

中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

第 9 期

2024 年 09 月

第45卷 总第252期

主办：中国自动化学会

<http://www.caa.org.cn>

E-mail: caa@ia.ac.cn

京内资准字2020-L0052号

2024中国自动化与人工智能教育大会

暨2023-2024学年全国青少年劳动技能与
智能设计大赛全国决赛



扫描二维码
关注官方微信



扫描二维码
关注官方微博



中国自动化学会通讯

Communications of CAA



主管单位 中国科学技术协会
主办单位 中国自动化学会
编辑出版 中国自动化学会办公室



关注官方微信



关注官方微博

主 编 | 郑南宁 CAA 理事长、中国工程院院士、
西安交通大学教授

副 主 编 | 王飞跃 CAA 监事长、中国科学院自动化
研究所研究员

杨孟飞 CAA 副理事长、中国科学院院士、
中国空间技术研究院研究员

陈俊龙 CAA 副理事长、欧洲科学院院士、
华南理工大学教授

编 委 | (按姓氏笔画排列)

丁进良 王 飞 王占山 王兆魁 王庆林
王 坛 邓 方 石红芳 付 俊 吕金虎
乔 非 尹 峰 刘成林 孙长生 孙长银
孙彦广 孙富春 阳春华 李乐飞 辛景民
张 楠 张 俊 陈积明 易建强 周 杰
赵千川 赵延龙 胡昌华 钟麦英 侯增广
姜 斌 祝 峰 高会军 黄 华 董海荣
韩建达 谢海江 解永春 戴琼海

刊名题字 | 宋 健

地 址 | 北京市海淀区中关村东路 95 号

邮 编 | 100190

电 话 | (010) 8254 4542

传 真 | (010) 6252 2248

E-mail: caa@ia.ac.cn

http://www.caa.org.cn

印刷日期 | 2024 年 9 月 30 日

发行对象 | 中国自动化学会会员及自动化领域科技工作者

本刊声明

◆ 为支持学术争鸣, 本刊会登载学术观点彼此相左的不同文章。来稿是否采用并不反映本刊在学术分歧或争论中的立场。每篇文章只反映作者自身的观点, 与本刊无涉。

主编的话



郑南宁

教育是国之大计、党之大计。党的二十大报告明确指出，教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。今年7月，党的二十届三中全会进一步强调，要统筹推进教育科技人才体制机制的一体化改革，健全新型举国体制，全面提升国家创新体系的整体效能。在全面深化改革的背景下，要坚持教育优先发展，全面提高人才自主培养质量，着力造就拔尖创新人才，为全面建设社会主义现代化国家提供有力人才支撑。

为全面推进教育、科技、人才工作的深度融合和协同发展，更好地整合各方资源，形成协同创新的强大合力，2024年8月21日，由中国自动化学会主办的2024中国自动化与人工智能教育大会暨2023-2024学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛在北京盛大开幕，这是一场集学术研讨、技能展示、创新实践于一体的盛会，吸引了来自全国各地的高校、科研机构、企业和中小学的专家学者、教师学生以及行业代表参与，集中展示了青少年在劳动技能与智能设计领域的创新成果，为广大教育工作者和青少年提供一个交流学习的平台。

本期专刊聚焦“2024中国自动化与人工智能教育大会”，为大家分享了中国工程院院士、中国自动化学会理事长、西安交通大学教授郑南宁，中国科协青少年科技中心主任辛兵，中国高等教育学会副会长姜恩来的开幕式致辞。重点介绍了中国自动化学会常务理事、百度首席技术官王海峰的“知识增强大模型”，科大讯飞股份有限公司副总裁、研究院院长刘聪的“讯飞星火大模型最新进展及其在教育领域典型应用”2篇专题文章。

在此向贡献稿件的各位专家学者和企业代表表示衷心的感谢！希望本刊专题能为读者带来关于自动化与人工智能教育发展的思考与启示。



专题 / Column

- 004 在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）/ 郑南宁
- 005 在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）/ 辛兵
- 006 在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）/ 姜恩来
- 007 知识增强大模型 / 王海峰
- 012 讯飞星火大模型最新进展及其在教育领域典型应用 / 刘聪

学者风采 / Scholars

- 016 管晓宏院士：曾是文工团乐手，如今用数据发现美妙旋律的规律
- 018 乔俊飞：杰青项目是我科研道路的“定海神针”

观点 / Viewpoint

- 021 邬贺铨院士：大模型赋能企业数字化转型
- 029 樊秀娣：打破学术利益自循环，须对“帽子”们分类治理

科普园地 / Science Park

- 031 涌现自组织的原理 / Adam Rupe, James P. Crutchfield
- 034 用机器识别涌现发生：Neural Information Squeezer / 刘佳睿





P047



P047

学会动态 / Activities

- 046 第二届中国自动化学会博士学术交流会在哈尔滨隆重举行
- 050 2023-2024 学年 AILD 劳动技能大赛全国决赛顺利举行
- 052 中国自动化学会组织召开中国科学院自动化研究所科技成果鉴定会
- 053 第 28 期会士面对面成功召开
- 054 CAA 科普百人团——科技教育乡村行分赴拉萨和尼玛县：让 AI 之潮在西藏高原奔流
- 059 2024 中国自动化学会智慧矿山专委会暨“人工智能+矿山”学术论坛暨 2024 国际智慧矿山机器人+人工智能高峰论坛圆满举办

党建强会 / Party Building

- 060 在党的二十届三中全会第二次全体会议上的讲话
- 065 在国家勋章和国家荣誉称号颁授仪式上的讲话
- 066 学习贯彻二十届三中全会精神，以实际行动推动学会发展——中国自动化学会开展主题党日活动

形势通报 / Voice

- 068 中国科协青年人才托举工程博士生专项计划管理办法（试行）
- 072 工业机器人行业规范条件（2024 版）



P059

在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与 智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）

文 / 中国自动化学会理事长 郑南宁



智慧，从来都是激情的澎湃；创新，历来都是思想的飞翔。今天，参赛的同学们将向我们展示他们的智慧和创意，共同分享他们的创新成果。

当前，人工智能技术正在以惊人的速度改变着世界，人类

社会的每一个领域都因其而焕发生机，然而，技术进步在为我们带来机遇的同时，也给人类社会的未来发展带来诸多挑战和不确定性。

要应对这些挑战，关键在于培养一大批具备智慧与创新能力

的一代新人。创新来源于创造力的培育，而创造力并非仅仅是对知识的掌握。聪明的学生不一定具备创造力。在培养创造力的过程中，我们要鼓励学生打破常规，去天马行空地思考，放飞思维，挑战那些约定俗成的被视为固有的学科观念。

劳动技能培养过程中伴随着丰富的想象力，它不等同于我们对知识的掌握，甚至比知识的掌握更为重要。因为知识是我们当下所理解和了解的一切，而想象力涵盖了整个世界和未来。它塑造了我们尚未了解的广阔天地。因此，把想象与创造融入到劳动技能培养中，才能真正培养出来来的卓越工程师和科学家。○

在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与 智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）

文 / 中国科协青少年科技中心主任 辛兵



中国科协青少年科技中心是中国科协所属社会公益性机构，始终支持和推动科技事业的发展，致力于培养更多的青少年科技人才。我们也将不遗余力地为青少年提供更多的科学实践机会，激发他们的科学热情，引导他们走上创新创造之路。同时，我们也将加强与各方合作，共同探索劳动教育和智慧教育的新路径，为我国基础教育的高质量发展贡献力量。

党的二十大报告指出，教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。聚焦发展使命，强化教育、科技、人才“三位一体”推进，是开辟发展新领域新赛道、不断塑造发展新动能新优势、全面建设社会主义现代化强国的必然要求。党的二十大报告为青少年科技教育事业指明了方向，建设世界科技强国的重任，将传

承到大批当代青少年创新人才的肩上。

加强科学技术教育，提高全民族，尤其是青少年的科学素养，是保障持续增强国家创新能力和国际竞争力的基础工程。我们需要大力加强科教合作，全面提升青少年的科学素养，致力于培养青少年的科学精神和创新意识，使他们能够真正成长为未来科技创新的引领者和中坚力量。

未来属于青少年，希望寄予青少年。本次大赛的举办为广大青少年提供了一个展示才华、交流学习的舞台，希望广大参赛选手通过此次大赛精进技能、互学互鉴、奋勇争先，传承弘扬劳模精神、劳动精神、工匠精神，积极谱写新时代青少年的华彩篇章，努力成为知识型、技能型、创新型复合人才，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦建功立业。○

在 2024 中国自动化与人工智能教育大会暨 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与 智能设计大赛全国决赛上的致辞（节选）

文 / 中国高等教育学会副会长 姜恩来



党的二十大报告对“加快建设教育强国、科技强国、人才强国”作出全面系统的部署。今年7月，党的二十届三中全会进一步提出，统筹推进教育科技人才体制机制一体改革，健全新型举国体制，提升国家创新体系整体效能。这一系列新部署新任务新要求，为我们做好新时代教育、科技、人才工作指明了前进方向、提供了根本遵循。为此，我们要深刻把握科技创新的规律特征，

推动教育数智化的融合创新发展，持续加强前沿技术开发，厚植科学研究创新土壤，优化科技人才培养体系，全面提高人才自主培养质量，助力高水平科技自立自强。

中国自动化学会作为自动化领域的专业学术组织，通过举办此次活动，探讨自动化和人工智能与教育深度融合的趋势与策略，探索智能教育与教育均衡发展新模式，打造教育新生态，为青年

学生搭建了一个展示自我、锻炼能力的舞台，为专家学者提供了一个创新创造、对话互鉴的契机，为一线教育工作者创造了一个互动交流、探索创新的平台，为建设高质量教育体系作出了重要贡献。借此机会，围绕大赛下一步的发展，我谈四点想法，与大家进行交流。

一是把准科技发展方向，服务国家战略需求。人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术。面对百年未有之大变局加速演进，必须加强研判，统筹谋划，协同创新，把增强原创能力作为重点，以关键核心技术作为主攻方向，瞄准重大国际前沿问题和学科发展方向，在战略必争领域抢占制高点，寻求增长点，努力实现更多“从0到1”的突破，为国家繁荣富强提供战略支撑。

二是加强青年人才培养，激发科技创新活力。青年才俊是基础研究和重大科技突破的新生力

量。要引导青年学生培养创新思维，增强创新意识，提高创新能力，探索新思路与新方法，不断提升人才培养水平。要在科技创新中赋予青年学生担大任、当主角的机会，锤炼过硬本领，丰富知识储备，不断激发科技创新的青春力量，为构建高质量基础研究人才队伍提供源头活水。

三是开拓合作共赢新局面，建设智能教育发展共同体。智能教育作为一个崭新的时代课题，既没有现成答案，也没有可照搬的成熟模式。我们要推动协商互鉴，增强合作机制，实现共建共享，以合作共赢的理念相互连通，探寻具有普遍适用性的有益经验和做法，共同建设好、运用好、发展好人工智能等新技术。

四是坚持以人为本，强化人工智能规范。科学技术是一把双刃剑，人工智能的发展和应用要以增进人类共同福祉为目标。要理解、善用技术，理性思考人与技术的关系，把握教育规律，规范数字技术应用，建立严格的隐私保护制度，完善技术使用和管理规范，明确信息的收集、储存和使用方式，确保数字技术的安全发展。○

知识增强大模型

文 / 百度 王海峰

导读：8月20-22日，由中国自动化学会主办的2024中国自动化与人工智能教育大会暨2023-2024学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛在北京召开。会议特别邀请了中国自动化学会常务理事、百度首席技术官王海峰作题为“知识增强大模型”的特邀报告。在报告中王海峰指出以大模型为代表的人工智能技术正在掀起科技革命和产业变革浪潮。大模型技术通用、能力全面，为通用人工智能带来曙光。他认为智能时代的人才培养，需要基于自主技术体系和工程平台，通过产学研合作的方式，培养具备基础理论素养、工程实践能力和AI原生思维的复合型人工智能人才，为高水平科技自立自强贡献力量。

人工智能（AI）这一术语最早于1956年提出。然而，人类对AI的探索可以追溯至20世纪40年代，即计算机诞生之初。早在1947年，人类就设想了机器翻译的可能性，这一领域在今天已得到广泛应用。AI的基本目标是模拟、延伸和拓展人的智能，其研究始终围绕如何利用计算机来实现这一目标展开。

经过七十多年的发展，AI研究取得了显著进展，尤其是在近年来，深度学习和大语言模型技术的快速发展使得人们对通用人工智能（AGI）充满了期待。关



于AGI的理解存在多种维度，但从技术角度来看，AI技术的通用性与能力的全面性是至关重要的。

一、人工智能的演进

在过去的六七十年里，人工智能技术可以大致分为四个阶段。早期的人工智能主要是依赖于人工编写规则的专家系统。这些系

统通常需要领域专家将其知识转化为计算机可以理解和应用的规则，从而支撑人工智能系统的运行。然而，这种方式费时费力，且缺乏领域迁移性和扩展性。

随后，统计机器学习算法的出现使得从数据中自动学习相关知识成为可能，基于此，人工智能系统得以建模。然而，统计机器学习包含众多不同的算法，因此在解决问题时需要进行算法的选择。

进入深度学习时代，一套深度神经网络技术架构能够应用于多个领域，减少了算法选择的复杂性，但仍需针对不同领域和数据训练不同的模型。在这一阶段，算法逐渐统一并变得更加通用，但模型的数量仍然较多。近年来，大模型不仅在技术层面趋于统一，模型的通用性也显著提升。如今，强大的大模型能够应用于多个不同的领域和场景，展现出从人工到自动、从自动到算法统一、再到模型统一的技术演进路径。

二、人工智能技术的通用性

自然语言之所以被称为“自然语言”，是相对于计算机定义的程序语言而言，如C语言、Java语言等。自然语言与形式语言在几十年的自然语言处理研究中，一直是分别建模的，不同语言需要构建不同的模型进行理解和应用，自然语言和形式语言之间更

是需要独立的建模处理。

然而，现代的大模型能够同时对多种语言进行建模，其中既包括不同的自然语言，也包括多种形式语言。如今的一个模型能够很好地理解和使用多种人类语言，同时也能够处理各类编程语言。这一能力展示了模型在语言通用性方面的巨大进步。

人类语言不仅是沟通交流的工具，也是人类思维的重要载体。学习外语时，外语老师常常提到掌握一门语言的一个重要标志是能够用该语言进行思考。形式语言与自然语言的主要区别在于，自然语言往往充满歧义和灵活的表达方式，而形式语言则具有严谨的定义，一段代码写出来后没有歧义，计算机能够唯一地解释、编译、运行，从而执行各种操作。不论是在数字世界还是物理世界，形式语言都可以通过代码与世界交互。因此，一个能够同时理解和运用自然语言与形式语言的模型，在很大程度上架起了思维与执行之间的桥梁。

在人工智能领域，不同的子方向长期以来相对独立，如自然语言处理、计算机视觉等，各自研究各自的技术。尽管这些领域之间存在一定的学习与借鉴，但在解决具体问题时，往往仍需分别处理。而如今的多模态大模型已经能够同时对语言、语音、视觉等进行统一建模，实现了统一

的理解与应用。

最终，所有技术的目标都是应用。以文心大模型为例，它已经在许多不同的行业领域中得到良好的应用，展示的只是其中一部分。这进一步体现了人工智能技术在任务、语言、模态和场景上的通用性。

三、人工智能能力的全面性

人工智能通常会涉及到多种能力，例如理解、生成、归纳、预测、决策等。我们在研发人工智能技术时，希望找到其中的核心能力，通过不断优化这些核心能力，从而提升整体智能水平。其中最基础的四项能力分别是理解、生成、逻辑和记忆。随着人工智能在这四项基础能力上的提升，其他相关能力也会随之增强。

创作是一种复杂的能力，而近几年大模型的发展在创作能力上有了显著的突破。相比以往，大模型现在能够生成高质量的文章或代码，展现出强大的创作能力。当人类进行创作时，首先需要理解创作的主题，厘清创作的逻辑，组织文章的结构，并在记忆中提取相关的素材和知识点，最终完成一篇文章。

以文心一言为例，创作的题目是写一篇《一条中轴线串起北京的历史》的文章。首先，文心一言理解了题目，并进行双重解读：一方面，它通过北京的中轴

线这一独特视角，叙述了北京的历史；另一方面，它暗示了历史的纵深视角，希望从历史的镜像中透视文化。在理解题目后，文心一言组织了引言、主体和结尾等部分，围绕中轴线南起永定门，北至钟鼓楼，全长 7.8 公里的相关信息，涵盖了中轴线的特点、保护、申遗，以及其意义与价值，最终生成了一篇完整的文章。值得注意的是，当用户实际使用大模型时，这些步骤是高度整合的，大模型会直接生成最终结果，而不需要逐步呈现各部分内容。

同样，编写代码时，我们也会经历类似的过程。编写代码的第一步是理解任务，并厘清代码的逻辑，然后在记忆中找到相应的代码示例或库，最终生成一段严谨且准确的代码，确保标点符号和语法都无误。这说明，人工智能在理解、生成、逻辑和记忆这四项基础能力上的提升，不仅有助于其在特定任务中的表现，还能够显著增强其综合能力。

随着人工智能，尤其是大模型在理解、生成、逻辑和记忆这几个基本能力上的不断提升，相应的其他智能能力也会随之增强，使得人工智能距离实现通用人工智能的目标越来越近。

四、文心大模型

文心大模型的研究始于 2018 年，2019 年推出了文心大模型

1.0 版本。从模型发布伊始，它就采用了多粒度知识融合学习或知识增强的方式。从文心大模型 1.0 版到今年发布的文心大模型 4.0 Turbo 版，每个新版本都引入了新的技术，更新了数据和最终的训练模型。

文心大模型的技术架构包括预训练模型、有监督精调、人类反馈的强化学习、提示技术等。预训练模型是在数万亿级别的数据上进行训练，以此作为模型的基础。为了进一步强化模型的能力，文心大模型还采用了知识增强、检索增强、对话增强等特有技术，并引入了智能体技术。在基础模型训练阶段，使用了万卡算力，并结合可再生训练、混合专家技术等先进方法。面对如此庞大的数据集，如何优化数据的来源和分布成为了关键，因为数据分布会直接影响模型的最终表现。文心大模型构建了一个基于反馈闭环的数据体系，从数据挖掘到分析、评估、需求反馈等环节，确保模型能够持续优化。

预训练模型的作用类似于人类通过阅读大量书籍获取基础知识，但要进一步提升，还需要通过有监督精调来细化和强化这些知识。这个过程可以类比为老师对学生进行教学和指导。文心大模型中，多类型多阶段的有监督精调是核心技术之一。此外，为了巩固学习成果，文心大模型还

采用了人类反馈的强化学习，其中包含了多层次多粒度的奖励模型，这使得模型在学习过程中能够进一步优化结果。

在实际应用中，如何使用大模型也至关重要。这类似于人与人之间的交流，如果提问者能够巧妙地引导对方，回答者往往能给出更优质的回答。对于文心大模型而言，提示技术就是这种引导方式。通过对用户提问的深入理解和加工，可以使问题更加适合大模型的生成，进而获得更好的结果。

对于人类来说，知识的凝练和传承是推动人类文明进步的关键。同样，对于大模型来说，如果仅仅依赖原始数据进行学习，虽然也能获得不错的效果，但仍然缺乏深度和精准性，而这正是知识所能提供的。

过去的十几年间，我们积累了一个庞大的知识图谱，包含 5500 亿的实体、属性、关系等数据结构。这些知识图谱的应用方式有两种：一种是在模型训练过程中将知识内化到模型的参数中，使模型具备更丰富的知识背景；另一种是在模型推理阶段，利用知识图谱来增强模型的推理能力和提示构建，从而优化模型的外部表现。

基础的大模型虽然功能强大，但也存在一些局限，比如它们有时会出现“幻觉”，即给出错误或

不准确的答案。除此之外，由于模型训练数据有时间限制，模型对训练数据截止时间之后的新信息也会无法理解。这时，搜索引擎成为了弥补这些缺点的有效工具。搜索引擎通过匹配现有的信息，可以即时获取互联网上的新内容。将搜索引擎与大模型结合，不仅可以提升模型的时效性，还可以缓解模型幻觉问题。

为了实现这一点，我们对搜索引擎进行了改造，传统的搜索引擎主要依赖关键词匹配和链接分析，而现在我们利用大模型的语义理解和匹配能力，将搜索引擎架构升级，使其与生成模型更好地联合优化。

知识点增强的意义在于，它们可以帮助大模型在生成内容之前更好地理解需求，并从知识图谱、数据库或搜索引擎中获取相关信息。例如，写论文时，作者会先整理好知识点和素材，再进行写作。同样，当大模型接收到任务时，它会先理解需求并查找所需的知识点，然后再进行内容生成。这一过程大幅度提高了生成内容的准确性和质量。此外，在模型生成内容之后，还可以进行反思和校对，以确保最终结果的可靠性。

在对话能力方面，我们还引入了对话增强机制，比如记忆机制和上下文理解能力。

智能体方面，大模型的智

能体构建借鉴了人类认知系统的“系统1”和“系统2”概念。基础大模型的 token 生成过程更类似于系统1，快速但易出错，而我们希望通过思考模型的训练，使其具备系统2的特性，即更理性和精确的思考能力。思考模型的关键在于它可以调用各种工具来完成的任务，类似于人类在遇到新工具时，通过阅读说明书来掌握其使用方法。

例如，当用户提出需求“查找最近上映的电影排名前五的票房，并用柱状图呈现”时，思考模型会首先理解需求，然后调用 Web 搜索工具获取票房信息，接着利用代码解释器生成柱状图，最后输出结果。这个过程中，模型通过阅读工具的“说明书”，掌握了如何正确使用工具，从而达到预期效果。

通过智能体思考模型技术，代码智能体能够实现全自动化的系统开发。从用户需求的理解到任务规划、代码架构设计，再到代码生成与迭代反思，最终实现系统的编译、运行和部署，整个过程无需人工干预。这展示了智能体在处理复杂编程任务中的潜力和效率。这样的技术不仅加快了开发速度，还提升了代码质量和系统的稳定性。

五、应用实践

文心大模型的落地应用可以

分为多个层次。首先，大模型可以通过简单的提示词独立工作，而在特定的应用场景中，为了进一步提升模型的性能和准确度，可能需要进行有监督精调或后预训练。根据观察，后预训练通常适用于更复杂的场景且训练成本较高，大多数应用场景并不需要这一过程，通过少量标注数据进行有监督精调即可取得较为理想的效果。

文心一言自发布以来，其用户规模达到3亿，每天的调用量超过6亿次。这一庞大的使用量表明，文心大模型在各类实际应用中得到了广泛的应用和高度认可。

从技术架构的角度看，人工智能技术的发展可以类比传统的IT技术栈，其包括以芯片为代表的算力层、操作系统层和应用层。在智能时代，飞桨深度学习框架和文心大模型相当于操作系统。这两者的联合优化在提升训练效率和推理性能方面起到了关键作用。目前，飞桨加文心的生态系统已经凝聚了1465万开发者，服务了37万家企业，并创建了95万个模型，展示了其在实际应用中的巨大潜力和广泛前景。

六、人工智能人才培养

在智能时代，人才培养显得尤为重要。从产业视角来看，智能时代所需的人才应具备人工智

能相关的基础理论素养、工程实践能力以及 AI 原生思维。AI 原生思维类似于移动互联网时代提出的移动原生思维，它强调在 AI 时代如何基于人工智能技术来进行产品开发、持续学习和能力提升。

人工智能被认为是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力，其应用将深刻赋能各行各业。因此，AI 时代对人才的需求不仅限于掌握核心技术的专家，还需要广泛理解和运用人工智能的普通人才。为此，我们提出了在五年内培养 500 万 AI 人才的目标。目标人群涵盖学生、教师、企业中的 CTO、架构师、工程师以及

广大的开发者。这一计划依赖于与各方的合作，包括提供丰富的教材、课程、软硬件平台，以及形式多样的课程、培训和竞赛，全面覆盖学习、实践和培训的各个方面。

例如，百度之星大赛中的一位最年轻的决赛选手，五年级时便在比赛中脱颖而出，如今已被清华大学录取，这显示出了 AI 技术学习的广泛影响。此外，一位铁路工人利用飞桨平台的资源，实现了车号快速识别，将之前需要几个小时的工作缩短至 3 分钟，大幅度提高了工作效率，节省了大量成本。另一位 80 多岁的退休专家，尽管年岁已高，依然积极

学习 AI 技术。他在我们的平台上打卡学习了 28 门 AI 课程，每天投入 6 小时学习，并与老伙伴一起开发五子棋游戏和帮助孙女完成毕业设计。只要有兴趣，无论年龄或学历，皆可通过开源平台学习 AI，实践经验是提升技能的关键。

这些不仅是一个阶段性的胜利，更是继续推动科技自立自强的起点。我们希望通过百度大模型平台支持更多人学习和应用 AI 技术，进一步助力国家科技的发展和振兴。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



王海峰，中国自动化学会常务理事，百度首席技术官、深度学习技术及应用国家工程研究中心主任，被授予“国家卓越工

程师”称号。自然语言处理领域最重要的国际学术组织 ACL 首位华人主席、ACL 亚太分会创始主席、ACL Fellow、IEEE Fellow、CAAI Fellow、国际欧亚科学院院士。兼任中国工程师联合体、中国电子学会、中国中文信息学会副理事长。长期从事自然语言处理及人工智能技术研究和产业化工作，突破知识增强深度语义理解技术，研制了我国首个产业级深度学习开源开放平台飞桨、全球首个千亿级知识增强大模型文心、全球最大规模知识图谱，全球率先上线

神经网络机器翻译系统等，并实现了智能搜索、通用对话、机器翻译等的大规模产业应用。以第一完成人获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、中国专利金奖、北京市科技进步一等奖、吴文俊人工智能科技进步特等奖、中国电子学会科技进步一等奖等。获光华工程科技奖、首届全国创新争先奖、首个吴文俊人工智能杰出贡献奖。入选国家百千万人才工程，被授予“有突出贡献中青年专家”称号。享受国务院政府特殊津贴。入选北京学者。

讯飞星火大模型最新进展及其在教育领域典型应用

文 / 科大讯飞 刘聪

导读：8月20-22日，由中国自动化学会主办的2024中国自动化与人工智能教育大会暨2023-2024学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛在北京召开。会议特别邀请了科大讯飞股份有限公司副总裁、研究院院长刘聪作了题为“讯飞星火大模型最新进展及其在教育领域典型应用”的报告。刘聪院长认为大模型的“智能涌现”推动了AI技术阶跃，也引发了国内外大模型发展浪潮，但通用大模型的发展仍面临诸多技术挑战，例如大模型的可信可解释问题、端到端等新框架推广性问题、大模型个性化“最后一公里”问题、支撑大模型的算力集群建设问题等。同时，刘聪院长也分享了讯飞星火大模型在教育领域的最新应用情况。



在过去的一年多时间里，全球科技发展节奏异常迅速，尤其是以OpenAI为代表的大模型的崛起，推动了新一轮的人工智能浪潮。许多专家指出，这次技术进步对未来经济和科技发展的影响深远。通用人工智能被认为是未来最重要的发展方向之一，预计在未来超过80%的企业将会应用此类技术，而目前这一比例还很少，且主要集中在美国。此外，半导体、物理和生命科学等领域也将受到大模型的深刻影响。

教育是人工智能特别是大模型应用的一个重要领域。白宫已要求支持人工智能工具在教育中的部署，联合国教科文组织也发布了关于生成式人工智能的相关教育和研究指南。今年3月，我国教育部提出推动大模型从课堂走向应用，以人工智能赋能教育。我国对此高度重视，从去年4月的中央政治局会议到12月的中央经济工作会议，都强调了将通用人工智能应用到各类场景的重要性。今年3月的两会上，“人工智能+”行动正式写入政府工作报告。习近平总书记在今年6月的两院院士大会上再次强调，人工智能、量子技术和基础生物学等前沿技术需要集中涌现，推动链式变革。

一、大模型的发展

过去一年半，无论在国内还是国际上，科技竞争都异常激烈。国际上，OpenAI从发布GPT-3.5到GPT-4/4 Turbo及其多个版本，发展迅猛。谷歌整合了其强大的研究机构Brad和DeepMind，推出了Gemini模型。Meta则采取了开源策略，开发了Llama模型，对我国大模型的发展也产生了积极影响。

认知智能大模型的崛起主要得益于几方面因素。首先，这些模型依然基于深度学习框架，尽管框架未发生根本变化，但此次以ChatGPT为代表的大模型结合了transformer、强化学习等新技术，并通过大规模数据应用，

