

# AI 废塑料热解科学发展的探究（下）

张友根

（上海第一塑料机械厂，上海 201201）

**摘要：**废塑料热解作为一种环保高效的废物处理方式受到了广泛关注。本文阐述了 AI 废塑料热解基础理论体系的开拓策略；探究了 AI 废塑料热解模型主要功能分析及关键技术实施策略；探究了 AI 废塑料热解系统的设计；阐述并分析了 AI 废塑料热解应用案例；论述了 AI 废塑料热解技术未来发展趋势与挑战，指出如何实现最优的环境友好型的废塑料热解成为亟待解决的关键问题。本文为废塑料热解提供智能化解决方案参考。

**关键词：**AI；废塑料；热解；科学发展

**中图分类号：**TQ320.9

**文献标识码：**B

**文章编号：**1009-797X(2026)03-0001-11

**DOI:**10.13520/j.cnki.rpte.2026.03.001

（接上期）

## 3 AI 废塑料热解系统的设计探究

AI 废塑料热解智能系统设计是实现废塑料热解可持续发展目标的关键一步。把 AI 理论和技术引入和应用到废塑料热解智能系统的设计实际，同时检验引入和开拓的 AI 理论和技术是否符合废塑料热解智能系统的实际，同时通过设计实际进一步探究 AI 废塑料热解智能系统可持续发展需创新开拓的目标。

### 3.1 AI 废塑料热解系统架构与模块的设计探究

系统架构与模块设计是软件开发和系统工程中的关键步骤，涉及到如何将复杂的系统分解成可管理、可维护的组件。系统架构与模块设计需紧密围绕智能技术的应用，通过合理的结构布局与功能分配，实现废塑料热解过程的智能化、高效化与精细化管理。

#### 3.1.1 系统架构的设计探究

AI 废塑料热解系统的架构设计是一个跨学科、多阶段的过程，需要综合运用先进的数据处理技术、AI 算法和系统工程原理。通过严谨的需求分析、合理的技术选型、科学的架构设计和有效的实施策略，可以构建出高效、环保的废塑料热解系统，为解决塑料污染问题提供有力的技术支撑。

参考国内外已有成功案例，如通过 AI 优化热解过程，提高产率、减少污染物排放的实践，学习其成功经验和技术细节。

以下是从系统需求分析、技术选型、架构设计、

实施策略等角度来探讨 AI 废塑料热解系统架构设计的研究：

#### 3.1.1.1 系统需求分析

对需开发的整个系统的需求进行深入分析，包括但不限于：系统需要接收的原始数据。系统应该提供的结果。性能指标，包括处理速度、准确性、稳定性等。成本和资源限制，预算、电力消耗、设备空间等。

#### 3.1.1.2 技术选型

**数据采集：**前端数据采集层负责收集和预处理原始数据。利用大数据技术和云计算平台数据处理，如 Hadoop、Spark 等，处理和存储大量的实时和历史数据，包括数据清洗、特征提取等。

**模型构建：**选择合适的 AI 技术，如深度学习、强化学习或机器学习算法，用于预测和优化热解过程。

**控制与执行：**集成智能控制器和执行器，如 PID 控制器，根据 AI 模型的输出调整热解过程的参数。

**AI 模型层：**部署 AI 模型进行预测和优化，如使用深度神经网络预测热解产物的产率和质量。

**控制执行层：**根据 AI 模型的输出，通过智能控制器调整热解过程的参数，如温度、压力等。

**后端监控与决策层：**监控系统运行状态，进行异常检测和预防性维护，并提供决策支持。

#### 3.1.1.3 实施策略

**分阶段实施：**将项目分为需求分析、系统设计、

**作者简介：**张友根（1947-），男，教授级高级工程师，终身享受国务院政府特殊津贴，主要从事塑料材料和工艺的相关研究，已在国家期刊上发表论文多篇。

原型开发、测试验证、上线部署等阶段，逐步推进。通过反馈循环，持续收集系统运行数据，优化 AI 模型和系统参数，提升整体性能。确保系统设计符合环保标准，遵守数据保护法律法规，保障操作人员安全。

