

# 团 体 标 准

T/CCSAS 004—2019

---

## 危险化学品企业设备完整性管理导则

Guidelines on equipment integrity management for  
hazardous chemical enterprises

2019-06-26 发布

2019-08-01 实施

---

中国化学品安全协会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	1
3.1 术语和定义 .....	1
3.2 缩略语 .....	2
4 设备完整性管理体系要求 .....	3
4.1 总则 .....	3
4.2 方针和目标 .....	3
4.2.1 方针 .....	3
4.2.2 目标 .....	4
4.3 组织机构、资源、培训和文件控制 .....	4
4.3.1 组织机构、职责和资源 .....	4
4.3.2 法律、法规和其他要求 .....	4
4.3.3 培训 .....	4
4.3.4 文件和记录 .....	5
4.4 设备选择和分级管理 .....	5
4.4.1 设备选择 .....	5
4.4.2 设备分级管理 .....	5
4.5 风险管理 .....	6
4.5.1 总则 .....	6
4.5.2 危害识别 .....	6
4.5.3 风险评价 .....	6
4.5.4 风险控制 .....	6
4.5.5 风险监测 .....	7
4.6 过程质量保证 .....	7
4.6.1 总则 .....	7
4.6.2 前期管理 .....	7
4.6.3 使用维护 .....	8
4.6.4 设备修理 .....	8
4.6.5 更新改造 .....	8
4.6.6 设备处置 .....	8

4.6.7 备品配件 .....	8
4.6.8 供应商、承包商 .....	8
4.7 检验、测试和预防性维修 .....	9
4.7.1 总则 .....	9
4.7.2 设备检验、测试 .....	9
4.7.3 预防性维修 .....	9
4.8 缺陷管理 .....	9
4.8.1 缺陷识别与评价 .....	9
4.8.2 缺陷响应与传达 .....	10
4.8.3 缺陷消除 .....	10
4.9 变更管理 .....	10
4.9.1 总则 .....	10
4.9.2 变更申请 .....	10
4.9.3 变更评估 .....	10
4.9.4 变更审批 .....	11
4.9.5 变更实施 .....	11
4.9.6 变更关闭 .....	11
4.10 检查和审核 .....	11
4.10.1 总则 .....	11
4.10.2 检查、内部审核和管理评审 .....	11
4.10.3 外部审核 .....	12
4.11 持续改进 .....	12
4.11.1 设备事故管理 .....	12
4.11.2 绩效评估 .....	13
附录 A (资料性附录) 设备完整性管理要素与企业设备管理活动对照示例 .....	14
附录 B (资料性附录) 设备完整性管理各岗位职责示例 .....	17
附录 C (资料性附录) 风险管理技术说明 .....	18
附录 D (资料性附录) 压力容器和管道系统完整性管理活动示例 .....	22
参考文献 .....	28

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国化学品安全协会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院、中国石油化工股份有限公司武汉分公司。

本标准主要起草人：刘小辉、杨锋、许述剑、屈定荣、任刚、王建军、邱志刚、孙德青、刘昕。

## 引 言

设备完整性(又称为机械完整性、资产完整性)源自美国职业安全与健康管理局(OSHA)于1992年颁布的《高度危险性化学品的过程安全管理》法规,该法规包括14个要素,其中机械完整性是第8个要素。机械完整性是企业安全文化建设的一项重要工作,是过程安全管理的一个重要环节。

本标准的目的是指导危险化学品企业建立并实施设备完整性管理体系,保证设备在物理上和功能上是完整的,处于安全可靠的受控状态,符合其预期的功能和用途,提高设备安全性、可靠性、维修性和完好性,从而避免危险化学品泄漏、中毒、火灾、爆炸等生产安全事故或环境污染事件的发生,保证满足企业“安、稳、长、满、优”运行的要求,为实施危险化学品过程安全管理奠定基础。

本标准在编制过程中参考了ISO 55001《资产管理 管理体系 要求》(Asset management—Management systems—Requirements)、美国化工过程安全中心(CCPS)《机械完整性体系指南》(Guidelines for Mechanical Integrity Systems)和《资产完整性管理指南》(Guidelines for Asset Integrity Management)的相关要素,借鉴了GB/T 28001《职业健康安全管理体系 要求》和GB/T 19001《质量管理体系 要求》的特点,并融合了国内重点危险化学品企业设备管理的特色做法。

# 危险化学品企业设备完整性管理导则

## 1 范围

本标准规定了危险化学品企业方针和目标,组织机构、资源、培训和文件控制,设备选择和分级管理,风险管理,过程质量保证,检查、测试和预防性维修,缺陷管理,变更管理,检查和审核,持续改进等设备完整性管理要素的管理要求。

本标准适用于危险化学品企业静设备、转动设备、电气设备、仪表设备、加热设备、安全及消防设施等所有影响完整性管理的设备。其他企业和生产经营单位的设备管理可参照执行。

## 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 19001—2016 质量管理体系 要求
- GB/T 24001—2016 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 28001—2011 职业健康安全管理体系 要求
- GB/T 33172—2016 资产管理 综述、原则和术语
- GB/T 33173—2016 资产管理 管理体系 要求
- GB/T 33174—2016 资产管理 管理体系 GB/T 33173 应用指南
- AQ 3013—2013 危险化学品从业单位安全标准化通用规范

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**设备完整性 equipment integrity**

设备在物理上和功能上是完整的、处于安全可靠的受控状态,符合预期的功能,反映设备安全性、可靠性、经济性的综合特性。

#### 3.1.2

**设备完整性管理体系 equipment integrity management system**

企业设备完整性管理的方针、策略、目标、计划和活动,以及对于上述内容的规划、实施、检查和持续改进所必需的程序和组织结构。

#### 3.1.3

**设备选择 equipment selection**

企业根据生产经营计划、设备管理目标或法律、法规的要求,制定设备选择准则,将符合要求的设备设施纳入设备完整性管理体系范围内的过程。

3.1.4

**设备分级管理 equipment classification management**

根据风险评估结果,结合企业生产实际,将设备按关键设备、主要设备和一般设备进行分级管理,合理分配相关资源。

3.1.5

**风险管理 risk management**

在设备全生命周期内,开展设备危害识别、风险评价、风险控制及风险监测,将风险控制在可接受的范围内。

3.1.6

**过程质量保证 quality assurance**

在设备全生命周期中采取一系列有计划、有组织的技术和管理活动,以确保满足质量要求。

3.1.7

**检验、测试和预防性维修 inspection, testing and preventive maintenance**

企业为保证设备持续符合其规定的功能状态,采取的系统性的检查、检测和主动性维修活动。

3.1.8

**设备缺陷 equipment deficiency**

设备本体或其功能存在欠缺,不符合设计预期或相关的验收标准。

3.1.9

**变更管理 management of change**

确保设备变更能够被正确申请、评估、审批、执行、验收与告知的管理活动。

3.1.10

**设备完整性管理绩效 performance of equipment integrity management**

企业对设备完整性管理活动的可测量的管理结果。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FMEA:失效模式及影响分析(Failure Modes and Effects Analysis)

FMECA:失效模式、影响和危害性分析(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)

FTA:故障树分析(Fault Tree Analysis)

HAZOP:危险与可操作性分析(Hazard and Operability Study)

ITPM:检验、检测和预防性维修(Inspection, Testing and Preventive Maintenance)

LOPA:保护层分析(Layer of Protection Analysis)

PDCA:策划-实施-检查-处置(Plan-Do-Check-Act)

PHA:工艺危害分析(Process Hazard Analysis)

QRA:定量风险评价(Quantitative Risk Assessment)

RAM:可靠性、可用性、可维护性(Reliability Availability Maintainability)

RBI:基于风险的检验(Risk-based Inspection)

RCA:根原因分析(Root Cause Analysis)

