

TSG

特种设备安全技术规范

TSG 21—2016

固定式压力容器安全技术 监察规程

Supervision Regulation on Safety Technology for
Stationary Pressure Vessel

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局颁布

2016年2月22日

前　　言

2013年7月，国家质量监督检验检疫总局(以下简称国家质检总局)特种设备安全监察局(以下简称特种设备局)下达制定《固定式压力容器安全技术监察规程》(以下简称《大容规》)的立项任务书，要求以原有的《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG R0004—2009)、《非金属压力容器安全技术监察规程》(TSG R0001—2004)、《超高压容器安全技术监察规程》(TSG R0002—2005)、《简单压力容器安全技术监察规程》(TSG R0003—2007)、《压力容器使用管理规则》(TSG R5002—2013)、《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2013)、《压力容器监督检验规则》(TSG R7004—2013)等七个规范为基础，形成关于固定式压力容器的综合规范。2013年8月，中国特种设备检测研究院(以下简称中国特检院)技术法规部组织有关专家成立了起草工作组和材料、非金属、超高压等专业小组，制订了《大容规》的起草工作方案，确定了《大容规》制定的原则、重点内容及主要问题、结构(章节)框架，并且就起草工作进行了具体分工，制订了起草工作时间表。起草工作组和各专业小组分别开展调研起草工作，召开多次研讨会，形成《大容规》(草案)。2013年12月，在北京召开起草工作组全体会议，经过讨论与修改，形成了《大容规》征求意见稿。2014年2月，特种设备局以质检特函〔2014〕5号文征求基层部门、有关单位和专家及公民的意见。2014年6月，起草工作组召开第二次会议，对征求到的意见进行研究讨论，形成送审稿。2014年7月，特种设备局将送审稿提交给国家质检总局特种设备安全技术委员会审议，起草工作组分别于2014年9月、10月、11月召开工作会议，对审议意见进行研究讨论，形成报批稿。2015年8月，《大容规》的报批稿由国家质检总局向WTO/TBT进行了通报。2015年11月，工作组回复了WTO/TBT的咨询意见。2016年2月22日，《大容规》由国家质检总局批准颁布。

《大容规》制定的基本原则是：

1. 以原有的压力容器七个规范为基础，进行合并以及逻辑关系上的理顺，统一并且进一步明确基本安全要求，形成关于固定式压力容器的综合规范。
2. 根据特种设备目录，调整适用范围，统一固定式压力容器的分类。
3. 根据行政许可改革的情况，调整各环节有关的行政许可要求。
4. 整理国家质检总局近年来针对压力容器安全监察的有关文件，汇总《固定式压力容器安全技术监察规程》宣贯、实施中存在的具体问题，收集网上咨询意见，增补相应内容，重点解决当前存在的突出问题。
5. 扩展材料范围，重点解决铸钢、铸铁压力容器材料技术要求(安全系数、化学

成分、力学性能和适用范围），增加非焊接瓶式容器高强钢材料技术要求。

6. 按照固定式压力容器各环节分章进行描述，每个环节的边界尽可能清晰，明确相应的主体责任(如明确耐压试验介质、压力、温度，无损检测方法、比例，热处理等技术要求由设计者提出并且放到相应设计章节)。

7. 理顺法规与标准的关系，整合、凝练固定式压力容器基本安全要求，将一些详细的技术内容放到相应的产品标准中去规定。

参加《大容规》起草工作的主要单位和人员：

中国特种设备检测研究院	寿比南	贾国栋	戚月娣
国家质检总局特种设备安全监察局	高继轩	李军	徐锋
	常彦衍		
全国锅炉压力容器标准化技术委员会	谢铁军	张勇	
合肥通用机械研究院	陈学东	崔军	章小浒
江苏省特种设备安全监督检验研究院	缪春生	强天鹏	
上海市特种设备监督检验技术研究院	汤晓英		
浙江大学	郑津洋		
中国石化工程建设有限公司	张迎恺		
中国特种设备安全与节能促进会	王晓雷		
兰州石油机械研究所	张延丰		
中国寰球工程公司	叶日新		
中国天辰工程有限公司	曲建平		
大连金州重型机器有限公司	刘静		
江苏省质量技术监督局	周国庆		
中石化洛阳工程有限公司	张国信		
中国石油化工股份有限公司	何承厚		
中国石油天然气股份有限公司炼油与化工分公司	宋晓江		
上海华理安全装备有限公司	吴全龙		
大连理工大学	喻建良		
中国工业防腐蚀技术协会	张炎明		
天华化工机械及自动化研究设计院有限公司	桑临春		
国家塑料制品质量监督检验中心(福州)	郑伟义		

非金属压力容器专业起草小组的主要单位和人员：张炎明、寿比南、桑临春、戚月娣、郑伟义，冀州市中意复合材料有限公司李国树，南通山剑石墨设备有限公

司姚建，温州赵氟隆有限公司陈国龙，南通久信石墨科技开发有限公司仇晓丰，南京新核复合材料有限公司李忠江，中国工业防腐蚀技术协会王国琨，上海贤达美尔森过程设备有限公司宋广澄、汪家军，昊华中意玻璃钢有限公司吕会敏，西格里石墨技术(上海)有限公司左锦富，河北可耐特玻璃钢有限公司曹行真，阿丽贝(鞍山)塑料防腐设备有限公司关玉华。

超高压容器专业起草小组的主要单位和人员：寿比南、郑津洋、贾国栋，全国锅炉压力容器标准化技术委员会杨国义、陈志伟、陈朝晖，浙江大学施建峰、李涛，中原特钢股份有限公司范志霞，内蒙古北方重工业集团有限公司许锐冰，中国石化工程建设有限公司丁利伟，浙江省特种设备检测研究院郭伟灿，江苏省特种设备安全监督检验研究院马歆，四川省特种设备检测研究院彭军，湖北特种设备检验检测研究院吴遵红、李新成，河南省锅炉压力容器安全检测研究院曹志红，台州市特种设备监督检验中心李隆骏，中国电子元件行业协会压电晶体材料分会姜连生、章怡、华大辰，北京石晶光电有限责任公司济源水晶厂杨卫东，四川省荣经晶冠电子有限公司蔡国钦。

压力容器材料专业起草小组的主要单位和人员：张勇、章小浒，全国锅炉压力容器标准化技术委员会杨国义，中国特种设备检测研究院徐彤、尹立军、石坤，中国石化工程建设有限公司段瑞。

目 录

1 总则.....	(1)
2 材料.....	(4)
3 设计.....	(14)
4 制造.....	(32)
5 安装、改造与修理.....	(46)
6 监督检验.....	(48)
7 使用管理.....	(62)
8 定期检验.....	(71)
9 安全附件及仪表.....	(96)
10 附则.....	(99)
 附件 A 固定式压力容器分类.....	(100)
附件 B 压力容器产品合格证.....	(104)
附表 b 固定式压力容器产品数据表.....	(105)
附件 C 压力容器产品铭牌.....	(106)
附件 D 特种设备代码编号方法.....	(108)
附件 E 特种设备监督检验联络单.....	(110)
附件 F 特种设备监督检验意见通知书	(111)
附件 G 特种设备监督检验证书(样式)	(112)
附件 H 压力容器年度检查报告.....	(117)
附件 J 压力容器定期检验报告	(118)
附件 K 特种设备定期检验意见通知书	(120)
 相关规章和规范历次制(修)订情况.....	(122)

固定式压力容器安全技术监察规程

1 总 则

1.1 目的

为了保障固定式压力容器安全使用，预防和减少事故，保护人民生命和财产安全，促进经济社会发展，根据《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》，制定本规程。

1.2 固定式压力容器

固定式压力容器是指安装在固定位置使用的压力容器(以下简称压力容器，注1-1)。

注 1-1：对于为了某一特定用途、仅在装置或者场区内部搬动、使用的压力容器，以及可移动式空气压缩机的储气罐等按照固定式压力容器进行监督管理；过程装置中作为工艺设备的压力容器设计制造的余热锅炉依据本规程进行监督管理。

1.3 适用范围

本规程适用于特种设备目录所定义的、同时具备以下条件的压力容器：

- (1) 工作压力大于或者等于 0.1 MPa(注 1-2)；
- (2) 容积大于或者等于 0.03 m³ 并且内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)大于或者等于 150 mm(注 1-3)；
- (3) 盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体(注 1-4)。

注 1-2：工作压力，是指在正常工作情况下，压力容器顶部可能达到的最高压力(表压力)。

注 1-3：容积，是指压力容器的几何容积，即由设计图样标注的尺寸计算(不考虑制造公差)并且圆整。一般需要扣除永久连接在压力容器内部的内件的体积。

注 1-4：容器内介质为最高工作温度低于其标准沸点的液体时，如果气相空间的容积大于或者等于 0.03 m³ 时，也属于本规程的适用范围。

1.4 适用范围的特殊规定

压力容器使用单位应当参照本规程第 7 章“使用管理”的有关规定，负责实施本条范围内压力容器的安全管理。

1.4.1 只需要满足本规程总则、材料、设计、制造要求的压力容器

本规程适用范围内的以下压力容器，只需要满足本规程第 1 章至第 4 章的规定：

- (1) 深冷装置中非独立的压力容器、直燃型吸收式制冷装置中的压力容器、铝制

板翅式热交换器、过程装置中冷箱内的压力容器；

- (2) 盛装第二组介质(注 1-5)的无壳体的套管热交换器；
- (3) 超高压管式反应器。

注 1-5：压力容器介质分组见本规程附件 A。

1.4.2 只需要满足本规程总则、设计、制造要求的压力容器

本规程适用范围内的以下压力容器，只需要满足本规程第 1、3、4 章的规定：

- (1) 移动式空气压缩机的储气罐；
- (2) 水力自动补气气压给水(无塔上水)装置中的气压罐，消防装置中的气体或者气压给水(泡沫)压力罐；
- (3) 水处理设备中的离子交换或者过滤用压力容器、热水锅炉用膨胀水箱；
- (4) 蓄能器承压壳体。

1.5 不适用范围

本规程不适用于以下容器：

- (1) 移动式压力容器、气瓶、氧舱；
- (2) 军事装备、核设施、航空航天器、铁路机车、海上设施和船舶以及矿山井下使用的压力容器；
- (3) 正常运行工作压力小于 0.1 MPa 的容器(包括与大气连通的在进料或者出料过程中需要瞬时承受压力大于或者等于 0.1 MPa 的容器)；
- (4) 旋转或者往复运动的机械设备中自成整体或者作为部件的受压器室(如泵壳、压缩机外壳、涡轮机外壳、液压缸、造纸轧辊等)；
- (5) 板式热交换器、螺旋板热交换器、空冷式热交换器、冷却排管；
- (6) 常压容器的蒸汽加热盘管、过程装置中的管式加热炉；
- (7) 电力行业专用的全封闭式组合电器(如电容压力容器)；
- (8) 橡胶行业使用的轮胎硫化机以及承压的橡胶模具；
- (9) 无增强的塑料制压力容器。

1.6 压力容器范围的界定

本规程适用的压力容器，其范围包括压力容器本体、安全附件及仪表。

1.6.1 压力容器本体

压力容器的本体界定在以下范围内：

- (1) 压力容器与外部管道或者装置焊接(粘接)连接的第一道环向接头的坡口面、螺纹连接的第一个螺纹接头端面、法兰连接的第一个法兰密封面、专用连接件或者管件连接的第一个密封面；
- (2) 压力容器开孔部分的承压盖及其紧固件；

(3) 非受压元件与受压元件的连接焊缝。

压力容器本体中的主要受压元件，包括筒节(含变径段)、球壳板、非圆形容器的壳板、封头、平盖、膨胀节、设备法兰，热交换器的管板和换热管，M36以上(含M36)螺柱以及公称直径大于或者等于250 mm的接管和管法兰。

1.6.2 安全附件及仪表

压力容器的安全附件，包括直接连接在压力容器上的安全阀、爆破片装置、易熔塞、紧急切断装置、安全联锁装置。

压力容器的仪表，包括直接连接在压力容器上的压力、温度、液位等测量仪表。

1.7 压力容器分类

根据危险程度，本规程适用范围内的压力容器划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类(注1-6)，压力容器分类方法见附件A。

注1-6：本规程划分的第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类压力容器等同于特种设备目录品种中的第一、二、三类压力容器，本规程中超高压容器划分为第Ⅲ类压力容器。

1.8 与技术标准、管理制度的关系

(1) 本规程规定了压力容器的基本安全要求，有关压力容器的技术标准、管理制度等，不得低于本规程的要求；

(2) 压力容器的设计、制造、安装、改造和修理应当同时符合本规程及相应压力容器产品标准(以下简称产品标准)的规定。

1.9 不符合本规程时的特殊处理规定

采用新材料、新技术、新工艺以及有特殊使用要求的压力容器，与本规程的要求不一致，或者本规程未作要求、可能对安全性能有重大影响的，相关单位应当提供有关设计、研究、试验的依据、数据、结果及其检验检测报告等技术资料，向国家质量监督检验检疫总局(以下简称国家质检总局)申报，由国家质检总局委托安全技术咨询机构或者相关专业机构进行技术评审，评审结果经过国家质检总局批准，方可投入生产、使用。

1.10 协调标准与引用标准(注1-7)

满足本规程基本安全要求的标准称为本规程的协调标准。本规程的主要协调标准如下：

- (1) GB 150《压力容器》；
- (2) GB/T 151《热交换器》；
- (3) GB 12337《钢制球形储罐》；
- (4) NB/T 47011《铝制压力容器》；

- (5) NB/T 47041《塔式容器》；
- (6) NB/T 47042《卧式容器》；
- (7) JB 4732《钢制压力容器——分析设计标准》；
- (8) JB/T 4734《铝制焊接容器》；
- (9) JB/T 4745《钛制焊接容器》；
- (10) JB/T 4755《铜制压力容器》；
- (11) JB/T 4756《镍及镍合金制压力容器》。

本规程指定采用的基础性标准称为本规程的引用标准，如介质标准、材料标准、方法标准、零部件标准等。

注 1-7：本规程的协调标准或者引用标准中，凡是注明年号的，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或者修订版均不适用于本规程；凡是不注明年号的，其最新版本适用于本规程。

1.11 监督管理

压力容器的设计、制造、安装、改造、修理、使用单位和检验、检测等机构应当严格执行本规程，接受各级人民政府负责特种设备监督管理的部门(以下简称特种设备安全监管部门)的监督管理，并且按照特种设备信息化管理的规定，及时将所要求的数据输入特种设备信息化管理系统。

2 材 料

2.1 材料通用要求

2.1.1 基本要求

(1) 压力容器的选材应当考虑材料的力学性能、物理性能、工艺性能和与介质的相容性；

(2) 压力容器材料的性能、质量、规格与标志，应当符合相应材料的国家标准或者行业标准的规定；

(3) 压力容器材料制造单位应当在材料的明显部位作出清晰、牢固的出厂钢印标志或者采用其他可以追溯的标志；

(4) 压力容器材料制造单位应当向材料使用单位提供质量证明书，材料质量证明书的内容应当齐全、清晰并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章；

(5) 压力容器制造、改造、修理单位从非材料制造单位取得压力容器材料时，应当取得材料制造单位提供的质量证明书原件或者加盖了材料经营单位公章和经办负责人签字(章)的复印件；

(6) 压力容器制造、改造、修理单位应当对所取得的压力容器材料及材料质量证

明书的真实性和一致性负责；

(7) 非金属压力容器制造单位应当有可靠的方法确定原材料或者压力容器成型后的材质在腐蚀环境下使用的可靠性，必要时进行试验验证。

2.1.2 境外牌号材料的使用

2.1.2.1 境外材料制造单位制造的材料

(1) 境外牌号材料应当是境外压力容器现行标准规范允许使用并且境外已有在相似工作条件下使用实例的材料，其使用范围应当符合相应标准规范的规定；

(2) 境外牌号材料的性能不得低于本规程的基本要求(如磷、硫含量，冲击试样的取样部位、取样方向和冲击吸收能量指标，断后伸长率等)；

(3) 材料质量证明书应当满足本规程 2.1.1 的规定；

(4) 压力容器制造、改造、修理单位应当对实物材料与材料质量证明书进行审查，并且对主要受压元件材料的化学成分和力学性能进行验证性复验，复验结果实测值符合本规程以及相应材料标准的要求后，方可投料使用；

(5) 用于焊接结构压力容器受压元件的材料，压力容器制造、改造、修理单位在首次使用前，应当掌握材料的焊接性能并且进行焊接工艺评定；

(6) 主要受压元件采用未列入本规程协调标准的标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢，或者用于设计温度低于 -40℃ 的低合金钢，材料制造单位应当按照本规程 1.9 的规定通过新材料技术评审，方可允许使用。

2.1.2.2 境内材料制造单位制造的钢板(带)

境内材料制造单位制造的境外牌号钢板(带)，应当符合本规程 2.1.2.1 的各项要求，并且应当制定企业标准。

2.1.2.3 境外牌号材料的选用

设计单位若选用境外牌号的材料，在设计文件中应当注明其满足 2.1.2.1 中的各项要求。

2.1.3 新材料的使用

2.1.3.1 未列入本规程协调标准的材料

主要受压元件采用未列入本规程协调标准的材料，试制前材料的研制单位应当进行系统的试验研究工作，并且按照本规程 1.9 的规定通过新材料技术评审。

2.1.3.2 材料制造单位首次制造的钢材

材料制造单位首次制造用于压力容器的标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢，或者用于压力容器设计温度低于 -40℃ 的低合金钢，应当按照本规程 1.9 的规定通过新材料技术评审。

2.1.4 材料投用和标志移植

(1) 压力容器制造、改造、修理单位应当保证所使用的压力容器材料符合本规程

的要求，并且在材料进货检验时审查材料质量证明书和材料标志；对不能确定质量证明书的真实性或者对性能、化学成分有怀疑的主要受压元件材料，应当进行复验，确认符合本规程及相应材料标准的要求后，方可投料使用；

- (2)对于外购的第Ⅲ类压力容器用Ⅳ级锻件，应当进行复验；
- (3)用于压力容器受压元件的材料在分割前应当进行标志移植，保证材料具有可追溯性。

2.1.5 材料代用

压力容器制造、改造、修理单位对受压元件的材料代用，应当事先取得原设计单位的书面批准，并且在竣工图上做详细记录。

2.2 金属材料技术要求

2.2.1 钢材技术要求

2.2.1.1 熔炼方法

压力容器受压元件用钢，应当是氧气转炉或者电炉冶炼的镇静钢。对标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢钢板和奥氏体-铁素体不锈钢钢板，以及用于设计温度低于-20℃的低温钢板和低温钢锻件，还应当采用炉外精炼工艺。

2.2.1.2 化学成分(熔炼分析)

2.2.1.2.1 用于焊接的碳素钢和低合金钢

碳素钢和低合金钢钢材碳(C)、磷(P)、硫(S)的含量，C≤0.25%、P≤0.035%、S≤0.035%。

2.2.1.2.2 压力容器专用钢中的碳素钢和低合金钢

压力容器专用钢中的碳素钢和低合金钢(钢板、钢管和钢锻件)，其磷、硫含量应当符合以下要求：

- (1) 标准抗拉强度下限值小于或者等于 540MPa 的钢材，P≤0.030%、S≤0.020%；
- (2) 标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的钢材，P≤0.025%、S≤0.015%；
- (3) 用于设计温度低于 -20℃ 并且标准抗拉强度下限值小于或者等于 540MPa 的钢材，P≤0.025%、S≤0.012%；
- (4) 用于设计温度低于 -20℃ 并且标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的钢材，P≤0.020%、S≤0.010%。

2.2.1.3 力学性能

2.2.1.3.1 冲击吸收能量

厚度不小于 6mm 的钢板、直径和厚度可以制备宽度为 5mm 小尺寸冲击试样的钢管、任何尺寸的钢锻件，按照设计要求的冲击试验温度下的 V 型缺口试样冲击吸

收能量(KV_2)指标应当符合表 2-1 的规定。

表 2-1 碳素钢和低合金钢(钢板、钢管和钢锻件)冲击吸收能量(注 2-1)

钢材标准抗拉强度下限值 R_m (MPa)	3 个标准试样冲击吸收能量平均值 KV_2 (J)
≤ 450	≥ 20
$> 450 \sim 510$	≥ 24
$> 510 \sim 570$	≥ 31
$> 570 \sim 630$	≥ 34
$> 630 \sim 690$	≥ 38 (且侧膨胀值 $LE \geq 0.53\text{mm}$)
> 690	≥ 47 (且侧膨胀值 $LE \geq 0.53\text{mm}$)

注 2-1:

- (1) 试样取样部位和方向应当符合相应钢材标准的规定;
- (2) 冲击试验每组取 3 个标准试样(宽度为 10mm), 允许 1 个试样的冲击吸收能量数值低于表列数值, 但不得低于表列数值的 70%;
- (3) 当钢材尺寸无法制备标准试样时, 则应当依次制备宽度为 7.5mm 和 5mm 的小尺寸冲击试样, 其冲击吸收能量指标分别为标准试样冲击吸收能量指标的 75% 和 50%;
- (4) 钢材标准中冲击吸收能量指标高于表 2-1 规定的钢材, 还需要符合相应钢材标准的规定。

2.2.1.3.2 断后伸长率

- (1) 压力容器受压元件用钢板、钢管和钢锻件的断后伸长率(A)应当符合本规程以及相应钢材标准的规定;
- (2) 焊接结构用碳素钢、低合金高强度钢和低合金低温钢钢板, 其断后伸长率指标应当符合表 2-2 的规定;
- (3) 采用不同尺寸试样的断后伸长率指标, 应当按照 GB/T 17600.1《钢的伸长率换算 第 1 部分: 碳素钢和低合金钢》和 GB/T 17600.2《钢的伸长率换算 第 2 部分: 奥氏体钢》进行换算, 换算后的指标应当符合本条规定。

表 2-2 钢板断后伸长率指标(注 2-2)

钢板标准抗拉强度下限值 R_m (MPa)	断后伸长率 A (%)
≤ 420	≥ 23
$> 420 \sim 550$	≥ 20
$> 550 \sim 680$	≥ 17
> 680	≥ 16

注 2-2：钢板标准中断后伸长率指标高于本表规定的，还应当符合相应钢板标准的规定。

2.2.1.4 钢板超声检测

2.2.1.4.1 检测要求

厚度大于或者等于 12mm 的碳素钢和低合金钢钢板(不包括多层压力容器的层板)用于制造压力容器主要受压元件时，凡符合下列条件之一的，应当逐张进行超声检测：

- (1) 盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的；
- (2) 在湿 H₂S 腐蚀环境中使用的；
- (3) 设计压力大于或者等于 10MPa 的；
- (4) 产品标准或者设计者要求逐张进行超声检测的。

2.2.1.4.2 检测合格标准

钢板超声检测应当按照 NB/T 47013《承压设备无损检测》的规定进行。符合本规程 2.2.1.4.1 第(1)项至第(3)项的钢板，合格等级不低于Ⅱ级；符合本规程 2.2.1.4.1 第(4)项的钢板，合格等级按照相应产品标准或者设计文件的规定。

2.2.1.5 超高压容器用钢专项要求

2.2.1.5.1 化学成分(熔炼分析)

超高压容器用钢锻件，应当经炉外精炼工艺冶炼并且经真空处理，P ≤ 0.012%、S ≤ 0.005%，并且严格限定钢中氢(H)、氧(O)、氮(N)气体含量及砷(As)、锡(Sn)、锑(Sb)、铅(Pb)、铋(Bi)等有害痕量元素的含量。

2.2.1.5.2 力学性能

超高压容器受压元件用钢锻件的制造单位，应当提供室温力学性能，包括屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、断面收缩率、夏比(V型缺口)冲击吸收能量和侧膨胀值，以及设计温度下材料的屈服强度、抗拉强度、断后伸长率和断面收缩率。其中 KV₂ ≥ 47J，LE ≥ 0.53mm，当 R_m ≤ 880MPa 时，A ≥ 16%；当 R_m > 880MPa 时，A ≥ 14%。

当改变冶炼、锻造或者热处理工艺时，还应当提供锻件的断裂韧性(K_{IC})和韧

脆转变温度(FATT50)，其中 $K_{IC} \geq 130 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 。

2.2.1.6 非焊接瓶式容器用钢专项要求(注 2-3)

2.2.1.6.1 瓶体用钢材

2.2.1.6.1.1 冶炼和热处理

(1) 瓶体用钢材应当采用电炉或者氧气转炉冶炼，加炉外精炼并且经过真空处理；

(2) 瓶体在加工成型以后，进行调质(淬火+回火)热处理，热处理后的瓶体金相组织应当为回火索氏体。

2.2.1.6.1.2 化学成分和力学性能

(1) 盛装氢气、天然气和甲烷等压缩气体用瓶式容器，其瓶体用钢材化学成分， $C \leq 0.35\%$ 、 $P \leq 0.015\%$ 、 $S \leq 0.008\%$ ；经热处理后瓶体力学性能， $R_m \leq 880 \text{ MPa}$ 、屈强比(R_{eL}/R_m ， R_{eL} 为屈服强度) ≤ 0.86 、 $A \geq 20\%$ ；设计要求的冲击试验温度下的 $KV_2 \geq 47 \text{ J}$ ， $LE \geq 0.53 \text{ mm}$ ，横向取样；

(2) 盛装本条第(1)项以外其他压缩气体用瓶式容器，其瓶体用钢材化学成分， $P \leq 0.020\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ ；经热处理后瓶体力学性能， $R_m \leq 1060 \text{ MPa}$ 、 $R_{eL}/R_m \leq 0.90$ 、 $A \geq 16\%$ ；设计要求的冲击试验温度下的 $KV_2 \geq 47 \text{ J}$ ， $LE \geq 0.53 \text{ mm}$ ，横向取样。

2.2.1.6.1.3 超声检测

瓶体用钢材应当按照 NB/T 47013 进行 100%超声检测，合格级别为 I 级。

2.2.1.6.2 端塞用钢材

端塞用钢材应当与瓶体材料相匹配并且采用钢锻件，钢锻件应当符合 NB/T 47008《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》、NB/T 47009《低温承压设备用低合金钢锻件》或者 NB/T 47010《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》的规定。与介质接触并且公称直径大于或者等于 50mm 的钢锻件，不得低于Ⅲ级；其余锻件，不得低于Ⅱ级。

2.2.1.7 储气井用钢专项要求

2.2.1.7.1 井管和接箍用钢管

力学性能应当符合以下要求：

(1) 当标准抗拉强度下限值 $689 \text{ MPa} < R_m \leq 750 \text{ MPa}$ 时， $R_{eL}/R_m \leq 0.90$ ，断后伸长率 $A \geq 18\%$ ，设计要求的冲击试验温度下的 $KV_2 \geq 41 \text{ J}$ (横向取样，下同)， $LE \geq 0.53 \text{ mm}$ ；

(2) 当 $750 \text{ MPa} < R_m \leq 810 \text{ MPa}$ 时， $R_{eL}/R_m \leq 0.91$ 、 $A \geq 17\%$ 、 $KV_2 \geq 47 \text{ J}$ ， $LE \geq 0.53 \text{ mm}$ ；

(3) 当 $810 \text{ MPa} < R_m \leq 870 \text{ MPa}$ 时， $R_{eL}/R_m \leq 0.93$ 、 $A \geq 15\%$ 、 $KV_2 \geq 54 \text{ J}$ ， $LE \geq$

0.53mm。

2.2.1.7.2 井口装置与井底装置用钢材

储气井井口装置与井底装置的主要受压元件的材料，应当采用 Cr-Mo 钢锻件，级别为Ⅲ级以上(包括Ⅲ级)，符合 NB/T 47008 的要求。

2.2.1.8 简单压力容器用钢专项要求

简单压力容器用碳素钢应当满足以下要求：

- (1) 供货状态为热轧或者正火的镇静钢；
- (2) 化学成分，C≤0.25%、S≤0.045%、P≤0.045%；
- (3) 室温下标准抗拉强度下限值小于 510MPa。

注 2-3：非焊接瓶式容器、储气井、简单压力容器的含义见附件 A。

2.2.2 复合钢板专项要求

压力容器用复合钢板应当按照产品标准的规定选用，并且符合以下要求：

- (1) 复合钢板复合界面的结合剪切强度，不锈钢-钢复合板不小于 210MPa，镍-钢复合板不小于 210MPa，钛-钢复合板不小于 140MPa，铜-钢复合板不小于 100MPa，锆-钢复合板不小于 140MPa；
- (2) 复合钢板基层材料的使用状态符合产品标准的规定；
- (3) 碳素钢和低合金钢基层材料(包括钢板和钢锻件)按照基层材料标准的规定进行冲击试验，冲击吸收能量合格指标符合基层材料标准或者订货合同的规定。

2.2.3 铸铁容器技术要求

2.2.3.1 铸铁材料的使用限制

铸铁不得用于制造盛装毒性危害程度为极度、高度或者中度危害介质，以及设计压力大于或者等于 0.15MPa 的易爆介质压力容器的受压元件，也不得用于制造管壳式余热锅炉的受压元件，不允许拼接、焊补。

压力容器允许选用以下铸铁材料：

- (1) 灰铸铁，牌号为 HT200、HT250、HT300 和 HT350；
- (2) 球墨铸铁，牌号为 QT350-22R、QT350-22L、QT400-18R 和 QT400-18L。

2.2.3.2 铸铁容器设计压力、温度限制

- (1) 灰铸铁容器，设计压力不大于 0.8MPa，设计温度范围为 10℃ ~ 200℃；
- (2) 球墨铸铁容器，设计压力不大于 1.6MPa，QT350-22R 和 QT400-18R 的设计温度范围为 0℃ ~ 300℃，QT400-18L 的设计温度范围为 -10℃ ~ 300℃，QT350-22L 的设计温度范围为 -20℃ ~ 300℃。

2.2.4 铸钢容器技术要求

2.2.4.1 铸钢材料的使用限制

铸钢不得用于制造盛装毒性危害程度为极度、高度或者中度危害介质，湿 H₂S

腐蚀环境，以及设计压力大于或者等于 0.4MPa 的易爆介质压力容器的受压元件。

2.2.4.2 铸钢材料的冶炼和化学成分

铸钢应当是采用电炉或者氧气转炉冶炼的镇静钢，其化学成分(熔炼分析)中的 P≤0.035%、S≤0.035%；可焊铸钢材料化学成分中的 C≤0.25%、P≤0.025%、S≤0.025%；高合金奥氏体耐热铸钢还应当采用炉外精炼工艺或者电渣重熔，其化学成分中的 P≤0.035%、S≤0.020%。

2.2.4.3 铸钢材料的性能

压力容器受压元件用铸钢应当在相应的材料国家标准或者行业标准中选用，并且在产品质量证明书中注明铸造选用的材料牌号。其室温下标准抗拉强度下限值小于 540MPa、A≥17%；设计温度下的 KV₂≥27J。

2.2.4.4 铸钢容器设计压力、温度限制

(1) 碳钢或者低合金碳锰钢容器，设计压力不大于 2.5MPa，设计温度范围为 -20℃～400℃；

(2) 低合金铬钼钢容器，设计压力不大于 4.0MPa，设计温度范围为 0℃～450℃；

(3) 高合金奥氏体耐热钢容器，设计压力不大于 4.0MPa，设计温度上限参考同牌号锻钢。

2.2.5 有色金属容器技术要求

2.2.5.1 通用要求

压力容器用有色金属(铝、钛、铜、镍、锆及其合金等)应当符合以下要求：

(1) 用于制造压力容器的有色金属，其技术要求符合产品标准的规定，如有特殊要求，需要在设计图样或者相应的技术文件中注明；

(2) 压力容器制造单位建立严格的保管制度，并且设专门场所，与碳钢、低合金钢分开存放。

2.2.5.2 铝和铝合金容器

铝和铝合金用于压力容器受压元件时，应当符合以下要求：

(1) 设计压力不大于 16MPa；

(2) 含镁量大于或者等于 3% 的铝合金(如 5083、5086)，其设计温度范围为 -269℃～65℃；其他牌号的铝和铝合金，其设计温度范围为 -269℃～200℃。

2.2.5.3 铜和铜合金容器

纯铜和黄铜用于压力容器受压元件时，其设计温度不高于 200℃。

2.2.5.4 钛和钛合金容器

钛和钛合金用于压力容器受压元件时，应当符合以下要求：

(1) 钛和钛合金的设计温度不高于 315℃，钛-钢复合板的设计温度不高于

350℃；

(2) 用于制造压力容器壳体的钛和钛合金在退火状态下使用。

2.2.5.5 镍和镍合金容器

镍和镍合金用于压力容器受压元件时，应当在退火或者固溶状态下使用。

2.2.5.6 钇、锆、铌及其合金容器

钽、锆、铌及其合金用于压力容器受压元件时，应当在退火状态下使用。钽和钽合金设计温度不高于 250℃，锆和锆合金设计温度不高于 375℃，铌和铌合金设计温度不高于 220℃。

2.2.6 焊接材料

(1) 用于压力容器受压元件焊接的材料，应当保证焊缝金属的拉伸性能满足母材标准规定的下限值，冲击吸收能量满足本规程表 2-1 的规定；当需要时，其他性能也不得低于母材的相应要求；

(2) 焊接材料应当满足相应焊材标准和产品标准的要求，并且附有质量证明书和清晰、牢固的标志；

(3) 压力容器制造、改造、修理单位应当建立并且严格执行焊接材料验收、复验、保管、烘干、发放和回收制度。

2.3 非金属材料技术要求

2.3.1 石墨压力容器材料

2.3.1.1 石墨材料的一般要求

(1) 用于制造压力容器的石墨材料应当进行工艺评定（包括浸渍工艺评定和复合物材料成型工艺评定），工艺评定报告(CMQ)和工艺评定规程(CMS)应当由制造单位技术负责人批准，经过监督检验人员确认；对于评定合格的工艺和材料，应当定期进行验证（每 6 个月至少一次）；

(2) 用于制造压力容器的石墨材料和粘接剂，应当与工艺评定规程中规定的材料相一致，并且具有可追溯性；

(3) 用于制造石墨材料和粘接剂的原材料，应当在工艺评定报告中记录其来源和等级。

2.3.1.2 石墨材料的性能要求

石墨材料的力学性能应当符合表 2-3 的要求。

表 2-3 石墨材料力学性能要求

项 目	合成树脂浸渍 石墨管	合成树脂浸渍 石墨块	合成树脂压型 石墨管
室温下最低抗拉强度	26 MPa	14 MPa	10 MPa
205℃下最低抗拉强度	21 MPa	11 MPa	6 MPa
最低抗弯强度	39 MPa	—	35 MPa
最低抗压强度	69 MPa	45 MPa	31 MPa
最高渗透系数	$2.9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	$2.9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	$2.9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$

2.3.1.3 粘接剂要求

粘接剂应当进行性能评定，粘接剂力学性能应当符合表 2-4 的要求。

表 2-4 粘接剂力学性能要求

项 目	粘接剂(注 2-4)材料
室温下最低抗拉强度	10 MPa
205℃下最低抗拉强度	6 MPa

注 2-4：粘接剂指石墨填充料、合成树脂和固化剂的混合物。

2.3.2 纤维增强塑料压力容器材料

2.3.2.1 纤维增强材料

用于制造纤维增强塑料压力容器的纤维增强材料应当与树脂有良好的浸润性，并且满足设计要求。制造单位应当检测纤维最小强度，其值不得小于纤维制品标称性能的 90%。

2.3.2.2 树脂基体

用于制造纤维增强塑料压力容器的树脂应当与设计文件的选材一致，使用前应当复验其热变形温度，其值应当高于压力容器设计温度 20℃以上。

2.3.2.3 粘接材料性能要求

粘接所用材料的性能不得低于被粘接元件所用材料的性能。

2.3.2.4 热塑性塑料衬里

热塑性塑料衬里与纤维增强塑料结构层的层间剪切强度不得小于 5MPa。

3 设 计

3.1 设计通用要求

3.1.1 设计单位许可资质与责任

- (1)设计单位及其主要负责人对压力容器的设计质量负责；
- (2)压力容器设计单位的资质、设计类别、品种和范围应当符合有关安全技术规范的规定；
- (3)压力容器的设计应当符合本规程的基本安全要求，对于采用国际标准或者境外标准设计的压力容器，进行设计的单位应当向国家质检总局提供设计文件符合本规程基本安全要求的符合性申明及比照表；
- (4)设计单位应当向设计委托方提供本规程 3.1.4.1 规定的设计文件。

3.1.2 设计专用章

- (1)压力容器的设计总图上，必须加盖设计单位设计专用印章(复印章无效)，已加盖竣工图章的图样不得用于制造压力容器；
- (2)压力容器设计专用章中至少包括设计单位名称、相应资质证书编号、主要负责人、技术负责人等内容。

3.1.3 设计条件

压力容器的设计委托方应当以正式书面形式向设计单位提出压力容器设计条件。设计条件至少包含以下内容：

- (1)操作参数(包括工作压力、工作温度范围、液位高度、接管载荷等)；
- (2)压力容器使用地及其自然条件(包括环境温度、抗震设防烈度、风和雪载荷等)；
- (3)介质组分与特性；
- (4)预期使用年限；
- (5)几何参数和管口方位；
- (6)设计需要的其他必要条件。

3.1.4 设计文件

3.1.4.1 设计文件的内容

- (1)压力容器的设计文件包括风险评估报告(需要时)、强度计算书或者应力分析报告、设计图样、制造技术条件，必要时还应当包括安装及使用维护保养说明等；
- (2)装设安全阀、爆破片等超压泄放装置的压力容器，设计文件还应当包括压力容器安全泄放量、安全阀排量和爆破片泄放面积的计算书；利用软件模拟计算或者

无法计算时，设计单位应当会同设计委托单位或者使用单位，协商选用超压泄放装置。

3.1.4.2 设计文件的审批

设计文件中的风险评估报告、强度计算书或者应力分析报告、设计总图，至少进行设计、校核、审核 3 级签署；对于第Ⅲ类压力容器和分析设计的压力容器，还应当由压力容器设计单位技术负责人或者其授权人批准(4 级签署)。

3.1.4.3 保存期限

设计文件的保存期限不少于压力容器设计使用年限。

3.1.4.4 设计总图

3.1.4.4.1 总图主要内容

压力容器的设计总图上至少注明以下内容：

(1) 压力容器名称、分类，设计、制造所依据的主要法规、产品标准；
(2) 工作条件，包括工作压力、工作温度、介质特性(毒性和爆炸危害程度等)；
(3) 设计条件，包括设计温度、设计载荷(包含压力在内的所有应当考虑的载荷)、介质(组分)、腐蚀裕量、焊接接头系数、自然条件等，对储存液化气体的储罐还应当注明装量系数，对有应力腐蚀倾向的储存容器还应当注明腐蚀介质的限定含量；

- (4) 主要受压元件材料牌号与材料标准；
(5) 主要特性参数(如压力容器容积、热交换器换热面积与程数等)；
(6) 压力容器设计使用年限(疲劳容器标明循环次数)；
(7) 特殊制造要求；
(8) 热处理要求；
(9) 无损检测要求；
(10) 耐压试验和泄漏试验要求；
(11) 预防腐蚀的要求(介质的腐蚀速率以及应力腐蚀倾向等)；
(12) 安全附件及仪表的规格和订购特殊要求(工艺系统已考虑的除外)；
(13) 压力容器铭牌的位置；
(14) 包装、运输、现场组焊和安装要求。

3.1.4.4.2 特殊要求

以下情况对设计总图的特殊要求：

- (1) 多腔压力容器分别注明各腔的试验压力，有特殊要求时注明共用元件两侧允许的压力差值，以及试验步骤和试验要求；
(2) 装有触媒的压力容器和装有填料的压力容器，注明使用过程中定期检验的技术要求；

- (3) 由于结构原因不能进行内部检验的压力容器，注明计算厚度、使用中定期检验的要求；
- (4) 不能进行耐压试验的压力容器，注明计算厚度和制造与使用的特殊要求；
- (5) 有隔热衬里的压力容器，注明防止受压元件超温的技术措施；
- (6) 要求保温或者保冷的压力容器，提出保温或者保冷措施。

3.1.5 设计方法

压力容器的设计可以采用规则设计方法或者分析设计方法。必要时也可以采用试验方法、可对比的经验设计方法或者其他设计方法，但是应当按照本规程 1.9 的规定通过新技术评审。

压力容器设计单位应当基于本规程 3.1.3 所述的设计条件，综合考虑所有相关因素、失效模式和足够的安全裕量，以保证压力容器具有足够的强度、刚度、稳定性和耐腐蚀性，同时还应当考虑支座、底座圈、支耳及其他型式支承件与压力容器本体的焊接(粘接)接头的强度要求，确保压力容器在设计使用年限内的安全。

3.1.6 风险评估

第Ⅲ类压力容器或者用户要求的其他压力容器，设计单位应当出具包括主要失效模式和风险控制等内容的风险评估报告。

3.1.7 节能要求

压力容器的设计应当充分考虑节能降耗原则，并且符合以下要求：

- (1) 充分考虑压力容器的经济性，合理选材，合理确定结构尺寸；
- (2) 对热交换器进行优化设计，提高换热效率，满足能效要求。

3.1.8 载荷

设计时应当考虑本条以下第(1)、(2)项要求的载荷，需要时还应当考虑以下第(3)项至第(10)项要求的载荷：

- (1) 内压、外压或者最大压差；
- (2) 液柱静压力，当液柱静压力小于设计压力的 5% 时，可忽略不计；
- (3) 压力容器的自重，以及正常工作条件下或者耐压试验状态下内装介质、触媒、填料等的重力载荷；
- (4) 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力载荷；
- (5) 风载荷、地震载荷、雪载荷；
- (6) 支座、底座圈、支耳及其他型式支承件的反作用力；
- (7) 连接管道和其他部件的作用力；
- (8) 温度梯度或者热膨胀量不同引起的作用力；
- (9) 冲击载荷，包括压力急剧波动引起的冲击载荷、流体冲击引起的反力等；
- (10) 运输或者吊装时的作用力。

3.1.9 压力

3.1.9.1 设计压力和计算压力

(1)设计压力，是指设定的压力容器顶部的最高压力，与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，其值不低于工作压力；

(2)计算压力，是指在相应设计温度下，用以确定元件厚度的压力，并且应当考虑液柱静压力等附加载荷。

3.1.9.2 超压泄放装置动作压力

(1)装有超压泄放装置的压力容器，超压泄放装置的动作压力不得高于压力容器的设计压力；

(2)设计图样中注明最高允许工作压力的压力容器，超压泄放装置的动作压力不得高于该压力容器的最高允许工作压力。

3.1.9.3 常温储存液化气体压力容器的设计压力

常温储存液化气体压力容器的设计压力，应当以规定温度下的工作压力为基础确定：

(1)常温储存液化气体压力容器规定温度下的工作压力按照表 3-1 确定；

表 3-1 常温储存液化气体压力容器规定温度下的工作压力

液化气体 临界温度	规定温度下的工作压力		
	无保冷设施	有保冷设施	
		无试验 实测温度	有试验实测最高工作温度 并且能保证低于临界温度
≥50℃	50℃饱和蒸气压力	可能达到的最高工作温度下的饱和蒸气压力	
< 50℃	在设计所规定的最大充装量下为 50℃的气体压力		试验实测最高工作温度下的 饱和蒸气压力

