

生成式 AI 与通用人工智能 (AGI) 基础理论最新研究成果综述



邹晓辉^{1, 2, *}

¹ 模型链 (重庆) 科技有限公司, 重庆 401120

² 北京大学跨学科知识建模课题组, 北京 100871

摘要: 本文聚焦于生成式 AI, 作为当代人工智能 (AI) 与通用人工智能 (AGI) 典型代表, 旨在深入探讨其基础理论方面的最新研究进展。其方法是通过对分析传统 AI 与当代 AI 在底层逻辑、形式化理解上的差异, 并进一步探讨传统 AI 的三个核心观点 (符号主义、联结主义、行为主义) 与当代 AI 三大流派 (基于大型语言模型 (LLM) 的生成式 AI/AGI, 如 ChatGPT; 以小模型为特征的新质生产力 AGI, 如 I3DNA; 兼容于大小两类模型的基于孪生图灵机双重形式化理解模型) 之间的区别。其结果是揭示出了 AI 与 AGI 基础理论的核心构成: 序位逻辑、联动函数以及基于数智文本的广义双语与广义翻译所遵循的三大基本定律。其意义在于: 不仅增强了以 ChatGPT 为代表的基于 LLM 的生成式 AI/AGI 的可解释性, 而且还为以小模型为特征的新质生产力 AGI 及其复杂的宇宙智能论和天下模型理论提供广义翻译, 同时展示了孪生图灵机作为兼容并蓄的智能体在整合数据、知识、算力、算法及人机互助新时代认知范型的潜力, 为构建超级智慧系统奠定了基础。

关键词: 生成式 AI; 通用人工智能; 符号主义; 联结主义; 行为主义; 大型语言模型; 孪生图灵机; 新质生产力 AGI

DOI: [10.57237/j.cst.2024.03.004](https://doi.org/10.57237/j.cst.2024.03.004)

A Review of the Latest Research Achievements in the Basic Theory of Generative AI and Artificial General Intelligence (AGI)

Xiaohui Zou^{1, 2, *}

¹ Model Chain (Chongqing) Technology Co., Ltd., Chongqing 401120, China

² Interdisciplinary Knowledge Modeling Research Group, Peking University, Beijing 100871, China

Abstract: This paper focuses on generative AI, a typical representative of contemporary artificial intelligence (AI) and artificial general intelligence (AGI), aiming to delve into the latest research progress in its basic theory. The research method involves a comparative analysis of the differences in underlying logic and formal understanding between traditional AI and Current AI, further exploring the distinctions between the three core viewpoints of traditional AI (symbolism, connectionism, behaviorism) and the three major schools of Current AI (generative AI/AGI based on large language models (LLMs) such as ChatGPT; new quality productive force AGI characterized by small models, such as

*通信作者: 邹晓辉, 949309225@qq.com

I3DNA; and twin Turing machines based on dual formal understanding models that are compatible with both large and small models). The research reveals the core components of the basic theory of AI and AGI: bit-list logic, linkage functions, followed by generalized bilingualism or generalized translation based on digital and intelligent text with the three fundamental laws. The significance of this research lies in not only enhancing the interpretability of generative AI/AGI based on LLMs represented by ChatGPT but also providing generalized translations for the new quality productive force AGI characterized by small models and its complex theories of cosmic intelligence and the universal model series. At the same time, it demonstrates the potential of twin Turing machines as inclusive intelligent agents in integrating data, knowledge, computing power, algorithms, and human-computer mutual assistance in the new era of cognitive paradigms, laying the foundation for constructing super intelligent systems.

