

药物化学成分提取中智能化控制与经济性研究

平振杰 (河南医药健康技师学院, 河南 开封 475000)

摘要: 药物活性成分的高效提取是制药工业的核心环节, 其技术优化对提升药品质量与生产成本控制具有双重意义。传统提取工艺依赖人工经验调控, 工艺参数固化导致原料利用率波动大、能耗偏高等问题长期存在。智能化控制技术的引入为突破这一瓶颈提供了新路径, 其通过实时感知与动态调整机制, 有望实现提取过程的精准化控制。技术升级的经济可行性分析却常被忽视, 这种技术与经济的割裂研究现状, 制约着智能化解决方案的实际推广应用。探索智能化控制与经济性评估的协同优化路径, 成为推动制药工业技术革新的关键课题。

关键词: 药物化学; 成分提取; 智能化控制; 经济性

中图分类号: TQ460.6 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 015-0067-03

Study on intelligent control and economy in extraction of pharmaceutical chemical components

Ping Zhenjie(Henan Technican College of Medicine and Health,Kaifeng Henan 475000, China)

Abstract: The efficient extraction of pharmaceutical active ingredients is the core of the pharmaceutical industry, and its technical optimization has dual significance to improve drug quality and production cost control. The traditional extraction process depends on manual experience control, and the solidification of process parameters leads to large fluctuation of raw material utilization and high energy consumption. The introduction of intelligent control provides a new path for technological breakthroughs, and is expected to achieve accurate control of the extraction process through real-time sensing and dynamic adjustment mechanism. However, the economic feasibility analysis of technology upgrading is often ignored, and the research status of the separation of technology and economy restricts the actual promotion and application of intelligent solutions. Exploring the collaborative optimization path of intelligent control and economic evaluation has become the key to promote technological innovation in the pharmaceutical industry.

Key words: medicinal chemistry; Component extraction; Intelligent control; economy

制药生产的经济性目标与技术先进性追求本质上是价值创造过程的两个维度, 二者的协同优化能力决定企业核心竞争力。药物成分提取作为高资源消耗环节, 其智能化改造的经济效益评估具有特殊复杂性。传统成本核算方法难以量化技术升级带来的隐性收益, 如质量稳定性提升减少的次品损失、自动化节省的人力管理成本等。这种评估缺失导致技术投资决策存在盲目性, 亟需建立适配制药生产特性的技术经济分析模型。

1 药物化学成分提取中智能化控制的意义

1.1 提升提取效率与精度, 优化资源利用

在药物化学成分提取这个过程当中, 智能化控制的引入使得提取效率和精度有了十分突出的提升, 传统方法依靠人工操作以及经验判断, 很难对提取条件进行有效的控制, 大多时候会致使提取效率不高, 目标成分损失较多, 并且产品质量不稳定, 然而控制系统可以对提取过程中的温度、压力、溶剂比例等关键参数进行监测并精准提取, 保证提取在最优化的条件下开展。这提高了目标成分的提取率, 减少了原料的浪费, 还缩短了提取周期, 提高了整体生产效率, 智能化系统可依据特性与提取需求, 自动调整参数, 实

现定制, 优化资源利用, 降低生产成本^[1]。

1.2 保障操作安全, 降低事故风险

在药物化学成分提取工作里会涉及到像高温、高压以及有毒有害溶剂等一系列危险因素, 在传统的操作方式之下, 工人的安全健康遭遇了相当严峻的挑战, 智能化控制被引入之后, 依靠自动化和远程监控技术, 切实降低了操作过程中的事故风险, 一方面, 智能化系统可以对提取设备的运行状态展开实时监测, 及时察觉并发出潜在故障与安全隐患的预警, 以此避免因设备故障引发安全事故。另一方面, 借助远程操作与自动化控制, 减少了工人直接接触有害物质的机会, 降低了职业健康风险, 智能化系统还可依据安全规范自动对操作参数作出调整, 保证提取过程在安全范围之内进行, 给制药工业的安全生产给予了有力保障。

1.3 推动制药工业智能化转型, 提升竞争力

智能化控制在药物化学成分提取中的运用, 不只是对现有工艺给予改进, 是促使工业向智能化转变的关键举措, 借助智能化系统的集成与运用, 制药企业可达成生产过程的网络化、智能化管理, 提高生产效率与产品质量, 缩短产品周期, 迅速响应需求变化, 智能化生产还可降低能耗、减少排放, 契合绿色制药

的发展趋势，利于企业树立良好的社会形象。这种转变能推动制药企业从传统的劳动密集型转向技术密集型，提升企业的核心竞争力，为企业的长远发展筑牢根基^[2]。

2 药物化学成分提取中智能化控制要点

2.1 实时监测与数据采集

在药物化学成分提取进程当中，实时监测以及数据采集属于智能化控制的根基所在，这一环节依靠高精度的传感器以及先进的数据采集技术，达成对提取过程里温度、压力、流量、浓度等关键参数的实时捕捉与记录，温度是药物化学成分提取中的关键参数之一，过高或者过低的温度都有可能对提取效率以及目标成分的质量造成影响。

