

国际观察

编者按：进入数字时代，人工智能成为赋能经济社会发展的重要力量。如何整合学科优势、汇聚平台资源、强化产教融合，构建政府、企业、学校、科研机构为一体的人工智能人才培养体系，是世界各国都在探索的问题。本期环球周刊介绍英国、美国、德国、日本等多个国家在基础教育和高等教育阶段培养人工智能人才的探索和经验，以为读者提供一些启发。

英、美、德、日高校探索形成了较有特色的人才培养模式，开设的人工智能专业课程占全球高校人工智能专业课程的50%以上——

# 加大投入培养人工智能高层次人才

段从宇 王燕

当下，为抢占新一轮科技革命和产业变革的战略先机和竞争优势，多个国家在人工智能高层次人才培养上超前布局。据统计，全球目前有45

个国家的451所高校开设了人工智能专业课程，其中，英、美、德、日4国高校占比达50%以上。这4个国家探索形成了较有特色的人工智能人才培养模式，拥有一些共性举措和普遍经验。

## 1 | 课程体系设置上强调跨学科

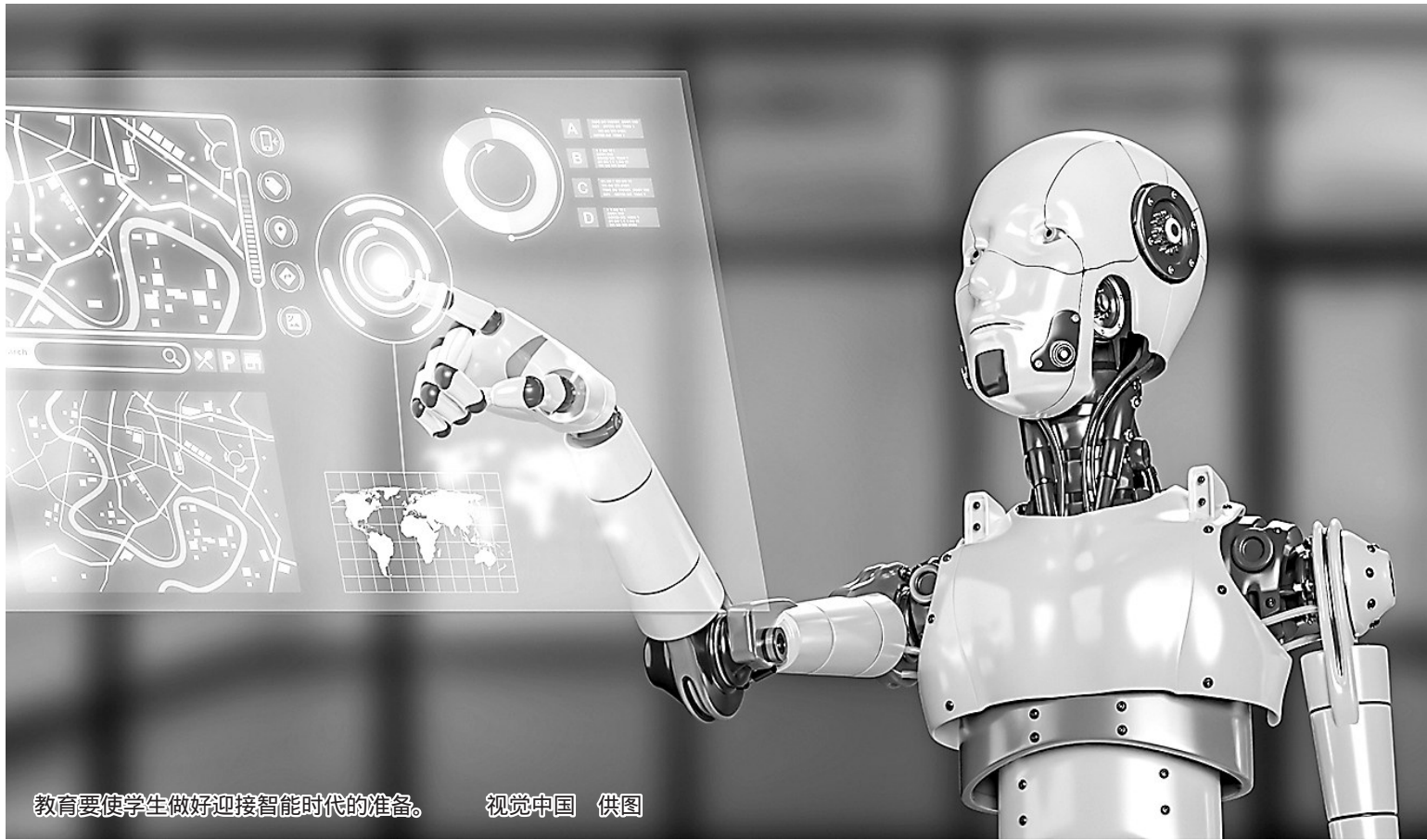
人工智能属于典型的交叉学科，按照跨学科的思路来设置课程体系，才能培养出高层次的创新人才。

