

主编寄语



郑南俊

当前，人工智能已成为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术。以此为契机的人工智能及相关技术的发展和应用于整个人类的生活、社会、经济和政治都正在产生重大而深远的革命性影响，人工智能已成为国家综合实力与发展的核心竞争力的重要体现。

近年来，布局发展人工智能已经成为世界许多国家的共识与行动，以习近平同志为核心的党中央高度重视人工智能发展。习近平总书记多次就人工智能作出重要批示，指出人工智能技术的发展将深刻改变人类社会生活、改变世界，要求抓住机遇，在这一高技术领域抢占先机，加快部署和实施。习近平总书记特别强调“人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量，加快发展新一代人工智能是事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略问题”。

面向国家重大战略需求，中国自动化学会联合中国人工智能产业发展联盟在上海召开第三届全球人工智能大会，邀请人工智能领域产业界、学术界以及创投界的代表作主旨报告、主题演讲和交流，全方位解读人工智能发展最前沿、最重要的学术成果，重点解读产业发展现状以及新动态运行，深入思考产业未来发展趋势。

本期通讯专刊关注的主题是人工智能，为大家分享了中国工程院院士、中国自动化学会副理事长、同济大学校长陈杰和中国人工智能产业发展联盟副秘书长王爱华发表的致辞；重点介绍了英特尔中国研究院院长、中国自动化学会常务理事宋继强所作《融合聚变，AIX5G 的超异构时代》以及华为公司战略部总裁、中国自动化学会常务理事张文林所作《普惠 AI：给教育最新的科技，给科研最强的算力》的文章。

在此向贡献稿件的各位专家学者表示衷心的感谢！希望本刊专题能为读者了解人工智能相关领域的发展提供一定的借鉴。○

【目录】CONTENT

专题 / Column

- 004 第三届全球人工智能大会欢迎辞 / 陈杰
- 005 第三届全球人工智能大会致辞 / 王爱华
- 006 AI×5G, 融合聚变的超异构时代 / 宋继强
- 009 AI 不应该被神秘化, 普惠 AI 势在必行 / 张文林

智库建设 / Think Tank

- 013 人工智能是人类历史上最重要的一个演变 / 郑南宁
- 018 智能合约: 架构及进展 / 欧阳丽炜 王帅 袁勇 倪晓春
王飞跃
- 035 中国自动化学会携领域专家深入黑龙江地区, 助力
当地重点产业转型升级



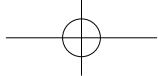
科普园地 / Science Park

- 爱犯错的智能体连载
- 037 听觉篇(二): 视听错觉与无限音阶的拓扑
- 044 体感篇: 我思故我在?
- 049 语言篇: 可塑与多义

形势通报 / Voice

- 054 关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见
- 058 “中国人民生活要好, 必须有强大科技”
——写在国家科技工作者日 / 新华社 胡喆 董
瑞丰 盖博铭





CONTENT [目录]



P060



P062

学会动态 / Activities

- 060 “礼赞共和国、追梦新时代”，中国自动化学会成为首批“中国科技志愿服务百家学会”
- 061 第三届全球人工智能大会在上海隆重召开
- 065 第 11 期智能自动化学科前沿讲习班在北京成功举办
- 069 数字智造贵阳论道
——2019 中国国际大数据产业博览会数字驱动智造未来论坛成功召开
- 072 中国自动化学会十一届四次正副理事长、六次秘书长工作会议在哈尔滨召开
- 073 中国自动化学会全国秘书长工作会议在哈尔滨召开
- 077 中国自动化学会走进哈尔滨工程大学，学术报告会圆满召开



P070



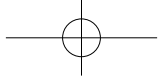
P083

党建强会 / Party Building

- 079 CAA 科普下基层活动
——中国自动化学会走进徐家川学校和马营中学
- 081 CAA 科普下基层活动
——中国自动化学会走进浙江余姚市第二实验小学
- 083 中国自动化学会与山东省自动化学会开展党建强会临沂行
- 085 “不忘初心，牢记使命”
——中国自动化学会十一届二次党委工作会议召开



P085



第三届全球人工智能大会欢迎辞

文 / 中国自动化学会副理事长 陈杰

习近平总书记深刻指出，加快发展新一代人工智能是我们赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手，是推动我国科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的重要战略资源。人工智能作为深刻改变社会生产力和生产关系的颠覆性技术，正引领着新一轮科技革命和产业革命向纵深推进，重构着人类的生产形式、

生活方式和思维模式，催生着新技术、新产业、新业态。

未来的智能将进一步增强，人机将共存、物理世界与虚拟信息世界将更加交互并行，人、物理世界的二元空间将转变为人、物理世界、智能机器、虚拟信息世界的四元空间。

在此背景下，中国自动化学会联合中国人工智能产业发展

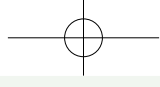
联盟在上海召开第三届全球人工智能大会，邀请人工智能领域产业界、学术界以及创投界的代表作主旨报告、主题演讲和交流，全方位解读人工智能发展最前沿、最重要的学术成果，重点解读产业发展现状以及新动态运行，深入思考产业未来发展趋势。

在此我谨代表中国自动化学会，感谢与会的各位院士、领导、专家学者以及媒体朋友。希望与会者能够围绕人工智能产业前沿性问题开展研究探索，做好学术与市场、技术与产业的对接结合，发挥协同创新效应，共同促进智能产业的蓬勃发展。

最后，预祝本次大会圆满成功！

祝各位来宾身体健康、工作顺利、心情愉快！○





第三届全国人工智能大会致辞

文 / 中国人工智能产业发展联盟副秘书长 王爱华

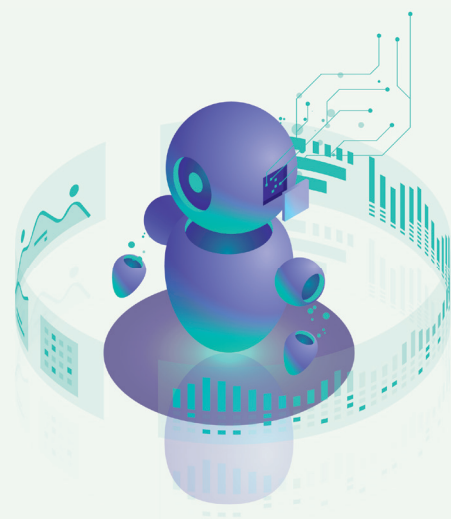
尊敬的各位院士，各位领导，各位专家，各位嘉宾，媒体朋友们，大家上午好！

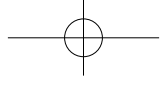
今天 2019 第三届全国人工智能大会在上海隆重开幕了！值此盛会之际，我谨代表中国人工智能产业发展联盟向本次大会的召开表示热烈的祝贺，并向来自自动化、人工智能技术领域的同行和朋友们，致以诚挚的问候！

随着人工智能上升到国家战略，顶层设计框架搭建完成，产业发展有望持续提速。作为新一轮产业变革的核心驱动力，人工智能也将进一步释放历次科技革命和产业变革积蓄的巨大能量，并创造新的强大引擎。而互联网、大数据、云计算、物联网等前沿科技的普及与应用，使得智能交通、智慧农业、智能医疗、智慧物流、智能制造、机器人逐渐渗透到了人们生活中的各方各面，

人类生产与生活的模式正在发生巨大的变化。

在国家政策支持及优势企业的投入下，中国人工智能产业发展正在进入快车道：一是企业数量不断增加，据信通院统计，截至 2019 年 3 月，我国人工智能企业数量达到 1189 家，位列全球第二，仅次于美国，形成了龙头企业、独角兽和创新企业协同发展的良好格局；二是技术实力不断提升，人工智能理论算法、芯片、开源框架等领域已经有可喜的突破，部分技术已经得到了广泛的商用；三是基础应用达到世界领先水平，语音识别、机器视觉、自然语言处理等创新活跃，多家公司的语音识别产品的准确率达到或超过 97%，图像识别、人脸识别的准确率达到或超过 99%，达到世界的领先水平；四是行业应用不断涌现，智能网联汽车、智





【专题】COLUMN

能服务机器人、智能无人机、医疗影像等智能化产品已有较好基础，制造、物流、家居、医疗、安防、交通、零售等领域“智能+”新技术、新模式快速涌现。

为抢抓人工智能发展的重大战略机遇，构筑我国人工智能发展的先发优势，加快建设创新型国家和世界科技强国，中国人工智能产业发展联盟与中国自动化学会强强联合，共同主办第三届全球人工智能大会。

本届大会特别邀请了人工智能领域学术界、产业界的顶级院士专家作大会报告，全方位解读人工智能领域发展最前沿学术成果、产业发展现状及新动态运行。与此同时，在AI+无人系统、AI智能制造、AI+工业互联网三个专题论坛中，数十位发言嘉宾将就人工智能在无人车、智能制造、工业控制等众多领域的前沿研究展开对话，对中国未来人工智能产业的发展建言献策。

现在共享知识的盛宴即将开启，希望所有与会者能够以创新为引领，以需求为带动，充分发挥论坛的平台作用，围绕人工智能产业前沿问题开展研究探索，共同促进智能产业的蓬勃发展。

最后，预祝本次大会圆满成功！

祝各位来宾身体健康、工作顺利、心情愉快！○

5月27日，由中国自动化学会和中国人工智能产业发展联盟共同主办的第三届全球人工智能大会 Global-AI 2019 在上海隆重开幕。来自国内从事深度研究的院士专家、洞察行业发展趋势的产业大咖、助力科技创新的企事业单位代表等 500 余位嘉宾，共同论道人工智能产业发展趋势，共话智能产业未来。英特尔中国研究院院长宋继强先生出席了本次 Global-AI 全球人工智能大会，并以“融合聚变，AI×5G 的超异构时代”为主题，向国内从事深度研究的院士专家、助力科技创新的企事业单位代表以及媒体朋友们共同论道人工智能产业发展趋势。

他指出，随着通信技术和智能技术的不断发展，当前社会进入了 AI 计算发展的新阶段，并伴随着 5G 商用的临近迎来新时代。5G 和 AI 正遇上两场技术变革的历史性交汇，两者相乘而不仅仅是简单相加，将会催生一系列新技术、新平台、新商业模式、新产业等，带来前所未有的创新机遇。

AI×5G，融合聚变的超异构时代

文 / 英特尔中国研究院院长 宋继强

我今天给大家带来的报告题目是“AI 和 5G 融合聚变”，注意是 ×，不是 +，+ 只是线性的。由 AI×5G 以后，计算进入超异构时代，而不仅是以前的普通计

算、存储和早期异构计算概念。

新技术带来计算模式改变

改变的首先是算力。在过去的 50 年里，计算一直在发生着不





断的演变，而在 60 年代由英特尔（Intel）创始人之一戈登·摩尔（Gordon Moore）提出来的摩尔定律，直到现在依旧发挥着作用，从一开始计算和存储能力的大幅度提升，到现在个人计算机的普遍使用，计算能力的进化为人们的生活与工作带来了翻天覆地的变化。

其次是通信技术。2G、3G、4G 通信技术的不断发展，促使着设备之间更便利的互联。而智能设备的问世，让我们看到了算法的更多可能性，由一开始人工只能处理类如 PPT、文档、数据等一些结构化的数据，到现在可对自然界产生的数据，比如对视觉数据、声音数据进行采集、编辑、压缩、存储、传输，这其实已发生本质的变化，设备的能力也得到了大幅度的提升。

然后是智能技术大发展。自 2008 年以后，我们可以看到智能手机、智能平板等配置越来越多的传感器，并拥有了更多智能算法，它们可以处理基于场景的、基于位置的、基于人的服务，使得这些智能设备越来越便宜。更重要的是，伴随着计算能力继续提升，芯片越来越小。

从 2012 年开始，IMAGE NET 让我们看到某些算法能超越人的能力，比如说物体识别、人脸识别、语音识别，这都表明 AI 算法开始有潜力替代人的一些工作

了。2016 年的阿尔法狗，通过产业界、大公司的加持让 AI 产业化落地，有硬件、系统级的实验得以进行。此时人们开始关注 AI 的实用化，即它能不能用在我们的某些实际场合里，以可控的成本、可控的时间代价、可控的功耗做事。下一个阶段，是要把不同领域里规模化的工作效率提升出来。因为只有当一些技术结合实际的产业，达到经济规律允许其规模化扩展的时候，技术才能真正的得以放大。最后是要把 AI 技术结合更多产业，去做规模化、商用的时代。

重要历史性交汇，5G 与 AI 融合发展

5G 今年试商用，明年正式商用，5GxAI 会给我们带来颠覆性的时代。现在有不少 AI 是与云联系在一起，5G 给我们带来什么样的好处？

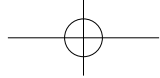
事实上，在边缘计算中，5G 将推动计算和存储直接接入网，无需放置在云端，在足够资源和能力支撑下，做到预先模拟、规划以及超实时的预测，能够更好的解决数据处理的实时性和有效性等问题。在未来社会工作场景中，前面的智能设备是在做数据的采集，同时要依据现在这个数据做实时分析，做决策处理，靠云端通过持续学习、知识共享的大数据做支撑，通过边缘计算提供可扩展的云端超

融合，从而确保联通真实世界和虚拟世界的平行计算。

另一方面，5G 与人工智能融合，将带来历史性改变。我们知道，人工智能解决的是感知层的东西，无人车、无人机是一个例子，监控摄像头自己控制自己该往哪转是自主系统控制。从感知到最后决策的能力，不仅仅是看到这个东西，知道这个东西存在，还要理解它做什么事。人工智能一定要从价值层上升到决策层，这样才有更大的价值。决策靠得更多是知识，不可能在观察到的小的局部场景有足够的信息，所以它要代入更多的信息甚至广域的知识。

AI×5G，为何是非常重要的历史性交汇？因为这两个技术都是非常重要的变革，它们恰恰在 2019 和 2020 年都达到可用性，在部署时要充分利用这两个变革性技术乘法效应，促进整个产业的升级。

具体讲，5G 会给 AI 带来哪些改变？AI 又给 5G 带来什么好处呢？未来许多 AI 场景将是靠中端、边缘和云的共同努力下实现，5G 技术的加入将更便于把 AI 能力分散在不同位置提升服务，为 AI 带来了很好的泛在效应。AI 是通用技术，是数字时代的基础能力，AI 将为 5G 网络注入新功能，催生更大价值，实现 5G 的智能和自能。而 5G 的连接能力，将推动



【专题】COLUMN

万物智能互联，5G 是使能技术，将改变生产方式、改变社会，让 AI 无处不在。

在此背景下，计算的多元化需求同时产生。刚刚我讲到很多种数据，不是我们原来的人产生的结构化数据，它有不同的计算加速的需求，由于部署在终端、边缘还有云，它需要计算加速的性能、功耗、实时性、成本、芯片的尺寸大小都有不同的要求。它完全是多样化的需求，那我们如何满足呢？现在异构计算是否可以满足？超异构计算或许可以

解决此问题。

超异构的概念在于支持计算多样性的同时，也可快速拥有对应的能力，而这超异构计算带来的好处也非常明显，就是同时兼顾了客户使用成本和多规模经济有效性和加速性。超异构独具的一个优势是可将标量、矢量、矩阵和空间等不同架构整合到系统级平台和系统级封装，超异构实际上想解决的就是“量”的问题，而且目前“超异构”的做法也已逐渐成为业界思考的一个趋势。

英特尔的超异构计算愿景是，提供多样化的标量、矢量、矩阵和空间架构组合，以先进制程技术进行设计，由颠覆性内存层级结构提供支持，通过先进封装集成到系统中，使用光速互连进行超大规模部署，提供统一的软件开发接口以及安全功能。在此，我们也期待未来英特尔带来更多的惊喜，为 AIx5G 时代创下一个新的篇章。○

（本文根据作者在第三届全球人工智能大会上所作报告速记整理而成）

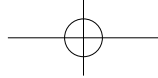
宋继强小档案



宋继强，现任英特尔中国研究院院长。他的研究兴趣包括智能机器人与外界的交互技术，多种形态的智能设备创新，移动多媒体计算，移动平台的性能优化，新型人机界面，并为新的应用使用模式创建软件和硬件环境。

他于 2008 年加入英特尔中国研究院任清华大学 - 英特尔先进移动计算中心应用研发总监，是创造 Intel Edison 产品原型的核心成员。他领导研发了基于 Edison 的智能设备开发套件来促进 Edison 技术在创客社区的普及，并发明了称为交互式瓷器的新的设备类别。他目前大力推动基于英特尔技术的人工智能技术、智能机器人交互技术和智能基础设施研究。

宋继强于 2001 年获得南京大学计算机专业博士学位，博士论文被评为全国优秀博士论文。从 2001 年至 2008 年，他历任香港中文大学博士后研究员、香港应用科技研究院（ASTRI）首席工程师、北京简约纳电子有限公司多媒体研发总监等职。2003 年，他研发的算法获得 IAPR GREC 国际圆弧识别算法竞赛一等奖。2006 年，他参加的计算机读图技术研究荣获“教育部高等学校科学技术二等奖”（第二完成人）。他是 IEEE 和 CCF 高级会员，在 IEEE TPAMI、IEEE TCSVT、Pattern Recognition、CVPR、ICPR 等国际期刊与会议上发表学术论文 40 余篇。他是中国自动化学会常务理事、中国计算机学会人机交互专委会委员，并担任多个产业界人工智能专委会委员。



5月27日，由中国自动化学会和中国人工智能产业发展联盟共同主办的第三届全球人工智能大会 Global-AI 2019 在上海隆重开幕。来自国内从事深度研究的院士专家、洞察行业发展趋势的产业大咖、助力科技创新的企事业单位代表等 500 余位嘉宾，共同论道人工智能产业发展趋势，共话智能产业未来。

华为公司战略部总裁、中国自动化学会常务理事张文林在大会上发表了题为“普惠 AI：给教育最新的科技，给科研最强的算力”的报告。他指出无论是教育内容还是科研装备，都应该与产业界协同，运用最新的科技成果，与产业界形成一个密切的互动和循环，华为所希望的 AI 是普惠的科技。

AI 不应该被神秘化，普惠 AI 势在必行

文 / 华为公司战略部总裁 张文林

尊敬的各位来宾，尊敬的的中国自动化学会的各位学界领袖和院士们，很高兴今天有一个产业界的分享。中国自动化学会有大量学术界的院士、泰斗级的专家，我希望在这样一个难能可贵的机会，从产业界带来一些智能计算领域最新的产品技术的突破和产业思考，推动产学研能够密切的协同起来。

我们在产业化的过程中常常发现基础理论已经不够用，因此，有任何基础理论的突破，我们都迫不及待地想把它用起来。同时我们也看到学术界有很多争论，甚至有很多彷徨。我们认为坐而论道，不如一起行动。行动基于什么？就应该基于最新的产业界科技突破。我们看到，大量的计

算机教材和科研装备与最新的产业突破脱节，这样培养的人才要重新学习才能跟上产业的需要，这样的科研也很难取得前沿的突破。

我们认为无论在教育的内容上，还是在科研装备上，都应该与产业界协同，把最新的科技成果运用起来，并且与产业界形成一个密切的互动和循环，在智能计算产业，我看到了这样做的契机，这也是我今天想探讨，并希望与中国自动化学会共同推进的事情。

AI 不应该被神秘化，普惠 AI 势在必行

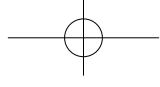
普惠 AI 是华为 AI 战略的基本理念。我们认为很多科技，尤其是 AI 不应该被神秘化、玄虚

化，它应该实实在在地服务于人们。我们提出的价值主张是智能无所不及，普惠是关键。

在去年年初，华为公司在成立三十年之际刷新了公司的愿景和使命：把数字世界带给每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。AI 对于万物互联的智能世界，是关键的加速动力，无论是现在的云还是未来即将到来的 5G，都有赖于 AI 的算力才能加速发展。但我们也看到，目前 AI 产业化发展面临三大挑战：

一是算力非常昂贵。炒概念的现象非常普遍，真正拿出给大家普遍使用的算力却非常少。无论是放在云端，还是放在线下，算力都非常昂贵。

二是 AI 应用开发门槛非常之



【专题】COLUMN

高。门槛之高，不在于理论有多复杂，而是在于大量的学生和开发者接触不到有效便利的 AI 平台和工具。这个情况会导致 AI 人才稀缺，由于看不到实物、接触不到相应的资源，而很难培养人才，进一步使业界很多炒作变成了神话，高不可及，遥不可及。

三是专业人才缺失。人才是 AI 走向产业纵深的关键，目前的 AI 只能解决单场景比较简单的任务，还处于“碎片化”状态，因此需要将基础研究、人才培养和整个生态的建设协同起来，推动 AI 的基础技术和应用走向产业化。

华为希望 AI 是普惠的科技，使得智能算力变得像电力一样充裕和经济

AI 有很多的用处，可以识别语音、图像，可以博弈，大幅提升各种组织的运作效率。华为在人工智能战略上大力投入三项关键要素：首先就是推出华为 AI 全栈全场景的产品和解决方案，其次就是围绕华为 AI 解决方案的基础研究、人才培养和全球开放生态的投入，最后就是大力发展 AI 的应用生态。我们在 5 个方面布局 and 推进 AI 的应用：

第一，华为在内部大规模推广，从生产制造到供应体系，鼓励大家想方设法使用人工智能。哪怕小小的一点突破，我们都给予支持和激励。



第二，在我们最领先的通信领域，从 IP 化到云化，再到 AI，不断推动整个通信产业走向智能化。

第三，在智能终端领域的 HiAI 上。两年之前的 mate10，是我们推出的全球第一款支持人工智能的手机，令全球开发者都为之兴奋。在人工智能芯片上我们孵化了很多的 AI 应用，我们有超过五千万开发者，大家可以非常方便的基于神经网络的 AI 芯片开展在手机上的创新开发。

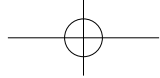
第四，Cloud EI 是我们面向企业的人工智能。大部分企业使用云，尤其是传统的企业使用云找不到真正的动力，把原来成熟的 IT 搬到云上，付出的代价很大，带来的增益很小。但所有人都认同基于人工智能的新应用，包括大数据，对任何一个企业带来的价值都是非常直观的。人工智能已经成为所有

企业上云的关键推动力。

第五，Atlas 是我们推出的 AI 加速模块，这是最有助于所有开发者普及的。我们 5 月初发布时，产品线定价非常清晰，一个 Atlas 模块基本相当于一台智能手机的价格，非常适于普及。

算法的开发，对于非专业人士来说，不用纠结业界传说的各种各样的计算框架和算法，只需思考到底要做什么，调用的这些东西能不能达到最好的效果。所以我们通过 Model Arts 给应用开发者一个非常方便的开发环境，甚至可以不用编码直接拖拽各种功能模块就可以完成应用开发，直接进入数据的训练和调优。

华为普惠 AI 的理念，就是希望智能算力变得像电力一样充裕和经济。我们一直思考作为一个企业，尤其是数字化的使能者，



怎么让更多的人和企业把 AI 使用起来。从 2017 年开始我们发布了多款带人工智能芯片的手机，现在最新的手机中有两颗 AI 芯片，我们也发布了 AI 的云服务平台，以及最新达芬奇架构 AI 芯片的系列智能硬件；都是为了我们的理念和使命，让所有的企业和开发者用得起 AI，更能用得好，用得安全放心。

华为 AI 的全栈全场景战略，是基于基础研究、人才培养，以及生态三者的密切协同；它是一个动态的过程，三者密切联系相互促进来共同创造 AI 产业。

华为希望通过全栈全场景 AI 解决方案，让开发者和企业用得起、用得好、用得放心

华为 AI 全栈全场景的基础是自研的昇腾芯片，该芯片是业界唯一 3D 架构 AI 芯片，计算密度最高、算力超业界 2 倍，能够提供经济充裕的算力；基于昇腾 AI 芯片的全场景 AI 系列解决方案，为各行各业注入丰富 AI 能力。

Atlas 人工智能计算平台基于华为昇腾系列 AI 处理器和业界主流异构计算部件，通过模块、板卡、小站、一体机等丰富的产品形态，打造面向“端、边、云”的全场景 AI 基础设施方案，基于 MindSpore 深度学习框架，支持端、边、云独立的和协同的统一训练和推理，带来一致开发体验，

具体支撑四大特性：全场景（开发部署可大可小，一体化实现端云协同）、易用性（支持全自动的可微分编程，业界开发效率性能最佳）、高可信（构建端-边-云协同分布式可信架构）、全栈性能最优（一体化软硬件设计，达到全栈性能业界最优）。

ModelArts 极快致简开发平台用 AI 重新定义应用开发，为开发者提供全流程服务和应用使能，提供分层 API 和预集成方案降低应用开发门槛，基于统一框架和自动分布式优化，让开发更高效、便捷；快速赋能行业，加速行业智能化进程，使能行业的智能化再造。

华为面向全场景的统一的架构让 AI 灵活部署，公有云、私有云、混合云统一架构，让 AI 能够灵活部署，快速应用，构建全栈

全场景智能解决方案。

大家应该冷静地意识到，目前 AI 所处的阶段是只能处理单场景以及相对比较确定的任务。这种确定下，从商业视角来看，应用场景是碎片化的。应用碎片化的产业，要想大规模发展起来，必须需要更多人的参与。我们需要创造条件让更多人能参与进来，我们希望华为的客户、伙伴、教师、学生，尤其是中国每年六百万的大学毕业生，如果大家都有 AI 的能力，都可以从事各行各业的 AI 应用普及，开发、创造，这些将推动我们在 AI 算力上持续突破，理论和工具的快速发展，智能产业的繁荣。

算法每次训练之后要识别、调优，做很多参数的调整工作，当前我们已经能够部分做到自动化，让企业开发者在用得时候非





张文林小档案



张文林先生，自 2012 年 7 月起至今担任华为公司战略部总裁，目前负责华为公司战略、技术战略和标准产业发展相关工作。张文林先生也曾在华为公司的研发和 Marketing 部门承担重要职责，历任欧洲区大客户 Marketing 部长和中国区 CMO；张文林先生在标准和技术领域经验丰富。自 1999 年加入华为公司，从无线研发工程师做起，逐步晋升为系统工程师、项目经理、无线标准部副部长等；在 2005 年到 2007 年曾担任 3GPP 标准组织架构组副主席。

常方便，容易学习，快速进入解决实际问题，而不是纠结于多少 AI 的基本理论。选什么样的编程语言、算法架构、参数调优方法等基础问题。

AI 全员参与，产学研结合是关键

面向高校和科研机构，华为启动多种手段，助力高校教育升级和科研能力提升，具体包括：

AI 人才培养计划，包括：投入 10 亿元用于 AI 人才培养，包括提供华为云 AI 资源与 AI 套件支持。在教学领域，联合高校与科研机构开发 AI 课程，帮助开发图书和教材，支持人才培养及科研探索；在学科建设方面，帮助高校和科研机构建设 AI 学院、研究院，协助建设人工智能实验室，协助参与教育部 AI 相关的产学研育人项目。

在科研及产业学术探索方面，高校和科研机构可优先获得华为 AI 平台的算力和技术，基于业界最先进的科研平台，让高校和科研机构聚焦基础理论和前沿科技研究，突破关键领域技术，实现技术突破。

创新就业方面，华为可以提供相关创新和竞赛的算力平台，选择重点高校，结合华为 AI 市场项目，成立工程创新中心，或者联合高校机构，基于华为的算力平台，成立学生创新中心，同时可以依托华为云市场，加快相关

成果的市场化转换过程。

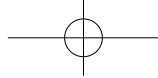
在人才认证和培训方面，协助培养 AI 教师，高校和科研机构的学生可通过考核获得华为 AI 证书；在华为云开放社区，构建高校和科研机构与华为 AI 专家的交流平台。

我们跟很多的高校开始试点合作，让更多受过良好教育的人才发挥才智，直接能够用 AI 技术创新、甚至创业。我相信我们与高校合作计划的推出，将会在各个高校周边产生众多的人工智能的产业群。这么多高智商，受过高等教育的人才一定能把人工智能做出的任何一点突破在各种场景下用到极致。我演示的这些案例和清单中，上海交通大学和浙江大学的师生在不到半年的合作期间就创造出大量令人惊叹的各种 AI 应用成果。

教学领域，我们参与很多大学讨论课程内容的改革，大学教育应该跳出书本和抽象的原理教学，与最新的产业成果结合起来。在科研领域，应该用当前能力最强，业界最先进的技术和产品，来装备我们的科研，以最大限度地取得最前沿的突破。

我们希望通过产学研协同、相互促进，繁荣发展的 AI 产业，构建万物互联的智能世界。○

（本文根据作者在 2019 全球人工智能大会上所作报告速记整理而成）



人工智能是人类历史上最重要的一个演变。过去 40 亿年当中，所有的生命完全按照有机化学的规则演化，但人工智能的出现和发展使这一规则发生了变化，即生命可以在某种程度上根据计算机智能设计，人类社会将迎来以有机化学规律演化的生命和无机智慧性的生命形式并存的时代。

当前，人工智能已成为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术。以此为契机的的人工智能及相关技术的发展和应用于整个人类的生活、社会、经济和政治都正在产生重大而深远的革命性影响，人工智能已成为国家综合实力与发展的核心竞争力的重要体现。

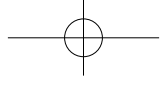
人工智能是人类历史上最重要的一个演变

文 / 西安交通大学 郑南宁

一、人工智能是新一轮科技革命和产业革命的引擎

人工智能是以机器为载体，模拟、延伸和扩展人类或其他生物的智能，使机器能胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。人工智能的萌芽可以追

溯到 2300 多年前亚里士多德提出的逻辑三段论和形而上学的思想。逻辑打开了人工智能的可能性，亚里士多德提出的三段论使逻辑走向形式化的发展，后人在此基础上不断完善和发展，使逻辑学取得了极大的进步。无论未来人工智能发展到何种水平，逻辑学这



【智库建设】THINK TANK

门基础科学在其中的重要作用都无法忽视。1956 年在美国达特茅斯学院举行了为期两个月的关于“如何用机器模拟人的智能”的夏季研讨会，第一次正式采用“人工智能”（Artificial Intelligence, AI）术语，标志着人工智能正式成为一门新兴的交叉学科。人工智能具有多学科综合、高度复杂的特征，渗透力和支撑性强等特点。

