

锅炉压力容器 安全工程学

张哲明 胡正祥 编

机械工业出版社

23.6

6604-00200-2023
GONGCHENGXUE

内 容 简 介

本书根据《锅炉压力容器监察暂行条例》的精神运用新技术、新标准、对锅炉压力容器运行中的各种破坏机理、防止产生破坏的措施、方法及设备安全运行的规律进行了全面、系统的介绍。尤其重要的是如何预测预报锅炉压力容器的恶性事故,掌握事故发生的规律,以便在设计、制造、运行管理中向有关人员警告事故危险性。读者对象:锅炉压力容器设计、制造、安装及运行的工程技术人员、管理人员,大专院校的师生和现场操作工。

锅炉压力容器安全工程学

张哲明 胡正祥 编

责任编辑:高文龙 周性贤

封面设计:田淑文 姚克慎

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市通县建新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行。新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $107/10$ ·字数267千字

1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数 00,001—12,400·定价:2.55元

统一书号:15033·6612H

序 言

锅炉、压力容器在国民经济中的地位以及这类设备发生事故而造成的损害，已经越来越被人们所认识和重视。因此，如何保证锅炉、压力容器的安全使用，充分发挥这类设备的效能，延长它们的使用寿命，已被锅炉、压力容器工程技术人员和专家们所关注。本书作者，应用新技术对锅炉压力容器运行中各种破坏机理、防止产生破坏的措施进行了全面系统的介绍，是一本较好的阅读材料。

本书，不仅可供从事锅炉、压力容器专业的科研、工程技术人员参考；而且可作各级管理人员和有关领导人阅读的材料；也可作为大专院校培训补充教材和参考资料。

本书内容与我国现行规程、标准若有不相符合之处，应以规程、标准为准。

李 毅 1986年 10月

前 言

锅炉压力容器是承压和有爆炸危险性的特种设备，如制造质量不好或操作和安全管理不当，很容易发生事故，就会波及社会，影响社会的安定，给人民的生命和财产造成巨大的损失。

本书根据《锅炉压力容器监察暂行条例》的精神，运用新技术、新标准对锅炉压力容器运行中的各种破坏机理、防止产生破坏的措施、方法及设备安全运行规律，进行了全面、系统的介绍；并推荐应用安全系统工程的方法，对锅炉压力容器的恶性事故进行预测和防范。

全书由张哲明、胡正祥编写，并经南京工学院范从振教授、南京化工学院李永生副教授审定。

本书适用于各级劳动保护安全监察部门的安全管理干部以及厂矿企业的安全部门、工会分管安全生产的领导和安全员；也是从事锅炉压力容器工作的技术人员日常工作和大专院校的教学参考资料。此外，对锅炉压力容器的现场操作工，也不失为一本有益的进修教材。

本书在编写过程中，得到机械工业部教材编辑室郝育生、周性贤和高文龙同志的大力支持和热情帮助。同时，对中华全国总工会宣教处、生产保护处，中国劳动保护科学技术学会刘潜同志以及赖赞云、戚焕林、徐宏太、魏丛生、竺亥南、张建生等单位 和 同志的大力支持，尤其是劳动人事部高级工程师、教授李毅同志，百忙中为本书撰写了序言，在此表示感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，错误之处请广大读者批评指正。

编 者 1986、10

目 录

第一章 概 论.....	(1)
§1—1 锅炉压力容器安全技术的重要意义.....	(1)
§1—2 锅炉压力容器国家监察制度.....	(3)
一、国外有关锅炉压力容器的规范及安全监察机构简况.....	(3)
二、我国锅炉压力容器安全监察制度.....	(5)
第二章 压力容器的基本知识.....	(8)
§2—1 压力容器的分类.....	(8)
一、按工艺用途分类.....	(8)
二、按容器的压力分类.....	(8)
三、按容器的压力、介质的危害程度及在生产过程中的重要作用,将容器分为三类.....	(9)
§2—2 压力容器的构造.....	(10)
一、压力容器的基本结构.....	(10)
二、工业生产中一般低压容器.....	(11)
三、封头.....	(11)
§2—3 压力及压力来源.....	(12)
一、压力.....	(12)
二、压源.....	(12)
§2—4 压力容器安全设计的要求.....	(14)
一、对压力容器设计的安全监察.....	(14)
二、压力容器的设计与安全.....	(17)
三、应遵循的若干设计规定.....	(17)
四、应提出恰当的技术条件.....	(17)
第三章 旋转薄壳的基本理论.....	(18)
§3—1 薄壁圆筒的应力分析.....	(18)
一、经向应力计算.....	(18)
二、环向应力计算.....	(19)
§3—2 旋转壳体应力的分析——薄膜应力理论.....	(20)
一、旋转壳体的应力初步分析.....	(20)
二、经向应力分析.....	(21)
三、环向应力分析.....	(22)
§3—3 薄膜理论的应用实例.....	(25)
一、圆柱壳.....	(25)
二、球壳.....	(25)
三、椭球壳.....	(26)
四、锥形壳.....	(28)
§3—4 壳体的不连续应力.....	(29)
一、由于壳体内压力引起的弯曲应力.....	(30)
二、圆筒体与封头联接处的应力.....	(31)
三、例题——校核换热器圆筒体的强度.....	(33)

