

中国自动化学会通讯

COMMUNICATIONS OF CAA

第 8 期

2024年08月

第45卷 总第251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

第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会

智能健康与生物信息学术报告会

生物大分子“语言”的 AI 解析与设计 / 汪小我 P004

抑郁症自动诊断评估方法及其标准化研究 / 栗觅, 岳京松 P008

机器人智能辅助介入手术关键技术与临床实践 / 周小虎 P012

心电检测关键技术与产品延伸：创新力与应用前景 / 赵冰 P016



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 8 月 31 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



郑南军

在科技日新月异的今天，智能健康与生物信息领域逐渐成为全球瞩目的焦点。人工智能、大数据、云计算等前沿技术的飞速发展，正为健康医疗行业带来一场前所未有的深刻变革。

在智能健康领域，可穿戴设备和健康监测应用程序等前沿工具，使得实时监测健康状况成为可能。同时，人工智能技术在医疗诊断中的应用，正在革新传统的医疗服务模式。在生物信息领域，基因测序技术的普及和生物大数据的积累，为我们深入了解人体的生物学特征和疾病发生的机制提供了前所未有的机会。这些技术革新不仅为医疗行业带来了巨大的变革，也为我们每个人的健康福祉提供了新的希望。

为深入探讨这一领域的最新研究成果和发展趋势，2024年7月6日，由中国自动化学会、保定市科学技术协会主办，保定市知识产权协会协办的第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会——智能健康与生物信息学术报告会在河北保定召开。本次学术报告会邀请相关领域的专家学者、技术负责人和企业代表共聚一堂，从基因编辑到精准医疗，从人工智能辅助诊断到生物信息大数据分析，专家们深入交流了各自在智能健康与生物信息领域的最新研究成果和创新应用，共同探索健康产业的创新模式和发展路径。

本期专刊聚焦“智能健康与生物信息学术报告会”，为大家分享了清华大学汪小我教授的“生物大分子‘语言’的AI解析与设计”，北京工业大学栗觅教授、岳京松博士的“抑郁症自动诊断评估方法及其标准化研究”，中国科学院自动化研究所周小虎研究员的“机器人智能辅助介入手术关键技术与临床实践”，康泰医学系统(秦皇岛)股份有限公司市场总监赵冰的“心电检测关键技术与产品延伸：创新力与应用前景”4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智能健康与生物信息领域新的探讨与思考。



专题 / Column

- 004 生物大分子“语言”的 AI 解析与设计 / 汪小我
- 008 抑郁症自动诊断评估方法及其标准化研究 / 栗觅、岳京松
- 012 机器人智能辅助介入手术关键技术与临床实践 / 周小虎
- 016 心电检测关键技术与产品延伸：创新力与应用前景 / 赵冰

观点 / Viewpoint

- 019 张钹院士：走进“无人区” 探索人工智能之路
- 024 邬贺铨院士：发力互联网平台赋能数字化转型
- 026 工信部部长金壮龙：人工智能成为影响未来发展的关键变量

科普园地 / Science Park

- 030 什么是科学学？ / Albert-László Barabási 等
- 039 物质、生命和演化的统一科学：超越牛顿第三定律 / Ram C. Poudel

学会动态 / Activities

- 047 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开幕
- 051 “劳动筑梦，智启未来”——2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛圆满落幕
- 053 中国自动化学会十一届二十九次理事长、一届二十次监事长工作会议召开





- 054 提升学术会议举办能力服务活动在京召开
- 055 中国自动化学会组织召开浙江工业大学科技成果鉴定会
- 056 第三十五届中国过程控制会议成功举办
- 058 第43届中国控制会议在昆明成功召开
- 061 第三届分数阶系统与控制会议在西安圆满召开
- 062 中国自动化学会职业教育工作委员会成立大会成功召开

党建强会 / Party Building

- 063 习近平：关于《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》的说明

- 068 习近平：实现建军一百年奋斗目标，开创国防和军队现代化新局面
- 069 中国自动化学会在京举办2024年第2期“百名科学家讲党课”活动
- 070 中国自动化学会十一届十八次党委工作会议召开

形势通报 / Voice

- 071 工业和信息化部主责国家重点研发计划重点专项管理实施细则
- 079 支持科技创新专项担保计划



生物大分子“语言”的 AI 解析与设计

文 / 清华大学 汪小我

导读：2024年7月6日，由中国自动化学会、保定市科学技术协会主办，保定市知识产权协会协办的第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会——智能健康与生物信息学术报告会在河北保定召开。会议特别邀请清华大学教授汪小我，作了题为“生物大分子‘语言’的AI解析与设计”的主旨报告。该报告指出，解读生物大分子语言的编码规则，破解序列与功能之间的复杂映射关系，是理解生命过程并实现按需构建人工合成生物系统的关键。报告尝试利用人工智能强大的归纳与学习能力，实现生物大分子“语言”的解析与设计。一方面发展可解释智能学习模型，通过解析神经网络从海量基因型和表型数据中学习到的模式，挖掘可理解的结构化知识；另一方面提出生成式AI与生物实验相结合的生物序列设计方法，通过在虚拟与物理世界的循环迭代，实现对基因调控规律的解读与按需定制的人工基因调控序列的生成。

基因编码的解析和人工智能一样，是过去三十年中发展最快的领域之一。在过去的这些年里，我们对基因的理解逐渐从物质基础延伸到通过人类基因组计划解析其信息。如今，随着基因编辑与合成技术的快速发展，进入了基因设计和构造的阶段。

一、基因编码与设计的发展

早期的生物信息学和生物学主要通过正向解读的方式来理解基因编码过程，例如分析自然界中基因的排列方式、规律、基因编码过程以及相应的蛋白质等。所谓的逆向构造，则是从功能需求出发，将基因视作工程学的对

象，通过借鉴自然并尊重自然的思想，理解其背后的规律，从而创造出具有特定功能的生物系统。正如习近平总书记在“两院”院士大会上的讲话中提到的，对生物大分子和基因的研究正进入精准调控阶段，从认识生命、改造生命走向合成生命、设计生命。这一进展带来了许多机遇，也提出了诸多挑战。

过去，该领域的核心生物技术瓶颈主要有三方面，但近年来均已取得了关键性突破。首先是DNA测序技术，简称“读”，通过测序仪逐步解析基因组中ACGT的排列方式。上世纪90年代启动的人类基因组计划，需

要全球科学家通力合作，花费十多年时间和数十亿美元，才能完成一个人基因组序列的测定。而如今，测定一个人的基因组仅需几百元人民币，且已有成千上万物种的基因序列被解析出来，包括已灭绝的剑齿虎和猛犸象的基因组。

其次是DNA合成技术，即“写”，通过化学方式从头合成DNA大分子。当我们在计算机中设计一串ACGT排列的字符串后，可以将其交给序列合成公司，几天后即可收到按照设计合成的DNA干粉。对这些DNA进行一系列生物操作后，将其放入细胞中，可能会改变细胞的形态和

功能。

第三是基因编辑技术，即“改”，这也是2020年诺贝尔奖的获奖技术，能够在活体细胞中进行原位基因修改。有了“读”“写”“改”技术后，我们不仅能够读取生命信息，还可以将这些信息重新写入生物体内。

细胞像计算机编译器一样，读取所放入基因代码中的信息，并在蛋白质中释放这些信息。抽象来看，这些信息可以使DNA大分子编码传感元件，通过分子间的相互作用进行计算，最终决策影响细胞的形态和功能。从这个角度来看，最核心的问题在于如何对序列内的ACGT碱基进行编码，即如何编写基因调控指令、解析和重构基因网络，以及预测和控制细胞状态。这些问题与机器人控制领域面临的问题相似，但生物系统和机器系统既有相似之处，也存在许多不同点。

正如诺贝尔奖得主Jennifer Doudna所言：“通过生物学与计算科学的交叉对基因进行编程，将以我们难以想象的方式对疾病治疗和药物研发产生巨大的影响。”

从抽象的角度来看，我们面临的核心问题是解决生物信息学和合成生物学设计中的方程。系统的输入是生物大分子序列，可以是DNA序列、RNA序列或氨基酸序列，而 y 则代表不同层次

的功能。解析生物学规律的本质在于建立正向映射函数，即给定一段DNA，能够预测其编码的功能；给定一段氨基酸序列，可以预测其折叠成何种三维结构。逆向问题则是从预期功能出发，找到对应的逆映射函数，以功能为导向实现生物序列的设计。显然，解决逆向问题需要对系统深刻理解，其搜索空间和难度比正向问题更大，面临跨尺度、非线性、高维度、强耦合等一系列挑战。因此，这一问题在过去难以解决，但随着人工智能技术的发展，近年来在该领域逐渐取得了新的进展。

二、基因密码解读与AI模型的解释性方法

基因调控过程的核心难点在于，尽管每个细胞中的DNA是相同的，但在发育过程中，同样的DNA序列在不同细胞类型和环境下会表达出不同的蛋白质，从而执行不同的功能，形成复杂的个体。例如，在细胞A中，一段DNA可能促进高水平的基因或蛋白质表达，而在细胞B中，尽管DNA相同，由于环境的变化，这些基因或蛋白质可能不表达。

这就像一种语言，背后遵循着特定的语法规则。例如，不同的蛋白质会识别并与DNA上的特定序列发生相互作用，这些单词在生物学中称为motif。单个蛋

白质结合不足以决定基因的表达，通常需要多个蛋白质按照特定顺序组合在一起，形成复杂的控制系统，才能激活下游基因。破译这些语法规则、识别其中的单词及其排列方式，是生物学中的基础性问题。

生物学家开发了一系列生化方法来捕捉蛋白质与DNA序列之间的相互作用。然而，生化实验一方面成本高昂，操作复杂，另一方面每次只能捕获单个因子与DNA之间的作用，很难捕捉到组合的语法规则。因此，如何从海量数据中学习这些规律成为一个重要问题。

可以将这个问题类比为分类问题。系统输入为一组DNA序列，对于生物系统来说，读取DNA信息并作出判断，即这段DNA是否启动下游基因的表达。在细胞内通过生化反应进行判别，而我们可以利用神经网络，通过大量数据的学习，来判断DNA序列是否在特定环境下启动下游基因。如果神经网络学能够很好地进行分类，说明它已经学习到了关键的生物信息。关键在于如何打开这个“黑盒子”，解析神经网络内部的规则语法，以帮助理解底层的生物学逻辑。

神经网络的解释性问题在计算机视觉等领域也有很多研究，但在处理生物大分子序列时，由于信号的复杂性和混杂性，在浅

层较容易解析，而进入深层后，由于需要单分子、单字符分辨率才能识别具体模式，信号变得难以解析。我们通过分析神经网络中的信息流走向发现，在浅层卷积神经网络中，不同序列在不同位置的特征图分辨率较高；而在深层神经网络中，随着池化操作增多，空间分辨率丢失，导致信号混杂，无法单独解析出独立的模式。

这种现象在视觉神经科学中也有类似发现，即所谓的“多面神经元”现象。在生物大分子序列解析中，由于信号混合，浅层信号易于解析，而深层信号则变得复杂，需要更高分辨率的分析技术才能准确解读。

针对这一挑战，我们提出了一种深度模型的解释方法，称为 NeuronMotif。我们结合 MCMC（马尔科夫链蒙特卡洛）与遗传算法，寻找能够充分激活深层神经元的样本。基于深层神经元的激活模式，逆向触发特征图，逐层递归聚类，并根据空间分辨率将混合模式逐层解析，最终获得能够在浅层区分的语法模式。这一方法使我们能够清晰地看到卷积神经网络在处理生物大分子序列时所捕捉的模式。

传统上，Motif 是通过概率矩阵定义的，而现在我们可以通过神经元来定义 Motif。浅层神经元捕捉局部的 Motif 信息，而

深层神经元则捕捉组合模式。我们可以将浅层信息理解为单词表，将深层信息归纳为语法树，通过组合形成复杂的基因调控模式。

通过 NeuronMotif 方法，我们能够对通过基因组元件进行预训练的神经网络进行可视化解析。例如，某个转录因子识别位点的偏好性表明样本蛋白，会决定中间空隙的卷积数量，存在一定的灵活性。数据库中的常见模式往往混合了不同模式，而 Neuron-Motif 能够分离这些混合信号，识别和区分不同的模式。生物学家通过实验验证了这些蛋白可以识别不同的模式，如果不能分解这些信号，关键信息可能会丢失。NeuronMotif 能自动将混合信号分解，从而获取更清晰的蛋白质和 DNA 相互作用模式。

这一方法不仅适用于蛋白质解析，还能显著提升神经网络预测肿瘤新抗原的能力。通过对抗原序列识别模式的分析，我们能够发现规律，显著提高识别效率，并诊断神经网络的训练效果。一个好的神经网络能识别清晰的模式，而训练不佳的网络则会出现神经元“死核”，即某些模式无法激活特定神经元。通过神经网络的可视化，一方面可以提高训练效果，另一方面可以帮助我们解析背后的生物学规律。

三、生成式 AI 与生物实验迭代的生物分子序列方法

在生物工程领域，从特定功能出发创造新序列一直是一个重要的研究方向。传统方法如人工驯化和太空育种，试图通过筛选遗传物质来获得具有优良功能的个体。然而，这些方法面临的核心挑战在于搜索空间的庞大。例如，长度为 N 的 DNA 序列，其可能的组合数为 4^N ，这一空间极其庞大。尽管生物的物理化学性质和蛋白质结合位点等约束会减少某些组合的可能性，但自然界进化出来的物种实际上只在这个庞大空间中填充了非常稀疏的点，而现有方法如太空育种通常仅在这些稀疏点的周围做小范围搜索。

自然进化主要通过突变和选择两个步骤不断迭代：突变产生各种变异体，而适应度高的变异体则通过自然选择得以保留。我们希望模拟并加速这一过程，通过在计算机空间加速变异体的产生速度，并在虚拟空间中实现适应度的筛选过程。为此，我们提出了“干”实验和“湿”实验相结合的计算框架。

“干”实验在计算机空间中进行，通过大量已有数据训练生成式 AI 模型，从而在虚拟空间中抽样生成一系列变异体。生成的变异体通过适应度预测模型进

行筛选，并通过进化计算优化生成模型。最终，筛选出数量较少的高适应度变异体序列，在实验室中进行实际的生化实验功能验证。

“湿”实验则是在生化实验中进行的。筛选出的序列经过实际合成，放入细胞中进行功能验证，观察其在细胞中的表现。实验结果再反馈到虚拟空间中，进一步迭代优化。

为了实现全新生物分子的产生，我们构建了双重对抗框架。一方面，通过生成对抗网络（GAN）在计算空间中学习天然DNA调控序列的分布，并从中抽样生成新的序列。另一方面，将生成的序列在细胞中进行实验，利用细胞中的分子机器作为分类器判断序列是否具备预期功能。进一步将实验结果反馈给模型，二者不断迭代进行优化。这一方法在大肠杆菌中产生了人工高活性序列，并显著提高了肿瘤新抗原的预测能力和基因元件设计的效率。

此外，我们尝试将生成式AI模型与生物学家的先验知识结合，提出了条件式的生成框架。生物学家可以固定某些重要序列片段，由AI模型填充剩余部分。这种方法既保证了生成序列的多样性，又符合生物学约束。通过这一方式，我们在大肠杆菌和人细胞中优化设计了启动子序列，取得了

优于传统方法的实际效果，显著提升了DNA序列的功能。结合生成对抗网络与先验知识的方法，不仅显著提高了序列设计的效率，还帮助我们理解了生物序列中的弱信号模式。

整合上述序列设计方法，我们开发了智能化系统软件包，用于基因调控序列的生成和设计，期待其在不同应用领域中发挥重要作用。

四、未来展望

AI与合成生物学的结合，有望极大加速我们对生命的理解和设计。可以将生物序列空间想象成一个庞大的空间，而现有的自然界生命或已实验的样本仅在这个空间中占据非常稀疏的点。通过AI预测模型，可以在这些稀疏点之间进行插值，推测周围点的功能。然而，单凭现有数据和预测模型并不足以全面探索这个庞大的编码空间。

利用生成式AI与合成生物学技术，我们能够基于现有样本点进行新的空间抽样和探索，并通过合成生物学实验在物理空间中测试这些新样本。将实验结果反馈给AI模型，二者间的不断迭代，有望加速对生物大分子编码空间的探索和理解，从而逐步打开这张“地图”，获得更全面的生物大分子设计和理解。

这一领域的快速发展有望带

来一系列颠覆性的变革。例如，近年来已经出现了一些令人兴奋的新药物，如SMA基因治疗药物，这种药物通过基因改造的方式治疗了传统方法无法治愈的疾病。2019年，SMA基因治疗药物获得批准，并于2022年底进入中国市场，售价约为1300多万元人民币一针。尽管价格昂贵，但效果显著，全球已有2000多人接受治疗，基本上一针即可康复。这类药物被称为可编程药物，如mRNA疫苗和AAV基因治疗。麦肯锡预测，到2035年，全球约45%的疾病可以通过这种方式进行颠覆性的治疗，产生数万亿美元的市场价值，提供广阔的应用前景。

未来生物技术的发展不仅依赖于已经成熟的基因测序和基因编辑技术，更需要AI技术在DNA、RNA和蛋白质生物大分子的功能预测、规律发现和设计中的支撑作用。英国在去年发布的工程生物学国家报告中，提出在国家层面建立编程生物学中心，这不仅是传统编程语言的应用，更重要的是通过AI预测和设计系统，对生物大分子的功能进行设计和创造。

AI与合成生物学的结合将会在未来带来更多的畅想空间和实际应用。通过这一领域的持续探索和进步，我们有望实现对生物系统更深层次的理解和更精确的

设计，从而为人类健康和生物技术的发展带来新的突破。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



汪小我，博士，清华大学自动化系长聘教授，国家杰出青年基金获得者。曾获全国百篇优博奖、中国自动化学会青年科学家奖、教育部自然科学一等奖等，担任中国人工智能学会生物信息学与人工生命专委会主任、中国生物工程学会青工委首创主任等。主要从事人工智能与生物和医学的交叉研究，研究兴趣包括基因组大数据挖掘、生物网络建模、人工合成基因元件的智能设计等。

抑郁症自动诊断评估方法及其标准化研究

文 / 北京工业大学 栗觅、岳京松

导读：2024年7月6日，由中国自动化学会、保定市科学技术协会主办，保定市知识产权协会协办的第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会——智能健康与生物信息学术报告会在河北保定召开。会议特别邀请北京工业大学信息科学技术学院栗觅教授、岳京松博士，作了题为“抑郁症自动诊断评估方法及其标准化研究”的主旨报告，报告深入分析了现有心理健康评价体系，识别了包括量表评价局限性在内的若干问题，并提出了基于人工智能技术的创新解决方案。研究方法涉及脑科学与人工智能的交叉融合，依托中国脑计划的研究成果，通过与医疗机构的紧密合作，实现了数据采集与分析技术的突破。项目特别介绍了一种创新的数据采集方法，同时结合虚拟现实技术，对情绪反应进行实时监测与分析。此外，报告还展示了部分基于深度学习的分析模型，包括双通道一维卷积模型、串并行多尺度残差卷积模块以及宽度-通道注意力模块，这些模型显著提高了抑郁风险评估的准确性。

一、部委相关指导政策

近年来，情绪健康问题日益受到重视，国家在这一领域投入了大量人力物力，积极开展相关研究并提出指导方针。北京市科学技术委员会与中关村科技园区管理委员会发布的《北京市促进通用人工智能创新发展的若干措施（2023—2025）》中，强调了类脑智能等交叉学科的研究重点。

这些研究着重于大脑神经元连接模式、编码机制和信息处理原理，以此为基础，推动新型人工神经网络模型的建模与训练方法的创新。

在医疗领域的示范应用方面，该措施鼓励有条件的研究机构挖掘智能导诊、辅助诊断和智能治疗等场景需求，充分利用医学文献、医学知识图谱及医学影像等多模态医疗数据，构建基于医疗

领域通用模型与专业数据的智能应用。这一举措旨在实现对各种疾病症状的准确识别与预测，从而辅助医疗机构提升诊断、治疗和预防的决策水平。

国家卫健委于2020年针对抑郁症和老年痴呆症的特色服务工作提出具体目标，要求到2022年公众对抑郁症防治的知晓率达到80%，学生知晓率达到85%，抑郁症的就诊率在现有基础上提高50%，治疗率提高30%，年复发率降低30%。在筛查实施过程中，各类体检中心应纳入情绪状态评估，综合性医院建议开展自助抑郁症评测设备及相关服务。

二、现有情绪健康评价体系及方法

尽管提出的目标富有挑战性，精神类疾病的诊断、确诊、治疗及跟踪等环节常常面临困难，这源于其评估的复杂性。因此，在这一背景下，开展相关研究和防治工作显得尤为重要，具有深远的意义。

在抑郁症的诊断中，已有多种标准研究方法，其中最常见的是采用量表进行评估，主要通过医生的观察和情绪测量来判断。量表主要分为两类：他评和自评。他评量表由专业精神科医生、心理医生或经过培训的医务人员进行访谈，根据量表的各项条目逐项评分，具有较高的可靠性，但

其实施需在专业场所，由专业人员操作，便利性较差。常见的他评量表包括汉米尔顿抑郁量表（HAMD）和蒙哥马利抑郁量表（MADRS）。自评量表则由测试者根据量表指导进行自我评估，操作简单，通常在5至10分钟内完成，常见的包括自评抑郁量表（SDS）、贝克抑郁量表（BDI）以及国家卫健委推荐的PHQ-9量表，该量表包含9个问题，广泛用于抑郁症筛查。常用量表的特征中，汉米尔顿抑郁量表的各项目定义明确，但评分过程主要依赖医生的引导，而自评量表则需评价者充分理解引导语以得出评分。PHQ-9量表因其较高的全球普及率和良好的阈值分布而备受推崇，且可免费获取，便于研究和临床应用。

在介绍传统抑郁症评价方法后，可以发现其存在显著的局限性，主要体现在以下四个方面。首先，量表的全面性不足，缺乏对“情绪高涨”或“思维飘忽”等症状的评估，使得这些量表在狂躁症和精神分裂症患者中的适用性受到限制。这导致某些患者可能填报出正常的结果，尽管其实际状态并不正常。其次，传统量表缺乏对不同人群的细节划分与区分，尤其是青春期心理以“消极型”为主的个体，其在特定时期可能呈现出极端的数据，而这并不一定反映受测者的情绪异

常。第三，抑郁症量表通常需要专业医生在特定场所进行评测，才能得出相对准确的结论，这限制了其广泛应用的可能性。最后，自测量表往往具有明显的症状评估特征，具备一定素质的个体很容易揣测出评价内容，从而导致主观动机影响数据的真实性，产生假数据。此外，抑郁症的识别率整体低于20%，即使在医院内也难以进行准确的评估。因此，亟需开发更为全面和灵活的评估方法以克服这些局限性。

三、本项目研究背景

本项目具有坚实的研究基础，源于中国脑计划。该计划采用“一体两翼”的组织形式，其中一翼专注于相关疾病的早期诊断与干预，心理状态评估项目正是这一重要组成部分，与之紧密关联。我们与多所北京高校组成了高校研发联合体，持续在这一方向上进行研究和努力。

情绪研究与中国脑计划紧密相关，情绪状态的评估是对个体早期情绪状态进行系统、客观评价的重要手段。通过本项目，我们能够更深入地了解情绪健康与脑功能之间的关系，并探索心理压力、焦虑、抑郁等情绪状态对脑结构和功能的影响，为预防疾病进一步发展提供科学依据。

除了对健康人群进行情绪状态评估，本研究还将探索不同情

绪障碍患者的脑功能，为精神疾病的早期诊断和干预提供科学依据。对于表现出明显抑郁症状的患者，其杏仁核区域的状态与其他人存在显著差异，功能性核磁共振成像显示其活跃性显著降低。这种病理特征的明确划分表明，若能在早期阶段识别，将对延缓或治疗未来抑郁症患者具有重要意义。因此，情绪状态评估研究项目将在脑科学和情绪健康领域发挥关键作用，为深入理解情绪状态与脑功能的关系、推动情绪健康研究及改善情绪障碍的诊断与治疗水平作出重要贡献，进而提升公众健康水平，促进社会发展。

本项目纳入科技部 973 计划，并与首都医科大学附属北京安定医院抑郁症诊疗中心建立了长期合作，自 2017 年至 2021 年间共同发表了多项专利和相关学术论文。北京安定医院配备了专门的实验室和强大的功能性核磁共振设备，为研究提供了坚实的支持。

四、本项目研究方法

我们的研究方法具有一定创新性，自 2012 年开始相关研究，经过多次尝试和探索，发现了许多问题。2018 年，我们引入了虚拟现实（VR）设备，建立了全新的数据采集方案。具体而言，受试者佩戴虚拟现实头盔，通过 CMOS 相机采集瞳孔大小变化的

信息，观看情感诱发的三段严格控制的三维虚拟现实场景（平静、悲伤和高兴），实时获取眼部变化信息，从而形成时序信号，即“瞳孔波信号”，这是我们研究的生理信号基础。

选择瞳孔波作为数据采集基础的原因在于，瞳孔由颈交感神经和动眼神经共同支配，二者之间存在相互平衡的关系，调节机体的生命活动。瞳孔的变化不受大脑直接控制，因此在一定程度上能够客观反映个体的情感波动，从而成为理想的采集分析基础。

在分析方法方面，我们采用了几种关键技术。首先是双通道一维卷积模型，使用正性和负性差异的瞳孔波作为抑郁风险和焦虑风险评估的原始信号，分别构建两个通道，通过全连接层融合两个通道的数据。这一过程中，情绪激发视频包括喜悦（正性）、悲伤（负性）和关键的平静视频，正性与平静、负性与平静的比较为后续分析提供了基础。

另外，我们还应用了串并行多尺度残差卷积模块。在风险和交感风险评估中，受试者在接受情绪刺激时的情绪积累时间、反应强度和持续时间差异显著，因此多尺度特征捕捉瞳孔波特征，有助于深度学习模型学习更多语义相关特征，提高抑郁症的特征提取效果。本项目在卷积神经网络

的串并行维度上进行了多尺度实现，针对个体差异进行特征提取。

最后，我们引入了宽度一通道注意力模块。抑郁风险水平高的个体常表现出反刍性思维，导致情绪刺激过程中出现相似的情感特征和信息冗余。因此，在模型中对抑郁症表征区域和特点的相似性赋予更高权重，将有效提升抑郁风险和交流风险评估的效率。

抑郁症患者与常人在思维方式上存在显著差异，尤其是反刍性思维的表现。这种思维模式使患者陷入某种情感状态，难以自主脱离，形成闭环神经循环，从而导致情感状态的持续加重。针对这一特点，我们引入自注意力模块，以有效捕捉抑郁症患者与正常人之间的差异，提升最终评估的效率和表现。在自注意力机制中，关注宽度和通道维度的上下文依赖性，并对相关性更高的数据点给予更高的权重，以增强模型的表现。

在评估方法的比较中，我们采用了瞳孔波生理信号采集方式，并与主流模型进行对比。这些模型包括基于传统语音交互、面部识别及多模态混合的方法。研究结果显示，在均方根误差（RMSE）和平均绝对误差（MAE）方面，我们的方法表现最佳。

五、项目产品标准化工作

从2022年开始，我们针对研发的系統不断进行产业化尝试。2023年4月，学校组织的创新成果促进大会上，邀请了北京市委书记进行参观，他对我们的项目给予了高度肯定，并且随行人员也进行了现场测试。目前，该成果已在医院体检中心及其他高校逐步推广，并正在申请相关医疗许可。

为更好地推广产品，我们与北京理工大学、首都医科大学附

属北京安定医院等单位共同完成了一系列标准化工作。首先，建立了一套完整的情绪评估标准化体系，能够评估多种情绪评估设备，而不仅仅局限于单一设备，促进不同设备之间的相互比较。其次，将已有的评估方法作为标准设备基础，以便对非溯源性数据进行比较和分析，增强评估的可靠性。

此外，对情绪等级进行了量化，之前的评价虽然有分值，但缺乏合理的量化方法。通过标准

化工作，确定了量化方法，为未来的研究提供了依据。最后，提出了基于数据集的模型评估方式，作为评估方法的基准，这为将来利用数据分析或人工智能进行标准化设备比较提供了重要借鉴。本项目也涉及实验人员的参与，因此我们整合了伦理保护措施，确保实验人员的充分选择和保护，以支持未来相关研究的开展。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



栗苑，北京工业大学信息科学技术学院教授，博士生导师，北京市脑信息智慧服务国际合作基地副主任，中国自动化学会智能健康与生物信息专委会委员。长期从事抑郁症早期诊断、智能心理健康评估等方面研究工作，自主研发了基于情感带宽和瞳孔波技术的智能心理健康评估系统。相关工作发表在IEEE TIM, TCSS, ACM TOMM, 中国神经精神疾病杂志等国内外学术论文50余篇，获得美国和中国发明专利20余项，主持了国家973计划子课题、军委科技委国防科技创新特区项目、国家自然科学基金等科研项目10余项，并获得了2018年国家技术发明二等奖。



岳京松，北京工业大学信息科学技术学院模式识别研究所博士研究生，长期从事人体健康监测分析方法与产品的研究与开发。发表各类专业论文四十余篇；作为主要编写人员参与编制国家及行业标准十余项；作为国际电工委员会专家委员获“IEC 1906奖”；作为主要完成人获得各类专利授权超过20件。获得各类省部级科技进步奖6次。

机器人智能辅助介入手术关键技术与临床实践

文 / 中国科学院自动化研究所 周小虎

导读：2024年7月6日，由中国自动化学会、保定市科学技术协会主办，保定市知识产权协会协办的第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会——智能健康与生物信息学术报告会在河北保定召开。会议特别邀请中国科学院自动化研究所研究员周小虎，作了题为“机器人智能辅助介入手术关键技术与临床实践”的主旨报告，报告面向机器人智能辅助血管介入手术，从分析制约血管介入手术机器人智能化水平提升的诸多因素入手，着重讲述了智能影像分析与导航、专家操作技能建模与学习、机器人辅助手术临床实践等方面的相关研究进展。

