

中药生产过程智能质量控制专利技术进展

唐雪芳^{1,2}, 齐飞宇^{1,2}, 王团结^{3,4,5}, 梁子辰^{1,2}, 乔延江^{1,2}, 肖伟^{3,4,5*}, 徐冰^{1,2*}

(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 102400; 3. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏 连云港 222001; 4. 中药制药过程新技术国家重点实验室, 江苏 连云港 222001; 5. 中成药智能制造国家地方联合工程研究中心, 江苏 连云港 222001)

[摘要] 在中药智能制造由试点示范进入深入应用、全面推广的新阶段,如何提高过程质量控制系统的智能化程度,已成为中药生产过程控制技术发展的瓶颈。该文整理了自《中国制造 2025》规划实施以来,获得国家级和省级立项的中药智能制造项目(226项)和中药制药企业(145家),对相关中药生产企业申请的专利进行检索,挖掘出生产过程智能质量控制技术专利135件。从智能质量感知、智能工艺认知和智能过程控制3个方面,对中药材种植、饮片炮制、制剂前处理和制剂成型等单元环节,以及生产车间层面的智能质量控制专利技术进行了全面总结。研究表明,智能质量控制技术已初步应用于中药生产全过程,提取和浓缩单元智能化,以及关键质量属性的智能感知是当前阶段生产企业关注重点;面向中药制造工艺的认知专利技术较为缺乏,导致智能感知和智能控制尚未实现有效闭环整合。建议未来借助人工智能和机器学习方法,突破中药生产共性环节和生产系统的工艺认知瓶颈,将产品整体质量形成规律透明化,加速关键技术系统集成和智能装备创新与应用,促进中药品质均一性和制造可靠性的提升。

[关键词] 中药生产过程; 智能质量控制; 智能感知; 工艺认知; 过程控制

Patent application of intelligent quality control technology in traditional Chinese medicine production process: a review

TANG Xue-fang^{1,2}, QI Fei-yu^{1,2}, WANG Tuan-jie^{3,4,5}, LIANG Zi-chen^{1,2}, QIAO Yan-jiang^{1,2}, XIAO Wei^{3,4,5*}, XU Bing^{1,2*}

(1. Department of Chinese Medicine Informatics, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102400, China; 2. Beijing Key Laboratory for Production Process Control and Quality Evaluation of Chinese Medicine, Beijing Municipal Science & Technology Commission, Beijing 102400, China; 3. Jiangsu Kanion Pharmaceutical Co., Ltd., Lianyungang 222001, China; 4. State Key Laboratory of New-tech for Chinese Medicine Pharmaceutical Process, Lianyungang 222001, China; 5. National and Regional Joint Engineering Research Center for Key Technologies of Chinese Patent Medicine, Lianyungang 222001, China)

[Abstract] In the new stage for intelligent manufacturing of traditional Chinese medicine (TCM) from pilot demonstration to in-depth application and comprehensive promotion, how to raise the degree of intelligence for the process quality control system has become the bottleneck of the development of TCM production process control technology. This article has sorted out 226 TCM intelligent manufacturing projects that have been approved by the national and provincial governments since the implementation of the "Made in China 2025" plan and 145 related pharmaceutical enterprises. Then, the patents applied by these pharmaceutical enterprises were

[收稿日期] 2023-03-09

[基金项目] 中国工程院战略研究与咨询项目(2022-XY-44); 中国药品监管科学行动计划第二批重点项目子课题(中药连续制造研究); 连云港市重大技术攻关“揭榜挂帅”项目(CGJBS2101)

[通信作者] *徐冰, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中药质量与先进工艺控制, E-mail: xubing@bucm.edu.cn; *肖伟, 研究员级高级工程师, 博士生导师, 研究方向为中药制药学与中药新药创制, E-mail: kanionlunwen@163.com

[作者简介] 唐雪芳, 硕士研究生, E-mail: 20220935191@bucm.edu.cn

thoroughly retrieved, and 135 patents in terms of intelligent quality control technology in the production process were found. The technical details about intelligent quality control at both the unit levels such as cultivation, processing of crude herbs, preparation pretreatment, pharmaceutical preparations, and the production workshop level were reviewed from three aspects, i. e., intelligent quality sensing, intelligent process cognition, and intelligent process control. The results showed that intelligent quality control technologies have been preliminarily applied to the whole process of TCM production. The intelligence control of the extraction and concentration processes and the intelligent sensing of critical quality attributes are currently the focus of pharmaceutical enterprises. However, there is a lack of process cognitive patent technology for the TCM manufacturing process, which fails to meet the requirements of closed-loop integration of intelligent sensing and intelligent control technologies. It is suggested that in the future, with the help of artificial intelligence and machine learning methods, the process cognitive bottleneck of TCM production can be overcome, and the holistic quality formation mechanisms of TCM products can be elucidated. Moreover, key technologies for system integration and intelligent equipment are expected to be innovated and accelerated to enhance the quality uniformity and manufacturing reliability of TCM.

[**Key words**] traditional Chinese medicine production process; intelligent quality control; intelligent sensing; process cognition; process control

DOI:10.19540/j.cnki.cjcm.20230404.301

在国家制造强国战略引领和推动下,中药工业正通过装备工艺技术与新一代信息通信技术深度融合,加快向高端化、智能化和绿色化方向发展。在我国“十三五”期间和“十四五”初期,工业和信息化部通过开展医药工业智能制造试点示范、组织实施中药大品种先进制造技术标准验证及应用项目等,推动建设了一批中药智能化示范工厂^[1]。中药生产企业发展智能制造的内在动力在于产品质量可控,而在中华中医药学会发布的2022年度中医药重大产业技术难题中指出,如何从系统角度应对原料和过程波动,并制造出质量高度均一的制剂产品,仍是当前中药制剂制造过程面临的重要挑战^[2]。

中药生产过程质量控制技术是达成中药产品质量可控的基础^[3]。在中药智能制造由试点示范进入深入应用、全面推广的新阶段,如何提高过程质量控制系统的智能化程度,已成为中药过程质量控制技术发展的瓶颈。对此,国内学者进行了积极的探索,如龚行楚等^[4]认为先进的制药过程质量控制系统能检测关键物料质量和过程状态参数,及时调整关键过程参数,从而保障产品质量与设计目标一致。熊皓舒等^[5]提出发展以数字化、模型化为特征的全过程实时优化控制模式。伍振峰等^[6]基于中药制药工程质量观,提出“源头可控、制剂工艺规范、制药装备绿色、制造智能”的过程质量控制模式。徐冰等^[7]提出综合应用检验质量控制、统计质量控制、预测质量控制和智能质量控制实现中药产品质量一致性和工艺系统可靠性。这些新思路、新方法和新模式研究丰富了中药生产过程质量控制的内涵。