近年来，布局发展人工智能已经成为世界许多国家的共识与行动。以习近平同志为核心的党中央高度重视人工智能发展。习近平总书记多次就人工智能作出重要批示，指出人工智能技术的发展将深刻改变人类社会生活、改变世界，要求抓住机遇，在这一高技术领域抢占先机，加快部署和实施。习近平总书记特别强调“人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量，加快发展新一代人工智能是事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略问题”；2017 年 7 月，国务院正式发布《新一代人工智能发展规划》，将我国人工智能技术与产业的发展上升为国家重大发展战略。《新一代人工智能发展规划》要求“牢牢把握人工智能发展的重大历史机遇，带动国家竞争力整体跃升和跨越式发展”，提出要“开展跨学科探索性研究”，并强调“完善人工智能领域学科布局，设立人工智能专业，推动人工智能领域一级学科建设”。2018 年 4 月，为贯彻落实国家《新一代人工智能发展规划》，教育部印发了《高等学校人工智能创新行动计划》，强调了“优化高校人工智能领域科技创新体系，完善人工智能领域人才培养体系”的重点任务。

同时，美英法加日和欧盟等主要发达国家和经济体也都相继制定了人工智能的重大发展战略，不断加大人工智能发展的国家引导力度。此外，为应对解决计算普及和人工智能崛起带来的全球机遇和挑战，世界人工智能教育和科研的佼佼者——美国麻省理工学院（MIT）于 2018 年 10 月宣布投资 10 亿美元加强人工智能与其他相关学科的交叉融合和发展，实施

60 多年来最重大的所有学科结构的变革，以计算和人工智能重塑 MIT。

二、人工智能面临的三大挑战

2016 年，围棋软件“阿尔法围棋”战胜围棋世界冠军李世石，让人们惊叹人工智能发展取得的成就。这是否意味着机器即将获得类人智能呢？现在得出这样的结论还为时过早。

当前，发展新一代人工智能面临以下三大挑战：

1. 让机器在没有人类教师的帮助下学习。人类的很多学习是隐性学习，即根据以前学到的知识进行逻辑推理以掌握新的知识。然而，目前的计算机并没有这种能力。迄今为止最成功的机器学习方式被称为“监督式学习”，需要人类在很大程度上参与机器的学习过程。要达到人类水平的智能，机器需要具备在没有人过多监督和指令的情况下进行学习的能力，或在少量样本的基础上完成学习，即机器无需在每次输入新数据或者测试算法时都从头开始学习。

2. 让机器像人类一样感知和理解世界。触觉、视觉和听觉是动物物种生存所必需的能力，感知能力是智能的重要组成部分。在对自然界的感知和理解方面，人类无疑是所有生物中的佼佼者。如果能让机器像人类一样感知和理解世界，就能解决人工智能研究长期面临的规划和推理方面的问题。虽然我们已经拥有非常出色的数据收集和算法研发能力，利用机器对收集的数据进行推理已不是开发先进人工智能的障碍，但这种推理能力建立在数据的基础上，也就是说机器与感知真实世界仍有相当大的差距。如果能让机器像人类那样进一步感知真实世界，它们的表现也许会更出色。要达到人类水平的智能，机器需要具备对自然界的丰富表征和理解能力，这是一个大问题。尽管围棋很复杂，让计算机在棋盘上识别最有利的落子位置也很难，但与精确地表征自然界相比，描述围棋对弈的状态显然要简单得多，两者之间的差距还要几十年甚至更长时间才能弥合。

3. 使机器具有自我意识、情感以及反思自身处境与行为的能力。这是实现类人智能最艰难的挑战。具有自我意识以及反思自身处境与行为的能力是人类区别于其他生物最重要、最根本的一点。另外，人类的大脑皮层能力是有限的，如果将智能机器设备与人类大脑相连接，不仅会增强人类的能力，而且会使机器产生灵感。让机器具有自我意识、情感和反思能力，无论对科学和哲学来说都是一个引人入胜的探索领域。

三、西安交大模式识别与智能系统学科的发展

虽然在我国现有的学科体系中，尚未设立人工智能的一级学科，但在上世纪八十年代，在控制科学与工程一级学科内就已设置了“模式识别与智能系统”二级学科，在当时所有自然科学门类中这是唯一与人工智能相关的学科。

1986 年春天，我从国外留学归来不久，在我国模式识别领域著名学者、西迁教师宣国荣教授的带领下，我们在自动控制专业计算机控制教研室的基础上组建了西安交通大学在人工智能领域第一个专职科研机构——“人工智能与机器人研究所”（简称人机所）。当时学校在论证研究所设置的会议上，建议的名称为“机器人研究所”，我们坚持在研究所名称中加上“人工智能”，并给出英文名称为“Institute of Artificial Intelligence and Robotics”（简称IAIR）。从今天的人工智能发展来看，当时的学术判断和坚持是具有前瞻性的。在我们研究所成立至今的33 年历程中，世界范围内人工智能的发展曾经历过寒冬，但我们始终坚持人工智能、特别是计算机视觉的应用基础理论研究，并与国家重大需求相结合，没有放弃当初建所时的学术目标和追求，培养了一大批优秀人才，取得了一批丰硕的科研成果，为西安交通大学在人工智能领域奠定了坚实的基础。今天，人工智能与机器人研究所已成为在国内外学术界乃至工业界具有重要影响的研究机构，它是“模式识别与智能系统”国家重点二级学科、“视觉信息处理与应用国家工

程实验室”及“高等学校学科创新引智基地”等国家级科研平台的支撑单位。特别是近十余年来，我们围绕人工智能前沿基础理论及其在国家航天重大工程、无人驾驶、医学图像处理、视觉大数据智能化处理及其芯片等领域的人才培养和科学研究，取得了一系列在国内外具有重要影响力的突出成就，建立了一支能力突出、结构合理的具有一流水平的教学和科研团队，形成了独特的育人文化和制度，培养了国际人工智能领域 45 岁以下顶尖科学家、前微软亚洲研究院首席研究员、现任旷视科技首席科学家孙剑博士为代表的一批学术界和产业界的领军人才。

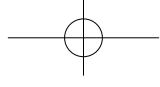
人工智能不仅是科技发展竞争的焦点，更是大学发展和学科建设的新机遇。在当前的人工智能浪潮中，人工智能技术在高等教育、人才培养和各个学科的应用与发展也必将重塑国内外一流大学的格局和地位。

四、人工智能与机器人研究所下一个三十年的学术目标

人工智能与机器人研究所下一个三十年的发展将立足国家发展全局，聚焦人工智能重大科学前沿问题和应用基础理论瓶颈，重视面向国家重大需求的研究和应用，加强多学科的深度交叉融合，并重点围绕如何设计更加健壮的人工智能、人机协同的混合增强智能，以及人工智能技术的核心芯片与新型计算架构开展系统性的研究，并在新的发展时期进一步做好西迁精神和人机所团队文化的传承，做强做大西安交大人工智能学科，为我国人工智能科技水平跻身世界前列，为加快建设创新型国家和世界科技强国作出更大的贡献。

未来三十年的主要学术目标：

1. 设计更加健壮的人工智能。尽管当前深度神经网络在诸多领域获得了成功的应用，但其泛化能力差、过度依赖训练数据、缺乏推理和对因果关系的表达能力等缺陷也被广为诟病。经典人工智能的形式化方法不可能为所有对象建立模型，不可能枚举出一个行为的所有隐性结果，“未知的未知”问题对构建稳健的人



【智库建设】THINK TANK

工智能系统提出挑战。谷歌流感预测的失败证实数据并非越大越好，一个鲁棒的人工智能系统必须在一个不完备的世界模型下正常运行。而人类大脑不是通过一个统一的未分化的神经网络实现单一的全局优化原理来学习，而是具有独特且相互作用的子系统支持认知功能，如记忆、注意、语言和认知控制。研究大脑网络的聚合和敛散性可以洞察大脑的认知机理，类脑神经计算的潜力在于能够将直觉与经验和以数据为基础的演绎归纳相结合，从而能够在不完整的世界描述中产生正确的行为。因此，需要从脑认知机理和神经科学获得启发，发展新的人工智能计算模型与架构，让机器具备对物理世界最基本的感知与反应，使机器具有“常识”推理的能力，它能快速思考、推理和学习，能够像人一样凭直觉了解真实世界，从而实现更加健壮的人工智能系统。

2. 实现人机协同的混合增强智能。人类智能与机器智能的协同在人工智能发展中是贯穿始终的，任何智能程度的机器都无法完全取代人类，将人的作用或认知模型引入人工智能系统，形成混合增强智能形态，是人工智能可行的、重要的成长模式。人工智能具有标准化、重复性和逻辑性的特点，擅长处理离散任务，而不是自身发现或打破规则；人类智能则具有创造性、复杂性和动态性的特点，两者优势高度互补。人在回路的混合增强智能是新一代人工智能的典型特征，通过人机交互、人机协作逐步提高机器的自主学习和自适应能力，并逐步发展到人机融合。脑机协作的人机智能共生是耦合程度最高的混合增强智能方式，采用脑机交互有望实现人与机器在神经信息连接基础上的智能融合增强。该领域取得新突破的关键在于脑功能建模、脑机接口以及全脑模拟等方面的探索。云机器人可能是人机混合增强智能研究转换为应用最快的领域之一，通过云计算强大的运算和存储能力，给机器人提供一个更智能的“大脑”，构成“1+1>2”的人机协同混合智能系统。

3. 探索新型计算架构及其核心芯片。人工智能的

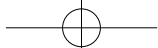
发展需要突破硬件平台和处理器设计架构等基础设施建设的掣肘，人工智能技术的核心芯片已经成为国内外产业界高度关注的创新领域。随着摩尔定律的失效，通过减小工艺尺寸改善硬件计算效能遇到了瓶颈。灵活的可重构计算架构已引起学术界和工业界的广泛关注，被认为是能够同时达到高灵活性和高能效的计算架构设计技术；神经形态计算研究力图在基本架构上模仿人脑的工作原理，使用神经元和突触的方式替代冯·诺依曼架构体系，使芯片能够进行异步、并行、低速和分布式处理信息数据，并具备自主感知、识别和学习的能力。因此，实现计算、存储和通信高效协作的混合计算架构在新一代人工智能发展战略中起着核心的平台支撑作用。我们将继续深入研究内存与计算融合的新型存储设备、神经网络功能连接的实现机制、认知计算框架等基础科研问题，并积极探索结合冯·诺依曼计算架构和生物智能计算特征的混合计算架构和新型人工智能芯片设计技术。

五、人工智能的基本方法和哲学思考

人工智能的多学科交叉属性需要我们把来自不同学科的具有创新思维的科学家、工程师聚集在一起，对新一代人工智能的基本科学问题及实现进行深入研究，要准确地把握问题的所在，并能给出合适的方法和数学工具，这样才能为未来的研究铺平道路。

同时，我们要清楚地认识到，一些人工智能发展的重大问题，在现时很难纳入已有的或成熟的理论框架之中，因此一些新的研究方向是不确定的，但一个重要的基本途径是：从脑认知和神经科学寻找发展新一代人工智能的灵感，推动人工智能的学科交叉研究已成为必然的趋势。

在推动新一代人工智能发展的过程中，还需要有科学的哲学思考。在每一个看似极其复杂、而难以用已有方法解决的人工智能重大问题的背后，总是存在一种简化的基本原理，找到这种基本原理，就能使我们深刻理解问题的本质及其产生的规律。例如对于人



工智能领域一大类具有不确定的复杂性问题，往往具有约束条件和先验知识，其机理并非都是杂乱无章的，揭示这类复杂性的机理，实现机器理解的计算模型，就可以找到不确定问题求解的方法。

由于人工智能模糊了物理现实、数据和个人的界限，衍生出复杂的伦理、法律和安全问题。随着人工智能的逐渐普及，如何应对人工智能所带来的深刻的社会问题已成为全球性的问题。人类社会需要审慎管理人工智能来应对这一转变。在这一方面，人文社会科学领域和哲学学科将大有作为。

六、深化人工智能的应用，助力中国经济高质量发展

人工智能已给人们的生产、生活方式带来革命性变化，未来的世界科技强国也一定是人工智能强国，中国要成为世界科技创新强国，发展人工智能已成为这一伟大事业的重要基础。当前，我们要充分利用和发挥互联网大国的优势，把我国数据和用户的优势资源转换为人工智能技术发展的优势，深化人工智能技术的推广应用，做强做大人工智能产业。

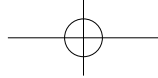
人工智能是人类最伟大的梦想之一，将是未来 30 年对人类发展影响最大的技术革命。“前事不忘，后事之师”，人工智能成为一门独立学科已走过六十三年

的历程，也经历了两次高潮和低谷，上世纪人工智能领域在实现其“宏伟目标”上的完全失败，曾导致人工智能研究进入“冬天”。

在当前人工智能发展新一轮的热潮中，我们要保持清醒的认识，进一步加强信息科学、认知科学、脑科学、神经科学、数学、心理学、人文社科与哲学等学科的深度交叉融合，踏踏实实地开展人工智能的基础研究，避免不切实际的预言和承诺，而使研究“落入一张日益浮夸的网”中；另一方面，我们必须重视人工智能面向重大应用工程的研究和市场的创新开拓，但同时要避免在产品研发和市场推广中的“低水平、同质化”现象。

西安交大人工智能学科不会满足于过去的辉煌，未来我们将继续促进与学校其他学科的深度融合与应用，并以其他学科发展的需求推动人工智能技术新的应用，催生新的学科生长点，以学校“双一流”建设和中国西部科技创新港的历史机遇为契机，与国家重大需求紧密结合，搭建人工智能产学研用校地合作平台，加大人工智能高端人才的培养力度，促进人工智能技术在智能汽车产业、传统工业智能化、智慧农业、人工智能军民融合、智能医疗、智能城市、智能旅游等方面的应用转化，助力中国经济的高质量发展，实现中华民族伟大复兴。○





摘要

智能合约是一种无需中介、自我验证、自动执行合约条款的计算机交易协议，近年来随着区块链技术的日益普及而备受关注。区块链上的智能合约具有去中心化、去信任、可编程、不可篡改等特性，可灵活嵌入各种数据和资产，帮助实现安全高效的信息交换、价值转移和资产管理，最终有望深入变革传统商业模式和社会生产关系，为构建可编程资产、系统和社会奠定基础。本文致力于以区块链智能合约为研究对象，对已有的研究成果进行全面梳理和系统概述，提出了智能合约的基础架构模型并以此为研究框架阐述了智能合约的运行机制与基础架构，总结了智能合约的研究挑战与进展，介绍了智能合约的技术优势与典型应用领域，讨论了智能合约的发展趋势，以为智能合约的后续研究提供参考。

关键词

区块链 智能合约 运行机制 基础架构 平行区块链

智能合约：架构及进展

文 / 欧阳丽炜^{①②} 王帅^{①②} 袁勇^{①③} 倪晓春^{①③} 王飞跃^{①③④}

智能合约的概念最早于 1994 年由美国计算机科学家 Nick Szabo 提出并定义为“一套以数字形式指定的承诺，包括合约参与方可以在上面执行这些承诺的协议”^[1]，其设计初衷是在无需第三方可信权威的情况下，作为执行合约条款的计算机交易协议，嵌入某些由数字形式控制具有价值的物理实体，担任合约各方共同信任的代理，高效安全履行合约并创建多种智能资产。自动贩卖机、销售点情报管理系统（Point of sales, POS）、电子数据交换系统（Electronic data interchange, EDI）都可看作是智能合约的雏形。囿于当时计算场景的限制，很长一段时间内智能合约没有得到广泛的应用。

直到 2008 年，化名为“中

本聪”（Satoshi Nakamoto）的学者提出了一种无需信任即可进行点对点交易的加密数字货币系统——比特币^[2]，人们发现其底层技术区块链与智能合约天然契合：区块链可借助智能合约的可编程性封装分布式节点的复杂行为；智能合约可借助区块链的去中心化基础架构在去信任、可执行环境中有效实现。自此，智能合约重焕新生，区块链逐渐成为智能合约最主要的计算场景，智能合约也被赋予了新的含义。

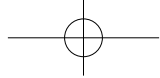
目前业内尚未形成公认的智能合约定义，我们认为：狭义的智能合约可看作是运行在分布式账本上预置规则、具有状态、条件响应的，可封装、验证、执行分布式节点复杂行为，完成信息交换、价值转移和资产管理的计

①中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室 北京 100190;

②中国科学院大学 北京 100049;

③青岛智能产业技术研究院 青岛 266109;

④国防科技大学军事计算实验与平行系统技术中心 长沙 410073
资助项目：国家自然科学基金（71472174，61533019，71702182，71232006，61233001，71402178），青岛智能产业智库基金资助



算机程序。广义的智能合约则是无需中介、自我验证、自动执行合约条款的计算机交易协议。按照其设计目的可分为：旨在作为法律的替代和补充的智能法律合约，旨在作为功能型软件的智能软件合约以及旨在引入新型合约关系的智能替代合约（如在物联网中约定机器对机器商业行为的智能合约）^[3]。本文主要研究运行在区块链上的智能合约，它们具有区块链数据去中心化、去信任、不可篡改、匿名可溯源等一般特性。

基于比特币图灵不完备字节码语言 OP-RETURN 的比特币脚本是最早应用于区块链的智能合约，由于 OP-RETURN 的计算能力非常有限，不支持循环语句，只能实现基本的算术、逻辑运算及验证加密功能，早期的智能合约通常无法具有复杂逻辑^[4]。以太坊作为世界上首个内置了图灵完备编程语言并正式引入智能合约概念的公有区块链，是目前最为流行的智能合约开发平台。以太坊的核心是可执行任意复杂算法编码的以太坊虚拟机（Ethereum virtual machine, EVM），所有部署在以太坊上的智能合约都将被编译成 EVM 字节码，在矿工本地隔离的 EVM 中执行^[5]。用户可以按照自身意愿在以太坊平台上高效快速地开发出包括加密货币在内的多种

智能合约和建立在智能合约上的去中心化应用（Decentralized applications, DApps）。以太坊的出现改变了区块链及智能合约的应用格局，使其不再局限于数字货币，开始有机会构建更宏观的金融系统并应用到其他社会领域。

尽管近年来智能合约发展迅猛，其仍面临着许多不可忽视的挑战。以众所周知的“The DAO”事件为例，2016年6月，攻击者就通过调用众筹项目“The DAO”中智能合约的可重入性函数窃取了价值大约6000万美元的以太币，由于智能合约不可篡改的特性，以太坊最终被迫执行硬分叉挽回损失，而又因其匿名性，攻击者目前仍逍遥法外^[6]。除类似的安全漏洞外，智能合约还存在缺乏可信数据源、隐私问题、性能问题和法律问题等其他挑战亟待解决。考虑到在智能合约的产业应用如火如荼展开的同时，行业内尚缺乏统一的技术标准和研究框架，本文致力于以区块链智能合约为研究对象，对已有的研究成果进行全面的梳理，首次提出智能合约的基础架构模型，并以此为基础概述了智能合约的运行机制、研究挑战及进展、应用领域和发展趋势等，以期为智能合约的后续研究提供参考。

本文的组织结构为：第1节系统概述智能合约，包括区块链

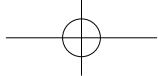
技术简介、智能合约运行机制及主流开发平台总结，首次提出并详细阐述了智能合约的基础架构模型；第2节结合智能合约基础架构模型归纳了智能合约的研究挑战及进展，包括隐私问题、法律问题、安全问题、机制设计与性能问题和智能合约的形式化验证等；第3节以金融、管理、医疗、物联网与供应链为例，介绍了智能合约的典型应用领域；第4节展望了智能合约未来可能的发展趋势；第5节总结了本文内容。

1. 智能合约运行机制与基础模型

1.1 区块链简介

区块链是一种将数据区块按照时间顺序组合成的链式结构，是去中心化系统中各节点共享且共同维护的分布式数据账本^[7]，具体的：各节点由P2P组网方式相互连通和交互，受激励机制激励贡献自身算力，根据数据验证机制及传播协议，执行、验证并传播一段时间内生成的有效交易数据，同时利用Merkle树、哈希算法、时间戳等技术加密、生成数据区块，依据共识算法争夺记账权，最终获得记账权的节点（矿工），将其生成的数据区块链接到区块链主链上并获得相应奖励，其余节点更新区块链账本。

区块链具有去信任、去中心化、开放自治、匿名可溯源、信息不可篡改等特性，自问世以来



【智库建设】THINK TANK

就显示出广阔的应用前景，吸引了学术界和工业界的大量关注，目前区块链技术已被应用于医疗、金融、物联网、能源等诸多领域。一般来说，区块链可按许可权限分为公有区块链、联盟区块链和私有区块链，其中，公有链面向全球所有用户，任何人都可以在其中读取数据和发送交易；联盟链由若干业务相关的机构共同参与管理，每个机构都运行着一个或多个节点，读写权限仅对联盟内的节点有限度地开放；私有链的读写权限由某个组织或机构控制，参与节点的资格被严格限制。

基于区块链的分布式架构、共识算法等，智能合约允许相互不信任的用户在不需要任何第三方可信中介或权威的情况下完成交易，同时，数字形式的智能合约可灵活嵌入各种有形或无形的资产、交易和数据中，实现主动或被动的资产、信息管理与控制，逐步构建可编程的智能资产、系统及社会。

1.2 智能合约的运行机制

智能合约的运行机制如图1所示，智能合约一般具有值和状态两个属性，代码中用 If-Then 和 What-If 语句预置了合约条款的相应触发场景和响应规则，智能合约经多方共同协定、各自签署后随用户发起的交易 (Transaction, Txn) 提交，经 P2P 网络传播、矿工验证后存储在区块链特定区块中，用户得到返

回的合约地址及合约接口等信息后即可通过发起交易来调用合约。矿工受系统预设的激励机制激励，将贡献自身算力来验证交易，矿工收到合约创建或调用交易后在本地沙箱执行环境（如以太坊虚拟机）中创建合约或执行合约代码，合约代码根据可信外部数据源（也称为预言机，Oracles）和世界状态的检查信息自动判断当前所处场景是否满足合约触发条件以严格执行响应规则并更新世界状态。交易验证有效后被打包装进新的数据区块，新区块经共识算法认证后链接到区块链主链，所有更新生效。

由于区块链种类及运行机制

的差异，不同平台上智能合约的运行机制也有所不同，以太坊和超级账本是目前应用最广泛的两种智能合约开发平台，它们的智能合约运行机制最具代表性，以下将以这两种平台为例，阐述智能合约的运行机制。

1) 以太坊

以太坊在整体上可看作是一个基于交易的状态机：起始于一个创世 (Genesis) 状态，然后随着交易的执行，状态逐步改变一直到最终状态，这个最终状态就是以太坊世界的权威版本^[5]。以太坊中引入了账户的概念以取代比特币未花费交易输出 (Unspent transaction output,

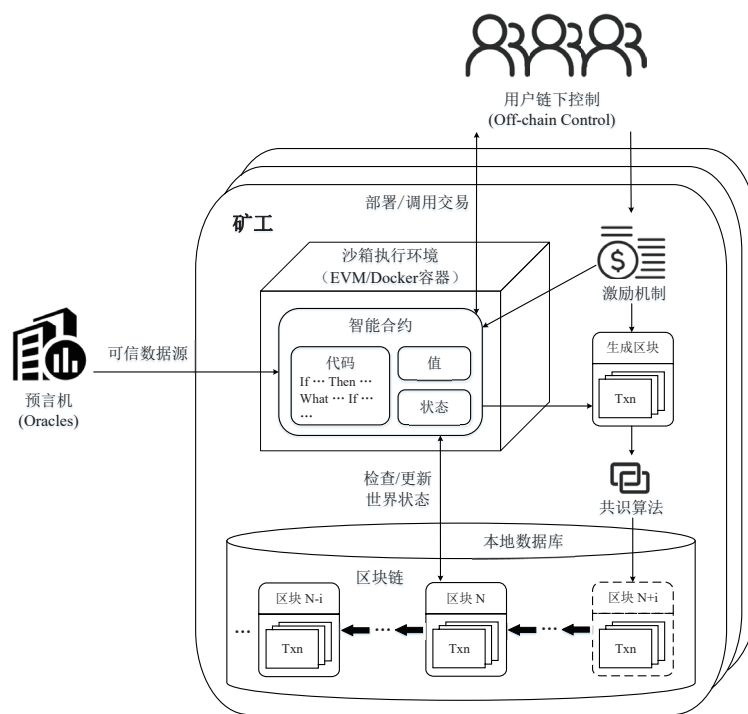


图1 智能合约的运行机制

Fig.1 The operating mechanism of smart contracts



UTXO)模型,账户分为外部账户和合约账户两类,两类账户都具有与之关联的账户状态和账户地址,都可以存储以太坊专用加密货币以太币,区别在于外部账户由用户私钥控制,没有代码与之关联,合约账户由合约代码控制,有代码与之关联。

用户只能通过外部账户在以太坊中发起交易,交易可以包含二进制交易负载数据(Payload)和以太币,交易执行过程中可能产生一系列消息调用。当交易或消息调用的接收者为以太坊指定地址 $\emptyset$ 时,创建合约。新合约账户地址由合约创建者的地址和该地址发出过的交易数量Nonce计算得到,创建合约交易的Payload被编译为EVM字节码执行,执行的输出作为合约代码被永久存储。当接收者为合约账户时,合约账户内代码被激发在本地EVM中执行,Payload作为合约的输入参数,可信数据源则为合约提供必要外部世界信息。所有执行结束后,返回执行结果,完整交易经矿工广播验证后和新的世界状态一起存入区块链。

考虑到以太坊交易伴随带宽消耗,存储消耗,计算消耗等,为了激励全球算力的投入和合理分配使用权,避免系统因恶意程序走向失控,以太坊中所有程序的执行都需要支付费用。各种操作费用以Gas为单位计算,任意

的程序片段都可以根据规则计算出消耗的燃料数量,完整交易的发起者需支付所有执行费用。交易完成后,剩余的燃料以购买时的价格退回到交易发送者账户,未退回的费用作为挖出包含此交易区块的矿工的奖励。若交易执行过程中发生燃料不足(Out of gas, OOG)、堆栈溢出、无效指令等异常而中止,交易将成为无效交易,已消耗Gas仍作为矿工贡献其计算资源的奖励。

2) 超级账本

超级账本(Hyperledger fabric)最早是由国际商业机器公司(International business machines corporation, IBM)牵头发起的致力于打造区块链技术开源规范和标准的联盟链,2015年起成为开源项目并移交给Linux基金会维护。不同于比特币、以太坊等全球共享的公有链,超级账本只允许获得许可的相关商业组织参与、共享和维护,由于这些商业组织之间本身就有一定的信任基础,超级账本被认为并非完全去中心化。

超级账本使用模块化的体系结构,开发者可按需求在平台上自由组合可插拔的会员服务、共识算法、加密算法等组件组成目标网络及应用。链码(Chaincode)是超级账本中的智能合约,开发者利用链码与超级账本交互以开发业务、定义资产和

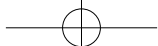
管理去中心化应用。联盟链中每个组织成员都拥有和维护代表该组织利益的一个或多个Peer节点,联盟链由多个组织的Peer节点共同构成。Peer节点是链码及分布式账本的宿主,可在Docker容器中运行链码,实现对分布式账本上键-值对或其他状态数据库的读/写操作,从而更新和维护账本。

超级账本的运行过程包含三个阶段^[8]:

提议(Proposal):应用程序创建一个包含账本更新的交易提议(Proposal),并将该提议发送给链码中背书策略指定的背书节点集合(Endorsing peers set)作签名背书。每个背书节点独立地执行链码并生成各自的交易提议响应后,将响应值、读/写集合和签名等返回给应用程序。当应用程序收集到足够数量的背书节点响应后,提议阶段结束。

打包(Packaging):应用程序验证背书节点的响应值、读/写集合和签名等,确认所收到的交易提议响应一致后,将交易提交给排序节点(Orderer)。排序节点对收到的众多交易进行排序并分批打包成数据区块后将数据区块广播给所有与之相连接的Peer节点。

验证(Validation):与排序节点相连接的Peer节点逐一验证数据区块中的交易,确保交易严格依照事先确定的背书策略由所有对应的组织签名背书。验证



【智库建设】THINK TANK

通过后，所有 Peer 节点将新的数据区块添加至当前区块链的末端，更新账本。需要注意的是，此阶段不需要运行链码，链码仅在提议阶段运行。

1.3 智能合约的基础模型

本节将结合区块链上智能合约的设计流程、应用现状及发展趋势，归纳智能合约生命周期并提出智能合约基础模型，该模型一方面囊括智能合约全生命周期中的关键技术，另一方面对智能合约技术体系中的关键要素进行划分，体现智能合约核心的研究方向和发展趋势，为智能合约研究体系的建立与完善提供参考，奠定基础。

智能合约的生命周期根据其运行机制可概括为协商、开发、部署、运维、学习和自毁六个阶段，其中开发阶段包括合约上链前的合约测试，学习阶段包括智能合约的运行反馈与合约更新等。图 2 所示为智能合约的基础架构模型，模型自底向上由基础设施层、合约层、运维层、智能层、表现层和应用层组成，以下将分层进行阐述。

基础设施层：封装了支持智能合约及其衍生应用实现的所有基础设施，包括分布式账本及其关键技术、开发环境和可信数据源等，这些基础设施的选择将在一定程度上影响智能合约的设计模式和合约属性。



图 2 智能合约基础架构模型

Fig.2 A basic framework of smart contracts

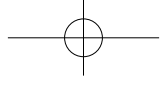
1) 分布式账本及其关键技术：智能合约的执行与交互需要依靠共识算法、激励机制及 P2P 通信网络等区块链关键技术实现，最终执行结果将记入由全体节点共同维护的分布式账本。不同的共识算法和激励机制将影响智能合约的设计模式、执行效率和安全性能。以激励机制为例，以太坊中智能合约的开发需要额外考虑燃料消耗问题，设计合约时需避免出现燃料耗尽异常（OOG）和死代码（Dead code）、无用描述、昂贵循环等高耗燃操作。

