工业软件：推动制造业由大变强的关键

□ 陆　峰

工业软件是现代工业的灵魂，代表着制造业先进生产力的发展方向。工业软件强，国家制造业竞争力才能强。

工业软件是国家制造业竞争力根本所在

发展工业软件是推进智能制造的必要基础。现代信息通信技术和制造技术深度融合是智能制造的关键所在，其中涉及硬件、软件、网络、计算等多种技术和制造技术的融合，而工业软件是其中最为关键的技术，无论是硬件、网络、计算等技术和制造工艺融合，都离不开软件定义、编码和封装。

发展工业软件是提升制造业国际竞争力的重要抓手。工业软件的核心是工业基础数据，有数据支撑的工业软件功能才强大。例如，飞机、船舶等领域，工业软件可以让软件模式测试和样机测试做得一模一样，大大降低样机错误设计概率。目前制造业发达国家愿意将大型高端装备工厂建设在海外，设计、组装、测试、维修等环节都愿意输出，正是由于工业软件较好地保证了技术被充分应用的情况下，技术工艺又不被泄露。

发展工业软件是推动制造业生产和商业模式变革创新的前提。企业研发设计、生产控制、组装测试、售后运维、远程服务等各环节信息化建设都离不开工业软件的支撑，工业软件定义了研发设计基础理论体系、生产控制流程、产品组装顺序、产品测试机理、运维模式等等，甚至定义了制造业的商业模式，协同研发、个性化定制、网络制造、在线运维、分时租赁等新商业模式都离不开工业软件支撑。

我国工业软件发展存在的问题

制造业对国外工业软件形成长期依赖，关键工艺流程和工业技术数据缺乏长期研发积累，制造业在一些领域呈现技术空心化。我国飞机、船舶、冶金、化工、生物医药、电子信息制造等重点制造领域长期以来习惯用国外工业软件，对于背后的设计原理了解不够，而且缺乏基础工艺研发数据的长期积累，导致基础技术原理数据积累存在明显差距。国外根本不可能出售含有最新创新成果数据的工业软件，能出售的工业软件里面固化的数据往往是上一代甚至上几代的数据。

软件业和制造业融合程度不高，大型制造企业缺乏主动布局，纯软件企业向工业软件企业转型难度大。纯软件企业进入工业软件领域存在天然专业技术屏障，工业软件不同于普通网络应用软件，是工业流程和技术的程序化封装，背后需要工业流程和庞大技术数据作支撑，这绝非纯软件公司单独所能为。目前国内大型制造企业缺乏对智能制造时代工业软件重要性的深度理解和认识，习惯于购买和应用国外企业的工业软件，不会主动布局加强对企业关键核心工艺流程、工艺和技术的软件化封装，来提高工艺数据应用的便捷性和工业核心技术输出的安全保障。

国内工业软件市场被国外企业垄断，国产工业软件发展严重滞后，产业生态基础还很薄弱。重点工业领域关键核心技术被国外企业掌握，关键核心工业辅助设计、工艺流程控制、模拟测试等软件几乎都是清一色的国外企业软件。工业软件研发需要生态系统作支撑，然而目前我国工业操作系统、工业软件开发平台等重要国产工业基础软件是全产业链缺失，这也直接导致了运行于国产工业操作系统的国产工业控制应用软件几乎是空白。

工业软件国内标准缺失，综合集成应用程度不高，工业软件作用发挥有限。近几年来，西门子、通用电气等大型制造企业都纷纷加大了工业技术和软件技术融合力度，通过大力收购软件企业，强化企业在智能工业时代的核心竞争力。目前国内工业软件市场的事实标准都是由国外大型制造企业主导着，国外企业在标准上互掐，导致国内市场同时采用国外企业产品时，不同厂商产品程序兼容和互联互通存在很大问题。由于我国在重点制造业领域的国产智能产品体系化程度不高，大部分情况都处于主动需求与对方产品互联，因此只能被动遵守对方产品标准。

