

压力容器实用技术丛书

压力容器检验 及无损检测

《压力容器实用技术丛书》编写委员会 编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

压力容器实用技术丛书

压力容器检验及无损检测

主编单位：兰州石油机械研究所
《压力容器实用技术丛书》编写委员会 编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

压力容器检验及无损检测/《压力容器实用技术丛书》
编写委员会编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3
(压力容器实用技术丛书)
ISBN 7-5025-8391-2

I. 压… II. 压… III. 压力容器-无损检验
IV. TH490.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 021105 号

内 容 提 要

本书是《压力容器实用技术丛书》之一, 全面阐述了压力容器检验及无损检测技术, 内容涉及压力容器检验的意义、参照的标准、检验前的准备、压力容器的宏观检查、理化检验、无损检测和其他检测技术。本书还从工程实际应用出发, 就典型压力容器的全面检验进行了详细介绍。本书具有新颖性和公正科学性, 内容注重实际应用, 融入了作者长期的工作实践经验, 有很强的实用价值。

本书适用于从事压力容器检验的工程技术人员参考查阅。

压力容器实用技术丛书
压力容器检验及无损检测
《压力容器实用技术丛书》编写委员会 编
责任编辑: 张兴辉 李军亮
责任校对: 宋 玮
封面设计: 潘 峰

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
购书咨询: (010)64982530
(010)64918013
购书传真: (010)64982630
<http://www.cip.com.cn>

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷有限责任公司印装
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 430 千字
2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-8391-2
定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

随着科学技术的进步和工业生产的发展,特别是国民经济持续稳定的发展,压力容器已经广泛应用于化工、石油化工、冶金、国防等诸多工业领域及人们的日常生活中,且数量在不断增加,高参数大容积的设备也越来越多。这就对压力容器的设计、材料、制造、现场组焊、检验、监督、使用、防腐、维护、修理、管理等诸多环节提出了越来越高的要求。压力容器又是一种多学科、跨学科、综合性很强的学科,一台压力容器从参数确定到投入正常使用,要通过上述各环节及相关各部门的各类工程技术人员的共同努力才能实现。要使各类工程技术人员和管理使用者全面掌握压力容器的各种知识是非常困难的。《压力容器实用技术丛书》就是从这一客观实际需要出发,将压力容器的各种实用技术做一全面介绍,以满足不同岗位,不同部门的工程技术人员和管理者、使用者对其相关知识,特别是非本职、非本岗位的其他相关知识的了解和掌握,以不断提高我国压力容器的建造和应用水平。

本丛书共分六册,第一册《压力容器设计知识》,第二册《压力容器用材料及热处理》,第三册《压力容器制造和修理》,第四册《压力容器检验及无损检测》,第五册《压力容器安全监察与管理》,第六册《压力容器腐蚀与控制》,涉及容器的全过程和方方面面知识。这是我国第一套有关压力容器实用技术的综合性丛书。

本丛书力求重点突出实用性和全面性,对常用标准管辖下的设计、制造、材料、检验、防腐等内容进行简化处理,对不常用的和标准中不易查找的内容和背景知识做详细介绍,力求写细、写透、写全。

本丛书还力求突出新颖性和公正科学性,除介绍现有知识内容外,还介绍许多新技术、新材料、新方法、新工艺、新标准。站在全国全行业的立场,公正、科学地反映压力容器的先进技术水平。

本丛书力求体现国内最新技术和国外技术的发展,邀请了国内 50 多个单位的近百名知名专家和学者参加编审,遍及压力容器教学、研究、设计、制造、监督、检验、使用、防腐等各个方面,反映国内的最新技术内容和研究成果以及国外压力容器技术的发展和趋势。

本丛书从编写形式上还力求突出适应读者需求和便于查找的特点,对较深较难的理论性问题做通俗化处理,重点介绍相关知识和背景知识,提出相关数据,将国外技术内容与国内技术进行对比。

本丛书由兰州石油机械研究所主编,刘福录教授级高工负责全套丛书的策划和组织工作。各册的负责人为:第一册朱保国,第二册高守成,第三册王增新,第四册王纪兵,第五册陈长宏,第六册任凌波。慕瑞峰同志负责主要的文字编辑工作。