2) 开发环境：狭义的智能合约可看作是运行在区块链上的计算机程序，作为计算机程序，智能合约的开发、部署和调用将涉及到包括编程语言、集成开发环

境（IDE）、开发框架、客户端和钱包等多种专用开发工具。以钱包为例，除作为存储加密货币的电子钱包外，通常还承担启动节点、部署合约、调用合约等功能。

3) 预言机（Oracles）：为保证区块链网络的安全，智能合约一般运行在隔离的沙箱执行环境中（如以太坊的 EVM 及超级账本的 Docker 容器等），除交易的附加数据外，预言机可提供可信外部数据源供合约查询外部世界的世界状态或触发合约执行。同时，为保持分布式节点的合约执行结果一致，智能合约也通过查询预言机实现随机性。

合约层：封装了静态的合约数据，包括合约各方达成一致的合约条款、合约条款代码化后的



情景——应对型规则和合约创建者指定的合约与外界以及合约与合约之间的交互准则等。合约层可看作是智能合约的静态数据库，封装了所有智能合约调用、执行、通信规则。

以智能合约从协商、开发到部署的生命周期为顺序，合约各方将首先就合约内容进行协商，合约内容可以是法律条文、商业逻辑和意向协定等。此时的智能合约类似于传统合约，立契者无需具有专门的技术背景，只需根据法学、商学、经济学知识对合约内容进行谈判与博弈，探讨合约的法律效力和经济效益等合约属性。随后，专业的计算机从业者利用算法设计、程序开发等软件工程技术将以自然语言描述的合约内容编码为区块链上可运行的“If-Then”或“What-If”式情景-应对型规则，并按照平台特性和立契者意愿补充必要的智能合约与用户之间、智能合约与智能合约之间的访问权限与通信方式等。

运维层：封装了一系列对合约层中静态合约数据的动态操作，包括机制设计、形式化验证、安全性检查、维护更新、自毁等。智能合约的应用通常关乎真实世界的经济利益，恶意的、错误的、有漏洞的智能合约会带来巨大的经济损失，运维层是保证智能合约能够按照设计者意愿正确、安全、高效运行的关键。

以智能合约从协商到自毁的全生命周期为序，机制设计利用信息和激励理论帮助合约高效实现其功能。形式化验证与安全性检查在合约正式部署上链前以严格的数学方法证明合约代码的正确性和安全性，保证合约代码完全按照创建者的本意执行。维护更新在合约部署上链后维护合约正常运行并在合约功能难以满足需求或合约出现可修复漏洞等必要时升级合约。最后，当智能合约生命周期结束或出现不可修复的高危漏洞时，合约可以进行自毁操作以保障网络安全。需要注意的是，合约的更新与自毁将仅体现在新区块的区块数据中，历史区块链数据始终存在且不可篡改。

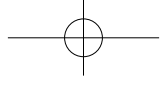
智能层：封装了各类智能算法，包括感知、推理、学习、决策和社交等，为前三层构建的可完全按照创建者意愿在区块链系统中安全高效执行的智能合约增添了智能性。需要指出的是，当前的智能合约并不具备智能性，只能按照预置的规则执行相应的动作。但是，我们认为未来的智能合约将不仅可以按照预定义的“If-Then”式语句自动执行，更可以具备未知场景下“What-If”式智能推演、计算实验，以及自主决策等功能。

运行在区块链上的各类智能合约可看作是用户的软件代理（或称软件机器人），由于计算机

程序具有强大的可操作性，随着认知计算、强化学习、生成式对抗网络（Generative adversarial network, GAN）等人工智能技术的快速发展，这些软件代理将逐渐具备智能性：一方面，代理个体将从基础的感知、推理和学习出发逐步实现任务选择，优先级排序，目标导向行为（Goal-directed behaviors），自主决策等功能；另一方面，代理群体将通过彼此间的交互通信、协调合作、冲突消解等具备一定的社交性。这些自治软件代理在智能层的学习、协作结果也将反馈到合约层和运维层，优化合约设计和运维方案，最终实现自主自治的多代理系统，从自动化合约转变为真正意义上的智能化合约。

表现层：封装了智能合约在实际应用中的各类具体表现形式。包括去中心化应用（Decentralized application, DApp）、去中心化自治组织（Decentralized autonomous organization, DAO）、去中心化自治企业（Decentralized autonomous corporation, DAC）和去中心化自治社会（Decentralized autonomous society, DAS）等。

区块链是具有普适性的去中心化技术架构，可封装节点复杂行为的智能合约相当于区块链的应用接口，帮助区块链的分布式



【智库建设】THINK TANK

架构植入不同场景。通过将核心的法律条文、商业逻辑和意向协定存储在智能合约中,可产生各种各样的去中心化应用(DApp),而利用前四层构建的多代理系统,又可逐步演化出各类去中心化自治组织(DAO,亦称去中心化自治企业,DAC)和去中心化自治社会(DAS),这些表现形式有望改进传统的商业模式和社会生产关系,为可编程社会奠定基础,并最终促成分布式人工智能的实现。以DAO为例,只需将组织的管理制度和规则以智能合约的形式预先编码在区块链上,即可实现组织在无中心或权威控制干预下的自主运行。同时,由于DAO中的成员可以通过购买股份、代币(Token),或提供服务的形式成为股东并分享收益,DAO被认为是一种对传统“自顶向下”金字塔式层级管理的颠覆性变革,可有效降低组织的运营成本,减少管理摩擦,提高决策民主化。

应用层:封装了智能合约及其表现形式的具体应用领域。理论上,区块链及智能合约可应用于各行各业,金融、物联网、医疗、供应链等均是其典型应用领域。我们将在第3节详细讨论。

需要特别指出的是,由于智能合约的研究和应用尚处于早期阶段,此处提出的智能合约架构模型是一个理想模型。模型中部分要素(特别是智能层中自主自

治的多智能体等)仍在探索之中,尚未完全实现。但考虑到他们是智能合约未来重要的发展方向,本文仍将其纳入模型中,以提供一定的前瞻性。

2. 智能合约的研究挑战与进展

作为一种快速发展的新兴技术,智能合约存在一些可能制约其发展的问题亟待解决。本节将结合上节提出的智能合约基础架构模型,从隐私、法律、安全、机制设计、性能等问题出发,概述智能合约技术的研究挑战与最新进展。

2.1 隐私问题

根据智能合约运行机制,智能合约的隐私问题可分为可信数据源隐私问题和合约数据隐私问题两类,涉及到基础架构模型中的基础设施层和合约层。

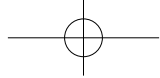
区块链的匿名性并没有完全解决智能合约的隐私问题。区块链数据通常是完全公开透明的(尤其是对公有链),任何人都可经由公开查询获取账户余额、交易信息和合约内容等,以金融场景为例,股票交易常被视为机密信息,完全公开的股票交易智能合约将难以保证用户的隐私。Meiklejohn等曾利用比特币找零地址推算出部分大宗客户以及这些客户间的交易行为^[9],Ron等则通过分析比特币交易图谱,获取了某些用户行为的统计特征^[10]。另外,某些智能合约在执行时需要向

区块链系统请求查询外部可信数据源,这些请求操作通常是公开的,用户隐私也将因此受到威胁。这些隐私问题可能导致攻击者对区块链或智能合约的去匿名攻击。

为此,Kosba等提出了一个旨在保护用户隐私的智能合约开发框架Hawk^[11]。在Hawk中,所有财务交易信息不会被显式地记录在区块链上,智能合约分为私密合约和公共合约,私人数据和相关财务信息写入私密合约后只有合约所有者可见。Zhang等提出了一种可信数据输入系统Town Crier^[12],Town Crier允许用户发送私密数据请求,具体地,合约在发送请求之前用Town Crier的公钥加密请求,Town Crier收到请求后利用私钥解密,从而保证区块链中其他用户无法查看请求内容。

2.2 法律问题

智能合约的法律问题主要体现在合约层中传统合约向智能合约的转化:传统合约中法律条文(湿代码)和智能合约中技术规则(干代码)间存在巨大的语言鸿沟,前者为了对各种无法精确预见的新案例或边缘案例实现高度的通用性,常使用一些微妙的、模糊的和灵活的语言在更高的抽象层次起草,而后者为了降低系统的安全风险,须使用严格而正式的语言描述定义明确的类别、预先定义的条件和精确规定的方



法,两者在转化时将不可避免地存在翻译误差继而影响智能合约的法律效力。

常见的智能合约法律问题包括:1)智能合约意思表示真实性不足。智能合约的编码偏差或立契时的欺诈行为将导致智能合约无法反映立契者真实意愿,我国《合同法》规定基于重大误解的合同为可撤销合同,而智能合约一般不可撤销。2)智能合约存在不可预见情形。现阶段智能合约只能处理预定义代码,无法应对不可预料的情势变更或边缘案例。3)智能合约难以追责或事后救济。智能合约具有匿名性,立契者可能为无行为能力或限制行为能力人,恶意合约或因编码偏差导致重大误解时,各方责任难以界定而短时间内难以补救等。针对这些法律问题,更具体的法律条文表述、更全面的技术规则补充、规范的语言转化方法以及有效的合约法律审计都是可行的解决方案。此外,智能层构建的多代理系统中具备感知、推理、学习、决策和社交能力的软件代理也有望结合人工智能技术积累法律案例经验,模仿现实世界的法官和律师,应对未知场景下的辩论和审判^[13]。

2.3 安全问题

运维层中的安全问题是制约智能合约发展的主要问题:已部署上链的智能合约是不可逆转的,其潜在的安全问题一旦引发就难

以被修复,由此造成的经济损失将难以挽回,同时,区块链的匿名性可能为恶意用户提供便利,继而引发现实世界的安全问题。因此,本文将智能合约的安全问题分为漏洞合约安全问题和恶意合约安全问题两类。

1)漏洞合约。设计一个安全的智能合约的难点在于所有网络参与者都可能出于自身利益攻击或欺骗智能合约,设计者必须预见一切可能的恶意行为并设置应对措施,而传统的程序开发人员很难具备如此完美的编程能力和缜密的经济思维。

以太坊上智能合约的12种安全漏洞可分为Solidity编程语言漏洞,EVM虚拟机执行漏洞和区块链系统漏洞三个层次^[14]。交易顺序依赖(Transaction ordering dependence, TOD)、时间戳依赖(Timestamp dependence)、可重入性(Reentrancy vulnerability)和处理异常(Mishandled exceptions)是其中常见的四种漏洞,攻击者可通过更改交易顺序、修改时间戳、调用可重入函数、触发处理异常等影响智能合约执行结果或窃取资金。为此,Luu等提出了一种可检查上述4种潜在安全漏洞的符号执行工具Oyente^[15],经Oyente检查发现,在19366个以太坊智能合约中,有8833个存在上述至少一种安全漏洞。

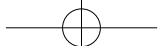
此外,无可信数据源和待优

化智能合约也将带来一定经济损失,攻击者可通过向合约输入虚假数据获取经济效益,用户则需为无用代码额外付费。Chen等提出了一个名为Gasper的智能合约高耗燃操作检测工具^[16],可自动发现死代码、无用描述和昂贵的循环操作等。利用Gasper,他们发现在以太坊中部署的超过80%的智能合约(4240个智能合约)至少存在上述一种高耗燃操作,而这些高耗燃操作一旦被大量调用就可能引发拒绝服务攻击。

2)恶意合约。区块链及智能合约的去中心化、匿名性同样可能助长恶意合约的产生。违法者可通过发布恶意的智能合约对区块链系统和用户发起攻击,也可利用合约实现匿名的犯罪交易,导致机密信息的泄露、密钥窃取或各种真实世界的犯罪行为。Juels等提出了一种恶意智能合约---PwdTheft,用于盗取用户密码并保证立契者和违法者之间的公平交易^[17]。“丝绸之路”是一个匿名的国际线上市场,它通常作为一个隐藏服务运作,并使用比特币作为支付媒介^[18]。丝绸之路销售的大部分商品都是现实世界中被控制的商品,如毒品、枪支等。智能合约将使这些地下市场交易更加便捷,最终对社会造成危害。

2.4 机制设计与性能问题

除上述几种常见的研究挑战



之外，智能合约的机制设计问题和性能问题也不容忽视，完善合理的机制设计和优秀稳定的合约性能是智能合约“杀手级应用”得以落地，智能合约应用范围得以扩大，智能合约促成的分布式人工智能和可编程社会得以实现的重要支撑。

机制设计：机制设计理论是研究在自由选择、自愿交换、信息不完全及决策分散化的条件下，通过设计一套机制（规则或制度）来达到既定目标的理论^[19]。众所周知，非对称信息容易造成资源配置的帕累托无效率，这是组织设计中的核心难题。借助于机制设计理论，设计者可以通过设计一组激励机制来减少或避免效率损失，从而使得参与者的个体利益与组织或社会的整体利益相一致，实现整体系统的激励相容。对于智能合约而言，机制设计可以决定智能合约实现其目标功能的方式，不同的制度安排和组织结构在交易费用、激励效果和资源配置效率等方面将产生重要影响，合理的机制设计需充分应用经济学、商学、法学等多学科交叉知识，对合约立契者专业背景具有极高的要求，有必要对此进行深入研究。

性能问题：智能合约的性能问题可分为合约层设计导致的合约本身性能问题和基础设施层导致的区块链系统性能问题两类。待优化的合约机制设计和待优化

的智能合约将增加合约执行成本，降低合约执行效率，区块链系统本身存在的吞吐量低、交易延迟、能耗过高、容量和带宽限制等性能问题也将在一定程度上限制智能合约的性能^[20]。以区块链系统的吞吐量限制为例，现行的区块链系统中，智能合约是按顺序串行执行的，每秒可执行的合约数量非常有限且不能兼容流行的多核和集群架构，难以满足广泛应用的需求。Dickerson 等针对此提出了一种智能合约并行执行框架^[21]，允许独立非冲突的合约同时进行，从而提高系统吞吐量，改善智能合约执行性能。

为使行文清晰，图 3 总结了第 2.1~2.4 节中所述智能合约研究挑战、典型问题、涉及到的模型要素和要素层次等。

2.5 智能合约的形式化验证

运维层中的形式化验证是解决智能合约安全问题的重要手段，

也是智能合约的重要研究方向。智能合约的形式化验证是指利用精确的数学手段和强大的分析工具在合约的设计、开发、测试过程中验证智能合约是否满足公平性、正确性、可达性、有界性和无二义性等预期的关键性质，以规范合约的生成和执行，提高合约的可靠性和执行力，支持规模化智能合约的高效生成^[22]。

智能合约的形式化验证是解决智能合约安全问题的重要思路。在合约上链前进行形式化验证可避免一些常见的安全漏洞，目前已有一些针对合约静态或动态分析的安全性检查工具，如 Oyente 和 Mythril^[23]，他们都是将合约字节码绘制成控制流图后分析常见的安全漏洞，美中不足的是，这种方式无法验证合约的功能正确性，可检测的安全漏洞有限且可能引发错误的警报。Bhargavan 等提出了一种针对以

研究挑战	典型问题	涉及到的模型要素	要素层次
隐私问题	可信数据源隐私问题	预言机	基础设施层
	合约数据隐私问题	分布式账本及其关键技术 交互准则	合约层
法律问题	难以追责或事后救济	分布式账本及其关键技术	基础设施层
	意思不胜枚举直实性不足	法律条文 / 商业逻辑 / 意向协定、情景一应对型规则	合约层
	存在不可预见情形		
安全问题	漏洞合约	分布式账本及其关键技术	基础设施层
		开发环境	
		预言机	合约层
		情景一应对型规则 法律条文 / 商业逻辑 / 意向协定	
机制设计问题	机制设计	机制设计	运维层
性能问题	区块链性能问题	分布式账本及其关键技术	基础设施层
	特优化的性能合约	情景一应对型规则	合约层
	特优化的机制设计	机制设计	运维层

图 3 智能合约的研究挑战
Fig.3 The research challenges of smart contracts



太坊 Solidity 合约功能正确性验证框架^[24]，它将 Solidity 语言和 EVM 字节码转换为 F* 语言后验证代码的各种属性，既可排除漏洞也可计算合约消耗 Gas 限制。类似的智能合约形式化验证工具还有 ZEUS^[25]、Manticore^[26]、Securify^[27]、Solgraph^[28] 等。目前这些验证工具大多停留在试验阶段，尚未在真实系统中证明其可靠性，市场中仍亟需完备的、规范的、有指导意义的形式化验证框架，这将促使形式化验证成为未来智能合约的重要发展方向。

3. 智能合约的应用

随着区块链技术的逐渐兴起，智能合约的应用日益广泛，本节以金融、管理、医疗、物联网和供应链为例，介绍其应用优势及应用方向。

3.1 金融

区块链天然的账本属性使得智能合约在金融领域有显著的技术优势：区块链提供的点对点、去信任交易环境和强大的算力保障可简化金融交易的流程，确保金融交易的安全，可追溯、不可篡改、公开透明的分布式账本可便于金融机构对交易行为进行监管^[29]，在此基础上，智能合约不仅可以利用自动执行的代码封装节点复杂的金融行为以提高自动化交易水平，而且可以将区块链上的任意资产写入代码或进行标

记以创建智能资产，实现可编程货币和可编程金融体系。

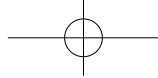
基于这些技术优势，由高盛、摩根大通等财团组成的 R3 区块链联盟率先尝试将智能合约应用于资产清算领域，利用智能合约在区块链平台 Corda 上进行点对点清算，以解决传统清算方式需要涉及大量机构完成复杂审批和对账所导致的效率低下问题。目前，已有超过 200 家银行、金融机构、监管机构和行业协会参与了 Corda 上的清算结算测试^[30-31]。此外，智能合约也可为保险行业提供高效、安全、透明的合约保障，提高索赔处理的速度，降低人工处理索赔的成本。Gatteschi 等与 Bertani 等设计了一种旅行保险智能合约，一旦合约检测到如航班延误等满足要求的赔偿条件即可自动补偿旅客^[32-33]。智能合约还可应用于电子商务，智能合约降低了合约的签订成本，合约双方无需支付高昂的中介费用，且可利用智能合约自动完成交易。ECoinmerce 是一种去中心化的数字资产交易市场，借助智能合约，任何用户可在 ECoinmerce 上创建、购买、出售和转租他们的数字资产^[34]。类似的应用还有 Slock.it，它允许用户基于区块链出租房地产、汽车、智能设备、路由器等有形资产，这些资产经智能合约编码获得身份认证后即可作为智能资

产直接完成复杂协议^[35]。

3.2 管理

传统的组织管理是自上而下的“金字塔型”架构，容易产生机构臃肿、管理层次多、管理成本高、责任界定不明、信息传递不畅、权力集中在上层而下层自主性小、创新潜能难以有效释放等问题。智能合约和 DAO 将对管理领域带来革命性影响。智能合约可以将管理规则代码化，代码设定完成后，组织即可按照既定的规则自主运行。组织中的每个个体，包括决策的制定者、执行者、监督者等都可以通过持有组织的股份权益，或提供服务的形式来成为组织的股东和参与者（即前文所述的 DAO）。DAO 使得每个个体均参与到组织的治理，从而充分激发个体的创造性，提高组织决策民主化。此外，编码在智能合约上的各项管理规则均公开透明，也有助于杜绝各类腐败和不当行为的产生。

目前，智能合约在管理领域的应用尚处于初级阶段，典型应用包括业务流程管理、选举投票、存证和版权管理等。业务流程管理是指对跨部门 / 组织的业务流程（如生产流程、各类行政申请流程、财务审批流程、人事处理流程）等进行自动化设计、执行和监控。Beck 等和 Weber 等指出，随着区块链技术的发展，绝大多数业务流程的控制流以及业务



【智库建设】THINK TANK

逻辑将会被编码为智能合约,从而使得业务流程相关的程式/项目/运营管理等愈加去中心化和安全可信^[36-37]。在选举投票领域,智能合约通过预先设置好的规则可以低成本、高效率地实现政治选举、企业股东投票、预测市场^[38]等应用,同时区块链保障了投票结果的真实和不可篡改性。McCorry等提出一种运行在以太坊上的E-voting智能合约实施方案^[39]。Horizon State、Ropsten等DApp亦支持类似应用。在存证和版权管理领域,Rosa等提出应用智能合约来对知识产权进行存在性证明以及著作权认证^[40]。legalXchain开发的开放式平台——IP360数据权益保护平台可以对各类形态电子数据提供确权、云监测、区块链追踪溯源、云取证、司法通道、维权等服务^[41]。

3.3 医疗

医疗技术的发展高度依赖历史病例、临床试验等医疗数据的共享,由于医疗数据不可避免地包含大量个人隐私数据,其访问和共享一直受到严格的限制。患者个人难以控制自己的医疗数据访问权限,隐私性难以保证,医疗工作者需花费大量时间精力向相关部门提交申请进行权限审查并在数据使用前完成数据校验保证可靠性,工作效率很低,并且存在医疗数据被篡改、泄露以及数据传输不安全等风险。

基于区块链的医疗智能合约

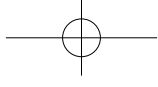
可有效解决上述问题,在区块链去中心化、不可篡改、可追溯的网络环境中,医疗数据可被加密存储在区块链上,患者对其个人数据享有完整的控制权,通过智能合约设置访问权限,用户可实现高效安全的点对点数据共享,无需担心数据泄露与篡改,数据可靠性得到充分保障。三种较为典型的医疗智能合约有:1)医疗信息存储和共享,例如,MeDShare^[42]为共享医疗数据提供溯源及审计服务,其设计采用了智能合约和访问控制机制,可有效追踪数据行为,并在违规实体违反数据权限时撤销访问;MedRec^[43]是一个去中心化的电子病历管理系统(Electronic medical records management system),可以实现患者、卫生管理当局、医疗研究机构之间高效的数据分享。2)医学研究型智能合约,Kuo等提出了名为ModelChain的框架^[44],该框架基于区块链进行医疗预测建模。每个参与者都可对模型参数估计做出贡献,而不需要透露任何私人健康信息。3)药品溯源及打假,如医疗药品联盟链MediLedger^[45],电子处方平台BlockMedx^[46]等可用于加强对处方类药物的溯源能力。

3.4 物联网与供应链

得益于智能设备、信息技术和传感技术的快速发展,近年来物联网技术发展迅猛,传统的中心化互联网体系已经难以满足其

发展需求。首先,物联网将产生海量数据,中心化的存储方式需要投入并维护大量的基础设施,成本高昂;其次,将数据汇总至单一的中心控制系统将不可避免地产生数据安全隐患,一旦中心节点被攻击损失难以估计;最后,由于物联网应用将涉及诸多领域,不同运营商、自组织网络的加入将造成多中心、多主体同时存在,只有当各主体间存在互信环境,物联网才可协调工作。

由此可见,物联网与去中心化去信任的区块链架构的结合将成为必然的发展趋势,智能合约将在此过程中实现物联网复杂流程的自动化,促进资源共享,保证安全与效率,节约成本。Dorri等提出了一种基于区块链及智能合约的智能家居模型^[47-48],探讨了模型中的各种交互流程,并通过仿真实验证明了此模型将显著降低物联网设备的日常管理费用。Zhang等提出了一种物联网电子商务模型,利用基于智能合约的点对点交易实现物联网上智能资产和付费数据的交易^[49]。Zhang等提出了基于智能合约的物联网设备访问控制模型,该模型由多个访问控制合约、一个决策合约和一个注册合约组成,可实现对物联网系统的分布式可信访问控制^[50]。IoTeX则是一个以隐私为中心区块链驱动的去中心化物联网网络,支持包括共享经济、



智能家居、身份管理与供应链在内的多种物联网生态系统^[51]。

与物联网类似，供应链通常包含许多利益相关者，如生产者、加工者、批发商、零售商和消费者等，其相关合约将涉及到复杂的多方动态协调，可见性有限，各方数据难以兼容，商品跟踪成本高昂且存在盲点。通过将产品从生产到出售的全过程写入智能合约，供应链将具有实时可见性，产品可追溯可验证，欺诈和盗窃风险降低，且运营成本低廉。其代表性的应用有棉花供应链^[52]，医疗药品供应链^[53]等。

4. 智能合约的发展趋势与展望

首先在法律层面，考虑到智能合约意思表示真实性不足、存

在不可预见情形、难以追责、缺乏事后救济等法律问题，在很长一段时间内，智能合约将与传统合约互为补充，协同进步：对智能合约来说，为充分保障其法律效力，智能合约将逐步深入对法律法规的理解，建立智能合约条款语言的审查和转化标准，减少语言转化过程中的翻译误差并形成规范的合约法律审计标准；对传统合约来说，为应对智能合约催生的新型法律应用场景，需对现行法律进行补充、调整，以《民法典》、《合同法》为例，今后需明确在何种情况下可认定智能合约由当事人意思表示一致、合意达成。

其次在性能和隐私层面，目前智能合约受到区块链系统本身性能限制，尚无法处理复杂逻辑

和高吞吐量数据，缺乏隐私保护，更无法实现跨链，第二层扩展解决方案（Layer 2 scaling solution, Layer 2）^[54]是大幅改善区块链及智能合约性能的可行办法，以 Taxa^[55]区块链为例，它们的基本思路是通过可信硬件为智能合约创造隔离的链下执行环境，公有链作为“共识层”记录最终的通证（Token）支付和合约状态转换结果，借此将智能合约的执行与公有链的共识机制分离，实现部分链上操作的链外管理，促成高性能、高隐私、可跨链的智能合约。

再次在智能层面，目前的智能合约仅是一系列的“If-Then”式情景——应对型规则，并不具备真正意义上的智能性。我们

作者简介

欧阳丽炜 中国科学院自动化研究所硕士研究生。2018 年于西安交通大学获得自动化专业学士学位。主要研究方向为社会计算与区块链。E-mail: ouyangliwei2018@ia.ac.cn;

王 帅 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室博士研究生。2015 年于中国科学院大学获得控制工程专业硕士学位。主要研究方向为社会计算，平行管理，区块链以及智能合约。E-mail: wangshuai2015@ia.ac.cn;

倪晓春 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室工程师。2008 年于大连海事大学获得管理科学与工程专业硕士学位。主要研究方向为社会计算与区块链。E-mail: xiaochun.ni@ia.ac.cn;

王飞跃 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任，国防科技大学军事计算实验与平行系统技术研究中心主任，中国科学院大学中国经济与社会安全研究中心主任，青岛智能产业技术研究院院长。主要研究方向为平行系统的方法与应用，社会计算，平行智能以及知识自动化。E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn.

通信作者

袁 勇 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室副研究员。2008 年于山东科技大学获得计算机软件与理论专业博士学位。主要研究方向为社会计算，计算广告学与区块链。本文通信作者。E-mail: yong.yuan@ia.ac.cn.