工业软件对制造业模式的变革创新作用尚未发挥，制造业微笑曲线受制于工业软件短板。由于国内工业软件应用还普遍处在研发设计、工业控制等若干单项应用环节，贯穿整个制造业研发设计、流程控制等全环节的综合集成应用还较少，不同厂商工业软件程序兼容存在较大问题，工业软件综合集成效应尚未显现。

推进工业软件发展的相关建议

成立工业软件产业投资基金，加大工业软件产业扶持力度。鼓励大型制造企业投资和并购国外工业软件服务公司，促进技术引进、消化、吸收和再创新；工业信息服务工程公司发展标准化、通用型、平台型的行业工业信息服务软件产品；工业大数据服务企业梳理、挖掘、共享和开放工业大数据；高等院校、科研院所制造业相关专业研究人员建立和开放工业技术工艺数据库，为工业软件开发提供公共数据支撑。

开展工业软件服务企业认定等相关工作，实施更加优惠的工业软件产业财税、投融资、知识产权扶持政策。开展工业软件服务企业认定专项工作，实施比软件产业更加优惠的工业软件产业税收减免政策。分行业成立钢铁、冶金、船舶、飞机、汽车、高铁、生物医药、电子信息制造等重点制造业领域若干工业软件国家工程实验室，鼓励行业大型制造企业和软件企业联合牵头成立。对于国内企业投资和并购国外工业软件企业，简化海外投资审批程序，实施相关税收减免政策。对于工业软件企业上市融资行为，降低上市准入门槛，对于面向工业软件企业的投资行为，降低或减免相关税收。对于经认定的工业软件企业申请相关财政资金项目，在营业收入、缴纳税收、人才资源方面降低申请门槛。

以制造行业龙头企业为核心组建行业工业软件联盟，打造工业软件产业生态圈。发挥制造业各行业协会和软件行业协会作用，鼓励制造企业、软件企业、工业数据分析企业等联合成立细分行业工业软件联盟，加强工业软件联合开发和推广应用。发挥工业软件联盟作用，重点推进钢铁、冶金、船舶、飞机、汽车等重点行业工业软件的开发、推广和应用力度。培育工业操作系统、工业数据库、工业软件开发平台、工业软件编程语言等基础软件信息服务提供商。鼓励高等院校、科研院所加强对工业操作系统、工业数据库、工业软件开发平台等基础软件平台关键技术研究，提倡产学研联合攻关。加强工业软件企业和互联网企业的合作，鼓励发展平台型、网络型工业软件，为中小制造企业提供廉价的工业软件云服务。

加快制定工业软件行业标准，推进制造业工业软件综合集成应用。制定工业操作系统相关标准，形成应用接口丰富多样、运行安全高效、系统吞吐量大、响应时间小、容错能力强、用户界面友好、可移植的工业操作系统标准。制定工业数据库相关标准，形成能支撑工业大数据存储、高并发量连接、查询范式多样、搜索查找高效、技术安全可靠的工业数据库标准。制定工业软件开发平台相关标准，形成能支撑跨平台、应用接口丰富、编译运行高效、程序安全可信、安装部署快捷的工业软件开发平台标准。制定工业软件编程语言标准，形成一套标准、通用、高效、安全、可移植、易学的工业软件编程语言标准，加大信息科技类院校教育力度。

科技战略

深度学习与大数据解析

□ 陈庆修

深度学习的概念于2006年提出，是机器学习研究中的一个新的领域，其动机在于建立、模拟人脑进行分析学习的神经网络，它模仿人脑的机制来解释数据，例如图像、声音和文本，已被应用于许多领域，如人脸识别、语音识别等。深度学习已成为人工智能领域研究的热点。

随着人工智能的迅速发展，通过深度学习，用计算机来模拟人的思考、推理、规划等思维过程和智能行为取得了长足进步。人工智能的重要特征就是拥有学习的能力，也就是说系统的能力会随着经验数据的积累不断演化和提升。近年来，正是得益于深度学习为大数据处理开辟了有效途径，人工智能得到了空前发展。

