

在用锅炉压力容器压力管道安全阀常见问题研究

杨忠华

喀什地区特种设备检验检测所 新疆 喀什 844000

摘要：锅炉、压力容器与压力管道中安全阀长期服役期间，结构适配性失衡、运行劣化及运维管理缺失等问题频发，严重制约承压设备安全运行。本文围绕这三类典型问题展开分析，梳理了本体结构缺陷、工况适配偏差与安装配套不当等结构层面隐患，剖析了机械老化、介质侵蚀与环境退化等性能衰减规律，并揭示了日常操作失范、检修疏漏与备件适配不足等管理短板。在此基础上，提出结构优化、劣化防控与运维流程完善等改进路径，为提升安全阀全周期运行可靠性提供参考。

关键词：锅炉压力容器；安全阀；结构适配；运行劣化；运维管理

引言：安全阀作为锅炉、压力容器及压力管道系统中关键的超压保护装置，承担着承压设备紧急泄压与系统安全兜底的核心职能。在实际服役过程中，受结构设计通用性强、工况动态变化频繁、运维管理粗放等多重因素交织影响，安全阀常出现启闭精度下降、密封失效、动作迟滞等运行异常，给承压设备安全稳定运行埋下隐患。深入剖析这些问题的成因与演化规律，探索针对性优化策略，对保障承压系统长周期安全运转具有重要工程价值。

1 安全阀结构与运行适配性问题

1.1 安全阀本体结构缺陷问题

安全阀整体运行精度依靠核心零部件的精密配合实现，结构设计方式与部件匹配状态直接决定设备运行质量。弹簧、阀瓣、阀座、导向套等关键构件的结构设计标准多采用通用化标准，难以匹配不同承压设备的长期运行条件^[1]。结构造型设计缺乏精细化优化，部件装配形成的配合间隙容易偏离合理区间，影响设备启闭与密封的基础性能。构件刚度设计标准存在偏差，结构承载性能无法适配高压高频的运行环境，部件受力状态难以匹配设备运行负荷。各类结构匹配偏差会在设备运行过程中不断积累。不同结构形式的安全阀投入长期连续运行后，整体结构稳定性会逐步弱化，金属构件在持续压力作用下产生塑性形变。结构耐受性能持续下降，对压力波动的抵御能力逐步降低，干扰安全阀启闭精度与密封性能，诱发各类设备运行隐患。

1.2 设备工况适配失衡问题

锅炉、压力容器与压力管道具备差异化运行属性，运行参数与工作模式存在明显区别，对安全阀工作性能有着不同的适配标准。安全阀整定压力、排放能力、开启高度等核心参数多为统一设定，难以贴合各类承压设

备的实际运行状态。固定参数设置模式无法适应设备运行过程中的动态变化，和实际运行工况产生明显偏差。承压设备运行阶段会出现负荷升降、介质属性改变、运行状态切换等动态变化，安全阀固定的性能适配范围无法跟随工况变化完成性能调节。适配性能的不足会造成压力调控出现滞后，难以快速平衡设备内部压力波动，降低承压设备运行的安全储备，逐步滋生各类影响系统稳定运行的安全隐患。

1.3 安装结构配套问题

安全阀现场安装的结构配套质量，对设备动作流畅度与运行稳定性有着直接影响。安装点位选取未结合设备运行特性进行考量，安装位置无法满足介质流通与压力传导的实际需求。连接管路铺设方式存在不合理性，管路布局会干扰介质输送效率，打乱压力传导的正常路径。外部支撑结构搭建缺乏统一规范，整体受力分布处于失衡状态，长期承压会造成安全阀本体出现位置偏移。密封配套结构对接精度不足，装配贴合程度无法满足高压运行的使用要求。各类安装层面的结构缺陷会阻碍安全阀正常启闭动作，造成介质流通不畅通，设备整体受力状态失衡，持续消耗设备运行性能，缩短安全阀正常服役时长。

2 安全阀长期运行劣化类问题

2.1 机械部件老化劣化问题

安全阀持续处于往复启闭与承压受力的工作状态，核心机械构件会随服役时长增加出现不可逆的损耗与性能衰减^[2]。弹簧作为核心承压构件，长期承受反复压缩与回弹作用，金属材质会逐步产生疲劳松弛现象，原有弹性性能与承载能力逐步下降，无法稳定维持设备启闭的压力基准。阀座与阀瓣长期接触摩擦，接触面会产生均匀磨损，精密贴合的结构状态逐步被破坏。导向部件频

繁配合运动后会积累摩擦损耗,运动顺畅度持续降低,容易产生运动阻滞现象。各类紧固构件在持续受力作用下会出现松动偏移,破坏整体装配的紧凑性。持续往复的机械运动与恒定载荷作用,会不断消耗构件原有机件性能,让安全阀整体运动精度与结构稳定性持续下降,诱发各类机械运行故障。这类机械老化劣化具有不可逆、渐进性特征,初期故障隐患隐蔽性强,常规巡检难以快速识别,持续运行后会逐步演变为显性故障,直接导致安全阀失效。

