

立足北大，放眼未来

——“数据结构与算法”MOOC课程教学实践与思考

张 铭

(北京大学信息科学技术学院, 北京 100871)

【摘要】 本文结合2013年秋季在Coursera上开设“数据结构与算法”MOOC课程的教学实践,从对MOOC的认识、课程建设经历、未来发展规划和完善几个方面,梳理出很多有价值的观点和建议,期待与同行分享。

【关键词】 MOOC; 数据结构与算法; 混合式教学; 翻转课堂; 可持续发展

【中图分类号】 G642 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2095-5065 (2014) 09-0065-09

0 引言

MOOC的海啸预示着一个教育改革浪潮的到来。面对这样一个全新的授课方式,我们一线教师需要在这个领域去体验和开拓,去适应、去驾驭这个浪潮,更好地为国家为社会培养栋梁之材。

2013年是中国的MOOC元年,北京大学也加入全球MOOC阵营,“数据结构与算法”(https://class.coursera.org/dsalgo-001)作为国内首批中文MOOC课程,也在2013年10月20日正式开课。这门课程是计算机学科的核心基础课程,

收稿日期: 2014-2-20

作者简介: 张铭(1966—),女,湖南湘潭人,博士,教授,ACM Education Council委员兼ACM中国教育专委会主任,所主持的“数据结构与算法”课程2008年被评为国家级精品课程,主要研究方向为社交网络分析与数据挖掘等。

基金项目: 自然科学基金项目“大规模在线课程中用户流失问题的研究”(项目编号: 61472006); 博士点基金(项目编号: 20130001110032)。

开课时间共14周。MOOC课程资源包括: 862分钟的教学视频、227个概念题、43个编程题。完成MOOC课程的学生至少需要做159道概念题、23道编程题(其他题目是学生出错重做的备选题)。共有13170人选课,最后达到毕业要求获得证书的校外学生是55人。在2013年秋季开设MOOC课程的同时,我们在北大校内也同时开设了这门课程,共有三百多名信息学院大二的学生选修。北大校内的课程比MOOC课程难度要高出很多,不仅要多做一倍的编程题,还需要完成一些算法分析和正确性证明的题目,这是由助教手工评判的作业,最终有三百多名北大学生顺利通过考试拿到很好的成绩。

作为北大第一批“吃螃蟹”的人,笔者对MOOC不仅深有感受,也颇有收获。下面从对MOOC的理解和具体的实践经验两个角度,分享这段难忘的经历,希望笔者的经验和教训能为后续开设MOOC课程以及运用MOOC资源进行混合式教学的教师们提供一些参考和借鉴。

1 笔者是如何看待MOOC的

1.1 “在线”和“开放”为教学带来多种可能性

MOOC是大规模开放在线课程，这些关键要素为校内教学带来了多种可能性。

首先，MOOC是一种“在线”课程，不需要学生在规定的时间内集中到课堂，而是随时随地，只要通过互联网就能够观看到教学视频，这对于学习效能而言是极大的提高，这样学生可以更充分地利用自己的空闲时间，更好地规划个人的学习。另一方面，在线课程还可以大大降低教学中的手工劳作，减少无谓的时间投入和精力浪费。在事先精心设计好习题、试题以及相关解答后，由系统自动评阅学生作业和考试成绩，并且能得到详尽的统计数据，不需要教师花费大量的时间来批阅作业和试卷，学生做题后就能得到自己答题情况的反馈以及对题目和答案正误的辨析。这在很大程度上缩短了学生从教师那里获得反馈的时间，及时的反馈很好地提升了教学效率和效能。

就以“数据结构与算法”这门课程为例，在没有MOOC课程之前，每星期面授教学结束后，笔者都会给学生留出一周的时间去完成作业，助教也需要花费时间批改作业，前后加起来需要消耗两个星期的时间，在自己能够与学生面对面地针对这些作业进行讲评和讨论的时候，通常距离他们做这些题目已经过去两三个星期了，这时候学生对当时的思路 and 想法可能已经淡忘。对于教学而言，教师并没能给他们形成一个及时的反馈刺激，学生失去了深入探索相关知识并且及时查漏补缺的最佳时机。而在MOOC教学中，我们设计了一个较为庞大的自动评阅题库，学生做题后能得到及时反馈，对于正确答案，系统会解释这么做的理由，对于错误答案也提供出错原因分析。每一组练习都允许学生尝试5次左右，每一次都会随机换题干或者换数据，允许学生反复练习，直到取得自己满意的最高成绩为止。这一功能所传达的是一种不断纠错的精神。错误可以通过查找资料、知识积累和分析判断得到及时