由于本丛书篇幅浩大,编者甚多,各册和各章节内容的协调和取舍等方面,难免有不妥之处,而且限于编者的水平,错误之处不可避免,恳请广大读者批评指正。

《压力容器实用技术丛书》编写委员会

2003 年 7 月 6 日

前 言

众所周知,压力容器的失效往往使国家和人民的生命财产遭受巨大损失,而压力容器的检验是保证压力容器安全运行的最重要环节之一。在检验中能否发现影响压力容器安全使用的缺陷,是保证检验这一环节的关键。检验人员对检验技术的掌握和对压力容器的认识在检验中起着决定性的作用。在检验中的任何失误都可能导致压力容器灾难性事故的发生。压力容器检验涉及的知识很多,包括压力容器的设计、材料、焊接、无损检测、热处理、腐蚀等多种学科、多种专业的知识。目前,国内介绍压力容器检验技术的资料大多将注意力集中于对相关知识的讲述,由于篇幅有限,几乎不能通过对书中知识的学习让检验人员掌握全部的知识,又不能对检验技术进行详细的描述,本书力图在这一方面做一些改进与尝试。

本书遵循《压力容器定期检验规则》对相关检验技术进行展开,而对于相关的理论知识本书只介绍其出处,并给出与其相关的标准名录。在本书中作者根据多年检验的实践经验给出了一些特定压力容器检验中的技术路线及检验方法,指导检验人员通过检验提高水平。本书的出版正是为了满足广大压力容器检验工作者需求,使检验工作者中的初学者通过对本书的学习,能够掌握压力容器检验的基本知识。对于具有一定经验的检验工作者,通过对本书的学习,可以系统地总结检验的相关知识,提高检验水平。同时也适合从事压力容器的设计、制造、使用、管理等人员对压力容器的相关检验知识有一个系统了解。

参加本书各章节的编写人员分别是:第1、2章王纪兵(兰州石油机械研究所),王春生(中国石油乌鲁木齐石化分公司);第3章张转连(大连市锅炉压力容器检验所);第4章王纪兵(兰州石油机械研究所);第5章第1节李牧尧(兰州石油化工机器总厂),第2节董汉成(兰州石油化工机器总厂),第3节钟彦平(兰州石油机械研究所),第4节刘继红(北京化工大学);第6章第1、2、3、4、5、6节强天鹏(江苏特种设备检测研究院),第7节沈功田(中国特种设备检测研究中心),第8节李军(兰州石油机械研究所);第7章第1、2节孙亮(中国特种设备检测研究中心),第3节贾国栋(中国特种设备检测研究中心),第4节李华屏(兰州石油机械研究所);第8章杨熙(新疆维吾尔自治区锅检所);第9章左尚志、贾国栋(中国特种设备检测研究中心);第10章邬冠华(南昌航空工业学院);第11章第1节王纪兵(兰州石油机械研究所),第2、3、4节王纪兵(兰州石油机械研究所),贾国栋(中国特种设备检测研究中心),第5节张转连(大连锅炉压力容器检验所);第6节李军(兰州石油机械研究所),王春生(中国石油乌鲁木齐石化分公司);第7节陈长宏、何颜红、张万良(兰州市锅炉压力容器检验所);第8节王纪兵、张玉福(兰州石油机械研究所),王春生、王玮(中国石油乌鲁木齐石化分公司);第12章姚志忠[三浦工业设备(苏州)有限公司]。

本书由王纪兵主编,张钢、沈钢审定,李军承担了部分组稿工作。在编写过程中,得到了中国特种设备检验协会的全力支持与配合,沈钢、姜国锋等协会领导组织了大量的稿件,并提出了非常宝贵的意见。中国特种设备检验协会,中国特种设备检测研究中心,中国石油乌鲁木齐石化分公司,大连市锅炉压力容器检验所,新疆维吾尔自治区锅检所,兰州市锅炉压力容器检验所等单位对本书提供了大力的支持与帮助,在此一并表示感谢。

