



建以致用：化工类专业慕课建设升级路径

丁忠伟 刘丽英

摘要：慕课的兴起为教育行业借力信息技术提供了一次前所未有的机遇，笔者认为这次机遇不在于课程资源的信息化，而在于慕课能改变教育教学活动中师生的角色。基于此认识，笔者产生了用慕课打造金课的化工原理课程教学改革思路，形成了以学生完全自学、高阶问题研讨、强化过程考核为特色的教学设计。实践结果表明，对于化工等工科类的专业课程，这种颠覆性地改变师生角色的教学方式完全能够达成像知识的记忆和理解这样的低阶认知目标，同时也把教学过程向知识运用、工程问题的分析与方案评价、创造等高阶认知目标推进。

关键词：慕课；化工；课程建设；教学设计；化工原理

一、引言

作为信息技术与教育行业深度融合的产物，慕课近几年风靡全球，我国高等教育界更是刮起了一股慕课旋风。非常值得注意的是，与欧美国家慕课学员主要是社会学习者不同，我国的慕课学习者主要是在校大学生。这一独特的中国慕课现象背后是各级教育部门的着力引导和大力投入，以及各高校的积极参与——慕课在中国被赋予了提高高等教育人才培养质量的使命。2018年以来，教育部发布了一系列文件，从不同层面和角度给出了提高本科教育质量的指导意见。最值得注意的是，在这些意见中，提升课程质量被放在了前所未有的突出地位，“淘汰‘水课’、打造‘金课’”被认为是提高人才培养质量最直接、最核心、最显效的手段^[1]。

“金课”是指那些具有“两性一度”（高阶性、创新性和挑战度）的课程^[1]。这个定义易使人想到，好的慕课可以被视为金课。笔者认为这两件新生事物的关系不是这么简单，因为慕课在当下还不能完全替代校园实体课堂，所以只是把慕课建成“金课”不应该成为我们的目标。既然慕课在我国已经被赋予提高人才培养质量

的使命，用慕课来把校园课程打造成金课才真正实现了其存在的价值。

我国慕课发展的另一特点是至今线上课程以通识课和基础课为主，各类专业课，特别是工科专业课所占比例极低。以笔者所从事的化学工程与技术一级学科为例，中国大学MOOC迟至2017年才有了第一门化工类专业慕课上线。据笔者的粗略统计，至今在全国各大慕课平台上线的化工类专业慕课总数仍不足30门，且主要集中在化工原理和化工热力学上（两者门数之和接近总数的二分之一）。而且，据笔者了解，化工类专业慕课在一定程度上存在着“重建轻用”甚至“只建不用”的情况；一些已建成的慕课只是被作为教辅资源使用，专业课日常教学仍采用传统方式。这些现象说明，我国化工等工科专业的人才培养尚未从慕课这一先进的教育技术中充分受益。如何贯彻“建以致用”的思想，如何建好、用好各类专业慕课，切实为提高人才培养质量服务，很可能是未来几年中国慕课发展中要解决的一个重要问题。本文介绍笔者对作为化工类专业核心课之一的课程——化工原理，所进行的用慕课打造金课的教学设计和实践情况，以期对化工等工科专业的慕课建设和课程改革提供参考。

丁忠伟，北京化工大学化学工程学院教授。



二、传统教学模式下的化工原理课

据笔者不完全统计,全国目前有超过 360 所院校开办化学工程与工艺本科专业,他们无疑会开设化工原理课程;此外,与化工相近、相关的炼油、制药、轻工、食品、应用化学、环境工程等专业也会开设与化工原理的内容乃至名称都相同的课程。化工原理以过程工业生产中的单元操作(物理加工步骤,如流体输送、传热、蒸馏等)为研究对象,讲授每个单元操作中存在的物理原理、设备的结构和工作原理以及工程问题的解决方法。从课程类别来讲,化工原理是化工及相近、相关专业的专业基础课;从课程地位来讲,化工原理是化学工程与工艺本科专业首要的专业核心课(也是考研课);从课程属性来讲,因为它是关于如何用物理原理分析、解决单元操作工程问题的课程,所以它兼有基础性和工程实践性。这门课合理的教学方式应该兼顾这两个方面,在此基础上应更注重其工程实践性,因为这才是本课程区别于物理、化学等基础课的特点和特殊要求。