【智库建设】THINK TANK

相信,随着以深度学习、认知计算为代表的人工智能技术的发展,未来的智能合约将具备感知、学习、推理等传统意义上智能,即这些智能体可由BDI(信念 Belief、愿望 Desire 和意图 Intention)模型来表述。更进一步,众多智能合约智能体通过协作和演化形成复杂社会系统,该系统具有高度的社会复杂性和工程复杂性,因此不可避免地具有“默顿系统”不确定性、多样性和复杂性等特性^[56]。区块链技术有望实现软件定义的去中心化社会系统,特别地,可以利用智能合约将各项管理规则、奖惩标准等以程序化代码的形式部署上链,任何组织和个体均需在既定规则下行事,否则将会承担相应后果。如此一来,就有望将“默顿”社会系统转化为可全面观察、可主动控制、可精确预测的“牛顿”社会系统^[57]。

ACP方法(人工社会 Artificial systems、计算实验 Computational experiments 和平行执行 Parallel execution)方法是迄今为止平行社会管理领域唯一成体系化、完整的研究框架^[58]。我们认为,ACP方法可以自然地与区块链及其智能合约相结合,实现智能合约驱动

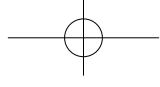
各类形态的DApp,形成特定组织形式的DAO/DAC,并最终聚合成DAS^[59]。其次,智能合约的智能性使其可进行各种“What-If”类型的虚拟实验设计、智能推演以及结果评估,从而观察和评估各类参数配置、功能模块和体系架构在不同实验场景下的性能表现,并预测其演化规律^[60]。在该阶段,平行学习^[61]、知识自动化^[56]等将发挥重要作用。最后,区块链与物联网结合所形成的智能资产使得联通现实物理世界与虚拟网络空间成为可能,并通过真实和人工社会系统的虚实互动和平行调谐,实现社会管理和决策的协同优化。袁勇和王飞跃提出了平行区块链的概念框架、基础理论和研究方法体系,平行区块链致力于通过实际区块链系统与人工区块链系统的平行互动与协同演化,实现描述、预测、引导相结合的区块链系统管理与决策^[62]。

最后,区块链网络上大量自治节点的自主运行以及节点间通过智能合约的互动协作,使得该分布式系统健壮的同时兼备较高的灵活性。譬如,未来DAO中的软件代理将会在得到授权后替代人类经理人负责组织协调和业务决策,并向其他的软件代理学习并彼此展开竞争。一定周期后,软件代理还会自动评估收益率并对决策做出调整。这将有助

于区块链技术适应各类复杂多变的应用场景,进一步促进分布式人工智能的发展,为未来可编程社会奠定基础。

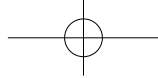
5. 结论

随着区块链技术的普及和应用不断深入,新兴的智能合约技术在学术界和产业界吸引了广泛的关注。智能合约去中心化、去信任、自治自足、不可篡改等特性允许合约各方在无需任何信任基础或第三方可信权威的情况下完成交易,同时,其可嵌入的数字形式有望促成各类可编程的智能资产、系统和社会,深入变革金融、管理、医疗、物联网等诸多传统领域。在大量商业应用不断涌现的同时,相关学术研究特别是基础理论研究还处于早期阶段,行业内尚缺乏方向性研究框架和共同的话语体系。为此,本文对智能合约技术的运行机制、主流平台、关键技术、应用领域、研究挑战与进展进行了全面的梳理,讨论了智能合约的发展趋势,特别地,我们首先归纳了智能合约的生命周期,并以此为序首次提出了智能合约基础架构模型,该模型自底向上分为六个层次,充分体现了智能合约的核心研究方向。本文研究工作以期对未来智能合约研究提供有益的启发与参考。

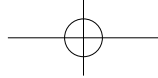


参考文献

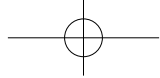
- [1] Szabo N. Smart contracts [Online] , available: <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>, November 5, 2018
- [2] Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system [Online] , available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, January, 2009
- [3] Stark J. Making sense of blockchain smart contracts [Online] , available: <https://www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts/>, November 5, 2018
- [4] Bartoletti M, Pompianu L. An empirical analysis of smart contracts: platforms, applications, and design patterns. In: Proceedings of the International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Springer, Cham, 2017, 494-509.
- [5] Wood G. Ethereum: A secure decentralized generalized transaction ledger (EIP-150 revision) [Online] , available: <http://gavwood.com/paper.pdf>, November 5, 2018
- [6] Wikipedia: The DAO (organization) [Online] , available: [https://en.wikipedia.org/wiki/The_DAO_\(organization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_DAO_(organization)) , November 5, 2018
- [7] Yuan Yong, Wang Fei-Yue. Blockchain: the state of the art and future trends. Acta Automatica Sinica, 2016, 42 (4) : 481-494.
(袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望. 自动化学报, 2016, 42 (4) : 481-494.)
- [8] Hyperledger fabric website [Online] , available: <https://www.hyperledger.org/projects/fabric>, November 5, 2018
- [9] Meiklejohn S, Pomarole M, Jordan G, Levchenko K, McCoy D, Voelker G M, et al. A fistful of bitcoins: characterizing payments among men with no names. In: Proceedings of the 2013 Conference on Internet Measurement Conference. New York, USA: ACM, 2013. 127-140
- [10] Ron D, Shamir A. Quantitative analysis of the full bitcoin transaction graph. In: Proceedings of the 2013 International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. 6-24
- [11] Kosba A, Miller A, Shi E, Wen Z, Papamanthou C. Hawk: the blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts. In: Proceedings of the 37th Symposium on Security and Privacy. New York, USA: IEEE, 2016. 839-858
- [12] Zhang F, Cecchetti E, Croman K, Juels A, Shi Elaine. Town crier: an authenticated data feed for smart contracts. In: Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. New York, USA: ACM, 2016. 270-282
- [13] Ye P J, Wang S, Wang F Y. A general cognitive architecture for agent-based modeling in artificial societies. IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2018, 5 (1) : 176-185. DOI:10.1109/TCSS.2017.2777602
- [14] Atzei N, Bartoletti M, Cimoli T. A survey of attacks on ethereum smart contracts. In: Proceedings of the 2017 International Conference on Principles of Security and Trust. Springer, Berlin, Heidelberg, 2017. 164-186
- [15] Luu L, Chu D H, Olickel H, Saxena P, Hobor A. Making smart contracts smarter. In: Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. New York, USA: ACM, 2016. 254-269
- [16] Chen T, Li X Q, Luo X P, Zhang X S. Under-optimized smart contracts devour your money. In: Proceedings of the 4th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering. New York, USA: IEEE, 2017. 442-446
- [17] Juels A, Kosba A, Shi E. The ring of gyges: investigating the future of criminal smart contracts. In: Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. New York, USA: ACM, 2016. 283-295



- [18] Christin N. Traveling the silk road: a measurement analysis of a large anonymous online marketplace. In: Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web. New York, USA: ACM, 2013. 213–224
- [19] Erdman A G, Sandor G N. Mechanical Design (3rd ed): Analysis and Synthesis (Vol.1). Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997
- [20] Zeng Shuai, Yuan Yong, Ni Xiao-Chun, Wang Fei-Yue. Scaling blockchain towards bitcoin: key technologies, constraints and related issues. Acta Automatica Sinica, DOI: 10.16383/jaas.c180100
(曾帅, 袁勇, 倪晓春, 王飞跃. 面向比特币的区块链扩容: 关键技术、制约因素与衍生问题. 自动化学报, DOI: 10.16383/jaas.c180100)
- [21] Dickerson T, Gazzillo P, Herlihy M, Koskinen E. Adding concurrency to smart contracts. In: Proceedings of the 2017 ACM Symposium on Principles of Distributed Computing. New York, USA: ACM, 2017. 303–312
- [22] Hu Kai, Bai Xiao-Min, Gao Ling-Chao, Dong Ai-Qiang. Formal verification method of smart contract. Journal of Information Security Research, 2016, 2 (12): 1080–1089.
(胡凯, 白晓敏, 高灵超, 董爱强. 智能合约的形式化验证方法. 信息安全研究, 2016, 2 (12): 1080–1089.)
- [23] Mythrill website [Online], available: <https://github.com/b-mueller/mythrill/>, November 5, 2018
- [24] Bhargavan K, Delignat-Lavaud A, Fournet C, Gollamudi A, Gonthier G, Kobeissi N, et al. Short paper: formal verification of smart contracts. In: Proceedings of the 2016 ACM Workshop on Programming Languages and 23 Analysis for Security. New York, USA: ACM, 2016. 91–96
- [25] Kalra S, Goel S, Dhawan M, Sharma S. Zeus: analyzing safety of smart contracts [Online], available: http://pages.cpsc.ucalgary.ca/joel.reardon/blockchain/readings/ndss2018_09-1_Kalra_paper.pdf, November 5, 2018
- [26] Manticore website [Online], available: <https://github.com/trailofbits/manticore>, November 5, 2018
- [27] Tsankov P, Dan A, Cohen D D, et al. Securify: practical security analysis of smart contracts. In: Proceedings of the 25th ACM Conference on Computer and Communications Security. New York, USA: ACM, 2018. 67–82
- [28] Solgraph website [Online], available: <https://github.com/raineorshine/solgraph>, November 5, 2018
- [29] Qiao Hai-Shu, Xie Shan-Shan. The latest development of theoretical research on blockchain finance. Financial Theory and Practice, 2017 (3): 75–79.
(乔海曙, 谢珊珊. 区块链金融理论研究的最新进展. 金融理论与实践, 2017 (3): 75–79. DOI:10.3969/j.issn.1003-4625.2017.03.014)
- [30] Peters G W, Panayi E. Understanding Modern Banking Ledgers Through Blockchain Technologies: Future of Transaction Processing and Smart Contracts on the Internet of Money. Berlin: Springer International Publishing, 2016. 5–10
- [31] Corda website [Online], available: <https://docs.corda.net/>, November 5, 2018
- [32] Gatteschi V, Lamberti F, Demartini C, Pranteda C, Santamaria V. Blockchain and smart contracts for insurance: is the technology mature enough. Future Internet, 2018, 10 (2): 20.
- [33] Bertani T, Butkute K, Canessa F. Smart flight insurance-insureth [Online], available: <https://mkvd.s3.amazonaws.com/apps/InsurEth.pdf>, November 5, 2018
- [34] ECoinmerce: decentralized marketplace [Online], available: <https://www.ecoinmerce.io/>, November 5, 2018
- [35] Slock.it: enabling the economy of things [Online], available: <https://slock.it/>, November 5, 2018
- [36] Beck R, Avital M, Rossi M, Thatcher J B. Blockchain technology in business and information systems research. Business & Information Systems Engineering, 2017, 59 (6): 381–384.
- [37] Weber I, Gramoli V, Ponomarev A, Staples M, Holz

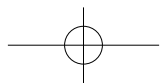


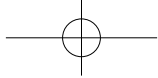
- R, Tran A B, et al. On availability for blockchain-based systems. In: Proceedings of the International Symposium on Reliable Distributed Systems. New York, USA: IEEE, 2017. 64-73
- [38] Wang S, Ni X C, Yuan Y, Wang X, Ouyang L W, Wang F Y. A preliminary research of prediction markets based on blockchain powered smart contracts. In: Proceedings of the 2018 International Conference on Blockchain (Blockchain-2018. New York, USA: IEEE, 2018. 1287-1293
- [39] McCorry P, Shahandashti S F, Hao F. A smart contract for boardroom voting with maximum voter privacy. In: Proceedings of the 2017 International Conference on Financial Cryptography and Data Security. Springer, Cham, 2017. 357-375
- [40] Rosa J L, Gibovic D, Torres-Padrosa V, Maicher L, Miralles F, Fakdi A, et al. On intellectual property in online open innovation for SME by means of blockchain and smart contracts. In: Proceedings of the 3rd Annual World Open Innovation Conference. Barcelona, Spain, 2016
- [41] IP360 website [Online] , available: <https://www.ip360.net.cn/index>, November 5, 2018
- [42] Xia Q, Sifah E B, Asamoah K O, Gao J B, Du X J, Guizani M. MedShare: trust-less medical data sharing among cloud service providers via blockchain. IEEE Access, 2017, 5 (99) : 14757-14767.
- [43] Azaria A, Ekblaw A, Vieira T, Lippman A. MedRec: using blockchain for medical data access and permission management. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Open and Big Data. New York, USA: IEEE, 2016. 25-30
- [44] Kuo T T, Ohno-Machado L. ModelChain: decentralized privacy-preserving healthcare predictive modeling framework on private blockchain networks. Computers and Society, arXiv: 1802.01746
- [45] Mediledger website [Online] , available: <https://www.mediledger.com/>, November 5, 2018
- [46] BlockMedx website [Online] , available: <https://blockmedx.com/en/>, November 5, 2018
- [47] Dorri A, Kanhere S S, Jurdak R, Gauravaram P. Blockchain for IoT security and privacy: the case study of a smart home. In: Proceedings of the 2017 International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops. New York, USA: IEEE, 2017. 618-623
- [48] Dorri A, Kanhere S S, Jurdak R. Towards an optimized blockchain for IoT. In: Proceedings of the 2017 International Conference on Internet-Of-Things Design and Implementation, Pittsburgh. New York, USA: IEEE, 2017. 173-178
- [49] Zhang Y, Wen J T. An IoT electric business model based on the protocol of bitcoin. In: Proceedings of 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. New York, USA: IEEE, 2015. 184-191
- [50] Zhang Y Y, Kasahara S, Shen Y L, Jiang X H, Wan J X. Smart contract-based access control for the Internet of Things. Cryptography and Security, arXiv: 1802.04410
- [51] IoTeX website [Online] , available: <https://iotex.io/>, November 5, 2018
- [52] Byrne R O. How blockchain can transform the supply chain [Online] , available: <https://www.logisticsbureau.com/how-blockchain-can-transform-the-supply-chain/>, November 5, 2018
- [53] Bocek T, Rodrigues B B, Strasser T, Stiller B. Blockchains everywhere—a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In: Proceedings of the 2017 Symposium on Integrated Network and Service Management. New York, USA: IEEE, 2017. 772-777
- [54] Stark J. Making sense of ethereum's layer2 scaling solutions: state channels, plasma, and truebit [Online] , available: <https://medium.com/l4-media/making-sense-of-ethereums-layer-2-scaling-solutions-state-channels-plasma-and-truebit-22cb40dcc2f4>, November 5, 2018



- [55] Taxa Website [Online], available: <https://taxa.network/>, November 5, 2018
- [56] Wang Fei-Yue. Software-defined systems and knowledge automation:a parallel paradigm shift from Newton to Merton. *Acta Automatica Sinica*, 2015, 41 (1) : 1-8.
(王飞跃. 软件定义的系统与知识自动化:从牛顿到默顿的平行升华. *自动化学报*, 2015, 41 (1) : 1-8. DOI:10.3969/j.issn.1003-8930.2015.01.001)
- [57] Wang Fei-Yue, Wang Xiao, Yuan Yong, Wang Tao, Lin Yi-Lun. Social computing and computational societies:the founydnation and consequence of smart societies. *China Science Bulletin*, 2015, 60 (5-6) : 460-469.
(王飞跃, 王晓, 袁勇, 王涛, 林懿伦. 社会计算与计算社会:智慧社会的基础与必然. *科学通报*, 2015, 60 (5-6) : 460-469.)
- [58] Wang Fei-Yue. Artificial societies, computational experiments, and parallel systems:a discussion on computational theory of complex social-economic systems. *Complex System and Complexity Science*, 2004, 1 (4) : 25-35.
(王飞跃. 人工社会、计算实验、平行系统——关于复杂社会经济系统计算研究的讨论. *复杂系统与复杂性科学*, 2004, 1 (4) : 25-35. DOI:10.3969/j.issn.1672-3813.2004.04.002)
- [59] Wang F Y, Yuan Y, Wang X, Qin R. Societies 5.0: a new paradigm for computational social systems research. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 2018, 5 (1) : 2-8
- [60] Zhang J J, Wang F Y, Wang Q, Hao D, Yang X. Parallel dispatch:a new paradigm of electrical power system dispatch. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2018, 5 (1) : 311-319. DOI:10.1109/JAS.2017.7510778
- [61] Li Li, Lin Yi-Lun, Cao Dong-Pu, Zheng Nan-Ning, Wang Fei-Yue. Parallel learning——a new framework for machine learning. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43 (1) : 1-8.
(李力, 林懿伦, 曹东璞, 郑南宁, 王飞跃. 平行学习——机器学习的一个新型理论框架. *自动化学报*, 2017, 43 (1) : 1-8. DOI:10.3969/j.issn.1003-8930.2017.01.001)
- [62] Yuan Yong, Wang Fei-Yue. Parallel blockchain:concept, methods and issues. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43 (10) : 1703-1712.
(袁勇, 王飞跃. 平行区块链:概念、方法与内涵辨析. *自动化学报*, 2017, 43 (10) : 1703-1712.)

来源:《自动化学报》





中国自动化学会携领域专家深入黑龙江地区，助力当地重点产业转型升级

根据全国学会服务黑龙江省煤炭资源型城市转型发展座谈会精神，结合黑龙江省鸡西市、双鸭山市、七台河市、鹤岗市（简称“四煤城”）和龙煤集团转型发展的具体需求，中国科协学会服务中心于5月14-17日组织相关全国学会专家赴黑龙江省哈尔滨市龙煤集团总部及双鸭山市进行实地调研对接活动。

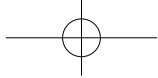


中国自动化学会、中国煤炭学会、中国能源研究会等三家学会组织国内相关领域专家学者，在哈尔滨市龙煤集团和双鸭山市开展考察调研活动。

以服务黑龙江省煤炭资源型城市转型为宗旨，与会专家和当地政府领导以及企业负责人进行了深入交流，为后期的合作以及构建长效合作机制奠定了坚实的基础，为黑龙江省经济高质量发展的系列工作开启了崭新的篇章。

本次活动中，中国自动化学会邀请哈尔滨工业大学、智能控制与系统研究所副所长杨学博教授以及黑龙江省科学院高新技术研究院巩伟教授参加调研活动，两位教授就当地煤矿产业转型问题进行了深入地探讨。巩伟教授表示，对于煤矿转型，自动化方面的发展十分重要，不但需要采煤自动化，还需要选煤自动化，只有在两相加成之下，才能做到产量和效益的双丰收。对于煤矿产业，自动化最终解决的是产业链问题，通过大数据管理掌握关键生产数据，做到更加及时、准确的数据传输，最终达到为生产服务的目的。这个过程不算简单，但也正是转型的意义所在，通过前期的整体规划和落地实施，才能真正助力当地企业的转型升级。





【智库建设】THINK TANK



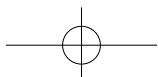
哈尔滨工业大学杨学博教授则表示，相对于煤矿产业，哈工大自动化领域更多是在对接航天事业，这也使得该校自动化的科研、落地在煤矿领域是一个空白。但相对于科技含量、技术要求更高的航天事业，煤矿方面的自动化问题显然更容易解决，哈工大凭借高新技术能力，一定会为煤矿产业的转型升级带来巨大的推动。在调研的过程中，杨学博教授与企业领导对煤矿的具体技术问题进行了深入地探讨，并约定在后续继续加强交流，进一步推动整体的产业升级。

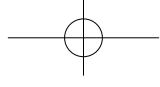
在为期3天的调研活动中，中国自动化学会、中国煤炭学会、中国能源研究会等三家学会专家在哈尔滨龙煤集团，双鸭山北方生平矿业有限公司、黑龙江建龙钢铁公司、黑龙江华丰煤化工有限公司等多个企业进行了调研工作，并在调研中给出精准、切中时弊的建议，建立了富有成效的联络机制。



第21届中国科协年会将于6月29日-30日在黑龙江哈尔滨召开，聚焦高端智库咨询、服务黑龙江专题调研系列活动。中国自动化学会将在此次活动中继续发挥自身优势，组织专家学者，着眼当地战略发展需求，紧扣区域发展重点任务，为东北老工业基地的全面振兴作出更多的贡献。○

学会秘书处 供稿





本期“科普园地”栏目，为大家分享的是复旦大学计算机技术学院张军平教授所写的“听觉篇”系列之“视听错觉与无限音阶的拓扑”“体感篇”之“我思故我在？”以及“语言篇”之“可塑与多义”。

张军平，复旦大学计算机科学技术学院，教授、博士生导师，中国自动化学会混合智能专委会副主任。主要研究方向包括人工智能、机器学习、图像处理、生物认证及智能交通。至今发表论文近 100 篇，其中 IEEE Transactions 系列 18 篇，包括 IEEE TPAMI, TNNLS, ToC, TITS, TAC 等。学术谷歌引用 2600 余次，ESI 高被引一篇，H 指数 27。

爱犯错的智能体连载 —— 听觉篇（二）： 视听错觉与无限音阶的拓扑

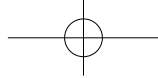
小朋友小时候，我们请了一位家里外婆辈分的亲戚帮忙来照顾。虽然长我一辈，年龄却比我小。不过还好，亲戚家在湖南省的华容县，那边的人管这个辈分的人都称为“家（Ga）家（Ga）”，所以，叫起来也不会太尴尬和别扭，反正外人听不懂。小朋友学语言很快，一切都很正常。可是 GaGa 老是叫不好，总发成 DaDa。她自己也没觉得有什么不对，我们纠了几次，没什么效果，只好听之任之了。还好，随着小朋友一天天的长大，终于有一天她自己纠正过来了。

上一篇说过，人在辨声方面有“鸡尾酒会效应”的能力。一个人不需要借助视觉的帮助就可以在酒会中选择性地聆听需要听的声音，而把其他声音弱化甚至屏蔽掉。谷歌则尝试结合视频与语音来提高人声分离的性能。那么，视觉与听觉之间会不会相互影响呢？

一、视听错觉

第一个证实有相互影响的实验来源于一次意外。早在 20 世纪 70 年代中期，英国 Surrey 大学的心理学家 Harry McGurk 和他的助手 John MacDonald 做了

个实验。他们用不同的口语因素给视频配音，想研究不同时期儿童对语言的理解程度。在配音的时候，一个本应发“ga”的音节错配成了“ba”的音，测试者听完后坚持认为听到的音节是第三节音素“da”而不是视频中说出来的原音节。对于这个意外，他们分析后认为，在听觉系统和视觉系统收集的信息存在相互矛盾时，人类会优先相信视觉通道传输进来的信息。因为与视觉系统相比，听觉系统获得的信息没有那么强的确定性。他们将这一现象称“麦格克效应”（McGurk



【科普园地】SCIENCE PARK

effect)。该成果发表在 1976 年的《自然》杂志上^[1]。

随着研究的深入，科学家们发现这种视听觉相互影响的“麦格克效应”在很多方面都有体现。如儿童早期发音的学习上。如果视觉和听觉没有得到好的整合，儿童就容易产生错误的发音。另外，视力不好的人，如果摘下眼镜，也很可能出现“麦格克效应”，会感觉自己的听力也同时下降了。

2007 年，Körding 等进一步研究了视听觉相互影响的情况。他们在 5 个平行的位置上均放置了发声和闪光设备，然后在不同或相同的位置同时给出声音和闪光，让 19 位测试者判断发声的位置和闪光的位置。实验设置和结果如图 1 所示^[2]。

从图上可以看出，当光和声音分别处理、没有相互干扰时，19 个测试者的反应是稳定且合乎正确分布的。而当灯光和声音同时出现后，能看出 1) 闪光位置的判断几乎不受影响，和没有声音的时候分布一致；2) 声音的位置影响明显。尤其最后一列，其声音似乎容易被光线影响，而形成轻微向左的误判。这表明声音的不确定更多一些，更容易被闪光影响。所以，这两个实验都证明了，视觉确实会影响听觉的认知。

二、无限音阶的拓扑

听觉反过来会促进视觉上的

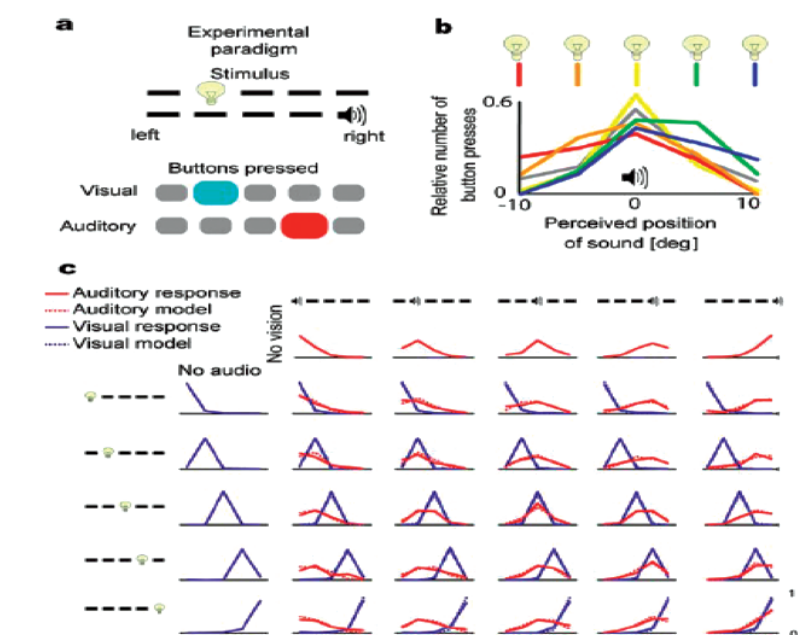
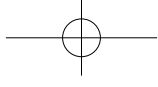


图 1 视听觉线索的组合^[2]。(a)：实验架构。每个测试，一个视觉和一个听觉刺激同时被给出，测试者通过按按钮来报告感知的视觉刺激和听觉刺激位置。(b)：视觉对在中间位置发出的听觉刺激的感知位置影响被显示。不同颜色对应在不同位置的视觉刺激（从左到底，颜色从暖色调转为冷色调）。只有声音的模型以灰色表示。(c) 对于 35 种刺激条件，测试者（实线）以及理想观测者的预测（破折线）的平均响应。左边第一列虚线为五个闪光位置；第二列为无音频的响应，从左至右的折线表示响应位置。在无音频时响应很精确。上方第一行指五个声音位置；第二列为无视频响应，从左到右的折线表示响应情况。

感知。我们在观赏影视作品时经常能感受到。比如在家看恐怖电影时，一到令人发悚的情节，胆小点的就会情不自禁把音量关小或干脆把耳机拿下来，说明视听觉的双重作用确实增强了影片的恐怖程度。

另外，在音乐中，还有个奇怪的旋律。他通过两个或多个声部的交替，能产生无穷递进的感觉，让人误以为声音一直在往高处走。这就是谢帕德音阶（Shepard tone），也称为无限音阶。

相比音乐的历史，这种音阶出现的时间并不早。它是美国斯坦福大学的心理学家谢帕德在 1971 年的心理学实验中发明的，所以称为谢帕德音阶。它由不重合的多个八度音组合在一起，形成多个声部。2017 年克里斯托弗·诺兰执导关于 1940 年二战历史事件“敦刻尔克大撤退”的电影《敦刻尔克》时，为了能为海边撤退的场景来营造一种无始无终的紧张感，便送给作曲家汉斯·季默一个手表连续敲击的录



C4 (小声)	C5 (大声) --相差八度音
C#4 (渐强)	C#5 (渐弱)
D4	D5
D#4	D#5
E4	E5
F4	F5
F#4 (相同音量)	F#5 (相同音量)
G4	G5
G#4	G#5
A4	A5
A#4	A#5 + B3
B4 (大声)	B5 (小声) + B3 (小声)

图2 两声部的无限循环，左列为低音的渐强，右列为高音的渐弱；左列到 B4 时，刚好能接上右列的 C5；同理，右列弱至 B5 时，会再增加一个同样小声的 B3 音进来，从而可以自然过渡到左列的 C4 上。

音。季默受此启发，便以与之类似的谢帕德音阶为基础，创作了电影的背景乐。事实证明，这段配乐非常完美地加强了撤退时的紧张感，让观众有了身临其境、坐立不安的感觉。

为了帮助理解，我写了个类似的两声部例子来解释谢帕德音阶的构成，如图2所示。其中，第一列的低音部是慢慢渐强，而第二列的高音部分则慢慢减弱，到最弱音时，再同时增加一个相

同音量但低八度的音进来。按此规律，两列的旋律一直循环播放。结果，在第一列的低音到最强处，刚好能接上第二列高音的最弱音。于是两个声部就实现了自然的过渡，低声部的过渡到高声部，高声部也过渡到低声部。结果，如果按此规律增加更多的声部进来，那么，旋律中总可以一直听到至少两种声调在同时升高。而大脑会形成听觉错觉，认为这些音调一直在往上走。

有趣的是，这种循环，我们不仅能在音乐中看到，还能在很多方面见到类似的。比如艺术作品中，前面提到过的荷兰著名画家艾舍尔就画过一系列无限循环的作品。如图3所示的水的循环流动、楼梯的“循环”、还有画里画外的蜥蜴。这些都是现实世界不可能实现的无限循环。

而在日常生活中，理发店的旋转灯筒也有着无限循环的影子，如图4所示。这种灯筒何时出现

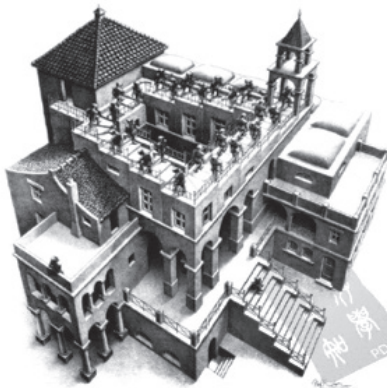


图3 艾舍尔的各种循环画：无尽的水流；无尽的楼梯；画里画外的蜥蜴

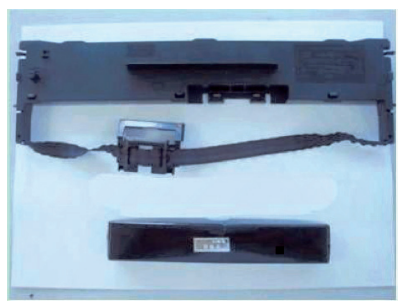
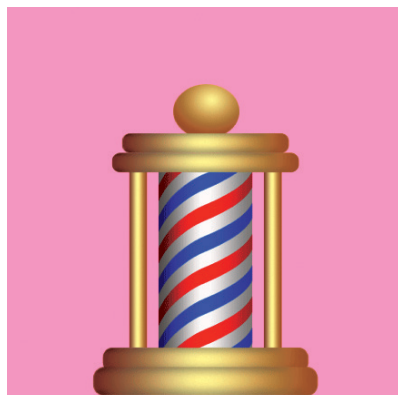


图4 理发灯箱与针式打印机色带

的无从考证，说法很多，有说是世界大战时期，有的是大革命时期。一种说法是为了纪念一位为国家（法国）作出贡献的理发师，旋转灯筒的红白蓝三色其实是法国的国旗。

另一种说法是：据说在中世纪，因为对人体的认识不足，人们认为生病是体内元素不平衡造成的。只有释放出多余的元素，才能恢复健康。血液显然是最容易放出的一种元素。不过很多医师觉得这个工作比较低贱，不愿意动手放血，就委托理发师代办。所以，理发师就选三色柱作为他们行医和理发的标志。其中，三色柱中的红色代表动脉，蓝色代

表静脉，白色代表纱布。他们甚至还发明了专门用于切割血管的刀片，叫“柳叶刀”（Lancet）。这也是现在一本顶级医学期刊的名字。放血疗法也一度成为非常流行的治疗方法，就连美国总统华盛顿也是因感冒想用此法治疗，结果于1799年死于失血性休克。

不管来自何种典故，灯箱的旋转，会让人产生循环往复、一直向上的错觉。这是在理发店的无限循环。

事实上，这种循环性，我们在上世纪曾广泛使用，现在主要用于打印各种增值税发票的针式打印机上也能见到。大家可以拆开色带看看，就会发现色带两面都是一直在交替着打印的，如图4，因为这样可以提高色带的利用率。这是打印机里的无限循环。

这种循环的几何结构有个数学味更浓的名字，叫莫比乌斯带（Möbius Band），它可以将纸按图5（a）所示方法折成。类似地，普林斯顿大学教授、作曲家和音乐理论专家Dimitri Tymoczko在假定十二音律是一个圆形循环的基础上，认为两音符组成的音程关系可以表示成如图5（b）的莫比乌斯带而非甜甜圈的几何结构^[3, 4]。

图5（c）中，艾舍尔画的蚂蚁图也是莫比乌斯带。它有个很有意思的特点，如果让一只不会飞、只能生活在二维空间的蚂蚁沿着

莫比乌斯带爬行。假如这个带子足够宽，蚂蚁只能向前爬，那么它可以一直向前爬下去，却不能发现这个带子是否有正有反。用更严谨的话来表达，假定你在一个点上竖一根垂直的杆子，或者称为曲面上该点的法向量，然后将杆子保持与纸面的垂直一直向前挪动，结果你会发现当杆子运动到背面该点位置时，这根垂直杆子的方向与最初正面的方向刚好是相



C♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	F♯	unison
↓	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	F♯	minor second
B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	F♯	major second
↓	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	minor third
B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	F♯	major third
↓	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	perfect fourth
A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	F♯	tritone
↓	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	perfect fourth
G♯	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	major third
↓	G♯	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	minor third
G♯	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	F♯	major second
↓	G♯	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	minor second
F♯	G♯	A♯	B♯	C♯	D♯	E♯	unison