除研究论文外,专利的申请和授权可反映出本领域自主研发能力和创新水平。生产企业是中药智能制造实践的主体,专利信息也可在一定程度上表征企业的技术创新活动。本文拟系统梳理自《中国制造2025》规划实施以来,获得国家或省级立项的中药智能制造项目,并对相关中药生产企

业申请的智能质量控制相关技术专利进行全面检索和整理,分析中药生产过程智能质量控制技术水平和现状,总结中药过程质量控制系统智能化“卡脖子”难题,以期对中药生产过程质量控制智能化升级提供参考。

1 数据来源

以“智能工厂”“智能制造”“数字化车间”和“未来工厂”等为关键词,分别在国家工业和信息化部,以及各省或直辖市工业和信息化部相关局/厅的官方网站,检索2015年1月至2022年12月间中药智能制造相关项目,并进行汇总。共检索到与中药智能制造相关的项目226个,其中国家工业和信息化部批准的项目43个,省级中药智能制造相关项目183个。

上述226个中药智能制造项目中涉及145家制药企业。为研究中药智能工厂技术创新活动,以145家制药企业名称为专利申请人,在国家知识产权局官方网站,对2010年1月至2022年12月间中药制造过程智能质量控制相关技术专利进行检索和筛选。本文将智能质量控制技术划分为智能质量感知、智能工艺认知和智能过程控制3个方面。其中智能质量感知技术主要包括质量信息的智能检测,如机器视觉等传感器应用、在线测量技术等;智能工艺认知主要对应工艺建模和仿真技术,体现对中药制造过程质量形成规律理解;智能过程控制主要是对关键工艺性能或关键属性实施调控。按照上述技术特征或特征的组合,共筛选获得中药制造智能质量控制的有效专利135件,包括发明专利97件和实用新型专利38件。

2 中药智能制造企业分析

以国家级中药智能制造项目为例,在我国“十三五”期间,中药智能制造以智能工厂建设为主,如工信部批准的6个智能制造试点示范项目、15个智能制造综合标准化与新模式应用项目,以及8个工业转型升级(中国制造2025)项

目。在“十三五”末和“十四五”初期,中药生产企业除持续开展智能制造示范工厂(3个)和智能制造优秀场景(1个)建设外,还呈现以下趋势:一是在智能工厂的基础上,积极向产业链前后端延伸,如建立互联网协同运营平台,通过开放接口集成核心业务,为数据流动共享提供通路,并重点解决行业标准化底层编码体系,打破信息孤岛,如2个工业互联网试点示范项目;二是围绕典型中药智能制造模式,采用人工智能为代表的新一代信息技术,从海量数据中挖掘质量传递规律,扩充知识边界和工艺解析力,促进中药制造过程精益操作、优化和持续改进,如3个大数据产业发展试点示范项目;三是围绕质量追溯、精准营销和精益生产等典型业务需求,开展等新一代信息技术与制造业融合发展试点建设,如5个新一代信息技术与制造业融合发展试点示范项目。

145家中药智能制造企业生产产品包括中成药、中药材、中药饮片(含配方颗粒)、代煎中药、保健食品和提取物。这些企业在全国分布情况见表1,分布数量排名前5的省或直辖市分别为安徽省、天津市、江苏省、广东省和黑龙江省。这些省份一方面具有中药产业转型升级的良好基础,如安徽省是重要的中药材集散地^[8],广东省中药工业规模和竞争力居全国前列^[9],江苏省积极培育完善的中药产业链和产业集群^[10];另一方面是紧密结合区域优势,制订发展中药智能制造的政策,如天津市积极发展中药绿色智能制造、中药产品质量提升^[11],黑龙江省支持中药企业加速以大数据、互联网+为代表的新一代信息技术的应用等^[12]。

3 过程智能质量控制关键技术

将检索到的中药智能质量控制专利按照生产单元级技术和生产车间级技术分别进行描述。

3.1 生产单元智能质量控制技术

生产单元对应典型的中药生产环节,如种植采收、饮片炮制、制剂前处理、制剂成型和包装等。其中,将制剂前处理环节细分为提取、浓缩、精制和干燥。此外,一些通用的智能质量分析和评价方法单独划分为质量评价环节。在检索到的有效专利中,共筛选出116件与单元智能化技术相关的专利,其中4项专利为单元普适技术^[13-16],如关键过程参数识别、设计空间优化、智能反馈控制等。其余112件专利在各工艺单元的分布见表2,可见提取和浓缩单元智能化是企业关注重点。

3.1.1 中药材种植 中药材生长环境的不确定性高,是中药产品质量波动性的源头。在中药材种植环节,系统利用传感器等感知技术、数据库技术和机器学习算法等对中药生长环境湿度、温度、光照等因素进行监测、预警和控制,有助于提高药材质量可控性和种植收益。在中药材种植环节,共筛选出3项专利^[17-19]。例如鸡血藤种苗培育基地的控制系统^[17],能够通过信息采集系统实时监测各种环境因子,通过计算机控制系统对环境因子处理分析后,以指令形式调节鸡血藤生长需要的温度、湿度、光照等生长要素,让环境始终适

表1 我国中药智能制造企业分布

Table 1 Distribution of intelligent manufacturing enterprises of traditional Chinese medicine in China

No.	地区	企业数目/家
1	安徽省	14
2	天津市	13
3	江苏省	12
4	广东省	11
5	河南省	9
6	黑龙江省	9
7	重庆市	8
8	贵州省	7
9	湖北省	7
10	湖南省	6
11	山东省	6
12	浙江省	6
13	河北省	5
14	北京市	4
15	吉林省	4
16	云南省	4
17	广西壮族自治区	3
18	上海市	3
19	甘肃省	2
20	辽宁省	2
21	宁夏回族自治区	2
22	山西省	2
23	陕西省	2
24	四川省	2
25	江西省	1
26	新疆维吾尔自治区	1