如今通用模型也能实现以前只能由专门模型完成的任务。这些模型通过不断的用户反馈进行迭代，产品设计愈加完善。其次，尽管在大模型基础上延展出现了多模态能力，但语言依然是核心。语言智能是人类智慧的重要部分，人类简史表明，约 7 万年前的认知革命以及语言的诞生，使得人类文明得以迅速扩展并主宰世界。在教育领域，从中小学到大学，学习载体仍然主要以语言为核心，这使得语言智能在认知模型中的地位尤为突出。

在近期的人工智能发展中，特别是 OpenAI 在 GPT-3.5 之后推出的 GPT-4、GPT-4V 等模型在处理行业复杂任务和多模态数据方面展现了更高的能力。以 GPT-4V 为例，该模型在复杂场景视觉推理能力的表现非常出色，例如在导航中能够结合图像和文字信息，分析并推荐最短路径。同时，GPT-4V 还在更具挑战性的任务中表现出色，例如解决复杂的数学题，不仅需要理解题目本身，还要结合图像内容，并利用代码解释器工具完成解题。此外，GPT-4V 在生成图像的强语义一致性方面也表现优异，能够根据简单的提示，如“咖啡店门口的广告牌”，精准识别并生成相应的图像和文字内容。

Sora 模型进一步推进了对世界模型和物理规律的模拟与生

成。其进展不仅在于算法的创新，也离不开视频训练标注了高质量的数据和强大算力的支撑。目前，国内已有多家企业在视频生成方面取得了显著进展，生产出高质量的视频效果。

在此之后，5 月 14 日发布的 GPT-4o 模型吸引了广泛关注。该模型首次实现了真正的端到端交互体验，在语音和多模态交互方面具有颠覆性创新。其响应速度极快，能够在交互过程中随时进行打断，支持多模态理解，并表现出情感感知和表达能力。尽管情感表达本身并非全新概念，但 OpenAI 在 GPT-4o 的开发过程中进行了系统性工程优化，使其具备了更加成熟的交互能力。

二、大模型遇到的挑战

在过去一年多的时间里，人工智能领域的挑战不断演变。虽然当前的大型语言模型在许多方面已经取得了显著进展，但未来仍有许多问题值得关注，我也将在这些领域展开进一步研究。其中，模型的可信性与可解释性是一个关键问题。尽管模型在发布以来，通过底座模型的改进、基于搜索和插件的增强，幻觉问题有所缓解，但在医疗和金融等对生成结果可靠性要求极高的领域，仍然面临巨大的挑战。

其次是端到端等新框架推广性问题。框架和算法的不断演进，

确实在技术指标和用户体验上带来了显著提升。然而，在实际应用中，我们发现仍存在诸多困难，如多模态数据的获取与对齐、数据模式的转变，以及整个过程中可定制化和可解释性的挑战。这些问题都是未来需要深入研究和解决的。

从应用角度来看，大模型个性化“最后一公里”问题也非常关键。在初次接触 OpenAI 及国内大模型时，用户可能会对其输出感到惊艳，但随着使用的深入，模型生成的内容可能显得平淡，因为它未能充分反映用户的个性化需求。尽管包括 OpenAI 在内的企业都在努力改进模型的记忆和个性化功能，但从产业角度来看，这仍是一个技术实现上的巨大挑战。

除了上述算法和技术挑战外，支持大模型所需的算力集群也是一个重要的工程化难题。为了探索 Scaling Law，需要规模庞大的计算集群，但在国产算力与英伟达生态存在差距的情况下，如何在国产框架下实现有效支持，仍然面临着巨大的挑战。这不仅仅是一个技术问题，更是一个复杂的系统工程。

GPT 仍然基于深度神经网络框架，虽然没有跳出新的框架，但该框架成功推动了认知智能和多模态智能的发展，提升了技术的门槛。目前，大家都在探索

Scaling Law，但其具体的曲线仍在研究中。大模型在纯文字世界中表现出色，文本输入与输出形成类似函数的闭环，不断学习，且训练数据量充足。在此基础上，大模型以认知智能为核心，拓展到多模态和具身智能，结合实际场景，带来了广泛的应用前景。

三、科大讯飞星火大模型

科大讯飞多年来一直致力于人工智能的发展，积累了丰富的技术和产业经验。自 2022 年 OpenAI 发布以来，当年 12 月，我们启动了“1+N”的攻关计划，其中“1”代表技术底座建设，“N”则涵盖了教育和办公等多个行业场景。过去一年多时间内，进展迅速，从 0 到 1，围绕自主算法和国产算力的改进，星火大模型持续迭代了多个版本，每次发布会都伴随底座更新和相关产品的发布。最新的 V4.0 版本，实现了全面对标 GPT-4 Turbo，并且在国内外中英文 12 项主流测试集中，星火 V4.0 实现了 8 项超越。

星火大模型的多模态能力也取得了显著进展。例如，在教育领域，讯飞星火图文识别大模型能够识别并分析学生的作业，其中包括复杂的数学公式和化学分子式，类似的技术还可应用于医疗检查单和企业文档的处理。

在今年高考后，不论是语文作文还是数学解题，星火大模型

都展现出了强大的能力。例如，在高考作文评分中，模型生成的文章平均能获得 50-53 分，这表明模型对题目语义有着深刻的理解，在文本生成上也有着很强的能力。

四、讯飞星火大模型的技术创新

科大讯飞针对大模型面临的技术挑战，开展了一系列关键工作。

首先，面对大模型可信可解释问题，讯飞通过算法优化和多语言混合协同过滤等方法，结合实际应用场景持续改善。其中，基于评语模型的大模型幻想问题优化属于超级对齐技术方向的探索：评语模型指出大模型存在的幻觉问题，大模型得到评语模型的评价后自我完善提升。同时，评语模型也通过强化训练进一步提升发觉幻觉问题的能力，整个过程无需人参与标注，两个模型相互博弈、共同进化。除此之外，多语言混合协同过滤后进行精细数据清洗的方法也能获取高质量数据。通过多语言句子篇章的全局统一表示，再创建立体化保障机制，改善大模型的污语料和幻觉问题。

在端到端等新框架推广性问题上，近期，讯飞官宣布星火极速超拟人交互，在响应和打断速度、情绪感知情感共鸣、语音可控表达、人设扮演四个方面实

现突破。这背后便是从此前的级联方案，升级为统一神经网络直接实现语音到语音端到端建模，大幅缩短响应时间，做到了真正的“极速”，同时也提升了交互的拟人度和流畅度。

在个性化生成方面，科大讯飞给出的答案是打造更懂你的 AI 助手，结合通用大模型底座和 6 月 27 日率先发布的“个人空间”，AI 助手能基于用户画像进行个性化表达，基于交互历史实现记忆学习，基于个人资料进行增强学习。在“个人空间”里，用户可以上传自己的工作、学习、生活、健康等各类资料，形成每个人的专属知识库，再结合人设，让大模型生成更个性化内容。拓展到专业领域，讯飞升级了讯飞晓医 APP，能够根据电子病历、检查报告、体检报告等用户个性化资料，构建个人数字健康空间，提供了新的个人及家庭健康管理模式，展现大模型 + 个性化 + 专业领域的新可能。

在算力集群建设上，科大讯飞自研平台实现大模型训练推理一体化设计，陆续与华为合作发布了星火一体机、首个国产万卡算力集群“飞星一号”，基于“飞星一号”完成了讯飞星火大模型 V3.5、V4.0 模型训练，实现全面对标 GPT-4 Turbo。目前，“飞星一号”作为国产算力集群代表，整体训练性能已经从 30% 提升

到 95%，这一数据仍在持续优化；“飞星一号”已常态化支撑讯飞星火大模型训练，平均资源利用率超 90%。在复杂系统工程能力上，讯飞自研出超大集群的智能框架和异构调度系统，保障大模型训练长时稳定运行，平均故障间隔对标 Meta 的 Llama 3.1 训练已达到相当水准。

五、讯飞星火在教育领域的应用

在教育领域，科大讯飞基于多年积累的技术与场景经验，致力于通过人工智能技术提升教育质量，满足中小学和高等教育不同需求。在中小学基础教育中，讯飞的重点在于减负增效，推动“五育并举”。随着新教材、新课程、新高考的引入，教师面临备课与教学设计的巨大压力。基于星火大模型，讯飞推出星火教师助手，以对话式、生成式的自然交互，为教师智能生成科学系统的单元教学规划、创新引领的教学设计、贴合情境的教学课件等内容，提高教师备课效率；在家访、班会设计等日常工作和教研场景，星火教师助手也能启发灵感，助力教师成长。根据一线教师应用数据，星火教师助手实现教学设计效率提升超 56%，课件制作效率提升超 64%，好评率高达 93%。此外，讯飞还利用课堂实录和分析工具，帮助教师优化教学内容，并促进学生高级思维

的发展。

在个性化学习方面，讯飞早已开始探索如何因材施教。基于星火大模型对各类学习资源的深度理解能力，目前能够实现跨场景的学生学情画像，并融合其他维度的作答行为数据，实现多维学情诊断画像，进而给出动态学习路径的规划，并基于阶段学情智能生成共性和个性的错题、分层题包，同时提供个性化学习资源，满足孩子自主学习的需求。除了传统的习题类资源，大模型的加持让推荐系统能够拓展到多模态资源，帮助孩子提升学习效果 and 效率。在获得合适的学习路径和资源后，1 对 1 辅导才是最优解，要历经思路点拨、分布列式、个性纠因这几步。基于星火大模型所全新升级的 AI 交互式答疑辅导，在精准捕捉孩子每一步标准作答动作后，能以启发引导的风格发问，让孩子通过互动探究式的学习进行自主思考，实现了 1 对 1 的个性化辅导；应用试点分析显示，这种方式不仅大大提升了学生主动参与答疑的比例，也显著提升了学习效率。目前，AI 1 对 1 答疑辅导也已经上线讯飞 AI 学习机，让孩子多了一位 AI 辅导老师。

在高等教育方面，讯飞致力于帮助高校构建一流学科课程资源。通过知识图谱和代码大模型，讯飞协助高校教师开发实践性强

的课程，并自动化命题和评估学生提交的作业。在科研方面，讯飞的科研助手通过文献调研、内容提炼和辅助写作等功能，为科研工作者提效；同时积极与关高校和科研机构团队也基于星火大模型开展 AI for Science 前沿方向的探索。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



刘聪，科大讯飞副总裁、研究院院长，语音及语言信息处理国家工程研究中心副主任。主要从事语音语言和计算机视觉等技术研究，建立并领导 AI 研发团队取得多项创新性技术和应用成果。主持科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目等多项国家和省部级科研工作。主导完成多语种智能语音关键技术研发及产业化项目，荣获 2023 年度国家科技进步奖一等奖。

管晓宏院士：曾是文工团乐手，如今用数据发现美妙旋律的规律

中国科学院院士、西安交通大学电子与信息学部主任管晓宏是我国著名系统工程学家。20世纪70年代，管晓宏曾是文工团乐队的笛手，同行和学生中流传着这样一句话——“不会吹长笛的教授不是好院士”。

从能源电力系统优化到网络安全，管晓宏数十年如一日，瞄准国家重大需求和重点领域，勇攀科学高峰。如同交响乐团中不可或缺的指挥，他运用数学模型与优化算法这根“指挥棒”，精准调控着复杂系统的每一个“音符”，让看似杂乱无章的数据在算法的引导下演绎出和谐美妙的旋律。

1997年，管晓宏获得国家杰出青年科学基金项目（以下简称杰青项目）资助。“杰青项目当时认可了我的研究方向的重大意义，为我沿着这条路继续从事科研建立了十足的信心。”管晓宏告诉《中国科学报》。

迎难而上 延续创新

1997年，管晓宏提交了杰青项目申请书。他在美国康涅狄格

大学读博期间，在与美国东北电力公司的合作项目中，提出并实现了创新的电力调度决策优化方法，置换了软件的关键部分，这项工作被合作企业称赞为“置换原有程序的心脏”。

“我们发现原有软件的功能还处于初级阶段。”管晓宏说，“通过建立先进的数学模型，引入最优化算法，我们在考虑复杂外部因素的同时，实现了对电力系统资源的优化调度。”

最终，这一创新方案将原本耗时一周的人工加计算机辅助决策周期缩短至一分钟内，显著降低了系统运行成本并极大提高了效率。

杰青项目申请中，管晓宏计划延续此前的创新工作，继续在电力系统优化方面开展深入研究。这一次，他的视野聚焦于中国，特别是西北地区复杂多样的电力网络。

西北电网涵盖水电、火电等多种电源类型以及各类负载，其规模之大、结构之复杂在当时全球范围内位居前列。

在管晓宏看来，当时尽管风

电和光伏发电尚未形成规模，但西北地区电力系统的协调优化已面临严峻挑战，尤其是黄河流域的水火电协调优化调度，复杂度远超美国同类系统。

“解决这个问题是国家重大需求，对我国国民经济发展有着重大意义。”管晓宏表示。

经过严格评审，管晓宏顺利获得杰青项目资助。在杰青项目资助下，他带领团队迎难而上，综合考虑各种电源特性和负载需求，力求在保障稳定供电的同时，实现电力系统资源的高效利用和成本的有效控制。

最终，通过不懈努力，他们提出的电力系统优化调度理论和方法在复杂性与创新性方面达到了世界一流水平。

令管晓宏感到欣慰的是，这项成果不仅解决了西北地区电力系统面临的难题，也为我国能源行业的可持续发展开辟了新路径。

如今，回顾杰青项目的研究成果，管晓宏认为，这项研究与当前倡导发展绿色生产力的理念不谋而合，尤其在实现“双碳”目标方面，其价值越发凸显。

“面向未来，随着原有问题的解决，应当把重点转向如何有效整合可再生能源，以及应对储能技术突破等高度不确定的挑战上。”为此，他提出了“氢赋能零碳智慧能源系统”，并担任国家自然科学基金重大项目“含氢多能源供需系统协同运行的基础理论与关键技术”负责人。

2022年7月，他带领团队在陕西榆林建成了世界领先的氢赋能零碳智慧能源站并投入使用，实现了零碳和经济性的双示范。

见证与书写历史

回忆起20多年前申请杰青项目的点滴，管晓宏至今仍记忆犹新。彼时，距离他从美国当时最大的电力公司太平洋燃气与电力公司辞职回国工作刚刚两年。

“当时杰青项目启动不久，我刚回国，对项目的相关事宜不了解。”管晓宏回忆说，“我对答辩一无所知，对答辩的要求、流程、重点完全没有把握。”

一个小插曲是，1997年夏天，正在国外参加学术会议的管晓宏突然接到答辩的通知。他迅速行动，马上订票，直飞北京，又马不停蹄地转机前往兰州。

答辩结束后，他从兰州返回西安的途中，经历了一个特别的历史时刻——乘坐我国最后一班由“图-154”客机执飞的航班，见

证了我国航空史的重要时刻。

他记得，答辩现场没有如今的电脑PPT演示，演讲材料都印刷在透明胶片上，需要通过投影仪逐页投射在屏幕上。就在这样的答辩条件下，管晓宏书写了自己科研生涯中的一段重要历史。

答辩中，由我国著名系统科学家于景元等组成的评审专家组对管晓宏的研究工作给予了高度评价，认为他的研究植根于国内的实际应用场景，其复杂性甚至超过国外案例，保证了未来产出的创新性和实用性。

“这些此前出现在教科书中的专家的认可，不仅是对我个人工作的肯定，还是对我未来科研方向的支持。”管晓宏表示，“这坚定了我国家自然科学基金资助下开展更深层次研究的决心。”

艺术启迪科学人生

作为一位科学家，管晓宏深受艺术的影响。少年时期，他只上了四年小学和一年半小学附设的初中班。

在没有任何家人从事艺术工作的情况下，管晓宏不知道从哪里获得了“艺术细胞”，找家里要了几块钱买了竹笛，学吹笛子且无师自通，进步还很快。

就这样，不满15岁的管晓宏，有幸以笛手身份由临时工转正成为工厂的正式职工，后来当

了木工、钳工、车工，其间自学了初中和高中的数理化全部课程，最终在1977年恢复高考时脱颖而出，被清华大学录取。

“我感谢音乐，第一次改变了我的命运；1977年恢复高考，则彻底改变了我的人生。”他曾在接受媒体采访时表示。

管晓宏善于反向思考，这一思维方式不仅助力他解决科学研究中的困难与挑战，也为探寻艺术与科学的交叉结合提供了新机遇。真正以科研为职业后，他依然坚持以艺术启迪科学。

管晓宏团队发现，音乐旋律的统计特性与自然界现象和工程系统呈现相同的“幂律分布”。这促使他们深入探讨音乐旋律的数学本质以及作曲家在创作时无意识追求的模式。在总结出音乐作曲理论中的3个数学特征后，他们构建了一个新的数学模型，推导出音乐旋律的幂律。

基于上述研究，他们正在承担国家自然科学基金委员会交叉科学部专项项目“音乐智能量化和脑科学认知研究”，期待在音乐人工智能领域取得创新成果。

近年来，管晓宏致力于通过教学实践，让学生在科学探索中融入艺术思维，从而推动创新人才培养，为社会进步贡献力量。○

来源：中国科学报

作者简介



管晓宏，中国科学院院士、中国自动化学会常务理事、西安交通大学教授。分别于1982、1985年获清华大学自动化系学士与硕士学位，1993年获美国康涅狄格大学电机与系统工程系博士学位；1993-1995年任美国PG&E公司高级顾问工程师，1999-2000年访问哈佛大学，1995年起先后任西安交通大学教授、系统工程研究所所长、电子与信息工程学院院长、电子与信息学部主任，1999-2009年任机械制造系统工程国家重点实验室主任；1997年获国家杰出青年基金；自2001年起先后任清华大学讲席教授组成员、双聘教授，2003-2008年任清华大学自动化系主任。管晓宏院士是IEEE Fellow，主要从事复杂网络化系统的经济性与安全性，信息物理融合系统包括能源、电力、制造等系统的优化与安全，网络空间安全等领域的研究。

乔俊飞：杰青项目是我科研道路的“定海神针”

熟悉北京工业大学教授乔俊飞的人都知道，几十年来，他的研究课题一直聚焦于智慧环保领域，并在水污染治理与水环境保护等问题上持续深耕细作。自2000年进入北京工业大学以来，乔俊飞依托北京市高精尖学科“控制学科与工程”，在污水再生和水污染治理领域取得一系列重要突破。他先后研发出污水出水水质参数实时检测、污水处理过程优化控制系统等多项关键核心技术，获得近百项国际发明专利和中国发明专利，填补了行业领域技术空白。相关技术已在国内外30余家城市污水处理厂得到应用，使污染防治的中国方案走向全世界。然而，很多人并不知道，在研究城市污水治理之前，乔俊飞的科研起点其实是另一个“行业”——冷轧板带板形控制。促使乔俊飞“跨行”的重要因素是多年前北京市产业结构的调整，但让他在新行业坚守至今的原因，则是国家杰出青年科学基金项目（以下简称杰青项目）

的资助。“杰青项目就是让我潜心钻研的‘定海神针’。”乔俊飞接受《中国科学报》采访时表示。

“干什么都不怕，也不累了”

故事要从20多年前说起。到北京工业大学工作之前，乔俊飞在东北大学获得博士学位，师从我国冶金自动化专家柴天佑，主要从事冷轧板带板形控制研究。博士毕业后，他进入天津大学博士后流动站，延续了这一研究方向。

然而，当乔俊飞2000年进入北京工业大学后，却发现受北京产业结构调整的影响，冶金工业被疏散到京外，自己从事的研究已无“用武之地”。他要想更好地在北京工业大学继续科研道路，唯有“转型”。

乔俊飞开始寻找北京市亟待解决的重大需求。经过全面调研和综合分析，他了解到，北京是世界上为数不多的水资源极度短缺的大城市。于

是，他瞄准了城市污水治理这个难题。

“污水处理”和“板带轧制”看似风马牛不相及，但乔俊飞却洞悉了两者的相通之处。他认为，智能控制是解决问题的利器，这正是他擅长的。

在没有前期研究基础的情况下，乔俊飞“单枪匹马”地走上了污水治理优化控制之路。在“硬着头皮”摸索了五六年后，他陆续发表了一些研究成果，研究工作多次获得国家级项目资助，大型环保企业也主动找上门来寻求合作。科研工作进入了良性发展阶段。

尽管与同龄青年学者相比已经取得了一定成绩，当学校鼓励乔俊飞申请杰青项目时，他依然感到“心里没底”。

在他看来，杰青项目是几乎所有青年科研人员梦寐以求的项目，竞争之激烈可想而知。然而，幸运之神还是眷顾了他。2011年，他以“城市污水处理过程建模、控制与优化”为题申请并获批了杰青项目。

首次申请便获得成功，这给乔俊飞的鼓舞是无与伦比的。

“在获得杰青项目10年前，虽然我在污水处理领域取得了一些成绩，但当时污水处理过程控制是‘学术荒漠’，这条路是否值得走下去，心里还是有些犹豫。”乔俊飞说。

成功申请到杰青项目后，他的感受是：“忽然觉得自己这个‘拓荒者’还行，能做出一些填补空白的特色工作，自信心便有了。一个人有了信心后，干什么都不怕，也不累了。”

用“确定”方法解决“不确定性”

在很多人看来，污水处理似乎与人工智能这种“高大上”的技术不搭边。乔俊飞认为，人工智能正是以更高标准打赢污染防治攻坚战的重要“法宝”。通过创新引领环保产业技术变革，让浑浊的污水变成“蓝天碧水净土”的一部分，这既是一件“很浪漫”的事，也是一项高难度挑战。

“污水处理是典型复杂工业过程，污水的流量、组分和各类污染物的含量随时变化，不确定性、随机性一直伴随着污水处理的全过程，这意味着控制方法永远要跟着污水的变化不断调整。”乔俊飞说。调整的内容涵盖多方面，包括如何实时检测污水动态和污水出水水质、如何实现污水处理与治污耗能间的动态平衡、水处理厂的大规模设备与工艺如何搭配才能达成效率最大化等。

城市污水处理的特点就是“不确定性”，早在申请杰青项目时，乔俊飞就立下目标，要寻找一种“确定”的方法解决这种

“不确定性”。

“杰青项目要求青年学者在申请时必须认真总结自己的科研业绩，同时给出明确的未来研究计划。”乔俊飞说，从这个角度看，杰青项目也是一位青年学者的科研规划。

如今，杰青项目结题已近10年，乔俊飞坦言：“我现在还在按照当初的规划，一步步向前走。”

做科研需要“迭代升级”

如今，乔俊飞已经由污染治理的“拓荒者”成长为我国环保自动化领域的知名学者，他提出的污染物实时检测技术、污染治理动态优化控制技术填补了行业空白，为国家打好污染防治攻坚战提供了技术支撑。

对于这些成果的取得，他总结说，最关键的便是坚持。

21世纪初，我国污水处理尚处于起步阶段，几乎没有成型的控制技术。彼时，国内有不少学者从事相关研究工作。然而，许多人在完成课题任务后便匆匆离开这个行业，乔俊飞却坚守至今，从未离开。

在他看来，目前国家和社会给青年学者提供了很多科研机会。与此同时，各单位对年轻人的考核也愈加严格，使得很多青年科研人员长期处于“追着项目走”的状态，无法确定自己的长期科研目标。

“对年轻科研人员来说，一定要有一个稳定、有特色的研究方向，独树一帜，让特色成就未来。”他说。

“科学研究需要不断‘迭代升级’，如果你的研究只停留在 1.0 版本，即便成果再多，科研价值也有限。科学研究只有从 1.0 到 2.0，

乃至不断迭代升级，才能做出有影响的业绩。”乔俊飞说。○

来源：中国科学报

作者简介



乔俊飞，教授、博士生导师，中国自动化学会会士、理事，北京工业大学党委副书记，国家自然科学基金创新研究群体负责人，全国高校黄大年式教师团队负责人，教育部长江学者特聘教授国家杰出青年基金获得者。现任国务院学位委员会学科评议组成员，教育部教学指导委员会委员，智慧环保北京实验室

主任，智能感知与自主控制教育部工程研究中心主任，乔俊飞教授是我国环保自动化领域拓荒者，在国内外权威刊物上发表学术论文 200 余篇，获得授权美国专利、国家发明专利 100 余项，出版学术著作 6 本，相关研究成果在数十家环保企业得到应用，为环保自动化、智能化做出奠基性贡献。



关于开展“盛世迎华诞 与国共成长”诗文书画摄影作品征集活动的通知

各中国自动化学会会员：

为庆祝新中国成立 75 周年，中国自动化学会面向广大会员举办“盛世迎华诞 与国共成长”诗文书画摄影作品征集活动。现将有关事项通知如下。

一、活动目的

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，以庆祝新中国成立 75 周年，积极展示新中国成立以来走过的光辉历程、取得的辉煌成就，集中展现自动化领域广大科技工作者为国家做出的突出贡献，抒发爱党爱国情怀，引导广大会员坚定科技报国、为民造福理想，提升科技创新自信，激励广大科技工作者奋力拼搏，真抓实干，为实现高水平科技自立自强和建设科技强国再立新功。

二、征集范围

中国自动化学会全体会员

三、作品要求

紧密围绕国庆主题，讴歌新中国成立 75 年以来的光辉历程，回顾科技创新事业发展中难忘经历，讲好科学家故事、弘扬科学家精神，体现时代精神，思想深刻，风格多样。

详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4955.html>

邬贺铨院士：大模型赋能企业数字化转型



随着人工智能（AI）技术的兴起，大模型成为从信息化走向数智化的重要驱动力。虽然基于大算力支持和超大规模语言数据作为训练样本的大模型技术能够支持自动文摘、机器翻译等基础通用任务，但在医疗、金融等专业领域中，由于缺乏行业知识，无法满足定制化、精细化和行业化的需求。因此，需要基础大模型提供方与垂直行业的企业合作，共同开发行业大模型。例如，百度的“文心一言”大模型就与汽车、能源、医疗、金融等11个行业的企业合作创造了国内首个全面开放的大型语言模型。这样的合作主要发生存大型企业之间，对于中小型企业来说，直接应用这种基础大型模型仍然存在一定难度。

大模型的兴起对云计算的各

个层面也产生了深远的影响。在基础设施即服务（IaaS）领域，推动了存算一体的算力架构的出现；在平台即服务（PaaS）领域，促进了AI PaaS的发展，支持了专业大模型的快速构建和部署；在模型即服务（MaaS）方面，提供了更灵活的模型定制，进一步推动了云端AI应用；而对软件即服务（SaaS）而言，大模型通过创新解决了定制化、成本和服务质量等问题，提高了它的实践价值。因此，若将大模型拆分成模块，利用“IaaS+PaaS+MaaS+SaaS”的组合构建全新的云智平台，将有利于中小型企业更容易地应用AI大模型。

AI的演进之路：从生成式AI到通用AI

人工智能正以前所未有的速度和规模发展，给人类社会带来巨大的变革。AI是指计算机系统通过模拟人类智能、推理、学习、理解和创造等能力，实现自主决策和执行任务的能力。AI概念自1956年首次提出，经过将近70年的演变与发展，在越来越多领域得到广泛应用。迄今为止，AI

一共经历了两代发展。

第1代AI基于逻辑表示的“符号主义”，即知识驱动AI，旨在模仿人类的推理和思考能力，例如由IBM开发的“深蓝”计算机。知识驱动AI的推理过程完全基于人类的经验，由于缺乏数学基础，其推理仅限于数理逻辑等确定性推理，只能解决特定问题。

第2代AI基于神经网络的“连接主义”，即数据驱动AI，旨在利用统计方法将模型的输入数据转换为输出结果。数据驱动AI可以分为判别式、生成式以及养成式3种。判别式AI根据需求分辨内容与需求是否匹配，从已有的数据中判断出最符合要求的数据，主要适用于图像识别、推荐系统等，例如2016年的Alpha-Go。养成式AI是DeepMind公司于2022年提出的，该AI模型具有类似于人类婴孩的思维能力，当简单物理规则被打破时会表现出惊讶，可以对集中视频训练不同的对象和事件进行概括，并且还可以通过在一个相对较小的动画上集中训练，不断成长。生成式AI技术是近年来人工智能领域的一个重要分支，可以通过对

现有数据集的训练来生成全新的、完全原创的内容，主要适用于图像与自然语言生成。近年来，生成式 AI 技术获得了显著发展，2022 年以 ChatGPT 为代表的生成式 AI 技术的火爆在全球引起了一股新的 AI 热潮。

