

中医药可信数据空间建设路径与应用展望

尤良震^{1,2}, 于东东³, 税嘉诚⁴, 彭辉⁵, 张佳乐⁴, 李思毅^{1,2}, 钟晓莹^{1,2}, 刘春玲⁶, 刘姝伶^{1,2}, 卢懋青^{1,2}, 马韵洁⁷, 李晋玉^{1*}, 刘金民^{1*}, 商洪才^{1,2,8*}

1. 北京中医药大学东直门医院数智中医慢病防治北京重点实验室, 北京 100700

2. 北京中医药大学中医内科学教育部和北京市重点实验室, 北京 100700

3. 广州中医药大学第二临床医学院, 广州 510120

4. 中国中医药科技发展中心(国家中医药管理局人才交流中心), 北京 100027

5. 安徽中医药大学第一附属医院, 合肥 230031

6. 北京中医药大学东直门医院数字化与智慧医院建设处, 北京 100700

7. 合肥综合性国家科学中心数据空间研究院, 合肥 230051

8. 北京中医药大学东方医院, 北京 100708

* 联系人, E-mail: shanghongcai@126.com; jmvip@vip.163.com; leery_5566@163.com

2025-08-04 收稿, 2025-10-01 修回, 2025-11-11 接受, 2025-11-12 网络版发表

国家自然科学基金(82305056)、北京市科技计划(Z241100007724010)、国家重点研发计划(2022YFC3502300, 2022YFC3502305)、中央高水平中医医院临床科研业务费(DZMG-QNGG003)、北京慢性病防治与健康教育研究会、中关村人才协会医工领域“未来人才”培养计划(MBRCO012025020)和中华中医药学会(2024~2026)年度青年人才托举工程(CACM-2024-0NRC2-A02)资助

摘要 数据作为优质新型生产要素是数字经济发展的核心引擎. 数据要素赋能中医药新质生产力是中医药事业与产业高质量发展的内在要求, 在推动中医药科研范式与诊疗模式系统性变革, 升级中医药传统产业, 培育大量新兴未来产业中发挥重要作用. 可信数据空间(trusted data spaces, TDS)作为新型数据基础设施, 是畅通数据资源循环的重要载体. 面向数据要素赋能中医药传承创新发展, 建设中医药可信数据空间(trusted data space for traditional Chinese medicine, TCM-TDS)具有重要的时代意义. 本文从基础建设、功能架构、技术与业务流程等方面阐述了TCM-TDS建设路径, 旨在形成中医药行业可推广、可复制的建设模式, 支撑全国一体化数据市场需求. 本文从机制体制创新、高质量数据集建设与数据基础设施完善、数智中医药理论与技术创新、多元应用场景驱动中医药数据生态体系形成与产业发展等方面提出TCM-TDS应用发展对策建议.

关键词 数智中医药, 可信数据空间, 数据要素, 新质生产力, 数据流通基础设施

为贯彻落实党和政府促进中医药传承创新发展的政策方针, 国家中医药管理局、国家数据局印发《关于促进数字中医药发展的若干意见》指出, 要深刻把握数据要素基本特征和全局性地位, 以发挥中医药数据的赋能作用为导向, 推动大数据、人工智能等新兴数字技术逐步融入中医药传承创新发展全链条各环节, 全力打造“数智中医药”(digital and smart traditional Chinese medicine, SMART TCM), 为中医药现代化发

展提供有力支撑^[1]. 数智融合已经成为驱动中医药创新发展的新动能. 笔者提出“数据筑基, 智慧引航”的SMART TCM发展理念与思路, 以解决中医药诊疗能力提升与疗效评价等瓶颈问题^[2~4]. 然而, 如何促进中医药领域数据的共享、流通复用, 推动全行业、全产业链、全流程数据资源汇聚与有效贯通, 实现中医药数据要素价值释放是打造SMART TCM的难点与堵点. 发展可信数据空间(trusted data space, TDS)促进数据要

引用格式: 尤良震, 于东东, 税嘉诚, 等. 中医药可信数据空间建设路径与应用展望. 科学通报, 2026, 71: 788–798

You L, Yu D, Shui J, et al. Construction pathway and application prospect of trusted data space for traditional Chinese medicine (in Chinese). Chin Sci Bull, 2026, 71: 788–798, doi: [10.1360/CSB-2025-5317](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5317)

素合规高效流通使用是面向数据要素市场化配置改革的中国方案^[5,6]。TDS建设理念与思路对发展SMART TCM具有重要的指导价值。当前,进一步理解中医药数据要素特征和地位,探索中医药可信数据空间(trusted data space for traditional Chinese medicine, TCM-TDS)建设模式与方案、突破关键技术瓶颈,促进中医药新质生产力发展是推动中医药诊疗能力提升、研究范式变革与产业发展的核心重器,以期为中医药传承创新发展提供更有有力支撑。

1 数据要素赋能中医药新质生产力形成的内在机制与问题挑战

数据要素是在生产经营活动中参与价值创造的数据资源^[7]。我国是首个将数据作为生产要素的国家,高度重视发挥数据要素价值,将数据要素作为关键全局性资源,制定了一系列政策文件,不断培育与壮大数据要素市场^[8]。数据作为形成新质生产力的优质新型生产要素是数字经济发展的核心引擎。研究显示,数据要素能直接作用及与其他生产要素融合作用,培育新质劳动力、催生新质劳动资料、孕育新质劳动对象,面向市场化进程催生新业态、新模式,推动新质生产力涌现^[9,10]。与传统生产要素相比,数据要素可大规模、低成本获得,具有非竞争性、强协同性、衍生性、隐私负外部性等特质^[11]。数据要素赋能中医药新质生产力是中医药事业与产业高质量发展的内在要

求。当前,我国中医药发展在体系建设、服务模式、创新能力、治理水平等方面仍存在短板,发展中医药新质生产力为完善中医药传承创新发展机制提供了新动能。

数据要素赋能中医药新质生产力,将推动中医药科研范式与诊疗模式系统性变革,升级中医药传统产业,培育大量新兴未来产业,其内在机制见图1。一是数据作为新型生产要素形态与中医药思维模式相结合,将传统中医临床依赖医生主观判断与患者描述的辨证论治过程数字化^[12],为认识中医药复杂科学体系提供工具^[13],高度弥合中医象思维诊疗模式与中医精准诊疗理念,从本质上提升中医对生命、健康和疾病的认识能力,阐释中医药科学内涵。二是数据要素与中医药劳动者相结合,提升中医药从业者科学素养,增强中医药研究者提出与解决科学问题的能力,提升中医医生精准诊疗能力。三是数据要素与中医药生产资料相结合,创造中医药生产资料新形态与新性能,颠覆中医药诊疗与研究工具。四是中医药数据要素市场化将重塑中医个体化诊疗新模式、培育中医药未来产业新业态和新模式,优化中医药治理水平与资源供给能力^[14]。