纠正。而学生在多次“试误”中学习和进步，也是对学生学习行为的一种有效激励。行为主义的学习理论把学习看作刺激与反应之间联结的建立（S-R），是尝试错误的过程（试误）。学生通过这种“做习题—得到成绩和反馈”的方式，对某个知识点进行全面的掌握，并且记忆深刻，能够得到更好的学习效果。有研究显示，通过练习驱动学习的人，在将来走入社会之后，他们解决问题的能力往往要比没经过练习驱动的人更强。从这个意义上来说，MOOC将会是一种很好的教学模式。

其次，MOOC也是“开放”的课程。笔者是优秀教育资源开放共享的坚定支持者。在参与MOOC之前，“数据结构与算法”这门课程曾经被制作成国家精品课、视频公开课等开放课程，很多教师、学生、IT工程师都学习和运用了笔者的课程资源。该课程得到了来自社会各界的好评，也起到了示范教学和先进课程体系的良好辐射作用，笔者认为这是十分有意义的事情。MOOC强调的是“大规模开放”，也正是这个口号吸引本人投身其中。通过大规模的开放共享优质课程资源，让更多的教育者和学习者受益，这也是MOOC对教育产生的真正意义所在。

1.2 MOOC为高校教学改革带来了新契机

MOOC的兴起，为高校校内的教学改革带来了新的契机。作为北大“数据结构与算法”课程的主持人，笔者希望与课程组的教师们一起，真正提升这门课程的品质和教学质量，让更多的北大学生受益。因此，本人愿意学习并实践新的教学形式，期望通过MOOC教学模式产生更好的教学效果。虽然MOOC是一种面向社会、面向全球的课程，但对于校内的课程，MOOC也可以作为教师实施翻转课堂教学模式的重要基础。

2013年秋季开设MOOC课程的同时，在北大内部也设置了独立的测试平台，共有三百多名信息学院大二的学生参加，包括笔者教授的26人实验班，同时还有另外3位教师带的3个班约200名来自北大计算机系的学生，以及一位老师带的一百多名由北大电子系学生组成的班级。实验班

绝大多数学生都在中学期间参加过信息学竞赛，视频中所讲的知识点他们在中学通过自学已经基本掌握了，只是不够系统深入，而且对于一些高级数据结构、文件处理等内容也不太了解。对这些学生，笔者没有要求他们观看视频，只是要求他们在MOOC上做练习以便系统地学习掌握数据结构与算法的基础内容，然后在课堂上扩展介绍一些高级数据结构内容。其他4个班的学生，绝大多数在中学阶段没有计算机编程基础，对于“数据结构与算法”的课程内容不太了解。4位教师只是把MOOC资源作为校内教学的补充，主要利用MOOC作为作业提交的一个环节。这些北大学生在大一的两个学期，分别修过“计算概论”和“程序设计实习”两门课程，有扎实的C/C++程序设计基础。而MOOC课程中非北大的社会学生背景比较复杂，很多学生的先修知识不够，不少学生在选修“数据结构与算法”MOOC课程的同时，还在上李戈老师的“计算概论”MOOC课程，以此来学习最基础的编程知识。北大校内学生在学习行为上明显比校外学生要积极主动，学习效果也高出了一大截。

1.3 MOOC应该作为传统课堂的有益补充

网上流传着一幅图，如图1所示，讽喻传统的教学就好比此图所示的教学生画马的过程，教师总是把绘画最难的细节描绘放在课后，让学生自己琢磨，却花费大量时间在教前面的一些简单而基础的概念，有些基本概念是学生自己能提前预习而掌握的。翻转课堂就是要颠覆这个过程，让课堂的时间更合理、有效地运用在更重要的环节，而前面的简单步骤可以让学生自学完成。在这方面我们可以借鉴欧美国家的研讨式教学模式，使教师能够充分调动学生的积极性，让学生提前预习、再来课堂上进行广泛而深入的讨论，从而更加深刻地掌握和灵活地运用知识。这种混合式的教育模式可以培养学生自主学习的积极性，建立其批判性思维的能力，迸发出更多的创新思想，提高教学效率，这也正是MOOC与面授教学相结合的重点。

