

如何做创新科研成果?

——第七届工业人工智能国际会议圆桌论坛报道

陈义华¹, 忻欣², 郭书祥³, 施凌⁴, 李响⁵

(1. 美国佐治亚理工学院 机械工程系, 美国 亚特兰大 30332; 2. 东南大学 自动化学院, 江苏 南京 210096;

3. 南方科技大学 工学院, 广东 深圳 518055; 4. 香港科技大学 工程学院, 香港 999077;

5. 新加坡科技研究局, 新加坡 596222)

引用格式: 陈义华, 忻欣, 郭书祥, 施凌, 李响. 如何做创新科研成果? [J]. 控制工程, 2025, 33(4): 001-005.

2025 年 8 月 21 日至 8 月 24 日, 东北大学流程工业综合自动化全国重点实验室承办的第七届工业人工智能国际会议在沈阳召开。大会举办了关于如何做创新科研成果的圆桌论坛, 论坛由东南大学温广辉教授主持, 邀请到领域内五位知名学者: 陈义华教授(美国佐治亚理工学院)、忻欣教授(东南大学)、郭书祥教授(南方科技大学)、施凌教授(香港科技大学)、李响教授(新加坡科技研究局)。各位学者分享了各自在创新研究方法、跨学科融合、AI 时代机遇与挑战等方面的经验与见解, 并就青年学者如何培养创新能力、处理科研经费与创新的关系等议题进行了深入讨论。创新的核心在于提出新问题、采用新方法、跨学科合作, 并注重理论与实践结合, 培养批判性思维和好奇心。

温: 创新是科研的核心生命力, 也是推动学科发展与社会进步的关键动力。当前, 科研领域面临着理论突破难、成果转化慢、跨学科融合不足等诸多挑战, 如何系统性地开展创新科研、产出高质量成果, 是每一位科研工作者都需要思考的核心问题。本场论坛以“如何做创新科研成果?”为主题, 邀请了五位嘉宾: 陈义华、忻欣、郭书祥、施凌、李响。他们分别从理论研究、海外实践、医工融合、工业应用等多个维度, 兼具“理论深度-实践广度-产业温度”, 分享创新科研的宝贵经验, 为大家提供切实可行的方法论指导。

陈: 我今天的分享核心是“如何通过科学的学习方法与思考模式培育真正的创新能力”。

首先, 掌握高效学习方法是做好创新科研的基础, 我推崇 Feynman 学习法, 其核心分四步: 一是选择具体研究题材, 如一个控制器、一种算法; 二是“自教自证”, 通过对黑板自我讲解或向非专业人士阐述的方式检验对知识的理解; 三是查漏补缺, 讲解卡顿或表达困难时, 回归原始材料深入

钻研, 必要时更换优质参考资料; 四是直观化简化, 将复杂术语转化为类比概念与直觉表达, 避免卖弄专业词汇, 使非专业人士听懂才算掌握知识。

然后, 在此基础上, 开展原创性创新的路径可概括为四步: 第一, 选择研究课题时, 初期宜“小而精”, 避免因题材过大而难以聚焦; 第二, 把握黄金思考期, 抑制急于查阅他人研究的冲动, 在不受外界干扰的状态下充分发挥自主思考, 这个阶段是创意萌发的关键, 时长因人而异, 短则几分钟, 长则数年; 第三, 将研究课题转化为直观化表达, 依托 Feynman 学习法积累的经验, 把抽象问题转化为可感知、可联想的具体场景; 第四, 与直观化的问题场景进行“玩耍式互动”, 如同孩童用简单石块创造无限游戏, 在愉悦、专注的状态下探索多元解决方案。

最后, 创新过程中需注意两点: 一是保持“活在当下”的专注心态, 避免过度纠结结果或顾虑他人评价; 二是谨慎选择交流对象, 应与具备创新思维的同行探讨, 避免因非专业或保守的评价扼杀创意。爱因斯坦强调“组合式的思维游戏是创造性思考的核心”, 真正的创新往往源于无功利的探索与自由的思考。西方学术精神的核心之一, 便是允许纯粹基于创意的研究探索, 部分看似无即时应用价值的成果, 可能在未来绽放巨大价值。科研应像播种花园, 而非只追求立竿见影的果实。

忻: 我结合自己 30 年海外科研与教学经历, 围绕“如何做创新科研成果”, 系统阐述创新科研的内涵、路径与评价逻辑。创新科研是指提出前所未有的科学问题或以新方法解决已有问题的研究, 其突出特征在于反常识性、跨学科性和前瞻性。而真正有价值的创新科研成果, 还应同时具备新颖性、真实性、有用性和可传播性, 即“新、真、用、传”四个要素。以“蚂蚱与蝴蝶”作比喻, 蚂蚱属于不