Keywords: Generative AI; Artificial General Intelligence (AGI); Symbolism; Connectionism; Behaviorism; Large Language Models (LLMs); Twin Turing Machines; New Productive Force AGI

1 引言

随着人工智能技术的飞速发展，生成式 AI 作为当代 AI 与 AGI 的重要分支，展现出了前所未有的创新潜力与应用价值。本研究致力于探索生成式 AI 及其所属 AGI 领域的基础理论最新成果，以期为该领域的深入发展提供理论支撑。[1, 2]近年来，人工智能技术取得了巨大的进步，其中生成式 AI 作为当前 AI 和更广泛的人工通用智能（AGI）领域的一个重要分支，展现出极大的创新潜力和广泛的应用价值。简单来说，生成式 AI 能够创造出新的内容，比如文本、图像或者音乐，这在很多领域都有着革命性的应用前景。本研究主要目标是探索生成式 AI 及其所属的 AGI 领域在基础理论

方面的最新成果，希望通过这样的研究，为这一领域的深入发展提供坚实的理论支持，推动其更好地应用于实际生活中。

2 传统 AI 与当代 AI 的底层逻辑

传统 AI 主要基于符号处理、模式识别与算法优化，其核心理念包括符号主义、联结主义和行为主义。而当代 AI，特别是生成式 AI，则侧重于数据驱动的深度学习模型，尤其是大型语言模型（LLM）的应用，实现了从规则驱动到数据驱动的根本转变。[3-5]

表 1 传统 AI 与当代 AI（特别是生成式 AI）的多因素平行比较

因素	传统 AI	当代 AI（特别是生成式 AI）
核心理念	符号主义、联结主义、行为主义	数据驱动的深度学习
主要方法	符号处理、模式识别、算法优化	深度学习模型，尤其是大型语言模型（LLM）
逻辑基础	规则驱动	数据驱动
处理方式	基于预设规则和模式进行推理和判断	通过大量数据进行学习和自我优化
应用场景	专家系统、模式识别、算法优化等	自然语言处理、图像识别、智能推荐等
优势	在特定领域和规则明确的任务中表现优秀	在复杂、多变的任务中表现出更强的适应性和学习能力
挑战	难以处理大规模数据和复杂任务	需要大量数据和计算资源，且存在可解释性差等问题

由表 1 可见，a 核心理念与方法：传统 AI 主要基于符号主义、联结主义和行为主义，采用符号处理、模式识别和算法优化等方法。当代 AI，特别是生成式 AI，则侧重于数据驱动的深度學習模型，尤其是大型语言模型（LLM）的应用。b 逻辑基础与处理方式：传统 AI 是规则驱动的，它依赖于预设的规则和模式进行推理和判断。当代 AI 是数据驱动的，它通过大量数据进行学习和自我优化，从而适应不同的任务和环境。c

应用场景与优势：传统 AI 在专家系统、模式识别、算法优化等领域有广泛应用，并在特定领域和规则明确的任务中表现出色。当代 AI 在自然语言处理、图像识别、智能推荐等领域展现出强大的能力，特别是在处理复杂、多变的任务时表现出更强的适应性和学习能力。d 挑战与展望：传统 AI 面临难以处理大规模数据和复杂任务的挑战。当代 AI 则需要大量数据和计算资源，并且存在可解释性差等问题，但其在未来的发展

中仍具有巨大的潜力和价值。总之，传统 AI 与当代 AI 在底层逻辑上存在显著差异。传统 AI 主要是基于符号处理和规则驱动，而当代 AI 则侧重于数据驱动的深度学习模型。这种转变使当代 AI 在处理复杂、多变的任务时表现出更强的适应性和学习能力，但同时也带来了新的挑战和问题。

3 形式化理解上的差异

在形式化理解层面，传统 AI 倾向于构建明确的规则体系，通过符号操作和逻辑推理实现问题求解。而当代 AI 则通过深度学习实现了对复杂模式的隐式理解与生成，这种转变不仅提升了处理复杂问题的能力，也带来了可解释性上的新挑战。[6, 7]

表 2 进一步阐述传统 AI 和当代 AI 在形式化理解层面的区别

	传统 AI	当代 AI
核心方法	构建明确的规则体系	通过深度学习实现隐式理解与生成
实现方式	符号操作和逻辑推理	神经网络模型
问题求解	依赖于预设的规则和逻辑	自动学习数据中的复杂模式
处理复杂问题的能力	受限，难以处理非结构化数据	升华，擅长处理大规模非结构化数据

