

化工过程非正常工况智能识别与安全控制策略

贾凯强

山西安昆新能源有限公司 山西河津

【摘要】化工过程中的非正常工况会严重影响生产安全和产品质量，及时识别并有效控制这些工况对保障生产系统的安全运行至关重要。本研究探讨了化工过程非正常工况的智能识别方法及其安全控制策略，提出了一种基于多源数据融合和机器学习算法的识别系统，并设计了智能控制策略以降低非正常工况发生的风险。通过案例研究，验证了该方法在实际生产环境中的有效性，显著提高了反应系统的安全性和稳定性。研究结果为提升化工过程自动化和安全性提供了理论支持与实践指导。

【关键词】化工过程；非正常工况；智能识别；安全控制；机器学习

【收稿日期】2025年8月17日 **【出刊日期】**2025年9月20日 **【DOI】**10.12208/j.jccr.20250063

Intelligent identification of abnormal operating conditions and safety control strategies in chemical processes

Kaiqiang Jia

Shanxi Ankun new energy Co., Ltd., Hejin, Shanxi

【Abstract】 Abnormal operating conditions in chemical processes can severely affect production safety and product quality. Timely identification and effective control of these conditions are crucial for ensuring the safe operation of production systems. This study explores intelligent identification methods for abnormal operating conditions in chemical processes and their corresponding safety control strategies. It proposes an identification system based on multi-source data fusion and machine learning algorithms, and designs intelligent control strategies to reduce the risk of abnormal operating conditions. Through case studies, the effectiveness of this method in actual production environments is verified, which significantly improves the safety and stability of the reaction system. The research results provide theoretical support and practical guidance for enhancing the automation and safety of chemical processes.

【Keywords】Chemical processes; Abnormal operating conditions; Intelligent identification; Safety control; Machine learning

引言

化工过程常因设备故障、操作失误或环境变化等因素引发非正常工况，这些工况不仅影响生产效率，还可能带来严重的安全事故。随着化工行业自动化和智能化水平的不断提高，传统的安全监测与控制方式已难以满足复杂生产系统的需求。如何有效识别非正常工况并采取快速响应措施，成为确保生产安全的关键问题。本文提出了一种基于多源数据融合和人工智能技术的智能识别方法，并设计了相应的安全控制策略，旨在提升化工过程在非正常工况下的应对能力。通过实验验证，该方法能显著提升生产安全性，为化工行业的智能化转型提供了新的解决方案。

1 化工过程非正常工况的定义与特征分析

化工过程中的非正常工况是指在生产过程中，因各种原因导致的生产系统状态偏离正常运行状态的情况。非正常工况往往表现为设备故障、操作失误、物料性质变化、外部环境干扰等多种因素的综合作用。这些异常情况可能引发生产中断、设备损坏、能源浪费，甚至安全事故^[1]。非正常工况的识别与处理是保障化工生产安全和稳定性的重要任务。在实际生产过程中，非正常工况的类型多种多样，包括温度、压力、流量等过程参数超出设定范围、反应设备失效、原料性质不稳定等。每一种非正常工况都有其独特的表现形式及可能带来的危害，因此对其特征进行深入分析至关重要。

对于化工过程中的非正常工况，其表现通常是逐渐变化的。不同于突发性事故，非正常工况往往是由一

些微小的偏差积累而成，初期可能不易被察觉。温度或压力的微小波动，或是设备中某些元件性能的退化，可能导致整个生产过程的稳定性受到威胁。非正常工况往往具有隐蔽性、渐进性和可变性等特点。这就要求监控系统能够实现实时、高效的多参数监测，对可能出现的风险信号进行早期警告，从而为安全控制提供足够的时间进行干预。

非正常工况的特征还表现为多样性和复杂性。在一个化工生产过程的运行中，不同的设备、不同的操作条件及外部环境因素的变化，会导致多种不同类型的异常状态。比如在反应釜中，由于温度、压力控制不当，可能导致催化反应过快或不完全，甚至反应物的分解；而在管道运输过程中，物料堵塞或流量不稳定可能引发设备压力过高，造成泄漏等事故。准确识别非正常工况的多样性特征，并采取相应的控制策略，是确保化工过程稳定运行的关键。