由 2018 年的 GPT-1 发展到 2023 年的 GPT-4，大模型的参数（可学习的权重和偏置变量）已从初始的 1.17 亿增长到了 10000 亿，训练数据也从 5GB 增长到了 100 TB，如表 1 所示。GPT 模型参数数量的提升，使得训练结果越来越精确，其突飞猛进的增长速度是惊人的。在 2 年的时间里，AI 模型规模增长了 25 倍，Transformer 模型（一种深度学习模型框架）更是增长了 275 倍。虽然大模型可以在数据中心进行训练，但其高算力、高效率、低成本的特点将推动其上云。在大多数应用场景中，公有云的选用是一种合理的策略。

伴随着生成式 AI 的飞速进展，实现通用 AI 的曙光已然照入人们的视野。作为一个知识和数

据双引擎驱动的模式，通用 AI 不仅满足单向任务的处理，还通过输入文本对大模型进行训练，他更需要汲取视觉、听觉、触觉等众多感知信息，进行多模态数据的融合，从而丰富其处理的复杂性和灵动性。在应对各项任务的过程中，通用 AI 寻求的是精准和高效，只需激活模型中与任务有关的部分即可，而非全盘启动，以此达成真正的通用 AI 的愿景。

大模型的构建与应用：自建与协作开发的行业大模型

建设基础大模型是企业实现数字化转型不可或缺的一环，这一任务不仅需要雄厚的算力、丰富的数据和高级人才，还要应对不同行业的独特需求，特别是在处理敏感数据和遵循严格监管的领域。为了应对这一挑战，垂直类企业通常需与大型互联网企业或专业研究机构展开合作，以共同推动特定行业大模型的开发。

2.1 自建基础大模型

构建基础大模型，如 GPT 系

列，需要应对多项挑战，包括强大的算力、充足的数据、高水平的人才、适用的应用场景以及完善的生态链。通常，这一任务由互联网大型企业或实力雄厚的研究机构来承担。在垂直行业中，由于各种因素的制约，自建基础大模型的实例相对较少，但中国的三大运营商却是少数几个拥有这类模型的企业。目前，中国已经拥有近 200 个大模型，然而，并非所有模型都具备执行任务所需的充足算力、数据和人才资源。

垂直类企业虽然很少拥有自建的基础大模型，但在某些对市场监管要求严格、对数据安全敏感的领域，核心企业通常不愿意使用外部大模型。对于头部金融机构而言，他们需要自行构建大模型以实现数据和模型的私有化，并存加密环境中使用私有数据进行模型的训练和应用。然而，创建金融大模型面临多重挑战。

首先，金融行业对数据安全性和隐私合规性的要求非常严格，同时风控对时效性和精准性的要求也很高，一般的基础大模型在

表 1 GPT 模型的各种数据

模型	发布时间	参数	训练数据	GPU 数量
GPT-1	2018.06	1.17 亿	5 GB	8
GPT-2	2019.02	15 亿	40 GB	512
GPT-3	2020.05	1 750 亿	45 TB	10 000
GPT-4	2023.03	10 000 亿	100TB	未公开

透明性、可信性和专业性方面可能无法满足这些要求，直接迁移为金融大模型的难度较大；其次，金融大数据在平衡成本与质量时面临着数据难以共享的问题。导致数据规模无法与通用性语料匹敌，金融大模型难以产生“涌现”效果；最后，本地私有部署需要自建计算能力设施，对软硬件产品有着严峻的创新性要求，加上大模型参数规模较大，这可能会导致输入成本较高。

2.2 合作开发行业大模型

基础大模型通常通过通用语料库进行训练，具备强大的通识能力，可用于聊天对话等多种应用场景。然而，这类模型缺少特定行业的专业知识，因此需要大模型提供方与垂直行业合作开发行业大模型，目前存在两种主要的开发模式。

1) 中心化模式。在这种模式下，垂直类企业将其数据提供给大模型提供方进行再训练，并对模型进行适应性优化，如图 1 所示。此后，进行知识蒸馏、量化以及对特定场景迁移等操作以缩小模型。但是在这一模式下，大部分工作由基础大模型的提供方完成，垂直类企业无法全面掌握模型的开发和优化工作。此外，后续的模型微调和云边端部署等工作仍需模型提供方提供支撑，可能存在数据在流过程中泄露的风险。

2) 非中心化模式。在这一模式下，大模型提供方会将训练后的模型提供给垂直行业的企业，如图 2 所示。企业可以在此基础上根据具体的业务场景和专有数据对模型进行微调，采用自我微调、有监督微调、指令调整等方

式形成行业大模型或多个业务小模型。这种方式虽然避免了数据泄露的风险，但对企业自身的技术能力有较高的要求。同时，预训练由基础大模型提供方完成，而微调由企业完成，两者之间提供的数据可能存在矛盾。

为解决这一问题，可采用混迭方式进行预训练与指令微调，并且在预训练阶段引入部分行业数据，在微调阶段引入部分通用数据。例如，度小满金融的轩辕模型就是采用这种方式训练的，他们将预训练数据和指令数据随机混合到一个训练数据中进行混合微调，通过多阶段逐渐训练，缓解预训练和微调问数据不匹配的问题，提高模型的表达、理解、迁移和泛化能力。

对 MaaS 及其工具链的探索

合作开发行业大模型涉及到多个领域，如数字孪生 / 工业设计、药物仿真、电网建模、视频生成、动漫渲染等。通常需要这些行业作为算力网业务消费者连接到 IPv6 网络，以实现云、网、边的协同。IPv6 作为统一承载协议，在打通云、网、边之间发挥着重要作用。

互联网数据中心（IDC）作为算力网的业务提供者，通过提供计算能力成为 IaaS 的主要组成部分，即算力平台。与此同时，算法主要分布在 PaaS 和 SaaS

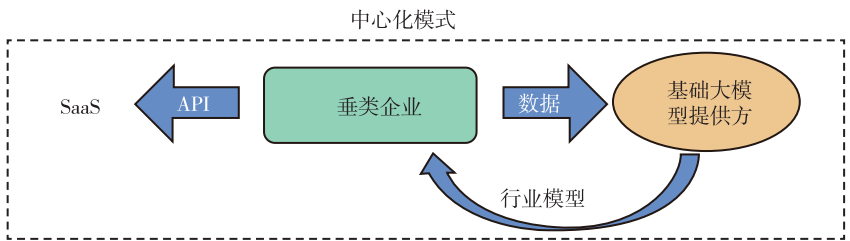


图 1 中心化模式

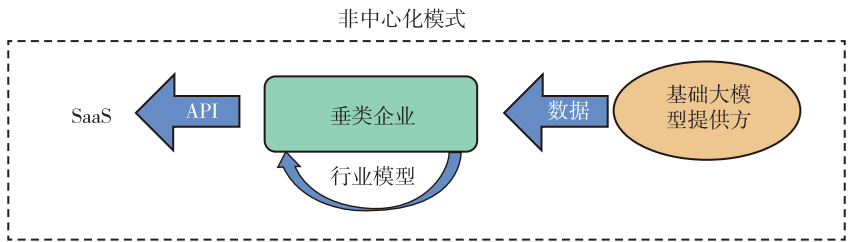


图 2 非中心化模式

层上，而大模型为这两个层级提供了重要支撑。垂直类企业可以与大模型提供商合作，共同构建行业大模型。然而，对于中小型企业来说，参与这一过程仍然是一项挑战。因此，MaaS 应运而生，它将大模型缩简为可以插入中小型企业本地设备或公有云的 PaaS 和 SaaS 之间的模块。通过 MaaS，中小型企业可以根据自身数据对模型进行精细化调整，形成适用于企业的专有模型。

结合 IaaS、PaaS、MaaS 和 SaaS，可以构建一种全新的云智平台，该平台通过 MaaS 将大模型整合进云平台，如图 3 所示。MaaS 由大模型平台（例如基础大模型、行业大模型和第三方模型以及支持 MaaS 的工具链组成，向企业提供在大模型上再开发和

应用所需的各项能力。MaaS 工具链可以提供数据管理、模型训练、评估优化、预测服务部署、提示工程以及插件应用等功能。尽管基础大模型在一般场景（如聊天对话）下表现良好，但在工业应用中，对确定性的敏感需求可能会暴露出其本身可信性的不足。因此，工业大模型需通过工具链引入有监督学习思维链，使推理步骤可解析，并通过变换场景来增加迁移学习能力。此外，引入反事实数据测试可以提高模型泛化能力。

目前，国内已涌现出一些提供 MaaS 工具链的平台，例如百度的“文心千帆”大模型服务平台、华为的盘古工程、腾讯的混元大模型精调工具链以及阿里云的 MaaS 平台（灵积平台）。这些

平台提供了各种控制和导向大模型方向的工具，帮助企业更好地发挥大模型的应用价值。

大模型推动云服务创新

大模型的崛起对云计算各个层面产生了深远的影响，在 IaaS 中推动了存算一体的算力架构；在 PaaS 领域促进了 AI PaaS 的发展，支持了专业大模型的快速构建和部署；为 MaaS 提供了更灵活的模型定制，进一步推动了云端 AI 应用；对 SaaS 而言，大模型通过创新解决了定制化、成本和服务质量等问题，提升了实操价值。这一系列变革构建了更智能、高效的云计算生态。

4.1 大模型时代对算力网络的要求

在大模型时代，对算力网络的要求将更加严格。

1) 感知。算力网络需要感知各种应用需求，为不同的应用提供差异化的服务水平（SLA）保障。此外，对于关键应用，需要实时检测性能，以确保用户体验达到最佳水平。

2) 实时。算力网络需要支持对热数据的即时计算，使网络时延低于 10 ms。具备低延迟和确定性的网络连接有助于缩短服务器间的梯度同步数据的传输时间，从而降低计算资源的消耗。

3) 无损。消除网络数据包丢失，以减少由于服务器集群内计

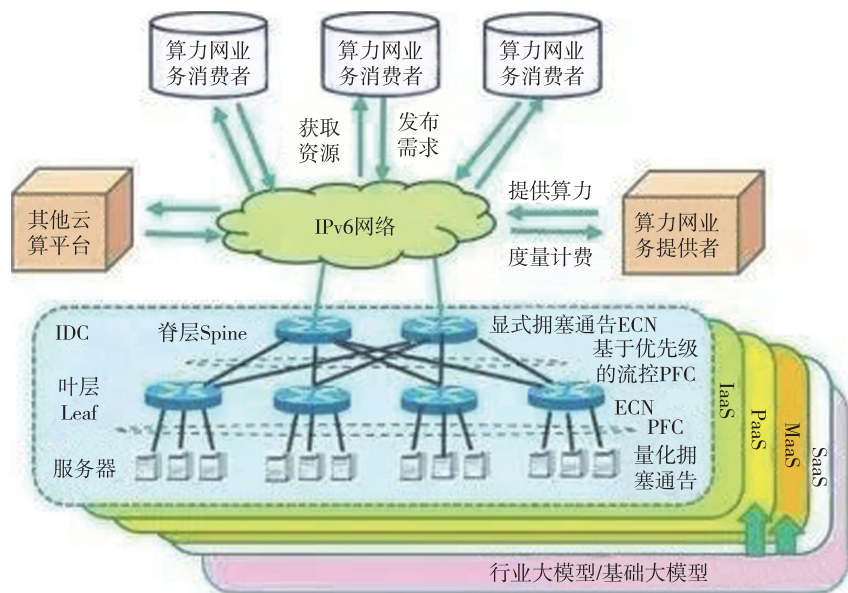


图3 云智平台

算协同等待而产生的开销。根据实验统计，0.1 % 的丢包会引起算力损失 50 %，因此无损传输是至关重要的。

4) 弹性。提高海量小文件的加载速度，并提高 AI 大模型图形处理器 (GPU) 的利用率。理想的网络应当具备合理的存算比，并能够迅速适应弹性吞吐量的需求。

5) 按需。集成身份 / 目录服务、防火墙、零信任网络访问等安全服务，提供可见性和流量管理功能，并支持网络即服务 (NaaS)。

6) 智简。针对大模型训练成本，优化资源配置，为客户提供最优的算力接入和使用环境。

7) 安全。确保数据能安全传输到算力节点并安全返回结果。需要提供算力租户间的安全隔离，

有效防御外部攻击和数据泄露，实现终端的安全接入。

8) 低碳。通过优化调度策略、合理利用资源、使用绿色能源等手段，降低能耗，实现低碳计算的目标。

4.2 大模型推动 IaaS 创新发展

大模型的兴起推动了 IaaS 的创新发展。IaaS 提供包括服务器、虚拟机、存储、网络和操作系统等基础设施服务，具有弹性伸缩、自助服务、按需付费等特点，适用于灵活可扩展基础设施资源的开发测试、高性能计算和容灾备份等场景。受到大模型对算力的高需求影响，企业更趋向于从自建数据中心向公有云迁移，从而进一步促进了 IaaS 的发展。尽管 MaaS 的呈现暂时可能使人们忽视了 IaaS 的重要性，但实际上，

MaaS 在很大程度上仍然依赖于 IaaS 的支持。

IaaS 主要有两种模式：常规的存算分离模式和存内计算模式，如图 4 所示。

在大模型训练中，对带宽的高需求通常会导致数据传输时延和响应速度成为限制因素。无论是从外部存储器向芯片搬运数据，还是芯片内部的数据总线传输，其物理限速的提升每年仅约为 10 %，远低于芯片算力基于摩尔定律 60 % ~ 70 % 的年均增速。这种“存储墙”现象削弱了算力的利用率。

因此，发展存算一体的算力架构成为了一种解决问题的方式，能够减少数据搬运带来的时延。以阿里智算 IaaS 服务为例，其单集群可支持最大十万卡 GPU，智算集群可同时承载多个

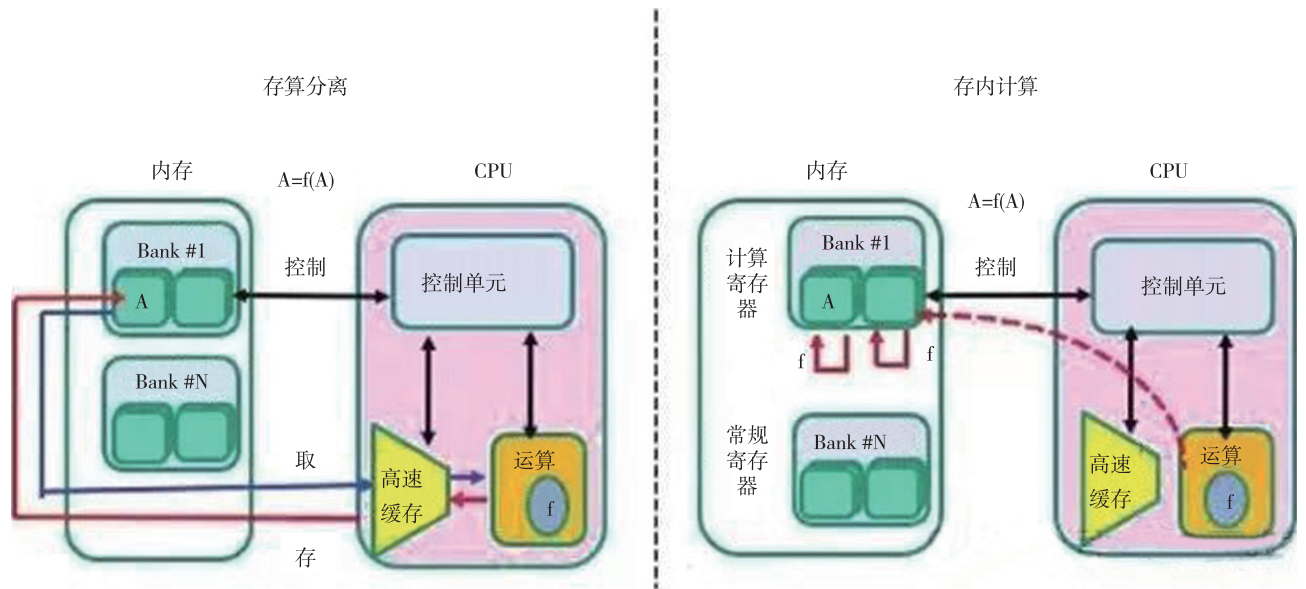


图 4 IaaS 的两种模式

万亿参数的大模型进行在线训练，并通过自研的远程直接数据存取（RDMA）网络架构为万卡规模的AI集群提供无拥塞通信，使AI训练效率提升10倍，推理效率提升6倍。

4.3 大模型催生AI PaaS创新发展

大模型的兴起推动了PaaS向AI PaaS的创新发展。PaaS提供了应用程序开发和部署的平台，包括操作系统、开发工具、数据库、中间件和运行时环境等，具备自动化扩展、多租户支持等特点，适用于简化开发过程、快速部署和扩展的场景，如Web应用开发和移动应用开发等。

大模型在性价比、可靠性、易用性等方面都面临着落地的挑战，开发人员迫切希望PaaS能够增加对大模型的支持，以便快速构建专业大模型、测试和部署相关应用。为此，AI PaaS应运而生，它在PaaS的基础上集成了AI功能，以支持大模型的端到端并行训练优化、场景模型迁移和应用集成等需求。同时，AI PaaS也需要得到大模型的支撑。MaaS通过大模型可优选小程序及配套的低代码开发和模型编排等工具，定制化补充或增强PaaS工具软件的平台能力。

举例来说，阿里低代码平台（aPaaS）允许开发人员创建大规模应用程序，后续还进一步推出

了酷应用（bPaaS）、连接平台（iPaaS）、数据平台（dPaaS），提供各类模型调度平台、模型训练平台、插件开发平台等服务，不断细分深化服务层次，支持企业开启各种数字化的AI场景。此外，百度整合自研飞桨深度学习框架和百度文心大模型，打通了样本中心、模型中心、AI开发平台和AI服务运行平台，实现了从数据存储到模型训练、生产、部署、测试的全链路、批量化生产。

4.4 大模型重新定义SaaS

大模型为SaaS带来了全新的定义。SaaS作为一种将软件应用程序作为服务提供的模式，广泛涵盖了企业资源规划（ERP）、客户关系管理（CRM）、协作工具和电子邮件等领域，具备即插即用、按需定制、资源共享等特点，适用于降低部署和维护成本、快速获取软件功能的场景，例如办公协作、客户关系管理和人力资源管理等。

然而，B端应用（面向企业用户的互联网产品）在模型专业深度、迭代效率、数据安全以及高算力成本等方面存在一系列问题。企业个性化需求的增加使得SaaS长期面临着定制化要求高、使用频率低、获客成本高、异常消耗后期服务等挑战。在这一背景下，大模型的出现有助于SaaS突破这些困境。只需对大模型进行微调或精调，就能生成面向特

定场景的算法。这种“工厂模式”有助于避免过去“手工作坊定制化算法”的高成本，解决了传统SaaS在满足客户定制化需求、标准化产品和规模化盈利间的难题。

大模型使自然语言成为使用APP的界面，客户通过人机交互便能调用满足业务需要的功能，显著降低调用APP的门槛，节约学习成本。大模型形成的数字内容孪生、编辑、创作能力及其衍生的文本生成功能正好适应SaaS办公场景。尽管大模型的训练成本较高，但其部署范围同广，入门门槛低，且边际效应呈递增状态。再加上公有云的规模化效应，可以在云上低成本获取大模型，带有天然的成本及可操作性优势。因此，两者的结合可以极大地优化SaaS的交付方式，提升其实操价值。

大模型赋能企业数字化转型

大模型常会与大宽带、大连接、大平台联合应用，如图5所示。在离散制造现场，5G客户端终端设备（CPE）通过WiFi连接可编程逻辑控制器（PLC），再连接产线装备以收集相关数据。在流程制造现场，由于存在大量的危险品，传感器、工业模块等设备不能采用交流供电，因此PLC控制器被替换为使用先进物理层的控制器（APL）。APL通过单线式以太网实现远距离直流供电。

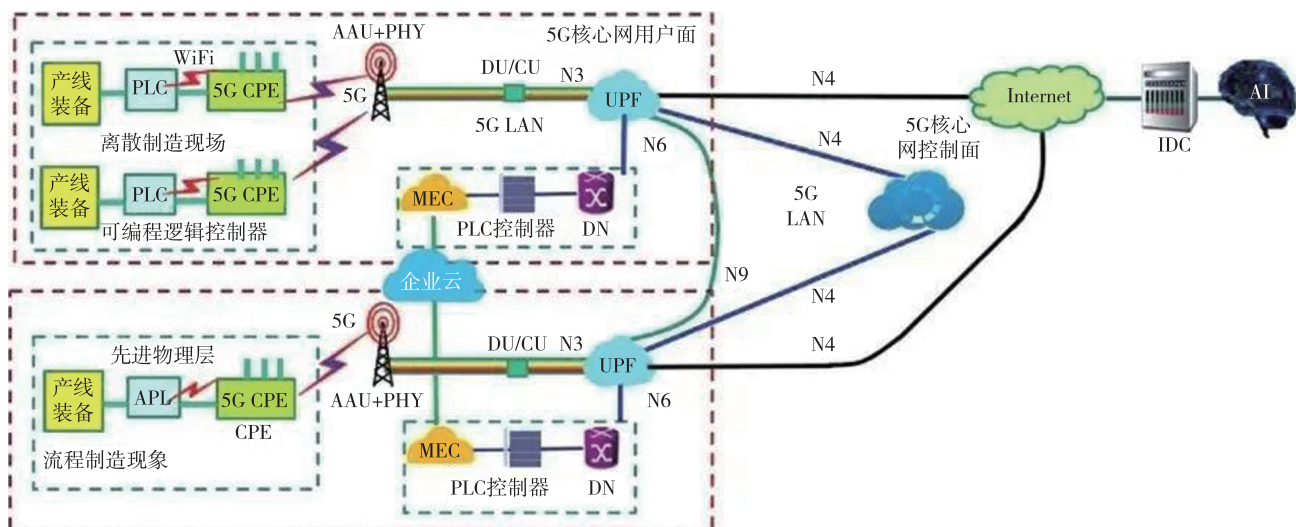


图5 大模型与5G的联合应用

数据通过5G信号从CPE传输到基站，然后再下沉到企业。大企业可以在其内部构建企业云，而中小型企业则可以通过5G连接到公网，再利用互联网访问人工智能平台。5G的核心网具有控制面和用户面分离的特征。用户面功能（UPF）可以下沉到企业，在5G公网上建立虚拟的5G专网。企业级UPF可以进一步下沉到网络边缘，通过IPv6的多归属特性实现数据的本地分流，保障敏感数据不外泄，满足超低时延和超高速的需求。

通过修改5G核心网的用户数据库（UDM），可以设定特定的一组终端，形成5G LAN，提供本地L2包（数据链路层的包，即第2层的包）转发能力，以实现WiFi更好的覆盖和业务隔离。因此，企业仅需配备5G CPE，通过UPF下沉和IPv6上云（公有云、

企业云、混合云或多云），就可以无需自建工业互联网平台及企业大脑，实现大数据分析与AI决策能力，有助于推动数字化转型。

从云网协同走向算网融合

当前正处于网络云化的不断推进阶段，而向着云网协同和算网融合的目标迈进仍需经历一段漫长而持续的发展历程。这一过程不仅为数字化转型提供更为强大和高效的基础设施支持，也为未来智能互联时代的到来奠定了坚实基础。

网络云化的核心技术包括软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）。SDN用于实现承载网的控制和转发功能的分离，而NFV主要将网络设备的软硬件解耦，实现设备如UPF、基站、内容分发网络（CDN）、CPE、PLC等的云化。此外，对IPv6

的编程空间进行开发并拓展其功能也是必要的。

云网协同的实现主要是在数据中心引入SDN技术，并利用IPv6对软件定义广域网（SD-WAN）进行赋能。通过这样的方式，可以实现数据中心间以及数据中心与用户间多云互联或云边互联。采用基于IPv6转发平面的段路由（SRv6）和业务链技术（SFC）可以优化流量路径。云网协同的实现面临着诸多挑战，如协议不一致、数据共享程度低、缺乏云网整体视图、算力与路由分配脱节等。

算网协同将集中式的算力资源与分布式的边计算相结合，使得SRv6能够充分发挥其作为云网边端统一承载协议的作用，是云计算的重要应用之一。

算网融合的实现需要采用算力度量、算力标识、算力感知、

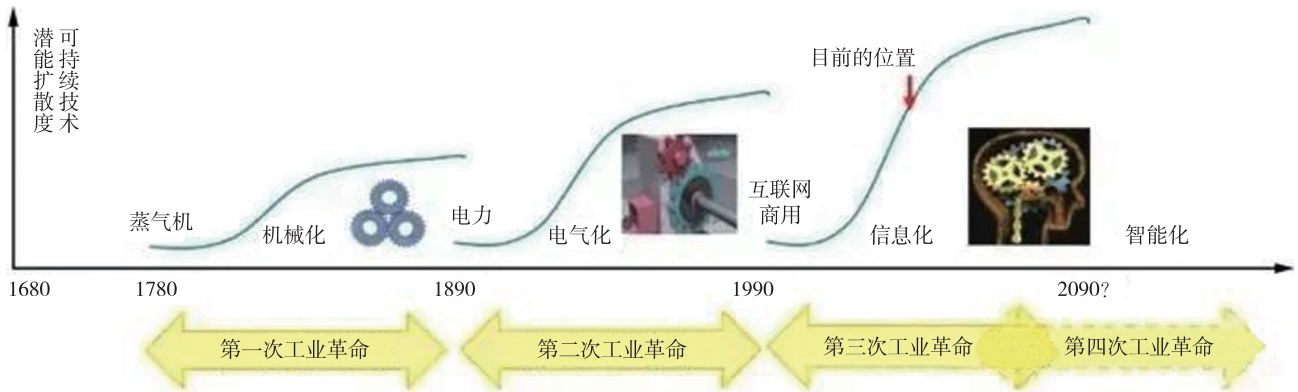


图6 工业革命进程

算力路由等技术。基于 IPv6 的算力资源和网络资源的统一管理，包括统一标识、统一调度、智能编排、统一运营等，是实现算力和网络深度融合的关键。

目前正处在网络云化、云网协同、算网融合的技术发展过程中，这一过程并非一帆风顺，尤其在云网协同方面。据统计，0.1%的丢包率可能导致算力损失高达50%，突显了网络性能对算力效率的重要性。网络基于IPv6的能力与大模型的相互作用，将更好地推动朝着云网协同和算网融合的目标迈进。

AI 加速数智化发展

目前正处于第3次工业革命的浪潮之中，前两次工业革命历经百年，因此我们有理由相信这一波工业革命将贯穿本世纪，工业革命进程如图6所示。尽管有观点认为信息化已经演进了很长

一段时间，发展势头会有所减缓，但当前芯粒和SIP技术为延续摩尔定律提供了新的动力。大算力的崛起突破了算法演进的瓶颈，人工智能凭借其强大的赋能能力驱动着新一代IT创新，而大模型技术则迅速推动着技术革命的进程。

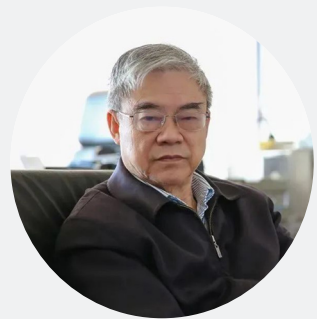
当下，数字经济的新时期已经到来，经济生产要素从农业时代的土地和劳力、工业时代的技术与资本，转变为信息化时代的新生产要素—数据。当前，国际经济正在经历调整，信息化正逐渐演化为数智化，同时网络技术创新也在迅速发展。

互联网进入了IPv6+主导期，光纤通信迈入了F5G的成长期，移动通信启动了5G-A的新周期，工业互联网进入攻坚期，AI迈向通用式AI的过渡期，而云网融合、算网协同正经历着青春期。这一系列的变革推动着大宽带、

大连接、大数据、大平台、大模型、大智能的发展。○

来源：重庆邮电大学学报

作者简介



邬贺铨，中国工程院院士、中国互联网协会咨询委员会主任、光纤传送网与宽带信息网专家邬贺铨，1943年1月出生，广东番禺人，是国内最早从事数字通信技术研究的骨干之一。

樊秀娣：打破学术利益自循环，须对“帽子”们分类治理

度重视，也出台了一系列政策文件，但大家依旧感到“五唯”问题严重，甚至还有发展的趋势。

这其中，唯人才“帽子”问题最为典型。眼下，一边是唯人才“帽子”的负面影响日益显现，一边却是人才“帽子”的种类增加和规模扩大。如何才能切实有效解决唯人才“帽子”问题？

人才“帽子”作为一个概念发展至今，说其“乌龙”也不为过，因为世上本不存在所谓人才“帽子”。那么，现行的人才“帽子”为何物？它们主要是国内各种人才计划项目的名称。人才计划项目名称如何变成戴在个人头上即以人为主体的人才“帽子”？人才“帽子”的“乌龙”之处就在于此。