第四章 压力容器安全设计的基本知识.....	(37)
§ 4—1 设计计算概述.....	(37)
一、设计压力.....	(37)
二、设计温度.....	(38)
三、许用应力.....	(38)
四、安全系数.....	(39)
五、焊缝系数.....	(40)
六、壁厚附加量.....	(40)
七、公称直径与公称压力.....	(41)
§ 4—2 内压薄壁容器常用设计公式.....	(41)
一、圆筒薄壁容器壁厚的计算.....	(41)
二、球形容器壁厚的计算.....	(42)
三、半球形封头.....	(42)
四、椭圆形封头.....	(42)
五、碟形封头.....	(43)
六、例题.....	(44)
§ 4—3 对容器结构的基本要求.....	(46)
一、强度.....	(46)
二、刚度.....	(46)
三、耐久性.....	(46)
四、密封性.....	(47)
第五章 压力容器制造的安全监察.....	(48)
§ 5—1 制造缺陷对容器安全的影响.....	(48)
一、焊接质量问题.....	(48)
二、残余应力问题.....	(49)
三、几何形状不连续的问题.....	(49)
§ 5—2 对压力容器制造厂的安全监察与制造厂的质量保证体系.....	(49)
一、压力容器制造厂必须具备的条件.....	(49)
二、压力容器制造单位的分级审批.....	(50)
三、对压力容器制造质量的监督.....	(50)
四、压力容器制造的质量标准手册.....	(51)
§ 5—3 压力容器的焊接.....	(51)
一、容器组焊的要求.....	(51)
二、焊缝表面的质量要求.....	(54)
三、焊缝的返修要求.....	(54)
四、焊接残余应力及其消除.....	(55)
五、焊接试板试验.....	(55)
§ 5—4 压力容器用金属材料.....	(57)
一、对材料的基本要求.....	(57)
二、压力容器的常用材料.....	(58)
第六章 压力容器的安全管理与使用.....	(59)
§ 9—1 压力容器(及锅炉)的破坏形式.....	(59)
一、塑性破坏.....	(59)

二、脆性破裂	(59)
三、疲劳破裂	(61)
四、腐蚀破裂	(62)
五、蠕变破裂	(63)
§ 6—2 容器的破裂爆炸及其危害	(65)
一、爆炸及爆炸事故	(65)
二、压力容器的爆炸威力	(66)
三、冲击波及其破坏作用	(68)
四、容器破裂后引起的其它危害	(69)
§ 6—3 压力容器的使用与管理	(73)
一、使用与管理	(73)
二、压力容器的检验	(75)
§ 6—4 安全泄压装置	(80)
一、安全泄压装置的类型	(81)
二、压力容器的安全泄放量	(81)
三、安全阀	(82)
四、爆破片	(89)
§ 6—5 对气瓶的安全要求	(92)
一、压缩气体气瓶	(93)
二、高压液化气体气瓶	(93)
三、低压液化气体气瓶	(95)
四、高压气瓶的耐压试验	(97)
五、气瓶的安全装置与使用维护	(99)
§ 6—6 事故调查分析	(99)
一、事故调查	(99)
二、技术分析	(101)
三、典型事故调查分析实例	(102)
§ 6—7 断裂力学在锅炉压力容器上的运用	(103)
一、断裂力学及其在锅炉压力容器中的用途	(103)
二、锅炉及压力容器的破坏事例	(104)
三、断裂力学在锅炉压力容器中的应用	(104)
第七章 工业锅炉的基础知识	(110)
§ 7—1 我国工业锅炉规格、分类、产品型号表示方法	(110)
一、锅炉的规格	(110)
二、锅炉的分类	(113)
三、工业锅炉型号编写说明	(113)
§ 7—2 工业锅炉的规程、规范和标准	(115)
§ 7—3 锅炉的结构、附件	(116)
一、锅炉的结构	(116)
二、锅炉的附件	(124)
第八章 工业锅炉受压元件设计、制造的安全技术要求	(127)
§ 8—1 强度计算的标准和一般知识	(127)