美国高校在人工智能人才培养上坚持走“三维知识融合”的阶梯化推进道路。首先是基础知识、专业知识、跨学科知识的三维融合，其次是课程学习的阶梯化推进。在美国首个开设人工智能本科学位项目的卡内基梅隆大学，以数学、统计、计算机科学为基础的核心课程占比达36.5%，通识课程和专业课程分别占31.4%和29.2%。在这一基础上，学校重视课程安排的递进性，大一、大二阶段主要讲授人工智能概论、机器学习导论等基础课程和专业课程，大三后则逐步纳入人文、艺术、道德伦理等跨学科课程内容，循序渐进地培养学生理解和把握人工智能的能力。

英国高校在人工智能人才培养上普遍采用“二维并举”路径，其一是“宽口径+跨学科”的专业设置路径，其二是“理论+实践”的课程设计路径。以牛津大学为例，它主要提供计算机科学和哲学、计算机科学和数学、计算机科学和法律等复合学位课程，旨在培养能够在多个领域应用人工智能技术的高端人才。此外，该校

还形成了从基础到专业、从理论到实践的课程体系，要求学生入学之初就建立坚实的数学和计算机科学基础，从第二学年开始学习人工智能、机器学习等课程，并积极参与编程实践和小组项目。

德国高校探索形成了“四维能力培养”模式。在德国，主修人工智能专业通常需要完成180个学分的课程。这些课程被划分为基本能力课程模块、数据能力课程模块、人工智能应用能力课程模块和跨学科能力课程模块。其中，基本能力模块主要提供人工智能核心课程以及数学和信息科学的基础性知识，特别突出机器学习课程的重要性，重在打牢学生的理论基础；数据能力模块侧重于培养学生的数据评估和分析能力，主要包括数据管理和信息技术安全等课程，以期提升学生处理和大数据分析的能力；人工智能应用能力模块包括计算机视觉、自然语言处理、医学或机器人等应用领域的课程，意在增强学生在特定领域应用人工智能的实践技能；跨学科能力模块要求学生了解、掌握开发和使用人工智能系统涉及的经济、法律和伦理知识，确保学生能在遵守社会伦理的前提下有效应用人工智能技术。



教育要使学生做好迎接智能时代的准备。视觉中国 供图

# 用课程的力量推动人工智能教育普及

余丽丽 温正彪

新型人工智能技术给教育带来了新的机遇和挑战，教育亟须思考如何使学生做好迎接智能时代的准备，由此，人工智能成为全球中小学新的学科领域。教育范畴内的人工智能课程是指涵盖人工智能领域主题并结合人工智能相关应用的结构化学习项目。近年来，国际组织和部分国家关注中小学阶段人工智能课程的开发和实施。比如，联合国教科文组织撰写了《K-12人工智能课程：政府认可的人工智能课程图景》报告，描绘了人工智能教育课程的全局图谱。奥地利、印度、韩国、比利时、卡塔尔等国家已经开发出了政府核准和实施的人工智能课程。沙特阿拉伯、塞尔维亚等国家正在研制中小学阶段的人工智能课程。这些课程既有覆盖小学至高中所有年段的，也有只覆盖其中一个或两个学段的。根据已有案例，目前中小学人工智能课程具有两个显著特点，即能力本位和多元统筹实施。

