

Vibration Control Strategy and Application of Natural Gas Compressor

Zhiqiang Hu Zhengyun Wen

Jerre Oil and Gas Engineering Co., Ltd., Yantai, Shandong, 246000, China

Abstract

Against the backdrop of the current global energy consumption pattern transformation, natural gas, as a clean energy source, plays a crucial role in promoting economic growth and maintaining ecological balance by ensuring transmission safety and efficiency. The existence of vibration problems during the operation of natural gas compressors has a direct impact on their safe operation and work efficiency. The objective of this study is to analyze various schemes for suppressing vibration and evaluate their specific performance in the manufacturing industry. The literature provides a detailed description of how vibration affects the performance of compressors and explores various vibration control strategies in depth. The paper conducts in-depth analysis of specific industrial scenarios to evaluate the effectiveness of implementing specific strategies and proposes a series of improvement suggestions based on this.

Keywords

natural gas compressor; vibration control; industrial efficiency; technical method; case analysis

天然气压缩机振动控制策略与应用

胡志强 温正云

杰瑞石油天然气工程有限公司, 中国·山东 烟台 246000

摘要

在当前全球能源消费模式转型的背景下, 天然气作为一种清洁能源, 其在保障传输安全与效率方面对推动经济增长及维护生态平衡具有至关重要的作用。天然气压缩机在运行过程中, 振动问题的存在对其安全运行及工作效率产生直接影响。本研究的目标分析用于抑制振动的各类方案, 并评估其在制造业中的具体表现, 该文献详尽地描述了振动如何作用于压缩机的性能, 并深入探讨了多种振动控制策略, 论文对特定工业场景下的案例进行了深度剖析, 以评价实施特定策略后的成效, 并据此提出了一系列改进意见。

关键词

天然气压缩机; 振动控制; 工业效率; 技术方法; 案例分析

1 引言

在输送天然气过程中, 压缩机扮演着至关重要的角色, 其性能的稳定是确保整个系统运行可靠性的关键所在。在压缩机的运作过程中, 振动产生的问题一直是工业领域中待解的重要课题, 本研究深入剖析了振动控制策略在实际工业中的应用成效, 为提高压缩机的性能及工业操作的效率提供借鉴和参考。

2 研究背景与意义

在当代能源体系中, 天然气以其清洁和高效特性, 正逐渐变得至关重要, 伴随着全球对于能源的需求不断攀升, 天然气的勘探、加工以及运输工艺也在持续演化与提升, 天

然气压缩机在输送系统中扮演着至关重要的一环, 其性能稳定性是确保整个天然气供应网络可靠性和安全性的基石。在长期的压缩机运作中, 因机械磨损、操作失误或保养不充分, 常常会出现振动现象。设备的振动现象, 不仅会加剧其磨损, 从而减少其正常运作的年限, 还可能引发设备故障, 甚至安全问题, 进而给企业造成重大的财务损失和安全威胁。

为了保障天然气压缩机的稳固运作、提升其使用年限并减少维修费用, 必须对其振动实施有效的管理。针对机械振动进行的控制策略研究, 此领域的研究涵盖了机械工程、材料科学、控制理论等多个学科, 针对压缩机在运行过程中的振动特性进行详尽探究, 据此提出一种更符合科学原理的控制策略。对压缩机的设计参数进行优化, 能够减少其自身的固有振动频率; 利用先进的材料科学和精密的工程技术, 可以显著提升压缩机在抗振动方面的性能表现; 采用先进的控制技术, 尤其是智能化的监测与诊断系统, 能够对压缩机的振动状况进行实时跟踪, 并迅速实施相应的控制策略^[1]。

【作者简介】胡志强(1988-), 男, 中国黑龙江双鸭山人, 本科, 工程师, 从事天然气压缩机组研究。

在具体的工业实践中，振动控制策略的执行成效受到诸多条件的共同作用，包括操作环境、设备状况以及维护能力等因素，在此背景下，有必要针对具体状况，量身打造管理计划，伴随着科技进步，新的控制技术和方法持续涌现。例如，采用大数据和人工智能技术的预测性维护，这种技术能够更精确地对压缩机振动问题进行预测与控制。

总之，确保天然气压缩机振动得到有效控制，是维护能源供应稳定与安全的关键策略。针对压缩机振动问题，通过技术上的创新与实践领域的深入钻研，形成关键性的解决策略，借助前沿材料科学，我们对机械结构进行了精细化设计，并通过智能化监控与调控策略，有效减少了振动对压缩机性能的负面影响。持续优化不仅提高了设备的稳定性和使用寿命，还降低了维护费用与停工时长，进而促进了整个工业生产效能的提升。技术的运用不仅能显著降低能源消耗和减少环境影响，同时也能在创造企业经济效益的同时，为社会可持续发展贡献力量。

