

# 人工智能人才培养： 专业和学科

吴飞 浙江大学计算机学院副院长、求是特聘教授、国家杰青



## 一、计算机课程中人工智能知识点演变

人工智能研究的一个起源来自于计算机，计算机研究起源于电子工程专业（EE）。世界上第一个电子工程系 1882 年在德国达姆斯塔特工业大学成立，美国的康奈尔大学和英国伦敦大学学院于 1885 年分别设立了电子工程系。在 1962 年美国普渡大学设立了世界上第一个计算机系后，计算机课程体系设计工作很快就踏上了征程。

为了规范计算机课程的教学，美国计算机学会（ACM）于 1968 年和 1978 年发布了计算机科学课程体系 Curriculum 68 和 Curriculum 78。1985 年，ACM 和 IEEE 计算机学会（IEEE-CS）针对计算机科学课程体系成立了一个工作组（task force），共同来制定计算机科学的课程体系。这个工作组几乎每隔 10 年，发布一个新的计算机课程体系，目前已经发布了 Computing Curricula 1991、Computing Curricula 2001、Computer Science Curriculum 2013 等内容。

1968 年首次发布的计算机课程体系 Curriculum 68 强调算法思维，认为算法概念应当和程序概念之间清晰的区分开，并且强调了数学知识的教学（如微积分、线性代数和概率等）。在 1968 年计算机课程体系中，“AI, heuristic programming(人工智能与启发式规划)”首次出现。由此可以看出，人工智能知识点在第一份计算机

专业课程体系中就出现，而且从未缺席。

1985 年，ACM 和 IEEE-CS 联合成立了一个工作组，来制定计算机课程体系，这个工作组认为计算机专业是研究信息描述和转换的系统性算法过程，包括理论、分析、设计、效率、执行和应用。同时，工作组提出计算科学的根本问题是，“什么可以（有效地）自动化？（what can be efficiently automated）”。1991 年，这个工作组发布了计算机课程体系 computing curricula 1991。

ACM 和 IEEE-CS 发布的 1991 版课程体系将计算机课程体系分为 11 个知识领域，其中将人工智能与机器人内容单列为 Artificial Intelligence and Robotics（AI）。说明人工智能课程在计算机课程体系中成为了一个独立的知识单元，开始进入到计算机专业教育的核心领域。

2001 年，ACM 和 IEEE-CS 联合工作组发布了计算机课程体系 Computing Curricula 2001，它将计算机课程体系分为 14 个知识领域，其中将人工智能内容单列为 Intelligent System（AI）。在这版计算机课程体系中，AI 板块课程内容被进一步的拓展和细化，AI 的相关内容被分为 13 个分支，分别为智能系统基础、搜索与优化、知识表达和推理、学习、智能体、计算机视觉、自然语言处理、模式识别、先进机器学习、机器人、知识系统、神经网络和遗传算法。从这 13 个分支可以看出，AI 板块基本上已经形成了自己的知识体系和课程

体系，已经在核心理论和应用理论上完成了整体架构的搭建和设计。

2013 年，ACM 和 IEEE-CS 联合工作组发布的计算机课程体系 Computing Curricula 2013

中，计算机课程体系被称为一个“大篷”（big tent），其知识领域被拓展为 18 个。在这个课程体系中，人工智能“Intelligent System（AI）”相关内容被分为 12 个分支，见表 1。