从世界范围看，各国科技评估机构承接的科技项目评价中，均明确表示业务范围不包括“评人”项目。道理很简单——科技人员本无高低之分，无法对其作等级评价或判断。如果科技人员产出优秀科研成果，其作为成果主人，自然享有成果荣耀并由此证实自己的科研实力，这就是“以

成果论英雄”的实质。

总之，人才与成果相互依存，如果说人才“帽子”存在的话，那一定也是依附于科研成果之上。在这方面，相关人员对待诺贝尔自然科学奖的表现很能说明问题。

诺贝尔奖以奖励杰出基础科研成果为宗旨。主办机构每次公布奖项时，都很注重介绍获奖成果的学术精华，也不忘指出其在实际应用中的突破性贡献，让公众明白授予该成果奖项的依据所在。无疑，这体现了主办机构对科学及科学共同体成员的高度尊重。

许多大学给予诺奖得主的待遇就是校园内的一个终身停车位。对此，校方的解释是——诺贝尔奖是荣誉，不需要用利益或特权显示，提供专属停车位就是对荣誉的致敬。这番话道出了科学世界的简单和“纯粹”，人与人之间没有地位的高低，只有科研贡献的大小。

反观国内学界的人才“帽子”，本质就是人才计划项目，这与取得实质性的科研成果有着质的区别。仅就此而言，各层级

“帽子”人才间就不应有学术地位的高低，有无“帽子”人才之间也不应有学术地位的高低。

人才“帽子”难破除，甚至越破越多的根本原因，在于人才“帽子”已成为国内学术评价“自循环”中的主要权威指标。具体而言，各机构不断推出各种人才计划项目，由此形成的各种人才“帽子”又在各种学术评价中被当作重要指标一次次循环使用，其“分量”也在此过程中被不断强化。

正因为人才“帽子”隐含的各种学术权力，许多机构通过实施人才计划项目巩固或提高其作为管理部门的权威。相应的，大量戴上人才“帽子”的学者具有了更大的学术话语权。同时，人才“帽子”依旧是大多数学术项目评审或人才引进的重要指标，有关部门尤其看重人才“帽子”。

与此同时，教育科研机构或基层个体对人才“帽子”可谓是爱恨交加。他们往往一边指责其弊端，一边又在迫不及待地竭力争取。

总之，人才“帽子”在学术

评价中的“自循环”模式，导致各方人员都被裹挟进其利益“旋涡”中。要制停这类“旋涡”，必须从人才“帽子”发放部门正本清源。

鉴于眼下人才“帽子”的情况较为复杂，要破解唯人才“帽子”顽疾，必须对现行的人才“帽子”进行分类治理。

第一类是授予曾作出过突出贡献人物的荣誉性称号，这类称号与现行人才“帽子”有本质区别。其获得者往往在各自岗位上凭着实绩和成就得到各级组织的认可和表彰，本质上是“以成果论英雄”的典范，他们获得荣誉性称号实至名归，其精神应得到大力弘扬。

第二类是给予入选各层级人才计划项目学者的人才“帽子”，这类帽子就是通常所指的“帽子”。要使这类人才“帽子”回归科研项目本身，首先要把“某某人才”冠名除去、改回科研项目名称，这是破除唯人才“帽子”

的前提。

众所周知，人才计划项目的人选者与“某某人才”根本不是一回事。正因为这种混淆概念的做法长期盛行，导致前者被等同于该计划项目名称的人才来对待。如此，唯人才“帽子”的局面也就在所难免了。是时候从正称呼做起，使各层级人才计划项目的称呼回归科研项目而非冠以人才称号了。

第三类是非法主体发放的人才称号奖项。对这类不合法规的人才“帽子”，相关管理部门要严格督查、依法办事。有的社会组织发放并不在其业务范围内的人才称号奖项，其本身就不具备相关主体资格；还有的主办方是由许多机构组成的联盟，这类联盟无法保证人才评奖的程序、标准等执行到位，而且评委往往也是随意拼凑。

此种做法与出售假冒伪劣产品并无本质区别，但其行为的迷惑性更大。主办方发放这种人

才“帽子”，无非出于政绩、名利等目的，但却以破坏学术秩序和环境为代价，危害性极大。对此，需引起我们的足够重视。○

来源：中国科学报

作者简介



樊秀娣，女，博士，同济大学教育评估研究中心主任，同济大学教育现代化研究中心研究员，同济大学高等教育研究所研究员。毕业于华东师范大学，主要从事高校院系绩效评估研究。

通

知

关于征求《青少年人工智能核心素养测评》和《联邦智能 通用技术框架》两项团体标准 意见的通知

由清华大学牵头起草的标准《青少年人工智能核心素养测评》(JH/CAA 001-2024)，以及由北京大数据中心牵头起草的标准《联邦智能 通用技术框架》(JH/CAA 004-2024)，已完成征求意见稿，现向社会公开征求意见。欢迎各单位及公众提出宝贵意见，并填写《标准意见反馈表》。详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4963.html>

涌现自组织的原理

文 / Adam Rupe, James P. Crutchfield

翻译 / 龚铭康

导语：为了理解复杂系统中的自组织和涌现现象，近期，复杂系统和非线性动力学领域的知名学者、美国加州大学戴维斯分校物理系教授 James P. Crutchfield 与合作者在 Physics Reports 发表综述文章，基于内在计算（intrinsic computation）和演化算子（evolution operators）构建了一套新的自组织现象研究框架——关于涌现的统计力学（statistical mechanics of emergence）。涌现统计力学通过分析系统中不同层次的相互作用，揭示了宏观行为与微观机制之间的复杂关系，从而能够处理跨越多个尺度的复杂系统。

自 20 世纪起，自组织现象逐渐成为物理学和复杂系统科学的研究热点之一。对自组织现象的描述挑战了传统热力学和统计力学，因为这些现象并不总是符合平衡态热力学的经典理论。近年来，随着对自组织理论的研究逐渐深入，许多重要概念已经逐渐明晰，这篇由 Crutchfield 等撰写的综述文章详细介绍了自组织理论研究的历史和现状，并基于内在计算（intrinsic computation）和演化算子（evolution operators）构建了一个新的自组织现象研究框架。

1. 自组织研究的背景与挑战

在自然界和人造系统中，远离平衡态的系统常常表现出惊人的自组织行为。例如，贝纳德不

稳定性是一种典型的现象，当流体在加热时会形成规则的六边形对流单元。这个现象展示了一个简单系统在外驱动下如何通过自发对称性破缺而产生有序结构。这类现象广泛存在于自然界，从晶体的形成到生物体的模式发育，再到天气系统中的风暴和行星气旋。然而，尽管这些现象看似简单，其背后的物理机制却非常复杂。

对称性破缺是理解自组织的一个关键概念。物理学中，对称性破缺指的是一个系统从高对称性状态向低对称性状态的转变。举例来说，贝纳德不稳定性中，均匀加热的流体层具有高度的对称性，但随着温度梯度的增加，流体不再均匀地流动，而是形成了稳定的六边形对流单元。这种

结构的形成即是对称性破缺的结果。

然而，尽管对称性破缺为理解自组织提供了一个基本框架，它在处理复杂系统时却显得力不从心。复杂系统中的自组织往往涉及多个尺度的相互作用和不同的动力学机制，传统的对称性分析在这些情况下难以适用。模式形成（Pattern formation）理论是目前研究自组织的一种有力工具，但其在面对远离平衡态的复杂系统时也面临挑战。具体而言，模式形成理论主要关注小扰动的增长如何导致特定结构的形成，但对于复杂的、多尺度的自组织现象，显得捉襟见肘。

要理解远离平衡态的复杂自组织现象，仅仅依靠传统的物理理论是不够的。传统的还原论

方法试图通过将系统分解为简单的部分来理解整体行为，这种方法在处理复杂系统时显得无力。复杂系统通常具有涌现（emergence）现象，即系统整体的行为不能简单地归结为各部分行为的总和。涌现是自组织现象中的一个重要概念，表明系统在宏观尺度上展示出与微观规则完全不同的行为模式。

为了理解复杂系统中的涌现和自组织，现代物理学家和复杂系统科学家开始转向新的数学框架：涌现统计力学（statistical mechanics of emergence）。内在计算和演化算子是这一新框架中至关重要的两种工具。

2. 演化算子：揭示动力系统的隐藏结构

演化算子，如Koopman算子和Perron-Frobenius算子，为分析动力系统提供了一个强有力的数学工具。这些算子通过在高维空间中分析系统的动力学演化，捕捉到系统中隐藏的结构和模式。

Koopman算子是一种线性算子，可以作用于非线性系统，并在线性空间中描述系统的演化。这种方法的一个优点在于，它能够在希尔伯特空间中捕捉到系统动力学的本征特性，而这些特性往往是复杂自组织现象的核心所在。

Perron-Frobenius算子则通过描述概率密度的演化来捕捉系统的动力学行为。这种方法特别适用于分析随机性较高的系统。通过对这些算子的本征函数和本征值的分析，可以揭示出系统中长时间尺度上的稳定结构。这种分析方法不仅适用于物理系统，也能扩展到生物学、经济学等其他领域，帮助理解这些领域中的自组织现象。

3. 内在计算：预测复杂系统中的自组织

内在计算提供了一种从预测角度理解自组织的途径。内在计算的核心思想是预测等价性（predictive equivalence），即系统的历史能够用来预测其未来行为的程度。通过构建预测模型，内在计算能够识别系统中的结构，并量化这些结构的复杂性和稳定性。这个框架使得我们能够将自组织视为系统中规律性和规则性的涌现，而这些规律性和规则性是系统在特定的初始条件和外部驱动下自发形成的。

内在计算的一个重要应用是在理解从完全规则到完全无序之间的组织结构。比如，木星的大红斑是一个经典的自组织现象，其规模和稳定性无法通过简单的流体力学方程直接解释。然而，内在计算能够通过分析该现象的历史数据，构建出一个能够准确

预测其未来行为的模型，从而揭示出其背后的自组织机制。

4. 涌现统计力学：超越还原论的新框架

通过结合演化算子和内在计算，我们可以期望建立起一种新的涌现统计力学。传统的还原论方法试图通过解析系统的基本方程来理解其行为，但复杂系统的一个显著特点是其行为无法通过简单的方程描述。涌现统计力学提供了一种超越传统还原论的方法，它不依赖于事先指定的数学基础或封闭形式的运动方程，而是通过分析系统行为本身，提取出其背后的组织结构。

在涌现统计力学中，复杂系统的行为被视为由多种相互作用的动力学机制所驱动。这些机制可能包括确定性的动力学、随机性和外部驱动的相互作用。涌现统计力学的目标是通过分析这些相互作用，揭示系统中组织结构的形成机制。

这一方法的一个关键特点是它能够处理跨越多个尺度的复杂系统。复杂系统的一个典型特点是其行为在不同的空间和时间尺度上可能呈现出不同的特征。比如，气候系统中的大气循环、海洋流动和生物圈相互作用，使得气候系统表现出多尺度的复杂行为。传统的热力学和统计力学难以处理这种多尺度的复杂性，而

涌现统计力学通过结合内在计算和演化算子，为理解这种复杂行为提供了新的途径。

5. 生物学与社会科学中的自组织

涌现统计力学还在生物学中具有重要应用。例如，在形态发生（morphogenesis）中，生物体从一个单细胞发育为具有复杂结构的多细胞个体，涉及一系列的自组织过程。传统的生物学理论主要关注基因的作用，但在形态发生中，基因表达的空间模式和细胞间的相互作用同样重要。通过涌现统计力学，可以构建出描述这些复杂相互作用的数学模型，从而揭示形态发生过程中的自组织机制。

另外，社会科学中群体行为的研究也可以从涌现统计力学中受益。例如，城市的形成、社会网络的结构以及经济市场的动态，都可以看作是复杂自组织现象。传统的社会科学研究往往依赖于简单的因果关系模型，而复杂系

统中的群体行为却往往无法通过这些模型解释。涌现统计力学提供了一种新的方法，通过分析系统中个体的相互作用和行为模式，揭示出群体行为中的自组织现象。

6. 通向自组织原理之路

涌现统计力学的一个重要贡献在于它强调了系统整体行为与微观机制之间的关系。传统的物理学理论通常关注微观粒子的行为，并试图通过这些微观行为推导出宏观现象。然而，在复杂系统中，宏观现象往往无法简单地归因于微观粒子的行为。涌现统计力学通过分析系统中不同层次的相互作用，揭示了宏观行为与微观机制之间的复杂关系。这种方法在理解自然界和人类社会中的复杂现象方面具有广泛的应用前景。

涌现统计力学的一个核心理念是“学习”而非“构建”。传统的物理学方法试图通过构建一组描述系统行为的基本方程来理解系统，而涌现统计力学则通过从数据中学习系统的行为模式，

提取出系统中的组织结构。这种“数据驱动”的方法特别适用于复杂系统，因为复杂系统的行为往往无法通过简单的方程描述，而数据却可以揭示出系统中的潜在规律。

在实践中，涌现统计力学可以应用于一系列的复杂系统研究。例如，在生态系统中，物种之间的相互作用、环境变化和人为干预使得生态系统表现出复杂的自组织行为。通过涌现统计力学，可以分析生态系统中不同物种的动态关系，揭示出生态系统稳定性和多样性的机制。

要理解自组织现象，需要超越传统的物理学框架，结合现代数学工具和统计力学的方法。涌现统计力学通过结合演化算子和内在计算，为理解复杂系统中的自组织现象提供了新的视角。无论是在物理学、生物学还是社会科学中，这一理论框架都展现出了巨大的潜力。○

来源：Physics Reports



关于继续征集中国自动化学会专家库成员的通知

为深入贯彻党的二十届三中全会和全国科技大会精神，贯彻落实习近平总书记关于科技创新和群团工作的重要指示，聚焦建设科技强国和高水平科技自立自强目标，营造创新源泉充分涌流、创新活力竞相迸发的良好态势，中国自动化学会特公开征集专家库成员，并对已入库专家信息进行完善更新，请各位专家继续支持学会工作，踊跃报名。详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4937.html>

用机器识别涌现发生：Neural Information Squeezer

文 / 刘佳睿

导语：NIS（神经信息压缩器，英文为：Neural Information Squeezer，简称NIS）是一个以解决因果涌现辨识问题为目的的神经网络框架。它由编码器、解码器、动力学学习器三部分组成，其中编码器、解码器共享同一个可逆神经网络。NIS可以通过微观状态时间序列的输入、训练后输出粗粒化策略、宏观动力学、最优建模尺度，并判断是否存在因果涌现。NIS框架可以被视为一个压缩信道，通过投影操作在中间进行信息压缩。这种压缩信息通道通过约束粗粒化策略，将复杂的微观状态映射到简单的宏观状态，从而定义了有效的粗粒化策略和宏观态。通过理论推导可以证明一系列数学结论，例如：通过神经网络的训练过程，宏观动力学的互信息可以逐渐逼近真实数据中微观态在一个时间步内的互信息 $I(X_{t+1}; X_t)$ ，并且这种逼近程度会随着宏观态维度的增加而减少。验证其性质的实验包括带测量噪声的弹簧振子模型、简单布尔网络等。NIS整体目标在于最大化有效信息，但NIS只通过维度参数寻优的方式部分实现了这一优化目标，关于这一问题更彻底的解决衍生出了NIS+框架。NIS展示了在时间序列数据中发现宏观动力学、粗粒化策略和因果涌现的理论性质和应用潜力。

1. 历史

1.1 因果涌现的识别

尽管已经存在许多跨时间和空间尺度的因果涌现的具体例子，但是传统方法需要预先指定粗粒化方案和微观动力学的马尔科夫转移矩阵。因此，我们仍然需要一种仅从数据中识别因果涌现的方法，同时找到最优的粗粒化策略和宏观动力学。解决这一问题的困难主要在于，需要一种方法来系统地、自动地搜索所有可能的粗粒化策略（函数、映射），从而得到宏观动力学，以及判断因

果涌现。但搜索空间是微观和宏观之间所有可能的映射函数，体量非常巨大。为了解决这个问题，Klein等人重点研究了具有网络结构的复杂系统，将粗粒化问题转化为节点聚类，即找到一种方法将节点分组，使得簇级别的连接比原始网络具有更大的有效信息。虽然该方法假设底层节点动态是扩散（随机游走）的，它还是被广泛应用于各个领域之中。同时，现实世界中的复杂系统具有更丰富的节点动力学。对于一般的动态系统，即使我们给定节点分组，粗粒化策略仍然需要考虑如

何将簇中所有节点的微观状态映射到簇的宏观状态，也需要在巨大的粗粒化策略函数空间上进行繁琐的搜索。详细方法请参看：复杂网络中的因果涌现

当我们考虑所有可能的粗粒化策略时，另一个难点是如何避免平凡粗粒化策略的出现，即粗粒化策略过于压缩，导致无效的宏观动力学。例如一种可能的粗粒化策略是将所有微观状态的值映射到一个常数值值的宏观状态。这样，系统的宏观动力学就只是一个恒等映射，它将具有较大的有效信息（EI）度量。但这种方

法不能称为因果涌现，因为所有信息都被粗粒化方法本身抹去了。因此，我们必须找到一种方法来排除这种平凡解。这些困难阻碍了基于有效信息的因果涌现理论的发展和应用。

另一种因果涌现是基于信息分解的因果涌现理论，该理论也提供了一种从数据中识别因果涌现的方法。虽然这种方法可以避免对粗粒化策略的讨论，但是如果我们要想获得精确的结果，也需要在系统状态空间的各种可能的子集上进行搜索，这将会在大规模的系统上遭遇指数爆炸难题。此外，Rosas 提出的数值近似方法只能提供因果涌现的充分条件，而不是必要条件。同时，该方法依赖于研究者给出明确的粗粒化策略和相应的宏观动力学，这在实际中往往是非常困难的。上述两种方法的另一个共同缺点是需要一个明确的宏观和微观动力学的马尔可夫转移矩阵才可以从数据中估计转移概率。因此，上述方法对罕见事件概率的预测将产生几乎无法避免的、较大的偏差，尤其对于连续数据。

近年来，基于神经网络的机器学习方法取得了进展，并催生了许多跨学科应用。借助此方法，以数据驱动的方式自主发现复杂系统的因果关系甚至动力学成为可能。机器学习和神经网络还可以帮助我们找到更好的粗粒化策

略。如果将粗粒化映射视为从微观状态到宏观状态的函数，那么人们显然可以用参数化的神经网络来近似这个函数。这些技术也能帮助我们发现宏观层面的因果机制。

1.2 标准化流技术

标准化流 (Normalizing Flows, NF) 是一类通用的方法，它通过构造一种可逆的变换，将任意的数据分布 $p_x(x)$ 变换到一个简单的基础分布 $p_z(z)$ ，因为变换是可逆的，所以 x 和 z 是可以任意等价变换的。之所以叫 Normalizing Flows，是因为它包含两个概念：

- 标准化 (normalize)：它可以将任意的复杂数据分布标准化为一个特定的分布 (例如正态分布)，类似于数据预处理中常用的对数据进行 0 均值 1 方差的标准化的，但是更一般的标准化要精细很多；

- 流 (Flows)：数据的分布可以非常的复杂，需要多个同样的操作组合来达到标准化的效果，这个组合的过程称为流。

需要说明的是，因为分布间是可以相互变换的，因此对基础分布没有特定的限制，不失一般性，可以使用标准分布 (单高斯) 分布作为基础分布。另外，在本文中，我们回避使用先验分布 (prior distribution) 来称呼这个基础分布，是因为这里的变

量 z 和其他场合下的隐变量不同，在标准化流模型中，一旦 x 确定了， z 也随之确定下来，不存在随机性，也没有后验概率这一说法，所以不能称其为隐变量。

王磊、尤亦庄等由标准化流技术提出了使用神经网络来对数据进行重整化的技术，并提出了神经重整化群的技术方案，并将其应用到图像生成、量子场论和宇宙学之中。给定一组图像，或一个场论的模拟数据，训练一个基于流的分层深度生成神经网络模型，这样，神经网络就能开发出最优的重整化群变换。标准化流模型和 NIS 在某些方面具有相似性。它们都致力于使用可逆神经网络 (INN) 将复杂的微观状态 s 映射到更简单的宏观状态 S ，即粗粒化过程。在这种粗粒化之后，二者都试图通过优化某损失函数 $L(s, S)$ ，从而提取出系统中重要的宏观状态特征。这种方法可以帮助理解复杂系统中的涌现现象，在数据建模和分析中有较大应用潜力。

但是与标准化流不同的是，NIS 还需要在宏观拟合宏观动力学，因此 NIS 考虑的是一种动力学过程，而标准化流是一种不包含动力学的生成式模型。

1.3 可逆神经网络技术

可逆神经网络 (INNs) 是一种特殊的神经网络，它的设计允许网络从输出精确地重建输入。这种可逆性使其在一些任务中非

常有用，例如无损数据压缩、生成模型和概率密度估计。INNs 的关键特性是网络的每个转换都可以精确反向，因此，可以通过输出推导出对应的输入。

可逆神经网络与传统的神经网络不同，传统神经网络通常是不可逆的，即输入经过一系列复杂的非线性变换后，无法通过简单的反向操作恢复初始输入。而可逆神经网络通过特殊的结构设计，保证了每个变换都是双向的。例如，Real NVP（非线性卷积层叠网络）和基于耦合层的可逆模型是目前应用较为广泛的可逆神经网络结构。Real NVP 通过将输入分为两部分，使用一部分输入来调整另一部分，从而保证网络整体的可逆性。

在实际应用中，可逆神经网络被广泛用于生成对抗网络（GANs）、图像生成以及强化学习等领域。它们的可逆性不仅降低了计算复杂度，还提高了模型的可解释性，因为它可以精确地追踪输入如何影响输出。

尽管可逆神经网络有许多优势，它们的设计和训练过程仍然面临挑战，如网络结构的复杂性和训练稳定性等问题。然而，随着研究的深入，可逆神经网络正逐步成为解决高维数据处理和概率密度估计问题的强大工具。

1.4 最大化 EI

2013 年，Erik Hoel 和 他

的团队首次提出了因果涌现理论，使用有效信息（Effective Information, EI）来量化离散马尔科夫动力学系统的因果涌现。在文献中，作者在布尔网络实例上，通过对其进行空间、时间以及时空粗粒化都验证了因果涌现的发生，即“宏观打败微观”。

这里需要强调的是论文中指出找到的宏观动力学都是对应有效信息最大的粗粒化方案。然而该论文没有给出如何找到有效信息最大化的粗粒化方法。NIS 框架的提出就是为了尝试解决如何最大化有效信息这一过程，从而识别出系统中能否发生因果涌现的。

2. 简介

NIS 是一种将复杂系统数据驱动建模和因果涌现两种任务集于一体的数学优化框架以及神经网络框架。NIS 面对的问题是，给定一组复杂系统运行表现的时间序列数据 x_t ，例如一组 fMRI 的时间序列数据，或者一组鸟群的飞行轨迹，或者一组由生命游戏元胞自动机生成的图片序列，我们需要找到它的微观动力学、宏观动力学，以及如何从微观动力学映射为宏观动力学的粗粒化策略，并最终判断出该组数据所反映的真实复杂系统是否发生了因果涌现。

2.1 数学定义

NIS 定义了一个泛函优化问

题，即通过寻找一组函数，使得宏观动力学的有效信息能够被最大化，从而实现上述问题的解决。这一问题可以表述为：

$$\max_{\phi_q, \hat{f}_{\phi_q}, \phi_q^\dagger} \mathcal{I}(\hat{f}_{\phi_q})$$

其中 $\mathcal{I}$ 是维度平均有效信息的度量（参考有效信息）； ϕ_q 是一种有效的粗粒化策略，它可以把任意的微观态 x_t 映射到宏观态 y_t ； $\hat{f}_{\phi_q}$ 是一种有效的宏观动力学，其中 q 是宏观态的维度，是一个超参； $\phi_q^\dagger$ 是反粗粒化函数，它的作用和 ϕ 相反，可以把宏观态 y_t 映射到微观态 x_t 。

这里所谓的有效的粗粒化策略、宏观动力学的含义是指能够满足如下约束条件：

$$\|\phi_q^\dagger(y(t)) - x_t\| < \epsilon,$$

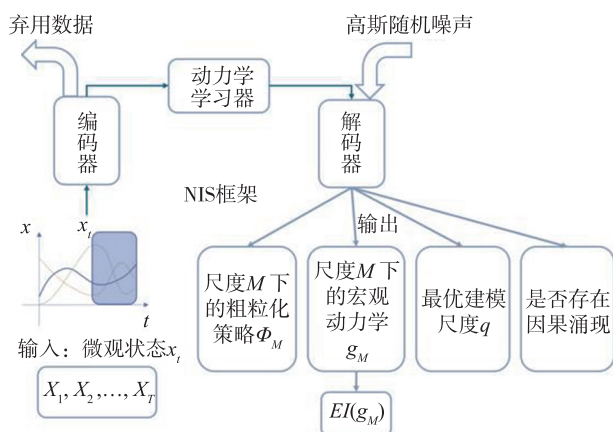
其中， ϵ 为一个很小的数作为超参。这样，NIS 的数学框架需要在所有可能的有效粗粒化策略和宏观动力学中优化有效信息。

该定义与近似因果模型的抽象存在许多相似之处。

2.2 神经网络框架

为了解决上述优化问题，NIS 提出了一种神经网络架构，从而可以进行数值求解，该网络架构的示意图如下所示：

作为神经网络框架，NIS 本质上是一个隐空间动力学学习框架。其中包括编码器、动力学学习器与解码器，可以由微观状态



的时间序列输入、经训练后输出如下四个部分：

- 尺度 M 下的粗粒化策略（由可逆神经网络 INN 表示）；
- 尺度 M 下的宏观动力学（由动力学学习器得出）；
- 最优建模尺度 q （由遍历得出最优维数）；
- 判断：是否存在因果涌现（当最优尺度下的有效信息 EI_M^* 大于最微观尺度下的有效信息 EI_m 时判断存在因果涌现）。

在 NIS 中，解码器和编码器都使用了可逆神经网络，这样做的好处是，其解码器可由编码器逆转得到，且可以自上而下地从解码器配合随机采样的数据生成微观态细节，属于生成模型的一种。

3. 数学描述

接下来，我们将通过数学定义，详细描述 NIS 框架的基本概念和优化问题。

3.1 基本概念

3.1.1 微观动力学

假讨论的复杂系统动力学可由如下微分方程组描述：

$$\frac{dx}{dt} = g(x(t), \xi) \quad (1)$$

其中 $x(t) \in \mathcal{R}^p$ 是系统的微观状态， $p \in \mathcal{Z}$ 是一正整数，表示微观态的维度， ξ 是一随机噪声，通常满

足高斯分布。

不失一般性，微观动力学 g 总是马尔可夫的，可以等效地建模为条件概率 $\Pr(x(t+dt) | x(t))$ 。

3.1.2 微观态

动力系统状态（式 1） x_t 的每一个样本称为时间步 t 的一个微观状态。以相等间隔和有限时间步长 T 采样的多变量时间序列 $x_1, x_2, \dots, x_T$ 可形成微观状态时间序列。

如果我们需要以数据驱动的方式重构微观动力学 g ，则需要大量可观测的微观状态时间序列 x_t ，但在噪声较强时，我们很难从微观状态中重建具有强因果特性的信息丰富的动力学。因果涌现的基本思想是，若忽略微观状态数据中的部分信息并将其转换为宏观状态时间序列，则可以重建一个具有更强因果效应的能描述系统演化的宏观动力学。

3.1.3 q 维粗粒化策略

从微观态到宏观态的信息转化过程即为粗粒化策略（或映射方法）。在宏观状态的维数为 $0 < q < p \in \mathcal{Z}^+$ 的情况下， q 维粗粒化策略是一个连续可微函数，用于将微观状态 $x(t) \in \mathcal{R}^p$ 映射到宏观状态 $y_t \in \mathcal{R}^q$ 。该粗粒化可以表示为 ϕ_q 。

复杂系统经过粗粒化得到一个新的宏观状态时间序列数据，表示为 $y_1 = \phi_q(x_1), y_2 = \phi_q(x_2), \dots, y_T = \phi_q(x_T)$ 。

