



中华人民共和国国家标准

GB/T 26610.4—2022

代替 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

Guideline for implementation of risk-based inspection of
pressure equipment system—
Part 4: Quantitative analysis approach of failure likelihood

2022-07-11 发布

2023-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 失效可能性定量分析	2
6 同类设备平均失效概率	2
7 管理系统评价系数	3
8 设备修正系数	4
9 超标缺陷影响系数	13
附录 A (规范性) 失效概率计算表	15
附录 B (规范性) 管理系统评价工作手册	18
附录 C (规范性) 减薄次因子确定	28
附录 D (规范性) 应力腐蚀开裂次因子确定	85
附录 E (规范性) 高温氢腐蚀(HTHA)次因子确定	104
附录 F (规范性) 炉管损伤次因子确定	107
附录 G (规范性) 机械疲劳损伤次因子确定	116
附录 H (规范性) 设备衬里破坏次因子确定	121
附录 I (规范性) 外部损伤次因子确定	126
附录 J (规范性) 脆性断裂次因子确定	139
附录 K (规范性) 安全泄放装置失效可能性定量分析	149
附录 L (规范性) 热交换器管束失效可能性定量分析	157
参考文献	159

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。

本文件是 GB/T 26610《承压设备系统基于风险的检验实施导则》的第 4 部分。GB/T 26610 已经发布了以下部分：

- 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。

本文件代替 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》，与 GB/T 26610.4—2014 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了失效可能性等级划分标准，增加了“设备修正系数”（见表 1，2014 年版的表 1）；
- 更改了同类设备平均失效概率值（见表 2，2014 年版的表 2）；
- 增加了设备结构合理性因子相关内容（见 8.5.2.4）；
- 更改“设计寿命”为“设计使用年限”（见 8.5.4，2014 年版的 7.5.4）；
- 更改了失效概率计算程序（见附录 A 的表 A.1，2014 年版附录 A 的表 A.1）；
- 增加了“检测厚度”“计算厚度”基本数据（见附录 C 的表 C.1）；
- 更改了均匀腐蚀和局部腐蚀的定义（见表 C.1，2014 年版的表 C.1）；
- 增加了容器、管道 A_n 的计算公式（见 C.4.3）；
- 增加了酸性水腐蚀、冷却水腐蚀、二氧化碳腐蚀对应的腐蚀速率计算模块（见 C.13、C.14、C.15）；
- 更改了分析硫化物应力腐蚀所需的基本数据表（见附录 D 的表 D.13，2014 年版附录 D 的表 D.13）；
- 删除了水相中硫化氢超过 50 mg/L 才有碳酸盐应力腐蚀开裂敏感性的限制（见 2014 年版的 D.9.2）；
- 增加了数值单位（见表 D.14、表 D.15、表 D.17、表 D.18、表 D.20）；
- 更改了连多硫酸应力腐蚀开裂分析所需的基本数据（见表 D.21，2014 年版的表 D.21）；
- 更改了连多硫酸应力腐蚀开裂敏感性确定程序图（见图 D.8，2014 年版的图 D.8）；
- 增加了小于或等于 38 °C 和大于 149 °C 时氯化物应力腐蚀开裂敏感性的判断依据（见表 D.24、表 D.25）；
- 降低了筛选高温氢腐蚀的门槛（见附录 E 的表 E.1，2014 年版附录 E 的表 E.1）；
- 更改了考虑蠕变的炉管应力极限值单位（见附录 F 的表 F.5，2014 年版附录 F 的表 F.5）；
- 更改了 Larson Miller 参数计算公式（见表 F.6，2014 年版的表 F.6）；
- 更改了管道系统的复杂度表（见附录 G 的表 G.8，2014 年版附录 G 的表 G.8）；
- 更改了安全泄放装置失效可能性计算的部分公式[见附录 K 的公式(K.3)~公式(K.6)，2014 年版附录 K 的公式(K.3)~公式(K.6)]；
- 增加了爆破片的检验有效性级别和默认 weibull 参数（见表 K.1、表 K.5、表 K.9）；
- 增加了安全泄放装置失效可能性等级划分表（见表 K.11）；

——增加了热交换器管束失效可能性等级划分表(见附录 L 的表 L.1)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件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。

本文件起草单位:合肥通用机械研究院有限公司、国家市场监督管理总局、中国石油化工股份有限公司、中国特种设备检测研究院、中国石油天然气股份有限公司炼油与化工分公司、中国石油化工股份有限公司广州分公司、中国石化青岛炼化有限责任公司、广州特种承压设备检测研究院、广东省特种设备检测研究院、中石油云南石化有限公司、中科(广东)炼化有限公司。