**跨学科合作：**集合化学、机械、电子、计算机科学等领域的专家团队，确保系统的全面性和创新性。

**持续优化：**通过反馈循环，持续收集系统运行数据，优化 AI 模型和系统参数，提升整体性能。

**合规与安全：**确保系统设计符合环保标准，遵守数据保护法律法规，保障操作人员安全。

### 3.1.2 功能模块（型）的设计探究

每个模块只负责一个特定的功能，减少复杂度。模块对外部应该是开放的，可以扩展和修改；对内部应该是封闭的，不应该受到外部变化的影响。模块内部的组件紧密相关，模块之间的联系尽量少，降低相互依赖。利用成熟的框架和库可以提高开发效率，如 Spring Boot、React.js 等。根据数据类型和需求选择数据库，如关系型数据库 MySQL、NoSQL 数据库 MongoDB 等。

功能模块系统应包含以下几个核心模块：

#### 3.1.2.1 数据采集模块

负责实时收集热解过程中的各类参数数据，包括温度、压力、反应速率等，为后续的数据分析提供基础。

#### 3.1.2.2 数据预处理模块

对采集到的数据进行清洗、去除异常值、填充缺失值、标准化/归一化等操作，确保数据质量，提高后续分析的准确性和可靠性。

#### 3.1.2.3 模型训练与优化模块

选择合适的机器学习或深度学习模型，如回归模型预测产物产率，或者使用强化学习优化热解过程参数。利用机器学习或深度学习算法，建立热解过程的预测模型，并通过不断迭代优化，提升模型的预测精度和适应性。

#### 3.1.2.4 控制策略制定模块

基于训练好的模型，生成最优的热解工艺控制策略，实现对热解过程的精确调控，以提高能源转换效率和产物品质。

#### 3.1.2.5 监控与故障诊断模块

实时监控热解过程的状态，快速识别异常情况，并提供故障诊断与预警机制，确保系统稳定运行。

#### 3.1.2.6 用户交互模块

提供直观易用的操作界面，使用户能够轻松监控

系统状态、调整参数设置、查看分析报告等，增强系统的实用性与用户体验。

### 3.2 AI 智能算法的选择的设计探究

**选择原则：**主要考虑其在处理复杂数据、优化热解工艺参数、预测热解产物分布以及提高系统效率方面的适应性和准确性。

**选择策略：**通过网格搜索、随机搜索或贝叶斯优化等方法调整模型的超参数，以达到最佳性能。首先，通过对比分析，选择具有高精度预测能力的深度学习算法，如卷积神经网络（CNN）或循环神经网络（RNN），以对废塑料热解过程中温度、压力等关键参数进行实时监测与预测，从而实现对热解过程的精准调控。其次，引入强化学习算法，构建动态决策系统，通过模拟不同操作策略对废塑料热解效果的影响，自动寻优出最佳工艺条件，提高热解效率和产物质量。此外，结合遗传算法、粒子群优化等全局搜索方法，解决多变量优化问题，实现对热解系统中复杂非线性关系的有效建模。

**验证方法和措施：**采用交叉验证、A/B 测试等方法，确保所选算法在实际热解系统中的稳定性和可靠性。通过大量实验数据的训练和测试，不断调整算法参数，提升模型泛化能力，最终实现智能算法在废塑料热解领域的高效应用。

### 3.3 AI 废塑料热解集成化设计探究

基于智能技术的集成与应用，构建一个能够高效处理废塑料热解数据库、优化热解工艺流程、设计实现智能控制的综合平台。将训练好的模型集成到控制系统中，作为决策引擎。平台应具备良好的可扩展性和灵活性，以便于适应不同规模的废塑料热解设施需求。