表2 不同中药制造单元的智能质量控制专利分布

Table 2 Distribution of intelligent quality control patents in different traditional Chinese medicine manufacturing units

环节	单元	数目		
种植采收	种植	3		
	饮片炮制	洗	4	
		润	3	
		切	2	
		煮	6	
		炒	6	
		烫	2	
		其他	4	
		制剂前处理	提取	24
			浓缩	14
醇沉			5	
色谱	2			
萃取	2			
其他	4			
制剂成型	混合		3	
	胶囊填充	2		
	压片	1		
	包衣	2		
	制丸	4		
	贴膏成型	1		
质量评价	质量评价	18		

合鸡血藤苗的生长,提高了药材质量的均一性。又如一种中药材生产环境预警系统^[18],能根据环境参数与环境阈值信息判断是否需要预警,便于药农、药商及时实行措施,避免不良环境对药材生产造成不利影响。

3.1.2 中药饮片炮制 在饮片炮制环节,共筛选出 27 项专利^[20-46]。中药炮制过程质量控制智能化提升主要涉及饮片洗、润、切、蒸、煮、炒等工序。感知的质量指标包括水分、灰分、盐分、色度、密度、浊度、电导率、有效成分含量等,应用的感知工具包括微波水分测定仪、电导电极、浊度仪、色度计和软测量模型等。典型控制应用包括过程终点判断,如根据清洗液的浑浊度或电导率判断饮片清洗终点^[20-21],根据饮片含水量或硬度判断润制终点^[22-23],通过在线检测炮制溶液指标成分的含量实现煮制终点快速判断^[24]等。在中药材净选环节^[25],通过卷积神经网络识别药材图像,可实现不合格药材或杂质的智能判断。

3.1.3 中药提取 提取是中成药制造的共性关键环节。在提取环节,共筛选出 24 项专利^[47-70]。提取过程质量控制智能化提升重点包括 2 个方面,一方面是提取过程工艺参数(如加水量、温度)和提取过程状态(如微沸状态、泡沫溢出消除)的稳定化控制^[47-59],例如通过温度变送器、压力变送器、蒸汽调节阀组合使用来控制沸腾状态^[47]。另一方面是通过在线近红外(near infrared, NIR)、在线紫外(ultraviolet spectrum, UV)等感知工具,实现指标成分或大类成分的含量的在线监测,进而通过趋势分析与目标值比对实现提取过程终点智能判断^[60-68]。此外,哈尔滨珍宝制药^[48]建立了中药提取装置相连接在线检测装置,运用历史生产数据库及提取动力学模型,调整三七提取过程工艺参数,可实现定量提取。

3.1.4 中药浓缩 在浓缩环节,共筛选出 14 项专利^[71-84]。中药浓缩环节质量控制智能化提升一是浓缩工艺参数(如真空度、温度、液位、泡沫状态等)的稳定化控制^[71-76],如通过将光电传感器判断泡沫产生,如有泡沫则开启真空阀予以消除^[71]。二是通过在线 NIR 等感知工具,实现在线监测浓缩液相对密度或成分检测,并结合多变量统计方法判断浓缩终点^[77-82]。此外,在乙醇回收过程中^[83],可通过在线折光仪或电导率仪测定冷凝液乙醇浓度,进而判断回收终点。华润三九(枣庄)药业有限公司^[84]采用反应动力学模型来表征感冒灵颗粒浓缩过程蒙花苷的降解规律,获得温度、时间与蒙花苷含量变化的定量关系,实现根据浓缩温度设定物料停留时间,保证蒙花苷的转移率。

3.1.5 中药精制 中药精制环节包括醇沉、萃取、柱色谱和离心分离等。在精制环节,共筛选出 13 项专利^[85-97]。除采用近红外或者中红外等感知工具建立指标成分的在线定量分析模型,并进行过程终点判断外^[85-86];还针对醇沉操作中的控制难点,如乙醇浓度检测^[87]、上清液与沉淀分离^[88]等,设计了相应的智能化控制方法。例如在醇沉上清液出液过程中^[89],通过检测固液界面或者在出液管道上设置浊度仪,

来避免出液不完全和吸出沉淀等问题。

3.1.6 中药制剂成型环节 在制剂成型环节,共筛选出 13 项专利^[98-110]。中药制剂成型环节智能化应用主要涉及混合、压片、胶囊填充、包衣、制丸、滴丸滴制和贴膏剂成型环节。混合环节,采用微电子机械系统(micro-electro-mechanical system, MEMS)近红外传感器,并结合创新的批内自适应建模方法,实现不同混合工艺条件下的混合终点判断^[98]。在制剂包衣环节,采用近红外样本图谱与参考图谱比较,对包衣进行终点控制^[99]。在滴丸滴制工序,通过模糊控制调整滴盘进液口开度,将滴盘液位控制在稳定状态,实现恒定的滴制速度^[100]。在贴膏剂激光打孔工序,应用激光振镜扫描和二氧化碳激光超微切孔技术,实现在每个膏药片上切出直径小于 0.3 mm、行列间距为 5 mm 的密集小孔阵列,发挥增强产品的透气性的作用^[101]。

3.1.7 中药质量评价 在质量评价环节,共筛选出 18 项专利^[111-128]。智能感知的质量指标多样,如药物成分、水分、辅料等物质含量指标^[111-116],形色气味等感官指标^[117-118],质构特性、光学特性透射值等物理指标^[119-120],以及片剂崩解时间、颗粒溶化性等剂型控制指标^[121-122]等。通过智能感知工具和人工智能算法实现鉴别、含量测定等质量控制应用。在南沙参药材基原鉴定中^[117],通过计算机视觉提取南沙参药材的表观性状的特征并进行标准化,经过训练的神经网络鉴别轮叶沙参或沙参。在颗粒融水性评价中^[121],以溶液中的粒子数量和粒径值为自变量,通过软测量模型计算待测溶液的浊度值,并据此判断溶化性。在中药注射剂质量评价中^[123],应用高光谱技术预测多项化学指标和多项活性指标并测定色度。