由表 2 可见，传统 AI 采用了类似决策树或流程图结构，表示其基于明确的规则和逻辑进行问题求解。当代 AI 则采用了神经网络的简化结构，表示其通过深度学习模型自动学习数据中的复杂模式。通过表 2 可看到传统 AI 和当代 AI 在形式化理解层面的主要区别，包括其核心方法、实现方式、问题求解能力、处理复杂问题的能力等。

4 当代 AI 流派的对比

传统 AI 的符号主义、联结主义、行为主义三大观点，分别强调了符号操作、网络连接与行为模拟的重

要性。相比之下，当代 AI 的三大流派展现了更加多元化与深层次的技术探索与实践：

以 ChatGPT 为代表的基于 LLM 的生成式 AI/AGI，通过大规模语料库训练实现了自然语言生成与理解的能力；

以小模型为特征的新质生产力 AGI（如 I3DNA），注重模型的高效性与实用性，在特定领域展现出强大的应用能力；

兼容大小模型的孪生图灵机，通过双重形式化理解模型实现了对数据与知识的深度整合与智能处理。[8-10]

表 3 进一步阐述 ChatGPT、I3DNA 以及孪生图灵机之间的区别

	生成式 AI/AGI（如 ChatGPT）	新质生产力 AGI（如 I3DNA）
核心特点	基于 LLM 训练，自然语言生成与理解	小模型，高效实用，特定领域应用
模型规模	大	小
计算资源消耗	高	低
通用性	高（自然语言处理）	高（新质生产力）
	通用人工智能 AGI（如兼容大小模型的孪生图灵机 Twin Turing Machine）	

由表 3 可见，ChatGPT 采用了类似神经网络的结构，表示其基于大规模语料库训练实现自然语言生成与理解的能力。新质生产力 AGI（如 I3DNA）采用了简洁的模型结构，表示其注重高效性与实用性，尤其是在特定新质生产力领域展现出强大的应用能力。孪生图灵机采用了双重模型结构，表示其通过双重形式化理解模型实现了对数据与知识的深度整合与智能处理。通过表 3 可看到 ChatGPT、新质生产力 AGI（如 I3DNA）

及孪生图灵机在核心特点、模型规模、计算资源消耗、通用性、应用领域等方面的区别。

对比分析：ChatGPT 为代表的基于 LLM 的生成式 AI/AGI，其核心特点是：通过大规模语料库训练，实现了自然语言生成与理解的能力。其优势是：在自然语言处理领域具有广泛的应用，如对话系统、文本生成、语言翻译等。其局限是：对于特定领域的深入理解和应用可能相对较弱，且模型规模较大，计算资源

消耗较高。以小模型为特征的新质生产力 AGI（如 I3DNA），其核心特点：注重模型的高效性与实用性，在特定领域展现出强大的应用能力。优势：模型规模较小，计算资源消耗较低，便于在特定领域进行快速部署和应用。局限：可能缺乏通用性，对于跨领域的任务处理可能相对较弱。兼容大小模型的孪生图灵机，其核心特点：通过双重形式化理解模型实现了对数据与知识的深度整合与智能处理。优势：兼具大模型的通用性和小模型的高效性，能够在不同领域和任务中展现出强大的处理能力。局限：模型结构的背景知识相对复杂，需要较高的理论和技术水平和计算资源来进行训练和优化。

5 AI 与 AGI 的基础理论

研究揭示了序位逻辑、联动函数作为 AI 与 AGI 基础理论的核心要素。序位逻辑关注智能体在处理信息时的序列与位置关系，而联动函数则描述了智能体内部各组件之间的相互作用与影响。此外，基于数智文本的广义双语与广义翻译所遵循的三大基本定律为深入理解与推动生成式 AI 及 AGI 的发展提供了重要的理论基础。[11, 12]

