

聚乙烯流化床反应器飞温产生的原因及控制

张雅男

(中石化英力士(天津)石化有限公司, 天津 300270)

摘要 当前聚乙烯生产技术快速发展,流化床反应器作为聚乙烯生产的核心设备,稳定性受到广泛重视,而飞温现象作为流化床反应器运行中常见的异常情况,对生产效率与产品质量构成严重威胁,科学控制势在必行。本文探讨了聚乙烯流化床反应器飞温产生的原因,提出了相应的控制策略,旨在为促进聚乙烯生产的稳定运行提供有益参考。

关键词 聚乙烯;流化床反应器;飞温;反应热;催化剂

中图分类号: TQ325.12

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.19.026

0 引言

聚乙烯(PE)作为重要的塑料原料,被广泛应用于包装、建筑、电线电缆等多个领域。目前,市场对聚乙烯的需求不断增长,提高聚乙烯生产效率和产品质量成为企业需要重视的工作。流化床反应器作为聚乙烯生产的主要设备,具有传热效率高、操作灵活等优点,但在实际运行过程中飞温现象的发生率较高,严重影响生产过程的稳定性与安全性。因此,企业需深入研究飞温产生的原因,制定相应的控制策略,提高聚乙烯生产的可靠性,为生产工作的有效实施夯实基础。

1 聚乙烯流化床反应器飞温产生的原因

1.1 反应热未快速转移

聚乙烯生产本质是强烈的放热反应过程,反应过程中释放的热量高达数千焦耳每千克。在流化床反应器中,此类反应热需要凭借有效的热传递机制快速转移,以防止热量在反应器内部累积。循环气作为热量传递的媒介,在反应器内不断循环,将反应热带至循环气冷却器进行散热。而当循环气冷却器出现故障时,其散热能力将大幅下降,导致循环气无法有效带走反应热,且循环气流速的不足也会限制热量的传递效率,此情况下反应热在反应器内部持续累积,使得反应器温度不断上升。反应热的累积会导致反应器温度升高,还可能引发连锁反应。随着温度的升高,聚合反应速率可能加快,进一步增加热量的释放,同时高温环境可能改变催化剂的活性,加剧反应速率的波动,使得热量管理困难。若此类变化未能得到快速有效的控制,反应器温度将急剧上升,最终引发飞温现象^[1]。

1.2 操作参数变化

聚乙烯生产过程中操作参数的变化对反应器温度具有重要影响,乙烯进料量、催化剂注入量、反应器压力的变化可能源于原料质量的波动、控制系统的不稳定或人为操作的失误等多种因素。乙烯进料量的突然增加将直接导致反应器内乙烯浓度的上升,加快聚合反应速率,增加热量的释放。若此时循环气冷却器的散热能力未能快速调整,反应器温度将迅速上升。类似地,催化剂注入量的波动也会影响聚合反应速率和热量释放,催化剂注入量过多将导致反应速率加快,热量释放增加;而催化剂注入量不足则可能降低反应速率,影响生产效率。压力的增加将提高乙烯在反应器内的溶解度,加快聚合反应速率,而过高的压力也可能导致反应器内部结块、堵塞等问题的出现,进一步影响传热效率^[2]。

1.3 催化剂活性过高

催化剂在聚乙烯生产过程中起着至关重要的作用,其活性直接影响聚合反应的速率和放热量,而催化剂活性过高也可能成为引发飞温现象的原因。当催化剂活性过高时,聚合反应速率将显著加快,导致热量的快速释放。若此时循环气冷却器的散热能力未能快速跟上,反应器内部温度将迅速上升,在高温或高压环境下,催化剂活性可能进一步增强,加剧反应器温度的波动。催化剂活性的高低对聚乙烯生产过程具有双重影响,高活性的催化剂可提高聚合反应速率和生产效率,也可能导致反应器温度失控,引发飞温现象。

1.4 传热效率下降

流化床反应器中的传热效率下降将导致热量无法快速转移,使得反应器内部温度上升。在聚乙烯生产

过程中, 传热效率下降的原因可能涉及反应器内部结块、堵塞以及材质选择不当等多个方面。在聚乙烯生产过程中, 由于原料质量、操作参数或催化剂活性等因素的影响, 反应器内部可能出现结块或堵塞现象, 结块或堵塞物将阻碍热量的传递, 导致传热效率下降。不同的材质具有不同的热导率和耐腐蚀性, 因此选择合适的材质对于提高传热效率至关重要^[3]。