2 基于多源数据融合的非正常工况智能识别方法

在化工过程中，非正常工况的发生往往伴随着过程参数的变化，多源数据融合成为非正常工况识别的重要手段。多源数据融合技术通过将来自不同传感器、设备、操作日志等多个来源的数据进行综合处理，能够更全面、准确地描述化工过程的状态。这些数据源包括温度、压力、流量、物料成分、设备运行状态等信息，每一种数据都有其独特的监测价值，而单一的数据源往往无法完全反映出非正常工况的全貌。通过融合多种数据，可以有效提升非正常工况的识别精度和响应速度。

在实际应用中，多源数据融合技术主要依赖于先进的信号处理与数据分析方法。这些方法能够有效处理复杂的生产过程中的海量数据，识别潜在的异常信息。通过数据预处理步骤，系统会对收集到的数据进行去噪声处理，并填补缺失值，从而确保数据的准确性和完整性。数据预处理的关键在于消除外部干扰因素，使得后续分析结果更为可信^[2]。接着，特征提取方法通过筛选出代表性特征，如温度波动、压力变化趋势等，帮助捕捉到系统中的微小波动，这些波动往往是非正常工况发生的前兆。通过这种方式，系统能够有效识别出异常情况的潜在迹象。最后，通过利用机器学习或深度学习算法，系统对这些特征进行训练，学习不同工况下的行为模式，从而实现非正常工况的精准识别，为生产系统提供及时的预警与响应机制。

多源数据融合的优势在于其能够充分利用不同数据源的信息，避免了单一数据源所带来的局限性。在实

际操作中，传感器的测量精度和数据传输速率可能存在一定的不稳定性，单一数据源容易受到外界环境干扰，造成数据的偏差。而通过多源数据融合技术，能够有效减少噪声的影响，提高系统的鲁棒性和稳定性。机器学习模型能够自动从大量数据中学习模式，并根据历史数据不断优化，从而提升非正常工况的预警能力与识别准确性。

3 智能安全控制策略的设计与优化

针对化工过程中非正常工况的智能识别，设计高效的安全控制策略是实现过程稳定运行的关键。在化工生产中，一旦识别出非正常工况，需要迅速采取相应安全控制措施，以防止问题进一步扩大或演变为灾难性事故。控制策略的设计应当具备实时性、精准性和高效性。控制系统应当具备快速响应的能力，一旦发现非正常工况，应立即启动应急处理机制，调整工艺参数、停机检修等，以减少事故发生的可能性。

智能安全控制策略需要依据不同类型的非正常工况采取针对性措施。比如，对于压力过高的情况，可以通过减压阀或调节流量来控制压力；对于温度异常的情况，则可通过调整冷却系统的运行参数或切换备用设备来进行调整。控制策略的优化不仅仅是单一的操作调整，更需要考虑整个生产系统的协同工作。控制系统在调整某一环节时，必须综合考虑其他部分的影响，确保调整措施的实施不会对系统的其他部分造成负面影响。为此，安全控制策略的设计需要考虑全局优化，确保各环节的协调与同步。

在智能安全控制策略的优化过程中，机器学习与人工智能技术发挥着越来越重要的作用。这些技术使得系统能够通过训练模型自我学习，不断完善对不同非正常工况的处理模式。通过对大量历史数据的分析，系统能够识别出潜在的异常模式，并根据这些模式预测未来可能发生的非正常工况。这种预测能力使得控制系统能够提前做出反应，在问题初现时便采取适当的应对措施，避免问题进一步恶化^[3-7]。随着智能化程度的提高，控制策略在处理过程中能够自我调节，并且根据实时数据进行优化，使得生产过程的稳定性和安全性得到了显著提升。智能化控制不仅提升了系统对复杂工况的应对能力，还大幅提高了生产效率。通过减少人工干预和优化资源配置，智能化控制为企业带来了更高的经济效益，同时在保障生产安全方面也提供了强有力的技术支持。