3.2 生产车间智能质量控制技术

在车间和生产系统层面开展智能质量控制的专利共有 19 项^[129-147]。自动化和数字化基础设施建设是车间级或工厂级智能质量控制技术实现的基础。在中药智能工厂建设中,一般采用纵向集成的思路建设覆盖管理层、车间层和控制层的综合信息化系统,如企业资源计划(enterprise resource planning, ERP)、生产执行系统(manufacturing execution system, MES)、数据采集与监视控制系统(supervisory control and data acquisition, SCADA)、可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)/分散控制系统(distributed control system, DCS)等,并积极应用工业物联网、射频识别技术(radio frequency identification, RFID)、过程分析技术(process analysis technology, PAT)等实现生产数据、设备状态数据、质量数据和能源数据的现场实时自动采集和传输,通过现场数据与生产管理软件的信息集成,提升生产管理决策的透明度和质量控制数字化水平^[129-139]。部分中药企业在生产系统自动化控制技术^[140]、生产设备互联互通技术^[141]、多设备系统精准同步技术^[142]、基于区块链的生产信息化管理系统^[143],以及全过程质量信息追溯^[144]等方面申请了专利。

在生产系统智能质量控制方面,江苏康缘药业股份有限公司^[145]开发一种中药生产过程知识系统,包括数据库、能力评价、监控反馈和设计空间寻找4个模块,可通过过程能力评价决定放行参数或者寻找设计空间,实现中药生产过程智能调节和反馈。其围绕热毒宁注射液过程质量控制,发明了数据驱动的热毒宁注射液绿原酸转移率预测方法^[146],可根据热毒宁注射液提取、醇沉、萃取等10个工序的工艺参数与质量参数来预测有效成分的转移率,方便事前干预和过程控制。华润三九(枣庄)药业有限公司^[147]采用大数据技术对历史生产数据进行分析,利用BP神经网络(back propagation neural network)建立生产质量指标预测模型,之后通过参数确定模块实现了生产工艺参数的优化和质量指标的提高。

4 讨论

4.1 智能质量感知技术

智能质量感知是获取中药生产过程质量信息的前提和基础,相关工具可以作为独立的生产现场质量检验系统,也可以与装备或控制系统构成闭环在线质量控制系统。鉴于中药质量的整体性和复杂性特征,建议充分考虑过程质量感知指标与中药终产品质量控制标准之间的关联性和互补性,发挥填补过程质量控制“盲区”的作用。在感知目标上优先选择可测量的关键性指标、在生产过程中易转化分解或不稳定指标和大类成分指标(如含固量),以及与生产操作和产品性能密切相关的黏度、密度、粒度、水分等理化指标。在感知工具和方法方面,可结合质量可控性和生产效益的需要,进一步发展低成本传感器和仪表,以及提高感知系统的自动化和智能化程度。

4.2 智能工艺认知技术

智能工艺认知技术是中药生产过程智能质量控制的核心理念,工艺认知的目的在于加强对制药工艺的理解和获取工艺知识体系,如中药复方制剂质量的过程影响因素识别、产品质量形成规律、原料质量波动和传递等^[148]。当前中药生产过程认知专利技术较为缺乏,导致过程感知和过程控制未能实现有效闭环整合。获取工艺知识的可能途径如下:①数据驱动模式,即结合生产数据,识别生产过程关键属性和关系,结合人工智能技术建立数据驱动的工艺模型,预测过程质量变化趋势^[149];②机制驱动模式,如采用数值模拟、计算流体力学、离散元等工具建立过程模型^[150-152],未来还可采用“数据+机制”双重驱动的方式提高中药制剂工艺认知水平,③针对中药制药过程质量控制系统,构建知识图谱或工艺知识库^[153-154]。

4.3 智能过程控制技术

智能过程控制的关键在于针对具体应用场景,设计相应的控制算法,并在智能装备中根据控制目标实现感知、分析、决策和执行的闭环操作。在检索到的专利中,智能过程控制以过程参数稳定化控制和过程终点控制为主。针对物理质量属性的智能过程控制易于实现,如饮片切制厚度^[46]、浓缩

过程密度^[82]、干燥过程水分^[43]、滴丸滴制过程丸形和丸重^[101]等。针对化学质量属性的批间质量均一性控制仍然是尚待攻克的难点。日本津村在汉方TJ-68产品生产^[155],原料生药芍药苷分散度-30%~60%,通过制剂生产优化成分均衡,可将产品中芍药苷分散度控制在±15%,具有一定借鉴价值。除次生代谢产物外,针对中药浸膏中影响固形物含量或出膏率的初生代谢产物(如多糖、油脂、蛋白质等大分子物质^[156])的控制,尚缺乏有效的过程控制方案。

5 总结和展望

目前,我国中药制剂生产已经进入智能化初级阶段,智能质量控制专利技术已渗透至从中药材种植到成药成型的中药生产全过程。从检索整理的专利可以看出,中药提取和浓缩单元的质量控制智能化提升,以及关键质量属性的智能化感知是当前企业关注的重点;智能工艺认知的专利技术较少,难以支撑面向质量效益提升的多维度和综合性工艺决策,中药智能制造企业在工艺理解和持续改进方面仍有待加强。此外,针对中药制造共性单元的智能质量控制专利技术较为分散,尚未围绕品质均一性控制形成系统整合的有效方案。建议未来:①借助人工智能、机器学习和数据挖掘方法,并结合中药专业知识和判断,建立与应用相关联的工艺数学模型,突破工艺认知瓶颈,将中药产品整体质量的形成规律透明化;②研发生产全过程复杂系统建模技术,实现基于模型的生产全流程智能决策和质量持续改进。③研究符合中药物料特点的连续制造装备^[157],加速系统集成技术创新与应用,促进中药制造装备智能化升级,提高中药品质均一性和制造可靠性。

[参考文献]

- [1] 国家药品监督管理局. 对十三届全国人大三次会议第1364号建议的答复[EB/OL]. [2023-03-09]. <https://www.nmpa.gov.cn/zwgk/jyta/rdjy/20201117152319161.html>.
- [2] 中华中医药学会. 2022年度中医药重大科学问题、工程技术难题及产业技术问题[J]. 中医杂志, 2022, 63(14): 1301.
- [3] 史新元, 张燕玲, 王耘, 等. 中药生产过程中质量控制的思考[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2008, 10(5): 121.
- [4] 龚行楚, 汪清琳, 程翼宇. 中药制药过程质量控制方法探索:以三七总皂苷生产制造为例[J]. 中国食品药品监管, 2022(10): 54.
- [5] 熊皓舒, 田埂, 刘朋, 等. 中药生产过程质量控制关键技术研究进展[J]. 中草药, 2020, 51(16): 4331.
- [6] 伍振峰, 林瑞华, 王学成, 等. 基于中药制药工程质量观的质量控制模式研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(1): 271.
- [7] 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.
- [8] 安徽省卫生健康委, 安徽省发展和改革委员会, 安徽省中医药管理局. 关于印发安徽省“十四五”中医药发展规划的通知[EB/OL]. [2022-06-10]. <https://wjw.ah.gov.cn/public/7001/56585311.html>.
- [9] 广东省中医药局. 广东省中医药发展“十四五”规划[EB/OL]. [2022-06-10]. <https://wjw.ah.gov.cn/public/7001/56585311.html>.

