



中华人民共和国国家标准

GB/T 42783—2023

成套装置完整性管理

Integrity management of units

2023-05-23 发布

2023-05-23 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|----------------------|----|
| 前言 | I |
| 引言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 2 |
| 5 完整性管理的原则和要素 | 3 |
| 6 方针和策略 | 7 |
| 7 目标和计划 | 8 |
| 8 组织结构、职责 | 8 |
| 9 能力与资质 | 9 |
| 10 交流沟通 | 9 |
| 11 技能培训 | 10 |
| 12 变更管理 | 10 |
| 13 信息管理 | 11 |
| 14 记录和文件管理 | 12 |
| 15 风险管理 | 12 |
| 16 质量控制 | 22 |
| 17 检验、检测和预防性维修 | 24 |
| 18 失效管理 | 26 |
| 19 应急管理 | 28 |
| 20 停用报废 | 29 |
| 21 绩效评价与持续改进 | 29 |
| 参考文献 | 31 |

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。

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、中国石油化工股份有限公司、中国特种设备检测研究院、中国石化青岛炼化有限责任公司、福建联合石油化工有限公司、国家管网集团东部原油储运有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、中国石油四川石化有限责任公司、中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化分公司、中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司。

本文件主要起草人：陈炜、胡久韶、何承厚、谢国山、刘承、杨鹏飞、董杰、李志峰、邵珊珊、韩焯、程四祥、戴澄、汤晓英、崔国彪、周杨、孔新军、陈中官。

引 言

本文件以英国标准协会的 PAS 55 资产管理标准、美国化学工程师协会化工过程安全中心 (CCPS) 的《资产完整性管理指南》、ISO 55000 国际资产管理标准族为参照,在汲取中石化、中石油、国家管网等工厂完整性管理优秀经验的基础上,基于我国石油化工设备完整性管理的基本国情编制而成。本文件规范了成套装置实施完整性管理的内容、主要技术方法和要求,明确了成套装置全寿命周期风险管理的支撑技术及应用条件、分析程序,为企业在工厂完整性管理的指导下开展成套装置的完整性管理提供依据,对确保成套装置安全、经济、高效运行具有重要意义。

成套装置完整性管理

1 范围

本文件规定了炼油、化工、煤化工成套装置中静设备(压力容器、常压储罐、工业管道、炉管、阀等)、动设备(泵、压缩机、风机等)、仪表系统、电气设备全寿命周期完整性管理的内容、方法和要求,包括了设备设计、制造安装、投用运行、停用报废等环节的完整性管理内容。

本文件适用于炼油、化工、煤化工成套装置完整性管理,油气集输场站、石油储备基地完整性管理也可参照使用。

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 150(所有部分) 压力容器

GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定

GB/T 20438(所有部分) 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全

GB/T 21109(所有部分) 过程工业领域安全仪表系统的功能安全

GB/T 26610(所有部分) 承压设备系统基于风险的检验实施导则

GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB/T 30578 常压储罐基于风险的检验及评价

GB/T 30579 承压设备损伤模式识别

GB/T 32857 保护层分析(LOPA)应用指南

GB/T 35013 承压设备合于使用评价

GB/T 35320 危险与可操作性分析(HAZOP分析)应用指南

GB/T 37327 常压储罐完整性管理

SY/T 5921 立式圆筒形钢制焊接油罐操作维护修理规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

成套装置 **integrated units**

在炼油、化工、煤化工行业中,将原料经过工艺过程加工成化学成品的流程设备、工业管道、仪表、电气设备的系统组合。

3.2

完整性 **integrity**

反映成套装置在结构和功能上是完整的、处于安全可靠的受控状态,符合预期功能的综合属性。

3.3

完整性管理 integrity management

管理者为保证成套装置完整性而进行的一系列管理活动。

注：具体指管理者针对成套装置面临的不断变化的风险因素进行识别和评价，不断消除识别到的不利影响因素，采取各种风险减缓措施，将风险控制在合理、可接受的范围内，最终达到持续改进、减少设备事故，安全、经济、合理运行的目的。

3.4

完整性管理程序 integrity management program

对成套装置完整性管理活动做出指导性的流程规范，系统地指导风险评估、完整性评价、成套装置内设备检验、维护和修理等完整性管理工作的程序。

3.5

信息管理系统 information management system

采用信息化技术，实现成套装置基础数据、工艺数据、腐蚀数据、风险数据、防腐蚀检测数据、维修数据、完整性评价数据的采集、存储、分析，实现腐蚀调查、风险评估、防腐蚀检测、完整性评价、维修与风险减缓、绩效评价等功能，同时实现完整性管理程序信息化管理的闭环系统。

3.6

风险管理 risk management

指导和控制风险的行为。

注：通常包括风险评估、风险减缓、可接受风险和风险交流。

3.7

完整性评价 integrity assessment

通过检测、评价或其他已证实的可以确定设备状态的等同技术来确定设备当前完整性状态的过程。

3.8

变更管理 management of change

对可能影响成套装置完整性的技术、管理、程序或组织的变更及变更实施进行系统性分析，并将分析结果传达给相关部门的过程。

3.9

保护层分析 layer of protection analysis

通过分析事故场景初始事件、后果和独立保护层，对事故场景风险进行半定量评估的一种系统方法。

3.10

独立保护层 independent protection layer

能够阻止场景向不期望后果发展，并且独立于场景的初始事件或其他保护层的设备、系统和行动。

3.11

绩效评价 performance measurement

对成套装置内静设备、动设备、仪表系统、电气设备执行某项活动的结果或进程质量好坏、作用大小、自身状态等效率指标、效能指标的量化计算或结论性评价。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CCD：腐蚀控制手册(Corrosion Control Documents)

FFS:合于使用评价(Fitness for Service)

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

IOWs:完整性操作窗口(Integrity Operate Windows)

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)

RBD:基于风险的设计(Risk-based Design)

RBI:基于风险的检验(Risk-based Inspection)

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)

5 完整性管理的原则和要素

5.1 一般要求

5.1.1 成套装置完整性管理体系是工厂完整性管理体系的一部分,成套装置完整性管理体系应满足工厂完整性管理的各项指标与要求。

5.1.2 成套装置完整性管理的模式应以预防为主。有效的成套装置完整性管理体系应在设备发生失效前辨识危害因素并开展风险评估,根据评估结果采取相应的控制措施。

5.1.3 成套装置完整性管理符合以下基本原则:

- a) 实施成套装置完整性管理的单位应建立符合本文件要求的成套装置完整性管理体系;
- b) 成套装置完整性管理以风险管理为技术支撑,覆盖成套装置全生命周期,包括设备设计、制造安装、投用运行、停用报废等环节;
- c) 数据采集、文件管理工作应从设计阶段开始,并在完整性管理全过程中持续进行;
- d) 应明确完整性管理的责任部门及职责要求,并对完整性管理从业人员进行培训;
- e) 应建立针对完整性管理工作内容和效果的绩效评价方法,并通过持续评价不断改进完整性管理工作。

5.2 完整性管理体系

5.2.1 使用单位应在工厂或成套装置的设计阶段开始建立工厂或成套装置完整性管理体系;如果准备建立完整性管理体系的时间已经处于工厂或成套装置的制造安装阶段或投用运行阶段,使用单位应按照本文件对制造安装阶段或投用运行阶段完整性管理的要求实施。

5.2.2 成套装置完整性管理体系分为管理部分、信息部分和技术部分3个部分和16个要素。使用单位应设定规范的程序,将管理部分、信息部分和技术部分涵盖于成套装置设备设计、制造安装、投用运行、停用报废等各个环节。

5.2.3 成套装置完整性管理体系的要素如图1所示。

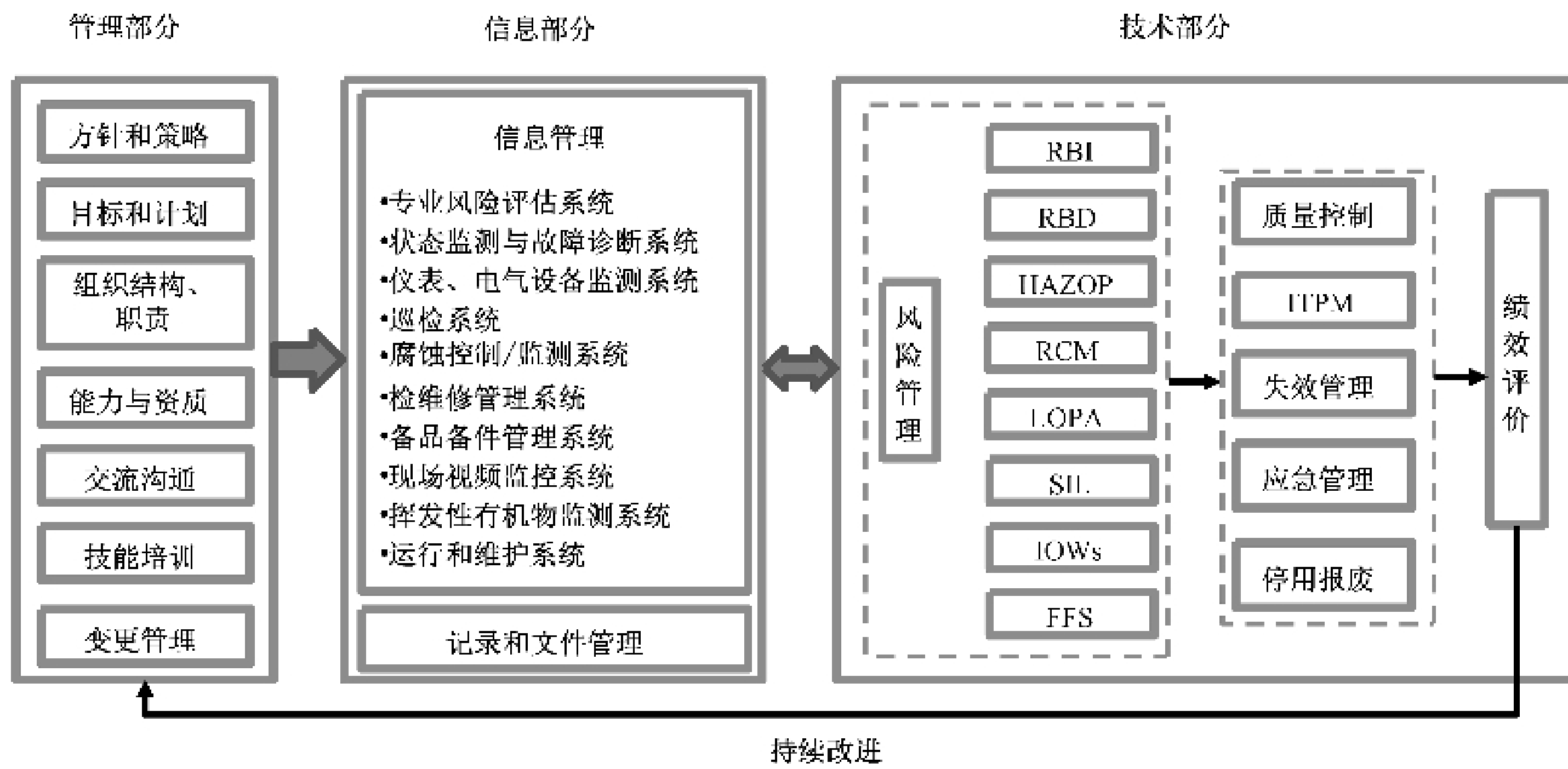


图 1 成套装置完整性管理体系要素

5.2.4 成套装置完整性管理体系建立和实施的内容宜包括但不限于以下内容：

- a) 建立完善的成套装置完整性管理体系文件,规范业务流程；
- b) 搭建成套装置完整性管理信息平台；
- c) 集成应用风险管理技术方法；
- d) 建立可靠性工程师团队和管理体系运行机制；
- e) 体系文件的发布与实施；
- f) 评审及验收,持续改进。