4 案例研究与实际应用效果分析

在实际化工生产中，基于多源数据融合的非正常

工况智能识别与安全控制策略已经得到了广泛应用。以某化工企业为例，该公司采用了先进的传感器网络和数据融合平台，通过实时采集和处理工艺过程中的各类数据，成功识别了多个潜在的非正常工况。这些数据涵盖了从原料到成品的整个生产过程，包括温度、压力、流量等关键参数。通过这些多维度数据的分析，该公司能够及时监测到工艺过程中的异常信号，并做出响应。在反应釜的温度控制过程中，系统通过多点数据的融合分析，及时发现了温度波动异常，并立即启动了预警机制，避免了设备过热和反应过快的风险。这一过程展示了基于数据分析的预防性安全保障体系。

该案例的成功应用充分展示了多源数据融合与智能控制策略的优势。通过数据融合，系统实现了对多个工艺参数的综合监测与异常识别，显著提高了对非正常工况的反应速度与准确性。与传统控制方法相比，智能控制系统无需人工干预就能自动识别问题并启动应急响应机制。传统的化工过程控制往往依赖人工经验判断，这往往导致反应滞后，且可能存在一定的判断失误。而通过智能识别与自动化控制，生产系统能够在问题发生初期就作出快速反应，避免了传统方法下可能出现的延误和错误判断。该智能化系统能够基于实时数据反馈，预测并预防可能发生的工况异常，提高了生产过程的稳定性。

该公司通过优化控制策略，实现了生产过程的精细化管理，显著提升了整体生产效率和资源利用率。智能控制系统能够根据实时数据自动调整关键生产参数，如温度和压力，确保各环节保持在最佳运行状态。自动化调整减少了人工干预的频率，提升了生产效率并减少了能源浪费^[8]。更为重要的是，系统能够全局监控生产过程，确保各个环节协调高效运作，避免局部问题引发连锁反应。精细化管理不仅提升了产品质量，还优化了资源利用，进而带来了更高的经济效益。基于多源数据融合的智能识别技术不仅提高了非正常工况的识别精度，也实现了全自动化的安全控制。随着技术的不断发展，化工过程智能化水平将进一步提升，增强企业的安全保障和市场竞争力。在未来，其他行业也可借鉴该案例，提高安全生产水平，并在全球竞争中占据优势。

结语

通过引入多源数据融合技术和智能控制策略，化工过程中的非正常工况识别与安全控制得到了显著提升。这些先进技术不仅能够准确识别潜在的异常情况，还能在初期就采取有效的预防措施，减少事故发生的风险。随着智能化程度的不断提高，机器学习和深度学习算法的应用将进一步优化安全控制策略，提升生产系统的应对能力和效率。未来，随着技术的不断发展，智能化控制将成为化工行业保障生产安全、提升效率的重要手段，为行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 赵辉.基于因果双向推理的石化生产复杂过程非正常工况监测预警方法[D].北京化工大学,2025.
- [2] 陈文涛,杨茗铠,王文和,等. 基于 SDG 和 CBR 的化工过程风险评价[J].中国安全科学学报,2025,35(03):77-84.
- [3] 唐浩. 化工过程中反应釜故障研究[J].山西化工,2024,44(12):126-128.
- [4] 彭湘涛,李红雁,兰劭晖,等. 化工过程故障检测中机器学习算法应用研究[J].塑料工业,2024,52(12):205-206.
- [5] 常海霞,于晓珊. 化工过程工艺变更的安全风险评估与管理研究[J].中国石油和化工,2024,(11):49-51.
- [6] 江奕苇.非正常工况下感应滤波变压器应用研究[D].中国矿业大学,2024.
- [7] 阎智峰. 精细化工过程控制技术的发展方向[J].化工设计通讯,2023,49(12):177-179.
- [8] 陈荣,冯俊琨,谢时勇. 应用于非正常工况下的高功率ANPC 逆变器研究[J].电子器件,2023,46(01):138-142.

版权声明：©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS