

# 中药质量源于设计方法和应用:智能制造

于佳琦<sup>1</sup> 徐冰<sup>1,2,3</sup> 姚璐<sup>4</sup> 戴幸星<sup>1,2,3</sup> 史新元<sup>1,2,3</sup> 乔延江<sup>1,2,3</sup>

(1 北京中医药大学中药信息学系,北京,102400; 2 北京市科委中药生产过程控制与质量评价北京市重点实验室,北京,100029;  
3 教育部中药制药与新药开发关键技术工程研究中心,北京,100029; 4 北京同仁堂股份有限公司科学研究所,北京,100079)

**摘要** 以质量源于设计(Quality by Design, QbD)为基础的制药质量体系,逐渐将智能装备、工业信息化软件、大数据和云计算等智能化工具纳入生产质量管控和知识管理系统。智能制造引领着中药产业的转型升级,面对不断涌现的智能制造新技术和新模式,本文引入智能制造成熟度等级模型,评价分析了当前中药智能制造主要处于规范级(即数字化和标准化)和集成级阶段,未来朝向优化级和引领级发展。提出由连续制造、信息集成、智能模拟和智慧应用组成的中药智能制造关键技术体系。人工智能和先进制造技术的深度融合将催生新一代中药智能制造模式,实现工艺知识和模型的应用,以及生产过程感知和控制决策的闭环。

**关键词** 质量源于设计;中药;智能制造;智能模拟;智能优化

## Chinese Medicine Quality Derived From Design Methods and Applications for-( VII ): Intelligent Manufacturing

Yu Jiaqi<sup>1</sup>, Xu Bing<sup>1,2,3</sup>, Yao Lu<sup>4</sup>, Dai Xingxing<sup>1,2,3</sup>, Shi Xinyuan<sup>1,2,3</sup>, Qiao Yanjiang<sup>1,2,3</sup>

(1 Department of Chinese Medicine Information Science, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102400, China; 2 Beijing Key Laboratory for Production Process Control and Quality Evaluation of Traditional Chinese Medicine, Beijing Municipal Science & Technology Commission, Beijing 100029, China; 3 Engineering Research Center of Key Technologies for Chinese Medicine Production and New Drug Development, Ministry of Education of People's Republic of China, Beijing 100029, China; 4 Science Research Institute of Beijing Tongrentang Co., Ltd., Beijing 100079)

**Abstract** The quality by design (QbD) based pharmaceutical quality system has gradually incorporated intelligent tools, such as smart equipment, industrial information software, big data and cloud computing, into its production control and knowledge management systems. Intelligent manufacturing has led the change of Chinese medicine industry. In the face of emerging new technologies and intelligent manufacturing tools, this paper introduced the intelligent manufacturing maturity model, evaluated and analyzed the current status of Chinese medicine manufacturing. It was concluded that the Chinese medicine manufacturing was mainly at the stage of digitization, standardization and integration, and would move towards the optimization level and leading level in the future. Four key technologies——continuous manufacturing, information integration, intelligent simulation and intelligent application were proposed for intelligent manufacturing of Chinese medicine. The deep integration of artificial intelligence and advanced manufacturing technologies would spawn a new generation of intelligent manufacturing of Chinese medicine by realizing the application of process knowledge and model, as well as the closed loop of production process perception and control decision.

**Key Words** Quality by design; Chinese medicine; Intelligent manufacturing; Intelligent simulation; Intelligent optimization

中图分类号:R283.3 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2018.03.008

根据麻省理工科技评论公布的突破技术发展情况,21世纪以来信息技术和生物技术是技术突破的重点领域,但自2012年始,制造技术开始受到重视,信息技术和制造技术不断突破融合,“智能化”成为近年制造技术发展的重要特征<sup>[1]</sup>。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革,并出现爆发式增长。《中国制造2025》将“智能化”作为我国制造业未来发展的主题和主

线<sup>[2]</sup>。各企业也逐步加大智能化改造力度,提高产品品质,降低生产成本,并探索与智能化改造相匹配的管理体制和运行机制。

智能制造引领着中药产业的转型升级,《中医药发展战略规划纲要(2016—2030年)》提出:加快推进智能制造,注重信息化、智能化与工业化的融合<sup>[3]</sup>。中国医药行业“十三五”规划中提出:提高医药工程项目的数字化设计水平,建设全过程质量追

基金项目:国家中药标准化项目(ZYBZH-C-QIN-45);国家自然科学基金项目(81403112);国家自然科学基金重点项目(81430094)

作者简介:于佳琦(1992.01—),女,在读博士研究生,研究方向:中药智能制造技术,E-mail:jiaqiyu0126@163.com

通信作者:徐冰(1985.02—),男,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向:中药质量和先进工艺控制,E-mail:xubing@bucm.edu.cn;乔延江(1956.11—),男,博士,教授,博士研究生导师,研究方向:中药信息学研究,E-mail:yjqiao@263.net

溯体系和数字化管理平台<sup>[4]</sup>。国家工信部在2015至2017年间,批准了江苏康缘药业等六家中药智能制造试点示范项目,在2016至2017年间重点支持了北京同仁堂等10余家中药企业开展智能制造新模式应用项目。

面对不断涌现的智能制造新技术和新模式,本文将总结ICH Q8至Q12质量系列指南的演变,分析信息技术对ICH制药质量体系的影响。通过对比分别由德国与我国提出的智能制造成熟度模型,评价了当前中药智能制造所处阶段和未来趋势。提出由连续制造、信息集成、智能模拟和智慧应用组成的中药智能制造关键技术体系,以期为中药智能制造发展提供参考。

## 1 分类综述

1.1 药品质量源于设计与智能制造 目前美欧日等国执行的动态药品生产管理规范(Current Good Manufacture Practices, cGMP)要求在药品生产与运输的全部过程都必须进行实时验证,是一种保障药品质量的全面质量管理制度。美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)在2004年颁布了过程分析技术(PAT)工业指南,促成了以技术为依据的法规环境,鼓励企业采用科学方法和工程原理来理解制药过程,为质量标准的建立提供科学依据<sup>[5]</sup>。之后,ICH出台了Q系列指南文件,用来指导药物开发和生产过程的质量管理。其中Q8(2005年)<sup>[6]</sup>、Q9(2005年)<sup>[7]</sup>、Q10(2008年)和Q12(2014年)分别对应药物开发、质量风险管理、制药质量体系 and 生命管理周期。2015年, FDA推出新兴技术工业指南,鼓励药品采用连续制造和3D打印等创新技术提升药品生产效率和产品质量<sup>[8]</sup>,如图1所示。ICH Q8引入质量源于设计(QbD)原则,并将制药QbD定义为:一种用于药品开发和生产的系统方法,该方法以预先定义的目标为起始,采用科学原则和质量风险管理,强调对生产过程的理解。ICH Q9则提供了关于质量风险管理的原则和工具,对药物的开发和生产提供相关科学知识。在ICH Q10中,提出制药质量体系,通过对质量体系要素和管理职责的描述,鼓励在药品每个生命周期阶段使用科学和基于风险的方法。为了持续改进整个产品生命周期,提高产品质量并理解过程知识,ICH Q12引入生命管理周期理念,旨在对药品生命周期进行更有效的管理和预测,鼓励在生命周期中采用创新方法来提高工艺稳健性和产品质量一致性<sup>[9]</sup>,目前ICH Q12仍在制定过程中。ICH药品质量系列指南以质

量源于设计理念为基础,蕴含了朱兰博士的QbD“质量三部曲(Quality Trilogy)”思想,即质量设计、质量控制和质量改进,正逐渐融入药品设计、开发、生产和管理的全生命周期和全过程。

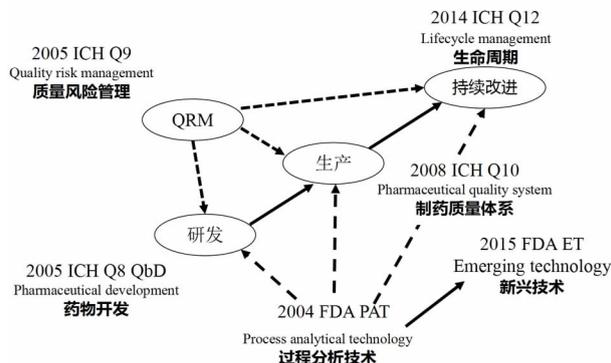


图1 ICH质量系列指南的演变

智能制造是将制造技术、信息技术、智能科学技术、系统工程技术及产品有关专业技术等融合运用于产品制造全系统及全生命周期活动,对制造全系统、全产业链活动中的人、机、物、环境、信息进行智能化感知、互联、协同和智能处理,使制造企业的人/组织、经营管理、设备与技术及信息、物流、资金流、知识流、服务流集成优化,进而改善产品及其开发时间、质量、成本、服务、环境清洁和知识含量,以实现企业市场竞争能力提高的制造新模式、新技术、新手段和新生态。智能制造的关键技术包括物联网<sup>[10]</sup>、物理信息融合系统<sup>[11]</sup>、云计算<sup>[12]</sup>、大数据分析<sup>[13]</sup>以及信息及通信技术<sup>[14]</sup>等。

为应用最新技术实现药品生产效率和产品质量的提升,Herwig等提出基于ICH制药质量体系的“全局生产控制策略(Holistic Production Control Strategy, HPCS)”如图2所示。

全局生产控制策略不仅与ICH中的理念相互关联<sup>[15]</sup>,而且加入新的理念来应对智能制造的新挑战,当今以控制策略为背景的制药发展已经转向基于技术和管理的生产控制策略,通过多学科、多方法交叉使用,整体过程与平台的理解,数据整合与规划,产品实时放行监测与连续追溯,同时将智能制造先进技术例如连续制造与各类过程分析技术应用于全局生产控制策略中,从而提高药品质量。在工业4.0的背景下<sup>[16]</sup>,制药产业将演变为制药4.0,全局生产控制策略发挥其作用,实施并应用智能制造先进技术与方法来提高药品质量是制药4.0的目标。

### 1.2 智能制造成熟度评价模型

智能制造正在引领制造方式的变革,德国工业4.0与中国制造2025都为制造业指明了方向,而智

能制造成熟度评价模型更准确的定位了当今制造业所处阶段。



图2 从 ICH Q10 到制药工业 4.0

1.2.1 工业 4.0 成熟度指数 2016 年 4 月,德国国家科学与工程院发布《工业 4.0 成熟度指数》,包括一个含有 6 个阶段的成熟度模型<sup>[17]</sup>。1) 计算机化:在这个阶段,不同的信息技术在公司内部被独立的使用,主要用于有效的执行重复性任务,例如使用电脑数字控制使铣床精确地加工零件;2) 连接化:信息技术的独立使用演变为组件的连接,例如物联网的关键技术要求即是组件可以直接连接而不需要网络地址转换,产生数据后可以推送到顶层生产,完成相应的执行步骤;3) 可见性:传感器的使用可以使流程从头到尾被捕获且实时追溯记录,保持最新的工厂数据模型,例如通过传感器实时监控由特定原因引起的交易变更,以便进行生产计划的调整,现有数据源与车间传感器的组合;4) 透明度:即通过应用工程知识来分析解释数字之间的相互作用,在这一阶段,大数据应用程序将与其他应用程序例如制造执行系统等并行合作,对设备进行状态监测;5) 预测能力:即可通过数据评估事件的可能性,预测未来的发展,例如企业可以标记经常发生的后勤问题,在他们发生之前及时采取适当措施,减少意外时间的数量;6) 自适应阶段,预测能力是自适应阶段的基本要求,例如在无人帮助的情况下,利用网络技术系统快速适应不断变化的环境,利用数据做出决定在尽可能短的时间内获得最佳结果。