RCM:以可靠性为中心的维修(Reliability-centered Maintenance)

SIF:安全仪表功能(Safety Instrumented Functions)

SIL:安全完整性等级(Safety Integrity Level)

SIS:安全仪表系统(Safety Instrumented System)

## 4 设备完整性管理体系要求

### 4.1 总则

设备完整性管理体系由方针和目标,组织机构、资源、培训和文件控制,设备选择和分级管理,风险管理,过程质量保证,检查、测试和预防性维修,缺陷管理,变更管理,检查和审核,持续改进十项一级要素组成。要素之间相互关联、相互渗透,以确保体系的系统性、统一性和规范性。体系运行遵循 PDCA 循环,如图 1 所示。

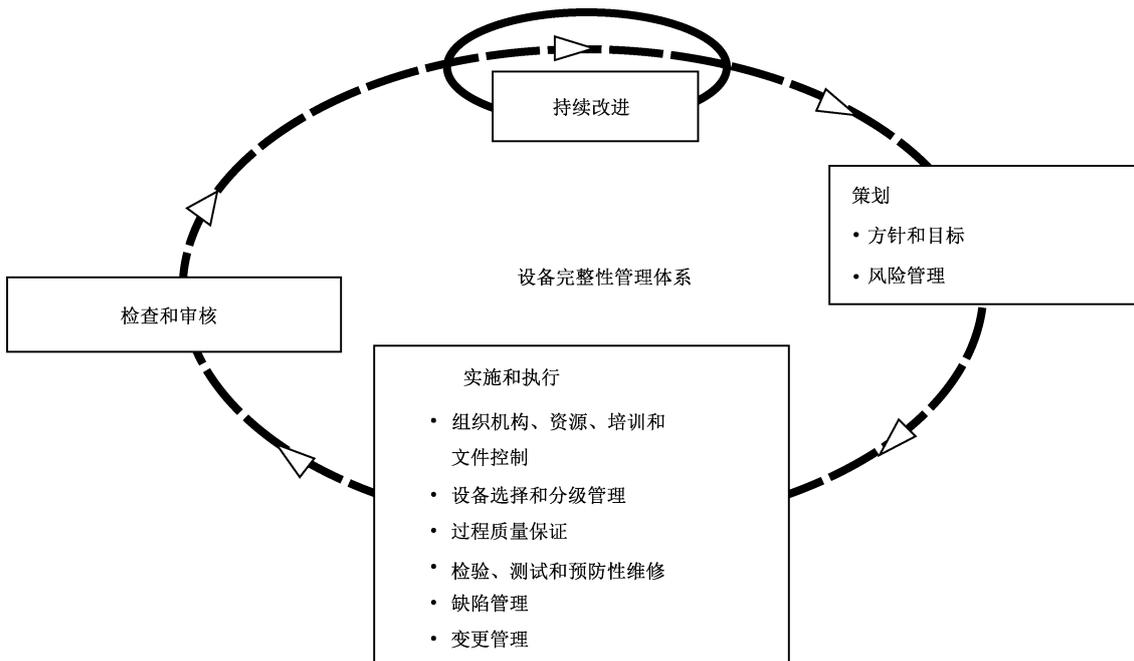


图 1 设备完整性管理体系架构及 PDCA 循环

企业应根据本标准要求建立、实施、保持和持续改进设备完整性管理体系,体系构建应遵循统一、规范、实效、继承和创新的原则,通过策划、实施和执行、检查和审核、持续改进的运行控制和闭环管理,确保各要素的有效实施并持续改进,不断提高设备完整性管理水平。设备完整性管理体系应遵循以下原则:

- 体现管理要素的要求,传承企业设备管理特色,融入企业设备管理活动(参见附录 A),并具有可操作性和可执行性;
- 满足法律、法规和企业设备管理相关要求;
- 树立风险管理和系统化管理的思想;
- 与企业设备管理发展规划相匹配;
- 建立设备完整性管理体系之前,应通过初始状态评审确定其设备完整性管理现状。

### 4.2 方针和目标

#### 4.2.1 方针

企业的最高管理者应承诺、确定和批准本企业的设备完整性管理方针。该管理方针应:

- a) 与企业设备和业务的性质、规模相适宜；
- b) 与企业的其他方针政策保持一致；
- c) 提供建立、实施设备完整性管理目标和计划的框架；
- d) 提供设备完整性管理所需的资源；
- e) 确保最高管理者及全员参与，并履行职责；
- f) 包括遵守现行适用法律、法规和其他要求的承诺；
- g) 包括持续改进设备完整性管理绩效的承诺。

设备完整性方针应形成文件，并传达给相关方；应定期评审。确保方针与企业的设备完整性发展计划保持适宜性和一致性。

企业应根据设备完整性管理方针，建立、实施并保持设备完整性管理策略。

#### 4.2.2 目标

企业应建立和保持设备完整性管理目标，该目标制定应：

- a) 与设备完整性管理方针相一致；
- b) 是可测量的(即定量和可实现的)；
- c) 定期评审和更新；
- d) 符合法律、法规、标准、规范、危险化学品企业的要求；
- e) 使设备风险处于企业可接受范围内。

企业应制定和保持设备全生命周期的完整性管理计划，实现设备完整性管理目标，并定期对计划进行评审。设备完整性管理计划应包括风险管理，过程质量保证，检验、测试和预防性维修(ITPM)，缺陷管理，变更管理，成本管理等。

### 4.3 组织机构、资源、培训和文件控制

#### 4.3.1 组织机构、职责和资源

企业应建立相应的设备完整性管理组织机构，并对其职责和权限做出明确规定，参见附录 B。

企业应确定与设备完整性管理相关的职能和层次，以及从事管理、技术和操作人员的职责和权限，形成文件并传达给相关人员。

企业各级管理者应确保为设备完整性管理体系的建立、实施和体系持续改进提供必要的人力、物力和财力资源。

企业应针对设备完整性管理各专业的需求，组织建立技术专家团队，及时并有效地处理重要设备完整性管理活动的风险评估及解决方案、管理策略建议。

#### 4.3.2 法律、法规和其他要求

企业应建立、实施并保持程序，以识别和获取适用于本企业设备完整性管理的法律、法规和其他要求，并及时更新。

企业应确保设备完整性管理体系遵循适用法律、法规和其他要求，向管理、技术和操作人员以及其他相关方及时传达，并定期评价对适用法律、法规和其他要求的遵守情况。

#### 4.3.3 培训

##### 4.3.3.1 能力和意识评估

企业应系统开展设备完整性管理的能力和意识评估，识别设备管理培训需求、落实培训计划及评价

培训有效性等,确保从事设备完整性管理、技术和操作人员应经过培训,取得相应资质,具备所需的技能和经验。

#### 4.3.3.2 培训计划和实施

企业应建立和实施设备完整性管理培训计划,并满足以下要求:

- a) 使员工了解完整性管理设置和员工的具体角色和责任;
- b) 评估员工在其岗位职能上的相关潜在风险;
- c) 确保员工工作岗位变动时得到及时培训;
- d) 为承担风险评价、可靠性分析、缺陷响应、变更管理等特定设备完整性管理角色的员工,提供相应的内部或外部培训、持续性培训。

#### 4.3.3.3 培训效果的验证和记录

企业应建立员工设备管理、技术水平及操作技能培训效果的验证标准。培训效果验证可采用多种方法:笔试、演示及现场实操等。

企业应记录每个员工的培训需求和培训完成情况。培训记录应包括培训日期、效果验证方式及验证结果等。

#### 4.3.3.4 承包商培训

企业应确保与设备完整性管理活动相关的承包商接受必要的技能和知识培训。在做好入厂培训的同时,应审查承包商的培训计划及完成情况。企业应对从事特种作业的承包商进行相关资质审查。

