

中药材质量评价的数智化治理机制探讨

周峻宇^{1,2}, 申俊龙^{1,2*}, 林 欣^{1,2}, 王 凯^{1,2*}

1. 南京中医药大学, 江苏 南京 210023

2. 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心, 江苏 南京 210023

摘 要: 中药材质量评价是中医药传承创新的关键环节, 当前面临标准体系割裂、数据孤岛、人才断层及技术伦理冲突等结构性困境。基于“人文-科学”协同视角, 梳理中药材质量评价从经验主导向数智化治理的演进与矛盾, 针对“以量代质”与价值理性缺位等问题, 构建了以数智技术为支撑、涵盖“品质-产量-人文-生态”四维协同的治理框架。通过全产业链溯源、智能建模、人机协同炮制等路径, 推动隐性知识显性化与生态文化价值可量化。认为中药材质量评价体系应由技术理性一元化走向“价值-技术”理性二元并举, 强调以人文对技术的引导应用, 推动中药材质量评价向数智化治理转型。

关键词: 中药材; 质量评价; 传统经验; 数智技术; 中医药现代化; 技术理性; 价值理性; 数智化治理

中图分类号: R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2026)14-5778-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.14.034

Exploration of digital-intelligent governance mechanism for quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials

ZHOU Junyu^{1,2}, SHEN Junlong^{1,2}, LIN Xin^{1,2}, WANG Kai^{1,2}

1. Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

2. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, Nanjing 210023, China

Abstract: Quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials, a critical link in the inheritance and innovation of Traditional Chinese Medicine (TCM), is currently confronted with structural dilemmas including fragmented standard system, data silos, intergenerational talent gaps, and conflicts between technical and ethics. From the collaborative “humanities-science” perspective, this study systematically reviews the evolution and inherent contradictions of TCM medicinal materials quality evaluation from an experience-led paradigm to digital-intelligent governance. To address the prominent issues of “replacing quality with quantity” and the absence of value rationality, this study constructs a four-dimensional collaborative governance framework underpinned by digital-intelligent technologies, which encompasses the core dimensions of quality, yield, humanities, and ecology. Through such implementation paths as full industrial chain traceability, intelligent modeling, and human-machine collaborative processing, the framework facilitates the explicitization of tacit knowledge and the quantification of ecological and cultural values. This study argues that the quality evaluation system for traditional Chinese medicinal materials should shift from the monism of technical rationality to the dual parallel emphasis of both value rationality and technical rationality. It emphasizes that the application of relevant technologies should be guided and regulated by humanities, so as to advance the transformation of TCM medicinal materials quality evaluation towards digital-intelligent governance.

Key words: Chinese medicinal materials; quality evaluation; traditional experience; digital-intelligent technologies; modernization of traditional Chinese medicine; technological rationality; value rationality; digital-intelligent governance

收稿日期: 2026-02-02

基金项目: 国家社会科学基金冷门绝学项目 (25VJXG091); 国家社会科学基金重点项目 (19AZD018); 江苏高校哲学社会科学研究一般项目 (2022SJYB0325); 国家级大学生创新创业训练计划项目 (202410315177E)

作者简介: 周峻宇, 本科生, 研究方向为中药质量评价与中医药现代化。E-mail: mhzy@njucm.edu.cn

*通信作者: 王 凯, 博士, 讲师, 从事药事管理与卫生政策法规研究。E-mail: kaiwang@njucm.edu.cn

申俊龙, 博士, 教授, 博士生导师, 从事中医药知识管理与中药资源经济学等研究。E-mail: jlshen2005@126.com

中药材质量是决定其临床疗效与用药安全的关键,涵盖成分、性状、毒性等多个维度。中药材质量评价通过系统化的科学手段,确保中药“安全、有效、稳定”,成为中医药传承与现代化的核心环节。长期以来,该领域主要依赖活性成分的量化分析,建立了以指标检测为核心的评价体系,为中药质量控制奠定了重要基础^[1]。然而,面对中药多组分、多靶点的特点及全产业链监管需求,以单一成分为中心的评价模式正面临方法论亟待转型的挑战^[2]。随着数字孪生、机器学习等技术的发展,使解析中药材“生境-性状-成分-疗效”间复杂关联成为可能,为实现中药材质量风险智能预警、质量评价数智化提供了新路径。在此背景下,“数智中药”^[3]的概念被创造性地提出,表明中药材质量评价正在迈入以数据驱动、智能决策为特征的治理新阶段。这不仅为系统落实 2026 年 3 月 1 日施行的《中药生产监督管理专门规定》^[4]所要求的全链条质量管理提供了方法论支撑,也为践行“十五五”规划建议中“前瞻布局未来产业、探索多元技术路线与典型应用场景”^[5]提供了中医药领域的实践经验。

本研究聚焦于理论框架创新与政策整合,梳理中药材质量评价从经验归纳到智能建模的演进历程,融合韦伯“工具理性-价值理性”理论^[6]将“人文”与“生态”维度纳入中药材“质量”评价的“体用”框架,构建了“品质-产量-人文-生态”四维协同的治理框架,同时,将《中药生产监督管理专门规定》^[4]《中医药标准化行动计划(2024—2026 年)》^[7]等新近出台的政策要求转化为可操作的四级指标,构建“政策-技术”衔接路径,从而突破了既有研究的单一技术视角或标准修订局限,为中医药高质量发展^[8]提供理论依据和实践参考,推动中药材质量评价向数智化治理转型。

1 中药材质量评价方法的历史演进与核心矛盾

1.1 中药材质量评价方法的范式演进与张力

中药材质量评价方法的演进,折射出传统认知与现代分析 2 种范式之间的深层博弈^[9]。

传统质量评价方法植根于中国古代“经验医学”与“哲学医学”的长期积淀。先秦时期,医家基于“尝百草”的实践建立“滋味-功效”的经验关联;秦汉《神农本草经》以“三品分类法”判别药材优劣;明代《本草纲目》系统总结“形色气味质”等感官标准,形成了依托“眼看、手摸、鼻闻、口尝”的性状鉴别体系。传统中药材质量评价体系的

核心在于将药材视为与生态环境、人文经验相互关联的整体存在,以整体性感知把握药材之“质”,体现了“辨状论质”的朴素唯物主义智慧^[10]。然而,该体系高度依赖个体经验与隐性知识传承,难以形成可通约的标准化尺度。面对近代工业化带来的种质资源退化^[11]、农残超标^[12]及炮制工艺差异^[13]等挑战,传统方法已难以适应现代质量管控需求。