1.2.2 智能制造能力成熟度等级模型 2016 年 9 月,中国电子技术标准化研究院发布《智能制造能力成熟度模型白皮书》,提出中国智能制造能力成熟度模型<sup>[18]</sup>。模型中对智能制造能力成熟度模型共分为 5 个等级,如图 3 所示。1) 已规划级:企业开始对智能制造进行规划,部分核心业务有信息化基础;2) 规范级:核心业务重要环节实现了标准化和数字化,单一业务内部开始实现数据共享,企业开始迈进智能制造的门槛;3) 集成级:核心业务间实现了集成,

数据在工厂范围内实现了共享,企业已完成了智能化提升的基本准备工作;4) 优化级:企业内生产系统、管理系统以及其他支撑系统完成全面集成,实现工厂级的数字建模,能够对数据进行深层次挖掘,实现了对知识、模型等的应用,并能反馈优化核心业务流程,体现了人工智能;5) 引领级:是智能制造能力的最高程度,在该级别下,数据的分析使用已贯穿企业的各方面,设备之间实现反馈和优化,实现了预测、自适应,通过与产业链上下游的横向集成,带动产业模式的创新。

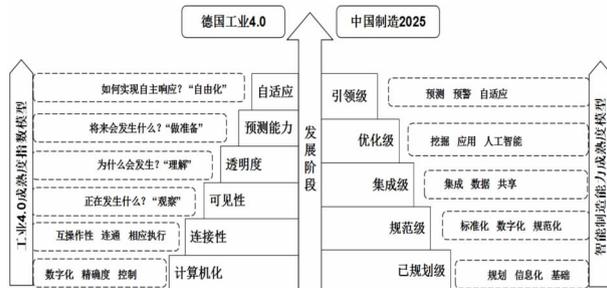


图3 成熟度等级模型图

1.2.3 中药智能制造现状与趋势 工业 4.0 与中国制造 2025 成熟度模型的评价方法,用于指导企业在生产转型期每个阶段的任务,根据自己的实际情况决定所处阶段是否为成本与利益的最佳平衡,从而确定生产目标,为今后发展指明方向。我国中药制造业已经进入智能化的时代,部分标杆性企业已经使用智能制造先进技术,进行信息集成、数据共享、搭建数字化工厂系统模型、建立企业核心数据库,实现了生产设备的实时监控与控制,达到全程追溯的状态。但是我国中药制造业整体上还存在大而强的问题,大部分企业还处于智能制造的基础阶段,基于大数据的到来以及 ICH Q12 中生命管理周期的理念,将引发中药制造业的不断改进与升级,工艺能力的不断提升,智能设计、智能模拟、智能优化、智慧应用都将应用于中药制造业中。

1.3 中药智能制造关键技术

中药智能制造应以中药智造母工厂建设为载体,以生产工艺大数据为抓手,发挥资源禀赋优势,通过智能制造与大规模批次生产有效结合,开发工艺技术智能,形成独特的智能制造能力,提高理解中药制剂复杂工艺系统以及在性能边界之内进行操作的知识和技能,在速度快、精度高等触觉受限的参数空间实现智能工艺管控,获得生产效率和产品质量的提升。

中药智能制造关键技术包括连续制造、信息集成、智能模拟和智慧应用 4 个方面,如图 4 所示。连

续制造<sup>[19]</sup>作为一种新的制造模式,具有成本低,周期短等优势,基于系统方法和模型建立,连续制造对过程更多的采用高强度在线监测与实时整体控制,提高产品一致性和工艺可放大性。信息集成<sup>[20]</sup>指应用先进的智能传感器,将中药生产过程分散的数据和关键制造资源有机集成,构建工业大数据平台,将中药制造过程透明化,随时感知生产过程的动态变化。智能模拟指借助信息学、人工智能和化学计量学的手段及策略,深入探讨多尺度、多维度数据之间的联系,挖掘隐藏在数据背后的工艺特征和模式,分析工艺参数与质量参数之间的关系,将生产过程中的复杂信息知识化。智慧应用指以算法库、模型库和工艺知识库为支撑,开展面向中药生产线的智能设计、智能分析、智能控制和智能优化服务。