完全变态,若虫与成虫在结构和形态上已较为相似,后续变化主要是在原有基础上的逐步发育与完善;蝴蝶则属于完全变态,要经历卵、幼虫、蛹、成虫的质变过程,并在蛹期实现深层重构,最终形成全新的形态与能力。由此,创新科研不应满足于原有框架内的局部修补和小幅改良,而应敢于打破思维定式、重组研究路径,在风险与不确定性中追求“破茧成蝶”式的本质突破。新西兰几维鸟因长期无天敌,逐渐丧失飞行能力,最终在环境变化后濒临灭绝。同样,科研工作者若长期处于安逸环境、缺乏突破意识,则其核心能力也可能逐渐退化。因此,科研工作者必须始终保持自我重构和面向未来的竞争意识。

创新不是脱离积累的偶然灵感,而是“学—思—创”层层递进的结果。林肯曾说,“如果给我六小时去砍一棵树,我会先花四小时磨斧头”,科研创新首先要打牢理论与技术基础,避免急于求成;再结合孔子所言“学而不思则罔,思而不学则殆”以及“温故知新”到“温故创新”的推进,说明只有在持续学习中夯实根基、在深度思考中消化知识,才能最终走向真正的创新。对于研究设计与项目论证,美国 DARPA 前官员海尔迈耶提出的“八问”可作为重要思考框架,研究者应把“解决什么问题、现有方法的局限何在、新方法新在何处、为何可能成功、成功后有何影响、如何评价是否成功”等关键问题想清楚、说明白。最后,结合屠呦呦发现青蒿素的案例和“构想—验证—原型—发表”的研发路径可以发现,重大创新成果往往并非来自对既有路径的小修小补,而是在新思想牵引下,经由严谨验证、持续迭代和结构重塑后形成的实质性突破。

郭:我从创新成果的定义、实现路径、实践案例三个方面分享体会。

首先,创新成果的核心可概括为三点:一是“to be first”,即填补空白,实现 0 到 1 的突破;二是“to be best”,即优化升级,实现 1 到 10 的革新;三是“达到别人未达之地”,即拓展边界,形成独特优势。衡量创新成果的标准并非仅论文数量,应涵盖高质量学术产出、核心专利布局、产业应用价值三个维度。

其次,实现创新科研有五大关键路径:一是培育沉稳务实心态与良好环境,避免急躁功利,聚焦核心问题;二是夯实基础理论,奠定创新基础,拓宽跨学科视野,打破学科壁垒,通过多领域融合促创新;三是构建“问题筛选—执行落地”科研流程,提升发现与解决问题的能力,敢于挑战新问题、善用新方法解老难题;四是强化沟通与成果转化的能

力,推动科研成果从实验室样机到工业样机、从产品到商品,完成商业化闭环;五是保持好奇心与坚持精神,创新需长期积累忍耐,坚持与机遇成正比。

在团队管理中,我始终强调“四个追问”:
“what’s the new”(创新点何在)、“what’s the difference”(与现有成果的差异)、“what’s the challenge”(核心挑战是什么)、“what’s the contribution”(学术与应用贡献)。这四个问题能帮助团队始终聚焦创新核心。此外,科研成果的价值最终要回归社会需求,大学科研不应只停留在把科研基金转化为论文,更要实现把论文、专利转化为生产力与经济效益,这是科研工作者的社会责任。

最后,以团队 30 年深耕的“泛血管介入手术机器人”为例分享成果转化实践经验:一是锚定临床痛点,从医生与患者真实需求出发明确研究目标;二是筑牢基础研究,围绕核心技术开展理论与实验研究,构建自主知识产权技术壁垒;三是深化医工融合,将实验室与团队设在医院,让医生实时反馈以推动产品迭代;四是打造多元化创新团队,整合多方资源形成“临床需求—技术研发—产业转化”闭环;五是布局知识产权与国际化,坚持研发与预研结合构建专利堡垒,邀请国际专家参与,为成果出海奠基。该成果实现中国自主知识产权突破,通过 5G 完成远程手术服务“一带一路”,验证了“源于医生需求—工程研发实现—造福患者”的创新逻辑。

