



图为2024中国国际数字和服务交易会上展出的航空舱天穹壁结构轻量化头盔,该头盔使用自主CAE软件设计。视觉中国供图

中国科学院院士郭旭： 开拓创新，发展自主可控的CAE软件

院士访谈

◎本报记者 张蕴

作为智能制造的关键支撑，工业软件的发展水平决定了国家在全球制造业中的地位。工业软件的发展，事关我国石油、化工、航空航天、船舶汽车等关键行业产业链、供应链的韧性与安全水平。计算机辅助工程软件(CAE软件)是工业软件的重要组成部分，通过CAE自动化智能制造等新技术的应用，可以加快传统产业转型升级，重塑产业链。

日前，2024中国国际数字和服务交易会在辽宁省大连市开幕。开幕式现场，中国科学院院士、力学专家、大连理工大学教授郭旭提到，掌握自主可控的CAE软件技术至关重要。

如何发展自主可控的CAE软件，确保关键基础设施和重要工业领域的安全可靠运行？近日，科技日报记者对郭旭进行了专访。

工业软件发展需 久久为功

记者：近年来，我国为什么要大力发展工业软件产业？

郭旭：工业软件是所有高端装备和重大工程设计必不可少的支撑性技术工具。近年来，我国工业软件获得了前所未有的关注。在各级政府、科研机构、工业企业以及工软用户的共同努力下，工业软件发展已取得很大成效。自主可控工业软件对国家安全和产业升级和经济发展至关重要。

但目前，我国仍严重依赖国外工业软件产品，这无疑对关键行业产业链安全构成了潜在威胁。根据统计数据，2022年我国CAE软件国产化率不足20%，市场规模不足40亿元。与此同时，我国工业软件与国际先进水平仍存在较大差距，亟须加速追赶。

记者：总体来看，我国CAE软件与国外相比仍有较大差距。您认为差距主要是哪些方面？

郭旭：我认为差距主要在以下三方面。

第一，关键技术尚需突破。尽管国产CAE软件已在某些应用场景中获得了成功应用，但在求解器效率、鲁棒性等方面仍与国际领先水平存在一定差距。特别是在多重非线性分析、多物理场耦合等复杂仿真场景下，国外商业软件如ANSYS、ABAQUS等均具有更高的求解效率和更强的稳定性。

第二，产业生态亟待完善。欧美等制造业强国的CAE软件产业链相对完整，研发生态完善，且拥有全球化的市场基础。相比之下，我国CAE软件可持续发展的产业生态尚未完全建立，产学研用一体化发展的路径尚未完全形成，这在很大程度上限制了自主研发CAE软件的推广和应用。这一问题已经引起了我国行业主管部门的高度重视，先后出台了有针对性的政策，促进工业软件产业链建设，并已开始取得显著成效。

第三，跨学科人才需求迫切。CAE软件的开发需要跨学科的高端人才，特别需要综合掌握计算力学、计算数学以及计算机科学领域坚实基础理论的跨学科人才。我国在CAE软件跨学科人才培养方面起步较晚，尚有很大提升空间。

记者：我国应该如何缩小与国外的差距？

郭旭：随着数智时代的到来，数据驱动计算和机器学习等先进技术为工业软件的发展注入了新的活力。在此背景下，我国需

要不断探索新技术、新方法，在工业软件基础理论方面寻求突破。这要求我们不仅要具备扎实的理论基础，还要勇于开拓创新，敢于挑战新的领域。

一方面要久久为功，研究自主可控的工业软件。我国CAE软件研发在20世纪70年代末至90年代中前期曾取得过一些辉煌成果，产生了一批很有影响的CAE软件产品。然而，这些当年几乎与国外产品同时起步、并行发展的产品，在其后30余年的发展过程中却遇到了重重困难。在这些产品中，仅有少数几个顽强生存了下来。目前，我国自主CAE软件基础功能与国外先进的CAE软件相当，但在通用功能和专用功能的覆盖性方面有一定差距。因此，缩小与国外在这一领域的差距，首先要做好通用和专用功能点的覆盖对标，通过场景开放在工业界推广应用，健全应用生态，在重要领域实现CAE仿真软件的国产化。

另一方面，解决我国CAE软件的“卡脖子”问题，不能满足于完全照搬现有软件架构和技术，必须加强基础研究和前沿探索，通过技术创新实现对国外软件的功能超越。

数字化转型期待 技术突破

记者：在推进“智转数改”、提升工业现代化水平的进程中，工业软件发挥着重要作用。那么在CAE软件技术创新方面，您认为当前的重点方向是什么？

郭旭：当前，CAE软件的智能化趋势十分明显。事实上，当前蓬勃发展的的人工智能和数据科学技术为数学、力学等CAE软件底层支撑学科的发展带来了全新机遇，也为创建数智融合的新一代CAE软件提供了可能性。我国如果能尽快在这一方向取得突破，必将能够率先抢占制高点，基于底层技术突破实现软件功能的跨越式提升，从而引领CAE技术及软件发展。