下面结合文字、公式、图形和表格全面阐述数智文本及特征：

数智文本概述：数智文本是通过数字和文字的双重形式化方法与双重计算模型严格定义的文本类型。它遵循特定的数字 ID 和汉字（即单音节的“言”）和汉语（即多音节的“语”）遵循的双重进制的规则，并通过孪生图灵机和冯氏机实现数字化和智能化。进一步阐述如下：

数智文本是由数字和文字（中文的言和语的关系数据库定义的）双列表以双重形式化方式方法与双重计算模型严格定义的。特征在于：遵循 P 进制的数字 ID 和遵循 Z 进制的汉字（单音节的言）以及字组（多音节的语）借助孪生图灵机实现数字化进而借助一系列的冯氏机而实现智能化（三类形式化理解模型）。由此定义了广义双语和广义语言（字式图表音像立活）

及其双重形式化的数智文本，其特征是：基本元素（对象语言）及其被调用而建构所派生的各级元组（形式化组合逐级派生的解释语言暨元语言）均满足(1)异义排列唯一守恒（简称：义），(2)同义并列对应转换，(3)同意并列对应转换三大基本法则。其中，法则(1)是序位逻辑法则，法则(2)是联动函数法则，法则(3)是广义翻译法则。这里的义是义项的义。

数智文本创新结合数字与汉字，采用 P 进制数字 ID 与 Z 进制汉字及字组，实现双重形式化。通过孪生图灵机与多胞冯氏机，实现数字化与智能化。其特征含广义双语与广义语言，遵循异义守恒、同义转换、同意转换三大法则，体现序位逻辑、联动函数、广义翻译原理，为数智文本表示方法。以下是一个简单的图形，它表示数智文本中基本元素和派生元组之间的关系，以及它们如何遵循三大基本法则：



图 1 数智文本中基本元素和派生元组之间的关系，以及它们遵循的三大基本法则

由图 1 可见，它形展示了数智文本中基本元素和派生元组之间的关系，以及它们如何受到三大基本法则的约束。通过这种方式，可好理解数智文本的复杂性和其背后的理论体系。

表 4 通用人工智能 AGI（孪生图灵机）遵循的三大法则

基本法则	通俗化概述、描述或标识	公式说明
序位逻辑	每个义项在排列中具有唯一且守恒的顺序位置。	$P(a) = p(b)$ 如果 $a = b$
联动函数	相同义项在不同的文本表示之间进行对应转换。	$F(a,r) = (a',r')$ 如果 $a \approx a'$
广义翻译	相同用意在不同的语境或表示中进行对应转换。	$g(a,c)=(a',c')$ 如果 a 和 a' 在不同语境下相同
通用人工智能 AGI（兼容大小模型的孪生图灵机 Twin Turing Machine）遵循上述三大法则		

数智文本是在言和语的关系数据库由数字和文字的双列表定义的广义双语，进而至广义语言（字、式、图、表、音、像、立、活）的基本元素（对象语言）及其派生的元组（解释语言暨元语言），均满足三大基本法则：(1) 异义排列唯一守恒（序位逻辑法则），公式：对任意两个义项 a 和 b ，它们在排列中的顺序位置 $p(a)$ 和 $p(b)$ 是唯一且不同的标识。如果 $a=b$ ，则 $p(a)=p(b)$ 于是引出(2)同义并列对应转换（联动函数法则），公式：对任意两个相同义项 a 和 a' ，它们可有不同的表示 r 和 r' 并在它们相互之间进行对应转换，如果 $a \approx a'$ ，则存在转换函数 f 使 $f(a,r)=(a',r')$ 进而引出(3)同意（选择用意）并列对应转换（广义翻译法则），公式：与(2)类似但不同，不仅强调在不同语境或表示之间的转换，而且，更进一步明确了不同主体及代理（智能体）的选择用意（既可约定，也可规定）。即，如果 a 和 a' 在不同语境下表示相同或相近的意义（意+义），则存在转换函数 g 使得 $g(a,c)=(a',c')$ ，其中 c 和 c' 表示不同的语境下具体的选择用意。由表 4 可见，三大基本法则的通俗化概述和公式说明。以下是结合公式、表格和图形，对

