

✦ 专题策划：“计算未来·开拓之路”拔尖创新人才培养

文章编号：1672-5913(2026)08-0001-07

中图分类号：G642

编者按：当前，以人工智能、量子计算为代表的颠覆性技术正重塑全球竞争格局，拔尖人才成为推动学科前沿突破与产业创新的核心力量，为此，本期特策划“‘计算未来·开拓之路’拔尖创新人才培养”专题，旨在汇聚国内顶尖高校多个计算机拔尖班的建设经验与拔尖人才培养的创新实践，聚焦新时代背景下顶尖计算机人才的发现、培育与成长路径，为我国计算机拔尖人才培养注入新动能，助力实现高水平科技自立自强。

从 ACM/IEEE CC2020 到胜任力导向的拔尖 创新人才培养

张 铭

(北京大学 计算机学院, 北京 100871)

摘 要：基于 ACM/IEEE 发布的《Computing Curricula 2020》(CC2020)中以胜任力为核心构建的计算机人才培养框架，提出以真实科研问题为关键载体、贯穿不同培养阶段的胜任力导向人才培养模式，着重强调知识、技能与品行的协同共进，具体介绍国际计算教育规范研究、高水平科研牵引式培养、创新创业课程建设、中学生拔尖人才培养等实践，系统剖析胜任力导向培养在中国本土化的实施机制与显著成效，说明该模式对于目前人工智能与大模型等技术迅猛发展、不断迭代大背景下的人才需求有着重要的指导意义，是契合本土教育实际、满足国家战略需求的有效路径，能够有效促进学生能力与品行的可持续发展，为中国计算机拔尖创新人才培养提供实践范式。

关键词：ACM/IEEE CC2020；胜任力模型；拔尖创新人才；计算机教育；科研牵引

1 计算教育范式转型与拔尖创新人才培养的新要求

新一轮科技革命与产业变革正以前所未有的态势，深刻重塑全球科技竞争格局。以人工智能、大模型、数据科学和复杂系统为代表的计算技术，已然成为推动基础研究取得突破、产业实现创新的关键力量。在这一时代背景下，计算机教育所面临的核心问题，已不再局限于“教什么”，而是聚焦于“培养什么样的人”以及“如何培养具备持续创新能力的人”。

2021年，ACM/IEEE 联合发布的《Computing

Curricula 2020》(简称 CC2020)，标志着国际计算教育范式迎来一次重大转型。与以往主要围绕计算机科学知识体系结构展开的学科规范不同，CC2020 以“计算”(Computing)作为统摄性上位概念，全面覆盖计算机科学、计算机工程、信息技术、信息系统、软件工程等多个方向，并明确将胜任力(Competency)确立为所有计算教育项目的核心目标。胜任力由知识(Knowledge)、技能(Skills)和品行(Dispositions)3个维度共同构成，着重强调学生应具备面向未来复杂问题的综合能力以及可持续发展潜力^[1]。

在这一国际大背景下，中国计算机拔尖创新

基金项目：国家重点研发计划子课题“多层次教育知识图谱构建、检索与推理”(2023YFC3341203)。

作者简介：张铭，女，教授，研究方向为大语言模型、知识图谱、科学智能、计算机教育，mzhang_cs@pku.edu.cn。

人才培养既要对标国际规范，又必须紧密结合本土教育生态与国家战略需求，探索出切实可行的实施路径。笔者长期投身于国际计算教育规范研究，作为 ACM/IEEE CC2020 的执委，在中国本土实践中逐步构建起以科研牵引为核心、贯通中学生—本科生—研究生多阶段的计算机拔尖创新人才培养体系，为 CC2020 胜任力模型在中国落地提供了具代表性的实践样本。