1.5 系统故障

聚乙烯生产系统是复杂的系统, 原料预处理、聚合反应、产品回收等任何环节的故障都可能影响反应器的正常运行, 导致反应器温度上升。特别是冷却水系统故障, 将直接导致反应器无法快速散热, 引发飞温现象。冷却水系统是聚乙烯生产过程中的关键设备, 主要功能是为反应器提供冷却水, 带走反应过程中产生的热量, 而在实际运行过程中, 冷却水系统可能出现管道堵塞、水泵失效、冷却塔故障等各种故障, 将导致冷却水的流量或温度异常, 影响其散热能力。当冷却水系统的散热能力无法满足反应器的需求时, 反应器内部温度将迅速上升。除冷却水系统故障外, 聚乙烯生产系统中的其他环节也可能出现故障^[4]。

2 聚乙烯流化床反应器飞温产生控制策略

2.1 精细操作参数控制

聚乙烯流化床反应器的操作中精细控制各项参数是预防飞温现象的基础, 乙烯作为聚乙烯生产的主要原料, 其进料量的多少直接影响到聚合反应的速率及放热量。因此, 操作过程中需按照反应器的实际情况与工艺要求, 合理设定乙烯进料量, 严格控制其波动范围, 此期间企业需积极利用先进的流量计量设备, 实时监测乙烯进料量; 按照聚合反应的特性与工艺要求, 设定合理的乙烯进料量范围, 在操作过程中保持其稳定; 遇到乙烯原料质量波动或供应中断等情况, 应立即调整循环气冷却器的冷却能力, 转移反应产生的热量, 预防反应器温度异常升高。为优化催化剂的使用效果, 定期对催化剂进行活性检测, 若催化剂活性过高, 可能导致反应速率过快, 放热量剧增, 增加飞温的风险。此时, 可适当减少催化剂的注入量或降低注入速率, 以降低反应速率和放热量; 反之, 若催化剂活性过低, 则可能影响生产效率, 此时可增加注入量或提高注入速率以提高其活性。在此基础上, 按照反应器的温度、压力等条件, 合理设定催化剂的注入量和注入速率, 在不同条件下调整催化剂的使用策

略, 实现反应速率及热量的平衡。在聚乙烯生产过程中, 必须严格控制反应器压力, 避免其波动对生产过程造成不利影响。为实现反应器压力的稳定控制, 可利用先进的压力监测设备, 实时监测反应器压力; 按照聚合反应的特性和工艺要求, 设定合理的反应器压力范围, 在操作过程中保持其稳定, 反应器压力发生变化应立即调整循环气冷却器的冷却能力, 保证反应器内部温度的稳定。

2.2 催化剂活性管理

催化剂的活性对聚乙烯生产过程的稳定性具有重要影响。应定期对催化剂进行活性检测, 准确分析催化剂的性能变化, 便于采取相应的调整措施。例如: 若催化剂活性过高可选择稀释催化剂、降低注入速率等方式降低其活性; 若催化剂活性过低, 则可增加注入量或提高注入速率以提高其活性。同时需按照聚合反应的特性及工艺要求, 选择合适的催化剂品种和型号, 优化其使用效果, 催化剂的储存和运输过程中需要采取措施来保证其活性的稳定。例如: 储存过程中应选择合适的储存容器和储存条件, 避免催化剂与空气、水分等发生反应而导致活性降低; 运输过程中采取防震、防潮等措施, 保证催化剂在运输过程中不受损坏。在聚乙烯生产过程中, 催化剂会因长时间使用而逐渐失活, 为提高催化剂的利用率、降低生产成本, 可对失活的催化剂进行再生处理, 恢复催化剂的活性, 使其重新具备催化作用; 对于某些类型的催化剂需进行再利用, 减少对环境的污染及资源的浪费^[5]。

2.3 提升传热效率

传热效率是影响反应器温度的关键因素。为有效控制飞温现象, 需要采取措施来提升传热效率。在反应器设计过程中, 应充分考虑气体湍流运动、固体颗粒的快速循环运动等因素对传热效率的影响, 优化反应器的结构布局, 可提高传热效率, 降低反应器温度。例如: 可采用多级反应器结构, 将反应过程分为多个阶段进行, 每个阶段中设置不同的温度与压力条件, 适应聚合反应的不同阶段对温度及压力的需求, 还可增加换热面积, 提高热量的传递效率, 有效降低反应器温度, 减少飞温现象的发生。反应器内部的结块、堵塞等现象会严重影响传热效率, 需要定期对反应器进行清理和维护工作。在清理过程中可采用物理清理和化学清理相结合的方式, 彻底清除反应器内部的污垢杂质, 还需要对反应器内部的传热元件进行检查维护工作, 保证其处于良好的工作状态。具体而言, 为