## 1

### 课程目标和内容坚持能力本位

经济合作与发展组织将“能力”定义为在特定情境下应对复杂问题所需的知识、技能、态度和价值观。随着时代的发展，“能力”这一概念的内涵和外延在不断拓展。联合国教科文组织发表的《人工智能时代的能力培养报告》指出，人工智能时代的公民需要了解人工智能的功能、局限和潜在影响，同时要学会批判性地应用。引导人工智能为公共利益服务，需要每个人都具备一定程度的人工智能能力，包括掌握一定的人工智能知识、理解和运用人工智能以及把握人工智能的价值取向，即具备“人工智能素养”。

依据能力本位的课程目标，全球中小学人工智能课程主要围绕三大领域的九个专题内容展开，聚焦智能时代工作和生活所需的技能和价值观，依据全球和各自国家的发展目标，结合特定的教学环境自主研发。三大领域是指人工智能基础、伦理和社交影响、理解、应用和开发人工智能。九个专题包括算法和编程、数据素养、情景化问题解决、人工智能伦理、人工智能的社会影响、人工智能在其他领域的应用、理解和应用人工智能底层技术、理解和应用人工智能技术、开发人工智能应用程序。其中，人工智能基础课程领域包含算法和编程、数据素养以及情景化问题解决等内容，构成了大多数中小学人工智能课程的基础，占总课时分配的41%，其中，算法和编程占据的课时比例最大。伦理和社交影响课程领域包含人工智能伦理、人工智能的社会影响和人工智能在其他领域的应用等内容，与我们日常使用人工智能息息相关。这类课程占据总课时的24%。理解、应用和开发人工智能课程领域包括理解和应用人工智能技术、现有的人工智能工具以及开发人工智能应用程序等内容，占总课时的25%，其中，理解和应用人工智能技术的课程内容占该类别一半以上的课时。

## 2

### 多方协作统筹课程的实施和评估

人工智能课程的实施和评估是将课程理论转化为教学实践的关键环节。《K-12人工智能课程：政府认可的人工智能课程图景》显示，国家或政府主导的人工智能课程以学生利益为主，注重组建专家、学者和教师专业团队，借鉴来自国内外学科专家和教育工作者的专业建议，以最优的方式实现课程资源统筹，以国家引导、多方协作的方式规划和落实。

其一，引导人工智能赋能教师。教师是微观层面的课程设计师和实施者。人工智能正在改变教育方式和教育的数字基础设施，颠覆了以往对教师教学能力的定义。人工智能课程实施需要重新界定教师在人工智能教育环境中所需的能力，引导人工智能赋能教师。当下，大多数国家在尝试提升现有教师的数字技能。比如，中国和葡萄牙利用国家的培训项目对涉及人工智能课程的教师进行培训，奥地利将人工智能相关专题纳入高等教育机构的教师职前培训。此外，一些国家和地区还会在人工智能课程实施前为教师提供教材和评估指南等资源。

其二，采用创新的项目式学习方法。人工智能课程涉及的领域很广泛，课程的实施需要采用创新的教学方法。项目式学习关注实践技能的发展和实际问题的解决，是培养批判性思维、创新精神和团队合作能力的有效教学方式。基于项目进行学习是当下许多国家和行业开发人工智能课程的突出特点。全世界约有1/3的人工智能课程将基于项目的学习作为一种教学策略。

其三，优化课程的学习工具和环境。人工智能课程需利用外在资源来支持其实施和评估。要使每个学生具备一定程度的人工智能应用能力，需要创建公共在线学习平台和学习工具，同时开发适当的学习环境，来支持人工智能课程工作的开展。比如，塞尔维亚等国家正在开发包含互动任务等功能的在线工具，旨在通过该工具来提升人工智能课程的有效性。

其四，建立人工智能课程质量评估系统。当下，由于全球人工智能课程开发尚未普及，有关人工智能课程评估的研究相对较少，人工智能课程质量和有效性的评估大部分依赖于专家对课程的审查。未来，应逐步建立并完善人工智能课程质量评估系统，进行试点教学研究，同时向教师、学生、学术或业界专家寻求反馈，以提供评估证据基础。

## 3

### 较有特色的课程开发案例

卡塔尔“计算和信息技术”课程。卡塔尔2030国家愿景将科技视为现代知识型经济发展的关键因素。卡塔尔国家课程框架坚持以学生为中心，基于实践项目，将“计算和信息技术”列为中小学所有年段的必修课程，同时在高中阶段设置“高科技方向”选修课程，目标是在逻辑和数学思维、语言和交流、读写能力和创造力培养方面，为孩子们提供有益的