3.1.4 宏观动力学

接着，我们需要寻找另一个动力学模型（或马尔可夫链） $\hat{f}_{\phi_q}$ 来描述宏观状态 y_t 的演变，即宏观动力学。对于给定的宏观状态时间序列， $y_1, y_2, \dots, y_T$ ，宏观状态动力学是一组微分方程：

$$\frac{dy}{dt} = \hat{f}_{\phi_q}(y, \xi') \quad (2)$$

其中 $y \in \mathcal{R}^q$ 为宏观态， $\xi' \in \mathcal{R}^q$ 是宏观状态动力学中的噪声， $\hat{f}_{\phi_q}$ 是连续可微函数，可通过最小化方程 2 在任何给定的时间步长 $t \in [1, T]$ 和给定的向量范数 $\|\cdot\|$ 下的解来得到：

$$y(t) : \langle \|y_t - y(t)\| \rangle_{\xi'} \quad (3)$$

此框架不能排除一些平凡解。例如，假设对于 $\forall y_t \in \mathbb{R}^p$, $q=1$ 维的 ϕ_q 定义为 $\phi_q(x_t) = 1$ 。因此，相应的宏观动力学只是 $dy/dt=0$ 和 $y(0)=1$ 。由于宏观状态动力学是平凡的，粗粒化映射过于随意，此方程无意义。因此，必须对粗粒化策略和宏观动力学设置限制以避免平凡解和动力学。

3.1.5 有效粗粒化策略

为了规避上述平凡解的问题，NIS 提出了有效粗粒化策略和有效宏观动力学的概念。

其中，所谓的有效粗粒化策略应是一个从微观态到宏观态可以尽量多地保存微观态信息的压缩映射。

如果存在一个函数 $\phi_q^\dagger: \mathcal{R}^q \rightarrow \mathcal{R}^p$ ，使得对于给定的小实数 ϵ 和给定的向量范数 $\|\cdot\|$ ，以下不等式成立，则 q 维粗粒化策略 $\phi_q: \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^q$ 是 ϵ 有效的：

$$\|\phi_q^\dagger(y(t)) - x_t\| < \epsilon, \quad (4)$$

这里的 $\phi_q^\dagger$ 即为与 ϕ_q 相应的反粗粒化策略，如果使用可逆神经网络技术建模 ϕ_q ，且如果 $p=q$ ，则 $\phi_q^\dagger \equiv \phi_q^{-1}$ 。

3.1.6 有效宏观动力学

同时，由上面导出的宏观动力学也是 ϵ 有效的（其中 $y(t)$ 是式 2 的解）。即对于所有 $t=1, 2, \dots, T$ ：

$$y(t) = \phi_q(x_{t-1}) + \int_{t-1}^t \hat{f}_{\phi_q}(y(\tau), \xi') d\tau \quad (5)$$

可以通过 $\hat{f}_{\phi_q}$ 重构微观状态时间序列，使得宏观状态变量尽可能多地包含微观状态的信息。

3.2 最大化有效信息

为了找到上述各个函数，即有效粗粒化和有效的宏观动力学，NIS 提出通过最大化有效信息（EI）来进行求解。

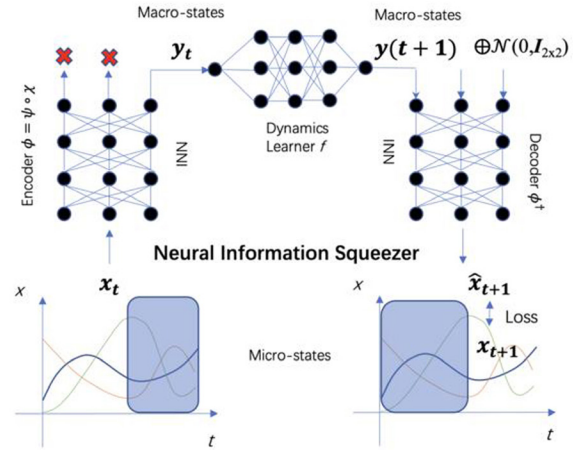
因此，最优的粗粒化策略和宏观动力学可以表述为：在约束方程 4 和 5 下，最大化宏观动力学的有效信息，即：

$$\max_{\phi_q, \hat{f}_{\phi_q}, \phi_q^\dagger} \mathcal{I}(\hat{f}_{\phi_q}) \quad (6)$$

其中 $\mathcal{I}$ 是有效信息的度量（这里，因为所有变量都是连续型实数变量，故而 NIS 使用的是维度平均的有效信息，即 dEI，详情请参考有效信息，以及文献 [1]）。 ϕ_q 是一种有效的粗粒化策略， $\hat{f}_{\phi_q}$ 是一种有效的宏观动力学。

4. NIS 机器学习框架

NIS 是一种新的机器学习框架，基于可逆神经网络来解决式 6 中提出的问题。该框架由三个组件组成：编码器、动力学学习器和解码器。它们分别用神经网络 ψ_α ， f_β ，和 ψ_α^{-1} 来实现，其中这些神经网络的参数分别为 α ， β 和 α 。整个框架如下图所示。接下来将分别描述每个模块。



4.1 编码器

首先，编码器又是由可逆函数 ψ 与投影操作 χ 两部分构成。

4.1.1 ψ

这里 ψ 是一个从 $\mathbb{R}^p$ 到 $\mathbb{R}^p$ 的可逆函数，它建模了粗粒化过程中，信息转换的操作。由于函数是可逆的，因此，这一步仅仅做信息转换，而不损失任何信息。

4.1.2 投影操作

投影算子 $\chi_{p,q}$ 是一个从 $\mathbb{R}_p$ 到 $\mathbb{R}_q$ 的函数，表达为

$$\chi_{p,q}(\mathbf{x}_q \oplus \mathbf{x}_{p-q}) = \mathbf{x}_q \quad (7)$$

其中 $\oplus$ 是向量拼接 (concatenate) 算符, $\chi_q \in \mathbb{R}^q$, $\chi_{p-q} \in \mathbb{R}^{p-q}$. χ_p, q 可简写为 χ_q .

投影算子则建模了粗粒化过程中的信息丢失的运算。

4.1.3 合成

这样, 编码器 (ϕ) 将微观状态 $\mathbf{x}_i$ 映射到宏观状态 $\mathbf{y}_i$, 分为两个步骤:

$$\phi_q = \chi_q \circ \psi \quad (8)$$

其中 $\circ$ 表示函数复合运算。

第一步是从 $\mathbf{x}(t) \in \mathbb{R}^p$ 到 $\mathbf{x}'_t \in \mathbb{R}^p$ 的双射 (可逆) 映射 $\psi: \mathbb{R}^p \rightarrow \mathbb{R}^p$, 等价于向量在高维空间中的旋转, 只改变向量与坐标轴的角度, 不改变模长, 无信息丢失, 该过程可以由可逆神经网络实现; 第二步是通过将 $\mathbf{x}(t) \in \mathbb{R}^p$ 映射到 $\mathbf{y}_t \in \mathbb{R}^q$, 丢弃 $p-q$ 维上的信息, 将得到的向量投影到 q 维。

4.2 动力学学习器

动力学学习器 f_β 是一个带有参数的常见前馈神经网络, 它在宏观层面上学习有效的马尔可夫动力学。用 f_β 替换方程 2 中的 $\hat{f}_{\phi_q}$, 并使用 $dt=1$ 的欧拉方法求解方程 (2)。假设噪声是高斯分布 (或拉普拉斯分布), 则可以将方程 5 简化为:

$$\mathbf{y}(t+1) = \mathbf{y}_t + \int_t^{t+1} f_\beta(\mathbf{y}(\tau), \xi') d\tau \approx \mathbf{y}_t + f_\beta(\mathbf{y}_t) + \xi' \quad (9)$$

其中, $\xi' \sim \mathcal{N}(0, \Sigma)$ 或 Laplacian $(0, \Sigma)$, $\Sigma = \text{diag}(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_q^2)$ 是协方差矩阵, σ_i 是第 i 维度的标准差 (可以学习或固定)。因此, 该动力学的转移概率可被写作:

$$P(\mathbf{y}(t+1)|\mathbf{y}_t) = \mathcal{D}(\mu(\mathbf{y}_t), \Sigma) \quad (10)$$

其中, $\mathcal{D}$ 指表示高斯分布或拉普拉斯分布的概率密度函数, $\mu(\mathbf{y}_t) = \mathbf{y}_t + f_\beta(\mathbf{y}_t)$ 是分布的均值向量。

通过端到端的方式训练动力学学习器, 可以避免

从数据中估计马尔可夫转移概率以减少偏差。

4.3 解码器

解码器将宏观状态 $\mathbf{y}(t+1)$ 的预测转换为微观状态 $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}$ 的预测。在这个框架中, 粗粒化策略 ϕ_q 可以分解为可逆函数 ψ 和投影器 χ_q , 因此解码器可以直接通过反转 ψ 得到。然而, 由于宏观状态的维度是 q , 而 ψ 的输入维度是 $p > q$, 因此需要用 $p-q$ 维高斯随机向量填充剩余的 $p-q$ 维。对于任何 ϕ_q , 解码映射可以定义为:

$$\phi_q^\dagger = \psi_\alpha^{-1} \circ \chi_q^\dagger \quad (11)$$

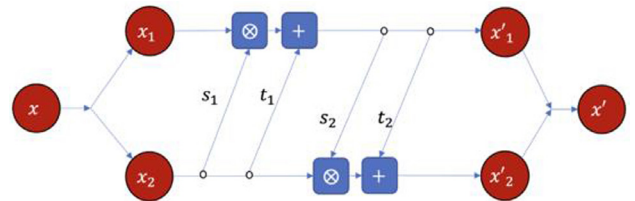
其中, ψ_α^{-1} 是 ψ_α 的逆函数, $\chi_q^\dagger: \mathbb{R}^q \rightarrow \mathbb{R}^p$ 定义为: 对于任意 $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^p$, 有

$$\chi_q^\dagger(\mathbf{x}_q) = \mathbf{x}_q \oplus \mathbf{z}_{p-q} \quad (12)$$

其中, $\mathbf{z}_{p-q} \sim \mathcal{N}(0, \mathcal{I}_{p-q})$ 是 $p-q$ 维的高斯随机噪声 $\mathcal{I}_{p-q}$ 是同维度的单位矩阵。这样可以结合 $\mathbf{x}_q$ 和一个来自 $p-q$ 维标准正态分布的随机样本 $\mathbf{z}_{p-q}$ 生成微观状态。

解码器可以被视为条件概率 $Pr(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}|\mathbf{y}(t+1))$ 的生成模型, 而编码器执行粗粒化过程 (也可以称为重整化 Renormalization)。

4.4 使用可逆神经网络的原因



有多种方法可以实现可逆神经网络。这里选择如上图所示的 RealNVP 模块来具体实现可逆计算。

在该模块中, 输入向量 $\mathbf{x}$ 被拆分成两部分并缩放、平移、再次合并, 缩放和平移操作的幅度由相应的前馈神经网络调整。 s_1, s_2 是用来缩放的共享参数的神经网络, $\otimes$ 表示元素乘积。 t_1, t_2 是用来平移的共享参数的神经网络。这样, 我们就可以实现从 $\mathbf{x}$ 到 $\mathbf{y}$ 的

可逆计算。同一模块可以重复多次以实现复杂的可逆计算。

4.5 两步优化

尽管函数已被神经网络参数化,但由于必须综合考虑目标函数和约束条件,并且超参数 q 会影响神经网络的结构,因此直接优化式 6 仍然具有挑战性。因此,论文 [1] 提出了一种两阶段优化方法。在第一阶段,论文固定超参数 q ,并优化预测的微观状态和观测数据的差异 $|\phi_q^\dagger(\mathbf{y}(t)) - \mathbf{x}_t|$ (即式 4),以确保粗粒化策略 ϕ_q 和宏观动力学 $\hat{f}_q$ 的有效性。此外,NIS 通过搜索所有可能的 q 值,以找到有效信息的最大值,也就是最大化 $\mathcal{I}$ 。

4.5.1 训练一个预测器

在第一阶段,NIS 使用似然最大化和随机梯度下降技术来获得有效的 q 粗粒化策略和宏观状态动力学的有效预测器。目标函数由微观状态预测的概率定义。

前馈神经网络可以理解作为一种用高斯或拉普拉斯分布建模条件概率的机器。因此,整个 NIS 框架可以理解为一个对条件概率 $P(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}|\mathbf{x}_t)$ 建模的模型,神经网络的输出 $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}$ 为此分布的平均值。此外,目标函数方程 14 只是给定分布形式下观测数据的对数似然或交叉熵。

$$\mathcal{L} = \sum_t \ln P(\hat{\mathbf{x}}_{t+1} = \mathbf{x}_{t+1}|\mathbf{x}_t) \quad (13)$$

其中当 $l=2$ 时, $P(\hat{\mathbf{x}}_{t+1} = \mathbf{x}_{t+1}|\mathbf{x}_t) \sim \mathcal{N}(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}, \Sigma)$, 而当 $l=1$ 时概率分布为 $\text{Laplace}(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}, \Sigma)$ 。 Σ 是协方差矩阵。 Σ 始终是对角矩阵,其幅度为 $l=2$ 时的均方误差或 $l=1$ 时的绝对值平均值。

如果将高斯或拉普拉斯分布的具体形式带入条件概率,将看到最大化对数似然等同于最小化 1 范数目标函数:

$$\mathcal{L} = \sum_t \|\hat{\mathbf{x}}_{t+1} - \mathbf{x}_{t+1}\|_1 \quad (14)$$

其中 $l=1$ 或 2。接下来使用随机梯度下降技术来优化方程 14。

4.5.2 选择一个最优的尺度

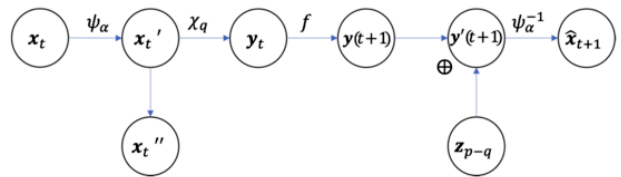
在上一步中,经过大量的训练周期可以得到有效的 q 粗粒化策略和宏观状态动力学,但训练结果依赖于 q 。

为了选择最优的 q ,可以比较不同 q 维粗粒化的有效信息度量 $\mathcal{I}$ 。由于参数 q 是一维的,其值范围也有限 ($0 < q < p$),可以简单地迭代所有 q 以找出最优的 q 和最优的有效策略。

5. NIS 的理论性质

使用了可逆神经网络作为编码器的基础以后,NIS 框架具备很好地数学分析性质。接下来,这里将展示论文 [1] 的若干重要定理。

5.1 压缩信道理论



NIS 框架可以看作上图所示的信道,由于投影操作的存在,通道在中间被压缩。此为压缩信息通道。这里, x_t 为输入数据, x''_t 为丢弃的数据, y_t 为宏观态, z_{p-q} 为 $p-q$ 维的正态分布随机数, $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}$ 为模型对 $t+1$ 时刻微观态的预测输出。

5.1.1 信息压缩的信息瓶颈

对于上图所示的压缩信道以及任意可逆函数 ψ 、投影函数 χ_q 、宏观动力学 f 和随机噪声 $\mathbf{z}_{p-q} \sim \mathcal{N}(0, \mathcal{I}_{p-q})$, 有:

$$I(\mathbf{y}_t; \mathbf{y}(t+1)) = I(\mathbf{x}_t, \hat{\mathbf{x}}_{t+1}), \quad (21)$$

其中 $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}$ 是 NIS 的预测值, $\mathbf{y}(t+1)$ 符合式 2。

对于任何实现压缩信道示意图中一般框架的神经网络,宏观动力学 f_{ϕ_q} 的互信息与整个动力学模型相同,即对于任意时间从 (x_t) 到 $(\hat{\mathbf{x}}_{t+1})$ 的映射。此定理是 NIS 中最重要的定理。从这个定理可以看出,实际上,宏观动力学 f 是整个通道的信息瓶颈。

5.2 训练过程的变化

通过信息瓶颈理论,可以直观地理解当神经压缩器框架通过数据进行训练时会发生什么。首先,在神经网络训练过程中,整个框架的输出 $\hat{\mathbf{x}}_{t+1}$ 对任意给定 $\mathbf{x}_t$ 都接近于真实数据 $\mathbf{x}_{t+1}$,对互信息同理。即如下定理:

5.2.1 模型的互信息与数据的互信息接近

如果 NIS 框架中的神经网络是训练充分的(即对于任何 $t \in [1, T]$ 训练周期结束时有 $\Pr_{\tau}(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}|\mathbf{x}_t)$ 和 $\Pr_{\tau}(\mathbf{x}_{t+1}|\mathbf{x}_t)$ 之间的 Kullback-Leibler 散度趋近于 0),那么对于任何 $t \in [1, T]$:

$$I(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}; \mathbf{x}_t) \simeq I(\mathbf{x}_{t+1}; \mathbf{x}_t) \quad (22)$$

其中 $\simeq$ 表示 $t \rightarrow \infty$ 时的渐近等价。

由于微观状态 $\mathbf{x}_t$ 的时间序列包含信息,假设互信息 $I(\mathbf{x}_t, \mathbf{x}_{t+1})$ 较大,否则不关注 $\mathbf{x}_t$ 。因此,随着神经网络的训练, $I(\hat{\mathbf{x}}_{t+1}; \mathbf{x}_t)$ 将增加,直到接近 $I(\mathbf{x}_{t+1}; \mathbf{x}_t)$ 。根据信息瓶颈理论, $I(\mathbf{y}_t; \mathbf{y}_{t+1}) = I(\mathbf{x}_t; \hat{\mathbf{x}}_{t+1})$ 也将增加,直到接近 $I(\mathbf{x}_{t+1}; \mathbf{x}_t)$ 。

因为宏观动力学是整个通道的信息瓶颈,其信息必然随着训练而增加。同时, ψ 的雅可比矩阵的行列式和 $\mathbf{y}_t$ 的熵一般也会增加。

5.2.2 信息瓶颈是编码器的下界

对于上图中的压缩信息信道, ψ_{α} 的雅可比矩阵的行列式和 $\mathbf{y}_t$ 的香农熵的下界是整个信道的信息:

$$H(\mathbf{x}_t) + \mathbb{E}(\ln |\det(J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t))|) \geq H(\mathbf{y}_t) + \mathbb{E}(\ln |\det(J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{y}_t))|) \geq I(\mathbf{x}_t; \hat{\mathbf{x}}_{t+1}) \quad (23)$$

其中 H 为香农熵测度, $J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t)$ 为双射 ψ_{α} 输入 $\mathbf{x}_t$ 时的雅可比矩阵, $J_{\psi_{\alpha}}, \mathbf{y}_t(\mathbf{x}_t)$ 为 $J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t)$ 在 $\mathbf{x}_t$ 投影 $\mathbf{y}_t$ 上的子矩阵。

由于 $\mathbf{x}_t$ 的熵是由数据而定的,NIS的互信息性质定理指出 $|\det(J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t))|$ 的对数的期望以及 $\mathbf{y}_t$ 必然大于整个信道的互信息。

因此,若 $\mathbb{E} |\det(J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t))|$ 的初始值和 $\mathbf{y}_t$ 很小,随着模型的训练,整个信道的互信息会增加,此

时雅可比矩阵的行列式必然增大,宏观态 $\mathbf{y}_t$ 也必然更分散。但若信息 $I(\mathbf{x}_t, \hat{\mathbf{x}}_{t+1})$ 已逼近 $I(\mathbf{x}_t; \mathbf{x}_{t+1})$,或 $\mathbb{E} |\det(J_{\psi_{\alpha}}(\mathbf{x}_t))|$ 和 $H(\mathbf{y}_t)$ 已足够大,则这些现象可能不会发生。

5.3 有效信息主要由粗粒化函数决定

此前分析的是互信息而非宏观动力学的有效信息(因果涌现的关键要素)。实际上可以借助压缩信道的良好属性写出EI的宏观动力学表达式,但这一表达式没有解析的形式。由此,作者得出确定因果涌现的主要成分是依赖于可逆函数 ψ_{α} 的。

5.3.1 宏观动力学有效信息的数学表达式

假设给定 $\mathbf{x}_t$ 下 $\mathbf{x}_{t+1}$ 的概率密度可以通过函数 $\Pr(\mathbf{x}_{t+1}|\mathbf{x}_t) \equiv G(\mathbf{x}_{t+1}, \mathbf{x}_t)$ 描述,且神经信息挤压框架训练充分,即可通过以下方式计算 f_{β} 的宏观动力学信息:

$$EI_L(f_{\beta}) = \frac{1}{(2L)^p} \cdot \int_{\sigma} \int_{\mathcal{R}^p} G(\mathbf{y}, \psi_{\alpha}^{-1}(\mathbf{x})) \ln \left(\frac{(2L)^p G(\mathbf{y}, \psi_{\alpha}^{-1}(\mathbf{x}))}{\int_{\sigma} G(\mathbf{y}, \psi_{\alpha}^{-1}(\mathbf{x}')) d\mathbf{x}'} \right) d\mathbf{y} d\mathbf{x} \quad (24)$$

其中 $\sigma \equiv [-L, L]^p$ 是 $\mathbf{x}$ 与 $\mathbf{x}'$ 的积分区间; L 是do成均匀分布时,宏观态区间的线性尺度大小,它是一个充分大的给定常数。

5.4 互信息随尺度的变化

由信息瓶颈理论与互信息理论,论文[1]可以推出如下推论:

5.4.1 如果模型训练良好,宏观动力学的互信息不会发生变化

对于训练充分的NIS模型,宏观动力学 f_{β} 的互信息将与所有参数(包括刻度 q)无关。如果神经网络训练充分,则有关宏观动力学的互信息将接近数据 $\{\mathbf{x}_t\}$ 中的互信息。因此,无论 q 有多小(或尺度有多大),宏观动力学 f_{β} 的互信息都会保持恒定。

由此可得, q 是因果涌现的无关参数。但根据EI的定义,较小的 q 意味着编码器将携带更多有效信息。

5.4.2 信道越窄互信息越小

若 $\mathbf{x}_t$ 是 p 维的,那么对于 $0 < q_1 < q_2 < p$ 有

$$I(\mathbf{x}_t; \hat{\mathbf{x}}_{t+1}) \leq I(\mathbf{x}_t; \mathbf{y}_t^{q_1}) \leq I(\mathbf{x}_t; \mathbf{y}_t^{q_2}) \quad (25)$$

其中 $\mathbf{y}_t^q$ 表示 $\mathbf{y}_t$ 的 q 维向量。

互信息描述了编码器（即在不同维度 q 中的微型状态 x_t 和宏观状态 y_t ）。该定理指出，随着 q 减小，编码器部分的互信息必然减小，且对信息限制 $I(x_t; \hat{x}_{t+1}) \simeq I(x_t; x_{t+1})$ 更接近。因此，整个信道将更加狭窄，编码器必须携带更有用和有效的信息才能转移到宏观动力学，预测变得更加困难。

6. 数值实验

在几个数据集上测试 NIS（所有数据均由模拟动力学模型生成）。此测试还包括连续动力学和离散马尔可夫动力学。

6.1 带测量噪声的弹簧振荡器

振荡器符合如下动力学方程组：

$$\begin{cases} dz/dt = v \\ dv/dt = -z \end{cases} \quad (26)$$

其中 z 和 v 分别是振荡器的一维位置与速度。定义系统状态 $x = (z, v)$ 。

实验数据仅由两个带误差的传感器获得。假设观测模型为

$$\begin{cases} \tilde{x}_1 = x + \xi \\ \tilde{x}_2 = x - \xi \end{cases} \quad (27)$$

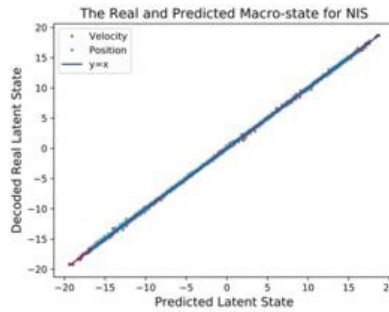
其中 $\xi \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$ 是符合二维高斯分布的随机数值， σ 是位置与速度标准差的向量。

将状态 x 理解为潜在宏观状态，测量微观状态 $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2$ 。NIS 从测量值中恢复潜在的宏观状态 x_t 。

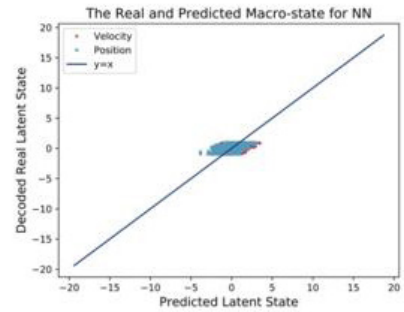
根据式 27，影响状态测量的噪音可以通过叠加两通道的数据消除。因此，如果在 NIS 中输入两个测量值的宏观状态，则可简单地获得正确的动力学。使用 Euler 方法 ($dt=1$) 采样 10,000 批批次的数据，并在每个批次中生成 100 个随机初始状态并执行一个步骤动力学，求得下一个时间步长中的状态。使用这些数据来训练神经网络，同时使用相

同的数据集来训练具有相同数量参数的普通前馈神经网络以作比较。结果如下图所示。

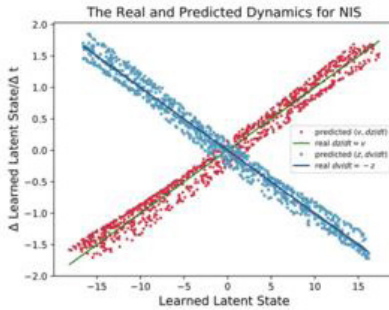
下一组实验结果验证 NIS 基本性质的定理和信息瓶颈理论。当 q 取不同值时， $I(x_t, x_{t+1})$ 、 $I(y_t, y_{t+1})$ 和 $I(\hat{x}_t, \hat{x}_{t+1})$ 的互信息随迭代次数的变化情况，如上图 (c)(d) 所示，其中所有的互信息的收敛均符合 NIS 训练过程中有效信息的变化定理。同时



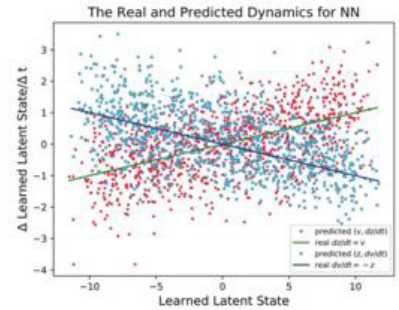
(a)



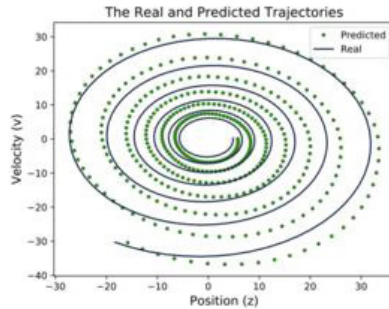
(b)



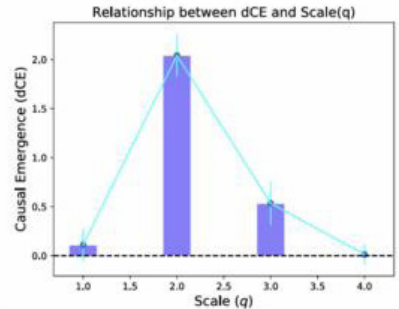
(c)



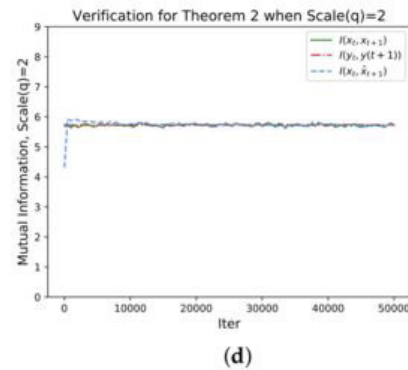
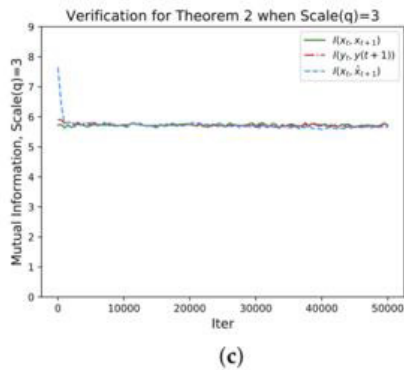
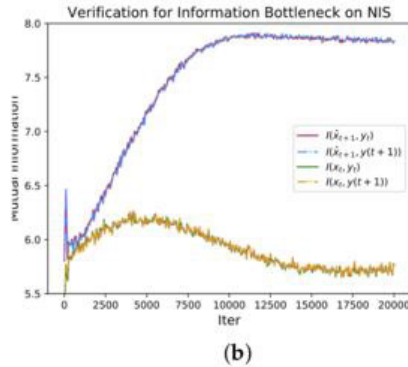
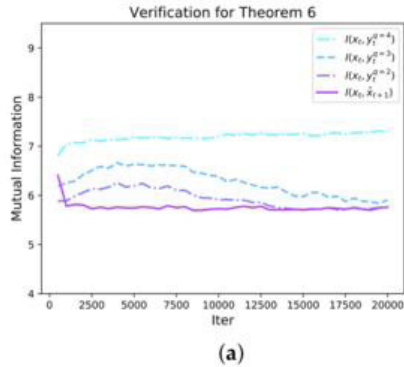
(d)