#### 4.3.4 文件和记录

企业应建立和实施设备完整性管理体系文件,这些文件至少包括设备完整性管理手册、程序文件、作业文件,并与企业的一体化体系文件保持一致。相关文件按规定进行控制,确保现行有效。

企业应建立、保存和更新设备全生命周期的基础信息和文件记录,逐步建立设备完整性数据库,实现数据统一管理,并通过技术分析、工作月报、工作简报、信息化平台、掌上电脑、办公自动化等,主动开展设备数据统计分析工作。

企业应建立针对完整性基础数据管理的相应考核评价办法,实现对数据管理工作的检查和考核。

### 4.4 设备选择和分级管理

#### 4.4.1 设备选择

企业应依据设备完整性管理目标的要求,结合设备发生故障后的危害程度,综合考虑合规性、安全环保性、经济性和可靠性等因素,制定设备选择标准,确定纳入设备完整性管理的设备范围。需要注意的是,选择过多的设备意味着占用更多的资源,增加额外的设备检验、测试和质量保证等任务。根据设备类型明确完整性管理的内容,原则上包括设备全生命周期的风险管理,过程质量保证,检验、测试和预防性维修,缺陷管理,变更管理等。企业应根据选择原则的变化,定期对设备选择标准进行修订。

#### 4.4.2 设备分级管理

针对纳入设备完整性管理的设备,企业应按照设备在生产过程中的重要程度、可靠性状况、发生故障的危害性及可能性,制定基于风险的设备分级标准,确定设备等级。按照关键设备、主要设备、一般设备进行分级管理,确定设备分级分类管理的内容,明确管理权限,落实管理职责,合理配置资源。企业应

根据设备检修、装置改扩建及其他情况,及时对设备分级进行动态调整。

## 4.5 风险管理

### 4.5.1 总则

企业应建立风险管理程序,在设备全生命周期的各阶段识别风险并评价其影响因素、后果及可能性,对风险进行分类分级,并对已识别的设备风险及时管控,确保其在可接受的水平。

### 4.5.2 危害识别

企业应使用风险技术工具,在设备全生命周期的各个阶段开展设备风险的识别,制定风险分类分级标准,对识别出的风险进行分类分级管理,合理地分配资源和采取相应的处理措施。设备风险包括但不限于以下风险:

- a) 设备设计、制造、安装阶段的缺陷;
- b) 维护检修质量缺陷;
- c) 设备本体的失效和功能丧失;
- d) 设备老化和材料劣化;
- e) 运行操作异常;
- f) 暴雨、暴风、雷电、地震等自然环境事件;
- g) 企业外部因素造成的影响;
- h) 相关方及企业员工的风险;
- i) 管理缺陷。

### 4.5.3 风险评价

企业应在设备不同寿命周期阶段确定风险评价的范围和重点,建立风险评价准则,使用合适的风险管理工具客观科学的评价识别风险,评估每一个潜在事件发生的可能性和后果,并考虑现有风险控制措施的有效性,及控制措施失效的可能性和后果。

企业应定期开展风险评价,确保符合生产经营状况和设备风险控制要求。在采用新技术、新工艺、新设备、新材料前,应当进行专项风险评价。

企业应根据具体情况选择应用 FMEA/FMECA、HAZOP、QRA、RCM、RBI、RAM、LOPA、FTA、IOW、SIL、腐蚀适应性评价、设防值评估、腐蚀监测方案优化等风险管理工具,参见附录 C。

### 4.5.4 风险控制

企业应根据风险评价结果,在确保相应职责履行和资源配置的情况下,采取措施降低风险事件可能性和后果,将风险控制在可接受水平,确保设备安全运行。这些措施主要包括:

- a) 设备本质安全措施;
- b) 改进和优化工艺操作;
- c) 完善视频监控、报警、联锁、泄压装置等安全设施;
- d) 应用设备在线状态监测、离线检测技术;
- e) 调整设备检测、检查方法、周期及检测、检查有效性等级;
- f) 降低人为失误的可能性;
- g) 技术培训、教育、考核等管理措施;
- h) 系统优化和技术更新;

- i) 自动化、信息化、智能化、防呆防错技术等措施。

#### 4.5.5 风险监测

企业应对危害识别、风险评价、风险控制的有效性进行定期监视与测量,风险监测应采取分层管理、分级防控、动态管理的原则,对过程进行控制,并逐级落实,将风险管理纳入到设备管理活动和各级管理流程中。风险监测内容包括:

- a) 风险管理工作是否达到预期目标;
- b) 是否存在残余风险;
- c) 风险评价结果与实际情况是否相符;
- d) 风险管理技术是否合理使用;
- e) 风险控制措施是否充分有效等。

企业在设备风险管理过程中,应建立风险登记制度,对危害识别、风险评价、风险控制、风险监测进行全面的登记。

### 4.6 过程质量保证

#### 4.6.1 总则

企业应识别设备全生命周期的过程质量管理活动,建立相应的过程质量保证程序和控制标准,以满足相关法律、法规、标准、技术规范、企业规定等文件的要求,确保设备系统性能可靠、风险和成本得到有效控制。

#### 4.6.2 前期管理

##### 4.6.2.1 设计与选型

企业应在可行性研究、基础设计、详细设计、设备选型阶段制定相应的过程质量控制措施,明确设计单位资质和设计选型所遵循的法律、法规、标准、规范,以及设备制造、安装的技术条件和质量要求,确保设计文件的规范签署、设计变更管理有效执行、潜在的重大风险的识别和控制等。

##### 4.6.2.2 购置与制造

企业应在供应商、制造商选择与考核,需求计划的编制、审批、下达、核销,采购计划编制和审批,采购合同的签订及管理,设备制造与验收等主要环节制定过程质量控制措施。

设备购置与制造阶段的过程质量控制包括供应商和制造商服务能力评估、采购技术条件确认、合同及技术协议签订、设备质量风险防控、关键设备监造、设备质量证明文件确认、出入库检验、购置过程中的变更等。

##### 4.6.2.3 安装施工

企业应建立必要的程序和分配必要的资源,确保设备安装施工符合法律、法规、技术规范、标准和设计文件的要求,至少在承包商选择、技术文件审核、施工方案确认、过程质量控制、施工验收、调试与试验等环节制定过程质量控制措施。

##### 4.6.2.4 设备投运

企业应制定设备投运的过程控制计划,明确现场操作、技术、管理人员的培训要求,安全检查内容和监测措施。确保人员培训已经完成,设备风险已经评估并制定相应措施,操作规程、维护规程和应急预

案等已经编制审批并投入使用等。

#### 4.6.3 使用维护

企业应在设备现场管理、设备维护保养、设备运行管理环节制定过程控制措施。明确设备监测与检测方法、标准、频次和评估,设备巡检、点检、专检以及设备特级维护等工作要求。确保设备档案、操作规程、维护规程、应急预案、维护检修记录、试运行记录完备,运行维护人员得到培训,设备符合工艺操作要求,设备运行风险已经识别和采取防范措施,检验、检测和预防性维修,缺陷管理和变更管理等有效开展。

#### 4.6.4 设备修理

企业应在日常维修、故障抢修、停工检修施工方案的编制与审核、施工质量控制与验收、检维修承包商的选择与评价等环节制定过程控制措施。

设备修理阶段应收集设备风险评估和可靠性分析结果,制定设备检修策略、计划和方案,采取预防性维修、预测性维修、状态维修等先进维修方式,确保设备缺陷消除、材料备件适用、功能状态符合完整性管理要求。

#### 4.6.5 更新改造

企业应依据设备运行监检测、风险评价、可靠性分析和投资收益情况,制定更新改造计划,并组织实施。

设备更新改造过程质量管理应符合本标准的相关要求。其中,改造所涉及的变更应符合变更管理要求。

#### 4.6.6 设备处置

企业应对设备闲置、转移使用、报废等制定过程控制措施,确保设备处置符合法律、法规、设备完整性管理的要求。重点关注停工工艺处置、闲置设备保护、设备状况技术鉴定等。

设备转移和重新使用应进行全面的检验和性能评估,对使用环境的适用性进行评价,并符合相关标准的要求。

#### 4.6.7 备品配件

设备购置与制造(4.6.2.2)的质量控制适用于备品配件。

企业应科学合理的储备备品配件。明确储备定额的确定方法及库存管理标准,确保储备成本得到分析、储备质量措施得到执行、储备清单经过审批等。

#### 4.6.8 供应商、承包商

企业应对设备全生命周期各阶段涉及的供应商、承包商进行资格和能力审查,签订合同等书面协议,明确检查、审核和评价要求,并及时沟通评价结果。资格和能力审查的内容至少应包括:

- a) 供应商、承包商的人员、技术和设施能力与所承揽的业务相匹配;
- b) 供应商、承包商遵守法律、法规、标准、规范和满足客户要求的能力;
- c) 供应商、承包商企业质量管理体系、HSE 管理体系建立,并得到有效执行。

## 4.7 检验、测试和预防性维修

### 4.7.1 总则

企业应建立并保持设备检验、测试和预防性维修(简称 ITPM)管理程序,在设备日常专业管理的基础上,识别、制定并实施设备检验、测试和预防性维修任务,提高设备的可靠性,确保设备的持续完整性。

企业应组建设备、工艺、操作、检维修、工程、腐蚀、可靠性、承包商等多专业人员的 ITPM 任务选择工作组,收集整理设备相关信息,确定不同类型设备的 ITPM 任务和工作频率,并制定每台设备的工作计划。企业应组织车间、检维修及维保单位,在日常巡检、运行维护、停工检修等期间执行 ITPM 任务,妥善管理延期任务,定期优化工作计划和任务频率、人员职责。

### 4.7.2 设备检验、测试

检验、测试是通过观察、测量、测试、校准、判断,检测设备缺陷的发生和评估设备部件的状态,对设备的有关性能进行符合性评价。企业应根据 ITPM 管理程序,制定并实施设备的检验、测试任务,至少包括:

- a) 静设备专业:特种设备法定检验和定期检查、特殊设备定期维护保养、在线腐蚀监测、定点定期测厚、RBI 检验等。
- b) 动设备专业:试车检查、润滑油定期检验、机泵定期切换试运、机泵运行状态监测、大型机组状态监测与故障诊断、冬季防冻防凝检查等。
- c) 电气专业:电机的状态监测、电气设备预防性检修及试验、设备放电检测、防雷防静电检测等。
- d) 仪表专业:仪表设备预防性检维修,仪表设备红外检测,仪表系统接地检测,仪表电源系统检测,可燃、有毒报警器定期标定、检定,分析仪表定期校验,控制仪表系统功能测试,SIL 评估、定级、验证等。
- e) 管道:压力管道、长输管道和公用管网系统的定检验和定期检查、定期维护保养、在线腐蚀监测、定点定期测厚、RBI 检验等。
- f) 其他特种设备:电梯、起重设备、场(厂)内机动车辆等法定检验等。

### 4.7.3 预防性维修

预防性维修应在可靠性分析的基础上进行,避免设备过修和失修。企业应根据 ITPM 管理程序,制定并实施设备预防性维修任务,至少包括:

- a) 静设备专业:压力容器、压力管道、常压储罐、加热炉预防性维修、RBI 风险策略所确定的预防性维修等。
- b) 动设备专业:大型机组、机泵设备预防性维修、设备润滑等。
- c) 电气专业:电气设备、电动机预防性维修等。
- d) 仪表专业:过程控制系统、控制阀、仪表风过滤装置预防性维修等。

## 4.8 缺陷管理

### 4.8.1 缺陷识别与评价

企业应建立缺陷识别与评价标准,依据标准在设备全生命周期各阶段识别、评估设备缺陷,按其设备完整性影响程度进行分类分级管理。

设备缺陷识别主要来源于设备监造、出厂验收、入库检验、安装验收、ITPM、使用操作、风险评估、维护检修等环节。缺陷评价可采用合于使用性评价(FFS)技术。

#### 4.8.2 缺陷响应与传达

企业应根据缺陷对安全、生产、经济损失的影响程度建立缺陷响应办法,依据响应的紧急程度对缺陷做出响应,包括以下内容:

- a) 通报可能受影响的上、下游装置或其他相关方;
- b) 制定(临时)措施,并通过审批;
- c) 实施和跟踪(临时)措施;
- d) 明确(临时)应急措施的终止条件。

缺陷响应情况应及时传达给相关部门和人员,包括设备管理人员、操作人员、检维修人员、供应商或服务商等。

#### 4.8.3 缺陷消除

企业应根据技术规范 and 标准,通过修复、更换、进行合于使用评价等措施对设备缺陷进行处置,并对处置结果进行确认。通过失效分析、技术改造等手段,消除设备故障和隐患;针对临时措施,利用停工检修或计划外停工等机会进行彻底消除。

### 4.9 变更管理

#### 4.9.1 总则

企业应对变更进行分类分级管理,对设备变更过程进行管控,消除风险,防止产生新的缺陷。设备变更分为一般变更、较大变更和重大变更。

以下变更应纳入设备变更管理的范围但不仅限于此:

- a) 企业架构、相关方(如管理人员、服务人员)或职责发生变更;
- b) 管理方针、目标或计划发生变更;
- c) 设备管理活动的过程或程序发生变更;
- d) 设备本身材质、结构、用途、工艺参数、运行环境的变更;
- e) 引入新的设备、设备系统或技术(含报废或退役);
- f) 外部因素变更(新的法律要求和管理要求等);
- g) 供应链约束导致变更;
- h) 产品和服务需求、承包商或供应商变更;
- i) 资源需求变化(人员、工机具、场所等)。

#### 4.9.2 变更申请

设备在设计、采购、工程建设、在役运行和停工检修阶段发生变化,对安全运行可能带来影响时,应首先识别是否属于变更,确定变更类别和变更事项主管部门。变更申请单位(部门)对变更内容进行核实,确定变更等级,并根据变更类别向主管部门提出变更申请。

#### 4.9.3 变更评估

变更申请单位(部门)负责变更的风险评估工作,并根据变更的等级采取相应的评估方式:

- a) 变更申请单位(部门)应成立变更风险评估小组,负责变更的风险评估工作。组长应由评估申请单位业务分管负责人或技术负责人担任,成员应由评估申请单位相关专业技术人员和同级安全部门主管人员组成。

- b) 一般变更由变更需求单位组织风险评估,重大变更可采用专家审查的方式进行风险评估,生产工艺与设备设施的重大变更应采用 HAZOP、FMEA 等方法进行风险评估。
- c) 重大变更的风险评估过程应核实可能涉及的内容和控制措施。

#### 4.9.4 变更审批

一般变更由变更申请单位(部门)负责人审批;较大变更由企业变更事项的主管部门负责人审批;重大变更应在企业安全总监或专业副总工程师审核风险管控措施后,由企业分管领导审批。

#### 4.9.5 变更实施

变更实施应遵循但不局限于以下要求:

- a) 变更应严格按照变更审批确定的内容和范围实施,变更申请单位(部门)应对变更实施过程进行监督。
- b) 变更实施前,变更申请单位(部门)要对参与变更实施的人员进行技术方案、安全风险和防控措施、应急处置措施等相关内容培训;重大变更实施前企业应公示。
- c) 变更实施过程中应加强风险管控,确保实施过程安全。高风险作业应开展 JSA 分析,严格执行作业许可制度。
- d) 变更投入使用前,变更批准单位应组织投用前的条件确认,合格后方可投用。
- e) 需要紧急变更时,变更申请单位(部门)应按照业务管理要求在风险预判可控的情况下先实施变更,后再按变更程序办理变更审批手续,进一步开展风险评估,制定和落实风险管控措施。
- f) 实施变更后,在合适的周期后应对变更的结果进行评估,核实变更实施的准确性等情况。

#### 4.9.6 变更关闭

变更关闭应遵循但不局限于以下要求:

- a) 变更项目实施完成并正常投用后,由变更申请单位(部门)提出申请,由变更事项批准单位负责变更关闭审核。
- b) 变更项目关闭前,变更申请单位(部门)应对变更涉及的管理制度、操作规程、P&ID 图、工艺参数、设备参数等技术文件同步修改。
- c) 变更申请单位(部门)应对相关单位进行变更告知,对变更所涉及的管理、操作和维护人员进行培训。
- d) 变更项目关闭后,由变更申请单位(部门)纳入正常管理范围进行管理。
- e) 变更申请单位(部门)应将变更台账纳入管理信息系统管理,台账内容应包括变更编号、变更名称、变更类型、变更评估小组成员、变更风险评估结果、变更审批情况、变更关闭等。

### 4.10 检查和审核

#### 4.10.1 总则

企业应建立、实施和保持检查和审核的管理程序,检查和监测设备状态和管理绩效,明确检查和审核工作流程和内容,对不合格项进行调查并采取纠正预防措施。

#### 4.10.2 检查、内部审核和管理评审

##### 4.10.2.1 检查

企业按照相关制度要求开展设备不同层级、不同专业的日检、周检、月检、岗检或集团公司设备大检

查自查整改等活动,不定期进行设备专项检查和完整性绩效检查,检查结果通过企业经济责任制考核进行经济考核兑现。设备检查标准根据完整性管理目标和集团公司相关制度进行适时调整。

#### 4.10.2.2 内部审核

企业组建设备完整性管理审核小组,至少每年一次进行设备完整性管理内部审核,以判定设备完整性管理体系的符合性、实施性和有效性。审核结果纳入公司内部的绩效考核。设备完整性管理的内部审核可以与公司一体化管理体系的内审活动合并进行。

#### 4.10.2.3 管理评审

设备完整性管理评审可以与公司一体化管理体系的评审活动合并进行,评审应包括评价改进的可能性和改进设备管理的必要性。管理评审的输入包括:

- a) 设备方针、目标和计划的实现程度;
- b) 适用法律、法规、标准的合规性评估结果;
- c) 设备风险评估结果,整改措施跟踪情况;
- d) 设备管理绩效指标及趋势;
- e) 事件、故障、不符合调查结果,纠正和预防措施的执行情况;
- f) 设备完整性内部审核结果;
- g) 以前管理评审的后续措施;
- h) 改进建议。

管理评审的输出应符合持续改进的承诺,并应包括持续改进的决策和措施。

#### 4.10.3 外部审核

企业应委托专业单位定期进行设备完整性管理体系第二方审核,审核结果纳入企业的绩效考核。

企业可委托具有相关资质的认证机构进行设备完整性体系第三方审核,并结合实际情况将其纳入到一体化管理体系审核中。

### 4.11 持续改进

#### 4.11.1 设备事故管理

##### 4.11.1.1 事故报告和调查

设备事故发生后,基层单位(业务单元)应按照管理程序立即逐级上报设备管理部门,并采取相应的应急措施。

企业应按照管理程序及时开展设备事故调查工作,调查分析事故发生的管理原因和技术方案、操作规程缺陷等技术原因。通过根原因分析明确事故发生的直接原因、管理原因和根本原因。

##### 4.11.1.2 失效分析

企业根据实际情况,针对影响安全生产的设备事件、故障、功能失效等,应组织开展设备失效分析工作,建立失效分析管理程序,确定失效机理并制定改进措施。

##### 4.11.1.3 根原因分析

在设备事件、故障、功能失效等失效机理分析的基础上,企业根据实际情况,应组织开展设备根原因分析,判断实施“根原因”即管理原因分析的必要性。对于事故、故障、重复发生的不符合应进行根原因

分析。

#### 4.11.1.4 沟通与跟踪

企业应按照事故管理程序,通过报告分发、会议或培训的形式,对失效原因和纠正预防措施与相关人员进行沟通,包括设备管理人员、设备技术人员、设备操作人员、相关的工艺管理和技术人员、检维修人员,以及与之相关的承包商人员。

#### 4.11.2 绩效评估

绩效指标包括目标指标实现情况、关键任务和计划的进度、设备关键特性指标。绩效指标分为被动指标和主动指标,设备被动绩效指标涉及设备故障导致的火灾、爆炸、泄漏、人身伤害、非计划停车等,设备主动绩效指标涉及设备安全性、设备可靠性、设备效率、成本能效等。企业应设置年度目标值,并进行月度、半年、年度绩效指标的监测。

企业应推行在线数据采集、自动统计分析等信息系统,数据分析应包括所有必需的运算或数据处理并追踪结果以寻找趋势,特别是负面趋势(如检维修任务延期、设备检验计划延期数量增长)。对分析的负面趋势应指定负责人进行原因分析,采取纠正预防措施。

企业应根据自身设备管理的复杂程度、风险和其他相关要求等情况,制定量化的绩效指标并定期进行评估。

附录 A  
(资料性附录)

设备完整性管理要素与企业设备管理活动对照示例

表 A.1 设备完整性管理要素与企业设备管理活动对照示例

一级要素	二级要素	企业设备管理活动
方针和目标	方针	企业设备管理的总体方针、策略
	目标	依据总体方针与策略,制定企业设备管理的总体目标、计划及专业管理目标、计划,并逐级分解到二级单位,使得设备管理目标责任明确;制定设备管理考核制度
组织机构、资源、 培训和文件控制	组织机构、职责和资源	健全的设备管理体系,设备专业管理人员配备齐全,包括各级设备管理机构的岗位设置、人员分工与职责等
	法律、法规和其他要求	与设备管理相关的法律、法规、标准、规范、集团公司及企业设备管理相关制度等
	培训	设备管理和操作人员的年度培训计划、月度执行计划、岗位胜任能力评价、培训上岗及人才队伍建设方面等
	文件和记录	设备文件、规程、记录、报表、设备台账、档案类、图纸等(主要取现有各平台上已发布的电子版文稿、EM 系统实时台账与档案以及技术处档案室图纸)
设备选择和分级管理	设备选择	制定设备选择标准,确定纳入设备完整性管理的设备范围,根据设备类型明确完整性管理的内容,并定期对设备选择标准进行修订
	设备级管理	制定设备分级标准,按照关键设备、主要设备、一般设备进行分级管理,确定设备分级分类管理的内容,明确管理职责,合理配置资源,并及时对设备分级进行动态调整
风险管理	危害识别	制定设备风险准则,明确设备全生命周期各阶段使用的风险评估方法,根据设备专业选取 FMEA、RBI、RCM、SIL 等方法开展设备风险评估,定期进行隐患排查,并建立风险登记库,对已识别的风险及时管控
	风险评价	
	风险控制	
	风险监测	
过程质量保证	设备前期管理	设计
		采购
		制造

表 A.1 (续)

