

数学工程：推动数学应用的枢纽

近几年来，国际上科技竞争变得异常激烈，大家对知识产权保护也格外重视。尤其是受中美贸易战的影响，核心技术缺乏即“卡脖子”问题引起了我国社会各界普遍关注，许多专家和各级领导纷纷提出加强数学在工业界的作用是破解“卡脖子”问题的一个关键，相关部门也出台了纲领性政策和措施。特别是，国家科技部刚批准建立了首批 13 个国家应用数学中心。

我们是从事与信息技术和应用数学相关的一线学者，并都有在外企工作的经历。我们对数学在工业界中的作用有不少亲身经历和体会。这里所说的数学同时也包括统计学、理论计算机科学以及它们在科学技术各个领域中的应用。虽然本文仅关注与计算机相关的信息技术界的看法，但我们相信这些可能对其他领域也有借鉴意义。

一、数学工程

解决工业界中的实际问题最直接的途径是利用经验直觉。但在科技高度发展的今天，基于启发式的直觉找到一个问题的有效解决方法的机率非常小，往往只有极少数行业最顶级学者才具备这种解决问题的直觉天赋。代替用直觉解决问题的方式是利用数学建模来寻找求解问题之道，这种数学建模的方式显然更为通行。而且，一个基于启发式的方法也需要数学验证作为基础才具有可靠性和普适性。应用数学的魅力在于通过严格的数学推理来寻找解决问题的算法或化繁为简。一些构造性数学证明过程其实就蕴含了精妙的算法，而存在性证明则能给出一个模型解决问题的有效性边界。

“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”。这里我们把利用数学方法解决实际问题的过程称为数学工程，而具备较高数学素养或背景的工程师则称为数学工程师。数学工程师包括工业界俗称的算法工程师，他们也可能就是应用数学家。本文讨论的场景侧重于工业界，主要目的是关注数学工程这个主题，但并不意味着数学在实际问题的应用中是万能的，或者把数学抽象地、教条地使用，而轻视动手实践的作用。

具体地说，数学工程师大致可以分为两类：计算机专业背景且具有较系统的数学训练的工程师和数学专业背景且有一定工业界工作经历的学者。他们在业务端和研发端之间扮演着承上启下的作用，他们的工作重点在于一线业务问题，部分处于研发端，还有少数做前沿探索。他们有的擅长算法参数调优、有的擅长应用已有的数学工具、有的擅长问题建模、有的热衷挖掘前沿数学问题、有的沉醉

研究新的数学方法。数学工程师群体的出现形成一个理想的研发生态链。

数学工程师同时也是公司与大学或研究所之间，或工业界业务和纯粹学术研究之间的沟通使者。当今科技发展的一个重要特点在于数学特别是应用数学最新成果往往迅速地被应用于实际问题中。数学之美在于抽象，对于大多数工程师而言直接理解这些抽象理论比较困难。数学工程师则扮演着把抽象理论翻译成具体算法的角色，他们的工作为工程师编写算法软件打下了基础。反过来，数学工程师把实际问题凝练成抽象数学问题，吸引（纯粹）数学家的注意和兴趣，并可能导致新的数学方向诞生。因此，应用与理论有时相辅相成、相得益彰。

我们和许多工程师交流，大家普遍感到为了寻找合适数学工具来解决一个具体应用问题，把实际问题抽象成数学问题往往是最为困难和关键一环。一旦数学问题形成，求解起来反而自然了，和数学家讨论交流也就没有了不同专业术语造成的障碍。数学工程师在此扮演了关键角色，因为数学家们有自己研究任务，往往无暇深入了解应用问题。但一旦问题的数学定义明确，他们大多还是感兴趣并愿意与工业界交流合作的。

二、现状与对策

国内公司通常都拥有编程能力强的工程师团队，也会设算法工程师职位。但相比于国际龙头公司，其数学工程师储备无论是质量还是数量都显不足，而且缺乏数学工程师梯队的层次建设。造成上述现象的因素来自公司和大学双方。简而言之，大学和公司对于人才培养以及人才使用方面的包容性都略显不足。面对当今世界科技的变局以及国内产业升级的迫切需求，我们一方面要保持原有的“短线式”跟跑模式，但更重要的是走出自己的“长线式”带头模式，为真正的前沿创新开拓肥沃的土壤。

