集成技术
Journal of Integration Technology

智能时代协同创新

史忠植

Collaborative Innovation in the Era of Intelligence

SHI Zhongzhi

在线阅读 View online: https://jcjs.siat.ac.cn/article/doi/10.12146/j.issn.2095-3135.20251002001

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

从专用到智用：智能体在图像复原中的进展与挑战

From Specialized Models to Agentic Systems: Progress and Challenges of Agents in Image Restoration

集成技术. 2026, 15(2): 1–21 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20251115001

智能计算技术的历史性突破与巨大挑战

Historic Breakthroughs and Great Challenges in Intelligent Computing Technology

集成技术. 2025, 14(1): 1–8 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20241215001

人工智能在热电材料研究中的应用

The Application of Artificial Intelligence in the Research of Thermoelectric Materials

集成技术. 2025, 14(6): 1–17 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20250715001

人工智能驱动的合成生物学：医学领域的进展与展望

Artificial Intelligence-Driven Synthetic Biology: Progress and Prospects in Medicine

集成技术. 2026, 15(2): 22–34 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20250830001

人工智能可解释性的研究现况及在医学领域的应用效果评测

Current Research Status of Explainability in Artificial Intelligence and Evaluation of Its Application Effects in Medical Fields

集成技术. 2024, 13(6): 76–89 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20240312001

传统目诊与人工智能融合在医学中的应用潜力

The Application Potential of Integrating Traditional Ocular Diagnosis with Artificial Intelligence in Medicine

集成技术. 2026, 15(2): 35–49 https://doi.org/10.12146/j.issn.2095-3135.20250825001

关注微信公众号，获得更多资讯信息

第 15 卷 第 1 期
2026 年 1 月
集 成 技 术
JOURNAL OF INTEGRATION TECHNOLOGY
Vol. 15 No. 1
Jan. 2026

引文格式：
史忠植. 智能时代协同创新 [J]. 集成技术, 2026, 15(1): 75-84.
Shi ZZ. Collaborative innovation in the era of intelligence [J]. Journal of Integration Technology, 2026, 15(1): 75-84.

智能时代协同创新

史忠植*

（中国科学院计算技术研究所 北京 100190）

摘 要 大模型开启了人工智能发展的新阶段。智能时代，智能体从单一任务的执行进化为多智能体协同。云计算通过虚拟化技术提供动态的计算、存储和网络资源，多智能体系统可以按需调用这些资源，支持大规模智能体的并行运行，成为多智能体协同的强大支撑。

关键词 智能科学技术；人工智能；认知科学；脑科学；智能体；大语言模型
中图分类号 TP183 **文献标志码** A doi: 10.12146/j.issn.2095-3135.20251002001
CSTR: 32239.14.j.issn.2095-3135.20251002001

Collaborative Innovation in the Era of Intelligence

SHI Zhongzhi*

(*Institute of Computing Technology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100190, *China*)
*Corresponding Author: shizz@ict.ac.cn

Abstract Large models have ushered in a new stage of AI development. In the intelligence era, intelligent agents have evolved from single-task performers to multi-agent collaboration. Cloud computing provides dynamic computing, storage, and network resources through virtualization technology. Multi-agent systems can call these resources on demand, supporting the parallel operation of large-scale intelligent agents and becoming a powerful support for multi-agent collaboration.

Keywords intelligence science and technology; artificial intelligence; cognitive science; brain science; intelligent agent; large language model

1 引 言

2025 年 4 月 25 日，习近平总书记在主持二十届中共中央政治局第二十次集体学习时强调：“面对新一代人工智能技术快速演进的新形势，要充分发挥新型举国体制优势，坚持自立自强，突出应用导向，推动我国人工智能朝着有益、安全、公平方向健康有序发展”[1]。

习近平总书记长期关注我国人工智能事业的发展。在《贯彻新发展理念，建设现代化经济体

收稿日期：2025-10-02 **修回日期**：2025-11-14
作者简介：史忠植，研究员，研究方向为智能科学、人工智能，E-mail：shizz@ict.ac.cn。

系》中指出：“推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”。在《发展数字经济，抢占未来发展制高点》中他进一步指出，“要推动互联网、大数据、人工智能同产业深度融合，加快培育一批‘专精特新’企业和制造业单项冠军企业”[2]。

大模型的兴起象征着人工智能迈入新的发展阶段。从大规模预训练方法到监督微调与人类偏好强化学习，再到架构、算法工程以及行业化能力的持续演进，大模型展现出高度的泛化潜能、环境适应力，向高效、高智和高便利方向演进的趋势越发明显。