一、强度计算的标准	(127)
二、强度计算的一般知识	(128)
§8-2 承受内压力的锅筒体的计算	(131)
一、计算公式	(131)
二、公式中参数的确定	(132)
§8-3 水循环	(133)
一、要有足够的流动压头	(138)
二、要防止下降管带气	(139)
§8-4 对工业锅炉制造的要求	(139)
一、焊接缺陷与焊后热处理	(139)
二、焊缝检验	(141)
§8-5 焊工的技术培训与技术资料	(143)
一、焊工的技术培训	(143)
二、技术资料	(143)
第九章 锅炉使用管理方面的安全技术要求	(144)
§9-1 锅炉房的安全要求与管理	(144)
§9-2 锅炉的检验	(145)
一、检验目的	(145)
二、检验的要求	(145)
三、检验的内容	(145)
§9-3 工业锅炉常见事故及预防措施	(148)
一、锅炉爆炸的事故危害性	(148)
二、锅炉爆炸的原因及特征	(148)
三、缺水事故	(149)
第十章 安全系统工程及其在锅炉压力容器上的应用	(152)
§10-1 安全系统工程的内容	(152)
一、什么是安全系统工程	(152)
二、安全系统工程的优越性	(152)
三、安全系统工程的分析方法	(153)
§10-2 事故树分析	(153)
一、事故树的定义和功用	(153)
二、事故树分析的基本程序	(153)
三、事故树的符号及其意义	(154)
§10-3 事故树分析在锅炉压力容器上的应用	(155)
一、应用事故树分析的必要性	(155)
二、事故树分析压力容器爆炸事故实例	(156)
三、事故树分析锅炉爆炸事件实例	(158)

第一章 概 论

§1-1 锅炉压力容器安全技术的重要意义

工业不断发展, 锅炉、压力容器的应用亦不断增加, 随之, 锅炉、压力容器的事故率也不断上升。锅炉、压力容器虽然不象一般转动机械那样容易磨损, 也不象高速发动机那样承受着高周疲劳载荷, 但是, 如果这类设备发生了爆炸, 就具有极大的破坏力。因为锅炉、压力容器内贮有有压力的气体或液体; 加之某些介质还具有高温、易燃、易爆、有毒的特点。当锅炉或压力容器爆炸时, 内部介质瞬间释放出大量的能量。这些能量除将整个锅炉、压力容器或它的碎块, 以很高的速度抛出外, 大部分产生冲击波, 直接破坏周围的设施和建筑物, 造成人身伤亡。如果压力容器内的介质是可燃物, 那么容器破裂时可燃物大量外溢, 可能造成危害更大的器外二次爆炸。二次爆炸生成的气体(水蒸汽、二氧化碳等)继续升温膨胀, 形成体积巨大的高温燃气区, 使受害地区变成一片火海。如果一个民用液化石油气瓶爆炸, 其燃烧波及范围至少可达 20 余米; 一个贮量 10t 的液化石油气贮罐爆炸, 其燃烧波及范围至少可达 170m。工作介质外溢, 也常常是造成人员伤亡的直接原因。尤其是有毒介质的爆炸外溢, 后果更是不堪设想, 1984 年在印度的美国联合碳化物公司的设备事故, 造成 2000 多人死亡, 125,000 多人受伤便是一例。

历年来, 世界各国锅炉、压力容器爆炸事故时有发生, 例如:

1964 年日本兵库县茨木市的石油贮气罐爆炸, 罐体裂飞, 放出的气体在空气中二次爆炸, 厂区附近的住宅全部烧毁, 3 人死亡。

1969 年日本福岛县伊达町二氧化碳贮存罐爆炸, 罐体断裂成 7 块以上的破片, 最远飞出 30m。由于爆炸的冲击波, 3 名工作人员死亡, 38 人负伤, 半径约 1km 内的建筑物均受到破坏。

1970 年美国伊利诺斯州一节油槽车发生爆炸, 火焰窜到 300m 的高空, 附近房屋发生火灾, 许多市民被烧伤。

1972 年日本货轮“协照丸”船尾辅助锅炉爆炸, 船体在船尾部被切断, 船内浸水后沉没。14 个船员中死 12 人, 伤 2 人。

1974 年英国纳波罗有限公司己内酰胺制造厂, 发生环己烷空气氧化反应罐的蒸汽爆炸, 爆炸发生后, 工厂被大火包围, 火灾长达 50h, 升入高空的黑烟, 在约 30km 处也可看到, 距工厂 1.5km 以内, 房顶墙壁受损害的住房有 44 栋, 在约 5km 以内有 300 栋以上房屋的窗玻璃均被损坏。