3 天然气压缩机振动问题

在天然气压缩机运作过程中，经常会出现振动现象，这种现象对压缩机的整体性能产生全方位的影响，振动的产生可能源于压缩机内部的不平衡力、共振效应或外部激励等要素。在振动幅度较小的情况下，可能仅会产生噪音和引发轻微的机械磨损问题；然而，若振动幅度增加，设备的运行便可能出现异常，极端情况下，更可能造成结构的损害及性能的降低。压缩机的运作效率与其振动状况密切相关，后者若存在问题，则会导致前者的效能受损。压缩机内部部件可能会由于振动引起非正常接触，进而增加摩擦，导致能量转换效率下降。

振动现象可能会造成密封件的提前损坏，继而引发气体外泄，这样的情况会进一步减少压缩机的输出压力及流量，对整个供气系统的性能造成不利影响。对于长期遭受振动作用的压缩机而言，其内部构造的疲劳性损害随着时间推移而不断累积，这一过程不但会导致设备寿命的缩减，同时亦潜藏着引发意外故障的风险。例如，振动可能会引发轴承损坏、转子失衡等问题，这些故障往往在无预兆的情况下突然出现，从而给生产运行带来极大的不确定性和风险^[2]。

对于压缩机的维护工作而言，振动状况是必须密切关注的问题。对于振动现象的实时监控及其相应的调控，必须承担额外的保养费用和技术援助需求。频繁的振动现象导致了对设备部件的持续检查及频繁替换，这无疑使得维护工作变得更加复杂，并显著提升了相关费用。设备振动所引发的问题对维护人员的专业技能和丰富经验提出了更为严苛的挑战，设备在运行过程中可能受到振动影响，从而诱发安全隐患，比如气体泄漏可能导致火灾或爆炸等事故，实现对设备振动的精准控制，不仅对提升设备性能至关重要，而且是对确保工作人员及生产过程安全基础性的要求。振动是压缩

机性能的关键影响因素，为此，业界开发了动态平衡、隔振以及振动监测等多项技术，以减轻振动带来的不利影响。通过运用特定技术，能够在一定程度上缓解振动对压缩机性能的不利影响，进而延长设备的使用寿命，并提升整个系统的可靠性与安全性。

4 振动控制策略的技术方法

针对天然气压缩机振动问题的控制，现有技术从机械设计、材料科学、控制工程以及监测技术等多角度进行综合应对。在机械设计领域，压缩机结构与动态特性的改进，能显著减少振动现象，从而提升整体性能，为降低转子不平衡带来的影响。通过优化平衡重设计，或调整轴承布局以减缓系统固有频率，预防共振现象的出现，在材料科学领域，通过采用高强度与高韧性的材料，旨在生产压缩机部件，提升其抵抗振动的能力，减轻由振动导致的疲劳损伤。利用具有减震效果的材料或涂层，能够吸取运动的能量，减小运动范围，进而减少运动对机械功能的不利影响。

在控制工程领域，现代控制技术包括主动控制和被动控制方法，这些技术已被广泛应用于振动控制的领域。采用主动控制技术，通过实时追踪并分析振动信号，相应地施加反向力或调整系统参数，以消除振动影响。被动控制技术主要通过提升系统的阻尼或刚性来控制振动现象，此技术可借助减震器或弹性支撑等手段实现^[3]。在振动控制领域，监测技术扮演着必不可少的角色。借助振动传感器及先进的信号处理技术，能够对压缩机的振动状况进行实时监控，从而及时识别并处理任何异常情况。信息技术的进步使得基于物联网的智能监测系统能够进行远程监控与故障预警，从而显著提升振动控制的效率和精确度。

预测性维护技术越来越受到各方的高度关注，对压缩机运行过程中产生的数据进行搜集与评估。应用机器学习技术对振动状况进行深入解析与前瞻性预测，据此实施预防性维护，能有效降低非计划性停机时长，从而提升设备运行的可靠性。然而，在现实场景中，控制技术的运用依旧遭遇若干难题，针对压缩机这一设备，在多变复杂的工作环境下，制定一套具备高度适应性的控制策略，是一道颇具挑战性的技术难题。随着设备规模不断扩大以及运行速度的加快，控制技术方面的精确度与响应速度需求亦随之上升，呈现出更为严格的标准，为了跟上工业发展的步伐，不断调整和进步，振动控制技术需致力于推陈出新，研发适应性强的控制策略。

5 振动控制策略的工业应用案例

分析天然气压缩机振动控制策略的实际执行成果，有助于阐明其工业应用的有效性及其适应性。执行振动控制方案，主要目的是减轻振动对压缩机性能的不利影响，从而提升其运行效率与稳定性。在现实场景的应用研究中，分析振动控制策略的成效通常包含对压缩机在运行过程中产生的

数据进行采集与评价,通过对振动频率、振幅及其持续时间等关键参数的监测,可以对振动控制策略的有效性进行量化评估。若经过实际操作后,振动的大小明显减少,则说明所采用的控制方法是确有成效的;假若振动幅度未出现显著的调整或提升,那么就有必要深化对控制策略的改进。