由于庞大国内市场和丰富算法开源社区能够满足其快速积累财富的需求，公司没有沉下来做长期研发的氛围。由于职责分工往往不明确，工程师不能各尽其能，变得同质化。近年来盛行的公司狼性文化让年轻工程师没有时间学习充电，逐渐潜力殆尽，走向平庸。比如，一些龙头公司虽然招收了一些数学博士从事基础研发，但双方往往对基础研究认知有落差，这些研发人员的专业优势得不到充分发挥。对数学研究认知有所偏差，对数学家的定位也就不一样了。

另一方面，由于大学培养机制不能有效地适应社会发展，知识培养体系更新迭代缓慢，使得数学工程师等复合型人才在人才市场中变得稀缺。大学的学科建设被资源和利益分配所主导，这使一些夕阳但强势学科或方向占用了大量学术资源，包括研究生招生名额；而且各个学科之间壁垒分明，从而很难做到学科之间

真正交叉融合。所以，虽然不少国内高校设置了一些新学科专业试图改变现状，但课程体系大多是简单拼凑，并不能有效整合资源设置前沿课程，结果往往适得其反，造成新专业培养的学生数学基础和计算机编程能力都薄弱的尴尬局面。

工科教育有点“近视”，而理科则过于“远视”。比如，对于工科专业学生的数学教学，某些人认为应该重点教他们如何计算或实现，可以忽略数学理论和推理证明。我们认为对任何专业的学生来说，学习数学最本质的目的是培养其数学思维，因此都要训练其抽象思维能力、逻辑推理能力、计算分析能力，只有这样才能真正地达到灵活应用并有所发展。另一方面，目前一些高校应用数学专业培养的学生往往“数学有余，应用不足”，编程等动手能力太差，不能满足工业界的需求。我们认为本科生培养在强调基础的同时，应该把重点放在一些适用面宽的数学方法或方法论上，**同时要把编程能力训练切实提到核心地位**。此外，教学内容可以从更贴近现代的视角来讲授并且引入一些应用元素。比如，在讲微积分时，可以适当介绍符号计算工具，例如 PyTorch，以及计算图思路。

目前高校的教或学与用之间存在某种脱节现象。比如，大部分工程师在工作实践中普遍感觉到线性代数和概率统计等理论非常有用，但是他们发现大学所学的知识脱节于需要。造此主要原因在于课程内容选择不够与时俱进，有用的没教，教的没用。数学基础课通常是由专职基础课教师或从事基础研究的教师讲授，他们不了解实际应用的需求。聘请应用数学家讲授这些基础课或者采用国际知名应用数学家写的教材是解决问题的有效办法。比如，应用数学家美国麻省理工学院的 Gilbert Strang 教授的线性代数课程视频和教材风靡于世，许多工程师们反映学习后毛塞顿开。美国加州大学伯克利分校的 James Demmel 教授既是著名数学家，同时他也参与开发了 LAPACK 和 ScaLAPACK 高性能线性代数程序库。所以他的书《Applied Numerical Linear Algebra》数学上阐述深刻，且对不同问题提供最有效的求解技术，并对各种实际情况下使用哪种算法给出了建议。

“运用之妙，存乎一心”。总之，数学工程师是破解卡脖子核心算法和技术的关键力量，是体现应用数学价值的关键推手。大学和公司、学术界和工业界需要通力合作。一方面，大学和工业界保持顺畅沟通，了解人才市场的需求，及时更新课程体系和内容，可以考虑聘请一些高水平数学工程师回到大学任教。计算机和数学学科需要相互欣赏，在人才培养上取长补短。另一方面，工业界能给年轻工程师从事原创性工作的耐心提升空间，应该具有“**人才不必为我所用**”的胸怀，在创造财富的同时也应具有高远的社会和文化价值使命感。