中国科学院自动化研究所拥有模式识别国家重点实验室和复杂系统管理与控制国家重点实验室。为响应国家号召，这两个实验室于2022年底重组，合并为多模态人工智能系统国家重点实验室，该实验室是全国首批20家标杆国家重点实验室之一。

多模态人工智能医疗机器人团队在诊断机器人、手术机器人和康复机器人等方面取得了一些显著成果。诊断机器人主要基于超声进行远程诊断。手术机器人方面的研究重点包括血管介入手术机器人，以及血管介入手术机器人与超声机器人协作的心脏和大脑手术系统。康复机器人领域的研究涵盖了上肢康复、下肢康复和手部外骨骼康复。

一、研究背景

目前，心脑血管疾病是全球死亡率最高的一类疾病，已超越肿瘤，主要原因是血管内血脂代谢异常，导致血脂在血管内积累，使血管变得比正常血管更加狭窄，从而阻碍血液正常流通，导致脑卒中、心绞痛、冠心病等症状的出现。

对于心脏来说，最主要的表现是冠心病。当冠状动脉出现狭窄时，血流无法顺畅通过冠状动脉到达远端，导致远端心肌细胞死亡，从而引发心脏猝死或骤停等症状。传统的治疗方式是从患者体内取出大隐静脉或乳内动脉，分割并缝合到堵塞的血管两端，使血流通过搭桥血管流入冠状动脉的远端，从而恢复血流畅通。然而，这种手术需要打开患

者胸腔，创伤较大，且术后恢复时间较长。

在近二三十年间，发展出了一种新的手术方法，即血管微创介入手术。这种治疗方式利用细长的器械，包括导丝、导管、球囊和支架，通过X光影像导航，将器械通过血管腔道递送至冠状动脉的狭窄部位，通过球囊和支架扩张使血流恢复畅通。由于手术器械非常细小，犹如针一样放置在心脏上，因此被形象地称为“扎心”手术。该手术无需打开胸腔，创伤非常小，术后恢复非常快，患者通常一到两天就可以出院。然而，由于需要X光影像导航，医生在手术过程中会受到电离辐射的伤害，为了防止辐射，医生需要穿上约10公斤重的铅衣进行手术。对于简单的手

术来说,通常需要1至2个小时,但对于复杂的手术可能需要七八个小时,医生的职业病风险和工作强度都非常大。

临床中,医生常见的病变包括复杂的血管病变和简单的病变。简单病变通常是血管分叉处的狭窄,而复杂病变则包括迂曲病变、开口病变和分叉病变,这些病变相对简单病变更加复杂,血管的弯曲度更大,狭窄的数量也更多。对于简单病变,医生只需递送一根导丝并放置一个支架即可完成手术,而对于复杂病变,特别是分叉病变,需要医生同时操作两根导丝并放置两个支架,这对医生的手术技能要求非常高。

由于手术要求高,目前能够胜任此类手术的专家医生非常稀缺。另一方面,这些专家医生大多集中在沿海或发达城市的三甲医院,导致我国血管介入手术的发展存在优质诊疗资源发展不充分且分布不均衡的问题。因此,我们亟需智能化机器人技术来解决这一问题。

血管介入手术机器人应运而生,目前主要通过主观操纵台控制从端递送机构,两者可通过无线连接或5G连接实现。操纵台发送控制指令到从端,完成手术操作,而从端则通过通信方式将影像信息和触觉信息反馈到操纵台。通过这种主从操作方式,医生能够免受电离辐射的影响,可以在手术室外隔着铅板完成手术,且无需穿着铅衣,

大大降低了工作强度。智能算法的引入提高了操作精度,相较于医生手动完成手术,机器人操控的精度更高。此外,通过5G连接实现远程操控,专家医生可以在三甲医院中通过操控台远程控制基层医院的递送机构,从而将优质医疗资源下沉到基层医院。

目前,血管介入手术机器人主要有两种类型:主动介入机器人和被动介入机器人。主动介入机器人通过绳索驱动或磁驱动,使器械的远端具备柔性或移动自由度。由于额外加入了器械,主动介入机器人的直径较粗,主要用于大血管和心脏腔室的治疗。被动介入机器人则主要用于体外辅助,目前临床中的手术机器人,包括用于导丝、导管和支架操作的机器人,主要采用滚轮驱动和滑动平台驱动方式。

目前,血管介入手术机器人的自主化和智能化程度仍处于0-1级,只能完成床旁或隔室对医生的简单辅助。提升机器人的智能化程度是当前的重要任务。现阶段,机器人还无法像高级医生一样理解手术影像中的器械或血管解剖结构,也无法像中级医生那样通过大量训练提升手术技能。目前的机器人主要依赖主从控制方式,自主学习和决策能力尚未实现。

二、多模态影像感知与导航

在手术过程中,医生需要通过X光影像进行导航,了解手术

器械、导丝和导管在患者体内的位置。要看到血管的形状,需要通过导管将造影剂注入患者的心脏冠脉,造影剂在X光影像下显影,使医生能够看到血管的轮廓。器械导丝的头端是金属材质,能够在X光影像下显现。如何让机器人像医生一样理解影像中的血管和器械是一个挑战,因为影像是动态的且信噪比低,存在许多相似的结构,如其他器械、骨骼或运动伪影,这对任务提出了很大挑战。我们需要精准感知低信噪比、多模态的血管解剖结构和血管腔内介入器械。

为了提升机器人的自主化水平,我们需要将影像中的血管和器械分割、提取、检测和定位出来。第一个任务是如何从手术影像中分割和提取血管。我们建立了结合深度学习网络与传统U-Net的多尺度特征融合模块,该模块不仅能保留完整的高层语义特征,还能有效去除骨骼轮廓和运动伪影。在网络后端,通过加入SE模块能够平衡不同尺度特征图的权重,实现噪声去除和血管细节保留。经过网络处理后,能够实时提取血管分割结果。

第二个任务是在提取血管后,检测和定位手术器械。对于复杂病变中存在多个器械的情况,我们改进了传统Mask R-CNN,利用相邻帧的约束关系及影像先验知识解决器械占比小、背景噪声大的问题。

第三个任务是处理闭塞病变的无法术中显影问题。闭塞病变是指血管完全堵塞，造影剂无法注入，导致术中无法显影，医生无法看到血管结构，因此无法完成手术。我们尝试将术前核磁共振（MRA）信息与术中数字减影血管造影（DSA）影像融合，通过CCN回归和质心对齐两阶段完成术前MRA和术中DSA影像弹性配准，解决了闭塞病变的显影问题。

第四个任务是融合算法和模块。手术路径规划系统能够动态规划器械的技术路径，从进入患者体内到最终到达冠脉部位，以全局视角规划手术路径，实现精准导航。

第五个任务是将算法融合到软件中，指导远程智能辅助手术。我们开发了三维重建和术前规划系统，用于术前诊断和虚拟手术培训。通过该系统，中级医生可以在术前进行培训，提前演练复杂手术，从而在实际手术中有心理预判，降低手术风险。

三、操作技能建模与学习

这个工作的目的是将专家医生的操作技能提取、建模、分析，并应用到机器人上。不同医生在处理血管病变时的操作手法存在差异，而且在不同的技术阶段操作手法也有所不同，即使是同一位专家医生，其操作手法也会有所不同。如何对这些非结构化、

高度抽象的操作技能进行建模分析并应用到机器人上，是一个非常具有挑战性的任务。

针对这个问题，我们首先分析了不同医生的操作数据。无论是初级医生还是高级医生，复杂的介入操作可以分解为平移操作基元、搓捻操作基元和复合操作基元。我们利用运动捕捉传感器，将传感器放置在医生的手部或手臂上，完成操作数据的收集，这个过程称之为操作行为的采集系统。通过该系统，可以收集医生在手术中的操作行为数据。

其次，对操作行为数据进行处理和分析。当前临床中评判医生操作技能主要基于年限的积累，即医生从事手术的年数和完成的手术量。这是一个非常主观的过程，不能仅凭这些主观标准就断定现有的专家医生具有丰富的经验，或可以将经验应用到机器人上。因此，我们构建了一种客观多元的评价方法来评估医生的操作技能，并将经过客观评价后的优质、高级操作技能数据用于后续的机器人技能学习和迁移。

我们提出了多阶段专家医生操控技能学习方法。通过分析专家在操作过程中的速度、力度和精度，构建了多阶段专家技能学习策略。结合前面提到的影像处理算法模块，我们构建了球囊和支架定量精准递送闭环的反馈系统，并在活体动物实验中验证了递送的

精度，最高可以达到0.2毫米。

在上述技术基础上，我们进一步设计了仿真手术环境的机器人在线强化学习算法。通过引入任务重建和分布式部署模块，机器人可以自主进行技能学习，加快编码器学习速率。从中间的视频可以看到，机器人经过一段时间的学习后，可以在多个分叉中进行选择，最终选择目标分叉，完成包括逆向开通左冠回旋支的复杂手术动作。

最后，将这些模块与现有机器人进行集成，并在华东医院和协和医院完成了基于5G的远程血管介入手术活体动物实验。通过与美国CorPath GRX机器人的对比，我们在适应范围、导航能力、递送精度和远程操控等方面具有明显优势。

四、未来展望

2023年2月，我们完成了国内首次正式报道的机器人下肢动脉闭塞开通手术临床试验。术前影像显示血管狭窄，中间缺少一段，说明那个地方没有造影剂显影。手术后，血管恢复通畅，显影效果明显。5月份，我们在上海华东医院完成了5例心脏冠脉复杂病变的机器人手术临床试验。这5例患者在手术后迅速康复，未发生任何不良并发症。同月，我们在国际心脏病学会议的开幕式上，进行了国际首次机器人远程介入手术现场直播。这项手术

由复旦大学附属中山医院的葛均波院士在主席台上操控机器人完成，机器人则位于中山医院的手术室内。手术患者是一位 67 岁的女性，她的心脏冠脉左回旋支有重度狭窄病变。通过导丝、球囊和支架的协同递送，最终恢复了血管的畅通。这些机器人临床试验获得了人民日报、新华社、央

视网和 CCTV 等权威媒体的报道。

未来，对于远程手术而言，医生的临场感仍然不足。医生只能操控机器人，却无法操控远程手术室内的影像设备、手术床和设备角度，目前仍需远程助理或护士来完成这些操作。这种操作方式与医生在手术室内亲自做手术的体验不同。为进一步提高医

生的操作临场感，我们需要使医生能够控制远程手术室的操作系统和手术床系统。目前，影像系统多为国外设备，开放接口较为困难。未来，我们将致力于影控系统的全面整合和提升手术临场感。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



周小虎，中国科学院自动化研究所研究员，博士研究生导师，国家优秀青年科学基金获得者，国家重点研发首席青年科学家，中国科学院青年创新促进会会员，中国科学院“技术支撑人才”“特聘研究骨干”；主持国家重点研发青年科学家项目、面上项目、腾讯 Robotics X 犀牛鸟专项等；发表学术论文 70 余篇，其中高水平 IEEE 汇刊 24 篇（第一 / 通讯作者 16 篇），MIC-

CAI/ICRA/IJCAI/AAAI 等顶级会议论文 18 篇；获授权国际 PCT 专利 3 项、国家发明专利 25 项；荣获亚太神经网络学会青年学者（APNNS Young Researcher Award）、中国科学院“院长特别奖”、中国人工智能学会 / 中国自动化学会“优秀博士学位论文奖”、荣获机器人国际会议 IEEE RCAR 2022/2023（连续两年）、ICBIR 2023、IEEE ROBIO 2023“最佳论文奖”等荣誉奖励。



2024 国家工业软件大会征稿延期至 8 月 1 日！敬候您的来稿！

工业软件是工业制造的“大脑和神经”，大力发展工业软件，推动核心工业软件自主可控，是中国建设“制造强国”的必由之路和提升产业国际竞争力的重要抓手。2024 国家工业软件大会将于 2024 年 11 月 8-10 日在上海举办，本届大会主题为“AI for Engineering · 工业软件赋能新型工业化”，旨在围绕我国工业智能领域战略布局、技术创新应用、产业融合发展等行业热点进行深入交流。

本届大会由中国自动化学会主办，国家流程制造智能调控技术创新中心、20 余家国家级和省部级重点实验室、工程研究中心和知名自动化科技公司联合承办，20 余家国家级和省部级实验室和工程中心联合协办。将着重总结研发设计类、生产制造类、经营管理类、AI 赋能类等四类工业软件的数学模型、核心算法及其软件实现，同时交流工业软件在具体价值场景中的应用，以提升工业软件的开发和应用能力，为我国工业软件的发展和应用提供更多的思路和启示。

应广大科技工作者强烈要求，2024 国家工业软件大会征稿延期至 9 月 15 日，详情请查看：<https://mp.weixin.qq.com/s/r4Df5PZm3d3QnYet0rL2w>

心电检测关键技术与产品延伸：创新力与应用前景

文 / 康泰医学系统（秦皇岛）股份有限公司 赵冰

导读：2024年7月6日，由中国自动化学会、保定市科学技术协会主办，保定市知识产权协会协办的第七届创新驱动发展大会暨2024白石山生命科学大会——智能健康与生物信息学术报告会在河北保定召开。会议特别邀请康泰医学系统（秦皇岛）股份有限公司市场总监赵冰，作了题为“心电检测关键技术与产品延伸：创新力与应用前景”的主旨报告，报告从心电关键技术的创新角度出发，探讨了心电产品在实际应用前景方面的延伸可能性，重点探讨了目前心电产品的关键技术，包括心电信号采集、处理和分析等方面的创新。在此基础上，报告详细分析了心电产品在医疗、健康管理和智能穿戴等领域的应用前景，从传统的心电监测到与大数据、人工智能等前沿技术的结合，展望了心电产品在未来的发展趋势。

心电图的关键技术主要集中在基础研究上，包括心电信号的采集、噪声去除、特征波的提取以及最终应用于智能诊断系统。这些技术的核心在于处理微弱的电生理信号。除了心电图，医院中还涉及脑电图（EEG）、肌电图（EMG）以及胃电图等，这些都是小信号采集的典型应用实例。

一、心电关键技术及创新

在心电信号的研究过程中，最大的挑战之一是信号容易受到干扰。心电图（ECG）属于无创采集心电信号，由于信号的微弱性，它可能受到表面电极或外部噪声的干扰。因此，对这些小信号进行降噪处理是必不可少的，降噪后的信号才能用于进一步分

析，如ST段的分析。

最初，我们与北京301医院的卢老师展开了深入合作。在卢老师的建议下，我们采用了“五道线原则”对心电信号进行进一步分析。这一原则帮助我们在心电图中识别P段、ST段等关键波形，并将这些识别结果集成到产品中。当前的心电图机已经能够自动进行诊断，准确识别各种心电数据和波形异常。

在应用阶段，自动诊断主要集中在两个重要领域。一是心率异常的检测，对于老年人群体，心率异常是否意味着潜在疾病；二是心肌梗死的定位诊断，该诊断依赖于心电信号的降噪处理和特征波的提取。

在动态心电分析中，特征波

检测尤为重要。一般而言，24小时连续记录的心电波形数据量庞大，若无自动分析系统，医生在处理这些数据时将面临巨大的挑战。康泰医学的自动分析系统能够将每一秒级心电波形数据进行分类，识别早搏、正常波形及干扰信号。

心律失常的自动诊断和心肌梗死的检测也在不断完善。在特征波检测的基础上，我们需要考虑各种血管对心肌梗死的影响。心肌梗死的严重性及其部位的定位对于疾病的干预至关重要。当前的造影技术虽然能提供心肌梗死的详细信息，但对病人存在较大的创伤。通过无创的外部诊断方法进行心肌梗死的定位，将减少患者的痛苦并提高诊断的便利性。

在研究的基础上，我们将心肌缺血的定位诊断技术与其他领域的创新相结合，最终形成了成熟的产品。在普通心电工作站的应用中，我们能够准确判断心脏心肌缺血的大致位置，这一技术对于临床诊断具有重要的开创性意义。

二、心电关键技术的产品延伸

康泰医学，作为一家成立于1996年的公司，总部位于秦皇岛，注册资本超过4亿元，致力于将实验室成果转化为实际产品。我们的产品不仅在国内销售，还覆盖了全球140多个国家和地区。公司现有员工2000多人，是北方最大的医疗器械生产基地之一。

公司提供从研发、生产到销售的全链条服务。公司主要的心电产品已广泛应用于各种医疗机构，从顶级的三级甲等医院到基层卫生室，我们都拥有丰富的销售记录。此外，我们的设备也广泛服务于家庭和个人，为用户提供便利的医疗服务。

康泰医学总部位于秦皇岛，同时在深圳和长沙设有两个研发中心，总计拥有超过700名研发人员，组织结构包括六个事业部：家护、输注、监护仪、超声、体外监测和心脑血管神经科，涉及30多个项目组。最核心的部分是工程转化中心，它在技术转化过程中扮演了至关重要的角色。

工程转化中心的功能是将实验室中的技术创新有效转化为实际产品。举一个大家通俗易懂的小例子，人脸识别技术，尽管其背后涉及大家在科研中早已熟知的图像处理 and 降噪等技术，从科研的角度看都已经很成熟，但在生产过程中需要通过工程转化中心将技术拆解，并确保符合国家医疗器械生产标准的原则下，将这些技术实现到真正的产品生产，让生产各个环节的工人将技术实现。工程转化中心不仅是产学研结合的核心部门，也是技术应用桥梁。康泰医学目前拥有国内外专利322项，软件著作权224项。此外，我们还参与了国家级医疗器械标准的制定。

在技术应用方面，我们将科研成果转化为很多品类的实际产品，如各类监护类产品、如心电类产品包含心电图机、动态心电、心电工作站、运动负荷心电等。这些产品涵盖了频谱分析、高频分析、QT离散度分析、向量环分析等多种功能，并能够在动态心电监测、起搏功能分析、心律失常自动分析等方面提供支持。运动负荷心电监测仪则专用于病人在运动时对心脏疾病机理的分析。

我们还开发了融合分析系统，如动态生命特征监测仪，能够实现心电、血压和血氧的综合分析。这些设备能够进行实时参数模式测量，如六分钟步行试验。六分

钟步行试验（6-Minute Walk Test, 6MWT）是美国心脏康复学会提出的一种标准化评估工具，用于评估患者的心肺功能和恢复能力。该测试的目的是通过让患者在稳定区域内步行六分钟，来测量他们的运动耐受力及心脏功能，从而为临床医生提供有关患者恢复进展的客观数据。

在心电技术的应用中，这项测试能够实时监测患者的心电图（ECG）、血氧水平、血压及肺功能。通过分析这些数据，医生可以更准确地判断患者的恢复状态并制定相应的康复计划。例如，患者在手术后的恢复期，医生可以根据六分钟步行试验的结果来指导其运动量和活动范围，以确保恢复过程的安全性和有效性。

三、心电关键技术产品的应用领域

监护类产品不仅帮助医生实时掌握患者的健康状态，还能够在发现异常时及时发出警报，从而避免潜在的医疗事故。心电自动诊断技术的准确性至关重要，因为不准确的自动诊断可能导致错误的医疗决策，对患者造成不必要的困扰。

康泰医学在心电技术领域的亮点包括中央监护系统和心电及电生理网络管理系统。这些系统在国内的医疗体系中发挥着重要

作用，从三甲医院到基层卫生机构，都能实现高效的数据传输和诊断。自 2015 年发布《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》以来，心电技术的发展也迎来了新的机遇，包括家庭签约医生和紧密型医联体建设等项目，这些都需要强大的数据传输和保障能力。例如，心电及电生理网络管理系统能够支持一个县级医联体中 38 个乡镇卫生院和 280 家村医的数据管理和诊断。这种系统不仅减轻了医生的工作负担，还通过自动分析技术提供了更为精准的诊断支持。医生可以利用自动诊断结果进行最终核实诊断，从而提高工作效率。此外，我们在急救车上应用心电产品，能够在患者入院前进行实时监测和定位，为医院做好后续

处理准备。这种远程医疗模式有助于提高急救效率和患者的治疗效果。

总的来说，心电技术的研究和应用不仅仅是科学探索，更是与实际临床需求紧密结合的过程。

康泰医学致力于将最新的研究成果转化为实际产品，推动医疗技术的发展。○

* 本文根据作者所作报告速记整理而成

作者简介



赵冰，燕山大学控制科学与工程专业博士，康泰医学系统

（秦皇岛）股份有限公司市场总监，拥有多年电子类医疗器械相关领域的工作经验和专业知识，并曾在如中国高新技术成果交易会等多个行业峰会上发表过相关主题演讲，收到广泛好评，并受邀请为中国中铁总公司、海尔集团、各地卫健委等多家企业和机构进行专业的培训和讲座。希望能通过本次会议，和各位专家领导共同探讨电子类医疗器械相关领域的经验及市场行情。

通知

中国自动化学会开展 2024 年“全国科普日”活动的通知

2024 年是中华人民共和国成立 75 周年，是实现“十四五”规划目标任务的关键一年。2024 年全国科普日活动坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神，贯彻落实全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会精神，锚定实现高水平科技自立自强目标，弘扬科学精神和科学家精神，传播科学思想，展现科技魅力，激发创新自信，培育创新文化，筑牢科技创新的群众基础，为建设科技强国作出贡献。根据中国科协有关文件要求，中国自动化学会现面向各单位广泛征集 2024 年全国科普日活动，详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4856.html>

张钹院士：走进“无人区” 探索人工智能之路

人工智能的两条路径

迄今为止，全世界对于“什么是智能”尚无统一认识，但经过多年的探索，人工智能已然走出了两条道路。一条道路是行为主义学派，另一条道路是内在主义学派。

其中，行为主义学派主张用机器模拟人类的智能行为。“智能”与“智能的行为”是两个完全不同的概念。“智能”在我们大脑里，人类至今仍对其知之甚少；“智能的行为”则是智能的外部表现，可以进行观察和模拟。因此，行为主义学派人工智能追求的目标是机器行为与人类行为的相似性，而非内部工作原理的一致性。目前人工智能的主流是机器智能，这种人工智能与人类的智能只存在行为相似，并非完全一致。内在主义学派主张必须用机器模拟人类大脑的工作原理，即类脑计算。这两个学派按照不同的思路对人工智能进行探索，前者主张除人类这条道路外，机器或其他方法也可以走出一条智能道路；后者主张走向智能道路只能依靠人类。目前这两种思路都处于探索阶段。

人类对人工智能道路的探索始于1956年。当时在美国召开了人工智能研讨会，来自数学、计算机科学、认知心理学、经济学和哲学等不同领域的10位专家经过八周的讨论定义了人工智能。他们主张通过符号推理、符号表示来做一个能像人那样思考的机器。在这次会议上，纽维尔（Newell）和西蒙（Simon）演示了一个名为“逻辑学家”的程序。该程序用机器证明了数学原理第二章中的部分原理，数学定理证明与推理相似，这表明机器能做类似推理的工作。最终，“人工智能”在这个会议上获得了定义。

1978年，清华大学成立了人工智能与智能控制教研组，这是中国最早的人工智能教学与科研机构。教研组有三十余位教师参与，其中绝大部分来自自动控制领域，而非人工智能。1978年，教研组招收了第一批硕士生，1985年开始招收第一批博士生，已能够开展一些与人工智能相关的教学工作，但科研工作进展不大。1982年至1984年，教研组进行调查研究，访问了西南、东北等地大量研究所及工厂。结合

所见所闻，教研组确定了以智能机器人作为主要研究方向。

1985年清华大学建立智能机器人实验室，1986年国家设立“863”发展计划，该计划将智能机器人作为一个主题。清华大学参加了第一届智能机器人主题的“863”高技术研究，从第一届到第四届均作为专家单位参加委员会。到了第五届，清华大学成为开展智能机器人研究的组长单位，1997年，成为空间机器人研究的组长单位。“智能技术与系统”国家重点实验室自1987年开始筹建，1990年正式成立。

在这些工作的基础上，相关研究得以开展。当时首先建立了两个理论。一是问题求解的商空间理论和粒计算理论，在国际上影响很大。2005年，清华大学发起、组织了国际粒计算会议，每年一次，延续至今。二是在人工神经网络方面做了很多早期工作。

人工智能的三个阶段

1956年至今，人工智能的发展分为三个阶段，分别是第一代人工智能、第二代人工智能和第三代人工智能。

第一代人工智能的目标是让机器像人类一样思考。思考是指推理、决策、诊断、设计、规划、创作、学习等。无论做管理工作还是技术工作，都需要两方面的能力，一是在某个领域具有丰富的知识和经验，二是具有很强的推理能力。其中推理是指运用知识的能力，换言之，是从已有知识出发，推出新的结论、新的知识的能力。

基于以上分析，人工智能的创始人提出了“基于知识与经验的推理模型”，该模型的核心是若果要实现机器思考，只需将相应的知识放入计算机即可。例如，如果能让计算机像医生一样为患者诊断，只需要把医生的知识和经验放到知识库中，将医生看病的推理过程放入推理机制之中，计算机就能为患者实施机器诊断。这一推理模型的核心思想是知识驱动，通过计算模型来实现让机器像人类那样思考。该模型最大的缺点是缺乏自学能力，难以从客观世界学习知识，所有知识都源于人类灌输。因此，第一代人工智能永远无法超越人类。

第二代人工智能源于第一代人工智能的低潮期，主要基于人工神经网络。1943年，人工神经网络模型提出，它主要模拟人类脑神经网络的工作原理。第二代人工智能面临的主要问题是感性知识的传授。第一代人工智能主

要在符号主义指导下进行，目的是模拟人类的理性行为。但人类除了理性行为外，还有大量的感性行为，而感性行为要用人工神经网络进行模拟。

我们常说知识是人类智慧的源泉，知识是理性行为的基础，这里的知识来自教育，主要指理性知识、分析问题的方法等。但感性的知识难以用语言传授，也无法从书本上获得。每一个人最初得到的感性知识是对自己母亲的认识。但，具体是什么时候开始对母亲有所认识的？又是怎样实现这种认识的？这些问题到现在仍难以解答。

所有感性知识都在不断观察、不断倾听的过程中学习累积，第二代人工智能深度学习沿用了这个方法。例如，过去我们主要通过编程的方法告诉计算机马、牛、羊的具体特征，现在则将网上大量马、牛、羊的照片做成训练样本，让计算机进行观察和学习即可。学习完毕，再把剩下的样本作为测试样本去测试它，识别率能达到95%以上。观察和倾听的过程通过人工神经网络进行，将识别的问题作为分类问题，利用人工神经网络来分类。通过神经网络进行学习的过程称为深度学习，基于深度学习能够进行分类、预测和生成等。

但是第二代人工智能的所有数据（图像、语音等）均来自客观世界，它的识别只能用于区别

不同的物体，并不能真正地认识物体。所以第二代人工智能最大的问题是不安全、不可信、不可控、不可靠、不易推广。

第三代人工智能的基本思路是必须发展人工智能理论。迄今为止，人工智能尚无较为成型的理论，更多是模型和算法，且第一代和第二代人工智能的模型、算法都有很多缺陷。因此，必须大力发展科学完备的人工智能理论，在此基础上，才能发展出安全、可控、可信、可靠和可扩展的人工智能技术。

对目前的人工智能技术而言，虽然提高了效率和质量，但系统越信息化和智能化，也就意味着越不安全。第一代人工智能运用了知识、算法、算力三个要素，其中最主要的是知识。第二代人工智能则主要用了数据、算法和算力三个要素。为了克服人工智能的固有缺点，唯一的办法是把知识、数据、算法和算力这四个要素同时运用。目前得到较多运用的AI工具（大语言模型），就能够充分利用知识、数据、算法、算力这四个要素。清华大学团队提出了第三代人工智能的三空间模型，将整个感知、认知系统进行连接，为发展人工智能理论提供了非常好的条件。

深度学习的不安全性

在研究过程中，研究者发现

了人工智能深度学习的不安全性。

其中一个典型案例是：研究者制作了雪山和狗的对比图，先让计算机和人看雪山，二者都能判定为雪山，但是只要在图片上添加一点噪声，人看雪山仍是雪山，计算机却会将雪山看成一条狗。这个案例说明，人工智能目前基于深度学习的模式识别跟人类的视觉完全不同，尽管它能够像人类那样区分雪山和狗，但实际上它既不认识狗，也不认识雪山。

这里面的关键问题是——什么是狗？应该如何定义一条狗？人类通常通过视觉来进行区分，主要看狗的外形，但什么是狗的外形？狗有各种形态、各种姿势，为什么人类的视觉能够在千变万化的外形里确定目标是狗？这个问题的答案，到现在为止尚未弄清楚。最早的计算机识别狗时，狗变换了位置后计算机就不能识别了，这是位移的不变性，这个问题现在已经解决。

但是尚未解决的问题还有很多。例如，计算机能够识别固定尺寸的狗，但是把狗变大或变小后都难以识别，这是大小的不变性。现在计算机只能通过局部纹理来区分狗和雪山。因此，如果将雪山图上的某个纹理改成皮毛纹理，即便雪山的形状保持不变，计算机仍会把雪山误认为是狗。所以说，到目前为止，人工智能的深度学习仍然不够安全可靠。

大语言模型的“大模型”与“大文本”

目前比较成功的 AI 工具，其强大性主要来源于两个“大”，一是大模型，二是大文本。

第一个大模型的“大”是大的人工神经网络，人工神经网络可以用来分类、学习数据中间的关联关系，也可以用来预测。这个巨大的人工神经网络叫“转换器”。AI 工具的能力强大，离不开深度神经网络的强大。原来的神经网络是逐字输入，现在一次能够输入 2000 多字（一个 token，粗略地讲相当于一个汉字）。人类从 1957 年到 2013 年花了 56 年时间探究文本的语意表示问题，现在的文本不是用符号表示，而是用语意向量表示，这也是最重要的一个突破。

过去计算机处理文本只能把它当作数据处理，现在可以把它当成知识来处理，即向量表示。此外，还提出了“自监督学习”。过去供计算机学习的文本都要做预处理、预先标注，此项工作量太大，所以无法支撑计算机大量学习。自监督学习是指原来的文本不经过任何处理就可以被计算机学习，用前面的文本预测后面的词，输入后预测下一个，被预测的内容又把再下一个变成输入，有些类似于接龙式学习方式。