怎样画马

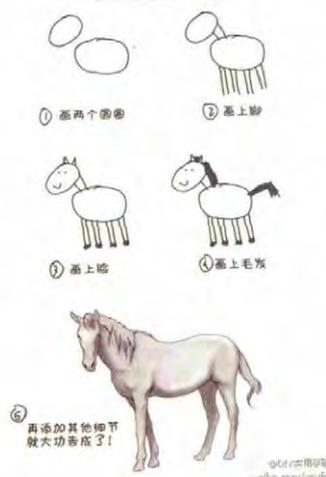


图1 教学生画马的过程

2014年春季，笔者给城环与环工学院的学生开设了“数据结构与算法B”课程，完全采用“MOOC+翻转课堂”的混合式教学形式。北大教务部给我们安排了每周3学时，16周，共48学时。考虑到学生提前预习付出的时间，课堂教学压缩为每周2学时，多出的1学时作为习题课，感兴趣的学生自愿参加，主要是进行趣味算法的扩展。在教学过程中笔者要求学生课前预习、观看MOOC视频，有时候会在课堂前十多分钟进行简单的预习情况摸底测试，检测学生是否对学习内容进行过预习，从而督促学生养成主动学习的习惯。借此笔者也能够从测试中了解学生对知识点掌握的情况，以便在讲解的过程中对重点和难点内容进行梳理，引导学生讨论和拓展，使学生对相关知识的印象更加深刻。这个班大多数学生都配合得很好，提前预习并且积极参与课堂讨论，在缩短课堂教学时间的情况下，学生反而可以更有效地深入掌握课程内容，并能灵活运用课程知识。

很多人都在质疑：MOOC是否会取代校内的传统教学？MOOC是否会颠覆大学教育？从本质上来说，MOOC并不会真正取代传统面授教学方式，不管是哪种在线开放课程，都只是作为一种辅助形式，为部分没有机会聆听著名教授现场授课的人提供一个平台，让他们通过视频课程来获得相关知识，作为对专业课程的积累和补充。

MOOC在很多方面难以取代大学传统校园教育的作用和意义。比如大学校园文化的浸润、学习氛围的熏陶以及教师与同学之间面对面的交流,特别是学生们在课堂上面对面地深入讨论和沟通合作,这些都不是MOOC能做到的。因此,从这个意义上来说,笔者认为MOOC只是对传统面授教学形式的有益补充。

MOOC对学生的教育就相当于现代化工厂对产品的“批量化加工”,而面授教学则更像一种精工细作的传统纯手工艺。MOOC的受众是面向大规模的群体,他们有些是在校学生,有些已经毕业,甚至还有的是IT工程师。对于这样一个复杂而庞大的群体,MOOC不能采取像英国牛津、剑桥这样的学院制培养模式,教师不能对学生进行一对一的言传身教以及全方位的教学和辅导。MOOC对学生所产生的影响主要停留在知识层面上,而且知识层面也仅仅能够覆盖到视频等教学资源所涉及的知识,很难就其他学科或相关领域进行即兴的知识延伸。从这个角度来看,MOOC只能做到教书,距离育人还有相当大的一段距离。

1.4 MOOC是打有教师个人烙印的智慧结晶

笔者听过这样一种说法,以后的MOOC课程都可以进行商业化制作,专业教学设计师设计教案,多媒体公司进行美化,职业演员来讲课。如同一部好莱坞电影,精良的制作感让整个教学视频看起来都十分精美,课程宛然变成了一场引人入胜的脱口秀。乍一听,好像是可以实现的,因为就像美剧《生活大爆炸》里的演员Jim Parsons(扮演Sheldon Cooper,中国观众戏称为“谢耳朵”)也许根本不懂物理学高深的弦理论,但是演出来却显得非常专业。还有像创建可汗学院的可汗(Salman Khan),他口才非常好,是天生的演讲家,因此由他讲授课程就会很有煽动性。

对于中小学知识的传授,可汗这种模式还是很有趣的。但高等教育更重要的是透过课程传递出一种学术素养。对于高等院校的学生们来讲,

观看职业演员录制的视频未免有些太过敷衍和粗糙。MOOC不是在拍电影,仅仅有演技和口才是不够的。在一流高校任教的教师,大多是科研一线的研究者,教师自己作为领域专家的思维、见地以及对整个学科的深刻理解,才是课程的魅力和精髓所在。这些内容是无法写出脚本,让演员照本宣科地表演的,很多见识只有存在于教师的脑海中,教师在课堂讲授的过程中才会迸发出新想法来。就像笔者在北大上课,内容每年都不相同,这是因为笔者会根据学科前沿的发展做出相应的调整,增添新的内容。很多理工科MOOC课程的理论和实践都比较厚重,选这些课程的学生们目标非常明确,就是为了尽可能多地学习知识、培养能力,而不会以教师讲课是否生动有趣作为课程好坏的首要评判标准。