以下是一些关键的集成化设计策略：

#### 3.3.1 数据采集与预处理

**集成传感器网络：**部署各类传感器（如温度、压力、气体成分传感器）收集热解过程中的实时数据。

**数据清洗与整合：**利用 AI 算法对收集到的数据进行清洗和整合，确保数据的准确性和完整性。

#### 3.3.2 智能模型构建与优化

**机器学习模型：**利用监督学习或无监督学习算法构建模型，预测热解产物的种类、数量和质量，优化热解工艺参数。

**深度学习模型：**通过深度神经网络等技术，实现复杂非线性关系的建模，提高预测精度。

### 3.3.3 过程控制与智能化

AI 驱动的 PID 控制器：集成智能 PID 控制算法，根据 AI 模型的输出动态调整热解过程的关键参数（如温度、压力、停留时间等）。

智能化执行系统：通过集成化控制模块，实现热解设备的自动化操作，提高生产效率和稳定性。

### 3.3.4 资源回收与能源利用

AI 优化产物分离：利用 AI 算法优化产物分离过程，提高回收物的纯度和价值。

能量管理系统：集成 AI 能耗预测与优化技术，实现热解过程中的能量高效利用，减少能耗。

### 3.3.5 环境监测与节能减排

污染物排放监控：集成 AI 模型实时监测污染物排放，确保符合环保标准。

节能减排策略：通过 AI 分析，提出节能减排的具体策略，如优化工艺参数、提高设备能效等。

### 3.3.6 系统集成与管理平台

物联网平台：构建统一的物联网平台，集成所有设备与数据，实现远程监控与管理。

决策支持系统：开发决策支持系统，基于 AI 分析结果，提供科学决策依据，优化热解流程和资源配置。

### 3.3.7 持续学习与优化

在线学习：利用 AI 的在线学习能力，根据实时数据持续优化模型和控制策略，提升系统性能。

反馈循环：建立闭环系统，根据实际运行效果反馈调整模型参数，实现系统自适应优化。

### 3.3.8 安全与合规

安全防护系统：集成 AI 安全防护机制，保障系统运行安全，防止误操作和事故。

合规性检查：利用 AI 技术进行合规性检查，确保热解过程符合相关法规和标准。

## 4 AI 废塑料热解应用案例及分析

AI 废塑料热解不仅提高了废塑料热解技术的智能化水平，也为实现可持续的塑料循环利用提供了技术支持。这些应用案例展示了 AI 废塑料热解在提升废塑料热解过程的效率、环保性、经济效益性、以及减少环境影响等方面的潜力。

### 4.1 AI 废塑料热解工艺参数优化的案例及分析

数据驱动的热解工艺优化是智能技术在废塑料热

解领域的重要应用之一。通过历史数据训练机器学习模型，预测在不同操作条件（如温度、压力、停留时间等）下热解过程的效率、产油率和副产品的性质。某研究团队使用机器学习模型（如神经网络或支持向量机）分析了热解过程中的温度、压力、停留时间等因素对产油率和副产品特性的影响。通过训练模型，他们能够预测在不同参数设置下，热解过程的最佳输出，从而优化热解工艺，提高资源回收效率。德国的研究机构和企业可能在利用 AI 技术优化热解工艺参数上进行了深入研究，通过 AI 模型分析大量数据，预测在不同操作条件下热解过程的效率和产物特性，从而实现工艺参数的最优化，提高资源回收率和减少环境影响。法国的研究机构和企业正在探索如何利用 AI 算法来优化热解工艺，特别是针对特定类型的塑料（如聚丙烯和聚乙烯）的热解过程，以提高产油率和减少环境污染。

本节案例说明热解模型可以帮助工程师实时调整及智能优化工艺参数，达到最大化生产效率和最优化工产品价值。

### 4.2 AI 智能化高效高质量热解案例及分析

AI 通过采用先进的传感器技术和实时数据处理算法，智能化控制系统能够根据预设的工艺参数和实时反馈信息，自动调节加热速率、通风量等操作参数，以确保热解过程高效稳定进行，并最大限度地提高产物的质量和收率。此外，通过集成机器学习模型，系统能够不断学习和适应不同类型的废塑料特性，优化热解工艺条件，进一步提升资源回收和能源转换效率。这种智能化控制系统不仅显著提高了生产效率和产品质量，还降低了人为操作的误差，为废塑料热解技术的广泛应用提供了可靠的技术支持。

德国雄厚的工业基础和技术实力使其在废塑料热解智能化走在前列。普渡大学的研究团队开发了一种使用 AI 和机器学习来将废塑料转化为燃料的技术。这项研究发表在《美国化学学会可持续化学与工程》杂志上，展示了 AI 在提高热解效率和优化产物质量方面的潜力。美国的公司如 Ensyn Technologies 正在开发 AI 驱动的热解技术，通过集成传感器数据和 AI 算法，实现热解过程的自动化控制和优化，提高能源回收效率。