- OL]. [2023-03-09]. http://szyyj.gd.gov.cn/zwgk/xxgkml/5/content/post_3734516.html.
- [10] 江苏省发展改革委. 关于印发《江苏省“十四五”中医药发展规划》的通知[EB/OL]. [2023-03-09]. http://fzggw.jiangsu.gov.cn/art/2022/1/14/art_83783_10330764.html.
- [11] 李芮. 《天津市中医药事业发展“十四五”规划》印发[J]. 中医药管理杂志, 2021, 29(18): 218.
- [12] 黑龙江省人民政府办公厅. 黑龙江省人民政府办公厅关于印发黑龙江省“十四五”中医药发展规划的通知[EB/OL]. [2023-03-09]. https://www.hlj.gov.cn/hlj/c111009/202112/c00_30640988.shtml.
- [13] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 潜在过程参数挖掘方法及装置: 201710770966. 7[P]. 2018-11-06.
- [14] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 一种多维参数识别方法及装置: 201710772738. 3[P]. 2018-01-19.
- [15] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 一种基于过程参数的结果反馈方法及装置: 201710771790. 7[P]. 2019-08-16.
- [16] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 系统参数设计空间优化方法及装置: 201710771774. 8[P]. 2019-03-26.
- [17] 彭开锋, 张鹏, 伍实花, 等. 一种鸡血藤种苗培育基地的控制系统: 201621019482. 6[P]. 2017-08-18.
- [18] 许冬瑾, 韩中伟, 朱伟伟, 等. 一种药材生产环境预警系统: 201811162814. X[P]. 2020-11-27.
- [19] 刘艳, 康志英, 李晶, 等. 一种中药材种植监测网络多路径堵塞控制方法: 202010878930. 2[P]. 2020-12-22.
- [20] 顾川川, 周祥山, 尤金花, 等. 一种基于电导率的阿胶焯皮工艺终点判别方法: 201310057050. 9[P]. 2016-12-28.
- [21] 高波, 罗川, 胡雨, 等. 一种中药饮片清洗过程质量控制系统: 201910695545. 1[P]. 2020-01-24.
- [22] 徐冰, 张燕玲, 乔延江, 等. 干燥根茎类药材润制过程中软化程度判断方法: 201910881852. 9[P]. 2019-12-20.
- [23] 高波, 罗川, 吴若南, 等. 一种药材润制过程控制方法及装置: 201911318701. 9[P]. 2021-04-02.
- [24] 高波, 罗川. 一种中药饮片炮制的质量控制方法及设备: 201910119982. 9[P]. 2019-04-19.
- [25] 高波, 罗川. 一种基于卷积神经网络的金银花药材快速净选方法及系统: 202010129410. 1[P]. 2020-06-30.
- [26] 周祥山, 秦玉峰, 田守生, 等. 一种动物胶类中药的在线水分快速测定方法: 201310547672. X[P]. 2015-04-29.
- [27] 钟如帆, 干丽, 梁志毅, 等. 一种狗脊炮制工艺的在线评价方法: 201910543078. 0[P]. 2019-09-20.
- [28] 张志强, 付静, 沈建梅, 等. 一种烫狗脊饮片炮制程度的判定方法: 202010868164. 1[P]. 2021-12-07.
- [29] 杨士军, 张一飞, 缪兴华, 等. 中药饮片自动喷淋润药系统: 202022405221. 0[P]. 2021-09-14.
- [30] 萧伟, 刘雪松, 陈勇, 等. 一种栀子热处理工艺的控制方法及装置: 201610770296. 4[P]. 2019-08-16.
- [31] 吴慧峰, 李文强. 一种智能识别中药清洗效果的清洗装置: 202220800241. 4[P]. 2022-10-21.
- [32] 王玉娇, 徐云鹏, 石永坚, 等. 一种驴皮焯皮液盐分检测装置: 201920018626. 3[P]. 2019-09-24.
- [33] 王方成, 唐莉, 吴建国, 等. 黑顺片炮制过程 Ca^{2+} 含量监测方法及漂洗终点判断法: 201911014873. 7[P]. 2020-01-07.
- [34] 罗川, 高波, 种振, 等. 一种阿胶珠炒制过程终点的快速判断方法: 202111496745. 8[P]. 2022-03-15.
- [35] 刘群, 谈宗华, 吴统选, 等. 具有自动控温控压的药用蜜制锅: 201520476929. 1[P]. 2015-12-02.
- [36] 刘群, 谈宗华, 吴统选, 等. 具有智能温度湿度控制的炒药机: 201520475212. 5[P]. 2015-11-25.
- [37] 梁志毅, 纪玉华, 黄贵发, 等. 微波炮制狗脊的在线评价方法和应用: 202010468994. 5[P]. 2020-09-04.
- [38] 侯风祥, 崔秀梅, 顾选, 等. 一种中药用电磁炒药机的温控装置及其温控方法: 201811397392. 4[P]. 2021-01-01.
- [39] 干丽, 崔婷, 曾昭君, 等. 一种栀子炮制品的检测方法: 201910795811. 8[P]. 2019-11-12.
- [40] 高波, 罗川. 一种中药饮片炮制的质量控制方法: 201910119982. 9[P]. 2022-01-28.
- [41] 高波, 罗川, 胡雨, 等. 一种中药炒制的在线质量控制设备及方法: 201910458851. 3[P]. 2019-09-17.
- [42] 高波, 罗川, 胡雨, 等. 一种中药饮片炒制的在线质量控制设备及方法: 201910458851. 3[P]. 2021-04-02.
- [43] 高波, 罗川. 一种中药材干燥过程水分在线控制方法及装置: 202010087009. 6[P]. 2021-11-19.
- [44] 高波, 罗川. 一种中药饮片炮制的灰分在线检测方法及设备: 201910151684. 8[P]. 2022-04-29.
- [45] 高波, 罗川. 一种中药饮片切制过程片厚在线控制装置、控制系统及控制方法: 201910223081. 4[P]. 2020-09-18.
- [46] 高波, 罗川. 一种中药饮片切制过程片厚在线控制装置及方法: 201910223081. 4[P]. 2019-07-19.
- [47] 熊伟, 邹雄波, 李磊, 等. 一种中药提取微沸控制装置: 202123065611. 9[P]. 2022-06-14.
- [48] 方同华, 程翼宇, 瞿海斌, 等. 三七定量提取的自动控制系统: 201620388296. 3[P]. 2017-02-08.
- [49] 汤志伟, 蔡峰, 陈珍贵, 等. 一种蒸馏自动控制装置: 201621484680. X[P]. 2017-07-28.
- [50] 张路, 王春艳, 李士栋, 等. 一种中药提取液预处理及检测装置: 201420719091. X[P]. 2015-04-22.
- [51] 袁莉, 高超, 黄胜, 等. 一种提取蒸馏自动控制装置及其应用: 201811088284. 9[P]. 2019-12-17.
- [52] 高波, 罗川. 一种华蟾素提取装置及华蟾素提取过程压力控制方法: 201610007485. 6[P]. 2017-10-17.
- [53] 高波, 罗川. 一种华蟾素出渣装置及其提取过程出渣控制方法: 201610019612. 4[P]. 2017-10-17.
- [54] 高波, 罗川. 一种中药配方颗粒提取过程质量稳定性控制方法: 201410823836. 1[P]. 2017-05-24.
- [55] 谢志坚, 李峰伟, 雷永, 等. 一种基于人工智能的中药生产智能质量控制系统: 202011407514. 0[P]. 2021-08-17.
- [56] 魏强, 郭威, 黄金辉, 等. 一种中药蒸馏提取罐的自控系统: 201922282707. 7[P]. 2020-10-20.
- [57] 胡黎明, 陶鹏, 余祥安, 等. 一种中药液体定量恒温控制系统