2 CC2020胜任力模型的核心内涵与现实挑战

2.1 胜任力模型的三维结构

CC2020 将计算教育目标精准界定为胜任力培养，其核心涵盖知识、技能和品行这 3 个相互关联、相辅相成的维度（如图 1 所示）。

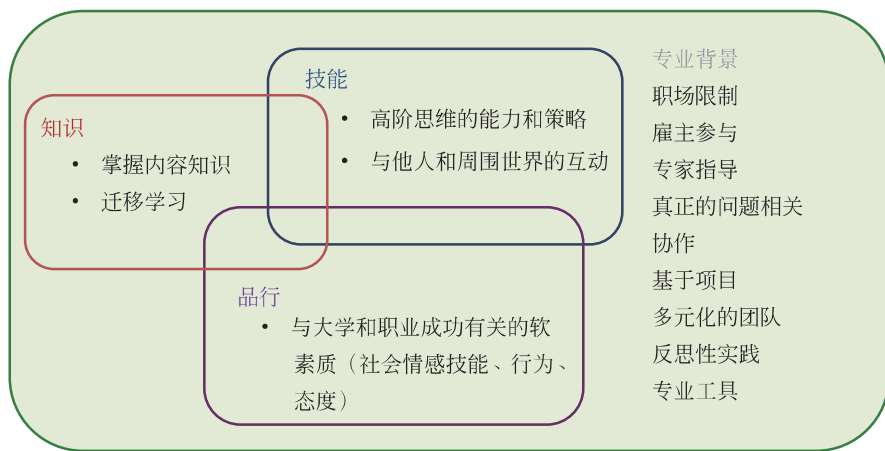


图 1 ACM/IEEE CC2020 的胜任力模型

“知识”作为计算教育的基础，包含用户与组织、系统模型、系统架构与基础设施、软件开发、软件基础知识、硬件 6 个模块，是学生深入理解计算本质的必要条件，也是学生未来进行迁移学习的重要基石。

“技能”着重强调知识的动态运用，涵盖记忆、理解、应用、分析、评估和创新 6 个层次，是学生将所学知识转化为解决实际问题能力的关键所在。技能不仅体现了高阶思维的能力与策略，更是在知识基础上与他人以及周围世界进行有效互动的能力体现。

“品行”是 CC2020 的一大重要创新，它指的是与计算活动紧密相关的价值取向与行为特质，具体包括适应性、协作意识、创造性、严谨性、激情、主动性、专业性、目标导向、责任感、迅速反应和自我驱动 11 个维度。这些品行要素是与大学生学业成功以及职业成就密切相关的软素质，涵盖了社会情感技能、行为、态度等多个方面。

这一模型充分体现了国际计算教育从“知识导向”向“能力与人格并重”的转型趋势^[2]。在拔尖人才培养过程中，面对真实的科研前沿问题，及时补充理论、技术等专业知识，借助导师

和高年级博士生的悉心指导开展有效的团队合作等，都是推动学生成长、促进科研项目创新以及取得丰硕成果的关键因素。

2.2 胜任力落地的现实难题

尽管胜任力模型在理念层面已达成广泛共识，但在具体实施过程中，仍面临诸多挑战。

（1）胜任力目标相对抽象，难以直接转化为具体可操作的课程或教学环节。

（2）传统教学与真实科研、工程实践之间存在明显割裂，导致技能与品行培养缺乏真实情境的有效支撑。

（3）评价体系仍以知识考核为主导，对学生的长期能力和学术品格关注不足。

如何将胜任力要求切实嵌入人才培养的全过程，成为当前计算机拔尖人才培养亟待解决的关键问题。

3 贯通式培养体系——从本科到研究生的连续发展

在当今科技飞速发展、知识更新迭代加速的时代，培养具有深厚专业素养、卓越创新能力

和广阔国际视野的高层次人才，对于推动学科进步、促进社会经济发展具有至关重要的意义。针对人才培养的关键问题，可采用贯通式科研培养体系，为学生的全面成长和长远发展搭建坚实稳固的桥梁。

3.1 本科阶段的早期科研介入

在本科阶段，应该鼓励学生尽早投身于科研实践，通过课程项目、科研训练计划、毕业设计等环节，逐步引导学生进入真实的研究情境。

本科生科研实践并非追求“产出高水平研究成果”，而是以科研思维启蒙和基础实践能力培养为核心，CC2020 三维度为其划定清晰方向。

(1) 知识维度：通过国家级和校级本科生科研训练计划，打破课程间的知识壁垒，实现计算领域核心知识（如算法、编程、数据结构、智能和机器学习模型设计等）的整合与应用，让学生理解知识在真实科研问题中的价值。

