

# 天然气站场压力容器定期检验隐患分析及管控措施

白双齐

国家管网集团北京管道有限公司 河北 衡水 100000

**摘要:** 天然气站场压力容器是燃气承压输送与存储的核心设备,长期处于复杂工况环境,极易产生各类隐蔽安全隐患,影响场站整体运行稳定性。本文结合压力容器结构特性与现场检验现状,总结设备结构损伤、介质腐蚀、密封失效、构件异常等常见问题,系统梳理隐患滋生的各类诱因,从检验标准化、隐患治理、日常运维、人员建设、动态防控等维度优化管控策略,提升压力容器安全运行质量。

**关键词:** 天然气站场;压力容器;定期检验;安全隐患;隐患管控

引言:天然气站场压力容器长期处于高压密闭的连续运行状态,介质腐蚀、环境温变与持续承压荷载,都会造成设备材质与结构缓慢劣化。定期检验是排查设备缺陷、防范运行风险的重要手段。现阶段场站检验管控体系仍存在短板,隐患排查不全面、治理不彻底的问题较为突出。系统梳理隐患类型与形成原因,搭建完善的管控体系,可有效降低设备运行风险,保障场站平稳运行。

## 1 天然气站场压力容器检验基础与运行现状

### 1.1 天然气站场压力容器设备组成与运行特征

天然气站场压力容器是站内承压输送、分离、存储作业的关键设备,整体组成包含承压壳体、封头、接管、密封构件及各类附属配套部件。各类结构相互配合,形成完整的承压密闭体系,保障天然气介质稳定存储与输送作业。设备长期处于密闭承压工况,内部介质带有微量杂质与腐蚀性成分,会持续对内壁结构产生缓慢损耗作用<sup>[1]</sup>。外部暴露于露天场站环境,温度交替变化、空气湿度及粉尘环境都会对设备表层结构产生持续影响。设备整体保持连续运行状态,启停频次低,长期恒定的承压状态容易让结构产生疲劳变化,逐步积累各类隐性设备缺陷。

### 1.2 压力容器定期检验的主要工作内容

压力容器定期检验是保障站场设备稳定运行的核心工作,覆盖设备外观、内部结构、连接部位及附属构件的全方位检查作业。外观检查侧重表层锈蚀、磨损、变形、开裂等可视缺陷排查,记录设备表层结构的损伤情况。内部检查针对容器内壁腐蚀状态、材质老化、内部沉积问题开展细致查验,判断承压主体结构的完好程度。检验工作包含密封结构、连接接口的状态查验,排查密封老化、结构松动引发的泄漏风险。配套承压附件的工作状态核查也属于检验范畴,通过系统性查验,掌握设备整体运行工况,筛选潜在安全隐患。

### 1.3 压力容器日常运行与检验工作开展状态

天然气站场压力容器保持长期连续运行模式,运行负荷相对稳定,作业工况波动幅度较小。日常运维工作多集中在设备表面清洁、基础状态巡查、运行参数记录等常规内容,侧重表层状态管控。针对性的深度结构查验开展频次有限,多集中在固定检验周期内完成。部分隐性缺陷无法通过日常巡查及时识别,容易在长期运行中逐步累积。检验工作开展过程多依靠技术人员人工查验完成,查验细致程度受人员作业经验、工作细致度影响较大,整体工作质量存在一定浮动空间。

### 1.4 压力容器常态化检验管控运行模式

现阶段天然气站场压力容器检验管控以周期性检验为核心模式,搭配日常常规巡查形成基础管控体系。场站按照固定周期安排专项检验作业,完成设备整体状态排查与缺陷记录。日常巡查聚焦设备表层可视问题与基础运行状态,形成常态化的基础监管。管控模式以被动排查、事后处置为主要形式,针对已经产生的缺陷开展治理整改。前置性的状态预判、隐患预防工作较为薄弱,管控体系侧重阶段性问题整治,缺少持续性、精细化的全过程管控手段,难以完全适配设备长期稳定运行的安全需求。

## 2 天然气站场压力容器定期检验常见隐患类型

### 2.1 设备本体结构损伤类隐患

压力容器本体结构是承载承压负荷的核心主体,长期持续运行会逐步产生各类结构性损伤问题。承压壳体与封头位置易出现局部形变、表层开裂、壁厚减薄等物理损伤,多源于长期承压荷载与环境外力作用。结构形变会改变原有承压受力状态,造成局部应力集中。细微裂纹会随运行时长逐步扩展,破坏结构完整性<sup>[2]</sup>。壁厚不均匀损耗会降低设备整体承压能力,弱化结构承载上限。这类结构损伤隐蔽性较强,初期不会影响设备常规