施:结合自身科研经验,我认为创新科研的核心可从三个维度切入:提出新问题,研发新方法,拓展新角度。

创新能拓宽科研边界、积累知识、造福人类,精准界定问题往往事半功倍,毕竟好的问题是成功的一半。提出新问题需满足三个条件:明确问题的重要性、分析问题的未解决性、明确受益群体。以无人驾驶扰动抑制为例,传统 PID 控制方法难以应对非线性、不可预见的扰动,率先提出扰动建模与自适应控制方案是极有价值的创新。旧问题也可能是创新突破点,如张益唐研究孪生素数问题,虽未完全攻克,但用新方法证明了存在无穷多组素数,其间距小于 7000 万,实现重大突破。可见,用新工具、新思路破解经典难题也是重要的创新形式。

研发新方法是创新的核心支撑。Stephen Boyd 提出的交替乘子算法(ADMM),用于解决大规模凸优化问题,被引用超两万次,成为机器学习与优化领域的基础工具;陶哲轩将稀疏信号中 L_0 范数优化问题转化为 L_1 范数的 LASSO 问题,用凸优化方法高效求解,该方法广泛用于信号处理领域;Bruno

Sinopoli 在卡尔曼滤波中引入概率丢包模型，提出新求解方法，该方法被引用超三千次，深刻影响网络化控制领域。可见，创新性方法常能跨领域应用，产生深远影响。

拓展新角度可催生创新。例如，将数值算法转化为解析解，能提供更清晰的理论指导；在竞争性变量中找到最优平衡或明确系统临界值，可能形成创新成果。此外，改变评价指标（如从二范数到一范数）、优化目标函数等，也可能革新方法与结果。

对于青年科研工作者，迈出创新第一步的关键在于厚积薄发，需在特定领域研读 30~50 篇高被引论文，形成系统知识体系；要善于发现现有研究的假设局限，改变假设以提出新方案。比如，我研读 Bruno Sinopoli 的论文时，发现其刻画系统有保守性，进而探索概率分布完整刻画，形成新思路；在事件触发通信调度研究中，引入随机性简化滤波问题，实现方法创新。此外，交叉学科是创新沃土，团队协作与请教专家能拓宽思路，多元观点碰撞可催生创新灵感。

李：我从工业应用视角出发，分享技术项目与工业项目中产出创新科研成果的路径。

工业领域中创新的核心定义：一是开发新产品、新流程、新服务；二是用原创性方法改进现有产品与流程。结合多年实践，我认为工业创新需遵循“五步法”：了解工业挑战、制定精准提案、获取可靠数据、设计有效方法、验证工业效益。其中，工业效益是检验成果的最终标准。以近期完成的“注塑工艺优化项目”为例，具体阐述五步法的应用。

第一步，精准识别工业挑战。合作企业长期面临注塑产品尺寸漂移问题，传统 DOE 方法无法解决，核心痛点是生产与质量控制脱节，难以实现实时控制。

第二步，制定针对性提案。调研技术缺口后，明确创新方向，推动企业数字化转型，融合人工智能与大数据分析，构建在线智能系统，目标是降低废品率、减少成本、提高产量。

第三步，获取并处理可靠数据。工业数据存在噪音大、维度高、数据不匹配等问题，因此先界定输入/输出参数，筛选出核心参数，通过噪声过滤、归一化等处理数据，建立生产与质量数据的映射关系。

第四步，设计创新方法与模型。因传统方法无法满足预测精度要求，提出“相同数据模型集群”方法，用 k 均值聚类算法分组数据，转化非线性问题，为每个集群建立专属模型，使模型达到精度要求。

第五步，验证工业效益。项目实施后，企业废品率降低，人工检测成本减少 50%，材料损耗降低，产量大幅提升，实现应用创新。

工业领域的创新无须追求高大上的理论，关键是将机器学习、AI 等基础算法与工业需求结合，解决实际问题。通过数字化、数据挖掘、人工智能的综合应用，构建自学习、自控制、自纠正的智能系统，帮助企业降本增效，便是工业创新的核心价值。

讨论环节

温：刚才五位专家从理论方法、海外实践、医工融合、工业应用等多个维度，分享了创新科研的宝贵经验，既有底层逻辑的梳理，也有具体案例的支撑。接下来，我们进入圆桌讨论环节，欢迎现场专家、青年教师与研究生提问交流。

提问 1：在 AI 驱动的时代，控制学科的人如何更好地拥抱人工智能？我们应定位为用控制理论、技术、算法为 AI 提供可解释性支撑，还是依托 AI 解决复杂控制问题？如何实现 AI 与控制的双向赋能？