2 智能时代

1956 年，麦卡锡 (McCarthy J)、明斯基 (Minsky M)、罗彻斯特 (Rochester N) 和香农 (Shannon C) 4 位年轻学者共同发起和组织召开了用机器模拟人类智能的夏季专题讨论会。此次会议在美国的新罕布什尔州的达特茅斯召开，也被称为达特茅斯夏季讨论会。会议上，科学家运用数理逻辑和计算机的成果，提供关于形式化计算和处理的理论，模拟人类某些智能行为的基本方法和技术，构造具有一定智能的人工智能系统，让计算机去完成需要人的智力才能胜任的工作。

进入 21 世纪，互联网的普及和大数据的兴起又一次将人工智能推向新的高峰。基于大数据、赛博空间 (cyberspace) 的知识自动化将开拓人类向人工智能世界进军，深度开发大数据和智力资源，深化农业和工业的智能革命。脑科学、认知科学、人工智能等学科交叉研究的智能科学将指引类脑计算的发展，实现人类水平的人工智能[3]。

1997 年，国际商业机器公司 (IBM) 的超级计算机“深蓝”赢了卡斯帕罗夫。2011 年，机器人“沃森”在电视娱乐节目《危机边缘》中战胜人类选手肯·詹宁斯和布拉德·鲁特。2016 年 3 月 9—15 日，谷歌人工智能“阿尔法围棋” (AlphaGo) 与韩国棋手李世石比赛，以 4∶1 获胜。

在海量数据快速增长的背景下，为推动人工智能持续进步，2001 年，“智能科学”这一综合性领域被提出，强调脑科学、认知科学与人工智能的紧密交叉，并建立了相关的学术平台，用于探索智能的基本原理与实现方法。脑科学侧重揭示大脑的结构与机制，从细胞与分子层面解析自然智能的运行规律，并构建相应的模型；认知科学则关注人类在行为层面的心理活动，包括感知、学习、记忆、思考与意识等过程；人工智能试图以工程化方式再现或扩展这些智能行为，使机器具备类似的能力，如图 1 所示[4]。

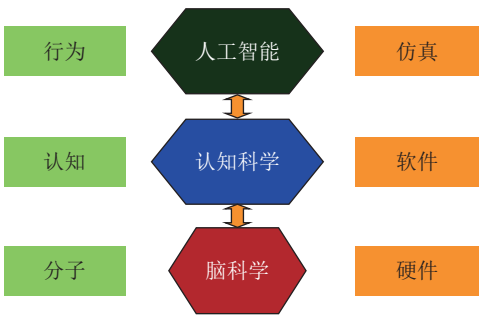


图 1 智能科学图示

Fig. 1 Illustration of intelligent science

2024 年，诺贝尔物理学奖授予约翰·霍普菲尔德和杰弗里·欣顿，以表彰他们“通过人工神经网络实现机器学习的基础性发现和发明”。2024 年，诺贝尔化学奖颁发给大卫·贝克、戴米斯·哈萨比斯和约翰·江珀，以表彰其在蛋白质设计和预测方面的贡献。这些重大事件标志着人类智能时代的到来。

3 智能层次

智能是智力和能力的总称，表示处理问题和适应环境的水平。一般而言，智能可分为计算智

能、感知智能、认知智能和决策智能。

(1) 计算智能

计算智能是一种通过模拟生物智能和自然现象来解决复杂问题的方法，让系统实现能存会算的目标。常见的方法有数值分析、神经网络、模糊计算、进化计算和群体智能。

神经网络，也称神经计算，它通过对大量人工神经元的广泛并行互联所形成的一种人工网络系统，用于模拟生物神经系统的结构和功能，主要研究内容包括人工神经元的结构和模型、人工神经网络的互连结构和系统模型、基于神经网络的联结学习机制等，典型应用包括图像识别、自然语言处理等。

(2) 感知智能

感知智能是人工智能领域的一个重要组成部分，旨在通过多种技术手段使机器能够模拟人类的感知能力，以感知、理解和响应外部环境，让系统能听会说、能看会认。它涵盖计算机视觉、智能语音、触觉感知等多个方面，广泛应用于自动驾驶、智慧医疗等领域[4]。

感知是客观外界直接作用于人的感觉器官而产生的。社会实践中，人们通过眼、耳、鼻、舌、皮肤 5 个器官接触客观事物。在外界现象的刺激下，人的感觉器官产生了信息流，沿着特定的神经通道传送到大脑，形成了对客观事物的颜色、形状、声音、冷热、气味、疼痛等的感觉和印象。