现代科学技术介入后,评价方法逐步走向微观化与客观化。形态学层面深化了性状、基原与显微鉴定;理化分析首次为中药基于化学成分的质量评价提供了可量化客观标准;指纹图谱技术以整体图谱表征化学成分群特征;生物活性评价尝试从效应层面验证药材功效;智能感官分析致力于将经验判断转化为智能决策,这些方法共同推动评价标准向客观化迈进^[14]。然而,技术理性扩张的同时,价值理性表达相对弱化:理化分析聚焦单一成分,难以回应中药多组分整体药效;指纹图谱特征峰与临床疗效关联尚未完全明晰;生物活性评价面临模型适配性困境^[15];智能感官受限于传感器性能与模型通用性^[16]。中药材质量评价各方法在特定维度上取得进展,也暴露出传统“整体观”与现代“还原论”、经验知识的“意会性”与科学标准的“可通约性”之间的显著差异,构成了价值理性与技术理性二元协同讨论的现实基础。

1.2 传统经验与数智技术的界定与关系

“数智技术”于 2024 年首次写入中央文件^[17],本文所述“数智技术”是“数字化技术”与“智能化技术”的统称,包括但不限于物联网、区块链、人工智能、大数据分析、数字孪生等技术集群^[18]。其中,数字化技术强调对中药材生产全过程数据的科学化、规范化采集、传输与存储,为质量评价奠定可靠的数据基础;智能化技术则致力于通过对多源异构数据的挖掘、分析与建模,实现从数据到知识的转化,为质量评价提供精准决策支持与系统优化方案,二者共同构成中药材质量数智化治理的技术底座。

认知结构和知识体系,决定中药材的价值。将传统中药知识融入现代,可视为传统经验与数智技术的“共生”,该观点并非泛指技术的简单叠加或功能的机械结合,而是指二者在中药材质量评价系统中形成的相互依存、双向赋能、协同进化的稳态关系。这一概念与“结合”“融合”存在本质区别:“结合”强调物理层面的叠加与共存,“融合”指向边界

消解的化学变化,而“共生”则突出在功能分化基础上的互惠互利与系统演进。具体而言,传统经验承载着中医整体观与“人-药-境”协同的隐性知识,定义了“为何而评”的价值理性;数智技术则擅长解析多组分、多靶点的复杂关联,提供了“如何评准”的工具理性。二者在本体论上统一于药材之“体”,在认识论上相互补充,在方法论上形成“经验数据化→数据规则化→算法优化经验”的转译闭环,在治理层面则由人文价值为技术应用划定边界、由数智技术为价值落地提供支撑。

1.3 中药材质量评价数智化治理的内涵

数智化治理并非技术与治理的简单嫁接,而是以数智技术为内核重塑治理结构的过程。具体而言,“治理”强调在多元主体互动中形成秩序并实现公共目标,其成熟形态需包含“参与、透明、问责”3大要素;而“数智化”的介入,则使这3大要素获得新的实现路径:通过实时数据流动打破信息壁垒以扩大参与,借助算法透明提升过程可追溯性,依托智能决策辅助明晰权责归属。数智化治理在中药材质量评价中的理想形态,体现为多元主体在数据驱动下的协同共生、知识体系在算法迭代中的动态演进,以及价值伦理与法律法规对技术边界的刚性约束。这一治理架构既非对传统经验的替代,亦非对技术工具的盲从,而是将“经验数据化→数据规则化→算法优化经验”的转译闭环纳入治理全过程,使传统隐性知识在数智逻辑下得以沉淀、激活与再语境化。

基于上述内涵与要求,“中药材数智化评价”作为中药材数智化治理的核心技术环节,为质量监管提供可量化、可追溯的数据底座与分析工具;而“质量监管”则作为治理的重要应用场景,为数智化评价提供问题导向与实践反馈。二者相互支撑,共同构成覆盖生产、流通、评价、监管、临床全产业链的数智化治理体系。该体系的本质,是通过“人机复合体”的实时互动与持续演化,在动态中生成质量秩序与市场信任。

2 现代中药材质量评价的结构性困境与数智化治理的必然性

当前,中药材质量评价在标准化、专业化上不断纵深发展,中药材质量体系的结构性矛盾却日益凸显,正面临着人才、方法、数据、伦理等多重矛盾。这些矛盾并非孤立存在,而是源于更深层的内生性范式困境。数智技术驱动下的范式转型使破解

中药材质量评价体系结构性矛盾成为可能。

2.1 现代中药材质量评价标准体系的人文-科学-生态的“割裂”问题

在本体论视域下,中药材可被视为“体”,即中药材物质载体本身。中医药的人文价值理性,涵盖了整体观、质量辩证观、道地生态观等认知体系,相较于与以理化成分为核心分析范式的技术理性,二者是基于不同认识论对同一本体所展开的“用”。前者强调整体关联、文化延续,后者侧重结构解析、量化控制,二者共同构成对中药材本体多层次、多向度的诠释与实践路径,统一于“体用相济”的认知与运用框架中。这种价值层面的“用”和技术层面的“用”,是基于不同语境下对中药材这一“本体”不同的诠释,偏废其一,将导致对中药本质的理解陷入片面,评价体系亦失去应有的整体性。同样,现代科学范式强调跨学科整合和系统思维,注重社会责任与生态伦理的深度融合^[9],与中药材这类兼具自然属性、文化、医疗功能的复合性特征高度契合。然而,现行质量标准评价体系在深化的同时,逐步暴露出人文、科学与生态三者相互割裂而偏废用一的结构矛盾。

在“用”上的偏废已经带来诸多不利影响,表现在科学、技术、产业3个方面。在科学方面,过度聚焦于中药材活性成分的还原论分析,虽提升了检测精度,却忽略了中医“性味归经”“效境关联”的整体认知传统,弱化了评价与临床的有机联系;在技术方面,先进的检测技术剥离了药材特定的生态环境与地域文化脉络,导致道地性蕴含的生态智慧难以被量化纳入标准;在产业方面,对规模化与效率的追求,进一步挤压了基于“三因制宜”的动态、柔性质量观。

这种偏废的本质,是工具理性对价值理性的遮蔽。现行评价标准体系将药材活性成分“客体化”为分析对象,采用迭代更新技术工具的方式,来识别药材可量化的“硬件”成分。这普遍剥离了中药材作为文化经验、生态智慧结晶的“软件”属性。中药材质量是在“天人合一”中医药整体观下被赋予科学临床疗效、人文和生态价值的复合性物质实体。若评价体系忽视“道地性”等所承载的人文和生态价值共识,或忽视炮制对药性导向的调整智慧,那么其所追求的科学临床疗效便失去了赖以存在的整体性根基,等同于抽离中医药传统临床实践的灵魂。片面强调活性成分的技术理性现象显然与中医

药传统“人-药-境”协同的整体生命观不匹配，这不利于中医药高质量发展目标的实现。因此，在看待重技术理性这一既有药材评价范式问题上，并非否定其科学性、有效性，而是如何“施技术之长”，“融人文和生态之萃”，重建“体用合一”的中药材质量评价范式，使活性成分在人文价值的引导下，回归中医药传统强调“整体生命观”的临床解读。