MOOC一定需要教师作为这门课程的灵魂,当教师在做属于自己的一门课时,课程的所有安排设计都能折射出他的思考。而且MOOC不只是视频讲课,还有课件、习题、答疑、考试等过程,都需要教师投入大量的精力和时间来精心设计这些细节。整门课程都应该是打有教师个人烙印的智慧结晶。当然,如果教师本身就口才出众、善于表演,而且课程内容裁剪得让一般学生都能接受,这样的课程会比较受追捧。

将MOOC做成百家讲坛那种娱乐大众的形式确实有不少拥护者。但笔者的初衷就是尽力打造原汁原味的北大课程,使得MOOC学生有机会学习北大的高水平教学资源,课程本身就有难度,不能过于简化以降低门槛,同时这些资源也会用以促进北大学生主动学习,更有效地利用课堂时间来进行深入讨论。笔者的“数据结构与算法”MOOC课程的教学目标设定为帮助学生系统规范地去学习数据在计算机中的逻辑组织、存储结构以及运算实现,注重培养学生的抽象能力、问题求解能力,培养学生在学科领域的前瞻性,内容安排是前沿而实用的。所设计的练习题、考试题也以北大为标准,只是在题量、难度坡度方

① 编者注:也有研究者认为MOOC的课程讨论区可以做到同学之间的深度交流。不同时区组成的虚拟小组合作会遇到较多困难。

② 编者注:现在一些MOOC教师已经开始录制一些扩展视频,特别是根据学生作业情况有针对性地讲授视频,作为对按照课程内容体系进行讲授的视频的补充。

面进行了一定的处理，让MOOC学生能够跟上。北大选课的三百多名学生不仅实现了我们的教学预期，而且学习效果令人满意，他们在知识能力的掌握上比以往有很大的提升。特别是同一个教师教的电子系学生，在有严格监考期的百分制期中期末闭卷考试中，跟往年同样难度的情况下，该班学生的平均成绩提高了近十分。电子系学生反馈说，在MOOC上做习题是一个非常有效的学习过程，有些课上没学明白的内容通过MOOC的练习和反馈而透彻掌握了。

2 MOOC经历带给笔者哪些启发

2.1 视频制作不拘泥形式，逻辑清楚最重要

视频制作是MOOC教学设计的核心所在。起初笔者都会按要求严格地把视频时长控制在8分钟左右，因为我们在开课前被反复告诫视频不宜过长，学生的注意力持续时间有限，将视频限制在10分钟以内效果最佳。但视频上线后发现，学生对这种严格按时长切割的视频并不买账，有的学生在网上反映说笔者讲得不够细、太快了。所以后面自己就索性不拘泥于时长的限制，每次增加一些案例和动画，从紧凑的8分钟扩展到20分钟左右，把内容讲得更翔实具体，便于学生理解。

因为学生更倾向较慢的授课节奏，这样每个视频所包含的知识内容就相对更少，有些知识点需要进行更细的划分。而且每段视频内容的相对完整性、各个视频之间的逻辑关系等，也是教学设计中需要认真考虑的因素。在学期伊始笔者就设定了课程的框架以及重要的知识结构；每一个视频的开头都回顾这一章的大纲，使得学生认识到该视频在知识体系中所处的位置。比如AVL平衡二叉搜索树，它本身是一个完整的知识点，但是笔者在做视频时就把它分成相对独立的两节，第一段视频先讲基本的概念和插入操作，然后再录另一段视频讲删除操作。这样一来，视频既相对独立又会有衔接性，分成两段后每段视频讲得

更精细，学生也更容易看懂。而且学生必须看完前面一个视频才可以看后续的那个，从内容上驱动着学生将视频逐个看完。由于授课内容依据知识点被划分为一个个相对独立的小视频，所以也给学生带来了学习的灵活便利性，可以充分利用碎片时间学习。