本文件主要起草人:陈学东、贾国栋、胡久韶、艾志斌、王建军、何承厚、刘汇源、陈炜、董杰、王辉、史进、陈照和、陈轩、程四祥、周杨、董雪林、王笑梅、杜博华、叶伟文、郭晋、李俊斌、张悦。

本文件于 2014 年首次发布,本次为第一次修订。

引 言

GB/T 26610《承压设备系统基于风险的检验实施导则》旨在规范承压设备系统损伤模式识别、失效可能性分析、失效后果分析、检验策略制定的各项工作,为风险评估工作者科学、合理的开展基于风险的检验工作提供指导,GB/T 26610 由 5 个部分构成。

- 第 1 部分:基本要求与实施程序。给出承压设备系统基于风险检验的相关术语和定义,规范风险评估工作流程,提出数据采集、损伤模式识别、失效可能性与失效后果计算、风险管理、风险减缓措施、再评估等工作的一般要求。
- 第 2 部分:基于风险的检验策略。明确检验时间、检验类型、典型损伤类别下检验方法和检验有效性等要求与内容,指导风险评估人员科学地制定检验策略。
- 第 3 部分:风险的定性分析方法。指导风险评估人员开展承压设备系统定性风险分析。
- 第 4 部分:失效可能性定量分析方法。规范失效可能性定量分析程序,确定平均失效概率、设备修正系数、管理系统评价系数、超标缺陷影响系数,指导承压设备系统失效可能性的定量计算。
- 第 5 部分:失效后果定量分析方法。给出失效后果定量分析的一般原则,确定代表性流体选取、泄漏分析、面积后果计算、成本后果计算,指导承压设备系统失效后果的定量计算。

本文件作为 GB/T 26610 的第 4 部分,重点给出了承压设备常见损伤模式的识别方法和承压设备失效可能性等级的确定方法。针对 GB/T 26610.3 定性筛选出的关键承压设备,进一步细化分析,利用本文件定量分析确定的失效可能性等级和 GB/T 26610.5 定量分析确定的失效后果等级,共同确定承压设备的风险等级。同时本文件识别的损伤模式也是 GB/T 26610.2 中制定检验策略或 GB/T 26610.1 制定降险措施的重要依据。

本文件主要为炼油、化工等行业承压设备系统基于风险的检验(RBI)实施过程中失效可能性的定量分析提供依据和指导。依据 GB/T 26610 的各个部分,国内检验机构已经在中石油、中石化等大型石化企业上千套装置上应用了 RBI,保障了装置设备本质安全,优化了检验策略,为企业节约了 30%以上的检维修成本,取得了良好的经济效益和社会效益。

在 GB/T 26610.4—2014 的实施过程中,发现存在风险计算结果过于保守,同类设备平均失效概率对风险影响过大,部分常见腐蚀机理缺失等问题。针对这些问题,国外文献 API RP 581-2016《基于风险的检验方法》已经进行了修订,我国也依托十三五重点研发计划项目,开展了相关的研究工作。因此,有必要结合现有科研成果、API RP 581-2016、标准实施过程中的经验总结等,对 GB/T 26610.4—2014 进行修订完善,以期更好地指导承压设备系统基于风险的检验(RBI)的实施。

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

1 范围

本文件规定了承压设备系统基于风险的检验(RBI)实施过程中失效可能性的定量分析方法。
本文件适用于 GB/T 26610.1 中所指的石油化工装置承压设备系统。

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 18306 中国地震动参数区划图

GB/T 19624—2019 在用含缺陷压力容器安全评定

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 26610.5 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

GB/T 30579 承压设备损伤模式识别

3 术语和定义

GB/T 26610.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AUBT:高级超声反向散射技术(Advanced Ultrasonic Backscatter Technique)

CA:腐蚀裕量(Corrosion Allowance)

CISCC:氯化物应力腐蚀开裂(Chloride Stress Corrosion Cracking)

CUI:保温层下腐蚀(Corrosion under Insulation)

DEA:二乙醇胺(Diethylamine)

DIPA:二异丙醇胺(Diisopropanolamine)

FMR:现场金相复型(Field Metallographic Replication)

HIC:氢致开裂(Hydrogen Induced Cracking)

HTHA:高温氢腐蚀(High Temperature Hydrogen Attack)

MAWP:最高允许工作压力(Maximum Allowable Working Pressure)

MDEA:甲基二乙醇胺(Methyl Diethanolamine)

MEA:乙醇胺(Mono Etobacool Amine)

OP:操作压力(Operation Pressure)