在中医药的认知体系中，中药材的“质”与“量”构成“体用合一”的辩证整体。“质”并非孤立的量化指标，而是融合道地生态、炮制智慧与整体药性的效能本体；“量”则是在此本体统摄下，化学成分与临床剂量的表征与应用。若将可量化的活性成分之“量”等同于药材之“质”，便割裂了其与文化经验、生态价值的有机联系，使“量”失去临床意义的导向。现行评价体系常将局部之“量”错误替代整体之“质”，陷入“以量代质”的认知陷阱：试图通过提升单一成分含量来保证质的优越。然而，脱离整体药性导向的化学成分，其临床效应往往难以预测，甚至适得其反。本研究认为，真正的质-量关系应是“以质统量”。“质”规定并引领“量”的内涵与价值：特定药性决定哪些成分相关、临床使用中应如何协同解读。唯有将化学成分置于整体药性框架下，其“量”才具备药物治疗学意义。

为此，本文尝试重构“质”与“量”的理解框架，以整全性的视角推动评价方法的创新。“质”的界定涵盖 3 重核心要素：（1）活性成分含量高且临床疗效确切；（2）具备明确的道地产区身份；（3）拥有可持续的产量规模。相应地，“量”的内涵则扩

展为 2 个方面：（1）针对病症的精准剂量；（2）遵循“三因制宜”的个性化用量调整。这一重新整合的理论框架，旨在弥补当前质量评价体系中人文精神、科学理性与生态价值间的观念断联。然而，将该观点转化为中医药高质量发展实践，还面临着人才断层、文化缺位、数据孤岛等衍生困境。

2.2 中药材质量评价人才的内生性“断层危机”

“人文-科学-生态”的割裂状态，在人才培养领域表现为严峻的复合型人才断层。究其原因，在于传统与现代的“二元人才”未能有效融合。传统中药鉴别技艺依赖经验积累与师徒传承，现代质量评价则要求从业人员掌握智能检测与数据分析技术。现代理化技术虽能提供客观数据，但药工的传统经验判断仍有不可替代的价值。当前政策上正呼吁培育“传统工艺与智能检测技术相结合”的复合型人才^[20]。数智化能够为传统经验的显性化、提升传承与创新效能提供了路径^[21]。然而现实情况却是，中医药高等教育体系在应对行业数智化转型时表现出一定的滞后性，中医药院校在智能医学、医工交叉等学科的专业设置和人才培养仍显不足^[22]。更严峻的问题在于老药工经验传承的内生性断代。随着资深药工退休，在技术理性教育、行业背景下成长的年轻从业者尚未兼备传统与现代相融合的“二元能力”，导致“经验传承断代”与“技术人才短缺”的双重断层持续加剧。这一人才危机不仅是教育滞后的结果，更是以往质量评价体系范式忽略了人文元素的直接体现，中药材质量评价“价值-技术”理性二元的逻辑见图 1。

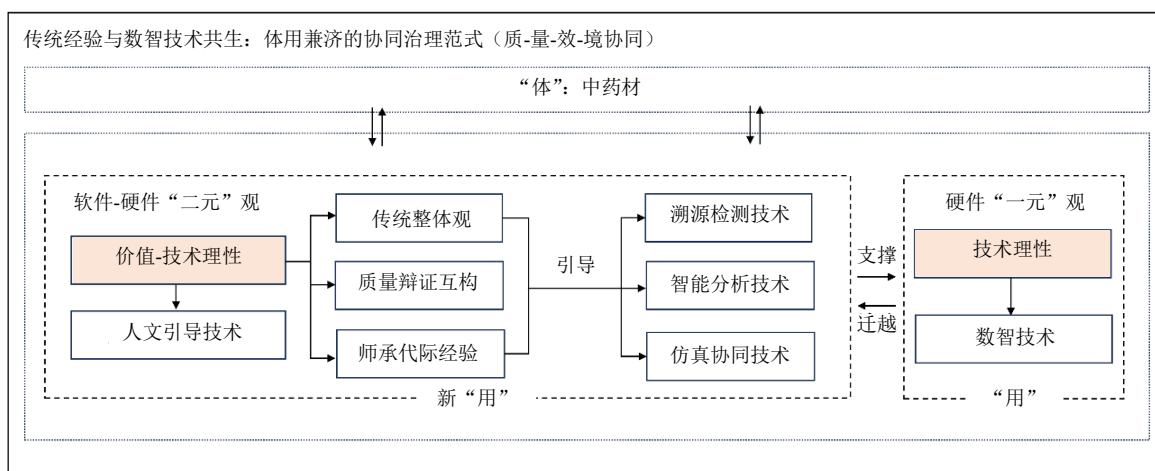


图 1 中药材质量评价“价值-技术”理性二元的逻辑关系图

Fig. 1 Diagram illustrating logical relationship between value rationality and technical rationality in quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials

2.3 技术评价维度的“人文价值缺位”

体系割裂、人才断层导致了评价方法的“人文价值缺位”。现有以理化检测为核心的现代质量评价体系，因其内在的工具理性逻辑，在追求客观化、标准化的过程中，不可避免地导致了传统中医药知识中整体性、文化价值的缺位。例如，评价标准的“还原论”倾向，割裂了药材的整体性^[23]，评价黄连强调小檗碱含量，评价人参关注皂苷总量。这种“化整为零”的方法忽视了中医理论中“性味归经”的整体药性，致使中医整体观下的药效关联被弱化；评价过程的去语境化行为剥离了药材的文化与生态属性，这使得评价结果无法承载道地药材所蕴含的特定水土、气候、种植技艺等价值，仅剩下纯粹的化学实体。跳出纯工具理性的固有思维，构建融合“质-量-效-境”的整体性评价框架，为评价方法的观念更新提供了理论指引，对现有评价体系的系统性优化与完善具有重要的现实意义。

2.4 数据生态割裂与质量闭环的缺失

“数据孤岛”制约了文化价值在中药材质量数智化评价体系中的融入。这不仅表现为跨部门、跨地域的数据系统之间缺乏有效联动，更使得质量评价长期停滞于“局部量化”的初级阶段。这种行业内断面式的评价模式，虽可通过借助市场机制，实现中药材质量优胜劣汰的选优目标，却因信息传递的局部化阻碍了信息在全局流通中实现效应最大化^[24]。具体而言，“自然生态信息-生产流通数据-临床使用反馈”之间尚未形成有效闭环。例如，种植环境数据难以预测成分波动，市场信息无法溯源至产区生态，临床疗效反馈也难以及时反向优化生产标准。这种割裂导致当前评价体系难以支撑“质-量-效-境”的协同决策，无法系统响应“三因制宜”的中医原则，亦无力统筹规模化生产中品质、产量、文化、生态可持续性之间的平衡。因此，构建互联互通、全程可溯的数据生态系统，已成为推动药材质量评价从“单点检测”转向“系统调控”的关键基础。

2.5 技术理性扩张下的伦理隐忧

技术理性在中药材质量评价应用过程中亦存在着不容忽视的伦理隐忧。从产业公平性看，智能检测与溯源技术成本较高，在市场化逻辑下易产生“技术鸿沟”，使中小企业面临边缘化风险，甚至可能诱发“数据造假”等违规行为，背离技