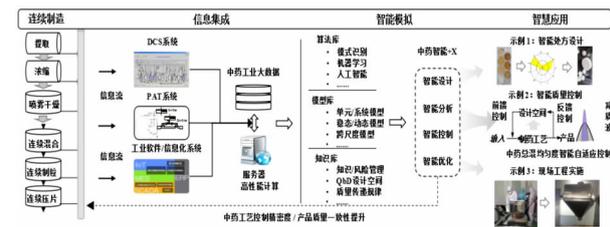


图4 中药智能制造技术与方向

1.3.1 连续制造 目前,化学药物<sup>[21]</sup>和生物药品<sup>[22]</sup>已经逐渐过渡到连续制造的全工艺生产水平中,我国的中药制造业也在不断改善制造模式。连续制造<sup>[23]</sup>作为一种新的生产制造方式,克服了间歇式生产方式耗时长、成本高、检测速度慢等缺点。连续制造可以分为单元型连续生产和全程型连续生产,其中固体制剂连续生产过程中的连续喂料、连续混合、连续制粒均属于单元型连续生产。连续制造过程技术将更多的采用在线监测与控制装备,例如近红外光谱与拉曼光谱等技术,提高过程的透明性。在连续制造的生产过程中利用具有感知、分析、推理、决策、控制功能的制造装备,将先进制造技术与智能信息进行集成和深度融合,及时发现药品质量波动,保障药品质量可控,并促进对生产的科学的理解过程。连续制造中智能装备的发展,可以实现生产过程的自动化、智能化、精密化、带动连续制造技术水平的提升。

1.3.2 信息集成 将传感器、嵌入式终端系统、智能控制系统、通信设施通过 CPS 形成一个智能网络,通过这个智能网络,使人与人,人与机器,机器与机器,以及服务与服务之间,能够形成一个互联,从而实现横向、纵向和端到端的高度集成<sup>[24]</sup>。中药制药过程中通过对制造执行系统<sup>[25]</sup> (Manufacturing Exe-

cution System, MES)、集散控制系统<sup>[26]</sup> (Distributed Control System, DCS) 以及工业大数据的实施和研究,为实现中药制药全过程的优化控制提供了保障。如北京同仁堂的先进中药粉碎前处理生产系统,将传统的模式改变为全封闭、自动化、无尘化的智能控制系统,充分利用物料重力、工艺特点、设备特点等进行了系统的优化升级,利用 MES 管理系统进行远程监控,随时监测生产情况和数据,可多台设备集中控制和调整工艺参数,达到最佳状态。从中药的粉碎、混合到计量分装系统,都采用了信息集成的智能化生产,节约了人员、场地、成本、能耗,提高了物料的收率,体现了数字化、集成化、智能化。将信息集成的理念应用于中药制造业中,真正实现了智能制造、绿色制造。