然而,长期以来,这一思想并没有在国内化工原理课程教学设计中得到合理体现,学生在本门课程中的学习活动与其他课程无异,大致可以描述为:课堂被满堂灌—课后套公式做习题—考前再刷题、背公式—考试。这种模式完全无视课程的工程实践性,走的还是应试教育路线。有人说,忽视课程的工程实践性固然有主观上避重就轻之嫌,但课程学时有限这一客观因素也是无法克服的,毕竟在课堂上还是要以讲授基础知识为主。打造化工原理金课,需要回答如何突出工程实践性这个问题,需要解决工程实践性与课时有限这个矛盾。

三、基于慕课的化工原理混合式教学设计思想

1. 乔布斯之问的启示

2011年5月,乔布斯在与比尔盖茨谈论教育问题时说道:为什么计算机改变了几乎所有领

域,却唯独对学校教育的影响小得令人吃惊^[2]?这个问题在各国教育界和信息技术领域引起了广泛的热议和思考。在笔者看来,乔布斯所指的是教育信息化的无孔不入没有得到应有的结果回报(学生的水平、能力的提升)。笔者认为,与其他行业相比教育是个极其特殊的行业——它的产品是人才。人的成长除了受个人因素和环境因素的影响,还有一个长期被忽视的因素,就是人在受教育过程中被安排、赋予的角色。角色决定着学生在学习过程中的主动参与程度,更重要的是角色会极大地影响学生思维方式的形成和成才类型。基于此观点,笔者给出自己对乔布斯之问的回答:因为计算机(信息技术)的介入没有改变学生在受教育过程中的角色。

笔者通过回忆自己 25 年的教学经历发现,信息技术融入我国高等教育以三件事为主要标志:一是始于 2000 年左右的课堂教学以 PPT 取代板书;二是稍晚几年以教学资源全面数字化为特点的网课的出现;三是以移动终端和大数据为特点的在线开放课程和智慧课堂在近几年的兴起。笔者注意到,前两次事件只是使教师与学生之间的信息传输媒介发生了变化,并没有改变师生在教学活动中的角色:教师仍是单一的说教、灌输者,学生仍是单一的倾听、接受者。这样的角色安排必然导致满堂灌的课堂教学方式,在这种教学方式下学生的胜任、自主和关系三种基本的认知需要都难以得到满足,他们的学习动机就很外在^[3],在他们身上几乎看不到我们期待的积极主动性,培养质量因此无法提高。有人认为,以慕课为代表的在线开放课程的兴起标志着教育开始真正走出工业文明,步入数字化时代^[4],我们应该怎样利用这次机遇呢?

苏联教育家苏霍姆林斯基曾说过:“在人的心灵深处,都有一种根深蒂固的需要,这就是希望自己是一个发现者、研究者、探索者。只有能激发学生去进行自我教育的教育,才是真正的教育。”这两句话提示我们,一个学生在学习、成长的过程中被赋予主动探索者的角色有多重要!这一理念更具现实意义:学



习活动中的主动探索者才有主动的思维活动，主动思考者更容易形成创新意识、养成创新思维习惯，创新意识和创新思维遇到有待解决的难题时才有可能产生创新思想、形成创新成果。

2. 以打造金课为目标的教学设计思想

用慕课打造金课，仅把慕课作为信息的单向传输媒介是不可取的，要充分利用慕课的特点。因为慕课能使学习者的学习过程既个性化，又社会化^[5]，所以“用慕课”的教学设计，既应该也能够抓住“自学”与“互动”这两个过去我们不敢、不能触碰的关键点。

(1) 赋予学生主动探索者的角色。这一想法如何在教学活动中落实？笔者认为，要让学生成为一个主动探索者，就应该给他们自学的机会，此外还要创造师与生之间、生与生之间互动交流、讨论问题的机会，还要给学生质疑的机会。这些在传统教学方式下难以施行的想法却可以用慕课轻松地实现。慕课把一门课程所有必要的元素有机地组合在一起，形成一个自学平台，学生在这个平台上的主要活动就是自学。同时，慕课又有上面提到的“社会化”特点，这主要是指其强大的信息交流功能。在慕课的课程交流区，师与生、生与生之间关于课程问题的研讨和相互质疑完全不受时间和空间的限制。在笔者看来，互联网通过慕课，以方便自学和允许无限互动的方式，赋予了我们改变师生在教学活动中角色的机会。