5.2.5 成套装置完整性管理体系的建立和实施程序见图 2。

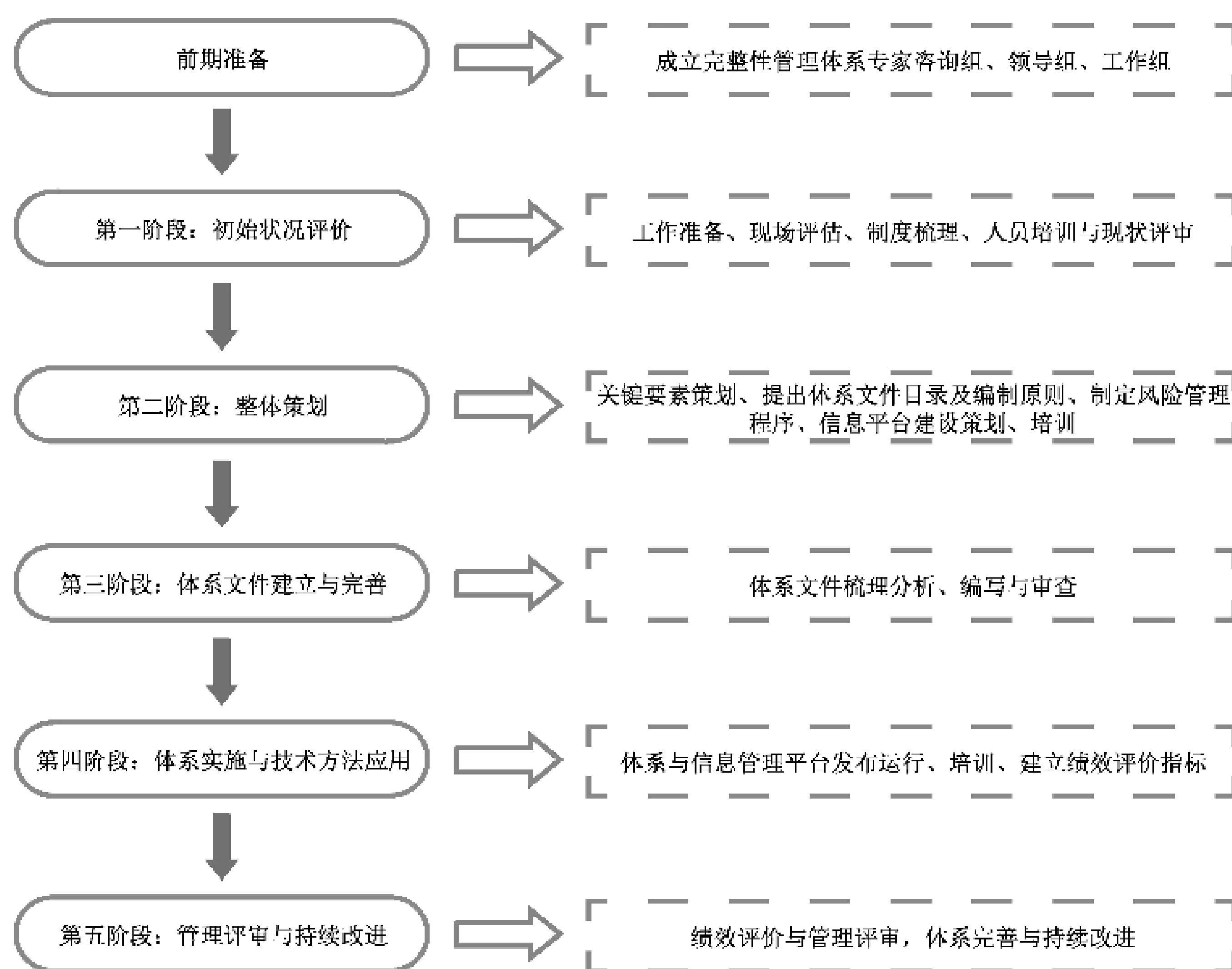


图 2 成套装置完整性管理体系建立与实施程序

5.3 完整性管理体系的 3 个部分与 16 个要素

5.3.1 管理部分

5.3.1.1 方针和策略

使用单位应确定成套装置完整性管理方针，并经其最高管理者批准。使用单位应建立、实施与方针相匹配的成套装置完整性管理策略，并经其决策者批准。

5.3.1.2 目标和计划

使用单位应建立成套装置完整性管理的目标。为实现使用单位设备管理的目标，使用单位应制定相应的设备管理计划，覆盖设备设计、制造安装、投用运行、停用报废等全寿命周期过程。

5.3.1.3 组织结构、职责

使用单位应确定与成套装置完整性管理相关的组织机构，参与完整性管理工作的人员应有明确的职责分工，给予从事管理、执行和考核的工作人员相应的职责和权限，并提供完整性管理中所需的基础设施与平台。

5.3.1.4 能力与资质

使用单位应确保成套装置完整性管理人员、操作人员、检验检测和维修人员等应经过培训并具有相应能力或资质，具备所需的技能和经验。

5.3.1.5 交流沟通

使用单位应建立和保持与员工、管理层、上下游客户、相关部门、公众、应急队伍等的联系和沟通机制。

5.3.1.6 技能培训

使用单位应规定成套装置中静设备、动设备、仪表系统、电气设备完整性管理各岗位人员(包括管理人员、专业技术人员及其他相关人员)的技能要求,明确成套装置完整性管理各岗位的培训要求,并制定培训计划。

5.3.1.7 变更管理

使用单位应建立设备变更管理计划,以保证在设备变更实施前,有效识别变更对设备安全运行的潜在影响,并对变更内容进行记录和评估。

5.3.2 信息部分

5.3.2.1 信息管理

为满足成套装置完整性管理的要求,使用单位应建立成套装置完整性管理信息系统,通过采用信息化技术,满足数据采集、数据存储、数据分析等功能需求,将信息管理系统应用于日常的各项风险管理活动,及时掌握成套装置内设备的风险变化情况。

5.3.2.2 记录和文件管理

对成套装置完整性管理体系中的重要内容应记录和管理,包括但不限于以下内容:

- a) 完整性管理范围和目标;
- b) 实施完整性管理的程序;
- c) 确保完整性管理有效实施和进行过程控制的相关文件和记录;
- d) 风险评估报告、完整性评价报告;
- e) 绩效评价报告。

5.3.3 技术部分

5.3.3.1 风险管理

成套装置风险管理一般包括以下四个阶段。

- a) 设备设计阶段风险管理。管理方法包括但不限于:RBD、HAZOP、LOPA、SIL、基于可靠性的设计。
- b) 制造安装阶段风险管理。使用单位宜建立相应的程序并配备相应的资源,使设备在采购、制造、安装过程中的质量得到有效控制,且满足设计文件的要求。
- c) 投用运行阶段风险管理。管理方法包括但不限于:RBI、HAZOP、RCM、LOPA、SIL、IOWs、FFS。
- d) 停用报废阶段风险管理。管理方法包括但不限于:HAZOP、FFS。

5.3.3.2 质量控制

使用单位应识别风险并制定成套装置各类设备安全运行的质量控制措施,建立和实施相应的质量

保证程序和控制标准,并覆盖设备设计、制造安装、投用运行阶段。

使用单位还应对供应商、承包商进行资格和能力审查。

5.3.3.3 检验、检测和预防性维修(ITPM)

使用单位应通过检修/维护措施来保证成套装置中静设备、动设备、仪表系统、电气设备的完整性,降低安全使用风险。检修/维护与降险措施包括定期检验维修、预防性维修、在线监测/检测和其他措施。采用何种检修/维护与降险措施及其优先等级应通过 RBI、RCM、SIL、FFS 的结果确定。

5.3.3.4 失效管理

使用单位应建立静设备、动设备、仪表系统、电气设备的损伤及失效管理信息数据档案和调查处理程序。数据档案包含损伤机理识别和实际失效分析两部分。失效事件发生后,按规定程序进行事件分析和调查,并根据具体情况建立相应的纠正与预防措施,有效控制偏离完整性管理预期的事件。

5.3.3.5 应急管理

使用单位应根据成套装置中静设备、动设备、仪表系统、电气设备可能存在的失效原因和失效后果制定包括应急物资准备、应急处置流程等内容的应急管理方案。

5.3.3.6 停用报废

如果成套装置中设备经评估后不能满足安全运行要求,修复也不具备经济性,应通过安全和环保的方式对设备进行停用报废处理。

5.3.3.7 绩效评价与持续改进

使用单位应定期采用绩效评价方法对 RBI、RCM、SIL、LOPA、IOWs、FFS 等技术应用效果进行评价,提出改进措施,并编制绩效评价报告。根据绩效评价结果,完善风险管理方案、应急管理方案等,提升成套装置完整性管理体系的有效性。

6 方针和策略

6.1 成套装置完整性管理方针应满足以下要求:

- a) 与成套装置设备和生产的特点、规模及其他的方针政策相匹配;
- b) 与成套装置的整体风险管理策略相一致;
- c) 明确表达成套装置实现健康、安全和可持续发展的方法,形成文件并付诸实施;
- d) 传达给所有相关方,包括现场管理人员、操作人员、供应商、承包商、资产所有者、客户等,分清各自的责任;
- e) 确保全员参与,并履行职责;
- f) 提供建立、实施完整性管理策略、目标和计划的框架;
- g) 提供完整性管理所需的资源;
- h) 开展定期评审,持续改进,以确保方针与使用单位的发展计划保持匹配和一致。

6.2 成套装置完整性管理方针建立的步骤宜包括:

- a) 识别利益相关方的需求和潜在期望;
- b) 考虑风险、目标、资源需求、约束边界、时间表和责任;