第二个“大”是大文本。计算机实现自监督学习后，所有文

本不用经过任何预处理就可以学习，文本也由原来的 GB 量级发展为 TB 量级。现在比较成功的人工智能大约学习了 40TB 以上，相当于一千多万本牛津辞典，并且这个学习过程并非死读，而是理解其中的内容。这就使得我们进入了生成式人工智能时代。无论是第一代还是第二代人工智能，都受到三个限制——特定领域用特定模型完成特定任务。“三个特定”是所谓的“窄人工智能”，即专用人工智能。

目前比较成功的 AI 工具能够通过其强大的语言生成能力让人类在与它对话时没有领域限制，这是人工智能的重大进步。另外，生成多样性的输出是目前 AI 工具的重要特征。它有多样化的输出就有可能创新，因为输出多样化，难以保证每个输出都正确，所以越希望它能输出有创造性，就越要允许它犯错误。我们在日常使用一些 AI 工具时也会发现，有时 AI 对问题的回答非常机智聪明，有时则是明显的胡说八道，这就是多样化输出的结果。

目前 AI 工具产生了两个重大突破，一是生成语意连贯的类似人类的文本，二是在开领域实现了人机自然语言对话。大语言模型是向通用人工智能迈出的一步，有西方专家认为这是通用人工智能的曙光，但它并不是通用人工智能，人类走向通用人工智能依然任重道远。

走向通用人工智能必须满足

三个条件。

第一，系统必须与领域无关。目前较为成功的AI工具在对话、自然语言处理的问题上做到了与领域无关，但在处理其他大量问题上仍难以实现这一目标。

第二，系统与任务无关，即什么任务都会做。目前AI工具能进行对话、四则运算、作诗、写代码等多种任务，但仍难以完成复杂环境下的复杂任务。

第三，尚需建立一个统一的理论。因此，人工智能还有很长的路要走。

迈向通用人工智能的四个步骤

从大语言模型迈向通用人工智能需要四个步骤。第一步是跟人类进行交互、与人类对齐，第二步是多模态生成，第三步是与数字世界交互，第四步是与客观世界交互。我们并不是说，完成这四步就意味着实现了通用人工智能，而是说通往通用人工智能这个目标，至少需要迈出以上四步。

第一步是与人类对齐。目前AI工具输出的内容不一定正确，若要解决这个问题，必须依靠人类帮助它克服，使之与人类对齐。从AI工具的应用实践来看，它的错误需要人类帮助纠正，而且它的错误纠正速度和迭代速度都很快。与此同时，我们要看到输出内容的错误仍然存在，但我们如果想要它具有创造性，就要允许它犯错误。

第二步是多模态生成。现在已经可以用大模型生成图像、声音、视频、代码等各种模态的内容。随着技术的进步，鉴别一个内容是由机器生成还是人工完成将会变得越来越困难，这为“造假”提供了非常好的机会。“造假”又名“深度造假”，即用深度学习的办法“造假”。试想一下，如果以后网络上95%的文本都由AI生成，那么我们还能通过网络获取真知与真相吗？比方说，当一件事情发生后，网络上出现一片支持或者反对意见，这些意见究竟是来自多数人的真实表达，还是来自少数人操纵AI歪曲事实？如何有效防止AI工具操纵舆论、混淆视听，这是需要我们严肃考虑的。

目前人工智能领域已经实现了三项突破，即开领域生成语意连贯的类似人类的文本。其中，语意连贯是最重要的突破，这个突破后就有了图像的突破。因为图像只要求在空间上连贯即可，而视频则进一步要求时空上的连贯。我们在语言上进行突破，紧接着会有图像的突破，图像突破后肯定还会有视频的突破。在这个发展过程中，计算的资源要求和硬件都会变得越来越多。

随着人工智能的发展，很多人注意到了“涌现”现象。例如，当系统规模没有达到一定程度时，生成的图画很糟糕、水平较差，但当规模达到一定程度，生成的

大多数图画突然间就变得质量很高。这个过程称为“涌现”，“涌现”是从量变到质变的过程。到目前为止，全世界范围内都还无法完全理解“涌现”现象出现的原因。

第三步是AI智能体。大语言模型迈向通用人工智能必须与数字世界进行连接，首先在数字世界里具体操作，从而解决问题、感知自己成果的优劣，并进行反馈。这个工作对促进大模型的性能向前发展有很大益处。

第四步是具身智能。具身智能，即具有身体的智能。智能光有脑还不够，还必须具有身体，这样才能动口又动手。所以，大语言模型迈向通用人工智能，必须通过机器人与客观世界连在一起。

基础模型的出路在何方

当下，信息产业的发展非常迅猛，原因在于建立了相关理论，在理论指导下制作的硬件和软件都是通用的。过去，信息产业领域内出现了一些具有世界影响力的大型企业，应用推广相应技术并实现信息化，整个链条发展非常迅速。

但是，人工智能产业的发展缺乏理论，只有算法和模型，而根据算法和模型建立的硬件和软件全是专用的。“专用”即意味着市场很小，到现在为止，人工智能产业还没有产生具有世界影响力的大型企业，所以人工智能产业必须跟垂直领域深度结合才有可能

发展。不过，目前情况也在发生变化，具有一定通用性的基础模型的出现，肯定会影响产业发展。

2020年，全世界人工智能产业达到10亿美元以上的独角兽企业一共有40家，2022年变成117家，2024年初达到126家，从这个情况来看，它是逐步增长的。到现在为止，中国有100甚至200家企业在做大模型。

这么多人做基础模型，他们未来的出路在哪里？

第一个出路是向各行各业转移，做各个垂直领域的大模型。现在很多行业都在考虑这个问题，例如石油行业考虑石油行业的大模型，金融行业考虑金融行业的大模型，所以将来做通用大模型的数量将越来越少，大多数做大模型的人才会转向各个垂直领域。

第二个出路是最重要的，即经过微调应用在产业里。换言之，提供公开的大模型软件，让大家开发应用。

第三个出路是跟其他技术结合，发展新的产业。国外很多独角兽企业都将AI工具与其他技术结合，发展新产业，有的是向各个行业转移，还有的专门做图像、视频、语音等。国内一些大模型现在也已经取得了比较好的发展。

基于此，势必要推动人工智能领域的产业变革。今后无论做硬件还是做软件，一定要放到基础模型的平台当中。过去是在一

个零基础的计算机中制作软件，效率很低，而现在平台已经学习超过一千万本牛津辞典，能力水平至少相当于一个高中生，若将同样的工作放到基础模型的平台上进行将会事半功倍，所以采用这个平台是不可阻挡的趋势。而这些“高中生”则来源于大模型企业提供的公开平台。

大模型的局限性

大模型的所有工作都由外部驱动，在外部提示下进行。它缺乏主动性，在外部提示下做某事时，主要基于概率预测的方法，所以会出现一些人类没有的缺点，即输出的质量不可控。并且它不知道是非对错，所以它的输出也不可信。与此同时，它受外部影响太大，只能听从指令来完成相应的事情。但人类则是完全不同的，即使这件事是由别人安排完成，人也能够在自己的意识控制下进行，所以是可控、可信的。

由此可见，目前的人工智能并不知道自己的所作所为。AI工具尚不能准确分辨对错，且现在还难以主动进行自我迭代，仍旧需要在人类的操作下进行。未来的人工智能最多成为人类的助手，在人类的监控下进行操作，只有少数工作可以完全交给机器独立完成。

有研究机构曾做过关于人工智能对各行各业影响的统计，列出了大量行业，在未来这些行业

中只有少数工作可能会被人工智能取代。可见，人工智能对各行各业都有重大影响，但大多数是帮助人类提高工作质量和效率，而非取代人类进行工作。

人工智能是探索“无人区”，其魅力就在于它永远在路上。我们不能因为它的进展而过于乐观，也不必因为它的挫折而沮丧，我们需要的是坚持不懈地努力。○

来源：信息安全与通信保密杂志社

作者简介



张钹，中国科学院院士、中国自动化学会会士，清华大学教授计算机科学与技术专家，俄罗斯自然科学院外籍院士，清华大学人工智能研究院院长、教授、博士生导师。张钹从事人工智能理论、人工神经网络、遗传算法、分形和小波等理论研究，提出了问题求解的商空间理论，曾获国家科技进步三等奖。

邬贺铨院士：发力互联网平台赋能数字化转型

新华网：今年大会的主题是“促进数实融合赋能千行百业”，也有很多关键词脱颖而出，那么本届大会您最关注的话题是什么？

邬贺铨：一年一度的互联网大会，当然今年也有它的特殊意义，一周前国务院召开了平台经济的座谈会，特别分析了当前的经济形势，而且强调了发展平台经济，也明确提出政府要打造一个健全、透明、可期待的监管制度，可以说给了互联网平台企业发展一个非常明确的信号，我们对平台给予更大的期待，在未来经济发展中的贡献，提出来平台经济是我们经济发展的新引擎，是一个充分肯定。我认为这对我们大会来讲，对互联网企业来讲是一个很好的鼓劲。

另外前几天中央开了网信工作会，对网络安全、信息发展有新的指示，实际上这也说明发展和安全是一体的两翼，通过安全更好的促进发展，也是通过发展来提升安全。我想这两个会议对于我们今年的互联网大会，应该说给出一个很好的方向，这实际上也是举旗带领行业发展的号角。

新华网：我国数字经济发展日新月异，您认为互联网信息技术的迭代更新，对促进数实融合发展具有怎样的意义？

邬贺铨：数字技术的发展从

互联网开始到现在已经 50 多年了，这也是一个数字化的过程。几十年来，我们通常都用摩尔定律来表征信息技术的发展，一般来讲过去我们集成电路，差不多一年半它的能力就加倍，在很多年前就一直说摩尔定律可能很难持续了，但在实际上现在摩尔定律还能发展到一个纳米，还有更多的一些新技术在不断延长摩尔定律的寿命。

在这点上应该看到，在现阶段信息技术仍然保持着一个高速发展的态势，其中特别是去年年底开始，以 ChatGPT 为代表的 AIGC 人工智能的生成内容，表现出给深层次的人工智能技术一个很大的突破，并且向着通用人工智能技术在发展，介于它对整个社会经济的影响，现在看来还难以估量。这些应该说都给整个社会数字化增添了新的动能，未来的在数实融合上面应该还要有更大的进展。

新华网：您认为，当前我国互联网行业的发展形势如何？主要面临哪些机遇与挑战？

邬贺铨：互联网经历了一个比较高速的发展，前期疫情开始的时候，中国互联网企业还是逆势上涨的，但是这几年线上生活基本上也发展差不多了，在整个疫情恢复的过程中，反而互联网行业的恢复

还慢于其他行业。今年上半年全国 GDP 同比增长 5.5%，而互联网行业的收入增长却速度缓慢，处在一种相当于新旧动能转换时期。

那么，怎么能找到发展的新的方向。我认为更重要的还是要加大创新力度，现在发展比较低迷的状态，不仅仅是外部的影响，内部应该说互联网企业的创新力度也在减弱，这其中有受到对监管的不太理解。实际上监管的目的并不是限制互联网企业发展，而是说要更加健康有序的提供一个公平竞争的生态，为今后发展创造一个更好的未来。可喜的是互联网企业现在已逐渐适应了监管，纠正了过去的一些不太合理的方式。同时国家也进一步明确了一个透明的可预期的监管制度，让我们互联网企业对未来的发展做到心中有数。

今年一季度以来看到了我们互联网企业一些新的做法，第一就是降本增效，聚焦主业。第二更多的看到了社会责任，利用互联网大平台赋能中小企业的供应链，使得我们中小企业更好的沟通需求和供应，帮我们中小企业走出困境。第三，互联网企业集中自身优势来投资一些国家急需的技术，比如说芯片、人工智能、大模型等等。第四更多的关注了包括农业，包括社会形势

的数字化转型等方面，这些可以说互联网企业更进一步明确了未来发展的方向和自身的社会责任。

新华网：各地纷纷出台数字经济助力乡村振兴高质量发展相关政策，您认为企业该如何搭上乡村振兴顺风车，与地方政府并肩前行赋能区域经济发展？

邬贺铨：首先，农村处在一些交通网络发展的边缘地区，信息的流通不畅、不对称，阻碍了农村经济的发展。所以互联网企业可以发现农村是一个很广阔的市场，包括农村电商，怎么通过农村电商，一方面把城市很多满足农民需要的一些商品销售到农村，另一方面把农村更有特色的农产品，怎么更好的减少交易环节销售到全国甚至出口，这里边有很大的空间。

现在很多企业已经非常关注农村，他们跟一些农村的果品合作社合作，解决果品销售渠道不畅和生鲜果品优质运输存储难题，很好的解决了农村商品流通问题，我认为这是一个振兴农业很好的切入点。

其次，过去农民是靠天吃饭的，他们在农业生产上更多的依赖于天气，比较被动，现在怎么利用信息技术能更好地掌控田地作物，比如说营养、肥料、水分以及各种病虫害治理，现在实际上利用5G无人机等很多方式可以使农民种田再也不仅仅是靠天吃饭了，而是能有一定主动性来掌控生产环节。在这一点上将会显著提升农产品的质

量、产量，也更好地提升生产效率。

再次，我们希望通过农村的振兴不仅仅靠农业，还得靠符合乡村的一些特色产业，包括农产品加工以及一些农机应用。过去农村缺乏人才，缺乏技术，很难发展这些有附加值高一些产业，当然通过信息技术，特别是互联网大平台，帮助农民可以提升他们致富的渠道，我认为有多种的方式。现在信息化手段的应用将会显著提升劳动生产率，为农民的致富创造一个有利的条件。通过信息技术的支付，可以保持绿水青山，保持环境的优美。

新华网：今年是中国互联网大会22周年，站在新的起点，未来您对中国互联网的发展有怎样的期待？

邬贺铨：一是互联网在中国是从2014年开始，它还是一个年轻的行业，但它的发展势头已经深入渗透到社会生活的方方面面，并且已经到我们数字政府、数字乡村，包括工业互联网等方面。现在虽然也已经看到了它的作用，但是一定意义上来看，目前也是刚刚起步，还有很大的发展空间。

二是中国互联网经历了几十年的发展，现在面临一个新的阶段，这对中国互联网来说也是一个新的机遇，亦是整个社会对数字化转型的期待。这实际上给互联网创造了一个很大的市场。其次是信息技术的持续发展，现在人工智能技术为信息技术在互联网的应用提供了很广阔的开发空间，有很大应用前景。

三是国家进一步健全了透明可预期的互联网治理的监管制度，应该说为我们互联网发展开辟了健康有序的生态。应该说这是互联网发展的又一个“春天”，现在需要的是互联网企业怎么能振奋精神，加大创新力度，在国家的经济发展中找准自己新引擎的位置，发挥更大的作为。○

来源：新华网

作者简介



邬贺铨，中国工程院院士，光纤传送网与宽带信息网专家。先后从事光纤传输系统和宽带网研发、中国下一代互联网(CNG)和3G/4G/5G等项目的技术管理及工程科技咨询项目研究。曾任电信科学技术研究院副院长兼总工程师、中国工程院副院长。现任国家标准化专家委员会主任、国家“新一代宽带无线移动通信网”重大专项总师、国家IPv6规模部署专家委主任、IEEE高级会员。

工信部部长金壮龙：人工智能成为影响未来发展的关键变量

党的二十届三中全会通过的《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》（以下简称《决定》），提出健全促进实体经济和数字经济深度融合制度，对加快推进新型工业化、加快构建促进数字经济发展体制机制、完善促进数字产业化和产业数字化政策体系等作出新的部署。我们要认真学习、深刻领会、准确把握，切实抓好贯彻落实。

深刻认识促进实体经济和数字经济深度融合的重大意义

习近平总书记指出，世界经济数字化转型是大势所趋，新的工业革命将深刻重塑人类社会；强调要推动实体经济和数字经济融合发展，以信息化培育新动能，用新动能推动新发展。要紧紧抓住数字技术变革机遇，促进实体经济和数字经济深度融合，为高质量发展提供新动能。

促进实体经济和数字经济深度融合是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择。习近平总书记指出，数字技术、数字经济是世界科技革命和产业变革的先

机。数字经济发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有，人工智能、大数据等给全球生产力水平带来颠覆性影响，正在成为重组全球要素资源、重塑全球经济结构、改变全球竞争格局的关键力量。当前，世界各国纷纷加强前瞻性战略布局，数字领域国际竞争日趋激烈。面对数字化潮流，必须把促进实体经济和数字经济深度融合摆在重要战略位置，充分释放我国制造大国和网络大国的叠加、聚合、倍增效应，拓展经济发展新空间，打造国际竞争新优势，赢得未来发展主动权。

促进实体经济和数字经济深度融合是建设现代化产业体系的必然要求。融合化是现代化产业体系的一个基本特征。近年来，我国数字经济发展量质齐升，2023年数字经济核心产业增加值超过12万亿元，占国内生产总值比重10%左右；5G、工业互联网、人工智能等新动能加快发展，传统产业数字化改造纵深推进，智能制造、服务型制造等融合发展新业态新模式不断涌现，为发展新质生产力、建设现代化产业体系注入强劲动

力。必须充分发挥数字经济高创新性、强渗透性、广覆盖性特点，持续拓展实体经济和数字经济融合的深度和广度，提升产业体系现代化水平。

促进实体经济和数字经济深度融合是推进新型工业化的关键路径。习近平总书记指出，新时代新征程，以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业，实现新型工业化是关键任务；强调要把建设制造强国同发展数字经济、产业信息化等有机结合。信息化和工业化深度融合是新型工业化的鲜明特征。特别是人工智能成为影响未来发展的关键变量，将全方位、深层次赋能新型工业化，产业智能化、融合化、绿色化加速，深刻改变全球产业发展和分工格局。必须促进实体经济和数字经济深度融合，加快制造业数字化、网络化、智能化发展，推进制造业质量变革、效率变革、动力变革，促进我国产业迈向全球价值链中高端。

筑牢实体经济和数字经济深度融合根基

促进实体经济和数字经济深

度融合，做强做优实体经济是基础。制造业是实体经济的主体，是国家经济命脉所系。必须加快推进新型工业化，主动适应和引领新一轮科技革命和产业变革，推进信息化和工业化深度融合，以新一代信息技术赋能全产业链体系，加快传统产业改造升级，培育壮大新兴产业，前瞻布局未来产业，坚定不移筑牢制造业，加快建设以先进制造业为骨干的现代化产业体系。

培育壮大先进制造业集群。

拥有一批有国际竞争力的先进制造业集群是现代化产业体系的重要标志。近年来，我国制造业集群化发展水平快速提升，已形成45个国家级先进制造业集群，覆盖新一代信息技术、新材料、高端装备、生物医药等重点领域。要进一步完善集群布局，引导技术、资金、人才等各类创新资源要素向先进制造业集群汇聚。推动集群数字化智能化升级，发挥龙头企业带动作用，支持上下游企业协同开展数字化改造，促进资源在线化、生产柔性化、产业链协同化，提升产业集群综合竞争力，加快打造一批世界级先进制造业集群。

推动制造业高端化、智能化、绿色化。高端化、智能化、绿色化是制造业高质量发展的主要方向。要实施制造业重大技术改造升级和大规模设备更新工程，开

展制造业新型技术改造城市试点，促进企业广泛应用数智技术、绿色技术实施改造升级，推动设备更新、工艺升级、数字赋能、管理创新，加快向全球价值链中高端迈进。完善智能制造推进机制，体系化开展场景模式探索、系统解决方案揭榜攻关、标准研制应用和评估评价，以智能制造为主攻方向推动产业技术变革和优化升级。推动数字化绿色化协同发展，加快数字化绿色化融合技术创新研发和应用，推动制造业绿色低碳转型。

健全提升优势产业领先地位

体制机制。党的十八大以来，我国新型工业化发展取得历史性成就，工业体系全、品种多、规模大的独特优势更加明显，制造业总体规模连续14年居世界首位，形成了以轨道交通装备、新能源汽车、太阳能光伏、动力电池等为代表的一批优势产业，成为中国制造业的亮丽名片，要把这个优势巩固住、发挥好。要实施重点产业链高质量发展行动，深入实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程，提升产业链供应链韧性和安全水平。加快培育具有生态主导力和产业链控制力的世界一流企业，促进专精特新中小企业发展，以产业链龙头企业为枢纽，完善上下游企业信息共享机制，构建数据驱动、精准匹配、协同透明的数字化供应链

网络。完善东中西部合作、央地合作、产融合作等机制，引导产业在国内梯度有序转移，增强国内产业根植性。

建立保持制造业合理比重投入机制。保持制造业比重基本稳定是推进新型工业化、筑牢实体经济根基的内在要求。要进一步优化财税支持政策，健全重大战略任务资金保障机制，加大对制造业技术创新、绿色发展、数字化智能化升级、公共服务等支持力度，引导更多资源要素向先进制造业集聚。健全金融支持推进新型工业化的机制，构建重点产业链攻关的全链条金融服务支撑体系。优化重大产业基金运作和监管机制，完善基金绩效考评体系，确保资金投向符合国家战略要求。完善先进制造业增值税加计抵减政策，合理降低制造业综合成本和税费负担。

大力推进数字产业化和产业数字化

促进实体经济和数字经济深度融合，推进数字产业化和产业数字化是重要着力点。要牢牢把握新一轮科技革命和产业变革机遇，统筹谋划，协同创新，做强做优做大数字经济，深化数字技术为实体经济全方位赋能。

适度超前部署信息基础设施。信息基础设施是实体经济和数字经济深度融合的先决条件。要加

强战略布局，加快建设高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施。建立健全信息基础设施统筹规划、整体布局和协调联动的体制机制，适度超前建设5G、算力等信息基础设施，深入推进工业互联网创新发展，深化“5G+工业互联网”融合创新和规模化应用。发展卫星互联网，推进第六代移动通信（6G）网络技术研发。加强交通、能源、市政等传统基础设施数字化、智能化改造，形成适应智能经济、智能社会需要的基础设施体系。健全网络和数据安全保障政策、制度、标准体系，提升网络和数据安全保障能力。

加快新一代信息技术全方位全链条普及应用。把握数字化、网络化、智能化融合发展的契机，推进互联网、大数据、人工智能同实体经济深度融合，加快产业体系优化升级。实施制造业数字化转型行动和智能制造工程，支持企业围绕典型场景实施软硬件一体化改造，推动生产设备和信息系统全面互联互通，优化业务流程，开展数字化集成应用创新，建设一批数字化转型标杆企业、智能工厂。优化中小企业数字化转型供给体系，实施中小企业数字化赋能专项行动，探索形成促进中小企业数字化转型长效机制。推进人工智能赋能新型工业化，

加强通用大模型和行业大模型研发布局，推动人工智能在工业研发设计、中试验证、生产制造、营销服务、运营管理等重点场景和安全生产、防灾减灾等领域深度应用。构建区块链产业生态，推动区块链和人工智能、大数据、物联网等前沿信息技术的深度融合，加强区块链技术应用。

加快产业模式和企业组织形态变革。实体经济与数字经济深度融合不断催生新产业新业态新模式，加速制造业产业模式和企业形态根本性变革。要引导企业积极利用新一代信息技术开展业务和流程创新，推进先进制造业与现代服务业深度融合，发展数字化管理、平台化设计、个性化定制、网络化协同、服务化延伸等新模式，壮大柔性生产、云制造、共享制造、虚拟制造、工业电商等新业态，鼓励开展第三方智能服务，实现更广范围资源优化配置、更深程度生产方式变革、更高水平价值创造。要引导企业组织管理创新，鼓励支持扁平化、平台化、生态化等新企业形态发展，培育资源共享、价值共创、风险共担等新型产业组织模式。

打造具有国际竞争力的数字产业集群。新一代信息技术是全球技术创新的竞争高地。要建立健全科技创新和产业创新深度融合的体制机制，强化企业科技创新主体地位，围绕推进新型工业

化、加快建设制造强国的战略任务，科学布局科技创新、产业创新，建设一批行业共性技术平台，加快布局建设一批概念验证、中试验证平台，促进科技成果转化应用。要针对集成电路、基础软件、科研仪器等瓶颈制约，加大技术研发力度，为确保重要产业链供应链自主安全可控提供科技支撑。要瞄准未来科技和产业发展制高点，加快新一代信息技术、人形机器人、人工智能、量子信息、区块链、脑机接口等领域科技创新，培育发展新兴产业和未来产业。

完善数字经济重点领域基础性制度

加快完善平台经济、数据等重点领域基础性制度，充分激发平台、数据等资源要素活力，为实体经济和数字经济深度融合提供坚实保障。

促进平台经济创新发展。平台经济是实体经济和数字经济深度融合的重要载体，对促进创新创业、推动产业升级、培育发展新动能具有重要作用。要健全平台经济常态化监管制度，支持平台企业发挥生态优势，提升数字技术和产品服务水平。构建算法安全治理体系，完善算法备案、分类分级管理、安全评估等监管制度。健全保障平台企业境外发展的法律政策和服务体系。完善

灵活就业和新就业形态劳动者权益保障制度，加快探索适合新就业形态劳动者特点的社会保障参保办法。

建设和运营国家数据基础设施。数据基础设施是实体经济和数字经济深度融合的重要支撑。要加快建设适应数据要素特征、促进数据流通利用、发挥数据价值效用的数据基础设施，推动数据汇聚、处理、流通、应用、交易等功能有序高效运转，促进数据共享。构建全国一体化大数据中心体系，推动智能计算中心有序发展，建设若干国家枢纽节点

和大数据中心集群。积极发展车联网等融合基础设施。发展数据空间、隐私计算、区块链、数据脱敏等技术，有效提升数据流通环节安全可靠水平。

建立健全数据基础制度。数据是新型生产要素，我国是全球数据资源大国，但数据基础制度不够健全，数据要素市场不够完善，制约了数据价值挖掘和利用。要加快建立数据产权归属认定、市场交易、权益分配、利益保护制度，完善数据要素市场体制机制。建立健全数据共享和开发利用的激励约束机制，促进数据共

享，推进公共数据、企业数据、个人数据开发利用，强化高质量数据要素供给。建立健全国家公共数据资源体系，推动公共数据资源安全有序开放。建立合规高效的数据要素流通和交易制度，建设规范数据交易市场。提升数据安全治理监管能力，健全行业数据安全管理制度，完善标准规范，构建重要数据识别、目录备案、风险评估等常态化监管机制，建立高效便利安全的数据跨境流动机制。○

来源：人民日报

通知

关于举办 2024 年中国自动化学会博士学术交流会通知

为贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的二十大精神，把自动化领域科教事业发展融入建设国家战略科技力量和推进科技自立自强的历史使命和责任中，中国自动化学会、哈尔滨工程大学智能科学与工程学院将于 2024 年 9 月 24-26 日在哈尔滨共同举办第二届“中国自动化学会博士学术交流会”（以下简称大会）。

大会旨在促进青年学者在自动化、人工智能等学科领域的交叉与合作交流，强化自动化领域专业建设，加强基础性、前沿性和战略性研究布局，推动实现科技高水平自立自强，不断汇聚起强军强国的磅礴力量。大会以探讨自动化与人工智能领域的最新研究进展、转化应用和未来发展为主题，为广大博士生提供一个学术交流和展示的平台，拓宽学术视野，启迪学术思维。同时为中国自动化学会学生分会开展交流合作搭建桥梁和纽带，以加强各学生分会间的向心力和凝聚力。

在此诚邀全国高校、科研院所及其他单位自动化、人工智能及其相关学科博士研究生参加会议，就自动化领域的前沿问题进行研讨和思辨。详情请查看：<https://www.caa.org.cn/article/192/4892.html>

什么是科学学？

文 / Albert-László Barabási 等

一、结构摘要

1. 背景

如今，随着对科学研究全过程——包括科研基金资助、学术生产、科学家合作到文章的引用和科学家的事业移动——的数字化获取能力的日益提高，人们获得了探索科学的结构和发展的前所未有的机会。科学学（The science of science，后文缩写为科学学 SciSci）提供了对不同空间和时间尺度的科学单位之间相互作用的定量理解：它让我们了解“创造力”背后的条件和科学发现的过程，其最终目标是发展一系列能加速科学研究的政策和工具。

在过去十年中，科学学吸引了自然、计算机和社会学等研究背景的科学家。他们一起构建了用来进行实证分析和生成模型研究的科研大数据，以捕捉科学背后的生产力与从业者的发展变化。科学学希望更深入地理解和推动科学研究中的种种因素，从而更有效地解决环境、社会和技术问题。

2. 进展

科学可以被描述为一个复杂

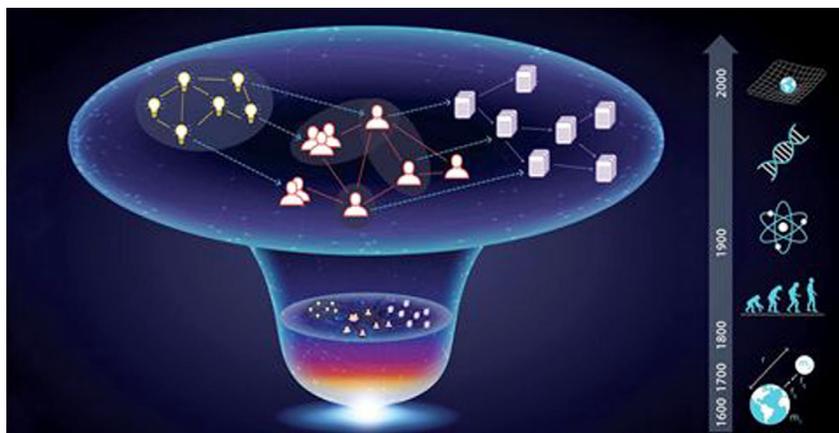


图1 科学可以被视为一个不断扩大和演化的思想、学者和论文网络。科学学探寻基于科学结构和动态的普遍或特定领域的普世规律。

的、自组织的，不断进化的网络。它由学者、论文和思想组成。这种描述问题的方法解释了很多潜在的模式，例如，对合作网络的研究和对引用网络的研究解释了新学科的诞生和重大发现的诞生过程。微观模型追踪了引文积累的动态，使我们能够预测单个论文在未来的影响力。

科学学揭示了科学家在他们扩展职业生涯和科学视野道路上面临的选择和权衡。例如，分析表明学者们不喜欢风险，更愿意研究与他们当前专业知识相关的主题，这限制了他们未来发现的潜力。那些愿意打破这种模式的人会更

