ICS 23.020.30
CCS J 74

DB63

青 海 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

超设计使用年限压力容器定期检验规范

点击此处添加标准名称的英文译名

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022 年 7 月 1 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

青海省市场监督管理局　　发 布

目　　次

前　　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 定期检验通用要求 2
5 定期检验程序 3
6 资料审查及服役工况调查 4
7 损伤模式识别及时间相关性判定 4
8 损伤与预期寿命相关性判定 4
9 检验方案及实施 7
10 检验结果及意见通知书发放 9
11 检验报告 9
12 信息数据更新及上报 10

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国特种设备检测研究院提出。

本文件由青海省市场监督管理局归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、青海省市场监督管理局特种设备安全监察局、青海盐湖镁业有限公司、海西州质量技术检验检测中心、青海汇信资产管理有限责任公司、青海丽豪半导体材料有限公司、青海中特检特种设备检测有限公司、格尔木市市场监督管理局信息中心

本文件主要起草人：路笃辉、张登宇、邓进、曹生宁、王目凯、王新慧、丁彦龙、李恒、赵金强、包忠斌、李晋健、王中军、张生旺、张立、成章文、杨剑、李成、盖强

本文件由青海省市场监督管理局监督实施。

超设计使用年限压力容器定期检验规范

1 范围

本文件规定了超设计使用年限压力容器定期检验通用要求和详细的检验程序。

本文件适用于TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》规定应进行定期检验且超出设计使用年限继续使用的金属制压力容器。

注：临近设计使用年限不满1年的固定式压力容器，其定期检验可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
GB/T 6479 高压化肥设备用无缝钢管
GB/T 9948 石油裂化用无缝钢管
GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
GB/T 26610.4-2014 承压设备系统基于风险的检验实施导则 第4部分：失效可能性定量分析方法
GB/T 30579 承压设备损伤模式识别
DL/T 674-1999 火电厂用20钢珠光体球化评级标准
DL/T 773-2016 火电厂用12Cr1MoV钢球化评级标准
DL/T 786-2001 碳钢石墨化检验及评级标准
DL/T 787-2001 火力发电厂用15CrMo钢球化评级标准
DL/T 999-2006 电站用2.25Cr-1Mo钢球化评级标准
NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
TSG 08-2017 特种设备使用管理规则
TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超设计使用年限压力容器

使用时间超出设计文件中规定的设计使用年限的压力容器。

注1：使用时间自首次投用日期起算；

注2：部分主要受压元件达到设计使用年限的，整台压力容器以设计使用年限短的为准；

注3：设计文件中未规定设计使用年限，但使用时间超过20年的压力容器视为超设计使用年限压力容器；

注4：对于采用疲劳设计的，指超过设计疲劳循环次数的压力容器。

3.2

损伤模式

压力容器在外部机械载荷、介质环境、热载荷等单独或共同作用下，造成材料性能下降、结构不连续或承载能力下降的潜在表现形式。

注：本文件所指损伤模式，专指GB/T 30579中的损伤模式，大类包括腐蚀减薄、环境开裂、材质劣化、机械损伤和其它损伤。

3.3

与时间相关的损伤模式

损伤形态随时间变化、损伤或劣化程度随时间累积，且时间是失效的控制因素的损伤模式。

3.4

损伤与预期寿命相关

存在与时间相关的损伤模式的压力容器，在临近或超出设计使用年限后继续使用，其损伤劣化趋势出现进一步加剧。

4 定期检验通用要求

4.1 一般原则

4.1.1 超设计使用年限压力容器的定期检验，应根据不同工况，识别压力容器的潜在损伤模式，判定损伤模式与时间的相关性、判定损伤与预期寿命的相关性，制定具有针对性的检验方案进行定期检验。

4.1.2 对于设计文件已注明无法进行定期检验的超设计使用年限压力容器，宜办理停用。

4.1.3 对于不能按期进行定期检验的超设计使用年限压力容器，应参照 TSG 21-2016 第 8.1.7.3 款规定执行。

4.2 检验机构及人员要求

4.2.1 检验机构

4.2.1.1 采用本文件对超设计使用年限压力容器实施定期检验的机构，除应具有特种设备安全监察部门核准的压力容器定期检验资质并按核准的检验范围从事检验工作外，还应具有失效分析和风险评估经验，且具备按本文件实施检验的人员和仪器设备方面的能力。