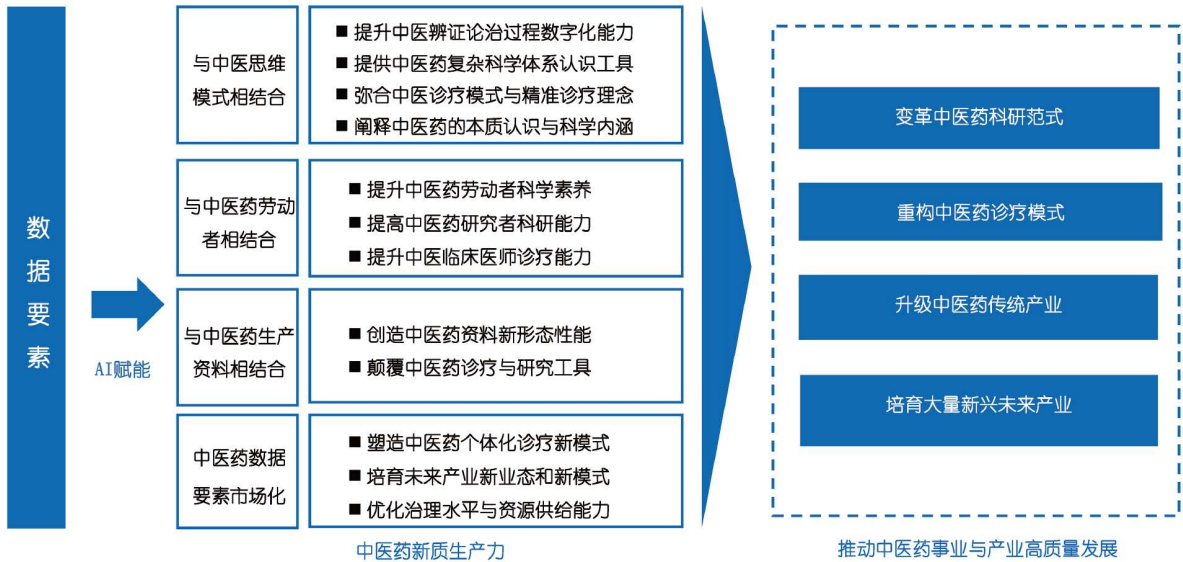


图1 数据要素赋能中医药新质生产力内在机制
Figure 1 Intrinsic mechanism of data elements empowering new quality productive forces in traditional Chinese medicine

当前,中医药数据要素价值释放与赋能存在诸多现实问题与困难挑战。首先,中医药数据要素供给存在结构性矛盾。一是数字化能力不足,数据孤岛普遍存在。中医药古籍数据、医疗数据、科研数据、产业数据等散在各数据主体未形成有效联通。二是公共数据开发不充分,数据资源尚未形成有效数据资产。中医药数据资源家底尚不清晰,公共医疗数据开发尚存在壁垒。三是数据要素质量普遍不高,高质量数据集严重匮乏。多数数据仍停留在原始状态,尚未进行数据治理。其次,中医药数据要素市场化进程缓慢,政策发展机制尚不完善,尚未形成大规模的数据产业。当前,我国数据要素市场化处在快速发展与深化改革关键期。数据要素确权、定价、流通等机制仍未完全清晰。数据基础设施建设尚不健全,尚未形成全国统一的数据要素大市场与跨区、跨境流通机制。中医药行业数据要素市场化发展是全国统一数据要素大市场的重要组成部分,存在滞后性与特殊性,发展机遇与挑战并存。最后,中医药数据要素创新发展存在技术壁垒,人才储备薄弱。数据要素核心技术与关键领域的科技创新能力不足,多科学交叉能力薄弱,标准化体系尚未形成,数据安全、隐私保护以及合规风险普遍存在,高质量数据集生产与评价能力薄弱。中医药数据要素创新面临复合创新型人才匮乏问题,相关培养与选拔机制尚未建立。

2 中医药可信数据空间建设意义与必要性

为充分释放数据要素价值,加快构建以数据为关键要素的数字经济,我国将TDS作为新型数据基础设施进行了前瞻性系统布局。国家数据局印发《可信数据空间发展行动计划(2024—2028年)》(以下简称“行动计划”),提出基于共识规则,连接多方主体,建设可信可管、资源交互、价值共创的TDS^[5]。TDS建设对推动数据产业迈向高质量发展意义深远。梅宏等认为,数据空间是网络空间新形态,能够有效推动与实现数据价值最大化释放,而TDS是畅通数据资源循环的重要载体。TDS布局建设提供了解决数据要素市场化配置改革世界级难题的中国方案^[6]。

面向数据要素赋能中医药传承创新发展,探索TCM-TDS建设模式与方案具有重要意义。第一,TCM-TDS建设是构建高质量的数据要素市场的重要组成部分。基于行业TDS培育专业市场主体,是构建高质量数据要素市场的必要条件^[11]。中医药行业数据要素市场

具有其专业特性,在数据来源、类型、价值、隐私敏感及标准等方面均体现专业与行业属性。TCM-TDS作为专业市场环境的载体,制定相关法律法规和政策,探索建立符合中医药行业特点的数据确权与数据安全保护机制,创新数据流通模式与交易场景,释放更丰富的数据要素价值,从而支撑全国一体化数据市场建设。第二,TCM-TDS建设是遵循中医药发展规律,发展新质生产力破解中医药发展难题的需要。一是解决中医药行业核心痛点的有效途径,推动中医药诊疗、管理、服务等环节的数字化、智能化转型,推进中医术语、疗效评价、中药质量评价等领域的标准化建设,二是发展新质生产力构建数据驱动的中医药科学研究范式,突破中医药传承创新发展难题。第三,TCM-TDS建设是加快推进中医药现代化、产业化与国际化进程,增强应对风险挑战能力的需要。一是为中医药现代化提供数据支持和创新动力,依靠数据驱动创新发展,推动中医药在临床、科研、产业等领域的现代化进程。二是将加快推进健康数据产业生态构建,协同推进数据产业发展^[5]。三是助力中医药传承与文化传播,支持中医药数据要素跨境流通,在中医药国际化中发挥重要作用。