(2)常温储存混合液化石油气压力容器规定温度下的工作压力，按照不低于50℃时混合液化石油气组分的实际饱和蒸气压来确定，设计单位在设计图样上注明限定的组分和对应的压力；若无实际组分数据或者不做组分分析，其规定温度下的工作压力不得低于表 3-2 的规定。

表 3-2 常温储存混合液化石油气压力容器规定温度下的工作压力

混合液化石油气 50℃饱和蒸气压力(MPa)	规定温度下的工作压力(MPa)	
	无保冷设施	有保冷设施
小于或者等于异丁烷 50℃饱和蒸气压力	等于 50℃异丁烷的 饱和蒸气压力	可能达到的最高工作温度下 异丁烷的饱和蒸气压力
大于异丁烷 50℃饱和蒸气压 力、小于或者等于丙烷 50℃饱和蒸气压力	等于 50℃丙烷的 饱和蒸气压力	可能达到的最高工作温度下 丙烷的饱和蒸气压力
大于丙烷 50℃饱和蒸气压力	等于 50℃丙烯的 饱和蒸气压力	可能达到的最高工作温度下 丙烯的饱和蒸气压力

3.1.10 温度

(1) 设计温度，是指压力容器在正常工作条件下，设定的元件温度(沿元件截面的温度平均值)，设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件；

(2) 常温储存压力容器，当正常工作条件下大气环境温度对压力容器壳体金属温度有影响时，其最低设计金属温度不得高于历年来月平均最低气温(当月各天的最低气温值相加后除以当月的天数)的最低值。

3.1.11 腐蚀裕量

有均匀腐蚀的压力容器，腐蚀裕量根据预期的压力容器使用年限和介质对材料的腐蚀速率确定，同时还应当考虑介质流动对受压元件的冲蚀、磨损等影响。

3.1.12 最小厚度

压力容器最小厚度的确定应当考虑制造、运输、安装等因素的影响。

3.1.13 装量系数

储存液化气体的压力容器应当规定设计储存量，装量系数不得大于 0.95。

3.1.14 检查孔

(1) 压力容器应当根据需要设置人孔、手孔等检查孔，检查孔的开设位置、数量和尺寸等应当满足进行内部检验的需要；

(2) 需要但是无法开设检查孔的压力容器，设计单位应当提出具体技术措施，例如增加制造时的检测项目或者比例，并且对设备使用中定期检验的重点检验项目、方法提出要求。

3.1.15 不允许拆卸的隔热层

有隔热层的压力容器，如果设计时规定隔热层不允许拆卸，则应当在设计文件中提出压力容器定期检验的项目、方法；必要时，设计图样上应当提出制造时对所有焊接接头进行全部无损检测等特殊要求。

3.1.16 无损检测

无损检测的方法、比例、技术要求等由设计者在设计文件中予以规定。

3.1.17 耐压试验

压力容器制后，应当进行耐压试验。耐压试验分为液压试验、气压试验以及气液组合压力试验三种。耐压试验的种类、压力、介质、温度等由设计者在设计文件中予以规定。

3.1.18 泄漏试验

耐压试验合格后，对于盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质或者设计上不允许有微量泄漏的压力容器，应当进行泄漏试验。泄漏试验根据试验介质的不同，分为气密性试验以及氨检漏试验、卤素检漏试验和氦检漏试验等。泄漏试验的种类、压力、技术要求等由设计者在设计文件中予以规定。

设计图样要求做气压试验的压力容器，是否需要再做泄漏试验，应当在设计图样上规定。

铸造压力容器盛装气态介质时，应当在设计图样上提出气密性试验的要求。

带有安全阀、爆破片等超压泄放装置的压力容器，如果设计时提出气密性试验要求，则设计者应当给出该压力容器的最高允许工作压力。

3.2 金属压力容器设计要求

3.2.1 安全系数及许用应力

3.2.1.1 安全系数

确定压力容器金属材料(板、锻件、管和螺栓)许用应力(或者设计应力强度)的最小安全系数，见表 3-3、表 3-4 和表 3-5 的规定。

表 3-3 规则设计方法的安全系数

材 料 (板、锻件、管)	安 全 系 数			
	室温下的 抗拉强度 R_m	设计温度下的 屈服强度 R_{eL}^t ($R_{p0.2}^t$) (注 3-1)	设计温度下持 久强度极限 平均值 R_D^t (注 3-2)	设计温度下蠕变 极限平均值(每 1000h 蠕变速率为 0.01%) R_n^t
碳素钢和低合金钢	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
高合金钢	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
钛及钛合金	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
镍及镍合金	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
铝及铝合金	$n_b \geq 3.0$	$n_s \geq 1.5$	—	—
铜及铜合金	$n_b \geq 3.0$	$n_s \geq 1.5$	—	—
锆及锆合金	$n_b \geq 3.0$	$n_s \geq 1.5$	—	—

表 3-4 分析设计方法的安全系数

材 料 (板、锻件、管)	安 全 系 数			
	室温下的 抗拉强度 R_m (注 3-3)	设计温度下的 屈服强度 R_{eL}^t ($R_{p0.2}^t$) (注 3-1)	设计温度下持 久强度极限 平均值 R_D^t (注 3-2)	设计温度下蠕 变极限平均值 (每 1000h 蠕 变率为 0.01%) R_n^t
碳素钢和低合金钢	$n_b \geq 2.4$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
高合金钢	$n_b \geq 2.4$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$

表 3-5 螺柱(螺栓)的安全系数

材 料	螺柱(螺栓) 直径 (mm)	热处理状态	安 全 系 数	
			设计温度下 的屈服强度 R_{eL}^t ($R_{p0.2}^t$)	设计温度下持久 强度极限平均值 R_D^t (注 3-2)
碳素钢	≤M22	热轧、正火	2.7	1.5
	M24 ~ M48		2.5	
低合金钢与 马氏体高合金钢	≤M22	调质	3.5	1.5
	M24 ~ M48		3.0	
	≥M52		2.7	
奥氏体高合金钢	≤M22	固溶	1.6	1.5
	M24 ~ M48		1.5	

注 3-1：对奥氏体不锈钢钢板，如果产品标准允许采用并且相应材料标准给出了 $R_{p1.0}^t$ ，则可以选用该值计算其许用应力。

注 3-2：此安全系数为 $1.0 \times 10^5 h$ 的持久强度极限值。

注 3-3：对分析设计方法，如果相应材料标准给出了设计温度下的抗拉强度 R_m^t ，则可以选用该值计算其许用应力。

灰铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 10.0，球墨铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 8.0。

铸钢室温下抗拉强度安全系数不小于 4.0。

设计所取安全系数低于本规程规定时，应当按照本规程 1.9 的规定通过新技术评审。

3.2.1.2 许用应力

板、锻件、管的许用应力取室温下的抗拉强度 R_m 、设计温度下的屈服强度 R_{el}^t ($R_{p0.2}^t$)、设计温度下持久强度极限平均值 R_D^t 、设计温度下蠕变极限平均值(每 1000h 蠕变率为 0.01%) R_n^t 除以相应安全系数后的最小值。(注 3-4)

注 3-4: 对奥氏体高合金钢制受压元件, 当设计温度低于蠕变范围并且允许有微量的永久变形时, 可以适当提高许用应力至 $0.9R_{p0.2}^t$, 但不得超过 $\frac{R_{p0.2}^t}{1.5}$ (此规定不适用于法兰或者其他有微量永久变形就产生泄漏或者故障的场合); 对采用应变强化技术的奥氏体不锈钢深冷容器壳体, 其许用应力可以基于设计温度下的抗拉强度 R_m^t 和设计温度下的屈服强度 R_{el}^t ($R_{p0.2}^t$) 确定; 对非焊接瓶式容器瓶体, 其许用应力可以基于产品经过改善材料性能热处理后的强度保证值确定。

螺栓的许用应力取设计温度下的屈服强度 R_{el}^t ($R_{p0.2}^t$)、设计温度下持久强度极限平均值 R_D^t 除以相应安全系数后的最小值。

3.2.2 焊接接头

3.2.2.1 壳体接头设计

用焊接方法制造的压力容器的 A、B 类对接接头(压力容器 A、B 类对接接头的划分按照 GB 150 的规定), 应当采用全截面焊透形式。

3.2.2.2 接管与壳体之间的焊接接头设计

压力容器的接管(凸缘)与壳体之间的焊接接头设计以及夹套压力容器的焊接接头设计, 有下列情况之一的, 应当采用全焊透结构:

- (1)介质为易爆或者毒性危害程度为极度危害和高度危害的压力容器;
- (2)要求气压试验或者气液组合压力试验的压力容器;
- (3)第Ⅲ类压力容器;
- (4)低温压力容器;
- (5)进行疲劳分析的压力容器;
- (6)直接受火焰加热的压力容器;
- (7)设计者认为有必要的。

3.2.3 焊接接头系数

(1)用焊接方法制造的压力容器, 应当根据焊接接头形式及无损检测比例, 按照产品标准选取焊接接头系数;

(2)除简单压力容器外, 不允许降低焊接接头系数而免除压力容器产品的无损检测。

3.2.4 试件(板)与试样

设计者应当在设计文件中提出焊接试件、耐腐蚀性能试件的制作要求, 并且规定试样的种类、数量、截取与制备方式、检验与试验方法、合格指标、不合格复验要求等。

3.2.4.1 制备产品焊接试件的压力容器

- (1) 碳钢、低合金钢制低温压力容器；
- (2) 材料标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢制压力容器；
- (3) 盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器；
- (4) 应用应变强化技术的压力容器(对容积小于或者等于 5m³ 连续批量生产的，在相同设计、相同材料炉批号的情况下，最多 30 台压力容器选择一台制作产品焊接试件)；
- (5) 设计者认为有必要或者相应产品标准要求制备产品焊接试件的压力容器。

3.2.4.2 制备耐腐蚀性能试件的条件

- (1) 要求做耐腐蚀性能检验的压力容器或者受压元件，应当制作耐腐蚀性能试件；
- (2) 要求做晶间腐蚀敏感性检验的不锈钢与镍合金制压力容器，其试件及试样应当符合 GB/T 21433—2008《不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性检验》或者相应产品标准的规定。

3.2.5 压力容器用管法兰

- (1) 钢制压力容器管法兰、垫片、紧固件的设计应当参照 HG/T 20592～HG/T 20635—2009《钢制管法兰、垫片、紧固件》系列标准的规定；
- (2) 盛装液化石油气、毒性危害程度为极度和高度危害介质以及强渗透性中度危害介质的压力容器，其管法兰应当按照 HG/T 20592～HG/T 20635 系列标准的规定，并且选用带颈对焊法兰、带加强环的金属缠绕垫片和专用级高强度螺柱组合；无法采用此类管法兰密封组合的，应当由设计者根据介质、压力与温度特性确定法兰连接结构。

3.2.6 泄漏信号指示孔

压力容器上的开孔补强圈以及周边连续焊的起加强作用的垫板至少设置一个泄漏信号指示孔，多层筒节包扎压力容器每片层板、多层整体包扎压力容器每层板筒节、套合压力容器每单层圆筒(内筒除外)的两端均至少设置一个泄漏信号指示孔。

3.2.7 特殊耐腐蚀要求

有特殊耐腐蚀要求的压力容器或者受压元件，例如存在晶间腐蚀、应力腐蚀、点腐蚀、缝隙腐蚀等腐蚀介质环境时，应当在设计文件中提出相应的耐腐蚀措施、试验方法以及其他技术要求。

3.2.8 塑料衬里设计

- (1) 压力容器结构设计应当考虑金属基体与塑料衬里的变形协调，并且满足塑料衬里工艺的要求；
- (2) 压力容器本体上应当设置泄漏信号指示孔。

3.2.9 水质

管壳式余热锅炉、蒸汽发生器等的水质应当符合 GB/T 1576—2008《工业锅炉水质》或者 GB/T 12145—2008《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》的规定。

3.2.10 无损检测

3.2.10.1 无损检测方法

(1) 压力容器的无损检测，包括射线、超声、磁粉、渗透和涡流检测等，应当采用 NB/T 47013 规定的方法；

(2) 采用未列入 NB/T 47013 或者超出其适用范围的无损检测方法时，应当按照本规程 1.9 的规定通过新工艺评审。

3.2.10.2 压力容器焊接接头无损检测

3.2.10.2.1 无损检测方法的选择

(1) 压力容器的对接接头应当采用射线检测(包括胶片感光或者数字成像)、超声检测[包括衍射时差法超声检测(TOFD)、可记录的脉冲反射法超声检测和不可记录的脉冲反射法超声检测]；当采用不可记录的脉冲反射法超声检测时，应当采用射线检测或者衍射时差法超声检测进行附加局部检测；当大型压力容器的对接接头采用 γ 射线全景曝光射线检测时，还应当另外采用 X 射线检测或者衍射时差法超声检测进行 50% 的附加局部检测，如果发现超标缺陷，则应当进行 100% 的 X 射线检测或者衍射时差法超声检测复查；

(2) 有色金属制压力容器对接接头应当优先采用 X 射线检测；

(3) 焊接接头的表面裂纹应当优先采用表面无损检测；

(4) 铁磁性材料制压力容器焊接接头的表面检测应当优先采用磁粉检测。

3.2.10.2.2 无损检测比例

3.2.10.2.2.1 基本比例要求

压力容器对接接头的无损检测比例分为全部(100%)和局部(大于或者等于 20%)两种。碳钢和低合金钢制低温压力容器，局部无损检测的比例应当大于或者等于 50%。

3.2.10.2.2.2 全部射线检测或者超声检测

符合下列情况之一的压力容器壳体 A、B 类对接接头，采用本规程 3.2.10.2.1 第(1)项的方法进行全部无损检测：

(1) 盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的压力容器；

(2) 设计压力大于或者等于 1.6MPa 的第Ⅲ类压力容器；

(3) 按照分析设计标准制造的压力容器；

(4) 采用气压试验或者气液组合压力试验的压力容器；

(5) 焊接接头系数取 1.0 的压力容器或者使用后需要但是无法进行内部检验的压力容器；

(6) 标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢制压力容器；

(7) 设计者认为有必要进行全部无损检测的焊接接头。

3.2.10.2.2.3 局部射线检测或者超声检测

不要求进行全部无损检测的压力容器，其每条 A、B 类对接接头应当采用本规程 3.2.10.2.1 第(1)项的方法进行局部无损检测。

3.2.10.2.2.4 表面无损检测

凡符合下列条件之一的焊接接头，需要对其表面进行磁粉或者渗透检测：

(1) 盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的压力容器的焊接接头；

(2) 采用气压或者气液组合耐压试验压力容器的焊接接头；

(3) 设计温度低于 -40℃ 的低合金钢制低温压力容器的焊接接头；

(4) 标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢、铁素体型不锈钢、奥氏体-铁素体型不锈钢制压力容器的焊接接头；其中标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢制压力容器，在耐压试验后，还应当对焊接接头进行表面无损检测；

(5) 焊接接头厚度大于 20 mm 的奥氏体不锈钢制压力容器的焊接接头；

(6) 铬钼(Cr-Mo)低合金钢制压力容器的焊接接头；

(7) 堆焊表面、复合钢板的覆层焊接接头、异种钢焊接接头、具有再热裂纹倾向或者延迟裂纹倾向的焊接接头；其中具有再热裂纹倾向的材料应当在热处理后增加一次无损检测；

(8) 先拼板后成形凸形封头的所有拼接接头；

(9) 设计者认为有必要进行表面无损检测的焊接接头。

3.2.10.2.3 无损检测的技术要求

3.2.10.2.3.1 射线检测

射线检测应当按照 NB/T 47013 的规定执行，质量要求和合格级别如下：

(1) 进行全部无损检测的对接接头，射线检测技术等级不低于 AB 级，合格级别不低于Ⅱ级；

(2) 进行局部无损检测的对接接头，射线检测技术等级不低于 AB 级，合格级别不低于Ⅲ级。

3.2.10.2.3.2 超声检测

超声检测应当按照 NB/T 47013 的规定执行，质量要求和合格级别如下：

(1) 进行全部无损检测的对接接头，脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级，合格级别为Ⅰ级；

(2) 进行局部无损检测的对接接头，脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级，合格级别不低于Ⅱ级；

(3) 角接接头、T 形接头，脉冲反射法超声检测技术等级不低于 B 级，合格级别

为Ⅰ级；

(4)采用衍射时差法超声检测的焊接接头，合格级别不低于Ⅱ级。

3.2.10.2.3.3 组合检测

当采用射线、超声等方法进行组合检测时，质量要求和合格级别按照各自执行的标准确定，并且均应当合格。

3.2.10.2.3.4 表面无损检测

压力容器所有焊接接头的表面无损检测均应当按照NB/T 47013的规定执行，合格级别如下：

(1)钢制压力容器进行磁粉或者渗透检测，合格级别为Ⅰ级；

(2)有色金属制压力容器进行渗透检测，合格级别为Ⅰ级。

3.2.10.2.4 接管焊接接头的无损检测要求

(1)公称直径大于或者等于250mm的压力容器接管焊接接头的无损检测方法、检测比例和合格级别与压力容器壳体焊接接头要求相同；

(2)公称直径小于250mm的压力容器接管焊接接头的无损检测方法、检测比例和合格级别由设计者或者产品标准规定。

3.2.10.3 原材料和零部件无损检测

原材料和零部件的无损检测方法、检测比例和合格级别由设计者按照本规程及相应产品标准规定。

3.2.11 焊后热处理

(1)因焊接残余应力影响使用安全时，应当对压力容器及其受压元件进行焊后(消除应力)热处理；

(2)盛装毒性危害程度为极度危害介质的碳钢和低合金钢制压力容器及其受压元件应当进行焊后热处理。

采用其他方法消除残余应力取代焊后热处理的，应当按照本规程1.9的规定通过新工艺评审。

奥氏体不锈钢和有色金属制压力容器焊接后一般不要求做焊后热处理，如有特殊要求需要进行热处理时，应当在设计图样上注明。

3.2.12 耐压试验

3.2.12.1 耐压试验压力

耐压试验的最低试验压力按照公式(3-1)计算。

$$p_T = \eta p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \quad (3-1)$$

式中：

p_T ——耐压试验压力，MPa；

η ——耐压试验压力系数，按照表 3-6 选用；

p ——压力容器的设计压力或者压力容器铭牌上规定的最高允许工作压力(对在用压力容器为检验确定的允许使用压力或者监控使用压力)，MPa；

$[\sigma]$ ——试验温度下材料的许用应力(或者设计应力强度)，MPa；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力(或者设计应力强度)，MPa。

压力容器各主要受压元件，如筒体、封头、接管、设备法兰(或者人手孔法兰)及其紧固件等所用材料不同时，计算耐压试验压力应当取各元件材料 $[\sigma] / [\sigma]^t$ 比值中最小者； $[\sigma]^t$ 不得低于材料受抗拉强度和屈服强度控制的许用应力最小值。

表 3-6 耐压试验的压力系数

压力容器的材料	压力系数 η	
	液(水)压	气压、气液组合
钢和有色金属	1.25	1.10
铸铁	2.00	—

3.2.12.2 耐压试验温度

耐压试验时，试验温度(压力容器器壁金属温度)应当比压力容器器壁金属无延性转变温度至少高 30℃，或者按照产品标准的规定执行，如果由于板厚等因素造成材料无延性转变温度升高，则需要相应提高试验温度。

3.2.12.3 耐压试验介质

(1) 凡在试验时，不会导致发生危险的液体，在低于其沸点的温度下，都可用作液压试验介质；当采用可燃性液体进行液压试验时，试验温度应当低于可燃性液体的闪点；

(2) 由于结构或者支承原因，不能向压力容器内充灌液体，以及运行条件不允许残留试验液体的压力容器，可采用气压试验；试验所用气体应当为干燥洁净的空气、氮气或者其他惰性气体；

(3) 因承重等原因无法注满液体的压力容器，可根据承重能力先注入部分液体，然后注入气体，进行气液组合压力试验；试验用液体、气体应当分别符合本条第(1)项和第(2)项有关要求。

3.2.13 泄漏试验

3.2.13.1 气密性试验

气密性试验所用气体应当符合本规程 3.2.12.3 第(2)项的规定，气密性试验压力为压力容器的设计压力。

3.2.13.2 氨检漏试验

可采用氨-空气法、氨-氮气法、100%氨气法等氨检漏方法。氨的浓度、试验压

力、保压时间等由设计者在设计文件中予以规定。

3.2.13.3 卤素检漏试验

卤素检漏试验时，压力容器内的真空度要求、采用的卤素气体种类、试验压力、保压时间以及试验操作程序等由设计者在设计文件中规定。

3.2.13.4 氦检漏试验

氦检漏试验时，压力容器内的真空度要求、氦气的浓度、试验压力、保压时间以及试验操作程序等由设计者在设计文件中规定。

3.2.14 超高压容器设计专项要求

3.2.14.1 设计方法

(1)超高压容器应当采用爆破压力法或者弹塑性分析法进行静强度设计；采用弹塑性分析法时，载荷放大系数应当大于或者等于 2.0；

(2)超高压容器应当进行疲劳分析。

3.2.14.2 安全系数

3.2.14.2.1 爆破压力法的安全系数

超高压容器的爆破安全系数，当按照材料的拉伸试验数据计算爆破压力时，应当取大于或者等于 2.2，对于超高压水晶釜应当取大于或者等于 2.4；当按照材料扭转试验数据计算爆破压力时，应当取大于或者等于 2.2。

3.2.14.2.2 疲劳分析的安全系数

疲劳分析时，交变应力幅和循环次数的安全系数分别取 2 和 15。

3.2.14.2.3 螺柱(螺栓)的安全系数

设计温度下屈服强度安全系数不小于 1.8。

3.2.14.3 最高壁面温度

在预计的最高温度点设置可永久记录的测温装置，并且规定测温孔的位置与尺寸，控制超高压容器的最高壁面温度不得高于钢材允许的使用温度。

3.2.14.4 无损检测

超高压容器的无损检测方法包括超声、磁粉、渗透和涡流检测等。设计者应当按照本规程及相应产品标准的要求在设计文件中规定无损检测方法、检测比例、实施时机和技术要求。

3.2.14.5 自增强处理

自增强处理应当采用液压增压法，并且采用合适的方法控制筒体内壁面的残余环向应变，其值不得超过 2%。

3.2.14.6 耐压试验压力

超高压容器的耐压试验一般采用液压试验，最低试验压力(p_T)按照公式(3-2)计算。

$$p_T = 1.12 p \frac{R_{p0.2}}{R_{p0.2}^t} \quad (3-2)$$

式中：

p ——超高压容器的设计压力(对于在用超高压容器可取工作压力)，MPa；

$R_{p0.2}$ ——试验温度下材料的屈服强度，MPa；

$R_{p0.2}^t$ ——设计温度下材料的屈服强度，MPa。

3.2.15 简单压力容器设计专项要求

3.2.15.1 设计总图

简单压力容器的设计总图除满足本规程 3.1.4.4 的要求外，还应当包括以下内容：

- (1) 焊接方法和要求；
- (2) 采用试验方法设计时的爆破试验要求。

3.2.15.2 设计方法

简单压力容器主要受压元件的壁厚应当采用试验方法或者计算方法确定。

3.2.15.2.1 试验方法

按照试验方法设计的简单压力容器，在室温下的爆破压力不得小于 4 倍的设计压力，并且周向永久变形率不得超过 1%。

3.2.15.2.2 计算方法

用计算方法确定主要受压元件壁厚时，应当满足以下要求：

- (1) 总体薄膜应力小于或者等于 $0.6 R_{p0.2}$ ，或者为 $0.3 R_m$ ；
- (2) 如果压力容器的筒体带有手工焊的纵向焊接接头，筒体计算厚度增加 15%。

3.2.15.3 最小壁厚

壳体成形后的实际壁厚，奥氏体不锈钢制简单压力容器不得小于 1mm，碳素钢制简单压力容器不得小于 2mm。

3.2.15.4 无损检测抽查

按照计算方法设计的简单压力容器，其对接接头应当按照 NB/T 47013 进行射线检测抽查，技术等级不低于 AB 级，合格级别不低于Ⅲ级。抽查原则如下：

- (1) 对接焊接接头采用自动焊或者机动焊时，调整焊接工艺后，应当对首台产品进行射线检测；
- (2) 制造过程中，每批产品(注 3-5)至少抽 1 台进行射线检测，日产量不足 1 批时，也必须抽 1 台进行射线检测；
- (3) 对接焊接接头采用手工焊接，在每个焊接操作人员(以下简称焊工)每天焊接的产品中，至少抽 1 台产品进行射线检测；
- (4) 射线检测位置优先选择包括交叉焊缝的纵焊缝，每台产品的射线检测长度不

得小于 200mm。

注 3-5：简单压力容器组批原则见本规程 4.2.9.2 的规定。

3.2.15.5 耐压试验

- (1) 最低试验压力为 1.5 倍简单压力容器的设计压力；
- (2) 耐压试验时，简单压力容器壁温和试验用介质温度不得引起容器的脆性断裂，试验用介质的温度一般不低于 5℃。

3.2.16 快开门式压力容器设计专项要求

快开门式压力容器，是指进出容器通道的端盖或者封头与主体间带有相互嵌套的快速密封锁紧装置的压力容器，但是用螺栓（例如活节螺栓）连接的不属于快开门式压力容器。快开门式压力容器的设计应当考虑疲劳载荷的影响。

设计快开门式压力容器时，设计者应当设置安全联锁装置，并且对其使用环境、校验周期、校验方法等使用技术要求作出规定。

安全联锁装置应当满足以下要求：

- (1) 当快开门达到预定关闭部位，方能升压运行；
- (2) 当压力容器的内部压力完全释放，方能打开快开门。

3.3 非金属压力容器设计要求

3.3.1 石墨压力容器

3.3.1.1 设计范围

石墨压力容器的设计范围限定如下：

- (1) 最大设计外压，2.4MPa；
- (2) 最大设计内压，2.4MPa；
- (3) 最低设计温度，-70℃；
- (4) 最高设计温度，205℃。

3.3.1.2 安全系数和许用应力

用于设计的许用应力值为石墨材料工艺评定报告(CMQ)中指定设计温度下抗拉或者压缩试验平均值的 80%除以安全系数 6.0(毒性危害程度为极度或者高度危害介质时，安全系数选 7.0)。

3.3.1.3 耐腐蚀性

所选择的石墨材料应当保证工作条件下的耐腐蚀性。

3.3.1.4 耐压试验

耐压试验压力不得低于 1.5 倍的设计压力，盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器，其试验压力不得低于 1.75 倍的设计压力。

耐压试验介质一般采用清洁的水。

3.3.1.5 泄漏试验

盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器，应当在不低于设计压力的试验压力下，进行所有接头和连接处的泄漏试验，试验方法由设计者规定。

3.3.1.6 粘接试件

盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器，设计者应当在设计文件中提出粘接试件的制作要求，并且规定试样的数量、制备方式、检验与试验方法、合格指标、不合格复验要求等。

3.3.2 纤维增强塑料压力容器

3.3.2.1 通用要求

(1) 纤维增强塑料压力容器不可用于盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质和液化气体；

(2) 纤维增强塑料压力容器的设计除按照本规程 3.1.5 要求外，还应当将纤维增强材料的铺层设计与强度、刚度计算同步进行；

(3) 纤维增强塑料压力容器的器壁由内衬层、结构层和外保护层组成；在内压强度计算时，只考虑结构层的承压强度；在计算外压失稳、自重载荷时，按照压力容器总厚度进行计算；

(4) 应当考虑复合材料的各向异性以及由于材料老化引起的材料性能衰减；

(5) 纤维增强塑料压力容器的设计温度取介质的工作温度，并且不得低于 -54℃。

3.3.2.2 设计类型

纤维增强塑料压力容器的设计分为以下三种类型，设计者应当根据设计参数、设计方法、制造工艺等确定设计类型并且在设计文件(设计总图)中注明：

(1) I型容器，采用手糊、喷射成型工艺制造时其设计压力不得大于 1MPa，采用缠绕成型工艺制造不进行极孔包络时设计压力不得大于 10MPa，采用缠绕成型工艺制造并且进行极孔包络时设计压力不得大于 20MPa；工作温度不超过 65℃时取设计温度为 65℃，工作温度超过 65℃时设计温度不得超过 120℃，并且所用树脂的热变形温度应当高于设计温度 20℃以上；

(2) II型容器，筒体必须采用缠绕成型工艺，封头可采用手糊、喷射或者缠绕成型；采用规则设计法时，工作压力与内径乘积不得大于 2.4MPa·m，最大设计压力不得大于 1.6MPa，最大的设计内径不得大于 4.8m；采用分析设计法时或者采用规则设计法与分析设计法结合设计时，设计压力不得大于 0.6MPa，内径不得大于 4m；设计温度不得超过 120℃，并且所用树脂的热变形温度应当高于设计温度 20℃以上；

(3) III型容器，必须采用缠绕成型工艺并且进行极孔包络制造，其设计压力不得大于 100MPa 并且不得低于 20MPa；设计温度不得超过 85℃，并且所用树脂的热变形温度应当高于设计温度 20℃以上。

3.3.2.3 设计方法及安全系数

(1) I型容器，应当制作原型容器，对原型容器进行 10 万次的压力疲劳试验，压力波动范围从常压至设计压力，疲劳试验完成后，进行压力试验，试验压力不得小于 6 倍设计压力，容器在试验过程中不得渗漏、破裂；

(2) II型容器，采用规则设计法或者规则设计法与分析设计法相结合的设计方法，并且用声发射检测方法验收时，II型容器设计安全系数需要考虑载荷条件、成型工艺、使用环境、温度、预期使用年限、材料离散等因素，无法进行声发射检测时应当提高安全系数；设计许用应变不得大于 0.1%，外压安全系数不得小于 5.0；II型容器的具体安全系数由相应的产品标准规定；

(3) III型容器，应当制作原型容器，根据设计条件决定是否进行疲劳试验，疲劳试验完成后，进行压力试验，采用碳纤维增强塑料制造时试验压力不低于设计压力的 2.25 倍，采用玻璃纤维增强塑料制造时试验压力不低于设计压力的 3.5 倍，容器在试验过程中不得渗漏、鼓包、明显变形、破裂。

3.3.2.4 铺层设计

纤维增强塑料压力容器的铺层设计至少包括以下内容：

- (1) 纤维及其制品类型；
- (2) 树脂体系及配比；
- (3) 铺层的次序、方向和层数；
- (4) 成型工艺(含固化工艺)；
- (5) 树脂含量(重量比)。

3.3.2.5 粘接设计

粘接设计应当保证粘接接头许用承载力不低于接头处环向、轴向和剪切载荷。

3.3.2.6 耐压试验

耐压试验一般采用液压试验，试验介质应当为清洁水或者其他合适液体；对于不适合液压试验的压力容器，可采用气压试验。

试验内压不得低于 1.1 倍设计内压，试验外压不得低于 1 倍设计外压。

II型容器，耐压试验时应当进行声发射检测。当无法进行声发射检测时，试验内压不得低于 1.25 倍设计内压，试验外压不得低于 1.1 倍设计外压但不得大于 0.1MPa。

3.3.3 非金属压力容器中的金属受压元件的设计

非金属压力容器中的金属受压元件的设计应当符合本规程中关于金属压力容器的相应规定。

4 制造

4.1 制造通用要求

4.1.1 制造单位

(1) 压力容器制造(含现场制造、现场组焊、现场粘接, 注 4-1)单位应当取得特种设备制造许可证, 按照批准的范围进行制造, 依据有关法规、安全技术规范的要求建立压力容器质量保证体系并且有效运行, 制造单位及其主要负责人对压力容器的制造质量负责;

(2) 制造单位应当严格执行有关法规、安全技术规范及技术标准, 按照设计文件的技术要求制造压力容器。

注 4-1: 固定式压力容器的现场制造、现场组焊、现场粘接, 分别指无法运输的大型压力容器(含球罐)在使用现场进行的制造、分段出厂在使用现场进行的压力容器组焊、在使用现场进行的非金属压力容器的粘接。

4.1.2 型式试验

简单压力容器、蓄能器应当经过国家质检总局核准的检验机构进行型式试验, 型式试验的项目、要求及结果应当满足相应产品标准的要求。

首次制造瓶式容器、真空绝热深冷容器前, 制造单位应当试制样品容器并且经过国家质检总局核准的型式试验机构进行的试验, 试验的项目、要求及结果应当满足相应产品标准的要求。

4.1.3 制造监督检验

需要进行监督检验的压力容器(含本规程 4.1.5.2 压力容器受压元件、部件), 制造单位应当约请特种设备检验机构对其制造过程进行监督检验并且取得《特种设备监检验证书》, 方可出厂。

4.1.4 质量计划

(1) 制造单位在压力容器制造前, 应当根据本规程、产品标准及设计文件的要求制订完善的质量计划(检验计划), 其内容至少应当包括容器或者受压元件、部件的制造工艺控制点、检验项目;

(2) 制造单位在压力容器制造过程中和完工后, 应当按照质量计划规定的时机, 对容器进行相应的检验和试验, 并且由相关人员作出记录或者出具相应报告。

4.1.5 产品出厂资料或者竣工资料

4.1.5.1 通用要求

压力容器出厂或者竣工时, 制造单位应当向使用单位至少提供以下技术文件和资料(注 4-2), 并且同时提供存储压力容器产品合格证、产品质量证明文件电子文档

的光盘或者其他电子存储介质：

(1) 竣工图样，竣工图样上应当有设计单位设计专用章(复印章无效，批量生产的压力容器除外)，并且加盖竣工图章(竣工图章上标注制造单位名称、制造许可证编号、审核人的签字和“竣工图”字样)；如果制造中发生了材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等，制造单位按照设计单位书面批准文件的要求在竣工图样上作出清晰标注，标注处有修改人的签字及修改日期；

(2) 压力容器产品合格证(含产品数据表，式样见附件 B)和产品质量证明文件；产品质量证明文件包括材料清单、主要受压元件材料质量证明书、质量计划、外观及几何尺寸检验报告、焊接(粘接)记录、无损检测报告、热处理报告及自动记录曲线、耐压试验报告及泄漏试验报告、产品铭牌的拓印件或者复印件等；对真空绝热压力容器，还包括封口真空度、真空夹层泄漏率、静态蒸发率等检测结果；

(3) 《特种设备监督检验证书》(适用于实施监督检验的产品)；

(4) 设计单位提供的压力容器设计文件。

注 4-2：简单压力容器只需提供竣工图复印件、产品合格证和《特种设备监督检验证书》。

4.1.5.2 压力容器受压元件、部件的产品出厂资料

单独出厂的压力容器受压元件(如筒节、封头、锻件等)和受压部件(如换热管束、人孔部件等)的制造单位，应当向订购单位提供其产品质量证明文件。

4.1.5.3 保存期限

产品出厂资料或者竣工资料的保存期限不少于压力容器设计使用年限。

4.1.6 产品铭牌

制造单位必须在压力容器的明显部位装设产品铭牌。铭牌应当清晰、牢固、耐久，采用中文(必要时可以中英文对照)和国际单位。产品铭牌上的项目至少包括以下内容：

- (1) 产品名称；
- (2) 制造单位名称；
- (3) 制造单位许可证书编号和许可级别；
- (4) 产品标准；
- (5) 主体材料；
- (6) 介质名称；
- (7) 设计温度；
- (8) 设计压力、最高允许工作压力(必要时)；
- (9) 耐压试验压力；
- (10) 产品编号或者产品批号；
- (11) 设备代码(特种设备代码编号方法见附件 D)；

- (12) 制造日期；
- (13) 压力容器分类；
- (14) 自重和容积(换热面积)。

产品铭牌的格式见附件 C。

4.1.7 变更设计

制造单位需要对原设计文件进行变更，应当取得原设计单位同意变更的书面批准文件，并且对改动部位作详细记载。

4.1.8 无损检测

制造单位应当按照设计文件的规定编制无损检测工艺文件并且实施。无损检测人员应当按照相关技术规范进行考核取得相应资格证书后，方能承担与资格证书的种类和级别相对应的无损检测工作。

4.1.9 耐压试验

压力容器制赛后，制造单位应当按照设计文件的规定进行耐压试验。

4.1.9.1 耐压试验前的准备工作

- (1) 耐压试验前，压力容器各连接部位的紧固件，应当装配齐全，紧固妥当；
- (2) 试验用压力表应当符合本规程第 9 章的有关规定，并且至少采用两个量程相同并且经过校验的压力表，试验用压力表应当安装在被试验压力容器顶部便于观察的位置；
- (3) 耐压试验时，压力容器上焊接的临时受压元件，应当采取适当的措施，保证其强度和安全性；
- (4) 耐压试验场地应当有可靠的安全防护设施，并且经过制造单位技术负责人和安全管理部部门检查认可。

4.1.9.2 耐压试验通用要求

- (1) 如果采用高于设计文件规定的耐压试验压力时，应当对各受压元件进行强度校核；
- (2) 保压期间不得采用连续加压来维持试验压力不变，耐压试验过程中不得带压紧固或者向受压元件施加外力；
- (3) 耐压试验过程中，不得进行与试验无关的工作，无关人员不得在试验现场停留；
- (4) 进行耐压试验时，监督检验人员应当到现场进行监督检验；
- (5) 试验场地附近不得有火源，并且配备适用的消防器材；
- (6) 耐压试验后，如果出现返修深度大于二分之一厚度的情况，应当重新进行耐压试验。

4.1.9.3 液压试验

4.1.9.3.1 液压试验程序

(1) 试验介质应当符合产品标准和设计图样的要求，以水为介质进行液压试验时，试验合格后应当将水排净，必要时将水渍去除干净；

(2) 压力容器中应当充满液体，滞留在压力容器内的气体应当排净，压力容器外表面应当保持干燥；

(3) 当压力容器器壁温度与液体温度接近时，才能缓慢升压至设计压力，确认无泄漏后继续升压到规定的试验压力，保压足够时间；然后降至设计压力，保压足够时间进行检查，检查期间压力应当保持不变；

(4) 热交换器液压试验程序按照产品标准的规定。

4.1.9.3.2 液压试验合格标准

进行液压试验的压力容器，符合以下条件为合格：

(1) 无渗漏；

(2) 无可见的变形；

(3) 试验过程中无异常的响声。

4.1.9.4 气压试验

4.1.9.4.1 气压试验程序

(1) 气压试验时，制造单位应当制定应急预案并且派人进行现场监督，撤走无关人员；

(2) 气压试验时，应当先缓慢升压至规定试验压力的 10%，保压足够时间，并且对所有焊(粘)接和连接部位进行初次检查；如无泄漏可继续升压到规定试验压力的 50%；如无异常现象，按照规定试验压力的 10%逐级升压至试验压力，保压足够时间后降至设计压力进行检查，检查期间压力应当保持不变。

4.1.9.4.2 气压试验合格要求

气压试验过程中，压力容器无异常响声，经过肥皂液或者其他检漏液检查无漏气、无可见的变形即为合格。

4.1.9.5 气液组合压力试验

气液组合压力试验的升降压要求、安全防护要求以及试验的合格标准按照本规程 4.1.9.4 的有关规定执行。

4.1.10 泄漏试验

制造单位应当按照设计文件的规定在耐压试验合格后进行泄漏试验。

4.1.10.1 气密性试验

(1) 进行气密性试验时，一般需要将安全附件装配齐全；

(2) 保压足够时间经过检查无泄漏为合格。

4.1.10.2 其他泄漏试验

氨检漏试验、卤素检漏试验、氦检漏试验等泄漏试验由制造单位按照设计文件的规定进行。

4.2 金属压力容器制造要求

4.2.1 焊接

4.2.1.1 焊接工艺评定

压力容器焊接工艺评定的要求如下：

(1) 压力容器产品施焊前，受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、熔入永久焊缝内的定位焊缝、受压元件母材表面堆焊与补焊，以及上述焊缝的返修焊缝都应当进行焊接工艺评定或者具有经过评定合格的焊接工艺规程(WPS)支持；

(2) 压力容器的焊接工艺评定应当符合NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》的要求；

(3) 监督检验人员应当对焊接工艺的评定过程进行监督；

(4) 焊接工艺评定完成后，焊接工艺评定报告(PQR)和焊接工艺规程应当由制造单位焊接责任工程师审核，技术负责人批准，经过监督检验人员签字确认后存入技术档案；

(5) 焊接工艺评定技术档案应当保存至该工艺评定失效为止，焊接工艺评定试样应当至少保存5年。

4.2.1.2 焊工

(1) 压力容器焊工应当按照有关安全技术规范的规定考核合格，取得相应项目的《特种设备作业人员证》后，方能在有效期间内承担合格项目范围内的焊接工作；

(2) 焊工应当按照焊接工艺规程或者焊接作业指导书施焊并且做好施焊记录，制造单位的检查人员应当对实际的焊接工艺参数进行检查；

(3) 应当在压力容器受压元件焊缝附近的指定部位打上焊工代号钢印，或者在焊接记录(含焊缝布置图)中记录焊工代号，焊接记录列入产品质量证明文件；

(4) 制造单位应当建立焊工技术档案。

4.2.1.3 压力容器拼接与组装

(1) 球形储罐球壳板不允许拼接；

(2) 压力容器不宜采用十字焊缝；

(3) 压力容器制造过程中不允许强力组装。

4.2.1.4 焊接返修

焊接返修(包括母材缺陷补焊)的要求如下：

(1) 应当分析缺陷产生的原因，提出相应的返修方案；

(2) 返修应当按照本规程4.2.1.1进行焊接工艺评定或者具有经过评定合格的焊接

工艺规程支持，施焊时应当有详尽的返修记录；

(3) 焊缝同一部位的返修次数不宜超过 2 次，如超过 2 次，返修前应当经过制造单位技术负责人批准，并且将返修的次数、部位、返修情况记入压力容器质量证明文件；

(4) 要求焊后热处理的压力容器，一般在热处理前焊接返修，如在热处理后进行焊接返修，应当根据补焊深度确定是否需要进行消除应力处理；

(5) 有特殊耐腐蚀要求的压力容器或者受压元件，返修部位仍需要保证不低于原有的耐腐蚀性能；

(6) 返修部位应当按照原要求经过检验合格。

4.2.2 试件(板)与试样

4.2.2.1 制备母材热处理试件的条件

在制造过程中需要经过热处理恢复或者改善材料力学性能(见本规程 4.2.6.1)时，应当制备母材热处理试件。

制备母材热处理试件时，若同时要求制备产品焊接试件，允许将两种试件合并制备。

4.2.2.2 焊接试件(板)的制作

(1) 产品焊接试件应当在筒节纵向焊缝的延长部位与筒节同时施焊(球形压力容器和锻焊压力容器除外)；

(2) 试件的原材料必须合格，并且与压力容器用材具有相同标准、相同牌号、相同厚度和相同热处理状态；

(3) 试件应当由施焊该压力容器的焊工采用与施焊压力容器相同的条件和焊接工艺施焊，有热处理要求的压力容器，试件一般随压力容器一起热处理，否则应当采取措施保证试件按照与压力容器相同的工艺进行热处理；