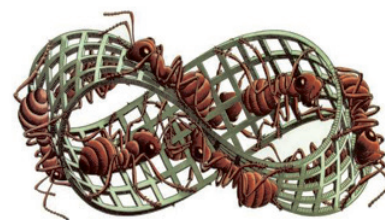
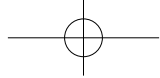


图5（a）：莫比乌斯带折法：将纸按箭头方法对折后再粘在一起，便可以获得（c）的结构；（b）两音符音程关系可以视为莫比乌斯带^[4]（c）莫比乌斯带上的蚂蚁（艾舍尔）



反的。一个点上出现了两个相反的垂直杆子，这种矛盾的情况导致莫比乌斯带面上的点都没有确定的方向，称为无定向的曲面。

三维空间上，这种二维曲面还可以构造的，但是否存在一个三维

无定向的结构呢？理论上是有的，即 Klein 瓶（克莱因瓶），如图 6 所示。这个瓶子有个神奇的特点。如果有药片放在瓶子里的话，不用开瓶盖就拿把药片拿出来了。这对于拧不开瓶盖需要找男同胞帮忙的女性朋友们绝对是个福音。因为在三维空间中，能打不开瓶盖就拿出瓶内药片的，似乎只有“气功大师”或“魔术师”可以做到。不过很遗憾，在三维空间中无法构造出真正的克莱因瓶实体，需要更高维度的空间。

除了莫比乌斯带和克莱因瓶这两个稍显古怪的几何结构外，日常生活中，我们还能见到大量的几何结构，如甜甜圈、杯子、花瓶等。如何确定它们的几何结构呢？这些结构能否用于人工智能呢？

三、持续同调

研究几何结构的理论，有初等几何、高等几何、射影几何这些常见的，也有数学再深一点可以研究曲面不变性如高斯第一性、高斯第二性的微分几何，再复杂些就是代数几何（Algebra Geometry）和代数拓扑（Algebra Topology）。这两个数学分支中复杂和抽象的理论这里不谈。着重介绍下拓扑，它是分析几何图形或空间在连续改变形状后仍能保持不变性的理论，俗称橡皮几何学理论。比如一个杯子，如果给它加个把手，它的

拓扑结构就变了。因为多了一个洞，它也就没办法在不改结构的情况下变成原来的杯子了。在拓扑学发展历史中，著名的哥尼斯堡七桥问题、多面体欧拉定理、四色问题等都是其中的重要问题。而如果想直观感受下拓扑的魅力，不妨买个中国的传统民俗玩具智环类的如九连环来玩玩，它和拓扑密切相关。

那么如何从拓扑角度判断两个形变的结构具有相同拓扑性质呢？拓扑学家们定义了一些直观的参数。最简单的参数如凸多面体上的顶点数（Vertex）、棱数（Edge）和面数（Face）。利用这三个参数的交错和可以确定多面体的一个不变量，叫欧拉示性数（Euler Characteristic）。比如三角形，它的顶点为 3，棱数为 3，面数为 2（把外部数在内），那么它的欧拉示性数就等于 $V-E+F=2$ 。这里我们把顶点视为 0 维空间，边或棱看成是 1 维空间，平面看成是 2 维空间。如果希望向高维空间推广，我们可以继续用这样的交错和来估计高维拓扑结构的不变量。不过得换个稍稍专业点的名字，叫 Betti 数（Betti number）。如第 0 维的 Betti 数 b_0 表示连通分量（Connected components）的数量，第 1 维 b_1 表示有圆形洞（Circular）的数量，第 2 维 b_2 表示有二维球形洞（Void 或 Cavities）的数量。

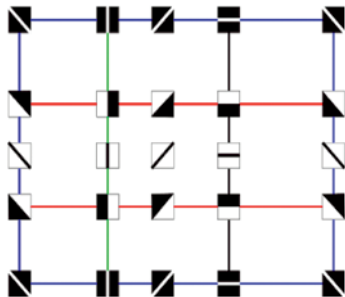
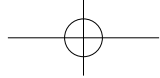


图 6 (a)：克莱因瓶；(b) 图像边缘构成的克莱因瓶，不同颜色表示不同的折叠方向；(c) 玻璃的“克莱因瓶”



【科普园地】SCIENCE PARK

以图 7 所示甜甜圈为例，它只有一个连通分量， $b_0=1$ ；但有二个圆形洞，所以 $b_1=2$ ；有一个二维结构构成的空洞（Void）。那么，它的欧拉示性数则是这些按维数获得的 Betti 数分量的交错和，即 $b_0-b_1+b_2=0$ 。

拓扑学的研究在计算机图形学方面有着异常重要的地位，因为图形学里涉及的结构变形、几何结构分析上都离不开它。但是在人工智能里怎么使用拓扑呢？

与图形学不同，人工智能中有的主要是数据。每个数据点都是离散的、有噪的。如果直接利用拓扑学的概念，并不好处理，因为 Betti 数的估计需要连续的结构。不过幸运地是，数学家们发明了一套新的办法来研究数据中的拓扑，叫持续同调（Persistent Homology）^[5]。名字很学术，理论也相对复杂。所以，我在这里用一个不太精确但可以直观理解的方式来解释。

如果用五线谱来比拟，一个音是一个结构。但人唱这个音的时候会有细微的抖动，通常几个赫兹到几十个赫兹。如果在这个差异范围内变化，他人听不出来，那么我们仍然可以认为这些音是同一个调的。那么，这个从最小变化到最大不可区分音调的变化区间就是这个音所具有的生命力，称为持续性。另外，如果这个音出现时间非常短，那它就不会被

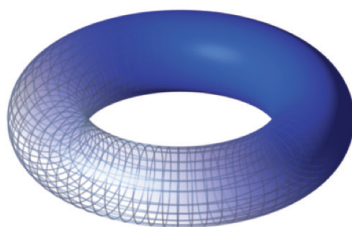


图 7 n 维空间的甜甜圈

认为是稳定的，可能只是跑调或破音了。要找主旋律，这些生命力短的音可以忽略不计。保留下来的就是那些稳定或有较长生命力的同调的音了。

与音调不同的是，数据中的持续同调是希望找到一些在一定范围内稳定不变的几何结构。那如何去寻找范围呢？科学家们想到了可以用一组能连通的三角形或学术上要求更严谨的名字“单纯复形”（Simplicial Complex），或半径可变的圆来实现。

如图 8 所示，左图中有七个数据点，如果给一组比较小的三角形或半径小的圆，则这些圆在连通意义下不能覆盖全部数据。因此，可以在保证连通性的情况下，将所有数据点通过若干相互连通的圆来覆盖。因为这些圆的大小限制，中间的空洞不会被填

充。所以，最终连通成的圆形集合会保留原来的几何结构。我们可根据这个圆形集合形成的结构来估计它在不同维度上的 Betti 数是多少。这些 Betti 数可以做为数据分析的一组特征，也可以用来估计欧拉示性数。因为数据是离散的，如果要找一个稳定的几何结构，那么可通过增加圆的半径来完成对数据集合的多次覆盖，直到数据集合中的被连通的圆的集合完全填充。最终，原来能看到的拓扑结构如空洞就会终止，而对应的 Betti 数的持续性或生命力也会消逝，并出现新的拓扑结构。

我们将稳定的拓扑结构提取出来，与已知目标的拓扑结构进行匹配，这样就能知道数据集合与哪种形式的结构最相似。

另外，直接在数据上做推测也不是完全合理的。因为数据是有噪声的，而数据量过大的时候，噪声的波动会破坏原来的几何结构，比如形成短路边，如图 8 右图。所以，我们还得用些采样技术来适当地稀疏化数据。

这样做能否发现一些有意思的现象呢？斯坦福大学的 Gunnar

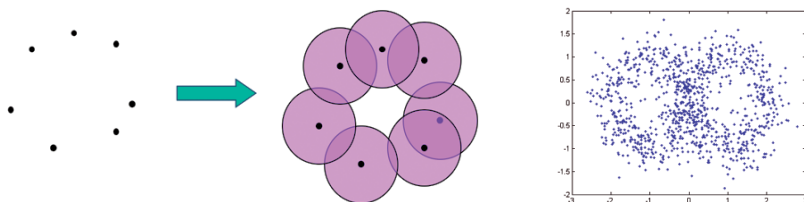


图 8 左：从数据点中用圆形覆盖来提取拓扑结构；右：有噪的双圆形数据集



图9 咖啡杯和甜甜圈

Carlsson 教授等人曾经对自然图像做过实验^[6]。他们将图像切成若干小块，每块上只有朝向不同的边缘，他们对这些边缘图像块进行采样，然后再利用不断变大的三角形来连通和勾画图像块集合的拓扑结构。结果他们发现自然图像的边缘图像块集合构成的结构和 Klein 瓶很相似，如图 6 (b)。这是第一个与拓扑相关、比较有意思的发现。

在实际应用中，还是能看到一些它的应用。比如手语识别上，因为手语的结构具有一定的拓扑性质。我们也曾将其用于图像的目标识别^[7]。

需要提醒的是，仅用拓扑结构来构造目标识别系统是有风险的。比如带把手的咖啡杯和实心甜甜圈这种人一眼就能区分的目

标，从拓扑学家的角度来看却是分不清的。

更重要的是，将这类方法用于高维数据分析还存在一个问题：这些基元指标如 Betti 数是基于人对三维空间的直觉来获得的；至于高维空间是否还存在一些特别的基元，人类还无法感知。也许存在更复杂的高维基元，只是无法感知和想象而已。要解开这个难题，或许和解开彭罗斯超弦理

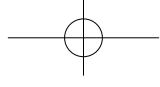
论中隐藏的高维结构一样的困难。

所以，单纯依赖拓扑结构来完成人工智能中常常面临的预测任务，现阶段很有可能会陷入与“量子计算用于人工智能”一样、看上去很美的尴尬境界，因为“不是不好，时辰未到”。

不过，理解音乐、艺术、数据中的几何或拓扑结构，对于改善对智能体发育和犯错机制的了解，必将大有裨益。○

参考文献

- [1] H. McGurk, J. MacDonald. Hearing lips and seeing voices. *Nature*. 264 (5588) : 746 - 748. doi:10.1038/264746a0. PMID 1012311, 1976
- [2] K. P. Körding, U. Beierholm, W. J. Ma, S. Quartz, J. B. Tenenbaum, L. Shams. Causal Inference in Multisensory Perception. *PLOS, ONE* 2 (9) : e943, 2007
- [3] D. Tymoczko. The Geometry of Musical Chords. *Science* 07, 313 (5783) , pp. 72-74. DOI: 10.1126/science.1126287, Jul 2006
- [4] D. Tymoczko. *A Geometry of Music: Harmony and Counterpoint in the Extended Common Practice*. Oxford University Press, 2011
- [5] H. Edelsbrunner, J. Harer. *Persistent Homology—a Survey*. *Surveys on Discrete and Computational Geometry: Twenty Years Later*: AMS-IMS-SIAM Joint Summer Research Conference, Jul 18-22, 2006, Snowbird, Utah. American Mathematical Society, pp. 257-283
- [6] G. Carlsson, T. Ishkhanov, V. de Silva, A. Zomorodian. On the Local Behavior of Spaces of Natural Images, *International Journal of Computer Vision*, vol. 76, no. 1, pp. 1-12, 2008
- [7] J. Zhang, Z. Xie and S. Z. Li. Prime Discriminant Simplicial Complex. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 24, no.1, pp. 133-144, 2013



我思故我在？

我思故我在？这是笛卡尔的一句很有名的哲学命题，意思是我思考了，我便证明了我的存在，证明了我躯体的存在。可是，我们是如何确定我的躯体是我自己的，而不是别人的呢？我们有没有可能将其他物体如桌子、椅子、甚至虚拟的物品认为是自己身体的一部分呢？

一、肢体与智能的发育

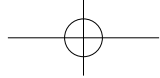
人类对外部世界尤其是远距离的感知主要通过视觉、听觉来完成，而执行任务则无法仅通过这些感知系统或只靠思考就能实现，虽然人类一直期待能理解和掌握《星球大战》中尤达大师的原力（The Force）。记得小朋友小时候曾在外边玩过一款基于脑电波来控制“迷你足球”射门的对抗游戏。当她戴上测脑电波的头盔，手握好金属棒，便开始集中注意力思考，最终轻松战胜了一位比她高半个头的小男孩。后问其经验，告知：“无他，手用力抓紧金属棒即可”。虽然近年来在原力的探测上已经有了很长足的进步，如日本的科研机构一直在研究脑电波控制轮椅。但现有的脑电波检测设备、甚至那些可侵入大脑的检测设备都还无法真正对大脑的思维模式形成全方位的了解，离真正的实用化还有相当的距离。

古人和其他智能体就更不能

理解原力了。在无法直接利用原力的情况下，肢体自然就成了执行智能体任务的首选。而直立行走，又让人类向高级智能体迈出了重要一步。尤其在学会农耕种植、有策略的捕食猎物后，负责解决生存压力的肢体便被解放出来，多余的时间可以用来聊八卦、发展语言^[1]、玩音乐、跳广场舞；而筷子的使用可能会让国人在移动增强智能体的路上走得更快。因为当西方人还在一手拿刀一手拿叉吃饭的时候，国人已经可以边吃饭、边拿手机做各种拓展知识的训练了，如玩手游、吃鸡。所以，肢体也是智能发育的一个关键因素。然而，肢体的作用并非一出生就从人类这个智能体上显现了。

在最初出生的阶段，人类的肢体几乎毫无作用。相比小鹿出生就能行走来说，新生儿最多能挥挥肉肉的小手、蹬几下腿，理应是食物链上最弱势、最易被淘汰的。但偏偏人类不太需要在生存上考虑太多，因为父母的保护已经足够了。如果观察新生儿的发育，就能发现多数新生儿的肢体要到“七坐八爬”这个阶段才开始施展逐渐其能力。到一岁左右的时间，新生儿才懂得直立行走。

可是，从智能体的角度来看，肢体发育的严重滞后性也许并不是劣势，反而在帮助人形成由粗



到细的发育结构中,起了关键作用。因为有了肢体发育的滞后以及视觉由粗到细的发育,新生儿才能相对方便和快速地对各种目标建立大概的视觉印象。

在此基础上,新生儿的肢体才开始对目标有了接触。在原有的粗糙印象上,建立了目标的三维结构,了解目标的旋转不变性,学习了目标离自身的远近感。再学会精准地抓取物品,通过触觉感受物体的精细纹理。继而学会了对物体的自动分类,以及目标之间的相互匹配和关联。再长大一点,就到了可以写作业的年龄了。

肢体尤其是上肢帮助人类衍生了太多生存以外的功能,玩乐器和各种依赖器械的体育运动。

它也促进了交流和理解,帮助表达人类的情绪。网络随便查查,便可发现不少分析人类动作和微动作的文献。它还让人对形体有了审美方面的意识。如男性照镜子时总觉得自己像肌肉男,女性则总觉得自己太胖了。在某种程度上,这可以看成是性别差异形成的身材错觉。

肢体发育成熟后,甚至能够脱离视觉和听觉的影响,依然可以独立完成多种任务,比如在黎明来临前闭着眼准确地把床台柜上提醒上班的闹钟关掉再继续睡。这说明肢体已经具备了类似全球定位系统(GPS)般的精确定位能力。

如果不信,大家不妨试试闭上眼睛,将一只手放在额头上,

另一只手的食指碰到鼻子,再把食指碰到另一只手的小指。相信大家都能完成。这个过程没有借助视觉,是大脑通过神经对肢体运动的精确预测和控制来完成的。学术上称其为本体感觉(Proprioception),是身体运动器官如肌肉、股腱、关节等在不同状态(运动或静止)时产生的感觉。

看似轻而易举的运动功能,他的获得其实经历了一段长的学习过程,从视听觉、触觉的感知到不借助这些感知器的本体感觉,再通过对躯体各种运动模式的反复学习,烙印在大脑皮质运动功能区,最终固化。现在我们能研究的智能机器人,多依赖于视觉、红外、超声等传感设备,如果关





【科普园地】SCIENCE PARK

闭这些,他还能像人类一样只依赖本体感觉来正常抓取物体吗?这应该是值得研究的问题。

我们也很难想象,没有肢体的发育,智能体能发育到怎样的程度。所以,有科学家认为,肢体是智能发育的必要组成部分。如果只研究大脑,不分析肢体的作用,不帮助肢体学习运动功能,可能无法完全理解智能。比如 Michigan 大学的翁巨扬教授研究的自主发育 (Autonomous Mental Development)^[2],就将肢体发育看成是智能体自主发育的重要环节之一。

可是,肢体是如何被认同为自己的,而不是别人的呢?这涉及到肢体认知上存在的一些错觉。

二、幻肢和出体错觉

自己的肢体之所以被认同为自己的,而非他人的,是一系列感知系统的协同作用获得的,包括视觉、听觉和本体感觉等。但如果这些联动环节上出了问题,就有可能产生肢体错觉。它包括生理缺失引起的、本体感觉引起的和人为诱导的三种错觉。

生理缺失的错觉,称为幻肢错觉 (Phantom Limb),常发生在截肢后的患者身上。患者会感觉被切断的肢体仍然存在,且在该处尤其是离截肢位较远的远端会非常疼痛。根据临床报告,有 50% 以上的截肢病人术后有幻肢

痛的经历。痛感的感受有多种,有电脉冲式的电击痛感,也有切割痛感、撕裂或烧伤痛感。截至目前,对幻肢痛的发生原理,有两种相对合理猜测。一是认为截肢后会出现大脑皮质功能重组 (Cortical Reorganization),一是认为体表某些区域如双侧面部、颈部、上胸部和上背部存在诱发幻肢痛的触发区 (Trigger Zone)。但总体来看,仍无统一的意见,也没有有效的办法来治疗幻肢痛。

本体感觉引起的错觉,则是由于协调机制出了问题导致的。其中最著名的错觉是亚里斯多德错觉 (Aristotle Illusion)。如果将两个相邻的手指,如中指和食指,交叉后去摸自己的鼻子或者物品如一颗豌豆。有些人会感觉有两个鼻子或两颗豌豆。原因是大脑从没有考虑过相邻手指可以交叉后摸物品,因此仍会像平时一样,将手指外侧传感来的信号单独处理,导致知觉分离,产生两个物体的错觉。

还有一种错觉与多传感器集成 (Multisensory Integration) 的不一致有关,它涉及到人是如何认知自己的躯体是自身的。瑞典 Karolinska 研究所的 Henrik Ehrsson 教授及其研究小组对“人是如何将肢体视为身体的一部分、为什么我们会感觉自我在躯体内”这一问题进行了长期的研

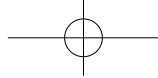
究^[3-10]。他认为人对自身的认知是多传感器集成,即视觉、触觉和这些感觉以外的体感系统 (本体感觉) 共同感知的结果。因此,如果将这几种感知方式剥离开来,也许就能让人产生身体的错觉。为验证其理论,他尝试做了一系列的试验。

他首先发现的现象是基于橡皮手错觉的,如图 1。首先,实验员移动每个参加者的左食指,使其触摸到右边橡皮手食指的关节,同时,实验员触摸参加者右手的食指。实验中需保证触摸这两只手的动作要尽可能同步。当两只手触摸物体的频率在 1 赫兹时,过了 10 秒左右后,人就能产生橡皮手是自己的错觉。实验员也发现异步触摸或非一致性模型 (如使用毛笔而不是橡皮手的物品),则错觉不容易出现。

而后,他做了进一步的实验。他给测试者戴上一个有显示器的护目镜,并在测试者的身上放置一个摄像头,让测试者视觉上看到的是身后摄像头拍摄的情



图 1 橡皮手错觉^[4]

图2 出体错觉实验的设置^[5]

形。然后他左右手各拿一个小棍，左手的棍子可以触到测试者身上，右手则是对着摄像头虚空挥舞，如图2。

在训练一段时间后，Ehrsson教授拿着锤子对于摄像头挥过去，结果测试者产生了身体错觉，有明显的向后仰的情况。这说明，测试者把摄像头“看到”的当成了“自我”。他将这个现象称为出体错觉（Out-of-body Illusion）。除此以外，他又做了一组实验，在一个虚拟人的头上安装了一个向自己身体下方看的摄像头，对测试者也同等处理。结果发现，如果对虚拟人的腹部进行锤击时，测试者也会误以为是对自己的身体在锤击。他推测这是由于第一视角导致的“自我”的互换。同时，当测试者产生“身体交换错觉”时，他们也观测到测试者参与动作的视觉引导位置、腹外侧运动前皮层（ventral premotor cortex）会变得很活跃。这种“自我”的互换甚至在不同尺度的情况下也能实现。比

如，让测试者平躺着，戴着护目镜，然后在摄像头前放一个人形的玩偶，但尺寸只有约30厘米长。重复这一过程后，如触摸玩偶的手、用很小的积木去撞玩偶的脚，都让测试者误以为是在自己身上的操作。但是，他也发现如果用桌子、椅子来替代时，则不会有这种自我的反应。

基于以上实验和观察，Ehrsson教授认为要想让人产生完全“自我”的身体错觉，需要四个基本要素，第一视角、拟人的身体、看和感觉刺激的同步以及看和感觉刺激的空间一致性。满足这四个条件，我思，很有可能看到的就不是真正的自我了。那这些错觉对智能体的研究有何可借鉴的地方呢？

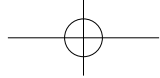
三、虚拟现实、外骨骼与身材

不妨看看当下的两项人工智能相关新技术，一项是大家熟知的虚拟现实（Virtual Reality，简称VR）及其推广技术。如将真实世界与虚拟世界无缝集成，将计算机生成的场景、信息叠加到现实世界中，就是增强现实（Augmented Reality，简称AR），如谷歌眼镜。如果在虚拟环境引入现实场景，在虚拟、现实世界与用户之间形成交互的反馈回路，则为混合现实（Mixed Reality，简称MR）。不管是VR、AR还是MR，都希望提高

用户的沉浸感和体验环境的真实性。有些还会在戴上虚拟现实眼镜的同时，增加立体声音刺激。在商场中能见到的、与虚拟现实相关的娱乐设备，还会增加辅助设备如旋转椅或可接触身体的机械传动装置如背部的触摸杆，来让人有更真实的体验。

而这些技术，很少有考虑过如何将“自我”错觉有效地融入VR、AR或MR中。但从上小节的内容不难看出，“自我”错觉能帮助获得更好的、身临其境般的体验感。在理想情况下，甚至有可能实现像史蒂文·斯皮尔伯格拍摄的电影《头号玩家》的情景：在虚拟的世界中你能真正感觉到“自我”的存在和意义。虽然每个人在这个世界中只是个动画人物，但如果该人物的躯体和自身的躯体在“多传感器集成”意义下，变得不可区分时，那人类在未来虚拟世界的生时间就很可能等同甚至超越真实世界了。

其次，“自我”也能增强外骨骼的应用。汽车驾驶员都知道，要让驾驶水平达到人车一体的感觉，拿到驾照只是开始，至少开过二三千公里后才会有“人车一体”的感觉。而未来人类如果希望获得行动能力和人力不可及能力的提升，装备外骨骼可能是一种最直接有效的办法。而如果希望更快速地让人习惯和使用外骨



【科普园地】SCIENCE PARK

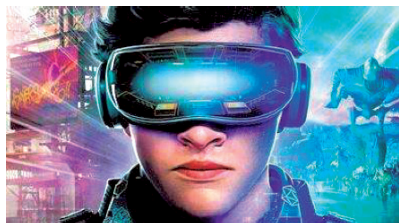


图3 头号玩家与钢铁侠

骼、形成人与外骨骼一体化的体感,“自我”错觉的界入显然是有帮助的。有些实验者,可以通过控制让测试者错误以为自己“第三只手”。另一个极端的例子是针对截肢患者的肢体接入。如果将“自我”错觉引入,则会让患者认同自己的假肢,从而可能避免幻肢痛的困扰。不过从 Ehrsson 教授报道的实验结果来看,目前“自我”错觉的持续时间还不长,还难以实现长时间的“自我”认同^[8]。因此,要利用“自我”错觉来治疗幻肢症还有很大待完善的空间。但可以肯定的是,充分利用好“自我”认知的错觉,将会有利于我们更灵活地使用如“钢铁侠”般的外骨骼装备。

另外,“自我”认知的错觉还能影响人对身材的满意程度,减少与满意程度相关的疾病,如厌食症。最新的研究表明,人视觉上感知的身材满意程度

与触觉获得的是不同的。因此,未来也许可以考虑利用多传感器集成的方法来减少人对身材不满意的错觉,从而减少相关疾病的发生^[10]。

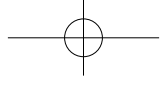
说不定在若干年后,当电池续航时间、通信效率、载重问题得到有效解决后,我思,真不一

定只是故我在了,也许还有虚无缥缈的我在,也许还有三头六臂的我在,也许还有其他千奇百怪的我在。

如果把视觉错觉、听觉错觉、躯体错觉都看成是身体传感方面的错觉,那有没有更抽象、更高一级的错觉呢?下回书表! ○

参考文献

- [1] 尤瓦尔·赫拉利. 人类简史. 中信出版社, 2014.
- [2] Weng J., McClelland J., Pentland A., Sporns O., Stockman L., Sur M., Thelen E. Autonomous mental development by robots and animals. *Science* 291 (5504) : 599-600, 2001.
- [3] Ehrsson, H. H., Spence, C. and Passingham, R. E. ‘That’s my hand!’ Activity in the premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science*, 305 (5685) : 875-877, 2004
- [4] Ehrsson H. H., Holmes N. P., Passingham R. E. Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *Journal of Neuroscience*, 25 (45) : 10564-10573, 2005.
- [5] Ehrsson, H. H. The experimental induction of out-of-body experiences. *Science*, 317 (5841) : 1048, 2007
- [6] Ehrsson H. H., Ros é n B., Stocksélius A., Ragnö C., Köhler P., Undborg G. Upper limb amputees can be induced to experience a rubber hand as their own. *Brain*, 131:3443-3452, 2008.
- [7] Ehrsson H. H. How many arms make a pair? Perceptual illusion of having an additional limb. *Perception*, 38: 310-312, 2009.
- [8] Slater M., Perez-Marcos D., Ehrsson H. H., Sanchez-Vives M. V. Inducing illusory ownership of a virtual body. *Frontiers in Neuroscience*, 3:214-220, 2009.
- [9] Kilteni K, Andersson B. J., Houborg C, Ehrsson H. H. Motor imagery involves predicting the sensory consequences of the imagined movement. *Nature Communications*, [9 (1) : 1617, 2018.
- [10] Preston C., Ehrsson H. H. Implicit and explicit changes in body satisfaction evoked by body size illusions: Implications for eating disorder vulnerability in women. *PLoS One*, 13 (6) : e0199426, 2018.