4.2.1.2 采用本文件对超设计使用年限压力容器实施定期检验的机构，应在其质量体系中规定符合本文件要求的程序性文件，并对压力容器定期检验报告的真实性、准确性和有效性负责。

4.2.2 检验人员

采用本文件对超设计使用年限压力容器实施定期检验的人员，除应具备相应的特种设备检验检测人员资质外，还应具备风险评估或损伤模式识别的经验和能力，并参加过与本文件相关的技术培训。

4.3 使用单位要求

4.3.1 超设计使用年限压力容器使用单位，应当在定期检验有效期届满的 2 个月前向检验机构申报定期检验，并在定期检验实施前提供检验所需要的各项资料，且对所提供资料的完整性、真实性和有效性负责。

4.3.2 经检验合格的超设计使用年限压力容器，使用单位应按照 TSG08-2017 第 3.8.5 条款办理变更登记。

5 定期检验程序

超设计使用年限压力容器定期检验的一般程序见图1。

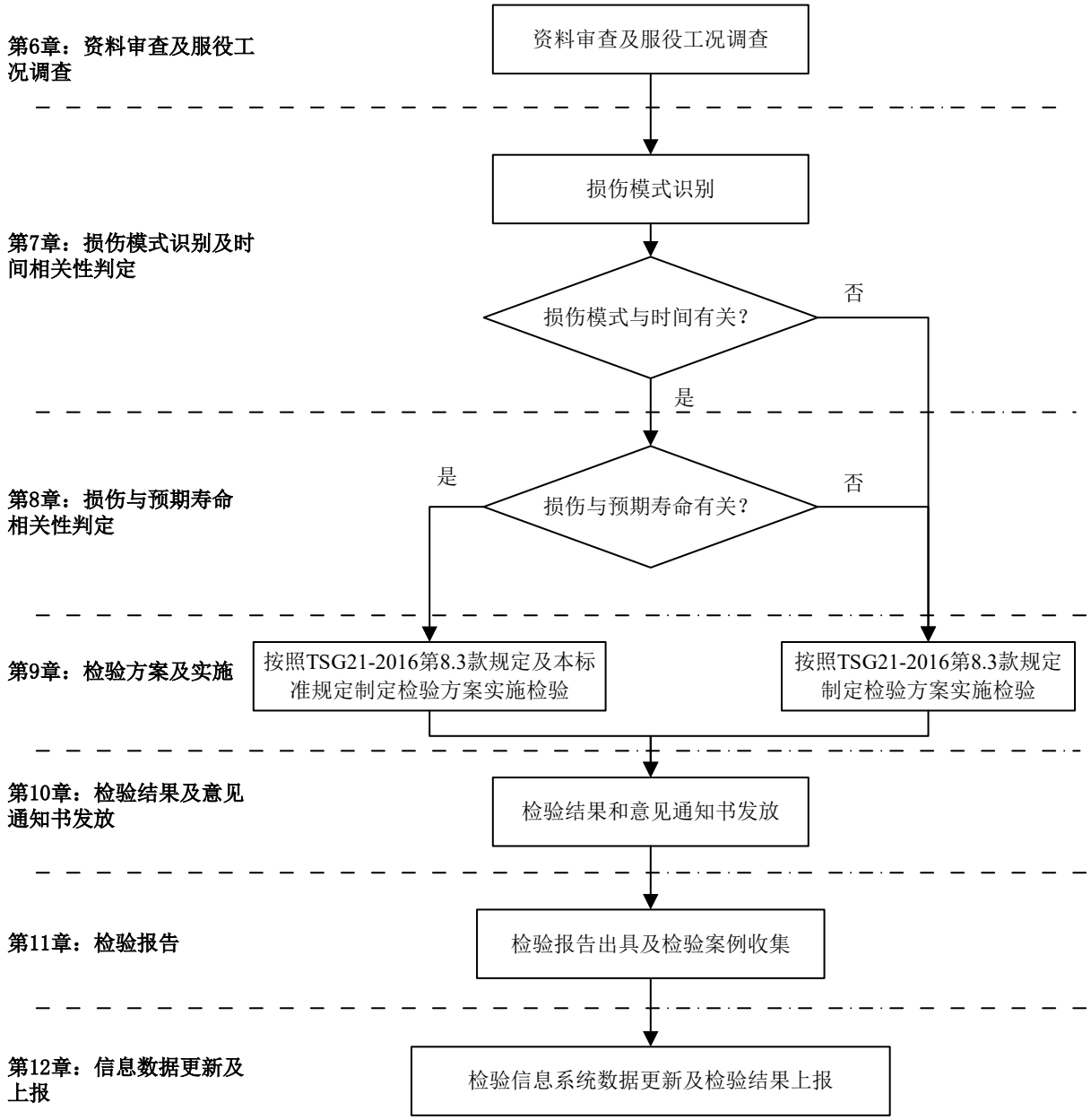

图1 超设计使用年限压力容器定期检验流程

6 资料审查及服役工况调查

6.1 超设计使用年限压力容器定期检验前，检验人员一般应审查以下资料：

a) 压力容器设计、制造（安装）资料，包括：

1) 设计图样、强度计算书和使用说明书；

2) 质量证明书、竣工图；

3) 安装（含现场组装）资料等；

b) 工艺运行及操作资料，包括：

1) 操作规程；

2) 运行参数；

3) 介质成分及物性参数等；

c) 检验、维修和改造资料：

1) 《使用登记证》、《特种设备使用登记表》等注册登记资料；

2) 近三次定期检验报告和年度检查报告（如果有）；

3) 风险评估报告（如果有）；

4) 在线监检测报告（如果有）；

5) 维修和改造计划、记录（如果有）等。

6.2 检验人员应调查压力容器设计使用条件和实际操作工况之间的差异，重点关注介质成分及其变化、设计腐蚀裕量与实际腐蚀情况、设计循环载荷条件和频次与实际值的差异、设计温度和压力与实际操作温度和压力的差异以及严重损伤历史及其原因等。

6.3 检验人员认为有必要的其它资料。