(2) 技能维度：锤炼科研基础技能（文献检索、问题分析、方案设计、实验操作、结果总结、团队协作等），形成“发现问题—解决问题”的基本科研思维。

(3) 品行维度：塑造科研必备的基础品格（好奇心、主动性、严谨性、耐挫性、合作意识、学术诚信），让学生建立对科研的正确认知，培养科研兴趣。

3个维度贯穿本科生科研实践全流程，知识是科研实践的基础，技能是科研实践的落地手段，品行是科研实践的内在驱动力，三者相互支撑，让学生在“做科研”的过程中完成胜任力的全面提升。

本科生在这一过程中，不仅能够学习到专业知识，更能在导师与高年级学生的悉心带领下，参与问题定义、基线模型复现、实验设计、论文撰写等科研环节。

这种早期科研介入模式，有效避免了“到研究生阶段再补能力”的滞后问题，使学生在进入更高阶段学习之前，就已具备较为成熟的科研素养，为后续的深入学习和研究奠定坚实基础。有些优秀学生，在本科期间参加过高年级博士生领衔的科研项目之后，能够提出创新的模型算法，以第一作者身份发表 ICML、ICLR、ICDM 等顶

会论文，这让他们在未来的科研道路上具有相当的先发优势。

3.2 研究生阶段的深度训练与国际接轨

在研究生阶段，应该培养重点转向培养学生的独立研究能力和国际学术交流能力。

在知识维度方面，注重独立研究能力培养。通过核心课程+前沿讲座，构建前沿知识体系，系统掌握学科基础理论和最新进展，为独立选题奠定基础。带领学生参与关键科研问题的研讨、算法模型设计、实验方法、数据分析等环节，掌握科学研究的完整流程，进行方法论知识的强化。鼓励学生参加科学智能、智慧教育等跨学科项目合作，培养多学科交叉研究视野。通过文献综述报告训练学生发现研究空白与提炼科学问题的能力。

在技能维度方面，指导学生从复现基线模型开始，逐步独立设计研究方案，包括算法模型提出、实验设计、数据收集计划等，逐步形成独立科研能力。组织学生参加 Kaggle、CCF 大数据与计算智能等大赛，培养学生的合作交流及挑战真实问题的能力。在项目和比赛结束后，组织学生参与论文写作，训练摘要、引言、方法、结果、讨论等各部分系统的学术写作技能。支持学生参加国内外重要学术会议，通过国际会议报告、海报展示等环节展示自己的科研成果，提升口头表达能力。学生参会听主旨报告、看墙报交流，也有机会了解国际前沿研究进展，学习国际知名研究组的先进研究经验，并且与不同文化背景下的教授、博士生、企业界研究人员进行学术交流与合作。

在品行维度方面：坚守学术道德，杜绝学术不端行为；培养批判性思维，鼓励学生敢于质疑并挑战传统范式，积极接纳不同学术观点，鼓励提出原创性研究思路；主动寻求与国内外学术界、企业界的广泛合作，积极开源算法模型和成果，乐于分享研究成果。

通过知识、技能、品行3个维度的系统培养，结合课程体系、科研实践项目的协同推进，有效提升研究生的独立研究能力和国际学术交流能力，符合 CC2020 胜任力模型的要求。

笔者的绝大多数学生在研究生阶段以第一

作者身份在 ICML、ACL、NeurIPS、WWW 等国际顶级会议中以及在 TKDE、TPAMI、TIP 等顶级期刊上发表论文，并荣获最佳论文等国际奖项，在笔者实验室的支持下积极参与国际学术会议，与同行充分交流经验。这些经历不仅能有效培养他们的独立研究能力，而且为他们在国际范围内开展学术交流奠定了良好的基础。

笔者的毕业生中，有人进入国际知名高校从事学术研究，也有人进入国家重点科研机构或高新技术企业。这些毕业生的长期发展结果显示，胜任力导向培养具有显著的可持续性，能够为学生的未来发展提供有力支持。