表 1 ACM 和 IEEE-CS 发布的 2013 版计算机课程体系及人工智能知识内容

计算机课程	人工智能相关内容	计算机课程	人工智能相关内容
AL-Algorithms and Complexity (算法与复杂度)	Fundamental issues (智能基本问题)	NC-Networking and Communications (网络与通讯)	Reasoning Under Uncertainty (不确定下推理)
AR-Architecture and Organization (计算机结构体系与组织)		OS-Operating Systems (操作系统)	Agents (智能体)
CN-Computational Science (计算科学)	Basic Search Strategies (搜索策略基础)	PDB-Platform-based Development (基于平台的开发)	Natural Language Processing (自然语言处理)
DS-Discrete Structures (离散数学)	Basic Knowledge Based Reasoning (知识表示和推理基础)	PD-Parallel and Distributed Computing (并行与分布式计算)	Advanced Machine Learning (高级机器学习)
GV-Graphics and Visualization (图形与可视化)		PL-Programming languages (程序设计语言)	
HCI-Human-Computer Interaction (人机交互)	Basic Machine Learning (机器学习基础)	SDF-Software Development Fundamentals (软件开发基本原理)	Robotics (机器人)
IAS-Information Assurance and Security (信息保障与安全)		SE-software Engineering (软件工程)	
IM-Information Management (信息管理)	Advanced Search (高级搜索)	SF-Systems Fundamental (系统基本原理)	Perception and Computer Vision (感知与机器视觉)
IS-Intelligent Systems (智能系统)	Advanced Representation and Reasoning (高级知识表达和推理)	SP-Social Issues and Professional Practice (社会问题与专业实践)	

从 1968 年到 2013 年计算机课程体系可看出：  
① 人工智能知识体系的着重点走过了从强调程序设计（programming）到算法研究（model）以及功能实现（function）的不同历史阶段；② 从 2008 年和 2013 年计算机课程体系可以看出：计算机课程体系这个“大篷”随时间不断扩展，如基于平台的开发、并行与分布式计算、系统基本原理等是 2013 年中新增加内容；③ 人工智能知识点逐渐变得明晰，在 2013 年计算机课程体系中明确指出人工智能是一门研究难以通过传统方法

去解决实际问题的学问之道，其通过非传统方法解决问题需要利用常识或领域知识的表达机制、解决问题的能力以及学习技巧。为此，需要研究感知（如语音识别、自然语言理解、计算机视觉）、问题求解（如搜索和规划）、行动（如机器人）以及支持任务完成的体系架构（如智能体和多智能体）。

## 二、人工智能人才培养载体：专业和学科

1955 年 8 月，John McCarthy（时任达特茅斯学院数学系助理教授，1971 年度图灵奖获得

者)、Marvin Lee Minsky (时任哈佛大学数学系和神经学系 Junior Fellow, 1969 年度图灵奖获得者)、Claude Shannon (时任贝尔实验室数学家, 信息论之父) 和 Nathaniel Rochester (时任 IBM 信息研究主管, IBM 第一代通用计算机 701 主设计师) 四位学者在一份题为 *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (《关于举办达特茅斯人工智能夏季研讨会的提议》) 的报告中, 首次使用了“Artificial Intelligence”(人工智能, AI) 这个术语, 从此人工智能开始登上人类历史舞台。

在这份报告中, 四位学者希望美国洛克菲勒私人基金会能够出资, 资助一批学者在 1956 年夏天于达特茅斯学院研究“让机器能像人那样认知、思考和学习, 即用计算机模拟人的智能”。这份报告同时列举了人工智能所面临的七类问题, 分别是自动计算机、计算机编程、神经网络(通过连接神经元来形成概念)、计算的复杂度、自我学习与提高、抽象能力以及随机性与创造力。

人工智能经过 60 多年演进, 正呈现深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征, 人工智能具有辐射效应、放大效应和溢出效应, 正在引发链式突破, 加速新一轮科技革命和产业变革进程, 成为新一轮产业变革的核心驱动力。人工智能具有增强任何领域的技术的潜力, 是类似于内燃机或电力的一种“使能”技术, 这一使能技术的下一步突破将来自多学科交叉内禀, 形成创新之源、创新之力、赋能社会。

2017 年 7 月 20 日向全社会发布的国务院《新一代人工智能发展规划》中明确指出, 要建设人工智能学科, 加强人工智能的高层次人才的培养。2018 年 4 月 4 日, 教育部发布的《高等学校人工智能创新行动计划》里也明确要求, 要完善人工智能领域的人才培养体系, 同时在此计划中专门开辟

了三个专栏, 其中专栏二就是人工智能的人才培养, 明确指出了建立人工智能学科及人工智能的本科专业。2020 年 1 月教育部、发改委和财政部三部委发布《关于双一流建设高校, 促进学科融合, 加快人工智能领域研究生培养的若干意见》, 明确指出将人工智能纳入“国家关键领域急需高层次人才培养专项招生计划”支持范围。