（一）

机器学习来源于早期的人工智能领域，是计算机科学和统计学的交叉学科。它使用算法来解析数据、从中学习，然后对真实世界中的事件进行决策和预测。传统人工智能的机器学习是通过标记数据进行有监督学习，随着时间推移其多样性、复杂性和进化力也随之增长，呈现加速度特点，对于这种传统算法数据量越大负担越重，很容易达到极限或产生错误结果。

深度学习有明显长处，首先它是一套丰富的建模语言，或者说是建模框架，可以用来表达数据内在的丰富关系和结构，比如图像中的2D空间结构，自然语言的时序结构；其次，它几乎是唯一的端到端（end-to-end）的机器学习系统，它的目标是直接作用于原始数据，自动逐层做数据特征变换，整个学习过程直接优化某个问题相关的目标函数，而传统的机器学习往往被分解为几个不连贯的步骤，并非一致优化某个整体的目标。

（二）

大数据给人工智能的发展提供了前所未有的机遇。随着各个行业信息化程度的普及，数据积累地越来越多。大数据资产化和规模化具有很大的潜在价值，当没有足够高效的处理工具时，即使这些数据样本再大，也难以提取出任何有价值的东西。数据的数量和效率之间存在矛盾，收集更多的数据有助于提高最终结果的准确性，但数据量越大，处理起来就越费时费力。面对海量数据，如何低成本且高效率地存储和处理大数据任重道远。

数据挖掘是个很宽泛的概念，其常用方法大多来自于机器学习这门学科。深度学习可以更好地通过增加数据集的规模来改善学习结果，它取得成功的条件是，大规模训练数据集的支撑、先进的硬件平台支持、新的优化技术的创新。

从统计和计算的角度来说，深度学习是在海量数据中寻找复杂规律的算法工具。由于以深度学习分析和处理大数据效果不错，它自然而然就成了大数据挖掘开发应用的有力工具。如果把深度学习比作火箭的发动机，大数据就是燃料，深度学习可以利用大数据这种燃料将人工智能推到一个新高度。面对万物互联时代所产生的数据暴增，深度学习大有可为。

（三）

深度学习算法可以做到传统人工智能算法无法做到的事情，而且输出结果会随着数据处理量的增大而更加准确。这将大幅度提高计算机处理信息的效率，从而吸引更多的资源向它聚合，使其发展更为迅速。深度学习使得机器学习能够实现众多的应用，并可拓展人工智能的领域范围。

以深度学习挖掘无标签的数据是大数据时代的一个热点。仅以医学领域为例，经过深度学习训练的图像识别，从辨别血液中癌症的早期成分，到识别核磁共振成像中的肿瘤，在许多情况下甚至可以做得比人更好。今后医疗就变成了一个数据处理的过程，利用深度学习可以在基因未能被勘测的区域发现自闭症和癌症的突变迹象，通过构建虚拟现实可以治疗毒瘾、酗酒、自闭症等疾病。同时，由于机器在处理病情时可以做到完全按照数据处理结果进行客观诊断，所以不会像人类一样因为情感方面的原因作出错误判断。

深度学习带来更好的信息处理能力，不仅体现在人工智能领域，还体现在信息化医疗、经济社会、军事科技和资源环境等众多领域，从而产生广泛和深远的影响。有了深度学习，人工智能就会在语音识别、计算机视觉、自然语言理解、机器人、自动驾驶等领域取得突破性进展，甚至可以像科幻小说所描述的一样，使得所有的机器辅助功能都变为可能。

总之，大数据已经变成各个行业的基础架构，而真正能帮助这些行业处理好数据，并最终实现具体应用的还是深度学习。深度学习既可以从众多领域的大数据中淘出“金子”，又可以利用这些大数据为人工智能的发展插上翅膀。

