

教学之感悟

教学和科研是研究型大学的两个主要要素，也是其服务社会的职责所在。只有一流教学才能造就出一流的研究、培养出一流的人才。教学不仅仅服务科研，而且它可以传承知识、传播文明价值，因此，教学是大学更为核心的使命。

一流教学不是体现在其手段和方式上，而是它所承载知识的内容上，它应该具备基础性、深刻性、系统性、前瞻性。教学和科研是相辅相成的。一方面，教学服务科研。有了一流的教学，一流的科研就水到渠成了。另一方面，教学需要科研做支撑来适应学科、时代的发展。教学也是老师向学生和社会传播影响的主要途径，是保持其科研高峰、延续科研生命、拓宽科研领域的重要手段。

我在硕士研究生期间就开始接触教学、科研，迄今已 20 余年。科研的基础无疑主要来自我的老师们的教导，但同时也受益于自己的教学。教学帮助我进一步夯实基础、帮助我开拓思路、帮助我保持专注度。这里我希望大家分享我个人的一些经历和感悟。

一、经历

我获得计算数学专业硕士学位之后在一所大学任教三年，那时我主要从事基础课教学，比如为本科生讲授离散数学、人工智能、算法设计等。因为在硕士期间我的导师李建宇先生经常跟我说，“讲课是学好一门课最好的途径”，因此，我主动申请为研究生以及博士生讲授“实变函数与泛函分析”。当初我自己修这门课时，虽然学得很努力，证明抠得也比较细，但总觉得理解比较零碎，缺乏全局感。然而讲完一遍之后，豁然开朗，脉络一下就清晰了。这时我真正领悟到导师“讲课是学好一门课最好的途径”的教诲。当时修我课的研究生主要是从事数学地质、石油工程以及物探技术等领域的研究。应他们的要求，我还相继开设了“数值优化”与“随机过程”等课程，相对于泛函分析，这两门课和他们的研究更紧密，作用更直接。这个经历让我了解数学在一些应用学科的需要和作用，三年的教学让我的数学基础有了质的提高，同时让我对应用数学来解决工程问题产生了浓厚兴趣。这也驱使我选择攻读模式识别专业的博士学位，并从事人工智能与机器学习方向的研究。

2006 年到 2008 年间，我在加州大学伯克利分校电气工程与计算机科学系和统计学系从事博士后工作，我切身感受到一流教学与一流研究如何相辅相成。一个有趣的现象，在这里，大家的讨论的主话题是哪位教授开了什么新课，哪门课的难度如何等等，相对而言大家很少讨论谁在哪发表了论文。印象中，大家更是没有讨论哪位教授拿到重大项目。我的合作导师 Mike Jordan 教授是国际上机器学习最知名的专家，他从未要求我做与项目申请或者结题之类的事情，甚至于也没有要求我去做某个具体项目。他总是告诫我，要把精力和时间用在做对将来的职业发展最有益的事情上，因此，每学期初会给我推荐一些课程建议我去听。Mike 自己对教学孜孜不倦，他在伯克利开设的“统计学习”课程堪称伯克利一绝，在伯克利最大一间教室里，每一节课过道和讲台边都坐满了听众。来自计算机科学、信息工程、统计学、数学、工业工程、经济学等领域学生在选修这门课。

Mike 淋漓尽致地诠释了一流教学如何孕育一流科研，而一流科研又如何促进一流的教学。在机器学习领域中，Mike 极力倡导统计学和机器学习交叉，他认为机器学习是统计学的一个分支。要求我们这些学生去修统计系博士生的专业课。他自己也在主讲“理论统计学”这一核心的统计学课程。Mike 是心理学的博士，他本人并不是数学或者统计学出身。为了准备讲授理论统计学，Mike 竟然和他一位博士生两人一起先学了半年，他列出阅读材料，然后和那位博士生轮流讲。那位博士生提起这件事总是感慨万千，一个机器学习界的世界领袖是不需要讲授这门课的，然而 Mike 居然如此有胸襟来和他一起学。那位博士生则由此打

下扎实的统计学基础，他博士期间的工作在统计最顶级刊物“Annals of Statistics”发表，后来受聘密西根大学安娜堡分校统计学系任教。考虑到非参数贝叶斯在机器学习的重要性，Mike 后来又开设“贝叶斯分析”课程。正由于 Mike 远见卓识以及脚踏实地，他培养一批优秀学生分布在世界各地著名大学和研究机构。他引领机器学习成了一颗璀璨明珠，给工业界和学术界都带来深刻的变革。由于他教书、育人和科研伟大成就，他被选为美国科学院院士、美国工程院院士、美国艺术与科学院士，美国科学促进会院士，他同时也是 AAAI, ACM, ASA, CSS, IMS, IEEE 和 SIAM 等学会的院士。

2008 年底我回国到一所重点大学计算机学院任教。鉴于矩阵分析在许多学科具有广泛的应用，而且学生已经有了线性代数的基础，我向学院提出为高年级的本科生开设矩阵分析课程，得到主管领导支持。根据计算机学科最近的动态我自己写教案，选择讲授内容。尽管面向计算机专业本科生，我还是坚持讲理论、讲证明，而把计算留给学生自己完成。我先后讲授了两学期，每次都更新一部分内容。课程的内容超出了大部分学生的想象，选课人数共只有 40 来人，但是反响还是令人鼓舞的。学生给我的评价两次几乎都是满分。更可喜的是，选修学生后来大多继续读博深造，这门课程对他们后来研究带来了帮助。虽然矩阵分析是我做研究一个最重要的数学工具，但是我的一位博士生则在随机矩阵分解领域做出一系列很好工作，他由此获得微软学者、百度奖学金，并连续获得 3 次国家奖学金。这些是对我在矩阵分析教学上的努力最好的褒奖。