7 损伤模式识别及时间相关性判定

检验人员在对超设计使用年限压力容器实施检验前，应参照GB/T 30579和GB/T 26610.4-2014 识别潜在的损伤模式，典型的与时间相关的损伤模式通常包括但不限于表1所列内容。

表1 典型的与时间相关的损伤模式及损伤形态

损伤模式大类	损伤模式小类	损伤形态简述
腐蚀减薄	所有损伤模式	均匀减薄、局部减薄、分散的点腐蚀
材质劣化	球化	金相组织变化形成球状碳化物、强度降低、变形
	石墨化	金相组织变化、裂纹、孔洞、强度降低、脆性断裂
	回火脆化	金相组织变化、韧脆转变温度升高
机械损伤	机械疲劳	断口疲劳辉纹
	振动疲劳	裂纹
	接触疲劳	接触表面呈现麻点、有疲劳辉纹痕迹
	热疲劳（含棘轮效应）	裂纹、塑性变形
	蠕变	蠕变孔洞、蠕变变形、裂纹
其它损伤	高温氢腐蚀	脱碳、鼓泡、裂纹、力学性能下降

8 损伤与预期寿命相关性判定

8.1　对于存在腐蚀减薄、机械疲劳、振动疲劳、接触疲劳、热疲劳（含棘轮效应）损伤模式的压力容器，均应判定为损伤与预期寿命相关。

8.2　对于存在高温氢腐蚀损伤模式的压力容器，当材料为碳钢、钼钢、铬钼钢时，高温氢腐蚀造成压力容器内表层出现脱碳，应判定为损伤与预期寿命相关；否则，应判定为损伤与预期寿命无关。

8.3　对于存在球化、石墨化损伤模式的超设计使用年限压力容器，应按以下要求判定损伤与预期寿命的相关性，见图 2:

a)　服役温度低于 375℃（碳钢）、425℃（铬钼钢）、475℃（铬钼钒钢）或 525℃（奥氏体不锈钢）的压力容器，应判定为损伤与预期寿命无关；

b)　对于服役温度高于 375℃（碳钢）、425℃（铬钼钢）、475℃（铬钼钒钢）或 525℃（奥氏体不锈钢）的压力容器，应参照 DL/T 674-1999（碳钢）、DL/T 773-2016（1Cr-Mo-V 钢）、DL/T 787-2001（1Cr-Mo 钢）、DL/T 999-2006（2.25Cr-1Mo 钢）以及 DL/T 786-2001 标准进行球化及石墨化评级。同时符合以下情况，应判定为损伤与预期寿命相关；否则，应判定为损伤与预期寿命无关：

