

# 从建造到共生： 智能时代的工程创新与教育变革

■纪阳

从远古开始，工程一直是人类改变世界的核心力量。每一代人都在前人基础上建造更坚固的房子、更便捷的交通工具……但如今，我们建造的东西“活”了，它们能感知、学习、协作，甚至能自我改进。飞机不再是冷冰冰的金属，而是由无数传感器和数据构成的智能体；工厂不再是轰鸣的机器，而是人、机器人和人工智能(AI)共同演化的生态系统。

面对这一变化，我们熟悉的工程方法开始捉襟见肘：图纸画得再精细，也画不出系统演化中的不确定性；分工再明确，也理清不清人机协作中的复杂关系。于是，越来越多的人开始追问，工程究竟需要怎样的新思维？工程教育又该如何培养能驾驭这种复杂性的人才？

## 从“控制者”到“园丁”

传统工程思维习惯将世界拆成齿轮、电路、代码等“零件”，再将其像搭积木一样拼起来。在简单系统中，这种思维很有效，而面对智慧城市、全球供应链网络等复杂系统时，这种思维就容易失灵。因为这些系统不是死的积木，而是活的生态系统，每一部分都在变化，都在与其他部分互动。

就像一片森林，不是一棵棵树的简单相加，而是树木、菌丝、动物、土壤、阳光共同编织的网络。砍掉一棵树，整个网络都会调整；引入一个新物种，也可能引发连锁反应。真正的智慧不是把森林拆成木头，而是理解这个网络如何运作，并成为它的一部分。

工程创新正需要这样的“生态思维”。我们要建造的不仅是一台完美的机器，而是一个能自我调节、持续演化的系统。

这就要求我们必须着眼整体，而不是只盯着局部，要明白一个决策会影响哪些环节、会产生什么连锁反应，同时摒弃一成不变的惯常思维，接受系统会随着时间、环境、使用而改变的理念。此外，我们还要学会与他人、机器、算法、组织协作。

这并不容易。工程思维长期追求的就是“控制”——设计图纸越精确，控制就越强；代码越严密，系统就越听话。但今天的很多系统是很难控制的，工程师难以控制用户的使用方式、环境变化和系统间的互动。如果强行控制，甚至会让系统变得脆弱。

“失去控制”对于很多工程师来说，似乎是一个很难接受的事实，但对于某些行业而言，这其实很正常。比如，园丁就无法控制每棵树长多高、每朵花哪天开。但是，他们可以浇水、施肥、修剪，为植物创造最好的生长条件。最后，花园会按自己的方式生长，而园丁的智慧和汗水都融入其中。

从这个角度看，在工程领域，我们也要从“控制者”变成“园丁”，即不再追求设计一个永远不变的系统，而是要让系统在演化中始终保持健康。

# 长周期评价，理想图景需“分类”绘制

■解德勃

作为原始创新的源头，基础学科在教育强国建设进程中发挥的基础性支撑作用有目共睹。近年来，无论是国家层面还是高校层面，对基础学科建设的关注度都在加强。

一般而言，基础学科研究周期相对较长，相关领域的重大突破往往离不开研究者“十年磨一剑”式的潜心钻研。但在短周期评价仍是人才评价主导范式的当下，年度考核、中期考核、聘期晋升层层叠加，35岁、40岁、45岁等年龄节点又与“非升即走”、职称评聘、人才项目等制度相互嵌套，使得大量基础研究者深陷“时间焦虑”，从而制约国家创新能力提升。

为给基础学科人才松绑，国家密集出台相关政策，把长周期评价作为基础学科人才评价改革的核心抓手，这一导向无疑是正确且必要的。但在具体的实施过程中仍有些问题需要注意。

## 长周期评价的三重图景

长周期评价之所以在基础学科领域备受期待，主要在于相较于短周期评价，前者呈现出三重理想图景。

第一重图景是最直观的改变，即长周期评价在时间层面拉长了考核周期，减轻了阶段性压力，有助于告别赶工式、流水线式科研。如此一来，研究者不必为论文、项目、头衔、科研积分等焦虑，也不必因频繁考核、时限压力而精神内耗，可以心无旁骛攻克难题。有些科研团队可以几十年如一日关注某个具体的基础学科问题，靠的就是不受短期考核干扰的稳定环境。

