## ICS 75.180.10（黑体，5号） CPI（专用字）

## E 92（黑体，5号）

团 体 标 准（专用字）

 **T/CPI XXXX**—**202X**（黑体，4号）

安全阀基于风险的检验应用指南

**Application guide for risk-based inspection of safety valves**

202X-XX-XX发布 （黑体，4号 ） 202X-XX-XX 实施（黑体，4号）

中国石油和石油化工设备工业协会（专用字）

目 次

[前 言 1](#_Toc201061772)

[1 范围 1](#_Toc201061774)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc201061775)

[3 术语和定义 1](#_Toc201061776)

[4 资质条件 1](#_Toc201061777)

[5 准备工作 2](#_Toc201061778)

[6 工作内容及要求 3](#_Toc201061779)

[6.1 基础资料与数据收集 3](#_Toc201061780)

[6.2 安全阀工况及腐蚀情况调查 3](#_Toc201061781)

[6.3安全阀失效模式及原因分析 3](#_Toc201061782)

[6.4安全阀预风险分析计算 4](#_Toc201061783)

[6.5检验策略制定 4](#_Toc201061784)

[6.6结果验证和安全阀风险评估 5](#_Toc201061785)

[6.7风险控制要求 5](#_Toc201061786)

[6.8安全阀检验周期的原则 5](#_Toc201061787)

[6.9记录保存方式 6](#_Toc201061788)

[6.10编制报告 6](#_Toc201061789)

[7 注意事项 6](#_Toc201061790)

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》给出的规则起草。

采纳本文件的企业（或相关方）首先应遵守法律法规，遵守本文件不能使其免于相应法律责任和义务。

本文件的某些内容可能涉及专利，发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和石油化工设备工业协会提出并归口。

本文件起草单位：/。

本文件主要起草人：/。

安全阀基于风险的检验应用指南

1. 范围

本文件规定了安全阀基于风险的检验的内容及要求，包括人员资质要求、准备工作、安全阀基于风险的检验工作内容及要求、注意事项等。

本文件适用于炼化装置中承压设备上安装的安全阀，其他成套装置中的安全阀可参照使用。

1. 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（包括所有修改单）适用于本文件。

GB/T 150（所有部分） 压力容器

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 30579 承压设备损伤模式识别

GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀

TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程

TSG D0001-2009 压力管道安全技术监察规程——工业管道

TSG D7005-2018 压力管道定期检验规则——工业管道

TSG ZF001-2006 安全阀安全技术监察规程

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全阀 safety valve

依靠介质本身的压力或者借助动力辅助装置（气压、液压、电磁等）排出一定数量的流体，以防止压力超过额定安全值；当压力释放恢复正常后，阀门自动关闭再次实现密封的阀门。

3.2

 风险评估 risk assessment

风险识别、风险分析与风险评价的全过程。

3.3

 基于风险的检验 risk-based inspection

一种重点针对材料损伤引起的设备失效的风险评估和管理过程。

1. 资质条件

4.1 承担安全阀基于风险检验（RBI）的检验机构应当经过负责特种设备安全监督管理的部门核准，取得基于风险的检验资质。承担安全阀校验的检测机构应当经过负责特种设备安全监督管理的部门核准，取得安全阀校验资质。

4.2 人员资质和技术能力要求

4.2.1 评估方案和报告的编制人员应当经过相关培训，具有承压类检验员或检验师资质，熟悉RBI的有关国家标准和专用分析软件，熟悉安全阀的类型、结构和运行原理，能够独立编制RBI评估方案、完成RBI评估分析工作、编制报告。

4.2.2 评估方案和报告的审核人员：应具有承压类高检师资质，并经检验机构质量体系文件授权且在有效期内，具有丰富的RBI项目实施经验，熟悉安全阀的类型、结构和运行原理，对装设安全阀的设备存在的问题，能够提出修改或更正意见。

4.2.3 评估方案和报告审批人员：应具有承压类高检师资质，并经检验机构质量体系文件授权且在有效期内，能够发现方案、报告中的重大问题，并提出修改或更正意见。

4.2.4 安全阀校验人员：应熟悉安全阀校验过程，具有安全阀校验人员资质，能按照RBI评估报告的要求结合装置检修计划实施安全阀校验，填写校验记录并出具校验报告，出具的记录和报告均应符合校验单位质量体系要求。