- 统; 201721607201. 3[P]. 2018-06-05.
- [58] 魏强, 郭威, 黄金辉, 等. 提取罐泡沫防溢控制系统; 201620811470. 0[P]. 2017-03-15.
- [59] 马兴田, 许冬瑾, 李建华, 等. 自动加水系统及控制方法; 201610525316. 1[P]. 2019-09-13.
- [60] 徐媛, 黎焕弟, 何浩华. 一种中药浸提过程在线检测设备; 202121999282. 2[P]. 2022-03-08.
- [61] 许士豹, 贾光林, 陶焕, 等. 中药提取器内提取液 pH 值的在线检测装置; 202120250750. X[P]. 2021-11-12.
- [62] 杨雄, 徐媛, 黎焕弟, 等. 一种中药浸提过程质量控制方法; 202111181503. X[P]. 2021-12-03.
- [63] 刘爽, 谈宗华, 吴统选, 等. 一种地贞颗粒醇提过程在线质量监控方法; 202110819726. 8[P]. 2021-12-03.
- [64] 李民, 刘丽, 周祥山, 等. 一种在线定量检测动物提取胶液中水不溶物的方法; 201910433362. 2[P]. 2019-08-23.
- [65] 侯新莲, 吴建国, 周鑫, 等. 采用黑顺片自动化提取过程中实时放行方法所得的黑顺片提取液及参附注射液; 201810099865. 6[P]. 2020-08-18.
- [66] 张跃飞, 王龙虎, 林丽娜, 等. 利用近红外光谱法快速检测感冒灵颗粒的提取液的方法及应用; 201610143106. 6[P]. 2019-03-01.
- [67] 刘薇, 戴连奎, 付静, 等. 中药提取过程动态趋势在线紫外分析方法; 201410377580. 6[P]. 2016-04-20.
- [68] 徐波, 戚可人, 韩亚朋, 等. 一种将浊度检测应用于药材提取的方法; 201310004369. 5[P]. 2018-10-16.
- [69] 许士豹, 贾光林, 陶焕, 等. 精准抽取中药沉淀液上清的装置; 202120273122. 3[P]. 2021-11-12.
- [70] 萧伟, 刘雪松, 李页瑞, 等. 一种中药提取过程称量配送方法; 201711221331. 8[P]. 2018-02-23.
- [71] 杨毅, 李孝胜, 黄飞宇. 一种带有泡沫检测装置的中药浓缩系统及泡沫消除方法; 201910902781. 6[P]. 2021-09-03.
- [72] 萧伟, 刘雪松, 李页瑞, 等. 一种栀子浸膏冷藏过程控制方法; 201711221115. 3[P]. 2019-12-24.
- [73] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 金青提取液浓缩过程温度和真空度稳定控制方法和设备; 201610353507. 4[P]. 2018-11-06.
- [74] 高波, 罗川. 一种中药配方颗粒浓缩过程真空度稳定性控制装置及方法; 201410817596. 4[P]. 2016-04-20.
- [75] 高波, 罗川. 一种中药配方颗粒生产浓缩过程液位检测装置及方法; 201410808691. 8[P]. 2016-03-16.
- [76] 高波, 罗川. 一种中药配方颗粒浓缩过程维持真空度稳定的装置及方法; 201410808497. X[P]. 2015-12-09.
- [77] 涂祥军, 雷永, 郭依伦, 等. 一种中药双效浓缩过程在线取样检测装置; 202022644181. 5[P]. 2021-06-11.
- [78] 王灵, 陈珍贵, 黄胜, 等. 一种六味地黄丸浓缩过程的检测系统及检测方法; 201911245156. 5[P]. 2021-06-08.
- [79] 高波, 罗川. 华蟾素浓缩收膏终点的判断方法; 201610187683. 5[P]. 2018-12-14.
- [80] 高波, 罗川. 华蟾素浓缩收膏过程质量控制方法; 201610187683. 5[P]. 2016-08-10.
- [81] 刘雪松, 金叶, 陈勇, 等. 金银花浓缩过程在线实时放行检测方法; 201510177436. 2[P]. 2017-06-30.
- [82] 秦玉峰, 尤金花, 周祥山, 等. 一种基于近红外光谱的软测量方法; 201310130446. 1[P]. 2016-12-28.
- [83] 高波, 罗川. 一种华蟾素乙醇回收工段终点判断系统及方法; 201610350450. 2[P]. 2018-08-10.
- [84] 王龙虎, 邓海欣, 毛佩芝, 等. 一种提高感冒灵颗粒中间体质量的方法; 201510078022. 4[P]. 2018-04-20.
- [85] 萧伟, 刘雪松, 陶玲艳, 等. 一种栀子萃取过程快速检测方法; 201510748348. 3[P]. 2018-01-12.
- [86] 刘爽, 谈宗华, 王晓, 等. 一种银参通络胶囊银杏叶纯化过程的近红外线质量检测系统; 201910917907. 7[P]. 2020-04-17.
- [87] 萧伟, 刘雪松, 李页瑞, 等. 一种中药醇沉过程中乙醇浓度的在线检测方法; 201711215255. X[P]. 2021-04-20.
- [88] 张学敏, 徐波, 王秀宏, 等. 一种中药醇沉药液分离自动控制装置; 201920201188. 4[P]. 2019-11-19.
- [89] 谢志坚, 雷永, 崔金秀, 等. 一种中药醇沉固液界面检测装置及其检测方法; 202011254005. 9[P]. 2021-02-23.
- [90] 钟志坚, 陈卡卡, 罗小荣, 等. 一种具有浊度在线检测的离心设备和中药制剂检测系统; 202122903847. 9[P]. 2022-05-10.
- [91] 张涛. 一种应用于薄荷脑提纯过程中的控温装置; 201721381886. 4[P]. 2018-05-15.
- [92] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 醇沉工段的生产过程控制方法及装置; 201710771019. X[P]. 2019-03-26.
- [93] 萧伟, 刘雪松, 陈勇, 等. 一种金青浸膏萃取工艺的控制方法及装置; 201610776309. 9[P]. 2019-02-05.
- [94] 刘雪松. 母液中和罐自控加碱装置; 202221175774. 4[P]. 2022-09-20.
- [95] 李伟欣, 孙倩, 尹海飞, 等. 一种醇沉液在线检测抽取装置; 202120719181. 9[P]. 2021-11-23.
- [96] 高波, 罗川. 一种华蟾素冷冻纯化系统及其控制方法; 201610350451. 7[P]. 2017-09-15.
- [97] 方同华, 程翼宇, 瞿海斌, 等. 三七总皂苷柱层析过程自动控制装置; 201620387863. 3[P]. 2016-11-30.
- [98] 徐冰, 史新元, 乔延江, 等. 中药配方颗粒混合过程终点在线监控方法; 201610836387. 3[P]. 2020-05-29.
- [99] 肖伟, 夏春燕, 徐芳芳, 等. 一种固体制剂包衣合格性测试模型的检测方法; 201910046836. 8[P]. 2019-06-14.
- [100] 刘君, 孟庆军, 尚德立, 等. 一种滴丸机滴盘液位的模糊控制方法和系统; 202110411311. 7[P]. 2021-08-03.
- [101] 程剑军, 张曙远, 陈卫, 等. 一种在线激光打孔边距的控制系统; 201820477130. 8[P]. 2018-12-14.
- [102] 董俊生, 董光明, 许信学, 等. 一种用于自动化控制操作的装置; 201922162480. 2[P]. 2020-06-02.
- [103] 金玉翠, 孙阳恩, 王春艳, 等. 一种胶类中药粘性诱发控制装置; 201820653173. 7[P]. 2019-04-12.
- [104] 肖伟, 王晴, 徐冰, 等. 一种胶囊剂剂装量偏差的检测方法; 201910512582. 4[P]. 2021-10-01.
- [105] 张志强, 徐冰, 乔延江, 等. 定量预测中药配方颗粒混合过