(4) 应用应变强化技术的压力容器试件，应当按相应产品标准进行应变强化预拉伸。

4.2.2.3 焊接试件与母材热处理试件的力学性能检验

(1) 试样的种类、数量、截取与制备按照设计文件和产品标准的规定；

(2) 力学性能检验的试验方法、试验温度、合格指标及其复验要求按照设计文件和产品标准的规定。

4.2.3 胀接

热交换器管板与换热管的胀接可采用柔性胀接方法或者机械胀接方法。施胀前，制造单位应当制定胀接工艺规程，操作人员按照胀接工艺规程施胀。

4.2.4 外观要求

4.2.4.1 壳体的外观与几何尺寸

壳体的外观与几何尺寸检查方法及其合格指标按照设计文件和产品标准要求。检查的主要项目如下：

- (1) 主要几何尺寸、管口方位；
- (2) 单层筒体(含多层压力容器内筒)、筒体与封头、球壳的纵、环焊缝棱角度与对口错边量；
- (3) 多层筒节包扎压力容器、整体包扎压力容器的松动面积和热套压力容器热套面的间隙；
- (4) 凸形封头的内表面形状公差及碟形、带折边锥形封头的过渡段转角半径；
- (5) 球壳顶圆板与瓣片形状、尺寸；
- (6) 不等厚对接的过渡尺寸。

4.2.4.2 焊接接头的表面质量

- (1) 不得有表面裂纹、未焊透、未熔合、表面气孔、弧坑、未填满和肉眼可见的夹渣等缺陷；
- (2) 焊缝与母材应当圆滑过渡；
- (3) 角焊缝的外形应当凹形圆滑过渡；
- (4) 按照疲劳分析设计的压力容器，应当去除纵、环焊缝的余高，使焊缝表面与母材表面平齐；
- (5) 咬边及其他表面质量，应当符合设计文件和产品标准的规定。

4.2.5 无损检测

4.2.5.1 无损检测的实施时机

- (1) 压力容器的焊接接头应当经过形状、尺寸及外观检查，合格后再进行无损检测；
- (2) 拼接封头应当在成形后进行无损检测，如果成形前已经进行无损检测，则成形后还应当对圆弧过渡区到直边段再进行无损检测；
- (3) 有延迟裂纹倾向的材料至少在焊接完成 24h 后进行无损检测。

4.2.5.2 局部射线检测或者超声检测实施要求

- (1) 局部无损检测的部位由制造单位根据实际情况指定，但是应当包括 A、B 类焊接接头交叉部位以及将被其他元件覆盖的焊接接头部分(注 4-3)；

注 4-3：搪玻璃设备上、下接环与夹套组装焊接接头以及公称直径小于 250mm 的接管焊接接头的无损检测要求按照搪玻璃设备的国家标准或者行业标准规定。

- (2) 经过局部无损检测的焊接接头，如果在检测部位发现超标缺陷时，应当在已检测部位两端的延伸部位各进行不少于 250mm 的补充检测，如果仍然存在不允许的缺陷，则对该焊接接头进行全部无损检测；

(3) 进行局部无损检测的压力容器，制造单位也应当对未检测部分的质量负责。

4.2.5.3 无损检测记录和报告

制造单位或者无损检测机构应当如实填写无损检测记录，正确签发无损检测报告并且对无损检测报告的真实性、准确性、有效性负责，妥善保管射线底片和超声检测数据等检测记录(含缺陷返修前记录)和报告。

4.2.6 热处理

4.2.6.1 需要热处理的情况

- (1)设计要求的焊后热处理(见本规程 3.2.11)；
- (2)制造过程中因冷加工成形致使材料发生较大变形或者组织发生较大变化而影响材料微观组织和力学性能时，或者当要求材料的使用热处理状态与供货热处理状态一致但在制造过程中破坏了材料的供货热处理状态时，应当对受压元件进行恢复材料性能热处理；
- (3)需要通过热处理达到设计强度、韧性指标时，应当对受压元件进行改善材料性能热处理。

4.2.6.2 热处理实施要求

- (1)压力容器制造单位应当编制热处理工艺文件并且严格实施，需要进行现场热处理的压力容器，还应当单独提出现场热处理的具体技术要求；
- (2)压力容器焊接工作全部结束并且经过检验合格后，方可进行焊后热处理；所有种类的热处理均应当在耐压试验前进行；
- (3)热处理装置(炉)配有自动记录曲线的测温仪表，并且绘制热处理的时间与温度关系曲线。

4.2.7 锻钢、铸铁、不锈钢与有色金属制压力容器的专项要求

4.2.7.1 锻焊式压力容器

- (1)压力容器用钢锻件的钢号、化学成分、力学性能、工艺性能与检验要求，应当符合设计图样和产品标准要求；
- (2)当设计图样要求制备环向焊接接头的验证环时，验证环的材料、尺寸以及验证环试样的种类、数量、截取、试验方法与结果评定按照设计图样要求；
- (3)筒体表面应当进行机加工，其几何尺寸公差(棱角度、错边量、圆度、不等厚对接等)应当符合设计图样和产品标准要求。

4.2.7.2 铸造压力容器

- (1)铸造受压元件加工后的表面不得有裂纹，如有缩孔、砂眼、气孔、缩松等铸造缺陷，不得超过设计图样的要求，在凸出的边缘和凹角部位，应当具有足够的圆角半径，避免表面形状和交接处厚度的突变；
- (2)制造单位首次试制的产品，应当进行液压破坏试验，以验证设计的合理性，如果试验不合格，则不得转入批量制造，试验应当有完整的方案和可靠的安全措施。

4.2.7.3 不锈钢和有色金属制压力容器

(1) 不锈钢和有色金属制压力容器及其受压元件的制造，应当有专用的制造车间或者专用的工装和场地，不得与黑色金属制品或者其他产品混杂制造，工作场所要保持清洁、干燥，严格控制灰尘；

(2) 加工成形设备和焊接设备，应当能满足不锈钢、有色金属的需要，并且严格控制表面机械接触损伤和飞溅物；

(3) 有耐腐蚀、防腐蚀要求的压力容器或者受压元件，按照设计图样要求进行表面处理，例如对奥氏体不锈钢表面进行酸洗、钝化处理；

(4) 在首次采用应变强化技术进行容器制造前，制造单位应当按照相应标准的要求对采用的应变强化工艺进行验证，并且进行样品容器的试制，试制容器经监督检验合格后方可进行制造。

4.2.7.4 有色金属制压力容器

4.2.7.4.1 坡口加工

坡口加工一般采用机械方法，也可采用不损伤材料性能、不影响焊接质量的其他切割方法。坡口采用热切割方法制备后需要采用机械方法去除氧化层、污染层。

加工后的坡口应当符合以下要求：

(1) 铝、钛制压力容器坡口表面不得有裂纹、分层、夹杂及影响焊接质量的其他缺陷；

(2) 铜、镍制压力容器坡口表面不得有裂纹、分层、折叠、撕裂等缺陷。

4.2.7.4.2 铝制压力容器

铝制卧式压力容器的各支承与压力容器壳体应当保持充分接触。

4.2.7.4.3 钛制压力容器

钛制压力容器应当符合如下要求：

(1) 焊后对所有焊接接头在焊接完工原始状态进行表面颜色检查，并且按照产品标准判断是否合格，对表面颜色不合格的焊接接头，按照产品标准的要求进行处理；

(2) 钛制封头宜采用热成形，热成形时按照产品标准的要求采取必要的防护措施防止表面氧化污染；冷成形的钛制封头，成形后宜采用热校形。

4.2.7.4.4 铜制封头

铜制封头在规定的工作环境下可能产生应力腐蚀开裂时，应当按照设计图样和产品标准要求进行退火处理或者消除应力退火处理。

4.2.7.4.5 镍及镍合金制压力容器

用于镍及镍合金制压力容器及其受压元件的加热炉、热处理炉宜采用电热炉，也可采用燃气炉、燃油炉，不得采用焦炭或者煤为燃料的加热炉；当采用燃气炉、燃油炉时，应当按照产品标准的要求严格控制燃气与燃油中的硫含量。

4.2.8 超高压容器制造专项要求

4.2.8.1 材料检验

(1)超高压容器主要受压元件用锻件在性能热处理后，必须进行室温力学性能试验，测试抗拉强度、屈服强度、断后伸长率、夏比(V型缺口)冲击吸收能量和侧向膨胀值，同时进行金相分析和硬度检测，其结果应当符合设计技术条件；

(2)制造单位对外购的超高压容器筒体用锻件，应当按照其材料标准逐件进行复验；复验项目包括化学成分、力学性能、低倍组织、晶粒度、非金属夹杂物和无损检测；对外协的其他受压元件用锻件，外协单位应当提供齐全的锻件材料质量证明书和检验报告。

4.2.8.2 无损检测

4.2.8.2.1 无损检测人员

超高压容器的无损检测应当由取得特种设备无损检测Ⅱ级以上(含Ⅱ级)资格证书，并且具有压力容器锻件检测经验的人员进行，超声检测报告应当由取得Ⅲ级资格证书的无损检测人员审批。

4.2.8.2.2 无损检测的实施时机

(1)超高压容器的筒体在调质热处理前后应当分别进行一次100%的超声检测，调质热处理后必须同时做直探头和斜探头超声检测，其他受压元件应当至少进行一次100%的超声检测；

(2)筒体内外表面在机加工完成后应当进行100%的磁粉检测或者渗透检测(内径小于500mm的筒体可只进行外表面检测)，外径小于250mm的筒体可只进行涡流检测；

(3)筒体采用自增强技术的，在自增强处理后，应当对筒体进行100%的超声检测；

(4)耐压试验后，应当对筒体进行不少于20%的超声检测和100%的表面检测(内直径小于500mm的筒体可只进行外表面检测)。

4.2.8.3 自增强处理

制造单位应当按照设计文件的规定，编制自增强处理工艺并且实施。

4.2.9 简单压力容器制造专项要求

4.2.9.1 简单压力容器的型号

同时满足以下要求的简单压力容器可以划分为同一型号：

- (1)设计方法(指计算方法或者试验方法)相同；
- (2)设计压力、设计温度相同；
- (3)结构相似；
- (4)检查孔的类型相同；

(5) 焊接工艺规程相同。

4.2.9.2 简单压力容器的组批原则

相同型号和图号的简单压力容器可按批组织生产。组批的要求如下：

- (1) 组批时间，连续生产时间不超过 15 天；
- (2) 组批数量，对于内直径 $D_i \leq 400\text{mm}$ 的，按照生产顺序以不超过 1000 台为 1 批；对于内直径 $D_i > 400\text{mm}$ 的，按照生产顺序以不超过 500 台为 1 批。

4.2.9.3 焊接接头

焊接接头的抗拉强度不得低于母材标准抗拉强度下限值，并且不得有危及压力容器安全的缺陷。

4.2.9.4 爆破试验

按照试验方法设计的简单压力容器，制造单位在制造过程中，应当进行爆破试验。

4.2.9.4.1 试验要求

- (1) 对接焊接接头采用自动焊或者机动焊的简单压力容器，按批抽 1 台压力容器进行爆破试验；
- (2) 对接焊接接头采用手工焊接的，在每个焊工每天焊接的简单压力容器中，至少抽 1 台压力容器进行爆破试验；
- (3) 爆破试验在室温下进行，加压速率不得超过 0.1MPa/s ；
- (4) 爆破试验前应当测量筒体的实际壁厚和中部的周长；试验时先缓慢加压至 4 倍设计压力，保压时间不小于 5min，确认无泄漏后卸压至压力为零，测量中部周长，再缓慢加压直至压力容器爆破。

4.2.9.4.2 合格要求

简单压力容器的爆破试验的合格要求如下：

- (1) 周向永久变形率不得超过 1%；
- (2) 爆破压力不低于 4 倍的设计压力；
- (3) 无碎片产生；
- (4) 破口起裂点不在焊接接头上。

爆破试验不合格时，允许从该批压力容器中再抽取 2 台进行复验，2 台均合格后则该批合格。对接焊接接头采用手工焊接的，在该焊工当天焊接的压力容器中，再抽 2 台进行复验，2 台均合格后则该焊工当天焊接的简单压力容器合格。

爆破压力达不到要求的，该批或者该焊工当天焊接的简单压力容器判为不合格。

4.2.9.5 无损检测

简单压力容器的射线检测按照以下要求进行：

- (1) 按照设计规定的抽查原则进行射线检测；

(2) 射线检测不合格时，允许从该批压力容器中再抽取 2 台进行射线检测，2 台均合格后则该批合格；对接焊接接头采用手工焊接的，在该焊工当天焊接的压力容器中，也应当再抽 2 台进行射线检测，2 台均合格后则该焊工当天焊接的简单压力容器合格；

(3) 经复验后仍不合格的简单压力容器，应当对该批或者该焊工当天焊接的压力容器逐台进行射线检测，合格要求不变。

4.2.9.6 型式试验

同一型号的简单压力容器首批生产前，制造单位应当向具有相应资质的型式试验机构提出型式试验申请，申请时应当提交齐全的设计文件。型式试验机构应当到制造现场抽取简单压力容器样机 1 台，经资料审查和样机相应的检查、试验，证明样机符合本规程和设计文件要求，出具型式试验报告(包括试验结论、限制条件，并且用图和文字对样机作必要的说明)和型式试验证书。

改变主要制造工艺、修改设计文件导致型号改变或者停产时间超过 6 个月重新生产时，应当重新进行型式试验。

简单压力容器型式试验项目至少包括以下内容：

- (1) 外观检查；
- (2) 几何尺寸测量；
- (3) 射线检测和耐压试验(适用于按照计算方法设计的简单压力容器)；
- (4) 爆破试验(适用于按照试验方法设计的简单压力容器)；
- (5) 产品标准对型式试验规定的其他检验项目。

4.3 非金属压力容器制造要求

4.3.1 石墨压力容器制造专项要求

4.3.1.1 通用要求

- (1) 按照合格的工艺评定规程(CMS)制造石墨组件；
- (2) 进行粘接工艺评定，按照合格的粘接工艺规程(CPS)进行容器制造，评定合格的粘接工艺应当定期进行验证(每 6 个月至少一次)；
- (3) 由经过制造单位培训考核合格的粘接操作人员进行粘接作业；
- (4) 在粘接作业过程中，被粘接材料的平均温度应当保持在 10℃ ~ 52℃ 之间。

4.3.1.2 工艺评定

4.3.1.2.1 重新进行工艺评定的重要因素

当以下重要因素发生变化时，应当重新进行工艺评定：

- (1) 碳或者石墨材料(例如材料制造单位、等级或者批号、密度范围、颗粒度范围)；
- (2) 合成树脂(例如材料制造单位、树脂牌号、比重范围、室温下的黏度范围、

重要成分及范围)；

(3) 工艺参数(例如工艺压力范围、工艺时间范围、工艺温度范围、真空范围)。

4.3.1.2.2 工艺评定报告(CMQ)

工艺评定报告应当包括石墨材料的室温及材料最高允许使用温度下的抗拉强度、抗弯强度(仅对换热管)、抗压强度、渗透系数(仅对盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器材料)。

4.3.1.2.3 试件和性能试验

试件的尺寸应当满足制取标准试样每组 10 件的要求，并且按照相应的试验方法标准进行性能试验。

4.3.1.3 粘接工艺评定

4.3.1.3.1 重新进行粘接工艺评定的重要因素

当以下重要因素发生变化时，应当重新进行粘接工艺评定：

- (1) 接头设计和间隙；
- (2) 表面准备状态；
- (3) 粘接材料参数(例如填充材料、树脂、固化剂等)；
- (4) 工艺参数(例如时间、温度等)。

4.3.1.3.2 粘接工艺评定报告(CPQ)

粘接工艺评定报告应当包括室温及材料最高允许使用温度下的抗拉强度。

4.3.1.3.3 试件和性能试验

试件应当按照设计的接头型式及工艺要求制作，试件的尺寸应当满足制取标准试样每组 10 件的要求，并且按照相应的试验方法标准进行性能试验。

4.3.1.4 粘接操作人员的培训考核

制造单位应当对从事石墨压力容器及零部件粘接作业的操作人员进行培训考核。

当粘接操作人员在 6 个月内没有粘接作业或者对其粘接操作能力有怀疑时，应当重新进行考核。

4.3.1.5 材料修补

材料可以采用经过评定的粘接工艺进行修补。

材料修补应当有详细的记录，其内容至少包括粘接型式、粘接部位尺寸、材料牌号、材料制造单位、粘接工艺参数(接头间隙、固化温度和时间等)、粘接操作人员及修补时间等。

粘接缝同一部位的修补不宜超过 2 次，如超过 2 次，修补前应当将情况总结并且经制造单位技术负责人批准，修补的次数、部位、修补情况应当记入质量证明文件。

4.3.1.6 粘接试件

按 3.3.1.6 的规定制做粘接试件，并且应当符合以下的要求：

- (1) 试件的材料与压力容器用材料牌号相同，由同一材料制造单位生产；
- (2) 试件的粘接应当由粘接该台压力容器的粘接操作人员完成，并且采用与压力容器粘接缝相同的条件与工艺；
- (3) 粘接试件、试样的尺寸及其加工、试验、评定应当符合 GB/T 13465.9《不透性石墨粘接剂粘接抗拉强度试验方法》的规定。

4.3.1.7 外观检查

石墨零部件和完工后压力容器外观应当符合图样要求，其内外表面应当光滑、无气泡、砂眼、凹坑和裂纹，不得有突变的尖锐划痕等缺陷。

4.3.1.8 石墨管水压试验或者气压试验

石墨管在组装前应当逐根进行水压试验或者气压试验，试验压力不得低于设计压力的 2 倍，并且不得低于 1MPa，不渗漏为合格。

4.3.1.9 石墨块件水压试验或者气压试验

块孔式热交换器的石墨块件在组装前应当单件进行水压试验或者气压试验，试验压力不得低于设计压力的 1.5 倍，保压 10min，不渗漏为合格。

4.3.1.10 耐压试验

石墨压力容器的耐压试验按照本规程 3.3.1.4 的规定执行。

石墨压力容器试压每升高 0.1MPa 保压 2min ~ 3min，达到试验压力后保压 30min，然后缓慢降至设计压力，保压足够时间进行检查，不渗漏为合格。

4.3.1.11 泄漏试验

耐压试验后，按照本规程 3.3.1.5 的要求进行泄漏试验。

4.3.2 纤维增强塑料压力容器制造专项要求

4.3.2.1 制造环境要求

纤维增强塑料压力容器的制造环境温度不得低于 10℃并且不得超过 35℃，相对湿度不得大于 80%，避免在阳光直射下制作。

4.3.2.2 原材料的使用要求

- (1) 树脂及其助剂应当在阴凉处存放，避免受热，超过保存期后不得使用；
- (2) 严禁促进剂与固化剂同时加入树脂中。

4.3.2.3 制造工艺要求

- (1) 采用纤维织物铺层时，同层纤维织物的叠加宽度不得少于 10mm；
- (2) 缠绕角应当符合设计规定，缠绕层必须线型完整，不得出现离缝或者重叠。

4.3.2.4 原型容器

I 型和Ⅲ型纤维增强塑料压力容器应当制作原型容器，对原型容器的各项检验、试验合格后，方可进行制造。

4.3.2.5 制造成型工艺

- (1) I型和III型纤维增强塑料压力容器成型工艺规程应当按照制作原型容器的工艺制定；
- (2) II型纤维增强塑料压力容器制造前应当进行成型和粘接工艺评定，成型和粘接工艺规程应当根据已评定合格的工艺制定。

4.3.2.6 工艺评定人员要求

成型和粘接工艺评定应当由制造单位的操作人员(经过培训考核合格，不允许借用外单位人员)按照拟定的工艺指导书进行操作、制作。

4.3.2.7 制造检查

每台纤维增强塑料压力容器应当进行出厂检验，检验项目包括：外观质量、几何尺寸(厚度、直径、锥度、高度等)、固化度、树脂含量、总质量、力学性能。

热塑性塑料衬里与结构层不得分层。

4.3.2.8 耐压试验

按照设计要求进行耐压试验，压力升降速度每分钟不得超过2%的试验压力。

4.3.3 非金属压力容器中的金属受压元件的制造

非金属压力容器中的金属受压元件的制造应当符合本规程中关于金属压力容器的相应规定。

5 安装、改造与修理

5.1 安装改造修理单位

- (1)从事压力容器安装、改造或者重大修理的单位应当是取得相应资质的单位；安装改造修理单位应当按照相关安全技术规范的要求，建立质量保证体系并且有效运行，安装改造修理单位及其主要负责人对压力容器的安装、改造、修理质量负责；
- (2)安装改造修理单位应当严格执行法规、安全技术规范及技术标准；
- (3)安装改造修理单位应当向使用单位提供安装、改造、修理施工方案、图样和施工质量证明文件等技术资料；
- (4)压力容器安装、改造与重大修理前，从事压力容器安装、改造与重大修理的单位应当向使用地的特种设备安全监管部门书面告知。

5.2 改造与重大修理

5.2.1 改造与重大修理含义和基本要求

- (1)压力容器的改造是指改变主要受压元件的结构或者改变压力容器运行参数、

盛装介质、用途等；压力容器的重大修理是指主要受压元件的更换、矫形、挖补，以及对符合本规程 3.2.2.1 规定的对接接头的补焊或者对非金属压力容器粘接缝的修补；

(2) 压力容器的改造或者重大修理方案应当经过原设计单位或者具备相应能力的设计单位书面同意；

(3) 压力容器的改造或者重大修理可以采用其原产品标准，经过改造或者重大修理后，应当保证其结构和强度满足安全使用要求；

(4) 符合本规程 6.1.2.2 要求的压力容器改造、重大修理施工过程，应当经过具有相应资质的特种设备检验机构进行监督检验，未经监督检验或者监督检验不合格的压力容器不得投入使用；

(5) 固定式压力容器不得改造为移动式压力容器。

5.2.2 改造或者修理前的准备工作

压力容器改造或者修理人员在进入压力容器内部进行工作前，使用单位应当按照安全生产的有关规定，参照定期检验的要求，做好准备和清理工作，达不到要求时，严禁人员进入。

5.2.3 改造或者修理的焊接要求

(1) 压力容器的挖补、更换筒节、增(扩)开口接管以及焊后热处理，应当参照相应的产品标准制订施工方案，并且经改造或者修理单位技术负责人批准；

(2) 经无损检测确认缺陷完全清除后，方可进行焊接(焊接工艺评定按照本规程 4.2.1.1 的规定)，焊接完成后应当再次进行无损检测；

(3) 母材补焊后，应当打磨至与母材齐平；

(4) 有焊后消除应力热处理要求时，应当根据补焊深度确定是否需要进行消除应力处理。

5.2.4 非金属压力容器改造或者修理专项要求

(1) 对石墨压力容器，当改造或者修理石墨受压元件时，需要进行粘接或者浸渍作业的，在改造或者修理作业前，应当参照本规程 4.3.1.2 和 4.3.1.3 的规定进行相应的工艺评定；

(2) 纤维增强塑料压力容器改造、修理过程中应当远离热源、火源。

5.2.5 改造与重大修理的耐压试验

有下列情况之一的压力容器，在改造与重大修理施工过程中应当进行耐压试验：

(1) 用焊接(粘接)方法更换或者新增主要受压元件的；

(2) 主要受压元件补焊深度大于二分之一实测厚度的；

(3) 改变使用条件，超过原设计参数并且经过强度校核合格的；

(4) 需要更换衬里的(耐压试验在更换衬里前进行)。

6 监督检验

6.1 监督检验通用要求

6.1.1 监督检验

压力容器的监督检验(以下简称监检)应当在压力容器制造、改造与重大修理过程中进行(安装不实施监检)。监检是在压力容器制造、改造、修理单位(以下简称受检单位)的质量检验、检查与试验(以下简称自检)合格的基础上进行的过程监督和满足基本安全要求的符合性验证。

监检工作不能代替受检单位的自检。

6.1.2 适用范围

6.1.2.1 实施制造监检的产品

- (1)整体出厂的压力容器；
- (2)现场制造、现场组焊、现场粘接的压力容器；
- (3)单独出厂并且具有焊缝的筒节、封头及球壳板，或者采用焊接方法连接的换热管束。

6.1.2.2 实施监检的改造与重大修理

- (1)改变主要受压元件结构或者改变使用条件(运行参数、盛装介质、用途)，并且需要进行耐压试验的改造；
- (2)主要受压元件的更换、矫形、挖补，以及壳体对接接头的补焊或者粘接，并且需要重新进行焊后热处理或者耐压试验的重大修理。

6.1.3 监检机构

监检机构指经国家质检总局核准，具有相应资质的特种设备检验机构。

6.1.4 受检单位的义务

受检单位在监检工作中履行以下义务：

- (1)建立质量保证体系并且保持有效实施，对压力容器的制造、施工质量负责；
- (2)在压力容器的制造、施工前，约请监检机构实施监检；
- (3)向监检机构提供必要的工作条件，提供与受检产品有关的真实、有效的质量保证体系文件、技术资料、检验记录和试验报告等；
- (4)确定监检联络人员，按照质量计划和工作进度，及时通知监督检验人员(以下简称监检员)到场；
- (5)对《特种设备监督检验联络单》(以下简称《监检联络单》，见附件E)和《特种设备监督检验意见通知书》(以下简称《监检意见书》，见附件F)，在规定的期限内处理并且书面回复，如受检单位未在规定期限内处理并且书面回复，监检机构应

当暂停对其监检；

(6) 应当监检而未经监检的产品不得出厂或者交付使用。

6.1.5 监检机构职责

- (1) 建立质量管理体系并且保持有效实施，对压力容器监检工作质量负责；
- (2) 向受检单位提供监检工作程序以及监检员资格情况；
- (3) 定期组织对受检单位的质量保证体系实施状况进行评价；
- (4) 发现受检单位质量保证体系实施或者压力容器安全性能存在严重问题(注 6-1)时，发出《监检意见书》，同时报告所在地的和颁发许可证的特种设备安全监管部门；
- (5) 对监检员加强管理，定期对监检员进行培训、考核，防止和及时纠正监检失当行为；
- (6) 按照信息化工作和统计年报的要求，及时汇总、统计、上报上传有关监检的数据。

注 6-1：严重问题，是指监检项目不合格并且不能纠正；受检单位质量保证体系实施严重失控；对《监检联络单》提出的问题拒不整改；有许可要求时，已不再具备相应的许可条件；严重违反特种设备许可制度(如发生涂改、伪造、转让或者出卖特种设备许可证，向无特种设备许可证的单位出卖或者非法提供产品质量证明文件)；发生重大质量事故等问题。

6.1.6 监检员职责

承担压力容器监检工作的人员应当持有相应的资格证书，在监检工作中应当履行以下职责：

- (1) 按照受检单位的生产安排，及时对报检的产品进行监检并且对监检结论负责；
- (2) 妥善保管受检单位提供的技术资料，并且负有保密的义务；
- (3) 发现受检单位质量保证体系实施或者压力容器安全性能存在一般问题时，及时向受检单位发出《监检联络单》；
- (4) 发现受检单位质量保证体系实施或者压力容器安全性能出现不符合本规程的严重问题时，及时停止监检并且向监检机构报告；
- (5) 及时在工作见证上签字(章)确认，填写监检记录；
- (6) 对监检合格的压力容器，及时出具《特种设备监督检验证书》(以下简称监检证书，见附件 G)，负责打监检钢印(制造监检时)。

6.1.7 监检程序

压力容器监检的一般程序如下：

- (1) 受检单位约请监检机构并且签署监检工作协议，明确双方的权力、责任和义务；
- (2) 监检员确定监检项目；
- (3) 监检员对制造、施工过程进行监检，填写监检记录等工作见证；

- (4) 制造(含现场制造、现场组焊、现场粘接)监检合格后, 监检员打监检钢印;
- (5) 监检机构出具监检证书。

6.1.8 监检内容

(1) 通过相关技术资料和影响基本安全要求工序的审查、检查与见证, 对受检单位压力容器制造、改造与重大修理过程及其结果是否满足本规程要求进行符合性验证;

(2) 对受检单位的质量保证体系实施状况进行检查与评价。

6.1.9 监检项目

6.1.9.1 监检项目的确定原则

监检员应当依据本规程、设计文件规定的产品标准和制造技术条件、工艺文件, 综合考虑所监检的压力容器制造、施工过程对安全性能的影响程度, 结合受检单位的质量保证体系实施状况, 基于产品质量计划确定监检项目。

监检员确定的监检项目, 不得低于本规程 6.2 至 6.5 的相关要求。

6.1.9.2 监检项目的分类

监检项目分为 A 类、B 类和 C 类, 其要求如下:

(1) A 类, 是对压力容器安全性能有重大影响的关键项目, 在压力容器制造、施工进行到该项目时, 监检员现场监督该项目的实施, 其结果得到监检员的现场确认合格后, 方可继续制造、施工;

(2) B 类, 是对压力容器安全性能有较大影响的重点项目, 监检员一般在现场监督该项目的实施, 如不能及时到达现场, 受检单位在自检合格后可以继续制造、施工, 监检员随后对该项目的结果进行现场检查, 确认该项目是否符合要求;

(3) C 类, 是对压力容器安全性能有影响的检验项目, 监检员通过审查受检单位相关的自检报告、记录, 确认该项目是否符合要求;

(4) 本规程监检项目设为 C/B 类时, 监检员可以选择 C 类, 当本规程其他相关条款或者产品标准、设计文件规定需要进行现场检查时, 监检员应当选择 B 类;

(5) 监检项目的类别划分要求见本规程相应章节的有关要求。

6.1.10 监检工作见证和监检记录

监检机构根据监检工作的需要, 制定有关监检工作见证和监检记录的要求。

(1) 监检工作见证包括监检完成后的质量计划以及监检员签字(章)确认的受检单位提供的相应检验、试验报告和监检记录;

(2) 监检记录应当能够表明监检过程的实施情况, 并且具有可追溯性; 除本规程明确要求的监检记录外, 监检员还应当记录监检工作中的抽查情况以及发现问题的项目、内容。

6.1.11 监检机构存档资料

监检工作结束后，监检机构应当及时出具监检证书并且将相关监检资料存档，保存期限不少于压力容器设计使用年限。监检资料至少包括以下内容：

- (1) 监检证书；
- (2) 监检完成后的质量计划复印件、监检记录等有关的监检工作见证；
- (3) 压力容器产品数据表；
- (4) 《监检联络单》和《监检意见书》；
- (5) 监检机构质量管理体系文件中规定存档的其他资料。

6.2 制造监检

6.2.1 制造监检通用要求

6.2.1.1 技术文件审查

受检单位在制造投料前将压力容器的设计文件、质量计划、焊接工艺规程(或者粘接工艺规程，下同)和热处理工艺等相关工艺文件提交监检员审查。

监检员逐台审查压力容器的设计文件、质量计划和相关工艺文件，并且在设计总图上签字。如果监检的压力容器为定型产品(注 6-2)时，监检员可以按照型号进行设计文件审查。

注 6-2：定型产品，是指具有相同设计文件、相同工艺文件、相同质量计划的压力容器产品。

6.2.1.1.1 设计文件审查

至少包括以下内容：

- (1) 设计单位的资质、设计总图及设计变更(含材料代用)的批准手续；
- (2) 受检单位外来图样工艺审图的见证资料；
- (3) 本规程 3.1.4.1 要求的设计文件齐全性；
- (4) 设计采用的法规及产品标准、主要受压元件材料标准的有效性，当采用国际标准或者境外标准设计时还应当审查设计文件与我国基本安全要求的符合性申明；
- (5) 审查本规程 3.1.5 要求的新技术评审和相应的批准手续；采用试验方法设计时，确认试验过程的监检资料；
- (6) 需要进行型式试验产品的型式试验报告(证书)；
- (7) 设计总图上注明的无损检测要求、热处理要求、耐压试验和泄漏试验要求是否符合本规程规定。

6.2.1.1.2 工艺文件审查

- (1) 审查相关工艺文件的批准程序；
- (2) 焊接工艺规程与依据的焊接工艺评定的符合性；
- (3) 当采用本规程及产品标准中没有规定的无损检测方法、消除焊接残余应力方法、改善材料性能方法、泄漏试验方法等新工艺时，审查本规程要求的技术评审和相应的审批手续。

6.2.1.1.3 质量计划审查

审查质量计划的批准手续，以及以下内容与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性：

- (1) 主要受压元件材料验收；
- (2) 焊接、浸渍、粘接等工艺评定；
- (3) 产品试件检验与试验；
- (4) 无损检测；
- (5) 焊后热处理等特殊过程；
- (6) 外观与几何尺寸检验；
- (7) 耐压试验和泄漏试验；
- (8) 设计总图中规定的特殊技术要求；
- (9) 采用本规程及产品标准中没有规定的新材料、新工艺的质量控制要求。

完成质量计划审查后，监检员根据本规程 6.1.9 的规定，在质量计划中明确监检项目。

6.2.1.2 材料监检

6.2.1.2.1 材料验收监检(C/B类)

监检至少包括以下内容：

- (1) 审查主要受压元件材料验收的见证资料；
- (2) 审查主要受压元件的材料质量证明书原件或者加盖材料经营单位公章和经办负责人章的复印件，审查材料化学成分、力学性能等与本规程的符合性；
- (3) 当主要受压元件为外协件或者外购件，并且未实施监检时，按照本条第(1)、(2)项的内容实施监检；当主要受压元件为外协件或者外购件，并且已实施监检时，审查外协件和外购件验收的见证资料和监检证书；
- (4) 当主要受压元件需要进行材料复验、无损检测时，审查材料复验报告、无损检测报告的批准手续，以及试验项目、验收要求与本规程及产品标准、设计文件的符合性；
- (5) 当受检单位使用境外牌号材料制造在境内使用的压力容器时，审查所使用的境外牌号材料与本规程及产品标准的符合性；
- (6) 当使用本规程要求技术评审的新材料制造压力容器时，审查材料的技术评审和相应的批准手续。

6.2.1.2.2 材料标志移植监检(C/B类)

- (1) 主要受压元件材料标志移植监检，监检员根据受检单位质量保证体系实施状况和压力容器的材料种类，确定主要受压元件材料标志移植的现场抽查数量；
- (2) 当主要受压元件用材料为特殊材料(注 6-3)时，现场抽查材料标志移植情况。

注 6-3：特殊材料是指标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢钢板、奥氏体-铁素体不锈钢钢板、低温压力容器用钢板、有色金属以及受检单位首次施焊的材料(含满足上述条件的复合钢板，下同)。

6.2.1.2.3 材料代用监检(C类)

制造过程存在受压元件材料代用时，审查原设计单位的书面批准文件。

6.2.1.3 耐压试验与泄漏试验监检

6.2.1.3.1 基本要求

(1)受检单位应当保证压力容器在耐压试验前的工序及检验已全部完成，耐压试验与泄漏试验的准备工作符合本规程及产品标准、设计总图规定的制造技术条件的要求；

(2)受检单位应当提前通知监检员耐压试验的时间，监检员应当按时到达耐压试验现场。

6.2.1.3.2 耐压试验监检(A类)

监检至少包括以下内容：

(1)检查确认耐压试验用介质、试验温度、试验压力和保压时间是否符合本规程及产品标准、设计总图规定的制造技术条件的要求；

(2)确认耐压试验是否有渗漏、可见的变形，试验过程中有无异常的响声。

6.2.1.3.3 泄漏试验监检(C/B类)

审查泄漏试验的试验方法和试验报告与本规程及产品标准、设计总图规定的符合性。

6.2.1.4 出厂资料审查(C类)

6.2.1.4.1 产品出厂资料

当监检对象为整台压力容器、现场组焊或者现场制造的压力容器时，出厂(竣工)资料的审查至少包括以下内容：

(1)产品出厂资料(竣工图样、产品合格证和产品质量证明文件)的批准手续以及与本规程、产品标准要求的齐全性；

(2)设计修改、变更的批准手续及其在竣工图上的标注；

(3)超压泄放装置质量证明书及其校验报告，其制造单位是否持有特种设备制造许可证，其校验报告和动作压力与安全技术规范要求的符合性。

6.2.1.4.2 压力容器受压元件、部件出厂资料

当监检对象为本规程 6.1.2.1 第(3)项的筒节、封头、球壳板或者换热管束时，审查产品质量证明文件的批准手续，其内容与本规程及产品标准要求的符合性。

6.2.1.5 产品铭牌监检(B类)

监检员检查产品铭牌的内容与本规程及产品标准要求的符合性。

6.2.1.6 监检钢印与监检证书

监检钢印与监检证书应当符合以下要求：

- (1)当监检产品为整体出厂、现场制造、现场组焊或者现场粘接的压力容器时，监检员在产品铭牌上打上监检钢印；
- (2)当监检产品为本规程 6.1.2.1 第(3)项的封头、球壳板或者换热管束时，监检员在产品合格证上盖注监检标志；
- (3)经监检合格的产品，监检员汇总监检记录及见证资料后，出具监检证书。

6.2.2 金属压力容器监检要求

6.2.2.1 焊接工艺评定监检

当受检单位需要进行焊接工艺评定时，监检员应当对焊接工艺的评定过程进行监检。监检至少包括以下内容：

- (1)审查焊接工艺评定程序(C类)；
- (2)焊接工艺评定试件检查(A类)，在制取拉伸、弯曲、冲击试样前，现场检查焊接工艺评定试件，并且标注监检标记；
- (3)焊接工艺评定试验报告确认(C/B类)，审查焊接工艺评定试样的试验报告，当监检员认为有必要时，现场检查试验后的试样；
- (4)焊接工艺评定报告审查(C类)，审查焊接工艺评定报告(PQR)和焊接工艺规程(WPS)。

6.2.2.2 焊接过程监检(C/B类)

监检至少包括以下内容：

- (1)受检单位在热处理或者耐压试验前，将焊接记录与施焊记录提交监检员审查，监检员抽查焊工资格、实际施焊的工艺参数与焊接工艺规程的符合性；
- (2)当特殊材料时，监检员还应当对焊接过程进行现场抽查，抽查焊工资格、焊接材料、焊接工艺参数与焊接工艺规程的符合性；
- (3)审查超次返修的批准手续，以及返修工艺与评定合格的焊接工艺规程的符合性。

6.2.2.3 产品焊接试件监检

监检至少包括以下内容：

- (1)产品焊接试件制备的审查(C/B类)，审查焊接试件制备的方法和数量与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性；当压力容器需要进行焊后热处理时，还应当检查产品焊接试件与实际产品热处理工艺的一致性；
- (2)产品焊接试件检查(A类)，在制取拉伸、弯曲、冲击试样前，现场检查产品焊接试件的焊接过程，并且标注监检标记；
- (3)产品焊接试件的试样和试验结果的确认(C/B类)，审查产品焊接试件的试验

报告；当监检员认为有必要时，现场检查试验后的试样。

6.2.2.4 现场制造和现场组焊的组对监检(B类)

受检单位在压力容器组对后焊接前将组对质量检验记录或者报告提交监检员。

监检员审查组对质量的检验项目与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性；对组对精度、坡口表面质量、坡口间隙等进行现场抽查。抽查数量根据压力容器的组对难度确定。

6.2.2.5 外观与几何尺寸监检

受检单位在耐压试验前，将压力容器外观与几何尺寸的检验报告提交给监检员。监检员在耐压试验前进行宏观检查。

6.2.2.5.1 记录与报告审查(C类)

监检员审查外观与几何尺寸检验报告的批准手续；审查外观与几何尺寸检验报告中的检验项目与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性。

6.2.2.5.2 宏观检查(B类)

宏观检查至少包括以下内容：

- (1) 检查焊缝布置情况；
- (2) 抽查母材表面机械接触损伤情况和焊接接头的表面质量；
- (3) 对于按照疲劳分析设计的压力容器，还应当重点检查纵、环焊缝的余高和焊缝表面；
- (4) 抽查热交换器管板与换热管的胀接外观质量。

6.2.2.6 无损检测监检

受检单位在压力容器热处理或者耐压试验前，将焊接接头无损检测记录与报告、射线检测底片提交监检员审查。

6.2.2.6.1 无损检测记录与报告审查(C类)

审查至少包括以下内容：

- (1) 无损检测人员的资格证书，无损检测工艺和报告的批准手续；
- (2) 无损检测实施的时机、比例、部位、执行的技术标准和评定级别与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性。

6.2.2.6.2 射线底片审查(C类)

监检员根据受检单位质量保证体系的实施状况、压力容器焊接结构复杂程度和材料的焊接性，确定射线底片审查的数量和部位，审查射线底片质量及评定与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性。

射线底片审查的数量和部位至少满足以下要求：

- (1) 审查交叉焊缝、返修及扩探部位、采用不可记录的脉冲反射法超声检测而附加的局部射线检测的底片；

(2) 对于特殊材料、铬钼钢制压力容器，审查数量不低于表 6-1 的要求。

表 6-1 射线底片审查数量要求

每台压力容器射线 底片总数(N , 张)	不同射线检测比例对应的射线底片审查数量	
	全部(100%)	局部($\geq 20\%$)
$N \leq 10$	N	N
$10 < N \leq 100$	$30\%N$ 且不少于 10	$50\%N$ 且不少于 10
$100 < N \leq 500$	$20\%N$ 且不少于 30	$25\%N$ 且不少于 50
$N > 500$	$15\%N$ 且不少于 100	$20\%N$ 且不少于 125

6.2.2.7 热处理监检

6.2.2.7.1 热处理记录和报告审查(C类)

受检单位在耐压试验前，将热处理的记录、报告及相关的检验试验报告提交给监检员。监检至少包括以下内容：

- (1) 审查热处理报告的批准手续；
- (2) 审查热处理记录曲线、热处理报告与热处理工艺的符合性。

6.2.2.7.2 返修后的热处理(C类)

审查重新进行的热处理与本规程及产品标准规定的符合性。

6.2.2.7.3 热处理试件

监检至少包括以下内容：

(1) 热处理试件制备的审查(C/B类)，审查热处理试件制备的方法和数量与本规程及产品标准、设计文件规定的符合性；

(2) 热处理试件检查(A类)，在制取试样前，现场检查热处理试件，并且标注监检标记；

(3) 热处理试件的试样和试验结果的确认(C/B类)，审查试样和试验结果；当监检员认为有必要时，现场检查试验后的试样。

6.2.2.7.4 现场热处理监检(A类)

当现场组焊或者现场制造的压力容器焊后热处理时，审查现场热处理方案，检查热电偶的布置和热处理温度数据采集情况。

6.2.2.8 超高压容器制造监检专项要求

(1) 审查超高压容器材料检验和筒体热处理后的力学性能试验项目与本规程 4.2.8.1 的符合性(C类)；

- (2) 现场检查超高压容器自增强处理过程与本规程 4.2.8.3 的符合性(B类)。

6.2.2.9 地下储气井监检专项要求

- (1)除审查井筒等主要受压元件的原材料验收外，还应当审查密封脂、固井水泥或者其他防腐材料等原材料的验收(C类)；
- (2)现场抽查井筒组装情况，如钢管组装扭矩、专用螺纹密封脂涂敷情况、扶正器设置(C/B类)；
- (3)审查固井质量检测及评价与设计文件规定的符合性(C类)。