1)　球化 3 级及以上（原金相组织为珠光体的碳钢、低合金钢）或球化 4 级及以上（原金相组织为贝氏体的铬钼钢）或石墨化 3 级及以上；

2)　历次检验出现明显的球化或石墨化劣化趋势。

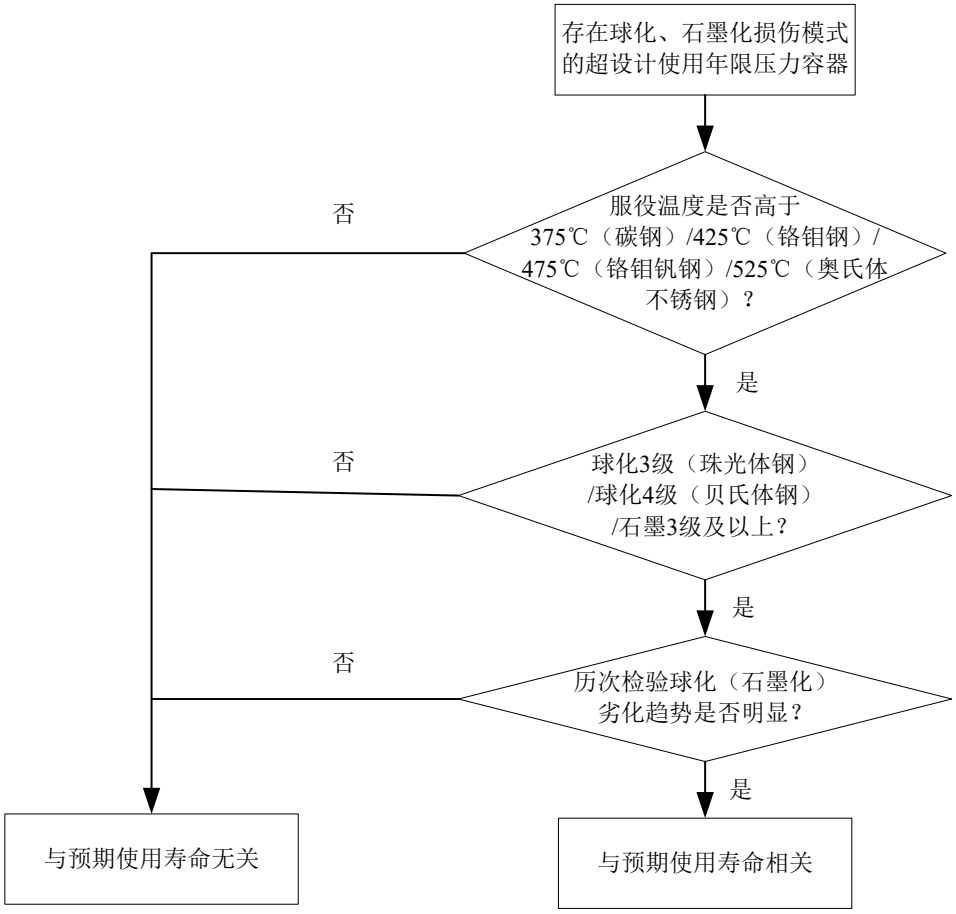

图2　存在球化、石墨化损伤模式的压力容器损伤与预期寿命相关性判断方法

8.4　对于存在回火脆化损伤模式的压力容器，且材料为 Cr-Mo 钢、实际操作温度为 345~595℃时，应判定为损伤与预期寿命相关；否则，应判定为损伤与预期寿命无关，如图 3。另外，对于累计服役时间超过 30 年的加氢反应器，应判定为损伤与预期寿命相关。

8.5　对于存在蠕变损伤模式的超设计使用年限压力容器，应首先按照以下公式确定评价温度 T_{EVAL}：

$$T_{EVAL}=\begin{cases} T_{MAX}，\text{当壳体仅存在环焊缝时} \\ T_{MAX}+14℃，\text{当壳体存在至少一条纵焊缝时} \end{cases}$$