- c) 识别强制性的成套装置完整性管理需求；
- d) 确定成套装置完整性管理方针,并经其最高管理者批准；
- e) 与相关管理者、员工和利益相关方讨论方针草案并修改；
- f) 确保方针形成文件,并传达给所有相关方；
- g) 确定方针的执行情况。

6.3 使用单位成套装置完整性管理策略应满足以下要求：

- a) 支持成套装置完整性管理方针,并与其他政策和策略相一致；
- b) 提前识别设备管理者与生产管理者的管理与生产要求；
- c) 明确设备全寿命周期管理与某一生产周期管理的需求；
- d) 明确成套装置和设备系统管理采用的基本方法；
- e) 识别现有设备系统和关键设备的功能、绩效和状况,并拟定有针对性的风险控制方法；
- f) 明确管理目标和计划的优化准则；
- g) 定期评审并持续改进。

7 目标和计划

7.1 使用单位成套装置完整性管理目标应满足以下要求：

- a) 是定量的、可实施的；
- b) 使设备风险处于使用单位可接受风险范围内；
- c) 适用于使用单位当前或之后的某一段时期；
- d) 能够传达给利益相关方,并明确相关方义务；
- e) 定期评审和持续改进,以确保与成套装置的设备管理策略保持一致。

7.2 使用单位成套装置完整性管理计划宜包括但不限于以下内容：

- a) 开展适用于成套装置静设备、动设备、仪表系统、电气设备的风险管理,确定成套装置的风险可接受水平；
- b) 成套装置生产与检修的周期；
- c) 成套装置改、扩建和设备变更；
- d) 设备操作工况和工艺环境的改变；
- e) 进行缺陷管理,并制定处理缺陷的措施；
- f) 检验、检测和预防性维修；
- g) 设备修理改造；
- h) 闲置设备启用或停用报废。

8 组织结构、职责

8.1 使用单位应确定与成套装置完整性管理相关部门的职能(至少包括设备、生产、工程、安全、环保、管理、技术、信息、采购等相关部门的职能)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。

8.2 使用单位宜建立由设备管理部门组织,相关处室各负其责,专业团队、区域团队各司其职的运行模式,同时设立专家团队、可靠性工程师、现场工程师和维护工程师等角色。为保障使用单位成套装置完整性管理体系的建立与正常运行,应明确设备管理部门和各专业管理团队职责,包括但不限于以下

内容。

- a) 设备管理部门：负责成套装置完整性管理的统筹规划。负责方针和策略、目标和计划的制定与改进，负责管理制度、程序文件等发布，负责成套装置风险管理与质量控制，负责建立、实施、持续改进完整性管理体系与组织结构等工作。
- b) 设备专家团队：由设备管理部门组建并受其委托，负责使用单位设备专业技术管理工作的总体规划和实施指导。负责指导方针和策略、目标和计划的制定，负责新技术、新工艺、新设备的推广与应用，负责组织与指导专业团队实施工作策略与工作计划，并开展绩效评价与持续改进等工作。
- c) 设备管理专业团队：归属设备管理部门领导，接受设备专家团队的技术指导，由设备专业工程师和可靠性工程师组成。负责落实各专业设备工作策略和工作计划，负责开展绩效评价与持续改进，负责设备风险管控等工作。
- d) 区域设备管理团队：负责成套装置完整性管理体系运行的基层执行团队。负责落实完整性管理要求，执行设备管理制度与技术规范等工作。
- e) 维修维护服务团队：负责开展以可靠性为基础的预防性维修，负责提高检维修技术等工作。

9 能力与资质

9.1 使用单位应对完整性管理所涉及岗位的人员进行培训和资格认证，确保人员能力和思想意识满足需求。使用单位应确保人员能力达到成套装置完整性管理体系的要求，包括但不限于以下内容：

- a) 确定从事完整性管理工作的人员所需的能力和对管理绩效的影响；
- b) 基于适当的教育、培训和知识(经验)传授，确保人员能够胜任；
- c) 必要时，使用单位应向在职人员提供培训、辅导、重新分配工作、聘用、外包等措施，以获取所需的能力，并评价这些措施的有效性；
- d) 形成文件记录，以提供有力证据；
- e) 定期评审使用单位人才需求和岗位能力要求。

9.2 使用单位应确保参与完整性管理的单位或个人具备相应的能力或资质，包括但不限于以下内容：

- a) 设计单位/人员的能力、经验和资质符合要求；
- b) 承包商/供应商资质经过评估，符合法律、法规、标准以及使用单位自身的要求；
- c) 检维修单位的资质、能力评价符合要求；
- d) 开展风险评估的单位具有相应的资质、能力。

10 交流沟通

10.1 使用单位应制定和实施沟通计划以保证使用单位相关人员、监管部门和公众能够获知其完整性管理相关工作和成果。信息的交流沟通可以是定期的，也可根据需求开展。

10.2 使用单位及时将下列信息与相关单位进行交流沟通：

- a) 压力容器、工业管道投用前、投用后的重大修理、改造与停用报废应与当地监管单位沟通；
- b) 工艺变更前应告知设计或风险评估单位；
- c) 开展成套装置风险评估前应告知当地监管单位；
- d) 停工检验前应通知检验单位；
- e) 完整性管理策略应及时告知风险评估单位。

10.3 使用单位应及时从相关单位获取成套装置完整性管理的信息,宜包括但不限于以下内容:

- a) 工艺变更后的风险变化情况;
- b) 设备的故障原因分析;
- c) 设备的风险排序与损伤机理分布;
- d) 停工检验的检验策略。

11 技能培训

11.1 从事成套装置完整性管理的相关人员应进行完整性管理相关内容的培训,按分工不同,培训内容包括但不限于:

- a) 完整性管理规定;
- b) 数据与信息的管理;
- c) 损伤模式识别与风险评估;
- d) 设备检测与结果评价;
- e) 设备缺陷修复管理;
- f) 成套装置日常管理。

11.2 使用单位应编制并执行对完整性管理人员的培训大纲,定期审查培训计划。当新标准、法规发布,新设备、新工艺程序或新管理制度实施时,应对培训大纲进行审查,并根据需要予以修订。

11.3 完整性管理人员、操作人员、检验检测人员和维修人员应定期接受培训,以更新其岗位知识和技能,具备相应的技能后,还应对其能力进行必要的考核。

12 变更管理

12.1 使用单位应制定变更管理程序,以规范成套装置的各种变更活动。

12.2 成套装置的变更包括但不限于:

- a) 成套装置完整性管理方针、目标变更;
- b) 设备材料、结构、型号发生变化;
- c) 承包商、供应商变更;
- d) 设备相关的操作参数发生较大变化;
- e) 设备用途、位置发生较大变化;
- f) 设备的维护方法、应急响应措施发生较大变化;
- g) 仪表、联锁和其他安全附件摘除、更换或增加;
- h) 使用单位继续使用达到设计使用年限(未规定设计使用年限,但使用超过 20 年的压力容器视为达到设计使用年限)压力容器的情形。

12.3 变更管理的过程至少应包括以下内容:

- a) 变更申请;
- b) 变更及变更实施的风险评估;
- c) 变更方案的制定与审批;
- d) 变更前与变更结束后的告知并对相关人员进行培训;
- e) 变更实施的检查、跟踪和验收;
- f) 整个变更完成后形成记录并存档,对变更所涉及的技术文件进行同步修改;

- g) 定期追踪评价变更效果。

13 信息管理

13.1 一般要求

13.1.1 使用单位应根据成套装置完整性管理的需要,建立一套针对静设备、动设备、仪表系统、电气设备的风险评估、状态监测、巡检、备品备件管理、腐蚀控制/监测、视频监控、日常检维修的信息管理系统。

13.1.2 信息管理系统的数据来源可以由使用单位组织人员收集,也可以委托其他有资质的单位收集整理计算,使用单位应指定专人负责日常维护与管理。

13.2 信息管理构成

13.2.1 使用单位应建立成套装置完整性管理的信息系统,对成套装置中包含的静设备、动设备、仪表系统、电气设备的使用管理、运行维护、检验修理、备品备件、停用报废进行全过程管理,信息管理系统宜包括但不限于以下内容。

- a) 专业风险评估系统。用于压力容器、常压储罐、工业管道、炉管、安全阀的风险评估系统,泵、压缩机、风机的可靠性评估系统,仪表安全完整性等级评估系统。
- b) 状态监测与故障诊断系统。用于掌握动设备的运行状态,预测动设备故障发生、发展情况,借助技术分析,进行检修决策和管理。
- c) 仪表系统、电气设备监测系统。用于掌握仪表系统、电气设备的运行状态,预测仪表、电气设备故障发生、发展情况,借助技术分析,进行检修决策和管理。
- d) 巡检系统。用于确定设备运行状态和运行数据,实现记录、保存、分析,为设备的维护和更换作辅助决策。
- e) 腐蚀控制/监测系统。用于监测与腐蚀相关的工艺介质的含量、操作参量等。
- f) 检维修管理系统。用于制定管理各类设备的检维修计划、策略。
- g) 备品备件管理系统。用于备品备件存储、采购决策优化的管理系统。
- h) 现场视频监控系统。用于发现早期的泄漏与火灾。
- i) 挥发性有机物监测系统。用于准确检测挥发性有机物组分和相应的环境浓度。
- j) 运行与维护系统。用于定期对信息管理系统进行清理、存储、备份、更新与维护。

13.2.2 信息管理系统可以是一个整体的系统,也可以分为各个类别的管理分系统。信息管理系统可以根据使用单位的需求自行研发,也可以购买相关的管理软件,并进行安装与使用培训。

13.3 信息管理系统的日常运行和维护

13.3.1 使用单位建立信息管理系统后应由专人定期对系统进行更新与维护,保持系统的正常运行,并设置查阅、使用和管理权限,保证系统数据的可靠、准确。

13.3.2 使用单位应指定完整性管理成员不断完善与补充管理系统的管理与信息,当发生下列情形或使用单位认为有必要时,应对系统的管理与信息及时调整:

- a) 成套装置改造;
- b) 工艺变更;
- c) 设备变更或停用报废;
- d) 防腐蚀策略发生变化;
- e) 补充在线检测数据;

- f) 进行停车检验；
- g) 发生失效事件；
- h) 检维修策略调整；
- i) 重要岗位人员调动。

14 记录和文件管理

14.1 记录和文件分为纸质文件与电子文档两类,应按照记录文件的要求与重要性明确存档保管负责人员、文件保存年限、更新周期、传递对象与范围。

14.2 完整性管理的记录与文件应进行分类管理,主要包括但不限于以下文档资料:

- a) 成套装置完整性管理的程序文件,如管理范围、方针策略、目标计划、管理细则或相关规定、培训记录与资质等;
- b) 成套装置完整性管理技术文件,如检验检测报告、风险评估报告、完整性评价报告、运行维护记录、事故分析、绩效评价报告等;
- c) 成套装置基础文件,如设计制造文件、采购信息、工程建设文件(包括施工文件、监理文件等)、变更改造文件、停用报废文件等。