学习机会。这些课程涵盖算法、编程、伦理和社交影响、对人工智能工具和技术的理解和应用等内容。此外，选修“高科技方向”课程的学生还要进行人工智能产品开发的学习。总体来说，卡塔尔“计算和信息技术”课程涵盖了知识、技能和态度三个维度，重点关注计算机科学原理和实践、数字素养和软技能提升，着重提升学生协作、沟通、批判性思维和解决问题的能力。在社会协同方面，课程管理者会定期审查课程标准，以确保课程符合计算机科学和信息技术领域最新的发展趋势。在更新课程标准时，课程管理者还会广泛收集教师反馈和国际层面的有益经验。该课程不依赖于特定的技术、平台或应用程序，以充分保证课程实施的可持续性。

印度 Atal Tinker 实验室人工智能模块课程。为确保印度学生能够了解人工智能，并在未来应用人工智能技术解决本地和全球性的问题，印度中等教育中央委员会在其管辖的2.2万余所学校中开设了人工智能选修课程。该课程主张“在做中学”，让学生有机会使用人工智能解决现实挑战并从中学习人工智能新技术。在社会协同方面，印度中等教育中央委员会与英特尔、微软等行业供应商合作，共同开发培训内容和支持性材料，编写符合印度国家课程标准的教材和评估指南。师资方面，印度中等教育中央委员会安排了教师培训和导师培训，并编制了一系列材料，包括指南、多学科教案和教材。课程实施过程中，为使人工智能课程顺利地融入学校，印度中等教育中央委员会还开展了一系列活动，包括竞赛、研讨会、夏令营等多种形式，旨在为学生探索人工智能技术提供更多机会。比如在为期3天的 AI-thon 夏令营中，学生可利用人工智能完成项目设计。类似的活动已经吸引了超过1万名教师和12万名学生接受人工智能方面的培训。此外，学校在课程整合和统筹上发挥着巨大的作用。课程进度、教学大纲、教学方法和教学途径的设计以及必要资源的采购等，都需要学校层面统一管理。印度学校积极开展教师培训，统筹各利益攸关方，动员学生和家長参与进来，确保人工智能课程目标的实现。

奥地利“数据科学和人工智能”课程。该课程以学分制的必修课程形式在高中开设，共有144课时，其中50%的课时用于教授人工智能基础，包括算法和编程、情景化问题解决和数据素养、伦理和社交影响占据35%的课时，教授人工智能在其他领域的应用、人工智能伦理和人工智能的社会影响，剩下15%的课时用于教授理解、应用和开发人工智能。参与课程学习后，学生能掌握以下知识和技能：了解编程语言和算法，学习数据素养的基本原理，应用一定标准评估数据来源和数字内容的可信度和可靠性；了解信息通信技术领域新兴技术在社会中的应用；了解数字媒体，学习有关云的知识，和网络计算机相关理论，知晓使用人工智能技术会带来的伦理困境，并能够积极参与相关问题的社会讨论。奥地利将人工智能相关专题纳入高等教育机构的教师职前培训，不仅讲授通用的人工智能知识，还指导教师如何使用人工智能来支持教学和学术。在社会协同方面，奥地利统筹多方资源来实施人工智能课程，依据年级和学生水平的不同，使用不同的资源和平台。

（作者单位系杭州科技职业技术学院，温正彪系该院院长、教授、博士生导师）

## 2 | 探索与本国实践相符的多主体协同模式

单纯依靠高校力量没有办法培养出规模和质量兼具的人工智能人才队伍。探索与本国实践相符的多主体协同模式，是更快、更好培养人工智能人才的必由路径。

英国强调人才链与产业链的融合，着力贯通企业与高校的人工智能人才培养链条。早在2017年，英国政府就发布了《英国发展人工智能》报告，提出将高等教育资源与人工智能技术紧密结合的策略，明确提出在英国知名大学中增设200个人工智能博士学位，并由企业每年资助至少300名攻读人工智能硕士学位，鼓励来自不同学科背景的学生深入人工智能领域探索。与此同时，英国政府还支持高校为产业界在职人员，尤其是拥有STEM（科学、技术、工程和数学）教育背景的在职人员开设人工智能在线课程、提供职后人工智能培训等。

