

以学生为中心的教与学

——利用慕课资源实施翻转课堂的实践

于歆杰（主编）

参编人员

清华大学

南京大学

青海大学

贵州理工学院

学堂在线

于歆杰

王自强

张强

陈燕秀

贾永政

朱桂萍

康琳

张海峰

张均

白晓岚

唐岩

赵常丽

高等教育出版社

内容简介

自 2013 年 10 月以来，清华大学制作并在 edX 和学堂在线两个平台多次运行了电路原理慕课（或称在线开放课程），吸引了来自全世界近 160 个国家和地区的超过 7 万名学生学习。

本书针对我国高等教育的发展现状，以电路原理课程为例，提出一整套适合各类大学解决自身教育教学困境的解决方案，即以慕课资源为教学内容，私播客平台为教学环境，翻转课堂和基于项目的学习为教学方法，构成以学生为中心的教与学模式。在清华大学、南京大学、青海大学和贵州理工学院的试点表明，这种模式能够显著提升研究型大学本科生的探索欲望和普通大学本科生的学习积极性。

在对这种模式的理念、目标和措施进行详细讨论的基础上，本书以上述 4 所学校开展的 5 种类型的教改为实例，具体介绍了这种模式如何在不同层次的学校中，达成不同的教育教学改革目标。

本书对高校教师、教育管理者和对高等教育感兴趣的读者有较强的参考借鉴价值。

序言

前言

如果你属于下面 3 类人群，我相信选择本书是正确的。

本书的首要读者是高校教师，尤其是基础课、核心课教师。我们在书中介绍了一种**以学生为中心的教与学模式**。采用这种模式，可以使基础课、核心课找回在学生心目中应有的地位，进而帮助你找到教师这个职业的“金饭碗”。

本书对高等教育管理者有较大参考价值。这种新的教学模式，能够部分解决我国高等教育当前面临的高生师比，导致教育质量难以提高的困境，能够适度降低基础课教师繁重的年授课时数，能够为卓越工程师教育培养计划提供可行的实施方案。

对那些关心我国高等教育的人士来说，本书也有一定借鉴意义。本书提出的**以慕课资源为教学内容，SPOC 平台为教学环境，翻转课堂和 PBL（基于项目的学习）为教学方法，形成的以学生为中心的教与学模式**是现代教育技术、教育学在高等教育领域的务实探索。

从 2013 年起，清华大学在 edX 和学堂在线两个平台同时开设了电路原理慕课。迄今为止，已有来自全球近 160 个国家和地区的超过 7 万名学生选修。除了采用种种手段，为社会化学习者提供更优质的教育资源外，来自清华大学、南京大学、青海大学和贵州理工学院等高校的教师们，还以此为基础，探索出一条利用优质慕课资源，为各自学校学生提供更好教育服务的新路，这就是前面提到的以学生为中心的教与学模式。

更重要的是，**各个学校都从自身的特点出发，利用相同的资源和平台，设定了不同的教育改革目标**：从训练学生的创新能力，到提高学生学习质量，再到培养学生学习兴趣，乃至为学生学习提供更多灵活性等。在各个学校老师和学生的共同努力下，**建设出具有鲜明学校特色的电路原理课程，实现了各自的教育改革目标**。

而学生在教改过程中表现出来的团队精神、表达能力、自信心等方面的收获更是给我们的意外之喜。这意味着，在**电路原理这样的本科核心课中，我们一样能够以价值塑造、能力培养和知识传授“三位一体”的方式来进行人才培养**。

本书由上述 4 所学校的教师和学堂在线 SPOC 平台的工作人员共同编写。第 1 章讨论以学生为中心的教与学模式的理念和关键问题；第 2 章介绍 SPOC 平台如何助力实现该模式；第 3-7 章以南京大学、清华大学、青海大学和贵州理工学院为例，介绍了各校具体的教改目标、实施措施和取得的成果；第 8 章进行总结并提出今后的发展目标；附录中给出了各校对学生进行的匿名调查问卷。

总结起来，本书的看点包括：

- ◆ 提出了优质教育资源共建共享的有效方法，进而提供了解决我国高

校普遍面临的、优质教育资源稀缺问题的可行解决方案。

- ◆ 以 4 所高考成绩相差近 300 分的不同学校为例，详细介绍了如何在核心课中实施以学生为中心的教与学模式以及实施的成效，可借鉴价值很强。
- ◆ 从慕课、翻转课堂、游戏等不同角度，对如何提高高等教育课堂教学质量进行了系统的阐述。相信对读者一定会有借鉴价值。

慕课、微课、SPOC、翻转课堂、PBL 等名词，都是新型知识传播方式和教学方式，它们自身都在飞速发展变化中。再加上我们的实践也才刚刚进行几轮，积累和总结的经验未必准确到位。书中必然有不少有待商榷、甚至错误的观点和做法。我们热切地期望着读者的反馈，为此各章末尾都给出了执笔人的联系方式。