科技与社会

钱学森的科学大师之路

□ 黄庆桥

在建设创新型国家的征途中，我们总是企盼能有更多的科学大师涌现出来，总在寻找培养科学大师的妙方。21世纪之初的“钱学森之问”，就让国人大伤脑筋。怎样才能成长为科学大师？钱学森的成长成才之路，或许能给我们提供一些有益的启发。

接受一流教育和严格科学训练

在大众媒体上，我们常能看到，某位功成名就的科学家谦逊地对记者说，科学成就是一个偶然机会发现的，是运气好而已。这很容易给人一种印象，似乎科学研究只是靠碰运气，运气好就能一举成名。其实，这完全是假象。不经过严格的科学训练和艰苦卓绝的努力，是不可能成为一名卓有成就的科学家的。钱学森就是如此。

1914年，年仅3岁的钱学森跟随父母从杭州到了北京，一直到1929年，钱学森在北京生活了15年，从启蒙教育到高中毕业，接受的都是当时的一流教育：今天的北京市第一实验小学、第二实验小学、北京师范大学附属中学就是当时钱学森就读的学校。

北京的中小学教育给了钱学森极深刻的印象，他亲笔写下的一份回忆录中提到在他一生中给予他深刻影响的人有17位，除父母外，小学教师2名、中学教师7名、大学老师3名、留美期间1名、归国后3名。尤其是中学教育，对钱学森影响极大。他曾回忆说：“那个时期高中分一部、二部，一部是文科，二部是理科，我在理科。高中毕业时，理科课程已经学到我们现在大学的二年级了。所以，北师大附中在那个时候办得那样好我是很怀念的。”

中学毕业后，钱学森考入国立交通大学上海本部，进铁道机械工程科。交大工科创建之初，从美国麻省理工学院购进成套教科书，以麻省理工学院为蓝本进行教学，被誉为“东方的MIT”（麻省理工学院），以至于当时的交大毕业生到欧美留学，无须再入学考试。钱学森对此曾说：“交大的课程安排全部是抄此校的，连实验课程的内容也都是一样的。交大是把此校搬到中国来了。因此也可以说交大当时的大学本科教学水平是世界先进的。”

钱学森大学期间成绩优秀。当时大多数学生的平均成绩在70—80分之间，而钱学森每年的平均成绩都超过了90分。1933年上半年，钱学森因成绩优秀受到嘉奖，并免缴学费。1934年6月，钱学森又获得黎照寰校长颁发的奖状。

大学毕业后，钱学森赴美留学，先入麻省理工学院读硕士。因交大的培养与麻省理工学院很相似，所以钱学森很快适应了那里的学习生活，只用了一年的时间，就获得了飞机机械工程硕士学位。

飞机机械工程是一门实践性很强的专业，钱学森毕业后本来打算去飞机制造厂实习。但是美国规定，美国的飞机制造厂只允许本国学生去实习，不接纳外国学生。钱学森只能改变自己的专业方向，转入加州理工学院攻读航空理论博士学位，并有幸成为空气动力学之父冯·卡门的学生。

严师出高徒。冯·卡门非常强调创新和学术民主，经常召开学术讨论会，鼓励学生提出不同的观点，这对钱学森的快速成长起到了重要的推动作用。这里有一个故事：冯·卡门与钱学森曾因一个学术问题而激烈争论，冯·卡门一气之下把文章扔掉了，师生不欢而散。第二天一早，冯·卡门来到钱学森办公室给他深鞠一躬，并说“我昨天一夜未睡，想了想，你是对的”。冯·卡门虚怀若谷的作风，让钱学森感动不已。钱学森更加拼命学习。

在“民科”泛滥、“速成”流行的当下，钱学森的成长之路无疑给予我们很大的启发：接受严格的科学训练，是从事艰深科学研究并取得成就的前提条件。只有接受严格的科学训练，日后才能厚积薄发。

不断开拓新的科学研究领域

要成为科学大师，仅仅接受系统而严格的科学训练显然是不够的。能称得上科学大师的科学家，首先是要贡献突出，同时还要有开拓精神，能开风气之先，在诸多领域都有引领时代的重大贡献。钱学森就是如此。