4.3 安全阀RBI评估采用的软件应当是满足标准要求，经过鉴定验收，并具有软件著作权的专业评估软件。

1. 准备工作

5.1 RBI评估前，使用单位应当按照相关特种设备技术规范完成安全管理评价工作，并将评价报告提交检验机构，经检验机构审核通过后方可实施RBI评估工作。使用单位还应向检验机构提供安全阀评估数量、评估目的、评估工期等信息，检验机构应通过咨询专家意见、调研国内外同类型安全阀的失效案例等方式，确定能否达到使用单位目的，评估风险是否可控，如果不可行则应终止RBI评估工作。

5.2 项目开始前，检验机构应向设备所在地特种设备安全监督管理部门告知。

5.3 评估人员应根据 RBI 技术和安全阀的特点，编制评估方案。

方案中应包括以下内容：

（1）工作范围及目的；

（2）评估依据；

（3）项目流程及关键节点；

（4）根据安全阀使用工况及同类装置维护经验推断的潜在失效机理等；

（5）项目参与人员及分工；

（6）成果递交形式及要求；

（7）进度计划；

（8）现场检查记录及RBI基础资料记录格式（必要时）。

5.4 项目一般流程包括启动会议、、企业风险可接受水平确认、基础资料与数据收集、安全阀运行情况及腐蚀状况调查、安全阀失效模式识别、安全阀风险分析、检验策略制定、风险再评估及验证、编制报告、项目验收等工作流程。

5.5 在项目进行过程中需要调整工作内容的，评估人员应按实际情况更改方案。工作内容调整范围仅为少量增加或缩减评估对象数量且未改变原定工作流程的，经原方案审核人员确认，仍可按原方案执行；否则应在原始数据收集与整理过程完成方案的更改工作，后续工作按照更改后的方案进行。

5.6 评估人员按设备数量和工期要求制定安全阀基础资料与数据收集计划，基础资料由使用单位提供给检验机构，使用单位应对基础资料的真实性和完整性负责。

5.7 使用单位应根据自身实际情况，提供合理的风险可接受水平确认单。

1. 工作内容及要求

6.1 基础资料与数据收集

6.1.1 需收集的基础资料

评估需收集的基础资料：

（1）装置整体情况，包括装置建设、改造情况，装置运行情况，装置最近一次大修情况等；

（2）工艺资料，包括工艺流程图（PFD）、管道和仪表流程图（P&ID）、 操作规程等；

（3）受安全阀保护的设备的资料，包括设备台账、质量证明书、竣工图纸、年度检查报告、维修和改造记录等；

（4）安全阀资料，包括安全阀台账（包括安全阀出厂质量证明书、检查记录、校验报告等；

（5）安全阀使用维护、更换资料；

（6）延期校验资料。

6.1.2 数据收集的要求

需要收集的基础数据包括：

（1）安全阀编号、投用日期、规格参数（进口公称通经、流道面积、额定泄放量等）、 安全阀类型、整定压力、安装方式及泄放地点；

（2）校验历史、历年检查方法、检验有效性，合理采用校验报告中的数据作为RBI评估分析用数据；

（3）所保护设备的工作压力、工作温度、介质（介质组分及毒性介质含量）、体积、材质等参数；

6.2 安全阀运行情况及腐蚀状况调查

评估应调查安全阀运行情况及腐蚀状况，包括安全阀在役状态下是否起跳、是否闭合不严，校验过程中是否发现阀体、阀杆、弹簧腐蚀等。

6.3 安全阀失效模式识别

从安全阀开启准确、稳定排放、可靠密封等性能分析其失效模式包括：

（1）安全阀内件粘死无法开启。例如催化裂化装置这介质为酸性气、蒸汽的安全阀，会发生腐蚀或锈蚀造成内件粘死，导致无法开启。

（2）安全阀腔体堵塞无法开启。例如介质为渣油、聚丙稀浆液的安全阀，其进出口腔被腐蚀残物、硬质颗粒、固化物（如焦化物、硫等）、聚合物（聚丙稀、聚乙烯等）等堵塞，导致无法开启。