两个刚性的法则做进一步阐述：

本研究揭示序位逻辑与联动函数作为 AI 与 AGI 基础理论的核心要素。具体而言，序位逻辑（Sequential Logic or The Logic of Sequence and Position or Bit-List Logic）聚焦于智能体在处理信息的序列与位置的逻辑关系，它描述了智能体如何根据信息的顺序和位置来做出决策和推理。而联动函数（Interaction Function）描绘了智能体内部各组件间的相互作用与影响，它揭示了智能体内部不同部分之间的复杂关系和动态交互。为更深入地理解这些概念，可以采用以下公式进行表示：

序位逻辑公式： $SL = f(S, P)$

其中， SL 表示序位逻辑， S 表示信息的序列， P 表示信息的位置。

联动函数公式： $IF = g(C_1, C_2, \dots, C_n)$

其中， IF 表示联动函数， $C_1, C_2, \dots, C_n$ 表示智能体内部各个组件。

表 5 总结了序位逻辑和联动函数在 AI 与 AGI 发展中的重要性

基本法则	通俗化概述、描述或标识	公式说明
序位逻辑	描述智能体处理信息时的序列与位置关系	对理解智能体的决策和推理过程至关重要
联动函数	描绘智能体内部各组件间相互作用与影响	对揭示智能体内部关系和动态交互很关键

基于数智文本的广义双语与广义翻译所遵循的三大基本定律，为深入理解并推动生成式 AI 及 AGI 的发展提供了重要的理论基础。这三大基本定律可用图 1 进行表示。

数智文本创新之处在于它将数字与汉字巧妙结合，通过 P 进制数字 ID 与 Z 进制汉字/字组的双重形式化方式，实现了独特表示。孪生图灵机与多胞冯氏机的应用，让数智文本具备了数字化与智能化的双重特性。数智文本的核心特征包括广义双语与广义语言的定义，以及它所遵循的三大基本法则：异义排列唯一守恒、同义并列对应转换、同意并列对应转换，这些法则，分别体现了序位逻辑、联动函数和广义翻译的原理。这些概念和定律不仅为数智文本的处理和应用提供了坚实的理论基础，更是 AI 与 AGI 发展的重要理论支撑。通过深入研究这些概念和定律，我们可更深入地理解和推动生成式 AI 及新质生产力 AGI 的发展进程。

6 结论、意义与展望

本研究不仅增强了生成式 AI 的可解释性，而且促进了新质生产力 AGI 理论的广义翻译，进而还展示了孪生图灵机在整合多元智能要素、构建超级智慧系统方面的潜力。未来研究将进一步探索这些基础理论在实际应用中的转化路径，以期推动人工智能技术的全面进步。[13, 14]本研究的意义重大，它不仅让我们更好地理解生成式 AI 的工作原理，进而增强了其可解释性，还推动了人工通用智能(AGI)理论的广义翻译，使这一领域的研究更加深入。更重要的是，研究还展示了孪生图灵机在整合各种智能要素、构建超级智慧系统方面的巨大潜力。[15, 16]简单来说，这项研究不仅有助于人们更深入地理解生成式 AI 和 AGI，而且还为近未来构建更智能的系统提供了理论基础。它有望推动人工智能技术在更多领域的实际应用，带来全面的技术进步。[17, 18]展望未来，将继续探索这些基础理论在实际应用中的转化路径，努力将前沿技术转化

为实际生产力，推动人工智能技术的全面进步。目标就是让这些智能技术更好地服务于社会，为人们的生活带来更多便利和惊喜。[19, 20]

本文通过对比分析传统 AI 与当代 AI 的基础理论，深入探讨了生成式 AI 与通用人工智能（AGI）的最新研究进展。研究发现，传统 AI 与当代 AI 在底层逻辑和形式化理解上存在显著差异，这些差异主要体现在传统 AI 的符号主义、联结主义、行为主义核心观点与当代 AI 的三大流派之间的区别。