4 科研牵引——胜任力导向培养的核心路径选择

将高水平科研视为胜任力生成的主要载体。科研绝非简单的论文撰写过程，它是一场思维的盛宴，是对未知领域的勇敢探索。在全球科研的浩瀚星空中，往往只有少数人能够突破重重迷雾，刺破未知的边界，开辟出全新的天地。这种突破不仅需要扎实的专业知识作为支撑，更需要坚韧不拔的毅力、创新思维以及勇于挑战的精神。通过真实问题驱动学生能力与品行的协同发展，能够使学生在解决实际问题的过程中，不断提升自己的综合素质，实现从知识到能力的升华。

4.1 长期聚焦前沿方向

围绕大模型、图神经网络、知识图谱、推荐系统、科学智能等前沿领域开展深入研究。这种持续专注于前沿方向的做法，让学生能够紧跟科技发展趋势，接触最前沿的科研问题和技术，为学生的胜任力培养提供了广阔的空间和丰富的资源。

目前，团队在读博士生、硕士生及本科生 20 余人，构建了本—硕—博贯通的科研培养结构。这种结构为学生提供了连续、系统的科研训练机会，不同阶段的学生可以相互交流、学习，形成良好的科研氛围，促进学生科研能力的逐步提升。

团队累计发表论文 300 余篇，Google Scholar 总引用超过 2.7 万次，多项成果获得国际顶级会

议和期刊的认可。这一持续高水平科研环境，为学生提供了真实、复杂且开放的问题空间，学生能够接触到最前沿的科研问题和技术，与优秀的科研人员共同合作，在实践中自然完成从知识到技能、再到品行的转化，培养出解决实际问题的能力和勇于创新的精神。

4.2 典型科研成果中的能力与品行培养

以 ICML 2014 唯一最佳论文，笔者实验室发表的《Understanding the Limiting Factors of Topic Modeling via Posterior Contraction Analysis》为例，该研究首次将后验收缩理论系统引入主题模型分析，严格证明了模型性能的理论上限。研究过程要求学生长期面对高度不确定的问题，通过严密推理与反复验证逐步逼近结论。这一过程不仅有效训练了学生的数学与建模能力，更强化了学生的严谨性、耐心和学术责任感。再如 ACL 2025 最佳论文《Native Sparse Attention: Hardware-Aligned and Natively Trainable Sparse Attention》提出的原生稀疏注意力模型（NSA），通过算法创新与硬件优化协同设计，在超长文本处理场景中显著降低计算成本。该模型的理论算法是笔者实验室在理论上进行了数年探索，相关学生在 DeepSeek 的工业环境中与业界工程师共同推进的成果，Seek V3.2 模型中的稀疏化版本 DSA 就是 NSA 工程化部署实现的落地应用，并大幅降低了价格。这充分体现了中国 AI 研究者的创新自信，实践为王，低成本技术打破“算力霸权”，证明了中国智慧。

严格的计算机学科科研训练，除了激发学生的创新能力，还锻炼了学生在算法、系统与应用需求之间进行系统性权衡的能力，有效培养了学生的工程思维、协作能力以及面向真实需求的责任意识。

这些案例充分表明，高水平科研并非仅仅产出论文，更是胜任力培养的重要“训练场”，能够为学生的全面发展提供有力支持。

5 创新创业教育——胜任力模型的另一种实践形态

在竞争激烈的市场环境中，尤其是在如今的

AI 高科技时代，创业者要具备创新能力，不断推出新技术和新产品，以满足客户的需求并保持竞争优势。而这种创新能力，也可以在科研过程中得到充分锻炼。

将科研、教学与产业转化紧密结合，传递“科研突破与创业攻坚逻辑相通”的理念，致力于让学生兼具学术魄力与商业视野，通过系统的教育实践，为社会培育兼具创新力与执行力的复合型人才。

5.1 知识维度：构建跨学科知识体系，强化科研与产业联结

在计算机教学与研究中，注重打破学科壁垒，将互联网信息挖掘、机器学习等前沿领域与基础学科相结合，形成“广博的综合知识 + 精

深的专业知识”结构。例如，开设“科技创新实践”等系列课程，以真实问题为导向，要求学生整合技术、商业、法律等多领域知识，模拟创业全流程，培养学生的系统思维。

自 2008 年起，笔者在北京大学（以下简称北大）陆续开设了“职业规划与领导力发展”“科技创新与创业”“科技创新实践”等课程，邀请校友企业家、投资人和学者参与教学（2025 年春季学期讲座安排见表 1）。课程强调以真实问题为导向，要求学生模拟创业过程、撰写商业计划书，并接受企业导师与校内导师的双重指导。这一过程不仅训练了学生的技术理解与应用能力，还显著提升了学生的沟通能力、责任意识和社会认知。