有可能取得重大突破。

总之，最革新的科学是基于传统的学科组合，但是这种组合往往是前所未有的。最后，随着研究工作更多的从个体转移到团队中，科学学越来越关注团队在科研中的影响和意义。一些研究发现具有革命性的思想通常诞生于小团队。相比之下，大型团队倾向于推进前沿领域的研究，获得高却通常也短暂的影响力。

3. 展望

科学学提供了关于科学家、研究机构和思想之间结构框架的定量理解。它有助于识别负责科学发现背后的基本机制。这些跨学科数据驱动的内容补充了科学



图2 科学界限的致密化 (densification) 过程也是跨学科探索、融合和创新的信号。

计量学 (scientometrics) 和有关科学的经济学与科学社会学等相关领域的内容。

尽管科学学渴求适用于各个科学领域的长期普遍的规律和机制,但首先需要面对不同领域和国家之间文化、习惯和偏好之间难以避免的差异。这种变化使得一些跨领域的见解难以理解,并且相关的科学政策难以实施。科研问题、数据之间的差异,一般是与领域所关联的,这也暗示在将来科学学的研究会因“学科特色”而产生相应的变化。

二、正文

1. 摘要

识别科学发展背后的动力,构造能够捕捉科技发展的模型能够指导人们设计促进科学进步的政策。例如,通过加强科学家的职业道路的政策设计,更好的科学绩效考核,更有效的经费设计,甚至是识别将要诞生的前沿研究。科学学使用关于科学生产的大规模数据来寻找普遍和特定学科的

规律和模式。在这里,我们回顾了科学学这个跨学科领域的最新发展。

大量关于学术输出的数字数据为探索表征科学结构和演化的模式提供了前所未有的机会。科学学将科学发展过程置于显微镜下,对科学发现、创造力和实践的起源有定量的理解。它能开发加速科学进步的工具和政策。

科学学的出现受到两个关键因素的驱使。

首先是数据的可用性。除了专有的 Web of Science (WoS),它是历史悠久的第一引文索引,今天还有多种数据源 (Scopus, PubMed, Google Scholar, Microsoft Academic, 美国专利和商标局等)。其中一些来源是免费提供的,涵盖了与科学家及其成果有关的数百万个数据点,这些数据来自各行各业,大江南北。

其次,科学学受益于自然,计算和社会科学家的涌入和合作,他们开发了基于数据的工具,使关键测试能在生成模型 (genera-

tive models) 上运行,旨在揭示科学发现的现象,其内部机理和驱动力。

这个新兴领域的亮点之一是打破学科边界的过程,科学学整合了来自多个学科的研究发现和理论,并使用了广泛的数据和方法。

从科学计量学中,学会了分析和衡量大规模数据集的方法;从科学社会学,它学会了一些理论概念和社会过程;从创新研究中,它探索从科学发现到发明和经济变革的途径。

科学学依赖于广泛的定量方法的整合,从描述性统计和数据可视化到高级计量经济学 (econometric) 方法,网络科学方法,机器学习算法,数学分析和计算机模拟,包括基于主体的建模方法 (agent-based modeling)。

科学学的价值主张基于这样一个假设:随着对成功的科学突破背后因素的深入理解,从整体上把握科学的研究进展,从而更有效地解决社会问题。

2. 科学家、科研机构与想法组成的网络

当代科学是由社会结构、知识表征 (knowledge representations) 和自然世界之间复杂的相互作用驱动的一个动力系统。科学知识是由研究论文、书籍、专利、软件和其他学术领域人造产

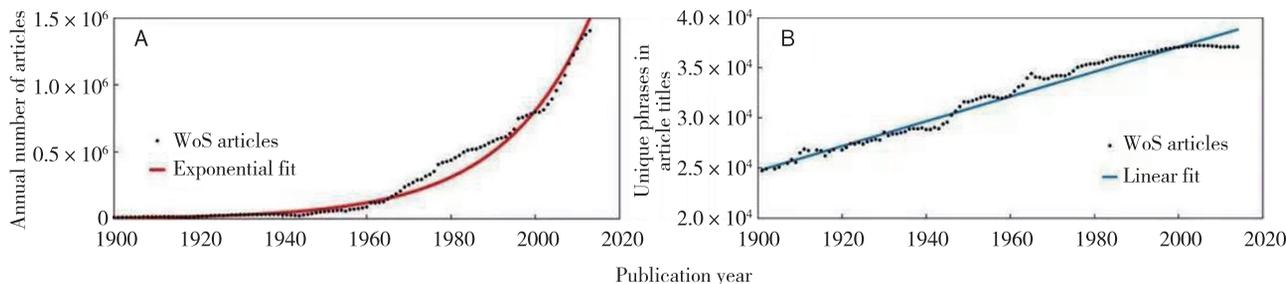


图3 科学的成长。(A) 在 WoS 数据库中摘录文献的年度产出量与时间的关系。
(B) WoS 中索引到的文献涵盖的科学新发现的增长。这是通过计算固定数量文章中概念数量来确定的。

物中的概念和关系构成的。这些内容被按照距离亲疏组织成学科和更广泛的领域。这些社会、概念和物质要素通过正式和非正式的信息、思想、科研实践、工具和案例信息流相互联系。

因此，科学可以被描述为一个复杂的、自组织的、不断发展的多尺度网络 (multiscale network)。

早期研究发现科学文献的数量随着时间呈指数积累，平均 15 年，文献数量就会翻倍 (图 1)。然而不要因此就以为科学思想就因此跟着文献的数量一起成倍增长了。出版界的技术和经济也随着时间而改善，发表文章制作效率也因此而提高。此外，科学领域的新发表文章往往聚集在不同的知识领域。

研究者们通过大规模的文本分析，使用从标题和摘要中提取的短语来衡量科学文献的认知程度。他们发现科学概念的范围随着时间的推移而线性扩展。换句话说，虽然发表文章的数量呈

指数增长，但新概念是随着时间的推移是以线性增加的，如图 3 所示。

文章标题和摘要中常用的单词和短语通过引文网络传播，形成一种模式，而这种模式又会在某一时空被新出现的范式所取代。通过将网络科学方法应用到引文网络中进行研究，研究人员能够识别由经常互相引用的发表文章子集所对应的社群。这些社群通常对应于对特定问题持有共同立场的作者群体或在相同的专门科学话题上工作的从业者。最近，关注生物医学科学工作的一篇文章说明了发表物的增长如何强化了“学科社区”。

一旦新论文被发表，科学家、被研究的药物、疾病和方法 (“这些事物”即网络分析中的节点 (nodes)) 之间的关联，(即网络分析中的超边 (hyperedge)) 就会更新和加强。大多数新建立的链接距离彼此仅一两步，这意味着当科学家选择新研究课题时，更喜欢选择与当前的专业知识或

其合作者的专业知识直接相关的内容。这种致密化 (densification) 表明，现有的科学结构可能会限制将来人们的研究内容。

科学界限的致密化 (densification) 过程也是跨学科探索，融合和创新的信号。

对八个研究领域的生命周期分析表明，成功的领域经历了知识和社交统一的过程，这导致协作网络中的巨大通路，可以类比正常条件下相当大的一组共同作者。一个科学家在合作网络上随机游走 (random walks) 选择合作者的数学模型成功地再现了作者生产力、每个学科的作者数量和论文内容与作者的跨学科性。

3. 研究问题的选择

科学家如何决定研究哪些研究问题？科学社会学家早就推测，这些选择是由进行传统研究和创新的风险之间的紧张博弈而决定的。坚持其领域研究传统的科学家通常会通过发布一系列稳定不断的研究成果来推动重心话题的研究进程，从而显得富有成效。

但是，太过专注某一议题可能会限制研究人员感知和抓住机会的能力。这些机会可以找出促进该领域发展的新想法。例如，一个研究生物医学家选择新型化学药品和已有化学药品关系的案例研究表明，随着研究领域的成熟，研究人员越来越多的关注已有的知识。

虽然创新文章往往比保守文章产生更大的影响，但高风险、高创新的策略却很少见，因为额外的奖励并不能弥补发表失败的风险。奖励和荣誉似乎能够作为，抵制保守倾向的主要激励因素，它们能够打破传统，给予人们新的惊喜。尽管有许多因素影响科学家要做的工作，但是在科学事业中控制研究兴趣变化的宏观模式是明显有迹可循的，这些规律就隐藏在科研和科学家的职业道路中。

科学家对研究课题的选择主要影响了他们的个人事业以及依赖他们的人的职业生涯。然而，科学家群体的决策有时候在决定科学发现方向上作用更大（图4）。研究策略保守意味着个人职业发有稳定良好的前景，但对整个学科的促进效果较差。这种策略被命名为文件抽屉问题（file drawer problem）的现象放大了：与已建立的假设不一致的结果很少被发表，导致已发表研究的系统性偏见。站不住脚的和虚假的内容

有时甚至被奉为经典。

更多大胆的假设可能已被几代科学家测试过，但只有那些成功足以产出文章的人才能为我们所知。解决这个保守陷阱问题的一种方法是敦促资助机构主动赞助那些测试全新假设的风险项目，让特殊利益群体承担起针对特殊疾病的研究。

定量分析结果表明，美国生物医学资源的分配是与历史分配和研究相关，而不是与疾病实际问题严重程度相关的，指出了生物医学需求与资源之间的系统性错位。这种错位使人们怀疑资助机构在没有额外监督，激励和反

馈的情况下，由嵌入稳固习惯的科学家经营着的这些资金能多大程度上影响科学的发展。

4. 创新

针对文章和专利的分析共同证明了科学发现和发明中的罕见组合倾向于获得更高的引用率。跨学科研究是一个标志性的重组过程；因此，历史上不相关的思想和资源的成功结合对跨学科研究至关重要，往往反直觉，并导致了具有高度影响力的新思想。不过，从基金申请的证据表明，面对真正新颖的或跨学科的研究议题的时候，专家评估系统通常给予较低的分。

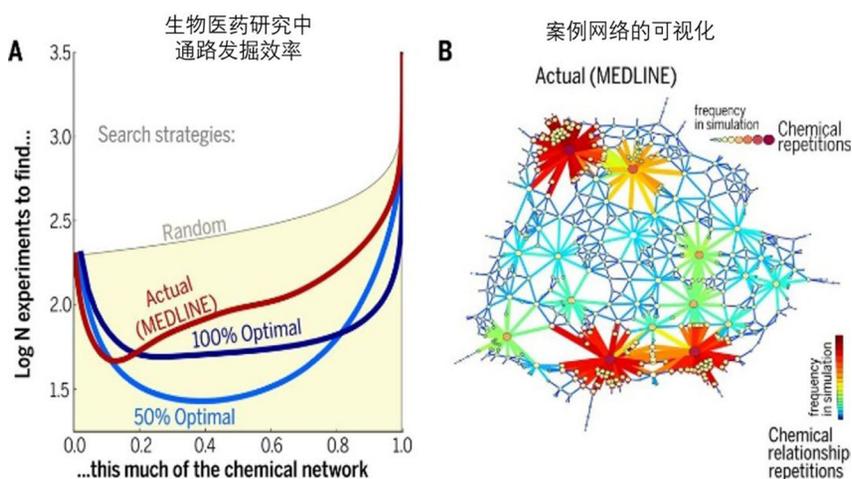


图4 选择加速集体发现的实验。(A) 一项研究衡量了2010年MEDLINE（医学数据库）发表的所有新药物的发现效率。该模型没有考虑特定实验的难度或费用的差异。这个全球科学战略的效率图体现了新发表的生物化学新通路（横轴）与平均实验次数（纵轴）之间的关系。与此对应的，可以制作药物之间的网络图。研究者使用了各种假想的策略效率来与现实情况的策略效率来进行对比，用完全随机，以及50%和100%发现最佳网络的优化策略。纵轴上的较低值表示更有效的策略，进行新发现的模式并不是最优的。实际策略最适合发现13%的化学网络，而50%优化的策略对于发现50%的化学网络有效，但两者都不如揭示整个网络的100%最佳策略一样好。(B) 现实中药物发现网络可以被绘制成图表的形式。该策略诞生的新连接是围绕一些“重要的”、高度相关的化学物质进行的研究，如图中的热点，但是100%效率的研究策略则显示了更加均匀地发现规律，并且不太可能在科学可能性的空间中“从众”。

最具影响力的科学工作主要出自常规内容的组合，但它同时也出自不寻常的组合。这种类型的论文获得高引用率的可能性是其两倍。换句话说，新的和既有元素的混合是成功科学进步的最安全的途径。

5. 科学家学术生涯的动力学

在知识生产和利用的广阔市场背景下，各种学术职业出现了。所以，科学的职业成绩不仅被研究个人激励和边际生产力（相对增益与精力），也在机构激励和竞争两方面的背景下被检验着。需要组合高内容分辨率的个人、地理和时间的大型元数据哭（meta-data）来构建可以从不同角度分析的职业轨迹。例如，一项研究发现，容忍早期失败的资助计划（奖励长期成功）比短期审查周期的资助更有可能产生影响力大的发表文章。

具有时间尺度的竞争交互系统是复杂系统科学中的经典问题。科学的多角度性质是生成模型的驱动力，这种模型能突出了政策的意外后果。例如，职业发展模型表明，短期合同是生产力波动的重要原因，因为这通常会导致某事业的突然结束。

生产力和职业长度的差异可以解释男女科学家之间的合作模式和招聘率上的差异。另一方面，实验证据表明，对女性的偏见发生在职业阶段的早期。当性别在

一组申请人的履历中被随机分配时，招聘委员会系统性轻视女性候选人的成果。

迄今为止，大多数研究都集中在相对较小的样本上，改进和编制大规模科学家数据集，利用来自不同来源信息（例如，出版记录，拨款申请和奖励），将有助于更深入地了解不平等的原因。建立可以为政策解决方案提供信息的动机模型。

科学家的流动性是提供多元职业机会的另一个重要因素之一。大多数针对人才流动性的研究都集中在量化国家或地区的人才流入和流出上，这种研究尤其发生在政策变化之后。然而，对个人流动性及其职业影响的研究仍然很少，主要是由于难以获得关于科学家迁移的纵向信息以及流动决策背后原因的说明。

根据文章引用数量发现，离开原籍国家的科学家，比起那些没有离开的，在文章引用量上表现更好。这可能源于一种选择偏好：好的学者（有能力出国）容易获得更好的职位（更强的团队）。此外，科学家倾向于在名声对等的机构之间移动。然而，当通过引用来量化科学家跳槽影响时，没有发现系统的增加或减少，即使科学家搬到一个相当高或低级别的机构。换句话说，产生影响的不是机构而是组成机构的个体研究人员。

另一个影响职业的潜在因素是名声，以及它为出发点审核文献、评估提案和决策带来的两难困境。作者的名声，以其先前产出的总引用量来衡量能够显着提高该论文在出版后的头几年所得的引用次数。然而，在这个初始阶段之后，影响取决于科学界对工作的接受程度。这一发现以及引文的工作表明，对于富有成效的科学事业而言，声誉不是第一生产力，努力工作，天分和知难而进才是驱动因素。

和政策相关的一个问题是创造力和创新是否与年龄或职业阶段有关。对优秀研究人员和创新者的数十年研究认为，重大突破发生在职业生涯中相对较早的阶段，其中位年龄为 35 岁。

但是，最近的工作表明，早期职业发现的这种充分记录的倾向完全由生产力倾向解释，生产力在科学家的职业生涯的早期阶段很高，并且后来下降。换句话说，创新中没有年龄模式：学者引用最多的论文可以是他或她的任何论文，与论文发表时的年龄或职业阶段无关（图 5）。描述影响力发展的随机模型也表明，突破是由科学家的能力和挑选具有高潜力的问题直觉与运气相结合而产生的。

6. 团队科研

去的几十年里，科研对团队合作的依赖程度与日俱增，这代

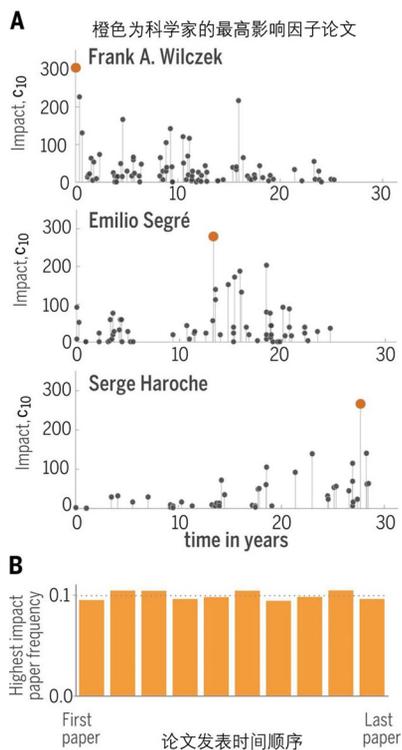


图5 科学学对科学职业的影响 (A) 三位诺贝尔物理学奖获得者的发表记录。水平轴表示获奖者首次发表文章后的年数, 每个圆圈对应一篇研究论文, 圆圈的高度 c_{10} 代表论文的影响, 意为文章 10 年后的引用次数。获奖者的最高影响论文用橙色圆圈表示。(B) 科学家的论文序列中发生最高影响的论文的直方图, 为 10,000 名科学家计算。直方图的平坦性表明, 在科学家发表的论文序列中, 影响最大的工作的出现的时间可能具有相同的概率

表示了科学研究方式的根本转变。对 1,990 万篇研究论文和 210 万项专利的作者进行的研究发现了一个几乎是普遍的科研领域的团队化趋势 (图 6)。例如, 在 1955 年, 科学和工程团队撰写了与单个作者相同的论文数量。然而到 2013 年, 团队撰写的论文比例增加到 90%。

如今, 在科学和工程团队

撰写的论文有 6.3 倍的可能获得 1000 以上的引用, 或大于个体论文的引用, 这种现象并不能由自我引用 (self-citations) 来解释。一个可能的原因是团队能够提出更多新颖的想法组合或生产其他研究者可以后续使用的资源 (例如, 基因组学)。

数据表明, 团队比单独作者多了 38% 的可能将科研突破内容组合进熟悉的知识领域, 证明了团队可以将不同专业结合在一起的前提, 从而有效促进科学的突破。拥有更多的协作意味着通过更多的共同作者提高在学者们之间的可见度, 他们可能会因此将彼此的工作引入科研的内部网络中, 这方面的强化意味着每个研究员要和同事分享声誉。

平均而言, 来自大型团队的研究员可以在各种领域获得更多的引用。研究表明, 小型团队倾向于用新想法和机会变革科学和技术, 而大型团队则推动现有的

研究的进程。因此, 资助和培养各种规模的团队来缓和科学的官僚化可能很重要的。

同时, 团队大小也在以平均每十年 17% 的速度增加这个变化趋势因团队的底层架构已经变化。科学团队包括小型, 稳定的“核心”团队和大型团队, 动态扩展的团队。大多数领域不断增加的团队规模是由动态扩展团队的不断扩增而产生的, 扩展团队从小型核心团队开始, 但随后通过生产力为基础的原始积累吸引新成员。规模是团队生存策略的关键决定因素: 如果小团队保持稳定的核心, 那么他们的存活时间会更长, 但大团队表现出会员流动机制, 才能存活更长时间。

随着科学的加速和日益复杂, 扩展知识前沿所需的工具在规模和精度上都日益提升。对大多数个人调查员来说, 研究工具价值过高, 有价无市, 但对大多数机构来说也是如此。学术合作一直

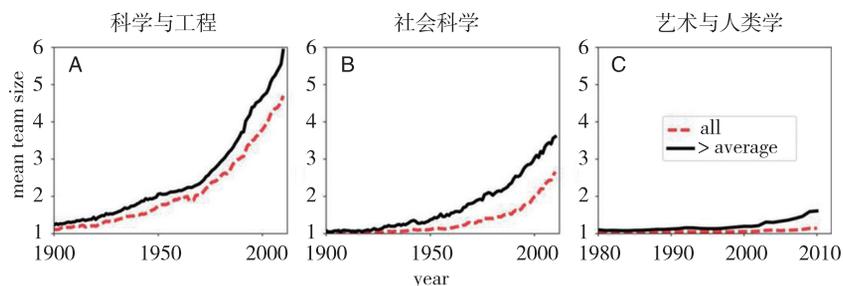


图6 团队的规模和影响在过去的一个世纪里, 平均团队规模一直在稳步扩大。红色虚线表示所有论文中共同作者的平均数; 黑色曲线考虑那些引用数高于领域平均值的文章的团队平均大小。黑色曲线系统地处于红色虚线之上, 这意味着大型团队比小型团队更容易产生高影响力的工作。每张图表对应 WoS 规定的一个学科大类 (A) 科学与工程, (B) 社会科学, (C) 艺术与人文科学。

是解决这个问题的关键方案，这样就能将资源更多集中到科研上。

欧洲核子研究中心的大型强子对撞机是世界上最大和最强大的粒子对撞机，她的诞生不能忽视学术合作，来自 100 多个国家的 10,000 多名科学家和工程师参与了这台对撞机的建立。然而，随着规模的增加，与“大科学”相关的价值和风险的权衡随即产生。尽管可以解决更大的问题，但是科学重复性问题要求你重复实验，这可能在实际上或经济上不可行。

合作者会对科学产生巨大影响。根据最近的研究，失去明星合作者的科学家会经历生产力的大幅下降，特别是如果这位散伙的合作者是一位普通的研究人员的情况下。与极强合作者合作的发表文章平均引用次数会增加 17%，这表明职业合作的价值。

鉴于研究论文中作者的数量越来越多，谁应该并且确实获得最多的名誉？科学中名誉的错误分配的经典理论是马太效应，其中参与合作工作的较高地位的科学家因其贡献而获得超额名誉。为协作参与人员分配信誉是很困难的，因为不能轻易区分个人贡献。但是，有可能检查共同作者论文的共同模式，以确定群体中的每个共同作者分配的信誉。

7. 引用量背后的动力学

学术引用仍然是科学中衡量

学术成就的主流方式。鉴于对主流引用标准的长期依赖，引文积累的动态规律已被几代学者所验证。根据 Price 开创性的研究，科学论文引文的分布是高度具有倾向性的：许多论文从未被引用，但开创性论文可以累积 10,000

或更多的引用。这种不均匀的引文分布是科学变动的一种强大的、自然出现的，革新的属性。当论文按机构分组时，它也成立。并且如果一个论文的引用的次数除以论文同学科同年的平均引文，得到的分数分布是所有学科基本

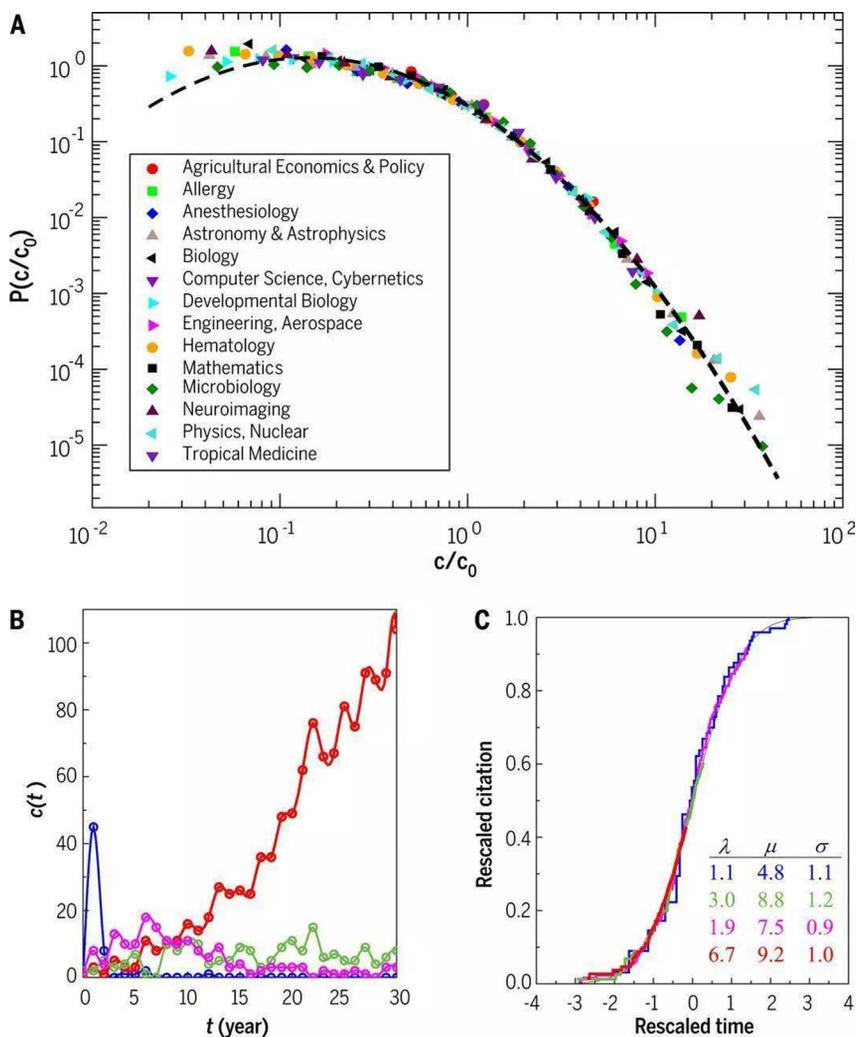


图 8 引文动态的普遍性 (A) 如果每篇论文的引用次数 c 除以该学科所有论文的平均引用次数 c_0 , 那么在同一学科和年份上发表的论文的引用分布, 各个学科基本上都是统一的。虚线是对数正态拟合曲线。(B) 1964 年发表于“物理评论 (Physical Review)”的四篇论文的引文历史, 根据其独特的动态选择, 显示出“跳跃衰变”模式 (蓝色), 峰值延迟 (紫红), 引文数量稳定模式 (绿色), 和引文指数上升 (红色)。(C. 单个纸) 引文由三个参数确定: fitness λ , immediacy μ , 和 longevity σ 。通过适当的 (λ, μ, σ) 参数重新调整 (B) 中每篇论文的引用, 四篇论文将其合并为一个通用函数, 这对所有学科都是相同的。

上无区别的 (图 8A)。

这意味着通过查看相对引用量可以比较不同学科发表的论文的影响力。例如,一篇收集 100 篇引文的数学论文比 300 篇引文的微生物学论文具有更高的学科影响。

分布的尾部信息能够捕捉高影响力论文的数量,揭示驱动引用数量累计的机制。最近的分析表明,它遵循幂律分布。幂律的尾部可以通过累积优势的过程产生,网络科学中将其称为偏好依附 (preferential attachment),表明引用论文的概率随着它已经积累的引用次数增长而增长。

这样的模型可以与引用动力学的其他特征,比如知识的过时共同用来增强模型说明性。文章引用数量随着时间增加而下降,或者也可以利用一个拟合参数 (fitness parameter) 对应每个论文对科学界的吸引力。只有一小部分论文不能被以上假设所描述,称为“睡美人”,因为它们发表在发表后一段时间内都无人问津,但是在经过一段时间后,突然收到大量的关注和引用。

上述形成机制可用于预测单个论文的引用动态。一个预测模型假设论文的引用概率取决于先前引用的数量,并且考虑每篇文章的过时因子 (obsolescence factor) 和适应度参数 (fitness parameter) (图 5, B, C) 就能

预测这篇文章的引用数量。可以推断出某个科研工作的长期影响。其他研究已经确定了论文影响因子相关的预测指标,例如期刊影响因子。有的研究则表示一个科学家的 h-index 可以被准确预测。尽管如果考虑科学家的职业生涯阶段和 h-指数的累积性,非递减性在内,预测准确性会降低。

消除在科学中使用定量评估指标的不一致性和常用统计数据背后,生成这些数据的内在机制是科学学研究中十分重要的机制。

8. 展望

尽管科学研究确实有它的普遍性,但文化、习惯和偏好方面的实质性学科背景差异使得某些领域内的某些跨领域见解变得难以理解,与其对应的政策则难以实施。每个学科所要求的问题、数据和技能之间的差异表明,可以从特定领域的科学学研究中获得进一步的见解。这些研究模拟和预测适应每个学科领域中的需求和机会。对于年轻的科学家来说,科学学的研究结果提供了过去科研有效的见解,有助于指导他们对未来的预见 (Box1)。

Box1: 科学学给我们的经验教训

- 创新和传统: 纯粹的,真正的创新和高度跨学科的想法可能无法达到它们能达到的科学影响力。为了增强其影响力,应将新思想置于已有的学科环境下发表。

- 坚持: 只要一直保持研究状态,科学家的概念中永远不存在“太老”而无法做出重大发现的情况。
- 合作: 如今研究模式正在向团队转移,因此参与协作是大有益处的。小团队的作品往往是更具颠覆性,而那些强队往往有更大的资源去做更有影响力的大工作。
- 声誉: 大多数名誉将归属于在文献发表的领域中进行始终如一工作的共同作者。
- 资金: 虽然评审小组承诺支持创新,但他们实际上更倾向于忽视创新。资助机构应要求审稿人评估创新,而不仅仅是他们头脑中预料的成功。

科学学的贡献是: 对科学家、制度和思想之间的关系结构开始进行细致的理解,这是识别它背后运作机制的关键起点。总之,这些数据驱动的 (data-driven) 工作补充了相关研究领域欠缺的内容,如经济学和科学社会学。

因果估计 (Causal estimation) 是一个经济学中的典型例子,计量经济学研究会收集并利用全面的数据源来进行需要的模拟。评估因果关系是科学学最需要的未来发展之一: 许多描述性研究揭示了科研结构与成功结果之间的强烈相关性,但特定结构“导致”结果的程度仍未得到探索——我们不知道相关关系背后的

因果关系。

通过与研究人员建立更紧密的合作关系，科学学将能够更好地识别从模型和大规模数据中发现的联系，这些数据具有促使相关政策诞生的潜力。但是科学学的实验可能是科学学尚未面临的巨大挑战。运行随机对照试验将改变由税收所支持的个人或科学机构的研究进程，如此之高的成本必然会引发批评和阻碍。

因此，在不久的将来，准-实验方法（quasi-experimental approaches）将在科学学调查中占主导地位。大多数科学学研究都将科研文献作为主要数据来源，这意味着这个学科思考和发现的研究对象都是那些成功的案例。然而，大多数科学研究存在失败，有时甚至是巨大的失败。鉴于科学家失败的次数多于成功失败，因此了解理念何时何地，为什么，怎么样失败对理解和改进科学系统至关重要。这些研究可以为重现性危机提供有意义的指导，并帮助我们解决文件抽屉问题（file drawer problem）。通过揭示创造性活动，这些研究还可以大大促进对人类创造力的解释。

