

教学之感悟

教学和科研是研究型大学的两大要素，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人才、创建出一流科研。而在服务科研之外，教学还有传播文明价值的重要作用。因此，教学是大学更为核心的使命。

一流教学必然体现在其手段和方式上，但主要地则是体现在它所承载知识的内容上。它应该具备基础性、系统性、深刻性、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，教学需要科研的支撑，适应学科、时代的发展。而且，教学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。

我在就读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老师们的教导，但同时也得益于自己的教学。教学帮助我进一步夯实基础、开拓思路、帮助我保持专注度。这里我愿意和大家分享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，曾在一所大学任教三年。那时我主要从事基础课教学，如为本科生讲授离散数学、人工智能、算法设计等。攻读硕士期间，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，我又主动申请为硕士、博士研究生讲授“实变函数与泛函分析”。当初自己修这门课，虽然学得很努力，如证明抠得比较细，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，整个课程的脉络一下就变得十分清晰。这时我才真正对导师“讲课是学好一门课最好的途径”的教诲有所领悟。当时修我课的研究生主要从事数学地质、石油工程以及物探技术等领域的研究。应他们的要求，我相继开设了“数值优化”与“随机过程”。这两门课和他们研究的关系更为紧密，作用更为直接。这一经历让我了解了数学在一些应用学科中的需要和作用。三年教学使我的数学基础有了质的提高，同时使我对应用数学解决工程问题产生了浓厚兴趣。也是这驱使我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 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。有趣的是，这里，大家的主要话题是哪位教授开了什么新课，哪门课的难度如何等等，相对而言大家很少谈论谁在哪发表了论文。在我印象中，大家更没有谈论哪位教授拿到了什么重大项目。我的合作导师 Mike Jordan 教授是国际上机器学习领域知名的专家。他从未要求我做项目申请或结题之类的事情，甚至没有要求我做某个具体项目。他总是告诫我，要把精力和时间用在将对将来职业发展最有益的事情上，因此，每学期初会推荐一些课程建议我去听。Mike 自己则对教学孜孜不倦。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、经济学等领域的学生都在选修这门课。

Mike 淋漓尽致地阐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。他要求我们去研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 是心理学博士。他并不是纯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课。那位博士生一提起这件事情总是感慨万千。为了准备讲授一门新课，一个机器学习界的世界领袖居然有如此胸襟和他的学生一起学习。那位博士生则由此打下了扎实的统

计学基础。他读博士期间的工作在统计学界最顶级刊物“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对机器学习的重要性，Mike后来又开设“贝叶斯分析”课程。正是由于Mike的远见卓识和脚踏实地，他培养出了一批优秀的学生，分布在世界各地著名大学和研究机构。他引领机器学习成为一颗璀璨明珠，给工业界和学术界都带来了深刻的变革。由于教书，育人和科学研究的伟大成就，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，我向学院提出为已有了线性代数基础的高年级本科生开设矩阵分析课程，得到主管领导支持。我自己根据计算机学科最近动态，选择讲授内容，撰写教案。尽管面对的是计算机专业本科生，我还是坚持讲理论、讲证明，而把计算留给学生自己完成。我讲授了两个学期，每次都更新内容。课程内容超出了大部分学生的想象。选课虽只40来人，但反响令人鼓舞。学生评价两次几乎都是满分。更可喜的是，选修学生大多读博深造。这门课程对他们后来的研究带来了帮助。矩阵分析是我做研究最重要的数学工具。我的一位博士生则在随机矩阵分解领域做出了一系列很好的工作。他由此获得了微软学者、百度奖学金，和连续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计算机系任教。系里请我为本科生两个试点班分别开设机器学习课程。这是我的研究领域，责无旁贷。为了让学生能够更全面地了解机器学习，我决定一个班的课程侧重于机器学习模型的建立，因此从统计学角度进行讲授。另一个班的课程则侧重于计算，因此从优化的角度进行讲授。同时考虑到机器学习是一门非常实用的学科，我又请我的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。选修的同学许多选择继续深造，而且受课程影响有一部分更选择机器学习作为研究方向。1位同学应用从我讲授的课程所学到的理论于数据挖掘问题的工作，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。我的课程同时被录制成视频置于学校开放课程中心。迄今不到一年，访问量已经达到8万多次。这是我向导师Mike和郁彬老师致意的最好方式。他们一直鼓励我为中国机器学习发展多做一些实事。