记者：中国工业的数字化转型、高质量发展需要工业软件有更多的技术创新和突破。您认为应如何提高我国工业软件的自主创新能力？

郭旭：我认为关键在于以下三个方面。首先，加大研发投入是提升自主创新能力的基石。我国在工业软件方面的技术积累相对薄弱，因此，需要加大对工业软件研发的资金和人才支持。通过政策激励、资金补贴等方式，鼓励企业和科研院所加大核心技术攻关力度，尤其是在关键领域，形成具有自主知识产权的核心技术。

其次，推动产学研合作，打通技术转化链条。目前工业软件在中端产学研联动以及末端产业链延伸等方面尚有不足，产学研合作的深度和广度有待提升。应鼓励高校、科研院所与企业深度合作，打通科研成果到产业落地的“最后一公里”，促进科技创新与经济发展的深度融合。

最后，人才是支撑自主创新的核心力量。应加大对工业软件专业人才的培养力度，吸引更多优秀人才投身于工业软件研发。同时，还应通过产教融合构建可持续发展的工业软件发展生态。

记者：在您看来，人工智能、数据科学的迅速发展给工业软件研发带来了哪些新的机遇？

郭旭：传统CAE软件是基于经典计算力学、计算数学理论体系研发的，其性能提升已接近极限，难以有效满足日益增长的高端装备快速仿真和正向设计等需求。因此，通过引入人工智能和数据科学的新成果赋能CAE软件研发，将有利于打造具有变革性CAE软件技术与产品。建议紧抓这一战略机遇，通过系统化布局快速推进相关工作。



郭旭院士 田晶娟绘

推动CAE软件开源 平台建设

记者：应如何充分发挥举国体制优势，推动中国工业软件产业模式创新？

郭旭：我认为开源是一个重要切入点。目前，开源、开放、平等、协作、共享的理念已经成为全球技术创新和协同发展的基础理念，是新一代信息技术和数字经济发展的基础和动力。通过开源模式，我们可以链接产学研用各方优质资源，面向特定工业需求快速迭代工业软件产品。集众智，聚众力，通过应用场景驱动，不断积累点上突破，实现“化点成珠、串珠成链”，逐步实现国产化，这符合工业软件发展规律。同时，通过构建高水平的开源社区和打造开源软件基地，形成中国特色工业软件开源生态，可以为工业软件的进一步发展和壮大提供有力支撑。特别是在国家大力发展自主工业软件的形势下，这是一个极具价值的切入点。

这些年来，我一直关注和推动CAE软件开源平台的建设。多年实践经验告诉我们，工业软件基础算法的研发固然重要，但软件的易用性同样是产品成功的关键。通过开源平台可以链接多主体优势资源，构建工业软件产学研协同的研发生态，实现自主研发CAE软件的应用迭代和快速迭代，进而打通工业软件产品化的“最后一公里”。

经过多年努力，我国CAE开源软件平台建设已有了充分实践，一些开源社区已初具规模并取得了显著成效。希望未来能够努力打造更多的具有标杆性的CAE软件开源平台，依托这些开源平台持续加强国产

致青年科技人才

当前的中国青年既面临难得的建功立业的人生际遇，也面临着“天将降大任于斯人”的时代使命。在此，我给青年科技人才提三点建议。

一是要有情怀。有情怀才能做到荣辱不惊，担当大任。“爱国，只有从发展科学做起。”老一辈科学家深沉的爱国情怀，敢啃科研“硬骨头”、敢打科研“硬仗”的胆识和魄力应该成为我们立志实现高水平科技自立自强的精神动力。

二是要有担当。有担当才能做到志存高远，明确目标。在科技创新引领发展的时代，青年科技人才应该敢于走出“舒适圈”，挑战“无人区”，不断开辟新的科研领域。

三是要有作为。有作为才能矢志创新，勇立潮头。青年科技人才要不断超越自我，提升理论与实践相结合的能力。要牢记“空谈误国、实干兴邦”，在时代的变革和实践的土壤中发掘兴趣，奋楫笃行，不断超越、不断突破。

——郭旭

热点追踪

第五届中国血液学科发展大会上，专家认为—— 我国血液学科向多元化和交叉融合发展

◎本报记者 代小佩

“近年来，我国血液学科在造血调控基础研究、血液相关疾病研究、细胞免疫和基因治疗、造血干细胞移植等领域取得显著进展。”1月3日至5日，第五届中国血液学科发展大会在天津举行，中国科学院院士陈竺在会议致辞中说。