术普惠初衷。更深层的风险在于以人文要素为核心的“价值理性”缺位。若“智能炒药”仅追求温控标准化，而悬置了“看锅色、闻香气”的经验判断；“智能处方”将方剂简化为预设成分配比，而忽视了“辨证论治”的临床思维，那么技术应用将沦为“技术理性”的单向度扩张。将人文内涵融入药材质量评价体系，调整评价方式由技术理性一元化走向价值理性、技术理性并举的二元化的原因，正在于将人文价值“软件”作为技术价值“硬件”应用、发展的根本遵从和价值锚点，从而引导数智技术成为中医药传统整体观与个体智慧的“转译者”、“增强者”，推动形成人机协同、体用兼济的共生生态。

综上，人才、文化、数据、伦理等困境，实为技术范式危机的不同表征，根源在于技术理性与中医药价值理性的不完全匹配。治理转型的关键，在于把握当前数智技术发展机遇，使其成为衔接价值、技术理性的桥梁，推动质量评价体系走向人机协同、体用兼济的可持续发展。

3 中药材质量评价的数智化治理框架与实施路径

3.1 大科学视域下“四维协同”数智化治理框架的构建

中药材数智化治理的最终目的，是系统性提升质量以满足“质-量-效-境”协同的实际需求。针对当前评价体系面临的结构性困境，本研究初步提出构建涵盖“品质-产量-生态-人文”四维准则的协同治理框架（表1）。本框架的构建在参照相关学术成果和本课题组前期研究与调研资料的基础上，综合运用了规范性理论构建法、跨学科整合法与政策文本分析法。首先，以中医药“体用相济”“天人合一”整体观为哲学基础，融合韦伯“工具理性-价值理性”理论及大科学范式理论，确立了四维协同的本体论与认识论依据；其次，整合药事管理学、人工智能、生态学、人文地理学等跨学科理论，指导“品质-产量-人文-生态”各维度评价指标的系统设计；最后，系统梳理《中药生产监督管理专门规定》《中国药典》2025年版^[25]等最新政策要求，将其转化为四级可操作指标，使框架兼具理论解释力、学科交叉性与实践适配性。该框架的构建旨在突破“质量分离”与“理性缺位”的范式局限，通过数智技术实现多维数据的融合分析（表2）与动态调控。

表 1 中药材质量评价指标“四维协同”治理框架

Table 1 Four-dimensional synergistic governance framework for quality evaluation indicators of traditional Chinese medicinal materials

一级指标 (A)	二级指标 (B)	三级指标 (C)	四级指标 (D)
A 中药材质量四维协同综合评价	B1 品质准则	C11 有效成分含量	D111 单一有效成分精确量
			D112 有效成分群比例关系
		C12 非有效成分筛查	D121 物理杂质筛查
			D122 重金属残留检测
			D123 农药残留监控
		C13 外观性状	D131 形态特征标准化
			D132 色泽质地标准化
			D133 气味特征辨识
		C14 生物活性	D141 细胞层面活性
			D142 动物模型药效评估
			D143 临床疗效与安全性评价
			D144 生产工艺关键参数关联分析
	B2 产量准则	C21 种植面积与单产	D211 种植区域精准测绘
			D212 产量与效率监测
		C22 产量稳定性	D221 气候生态效应综合评估
			D222 病虫害监测防控
			D223 市场风险监测指标
		C23 资源利用	D231 土地效益核算
			D232 水资源优化管理
			D233 肥料农药精准施用
	B3 生态准则	C31 土壤环境质量	D311 土地肥力动态检测
			D312 土壤酸碱度调控
			D313 土壤污染修复治理
			D314 产地生态环境数字化建模
		C32 气候适应性	D321 气象数据实时采集
			D322 生长气候适宜性分析
			D323 阶段气候应对预案
		C33 生物多样性	D331 昆虫鸟类群落监测
			D332 微生物群落多样性分析
			D333 生态系统服务功能评估
		C34 生态修复能力	D341 植被恢复动态监测
			D342 土壤生态修复评估
			D343 生态修复技术创新
	B4 人文准则	C41 文化传承度	D411 古籍记载多维信息验证
			D412 经验技艺的完整性与连续性
			D413 隐性知识数字化覆盖度
			D414 人用经验数据挖掘与决策建模
		C42 道地认同度	D421 道地产区历史与地理标志认证强度
			D422 产区口碑与市场认可度调查指数
			D423 古籍中道地性状特征模型吻合度
		C43 地域适配性	D431 地方用药与疾病谱的实效关联分析
			D432 中医优势病种与道地药材的信效度评估
			D441 经典理论与活性成分的关联图谱
		C44 经验融合度	D442 名家医案的数字化档案库完备性
			D443 经典名方现代临床应用的疗效反馈

表2 中药材质量评价“四维协同”治理框架数据库(示例)

Table 2 Four-dimensional synergistic governance framework database (example) for quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials

编号	四级指标	数据采集内容说明
D111	单一有效成分精确量	按《中国药典》及相关标准测定指标成分含量、特征性丰量成分含量等
D112	有效成分比例关系	HPLC-MS/MS等技术测算的成分间比例、多组学数据解析成分群与药效关联等
D121	物理杂质筛查	按《中国药典》通则方法检测泥土、沙石、虫卵、非药用部位等杂质含量等
D122	重金属残留检测	按《中国药典》通则2321等方法测定铅、镉、汞、砷、铜等重金属含量等
D123	农药残留检测	按《中国药典》通则2341等方法测定有机磷、有机氯、拟除虫菊酯等农药残留量等
D131	形态特征标准化	测量药材长度、直径、质量、密度、花型、纹路等外观特征,采用机器视觉提取量化参数
D132	色泽质地标准化	采用色差仪、质构仪测定颜色(L^* 、 a^* 、 b^* 值)、硬度、脆性、含水量等指标
D133	气味特征辨识	采用电子鼻或GC-MS等工具测定特征香气成分的组成与相对含量,建立气味指纹图谱
D141	细胞层面活性	基于体外细胞模型检测提取物对特定靶点的活性,包括半数抑制浓度(half maximal inhibitory concentration, IC_{50})、最大效应(maximal effect, E_{max})、细胞因子表达水平等
D142	动物模型药效评估	在经典疾病动物模型(炎症、感染、记忆障碍等)中测定关键药效学指标:如肿胀抑制率、生存率、行为学评分、生化指标(tumor necrosis factor- α , TNF- α)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)等)变化等
D143	临床疗效与安全性评价	①主要疗效终点:疾病特异性复合终点(如心血管事件)、公认量表评分变化(如HAMD评分)、生存期指标(overall survival, OS)、(progression-free survival, PFS)等;②次要疗效终点:实验室指标(糖化血红蛋白、血脂)、中医证候积分等;③安全性终点:不良事件/严重不良事件发生率、实验室检查异常率等;④患者报告结局:健康相关生活质量量表(SF-36、EQ-5D)评分等(依据ICH E9、国家药品监督管理局指导原则)
D144	生产工艺关键参数关联分析	采用多变量数据分析(multivariate data analysis, MVDA)建立关键物料属性(critical material attributes, CMA)关键工艺参数(critical process parameters, CPP)等与产品关键质量属性(critical quality attributes, CQA)之间的数学模型
D211	种植区域精准测绘	利用(Geographic Information System, GIS)、遥感技术获取种植地块边界、面积、栽培品种、种植模式、机械化程度、人工干预率等
D212	产量与效率监测	单位面积产量、产量年际波动率、优质品率(符合药典及内部优质标准比例)、种植技术贡献率等
D221	气候生态效应综合评估	构建气候适宜性指数,量化气候波动对药材质量成分、物候期及产区稳定性的综合影响
D222	病虫害监测防控	害虫种类、害虫密度、危害程度、作物减产量、病虫害发生率、持续时间等
D223	市场风险监测指标	价格波动指数、供需平衡指数、金融变动、中药材进出口量、主要产区灾害预警等
D231	土地效益核算	复种指数、单位面积产值、成本收益率、投入产出比、土地净收益等
D232	水资源优化管理	土壤含水量、作物需水量、灌溉效率、用水成本、水资源利用率等
D233	肥料农药精准施用	农药品类、单次施用量、施用频率、成本、效益、污染指数(如农药残留超标率)等
D311	土地肥力动态检测	土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾及中微量元素(铁、锰、锌等)含量
D312	土壤酸碱度调控	土壤pH值、阳离子交换量(cation exchange capacity, CEC)、盐分含量、缓冲能力等
D313	土壤污染修复治理	物理/化学/生物修复措施实施面积、修复后污染物残留量、生态恢复效果评估等
D314	产地生态环境数字化建模	基于遥感、物联网等数据的药材产地生态适宜性评价与可视化分析模型
D321	气象数据实时采集	气温、气压、湿度、降水、光照、风速、异常气候率、灾害预警等级等
D322	生长气候适宜性分析	基于气象因子与作物生长模型的适宜性指数,以及阶段性存活率、倒伏率、病害率等
D323	阶段气候应对预案	极端气候事件(干旱、洪涝、高温、低温)发生率、预防措施覆盖率、响应能力(预警-处置时间)等
D331	昆虫鸟类群落监测	采用样线法、红外相机等方法记录周边昆虫、鸟类的种类、数量、活动规律等,分析生物链利害关系
D332	微生物群落多样性分析	采用高通量测序分析根际微生物群落组成、多样性指数(Shannon、Simpson)、功能预测及与作物的利害关系等
D333	生态系统服务功能评估	采用InVEST(integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs)等模型评估水土保持、水源涵养、气候调节、生物防治等服务的物质量或价值量等
D341	植被恢复动态监测	植被覆盖面积占比、植被生长状况(normalized difference vegetation index, NDVI)、生态保护面积变化等
D342	土壤生态修复评估	土壤微生物群落结构、土壤酶活性(脲酶、过氧化氢酶)、土壤污染物残留率等
D343	生态修复技术创新	生态护坡、湿地修复、生物廊道面积有效率等
D411	古籍记载多维信息验证	采用自然语言处理(natural language processing, NLP)提取古籍中记载的性状、功效、产地信息等,与现代性状参数、成分谱、临床疗效数据进行相似度匹配与关联分析
D412	经验技艺的完整性与连续性	记录中药炮制、鉴别、诊疗等技艺的代表性传承人谱系、传承年限、技艺保存形式(文字、视频、数据库)等
D413	隐性知识数字化覆盖度	关键技艺视频记录比例、经验规则转化条目数、知识图谱三元组数量、数字化档案保存完整率等
D414	人用经验数据挖掘与决策建模	基于临床数据库 Hospital Information System (HIS)、Electronic Medical Record (EMR)、名医医案、古籍文献等,采用机器学习算法(决策树、神经网络)构建人用经验知识图谱与疗效预测模型,并参照证据分级标准评价证据等级
D421	道地产区历史与地理标志认证强度	道地产区发展历史文献记载、国家地理标志产品认证、农产品地理标志登记、非物质文化遗产认定等
D422	产区口碑与市场认可度调查指数	基于商业数据的品牌知名度、消费者偏好度、信任度指数;市场占有率、价格溢价率等
D423	古籍中道地性状特征模型吻合度	将古籍描述的道地性状转化为图像特征向量,与化学成分等数据关联分析,计算吻合度系数
D431	地方用药与疾病谱的实效关联分析	基于区域性医疗大数据,采用关联规则挖掘药材使用频次与地方高发疾病的关联强度,并汇总病例系列、队列研究的疗效证据[如比值(odds ratio, OR)、效应量]
D432	中医优势病种与道地药材的信效度	基于中医优势病种临床研究统计道地药材使用量、使用频率等,分析其与标准化疗效指标(如主要终点改善率、症状积分下降)的相关性
D441	经典理论与活性成分的关联图谱	构建“经典理论-药性-化学成分-药理作用”多层关联网络,采用可解释性分析(如SHAP沙普利加性解释值)等量化经典理论对活性成分筛选的贡献度
D442	名家医案的数字化档案库完备性	收集各级名中医医案,结构化处理病案数量、数据标准化率,挖掘辨证用药规律(如关联规则、聚类分析)等,形成知识库
D443	经典名方现代临床应用的疗效反馈	基于系统评价(Meta分析、随机对照研究(randomized controlled trial, RCT)、真实世界数据,提取经典名方的疗效证据(主要终点指标变化、效应量)等,并进行数据标准化存储与融合分析

如表 2 所示，品质准则旨在突破现行标准过度依赖单一成分量化、忽视中药多组分整体药效表征的问题，转向对有效成分群、生物活性及外观性状的系统评价，在体现中药整体性的同时，严守药典和法规的农药残留限量等安全底线；产量准则关注规模化生产下的供给稳定性与资源效率，平衡质量一致性与产业可持续性；生态准则将道地性所依赖的土壤、气候、生物多样性等环境因子纳入评价，回应药材生长环境与内在品质的关联机制；人文准则致力于将“性味归经”“天人合一”等传统认知与地域智慧结构化、数字化，

以弥补技术评价中的文化价值缺位。四维准则并非孤立存在，而是通过数智技术实现交叉验证与动态平衡，共同指向一个更具系统性、包容性和预见性的治理范式，为后续具体实施路径提供理论指引与方法论基础。

3.2 中药材质量评价数智化治理机制的运行逻辑

在前述研究基础上，数智化质量评价的有效运行需理顺治理逻辑，明确主体权责、规范流程链路并规划推进策略，从而将四维评价准则转化为可运行的治理机制（图 2），实现“人-药-境-效”贯通的公共目标。