科学系统和经济系统类似，它是一个使用一维“货币”引文的经济系统。这暗示阶层也存在于科研系统，其中“富人愈富”抑制了新思想的传播，特别是那

些新晋科学家和那些不符合特定领域传统身份的人。

通过扩大绩效指标的数量和范围可以改善科学系统。在这方面，制定衡量科学界覆盖网络（metrics covering web）、社交媒体活跃度和社会影响的替代指标至关重要。其他可衡量的维度也包括科学家与竞争对手分享的信息（例如数据），以及他们向同行提供的帮助，以及他们作为同行作品审稿人的可靠性。

但是，由于需要大量的指标，需要做更多的工作来了解每个指标的作用和不捕获的内容，以确保有意义的解释并避免滥用。科学学可以通过提供模型做出种种贡献，这些模型可以更深入地理解科学绩效指标的覆盖范围以及背后的机制。例如，当使用替代指标（例如，文献下载的分布）时观察到的经验模型将使我们能够探索它们与基于引用数量的度量系统之间的关系并且识别暗箱操作。

将基于引用数量的指标与其他指标相结合将促进科研的多元发展，并实现科研生产力的分工，由此科学家可以通过不同方式取得成就。科学是一个生态系统，不仅需要出版，还需要传播者、教师和注重细节的专家。我们需要能够提出新颖的，改变革新的问题，以及能够回答问题的人。

如果好奇心、创造力和知识能有效交流——特别是关于科学技术的应用和社会影响之类的信息——更多元化的方法可以减少重复，科学便能蓬勃发展。

科学学试图解决的一个问题是科学资金的分配。目前的同行评审制度存在偏见和矛盾。几种替代方案已经被提出，例如随机分配资金，不涉及提案和审查制度的向专门人员导向的资金，向在线人群开放的审查机制，去除审稿人绩效的评审机制和科学家众筹资金。

科学学（SciSci）未来研究的一个关键领域是与机器学习和人工智能的整合，让客观的机器和人类一起工作。这些新工具将会有有一个令人愉快的深远，因为机器可能比人类合作者更能拓宽科学家的视野。例如，自动驾驶车辆是机器学习技术，是由人类已知的驾驶技术和未知的驾驶习惯信息的成功组合。心智-机器伙伴关系的研究给广泛的卫生、经济、社会、法律等领域的决策上提供了广泛的正面作用。如何通过机器与心灵关系改善科学，以及怎么安排能够让科学发展更具成效？这些问题有助于我们了解未来的科学。○

来源：science

物质、生命和演化的统一科学：超越牛顿第三定律

文 / Ram C. Poudel

1. 引言

物质科学以牛顿定律为基础得以成形；然而，生命和演化的科学仍在发展之中。物质是可观测宇宙的现实基础，以空间、质量和体积为特征。虽然生命和演化的定义有许多种，但我们尚未达成共识。根据美国国家航空航天局（NASA）的定义：“生命是一种能够进行自我维持的化学系统，具备达尔文演化论的能力”。自然选择是达尔文提出的一种解释演化的机制。自然选择并不是物理层面的解释。然而，它帮助人类知识从过去的“神选”时代进步到“自然选择”时代。根据斯宾诺莎的观点：Deus sive Natura（神即自然，自然即神）*；神在本质上是与自然等价的。科学——尤其是物理学——要求以物理实体如能量、力及其相互作用来解释。据我们所知，现有文献中对演化的科学解释是不足的。我们提出了一个基于经典力学中场的概念的统一理论框架来研究物质、生命和演化。

* Deus sive Natura（拉丁文，

神即自然，自然即神）是与斯宾诺莎哲学思想相关的一个重要概念。斯宾诺莎是17世纪的荷兰哲学家，他提出了一种非常自然主义的关于神、世界、人和知识的观点，这些观点为他的道德哲学、政治思想以及对宗教和道德传统的批判提供了基础。

什么是生命？自从人类从四足动物演化到两足动物以来，我们可能一直在思考这个问题。这是一个尚未解决的问题，也是一个活跃的研究领域。生命科学的发展已经持续了很长时间。东西方哲学对生命有不同的解释。东方教义强调生命是自然的一部分，提倡与自然和谐共处。“Vasudhaiva Kutumbakam”（字面意思是“世界大同”）是东方文明中的一个显著的本体论。在西方文化中，生命的主导哲学是“个人主义”，认为“生命是对权力的斗争”。

*Vasudhaiva Kutumbakam 是一个源自古印度的哲学概念，其含义为“世界大同”，这一概念强调了全人类的统一和相互联

系。这个短语由梵文词汇“Vasudha”（地球）和“Kutumbakam”（家庭）组成，它传达了一种世界观，即整个世界是一个大家庭，所有生命都是相互连接的。

在缺乏统一科学的情况下，生命对人们来说就像盲人摸象——每个人都根据自己的背景、有限的经验和知识来解释生命是什么。

观察生命有许多不同的视角：生命作为化学；生命作为物理；生命作为信息；生命作为流动组织。我们知道，生命的研究属于生物学范畴。但是，生命知识的片面理解并不能帮助我们找到科学的统一性。我们需要一个视角，来认识生命在其整体上的多面性和多维性。能量是科学的语言，不受化学、物理和生物学等学科界限的限制。系统状态的这一标量函数可以被用来对物质、生命和演化进行综合性研究。

本文提出一种在能量的连贯框架下理解生命、物质和演化的方法。能量是时空界限的主人，而不是奴隶。然而，在本文中，我们坚持采用场的方法来构建和

扩展知识，并遵循经典物理学的方法，以便使本文的内容对一般读者来说易于理解。

一门统一的科学要求将物质和生命在核心层面联系起来。在根本层面上，科学必须是独一无二的。我们不希望物质有一门科学，生命又有另一门科学。在最基本的层面上，生命的任何定律或规则必须与物质的定律或规则相对应，而不是相反。自然界中普遍存在着标度无关的模式 (scale-free pattern)，这为非生命体与生命体之间的连续性提供了令人信服的证据。在跨越分界的数据中，普遍存在一种模式，即数据以 S 形方式累积分布，因此大多数情况下遵循幂律分布。我们可以将这种模式与能量分散过程联系起来。能量及其守恒是热力学中的一个重要概念。能量可能是自然科学和社会科学各学科之间的统一纽带。我们研究热力学中的能量及其转化。本文的主要目的是通过一个更广义的理论框架来扩展热力学的边界，以涵盖生命科学。

2. 牛顿定律与生命科学

恩斯特·马赫*认为牛顿第三定律是经典物理学的基石。正如我们所认为的那样，牛顿三定律是物质的定律，而不是生命的定律。然而，这三定律并不是独立的，它们为理解生命的一些关键特性提供了重要见解。生命可

能超越牛顿定律的范畴。在这里，我们从物质的角度出发，总结了我们对生命的关键——即生命的定义——的探索。

*恩斯特·马赫 (Ernst Mach) 是一位奥地利-捷克物理学家和哲学家，他因其在光学、力学和波动力学方面的工作而闻名。他最著名的贡献是推导出了“马赫原理”，该原理通过假设宇宙中所有的质量都以某种方式相互连接来解释惯性现象。马赫的名字常常通过马赫数被人们所记忆，马赫数与超音速相关联。

我们尝试用牛顿第三定律来阐明这一观点。牛顿第三定律指出，作用力和反作用力是大小相等、方向相反的。对于两个物体 A 和 B 之间的因果相互作用，作用力和反作用力 (分别用 R 表示) 遵循以下规则：

$$R_{AB} = -R_{BA} \quad (2.1)$$

作用力 R_{BA} 和反作用力 R_{AB} 分别作用在两个不同的物体上。第三定律在数学上由方程 (2.1) 表示，它隐含地假设作用力和反作用力在没有时间滞后的情况下同时发生。一些文献给物质定律的这一独特方面起了一个名字：物自在主义 (object egotism)。物体只对瞬间作用于它们的影响做出反应。但这种物自在主义可

能不适用于生命；生命可以超越物自在主义。生命体具有操纵反应以对自己有利的能力。此外，人类——也许任何生命形式——都可以在相同的时间尺度上采取自发 (自主) 行动，或者可能领先或滞后于反应。

当一个定律要求作用-反作用对称时，自然会想知道在哪些情况下作用不等于反作用。确实，我们需要对物质的经典物理学进行一种跳出常规的思考。根据玻尔在数学结构中的对应原理 (correspondence principle)，我意识到作用-反作用不对称可能与远离平衡态的系统有关，比如生命。如果能将物质的定律推广到生命领域不是很美妙吗？这正是一个统一科学应该努力追求的目标。

* Bohr's correspondence principle, 尼尔斯·玻尔的对应原理是量子力学中的一个基本原则，它指出在某些特定条件下，量子系统的行为应该能够近似地对应到经典物理系统的预测。作者使用这个原理来说明，在数学和物理学的框架内，可能存在一种情况，即作用和反作用的不对称性与非平衡系统 (如生命系统) 有关。

当我分析一座坐落在柱子上的桥梁时，首次遇到了一个非直

观的作用与反作用模式。这座桥梁设计用于尼泊尔等地震多发地区，柱子在承受荷载时可以略微屈服。我对分析结果感到困惑，于是开始思考牛顿第三定律是否具有普遍性，即是否既适用于非生命体（如物质）也适用于生命体。自然界中是什么要求作用在两个不同物体上的力和反作用力必须相互平衡？是对称性还是某种守恒定律？这是否是受稳态描述影响的一种思维方式，旨在使物理问题变得简单且易于管理？确实，我们需要先学会走路，然后再努力奔跑。这种基于平衡的解释可能仅对物质有效，而对生命则不然。人们普遍认为生命是一个远离平衡态的过程。对于一个远离平衡态的系统，应该考虑额外的力（或能量）来恢复作用—反作用相等的原理。换句话说，像生命这样的非平衡态系统拥有一种在经典物理学中不常见的能量（或力）。这听起来可能有些牵强，但这种无法解释的能量可能是生命科学的基石。

本文是从物质的角度探索生命的关键。因此，让我们以生物细胞（生命的基本构建块）为参考，来审视物质的三大定律。生命由细胞及其所处的环境组成，是自然界更大生态系统的一部分。

细胞是一个在环境中由边界定义的系统。细胞具有内部能量

产生源（或动力源和某种形式的储存器——如线粒体），它可以根据自身和环境的约束随意处置或调节这些能量。细胞产生能量以驱动生命的各种功能和机制。细胞利用能量进行基因组的转录和翻译等功能。活细胞可以自身改变其能量状态，或者对外部力作出反应。因此，我们可以声称牛顿第一定律在细胞层面并不成立。

值得强调的是，我们在这里处理的不是一个由细胞边界和环境定义的宏观系统。如果我们深入到更小的尺度，即细胞的组成部分，那么我们主要处理的是物质而不是生命。这也可能强化了一个事实，即牛顿第一定律不足以处理生命及其轨迹。

因此，生命是由边界定义的，并拥有像麦克斯韦妖*开启大门的内在功率。每个生命体都拥有内在的能量来源，或者通过调动宿主或环境产生能量并行使功率（power）**的能力。边界是生命固有的特征。我们可以定义两种类型的功率来源：边界“内部”和“外部”的功率来源。“外部”功率是指在边界墙外来源的功率。在经典物质研究中，我们将力区分为体力（body forces）和表面力（surface forces）***。重力是一种体力，而压力是表面力的一个例子。社会潮流和时尚可以被视为表面力的类似物。

* 麦克斯韦妖（Maxwell's Demon）是1871年由英国物理学家詹姆斯·麦克斯韦提出的一种思想实验，用来探讨热力学第二定律的可能性和局限性。在这个假想实验中，一个容器被分成两个部分，中间有一个可以由“妖”控制的小门。这个“妖”能够探测并控制单个分子的运动，它可以将速度较快的分子（被认为是“热”分子）放到容器的一边，而将速度较慢的分子（被认为是“冷”分子）放到另一边。这样，容器的一侧温度会升高，另一侧温度会降低，从而可以利用温差做功，这似乎违反了热力学第二定律，因为熵似乎减少了。后续的研究表明，麦克斯韦妖并不违反热力学第二定律。信息的处理，包括信息的擦除，需要消耗能量，这会导致系统的熵增加，从而不违反热力学第二定律。参看《麦克斯韦妖文章》。

***body forces and surface forces: 体力（body force）是指作用于物体内部每一个点的力，与物体的表面积无关。表面力（surface force）则作用于物体的表面或边界上，通常与物体的表面积成正比。

生物体能够感知自身的能量状态，并因此渴望随着时间的推移向更高能量状态发展。因此，“功率”更适合描述生命和生物体

的动力学。尼采和罗素早先强调了生命的这一特性。遵循物质研究的传统，我们可以将与生命相关的功率分为两类：(a) 体功率和 (b) 表面功率。体功率是生物实体的一个定义特征。由于意识到并能够访问这种功率，生物体可以与其他生物体和环境进行自发性 and 因果性互动。一般来说，物质被认为不具备自发行动的能力；然而，在放射性物质的情况，我们可以观察到这种行动。在根本层面上，可能没有明确的边界来区分物质和生命。

功率关系和层级制度似乎调节着对能量状态有意识的生物体的行为和反应。功率仅仅是我们称之为能量的系统状态函数的总导数。在下一节中，我们将探讨与生命相关的能量和功率。

* 全导数 (total derivative)，系统能量状态函数关于时间或其他相关变量的变化率。

3. 能量和功率

测量是科学的基础。与物质相关的测量大多涉及空间、时间和能量 (或力)。能量是科学的基本概念之一，大多数测量都是基于能量或其导数，如力和功率。然而，与生命相关的能量仍然是一个谜。

理解人类的能量 (及功率) 以及如何利用它更好地服务人类

和自然，应该是 21 世纪科学和工程的主要目标之一。我们在理解支持生命的物质上花费了太多时间和资源。最近，人们开始努力复兴物理学和生命的法则。一些哲学家将生命理解为一种使能量在生物体或生态系统边界附近局部转移的机制，而另一些人则将生命视为能量在未知潜力领域中的体现。生命对我们来说就像“盲人摸象”。生命能量及其转化的奥秘在整体上对人类来说还是未知的。像寓言中的盲人一样，我们试图根据自己对自然的有限经验和理解综合出一个连贯的画面。然而，理解生命能量、研究生命的法则，并希望预测生命的轨迹及其观测量，并非一个不切实际的目标。

我们中的许多人假装知道驱动生命的能量和功率。其实我们对能量的了解非常有限，尤其是关于生命和演化的知识。许多科学和人类社会长期存在的问题都可以直接与我们对能量及其转化的感知联系起来。安东尼·J·莱格特将任何学科中遇到的问题分为三个层次：

(i) 哈密顿量的，已知且可处理的；

(ii) 哈密顿量的，部分已知但难以处理的；

(iii) 哈密顿量的，甚至未知的。

系统的哈密顿量定义了系统

的总能量。我们可能知道与物质及其相互作用相关的哈密顿量，但我们不知道的是生命及其演化的哈密顿量。理查德·费曼对科学家中的能量之谜持坦诚和认真的态度。他有一句名言：“重要的是要认识到，在当今物理学中，我们对能量是什么一无所知。”

基于 20 世纪的进展，我们可以从两种方式来定义能量：(a) 参照一个场 (引力场、电场、磁场) 或 (b) 参照一个频率 f ，如在公式 $E=hf$ (其中 h 是普朗克常数) 所示。在基于经典场方法的科学中，我们隐含地假设物质的相互作用发生在无限的空间和时间领域中。然而，空间和时间并不是描述和研究能量的绝对要求。公式 $E=hf$ 直接证明了能量超越了经典物理学的空间时间限制 (边界)。因此，量子物理学应运而生。量子物理学通过考虑波函数来考虑能量的波动方面，并通过叠加、概率和各种类型的变换来研究相互作用。

采用经典物理学的场概念，我们之前提出了社会场理论 (social field theory)。社会场理论有助于量化与生命和生物体相关的能量。一个理论应该告诉我们测量什么。社会场理论建议根据社会力量 (S)、个体力量 (I) 和一个信任向量 (Γ) 来测量与生命相关的能量。在经典场理论的框架下，我们用三个宏观

变量定义了与生命相关的哈密顿量 H ：

$$H = SI\Gamma \quad (\text{在自然单位中})。 \quad (3.1)$$

能量是跨越物质、生命和演化的通用语言。能量的时间导数，功率 (power) 在社会科学中的含义比经典热力学中更广泛。根据罗素的说法：“社会科学中的基本概念是功率 (power)，就像能量是物理学中的基本概念一样。”社会场理论有助于定义与在社会领域中生命相关的能量。稍后，我们在纳维-斯托克斯方程的框架内，根据哈密顿量 H 和相关功率的定义，提出了一个关于能量的演化方程。

4. 物质

物质由基本粒子组成。物质占据空间，具有质量和惯性。惯性是物质在没有外力作用下继续保持静止状态或均匀运动的能力。在经典物理学中，物质是现实或可观测宇宙的基础，由空间和时间刻画。

物质科学在牛顿定律下形成。生命科学仍在发展中。要明确地划分物质和生命并不是一件容易的事情。病毒或处于休眠状态的种子是一些界限不太清晰的示例。从实际角度来看，我们根据积累的生命经验来区分生命与非生命。然而，科学要求我们在研究事物时，在物理量方面要更加精确。

5. 生命

生命是有组织的物质状态加上能量，它能够感知自身的能量状态和时间轨迹。在某种程度上，生命可以被视为物质、电荷和信息，并与能量或功率相结合的各种循环的协同集合体。通过耦合，我们指的是一个循环产生的能量或功可以用来驱动另一个循环，以恢复其初始状态。因此，许多生命过程具有周期性：过程一次又一次地重复，并在各种空间和时间尺度上加强其他循环。显然，生命能够自我繁殖。

生命是一个能够感知自身存在、能量状态和演化的自主系统。这种对生命能量的隐含和主观感知将生命与非生命区分开来。生命容易体验却难以定义。关于生命的定义尚未达成共识。

像物质一样，生命占据空间并具有惯性。然而，生命具有内在的能量 (或功率) 来源，因此它可以自主地改变其状态。生命是一个开放系统，通过质量、能量和信息交换与周围环境相互作用。由于系统边界的存在，生命可以维持与环境不同的状态。

上面提到的许多关键词都是生命的特征。但特征并不总是足以定义一个主题，尤其是生命。我们避免用能量和功率来定义生命，因为这些概念仍存在一些模糊和不一致之处。生命的定义很容易产生更多的争议而不是清晰

的理解。然而，上述任何情况都不应阻止我们研究生命和生命能量。

早些时候我们提到了物自在主义 (object egotism)。物自在主义是牛顿物理学的一个基本概念。生命似乎拥有一种超越物自在主义属性的能力。生命可以改变一种反应，这可能超出了物质的能力。

因此，我们可以将牛顿第三定律 (方程 (2.1)) 推广到生命领域，如公式 (5.1) 所示： $R_{AB}(t) = -\beta(\Gamma, \tau) R_{BA}(t \pm \tau)$ 。在这里， R 是生命对外部刺激的一般反应， β 是比例因子， τ 是超前 / 滞后时间。例如，作为生物体的人类可以调节、超前或滞后反应力。这种反应取决于记忆、预见性等因素。

基于上述方程，我们可以区分物质和生命。可以说，物质遵循物自在主义进行反应，而生命体则可以对情况采取更全面的方法进行响应。根据这种解释，物质 (中的反应) 是瞬时发生的，而对于生命来说，响应可以在时间和空间上超前或滞后。

这项工作是对生命的一种尝试性阐释。然而，这种尝试部分受到了物理学传统方法的启发，这些方法旨在将自然现象追溯到简单的力学定律。这种对生命和非生命的划分可能会产生更多的问题而不是答案。生命超越了工

程和热力学启发的机器定义；生命随时间演化并能够自我繁殖。

6. 演化

在科学中，遵循牛顿第一定律，很自然地会从力（内部或外部）或精确的能量角度来思考演化。事实上，已经有许多尝试在物理学的框架内研究生命和演化。经过数百万年的演化，生物体会发生明显的变化。人类从猿类经过漫长的演化过程，表现出了明显的特征变化，如我们的祖先露西，据推测她是用两条腿行走的。在生物学中，演化是指随着时间的推移，基因物质发生变化的过程。生物体与环境之间的持续相互作用，遵循类似于方程(5.1)总结的一般作用-反作用原理，可能导致基因改变、新性状出现，并最终形成新物种。博弈论是社会科学中研究的类似作用-反作用现象。长期的相互作用可以改变生命、生物体以及环境的格局。生物体逐渐内化其基因中的变化，最终导致表型（生物体的一组可观察特征）发生变化。

在科普领域，我们归功于自然选择，它导致了更有可能生存和繁殖的生物体。自然选择是被提出解释生命和生物体演化的机制之一。合作和互惠也可能发挥重要作用。在种群中，自然选择过程可以增加有利等位基因的频率。科学要求用逻辑和物理量背后的法则来解释，比如动量、力、

能量或功率。达尔文的自然选择理论中缺乏这种解释力。

生物体能够适应环境，同时能够影响和改变环境。由环境介导的变化源可以称为外部因素，可以视为表面力或外部功率。生命也拥有体力或内部功率。我们推测生命的内部功率主要来自两个来源：(a) 作用-反作用不对称性，和 (b) 生命在其系统内部所蕴含的能量。有时可能无法区分内部功率和外部功率。为了简化起见，我们可以将起源于生物体边界内的功率来源分类为内部功率，将与环境相关的功率分类为外部功率。生物体与环境处于持续相互作用中，就像鱼与水处于持续相互作用一样。很难确定一个水分子是鱼的一部分还是环境的一部分。

图1通过对比物质在三维空间中的相互作用和生命单位在能量超空间中的相互作用，展示了生命现象的复杂性和抽象性。这种抽象描述有助于我们更深入地

理解生命的本质和演化规律。

7. 演化之力

考虑两个或多个生命单位之间的相互作用。根据方程(5.1)中的广义作用-反作用关系，两个生命单位之间的内力 R_{ij} 不会相互抵消，并且通常不沿同一作用线。因此，生命单位系统总是存在一个合力以及相应的能量。我们推测，这种生命所特有的合力是系统时间演化的原因。多体生命系统由于这种合力的作用而持续处于非平衡状态。

对于物质来说，如图1a所示，内力是共线的。力 R_{ij} 和 R_{ji} 在大小上相等但方向相反。因此，物质只对外部力作出反应。据此，牛顿的第一定律仅适用于物质，而不适用于一般生命体。

“让我们将生命单位的集合称为社会， Ω 。在图1中，我们展示了物质 M 和生命 L 的集合，其中索引 i, j 和 k 分别代表每种类型的三个单位； G 代表某种类型的质心， R 代表反作用力。”

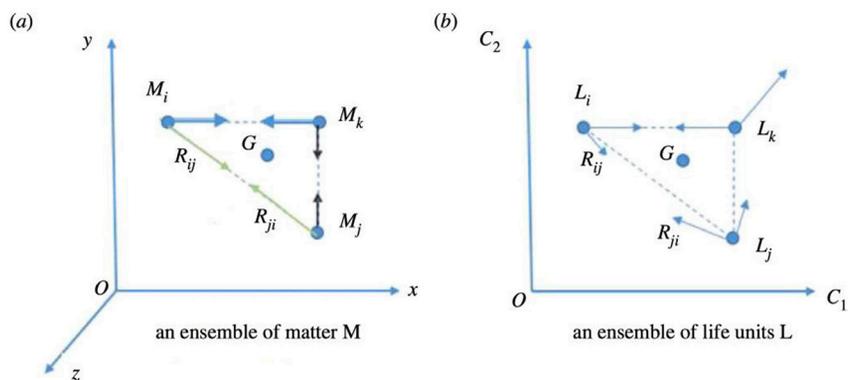


图1 (a) 物质在三维空间中的相互作用。
(b) 生命单位在能量超空间 $\Omega(C_1, C_2, t)$ 中的相互作用。

如图 1a 所示的物质, M_i 和 M_j 之间的内部力 R_{ij} 和 R_{ji} 相等且反向, 并且具有相同的作用线。因此, 它们的和 $R_{ij} + R_{ji} = 0$ 。然而, 对于生命系统来说通常并非如此, 如图 1b 所示。对于一个生命系统, $R_{ij} + R_{ji} \neq 0$ 。在人类这样意识到自身能量状态的生物中, 内部功率可能不总是平衡的。因此, 一个多体生命集合 Ω 将在 G 点周围有一个净力和一个力矩。我们认为这个净力 / 力矩及其相应的能量是演化的驱动因素。

此外, 生命系统还具有不同程度的内力 R_{ii} 。意识是生命单位感知环境以及自身的能力。人类可以利用意识, 通过利用内力 R_{ii} , 单独或与社会一起沿着能量阶梯上升。物质不能自行沿着能量阶梯上升。物质需要外部力来改变其静止或运动状态, 这遵循牛顿的第一定律。但由于 R_{ii} 和 $R_{ij}/=R_{ji}$ 的存在, 第一定律不适用于生命。达朗贝尔原理可能不适用于社会 Ω 。换句话说, 作用在生命体 L_i 上的外部功率系统与这些生命体的有效功率系统并不等效。这可能是生命能够自发行动的原因, 与物质的因果相互作用不同。达朗贝尔原理通常适用于 $R_{ij} + R_{ji} = 0$ 且不存在 R_{ii} 的系统。

生命体如何调动其蕴含的能量来改变自身状态可能是显而易见的。在这里, 我们关注的是作用 - 反作用不对称性如何导致合力。这种与生命相关的自主力可能是演化背后的物理原因。在非平衡态的物质中, 我们也可能看到这种自主力。我们通常将这种力归因于熵产生的结果。

8. 生命演化的方程

我们可以遵循牛顿第二定律, 用通常的符号写出物质的运动方程:

$$\mathbf{F}_{\text{net}} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \mathbf{v} \frac{dm}{dt} \quad (8.1)$$

在假设质量为常量的情况下, 上述方程简化为著名的 $\mathbf{F}_{\text{net}} = m\mathbf{a}$ 。我们不知道生命是否能按照爱因斯坦的质能关系 $E=mc^2$ 将质量部分地转化为能量。然而, 在本文所定义的框架中, 生命能够感知其能量状态。空间和质量维度并不是生命的定义特征。因此, 我们

提出了一个关于生命演化的方程, 该方程基于能量和功率。关于生命的功率方程形式如下:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_{\text{sys}} P = \sum_{\text{body}} P + \sum_{\text{surface}} P \quad (8.2)$$

Stueckelberg 之前提出了一个类似的以功率交换来表述热力学定律的公式。在方程 (8.2) 中, 我们以不同的方式对功率项进行了分组。

生命作为一个开放系统, 由具有内部力量和功率源 / 汇的边界定义。在生命的基本单位中, 线粒体可能体现了这种蕴含的能量源。我们可以区分体功率和表面功率。体功率是系统固有的, 而表面功率则与边界和环境相关联。鱼可以使用体功率和表面功率来逆流而上或顺流而下。而死鱼则可能只受表面功率的作用而顺流漂下。这个例子生动地展示了生命系统如何通过内部和外部功率的相互作用来适应环境并维持其动态平衡。

方程右侧的功率项可以用生命体的力和类似速度的项来表示。这些力可以分为外在表面力 (F_{ex}) 和内在体力 (F_{en})。表面力主要来源于个体之间的相互作用 (即 $j \neq i$), 如图 1 所示, 而体力则是个体固有的。这些力可以计算为:

$$\text{表面力: } F_{\text{ex}} = \sum_{j=1}^n \beta(\tau, r) R_{ij}(t \pm \tau) \quad \text{for } j \neq i$$

$$\text{体力: } F_{\text{en}} = R_{ii} \quad (8.4)$$

一旦我们确定了与生命相关的力, 就可以在纳维 - 斯托克斯方程的框架内写出演化方程:

$$\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} + \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial S} \frac{dS}{dt} + \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial I} \frac{dI}{dt} + \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \Gamma} \frac{d\Gamma}{dt} = (F_{\text{en}} + F_{\text{ex}}) \frac{1}{\Gamma^2} \frac{d\Gamma}{dt} \pm \dot{Q} \quad (8.5)$$

\dot{Q} 的导数表示生命过程中固有的任何其他产生和耗散。

在本文中, 我们定义生命为能够意识到能量状态。相应地, 哈密顿量 H 可以用动能和势能等复合函数来表示。动能和势能的有序对定义了一个测量空

间。对于生命的领域，我们将动能等同于个体的资本 (C_1)，势能等同于个体的能力 (C_2)。与经济学中的定义不同，资本和能力在社会场中都具有与能量单位等效的单位。因此，我们可以写

$$H = H(C_1, C_2, t) \quad (8.6)$$

然后，生命演化方程也可以写成：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial C_1} \frac{dC_1}{dt} + \frac{\partial H}{\partial C_2} \frac{dC_2}{dt} = (F_{en} + F_{ex}) \frac{1}{\Gamma^2} \frac{d\Gamma}{dt} \pm \dot{Q}. \quad (8.7)$$

方程 (8.7) 的第一项是哈密顿量 H 的局部导数，第二项和第三项是对流导数，右侧的项是源 / 功率项。

一个由 N 个生命单位组成的集合可以被称为社会 S 。我们可以定义社会 (S) 的哈密顿量 (H_s) 为集合中所有哈密顿量的总和，即

$$\mathcal{H}_s(n, t) = \sum_{k=1}^N \mathcal{H}_k(n, t)$$

对于社会而言，方程 (8.7) 的形式类似于多变量 Fokker - Planck 方程，描述了绝对尺度下 H_s 的时间演化。同时，在某些特定假设下，方程 (8.7) 也可以简化为 Lotka - Volterra 型方程，用于描述两种相互依赖物种的种群演化。

生命是多维的，因此描述生命的参数也可以是超维的。生命由各种物质循环、电荷循环以及由各种流动引起的和驱动的磁场循环组成。在生命的尽头，描述生命的个体强度 (I) 必须减少到我们用来描述物质的维度。如果我们承认这个参数 I 是多维的，包括物质、电荷、磁场 (包括电磁场和社会场) 等维度，那么我们可能能够在统一的框架内将物质和生命联系起来。