2018 年 4 月 17 日, 国务院学位办发布《关于高等学校开展学位授权自主审核工作的意见》通知, 指出具有学位授权自主审核权的 20 所高校可新增一级学科目录以外的交叉学科, 并且规定了交叉学科不是现有学科的简单组合, 设置的交叉学科应该具有一定的数量, 相对稳定的研究方向, 覆盖面与现行一级学科相当, 有可能形成新的学科增长点。

浙江大学根据此通知精神, 很快将工作开展起来。我记得当时吴朝晖校长明确指示, 学校研究生院要探讨研究建立人工智能交叉学科的工作。2018 年 6 月 21 日, 浙江大学研究生院委托计算机学院召开浙江大学人工智能交叉学科专家论证会。通过这次论证, 浙江大学明确了人工智能交叉学科的建设方向和建设内涵, 并且向浙江大学学位评定委员会第 70 届全体委员会汇报了人工智能交叉学科设置方案。2019 年 5 月 6 日, 国务院学位办批准浙江大学设立人工智能交叉学科(学科代码 9901), 这是中国高校设立的第一个人工智能的交叉学科。

当前, 浙江大学、武汉大学和华中科技大学相继获批人工智能交叉学科(纳入一级学科管理), 215 所高校获批设置人工智能本科专业、171 所高职院校(专科)获批“人工智能技术服务”专业, 中国已经形成了本科生到研究生的人才培养体系。表 2 示出了双一流高校中开设人工智能本科专业和学科的学校。

表 2 双一流高校中开设人工智能本科专业和学科的学校列表

设置人工智能本科专业的高校数	学校
世界一流大学建设 36 所高校 (A 类) 中有 28 所高校开设了人工智能本科专业	北京大学、中国人民大学、清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、中国农业大学、北京师范大学、天津大学、大连理工大学、吉林大学、哈尔滨工业大学、复旦大学、同济大学、上海交通大学、南京大学、东南大学、浙江大学、中国科学技术大学、厦门大学、山东大学、武汉大学、华中科技大学、四川大学、重庆大学、电子科技大学、西安交通大学、西北工业大学、兰州大学
世界一流大学建设 6 所高校 (B 类) 中有 1 所高校开设了人工智能本科专业	东北大学
世界一流学科建设 95 所高校中有 34 所高校开设了人工智能本科专业	北京科技大学、北京化工大学、北京邮电大学、首都师范大学、中国传媒大学、天津工业大学、河北工业大学、太原理工大学、上海大学、苏州大学、南京航空航天大学、中国矿业大学、南京信息工程大学、南京农业大学、南京中医药大学、南京师范大学、安徽大学、福州大学、南昌大学、河南大学、武汉理工大学、华中师范大学、湖南师范大学、暨南大学、华南师范大学、西南交通大学、成都理工大学、西南财经大学、贵州大学、西安电子科技大学、长安大学、陕西师范大学、中国矿业大学 (北京)、中国石油大学 (北京)
世界一流大学建设 36 所高校 (A 类) 中有 3 所高校设置了人工智能交叉学科	浙江大学、武汉大学、华中科技大学

麻省理工学院 (MIT) 在重组其计算学院时设立了电子工程 (electrical engineering, EE)、计算机科学 (computer science, CS) 和人工智能和决策 (artificial intelligence and decision-making, AI+D) 三个系, 其认为人工智能和决策将以计算机科学为核心的人工智能和以电子工程为核心的信息论和决策系统进行了有机融合。

### 三、构建人工智能生态 (AI Ecosystem) 推动人才培养: 浙江大学实践

人工智能不单纯是一门课程、一手技术、一项产品或一个应用, 而是理论博大精深、技术生机勃勃、产品落地牵引、应用赋能社会的综合生态系统, 在这样一个良好生态系统中, 每一个来自不同领域的参与者都可郁郁葱葱、乘势成长。

浙江大学实施“脑科学与人工智能会聚研究计划”(双脑计划), 推动神经系统科学、认知科学、计算机科学等人工智能关键领域的互动融合, 获批教育部人工智能协同创新中心、脑与脑机融合