人类对外界最初的理解源于外部刺激直接作用于感官所形成的体验，这一阶段被称为感性认识。此类认识通常依次表现为感觉、知觉与表象 3 种形式。感觉反映事物的某一具体属性，在大脑中形成最基本的印象；知觉则是多种感觉整合后的结果，用以把握对象的整体特征，其结构更完整，也更具复杂性，通常具有选择性、意义性、稳定性和整体性等特征。在此基础上，人脑会进一步生成表象，即借助记忆或联想再现先前的经验。与感觉和知觉相比，表象是在多次接触同一类对象后形成的间接而概括性的心象，但这一层次仍不足以揭示事物内部的深层规律。

近年来，依托视觉、听觉等多模态信号处理能力的感知类人工智能取得显著突破。在多项行业基准测试中，人工智能的表现已达到甚至超越人类水平，使得感知技术迎来快速发展时期。目前，人脸识别、语音识别等关键技术已广泛应用于图像编辑、智能安防、在线教育、医疗辅助等众多实际场景。

(3) 认知智能

认知智能指系统具备主动思考和理解的能力，无须人类事先编程就能实现自我学习、推理，并与人类自然交互。这种智能通过学习世界和历史上的大量知识，并通过洞察信息间的关系，不断优化自己的能力。

数据驱动的领域大模型与知识驱动的领域知识网络的深度融合是实现领域认知的关键。领域知识网络是一种大规模的知识组织形式，包含多种知识表示方式和知识图谱，用于保存和展示领域内或者企业经营中的实体，以及他们之间的关系。领域规则库可以通过自动化或者手动方式生成，用于保存辅助决策、进行推理或者知识抽取的各类业务规则。领域词库同样可以通过自动的方式生成领域专业名词和词组的集合，并可增强意图理解、实时识别等能力。

(4) 决策智能

决策智能是结合人工智能和决策理论的智能，合理应用关于决策问题的描述性知识、决策过程中的过程性知识和求解问题的推理性知识，通过逻辑推理帮助解决复杂的决策问题，使系统实现“能规划、会行动”的目标。

决策智能的发展轨迹融合了数学、心理学、计算机科学等多学科领域。从最早的期望效用理论，到现代强化学习与大语言模型的结合，决策智能已逐步由依赖专家经验转向数据驱动、自主演化

的智能体范式。基础模型凭借跨模态处理能力与大规模预训练的通用性，正在重塑决策体系的构建方式。决策智能包含环境、智能体、目标函数与优化工具四大要素。智能决策正逐步渗透智能体、环境建模、策略生成和人机交互各环节。通过强化学习、图神经网络、生成模型等技术融合，智能决策系统正朝着“可泛化、可适应、可解释”方向演进。

西蒙在管理学领域指出，科学化的决策活动通常需要经历 4 个核心阶段：首先，识别并界定所面临的问题及目标；其次，构建若干可供选择的应对方案；再次，对这些方案进行系统性的评估与比较；最后，选择并实施最佳方案。整个过程依赖信息在不同环节之间迅速而有效的传递，决策链条内部的信息流向如图 2 所示。

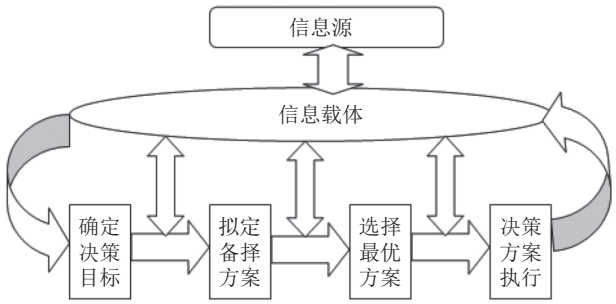


图 2 决策过程中的信息流动过程

Fig. 2 The information flow process in the decision-making process

决策支持系统 (decision support system，DSS) 是由运筹学、管理科学以及计算机技术共同发展而来的一类工具。为提升其智能化程度，研究者将人工智能方法融入其中，构建出智能 DSS。这类系统通过整合专家知识，使其能够利用有关问题描述、决策流程和推理策略的多种知识类型，通过逻辑推断协助用户处理复杂决策任务。与传统 DSS 相比，智能 DSS 能够同时运用定量分析与定性判断，为半结构化与非结构化问题提供更具适应性的支持。整体而言，决策支持系统通过整合多源数据、信息以及知识资源，并以模型为核心驱动，为用户提供交互式的辅助决策环境。