2013 年我转到现在的学校，在计算机系任教，系里主管领导请我为本科生两个试点班分别开设机器学习课程。因为这是我的研究领域，因此责无旁贷。为了让学生能够更全面了解机器学习，我决定一个班课侧重于机器学习模型的建立，因此从统计学角度来讲授。而另一个班课则侧重于计算，因此从优化的角度来讲授。同时考虑机器学习是一门非常实用的学科，我请我研究生每周给学生带读一篇文献，帮助他们掌握发展动态，建立一些宏观的认识。选修同学许多选择继续深造，而且受课程影响部分选择机器学习作为他们的研究方向。1 位同学应用课程的所学理论到数据挖掘问题中，她的工作被发表在国际数据挖掘会议 ICDM 上，她后来被 Cornell 大学录取攻读博士学位。课程同时被录制成视频放在学校开放课程中心上，迄今不到一年时间，课程访问量达到近 8 万次。这是我向导师 Mike 和郁彬老师致敬的最好方式，因为他们一直鼓励我为中国机器学习的发展多做一些实事。

二、感悟

我享受、敬畏教学，对它充满了感激。在我刚踏入科研这条路时，我很幸运，我导师传授了我教学的妙处。在我初期的三年的教师生涯中，看似浪费了科研的时间，但是由于明白了其中的道理，我充分利用三年时间，争取一切机会教课，我前后共讲授了 10 多门不同的课，从数学到计算机，教过专科生也教过博士生。这段经历真正奠定了我科研基础，锻炼了我数学素养，也给了我做研究的信心。

在我迈入科研成熟期时，我要有幸师从 Mike，更加坚定了教学对科研的帮助，也懂得了教学在培养学生、促进学科发展的无可代替的作用。遵循他的教导，我学会了通过教课来培养自己的学生，来完善自己的知识结构，来适应学科的发展趋势。即使看似与研究无关的课程，我也尽量通过教学来拓宽自己的视野。

当我意识到计算机专业的学生数学训练有点薄弱时，我申请开设矩阵分析课。当我意识到凸优化方法在机器学习的潜力时，我申请为博士生开讲凸分析课程。利用讲授机器学习的机会，我对它做系统地梳理。无论本科生的课还是研究生的课，我自己写教案，要求我的研究生随堂听课，并负责记录我的教学内容。我曾经也选择数理统计，让 1 位博士生来讲，并要求他写教案。我希望把我的心得传承给他们。

三、思考

我理解教学有三个层次：被动式教学、主动式教学和基奠式教学。正如我的初期教学，虽然我作为一位数学专业的硕士，给工科专业学生讲授基础课，专业基础应该是具备的，但是我毕竟没有系统的科研训练，在教学上我只能按照前人已有的方式被动进行，学生也是被动接受，我没有能力做任何的超越，甚至于做一些必要修正。

经过 10 多年的科研训练和沉淀，由于学识和见识的提升，我有能力在现在的教学中主动选择教学内容。比如矩阵分析，我了解对于计算机、电子信息等专业来说，矩阵分解才是关键，特别是奇异值分解是核心，因此，我选择它们来重点讲授，尽管还是那些枯燥的理论，但由于知道它们在研究中的作用，它们变得很生动、很具体。

在上世纪 90 年代末，机器学习处于发展的徘徊期。Mike 致力于机器学习与统计学的交叉研究，倡导把统计学作为机器学习的基础，于是他基于概率图模型来讲授机器学习，从而奠定了统计学习领域，开辟了学科方向、引领学科前沿。许多学者正是听 Mike 统计学习的课或者读他所编写的教材而迷上这个学科。后来 Mike 又提倡在机器学习领域开设理论统计和贝叶斯分析等课程，更加夯实了机器学习的理论和方法支撑，也让机器学习变得更加多元化。我理解这是基奠式教学。

好的被动式教学应该具备系统性、基础性。因为本科生阶段主要还在学习知识、积累基础，因此对于教学型大学，把被动式教学做好应是合格的了。被动式教学一个特点往往教师和学生来自不同学科，因此可能造成与科研脱节。比如，大多数学校都会请数学系老师为工科专业研究生开设矩阵分析，然而教师并不了解应用学科的前沿动态，不少课程还主要以解线性方程或者矩阵特征值理论等内容上，而奇异值分解甚至不讲，课程虽然具有系统性、基础性，但是不能适应应用学科的需求。同样，比如最优化方法，课程主要内容还停留在线性规划和单纯形算法等，但是在现代应用学科中，凸优化方法才是它最需要的数学工具。

主动式教学是研究型大学的生命线。然而主动式教学不同于前沿讲座、专题报告等，它们往往务虚不务实，缺乏系统性、缺少深度。教学的根本还是在于系统地讲授一门课程的基础知识。比如矩阵分析或最优化方法，数学原理是根本，我们说主动式教学，是根据学科发展需要，选择最适合其发展的内容，从而让教学和科研变得更贴近。

基奠式教学是建立在主动式教学基础上，但它更具有前瞻性、开拓性。基奠式教学必定是由大师来成就，但它同时也成就大师。基奠式教学引领科学的发展，是知识的源泉、创新的源泉，它造就一流的学问、一流的科研、一流的人才，因此孕育一流的大学。

对于中国的读书人或者教书人，我想大都会有那么一种孔孟情怀，绕孔子周围席地而坐，聆听夫子的传道，那种场景是多么令人向往！只有在伯克利跟随那些务实、严谨、纯粹、高尚的大师研究学问时，我才隐约感受到这种意境。孔孟之光重归神州大地之日，将是中华民族复兴之时！

2015 年 8 月 8 日立秋