表 1 “科技创新实践” 2025 年春季学期讲座安排

日 期	嘉 宾	主 题
2.20	主持人：北京大学计算机学院教授张铭 奇迹创投投资与运营负责人董科含	课程简介，科技创新的源头——学生创业的从 0 到 1
2.27	观正资本创始合伙人肇极	从实验室到改变世界——北美科技创业经验和启示
3.6	Jobright.ai 产品负责人刘缘	AI Native 产品构建与职业发展路径
3.13	北京顶象技术合伙人史博	从 0 到 1，创新与选择
3.20	飞书 CEO 谢欣	How Did I Connect the Dots?
3.27	银河脑科学 CEO 周锦源	科技驱动型创业模拟系统
4.3	启元未来教育科技创始人郭曼文	教育与创业
4.10	安克创新创始人兼 CEO 阳萌	大模型 2C 产品创业——端到端的理论与实践
4.17	真格学院前院长顾及	混沌时代中明智决策的三要素
4.24	拉玛羊驼公司创始人张果	如何在毕业前准备创业
5.8	主持人：北京大学计算机学院教授张铭	期中创新项目预答辩
5.15	GYGES LABS 创始人兼 CEO 贾捷阳	XR 技术革命中的创业
5.22	唱吧 CEO 陈华	唱吧 ToC 创业的分享与思考
5.29	星融 Asterfusion 公司副总裁胡波	一路走来，依然在路上
6.5	新智元创始人 &CEO 杨静	期末路演答辩

5.2 技能维度：以实践能力为核心，培养技术转化与迁移能力

通过科研项目实习、论文指导等方式，训练学生将理论知识转化为实践技能。知识层夯实项目的技术原理，支撑转化迁移的底层逻辑；技能

层锤炼技术适配、问题拆解能力，落地转化迁移实操；品行层培养主动探索、灵活应变的特质，适配不同场景的技术应用需求。这种“技术 + 商业”的双重训练，使学生能够快速适应产业转化需求，提高解决实际问题的能力。

通过课程设计强调创业的社会价值，引导学生关注技术对社会的实际影响。鼓励学生自主探索，接受失败。通过小组项目、企业导师互动等方式，培养学生的沟通能力与团队协作精神。

企业导师提供行业洞察，校内导师保障学术严谨性，形成“理论—实践—理论”的闭环，促进学生的全面发展。

5.3 品行和胜任力培养成效：塑造健全人格，培养社会责任感与领导力

将科研、教学与产业转化紧密结合，传递“科研突破与创业攻坚逻辑相通”的理念，让学生兼具学术魄力与商业视野，通过系统的教育实践，为社会培育兼具创新力与执行力的复合型人才。不少优秀的北大本科生在本科阶段就进入笔者的科研团队实习，并且在机器学习顶会作为第一作者发表论文。其中有学生后来成功创立了知名的独角兽企业。

笔者的培养模式与胜任力理论高度一致。在知识层面，跨学科知识体系为学生提供创新基础；从能力结构角度，科研训练强化洞察力、创造力，实践课程提升沟通能力与执行力；从人格特点方面，培养学生责任意识、冒险精神和领导力，支撑其长期发展。

从培养结果看，多名毕业生创办或参与创办的科技企业在行业中产生重要影响，其在创业过程中展现出的系统思维与长期判断能力，与其在科研训练中形成的胜任力结构高度一致，充分证明了这种培养模式的有效性和可行性。

6 中学的早期创新教育——胜任力培养的时间维度拓展

将拔尖创新人才培养进一步前移至中学阶段。通过“英才计划”“拔尖计划”“后备拔尖计划”等项目，遴选优秀中学生，指导他们参与真实科研。

6.1 知识维度

启发中学生对计算机和人工智能的兴趣，指定相关的基础学科教材和 MOOC 课程，指导他们学习与讨论，帮助他们理解科学研究的复杂性和多样性，培养科学思维和思辨能力，为未来的