PPT的制作是视频制作的基础，讲义的制作时间可能会多于视频拍摄时间。很多时候因为PPT没有制作好而只能推迟录制，而且到现场拍摄时经常会发现PPT做得不够细致，因为背投的大屏幕会放大图文的瑕疵。通常是需要三至五次才能够外录成功，而且还需要补充一遍内录，特别补充一些动画效果。笔者在制作前几章视频时，为了尽量避免犯错，都是先写好脚本，拍摄时照着打出的提示字幕念稿，视频录制非常顺利。但是学生反映并不好，有学生说感觉很生硬。后来采用临时发挥的形式，反而更受学生喜爱。因为现场发挥不受拘束，教学气氛更为轻松，即便是讲错，也可以在剪辑的过程中进行处理。因此，就本人的经验来说，不能为了方便录制而采取照稿念的形式，那样的视频感染力不够强，影响学生的学习效果。

2.2 难度设置需分层，照顾学生差异化

MOOC是面向大规模受众的课程，学生的背景、知识基础差异很大，在教学设计中需要考虑到学生的差异化，包括学习水平差异性、语言差异性。针对跨文化的问题，我们在教学中对重要概念加注了英文术语，便于学生在学习的过程中进行中英文对照，而且目前课程组正在把中文字幕翻译为英文稿。在教学进度的安排上也要照顾大部分学生的学习情况，不过MOOC的好处是学生可以自己安排计划来学习，而且如果一遍没听懂可以反复观看视频，因此在这点上不必过于担心。在一周课程结束后，所留的作业在2~3周的时间之内提交。学生们常说“Deadline是第一生产力”，MOOC中这样的作业节奏，可以督促学生及时学习课件并通过作业检查学习效果，比起传统的单向公开课更有真实课堂的感觉。

③ 编者注：外录指主要用外接摄像机拍摄教师和屏幕；内录指用计算机自带的软件拍摄屏幕。

为了能够满足不同学生的需求，我们在课程难度上也做了专门的调整，将内容重新划分为必修与选修两部分。本来的设计是如果学生愿意去学习选修部分，对这部分内容会有10%的额外加分，后来因为Coursera平台不支持加分功能而没有实施，不过也还有不少学生自愿完成了选修内容的扩展作业。相对于北大的教学安排，这次MOOC课程我们减少了一半的编程题，相应地降低了难度系数。另外，北大学生还需要完成一些算法分析和正确性证明的题目，这是由助教手工判的作业，考虑到我们的课程作业已经比一般MOOC课要多很多，就没有把这些题目放到MOOC课程中。

在MOOC平台上的小测考试，北大学生的成绩很多都在90分以上，明显高于校外学生。北大校内单独设置了闭卷的一个书面考试，主要考查数据结构概念、算法的设计分析和应用；另外还设置了闭卷的上机考试题，其中有ACM/ICPC竞赛级的难题，也就是说，北大校内的课程比笔者的MOOC课程难度高出很多，而且最终有三百多名北大学生顺利通过考试拿到很好的成绩。

不过，在MOOC课程的知识点安排、课件和视频的内容和难度上，笔者还是尽量按照北大的水准，没有刻意去降低要求，校内和校外学生的差异体现在知识掌握深度和问题求解能力上。学生可以根据自身情况进行选择，如果校外学生实在跟不上是不必强求的，达到60分的及格线也能够获得结课证书。校外拿到MOOC证书的57名学生的整体学习质量，与在北大同时接受传统面授式教学的学生相比还存在一些差距。MOOC上的校外学生虽然人数众多，在BBS上也可以随时讨论，但是这些学生的讨论往往不是很有效，学生之间的互助和互相激励明显不如北大学生，很多学生提出问题也是指明要教师或助教解答而不接受同学们的自助解答，不少学生都要求我们公布习题的答案，特别是编程的题目。公布答案是违背MOOC精神的，而且我们编制习题，特别是编程题目的测试数据非常不容易，公布答案后不利于MOOC课程以后的开设效果。有学生强调他们是想学习好的作业风格、学习编程思路，其实我

们已经在网上提供了精品课程的所有习题和考试的参考解答，这些足够他们学习借鉴。

由于本课程内容很深，作业也不容易，根据学生的学习情况，我们响应多数学生的请求，将原本80分的成绩才可以得到证书的规定，修改为“60分”合格、“80分”优秀。这次开课，收到了许多学生的反馈，课程团队也对其进行了数据挖掘，比如说分析成绩好的学生以及成绩差的学生不同学习路径。根据数据分析的结果，以及学生的合理建议，笔者会在下次开课时进行适当的调整。比如，降低基础数据结构部分的难度，加入高级数据结构的内容。在高级数据结构的这一块内容中，全球教学案例比较少，而这些数据结构具有很高的实用价值，在工业领域较为常用，学生希望笔者在今后教学内容的设计中能够重点增加这部分内容。

