察机构备案，在此基础上，推迟或免除压力容器的内外部检验和耐压试验。

(3) 针对无法进行内外部检验、耐压试验，或者不能如期进行内外部检验、耐压试验的压力容器，要制定、落实、学习演练安全防范措施和应急预案。

四、压力容器定期检验单位和人员的安全要求

(1) 委托单位及人员进行压力容器的定期检验，要先检查定期检验单位及人员的资质，要求检验单位及人员要取得省级或国家监察机构的资格认可，且检验工作范围没有超出许可范围。

(2) 压力容器的外部检查，可以由检验单位有资格的压力容器检验员进行，也可以由经安全监察机构认可的使用单位压力容器专业人员进行；压力容器的内外部检验，要由检验单位有资格的压力容器检验员进行。

第四节 压力容器耐压试验和 气密试验的安全要求

压力容器的耐压试验，目的是试验容器的强度是否能满足使用要求，耐压试验分为液压试验和气压试验两类。压力容器的气密试验，目的是试验容器的密封性能是否能满足使

用要求。

一、压力容器液压试验的安全要求

新制造的压力容器，在投用之前，需要进行液压试验；在对投用后的压力容器进行定期检验时，也要按规定进行液压试验。

1. 液压试验压力的安全确定

液压试验的压力，应按照设计说明确定，同时按照本章第十节《压力容器的计算安全》第八条的要求进行强度校核。

2. 液压试验介质的安全要求

(1) 一般选用水作为液压试验介质，要求用水必须是洁净的。对于奥氏体不锈钢压力容器，当用水进行液压试验时，要严格控制水中的氯离子含量，不能超过 25mg/L。在压力容器试验完成后，要立即将水渍去除干净。

(2) 在试验时，不会发生危险的液体，且试验温度低于液体沸点，这些液体都可以作为液压试验介质。但是，当采用可燃性液体进行液压试验时，试验温度必须低于可燃性液体的闪点。

(3) 关于试验介质温度。用碳素钢、16MnR、正火 15MnVR 材料制造的压力容器，试验介质温度不得低于 5℃；用其他低合金钢制造的压力容器，试验介质温度不得低于 15℃；由于板厚等因素造成材料无延性转变温度升高，要据此相应提高试验介质温度；用其他材料制造的压力容器，试验介质温度应按设计图纸说明执行。特别地，用铁素体钢制造的低温压力容器，试验介质温度，应高于壳体材料和焊接接头两者夏比冲击试验的规定温度的高值再加上 20℃。

3. 液压试验前的安全准备

(1) 选定液压试验场所。试验单位技术负责人和安全部门人员要共同选定试验场所，并检查确认场所的安全性。

(2) 液压试验场所的安全处理。在液压试验的场所，要设立安全警戒线等隔离防护设施，设置安全警示标志牌。

(3) 连接附件的安全检查。检查压力容器各连接部位的紧固螺栓，必须配备齐全，牢固；检查压力容器本体上不参与试压的附件，确保已拆除或隔离；检查盲板已安装齐全。

(4) 正确安装和选用压力表。至少要采用两个量程相同，经过校验的压力表；要将压力表安装在压力容器的顶部，且是便于观察的部位。

(5) 临时焊接件安全。因液压试验需要，在压力容器本体上临时焊接的受压部件，一定要经检查焊缝合格，必要时作焊缝探伤检查。

4. 液压试验过程的安全控制

(1) 现场人员安全。在液压试验开始后，试验人员不得进行与试验无关的工作，不得随便离开试验现场；无关人员不得在试验现场停留；试验单位的安全部门人员要在现场进行安全监督。

(2) 打压过程安全。在打压前，要对压力容器进行认真检查；当压力容器壁温与试验介质温度接近时，缓慢升压至设计压力；在确认没有泄漏后，再继续升压至规定的试验压力；在试验压力下，保压 0.5h，然后将压力降至试验压力的 80%，保压时长至有足够的检查时间，并进行检查；在检查时间内，压力应自然保持不变，不得采用连续加压方式来维持试验压力不变。

(3) 试验安全纪律。在试验过程中，不得带压紧固螺