首先，决策支持系统应具有综合利用多种信息的能力，不仅要能有效管理系统内部信息资源，还要能根据需要方便灵活地访问各种外部信息，在系统和多种信息源之间提供透明的数据抽取链路；其次，模型是 DSS 问题求解的基本工具，因此，模型管理的好坏，模型对问题的描述能力，以及模型求解的能力，直接关系 DSS 的性能；最后，DSS 只是一个辅助决策工具，不能也不可能完全取代人进行有效决策，因此，DSS 应是一种人机共存系统，而决策过程则是一个人机不断交互、共同求解的过程。因此，人机交互接口对 DSS 十分重要，不仅要有美观易操作的用户界面，还应具有简洁清晰的问题表示方法、方便的人机交互手段和易于理解接受的结果输出形式。DSS 是在管理信息系统 (MIS) 的基础上结合模型辅助决策技术发展起来的，它使得数值计算和数据处理融为一体，提高了辅助决策的能力。

4 智能科学技术的发展趋势

4.1 生成式人工智能

生成式人工智能作为人工智能的重要方向之一，主要依赖模型与算法自动产出文字、图像、语音、视频乃至程序代码等多种形式的内容。与以往侧重模式识别或数据分析的系统不同，生成式人工智能模型不仅能理解输入信息，还能依据内部知识结构构造新内容，可从大规模数据中抽取潜在规律，并在用户提供提示后生成连贯、有逻辑、具备创造性的输出，从而突破传统人工智能只能对既有数据进行处理的局限。

基础模型正在成为推动人工智能发展的核心技术，并在智能决策中发挥着日益重要的作用。这类模型以大规模预训练为基础，具备跨场景、跨任务、跨模态的泛化能力，能处理语言、图像、图结构、音频等多种形式的数据，广泛应用

于自然语言处理、计算机视觉、图学习、多模态理解等领域。

基础模型 (foundation models，FMs) 不仅可作为智能体 (agent) 完成感知、决策和执行等任务，还能充当环境建模器、信息编码器、条件生成器与人机交互界面，从而构建多模态、可解释且具泛化能力的智能决策系统。通过统一整合视觉、语言、感知等多模态信息，可提升 FMs 在复杂任务中的鲁棒性和适应性。进一步地，FMs 可配合高层次强化学习 (如元强化学习、层次强化学习、离线强化学习等)，融合层次规划、检索增强生成、思维链等机制，实现复杂场景下高效、透明的决策推理。

基础模型展示出强大的多模态数据处理能力，能高效整合文本、图像、视频等多源信息。这种能力使它们在机器人控制、自动化系统、远程通信、智能电网等复杂场景中发挥关键作用，赋能系统基于实时数据做出精准决策，大大提升了信息处理效率与系统响应速度，为领域发展开辟新路径。

4.2　5G 网络

5G 指第五代移动网络技术以及高速度、低时延和高容量。它支持与设备和应用的无缝连接。5G 网络主要分为两种部署方式：一种是独立组网 (SA)，完全基于 5G 架构；另一种是非独立组网 (NSA)，还要依赖现有的 4G 网络。简单来说，SA 是“纯血统”的 5G，速度快、延迟低、功能强大，未来的智能汽车、远程医疗等高端应用均需要用到 SA 网络。而 NSA 就像“混血”，用 4G 打底，过渡期较长[5]。

5G 网络的应用场景非常广泛，除了常见的手机上网外，智能汽车、远程医疗、智慧工厂等均需要 5G 网络的支撑。未来，5G 会让生活变得更智能和便捷。

4.3　虚拟现实

虚拟现实技术通过在物理空间中叠加数字信息 (增强现实) 或构造独立的数字环境，为用户提供沉浸式的人机交互方式。该概念由美国 VPL Research 公司创始人 Jaron Lanier 于 20 世纪末提出，随后被钱学森译为“灵境”，并由此扩展为一类融合多学科方法的新兴技术体系。虚拟现实依托计算机图形学、电子信息工程、仿真科学及显示技术等领域的最新进展，通过三维建模、动态渲染、多感官输出与动作反馈等机制生成逼真的交互场景，使用户在视觉、触觉、嗅觉等通道上获得接近真实的体验。随着技术能力的提升与产业需求的增长，虚拟现实逐渐形成独立的研究方向，并在诸多行业中展现关键应用潜力[6]。