(2) 通过对疑难问题的研讨提高课程含金量。增加课程内容的难度、拓展其深度被认为是打造金课的努力方向^[1]。具体如何实现呢？笔者想到的是，让学生利用所学知识分析、研讨具有一定难度和挑战性的问题。对于笔者所教授的化工原理来说，有三类问题是满足要求的：加深和拓宽课程内容的、将所学知识向生活方面拓展应用的、将所学知识向生产实践拓展应用的。最重要的是第三类问题，对这类问题的研讨能帮助我们找回因采用传统教学方式而失去的化工原理作为专业课程的本色——工程实践性。如何研讨这三类问题呢？还是要借

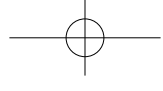
助慕课平台，因为在那里可以进行不受时间和空间限制的信息交流。

(3) 过程考核动真格。打造金课只有教师的努力是不够的，还需要学生重视，学生必须认真地经历教师为他们设计的学习过程。在现今的校园，相当一部分学生在学习上功利主义思想严重，轻视学习过程，只追求最终考核分数的满足。这个问题在专业课上表现得尤为突出。可以想见，如果没有有效的督促手段，很难保证学生能主动、积极地参与以上所说的“在线自学”和“在线问题研讨”。慕课教学的这两大优点很可能流于形式，甚至名存实亡。不难想到，应该加强过程考核、以评促学。但是长期的教学实践一再表明，传统的过程考核手段，如平时作业、考勤乃至零星的小测验，对学生学习过程的督促力度都不够；慕课平台提供的大数据只能帮助教师了解学情，并不直接产生督促效果。金课必须以高质量的过程考核促成学生高质量的学习过程，或者说，高质量的过程考核也是金课的一个组成部分。

笔者想到，过程考核可以线上、线下结合起来进行，利用课程平台提供的大数据评价学生对学习过程的参与度，采用线下实体课堂内的师生问答评价学生参与学习过程的质量。问答的内容可以是关于课程基础知识的，也可以是(2)中所说为提高课程的“含金量”而设置的在线讨论题。所以，这个实体课堂问答是线上问题研讨过程的继续。具体而言，这个问答过程是老师与被随机点到的学生一对一地进行，老师根据学生的回答情况当场为其打分，学生所得分数高比例计入课程总评成绩。

四、慕课资源配置以及为学生设计的学习活动

笔者所在教学团队在爱课程网之中国大学MOOC频道开设“化工原理”（上、下）两门课，为课程配置的教学资源如下：（1）课程推介、课程介绍、教学大纲、证书要求；（2）基础知识教学视频（144个）；（3）思考题（1000道



左右，理解教学视频内容的指南，实体课堂师生问答内容之一）；（4）随堂测验题（约 1700 道单、多项选择题，针对视频所讲基础知识，用于学生自测学习效果）；（5）例题讲解（几十道）；（6）讨论题（约 300 道，深化课程基本内容、将所学向生活和工程应用拓展，实体课堂师生问答内容之二）；（7）单元（章）作业题；（8）单元（章）测验题；（9）考试题。

利用这些线上课程资源，结合线下传统的实体课堂，笔者按上述设计思想为学生设计的日常学习活动如下：（1）线上阅读针对每个视频的思考题，自己形成视频看点；（2）线上观看视频，自学课程基本内容，并尝试回答思考题，为参与线下课堂讨论作准备；（3）线上做随堂测验，自测对基本概念和原理的掌握程度；（4）在线上老师答疑区就自学、自测过程中产生的问题向老师提问、质疑；（5）线上参与讨论题的讨论，为参与线下课堂讨论做准备；（6）线下参与课堂讨论，接受老师的随机提问和评分（占总评的 20%）；（7）线下完成书面作业。

除上述日常学习活动之外，慕课班的学生还要在线上完成各章的单元测验和慕课课程考试（占总评的 10%），最后参加学校的期末考试（占总评的 70%）。

五、基于慕课的化工原理混合式教学实施情况及分析

自 2017 年 2 月至今，笔者对所承担的教学

班采用基于慕课的化工原理线上线下混合式教学，切实按上述教学设计开展教学活动。截至目前，已完成 8 期慕课班教学，包括化学工程与工艺英才班 15、16 级共 4 期，化工工程与工艺 15 级部分班 2 期，环境工程 16 级 1 期，化学工程与工艺 16 级部分班 + 能源化学工程 16 级 1 期。