换言之，长周期评价能把研究者从名目繁多的考核中解放出来，守护学术专注力，为“从0到1”的原始创新培育土壤。

第二重图景是最核心的转变。长周期评价在制度层面卸下了量化枷锁，把评价主导权交还学术共同体，由同行专家评议，有助于回归学术初心。



张端鸿

未来工程教育的核心将不再是“教知识”，而是“养思维”，即让学生养成一套面对未知、探索问题、构建系统的思维习惯。

这当然需要我们作出一些改变，比如不再规定系统路径，而是设定边界，告诉系统什么不能做，但允许它在边界内自由探索；比如不再发号施令，而是提供反馈，让系统感知自身状态和环境，并据此调整；再比如不再单边决定，而是建立协商机制，当多个智能体需要协作时，让它们能对话、商量，并达成共识。

此外，在传统工程文化中，犯错是耻辱的。这导致工程师要花大量时间避免错误，但错误还是会发生，而且越追求完美，错误带来的打击就越大。但在活的系统里，错误既是不可避免的，也是宝贵的。每次错误都是一次学习机会。就像小孩学走路，摔了无数次，但每次摔倒都让其更懂得如何保持平衡。

问题的关键在于，你要记住为什么摔倒，下次怎么避免。这就要求我们在每一次失败中留下记录，让后人可以借鉴，同时分析错误，找出错误背后隐藏的系统设计盲点，还要分享错误，让整个团队甚至行业都能从中受益。

## 从“教知识”到“养思维”

如果工程本身在变，培养工程师的方式就必须变。

当下的工程教育很大程度上还在沿用工业时代的模式——学生坐在教室里听老师讲知识，然后做题、考试。毕业时，他们可能记住了很多公式，然而面对真实问题却不知道如何下手。

未来工程教育的核心将不再是“教知识”，而是“养思维”，即让学生养成一套面对未知、探索问题、构建系统的思维习惯。

一是把思维过程当成最重要成果。传统教育看重的是标准答案，现实的工程问题却往往没有标准答案。相比之下，工程师的思考过程反而更重要——如何理解问题、收集信息、权衡方案、验证假设。

因此，未来的工程教育要把“思维日志”作为核心作业。学生在项目中的每一步都要记录下来：今天遇到了什么困难，我试了哪些办法、为什么选了这一个、明天打算怎么继续……这些记录比最终作品更能反映学生的真实能力。

二是把课堂变成探索的实验室。传统课堂中，老师是权威，学生则是被动的接受者。然而在真实的工程环境中，没有人知道所有答案。未来的课堂应像一个探索实验室，老师不再是“知识的搬运工”，而是“探索的向导”；学生不再是“知识的容器”，而是“探索的主角”。

具体的上课方式可以是老师抛出一个真实问题，学生分组调研、访谈、查资料、设计方案。在此过程中，老师负责引导、质疑、提供资源，却不代替学生思考。学生可能会走弯路，甚至失败，不过这些都是最宝贵的经验教训。

三是把协作变成必修课。如今，几乎没有工程项目可以由一个人独立完成。而我们的教育却很少教学生如何协作，即便是小组作业，也常常变成“分工—各自做—拼起来”的简单流程，真正的互补协作很少发生。

未来的工程教育要把协作本身当成学习目标，要教会学生清晰表达自己的想法，同时倾听别人的想法，发现其中的价值。在出现分歧时，要懂得如何处理，更要懂得如何分工协调，才能让团队效率最大化。

这需要专门的设计，比如给每个小组一个复杂任务，必须多人协作才能完成；定期举行“复盘会”，讨论协作中遇到的问题；引入“同伴互评”，将协作表现计入成绩。

四是把AI变成伙伴而非工具。当前，学生往往仅将AI作为搜索、写作业的工具，这显然忽视了AI的真正潜力。未来的教育要把AI当成伙伴，比如可以让AI扮演“客户”，不断追问需求，或者让AI扮演“测试员”，刁难自己的设计。AI还可以记录并反馈学生的思维过程，帮助他们发现自己的盲点。

此外有个关键——学生不能只是“用AI”，而要“与AI协作”。他们要学会判断AI的建议，质疑AI的结论，补充AI的不足。这才是未来工程师的核心素养。

五是把失败变成荣誉勋章。传统教育里，失败是可耻的。考试不及格、项目失败都是污点。而在真实的工程中，失败是家常便饭，甚至是进步阶梯。

未来教育中，学生应被鼓励“勇敢地犯错”，并从中学学习。可以设立“最佳失败奖”，奖励从失败中获得深刻洞见的团队，并在课程中设置“复盘环节”，让每个项目组公开分享自己的失败经历和教训。