从技术路径来看，虚拟现实以现实世界的数据或人工设计的结构为基础，利用计算机生成具有逻辑一致性的虚拟场景，通过专用输出设备将这些数字信号转化为可被感知的形式，所呈现的对象既可能是现实事物的逼真再现，也可能是超越人类直接感知范围的抽象结构，以三维可视化方式呈现。由于这些体验源自对现实的计算模拟，而非实际物理实体，因此统称为“虚拟现实”。

随着研究的深化与交互设备的演进，虚拟现实在用户端获得了更高的认可度。其构建的沉浸式环境能提供高度逼真的感知反馈，在视觉—听觉—触觉等多模态层面实现与真实环境相近的同步性与一致性。这些特性使得虚拟现实具备支持复杂感知与行为模拟的能力，为教育培训、医疗康复、文化展示、工业仿真等领域带来新的技术可能。

4.4　量子计算

量子计算基于量子力学原理设计和执行计算，有潜力解决最难处理的问题[7]。

量子比特能被制备为逻辑态“0”和“1”的相干叠加，从而使其在量子态空间中同时呈现多种信息配置。由 N 个量子比特组成的量子寄存器可表示的态空间维度为 $2N$，远超经典系统在任一时刻仅能处于 2^N 个状态之一的局限。随着比

特数目的增加，量子态所包含的信息规模呈指数级扩展。例如，仅 250 个量子比特即可构成 2^{250} 维的状态空间，其可能承载的量级甚至超过可观测宇宙中原子数目的估计值。

为挖掘量子态空间并行性的潜在计算优势，必须构建适用于量子逻辑的算法框架。美国数学家彼得·秀尔于 1994 年提出了首个高效量子算法，能在多项式时间内完成大整数的质因数分解，这一成果推动了量子计算与量子密码学的快速发展，并被视为量子信息科学的重要里程碑。随后，1997 年，美国计算机科学家 Lov Grover 提出了通用的量子搜索算法，其在无序数据库检索中可实现平方级加速，并可扩展至最大值、最小值求解与博弈决策等任务。

量子计算虽然展现出显著的理论优势，但其工程化实现仍面临多方面挑战。相关研究主要集中在 3 个关键方向：其一，构建可实际执行且具备量子加速效应的算法，目前较成熟的包括 Shor 算法与 Grover 算法；其二，发展稳健的量子编码方法，以应对退相干带来的信息损失，现有策略涵盖量子纠错、量子避错及容错量子计算等不同体系；其三，寻求可实现量子逻辑操作的物理平台，如离子阱、超导量子电路、量子点及拓扑量子系统等。上述方向共同构成量子计算机可行性研究的基础。

4.5 智能科学技术

智能时代，在云计算的基础上，以多智能体 (multi-agent) 协同为核心，采用分层结构与动态任务调度机制，通过规划智能体、执行智能体、验证智能体的协同，实现从任务理解到成果交付的全流程自动化。

大语言模型因其出色的泛化能力和涌现行为[8]，已成为人工智能体 (AI agent) 构建的重要基础[9]。在此类智能体中，大语言模型通常充当认知核心，通过多模态感知与工具使用扩展环境交互能力。结合思维链推理和任务分解技术，这些智能体能实现类似符号智能体的规划与推理功能。此外，它们可在环境中学习并执行新行为，呈现出反应型智能体特征。预训练带来的少量样本泛化能力使大语言模型能跨任务迁移而无须参数更新。基于大语言模型的智能体已在软件开发、科学研究等实际应用中展现出潜力，其自然