2.2 介质侵蚀引发的运行问题

承压设备运行过程中流通的水汽、油气及各类腐蚀性介质,会持续对安全阀内部金属构件产生侵蚀与冲刷作用。介质中含有的微量杂质会逐步附着于构件表面,长期堆积形成垢层结构,覆盖阀座、阀瓣及流通通道的关键接触面。介质持续冲刷会造成金属表面产生磨损剥离,腐蚀性成分会逐步侵蚀构件表层结构,引发大面积腐蚀损伤与气蚀缺陷。各类介质衍生问题会破坏安全阀的密封接触面,弱化密封结构的贴合紧密性,造成密封基础性能缺失。杂质堆积与结构腐蚀会干扰构件正常运动轨迹,阻碍启闭动作的顺畅完成,引发运动阻滞、启闭偏差等异常运行状态,影响压力泄放的精准性与及时性。尤其在化工、热力等复杂工况中,介质腐蚀性杂质含量更高,冲刷、腐蚀、结垢多重作用叠加,会大幅加速安全阀密封系统与运动结构的损坏速率。

2.3 环境因素导致的性能退化问题

承压设备作业现场的各类外部环境条件,会持续对安全阀外部及内部构件产生不良影响,逐步引发设备性能退化。极端温度环境会改变金属构件的物理特性,温度过高会加速构件材质老化,温度过低会提升构件刚性,弱化运动适配性能。现场潮湿空气会诱发金属构件锈蚀,锈蚀产物堆积会限制构件活动空间,造成运动卡滞。空气中漂浮的粉尘会持续沉积在设备缝隙与运动结构中,增大构件运动摩擦阻力,降低动作响应灵敏度。设备整体运行产生的振动会持续传导至安全阀,长期振动冲击会促使构件产生微小形变与装配偏移,逐步弱化设备整体运行精度,持续降低安全阀运行可靠性。

3 安全阀运维管理过程常见问题

3.1 日常运维操作不规范问题

安全阀长期稳定运行依托标准化的现场实操管控,各类不规范作业行为会持续干扰设备运行状态。承压设备启停作业过程中,操作人员对设备运行节奏把控不足,作业手法不符合设备运行实操标准,容易打乱安全阀正常的工作状态^[3]。现场巡检工作存在覆盖盲区,作业

人员对设备运行状态的排查不够细致,难以捕捉细微的运行异常变化。设备出现非正常运行状态时,处置工作存在滞后性,未能及时开展干预调整,让微小异常持续发展为运行隐患。人为操作偏差会直接打乱安全阀启闭运行逻辑,造成启闭动作脱离标准运行状态。承压负荷的匹配调节出现紊乱,压力泄放节奏无法适配设备运行需求,持续影响整套承压系统的运行稳定性。

3.2 检修养护工作疏漏问题

持续性的检修养护工作是维持安全阀机械性能的关键,养护流程中的各类疏漏会逐步损耗设备运行性能。养护工作开展节奏缺乏科学性,作业间隔时长未能结合设备运行强度设定,造成养护工作开展过于频繁或间隔过长。构件表面清洁与除锈作业落实不到位,表层附着的锈蚀杂质无法彻底清除,持续留存于构件接触面与运动缝隙内部。运动构件润滑处理达不到作业标准,润滑介质覆盖不足或涂抹不均,增大构件运动摩擦损耗。检修拆装作业过程中操作手法粗放,拆装流程未遵循设备结构适配规律,容易造成构件配合状态出现偏差。存在磨损缺陷的构件未得到及时更替,损伤构件持续参与设备运行,积累各类机械故障隐患。

3.3 备件更换与适配遗留问题

安全阀部件维修与备件更替作业,对构件适配精度有着较高要求,替换作业产生的各类遗留问题会直接影响设备运行质量。备件选型工作缺乏精细核对,替换构件型号参数与设备原有运行参数存在偏差,无法满足设备标准化运行需求。批量备件的加工精度存在浮动,部分替换构件加工精度偏低,构件配合面的平整程度与尺寸精度达不到装配标准。拆装维修作业完成后,构件装配位置存在细微偏移,整体装配紧凑度与对位精度出现不足。新旧构件的材质属性与机械性能存在差异,搭配运行过程中适配程度较差,无法形成稳定的配合运行状态。此类问题会造成安全阀装配完成后密封贴合不严,运动动作响应迟钝,运行过程稳定性大幅下降,滋生持续性的运行隐患。