1. 完全交由学生自学的考核结果（卷面分数）

上述 8 期慕课班和同期非慕课平行班（采用传统教学）的（学校）期末考试成绩（卷面分数）如表 1 所示。

在笔者所采用的教学方式下，课程的基础内容（即教学大纲中的所有知识点）完全由（慕课班）学生在线上自学，教师在线下的实体课堂上主要进行关于思考题和讨论题的师生互动问答。由表中数据可知，在历次期末考试中慕课班的卷面平均分数基本都高于采用传统方式授课的非慕课平行班 [说明：环境工程专业的学生受先前知识水平的限制，考试成绩历来明显低于化工专业的平行班，但环境工程 16 级化工原理（上）是慕课班，其成绩高于化工专业非慕课班。当其化工原理（下）重新回到传统授课方式中时，成绩又明显低于化工班了]。笔者想强调，采用这种教学方式的目的绝不是为了提高卷面分数，而是为了赋予学生主动探索者的角色，以及通过对高阶问题的研讨真正提高课程的含金量。按这个标准，慕课班的卷面分数只要与非慕课平行班的基本相当即可接

表 1 慕课班与非慕课平行班的期末考试卷面分数

班级	卷面平均分（慕课班）	卷面平均分（非慕课平行班）
英才班15级，化工原理（上）	81.5	无
英才班15级，化工原理（下）	81.0	无
英才班16级，化工原理（上）	77.0	无
英才班16级，化工原理（下）	80.5	无
普通班15级，化工原理（上）	71.5（化工）	63.1（化工）
普通班15级，化工原理（下）	68.9（化工）	60.3（化工）
普通班16级，化工原理（上）	66.3（环工）	64.9（化工）、67.2（能源）
普通班16级，化工原理（下）	67.6（化工）、68.5（能源）	67.2（化工）、60.1（环工）
历史平均（英才班除外）	68.6	63.8



受。笔者无意按应试教育的评价标准，通过对比卷面分数来评价教学方式的优劣。以上数据最能说明的是，对于像化工原理这样的工科专业课而言，属于像知识的理解和记忆这样的低阶认知目标是完全可以通过学生自学达成的。学生的理解能力和自学能力是有效达成这些目标的内因，其外因是像笔者这样采用“动真格”的过程考核方式促使学生认真对待学习过程。

2. 课程含金量的提高

按笔者的教学设计思想，要通过研讨高阶问题提高课程的含金量，或者说通过研讨高阶问题，达成专业知识运用、工程问题分析与方案评价、创造等高级认知目标。这一目标实现了吗？那就要看实现这一目标的主要条件和措施在教学过程中是否真正得到落实。

首要条件是要有足够量的、满足要求的高阶问题。这些问题要满足上文提到的那些要求，又不能很大、很复杂（毕竟学生仅仅是初学专业基础课）、但也需要他们“跳一跳”才够得着。笔者在多年的教学实践中积累形成了300个左右像这样的小问题，这些问题大致可以分为三种类型：拓宽和深化基本内容的、将所学内容向生活应用拓展的、将所学内容向工程应用拓展的，现各举几例如下。

(1) 教学内容的拓宽和深化。管路三要素以及你更喜欢哪种机械能衡算式？流体流动不减速吗？这个阀门怎么不灵呀？康采尼方程的推导过程提示我们如何建立化工数学模型？似曾相识的定律：Fick、牛顿黏性、傅立叶定律？这学期你遇到几次杠杆规则了，为什么总有它？你能在 $t-x-y$ 中表示精馏过程吗？怎么才是真正理解传质单元数和传质单元高度？（定性）分析问题的三招，用哪招？你理解恒沸精馏之“恒沸”二字的真正含义吗？部分互溶物系，分配曲线有最高点，是常态还是个案？我悄悄地使用了什么假定，才得出这个结论：理想干燥过程等焓？干燥这章的计算题怎么这么多，还这么难？

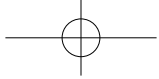
(2) 将所学向生活应用拓展。我家的饮水机漏水了以及神奇的马利奥特容器；高尔夫球

表面怎么被做成了凹凸不平的？什么样的衣服穿起来最暖和？电线的绝缘层太厚了会不会影响散热？如果让你来裁定两小儿辩日；怎么做烤翅会更好吃？为什么冬天更容易感冒？你知道返潮是怎么回事吗？

(3) 将所学向工程应用拓展。工程师与科学家想的有什么不同？换热表面结垢能有多大危害？把降尘室放在旋风分离器前，竟然明显提高了除尘效果，那还要旋风分离器干什么？用传热学知识分析一个使易拉罐纯转动的冰镇饮料机专利是否靠谱？谁还喜欢泡罩塔板？直接蒸汽加热能省个再沸器，为什么还不受待见？萃取的工业实现之难，难在哪里？精馏塔为什么引人关注？设计吸收塔要指定温度，为什么设计精馏塔不指定温度？生产中怎么调整回流比？