编 者

2006年1月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 压力容器检验的意义	1
1.1.1 压力容器的使用现状	1
1.1.2 压力容器检验的意义及技术经济分析	1
1.2 压力容器检验的历史及发展	1
1.2.1 压力容器检验的发展历史	1
1.2.2 压力容器检验的发展方向	2
1.3 压力容器检验的有关法规及标准	3
1.3.1 国内压力容器检验法规标准介绍	3
1.3.2 美国压力容器检验标准介绍	5
第 2 章 压力容器检验及对检验员的要求	6
2.1 法规检验	6
2.1.1 《压力容器安全技术监察规程》	6
2.1.2 《压力容器定期检验规则》	7
2.1.3 压力容器检验应参照的标准	7
2.2 针对性检验	7
2.2.1 针对性检验的基本概念	7
2.2.2 检验中应考虑的技术因素	8
2.3 基于风险的检验	9
2.3.1 基于风险的检验的提出	9
2.3.2 基于风险的检验	10
第 3 章 检验前的准备	12
3.1 使用单位和检验单位的准备	12
3.1.1 使用单位的准备工作	12
3.1.2 检验单位的准备工作	12
3.1.3 现场调查	13
3.2 检验方案的制定	14
3.2.1 容器结构形状	14
3.2.2 工作介质和工作温度	14
3.2.3 容器的安装位置	14
3.2.4 容器的制造方法	15
3.2.5 容器制造、安装使用状况	15
3.2.6 检验安全方面	15
3.2.7 方案的修改	15
3.3 现场安全准备工作	15

3.3.1	安全停车	15
3.3.2	系统隔断	16
3.3.3	置换清洗	16
3.3.4	取样分析	16
3.3.5	设备通风	17
3.3.6	切断有关电源	17
3.3.7	脚手架及容器清理	17
3.3.8	安全电源及照明	17
3.3.9	个人防护	17
3.4	其他安全事项	18
3.4.1	耐压试验和气密性试验	18
3.4.2	承压中的压力容器	18
3.4.3	快开门及液化石油气容器	18
3.4.4	几种有害物质的安全防护	19
3.4.5	HSE 作业计划书	20
第4章	压力容器的宏观检查	24
4.1	概述	24
4.1.1	压力容器宏观检查的目的及作用	24
4.1.2	压力容器宏观检查的主要内容	24
4.1.3	压力容器宏观检查参照的有关标准	30
4.2	宏观检验方法	30
4.2.1	压力容器宏观检查的人员资格要求	30
4.2.2	压力容器宏观检查的工具和设备	31
4.2.3	压力容器宏观检查方法	31
4.3	宏观检查缺陷的处理	34
第5章	理化检验	35
5.1	化学分析	35
5.1.1	分析试样的制备和前处理	35
5.1.2	常规化学分析法	37
5.1.3	电化学分析法	38
5.1.4	光学分析法	42
5.1.5	其他仪器分析简介	46
5.2	力学性能试验	48
5.2.1	拉伸试验	48
5.2.2	冲击试验	52
5.2.3	其他静载试验(工艺性试验)	55
5.2.4	焊接接头的力学性能试验	57
5.2.5	复检	63
5.3	金相检验	63
5.3.1	概述	63