4 安全阀运行故障防控与优化改进

4.1 结构适配优化改进

结合安全阀本体结构缺陷、工况适配失衡以及安装配套不规范等各类运行问题,可通过多项实操性技术调整手段完成设备结构与运行状态的优化升级^[4]。针对零部件结构设计存在的不足,可对阀瓣、阀座、导向套及弹簧等核心构件开展结构改良设计,优化构件造型与结构尺寸,修正传统通用设计中适配性不足的弊端。依托精密加工工艺提升各类构件的生产装配精度,校准构件

配合间隙,让各零部件可以形成更为精密的配合关系,提升设备启闭动作的精准程度。结合不同承压设备的运行工况特征,对安全阀整定压力、开启高度、排放能力等关键运行参数开展精细化校准调整,让设备参数状态贴合各类工况的运行需求。持续优化现场安装工艺标准,改良管路布设形式与安装点位选择逻辑,规整安全阀配套连接管路的走向与布局方式。完善支撑结构搭建流程,统一密封结构装配工艺,纠正安装环节中受力不均、对接偏差等施工问题,从结构与安装层面消除工况适配失衡隐患,强化安全阀与承压设备系统的匹配程度。同时可推行“一机一阀一标定”的适配原则,根据设备运行负荷、介质类型、工作温度定制适配方案,从源头解决通用结构与特殊工况不匹配的核心问题。

4.2 劣化损耗防控优化

针对长期运行过程中机械老化、介质侵蚀、外部环境干扰引发的设备性能劣化问题,可通过多元化防控手段延缓设备性能衰减速率。对核心机械构件开展防护升级处理,选用适配高压腐蚀工况的防护工艺,提升构件表面耐磨与抗腐蚀能力,降低往复运动产生的机械磨损。优化系统介质处理方式,增设介质过滤净化装置,减少介质内部杂质含量,削弱介质冲刷与杂质附着对内部构件的损伤,减少结垢与气蚀问题的产生。常态化开展设备防腐防锈作业,及时清理构件表面堆积的锈蚀物质,对金属裸露面做好防护处理,阻断锈蚀持续扩散的路径。改良设备现场运行环境,管控作业区域温湿度条件,减少粉尘堆积与潮湿空气对设备的持续侵蚀。增设缓冲降噪与减震装置,弱化设备运行振动带来的持续冲击,降低振动形变与装配偏移的发生概率,全方位延缓安全阀各类构件的劣化损耗速度,维持设备长期运行的性能稳定性。建立周期性劣化检测机制,定期对构件磨损、腐蚀、老化程度进行检测评估,提前预判性能衰减趋势,实现劣化问题的提前干预、主动防控。

4.3 运维流程优化完善

针对日常操作、检修养护与备件更替环节存在的运维漏洞,可通过细化实操标准、完善作业流程实现运行问题的源头防控。重新梳理日常巡检工作内容,明确

巡检核心核查重点,细化设备启闭状态、密封状态、外观损耗的核查标准,提升巡检工作的细致程度与排查质量。统一检修养护作业工序标准,规范设备拆装、清洁除锈、润滑养护的完整操作流程,依据设备运行强度科学规划养护周期,杜绝养护作业流于形式的问题。建立标准化备件选用与装配体系,严格把控备件生产加工精度与参数匹配标准,规范新旧构件替换装配流程,严控装配对位精度与结构紧凑度。优化设备异常处置流程,明确各类运行异常的处置思路与操作规范,缩短设备异常的干预时长,避免微小故障持续演化^[5]。标准化的运维模式可以有效规避人为操作偏差,减少养护疏漏与备件适配问题,持续提升安全阀全周期运行的可靠性与稳定性。同时需强化运维人员专业培训与考核,落实岗位责任制,将巡检、养护、维修工作纳入台账管理,实现运维工作标准化、规范化、可追溯化。

结束语

安全阀的运行可靠性取决于结构设计、工况适配、抗劣化能力及运维管理水平的协同配合。结构层面需突破通用化设计局限,依据不同承压设备特征开展精细化参数校准;劣化防控须从介质净化、构件防护及环境管控多角度协同发力,延缓性能衰减速率;运维管理应建立标准化作业体系,消除操作偏差与检修疏漏带来的人为隐患。唯有将技术优化与管理规范深度融合,方能切实提升安全阀全周期运行的稳定性与安全性,为承压设备长期可靠服役提供有力保障。

参考文献

- [1]李颖,于小清.锅炉压力容器压力管道安全阀常见问题研究[J].科技创新导报,2022,19(30):50-52.
- [2]黄浩轩.在用锅炉压力容器压力管道安全阀常见问题研究[J].文渊(小学版),2021(10):4624.
- [3]刘智奇.锅炉和压力容器上安全阀的整定压强分析[J].现代制造技术与装备,2024,60(1):110-112.
- [4]邓磊.锅炉和压力容器上安全阀的整定压力分析研究[J].品牌与标准化,2026(1):185-187.
- [5]林燊.锅炉和压力容器上安全阀的整定压力分析[J].现代制造技术与装备,2023,59(5):156-158.