2.3 丰富练习题库，强化学习的刺激与反馈

笔者非常认同心理学行为主义学习理论中的刺激反馈学习观，而且教育学的建构主义也强调“在实践中学习”。学生通过做习题可以把不懂的知识点通过查找资料进行重新梳理，直到理解掌握为止。所以在设计习题时，笔者尽量使练习题基本覆盖整个章节的知识点。习题都是由知识点汇集而来的，笔者会从不同角度对同一个知识点进行考查。

习题主要来源于本人主编的一本习题集（张铭、赵海燕、王腾蛟，《数据结构与算法——学习指导与习题解析》，高等教育出版社，2005年10月），每一道题都有详尽的解题思路、常见错误分析。在编制MOOC资源时，笔者把习题作为重点内容来建设。习题集中的题目通常以简答、算法为主，将这些习题设计为MOOC的小测试时，需要将原先的题目全数改为填空，或者单选、多选，选择题还需要相应地增加一些干扰项，这些都需要花费大量的时间和精力来完成。

在传统的面授教学中，学生虽然也会及时将教师布置的题目完成，但他们很少能立刻得到成绩反馈，不知道自己正确与否或者错在哪里，学生并不能从传统做习题的过程中得到及时刺激和

强化。而MOOC这个平台之所以可以帮助学生完成自助式成长，主要就是因为它能够让学生在练习和试误中不断发现问题、解决问题，并能够得到及时的反馈。我们的MOOC作业不仅把对错告诉学生，还会把原因和思路都讲清楚。

2.4 发挥学生主动性，鼓励学生之间的交流

笔者会鼓励学生进行自发性的交流，鼓励学生组织线下的学习小组，约好时间地点，聚在一起对专业知识进行深入的讨论和研究。笔者认为MOOC一定要发挥出学生的主动性，让学生之间能够形成一种互相答疑的氛围，让学生在互相的讨论中就可以使自己的问题得到解决。笔者每周都会安排助教在北大进行线下答疑，每周都有不少外校学生参加，特别是前几周，很多学生向助教请教在线评测系统中的编程问题。但是更多的学生并不在北京，所以最重要的还是鼓励学生形成学习共同体，在群体互动中学习，而不是一个人孤零零地学习。

在课程的学习上，一定要体现出学生的主体性，教师的责任主要是提供在线资源的支持。笔者在MOOC上列出了一些重要参考文献，也有自己建设的国家精品课程资源，但能够有效利用这些资源的学生并不多。笔者采用了自己主编的教材（张铭，王腾蛟，赵海燕，《数据结构与算法》，高等教育出版社，2008年6月。普通高等教育“十一五”国家级规划教材），也告诉学生可以采用其他《数据结构与算法》教材。作为计算机专业基础课，本课程的知识体系相对比较固定，教材比讲义信息量更多、更适合课下阅读。讲义只是教师的授课提纲，一般都是精简凝练的，出版界近几年需要认真考虑MOOC配套电子版教材的事情。

2.5 打造制作团队，分工协作效率高

做MOOC的工作量是非常大的，因此背后一定需要一个“靠谱”的团队，不然教师一个人又要设计内容，又要技术制作，是很难保证课程的按时上线的。如何运作好一个团队至关重要。团队能够走向成熟，注定是一个通过不断犯错、及

时纠正、获取经验的成长过程。

直到2013年8月11日，北大MOOC工作组才确定了8门在秋季学期开设的MOOC课程，笔者的课程也幸运地入选。这之前，笔者已经提前组建了助教团队，安排助教从5月份开始制作整理PPT、编制习题等，也录制了试讲视频。PPT从5月开始制作，边做边改，主要是美化加工以前的讲稿，特别是增加一些用于阐述算法过程的动画，直到7月底才完成初稿。

正式获批上线之后，笔者把团队分为视频和习题两个大组。视频组于8月17日开始入棚录制，8月份的假期只有陈云帆一位助教在校，邱实、秦樵风两位助教在家下载视频做剪辑工作。9月份开始，笔者每周都录制三段视频，每段4~5个小时，每次视频组都派一个人跟拍。由于PPT初稿制作比较仓促，很多时候我跟视频助教都在现场修改PPT讲义，不少动画就是这样讨论和制作出来的。笔者一般都是直接与组长陈云帆联系，再由他负责安排所有视频的制作工作，包括录制、做字幕等。