6.2.3 非金属及非金属衬里压力容器制造监检要求

6.2.3.1 非金属压力容器中的金属受压部件或者装置的制造监检

与非金属压力容器组合或者联接的金属受压部件、装置的制造监检应当符合本规程中关于金属压力容器的相应规定。

6.2.3.2 石墨及石墨衬里压力容器制造监检专项要求

(1)审查石墨材料工艺评定(包括浸渍工艺评定和复合物材料成型工艺评定)和粘接工艺评定程序、拟定的工艺规程、试件和试样的制取、性能试验等与本规程要求的符合性(B类)，审查这些工艺评定的试验报告(C类)；

(2)现场确认石墨材料工艺评定和粘接工艺评定性能试验的准备工作和试验过程(A类)；

(3)现场抽查粘接作业过程中被粘接材料的温度与本规程要求的符合性(B类)；

(4)粘接试件制备的方法、数量和性能试验报告与设计文件的符合性(C/B类)；

(5)审查粘接操作人员的培训考核情况(C类)。

6.2.3.3 纤维增强塑料及纤维增强塑料衬里压力容器制造监检专项要求

(1)审查成型和粘接工艺评定程序、拟定的工艺规程、试件和试样的制取、性能试验等与本规程要求的符合性(C类)；

(2)现场确认原型容器的压力试验与本规程3.3.2.3的符合性(A类)；

(3)现场抽查制造环境与本规程4.3.2.1的符合性(B类)；

(4)审查成型和粘接操作人员的培训考核情况(C类)。

6.2.3.4 搪玻璃压力容器制造监检专项要求

(1)审查金属材料及搪玻璃釉质量证明书及验收、复验记录，审查搪玻璃釉理化性能(C类)；

(2)审查搪玻璃层厚度和直流高电压检验记录(C/B类)。

6.3 改造与重大修理监检

6.3.1 施工方案和质量计划审查

受检单位在压力容器改造与重大修理施工前将施工方案提交监检员审查。审查至少包括以下内容：

(1)改造与重大修理施工方案的批准手续，原设计单位或者具备相应能力的设计

单位对改造与重大修理施工方案的同意文件；

(2) 材料、焊接(粘接)、热处理、无损检测、耐压试验、泄漏试验的技术要求与本规程及产品标准的符合性。

改造与重大修理施工方案审查合格后，监检员按照本规程 6.1.9 的要求，在质量计划中明确监检项目。

6.3.2 受检单位施工现场条件与质量保证体系实施的检查(B类)

检查至少包括以下内容：

(1) 受检单位是否能够在施工现场有效实施质量保证体系，审查相关责任人员的设置是否符合要求；

(2) 焊工、无损检测人员等是否具有相应资格；

(3) 是否配置了必要的工装及设备；

(4) 是否配置了必要的焊材、零部件等存放场所。

6.3.3 施工过程监检

监检至少包括以下内容：

(1) 主要受压元件补焊前，检查缺陷是否完全清除(B类)；

(2) 压力容器施工过程中涉及材料、组对装配与焊接(粘接)、无损检测、热处理、外观与几何尺寸、耐压试验与泄漏试验的监检按照本规程 6.2 的相关规定执行。

6.3.4 施工的竣工资料审查与监检证书(C类)

压力容器施工竣工后，监检员对改造与重大修理的质量证明文件以及改造与重大修理部位竣工图审查合格后，出具监检证书。

6.4 进口压力容器的监检

6.4.1 监检依据

本规程及贸易合同中约定的建造规范、标准。

6.4.2 监检方式

进口压力容器的监检可以采用制造过程监检的方式进行。未能在境外完成制造过程监检时，应当在压力容器入境到达口岸或者使用地后，由经质检总局核准的检验机构对产品安全性能进行监检(以下简称到岸检验，注 6-4)。

对于进口成套设备中由境内制造单位制造的压力容器，如果已经由制造单位所在地的监检机构按照本规程 6.2 的要求进行了监检，压力容器到达口岸或者到达使用地后，不再重复进行到岸检验。

注 6-4：到岸检验是指在进口压力容器到达口岸或者使用地后进行的产品安全性能监检，以验证其是否符合本规程的基本安全要求。

6.4.3 监检程序

进口压力容器监检的基本程序：

- (1) 受检单位书面提出监检申请；
- (2) 境外监检或者到岸检验项目的确定与实施；
- (3) 相关技术文件和检验资料的审查；
- (4) 打监检钢印并且出具《进口特种设备安全性能监督检验证书》(格式见附件G)。

6.4.4 监检申请要求

进口压力容器的单位或者境外压力容器制造单位应当向使用地或者口岸地(使用地不确定时)的监检机构提出监检申请。

当采用国际标准或者境外标准设计的压力容器时，申请时还应当提供本规程3.1.1第(3)项要求的符合性申明和其产品与中国压力容器基本安全要求的比照表。

6.4.5 监检项目确定

按照本规程6.1.9和6.2的要求，确定境外监检项目或者到岸检验项目。

6.4.6 境外监检

监检机构根据确定的境外监检项目，派出监检员到境外按照本规程6.2的要求进行监检。

6.4.7 到岸检验

监检机构根据确定的到岸检验项目，重点对以下项目进行检验：

- (1) 主要受压元件的厚度；
- (2) 外观及几何尺寸等宏观检验；
- (3) 对接接头的无损检测抽查，抽查数量不少于10%的对接接头并且不少于1条(无法进行无损检测抽查的除外)；
- (4) 产品铭牌；
- (5) 相关检验资料审查时，有怀疑的检验项目。

进口压力容器在境外已经我国监检机构进行监检的，不再重复进行到岸检验。

6.4.8 相关技术文件和检验资料的审查

参照本规程6.1.9和6.2的要求，确定需要审查的技术文件和检验资料。但以下技术资料和检验资料应当审查：

- (1) 审查压力容器设计文件，当采用国际标准或者境外标准设计的压力容器时，还需要审查设计方法、安全系数、风险评估报告、快开门式压力容器的安全联锁装置与本规程基本安全要求的符合性；
- (2) 审查压力容器主要受压元件的材料清单及质量证明文件，审查材料化学成分、力学性能和钢板的超声检测与本规程基本安全要求的符合性；
- (3) 境外监检时，还应当审查压力容器焊接工艺规程与焊接工艺评定报告的符合性，审查压力容器焊接记录与焊接工艺规程的符合性；

- (4) 审查压力容器产品焊接试件检验报告，当采用国际标准或者境外标准设计的压力容器时，还需要审查产品焊接试件的制备与本规程基本安全要求的符合性；
- (5) 审查压力容器无损检测报告，当采用国际标准或者境外标准设计的压力容器时，还需要审查无损检测方法、比例与本规程基本安全要求的符合性；
- (6) 境外监检时，还应当审查压力容器焊缝射线检测底片；
- (7) 审查压力容器热处理报告；
- (8) 审查压力容器外观及几何尺寸检验报告；
- (9) 审查压力容器耐压试验和泄漏试验报告，当采用国际标准或者境外标准设计的压力容器时，还需要审查试验方法、压力系数与本规程基本安全要求的符合性；
- (10) 审查压力容器出厂(竣工)资料。

6.4.9 监检钢印与监检证书

监检合格后，监检员按照本规程 6.1.6 第(6)项的要求，打监检钢印并且出具《进口特种设备安全性能监督检验证书》。

6.5 批量制造产品的监检方法

6.5.1 适用范围

适用于组批制造的蓄能器、简单压力容器、具有焊缝的封头和同时满足以下条件的容积小于 5m³的第Ⅰ类和第Ⅱ类压力容器的监检：

- (1) 采用相同的设计文件、相同的工艺文件、相同质量计划，相同牌号的材料、同一生产计划号、制造数量不少于 30 台并且出厂编号连续；
- (2) 不需要制备产品焊接试件或者进行焊后热处理。

受检单位向监检机构提出实施批量制造产品监检的申请，监检机构确认产品满足批量要求后实施监检。

6.5.2 监检数量要求

监检员根据受检单位质量保证体系实施状况确定现场抽查的产品数量。对于简单压力容器，不得低于 5% 并且不少于 3 台；其他批量生产的产品，不得低于制造计划数的 10% 并且不少于 4 台。同批次的首台产品必须监检。

6.5.3 抽查产品的监检

所抽查产品的设计文件与工艺文件、材料、组对装配、焊接、无损检测、外观与几何尺寸、耐压试验的监检按照本规程 6.2 的相关要求执行。对简单压力容器的爆破试验，监检员现场见证试验过程。

6.5.4 监检记录

除按照本规程 6.1.10 的要求完成监检工作见证外，还应当记录抽查产品的编号。

6.5.5 出厂(竣工)资料、监检钢印与监检证书(C/B 类)

- (1) 对所抽查的产品出厂(竣工)资料内容按照本规程 6.2.1.4 的要求进行审查, 压力容器的产品铭牌内容按照本规程 6.2.1.5 的要求进行审查; 审查合格后, 对制造计划数的全部压力容器按照本规程 6.2.1.6 的要求打上监检钢印;
- (2) 按批出具监检证书, 监检证书的份数应当与受检单位协商确定;
- (3) 监检证书上应当注明该批次全部产品的编号, 并且注明监检所抽查产品的编号。

6.5.6 不合格的处理

监检员在材料、组对与装配、焊接、无损检测、外观与几何尺寸、耐压试验的监检中, 发现所抽查的产品存在一般问题时, 应当增加抽查数量, 增加的抽查数量不少于发现问题产品数量的两倍, 并且向受检单位发出《监检联络单》。

出现下列情况之一时, 监检员应当及时向监检机构报告, 并且中止采用批量制造产品的监检方法:

- (1) 所抽查的产品存在严重问题;
- (2) 所抽查的产品存在一般问题, 经增加监检后, 仍然存在不符合本规程的问题。

6.6 压力容器制造单位质量保证体系实施状况评价

6.6.1 基本要求

监检机构应当根据以下要求组织对受检单位的质量保证体系实施状况进行评价:

- (1) 进行压力容器制造监检(现场制造、现场组焊、现场粘接除外)时, 对受检单位的质量保证体系实施状况每年至少进行一次评价, 评价内容和要求见本规程 6.6.2 至 6.6.5;
- (2) 进行压力容器的现场制造、现场组焊、现场粘接监检时, 根据压力容器制造特点, 参照本规程 6.6.2 至 6.6.5 对受检单位现场的质量保证体系实施状况进行评价;
- (3) 评价后及时出具评价报告, 评价报告应当送受检单位, 并且报所在地的特种设备安全监管部门; 当发现受检单位的质量保证体系存在严重问题时, 还需要及时将评价报告报送颁发受检单位许可证的特种设备安全监管部门; 评价报告中对 6.6.2、6.6.4 的不符合情况应当详细说明并且提出处理建议。

6.6.2 受检单位资源条件的变化情况

检查受检单位的技术人员、质量保证体系责任人员、特种设备作业人员、检验与检测人员等技术力量以及生产用厂房、场地和制造设备等资源条件与制造许可要求的符合性。

6.6.3 质量保证体系的保持和改进

6.6.3.1 质量保证体系文件

检查质量保证体系文件的修订与法规标准的变更及生产实际情况的符合性。

6.6.3.2 文件和记录控制

检查法规和标准等外来文件和检验与试验记录的收集、归档、贮存、保管期限等方面的控制与质量保证体系的符合性。

6.6.3.3 分包(供)方控制

检查理化检验、热处理、无损检测分包方和主要受压元件材料的分供方评价和管理与质量保证体系的符合性。

6.6.3.4 设备和检验与试验装置控制

检查压力容器制造所使用的主要设备和检验与试验装置的控制与质量保证体系的符合性。

6.6.3.5 不合格品(项)控制

检查不合格品(项)的处置与质量保证体系的符合性。

6.6.3.6 人员培训、考核及其管理

检查质量保证体系责任人员、检验与检测人员等对产品质量有重要影响的人员继续教育情况，检查持证人员到期换证情况。

6.6.3.7 质量改进与服务控制

检查质量信息的处理、客户投诉的处置、内部审核和管理评审等与质量保证体系的符合性。

6.6.4 执行特种设备许可制度(有许可要求时)

检查特种设备许可制度的执行和制造许可证的使用管理与法规的符合性。

6.6.5 监检过程中发现的问题及其处理

检查《监检联络单》和《监检意见书》的处理与质量保证体系的符合性，处理结果与本规程、产品标准和设计文件规定的符合性。

7 使用管理

7.1 使用安全管理

7.1.1 使用单位义务

压力容器使用单位应当按照《特种设备使用管理规则》的有关要求，对压力容器进行使用安全管理，设置安全管理机构，配备安全管理负责人、安全管理人员和作业人员，办理使用登记，建立各项安全管理制度，制定操作规程，并且进行检查。

7.1.2 使用登记

使用单位应当按照规定在压力容器投入使用前或者投入使用后 30 日内，向所在地负责特种设备使用登记的部门(以下简称使用登记机关)申请办理《特种设备使用登

记证》(以下简称《使用登记证》)。办理使用登记时,安全状况等级和首次检验日期按照以下要求确定:

(1) 使用登记机关确认制造资料齐全的新压力容器,其安全状况等级为1级;进口压力容器安全状况等级由实施进口压力容器监督检验的特种设备检验机构评定;

(2) 压力容器首次定期检验日期按照本规程8.1.6和8.1.7的规定确定,产品标准或者使用单位认为有必要缩短检验周期的除外;特殊情况,需要延长首次定期检验日期时,由使用单位提出书面申请说明情况,经使用单位安全管理负责人批准,延长期限不得超过1年。

7.1.3 压力容器操作规程

压力容器的使用单位,应当在工艺操作规程和岗位操作规程中,明确提出压力容器安全操作要求。操作规程至少包括以下内容:

(1) 操作工艺参数(含工作压力、最高或者最低工作温度);

(2) 岗位操作方法(含开、停车的操作程序和注意事项);

(3) 运行中重点检查的项目和部位,运行中可能出现的异常现象和防止措施,以及紧急情况的处置和报告程序。

7.1.4 经常性维护保养

使用单位应当建立压力容器装置巡检制度,并且对压力容器本体及其安全附件、装卸附件、安全保护装置、测量调控装置、附属仪器仪表进行经常性维护保养。对发现的异常情况及时处理并且记录,保证在用压力容器始终处于正常使用状态。

7.1.5 定期自行检查

压力容器的自行检查,包括月度检查、年度检查。

7.1.5.1 月度检查

使用单位每月对所使用的压力容器至少进行1次月度检查,并且应当记录检查情况;当年度检查与月度检查时间重合时,可不再进行月度检查。月度检查内容主要为压力容器本体及其安全附件、装卸附件、安全保护装置、测量调控装置、附属仪器仪表是否完好,各密封面有无泄漏,以及其他异常情况等。

7.1.5.2 年度检查

使用单位每年对所使用的压力容器至少进行1次年度检查,年度检查按照本规程7.2的要求进行。年度检查工作完成后,应当进行压力容器使用安全状况分析,并且对年度检查中发现的隐患及时消除。

年度检查工作可以由压力容器使用单位安全管理人员组织经过专业培训的作业人员进行,也可以委托有资质的特种设备检验机构进行。

7.1.6 定期检验

使用单位应当在压力容器定期检验有效期届满的 1 个月以前，向特种设备检验机构提出定期检验申请，并且做好定期检验相关的准备工作。

定期检验完成后，由使用单位组织对压力容器进行管道连接、密封、附件（含安全附件及仪表）和内件安装等工作，并且对其安全性负责。

7.1.7 达到设计使用年限使用的压力容器

达到设计使用年限的压力容器（未规定设计使用年限，但是使用超过 20 年的压力容器视为达到设计使用年限），如果要继续使用，使用单位应当委托有检验资质的特种设备检验机构参照定期检验的有关规定对其进行检验，必要时按照本规程 8.9 的要求进行安全评估（合于使用评价），经过使用单位主要负责人批准后，办理使用登记证书变更，方可继续使用。

7.1.8 异常情况处理

压力容器发生下列异常情况之一的，操作人员应当立即采取应急专项措施，并且按照规定的程序，及时向本单位有关部门和人员报告：

- (1) 工作压力、工作温度超过规定值，采取措施仍不能得到有效控制的；
- (2) 受压元件发生裂缝、异常变形、泄漏、衬里层失效等危及安全的；
- (3) 安全附件失灵、损坏等不能起到安全保护作用的；
- (4) 垫片、紧固件损坏，难以保证安全运行的；
- (5) 发生火灾等直接威胁到压力容器安全运行的；
- (6) 液位异常，采取措施仍不能得到有效控制的；
- (7) 压力容器与管道发生严重振动，危及安全运行的；
- (8) 与压力容器相连的管道出现泄漏，危及安全运行的；
- (9) 真空绝热压力容器外壁局部存在严重结冰、工作压力明显上升的；
- (10) 其他异常情况的。

7.1.9 装卸连接装置要求

在移动式压力容器和固定式压力容器之间进行装卸作业的，其连接装置应当符合以下要求：

- (1) 压力容器与装卸管道或者装卸软管使用可靠的连接方式；
- (2) 有防止装卸管道或者装卸软管拉脱的联锁保护装置；
- (3) 所选用装卸管道或者装卸软管的材料与介质、低温工况相适应，装卸高（低）压液化气体、冷冻液化气体和液体的装卸用管的公称压力不得小于装卸系统工作压力的 2 倍，装卸压缩气体的装卸用管公称压力不得小于装卸系统工作压力的 1.3 倍，其最小爆破压力大于 4 倍的公称压力；
- (4) 充装单位或者使用单位对装卸软管必须每年进行 1 次耐压试验，试验压力为 1.5 倍的公称压力，无渗漏无异常变形为合格，试验结果要有记录和试验人员的签

字。

7.1.10 修理及带压密封安全要求

压力容器内部有压力时，不得进行任何修理。出现紧急泄漏需进行带压密封时，使用单位应当按照设计规定提出有效的操作要求和防护措施，并且经过使用单位安全管理负责人批准。

带压密封作业人员应当经过专业培训考核取得特种设备作业人员证书并且持证上岗。在实际操作时，使用单位安全管理部应当派人进行现场监督。

7.1.11 简单压力容器和本规程 1.4 范围内压力容器的使用管理专项要求

简单压力容器和本规程 1.4 范围内压力容器不需要办理使用登记手续，在设计使用年限内不需要进行定期检验，使用单位负责其使用的安全管理，并且做好以下工作：

- (1)建立设备安全管理档案，进行日常维护保养、定期自行检查并且记录存档，发现异常情况时，应当及时请特种设备检验机构进行检验；
- (2)达到设计使用年限时应当报废，如需继续使用的，使用单位应当报特种设备检验机构参照本规程第 8 章的有关要求进行检验；
- (3)发生事故时，事故发生单位应当迅速采取有效措施，组织抢救，防止事故扩大，并且按照《特种设备事故报告和调查处理规定》的要求进行报告和处理，不得迟报、谎报或者瞒报事故情况。

7.2 年度检查

年度检查项目至少包括压力容器安全管理情况、压力容器本体及其运行状况和压力容器安全附件检查等。

7.2.1 安全管理情况检查

压力容器安全管理情况检查至少包括以下内容：

- (1)压力容器的安全管理制度是否齐全有效；
- (2)本规程规定的文件、竣工图样、产品合格证、产品质量证明文件、安装及使用维护保养说明、监检证书以及安装、改造、修理资料等是否完整；
- (3)《使用登记证》、《特种设备使用登记表》(以下简称《使用登记表》)是否与实际相符；
- (4)压力容器日常维护保养、运行记录、定期安全检查记录是否符合要求；
- (5)压力容器年度检查、定期检验报告是否齐全，检查、检验报告中所提出的问题是否得到解决；
- (6)安全附件及仪表的校验(检定)、修理和更换记录是否齐全真实；
- (7)是否有压力容器应急专项预案和演练记录；

(8) 是否对压力容器事故、故障情况进行了记录。

7.2.2 压力容器本体及其运行状况检查

7.2.2.1 基本要求

压力容器本体及其运行状况的检查至少包括以下内容：

- (1) 压力容器的产品铭牌及其有关标志是否符合有关规定；
- (2) 压力容器的本体、接口(阀门、管路)部位、焊接(粘接)接头等有无裂纹、过热、变形、泄漏、机械接触损伤等；
- (3) 外表面有无腐蚀，有无异常结霜、结露等；
- (4) 隔热层有无破损、脱落、潮湿、跑冷；
- (5) 检漏孔、信号孔有无漏液、漏气，检漏孔是否通畅；
- (6) 压力容器与相邻管道或者构件有无异常振动、响声或者相互摩擦；
- (7) 支承或者支座有无损坏，基础有无下沉、倾斜、开裂，紧固件是否齐全、完好；
- (8) 排放(疏水、排污)装置是否完好；
- (9) 运行期间是否有超压、超温、超量等现象；
- (10) 罐体有接地装置的，检查接地装置是否符合要求；
- (11) 监控使用的压力容器，监控措施是否有效实施。

7.2.2.2 非金属及非金属衬里压力容器年度检查专项要求

7.2.2.2.1 搪玻璃压力容器检查

- (1) 压力容器外表面防腐漆是否完好，是否有锈蚀、腐蚀现象；
- (2) 密封面是否有泄漏；
- (3) 夹套底部排净(疏水)口开闭是否灵活；
- (4) 夹套顶部放气口开闭是否灵活。

7.2.2.2.2 石墨及石墨衬里压力容器检查

- (1) 压力容器外表面防腐漆是否完好，是否有锈蚀、腐蚀现象；
- (2) 石墨件外表面是否有腐蚀、破损和开裂现象；
- (3) 密封面是否有泄漏。

7.2.2.2.3 纤维增强塑料及纤维增强塑料衬里压力容器检查

- (1) 压力容器外表面防腐漆是否完好，是否有腐蚀、损伤、纤维裸露、裂纹或者裂缝、分层、凹坑、划痕、鼓包、变形现象；
- (2) 管口、支撑件等连接部位是否有开裂、拉脱现象；
- (3) 支座、爬梯、平台等是否有松动、破坏等影响安全的因素；
- (4) 紧固件、阀门等零部件是否有腐蚀破坏现象。
- (5) 密封面是否有泄漏。

7.2.2.4 热塑性塑料衬里压力容器检查

- (1) 压力容器外表面防腐漆是否完好，是否有锈蚀、腐蚀现象。
- (2) 密封面是否有泄漏。

7.2.3 安全附件及仪表检查

安全附件的检查包括对安全阀、爆破片装置、安全联锁装置等的检查，仪表的检查包括对压力表、液位计、测温仪表等的检查。

7.2.3.1 安全阀

7.2.3.1.1 检查内容和要求

安全阀检查至少包括以下内容和要求：

- (1) 选型是否正确；
- (2) 是否在校验有效期内使用；
- (3) 杠杆式安全阀的防止重锤自由移动和杠杆越出的装置是否完好，弹簧式安全阀的调整螺钉的铅封装置是否完好，静重式安全阀的防止重片飞脱的装置是否完好；
- (4) 如果安全阀和排放口之间装设了截止阀，截止阀是否处于全开位置及铅封是否完好；
- (5) 安全阀是否有泄漏；
- (6) 放空管是否通畅，防雨帽是否完好。

7.2.3.1.2 检查结果处理

安全阀检查时，凡发现下列情况之一的，使用单位应当限期改正并且采取有效措施确保改正期间的安全，否则暂停该压力容器使用：

- (1) 选型错误的；
- (2) 超过校验有效期的；
- (3) 铅封损坏的；
- (4) 安全阀泄漏的。

7.2.3.1.3 安全阀校验周期

7.2.3.1.3.1 基本要求

安全阀一般每年至少校验一次，符合本规程 7.2.3.1.3.2、7.2.3.1.3.3 校验周期延长的特殊要求，经过使用单位安全管理负责人批准可以按照其要求适当延长校验周期。

7.2.3.1.3.2 校验周期延长至 3 年

弹簧直接载荷式安全阀满足以下条件时，其校验周期最长可以延长至 3 年：

- (1) 安全阀制造单位能提供证明，证明其所用弹簧按照 GB/T 12243《弹簧直接载荷式安全阀》进行了强压处理或者加温强压处理，并且同一热处理炉同规格的弹簧取

10% (但不得少于 2 个) 测定规定负荷下的变形量或者刚度, 测定值的偏差不大于 15% 的;

- (2) 安全阀内件材料耐介质腐蚀的;
- (3) 安全阀在正常使用过程中未发生过开启的;
- (4) 压力容器及其安全阀阀体在使用时无明显锈蚀的;
- (5) 压力容器内盛装非粘性并且毒性危害程度为中度及中度以下介质的;
- (6) 使用单位建立、实施了健全的设备使用、管理与维护保养制度, 并且有可靠的压力控制与调节装置或者超压报警装置的;
- (7) 使用单位建立了符合要求的安全阀校验站, 具有安全阀校验能力的。

7.2.3.1.3.3 校验周期延长至 5 年

弹簧直接载荷式安全阀, 在满足本规程 7.2.3.1.3.2 中第(2)、(3)、(4)、(6)、(7)项的条件下, 同时满足以下条件时, 其校验周期最长可以延长至 5 年:

- (1) 安全阀制造单位能提供证明, 证明其所用弹簧按照 GB/T 12243 进行了强压处理或者加温强压处理, 并且同一热处理炉同规格的弹簧取 20% (但不得少于 4 个) 测定规定负荷下的变形量或者刚度, 测定值的偏差不大于 10% 的;
- (2) 压力容器内盛装毒性危害程度为轻度(无毒)的气体介质, 工作温度不大于 200℃ 的。

7.2.3.1.4 现场校验和调整

安全阀需要进行现场校验(在线校验)和压力调整时, 使用单位压力容器安全管理人和安全阀检修(校验)人员应当到场确认。调校合格的安全阀应当加铅封。校验及调整装置用压力表的精度不得低于 1 级。在校验和调整时, 应当有可靠的安全防护措施。

7.2.3.2 爆破片装置

7.2.3.2.1 检查内容和要求

爆破片装置的检查至少包括以下内容:

- (1) 爆破片是否超过规定使用期限;
- (2) 爆破片的安装方向是否正确, 产品铭牌上的爆破压力和温度是否符合运行要求;
- (3) 爆破片装置有无渗漏;
- (4) 爆破片使用过程中是否存在未超压爆破或者超压未爆破的情况;
- (5) 与爆破片夹持器相连的放空管是否通畅, 放空管内是否存水(或者冰), 防水帽、防雨片是否完好;
- (6) 爆破片和压力容器间装设的截止阀是否处于全开状态, 铅封是否完好;
- (7) 爆破片和安全阀串联使用, 如果爆破片装在安全阀的进口侧, 检查爆破片和

安全阀之间装设的压力表有无压力显示，打开截止阀检查有无气体排出；

(8) 爆破片和安全阀串联使用，如果爆破片装在安全阀的出口侧，检查爆破片和安全阀之间装设的压力表有无压力显示，如果有压力显示应当打开截止阀，检查能否顺利疏水、排气。

7.2.3.2.2 检查结果处理

爆破片装置检查时，凡发现下列情况之一的，使用单位应当立即更换爆破片装置并且采取有效措施确保更换期间的安全，否则暂停该压力容器使用：

- (1) 爆破片超过规定使用期限的；
- (2) 爆破片安装方向错误的；
- (3) 爆破片标定的爆破压力、温度和运行要求不符的；
- (4) 爆破片使用中超过标定爆破压力而未爆破的；
- (5) 爆破片和安全阀串联使用时，爆破片和安全阀之间的压力表有压力显示或者截止阀打开后有气体漏出的；
- (6) 爆破片单独作泄压装置或者爆破片与安全阀并联使用时，爆破片和压力容器间的截止阀未处于全开状态或者铅封损坏的；
- (7) 爆破片装置泄漏的。

7.2.3.3 安全联锁装置

检查快开门式压力容器的安全联锁装置是否完好，功能是否符合要求。

7.2.3.4 压力表

7.2.3.4.1 检查内容和要求

压力表的检查至少包括以下内容：

- (1) 压力表的选型是否符合要求；
- (2) 压力表的定期检修维护、检定有效期及其封签是否符合规定；
- (3) 压力表外观、精度等级、量程是否符合要求；
- (4) 在压力表和压力容器之间装设三通旋塞或者针形阀时，其位置、开启标记及其锁紧装置是否符合规定；
- (5) 同一系统上各压力表的读数是否一致。

7.2.3.4.2 检查结果处理

压力表检查时，发现下列情况之一的，使用单位应当限期改正并且采取有效措施确保改正期间的安全运行，否则停止该压力容器使用：

- (1) 选型错误的；
- (2) 表盘封面玻璃破裂或者表盘刻度模糊不清的；
- (3) 封签损坏或者超过检定有效期限的；
- (4) 表内弹簧管泄漏或者压力表指针松动的；

- (5) 指针扭曲断裂或者外壳腐蚀严重的；
- (6) 三通旋塞或者针形阀开启标记不清或者锁紧装置损坏的。

7.2.3.5 液位计

7.2.3.5.1 检查内容和要求

液位计的检查至少包括以下内容：

- (1) 液位计的定期检修维护是否符合规定；
- (2) 液位计外观及其附件是否符合规定；
- (3) 寒冷地区室外使用或者盛装 0℃以下介质的液位计选型是否符合规定；
- (4) 介质为易爆、毒性危害程度为极度或者高度危害的液化气体时，液位计的防止泄漏保护装置是否符合规定。

7.2.3.5.2 检查结果处理

液位计检查时，发现下列情况之一的，使用单位应当限期改正并且采取有效措施确保改正期间的安全，否则停止该压力容器使用：

- (1) 选型错误的；
- (2) 超过规定的检修期限的；
- (3) 玻璃板(管)有裂纹、破碎的；
- (4) 阀件固死的；
- (5) 液位指示错误的；
- (6) 液位计指示模糊不清的；
- (7) 防止泄漏的保护装置损坏的。

7.2.3.6 测温仪表

7.2.3.6.1 检查内容和要求

测温仪表的检查至少包括以下内容：

- (1) 测温仪表的定期校验和检修是否符合规定；
- (2) 测温仪表的量程与其检测的温度范围是否匹配；
- (3) 测温仪表及其二次仪表的外观是否符合规定。

7.2.3.6.2 检查结果处理

测温仪表检查时，凡发现下列情况之一的，使用单位应当限期改正并且采取有效措施确保改正期间的安全，否则停止该压力容器使用：

- (1) 仪表量程选择错误的；
- (2) 超过规定校验、检修期限的；
- (3) 仪表及其防护装置破损的。

7.2.4 检查报告及结论

年度检查工作完成后，检查人员根据实际检查情况出具检查报告（报告格式参见

附件 H)，作出以下结论意见：

(1) 符合要求，指未发现或者只有轻度不影响安全使用的缺陷，可以在允许的参数范围内继续使用；

(2) 基本符合要求，指发现一般缺陷，经过使用单位采取措施后能保证安全运行，可以有条件的监控使用，结论中应当注明监控运行需要解决的问题及其完成期限；

(3) 不符合要求，指发现严重缺陷，不能保证压力容器安全运行的情况，不允许继续使用，应当停止运行或者由检验机构进行进一步检验。

年度检查由使用单位自行实施时，按照本节检查项目、要求进行记录，并且出具年度检查报告，年度检查报告应当由使用单位安全管理负责人或者授权的安全管理人员审批。

8 定期检验

8.1 定期检验通用要求

8.1.1 定期检验

压力容器定期检验，是指特种设备检验机构(以下简称检验机构)按照一定的时间周期，在压力容器停机时，根据本规程的规定对在用压力容器的安全状况所进行的符合性验证活动。

8.1.2 定期检验程序

定期检验工作的一般程序，包括检验方案制定、检验前的准备、检验实施、缺陷及问题的处理、检验结果汇总、出具检验报告等。

8.1.3 检验机构及人员

检验机构应当按照核准的检验范围从事压力容器的定期检验工作，检验和检测人员(以下简称检验人员)应当取得相应的特种设备检验检测人员证书。检验机构应当对压力容器定期检验报告的真实性、准确性、有效性负责(注 8-1)。

注 8-1：真实性表示报告以客观事实为基础，不作假证；准确性表示报告所涉及检测数据的精度等符合相关要求；有效性表示检验机构的资质、检验人员的资格符合要求，检验依据合法，报告审批程序符合要求。

8.1.4 报检

使用单位应当在压力容器定期检验有效期届满的 1 个月以前向检验机构申报定期检验。检验机构接到定期检验申报后，应当在定期检验有效期届满前安排检验。

8.1.5 安全状况等级

在用压力容器的安全状况分为 1 级至 5 级，应当根据检验情况，按照本规程

8.5、8.6 的有关规定进行评定。

8.1.6 检验周期

8.1.6.1 金属压力容器检验周期

金属压力容器一般于投用后 3 年内进行首次定期检验。以后的检验周期由检验机构根据压力容器的安全状况等级，按照以下要求确定：

- (1) 安全状况等级为 1、2 级的，一般每 6 年检验一次；
- (2) 安全状况等级为 3 级的，一般每 3 年至 6 年检验一次；
- (3) 安全状况等级为 4 级的，监控使用，其检验周期由检验机构确定，累计监控使用时间不得超过 3 年，在监控使用期间，使用单位应当采取有效的监控措施；
- (4) 安全状况等级为 5 级的，应当对缺陷进行处理，否则不得继续使用。

8.1.6.2 非金属压力容器检验周期

非金属压力容器一般于投用后 1 年内进行首次定期检验。以后的检验周期由检验机构根据压力容器的安全状况等级，按照以下要求确定：

- (1) 安全状况等级为 1 级的，一般每 3 年检验一次；
- (2) 安全状况等级为 2 级的，一般每 2 年检验一次；
- (3) 安全状况等级为 3 级的，应当监控使用，累计监控使用时间不得超过 1 年；
- (4) 安全状况等级为 4 级的，不得继续在当前介质下使用；如果用于其他适合的腐蚀性介质时，应当监控使用，其检验周期由检验机构确定，但是累计监控使用时间不得超过 1 年；
- (5) 安全状况等级为 5 级的，应当对缺陷进行处理，否则不得继续使用。

8.1.7 检验周期的特殊规定

8.1.7.1 检验周期的缩短

有下列情况之一的压力容器，定期检验周期应当适当缩短：

- (1) 介质或者环境对压力容器材料的腐蚀情况不明或者腐蚀情况异常的；
- (2) 具有环境开裂倾向或者产生机械损伤现象，并且已经发现开裂的(注 8-2)；
- (3) 改变使用介质并且可能造成腐蚀现象恶化的；
- (4) 材质劣化现象比较明显的；
- (5) 超高压水晶釜使用超过 15 年的或者运行过程中发生超温的；
- (6) 使用单位没有按照规定进行年度检查的；
- (7) 检验中对其他影响安全的因素有怀疑的。

采用“亚铵法”造纸工艺，并且无有效防腐措施的蒸球，每年至少进行一次定期检验。

使用标准抗拉强度下限值大于 540MPa 低合金钢制球形储罐，投用一年后应当进行开罐检验。

注 8-2：环境开裂主要包括应力腐蚀开裂、氢致开裂、晶间腐蚀开裂等；机械损伤主要包括各种疲劳、高温蠕变等，参见 GB/T 30579《承压设备损伤模式识别》。

8.1.7.2 检验周期的延长

安全状况等级为 1、2 级的金属压力容器，符合下列条件之一的，定期检验周期可以适当延长：

(1) 介质腐蚀速率每年低于 0.1mm、有可靠的耐腐蚀金属衬里或者热喷涂金属涂层的压力容器，通过 1 次至 2 次定期检验，确认腐蚀轻微或者衬里完好的，其检验周期最长可以延长至 12 年；

(2) 装有触媒的反应容器以及装有填料的压力容器，其检验周期根据设计图样和实际使用情况，由使用单位和检验机构协商确定（必要时征求设计单位的意见）。

8.1.7.3 无法进行或者不能按期进行定期检验的情况

无法进行定期检验或者不能按期进行定期检验的压力容器，按照以下要求处理：

(1) 设计文件已经注明无法进行定期检验的压力容器，由使用单位在办理《使用登记证》时作出书面说明；

(2) 因情况特殊不能按期进行定期检验的压力容器，由使用单位提出书面申请报告说明情况，经使用单位主要负责人批准，征得上次承担定期检验或者承担基于风险的检验（RBI）的检验机构同意（首次检验的延期除外），向使用登记机关备案后，可以延期检验；或者由使用单位提出申请，按照本规程 8.10 的规定办理。

对无法进行定期检验或者不能按期进行定期检验的压力容器，使用单位应当采取有效的监控与应急管理措施。

8.2 定期检验前的准备工作

8.2.1 检验方案

检验前，检验机构应当根据压力容器的使用情况、损伤模式及失效模式，依据本规程的要求制定检验方案，检验方案由检验机构技术负责人审查批准。对于有特殊情况的压力容器的检验方案，检验机构应当征求使用单位的意见。

检验人员应当严格按照批准的检验方案进行检验工作。

8.2.2 资料审查

检验前，检验人员一般需要审查以下资料：

(1) 设计资料，包括设计单位资质证明，设计、安装、使用说明书，设计图样，强度计算书等；

(2) 制造（含现场组焊）资料，包括制造单位资质证明、产品合格证、质量证明文件、竣工图等，以及监检证书、进口压力容器安全性能监督检验报告；

(3) 压力容器安装竣工资料；

(4) 改造或者重大修理资料，包括施工方案和竣工资料，以及改造、重大修理监检证书；

(5) 使用管理资料，包括《使用登记证》和《使用登记表》，以及运行记录、开停车记录、运行条件变化情况以及运行中出现异常情况的记录等；

(6) 检验、检查资料，包括定期检验周期内的年度检查报告和上次的定期检验报告。

本条第(1)项至第(4)项的资料，在压力容器投用后首次定期检验时必须进行审查，以后的检验视需要(如发生移装、改造及重大修理等)进行审查。

资料审查发现使用单位未按照要求对压力容器进行年度检查，以及发生使用单位变更、更名使压力容器的现时状况与《使用登记表》内容不符，而未按照要求办理变更的，检验机构应当向使用登记机关报告。

资料审查发现压力容器未按照规定实施制造监督检验(进口压力容器未实施安全性能监督检验)或者无《使用登记证》，检验机构应当停止检验，并且向使用登记机关报告。

8.2.3 现场条件

8.2.3.1 通用要求

使用单位和相关的辅助单位，应当按照要求做好停机后的技术性处理和检验前的安全检查，确认现场条件符合检验工作要求，做好有关的准备工作。检验前，现场至少具备以下条件：

(1) 影响检验的附属部件或者其他物体，按照检验要求进行清理或者拆除；

(2) 为检验而搭设的脚手架、轻便梯等设施安全牢固(对离地面2m以上的脚手架设置安全护栏)；

(3) 需要进行检验的表面，特别是腐蚀部位和可能产生裂纹缺陷的部位，彻底清理干净，露出金属本体；进行无损检测的表面达到NB/T 47013的有关要求；

(4) 需要进入压力容器内部进行检验，将内部介质排放、清理干净，用盲板隔断所有液体、气体或者蒸气的来源，同时设置明显的隔离标志，禁止用关闭阀门代替盲板隔断；

(5) 需要进入盛装易燃、易爆、助燃、毒性或者窒息性介质的压力容器内部进行检验，必须进行置换、中和、消毒、清洗，取样分析，分析结果达到有关规范、标准规定；取样分析的间隔时间应当符合使用单位的有关规定；盛装易燃、易爆、助燃介质的，严禁用空气置换；

(6) 人孔和检查孔打开后，必须清除可能滞留的易燃、易爆、有毒、有害气体和液体，压力容器内部空间的气体含氧量保持在0.195以上；必要时，还需要配备通风、安全救护等设施；

- (7) 高温或者低温条件下运行的压力容器，按照操作规程的要求缓慢地降温或者升温，使之达到可以进行检验工作的程度；
- (8) 能够转动或者其中有可动部件的压力容器，必须锁住开关，固定牢靠；
- (9) 切断与压力容器有关的电源，设置明显的安全警示标志；检验照明用电电压不得超过 24V，引入压力容器内的电缆必须绝缘良好、接地可靠；
- (10) 需要现场进行射线检测时，隔离出透照区，设置警示标志，遵守相应安全规定。

8.2.3.2 非金属及非金属衬里压力容器检验现场条件专项要求

- (1) 进入设备的人员应当穿软底鞋，检验人员的衣服不应当带有金属等硬质物件；
- (2) 检验人员和检测仪器进入设备前，压力容器内表面应当用软质材料进行有效防护，所有检测设备不允许直接放置在压力容器内表面上；
- (3) 严禁在压力容器内动火和用力敲击非金属部分；
- (4) 压力容器内表面应当清洗干净、干燥，不得有物料粘附。

8.2.4 隔热层拆除

存在以下情况时，应当根据需要部分或者全部拆除压力容器外隔热层：

- (1) 隔热层有破损、失效的；
- (2) 隔热层下压力容器壳体存在腐蚀或者外表面开裂可能性的；
- (3) 无法进行压力容器内部检验，需要外壁检验或者从外壁进行内部检测的；
- (4) 检验人员认为有必要的。

8.2.5 设备仪器检定校准

检验用的设备、仪器和测量工具应当在有效的检定或者校准期内。

8.2.6 检验工作安全要求

- (1) 检验机构应当定期对检验人员进行检验工作安全教育，并且保存教育记录；
- (2) 检验人员确认现场条件符合检验工作要求后方可进行检验，并且执行使用单位有关动火、用电、高空作业、压力容器内作业、安全防护、安全监护等规定；
- (3) 检验时，使用单位压力容器安全管理人员、作业和维护保养等相关人员应当到场协助检验工作，及时提供有关资料，负责安全监护，并且设置可靠的联络方式。

8.3 金属压力容器定期检验项目与方法

8.3.1 检验项目

金属压力容器定期检验项目，以宏观检验、壁厚测定、表面缺陷检测、安全附件检验为主，必要时增加埋藏缺陷检测、材料分析、密封紧固件检验、强度校核、

耐压试验、泄漏试验等项目。

设计文件对压力容器定期检验项目、方法和要求有专门规定的，还应当从其规定。

8.3.2 宏观检验

宏观检验主要是采用目视方法(必要时利用内窥镜、放大镜或者其他辅助仪器设备、测量工具)检验压力容器本体结构、几何尺寸、表面情况(如裂纹、腐蚀、泄漏、变形)，以及焊缝、隔热层、衬里等。宏观检验除本规程 8.3.3、8.3.4 的特殊要求外，一般包括以下内容(注 8-3)：

(1) 结构检验，包括封头型式，封头与筒体的连接，开孔位置及补强，纵(环)焊缝的布置及型式，支承或者支座的型式与布置，排放(疏水、排污)装置的设置等；

(2) 几何尺寸检验，包括筒体同一断面上最大内径与最小内径之差，纵(环)焊缝对口错边量、棱角度、咬边、焊缝余高等；

(3) 外观检验，包括铭牌和标志，压力容器内外表面的腐蚀，主要受压元件及其焊缝裂纹、泄漏、鼓包、变形、机械接触损伤、过热，工卡具焊迹、电弧灼伤，支承、支座或者基础的下沉、倾斜、开裂，直立容器和球形容器支柱的铅垂度，多支座卧式容器的支座膨胀孔，排放(疏水、排污)装置和泄漏信号指示孔的堵塞、腐蚀、沉积物，密封紧固件及地脚螺栓完好情况等。

