DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

# 自主智能体嵌入下智能制造企业数据资产生命周期韧性提升机制研究

黄　磊[1,2]，胡　锦[1*]，秦胜君[1,2]

（1. 广西科技大学 经济与管理学院，柳州 545006；2. 广西科技大学 智能决策系统分析与技术评估实验室，柳州 545006）

**摘　要：**[目的/意义]自主智能体深度嵌入智能制造企业数据资产生成与流转全过程，在提升价值创造效率的同时引发数据主权、决策权归属与责任追溯等治理难题，增值与风险矛盾凸显，亟须一体化的韧性治理框架。[方法/过程]借鉴ISO 55013：2024《资产管理：数据资产管理指南》数据全生命周期管理标准，试将自主智能体嵌入下数据资产生命周期划分为规划、采集、存储、加工、流通、应用、处置7个阶段，综合运用文献研究与逻辑推演方法构建韧性治理理论框架。研究拟提出价值增益与治理摩擦并存的双重效应框架，并将其划分为净增值、侵蚀、中性三维价值状态类型；界定自主性边界模糊、决策权争夺、责任归属困境3类治理摩擦及其沿生命周期的阶段分布；构建人机系统互嵌模式象限，设计被动监督、主动审核、协同决策3层人在回路（HITL）机制，使之与效率、决策、合规三维韧性分层匹配，并推导出4个理论命题。[结果/结论]研究表明，HITL机制的分层匹配与动态适配是提升智能制造企业数据资产生命周期韧性的有效组织机制，旨在为数据治理与AI治理的融合补充具有可操作性的理论分析框架。

**关键词：**人工智能治理；智能制造；数据资产；生命周期；韧性机制

**中图分类号：**F272.7；TP18　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1002-1248（2026）10-0015-10

**引用本文：**黄磊,胡锦,秦胜君.自主智能体嵌入下智能制造企业数据资产生命周期韧性提升机制研究[J].农业图书情报学报,2026,38(10):15-24.

## 0　引　言

伴随着自主智能体技术的快速推广，人工智能（Artificial Intelligence，以下简称AI）正从被动分析工具转变为准操作主体，深度嵌入到数据资产全生命周期当中。2026年5月，国家网信办等三部门发布了关于智能体治理的专项政策文件，即《智能体规范应用与创新发展实施意见》，标志着智能体规范应用与创新发展进入了国家专项政策议程[1]。所谓自主智能体，是指能够感知并响应其环境、并在实现系统目标的过

收稿日期：2026-09-11

基金项目：广西教育厅教学改革课题“AIGC赋能经管类课程教学质量多维提升创新研究与实践”（2025JGA260）；广西科技大学博士基金项目“广西人工智能基础研究知识扩散动力机制研究”（24S08）

作者简介：黄磊（1984-），男，副教授，广西科技大学经济与管理学院，研究方向为人工智能治理、大数据治理、技术评估。秦胜君（1984-），女，副教授，广西科技大学经济与管理学院，研究方向为智能决策、大数据分析、复杂系统

*通信作者：胡锦（2002-），男，硕士研究生，广西科技大学经济与管理学院，研究方向为无形资产评估。E-mail：20250502019@stdmail.gxust.edu.cn

DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

程中采取行动的自动化实体，其自主性表现为系统在特定条件下无需人工干预即可运行[2]。

然而，针对智能体嵌入数据资产管理这一新兴战略议题，既有研究存在3个较为显著的短板：其一，DAMA-DMBOK2和ISO 55013:2024《资产管理：数据资产管理指南》等标准框架主要基于静态流程的角度进行设计，关于AI动态嵌入的问题鲜有提及[3,4]；其二，关于AI治理的研究仍主要集中于算法的透明性和公平性等方面的问题[5]，对数据资产业务场景中微观摩擦的解析并不多见；其三，数据资产生命周期韧性研究多把韧性当作企业整体层面的聚合变量来对待[6,7]，数据资产微观维度理论探讨的深度不足。

当前，智能制造已经成为新一代人工智能与先进制造深度融合的主要应用领域，也是自主智能体应用场景落地较快、数据资产管理需求较强的产业领域。智能制造企业的数据资产贯穿研发设计、生产制造、供应链管理、销售及售后服务全流程，呈现了较为完整的数据资产生命周期的各环节。同时，智能制造领域是人机协同决策密集、决策链条复杂的典型应用场景之一。数据权属、决策权属与责任追溯等摩擦形态较为典型，为自主智能体嵌入下的数据资产生命周期韧性治理提供了坚实的情境基础。

据此，本研究试以智能制造企业作为研究对象，提出如下基本研究问题：当自主智能体以不同深度嵌入智能制造企业数据资产生命周期时，应如何有效识别各阶段中的治理摩擦特征？又应如何通过人在回路（Human in the Loop，以下简称HITL）治理机制的构建，促进数据资产在治理摩擦过程中仍能实现增值，进而提升数据资产生命周期韧性？围绕上述基本研究问题，本研究进一步将其分解为3个具体的子问题：第一，自主智能体嵌入数据资产生命周期过程中会产生何种价值增益与治理摩擦，其相对强度如何随着生命周期阶段与人机互嵌模式的变化而呈现出差异化特征？第二，上述治理摩擦可归纳为哪几种基本类型，每种摩擦类型在效率、决策与合规的三维韧性上呈现出何种差异化特征？第三，应根据什么样的原则机理以实现HITL机制针对摩擦类型、治理成熟度、自动化等级以及任务风险等方面的精准适配，达到兼顾治理成本可控和数据资产生命周期韧性的治理目标？通过对上述研究问题的探讨，本研究尝试将自主智能体嵌入作为动态解释因子来回应数据资产价值赋能和治理风险割裂的研究困境，进而构建基于数据资产生命周期的综合理论分析框架，以期为人机共生系统的治理提供新的理论视角，推动韧性理论与数据资产治理的微观实践相结合。