爱犯错的智能体连载 —— 语言篇： 可塑与多义

人之初，性本善；性相近，习相远。苟不教，性乃迁；教之道，贵以专。昔孟母，择邻处；子不学，断机杼。窦燕山，有义方；教五子，名俱扬。养不教，父之过；教不严，师之惰。子不学，非所宜；幼不学，老何为？玉不琢，不成器；人不学，不知义。为人子，方少时；亲师友，习礼仪。

——《三字经》

作为国学启蒙书籍之一，《三字经》在知识的简洁表达上做到了极致。聊聊数笔，人的性格养成、子女教育、礼义廉耻就言简意赅的表达了。在让人知道学区房重要性的同时，也反映了另一层事实，后天的学习可以帮助近乎“白纸”、最初相近的人类形成了多样性的“远”。

从人工智能的角度来看，这种表述方式很符合1978年 Jorma Rissanen 提出的最小描述长度原则 (Minimum Description Length, 常简称为 MDL)。直观来说，就是在给定表达集合的前提下，产生最大压缩效果而又不丢失信息或知识的表达是最好的。虽然背后的原因可能是毛笔字太难写，能少写就尽量少写。反观现在流行的说唱，似乎可以称为最少时间描述，因为需要在最少的时间完成最大的信息量传递。

虽然《三字经》强调学习的重要性，但关于语言是如何习得的，却没有涉及。

一、语言学习的次序与可塑性

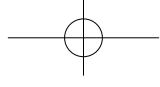
对于新生儿来说，获得语言能力的时间比获得视听觉能力的时间要晚不少。在最初的2-3个月期间，新生儿最多会说些简单的象声词，会哭会笑。到七坐

八爬的时间段，开始能理解大人的简单对话，尤其是当内容与新生儿可以接触到的物体相关时。但要学会说话，还得耐心地等到1岁半左右。2岁以后，才能发音或清晰或含糊地跟成人交流了。

由此可见，在人类的智能发育中，尽管从出生开始就沉浸在相对单纯的语言环境中，儿童的语言习得却具有很明显的滞后性。这种滞后性一方面与声带练习需要时间有关，而这种练习可能是为了配合人类由粗到细学习模式、演化的结果；另一方面也可能与人脑在建构具体到抽象概念的认知结构的次序有关，即更抽象的语言学习需要建立在，能通过感官感觉到的概念的基础之上，如通过视觉、听觉、触觉获得的概念。

在交流变为通畅后，儿童的语言学习就开始快步前进了，最后会进入稳定期，一如成人一样。不过并非年龄越大，学习语言的能力就越强。比如，在外语学习方面，有一个比较有趣的拐点错觉，即12岁以前学习外语往往被认为是黄金时期。夸张地讲，儿童在全英文环境下获得的英文提升能力的效率，大概是成年人在相同环境下的六倍左右。

这似乎与直觉有些相悖，因为成人的学习能力、学习方法、注意力都能做得更有效。但是，儿童学习外语的优势恰恰又在于这个弱势，即他仍处在一个没有完全把母语的语结构固化的阶段。由于没有固化，就不容易受到母语的影响，就有可能形成两个相对更独立的语言认知模型。反观成年人的外语学习，多数人在阅读英文文献时，可能都会下意识地先在大脑里翻译成中文再去找对应的英文意思。结果，成年人要完全脱离母语去思考英文就需要更长的调整时间。这说明成年人的多语



【科普园地】SCIENCE PARK

言结构中母语具有更强的优先级，且对新语言的学习会形成明显的干扰。而儿童的母语结构的优先级则不明显，因而在语言学习时有更强的可塑性。很有意思的一点是，这种可塑性是在构造由粗到细的学习模式的中段而非终段发生的。

如果比较下当今人工智能对新模式的学习策略，就能发现，多数是在模拟终段的学习。不管是零样本学习（zero-shot）、少量样本学习（few-shot）、迁移学习（transfer learning）还是领域自适应（domain adaptation），它们都假定了有某一已知的、（接近）固化的结构在其中，或是分布、或是几何结构、或是其它某种假设。如果能研究下人类智能中段的学习模式，说不定能让目前极容易固化的机器智能得到更强的可塑性。

二、语言学习中的整体与局部认知

语言学习有其基本的规律，首先要学会的是识字。儿童识字的过程是从看图说话开始的，读书是从图画书逐渐过渡到少图甚至无图的书籍，这说明具体与抽象的匹配在人的前期认知建构非常重要。那么，人在识字时是如何记忆每个字符的呢？

一种可能是基于由粗到细、由整体到局部的记忆模式，因为这与人的视觉发育机理吻合。可以用来佐证整体记忆的例子是如下的乱码阅读：

The nghit bferoe lsat,jsut berofo dnienr, wihle my
ftaehr was lkooing trhugoh the envenig pepar,he sdduelny
let out a cry of srpusrie. Letar he epxinaeld: 'I had tohhugt
taht he had deid at laset tewtny yares ago. But can you
bleeive taht my fsirt tcheear, Mr. Crossett, is sitdl liivng? '

这段文字选自曾经的某中学英语高中第二册第一课。打乱字母次序后，看上去很混乱，但稍微懂点英文的，应该能不太费力地将每个拼错的单词自动纠正，并把全文正确读出来。它表明人在记忆英文单词或句子

时，会优先进行整体认知。只要单词中的第一和最后一个字母次序保持不变，人就可以准确识别。整体认知的情况在汉语中同样存在。不妨阅读下面这个句子：

研究表明，汉字的序顺并不定一能影阅响读，比如当你完看这句话后，还没发这现里的字全是乱的。

显然，只要没改变每个短句的第一和最后一个汉字，相邻字的次序交换也不会影响阅读和对句子意思的理解。整体认知也能解释惯用简体字的国人为什么能比较轻松地识别多数繁体字。因为多数情况下，繁体字与简体字的字型是相近的。甚至当汉字产生字体变化时，如楷体、宋体、行书，基本也不影响人对汉字的理解。当然，“医生体”除外。

另外，整体认知也方便人识别和记忆未知的汉字。当识别结构相似、发音也相同的汉字时，如“喽”和“楼”、“景”和“憬”、“援”和“媛”时，就能够快速地获得正确的发音。如果观察儿童早期的文字识别，可以发现，当他们遇到不认识的字时，会在大脑中寻找相似字型的字来匹配，并推测未知字的发音。但当遇到结构相似、发音不同的汉字时，如“锦”和“绵”、“流”和“毓”、“途”和“徐”，则可能形成错误推广。这些错误和正确的推测，表明儿童在建构语言记忆模型时，可能会将字型结构类似的字放在相近的记忆模型中，以提高学习的效率。

三、语言断句和释义的歧义性

认知心理学的分支之一——格式塔心理学强调了整体认知的重要性。然而，这一理论目前还没有形成太好的量化机制或程序化方法来，它使得机器对需要整体认知的问题还一筹莫展。除此以外，语言的歧义性也使得人类在语言理解上，较机器更灵活和智能，甚至多了些茶余饭后的文字游戏。如以下示例：

1. 自然语言处理领域常用来示例的歧义句：

南京市长江大桥是“南京市 / 长江大桥”还是“南

京市长 / 江大桥”？

2. 最近网络中流传的两个段子：

1) 改编自金庸的《神雕侠侣》：

来到杨过曾经生活过的地方，小龙女动情地说：
“我也想过过过儿过过的生活。”

2) “行”字句：

人要是行，干一行行一行，一行行行行行；

要是不行，干一行不行一行，一行不行行行不行

3. 古诗新解：唐代诗人杜牧的千古名作之一、七绝诗《清明》：

清明时节雨纷纷，路上行人欲断魂；
借问酒家何处有，牧童遥指杏花村。

如果不按古诗的格式、而是按散词的形式来断句，
就会多一层俏皮的感觉：

清明时节雨，纷纷路上行人，欲断魂。
借问酒家何处？有牧童，遥指杏花村。

不仅如此，我们还可以将此诗改写成微型独幕剧：

时间：清明时节

天气：雨纷纷

主要人物：路上行人

精神状态：欲断魂

台词：借问酒家何处有？

另一主要人物：牧童

动作：遥指

台词：杏花村

可见汉语在语意表达上是相当丰富的。汉语的多义性让这类例子已不胜枚举，再看两例同义 / 反义和多义的例子：

1. 同义 / 反义：

当中国女排获得世锦赛冠军时，媒体既有“中国女排大胜美国女排”，也有“中国女排大败美国女排”

报道，那到底是大胜还是大败呢？

2. 多义性：

上司：“你这是什么意思？” 小明：“没什么意思。意思意思。” 上司：“你这就不够意思了。” 小明：“小意思，小意思。” 上司：“你这人真有意思。” 小明：“其实也没有别的意思。” 上司：“那我就不好意思了。” 小明：“是我不好意思。”

请问以上“意思”分别是什么意思？

这些都是机器理解中文自然语言的难点，而国人因为有背景知识的支持，理解起来就相对容易些。除了语言自身的特点，视听觉系统也会对语言的理解有着重要的作用。

四、视听觉对语言的影响

俗话说“千言不如一画”，对于视觉优先的人类而言，图画能提供更丰富和具体的信息。可是，如果语言搭上图画的包装，将字面的意思用图画的形式表述出来，那即使是人，也得思考半天才能理解语言的意思。比如根据苏轼的一首诗《晚眺》来书写的图 1。原文是：

长亭短景无人画，老大横拖瘦竹筇
回首断云斜日暮，曲江倒蘸侧山峰

图 1 则将诗中的形容词“长、短、大、横、瘦、断、斜、曲、倒、侧”等通过视觉的方式融入到诗里的名词中，让原本已经很美的诗更加添了一丝画面感。

要让机器来理解这种有画面感的诗，需要分析字体大小关系、方向性、断字情况、反向书写、局部字体变化与诗词的关系。这些无形中加大了机器处理语言的难度，更不用说理解字画的意境了。

不仅视觉能影响人对语言的理解，听觉也能影响。同样的语句，重音不同，想强调了的内容就差不多。比如：

明天别忘了带笔记本电脑去单位！

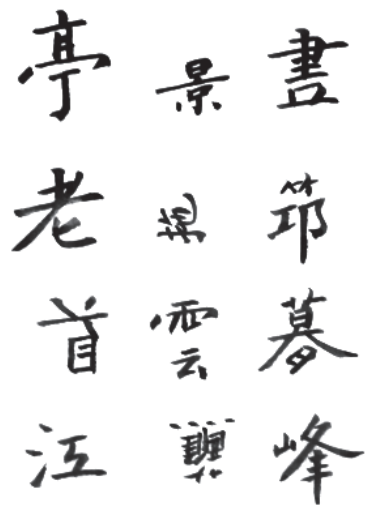
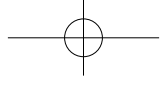


图1 苏轼的《晚眺》

如果重音在“明天”，则是强调时间；如果在“别忘了”，则是强调记性；如果在“笔记本电脑”，则是强调带的物品，如果在“单位”，则是强调要去的场所。

可见视听觉的融入会不同程度地影响对语言的理解，导致机器分析的难度上升。

五、语言与音乐的循环游戏

除此以外，对语言的巧妙设计还能衍生出不少有趣的结构，如回文诗。汉语回文诗有很多形式，如从诗的末尾一字读至开头一字可成新诗的通体回文、下一句为上一句回读的双句回文、每句前关句与后半句互为回文的就句回文、诗的后半篇为前半篇回复的本篇回文、先连续至尾再从尾连续至开头的环复回文等等。

虽然回文诗的具体产生时间已无从考究，但从古诗词中可以找到不少回文诗。举例来说，传说北宋时期，苏小妹与长兄苏东坡六月荡舟西湖时，收到她丈夫秦少游捎来的、如图2的叠字回文诗书信，“静思伊久阻归期忆别离时闻漏转静思伊”。

苏小妹冰雪聪明，很快便悟出其中奥妙，将诗解读出来：

静思伊久阻归期，久阻归期忆别离。

忆别离时闻漏转，时闻漏转静思伊。

并回诗一首“采莲人在绿杨津一阕新歌声漱玉采莲人”。苏东坡见状，不甘寂寞，也即兴提笔赋诗一首“赏花归去马如飞酒力微醒时已暮赏花归”。

比较类似的回文诗是明末浙江才女吴绛雪写的四首《四时山水诗》，均是由十字组成的辘轳回文诗。其中，春景诗由“莺啼岸柳弄春晴夜月明”解读为：

春景诗：

莺啼岸柳弄春晴，
柳弄春晴夜月明。
明月夜晴春弄柳，
晴春弄柳岸啼莺

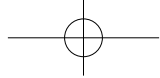
而夏景诗“香莲碧水动风凉夏日长”、秋景诗“秋江楚雁宿沙洲浅水流”、冬景诗“红炉透炭炙寒风御隆冬”均可通过上述方式解读成诗。

宋代李禺写的夫妻互忆回文诗《两相思》也很有意思，正着读是《思妻诗》：

枯眼望遥山隔水，往来曾见几心知？
壶空怕酌一杯酒，笔下难成和韵诗。
途路阻人离别久，讯音无雁寄回迟。
孤灯夜守长寥寂，夫忆妻兮父忆儿。



图2 秦少游的连环诗《相思》



倒过来读就变成《思夫诗》了：

儿忆父兮妻忆夫，寂寥长守夜灯孤。
迟回寄雁无音讯，久别离人阻路途。
诗韵和成难下笔，酒杯一酌怕空壶。
知心几见曾往来，水隔山遥望眼枯。

清代诗人李旸写的诗《春闺》则是一首通体回文诗：

垂帘画阁画帘垂，
谁系怀思怀系谁？
影弄花枝花弄影，
丝牵柳线柳牵丝。
脸波横泪横波脸，
眉黛浓愁浓黛眉。

在英文中，也有很多回文，称为 Palindrome。如用来纪念美国前总统西奥多·罗斯福在任内取得巴拿马运河开凿权的句子“A man, a plan, a canal—Panama!”就是典型的回文，正反都是一个意思。

我们甚至在音乐作品中，也能见到回文的影子。如巴洛克时期著名的德国作曲家、管风琴演奏家巴赫（Johann Sebastian Bach, 1685年3月21日—1750年7月28日）的作品《音乐的奉献》（英语：The Musical Offering；德语：Musikalisches Opfer, BWV 1079）中的“Thema Regium”（“国王的主题”）^[1]。这首曲子源自于巴赫与腓特烈二世在1747年5月7日波茨坦国王住处的一次会面。因为巴赫的作曲很有名，国王席间便为巴赫提供了一段长而复杂的音乐主题，命他作首三声部赋格。完成后，国王又让其作首六声部的。巴赫回家两个月后，便完成了国王的任务，称为《音乐的奉献》组曲。其中“国王的主题”很特别，它的旋律既可以正着演奏，也可以逆着演奏，且可以将正的和逆的作成两个声部同时演奏，因而叫“镜像卡农”。因为这样的旋律走向很



图3 《国王的奉献》乐曲片断和二声部乐曲
螃蟹卡农链接：<https://v.qq.com/x/page/I0616bmt8hk.html>

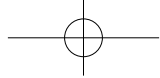
像螃蟹走路，也将其称为螃蟹卡农，而非回文的命名。还有人把这种旋律看成是一种莫比乌斯带上的循环。据说巴赫业余时间喜欢读他同时期的、但已声名大震的数学家莱布尼兹的著作，说不定他这种数学味很浓的组曲的灵感来自于莱布尼兹，因为后者曾说过“音乐是数学在灵魂中无意识的运算”。

所以，研究语言在儿童期的学习过程以及与视觉、听觉相关目标的学习次序，可能对于我们构建真正的智能体是有启示性作用的。我们是应该一开始就从高层语义的语言着手来设计智能体，还是应该按金字塔式的结构，对视听觉及其他感官系统的构建给予更高的优先级呢？而能否将文字游戏中隐藏的各种奥妙解开，也许是真正理解语言的途径之一。

如果不看、不听、不摸、不说，智能体还能学习吗？请听下回。○

参考文献

侯世达著，郭维德等译．哥德尔、艾舍尔、巴赫：集异璧之大成．商务出版社，1996．



关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见

为激励和引导广大科技工作者追求真理、勇攀高峰，树立科技界广泛认可、共同遵循的价值理念，加快培育促进科技事业健康发展的强大精神动力，在全社会营造尊重科学、尊重人才的良好氛围，现提出如下意见。

一、总体要求

（一）指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中全会精神，以塑形铸魂科学家精神为抓手，切实加强作风和学风建设，积极营造良好科研生态和舆论氛围，引导广大科技工作者紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，在践行社会主义核心价值观中走在前列，争做重大科研成果的创造者、建设科技强国的奉献者、崇高思想

品格的践行者、良好社会风尚的引领者，为实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴的中国梦作出更大贡献。

（二）基本原则。坚持党的领导，提高政治站位，强化政治引领，把党的领导贯穿到科技工作全过程，筑牢科技界共同思想基础。坚持价值引领，把握主基调，唱响主旋律，弘扬家国情怀、担当作风、奉献精神，发挥示范带动作用。坚持改革创新，大胆突破不符合科技创新规律和人才成长规律的制度藩篱，营造良好学术生态，激发全社会创新创造活力。坚持久久为功，汇聚党政部门、群团组织、高校院所、企业和媒体等各方力量，推动作风和学风建设常态化、制度化，为科技工作者潜心科研、拼搏创新提供良好政策保障和舆论环境。

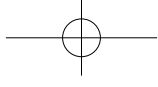
（三）主要目标。力争1年内转变作风改进学风的各项治理措

施得到全面实施，3年内取得作风学风实质性改观，科技创新生态不断优化，学术道德建设得到显著加强，新时代科学家精神得到大力弘扬，在全社会形成尊重知识、崇尚创新、尊重人才、热爱科学、献身科学的浓厚氛围，为建设世界科技强国汇聚磅礴力量。

二、自觉践行、大力弘扬新时代科学家精神

（四）大力弘扬胸怀祖国、服务人民的爱国精神。继承和发扬老一代科学家艰苦奋斗、科学报国的优秀品质，弘扬“两弹一星”精神，坚持国家利益和人民利益至上，以支撑服务社会主义现代化强国建设为己任，着力攻克事关国家安全、经济发展、生态保护、民生改善的基础前沿难题和核心关键技术。

（五）大力弘扬勇攀高峰、敢为人先的创新精神。坚定敢为天



下先的自信和勇气，面向世界科技前沿，面向国民经济主战场，面向国家重大战略需求，抢占科技竞争和未来发展制高点。敢于提出新理论、开辟新领域、探寻新路径，不畏挫折、敢于试错，在独创独有上下功夫，在解决受制于人的重大瓶颈问题上强化担当作为。

（六）大力弘扬追求真理、严谨治学的求实精神。把热爱科学、探求真理作为毕生追求，始终保持对科学的好奇心。坚持解放思想、独立思辨、理性质疑，大胆假设、认真求证，不迷信学术权威。坚持立德为先、诚信为本，在践行社会主义核心价值观、引领社会良好风尚中率先垂范。

（七）大力弘扬淡泊名利、潜心研究的奉献精神。静心笃志、心无旁骛、力戒浮躁，甘坐“冷板凳”，肯下“数十年磨一剑”的苦功夫。反对盲目追逐热点，不随意变换研究方向，坚决摒弃拜金主义。从事基础研究，要瞄准世界一流，敢于在世界舞台上与同行对话；从事应用研究，要突出解决实际问题，力争实现核心技术自主可控。

（八）大力弘扬集智攻关、团结协作的协同精神。强化跨界融合思维，倡导团队精神，建立协同攻关、跨界协作机制。坚持全球视野，加强国际合作，秉持互利共赢理念，为推动科技

进步、构建人类命运共同体贡献中国智慧。

（九）大力弘扬甘为人梯、奖掖后学的育人精神。坚决破除论资排辈的陈旧观念，打破各种利益纽带和裙带关系，善于发现培养青年科技人才，敢于放手、支持其在重大科研任务中“挑大梁”，甘做致力提携后学的“铺路石”和领路人。

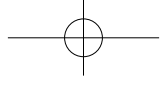
三、加强作风和学风建设，营造风清气正的科研环境

（十）崇尚学术民主。鼓励不同学术观点交流碰撞，倡导严肃认真的学术讨论和评论，排除地位影响和利益干扰。开展学术批评要开诚布公，多提建设性意见，反对人身攻击。尊重他人学术话语权，反对门户偏见和“学阀”作风，不得利用行政职务或学术地位压制不同学术观点。鼓励年轻人大胆提出自己的学术观点，积极与学术权威交流对话。

（十一）坚守诚信底线。科研诚信是科技工作者的生命。高等学校、科研机构和企业等要把教育引导和制度约束结合起来，主动发现、严肃查处违背科研诚信要求的行为，并视情节追回责任人所获利益，按程序记入科研诚信严重失信行为数据库，实行“零容忍”，在晋升使用、表彰奖励、参与项目等方面“一票否决”。科研项目承担者要树立“红

线”意识，严格履行科研合同义务，严禁违规将科研任务转包、分包他人，严禁随意降低目标任务和约定要求，严禁以项目实施周期外或不相关成果充抵交差。严守科研伦理规范，守住学术道德底线，按照对科研成果的创造性贡献大小据实署名和排序，反对无实质学术贡献者“挂名”，导师、科研项目负责人不得在成果署名、知识产权归属等方面侵占学生、团队成员的合法权益。对已发布的研究成果中确实存在错误和失误的，责任方要以适当方式予以公开和承认。不参加自己不熟悉领域的咨询评审活动，不在情况不掌握、内容不了解的意见建议上署名签字。压紧压实监督管理责任，有关主管部门和高等学校、科研机构、企业等单位要建立健全科研诚信审核、科研伦理审查等有关制度和信息公开、举报投诉、通报曝光等工作机制。对违反项目申报实施、经费使用、评审评价等规定，违背科研诚信、科研伦理要求的，要敢于揭短亮丑，不迁就、不包庇，严肃查处、公开曝光。

（十二）反对浮夸浮躁、投机取巧。深入科研一线，掌握一手资料，不人为夸大研究基础和学术价值，未经科学验证的现象和观点，不得向公众传播。论文等科研成果发表后1个月内，要将所涉及的实验记录、实验数据等



【形势通报】VOICE

原始数据资料交所在单位统一管理、留存备查。参与国家科技计划（专项、基金等）项目的科研人员要保证有足够时间投入研究工作，承担国家关键领域核心技术攻关任务的团队负责人要全职投入攻关任务。科研人员同期主持和主要参与的国家科技计划（专项、基金等）项目（课题）数原则上不得超过2项，高等学校、科研机构领导人员和企业负责人作为项目（课题）负责人同期主持的不得超过1项。每名未退休院士受聘的院士工作站不超过1个、退休院士不超过3个，院士在每个工作站全职工作时间每年不少于3个月。国家人才计划入选者、重大科研项目负责人在聘期内或项目执行期内擅自变更工作单位，造成重大损失、恶劣影响的要按规定承担相应责任。兼职要与本人研究专业相关，杜绝无实质性工作内容的各种兼职和挂名。高等学校、科研机构和企业要加强对本单位科研人员的学术管理，对短期内发表多篇论文、取得多项专利等成果的，要开展实证核验，加强核实核查。科研人员公布突破性科技成果和重大科研进展应当经所在单位同意，推广转化科技成果不得故意夸大技术价值和经济社会效益，不得隐瞒技术风险，要经得起同行评、用户用、市场认。

（十三）反对科研领域“圈

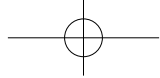
子”文化。要以“功成不必在我”的胸襟，打破相互封锁、彼此封闭的门户倾向，防止和反对科研领域的“圈子”文化，破除各种利益纽带和人身依附关系。抵制各种人情评审，在科技项目、奖励、人才计划和院士增选等各种评审活动中不得“打招呼”、“走关系”，不得投感情票、单位票、利益票，一经发现这类行为，立即取消参评、评审等资格。院士等高层次专家要带头打破壁垒，树立跨界融合思维，在科研实践中多做传帮带，善于发现、培养青年科研人员，在引领社会风气上发挥表率作用。要身体力行、言传身教，积极履行社会责任，主动走近大中小学生，传播爱国奉献的价值理念，开展科普活动，引领更多青少年投身科技事业。

四、加快转变政府职能，构建良好科研生态

（十四）深化科技管理体制机制改革。政府部门要抓战略、抓规划、抓政策、抓服务，树立宏观思维，倡导专业精神，减少对科研活动的微观管理和直接干预，切实把工作重点转到制定政策、创造环境、为科研人员和企业提供优质高效服务上。坚持刀刃向内，深化科研领域政府职能转变和“放管服”改革，建立信任为前提、诚信为底线的科研管理机制，赋予科技领军人才更大

的技术路线决策权、经费支配权、资源调动权。优化项目形成和资源配置方式，根据不同科学研究活动的特点建立稳定支持、竞争申报、定向委托等资源配置方式，合理控制项目数量和规模，避免“打包”、“拼盘”、任务发散等问题。建立健全重大科研项目科学决策、民主决策机制，确定重大创新方向要围绕国家战略和重大需求，广泛征求科技界、产业界等意见。对涉及国家安全、重大公共利益或社会公众切身利益的，应充分开展前期论证评估。建立完善分层分级责任担当机制，政府部门要敢于为科研人员的探索失败担当责任。

（十五）正确发挥评价引导作用。改革科技项目申报制度，优化科研项目评审管理机制，让最合适的单位和人员承担科研任务。实行科研机构中长期绩效评价制度，加大对优秀科技工作者和创新团队稳定支持力度，反对盲目追求机构和学科排名。大幅减少评比、评审、评奖，破除唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项倾向，不得简单以头衔高低、项目多少、奖励层次等作为前置条件和评价依据，不得以单位名义包装申报项目、奖励、人才“帽子”等。优化整合人才计划，避免相同层次的人才计划对同一人员的重复支持，防止“帽子”满天飞。支持中西部地区稳定人才队伍，发



达地区不得片面通过高薪酬高待遇竞价抢挖人才，特别是从中西部地区、东北地区挖人才。

（十六）大力减轻科研人员负担。加快国家科技管理信息系统建设，实现在线申报、信息共享。大力解决表格多、报销繁、牌子乱、“帽子”重复、检查频繁等突出问题。原则上1个年度内对1个项目的现场检查不超过1次。项目管理专业机构要强化合同管理，按照材料只报1次的要求，严格控制报送材料数量、种类、频次，对照合同从实从严开展项目成果考核验收。专业机构和项目专员严禁向评审专家施加倾向性影响，坚决抵制各种形式的“围猎”。高等学校、科研机构和企业等创新主体要切实履行法人主体责任，改进内部科研管理，减少繁文缛节，不层层加码。高等学校、科研机构领导人员和企业负责人在履行勤勉尽责义务、没有牟取非法利益前提下，免除追究其技术创新决策失误责任，对已履行勤勉尽责义务但因技术路线选择失误等导致难以完成预定目标的项目单位和科研人员予以减责或免责。

五、加强宣传，营造尊重人才、尊崇创新的舆论氛围

（十七）大力宣传科学家精神。高度重视“人民科学家”等功勋荣誉表彰奖励获得者的精神

宣传，大力表彰科技界的民族英雄和国家脊梁。推动科学家精神进校园、进课堂、进头脑。系统采集、妥善保存科学家学术成长资料，深入挖掘所蕴含的学术思想、人生积累和精神财富。建设科学家博物馆，探索在国家 and 地方博物馆中增加反映科技进步的相关展项，依托科技馆、国家重点实验室、重大科技工程纪念馆（遗迹）等设施建设一批科学家精神教育基地。

（十八）创新宣传方式。建立科技界与文艺界定期座谈交流、调研采风机制，引导支持文艺工作者运用影视剧、微视频、小说、诗歌、戏剧、漫画等多种艺术形式，讲好科技工作者科学报国故事。以“时代楷模”、“最美科技工作者”、“大国工匠”等宣传项目为抓手，积极选树、广泛宣传基层一线科技工作者和创新团队典型。支持有条件的高等学校和中学编排创作演出反映科学家精神的文艺作品，创新青少年思想政治教育手段。

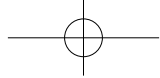
（十九）加强宣传阵地建设。主流媒体要在黄金时段和版面设立专栏专题，打造科技精品栏目。加强科技宣传队伍建设，开展系统培训，切实提高相关从业人员的科学素养和业务能力。加强网络和新媒体宣传平台建设，创新宣传方式和手段，增强宣传效果、扩大传播范围。

六、保障措施

（二十）强化组织保障。各级党委和政府要切实加强对科技工作的领导，对科技工作者政治上关怀、工作上支持、生活上关心，把弘扬科学家精神、加强作风和学风建设作为践行社会主义核心价值观的重要工作摆上议事日程。各有关部门要转变职能，创新工作模式和方法，加强沟通、密切配合、齐抓共管，细化政策措施，推动落实落地，切实落实好党中央关于为基层减负的部署。科技类社会团体要制定完善本领域科研活动自律公约和职业道德准则，经常性开展职业道德和学风教育，发挥自律自净作用。各类新闻媒体要提高科学素养，宣传报道科研进展和科技成就要向相关机构和人员进行核实，听取专家意见，杜绝盲目夸大或者恶意贬低，反对“标题党”。对宣传报道不实、造成恶劣影响的，相关媒体、涉事单位及责任人员应及时澄清，有关部门应依规依法处理。

中央宣传部、科技部、中国科协、教育部、中国科学院、中国工程院等要会同有关方面分解工作任务，对落实情况加强跟踪督办和总结评估，确保各项举措落到实处。军队可根据本意见，结合实际建立健全相应工作机制。○

来源：新华社



“中国人民生活要好，必须有强大科技”

——写在“全国科技工作者日”

文 / 新华社 胡喆 董瑞丰 盖博铭

“科技是国之利器，国家赖之以强，企业赖之以赢，人民生活赖之以好。中国要强，中国人民生活要好，必须有强大科技。”

研究与试验发展（R&D）经费支出稳步增长，发明专利申请量和授权量居世界前列……我国主要科技创新指标稳步提升；嫦娥探月、北斗组网、列车飞驰……一批重大科技成果竞相涌现。5月30日是“全国科技工作者日”，在全国9100万科技工作者的共同努力下，我国科技创新活力涌动，正朝着勇攀世界科技高峰的目标奋勇前进。

汇聚科技之力：中国要强盛、要复兴，就一定要大力发展科学技术

5月23日，一辆蓝色和银色相间的子弹头列车在青岛帅气

登场，未来感十足的外观让这辆高速磁浮试验样车甫一下线，便立刻成为“网红”，收获“粉丝”无数。

时速600公里、经过近三年技术攻关、成功突破高速磁浮系列关键核心技术……高速磁浮列车不仅颜值高，科技含量更高，且具有我国自主知识产权。

中国要强盛、要复兴，就一定要大力发展科学技术。

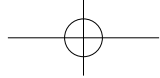
2018年，北斗导航卫星成功发射18颗，全球组网卫星基本系统完成部署，形成对“一带一路”沿线国家和地区的服务能力；2019年初，嫦娥四号探测器成功实现人类首次月球背面软着陆探测之旅，开启了人类月球探测新篇章……

一批重大创新成果竞相涌现，我国科技发展在一些前沿方向开

始进入并行、领跑阶段，科技实力正处于从量的积累向质的飞跃、点的突破向系统能力提升的重要时期。

“要清醒认识到，自主创新是我国攀登世界科技高峰的必由之路，只有把核心技术掌握在自己手中，才能真正掌握自己的命运，才能从根本上保证我们的经济发展、民生改善、国家安全和世界和平。”中国科协主席万钢说。

5月24日，一年一度的“中国科技达沃斯”浦江创新论坛在上海如期举行，《中国新一代人工智能发展报告2019》发布：中国人工智能论文发文量居全球前列，企业数量、融资规模居全球第二，但引文影响力指标相对落后，共性技术平台、芯片处理器等企业数量较少，基础层领域发展相对薄弱。



“把握好历史大变局的趋势和机遇，必须向科技创新要答案。”科技部部长王志刚指出，面向未来中国将着力增强科技创新的体系能力，提高国家创新体系的整体效能。高度重视颠覆性技术突破，注重原创导向，加强从“0”到“1”的基础研究。

释放科技动能：人民对美好生活的向往是科技工作者的创新落脚点

科学技术从来没有像今天这样深刻影响着国家前途命运，从来没有像今天这样深刻影响着人民生活福祉。

午休时刻，北京云知声信息技术有限公司负责人黄伟及部分科研人员还在忙碌着。自主研发的车载芯片、集成语音识别技术的智能家居……在出行、家居、医疗等领域，黄伟构建了一张人工智能“技术图谱”，将技术与使用场景衔接，构建一系列服务生活的“未来场景”。

“科技要发展，必须要使用。用科学的力量解决实际问题，也在解决问题的过程中为科学发展提出新思考、新课题。”黄伟说。

在国民经济主战场中，广大科技工作者提供了解决现实问题的“妙招”，也把惠民、利民、富民作为科技创新的重要方向。

一进入中国科学院自动化研究所的办公楼，几名科研人员正在测试机器人。在这里，平均每年诞生近10个高科技产业化项目，推动人工智能研究与医疗、安防、先进制造等应用领域深度融合。