1978 年美国田纳西州休比市, 一辆液化石油槽货车大爆炸, 市街发生大火, 造成 25 人死亡, 150 余人烧伤的严重事故。

1978 年西班牙一辆液化丙烯油槽汽车爆炸, 破坏范围长达 220m, 宽 80m, 死亡 150 余人, 伤 120 余人, 100 辆汽车和 14 栋建筑物烧毁或倒塌。

近年来, 国内也多次发生重大的锅炉、压力容器爆炸事故, 例如:

1979 年 3 月, 河南省南阳柴油机厂浴室的加热水箱发生爆炸, 浴室 (134m²) 屋顶全部

炸塌，压、烫、砸溺死 44 人，重伤 37 人。

1979 年 9 月，浙江省某电化厂液氯钢瓶爆炸，10t 液氯外溢扩散，波及 7.35 (km)² 的市区，死 59 人，中毒住院 779 人，直接经济损失 63 万元。为抢险救灾，处理事故现场临时疏散 8 万居民，闹得满城风雨，影响了社会安定。

1979 年 12 月，吉林省某煤气公司的液化石油气的球形贮罐发生了一起恶性爆炸事故，大火烧了 23h，6 个 400m³ 球罐，4 个 50m³ 卧罐和五千多个液化石油气钢瓶被炸毁，投资六百万元、花费两年时间建设起来的企业付之一炬。烧死 33 人，烧伤 56 人。这个企业担负供应 10 万户居民的生活用气，时值隆冬季节，影响了几十万人的吃饭问题，影响了社会的安定。

1981 年 1 月，辽宁省某电厂发厂电量为二十万千瓦的 7 号机组氧器发生爆炸，三层机房爆塌二层，死 9 人，重伤 3 人、轻伤 2 人，直接经济损失五百多万元，两台机组停止发电，需要十个月才能修复，影响上百个厂矿的生产，间接经济损失达数亿元。

综观国内外锅炉、压力容器发生爆炸的惨痛事例，说明锅炉、压力容器如果制造质量不好或者操作管理不当，就容易发生事故。由此造成的破坏，不仅使工厂停产，影响社会的安定，而且给国家和人民的生命财产造成难以估量的损失。

多年来，先进的工业国家，十分重视锅炉、压力容器的安全应用技术方面的研究，已着手制定了一整套锅炉、压力容器安全运行的规范，致使这些国家的锅炉、压力容器事故率显著下降。

我国是社会主义国家，首先就要求保障“安全生产”。历年来，通过一些惨痛的教训，更使生产部门的管理人员和工人清醒的认识到，加强锅炉、压力容器安全技术培训和管理，避免发生恶性事故，是一项极为重要的工作。要防止锅炉、压力容器的爆炸，做到安全运行也是可能的。中国石油化工总公司通过广泛调查发现：在“文革”期间建立起来的一部分企业，施工质量和设备状况，给安全生产留下极大的隐患（一九八四年全国液化石油气管道焊口普查，合格率仅为 20%~30%）。同时，职工技术素质低，处理事故的应变能力不强，管理工作也存在不少薄弱环节等等。

《机械工程手册》编辑委员会提供了一份小型锅炉事故调查分析表，如表 1-1。由表可见，重视安全技术和管理工作，不但能找到事故原因，而且又可制定对策，保证锅炉、压力容器的安全运转。

表 1-1 某年我国小型锅炉事故原因分析 (%)

设计制造不佳 (15)				使用管理不良 (79)					安全装置故障 (6)	
焊接不良	板厚不足	材质不良	结构不合理	检修不良	违章操作	操作不熟	水质不良	其它	不全	失灵
11	10	3	76	8	43	10	42	15	54	46

需要指出的是,就“安全”概念而言,它包括产品安全与工业安全。前者研究产品安全,包括产品设计、制造等内容;后者研究工人安全,包括设备(设施)的各个环节及环境对其影响等内容。所以,《工业锅炉压力容器安全工程学》是研究工业锅炉、压力容器运行中的各种破坏机理以及防止产生破坏的措施和方法,介绍设备安全运行的规律。尤为重要的是如何事先预测锅炉、压力容器发生恶性事故的可能性,掌握事故发生的规律,以便在设计、施工、运行、管理中向有关人员预先警告事故的危险性。这是多年来安全工作者渴望找到的一种方法。由于本世纪五十年代的新兴科学——系统工程问世,并很快应用于安全工作,形成了安全系统工程,从而使事先预报事故,掌握事故发生规律,预先警告事故的危险性成为可能,这一崭新的学科若用于锅炉、压力容器这样一种重要设备,无疑对杜绝恶性事故或将事故降低至最小程度将起到十分重要的作用。近年来,美、欧、日本等国事故率都有大幅度下降,安全系统工程在控制事故方面的应用起到了重要的作用。

