

# 空分装置进口液体膨胀机故障及检修

刘 鑫

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 液体膨胀机是空分装置的关键设备,主要用于制冷。某煤制油空分装置中的进口液体膨胀机在运行中出现膨胀端轴承温度异常升高的故障。经过检修,发现故障原因为推力瓦进油孔堵塞及轴向推力间隙过小。通过清理油孔、调整推力间隙等措施,成功修复了膨胀机。此次检修掌握了液体膨胀机的拆检与装配工序,提高了检修效率与质量,确保了空分装置的正常运行。

**关键词:** 空分装置;进口液体膨胀机;故障;检修

引言:空分装置作为现代工业中的重要设备,其稳定运行对于生产效率和产品质量至关重要。其中,进口液体膨胀机作为空分装置的关键组件,承担着制冷与能量回收的重要任务。然而,在实际运行中,液体膨胀机常面临各种故障,如轴承温度过高、带液、固体颗粒进入等,严重影响设备的性能与寿命。本文旨在深入探讨这些故障的原因、检修方法及预防措施,为空分装置的安全高效运行提供有力保障。

## 1 空分装置进口液体膨胀机概述

### 1.1 液体膨胀机工作原理

(1) 绝热膨胀制冷原理。液体膨胀机主要利用绝热膨胀制冷原理进行工作。高压低温的液体在膨胀过程中会吸收热量,使得其体积增大,同时温度显著降低。这种绝热膨胀过程在膨胀机内部完成,无需外部制冷介质,具有高效、环保的优点。(2) 增压机末端气体处理流程。在空分装置中,增压机负责将空气压缩到较高的压力,以满足后续液化或分离的需求。压缩后的气体经过冷却后,进入膨胀机进行绝热膨胀制冷。在膨胀过程中,气体的压力和温度均会降低,达到制冷效果。这一流程能够确保空分装置的高效运行和产品的稳定质量。

(3) 叶轮及喷嘴在制冷中的作用。叶轮和喷嘴是液体膨胀机中的关键部件。喷嘴用于将高压液体喷射成高速气流,而叶轮则负责将这股高速气流转换为机械能。在制冷过程中,喷嘴和叶轮的协同作用使得液体能够充分膨胀并吸收大量的热量,从而实现高效的制冷效果。

### 1.2 空分装置进口液体膨胀机类型与特点

#### 1.2.1 离心式与轴流式膨胀机比较

特性	离心式膨胀机	轴流式膨胀机
结构	结构紧凑,适合高转速	结构简单,适合大流量
制冷量	制冷量大,适用于高制冷量需求	制冷量适中,适用于大流量需求

续表:

特性	离心式膨胀机	轴流式膨胀机
压力损失	压力损失较大	压力损失较小
运行稳定性	运行稳定,但需高转速	运行稳定,适合大流量
应用场景	高制冷量需求的场合	大流量需求的场合

#### 1.2.2 法国Cryostar(科莱斯达)等公司进口膨胀机介绍

法国Cryostar(科莱斯达)等公司是全球知名的空分设备制造商,其生产的液体膨胀机在性能和技术上均处于领先地位。这些公司的进口膨胀机通常采用先进的技术和材料,具有高效、稳定、环保等特点,能够满足各种复杂工况下的应用需求。

#### 1.2.3 主要参数与技术指标

液体膨胀机的主要参数包括制冷量、工作压力、转速等,这些参数决定了膨胀机的性能和应用范围。同时,技术指标如效率、噪声、振动等也是评价膨胀机性能优劣的重要指标。

## 2 空分装置进口液体膨胀机常见故障分析

### 2.1 轴承温度过高故障

#### 2.1.1 案例分析

某煤制油空分装置中的一台液体膨胀机在运行过程中,膨胀端轴承温度突然升高至87℃并有上升趋势,而日常运行中该温度保持在55℃左右。随后,该膨胀机停机进行检修。

#### 2.1.2 故障原因探讨

检修过程中发现,导致轴承温度异常升高的主要原因有两点:一是油孔异物堵塞,导致推力瓦供油不足;二是推力间隙过小,造成摩擦增大。针对这两点原因,检修人员对油孔进行了彻底清理,并调整了推力间隙。检修后,膨胀机恢复正常运行,轴承温度保持在正常范围内。此类故障通常还与油泵供油量不足、润滑油循环

减慢、轴承与轴的配合间隙过小等因素有关。因此，在日常维护中，应定期检查油泵出口压力、润滑油管路和调节阀的畅通情况，以及轴承与轴的配合间隙<sup>[1]</sup>。

## 2.2 带液故障

### 2.2.1 膨胀机出口带液量超标的影响

膨胀机出口带液量超标时，容易打坏喷咀环和叶轮，同时增加间隙压力，加重止推轴承的负荷，可能导致轴承等零件的损坏。

### 2.2.2 带液原因分析及对喷咀环和叶轮的损害

带液故障通常由于膨胀机进口温度过低或膨胀量过大导致。当液体进入膨胀机后，由于液体的不可压缩性，会对喷咀环和叶轮造成冲击和磨损。因此，应严格控制膨胀机的进口温度和膨胀量，避免液体进入膨胀机。