本节案例说明 AI 废塑料热解可以提高废塑料处理的效率和质量，减少人工干预，同时提高整个热解过程质量的可控性。

### 4.3 AI 废塑料热解促进绿色循环经济发展的案例及分析

AI 废塑料热解技术在促进绿色循环经济发展中扮演着重要角色，通过提高废塑料处理的效率、减少环境污染、创造经济价值，实现了资源的高效利用和可持续发展。某公司开发了一款 AI 驱动的智能热解系统，通过集成深度学习算法和实时数据监控，优化热解过程中的关键参数，如温度、压力和停留时间，以提高废塑料转化成有价值产品的效率。系统还配备了故障预测模型，能够提前识别设备可能出现的问题，减少停机时间，提高整体运行效率。案例说明 AI 技术的引入显著提升了热解过程的智能化水平，不仅提高了生产效率，减少了人为操作的误差，还通过预测性维护降低了运营成本和设备故障率。

本节案例说明 AI 智能系统有助于实现资源利用最大化，减少废弃物的产生。

### 4.4 副产品分类与预测的案例及分析

利用机器学习进行副产品（如燃料油、碳黑、金属等）的分类和预测，提高回收流程的自动化水平。通过对副产品特性的预测，可以更有效地规划后续处理流程和物流。通过集成学习方法（如随机森林或梯度提升树）分析热解过程中的各种副产品（如燃料油、碳黑、金属等），预测其产量和质量。日本的研究机构正在开发 AI 模型，用于预测热解过程中产生的不同副产品的特性，包括油品的纯度、碳黑的品质等。这有助于提高副产品的价值，并指导后续的加工流程。日本的研究机构正在开发 AI 模型，用于预测热解过程中产生的不同副产品的特性，包括油品的纯度、碳黑的品质等，提高副产品的价值，并指导后续的加工流程。

本节案例说明 AI 在预测和分类热解过程中产生的副产品方面发挥重要作用，通过深度学习模型预测副产品的类型和质量，实现更高效和环保的回收利用，如将碳黑作为燃料或材料再利用。

### 4.5 质量控制和实时监测的案例及分析

机器学习模型可以监控和预测热解过程中的产品质量变化，比如油品的纯度、碳黑的粒径分布等，从而实现在线质量控制，避免不合格产品的产生。使用计算机视觉和深度学习模型（如卷积神经网络 CNN）实时监控热解过程中的产品质量变化。通过图像分析，系统可以快速识别并预测副产品的特性，如燃料油的纯度、碳黑的粒径分布等，从而实现在线质量控制。美国的一些工业项目利用 AI 技术实时监控热解过程，

通过分析传感器数据来预测和调整过程参数。

本节案例说明 AI 质量控制与实时监测，实现最佳的资源回收效率和能源利用。

### 4.6 设备故障预测的案例及分析

通过监测设备运行数据，利用机器学习模型预测设备可能出现的故障，提前进行维护，减少停机时间和维修成本。通过传感器收集设备运行数据，运用机器学习（如时间序列分析或异常检测算法）预测设备可能出现的故障，实现设备的预防性维护。这不仅可以减少意外停机的时间，还能降低维护成本。

本节说明，通过物联网（IoT）传感器收集的数据，AI 可以预测设备的潜在故障，提前安排维护，减少停机时间，提高工厂的运营效率。

### 4.7 资源回收率预测的案例及分析

基于历史数据，使用回归模型预测不同类型的废塑料在特定工艺下的资源回收率，帮助决策者优化回收流程和资源分配，指导生产计划。东京大学的研究人员正在开发一种利用 AI 进行废塑料分类和热解过程优化的技术。通过分析大量数据，AI 系统可以预测最佳的热解条件，从而提高资源回收率并减少能源消耗。美国的一些研究机构和公司正在探索 AI 在热解过程中的应用，通过分析实时数据，优化温度、压力和停留时间等关键参数，以提高产油率和减少有害副产品的生成。法国的一些项目正在研究 AI 在废物管理中的应用，包括废塑料的分类、预处理和热解过程的优化，以实现高效的资源回收和废物处理。