(e)



(f)



绘制不同 q 下的 x_t 和 y_t 之间的互信息来检验信道与互信息的关系。如上图 a 部分所示, 当 q 增加时, 互信息增加。

根据信息瓶颈理论, 在训练初期宏观变量和输出之间的互信息可能会增加, 且输入和宏观变量之间的信息必然在增加后随着训练过程的进行而减少。NIS 模型证实了这一结论 (上图 b 部分), 其中宏观状态 y_t 和预测 y_{t+1} 都是宏观变量。由于 y_t 和 $y(t+1)$ 是瓶颈, 而所有其他无关信息都被变量 $\mathbf{x}_t''$ 弃用, 在得到相同结论的情况下, NIS 模型的架构可以比一般的神经网络更清楚地反映信息瓶颈。

6.2 简单马尔可夫链

本案例展示 NIS 作用于离

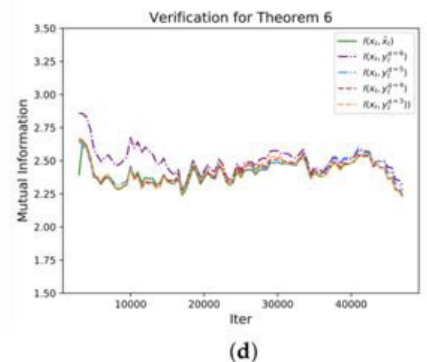
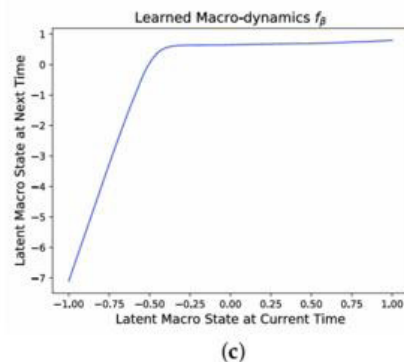
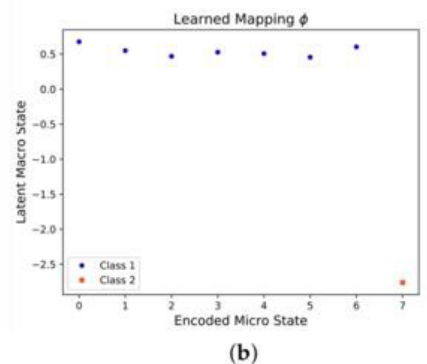
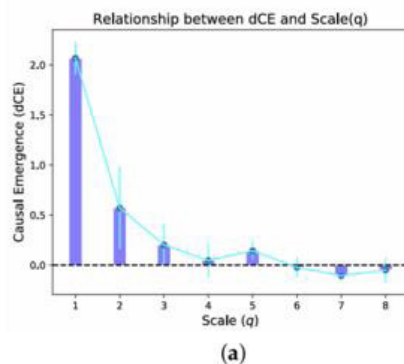
散马尔可夫链、粗粒化策略可以作用于状态空间的过程。生成数据的马尔可夫链是以下概率转移

矩阵:

$$\begin{pmatrix} 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (28)$$

该系统有 8 个状态, 其中前 7 个状态之间可以相互转移, 最后一个状态是独立的。NIS 模型使用一个 one-hot 向量编码状态 (例如状态 2 将表示为 (0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0))。

对初始状态进行 50,000 个批次的采样以生成数据, 然后将 one-hot 向量输入 NIS 框架, 经过 50,000 个迭代轮次的训练后可以得到一个有效的模型。结果如上图所示。



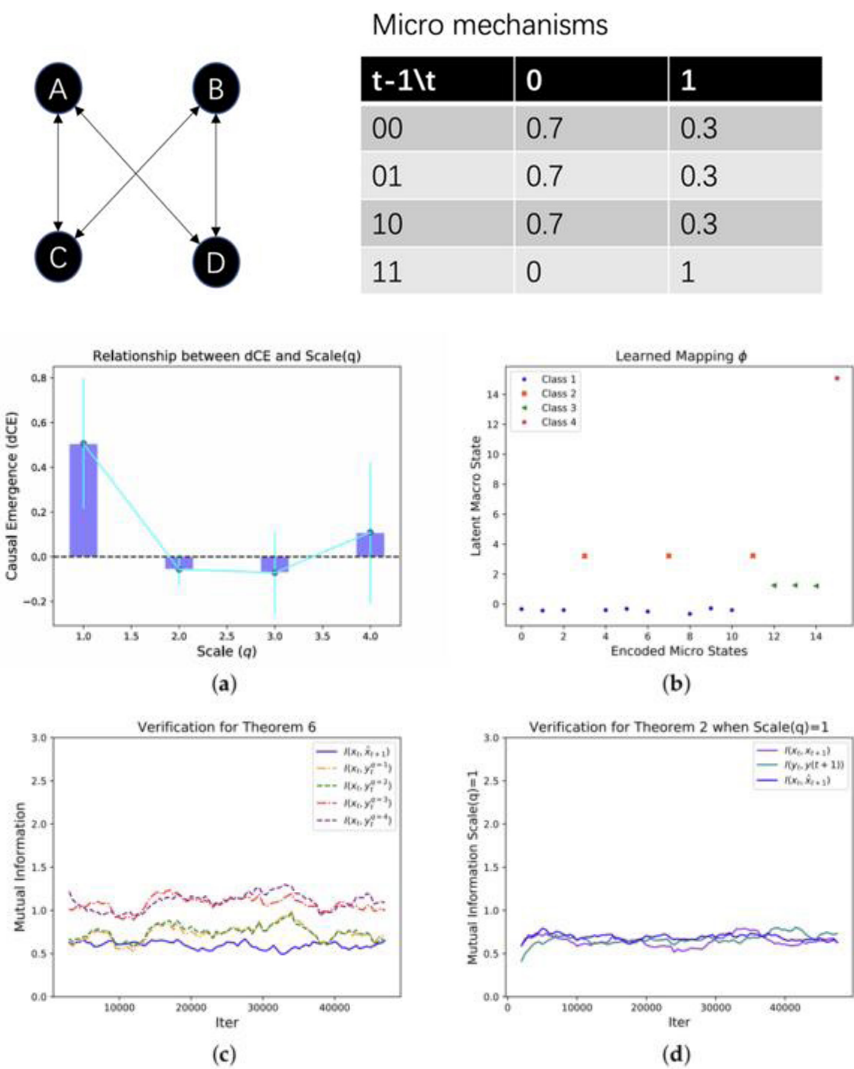
通过系统地搜索不同的 q 可以发现维度平均因果涌现 (dCE) 在 $q=1$ 处达到峰值 (上图 a 部分)。可以通过上图 b 部分可视化在最佳尺度上的粗粒化策略, 其中 x 坐标是不同状态的十进制编码, y 坐标表示宏观状态的编码。粗粒化映射成功地前七个状态分类为一个宏观状态, 同时保持最后一个状态不变。这种学习到的粗粒化策略与文献 [14] 中的示例相同。

将学习到的宏观动力学可视化 (上图 c 部分)。 $y_t < 0$ 时宏观动力学是一个线性映射, $y_t > 0$ 时它可被视为一个常数。因此, 该动力学可以保证所有前七个微观状态都可以与最后一个状态分离。上图 d 部分验证了信息压缩的信息瓶颈定理, 即宏观动力学 $f_{\phi q}$ 的互信息与整个动力学模型相同。

6.3 简单布尔网络

布尔网络是离散动力系统的典型例子, 其中每个节点有两种可能的状态 (0 或 1), 且节点状态受其相邻节点状态的影响。该网络的微观机制如下: 上图是一个包含四个节点的布尔网络的示例, 每个节点的状态受到其相邻节点状态组合的概率影响, 具体概率见上图中的表格。将所有节点的机制结合后, 可以得到一个具有 $2^4=16$ 个状态的马尔可夫转移矩阵。

通过对整个网络进行 50,



000 次状态转换的采样, 将这些数据输入 NIS 模型。通过系统搜索不同的 q 值, 发现维度平均因果涌现峰值出现在 $q = 1$ 处 (上图 a 部分)。

可视化结果显示粗粒化策略 (上图 b 部分), 其中 x 坐标是微观状态的十进制编码, y 坐标表示宏观状态的编码。数据点根据其 y 值可以清晰地分为四个簇, 这表明 NIS 网络发现了四个离散的宏观状态。16 个微观状态

与四个宏观状态之间存在一一对应关系。然而, NIS 算法在处理此问题时并不知道任何先验信息, 包括节点分组方法、粗粒化策略和动力学信息。这个示例验证了信息瓶颈理论 (NIS 中宏观动力学 $f_{\phi q}$ 的互信息与整个动力学模型相同) 与信道互信息之间的关系 (上图 c, d 部分)。

7. 有效信息的度量

本部分在有效信息词条中有

详细描述，为 NIS 框架解决的问题之一。

对于前馈神经网络，其 EI 的计算有一些不合理之处：首先 EI 的计算结果将会受到 L 的严重影响；其次，如果计算归一化的 EI，即 E_{ff} ，那么会遇到一个问题：对于连续变量来说，其状态空间的元素个数为无穷多个，如果直接使用，势必会引入无穷大量。

此问题的解决方案是，用状态空间维数来归一化 EI，从而解决连续状态变量上的 EI 比较问题，这一指标被称为维度平均的有效信息（Dimension Averaged Effective Information，简称 dEI）。在离散的状态空间中，维度平均的 EI 和有效性指标（ E_{ff} ）实际上是等价的。在这一定义中 L 并未消失，但在计算维度平均的因果涌现时，尽管在期望中仍然隐含地包含 L，但所有显含 L 的项就都被消失了。这就展示出来引入维度平均 EI 的一定的合理性。

8. 总结与展望

8.1 NIS 的优点

NIS（神经信息压缩器）是一种新的神经网络框架，可被用于发现时间序列数据中的粗粒化策略、宏观动力学和涌现的因果关系。NIS 中可逆神经网络的使用通过在编码器和解码器之间共享参数来减少参数数量，且使得分析 NIS 架构的数学特性更加方便。通过约束粗粒化策略来预测未来微观状态从而让误差小于一定精度阈值，从而定义有效的粗粒化策略和宏观动力学，并推出因果涌现识别问题可以理解为在约束条件下最大化有效信息的问题。

8.2 NIS 的缺点

NIS 框架的弱点如下。

- 由于可逆神经网络很难在大数据集上训练，它只能在小数据集上工作，目前的数值实验也集中在弹簧振子和简单布尔网络等

环境下；

- 该框架仍然缺乏可解释性；
- NIS 并未真正地最大化有效信息；
- 该模型可预测的条件分布仅限于高斯或拉普拉斯分布。

8.3 未来展望：NIS+ 框架

为解决这些问题，从 NIS 框架出发提出 NIS+ 框架。在 NIS 的基础上，NIS+ 框架运用了重加权技术，添加了反向动力学、由此产生一个新的损失函数，并对两个损失函数进行加权。其中，新的损失函数产生于神经网络框架中添加的部分：通过对 $t+1$ 时刻再次编码，在宏观上来训练一个反向动力学来去预测 t 时刻的一个 $\hat{y}(t)$ 。将新的损失函数与 NIS 框架中原有的损失函数加权，可以最大化有效信息的变分下界，解决了 NIS 框架无法直接最大化 EI 的问题。○

来源：集智俱乐部



关于开展“以智赋能 向新而行”自动化助推新质生产力创新成果巡展的通知

各理事单位、分支机构、省级自动化学会、学会会员：

为热烈庆祝新中国成立 75 周年，贯彻落实二十届三中全会和全国科技大会精神，集中展示十四五期间自动化科技工作者科技创新成果，助力新质生产力发展，中国自动化学会计划开展“自动化助推新质生产力创新成果巡展”，详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4941.html>

第二届中国自动化学会博士学术交流会在哈尔滨隆重举行

为了深入贯彻落实习近平总书记视察学校重要讲话精神，推动一流学科建设发展，2024年9月25日，第二届中国自动化学会博士学术交流会在哈尔滨国际会议中心开幕，会议由中国自动化学会和哈尔滨工程大学主办，来自国内外科研院所、高校的自动化领域知名专家学者及哈尔滨工程大学师生共计800余人参加。

大会以“交叉融合，智控未来”为主题，旨在促进青年学者在自动化与人工智能等学科领域的交流与合作，激励广大青年学生潜心科学研究，产出高水平学术成果。

中国工程院院士、中国自动化学会监事何友，中国科学院院士姜杰，中国科学院院士段广仁，中国自动化学会副理事长、青岛

科技大学副校长、上海交通大学教授李少远，中国自动化学会副理事长张剑武，中共哈尔滨市委组织部副部长、市委人才工作领导小组办公室常务副主任朱大伟，中国自动化学会理事、中南大学信息学部主任阳春华，中国自动化学会秘书长张楠，中国自动化学会副秘书长王坛，哈尔滨工程大学党委副书记、校长宋迎东，



图1 现场合影



图2 哈尔滨工程大学党委副书记、校长宋迎东致辞



图3 中国自动化学会副理事长李少远致辞

哈尔滨工程大学党委常委、副校长赵玉新出席开幕式。

哈尔滨工程大学党委副书记、校长宋迎东致欢迎辞。宋迎东表示，大会是加强自动化领域交流合作的重要平台，希望与会专家学者充分交流研讨，积极探索自动化领域及人工智能新方向，共同推动学科发展和技术进步，促进自动化领域的发展与繁荣。

中国自动化学会副理事长李少远表示，本次交流会在促进自动化领域学术交流方面具有重要意义。李少远鼓励青年学者珍惜

此次交流机会，勇于探索，积极创新，为中国自动化事业的蓬勃发展贡献力量。

论坛报告：专家学者研讨学科前沿

段广仁院士作题为“全驱系统控制理论—诞生背景、发展现状及应用进展”的主旨报告，介绍控制领域基础研究的创新，从全驱系统方法的诞生背景、优越性和研究现状出发，介绍了全驱系统模型对原始系统的作用机理，对全驱系统理论的学术成果及实

际性应用展开具体介绍。他指出，控制理论的发展到了一个新的十字路口，要敢于从最基本的科学问题入手，勇于探索发现更大、更丰富的“矿山”，为我国自动化领域的科技进步作出更大贡献。

“人工智能带来了全球产业发展的重大机遇。”何友院士在题为“人工智能发展前沿”的主旨报告中，全面梳理了人工智能的发展历程、理论前沿、技术突破及产业应用。他表示，人类现代社会已迈过机械化时代、电气时代、信息时代，正在经历着向 AI 时代



图4 段广仁院士作报告



图5 何友院士作报告



图6 哈尔滨工程大学智能科学与工程学院教授夏桂华作报告



图7 中国自动化学会理事、中南大学阳春华教授作报告

发展和变迁的过程。今天国家的
创新战略、人才优势、巨大市场
和强大的国力，使我们有机会成

为新时代的推进者。
哈尔滨工程大学智能科学与
工程学院教授夏桂华作题为“船

舶数字与智能技术研究进展及
发展趋势”的主旨报告，总结了哈
尔滨工程大学在智能船舶领域开
展的研究工作与取得的创新成果，
介绍了智能船舶具有复杂环境感
知、智能决策和多等级自动控制
能力等技术先进性，更安全、经
济、环保和高效，是当前全球造
船和航运科技领域的高新技术，
具有广阔的发展空间与前景。

中国自动化学会理事、中南
大学阳春华教授作题为“工业互
联网如何赋能流程工业智能制造
的探索与思考”的主旨报告，深
入阐述工业互联网技术在流程工
业智能制造领域的应用前景、实
践案例以及未来发展方向。

第二届中国自动化学会博
士学术交流会为期2天，期间
举行“无人系统自主导航与控
制论坛”“智能控制理论与前沿
技术论坛”“无人系统具身智能
论坛”“智能控制与智能系统论
坛”“智能控制技术及应用论坛”5
个专题论坛，40位专家学者围绕



图8 优博圆桌论坛



图9 优硕圆桌论坛

自动化与人工智能领域的热点问题进行深入探讨与交流，共同推动学科的创新与发展。

大会设置优博圆桌论坛、优硕圆桌论坛，邀请优秀指导教师交流分享研究生培养经验，学生代表交流分享成长经历与科研经验。

在博士生论坛上，近 200 位博士研究生围绕智能导航与先进信息融合、智能控制与优化决策理论、智能机器人与多智能体协同、智能化电气系统、人工智能等领域的研究成果作交流汇报。

哈尔滨工程大学智能科学与工程学院 2022 级博士生姚思博认为这是一次课堂之外的大讲坛。通过参加大会，拓展了自己的视野，增长了知识面，对所研究的自主水下航行器协同控制方向有了新的认识，以后要坚定研究方向，树牢科技报国志向，产出更多优秀的学术科研成果。

北京航空航天大学 2024 级硕士研究生李盛涛在听了主旨报告后收获颇丰。他说：“会上专家学者们关于控制学科在不同领域中的发展的交流，给了我很多新启发。夏桂华教授关于船舶数字孪

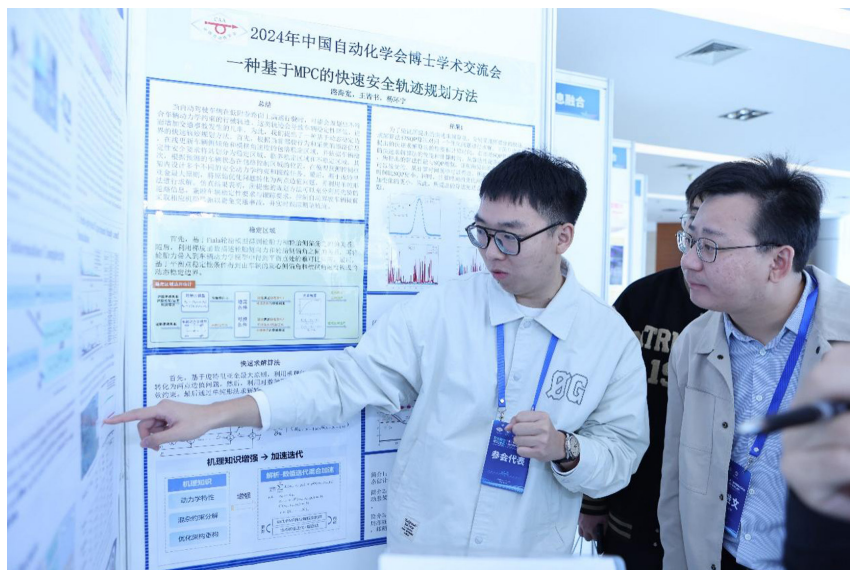


图 10 海报展示

生技术的讲座，扩展了我对数字孪生技术在未来应用方面的认知。会议期间也结识了很多优秀的老师和学生。期待能在自动化领域

的探索中贡献自己的力量，推动科技进步。”

学会秘书处 供稿

2023-2024 学年 AILD 劳动技能大赛全国决赛顺利举行

由中国自动化学会主办，中国智慧工程研究会劳动与科技工程教育工作委员会、中国自动化学会 3D 打印与社会制造专业委员会（筹）、怀仁市教育局共同承办的 2023—2024 学年 AILD 劳动技能大赛全国决赛于 2024 年 8 月 17-22 日在山西省怀仁市顺利举行，有约 7000 余名来自全国众多单位的嘉宾和参赛代表参加本届全国决赛。

全国青少年劳动技能与智能设计大赛（简称 AILD），以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，落实党的二十大和二十

届三中全会精神和立德树人根本任务，践行《中共中央 国务院关于全面加强新时代大中小学劳动教育的意见》和教育部《大中小学劳动教育指导纲要（试行）》等文件要求，进一步促进中小学劳动教育高质量发展，探索新时代未来拔尖创新人才培养之道。AILD 以“自主、协同、探究、实践、创新”为主题，以“人文引领、以劳育人、智能驱动、五育并举、人才强国”为宗旨，面向全国小学、初中、普通高中、中专（技校）、职高、大学在校学生，为全国青少年搭建参与劳动、

体验设计、创新实践、交流成果、展示技能的舞台，培养和提高青少年的家国情怀、团队精神、多元思维、劳动技能、创新能力和综合素质。

本届全国决赛共 10 个挑战项目，其中绿水青山（无碳小车）、负重致远（创意结构）、点石成金（智能农场）、良工巧匠（智能制造）、神机妙算（数字素养）等 5 个项目线下举行，来自全国 7000 余名参赛选手在怀仁市第三中学校进行创新设计和挑战。另有春华秋实（绿色能源）、坚若磐石（劳动与数字安全）、百川归海（海洋探索）、风华正茂（风能利用）、鹏程万里（综合素质）等 5 个项目线上同步举行。

本届全国决赛期间，中国科学院院士、全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国组委会主任、中国科学院大学刘嘉麒教授，中国工程院院士、哈尔滨工业大学马军教授分别作了科普报告，普及科学知识，弘扬科学家精神。

出席本届全国决赛的领导和嘉宾，包括教育部、科技部、甘肃省科协、甘肃省教育厅、山西



比赛现场

省怀仁市相关领导；清华大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、北京师范大学、中国劳动关系学院等高校师生；中国科学院、中国教育科学研究院等单位的代表。与会嘉宾还观摩了大赛和新时代劳动与科技工程科普教育展，并为大赛未来高质量发展提出宝贵意见。

2023-2024 学年 AILD 劳动

技能大赛于 2024 年 4 月 13-14 日在四川省成都市召开全国指导教师会，拉开了大赛序幕。先后在内蒙、海南、四川、新疆、上海、重庆、河南、黑龙江、江西、山西、西藏、辽宁、安徽、福建、青海、宁夏、澳门、香港、吉林、北京、云南、甘肃、湖南、湖南、广东、山东、陕西、广西、浙江、江苏、贵州等 30 多个赛区

进行了选拔赛。全国决赛于 2024 年 8 月 23 日在山西省怀仁市顺利闭幕，历时 5 个多月，激发了全国青少年热爱劳动、热爱家国的热情，进一步促进了中小学劳动与科技工程教育高质量发展，推动了劳动与科技工程教育的普及与提升。○

学会秘书处 供稿



2026 中国自动化大会申报工作通知

中国自动化大会是由中国自动化学会创办的自动化、信息与智能科技领域顶级综合性学术会议，致力于为国内外相关领域的专家学者和产业界同仁提供展示创新成果、展望未来发展的高端学术平台，加强不同学科领域的交叉融合。

自 2009 年创办以来，中国自动化大会走过杭州、北京、长沙、武汉、济南、西安、上海、昆明、厦门、重庆等地，汇聚众多两院院士、Fellow、长江学者、国家杰出青年基金获得者等高层次人才，参会规模逾五千人，形成多项咨询建议；2013 年以来会议论文被 EI 收录，引领整个自动化学科发展，带动自动化产业创新，助力我国自动化事业高水平自立自强。经过十余年发展，中国自动化大会已经成为我国自动化、信息与智能科技领域规格最高、影响力最大的学术盛会。

按照年会管理办法，中国自动化学会现启动 2026 中国自动化大会申报工作。国内有条件、有能力的各大高校、科研院所、企事业单位均可单独或联合向中国自动化学会申请承办中国自动化大会。

请有意向单位于 2024 年 10 月 15 日前将电子版书面申请发送至中国自动化学会邮箱。详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4960.html>

中国自动化学会组织召开中国科学院自动化研究所科技成果鉴定会

2024年9月5日，中国自动化学会以线上会议形式组织召开了“基于3D视觉及智能控制的服装鞋业柔性智能制造系统”项目成果鉴定会，该成果由中国科学院自动化研究所牵头，宁波三体智能科技有限公司、宁波点云智慧科技有限公司、北京三体高创科技有限公司、山东建筑大学、厦门恒维智造科技有限公司共同完成。

鉴定委员会由中国自动化学会3D打印与社会制造专业委员会（筹）副主任、西安交通大学

江平宇教授担任主任委员，中国自动化学会副秘书长、武汉大学张俊教授担任副主任委员。中国自动化学会3D打印与社会制造专业委员会（筹）、广东工业大学冷杰武教授，中国科学院软件研究所、首都师范大学邓小明研究员，北京科技大学樊彬教授，北京化工大学汪凌峰教授等相关领域专家担任委员。中国自动化学会副理事长、中国科学院自动化研究所侯增广研究员主持会议，中国自动化学会3D打印与社会制造专业委员会（筹）主任、中国科学

院自动化研究所熊刚研究员致欢迎辞。

中国科学院自动化研究所吴怀宇研究员代表项目组在鉴定会上向鉴定委员会专家汇报了工作报告、技术报告、技术经济分析与效益报告、测试报告、用户报告、查新报告等。鉴定委员会专家认真审查了项目组提供的相关材料，通过质询、讨论与评议等形式，最终形成鉴定意见。

据了解，中国科学院自动化研究所牵头的科技成果瞄准国家重大战略与智能产业化发展需求，立足于柔性智能制造系统领域的研究，牵头制定了3D人体扫描领域的行业标准，搭建了柔性智能制造生产线，通过产学研用合作，建立了稳定的销售渠道和软硬件服务，获得了良好的经济效益与社会效益。

中国科学院自动化研究所、山东建筑大学、宁波三体智能科技有限公司的相关项目组成员参加了会议。○



线上参会代表

学会秘书处 供稿

第 28 期会士面对面成功召开

CAA 会士面对面系列活动是中国自动化学会为学会会士量身打造的高端学术交流平台,每期活动邀请 1 位或数位学会会士进行专题报告,围绕国际科技热点,聚焦国家创新发展战略需求,前瞻学科领域发展新方向,积极发挥学术引领和科技智库作用,展现重大学术咨询研究成果,引导社会尊崇科学思想和方法,促进公众提升科学意识和素养。

2024 年第 6 期,总第 28 期“会士面对面”讲座于 9 月 10 日下午成功召开,中国自动化学会会士、中控科技集团有限公司褚健研究员作题为“智能工厂与工业人工智能”的报告。

褚健研究员在报告中深入探讨了他在学术、技术与产品方面的心得体会,并分享了当前行业所面临的机遇和挑战。他强调,数字化转型已成为各行各业的普遍共识,而制造业的数字化转型更是未来企业提升竞争力的关键。褚健研究员所在的团队在推动我国制造业,特别是化工行业领域的工业软件国产化替代方面有着长足的发展。褚健研究员阐述了实现制造业企业智能工厂或智能制造的技术架构、产品和相应的解决方案。随着 AIGC 的快速发展及在未来十年可能成为现实的 AGI,我们需要重新思考当下工业 AI 技术的应用。工业 AI 绝不是简单的内容生成,而是涉及产品质量的提升、生产更加低碳环保安全、工人工作环境更加轻松愉快。最后,褚健研究员与观众进行互动问答,回答了参会观众提出的关于工业质检目前面临的困难和挑战,以及基于 AI 进行工业质检的前景和挑战等问题。

本次活动由西安交通大学助理教授曹晔主持,通过腾讯会议、CAA 会议小程序、CAA 官方视频

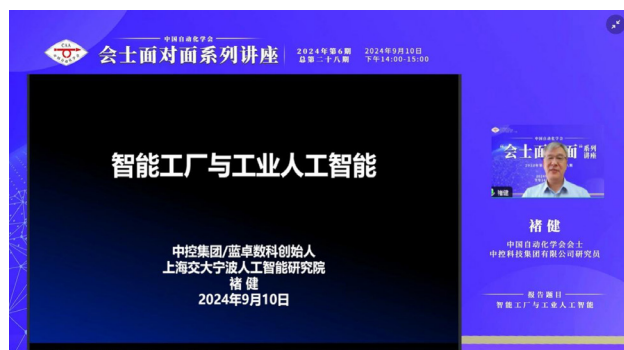


图 1 中控科技集团有限公司褚健研究员作报告



图 2 中控科技集团有限公司褚健研究员



图 3 西安交通大学助理教授曹晔担任主持人

号、学会微博官方账号、B 站、科界、蔻享、抖音等平台全程直播,共计 5.8 万人次在线观看。○

学会秘书处 供稿

CAA 科普百人团 ——科技教育乡村行分赴拉萨和尼玛县：让 AI 之潮 在西藏高原奔流

2024 年 9 月 23–24 日，中国自动化学会（CAA）科普百人团——科技教育拉萨行的专家来到西藏自治区首府拉萨，给拉萨市实验小学和拉萨中学的师生们送去了人工智能启蒙课。本次来到拉萨的 CAA 科普百人团的两位专家是中国自动化学会监事长、中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任王飞跃研究员，以及中国自动化学会副理事长、中国科学院自动化研究所党委委员侯增广研究员。

