

基于数字孪生的中药智能制药关键技术

秦阳阳

天津天士力现代中药资源有限公司 天津 300400

摘要: 智能化是中药制药未来的发展趋势,需要对中药智能制药相关内容进行深入研究。本文将中药智能制药作为研究对象,整理数字孪生技术与中药智能制药相关概念,分析中药智能制药现状,从设备等比例模型、工艺流体数字化、数字孪生技术虚拟样机,系统性分析基于数字孪生的中药智能制药的关键技术,提供技术的改进方向,旨在为更多中药制药单位提供技术指导,推动我国智能制药领域的健康发展。

关键词: 数字孪生; 中药制药; 智能制药

前言:我国中药行业想要实现创新发展,就需要紧抓原材料质量,提高中药疗效,强化中药制药。我国在质量、疗效两个方面表现优异,但是在中药制药方面却存在明显的不足,实际产能无法供应中药市场需求,中药制药已经成为影响中药行业发展的障碍,有必要探索中药智能制药相关内容,实现中药领域的智能化发展目标。

1 数字孪生技术与中药智能制造概述

1.1 数字孪生技术概念与核心内容

数字孪生技术是通过构建数字模型,捕获传感器信息,更新同期历史数据,从多个角度仿真多个物理量,在虚拟空间中达成现实物体的映射处理,以此反映现实物体的全生命周期过程。在数字孪生技术应用过程中,需要注意三个核心内容,分别为:实时性,即保证仿真模块拥有较快的计算速度,可以在允许的时间尺度下快速获取计算结果;可靠性,即根据现实物体的运行机制设计数字模型,配合大量数据信息,对于最后呈现的计算结果做纠偏处理,保证输出内容匹配现实物体真实情况。全面性,即输出内容可以描述现实物体的实际情况,可以通过预测未来某个时间阶段现实物体的变化情况。

1.2 数字孪生技术在生产领域的特性

将数字孪生技术应用到工业生产领域,可以表现出以下三种特性:第一,在以往的工业检测流程中,是以固定点位进行检测,即确认空间某个点位的数值无法对空间所有数值做全方位分析。在应用数字孪生技术后,可以根据现实物体的机制模型,通过数学计算,确认测量点位,以此预测在空间范围内,所有数值的分布情况,以此实现对物理空间的准确分析与判断;第二,在以往的工业检测中,数据采集存在明显的滞后性。获取的检测数据并不能代表生产设备当前工作状态。在应用数字孪生技术后,可以直接通过数字模型设计虚拟样机,确认生产设备的瞬态变化情况,并根据各项输入数

据,预测生产设备变化情况的发展趋势,完成工业生产的实时化监控^[1]。正因为数字孪生技术拥有诸多应用优势,所以被广泛应用于食品、药物等工业化生产领域。

2 中药智能制造概述

根据工信部数据统计,我国中药市场在2022年市场规模突破8900亿元,其中中药饮片业务收入超过2000亿元,同比增长13.6%。在巨大的市场需求下,中药制药领域也积极引入智能技术,开展中药智能制造方面的研究。根据若干中药制药单位的持续性投入,现在已经建成初步云端资源库,可以通过数字工具分析中药受众图像,确认中药产品应用需求,实现中药产品的深层次研发,构建生产人员+机械设备+生产原料+生产工艺的多重组合管理模式,极大提高中药制造控制水平,为中药制造单位产品研发、经营管理提供便利条件^[2]。通过分析目前发展形势,不难看出中药智能制造将会是中药制造的主要发展方向。

3 中药智能制药现状分析

在工业4.0的影响下,我国中药制药领域将会进入技术发展的新层次,会对整个中药制药生态进行颠覆性变革。但是,中药制药自身存在一定的特殊性,这导致部分工业4.0技术内容并不能全部应用到中药制药当中。考虑到现阶段中药制药已经和互联网技术、云计算技术等对接,完成设计、制造等方面的优化,可以将数字孪生技术引入中药制药当中,以设计中药制药集成模块、生产流水线的方式,确认中药制药核心属性分析原理,完成生产过程的智能调控。为此,需要从数据整合、模型设计、流程优化等维度,对数字孪生技术与中药智能制药展开全方位的优化处理,以此实现中药制药的科学控制与高效率管理目标。