一级要素	二级要素	企业设备管理活动
过程质量保证	设备前期管理	安装
		工程建设
		试车投运
	设备使用维护	设备现场管理(设备完好、竖向管理等)
		设备运行管理(规范化操作、工艺效能监察、工艺环境变更、状态监测等)
		设备维护保养(三检特护、润滑管理、备用设备管理等)
	设备修理	检修维修管理(停工检修、日常维修、临时故障抢修、备件管理等)
		修理费用计划与费用管理(修理计划编制、预算决算管理、EM 工单等)
	更新改造	设备更新、技术改造等
	设备处置	设备停用、闲置、转移使用、报废等
备件管理	备品、备件管理	
供应商、承包商管理	设备全生命周期各阶段涉及的供应商、承包商的资格和能力审查	
检查、测试和预防性维修	设备信息整合	压力容器、压力管道的法定检验,安全附件定期校验,电气设备定期测试与试验,仪表校验与功能测试,重点设备预防性维修,设备润滑管理,设备状态监测,设备检查,RBI 评估,RCM 维修,SIL 评定等
	ITPM 任务决策	
	ITPM 计划制定	
	任务实施和跟踪	
	任务结果管理	
缺陷管理	缺陷识别	针对设备安装验收,检验、测试和预防性维修,风险评价,修理等环节中发现的设备故障、隐患,进行缺陷或故障管理及紧急维修
	缺陷响应	
	缺陷传达	
	缺陷消除	

表 A.1 (续)

一级要素	二级要素	企业设备管理活动
变更管理	变更分级与申请	设备设施的新增、升级换代、改造及拆除的变更,设备材质、结构、型号、处理能力的变更,设备设施安装位置、设备联锁保护系统、设备原有设计的变更,仪表控制系统、在线分析系统、实时监测系统变更,电气技术变更,临时管线、接头,设备技术文件、图纸、操作规程的变更
	变更风险评估与审批	
	变更执行与确认	
	变更后的培训与沟通	
检查和审核	检查、内部审核与管理评审	设备专项检查等完整性绩效检查(岗检、月检、年检等),设备管理体系的内审,基于工作例会的设备完整性管理评审
	外部审核	设备管理体系的外审
持续改进	设备事故管理	事故调查、失效分析、根原因分析等
	绩效评估	设备绩效管理

**附录 B**  
(资料性附录)  
**设备完整性管理各岗位职责示例**

设备完整性管理各岗位职责见表 B.1。

**表 B.1 设备完整性管理各岗位职责示例**

管理要素	部门、单位															
	总经理办公室	企业管理部门	生产计划部门	人力资源部门	安全环保部门	设备管理部门	技术质量部门	财务部门	资产管理部	法律事务室	发展项目部门	审计部门	物资装备部门	教育培训中心	工程管理部门	所属生产单位
方针和目标	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
组织机构、资源、培训与文件控制	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
设备选择和分级管理	☆	☆	☆	☆	★	★	☆	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★
风险管理	☆	☆	★	☆	★	★	☆	☆	☆	☆	★	☆	★	★	★	★
过程质量保证	☆	☆	☆	☆	★	★	☆	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	★
检验、测试和预防性维修			★	☆	★	★	★	★	★	☆	★	▲			☆	★
缺陷管理		☆		★	★	★	☆	★	★	☆	★		☆	☆	☆	★
变更管理		☆	★	☆	★	★	★	★	★	☆	★	▲	☆	☆	☆	★
检查与审核		★	☆	☆	★	★	★	★	★	☆	★	☆	☆	☆	☆	★
持续改进	☆	★	☆	☆	☆	☆	☆	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
注：★主管；☆参与；▲相关。																

附 录 C  
(资料性附录)  
风险管理技术说明

风险管理技术说明见表 C.1。

表 C.1 风险管理技术说明

序号	技术名称	技术简介	适用设备类型	在设备完整性管理中的应用	应用场合
1	以可靠性为中心的维修(RCM)	确定设备预防性维修需求、优化维修策略的系统工程方法	所有的设备类型,通常用于动设备、仪表系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务中失效模式和失效原因的识别、风险/可靠度排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段潜在失效风险的识别和风险管理策略的开发。</li> <li>● 用于导致系统失效的错误维护的识别。</li> <li>● 用于制定设备故障处理指南</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正。</li> <li>● 设计阶段,用于改进设备的可靠性和完整性</li> </ul>
2	基于风险的检验(RBI)	对设备建立风险等级,区分优先次序的系统分析方法	压力容器、储罐和管道系统、卸压系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于确定设备的检验策略。</li> <li>● 利用检验结果重新确定检验范围和频率,管理失效风险</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正。</li> <li>● 设计阶段防腐蚀策略的制定</li> </ul>
3	保护层分析(LOPA)	在危害分析的基础上,评估保护层有效性并进行风险决策的系统方法	工艺控制和安全联锁系统,报警响应、应急救援设备以及其他独立保护层	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 不直接或详细定义 ITPM 任务及频率。</li> <li>● 可用于关键安全系统的识别。</li> <li>● 用于设计阶段独立保护层的建立,如安全仪表系统的 SIL 等级</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工艺及其安全系统的设计阶段。</li> <li>● 检查或确认现行系统的完整性</li> </ul>
4	可靠性、可用性、可维护性(RAM)	通过故障发生概率的计算,对设备可靠性、可用性、可维护性的一种评价和优化技术	所有的设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务中可靠度排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 设计阶段对设备选型和冗余设计进行优化、设计方案选择</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设备或系统的设计阶段。</li> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正</li> </ul>

表 C.1 (续)

序号	技术名称	技术简介	适用设备类型	在设备完整性管理中的应用	应用场合
5	失效模式及影响分析 (FMEA)/ 失效模式、影响和危害性分析 (FMECA)	对失效模式及后果进行定性、半定量或定量风险分析的方法	机械与电动设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务中失效模式和失效原因的识别、风险/可靠度排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段潜在失效风险的识别。</li> <li>● 用于导致系统失效的错误维护的识别。</li> <li>● 用于制定设备故障处理指南</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正</li> </ul>
6	安全完整性等级 (SIL) 评估	在风险分析基础上评估安全仪表系统的安全完整性水平的方法	安全仪表系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 确定安全仪表系统的 SIL 等级、测试间隔。</li> <li>● 设计阶段用于确定安全仪表系统最低设计要求</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全仪表系统的设计阶段。</li> <li>● 检查或确认安全仪表系统的完整性</li> </ul>
7	完整性操作窗口 (IOW)	通过建立完整性操作窗口实现对设备的在线监控,使操作或工艺严格控制在临界值内的方法	压力容器、储罐和管道系统、卸压系统	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务中失效模式和失效原因的识别、风险排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设备工艺控制和变更管理的依据。</li> <li>● 用于设计阶段确定关键设备的操作条件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于重要设备的基于风险的工艺控制。</li> <li>● 设计阶段重要操作条件的检查和确认</li> </ul>
8	根原因分析 (RCA)	一种针对设备缺陷及事故事件的系统化分析方法,用于识别导致事件发生的潜在原因,制定纠正和预防措施,防止事件再次发生	所有的设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务中失效模式和失效原因的识别,确定 ITPM 任务的频率。</li> <li>● 用于缺陷的分析评价及相应。</li> <li>● 用于促进体系的持续改进</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于在役设备缺陷的根原因分析</li> </ul>
9	危险与可操作性分析 (HAZOP)	用于辨识工艺设计缺陷、工艺过程危险及操作性问题的定性分析方法	所有的设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务风险排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段潜在失效风险的识别和风险管理策略的开发。</li> <li>● 用于导致系统失效的错误操作的识别。</li> <li>● 用于在役装置工艺相关风险的识别和工艺安全管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 采用新技术、新工艺时。</li> <li>● 设计阶段及设计变更时。</li> <li>● 在役装置工艺变更时。</li> <li>● 在役装置工艺安全分析</li> </ul>

表 C.1 (续)