## 2.3 固体颗粒进入故障

### 2.3.1 固体颗粒来源及其对膨胀机的损害

固体颗粒可能来源于空气中的尘埃、杂质或设备内部的磨损产物。这些颗粒进入膨胀机后，会打坏喷咀环和叶轮，严重影响膨胀机的效率和寿命。

### 2.3.2 机前过滤器性能与故障预防

为防止固体颗粒进入膨胀机，应确保机前过滤器的性能良好。定期检查并更换过滤器滤芯，保持过滤器的清洁和畅通。同时，加强设备内部的清洁和维护，减少磨损产物的产生<sup>[2]</sup>。

## 2.4 其他常见故障

### 2.4.1 密封失效、润滑不良、动平衡破坏等

除了上述故障外，膨胀机还可能出现密封失效、润滑不良和动平衡破坏等常见故障。密封失效会导致气体泄漏，影响膨胀机的效率；润滑不良会加剧轴承和密封件的磨损；动平衡破坏则会引起振动和噪音增大。

### 2.4.2 故障现象、原因及影响分析

这些故障通常表现为膨胀机运行不稳定、振动和噪音增大、轴承和密封件磨损加剧等现象。其原因可能与密封件老化、润滑油质量下降、设备内部积垢等因素有关。这些故障会严重影响膨胀机的运行效率和寿命，甚至导致设备损坏和停产。因此，应加强设备的日常维护和保养，定期检查并更换易损件和润滑油，确保设备的稳定运行。

## 3 空分装置进口液体膨胀机检修方法与措施

### 3.1 检修前准备

在进行膨胀机检修之前，充分的准备工作是确保检修顺利进行的基础。（1）设备停机与隔离措施。首先，确保膨胀机已经安全停机，并断开所有与设备相关的电源。然后，采取必要的隔离措施，防止在检修过程中因

误操作或其他原因导致的意外伤害。这通常包括关闭相关的进出口阀门，挂上警示牌，以及确保工作区域的安全隔离。（2）检修工具与材料准备。根据检修计划，提前准备好所需的工具和设备，如拆卸工具、测量工具、清洁工具等。同时，确保所需的备件和材料（如新轴承、密封件、清洗剂等）已经到位，以便在检修过程中及时更换或清洗<sup>[3]</sup>。（3）安全防护措施。检修人员应穿戴符合安全规定的个人防护装备，如安全帽、防护眼镜、手套、工作服等。在涉及高空作业或有限空间作业时，还应采取相应的安全措施，如设置安全网、使用呼吸器等。

### 3.2 解体检查与故障确认

解体检查是确定故障位置和原因的关键步骤。（1）机芯拆卸步骤与注意事项。在拆卸机芯之前，应详细记录拆卸步骤和每个部件的位置，以便在装配时能够准确无误地恢复。同时，注意保护关键部件，避免在拆卸过程中造成损坏。拆卸过程中，应使用合适的工具和方法，避免暴力拆卸导致的部件变形或损坏。（2）轴承、叶轮、喷嘴等关键部件检查。对拆卸下来的轴承、叶轮、喷嘴等关键部件进行详细检查，观察其磨损情况、有无裂纹或损坏等。必要时，使用测量工具对关键尺寸进行精确测量，以便判断部件是否需要更换或修复。（3）故障点确认与原因分析。结合解体检查结果和设备的运行历史记录，对故障点进行确认，并分析故障原因。这可能涉及对设备的工作原理、运行条件、维护历史等多方面的综合考虑。

### 3.3 故障修复与更换部件

在确认故障点和原因后，采取相应的修复措施或更换损坏部件。（1）清洗油孔、调整推力间隙等修复措施。对于因油孔堵塞或推力间隙过小导致的故障，可以采取清洗油孔、调整推力间隙等修复措施。在清洗油孔时，应使用合适的清洗剂和工具，确保油孔彻底清洗干净。在调整推力间隙时，应使用精确的测量工具和方法，确保间隙调整准确。（2）轴承、叶轮等损坏部件的更换与动平衡校验。对于损坏严重的轴承、叶轮等部件，应及时进行更换。在更换过程中，应确保新部件的型号、规格和质量符合要求。同时，对新安装的叶轮进行动平衡校验，以确保其在运行过程中的稳定性和可靠性。（3）装配过程中的间隙调整与润滑系统检查。在装配过程中，注意对关键部件的间隙进行调整，确保间隙符合设计要求。同时，对润滑系统进行全面检查，包括润滑油管道、过滤器、油箱等部件的清洁度和完整性。确保润滑系统能够正常供油，为设备的稳定运行提供保障<sup>[4]</sup>。