纳维 - 斯托克斯方程本质上是牛顿第二定律在流

体流动中的扩展。根据设计，在纳维 - 斯托克斯方程框架内提出的功率方程可以简化为牛顿第二定律。在极限情况下，生命的法则和规则必须与物质的法则和规则相对应。这种对应性不仅体现了物理学原理的普遍性和一致性，也为我们理解和描述生命现象提供了重要的参考和依据。通过借鉴物理学的方法和理论，我们可以更深入地探索生命的本质和演化的机制。

社会场理论为我们提供了衡量社会中参数的思路。参数 S 和 I 是流动 (物质、能量、信息) 的函数，而信任向量 Γ 描述了流动和势能之间的关系。简单的维度分析表明， Γ 的单位等同于波长的倒数。这些是我们可以努力测量的参数，以便为物质、生命和演化的统一科学提供蓝图。

9. 结论

牛顿的三大定律为物质科学提供了结构。然而，这些定律对于研究生命和演化系统是不够的。本文展示了如何通过假设作用 - 反作用不对称性来实现对物质、生命和演化的综合理解。对牛顿第三定律在超越作用 - 反作用对称性的一般化，产生了一种可能与演化和驱动演化系统的动力相关的自主力。物质并不具备这种内在显著的力。生命是一个远离平衡的系统，已知具有内在的力和能动性。我们提出了一个用于研究生命的理论框架，在极限情况下对应于牛顿的物质定律。我们对生命科学的了解有限，然而，一个基于功率的框架似乎为我们关于生命和非生命的知识提供了一个统一的框架。我们提出了牛顿物质定律的一般化，可能成为我们在寻找物质、生命和演化统一科学过程中的指路明灯。○

来源: Philosophy Transactions of The Royal Society

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 全国决赛在北京开幕

2024 年 8 月 21 日 上 午，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。中国工程院院士，中国自动化学会会士、理事长，西安交通大学教授郑南宁；中国工程院院士、同济大学校长郑庆华；中国科学院院士，中国自动化学会会士、副理事长，中国空间技术研究院研究员杨孟飞；中国科协青少年科技中心主任，中国青少年科技教育工作者协会常务副理事长辛兵；中国高等教育学会副会长，原中

国地质大学党委常委、副书记姜恩来；中国自动化学会会士、副理事长王成红；中国自动化学会会士、副理事长，中国钢研科技集团有限公司党委副书记张剑武；中国自动化学会会士、副理事长，青岛科技大学副校长，上海交通大学教授李少远；中国自动化学会会士、副理事长，中国科学院自动化所研究员侯增广，以及来自学术界、产业界、教育界共计 500 余代表现场参加大会开幕式，100 万人次线上参会，此外还有来自全国的 9000 余名参赛选手参加比赛。

大会开幕式由杨孟飞院士主持，郑南宁院士、辛兵主任、姜恩来副会长分别致辞。

郑南宁院士在欢迎辞中指出，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青年人。创新来源于创造力的培育，把想象与创造融入到劳动技能培养中，才能真正培养出未来的卓越工程师和科学家。



图 1 大会现场



图 2 中国科学院院士，中国自动化学会会士、副理事长，中国空间技术研究院研究员杨孟飞主持



图3 中国工程院院士，中国自动化学会会士、理事长，西安交通大学教授郑南宁致辞



图4 中国科协青少年科技中心主任，中国青少年科技教育工作者协会常务副理事长辛兵致辞

辛兵主任在致辞中表示，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，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。

姜恩来副会长在致辞中强调了本次大会对探索智能教育与教育均衡发展新模式，打造教育新生态，建设高质量教育体系的重

要贡献，并为大赛的未来发展指明方向：把准科技发展方向，服务国家战略需求；加强青年人才培养，激发科技创新活力；开拓合作共赢新局面，建设智能教育发展共同体；坚持以人为本，强化人工智能规范。

随后，北京市第二中学教师高凯作为裁判员代表，北京市西城区黄城根小学李长轩、新疆喀什地区第二中学朱思百、广州第十三中学李金娜作为参赛选手代表上台宣誓。

大会报告环节分别由中国自动化学会会士、副理事长，中国科学院自动化所研究员侯增广；中国自动化学会会士、副理事长，中国钢研科技集团有限公司党委副书记张剑武主持。

中国工程院院士，中国自动化学会会士、理事长，西安交通大学教授郑南宁作了题为“AI 赋能教育的知识生产与创造力培养”的报告。郑南宁院士指出在推进人工智能赋能教育的同时，一定要高度重视有可能带来的潜在风



图5 中国高等教育学会副会长，原中国地质大学党委常委、副书记姜恩来致辞



图6 中国工程院院士，中国自动化学会会士、理事长，西安交通大学教授郑南宁作报告



图7 中国工程院院士、同济大学校长郑庆华作报告



图8 中国自动化学会常务理事、百度首席技术官王海峰作报告

险，例如数据隐私和安全、教育资源不平等、过度依赖 AI、缺乏情感支持、人际交往能力减弱等问题。因此，把人类的诉求、生命的意义、文化和心理的需求和人工智能技术结合起来，使教育成为一个可追溯、可视和可计算的过程，培养学生轻松使用和驾驭人工智能的创造力是应对智能时代必须有的教育观。

中国工程院院士、同济大学校长郑庆华为大家带来了题为“人工智能与科学教育融合发

展——认识与思考”的报告。郑庆华院士指出人工智能已经成为赋能一切的新质生产力，以及正在打造未来教育新形态，未来教育呈现出互教互学、虚实一体、个性伴随等特点。AI 赋能科学教育的关键是创建新场景、新应用，例如提供沉浸式教学、个性化服务、综合性测评等，深刻把握人才培养的规律和目的，重视理论研究和工程实践相结合。

中国自动化学会常务理事、百度首席技术官王海峰带来题为

“知识增强模型”的报告。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。

科大讯飞股份有限公司副



图9 科大讯飞股份有限公司副总裁、研究院院长刘联作报告



图10 北京华航唯实机器人科技股份有限公司副总经理刘浪作报告

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。

北京华航唯实机器人科技股份有限公司副总经理刘浪作了题为“‘智’造未来：人工智能助力智能制造人才培养”的报告。刘浪副总经理从人工智能对智能制造人才培养的作用及相关影响出发，介绍了人工智能技术发展现状，智能制造行业对人才的需求，以及教育院校人才培养的模式变革。

本次大会特别设置了以“教育强国·人才兴邦：探索中国式现代化教育之路”为主题的高峰对话环节，由中国自动化学会会士、副理事长，上海交通大学讲席教授，青岛科技大学副校长李少远主持。中国自动化学会会士/常务理事、北京航空航天大学副校长吕金虎，中国自动化学会会士/理事、北京工业大学校党委副书记乔俊飞，湖南大学副校长李树涛，中原工学院校长夏元清，沈阳工业大学副校长孙秋野等五

位专家围绕“高校如何通过学科建设培育专业人才”“高校在国家基础学科拔尖人才培养方面的创新实践”等话题进行了深度探讨，分享真知灼见，场上场下互动频繁，现场气氛活跃热烈。

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以“智引教育未来 创领新质生产”为主题，由中国自动化学会主办，中国自动化学会智慧教育专业委员会、中国自动化学会普及工作委员会、中国自动化学会职业教育工作委员会、中国自动化学会教育工作委员会、哈尔滨工程大学未来技术学院承办。大会除了五场大会报告、一场高峰对话外，还组织了 7 场平行论坛，邀请近 50 位专家学者围绕自动化和人工智能与教育深度融合的趋势与策略、智能教育与

教育均衡发展新模式等议题展开讨论，为院校的人工智能教育发展提供了新的思路和方向。

会议同期开展的 2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛，吸引了来自全国 300 余个省市 11 万余名选手参赛，经过初赛、省赛层层选拔，最终有 9000 余名参赛选手入围全国决赛，参加机械设计、机械装载、超级工匠、智能家居等 13 个赛项的挑战。此次大赛，贯彻了德智体美劳全面发展的教育理念，弘扬了求真务实开拓创新的科学家精神，发现了一大批富有好奇心、想象力和探究欲的有志少年，有力地推动了面向智能时代的教育创新，为我国教育强国、科技强国、人才强国建设贡献了力量。○

学会秘书处 供稿



图 11 高峰对话

“劳动筑梦，智启未来” ——2023-2024 学年全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛圆满落幕

“123，开始！”随着现场裁判一声令下，来自全国各地近万名优秀选手在13个赛道群雄逐鹿，决战紫禁之巅。一个个小工匠、小机械手、小飞手、小程序员、小设计师……，在竞技的赛场上充分发挥自己的聪明才智，创造一个个超乎想象的优秀作品。

2024年8月21-22日，第二届全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛在北京九华山庄会展中心成功落下帷幕。本次大赛由中国自动化学会主办，设置了机械设计、机械装载、超级

工匠、智能家居等13个赛项，全面展现了我国青少年在劳动技能与智能设计领域的卓越才华与创新精神。

自大赛规则公布以来，半年时间全国范围内共有超过11万名中小学生积极报名参赛，他们在指导老师的悉心指导下，利用课余时间，投身于从作品设计到实践验证、从程序设计到编程控制的全方位挑战中。这场跨越半年的赛事，不仅是一场知识与技能的较量，更是一次对青少年综合素质与创新能力的全面检阅。正

如一位来自北京市西城区黄城根小学五年级的学生李长轩说的，这次比赛让我学习到了解决问题需要做好设计、并按照设计方案动手制作实现和不断测试改善，最终才能得到理想的效果。

中国自动化学会张楠秘书长对本次大赛进行了全面总结，她高度赞扬了参赛选手的卓越表现，以及指导老师、组织单位、评审专家和社会各界的辛勤付出。她指出，大赛的成功举办，不仅贯彻了德智体美劳全面发展的教育理念，还推动了面向智能时代的教育创新，为培养未来社会的科技人才奠定了坚实基础。

大赛总评委主任、国家级教学名师、浙江工业大学王万良教授在致辞中，对选手们的技能与热情给予了高度评价，并向所有获奖选手表示热烈祝贺。他强调，大赛不仅是一个展示才华的舞台，更是一个交流学习的平台，激发了青少年对劳动技能与智能设计的浓厚兴趣和创新精神。同时，他对评审团队的严谨公正表示了衷心感谢，并期待未来大赛能继



图1 大赛现场



图2 中国自动化学会秘书长张楠



图3 大赛总评委主任、国家级教学名师、浙江工业大学教授王万良

续提升品牌影响力，为更多青少年提供成长与发展的机会。

此外，本次大赛还同期举办了自动化与人工智能教育大会，邀请了多位院士和行业专家就未来教育发展、青少年人才培养、人工智能学科建设等话题进行深入探讨。大会的召开，不仅为参赛选手提供了与业界顶尖专家面对面交流的机会，也为推动我国教育事业的发展注入了新的活力。

随着闭幕式的圆满结束，2023-2024 学年第二届全国青少年劳动技能与智能设计大赛全国决赛正式落下帷幕。但这场赛事所激发的创新精神与科学热情，将继续在青少年心中生根发芽，



图4 2024 中国自动化与人工智能教育大会

为我国科技事业的发展贡献源源不断的青春力量。我们期待在未来的日子里，全国青少年劳动技能与智能设计大赛能够越办越好，

成为培养未来科技人才的重要平台。○

学会秘书处 供稿

中国自动化学会十一届二十九次理事长、 一届二十次监事长工作会议召开

中国自动化学会十一届二十九次理事长、二十次监事长工作会议于8月21日在北京召开，学会理事长郑南宁院士，副理事长于海斌院士（线上）、王成红、侯增广、李少远、周东华、张剑武，监事长王飞跃（线上）出席会议。会议由郑南宁理事长主持。

学会秘书长张楠从党建强会、组织建设、奖励与人才培养、公共服务、出版宣传、科普传播、学术活动、国际事务等方面就中国自动化学会近期的重点工作进行汇报。

在审议环节中，与会代表围绕2024中国自动化大会的组织机构、大会报告人、专题论坛等多项内容进行充分讨论，并就申请IFAC HMS 2025、IFAC TFMST 2025等多项议题进行审议。同时，会议表决通过了中国自动化学会新能源与储能专业委员会、系统仿真专业委员会、



郑南宁理事长主持

过程控制专业委员会、分数阶系统与控制专业委员会等4个分支机构的成立、换届等申请事项。

最后，郑南宁理事长作总结发言，指出中国自动化学会作为发展我国自动化、信息与智能科技领域的重要社会力量，要把握行业前沿发展、加强对分支机构的管理和指导，提升自身的服务能力和水平，推动学会高质量发

展；同时，应积极搭建学术交流和技术合作的平台，推动科技创新与成果转化，更好地发挥其作为重要社会力量的作用，推动我国自动化、信息与智能科技领域的创新与发展，为实现科技强国的目标贡献力量。○

学会秘书处 供稿

提升学术会议举办能力服务活动在京召开

8月21日，由中国科协学会服务中心主办、中国自动化学会承办的“提升学术会议举办能力服务活动”在京召开。中国科学院文献情报中心、中国科学技术信息研究所等相关专家，20余家全国学会代表参加活动。

会议指出，全国学会要深入学习贯彻党的二十届三中全会和全国科技大会精神，对标顶级学术社团水平，聚焦国家战略需求，围绕主题议题设计、规范组织实

施、凝练学术成果等方面着力提升学术会议策划与组织能力，打造示范性学术品牌，为服务科研人员攻关创新，推动营造良好科研生态做出积极贡献。

活动期间，来自中国科学院文献情报中心中级馆员陈雪飞、中国科学技术信息研究所副研究员雷雪、中信银行北京分行产品经理张洋分别围绕学术会议数字资源共享规范、高端交流平台建设助力学术会议高质量发展、

科技金融服务学术会议举办等作报告分享，中国颗粒学会秘书长王体壮、中国煤炭学会秘书长王蕾、中国指挥与控制学会副秘书长宋鹏分别围绕学术交流激发创新思维、学术会议服务国家重大战略、学术会议服务产业创新发展等议题作专题报告。与会代表进行了充分交流。○

学会秘书处 供稿



中国自动化学会组织召开浙江工业大学科技成果鉴定会

2024年8月5日，中国自动化学会以线上会议形式组织召开了“胃肠道磁控胶囊精确控制与智能检测关键技术及应用”项目成果鉴定会，该成果由浙江工业大学牵头，与浙江爱达科技有限公司、丽水市人民医院共同完成。

鉴定委员会由中国科学院院士、华中科技大学丁汉教授担任主任，科技部高技术研究中心刘进长研究员担任副主任。来自南开大学、南京理工大学、昆明理工大学、辽宁工业大学以及中国科学院自动化研究所等多所高校和机构的相关领域专家担任委员。鉴定会由中国自动化学会副秘书长王坛主持。

项目组在鉴定会上向鉴定委员会专家汇报了项目技术成果报告、查新报告和测试报告等。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



线上专家合影

论与评议等形式，最终形成鉴定意见。

据了解，浙江工业大学牵头的科技成果针对驱动胶囊实现胃肠道的全面检查和准确识别与分割胃肠道可疑病灶区域的紧迫需求和重大难题，开展了胃肠道磁控胶囊精确控制与智能检测研究，突破了磁控胶囊运动控制、病灶区域准确识别与分割、胶囊精确

定位以及胃肠道疾病精准诊断技术瓶颈，得了创新性成果，并已成功实现产业化应用，经济社会效益显著。

浙江工业大学牵头，与浙江爱达科技有限公司、丽水市人民医院的相关项目组成员参加了会议。○

学会秘书处 供稿

第三十五届中国过程控制会议成功举办

2024年7月25-27日，第35届中国过程控制会议在三亚市三亚湾红树林度假酒店成功举办。本届会议由中国自动化学会、中国自动化学会过程控制专业委员会主办，海南大学承办，《控制工程》编辑部协办。海南大学机电工程学院具体负责会议的筹备及组织工作。

中国工程院院士、中国自动化学会特聘顾问、浙江大学教授孙优贤，中国工程院院士、中国自动化学会副理事长、中南大学教授桂卫华，中国工程院院士、中国自动化学会副理事长、中国科学院沈阳分院院长于海斌，中国科学院院士、哈尔滨工业大学

教授段广仁，中国科学院院士、中国自动化学会理事、北京航空航天大学教授郭雷，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，加拿大女王大学 Martin Guay 教授等出席会议。来自清华大学、上海交通大学、中南大学、浙江大学等100余所高校、科研单位、企业的近500名专家学者共聚海南，分享成果，交流经验，探讨热点，并在专题论坛中为海南自由贸易港献计献策。

7月26日上午会议开幕式上，中国工程院院士、中国自动化学会过程控制专业委员会主任委员桂卫华，海南大学党委常委、

副校长邱锡光，中国工程院院士、中国自动化学会特聘顾问孙优贤出席开幕式并先后致辞，表达了对参会专家学者的欢迎，并预祝大会取得圆满成功，开幕式由海南大学机电工程学院院长唐荣年教授主持。同时，在开幕式上，由中化信息蓝星智云首席科学家、华东理工大学讲席教授冯恩波教授发布了中国过程控制大模型（CPC-SM）。

本届会议征文主题涵盖了多方领域，紧扣热点方向，关注包括工业过程管理与决策系统、决策与控制一体化系统、工业过程与自动化系统、批次过程的建模与控制、安全监控系统、建模与



大会合影

仿真系统、工业互联网系统、人工智能驱动的自动化、海上风电系统的过程控制、热工过程智能控制等重要技术领域。本届会议共收录论文 325 篇，设 5 个大会特邀报告、6 个主旨报告、2 个专题论坛、22 个分组口头报告及 2 组张贴论文。

会议荣幸地邀请到中国工程院院士、中国自动化学会副理事长、中国科学院沈阳分院院长于海斌，中国科学院院士、中国自动化学会理事、北京航空航天大学教授郭雷，加拿大女王大学 Martin Guay 教授，中国科学院院士、哈尔滨工业大学教授段广仁，大连理工大学科学技术研究院院长赵珺教授围绕工业互联网、自主导航、数据驱动控制、全驱系统方法、工业能源系统等相关领域作大会报告。会议还邀请蒋朝辉（中南大学）、莫一林（清华大学）、李元龙（上海交通大学）、高伟男（东北大学）、孔王东（大连理工大学）、卢静宜（华东理工大学）围绕工业物料颗粒度感知与分析、信息物理系统、饱和约束控制系统、基于学习的

输出调节方法、多智能体系统、数据驱动的间歇过程等领域作主旨报告。

在分会场，来自各高校的师生代表宣读会议投稿论文，并就论文中的新想法、新观点问题进行了深入且热烈的研讨。与分会场宣读论文同时进行的还有论文张贴宣讲，各论文作者充分、热情的展现出自己在科研学术和工程应用等方面的新技术、新概念、新成果。本次会议为与会者提供了一个难得的学术交流平台，开阔了科研视野，激励了科研创新，增进了学术友谊。

本次会议还设立了两个专题研讨，“教育论坛”以“大模型、大数据与人工智能在教育、科研与工程中的创新应用探讨”为主题，邀请华东理工大学教授冯恩波、中南大学教授奎晓燕、百度、化工行业大模型首席架构师张雁翔总监，主要围绕人工智能和大模型等内容进行专题研讨，重点讨论大模型、大数据与人工智能在教育、科研与工程中的创新应用。“工业论坛”以“大型工业控制系统的智能优化”为主题，邀

请海南核电有限公司张振平主任工程师、浙江省绿色石化技术创新中心刘亭亭经理、海南港航控股有限公司科技管理部张勇总经理，主要围绕核电厂数字化、大型炼化、智能航运等前沿热点进行专题研讨。

7 月 27 日下午的闭幕式由海南大学机电工程学院副院长李创教授主持，由中国自动化学会常务理事、中南大学阳春华教授作会议总结。闭幕式上举行了中国过程控制会议阳光杯交接仪式，海南大学机电工程学院院长唐荣年教授与中国自动化学会副理事长李少远教授共同将中国过程控制会议“阳光杯”传递给下届会议承办方代表——四川轻化工大学熊兴中教授。熊兴中教授向与会代表介绍了第 36 届 CPCC 会议筹备情况。闭幕式最后，由中国自动化学会副理事长李少远教授宣布第 35 届中国过程控制会议圆满闭幕。○

CAA 过程控制专委会 供稿

第 43 届中国控制会议在昆明成功召开

第 43 届中国控制会议 (CCC2024) 于 2024 年 7 月 28-31 日在昆明成功召开。此次会议由中国自动化学会控制理论专业委员会 (CAA TCCT)、中国自动化学会和中国系统工程学会主办, 昆明理工大学和云南大学承办, 协办单位包括中国科学院数学与系统科学研究院 (AMSS)、中国工业与应用数学学会、上海系统科学研究院、云南省自动化学会、云南省机械工程学会、昆明仪器仪表学会等国内单位, 以及来自海外的多个控制领域重要团体 / 组织: 亚洲控制学会 (ACA), IEEE 控制系统协会 (IEEE CSS), 韩国控制、机器

人与系统学会 (ICROS), 日本仪器与控制工程师学会 (SICE) 等。本届会议由云南省自动化学会理事长余正涛教授和 CAA 副秘书长、CAA TCCT 主任赵延龙研究员任大会主席; 云南大学党委副书记吴建德教授和昆明理工大学研究生院院长沈韬教授任大会副主席; 昆明理工大学那靖教授和北京理工大学孙健教授任程序委员会主席; 昆明理工大学王晓东教授任组织委员会主席。本届会议共收到来自 18 个国家和地区 的 2102 篇论文, 经程序委员会严格评审, 1672 篇论文被录用, 其中英文论文占 96%, 收录论文涉及 43 个研究领域。

本届中国控制会议 (CCC) 注册代表 2100 余人, CAA TCCT 顾问及委员 150 余人参加了本届会议, 包括陈翰馥、郭雷 (AMSS)、桂卫华、钱锋、胡海岩、段广仁、沈学民、乔红等多位两院院士。国际自动控制联合会 (IFAC) 主席 Dongil Dan Cho 教授、IEEE CSS 主席 Carolyn Beck 教授、ACA 副主席 PooGyeon Park 教授、韩国 ICROS 当选主席 Myotaeg Lim 教授、日本 SICE 代表刘康志教授等多位海外控制领域重要团体 / 组织代表也出席了会议。

CCC2024 开幕式于 7 月 29 日上午召开, 开幕式由大会程序委员会主席那靖教授主持, 昆明理工大学副校长杨斌教授、TCCT 主任赵延龙研究员, 以及大会副主席吴建德教授分别致辞, 他们向大会的召开表示祝贺, 向各位代表的参会表示热烈欢迎!

杨斌副校长代表昆明理工大学, 欢迎各位参会代表的光临, 感谢各位来宾对中国控制会议的大力支持, 并预祝大会圆满成功。杨斌教授表示, 昆明理工大学历经 70 余年的发展, 建成了以工



图 1 CCC2024 开幕式现场

为主、理工结合、特色鲜明的综合性大学。本次会议是一个海内外学者展示新思路，探讨新方法的盛会，也是一个知识交流、智慧碰撞、培育未来的盛会，预祝各位参会代表在本次大会中拓展新视野、找到新思路、巩固友谊、强化合作与交流，也希望各位专家学者加强与昆明理工大学的交流，为昆明理工大学的发展建言献策。

赵延龙主任代表CAA TCCT，衷心感谢各位参会代表的光临，向各位来宾介绍了CAA TCCT以及CCC的发展历程。他表示，这是第三次在昆明举办CCC，前一次是在2008年，当时有700多名参会者，而今年的参会人数已经超过了2100人。赵延龙特别提到，在国内控制领域专家和学者持续多年的鼎力支持下，CCC规模和影响均实现了显著增长。今年，CAA TCCT还与IEEE CSS签署了长期合作协议，进一步加强了双方的合作。此外，CAA TCCT与ACA联合主办了第14届亚洲控制会议(ASCC2024)，这一具有重要影响力的国际会议，同时，CAA TCCT在ASCC2024中与韩国ICROS等共同组织了联合邀请组，取得了良好的学术交流效果。

吴建德教授代表本届大会，欢迎各位代表相聚美丽的春城昆明，共同见证了第43届中国

控制会议的开幕。他特别提到，16年前他曾作为志愿者服务于CCC2008，如今作为大会副主席深感荣幸与振奋。吴建德教授代表组委会向主办方、协办单位、投稿作者及参会人员表示衷心感谢与热烈欢迎。CCC作为重要的国际学术会议，不仅展示自动化领域成果，更促进国际学术交流与合作。希望此次会议能为国家高质量发展贡献力量，并推动自动化学科的繁荣与进步。预祝大会圆满成功，祝愿各位专家学者身体健康、生活愉快！

本届会议很荣幸地邀请了7位国际知名学者作大会报告，他们是北京理工大学胡海岩教授(中国科学院院士)、加拿大滑铁卢大学沈学民教授(中国工程院外籍院士)、英国帝国理工学院Alessandro Astolfi教授(欧洲科学院院士)、新加坡南洋理工大学谢立华教授(新加坡工程院院士)、南京航空航天大学校长姜斌教授、美国伊利诺伊大学Carolyn Beck教授、北京空间飞行器总体设计部王大珩研究员，大会报告主题为控制领域、人工智能领域以及交叉领域等的前沿方向。

香港中文大学陈本美教授和中国地质大学(武汉)吴敏教授为CCC2024组织了2场大会专题研讨会。陈本美教授组织并主持了题为“漫谈系统与控制”的

大会专题研讨会，邀请英国曼彻斯特大学丁正桃教授、香港科技大学丘立教授、南非比勒陀利亚大学夏小华教授和南京理工大学邹云教授为主讲嘉宾。题为“系统与控制学术奖获得者——成就与经验”的专题研讨会由吴敏教授主持，主讲嘉宾为瑞典皇家理工学院胡晓明教授、清华大学贾庆山教授、北京化工大学王友清教授和中国科学院数学与系统科学研究院赵文虢研究员。与会嘉宾讨论了系统论和控制论面临的挑战，并对这些领域的发展进行展望。

本届会议设立了“自动控制教育改革论坛”“人工智能时代控制学科发展”“智能系统感知—优化—控制关键技术与应用”“群体智能”4个发展论坛，分别由西北工业大学潘泉教授和西安理工大学刘丁教授、南开大学方勇纯教授和大连理工大学孙希明教授、湖南大学张辉教授、江一鸣教授和钟杭教授、北京航空航天大学段海滨教授组织。邀请主讲嘉宾吴立刚教授、孙健教授、赵玉新教授、胡庆雷教授、程鹏教授、刘涵教授；陈启军教授、丁进良教授、方勇纯教授、薛建儒教授、曾志刚教授；杨博教授、蒲华燕教授、李翔教授、张萌教授、刘志杰教授；金耀初教授、范彦铭教授、曾志刚教授、段海滨教授、喻俊志教授、方浩教授。



图2 CCC2024 期间 TCCT 全体委员会会议合影

昆明理工大学毛剑琳教授、黄国勇教授、上海交通大学关新平教授为本届会议组织了3场会前专题讲座“智能控制理论与行业应用”“直接数据驱动的控制系统分析和设计”“复杂动态系统的智能自主与学习”，主讲人分别是杨春曦教授、崔鸿刚教授、刘云平教授、雷德明教授；李升波教授、唐聿劼教授、王刚教授、游科友教授；周武元教授、杨明教授、唐漾教授、周彬教授。

本届会议安排口头报告125组（包括37个邀请组），共766篇论文，分22个会议室进行交

流。会议安排张贴报告4组，共906篇论文。

7月31日晚，闭幕式在昆明云安国际会议中心举行，由CCC2024程序委员会主席孙健教授主持。CCC2024程序委员会主席、昆明理工大学那靖教授对本次会议作了详细的总结汇报。他向与会者生动形象地介绍了从会议组织筹备到召开期间的点滴事件，同时对为会议顺利组织和召开做出贡献的各单位以及个人表示了最诚挚的感谢！

接着，第44届中国控制会议（CCC2025）大会副主席、重庆大学自动化学院副院长苏晓

杰教授从会议组织、会场、酒店、旅游、承办单位情况等方面全面介绍了会议的筹备进展工作，并热情邀请各位专家学者明年齐聚魅力山城——重庆！最后，IFAC2026大会主席Yongsoon Eun教授做了IFAC2026的宣讲，并诚挚欢迎大家2026来韩国釜山参加国际自动控制联合会的盛会。

在舒缓的音乐声中，CCC2024胜利闭幕，让我们期待CCC2025重庆相聚！

CAA 控制理论专委会 供稿

第三届分数阶系统与控制会议在西安圆满召开

2024年8月16日-18日，由中国自动化学会、中国自动化学会分数阶系统与控制专业委员会主办，西安工业大学与西北农林科技大学承办的第三届分数阶系统与控制会议在西安成功举办。西安工业大学党委书记刘卫国教授，中国自动化学会分数阶系统与控制专业委员会主任、中国科学技术大学王永教授致开幕词，开幕式由大会副主席、西安工业大学本科生院院长郭永春教授主

持。本次会议来自国内外高校、科研机构、企业的专家学者齐聚一堂，共同探讨分数阶系统与控制领域的前沿理论、技术创新与应用实践。

本次会议邀请加州大学默塞德分校陈阳泉教授、叶史瓦大学 Mark Edelman 教授，北京交通大学于永光教授分别作题为“A Brief Tutorial on Applied Fractional Calculus in Big Data and Machine

Learning” “General properties (periodic points, stability, and bifurcations) of discrete fractional dynamics” “随机噪声影响下的分数阶系统的定性分析与控制研究”的大会主题报告。

为进一步推动学术交流，本次大会设立了分数阶动力系统理论与应用、分数阶控制系统、分数阶微积分学理论与应用、分数阶系统稳定性理论四个专题，分享了分数阶系统在自动化控制、信号处理、人工智能等领域的最新研究成果与应用案例。现场气氛热烈，学术氛围浓厚。

本次会议为分数阶系统与控制领域的研究者们提供了一个重要的交流平台，推动了该领域的跨学科融合与创新。大会的成功举办，不仅展示了我国在分数阶系统研究领域的国际影响力，也为未来分数阶系统的理论研究和应用奠定了坚实的基础。○