前沿科学中心。从 2018 年以来, 浙江大学计算机学院、法学院与阿里巴巴达摩院、浙江省高级人民法院合作, 开展了人工智能赋能司法审判的联合攻关。针对金融借款和民间借贷等 24 个案由, 基于 10 万多标注裁判文书、10 万多标注庭审笔录、1 万多标注证据样本和 400 万条法条, 研制了智能审判系统——“小智”。“小智”于 2019 年 9 月在杭州上城区和下城区所属人民法院开始使用, 辅助法官办理民间借贷和金融借贷两个案由, 为智能化辅助审判提供了实践经验。如 2019 年 9 月 23 日小智在杭州市上城区人民法院基金小镇人民法庭仅用 30 分钟审理完毕金融借款纠纷案件, 2019 年 12 月 24 日小智在杭州市下城区人民法院仅用 30 分钟审理完毕民间借贷纠纷案件。

根据人工智能“至小有内 (内涵)”和“至大无外 (交叉)”的特点, 浙江大学人工智能本科专业按照“厘清内涵、促进交叉、赋能应用”原则设置了人工智能人才培养方案。厘清内涵指确立专业培养定位和专业培养方向, 重视数学与



统计知识（如概率论、微积分、线性代数、优化求解和矩阵变换等）、计算机编程和系统能力（如程序设计、算法分析和系统等）以及人工智能基础知识（如逻辑推理、机器学习、强化学习、控制与博弈决策等）；促进交叉指“专、通、交”课程内容贯穿，即核心课程中既要有“专业化”课程（掌握系统而牢固人工智能专业知识），也要有“通识”课程（拓宽人工智能的知识面），以及体现若干专业学科知识汇聚的“交叉”课程（具备人工智能+X的知识能力），培养人工智能人才的广泛适应能力和可持续竞争力，以应对快速变化的新时代；赋能应用指加强实践体系建设，针对人工智能是应用驱动的特点，在人才培养过程中，与人工智能相关企业合作，加大设置人工智能芯片、工具、系统和平台等课程，加强技术应用能力，以及应用场景创新能力的培养。

2018年3月，高等教育出版社联合国家新一代人工智能战略咨询委员会在北京组织成立了《新一代人工智能系列教材》编委会，由潘云鹤院士担任编委会主任，郑南宁院士、高文院士、吴澄院士、陈纯院士和林金安副总编辑担任编委会副主任委员。该系列教材将涵盖人工智能基础理论、算法模型、技术系统、硬件芯片和伦理安全以及“智能+”学科交叉等方面内容。目前教材编写工作进展顺利，《人工智能导论：模型与算法》、《可视化导论》和《智能产品设计》已经先后出版，且三本教材均在爱课程（中国大学MOOC）发布了在线课程，选修超过12万人次。潘云鹤院士为系列教材撰写了序言，希望“编写具有中国特色的人工智能一流教材体系，建设在线开放共享课程，形成各具优势、衔接前沿、涵盖完整、交叉融合的教材体系，为人工智能各类型人才培养做出应有贡献”。《自然语言处理》、《模式识别》、《自主智能运动系统》、《人脸图像合成与识别》、《机器感知》、《人工智能芯片与系统》、《物联网

安全》、《神经认知学》、《人工智能伦理与安全》、《金融科技概论》、《媒体计算》、《人工智能逻辑》、《人工智能生物医学信息处理》、《数字不经济：人工智能与区块链》、《人工智能伦理》、《赋能：“人工智能+”数字经济》等教材正在撰写中。

2020年7月1日，浙江大学人工智能研究所和人工智能协同创新中心发布了由潘云鹤院士题词的“智海——新一代人工智能科教平台（www.wiscean.cn）”，寓意为“有智之能，方可驱动时代变革，有海之容，便可赋能万物更新”，并同时赋予“人工智能、教育先行；产学协作、引领创新”平台理念。“智海”汇聚前沿技术和产业资源，联动政校企力量，搭建开源、开放、互通的新一代人工智能生态体系，深度聚焦人工智能人才培养、学科交叉和人工智能生态建设，推动人工智能交叉学科范式变革、赋能场景应用。“智海”依托“新一代人工智能系列教材”面向高等学校开展人工智能专业实训。7月11日，“智海”对来自全国61所高校的126位教师通过网络进行了“云培训”、8月3日-8月27日完成了航天科技集团第三期“灰犀牛”人工智能技术特训班60名学员的研训工作。中国航天科技集团包为民院士主持了“灰犀牛”人工智能技术特训班的开班仪式。雷达与电子技术专家张履谦院士和人工智能专家潘云鹤院士分别为“灰犀牛”人工智能技术特训班题词。