### 3.4 检修后测试与验收

检修完成后,进行必要的测试与验收是确保设备质量的关键环节。(1)设备启动与运行参数监测。在启动设备之前,应对设备进行全面检查,确保所有部件已经正确安装并紧固到位。然后,启动设备并监测其运行参数,如转速、压力、温度等,确保这些参数在正常范围内。特别注意观察设备的振动和噪音情况,以判断是否存在异常。(2)制冷效果与轴承温度等关键指标评估。在设备稳定运行一段时间后,对其制冷效果和轴承温度等关键指标进行评估。通过测量膨胀机进出口的温度差和轴承的实际工作温度,与设计参数进行对比,判断设备的性能是否达到预期。如果发现制冷效果不佳或轴承温度过高,应立即停机并重新检查相关部件,确保问题得到彻底解决。(3)检修质量验收与不合格项整改。在完成所有测试和评估后,组织相关部门和人员对检修质量进行验收。验收过程中,应重点关注设备的运行稳定性、制冷效果、轴承温度以及是否存在泄漏等问题。对于发现的不合格项,应立即制定整改措施并落实到位。同时,对检修过程中发现的问题进行总结和分折,以便在今后的维护和检修工作中加以改进。

## 4 空分装置进口液体膨胀机故障预防措施

### 4.1 加强设备维护与保养

设备的维护与保养是预防故障的基础。(1)定期润滑与清洗油系统。定期检查和更换润滑油,确保油质清洁、粘度适中。同时,对油系统进行定期清洗,去除沉积物和杂质,保持油路的畅通无阻。这有助于减少轴承和密封件的磨损,延长设备的使用寿命。(2)定期检查和更换过滤器。空气和油系统中的过滤器是防止杂质进入设备的重要屏障。应定期检查并更换过滤器滤芯,确保其过滤效果良好。这有助于减少固体颗粒对喷咀环、叶轮等关键部件的损害。(3)设备停机期间的加温解冻操作。在寒冷地区或冬季,设备停机期间应进行加温解冻操作,防止设备内部结冰导致启动困难或损坏。这可以通过加热装置或自然解冻等方式实现<sup>[5]</sup>。

### 4.2 提高操作人员技能水平

操作人员的技能水平直接影响设备的运行状态。(1)加强设备操作培训。定期对操作人员进行设备操作培训,使其熟练掌握设备的启动、停机、调整和维护等操作步骤。同时,强调安全操作规程和注意事项,确保操作过程中的安全性。(2)故障应急处理演练。组织故

障应急处理演练,提高操作人员对设备故障的识别和应对能力。通过模拟真实故障场景,让操作人员熟悉应急处理流程,确保在设备发生故障时能够迅速、准确地采取措施进行处理。(3)操作规程与注意事项普及。制定并普及设备操作规程和注意事项,确保操作人员能够严格按照规程进行操作。同时,通过宣传栏、培训资料等方式,普及设备的基本知识和常见故障排除方法,提高操作人员的设备维护意识和技能水平。

### 4.3 优化设备运行参数与环境

合理的运行参数和良好的运行环境有助于减少设备故障。(1)调整增压机与膨胀机运行参数。根据设备的设计参数和实际运行状况,合理调整增压机和膨胀机的运行参数。这包括调整进口温度、压力、流量等参数,以确保设备在最佳状态下运行。(2)改善设备运行环境,减少固体颗粒与液滴进入。加强设备周围环境的清洁和管理,减少固体颗粒和液滴进入设备的可能性。这可以通过设置遮挡物、加强空气过滤等方式实现。(3)加强设备密封性能,防止气体泄漏。定期检查设备的密封性能,确保密封件完好无损。对于存在泄漏问题的密封件,应及时进行更换或修复。这有助于减少气体泄漏对设备性能和运行稳定性的影响。

### 结束语

总之,空分装置进口液体膨胀机的故障排查与检修工作对于保障整个空分系统的稳定运行具有至关重要的作用。通过对膨胀机工作原理的深入理解和故障案例的细致分析,我们掌握了有效的检修方法和预防措施。未来,我们需持续关注设备运行状态,加强维护保养,提高操作技能,确保液体膨胀机长期、高效、安全运行。这将为空分装置的优化运行和产业升级奠定坚实的基础。

### 参考文献

- [1]马建军.液体膨胀机在大型空分设备中的应用研究[J].建筑技术科学,2024,(11):105-106.
- [2]张亚龙.空分装置设备运行常见故障及处理[J].建筑技术科学,2024,(02):22-23.
- [3]黎劲松.空分装置运行常见故障与排除[J].企业管理,2020,(09):80-81.
- [4]李普会,汪敬民,李广友,张效恩.大型空分装置用透平压缩机的特点及应用[J].煤化学工程,2022,(05):50-51.
- [5]金文龙.空分装置氮产品压缩机跳车原因分析及对策[J].建筑技术科学,2024,(03):33-34.