大会现场

CAA分数阶系统与控制专委会 供稿

中国自动化学会职业教育工作委员会成立大会成功召开

2024年8月21日，中国自动化学会职业教育工作委员会成立大会在北京九华山庄召开。会议由中国自动化学会副秘书长、西安交通大学人工智能学院执行院长辛景民主持，中国自动化学会秘书长张楠，常州机电职业技术学院校长许朝山，山东信息职业技术学院校长丁文利，以及北京华航唯实机器人科技股份有限公司总经理刘新祥等领导出席了本次会议。

张楠秘书长代表学会宣读了



工委成立大会会议合影

关于中国自动化学会职业教育工作委员会成立的批复文件，同意工委成立大会召开。

会议采用无记名投票的形式，产生了第一届职业教育工作委员会委员、主任委员、副主任委员、秘书长。常州机电职业技术学院校长许朝山当选主任委员。山东信息职业技术学院校长丁文利、南京工业职业技术大学质量管理处处长王晓勇、黄河水利职业技术学院副校长朱焕立、西安交通大学人工智能学院院长助理刘剑毅、北京华航唯实机器人科技股份有限公司总经理刘新祥、常州工业职业技术学院校长杨劲松、青岛西海岸新区中德应用技术学校党委书记崔秀光当选副主任委员。北京华航唯实机

器人科技股份有限公司战略发展总监李太铨当选秘书长。

选举结束后，工委第一届主任委员许朝山校长代表工委会对当选的委员及负责人表示祝贺，对中国自动化学会的大力支持和委员们的积极贡献表示感谢，并向参会代表汇报了工委自筹备以来参与的六大类工作，并对工委成立后下一步的工作做了十二个方面详细的规划，希望能将工委建设成为产教融合的联络处、技术创新的主战场、院校交流的聚集地、人才培养的孵化器，达到推动产教互动、提升研究水平、促进协同发展、服务国家战略的预期成效。○

CAA 职业教育工委 供稿

CAA 职业教育工作委员会委员名单

主任委员：许朝山

副主任委员（按姓氏笔画排序）：丁文利 王晓勇 朱焕立 刘剑毅 刘新祥 杨劲松 崔秀光

秘书长（按姓氏笔画排序）：李太铨

委员（按姓氏笔画排序）：

万亮斌 马明娟 王平嶂 王发鸿 王丽杨 王丽佳 王荣扬 王科 王桂锋 王富春 王锡林 尹继领
邓其贵 邓效昆 石进水 卢倩 代勋华 朱志伟 刘力 刘元福 孙中芹 孙孟莉 杜广朝 李云松
李轩青 李金义 李春勤 李曙生 杨小东 杨小强 杨伟 杨铨 肖珑 邱建全 何用辉 宋天明
张亚军 张丽梅 张岩成 张栋 张振亮 张葵 陈为全 陈仕韬 陈旸 范洪斌 郁汉琪 罗远福
岳鹏 金仁子 周卫华 周重锋 郑荣 赵培涛 赵鹏举 胡健 胡颖 段宏钢 侯文峰 侯企强
顾超 顾曙光 徐金鹏 唐林 董光宗 董金龙 董璐 蒋正炎 喻永康 鲁珊珊 靳越 解永辉
蔡月日 谭铮 潘学海

习近平：关于《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》的说明

同志们：

受中央政治局委托，我就《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》起草的有关情况向全会作说明。

一、关于确定全会议题的考虑

围绕党的中心任务谋划和部署改革，是党领导改革开放的成功经验。从实践经验和现实需要出发，中央政治局决定党的二十

届三中全会研究进一步全面深化改革、推进中国式现代化问题，主要有以下几方面考虑。

第一，这是凝聚人心、汇聚力量，实现新时代新征程党的中心任务的迫切需要。实践充分证明，改革开放和社会主义现代化建设新时期，我国大踏步赶上时代，靠的是改革开放。党的十八大以来，党和国家事业取得历史性成就、发生历史性变革，靠的

也是改革开放。新时代新征程上，要开创中国式现代化建设新局面，仍然要靠改革开放。党的二十大确立了全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标，以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的中心任务，阐述了中国式现代化的中国特色、本质要求、重大原则等，对推进中国式现代化作出战略部署。要把这些战略部署落到实处，把中国式现代化蓝图变为现实，根本在于进一步全面深化改革，不断完善各方面体制机制，为推进中国式现代化提供制度保障。

第二，这是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迫切需要。党的十八大以来，我们突出制度建设这条主线，通过全面深化改革完善各方面制度，推动中国特色社会主义制度更加成熟更加定型，国家治理体系和治理能力现代化水平明显提高，为全面建成小康社会提供了有力制度保障。同时，要清醒看到，完善中国特色社会主义制度是一个动态过程，必然随着实践发展而不

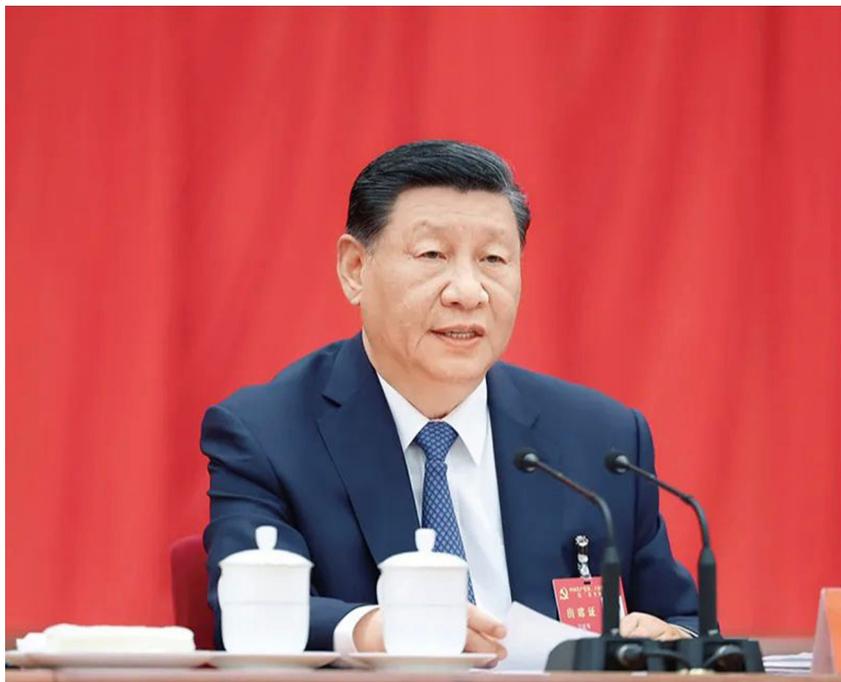


图1 中国共产党第二十届中央委员会第三次全体会议，于2024年7月15日至18日在北京举行。中央委员会总书记习近平作重要讲话。新华社记者 鞠鹏 / 摄

断发展，已有制度需要不断健全，新领域新实践需要推进制度创新、填补制度空白。面对新的形势和任务，必须进一步全面深化改革，继续完善各方面制度机制，固根基、扬优势、补短板、强弱项，不断把我国制度优势更好转化为国家治理效能。

第三，这是推动高质量发展、更好适应我国社会主要矛盾变化的迫切需要。当前，推动高质量发展面临的突出问题依然是发展不平衡不充分。比如，市场体系仍不健全，市场发育还不充分，政府和市场的关系尚未完全理顺，创新能力不适应高质量发展要求，产业体系整体大而不强、全而不精，关键核心技术受制于人状况没有根本改变，农业基础还不稳固，城乡区域发展和收入分配差距仍然较大，民生保障、生态环境保护仍存短板，等等。归结起来，这些问题都是社会主要矛盾变化的反映，是发展中的问题，必须进一步全面深化改革，从体制机制上推动解决。

第四，这是应对重大风险挑战、推动党和国家事业行稳致远的迫切需要。推进中国式现代化是一项全新的事业，前进道路上必然会遇到各种矛盾和风险挑战。特别是当前世界百年未有之大变局加速演进，局部冲突和动荡频发，全球性问题加剧，来自外部的打压遏制不断升级，我国发展

进入战略机遇和风险挑战并存、不确定难预料因素增多的时期，各种“黑天鹅”、“灰犀牛”事件随时可能发生。有效应对这些风险挑战，在日趋激烈的国际竞争中赢得战略主动，需要我们进一步全面深化改革，用完善的制度防范化解风险、有效应对挑战，在危机中育新机、于变局中开新局。

二、关于决定稿起草过程

2023年11月，中央政治局决定，成立党的二十届三中全会文件起草组，由我担任组长，王沪宁、蔡奇、丁薛祥同志担任副组长，在中央政治局常委会领导下承担文件起草工作。12月8日，文件起草组召开第一次全体会议，文件起草工作正式启动。在7个多月时间里，文件起草组深入调查研究，广泛征求意见，开展专题论证，反复讨论修改。

在决定稿起草过程中，我们重点把握以下几点：一是总结和运用改革开放以来特别是新时代全面深化改革的宝贵经验，确定遵循原则，坚持正确政治方向。二是紧紧围绕推进中国式现代化、落实党的二十大战略部署来谋划进一步全面深化改革，坚持问题导向。三是抓住重点，突出体制机制改革，突出战略性、全局性重大改革，突出经济体制改革牵引作用，凸显改革引领作用。四是坚持人民至上，从人民整体利

益、根本利益、长远利益出发谋划和推进改革。五是强化系统集成，加强对改革整体谋划、系统布局，使各方面改革相互配合、协同高效。

这次全会文件起草，把发扬民主、集思广益贯穿全过程。2023年11月27日，党中央发出通知，就党的二十届三中全会议题征求各地区各部门各方面和部分干部群众意见。大家一致认为，党中央决定党的二十届三中全会重点研究进一步全面深化改革、推进中国式现代化问题，彰显了将改革进行到底的坚强决心和强烈使命担当，是对新时代新征程举什么旗、走什么路的再宣示，对以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业具有重大而深远的意义。各地区各部门各方面就文件主题、框架、重要举措等提出许多有价值的建议，为决定稿起草提供了重要参考。

2024年5月7日，决定稿下发党内一定范围征求意见，征求党内老同志意见，专门听取各民主党派中央、全国工商联负责人和无党派人士代表意见，听取相关企业和专家学者意见。从反馈情况看，大家一致认为，决定稿紧紧围绕推进中国式现代化这个主题擘画进一步全面深化改革战略举措，坚持正确政治方向，着力抓住推进中国式现代化需要破解的重大体制机制问题谋划改革，

主题鲜明，重点突出，举措务实可行，是新时代新征程上推动全面深化改革向广度和深度进军的总动员、总部署，充分体现了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历史主动，必将为中国式现代化提供强大动力和制度保障。同时，各方面提出了1911条修改意见和建议。文件起草组认真研究这些意见和建议，能吸收尽量吸收，作出221处修改。

在起草工作过程中，中央政治局常委会召开3次会议、中央政治局召开2次会议进行审议、修改，形成了提请这次全会审议的决定稿。

三、关于决定稿基本框架和主要内容

决定稿除引言和结束语外，有15个部分，分三大板块。第一部分为第一板块，是总论，主要阐述进一步全面深化改革、推进中国式现代化的重大意义和总体要求。第二至第十四部分为第二板块，是分论，主要从经济、政治、文化、社会、生态文明、国家安全、国防和军队等方面部署改革。第十五部分为第三板块，主要讲加强党对改革的领导、深化党的建设制度改革、党风廉政建设和反腐败斗争。内容条目通篇排序，开列60条。

决定稿锚定2035年基本实现

社会主义现代化目标，重点部署未来五年的重大改革举措，在内容摆布上有以下几个特点。

第一，注重发挥经济体制改革牵引作用。深化经济体制改革仍是进一步全面深化改革的重点，主要任务是完善有利于推动高质量发展的体制机制，塑造发展新动能新优势，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。

决定稿围绕处理好政府和市场经济关系这个核心问题，把构建高水平社会主义市场经济体制摆在突出位置，对经济体制改革重点领域和关键环节作出部署。着眼增强国有企业核心功能、提升核心竞争力，提出增强各有关管理部门战略协同，推进国有经济布局优化和结构调整，推动国有资本和国有企业做强做优做大；着眼推动非公有制经济发展，提出

制定民营经济促进法，加强产权执法司法保护，防止和纠正利用行政、刑事手段干预经济纠纷。提出加强公平竞争审查刚性约束，清理和废除妨碍全国统一市场和公平竞争的各种规定和做法，完善要素市场制度和规则，等等。这些举措将更好激发全社会内生动力和创新活力。

决定稿对健全推动经济高质量发展体制机制、促进新质生产力发展作出部署。围绕发展以高技术、高效能、高质量为特征的生产力，提出加强新领域新赛道制度供给，建立未来产业投入增长机制，以国家标准提升引领传统产业优化升级，促进各类先进生产要素向发展新质生产力集聚。

决定稿对健全宏观经济治理体系作出部署。提出完善国家战略规划体系和政策统筹协调机制；统筹推进财税体制改革，增加地



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。新华社记者 岳月伟/摄

方自主财力，拓展地方税源，合理扩大地方政府专项债券支持范围，适当加强中央事权、提高中央财政支出比例；完善金融机构定位和治理，健全投资和融资相协调的资本市场功能，完善金融监管体系。

决定稿对完善城乡融合发展体制机制作出部署。提出健全推进新型城镇化体制机制；巩固和完善农村基本经营制度；完善强农惠农富农支持制度；深化土地制度改革。

决定稿对完善高水平对外开放体制机制作出部署。提出稳步扩大制度型开放；深化外贸体制改革；深化外商投资和对外投资管理体制改革；优化区域开放布局；完善推进高质量共建“一带一路”机制。

第二，注重构建支持全面创新体制机制。决定稿统筹推进教育科技人才体制机制一体改革，强调深化教育综合改革、深化科技体制改革、深化人才发展体制机制改革，提升国家创新体系整体效能。

在教育体制改革方面，提出分类推进高校改革，建立科技发展、国家战略需求牵引的学科设置调整机制和人才培养模式，超常布局急需学科专业；完善高校科技创新机制，提高成果转化效能。

在科技体制改革方面，提出

加强国家战略科技力量建设，优化国家科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业定位和布局，改进科技计划管理，强化基础研究领域、交叉前沿领域、重点领域前瞻性、引领性布局；强化企业科技创新主体地位，建立培育壮大科技领军企业机制；允许科研类事业单位实行比一般事业单位更灵活的管理制度，探索实行企业化管理；深化职务科技成果赋权改革。

在人才发展体制机制改革方面，提出加快建设国家战略人才力量，提高各类人才素质；完善青年创新人才发现、选拔、培养机制，更好保障青年科技人员待遇；强化人才激励机制，坚持向用人主体授权、为人才松绑；完善海外引进人才支持保障机制。

第三，注重全面改革。决定

稿在统筹推进“五位一体”总体布局、协调推进“四个全面”战略布局框架下谋划进一步全面深化改革，统筹部署经济体制改革和其他各领域改革。

在民主和法治领域改革方面，对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分别作出部署。提出加强人民当家作主制度建设；健全协商民主机制；健全基层民主制度；完善大统战工作格局。提出加强重点领域、新兴领域、涉外领域立法；健全监察机关、公安机关、检察机关、审判机关、司法行政机关各司其职，监察权、侦查权、检察权、审判权、执行权相互配合、相互制约的体制机制；完善推进法治社会建设机制。

在文化体制改革方面，着眼于推进物质文明和精神文明相协



图3 2024年5月23日下午，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在山东省济南市主持召开企业和专家座谈会并发表重要讲话。新华社记者 谢环驰 / 摄

调的现代化，提出推动理想信念教育常态化制度化，改进创新文明培育、文明实践、文明创建工作机制；优化文化服务和文化产品供给机制，建立优质文化资源直达基层机制；健全网络综合治理体系；推进国际传播格局重构，构建更有效力的国际传播体系。

在健全保障和改善民生制度体系方面，提出完善收入分配制度，规范收入分配秩序；优化创业促进就业政策环境，支持和规范发展新就业形态；健全灵活就业人员、农民工、新就业形态人员社保制度，全面取消在就业地参保户籍限制；提出加快构建房地产发展新模式，充分赋予各城市政府房地产市场调控自主权；提出深化医药卫生体制改革，实施健康优先发展战略；提出健全人口发展支持和服务体系，完善生育支持政策体系和激励机制，完善发展养老事业和养老产业政策机制，按照自愿、弹性原则稳妥有序推进渐进式延迟法定退休年龄改革。

在生态文明体制改革方面，提出完善生态文明基础体制，健全

生态环境治理体系，健全绿色低碳发展机制；提出实施分区域、差异化、精准管控的生态环境管理制度，健全横向生态保护补偿机制，实施支持绿色低碳发展的财税、金融、投资、价格政策和标准体系，加快规划建设新型能源体系。

第四，注重统筹发展和安全。国家安全是中国式现代化行稳致远的重要基础。决定稿把维护国家安全放到更加突出位置，围绕推进国家安全体系和能力现代化，提出构建联动高效的国家安全防护体系，推进国家安全科技赋能；健全重大突发公共事件处置保障体系；建立人工智能安全监管制度；探索建立全国统一的人口管理制度；完善社会治安整体防控体系，依法严惩群众反映强烈的违法犯罪活动。提出建立健全周边安全工作协调机制；健全反制裁、反干涉、反“长臂管辖”机制；健全贸易风险防控机制，完善涉外法律法规体系和法治实施体系，深化执法司法国际合作。围绕持续深化国防和军队改革，提出完善人民军队领导管理体制

机制，深化联合作战体系改革，深化跨军地改革。

第五，注重加强党对改革的领导。党的领导是进一步全面深化改革、推进中国式现代化的根本保证。决定稿提出完善党中央重大决策部署落实机制；深化干部人事制度改革，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，着力解决干部乱作为、不作为、不敢为、不善为问题；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；增强党组织政治功能和组织功能；健全防治形式主义、官僚主义制度机制，健全不正之风和腐败问题同查同治机制，丰富防治新型腐败和隐性腐败的有效办法。

希望同志们深刻领会党中央精神，紧紧围绕全会主题进行讨论，提出建设性修改意见和建议，共同把这次全会开好、把决定稿修改好。○

来源：求是

通

人机混合增强智能全国重点实验室 2024 年度开放课题申请指南

为促进人机混合增强智能的研究发展与学术交流，吸引高水平科技人才开展学术交流与合作，鼓励相关领域的科技人员在人机混合增强智能全国重点实验室开展前沿性、原创性或解决重大科技问题的研究，特设立开放课题基金。详情请查看：<https://mp.weixin.qq.com/s/HPOWhM1PTHzNtbSP31Me0Q>

知

习近平：实现建军一百年奋斗目标，开创国防和军队现代化新局面

如期实现建军一百年奋斗目标，加快把人民军队建成世界一流军队，是全面建设社会主义现代化国家的战略要求。必须贯彻新时代党的强军思想，贯彻新时代军事战略方针，坚持党对人民军队的绝对领导，坚持政治建军、改革强军、科技强军、人才强军、依法治军，坚持边斗争、边备战、边建设，坚持机械化信息化智能化融合发展，加快军事理论现代化、军队组织形态现代化、军事人员现代化、武器装备现代化，提高捍卫国家主权、安全、发展利益战略能力，有效履行新时代人民军队使命任务。

全面加强人民军队党的建设，确保枪杆子永远听党指挥。健全贯彻军委主席负责制体制机制。深化党的创新理论武装，开展“学习强

军思想、建功强军事业”教育实践活动。加强军史学习教育，繁荣发展强军文化，强化战斗精神培育。建强人民军队党的组织体系，推进政治整训常态化制度化，持之以恒正风肃纪反腐。

全面加强练兵备战，提高人民军队打赢能力。研究掌握信息化智能化战争特点规律，创新军事战略指导，发展人民战争战略战术。打造强大战略威慑力量体系，增加新域新质作战力量比重，加快无人智能作战力量发展，统筹网络信息体系建设运用。优化联合作战指挥体系，推进侦察预警、联合打击、战场支撑、综合保障体系和能力建设。深入推进实战化军事训练，深化联合训练、对抗训练、科技练兵。加强军事力量常态化多样化运用，坚定灵活开展军事斗争，塑造安全态势，遏控危机冲突，打赢局部战争。

全面加强军事治理，巩固拓展国防和军队改革成果，完善军事力量结构编成，体系优化军事政策制度。加强国防和军队建设重大任务战建备统筹，加快建设现代化后勤，实施国防科技和武器装备重大工程，加速科技向战斗力转化。深化军队院校改革，建强新型军事人

才培养体系，创新军事人力资源管理。加强依法治军机制建设和战略规划，完善中国特色军事法治体系。改进战略管理，提高军事系统运行效能和国防资源使用效益。

巩固提高一体化国家战略体系和能力。加强军地战略规划统筹、政策制度衔接、资源要素共享。优化国防科技工业体系和布局，加强国防科技工业能力建设。深化全民国防教育。加强国防动员和后备力量建设，推进现代边海空防建设。加强军人军属荣誉激励和权益保障，做好退役军人服务保障工作。巩固发展军政军民团结。

人民军队始终是党和人民完全可以信赖的英雄军队，有信心、有能力维护国家主权、统一和领土完整，有信心、有能力为实现中华民族伟大复兴提供战略支撑，有信心、有能力为世界和平与发展作出更大贡献！

※ 这是习近平总书记2022年10月16日在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告《高举中国特色社会主义伟大旗帜，为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗》的一部分。○

来源：求是



2024年3月7日下午，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平出席十四届全国人大二次会议解放军和武警部队代表团全体会议并发表重要讲话。

中国自动化学会在京举办 2024 年第 2 期 “百名科学家讲党课”活动

为深入贯彻落实党的二十届三中全会精神的重要举措，进一步加强自动化、信息与智能科技领域广大科技工作者的思想政治引领，推动科技创新与党建工作的深度融合，8月21日，中国自动化学会办事机构党支部主办的2024年度第2期“百名科学家讲党课”活动在北京举行。全国政协委员中国自动化学会党委委员、副理事长，中国空间技术研究院研究员杨孟飞院士应邀作党课报告。活动由中国自动化学会党委书记、理事长郑南宁院士主持，学会理事长、秘书长、分支机构代表100余人通过线下和线上的方式进行了学习。

杨孟飞院士结合中国自动化学会的发展历程，与现场的参会代表们一起学习了党的二十届三中全会精神和“科技三会”重要讲话精神。同时杨孟飞院士强调，建设科技强国是全党全国的共同责任，作为自动化、信息与智能科技领域的科技工作者，要切实把思想和行动统一到习近平总书记重要讲话精神上来，应重视学习科技新知识，增强领导和推动科技工作的本领，明确自身的责任和使命，更加坚定地投身于科技创新和中国式现代化的建设中去。

此次活动是中国自动化学会深入学习贯彻党的二十届三中全会精神和“科技三会”重要讲话

精神，引导广大科技工作者全面理解和深刻领会党中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化、建设科技强国的重大决策部署，在思想上、政治上、行动上与党中央保持高度一致的积极探索。中国自动化学会将切实深化科技与党建深度融合，大力推动学会党员专家讲党课机制常态化、长效化，继续深入巩固主题教育成果，大力弘扬科学家精神。同时，也希望自动化、信息与智能科技领域科技工作者都能够将所见、所思、所想、切实转化为实践行动，为建设科技强国、实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量！



图1



图2

中国自动化学会十一届十八次党委工作会议召开

2024年8月21日，中国自动化学会十一届十八次党委工作会议在北京召开。会议由学会党委书记、理事长郑南宁院士主持。

会议期间，各位委员围绕自动化人精神、CAA数字人才技术技能提升工程等议题进行充分讨论并审议。会上，委员们积极发

言，对中国自动化学会各项工作提出了宝贵的意见和建议。

会议最后，党委书记郑南宁院士表示，中国自动化学会作为推动我国自动化领域发展的重要力量，应当以二十届三中全会精神和“科技三会”精神为指导，紧扣国家战略需求和科技前沿，

强化服务科技工作者的使命，助力现代化产业体系建设，加快发展新质生产力，推动引领自动化领域创新发展，为自动化事业高质量发展作出更大的贡献。○

学会办事机构党支部 供稿



工业和信息化部主责国家重点研发计划重点专项管理实施细则

第一章 总则

第一条 为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，落实党中央、国务院的决策部署，保证工业和信息化部主责的国家重点研发计划重点专项（以下简称重点专项）顺利实施，实现高效、科学、规范和公正管理，按照国家科技重大项目立项管理、国家重点研发计划管理暂行办法等的制度要求，制定本实施细则。

第二条 国家重点研发计划坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，重点资助事关产业核心竞争力、整体自主创新能力和国家安全的战略性、基础性、前瞻性重大科学问题，共性关键技术和产品研发，以及重大工程装备应用等，加强跨部门、跨行业、跨区域研发布局和协同创新，为经济社会发展提供持续性的支撑和引领。工业和信息化部主责的重点专项侧重催生未来产业和新兴产业、加快形成新质生产力的的高新技术领域，着眼于

科技创新和产业创新深度融合，增加高质量科技供给，强化企业科技创新主体地位，促进科技成果转化应用。

第三条 国家重点研发计划按照重点专项、项目分层次管理。重点专项聚焦国家重大战略任务，坚持需求导向、目标导向，可从基础研究、技术创新到成果转化、应用示范进行全链条创新设计、一体化组织实施。围绕产业链部署创新链，围绕创新链布局产业链，统筹推进科技创新与产业创新，针对基础前沿、重大共性关键技术、重大战略性产品等不同特点分类设计研发任务和组织实施方式。项目是重点专项组织实施的基本单元，应服务于重点专项目标，可根据需要下设一定数量的课题。

第四条 工业和信息化部负责重点专项组织实施，对重点专项实施绩效负总责，委托并指导项目管理专业机构（以下简称专业机构）做好项目管理，可根据实施需要建立跨部门协调机制。专业机构受工业和信息化部委托，承担项目申报受理、立项评审、

过程管理、监督检查、综合绩效评价等具体工作，在项目管理方面向工业和信息化部直接负责。项目承担单位负责项目的具体组织实施工作，强化法人责任。

第五条 国家重点研发计划的组织实施遵循以下原则：

——需求导向、动态部署。瞄准国家目标，从工业和信息化领域重大现实紧迫需求出发，加强事关长远发展的战略高新技术前瞻布局，着力构建从产业需求到科学问题的任务凝练机制，提出亟待突破的科技瓶颈和问题，动态部署重点专项任务。

——加强统筹、压实责任。深入践行新型举国体制，在重点专项组织实施过程中，面向全国范围、全行业领域，充分发挥跨部门工作机制作用，开放合作，与相关部门和单位共同凝练科技需求、共同组织实施；建立权责一致的运行管理机制，压实专业机构、专家、项目承担单位等主体责任，确保重点专项的实施成效。

——开放创新、协同攻关。放眼全国遴选优势科研团队，充

分发挥国家战略科技力量的骨干作用，开展协同攻关；突出企业科技创新主体作用，促进产学研深度融合；营造良好科技创新环境，充分激发创新活力。

——目标管理、加快应用。围绕拟解决重大问题，聚焦“化点为珠”，明确任务目标，以重大标志性成果为牵引，实施全过程目标管理；加强关键节点考核，强化科技成果的“实战性”，加快形成现实生产力和产业竞争力。

第六条 国家重点研发计划全流程纳入统一的国家科技管理信息系统，包括指南发布、评审立项、资金使用、过程管理、综合绩效评价、成果转化应用等，与国家自然科学基金、国家科技重大专项等加强统筹衔接。落实国家科技报告和科学数据汇交制度，做好有关档案的整理、保存和归档。

第二章 组织管理与职责

第七条 工业和信息化部是国家重点研发计划相关重点专项的主责部门，工业和信息化部高新技术司（以下简称高新技术司）作为主责司局，主要职责是会同相关司局、相关部门和地方开展以下工作：

（一）研究制定工业和信息化部主责国家重点研发计划重点专项管理实施细则；

（二）研究提出重大研发需

求、任务布局及重点专项设置建议；

（三）编制重点专项实施方案（含概算、专业机构），编制发布年度项目申报指南；

（四）对重点专项实施绩效负总责，与承接重点专项具体项目管理工作的专业机构签署任务委托协议，并对其履职尽责情况进行监督；

（五）负责项目立项批复、审核重大调整事项及批复、向项目承担单位下达综合绩效评价结论；

（六）开展重点专项监督检查和绩效评估，提出重点专项优化调整建议；

（七）建立重点专项组织实施的跨部门协调保障机制，为项目成果转化应用创造良好条件，推动重点专项科技成果转化和产业化应用；

（八）组建重点专项专家咨询委员会、实施方案编制专家组、指南编制专家组，支撑重点专项的组织实施与管理工作；

（九）开展产业科技发展趋势的战略、政策、规划研究，优化国家重点研发计划任务布局；

（十）建立覆盖资金管理使用全过程的资金监督机制；

（十一）完善重点专项保密工作责任体系。

第八条 工业和信息化部重点专项专家咨询委员会由高新技术相关领域国内高水平专家组成，

主要职责是：

（一）为重点专项设置建议、重点专项实施方案和年度项目申报指南编制等提供专业咨询；

（二）参与重点专项年度监督检查和绩效评估等，对重点专项的优化调整提出咨询意见；

（三）支撑重点领域战略研究和政策研究。

第九条 重点专项实施方案编制专家组主要研究相关领域重点任务，编制重点专项实施方案（含概算），确定重点专项任务部署和目标。

第十条 重点专项指南编制专家组以实施方案为依据，聚焦高新技术领域重大战略任务，编制重点专项年度项目申报指南。指南编制专家组中应包含一定比例的实施方案编制专家。

第十一条 专业机构根据重点专项相关管理规定和任务委托协议，开展具体项目管理工作，对项目任务、资金管理负责。主要职责是：

（一）开展相关领域战略研究工作，加强相关领域科技发展跟踪研判，持续加强专业化能力建设；

（二）制定项目管理相关制度、适合重点专项特点的管理工作方案；

（三）支撑编制重点专项概算、年度项目申报指南；

（四）组织开展项目申报受

理、科研诚信审核、评审，提出年度项目立项安排建议，与项目承担单位签订项目任务书等立项工作；

（五）组建重点专项责任专家组，支撑专业机构开展项目任务书审核、过程管理、动态调整、综合绩效评价等相关管理工作，对项目任务执行提供指导、咨询和论证，责任专家组可适当吸收实施方案编制专家和指南编制专家参与；

