



中华人民共和国国家标准

GB/T 26610.2—2014

承压设备系统基于风险的检验实施导则 第2部分：基于风险的检验策略

Guideline for implementation of risk-based inspection of
pressure equipment system—
Part 2: Risk-based inspection plan

2014-05-06 发布

2014-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/T 26610《承压设备系统基于风险的检验实施导则》分为5个部分：

- 第1部分：基本要求和实施程序；
- 第2部分：基于风险的检验策略；
- 第3部分：风险的定性分析方法；
- 第4部分：失效可能性定量分析方法；
- 第5部分：失效后果定量分析方法。

本部分为GB/T 26610的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局、合肥通用机械研究院、中国石油化工股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司、中国石油化工股份有限公司燕山分公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司、中海石油化学股份有限公司、中海壳牌石油化工有限公司、中石油石家庄炼化分公司、上海特种设备监督检验技术研究院、广东省特种设备检测院、南京锅炉压力容器检验研究院、江苏省特种设备安全监督检验研究院无锡分院。

本部分主要起草人：贾国栋、王辉、李志峰、邵珊珊、李军、关卫和、胡明东、何承厚、陈轩、戴澄、杨瑞平、罗传武、杨瑞增、吕胜杰、罗晓明、郑炯、姜海一、业成、费宏伟、徐鹏、王笑梅。

承压设备系统基于风险的检验实施导则

第2部分：基于风险的检验策略

1 范围

GB/T 26610 的本部分规定了承压设备系统基于风险的检验策略(包括检验时间、检验类型、检验方法和检验有效性等)的制定方法。

本部分适用于 GB/T 26610.1 所指的承压设备系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 26610.1 承压设备系统基于风险的检验实施导则 第1部分:基本要求和实施程序

GB/T 26610.3 承压设备系统基于风险的检验实施导则 第3部分:风险的定性分析方法

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 26610.5—2014 承压设备系统基于风险的检验实施导则 第5部分:失效后果定量分析方法

3 术语和定义

GB/T 26610.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

检验有效性 inspection effectiveness

对检验效果的定性分级评价,从高度有效到无效分为5个等级。

3.2

腐蚀回路 corrosion circuit

在一个系统中,具有相同材料类别、相似操作条件和相同损伤模式的一组设备回路。

3.3

置信度 confidence

根据来自母体的一组子样(即观测值),对表征母体的参数进行估计的统计可信程度。

4 总则

4.1 基本原则

检验策略的制定应以控制设备的风险可接受为目标,重点关注潜在损伤模式、损伤速率以及失效模式。

4.2 人员及单位要求

检验策略的制定人员应具有足够的工艺流程、材料、腐蚀、检验等知识背景和实践经验,并经过风险评估专业培训合格。检验策略的制定单位(风险评估单位)应建立相应的质量控制程序。

4.3 通用流程

4.3.1 风险分析计算

采用本部分制定检验策略前,应分别按照 GB/T 26610.4 和 GB/T 26610.5 的规定对承压设备进行失效可能性和失效后果等级的定量分析计算,按照 GB/T 26610.1 的规定确定承压设备的风险。风险的定性分析可用于定量分析前设备的筛选分析,按 GB/T 26610.3 的规定进行。

4.3.2 确定风险可接受水平

风险可接受水平由使用单位根据自身实际情况确定,但应满足 GB/T 26610.1 的规定,同时应考虑政府关于人员安全的基本要求和用人单位的社会责任。

4.3.3 制定检验策略

根据设备的风险和风险可接受水平,按照本部分的要求制定检验策略。

4.3.4 安全阀及换热管束检验策略

安全阀的检验策略见附录 A,换热管束的检验策略见附录 B。

4.4 主要内容

检验策略一般包括以下内容:

- a) 检验时间(或基于检验时间确定的检验范围);
- b) 检验类型;
- c) 检验方法和检验有效性。

5 检验时间

检验时间点一般分为评估时间点、本次停机检修时间点和预计的下次停机检修时间点。检验时间的确定应以在预计的下次停机检修时间点,设备的风险位于可接受水平之下为目标:

- a) 如果在本次停机检修时间点之前,设备的风险已达到或超过风险可接受水平,应立即实施检验;
- b) 如果在预计的下次停机检修时间点之前,设备的风险已达到或超过风险可接受水平,应在本次停机检修时间点实施检验。

设备检验时间的确定按照以上原则进行,也可以参照附录 C 确定。若同一设备的不同部件检验时间不同,则根据最近检验时间点确定设备整体的检验时间。

6 检验类型及选择原则

6.1 检验类型

6.1.1 容器的检验类型:

- a) 停机内部检验；
- b) 停机外部检验；
- c) 在线检验。

6.1.2 管道的检验类型：

- a) 停机外部检验；
- b) 在线检验。

6.2 检验类型的选择原则

6.2.1 容器检验类型的选择原则：

- a) 首次检验：具备条件时应进行停机内部检验，否则进行停机外部检验或在线检验。
- b) 非首次检验：具备条件时优先选择停机内部检验，否则进行停机外部检验或在线检验。

6.2.2 管道检验类型的选择原则：

具备条件时优先选择停机外部检验，否则进行在线检验。

6.3 在线检验的选用原则

如果不具备停机检验的条件，且在线检测方法的有效性能够达到检验策略提出的有效性级别要求，可以选用在线检验。

7 检验方法和检验有效性

7.1 检验方法

7.1.1 根据设备潜在的损伤模式及其严重程度确定检验方法和比例。检验部位应选择损伤模式发生可能性最高的区域。如果实施在线检验，选择检验方法时还应考虑从设备外部检测内部缺陷的能力和温度等操作条件对检验有效性的影响。

7.1.2 首次检验时，检验内容不仅包括使用环境下可能发生的损伤检验，还应补充对制造、安装质量的检验抽查。

7.1.3 若设备的风险以失效后果为主导，还应当考虑其他的风险控制措施。

7.2 检验有效性

7.2.1 检验有效性分级

7.2.1.1 确定检验有效性应考虑下列因素：

- a) 检验类型；
- b) 设备或部件的结构类型；
- c) 损伤模式及失效模式；
- d) 损伤速率或敏感性；
- e) 检测方法和频次；
- f) 受检区域的可检程度。

7.2.1.2 检验有效性分为5个级别，见表1。

表 1 检验有效性分级

检验有效性级别	描述
高度有效	某种检验方法准确识别某种损伤实际状态的置信度为 80%~100%
中高度有效	某种检验方法准确识别某种损伤实际状态的置信度为 60%~80%
中度有效	某种检验方法准确识别某种损伤实际状态的置信度为 40%~60%
低度有效	某种检验方法准确识别某种损伤实际状态的置信度为 20%~40%
无效	某种检验方法准确识别某种损伤实际状态的置信度小于 20%

7.2.2 检验有效性的选取原则

对于高风险的设备,应采用中高度有效及以上级别的检验方法;对于中风险和中高风险的设备,应采用中度有效及以上级别的检验方法;对于低风险的设备可以采用低度有效及以上级别的检验方法。各种检测方法对应的检验有效性级别见表 2 和表 3。

表 2 停机检测方法及有效性

检测方法	失效形式						
	减薄	表面裂纹	近表面裂纹	微裂纹/微孔	金相组织变化	尺寸变化	氢鼓泡
目视检测	1,2,3	2,3	×	×	×	1,2,3	1,2,3
纵波超声检测	1,2,3	×	×	×	×	×	1,2
横波超声检测	×	2,3	1,2,3	3,×	×	×	×
TOFD	2,3	2,3	2,3	3,×	×	×	1,2
射线成像检测	1,2,3	3,×	3,×	×	×	×	×
荧光磁粉	×	1,2	3,×	×	×	×	×
渗透	×	1,2,3	×	×	×	×	×
声发射	×	(针对活性裂纹)2,3	(针对活性裂纹)2,3	×	×	×	3,×
涡流	1,2	1,2	1,2	3,×	×	×	×
漏磁	1,2	×	3,×	×	×	×	×
尺寸测量	1,2,3	×	×	×	×	1,2	×
金相	×	2,3	2,3	2,3	1,2	×	×
超声导波	1,2,3	×	×	×	×	×	×