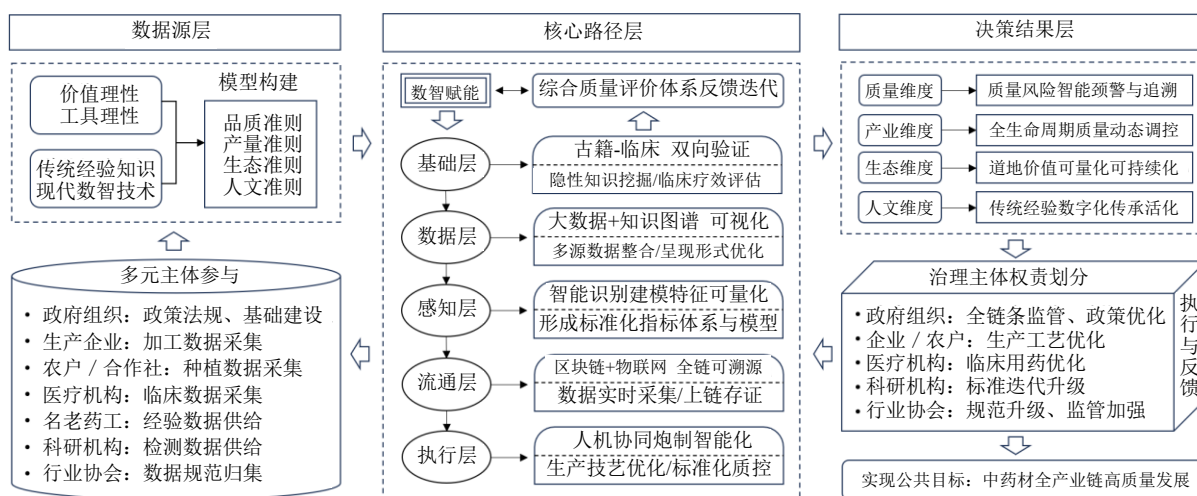


图 2 中药材质量评价数智化治理机制

Fig. 2 Digital and intelligent governance mechanism for quality evaluation of traditional Chinese medicinal materials

在行动者层面，需构建政府、企业、科研机构、农户、医疗机构、名老中医药工及行业协会协同参与的多元共治网络。政府承担规则制定、数据标准统一与公共数据基础设施建设职能；生产企业作为质量责任主体，负责数据采集与上链存证；科研机构与第三方平台提供算法开发与模型验证支持；农户与合作社通过智能终端记录传统种植经验；医疗机构承担临床疗效反馈职责；名老中医和药工贡献隐性经验智慧；行业协会发挥自律协调作用。各行动者持有差异化资源：数据、知识、生产、监管权威与自律机制，共同构成治理网络的资源基底。

在资源与规则层面，以统一数据规范与制度标准为纽带，将分散资源整合为可流通的治理要素。通过统一规范实现全链条全要素感知，采集品质、产量、生态、人文四维数据；以数智技术解析多维质量关联特征，将隐性经验转化为显性规则。制度设计保障数据权属清晰与互信机制，技术平台提供

算法共识与智能合约执行，二者共同构成资源整合与规则运行的支撑。

在互动逻辑层面，行动者遵循“感知-洞察-决策-干预-反馈”闭环实现持续耦合：全链条感知汇聚多源数据，数智模型洞察规律并生成决策建议；各主体依据权责执行干预：政府风险预警、企业工艺优化、农户精准作业、临床合理用药；实践效果回传至数据底座，驱动模型迭代与标准更新。这一过程以数据为媒介、算法为中介、规则为约束，形成多主体协同调适。

通过上述有机耦合，该框架达成三重秩序：权责可追溯，依托区块链实现多主体行为存证；知识可演进，传统经验通过数智技术传承活化；信任可传递，穿透式监管与临床循证支撑全产业链质量公信力。由此，数智化质量评价得以分阶段推进从试点到全产业链的拓展，实现技术理性与价值理性的融合，成为贯通“人-药-境-效”的协同治理工具。

3.3 数智技术赋能中药材质量评价的实践路径

现代中药材质量评价的结构性困境,根源在于传统评价范式难以统筹中药材“质-量-效-境”的复杂关联。数智技术的价值,在于为破解这些结构性困境提供更系统化的解决方案。然而,数智技术的应用需超越简单的工具叠加,而是以中医药自身的问题逻辑为牵引。近年来,围绕人参、当归等道地药材的数智化探索已初步验证了这一转型的可行性^[26]。基于此,本文构建了一条贯穿“数据采集→特征解析→知识融合→实践转化→理论验证”全链条的数智化实践路径,使各技术、各环节相互支撑,共同推动中药材质量评价从“单点检测”走向“系统调控”。

3.3.1 区块链与物联网的可溯源路径 区块链与物联网融合构建的可溯源路径,旨在破解产业链各环节信息割裂所导致的质量信任缺失问题,通过建立贯通“产地环境-加工流通-临床使用”的数据闭环,为道地性的量化监管奠定可信基础。这一路径的技术核心在于将物理世界的药材流转与数字世界的信息映射紧密耦合,通过物联网采集全链条数据^[27],并利用区块链实现不可篡改的存证与共享^[28]。以上海“中药安心达”平台为例,该平台依托浦江数链区块链基础设施,整合物联网与智能合约技术,构建覆盖全市 380 余家医疗机构、40 余家中药生产经营企业的可信数据网络,已实现 100 个饮片大品种的全流程追溯,累计上链溯源数据 54 万余条,覆盖全国 20 多个省份 2 800 多个药材种植基地。与此同时,患者通过手机扫码或“随申办”查询,便捷获取中药从“田间地头”到“患者床头”的全流程服务与质量信息^[29]。与一般商品溯源不同,该路径在中医药领域的核心价值在于对中药材“道地性”的深度绑定—将产地生态数据与传统炮制工艺参数上链存证,使道地药材所承载的生态智慧得以纳入量化监管体系。

3.3.2 人工智能识别建模的可量化路径 基于人工智能识别建模的可量化路径,旨在破解传统“辨状论质”等隐性经验难以转化为客观评价标准的核心难题,通过为药材特征与内在成分建立关联模型,为经验鉴别装配数智化的“测量标尺”。高分辨率显微成像与深度学习算法的结合,使 AI 能够自动提取药材特征并与有效成分建立关联模型^[30]。长春中医药大学陈长宝教授团队研发的野山参智能辅助鉴定系统,已在亚洲最大的人参交易市场抚松

万良投入实际应用:过去鉴定野山参年龄与品质依赖老师傅经验,耗时漫长且标准不一;如今智能设备仅需 26 s 即可精准完成参龄判定、等级分析并同步生成鉴定证书^[31],推动人参鉴定走向“品质-安全-真伪”全链条智能化,为中药质量把关从经验走向精准提供了优化方案。此外,基于 MI-HSIC 混合加权指数特征优化方法的电子鼻技术,结合机器学习算法,对六大道地产区黄连的产地溯源准确率达 94.58%~96.25%,特征数量减少 71.43%~91.43%^[32],为道地药材鉴别提供了更高效、更优质的量化评价手段。