郭：AI 是新时代的重要技术工具，控制学科的研究者必须主动拥抱，而非拒绝。AI 能显著提升科研效率。例如，在撰写提案、调研文献时，AI 可提供初步框架与参考资料，节省的时间可用于创新思考。但拥抱 AI 的同时，需培养批判性思维与提出问题的能力，未来人类与 AI 的核心竞争力差距在于批判性分析与问题构建能力。在团队中，我鼓励年轻师生广泛使用 AI 工具，但需对 AI 产出的结果进行甄别与验证，将其作为辅助手段，而非替代自身思考。

施：完全同意郭老师的观点，拥抱 AI 是必然趋势。香港科技大学已要求所有教师完成 8 小时 AI 教学应用培训，足见对 AI 的重视。AI 在科研中的价值主要体现在两方面：一是解决数学难题，当推导证明遇到瓶颈时，AI 可提供思路提示与参考文献，帮助突破技术壁垒；二是推动控制器设计创新，如我们团队用 Transformer 结构设计异常数据检测器，通过无人机数据训练，快速识别攻击者，实现了 Model-based 方法难以达成的效果。但使用 AI 需注意 AI 结果的不确定性，需通过自身专业知识验证其正确性。

陈：从创新研究视角，我们不应仅将 AI 视为工具，更应直面 AI 的核心问题。陶哲轩曾指出当前 AI 缺乏理论支撑，多为应用层面的探索。我们团队聚焦 AI 的推理机制研究：经典逻辑中推理真假值非 0 即 1，模糊逻辑拓展至 0~1 区间，但从 A

到 B、B 到 C 的推理真假值关联尚未被探索；我们从这一角度出发，探索推理真假值的内在联系，试图构建新的推理框架。真正的创新是直面 AI 的本质问题，而非单纯应用 AI 工具。爱因斯坦、Feynman 等大师不会专门开设“如何做研究”的课程，而是通过具体研究示范创新逻辑，AI 与控制的融合也应遵循这一思路：聚焦核心问题，探索本质关联。

忻：我极力主张使用 AI 辅助科研。我自己长期使用 ChatGPT 3、4、5 以及 Mathematics 等工具，深切体会到 AI 的强大能力，如快速完成复杂的数学推导、不等式求解，并在部分任务中显著提高研究效率。但 AI 的快速发展也带来了挑战：未来可能出现 AI 给出的结果超出人类直接理解范围的情况。因此，研究者一方面要学会使用 AI，另一方面要不断提升自身理论功底，具备甄别、验证 AI 结果的能力。最后，建议大家参考陶哲轩分享的 AI 使用经验，更深入地挖掘 AI 的潜力。

李：工业界的 AI 应用无须追求复杂理论，关键是用简单算法解决实际问题。新加坡企业对 AI 需求旺盛，但应用落地需结合工业场景。控制学科与 AI 的融合，可聚焦工业控制中的复杂问题，将 AI 算法与控制需求结合，如用 AI 优化控制参数、实现过程建模与预测，通过解决工业实际问题实现双向赋能。对于工业领域的 AI 创新，核心是应用落地而非理论突破。

提问 2：柴院士在基金委任职期间创立了“人工智能驱动的自动化”，众多研究者受益于此，请柴院士针对 AI-driven Control 提供指导。

柴：我从两个核心层面分享观点：一是 AI 与自动化的本质关联，二是 AI-driven Control 的研究方向。首先，AI 的本质是综合技术，其核心目标是复制人的智能行为；而自动化的核心是实现人的操作行为自动化，二者最终会走向融合，因为无论是计算机、通信还是基建领域，最终都需要解决人能做但做不好的智能决策与控制问题。辛顿获得诺贝尔奖的核心贡献是找到了第三类对象的建模方法：第一类对象可用机理、小数据、因果关系描述；第二类对象无法用传统数学模型描述；而辛顿证明，只要数据完整，深度学习可逼近任何结构不清的动态或静态对象，这为控制学科提供了新的建模思路。其次，AI-driven Control 的三个核心研究方向：一是解决动态系统开空间问题，即复杂场景通过 AI 与控制的融合实现优化控制；二是强化学习与控制的结合，强化学习源于动态规划，但无须建立数学模型，可通过数据解决 PID 参数整定、加权系数决策等传统难题；三是数字空间建模，大模型的本质

是在数字空间刻画对象，控制学科可借助 AI 构建数字孪生模型，实现动态系统的精准描述与优化控制。此外，AI 为科研提供了新的思路：一是跨学科融合，而非学科内部升级；二是技术与学术结合，培养“会创新、能落地”的人才；三是回归科研本质，避免“重论文数量、轻成果质量”的倾向。当前中国技术已进入第一方队，控制学科的研究者应聚焦 0 到 1 的突破，推动成果落地，而非单纯追求论文产出。