本节说明 AI 通过 AI 对不同类型的废塑料进行更精细的分类和预处理，去除杂质和提高塑料的纯度，提高热解过程中油品和其他有用副产品资源的回收率和产品的附加值。

### 4.8 环境影响评估的案例及分析

使用机器学习模型评估不同热解工艺对环境的影响，比如温室气体排放、污染物释放等，以促进更环保的工艺选择和改进。通过构建环境影响模型，可以优化工艺参数，减少对环境的负面影响，促进可持续发展。通过建立环境影响模型，预测不同热解工艺的环境足迹，帮助企业选择对环境影响最小的绿色工艺。德国的 Fraunhofer ISE 研究所正在研究 AI 驱动的热解技术，通过优化热解条件和过程参数，提高废塑料热解的效率和选择性，同时减少有害物质的生成。东京大学的研究人员正在开发 AI 模型，用于预测热解过程中的产油率和气体生成量，以及识别最优的热解条件。

本节说明 AI 优化热解过程，减少副产品的产生和有害物质的排放，实现更清洁、更可持续的废塑料处理，提高资源回收的经济性和环境的可持续性。

#### 4.9 国际合作的案例及分析

德国在废塑料热解领域的 AI 应用也体现在与其他国家的合作上，例如向其他国家出口热解技术设备和分享相关经验。这不仅促进了技术的全球传播，也有助于提高国际社会对塑料污染问题的认识和解决方案的采纳。美国的大型企业和初创公司合作，实施 AI 驱动的废塑料热解示范项目。这些项目旨在展示 AI 如何提高回收效率、减少成本，并推动循环经济的发展。日本的大型企业和初创公司合作，实施 AI 驱动的废塑料热解示范项目。例如，一些公司可能与研究机构合作，利用 AI 优化热解工艺，提高资源回收率，同时降低成本。

通过本节深入分析多个成功案例，我们总结出 AI 在废塑料热解领域应用的关键经验。首先，采用集成化智能系统能够显著提升热解过程的效率与稳定性，通过实时数据监测与智能算法优化，确保了热解工艺的最佳运行状态。其次，案例研究表明，结合人工智能的决策支持系统，对于预测热解产物品质、优化回收流程以及提高资源利用率具有重要作用。此外，通过案例分析还揭示了 AI 在解决环境问题、促进循环经济方面的潜力，特别是在减少废弃物产生、提高能源自给率和促进可持续发展方面的作用。成功案例表明，跨学科合作与技术创新是推动废塑料热解产业向智能化、绿色化转型的关键。

### 5 AI 废塑料热解技术未来发展趋势与挑战

AI 废塑料热解技术未来发展趋势与挑战主要体现在以下几个方面：首先，技术层面的挑战包括数据质量的不确定性、模型预测的准确性和实时性问题、以及系统集成的复杂性，需要持续的技术创新和优化来克服。其次，经济可行性是另一个关键挑战，如何平

衡设备投资成本、运行费用与产出价值，确保智能热解系统的经济效益，需要深入的经济分析和市场调研。此外，政策与法规的适应性也是挑战之一，不同地区对于废塑料热解的环保标准和技术规范存在差异，需要智能系统具备灵活的调整能力以满足多样化需求。然而，这些挑战同时也孕育着机遇。首先，通过智能技术的应用，可以实现热解过程的高效自动化，提高生产效率和产品质量，降低人为错误的可能性。其次，智能化的数据分析和决策支持系统能够精准预测市场变化，优化原料配比和产品输出，增强企业的市场竞争力。此外，随着全球对可持续发展和环境保护的重视，智能热解技术因其资源循环利用的特点，有望获得更多的政策支持和资金投入，促进其快速发展和广泛应用。最后，智能技术的融入还能推动产业链上下游的合作，形成更加协同高效的循环经济体系，共同推动废塑料热解技术的成熟与普及。

面对 AI 废塑料热解技术未来发展趋势与挑战，研究方向包括但不限于开发更高效、灵活的 AI 控制系统，优化热解工艺参数以提高资源回收效率，探索跨学科合作以解决数据安全与隐私保护问题，以及构建全面的生命周期评估模型来深入理解技术对环境的长远影响。