15 风险管理

15.1 一般要求

15.1.1 使用单位应在设备全寿命周期的各阶段识别其潜在的损伤模式,确定其影响因素、失效后果及失效可能性,并进行风险排序,减少由于设计不合理、施工不当、操作不当导致存在难以消除的缺陷或者成套装置风险偏高的情况,并对这些风险进行管理,使风险控制在可接受的水平。

15.1.2 成套装置风险管理遵循以下原则:

- a) 成套装置应分别采用设备设计、制造安装、投用运行、停用报废 4 个阶段的风险管理策略与方法,并将风险管理的要求作为成套装置各阶段技术方案优化和决策的依据;
- b) 对风险管理技术本身的范围、性质和时间节点等进行规定,以确保实施正确的、有针对性的风险管理技术;
- c) 根据成套装置的使用情况,适时调整风险管理策略;
- d) 风险管理策略应与使用单位的操作经验和风险控制能力相符合;
- e) 对风险管理过程进行监控,确保其实施的时效性。

15.1.3 使用单位通过风险管理技术对设备系统或工艺系统的选材、性能、风险、操作、检验、可用性、可靠性、可维护性进行评估、论证和审查。

15.1.4 使用单位在成套装置风险管理过程中可通过动态风险管理实时掌握设备风险状态,及时优化维修任务,为设备维修与安全管理提供决策支持。

15.2 风险管理技术的分类

使用单位在设备设计、制造安装、投用运行、停用报废等过程应结合成套装置完整性管理的目标,选择适合的风险管理技术,风险管理技术包括但不限于以下内容。

- a) RBI 用于优化成套装置承压设备的检验周期和检验方法,例如,压力容器、常压储罐、工业管道、炉管及超压泄放装置。

- b) RBD 主要用于识别承压设备的失效模式和风险,并根据承压设备的失效模式和风险向设计单位提出设计、制造、安装关键技术要求,包括选材、结构选型(或配管)、钢材订货技术要求、焊接工艺技术要求、热处理及无损检测技术要求等。
- c) HAZOP 是一种以系统工程为基础的可用于定性分析或半定量评价的危险性评价方法,用于探明生产装置和工艺过程中的危险及其原因,寻求必要对策。可用于找出出现变动与偏差的原因,明确装置或系统内及生产过程中存在的主要危害因素,并针对变动与偏差的后果提出应采取的措施。
- d) RCM 用于优化主动维护任务,例如预防性维护、故障查找。通常适用于动设备的功能故障分析,例如泵、压缩机、风机等。
- e) LOPA 是在危害分析基础上,进一步评估保护层的有效性,并进行风险决策的半定量分析方法。其目的是确定是否需要额外的独立保护层,使风险控制在可接受的水平。
- f) SIL 用于评价成套装置中仪表系统及工艺过程的风险,确定仪表联锁系统所需的安全等级,评估实际联锁达到了何种等级,是否满足设备的风险控制要求,达到满足安全又避免误跳车的目的。
- g) IOWs 通过预先设定并建立一些操作边界、工艺参数临界值,使操作或工艺严格控制在这些界定的范围内,起到预防设备提前劣化或发生突然破裂泄漏的作用,提高设备运行的可靠性。
- h) FFS 用于评价存在超标缺陷的设备是否满足生产周期的安全运行,是延长设备使用寿命的一种方法。

15.3 风险管理技术的选取

使用单位基于风险的完整性管理技术应用应贯穿成套装置设备设计、制造安装、投用运行、停用报废全寿命周期,可选用 RBI、RBD、HAZOP、RCM、LOPA、SIL、IOWs、FFS 等技术手段,具体选取路线见图 3。

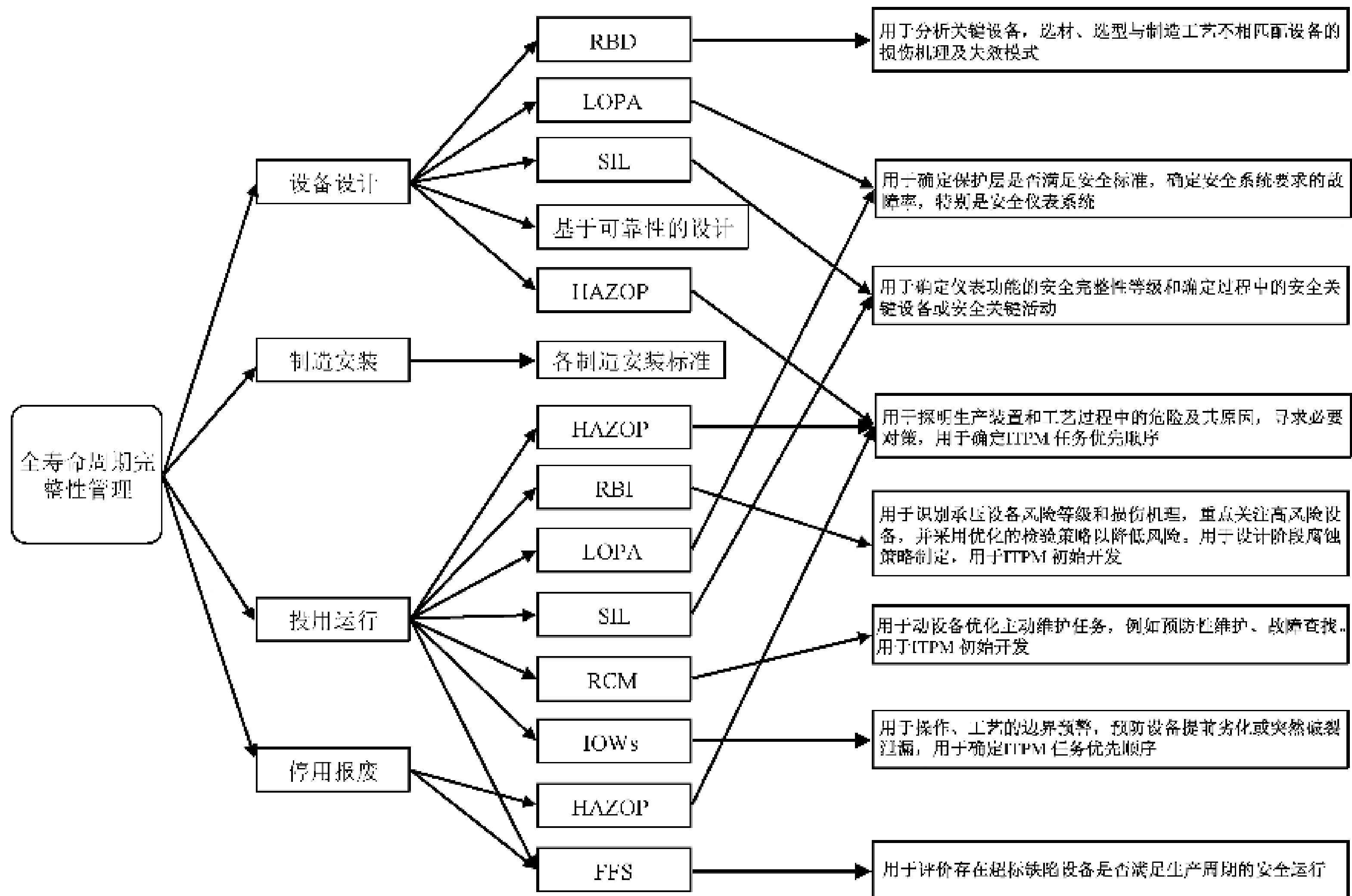


图3 风险管理技术选取路线

15.4 数据采集与管理

15.4.1 风险管理所需数据的采集与管理满足以下要求。

- 充分考虑成套装置设备设计、制造安装、投用运行、停用报废各阶段的数据要求，为成套装置全寿命周期完整性管理提供基础数据。
- 成套装置各个阶段的数据应实时采集和整合，保持最新的版本并具有可追溯性。
- 数据采集、处理、存储等宜按照标准化格式，符合大数据接口要求，便于数据共享。设备可靠性和维修数据的采集与交换见 GB/T 20172。
- 成套装置各个阶段所产生的数据应根据成套装置完整性管理数据要求，及时完整地纳入数据管理系统。

15.4.2 成套装置各个阶段的数据包括：设计数据、施工数据、检测与验收数据、日常运行维护数据、停用报废数据等，此外，还包括测绘记录、环境数据、财务数据、失效分析、FFS 数据、应急预案等。

15.4.3 成套装置数据采集与管理的质量要求包括以下内容：

- 保证数据质量和数据的真实性；
- 确保采集的数据是在有效时间范围内；
- 各阶段的数据应满足完整性管理对数据的统一要求，以便建立起变化趋势的逻辑关联。

15.4.4 成套装置风险管理所需的数据应涵盖设备设计、制造安装、投用运行、停用报废的信息与数据，数据采集与管理的内容包括但不限于：

- 工厂及成套装置的通用数据，包括当地气候、地质条件、计划与非计划停车、工艺稳定性、管理水平、应急预案、消防措施等；

- b) 设计与制造数据、竣工图、装配图、工业管道单线图、质量保证书,包括设计与制造规范、设备与工业管道的规格、设计温度、设计压力、材料、设计使用寿命、焊后热处理、仪表的型号参数、连锁逻辑、冗余设置等;
 - c) 工艺数据、工艺操作规程、工艺流程图(PFD)、工艺及仪表流程图(PID)、集散控制系统(DCS)存储数据,主要包括与流体有关的物性参数:流体组分及含量、流速、pH 值、操作温度、操作压力、相态、液位;
 - d) 与压力容器、工业管道、常压储罐损伤机理识别、失效可能性与失效后果计算的相关数据,与泵、压缩机、风机等动设备 RCM 相关的数据,与仪表系统 SIL 相关的数据;
 - e) 检维修数据、历史检验数据、失效分析数据,包括检验或分析单位、检验时间、检验方法、检验有效性、实测壁厚数据、应力腐蚀裂纹检测结果、材质劣化情况、机械损伤情况等。
- 15.4.5 风险管理的数据应能随时调档或读取,满足信息化管理的要求,包括但不限于以下要求:
- a) 应采用结构化的实体数据模型,实现全寿命周期数据的管理和有效维护;
 - b) 结构化数据的存储宜通过基于数据模型的数据库进行管理和维护;
 - c) 文档、图片、视频等非结构化数据的存储应建立文件清单,非结构化数据应保证提交数据和文件清单相一致;
 - d) 应采取管理措施保证数据的准确性和有效性。

15.5 RBI

15.5.1 概述

RBI 适用于承压设备投用运行阶段的风险评估,RBI 在完整性管理中的应用场合包括但不限于:

- a) 用于识别损伤机理、识别高风险设备,明确重点关注设备;
- b) 用于成套装置承压设备基于损伤机理的选材评价;
- c) 用于优化设备检验策略,通过风险评估制定的检验策略是推荐性的;
- d) 用于优化工艺监测位置与采样分析内容;
- e) 用于确定与优化定点测厚位置和范围。

15.5.2 一般要求

15.5.2.1 承压设备范围按 GB/T 26610.1 中相关规定。

15.5.2.2 风险可接受水平由使用单位根据自身情况确定。依照风险计算结果对成套装置中设备进行风险排序,宜将“高风险”和“中高风险且高失效可能性”的设备列入使用单位风险不可接受范围。

15.5.2.3 风险可接受水平可以随着使用单位管理水平的变化进行适当调整。

15.5.2.4 成套装置风险评估的时间间隔应根据成套装置完整性管理的要求来确定。

15.5.2.5 RBI 是动态的风险评估工具,可以对目前和未来的风险进行评估。风险评估是基于当时的数据和认识,随着时间的推移会发生改变。在成套装置完整性管理的过程中,风险评估应采用最新的检验检测数据、工艺与维护信息来进行持续更新、动态管理。

15.5.3 分析程序

具体的 RBI 实施程序、风险计算按 GB/T 26610(所有部分)、GB/T 30578 的相关要求执行。

15.5.4 RBI 小组

开展 RBI 的人员应接受过 RBI 方法和实施程序的培训,并具备相应的经验或资质。

15.6 RBD

15.6.1 概述

在设计、制造阶段,RBD 通过合理选材、改进结构设计、优化制造工艺等措施,预先控制和降低承压设备的风险,使其安全服役到设计使用年限。

15.6.2 一般要求

15.6.2.1 设备设计者应根据相关法规或使用单位要求编制针对承压设备预期使用状况的风险评估报告。设计者应对承压设备在各种工况条件下可能产生的失效模式进行分析,在材料选择、结构设计、制造检验要求等方面提出安全措施,防止可能发生的失效。

15.6.2.2 设计者应向使用单位提供制定设备事故应急预案所需要的信息。使用单位应根据设计者提供的风险评估报告,制定相应的事故应急预案,配备合适的人员防护设备和措施。

15.6.3 分析程序

15.6.3.1 RBD 按以下程序进行:

- a) 根据使用单位设计条件和其他设计输入信息,确定承压设备的各种使用工况;
- b) 根据各种使用工况的介质、操作条件、环境因素进行危害识别,确定可能发生的危害及其后果;
- c) 针对所有危害和相应的失效模式,说明应采取的安全防护措施和依据;
- d) 对于可能发生的失效模式,给出制定事故应急预案所需要的信息;
- e) 形成完整的风险评估报告。

15.6.3.2 开展 RBD 工作按 GB/T 150(所有部分)、GB/T 30579 的相关要求执行。

15.6.4 RBD 小组

开展 RBD 的人员应接受过 RBD 方法和实施程序的培训,并具备相应的能力和经验。

15.7 HAZOP

15.7.1 概述

15.7.1.1 HAZOP 是一种用于辨识设计缺陷、工艺过程危害及操作性问题的结构化分析方法,适用于识别和分析工艺流程及操作中的潜在风险,设备设计阶段、制造安装阶段、投用运行阶段、停用报废阶段均可采用。

15.7.1.2 HAZOP 在完整性管理中的应用场合包括但不限于:

- a) 采用新工艺、新技术时;
- b) 设计阶段及设计变更;
- c) 投用运行阶段成套装置工艺变更;
- d) 投用运行阶段成套装置工艺相关的风险识别与工艺安全管理;
- e) 操作过程的风险识别。

15.7.2 一般要求

15.7.2.1 使用单位宜由本单位或聘请第三方机构在成套装置设计阶段、制造安装、投用运行、停用报废全寿命周期各阶段开展 HAZOP。

15.7.2.2 设备的风险可接受水平通常根据相关法律法规和标准、行业平均水平以及使用单位自身特点综合确定。

15.7.2.3 对风险水平进行排序,对于超出可接受水平的风险应采取降低和/或控制措施。

15.7.3 分析程序

HAZOP 开展原则、执行程序按 GB/T 35320 的相关要求执行。

15.7.4 HAZOP 小组

HAZOP 小组宜包括 HAZOP 组长、HAZOP 记录员、工艺工程师、设备工程师、仪表工程师、安全工程师、操作人员、专利商或供应商代表(根据需要)、其他专业人员。对 HAZOP 小组的人员应进行 HAZOP 技术培训,使 HAZOP 小组主要成员具备开展 HAZOP 的基本知识与能力,以便高效地参与 HAZOP 工作。

15.8 RCM

15.8.1 概述

RCM 主要适用于泵、压缩机、风机等动设备投用运行阶段的可靠性评估。RCM 常用于确定动设备的预防性维修需求,用于优化动设备维修策略(维修内容、维修类型、维修间隔期、维修级别)。RCM 考虑设备故障性后果的严重程度,配以先进的检测和监测技术,提出改进性维修策略,减少设备维修台数和停用时间,提高机械设备的可利用率,降低维修成本,实现动设备检修安全与经济性的统一。

15.8.2 一般要求

15.8.2.1 实施 RCM 的系统分组可以按照 IOWs 过程中的腐蚀回路分组进行划分。

15.8.2.2 RCM 故障概率可接受水平通常根据相关法律法规和标准、行业平均水平以及使用单位自身生产情况提出。

15.8.2.3 RCM 实施完毕后将相关数据和报告纳入完整性管理系统数据库内,并对其提出的维修措施和维修后运行情况进行持续的评价。

15.8.2.4 RCM 中故障性后果可以分为以下五种:

- a) 安全性后果:故障会引起人员伤亡后果或导致违反相关法律、法规;
- b) 环境性后果:故障会引起环境受损或导致违反相关法律、法规;
- c) 隐蔽性故障后果:对设备运行没有直接影响,但可能导致严重的,甚至灾难性的故障后果;
- d) 使用性后果:影响到正常使用,导致如停产、产量下降、次品率提高等后果;
- e) 非使用性后果:只涉及直接维修费用的故障后果。

15.8.2.5 对故障性后果的处理原则满足以下要求:

- a) 对于安全性后果与环境后果:应进行预防性维修,如果预防性维修不能满足要求,即不能将该故障的危害降低到一个可接受的水平,则应重新设计或改变工艺流程;
- b) 对于隐蔽性故障后果:应进行定期检查、测试或试验;
- c) 对于使用性后果与非使用性后果:宜根据维修效果与维修费用,来决定选择采用事后维修、状态维修、预防性维修或改进设计;
- d) 维修的经济性:预防故障的维修任务经济上应是合理的;
- e) 设计中考虑维修性原则,即尽量满足标准化、模块化、互换性的要求,易于故障查找和识别。

15.8.2.6 RCM 方法应对每一台设备进行下列问题的讨论:

- a) 在现行的使用环境下,设备的功能及相关的性能指标是什么?
- b) 什么情况下设备无法实现其功能?
- c) 引起各故障的原因是什么?
- d) 各故障发生时会出现什么情况?
- e) 什么情况下各故障至关重要?
- f) 做什么工作才能预防各故障?
- g) 找不到适当的预防工作应该怎么办?

15.8.2.7 RCM 的基础信息包括以下内容:

- a) 设备的工作原理、原始设计图纸及说明书;
- b) 性能指标、任务剖面及工作环境;
- c) 关键零部件及其失效模式;
- d) 故障发生过程及后果;
- e) 设计可靠性数据及现场使用数据;
- f) 已有的维修记录,包括维修任务的执行情况、故障发生频率、检测方法、维修效果及费用等。

15.8.3 分析程序

RCM 的分析程序见 GJB 1378A,RCM 的基本工作流程包括以下内容:

- a) 系统划分与资料收集;
- b) 建立维修历史数据库;
- c) 建立分析模型,对系统进行安全影响重要度评级;
- d) 功能、故障、故障后果分析;
- e) 按逻辑决断图确定维修项目和维修工作类型;
- f) 制定维修计划;
- g) 执行维修计划;
- h) 评价维修效果;
- i) 将维修情况反馈至维修数据库。

15.8.4 RCM 小组

RCM 小组需要由具备 RCM 实施能力且经验丰富的工艺工程师、机械工程师、操作人员和熟悉设备结构与原理的可靠性工程师、维修工程师组成,并通过 RCM 培训增强相关人员对 RCM 的认识。

15.9 LOPA

15.9.1 概述

LOPA 在定性危害分析的基础上评估保护层的有效性,确定是否有足够的保护层使风险满足使用单位的风险可接受水平。LOPA 适用于设计阶段、投用运行阶段,常用于确定安全仪表功能的安全完整性等级、识别过程中的安全关键设备或安全关键活动等。

15.9.2 一般要求

在使用 LOPA 前,使用单位应确定后果的度量形式和后果分级方法,确定风险可接受水平。

15.9.3 分析程序

LOPA 的开展程序包括以下 6 个步骤:

- a) 事故场景的识别和筛选；
- b) 识别事故后果,评估其严重性；
- c) 确定初始事件,并估计初始事件的发生概率；
- d) 识别独立保护层,评估其失效概率；
- e) 风险评估与决策,确定是否需要额外的独立保护层,以使风险水平处于可接受范围内；
- f) 后续跟踪与审查。

LOPA 的具体分析过程按 GB/T 32857 的相关要求执行。

15.9.4 LOPA 小组

LOPA 小组宜包括 LOPA 组长、记录员、工艺工程师、设备工程师、仪表工程师、安全工程师、操作人员等。

15.10 SIL

15.10.1 概述

SIL 适用于设计阶段、投用运行阶段安全仪表系统的评估,分为 SIL 定级与 SIL 验证两部分。分别用于度量安全仪表系统所需要的安全仪表等级和实际设置的安全仪表系统所能达到的等级。SIL 评估一般在 HAZOP 和 LOPA 的基础上开展,对所配置的安全仪表功能进行评定与验证。

15.10.2 一般要求

为加强安全仪表系统管理,防止和减少危险化学品事故发生,应对新建项目以及在役装置开展安全仪表系统的 SIL 评估工作。

15.10.3 分析程序

15.10.3.1 制定风险控制目标

15.10.3.1.1 风险控制目标是衡量装置实际风险水平是否满足控制要求的关键指标,是开展 SIL 评估的基础。通常根据相关法律法规和标准、行业平均水平以及使用单位自身特点综合确定风险矩阵。依据该风险矩阵,对于特定的危险情况针对引发危险的初始事件频率及后果,可以确定相应的风险水平,通常分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险。其中重大风险与较大风险不可接受,应对此类风险采取降低和/或控制措施。