- 程终点时间的方法; 201811443243. 7[P]. 2021-04-02.
- [106] 闫凯境, 孙小兵, 荣昌盛, 等. 一种液体冷却滴丸的连续智能制备方法; 201680053033. X[P]. 2020-07-10.
- [107] 熊伟, 李磊, 谢玉成, 等. 一种包衣机喷液冗余控制系统; 202123065577. 5[P]. 2022-08-16.
- [108] 刘旭海, 张细和, 钟志坚, 等. 一种片剂在线取样检测控制系统和片剂质量检测系统; 202111408942. X[P]. 2022-03-04.
- [109] 刘思川, 廖孝曙, 江力军, 等. 胶囊填充机和药粉高度控制装置; 201420455785. 7[P]. 2014-12-17.
- [110] 侯文林, 许信学, 贺礼嘯, 等. 一种用于制丸的油量控制装置; 201620458031. 6[P]. 2016-12-21.
- [111] 肖伟, 徐芳芳, 毕宇安, 等. 一种适用于中药混悬体系的检测方法; 201810119232. 7[P]. 2020-12-11.
- [112] 谷陟欣, 刘雪松, 朱丽, 等. 一种生药粉在线检测装置和检测方法; 201610063482. 4[P]. 2022-03-29.
- [113] 张志鹏, 刘燎原, 林荣楷, 等. 苍耳子中药配方颗粒的近红外定量检测模型的构建方法及其定量检测方法; 202111467382. 5[P]. 2022-03-18.
- [114] 魏梅, 黄瑶, 刘远俊, 等. 苍耳子药材的近红外鉴别模型的构建方法及其近红外鉴别方法; 202111463643. 6[P]. 2022-03-18.
- [115] 涂祥军, 谢志坚, 雷永, 等. 一种中药生产在线质量检测方法; 202011375150. 2[P]. 2021-03-26.
- [116] 肖伟, 徐芳芳, 张永超, 等. 一种建立固体制剂中间体物理性质指标的通用测试模型的方法; 202011131359. 4[P]. 2022-04-22.
- [117] 罗宇琴, 梁慧, 潘礼业, 等. 基于神经网络的南沙参药材检测方法; 201910834109. 8[P]. 2022-07-29.
- [118] 周祥山, 田守生, 张淹, 等. 一种阿胶感官品质评价方法; 201611240027. 3[P]. 2018-11-09.
- [119] 车虹昌, 张全才, 牛长远, 等. 一种灯检方法; 201710267195. X[P]. 2019-10-22.
- [120] 钟国跃, 陈利民, 任刚, 等. 一种便携式胶类中药材光学检测仪; 201820925936. 9[P]. 2018-12-18.
- [121] 张志强, 徐冰, 于佳琦, 等. 一种中药颗粒剂溶化性的检测方法; 202010046003. 4[P]. 2022-08-12.
- [122] 肖伟, 夏春燕, 徐冰, 等. 一种片剂崩解时间的检测方法; 201910511876. 5[P]. 2019-10-15.
- [123] 程翼宇, 方同华. 一种基于高光谱的中药注射剂多指标检测系统; 202020138594. 3[P]. 2021-07-23.
- [124] 邹节明, 唐琳. 一种自动检测产品状态的产线设备; 201721415077. 0[P]. 2018-06-05.
- [125] 白乐, 刘文君, 李诒光, 等. 一种休止角测定仪; 202220909586. 3[P]. 2022-08-30.
- [126] 刘志祥. 一种安瓿注射液异物自动灯检机; 202020414285. 4[P]. 2021-01-22.
- [127] 刘思川, 葛均友, 谭鸿波, 等. 一种粉剂分装量检测系统; 201821043053. 1[P]. 2019-02-05.
- [128] 常彦松, 蒋晟龙, 庄海湛, 等. 一种具有检测功能的药膏剂灌装机; 202221108722. 5[P]. 2022-08-12.
- [129] 乐渝宁, 钱永安, 高思远, 等. 多元化能源管理系统; 201810370926. 8[P]. 2018-07-27.
- [130] 郭世亮. 一种中间件线程的监控调度系统及方法; 201310298602. 5[P]. 2016-06-15.
- [131] 乐渝宁, 钱永安, 高思远, 等. 一种用能运行监测模块集成系统; 201820587153. 4[P]. 2018-11-16.
- [132] 齐静静, 周祥山, 刘丽, 等. 一种基于 NFC 的阿胶溯源方法及系统; 201910450017. X[P]. 2022-04-08.
- [133] 龚平, 刘锋, 陈俊, 等. 追风透骨胶囊的自动化生产线; 202023279197. 7[P]. 2021-12-14.