进一步研究揭示了 AI 与 AGI 基础理论的核心构成，包括序位逻辑、联动函数及基于数智文本的广义双语与广义翻译所遵循的三大基本定律。这些核心构成，不仅对增强以 ChatGPT 为代表的基于大型语言模型（LLM）的生成式 AI/AGI 的可解释性具有重要意义，而且还为以小模型为特征的新质生产力 AGI 提供广义翻译的理论框架和一系列实实在在的高级科普解读。

此外，本研究还展示了孪生图灵机作为兼容并蓄的智能体在整合数据、知识、算力、算法方面的潜力，以及其在人机互助新时代认知范型中的重要作用。这为构建超级智慧系统奠定了坚实的理论基础，预示着人工智能领域未来的发展方向。

综上所述，本文通过对生成式 AI 与 AGI 基础理论的最新研究成果的回顾，不仅增加人们对当代 AI 技术发展的理解，而且还为未来 AI 技术的研究和应用提供了有价值的参考。随着技术的不断进步，人们有理由相信，生成式 AI 与 AGI 将在更多领域发挥重要作用，推动人工智能技术的持续发展与创新，新质生产力 AGI 的岗位智能体和角色智能体也将逐渐被各行各业发挥作用，基于孪生图灵机的三类双重形式化理解模型所支持的基本范畴、范畴和概念三类数据库也将首先在教育和管理等领域逐渐普及。由此可见当代 AI 的三大新兴流派也会从产业界到学术界逐步扩展或延伸。基于它们结合而形成的跨学科知识模块大生产，也将随之而在新质生产力的发展进程中发挥应有的作用。

致谢

致谢北京大学跨学科知识建模课题组和天衍智的研发团队及国内外通用人工智能技术前沿的探索者们！

参考文献

- [1] Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
- [2] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- [3] Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, 2(3), 113-124.
- [4] Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533-536.
- [5] Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47(1-3), 139-159.
- [6] Bengio, Y. (2009). Learning deep architectures for AI. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 2(1), 1-127.
- [7] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., van den Driessche, G.,... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587), 484-489.
- [8] Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Wauth, S.,... & Liang, P. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. *arXiv preprint arXiv: 2108.07258*.
- [9] Hinton, G. (2021). The forward-forward algorithm: Some preliminary investigations. *arXiv preprint arXiv: 2112.02408*.
- [10] Chollet, F. (2019). On the measure of intelligence. *arXiv preprint arXiv: 1911.01547*.
- [11] Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand, who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), 15-25.
- [12] Tegmark, M. (2017). Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence. *Knopf*.
- [13] Marcus, G. (2022). The next decade in AI: Four steps towards robust artificial intelligence. *arXiv preprint arXiv: 2202.07218*.
- [14] Shoham, Y., Perrault, C., Brynjolfsson, E., Clark, J., Etzioni, O., Grosz, B.,... & Slonim, A. (2022). Artificial intelligence index 2022 annual report. *Stanford Institute for Human-Centered AI*.
- [15] Zou X.(2023). New Opportunities for AI Innovation with Big Data: Indirect Docking between GLPS and LLM [C] 2023 6th International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD).

- [16] Zou, X., Zou, S., & Wang, X.. (2019). *The Strategy of Constructing an Interdisciplinary Knowledge Center. The International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*. Springer, Cham.
- [17] Zou, S., Zou, X., & Wang, X.. (2018). How to Understand the Fundamental Laws of Information. *International Conference on Cognitive Systems and Signal Processing*. Springer, Singapore.
- [18] Maimaiti, M., Zou, S., Wang, X., & Zou, X.. (2019). How to Understand: Three Types of Bilingual Information Processing?. *International Conference on Cognitive Systems and Signal Processing*.
- [19] Zou, X., Zou, S., & Wang, X.. (2019). New Approach of Big Data and Education: Any Term Must Be in the Characters Chessboard as a Super Matrix. *International Conference on Big Data*. ACM Press.
- [20] Lv Chenjun, & Zou Xiaohui. (2020). A Preliminary Study on the Mathematical Basis of General Artificial Intelligence. *Research on Dialectics of Nature*, 36(3), 7.