序号	技术名称	技术简介	适用设备类型	在设备完整性管理中的应用	应用场合
10	故障树分析(FTA)及马尔可夫分析	估算不可靠度的定量风险分析方法	工艺控制和安全联锁系统,报警响应、应急救援设备以及其他独立保护层	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 确定安全仪表系统(其他独立保护层)的检测频次。</li> <li>● 用于设计阶段确定安全仪表系统的设计要求(如:失效概率目标的安全冗余等级)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安全仪表系统或独立保护层的设计阶段。</li> <li>● 安全仪表系统或独立保护层的完整性的检查或确认</li> </ul>
11	工艺危害分析(PHA)	通过一系列有组织的、系统性的和彻底的分析活动来发现、估计或评价一个工艺过程的潜在危害	所有的设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务风险排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段潜在失效风险的识别和风险管理策略的开发。</li> <li>● 用于导致系统失效的错误操作的识别。</li> <li>● 用于在役装置工艺相关风险的识别和工艺安全管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 采用新技术、新工艺时。</li> <li>● 设计阶段及设计变更时。</li> <li>● 在役装置工艺变更时。</li> <li>● 在役装置工艺安全分析</li> </ul>
12	定量风险评价(QRA)	采用量化的概率风险值对系统的危险性进行描述的风险评价方法	所有的设备类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于危险化学品重大危险源的安全评估</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 个人风险和社会风险的评估与控制</li> </ul>
13	装置设防值评估	确定装置在现有状况下能承受的原料劣质化程度,实现对装置原料中腐蚀介质的设防管理的方法	所有的设备类型,通常用于静设备、动设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段潜在失效风险的识别和风险管理策略的开发。</li> <li>● 用于在役装置腐蚀风险的识别和控制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在役装置的原料设防管理</li> </ul>
14	腐蚀适应性评估	对炼油装置加工劣质原料的设备、管道腐蚀适应性进行评价,进而对腐蚀风险进行管理控制的方法	所有的设备类型,通常用于静设备、动设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于 ITPM 任务风险排序、确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段选材评审和风险管理策略的开发。</li> <li>● 用于在役装置腐蚀风险的识别和监测与检测措施的优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正。</li> <li>● 设计、更新改造时选材和腐蚀控制方案的依据</li> </ul>

表 C.1 (续)

序号	技术名称	技术简介	适用设备类型	在设备完整性管理中的应用	应用场合
15	腐蚀监检测优化	基于腐蚀风险评估,对装置现有腐蚀监检测措施有效性进行评价和系统优化的方法	所有的设备类型,通常用于静设备、动设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于设计阶段腐蚀风险管理策略的开发</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正。</li> <li>● 设备全生命周期各阶段的腐蚀风险控制</li> </ul>
16	装置腐蚀检查	在装置运行过程及停工检修期间对各类设备和管道腐蚀状况进行的检查	所有的设备类型,通常用于静设备、动设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用于确定 ITPM 任务的频率及优先顺序。</li> <li>● 用于在役装置腐蚀风险的识别和控制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ITPM 的初始开发阶段及 ITPM 任务的修正。</li> <li>● 在役设备的腐蚀风险识别与控制</li> </ul>

附 录 D  
(资料性附录)

压力容器和管道系统的设备完整性管理活动示例

压力容器和管道的设备完整性管理活动见表 D.1。

表 D.1 压力容器的设备完整性管理活动

新设备设计、制造和安装		检查和测试		预防性维修		修理	
活动	周期	活动	周期	活动	周期	活动	周期
示范活动和典型周期							
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设备规格,容器数据表</li> <li>● 工艺设计要求</li> <li>● 材料选择</li> <li>● 供应商/工厂资质</li> <li>● 制造商的设备设计</li> <li>● 业主批准设计</li> <li>● 焊接/质量控制计划的批准</li> <li>● 设备制造检查</li> <li>● 文件的准备</li> <li>● 安装和调试</li> <li>● 验收和运转</li> </ul>	依据制造和安装的需要	外部目视检查	不超过 5 年	从 RCM 或类似工作的计划中确定的活动,如: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 常规目视检查;</li> <li>b) 工艺状况监测/跟踪;</li> <li>c) 过程性能监控</li> </ul>	以满足预防性维修计划和工艺监控需要的要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设备内部更新。</li> <li>● 特殊的容器修理活动,如焊接覆盖物、改造、热割或焊接附件到压力界面。</li> <li>● 油漆。</li> <li>● 隔热/防火修复。</li> <li>● 化学清洗。</li> <li>● 结构支撑和锚固系统的修复或更新</li> </ul>	依据设备状况的需要,基于 ITPM 活动或正常操作观察产生的建议
		厚度测量	1/2 腐蚀寿命或不超过 10 年				
		内部检查或在线检查(如适用),二者择一	1/2 腐蚀寿命或不超过 10 年,厚度测量是足够的如果腐蚀率每年小于 0.127 mm				
		针对特定降级模式的附加检查(例如,保温层下腐蚀)	根据设备状况和降级率的需要				

表 D.1 (续)

新设备设计、制造和安装	检查和测试	预防性维修	修理
活动和周期的技术基础			
压力容器的 QA 做法	依据以前活动的结果设置间隔时间或根据检验规范 (API 510 或美国国家委员会检验规范 [NBIC]) 或法规要求设置固定间隔时间	公司或法规要求	依据正常操作过程中故障或 ITPM 活动结果的指示而进行
验收标准资源			
ASME PV 规范适用于设计和制造, 结合了更严格的公司工程标准和针对设备压力边界条件的特定法律要求	验收标准来源于检验规范 API 510、NBIC 和(或)法规要求。针对特定降级模式损伤的验收标准依据 API RP 579	公司要求和良好的工程实践, 再加上作为被定义了上、下安全界线的工艺安全信息 (如压力、温度、流体组成和速度限制)	设计和制造规范: ASME PV 规范, 结合公司工程标准或设备或法规的更严格的要求。通常, 修理和改造是依照 ASME“R”标志要求执行的
典型故障影响			
不正确的材料或焊接金属, 不正确的热处理, 不正确的尺寸、角偏差或倾斜的法兰, 测试过程的泄漏, 焊接缺陷, 高硬度显示, 使用不合格的焊工或焊接程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 压力边界变形、裂缝泄漏 (例如疲劳、环境引起、应力腐蚀开裂、碱脆) 或压力边界穿孔。</li> <li>● 压力边界的腐蚀, 包括保温层下腐蚀。</li> <li>● 缺少接地、结构支撑和锚固系统的过度腐蚀</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 压力边界变形, 从裂缝渗漏 (疲劳或环境引起的) 或压力边界穿孔。</li> <li>● 压力边界的腐蚀, 包括保温层下腐蚀。</li> <li>● 接地的缺乏、支撑结构和锚固系统的过度腐蚀</li> </ul>	不正确的材料或热处理, 不正确的尺寸、角偏差或倾斜的法兰, 测试过程的泄漏, 焊接缺陷, 高硬度显示, 使用不合格的焊工或焊接程序
员工资格			
公司要求和书面资质要求, 无损检测资格证书、检验证书或检验和验收活动的技术培训	书面的资格证书、行业检验证书 (API 510 或 NBIC) 或特定技术培训的结果分析	许多任务通常需要特殊的技术技能和操作技能, 应当将其加入到他们各自的培训计划中	焊工资格参考 ASME 规范第 IX 部分。具有适当技术的无损检测技术人员资格、行业检验资格 (API 510 或 NBIC) 或针对压力容器工程的专项技术训练

表 D.1 (续)

新设备设计、制造和安装	检查和测试	预防性维修	修理
程序要求			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 书面程序描述：               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 设备规格的工程标准；</li> <li>b) 项目管理(包括风险和设计评审的时间表)；</li> <li>c) 供应商资质；</li> <li>d) 文件要求；</li> <li>e) 工程验收和周转要求</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 书面程序描述检验和测试活动,包括：               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 方式、范围、位置、日期和检验或测试的执行人；</li> <li>b) 结果分析和记录；</li> <li>c) 功能或状态不符合验收标准的决议</li> </ul> </li> </ul>	<p>这些活动通常不需要特定任务程序</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 针对修理中典型任务的手工技能程序(例如焊接、垫片安装、螺栓紧固、压力测试)。</li> <li>● 针对修理或改造压力边界而开发的特殊工作程序。</li> <li>● 针对独特或复杂的维修或具有专业技术内容的特定工作程序(例如翻新、内部改造、催化剂处理)。</li> <li>● 为化学清洗而过程工程投入的特殊工作程序</li> </ul>
文件要求			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 公司文件的要求通常包括:U1 格式、焊接资质、设计计算、材料证明、QC 结果。</li> <li>● 热处理记录、竣工图纸和铭牌拓印</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在设备寿命周期中每次检验的结果及分析都要被记录。</li> <li>● 为考虑后期测试的替代保护方式的需 要,追踪检查日期和技术延期。</li> <li>● 依据建议日期,确定和解决缺陷状况</li> </ul>	<p>除设备历史文件,通常记录结果</p>	<p>维修记录通常与设备检验记录一起保存</p>