振动控制策略的应用效果,间接展现了压缩机维护的经济投入与停机时长,实施有效的控制措施,能够显著减少设备因振动导致的损坏,进而缩减维修的经济成本及频次。降低意外性设备中止运作的频次,有助于提升制造流程的流畅性,并防止由机器缺陷引起的生产流程阻断^[4]。在特定情境中,执行振动调控方法的成果,可能会受到操作环境以及周围条件的作用与制约,针对处于高温、高压或腐蚀性环境中的系统,其控制策略必须作出相应调整,以适应所述条件。在全面评价振动控制策略执行成效的过程中,须要顾及诸多外部条件因素。

各类振动控制策略所取得的实际效果,并非固定不变,随着设备老化以及使用条件的变迁,原有的控制策略可能需要进行修订或提升,为了保持振动控制策略的持续有效性,必须定期对其进行评估和调整。在对技术细节深入探讨的过程中,分析振动控制策略的执行成果,这不仅包括对控制算法的有效性评估,还涉及监测系统的精准度检验。先进的控制算法能够更准确地预测并抑制振动,而高效的监测系统则可以提供更为精确的振动数据,这为调整控制策略提供了重要依据。对振动控制策略实际执行后的效果进行分析,是一个动态且连续的任务,这个过程涉及对实时运行数据的深入研究,对设备当前状态的全面审视,以及考虑各种外部环境因素的综合影响。

6 振动控制策略的优化与挑战

针对天然气压缩机的振动问题,控制策略的实施遭遇多重挑战,这些挑战同时指出了优化的可能路径,振动控制策略的有效性受诸多因素影响,如设备设计、材料特性、操作条件及外部环境等,诸多变量相互交织,共同提升了振动控制方面的难度。面临的主要难题在于设施的衰退与老化,随着使用周期的延长,设备组件的磨损与疲劳不断累积,从而可能引起振动特性出现变化,进而使得原有的控制方案变得不再适宜。在创新压缩机的设计过程中,须利用更为高效的材料和尖端生产技术。因此,相应的振动调控方案必须调整以适应这些创新,确保其依旧有效,在振动控制策略的实施过程中,操作条件的多样性常常成为一个显著的挑战。

温度和压力的波动,或是气体成分的改变,都有可能对压缩机的振动特性产生影响,为了满足需求,控制策略必须具备适应变化和灵活调整的能力,以实时数据为依据进行动态优化。环境中的诸如湿度、腐蚀性气体等要素,会对压缩机的振动特性造成一定的影响,在工作条件不佳的情况下,振动控制策略必须增强其鲁棒性,以对抗各种外部干扰的影响^[5]。在压缩机振动特性的研究方面,应强化基础性探讨,深度解析振动成因,据此为制定更佳的控制策略奠定坚实的理论基础,借助物联网技术与大数据分析方法,可以对压缩机的振动状况进行实时监控与智能分析,进而优化控制策略的反应速度及精确度。

通过模块化设计及可重构的控制算法,可以增强振动控制策略的适应性和灵活性,进而使其依据差异化的操作条件与环境因素实现自我调整,与此同时,对设备进行定期保养与细致监测,迅速识别并解决可能引发振动的相关因素,乃是优化振动管理成效的关键举措。在新型压缩机的开发过程中,至关重要是对振动进行有效管理,以期在设计阶段从根本上防止振动现象的发生。为了降低设备的振动,可采取更合理的设计方案以减小不平衡力,同时,应用高强度及抗疲劳性能更优的材料,以提升设备的抗振特性。

7 结语

本研究全面评估了天然气压缩机振动控制策略的实际执行成果,揭示了应用过程中遭遇的诸多挑战,并就如何改进提出了具体措施。对压缩机振动实施有效管理,是确保其性能与寿命的关键,同时直接影响到整个能源供应系统的安全稳定运行。开展深入的基础研究,推动技术革新,通过智能化的监督与维护策略应用,显著增强了振动控制方案的适应能力和功效。随着科技进步和工业需求增长,振动控制技术将向智能化、精准化发展,确保天然气压缩机稳定运行。

参考文献

- [1] 王放,李正峰,姜波,等.天然气管道机械阀门内漏流场声学特性研究[J].化工机械,2024,51(3):348-353+469.
- [2] 肖海燕,徐周旋,王麟,等.箱式集成高转速往复式压缩机扭转振动分析[J].内燃机与配件,2024(12):50-52.
- [3] 谢萍,尚臣,谢书懿,等.压气站压缩机出口管道振动测试与安全评定[J/OL].油气储运,1-11[2024-06-27].
- [4] 刘月发,陈磊,马经纬.往复式压缩机常见故障及在线监测系统的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):36-38.
- [5] 刘思远.离心式压缩机组转子系统故障判定与检修分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(10):21-23.