结构和几何尺寸等检验项目应当在首次全面检验时进行，以后定期检验仅对承受疲劳载荷的压力容器进行，并且重点是检验有问题部位的新生缺陷。

注 8-3：本规程对压力容器提出的检验、检查如果未明确说明其方法，一般为宏观检验。

8.3.3 隔热层、衬里和堆焊层检验

隔热层、衬里和堆焊层检验，一般包括以下内容：

(1) 隔热层的破损、脱落、潮湿，有隔热层下压力容器壳体腐蚀倾向或者产生裂纹可能性的应当拆除隔热层进一步检验；

(2) 衬里层的破损、腐蚀、裂纹、脱落，查看信号孔是否有介质流出痕迹；发现衬里层穿透性缺陷或者有可能引起压力容器本体腐蚀的缺陷时，应当局部或者全部拆除衬里，查明本体的腐蚀状况和其他缺陷；

(3) 堆焊层的腐蚀、裂纹、剥离和脱落。

8.3.4 真空绝热压力容器检验

真空绝热压力容器除进行外部宏观检验外，还应当进行以下补充检验：

(1) 夹层上装有真空测试装置的，检验夹层的真空度；

(2) 夹层上未装真空测试装置的，必要时进行压力容器日蒸发率测量。

8.3.5 壁厚测定

壁厚测定，一般采用超声测厚方法。测定位置应当有代表性，有足够的测点

数。测定后标图记录，对异常测厚点做详细标记。

厚度测点，一般选择以下位置：

- (1) 液位经常波动的部位；
- (2) 物料进口、流动转向、截面突变等易受腐蚀、冲蚀的部位；
- (3) 制造成型时壁厚减薄部位和使用中易产生变形及磨损的部位；
- (4) 接管部位；
- (5) 宏观检验时发现的可疑部位。

壁厚测定时，如果发现母材存在分层缺陷，应当增加测点或者采用超声检测，查明分层分布情况以及与母材表面的倾斜度，同时作图记录。

8.3.6 表面缺陷检测

表面缺陷检测，应当采用 NB/T 47013 中的磁粉检测、渗透检测方法。铁磁性材料制压力容器的表面检测应当优先采用磁粉检测。

表面缺陷检测的要求如下：

(1) 碳钢低合金钢制低温压力容器、存在环境开裂倾向或者产生机械损伤现象的压力容器、有再热裂纹倾向的压力容器、Cr-Mo 钢制压力容器、标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢制压力容器、按照疲劳分析设计的压力容器、首次定期检验的设计压力大于或者等于 1.6MPa 的第Ⅲ类压力容器，检测长度不少于对接焊缝长度的 20%；

(2) 应力集中部位、变形部位、宏观检验发现裂纹的部位，奥氏体不锈钢堆焊层，异种钢焊接接头、T 型接头、接管角接接头、其他有怀疑的焊接接头，补焊区、工卡具焊迹、电弧损伤处和易产生裂纹部位应当重点检验；对焊接裂纹敏感的材料，注意检验可能出现的延迟裂纹；

(3) 检测中发现裂纹时，应当扩大表面无损检测的比例或者区域，以便发现可能存在的其他缺陷；

(4) 如果无法在内表面进行检测，可以在外表面采用其他方法对内表面进行检测。

8.3.7 埋藏缺陷检测

埋藏缺陷检测，应当采用 NB/T 47013 中的射线检测或者超声检测等方法。

有下列情况之一时，由检验人员根据具体情况确定抽查采用的无损检测方法及比例，必要时可以用 NB/T 47013 中的声发射检测方法判断缺陷的活动性：

- (1) 使用过程中补焊过的部位；
- (2) 检验时发现焊缝表面裂纹，认为需要进行焊缝埋藏缺陷检测的部位；
- (3) 错边量和棱角度超过产品标准要求的焊缝部位；
- (4) 使用中出现焊接接头泄漏的部位及其两端延长部位；

- (5) 承受交变载荷压力容器的焊接接头和其他应力集中部位；
- (6) 使用单位要求或者检验人员认为有必要的部位。

已进行过埋藏缺陷检测的，使用过程中如果无异常情况，可以不再进行检测。

8.3.8 材料分析

材料分析根据具体情况，可以采用化学分析、光谱分析、硬度检测、金相分析等方法。

材料分析按照以下要求进行：

- (1) 材质不明的，一般需要查明主要受压元件的材料种类；对于第Ⅲ类压力容器以及有特殊要求的压力容器(注 8-4)，必须查明材质；
- (2) 有材质劣化倾向的压力容器，应当进行硬度检测，必要时进行金相分析；
- (3) 有焊缝硬度要求的压力容器，应当进行硬度检测。

对于已经进行本条第(1)项检验，并且已作出明确处理的，不需要再重复检验该项。

注 8-4：有特殊要求的压力容器，主要是指承受疲劳载荷的压力容器，采用应力分析设计的压力容器，盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的压力容器，盛装易爆介质的压力容器，标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢制压力容器等。

8.3.9 无法进行内部检验的压力容器

无法进行内部检验的压力容器，应当采用可靠的检测技术(例如内窥镜、声发射、超声检测等)从外部进行检测(注 8-5)。

注 8-5：例如超高压水晶釜，可以采用外部检测方法检测其筒体，其堵底螺栓一般也可以不打开，采用外部检测方法检测。

8.3.10 螺柱检验

M36以上(含 M36)螺柱在逐个清洗后，检验其损伤和裂纹情况，重点检验螺纹及过渡部位有无环向裂纹，必要时进行无损检测。

8.3.11 强度校核

对腐蚀(及磨蚀)深度超过腐蚀裕量、名义厚度不明、结构不合理(并且已经发现严重缺陷)，或者检验人员对强度有怀疑的压力容器，应当进行强度校核。强度校核由检验机构或者委托有能力的压力容器设计单位进行。

强度校核的有关原则如下：

- (1) 原设计已明确所用强度设计标准的，可以按照该标准进行强度校核；
- (2) 原设计没有注明所依据的强度设计标准或者无强度计算的，原则上可以根据用途(例如石油、化工、冶金、轻工、制冷等)或者结构型式(例如球罐、废热锅炉、搪玻璃设备、热交换器、高压容器等)，按照当时的有关标准进行强度校核；
- (3) 进口或者按照境外规范设计的，原则上仍然按照原设计规范进行强度校核；

如果设计规范不明，可以参照境内相应的规范；

(4) 材料牌号不明并且无特殊要求的压力容器，按照同类材料的最低强度值进行强度校核；

(5) 焊接接头系数根据焊接接头的实际结构型式和检验结果，参照原设计规定选取；

(6) 剩余壁厚按照实测最小值减去至下次检验日期的腐蚀量，作为强度校核的壁厚；

(7) 校核用压力不得小于压力容器允许(监控)使用压力；

(8) 强度校核时的壁温取设计温度或者操作温度，低温压力容器取常温；

(9) 壳体直径按照实测最大值选取；

(10) 塔、球罐等设备进行强度校核时，还应当考虑风载荷、地震载荷等附加载荷。

对不能以常规方法进行强度校核的，可以采用应力分析或者实验应力测试等方法校核。

8.3.12 安全附件检验

安全附件检验的主要内容如下：

(1) 安全阀，检验是否在校验有效期内；

(2) 爆破片装置，检验是否按期更换；

(3) 快开门式压力容器的安全联锁装置，检验是否满足设计文件规定的使用技术要求。

8.3.13 耐压试验

定期检验过程中，使用单位或者检验机构对压力容器的安全状况有怀疑时，应当进行耐压试验。耐压试验的试验参数[试验压力、温度等以本次定期检验确定的允许(监控)使用参数为基础计算]、准备工作、安全防护、试验介质、试验过程、合格要求等按照本规程的相关规定执行。

耐压试验由使用单位负责实施，检验机构负责检验。

8.3.14 泄漏试验

对于介质毒性危害程度为极度、高度危害，或者设计上不允许有微量泄漏的压力容器，应当进行泄漏试验。泄漏试验包括气密性试验和氨、卤素、氦检漏试验。试验方法的选择，按照压力容器设计图样的要求执行。

泄漏试验由使用单位负责实施，检验机构负责检验。

泄漏试验按照以下要求进行：

(1) 气密性试验，气密性试验压力为本次定期检验确定的允许(监控)使用压力，其准备工作、安全防护、试验温度、试验介质、试验过程、合格要求等按照本规程

的相关规定执行；如果本次定期检验需要进行气压试验，则气密性试验可以和气压试验合并进行；对大型成套装置中的压力容器，可以用系统密封试验代替气密性试验；

(2) 氨、卤素、氦检漏试验，按照设计图样或者相应试验标准的要求执行。

8.4 非金属及非金属衬里压力容器定期检验项目与方法

8.4.1 检验项目

非金属及非金属衬里压力容器定期检验项目，以宏观检验、安全附件及仪表检验为主，必要时增加密封紧固件检验、耐压试验等项目；非金属压力容器中的金属受压部件定期检验还应当符合本规程中关于金属压力容器的相应规定。设计文件对压力容器定期检验项目、方法和要求有专门规定的，还应当从其规定。

8.4.2 搪玻璃压力容器检验

8.4.2.1 铭牌和标志检验

检验铭牌和标志是否清楚，牢固可靠。

8.4.2.2 搪玻璃层检验

检验以下内容：

(1) 搪玻璃层表面是否有腐蚀迹象，是否有磨损、机械接触损伤、爆瓷脱落，法兰边缘的搪玻璃层是否有脱落；

(2) 依据 GB/T 7991.6《搪玻璃层试验方法 第6部分：高压试验》，对搪玻璃层进行直流高电压检测，检测电压为10kV；如果进行耐压试验，直流高电压检测应当在耐压试验后进行；

(3) 依据 GB/T 7991.5《搪玻璃层试验方法 第5部分：用电磁法测量厚度》测定搪玻璃层厚度。

8.4.2.3 附件、仪表与部件检验

检验以下内容：

(1) 卡子、活套法兰是否有腐蚀迹象；

(2) 法兰密封面有无泄漏，密封垫片的聚四氟乙烯包覆层是否完好，结构层是否完好和具有良好弹性；

(3) 搪玻璃放料阀关闭时是否有泄漏，孔板防腐层是否完好。

8.4.2.4 夹套介质进口管口挡板检验

检验夹套介质进口管口挡板及附近部位是否完好、功能是否符合要求。

8.4.2.5 搪玻璃层修复部位检验

检验搪玻璃层修复部位是否有腐蚀、开裂和脱落现象。

8.4.3 石墨及石墨衬里压力容器检验

8.4.3.1 石墨压力容器

8.4.3.1.1 铭牌和标志检验

检验铭牌和标志是否清楚，牢固可靠。

8.4.3.1.2 宏观检验

检验以下内容：

- (1) 压力容器筒体、侧盖板、上下盖板是否有变形与腐蚀情况；
- (2) 石墨部件表面是否有腐蚀、酥松、磨损、分层、掉块、裂纹等缺陷；
- (3) 石墨部件粘接部位是否完好，是否有腐蚀、开裂和渗漏。

8.4.3.1.3 法兰密封面检验

检验法兰密封面是否有泄漏，密封垫片是否完好。

8.4.3.1.4 附件、仪表防腐层检验

对有防腐层的附件、仪表，检验其防腐层是否完好。

8.4.3.2 石墨衬里压力容器

除按照本规程 8.4.3.1.2 进行衬里表面检验外，还应当检验石墨衬里是否有鼓包，与金属基体是否有脱离。

8.4.4 纤维增强塑料及纤维增强塑料衬里压力容器检验

8.4.4.1 纤维增强塑料压力容器

8.4.4.1.1 铭牌和标志检验

检验铭牌和标志是否清楚，牢固可靠。

8.4.4.1.2 外表面宏观检验

检验纤维增强塑料压力容器外表面是否有腐蚀失光、开裂、磨损和机械接触损伤、鼓包、变形、纤维裸露等。

8.4.4.1.3 内表面宏观检验

检验以下内容：

- (1) 是否光滑平整，是否有杂质、纤维裸露、裂纹，是否有明显划痕；
- (2) 是否有失光、变色、龟裂、树脂粉化、纤维失强等化学腐蚀缺陷；
- (3) 是否有破损、裂纹、银纹等力学破坏缺陷；
- (4) 是否有溶胀、分层、鼓泡等浸渗腐蚀缺陷；
- (5) 压力容器角接、搭接及筒体与封头的内粘接缝树脂是否饱满，是否有脱层、起皮，粘接缝是否裸露，粘接基面法兰是否有角裂、起皮、分层、破损等缺陷；
- (6) 人孔、检查孔、接管法兰及其内补强结构区是否有破损、起皮、分层、翘边等缺陷；
- (7) 压力容器本体、内支撑架及内件联接是否牢固，联接受力区是否有裂纹、破损等缺陷。

8.4.4.1.4 连接部位检验

检验管口、支撑件等连接部位是否有开裂、拉脱现象。

8.4.4.1.5 附件、仪表防腐层检验

对有防腐层的附件、仪表，检验其防腐层是否完好。

8.4.4.2 纤维增强塑料衬里压力容器

除按照本规程 8.4.4.1.3 进行衬里表面宏观检验外，还应当检验以下内容：

- (1) 衬里是否鼓包、与基体是否有分离等缺陷；
- (2) 用非金属层测厚仪测定纤维增强衬里层的厚度并且进行 5kV 直流高电压检验。

8.4.5 压力容器热塑性塑料衬里检验

(1) 检验衬里是否有腐蚀失光、老化开裂、磨损和机械接触损伤、鼓包、与基体分离等缺陷；

(2) 对塑料衬里进行 5kV 直流高电压检测和厚度测定，如果进行耐压试验，直流高电压检测应当在耐压试验后进行。

8.4.6 耐压试验

有下列情况之一的非金属及非金属衬里压力容器，定期检验时应当进行耐压试验：

- (1) 使用单位或者检验机构对压力容器的安全状况有怀疑的；
- (2) 非金属主要受压元件或者衬里更换的；
- (3) 对非金属部分进行局部修复的。

8.5 金属压力容器安全状况等级评定

8.5.1 评定原则

(1) 安全状况等级根据压力容器检验结果综合评定，以其中项目等级最低者为评定等级；

(2) 需要改造或者修理的压力容器，按照改造或者修理结果进行安全状况等级评定；

(3) 安全附件检验不合格的压力容器不允许投入使用。

8.5.2 材料问题

主要受压元件材料与原设计不符、材质不明或者材质劣化时，按照以下要求进行安全状况等级评定：

(1) 用材与原设计不符，如果材质清楚，强度校核合格，经过检验未查出新生缺陷（不包括正常的均匀腐蚀），检验人员认为可以安全使用的，不影响定级；如果使用中产生缺陷，并且确认是用材不当所致，可以定为 4 级或者 5 级；

(2) 材质不明，对于经过检验未查出新生缺陷（不包括正常的均匀腐蚀），强度校

核合格的(按照同类材料的最低强度进行)，在常温下工作的一般压力容器，可以定为 3 级或者 4 级；液化石油气储罐定为 5 级；

(3)发现存在表面脱碳、渗碳、石墨化、回火脆化等材质劣化现象以及蠕变、高温氢腐蚀现象，并且已经产生不可修复的缺陷或者损伤时，根据损伤程度，定为 4 级或者 5 级；如果损伤程度轻微，能够确认在规定的操作条件下和检验周期内安全使用的，可以定为 3 级。

8.5.3 结构问题

有不合理结构的，按照以下要求评定安全状况等级：

(1)封头主要参数不符合相应产品标准，但是经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)，可以定为 2 级或者 3 级；如果有缺陷，可以根据相应的条款进行安全状况等级评定；

(2)封头与筒体的连接，如果采用单面焊对接结构，而且存在未焊透时，按照本规程 8.5.10 的规定定级；如果采用搭接结构，可以定为 4 级或者 5 级；不等厚度板(锻件)对接接头，未按照规定进行削薄(或者堆焊)处理，经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)的，可以定为 3 级，否则定为 4 级或者 5 级；

(3)焊缝布置不当、“十”字焊缝或者焊缝间距不符合产品标准的要求，经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)，可以定为 3 级；如果查出新生缺陷，并且确认是由于焊缝布置不当引起的，则定为 4 级或者 5 级；

(4)按照规定应当采用全焊透结构的角接焊缝或者接管角焊缝，而没有采用全焊透结构的，如果未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)，可以定为 3 级，否则定为 4 级或者 5 级；

(5)如果开孔位置不当，经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)，对于一般压力容器，可以定为 2 级或者 3 级；对于有特殊要求的压力容器，可以定为 3 级或者 4 级；如果开孔的几何参数不符合产品标准的要求，其计算和补强结构经过特殊考虑的，不影响定级，未作特殊考虑的，可以定为 4 级或者 5 级。

8.5.4 表面裂纹及凹坑

内、外表面不允许有裂纹。如果有裂纹，应当打磨消除，打磨后形成的凹坑在允许范围内的，不影响定级；否则，应当补焊或者进行应力分析，经过补焊合格或者应力分析结果表明不影响安全使用的，可以定为 2 级或者 3 级。

裂纹打磨后形成凹坑的深度，如果小于壁厚余量(壁厚余量=实测壁厚-名义厚度+腐蚀裕量)，则该凹坑允许存在。否则，将凹坑按照其外接矩形规则化为长轴长度、短轴长度及深度分别为 $2A$ (mm)、 $2B$ (mm) 及 C (mm) 的半椭球形凹坑，计算无量纲参数 G_0 ，如果 $G_0 < 0.10$ ，则该凹坑在允许范围内。

进行无量纲参数计算的凹坑应当满足如下条件：

- (1) 凹坑表面光滑、过渡平缓，凹坑半宽 B 不小于凹坑深度 C 的 3 倍，并且其周围无其他表面缺陷或者埋藏缺陷；
- (2) 凹坑不靠近几何不连续或者存在尖锐棱角的区域；
- (3) 压力容器不承受外压或者疲劳载荷；
- (4) T/R 小于 0.18 的薄壁圆筒壳或者 T/R 小于 0.10 的薄壁球壳；
- (5) 材料满足压力容器设计规定，未发现劣化；
- (6) 凹坑深度 C 小于壁厚 T 的 1/3 并且小于 12mm，坑底最小厚度 $(T-C)$ 不小于 3mm；
- (7) 凹坑半长 $A \leq 1.4\sqrt{RT}$ 。

凹坑缺陷无量纲参数按照公式(8-1)计算。

$$G_0 = \frac{C}{T} \times \frac{A}{\sqrt{RT}} \quad (8-1)$$

式中：

T ——凹坑所在部位压力容器的壁厚(取实测壁厚减去至下次检验日期的腐蚀量)，mm；

R ——压力容器平均半径，mm。

8.5.5 变形、机械接触损伤、工卡具焊迹及电弧灼伤

变形、机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤等，按照以下要求评定安全状况等级：

- (1) 变形不处理不影响安全的，不影响定级；根据变形原因分析，不能满足强度和安全要求的，可以定为 4 级或者 5 级；
- (2) 机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤等，打磨后按照本规程 8.5.4 的规定定级。

8.5.6 咬边

内表面焊缝咬边深度不超过 0.5mm、咬边连续长度不超过 100mm，并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 10%时；外表面焊缝咬边深度不超过 1.0mm、咬边连续长度不超过 100mm，并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 15%时，按照以下要求评定其安全状况等级：

- (1) 一般压力容器不影响定级，超过时应当予以修复；
- (2) 有特殊要求的压力容器，检验时如果未查出新生缺陷(例如焊趾裂纹)，可以定为 2 级或者 3 级；查出新生缺陷或者超过本条要求的，应当予以修复。

低温压力容器不允许有焊缝咬边。

8.5.7 腐蚀

有腐蚀的压力容器，按照以下要求评定安全状况等级：

(1) 分散的点腐蚀，如果腐蚀深度不超过名义壁厚扣除腐蚀裕量后的 $1/3$ ，不影响定级；如果在任意 200mm 直径的范围内，点腐蚀的面积之和不超过 4500mm^2 ，或者沿任一直线的点腐蚀长度之和不超过 50mm ，不影响定级；

(2) 均匀腐蚀，如果按照剩余壁厚(实测壁厚最小值减去至下次检验期的腐蚀量)强度校核合格的，不影响定级；经过补焊合格的，可以定为 2 级或者 3 级；

(3) 局部腐蚀，腐蚀深度超过壁厚余量的，应当确定腐蚀坑形状和尺寸，并且充分考虑检验周期内腐蚀坑尺寸的变化，可以按照本规程 8.5.4 的规定定级；

(4) 对内衬和复合板压力容器，腐蚀深度不超过衬板或者覆材厚度 $1/2$ 的不影响定级，否则应当定为 3 级或者 4 级。

8.5.8 环境开裂和机械损伤

存在环境开裂倾向或者产生机械损伤现象的压力容器，发现裂纹，应当打磨消除，并且按照本规程 8.5.4 的要求进行处理，可以满足在规定的操作条件下和检验周期内安全使用要求的，定为 3 级，否则定为 4 级或者 5 级。

8.5.9 错边量和棱角度

错边量和棱角度超出产品标准要求，根据以下具体情况综合评定安全状况等级：

(1) 错边量和棱角度尺寸在表 8-1 范围内，压力容器不承受疲劳载荷并且该部位不存在裂纹、未熔合、未焊透等缺陷时，可以定为 2 级或者 3 级；

表 8-1 错边量和棱角度尺寸范围 单位为 mm

对口处钢材实测厚度 t	错边量	棱角度(注 8-6)
$t \leq 20$	$\leq 1/3 t$, 且 ≤ 5	$\leq (1/10 t + 3)$, 且 ≤ 8
$20 < t \leq 50$	$\leq 1/4 t$, 且 ≤ 8	
$t > 50$	$\leq 1/6 t$, 且 ≤ 20	
对所有厚度锻焊压力容器		$\leq 1/6 t$, 且 ≤ 8

注 8-6：测量棱角度所用样板按照产品标准的要求选取。

(2) 错边量和棱角度不在表 8-1 范围内，或者在表 8-1 范围内的压力容器承受疲劳载荷或者该部位伴有未熔合、未焊透等缺陷时，应当通过应力分析，确定能否继续使用；在规定的操作条件下和检验周期内，能安全使用的定为 3 级或者 4 级。

8.5.10 焊缝埋藏缺陷

相应压力容器产品标准允许的焊缝埋藏缺陷，不影响定级；超出相应产品标准的，按照以下要求评定安全状况等级：

(1) 单个圆形缺陷的长径大于壁厚的 $1/2$ 或者大于 9mm ，定为 4 级或者 5 级；圆

形缺陷的长径小于壁厚的 1/2 并且小于 9mm，其相应的安全状况等级评定见表 8-2 和表 8-3；

表 8-2 规定只要求局部无损检测的压力容器(不包括低温压力容器)

圆形缺陷与相应的安全状况等级(注 8-7)

安全状况 等级	不同评定区尺寸和实测厚度下的缺陷点数					
	评定区 (mm)					
	10×10		10×20		10×30	
	实测厚度 t (mm)					
	$t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$t > 100$
2 级或者 3 级	6 ~ 15	12 ~ 21	18 ~ 27	24 ~ 33	30 ~ 39	36 ~ 45
4 级或者 5 级	> 15	> 21	> 27	> 33	> 39	> 45

表 8-3 规定要求 100% 无损检测的压力容器(包括低温压力容器)

圆形缺陷与相应的安全状况等级(注 8-7)

安全状况 等级	不同评定区尺寸和实测厚度下的缺陷点数					
	评定区 (mm)					
	10×10		10×20		10×30	
	实测厚度 t (mm)					
	$t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$t > 100$
2 级或者 3 级	3 ~ 12	6 ~ 15	9 ~ 18	12 ~ 21	15 ~ 24	18 ~ 27
4 级或者 5 级	> 12	> 15	> 18	> 21	> 24	> 27

注 8-7：表 8-2、表 8-3 中圆形缺陷尺寸换算成缺陷点数，以及不计点数的缺陷尺寸要求，见 NB/T 47013 相应规定。

(2) 非圆形缺陷与相应的安全状况等级评定，见表 8-4 和表 8-5；

表 8-4 一般压力容器非圆形缺陷与相应的安全状况等级(注 8-8)

缺陷位置	缺陷尺寸(mm)			安全状况等级
	未熔合	未焊透	条状夹渣	
球壳对接焊缝; 筒体纵焊缝, 以及与封头连接的环焊缝	$H \leq 0.1t$, 且 $H \leq 2$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 3t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 6t$	3级
筒体环焊缝	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 4t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 6t$	$H \leq 0.25t$, 且 $H \leq 5$; $L \leq 12t$	

表 8-5 有特殊要求的压力容器非圆形缺陷与相应的安全状况等级(注 8-8)

缺陷位置	缺陷尺寸(mm)			安全状况等级
	未熔合	未焊透	条状夹渣	
球壳对接焊缝; 筒体纵焊缝, 以及与封头连接的环焊缝	$H \leq 0.1t$, 且 $H \leq 2$; $L \leq t$	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 3t$	3级或者4级
筒体环焊缝	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 4t$	$H \leq 0.25t$, 且 $H \leq 5$; $L \leq 6t$	

注 8-8: 表 8-4、表 8-5 中 H 是指缺陷在板厚方向的尺寸, 亦称缺陷高度; L 是指缺陷长度; t 为实测厚度。对所有超标非圆形缺陷均应当测定其高度和长度, 并且在下次检验时对缺陷尺寸进行复验。

(3) 如果能采用有效方式确认缺陷是非活动的, 则表 8-4、表 8-5 中的缺陷长度容限值可以增加 50%。

8.5.11 母材分层

母材有分层的, 按照以下要求评定安全状况等级:

- (1) 与自由表面平行的分层, 不影响定级;
- (2) 与自由表面夹角小于 10° 的分层, 可以定为 2 级或者 3 级;
- (3) 与自由表面夹角大于或者等于 10° 的分层, 检验人员可以采用其他检测或者分析方法进行综合判定, 确认分层不影响压力容器安全使用的, 可以定为 3 级, 否则定为 4 级或者 5 级。

8.5.12 鼓包

使用过程中产生的鼓包, 应当查明原因, 判断其稳定状况, 如果能查清鼓包的起因并且确定其不再扩展, 不影响压力容器安全使用的, 可以定为 3 级; 无法查清起因时, 或者虽查明原因但是仍然会继续扩展的, 定为 4 级或者 5 级。

8.5.13 绝热性能

固定式真空绝热压力容器，真空度及日蒸发率测量结果在表 8-6 范围内，不影响定级；大于表 8-6 规定指标，但不超出其 2 倍时，可以定为 3 级或者 4 级；否则定为 4 级或者 5 级。

表 8-6 真空度及日蒸发率测量

绝热方式	真空度		日蒸发率测量
	测量状态	数值 (Pa)	
粉末绝热	未装介质	≤65	实测日蒸发率数值小于 2 倍额定日蒸发率指标
	装有介质	≤10	
多层绝热	未装介质	≤20	
	装有介质	≤0.2	

8.5.14 耐压试验

属于压力容器本身原因，导致耐压试验不合格的，可以定为 5 级。

8.5.15 超高压容器评级专项要求

符合下列情况之一的超高压容器应当定为 5 级：

- (1) 主要受压元件材质不清；
- (2) 主要受压元件内、外表面发现裂纹，未做修磨和修磨后强度校核不能满足要求；
- (3) 主要受压元件发现穿透性裂纹；
- (4) 主要受压元件材质发生劣化，已无法安全运行；
- (5) 存在其他严重缺陷（例如筒体局部或者整体严重变形、存在发生扩展的埋藏缺陷等），已经无法安全运行。

8.6 非金属压力容器及非金属衬里安全状况等级评定

8.6.1 评定原则

- (1) 安全状况等级应当根据非金属部分以及金属受压元件综合评定，以其中项目等级最低者，作为该压力容器的安全状况等级；
- (2) 需要改造或者修理的压力容器，按照改造或者修理结果进行安全状况等级评定；
- (3) 安全附件检验不合格的压力容器不允许投入使用。

8.6.2 搪玻璃压力容器

搪玻璃层的安全状况等级按照以下要求评定：

- (1) 搪玻璃层表面光亮如新，没有腐蚀失光、破损、磨损、机械接触损伤时，为 1 级；

(2) 搪玻璃层表面有轻微的腐蚀失光现象，或者有轻微的磨损、机械接触损伤，经 10kV 直流高电压检测通过时，为 2 级；不通过时，为 5 级；

(3) 搪玻璃层经过局部修复时，为 3 级，钽钉加聚四氟乙烯的修复部位不影响安全状况等级评定；

(4) 搪玻璃层表面有明显的腐蚀失光现象，或者有严重腐蚀、裂纹、脱落、磨损、机械接触损伤，经 10kV 直流高电压检测通过时，为 4 级；不通过时，为 5 级；

(5) 搅拌器、温度计套管、放料阀等可拆卸和可更换的搪玻璃零部件在检验中发现有搪玻璃层腐蚀、磨损、破损时，如果更换新件，则不影响安全状况等级评定。

8.6.3 石墨压力容器及石墨衬里

石墨部件和石墨衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

(1) 石墨部件表面规整，粘接部位完好，没有腐蚀、酥松、剥层、掉块、裂纹、磨损、机械接触损伤等缺陷；石墨衬里表面光滑，没有腐蚀、酥松、磨损、机械接触损伤、裂纹等缺陷，衬里层与金属基体没有分层时，为 1 级；

(2) 石墨部件表面有轻微的腐蚀，粘接部位完好，没有剥层、掉块、裂纹，有轻微磨损、机械接触损伤现象；石墨衬里表面有轻微的腐蚀、磨损、机械接触损伤现象，无裂纹，衬里层与金属基体没有明显分层时，为 2 级；

(3) 石墨压力容器经过局部修复时，为 3 级；

(4) 石墨部件表面有明显的腐蚀、磨损、机械接触损伤，但没有出现泄漏；石墨衬里表面有明显的腐蚀、磨损、裂纹、机械接触损伤时，为 4 级；

(5) 石墨部件表面有严重腐蚀、掉块、裂纹、磨损等损伤，粘接部位开裂，石墨压力容器出现泄漏时；石墨衬里表面有严重腐蚀、裂纹、磨损、机械接触损伤等，石墨衬里层破损时，为 5 级；

(6) 对于可拆卸和可更换的石墨零部件在检验中发现腐蚀、磨损、破损时，如果更换新件，则不影响安全状况等级评定。

8.6.4 纤维增强塑料压力容器及纤维增强塑料衬里

纤维增强塑料压力容器和纤维增强塑料衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

(1) 内表面光亮如新，没有腐蚀失光、龟裂、变色、树脂粉化、纤维失强、溶胀，无磨损、机械接触损伤，无裂纹、玻璃纤维裸露和分层，压力容器无鼓包和变形，衬里层无鼓包和脱落时，为 1 级；

(2) 内表面有轻微的腐蚀失光、破坏、变色现象，或者有轻微磨损、机械接触损伤现象，无裂纹、龟裂、树脂粉化、纤维失强、溶胀、玻璃纤维裸露和分层，衬里层无脱落，压力容器有轻微鼓包和变形时，为 2 级；

(3) 纤维增强塑料压力容器及纤维增强塑料衬里经过局部修复时，为 3 级；

(4) 内表面有明显的腐蚀现象，或者有明显的磨损、裂纹、机械接触损伤，有明

显的鼓包和变形，但没有出现泄漏和严重变形时，为 4 级；

(5) 内表面有严重腐蚀失光，或者有裂纹、龟裂、树脂粉化、纤维失强、溶胀、磨损、机械接触损伤等，衬里层穿透，出现泄漏和严重变形时，为 5 级；

(6) 对于可拆卸和可更换的纤维增强塑料零部件在检验中发现腐蚀、磨损、破损时，如果更换新件，则不影响安全状况等级评定。

8.6.5 压力容器热塑性塑料衬里

热塑性塑料衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

(1) 内表面光亮如新，没有腐蚀失光、变色、老化开裂、渗漏，无磨损、机械接触损伤，无裂纹和鼓包，连接部位没有开裂、拉脱现象，附件完好，衬里层与金属基体没有分层时，为 1 级；

(2) 内表面有轻微的腐蚀失光、变色现象，或者磨损、机械接触损伤现象，无裂纹、老化开裂、渗漏和鼓包，连接部位没有开裂、拉脱现象，附件完好，衬里层与金属基体没有明显分层时，为 2 级；

(3) 压力容器塑料衬里经过局部修复时，为 3 级；

(4) 内表面有严重腐蚀、磨损、裂纹、老化开裂、机械接触损伤等，塑料衬里经 5kV 直流高电压检测通过时，为 4 级；不通过时，为 5 级。

8.6.6 耐压试验

属于压力容器本身原因，导致耐压试验不合格的，可以定为 5 级。

8.7 定期检验结论及报告

8.7.1 检验结论

8.7.1.1 金属压力容器检验结论

综合评定安全状况等级为 1 级至 3 级的金属压力容器，检验结论为符合要求，可以继续使用；安全状况等级为 4 级的，检验结论为基本符合要求，有条件的监控使用；安全状况等级为 5 级的，检验结论为不符合要求，不得继续使用。

8.7.1.2 非金属压力容器检验结论

综合评定安全状况等级为 1、2 级的非金属压力容器，检验结论为符合要求，可以继续使用；安全状况等级为 3、4 级的，检验结论为基本符合要求，有条件的监控使用，安全状况等级为 4 级的，如果是腐蚀原因造成，则不能继续在当前介质下使用；安全状况等级为 5 级的，检验结论为不符合要求，不得继续使用。

8.7.2 检验报告

检验机构应当保证检验工作质量，检验时必须有记录，检验后出具报告，报告的格式应当符合本规程附件 J 的要求（单项检验报告的格式由检验机构在其质量管理体系文件中规定）。检验记录应当详尽、真实、准确，检验记录记载的信息量不得少于检验报告的信息量。检验机构应当妥善保管检验记录和报告，保存期至少 6 年并

且不少于该台压力容器的下次检验周期。

检验报告的出具应当符合以下要求：

(1) 检验工作结束后，检验机构一般在 30 个工作日内出具报告，交付使用单位存入压力容器技术档案；

(2) 压力容器定期检验结论报告应当有编制、审核、批准三级人员签字，批准人员为检验机构的技术负责人或者其授权签字人；

(3) 因设备使用需要，检验人员可以在报告出具前，先出具《特种设备定期检验意见通知书(1)》(见附件 K)，将检验初步结论书面通知使用单位，检验人员对检验意见的正确性负责；

(4) 检验发现设备存在需要处理的缺陷，由使用单位负责进行处理，检验机构可以利用《特种设备定期检验意见通知书(2)》(见附件 K)将缺陷情况通知使用单位，处理完成并且经过检验机构确认后，再出具检验报告；使用单位在约定的时间内未能完成缺陷处理工作的，检验机构可以按照实际检验情况先行出具检验报告，处理完成并且经过检验机构确认后再次出具报告(替换原检验报告)；经检验发现严重事故隐患，检验机构应当使用《特种设备检验意见通知书(2)》将情况及时告知使用登记机关。

8.7.3 检验信息管理

(1) 使用单位、检验机构应当严格执行本规程的规定，做好压力容器的定期检验工作，并且按照特种设备信息化工作规定，及时将所要求的检验更新数据上传至特种设备使用登记和检验信息系统；

(2) 检验机构应当按照规定将检验结果汇总上报使用登记机关。

8.7.4 检验案例

凡在定期检验过程中，发现压力容器存在影响安全的缺陷或者损坏，需要重大修理或者不允许使用的，检验机构按照有关规定逐台填写检验案例，并且及时上报、归档。

8.7.5 检验标志

检验结论意见为符合要求或者基本符合要求时，检验机构应当按规定出具检验标志。

8.8 小型制冷装置中压力容器定期检验专项要求

8.8.1 适用范围

本专项要求适用于以氨为制冷剂，单台贮氨器容积不大于 $5m^3$ 并且总容积不大于 $10m^3$ 的小型制冷装置中压力容器的定期检验。采用其他制冷剂的小型制冷装置中压力容器定期检验，应当考虑制冷剂的特性，参照本专项要求执行。

小型制冷装置中压力容器主要包括冷凝器、贮氨器、低压循环贮氨器、液氨分离器、中间冷却器、集油器、油分离器等。

8.8.2 检验前的准备工作

使用单位除参照本规程 8.2 的有关要求准备外，还应当提交液氨充装时间及液氨成分检验记录，进行现场环境氨浓度检测，确保现场环境氨浓度不得超过国家相应标准允许值。

8.8.3 检验项目和方法

小型制冷装置中压力容器的定期检验可以在系统不停机的状态下进行。检验项目包括资料审查、宏观检验、液氨成分检验、壁厚测定、高压侧压力容器的外表面无损检测。必要时还应当进行低压侧压力容器的外表面无损检测、声发射检测、埋藏缺陷检测、材料分析、强度校核、安全附件检验、耐压试验等检验项目。

8.8.3.1 资料审查

除按照本规程 8.2.2 要求审查的资料外，还应当审查液氨充装时间及液氨成分检验记录。

8.8.3.2 宏观检验

(1)首次全面检验时应当检验压力容器结构(如筒体与封头连接、开孔部位及补强、焊缝布置等)是否符合相关要求，以后的检验仅对运行中可能发生变化的内容进行复查；

(2)检验铭牌、标志等是否符合有关规定；

(3)检验隔热层是否有破损、脱落、跑冷等现象，表面油漆是否完好；

(4)检验高压侧压力容器外表面是否有裂纹、腐蚀、变形、机械接触损伤等缺陷；

(5)用酚酞试纸检测工作状态下压力容器的焊缝、接管等各连接处是否存在渗漏；

(6)必要时在停水状态下对冷凝器管板与换热管的角接接头部位进行腐蚀、渗漏检验；

(7)检验紧固件是否齐全、牢固，表面锈蚀程度；

(8)检验支承或者支座的下沉、倾斜、基础开裂情况。

8.8.3.3 液氨成分检验

审查使用单位的液氨成分检验记录是否符合 NB/T 47012《制冷装置用压力容器》的要求，成分不符合要求的，应当按照本规程 8.8.3.5.2、8.8.3.5.3 的规定进行检测。

8.8.3.4 壁厚测定

按照本规程 8.3.5 的有关要求，选择有代表性的部位进行壁厚测定，并且保证足够的测点数。

8.8.3.5 无损检测

8.8.3.5.1 高压侧压力容器表面无损检测

高压侧压力容器应当进行外表面无损检测抽查，对应力集中部位、变形部位、有怀疑的焊接接头、补焊区、工卡具焊迹、电弧损伤处和易产生裂纹部位应当重点检测。

8.8.3.5.2 低压侧压力容器声发射检测或者表面无损检测

低压侧压力容器有下列情况之一的，应当进行声发射检测或者外表面无损检测抽查：

- (1) 使用达到设计使用年限的；
- (2) 液氨成分分析不符合 NB/T 47012 要求的；
- (3) 宏观检验有异常情况，检验人员认为有必要的。

8.8.3.5.3 超声检测

有下列情况之一的，应当采用超声检测方法进行埋藏缺陷检测，必要时进行开罐检测：

- (1) 宏观检验或者表面无损检测发现有缺陷的压力容器，认为需要进行焊缝埋藏缺陷检测的；
- (2) 高压侧压力容器的液氨成分分析不符合 NB/T 47012 要求的；
- (3) 需要对声发射源进行复验的；
- (4) 检验人员认为有必要的。

8.8.3.6 材料分析

主要受压元件材质不明的，应当查明材质，对于低压侧压力容器，也可以按照 Q235A 进行强度校核。

8.8.3.7 强度校核

有下列情况之一的，应当进行强度校核：

- (1) 均匀腐蚀深度超过腐蚀裕量的；
- (2) 检验人员对强度有怀疑的。

8.8.3.8 安全附件检验

安全附件检验按照本规程 8.3.12 规定进行。

8.8.3.9 耐压试验

需要进行耐压试验的，按照本规程 8.3.13 规定进行。

8.8.4 安全状况等级评定与检验周期

8.8.4.1 安全状况等级评定

根据检验结果，按照本规程 8.5 的有关规定进行安全状况等级评定。需要改造、修理的压力容器，按照改造、修理后的复检结果进行安全状况等级评定。

安全附件不合格的压力容器不允许投入使用。

8.8.4.2 检验周期

(1) 安全状况等级为1级至3级的，检验结论为符合要求，可以继续使用，一般每3年进行一次定期检验；

(2) 安全状况等级为4级的，检验结论为基本符合要求，应当监控使用，其检验周期由检验机构确定，累计监控使用时间不得超过3年，在监控使用期满前，使用单位应当对缺陷进行处理，否则不得继续使用；

(3) 安全状况等级为5级的，检验结论为不符合要求，应当对缺陷进行处理，否则不得继续使用。

8.9 合于使用评价

监控使用期满的压力容器，或者定期检验发现严重缺陷可能导致停止使用的压力容器，应当对缺陷进行处理。缺陷处理的方式包括采用修理的方法消除缺陷或者进行合于使用评价。

合于使用评价工作应当符合以下要求：

(1) 承担压力容器合于使用评价的检验机构应当经过核准，具有相应的检验资质并且具备相应的专业评价人员和检验能力，具有评价经验，参加相关标准的制修订工作，具备材料断裂性能数据测试能力、结构应力数值分析能力以及相应损伤模式的试验测试能力；

(2) 压力容器使用单位应当向具有评价能力的检验机构提出进行合于使用评价的申请，同时将需评价的压力容器基本情况书面告知使用登记机关；

(3) 压力容器的合于使用评价参照GB/T 19624《在用含缺陷压力容器安全评定》等相应标准的要求进行，承担压力容器合于使用评价的检验机构，根据缺陷的性质、缺陷产生的原因，以及缺陷的发展预测在评价报告中给出明确的评价结论，说明缺陷对压力容器安全使用的影响；

(4) 压力容器合于使用评价报告，由具有相应经验的评价人员出具，并且经过检验机构法定代表人或者技术负责人批准，承担压力容器合于使用评价的检验机构对合于使用评价结论的正确性负责；

(5) 负责压力容器定期检验的检验机构根据合于使用评价报告的结论和其他检验项目的检验结果出具检验报告，确定压力容器的安全状况等级、允许运行参数和下次检验日期；

(6) 使用单位将压力容器合于使用评价的结论报使用登记机关备案，并且严格按照检验报告的要求控制压力容器的运行参数，落实监控和防范措施，加强年度检查。

8.10 基于风险的检验(RBI)

8.10.1 应用条件

申请应用基于风险的检验的压力容器使用单位应当经上级主管单位或者第三方机构(应当具有专业性、非营利性特点并且与申请单位、检验机构无利害关系的全国性社会组织)进行压力容器使用单位安全管理评价,证明其符合以下条件:

- (1)具有完善的管理体系和较高的管理水平;
- (2)建立健全应对各种突发事件的应急专项预案,并且定期进行演练;
- (3)压力容器、管道等设备运行良好,能够按照有关规定进行检验和维护;
- (4)生产装置及其重要设备资料齐全、完整;
- (5)工艺操作稳定;
- (6)生产装置采用数字集散控制系统,并且有可靠的安全联锁保护系统。

8.10.2 RBI 的实施

(1)承担 RBI 的检验机构须经过国家质检总局核准,取得基于风险的检验资质;从事 RBI 的人员应当经过相应的培训,熟悉 RBI 的有关国家标准和专用分析软件;

(2)压力容器使用单位应当向检验机构提出 RBI 的书面申请并且提交其通过安全管理评价的各项资料,并且告知使用登记机关, RBI 检验机构应当对收到的申请资料进行审查;

(3)承担 RBI 的检验机构,应当根据设备状况、失效模式、失效后果、管理情况等评估装置和压力容器的风险,依据风险可接受程度,按照 RBI 的有关国家标准进行风险评估,提出检验策略(包括检验时间、检验内容和检验方法);

(4)应用 RBI 的压力容器,使用单位应当根据所提出的检验策略制定具体的检验计划,承担 RBI 的检验机构依据其检验策略制定具体的检验方案并且实施检验,出具 RBI 报告;

(5)对于装置运行期间风险位于可接受水平之上的压力容器,应当采用在线检验等方法降低其风险;

(6)应用 RBI 的压力容器使用单位,应当将 RBI 结论报使用登记机关备案,使用单位应当落实保证压力容器安全运行的各项措施,承担安全使用主体责任。

8.10.3 检验周期的确定

实施 RBI 的压力容器,可以采用以下方法确定其检验周期:

(1)参照本规程 8.1.6.1 的规定确定压力容器的检验周期,根据压力容器风险水平延长或者缩短检验周期,但最长不得超过 9 年;

(2)以压力容器的剩余使用年限为依据,检验周期最长不得超过压力容器剩余使用年限的一半,并且不得超过 9 年。

9 安全附件及仪表

9.1 安全附件

9.1.1 通用要求

- (1) 制造安全阀、爆破片装置的单位应当持有相应的特种设备制造许可证；
- (2) 安全阀、爆破片、紧急切断阀等需要型式试验的安全附件，应当经过国家质检总局核准的型式试验机构进行型式试验并且取得型式试验证明文件；
- (3) 安全附件的设计、制造，应当符合相关安全技术规范的规定；
- (4) 安全附件出厂时应当随带产品质量证明文件，并且在产品上装设牢固的金属铭牌；
- (5) 安全附件实行定期检验制度，安全附件的定期检验按照本规程与相关安全技术规范的规定进行。

9.1.2 超压泄放装置的装设要求

- (1) 本规程适用范围内的压力容器，应当根据设计要求装设超压泄放装置，压力源来自压力容器外部，并且得到可靠控制时，超压泄放装置可以不直接安装在压力容器上；
- (2) 采用爆破片装置与安全阀组合结构时，应当符合压力容器产品标准的有关规定，凡串联在组合结构中的爆破片在动作时不允许产生碎片；
- (3) 易爆介质或者毒性危害程度为极度、高度或者中度危害介质的压力容器，应当在安全阀或者爆破片的排出口装设导管，将排放介质引至安全地点，并且进行妥善处理，毒性介质不得直接排入大气；
- (4) 压力容器设计压力低于压力源压力时，在通向压力容器进口的管道上应当装设减压阀，如因介质条件减压阀无法保证可靠工作时，可用调节阀代替减压阀，在减压阀或者调节阀的低压侧，应当装设安全阀和压力表；
- (5) 使用单位应当保证压力容器使用前已经按照设计要求装设了超压泄放装置。

9.1.3 超压泄放装置的安装要求

- (1) 超压泄放装置应当安装在压力容器液面以上的气相空间部分，或者安装在与压力容器气相空间相连的管道上；安全阀应铅直安装；
- (2) 压力容器与超压泄放装置之间的连接管和管件的通孔，其截面积不得小于超压泄放装置的进口截面积，其接管应当尽量短而直；
- (3) 压力容器一个连接口上安装两个或者两个以上的超压泄放装置时，则该连接口入口的截面积，应当至少等于这些超压泄放装置的进口截面积总和；

(4) 超压泄放装置与压力容器之间一般不宜安装截止阀门；为实现安全阀的在线校验，可在安全阀与压力容器之间安装爆破片装置；对于盛装毒性危害程度为极度、高度、中度危害介质，易爆介质，腐蚀、粘性介质或者贵重介质的压力容器，为便于安全阀的清洗与更换，经过使用单位安全管理负责人批准，并且制定可靠的防范措施，方可在超压泄放装置与压力容器之间安装截止阀门，压力容器正常运行期间截止阀门必须保证全开(加铅封或者锁定)，截止阀门的结构和通径不得妨碍超压泄放装置的安全泄放；

(5) 新安全阀应当校验合格后才能安装使用。

9.1.4 安全阀、爆破片

9.1.4.1 安全阀、爆破片的排放能力

安全阀、爆破片的排放能力，应当大于或者等于压力容器的安全泄放量。排放能力和安全泄放量按照相应标准的规定进行计算，必要时还应当进行试验验证。对于充装处于饱和状态或者过热状态的气液混合介质的压力容器，设计爆破片装置时应当计算泄放口径，确保不产生空间爆炸。

9.1.4.2 安全阀的整定压力

安全阀的整定压力一般不大于该压力容器的设计压力。设计图样或者铭牌上标注有最高允许工作压力的，也可以采用最高允许工作压力确定安全阀的整定压力。

9.1.4.3 爆破片的爆破压力

压力容器上装有爆破片装置时，爆破片的设计爆破压力一般不大于该容器的设计压力，并且爆破片的最小爆破压力不得小于该容器的工作压力。当设计图样或者铭牌上标注有最高允许工作压力时，爆破片的设计爆破压力不得大于压力容器的最高允许工作压力。

9.1.4.4 安全阀的动作机构

杠杆式安全阀应当有防止重锤自由移动的装置和限制杠杆越出的导架，弹簧式安全阀应当有防止随便拧动调整螺钉的铅封装置，静重式安全阀应当有防止重片飞脱的装置。

9.1.4.5 安全阀的校验单位

安全阀校验单位应当具有与校验工作相适应的校验技术人员、校验装置、仪器和场地，并且建立必要的规章制度。校验人员应当取得安全阀校验人员资格。校验合格后，校验单位应当出具校验报告并且对校验合格的安全阀加装铅封。

9.2 仪表

9.2.1 压力表

9.2.1.1 压力表选用

(1) 选用的压力表，应当与压力容器内的介质相适应；

(2) 设计压力小于 1.6MPa 压力容器使用的压力表的精度不得低于 2.5 级，设计压力大于或者等于 1.6MPa 压力容器使用的压力表的精度不得低于 1.6 级；

(3) 压力表表盘刻度极限值应当为工作压力的 1.5 倍～3.0 倍。

9.2.1.2 压力表检定

压力表的检定和维护应当符合国家计量部门的有关规定，压力表安装前应当进行检定，在刻度盘上应当划出指示工作压力的红线，注明下次检定日期。压力表检定后应当加铅封。

9.2.1.3 压力表安装

(1) 安装位置应当便于操作人员观察和清洗，并且应当避免受到辐射热、冻结或者震动等不利影响；

(2) 压力表与压力容器之间，应当装设三通旋塞或者针形阀（三通旋塞或者针形阀上应当有开启标记和锁紧装置），并且不得连接其他用途的任何配件或者接管；

(3) 用于蒸汽介质的压力表，在压力表与压力容器之间应当装有存水弯管；

(4) 用于具有腐蚀性或者高粘度介质的压力表，在压力表与压力容器之间应当安装能隔离介质的缓冲装置。

9.2.2 液位计

9.2.2.1 液位计通用要求

压力容器用液位计应当符合以下要求：

(1) 根据压力容器的介质、设计压力（或者最高允许工作压力）和设计温度选用；

(2) 在安装使用前，设计压力小于 10MPa 的压力容器用液位计，以 1.5 倍的液位计公称压力进行液压试验；设计压力大于或者等于 10MPa 的压力容器用液位计，以 1.25 倍的液位计公称压力进行液压试验；

(3) 储存 0℃以下介质的压力容器，选用防霜液位计；

(4) 寒冷地区室外使用的液位计，选用夹套型或者保温型结构的液位计；

(5) 用于易爆、毒性危害程度为极度或者高度危害介质以及液化气体压力容器上的液位计，有防止泄漏的保护装置；

(6) 要求液面指示平稳的，不允许采用浮子（标）式液位计。

9.2.2.2 液位计安装

液位计应当安装在便于观察的位置，否则应当增加其他辅助设施。大型压力容器还应当有集中控制的设施和警报装置。液位计上最高和最低安全液位，应当作出明显的标志。

9.2.3 壁温测试仪表

需要控制壁温的压力容器，应当装设测试壁温的测温仪表（或者温度计）。测温仪表应当定期校准。

10 附 则

10.1 解释权限

本规程由国家质检总局负责解释。

10.2 施行时间

本规程自 2016 年 10 月 1 日起施行。2004 年 6 月 28 日国家质检总局 2004 年第 79 号公告颁布的《非金属压力容器安全技术监察规程》(TSG R0001—2004)、2005 年 11 月 8 日国家质检总局 2005 年第 160 号公告颁布的《超高压容器安全技术监察规程》(TSG R0002—2005)、2007 年 1 月 24 日国家质检总局 2007 年第 18 号公告颁布的《简单压力容器安全技术监察规程》(TSG R0003—2007)、2009 年 8 月 31 日国家质检总局 2009 年第 83 号公告颁布的《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG R0004—2009)及其 2010 年第 1 号修改单同时废止。固定式压力容器的定期检验、监督检验不再执行 2013 年 1 月 16 日国家质检总局 2013 年第 10 号公告颁布的《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2013)、2013 年 12 月 31 日国家质检总局 2013 年第 191 号公告颁布的《压力容器监督检验规则》(TSG R7004—2013)。

附件 A

固定式压力容器分类

A1 压力容器分类

A1.1 介质分组

压力容器的介质分为以下两组：

- (1) 第一组介质，毒性危害程度为极度、高度危害的化学介质，易爆介质，液化气体；
- (2) 第二组介质，除第一组以外的介质。

A1.2 介质危害性

介质危害性指压力容器在生产过程中因事故致使介质与人体大量接触，发生爆炸或者因经常泄漏引起职业性慢性危害的严重程度，用介质毒性危害程度和爆炸危险程度表示。

A1.2.1 毒性介质

综合考虑急性毒性、最高容许浓度和职业性慢性危害等因素，极度危害介质最高容许浓度小于 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；高度危害介质最高容许浓度 $0.1\text{mg}/\text{m}^3 \sim 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ；中度危害介质最高容许浓度 $1.0\text{mg}/\text{m}^3 \sim 10.0\text{mg}/\text{m}^3$ ；轻度危害介质最高容许浓度大于或者等于 $10.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

A1.2.2 易爆介质

指气体或者液体的蒸气、薄雾与空气混合形成的爆炸混合物，并且其爆炸下限小于 10%，或者爆炸上限和爆炸下限的差值大于或者等于 20% 的介质。

A1.2.3 介质毒性危害程度和爆炸危险程度的确定

按照 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》确定。HG 20660 没有规定的，由压力容器设计单位参照 GBZ 230—2010《职业性接触毒物危害程度分级》的原则，确定介质组别。

A1.3 压力容器分类方法

A1.3.1 基本划分

压力容器的分类应当根据介质特征，按照以下要求选择分类图，再根据设计压力 p （单位 MPa）和容积 V （单位 m^3 ），标出坐标点，确定压力容器类别：

- (1) 第一组介质，压力容器分类见图 A-1；
- (2) 第二组介质，压力容器分类见图 A-2。

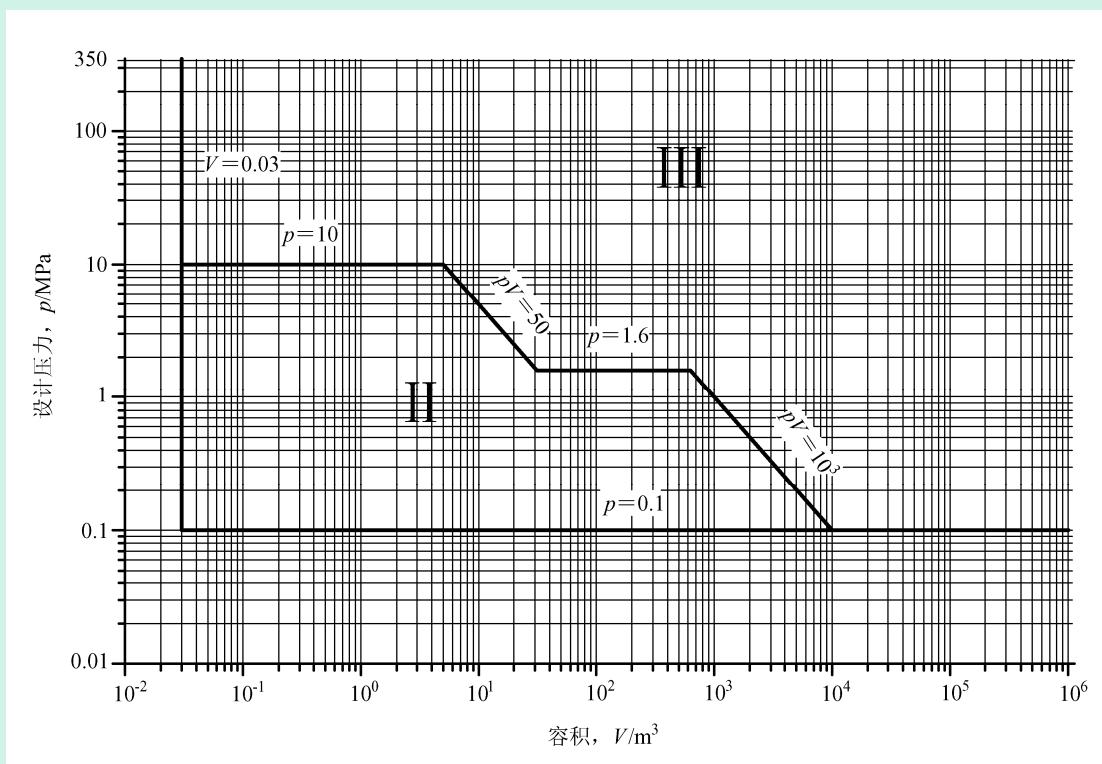


图 A-1 压力容器分类图——第一组介质

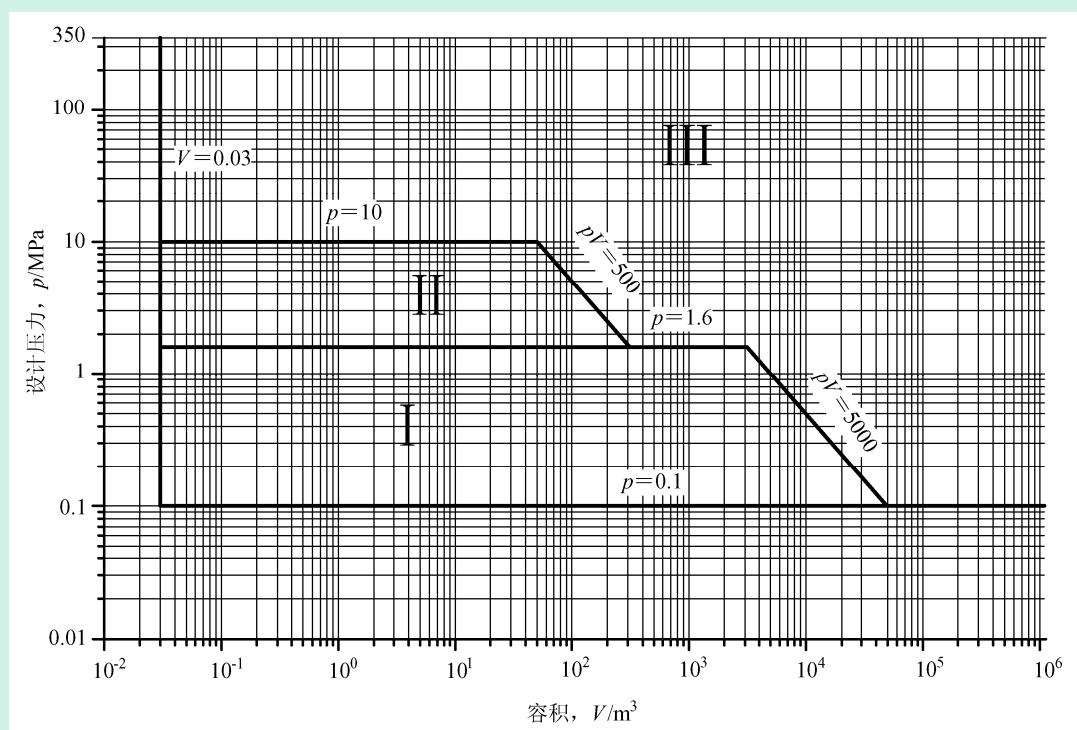


图 A-2 压力容器分类图——第二组介质

A1.3.2 多腔压力容器分类

多腔压力容器(如热交换器的管程和壳程、夹套压力容器等)应当分别对各压力腔进行分类，划分时设计压力取本压力腔的设计压力，容积取本压力腔的几何容积；以各压力腔的最高类别作为该多腔压力容器的类别并且按照该类别进行使用管理，但是应当按照每个压力腔各自的类别分别提出设计、制造技术要求。

A1.3.3 同腔多种介质压力容器分类

一个压力腔内有多种介质时，按照组别高的介质分类。

A1.3.4 介质含量极小的压力容器分类

当某一危害性物质在介质中含量极小时，应当根据其危害程度及其含量综合考虑，按照压力容器设计单位确定的介质组别分类。

A1.3.5 特殊情况的分类

- (1) 坐标点位于图 A-1 或者图 A-2 的分类线上时，按照较高的类别划分；
- (2) 简单压力容器统一划分为第 I 类压力容器。

A2 特定形式的压力容器

A2.1 非焊接瓶式容器

采用高强度无缝钢管(公称直径大于 500mm)旋压而成的压力容器。

A2.2 储气井

竖向置于地下用于储存压缩气体的井式管状设备。

A2.3 简单压力容器(注 A)

同时满足以下条件的压力容器称为简单压力容器：

- (1) 压力容器由筒体和平盖、凸形封头(不包括球冠形封头)，或者由两个凸形封头组成；
- (2) 筒体、封头和接管等主要受压元件的材料为碳素钢、奥氏体不锈钢或者 Q345R；
- (3) 设计压力小于或者等于 1.6MPa；
- (4) 容积小于或者等于 1m³；
- (5) 工作压力与容积的乘积小于或者等于 1MPa·m³；
- (6) 介质为空气、氮气、二氧化碳、惰性气体、医用蒸馏水蒸发而成的蒸汽或者上述气(汽)体的混和气体；允许介质中含有不足以改变介质特性的油等成分，并且不影响介质与材料的相容性；
- (7) 设计温度大于或者等于 -20℃，最高工作温度小于或者等于 150℃；

(8) 非直接受火焰加热的焊接压力容器(当内直径小于或者等于 550mm 时允许采用平盖螺栓连接)。

危险化学品包装物、灭火器、快开门式压力容器不在简单压力容器范围内。

注 A: 简单压力容器一般组批生产。如果数量较少不进行组批生产时, 应当按照 GB 150 设计制造(不需进行型式试验), 按照本规程 7.1.11 进行使用管理。

A3 压力等级划分

压力容器的设计压力(p)划分为低压、中压、高压和超高压四个压力等级:

- (1) 低压(代号 L), $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$;
- (2) 中压(代号 M), $1.6\text{MPa} \leq p < 10.0\text{MPa}$;
- (3) 高压(代号 H), $10.0\text{MPa} \leq p < 100.0\text{MPa}$;
- (4) 超高压(代号 U), $p \geq 100.0\text{MPa}$ 。

A4 用途划分

压力容器按照在生产工艺过程中的作用原理, 划分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器。具体划分如下:

(1) 反应压力容器(代号 R), 主要是用于完成介质的物理、化学反应的压力容器, 例如各种反应器、反应釜、聚合釜、合成塔、变换炉、煤气发生炉等;

(2) 换热压力容器(代号 E), 主要是用于完成介质的热量交换的压力容器, 例如各种热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器等;

(3) 分离压力容器(代号 S), 主要是用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离的压力容器, 例如各种分离器、过滤器、集油器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、汽提塔、分气缸、除氧器等;

(4) 储存压力容器(代号 C, 其中球罐代号 B), 主要是用于储存或者盛装气体、液体、液化气体等介质的压力容器, 例如各种型式的储罐。

在一种压力容器中, 如同时具备两个以上的工艺作用原理时, 应当按照工艺过程中的主要作用来划分。

附件 B

压力容器产品合格证

编号：

制造单位			
制造单位 统一社会信用代码		制造许可证编号	
产品名称		制造许可级别	
产品编号		设备代码	
产品图号		压力容器类别	
设计单位			
设计单位 统一社会信用代码		设计许可证编号	
设计日期	年 月 日	制造日期	年 月 日
<p>本产品在制造过程中经过质量检验,符合《固定式压力容器安全技术监察规程》 (TSG 21—2016)及其设计图样、相应技术标准和订货合同的要求。</p>			
检验责任工程师(签章) :		日期:	
质量保证工程师(签章) :		日期:	
(产品质量检验专用章) 年 月 日			

注：本合格证包括所附的压力容器产品数据表。

附表 b

固定式压力容器产品数据表

编号：

产品名称				设备品种						
产品标准				产品编号						
设备代码				设计使用年限						
主要参数	容器容积	m^3		容器内径	mm	容器高(长)	mm			
	材料	筒体 (球壳)			筒体 (球壳)	容器 自重	kg			
		封头			封头					
		衬里			衬里					
		夹套			夹套					
	设计 压力	壳程	MPa	设计 温度	壳程	℃	最高 壳程			
		管程	MPa		管程	℃	允许 管程			
		夹套	MPa		夹套	℃	工作 夹套			
	壳程介质		管程介质		夹套介质					
结构 型式	主体结构型式		安装型式			(填立式、卧式)				
检验 试验	支座型式		保温绝热方式			(有填方式、无划“—”)				
	无损检测方法		无损检测比例			%				
	耐压试验种类		耐压试验压力			MPa				
	泄漏试验种类		泄漏试验压力			MPa				
热处理种类		热处理温度			℃					
安全附件与有关装置										
名称		型号	规格	数量	制造单位					
制造 监督 检验 情况	监督检验机构									
	监督检验机构 统一社会信用代码					机构核准证编号				

附件 C

压力容器产品铭牌

(1) 压力容器产品铭牌

产品名称				监检标记
产品编号		压力容器 类别		制造日期 年 月 日
设计压力	MPa	耐压试验 压力	MPa	最高允许 工作压力 MPa
设计温度	℃	容器自重	kg	主体材料
容积	m ³	工作介质		产品标准
制造许可 级别		制造许可 证编号		
制造单位				
设备代码				

铭牌的拓印件或者复印件存于压力容器产品质量证明文件中

(2) 换热容器产品铭牌

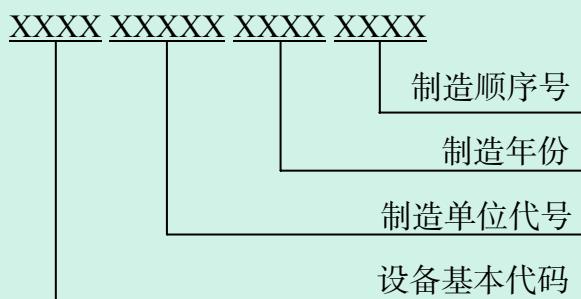
		监检标记	
产品名称			
产品编号	设计压力		MPa
压力容器类别	耐压试验压力		MPa
制造日期	年 月 日	最高允许工作压力	MPa
容器自重	kg	设计温度	℃
换热面积	m ²	工作介质	
折流板间距	mm	主体材料	
产品标准	制造许可级别	制造许可证编号	
制造单位			
设备代码			
铭牌的拓印件或者复印件存于压力容器产品质量证明文件中			

附件 D

特种设备代码编号方法

D1 编号基本方法

设备代码为设备的代号，必须具有唯一性，由设备基本代码、制造单位代号、制造年份、制造顺序号组成，中间不空格。



D2 编号含义

D2.1 设备基本代码

按照特种设备目录中品种的设备代码(4位阿拉伯数字)编写。如第二类容器为“2150”。

D2.2 制造单位代号

由制造许可审批机关所在地的行政区域代码(2位阿拉伯数字)和制造单位制造许可证编号中的单位顺序号(3位阿拉伯数字)组成。如黑龙江某一压力容器制造单位，由国家质检总局负责审批，其制造许可证编号为“TS2210890—2015”，其中国家质检总局行政区域代码用10表示，单位顺序号为890，则制造单位代号为“10890”；如由黑龙江质量技术监督局负责审批，其制造许可证编号为“TS2223010—2015”，其中黑龙江行政区域代码用23表示，单位顺序号为10，则制造单位代号为“23010”。

D2.3 制造年份

制造产品制造的年份(4位阿拉伯数字)，如2015年制造的则为“2015”。

D2.4 制造顺序号

制造单位自行编排的产品顺序号(4位阿拉伯数字)。如2015年制造的某一品种的压力容器的产品制造顺序号为98，则编为“0098”。

如果制造顺序号超过 9999，可用拼音字母代替。如制造产品的某一品种的压力容器的产品制造顺序号为 10000 或者 11000，则制造顺序号为 A000 或者 B000，依此类推。

附件 E

特种设备监督检验联络单

编号：

(受检单位名称)_____：

经监督检验，发现你单位在(填写产品名称、产品批号、编号或者位号)的(制造、改造、重大修理)过程中，存在以下影响安全性能的问题，请于 年 月 日前将处理结果报送监督检验机构：

问题和意见：

监督检验人员： 日期：

受检单位接收人： 日期：

处理结果：

受检单位主管负责人： 日期： (受检单位公章)
年 月 日

注：本联络单一式三份，一份监督检验机构存档，两份送受检单位，其中一份受检单位应当在要求的日期内返回监督检验机构。

附件 F

特种设备监督检验意见通知书

编号：

(受检单位名称)_____：

经监督检验，发现你单位在(填写产品名称、产品批号、编号或者位号)的(制造、改造、重大修理)过程中，存在以下影响安全性能的问题，请于 年 月 日前将处理结果报送监督检验机构：

问题和意见：

监督检验人员： 日期：

监督检验机构技术负责人： 日期： (监督检验机构检验专用章)
年 月 日

受检单位接收人： 日期：

处理结果：

受检单位主管负责人： 日期： (受检单位公章)
年 月 日

注：本通知单一式四份，一份报所在地设区的市级特种设备安全监督管理部门或者省级特种设备安全监督管理部门，一份监督检验机构存档，两份送受检单位，其中一份受检单位应当在要求的日期内返回监督检验机构。

附件 G

特种设备监督检验证书(样式)

特种设备制造监督检验证书
(压力容器)

编号:

制造单位			
制造许可级别		制造许可证编号	
设备类别	固定式压力容器	产品名称	
产品编号		设备代码	
设计单位			
设计许可证编号		产品图号	
设计日期	年 月 日	制造日期	年 月 日

按照《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定，该台压力容器产品经我机构实施监督检验，安全性能符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)的要求，特发此证书，并且在该台压力容器产品铭牌上打有如下监督检验标志。

TS

监督检验人员:	日期:
审 核:	日期:
批 准:	日期:
监督检验机构:	(监督检验机构检验专用章)
监督检验机构核准证号:	年 月 日

注：本证书一式三份，一份监督检验机构存档，两份送制造单位，其中一份由制造单位随产品出厂资料交付。

**特种设备制造监督检验证书
(批量制造压力容器)**

编号：

制造单位			
制造许可级别		制造许可证编号	
设备类别	固定式压力容器	产品名称	
产品批号		设备代码	
设计单位			
设计许可证编号		产品图号	
设计日期	年 月 日	制造日期	年 月 日

按照《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定，该批压力容器产品经我机构依据批量制造产品的监督检验方法实施监督检验，安全性能符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)的要求，特发此证书，并且在该批压力容器产品铭牌上打有如下监督检验标志。



监督检验所抽的产品编号是：_____ (填写产品编号)

本证书适用的产品编号是：_____ (填写产品编号)

监督检验人员：_____ 日期：_____

审 核：_____ 日期：_____

批 准：_____ 日期：_____

监督检验机构：_____ (监督检验机构检验专用章)

年 月 日

监督检验机构核准证号：

注：本证书一式三份，一份监督检验机构存档，两份送制造单位，其中一份由制造单位随产品出厂资料交付。

特种设备改造与重大修理监督检验证书 (压力容器)

编号:

施工单位			
许可证编号		施工类别	(改造、重大修理)
使用单位			
设备使用地点			
设备类别	固定式压力容器	使用登记证编号	
设备代码		设备名称	
竣工日期	年 月 日	产品图号	
改造与重大修理项目：			
<p>按照《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定，该台压力容器改造与重大修理经我机构实施监督检验，安全性能符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)的要求，特发此证书。</p>			
监督检验人员：		日期：	
审 核：		日期：	
批 准：		日期：	
监督检验机构：		(监督检验机构检验专用章)	
		年 月 日	
监督检验机构核准证号：			

注：本证书一式三份，一份监督检验机构存档，两份送施工单位，其中一份由施工单位随施工竣工资料交付。

**特种设备制造监督检验证书
(压力容器受压元件、受压部件)**

编号：

制造单位			
产品名称		产品编(批)号	
型式规格		材 料	
数 量		来料加工	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
制造日期	年 月 日		

按照《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定,该(批)压力容器受压元件(部件)经我机构实施监督检验,安全性能符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)的要求,特发此证书,并且在该(批)压力容器元件(部件)产品合格证上盖注如下监督检验标志。



监督检验人员： 日期：

审 核： 日期：

批 准： 日期：

监督检验机构： (监督检验机构检验专用章)

年 月 日

监督检验机构核准证号：

注：本证书一式三份，一份监督检验机构存档，两份送制造单位，其中一份由制造单位随产品出厂资料交付。

进口特种设备安全性能监督检验证书

编号：

制造单位			
制造许可级别		制造许可证编号	
设备类别	固定式压力容器	产品名称	
产品编(批)号		产品图号	
使用单位			
设备使用地点			
设备代码		制造日期	年 月 日

按照《中华人民共和国特种设备安全法》《特种设备安全监察条例》的规定，该台(批)压力容器产品经我机构实施监督检验，安全性能符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)的要求，特发此证书，并且在该台(批)压力容器产品铭牌上打有如下监督检验标志。



监督检验人员：	日期：
审 核：	日期：
批 准：	日期：
监督检验机构： (监督检验机构检验专用章)	
年 月 日	

监督检验机构核准证号：

注 1：按批出具的监督检验证书，可将“产品编(批)号”改为“产品批号”；“设备代码”改为“产品编号”，并且详细列出本批允许出厂的产品编号。

注 2：本证书一式三份，一份监督检验机构存档，两份送制造单位，其中一份由制造单位随产品出厂资料交付。

附件 H

压力容器年度检查报告

报告编号：

设备名称		容器类别		
使用登记证编号		单位内编号		
使用单位名称				
设备使用地点				
安全管理人员		联系电话		
安全状况等级		下次定期检验日期	年 月	
检查依据	《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)			
问题及其处理	检查发现的缺陷位置、性质、程度及处理意见(必要时附图或者附页)			
检查结论	(符合要求、基本符合要求、不符合要求)	允许(监控)使用参数		
		压 力	MPa	温 度
	介质			
下次年度检查日期： 年 月				
说明	(监控运行需要解决的问题及完成期限)			
检查：	日期：	(检查单位检查专用章或者公章) 年 月 日		
审核：	日期：			
审批：	日期：			

附件 J

压力容器定期检验报告

报告编号：

设备名称		检验类别	(首次、定期检验)		
容器类别		设备代码			
单位内编号		使用登记证编号			
制造单位					
安装单位					
使用单位					
使用单位地址					
设备使用地点					
使用单位 统一社会信用代码		邮政编码			
安全管理人员		联系电话			
设计使用年限	年	投入使用日期	年 月		
主体结构型式	运行状态				
性能参数	容 积	m^3	内 径	mm	
	设计压力	MPa	设计温度	℃	
	使用压力	MPa	使用温度	℃	
	工作介质				
检验依据	《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)				
问题及其处理	[检验发现的缺陷位置、性质、程度及处理意见(必要时附图或者附页，也可以直接注明见某单项报告)]				
检验结论	压力容器的安全状况等级评定为 级				
	(符合要求、基本符合要求、不符合要求)	允许(监控)使用参数			
		压力	MPa	温度	℃
		介质		其他	
		下次定期检验日期： 年 月			
说明 (包括变更情况)					
检验人员：					
编制： 日期：	检验机构核准证编号： (检验机构检验专用章或者公章) 年 月 日				
审核： 日期：					
批准： 日期：					

共 页 第 页

压力容器定期检验报告附页

报告编号:

序号	检验项目	检验结果	说 明
1	<input type="checkbox"/> 压力容器资料审查		
2	<input type="checkbox"/> 宏观检验		
3	<input type="checkbox"/> 壁厚测定		
4	<input type="checkbox"/> 强度校核		
5	<input type="checkbox"/> 射线检测		
6	<input type="checkbox"/> 超声检测		
7	<input type="checkbox"/> 衍射时差法(TOFD)超声检测		
8	<input type="checkbox"/> 磁粉检测		
9	<input type="checkbox"/> 渗透检测		
10	<input type="checkbox"/> 声发射检测		
11	<input type="checkbox"/> 材料成分分析		
12	<input type="checkbox"/> 硬度检测		
13	<input type="checkbox"/> 金相分析		
14	<input type="checkbox"/> 安全附件检验		
15	<input type="checkbox"/> 耐压试验		
16	<input type="checkbox"/> 气密性试验		
17	<input type="checkbox"/> 氨检漏试验		
18	<input type="checkbox"/> 氦、卤素检漏试验		

共 页 第 页

附件 K

特种设备定期检验意见通知书(1)

编号：

使用单位			
设备品种 (名称)	设备代码或者 单位内编号	使用登记证 编号	检验结论意见
有关情况说明：			
本通知的有效期： 年 月 日止			
检验人员：		日期：	(检验机构检验专用章) 年 月 日
使用单位代表：		日期：	

注：本通知书只用于检验结论不存在问题，或者虽然存在问题但不需要使用单位回复意见，是在检验报告出具前对检验结果出具的有效结论意见，一式两份，检验机构、使用单位各一份，本通知在有效期内有效。

特种设备定期检验意见通知书(2)

编号：

(填写使用单位名称)：

经检验，你单位 (填写设备种类) (设备名称：_____，
设备品种：_____，设备代码：_____，单位内
编号：_____，使用登记证编号：_____)，存在以下问题，请
于 年 月 日前将处理结果报送我机构。

问题和意见：

检验人员： 日期：

检验机构技术负责人： 日期： (检验机构检验专用章)
年 月 日

使用单位接收人： 日期：

处理结果：

使用单位安全管理负责人： 日期： (使用单位公章或者专用章)
年 月 日

注：本通知书是作为检验中发现问题，需要使用单位进行处理而出具，一式三份，一份检验机构存档，两份送使用单位，其中一份使用单位应当在要求的时间内返回检验机构。当发现严重事故隐患时，可以增加一份报压力容器使用登记机关。

相关规章和规范历次制(修)订情况

1. 《压力容器安全监察规程》(国家劳动总局, [81]劳总锅字第 7 号, 1981 年 5 月 4 日颁布, 1982 年 4 月 1 日起执行。
2. 《锅炉压力容器安全监察暂行条例》实施细则(劳动人事部, 劳人锅〔1982〕6 号, 1982 年 8 月 7 日颁布试行)。
3. 《压力容器使用登记管理规则》(劳动部, 劳锅字〔1989〕2 号, 1989 年 3 月 22 日颁布, 颁布之日起施行, 1994 年 5 月 1 日废止)。
4. 《在用压力容器检验规程》(劳动部劳锅字〔1990〕3 号, 1990 年 2 月 22 日颁发, 颁发之日起施行, 2004 年 9 月 23 日作废)。
5. 《压力容器安全技术监察规程》(劳动部, 劳锅字〔1990〕8 号, 1990 年 5 月 9 日颁布, 1991 年 1 月 1 日起施行, 2000 年 1 月 1 日废止)。
6. 《压力容器产品安全质量监督检验规则》(劳动部, 劳锅字〔1990〕10 号, 1990 年 8 月 2 日颁布, 1991 年 7 月 1 日实施, 2004 年 1 月 1 日废止)。
7. 《压力容器使用登记管理规则》(劳动部劳部发〔1993〕442 号, 1993 年 12 月 31 日颁布, 1994 年 5 月 1 日起施行, 2003 年 9 月 1 日废止)。
8. 《压力容器安全技术监察规程》(国家质量技术监督局, 质技监局锅发〔1999〕154 号, 1999 年 6 月 25 日颁布, 2000 年 1 月 1 日起执行, 2009 年 12 月 1 日有关固定式压力容器的规定废止)。
9. 《锅炉压力容器制造监督管理办法》(国家质检总局, 令第 22 号文件, 2002 年 7 月 12 日发布, 2003 年 1 月 1 日起施行)。
10. 《锅炉压力容器产品安全性能监督检验规则》(国家质检总局, 国质检锅〔2003〕194 号, 2003 年 7 月 1 日颁布, 2004 年 1 月 1 日起实施)。
11. 《锅炉压力容器使用登记管理办法》(国家质检总局, 国质检锅〔2003〕207 号, 2003 年 7 月 14 日发布, 2003 年 9 月 1 日起施行, 有关压力容器的规定 2013 年 7 月 1 日废止)。
12. 《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2004, 国家质检总局公告 2004 年第 79 号, 2004 年 6 月 23 日颁布, 2004 年 9 月 23 日起实施, 2013 年 7 月 1 日废止)。
 - (1) “《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2004 第 1 号修改单”(国家质检总局公告 2005 年第 141 号, 2005 年 9 月 16 日公告, 修改内容自 2005 年 9 月 16 日起实施);
 - (2) “《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2004)第 2 号修改单”(国家质检

总局公告 2006 年第 216 号，2006 年 12 月 31 日公告，修改内容自 2007 年 2 月 1 日起施行)；

(3) “《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2004)第 3 号修改单”(国家质检总局公告 2008 年第 16 号，2008 年 12 月 21 日公告，修改内容自 2008 年 3 月 1 日起施行)。

13. 《非金属压力容器安全技术监察规程》(TSG R0001—2004，国家质检局公告 2004 年第 79 号，2004 年 6 月 23 日颁布，2004 年 9 月 23 日起实施)。

14. 《超高压容器安全技术监察规程》(TSG R0002—2005，国家质检总局公告 2005 年第 160 号，2005 年 11 月 8 日颁布，2006 年 1 月 1 日起实施)。

15. 《简单压力容器安全技术监察规程》(TSG R0003—2007，国家质检总局公告 2007 年第 18 号，2007 年 1 月 24 日颁布，2007 年 7 月 1 日起实施)。

16. 《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG R0004—2009，国家质检总局公告 2009 年第 83 号，2009 年 8 月 31 日颁布，2009 年 12 月 1 日起施行)。

“《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG R0004—2009)第 1 号修改单”(国家质检总局公告 2010 年第 127 号，2010 年 11 月 5 日公告，修改内容自 2010 年 12 月 1 日起施行，并且重新印制)。

17. 《压力容器使用管理规则》(TSG R5002—2013，国家质检总局公告 2013 年第 10 号，2013 年 1 月 16 日颁布，2013 年 7 月 1 日起施行)。

18. 《压力容器定期检验规则》(TSG R7001—2013，国家质检总局公告 2013 年第 10 号，2013 年 1 月 16 日颁布，2013 年 7 月 1 日起施行)。

19. 《压力容器监督检验规则》(TSG R7004—2013，国家质检总局公告 2013 年第 191 号，2013 年 12 月 31 日颁布，2014 年 6 月 1 日起施行)。

《固定式压力容器安全技术监察规程》 (TSG 21—2016)修订说明

【注意事项】

一、在本说明中，按新版《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)(以下简称本规程)的条文顺序对规程修订内容加以简要介绍，说明的内容以技术要求变化为主；对于文字上的修改，其目的都是为了使内容表达得更严谨、准确，一般不涉及技术要求的变化，不再具体说明。

二、在本说明中，常用安全技术规范简称如下：

TSG R0001—2004《非金属压力容器安全技术监察规程》(简称原非金属规程)

TSG R0002—2005《超高压容器安全技术监察规程》(简称原超高压规程)

TSG R0003—2007《简单压力容器安全技术监察规程》(简称原简单容器规程)

TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》(简称原固容规)

TSG R5002—2013《压力容器使用管理规则》(简称原使用管理规则)

TSG R7001—2013《压力容器定期检验规则》(简称原定检规)

TSG R7004—2013《压力容器监督检验规则》(简称原监检规)

三、声明：《固定式压力容器安全技术监察规程》(TSG 21—2016)由国家质量监督检验检疫总局负责解释。本说明由起草组编写，不属于官方解释，也不具备法律效力，仅供读者参考。

【修订原则】

见本规程前言部分。

【结构层次】

一、大的章节结构与原固容规基本一致，增加了监督检验一章，由原来的9章变为10章；同时修改了部分章的名称，例如“安全附件”修改为“安全附件及仪表”；原来的七个规范各有一个附件，本次修订将技术要求类的附件转化为正文内容(如专项要求等)，各种表格作为附件。

二、材料、设计、制造、监督检验、定期检验等章的内容主要分三部分，即通用要求、金属压力容器要求、非金属压力容器要求；原固容规的正文内容主要针对金属压力容器，现在将非金属压力容器纳入，非常难以表述，所以彻底拆分，金属的与非

金属的分开表述，对所有压力容器均适用的规定统一表述在“通用要求”中。

三、技术要求分三个层次，即通用要求、金属或非金属压力容器要求、专项要求；各层次的适用范围不同，“通用要求”适用于所有压力容器，“金属或非金属压力容器要求”按材料大类分别适用于金属或者非金属压力容器，而“专项要求”仅适用于特定的具体压力容器(例如超高压容器、简单压力容器、石墨容器等)。

对于一个具体的压力容器，原则上三个层次的技术要求均应当满足，但当不同层次均包含相同技术内容时，各层次的优先级别不同，“专项要求”具有最高优先权，其次为“金属或非金属压力容器要求”，再次为“通用要求”；即当不同层次均包含相同技术内容时，应当执行适用范围较小的(下一级)层次的技术要求，例如三个层次均包含某一相同技术内容，那么应当执行“专项要求”。

一般情况下，适用范围较小的(下一级)层次的技术要求高于其上一级层次的要求，但某些专项要求的规定也可能低于上一级的规定(例如简单压力容器的专项要求中存在低于通用要求或者金属压力容器要求的内容)，此时执行专项要求的相应内容以体现相应产品的特殊性。