运行,长期积累会逐步威胁设备承压运行的稳定性。

## 2.2 内部介质腐蚀与材质损耗类隐患

天然气介质内含微量腐蚀性杂质,长期接触容器内壁会引发持续性腐蚀损伤。内壁会出现点状腐蚀、片状剥落、材质疏松等问题,逐步破坏金属材料致密结构。介质沉积杂质会附着容器内壁形成堆积层,遮挡局部结构区域,提升局部腐蚀发展速度。材质长期处于腐蚀环境中,金属韧性与强度会持续下降,造成整体材质性能衰减。这类损耗问题具备渐进发展特征,隐蔽程度较高,常规表层巡查难以有效识别,会持续降低设备运行安全储备。

## 2.3 密封与连接部位失效类隐患

容器法兰、接口、密封垫片等连接构件,是设备密闭承压体系的关键组成部分。长期运行工况下,密封构件会出现老化、硬化、形变等状态变化,密闭防护性能逐步下降。连接紧固件会出现松动、锈蚀、咬合卡顿等问题,破坏接口闭合紧密程度。密封失效会引发介质渗漏问题,逐步扩大泄漏范围。连接部位结构不稳会改变接口受力状态,引发局部应力异常。这类隐患直接破坏设备密闭性能,是场站介质泄漏问题的主要诱发源头。

## 2.4 附属配套构件异常类隐患

压力容器配套压力监测部件、放空构件、缓冲配件等附属设施,辅助保障设备稳定运行。长期服役过程中,附属构件会出现运行卡顿、响应迟缓、状态偏移等异常问题。监测部件状态偏差会造成运行数据失真,无法真实反馈设备实际工况。放空与缓冲构件堵塞、卡顿会影响压力调节效果,造成设备内部压力波动异常。附属构件的功能异常会打乱设备运行平衡状态,间接加剧主体结构的运行损耗,诱发各类次生安全问题。

## 2.5 检验作业过程衍生安全隐患

定期检验作业开展阶段会衍生出各类临时性安全隐患。设备停机、泄压、置换等前置操作不彻底,会残留少量介质,提升作业风险。检验操作流程不规范会对设备表层、内壁及密封结构造成人为损伤,形成新增缺陷。检验作业环境布置不规范,会出现作业空间杂乱、防护布置缺失等问题。检验数据记录、缺陷筛查存在疏漏,会造成隐性隐患遗漏,无法及时开展治理处置,为设备后续运行留存安全风险。

## 3 天然气站场压力容器检验隐患形成成因

### 3.1 设备长期运行产生的自然老化损耗

天然气站场压力容器多保持不间断运行状态,设备结构长期承受稳定压力荷载。金属材料会随运行时间增加出现自然老化现象,内部金属晶粒结构逐步发生细

微变化。承压壳体反复承受压力作用,容易积累疲劳损伤,出现壁厚减薄、细微裂纹等结构性缺陷<sup>[3]</sup>。密封构件、紧固件等辅助部件会随服役时长出现老化硬化,物理性能逐步衰减。自然老化属于不可逆损耗过程,积累的结构缺陷会持续弱化设备整体承压性能,逐步转化为各类安全隐患。

### 3.2 站内复杂工况对设备本体的持续影响

天然气站场作业环境复杂,内部输送介质含有微量腐蚀性杂质与固体沉积物。杂质长期附着容器内壁,会持续侵蚀金属表层,诱发点状腐蚀、局部剥落等问题。场站露天环境温度变化明显,低温、高温交替作用会加剧材质疲劳,弱化结构稳定性。空气潮湿、粉尘堆积等外界条件,会对设备外壁及连接构件造成侵蚀损伤。复杂工况形成长期持续性影响,加速设备结构损耗与材质劣化,大幅提升隐患产生的概率。

### 3.3 定期检验工作流程落实不够细致规范

定期检验工作拥有完整的作业流程框架,实际落地环节容易出现流程简化、步骤省略的问题。部分隐蔽结构、狭小区域的检验环节容易被简化,细微缺陷无法得到全面排查。缺陷记录、问题复核等基础工作落实不到位,部分轻微隐患无法完成有效登记与跟踪治理。检验环节的清洁、泄压、置换等前置工序落实不到位,会干扰缺陷判定的精准度。流程执行的粗放化,让检验工作无法彻底排查设备存在的潜在问题,造成隐患长期留存。

### 3.4 设备日常运维管护工作存在疏漏

日常运维管护是延缓设备损耗、提前化解隐患的重要环节。场站日常管护多侧重表层清洁与基础参数记录,针对性的结构检查、材质状态排查力度不足。设备运行过程中的细微损耗、初期腐蚀问题难以通过常规巡查及时发现。养护工作缺少精细化处置内容,腐蚀部位未及时处理、松动构件未及时紧固,微小缺陷会持续发展扩大。常态化管护的疏漏,让设备损耗问题持续累积,逐步演变为影响运行安全的重大隐患。