3 中医药可信数据空间建设路径与实施思路

随着区块链、隐私计算、云计算等新兴技术的快速发展,数据沙箱、联邦学习、智能合约等技术的不断成熟为TDS的构建提供了有力的技术支撑。全球范围内对TDS技术体系与应用模式建设进行了有效探索。欧盟、德国、日本、美国等在数据共享流通以及TDS建设中积累了丰富的经验。《行动计划》提出了企业、行业、城市、个人、跨境等5类TDS建设方向,形成了战略引领型、技术驱动型、需求牵引型和生态赋能型4类基本建设模式。从构成来看,TDS建设包含场景应用、生态主体、数据资源、规则机制、技术系统五大部分,其中以场景需求为牵引的数据提供方、使用方共享共用数据资源,推动服务方等生态主体联合开发数据产品,以共识规则机制和技术系统为支撑保障,推动数据可信流通与高效利用。针对TCM-TDS的整体发展趋势而言,应立足我国TDS发展行动基本框架,做好顶层设计与制度标准制定,通过具体应用场景开展试点工作,先行先试、总结经验,再逐步整合完善,形成中医药行业可推广、可复制的TCM-TDS建设模式,支撑全国一体化数据市场需求。

3.1 中医药可信数据空间基础建设

当前,TCM-TDS建设处于起步阶段,通过中医药行业政府统筹与多方主体协作,夯实数据基础设施,建设技术与标准体系,加快推进数字中医药建设,形成场景应用为驱动牵引,促进中医药数据资源供给、协同多方生态主体,夯实TCM-TDS的建设基础(图2)。

一是数字中医药建设促进数据资源供给。TDS承载的各类数据资源,涵盖高质量数据资源和高质量数据集,是TDS建设与价值共创的基础支撑和保障。中医药数据资源在TCM-TDS中兼具基础要素供给者、价值共创载体与治理核心对象三重角色,具有资源独特性、多源异构性^[15,16]和权属复杂性^[5,17]。数字中医药建设是促进数据资源汇聚的基础。主要路径包括:(1)聚焦典型场景,加强中医药行业数字化转型,推进中医药数据分类分级管理与多源数据融合标准的规范制定和示范应用,夯实中医药数据资源基座;(2)持续推进中医药数据治理与数据安全保障,确保数据供给质量与流通安全;(3)加强中医药行业数据共享开放,围绕重点领域建设数据流通应用中枢,联合数据交易机构推进中医药数据登记流通,确保数据可信供给。

二是政府统筹构建中医药数据基础设施。在我国数据空间建设中,政府通常发挥主导作用,以政策引导为主要推动力^[8,18],通过顶层设计、监管保障与资源支持,保障TDS安全稳定运行和创新发展。政府统筹构建中医药数据基础设施主要路径包括:(1)规划总体框架,明确发展目标、实施路径和重点任务,从中医药数据

数据产权、数据要素流通和交易、分配调节及治理制度等多维度完善数据基础制度与运行规则^[9,19];(2)保障基础设施,构建中医药数据高效安全流通的交互环境,满足数据空间各参与方(医疗机构、高校科研院所、医药企业等)的应用需求,重点建设数据监管服务云平台,实现数据全生命周期流通的监控与可验证溯源;(3)协调多方资源,统筹多部门职能形成协同机制,制定区域适配政策,调拨财政支持降低参与方成本,推动TCM-TDS合理布局与均衡发展。

三是技术与标准体系创新促进中医药数据能力实现。技术创新与应用是TDS可信管控、资源交互、价值共创能力实现的支撑。标准体系构建与实施是引领TDS能力实现与推广应用的关键环节。TCM-TDS标准体系的构建,旨在系统性解决以下核心问题:(1)基本概念与定义不清,构成要素边界模糊,影响共识与协同推进;(2)技术系统之间协议不统一、接口不兼容,制约互联互通能力建设;(3)规则与机制不互认,多方协作的权责规则、安全机制缺乏互认基础,削弱数据共享信任;(4)协同生态薄弱,跨机构协作机制尚未建立,阻碍规模化落地。TCM-TDS标准体系构建应突出问题导向、能力提升、场景牵引、价值释放的基本理念,形成全生命周期、全场景、全角色的系统规范。

技术创新需贯穿数据全生命周期,系统破解TDS落地瓶颈。TCM-TDS构建既需发挥高校与科研院所在基础研究与应用基础研究中的关键作用,实现包括中医药多源异构数据融合、隐私计算算法优化、动态数据权属确权等核心技术,也需发挥依托企业创新主体的灵活性,探索基于中医药数据特点的分布式架构部署、智能合约自动化、联邦学习模型适配等多元技术的整合与场景化应用。通过产学研深度融合,推动TCM-TDS从理论向产业实践转化。

四是场景应用驱动中医药数据生态协同共建。场景驱动创新已成为数字经济时代新兴行业的重要创新范式^[20]。中医药多维场景是数据要素价值释放的核心载体,更是TCM-TDS落地应用的关键驱动力。立足中医药精准诊疗、产业升级、科教融合、国际化拓展等业务需求,通过系统分析识别数据流动与共享模式,定制适配技术方案,实现中医药数据高效流通与价值转化。场景驱动下的TCM-TDS建设,本质是通过市场化机制激活中医药数据要素生态,引导多元主体围绕中医药需求进行技术创新与产品开发,加快数据价值释放和产业升级,解决中医药发展问题,促进TCM-TDS

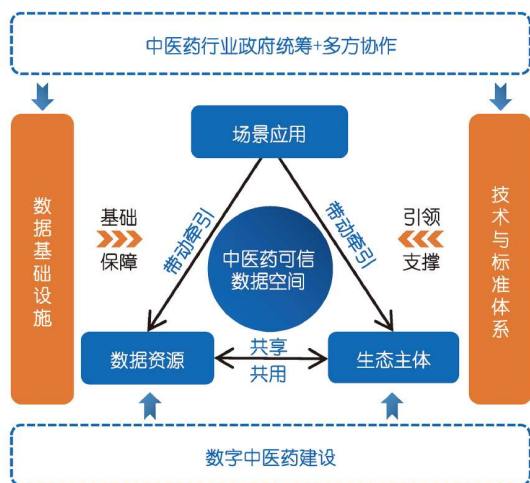


图2 中医药可信数据空间基础建设架构

Figure 2 Foundational infrastructure architecture of the trusted data space for traditional Chinese medicine

可持续发展。

3.2 中医药可信数据空间的功能架构

TCM-TDS建设技术路径应以中医药数据要素价值释放为导向,以中医药数据资源的高效流通为目标,以中医药数据使用方实际应用场景为驱动,以中医药数据基础设施建设为基础,进行中医药行业数据全生命周期技术创新与标准研发,推动中医药数据标准体系建设、高质量数据资源汇聚与高效利用、数据产品创新与产业发展。TCM-TDS功能架构由数据提供方系

统、数据使用方系统、服务平台系统、数据监管机构系统、其他按需流通业务节点系统等5大部分组成,并通过接入连接器跨节点、跨主体进行交互与互联互通。其架构前4部分及接入连接器是必需项目,第5部分为可选功能,根据业务场景需求接入并建设,整体架构上保持身份、标识、目录和接口的统一^[21](图3)。