受孙中山“铁道救国”思想之影响，钱学森于1929年入交通大学时所学专业为铁道机械工程。1931年“九一八事变”后，日本大举入侵中国。1932年，淞沪抗战打响。日军凭借空中优势，对我国土狂轰滥炸，使中国军民惨遭杀戮。在此背景下，不少有识之士提出了“航空救国”的口号。

在“航空救国”热潮中，钱学森也深受影响，决定在毕业之后，从铁道机械工程专业转向航空领域。钱学森为此开始作准备。他选修了外籍教师开设的航空工程课程，在图书馆阅读有关飞艇、飞机和航空理论的书籍。这是钱学森第一次改变专业方向。

钱学森第二次改变专业方向是在美国麻省理工学院获得硕士学位之后。20世纪三四十年代，世界航空业正处于大转折时代：从老式的螺旋桨飞机向喷气式飞机发展，飞机正处于追赶甚至超过音速的时代。钱学森以此前沿问题作为自己的研究对象。1939年，钱学森完成《高速气体动力学问题的研究》等4篇论文，获加州理工学院航空和数学双博士学位。

钱学森并没有止步于自己的博士研究方向，他第三次开拓自己的专业方向是在加州理工学院读博期间。1936年初，加州理工学院的4名学生马林纳、史密斯、帕森、福尔曼组成“火箭俱乐部”。前两位是冯·卡门的学生。钱学森来到加州理工后与史密斯共用一个实验室，史密斯发现钱学森数学功底好，就把他拉进了“火箭俱乐部”。这个民间“火箭俱乐部”，是美国历史上最早研制火箭的科研组织，其实验室所在的阿洛约塞科山谷如今就是著名的美国宇航局喷气推进实验室的所在地。包括钱学森在内的这5人，被推崇为美国研制火箭的“元老”。

钱学森第四次开拓自己研究领域，是在1950—1955年滞留美国期间。这一期间，美国人审查迫害钱学森，禁止他在加州理工学院从事一切科研活动。但是，钱学森的大脑没有停歇，在5年的时间里，他写出了光辉的《工程控制论》和《物理力学讲义》两本学术经典，开辟了工程控制论、物理力学的新领域。

总结钱学森的研究领域，涵盖飞机机械工程、航空理论、空气动力学、工程控制论、火箭技术等诸多科学领域，钱学森在这些领域的贡献也都是开创性的。中国人都知道钱学森为我国“两弹一星”工程作出了巨大贡献，其实，这种巨大贡献的背后，是钱学森广博而精深的科学素养。

做研究要阅读全世界各种语言的文献

即便是最谦虚的科学家，也会强调勤奋对于一个科研工作者的重要性。如果说19世纪以前的科学发展更多地是源于天才对大自然的“惊异”，那么20世纪以来的科学发展，更多地源于科学家基于勤奋基础上的激烈竞争。在科学技术深度细化而又高度综合的当代，勤奋与献身精神是走向科学大师的必备条件之一。钱学森的成功就说明了这一点。

钱学森对自己是如何做学生和做研究的有过较多的回忆。让我们看看钱学森的研究生生活是怎么过的：“那时候早晨起来晚，上午到图书馆翻杂志，或者到实验室看实验，并和实验人员聊天，下午参加讨论班的争论，卡门教授也参加争论，但不影响人与人的关系。晚上以后就一直工作到子夜12点。”

再让我们看看钱学森是怎么做研究的。钱学森在一次谈话中对自己的得意门生、中科院院士戴汝为先生说：“我不是说大话，我在做空气动力学的时候，关于空气动力学方面英文的、法文的、德文的、意大利文的文献我全都念过。为了要把它做好，我得这么念，而且还进行了分析。”1962年，钱学森在北京的一次力学会议上还这么说过：“我过去发表过一篇重要的论文，关于薄壳方面的论文，只有几十页。可是，我反复推敲演算，仅报废的草稿便有七百多页。”

科技史话