### 3.5 检验作业人员专业操作能力存在短板

压力容器检验工作对专业技能与实操经验有着较高要求。部分作业人员仅掌握基础检验流程,对隐蔽性缺陷识别、材质损耗判定、工况影响分析的认知不够深入。缺陷甄别、设备状态判断依靠浅层经验,容易出现误判、漏判的情况。专业技能更新速度较慢,对新型设备结构、精细化检验方式掌握不足。专业能力的不足会降低检验工作质量,无法精准识别各类深层次隐患,制约设备安全管控工作的整体成效。

## 4 天然气站场压力容器隐患管控与优化措施

#### 4.1 细化压力容器定期检验标准化作业流程

标准化作业流程能够规范检验行为,减少人为疏漏造成的隐患漏查问题。结合天然气站场压力容器的结构形式与运行工况,对现有检验步骤进行细化梳理,补齐流程覆盖不足的短板。明确设备检验前期处置、外观检查、内部查验、接口检测以及缺陷记录复核等全流程操作规范<sup>[4]</sup>。针对容器死角、拼接位置、密封接口等不易排查的区域,设置专属查验步骤与检查重点。统一缺陷记录标准、归档方式与复查要求,让检验工作具备完整执行依据和追溯条件。严谨规范的作业流程能够提升隐患排查精度,让各类结构损伤、材质缺陷都可以得到全面筛查。

#### 4.2 建立压力容器分级隐患排查与治理机制

压力容器在长期运行中会出现多种类型的缺陷,不同缺陷对设备安全运行的影响程度存在差异。落实分级化管控思维,对各类隐患按照损伤形式、危害程度、影响范围进行类别划分。设置差异化的治理方式与整改优先级,构建层次清晰的隐患治理体系。轻微表层损伤纳入日常观测范围,保持定期跟踪检查,控制缺陷发展速度。影响结构稳定性的缺陷开展专项整改修复,阻断隐患持续蔓延。存在重大安全威胁的缺陷立即开展停机处置,彻底消除安全风险。分级治理模式能够合理调配运维力量,提升隐患治理的整体效率。

#### 4.3 优化压力容器日常运维与养护管理模式

科学的日常运维养护可以延缓设备老化速度,降低各类隐患的发生概率。摒弃粗放式的管护思维,拓展日常养护的覆盖范围与作业深度。在常规巡查与参数记录基础上,增加容器内壁腐蚀状态、密封部件完好度、连接紧固件紧固状态的常态化检查。结合场站介质特性与户外环境特点,定期清理容器内部沉积杂质,开展外壁防腐养护作业。细化各季节、各工况对应的养护标准,持续削弱环境、介质对设备结构的侵蚀作用。常态化精细化养护可以维持设备良好运行状态,从源头减少缺陷累积问题。

#### 4.4 强化检验作业人员专业能力培育建设

检验人员的专业能力,直接决定隐患排查质量与设备管控水平。搭建常态化的人员培育机制,系统性提升岗位人员综合素养。围绕压力容器结构原理、缺陷识别

要点、工况影响因素、规范操作要求等内容设置培训内容,夯实人员理论基础。结合站内设备常见隐患形态开展实操训练,提升人员对细微、隐蔽缺陷的识别能力。引导人员持续更新专业知识,熟练掌握精细化检验手段。扎实的专业能力可以降低缺陷误判、漏判概率,保障检验工作开展的专业性与规范性,支撑设备安全管控工作稳步推进。

#### 4.5 搭建压力容器动态化隐患防控管理体系

传统固定周期的检验管控模式较为被动,难以适配压力容器长期动态运行的管控需求。搭建全方位动态化隐患防控体系,实现设备全周期、全过程安全监管。整合日常巡查、定期检验、专项养护等工作数据,持续收集设备结构状态与运行信息,掌握设备损耗变化规律。依托持续的数据积累预判隐患发展趋势,推行前置化防控手段,提前干预潜在风险<sup>[5]</sup>。串联检验排查、隐患整改、日常管护各项工作,形成闭环管控模式。体系化的防控手段可以提升设备管控主动性,持续强化天然气站场压力容器运行安全性。

#### 结束语

天然气站场压力容器隐患具备渐进性与隐蔽性特征,微小缺陷长期累积会逐步演变为安全风险。结合设备运行与检验工作实际,对常态化隐患进行分类梳理,从设备老化、工况环境、运维管理、人员操作多方面剖析诱因,构建多层级隐患管控体系。持续优化检验标准、运维模式与防控机制,可有效抑制隐患发展,强化设备运行保障,提升场站安全管控精细化水平。

#### 参考文献

- [1]谢遂京.天然气站场压力容器及管道作业安全措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(12):39-41.
- [2]陈宇,张柳海.长输天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施[J].清洗世界,2022,38(2):193-195.
- [3]吴瑜.天然气站场压力容器及管道作业安全对策研究[J].中国化工贸易,2024(26):133-135.
- [4]黄福生.长输天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施[J].中国化工贸易,2024,16(15):117-119.
- [5]郑华,梅春武,苗键.天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施之研究[J].中国化工贸易,2023,15(11):118-120.