日本强调打造“协作网络”，通过政府、产业界、学术界与研究机构之间的协作，共同推动人工智能领域的应用型人才培养。2015-2016年，日本产业技术综合研究所和理化研究所联合企业成立了人工智能研究中心和革新智能综合研究中心，致力于招募日本顶尖的人工智能专家，以推动该领域的研究、开发和应用。日本《人工智能战略2019》提倡通过官民协作促进人工智能发展，目标是将日本打造成为世界领先的人工智能研究基

地，培养和吸引世界级的高素质研究人员。2020年，东京大学和软银公司合作成立了超越人工智能研究所，专注于人工智能的基础研究和应用研究。2021年，日本文部科学省启动了“数学科学、数据科学、人工智能高等教育认证计划”，鼓励大学和专科学院开设人工智能课程，并制定人工智能专业人才培养计划。

美国重视“政产学研用”结合。首先，大学与工业界紧密合作，设计灵活多样的研究项目和实习计划，帮助学生将理论知识与实际应用场景相结合。例如，麻省理工学院的“本科生实践机会计划”提供为期一年的专业发展机会，培养学生在工业界或科研机构工作所必须掌握的关键技能。通过得克萨斯大学奥斯汀分校的Moncrief本科生暑期实习计划，工程学院的学生有机会与研究所的研究人员合作，参与前沿的人工智能课题研究。同时，美国政府持续推动多主体间的合作。2023年，美国国家科学基金会、美国国家标准与技术研究院、美国农业部等机构，联合马里兰州、加利福尼亚大学圣巴巴拉分校、卡内基梅隆大学等高校和IBM等企业，共同建立了7个人工智能研究所。2024年，美国政府成立了人工智能安全研究所联盟，汇集了企业、高校、用户、政府、行业研究机构和民间组织的研究人员。这也有助于政产学研共同培养人工智能人才。

## 3 | 保障人工智能领域的经费支持

给予倾斜性的经费保障支持，是许多国家在人工智能高层次人才培养上的共同做法。

德国在新修订的人工智能战略中提出，到2025年，将国家对人工智能领域的资助总额从30亿欧元提升至50亿欧元。与此同时，该战略明确，从2022年7月起，联邦政府与各州政府每年共同为柏林学习和数据基础研究所、慕尼黑机器学习中心、莱茵-鲁尔机器学习能力中心以及德累斯顿-莱比锡可扩展数据分析和人工智能中心等4个研究机构提供5000万欧元，用于吸引和培养人工智能专家。此外，德国人工智能研究中心每年亦可从德国联邦教育及研究部获得1100万欧元的专项资金支持。

自2017年起，英国政府开始显著增加人工智能人才培养的资金投入。首项措施是投资2亿英镑，建立专门的新技术学院，致力于提供高级人工智能培训。此后，英国政府于2021年推出《国家人工智能战略》，明确将投资10亿英镑，支持人工智能人才的培养和发展。今年初，英国政府又向高校提供了倾斜性的资金支持，专门投入9000万英镑，

新建9个人工智能研究中心，专注于医疗保健、化学和数学等关键领域的人工智能技术研究和人才培养。

自2018年起，日本文部科学省投入6亿日元资金，选定北海道大学、东京大学等6所大学作为试点，建立数据和数据科学教育中心。这些中心的宗旨是服务所有学科的学生，推广人工智能基础性教育。2019年，日本明确在科学技术领域的新增预算中，投入133亿日元支持人工智能技术开发和人才培养。2023年11月，日本文部科学省发布新的人工智能人才培养方案，特别强调对年轻研究者和博士生提供财政支持，具体措施包括：为对国家战略领域研究作出重大贡献的大学独立研究者每年提供1000万日元的经费支持，期限5年，涵盖200名研究者；为从事国家战略领域研究的博士生每年提供390万日元的经费支持，期限3年，涵盖600名博士生。

（段从宇系深圳大学教育学部教授，王燕单位系厦门大学教育研究院。本文系全国教育科学规划国家一般项目“制度变迁视域下教育科技人才一体化推进实施路径研究”[BGA230253]成果）