科研创新提供广阔视野。

6.2 技能维度

让中学生亲身参与课题组的真实科研项目，学习科研项目构想、文献调研、实验设计、数据收集与分析、论文撰写等科研方法与范式，积累研究经验。同时，鼓励学生从自己的实际学习和生活场景中发现科学问题，帮助他们提炼并确立自己的独立科研项目。鼓励中学生参加顶级国际会议的高中生赛道，激励他们投入更多时间精力深入开展科研项目研究，取得创新性成果。

6.3 品行维度

为学生树立崇高的科学理想与社会责任感，让他们意识到科技创新对全球和国家未来的重要性，激发学生科研与创新的欲望。强调好奇心和坚韧的毅力在科技创新中的重要性，鼓励学生面对失败时与导师和博士生学长讨论，尝试不同的方案并最终解决问题，培养学生勇于面对挑战、坚持不懈的精神。

已有多名中学生在国际会议的高中生赛道中取得突出成绩，部分学生在进入大学前已具备较成熟的科研能力和明确的学术志向。通过早期科研训练，让学生较早地思考研究问题之间的逻辑关系，掌握现代科学研究常用的研究方法，并且培养了他们未来成为科学家的创新精神和科研品位。

实践表明，早期科研训练有助于保护并激发学生的创造力，让未来的博士、创业者，甚至诺奖苗子，从少年时代就踏上科研之路，为其长期发展奠定坚实基础。这样的训练方式也有助于最大限度地发掘下一代的优秀科研人才，培养接班人梯队。

7 结 语

综合上述实践，可以得到若干重要启示：①胜任力不应作为附加目标，而应成为培养体系的主线逻辑，贯穿人才培养的全过程；②高水平科研是胜任力生成的关键载体，能够为学生提供真实、复杂的问题情境，促进能力与品行的协同发展；③品行培养要在真实挑战中自然形成，通

过实际问题的解决，培养学生的责任感、协作精神等软素质；④贯通式培养有助于拔尖人才的长期成长，不同阶段的衔接与互动能够为学生提供连续、系统的成长支持。

这些经验表明，CC2020 胜任力模型在中国具有现实可行性，但要通过科研牵引与制度创新实现本土化落地。面向未来计算技术快速演进的时代背景，拔尖创新人才的培养已成为计算机教

育的重要使命。笔者基于 CC2020 胜任力框架，在科研、教学、创业和早期培养等方面形成了系统探索，为中国计算机拔尖人才培养提供了具有参考价值的实践路径。

未来，随着国际规范的持续演进和本土经验的不断积累，胜任力导向的计算机教育模式有望在更大范围内推广，为我国高水平科技自立自强提供坚实的人才支撑。

参考文献：

[1] Clear A, Parrish A, Impagliazzo J, et al. Computing curricula 2020 (CC2020): Paradigms for global computing education[M]. New York: ACM, 2021.
[2] 张铭, 陈娟. ACM/IEEE CC2020胜任力模型对中国计算机教育发展的影响[J]. 计算机教育, 2023(4): 4-8.

（编辑：赵 原）

From ACM/IEEE CC2020 to competency-oriented cultivation of top-notch innovative computing talents

Ming Zhang

(School of Computer Science, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: Based on the competency-centered framework for computing education proposed in the ACM/IEEE Computing Curricula 2020 (CC2020), this paper presents a competency-oriented talent cultivation model that uses authentic research problems as the central vehicle throughout different stages of education. The model emphasizes the coordinated development of knowledge, skills, and disposition. It introduces practical initiatives in international computing education standards, research-driven education, innovation and entrepreneurship curriculum development, and talent cultivation for academically gifted secondary school students. The paper systematically analyzes the implementation mechanisms and demonstrated outcomes of competency-oriented education in the Chinese context, showing that this model provides important guidance for meeting talent demands amid the rapid advancement and continual evolution of artificial intelligence and large foundation models. Aligned with China's educational realities and national strategic priorities, it offers an effective approach to fostering the sustainable development of students' competencies and disposition, while providing a practical paradigm for cultivating outstanding and innovative computing talent in China.

Key words: ACM/IEEE CC2020; competency model; top-notch innovative talents; computing education; research-driven