注:1为高度有效;2为中高度有效;3为中度有效;×为低度有效或无效。

表 3 在线检测方法及其有效性

检测方法	失效形式						
	减薄	表面裂纹	近表面裂纹	微裂纹/微孔	金相组织变化	尺寸变化	氢鼓泡
脉冲涡流测厚	1,2,3	×	×	×	×	×	×
高温纵波超声检测	1,2,3	×	×	×	×	×	1,2
高温横波超声检测	×	2,3	1,2,3	3,×	×	×	×
高温磁粉	×	1,2	3,×	×	×	×	×
在线声发射监测	×	(针对活性裂纹)2,3	(针对活性裂纹)2,3	×	×	×	3,×
超声导波	1,2,3	×	×	×	×	×	×

注：1为高度有效；2为中高度有效；3为中度有效；×为低度有效或无效。

8 检验策略的实施

8.1 使用单位应当根据检验策略，制定检验计划。检验机构应当根据检验策略和检验计划，结合现场条件，制定具体的检验方案并实施检验。

8.2 检验机构在检验过程中应详细记录检验结果，并由风险评估单位将检验结果与风险评估结果进行对比验证。

8.3 对于评估中由于某一种损伤模式导致的失效可能性大于或等于4的设备，若在检验实施过程中该损伤模式得到验证，则应扩大同一腐蚀回路中设备的检验比例。

8.4 在预计的下次停机检修时间点前，风险评估单位应根据本次检验和风险评估的对比验证结果、年度检查的结果，以及腐蚀检查和监测结果，更新评估数据，进行再评估。

附录 A
(规范性附录)
安全阀检验策略

A.1 符号

- C_{ij}^{nd} ——与第 j 种超压情况相关的安全阀开启失效后果,元;
- C_1^{nd} ——安全阀泄漏失效后果,元;
- j ——某一种超压情况;
- ndc ——超压情况次数;
- P_{ij}^{nd} ——与第 j 种超压情况相关的安全阀开启失效造成的设备超压泄漏可能性,失效次数/年;
- P_1^{nd} ——安全阀泄漏可能性,失效次数/年;
- $risk_{ij}^{nd}$ ——第 j 种超压情况下安全阀开启失效风险,元/年;
- $risk_1^{nd}$ ——所有超压情况下安全阀开启失效的总风险,元/年;
- $risk^{nd}$ ——安全阀泄漏风险,元/年;
- $risk^{nd}$ ——安全阀总风险,元/年。

A.2 基于风险的校验时间

A.2.1 安全阀风险计算

A.2.1.1 安全阀开启失效风险的计算:

- a) 某一种超压情况下安全阀开启失效的风险按式(A.1)计算:

$$risk_{ij}^{nd} = P_{ij}^{nd} \times C_{ij}^{nd} \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

- b) 所有超压情况下安全阀开启失效的总风险按式(A.2)计算:

$$risk_1^{nd} = \sum_{j=1}^{ndc} P_{ij}^{nd} \times C_{ij}^{nd} = \sum_{j=1}^{ndc} risk_{ij}^{nd} \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中, P_{ij}^{nd} 按 GB/T 26610.4—2014 附录 K 计算, C_{ij}^{nd} 按 GB/T 26610.5—2014 附录 A 计算。

A.2.1.2 安全阀泄漏风险按式(A.3)计算:

$$risk_1^{nd} = P_1^{nd} \times C_1^{nd} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中, P_1^{nd} 按 GB/T 26610.4—2014 附录 K 计算, C_1^{nd} 按 GB/T 26610.5—2014 附录 B 计算。

A.2.1.3 安全阀总风险按式(A.4)计算:

$$risk^{nd} = risk_1^{nd} + risk_1^{nd} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

A.2.2 最长校验时间

安全阀经过校验重新投入使用后,其最长校验时间为风险达到设定的可接受水平所对应的时间。

A.3 校验时间的调整

在校验过程中发现诸如裂纹、腐蚀等问题,检验人员可视其严重程度,以及对安全阀功能的影响程度适当缩短其校验时间,若存在的问题严重影响安全阀正常运行,且难以修复的,则应向使用单位提出