1 总 则

【第1章“总则”总体说明】

本章源于原固容规的第1章“总则”。修改本规程的制定依据为《中华人民共和国特种设备安全法》(以下简称《特种设备安全法》)，按照新的特种设备界定范围和目录，调整本规程的适用范围；更加明确法规和标准之间的关系。

【1.1 目的】

修改本规程的依据为《特种设备安全法》和《特种设备安全监察条例》(以下简称《条例》)。《特种设备安全法》由中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第三次会议于2013年6月29日通过，由中华人民共和国主席令第四号公布，自2014年1月1日起施行。

《特种设备安全法》第八条规定：特种设备生产、经营、使用、检验、检测应当遵守有关特种设备安全技术规范及相关标准。特种设备安全技术规范由国务院负责特种设备安全监督管理的部门制定。

早在2003年《条例》颁布之时，国家质检总局特种设备安全监察局就启动了特种设备法规标准体系建设工作。特种设备的法规标准体系由法律、法规、规章、安全

技术规范、技术标准五个层次构成，“以法律法规为依据、以安全技术规范为主要内容、以技术标准为基础”是其建设原则。历经十多年的时间，在政府部门领导下，在有关单位的支持下，在行业专家的共同努力下，已经构建成了一个法律法规规章基本齐全、安全技术规范与技术标准基本配套完备的特种设备法规标准体系，在这个体系中，现有安全技术规范 120 多个，技术标准上千项。

特种设备安全技术规范是指国家质检总局依据《特种设备安全法》《条例》所制定并且颁布的技术规范，主要包括特种设备安全性能、能效指标以及相应的生产(包括设计、制造、安装、改造、修理，下同)、经营、使用和检验、检测等活动的强制性基本安全要求、节能要求、技术和管理措施等内容。安全技术规范是特种设备法规标准体系的重要组成部分，其作用是将特种设备有关的法律、法规和规章的原则规定具体化。《特种设备安全法》的颁布，进一步明确了安全技术规范的法律地位，理顺了与技术标准的相互关系。

为了保证《特种设备安全法》的顺利有效贯彻实施，加快特种设备法规标准体系建设已成当务之急。2013 年 7 月中旬，国家质检总局特种设备安全监察局和中国特种设备检测研究院召开专题会议，重点研究配合《特种设备安全法》的法规标准体系建设工作。会议决定，一是启动《特种设备缺陷产品召回管理规定》的制定；启动《特种设备事故报告和调查处理规定》《锅炉压力容器压力管道特种设备安全监察行政处罚规定》的修订；制定经营环节管理的规范性文件；修改《特种设备安全技术规范制订程序导则》；二是针对目前安全技术规范按设备及环节编制，专项规范数量众多、比较零散的局面，确定了下一步整合编制综合规范(大规范)的指导思想，以达到统一协调安全基本要求、方便使用的目的；会议就拟定的大规范目录进行了讨论，决定先期开展医用氧舱、气瓶、固定式压力容器、起重机械等大规范的编制工作。

【1.2 固定式压力容器】

在固定式压力容器定义的注 1-1 中，增加“过程装置中作为工艺设备的按压力容器设计制造的余热锅炉依据本规程进行监督管理。”同时删除原固容规 1.5 不适用范围中的“(2)《锅炉安全技术监察规程》适用范围内的余热锅炉；”此修改意味着作为过程装置中工艺设备的余热锅炉可以按《锅炉安全技术监察规程》设计制造，也可以按本规程设计制造，具体按哪个规程设计制造由设计者决定，并且依据所选用的规程进行监督管理。

【1.3 适用范围】

《特种设备安全法》实施后，国家质检总局调整了特种设备的界定范围和目录，

本规程的适用范围也随之进行相应调整。

本规程适用于特种设备目录所定义的、同时具备以下条件的压力容器：

- (1) 工作压力大于或者等于 0.1MPa(注 1-2)；
- (2) 容积大于或者等于 0.03 m³ 并且内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)大于或者等于 150mm(注 1-3)；
- (3) 盛装介质为气体、液化气体以及介质最高工作温度高于或者等于其标准沸点的液体(注 1-4)。

主要是修改了原固容规 1.3(2) 的内容，将“(2) 工作压力与容积的乘积大于或者等于 2.5MPa·L；”改为“(2) 容积大于或者等于 0.03 m³ 并且内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)大于或者等于 150mm”。不再按 PV 值界定压力容器，而是按容积界定，相应地修改注 1-4。重新定义后，对容积小于 0.03 m³(30L，与锅炉容积界定一致)，或者内直径(非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸)小于 150mm 的压力容器不再列入安全监察的范围。

本次修订全文采用国际公称单位，例如将 L(升) 改为 m³(立方米)。

【1.4 适用范围的特殊规定】

根据压力容器界定范围的变化(30L 以下的容器不在监察范围内)，删除原固容规 1.4.2 和 1.4.3 的内容。

将原固容规中的 1.4.1 根据容器危险程度拆分成两部分(本规程的 1.4.1 和 1.4.2)，其中新的 1.4.1 中所包含的容器介质相对复杂、危险性相对较高，对相应设备增加压力容器材料的要求；新的 1.4.2 与原固容规要求一致，保持不变。

【1.4.1 只需要满足本规程总则、材料、设计、制造要求的压力容器】

本条由原固容规中的 1.4.1(2) 和(3)而来，包含的容器介质相对复杂、危险性相对较高，对相应设备增加压力容器材料的要求。

一、1.4.1 范围内的压力容器属于在用过程中难以检验或者检验意义不大的容器，但这些压力容器若盛装危险介质或者设计参数较高，其危险性依然较大，如果不进行定期检验，则更应关注其设计制造过程对安全性能的控制，因此本次修订一是改变了原固容规统一将其划为第 I 类压力容器的做法，规定 1.4.1 范围内的压力容器按图 A-1 或者图 A-2 进行分类，以保证对不同类别压力容器的设计制造要求在这些压力容器上得以落实，二是增加了材料要求。

应当注意，1.4.1 范围内的压力容器需要进行制造过程的监督检验。

二、1.4.1(1) “空分装置中冷箱内的压力容器”改为“过程装置中冷箱内的压力容器”，扩大了冷箱内压力容器的范围(但不包括子母罐、双层球罐等特殊产品)。

冷箱内的压力容器被珠光砂等隔热材料包围，在使用过程中难以检验，不仅是空分装置，其他过程装置中冷箱内的压力容器存在同样问题，应当同样对待。过程装置中的常用冷箱及冷箱内的主要压力容器见表1：

表1 过程装置中的常用冷箱及冷箱内的主要压力容器

序号	冷箱名称	冷箱内主要压力容器	操作压力范围(MPa)	操作温度范围(℃)
1	空分冷箱	板翅式热交换器、气液分离器、精馏塔	外压缩流程操作压力/设计压力：0.6/0.7；内压缩流程操作压力/设计压力：5～10/5.5～11；	外压缩流程操作温度/设计温度： 40～−193/65～−195； 内压缩流程操作温度/设计温度： 40～−193/65～−195
2	液氮洗冷箱	板翅式热交换器、氮洗塔	操作压力/设计压力：3.0～5.5/3.5～5.8	操作温度/设计温度： 40～−193/65～−196
3	LNG冷箱	板翅式热交换器、气液分离器、精馏塔	操作压力/设计压力：5.5/6	操作温度/设计温度： 40～−170/65～−195
4	乙烯冷箱	板翅式热交换器、气液分离器	操作压力/设计压力：4.7/5.2	操作温度/设计温度： 45～−185/65～−195

对于子母罐、双层球罐等堆积绝热的压力容器，因其危险性较大，故没有纳入本规程1.4中，仍需满足本规程所有要求。

对于上述冷箱、子母罐、双层球罐等堆积绝热的压力容器，其设计制造应当特别注意3.1.14(2)、3.2.10.2.2(5)等条款的要求，在使用过程中，也应当采用安全状态监测等方式(监测其压力、温度、液位、泄漏等)保障其安全运行。

三、1.4.1(2)中，对无壳体的套管热交换器的简化监管仅限定在盛装危险性较小的第二组介质的套管；盛装危险性较大的第一组介质的无壳体的套管热交换器需满足本规程的所有要求。

钎焊板式热交换器、螺旋板热交换器危险性较小，本次修订将其列入不适用范围1.5(5)中，不再进行监管。

四、新增“超高压管式反应器”列入1.4.1(3)中。按新调整的压力容器范围界定，超高压管式反应器只能按外套管划为低类别压力容器，但其承受超高压的腔体部分(内管)具有更大的危险性，设计制造者更应关注其选材、强度计算、制造质量控制等问题。

【1.4.2 只需要满足本规程总则、设计、制造要求的压力容器】

本条由原固容规中的 1.4.1(1)、(4)、(5)和(8)而来，要求与原固容规基本一致，但需按附件 A 进行分类。

一、1.4.2 范围内的压力容器与 1.4.1 类似，但危险性相对较低，本次修订也改变了原固容规统一将其划为第 I 类压力容器的做法，规定 1.4.2 范围内的压力容器按图 A-1 或者图 A-2 进行分类，以保证对不同类别压力容器的设计制造要求在 1.4.2 范围内的压力容器上得以落实；1.4.2 范围内的压力容器同样需要进行制造过程的监督检验。

二、原固容规 1.4.1(6)电力行业专用的全封闭式组合电器(如电容压力容器)、1.4.1(7)橡胶行业使用的轮胎硫化机以及承压的橡胶模具危险性较小，本次修订将其列入到 1.5(7)、(8)中，不再进行监管。

【1.5 不适用范围】

一、总体来说，不适用范围内的容器仍然符合 1.3 的定义，但分三种情况，第一种是需要按其他安全技术规范进行监管的容器，包括 1.5(1)的容器；第二种是由国家特定的监管部门统一管理、应用于特定领域且管理方式手段有较大不同，包括 1.5 (2)的容器；第三种是危险性较小，事故很少，不需要监管的，包括 1.5(3)至(9)的容器，这些压力容器的使用单位仍需要参照本规程使用管理的有关规定，负责其安全管理。

二、为解决作为过程装置中工艺设备的余热锅炉是按锅炉还是压力容器进行监管的争议问题，本次修订删除原固容规“1.5(2)《锅炉安全技术监察规程》适用范围内的余热锅炉；”同时在本规程 1.2 固定式压力容器定义的注 1-1 中，增加“过程装置中作为工艺设备的按压力容器设计制造的余热锅炉依据本规程进行监督管理。”此修改意味着作为过程装置中工艺设备的余热锅炉可以按《锅炉安全技术监察规程》设计制造，也可以按本规程设计制造，具体由设计者根据设备用途和定期检验的需要决定按哪个规程设计制造，并且依据选用的规程进行监督管理。

三、为保持内容完整，将《特种设备安全法》《条例》中的不适用范围也在此重复描述，将 1.5(2)改为“军事装备、核设施、航空航天器、铁路机车、海上设施和船舶以及矿山井下使用的压力容器”。

四、在 1.5(4)旋转或者往复运动的机械设备中自成整体或者作为部件的受压器室中，除原来的泵壳、压缩机外壳、涡轮机外壳、液压缸等外，增加造纸轧辊不进行监管。

五、可拆卸垫片式板式热交换器(含全焊式、半焊式板式热交换器)、螺旋板热交换器、钎焊板式热交换器等，危险性较小，本次修订统一调整列入到不适用范围 1.5(5)中，不再进行监管。

六、常压容器(大型常压储罐)的蒸汽加热盘管危险性较小，并且容易造成将常压容器整体当成压力容器的误解，致使其制造、管理成本大大增加，故本次修订将常压容器的蒸汽加热盘管列入到不适用范围 1.5(6)中，不再进行监管。

七、过程装置中的管式加热炉按设计参数可以划到压力容器之列，但其危险性较小，也很少发生事故，一直以来实际上也没有在监管范围内，此次修订将其列入到不适用范围 1.5(6)中，明确不需要监管。

八、电力行业专用的全封闭式组合电器(如电容压力容器)和橡胶行业使用的轮胎硫化机以及承压的橡胶模具本次修订列入到不适用范围 1.5(7)、(8)中，不再进行监管。

九、无增强的塑料制压力容器数量较少，工作压力较低(一般为 0.1MPa 左右)，危险性较小，目前尚没有大的事故案例，故此次修订将其列入到不适用范围 1.5(9)中，明确不需要监管。

本条所指无增强的塑料制压力容器，不包括纤维增强塑料(玻璃钢)压力容器；纤维增强塑料(玻璃钢)压力容器不进行简化监管，本规程相应章节均有规定。

【1.6 压力容器范围的界定】

【1.6.1 压力容器本体】

一、本次修订本规程包括了非金属压力容器，因此在本体范围界定时，将“焊接连接”改成“焊接(粘接)连接”。

二、规范“壳体”含义，壳体一般指由筒体(含变径段)、球壳板、非圆形容器的壳板、封头、平盖等受压元件组成的封闭腔体；同时全文统一规范壳体、筒体、封头等的用法。

三、M36 以上(含 M36)螺柱均为主要受压元件，不再用主螺柱的提法；同时全文统一规范螺柱、螺栓、紧固件的用法。

【1.6.2 安全附件及仪表】

一、本次修订区分了安全附件和仪表的概念。安全附件应当是在出现异常情况时能够自主启动相应动作从而对压力容器起到保护作用的附件；而仪表只是起到某种参数指示作用，当出现异常情况时没有相应保护动作。以往包括仪表在内的安全附件概念过于宽泛，使得一些具体技术要求难以表述，一些技术要求难以落实到位。

二、本次修订对安全附件和仪表进行了重新界定，压力容器的安全附件包括直接连接在压力容器上的安全阀、爆破片装置、易熔塞、紧急切断装置、安全联锁装置；仪表包括直接连接在压力容器上的压力、温度、液位等测量仪表。

三、本规程第 9 章的内容也相应作了调整，标题改为“安全附件及仪表”，内容

上也分开提出技术要求。今后，随着行业的发展，将在本规程中逐步增加安全附件和仪表的种类，并对其提出更加具体完善的技术要求。

【1.7 压力容器分类】

增加“注 1-6：本规程划分的第 I、II、III 类压力容器等同于特种设备目录品种中的第一、二、三类压力容器，本规程中超高压容器划分为第 III 类压力容器。”说明本规程的压力容器分类与特种设备目录中设备品种的关系。

【1.8 与技术标准、管理制度的关系】

一、本规程 1.8(2)在原固容规 1.11(1)的基础上修订而成，强调压力容器的生产(包括设计、制造、安装、改造和修理)应当同时满足本规程及相应压力容器产品标准的规定。

二、本条实际是在说明“双满足原则”，当法规与标准的要求不一致时，按要求高者执行。

三、本条引出了“产品标准”的概念，在本规程的后续内容中多有提及，以“产品标准”替代了原固容规中“本规程引用标准”的提法。

四、原则上讲，产品标准必须满足法规的基本安全要求，但目前，涉及固定式压力容器的产品标准众多(并且出自十几个标准化技术委员会)，标准的修订、更新迟缓，不能保证所有的压力容器产品标准都满足法规要求，因此还有必要强调“双满足原则”。

【1.9 不符合本规程时的特殊处理规定】

【1.10 协调标准与引用标准】

一、本次修订调整了本规程引用标准的概念，将原固容规中“引用标准”的概念改成“协调标准”，更加准确，并且定义“满足本规程基本安全要求的标准称为本规程的协调标准。”

二、重新定义“引用标准”的概念为“本规程指定采用的基础性标准”，如介质标准、材料标准、方法标准、零部件标准等。

三、本次修订中，尽量不在法规中直接“引用”具体产品标准(例如 GB 150《压力容器》、JB 4732《钢制压力容器——分析设计标准》等标准)，以免混淆法规标准之间的关系。同时，法规与标准的适用范围不同，直接引用标准会造成基本安全要求

的范围不清，甚至通用要求被理解成对某些产品的具体要求；在我国，标准本身分强制性与推荐性，利用法规的引用将标准的施行改变为强制性的也不合适，因标准中的内容不仅涉及安全性能，更多的是技术细节和质量要求。基于上述原因，本次修订仅在 1.10 中给出了一些协调标准的目录(只是表明这些标准为协调标准)，但在后续的内容中很少直接引用这些标准。

四、法规和标准的关系是法规为基本安全要求，标准是实现法规要求的重要途径。仅采用法规不可能制造出产品，法规中提出的原则性基本安全要求要在标准中具体化并可操作，或者说，法规的规定更多地是对相应标准提出的要求，在标准中要落实法规的要求，明确给出具体规定。

五、在我国的特种设备法规标准体系建设过程中，应当强调建立法规和标准的协调机制。在特种设备产品标准的制修订过程中，应当与法规内容逐条对照，使标准的技术内容完全符合相应法规(特别是安全技术规范)的基本安全要求，并在标准的附件中做出与法规的符合性声明。通过这样一种途径，法规中的基本安全要求才能得以真正的贯彻落实。

六、在全国锅炉压力容器标准化技术委员会的“承压设备标准体系”中，将标准分为两大类，产品标准和通用基础标准；产品标准为涉及具体产品的设计制造标准，通用基础标准主要包括焊接、检验检测、试验等方法标准。按照这一思路，法规标准体系建设的目标应当是：产品标准满足法规所规定的所有基本安全要求而成为法规的协调标准，通用基础标准规定了基本安全要求具体指标的实现方法、途径或评判依据，被法规引用后成为法规的引用标准。

七、协调标准体制也是一种通行的国际做法(如欧盟 PED 指令与各成员国具体承压设备标准之间的关系即是协调标准关系)，如果通过修订和符合性声明，国外标准(或国际标准)完全满足中国法规的要求，也可以成为中国法规的协调标准。

【1.11 监督管理】

2 材 料

【第 2 章“材料”总体说明】

本章主要内容源于原固容规的第 2 章“材料”，纳入了非金属材料，分通用要求、金属材料、非金属材料三部分。在通用要求中，根据政府职能转变、行政许可改革的情况，调整有关许可要求；增加在材料质量证明文件中应用信息技术的要求。在金属材料方面，对超高压容器用钢、简单压力容器用钢、非焊接瓶式容器用钢、储气井用

钢等提出专项要求；扩展冲击吸收能量、断后伸长率指标要求到更高的强度级别；增加铸铁牌号，新增铸钢技术要求。非金属材料主要针对石墨和纤维增强塑料(玻璃钢)提出具体性能要求。

【2.1 材料通用要求】

【2.1.1 基本要求】

- 一、在 2.1.1(1) 中，改“化学性能”为考虑材料与介质相容性。
- 二、在政府职能转变、行政许可改革中，质检总局 2014 年发布了第 114 号公告《特种设备目录》，随后又发布了“质检总局关于实施新修订《特种设备目录》若干问题的意见(国质检特〔2014〕679 号)”，取消了锅炉压力容器专用钢板(带)制造许可，《锅炉压力容器专用钢板(带)制造许可规则》(TSG ZC001—2009)同时废止，原固容规中 2.1(3)、(4) 关于材料许可的相应规定取消。
- 三、在本规程 2.1.1(4) 中，增加了材料质量证明书需印制可以追溯的信息化标识(例如二维码或者条码)的要求。
- 四、对从非材料制造单位取得的压力容器材料，材料经营单位的经办负责人在材料质量证明书复印件上盖章或者签字均可。
- 五、将应当执行本规程材料管理要求的单位由压力容器制造单位扩展为压力容器制造、改造、修理单位，更加全面；此修改在整个第 2 章中有多处，例如 2.1.1(5)、(6)，2.1.2.1(4)、(5)，2.1.4(1)，2.2.6(3) 等。
- 六、新增条款 2.1.1(7)，由于影响非金属材料耐蚀性能的因素比较复杂，而有些非金属材料在容器成型后，其耐腐蚀性能可能有较大的变化。一般使用非金属材料的目的，主要是解决腐蚀问题，在某些腐蚀环境下，如果没有可靠的使用证据(业绩、应用或试验验证)，非金属压力容器制造单位应进行相应的试验、试用，必要时进行可靠性验证。

【2.1.2 境外牌号材料的使用】

- 一、在 2.1.2.1(1) 中，对境外牌号材料增加“在相似工作条件下”使用实例的要求，限制更加严格；并且在 2.1.2.3 中进一步规定，设计单位若选用境外牌号的材料，在设计文件中还需说明所选用材料与本规程 2.1.2.1 各项要求的符合性。

采用境外牌号材料设计制造压力容器，原则上应当同时采用列入该材料牌号的境外压力容器现行标准规范，并且应当满足本规程 3.1.1(3) 的规定。对于一套成熟的压力容器产品标准，其编制者必须全面考虑所选择的材料特性、所采用的设计准则及安全系数、制造装备能力及技术要求、无损检测方法及比例等内容。因此采用境外牌号材料设计制造压力容器时，其设计、制造、检测等技术要求都应当与材料特性相匹配，

必须满足本规程 2.1.2 的规定。

二、在 2.1.2.1(4) 中, 将材料复验范围限定在“主要受压元件”内。

三、将原固容规 2.9.1(6) 改为: “主要受压元件采用未列入本规程协调标准的标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢, 或者用于设计温度低于 -40℃ 的低合金钢, 材料制造单位应当按照本规程 1.9 的规定通过新材料技术评审, 方可允许使用。”

国家标准化管理委员会 2015 年 9 月 30 日发布“关于批准发布 GB 150.2—2011《压力容器 第 2 部分: 材料》国家标准第 1 号修改单的公告”(2015 年第 30 号), 将 ASME II A: 2013 ASME 锅炉及压力容器规范 第 2 卷 材料 A 篇 铁基材料中的 SA 387 Gr12、SA 516 Gr70 和 SA 537 Cl 1 钢号纳入到 GB 150 中, 并对其使用状态、厚度和使用温度范围、超声检测要求、许用应力以及 C、P、S 含量和 A_{KV_2} 值作出了规定。这是首次在我国压力容器标准中引入境外牌号材料, 同时, ASME 规范中也引入了我国 3 种材料(Q345R、Q370R 和 15CrMoR), 为进一步的标准互认奠定了基础。

四、因为锅炉压力容器专用钢板(带)制造许可的取消, 相应取消原固容规 2.9.2 中对境内材料制造单位制造的境外牌号钢板(带)的技术审查, 同时增加要求材料制造单位应当制定相应的企业标准。

【2.1.3 新材料的使用】

【2.1.4 材料投用和标志移植】

【2.1.5 材料代用】

加强材料代用管理, 要求对所有受压元件的材料代用, 应当事先取得原设计单位的书面批准, 而不仅仅是主要受压元件。因材料代用涉及强度、温度、腐蚀等问题, 要考虑到所有相关失效模式。

【2.2 金属材料技术要求】

【2.2.1 钢材技术要求】

【2.2.1.1 熔炼方法】

【2.2.1.2 化学成分(熔炼分析)】

【2.2.1.3 力学性能】

【2.2.1.3.1 冲击吸收能量】

压力容器轻型化设计使得高强钢的使用越来越广泛, 为适应这一发展, 本次修订

扩展了表 2-1 “碳素钢和低合金钢(钢板、钢管和钢锻件)冲击吸收能量”，增加了钢材标准抗拉强度下限值 “ $630\text{MPa} < R_m < 690\text{MPa}$ ” “ $R_m > 690\text{MPa}$ ” 两档材料的冲击吸收能量要求，同时对于新增的这两档材料还提出了侧膨胀值 LE 要求，因对高强钢，侧膨胀量 LE 能更好地反映材料的韧性。

另外，根据 GB/T 229—2007《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》中的术语，将冲击功改为冲击吸收能量。

【2.2.1.3.2 断后伸长率】

本次修订扩展了表 2-2 “钢板断后伸长率指标”，增加了钢材标准抗拉强度下限值 $R_m > 680\text{MPa}$ 时材料的断后伸长率指标要求。

【2.2.1.4 钢板超声检测】

【2.2.1.5 超高压容器用钢专项要求】

根据质检公益类科研项目“超高压容器关键技术与标准研究”(课题编号：201210242)的研究成果，结合原超高压规程的修订情况以及超高压容器国家标准的制定情况，本规程提出了超高压容器用钢的专项要求。

【2.2.1.6 非焊接瓶式容器用钢专项要求】

近年来，随着汽车加气站的快速发展，站用瓶组的需求越来越多。由于大容积气瓶用于站用瓶组受到限制，一些企业转而采用瓶式容器制造站用瓶组。瓶式容器的特点是按容器设计，以无缝钢管为原料经热旋压收口制成的非焊接结构，采用高强钢，并且利用热处理来保证最终产品的强度指标(技术关键)。按质检总局“关于承压设备安全监察有关问题的通知”(质检特函〔2012〕32号)的要求，已有数家非焊接瓶式容器制造单位的企业标准通过了相应的技术审查并且投入了生产，根据企业的实际生产情况及产品企业标准评审情况，为规范其发展，本次修订归纳提出了非焊接瓶式容器用钢专项要求。

当采用非焊接钢制内胆、外缠绕复合材料机构制造压力容器时，内胆用高强钢也应满足非焊接瓶式容器用钢专项要求。

【2.2.1.7 储气井用钢专项要求】

储气井是竖向埋设于地下且井筒与井壁间采用水泥浆进行全填充封固、用于储存压缩气体的管状设施，其特点是非焊接结构，采用高强钢螺纹套管。按照国家质检总局《质检总局关于地下储气井安全监察有关事项的公告》(2014年第42号)要求，本

次修订归纳提出了储气井用钢专项要求。

【2.2.1.8 简单压力容器用钢专项要求】

【2.2.2 复合钢板专项要求】

增加锆-钢复合钢板复合界面的结合剪切强度不小于 140MPa 的规定。

【2.2.3 铸铁容器技术要求】

- 一、在铸铁材料的使用限制中增加不允许拼接、焊补要求。
- 二、新增 2 个球墨铸铁牌号 (QT350-22R 和 QT350-22L) 及其使用限制。

【2.2.4 铸钢容器技术要求】

1999 版容规中曾有铸钢方面的规定，但因应用较少，故在 2009 年修订中删除了铸钢的内容。鉴于目前仍有某些领域应用铸钢压力容器，一些制造单位也在使用铸钢设计制造压力容器，并且质检总局也不断接到有关铸钢压力容器方面的咨询，因此本次修订再次增加铸钢方面的规定。本规程新增了“铸钢材料的使用限制、铸钢材料的冶炼和化学成分、铸钢材料的性能、铸钢容器设计压力、温度限制”等内容。

【2.2.5 有色金属容器技术要求】

在有色金属中增加了锆材。全国锅炉压力容器标准化技术委员会组织编制了 NB/T 47011《锆制压力容器》，规定了锆制压力容器的特殊要求，该标准于 2010 年颁布实施，根据标准规定及执行情况，本次修订增加了针对锆材的基本安全要求。

【2.2.6 焊接材料】

本规程 2.2.6(1) 中，对于焊接材料，原固容规要求“应当保证焊缝金属的力学性能高于或者等于母材规定的限值”，现改为“应当保证焊缝金属的拉伸性能满足母材标准规定的下限值，冲击功满足本规程表 2-1 的规定”。

【2.3 非金属材料技术要求】

【2.3.1 石墨压力容器材料】

一、石墨材料分类。石墨压力容器受压元件的材料包括不透性石墨材料和金属材料，其中不透性石墨材料包括浸渍石墨材料、压型石墨材料；浸渍石墨材料中的基体材料，分为炭质材料、石墨质材料和半石墨质材料；

——石墨质材料(graphite material)：由焦炭或石墨粉及颗粒与沥青经混和、挤压、模压(或振动成型)后在高温下形成的，以石墨晶粒为主的非金属材料。化工设备用石墨材料因原料及最终成型温度的不同而区分为石墨化材料(2500℃左右形成)和半石墨化材料；

——半石墨质材料(half-graphiged material)：由石墨粉、粒与沥青混合、挤压、模压(或振动成型)后，在1000℃~1100℃焙烧而成的石墨材料，其中的沥青仅转化成炭而非石墨；

——不透性石墨材料(impervious graphite material)：在不高的压力、温度条件下，不渗透液体和气体的石墨材料。包括浸渍石墨、压型(包括挤压和模压)石墨和浇注石墨；

——浸渍石墨材料(impregnated graphite material)：采用浸渍工艺过程将有机或无机液体材料(浸渍剂)压入透性石墨材料孔隙中并使之在孔隙内固化而形成浸渍石墨。因用于增加材料抗渗透性的浸渍剂的不同而形成不同品种。应用面最广的是采用酚醛树脂浸渍的酚醛浸渍石墨，其次还有呋喃浸渍石墨、聚四氟乙烯浸渍石墨、水玻璃浸渍石墨等等；

——压型石墨材料(profiling impervious graphite material)：也可称“压型不透性石墨材料”，将石墨粉与粘接剂混合后在一定压力下成型(模压或挤压、包括等静压)并经固化形成的不透性石墨；

——炭质材料(carbon material)：是以石油焦与沥青焦或无烟煤与冶金焦为原料，成型后的毛坯经过1300℃左右的焙烧而成的制品，其含碳量为90%~99%，并转化成炭而非石墨。

二、基于目前相关石墨压力容器标准及行业内石墨材料的实际水平，增加对不透性石墨材料力学性能要求和石墨粘接剂的力学性能要求，并且提出具体的强度指标，以保证产品安全性能。

【2.3.1.1 石墨材料的一般要求】

经过浸渍或压型(模压或挤压)而成的用于制造压力容器的不透性石墨材料，其浸渍和压型工艺必须经过工艺评定(既是对工艺的评定，也是对石墨材料性能的评定)，同时评定相应石墨材料的力学性能，并作为设计的依据。浸渍和压型工艺直接影响着不透性石墨材料的各项性能，承压石墨元件的性能主要取决于制造工艺。由于各制造厂所用的原材料和工艺等不尽相同，因此，必须严格控制浸渍等工艺以确保材料满足规定的性能要求。

本要求与国际接轨，能体现和发挥企业的技术能力和制造水平，并达到规范行业的目的，为促进行业的发展打下良好的技术基础。

【2.3.1.2 石墨材料的性能要求】

【2.3.1.3 粘接剂要求】

基于目前相关石墨压力容器标准及行业内石墨材料的实际水平,除对石墨材料和石墨粘接剂的基本力学性能提出要求外,增加了石墨材料最高渗透系数、205℃下最低抗拉强度的要求,增加了粘接剂205℃下最低抗拉强度要求。

力学性能指标是依据 ASME UIG—2013《浸渍石墨制压力容器规程》、GB/T 21432—2008《石墨制压力容器》、HG/T 2370—2005《石墨制化工设备技术条件》和 HG/T 2059—2014《不透性石墨管技术条件》等标准中的规定而确定的,基本是最低要求。相关力学性能的检测方法也应当执行上述标准中的规定。

【2.3.2 纤维增强塑料压力容器材料】

一、纤维增强塑料指的是以树脂为基体、纤维为增强材料组成的复合材料,俗称玻璃钢。由于纤维增强塑料压力容器的原材料不断创新发展,性能不断提高,种类也不断增加,因此取消了纤维和树脂的种类规定。

二、新增对纤维增强塑料的具体性能要求。

用于压力容器的增强材料品种日趋繁多,需对其与树脂的适应性进行规定。新增2.3.2.1 要求纤维材料应当与树脂有良好的浸润性。

考虑到树脂性能在不同温度下的衰减速度是不一样的,越接近树脂的热变形温度,其衰减速度越快,因此应当规定合理的温度安全空间。新增2.3.2.2 要求复验树脂热变形温度,并且热变形温度应高于压力容器设计温度20℃以上。

基于对纤维增强塑料压力容器需进行二次粘接的考虑,新增2.3.2.3 要求粘接所用材料性能不低于被粘接元件所用材料的性能。

三、热塑性塑料指的是以热塑性树脂如PVC、PP、PVDF等为主要成分,并添加各种助剂而配制成塑料。基于对热塑性塑料衬里与热固性结构层的结合强度要求,新增2.3.2.4 要求热塑性塑料衬里与纤维增强塑料结构层的层间剪切强度不得小于5MPa。

3 设 计

【第3章“设计”总体说明】

本章主要内容源于原固容规的第3章“设计”,纳入了非金属容器设计内容,分通用要求、金属压力容器、非金属压力容器三部分提出技术要求。通用要求中,新增设计载荷规定;在金属压力容器设计方面,扩展了分析设计安全系数,新增铸钢安全系数,新增关于许用应力方面的规定,调整了无损检测相关要求,修改了超高压容器设计方法。非金属压力容器方面,主要调整了安全系数,规定了设计温度、压力范围,

对影响安全性能的重要因素提出具体设计要求。

根据“各环节技术要求分章描述，每个环节的边界尽可能清晰，明确相应主体责任”的原则，将原固容规制造章节中需要设计环节进行规定的内容（如无损检测方法、比例，热处理，耐压试验介质、压力、温度等）明确由设计者提出并放到“设计”章中。

【3.1 设计通用要求】

【3.1.1 设计单位许可资质与责任】

一、根据《特种设备安全法》第十三条“特种设备生产、经营、使用单位及其主要负责人对其生产、经营、使用的特种设备安全负责。”和第十九条“特种设备生产单位应当保证特种设备生产符合安全技术规范及相关标准的要求，对其生产的特种设备的安全性能负责。不得生产不符合安全性能要求和能效指标以及国家明令淘汰的特种设备。”将原固容规3.1(1)“设计单位应当对设计质量负责”改为“设计单位及其主要负责人对压力容器的设计质量负责”。

同此原因，在4.1.1(1)、5.1(1)中分别对制造单位、安装改造修理单位及其主要负责人的责任做同样修改。

二、删除原固容规3.1(2)“总体采用规则设计标准，局部参照分析设计标准进行压力容器受压元件分析计算的单位，可以不取得应力分析设计许可项目资格”。在GB 150.1—2011《压力容器 第1部分：通用要求》附录E中E.2.1已有明确规定。

三、在3.1.1(3)中，对于采用国际标准或者境外标准设计的压力容器，进行设计的单位应当向国家质检总局提供设计文件与本规程基本安全要求的符合性申明及比照表；其内容及格式参照国家质检总局《关于承压特种设备制造许可有关事项的公告》（2012年第151号）。

【3.1.2 设计专用章】

将原设计许可印章改为设计专用章，其使用要求与原许可印章相同。同时对专用章的内容进行了规定，至少包括设计单位名称、相应资质证书编号、主要负责人、技术负责人等内容。

【3.1.3 设计条件】

【3.1.4 设计文件】

【3.1.4.1 设计文件的内容】

在3.1.4.1(2)增加“利用软件模拟计算或者无法计算时，设计单位应当会同设计委托单位或者使用单位，协商选用超压泄放装置”的情况。

对系统进行模拟计算时，设计文件无需包括单个压力容器的安全泄放量、安全阀排量和爆破片泄放面积的计算书。

【3.1.4.2 设计文件的审批】

原固容规 3.4.2.1 规定了“总图的审批”要求，新容规进行了扩展，提出“设计文件的审批”要求，明确规定“设计文件中的风险评估报告、强度计算书或者应力分析报告、设计总图，应当至少进行设计、校核、审核 3 级签署；对于第Ⅲ类压力容器和分析设计的压力容器，还应当由压力容器设计单位技术负责人或者其授权人批准(4 级签署)。”强调了设计阶段风险评估报告应在设计前期开展，并强调其重要性。

【3.1.4.3 保存期限】

新增条款，明确规定“设计文件的保存期限不少于容器设计使用年限。”

【3.1.4.4 设计总图】

鉴于已在本规程新增条款 3.1.4.2 设计文件的审批中包括了设计总图的审批程序，故删除原固容规 3.4.2.1 总图的审批。

【3.1.4.4.1 总图主要内容】

在 3.1.4.4.1 (2) 工作条件中，包括“介质毒性和爆炸危害程度等”改为“介质特性(毒性和爆炸危害程度等)”，涵盖面更广，如果介质具有强腐蚀性、强氧化性、强渗透性，或者其他危险性特性，也应当在总图上注明。

【3.1.5 设计方法】

【3.1.6 风险评估】

除第Ⅲ类压力容器仍要求在设计时出具风险评估报告外，增加用户要求时也应当出具风险评估报告的规定。对于压力容器的设计、制造、使用、检验等，风险评估报告十分重要，GB 150.1—2011 附录 F 也给出了风险评估报告的编制指南，在试行 5 年多的基础上，风险评估报告的各项要求已经逐步得到落实和规范，今后将逐步推广在设计阶段进行风险评估的要求。

【3.1.7 节能要求】

删除原固容规“3.7(3) 对有保温或者保冷要求的压力容器，要在设计文件中提出有效的保温或者保冷措施。”因在本规程 3.1.4.4.2(6) 中已有同样要求。

【3.1.8 载荷】

新增载荷要求，与 GB 150 的要求基本一致。

【3.1.9 压力】

【3.1.9.3 常温储存液化气体压力容器的设计压力】

对表 3-2, 为方便使用, 提供资料性数值如下: 异丁烷 50℃饱和蒸气压力 0.687MPa, 丙烷 50℃饱和蒸气压力 1.725 MPa, 丙烯 50℃饱和蒸气压力 2.16 MPa。

【3.1.10 温度】

【3.1.11 腐蚀裕量】

【3.1.12 最小厚度】

【3.1.13 装量系数】

【3.1.14 检查孔】

【3.1.15 不允许拆卸的隔热层】

【3.1.16 无损检测】

【3.1.17 耐压试验】

【3.1.18 泄漏试验】

【3.2 金属压力容器设计要求】

【3.2.1 安全系数及许用应力】

【3.2.1.1 安全系数】

一、在表 3-3 “规则设计方法的安全系数”中, 增加锆及其合金的安全系数。

二、表 3-3 “规则设计方法的安全系数”注 3-2, 原固容规规定 n_d 可根据设计使用年限选用 $1.0 \times 10^5 h$ 、 $1.5 \times 10^5 h$ 、 $2.0 \times 10^5 h$ 等持久强度极限值, 但 $n_d \geq 1.5$ 实际是基于 $1.0 \times 10^5 h$ 持久强度极限值的, 采用 $1.5 \times 10^5 h$ 、 $2.0 \times 10^5 h$ 数据时如何确定安全系数缺少数据支持, 有待进一步研究, 故本次修订明确表 3-3 中的 n_d 为 $1.0 \times 10^5 h$ 的持久强度极限值时的安全系数。

三、在表 3-4 “分析设计方法的安全系数”中增加“设计温度下持久强度极限平均值 R_D^t ”和“设计温度下蠕变极限平均值(每 1000h 蠕变率为 0.01%) R_v^t ”的安全系数, 以适应高温设计条件的需要。

四、在表 3-4 “分析设计方法的安全系数”中增加“注 3-3 对分析设计方法, 如果相应材料标准给出了设计温度下的抗拉强度 R_m^t , 则可以选用该值计算其许用应力。”

五、关于铸铁安全系数, 普遍反映偏高。ASME 规定灰铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 8.0, 球墨铸铁室温下抗拉强度安全系数不小于 5.0, ASME 的规定是基于承压设备专用铸铁的, 在 ASME 中同时规定了铸铁的成分、性能等具体要求。我国在压力容器行业使用的铸铁为普通铸铁, 还缺乏承压设备专用铸铁方面的要求, 因此

本次修订没有修改，待将来规范承压设备专用铸铁时一并考虑降低其安全系数。

六、规定铸钢的安全系数为 4.0(略高于 ASME 的 3.5)。

【3.2.1.2 许用应力】

新增条款，规定许用应力的计算方法。同时增加注 3-4，作为特例允许奥氏体高合金钢受压元件、应变强化下的深冷容器壳体、非焊接瓶式容器瓶体等 3 种情形下许用应力的特殊取值。

注 3-4：对奥氏体高合金钢制受压元件，当设计温度低于蠕变范围并且允许有微量的永久变形时，可以适当提高许用应力至 $0.9R_{p0.2}^t$ ，但不得超过 $\frac{R_{p0.2}}{1.5}$ (此规定不适用于法兰或其他有微量永久变形就产生泄漏或故障的场合)；对采用应变强化技术的奥氏体不锈钢深冷容器壳体，其许用应力可以基于设计温度下的抗拉强度 R_m^t 和设计温度下的屈服强度 R_{eL}^t ($R_{p0.2}^t$) 确定；对非焊接瓶式容器瓶体，其许用应力可以基于产品经过改善材料性能热处理后的强度保证值确定。

【3.2.2 焊接接头】

【3.2.2.1 壳体接头设计】

一、采用 A、B 类对接接头(压力容器 A、B 类对接接头的划分按照 GB 150 的规定)的方式描述需要采用全截面焊透形式的接头要求，比采用列举的方式描述更合适。

二、将原固容规 3.14.1 规定的“球形储罐球壳板不得拼接”内容放到本规程 4.2.1.3 压力容器拼接与组装中。

【3.2.3 焊接接头系数】

【3.2.4 试件(板)与试样】

一、规定设计者应当在设计文件中提出焊接试件、耐腐蚀性能试件的制作要求，并且规定试样的种类、数量、截取与制备方式、检验与试验方法、合格指标、不合格复验要求等。

二、目前，生产真空绝热深冷压力容器的制造单位越来越多地采用应变强化技术，为保证焊接质量以满足应变强化过程要求，新增 3.2.4.1(4) “应用应变强化技术的压力容器”需要制备产品焊接试件，但容积 $5m^3$ 及以下连续批量生产的，在相同设计、相同材料炉批号的情况下，可以最多 30 台容器选择一台制作产品焊接试件。

三、热处理试件由制造单位根据实际情况提出要求(本规程 4.2.2.1)。

【3.2.5 压力容器用管法兰】

一、一般性理解，强渗透性是指氨、氢、偏二甲肼等介质。

二、对盛装液化石油气、毒性危害程度为极度和高度危害介质以及强渗透性中度危害介质的压力容器，仍要求其管法兰应当按照 HG/T 20592～HG/T 20635《钢制管法兰、垫片、紧固件》系列标准的规定，并且选用带颈对焊法兰、带加强环的金属缠绕垫片和专用级高强度螺柱组合；但对于一些与缠绕垫片不相容(腐蚀)的特殊介质，无法采用此类管法兰密封组合时，设计者可根据介质、压力与温度特性确定合适的法兰连接结构，例如硅烷等介质。

【3.2.6 泄漏信号指示孔】

原固容规 3.19 仅对开孔补强圈、垫板提出泄漏信号指示孔要求，现在本规程 3.2.6 中新增对多层容器层间泄漏信号指示孔要求，规定“多层筒节包扎压力容器每片层板、多层次整体包扎压力容器每层板筒节、套合压力容器每单层圆筒(内筒除外)的两端均应至少设置一个泄漏信号指示孔。”

【3.2.7 特殊耐腐蚀要求】

【3.2.8 塑料衬里设计】

考虑到金属外壳塑料衬里压力容器中塑料衬里对预防腐蚀的重要性，新增其设计要求。一般情况下，塑料衬里包括热塑性塑料衬里和纤维增强塑料衬里(热固性)。

【3.2.9 水质】

增加水质标准 GB/T 12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。

【3.2.10 无损检测】

【3.2.10.1 无损检测方法】

【3.2.10.2 压力容器焊接接头无损检测】

【3.2.10.2.1 无损检测方法的选择】

一、本次修订明确焊接接头射线检测可以采用胶片感光或者数字成像方法，今后采用射线数字成像方法无需进行技术评审。目前已有国家标准 GB/T 19293—2003《对接焊缝 X 射线实时成像检测法》和行业标准 NB/T 47013.11—2015《承压设备无损检测 第 11 部分：X 射线数字成像检测》，表明该技术已趋成熟，成为一种法规引用方法。