中国科学院自动化研究所研究人员程健认为，前沿技术需要落地并帮助其他领域升级转型，让各行业用上人工智能、用好人

工智能。一代人有一代人的使命，推动经济社会更平衡更充分发展已成为新时代科技发展要实现的重要目标，是如今全国9100万科技工作者承担的历史责任。

化解科技痛点：瞄准世界科技前沿、甘坐冷板凳

5月25日，四川成都。2019中国计算机学会青年精英大会在这里举行，人工智能、光电芯片、信息技术……这些高精尖原创技术的现状和前景，在会场激起共鸣和沉思。

中科院西安光机所副研究员米磊认为，经过几十年发展，我国已经成为科技应用大国，但在关键核心技术上还有相当多的不足，未来我们要掌握更多“硬科技”，并将其真正转化为社会生产力。

关键核心技术被卡脖子是

“燃眉之急”。在中科院院长白春礼看来，信息通信、高端装备、工业基础材料、航空航天、生物医药等关键领域和关键产业的一些短板，是加快建设世界科技强国必须迈过的一道坎。

作为科技国家队，中科院从去年开始新启动了计算系统、网络安全等先导科技专项，要求项目责任人立“军令状”，明确了不“申报奖励、不调动工作、不从事其他项目工作”的“三不”原则，让科研人员心无旁骛，集中攻关。

白春礼说，补齐所有短板不可能一蹴而就，关键核心技术能否突破，很大程度上依赖于我们的基础研究水平。

统计显示，我国基础研究占研发投入比重为5%左右，低于发达国家的平均水平。“与世界科技强国相比，我国基础研究和原始创新能力依旧存在明显差距，广大科技工作者还要再接再厉、接续奋斗。”清华大学副校长薛其坤说。

在这个充满活力的5月，全国9100万科技工作者正共同为建设创新型国家凝心聚力。大家表示，一定会勇担重任、勇攀高峰，当好建设世界科技强国的排头兵。○

来源：新华网

“礼赞共和国、追梦新时代”，中国自动化学会成为首批“中国科技志愿服务百家学会”

为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，贯彻落实习近平总书记关于科技和群团工作的重要指示精神，在喜迎中华人民共和国成立 70 周年和第三个全国科技工作者日到来之际，中国科协举办“礼赞共和国、追梦新时代——科技志愿服务行动”主题活动，发扬“五四精神”、砥砺爱国奋斗，弘扬“爱国、创新、求实、奉献、协同、育人”的中国科学家精神，并将其融入“奉献、友爱、互助、进步”的志愿服务之中。此次活动特别邀请了全国百家学会和全国优秀工作者共同参与。

在活动当日，中国科协宣布成立中国科技志愿者总队，各全国学

会和省级科协逐步建立覆盖各级、各行业的科技志愿服务机制。

此次活动，中国自动化学会受到邀请出席，并接受了中国科协的授牌，成为了首批“中国科技志愿服务百家学会”。

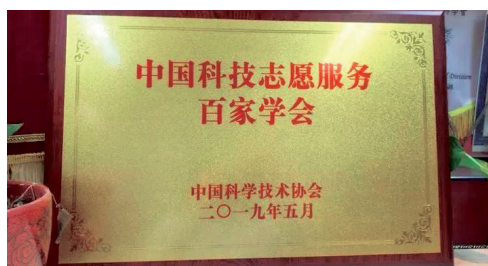
“研当以报效国家为己任，学必以服务人民为荣光。”中国科协党组书记、常务副主席怀进鹏在活动当天表示。

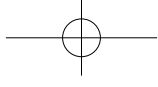
秉承这样的理念，中国自动化学会成立科技志愿者服务队，助力产业由“中国制造”向“中国智造”转型升级，充分发挥“学术大 V 下基层”的示范效应，带领感召广大自动化科技工作者以行动的力量，吹响智能化引领创新驱动发展的集结号。学会创新

服务模式，以学会服务站、院士工作站为载体，基于学术活动线上线下同步发挥人才和科技成果聚集效应，对地方产业发展问诊把脉，开展科技咨询与评价服务，助力国家重大战略区域自动化与智能产业集群化发展；以智慧教育创新科技扶贫模式，促进教育资源均衡发展。

为更好传承新时代科学家精神，深化基层发展服务，中国自动化学会将组织广大科技工作者投身于此，为推动科技攻关、成果转化、人才培养、智库咨询、科学普及、脱贫攻坚贡献自己的力量，传递精神火炬，谱写华彩篇章。○

学会秘书处 供稿





第三届全国人工智能大会在上海隆重召开

5月27日，由中国自动化学会和中国人工智能产业发展联盟共同主办的第三届全国人工智能大会在上海隆重开幕。来自全国从事深度研究的院士专家、洞察行业发展趋势的产业大咖、助力科技创新的企事业单位代表等500余位嘉宾，共同论道人工智能产业发展趋势，共话智能产业未来。





本届大会由中国自动化学会副理事长、CAA Fellow、上海交通大学教授李少远主持。



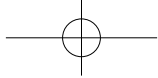
在开幕式环节中，中国工程院院士、CAA Fellow、中国自动化学会副理事长、同济大学校长陈杰致欢迎辞。陈院士指出，人工智能作为深刻改变社会生产力和生产关系的颠覆性技术，正引领着新一轮科技革命和产业革命向纵深推进，重构着人类的生产形式、生活方式和思维模式，催生着新技术、新产业、新业态。未来的智能将进一步增强，人机将共存、物理世界与虚拟信息世界将更加交互并行，人、物理世界的二元空间将转变为人、物理世界、智能机器、虚拟信息世界的四元空间。



中国人工智能产业发展联盟副秘书长王爱华在致辞中指出，作为引领未来的战略性通用技术，人工智能在全球范围内蓬勃兴起，为经济社会发展注入了新的动能。在国家政策支持及优势企业的投入下，中国人工智能产业发展正在进入快车道，一是企业数量不断增加，二是技术实力不断提升，人工智能理论算法、芯片、开源框架等领域有了可喜的突破，三是基础应用达到世界领先水平，语音识别、机器视觉、自然语言处理等创新活跃，四是行业应用不断涌现，智能 + 新技术、新模式快速涌现。



带来第一场大会报告的是英特尔中国研究院院长、中国自动化学会常务理事宋继强，报告题目是“融合聚变，AI×5G 的超异构时代”。宋院长在报告中指出，AI×5G 是两场技术变革的历史性交汇，会带来聚变效应。5G 的连接能力将推动万物智能互联，让提升的智能无处不在；AI 是通用技术，是数字时代的基础能力，为 5G 网络注入新动能，催生更大的价值，实现 5G 的智能和自能。传统的异构计算是为了完成任务采用了不同的计算方式，其实现方式有两种，一是一体化 SOC，一种是分体式板卡。而要想达到超异构计算，则需要三大要素：多架构多功能的芯片、多节点的先进封装技术、统一的异构计算软件。最后指出英特尔的技术愿景为实现超异构计算时代，提供多样化的标量、矢量、矩阵和空间架构组合，以先进制程技术进行设计，由颠覆性内存层级结构提供支持，通过先进封装集成到系统中，使用光速互连进行超大规模部署，提供统一的软件开发接口以及安全功能。



ACTIVITIES [学会动态]

华为公司战略部总裁、中国自动化学会常务理事张文林在题为“普惠 AI：给教育最新的科技，给科研最强的算力”的报告中指出，AI 产业化发展面临的三大挑战，一是算力昂贵，二是 AI 应用开发门槛高，三是专业人才缺失，人才是 AI 走向产业纵深的关键，目前的 AI 只能解决单场景比较简单的任务，还处于“碎片化”产业中，因此需要将基础研究、人才培养和整个生态的建设协同起来，推动整个通讯产业、网络产业走向产业化。在谈到华为理念时，张文林指出无论是教育内容还是科研装备，都应该与产业界协同，运用最新的科技成果，与产业界形成一个密切的互动和循环，华为所希望的 AI 是普惠的科技。

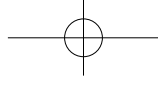


欧洲科学院院士、中国自动化学会副理事长、CAA Fellow、澳门大学讲座教授陈俊龙，在题为“基于判别式宽度学习的数据建模与分析”中，对判别式宽度学习的数据建模进行了介绍和分析，重点探讨了带异常值和标记错误的数据建模问题。通过假设回归残差和输出权重遵循其各自的分布，能够得到鲁棒的宽度学习系统，并指出结合正则化理论可以提高 RBLS 的鲁棒性。



ABB（中国）首席技术官刘前进的报告题目是“机器与人：从协作到共事”。报告回顾了传统工业机器人到协作机器人的发展历程，并指出随着协作机器人的研发应用，人机协作正在迈入新阶段。人工智能是实现人机协作的有效手段，在人机协作的未来发展中，确保安全以及提升机器学习的能力是关键，同时也重点关注机器人安全协作、易用性、自适性、可移动性、自我意识和环境意识等一些领域的发展。最后指出，通过人机协作的生产方式将大大提高生产灵活性，推动未来柔性生产。





【学会动态】ACTIVITIES



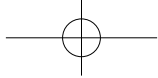
中国信息通信研究院云大所人工智能部副主任王蕴韬先生在题为“AIIA DNN BENCHMARK ‘从芯’测试”的报告中指出，产品支持 AI 特性，便需要 AI 加速芯片或其它一些拥有强大计算能力的 IP，通过集成专用 AI 加速芯片或专有 AI 解决方案，帮助产品达成更加强大的性能。而基于清晰指标体系的技术评测能够去伪存真，推动产业健康发展。在报告中，王主任详细介绍了名为 AIIA DNN BENCHMARK 的第三方评测，对芯片评选的指标、方式进行了深度解读，为在场企业参与者提供了全新的技术解决方案。最后指出，相信随着芯片评测方式的愈加成熟，每一个志在发展 AI 性能的公司都能找到更符合发展需求的道路。



主论坛最后一个进行报告的嘉宾是中国工程院院士、CAA Fellow、中国自动化学会监事、华东理工大学教授钱锋，报告题目是“人机共融流程工业智能系统—人工智能与流程制造深度融合”。报告首先从人工智能赋能新时代，国内外人工智能技术发展进程和我国人工智能发展的政策环境出发，分别从流程制造高质量转型升级和人工智能赋能制造业两个角度阐述了二者互相融合的重要性。结合流程制造的发展现状和需求，分析了流程制造期待人工智能做什么，并给出了两个应用场景案例；进而，报告分析了我国流程工业转型升级重大需求，探讨了以“智能制造 + 绿色制造—> 高端制造”为目标的智能优化制造愿景，即实现资金流、物质流、能量流和信息流的“四流合一”，利用人工智能等现代信息技术实现企业的智慧决策与智能生产；报告最后围绕人工智能与流程制造深度融合实现智能优化制造凝练了相关工程科学问题，即（1）AI 如何支持资源与能源的高效配置与利用，构建知识驱动的制造过程决策自动化系统；（2）AI 如何支持全流程生产过程的控制与优化运行，构建基于模式认知的智能自主调控系统；（3）AI 如何支持流程制造企业更安全和更环保，构建全生命周期安全环境足迹监控与风险溯源系统，等等。围绕上述工程科学问题，报告以需求驱动、应用导向为目标，提出了当前流程工业制造系统智能化的主要研究内容和关键技术，并给出了工业应用示例。

5月27日下午，本次大会还安排了人工智能 + 无人系统、人工智能 + 智能制造、人工智能 + 工业互联网安全四场专题论坛，数十位专家学者将共同就人工智能在无人驾驶、智能制造、工业控制等众多领域的前沿研究展开对话，对中国未来人工智能产业的发展建言献策。○

学会秘书处 供稿



第 11 期智能自动化学科前沿讲习班 在北京成功举办

5 月 18-19 日, 由中国自动化学会主办的第 11 期智能自动化学科前沿讲习班在北京·北京理工大学成功举办, 此次讲习班主题为“智能物联网”, 由中国自动化学会监事长、中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国

家重点实验室主任王飞跃研究员和阿里云首席物联网科学家丁险峰共同担任学术主任, 邀请十余位专家进行学术报告。五十余位来自全国各相关高校、科研院所、企事业单位的相关科研人员参加了此次讲习班。

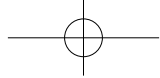
18 号上午的讲习班由北京理工大学自动化学院副院长甘明刚教授主持, 甘教授对各位代表到北京理工大学参加此次讲习班活动表示热烈的欢迎, 并对北京理工大学和此次活动作了简要的介绍。

第一位为大家带来报告的是此次讲习班学术主任王飞跃研究员, 报告题目为“智能时代的 5G 互联”。报告从人工智能的基本现象讲起, 提出物理空间、网络空间、物理世界、心理世界、人工世界组成的五度空间, 工业 5.0 的本质是迈向平行智能产业, 报告最后对实现中国智能梦作了展望。



西门子工业物联网首席技术顾问范迪带来题为“开放工业物联网助力中国企业数字化转型”的报告。当今, 数字化变革深刻影响中国社会, 2017 年大数据产业总体规模为 4700 亿元人民币, 同比增长 30%; 报告介绍了工业数字化的进展和发展价值, 并对数字化转型成熟度模型评估流程作了简要的介绍。报告主要对西门子 MindSphere 进行了详细介绍, 其中包括 MindSphere 的架构及典型应用等。





【学会动态】ACTIVITIES



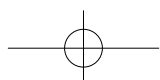
“超越摩尔”集成电路公共研发平台上海微技术工业研究院的 CEO 丁辉文作了题为“智能感知和物联网时代的创新”的报告。智能物联网是未来的高增长领域，其中智能感知是关键创新点。报告介绍了智能感知和一些典型物联网应用，并着重讨论了其中的创新、载体和商业模式。

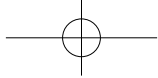


中移物联网有限公司开放平台部副总经理刘琨带来题为“深耕物联网能力供给，探索行业场景应用”的报告。报告首先介绍了物联网产业发展，并对物联网行业的应用发展作了简要介绍，提出了物联网产业的十大应用领域，并对中国移动的典型应用方法作了介绍，报告最后刘总对物联网的发展作了展望。



博世物联设备事业部亚太区总经理曲永雷所作报告题目为“MEMS 传感器技术及行业应用前景”。报告详细介绍了 MEMS 微电子机械系统传感器的定义及应用，提到 MEMS 传感器应用到智能手机和平板电脑，可穿戴设备和助听器、无人机、AR/VR 等相关领域，已经在服务公众日常生活服务作出了很大的贡献。



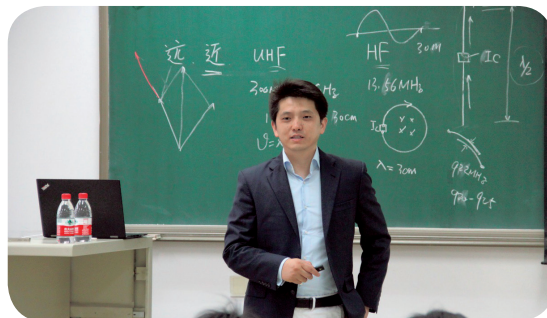


ACTIVITIES [学会动态]

由北京邮电大学射频技术与电磁兼容研究中心主任李秀萍带来题为“远近场 RFID 系统及其在复杂场景中的应用”的报告。大多物联网应用的环境都很复杂，无法用单一的硬件系统解决所有的环境应用问题。超高频射频识别系统的可靠性和稳定性是影响其应用的关键所在，100% 的读取率是 RFID 系统追求的终极目标，李教授的报告给出为了实现这一目标的主要工作：（1）远场系统解决方案：提出双面扫描和轮询扫描天线阵，实现了 双面 $\pm 60^\circ$ 的扫描范围和 10 dBi 增益，获得在读写器低功率输出情况下的 100% 读取率。（2）近场系统解决方案：针对近场系统，提出磁场耦合的近场天线方法，实现了分段耦合、折叠以及功分馈电双偶极子结构，获得了近场 RFID 系统 100% 的精确覆盖效果。（3）标签天线：引入寄生回路以及超材料结构，达到了展宽标签天线带宽和改善灵敏度的目的；提出结合神经网络模型的天线建模方法，开发了 RFID 标签天线快速仿真和优化平台。

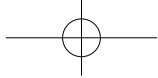


武汉大学张俊教授作了题为“智联网：概念、理论与架构”的报告。报告首先阐述了工业网联产生的时代需求和技术背景，然后探讨了智联网的基本概念、内涵与体系框架结构。报告从智能控制、信息系统、知识工程系统、可信人机混合智能系统几个大方面阐述了工业智联网的技术与应用，并在最后对智联网发展路径规划进行了展望和预期。



工业 4.0 研究院院长兼首席经济学家、开源工业互联网联盟理事长胡权的报告题目为“工业互联网体系下的控制系统命题”。报告指出，从工业互联网体系的视角来看，自动化设备作为数据主要来源，将面临数据一致性、互联互通和可重用等挑战。自 1968 年 PLC 产生以来，研发开放架构的控制系统，一直是各界专业人士追求的目标，其中包括美国 1989 年探索的下一代控制器（NGC，Next Generation Controller）等，与此同时，IEC 也推出了 61131-3 和 61499 等标准。从国际通行做法来看，利用开源项目实现相关标准，降低各厂商采用标准的难度，实现不同自动化设备和控制系统之间的互联互通，这也是工业互联网平台真正发挥价值的基础。





【学会动态】ACTIVITIES



北京航空航天大学陶飞教授作了题为“从工业 4.0 到数字孪生”的报告。工业 4.0 两大主题分别为智能工程成为发展方向和构建嵌入式制造“智能生产”系统，陶教授的报告对中国智能制造的现状进行了解析，并解释了数字孪生的概念研究现状及行业应用等。

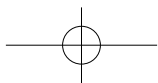


讲习班学术主任、阿里云首席物联网科学家丁险峰的报告题目为“数字化物理世界与数字化转型升级之间的关系”。物联网的使命是数字化物理世界，不仅仅万物互联，在云端建立一个数字世界，并且建立一个数字世界操作系统，以此优化物理世界的运行效率。阿里云将从通信行业讲述通信的发展趋势，从控制行业来讲述数字世界，从计算学科出发讲述普适计算，从而推到如何学习安卓来发展物联网时代的物理世界抽象层和数字世界操作系统。



最后，博拉科技 CEO 周公爽作了题为“数据驱动工业互联网”的报告。报告以工业互联网发展的商业模式创新和技术创新为主线，详细解析了工业互联网的发展背景、技术路线、技术架构和典型应用场景，同时对工业互联网的边缘层、IOT Pass 层、工业 Pass 层、工业 APP 几个层次做了详细的分析，力求寻找工业数据对制造型企业的价值点。○

学会秘书处 供稿





数字智造贵阳论道

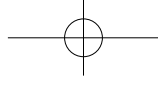
——2019 中国国际大数据产业博览会数字驱动智造未来论坛成功召开

5月25日，2019中国国际大数据产业博览会“数字驱动智造未来论坛”在贵阳国际生态会议中心举行。论坛由中国自动化学会主办，众诚智库咨询顾问（北京）有限公司承办。中国工程院院士倪光南、贵阳市副市长唐兴伦、工信部工业文化发展中心主任助理韩强、贵阳市白云区副区长胡伟、清华大学国家CIMS中心工程部主任赵骥、中国自动化学会理事、湖南大学教授张小刚、中国自动化学会党支部副书记吕爱英、众诚智库信息化研究中心总经理张艺山等专家在内的200余人参加了本次论坛。

本次论坛分为了四个部分，分别是开幕式、权威观点、最佳实践和高端对话。

开幕式在主持人张小刚的主持下拉开序幕，贵阳市唐兴伦副市长代表贵阳市人民政府向与会嘉宾表示了欢迎。他在致辞中指出，今年的政府工作报告中李克强总理提出了“智能+”的发展理念，在未来“智能+”的转型升级将对国民经济的增长、人民生活质量的提高和抢占未来世界制造业的新格局等方面有着重要作用。数字驱动智造未来的召开恰逢其时，论坛的召开将为贵阳市的制造业发展建言献策，为推动行业发展而努力，为早日实现伟大中国梦不懈奋斗。





【学会动态】ACTIVITIES



中国工程院倪光南院士进行论坛致辞，他首先向论坛的组织单位表示了感谢，随后对目前智能制造行业的发展形势和“智能+”的内涵进行了介绍，对“十四五”期间智能制造产业链的重要环节进行了研判，他预计，到2025年，国内人工智能芯片产业规模将达到1000亿元，智能传感器的国产化率达到50%以上，产业规模突破千亿，成为支撑工业互联网和智能制造的新型基础产业。他还指出，智能工控设备产业将迈上高质量发展的新台阶，智能制造新模式不断创新，带动国内智能工控产业向中高端迈进，产业规模达到万亿元级别。



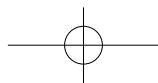
权威观点阶段，工信部工业文化发展中心主任助理韩强分享了其在国家工业文化对于制造业人才培养、技术创新和制造业转型升级的影响力，他呼吁发展工业的同时要补足工业文化的传承和发展，在软硬实力共同发展。



众诚智库信息化研究中心总经理张艺山代表中国自动化学会和先进制造业发展联盟理事长单位——众诚智库发布《2019先进制造业发展白皮书——先进制造之人工智能驱动力》白皮书。白皮书从全球政策、产业结构、学术科研、营销服务、创新应用和运营保障等多个角度进行先进制造业的深入剖析，报告中选取中国内地36个直辖市、计划单列市、省会城市作为研究对象，旨在帮助各区域城市了解人工智能自身发展的程度和在全国所处的位置，为我国人工智能产业发展，尤其是在先进制造业的发展与应用提供了方向性的指引，同时为企业和投资者未来布局提供参考。



由中国工程院院士吴澄教授担任主任的清华大学国家CIMS中心是拥有全方位智能制造技术支持、工程实施、咨询培训能力的国家级综合性科技中心。清华大学国家CIMS中心工程部主任兼培训中心主任赵骥重点讲授了在家用电器企业、纺织企业、环保企业、飞机制造企业、电线电缆企业的智能工厂管控技术研究与应用实践案例。以理论与实践相结合的报告内容给予了现场嘉宾很好的启发。



最佳实践阶段，哈工大机器人（合肥）国际创新研究院常务副院长李文兴以“AIoT+ 化工安全生产解决方案”为题，介绍了哈工大机器人集团在能源化工安全领域的安全管控综合性的解决方案，该方案具有低成本、高效率、全覆盖和强应急的特点，在危化品监控、智慧消防、智慧环保和能源监控等领域有着较好的应用前景。

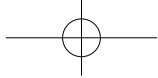
四川长虹智能制造技术有限公司总经理邓慧以长虹智能制造经验分享为题，介绍了长虹智能制造 IE（工业工程）+AT（自动化）+IT（信息化）的集成策略，提出了过程精细化、生产少人化和工厂数字化的解决方案。目前长虹智能已经在创新制造模式、智能装备研发、信息化建设、国家级示范项目建设等方面取得较好的成绩，在未来将重点发展“基于行业协同的工业互联网平台”“基于物联网、云计算的智能制造”“基于互联网、大数据的工业大数据”等技术及平台。

论坛最后的高峰对话环节，以“赋能万物 智造未来”为主题开展交流，对话环节由众诚智库高级副总裁李瑞斌主持。中国振华（集团）新云电子元器件责任公司信息中心主任杨瑞、山东步长制药股份有限公司大数据中心总经理王湛、罗克韦尔自动化（中国）有限公司自动化与软件部门技术顾问主管林李智、贵州大学电气工程学院院长李泽滔 4 位嘉宾参与了高峰对话环节，4 位嘉宾分别就各自的单位的基础和个人的知识与经验，从创新应用、运营管理、解决方案和学术研究等角度分享了真知灼见。论坛最后在观众们的阵阵掌声中成功闭幕。



本次论坛研讨了大数据驱动下的智能制造的核心技术的未来发展方向，促进了国内外产学研用金的合作与交流，达到了预期的效果。对于国内企业深化融合工业大数据和工业互联网在制造业的应用，推进企业转型升级，挖掘新技术、新产品、新解决方案，培育新动能，形成新生态等方面具有重要意义。本次论坛将有效推动工业资源的优化集成和高效配置，加快中国制造业经济的高质量发展。○

学会秘书处 供稿



中国自动化学会十一届四次正副理事长、六次秘书长工作会议在哈尔滨召开

6月29日，中国自动化学会十一届四次正副理事长、六次秘书长工作会议在黑龙江省哈尔滨市召开，21位正副理事长、秘书长出席会议。会议由学会理事长郑南宁院士主持。

首先，学会秘书长张楠从基础性工作和重点推进工作两方面入手，汇报了学会2019年在学术

引领、学术交流、学术奖励、智库、会员发展、工程教育认证、国际合作交流、国际一流期刊以及党建工作等方面的工作计划以及第二季度的进展情况。

随后，学会各位副秘书长从组织管理、学术引领、科技奖励、出版宣传、财务、会员发展、工业科技、社会服务、科普与外事

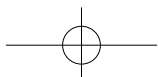
等方面对学会2019年4-6月份重点和亮点工作进行了整体的汇报。

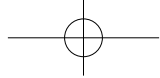
在具体议题讨论环节中，会议讨论并通过了中国自动化学会“预测控制与智能决策专业委员会”的成立申请，听取了2019中国自动化大会相关事项等，并提出了具体修改意见。

在自由讨论环节中，与会代表集思广益，各抒己见，就学会下一步工作提出了宝贵的意见和建议。

最后，郑南宁理事长在总结发言中，高度肯定了学会近期开展的各项工作，并指出任何成就的取得都是依靠点滴平凡工作的积累，只有这样才能最终铸就学会蓬勃发展的未来。希望各位理事长与秘书长能够继续发挥各自优势，推动学会工作不断向前发展。

学会秘书处 供稿





中国自动化学会全国秘书长工作会议在哈尔滨召开



6月30日上午,CAA院士专家龙江行之中国自动化学会2019全国秘书长工作会议在黑龙江哈尔滨召开,79位分支机构、省级自动化学会、期刊编辑部代表参加了会议。会议由学会秘书长张楠主持。

中国自动化学会副理事长王成红教授首先向在百忙之中来到现场参会的各位代表表示了热烈的欢迎,同时表示分支机构和省级学会是学会开展活动的重要组成部分,在学会的蓬勃发展中起到了非常重要的作用。面对未来,也殷切希望各单位能够深切领悟时代责任,强化自身建设与管理,深化交流,密切合作,推动学科发展,为学会整体工作发展贡献力量!