3.3.3 大数据与知识图谱的可视化路径 大数据与知识图谱驱动的可视化路径,旨在构建整合“生境-成分-药效”等多源异质信息的关联性知识网络^[33],通过将分散的传统经验转化为可交互的结构化知识体系,以回应中药多组分、多靶点的整体性特征。该路径以多源数据融合与语义关联为核心,通过整合历代医籍记载、现代研究数据及市场流通信息,构建“生境-成分-药效”等复杂关联的知识图谱^[34],将分散的传统经验转化为可交互、可探索的结构化知识体系^[35]。南京中医药大学研发的“素山中药大模型”依托《中药大辞典》《中医方剂大辞典》及古今文献数据,构建“生成式 AI+MaaS”架构的教育垂直大模型服务体系,助力攻克中药学隐性知识抽取与解析难题^[36],推动实现中药知识管理、交叉学科教育与科研数据分析等功能的智能化升级。云南白药集团应用 Graph RAG 技术构建中医药行业大模型数据标注项目,通过大模型抽取长上下文关系生成知识图谱,支持混合检索与大模型问答,将复杂问题回答准确率提升 10%,构建覆盖三七、茯苓 15 万例、天然药物 4 618 种的高质量数据集,赋能一线销售管理实现营销复购率增长超千万元^[37]。可视化路径的实践表明,知识图谱技术正成为整合中药多源信息、挖掘隐性知识的关键支撑。

3.3.4 人机协同炮制的智能化路径 人机协同的炮制智能化路径,旨在通过建立传统炮制经验与智能控制技术的“双螺旋”融合机制,实现从“经验熬制”到“精准智造”的跨越,使数智技术成为既能传承人文指引又能提升生产一致性的“技艺传承体”。该路径依托“双螺旋”融合机制:一方面,借助智能传感技术(如高光谱成像、电子鼻),对老药工“观色辨形、凭手感温”等关键经验进行数字化建模,精准捕捉传统描述(如“切面深黄色、香气

浓郁”)对应的量化节点;另一方面,通过机器学习构建智能控制模型,将这些量化规则转化为可执行的工艺参数,实现炒药设备与人工经验的动态匹配^[38]。江西同善堂药业建设运营的智慧中药房^[39],将建昌帮“水火共制”“炆制法”等非遗工艺转化为数字化模型:通过智能传感技术对炮制过程中的水量、温度、时间、辅料用量等 200 余项关键参数进行精准调控,“智药仓”5 min 配好一服中药,药材称量误差率低于 2%,批次间有效成分差异控制在 5%以内,实现从“经验熬制”到“精准智造”的跨越。这一模式使数智技术成为传统技艺的“传承体”,在遵循人文指引的同时提升了工业生产的质量一致性。

3.3.5 古籍数字化与临床数据化的双向路径 古籍数字化与临床数据化的双向验证路径,旨在破解经典名方现代化进程中传统理论解读与现代循证证据之间的衔接困境,通过“理论溯源-临床反哺”的双轮驱动,为构建融“成分-功效-文化-生态”于一体的质量评价新范式搭建数字化桥梁。一方面,运用自然语言处理技术深度挖掘《伤寒论》《千金方》等典籍中的组方逻辑与剂量规律^[40],结合网络药理学构建“君臣佐使”配伍的数字化表征模型^[41];另一方面,基于真实世界临床数据,运用机器学习算法分析经典名方在不同地域、不同体质人群中的疗效差异^[42]。南京中医药大学黄煌教授经方传承工作室团队研发的“黄煌经方 AI 辅助诊疗系统”,构建了涵盖 9 000 种症状、40 000 种疾病、1 800 味中药及 10 万条诊疗规则的中医知识图谱,通过 30 万例舌象图像标注与多模态数据融合,将《伤寒论》《金匱要略》的古籍条文与黄煌教授 50 余年临床经验转化为可计算、可迭代的数字规则,实现“方人相应”辨证体系的可视化、标准化诊疗流程。该系统已在基层医疗场景中落地应用,基层医师通过小程序实时获取诊疗建议,单次诊疗时间压缩至 8 分钟以内,显著提升服务质量。此外,西苑医院苏州医院研发的“叶天士血证辅助诊疗大模型”,整合叶天士诊治血证的学术思想与临床经验,构建血证知识图谱与古方数据库,实现基于古籍知识的辅助诊疗功能^[43]。这种双向验证模式,既使古籍记载的道地性状特征与现代临床疗效形成互证,也为人文价值理性融入品质评价体系搭建了数字化桥梁,推动质量评价走向“成分-功效-文化-生态”协同演进的新范式。

4 结语与展望

国家药品监督管理局《中药生产监督管理专门规定》已于 2026 年 3 月 1 日正式施行,可概括为“质量控制、风险管理、产业创新、政策优化”4 个模块^[44],标志着以中医药理论为根基的全过程质量监管从政策倡议走向法治实践,为技术理性与价值理性的深度融合奠定了制度根基。中药材质量评价的数智化转型,绝非技术工具的简单叠加,而应是一场以人文价值为灵魂、以科学实证为筋骨、以生态智慧为血脉的范式革新。数智技术所驱动的可追溯、可量化、可预测能力,为破解“成分-功效-文化-生态”长期割裂的结构性困局提供了方法论支撑。然而,技术终究是“用”,药材之“体”与人文之“魂”才是价值归宿。唯有坚持以人文价值引导技术发展,使数智技术成为中医药隐性知识的“转译者”与临床循证智慧的“增强者”,方能推动质量评价从“唯成分论”的单向度执着,迈向“品质-产量-人文-生态”四维协同治理的新范式。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 李天娇,包永睿,王帅,等.中药质量控制与评价创新方法研究进展及应用[J].中草药,2022,53(20):6319-6327.
- [2] 肖小河,李寒冰,赵旭,等.新形势下的中药大质量观及实践[J].中草药,2025,56(1):1-8.
- [3] 胡蕴慧,刘朋,熊皓舒,等.数智中药:现代中药数智化升级与创新[J].中草药,2024,55(1):1-11.
- [4] 国家药品监督管理局.国家药监局关于发布中药生产监督管理专门规定的公告:2025 年第 79 号[EB/OL].(2025-08-25)[2026-03-12].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202509/content_7039746.htm.
- [5] 中共中央办公厅.中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议[EB/OL].(2025-10-28)[2026-03-13].https://www.gov.cn/zhengce/202510/content_7046052.htm.
- [6] 德·马克斯·韦伯著.阎克文译.经济与社会(第二卷)[M].上海:上海人民出版社,2020:78.
- [7] 国家中医药管理局.国家中医药管理局关于印发《中医药标准化行动计划(2024—2026 年)》的通知[EB/OL].(2024-04-22)[2026-03-13].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content_6965475.htm.
- [8] 国务院办公厅.国务院办公厅关于提升中药质量促进中医药产业高质量发展的意见:国办发(2025)11 号[EB/OL].(2025-03-15)[2026-03-13].https://www.gov.cn/zhengce/content/202503/content_7014716.htm.
- [9] 乔凌霄,沈绍武,付文娇,等.科学研究范式的演进与中医药创新发展[J].世界科学技术—中医药现代化,2025,27(12):3421-3429.
- [10] 康廷国,张慧,李峰,等.论中药性状学[J].中草药,