二、大型压力容器的对接接头采用 γ 射线全景曝光射线检测时，检测效果并不理想，一些危险性缺陷(如裂纹等)难以发现。在 GB 12337—2014《钢制球形储罐》中，已新增条款明确“不宜采用 γ 射线全景曝光射线检测”。因此，本规程新增规定：“当

大型压力容器的对接接头采用 γ 射线全景曝光射线检测时，还应当另外采用 X 射线检测或者衍射时差法超声检测进行 50% 的附加局部检测，如果发现超标缺陷，则应当进行 100% 的 X 射线检测或者衍射时差法超声检测复查”。

【3.2.10.2.2 无损检测比例】

【3.2.10.2.2.2 全部射线检测或者超声检测】

一、在 3.2.10.2.2.2(1) 中，将“盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的”压力容器列入需全部射线检测或者超声检测的范围内。

二、对标准抗拉强度下限值大于或者等于 540MPa 的低合金钢制压力容器，删除原固容规 4.5.3.2.2(5) 中“厚度大于 20mm 时，其对接接头还应当采用本规程 4.5.3.1 第(1)项所规定的与原无损检测方法不同的检测方法进行局部检测，该局部检测应当包括所有的焊缝交叉部位”的要求。即对标准抗拉强度下限值大于或者等于 540MPa 的低合金钢制压力容器，进行全部无损检测后，不再要求进行不同方法的复验。

【3.2.10.2.2.4 表面无损检测】

一、对内外表面需要进行磁粉或者渗透检测的压力容器焊接接头，增加两类容器：

- (1) 盛装毒性危害程度为极度、高度危害介质的压力容器的焊接接头；
- (2) 采用气压或者气液组合耐压试验压力容器的焊接接头。

二、原固容规 4.5.3.2.4(6) “要求局部射线或者超声检测的容器中先拼板后成形凸形封头上的所有拼接接头”修改为 3.2.10.2.2.4(8) “先拼板后成形凸形封头的所有拼接接头”，以免引起误解；即不管容器本身要求多少比例的无损检测，先拼板后成形凸形封头上的所有拼接接头都需要进行内外表面无损检测。

三、在 3.2.10.2.2.4(4) 和 3.2.10.2.2.4(7) 中，同时交由设计者规定原固容规中 4.5.3.3(4) 和 4.5.3.3(3) 无损检测时机要求。

四、修改原固容规中 4.5.3.2.4(4) 为 3.2.10.2.2.4(6)，要求所有厚度 Cr-Mo 低合金钢制压力容器的全部焊缝都需进行表面无损检测。

【3.2.10.2.3 无损检测的技术要求】

【3.2.10.2.3.1 射线检测】

删除原固容规中 4.5.3.4.1(3) “角接接头、T 形接头，射线检测技术等级不低于 AB 级，合格级别不低于Ⅱ级”的要求。角接接头、T 形接头一般难以采用射线检测，NB/T 47013 中也无相应方法规定。

【3.2.10.2.4 接管焊接接头的无损检测要求】

【3.2.10.3 原材料和零部件无损检测】

【3.2.11 焊后热处理】

新增需要进行焊后热处理的情况要求，即“(1)因焊接残余应力影响使用安全时，应当对压力容器及其受压元件进行焊后(消除应力)热处理；(2)盛装毒性危害程度为极度危害介质的碳钢和低合金钢制压力容器及其受压元件应进行焊后热处理。”

【3.2.12 耐压试验】

【3.2.12.1 耐压试验压力】

对于耐压试验压力，进行温度补偿计算时，将所需考虑的主要受压元件与 GB 150.1 统一，将原固容规中的“法兰”明确为“设备法兰(或者人手孔法兰)及其紧固件”；同时增加 “[σ]^t 不得低于材料受抗拉强度和屈服强度控制的许用应力最小值”要求，保证许用应力由材料抗拉强度和屈服强度控制，不能取高温持久极限或者蠕变极限控制值。

【3.2.13 泄漏试验】

【3.2.14 超高压容器设计专项要求】

鉴于新编制的超高压容器产品标准即将颁布，本次修订凝炼、整合了超高压容器的基本安全要求，一些详细的技术内容(如计算公式、具体的无损检测方法等)放到相应的产品标准中去规定。

一、增加“弹塑性分析法”，并且规定在设计工况下，塑性垮塌失效评定时，载荷放大系数应当大于或者等于 2.0。

二、增加“疲劳分析”要求，并且规定“疲劳分析时，交变应力幅和循环次数的安全系数分别取 2 和 15。”

三、因超高压容器标准即将颁布，因此在法规中未给出具体设计计算公式。

四、按材料拉伸试验数据计算爆破压力时，将爆破安全系数由 3 调整为 2.2，但对超高压水晶金调整为 2.4(主要考虑水晶金介质、壁温控制对材料有较大影响)。

五、按材料扭转试验数据计算爆破压力时，将爆破安全系数由 2.7 调整为 2.2。

六、规定超高压容器用螺柱(螺栓)设计温度下屈服强度安全系数不小于 1.8。

七、在法规中只原则规定无损检测方法，检测比例、实施时机和技术要求由设计者根据产品标准规定。

八、耐压试验压力系数明确为 1.12。

九、规定采用液压增压法进行自增强处理，并且规定筒体内壁面的残余环向应变值不超过2%。

【3.2.15 简单压力容器设计专项要求】

鉴于新编制的简单压力容器产品标准即将颁布，本次修订凝炼、整合了简单压力容器的基本安全要求，一些详细的技术内容(如计算公式、具体的无损检测方法等)放到相应的产品标准中去规定。

【3.2.15.2.1 试验方法】

按照试验方法设计的简单压力容器，将在室温下的爆破压力不得小于5倍的设计压力改为“爆破压力不得小于4倍的设计压力”。本规程中的其他类似条款作同样修改。

【3.2.16 快开门式压力容器设计专项要求】

快开门式压力容器的事故仍然较多，本次修订新增“设计者应当设置安全联锁装置，并且对其使用环境、校验周期、校验方法等使用技术要求作出规定”。

【3.3 非金属压力容器设计要求】

【3.3.1 石墨压力容器】

【3.3.1.1 设计范围】

一、关于石墨压力容器的设计压力。在GB/T 21432—2008《石墨制压力容器》中规定了工作压力大于或等于0.1MPa、小于或等于2.4MPa；在ASME UIG中规定了最大设计外压力350psi(2.4MPa)、最大设计内压力350psi(2.4MPa)。本次修订明确规定最大设计外压2.4MPa、最大设计内压2.4MPa。

二、关于石墨压力容器的设计温度。规定最高设计温度为205℃(器壁截面的平均温度，而非规定石墨壁温最高为400℃)，规定最低设计温度为-70℃。

目前国内制造的石墨压力容器在400℃高温下使用还需要进行系统和科学的论证。虽然在GB/T 21432和德国AD规范中的规定是“石墨压力容器及其部件工作时的容器壁温为-60℃到400℃”，但是考虑能承受400℃高温的是不含树脂的石墨质材料；而且目前国内的石墨质材料及合成树脂的质量和性能的稳定性，都与德国等发达国家的存在一定差距。

石墨的耐低温性能远低于-60℃，ASME UIG篇已规定到-73℃，因此本规程规定到-70℃是可行的。

【3.3.1.2 安全系数和许用应力】

原非金属规程和GB/T 21432中都将不透性石墨材料分为A级和B级，A级(抗

拉强度 21MPa、抗压强度 63MPa、抗弯强度 31.5MPa)安全系数为 7, B 级(抗拉强度 14MPa、抗压强度 60MPa、抗弯强度 27MPa)安全系数为 9。根据国内 40 多年来承压石墨设备(包括低于沸点的液体承压容器、以及按压力容器管理前的石墨容器)的实际使用情况,尚未有石墨设备因设计强度不足造成安全事故的报道,又随着设计、制造、使用、监管等方面的技术、管理水平不断提高,可以考虑适当降低石墨材料强度的安全系数。为使优质的石墨材料得到合理应用,发挥制造企业的设计和制造能力,鼓励制造企业自觉地提高工艺水平,本次修订引入 ASME 规范的思想,考虑介质因素,合理降低安全系数,并且明确规定许用应力的计算方法,规定“用于设计的许用应力值为石墨材料工艺评定报告(CMQ)中指定设计温度下抗拉或者压缩试验平均值的 80%除以安全系数 6.0(毒性危害程度为极度或者高度危害介质时,安全系数选 7.0)。”

【3.3.1.3 耐腐蚀性】

本次修订新增关于石墨压力容器的耐腐蚀性规定。

石墨制压力容器失效的主要原因是腐蚀(包括溶解、溶胀)失效。因此,为保证容器的安全性能,在设计时,应根据不同介质成份,选择一些特殊的浸渍或粘接树脂材料。因为这些材料对容器的安全性能影响较大,所以,当缺少某介质条件下的试验或使用资料时,在设计之前,需要做必要的腐蚀试验,以选择合适的树脂材料。

【3.3.1.4 耐压试验】

原非金属规程规定试验压力不得低于 1.25 倍的设计压力,本次修订借鉴 ASME 规范的规定,考虑介质因素和相对金属容器较高的安全系数,提高耐压试验压力,增加到不得低于 1.5 倍的设计压力,对于盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的容器,其试验压力不得低于 1.75 倍的设计压力。

【3.3.1.5 泄漏试验】

对于盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器要求进行泄漏试验。

【3.3.1.6 粘接试件】

由于石墨材料粘接接头的特殊性,对“盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器”,设计者应当在设计文件中提出粘接试件的制作要求。

【3.3.2 纤维增强塑料压力容器】

【3.3.2.1 通用要求】

本次修订明确规定纤维增强塑料压力容器不可用于盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质和液化气体介质,设计温度不得低于-54℃。

【3.3.2.2 设计类型】

参照 ASME 标准的规定将设计方法按照三种型式划分,分别采用不同的设计方

法、制造工艺及相应的实验方法。

树脂的热变形温度(HDT)指树脂浇铸体试件在等速升温的规定液体传热介质中，按简支梁模型，在规定的静载荷作用下，产生规定变形量时的温度；树脂的玻璃化温度(Tg)指树脂由高弹态转变为玻璃态的温度；热变形温度低于玻璃化温度。

【3.3.2.3 设计方法及安全系数】

根据纤维增强塑料压力容器的三种型式，给出不同的设计方法(规则设计法、分析设计法、试验设计法等)和最低的安全系数，见表2。

表2 纤维增强塑料压力容器的设计方法和安全系数

类型	制造工艺	设计压力 p	设计温度	原型机	安全系数
I	手糊、喷射成型工艺	$\leq 1\text{ MPa}$	65°C ($T_w \leq 65^\circ\text{C}$)； $\leq 120^\circ\text{C}$ ($T_w > 65^\circ\text{C}$)	是，10万次的压力疲劳试验，压力范围从常压至 p	$p_T \geq 6p$
	缠绕成型工艺不进行极孔包络	$\leq 10\text{ MPa}$			
	缠绕成型工艺并进行极孔包络	$\leq 20\text{ MPa}$			
II	筒体采用缠绕成型工艺，封头可采用手糊、喷射或者缠绕成型	规则设计法 ($p_i \cdot D_i \leq 2.4\text{ MPa} \cdot \text{m}$)	$\leq 1.6\text{ MPa}$, $D_i \leq 4.8\text{ m}$	$\leq 120^\circ\text{C}$	用声发射检测方法验收时，由设计者综合考虑；无法用声发射检测方法验收时，适当提高。具体安全系数由相应的产品标准规定
		分析设计法或规则、分析结合设计法	$\leq 0.6\text{ MPa}$, $D_i \leq 4\text{ m}$		
III	缠绕成型工艺并进行极孔包络制造	$\geq 20\text{ MPa}$ 且 $\leq 100\text{ MPa}$	$\leq 85^\circ\text{C}$	是，根据设计条件决定是否进行疲劳试验	碳纤维增强塑料： $p_T \geq 2.25p$ ； 玻璃纤维增强塑料： $p_T \geq 3.5p$

注：(1) 所用树脂的热变形温度应当高于设计温度 20°C 以上；
(2) 对 II 型容器，设计许用应变不得大于 0.1%，外压安全系数不得小于 5.0；
(3) 设计压力 p ，压力试验的试验压力 p_T ，工作压力 p_i ，筒体内直径 D_i 、工作温度 T_w 。

II型容器设计安全系数需要考虑载荷条件、成型工艺、使用环境、温度、预期使用年限、材料离散等因素，很难确定。在国际标准中规定也相差很大，欧洲标准 EN 13121 规定： $K=2 \times A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5$ ，即将各种因素进行综合考虑而得到，最小取值根据设计方法不同分别为 4、6、8；而在 ASME 标准中规定设计许用应变为

0.001，安全系数对于长期载荷取10，短期取5，负压安全系数取5。因此在本规程中对安全系数没有明确规定，要求在具体产品标准中确定。

【3.3.2.4 铺层设计】

纤维增强塑料(玻璃钢)的强度及刚度与其铺层结构密切相关，其功能是由层合结构的构成决定的，应在设计过程进行详细铺层设计。

【3.3.2.5 粘接设计】

纤维增强塑料压力容器的粘接属于二次成型，是整体结构的关键点，必须保证接头处的安全可靠。

4 制造

【第4章“制造”总体说明】

本章主要内容源于原固容规的第4章“制造”，纳入了非金属容器制造相关内容，分通用要求、金属容器、非金属容器三部分。在通用要求中，加强质量计划、铭牌要求；在金属压力容器制造方面，调整了无损检测要求，增加了制造环节热处理要求；非金属压力容器方面，根据近年来的发展情况，对其制造过程进行了较大幅度的调整和修改。

根据“各环节技术要求分章描述，每个环节的边界尽可能清晰，明确相应的主体责任”的原则，将原固容规制造章节中需要设计进行规定的内容(如无损检测方法、比例，热处理，耐压试验介质、压力、温度等)明确由设计者提出并放到“设计”章中，而在制造章节中，明确制造单位按照设计文件的规定编制相应工序(无损检测、焊后热处理、耐压试验等)的工艺文件并实施。

【4.1 制造通用要求】

【4.1.1 制造单位】

原固容规要求“单位法定代表人必须对压力容器制造质量负责”，现根据《特种设备安全法》的规定，改为“制造单位及其主要负责人对压力容器的制造质量负责”。

【4.1.2 型式试验】

一、明确简单压力容器、蓄能器应当经过国家质检总局核准的检验机构进行型式试验，型式试验的项目、要求及结果应当满足相应产品标准的要求。

二、新增条款，对首次制造瓶式容器、真空绝热深冷容器的制造单位，要求制造

前试制样品容器，并且该样品容器应当经过国家质检总局核准的型式试验机构进行试验，以证明制造单位具有相应的技术能力。

【4.1.3 制造监督检验】

【4.1.4 质量计划】

新增条款，单独列出一个条款，以强调质量计划(检验计划)。质量计划对保证压力容器的制造质量及本质安全十分重要，原固容规中只是在产品出厂资料“产品质量证明文件”中有所提及，本次修订特别加以重视。原监检规中，监督检验也是基于质量计划进行的，要求根据质量计划确定监检项目。

【4.1.5 产品出厂资料或者竣工资料】

【4.1.5.1 通用要求】

一、压力容器出厂或者竣工时，不仅要求制造单位应当向使用单位提供纸质技术文件和资料，同时要求提供存储压力容器产品合格证、产品质量证明文件电子文档的光盘或者其他电子存储介质。

二、在 4.1.5.1(1)竣工图样中，对批量生产的小型压力容器，因数量大，其竣工图样上的设计单位设计专用章允许复印。

三、在 4.1.5.1(2)压力容器产品质量证明文件中，对真空绝热压力容器，还要求封口真空度、真空夹层泄漏率、静态蒸发率等检测结果资料。

【4.1.5.2 压力容器受压元件、部件的产品出厂资料】

要求单独出厂的压力容器受压元件(如筒节、封头、锻件等)和受压部件(如换热管束、人孔部件等)的制造单位，应当向订购单位提供质量证明文件。

【4.1.5.3 保存期限】

新增条款，明确规定“产品出厂资料或者竣工资料的保存期限不少于压力容器设计使用年限。”

【4.1.6 产品铭牌】

一、新增铭牌应当“清晰、牢固、耐久”要求。

二、对批量生产的小型压力容器(如简单压力容器)，如果没有每个产品的产品编号，允许采用“产品批号”。

三、铭牌内容中新增“自重”项目。统一原净重、总量等说法，自重包括出厂时固定在容器内的内件重量，不包括介质、触媒、填料等的重量。

【4.1.7 变更设计】

【4.1.8 无损检测】

【4.1.9 耐压试验】

【4.1.9.2 耐压试验通用要求】

耐压试验是设计环节必须考虑的一种工况,本规程提出了最低耐压试验压力的要求,设计者应当根据所确定的耐压试验压力(包括考虑液柱)进行相应的设计计算,因此设计时不存在强度校核问题。但如果制造时采用高于设计文件规定的耐压试验压力时,制造单位应当对各受压元件进行强度校核。

本次修订强调的是制造环节的校核,条件是拟采用高于设计文件(原固容规4.7.3为“本规程”)规定的耐压试验压力时;同时要求应当对各受压元件进行强度校核,而不仅仅是对壳体。

【4.1.9.4.1 气压试验程序】

鉴于气压试验的危险性,在4.1.9.4.1(1)中,增加要求气压试验时,制造单位的安全管理部门应当制订应急预案。

【4.1.10 泄漏试验】

【4.2 金属压力容器制造要求】

【4.2.1 焊接】

【4.2.2 试件(板)与试样】

【4.2.2.2 焊接试件(板)的制作】

新增4.2.2.2(4)“应用应变强化技术的压力容器试件,应当按相应产品标准进行应变强化预拉伸。”

【4.2.3 胀接】

【4.2.4 外观要求】

【4.2.5 无损检测】

【4.2.5.2 局部射线检测或者超声检测实施要求】

4.2.5.2(2)“经过局部无损检测的焊接接头,如果在检测部位发现超标缺陷时,应当在已检测部位两端的延伸部位各进行不少于250mm的补充检测,如果仍然存在不允许的缺陷,则对该焊接接头进行全部无损检测”。

原固容规规定发现超标缺陷的扩探范围从“该缺陷两端”开始，现改为从“已检测部位两端”开始。

【4.2.5.3 无损检测记录和报告】

明确要求制造单位及无损检测机构对无损检测报告的真实性、准确性、有效性负责，妥善保管射线底片和超声检测数据等检测记录(含缺陷返修前记录)和报告。

【4.2.6 热处理】

【4.2.6.1 需要热处理的情况】

新增除焊后热处理由设计者规定外，制造过程中因工艺需要的其他热处理情况由制造单位自行规定的要求。制造过程中因冷加工成形致使材料发生较大变形或者组织发生较大变化而影响材料微观组织或者力学性能时，或者当要求材料的使用热处理状态与供货热处理状态一致但在制造过程中破坏了材料的供货热处理状态时，应当对受压元件进行恢复材料性能热处理；需要通过热处理达到设计强度、韧性指标时，应当对受压元件进行改善材料性能热处理。

【4.2.6.2 热处理实施要求】

应当注意，这些热处理实施要求是对所有种类的热处理要求，而不仅是对焊后热处理的要求，还包括恢复材料性能热处理和改善材料性能热处理。

【4.2.7 锻钢、铸铁、不锈钢与有色金属制压力容器的专项要求】

【4.2.7.2 铸造压力容器】

本规程本次修订包括了铸钢，故此条关于铸造压力容器的要求也包括铸铁和铸钢压力容器。

【4.2.7.3 不锈钢和有色金属压力容器】

新增条款 4.2.7.3(4) “在首次采用应变强化技术进行容器制造前，制造单位应当按照相应标准的要求对采用的应变强化工艺进行验证，并且进行样品容器的试制，试制容器经监督检验合格后方可进行制造。”

【4.2.8 超高压容器制造专项要求】

【4.2.9 简单压力容器制造专项要求】

【4.2.9.1 简单压力容器的型号】

简单压力容器同一型号的划分条件中增加 1 项要求：设计方法(指计算方法或者试验方法)相同。

【4.2.9.2 简单压力容器的组批原则】

在组批原则中，增加“相同图号”的要求。

【4.2.9.4 爆破试验】

一、对复验后爆破压力仍达不到要求的，直接规定该批或者该焊工当天焊接的简单压力容器判为不合格。

二、删除周向永久变形率的计算公式，放到简单压力容器产品标准中。

【4.3 非金属压力容器制造要求】

【4.3.1 石墨压力容器制造专项要求】

【4.3.1.1 通用要求】

一、石墨组件是组装成石墨容器的零部件(主要是石墨块材和石墨管材)，这些石墨组件的成型加工都应当按照合格的工艺评定规程(CMS)(主要是浸渍工艺和压型工艺)进行。

二、石墨组件的粘接作业应当由合格的粘接操作人员按照评定合格的粘接工艺规程(CPS)进行。为确保粘接工艺的稳定，要求被粘接材料的温度控制在10℃~52℃之间，并且要求评定合格的粘接工艺应当定期进行验证性试验(每6个月至少一次)。

【4.3.1.2 工艺评定】

工艺评定主要是浸渍工艺评定和压型(模压或挤压)工艺评定，对重新进行工艺评定的重要因素、工艺评定报告(CMQ)、工艺评定用试件和性能试验等提出了原则性的要求，具体内容和要求应该执行相关的标准。

一、从石墨原材料、合成树脂(浸渍剂)和工艺参数三个方面，提出了重新进行工艺评定的重要因素。

二、规定了工艺评定报告(CMQ)中最基本的内容要求。

三、为保证评定的参数的高置信度，提出了制取标准试样每组10件的要求。

【4.3.1.3 粘接工艺评定】

对重新进行粘接工艺评定的重要因素、粘接工艺评定报告(CPQ)、粘接工艺评定用试件和性能试验等提出了原则性的要求，具体内容和要求应该执行相关的标准。

一、从粘接接头设计、表面准备状态、粘接材料参数(例如填充材料、树脂、固化剂等)和工艺参数四个方面，提出了重新进行粘接工艺评定的重要因素。

二、规定了粘接工艺评定报告(CPQ)中最基本的内容要求。

三、为保证评定的参数的高置信度和可靠性，提出了制取标准试样每组10件的要求。

【4.3.1.4 粘接操作人员的培训考核】

粘接接头的质量受粘接操作人员人为影响因素较大，制造单位应当对从事石墨压

力容器及零部件粘接作业的粘接操作人员进行培训考核。

【4.3.1.5 材料修补】

为确保石墨容器的安全性能,要严格控制对原材料的修补,因此增加了“粘接缝同一部位的修补不宜超过2次,如超过2次,修补前应当将情况总结并且经制造单位技术负责人批准,修补的次数、部位、修补情况应当记入质量证明文件。”

【4.3.1.6 粘接试件】

规定了按设计要求,对盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器在制造过程中有粘接接头时,应当在制造过程中同时制作粘接接头试件。突出了要保证质量和安全性能的重点。

【4.3.1.7 外观检查】

外观检查一般在容器最终压力试验前完成,对于完工后隐蔽的表面应该在完工前进行外观检查。

【4.3.1.8 石墨管水压试验或者气压试验】

根据石墨压力容器制造过程中的实践经验,石墨管在检验时采用气压试验更方便检验出是否有缺陷。从可操作性角度出发,同时和GB/T 21432的要求保持一致,在组装前对石墨管的质量检验中,增加了“气压试验”的方法,同时取消了需保压10min的规定;考虑到有时设计压力较低,从提高产品质量角度出发,同时和GB/T 21432的要求保持一致,试验压力维持“应当不低于设计压力的2倍”不变,但增加“且不得低于1MPa”的要求。

【4.3.1.9 石墨块件水压试验或者气压试验】

根据石墨压力容器制造过程中的实践经验,石墨块材在检验时采用气压试验更方便检验出是否有缺陷。从可操作性角度出发,同时和GB/T 21432的要求保持一致,在组装前对石墨块材的质量检验中,增加了“气压试验”的方法。

【4.3.1.10 耐压试验】

删除了与本规程4.1.9“耐压试验”通用要求中相同的内容,规定了石墨制压力容器耐压试验的专项要求,增加了合格要求。

【4.3.1.11 泄漏试验】

耐压试验后,应当按照设计要求,对“盛装毒性危害程度为极度或者高度危害介质的压力容器”进行泄漏试验。

【4.3.2 纤维增强塑料压力容器制造专项要求】

【4.3.2.1 制造环境要求】

新增环境温度和湿度要求,以便生产符合纤维增强塑料的工艺特点,保证产品质量。

【4.3.2.2 原材料的使用要求】

新增原材料的使用要求，包括树脂的存放以及助剂加入注意事项，从而保证产品质量和生产安全。

【4.3.2.3 制造工艺要求】

一、新增制造工艺要求，从缠绕角和织物两方面对搭接提出要求，因为一般标准中不会对此作出要求，而其对产品质量又有较大影响。

二、删除了对模具的要求，因为原非金属规程中所要求的也是其他材料的压力容器应该做到的，并不是纤维增强塑料所特有的。

【4.3.2.4 原型容器】

I型和Ⅲ型容器应当制作原型容器，并给出了制作原型容器的具体要求。

【4.3.2.5 制造成型工艺】

一、删除了原非金属规程附件6中的成型和粘接工艺评定的具体内容，工艺评定的具体内容和要求在相关标准中进行规定。

二、规定了I型和Ⅲ型容器按照检验合格的原型容器进行制造；Ⅱ型容器则按评定合格的制造工艺进行制造。

【4.3.2.6 工艺评定人员要求】

提出对成型及粘接工艺评定人员的要求，确保评定合格的工艺符合企业的实际水平和可操作性。

【4.3.2.7 制造检查】

增加了制造检验的项目，删除了合格指标要求，改由设计者确定或是按照相关产品标准执行。

【4.3.3 非金属压力容器中的金属受压元件的制造】

5 安装、改造与修理

【第5章“安装、改造与修理”总体说明】

本章主要内容源于原固容规的第5章“安装、改造与维修”，变化不大，新增非金属容器改造与修理的技术要求，将原固容规“5.4 维修及带压密封安全要求”移到第7章使用管理中。

【5.1 安装改造修理单位】

【5.2 改造与重大修理】

【5.2.1 改造与重大修理含义和基本要求】

在 5.2.1(3) 中增加“压力容器的改造或者重大修理可以采用其原产品标准”的规定。一般来讲，压力容器的改造或者重大修理可以采用其原产品标准，采用现行法规标准更好；应当注意，如果采用原标准，应当比较本次改造修理所涉及的标准内容与现行标准的差异，确认原标准的内容没有因涉及安全问题而被修订，如果有此类情况，应当采用现行标准的修订内容。

【5.2.3 改造或者修理的焊接要求】

在 5.2.3 中除挖补、更换筒节外，增加“压力容器增(扩)开口接管”的，应当参照相应的产品标准制订施工方案，经技术负责人批准，焊接工艺评定按照本规程 4.2.1.1 的规定。

【5.2.4 非金属受压元件改造或者修理专项要求】

本次修订，新增对非金属受压元件改造或修理的专项要求。

一、当改造或者修理石墨受压元件时，需要进行粘接或者浸渍作业的，在改造或者修理作业前，应当参照本规程 4.3.1.2 和 4.3.1.3 的规定进行相应的工艺评定。

二、纤维增强塑料压力容器改造、修理过程中应当远离热源、火源。

【5.2.5 改造与重大修理的耐压试验】

在 5.2.5(1) 中增加“用焊接(粘接)方法更换或者新增主要受压元件的”需要进行耐压试验的要求。

6 监督检验

【第 6 章“监督检验”总体说明】

本章主要内容源于原监检规，内容变化不大，只是在原监检规的基础上，适当调整受压元件及部件的监检范围，对条文进行了梳理、整合、精炼。同时，针对本规程的修订，新增一些必要的监检项目要求。

【6.1 监督检验通用要求】

【6.1.1 监督检验】

【6.1.2 适用范围】

将原监检规第三条(三)、(四)合并为本规程 6.1.2.1(3)，并且调整为“单独出厂并且具有焊缝的筒节、封头及球壳板，或者采用焊接方法连接的换热管束”。这一修

改缩小了监检范围，注重焊接要求，监检仅针对单独出厂并且具有焊缝的筒节、封头及球壳板(例如其上焊有接管、人孔、支腿等)，或者采用焊接方法连接的换热管束，不带焊缝的上述产品均不要求监检(采购合同要求的除外)。

【6.1.3 监检机构】

删除原监检规第十条。按照由受检单位约请监检机构的原则，不再指定监检机构。对于一台压力容器，应当保证由一家监检机构进行监检，出具一张监检证书。

【6.1.4 受检单位的义务】

取消对受检单位“应当持有相应许可证(或者其许可申请已被受理)”的要求，特种设备行政许可改革后，已经取消对仅生产封头、承压部件制造单位的行政许可，但保留对其带有焊缝产品生产过程的监督检验。相应地，本章后续监检内容中，凡涉及许可制度方面的监检(如保持许可条件 6.6.2、执行许可制度 6.6.4 等)，均限定在对有许可要求的情况。

【6.1.5 监检机构职责】

【6.1.6 监检员职责】

【6.1.7 监检程序】

【6.1.8 监检内容】

【6.1.9 监检项目】

【6.1.10 监检工作见证和监检记录】

【6.1.11 监检机构存档资料】

【6.2 制造监检】

【6.2.1 制造监检通用要求】

【6.2.2 金属压力容器监检要求】

【6.2.2.7 热处理监检】

【6.2.2.7.4 现场热处理监检(A类)】

为了加强对现场热处理的监检，将该监检项目类别由 B 类改为 A 类；对于进行现场热处理的大型压力容器，监检单位应当特别注意现场热处理施工单位的技术能力和业绩。

【6.2.3 非金属及非金属衬里压力容器制造监检要求】

按照本次修订对非金属及非金属衬里压力容器技术要求的修改,重新规定相关的监检要求,形成6.2.3.2石墨及石墨衬里压力容器制造监检专项要求;6.2.3.3纤维增强塑料及纤维增强塑料衬里压力容器制造监检专项要求;6.2.3.4搪玻璃压力容器制造监检专项要求。

【6.3 改造与重大修理监检】

【6.4 进口压力容器的监检】

【6.4.8 相关技术文件和检验资料的审查】

对于一些难以在到岸检验时进行审查的项目,明确为只有进行境外监检时才进行,例如焊接工艺规程与评定合格的工艺评定的符合性、焊接记录与焊接工艺规程的符合性、焊缝射线检测底片等。

【6.5 批量制造产品的监检方法】

在该方法的适用范围内增加蓄能器。

【6.6 压力容器制造单位质量保证体系实施状况评价】

【6.6.1 基本要求】

新增内容:当发现受检单位的质量保证体系存在严重问题时,还需要及时将评价报告报送颁发受检单位许可证的特种设备安全监管部门;评价报告中对6.6.2、6.6.4的不符合情况应当详细说明并且提出处理建议。

7 使用管理

【第7章“使用管理”总体说明】

按照特种设备法规标准体系建设规划,对特种设备的使用管理环节制定统一的管理规则(大规范),压力容器使用管理、登记等内容已在即将颁布的TSG 08—2016《特种设备使用管理规则》中规定,故本规程中主要保留了原使用管理规则中对压力容器的一些具体规定及年度检查内容。

【7.1 使用安全管理】

【7.1.1 使用单位义务】

【7.1.2 使用登记】

【7.1.3 压力容器操作规程】

【7.1.4 经常性维护保养】

【7.1.5 定期自行检查】

对于《特种设备安全法》规定的定期自行检查，具体到压力容器，规定为“月度检查”和“年度检查”，并在 7.1.5.1 中规定月度检查内容，在 7.1.5.2 和 7.2 中规定年度检查内容。

【7.1.6 定期检验】

新增内容“定期检验完成后，由使用单位组织对压力容器进行管道连接、密封、附件(含安全附件及仪表)和内件安装等工作，并且对其安全性负责。”以此提示使用单位注重定期检验完成后压力容器的管道连接、密封、附件(含安全附件及仪表)和内件安装等工作，同时也进一步明确安全责任。

【7.1.7 达到设计使用年限使用的压力容器】

【7.1.8 异常情况处理】

【7.1.9 装卸连接装置要求】

【7.1.10 修理及带压密封安全要求】

一、将原固容规“5.4 维修及带压密封安全要求”移至本条，以在修理及带压密封过程中落实使用单位的安全管理责任。

二、原规定“对于特殊的生产工艺过程，需要带温带压紧固螺栓时，或者出现紧急泄漏需进行带压密封时，使用单位应当按照设计规定提出有效的操作要求和防护措施，并且经过使用单位技术负责人批准。”现删除“对于特殊的生产工艺过程，需要带温带压紧固时，”这种情况多属于正常紧固，不需特殊批准。

【7.1.11 简单压力容器和本规程 1.4 条范围内压力容器的使用管理专项要求】

源于原固容规 1.4 条和原使用管理规则第二十六条，增加了一些具体规定。

【7.2 年度检查】

【7.2.1 安全管理情况检查】

【7.2.2 压力容器本体及其运行状况检查】

【7.2.3 安全附件及仪表检查】

【7.2.3.2 爆破片装置】

【7.2.3.2.1 检查内容和要求】

删除原使用管理规则附件 G4.1(6)~(9)中的图 G-1、图 G-2、图 G-3 和图 G-4，改为文字描述。

通常情况下，在超压泄放装置与被保护压力容器之间是不设置截止阀的，这一要求在原固容规 8.3.5(4)中已有规定；而且即使因特殊需要设置了截止阀，也应该采取特殊措施来保证超压泄放装置的正常使用。关于这一点，GB 567.2—2012《爆破片安全装置 第2部分：应用、选择与安装》6.1.4、TSG ZF001—2006《安全阀安全技术监察规程》B4.2(4)及 ASME VIII-1:2010 附录 M 中 M-5 都作了较为详细的描述和规定。原年度检查内容中的示意图易产生误解，根据征求到的意见，将这些图予以删除。

【7.2.4 检查报告及结论】

8 定期检验

【第8章“定期检验”总体说明】

本章主要内容源于原定检规，内容变化不大。

本次修订将金属、非金属压力容器的检验分开描述，分别叙述检验周期、检验项目及内容、检验结果评定(评级)。将超高压容器的定期检验统一到金属压力容器的定期检验中，包括统一检验周期、检验项目及内容、安全状况等级评定等。

【8.1 定期检验通用要求】

【8.1.1 定期检验】

【8.1.2 定期检验程序】

【8.1.3 检验机构及人员】

【8.1.4 报检】

【8.1.5 安全状况等级】

【8.1.6 检验周期】

一、将金属、非金属压力容器的定期检验周期分开描述。
二、根据调研情况，调整超高压容器的检验周期。原超高压规程第五十三条规定：“（一）全面检验，超高压人造水晶釜每3年至少进行一次；其他超高压容器每3年~6年至少进行一次；（二）耐压试验，每10年至少进行一次。”本次修订，对超高压容器的检验周期没有另行规定，与其他金属压力容器一样，按本规程8.1.6.1的规定执行，同时应当注意本规程8.1.7.1(5)关于缩短检验周期的特殊规定“使用超过15年的或者运行过程中发生超温的超高压水晶釜”。对于超高压容器的耐压试验，按本规程8.3.13的规定执行，不再强制要求每10年至少进行一次。

【8.1.7 检验周期的特殊规定】

【8.1.7.3 无法进行或者不能按期进行定期检验的情况】

在8.1.7.3(2)中，“因情况特殊不能按期进行定期检验的压力容器，由使用单位提出书面申请报告说明情况，经使用单位主要负责人批准，征得上次承担定期检验或者承担基于风险的检验(RBI)的检验机构同意(首次检验的延期除外)，向使用登记机关备案后，……”。新增也可以征得上次承担基于风险的检验(RBI)的检验机构同意。

【8.2 定期检验前的准备工作】

【8.3 金属压力容器定期检验项目与方法】

【8.3.1 检验项目】

【8.3.2 宏观检验】

【8.3.3 隔热层、衬里和堆焊层检验】

【8.3.4 真空绝热压力容器检验】

【8.3.5 壁厚测定】

【8.3.6 表面缺陷检测】

【8.3.7 埋藏缺陷检测】

【8.3.8 材料分析】

8.3.8(1)“材质不明的，一般需要查明主要受压元件的材料种类”删除材料牌号的要求。

【8.3.9 无法进行内部检验的压力容器】

【8.3.10 螺柱检验】

【8.3.11 强度校核】

【8.3.12 安全附件检验】

按本次修订对安全附件的界定，安全附件检验不再包含对压力表等仪表的检验。新增对快开门压力容器连锁装置的检验要求。

【8.3.13 耐压试验】

【8.3.14 泄漏试验】

【8.4 非金属及非金属衬里压力容器定期检验项目与方法】

【8.4.1 检验项目】

【8.4.2 玻璃压力容器检验】

【8.4.3 石墨及石墨衬里压力容器检验】

【8.4.4 纤维增强塑料及纤维增强塑料衬里压力容器检验】

【8.4.5 压力容器热塑性塑料衬里检验】

【8.4.6 耐压试验】

【8.5 金属压力容器安全状况等级评定】

【8.5.7 腐蚀】

一、(1)“分散的点腐蚀，如果腐蚀深度不超过名义壁厚扣除腐蚀裕量后的1/3，不影响定级；……”将“壁厚”明确为“名义厚度”。

二、(1)“……；如果在任意200mm直径的范围内，点腐蚀的面积之和不超过4500mm²，或者沿任一直线的点腐蚀长度之和不超过50mm，不影响定级”，对点腐蚀长度的控制，改“沿任一直径”为“沿任一直线”。

【8.5.15 超高压容器评级专项要求】

在压力容器定期检验安全状况等级评定中，新增本条关于超高压容器评为5级的规定。

【8.6 非金属压力容器及非金属衬里安全状况等级评定】

【8.7 定期检验结论及报告】

【8.7.1 检验结论】

将金属、非金属压力容器的定期检验结论分开描述。

【8.7.2 检验报告】

一、仅规定了定期检验结论报告的格式，取消了原定检规中定期检验单项报告格式，由检验机构参照原定检规在其质量体系文件中规定。

二、明确检验机构应当妥善保管检验记录和报告，保存期至少6年并且不少于该台压力容器的下次检验周期。

【8.7.3 检验信息管理】

【8.7.4 检验案例】

【8.7.5 检验标志】

【8.8 小型制冷装置中压力容器定期检验专项要求】

【8.9 合于使用评价】

取消原固容规7.7(1)中“承担压力容器合于使用评价的检验机构须经过国家质检总局批准”的规定，改为本规程8.9(1)“承担压力容器合于使用评价的检验机构应当经过核准，具有相应的检验资质并且具备相应专业评价人员和检验能力，具有评价经验，参加相关标准的制修订工作，具备材料断裂性能数据测试能力、结构应力数值分析能力以及相应损伤模式的试验测试能力”。

【8.10 基于风险的检验(RBI)】

【8.10.1 应用条件】、【8.10.2 RBI的实施】

一、取消大型成套装置的使用单位，应当向国家质检总局提出申请并且经过同意方可应用基于风险的检验(RBI)的规定；改为“申请应用基于风险的检验的压力容器使用单位应当经上级主管单位或者第三方机构(应当具有专业性、非营利性特点并且与申请单位、检验机构无利害关系的全国性社会组织)进行压力容器使用单位安全管理评价，以证明其符合8.10.1要求的条件。

二、明确承担RBI的检验机构须经过国家质检总局核准取得基于风险的检验(RBI)资质；增加要求“从事RBI的人员应当经过相应的培训，熟悉RBI的有关国家标准和专用分析软件”。

三、增加规定申请RBI的使用单位应当提交其通过安全管理评价的各项资料，RBI检验机构应当对收到的申请资料进行审查确认。

四、8.10.2(4)中，对于应用基于风险的检验(RBI)的压力容器，规定由承担RBI的检验机构进行后续的检验工作(包括定期检验)。

9 安全附件及仪表

【第9章“安全附件及仪表”总体说明】

本章主要内容源于原固容规的第8章“安全附件”，主要内容变化不大。

本次修订区分了安全附件和仪表的概念，对安全附件和仪表进行了重新界定，压力容器的安全附件包括安全阀、爆破片装置、紧急切断装置、安全联锁装置等；仪表包括压力表、液位计、测温仪表等。

【9.1 安全附件】

【9.1.1 通用要求】

【9.1.2 超压泄放装置的装设要求】

【9.1.3 超压泄放装置的安装要求】

【9.1.4 安全阀、爆破片】

【9.2 仪表】

【9.2.1 压力表】

【9.2.2 液位计】

【9.2.3 壁温测试仪表】

10 附 则

【10.1 解释权限】

【10.2 施行时间】

附件A：固定式压力容器分类

【A1 压力容器分类】

【A1.1 介质分组】

【A1.2 介质危害性】

【A1.3 压力容器分类方法】

【A1.3.1 基本划分】

按本规程新的适用范围,修改压力容器类别划分图 A-1 和 A-2,包括超高压容器;简单地说,超高压容器均为第Ⅲ类压力容器。

通过本次修订,所有固定式压力容器都应当按照本规程附件 A 的规定进行类别划分,包括非金属压力容器、超高压容器及简单压力容器,为实现分类监管奠定基础。

【A1.3.5 特殊情况的分类】

修改原固容规的 A1.3.5(2),取消原固容规规定 1.4 范围内的压力容器统一划分为第Ⅰ类压力容器的规定。改为“简单压力容器统一划分为第Ⅰ类压力容器。”修改后 1.4.1 和 1.4.2 范围内的压力容器按 A1.3.1 进行分类。

1.4.1 和 1.4.2 范围内的压力容器主要是在用过程中难以检验或者检验意义不大的,但这些压力容器若盛装危险介质或者参数较高,其危险性依然较大,如果不进行定期检验,更应关注其设计制造过程对安全性能的控制,因此本次修订改变了原固容规统一将其划为第Ⅰ类压力容器的做法,规定其范围内的压力容器按图 A-1 或者图 A-2 进行分类,以保证对不同类别压力容器的设计制造要求在 1.4.1 和 1.4.2 范围内的压力容器上得以落实。

【A2 特定形式的压力容器】

一、将简单压力容器的定义放在此条中。本次修订对简单压力容器的界定有所修改:

①材料中增加了低合金钢 Q345R;

②允许介质增加了氮气、二氧化碳、惰性气体以及允许介质的混和气体;同时允许介质中含有不足以改变介质特性的油等成分,并且要求其不得影响介质与材料的相容性;

③当内直径小于或者等于 550mm 时允许采用平盖螺栓连接。

二、给出本规程中提及的其他特定形式压力容器的定义,包括非焊接瓶式容器和储气井。

【A2.1 非焊接瓶式容器】

【A2.2 储气井】

【A2.3 简单压力容器(注 A)】

【A3 压力等级划分】

【A4 用途划分】