- [134] 刘旭海, 王谷洪, 王熠璐, 等. 一种中药固体制剂连续化生产方法及其设备; 202010475535. X[P]. 2021-12-03.
- [135] 谢志坚, 贾向东, 陈晓阳, 等. 一种基于云计算的中药生产远程监控系统; 202011086828. 5[P]. 2021-06-11.
- [136] 黄介, 柏和贤, 周帮建, 等. 一种痛泻宁颗粒自动化生产控制系统及方法; 202010808240. X[P]. 2020-11-10.
- [137] 黄介, 杭永禄, 王茂, 等. 智能制造中药的中药提取系统及方法、计算机可读存储介质; 202010814331. 4[P]. 2020-12-18.
- [138] 黄介, 杭永禄, 王茂, 等. 多剂型中西药产品全流程智能制造系统及建造方法; 202010813216. 5[P]. 2021-01-01.
- [139] 叶兆军, 游雪丹, 周帮建, 等. 六味安神胶囊智能制造系统及方法; 202010945026. 9[P]. 2020-12-18.
- [140] 邓林, 游雪丹, 黄介, 等. 一种胆舒软胶囊自动化生产控制系统及生产方法; 202010944876. 7[P]. 2020-12-18.
- [141] 罗日康, 黎焕弟, 徐媛, 等. 一种中药生产设备互联互通的系统; 202111181692. 0[P]. 2022-01-04.
- [142] 邢健, 梁川, 陈雪军, 等. 一种用于中医药的多设备同步方法及系统; 202210128703. 7[P]. 2022-06-03.
- [143] 谢志坚, 雷永, 李峰伟, 等. 一种基于区块链的中药生产信息化管理系统; 202011306131. 4[P]. 2021-05-04.
- [144] 武子锋, 郭长达, 胡中盛, 等. 一种中药饮片全流程追溯系统; 202011105586. X[P]. 2021-01-22.
- [145] 萧伟, 刘雪松, 凌娅, 等. 一种中药生产过程知识系统; 201710770922. 4[P]. 2018-11-06.
- [146] 肖伟, 杜慧, 徐冰, 等. 一种数据驱动的热毒宁注射液绿原酸转移率预测方法; 201910512584. 3[P]. 2019-10-29.
- [147] 谢志坚, 张敬海, 王珍玉, 等. 一种基于大数据技术的中药生产工艺参数分析系统; 202011230463. 9[P]. 2021-05-04.
- [148] 齐飞宇, 李文静, 赵晓庆, 等. 中药口服固体制剂制造分类系统(I); 工艺路线分类[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(12): 3169.
- [149] 徐冰, 史新元, 罗赣, 等. 中药工业大数据关键技术与应用[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(2): 221.
- [150] 石辰凤, 杨茂蕊, 唐正馨, 等. 中药浸膏粉离散元模拟参数标定方法研究[J]. 中草药, 2020, 51(24): 6205.
- [151] 曾佳, 黄婷, 刘斌斌, 等. 基于计算流体力学的中药流化床制粒工艺数值模拟与实验验证[J]. 中国新药杂志, 2021, 30(1): 62.

- [152] 苗坤宏, 崔彭帝, 薛启隆, 等. 金银花颗粒在旋风分离器中的流场数值模拟分析 [J]. 中草药, 2023, 54(4): 1087.
- [153] 薛启隆, 王璧璇, 苗坤宏, 等. 中药制药工艺知识库构建方法研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(12): 3402.
- [154] 仲怿, 茹晨雷, 张伯礼, 等. 基于知识图谱的中药制药过程质量控制方法学研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(24): 5269.
- [155] 株式会社津村. 企业报告书 2021[R/OL]. [2023-03-09]. https://chinese.tsumura.co.jp/chinese/corporate/integrated_report/pdf/2021_ch.pdf.
- [156] 杨光, 苏芳芳, 李新月, 等. 从中药营养物质活性探讨中医药发展 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(12): 2295.
- [157] 梁子辰, 唐雪芳, 杨平, 等. 中药连续制造研究进展和成熟度评估 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(12): 3162.

[责任编辑 孔晶晶]