15.10.3.1.2 使用单位可以随着管理水平、自身特点的变化以更高的要求对风险控制目标进行科学调整。

15.10.3.2 过程危害及危险分析

对联锁相关工艺单元进行过程危害及危险分析(可采用诸如 HAZOP 之类的分析技术,对于已开展过 HAZOP 的装置,可直接对分析成果加以利用),并用于安全仪表系统的充分必要性分析。

15.10.3.3 SIL 定级

在过程危害及危险分析的基础上,对 SIF 进行识别(包括明确 SIF 的保护功能、目的等),并运用 LOPA 等其他适合的分析技术识别各联锁回路关联的独立保护层,对安全功能进行分配,进而确定装置对安全仪表系统的各 SIF 回路的实际需求以及 SIF 回路所需的安全完整性等级。

15.10.3.4 SIL 验证

15.10.3.4.1 根据安全仪表系统的实际配置情况,并结合装置的其他相关信息,进行 SIF 的可靠性计算,按 GB/T 21109(所有部分)、GB/T 20438(所有部分)的相关要求开展评估工作。

15.10.3.4.2 当涉及可靠性的定量计算时可采用较为简便的故障树分析方法、可靠性框图分析方法或者更为完善的马尔可夫模型计算;针对非常见逻辑结构,可以参考蒙特卡洛或马尔可夫-蒙特卡洛等方法完成可靠性参数计算。

15.10.3.4.3 通过定量评估当前联锁回路所能达到的安全完整性等级,并结合相关联的保护层分析及风险可接受矩阵,确定当前联锁设置能否满足风险控制要求。

15.10.3.5 提出风险降低措施

15.10.3.5.1 当风险分析认为具有不可接受的风险时,需提出有针对性的风险管控措施,通常从降低危险发生的可能性和减轻危险发生的后果两个方面着手。

15.10.3.5.2 针对安全仪表系统中存在的不能满足风险控制要求的联锁回路,从仪表的选型、增加冗余措施、逻辑结构改造、增加其余保护层、工艺变更或调整参数的可能性等多个角度进行综合分析,提出合理可行的改进建议及措施。

15.10.3.6 联锁回路优化

在满足风险控制要求的前提下,对各联锁回路的过度保护及误跳车情况进行分析,通过抗电磁干扰、信号滤波、卡件紧固、仪表测试等方式,提出相应的降低装置误跳车频率的优化措施,从而提升成套装置的运行水平。

15.10.3.7 SIL 再评估

如果成套装置的介质危害性、操作工艺条件或者安全仪表系统等安全设施发生改变时,应重新进行风险分析并展开 SIL 评估。

15.10.4 SIL 小组

SIL 小组宜包括工艺工程师、设备工程师、仪表工程师、电气工程师、安全工程师、操作人员、管理人员、工艺及仪表专业主要设计人员,开展 SIL 评估的人员应接受过 SIL 方法和实施程序的培训,并具备相应的资质或经验。

15.11 IOWs

15.11.1 概述

IOWs 通过预先设定并建立操作边界、工艺参数临界值,使操作或工艺严格控制在界定的范围内,一旦操作或工艺超过这个范围,IOWs 将反馈一个警报,提示操作已越界,从而起到预防设备提前劣化或发生突然破裂泄漏、减少非计划停车的作用。IOWs 适用于成套装置设备投用运行阶段,在完整性管理中的应用场合包括但不限于:

- a) 用于建立新的工艺操作规则,且确保设备完整性及使用可靠性;
- b) 用于监测操作边界界定的参数,确保工艺生产安全以及产品质量;
- c) 用于重要设备的基于风险的工艺控制,用作工艺变更依据。

15.11.2 一般要求

15.11.2.1 IOWs 所需基本信息通常包括工艺流程图,注入点/混合点信息,进料组分/流量及中间产物数据,可能发生的腐蚀机理记录,历史操作、维护与检验记录,本装置或同类装置的失效分析,各种设计参数、操作参数和试验数据,采样点和采样分析数据等。

15.11.2.2 开展 IOWs 首先要明确造成设备损伤的主要原因,才能建立有效的控制边界。

15.11.2.3 IOWs 的建立、实施和维护见 API RP 584。

15.11.3 分析程序

15.11.3.1 腐蚀回路划分

15.11.3.1.1 按腐蚀回路划分原则,将成套装置划分成若干个腐蚀回路,对每个腐蚀回路的各种损伤机理进行分析。

15.11.3.1.2 对成套装置内的腐蚀回路(设备最高风险)进行风险排序,按可接受风险水平,选择不可接受风险的腐蚀回路,分析影响腐蚀回路风险的主导损伤机理及关键因素。

15.11.3.2 操作窗口设置

15.11.3.2.1 根据成套装置完整性管理需求,在投用运行阶段设定合理的操作控制指标,该指标应能确保装置在某生产周期内的安全运行。

15.11.3.2.2 操作窗口控制指标可以分为临界值与标准值两个等级,按控制因素的重要程度进行定义。临界值与标准值应是定量的、可控的。

15.11.3.2.3 如果装置的介质、操作工况、设备材质发生改变导致损伤机理和损伤速率发生变化时,应重新定义 IOWs。

15.11.3.3 操作窗口预警

操作窗口应具备预警功能,当成套装置运行工况超出预先设定的控制指标时,能及时报警并通知相关管理人员,管理人员应根据操作窗口的紧急程度进行判断与处理。

15.11.4 IOWs 小组

IOWs 小组宜包括但不限于以下人员:风险评估人员、现场腐蚀工程师、操作人员、监测运维工程师、材料工程师、工艺工程师、设备工程师。

15.12 FFS

15.12.1 概述

FFS 适用于在用金属制承压设备缺陷和损伤模式的评价。

15.12.2 一般要求

15.12.2.1 监控使用期满的压力容器或定期检验发现严重缺陷可能导致停用的压力容器,应对缺陷进行处理。缺陷处理的方式包括采用修理的方法处理缺陷或开展 FFS。

15.12.2.2 开展 FFS 时应分析各种可能存在的工况。

15.12.2.3 如果设备或部件包含多种缺陷或损伤,应结合针对所有缺陷类型和损伤的多种评价方法进

行综合评价,对各种可能的损伤和失效模式进行判断和评价后,才能给出评价结论。

15.12.2.4 采用 FFS 结果,不免除承压设备的设计、制造、安装、修理、改造等各有关方应承担的相应责任。

15.12.3 分析程序

15.12.3.1 FFS 的评估工作按 GB/T 19624、GB/T 35013 的相关要求执行。

15.12.3.2 FFS 的主要内容包括:

- a) 评价对象的状况调查(历史、工况、环境等);
- b) 缺陷和损伤检测;
- c) 损伤模式识别和缺陷成因分析;
- d) 缺陷表征及规则化(必要时);
- e) 材料性能获取;
- f) 应力分析(必要时);
- g) 必要的试验与计算;
- h) 综合分析评价。

15.12.4 FFS 机构和人员要求

15.12.4.1 承担承压设备 FFS 的检验机构应具有相应设备的检验资质,建立相应的质量控制程序,并具有相应的专业评价人员和检验能力。

15.12.4.2 进行 FFS 的人员应具备必要的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的损伤模式的试验测试能力,并经过专业培训合格。

16 质量控制

16.1 一般要求

16.1.1 使用单位应制定成套装置质量控制措施,建立和实施相应的质量控制程序和控制标准,并覆盖成套装置的设备设计、制造安装、投用运行阶段。

16.1.2 质量控制要求应与成套装置风险管理方法相结合,对成套装置设备设计、制造安装、投用运行的各个阶段提出完整性管理的质量控制要求。

16.2 设计阶段质量控制

16.2.1 设计阶段一般包括概念设计阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段、详细设计阶段,使用单位应根据不同的设计阶段制定相应的质量控制措施,这些措施至少应包括以下内容:

- a) 经过审核批准的设计基础文件(包括设计和操作条件、技术要求等内容)和其他对设计适用性、安全环保性和经济性进行审查所需要的文件;
- b) 设计单位/人员的能力、经验和资质符合要求;
- c) 有明确、详细的设备制造、安装和维护相关的技术条件及质量要求;
- d) 承包商/供应商资质经过评估符合法律、法规、标准以及使用单位自身的要求。

16.2.2 设计阶段的完整性管理应确定以下内容:

- a) 导致关键系统(或组件、机组)重大故障的因素;
- b) 制造、建造、生产可靠性、安全性、高效率的关键参数;

- c) 重要的操作极限和启动条件；
- d) 适当的计划性维修任务；
- e) 必要的腐蚀防护方案；
- f) 必要的备品备件。

16.2.3 设计阶段可对成套装置中的设备开展 RBD、HAZOP、LOPA、SIL 评估与分析,评估可能出现的风险因素和控制措施,一般包括以下内容。

- a) 识别承压设备的失效模式和风险,并根据失效模式和风险提出设计、制造、安装关键技术要求,包括选材、结构选型(或配管)、钢材订货技术要求、焊接工艺技术要求、热处理及无损检测技术要求等。
- b) 划分成套装置腐蚀回路,建立 CCD,对成套装置中的设备与管道进行风险排序,提出在线监测部位与监测方法。CCD 宜在设计阶段建立,并在生产过程不断被完善,CCD 的创建、实施和改进见 API RP 970。
- c) 对成套装置工艺流程初步设计进行审查并识别工艺风险,明确成套装置或系统内及生产过程中存在的主要危险、危害因素,并针对变动与偏差的后果提出应采取的措施,避免成套装置工艺波动或异常影响设备安全。
- d) 考虑腐蚀、疲劳、热应力等影响因素,合理选择设备材料、壁厚、防腐等,并依据设计考虑的工况,对设备材料及壁厚进行校核。考虑材料及焊接工艺对环境温度、湿度等的敏感性,避免材料及焊缝在以后的运行环境中产生异常损伤。

16.3 制造安装阶段质量控制

16.3.1 制造安装阶段成套装置完整性管理质量控制目标是保证新建成套装置的建设安装质量,减少由于建设施工不当造成的成套装置风险高或者难以改变的隐患。

16.3.2 使用单位应建立相应的完整性管理程序并分配配套的资源,以使设备在采购、制造、安装过程中质量得到有效控制,这些程序和资源至少包括:

- a) 评估供应商是否具备按照法律、标准、规范和设计文件以及使用单位的有关要求提供服务的能力；
- b) 使用单位应向制造商或供应商提出设备的质量合格要求、性能与规格要求、保养与维修要求、制造或供货期限要求及其他要求；
- c) 使用单位应对设备开展风险评估,对处于高风险和高后果区的设备的制造过程质量状况进行检查和检测,或在委托监造时对受托监造的单位 and 人员进行监督检查,以确保制造商的质量控制符合上述要求；
- d) 上述质量检查过程中发现的所有不符合项应得到制造商的确认和修复,修复后应进行复验,制造商应记录检查过程、不符合项、修正措施和验证结果,作为设备质量证明文件的一项内容交付使用单位。