2019年5月，信息技术新工科产学研联盟人工智能人才培训基地在浙江省德清县举行揭牌仪式。该基地由浙江大学人工智能研究所德清研究院负责进行建设。基地成立以来，为进一步加强政、产、学三方人工智能科技创新协同发展，以“AI赋能、教育先行；创新引领、产学协同”为理念，承办了“高校人工智能人才与科技莫干山论坛（简称莫干山论坛）”，汇聚国内外人工智能各领域顶尖学者，深入探索人工智能前沿科技发展趋势，积极推动中国人工智能人才培养生态建设。浙江

大学人工智能研究所德清研究院先后组织了高校人工智能人才与科技莫干山论坛、中国工程院前沿信息技术颠覆性会议、英特尔杯”第一届中国研究生人工智能创新大赛决赛、全国高校计算机大赛 - 人工智能创意赛等活动。2020 年 4 月，由信息技术新工科产学研联盟主办，新华网、中教全媒体承办，信息技术新工科产学研联盟人工智能培训基地（德清）协办的“人工智能教育线上公开课”于 4 月 24 日在新华网客户端云直播以及中教全媒体直播平台同步首播。“人工智能教育线上公开课”邀请新工科建设领域的知名专家学者、高校和企业界专家线上开讲，围绕新工科建设背景、新工科专业建设进展、产学研协同育人机制、校企协同课程建设成果、新工科专业人才需求与就业发展等展开讨论，助力新工科建设。

#### 四、结论

2020 年的 6 月 16 日，潘云鹤院士作为通讯作者与其他人工智能领域的年轻学者，在《自然》

（上接第 15 页）

另外需要注意的是什么？不完整信息。比如新冠疫情早期，我们能够意识到新冠疫情对产业、对经济会造成一定的影响，但是影响到什么程度未必能意识到，因为得到的信息不完整，所以这就需要现在的数字技术、工业互联网技术和人工智能技术的帮助，使我们获得相对更完整的信息，而且把这些即使不完整的信息进行关联分析，帮助我们对问题有更好的认识。

以前讲信息化，包括以前讲制造业信息化，强调的是信息流动，但信息流动很多情况下是单向流动，主要满足既有活动的需求。现在讲的数据驱动不一样，这和以前我知道我要做什么事情需要什么信息是不一样的，数据驱动可以驱动我们去去做一些新的活动。比如客户的某些数据用于

子刊《机器智能》发布了《中国迈向新一代人工智能》的文章，全景式地扫描中国新一代人工智能的形成过程和发展现状。潘院士指出，中国今后新一代人工智能发展面临如下的挑战：一是大力培养人工智能本土一流人才；二是加强学科交叉下的人工智能理论突破；三是规范人工智能伦理道德；四是全面构建起中国人工智能发展生态。

“致天下之治者在人才，成天下之才者在教化”。我们相信在这样一个伟大的历史时刻，高等学校即将肩负起人工智能人才培养的伟大历史使命，与其他企业、政府与其他的联盟一起，人工智能教育先行，产学研协作，引领创新。人工智能是使能技术，具有一种溢出带动性很强的头雁效应，一定能赋能社会。

1955 年人工智能登上历史舞台初心非常简单，人工智能每一次成绩的取得必将推动社会的伟大巨变，人工智能最终完成的一刹那必将为人类社会带来辉煌的巨变。“凡贵通者，贵其能用之也”。

（本报告根据速记整理）

驱动新产品开发，社会的某些宏观数据用于驱动我们去进行战略调整。

以前讲的信息流动基本上是单向流动，就是这个信息从一个部门流到另外一个部门等，而起驱动作用的数据往往是多重的，不同类型的数据，甚至是前面讲到跨行业的数据。

总而言之，企业必须关注社会特别事件的影响，快速响应，它是一个企业能力的表现。这里数据驱动是关键，数据驱动要体现在企业方方面面的活动中，要认识到数据驱动和信息流动的不同。企业的数据能力能够增强其软能力，软能力很大程度上体现企业的能力。

（本报告根据速记整理）