更换建议, 详见表 A.1。

表 A.1 校验时间调整表

序号	校验发现的问题	处理方式	
1	密封面磨损	轻度	不影响校验时间
		中度	缩短校验时间
		重度	缩短校验时间
		重度且无法修复	更换
2	阀盖, 调节螺杆腐蚀粘连无法修复	更换	
3	阀体内部腐蚀	视其严重程度缩短校验时间或更换	
4	阀座, 阀芯损坏严重	更换	
5	密封压力达不到试验要求	更换	
6	调节阀锈死	更换	
7	阀座裂纹	更换	
8	调节螺母锈死	更换	
9	阀瓣裂纹	更换	
10	弹簧断裂	更换	
11	出口堵死, 无法消除	更换	
12	阀体不接触介质部位裂纹	视其严重程度缩短校验时间或更换	

附 录 B
(规范性附录)
换热管束检验策略

B.1 符号

β	——Weibull 形状参数;
η	——Weibull 特征寿命参数, 年;
C_i^{inc}	——管束失效后果, 元;
$C_{i,plan}^{inc}$	——基于管束计划更换周期下的管束失效后果, 元;
$cost_{unit}$	——管束更换费用, 元;
$cost_{env}$	——管束泄漏导致的环境影响费用, 元;
$cost_{insp}$	——管束检验费用, 元;
$cost_{maint}$	——管束检修费用, 包括抽出管束和准备好检验或更换的费用, 元;
$cost_{reb}(tr)$	——管束计划更换周期内, 管束更换的费用, 元/年;
$cost_{prod}$	——停产对管束进行维修或更换导致的生产损失, 元;
$cost_{total}(tr)$	——管束计划更换周期内, 管束更换计划的总费用, 元/年;
$D_{d,stop}$	——计划停机检修管束所需要的时间, 天;
ERI _i	——管束预期剩余服役年限, 年;
ESI _{in}	——管束预期服役年限, 年;
ESL _{plan}	——管束计划更换周期内, 管束失效的平均服役年限, 年;
ESL _{pass}	——管束计划更换周期内, 管束没有失效的平均服役年限, 年;
HIR _{ij}	——在本次停机检修时间和预计的下次停机检修时间 t_1 和 t_2 之间预期风险增量, 元/年;
$\Gamma(x)$	——关于 x 的 Γ 方程;
LEF	——管束预期服役年限的延寿因子;
MTTF	——平均无故障工作时间, 年;
N	——换热器管束历次更换数量;
PBL_{adj}	——基于检验修正的管束预期服役年限, 年;
P_i^{inc}	——管束失效概率, 次/年;
P_{max}^{inc}	——基于使用单位风险可接受水平得到的最大可接受失效概率, 次/年;
r	——换热器历次失效的管束数量;
$rate_{inc}$	——管束故障导致的产能下降百分比, %;
ROR	——收益率;
RWT _i	——失效指数, 定义为剩余壁厚的分数;
$risk_i^{inc}$	——管束失效风险, 元/年;
$risk_i^{inc}(tr)$	——在管束计划更换周期内, 管束失效风险, 元/年;
$risk_{acc}$	——风险可接受水平, 元/年;
t_{cor}	——管束的减薄速率, mm/年;
t	——时间, 年;
t_{dur}	——管束的服役时间, 年;
$tadj_{dur}$	——管束调整后的服役时间, 年;

- t_r —— 管束计划更换周期,年;
- $t_{dur,i}$ —— 换热器中第 i 个管束的服役时间,年;
- t_{insp} —— 换热管实测平均壁厚,mm;
- t_{orig} —— 换热管制造平均壁厚,mm;
- t_s —— 管束计划更换周期优化的时间步长,天;
- $unit_{prod}$ —— 装置每天的生产利润,元/天。