在此之前，9 月 10 日，CAA 科普百人团——科技教育乡村行已经先赴西藏那曲市尼玛县送去人工智能科普讲座，去到尼玛县的两位专家是 CAA 普及工作委员会副主任委员、CAA 智慧教育专业委员会秘书长、中国科学院自动化研究所高级工程师刘希未博士，以及拉萨市实验小学的援藏信息科技教师王军老师。

为响应国务院《新一代人工智能发展规划》的号召，加大力

度面向全国青少年普及人工智能的相关知识和技能，同时为落实《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》和国家乡村振兴战略，开展科技助力乡村振兴行动，4 月上旬，中国自动化学会开启了 2024 年“科普百人团—科技教育乡村行”系列活动，旨在通过人工智能领域专家的科普讲座，为乡村地区中小学的师生提供接触前沿科技的机会，带来先进的科技理念和教育方法，从而促进了城乡教育资源的均衡发展，缩小数字鸿沟，推动科技教育向乡村普及。

在教育事业上双向奔赴

在“科技教育拉萨行”活动上，西藏自治区电化教育馆馆长普珍、拉萨市实验小学校长刘全华和拉萨中学校长黄庆辉致欢迎辞。普珍馆长强调了科技教育对西藏未来发展的重要性，以及人工智能教育在培养学生创新思维 and 实践能力方面的作用。她指出：

“随着中国自动化学会科普百人团专家的到来，我们的学生将有机会接触到更前沿、更生动的科技知识，从而开拓眼界和思维，为他们的求知旅程带来新的灵感和契机。我们相信，在全国各界的支持下，西藏的教育事业必将迎来更加美好的明天。我们的孩子们，也将在科技的世界中茁壮成长，成为推动西藏未来发展的重要力量。”

王飞跃研究员：未来“平行教育”将相伴终生

在拉萨市实验小学，王飞跃研究员作了题为“人工智能与 K21 教育：智慧社会的平行学校与平行师生”的演讲。他首先介绍了 K12、K16 和 K21 教育体系的概念，特别是 K21，它涵盖了从幼儿园到博士学位的教育流程。这种体系的设计目的是为了适应人工智能时代的到来。随着大模型的应用，传统的知识体系正在改变，过去学习的内容逐渐被视



图1 普珍馆长作报告



图2 王飞跃研究员作报告

为常识，未来的重点将放在培养批判性思维和解决问题的能力。

王飞跃研究员在演讲中重点讨论了STEM扩展后的iS-TREAMS时代化新型教育，他强调科学、技术、科研、工程、艺术和管理以及激励创新国际化与安全可持续智慧发展等理念的整合式学习方法。通过这种方法，学生能够应用跨学科的知识来解决现实中的问题，培养他们的创新、团队合作、沟通能力和复杂问题解决能力。

王飞跃研究员还探讨了人工智能技术的快速发展，特别是大模型技术和RAG（Retrieval-Augmented Generation，检索增强生成）系统。他认为，未来的学习将更加依赖人工智能，学生的数字化同伴和数字老师将伴随终身学习，提供个性化的指导和帮助。此外，未来的学校将更加注重“平行教育”，即学生的数字化身份将在虚拟世界中继续

学习和进步。

最后，王飞跃研究员指出，未来的教育不再是简单的知识传授，而是通过实践、创新和全球视野培养学生的多样化能力，尤其是在人工智能和数字化环境下的终身学习能力。

面向中小学生进行人工智能的科普讲座，专家们都很善于运用提问互动的交流方式，鼓励孩子们踊跃举手提问。西藏的天空纯净、湛蓝，西藏的孩子淳朴、热情、直爽。孩子们的热情很快被专家们调动起来，大家积极思考、积极提问，紧紧跟着讲座的思维节奏。此外，这些学生还展现了团结互助、彼此鼓励的氛围，在讲座上，每当某位同学站起来提问后，其他同学都会为她/他鼓掌以示赞许。

王飞跃研究员的讲座结束后，同学们也踊跃提问。“人工智能是怎么工作的？”“人工智能还可以做什么？”“为什么要创造人工

智能？”“人工智能带来的都是好处吗？”“人工智能会有自主意识吗？”“如何确保我们自己不是一个人工智能？”同学们的问题颇为宏大，也颇有哲学色彩。王飞跃研究员逐一作了具有启发性的简短回答。问答环节完成后，王飞跃研究员为同学们签名赠书，提问的同学们都得到了王飞跃研究员的赠书。

侯增广研究员：从机械手系鞋带到机器人做手术

在拉萨市实验小学和拉萨中学，侯增广研究员作了以“智能机器人”为主题的两场讲座。他围绕机器人和人工智能，介绍了“图灵测试”“触觉和感知智能”，他还结合健康需求，介绍了医疗机器人的基本原理、功能特点和应用前景，为师生们展示了人工智能在医疗专业领域的赋能空间和巨大价值，同时也对脑机接口以及人工智能所带来的伦理问题进行了介绍和分析。



图3 侯增广研究员作报告

侯增广研究员指出，教育大模型、医疗大模型等人工智能大模型是数据和知识的系统性集成，比人类每个个体所掌握的知识要全面，因而能够辅助我们做许多工作；机器人和人工智能是相辅相成，互相促进快速发展。侯增广研究员从“图灵测试”讲到无人驾驶汽车和无人驾驶飞机，进而引入到医疗机器人，这是侯增

广研究员的主要研究方向。他指出，机器人做手术将更加精准，且能够大幅度减少手术创伤，住院和康复时间也大大缩短。智能假肢能够通过脑机接口与人的大脑相联结，完美地实现人所想做的动作，包括跳芭蕾和系鞋带等等精细的动作。同学们纷纷体验了智能假肢手，感受到了视频中展示的国际上最先进的智能机械

手具有与人手无异的卓越灵活性。

面对侯增广研究员的提问“什么是幸福？”，同学们踊跃举手回答，“知足是一种幸福”“幸福是吃到自己想吃的东西”“父母健健康康是幸福”……侯增广研究员表示，同学们回答得都非常好。他引导同学们思考人类所具有的感知能力是我们能感觉到痛苦和幸福的基础，并表示未来机器人也将具有感知能力，并能将这种感知能力运用到各项工作中，从而将安全性、稳定性和工作效率显著提高。

讲座后，同学们纷纷提问：“主治医生操作失误的话该怎么挽回？”侯增广研究员表示，这就是智能医疗机器人可以发挥作用的地方，它能够辅助医生进行诊断和手术，从而避免手术失误。“机器人能替代人类吗？”侯教授回答说，机器人能替代人类劳动，但不能替代人类。机器人可以帮助人类更加幸福，但幸福的生活是



图4 场场提问

需要人去感受的。“凡事都有利有弊，智能机器人会给我们带来什么弊？”面对这个大问题，侯增广研究员给了简短的回答，“机器人可能让我们生活更便捷轻松，但可能让我们更懒惰”。

讲座结束了，但同学们的思考可能刚刚开始……

刘希未博士：人工智能就是工具智能

9月10日下午，刘希未博士来到尼玛县初级中学，给师生们带来了题为“人工智能前沿科技发展及启示”的讲座。刘希未博士从“工具”这个主题开始和同学们进行讨论，从而引出人类与

动物的最根本区别——有意识地制造和使用工具，进而梳理了工具的进化历程。工具的进化史也就是工具不断智能化的历史，而融合了人工智能算法而变得越来越智慧的机器人，就是工具进化的最新成果。刘希未博士带领着同学们推导出结论：人工智能就是工具智能，也就是机器智能。



图5 刘希未博士作报告



图6 活动现场



图7 合影留念

随后，刘希未博士带着同学们认识了更多人工智能的运用场景，如音乐识别、语音助手、人脸识别、机器翻译、语音生成、智能家居、智能交通、无人驾驶、智能机器人等等。丰富的案例展示和生动的讲解，让台下的学生们眼里闪烁着求知的光芒。对于刘老师抛出的每一个问题，同学们都积极响应。讲座结束后，同学们热情地与刘希未博士合影留念。

王军老师：以“海淀高度”投身雪域高原

众所周知，北京海淀区可谓中小学教育的“卷王”，这里名校云集、师资卓越。王军老师在通过海淀区教委的严格选拔后，成为北京市第十批“组团式”教育援藏的一员，并且是其中唯一的

信息科技学科教师。他决心用自己的知识和热情在雪域高原上播种更多科技的种子。

9月10日上午，来自拉萨市实验小学的援藏信息科技教师王军老师为尼玛县第一小学的同学带来一堂充满趣味的人工智能启蒙课。他用生活中的简单例子引导孩子们理解“人工智能”这个词，以及它在我们日常生活中的应用，比如语音助手、自动驾驶和人脸识别等。他为同学们生动地解释了AI如何通过学习大量的数据和经验，模仿人类的思考与决策过程。

王老师还介绍了一些有趣的AI技术，比如机器人和智能家居，展示AI如何帮助人们提高工作效率，改善生活质量。王老师鼓励同学们大胆想象、大胆尝试，因为未来的世界将更加依赖

于技术，他鼓励孩子们通过学习和探索，成为改变未来的AI创新者。

结语

“科普百人团—科技教育乡村行”公益活动，是中国自动化学会全面贯彻落实党的二十大和二十届二中全会精神、深入实施全民科学素质提升行动、加强国家科普能力建设的具体举措。此系列公益活动致力于提升乡村青少年的科技素养，激发了他们对人工智能、机器人、编程等领域的浓厚兴趣，从而为国家的科技创新发展培育更广泛的人才基础，也为乡村尤其是偏远地区在科技化、现代化上的与时俱进提供助力。○

学会秘书处 供稿



图8 王军老师为同学们授课



图9 授课现场

2024 中国自动化学会智慧矿山专委会暨“人工智能+矿山”学术论坛暨 2024 国际智慧矿山机器人+人工智能高峰论坛圆满举办

2024 年 8 月 27 至 28 日，由中国自动化学会智慧矿山专委会主办、中国煤科机器人公司承办的中国自动化学会智慧矿山专业委员会 2024 年度会议暨“人工智能+矿山”学术论坛在深圳成功举办。专委会主任委员王国法院士、副主任委员葛世荣院士、福田区人民政府副区长余枫等出席活动，以及武汉大学学术委员会副主任刘泉声、青岛科技大学副校长陈连军、中国科学院自动化研究所研究员陈龙等相关领域知名专家及政府有关部门领导等 200 余人参加会议。

8 月 27 日，中国自动化学会智慧矿山专业委员会向与会代表全面汇报了过去一年的工作成果，并对在科研、技术应用及行业推动方面表现突出的委员进行了表彰。会上，多位与会委员及学者围绕“人工智能+矿山”的热点话题，分享了前沿研究成果与深度实践经验，以及关于人工智能在矿山应用中的最新理论思考，还就如何将这些技术转化为实际生产力，推动矿山行业高质量发



中国自动化学会智慧矿山专业委员会 2024 年年会合影

展进行了深入探讨。

王国法院士表示，当前智慧矿山建设是世界矿业发展的大趋势，如何提升矿山机器人的智能装备是未来行业发展重点。期间，余枫副区长发表了致辞，对活动的举办表示热烈祝贺。

28 日，2024 国际智慧矿山机器人+人工智能高峰论坛在深圳人工智能大会期间隆重举行。葛世荣院士等众多业界专家、企业家及行业人士围绕智能矿山、矿山机器人及人工智能技术的最新进展和应用实践，发表了精彩纷呈的演讲。从智能矿山的总体

技术架构到关键技术，从灾害智能防控到数智化作业，从一体化智能安全监控到自适应采煤技术，专家们从不同角度、不同层面进行了全面而深入的剖析。

本次大会的成功举办，充分发挥了中国自动化学会智慧矿山专委会作为学术共同体的作用，促进了智慧矿山领域前沿技术成果的交流与分享，激发了行业内外对于人工智能与机器人技术融合应用的深刻思考，提升了智能矿山领域的学术影响力! ○

CAA 智慧矿山专委会 供稿

在党的二十届三中全会第二次全体会议上的讲话

这次全会，听取了中央政治局工作报告，分析了当前形势和任务，审议通过了《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》，圆满完成了各项议程。

全会通过的《决定》，总结运用改革开放以来特别是新时代全面深化改革的经验，深入分析了推进中国式现代化面临的新形势新要求，集中全党全社会智慧，科学谋划了围绕中国式现代化进

一步全面深化改革的总体部署，是指导新征程上进一步全面深化改革的纲领性文件。学习好贯彻好全会精神是当前和今后一个时期全党全国的一项重大政治任务。

下面，我代表中央政治局，就贯彻落实全会精神讲几点意见。

一、深入学习领会全会精神

第一，深刻领会和把握进一步全面深化改革的主题。围绕党的中心任务谋划和推进改革，是

改革取得成功的重要经验。党的十八大以来，我们以全面深化改革为动力，以前所未有的决心和力度打赢脱贫攻坚战、全面建成小康社会、取得反腐败斗争压倒性胜利并全面巩固，得到人民群众衷心拥护。新征程上，我们靠什么来进一步凝心聚力？就是要靠中国式现代化。党的二十大对全面推进中国式现代化作出了战略部署。进一步全面深化改革，必须紧紧围绕推进中国式现代化这个主题来展开。要锚定继续完善和发展中国特色社会主义制度、推进国家治理体系和治理能力现代化的总目标，更加注重系统集成，更加注重突出重点，更加注重改革实效，精准发力、协同发力、持续发力，坚决破除各种体制机制障碍，进一步解放和发展社会生产力、激发和增强社会活力，有效防范化解前进道路上的重大风险挑战，为中国式现代化提供强大动力和制度保障。

第二，深刻领会和把握进一步全面深化改革的重大原则。《决定》提出进一步全面深化改革需要遵循的“六个坚持”原则，是对改革开放以来特别是新时代全

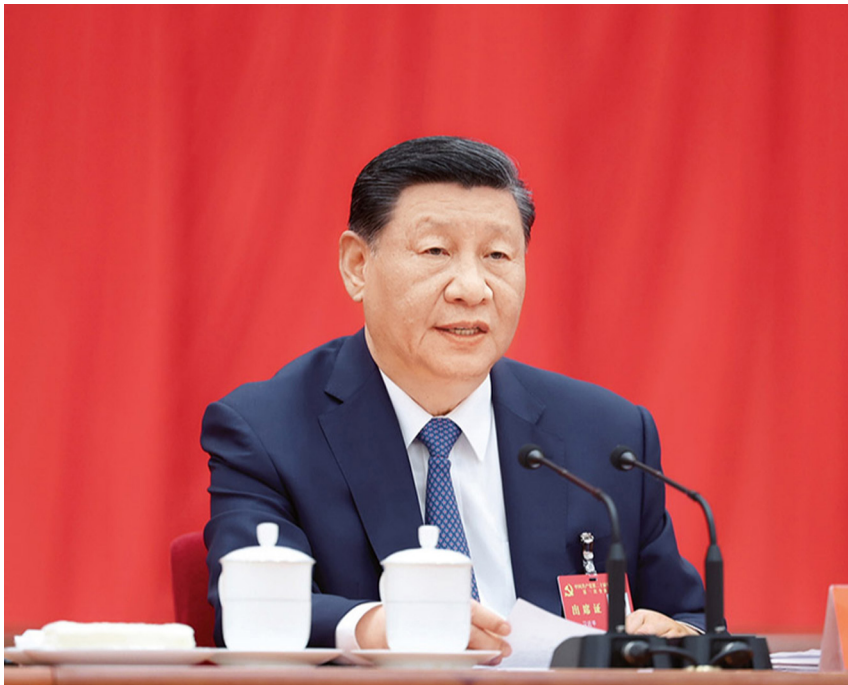


图1 中国共产党第二十届中央委员会第三次全体会议，于2024年7月15日至18日在北京举行。中央委员会总书记习近平作重要讲话。新华社记者 鞠鹏 / 摄

面深化改革宝贵经验的科学总结，是我们党不断深化对改革的规律性认识的重大成果，对于增强进一步全面深化改革的科学性、预见性、主动性、创造性，推动改革行稳致远，具有重大指导意义。坚持党的全面领导，这是我们的最大政治优势，是我国改革开放成功推进的根本保证，要把党的领导贯穿改革各方面全过程，确保改革始终沿着正确政治方向前进。坚持以人民为中心，要尊重人民主体地位和首创精神，人民有所呼、改革有所应，善于汇集民智、凝聚民心，使改革成果更多更公平惠及全体人民。坚持守正创新，既要有道不变、志不改的强大定力，坚持四项基本原则、坚定“四个自信”不动摇，又要有敢创新、勇攻坚的锐气胆魄，推动改革不断取得新突破。坚持以制度建设为主线，要加强顶层设计、总体谋划，破立并举、先立后破，筑牢根本制度，完善基本制度，创新重要制度。坚持全面依法治国，要善于运用法治思维和法治方式破解改革难题，巩固改革成果，做到改革和法治相统一，重大改革于法有据、及时把改革成果上升为法律制度。坚持系统观念，要统筹兼顾、辩证施策，处理好经济和社会、政府和市场、效率和公平、活力和秩序、发展和安全等重大关系，增强改革系统性、整体性、协同

性。这些原则，必须在改革实践中毫不动摇坚持并不断丰富和发展。

第三，深刻领会和把握进一步全面深化改革的重大举措。《决定》突出促进经济建设和改善民生，安排了构建高水平社会主义市场经济体制、健全推动经济高质量发展体制机制、构建支持全面创新体制机制、健全宏观经济治理体系、完善城乡融合发展体制机制、完善高水平对外开放体制机制、健全保障和改善民生制度体系等7个部分，就坚持和落实“两个毫不动摇”、构建全国统一大市场、完善市场经济基础制

度、健全因地制宜发展新质生产力体制机制、健全提升产业链供应链韧性和安全水平制度、统筹推进教育科技人才体制机制一体改革、完善国家战略规划体系和政策统筹协调机制、深化财税和金融体制改革、完善实施区域协调发展战略机制、健全推进新型城镇化体制机制、完善强农惠农富农支持制度、完善收入分配制度、完善就业优先政策、健全社会保障体系等重大问题，提出一系列重大改革举措。同时，《决定》围绕健全全过程人民民主制度体系、完善中国特色社会主义法治体系、深化文化体制机制改革、



图2 中国共产党第二十届中央委员会第三次全体会议，于2024年7月15日至18日在北京举行。这是习近平、李强、赵乐际、王沪宁、蔡奇、丁薛祥、李希等步入会场。

新华社记者 岳月伟 / 摄

深化生态文明体制改革、推进国家安全体系和能力现代化、持续深化国防和军队改革等战略任务，针对体制机制方面的突出矛盾和问题，提出一系列重大改革举措。这些改革举措覆盖推进中国式现代化方方面面，构筑了进一步深化改革的全景图。

《决定》提出的一系列重大改革举措，坚持目标导向和问题导向相结合，适应推进中国式现代化所需，顺应人民群众期待和社会预期，奔着问题去，着力健全制度、破除体制机制障碍，既立足当下又着眼长远。全党同志要站在战略和全局的高度来认识和把握这些重大改革举措，领会好改革意图，把握准改革指向，坚定不移予以推进。

第四，深刻领会和把握进一步全面深化改革的根本保证。进一步全面深化改革，必须在党中央集中统一领导下进行，保证改革始终沿着正确政治方向前进。进一步全面深化改革涉及范围广、触及利益深、攻坚难度大，对各级党组织正确判断形势、科学谋划改革、广泛凝聚力量、推动改革落实，对广大党员、干部精神状态、思想观念、素质能力、作风形象提出了新的更高要求，必须保持以党的自我革命引领社会革命的高度自觉，坚持用改革精神和严的标准管党治党，不断提高党的领导水平。《决定》以调动

全党抓改革、促发展的积极性、主动性、创造性为着力点，就深化管党治党制度改革作出部署。主要包括：鲜明树立选人用人正确导向，大力选拔政治过硬、敢于担当、锐意改革、实绩突出、清正廉洁的干部；引导干部树立和践行正确政绩观，落实“三个区分开来”，激励干部开拓进取、干事创业，着力解决干部乱作为、不作为、不敢为、不善为问题；认真研究解决基层党的建设面临的新问题，不断增强党组织政治功能和组织功能；完善一体推进不敢腐、不能腐、不想腐工作机制，完善权力配置和运行制约机制，着力铲除腐败滋生的土壤和条件。推进这些改革，目的就是营造有利于进一步全面深化改革的政治环境，为推进各领域改革提供重要保证，要深刻领会和把握。

二、切实抓好《决定》部署的贯彻落实

第一，加强组织领导。要精心组织、统筹协调，科学制定改革任务书、时间表、优先序，明确各项改革实施主体和责任。党中央领导改革的总体设计、统筹协调、整体推进。中央和国家机关、人民军队等要担负好主体责任，聚焦重大部署、重要任务、重点工作，主动担当作为，深入研究推进本部门本单位本系统改

革任务落地见效。地方各级党委和政府要抓好涉及本地区重大改革举措的组织实施。各级党政主要负责同志要把改革抓在手上，既挂帅又出征，重要改革亲自部署、重大方案亲自把关、关键环节亲自协调、落实情况亲自督察。

第二，坚持整体推进。《决定》部署的各项改革举措关联度高、协同性强，贯彻落实中既不能单打独斗、单兵突进，又不能打乱仗、眉毛胡子一把抓。要坚持先立后破、不立不破，准确把握改革的战略重点，合理安排改革举措的先后顺序、节奏时机，根据轻重缓急循序渐进、稳扎稳打，不超前、不滞后。当前反映最为集中、最为迫切、需要打攻坚战，就抓紧改；需要久久为功、打持久战的，就徐图之。要加强各项改革举措协调配合，增强改革取向的一致性，坚决防止和克服本位主义，不能因部门利益、地方利益影响改革大局。要保持工作连续性，过去已经定下来的改革，要继续抓好落实，新部署的改革要抓紧研究方案、扎实推进。

第三，鼓励探索创新。《决定》作出的改革部署主要是战略性、前瞻性、方向性的，需要制定周密可行的改革方案。各地区各部门要树立全国一盘棋思想，自觉在大局下行动，全力以赴把



图3 2024年9月10日至13日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在甘肃考察。这是11日上午，习近平在天水市麦积区南山花牛苹果基地考察时，走进果林了解相关种植、技术和管理情况。新华社记者 谢环驰 / 摄

党中央确定的原则、明确的举措、提出的要求不折不扣贯彻落实好。同时，要紧密结合实际，因地制宜，主动作为，找准自身面临的主要矛盾和矛盾的主要方面，制定切合实际的具体改革举措，防止照抄照搬、上下一般粗。对已经确定必须取得突破但一时还没有实践经验的改革，要采取试点先行探索的办法，取得经验、看准了再推开。对新领域新实践遇到的新问题，要充分尊重基层和群众首创精神，鼓励开拓创新，

不断创造和积累可复制、可推广的新鲜经验。

第四，务求取得实效。要建立健全责任明晰、链条完整、环环相扣的改革推进机制，从改革方案设计到改革组织实施都要有利于抓落实、有利于解决问题，防止重文件制定轻文件落实等不良倾向。要教育引导广大党员、干部增强责任感和使命感，牢固树立改革没有局外人旁观者的观念，推动广大党员、干部紧密结合工作职责，把改革任务落细落

小落实。要加强改革督察，强化跟踪问效，深入查找存在的问题和原因，及时推动整改。要把重大改革落实情况纳入监督检查和巡视巡察内容，以实绩实效和人民群众满意度检验改革，真正让人民群众在改革中不断增强获得感、幸福感、安全感。

三、扎实做好下半年工作

今年时间已经过半，做好下半年工作对实现全年目标任务十分重要。我着重强调几点。



图4 2024年9月10日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在前往甘肃考察途中，来到陕西省宝鸡市参观宝鸡青铜器博物院。新华社记者 王晔 / 摄

第一，坚定不移实现全年经济社会发展目标。上半年，经济回升向好态势得以巩固，积极因素增多，各方信心增强。同时，经济运行面临日益复杂的国内外环境，困难挑战和不确定性仍然不少，要按照党中央关于经济工作的决策部署，采取针对性强的措施予以应对。要落实好宏观政策，发行并用好超长期特别国债，着力做好国家重大战略实施和重点领域安全能力建设各项工作。要积极扩大国内需求，研究安排超长期特别国债资金支持大规模设备更新和大宗耐用品以旧换新，创造更多消费场景，持续释放消费和投资潜力。要因地制宜发展新质生产力，培养壮大新兴产业，超前布局未来产业，运用先进技

术赋能传统产业转型升级。要加快培育外贸新动能，积极扩大中间品贸易、服务贸易、数字贸易、跨境电商出口。要扎实推进绿色低碳发展，持续开展碳达峰专项行动。要切实保障和改善民生，解决就业总量和结构性矛盾并存问题，促进中低收入群体增收，扎牢社会保障网，巩固拓展脱贫攻坚成果。

第二，统筹好发展和安全。要落实好防范化解重点领域风险的各项举措，扎实抓好房地产、地方政府债务、中小金融机构等风险防控和化解工作，严格落实安全生产责任，完善自然灾害特别是洪涝灾害监测、防控措施，织密社会安全风险防控网，切实维护社会稳定。要有效应对外部

风险挑战，主动塑造有利外部环境。

第三，搞好“五年规划”总结评估和谋划工作。今年是实现“十四五”规划目标任务的关键一年，明年是收官之年、也是谋划“十五五”规划之年。“十四五”规划目标任务实现情况如何，“十五五”规划要确定什么样的目标任务，要提前研究，总结评估“十四五”规划落实情况，切实搞好“十五五”规划前期谋划工作。

第四，纵深推进全面从严治党。要结合学习宣传贯彻全会精神，抓好党的创新理论武装，提高全党马克思主义水平和现代化建设能力。要抓好管党治党各项任务落实，健全全面从严治党体系，深入推进新时代党的建设新的伟大工程。要切实改进作风，克服形式主义、官僚主义顽疾，持续为基层减负，深入推进党风廉政建设和反腐败斗争，扎实做好巡视工作。要巩固拓展主题教育成果，深化党纪学习教育，推动各级党组织和广大党员、干部把党的纪律内化为日用而不觉的言行准则，维护党的团结统一，不断增强党的创造力、凝聚力、战斗力。○

来源：《求是》

在国家勋章和国家荣誉称号颁授仪式上的讲话



同志们，朋友们：

在庆祝中华人民共和国成立75周年之际，我们在这里隆重举行仪式，将国家最高荣誉授予为国家建设和发展建立了卓越功勋的杰出人士和为促进中外交流合作作出杰出贡献的国际友人。首先，我代表党中央、全国人大、国务院和中央军委，向获得“共和国勋章”和国家荣誉称号的英雄模范、获得“友谊勋章”的国际友人，表示热烈祝贺！致以崇高敬意！

75年来，中国共产党团结带领全国各族人民，创造了经济快

速发展和社会长期稳定两大奇迹，伟大祖国发生了翻天覆地的变化，中华民族伟大复兴进入了不可逆转的历史进程。在这个波澜壮阔的发展历程中，各条战线涌现出一批又一批英雄模范。今天受到表彰的同志就是其中的杰出代表。他们的先进事迹和突出贡献将永载共和国史册，他们忠诚、执着、朴实的优秀品格值得全党全国各族人民学习。

当前，我国正处于以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业的关键时期。全党全国

各族人民要以英雄模范为榜样，团结奋进、砥砺前行，汇聚起共襄强国盛举的磅礴力量。

要胸怀强国之志。以国家富强为念，以人民幸福为盼，忠心爱国、矢志报国，把个人小我融入国家大我，在为国尽责、为民服务中实现个人价值、展现人生风采。

要锤炼强国之技。顺应时代发展新要求，学习新知识、掌握新技能、练就真本领，干一行爱一行，钻一行专一行，做到敬业勤业精业，努力成为善于干事创业的岗位能手、行家里手。

要勇建强国之功。以只争朝夕的历史主动、主人翁的责任担当，锐意进取、迎难而上，追求卓越、精益求精，在平凡岗位上创造不平凡的业绩，在破解发展难题、攻克改革难关、维护社会和谐稳定上不断有所作为。

伟大时代呼唤英雄、造就英雄。英雄辈出，党和人民事业就会兴旺发达、长盛不衰。各级党委和政府要关心关爱英雄模范，推动全社会尊崇英雄、学习英雄、争做英雄。希望受到表彰的同志珍惜荣誉、再接再厉，争取更大荣光。