1.3.3 智能模拟 随着仿真技术的发展,在智能感知的背景下,人类利用智能模拟可以进行分析、类比和联想等,建立新的智能化技术,能够更全面的进行学习 and 理解<sup>[27]</sup>。中药智能模拟旨在综合利用各种信息采集技术<sup>[28]</sup>、图像处理技术<sup>[29]</sup>、建模与仿真技术<sup>[30]</sup>、虚拟现实技术<sup>[31]</sup>、研究中药质量形成过程的方法,建立中药内部组织结构与外部形态特征的表达方法、中药多维指纹图谱的可视化方法,中药生产过程的设计、分析、控制与优化方法。在此基础上,构建中药数字化资源共享平台。本课题组通过建立算法库、模型库与知识库,达到中药制造的智能设计、智能分析、智能控制与智能优化。例如模型库的广泛应用,徐冰<sup>[32]</sup>等人对基于遗传算法的多目标最小二乘支持向量机在近红外多组分定量分析中的应用进行了研究;吴志生<sup>[33]</sup>等人利用偏最小二乘法对参数的选择进行了优化,同时也对 NIR 定量模型的评价参数进行了一系列的进展研究<sup>[34]</sup>;张毅<sup>[35]</sup>等提出的中药物理指纹图谱,并对其进行研究及应用等。通过整合数据,提取有用信息,建立模型,发现和沉淀生产知识,最终提高药品的生产过程质量,对工艺过程以及中药本身的性质都有了更深入的理解。

1.4 智慧应用 徐冰<sup>[36]</sup>对中药生产过程全程优化理论以及中药生产过程质量传递规律进行了研究,提出中药 QbD“四全模式”,即“全局设计、全息设计、全程优化以及全面控制”。全局设计关注整个系统,从而形成完整的贯穿于中药整个产品生命周期的解决方案;全息分析重在数据与信息的分解与整合能力,将产生的新知识应用于数字化制药设备中;全面控制集中对人员、设备、药材、环境,以及源头到产品,批内到批间的全面控制,保证质量问题;全程

优化突破个体单元的界限,从整体的角度理解工艺参数,建立质量传递模型,确保质量的稳定。基于对“四全模式”的理解以及智能制造的背景下,将中药智慧制造分为以下四元互连体系“智能设计—智能感知—智能控制—智能优化”。智能设计为在中医药理论、系统科学、工程指导以及 QbD 的理念下,随着数据科学与人工智能的发展,各类系统方法将提高中药设计的效率,促进中药的智能化生产;智能感知将利用智能传感器例如过程分析技术工具等多功能集成的一系列在线分析技术,形成工业大数据平台,对数据进行实时监测,使中药制造过程透明化;智能控制是基于模型对过程机理的理解,探究质量传递规律,对中药全程进行控制,保证药品质量的一致性以及工艺系统的可靠性;智能优化基于 ICH Q12 的生命管理周期的理念下,突破个体局限性,对多重目标进行整合优化,对工艺能力进行提升,使产品质量得到持续改进。

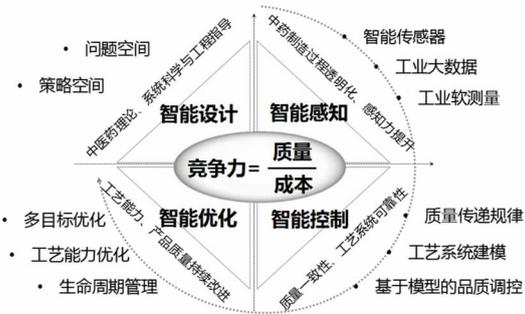


图 5 中药智慧制造

### 2 讨论

在智能制造进入中药制造领域时,主导我国中药产业创新升级的是工艺的提升和过程质量控制技术。要通过制药中智能制造技术的融合与创新,提升中药产业的整体质量,以智能制造为核心的中药智能制造技术才能在中药制药中真正起作用。因此,在中药制造向中药智造转向发展中,不仅需要智能制造思维,而且需要结合现代信息生产技术。不仅需要实现中药制药工艺能力与药品质量的控制,而且达到智能管理化的要求,实现优质、绿色、高效制药,走向中药智造的道路。

### 参考文献

[1] 国家制造强国建设战略咨询委员会. 中国制造 2025 蓝皮书 [M]. 北京:电子工业出版社,2016.

[2] 国务院. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知 [EB/OL,2015-05-19].

[3] 桑滨生. 《中医药发展战略规划纲要(2016-2030 年)》解读 [J]. 世界科学技术—中医药现代化,2016,18(7):1088-1092.