4 基于数字孪生的中药智能制药的关键技术分析

为提升本文的参考价值,将在分析基于数字孪生的

中药智能制药的关键技术基础上，结合某中药制药单位的工作案例，多角度分析技术应用内容。

4.1 结合目标设备等比例建立模型

将数字孪生技术与中药智能制药结合时，需要根据中药制药设备的实际尺寸，以1:1等比例的方式，构建有关设备的数字模型，例如用于图像模拟中药气体与液体分离的气液分离器数字模型等，以此确认中药制药的空间结构。在中药制药等比例数字模型中，借助流体力学，设计与模型相匹配的计算器，以降维方式达到数据的快速计算目标。在本文参考的工作案例中，该中药制药单位就通过对提取设备做等比例建模，获得1200mm内径，2750mm高的数字孪生模型，并以两种使用频率相对较高的提取工艺，分析气液混合流体运动速度。对于甲工艺，其为对加热提取设备下方的底部换热器，对提取设备侧壁做保温处理；对于乙工艺，其为对加热提取设备侧壁，对下方底部换热器做保温处理，如图1、图2所示。

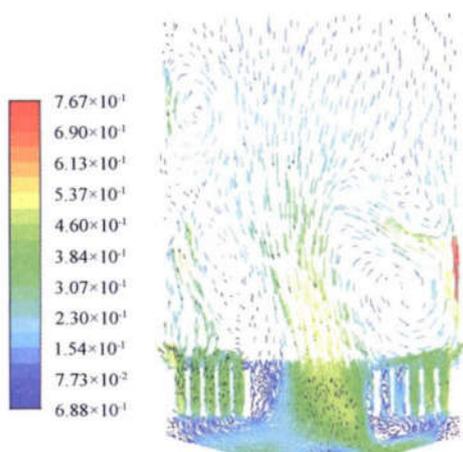


图1 甲工艺

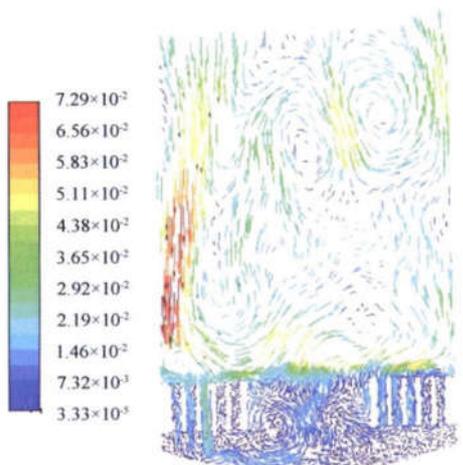


图2 乙工艺

气液混合流体会在提取设备内形成流场，通过分析流场的速度云图，可以发现在甲工艺条件下，流场可以为气液混合流体提供稳定的流动条件，此时气体与液体混合较为均匀；在乙工艺条件下，气液混合流体的主要运动区域为提取设备的顶端位置，在实际观察中，则会表现出气液混合流体的假性沸腾。通过目标设备等比例建立模型分析，能够直接从物理层面，对于中药制药过程开展数字模拟与预测^[3]。

4.2 实现中药制药工艺流体数字化

利用数字孪生技术，根据中药制药的底层机制，构建具有预测功能的生产模型，可以实现中药制药工艺流体数字化目标，有效提升中药制药控制精细度。在实际应用中，则要根据中药制药设备内部流场条件，从时间与空间两个视角，通过数字孪生技术确认中药制药核心作业规格，通过调整中药制药工艺的方式，提高中药制药设备的运行稳定性，强化中药制药的可控制性。在中药制药工艺流体数字化当中，需要借助数字孪生技术，对于中药制药设备进行集成仿真，根据传感器捕获设备的运行数据，确认中药制药各项指标，例如温度、压力等。同时，根据中药制药上下游的仿真计算数据，确认气液混合体积分数等中药制药物理量数据，以此确认中药制药各类参数，对工艺流体做数字化处理，实现数据的实时化输出^[4]。

4.3 应用数字孪生技术创建虚拟样机

通过数字孪生技术，创建匹配中药制药的虚拟样机，可以对整个制药流程进行全局化分析，明确不足之处，开展制药的优化控制，以此达到中药制药的全过程监控、制药质量预测的优化目标。结合中药制药往期数据、制药设备当前运行数据，参考虚拟样机的工作逻辑，设计中药制药的大数据模式，适当引入数据挖掘技术，实时分析中药制药当前情况。可以根据具体工作要求，构建匹配中药制药的知识图谱结构，完成制药设备工作性能的不断优化与升级，有效控制中药制药废品率，科学提升中药制药效率。

在实践当中，需要通过数字孪生技术，根据中药制药设备，例如提取设备、干燥设备，设计三个模型，分别为负责仿真设备内部流场运行情况的流体力学模型，用于模拟传热、传质的动态发展情况；负责仿真传热、传质对设备内部磨损情况与结垢情况的固体力学模型；负责检测中药制药数据变化情况与制药工艺参数发展趋势的智能控制模式。这三个模型共同组成用于中药制药批量化生产的虚拟样机，通过输入原材料投入量、中药制药成品率等生产参考，由虚拟样机输出相关数据，根