16.3.3 使用单位应对制造商或供应商提供的静设备、动设备、仪表系统、电气设备的材料、性能及相关技术资料进行验收,验收的内容包括但不限于以下内容。

- a) 设备制造商应提供设备质量证明书和使用说明书。使用单位在设备运输到达安装地点时,应审查相应的随机出厂资料。
- b) 对成套装置内重要的压力容器或其他重要设备,使用单位应由本单位或聘请第三方机构在制造厂实施监造,内容包括对设备下料、焊接、无损检测、热处理、耐压试验、最终调试等环节实施监造。在设备运输至现场安装前,使用单位相关设备管理人员应对其进行宏观检验,必要时实

施无损检测。

- c) 材料验收主要根据相关材料应遵循的法规标准对其材料、原始壁厚、力学性能、金相组织状态等相关内容进行验收。
- d) 材料验收包括对工业管道组成件和工业管道支撑件的验收。以上材料的供应商应提供材料质量证明文件,有特种设备制造许可要求的材料应提供特种设备制造许可证书。
- e) 材料验收采用的方法主要有化学成分分析、拉伸试验、夏比冲击试验、冷弯试验、金相检测和超声波测厚等。
- f) 对用于高温高压、临氢环境服役的和用于复杂腐蚀性环境服役的低合金、不锈钢、镍基合金、钛合金、铝合金等材料应在入厂安装前进行材料验收,验收项目至少包括定量光谱分析、超声波壁厚检测、服役环境下力学与腐蚀性能试验。
- g) 对有焊后热处理要求的设备与工业管道应在热处理后进行焊接质量验收。
- h) 为延长炉管使用寿命,乙烯裂解炉管在制造过程中应控制晶型比、铸态奥氏体晶粒度、初生碳化物析出形态,并在入厂前对炉管进行验收,验收项目包括光谱分析、渗透检测、涡流检测、射线检测、金相低倍酸蚀实验、室温拉伸和高温持久试验等。

16.4 投用运行阶段质量控制

16.4.1 投用运行阶段成套装置完整性管理的目标是提升成套装置生产过程的本质安全,降低运行过程中因设备腐蚀损伤、操作失误、联锁失效或误跳、漏检过检等因素造成的成套装置风险。

16.4.2 投用运行阶段成套装置完整性管理包括下列重要的质量控制环节:

- a) 投用前技术文件、安全管理程序和应急预案的确认、设备风险的识别、工艺的过程危害分析、高风险区域的风险监测;
- b) 投用运行阶段设备档案、运行记录、操作规程、维护检修规程、应急预案的完善与更新、系统风险的识别、工艺的过程危害分析、操作边界的确定与实施、高风险区域的风险监测;
- c) 投用运行阶段以可靠性为中心的修理计划与方案的制定、基于风险的检维修周期与检验策略制定、基于风险分析的备品备件管理措施制定、更新或改造的风险分析;
- d) 投用运行阶段维护保养过程中应确保动设备润滑管理制度、备用机泵管理制度有效执行,明确大型机组与机泵等动设备的状态监测和故障诊断的需求,定期对设备运行数据进行分析评估;
- e) 投用运行阶段维护保养过程中应确保设备的清洁、润滑、调整、紧固、防腐工作有效开展,确保设备防冻、防凝、防雷、防静电、保温、保冷、防腐、防爆、堵漏等工作有效进行;
- f) 投用运行阶段应对仪表系统、电气设备进行维护保养,提高仪表控制率、联锁投用率、设备完好率;
- g) 供应商、承包商、检维修单位的资质、能力评价。

17 检验、检测和预防性维修

17.1 一般要求

17.1.1 使用单位应对设备进行分类,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任务工作组,收集并整理设备相关信息,确定不同类型设备的ITPM任务和工作频率,制定每台设备的工作计划。

17.1.2 使用单位应组织车间、检维修及维保单位执行ITPM任务,妥善管理延期事务,定期优化工作计划和任务频率,明确人员职责。

17.1.3 应采用有效降险措施来减小风险评估结果中的不可接受风险。降险措施从减小失效可能性和/或失效后果两方面进行考虑。

17.1.4 有效降险措施可能包括结构改变(如壁厚)、工艺条件改变(如原料的改善)、在线监测/检测、维护和修理、制定应急预案等方法。

17.2 检验、检修、校验周期

17.2.1 压力容器检验周期的相关内容见 TSG 21,工业管道检验周期的相关内容见 TSG D0001、TSG D7005。有相应检验资质的检验机构按 GB/T 26610(所有部分)制定符合生产要求的压力容器和工业管道检验周期。

17.2.2 常压储罐群应制定合理的检验计划,包括检验周期(开罐或外部检验)和检验顺序等内容,具体工作按 GB/T 30578、GB/T 37327、SY/T 5921 的相关要求执行。

17.2.3 安全阀校验周期的相关内容见 TSG 21、TSG ZF001。有相应检验资质的检验机构按 GB/T 26610(所有部分)调整成套装置安全阀的校验周期。

17.2.4 泵、压缩机、风机等动设备的检修周期可根据状态监测结果、有无备用机组、设备长周期运行情况 and RCM 评估结果进行调整。

17.2.5 自动化仪表一般根据其所在成套装置的检修周期确定自身的检修周期。

17.3 检验、检修、校验内容

17.3.1 压力容器、工业管道检验应依据设备的失效模式和损伤机理来确定检验方法,具体工作按 GB/T 26610(所有部分)的要求执行。

17.3.2 对常压储罐不同部位的主导损伤机理进行识别,选取有效的检测方法,具体的常压储罐的评估与检测按 GB/T 30579、GB/T 30578、GB/T 37327、SY/T 5921 的相关要求执行。

17.3.3 安全阀校验方法及内容见 TSG ZF001。

17.3.4 动设备检修、监测内容包括但不限于以下内容:定期检查润滑油系统、冷却系统、真空系统,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。部分动设备的检维修见 SHS 01013~SHS 01024。

17.3.5 仪表检验、检测内容包括但不限于以下内容:外观检查、示值检测、密封检测、供电检测、接线检测、可燃有毒报警仪与分析仪表定期标定与检定、联锁回路定期校验、控制仪表系统功能测试等。仪表检修与维护见 SHS 07009。

17.3.6 电气设备检验、检测内容包括但不限于以下内容:电机的状态监测、电气设备预防性维修及试验、电气设备红外检测、变压器油位检查、设备放电检测、防雷防静电检测等。部分电气设备检维修见 SHS 06001~SHS 06009。

17.4 预防性维修任务

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。使用单位应根据 ITPM 管理程序,制定并实施设备预防性维修任务,内容包括但不限于:

- a) 静设备:压力容器、工业管道、常压储罐、炉管等预防性维修,可根据 RBI 给出的风险策略确定预防性维修的任务;
- b) 动设备:大型机组、机泵设备预防性维修,可基于 RCM 的可靠性维修策略确定预防性维修的任务;
- c) 仪表系统:过程控制系统、控制阀等预防性维修;

- d) 电气设备:电动机、断路器、变压器、电源设备等预防性维修。

17.5 降险措施

17.5.1 成套装置投用运行阶段存在使用单位不可接受风险的,应采用有效降险措施将风险控制在可接受范围内。

17.5.2 降险措施可以通过降低成套装置失效可能性或减轻装置失效后果两个方面考虑,降险措施的实施可以是在线的,也可以是停工期间。

17.5.3 成套装置常用的降险措施包括但不限于:

- a) 改善加工原料;
- b) 调整工艺条件或操作环境;
- c) 增加在线监测、检测;
- d) 提高设计标准,优化设备结构、材料;
- e) 提升维护和修理等级;
- f) 制定应急预案,提高消防水平;
- g) 缩短检修周期,提高检验有效性。

17.6 日常巡检

17.6.1 根据风险评估和完整性评价等结果,结合相关管理规定,制定装置及罐区日常巡护方案,明确巡护的内容、频次和重点部位,高风险区域应作为巡护的重点。

17.6.2 日常巡检发现的异常和变化应及时记录和上报,并跟踪处理结果。

17.7 缺陷修复

17.7.1 无法通过降险措施将风险降至可接受水平或完整性评价结果为不可接受缺陷的,使用单位应制定合理的整改方案,降低风险或修复缺陷。

17.7.2 对临时性修复的缺陷应制定缺陷监测和最终修理方案,并根据方案及时进行永久性修复。

17.7.3 应急状态下的缺陷抢修,应制定应急抢修程序,详细规定安全措施和抢修工艺。

18 失效管理

18.1 一般要求

18.1.1 使用单位应建立成套装置失效事件调查分析程序,收集与失效事件相关的各类信息,可采用根本原因分析法确定在役设备失效的根本原因和直接原因,提出预防类似失效的措施。

18.1.2 使用单位应建立成套装置失效事件信息数据库,汇总潜在和已发生的失效事件,以支持失效事件的统计和管理。

18.1.3 成套装置完整性管理中的失效管理包含:失效事件信息数据库、失效原因分析、纠正与预防措施、失效事件风险评估报告、管理评价。

18.2 失效事件信息数据库

18.2.1 成套装置使用单位应建立设备相关失效事件的信息库,汇总单位内部设备失效事件发生的种类、基本情况介绍等内容,建立设备失效的管理机制。

18.2.2 使用单位应对设备失效事件进行统计,并为成套装置完整性管理提供基础数据。

18.2.3 失效事件的收集应建立统一的事件标准和统一的信息收集要求,包括失效事件的等级划分标准、失效事件原因划分方式、失效事件后果计算方法等。失效事件的收集应全面,减少漏报,同时应对失效事件进行筛选,以剔除不符合条件的失效事件。

18.2.4 统计分析人员应对数据进行审核,以减少可疑数据。

18.2.5 失效事件信息数据库应定期分析事件趋势,确定失效事件重复起因或重复事件,也可以按照失效事件后果或潜在后果对事件进行排序,找出多个失效事件之间的共同点。

18.3 失效原因分析

18.3.1 发生设备失效事件时,使用单位应组织人员分析调查,建立合理有效的失效事件调查程序,收集与失效事件相关的背景资料,掌握失效事件发生的经过和原因。依据失效事件的发生频率和后果,对失效事件进行分级处理。

18.3.2 对于后果严重、风险高的失效事件分析宜由多个部门人员共同参与。

18.3.3 执行事件调查和分析的人员,应具有相应的专业能力和调查技能,必要时可聘请外部专业机构或专家进行。

18.3.4 失效原因分析应与应急管理要素相结合,保证重要的数据、证据、试件等得到保护。

18.3.5 根据现场调查结果及收集到的背景资料,结合试验结果进行综合分析,以判断失效模式,找出失效的原因。使用单位应依据失效原因分析查找完整性管理存在的不足并加以改进。