（3）安全阀开启压力升高。例如循环水系统安全阀，阀内会发生腐蚀或锈蚀等导致安全阀内件粘住，造成安全阀开启压力升高，导致无法开启。

（4）安全阀启跳后无法关闭。例如催裂化吸收稳定系统的安全阀发生腐蚀后造成弹簧断裂，安全阀启跳后无法关闭，导致泄漏。

（5）安全阀开启压力降低。例如高温高压、腐蚀环境等工况下的安全阀，因弹簧表面被腐蚀，弹力不足或高温下弹簧变软导致开启压力降低，发生泄漏。

（6）安全阀密封泄漏。例如高温高压蒸汽等工况下的安全阀，其密封面被高温高压介质冲蚀，或被腐蚀介质腐蚀，或因频繁启跳受冲击而损坏，导致阀门泄漏。

 6.4 安全阀风险分析

6.4.1 安全阀的失效主要是功能失效，包括无法开启和泄漏两种失效形式。

6.4.2 安全阀失效可能性计算按照GB/T 26610.4-2022《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》附件K执行，安全阀开启失效后果定量计算按照GB/T 26610.5-2022《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》附件A执行，安全阀泄漏失效后果定量计算按照GB/T 26610.5-2022《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》附件B执行。

6.4.3 计算得到安全阀失效可能性和失效后果后，按照式（1）确定安全阀风险：

$ Risk^{prd}=max⁡\{Risk\_{f}^{prd},Risk\_{l}^{prd}\}$ （1）

式中，$Risk^{prd}$——安全阀总风险，单位为元每年；

$Risk\_{f}^{prd}$——安全阀开启失效风险，单位为元每年；

$Risk\_{l}^{prd}$——安全阀泄漏风险，单位为元每年。

公式中，$Risk\_{f}^{prd}$和$Risk\_{l}^{prd}$按GB/T 26610.2附录A计算。

6.4.4 安全阀的风险等级可采用GB/T 26610.4计算安全阀失效可能性，确定失效可能性等级后，再结合所保护设备的失效后果等级确定。

6.4.5 应结合计算结果，对所评估安全阀进行风险排序，结合设备运行实际情况分析风险来源。

6.5检验策略制定

6.5.1 制定检验策略前，使用单位应确定风险可接受水平。风险可接受水平的制定宜考虑人员伤亡、财产损失、环境污染和对人体健康潜在危险的影响。使用单位制定的风险可接受水平应是科学实用的，在技术上是可行的，在应用中有较强的可操作性，并可为制定检验策略提供依据。如果使用单位无法确定可接受风险水平，可采用等风险原则。等风险原则是对风险等级为低或中的安全阀采取的风险控制方法，要求安全阀风险等级在下一个评估时间点不应上升。

6.5.2 确定安全阀风险后，评估人员应依据风险可接受水平，结合安全阀的使用情况、失效模式、管理状况等，提出检验策略。

6.5.3 实施检验的时间点

实施检验的时间点一般分为当前评估时间点、本次计划停机检修时间点和下次计划停机检修时间点，其中当前评估时间点为本次评估的时间点，本次计划停机检修时间点和下次计划停机检修时间点由使用单位提供。实施检验时间点的确定应以安全阀的风险位于可接受水平之下为原则：