提问 3：科研经费是科研工作的重要支撑，国外部分单位评职称、晋升时，仅认可有资助的科研(Sponsored Research)，自主科研不被认可。如何在缺乏经费的情况下开展创新科研？

陈：美国佐治亚理工学院、MIT 等高校的职称评估，不直接考核科研经费数额，而是关注博士生/硕士生培养质量、研究成果的发表平台与影响力。缺乏经费时，可通过两种方式开展研究：一是鼓励学生申请 NSF 等机构的奖学金，以学生为主体开展研究，教师提供指导；二是聚焦无须经费的核心创新环节，我之前强调的“在花园里玩耍式思考”，即问题的构思、思路的探索，本身不需要经费支持。创新的核心是思维突破，而非资源堆砌，这是无经费情况下开展科研的关键。

忻：这个问题具有普遍性，马克思撰写《资本论》离不开恩格斯的资助，说明很多科研活动确实需要资源支撑。但这并不完全是研究者个人层面能解决的问题，还与国家政策和发展阶段有关。以日本为例，过去相对宽松的基金支持环境有利于自由探索，也孕育出许多高水平成果。相比之下，当前国内相关项目竞争激烈，不少研究者确实面临现实困难。解决此问题，一方面，需要国家层面进一步优化科研经费分配机制，为自由探索提供更有力的支持；另一方面，研究者个人应学习日本学者一生聚焦 1~2 个核心问题、长期深耕的精神，不论经费条件如何，都持续在核心方向上积累和突破。

郭：钱不是万能的，但没有钱是万万不能的。科研经费是开展团队研究、成果转化的基础。当前中国科研经费总量充足，年轻研究者处于较好的时代。但经费并非创新的唯一前提：一是要改变“科研=赚钱”的误区，同时也要摒弃谈钱可耻的观念，科研成果转化带来的财富是创新价值的体现；二是要学习德国、日本科学家聚焦核心问题的精神，避免分散精力，哪怕经费有限，聚焦一个方向持续深耕也能产出成果；三是要善于整合资源，我的团队成果转化未依赖政府经费，而是通过对接深圳资本市场，获得资本注入，实现产业化落地。年轻研究者应珍

惜当前的时代机遇，聚焦核心问题，扎实开展研究。

施：经费对团队研究至关重要，港科大科研经费的主要用途是人力支出，无经费则难以组建团队。刚入职时，我曾连续6年申请面上项目，仅中1次，前期主要依靠学校的启动资金度过难关。缺乏经费的阶段确实难熬，但需坚持积累小成果，获得同行认可后，后续申请经费会更加顺利。此外，经费使用可采取“灵活布局”策略：用A项目的部分灵活经费支持高度相关的B项目探索，待B项目取得初步成果后，再申请专项经费支持；避免严格按照项目申报书开展研究，给自由探索留有余地，无约束的思考更易催生原创性成果。

李：新加坡科研基金申请的核心是“成果导向”，不限制申报单位，关键看两点：一是学术价值（能否提出最优模型或填补领域空白）；二是应用可行性（能否在工业界落地）。缺乏经费时，申请基金需精准定位：若无法提出最优模型，则需明确现有研究的缺口，提出填补缺口的新方法；通过与3~5家不同规模的工业企业合作，开展可行性研究，用企业反馈验证方法的落地潜力，提升基金申请成功率。基金申请成功后，需兑现承诺，否则会影响

后续申请，诚信与成果是持续获得经费支持的关键。

Pedro Albertos 补充发言：首先祝贺各位嘉宾的精彩分享。结合我近60年的控制领域科研与教学经验，给年轻研究者两点建议：一是不要局限于单一问题，多关注其他问题的解决方案，往往能获得创新灵感；二是多与同行交流，真正的理解源于清晰的表达，向他人阐述研究时若出现误解或卡顿，往往说明自身对问题的理解不够透彻。开展创新研究时，不要封闭自己，要主动向他人分享思路，通过交流检测研究的完整性与逻辑性。

温：非常感谢各位专家的精彩分享与深入讨论，也感谢Pedro Albertos教授的补充建议。本次论坛围绕创新科研的底层逻辑、实践路径、资源支撑、AI赋能等议题形成诸多共识：创新要以扎实基础为前提、问题需求为导向、跨学科融合为路径、成果落地为目标；AI是重要辅助工具，需坚持批判性思维与自主思考；经费重要但非唯一前提，无经费时聚焦核心问题、持续深耕是创新关键。希望论坛分享能启发科研工作者，推动高质量创新成果产生与落地。因时间有限，圆桌讨论结束，会后欢迎继续交流。再次感谢嘉宾与师生参与！