[4] 魏敏. 中医药发展“十三五规划”发布 [J]. 中医药管理杂志,2016

(17):79.

[5] Food and Drug Administration. Guidance for industry, PAT-A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing and Quality Assurance [ S ]. <http://www.fda.gov/cder/guidance/published.html>,2004.

[6] Singh J. International conference on harmonization of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use [ J ]. Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics,2015,6(3):185.

[7] Singh J. International Conference on Harmonization (ICH) of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use Guidelines. January [ J ]. Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics,2015,6(3):185-187.

[8] Allison G, Cain YT, Cooney C, et al. Regulatory and Quality Considerations for Continuous Manufacturing. May 20&dash;21, 2014 Continuous Manufacturing Symposium [ J ]. Journal of Pharmaceutical Sciences,2015,104(3):803-812.

[9] 徐冰, 史新元, 吴志生, 等. 论中药质量源于设计 [ J ]. 中国中药杂志,2017,42(6):1015-1024.

[10] Xu LD, He W, Li S. Internet of Things in Industries: A Survey [ J ]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2014, 10(4):2233-2243.

[11] Lee, Edward A. Cyber physical systems: Design challenges [ C ]. Object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008 11th IEEE international symposium on. IEEE, 2008:363-369.

[12] Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing [ J ]. Robotics & Computer Integrated Manufacturing, 2012, 28(1):75-86.

[13] Lee J, Lapira E, Bagheri B, et al. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment [ J ]. Manufacturing Letters, 2013, 1(1):38-41.

[14] Hashim J. Information communication technology (ICT) adoption among SME owners in Malaysia [ J ]. International Journal of Business & Information, 2007, 2(2):221-240.

[15] Herwig C, Wölbelling C, Zimmer T, et al. A holistic approach to production control from industry 4.0 to pharma 4.0 [ J ]. Pharmaceutical Engineering, 2017, 37(3):44-49.

[16] Lasi H, Fettke P, Kemper HG, et al. Industry 4.0 [ J ]. Business & Information Systems Engineering, 2014, 6(4):239-242.

[17] G Schuh RA, J Gausemeier. et, al. Industrie 4.0 maturity index [ S ]. 2017:3-60.

[18] 中国电子技术标准化研究院. 智能制造能力成熟度模型白皮书 [ S ]. 2016:1-48.

[19] Lemperle R. Advantages And Requirements of Continuous Production Processes [ J ]. Pharma Magazine, 2011.

[20] 李正, 康立源, 范晓辉. 中药制药过程数据集成、数据挖掘与可视化技术研究 [ J ]. 中国中药杂志, 2014, 39(15):2989-2992.

[21] Lin H, Dai C, Jamison TF, et al. A Rapid Total Synthesis of Ciprofloxacin H-hydrochloride in C-ontinuous Flow [ J ]. Angewandte Chemie International Edition, 2017, 56(30):8870-8873.

[22] Miotto M, Gouveia R, Abidin FZ, et al. Developing a Continuous Bioprocess-ing Approach to Stromal Cell Manufacture [ J ]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2017, 9(47):41131-41142.