此次大会上，2024年度中国血液学十大研究进展揭晓，进展名单印证了陈竺的概括。胚胎肝脏保护造血干细胞基因组的机制、人类固有淋巴细胞初始起源的系统性解析、慢性髓性白血病患者酪氨酸激酶抑制剂治疗失败的临床预测模型等成果榜上有名。

“近年来，血液学科基础研究前沿理论不断取得突破，基因编辑、细胞治疗、免疫治疗等新技术应用广泛，血液学科发展呈现出多元化、交叉融合的趋势，这些前沿进展为血液疾病的预防、诊断和治疗提供了新思路、新方法。”中国医学科学院天津医学健康研究院党委书记、中国医学科学院血液病医院(中国医学科学院血液学研究所)党委书记常子奎在会上说。

“不过，当前我国血液学科的发展仍面临诸多挑战。”在陈竺看来，挑战主要来自两方面。一方面，随着人口老龄化加剧，恶性血液肿瘤等疾病的发病率不断增加，给血液学科带来了严峻挑战。另一方面，尽管我国血液学科在部分领域取得一定研究成果，但在原创性研究方面仍然显得不足，与国际先进水平相比仍存在差距。

为了推动我国血液学科发展，陈竺建议，要继续强化基础研究，用好干细胞技术、基因编辑技术等生命科技及基础科学尖端技术。同时，要促进交叉学科发展，在阐明血液病的疾病发病机制、提供免疫检测和治疗手段等方面作出贡献。“还要通过完善配套政策、优化资源配置、增强科研创新、提升诊疗水平、加强人才培养等措施，推动血液病防治工作全面进步。要总结和推广先进的血液病防治工作模式和成功经验，构建中国特色的现代血液病防治体系。”陈竺说。

一些新变化、新规划也为我国血液学科发展孕育新机遇。“现代医学正在发生历史性转型，共病研究是现代医学的重大课题。”中国科学院副院长、中国科学院院士、中国医学科学院北京协和医学院院校长王辰在会上说，共病是指多种健康问题或疾病共存于同一个体的状态，包括血液学科在内的医学学科要顺应历史潮流，以共病研究推动现代医学研究。

王辰强调，数学、计算机科学、人工智能技术等将为共病研究赋能，“数据驱动的医学研究新范式”可成为共病研究的主流方法”。

会上，中国科学院院士贺福初分享了人体蛋白质组导航国际大科学计划(以下简称“ π -HuB”计划)。该计划的使命是解析人类蛋白质组构成原理与变化规律，实现蛋白质组学驱动的医学范式转变，共创智慧医学新时代。不久前，“ π -HuB”计划相关白皮书在《自然》杂志上发布。

“ π -HuB”计划推进过程中会有一系列分计划，目前还没有血液学科的分计划。所以我非常期待血液界专家群策群力，能够提出有分量的计划建议。”贺福初呼吁血液学科学家加入“ π -HuB”计划中。

《中国粮食产能提升研究报告2024》发布

科技日报(记者马爱平)“从增产与减损两端发力，技术集成、管理创新和政策创设协同推动粮食产能持续提升。”2024年12月30日，在中国农业科学院科技支撑乡村振兴发展报告会上，中国农业科学院农业资源与农业区划研究所研究员尹昌斌在发布《中国粮食产能提升研究报告2024：基于新一轮新增千亿斤粮食产能行动》(以下简称“报告”)时建议。

2024年，国务院印发了《新一轮千亿斤粮食产能提升行动方案(2024—2030年)》，明确提出到2030年新增粮食产能千亿斤以上的目标。

为实现千亿斤粮食产能提升目标，尹昌斌建议，要从耕地资源高效利用、种植结构优化、自然灾害防控和粮食加工减损等多个维度综合发力。

在耕地资源高效利用方面，报告提出，要通过技术创新和科学管理，提高耕地的产出效率和可持续利用能力。例如，通过土地整治、农田水利建设、耕地质量提升等措施，增加有效耕地面积，提高耕地质量，从而提升粮食产能。“据测算，仅将13个粮食主产区的4800万亩撂荒地利用起来就可新增粮食产能2200万吨以上。”尹昌斌说。

在种植结构优化方面，报告建议根据不同区域的自然资源禀赋和市场需求，合理调整作物种植结构，优化区域布局。通过推广高产、优质、抗逆性强的作物品种，挖掘作物单产潜能，提高单产水平。

在粮食加工减损方面，报告提出要通过技术创新和管理创新，减少粮食在采收、收储和加工过程中的损失。通过提高粮食加工转化率和副产品利用率，增加粮食有效供给，保障国家粮食安全。“测算显示，我国粮谷在采收、收储环节损失率约10%，通过优化机械采收方式和改善仓储设施，将损失率降低至5%，就可以减少稻谷损失900万吨。”尹昌斌说。



图为在黑龙省肇东市一处秋粮晾晒场，一家农机专业合作社的农民驾驶农机堆放玉米。新华社记者 谢剑飞摄