落地。更麻烦的是，少数学者不够自律，存在挤占资源、重复申报、学术不端等行为，削弱了制度信任，倒逼管理部门收紧监管、缩短周期、增加审计，造成长周期评价的信任赤字。

另外，资源错配问题突出，热门学科、精英学者、应用导向基础研究获得更多支持，冷门学科、青年学者、自由探索项目常面临“缺米下锅”“负债科研”的窘境，包容性改革存在异化为加剧学术分层工具的风险。

当价值引导遭遇“剧场效应”，长周期评价会受到投机、从众、作秀三类行为的价值侵蚀。长周期评价倡导真研究、长线研究、卓越研究，但现实中只要有人“站起来”，就容易引发集体非理性行为。有人热衷“短平快”成果，靠学术包装获取短期收益，此类投机行为直接动摇“贡献至上”的评价根基；有人盲目追逐热门领域、低水平重复研究，不敢涉足高风险、原创性课题；还有人耗费大量精力参会应酬、经营人脉，忽视研究质量的提升。个体看似理性的趋利选择，最终汇聚为群体性学术浮躁，让功利化倾向回潮，长周期评价的价值内核被不断冲淡，背离了潜心钻研的制度初心。

长周期评价需分类施行

破解长周期评价的困境，关键并非简单延长年限，而是摒弃时间“一刀切”、资源“一边倒”、价值“一窝蜂”的评价惯性，以分类评价的方式精准支持基础科学学术人才成长。

纯粹研究型人才集中在基础数学、理论物理、历史、古文字学等纯基础领域，以原创理论为贡献标准，研究风险高、周期最长。评价周期设定为10到15年，不设数量指标，重点关注原创理论、标志性概念、学术影响力。配套实行长聘教职、稳定年薪制，设立高风险探索专项经费，建立尽职免责机制。只要研究设计严谨、过程规范，即便没出预期成果，也不做负面评价，让学者安心深耕重大理论难题。

总之一句话，基础学科强，则国家科技强；基础人才兴，则发展后劲足。长周期评价的理想图景就是让时间服务于创新的长期节奏，让制度适配学术的自主性，让价值回归知识的本真性。这一美好愿望需要长期的实践探索方能实现，但每一步向前迈进的改革步伐，都将推动基础学科人才评价迈向希望之路，让基础学科人才少些焦虑、多些专注，少些浮躁、多些坚守，为教育强国、科技强国、人才强国建设贡献力量。

（作者系大连理工大学高等教育研究院副教授）

## 从理念到行动

要作出这些改变，需要学校、教师、学生、企业和社会共同努力。

比如，学校不能再守着教材不放，而是要主动打开大门，把真实问题请进课堂。可以与企业合作，将其实际需求变成课程项目；可以与社区合作，让学生解决身边的真实问题；也可以与研究机构合作，让学生参与前沿探索。

同时，学校还要改造评价体系，评价学生不能只看分数，更要看过程、看成长、看协作、看思维。可以建立“成长档案”，让思维日志、项目作品、同伴评价都成为评价依据。

在教师层面，习惯站在讲台上讲课的他们，突然要站在旁边引导，很多人可能不适应，但这是必需的转变。教师要学习新的教学方法，学会如何设计问题、引导学生思考、如何评价思维过程，帮助学生复盘。

这需要系统的培训和支持。学校可以组织工作坊，让教师体验“项目式学习”；可以建立教师社群，分享经验和资源；也可以引入“教学设计师”，帮助教师优化课程。

同样可能不适应的还有学生。他们已经习惯了等老师给答案，突然要自己探索，很多人会感到茫然和焦虑，然而这是成长的开始。学生要学会管理学习，尤其是学会提问、求助与反思。

学校可以设置“新生引导课”，帮助学生适应这种新方式；可以为学生配备学习伙伴或导师，在关键时刻给予支持；也可以创造容错文化氛围，让学生敢于尝试。

企业也不能只等学校输送人才，而是要主动参与培养过程。可以提供真实的项目，派工程师担任导师，开放数据和资源，参与课程设计和评估。这不是慈善，而是投资——因为这些学生毕业后可能就是这些企业的员工。