式中：T_{MAX}——压力容器正常工况最高操作温度。

当T_{EVAL}<T_C（T_C为临界控制温度，推荐值见表2~表4）时，应判定为损伤与预期寿命无关；否则，应判定为损伤与预期寿命相关。

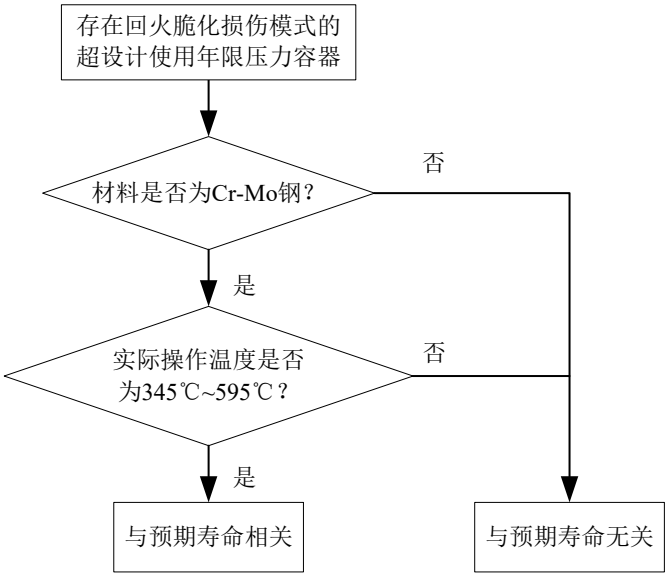

图3　存在回火脆化损伤模式的压力容器损伤与预期寿命相关性判断方法

表2　常见钢板蠕变损伤模式临界控制温度 T_c 推荐值

材料牌号	材料标准	使用状态	T_c（℃）
Q245R、Q345R	GB/T 713	热轧,控轧,正火	375
18MnMoNbR	GB/T 713	正火+回火	410
15CrMoR、14Cr1MoR、12Cr2Mo1R、12Cr1MoVR、12Cr2Mo1VR	GB/T 713	正火+回火	450
0Cr18Ni10Ti（S32168）	GB/T 24511	-	535
0Cr25Ni20（S31008）	GB/T 24511	-	560
0Cr18Ni9（S30408）、1Cr19Ni9（S30409）、0Cr17Ni12Mo2（S31608）、0Cr19Ni13Mo3（S31708）	GB/T 24511	-	585

表3　常见钢管蠕变损伤模式临界控制温度 T_c 推荐值

材料牌号	材料标准	使用状态	T_c（℃）
10	GB/T 9948	热轧、正火	375
20/20G	GB/T 5310、GB/T 9948、GB/T 6479	热轧、正火	375
16Mn	GB/T 6479	正火	375
12CrMo、15CrMo	GB/T 9948	正火+回火	450
1Cr5Mo	GB/T 9948	退火	450
12Cr2MoG、12Cr1MoVG	GB/T 5310	正火+回火	450
0Cr18Ni10Ti（S32168）	GB/T 13296、GB/T 14976	-	535
0Cr25Ni20（S31008）	GB/T 13296、GB/T 14976	-	560
0Cr18Ni9（S30408）、0Cr17Ni12Mo2（S31608）、0Cr19Ni13Mo3（S31708）	GB/T 13296、GB/T 14976	-	585
1Cr19Ni9（S30409）	GB/T 13296	-	585

表4　常见锻件蠕变损伤模式临界控制温度 T_c 推荐值

材料牌号	材料标准	使用状态	T_c（℃）
20	NB/T 47008	正火、正火+回火	375
16Mn	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	385
20MnMo、20MnMoNb	NB/T 47008	调质	410
15CrMo、14Cr1Mo、12Cr2Mo1、12Cr1MoV、12Cr2Mo1V、12Cr3Mo1V、1Cr5Mo	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
0Cr18Ni10Ti（S32168）	NB/T 47010	-	535
0Cr25Ni20（S31008）	NB/T 47010	-	560
0Cr18Ni9（S30408）、1Cr19Ni9（S30409）、0Cr17Ni12Mo2（S31608）	NB/T 47010	-	585

9　检验方案及实施

9.1　超设计使用年限压力容器检验前，检验机构应当参照本文件第 6 至 8 章节的调查判定结果，并结合本章的规定制定检验方案，检验方案审查批准按照 TSG21-2016 第 8.2.1 款规定执行。检验方案制定基本原则如下：

a)　对于存在与时间无关的损伤模式、时间相关损伤模式且损伤与预期寿命无关的压力容器，按照 TSG 21-2016 第 8.3 款规定制定检验方案进行检验；

b)　对于存在时间相关损伤模式且损伤与预期寿命相关的压力容器，除按照 TSG 21-2016 第 8.3 款规定制定检验方案进行检验外，还应满足本文件第 9.2 至 9.10 节的要求。