§ 1-2 锅炉压力容器国家安全监察制度

一、国外有关锅炉压力容器的规范及安全监察机构简况

根据世界各国的成功经验,对锅炉、压力容器这种重要设备,要保证安全运行,减少事故,就必须建立国家安全监察制度。

目前,世界各国的锅炉、压力容器安全监察制度大致可分为三类。一类是国家统一设立安全监察机构,对锅炉、压力容器进行安全监督,如苏联、日本、罗马尼亚、马来西亚等国。苏联的机构是部长会议设立的工矿安全监察全国委员会;罗马尼亚有锅炉、压力容器、起重设备安全监察局,在全国分设十三个分局分管 39 个县的锅炉、压力容器的监察业务;日本是由劳动省管工业锅炉、采暖锅炉和固定式压力容器,通产省管电站锅炉和移动式压力容器(各类气瓶)。一类是国家设监督机构,负责批准规程、考核检验师、审查批准设计资格和制造许可证,而具体监督检验业务则授权给检验公司或检验师负责(美国、英国即如此)。另一类是国家不设专门的监督机构,而是授权给历史上形成的权威机构来执行安全监察,例如西德技术检验与监督协会(TÜV)来执行。这个协会 1866 年已成立,是民间的不盈利的技术组织,经国家任命、授权,它不仅管锅炉和压力容器,还负责制订安全标准、环境保护、能源工程、起重设备(包括电梯)以至儿童玩具的安全检查监督。

世界各国几乎都是从锅炉、压力容器的惨痛事故中吸取了教训,得出了一条科学的结论:对锅炉和压力容器这类承受压力,集聚巨大能量易燃易爆危险性大的设备,必须实行国家监督,只有这样,才能保证安全运行,减少事故。

(一) 美国安全监察机构

美国工业革命后,大量地使用锅炉、压力容器,由于认识不足,管理不善,每年发生几百起锅炉、压力容器爆炸事故,造成了大量的人员伤亡和财产损失。后来建立了锅炉、压力容器安全监察和保险机构,议会立了法,技术检查委员会(AOTC),劳埃德船级社、保险公司、标准学会等开始检验锅炉、压力容器,加强安全管理,使事故大幅度下降。进入廿世纪以来,大约每十年才发生一起大的锅炉、压力容器爆炸事故。

美国从 1901 年到 1905 年,发生锅炉、压力容器爆炸事故一千七百多起,死亡一千三百多人。1901 年锅炉、压力容器制造商、用户和保险公司联合要求美国机械工程师协会(ASME),起草全国性的、各州适用并执行的锅炉压力容器规范,又成立了锅炉、压力容器

检验协会 (NBBI, 1919 年成立, 有 3500 名专职检验师), 政府 (包括各州) 颁布法律, 加强了安全管理, 事故大幅度下降, 事故率下降到十万分之一台年。

(二) 美国《NB 检查规范》

1. 美国全国锅炉、压力容器检验师协会 (NBBI) 得到美国政府管理机构的认可, 它的职权是:

(1) 统一锅炉、压力容器的管理规程和管理办法。

(2) 对锅炉制造厂、压力容器制造厂进行检查, 并对按《ASME 锅炉及压力容器规范》制造的设备统一印发钢印。

(3) 对锅炉、压力容器法定机关的检查员 (以下简称“法定检查员”)、地方锅炉、压力容器管理检查机关批准的保险公司的检查员 (以下简称“检查员”) 统一考核发证。对企业或用户的检查员进行培训考核。