5.3.2	钢的宏观检验	64
5.3.3	常见宏观缺陷及产生原因	64
5.3.4	金相显微组织检验	66
5.3.5	金属材料组织鉴别及评定	68
5.3.6	压力容器用钢板金相组织特点和在用压力容器材料金相组织中常见缺陷	76
5.4	压力容器检验中的硬度测定	88
5.4.1	硬度和硬度检验方法	88
5.4.2	布氏硬度	90
5.4.3	里氏硬度试验	94
5.4.4	维氏硬度	97
5.4.5	显微硬度	101
第6章	无损检测	105
6.1	无损检测概论	105
6.1.1	无损检测的定义与分类	105
6.1.2	无损检测的应用特点	105
6.1.3	压力容器无损检测标准	106
6.2	射线检测	106
6.2.1	射线照相法的原理	107
6.2.2	射线检测设备	109
6.2.3	射线照相工艺要点	110
6.3	超声检测	115
6.3.1	超声波的发生及其性质	115
6.3.2	超声检测原理	120
6.3.3	试块	121
6.3.4	超声检测工艺要点	123
6.3.5	JB 4730 标准规定的超声检测的适用范围	124
6.3.6	超声检测的特点	124
6.4	磁粉检测	125
6.4.1	磁粉检测原理	125
6.4.2	磁粉检测设备器材	127
6.4.3	磁粉检测工艺要点	128
6.4.4	JB 4730 标准规定的磁粉检测的适用范围	130
6.4.5	磁粉检测的特点	130
6.5	渗透检测	130
6.5.1	渗透检测的基本原理	130
6.5.2	渗透检测的分类	131
6.5.3	渗透检测的工艺要点	132
6.5.4	渗透检测的安全管理	133
6.5.5	JB 4730 标准规定的渗透检测的适用范围	133
6.5.6	渗透检测的特点	133

6.6	涡流检测	134
6.6.1	涡流检测的原理	134
6.6.2	涡流检测仪器和探头	135
6.6.3	涡流检测工艺要点	135
6.6.4	JB 4730 标准规定的涡流检测的适用范围	136
6.6.5	涡流检测的特点	136
6.7	声发射检测	136
6.7.1	声发射概念	136
6.7.2	声发射检测基本原理	138
6.7.3	声发射检测设备	141
6.7.4	声发射信号处理	145
6.7.5	压力容器声发射检验	151
6.7.6	声发射检测标准	154
6.8	无损检测方法的应用选择小结	155
6.8.1	压力容器制造过程中无损检测方法的选择	155
6.8.2	检测方法和检测对象的适应性	156
第7章	强度校核及应力测试	157
7.1	压力容器的强度校核	157
7.1.1	强度校核的力学基础	157
7.1.2	典型容器的强度校核	160
7.1.3	在用压力容器强度校核的注意事项	161
7.2	压力容器的其他校核方法	161
7.2.1	应力分析	161
7.2.2	含局部减薄压力容器的强度校核	163
7.3	工作应力测试	167
7.3.1	工作应力测试的主要方法——电测法	167
7.3.2	高温应力测试	168
7.4	压力容器的焊接残余应力测试	169
7.4.1	压力容器的焊接残余应力	169
7.4.2	残余应力的测试方法	169
第8章	压力试验	174
8.1	耐压试验	174
8.1.1	目的和作用	174
8.1.2	试验介质	175
8.1.3	试验温度	176
8.1.4	试验压力	176
8.1.5	试验程序	178
8.2	气密性试验	180
8.2.1	气密性试验的容器范围	180
8.2.2	气密性试验安全措施	181

8.2.3	气密性试验的要求	181
8.2.4	气密性试验的检查方法	181
8.2.5	试验升压程序及检查	182
第9章	安全状况等级评定	183
9.1	压力容器安全状况等级评定的目的和意义	183
9.2	压力容器安全状况等级评定的规定	184
9.3	压力容器安全状况等级评定的技术和管理基础	188
9.3.1	压力容器安全状况等级评定的原则	188
9.3.2	材料与压力容器安全状况等级评定	188
9.3.3	结构与压力容器安全状况等级评定	189
9.3.4	缺陷与压力容器安全状况等级评定	190
9.3.5	耐压试验与压力容器安全状况等级评定	194
第10章	其他检测技术	195
10.1	磁记忆检测技术	195
10.1.1	磁记忆检测技术原理	195
10.1.2	磁记忆检测仪器	195
10.1.3	磁记忆检测的应用	195
10.2	磁光/涡流成像 (MOI) 技术	198
10.2.1	概述	198
10.2.2	磁光涡流检测装置	199
10.2.3	磁光/涡流成像检测技术的适用范围及其优点	200
第11章	典型压力容器的全面检验	202
11.1	概述	202
11.2	液化石油气储罐检验	202
11.2.1	液化石油气储罐易出现的问题	202
11.2.2	检验重点和检验方案	202
11.3	加氢反应器检验	205
11.3.1	加氢反应器的特点和容易出现的问题	205
11.3.2	检验重点和检验方案	207
11.4	超高压水晶釜检验	209
11.4.1	检验的特点	209
11.4.2	检验重点和检验方案	209
11.4.3	筒体外径残余变形测定	211
11.4.4	安全附件校验	211
11.4.5	综合评定	211
11.5	炼油催化装置再生器的检验	212
11.5.1	再生器内部构件的检查	212
11.5.2	再生器的主要易损部位	213
11.5.3	烟气酸露点腐蚀	214
11.5.4	变形	215