9.2　对于存在腐蚀减薄损伤模式（损伤与预期寿命相关）的压力容器，除按照 TSG 21-2016 第 8.3 款规定进行检验外，检验人员还应根据压力容器历次壁厚测定情况，判断腐蚀严重部位和腐蚀类型：

a)　对于均匀腐蚀类型，应对腐蚀严重部位筒体进行单个筒节不少于 5 个点、封头每块板不少于 5 个点的均布壁厚测定。

b） 对于局部腐蚀，应当确定腐蚀严重部位的形状和尺寸，在腐蚀严重部位内打方格，格间距视腐蚀区域面积而定，一般为 20~50mm，并对落在腐蚀区域内的每个交点进行壁厚测定，如图 4 所示。

c） 对于分散的点腐蚀，应对腐蚀严重部位点腐蚀深度进行详细测量。

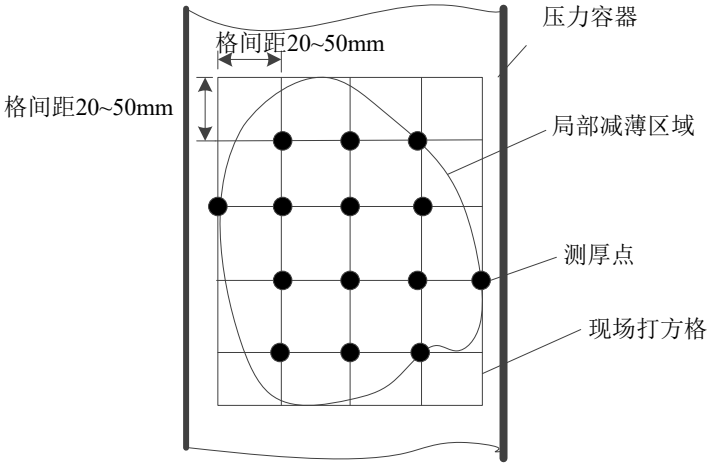

图4 局部腐蚀壁厚测定示例

9.3 对于存在球化损伤模式且与预期寿命相关的压力容器，应对高温部位、应力集中部位、变形区等部位进行硬度检测和不低于 20%的表面缺陷检测，若硬度值明显降低，应进行金相检测，必要时进行合于使用评价。

9.4 对于存在石墨化损伤模式且与预期寿命相关的压力容器，应对高温部位、应力集中部位、变形区等部位进行金相检测和不低于 30%的表面缺陷检测，必要时进行合于使用评价。

9.5 对于存在回火脆化损伤模式且与预期寿命相关的压力容器，应重点对历史检验结果复查，并进行焊缝表面缺陷及埋藏缺陷检测，比例不低于 30%（检测部位应与上次定期检验部位不少于 10%焊缝总长度重合），必要时进行合于使用评价。

9.6 对于存在机械疲劳或振动疲劳损伤模式（损伤与预期寿命相关）的压力容器，应对应力集中部位、怀疑存在的振动部位进行 100%表面缺陷检测，必要时进行振动监测或合于使用评价。

9.7 对于存在热疲劳（含热棘轮）损伤模式（损伤与预期寿命相关）的压力容器，宏观检查应重点关注结构是否发生明显变形，必要时采用激光全站仪、激光自动扫描仪三维成像等技术进行变形量检测；还应对应力集中部位、局部温差梯度较大的部位进行 100%表面缺陷检测，必要时进行合于使用评价。

9.8 对于存在接触疲劳损伤模式（损伤与预期寿命相关）的压力容器，宏观检查应重点关注接触面有无麻点或凹坑，并对应力集中部位、接触面进行 100%表面缺陷检测，必要时进行合于使用评价。

9.9 对于存在蠕变损伤模式且与预期寿命相关的压力容器，应对局部高温、应力集中及焊接接头部位、存在超标缺陷或进行过修理的部位以及高温区域内不等厚焊接接头、异种钢焊接接头和 T 型接头的热影响区进行 100%表面缺陷和埋藏缺陷检测。同时，在应力分析的基础上进行硬度、金相检测、综合分析蠕变损伤程度，必要时进行合于使用评价。