(4) 搜集锅炉、压力容器安全工作的情况、资料。

2. 对锅炉、压力容器制造厂的管理检查

(1) 督促制造厂建立不低于《ASME 锅炉及压力容器规范》技术要求的质量控制制度。如产品技术要求、质量标准、验收标准、焊工和无损探伤人员资格等。

(2) 由法定检查员进行检查, 认为合格后经过批准发给统一钢印。经常对制造厂的设计、制造工艺、生产顺序、无损探伤等进行检查, 在质量合格的产品上打上规定的钢印。

(3) 检查员在制造厂的检查工作内容有: 材料的检验、焊接材料的检验、焊工的资格检查、无损探伤记录的审查、耐压试验记录的审查、并在产品合格证书上签字。

3. 对锅炉、压力容器安全工作的检查

这项工作由检查员检查其安装质量。

4. 对压力容器的使用管理

(1) 压力容器在安装后, 于投产前进行第一次检查, 检查合格后发给使用证。

(2) 压力容器投产后, 按规定时间间隔进行定期检查。

(3) 由法定检查员、检查员对压力容器进行定期检查。检查时, 企业用户负责人或代表必须在场。

压力容器的定期检查工作也可由企业、用户的检查员进行。

企业、用户检查员的条件是:

1) 毕业于符合要求的学校并取得机械工程学位、具有设计、制造、运行或检查压力容器工作一年以上的工作经验。

2) 毕业于符合要求的学校而取得机械工程以外的工科学位或机械技术相当的学位, 并具有设计、制造、运行或检查压力容器工作两年以上的经验。

3) 毕业于高等学校或同等学历加上三年的下列工程经验: 从事压力容器的制造、修理工作、负责压力容器的运行工作、从事压力容器的检查工作

(4) 压力容器定期检查的间隔 领取了使用证的压力容器, 进行定期的内部检查的间隔是十年或容器剩余运行寿命(a)的一半, 两者取较小的值。剩余运行寿命少于四年时, 其检查间隔应不多于两年, 就是说, 新制压力容器从开始使用的那日起检查间隔是由长到短的。

当容器盛装腐蚀性的介质, 即由腐蚀速度决定容器寿命时, 其剩余运行寿命由下式计算

$$\text{剩余运行寿命} = \frac{\text{实际壁厚} - \text{要求壁厚}}{\text{腐蚀速度}} \quad a$$

式中“实际壁厚”是容器检查实测得到的壁厚(mm)。“要求壁厚”是不包括腐蚀磨损速度的容器设计壁厚(mm)。“腐蚀速度”是由运行 10000h 实际测得的腐蚀程度，或由企业、用户提供的运行条件相仿的容器的腐蚀速度，或由检查员的经验确定，其单位是 mm/a。

在容器每年运行的外部检查测量容器壁厚时，若发现该容器的腐蚀速度增加时，则要相应改变内部检查的间隔。

上述计算公式不适用于存有变形、磨损、裂纹等缺陷的容器，以及可能有应力腐蚀倾向、氢脆或蠕变倾向等的容器。

对运行温度在钢材蠕变温度以下的使用容器，当运行五年后经检查证实腐蚀速度为零时（包括外部大气腐蚀），则容器可不再进行内部检查。当然，容器的外部检查工作仍按规定进行。

当容器内壁装有防腐内衬时，在证实防腐内衬完整无损时，两次内部检查间隔不超过十年。

当容器停用一年以上，在重新投用前，应进行一次内、外部检查。

5. 对压力容器修理、改造的管理

(1) 对从事容器修理或改造的单位，要经批准认可。

(2) 采用焊接方法修理或变更（指提高容器最大允许工作压力和温度）、改造容器；检查修理方案；焊工和无损探伤人员的资格以及无损探伤、耐压试验的结果等方面，必须符合《ASME 锅炉及压力容器规范》的技术要求。

对修理、变更、改造压力容器的验收工作，也可由企业或用户的检查员进行。

二、我国锅炉、压力容器安全监察制度

我国锅炉、压力容器安全监察制度是新中国成立以后，随着国民经济的发展逐步建立起来的，目前也还是处在发展和健全完善时期。

(一) 机构和体制

1955 年底经国务院批准，在原劳动部内设立锅炉检查总局，现在是劳动人事部锅炉压力容器安全监察局。二十九年来，经历了“三起两落”的起伏发展过程。

一起，1955 年底成立锅炉监察总局机构，在 1958 年由于“大跃进”的干扰，与劳动保护工作合并是一落；二起是 1963 年国务院发文加强锅炉、压力容器安全监察，重建锅炉监察局，1966 年开始“十年动乱”是二落；三起是 1978 年重新恢复监察局。随着“三起两落”，锅炉、压力容器事故率也因起而降，因落而升。

目前，劳动人事部设监察局，各省、市、自治区的劳动人事厅设锅炉、压力容器安全监察处，市和工业集中的县劳动局设锅炉、压力容器安全监察科，这是国家机构。

我国的监察机构，在“文革”前是按苏联、罗马尼亚的模式，即从上到下的国家行政机构，现在是行政管理、国家监察和群众监督三结合的管理体制，近似于上述世界各国监察机构的第二种类型。

(二) 监察工作的依据

主要依据是国务院 1982 年 2 月 6 日发布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》，对监察机构和职权工作内容等都有明确的规定和要求。“条例”公布前主要是按国务院文件为

准。

《监察条例》和劳动人事部颁发试行的《监察条例实施细则》，从一九八二年七月一日起施行。国务院授权劳动部门对表压力 $p \geq 0.1 \text{MPa} (1 \text{kgf/cm}^2)$ 的锅炉、压力容器的设计、制造、安装、使用、修理等七个环节实行安全管理和监督检查。

对具体设施的监督检查，其依据是有关的法规、规程、标准等技术文件，依法进行监督检查，其内容将在以下有关章节中分别予以叙述。

（三）安全监察工作的内容

我国锅炉、压力容器安全监察的工作范围和内容，主要是以下几个方面：

1. 立法

制订或参与审定有关锅炉、压力容器的安全技术规程和标准。提出安全监察政策性建议。

2. 宣传

积极宣传安全生产方针，安全第一，以防为主，监督检查锅炉、压力容器安全法规的执行、普及安全技术知识。

3. 培训

培训安全监督和检查干部、焊工、司炉操作工、探伤工，提高安全监察技术队伍素质。

4. 调查处理锅炉、压力容器事故，总结事故教训，提出预防事故的措施。

（四）监察工作的七个环节

1. 设计

锅炉的设计应经主管部门和监察机构审查批准才能投入生产，压力容器的设计，仅对设计单位的资格审批备案，具体设计由设计单位的负责人批准。

2. 制造

实行制造许可证制度，无证不准制造。锅炉、压力容器的制造许可证由劳动部门颁发。出厂产品实行驻厂监督检查。

3. 安装

施工单位必须经省、市、自治区安全机构审查批准，安装工程必须按有关规定进行，保证施工质量。

4. 使用

使用锅炉、压力容器必须向当地劳动部门登记，按规定操作人员应经培训考试，取得使用证后才能投入运行。对于设备的运行、维护、操作、安全管理，要有专门机构负责。安全操作规程、岗位责任制、人员（设备员、安全员、技术员）要相对稳定，制度要健全完善，职、责、权清楚和兑现。使用单位要建立设备档案。

5. 检验

锅炉、压力容器要进行定期检验，这是保证安全运行，减少事故，特别是避免重大灾害事故的有效措施。定期检验可以由专门检验单位（如劳动部门的锅炉、压力容器检验所）和使用单位自检结合进行。检验人员要经培训考核，每次检验要有记录，并记入设备档案。

6. 修理和改造

为了保证安全、节约能源和提高效率，锅炉、压力容器要与定期检验结合，进行修理和技术改造。修理、改造要有技术方案（修理或改造施工图、技术论证），要经技术负责人

批准。修理和改造施工单位，要具备相应的技术人员和有经验、有资格的工人（如焊工、操作工、探伤人员）、工装设备和检测手段，修理施工单位要经当地劳动部门批准。

重大的修理和改造方案，要经当地安全监察机构审查同意。

第二章 压力容器的基本知识

§2-1 压力容器的分类

压力容器又称受压容器，从字面看，凡承受流体压力的密闭容器均可称为受压容器。但实际上，许多国家只是将比较容易发生事故，且事故危害较大的压力容器作为一种特殊设备。它要由专门的机构进行监督，并按规定的技术管理规范进行设计、制造、安装、使用、改造、检验和修理。

我国原国家劳动总局颁发的《压力容器安全监察规程》规定，实行安全监察的管辖范围是“最高工作压力 $p_w \geq 0.1\text{MPa}$ 即 1kgf/cm^2 （表压力，下同）（不包括液体静压力），容积 $V \geq 25\text{L}$ ，且 $p_w \cdot V \geq 20\text{L} \cdot \text{MPa}$ ($200\text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2$)，介质为蒸气、气体、液化气体和最高工作温度高于标准沸点（指在 0.1MPa ，即一个大气压下的沸点）的液体密闭容器。”

按照上述界限，负压容器和直接受火的压力容器，以及压缩机气缸等均不包括在《压力容器安全监察规程》的管理范围以内。此外，船舶上、铁路上和飞行器上的专用容器也不包括在内。