[23] Byrn S, Futran M, Thomas H, et al. Achieving continuous manufac-

- turing for final dosage formation; challenges and how to meet them. May 20-21, 2014 Continuous Manufacturing Symposium [J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 2015, 104(3):792-802.
- [24] 杨先娣, 彭智勇, 刘君强, 等. 信息集成研究综述[J]. 计算机科学, 2006, 33(7):55-59.
- [25] 王万雷. 制造执行系统(MES)若干关键技术研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
- [26] 吕增芳. 集散控制系统发展概述[J]. 机械管理开发, 2008, 23(3):161-162.
- [27] Yang Y, Zhuang YT, Wu F, et al. Harmonizing Hierarchical Manifolds for Multimedia Document Semantics Understanding and Cross-Media Retrieval [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2008, 10(3):437-446.
- [28] 臧振中, 管咏梅, 杨明, 等. 传感器技术在中药智能制造中的应用研究[J]. 中国医药工业杂志, 2017, 48(10):1534-1537.
- [29] 吴紫依. 浅谈计算机数字图像处理技术的发展[J]. 无线互联科技, 2014, 10(5):95-95.
- [30] 李伯虎, 柴旭东, 朱文海, 等. 现代建模与仿真技术发展中的几个焦点[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(9):1871-1878.
- [31] 陈浩磊, 邹湘军, 陈燕, 等. 虚拟现实技术的最新发展与展望[J]. 中国科技论文, 2011, 6(1):1-5.
- [32] 徐冰, 王星, Tom D, 等. 基于遗传算法的多目标最小二乘支持向量机在近红外多组分定量分析中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(3):638-642.
- [33] Zhao N, Wu Z, Zhang Q, et al. Optimization of parameter selection for partial least squares model development [J]. Scientific Reports, 2015(5):11647.
- [34] 吴志生, 史新元, 徐冰, 等. 中药质量实时检测: NIR 定量模型的评价参数进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(14):2774-2281.
- [35] 张毅, 徐冰, 孙飞, 等. 中药提取物粉末物理指纹谱研究及应用[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(12):2221-2227.
- [36] 徐冰. 中药制剂生产过程全程优化方法学研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.

(2017-12-13 收稿 责任编辑: 张文婷)

## 《世界中医药》杂志中药研究栏目征稿通知

《世界中医药》杂志(CN 11-5529/R; ISSN 1673-7202)由国家中医药管理局主管, 世界中医药学会联合会主办, 创刊于2006年, 是中国第一本面向国内外公开发行的中医药类综合性学术期刊, 月刊。2009年被国家科技部收录为“中国科技核心期刊”。杂志全文收录在《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊数据库》《中文科技期刊综合评价数据库》《美国乌利希期刊指南收录期刊数据库》《美国化学文摘CA收录期刊数据库》等一系列检索系统。《世界中医药》杂志为世界中医药学会联合会的会刊, 目前, 该会已经成立了26个中药相关专业(如中药、中药新剂型、中药药剂、中药分析、中药化学、中药药理、药材资源、中药鉴定、方剂、中药饮片等)委员会, 这些专业委员会在各自的学科建设、学术交流、人才培养等方面都发挥着重要的作用, 本杂志与各专业委员会联手, 产、学、研、用、政结合, 优化学科建设, 解决中药领域面临的实际困难, 实现“学术、创新、转化、共赢”为目的, 共同推动学科的发展, 在中药领域的推广应用等方面做出了突出贡献。

本杂志近几年稳步发展, 办刊质量逐步提升, 影响不断扩大, 2016年度科技核心期刊的各项指标统计数据, 《世界中医药》杂志(中文刊)核心影响因子为0.697, 在同类期刊中上升至第4名, 自2009年9月进入统计源期刊以来, 连续第9年被评定为中国科技核心期刊。杂志设置“中药研究”栏目, 陆续宣传展示国内外中药学研究进展和最新动态, 是中药研究高学术水平的交流平台。如果您致力于中药领域的研究, 请将您在新药研发、中药资源与鉴定、中药分析、药剂学、中药化学、药理、不良反应等方向的新成果、新技术、新方法与新思路撰写成有创新性的文章或综述, 在本杂志出版发表, 内容以8500字符以上为宜, 稿件一经录用, 优先安排发表。

欢迎您踊跃投稿!

投稿请通过《世界中医药》杂志社官方网站: [www.sjzyzz.com](http://www.sjzyzz.com), “在线投稿”入口注册投稿, 并注明“中药征稿”字样。

联系电话: 0086-10-58650023, 58239055。

传真: 0086-10-58650236; E-mail: [sjzyzz@vip.126.com](mailto:sjzyzz@vip.126.com)