（1） 如果在当前评估时间点，安全阀的风险已达到或超过风险可接受水平，应立即实施检验 ；

（2）如果在本次计划停机检修时间点，安全阀的风险已达到或超过风险可接受水平，应在本次计划停机检修时间点之前，采取离线或在线的方式实施检验；

（3）如果在下次计划停机检修时间点，安全阀的风险已达到或超过风险可接受水平，应优先在下次计划停机检修时间点采用离线或在线的方式实施检验。

6.5.4 检验方法

在检验策略中安全阀的检验方法包括：

（1）离线检查和校验。安全阀离线检查和校验是指在离线状态下，将安全阀从设备上拆下，对安全阀进行的目视检查和校验试验。安全阀离线检查和校验工作按相关规程执行。

（2）弹簧强压试验。弹簧式安全阀的关键零件，为保证弹簧长期工作时的稳定性，应根据实际服役情况抽查弹簧进行强压试验处理，必要时进行失效分析。

（3）在线目视检查及在线校验。安全阀在线目视检查是指在线状态下对安全阀进行的外部目视检查。安全阀在线校验工作按相关规程执行。

（4）热红外成像检测。必要时对高温变形、易结焦、堵塞等阀门进行热红外成像检测。

（5）其他方法根据需要时进行。

离线校验与解体情况确认、弹簧强压试验（必要时）、在线检查及检测。

6.5.5 检验有效性选择

GB26610.2 《承压设备系统基于风险的检验实施导则 第2部分：检验策略》表A.1中规定了安全阀检验有效性等级，风险等级为高或中高的安全阀应采用在高度或中高度有效检验方法，风险等级为中的安全阀应采用中度有效级别以上的检验方法。表A.1中未涉及的6.5.4中的检验方法应作为补充检验的方法在策略中加以考虑。

6.6 风险再评估及检验结果验证

6.6.1 汇总检验结果，将RBI评估数据和检验结果进行对比验证，分析偏差比例及原因。

6.6.2 根据检验结果得到的实测数据对原RBI评估数据库进行更新，按更新后的数据库进行再次风险分析计算，实施过程参照6.4节执行。

 6.7风险控制要求

使用单位应制定应急预案和落实风险防控措施，如有异常应立即处理。对于风险可接受的安全阀提出运维建议，对于高风险等级或企业认为风险较高的安全阀提出风险控制措施，对于损伤严重的关键部件或阀体提出更换要求。

6.8安全阀校验周期的确定

6.8.1 采用风险评估确定的安全阀校验周期应考虑安全性、经济性和与检修周期一致性。

6.8.2 制定安全阀的RBI校验策略时，推荐的校验周期不应超过5年，且存在以下情况的安全阀应适当缩短校验周期：

（1）失效可能性大于3的；

（2）强腐蚀性介质环境服役的；

（3）曾经发生过开启失效的；

（4）维修、更换多次的；

（5）年度检查发现问题的；

（6）有泄漏的；

（7）锈蚀严重的；

（8）应力腐蚀开裂环境服役的；

（9）开启之后不能正常回座的；

（10）曾经校验发现过问题及存在其他安全疑问的。

6.8.3 不得连续两次采用风险评估确定安全阀校验周期。首次采用风险评估确定安全阀校验周期，到期后应实施安全阀校验，然后可再次采用风险评估确定安全阀的校验周期。

 6.9记录保存方式

风险评估过程中搜集确认的基础数据优先采用电子记录的方式，随报告审核流程上传并保存；安全阀检查记录、在线或离线校验、在线泄漏检测、弹簧强压处理等报告采用纸质方式予以记录保存，该记录应随评估报告一起归档。

 6.10编制报告

6.10.1 评估人员在完成安全阀评估工作后应编制安全阀风险评估报告。

6.10.2 评估报告一般应包含以下内容：

（1）工作范围及目的；

（2）项目技术基础介绍：包含RBI技术简介、企业相应资质及能力简介、分析软件简介；

（3）项目执行标准依据；

（4）项目执行流程；

（5）基本条件：包括可接受水平和一些基本假设；

（6）安全阀运行情况；

（7）安全阀检查和校验情况；

（8）安全阀失效模式分析；

（9）风险计算结果和分析；

（10）校验周期；

（11）检验策略；

（12）降低风险的其他建议；

（13）结论。

1. 注意事项

7.1 安全阀RBI评估过程中，必要时需检查安全阀的外观以及挂牌铅封，最近一次安全阀校验视频（如果有）。

7.2 风险评估是建立在原料及工艺稳定、生产连续的基础上的，当装置系统原料发生重大的改变、工艺发生较大变化或者存在间歇性生产工况，应当对安全阀风险进行重新评估。

7.3 使用单位可以仅实施安全阀的RBI评估工作，根据风险评估结果提出校验周期。

7.4 按校验策略实施的检查和校验工作由使用单位自行或委托第三方机构实施。

7.5 评估项目实施过程如果发现重大安全隐患问题，应停止评估工作，并将具体情况告知特种设备监督管理部门。