## 1　文献综述与理论基础

### 1.1　数据资产价值相关研究

针对数据资产价值来源和价值量纲的研究议题，当前学界主要采用制度确权和会计计量这两条研究路径。一方面，在制度确权方面以政策、制度为依托，《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》提出将数据资源持有权、数据加工使用权、数据产品经营权作为数据产权的基本制度安排，成为数据要素市场化配置的制度基础[8]；财政部《企业数据资源相关会计处理暂行规定》（财会〔2023〕11号）推动数据资源入表[9]，确权制度对要素价值实现的影响得到系统印证[10]。另一方面，在会计计量方面以会计、评估为主要研究视角，已有学者对于数据资产确认与计量的理论问题进行了探究[11]。两条研究路径的差异主要体现在前者注重数据资产权属配置以及交易价值，而后者关注可确认数据产权计量的资产化价值。此外，数据资产标准化研究正在构建具有通用意义的标准体系。例如，DAMA-DMBOK2创建了数据全生命周期管理知识体系[3]；ISO 55013:2024把数据资产纳入资产管理体系，确立其全生命周期管理与治理要求[4]；GB/T 37988-2019与GB/T 36073-2025分别从数据安全能力以及管理成熟度两个方面给出评价规范[12,13]。综上，从数据基础制度确权[8]、数据资源会计处理[9]、分类分级确权对要素价值的影响[10]，到数据资产确认与计量的理论探讨[11]，AI环境下的数据治理研究已形成较完整的制度与理论脉络；《智能体规范应用与创新发展实施意见》[1]与ISO/IEC 22989[2]进一步将智能体纳入规范与概念体系。然而，这一类文献大多将智能体视为治理对象或外生工具，鲜有探讨自主智能体作为评估主体嵌入数据生成与流转过程时，治理机制需要作出何种结构性调整。

### 1.2　自主智能体与人机协同相关研究

围绕人类和自主智能体之间协同的研究议题，已有研究将其展开为自动化分级、人机协同和AI治理3个方向。第一，自动化等级研究发端于20世纪70年代人机交互的开创性探究，并经系统性综述形成了成熟的分析传统[14]，既有研究已确立自动化等级与人类的介入关系之间的基本逻辑[15]，并实证评价了自动化水平对人的作业绩效、态势感知与工作负荷的影响[16]。第二，人机协同存在两种竞争性的观点。一是以算法优化为中心的人类介入。相关研究证实了人类干预AI决策具有价值[17]，并且强调高风险领域需要有可解释性且在回路中的人类参与[18]；二是以社会认知为中心的协同。其与人类对自主智能体的信任度存在正向相关[19]。第三，在AI治理方面，可解释人工智能的概念及方法已得到系统性阐述[5]，AI伦理准则的普遍性也得到了比较分析[20]。此外ISO/IEC 22989:2022从术语层面对人工智能系统与自主性概念进行了界定[2]。智能制造场景的数据研究已初步揭示了生产数据的实时性、异构耦合与人机协同密集等特征，数据管理能力成熟度[13]、数据资产价值评估[21]与典型场景指引[22]亦为场景化治理提供了标准依据。然而，既有讨论多聚焦单点技术应用（如质检、排产、设备运维等），尚未将这些场景特征上升为数据资产治理的一般性分析框架，也未能说明场景特殊性如何改变韧性的生成条件。

### 1.3　数据资产生命周期韧性相关研究

已有研究关于数据资产生命周期韧性的讨论，源自数据资产的生态韧性、组织韧性以及数据韧性3个方向的议题。韧性概念发端于生态学领域并奠定了理论基础[6]。此后研究重心逐步转向组织层面，组织韧性被解构为能力维度的构成要素[7]，其“预测-应对-适应”的框架得到系统整合[23]，数字化转型与组织韧性之间的关系近年来受到持续关注。韧性研究已经从生态系统转向数据层面，并且把数据资产当作可以被识别、保护、恢复和转化的价值对象。然而，已有文献尚未深入回答智能体嵌入情境下韧性如何在数据资产生命周期各阶段生成与分化，该问题的回应仍有待结合自动化等级划分机制与人机协同研究加以整合。

需要说明的是，本研究所称数据资产生命周期韧性，与相关概念存在明确边界：其一，数据韧性强调数据系统在治理扰动下维持可用性与完整性的技术属性，属于基础设施层面的能力概念；其二，数据资产韧性聚焦数据资产作为价值载体在治理扰动下的存续与恢复，但不区分价值形态。数据资产生命周期韧性则强调韧性在规划至处置各阶段的阶段性分布，是一种过程性视角。本研究将着重关注数据资产生命周期的阶段性与价值提升的持续性，即将数据资产生命周期韧性视为数据资产在其生命周期各阶段缓和治理摩擦，并在效率、决策与合规3个方面维持或恢复价值创造能力的综合概念。

### 1.4　研究评述

文献梳理表明，数据资产价值研究为本研究提供了制度确权与会计计量的基础[8-11]，但其价值分析尚未纳入智能体嵌入这一治理情境；自主智能体与人机协同研究提供了自动化等级划分体系与HITL介入机制的概念工具[5,14-20]，但未与数据资产的生命周期过程形成深度衔接；韧性研究给出了“预测-应对-适应”的过程脉络[6,7]，但韧性主体多为企业整体或信息系统，鲜有聚焦数据资产这一价值载体。然而，既有研究仍存在三重困境：数据资产价值增值与价值侵蚀缺乏一体化分析，价值效应类型框架尚未建立；人类介入机制与生命周期价值风险的关联不够明确；数据资产生命周期韧性评估维度不清，且未与成熟度模型衔接。据此，本研究试以ISO 55013:2024数据资产生命周期7阶段框架为主要理论框架，整合HITL介入3层机制、数据资产生命周期价值风险与韧性提升3条理论线索，并将自主智能体嵌入作为贯穿性结构变量，为自主智能体治理视角下的数据资产生命周期韧性提升补充理论研究增量。

## 2　理论框架解构与重构

### 2.1　自主智能体嵌入重构数据资产流转框架

本研究将借鉴ISO 55013:2024数据生命周期管理思想，综合DAMA-DMBOK2与《数据资产全过程管

DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

理试点方案》（财资〔2024〕167号）的环节划分，并尝试结合数据生命周期与人机协作相关理论框架，构建自主智能体嵌入数据资产流转主要环节的概念分析框架。综合参考GB/T 37988-2019、GB/T 46353-2025以及DAMA-DMBOK2等标准来开展面向自主智能体嵌入下智能制造企业数据资产生命周期韧性的理论解析与分析框架重构[3,12,21]。

需要说明的是，ISO 55013:2024是ISO 55000资产管理体系下将数据确立为可管理资产的重要国际标准，其在术语层面区分了资产数据（Asset Data）与数据资产（Data Asset），在管理层面确立了数据资产全生命周期管理与治理要求，从而为本研究将数据资产作为可识别、可管理、可治理的价值对象提供了标准依据。该标准同时声明不涉及数据资产价值评估与财务计量方法，故本研究不以之为价值计量依据，而将其治理框架作为命题推导的理论基石；在此基础上，参照DAMA-DMBOK2的数据管理过程知识与《数据资产全过程管理试点方案》（财资〔2024〕167号）的环节划分，本研究将智能制造企业数据资产生命周期划分为规划、采集、存储、加工、流通、应用、处置7个阶段，作为后续分析的阶段坐标。

以ISO 55013:2024为锚的混合数据资产生命周期框架（以下简称为“混合生命周期框架”）构成数据资产从形成到处置的完整流转链条。规划阶段确定范围、目标以及权属；采集阶段收集原始数据；存储阶段进行分级分类和元数据管理；在加工阶段，将清洗、建模和特征工程的结果转换为可用数据资产，流通时实现定价、交易及共享，应用时投入业务运转并参与人机协作决策，处置时依照合规规定来保存、销毁或者退出评估。数据按此顺序流动，进而形成完整的生命周期主链。混合生命周期框架已初步呈现了数据资产价值反馈的闭环结构，在应用和处置两个阶段的价值评价、风险识别与治理经验返回到规划阶段的过程中形成持续的评估改进循环机制，是数据资产生命周期韧性动态保持的结构基础。

在智能制造领域，自主智能体的嵌入已经由理论探讨转变为大规模工业应用，并已融入智能制造的各个重要环节中。智能制造情境下的数据资产兼具数据生产的可持续性、设备数据的异构耦合性、业务决策的权责敏感性与人机协同的高密度性。然而，主流的数据资产治理框架仍聚焦于传统制造业中以人类作为唯一决策主体的生产流程，难以准确反映基于人机协同决策的智能制造领域生产流程的治理摩擦，也难以直接应用于实际生产实践。因此，智能制造企业数据资产生命周期韧性治理亟须从人机协同决策的系统互嵌视角展开具有针对性的理论框架构建。

文献梳理表明，自主智能体的嵌入正在改变数据资产在智能制造各阶段的价值形成方式。如图1所示，本研究在既有文献基础上归纳出自主智能体深度嵌入的混合生命周期框架，标出其介入环节、价值流转链条与可能的摩擦点位。从各阶段的具体情形看：在规划环节，决策中枢类智能体辅助管理者编制资产目录、预测需求，使规划更早顾及增值空间；在采集环节，质量校验被前置到数据源头，采集效率与数据质量得以兼顾；在存储与加工环节，智能体承担动态分类、标注以及面向场景的特征工程，数据加工的深度随之增加；在流通环节，智能体结合市场情报辅助定价，价值发现与交易达成的时间成本有所下降；在应用环节，人机协同决策机制将智能体引入智能制造的运营决策终端；在处置环节，智能体执行合规审查与

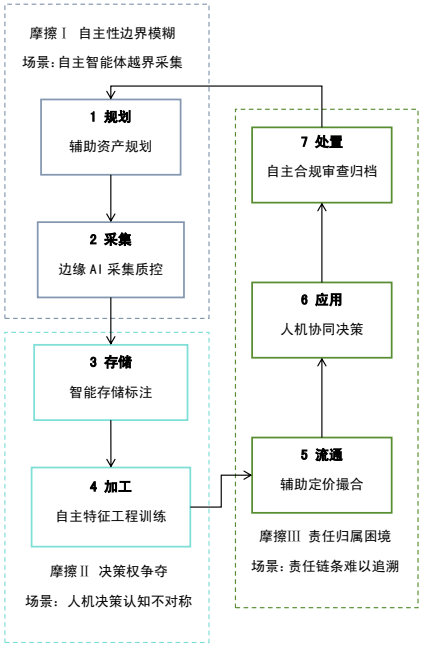



图1 自主智能体嵌入下数据资产混合生命周期框架

Fig.1 Hybrid lifecycle framework of data assets under autonomous agent embeddedness

归档。上述框架一方面呈现了数据资产价值形成的流转链条与闭环结构；另一方面标明了各介入环节的摩擦点位，后文对价值风险与韧性的剖析将以此为参照。

## 2.2　智能体自动化等级与人类介入深度决定嵌入模式

本研究以智能体自动化等级和人类介入深度两个维度创建嵌入模式矩阵[15,19]。具体而言，人机系统互嵌的深度可从两个维度进行描绘。其一，是智能体自动化等级维度，即智能体在各个环节中承担任务、独立作出决策的能力层次。该维度参考了已有的自动化等级分类框架，相关等级标定与介入逻辑已经由人机交互等级划分系统性综述确立[14,15]。其二，是人类介入深度维度，即人类对于智能体运行进行监督和干预的程度，其划分参考了人机自动化等级量表[14,15]和HITL理论的监督层级[16,17]。需要说明的是，本研究旨在借鉴自主权在人机之间连续分配机制的理论逻辑。人机交互的自动化等级研究[14,15]本质上提供了一套描述任务控制权归属的基本逻辑：等级划分的依据是智能决策各环节中人类保留的介入程度，而非任何特定载体的物理属性。智能制造场景中的自主智能体同样呈现从辅助到完全自主的连续谱系，但智能体自动化等级与人类介入深度并非简单的逆相关，不同自动化等级对应不同的人类介入方式、时机与强度。因此，本研究将该分级作为重要的理论参照标尺，借鉴其人机交互的关系，根据治理情境对各等级内涵进行了修正，以期呈现数据资产生命周期人机系统互嵌的非线性复合关系。

如表1所示，本研究试将二者有机结合，提出人机系统互嵌模式象限，包含4个象限：辅助增强象限以人为主导、智能体只提供支持；协作共生象限由人机深度合作来完成任务；边界守护象限由智能体自主运行但受人类规划的边界所保护；完全自主象限是指在预设授权范围内的决策和执行。但就二者关系而言，自动化等级与人类介入之间并非简单的此消彼长，而是呈现出介入时机后移则介入刚性递增的复合关系：一方面，等级较低时（辅助增强、协作共生），人类介入前置于决策形成之前，以事前审批与实时协作方式实现；另一方面，等级升高后（边界守护、完全自主），人类介入后移为事中异常干预与事后审计问责，此时人类介入频率下降，但每一次介入的合规刚性与责任权重反而上升。这一关系是后续HITL介入3层机制按等级分层配置的逻辑起点：随着自动化等级提高，人类常态化介入频率总体下降，但关键节点介入的治理强度与不可让渡性相应提高。如图2所示，4个象限构成了从浅到深的嵌入深度连续谱系。

表1　4象限与3层机制映射表

Table 1　Mapping of four quadrants to a three-tier HITL mechanism

| 嵌入象限 | 主导关系 | 适配HITL机制 | 对应摩擦类型 |
|---|---|---|---|
| 辅助增强 | 人主导 | 被动监督 | 摩擦I |
| 协作共生 | 人机协同 | 主动审核 | 摩擦II |
| 边界守护 | 智能体自主+人划界 | 主动审核/被动监督 | 摩擦I/II |
| 完全自主 | 智能体自主 | 协同决策 | 摩擦III |

该嵌入象限在本研究分析框架中承担三重功能：第一，作为嵌入深度的操作化坐标，为各个环节智能体介入强度和治理介入深度提供统一的标尺；第二，与治理摩擦类型框架相衔接，不同的嵌入模式下智能体自主性与人类干预的错配程度存在差异，这是3类摩擦产生的结构性根源；第三，为HITL三层治理机制匹配提供定位依据。据此，嵌入模式象限提供了从嵌入模式到摩擦类型，再到治理机制的命题推理逻辑闭环。

## 2.3　自主智能体嵌入引发数据资产价值增益与治理摩擦双重效应

基于混合生命周期框架以及人机互嵌模式象限的讨论，本研究试提出自主智能体嵌入引发智能制造企业的数据资产价值增益与治理摩擦双重效应（以下简称双重效应），以此作为后续人机系统互嵌治理机制的理论锚点。双重效应，指的是自主智能体嵌入智能

DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

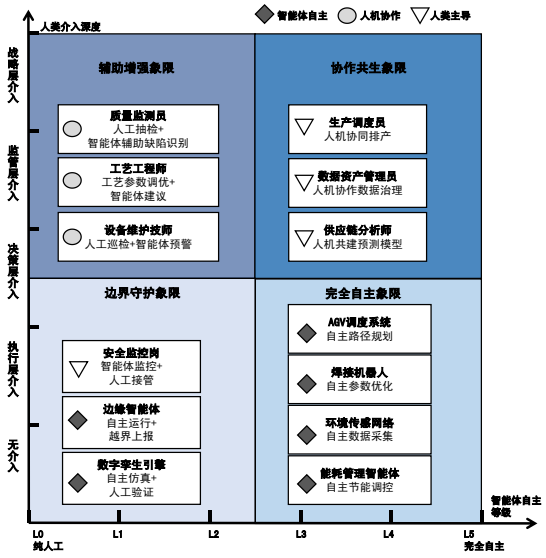



图2　智能制造企业人机系统互嵌模式象限

Fig.2　Embedding-mode quadrant of Human—Autonomous Agent intervention in smart manufacturing enterprises

制造企业的数据资产生命周期之后产生的价值增益（正向）和治理摩擦（负向）两种力量互相作用、此消彼长的动态过程。正效应具体表现在提高数据采集效率、加工深度、流通撮合效率以及合规检测覆盖率，从而提升数据资产的预期收益。其中，采集效率与加工深度共同支撑效率维度，流通撮合效率与合规检测覆盖率分别对应决策与合规维度的价值增益来源；负效应则表现为自主智能体嵌入造成的数据主权、决策权归属、责任追溯等问题给数据资产带来不确定性侵蚀，使其韧性受到影响，进而增加治理成本。双重效应的提出以社会技术系统理论为依据。该理论主张，技术子系统与社会子系统必须实现联合优化，任何单方面的深度嵌入若不同步调整权责结构与流程安排，技术效率的增益将伴生社会层面的摩擦成本。自主智能体作为技术子系统嵌入数据资产生命周期，其价值增益源于技术效率，其治理摩擦则源于社会子系统的调整（如授权、问责、流程优化等）滞后，二者的并存正是联合优化失衡的表现。

在提出双重效应的基础上，本研究尝试进一步提出数据资产生命周期人机系统互嵌治理机制的三维类型框架：当价值增益大于治理摩擦时，数据资产呈现出净增值的状态；而当治理摩擦的侵蚀作用占优的时候，则呈现出侵蚀的状态；当二者大体相当、价值基本稳定时，呈现为中性状态。沿生命周期展开，各阶段的价值效应可在3种状态之间进行动态转换。该分类方法为识别数据资产净增值区间和侵蚀环节、评价数据资产生命周期韧性提供了可操作的分析工具，并为后续关于韧性提升机制的讨论提供概念基础。

## 2.4　3类摩擦的类型框架界定与阶段分布

根据系统互嵌的嵌入深度分析，本研究归纳出3类主要摩擦，构成治理摩擦类型框架的基础。第一类摩擦（摩擦I）为自主性边界模糊，指自主智能体在规划、采集阶段的行为边界缺乏清晰界定。其根源在于智能体的自主性和授权边界的不匹配，既有自动化等级研究[14,15]虽然确立了等级划分机制，但是并没有给出具体场景下的授权边界规定，由此形成了制度的缺位；第二类摩擦（摩擦II）为决策权争夺，是指人机在关键决策上产生分歧且缺乏优先级判定规则，源于自主智能体的决策黑箱和人类的经验认知不相匹配[5]；第三类摩擦（摩擦III）为责任归属困境，由于数据资产的经济价值属性使责任归属超出了传统产品责任范畴，并且现有的AI伦理治理可操作的责任追溯机制仍有待进一步完善[20]，导致自主智能体参与数据资产定价、共享、处置之后的责任链条无法追溯。

依据委托代理理论，当授权边界与问责安排不对称时，代理方将产生偏离委托目标的自利行为。从该视角考察，3类摩擦遵循从激励到行为再到结果的分析逻辑。首先，在没有明确授权边界的制度激励之下，自主智能体以最大化数据覆盖为目标的自激励行为会越界采集形成摩擦I；其次，在效率优先的激励导向下，自主智能体增强了系统的决策自主权，而人类坚持主导系统风险的责任划分与治理。因此，效率激励与风险规避激励相冲突，形成摩擦II；最后，当自主智能体的行为缺乏可追溯的责任分配机制时，会造成责任真空，进而形成摩擦III。据此，上述框架把3类摩擦纳入统一的分析逻辑，建立起自主智能体伦理、数据治理、组织管理这3个领域的理论对话基础。

进而，本研究基于治理摩擦类型框架构建“阶段-摩擦”的映射矩阵。规划和采集阶段易发摩擦I，即自主性边界模糊经数据资产反馈路径，导致效率韧性损耗。存储和加工阶段以摩擦II较为突出，可能导致决

策韧性下降；流通和应用阶段易引发摩擦III，可能导致合规性衰退。此外，处置环节则可能同时出现3类摩擦的叠加并发。据此，3类摩擦在智能制造企业的数据资产生命周期内呈现具有阶段差异的主导性分布特征，进而衍生出差异化的治理需求，并为后续的传导路径推导以及HITL机制匹配提供分析坐标。

## 2.5　分层匹配HITL机制与韧性提升

分层匹配原则以动态能力理论为依据。该理论将组织适应环境的能力解构为感知、捕获与重构3个层次：第一层为被动监督，对应感知层，即通过日志与监控识别摩擦信号；第二层为主动审核对应捕获层，即通过人机协作在决策节点拦截与校正风险；第三层为协同决策对应重构层，即通过全链条审计与责任再分配重塑治理结构。3层机制由浅入深，恰与三维韧性的维护需求形成同构映射，即被动监督、主动审核、协同决策依次对应效率、决策、合规三维韧性的维护，介入深度与韧性层级同向递增。

基于上述治理摩擦类型框架的讨论，本研究试构建摩擦治理的HITL三层治理架构，其操作遵循分层匹配、动态调节以及底线守护3项基本原则。首先，分层匹配原则是指不同类型摩擦应当采用不同的介入程度进行治理；其次，动态调节原则是指介入的程度会根据摩擦强度和智能体自动化等级的变化而变化；最后，底线守护原则是指所有的机制都保留了人类的最终干预通道[14,16,17,20]。此外，3层机制的分工可按照具体实施情境进一步展开。被动监督机制下智能体自主运行，人只在出现异常的时候才会接管，并以安全参数红线约束运行边界。主动审核机制下，人类对自主智能体关键决策进行实时审核和仲裁；协同决策机制下，人类参与监督管理和战略决策，实行全链条审计及责任界定，对应摩擦III的情况。

依据权变理论，治理机制的有效性取决于其与任务风险、技术自主性及组织成熟度等情境要素的匹配程度。因此，本研究提出HITL动态适配机制，依据任务风险、智能体自动化等级与治理成熟度3个维度，在3类机制之间实现动态切换。针对任务风险维度，高风险且不可逆的关键决策节点（如数据定价、跨组织共享、处置等）须采取主动审核或协同决策的方式，低风险操作则可交由被动监督来完成；针对智能体自动化等级维度，等级提高后，人类常态化介入频率可相应下降，但在高风险关键节点，人类介入的治理强度与责任刚性应相应提高，并据此形成自动化等级与治理介入方式的匹配关系。针对治理成熟度维度，成熟度较高的企业可依托被动监督机制提升治理绩效水平，低治理成熟度企业则须引入介入度更高的协同决策机制加以弥补。

此外，就韧性提升效果而言，HITL三层治理架构将体现出层级化的治理效果。被动监督以全量日志留存与事后抽检替代事前审批，在不增加流程负担的前提下维持数据边界可控，以较低的效率成本守住效率韧性的底线；主动审核在关键决策节点设置人机协同复核，以异常拦截与实时校准缩短治理认知不对称下的决策延迟，提升决策韧性；协同决策以全链条审计与责任预先分配重构追溯链条，使合规性内嵌于决策过程而非依赖事后补救，提升合规韧性。3层机制由此形成自主智能体嵌入下智能制造企业数据资产生命周期韧性的分层防护结构。就价值可持续性而言，被动监督保证流转过程中数据质量标准的一致性，主动审核提高治理稳定性，协同决策积累社会信任。据此，分层匹配机制得以确立，即效率型风险适配被动监督，决策型风险适配主动审核，合规型风险适配协同决策。

与既有治理机制相比，本研究HITL的差异性在于介入方式的组织逻辑不同。传统数据治理机制以制度静态授权为主——通过数据分级、权限矩阵在事前一次性划定行为边界，但对智能体运行中的动态越界缺乏响应手段；算法治理机制以模型审计与事后追责为主——能够追溯但难以在损害发生前干预。本研究HITL将人类介入按自动化等级分层嵌入生命周期过程，事前的静态授权、事中的动态拦截与事后的审计问责被整合为随摩擦强度动态调节的连续机制，实现治理强度与嵌入深度的动态适配。这也是本研究框架区别于已有研究将数据治理与AI治理进行线性叠加的关键。

## 2.6　基于人机系统互嵌的治理框架构建

综上所述，本研究将生命周期、价值效应、摩擦类型和HITL机制4组坐标整合为完整的治理链条，如图3所示，混合生命周期框架呈现了数据资产从产生

DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

到处置过程中所经历的主要环节，体现了数据资产的价值特征。自主智能体以不同模式嵌入各个阶段，形成价值增益和治理摩擦并存的双重效应。3类摩擦在特定环节发生并侵蚀韧性，形成可干预的摩擦点位。HITL介入3层机制对摩擦点位实施分层治理，放大正效应、抑制负效应，最终提升数据资产生命周期韧性。整个框架以人机系统互嵌为主线，为数据资产生命周期韧性的提升提供了具有针对性的解释。

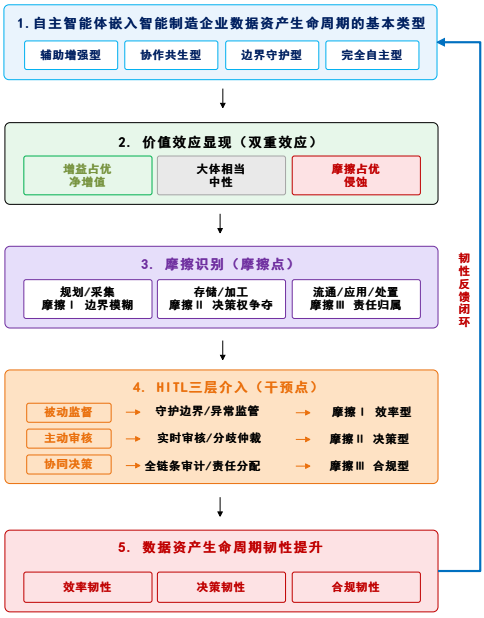



图3　基于人机系统互嵌的数据资产生命周期韧性提升综合治理框架

Fig.3　Comprehensive governance framework for data asset lifecycle resilience optimization based on human–machine systematic interconnection

## 3　摩擦侵蚀推动价值状态演化

基于治理摩擦类型框架的讨论，治理摩擦对数据资产生命周期韧性的侵蚀，表现为数据资产价值状态由净增值或中性转变为侵蚀。3类摩擦的作用路径各异，沿生命周期各个阶段以差异化方式来侵蚀数据资产价值，并且形成了一个从摩擦触发到韧性损耗再到价值侵蚀的作用链条。

摩擦I通过数据质量路径传导，在越界采集时引发数据源污染，进而造成效率韧性的损失；摩擦II通过决策效率路径传导，在认知不对称的情况下造成决策延迟，进而导致决策韧性的损失；摩擦III通过合规风险路径传导，在责任链条断裂的情况下造成合规风险上升，最终引发合规韧性下降。3类摩擦在生命周期不同阶段呈现差异化分布，价值状态亦随之呈现阶段性动态演化。该侵蚀链条亦可由组织韧性过程理论加以刻画[23]：摩擦I的越界采集破坏数据质量基线，削弱组织对扰动的预测能力；摩擦II的决策权争夺延长响应链条，损害应对能力；摩擦III的责任模糊侵蚀合规底线，架空适应机制。3类摩擦沿生命周期差异化侵蚀韧性，正是“预测-应对-适应”过程在数据资产层面的断裂表现。

综上所述，本研究提出如下4个理论命题：第一，自主智能体嵌入数据资产生命周期后，将同时产生价值增益与治理摩擦两类效应，且二者的表现形式和相对强度随生命周期阶段及嵌入模式不同而发生变化；第二，不同类型治理摩擦通过差异化路径侵蚀数据资产生命周期韧性。其中，自主性边界模糊主要通过数据质量路径影响效率韧性，决策权争夺主要通过决策延迟路径影响决策韧性，责任归属困境主要通过合规风险累积路径影响合规韧性；第三，相较于无差别的统一介入方式，将HITL机制与主导治理摩擦类型进行分层匹配，更有利于在控制治理成本的同时提升数据资产生命周期韧性；第四，HITL动态适配具有权变特征，理论上最适介入层级受到任务风险、智能体自动化等级与治理成熟度共同影响；保留原有判断前提下，在高治理成熟度情境中应采取被动监督，而在低治理成熟度时则需要协同决策。上述命题把治理摩擦类型框架、作用传导路径和HITL治理机制系统地关联起来，形成了较为完备的论证链条。

## 4　结　语

通过上述命题推演与分析，本研究形成以下4点结论。其一，自主智能体嵌入正在引发数据资产生命周期韧性治理范式转型，价值效应在混合生命周期框架上呈现出净增值、侵蚀和中性的类型分布，且双重效应随生命周期各阶段呈差异化特征。其二，HITL三层治理机制在理论上构成分层匹配的防护，即被动监

督确保效率韧性，主动审核确保决策韧性，协同决策确保合规韧性。从框架推演来看，三维韧性在治理介入后均存在改善空间。其三，嵌入模式象限结构揭示了自主智能体嵌入的梯度分布和动态转换特征，同一数据资产在不同阶段会处于不同的嵌入模式当中。这既是摩擦产生的结构性根源，也是HITL动态适应的现实基础。其四，韧性与可持续性共同成为数据资产生命周期治理的双重目标，并且可以经由HITL三层治理中的分层匹配与动态适配予以协同维持。

综上所述，本研究尝试为已有研究提供理论增量：首先，构建自主智能体嵌入下的智能制造企业数据资产生命周期韧性机制的分析概念模型，将数据治理、AI治理与韧性理论3条研究脉络整合于统一框架，并以双重效应框架弥合价值赋能与治理风险相互割裂的分析缺口；其次，将研究视角落至数据资产本体，提出数据资产生命周期韧性三维结构，提升韧性评估的可操作性，并在HITL治理与数据资产生命周期韧性之间确立匹配机制，明确3类HITL机制的适用条件与作用方式；最后，建立嵌入模式矩阵与HITL治理架构的对应映射，弥合AI伦理原则与企业落地实践之间的可操作治理缺口。

在实践层面，尝试为智能制造企业提供循序渐进的3项操作：其一，以嵌入模式矩阵为标尺，对企业各环节数据资产的智能体嵌入深度进行系统化分级，识别“高度自主、低干预”的高摩擦风险区；其二，按数据资产生命周期韧性的评估短板，为被动监督、主动审核与协同决策3类机制设定对应的审批权限与人类介入节点；其三，将3类摩擦识别指标纳入数据资产台账，形成嵌入调整与介入层级动态适配的通用评审机制。

本研究属于理论建构型研究，所得结论尚需更深入的实证检验。作为上述框架的内在延伸，未来研究拟进一步推进4个方向：第一，本研究提出的人机系统互嵌自动化等级划分方法尚待进一步实证检验，后续将锚定智能制造企业数据资产生命周期各环节，检验并适配现有分级体系与人类介入层级的匹配关系；第二，聚焦3类摩擦动态演化与HITL适配逻辑的微观机制，借助案例与模拟，实证检验命题二至命题四所涉的成熟度分化与介入层级适配；第三，深入考察高自动化等级情境下人机协同决策摩擦类型与数据治理策略的演进路径；第四，完善数据资产生命周期韧性概念，构建与之对应的可操作化评估指标体系，从而为跨产业场景与多种数据资产类型下的边界检验奠定基础。

## 参考文献：

[1] 国家互联网信息办公室, 国家发展改革委, 工业和信息化部. 智能体规范应用与创新发展实施意见[EB/OL]. (2026-05-08)[2026-09-08]. https://www.cac.gov.cn/2026-05/08/c_1779979789523320.htm.
[2] ISO/IEC. Information technology - Artificial intelligence - Artificial intelligence concepts and terminology: ISO/IEC 22989:2022[S/OL]. (2022-07-19) [2025-03-15]. https://www. iso. org/standard/74296.html.
[3] DAMA International. DAMA-DMBOK2: Data Management Body of Knowledge[M]. 2nd ed. New Jersey: Technics Publications, 2017.
[4] ISO. Asset management - Guidance on the management of data assets: ISO 55013:2024[S/OL]. (2024-07-03)[2025-03-15]. https://www.iso.org/standard/82455.html.
[5] Barredo Arrieta A, Díaz-Rodríguez N, Del Ser J, et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI[J]. Information Fusion, 2020, 58: 82-115.
[6] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 1-23.
[7] Lengnick-Hall C A, Beck T E, Lengnick-Hall M L. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management[J]. Human Resource Management Review, 2011, 21(3): 243-255.
[8] 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: 数据二十条[Z/OL]. (2022-12-19)[2026-09-08]. https://www.gov.cn/zhengce/2022-12/19/content_5732695.htm
[9] 财政部. 企业数据资源相关会计处理暂行规定: 财会〔2023〕11号[EB/OL]. (2023-08-01)[2025-03-15]. https://www.gov.cn/gongbao/2023/issue_10746/202310/content_6907744.html.
[10] 马费成, 熊思玥, 孙玉姣, 等. 数据分类分级确权对数据要素价值实现的影响[J]. 信息资源管理学报, 2024, 14(1): 4-12.
Ma Feicheng, Xiong Siyue, Sun Yujiao, et al. Impact of data classified and graded rights confirmation on the realization of the value of data elements[J]. Journal of Information Resources Management, 2024, 14(1): 4-12.
[11] 苑泽明, 李萌, 刘冠辰, 等. 企业数据资产确认与计量的理论问题研究[J]. 会计研究, 2026(2): 58-70.
Yuan Zeming, Li Meng, Liu Guanchen, et al. Research on the recognition and measurement of enterprise data assets[J]. Accounting Research, 2026(2): 58-70.
[12] 全国信息安全标准化技术委员会. 信息安全技术 数据安全能力成熟度模型: GB/T 37988-2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
[13] 全国信息技术标准化技术委员会. 数据管理能力成熟度评估模型: GB/T 36073-2025[S]. 北京: 中国标准出版社, 2025.
[14] Parasuraman R, Wickens C D. Humans: Still vital after all these years of automation[J]. Human Factors, 2008, 50(3): 511-520.
[15] Parasuraman R, Sheridan T B, Wickens C D. A model for types and levels of human interaction with automation[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 2000, 30(3): 286-297.
[16] Endsley M R, Kaber D B. Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task[J]. Ergonomics, 1999, 42(3): 462-492.
[17] Wu Xingjiao, Xiao Luwei, Sun Yixuan, et al. A survey of human-in-the-loop for machine learning[J]. Future Generation Computer Systems, 2022, 135: 364-381.
[18] Holzinger A, Zatloukal K, Müller H. Is human oversight to AI sys-

DOI：10.13998/j.cnki.issn1002-1248.26-0634

tems still possible [J]. New Biotechnology, 2025, 85: 59-62.
[19] Lyons J B, Sycara K, Lewis M, et al. Human-autonomy teaming: Definitions, debates, and directions[J]. Frontiers in Psychology, 2021, 12: 589585.
[20] Hagendorff T. The ethics of AI ethics: An evaluation of guidelines[J]. Minds and Machines, 2020, 30(1): 99-120.
[21] 全国信息技术标准化技术委员会. 信息技术 大数据 数据资产价值评估: GB/T 46353-2025[S]. 北京: 中国标准出版社, 2025.
[22] 工业和信息化部办公厅. 智能制造典型场景参考指引(2025年版): 工业和信息化厅通装函〔2025〕155号[EB/OL]. (2025-04-19)[2026-09-08]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7021209.htm.
[23] Williams T A, Gruber D A, Sutcliffe K M, et al. Organizational response to adversity: Fusing crisis management and resilience research streams[J]. Academy of Management Annals, 2017, 11(2): 733-769.

# Optimization Mechanism of Data Asset Lifecycle Resilience for Smart Manufacturing Enterprises in the Context of Autonomous Agent Embeddedness

HUANG Lei[1,2], HU Jin[1*], QIN Shengjun[1,2]
(1. School of Economics and Management, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006; 2. Laboratory for Intelligent Decision-Support Systems Analysis and Technology Assessment, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006)

**Abstract**：[Purpose/Significance] Autonomous agents are evolving from analytical tools into quasi-operational industry stakeholders. In addition, autonomous agents are becoming deeply embedded in the entire process of data asset generation and circulation within smart manufacturing enterprises. While enhancing the efficiency of data collection, processing, and application, autonomous agents also give rise to governance challenges. For instance, autonomous agents cause a blurring of data sovereignty, contested attribution of decision rights, and difficulties in accountability tracing. However, there is a governance dilemma of balancing data value generation and governance risk. The precondition and evaluation mechanism of data asset lifecycle resilience demands a comprehensive theoretical framework with the AI governance principle of human-in-the-loop (HITL). Smart manufacturing provides a large number of application scenarios characterized by intensive human-machine collaboration and complex intelligent decision-making chains. Hence, this study intends to counter the dilemma by addressing the following research question: What mechanism needs to be constructed to ease the conflict between data asset lifecycle resilience and AI governance of smart manufacturing in the context of autonomous agent embeddedness. [Method/Process] Based on ISO 55013:2024, Asset management—Guidance on the management of data assets, and following the stage delineations of DAMA-DMBOK2 and the Pilot Program for Whole-Process Management of Data Assets, this study aims to construct a hybrid conceptual framework for the data asset lifecycle with human-machine interaction. The hybrid conceptual framework divides the data asset lifecycle in the context of autonomous agent embeddedness into seven stages: planning, collection, storage, processing, circulation, application, and disposal. By applying a systematic literature review, this study constructs a theoretical model of smart manufacturing data asset lifecycle resilience governance in the context of autonomous agent embeddedness. The theoretical model integrates basic principles of socio-technical systems theory, principal-agent theory, dynamic capabilities theory, and contingency theory. Hence, this study intends to develop a theoretical base for further empirical study in the domain of data governance and AI governance of smart manufacturing. [Results/Conclusions] First, value gains and governance conflicts coexist at every stage of the smart manufacturing data asset lifecycle. Data assets transition dynamically among the three types of value states, including net gain, erosion, and neutrality. Second, three types of conflict persist throughout the entire smart manufacturing data asset lifecycle, and propagate along pathways of data quality deterioration, decision delay, and increasing compliance risks. Third, the HITL intervention framework and the multi-phase structure of smart manufacturing data asset lifecycle resilience are structurally isomorphous. The degree of HITL intervention decreases as the level of automation of data asset generation increases. Meanwhile, the irreplaceability of HITL intervention at key points in the lifecycle increases when the application of autonomous agents increases. The design of the HITL intervention mechanism dynamically depends on critical factors including task risks, the level of automation, and governance maturity. Consequently, this study identified that the governance performance of smart manufacturing data asset lifecycle resilience can be optimized by applying the HITL intervention with features of dynamic adaptation and stratified matching. The study of the HITL intervention framework in the data asset lifecycle resilience governance of smart manufacturing provides a theoretical basis for further academic discussion.

**Keywords**：artificial intelligence governance; smart manufacturing; data asset; lifecycle; resilience mechanism