据数据逆向分析中药制药设备结构优化内容、生产工艺改进方向等内容^[5]。

5 根据生产数据驱动改进中药智能制药技术

结合中药制药具体的生产数据,驱动中药制药技术的改进,是应用数字孪生技术的根本目标,也是本文设计基于数字孪生的中药智能制药技术最终目的。在实践应用中,需要根据中药制药原料类型,设计若干匹配中药制药的虚拟样机,通过智能化技术,完成中药制药变量的精准控制,借助虚拟中药制药设备+仿真数据模拟的方式,输出数字化产品。将以上所有内容打包成中药制药虚拟车间,输入原材料采购、设备维护、员工薪资等中药制药成本,输出中药制药生产能效。结合生产数据驱动改进技术的工作原理,就是在确认流体力学模型与固体力学模型后,以集成方式,整合到工业虚拟机内部,建立用于控制中药制药流程的数字模型。在数字模型运转过程中,设计的虚拟样机作为数据传输纽带,在获取中药制药预测数据与真实中药制药设备数据后,将两者的生产数据与中药品质做综合化对比,结合预设的中药制药成本,借助生产能效、制药周期等数据,寻找中药制药质量、数量与投入成本、盈利空间的平衡值,进而对中药制药车间与设备开展定向的优化。根据工艺流体数字化、设备等比例模型、数字孪生技术虚拟样机、生产数据改进技术的多重优化,数字孪生模型可以对中药制药的基本流程展开更全面的分析,根据生产人员的工作经验,结合模型仿真数据分析,建立全面覆盖中药制药全过程的知识图谱,从机械设备驱动转变成知识资源驱动,完成中药制药设备优化设计与制药过程的精准控制。

根据以上内容,整合中药受众对中药产品质量反馈、制药设备故障诊断、制药流程回溯等信息,完成中药制药的原料投入-生产成品-市场反馈的闭环建设。中药制药单位根据具体的生产数据,对中药制药流程做驱动化改进,即可实现中药制药的技术性改进目标。

6 基于数字孪生的中药智能制药关键技术实例分析

在本文参考的工作案例中,该中药制药单位为用于干燥中药丸剂的滚筒设备设计数字模型,根据混同设备内部空间高为1300mm,宽为1100mm,长为3700mm的

数据,以等比例的方式建立数字孪生模型。通过模型仿真,确认干燥滚筒设备的结构改进方向,即在设备原结构下方增加用于遮挡冷空气流入与热空气流出的挡板。分析结构改进前后的干燥滚筒设备流场速度云图,可以发现在结构改进之前,设备内部气流会跟随滚筒外壁的运动,以较快的速度流出设备,这导致气流难以和滚筒内部流场进行交互,进而出现热空气无法形成更稳定的热气流,滚筒内部等待干燥处理的丸剂,需要更长的时间才能达到预期干燥效果;在结构改进之后,通过挡板的热空气流动路径调整,可以让热气流顺利移动到滚筒内部,完成气流与流场的有效交互,并在滚筒内部形成一股运动更稳定、强度更高的热气流,极大提升空气的换热效率,提升丸剂干燥速度,在短时间内即可实现批量化的丸剂干燥处理。

可以认为,本文设计基于数字孪生的中药智能制药技术,可以有效改进中药制药设备结构,提升中药制药效率与质量。

结论:在开展中药智能制药相关研究时,需要确认中药制药单位的平均产能、未来制药规划等信息,结合数字孪生等技术,设计一套匹配中药制药单位可调配资源的中药智能制药方案,做好关键技术的管控工作,以智能技术实现精准配药、高效率制药,降低中药制药成本,增加中药制药单位盈利空间。希望更多中药制药单位可以对智能技术应用展开深入研究,为我国中药行业的健康发展贡献力量。

参考文献

- [1]郭旭,王钤.AI制药产业发展瓶颈和对策[J].中国科技产业,2023,(07):47-49.
- [2]朵芳芳,张明亮,丰贵鹏,等.制药工程中结晶分离智能技术的探究[J].山东化工,2023,52(09):186-188.
- [3]李小莉,薛启隆,苗坤宏,等.FPGA技术在中药智能制药中的应用探讨[J].中草药,2023,54(01):283-291.
- [4]颜华辉,戴玲玲,俞文光.智能制造背景下生物制药MES的应用[J].中国仪器仪表,2022,(11):17-22.
- [5]王莹,肖莉,陈伟,等.中药智能制造的发展与展望[J].中医药导报,2022,28(03):37-39.