最后，整个社会也要改变对工程师的期待。我们不仅需要他们写出漂亮的代码，设计出完美的图纸，更需要他们具备系统思维、协作精神、伦理意识。我们要尊重那些敢于探索、善于反思、乐于分享的工程师，而不是只看重那些“不出错”的完美主义者。

总之，当我们站在智能时代的门槛上时，需要的不是更复杂的技术，而是更深刻的智慧，一种能让人、机器、社会、自然和谐共生的智慧。

这种智慧不是来自最新的科技期刊，而是来自最古老的文化传统——墨家的“法仪”教我们以规则建立信任，道家的“自然”教我们尊重自然的自组织，儒家的“和合”教我们求同存异……

当我们用这种智慧重新审视未来工程，就会发现工程不再是冷冰冰的建造，而是有温度的共生；工程师不再是孤独的创造者，而是生态的园丁；工程教育不再是知识的灌输，而是思维的养成。

（作者系北京邮电大学教授，本报记者陈彬整理）

产业适配型人才集中在化工、农业技术、应用经济等应用基础领域，以产业创新为贡献标准，重在衔接研发与转化。评价周期设定为5到10年，重点关注核心技术、转化效益、产业支撑价值等。评价团队引入企业专家、行业骨干，把专利、中试报告、产业化证明等作为重要的评价依据。推行校企双聘、转化收益激励，设立中试孵化基金，打通从实验室到生产线的链条，让基础研究更好服务实体经济。

战略急需型人才集中在航空航天、能源安全、国家安全、国际法学等国家关键领域，以战略实效为贡献标准，服务国家战略大局。这类人才评价周期设定为5到10年，以服务国家战略的贡献度为根本标准，重点关注技术突破、攻坚成效、长远战略价值等。评价方式应将团队考核与个人贡献认定相结合，对领军和核心人才实行长聘制，给予重大战略专项基金长期稳定支持，让人才心无旁骛攻克难题、保障国家战略安全。

战略储备型人才集中在量子信息、脑机接口、数字人文等前沿交叉领域，以前沿交叉为贡献标准，着眼未来前瞻布局。评价周期设定为10到15年，重点关注其原始创新度、战略匹配度、潜在贡献度等。建立容错机制，给予长期稳定资助，支持跨学科、跨单位协作，鼓励大胆探索未知领域，为国家未来发展抢占科技制高点。

总之，基础学科强，则国家科技强；基础人才兴，则发展后劲足。长周期评价的理想图景就是让时间服务于创新的长期节奏，让制度适配学术的自主性，让价值回归知识的本真性。这一美好愿望需要长期的实践探索方能实现，但每一步向前迈进的改革步伐，都将推动基础学科人才评价迈向希望之路，让基础学科人才少些焦虑、多些专注，少些浮躁、多些坚守，为教育强国、科技强国、人才强国建设贡献力量。

（作者系大连理工大学高等教育研究院副教授）

## 中国大学评论

张端鸿  
同济大学  
教育政策研究中心主任

在当前高等教育治理的现实语境中，大学校长越来越像站在两种力量之间的人。一端是数字化、显性化、可比较的办学指标，那是资源配置与制度评价的“硬逻辑”；另一端则是缓慢生成、难以量化却关乎大学根本的育人使命，那是教育本真的“软秩序”。这并非“一个人”“两颗心”的分裂，而是行政管理逻辑与学术育人逻辑在同一主体身上的叠加与冲突，呈现出一种制度性张力。

这种张力首先源于评价权的外移。在过去，大学内部对质量的判断更多依赖学术共同体的声誉与同行评价，而今天越来越多的评价权被嵌入外部制度中。高校办学绩效框架、各类排名体系及多层次考核机制，共同构成了一套高度量化的评价语言。在这套语言体系中，论文数、高层次人才数、科研经费、国际化指标等成为最具通行力的符号。它们是资源配置的凭证，是大学在竞争环境中获取支持的关键筹码。于是，校长的决策自然被牵引到这一套逻辑之中。这不是选择，而是结构性的必然。