加强反应器内部的清理工作，应制定完善的清理计划与时间表、采用先进的清理技术，对清理过程进行记录监控，发现并处理潜在的问题。另外，选用换热器的过程中需全面分析其材质、结构、换热面积等因素。例如：可选择具有高热导率、耐腐蚀性能好的材质制作换热器；采用翅片管、螺旋管，提高换热效率。对于老化的换热器元件，应快速进行更换或维修，避免对传热效率产生不利影响，改善工作效果，预防问题的发生。

2.4 系统维护

系统维护是预防飞温现象的重要措施，可快速发现并处理潜在故障，且原料输送管道是聚乙烯生产过程中的重要组成部分，检查过程中可采用压力测试、超声波检测等方式检测管道的堵塞和泄漏情况。对于发现的堵塞或泄漏问题，应快速进行清理修复工作，还需要对管道的连接部位进行检查维护，保证其密封性能良好。冷却水系统是聚乙烯生产过程中的关键设备，其性能直接影响反应器的散热能力与温度稳定性。在冷却水系统的管理中，应定期对冷却水系统进行清洗和保养工作，防止其出现堵塞、腐蚀等问题；加强对冷却水水质的管理控制工作，促使其符合工艺要求；对冷却水系统的运行情况进行实时监控和记录工作，便于快速发现处理潜在问题。针对聚乙烯生产过程中可能出现的飞温现象等突发情况，需要制定完善的应急预案，明确应急处理流程、应急处理措施、应急物资准备，在突发情况下迅速采取有效措施进行处理，降低损失。制定应急预案期间应充分考虑飞温现象产生的原因和可能带来的后果，按照分析结果制定相应的应急处理措施。例如：发现反应器温度异常升高的过程中即启动应急预案，采取降低乙烯进料量、增加循环气冷却器冷却能力等措施进行处理，准备灭火器、防护服等相应的应急物资，便于在紧急情况下使用，维护生产安全。

2.5 引入先进监控技术

随着科技的不断发展，先进的监控技术在聚乙烯生产过程中得到广泛应用。在线监测技术是实时监测反应器参数的技术，安装传感器和监测设备可实时监测反应器的温度、压力、流量等参数，将数据传输到中央控制室进行显示分析，参数出现异常波动，系统立即发出报警信号，提醒操作人员快速采取措施进行处理。智能控制系统是现代工业自动化领域的重要发展方向，集成传感器技术、计算机技术、控制理论以

及人工智能算法等多种先进技术，在聚乙烯流化床反应器中引入智能控制系统，可实现对生产过程的全面监控和智能调控。智能控制系统集成各种传感器和监测设备，实时采集反应器的温度、压力、流量、乙烯进料量、催化剂注入量等关键参数。系统利用内置的算法对此类数据进行处理分析，预测反应器的运行状态及潜在风险。一旦发现异常，系统自动调整操作参数，改变乙烯进料量、调整催化剂注入速率或改变循环冷却器的冷却能力，以维持反应器的稳定运行。例如：系统可分析不同催化剂种类和注入量对反应速率及放热量的影响，找到最佳的催化剂使用策略，同样，系统也可分析不同温度和压力条件下聚合反应的速率和产物质量，优化反应器的操作条件。除此之外，在聚乙烯生产过程中，大数据技术的应用为生产过程的优化提供了新的途径，可挖掘出潜在的风险点和优化空间，为生产过程的持续改进提供数据支持，企业需积极采用先进的大数据技术，精准识别生产问题，科学应对处理问题，达到预期的目的。

3 结束语

聚乙烯流化床反应器飞温现象是聚乙烯生产过程中常见的异常情况，其产生的原因复杂繁琐。为全面预防相关问题，需精细操作参数控制，科学开展催化剂活性管理工作，提升传热效率。系统维护可采用先进监控技术，降低飞温现象的发生概率，提高聚乙烯生产的安全性。通过采取以上措施，可为企业创造经济效益与社会效益，提高企业的生产水平。

参考文献：

- [1] 谭克,徐志强,谭春海,等.高密度聚乙烯反应影响因素及控制措施[J].当代化工,2020,49(01):167-170.
- [2] 程滢,李传强,凌天清,等.改性飞灰催化聚乙烯裂解蜡温拌剂的制备及其对沥青性能的影响[J].化工新型材料,2023,51(10):239-243,249.
- [3] 杜翠玲,黄飞波,梅宇飞,等.超高分子聚乙烯瞬态机构温度适应性及寿命[J].电子产品可靠性与环境试验,2023,41(05):8-14.
- [4] 李彬彬,田飞.加工及测试温度对间隔织物增强复合板材力学性能的影响[J].纺织科技进步,2025,47(01):22-26,43.
- [5] 赵永飞,张文才,王科,等.废弃聚乙烯改性剂改性沥青研究及其应用技术进展[J].中国塑料,2024,38(07):93-99.