

离心式压缩机常见故障分析

李玥霖 王 晨

陕西长青能源化工有限公司 陕西 宝鸡 721000

摘 要：离心式压缩机作为工业领域的核心设备，其稳定运行至关重要。本文分析了离心式压缩机常见的机械故障、性能故障和喘振故障，并提出了相应的处理措施。机械故障包括转子故障和轴承故障，需通过修复或更换关键部件解决；性能故障如气量不足和压力异常，需优化进气系统和密封装置；喘振故障则需通过防喘振控制系统和应急处理措施应对。

关键词：离心式压缩机；常见故障；处理措施

引言

离心式压缩机是工业领域的关键设备，其性能卓越，广泛应用于气体压缩工艺中。然而，在运行过程中，压缩机常面临各种故障，严重影响生产效率和产品质量。本文旨在探讨离心式压缩机的常见故障类型及其处理措施，以期工业实践提供有益参考，保障生产线的连续性和稳定性。

1 离心式压缩机概述

离心式压缩机通常也被称为透平压缩机，是一种性能卓越的气体压缩设备，能够提供高气体压强、处理大量气体以及维持高效率，这种压缩机在结构和操作原理上与离心鼓风机有着一定的相似性，其显著的区别在于采用了多级式设计，这一独特的设计特点使得离心式压缩机能够胜任更高压力需求的工业应用，从而在众多工艺流程中发挥着不可或缺的作用。无论是用于输送空气、各种工艺气体，还是混合气体，离心式压缩机都能有效提升气体压力，以满足生产过程中的特定要求。从结构上来看，离心式压缩机主要由转子、定子和轴承等核心部件构成。叶轮性能的好坏直接影响着压缩效率和运行的稳定性。当离心式压缩机启动时，转子上的叶轮会在高速旋转的驱动下开始工作，气体从叶轮的中心被吸入，然后沿着精心设计的叶道流向外缘。气体受到强烈的离心力作用，从而获得能量，其压力和速度都会得到显著提升，这些高压高速的气体流经扩压器等结构，速度逐渐降低，而压力则进一步增大，实现了动能向压力能的高效转换。在性能参数方面，离心式压缩机涵盖了结构形式、排气流量、排气压力、吸气压力、轴功率、效率和转速等多个关键指标。这些参数不仅反映了离心式压缩机的设计特性和工作能力，也是用户在选择和使用时需要重点考虑的因素。结构形式决定了压缩机的整体布局 and 安装方式；排气流量和排气压力则直接关

联到压缩机的气体处理能力；吸气压力则与压缩机的进气条件有关；轴功率反映了压缩机在运行过程中的能耗情况；效率则体现了压缩机的能量转换效率；而转速则决定了压缩机的工作频率和性能表现。为了满足不同工况下的需求，离心式压缩机还具备多种性能调节方式，变转速调节是一种常见的方法，通过调整压缩机的转速来改变其性能参数，以适应不同的气体压力和流量要求，进口节流调节和出口节流调节也是常用的调节方式，它们通过改变气体进出口的节流程度来调节压缩机的性能，可调进口导叶调节则是一种更为先进的调节方法，它可以根据实际需要调整进口导叶的角度，从而实现对压缩机性能的精确控制^[1]。

2 离心式压缩机常见的故障种类

2.1 机械故障

一是转子故障。其运行状态直接决定了压缩机的整体性能，常见的转子故障包括叶轮磨损、腐蚀、变形，以及轴的弯曲、断裂等。叶轮作为气体压缩的关键组件，其表面因长期与含有杂质或腐蚀性介质的气体接触，容易发生磨损和腐蚀，这种物理损伤不仅破坏了叶轮的动平衡，导致压缩机振动加剧，还可能影响气体的流动效率，进而降低压缩机的整体性能。超温、超压运行或制造过程中的缺陷也可能导致叶轮发生变形，变形后的叶轮会改变气体的流动路径，进一步影响压缩效率。轴作为支撑叶轮并传递扭矩的关键部分，其弯曲和断裂是另一类严重的转子故障。轴的弯曲可能源于过载运行、长期疲劳积累或振动过大，这种不均匀的间隙会导致转子与定子之间的摩擦增加，不仅加剧了振动，还可能引发更严重的机械损伤。轴的断裂则是一种更为灾难性的故障，它通常是由极端应力条件或材料缺陷导致的，一旦发生，将直接导致压缩机停机，对生产造成重大损失。二是轴承故障。轴承是支撑转子的重要部件，

其健康状况同样至关重要,轴承故障往往表现为振动和噪声的显著增加,严重时甚至会导致转子损坏。常见的轴承故障类型包括磨损、烧瓦和润滑不良。轴承磨损是长期运行、负载不均或润滑条件不佳的直接后果,磨损会增大轴承间隙,降低转子的稳定性,从而加剧振动。烧瓦则是由于轴承温度过高,导致轴承合金熔化,这种故障通常与润滑系统的失效或冷却不足有关,一旦发生,将迅速破坏轴承结构,引发严重故障。润滑不良是轴承故障的另一大诱因,它可能源于润滑油量不足、油质污染或润滑系统故障,润滑不良会导致轴承与轴颈之间的摩擦系数增大,产生过多的热量,加速磨损,严重时甚至会导致轴承卡死或失效。

2.2 性能故障

离心式压缩机在运行过程中,其性能故障如气量不足与压力异常,常对整个生产流程产生重大影响。气量不足,直观反映了压缩机性能的下降,其根源复杂多样。进气系统的堵塞,可能因过滤器长期积累的尘埃杂质、进气管道内壁因化学反应或介质沉积形成的垢层,以及进气阀门因操作或维护不当导致的开度不足,共同导致进气阻力增大,使得压缩机的有效进气量大打折扣。而且叶轮的损坏,作为气体压缩的关键部件,其磨损、腐蚀或撞击损伤均会直接影响压缩效率,进而造成排气量明显下降。此外,密封系统的泄漏问题亦不容忽视,无论是轴端密封、级间密封还是端面密封的泄漏,都会导致被压缩气体在传递过程中流失,进一步减少实际排气量。另一方面,压力异常,特别是排气压力过高或过低,对压缩机的稳定运行及下游工艺的正常操作构成严重威胁。排气压力过高往往与排气管道堵塞、后续系统阻力增大或压缩机喘振相关,而排气管道堵塞可能源于介质中固体颗粒沉积、管道变形或阀门故障,后系统阻力增大则可能与管道设计不合理、流量控制不当或下游设备故障有关。喘振作为严重的非稳定工况,会导致排气压力剧烈波动,甚至损坏设备,如果排气压力过低则通常与进气量不足、叶轮磨损严重或密封泄漏加剧等问题直接相关,这些问题不仅降低压缩效率,还会影响下游工艺设备的正常运行,严重时甚至导致生产线停产^[2]。

2.3 喘振故障

喘振是离心式压缩机面临的一种极为严重的极端不稳定工况,其危害深远,不仅威胁压缩机本身,还可能对整个气体压缩系统造成连锁反应,影响生产效率和产品质量。喘振的本质在于压缩机工作点意外落入喘振区域,导致流量和压力出现周期性的大幅度波动,并伴随强烈的机械振动和刺耳噪声。这种故障往往由多个复

杂因素交织引发:进气流量过小是首要原因,当上游供气不足、进气阀门故障或管道堵塞导致进气流量显著减少时,叶轮无法有效压缩气体,从而在叶轮和扩压器内部产生强烈气流脉动,迅速放大为周期性气流振荡,引发喘振;气体成分的变化也不容忽视,原料变化、混合不均或工艺调整导致气体密度和压缩性改变,若超出压缩机设计参数容忍范围,将破坏流体动力学平衡,使工作点偏移至喘振区域;此外,管网阻力增大也是重要诱因,设计不合理、管道老化、阀门故障或下游设备阻力增大等因素导致管网阻力上升,压缩机排气压力升高、流量减小,一旦工作点进入喘振区域,喘振现象随即发生,对压缩机和系统造成严重损害。

3 离心式压缩机故障处理措施

3.1 机械故障处理措施

离心式压缩机的稳定运行直接关系到生产效率和产品质量,但是机械故障,尤其是转子和轴承的故障,时常威胁着压缩机的性能。针对转子故障,细致检查叶轮的磨损和腐蚀情况至关重要。对于轻度磨损和腐蚀的叶轮,可采用堆焊和喷涂等修复技术,精准恢复其形状和尺寸,延长使用寿命。但当叶轮磨损、腐蚀严重或变形时,则需及时更换新叶轮,并确保新叶轮质量可靠、来源正规,且经过严格的动平衡测试,以达到规定的动平衡精度,避免振动和噪声问题,保障压缩机稳定运行。轴弯曲是另一种常见转子故障,轻微弯曲可采用校直方法修复,但需严格控制工艺和精度,以防过度矫直影响轴强度。轴断裂时,则需果断更换新轴,并进行全面探伤检测,确保新轴质量可靠。在轴承故障处理上,轻微磨损可通过调整间隙或更换衬套解决,而严重磨损或烧瓦则需及时更换新轴承,并确保型号规格匹配,安装精度达标,还应定期检查润滑油质量和供应量,清洗过滤器,更换被污染的润滑油,防止油质污染和杂质进入轴承,延长使用的寿命。

3.2 性能故障处理措施

离心式压缩机在工业领域中发挥着至关重要的作用,其性能的稳定性和高效性直接关联到生产线的顺畅运作与产品质量的优劣。然而,诸如气量不足和压力异常等性能故障却时有发生,若不及时处理,将严重干扰生产进程。因此,采取科学合理的故障处理措施至关重要。针对气量不足的问题,应首先排查进气系统是否堵塞,通过定期清洗过滤器、清理进气管道内的结垢,以及合理调整阀门开度,确保空气能够顺畅进入压缩机。同时,叶轮的损坏和密封装置的磨损也是导致气量减少的重要因素,如果发现这些问题,应及时修复或更换叶

轮,并定期检查密封件的磨损情况,及时更换损坏件,以确保密封性能。另一方面,排气压力异常也是常见的性能故障之一,当排气压力过高时,可能是排气管道堵塞或后系统阻力增大所致,此时应及时清理管道杂物、调整系统运行参数,并采取防喘振措施,如增加进气流量、降低排气压力等,使压缩机恢复正常运行,而当排气压力过低时,可能的原因包括进气量不足、叶轮磨损和密封泄漏等,此时应通过增加进气量、修复或更换磨损的叶轮以及修复或更换损坏的密封件等方式来提高排气压力,确保压缩机的稳定运行^[3]。

3.3 喘振故障处理措施

离心式压缩机在工业领域中扮演着核心角色,其高效稳定地运行对于维护生产线的连续性和确保产品质量具有不可估量的价值。然而,喘振这一常见故障却对压缩机的性能和安全性构成了严峻挑战。为了有效应对这一问题,离心式压缩机通常装备了先进的防喘振控制系统,该系统通过实时监测压缩机的关键运行参数,如进气流量和排气压力,一旦检测到工作点接近喘振区,便迅速响应,自动执行预防措施,如打开防喘振阀以增加进气流量,从而将工作点拉回安全稳定地运行区域。防喘振控制系统的设计不仅考虑了即时调控,还融入了压缩机运行工况的合理规划,确保压缩机在日常操作中始终远离喘振边缘,大大降低了喘振风险。在压缩机的选型与安装阶段,管网特性和工艺要求被细致分析,以确保压缩机的工作点始终位于稳定运行范围内,为长期安全运行提供了坚实基础。尽管如此,喘振现象仍可能在特定条件下发生,此时迅速打开防喘振阀进行应急处理至关重要,同时深入调查喘振根源,包括检查进气流量、气体成分变化和管网阻力等,制定并实施针对性解决方案以防止复发。喘振消除后,对压缩机进行全面检查与评估,及时发现并修复潜在损伤,确保压缩机以最佳状态重新投入运行,是保障其长期高效稳定运行不可或缺的一环。

3.4 日常维护与预防措施

离心式压缩机作为工业生产中的核心设备,其稳定高效地运行对于确保生产线的连续性和产品质量至关重

要。为了保障压缩机的长期稳定运行,必须实施一系列精心设计的日常维护与预防措施。首要任务是建立完善的定期巡检制度,通过安排专业人员对压缩机进行定期、全面的检查,涵盖运行参数以及设备外观、声音和气味等方面的监测,以捕捉潜在的故障信号并迅速采取措施,防止故障扩大。同时,润滑系统的管理同样关键,要定期检查润滑油的油质,及时更换变质润滑油,清洗润滑油过滤器以保持清洁度,并合理控制润滑油的压力和温度,为轴承等关键部件提供良好润滑条件,延长设备寿命。严格控制进气质量也是保障压缩机性能和安全性的重要一环,通过在进气管道上安装高效过滤器并定期清洗更换滤芯,以及对进气气体进行预处理去除水分、杂质和腐蚀性气体,有效保护压缩机内部部件。随着科技进步,先进的监测技术和设备为离心式压缩机的运行参数监控提供了有力工具,通过实时监测关键参数并结合数据分析和处理技术,能够及时发现潜在故障隐患,为采取预防措施提供依据,同时根据参数变化合理调整运行工况,确保压缩机在高效稳定状态下运行,提高整体性能和可靠性^[4]。

结语

综上所述,离心式压缩机的稳定运行对于工业生产至关重要。通过深入分析常见故障并提出有效处理措施,结合日常维护与预防措施的实施,可以显著降低故障发生率,延长设备寿命,提高生产效率和产品质量,随着技术的不断进步,离心式压缩机的故障诊断与处理将更加智能化、精准化,为工业生产提供更加可靠的支持。

参考文献

- [1]徐世博.离心压缩机振动故障的分析和处理[J].化工管理,2023(30):126-128,147.
- [2]刘保侠,王猛,马玉雷.离心式压缩机组转子系统故障判定方法[J].油气储运,2023,42(6):685-693.
- [3]于震远.离心式压缩机运行故障与检修分析[J].设备管理与维修,2021(2):40-41.
- [4]蔡学君.离心式压缩机常见故障及对策[J].电脑校园,2021(11):4072-4073.