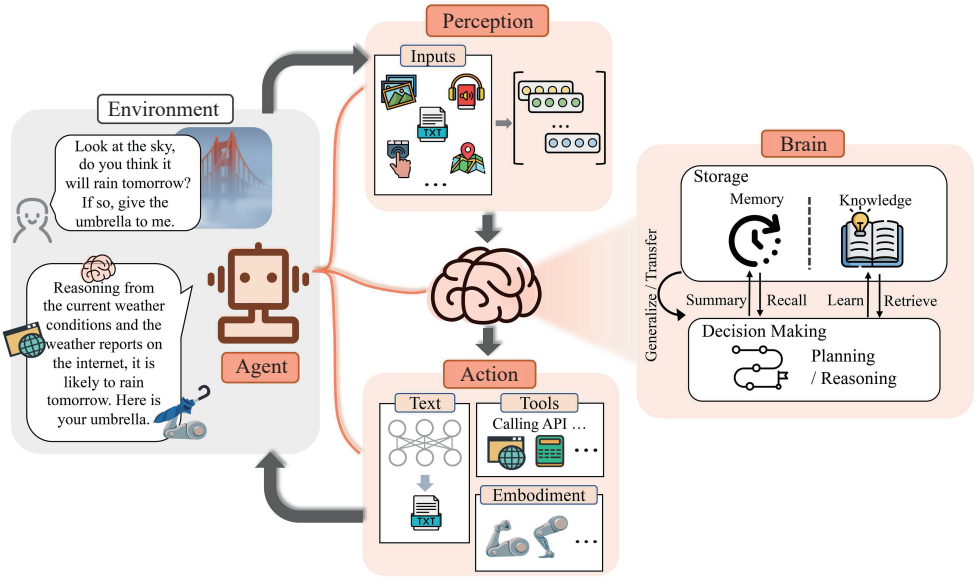


图 3 人工智能体的系统架构[10]

Fig. 3 The system architecture of the artificial intelligence entity[10]

语言理解与生成能力亦支持多智能体的协作与竞争。该类智能体的系统架构如图 3 所示[10]。

4.5.1 智能体大脑

记忆存储了智能体过去的观察、思考和行动序列。人脑依靠记忆系统回溯利用先前的经验制定策略和做出决策，与之相同，智能体也需要特定的记忆机制来确保其熟练处理一系列连续任务。在面对复杂问题时，记忆机制能帮助行为智能体有效地重新审视和应用先前的策略。此外，这些记忆机制还能使个体借鉴过去的经验，适应陌生环境。随着大模型智能体互动周期的扩大，出现了两个主要挑战。第一个挑战与历史记录的长度有关。大模型智能体以自然语言格式处理先前的交互，并将历史记录附加到每个后续输入中。随着这些记录的增加，它们可能会超出大多数大模型智能体所依赖的变换器 (Transformer) 架构的限制。在这种情况下，系统可能会截断某些内容。第二个挑战是提取相关记忆的难度。当智能体积累了大量的历史观察和行动序列时，就会面临不断升级的记忆负担。这使得在相关主题之间建立联系变得越来越具有挑战性，有可能导致智能体的反应与当前环境不一致。

在大规模语料库上预先训练的模型可以学习通用语言表征。利用预训练模型的强大功能，只需微调少量数据，大语言模型即可在下游任务中表现出卓越性能，无须从头开始训练新模型，从而节省了大量计算资源。然而，由于这种微调针对特定任务，因此模型缺乏通用性，很难推广到其他任务中。大模型智能体不只是发挥静态知识库的作用，还展现出动态学习能力，使其能快速、稳健地适应新任务。

在大规模数据集上训练的语言模型可以将各种知识编码到其参数中，并对各种类型的查询做出正确反应。此外，这些知识还能帮助大模型智能体做出明智决策，可大致分为以下几类。

(1) 语言知识

语言知识表现为一个约束系统，即语法，它定义了语言的所有和唯一可能的句子。它包括词法、句法、语义学和语用学。只有掌握了语言知识的智能体才能理解句子并进行多轮对话。此外，这些智能体可以通过在包含多种语言的数据集上进行训练来获取多语言知识，从而无须额外的翻译模型。

(2) 常识性知识

常识性知识指大多数人在幼年时就已掌握的世界常识。例如，人们通常知道药是用来治病的，伞是用来防雨的。这些信息通常不会在上下文中明确提及。因此，缺乏相应常识性知识的模型可能无法理解或误解其中的含义。同样，缺乏常识性知识的智能体可能会做出错误的决定，如在下大雨时不打伞。

(3) 专业领域知识

专业领域知识指与特定领域相关的知识，如编程、数学、医学等，对模型有效解决特定领域内的问题至关重要。例如：用于执行编程任务的模型需要具备编程知识 (如代码格式)；用于诊断目的的模型应具备医学知识 (如特定疾病和处方药的名称)。

推理以证据和逻辑为基础，是人类智力活动的根本，是解决问题、决策和批判性分析的基石。演绎、归纳和类比是智力活动中的主要推理形式。对于大模型智能体来说，与人类一样，推理能力对解决复杂任务至关重要。关于大型语言模型的推理能力，学术界存在不同观点。一些人认为语言模型在预训练或微调过程中就具备了推理能力，而另一些人则认为推理能力是在达到一定规模后才出现的。具体而言，典型的思维链方法通过引导大语言模型在最终输出答案前生成推理步骤，已被证明能够有效增强模型的推理能力。此外，研究者还提出了多种策略，以进一步提升大语言模型的表现，如自我一致性、自我修