B.2 最大可接受失效概率

换热管束最大可接受失效概率是换热管失效后果、使用单位设定的风险可接受水平的函数,其关系见式(B.1):

$$P_{f,max}^{acc} = \frac{risk_{igt}}{C_{f,acc}} \dots\dots\dots(B.1)$$

B.3 检验时间

在换热管束风险达到使用单位设定的风险可接受水平 $risk_{acc}$ 的日期前应对其实实施检验,选择的检验有效性应保证换热管束运行至下次停机检修时间点时,其风险不超过可接受水平。

B.3.1 检验时间的初始值

检验时间的初始值按式(B.2)计算:

$$t = \eta \cdot (-\ln[1 - P_{f,max}^{acc}])^{\frac{1}{\beta}} \dots\dots\dots(B.2)$$

其中:

取 $P_{f,max}^{acc} = P_{f,max}^{acc}$; β 取默认值 3; η 按式(B.3)和式(B.4)计算,结果取小值:

a) 利用平均无故障工作时间计算,见式(B.3):

$$\eta = \frac{MTTF}{\Gamma(1 + \frac{1}{\beta})} \dots\dots\dots(B.3)$$

b) 利用特定的管束历史情况计算,见式(B.4):

$$\eta = \left(\sum_{i=1}^N \frac{t_{dur,i}^{\beta}}{r} \right)^{\frac{1}{\beta}} \dots\dots\dots(B.4)$$

B.3.2 首检情况下的检验时间

一般取式(B.2)中检验时间初始值的一半。

B.3.3 有检验历史情况下的检验时间

B.3.3.1 对于主导损伤模式为均匀腐蚀的管束,根据管束壁厚测量结果预估将来的失效日期,其计算程序如下:

a) 换热管束的壁厚减薄速率可以根据其制造平均壁厚和上次检验实测平均壁厚按式(B.5)进行计算:

$$t_{rate} = \frac{t_{orig} - t_{insp}}{t_{insp}} \dots\dots\dots(B.5)$$

b) 根据剩余壁厚分数确定失效时间点,按式(B.6)计算基于检验修正的管束预期服役年限 PBL_{adj} :

$$PBL_{adj} = \frac{RWT_{I} \cdot t_{ung}}{t_{rate}} \dots\dots\dots(B.6)$$

剩余壁厚分数 RWT, 默认值为 0.75, 也可以自行赋值。

B.3.3.2 若无法获取壁厚减薄速率计算所需要的换热管壁厚数据, 或者损伤模式不仅仅是均匀腐蚀, 则根据自上次检验以来管束预期剩余服役年限 ERL, 计算基于检验修正的管束预期服役年限 PBL_{adj} :

$$PBL_{adj} = t_{dur} + ERL \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

B.3.3.3 若根据式(B.6)或式(B.7)确定了基于检验修正的管束预期服役年限, 则通过增加基于检验修正的管束预期服役年限作为另外的失效点, 按式(B.8)可以确定管束修正的 Weibull 特征寿命参数:

$$\eta_{mod} = \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^N t_i^r \right)^{\frac{1}{r}} \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

B.3.3.4 将 η_{mod} 代替式(B.2)中的 η , 则可计算出有检验历史情况下的检验时间。

B.3.4 管束延寿措施的影响

换热管束检验之后的延寿方法以及管束预期服役年限延寿因子 LEF 见表 B.1, 根据式(B.9)以及 LEF 值计算调整后的服役时间 $t_{adj,dur}$:

$$t_{adj,dur} = (1 - LEF)t_{dur} \quad \dots\dots\dots (B.9)$$

式(B.9)中, 实际的管束服役时间 t_{dur} 可以根据其最初安装日期以及实施延寿处理时的检验日期计算, 见式(B.10):

$$t_{dur} = \text{实施延寿处理的检验日期} - \text{最初安装日期} \quad \dots\dots\dots (B.10)$$

调整后的安装日期可以根据实施延寿处理的检验日期减去调整后的服役时间 $t_{adj,dur}$ 计算见式(B.11):

$$\text{调整后的安装日期} = \text{实施延寿处理的检验日期} - t_{adj,dur} \quad \dots\dots\dots (B.11)$$