### 6 结论

本文 AI 废塑料热解的研究说明废塑料热解技术在不断地优化和创新，如何实现最优的绿色热解成为亟待解决的关键问题。

AI 废塑料热解有望实现更高的自动化水平、更强的智能化决策能力以及更广泛的产业融合。随着热解技术的不断进步和成本的逐渐降低，这种技术将更加普及，成为解决全球塑料污染问题的重要手段之一。同时，随着可持续发展目标的推进，预计会有更多创新应用和商业模式涌现，进一步推动废塑料资源化利用的发展。

---

## Exploration of the scientific development of AI-assisted pyrolysis of waste plastics (Part B)

Zhang Yougen

(Shanghai First Plastic Machinery Factory, Shanghai 201201, China)

**Abstract:** The pyrolysis of waste plastics, as a kind of environmentally friendly and efficient waste treatment method, has received widespread attention. This paper expounds the development strategy of the basic theoretical system for AI waste plastics pyrolysis; explores the main functional analysis and key technology implementation strategies of the AI waste plastics pyrolysis model; explores the design of the AI waste plastics pyrolysis system; expounds and analyzes the application cases of AI waste plastics pyrolysis; discusses the future development trends and challenges of AI waste plastics pyrolysis technology, pointing out that how to achieve the optimal environmentally friendly waste plastics pyrolysis has become a key issue that needs to be urgently addressed. This paper provides a reference for intelligent solutions for waste plastics pyrolysis.

**Key words:** AI; waste plastics; pyrolysis; scientific development

(R-03)  
(全文完)

## 2025 年度《橡塑技术与装备》十佳论文评选结果揭晓

### Announcement of the selection results for the 2025 top 10 papers in RUBBER & PLASTICS TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

为激励橡塑行业科研工作者产出更多高质量学术成果与创新技术，推动橡塑领域技术交流与产业发展，《橡塑技术与装备》杂志社于 2026 年 1~2 月组织开展 2025 年度十佳论文评选活动。本次评选依托“橡塑装备”官方公众号发起线上公众投票，经杂志社秘书处严谨汇总统计投票结果，现正式揭晓 2025 年度十佳论文获奖名单！

本次获评的十佳论文，聚焦橡塑材料研发、装备创新设计、生产工艺优化、能源管理及产业应用等核心领域，兼具学术创新性与行业实践价值，充分展现了当下橡塑行业的科研前沿与技术发展趋势，为行业技术升级与高质量发展提供了重要的参考与借鉴。

现将 2025 年度《橡塑技术与装备》十佳论文获奖名单予以公布（按照发表顺序，排名不分先后）：

表 1 2025 年度十佳论文获奖名单

序号	论文题目	作者	单位	期次—起始页
1	PEEK 复合 3D 打印预制丝材微观结构与力学性能研究	余威佑, 等	北京化工大学机电工程学院	01-15
2	低分子量聚乙醇酸的合成与表征	许云翔, 等	重庆理工大学材料科学与工程学院	08-45
3	环保型增塑剂的研究现状及分析	鲁德智, 等	沈阳工业大学石油化工学院	09-27
4	轮胎生产企业常见能源管理模式的选择及效果分析	王其营, 等	中策橡胶(天津)有限公司	09-65
5	电加热硫化在半钢子午线轮胎的应用研究	郝云南, 等	双钱集团(安徽)回力轮胎有限公司	10-09
6	硫化机一种一键式自动调模装置研发简介	季付高, 等	青岛软控机电工程有限公司	10-25
7	立式捏合机物料流场的黏性修正计算仿真方法研究	李冰翎, 等	北京化工大学机电工程学院	11-13
8	大型挤压造粒机组机筒的“以镲代磨”制造优化项目浅析	于颖, 等	大连橡胶塑料机械有限公司	12-05
9	335/80R20 越野无内胎全钢子午胎的设计	雷泰伟, 等	陕西延长石油集团橡胶有限公司	12-25
10	十六胺对废橡胶脱硫度的影响以及橡胶沥青的应用	靳雨诗, 等	太原理工大学材料科学与工程学院	12-53

《橡塑技术与装备》编委会秘书处  
2026 年 2 月