正、自我完善和选择推理等。一些研究表明，分步推理的有效性可归因于训练数据的局部统计结构，与对所有变量进行训练相比，变量间局部结构化的依赖关系能产生更高的数据效率。

规划是人类在面对复杂挑战时采用的一种关键策略。对人类来说，规划有助于组织思维、设定目标和确定实现这些目标的步骤。与人类一样，规划能力对智能体也至关重要，而规划模块的核心是推理能力。这为基于大语言模型的智能体提供了一个结构化的思维过程。通过规划，智能体可将复杂的任务分解为更易于管理的子任务，并为每个子任务制订适当的计划。此外，随着任务的进展，智能体可以利用内省来修改其计划，确保计划更符合实际情况，从而适应并成功执行任务。规划通常包括计划制订和计划反思两个阶段。

4.5.2 智能体感知

感知模块的核心目的是将智能体的感知空间从纯文字领域扩展到包括文字、听觉和视觉模式在内的多模态领域。目前，大模型智能体应具备感知更广阔的整体环境的能力，许多成熟且被广泛采用的硬件设备可以帮助智能体实现这一目标。激光雷达可以创建三维点云图，帮助智能体检测和识别周围环境中的物体。全球定位系统可以提供精确的位置坐标，并可与地图数据集成。惯性测量单元 (IMU) 可以测量和记录物体的三维运动，提供物体速度和方向的详细信息。然而，这些感知数据非常复杂，大模型智能体无法直接理解。探索智能体如何感知更全面的输入是未来一个很有前景的方向。

4.5.3 智能体行动

在感知外部环境后，人类能够整合各种信息并进行复杂推理，从而形成决策，并通过神经系统将决策转化为具体行为，如交流、规避危险或操作工具。与此类比，当智能体是具备知识表示、记忆管理、推理与规划能力，以及多模态感知和概括能力的认知模块时，能够生成多样化的行为策略，以应对复杂环境。智能体的执行或行动模块则承担将认知输出转化为实际操作的职责，通过与环境的交互实现任务目标，形成完整的感知—认知—行动闭环。

工具是工具使用者能力的延伸。在面对复杂任务时，人类会利用工具简化任务的解决过程，以提高效率，从而节省时间和资源。同样，如果智能体也学会使用和利用工具，就有可能更高效、更高质量地完成复杂任务。大模型智能体不仅需要使用工具，而且非常适合工具集成。通过集成外部工具 (如外部数据库和网络应用程序)，智能体能够显著扩展其行为能力，使其在推理与规划过程中能够调用和利用多种外部资源，以完成更复杂的任务。这一过程可以为大模型智能体提供专家级、可靠性、多样性和高质量的信息，促进智能体的决策和行动。

4.5.4 智能体的具身智能

智能体的具身能力源于其在环境中持续感知、行动和接收反馈的过程，而不仅仅依赖于经过精心设计的预训练数据集。与传统深度学习模型主要依靠互联网数据解决特定任务不同，大模型智能体不再局限于文本生成或精确工具调用，而是能够主动感知和理解物理环境，并通过内部知识进行决策，从而执行能够改变环境的具体行为。将此类行为称为“具身行动”(embodied actions)，它使智能体能够以类人方式与外部世界交互，从而理解与适应环境。

大模型智能体在具身行动方面的潜力：在大语言模型出现之前，研究者主要依赖强化学习等方法研究和实现智能体的具身行为。基于强化学习的化身取得了广泛成功，但它在某些方面确实存在局限性。简而言之，强化学习算法在数据效率、泛化和复杂问题推理方面都面临限制，原因是在模拟动态且往往模糊不清的真实环境方面存在挑战，或者严重依赖精确的奖励信号表示。

随着人工智能技术的快速发展，越来越多的企业开始尝试利用 AI 的力量推动业务创新和转型。阿里云 AI 开发平台 (platform for AI，PAI) 是为满足这一需求而设计的全面解决方案，它为企业提供一站式的 AI 开发和服务平台，涵盖机器学习、深度学习、自然语言处理等多个前沿领域，是阿里云推出的一个全面的人工智能开发和服务平台，旨在帮助开发者和企业轻松构建、训练和部署 AI 模型。由于 PAI 提供了丰富的工具和服务，因此无论是 AI 初学者还是专业数据科学家，都能高效完成数据准备到模型训练再到模型部署的全过程[11]。