11.5.5	建议及对策	215
11.6	氨合成塔、尿素合成塔的检验	215
11.6.1	设备概述	215
11.6.2	设备简介	216
11.6.3	设备特点	217
11.6.4	检验的一般内容	219
11.6.5	常见问题及检验重点	220
11.7	蒸压釜检验	222
11.7.1	概述	222
11.7.2	蒸压釜(以硅酸盐建筑制品为例)工作状态分析	223
11.7.3	蒸压釜常见缺陷及原因分析	224
11.7.4	蒸压釜检验	225
11.7.5	建议及对策	226
11.8	焦炭塔的定期检验	227
11.8.1	概述	227
11.8.2	焦炭塔的失效形式及特点	227
11.8.3	焦炭塔的定期检验	229
第12章	压力容器无损检测工艺	232
12.1	钢板的超声检测	232
12.1.1	技术要求	232
12.1.2	检测范围和检测灵敏度	233
12.1.3	扫查方式	234
12.1.4	缺陷的测定	234
12.1.5	缺陷评级	234
12.2	复合板的超声检测	235
12.2.1	技术要求	235
12.2.2	检测方法	235
12.2.3	未熔合、接合不良与接合良好的判别与测定	236
12.2.4	缺陷评级	238
12.3	钢锻件的超声检测	239
12.3.1	技术要求	239
12.3.2	扫描线比例与检测灵敏度调节	240
12.3.3	缺陷的测定	241
12.3.4	缺陷评级	242
12.4	堆焊层的检测	243
12.4.1	技术要求	243
12.4.2	探测面选择与检测灵敏度	245
12.4.3	缺陷的判别与测定	245
12.4.4	缺陷评级	246
12.5	对接焊缝的超声检测	246

12.5.1	技术要求	246
12.5.2	扫描线比例和检测灵敏度调节	248
12.5.3	扫查方式	251
12.5.4	缺陷位置及指示长度的测定	252
12.5.5	缺陷评级	254
12.6	T形焊缝及管座角焊缝超声检测	255
12.6.1	T形焊缝的超声检测	255
12.6.2	管座角焊缝超声检测	261
12.7	奥氏体不锈钢焊缝的超声检测	264
12.7.1	奥氏体不锈钢焊缝超声检测的主要困难	265
12.7.2	奥氏体不锈钢焊缝检测方法	265
12.8	多层容器焊缝检测	267
12.8.1	多层容器焊缝的结构特点及检测主要难点	267
12.8.2	多层容器焊缝检测方法	268

第 1 章 概 论

1.1 压力容器检验的意义

1.1.1 压力容器的使用现状

压力容器的使用涉及到国民经济和人民生活的各个方面，大到压力高达数百兆帕的反应容器、核容器和容积达 10000m^3 的储存容器，小到医院用的蒸煮锅及家庭用的液化气罐，涉及到包括航空、航天、核工业、石油、化工、交通、纺织、造纸等众多领域。

据 2003 年的统计显示，我国当时共有压力容器 122.2 万台，且每年出厂并投入使用的压力容器有 25 万台。近 10 年来的统计表明，我国压力容器总数正以平均每年 2.6 万台的速度增长，增长率为 2.4%。从统计数字来看，每年新出厂的压力容器中有相当大的一部分用于更换和替代旧设备。

改革开放以来由于我国对压力容器的安全监察工作不断加强，对压力容器的设计、制造、安装、使用、修理、改造、检验等环节的有效管理，使得压力容器的安全事故逐年下降。但是我国压力容器的每万台事故率与发达国家相比，仍有一定的差距，如果要赶上发达国家的水平，还有很长的路要走。这包括压力容器检验行业的技术水平提高和服务范围的扩大。

1.1.2 压力容器检验的意义及技术经济分析

压力容器的检验不同于一般的工业生产，它虽不产生直接的经济效益，但是在防止恶性事故的发生，保证人民生命财产安全方面的作用是巨大的。一次压力容器的爆炸事故所带来的损失，是千百次检验的费用所无法弥补的。因此可以说，压力容器的安全使用既是人民生命财产安全的保证，又是企业经济效益的保证。而压力容器的定期检验，是保证压力容器安全运行的有效手段之一。

据不完全统计，我国 1975~1989 年的 128 起压力容器爆炸事故中，90 起都是可以通过定期检验查出隐患并予以避免的。这 90 起事故造成的直接经济损失高达 4000 余万元，间接经济损失数倍于此，而对此类设备的定期检验费用只需约 20 万元。另外 38 起事故，是因管理不当造成的，而压力容器检验人员在压力容器安全管理上的经验无疑会对压力容器的使用者有所帮助。从以上事实可以看出，如果严格地实行压力容器定期检验制度，绝大多数压力容器的恶性事故是可以避免的。

我国对压力容器的全面定期检验是从 1980 年开始起步的，1982 年《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的颁布实施，标志着压力容器的定期检验已在全国范围内全面展开。随着压力容器检验的不断深入，压力容器的爆炸事故不断减少。据统计资料显示，我国压力容器的爆炸事故已从 1979 年的 7.9 起/万台下降到 2000 年的 0.5 起/万台。这组数据充分显示了定期检验对防止压力容器的爆炸事故带来的显著作用。

1.2 压力容器检验的历史及发展

1.2.1 压力容器检验的发展历史

据有关资料记载，我国解放前在上海成立了锅炉检验师协会，由检验师对压力容器进行

定期检验。在东北伪满时期的沈阳、哈尔滨曾设立机构进行监督管理。解放后国家只进行一般性管理，由于 1955 年的一起锅炉恶性爆炸事故，国务院于 1956 年成立了锅炉检查总局。1958 年撤销锅炉总局，在劳动保护局内设立锅炉处。1963 年重新成立锅炉局。1966 年文化大革命开始，业务中断。1978 年恢复锅炉局。1982 年国务院颁布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》使我国的压力容器检验进入了法制化的轨道。随着我国加入 WTO，压力容器的发展进入了一个新的历史时期。2000 年，我国政府的机构改革，原劳动部锅炉局并入国家技术监督局。

我国现代压力容器的定期检验有以下几个主要发展阶段：1981 年颁布的《压力容器安全监察规程》〔81〕劳总锅字 7 号〕为压力容器定期检验提供了法规基础。国务院 1982 年颁布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》（简称《条例》）〔国发（1982）22 号文〕为压力容器定期检验提供了法律依据，可以说《条例》的颁布，是我国现代压力容器定期检验的起始里程碑。1987 年《在用压力容器检验和缺陷处理意见》（劳人锅局〔1987〕43 号）是压力容器定期检验的第一个专业技术规程，在当时的压力容器定期检验中起到了非常大的作用，它除了对压力容器检验的内容做出有关规定外，还针对文革期间生产的大量严重不合格压力容器的处理提出了有效可行的解决方案。它既强调了压力容器定期检验的技术要求，又解决了不合格压力容器的停用造成企业停产的实际问题，在当时压力容器检验的起步阶段，有效地推动了压力容器定期检验的开展。它被压力容器检验工作者简称为“43 号文”。通过近 10 年的艰苦努力，到 20 世纪 80 年代末期我国压力容器的状况有了很大的改善，“43 号文”已完成了它的历史使命，于 1990 年被《在用压力容器检验规程》取代，1990 年至今它一直是压力容器定期检验的主要依据，对压力容器检验的制度化 and 规范化起到了巨大的作用。它被压力容器检验工作者们简称为《检规》。《压力容器安全监察规程》也于 1990 年被《压力容器安全技术监察规程》取代。1999 年对《压力容器安全技术监察规程》进行修订，修订后的《压力容器安全技术监察规程》更科学、更完善。1990 年版的《检规》对我国现代压力容器定期检验起到的作用是积极地、巨大地、不可估量地，可以说它是现代压力容器检验的基础。它对规范压力容器检验，保证压力容器安全运行，起到了重要的保障作用。但是随着条件的改变及技术的进步，《检规》在长期执行过程中也暴露出一些问题和不足，并且与 1999 年版的《压力容器安全技术监察规程》有许多不一致处。2004 年对《检规》进行了较大幅度的修改。修改时为了与其他特种设备检验法规一致，将《在用压力容器检验规程》更名为《压力容器定期检验规则》。《压力容器定期检验规则》于 2004 年 6 月 23 日颁布，2004 年 9 月 23 日开始实施。《压力容器定期检验规则》积极稳妥地吸纳科研、技术进步的成果，扩大了适用范围，考虑了各方面的意见。

1982 年至今的 20 多年间，我国压力容器定期检验技术也有了非常大的发展。首先，我国的压力容器设计、制造、使用技术有了很大的发展，这使得压力容器检验工作者对压力容器有关技术的认识上有了极大的提高，许多使用条件极其复杂的压力容器，我们都有了可靠而有效的检验方法。其次，我国的无损检测技术也得到了很大的发展，它带动了压力容器检验的进步，许多结构非常复杂的容器都已找到了有效的检测办法。我国压力容器定期检验技术与国际先进水平的差距已大大缩小。

1.2.2 压力容器检验的发展方向

从压力容器发展的历史及 21 世纪的经济的发展，我们可以预见到压力容器今后的发展。随着经济和生产水平的发展，石油化工生产装置将向大型化、高效率的方向发展，生产设备

将向低腐蚀、无泄漏的方向发展，长周期运行将是生产企业今后努力追求的目标。压力容器今后将越来越大，参数（主要指温度、压力等）会越来越高，内衬的使用也越来越广，结构更趋复杂（如更多的焊接结构会代替法兰结构），大量新型材质都会用于压力容器的制造。这些变化都对压力容器的定期检验提出了新的要求。高效触媒、催化剂的使用，高级保温材料的使用等都会使得常规的定期检验方法变得非常昂贵。这就要求定期检验技术有一个质的提高。新的《压力容器定期检验规则》也为从技术上解决此难题提供了法规上的依据。归纳起来，压力容器定期检验技术今后将在如下几个方面得到发展。

① 压力容器的高参数、大型化无疑会使得容器的结构尺寸越来越大，材料等级越来越高，新材料的使用越来越广泛，设计制造技术越来越复杂。检验员必须对其设计要求、制造工艺、材料特性和使用特点有一个比较全面的了解，才能有效地进行定期检验。

② 随着化工工艺的进步，高效触媒、催化剂的使用越来越广，同时，其价格也越来越昂贵，有效期也越来越长。有时为了定期检验取出触媒或催化剂会引起其失效，造成用户的经济损失。同样高效保温也有价格昂贵、拆装烦琐的问题。对于这一类压力容器如何在定期检验中既保证检验质量与压力容器的使用安全，同时又尽量减少用户的经济损失是今后检验技术发展应考虑到的重要问题。

③ 防腐衬里的大量采用给压力容器的定期检验带来新的问题。衬里层下开裂的检测目前还是一个普遍的难题，尤其是抗氢衬里的容器。

④ 许多高压、高温容器为了避免运行中的泄漏，采用全焊接结构，不设人孔，有的甚至没有手孔。这类压力容器如何定期检验，如何提高检验技术来保证这类压力容器的使用安全也是今后压力容器检验技术应解决的问题。

⑤ 越来越多的压力容器材料是在热处理状态下工作，其材料热处理效果如何，直接影响压力容器的运行安全。同样，这类容器在使用中其金相组织的时效或外界条件引起的变化，也会给压力容器的运行安全带来很大的影响。材料组织的检验技术，也是今后压力容器定期检验应解决的一个课题。

⑥ 随着压力容器的检验技术的发展，今后压力容器定期检验无疑将由单一设备检验向整个系统检验评价方向发展。目前发达国家普遍采用的基于风险的检验技术（RBI），就是这一发展的成果。