管道系统的设备完整性管理活动见表 D.2。

表 D.2 管道系统的设备完整性管理活动

新设备设计、制造和安装		检查和测试		预防性维修		修理	
活动	周期	活动	周期	活动	周期	活动	周期
示范活动和典型周期							
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 设计/管道介质要求</li> <li>● 压力等级</li> <li>● 材料的选择</li> <li>● 制造承包商资质</li> <li>● 业主批准设计</li> <li>● 焊接/质量控制计划的批准</li> <li>● 制造/储存/运输</li> <li>● 安装</li> <li>● 检验和测试结果的接受</li> <li>● 文件的准备</li> <li>● 验收和周转</li> <li>● 试车</li> </ul>	依据制造和安装的需要	外部目视检查	API 570 中默认的间隔时间	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 对 RCM, 基于风险的检验 (RBI), 或类似的工作计划从故障模式和影响分析 (FMEA) 或其他分析技术中确定的活动。</li> <li>● 工艺状态监测/跟踪</li> </ul>	以满足预防性维修时间进度表为需要	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 管道/部件更新替代。</li> <li>● 试车活动。</li> <li>● 临时夹扣。</li> <li>● 热割等。</li> <li>● 油漆。</li> <li>● 保温层修复。</li> <li>● 清洗。</li> <li>● 支架、吊架和锚固系统的修复或更新</li> </ul>	基于检验、测试和预防性维修活动的建议, 依据设备状况的需要确定周期
		厚度测量	API 570 默认间隔数值中较小的或基于测量壁厚和计算腐蚀速率的 1/2 寿命时间				
		RBI 评估	根据 RBI 评估调整间隔和范围, 计划在默认的检验间隔下审查				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特殊重点检查。</li> <li>● 注入点和土壤空气界面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 注入点检验: 3 年最大间隔中的较小时间或基于测量壁厚和计算腐蚀速率的 1/2 寿命时间。</li> <li>● 土壤空气界面检验: API 570 默认间隔数值</li> </ul>				

表 D.2 (续)

新设备设计、制造和安装	检查和测试	预防性维修	修理
活动和周期的技术基础			
管道制造和安装的质量保证(QA)做法	依据以前的检验结果设置间隔时间表或默认检验规范(API 570)中列出的最大间隔时间	公司或法规要求	依据故障,依靠预防性维修活动的结果,依靠检验和测试活动结果的指示而进行
验收标准资源			
ANSI/ASME B31 规范适用于管道设计和制造,结合了更多公司工程标准或特定设备标准的严格要求	验收标准来源于检验规范 API 570 或法规要求。针对特殊降级模式损伤的验收标准依据 API RP 579	被定义为工艺安全信息的工艺参数的上和下安全界限,如压力、温度、流体组成和流速	ANSI/ASME B31 设计和制造规范,结合公司工程标准、设备或法规的更严格要求。通常,修理和改造是依照 ASME “R”标志的要求执行的
典型故障影响			
尺寸错误,不正确的材料或焊接金属,不正确的尺寸、角偏差或法兰倾斜,不正确的部件压力等级,测试过程的泄漏,超出验收标准的焊接缺陷,高硬度显示,使用不合格的焊工或焊接程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 裂缝泄漏(例如疲劳、环境引起、应力腐蚀开裂、腐蚀开裂)。</li> <li>● 内外部腐蚀、保温层下腐蚀。</li> <li>● 过度震动,没有支撑或固定管道,永久变形,管道部件不满足压力等级</li> </ul>	工艺状况超过安全上下界限	尺寸错误,不正确的材料或焊接金属,不正确的尺寸、角偏差或法兰倾斜,不正确的部件压力等级,测试过程的泄漏,超出验收标准的焊接缺陷,高硬度显示,使用不合格的焊工或焊接程序,在热割/堵漏操作中泄漏,无法移动热割/堵漏设备
员工资质			
公司要求和岗位工艺技能证书、无损检测资格证书,ASME 第Ⅸ部分中对焊工焊接资格证书的要求	书面的无损检验资格证书、行业检验证书(API 570)或针对管道工程结果分析的特定技术培训		焊工资质依照 ASME 规范第Ⅸ部分。具有合适技能的无损检测技术人员资质、行业检验资格(API 570)或针对储罐工程的专项技术训练

表 D.2 (续)

新设备设计、制造和安装	检查和测试	预防性维修	修理
程序要求			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 书面程序描述：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 设备规格的工程标准；</li> <li>b) 项目管理(包括风险和设计评审的时间表)；</li> <li>c) 供应商资格；</li> <li>d) 文件要求；</li> <li>e) 工程验收和周转要求</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 书面程序描述的检验和测试活动,包括：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 活动的范围和位置,如何和何时进行检验或试验,以及由谁执行；</li> <li>b) 结果如何记录和结果什么时候进行分析；</li> <li>c) 功能或状态不符合验收标准如何解决</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 针对修理中典型任务的手工技能程序。例如焊接、垫片安装、螺栓紧固等。</li> <li>● 针对修理或改造压力边界开发的特殊工作程序。</li> <li>● 针对独特或复杂的维修或具有专业技术内容的工作。例如索吊、热割、堵漏、夹具安装的特殊工作程序。</li> <li>● 为过程工程投入化学清洗的特殊工作程序</li> </ul>
文件要求			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 公司文件的要求通常包括焊接资质、焊接图、设计计算、材料证明、QC 结果。</li> <li>● 热处理记录、竣工图纸和压力试验报告</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 在设备寿命周期中每次检验的结果及分析都要被记录。</li> <li>● 检查日期被跟踪和技术延期,由于后期测试考虑的保护的替代方式的需要。</li> <li>● 缺陷状况被确定和解决依据建议的日期</li> </ul>	除去设备历史文件,通常记录预防性维修结果	维修记录通常与设备检验记录一起保存

参 考 文 献

- [1] GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语
  - [2] GB/T 19004 追求组织的持续成功 质量管理办法
  - [3] GB/T 19022 测量管理体系 测量过程和测量设备的要求
  - [4] GB/T 23331 能源管理体系 要求
  - [5] GB/T 23694—2013 风险管理 术语
  - [6] GB 32167 油气输送管道完整性管理规范
  - [7] AQ/T 3034—2010 化工企业工艺安全管理实施导则
  - [8] JJF 1112 计量检测体系确认规范
  - [9] Q/SHS 0001.1 中国石油化工集团公司安全、环境与健康(HSE)管理体系
  - [10] Q/SHS 0001.3 炼油化工企业安全、环境与健康管理规范
  - [11] T/ CAPE-10001—2017 设备管理体系 要求
  - [12] 中华人民共和国安全生产法 中华人民共和国主席令第 13 号
  - [13] 特种设备安全监察条例 中华人民共和国国务院令第 549 号
  - [14] 中国石油化工集团公司设备管理办法
  - [15] 中国石油天然气集团公司设备管理办法
  - [16] API 750-1990 Management of process hazards
  - [17] Guidelines for Asset Integrity Management CCPS
  - [18] Guidelines for Mechanical Integrity Systems CCPS
-