2025 年 3 月 6 日，肖弘创立的 Monica.im 团队推出了人工智能体系统 Manus，该系统能解决各类复杂多变的任务，智能体真的能帮人类做事。Manus 的系统架构可看作一个会思考的云端机器人，由大脑 (模型层)、双手 (工具层) 和工作台 (执行环境) 3 部分组成。

(1) 大脑 (模型层) 负责理解用户指令、规划任务步骤、监控执行过程，基于多个大模型 (如 Claude 3.5 和 Qwen) 协同工作，模型间分工明确。

规划模型：拆解任务，如将旅行攻略分解为查机票、选酒店、排行程等。

执行模型：调用工具，如浏览器搜索、编写代码、生成文档等。

审核模型：校验结果，如检查酒店价格是否合理等。

大脑还有动态学习功能，可根据用户反馈调整执行策略。例如，用户常选择经济型酒店，后续推荐优先考虑性价比。

(2) 双手 (工具层) 提供执行任务所需的工具，如浏览器、代码编辑器、文件管理器。技术实现采用内置工具链：集成 Python 解释器、网页爬虫、Office 接口，可直接操作文件和数据。也可以通过私有 API 接入，如调用航班查询接口获取实时票价，或连接企业内部数据库提取客户信息。

(3) 工作台 (执行环境) 提供安全的云端环境，隔离不同任务，以避免干扰。技术实现可以通过虚拟机隔离，每个任务运行在独立的云端虚拟机中，防止数据泄露；也可以通过权限控制，根据任务需求动态分配权限 (如仅允许读取指定文件夹)。

5　结论

智能科学是脑科学、认知科学、人工智能等的交叉学科，研究智能的基础理论和实现技术。智能时代，在云计算的基础上，智能科学技术以多智能体协同为核心，采用分层结构与动态任务调度机制，通过规划智能体、执行智能体、验证智能体的协同，实现从任务理解到成果交付的全流程自动化。

参 考 文 献

[1] 唐杰. 大力推动我国人工智能大模型发展 [N]. 人民日报, 2025-05-08(13).
Tang J. Vigorously promote the development of large-scale artificial intelligence models in our country [N]. Renmin Ribao, 2025-05-08(13).

[2] 习近平. 习近平经济文选 (第一卷) [M]. 北京：中央文献出版社, 2025.
Xi JP. Selected works of Xi Jinping on economy (volume 1) [M]. Beijing: Central Party Literature Press, 2025.

[3] Shi ZZ. Research on brain-like computer [C] // Proceedings of the International Conference on Brain Informatics, Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.

[4] 史忠植. 智能科学(第 4 版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2025.
Shi ZZ. Intelligence science (4th edition) [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2025.

[5] 汤剑松. 5G 网络通信的应用及发展 [J]. 数字通信

世界, 2019, (3): 170.
Tang JS. The application and development of 5G network communication [J]. Digital Communication World, 2019, (3): 170.

[6] 华为技术有限公司. NetEngine AR 广域网优化技术白皮书 [EB/OL]. [2025-10-01]. https://e.huawei.com/en/material/enterprise/4ec0175bf8db40dfb3851351c35fb066.
Huawei Technologies Co. Ltd. NetEngine AR WAN bandwidth optimization technical white paper [EB/OL]. [2025-10-01]. https://e.huawei.com/en/material/enterprise/4ec0175bf8db40dfb3851351c35fb066.

[7] Chiribella G, Yang YX, Yao ACC. Quantum replication at the Heisenberg limit [J]. Nature Communications, 2013, 4: 2915.

[8] 史忠植. 人工智能 第 2 版 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2023.
Shi ZZ. Artificial intelligence (2nd edition) [M]. Beijing: China Machine Press, 2023.

[9] 史忠植. 智能体及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2025.
Shi ZZ. Intelligence agents and their applications [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2025.

[10] Xi ZH, Chen WX, Guo X, et al. The rise and potential of large language model based agents: a survey [Z/OL]. arXiv Preprint, arXiv: 2309.07864, 2023.

[11] 阿里云. 人工智能平台 PAI [EB/OL]. [2025-10-01]. https://help.aliyun.com/zh/pai/?spm=a2c4g.11186623.0.preDoc.65d82bddB0aTOw.
Aliyun. Platform of artificial intelligence PAI [EB/OL]. [2025-10-01]. https://help.aliyun.com/zh/pai/?spm=a2c4g.11186623.0.preDoc.65d82bddB0aTOw.