同志们、朋友们！

75年来，世界上有很多与中国人民志同道合、风雨同舟的老朋友、好朋友，今天被授予“友谊勋章”的迪尔玛·罗塞芙女士就是其中的杰出代表。中国人民永远不会忘记那些为中国发展、增进中国人民同各国人民友谊作出突出贡献的国际友人！中国人民愿携手世界各国人民，维护世界和平，促进共同发展，推动构建人类命运共同体，开创人类更加美好的未来！

同志们、朋友们！

新的画卷需要我们共同描绘，新的历史需要我们共同开创。让我们锚定目标、勠力同心、开拓进取，共同谱写人民共和国更加绚丽精彩的新篇章！

来源：新华社

学习贯彻二十届三中全会精神，以实际行动推动学会发展——中国自动化学会开展主题党日活动

为深入学习贯彻党的二十届三中全会精神，引导全体党员深刻领会全会的重大意义、精神实质和实践要求，进一步统一思想、凝聚共识，2024年8月26日，中国自动化学会办事机构党支部以线上线下形式，组织全体党员和积极分子共20人开展主题党日活动。

学会办事机构党支部副书记吕爱英主要传达了中国科学院院长、党组书记侯建国关于党

的二十届三中全会精神宣讲报告的重要内容。侯建国书记结合中国科学院的改革历程与进展，向院属各单位、院机关各部门提出期望：广大职工干部要持续深入学习贯彻党的二十届三中全会精神，把学习贯彻全会精神与习近平总书记关于科技创新的系列重要论述和对中国科学院的重要指示批示精神紧密结合起来，深刻认识进一步全面深化改革的重大原则和推进改革中需要把握的



图1 合影留念



图2 合影留念

重大问题，坚决贯彻“六个坚持”重要原则，增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”，切实把思想和行动统一到全会精神上来。吕爱英副书记强调，作为中国自动化学会的一员，我们应坚持党的全面领导，紧密结合学会工作实际，找准贯彻落实全会精神的切入点和着力点，为推动学会的高质量发展注入新的活力。

在党的二十届三中全会精神的指引下，学会秘书处成员全面梳理了2024中国自动化与人工

智能教育大会暨2023-2024学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛筹备工作中存在的问题和不足。通过深入学习和热烈讨论，大家结合自身工作实际，谈认识、谈体会、谈打算，进一步深化了对全会精神的理解和把握，并纷纷表示，要以全会精神为指引，提高政治站位，强化责任担当，加强沟通协作，提高工作效率，加强风险防控，确保活动安全，注重细节落实，提升活动品质，在本职岗位上兢兢业业、履职尽责，确保

全会精神在学会工作中得到有效落实。

党支部书记张楠在总结中指出，全体党员和积极分子应充分认识到贯彻党的二十届三中全会精神的重要性，深入领会全会精神实质，以全会精神为指导，明确责任和任务，把全会精神转化为推动工作的强大动力和具体行动，确保各项工作落到实处，做到学深悟透、融会贯通，真正推动学会工作再上新台阶。○

学会办事机构党支部 供稿

中国科协青年人才托举工程博士生专项计划管理办法（试行）

第一章 总 则

第一条 为规范中国科协青年人才托举工程博士生专项计划（以下简称本计划）的管理和实施，根据《中国科协财政项目管理办法（修订）》及相关法律法规，制定本办法。

第二条 本计划锚定 2035 年建成科技强国目标，创新青年科技人才发现、选拔、培养机制，以 30 周岁以下高年级在读博士研究生为支持对象，充分发挥科协组织服务青年科技人才增长才干、拓宽眼界、提升能力等方面的积极作用，助力优秀博士研究生更好成长，加快创新型青年科技人才培养。

第三条 本计划的实施主体包括中国科协，中国科协所属全国学会、协会、研究会（以下简称全国学会），省、自治区、直辖市及新疆生产建设兵团科协（以下简称省级科协）和高等学校科协（以下简称高校科协）。

第四条 中国科协负责本计划的总体设计、统筹协调、组织实施和资金管理工作。全国学会负责本计划实施所涉及的博士

研究生学术指导和托举服务，提供学术成长机会。省级科协负责本计划实施所涉及的协调联络和本地区博士研究生推荐工作。高校科协负责做好博士研究生推荐和日常联系服务工作。

第五条 本计划主要采取基层推荐、组织审定、定向资助、综合支持的方式进行，一般每年开展一次。

第二章 支持对象和遴选条件

第六条 本计划支持对象为学籍关系在中华人民共和国境内的全日制高年级（二年级及以上）在读博士研究生。

第七条 本计划支持对象的托举期不超过 2 年。

第八条 本计划支持对象的遴选条件包括：

（一）热爱祖国、遵纪守法、具有良好的政治素质；

（二）勤奋学习、刻苦钻研，具有良好的学风和道德，无学术不端行为；

（三）具有中国国籍、年龄不超过 30 周岁（按申请年 8 月 31 日实足年龄计算）；

（四）博士与硕士阶段的科研方向具有一定延续性、相关性或学科交叉性，博士所学专业属于理学、工学、农学和医学等学科门类，且有志于长期从事科技工作；

（五）立足国家需求、产业趋势、产业链供应链关键环节，聚焦国家重大战略领域、重点领域和薄弱环节，瞄准战略性新兴产业和未来产业开展科研攻关；

（六）同等条件下，省级优秀硕士学位论文获得者或研究生阶段（含硕士、硕博连读、直博、普博）国家级奖学金获得者优先推荐；

（七）同等条件下，曾在本领域高水平期刊上以第一作者（含共同第一作者）发表论文，或作为第一发明人获得国家发明专利授权，或获得省部级及以上科技奖励（排名前三）的优先推荐。

第三章 工作程序

第九条 中国科协统一部署本计划支持对象的推荐工作，确定托举名额及相关工作安排，汇总省级科协上报的推荐名单并协调匹配负责托举服务的全国学会，结合全国学会意见确定最终入选

者名单。

第十条 省级科协按照属地管理原则，组织本地区高校科协开展推荐工作，汇总推荐候选人并根据遴选条件复审，结合实际统筹学科结构，确定推荐名单上报中国科协。

省级科协可根据实际工作开展情况，设置候选人自荐通道，按照遴选条件严格把关，自荐名额不超过推荐名额的30%。

第十一条 高校科协在本校开展推荐，组织推荐候选人线上填报《中国科协青年人才托举工程博士生专项计划推荐表》，并根据遴选条件初审。候选人原则上应由所在学校的高校科协推荐，填报时需选择1—3个全国学会作为意向托举单位。

第十二条 全国学会对协调匹配的推荐候选人进行确认，提出拟托举人员名单，报中国科协审定。

第四章 托举服务内容和资助方式

第十三条 本计划为入选者提供组织吸纳、学术兼职和学术资助三方面托举服务。

全国学会充分发挥全国性学术组织作用，依托人才荟萃、学术资源丰富的优势，通过组织吸纳、学术兼职等方式为入选者提供高质量托举服务。鼓励省级科协、高校科协依托自身优势自主

开展托举服务。

第十四条 本计划所称“组织吸纳”包括：

（一）入选者托举期内免费成为托举全国学会的学生会员；

（二）表现优秀的人选者可优先进入托举全国学会的相关专门委员会。

第十五条 本计划所称“学术兼职”包括：

（一）入选者在高水平学术会议、国内外学术组织担任兼职助理岗位；

（二）入选者在学术期刊担任兼职编辑助理岗位。

第十六条 中国科协按照累计不超过人民币4万元的资助标准为入选者提供学术资助。学术资助主要用于入选者参加高水平学术会议、发表高水平学术论文和开展出国（境）交流访学，按“包干制”定额方式，由中国科协统一拨付至入选者导师团队的科研账户。

（一）参加高水平学术会议的资助标准：对参加全国学会举办的重要学术会议进行资助，每参加1场国（境）外学术会议定额资助人民币1万元，每参加1场国（境）内学术会议定额资助人民币0.5万元。

（二）发表高水平学术论文的资助标准：对以第一作者（含共同第一作者）身份，在“中国科技期刊卓越行动计划”入选期刊（以下简称卓越期刊）或中国科协高质量科技期刊分级目录T1区、

T2区的期刊上发表论文进行资助。在卓越期刊或T1区期刊上每发表1篇论文定额资助人民币1万元，在T2区期刊上每发表1篇论文定额资助人民币0.5万元。当资助次数达2次及以上时，须至少有1篇高水平论文发表在中国期刊上。

（三）开展出国（境）交流访学的资助标准：对赴国（境）外一流大学和科研机构开展交流访学进行资助。出国（境）交流访学须取得导师同意并经所在高校批准。对开展一个月（含）以内的交流访学，每次定额资助人民币1万元；对开展一个月以上、三个月（含）以内的交流访学，每次定额资助人民币1.5万元；对开展三个月以上的交流访学，每次定额资助人民币2万元。

第五章 资金来源及管理

第十七条 本计划的支持资金分为财政资金和社会资金两类。财政资金按照《中国科协财政项目管理办法（修订）》进行管理；社会资金由中国科技发展基金会负责向社会公众筹集及管理。

第十八条 中国科技发展基金会依照《中华人民共和国慈善法》《中华人民共和国公益事业捐赠法》《基金会管理条例》等法律法规和《中国科技发展基金会章程》等制度机制，对社会筹集资金进行严格、规范管理。

第十九条 本计划的支持资

金实行专款专用。

第六章 主体责任

第二十条 参与本计划的人选者应当承担以下责任：

（一）积极参加中国科协年会、世界青年科学家峰会、世界科技与发展论坛、世界公众科学素质促进大会等重大活动；

（二）积极参加全国学会组织的学术沙龙、产学研合作对接、建言献策研讨、科普宣讲等各类学术会议、论坛、活动，积极开展面向公众的科学普及、志愿服务等工作；

（三）托举期内，在中国青年科技论坛上作报告不少于1次；

（四）托举期满后提交个人学术成长总结报告，对托举期内自身学术能力提升、学术视野拓展、学术成果突破等进行深入总结；

（五）托举期满后申请加入全国学会，成为全国学会会员；

（六）积极回馈社会，有能力时主动帮助其他有需要的青年科技工作者。

第二十一条 参与本计划的高校科协应当承担以下责任：

（一）在本院校公布本计划信息，广泛宣传科协组织面向青年科技人才的相关服务；

（二）按要求完成候选人的推荐工作，负责对候选人的申请条件进行审核；

（三）认真做好日常管理，面向入选者开展联系服务工作，定

期跟踪了解入选者学术成长情况，按要求记录入选者开展学术交流、获得学术培养、取得学术成果等学术成长信息；

（四）为入选者提供相关托举服务，包括但不限于为入选者提供参加学术沙龙、产学研合作对接、建言献策研讨、科普宣讲等各类学术会议、论坛、活动的机会；

（五）督促入选者履行义务。

第二十二条 参与本计划的省级科协应当承担以下责任：

（一）根据本办法制定本地区青年人才托举工程博士生专项计划实施细则；

（二）落实好本地区高校科协推荐名额分配工作，做好复审、汇总上报等工作；

（三）及时跟踪了解本地区入选者的学术成长信息；

（四）为入选者提供相关托举服务，包括但不限于为入选者提供参加学术沙龙、产学研合作对接、建言献策研讨、科普宣讲等各类学术会议、论坛、活动的机会。

第二十三条 参与本计划的全国学会应当承担以下责任：

（一）做好入选者托举服务相关管理工作，持续为入选者提供学术关怀、引导和托举相关服务；

（二）为入选者提供托举期内免费入会通道；

（三）为入选者提供高水平学术会议、国内外学术组织的兼职助理岗位；

（四）为入选者提供学术期刊兼职编辑助理岗位；

（五）为入选者提供其他托举服务，包括但不限于为入选者提供参加学术沙龙、产学研合作对接、建言献策研讨、科普宣讲等各类学术会议、论坛、活动的机会。

第二十四条 中国科协相关管理部门及中国科技发展基金会应当承担以下责任：

（一）具体负责本计划的总体设计、组织实施、资金管理和学术资助等工作；

（二）日常指导全国学会、省级科协、高校科协实施本计划；

（三）按照学术资助范围，制定并公布全国学会举办的高水平学术会议清单、“中国科技期刊卓越行动计划”入选期刊和中国科协高质量科技期刊分级目录T1、T2区期刊列表；

（四）按照资助标准，统一拨付学术资助经费至入选者导师团队的科研账户；

（五）筹集社会资助经费，建立社会资助经费财务管理与使用体系。

第七章 管理与监督

第二十五条 推荐上报、审核管理。

高校科协、省级科协应当按照遴选条件，本着公平、公正、公开的原则推荐候选人，做好材料审核等工作，对上报信息的真

实性、准确性负责。入选者在托举期内出现毕业、休学、退学等学籍信息变化或其他有关情况的，高校科协应及时通过省级科协向中国科协报告。

第二十六条 入选者在托举期间出现以下情形之一，终止托举服务：

- （一）毕业；
- （二）休学、退学；

（三）经查实，存在学术造假、学术剽窃、学术侵权、不守科研伦理规范等学术不端行为；

（四）有违法违纪行为，造成严重不良影响的；

（五）其他需要终止托举的原因。

第二十七条 托举期满，全国学会和高校科协对入选者成长情况进行评价；中国科协对全国

学会托举成效和省级科协推选情况进行评价。

第八章 附 则

第二十八条 本办法自印发之日起试行。

第二十九条 本办法的解释权、修订权归中国科协组织人事部。○

来源：中国科协



关于征集自动化、信息及智能科学领域科普成果的通知

为深入贯彻落实国务院《新一代人工智能发展规划》、《全民科学素质行动规划纲要（2021—2035年）》及《中国科协关于新时代加强学会科普工作的意见》，传播自动化、信息及智能科学领域新知，搭建多主体参与、多样化传播的共建共享平台，打造以“科普专家+科普教育基地+科普作品+科普活动”四位一体的“科普之翼”，中国自动化学会现面向社会广泛征集自动化、信息及智能科学领域科普成果，详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4944.html>

一、征集内容

（一）科普文章。主要征集包括但不限于自动化、信息及智能科学领域内已发表或未发表文章。要求文章图文并茂，具备一定的科学性、传播性、易读性及时效性，字数不少于800字，配图不小于1M；

（二）科普视频。主要征集包括但不限于自动化、信息及智能科学领域内科普视频。要求视频画面、声音清晰，内容完整，具备一定的原创性、科普性、趣味性。

二、征集时间

即日起至2024年10月31日止

三、科普作品要求

（一）坚持正确导向，思想正确、史实准确；

（二）不含涉密或敏感信息，可公开；

（三）提供科普作品应为原创作品，须附原创自声明的盖章（签名）纸质版扫描件，科普作品无知识产权纠纷，并授权中国自动化学会拥有转授权；

（四）科普视频格式采用mp4、mov、rmvb均可，画面分辨率不低于720P，声音清晰，尽量配字幕，亦可同时提供视频源文件。

四、发布方式

征集到的科普作品将通过科普中国官网、学会微信公众号、视频号、B站、爱奇艺等平台发布，同时科普文章将会在《中国自动化学会通讯》刊载。

五、报送方式

烦请您将科普作品以“科普文章/视频+作品标题+单位/作者”的格式命名，并附个人简介、照片及200字以内科普作品简介，于2024年10月31日前发送至学会邮箱 caa@ia.ac.cn。

工业机器人行业规范条件（2024 版）

为进一步规范工业机器人行业管理，引导企业良性竞争，推动行业高质量发展，根据国家有关法律法规和产业政策，制定本规范条件。

一、总则

（一）本规范条件适用于中华人民共和国境内的工业机器人关键零部件（指减速器、伺服驱动系统、控制器等工业机器人关键零部件）、本体制造及集成应用企业，是促进行业技术进步和规范发展的引导性文件，不具有行政审批的前置性和强制性。

（二）鼓励企业按照本规范条件自愿申请规范公告，工业和信息化部对符合规范条件的企业实行公告管理。

二、基本要求

（三）依据国家法律法规设立，符合机器人产业发展政策要求，具有独立法人资格，取得企业法人营业执照，且从事工业机器人相关业务时间不少于三年。

（四）具有固定的研发和生产场所，并与企业的研发能力和生产规模相适应。

（五）有良好的资信和公众形象，有良好的履约能力，依法纳税，近三年无违反国家法律法规的行为，无重大质量、生产安全等事故，无不正当竞争行为。

（六）研发生产的产品应符合知识产权保护方面的法律规定，且近三年内未出现侵权行为。

（七）财务状况良好，财务数据真实可信，并在中华人民共和国境内登记的会计师事务所审计。

（八）近三年，关键零部件制造企业营业收入年均不小于 3000 万元；本体制造企业营业收入年均不小于 5000 万元；集成应用企业营业收入年均不小于 1 亿元。

三、技术能力和生产条件

（九）上年度营业收入小于 5000 万元（含）的企业，近三年每年研发经费投入不低于营业收入的 5%；上年度营业收入在 5000 万元至 2 亿元（含）的企业，近三年每年研发经费投入不低于营业收入的 4%；上年度营业收入在 2 亿元以上的企业，近三年每年研发经费投入不低于营业收入的 3%。

（十）单独设立研发团队或部门，具备产品（含软硬件）数字化研发设计能力，可根据客户需要设计开发相应产品。

（十一）建有数字化车间或智能工厂，部署智能制造装备，集成相应的工业软件和网络，能够实现规范化的工艺生产流程。

四、质量要求

（十二）建有质量管理体系，建立从原材料、半成品、生产过程工艺参数、产品出厂等完整的监测体系，能够对产品质量问题进行精准追溯和管理优化。

（十三）具备与企业生产及服务相适宜的过程检测和出厂检测设备和手段，检测设备和能力应符合国家相关标准的技术要求并按规定进行法定校准，且配备相应的人力资源，确保从事对产品质量有影响工作的人员具备必要的的能力。

（十四）企业应按照 GB/T 19001 或 ISO 9001 等先进质量标准建立质量管理体系，且经在境内设立的认证机构认证。

（十五）企业应参照相关国家标准的要求建立涵盖产品实现、

基础保障等方面的企业标准体系，并有效持续运行。

（十六）企业在以下标准适用范围内的产品，应符合以下标准（或等同国际标准）：

1GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小；

1GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件；

1GB/T 16855.1 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则；

1GB/T 38326 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 抗扰度试验；

1GB/T 38336 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 发射测试方法和限值；

1GB 11291.1 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人；

1GB 11291.2 机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第2部分：机器人系统与集成；

1GB/T 36008 机器人与机器人装备 协作机器人；

1GB/T 10827.4 工业车辆 安全要求和验证 第4部分：无人驾驶工业车辆及其系统。

（十七）企业研发、生产的工业机器人关键零部件、本体、集成系统等主营产品须获得中国机器人认证（CR 认证）。

五、人员素质

（十八）企业管理团队中应有

专人负责技术、质量管理工作，且具有相应的技术背景或主管相关工作经验的经验。

（十九）企业从事研发和技术创新活动的科技人员占企业当年职工总数的比例不低于10%。

六、销售和售后服务

（二十）具备与其所开展的系统集成、技术服务等活动相适应的人员、设备和设施，建有产品部署、运维、升级所需的服务系统，可根据客户提供现场或远程服务。

（二十一）产品售后服务要严格执行国家有关规定并建有完善的产品销售和售后服务体系，指导用户合理使用产品，为用户提供相应的操作培训和维修服务。

（二十二）产品质保期不少于1年。

七、安全管理和社会责任

（二十三）企业应遵守《中华人民共和国安全生产法》等法律法规规定，完善安全生产条件，确保安全生产。近三年未发生较大、重大和特别重大生产安全事故，未发生造成重大社会不良影响事件。

（二十四）企业应遵守《中华人民共和国环境保护法》等法律法规及环境标准，严格落实国家与地方生态环境保护要求。近三年未发生重大或者特别重大环境污染事件和生态破坏事件。

（二十五）企业应遵守《中华人民共和国网络安全法》《中华人民共和国数据安全法》《中华人民共和国个人信息保护法》等法律法规，加强网络和数据安全管理，保障网络和数据安全。

（二十六）企业用工制度应符合《中华人民共和国劳动合同法》规定。

八、监督管理

（二十七）各级工业和信息化主管部门要加强对工业机器人行业的管理，引导企业按照规范条件要求，加快提升技术能力，提高产品质量，规范企业管理。

（二十八）经企业自愿申请，注册地省级工业和信息化主管部门或所属中央企业（集团）核实推荐，工业和信息化部对符合规范条件的企业进行公告。

（二十九）有关行业协会应自觉推动规范条件宣贯，加强行业指导和行业自律，全面推进行业高质量发展，协助政府有关部门做好行业管理工作。

九、附则

（三十）本规范条件所涉及的标准规范和相关政策法规按其最新版本执行。

（三十一）本规范条件由工业和信息化部负责解释，并根据行业发展情况适时进行修订。

（三十二）本规范条件自2024

年8月1日起实施,《工业机器人行业规范条件》(工业和信息化部2016年第65号公告)同时废止。

附件2 工业机器人行业规范条件管理 实施办法(2024版)

第一章 总则

第一条 为促进工业机器人行业持续健康发展,根据《工业机器人行业规范条件(2024版)》(以下简称《规范条件》)有关规定,制定本办法。

第二条 工业和信息化部对符合《规范条件》的工业机器人企业实行公告管理,企业按自愿原则进行申请。

第三条 本办法适用于中华人民共和国境内的工业机器人行业企业。

第二章 职责分工

第四条 工业和信息化部负责对申请公告企业材料进行审核、公示并公告发布符合《规范条件》的工业机器人企业(以下简称规范企业)名单,负责对规范企业监督检查、调整、撤销公告等工作。

第五条 各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门(以下简称省级工业和信息化主管部门)、有关中央企业(集团)(以下简称央企集团)作为推荐单位,负责本

地区(本集团)申请公告企业的初审、数据汇总及材料报送,对本地区(本集团)规范企业进行监督管理。

第六条 规范企业应自觉保持符合《规范条件》,按照本办法的要求认真开展自查自评,积极配合监督、检查。

第三章 申请、审核及公告

第七条 申请公告企业编报《工业机器人行业规范企业申请报告》(格式见附1)并按要求提供相关证明材料,通过注册地省级工业和信息化主管部门或所属央企集团向工业和信息化部提出申请。申请企业应对其材料真实性、完整性负责。

第八条 省级工业和信息化主管部门、央企集团负责对本地区(本集团)的企业申请材料进行初审,并按照《规范条件》要求对企业相关情况进行核实。初审合格后将企业申请材料报送工业和信息化部。

第九条 工业和信息化部委托第三方机构组织专家对申请企业进行评审。

第十条 工业和信息化部对通过专家评审的企业进行公示,公示无异议后予以公告。

第十一条 公告企业有效期为三年,企业应于每次到期之日起三个月内提出《工业机器人行业规范

企业延期申请报告》(格式见附2)并按要求提供相关证明材料。省级工业和信息化主管部门、央企集团负责对本地区(本集团)的企业申请材料进行初审。初审合格后将企业申请材料报送工业和信息化部,由工业和信息化部组织复核,复核通过的,有效期延长三年。逾期未提交延期申请报告,视为放弃规范企业公告。

第四章 监督检查

第十二条 监督检查采取企业自查自评和现场检查相结合的方式,主要检查规范企业达标项和年度指标符合《规范条件》的情况。

第十三条 规范企业应于每年4月30日前提交上一年度的自查自评报告(格式见附3),由注册地省级工业和信息化主管部门或央企集团审核后于5月31日前报工业和信息化部。

第十四条 省级工业和信息化主管部门、央企集团应适时对本地区(本集团)的规范企业进行现场检查。对每个规范企业的现场检查原则上不应少于每三年一次。

第十五条 工业和信息化部委托第三方机构组织专家对规范企业自查自评报告进行审查,并根据实际情况和管理需要,不定期组织对规范企业保持符合《规范条件》情况进行现场抽查。

第十六条 鼓励社会组织、公众和媒体对规范企业进行监督。

第五章 变更

第十七条 规范企业发生下列情况之一时，应于变更发生之日起三个月内提出变更申请报告（格式见附4）。

- （一）企业名称发生变化的；
- （二）企业注册地址、生产地址发生变化的；
- （三）中央企业隶属的央企集团发生变化的；
- （四）企业发生分立的；
- （五）企业进行兼并、重组导致公告内容发生变化的；
- （六）企业经营业务改变导致公告内容发生变化的。

第十八条 省级工业和信息化主管部门或央企集团对企业变更申请报告进行初审，合格后报工业和信息化部。

第十九条 工业和信息化部审核合格后进行变更公告。

第二十条 逾期未重新提出申请的，视为自动放弃原规范企业公告。

第六章 整改

第二十一条 规范企业发生下列情况之一时，应进行整改：

- （一）年度自查或年度检查发现问题的；
- （二）经核实自查自评报告存在虚假统计数据的；

（三）其他不符合《规范条件》要求的。

第二十二条 省级工业和信息化主管部门或央企集团应督促企业在规定期限内进行整改。被要求进行整改的规范企业，应在完成整改后及时将有关材料经相应的省级工业和信息化主管部门或央企集团报工业和信息化部。由工业和信息化部组织复核，复核通过的，保留其规范企业公告。

第二十三条 企业在三个月内没有完成整改或整改不合格的，将按照相关程序撤销其规范企业公告。

第七章 撤销公告

第二十四条 规范企业有下列情况之一的，经核实确认后，工业和信息化部将撤销其规范企业公告：

- （一）一年以上无工业机器人相关销售业绩的；
- （二）两年以上无新接工业机器人相关订单的；
- （三）已停产，并宣布破产或进入破产清算程序的；
- （四）被兼并，无独立法人资格的；
- （五）填报相关资料有重大弄虚作假行为的；
- （六）拒绝接受监督检查的；

（七）未按时上报年度自查自评报告的；

（八）不能保持符合《规范条件》，并且拒绝整改或在规定期限内整改仍未达到要求的；

（九）未在规定期限内报告重大变化情况的；

（十）发生经相关政府部门认定的重大责任事故并造成严重社会影响的；

（十一）发生其他不符合《规范条件》要求的重大事项的。

第二十五条 对拟撤销规范企业公告的，工业和信息化部将书面告知相关企业，听取企业的陈述和申辩。相关企业在收到书面告知函之日起30日内，可书面提出陈述或申辩。逾期未提出的，视为自动放弃陈述和申辩。

第二十六条 被撤销规范企业公告的，从被撤销之日起2年内不得再次申请《规范条件》公告。

第八章 附则

第十七条 本办法由工业和信息化部负责解释，并根据行业发展情况适时进行修订。

第二十八条 本办法自2024年8月1日起实施。《工业机器人行业规范管理实施办法》（工信部装〔2017〕161号）同时废止。○

来源：中华人民共和国工业和信息化部



中国自动化学会

中国自动化学会(Chinese Association of Automation, 缩写CAA)于1961年成立,是我国最早成立的国家一级学术团体之一,是中国科学技术协会的组成部分,是发展我国自动化科技事业的重要社会力量。学会现有个人会员8万余人,团体会员单位300余个,专业委员会64个,工作委员会11个,30个省、自治区、直辖市设有地方学会组织,覆盖了我国自动化科学技术领域的各个层面。

中国自动化学会在改革中求发展,不断加强群众组织力、学术引领力、社会公信力和国际影响力。近年来,中国自动化学会重点从学术交流与应用推广、组织建设与会员服务、科技评估与人才评价、课题研究与决策支撑、科学普及与继续教育等方面开拓创新,推动中国自动化科学和事业的发展 and 壮大,成为连接政府、产业、学术、科研、会员的重要纽带,致力于成为国内外有影响力的现代社会团体组织。

学会品牌学术活动

- 中国自动化大会 · 中国认知计算与混合智能学术大会 · 中国自动化与人工智能教育大会
- 国家智能车发展大会 · 国家机器人发展大会 · 国家智能制造大会 · 国家工业软件大会
- 青年菁英系列活动 · 智能自动化学科前沿讲习班 · 钱学森国际杰出科学奖系列讲座
- 中国控制会议 · 中国过程控制会议 · 青年学术年会

学会奖励奖项

- CAA科技进步奖 · CAA自然科学奖 · CAA技术发明奖 · CAA自动化与人工智能创新团队成果奖
- CAA科技成就奖 · CAA大学生激励计划 · CAA论文卓越行动工程 · CAA青年托举工程
- CAA教育教学成果卓越行动工程 · CAA科学普及成果

学会主办期刊

- 中国自动化学会通讯 · 自动化学报 · 自动化学报(英文版)
- 信息与控制 · 机器人 · 模式识别与人工智能 · 电气传动
- 自动化博览 · 国际智能控制与系统学报(英文)



官方微信



官方微博

地址:北京市海淀区中关村东路95号自动化大厦

网址:<http://www.caa.org.cn/>

电话:010-62522472

传真:010-62522248

邮箱:caa@ia.ac.cn

邮编:100190