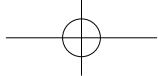


中国自动化学会秘书长张楠代表秘书处从学会建设、2019年建设计划几个方面对学会上半年的工作进行了介绍,并指出学会的群众组织力、学术引领力、战略支撑力、文化传播力、国际影响力等方面都在显著提升,未来学会还将继续完善组织机构,努力将CAA建设成为深受科技工作者喜爱的会员之家。



中国自动化学会副秘书长孙长生重点介绍了学会在智航助学助教方面的工作进展。他表示,近年来学会始终坚持在坚持智航助学助教,并且取得了显著效果,在各方努力下,通过项目组合、考察家访、教师培训、智能教育兴趣班等形式,极大地丰富了学生的学习方式,学校的教学工作也取得了丰厚成果。未来,学会还将在此方面继续建设,帮助更多学生走上智航之路。





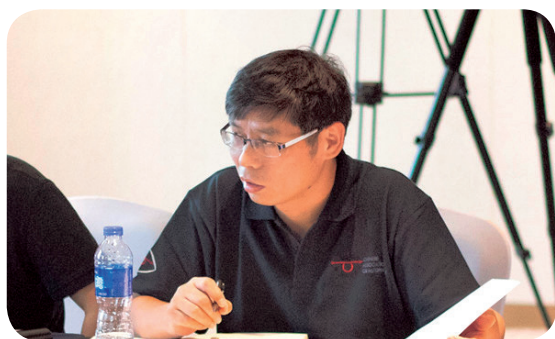
【学会动态】ACTIVITIES



黑龙江省自动化学会秘书长、黑龙江省科学院智能制造研究所所长吴冈进行了题为“智能制造协同创新对产业发展的支撑和作用”的发言。他表示，智能制造是一系列涉及业务、技术、基础设施及劳动力的实践活动，通过整合运营技术和信息技术的工程系统实现制造的持续优化。国内 90% 制造企业处于工业 2.0 水平，具有巨大的提升空间，蕴藏着巨大的经济潜力。由于政府、企业、高校、院所之间缺乏协同，资源分散，彼此间存在障碍，造成智能制造产业推进缓慢，亟需通过政产学研协同创新体系的打造服务传统制造业转型升级，挖掘和释放智能制造给实体经济发展带来的动力和活力。而黑龙江省自动化学会及黑龙江省科学院智能制造研究所近年来在此方面成果卓著，通过改变供需顺序，从自主研究向根据企业需求研究产品转变，黑龙江省科学院智能制造研究所正在逐渐完成智能制造的转型升级之路，成为更加符合现代工业生产需要的组织机构。



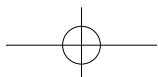
科技日报社社长王康友进行了题为“科技社团的新使命，新担当”的报告。他重点讲述了科技团体的历史使命，指出无论科技救国还是科技兴国，科技社团支援祖国建设的使命始终未变，虽然我们距离国外的百年学会尚有一段距离，但仍要坚定不移地开展学会活动，加强组织建设。同时他对中国自动化学会近年来的工作给予了高度评价，并指出未来我们还要增强实力、发挥优势、处理好各种关系，为打造高水平学会办事机构及人员队伍而努力。



上午报告环节结束后，中国自动化学会监事长王飞跃教授和中国自动化学会副理事长李少远教授作总结发言，希望在今后的的工作中，学会能够充分利用自身优势，累积经验，创新驱动发展，进一步推动学会工作规范有序的进行。

下午进行的是 2019 年全国秘书长工作会议分组研讨会，分别就群众组织力与学术引领力、战略支撑力与文化传播力两项主题进行交流与讨论。

在第一组研讨会中，来自学会分支机构、各省级自动化学会、期刊编辑部共 40 余位秘书长参加了此次研讨。会议由学会仪表与装置专业委员会秘书长石明根和学会工业控制系统信息安全专业委员会秘书长程鹏主持。分组研讨会会议主题为：群众组织力与学术引领力，主要研讨学会分支机构、省级自动化学会党建、学会会员发展与服务、学术会议品牌提升、学科发展、技术前沿报告、路线图等相关工作。



研讨会邀请了部分分支机构秘书长作典型发言，首先是由控制理论专委会秘书长刘志新带来题为“中国控制会议分享”的报告。控制会议是由控制理论专委会发起，距今已经成功举办 37 届。会议投稿量和参会人数逐年增加，会议得到了多方的大力支持，其中包括海外协办单位的大力支持。会议交流形式多样，除了大会报告之外，还组织了大会专题研讨和会前会。刘志新秘书长表示控制领域的品牌会议的成功举行要感谢学会长期以来的支持。



应用技术专委会李亚丽的报告题目为“智能制造引领行业创新发展学术服务助力企业转型升级”。在会上，她对应用技术专业委员会的工作进行了介绍，并提出应用技术专业委员会将继续团结广大工业企业自动化科技工作者提高自主创新能力，支撑国家重大工程和重大任务，服务经济社会发展，愿与各界同仁为共同的自动化事业作出贡献。



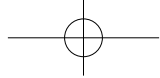
最后是由来自《模式识别与人工智能》期刊编辑部主任关柯作期刊工作汇报。该期刊的宗旨是发表和报道模式识别、人工智能、智能系统等方面的研究成果与进展，旨在推动信息科学技术发展。其服务对象：国内外各高等院校、研究机构 and 企业的科研人员、教师、工程技术人员及研究生和高年级大学生。该刊自 1989 年创刊以来，已成为模式识别、人工智能学术界有较大影响的刊物。



石明根组长对各位报告人的发言进行了总结，指出分支机构是学会的中坚力量，是学会聚拢领域内科技工作者的重要渠道，拥有一批有活力、积极活动的分支机构，是成为一流科技社团的重要标准之一。

在第二组研讨中，与会代表就自动化发展的“战略支撑力与文化传播力”主题进行了讨论，并对“学会智库充实与发展”“人才培养与继续教育”“科技成果鉴定及团体标准制定”“优秀科普作品产出与推广”等具体议题进行了论述。会议由安徽省自动化学会秘书长李鑫教授和黑龙江省自动化学会秘书长吴冈主持。





【学会动态】ACTIVITIES



机器人竞赛工作委员会王景川从中国机器人大赛与RoboCup 中国赛入手，对赛事的现状和发展进行了介绍。他表示，RoboCup 中国赛和中国机器人大赛近年来逐步分为两个赛事，并在中国生根发芽，成为中国高校备受瞩目的赛事，未来，这两项赛事还将继续壮大，为机器人的普及发展作出贡献。



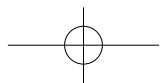
中国自动化学会副秘书长孙长生进行了题为“团体标准制定过程与推进”的发言。他表示，标准是推动企业生存、发展的重要技术基础，建立现代企业制度的重要技术依托和实现管理现代化的捷径，在社会化大生产中产业链条间起着技术纽带作用。在发电行业，有章可循，有据可依，有正确的工作流程管理规范，是电力生产安全高效的重要技术手段。此外在实际工作中不断的检验、观察、探讨各类标准的实际作用，也是推动科学管理必要的进程。



黑龙江省科学院智能制造研究所培训中心主任李乃川的报告题目为“自动化教育培训发展趋势”。他认为，如今的自动化培训分为两种，一种称为工业机器人培训，这种培训区别于传统 PLC 培训，不仅仅是以产品为目的，而是包含设计、组装、视觉、造型的综合培训。而另一种数字化与智能化培训，偏重于工业互联，通过将互联网与自动化相连，培养精通软件和自动化的交叉领域人才，为自动化的发展打好基础。

在自由讨论环节中，与会代表就会议中的各个议题进行了充分的讨论，代表们集思广益，充分发言，对自动化未来的发展提出了富有建设性和创新性的想法和建议；并一致表示在今后的工作中，将进一步发挥自身优势，与各组织机构间加强联系，继续推动学会繁荣发展。○

学会秘书处 供稿





中国自动化学会走进哈尔滨工程大学，
学术报告会圆满召开

6月29日，中国自动化学会龙江行系列活动之CAA走进哈尔滨工程大学学术报告会在图书馆报告厅举行。中国工程院院士、中国自动化学会副理事长、中国自动化学会会士、中南大学教授、有色金属工业自动化专家桂卫华院士，中国自动化学会副理事长、中国自动化学会会士、山东大学特聘研究员王成红教授，哈尔滨工程大学自动化学院院长赵玉新、副院长张勇刚及师生代表二百余人出席了此次活动。

桂卫华院士作题为“人工智能助力制造业升级”的精彩报告，介绍了有色金属工业的发展历程及面临的挑战、有色金属生产的绿色、高效与智能化、人工智能技术助力有色金属生产智能化和有色金属生产智能化对人工智能的挑战。王成红教授作题为“从卡尔曼框架到新型智能控制框架”

的报告介绍了人工智能相关领域、经典控制论框架、卡尔曼框架和新型智能控制框架。

人工智能是引领这一轮科技革命和产业变革的战略性技术，具有溢出带动性很强的“头雁”效应。加快发展新一代人工智能是赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手，是推动我国科技跨越发展、产业优化升级、生产力整体跃升的重要战略资源。此次报告会立足现实、展望未来，为人工智能领域的青年学者们提供高水平的学习交流平台，为哈尔滨工程大学人工智能方向的蓬勃发展注入活力！两位顶级学者报告完毕后，和与会同学进行了亲切的交流，在近距离面对学术大咖的时刻，同学们表现得十分踊跃，现场讨论氛围热烈。

当日下午，作为中国自动化学会走进哈尔滨工程大学的另一



【学会动态】ACTIVITIES



部分,“我和优博有个约会”学术交流会在校内 61 号楼 3160 室举行。中国自动化学会优秀博士论文获得者、新加坡南洋理工大学计算机科学与工程学院助理教授邓瑞龙,中国自动化学会优秀博士论文获得者、中南大学自动化学院罗彪教授,哈尔滨工程大学自动化学院副院长张勇刚及师生代表三十余人参加了此次交流会。

智能电网通常被认为是信息 - 物理系统的典型代表,其目的是借助信息和通信技术来自动收集和處理电表数据,实现在灵活性、可靠性、高效性、安全性、经济性、可持续性、环境友好性等方面的提升,保证智能电网的网络安全成为关键基础设施安全的重要任务。针对这一问题,邓瑞龙博士作题为“从信息 - 物理系统的视角谈智能电网的网络安全”的精彩报告,介绍了一种典型的智能电网网络攻击,并提出保护

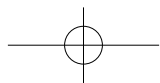
智能电网免受网络攻击的防御方案,同时介绍了智能电网的一类利用网络攻击来掩盖物理攻击的协同信息 - 物理攻击,并提出了相应的有效对策。

对于许多实际工业过程,系统动态往往非常复杂,并存在各种不确定性及干扰,因而无法精确建立系统的数学模型。随着信息技术与传感器技术的快速发展,工业数据的获取变得越来越简便。因而,如何有效的利用实际数据进行优化与控制设计,近年来得到了学者和工程师们广泛关注。针对这一问题,罗彪博士作题为“基于

脱策强化学习的数据驱动优化控制方法”的报告,介绍了在系统模型未知的情况下,基于实际系统数据学习出优化控制策略,解决了无模型最优与 H-in 控制问题。

在报告会结束后,邓瑞龙博士和罗彪博士还就学术论文写作、学术课题选取、博士学习和研究方法等问题和师生们进行了热烈的讨论和交流,取得了良好的效果,为博士研究生未来学术研究工作地开展提供了新的思路。○

学会秘书处 供稿





CAA 科普下基层活动

——中国自动化学会走进徐家川学校和马营中学

为深入推进智航助学助教工作，探索建立科技助力精准扶贫的长效机制，中国自动化学会于5月31日在甘肃通渭举办“党建强会”CAA 科普下基层一走进徐家川学校和马营中学活动。中国自动化学会秘书长张楠、中国自动化学会副秘书长孙长生、国家发改委能源局通渭县挂职副县长孙元辛，通渭县教育局副局长史彦红，国家发改委能源局通渭县平襄镇孟河村挂职驻村第一书记谷双魁及学校师生共100余人参加了此次活动。

中国自动化学会秘书长张楠

介绍了学会的基本情况、发展历程以及此次活动的目的和意义，并指出，中国自动化学会为响应党中央“精准扶贫、精准脱贫”的战略思想，近年来始终以习近平总书记重要指示精神为指引，组织动员广大科技专家投身科技精准扶贫，助学助教，并取得实效。

在此次活动中，学会及青岛飞跃机器人有限公司、深圳勇艺达机器人有限公司分别向学校赠送了百余本书籍和16个智能机器人产品。徐家川学校、马营中学校长对学会一直以来的关心、指

导和支持表示了诚挚的感谢，并向学会赠送了印有“教育扶贫暖人心，智能科技助脱贫”的锦旗。

科普报告环节中，中国科学院自动化研究所唐冲博士作了题为“机器人改变世界——无处不在的机器人”的报告。通过机器人科普报告带领同学们感知机器人世界的精彩，领略机器人科技的魅力，体会机器人给人类带来的便利，培养对机器人科技的兴趣。

中国自动化学会副秘书长孙长生高工在以“电知识科普”为题的报告中为同学们科普“电从哪里来？”，教会同学们如何“节



约用电”和“安全用电”，从抽象理论到具体应用，形式新颖，内容广泛，现场氛围浓郁，受到了同学们的热烈欢迎。

河南焦作华润热电有限公司白志刚高工为同学们带来题为“养成科学的思维习惯”的报告，以多个小组讨论为切入点，深入浅出的为同学们讲述了“什么是科学的思维”“为什么要有科学的思维”“科学思维有什么用处”。从多个实验层面引导同学们进行

创造性的思考，从而培养其科学思维。

最后是机器人互动环节，各类机器人备受欢迎，在互动中，公司负责人承担了主讲工作，带领孩子们了解各类机器人的由来，熟悉机器人的材料零件，并强调零件保管注意事项。为了让同学更直观地了解机器人的操作步骤，还给同学播放了组装机器人的视频，孩子们都感到兴奋，个个认真听讲。负责人表示希望同学

们通过接触人工智能机器人，启发其对机器人领域的认知和兴趣。

中国自动化学会积极响应党中央的脱贫攻坚部署，制定多项针对贫困地区的教育精准扶贫措施。截至目前，学会已在云南、贵州、陕西、甘肃等地建立10所智航助学助教基地，惠及人数达数千名学校师生。○

学会党支部 供稿





为深入推进学会科普工作，提升学会科学传播能力，建立常态化科普工作长效机制，中国自动化学会于6月24日在浙江余姚举办“党建强会”CAA科普下基层——走进余姚市第二实验小学。中国自动化学会秘书长、党支部书记张楠，中国自动化学会党支部副书记吕爱英，中国自动化学会副秘书长王坛，余姚市科协主席张志红主席、副主席陆哲学、部长邱学君出席此次活动。

在此次活动中，学会党支部为学校师生带来了精彩纷呈、内容丰富的科普报告会。学会秘书长兼党支部书记张楠介绍了学会的基本情况、发展历程以及此次活动的目的和意义，希望通过此次报告会能够让更多的学生了解自动化、爱上自动化。

中国科学院自动化研究所崔少伟博士在题为“机器人改变世界——无处不在的机器人”的报告中，深入浅出地介绍了机器人



的概念、组成，机器人在家庭、学校、医院、敬老院、工厂、海底、外太空等场景的应用以及服务机器人的最新研究进展。

中国自动化学会出版宣传主管叩颖在“伟大的人民科学家钱学森爷爷”的报告中，从感动中国人物的颁奖词出发，对钱学森爷爷的生平、求学经历、五年归国路以及在航天事业中的重要贡献进行了详细介绍，希望学生能够从其经历中体会和学习钱学森爷爷淡泊名利、无私奉献的科学精神。

CAA科普下基层活动

——中国自动化学会走进浙江余姚市第二实验小学



【党建强会】PARTY BUILDING



活动期间，学会党支部为余姚市第二实验小学师生赠送科普图书学习资料，该校校长对学会和余姚市科协一直以来的关心、指导和支持表示了诚挚的感谢，并向学会赠送了印有“情系教育 大爱无疆”的锦旗。

此外，为助推宁波市“中国制造 2025”试点示范城市的建设贡献力量，学会充分发挥知识密集、人才荟萃的优势，在活动期间先后走访考察宁波伟立机器人科技股份有限公司和鑫高益医疗设备股份有限公司。



宁波伟立机器人科技股份有限公司工作人员具体介绍了公司的人员状况、管理团队、研发状况、规划设计等，并指出该公司从围绕注塑机为母机的自动化系统，延伸至金属加工自动化领域，目前已经成为我国领先的机器人自动化设备生产及研究企业，是一个提供多领域自动化、专业化解决方案的综合平台。

调研期间，各位专家通过宣传片主要了解了鑫高益医疗设备股份有限公司在磁共振研究、开发、生产和售后服务方面的成果，并参观了公司的展示区域及办公区域。

科学无止境，“科普”在路上。科普不仅是一门学问，还是一种情怀。在未来的道路中，中国自动化学会将以科普为基业，凝神聚力，打造一支专业化科普队伍，将科普工作上升为学会的一项基础性、经常性、常态化的工作。○

学会党支部 供稿



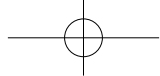
中国自动化学会与山东省自动化学会 开展党建强会临沂行

为迎接全国科技工作者日，开展全国科技活动周活动，5月16—18日，中国自动化学会携山东省自动化学会走访临沂，开展党建、科普、科技讲坛、企业对接活动。临沂市科协党组书记、主任徐勤夫，党组成员、副主任徐爱铎、李宝哲，临沂大学副校长池福安，临沂市教育局副局长丁成建，罗庄区委副书记候占夫、副区长王晖青、组织部部长葛龙江，罗庄区科协主席蔡明清，中国自动化学会党支部副书记吕爱英高工，山东省自动化学会理事长李贻斌教授、秘书长郑富全以及学会党支部部分党员，学会科普工作委员会、临沂经开区相关部门、临沂罗庄区科技馆、临沂市机器人协会等相关人员参加了活动。

一、走企业、进高校，开展创新驱动发展服务

与会专家先后到山东华盛中天机械集团有限公司、山东钰耀





【党建强会】PARTY BUILDING



弘圣智能科技有限公司实地考察，并在临沂大学自动化与电气工程学院进行报告交流。山东省自动化学会理事长李贻斌教授，分别为临沂市的机关企事业单位和高层次技术人才、临沂大学控制相关学科的师生，作了“人工智能与机器人”专题报告。报告后，围绕智慧农业设备、智能医康设备技术等企业创新领域的发展需求，围绕新工科背景下的学科建设以及校企技术协同与人才培养合作，进行了深入交流。

二、顺应智能发展、聚焦青少年教育，推进科普与培训

2018年，经山东省自动化学会推荐，临沂市“创客机器人中心”成功入选中国自动化学会科普教育基地。5月17日，中国自

动化学会吕爱英副书记和省自动化学会理事长李贻斌教授，为临沂市“创客机器人中心”进行了“中国自动化学会科普教育基地”揭牌仪式。5月18日-19日，临沂市中小学生机器人竞赛在临沂外国语学校举办，大赛由临沂市机器人协会等组织，参赛队伍600多支、学生1000多人。中国自动化学会、省自动化学会部分党员参加了开幕式。

三、红色文化为基、党建引领，加强会地协同服务

活动期间，围绕充分发挥临沂市革命老区的红色文化优势，积极打造全国性学会、省级学会、高校、企业联合的党建活动阵地，专家一行参观了沂蒙革命纪念馆、临沂大学红色教育馆等，在临沂



大学进行座谈交流。山东临沂大学副校长池福安，临沂大学自动化学院党委书记赵宗金，临沂市机器人协会会长程宝玉，省科协九大常委、罗庄区高都小学科技老师王克伟等，参加了参观与交流。为推进学会服务团队的建设，中国自动化学会、山东省自动化学会共同在临沂大学设立了“科技志愿者服务队”。

中国自动化学会、省自动化学会、临沂市机器人协会与临沂外国语学校进行了合作交流，省自动化学会理事长李贻斌教授被学校聘为“机器人与人工智能创新顾问”，校长张再河向李教授颁发了证书。○

学会党支部 供稿

“不忘初心，牢记使命”

——中国自动化学会十一届二次党委工作会议召开

中国自动化学会以“不忘初心，牢记使命”为主题，在哈尔滨召开第十一届二次党委工作会议。

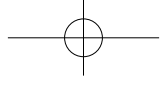
不忘初心再出发，牢记使命勇担当。中国自动化学会党委会集中开展了“不忘初心，牢记使命”主题教育，从“历史之维”“理论之维”“实践之维”，准确把握主题教育的重要意义，深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，以锤炼忠诚干净担当的政治品质，最终以党的建设不断推动学会工作的向前发展。

弘扬科学家精神、砥砺建功新时代。学会党委深入开展《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》学习活动，引导科技工作者自觉践行、大力弘扬新时代科学家精神，为营造风清气正的科研环境贡献自身力量，以构建良好的科研生态。

为进一步打造学会品牌奖励，凝聚世界科技人才，引领前沿科技成果，推动中国技术和人才走出去，学会党委会从宣传、评审等环节，对提升钱学森奖的知名度和影响力提出了具体意见。○

学会党支部 供稿





CCHI2019
The 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence

第二届中国认知计算与混合智能学术大会

The 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence

2019年9月21-22日 中国·西安

征文通知

第二届中国认知计算与混合智能学术大会 (CCHI' 2019) 将于2019年9月21日至22日在中国西安举行。本届大会由国家自然科学基金委员会信息科学部、中国自动化学会、中国认知科学学会和西安交通大学共同组织,旨在推动人工智能相关领域的研究与发展,为从事人工智能相关研究的学者、工程师、教师和学生提供交流的平台。大会将由世界知名学者的特邀报告、经严格遴选的口头论文报告和海报展示以及工业直展组成。本届大会录取的英文论文将被推荐至IEEE Xplore数据库,而且通过专家评审的优秀论文将被推荐至IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, Cognitive Computation and Systems、《自动化学报》、《模式识别与人工智能》等国内外学术期刊上发表。

征文主题 (包括但不限于)

- 混合智能
- 知识与数据驱动的认知计算
- 自然语言理解
- 知识表达与推理
- 统计学习与深度学习
- 先进感知
- 计算机视觉
- 智能机器人
- 多智能体与群体智能
- 人机协同的智能技术与系统
- 人工智能新型计算架构与芯片
- 自主智能系统与无人驾驶

论文投稿

大会诚挚邀请人工智能领域的研究者提交高质量中文或英文研究论文,论文篇幅限制4-6页。提交的论文必须是未出现在其他会议或期刊上的原创性工作,大会将设最佳论文奖和最佳学生论文奖。有关论文格式和提交等详细信息,请参阅大会网站。

展览

大会为公司和研究机构提供产品演示和宣传的展位。相关更多细节,请联系展览主席。

大会网址

<http://www.caa.org.cn/cchi2019/index.html>

重要日期

投稿论文提交日期:2019年7月15日

论文录用通知日期:2019年7月30日

录用论文最终版提交日期:2019年8月15日

大会名誉主席

潘云鹤 (中国工程院院士、浙江大学教授)
沈向洋 (美国工程院院士、微软全球执行副总裁)
李德毅 (中国工程院院士、中国人工智能学会理事长)
高文 (中国工程院院士、中国计算机学会理事长、北京大学教授)

大会主席

陈霖 (中国科学院院士、中国认知科学学会理事长、中科院生物物理研究所研究员)
郑南宁 (中国工程院院士、中国自动化学会理事长、西安交通大学教授)

大会共同主席

段树民 (中国科学院院士、中国神经科学学会理事长、浙江大学教授)
谭铁牛 (中国科学院院士、中国图象图形学会理事长、中科院自动化研究所研究员)
陈杰 (中国工程院院士、同济大学教授)
张兆田 (国家自然科学基金委员会信息科学部副主任、研究员)

程序委员会主席

王飞跃 (中科院自动化研究所研究员)
何生 (中国科学院生物物理研究所研究员)
辛景民 (西安交通大学教授)
孙剑 (西安交通大学教授、旷视科技研究员)
华刚 (Wormpex人工智能研究院研究员)

论坛主席

张俊 (美国密歇根大学教授)
周杰 (清华大学教授)
黄铁军 (北京大学教授)
孙富春 (清华大学教授)
程翔 (北京大学教授)
张艳宁 (西北工业大学教授)
石光明 (西安电子科技大学教授)
王乐 (西安交通大学副教授)

当地会务主席

兰旭光 (西安交通大学教授)
任鹏举 (西安交通大学副教授)

奖励委员会主席

孙富春 (清华大学教授)
魏平 (西安交通大学副教授)

财务主席

张楠 (中国自动化学会)

出版发行主席

王坛 (中国自动化学会)

注册主席

张雷涛、张璇 (西安交通大学)

赞助展览主席

任鹏举、张玥 (西安交通大学)

网站主席

李杰 (西安交通大学), 吕宏强 (中国自动化学会)

秘书组

周馨 (中国认知科学学会)
李杰、杨勤、刘龙军、姚慧敬、李逸妍、孙海燕 (西安交通大学)



视觉信息处理与应用
国家工程实验室
National Engineering Laboratory for
Visual Information Processing and Applications



CCHI2019
The 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence

The 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence

September 21–22, 2019, Xi'an, China

CALL FOR PAPERS

The 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence (CCHI' 2019) will be held in Xi'an, China on September 21-22, 2019. The symposium is co-sponsored by Department of Information Sciences of the National Natural Science Foundation of China (NSFC), the Chinese Association of Automation (CAA), the Chinese Society for Cognitive Science (CSCS), and Xi'an Jiaotong University (XJTU). It aims to promote research in areas related to artificial intelligence and to facilitate communications between researchers, engineers, teachers, and students in artificial intelligence. The organizing committee invites authors to contribute with state-of-the-art developments in the above areas. CCHI' 2019 features the invited talks by leading researchers in the world as well as poster and oral sessions with presentations by the participants of contributed papers with professional reviews, together with industry exhibits.

All accepted papers in English will be recommended to appear in IEEE Xplore, and excellent papers that pass normal reviews will be published in national and international academic journals such as IEEE/CAA Automated Journal, Cognitive Computing and Systems, ACTA Automatica Sinica, and Pattern Recognition and Artificial Intelligence.

Topics for Submission Including (but not Limited to)

- Hybrid Intelligence
- Knowledge and Data Driven Cognitive Computing
- Natural Language Understanding
- Knowledge Representation and Reasoning
- Statistic Learning and Deep Learning
- Advanced Perception
- Computer Vision
- Intelligent Robotics
- Multi-Agent and Group Intelligence
- New Computing Architectures and Chips for Artificial Intelligence
- Intelligent Techniques and Systems for Human-Machine Collaboration
- Autonomous Intelligent Systems and Unmanned Driving

Papers

Authors are invited to submit research papers in English or Chinese of 4-6 pages in PDF format, including figures and references. Paper should be formatted in the IEEE Conference Style and submitted via CCHI' 2019 website. Submitted paper must be original work that has not appeared in and is not under consideration for another conference or journal. Best Paper Awards and Best Student Paper Awards will be honored. See CCHI' 2019 website for more details.

Exhibits

CCHI' 2019 provides booths for companies and research institutes to showcase their products, presentations and applications. Contact the sponsor and exhibits chairs for more information.

Website

<http://www.caa.org.cn/cchi2019/index.html>

Important Dates

Paper Submission Deadline: July 15th, 2019

Notification of Acceptance: July 30th, 2019

Camera-Ready Deadline: August 15th, 2019

HONORARY CHAIRS

Yunhe PAN, Zhejiang University
Harry SHUM, Microsoft
Deyi LI, Chinese Association for Artificial Intelligence
Wen GAO, Peking University

GENERAL CHAIRS

Lin CHEN, Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences (CAS)
Nanning ZHENG, XJTU

GENERAL CO-CHAIRS

Shumin DUAN, Zhejiang University
Tieniu TAN, Institute of Automation, CAS
Jie CHEN, Tongji University
Zhaotian ZHANG, NSFC

PROGRAM CHAIRS

Feiyue WANG, Institute of Automation, CAS
Sheng HE, Institute of Biophysics, CAS
Jingmin XIN, XJTU
Jian SUN, XJTU/Megvii
Gang HUA, Wormpex AI Research

FORUM CHAIRS

Jun ZHANG, University of Michigan
Jie ZHOU, Tsinghua University
Tiejun HUANG, Peking University
Fuchun SUN, Tsinghua University
Xiang CHENG, Peking University
Yanning ZHANG, Northwestern Polytechnical University
Guangming SHI, Xidian University
Le WANG, XJTU

LOCAL ARRANGEMENT CHAIRS

Xuguang LAN, XJTU
Pengju REN, XJTU

AWARDS CHAIRS

Fuchun SUN, Tsinghua University
Ping WEI, XJTU

FINANCE CHAIR

Nan ZHANG, CAA

PUBLICATION CHAIR

Tan WANG, CAA

REGISTRATION CHAIRS

Xuetao ZHANG, Xuan ZHANG, XJTU

SPONSOR AND EXHIBITS CHAIRS

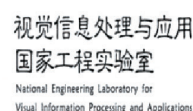
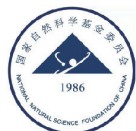
Pengju REN, Yue ZHANG, XJTU

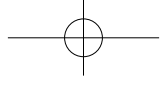
WEBSITE CHAIRS

Jie LI, XJTU
Hongqiang LV, CAA

SECRETARIES

Xin ZHOU, CSCS
Jie LI, Meng YANG, Longjun LIU, Huimin YAO,
Yiyan LI, Haiyan SUN, XJTU





IEEE SOLI 2019

开放、共享、绿色、智能

2019 电气和电子工程师学会服务运筹、物流与信息化国际会议

2019 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics

2019 年 10 月 11 日-13 日, 河南郑州

<http://www.caa.org.cn/soli2019/index.html>

征稿通知

大会主席

李灵犀 教授, 美国印第安那大学普渡大学
印第安那波利斯分校

袁勇 副研究员, 中国科学院自动化研究所
Miguel Ángel Sotelo 教授, 阿尔卡拉大学,
西班牙

程序委员会主席

唐瑛 教授, 美国罗文大学

张俊 教授, 武汉大学

王晓 副研究员, 青岛智能产业技术研究院
Fernando Garcia Fernandez 教授, 马德里
卡洛斯三世大学, 西班牙

财务委员会主席

赵红霞, 中国科学院自动化研究所

宣传委员会主席

秦蕊, 中国科学院自动化研究所

本地组织委员会主席

刘怡兰, 中国自动化学会

出版委员会主席

周秋硕, 中国自动化学会

国际咨询委员会

王飞跃 研究员, 中国科学院自动化研究所
Matthew Barth, 加利福尼亚大学, 美国

Gisele Bennett, IEEE 射频识别理事会
Apostolos Georgiadis, 赫瑞-瓦特大学, 英国
Meng Lu, Dynniq 公司, 荷兰

Emily Sopensky, 艾里斯公司, 美国

Kam Weng Tam, 澳门大学, 中国

2019 电气和电子工程师学会服务运筹、物流与信息化国际会议 (SOLI 2019) 将于 10 月 11 日至 13 日在河南省郑州市举办。本次会议由 IEEE 智能交通系统学会 (ITSS) 主办, IEEE RFID 理事会、青岛智能产业技术研究院、IEEE SMC 学会社会计算与社会智能专委会、IFAC 经济、商务与金融系统技术委员会 (TC 9.1)、中国自动化学会区块链专委会、中国管理现代化学会平行管理专委会、ACM 社会与经济计算北京分会、INFORMS 北京分会、青岛市人工智能学会、青岛市自动化学会共同协办, 中国自动化学会承办。本次会议的主题是

“开放、共享、绿色、智能”。

进入二十一世纪以来, 服务科学、服务运营、物流和信息学等学科和相关产业生态在当今世界经济中发挥着越来越重要的作用, 飞速发展的信息和通信技术也为实现更高效的服务运营提供了重要的网络基础设施和平台。与此同时, 新型服务产品不断涌现, 开放、共享、绿色、智能的服务运营生态正在逐渐形成。

IEEE 服务运筹、物流与信息化国际会议致力于服务科学、服务运营、物流和信息学等领域的产业实践者和研究人员提供一个良好的国际交流平台, 共同探讨服务运营、物流与信息化相关领域前沿科学问题、技术挑战和未来发展方向, 以及该领域的最新研究与应用成果。

本次会议评选出的优秀论文将有机会再扩展之后被推荐到 IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems、IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica、IEEE Transactions on Computational Social Systems 等国际期刊。

征文领域 (包括但不限于)

- 服务设计、工程、运营和创新
- 物流与供应链管理
- 物流和传感网络中的人工智能
- 服务/活动管理与制造
- 信息和通信技术与系统
- 电子商务与知识管理
- 业务建模、监控和管理
- 服务交付和运营
- 移动互联网、社会物理信息系统
- 智能交通系统
- 智能城市的大数据和传感器以及传感网络
- 自动驾驶汽车技术
- 智能家居技术与智能机器人
- 区块链理论、技术与应用
- RFID 技术与应用
- 云计算和物联网

重要时间

征稿截止日期: 2019 年 7 月 15 日 2019 年 8 月 1 日

录用通知日期: 2019 年 8 月 15 日 2019 年 8 月 30 日

提交终稿日期: 2019 年 8 月 30 日 2019 年 9 月 10 日

投稿须知

1. 投稿的论文要求具备真实性和原创性, 未公开发表过, 且未投稿到其他会议和期刊;
2. 论文采用 IEEE 会议论文模板排版, 篇幅不低于 4 页, 不超过 6 页;
3. 往届会议论文已被推荐到 IEEE Xplore 数据库并被 EI 收录;
4. 接收的论文要求至少一名作者注册并参会, 否则不会被推荐到 IEEE Xplore 数据库;
5. 我们诚挚邀请您参加 SOLI 2019. 欲了解更多详情, 请访问会议网站 <http://www.caa.org.cn/soli2019/index.html>. 同时欢迎咨询中国自动化邮箱 caa@ia.ac.cn.