习题分为编程题和概念题小测两大类，张海峰、张亦弛主要负责编程题的设计和测试数据的编制（<http://dsalgo.openjudge.cn/>）；荣小松、王卓、刘卢琛、郭宪、李祖尧等助教编制概念类的习题。荣小松总助教负责网站维护，同时也协调习题组工作，如编制题目的进度和规范、在线BBS答疑交流以及线下答疑等。

教学团队经常开会，总结前期工作的经验教学，并安排后续的教学活动。以笔者的经验，一个团队是需要磨合的。视频组工作最繁重，遇到的问题也最多：灯光每次都要在现场临时调整、白平衡没做好视频会发黄发暗、存储器读卡器损坏、录音设备没电池等，任何一个环节出问题都可能拖延工作进度。最烦心的是录制环境的部署，每次我们都要花20~30分钟恢复环境。这是因为北大只有一个外录棚，每个教师的背景布置不一样，特别是灯光用得一样，每次都要花很长时间来配置。有一次整个录像设备所有的连线都被前面录课的团队拆卸下来了，我们在整个录影棚满地找设备线，重新搭配摄像机，花费了一

个多小时。后来助教们把我们常用的灯光和角度都拍下来，每次依葫芦画瓢，十多分钟就可以布置好环境。

最开始的时候，自己总担心讲错给视频制作组添麻烦，讲得比较拘谨。跟视频组的助教协作一段时间之后，他们都熟悉了笔者讲课的套路，而且助教也告诉我他们剪辑比我重录更省事，这样讲得比较轻松自如一些，现场录制的效率大大提高，不过确实他们的剪辑时间以及笔者审片花的时间更多。所以一个成功的合作团队，成员要具备包容、认真和负责的素质，这三点都是缺一不可的。笔者的助教们还是比较认真和积极的，都有着自愿者的义务付出精神，尽管没有多少经费支持，整个团队运作依然非常顺利。

3. 如何推动MOOC的可持续发展

对于MOOC的可持续发展，笔者想从个人角度和学校角度分别谈谈。

3.1 “数据结构与算法”MOOC课程发展规划

MOOC是一个新生事物，特别是“SPOC (Small Private Open Course)+翻转课堂”还处于探索阶段，教育界同行都密切关注着。笔者应邀在教育部计算机教指委举办的“第一届全国高校MOOC与计算机课程建设研讨会”(2013年11月6日)和北京高等教育学会计算机教育研究会举办的“在线课程建设与实施研讨会”(2014年3月29日)都做了大会报告，分享对MOOC的观点和认识，与同行们交流自己的MOOC实践经验和教训。笔者也积极参加MOOC国际研讨会，诸如2014年3月在美国举办的第一届ACM MOOC大会Learning@Scale，2014年7月召开的“大中华区MOOC研讨会”等等，听同行报告并与他们讨论交流，从中学习好的教学方法、吸取成功的经验，有益于自己课程的调整和完善。

笔者主持的“数据结构与算法”MOOC课程会继续迭代开发。北大数据结构课程分为A类和B类，正好在每个学期都开一次：A类课程针对计

算机专业大二学生，在每年秋季学期开设；B类课程针对非计算机的其他理工专业，每年春季学期开设。所以笔者希望在每个学期都对全球开放北大的“数据结构与算法”MOOC课程，这样滚动开课，方便校外学生根据自己的情况选择合适时间跟课。

2013年秋季学期，笔者与教A类课程的赵海燕、罗国杰、宋国杰以及教B类课的王腾蛟等教师，带领5个班共三百多名北大信息学院的学生，参与了“数据结构与算法”MOOC课程的建设。因为建课时间比较紧张，所以这一轮的教学还没有采用翻转课堂的形式，北大课程采用内部的SPOC平台(<https://pku.coursera.org/pkudsalgo-001>)，学生主要是在这个平台做概念题。由于北大A类学生的编程题比我们提供给校外学生的要多一些也难一些，编程平台是<http://dsa.openjudge.cn/>，而B类课程则采用<http://dsb.openjudge.cn/>独立设置编程题目。