当指标从“描述工具”转变为“治理技术”时，它开始反向塑造大学的运行方式。大学逐渐从以知识创造与人才培养为核心的学术组织，演变为围绕可量化产出运转的复杂系统。在这一过程中，校长的角色也发生了微妙变化：既是教育理念的守护者，也不得不成为指标体系的执行者。当财政拨款、学科点布局乃至发展空间与这些指标紧密挂钩时，任何忽视它们的决策都可能被视为“风险行为”。于是，指标逻辑不再只是外部约束，而是内化为决策优先序本身。

实际上，大学之所以为大学，恰恰不在于这些数字。教育的核心是一种缓慢而深刻的过程，是人的成长、思想的成熟与文化的积淀。一个学生在课堂之外形成的独立判断、一位教师长期投入所形成的学术气质、一种校园氛围对价值观念的潜移默化，这些都难以被即时捕捉，却构成了大学最深层的质量。这是一种“慢变量”，需要时间发酵，需要耐心守护，也需要制度给予空间。

教育的核心是一种缓慢而深刻的过程，是人的成长、思想的成熟与文化的积淀。一个学生在课堂之外形成的独立判断、一位教师长期投入所形成的学术气质、一种校园氛围对价值观念的潜移默化，这些都难以被即时捕捉，却构成了大学最深层的质量。这是一种“慢变量”，需要时间发酵，需要耐心守护，也需要制度给予空间。

当“快变量”的指标体系持续挤压“慢变量”的教育过程时，问题便开始显现。一方面，大学内部出现明显的“内卷化”倾向。为了在评价体系中获得优势，组织资源被不断导向短周期、高可见度的成果。另一方面，教育本身逐渐被边缘化，课堂被压缩为“任务单元”，学生成长被替代为“培养结果”。在这样的结构中，校长的焦虑来自一种深层的制度错位：既要对上回应考核，又要对下一回应教育期待，却缺乏能够真正整合两者的有效机制。

这实际上是一种典型的“代理人困境”。外部治理强调效率、竞争与可比较性，内部学术系统则依赖信任、自治与长期主义。当两套逻辑缺乏协调时，最直接的结果就是工具理性对价值理性的压制。校长并非不理解教育的重要性，而是在既有评价框架下，很难为那些短期不可见、长期关键的投入争取正当性。基础学科的耐心积累、教学投入的持续改进、学生个体的差异化发展，往往在这种体系中难以获得足够权重。

指标本应是教育质量的表征，而不应成为教育行为的目标本身。如果评价体系能够从单一的刚性指标，转向更加多元、分层与具有韧性的综合评估，那么校长的决策空间就会发生实质性变化。例如，评价重心从“即时产出”转向“长期表现”，引入校友发展、学术声誉、社会贡献等更具延展性的维度，使得教育过程本身重新获得制度承认。再比如通过分类评价，允许不同类型高校在各自轨道上形成稳定预期，而不是在同一指标体系下被动竞争。

在制度调整之外，更关键的是领导力本身的转化。所谓教育家精神并不是抽象的道德要求，而是一种能够在复杂制度中作出价值判断的能力。真正具有教育家气质的校长不是回避指标，而是能够重新定义指标的意义。这样的校长会将指标的追逐转化为优化资源配置的路径，使其最终服务于教学与科研的内在提升；也会在关键时刻作出选择，保护那些短期不占优势但具有长远价值的方向。这种选择往往意味着承担风险，但正是在这样的节点上，教育与管理的边界才被重新界定。

换言之，校长的“两颗心”要统一起来，并不是简单折中，而是一种更高层次的整合。让指标回归工具，让教育成为目的。只有当校长能够在制度压力下保有判断力，既理解规则，又不被规则完全定义，大学才可能在竞争环境中保持自身的精神结构。

面向未来，高等教育治理需要走向一种“共生型”格局。在外部，大学仍需通过指标参与资源竞争与国际竞争；在内部，则必须构建尊重学术规律、保障教育过程的制度空间。两者并非对立，而应形成融合关系，指标为教育提供支撑，教育为指标赋予意义。唯有如此，大学才不会在排名与报表中迷失方向，而是能够在更长的时间尺度上完成最根本的使命，培养人、理解世界，并持续创造价值。

当办学逻辑不再遮蔽教育，而成为通向教育理想的路径时，大学校长也就不必在两种力量之间反复拉扯。那时，他们对教育规律的敬畏、对学生成长的关切，便不再是微弱的声音，而是真正主导方向的力量。

## 大学校长的「两颗心」

■张端鸿