智能化控制系统借助安装高精度的温度传感器，实时监测提取罐内的温度变化，并且依据预设的工艺参数自动调节加热或者冷却设备，保证提取过程在最佳温度范围内开展，比如在提取某些热敏性成分的时候，系统可精准控制加热速率以及温度波动范围，防止成分遭到破坏，在加压提取过程中，智能化控制系统依靠压力传感器实时监测提取罐内的压力变化，并依照需要自动调节压力控制阀，保证提取过程在恒定压力下进行。这利于减少溶剂挥发，提升提取效率，同时维持目标成分的稳定性，智能化控制系统借助流量传感器和浓度传感器，实时监测溶剂的流量以及提取液的浓度变化，这利于精确控制溶剂的投入量以及提取时间，避免因过度提取或者不足提取造成的成分损失或浪费，借助实时浓度监测，系统可及时调整提取条件，保证提取液达到预期的浓度要求。

在数据采集方面，智能化控制系统凭借高速数据采集模块，把传感器采集到的数据实时传输至中央处理器进行分析与处理，这些数据用于实时监测和控制，还为后续的工艺优化和质量控制提供宝贵的数据支撑，智能化控制系统还拥有数据存储和回溯功能，方便用户对历史数据进行查询与分析，了解提取过程的稳定性和可重复性^[3]。

2.2 自动化控制技术的应用

自动化控制技术作为智能化控制系统里核心的一部分，借助预设的程序以及算法，达成对提取过程精准的调控，提取工序属于药物化学成分提取最先要进行的环节，其自动化控制对于提升提取效率以及准确性意义重大，智能化控制系统依靠集成可编程逻辑控制器也就是PLC和自动执行机构，达成对提取罐的自动检测、定量投料、升温控制、恒温定时等功能精准的调控。比如在升温控制进程中，系统可依据预设的温度曲线，自动调节加热设备以及温度控制阀，保证

提取罐内的温度依照预定程序发生变化，系统还可实时监测温度波动范围，并且在有必要的时候进行自动调节，以此保证提取过程的稳定性与准确性，在药物化学成分提取过程中，溶剂的回收以及循环利用是降低生产成本以及减少环境污染的关键办法。智能化控制系统凭借集成溶剂回收设备与自动化控制系统，达成对溶剂回收过程精准的调控，系统可按照提取液的浓度以及溶剂的回收效率，自动调节回收设备的运行参数，保证溶剂的高效回收与循环利用，并且系统还可实时监测溶剂的回收质量与效率，在必要时进行报警以及停机保护，保证生产过程的稳定性与安全性。

在药物化学成分提取过程中，安全联锁以及故障预警是保证生产过程安全性与稳定性关键措施，智能化控制系统依靠集成安全联锁设备与故障预警算法，达成对提取过程的实时监测及故障预警，例如在提取过程中，系统可实时监测提取罐内的压力和温度等关键参数，在出现异常值的时候自动触发安全联锁机制，停止加热或者排放危险物质，避免事故发生。系统还可实时监测设备的运行状态与故障情况，在必要时进行报警以及停机保护，保证生产过程的稳定性与安全性^[4]。

2.3 智能优化算法与决策支持

智能优化算法和决策支持系统是现代工业提取过程控制的核心力量，正以极高的精度和效率重塑传统工艺流程，此类系统借助多层次计算框架，把传统经验性工艺参数调整提升到数据驱动的精准控制范畴，从算法角度看，遗传算法依靠模拟生物进化的自适应搜索机制，能在复杂多维参数空间里找寻最优工艺配方，特别适用于提取过程中有多种相互影响因素的情况，深度神经网络则依靠对历史生产数据的深度学习，建立提取过程的非线性映射模型，达成对产量和质量的精确预测。这些算法并非单独运行，而是形成一个闭环优化系统——从感知层的多模态传感器网络，到决策层的智能推理引擎，再到执行层的精密控制单元，构成完整智能闭环，以天然产物提取为例，系统能依据近红外光谱实时监测数据，结合溶剂极性、温度梯度和停留时间等关键参数的交互效应模型，动态算出最优提取窗口，同时预测产品纯度与收率曲线，为工艺决策提供科学依据。

这类系统已开始整合多目标优化技术，能同时平衡能耗、产量、纯度和设备寿命等多重约束条件，找寻最佳工艺参数组合，在生产调度领域，智能排产算法凭借整合订单信息、设备状态和原料库存等多源数据，构建动态生产资源分配模型，实现柔性生产线的智能调配，这种算法考虑静态生产能力匹配，还融入