- 2024, 55(11): 3579-3587.
- [11] 孟祥才, 于鹏程, 何录文, 等. 从社会发展角度探讨中药资源的历史、现在与未来 [J]. 中草药, 2022, 53(16): 5235-5244.
- [12] 吕朝耕, 康传志, 何雅莉, 等. 栽培中药材品质改变的根本原因及高质量生产的对策分析 [J]. 中国中药杂志, 2025, 50(13): 3529-3535.
- [13] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物(Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [14] 周勤梅, 朱欢, 耿昭, 等. 中药材及饮片质量控制和评价的关键技术评析 [J]. 环球中医药, 2023, 16(3): 379-386.
- [15] 王锦轩, 姚霞, 李耿. 基于化学特征的中药鉴定技术进展及趋势 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(17): 4617-4629.
- [16] 江如蓝, 雷结语, 陈文礼, 等. 基于人工智能感官技术的中药质量控制方法研究进展 [J]. 药学前沿, 2024, 28(11): 550-556.
- [17] 中共中央办公厅. 中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定 [EB/OL]. (2024-7-21) [2026-03-13]. https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm
- [18] 王秉. 何为数智: 数智概念的多重含义研究 [J]. 情报杂志, 2023, 42(7): 71-76.
- [19] 张毅, 闫强. 大科学的技术创新范式及演化动力分析 [J]. 中国软科学, 2023(6): 1-25.
- [20] 国家中医药局; 教育部; 人力资源社会保障部; 国家卫生健康委. 国家中医药局教育部人力资源社会保障部国家卫生健康委关于加强新时代中医药人才工作的意见: 国中医药人教发(2022)4号[EB/OL]. (2022-06-24) [2026-03-13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/23/content_5697348.htm
- [21] 韩星星, 朱华旭, 唐志书, 等. 人工智能推动经典名方研发范式重塑的进展与应用展望 [J]. 中草药, 2026, 57(4): 1209-1220.
- [22] 赵涵琪, 李勇, 钱丝诗, 等. 新质生产力赋能中医药高等教育发展的理论逻辑与实践路径研究 [J]. 时珍国医国药, 2025, 36(5): 961-965.
- [23] 胡英还, 于舒婷, 李若彤, 等. 基于相态特征的中药质量评价研究进展 [J]. 中草药, 2026, 57(1): 314-321.
- [24] 方俊, 张玖捌, 吴熙柔, 等. 中药饮片数智化质量表征技术研究现状与产业转型应用进展 [J]. 中草药, 2025, 56(18): 6784-6796.
- [25] 中国药典 [S]. 四部. 2025: 326.
- [26] 王超超, 张先超, 谷正昌, 等. 中药材及饮片检测中人工智能应用探讨 [J]. 中国工程科学, 2024, 26(2): 245-254.
- [27] 张雨恬, 伍振峰, 于慧铖, 等. 以药性为导向的中药传统汤剂煎法数智化发展策略 [J]. 中草药, 2025, 56(24): 8869-8880.
- [28] 兰毅鹏, 刘彤, 赵祥琦, 等. 基于区块链技术的道地药材质量监管体系构建研究 [J]. 沈阳药科大学学报, 2023, 40(4): 486-493.
- [29] 上海数据局. 浦江数链: 筑牢中药饮片溯源全链条数据基础设施底座 [EB/OL] (2025-10-21) [2026-03-13]. https://www.nda.gov.cn/sjj/ywpd/szkjyjcsc/1020/2025102012732476458554_pc.html.
- [30] 耿朴玉, 江星明, 申蕾, 等. 张量技术推动中药质量标准现代化 [J]. 中草药, 2026, 57(5): 1995-2008.
- [31] 杨仑. 锤炼硬核科研能力服务中医药行业高质量发展 [N/OL]. 科技日报, 2026-01-05 [2026-03-10]. https://www.stdaily.com/web/gdxw/2026-01/05/content_457439.html.
- [32] 杨文政, 邹凤杰, 闫嘉. 基于 MI-HSIC 混合加权指数电子鼻特征优化的黄连产地鉴别 [J]. 农业工程学报, 2025, 41(23): 303-312.
- [33] 李涵, 谢梦迪, 桂新景, 等. 多源信息融合技术在中药质量评价中的应用研究进展 [J]. 药学报, 2023, 58(10): 2835-2852.
- [34] 陈哲, 张冬, 刘春香, 等. 中医药“辨证论治”智能知识语义网络图谱的构建和应用 [J]. 世界中医药, 2025, 20(20): 3744-3748.
- [35] 李欣桐, 马素芬, 张丰聪, 等. 中医药领域大语言模型的研究进展与应用前景 [J]. 南京中医药大学学报, 2024, 40(12): 1393-1403.
- [36] 教育部. 素山中药学教育垂直大模型 [EB/OL] (2025-10-27) [2026-03-10]. https://www.edu.cn/xxh/focus/zc/202510/t20251017_2694790.shtml
- [37] 云南白药集团. 中医药行业大模型数据标注范式 [EB/OL]. (2025-6-13)[2026-03-13]. https://www.nda.gov.cn/sjj/ywpd/szkjyjcsc/0612/20250612131357687706593_pc.html.
- [38] 李宇婷, 马俊楠, 卜竹林, 等. 基于多指标优化-智能感官联用的黄芩不同炮制品的炮制工艺研究及质量评价体系构建 [J]. 中草药, 2026, 57(2): 457-473.
- [39] 工业和信息化部民政部国家卫生健康委员会关于公布《智慧健康养老产品及服务推广目录(2024年版)》的通告 [EB/OL]. (2025-06-05)[2026-03-13]. <https://www.nhc.gov.cn/ljks/c100158/202506/ba32327afdb64bc092ab270b56e29378.shtml>.
- [40] 朱可, 李义凯, 李炜弘, 等. 面向中医古籍的知识抽取研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2025, 27(11): 3295-3303.
- [41] 段成思, 刘志勇, 史兰云, 等. 中药质量标志物多维度评价体系的构建与应用: 化学、生物及整合分析视角 [J]. 中草药, 2025, 56(22): 8395-8402.
- [42] 徐文源, 向兴华, 田雅欣, 等. 基于“真实世界研究-机器学习”双驱动的全杜仲胶囊治疗骨质疏松症优势人群特征分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2025, 31(14): 145-152.
- [43] 佚名. 双中心建设进行时西苑医院苏州医院研发完成“吴门医家叶天士血证辅助诊疗大模型” [EB/OL]. (2025-07-06) [2026-03-12]. <https://xyhospital.com/Html/News/Articles/22524.html>.
- [44] 国家药品监督管理局. 《中药生产监督管理专门规定》政策解读 [EB/OL]. (2025-09-09) [2026-03-15]. https://www.gov.cn/zhengce/202509/content_7039751.htm.

[责任编辑 时圣明]