压力容器的型式很多，在设计、计算中，压力容器分为薄壁容器和厚壁容器；根据承压方式，分为内压容器和外压容器。根据压力容器制造方法的不同，将压力容器分为铆接容器、焊接容器、铸造容器和锻造容器。根据制造压力容器的使用材料，分为钢制容器、有色金属容器和非金属容器。根据压力容器的外形，将容器分为球形容器、圆柱形容器、锥形容器和组合容器。从压力容器的安全以及事故造成的危害程度，压力容器又分为低压、中压、高压和超高压容器等等。

在工业生产中，为了保证压力容器的安全、管理和监察，体现生产工艺的特点起见，压力容器常分为以下几类：

一、按工艺用途分类

（一）反应容器

主要用以完成介质的物理、化学反应的容器。如反应器、发生器、反应釜、合成塔、聚合釜等。

（二）换热设备

主要用以实现介质热量交换的设备。如冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器和消毒锅等。

（三）分离设备

主要用以对混合物料进行分离的设备。如分馏塔、精馏塔等。

（四）贮运设备

即盛装物料的容器。常用的有卧式圆筒形容器、球形贮罐以及槽车等。

二、按容器的压力分类

按容器的压力 (p) 分为低压、中压、高压和超高压四个等级。

（一）低压容器 $0.1 \leq p < 1.6\text{MPa}$ ($1 \leq p < 16\text{kgf/cm}^2$)；

- (二) 中压容器 $1.6 \leq p < 10 \text{ MPa}$ ($16 \leq p < 100 \text{ kgf/cm}^2$) ;
 (三) 高压容器 $10 \leq p < 100 \text{ MPa}$ ($100 \leq p < 1000 \text{ kgf/cm}^2$) ;
 (四) 超高压容器 $p \geq 100 \text{ MPa}$ ($p \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$) .

三、按容器的压力、介质的危害程度及在生产过程中的重要作用，将容器分为三类：

(一) 属于下列情况之一者为一类容器：

非易燃或无毒介质的低压容器；

易燃或有毒介质的低压分离器容器及换热容器。

(二) 属于下列情况之一者为二类容器：

中压容器；

剧毒介质的低压容器；

易燃或有毒介质的低压反应容器或贮运容器；内径小于 1m 的低压废热锅炉。

(三) 属于下列情况之一者为三类容器：

高压、超高压容器；

剧毒介质且 $p \times V$ (最高工作压力 $\times$ 容积) $\geq 200 \text{ L} \cdot \text{MPa}$ ($2000 \text{ L} \cdot \text{kgf/cm}$) 的低压容器或有剧毒介质的中压容器；

易燃或有毒介质且 $p \times V \geq 500 \text{ L} \cdot \text{MPa}$ ($5000 \text{ L} \cdot \text{kgf/cm}^2$) 中压贮运容器；

中压废热锅炉或内径大于 1m 的低压废热锅炉。

上述分类表明：重要性高、危险程度大的是三类，并按三类、二类、一类依次递减。在管理上也有区别，例如三类压力容器制造厂的资格复审和许可证的发放，要由国家劳动人事部办理，而二类、一类容器则由省、市自治区劳动部门办理。

劳动人事部遵照国务院发布的《锅炉压力容器安全监察条例》实施细则的规定，经审查合格。于 1985 年 3 月 14 日，向下列二十八家企业颁发了第二批三类压力容器制造许可证，见表 2-1。

表 2-1 压力容器制造厂一览表

企业名称	批准制造的压力容器范围	代表性产品
上海化工机械一厂	一、二、三类低、中压容器， 高压容器，特种材料容器，有缝气瓶，汽车槽车	液氯钢瓶、换热器、贮罐、高压容器、汽车槽车
岳阳石油化工总厂机械厂	一、二、三类低、中压容器，有缝气瓶	液氯钢瓶、贮罐、压力加氢釜、熔锂器
国营五二三厂	一、二、三类低、中压容器， 高压容器，特种用途容器，特种材料容器，汽车槽车	贮罐、高压容器、汽车槽车、塔器、特种容器
国营洪庄机械厂	一、二、三类低、中压容器、有缝气瓶	液氯钢瓶、反应釜、贮罐、乙炔气瓶
吉林化学工业公司机械厂	一、二、三类低、中压容器， 高压容器，特种材料容器，槽车	贮罐、换热器、槽车、氢化釜、废热锅炉
四川化工机械厂	一、二、三类低、中压容器，特种材料容器	塔器、换热器、贮罐、废热锅炉
上海电站辅机厂	一、二、三类低、中压容器、高压容器	贮罐、换热器、废热锅炉、电站辅机
苏州化工机械厂	一、二、三类低、中压容器	塔器、贮罐、换热器、废热锅炉