9.10 对于存在高温氢腐蚀损伤模式且与预期寿命相关的压力容器，应重点对历史检验结果复查，并在内表面进行焊缝表面缺陷及埋藏缺陷检测，比例不低于 50%（检测部位应与上次定期检验部位不少于 10%焊缝总长度重合），应对设备母材进行埋藏缺陷抽查，并对应力集中区域进行硬度和金相抽查；对于有衬里的压力容器，宏观检查应进行衬里剥离、脱落抽查，发现剥离、脱落情况时，应扩大抽查比例，并进行层下裂纹检测，必要时进行合于使用评价。

10 检验结果及意见通知书发放

10.1 安全状况等级评定及检验结论

超设计使用年限压力容器检验结束后，检验人员应按照TSG 21-2016第8.5款规定进行安全状况等级评定，TSG21-2016第8.5款未规定的，由检验机构综合判定安全状况等级：

a) 不应被评定为 1 级；

a) 综合评定安全状况等级为 2、3 级的，检验结论为符合要求，可以继续使用；

b) 综合评定安全状况等级为 4 级的，检验结论为基本符合要求，有条件的监控使用；

c) 综合评定安全状况等级为 5 级的，检验结论为不符合要求，不得继续使用。

10.2 检验周期的确定

10.2.1 超设计使用年限压力容器的检验周期应根据压力容器的综合评定安全状况等级，按照以下要求确定：

a) 超设计使用年限的压力容器、未规定设计使用年限但使用时间超过 20 年且不满 30 年的压力容器，安全状况等级为 2 级的，第一个检验周期一般不超过 5 年，第二个检验周期一般不超过 4 年；安全状况等级为 3 级的，检验周期一般不超过 3 年；

b) 未规定设计使用年限但使用时间超过 30 年的压力容器，安全状况等级为 2、3 级的，检验周期一般不超过 3 年；

c) 小型氨制冷装置中的超设计使用年限压力容器，安全状况等级为 2、3 级的，检验周期一般不超过 3 年。

d) 安全状况等级为 4 级的，应当监控使用，检验周期一般不超过 2 年，累计监控使用时间不超过 3 年，在监控使用期满前，应当对缺陷进行处理，否则不得继续使用；当采用合于使用评价方法进行缺陷处理时，检验周期一般根据合于使用评价结果确定。

e) 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；当采用合于使用评价方法进行缺陷处理时，检验周期一般根据合于使用评价结果确定。

10.2.2 超设计使用年限压力容器检验周期的特殊规定：

a) 出现 TSG 21-2016 第 8.1.7.1 款规定情况的压力容器，检验周期应当适当缩短；

b) 换热器的检验周期，以综合评定安全状况等级给定的检验周期和换热器管束设计使用年限中的最小值为准。

10.3 检验意见通知书发放

10.3.1 检验结论为符合要求或基本符合要求时，检验机构应在出具报告前按 TSG 21-2016 附件 K 的格式出具《特种设备定期检验意见通知书（1）》，并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。

10.3.2 检验结论为不符合要求时，检验机构应按 TSG 21-2016 附件 K 的格式出具《特种设备定期检验意见通知书（2）》将缺陷情况通知使用单位，由使用单位负责在约定的时间内处理。

10.3.3 检验人员在检验过程中如发现严重事故隐患，检验机构应当使用《特种设备定期检验意见通知书（2）》将情况及时告知使用登记机关。

11 检验报告

11.1 检验机构应当保证检验工作质量，检验时必须有记录，检验工作结束后对检验结果进行综合审定，出具综合审定意见后出具检验报告，报告的格式应当符合 TSG 21-2016 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。

11.2 检验报告的出具应当符合以下要求：

a) 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，当检验发现压力容器存在需要处理的缺陷时：
   1) 由使用单位在约定的时间内负责进行处理，处理完成并且经过检验机构确认后，再出具检验报告；
   2) 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）。
b) 超设计使用年限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；

11.3 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特种设备使用标志。

11.4 凡在定期检验过程中，发现超设计使用年限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。

12 信息数据更新及上报

12.1 使用单位、检验机构应当严格执行本文件的规定，做好超设计使用年限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，及时将所有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；

12.2 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。