TCM-TDS功能体现在具体的业务系统。(1)数据提供方系统是TCM-TDS的主体部分,承担数据与服务资源供给职能,由行政主管部门、医疗机构、高等院校、中医药科研机构、中医药相关企业等中医药产业链核

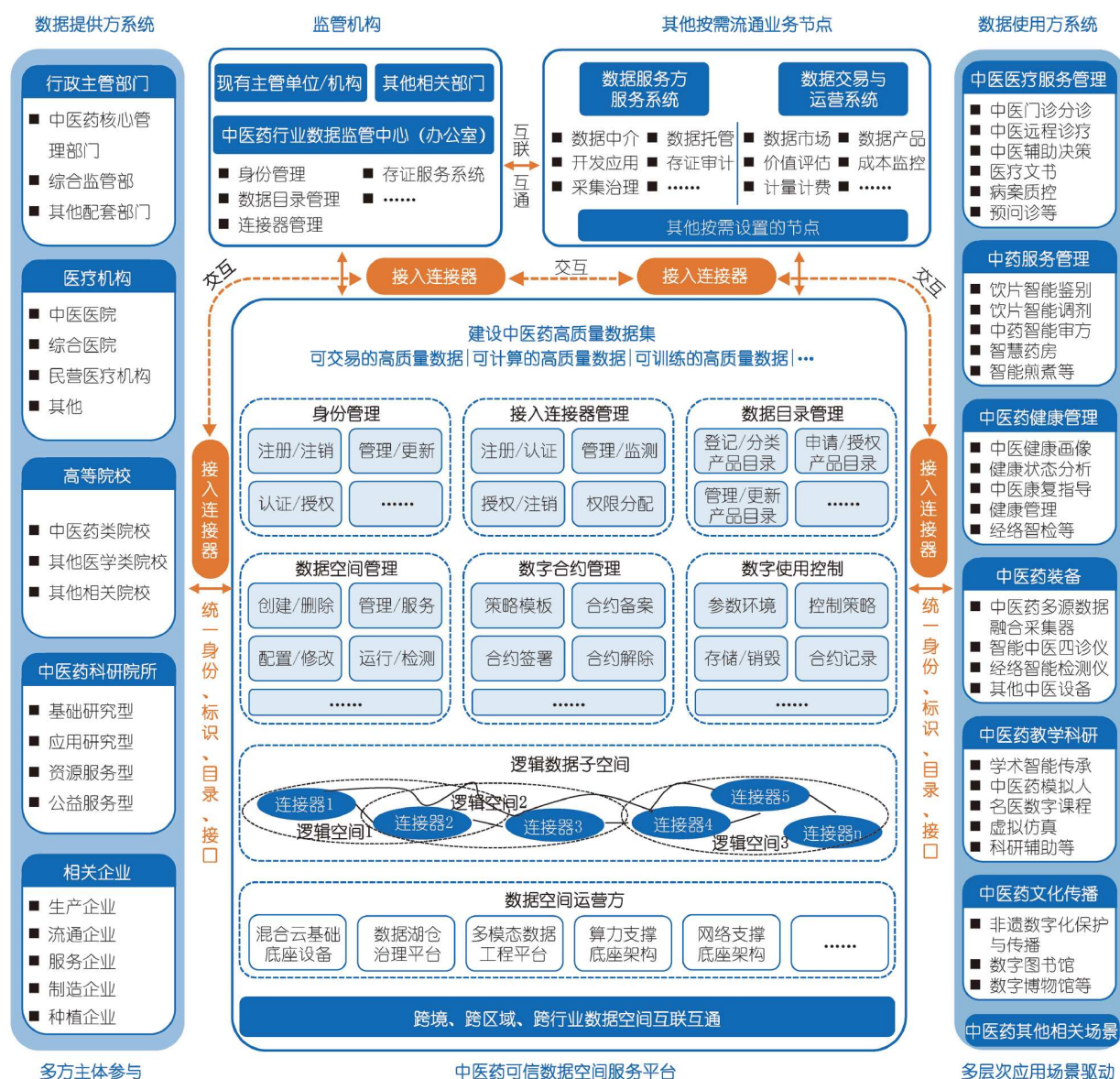


图3 中医药可信数据空间功能架构

Figure 3 Functional architecture of trusted data space for traditional Chinese medicine

心实体组成,通过接入连接器实现中医药数据合规入网与服务供给,同时明确其他参与主体对其数据、服务的访问、共享及使用权限。(2) 数据使用方系统是数据价值的转化主体,实现数据要素查找、交易等方式安全获取数据,遵循按需使用、合约约束等原则,基于多层次应用场景驱动与生态化反馈将数据要素转化为产业升级动能、民生服务能力与国际竞争壁垒的核心驱动力。(3) 服务平台系统应按照数据基础设施架构^[21]要求,统一身份、标识、目录与接口,确保与其他流通利用业务节点互联互通。核心功能包括身份管理、接入连接器管理、数据目录管理、数字合约管理、运营管理、数据使用控制、跨境跨区域跨行业数据空间互联互通等功能,同时支持新建逻辑数据空间。(4) 数据监管机构系统由相关主管单位指导组建中医药行业数据监管中心(办公室)等行政监管层依据相关法律法规^[15,21~24]行使法定监管权,负责对各参与方的运营、服务、应用活动进行指导与监督,规范数据流通全生命周期管理。(5) 其他按需流通业务节点系统应与服务平台等其他节点互联互通,根据数据流通需求灵活建设集成功能,如应用商店、数据中介、数据托管、数据交易、开发应用中心、存证审计等。

TCM-TDS各系统接入连接器是连接“主体与主体”“主体与业务节点”“主体与区域/行业功能节点”的规范化软硬件系统,数据供需双方均可通过其接入TCM-TDS^[21],是中医药数据要素安全高效流通的核心保障。其标准能力由身份认证、网络接入、数据交付、数据访问控制、日志记录、运行状态上报等组成,扩展能力包括数据产品目录服务、数据使用控制、数据资源管理、数据合约管理、隐私保护计算能力集成、高速数据网接入、数据产品管理以及其他关键技术组件扩展能力等^[21]。数据接入连接器类产品应具备接入连接器的全部标准能力。

3.3 中医药可信数据空间技术特点与业务流程

TCM-TDS是国家数据基础设施(national data infrastructure, NDI)在中医药领域的逻辑业务节点,属于行业的专业型数据空间^[21],同时也是NDI的组成部分。TCM-TDS技术架构以NDI架构为依托、结合中医药特点构建,需要遵循NDI相关规范,按照统一目录标识、统一身份登记、统一接口要求,接入相关功能节点,实现与其他业务节点的互联互通,以及与其他数据基础设施的互信互认及互操作^[5,25,26]。