表 B.1 管束延寿方法

延寿方法	管束预期服役年限延寿因子 LEF
堵管	0.10
管束旋转 180°	0.50
更换部分管子	0.50
更换全部管子	0.75
更换备用管束	1.00

B.4 经济成本分析确定换热管束检验或更换策略

B.4.1 在本次停机检修时间点, 换热管束不实施检验或者不更换, 直至预计的下次停机检修时间点所造成的预期风险增量 EIR_{if}^0 可以根据式(B.12)进行计算:

$$EIR_{if}^0 = C_{if}^{abs} \left[1 - \left(\frac{1 - P_f^{abs}(t_2)}{1 - P_f^{abs}(t_1)} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (B.12)$$

式中:

- t_1 本次停机检修时间点;
- t_2 预计的下次停机检修时间点。

B.4.2 根据式(B.12)计算实施检验或者更换的费用与不采取措施造成的风险增量进行比较, 若检验或

者更换的成本低于预计的风险增量,则应进行检验或更换,判断条件如下:

$$(\text{cost}_{\text{insp}} + \text{cost}_{\text{main}}) \cdot (1 + \text{ROR}) < \text{EIR}_{\text{insp}}^{\text{pl}} \quad \text{.....(B.13)}$$

$$(\text{cost}_{\text{unpl}} + \text{cost}_{\text{main}}) \cdot (1 + \text{ROR}) < \text{EIR}_{\text{unpl}}^{\text{pl}} \quad \text{.....(B.14)}$$

若满足式(B.13)则检验,若满足式(B.14)则更换。

B.5 管束最优更换周期

B.5.1 一般原则

换热管束失效产生的所有相关费用与周期性计划停机更换管束的所有相关费用总和最小时,管束更换周期值最优。

B.5.2 造成非计划停机的失效风险

管束计划更换周期内,管束失效风险按式(B.15)来计算:

$$\text{risk}^{\text{pl}}(\text{tr}) = C_{\text{f}}^{\text{pl}} \cdot P_{\text{f}}^{\text{pl}}(\text{tr}) \quad \text{.....(B.15)}$$

式(B.15)中, C_{f}^{pl} 按式(B.16)计算得到:

$$C_{\text{f}}^{\text{pl}} = \text{cost}_{\text{prod}} + \text{cost}_{\text{cov}} + \text{cost}_{\text{unpl}} + \text{cost}_{\text{maint}} \quad \text{.....(B.16)}$$

B.5.3 计划停机的管束更换费用

管束计划更换周期内,管束更换费用按式(B.17)来进行计算:

$$\text{cost}_{\text{pl}}(\text{tr}) = C_{\text{pl}}^{\text{pl}} \cdot [1 - P_{\text{f}}^{\text{pl}}(\text{tr})] \quad \text{.....(B.17)}$$

式(B.17)中, $C_{\text{pl}}^{\text{pl}}$ 按式(B.18)计算:

$$C_{\text{pl}}^{\text{pl}} = \text{unit}_{\text{prod}} \cdot \left(\frac{\text{rate}_{\text{red}}}{100} \right) \cdot D_{\text{pl,pl}} + \text{cost}_{\text{cov}} + \text{cost}_{\text{unpl}} + \text{cost}_{\text{maint}} \quad \text{.....(B.18)}$$

B.5.4 总费用的优化

管束预期服役年限内,总费用按式(B.19)计算:

$$\text{cost}_{\text{total}}(\text{tr}) = \frac{\text{risk}^{\text{pl}}(\text{tr}) + \text{cost}_{\text{pl}}(\text{tr})}{365.24 \cdot \text{ESL}_{\text{pl}}} \quad \text{.....(B.19)}$$

管束预期服役年限按式(B.20)计算:

$$\text{ESL}_{\text{pl}} = \text{ESL}_{\text{pl},n} + \text{ESL}_{\text{pl},n} \quad \text{.....(B.20)}$$

管束计划更换周期内,管束失效的平均服役年限和没有失效的平均服役年限分别按照式(B.21)和式(B.22)计算:

$$\text{ESL}_{\text{pl},n} = \text{ESL}_{\text{pl},n-1} + \text{tr}_n (P_{\text{f}}^{\text{pl}} - P_{\text{f}}^{\text{pl},n-1}) \quad \text{.....(B.21)}$$

$$\text{ESL}_{\text{pl},n} = t_n (1 - P_{\text{f}}^{\text{pl}}) \quad \text{.....(B.22)}$$