1.3 压力容器检验的有关法规及标准

1.3.1 国内压力容器检验法规标准介绍

压力容器检验的法律依据是《特种设备安全监察条例》（简称《条例》），然后是《压力容器安全技术监察规程》。压力容器定期检验的技术规程是《压力容器定期检验规则》。

《压力容器安全技术监察规程》中对压力容器的基本概念以及容器的主要参数都做了明确的规定，而《压力容器定期检验规则》则对压力容器的检验程序和基本内容做出了明确的规定，并明确了在用压力容器安全等级的评定方法，它们是在用压力容器检验的法规基础。

另外还有许多的压力容器有关技术标准应用于具体的容器检验中，主要有如下标准。

① 产品标准

GB 150—1998《钢制压力容器》；

GB 12337—1999《钢制球形储罐》；

GB/T 15386—1994《空冷式换热器》；
GB 151—1999《钢制管壳式换热器》；
GB 16409—1996《板式换热器》；
GB 16749—1997《压力容器波形膨胀节》；
JB 4710—1992《钢制塔式容器》；
JB 4731《钢制卧式容器》；
GB 18442—2001《低温绝热压力容器》；
GBJ 50094—1998《球形储罐施工及验收规范》；
GB 12130—1995《医用高压氧舱》；
JB/T 4734—2002《铝制焊接容器》；
JB/T 7261—1994《铝制板翅式换热器技术条件》；
JB/T 4745—2002《钛制焊接容器》。

② 材料标准

GB 6654—1996《压力容器用钢板》；
GB 3531—1996《低温压力容器用低合金钢钢板》；
JB 4726—2000《压力容器碳素钢和低合金钢锻件》；
JB 4727—2000《低温压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》；
JB 4728—2000《压力容器用不锈钢锻件》；
JB 4733—1996《压力容器爆炸不锈复合钢板》；
GB 6479—2000《高压化肥设备用高压无缝钢管》；
GB/T 12771—2000《流体输送用不锈钢焊接钢管》。

③ 零部件标准

JB/T 4700—2000《压力容器法兰分类与技术条件》；
JB/T 4701~4707—2000（法兰、垫片、螺柱）；
JB 4729—1994《旋压封头》；
JB 4746—2002《钢制压力容器用封头》。

④ 检验标准

GB/T 18182—2000《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》；
JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》。

⑤ 试验标准

GB 228—1987《金属拉伸试验方法》；
GB/T 229—1994《金属夏比缺口冲击试验方法》；
GB 232—1988《金属弯曲试验方法》；
GB/T 12778—1991《金属夏比冲击断口测定方法》；
GB/T 15823—1995《氨泄漏检验》；
GB/T 16775—1997《低温容器漏气速率测定方法》；
GB 3652—1995《金属管材高温拉伸试验方法》；
GB/T 4338—1995《金属材料 高温拉伸试验》；
GB 5775—1986《金属高温夏比冲击试验方法》等。

⑥ 焊接标准

JB 4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》；

JB 4709—2000《钢制压力容器焊接规程》。

在这些标准中，有关产品标准是压力容器检验中的直接参考，产品标准的核心是 JB 150，其他标准一般在检验中遇到问题时才有涉及。

1.3.2 美国压力容器检验标准介绍

美国的压力容器检验国家标准是 NBIC，全称是《National Board Inspection Code》。它对压力容器检验单位及人员的资格都做了规定，对压力容器检验的程序、方法及检验报告形式做了详细的规定。

美国石油学会 API 的标准 API std. 510《Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance, Inspection, Rating, Repair and Alteration》和 API RP 572《Inspection of Pressure Vessels (Towers, Drums, Reactors, Heat Exchangers and Condensers)》对石油化工企业中的压力容器检验规定得更为具体。

API 581《Risk-Based Inspection》译名为《基于风险的检验》反映了近年来国际上检验理念的进步，它系统地描述了用风险概念指导检验（RBI）的原理及方法，本书第 2 章 2.1 节将较详细地介绍这一概念。