18.3.6 事件调查和分析的程度应根据事件的后果决定,保证调查期间能够在调查地点获得所需的资源和设施。

18.3.7 必要时进行失效件的采集和试验分析。失效件的试验分析可采用但不限于以下方法:

- a) 断口分析;
- b) 成分分析;
- c) 材料和缺陷分析;
- d) 力学性能试验;
- e) 模拟分析等。

18.3.8 失效分析结果以及由此引起的完整性管理方案的变更应作为应急管理文档的一部分进行存档。

18.4 纠正与预防措施

18.4.1 失效事件信息数据库中的失效事件均应制定并实施纠正与预防措施。在各项纠正与预防性措施实施前,应对所采取的措施进行风险评估,建立纠正与预防性措施的保障程序,包括对措施执行的有效追踪、监控和对实施结果的审核,以确定纠正与预防措施是否能有效避免同类失效事件的发生。

18.4.2 纠正与预防措施的实施至少满足以下要求:

- a) 明确的时限和责任;
- b) 对纠正与预防措施所涉及的部门之间的协调和沟通有足够的重视;
- c) 与相关部门人员充分沟通实施中出现的问题和取得的进展;
- d) 检查所采取措施的完成情况,识别逾期项目,评估影响并采取适当的行动;
- e) 应向管理者汇报所有主要事件的逾期情况;
- f) 对实施中的纠正与预防措施进行定期审查;
- g) 审查未实施以及逾期的纠正与预防措施;
- h) 采取的纠正与预防措施应满足相关标准或规定的要求。

18.5 失效事件风险评估报告

18.5.1 使用单位应对失效事件进行风险评估,并由具有相关资格或能力的人员负责编制风险评估报告。

18.5.2 失效事件风险评估报告应包括但不限于以下内容:

- a) 背景情况介绍:包括事件发生的时间、地点等;
- b) 事件描述:失效事件造成的经济损失、人员伤亡、环境影响情况等;
- c) 事件的风险评估:根据失效事件的频率与造成的后果,确定该事件的风险等级;
- d) 事件的溯源结果:包括事件的原因、记录和分析、试验方法及试验结果、设备完整性管理技术的合规性及管理的有效性等;
- e) 纠正与预防措施:提出针对失效事件的纠正与预防措施,落实相关设备管理人员责任,规定完成纠正与整改的目标日期。

18.5.3 使用单位应对分析报告提出的问题和改进措施进行落实,并对失效事件发生的趋势进行分析。

18.6 管理评价

除了按 18.1~18.5 进行失效事件分析外,还应对事件的诱发因素和发生过程进行分析,重点从完整性管理、应急管理、人员资质及培训、承包商等方面分析查找管理制度和管理活动中存在的不足。

19 应急管理

19.1 一般要求

19.1.1 使用单位应依照相关法律法规的要求做好应急各阶段的工作,并将完整性管理的结论建议应用于应急响应计划的全过程。

19.1.2 应急管理的内容应包括:

- a) 应急准备;
- b) 应急响应;
- c) 应急状态解除。

19.2 应急准备

19.2.1 使用单位应根据相关法律、法规、本单位规定编制装置应急预案,应急预案中应包括各级应急指挥中心、组织结构及应急人员的组成;明确各级人员职责、应急设备、应急响应方式、应急演练要求、应急物资储备要求等内容。

19.2.2 应根据装置可能发生事故的紧急程度和后果大小,对装置的事故进行分级,并按事故等级制定不同级别的应急预案,应急预案等级应分析以下内容:

- a) 装置或周围生产设施损坏程度;
- b) 潜在的人员伤亡情况;
- c) 对社会和环境的影响程度,需要转移和疏散的人口数量,需要保护的水源和环境监测的范围;
- d) 直接经济损失等。

19.2.3 使用单位应定期开展应急演练工作,具体要求按 GB/T 29639 执行。

19.3 应急响应

19.3.1 装置一旦发生事故,使用单位应立即启动应急预案,并根据事故的危害性,预判需采用的应急

预案等级。

19.3.2 使用单位应根据事故的变化及时调整应急方案。

19.4 应急状态解除

19.4.1 当确认事故已完全消除后,使用单位应及时查明事故原因,按腐蚀泄漏、人为失误、临时断电、自然灾害等进行事故原因分析,并记录在案,同时解除应急状态。

19.4.2 设备管理人员根据事故原因分析,为设备安全运行提出合理化建议,减少同类事故发生。

20 停用报废

20.1 特种设备停用、重新启用、报废的相关要求与流程见 TSG 08。

20.2 常压储罐及相应系统的停用封存处置、报废处置原则、报废前准备等工作按 GB/T 37327 的相关要求执行。

20.3 安全仪表系统(SIS)停用按 GB/T 21109.1 的相关要求执行。

21 绩效评价与持续改进

21.1 一般要求

21.1.1 使用单位应建立成套装置绩效评价相关的工作程序,对完整性管理程序、实施过程、实施结果进行监督评价。

21.1.2 使用单位应定期评价完整性管理的方针、策略和目标的完成情况,完整性管理计划的实施程度,过程、程序或其他控制设备寿命周期活动的有效性。

21.2 管理程序评价

21.2.1 成套装置使用单位应根据实际管理情况对管理程序进行评价,检查管理的各要素是否完善,目标与过程是否一致,可接受风险水平是否合理。评价分为自我评价和第三方评价,自我评价应每年进行一次。

21.2.2 管理程序评价的内容应包含但不限于以下内容:

- a) 使用单位是否依照现行的法律、法规和标准制定完整性管理程序文件;
- b) 完整性管理程序的各个要素是否完整;
- c) 是否有足够的资源保障完整性管理工作的开展;
- d) 是否有明确的完整性管理组织结构与岗位职责;
- e) 从事相关工作的人员的资质与技能是否得到了相应的培训;
- f) 完整性管理的目标与实施的计划是否保持一致;
- g) 风险可接受水平与使用单位的完整性管理水平是否相符;
- h) 当成套装置设备、工艺发生变更时,是否有相应的程序对完整性管理项目进行复核和更新。

21.2.3 使用单位应对评价中发现的不符合项限期整改,整改合格后应记录存档。

21.3 实施过程评价

21.3.1 使用单位应对成套装置完整性管理的实施过程进行评价,评价分为自我评价和第三方评价,自我评价应每年进行一次。

21.3.2 实施过程的主要目标是确定完整性管理项目中的评价方法、风险管理方法、预防和降险措施是否有效。实施过程应包含但不限于以下内容：

- a) 使用单位是否依照完整性管理程序文件要求开展各项管理内容；
- b) 采用的风险管理方法是否恰当；
- c) 风险管理的实施能否满足当前完整性管理的要求；
- d) 开展风险管理的单位与人员是否具备相应的资质与技能要求；
- e) 风险评估适用的标准与现行的标准、法规是否相符；
- f) 是否对成套装置各类设备进行了风险排序；
- g) 通过风险评估提出的预防和降险措施是否有针对性，能否有效降低成套装置风险；
- h) 降险措施是否已在成套装置实施。

21.3.3 使用单位应对评价中发现的不符合项限期整改，整改合格后应记录存档。

21.4 实施结果评价

21.4.1 应按一定的周期对完整性管理实施结果进行绩效评价。评价应分析成套装置具体的风险因素和完整性管理项目整体绩效两种情况。

21.4.2 成套装置使用单位应分析性能指标、运行维护指标、事件指标三类绩效评价指标：

- a) 性能指标用于衡量成套装置的性能及状态与相应的完整性管理投入是否有显著关系；
- b) 运行维护指标用于衡量成套装置通过完整性管理是否得到有效预防和维护，是否有明显的降险效果；
- c) 事件指标用于衡量成套装置的失效事件发生的频率，在采用完整性管理后事件的频率是否下降。

21.5 绩效评价报告

21.5.1 每一项绩效评价活动结束后，应出具绩效评价报告，报告内容包括绩效评价的结果、绩效改进的建议或要求。

21.5.2 绩效评价报告应给出报告的有效期和导致报告不适用的条件或变化，以确保对绩效改进工作指导的有效性。

21.5.3 绩效评价报告应依据绩效评价的重点和完整性管理活动的特点给出绩效评价的周期，以保证绩效改进的持续性。

21.6 持续改进

21.6.1 成套装置完整性管理体系中的持续改进应遵循完整性管理的思路与要求，运用审核评审、根本原因分析、失效模式及影响分析等工具方法，动员全员积极参加，以确保改进过程的有效实施。

21.6.2 持续改进的实施程序包括：

- a) 建立持续改进机制：组建评审、审核团队，建立评审、审核机制，通过绩效指标监督并推进持续改进活动；
- b) 制定计划与监督实施：通过根本原因分析与失效模式及影响分析等分析方法制定不符合项的整改策略，确定责任人、完成时间与整改措施，组织专家组制定改进效果的评价标准，并监督执行；
- c) 后评估：梳理、评价和总结持续改进的情况，提出优化策略，并形成书面报告。

参 考 文 献

- [1] GB/T 20172 石油天然气工业 设备可靠性和维修数据的采集与交换
- [2] GJB 1378A 装备以可靠性为中心的维修分析
- [3] SHS 01013 离心泵维护检修规程
- [4] SHS 01014 蒸汽往复泵维护检修规程
- [5] SHS 01015 电动往复泵维护检修规程
- [6] SHS 01016 螺杆泵维护检修规程
- [7] SHS 01017 齿轮泵维护检修规程
- [8] SHS 01018 离心式空气压缩机维护检修规程
- [9] SHS 01019 离心式氨气压缩机维护检修规程
- [10] SHS 01020 活塞式压缩机维护检修规程
- [11] SHS 01021 螺杆压缩机维护检修规程
- [12] SHS 01022 离心式风机维护检修规程
- [13] SHS 01023 轴流式风机维护检修规程
- [14] SHS 01024 罗茨鼓风机维护检修规程
- [15] SHS 06001 旋转电机及调速励磁装置维护检修规程
- [16] SHS 06002 变压器、互感器维护检修规程
- [17] SHS 06003 高压开关维护检修规程
- [18] SHS 06004 配电装置维护检修规程
- [19] SHS 06005 低压电器维护检修规程
- [20] SHS 06006 电源装置维护检修规程
- [21] SHS 06007 电力线路维护检修规程
- [22] SHS 06008 照明装置维护检修规程
- [23] SHS 06009 接地及过电压保护装置维护检修规程
- [24] SHS 07009 系统维护
- [25] TSG 08 特种设备使用管理规则
- [26] TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
- [27] TSG D0001 压力管道安全技术监察规程—工业管道
- [28] TSG D7005 压力管道定期检验规则—工业管道
- [29] TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程
- [30] API RP 584 Integrity Operating Windows
- [31] API RP 970 Corrosion Control Documents