B.5.5 计算程序

总费用达到最小的时间即为换热管束最优更换周期,按如下步骤确定其最优更换周期:

a) 选择时间步长 t_n 和增量数目 n , 时间步长的单位为天,最大值为 7, 增量数目 n 的初始值为 1, 每次的增量均为 1, 表示为 $n = n + 1$ 。

b) 确定管束计划更换周期 tr_n , 可通过增量数目 n 与时间步长 t_n 相乘得到, 见式(B.23):

$$\text{tr}_n = n \cdot t_n \quad \text{.....(B.23)}$$

c) 根据式 $P_{\text{f}}^{\text{pl}}(\text{tr}_n) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\text{tr}_n}{\gamma_{\text{max}}}\right)^2\right]$, 计算当增量为 n 时, 在计划更换周期内的管束失效概

率 $P_{\text{fail}}(tr_n)$, 式中的时间单位为年。

- d) 根据式(B.21)计算在计划更换周期前, 可能会发生失效的管束平均服役年限 $ESL_{t,n}$ 。
- e) 根据式(B.22)计算在计划更换周期前, 不会发生失效的管束平均服役年限 $ESL_{p,n}$ 。
- f) 根据式(B.20)计算管束预期服役年限 ESL_n , 注意起始条件为 $n=1, tr=t_i, ESL_{t,i-1}=0.0$ 。
- g) 根据式(B.15)计算计划更换周期内的管束失效风险 $risk_n(tr)$ 。
- h) 根据式(B.17)计算计划更换周期内的管束更换费用 $cost_{\text{reb}}(tr)$ 。
- i) 根据式(B.19)计算计划更换周期下管束预期服役年限内的总费用 $cost_{\text{total}}(tr)$ 。
- j) 增量增加 1 ($n=n+1$), 重复 B.5.5 b)~B.5.5 i) 的计算过程, 直到计算出 $cost_{\text{total}}(tr)$ 最小值为止。
- k) 管束最佳更换周期 t_{opt} 为 $cost_{\text{total}}(tr)$ 最小时的 tr 值。

附录 C
(资料性附录)
推荐的检验范围

C.1 容器的检验范围见表 C.1。

表 C.1 容器的检验范围

本次停机检修时间点的风险等级	检验范围	
	一般保守程度	较高保守程度
高风险	100%	100%
中高风险	≥60%	≥75%
中风险	≥40%	≥50%
低风险	≥20%	≥25%

C.2 管道的检验范围见表 C.2。

表 C.2 管道的检验范围

本次停机检修时间点的风险等级	检验范围	
	一般保守程度	较高保守程度
高风险	100%	100%
中高风险	≥50%	≥60%
中风险	≥30%	≥40%
低风险	≥10%	≥20%

C.3 按照表 C.1 和表 C.2 给出的范围实施的检验,包括本次停机检修时间点实施的停机检验和其他时间的在线检验。

C.4 首次检验时,建议按照较高保守程度确定检验范围。

C.5 确定检验范围时,应保证覆盖所有腐蚀回路,并优先抽检满足以下条件的设备:

- a) 失效可能性大于或等于 3 的;
- b) 材质劣化和环境开裂敏感性较高的;
- c) 有衬里的;
- d) 超过设计寿命的。

C.6 对于在本次停机检修时间点前为高风险的设备,应在停机前采取在线检验或监测等措施降低风险。

C.7 对于在预计的下次停机检修时间点前为高风险的设备,在本次停机检修时间点到下次停机检修时间点之间,应采取在线检验等措施降低风险。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
承压设备系统基于风险的检验实施导则
第 2 部分：基于风险的检验策略
GB/T 26610.2—2014

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室：(010)64275323 发行中心：(010)51780235
读者服务部：(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 28 千字
2014 年 7 月第一版 2014 年 7 月第一次印刷

书号：155066·1 49478 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68510107



GB/T 26610.2-2014