二、感悟

我敬畏、享受教学，又对它充满了感激。我很幸运，刚踏上科研之路，我导师就传授了我教学的妙处。我初期三年教师生涯，看似“浪费”了科研时间。但是由于明白了其中的道理，我充分利用时间，争取一切机会教课。我前后讲授了10多门课程，从数学到计算机。我教过专科生，也教过博士生。这段经历真正奠定了我的科研基础，修炼了我的数学素养，也给了我做研究的信心。

迈入科研成熟期，我有幸师从Mike，更加深和坚定了我的教学对科研重要性和帮助的认识，也进一步懂得了教学在培养学生、促进学科发展中无可替代的作用。遵循他的教导，我学会了通过教课来培养学生，来完善自己的知识结构，和适应学科的发展趋势。即使教授看似与研究无关的课程，我也尽量通过它以拓宽自己的视野。

意识到计算机专业学生数学训练较为薄弱，我申请开设矩阵分析课程。意识到凸优化方法在机器学习的作用，我又申请为博士生开讲凸分析课程。利用讲授机器学习的机会，我对它作了系统的梳理。无论本科生还是研究生的课程，我都自己写教案，并要求我的研究生随堂听课，负责记录教学内容。

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。我教学的初期，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，数学基础是具备的。但是我的科研训练毕竟有限，在教学上我只能按照前人的方式被动进行。学生也是被动接受，我没有能力做任何超越，甚至做一些必要的修正。

经过 10 多年科研训练和沉潜思考，学识和见识都得到很大的提升。现在我已有能力主动选择教学内容。如矩阵分析，我知道对于计算机、电子信息等专业，矩阵分解是关键，而奇异值分解更是核心。因此，我选择它们重点讲授，尽管还是那些看似枯燥的理论，但由于懂得了它们在研究中的重要作用，就变得很具体、很生动了。

上世纪 90 年代末，机器学习处于徘徊期。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，引领着学科前沿。许多学者正是听了 Mike 统计学习的授课或者读了他所编写的教材而迷上这个学科的。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，更加强化了机器学习的理论和方法支撑，也使机器学习更加多元化。我理解这就是基奠式教学。

好的被动式教学应该具备基础性、系统性。本科生主要还在学习知识、积累基础。因此教学型大学，做好被动式教学应就是合格的了。被动式教学一个特点是教师和学生有时来自不同学科，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。不少课程还以求解线性方程组或者矩阵特征值理论等为主要内容。而奇异值分解甚至不讲。课程虽然具有基础性、系统性，但是不能适应应用学科的需求。又如最优化方法课程，主要内容还停留在线性规划和单纯形算法等之上，殊不知现代应用学科中，凸优化方法才是最需要的数学工具。

主动式教学是研究型大学的生命线。然而它又不同于往往务虚不务实，缺乏系统性、缺少深度的前沿讲座、专题报告等。教学的根本还是在于系统讲授基础知识。比如矩阵分析或最优化方法，数学原理就是根本。我们说主动式教学，就是根据学科发展需要，选择最适合的内容，以保证教学和科研更加贴近。

基奠式教学建立在主动式教学基础上，但更具前瞻性、开拓性。基奠式教学必定由大师来成就，但它也成就大师。基奠式教学引领科学的发展，是知识的源泉、创新的动力，它传授一流的学问、造就一流的人才、创生一流的科研，因此孕育一流的大学。

对于中国的读书人---老师和学生，我想大都会有那么一点孔孟情怀。围着孔子席地而坐，聆听老夫子的传道、授业、解惑。那场景是多么悠悠然令人神往！在伯克利追随那些务实、严谨、纯粹、高尚的大师做学问时，我曾隐约感受到过这种意境。孔孟教育之光重归神州大地之日，将是中华民族复兴之时！

致谢：蔡元日老先生对文章的写作做了非常精细的修改和润色，一些认识和不认识的同事和朋友在读文章第一稿时给了我极大鼓励，在此表示感谢。文章表叙的仅为我个人观点，与他人和团体无关。

张志华

2015 年 8 月 8 月初稿

2015 年 9 月 30 日订正