TCM-TDS符合TDS通用技术架构基本特征,以实现中医药数据跨区域、跨机构可信流通利用为主要目标,以数字合约和使用控制等技术为核心技术构架,具体特征如下:一是安全可信数据流通使用。基于医疗健康与中医药领域共识规则,通过数字合约实现多方行为预期对齐,确保合约策略适配中医药数据特性,在使用控制技术中融合区块链、数据沙箱、隐私保护计算等技术,保证数据流通使用全流程安全可追溯。二是跨区域、跨主体互通的数据资源整合。TCM-TDS依托NDI统一底座,可便捷发现、定位和使用其他数据空间及业务节点的数据产品,实现中医药数据资源多层次互联互通。三是多方主体协同的数据价值共创。在保障数据安全高效流通的基础上,支持中医药云算力、AI服务、独特数据研发协作等增值服务方通过连接器加入TCM-TDS,加速中医药数据价值释放。

TCM-TDS业务流程是其服务平台与其他各功能组件协作完成数据流通的过程,主要包括TCM-TDS的登记、发现、逻辑子空间创建、数据流通利用等步骤^[21]。面向不同场景需求,可根据场景需求调整或新增业务。其中,数据流通利用是核心环节,集中体现数据在提供方与使用方向的可信合规流转,分为准备、交易、监管与结算三阶段(图4)。

在准备阶段,数据提供方各节点以全要素汇聚、多维度治理、智能化应用为目标,依托算力网络等基础设施,通过综合利用隐私计算、数据沙箱等技术实现数据资源逻辑汇聚再经接入连接器将本地数据接入TCM-TDS,采用协议适配、分级预处理、链式加密等技术手段^[21],确保数据符合合规要求^[22],通过数据件封装、治理技术^[26]封装形成本地数据产品(元件)并设定初步使用策略,纳入连接器本地数据产品目录管理。数据提供方系统向服务平台申请数据产品上架,按要求^[21]上传登记、上架信息,经合规审核后纳入平台数据目录,利用跨域数据管理、穿透式安全等技术,将多源异构中医药数据标准化,转化为分级分类、语义统一的融合数据,形成中医药高质量数据集。

在交易阶段,数据使用方根据场景需求,通过接入连接器在服务平台数据目录查询目标数据产品并发起使用申请,经合规审批后,平台解析合约、授权并向双方下发数据合约权限,完成合约签署、备案与合规监管,服务平台通过连接器触发数据使用指令与策略,数据提供方按照合约分级分类加密传输数据产品,数据使用方按合约合规使用数据。

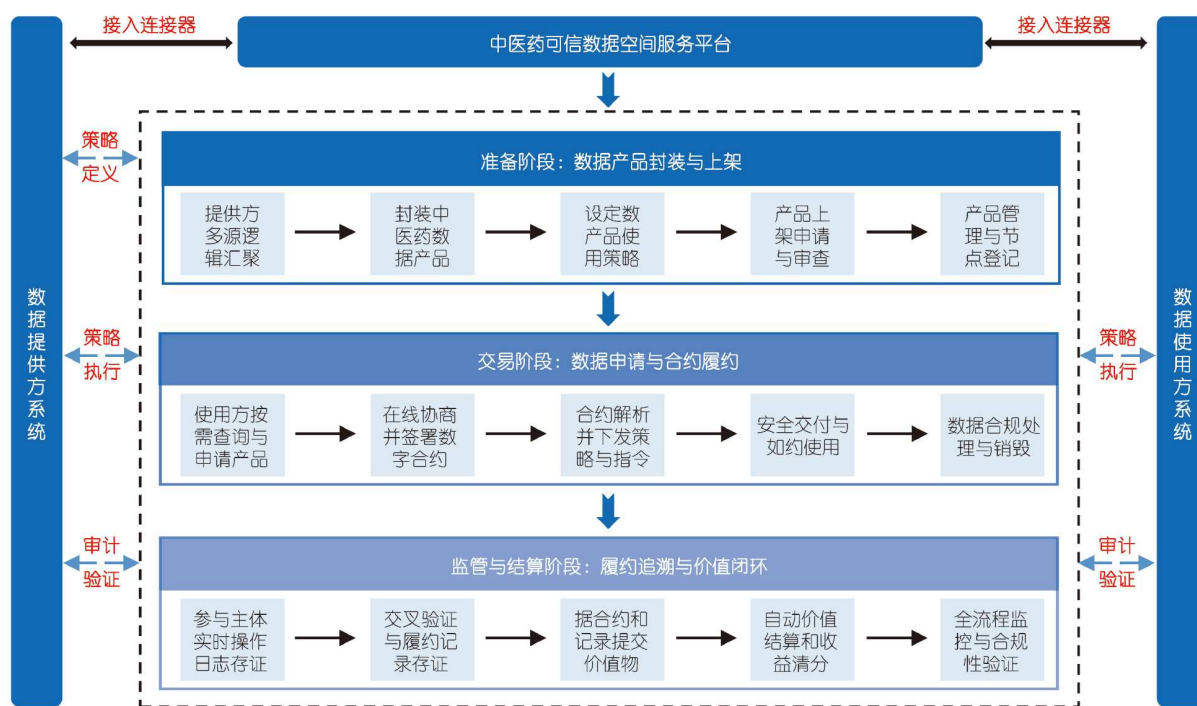


图4 中医药可信数据空间数据流通利用流程图

Figure 4 The data circulation and utilization process of trusted data space for traditional Chinese medicine

交易完成后进入监管与结算阶段,按合约进行价值分成结算,对数据合规销毁。全流程连接器实时记录各主体操作并生成日志上传平台,经存证、备案、交叉验证形成统一、不可篡改的履约记录,为全流程提供端到端可追溯、可审计的监管支持。

4 中医药可信数据空间应用发展与对策建议

建设TCM-TDS是新时代中医药传承创新发展的重大基础设施工程,以数据赋能中医药新质生产力推动传统中医药向数智中医药跨越,有望成为中医药诊疗模式与研究范式变革及产业发展的核心重器。TCM-TDS建设蕴含着中医药原始创新与颠覆技术突破的重大机遇,也面临着诸多困难挑战。本文从机制体制、数据基础设施、技术标准、产业生态等方面提出TCM-TDS应用发展对策建议。

4.1 加强政策落实与机制体制创新,促进数据要素赋能中医药创新发展

TCM-TDS建设需以制度创新和技术攻坚双轮驱动,形成制度规范为基、技术与标准创新为翼、生态协同为主体,健全收益分配与安全监管机制,以机制体

制创新构建中医药数据要素自主可控的技术与管理体系统。在国家层面,发布实施了《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》《数字中国建设整体布局规划》《深入实施“东数西算”工程加快构建全国一体化算力网的实施意见》《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》《可信数据空间发展行动计划(2024—2028年)》等一系列政策和重大工程,促进了我国数据基础制度与基础设施建设,对充分发挥中医药数据要素释放具有重要的指导作用。在中医药行业层面,印发《关于促进数字中医药发展的若干意见》,要求全力打造“数智中医药”,为数字中国建设提供中医药实践,为中医药现代化发展提供有力支撑。

当前,TCM-TDS建设基础薄弱,中医药数据资源采集、治理、流通技术体系不健全,数据要素市场化程度低,数据产权界定模糊、流通规则空白、分配机制不清晰、安全治理能力不够,制约数据要素价值释放。需应加快推进TCM-TDS建设试点工作,明确需求优化建设场景,构建专病诊疗、科研、产业协同样板,重点突破符合中医药数据特点的多源异构数据融合、

动态产权确权、跨境安全计算等关键核心技术,建立产权分级界定、流通合规框架、收益贡献分配、安全穿透监管为一体的TCM-TDS制度体系,加速中医药数据要素市场化进程。

4.2 夯实中医药数据基础设施与高质量数据集建设,支撑中医药可信数据空间建设与运行

以NDI建设为基础,统筹构建中医药行业数据基础设施是推动中医药数据要素价值释放的基石。TCM-TDS建设应该与行业整体数据基础设施建设同步推进,加强顶层设计与统筹规划。一是在功能上提供数据采集、汇聚、传输、流通、加工、利用、运营、安全服务等八大能力,以解决中医药行业数据“供不出、流不动、用不好”的难题。二是服务对象上,面向中医药行业管理、医疗服务、产业发展以及、个体用户等数据相关方,实现中医药数据资源化、要素化、价值化。三是平台建设上,搭建建立中医药行业数据流通交易、归集、公共服务平台等基础平台,四是设施底座层面,明确重点建设领域,包括建设中医药领域区块链网络、数据元件、数场、可信数据空间、数联网、隐私保护计算平台等,提供安全可信的流通环境,建设中医药行业统一网络和算力设施,保障数据高速传输与算力高效供给,完善安全设施筑牢防护屏障。

加快推进中医药行业高质量数据集建设,构建覆盖中医药行业通用理论与专科实践的高质量数据集,推动中医药+人工智能应用。TCM-TDS为高质量数据集安全合规使用提供了基础支撑,保障中医药数据可用性与可信度,高质量数据集又反哺TCM-TDS生态繁荣,形成双向赋能、价值共创的闭环。

4.3 构建数智中医药关键理论与技术创新体系,提升中医药可信数据空间能力与应用价值

遵循中医药发展规律的SMART TCM理论与技术创新是建设TCM-TDS的重要支撑。一是以中医药理论与实践为指导发展SMART TCM理论与技术方法,丰富TCM-TDS理论内涵与治理逻辑体系,建立中医象思维数智化表达路径,探索如何将辨证论治的取象运数认知模型转化为可计算框架,驱动中医辅助诊疗系统的范式革新,探索复杂科学体系的技术耦合机制,研究中医药整体观与超网络理论、因果推断等数据科学的融合方法,破解多维度动态关联建模难题,借鉴数据场基础理论^[27],为中医药及人体复杂巨系统的数智化研

究提供支撑。在数智技术融合创新上,区块链、联邦学习与隐私计算等技术融合应用解决数据异构性和语义统一等关键问题。语义标准与区块链存证解决数据对齐和过程可信的问题,联邦学习与隐私计算则在此基础上,实现数据可用不可见的价值转化,为TCM-TDS建设和安全稳健运营提供技术支持。张泽丹等人^[27]利用区块链和联邦学习等技术应用于中医消化领域临床科研一体化数据共享平台构建,充分保障数据安全与隐私,为TCM-TDS建设提供了场景案例。

二是搭建数智中医药高水平科技创新平台,完善TCM-TDS创新发展与应用体系。在科技创新体系上,设立数智中医药疾病防治重大项目,建设数智中医药国家级实验室平台发展中医药颠覆性技术,支持布局建设国家及区域中医药数据中心建设,整合数据资源开展数据驱动的科学研究的,加强关键技术攻关与标准化体系建设,推动中医药智能体研发及数字产品落地。另外,设立TCM-TDS企业创新与应用平台,降低中小企业应用门槛。

4.4 聚焦朝向人工智能+中医药多元应用场景,驱动中医药数据生态体系形成与产业发展

以场景需求为牵引,通过构建行业TDS实现跨域融通应用,是释放数据要素价值的关键路径^[28]。中医药行业“人工智能+”应用创新发展决定着TCM-TDS应用成效与发展方向。具体场景如:人工智能+中医药管理服务的中医临床辅助诊疗、中医经络智能检测、中药智能审方、中医临床病案智能质控、名中医思想智能传承、中医药科研智能辅助,人工智能+中医药产业的中药材智能生态种植、中药材智能鉴定仿生识别、中药智能生产设备,以及人工智能+中医药装备、教学科研、文化传播等其他场景也有着广泛的转化应用空间^[25]。就具体的TCM-TDS应用场景案例,如整合慢性疾病“诊前、诊中、诊后”全病程数据,构建中医药慢病防治TCM-TDS,开发中医精准诊疗系统与应用平台,满足慢性疾病中医诊疗与健康管理的的需求。

TCM-TDS建设通过整合中医药全产业链数据资源,驱动传统产业转型升级、孵化未来产业、催生新业态,引领中医药产业高质量发展。一是传统中医药产业智能化升级。如数智中医药发展推动现代中医诊疗服务体系重构、实现中药全程质量追溯、促进中药智能制造,加速新药研发进程,二是培育中医药数字经济未来产业。如中医药AI医疗与数字健康产业发展,以更丰

富形态与优质体验满足健康需求,三是催生中医药数据要素服务与文化创意等新兴产业。随着中医药数据价值的不断凸显,中医药数据服务产业将不断壮大并成为新兴产业发展的重要方向,中医药文化数字产业发展将加快中医药国际化传播。

TCM-TDS作为中医药产业数字化转型的核心支撑,在推动传统产业升级、培育未来产业和催生新兴产业方面发挥着不可替代的作用,将为中医药事业与产业的高质量发展注入强大动力,提升我国在全球健康产业竞争中的关键地位。

参考文献

- 1 National Administration of Traditional Chinese Medicine, National Data Administration. Several opinions on promoting the development of digital traditional Chinese medicine (in Chinese). 2024-07-19, <http://www.natcm.gov.cn/bangongshi/zhengcewenjian/2024-08-14/34672.html> [国家中医药局, 国家数据局. 关于促进数字中医药发展的若干意见. 2024-07-19, <http://www.natcm.gov.cn/bangongshi/zhengcewenjian/2024-08-14/34672.html>]
- 2 You L Z, Zhang X Y, Jiang Y, et al. Research issues and strategies of smart traditional Chinese medicine syndrome differentiation and treatment for precision medicine (in Chinese). *Chin J Tradit Chin Med Pharm*, 2024, 39: 551–555 [尤良震, 张晓雨, 蒋寅, 等. 面向精准医学的中医辨证论治数智化研究问题与策略. *中华中医药杂志*, 2024, 39: 551–555]
- 3 Shang H. New mode of data-intelligence fusion research on clinical “toxic”, Chinese medicines: the proposal of evidence-based Chinese medicine toxicology (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2022, 67: 118–124 [商洪才. 临床“有毒”中药数智融合研究新模式: 中药循证毒理学的提出. *科学通报*, 2022, 67: 118–124]
- 4 Zhang X, Zhang X, Li X, et al. Roadmap for modern development of Chinese medicine: traditional, evidence-based, and digital-intelligent paths. *Sci Tradit Chin Med*, 2024, 2: 14–19
- 5 National Data Administration. Trusted data space development action plan (2024–2028) (in Chinese). 2024-11-21, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202411/content_6996363.htm [国家数据局. 可信数据空间发展行动计划(2024—2028年). 2024-11-21, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202411/content_6996363.htm]
- 6 Mei H, Huang G. Trusted data space: a new driving force for high-quality development of the data industry (in Chinese). *Wisdom China*, 2024, (12): 20–21 [梅宏, 黄罡. 可信数据空间: 数据产业高质量发展的新动力. *智慧中国*, 2024, (12): 20–21]
- 7 Li H J, Zhao L. Data becomes a factor of production: characteristics, mechanisms, and the evolution of value form (in Chinese). *Shanghai J Econ*, 2021, (8): 48–59 [李海舰, 赵丽. 数据成为生产要素: 特征、机制与价值形态演进. *上海经济研究*, 2021, (8): 48–59]
- 8 He B H. The current status and trends of data elements and artificial intelligence development in China (in Chinese). *Inf Commun Technol*, 2024, 18: 14–18+26 [何宝宏. 我国数据要素与人工智能发展现状与趋势. *信息通信技术*, 2024, 18: 14–18+26]
- 9 Zhang X H, Liu C X. The intrinsic logic and realistic approach to promoting the emergence of new qualitative productivity through the multiplier effect of data elements (in Chinese). *Rev Ind Econ*, 2024, (3): 171–184 [张夏恒, 刘彩霞. 数据要素推进新质生产力实现的内在机制与路径研究. *产业经济评论*, 2024, (3): 171–184]
- 10 Feng Y Q, Lin H F. Data elements enabling new quality productivity forces: theoretical logic and practical approach (in Chinese). *Economist*, 2024, (5): 15–24 [冯永琦, 林凰峰. 数据要素赋能新质生产力: 理论逻辑与实践路径. *经济学家*, 2024, (5): 15–24]
- 11 Li S X, Li J Q, Liu X L. The connotation and characteristics and promotion path of high-quality development in the data factor market (in Chinese). *Reform*, 2023, (5): 29–40 [李三希, 李嘉琦, 刘小鲁. 数据要素市场高质量发展的内涵特征与推进路径. *改革*, 2023, (5): 29–40]
- 12 Wang Y Y. Xiang thinking in the high-concept era (in Chinese). *Chin J Integr Med*, 2016, 36: 902–904 [王永炎. 高概念时代的象思维. *中国中西医结合杂志*, 2016, 36: 902–904]
- 13 You L Z, Fang Z H, Li G, et al. Current landscape and emerging trends in academic development of traditional Chinese medicine in new era (in Chinese). *China J Chin Mater Med*, 2024, 49: 2841–2852 [尤良震, 方子寒, 李耿, 等. 新时代我国中医药学学术发展现状及趋势. *中国中药杂志*, 2024, 49: 2841–2852]
- 14 Gao L N, Li X J, Song H Y. Internal mechanism and practice path of digital intelligence empowering the development of new quality productivity in traditional Chinese medicine (in Chinese). *Health Econ Res*, 2025, 42: 19–22+28 [高丽娜, 李湘君, 宋慧勇. 数智赋能中医药新质生产力形成: 内在机制与实践路径. *卫生经济研究*, 2025, 42: 19–22+28]
- 15 Zhao T Y, Luo L, He L Y, et al. Application and prospect of multi-source heterogeneous data integration in real-world clinical research in Chinese medicine (in Chinese). *World Chin Med*, 2022, 17: 614–619 [赵天易, 雒琳, 何丽云, 等. 多源异构数据整合在中医药真实世界临床研究中的应用及展望. *世界中医药*, 2022, 17: 614–619]
- 16 Zhai D S, Lou Y, Kan H M, et al. Constructing TCM knowledge graph with multi-source heterogeneous Data (in Chinese). *Data Anal Knowl Discov*, 2023, 7: 146–158 [翟东升, 娄莹, 阚慧敏, 等. 基于多源异构数据的中医药知识图谱构建与应用研究. *数据分析与知识发现*, 2023, 7:

146–158]

- 17 Deng S M, Fu H Y, Lou B Q, et al. Research and practical exploration on TCM data assets governance (in Chinese). *Chin Digit Med*, 2025, 20: 42–46 [邓诗敏, 傅昊阳, 楼步青, 等. 中医药数据资产治理研究与实践探索. 中国数字医学, 2025, 20: 42–46]
- 18 Guo M J, Yu S Y, Dou Y, et al. Engineering construction model and promotion of data space (in Chinese). *Strateg Stud CAE*, 2025, 27: 63–71 [郭明军, 于施洋, 窦悦, 等. 数据空间工程建设模式及推广应用研究. 中国工程科学, 2025, 27: 63–71]
- 19 CPC Central Committee & State Council. Opinions on building a data infrastructure system and better leveraging the role of data elements (in Chinese). *People's Daily*, 2022-12-20 [中共中央国务院关于构建数据基础制度 更好发挥数据要素作用的意见. 人民日报, 2022-12-20]
- 20 Huang Y H. A microtheory of digital economy based on multiple scenes and its application (in Chinese). *Soc Sci China*, 2023, (2): 4–24+204 [黄阳华. 基于多场景的数字经济微观理论及其应用. 中国社会科学, 2023, (2): 4–24+204]
- 21 Data Security Law of the People's Republic of China (in Chinese). *Gazette of the Standing Committee of the National People's Congress of the People's Republic of China*, 2021. 951–956 [中华人民共和国数据安全法. 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会公报, 2021. 951–956]
- 22 Ge T, Zhou Z X. Discuss the protection of personal medical and health information on the view of personal information protection law (in Chinese). *China Health Law*, 2024, 32: 34–39 [葛通, 周泽新. 从《个人信息保护法》视角论我国个人医疗健康信息保护. 中国卫生法制, 2024, 32: 34–39]
- 23 China Academy of Information and Communications Technology. Steady release of data element value: excerpts from the White Paper on data elements (2023) (in Chinese). *Enterp Manag*, 2024, (1): 46–52 [中国信息通信研究院. 数据要素价值稳步释放——数据要素白皮书(2023年)摘编. 企业管理, 2024, (1): 46–52]
- 24 Law of the People's Republic of China on Traditional Chinese Medicine (in Chinese). *Gazette of the Standing Committee of the National People's Congress of the People's Republic of China*, 2017. 5–11 [中华人民共和国中医药法. 中华人民共和国全国人民代表大会常务委员会公报, 2017. 5–11]
- 25 General Office of the National Health Commission, General Office of the National Administration of Traditional Chinese Medicine, General Office of the National Disease Control and Prevention Administration. Reference Guidelines for Artificial Intelligence Application Scenarios in the Health Industry (in Chinese). 2024-11-06, <https://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/c100133/202411/3dee425b8dc34f739d63483c4e5c334c.shtml> [国家卫生健康委办公厅, 国家中医药局综合司, 国家疾控局综合司. 卫生健康行业人工智能应用场景参考指引. 2024-11-06, <https://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/c100133/202411/3dee425b8dc34f739d63483c4e5c334c.shtml>]
- 26 Wu M Q, Hong R C, Wang Z C, et al. Technology system and engineering practice of data field (in Chinese). *Strateg Study CAE*, 2025, 27: 51–62 [吴曼青, 洪日昌, 王佐成, 等. 数据要素场技术体系及工程实践. 中国工程科学, 2025, 27: 51–62]
- 27 Zhang Z D, Wang B, Chen T, et al. Research and design of integrated data sharing platform for clinical scientific research in traditional Chinese medicine digestion field based on blockchain (in Chinese). *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2024, 42: 29–33+265 [张泽丹, 王斌, 陈婷, 等. 基于区块链的中医消化领域临床科研一体化数据共享平台的研究与设计. 中华中医药学刊, 2024, 42: 29–33+265]
- 28 Yin X M, Wang S M, Wang Y P, et al. Context-driven trusted data space construction and integrated application: theoretical mechanism and practical approach (in Chinese). *Think Tank Sci Technol*, 2025, (1): 9–18 [尹西明, 王帅民, 王艺培, 等. 场景驱动可信数据空间建设与融通应用: 理论机制与实践进路. 科技智囊, 2025, (1): 9–18]

Summary for “中医药可信数据空间建设路径与应用展望”

Construction pathway and application prospect of trusted data space for traditional Chinese medicine

Liangzhen You^{1,2}, Dongdong Yu³, Jiacheng Shui⁴, Hui Peng⁵, Jiale Zhang⁴, Siyi Li^{1,2}, Xiaoying Zhong^{1,2}, Chunling Liu⁶, Shuling Liu^{1,2}, Maoqing Lu^{1,2}, Yunjie Ma⁷, Jinyu Li^{1*}, Jinmin Liu^{1*} & Hongcai Shang^{1,2,8*}

¹ Beijing Key Laboratory of Smart for The Prevention and Treatment of Chronic Diseases of Traditional Chinese Medicine, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China

² Ministry of Education and Beijing Key Laboratory of Internal Medicine, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China

³ The Second Clinical Medical College, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510120, China

⁴ China Science and Technology Development Center for Traditional Chinese Medicine (National Administration of Traditional Chinese Medicine Talent Exchange Center), Beijing 100027, China

⁵ The First Affiliated Hospital of Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei 230031, China

⁶ Department of Digital and Smart Hospital Construction, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700, China

⁷ Institute of Data Space, Hefei Comprehensive National Science Center, Hefei 230051, China

⁸ Dongfang Hospital, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100708, China

* Corresponding authors, E-mail: shanghongcai@126.com; jmvp@vip.163.com; leery_5566@163.com

Data has emerged as a premier, novel factor of production and the central engine driving the growth of the digital economy. The empowerment of Traditional Chinese Medicine (TCM) with data elements to foster new quality productive forces is an intrinsic prerequisite for the high-quality development of both the TCM discipline and its associated industries. This integration is poised to play a pivotal role in catalyzing systemic transformations in TCM's scientific research paradigms and clinical models, upgrading the traditional TCM industry, and nurturing a host of emerging and future-oriented industrial sectors. As a novel form of data infrastructure, the Trusted Data Space (TDS) serves as a critical vehicle for facilitating the unimpeded circulation of data resources. In this context, constructing a Trusted Data Space for Traditional Chinese Medicine (TCM-TDS) to empower the inheritance and innovation of TCM through data elements holds profound contemporary significance.

In the digital era, data is a core asset, and its effective utilization defines advanced productive forces. For TCM, a field rich with empirical knowledge, this digital transformation presents an unprecedented opportunity to shift from experience-based practices to evidence-based, data-driven methodologies. This transition allows for the validation of traditional theories with modern scientific rigor, bridging historical wisdom with contemporary data analytics, thereby enhancing the precision, personalization, and efficacy of diagnostics and treatments. A TDS provides the foundational governance, legal, and technical framework for this shift, enabling secure and sovereign data sharing among research institutions, hospitals, and enterprises. It addresses the critical need to dismantle data silos and foster a collaborative ecosystem for innovation, which is especially crucial given the sensitive nature of medical data and the need for patient privacy.

This paper elaborates on the construction pathway for a TCM-TDS, detailing its foundational infrastructure, functional architecture, and the associated technical and business workflows. The objective is to formulate a replicable and scalable construction model for the TCM sector that can support the demands of a nationally integrated data market and promote the value of TCM data as a key economic asset. The discussion outlines a detailed pathway, including the physical and virtualized resources for data handling, and the essential modules for data governance, identity management, and access control, ensuring a robust and secure operational environment for all participants.

Furthermore, this paper proposes several developmental countermeasures and recommendations for the application of the TCM-TDS. These include fostering institutional and mechanistic innovations, developing high-quality datasets and enhancing the underlying data infrastructure, advancing theoretical and technological innovations in digital and smart TCM, and leveraging diverse application scenarios—from drug discovery to personalized health management—to drive the formation of a comprehensive TCM data ecosystem and promote industrial development. The successful implementation of the TCM-TDS will ultimately depend on this multi-faceted approach, cultivating a vibrant ecosystem that spurs new avenues for industrial growth and contributes significantly to societal well-being and public health.

digital and smart traditional Chinese medicine, trusted data space, data elements, new quality productive forces, data circulation infrastructure

doi: [10.1360/CSB-2025-5317](https://doi.org/10.1360/CSB-2025-5317)