因为学时所限，这300个问题在传统课堂中基本上是无法触碰的。但有了慕课，就有了研讨这些高阶问题的空间和时间。笔者把它们作为讨论题放置于慕课的交流区，使师生、生生之间能以隔空喊话的方式进行研讨，这就是空间保证。因为这个空间是虚拟的，所以讨论时间、时长也就不受限制，学生完全可以自由安排。笔者以每个学生在讨论区发言的次数来量化评价其参与问题讨论的程度，达到了督促学生参与研讨的目的。此外，因为学生学习基本知识的过程已经由传统课堂转移到慕课平台，所以上述问题的讨论可以在实体课堂上继续进行。这时的讨论是以师生面对面一对一的互动问答、当场打分（记入总评）的形式进行的，所以它不仅是在线讨论的继续，也是老师发挥引导作用的时机，更是过程性评价的重要手段。

以上所述是我们为“以提高课程的含金量为目标而进行高阶问题研讨”所做的实实在在的工作，笔者在此只能主观地认为课程含金量因此得到了提高。这些工作的成效到底如何，笔者尚未找到一种可以量化评价的办法。因为这些高阶问题具有一定的难度和挑战性，而且大多数没有标准答案，再加上非慕课平行班的存在（按学校的规定，两类教学班必须要用同一张期末试卷），这项工作的成效目前还不能



通过期末考试来评价。

3. 师生角色的转变

在笔者的教学设计和教学改革实践中，教师不再是传统意义上的传道者、授业者，不再是传统课堂中的说教者、信息的单向灌输者，而是教学活动的设计者、引导者、答疑解惑者。特别是答疑解惑，它成为笔者日常教学工作中的主要活动，每期课程笔者要在慕课平台老师答疑区回答数百个学生提出的问题。学生的主要学习场所已不再是传统的实体课堂，而是线上慕课堂。在这个课堂中，学生们不再是传统课堂中信息的被动接受者、被灌输者，他们以教师提出的思考题为指南，通过观看视频自学课程基本内容，在自学过程中可以随时向老师提问，可以方便地自我检查学习效果，他们还运用自学的知识在课程交流区参与那些高阶问题的研讨。由于一些原因，在笔者的教学改革实践中实体课堂依然存在，但在那里学生还是要利用自学到的知识回答老师的问题，这个过程是在线研讨的继续。不难看出，慕课班的学生已经成为知识的主动探索者、质疑者和信息输出者。而且，他们的信息输出是运用式的，即运用所学知识对专业问题进行分析与评价，以及创造疑难问题的解决方案。

师生角色的这种转变完全得益于慕课。在笔者看来，这种转变是解决乔布斯之问、用信息技术提升课程质量的一把钥匙。

慕课的最大魅力在于一个“用”字，怎么用慕课是教师和学生都应该思考的问题。对教师来说，不同的慕课用法就是将她以不同的方式与传统的教学方法融合。笔者以改变师生角色为指导思想，以学生完全自学、高阶问题研

讨、强化过程考核为主要活动，进行了化工原理线上线下混合式教学改革实践。应该说，取得了一定的成效，但也发现了一些问题，例如，过程考核的合理性、公平性遭到了一些质疑；为加强过程考核而实行的一对一师生现场问答降低了课堂效率；考试成绩虽然不及格率明显下降，但优秀率没有明显的提升，等等。笔者希望自己的探索性实践能够为化工等工科专业课程的建设与改革提供参考。如何用慕课打造金课，提升校园课堂质量，这可能是一个长期存在的复杂问题，笔者愿与业界同行继续共同探讨。

参与文献：

- [1] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018(12): 4-9.
- [2] 李芒, 孔维宏, 李子运. 问“乔布斯”之问：什么衡量教育信息化作用[J]. 现代远程教育研究, 2017(3): 3-10.
- [3] 郭建鹏. 翻转课堂与高校教学创新[M]. 厦门：厦门大学出版社, 2018.
- [4] 陈玉琨, 田爱丽. 慕课与翻转课堂导论[M]. 上海：华东师范大学出版社, 2014.
- [5] 乔纳·唐纳森, 埃利安·阿格拉, 等. 大规模开放慕课怎样改变了世界[M]. 陈绍继, 译. 上海：华东师范大学出版社, 2015.

[资助项目：2018年中央教育教学改革专项；2018年北京市人才培养共建项目；2018年北京化工大学精品在线开放课程建设项目；北京化工大学2018年本科教育教学改革研究项目]

[责任编辑：余大品]