2014年春季学期，笔者与邹艳珍、刘楚雄、闫宏飞、郝丹这4位老师一起带领5个班四百多名学生在北大内部进行“数据结构与算法”SPOC实验，笔者和刘楚雄老师带的两个班采用翻转课堂教学，其他几个班还是传统教学，5个班都使用新的SPOC平台(<https://pkumoc.coursera.org/bdsalgo-001/>)，特别是使用其中的习题和编程题资源。半个多学期以来，我们进行了几次小测，实验效果表明采用翻转课堂混合式教学的班级，学生的学习热情、学习效果都明显好于传统教学班级。学生反馈“数算这种高效的课堂我是非常佩服的，我的高中母校就有这种课堂。不久的将来，这种高效的课堂肯定也会逐渐取代大部分传统课堂”。

2014年秋季学期，笔者设一个“MOOC+翻转课堂”的混合式教学实验班，而且把“数据结构与算法”分为上、下两期，每期共8周，第一期讲解基本数据结构内容，第二期讲解高级数据结构。北大一个学期是16周，而主流的MOOC课程一般是6~8周，这样便于校外学生选择跟课。另一方面，笔者将把MOOC课程与科研结合在一起，笔者本身是做数据挖掘研究的，而MOOC作为大

规模的在线教育，是一座教育大数据金矿。笔者的科研团队已经开始做MOOC用户留存分析、学习轨迹分析、学生成绩预测等相关的教育数据挖掘研究。

3.2 就MOOC课程发展给学校的建议

从学校的层面，笔者认为MOOC课程的建设需要有更专业的技术支持队伍，最好能够组织教师团队在后期进行评审，适当地给授课教师一些反馈，让他们及时发现自己的问题。例如讲得过快或者不够详细。这就需要学校建立一个评估体系，最好每个学科都有一两位教师负责专业的质量评估，让课程的制作人不断对视频进行加工和完善。对此，笔者认为学校可以从下面4个角度出发，制定相关的政策并提供相关的支持服务。

(1) 校方需要致力完善硬件设施的建设，比如环境的建设、摄像室的建设和技术支持团队的建设。目前MOOC教师基本都是自己在制作课件视频，迫切需要技术培训，包括教学设计的指导。笔者欣喜地看到，北大MOOC小组开始致力于硬件环境的建设，2014年寒假对录制环境进行了彻底的整修，也组建了技术支持团队。

(2) 课程设计制作走向精良化。寻求专业的支持和培训对教师的鼓励作用是非常大的，另外还可以找一些教学方法和效果上极为优秀的老教师来录制课程，特别是科研压力和教学压力都不太大的教师，能够在课程的制作上花费更多的精力，奉献出高质量的课程。

(3) 需要吸引更多年轻力量加入教学团队中。可以在政策上给这些有活力、有冲劲儿的青

年教师一些倾斜，对参与MOOC的教师给予一些支持和鼓励。年轻教师的想法和创意与学生们更为接近，他们表现的手段也更丰富、活泼、有想象力，应该尽力去挖掘这些相应的资源。本学期北大MOOC领导小组开设的4期“慕课相关教育技术培训”，吸引了不少优秀的年轻教师参与，这是很鼓舞人心的好现象。

(4) 逐步推进课程体系的完善。学科要长期发展，将来在北大MOOC上面应该有一系列的相关课程。例如，每一个学科的核心基础课都可以做成MOOC课程，这样一来，那些校外的学生如果拿到了北大某专业这几门核心基础课的结业证书，也可以算是达到了北大水准的基础课要求。

MOOC要实现可持续发展，关键是要让教师意识到MOOC教育浪潮的来临以及怎么拥抱它，甚至成为弄潮高手。有的教师觉得MOOC费时费力而收效甚微，也有的教师担心自己放到网上的课程会受到人们的各种评判，还有不少教师认为MOOC对教育改革并没有任何影响。国外很多学者认为MOOC能提升教学效果，应该把它当作一个帮助教师更好地组织实体课堂教学的先进工具，而不是导致教师失业的工业化教育机器。学校和院系领导们在教育导向顶层设计、人才政策的倾斜支持、教学软硬环境建设等方面应有所引导。笔者相信，随着更多MOOC课程的涌现，通过教师们和学生们的教与学实践，将有更多教师采用先进的教学资源 and 教学手段积极投入MOOC建设和MOOC资源的应用，以培养具有良好的自制力、自主学习精神、善于思辨和交流讨论的学生，为社会输送更优秀的复合型人才。