（六）组织开展项目资金拨付、中期检查、“里程碑”节点考核、年度执行情况报告等过程管理工作；

（七）按程序对项目调整事项进行审核论证及批复；

（八）加强重点专项项目间的统筹协调，整体推进重点专项的组织实施；

（九）按要求报告重点专项及其项目实施情况和重大事项，接受监督；

（十）支撑开展项目综合绩效评价工作及成果转化应用情况跟踪评价，促进重大成果产出和应用推广；

（十一）加强对参与项目管理活动各类专家的指导与监督，按照公开、公平、公正和利益回避的原则，充分发挥专家作用，支撑具体项目管理工作。

第十二条 项目承担单位负责项目的具体组织实施工作，强

化法人责任，对项目任务目标实现、资金安全负直接责任。主要职责是：

（一）按照签订的项目任务书组织实施项目，履行任务书各项条款，落实配套条件，按进度高质量完成项目研发任务和目标；

（二）严格执行重点专项各项管理规定，建立健全科研、财务、诚信、安全等内部管理制度，落实国家激励科研人员的政策措施；

（三）按要求及时编报项目执行情况报告、信息报表、科技报告等；

（四）及时报告项目执行中出现的重大事项，按程序报批需要调整的事项；

（五）接受指导、检查并配合做好监督、评估和综合绩效评价等工作；

（六）严格执行国家有关财经法规和财务制度，依据项目任务书（含预算）正确使用、调剂、管理项目资金；

（七）履行保密、知识产权保护等责任和义务，推动项目成果转化应用。

第十三条 项目下设课题的，课题承担单位应强化法人责任，按照项目实施的总体要求完成课题任务目标；课题任务须接受项目承担单位的指导、协调和监督，对项目承担单位负责。

第十四条 各类专家组的组建要充分考虑专家年龄结构、来

源、学术专长、国内外背景、学术活跃度、科研诚信等情况，优化专家组构成，体现先进性、代表性和全面性。坚持“需求导向和问题导向”原则，按照“保证专家水平，提升服务质量，优化专家结构，严肃工作纪律”的要求，持续深化专家轮换机制，建立责任专家制度。

第三章 重点专项设立

第十五条 高新技术司会同相关司局围绕国家重大战略和相关规划的贯彻落实，凝练相关行业领域重大任务需求，加强新兴产业和未来产业任务布局，加快推进高新技术发展和形成新质生产力，研究提出重点专项选题动议，报部领导审定后报送科技部。科技部按照立项管理规程要求组织论证和综合平衡后，形成拟立项建议（含重点专项名称、主责单位、总体目标、实施周期等），按有关程序报批。

对于落实党中央国务院重大决策部署和中央领导同志重要指示批示精神，以及突发、紧急重大科技攻关需求的选题动议，高新技术司按照快速响应、灵活部署、“一事一议”的方式向中央科技办申请，加快立项。

第十六条 对于批准实施的重点专项，高新技术司牵头编制重点专项实施方案（含概算、专业机构），报部领导审定后报送科

技部、财政部。

第十七条 实施方案围绕国家需求，聚焦重点专项拟解决的重大科学问题或要突破的共性关键技术，梳理形成问题清单和目标清单，合理部署基础研究、重大共性关键技术和成果转化等研发阶段的主要任务，并明确任务部署进度安排、预期重大标志性成果及考核要求，细化资源配置、配套保障、责任分工、成果转化及推广应用等举措。

第十八条 重点专项实施方案经科技部批复后，作为重点专项任务分解、项目申报指南编制、项目安排、组织实施、监督检查、评估问效的基本依据。

第十九条 高新技术司遴选专业机构并按程序报批后，委托专业机构开展具体的项目管理，并与专业机构签订重点专项管理任务委托协议，明确委托的具体事项和管理要求。

第四章 项目组织实施管理

第二十条 高新技术司统筹重点专项组织实施工作，牵头组建年度指南编制专家组，会同相关司局及相关部门（单位）开展指南编制。由重点专项专家咨询委员会提供专业咨询，专业机构提供支撑。

第二十一条 项目指南应充分遵循实施方案提出的总体目标和任务设置，避免交叉重复，明

确形式审查条件和项目遴选方式。项目应相对独立完整，体量适度，设立可考核可评估的具体指标。指南不得直接或变相限定项目的技术路线和研究方案。

第二十二条 对于符合实施方案总体目标和任务设置的突发、紧急重大科技攻关需求，高新技术司可通过定向委托等方式快速启动部署。

第二十三条 项目申报指南编制完成后，依托国家科技管理信息系统查重，审查合规的指南应通过国家科技管理信息系统公开征求意见，并由专家咨询委员会提供专业咨询建议。指南报部党组审定后发布，发布指南时应明确本批指南国拨经费限额、每项任务的拟支持项目数、单位申报资质、配套资金要求、形式审查条件等。自指南发布日到项目申报受理截止日，原则上不少于50天。

第二十四条 各重点专项要结合专项特点和实施需要，加强实施机制创新，通过竞争择优、定向委托、分阶段滚动支持等多种项目遴选方式，在全国范围内择优确定项目承担单位，可采取“揭榜挂帅”、“赛马制”、“链主制”、青年科学家项目、长周期项目等新型组织模式，通过第三方测试、真实应用场景考核等方式，推动产学研用深度融合，提升项目组织实施绩效。

第二十五条 项目承担单位原则上为在中国大陆境内注册满1年的独立法人单位，应具有较强的科研能力和条件，诚信状况良好。多个单位组成申报团队联合申报的，应签订联合申报协议，并明确一家单位作为项目承担单位。项目下设课题的，也应同时明确课题承担单位。

第二十六条 项目（课题）负责人原则上不超过60周岁，与研发骨干人员均执行《科技部办公厅 财政部办公厅 自然科学基金委办公室关于进一步加强统筹国家科技计划项目立项管理工作的通知》有关限项要求。对于不符合要求的项目申请，按形式审查不通过处理。超项申报的项目（课题）负责人、项目骨干人员将被国家科技管理信息系统记录并提示。

第二十七条 重点专项实行对外开放与合作。境外科研机构、高校、企业等在中国大陆境内注册的独立法人机构，可根据指南要求牵头或参与项目申报；受聘于在中国大陆境内注册的独立法人机构的外籍科学家及港、澳、台地区科研人员，符合指南要求的可作为项目（课题）负责人申报。

第二十八条 项目申报采用一轮申报，项目承担单位应按照国家科技管理信息系统提交项目正式

申报书。

第二十九条 对于竞争择优指南方向，当申报团队数量低于或等于该方向拟支持数量时，应当提高评审立项标准。高新技术司在项目合规性审核阶段，重点加强对申报团队能力的评价，严格审核把关，确保立项情况与指南任务目标相符。

第三十条 专业机构根据指南要求开展项目申报受理，加强科研诚信审核，采用网络评审、通讯评审、会议评审、同场竞技、现场考察评估等方式组织评审。专业机构应制定年度项目评审工作方案报高新技术司审核。

第三十一条 项目评审专家应是在相关领域具有丰富经验、客观公正的高水平专家，原则上从国家科技管理信息系统专家库中选取，并实行回避制度。通过事前诚信审查、事中提醒监督、事后抽查评价等方式，从严管理和使用评审专家。

第三十二条 专业机构根据指南要求和评审结果，按照择优支持原则提出年度项目立项安排建议，报高新技术司进行合规性审核。

第三十三条 高新技术司组织指南编制专家对项目立项程序的规范性、拟立项项目与指南的相符性等进行审核，形成重点专项年度立项项目安排。

第三十四条 对通过合规性

审核的拟立项项目由高新技术司报部党组审定后下达立项批复，并组织专业机构与项目承担单位签订项目任务书。项目下设课题的，项目承担单位也应与课题承担单位签订课题任务书。项目（课题）任务书应以项目指南、项目申报书、专家评审意见和立项批复为依据，专业机构应突出绩效管理，核准并明确任务书中考核目标、考核指标、考核方式方法。对于保密项目，应与项目承担单位签订保密协议。项目立项后，应按任务书约定、项目实施进展和任务完成情况及时向项目承担单位拨款。

第三十五条 项目承担单位应根据项目任务书确定的目标任务和分工安排，按进度高质量完成相关研发任务。项目实施中，高新技术司指导专业机构严格按照任务书要求，加强技术就绪度管理、“里程碑”节点考核等，做好项目过程管理。对于定向委托、定向择优、“揭榜挂帅”等项目，应进一步加强日常监督与关键节点考核。

第三十六条 项目实行中期检查制度。执行周期在3年及以上的项目，在项目实施中期，专业机构应对项目执行情况进行中期检查，对项目能否完成预定任务目标做出判断，并形成中期执行情况报告。具有明确应用示范、成果转化目标的项目，专业机构

可邀请有关部门和地方共同开展中期检查工作。

第三十七条 项目承担单位执行项目年度报告制度，按照要求于每年11月底前，通过国家科技管理信息系统向专业机构报送项目年度执行情况报告。项目执行不足3个月的，可在下一年度一并上报。

第三十八条 项目实施中须作出调整的，按照以下调整流程执行。

（一）变更项目承担单位、项目负责人、项目实施周期、项目主要研究目标和考核指标、项目预算总额调剂等重大调整事项，由项目承担单位提出书面申请，专业机构研究形成意见或提出调整建议，由高新技术司报部领导审定后批复；

（二）不影响项目整体实施计划的变更课题承担单位、课题负责人、课题实施周期、课题主要研究目标和考核指标、课题间预算调剂等重要调整事项，由项目承担单位提出书面申请，专业机构审核批复，并报高新技术司备案；

（三）其他一般性调整事项，由项目承担单位负责审核批复报专业机构备案，专业机构做好指导和管理。

第三十九条 项目实施中遇到下列情况之一的，项目任务书签署方均可提出撤销或终止项目

的建议。专业机构应对撤销或终止建议研究提出意见，由高新技术司报部领导审定后批复执行。

（一）经实践证明，项目技术路线不合理、不可行，或项目无法实现任务书规定的进度且无改进办法；

（二）项目执行中出现严重的知识产权纠纷；

（三）完成项目任务所需的资金、原材料、人员、支撑条件等未落实或发生改变导致研究无法正常进行；

（四）组织管理不力或者发生重大问题导致项目无法进行；

（五）项目实施过程中出现严重违法违纪行为，严重科研不端行为，不按规定进行整改或拒绝整改；

（六）项目实施过程中出现国家政策法规变化等不可抗因素导致项目无法继续实施的情况；

（七）项目任务书规定其他可以撤销或终止的情况。

第四十条 撤销或终止项目的，项目承担单位应对已开展工作、经费使用、已购置设备仪器、阶段性成果、知识产权等情况做出书面报告，经专业机构核查报高新技术司批准后，依规完成后续相关工作。对于因非正当理由致使项目撤销或终止的，通过调查核实后严肃处理逐级问责，对科研失信和违规行为，并纳入科研诚信记录。

第四十一条 项目承担单位应在项目执行期满2个月内完成综合绩效评价材料准备，项目下设课题的，应组织完成课题综合绩效评价，并通过国家科技管理信息系统提交相关材料，不得逾期。综合绩效评价工作结束后，项目承担单位应按相关规定填写科技报告和成果信息，纳入国家科技报告系统和科技成果转化项目库。

第四十二条 项目执行期满6个月内，高新技术司组织专业机构依据项目任务书和有关要求分类组织综合绩效评价，并向项目承担单位下达综合绩效评价结论。项目综合绩效评价应突出目标导向，成果导向，注重核心目标和代表性成果，严把项目验收关。

第四十三条 项目综合绩效评价结论分为通过、未通过两类。

（一）按期保质完成项目任务书确定的目标和任务，为通过综合绩效评价；

（二）未完成项目任务书确定的主要目标和任务，按不通过综合绩效评价处理。

（三）提供的综合绩效评价文件、资料、数据存在弄虚作假，或未按相关要求报批重大调整事项，或不配合综合绩效评价工作的，按不通过综合绩效评价处理。

第四十四条 对未通过综合绩效评价的项目，按原渠道追回项目结余中央财政资金，项目负责人暂停3年工业和信息化部主

责重点专项申报资格，项目承担单位行函诫勉。

第四十五条 项目因故不能按期完成须申请延期的，项目承担单位应于项目执行期结束前6个月提出延期申请，由专业机构研究提出意见，报高新技术司审核批复。项目延期原则上只能申请1次，延期时间原则上不超过1年。

第四十六条 高新技术司会同相关司局要充分发挥相关领域、行业、产业优势，为项目成果应用推广创造良好条件，协调调动各方面政策和资源，通过场景构建、政府采购、金融支持等方式，加快推动项目成果应用和产品迭代升级。科技部会同工业和信息化部在项目验收3年内对成果应用情况进行跟踪评价。

第四十七条 专业机构应持续加强专业化能力建设，加强相关领域科技发展跟踪研判；根据重点专项管理制度和高新技术司要求，制定适合重点专项特点的管理工作方案，做好项目管理具体工作，提升项目管理质量，促进重大成果产出和应用推广；加强对参与项目管理活动各类专家的指导与监督，促进项目管理的公平公正。

第五章 重点专项管理和总结验收

第四十八条 高新技术司组

织专业机构梳理汇总项目执行情况，形成重点专项年度执行情况报告，以及进一步完善重点专项组织实施工作的意见和建议，报部领导审定并于每年12月底前报送科技部。

执行期5年及以上的重点专项，高新技术司组织专业机构编制重点专项实施中期执行情况报告，报部领导审定后报送科技部。

第四十九条 重点专项执行期间，由于形势变化或实施需要，需对重点专项主要任务（含概算）进行重大调整或终止重点专项执行的，报部领导审定后报送科技部、财政部审核，按程序报批。

第五十条 重点专项执行期结束后，专业机构应对重点专项实施情况进行总结评估并报高新技术司。高新技术司在此基础上组织开展总体绩效评估，对重点专项的目标实现程度、任务布局合理性、组织管理水平、效果与影响等做出全面评价。重点专项实施情况总结报告报部领导审定并于重点专项执行期结束6个月内报科技部。

第五十一条 加强重点专项的保密制度建设，完善保密工作责任体系，对涉及科技敏感信息和国家秘密的重点专项项目及其成果，按有关规定执行并严格管理，分级分类做好信息安全管理，确保国家秘密安全。

第五十二条 重点专项形成

的知识产权归属、使用和转移，按照国家有关法律、法规和政策执行。为了国家安全、国家利益和重大社会公共利益的需要，国家可许可他人有偿实施或者无偿实施项目形成的知识产权。项目形成的研究成果，应标注“国家重点研发计划资助”字样及项目编号，英文标注：“National Key R&D Program of China”。专利申请按规定声明重点专项项目信息。

第六章 多元化投入与资金管理

第五十三条 坚持多元化原则筹措资金，在中央财政资金支持的基础上，加强央地联动、政企联动，引导地方、企业、社会资本及其他社会资金共同投入，支持相关部门和机构加强对承担相关项目的科技型企业全生命周期、全链条科技金融服务。

第五十四条 按照“放管结合、权责对等”的原则，采取简化预算编制、下放预算调剂权、实行“包干制”“负面清单”等多种方式，扩大科研经费管理自主权，减轻科研人员事务性负担，激发创新活力。

第五十五条 通过前补助、后补助、“里程碑”拨款等方式对具体项目分类支持。中央财政资金的安排使用，要严格执行国家预算管理及财政国库管理的有关规定，全面实施预算绩效管理，

实行专账管理，专款专用，建立覆盖资金管理使用全过程的资金监督机制，提高资金使用效益。项目经费使用中涉及政府采购的，应当按政府采购法律制度规定执行。

第七章 监督与评估

第五十六条 国家重点研发计划建立全过程、多层次、嵌入式的监督评估体系。监督评估工作应以重点专项实施方案、项目申报指南、立项批复、任务书、协议等为依据，按照责权一致的原则组织开展。

第五十七条 中央科技办会同财政部组织对重点专项实施方案、阶段性实施计划等进行论证、审核，重点督促主责单位聚焦国家重大需求，提升目标指标先进性、任务部署科学性、组织实施可行性、资源配置合理性，优化考核方式、配套保障和管理举措等。中央科技办组织开展关键节点的考核评估和抽查检验，重点对项目实施进展、阶段性目标完成、里程碑成果产出情况进行日常督导，督促项目按计划高质量执行。

第五十八条 工业和信息化部对重点专项实施过程和进展进行监督评估，对受委托专业机构管理工作进行监督，配合中央科技办、财政部开展监督评估，具体工作由高新技术司承担。包括

对年度立项、组织实施和资金使用等开展日常监督评估；对重点专项的目标实现、成果产出、转化应用等进行检查核验和评估评价；对专业机构管理工作的科学性、规范性，及其在项目管理过程中的履职尽责和绩效情况进行监督指导。还包括对项目立项的规范性、公正性等进行监督；通过组织开展单位自查、中期检查、现场督察、在线监管等方式，对重大项目执行、绩效目标实现等情况等进行监督检查；对监督检查发现的问题，及时处理、督促整改，对存在的违规行为进行调查处理；按要求组织相关责任主体报送项目管理和实施进展情况，加强对相关数据的汇总、审核、把关等。一般应先行制定年度工作方案，明确当年监督评估的范围、重点、时间、方式等，避免交叉重复，并注重发挥重点专项专家咨询委员会的作用。每年11月底前，向中央科技办报送重大项目年度执行报告。

第五十九条 专业机构对项目执行情况和项目承担单位开展日常监督，对项目实施进度、计划调整和资金使用等情况行监督检查；对项目实施绩效进行评估评价；项目承担单位法人责任落实情况进行监督评估；对参与项目立项、过程管理和验收等咨询评审专家履职尽责情况监督评估。专业机构通过年度报告、中期检

查等方式，对具体项目承担单位法人责任落实、项目执行、计划调整、资金使用、实施绩效等进行监督；对涉及所管理具体项目评审、立项、项目实施、验收考核等过程管理相关的投诉举报及时进行调查处理，并配合做好相关处理意见的跟踪落实，督促整改；对项目管理过程中发生的重大突发事件信息及时报告高新技术司。

第六十条 项目承担单位要切实落实法人责任，对所承担项目任务落实、资金使用和参与单位情况开展日常监督管理。在单位内部公开项目立项、主要研究人员、科研资金使用、项目合作单位、大型仪器设备购置以及研究成果情况等信息，加强内部监督。

第六十一条 建立公众参与监督的工作机制，主动接受公众和舆论监督，听取意见，推动和改进相关工作。收到投诉举报的，应当按有关规定登记、分类处理和反馈；投诉举报事项不在权限范围内的，应按有关规定移交相关部门和地方处理。

第六十二条 加强与审计监督、第三方监督等外部监督协同，重点专项即将达到或已经达到执行期限时，应责成专业机构对重点专项实施情况进行总结评估，在此基础上委托第三方机构开展总体绩效评估，对重点专项的目

标实现程度、任务布局合理性、组织管理水平、效果与影响等做出全面评价。

第六十三条 落实科技伦理监管制度，对涉及以人为研究参与者的科技活动，涉及实验动物的科技活动，不直接涉及人或实验动物，但可能在生命健康、生态环境、公共秩序、可持续发展等方面带来伦理风险挑战的科技活动，以及依据法律、行政法规和国家有关规定需进行科技伦理审查的其他科技活动，按照科技伦理审查办法执行。

第六十四条 建立创新激励机制，依据监督评估结果对在重点专项组织实施过程中做出重要贡献的单位、团队和个人，按国家有关规定予以表彰奖励，作为重点专项后续布局调整、任务承担、资源配置及项目滚动支持、定向委托遴选等方面的重要参考。

第六十五条 建立责任追究机制，依据监督评估结果对重点专项执行不力的，实行动态调整，倒查各责任主体，逐级问责。对有违规行为的咨询评审专家，予以警告、责令限期改正、通报批评、阶段性或永久性取消咨询评审和申报参与项目资格等处理；对有违规行为的项目承担单位和科研人员，予以约谈、通报批评、暂停项目拨款、追回项目结余资金、终止项目执行、阶段性或永久性取消申报参与项目资格等处

理；对有违规行为的专业机构，予以约谈、通报批评、解除委托协议、阶段性或永久性取消项目管理资格等处理。对科研失信和违规行为，处理结果应以适当方式向社会公布，视情况纳入科研诚信严重失信行为数据库，依法依规严肃处理。涉嫌违纪违法的，移送有关部门。

第六十六条 建立监督工作应急响应机制。发现重大项目执行风险、接到重大违规违纪线索、出现项目管理重大争议事件时，应立即启动应急响应机制，进行调查核实，或责成专业机构调查核实，提出意见和建议。

第六十七条 监督工作应当形成监督结论和意见，及时向相关部门或专业机构反馈。对于需进一步改进完善项目管理或组织实施工作的，应提出明确建议或要求，责成相关专业机构及时核查具体情况，采取相应措施进行整改。

第六十八条 依托国家科技管理信息平台统一的监督评估系统，实现监督评估全过程痕迹化管理。将主责部门、项目管理专业机构在工作中产生的各类监督检查数据（如重点专项的形成、年度与中期管理、动态调整、监督评估，以及项目的立项、资金

安排、过程管理、验收与跟踪管理等信息）及时汇入，全程留痕，共享利用，可查询、可申诉、可追溯，为重点专项及其项目管理和监督评估提供支撑。

第八章 附则

第六十九条 涉及资金管理使用等事项，执行财政部印发的国家重点研发计划资金管理办法及相关规定。管理要求另有规定的重点专项，按有关规定执行。

第七十条 本办法自发布之日起施行，由工业和信息化部负责解释。○

来源：工业和信息化部

支持科技创新专项担保计划

科技创新类中小企业是极具活力和潜力的创新主体，是培育经济发展新动能、推动高质量发展的重要力量。为深入实施创新驱动发展战略，更好发挥政府性融资担保体系作用，引导更多金融资源支持科技创新，制定本专项担保计划。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大和中央经济工作会议、中央

金融工作会议精神，有效发挥国家融资担保基金（简称融担基金）体系引领作用，通过提高对科技创新类中小企业风险分担和补偿力度，增强地方政府性融资担保机构、再担保机构的担保意愿和担保能力，引导银行加大对科技创新类中小企业融资支持力度，撬动更多金融资源投向科技创新领域，为实现高水平科技自立自强、加快形成新质生产力、促进经济高质量发展提供有力支撑。

——坚持目标导向。着力解决项目有前景、技术有竞争力、发展有潜力、知识产权价值高，但因缺少有效抵质押物、难以满足银行贷款条件的科技创新类中小企业融资难融资贵问题，加大对科技创新类中小企业贷款和担保支持力度。

——坚持体系引领。融担基金发挥体系引领作用，在聚焦支小支农基础上，加大科技创新再担保业务规模和风险分担，引导地方政府性融资担保、再担保机构为更多科

技术创新类中小企业提供担保支持。

——坚持市场运作。银行和各级政府性融资担保、再担保机构按照市场化运作和商业可持续原则，自主选择有发展潜力的科技创新类中小企业，依法合规审贷放贷、提供融资担保。

——坚持适度补偿。对融担基金加大科技创新类中小企业风险分担所新增的代偿，中央财政每年安排资金给予一定风险补偿。鼓励有条件的地方对支持科技创新类中小企业成效较好的政府性融资担保、再担保机构，给予一定风险补偿。

——坚持绩效引导。对融担基金科技创新再担保业务，财政部单列年度业务规模、代偿率等绩效考核指标。地方财政部门要相应完善考核制度，适当提高对政府性融资担保、再担保机构开展科技创新业务的代偿率上限考核要求，突出服务实体经济和科技创新导向。

二、实施方案

（一）精准聚焦支持对象。中小企业满足基本条件，并符合以下条件之一的可作为政策支持对象，具体由银行和政府性融资担保机构按照市场化原则自主选择：

1. 根据《科技部 财政部 国家税务总局关于印发〈科技型中小企业评价办法〉的通知》（国科发政〔2017〕115号），已纳入“全国科技型中小企业信息库”且在存续期内的科技型中小企业；

2. 根据《科技部 财政部 国家税务总局关于修订印发〈高新技术企业认定管理办法〉的通知》（国科发火〔2016〕32号），经省级相关管理部门认定且在存续期内的新技术中小企业；

3. 根据《工业和信息化部关于印发〈优质中小企业梯度培育管理暂行办法〉的通知》（工信部企业〔2022〕63号），在存续期内的专精特新“小巨人”企业、专精特新中小企业、经省级中小企业主管部门公告的创新型中小企业；

4. 正在承担国家科技项目的中小企业及项目验收处于成果转化应用期的中小企业；

5. 依托“创新积分制”，由科技部、工业和信息化部从初创期、成长期的科技型中小企业中筛选出的备选企业。

中小企业应具备的基本条件是：在中华人民共和国境内工商注册登记、具有独立法人资格；符合《工业和信息化部 国家统计局 国家发展和改革委员会 财政部关于印发中小企业划型标准规定的通知》（工信部联企业〔2011〕300号）的认定标准；未被列入经营异常名录或失信主体名单；提供的产品（服务）不属于国家禁止、限制或淘汰类；近三年未发生重大安全（含网络安全、数据安全）、质量、环境污染等事故以及偷漏税等违法违规行为。

具体企业名单，由科技部、工

业和信息化部确定，省级科技部门、工业和信息化主管部门及时向地方政府性融资担保、再担保机构提供名单，加强信息共享和沟通协作。

（二）分类提高分险比例。银行和政府性融资担保体系分别按不低于贷款金额的20%、不高于贷款金额的80%分担风险责任。融担基金分险比例从20%提高至最高不超过40%。省级再担保机构分险比例不低于20%。有条件的省级再担保、担保机构可提高分险比例，减少市县级担保机构的风险分担压力。

根据企业不同类型，融担基金分险比例分为三档：

1. 对于专精特新“小巨人”企业、专精特新中小企业、承担国家科技项目的中小企业，融担基金分担最高不超过40%的风险责任；

2. 对于高新技术企业、依托“创新积分制”筛选出的科技型中小企业，融担基金分担最高不超过35%的风险责任；

3. 对于科技型中小企业、创新型中小企业，融担基金分担最高不超过30%的风险责任。

（三）合理确定费率水平。融担基金再担保业务单笔担保金额500万元以上的，再担保费率不高于0.5%；单笔担保金额500万元及以下的，再担保费率不高于0.3%。鼓励合作机构针对不同风险水平、不同资质的经营主体实施差

异化担保费率，逐步将对科技创新类中小企业收取的平均担保费率降至1%以下。合作机构除贷款利息和担保费外，不得以保证金、承诺费、咨询费、顾问费、注册费、资料费等名义收取不合理费用，逐步降低科技创新类中小企业综合融资成本。

（四）适当提高担保金额。将科技创新类中小企业单户在保余额上限从1000万元提高至不超过3000万元。各级政府性融资担保、再担保机构在满足支小支农担保业务占比要求前提下，稳妥开展对科技创新类中型企业的担保业务。

（五）适当提高代偿上限。按照统筹支持科技创新和防范风险的原则，融担基金与省级再担保机构约定代偿赔付上限从4%提高至5%。超过上限部分融担基金不予赔付。

（六）创新业务联动模式。在依法依规、风险可控前提下，鼓励有条件的政府性融资担保、再担保机构探索科技创新担保与股权投资机构的联动模式，带动各类金融资本和社会投资为科技创新类企业提供全生命周期科技金融服务。

（七）提升金融服务适配性。支持银行开发适合科技创新类中小企业的知识产权质押融资、应收账款质押融资、创新积分制相关融资等产品，缓解科技创新类中小企业传统抵质押物不足等问题，努力提升科技创新类中小企业“首贷率”，逐步减少或取消反担保要求。

（八）健全风险补偿机制。中央财政对于融担基金加大科技创新类中小企业风险分担所新增的代偿资金需求，分年度单独进行测算。风险补偿资金由中央财政在国有资本经营预算中安排。融担基金年度科技创新再担保业务规模，由财政部根据科技创新类中小企业融资需求、融担基金经营状况和风险控制等情况统筹确定。

三、组织实施

（一）加强宣传引导。地方财政部门要会同有关部门积极组织开展“政银担企”合作，加大政策宣传和舆论引导力度，指导地方政府性融资担保、再担保机构实施好科技创新担保专项计划，推动银行和政府性融资担保、再担保机构主动对接有融资需求的科技创新类中小企业，切实缓解科技创新类中小企业融资难融资贵问题。

（二）加大政策支持。对于支持科技创新类中小企业成效明显、风险代偿压力较大的政府性融资担保、再担保机构，地方财政部门可结合当地实际加大对政府性融资担保、再担保机构支持力度，给予适当风险补偿、奖补资金、担保费补贴等支持，推动政府性融资担保、再担保机构可持续经营。

（三）强化绩效考核。要将科技创新专项担保计划执行情况纳入政府性融资担保、再担保机构绩效评价指标体系，适时进行检查评

估，考核结果作为相关奖励、支持措施的实施依据。

（四）深化体系合作。融担基金要细化与合作机构支持科技创新业务操作安排，优化全国政府性融资担保数字化平台科技创新模块，积极对接银行和政府性融资担保、再担保机构，及时跟踪地方各级政府性融资担保、再担保机构业务开展情况，推动科技创新专项担保计划取得实效。

（五）筑牢风控防线。银行和政府性融资担保、再担保机构要按照市场化、专业化原则自主决策、自担风险，强化资金用途监控，严格贷前审核，强化贷中服务，加强贷后管理，防范资金套取和挪用风险。

四、监督管理

（一）财政部加强对融担基金风险补偿资金监督管理，督促融担基金加强风险控制，及时履行风险分担责任，确保资金安全高效使用。

（二）政府性融资担保、再担保机构及其工作人员违反规定提供虚假材料，以及冒领、截留、挪用、骗取、套取风险补偿资金等违反财经纪律的，由主管部门责令改正，追回所有财政资金，取消其合作资格，并依法追究相应责任；涉嫌犯罪的，依法移送有关机关处理。

（三）本专项担保计划自印发后执行。执行中如有问题，请及时报告。○

来源：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