动态时间序列预测，能预见可能的设备故障或原料短缺，提前调整生产计划，最大化系统弹性与稳定性。

在质量控制这一领域，系统借助集成多维度质量检测模型，实现从单点检测至全流程质量映射的转变，该系统可依据光谱分析、图谱分析以及理化指标的多模态融合分析，构建质量的数字孪生体，并且借助异常检测算法及时辨别潜在的质量偏差，这种智能化决策支持并非仅局限于被动的异常报警，而是凭借因果推理机制，可探寻质量问题的根源，给出针对性的调整建议，形成了从问题诊断到解决方案的完整闭环管理^[5]。

2.4 智能化控制系统的集成与协同

智能化控制系统的集成与协同对于达成全局优化以及智能化管理而言非常关键，在药物化学成分提取领域，智能化控制系统借助集成各个子系统，像温度控制系统、压力控制系统、流量控制系统等，促使各子系统之间协同开展工作，该系统依据实时数据以及工艺要求，可自动调节各子系统的运行参数以及工作模式，以此达成全局优化和智能化管理。比如在提取过程中，系统会依据实时的温度、压力以及流量数据，自动调整加热设备、压力控制阀和流量控制阀的运行参数，实现提取过程的稳定性与准确性，智能化控制系统借助集成生产管理系统，如 ERP、MES 等，达成生产过程的全局优化以及智能化管理，系统依照生产计划、库存状况以及资源状况，可自动调整生产设备的运行参数以及排产顺序，实现生产效率以及资源利用的最大化。

系统还可以实时监测生产过程的运行状态以及效率情况，并把数据反馈至生产管理系统，以便进行分析以及为决策提供支持，智能化控制系统依靠集成远程监控和故障诊断系统，实现对生产过程的远程监控以及故障诊断，系统可实时监测生产设备的运行状态以及故障情况，并将数据上传至云端，用于分析和处理。并且系统会根据故障类型以及严重程度给出相应的处理建议或者停机保护指令，以此保障生产过程的稳定性和安全性，另外远程监控和故障诊断系统还可以为技术人员提供远程技术支持以及故障诊断服务，提升设备维护的效率和准确性。

3 药物化学成分提取中智能化控制的应用经济性

在药物化学成分提取的整个进程当中，智能化控制的运用呈现出一定的优势，传统提取方法大多时候依靠人工操作以及经验判断，效率较为低下，并且很难保证提取质量的稳定与一致，智能化控制的引入，借助传感器、控制系统以及先进算法，达成对提取过程关键参数的实时监测以及精准调控。这避免了因为

人为操作失误致使的质量波动，又提高了提取效率，降低了能耗与原料浪费，在经济方面实现了节约。

智能化控制系统可以依据实际生产状况自动调节提取温度、压力、溶剂比例等参数，以此保证提取过程在最优化的条件下开展，这种精准的控制提高了目标成分的提取比率，而且减少了不必要的能源消耗以及溶剂使用，降低了生产成本，智能化控制系统还拥有强大的数据分析和处理能力，可以实时收集并分析生产数据，及时找出并解决潜在问题，避免了因为质量问题造成的返工和浪费。

从长远角度看，智能化控制的应用可提升企业的整体竞争力，借助实现生产过程的自动化和智能化，企业可大幅提高生产效率，缩短产品上市周期，快速应对市场需求变化，智能化生产还可提升产品质量的一致性与稳定性，提高消费者信任度，为企业赢得良好的口碑以及品牌形象，这些都将为企业带来可持续的经济收益以及市场份额的增加。药物化学成分提取中智能化控制的应用，在当前阶段给予了实现了经济节约，更为企业的长远发展奠定了坚实基础。随着量子计算与边缘计算技术的融入，这类系统的计算能力与响应速度正在达到新的高度，为工业提取过程的智能化转型提供了强大的技术支撑与无限可能。

4 结束语

药物化学成分提取中的智能化控制显著提高了提取效率和产品质量，还实现了对提取过程的精确监测与优化，从而大大降低了能耗和生产成本。随着技术的不断进步，智能化控制在药物化学成分提取中的应用将更加广泛，为制药行业的可持续发展注入新的活力，具有重要的经济意义和社会价值。

参考文献：

- [1] 黄斌, 吴先昊, 赵诗云, 等. 基于血清药物化学的乌蕨效用成分研究 [J]. 中国民族民间医药, 2024, 33 (05):55-60.
- [2] 蒋凡, 郑连军, 付然, 等. 柴胡药物化学成分提取及活性成分质量分数测定 [J]. 当代化工, 2023, 52 (02):321-325.
- [3] 肖尔建, 李立彩, 张伟祺, 等. 橘红药物化学成分对DNA氧化损伤抑制作用研究 [J]. 广州化工, 2023, 51 (04):55-58.
- [4] 郝晓峰, 赵曼茜, 肖云川, 等. 基于 UPLC-MS/MS 的松龄血脉康胶囊血清药物化学研究 [J]. 中国现代中药, 2022, 24 (06):1042-1051.
- [5] 施国军. 中草药化学成分提取研究——评《中药化学与天然药物化学实验指导》 [J]. 化学工程, 2022, 50(03):4.