编者

2015 年 3 月

目录

第 1 章	理念	1
1.1	基本概念	1
1.2	当前我国高等教育的痛点	7
1.3	破题之道	9
1.4	相同资源，不同目标	19
1.5	行动之前要想清楚的几个关键问题	27
第 2 章	SPOC 平台	33
2.1	理念和发展	33
2.2	施教功能	48
2.3	数据反馈功能	56
2.4	展望	63
第 3 章	标准版	65
3.1	问题和目标	65
3.2	学生选择	66
3.3	教学内容选择	67
3.4	课前学习安排	68
3.5	课上讨论安排	70
3.6	实验	71
3.7	成果	73
3.8	展望	75
第 4 章	加强版	77
4.1	问题和目标	77
4.2	学生选择	78
4.3	教学内容选择	78
4.4	课前学习安排	81
4.5	课上讨论安排	83
4.6	课后学习安排	85
4.7	成果	89
4.8	展望	92
第 5 章	精简加强版	93
5.1	问题和目标	93
5.2	学生选择	93
5.3	教学内容选择	94
5.4	课前学习安排	96
5.5	课上讨论安排	97
5.6	课后学习安排	102
5.7	成果	104

5.8 展望.....	111
第6章 逐步过渡版.....	113
6.1 问题.....	113
6.2 目标.....	114
6.3 学生和教学内容选择.....	114
6.4 课前学习安排.....	117
6.5 课上讨论安排.....	121
6.6 课后学习安排.....	126
6.7 成果.....	126
6.8 展望.....	129
第7章 迷你版.....	131
7.1 问题、目标和学生选择.....	131
7.2 教学内容选择、课前和课上安排.....	131
7.3 成果.....	133
7.4 展望.....	134
第8章 总结与展望.....	135
8.1 收获.....	135
8.2 关键.....	137
8.3 展望.....	138
8.4 星星之火.....	140
附录 各校调查问卷.....	143
A.1 南京大学调查问卷.....	143
A.2 清华大学 a 调查问卷.....	148
A.3 青海大学调查问卷.....	150
A.4 贵州理工学院调查问卷.....	151
A.5 清华大学 b 调查问卷.....	153

第1章 理念

1.1 基本概念

1 慕课

慕课是英文 **MOOC** (massive open online course) 的大陆音译, 台湾译为磨课师。从英文字面含义上看, 它具有大规模 (massive, 每门课程同时学习人数动辄几千到几万, 甚至几十万), 开放 (open, 学习内容免费), 在线 (online, 所有学习资源都通过互联网存储与传播) 的特点。当然, 它的内容还需要相对完整, 能够称得上是一门课程 (course, 其长度从6周到16周不等)。因此, 慕课也被成为**在线开放课程**。

慕课是由加拿大爱德华王子岛大学的 Dave Cormier 教授于2008年命名, 自2012年起自美国得到爆发式发展, 并进而席卷全球的**新型知识传播模式**。慕课需要依托互联网平台来运行。关于慕课平台, 美国有面向高等教育的 Coursera、Udacity 和 edX 三驾马车, 和面向 K12 的 Khan Academy, 德国有iversity, 法国有 FUN, 英国有 FutureLearn, 澳大利亚有 open2study, 还有 Udemy、OpenMooc、Schoo.....截止2014年底, 全世界慕课的注册学生数量已接近2千万, 各平台上慕课总数约为2000门。

在我国, 自2013年10月学堂在线平台开通运营以来, 已有中国大学 MOOC、好大学在线、育网、华文慕课等平台涌现。截止2014年底, 总注册学生数量约为2百万, 各平台上慕课总数约为200门。

在这里, 我们不妨举一个实例: 清华大学电路原理慕课。该课程于2013年10月17日在 edX 和学堂在线两个平台同时上线。到2015年初, 已完整运行2遍。学生来自全球近160个国家和地区, 总数量超过7万。这个数字超过了该课程在清华大学校内开设近80年以来所有选课学生人数的总和!

慕课的什么根本特点使得其有别于其他利用网络、免费地进行知识传播的形式, 能够在短期内聚集如此之高的人气, 实现大规模 (massive) 知识传播呢?

慕课是个新鲜事物, 其自身正在快速演变。因此对其进行准确定义和描述的时机尚不成熟。在此笔者想根据自己的亲身体验, 尝试回答一下上面这个问题。我们认为, 典型慕课的如下特点确保其能够实现大规模知识的传播。

(1) **教师精英化**。就像观众看戏要看角一样, 学生选择慕课, 很大程度上要挑名校、名师、名课。只有这种课程, 才能在短期内聚集大量人气, 实现大规模。

(2) **对象多元化**。对于电路原理这样的课程来说，在大学里，是工科电类专业必修的核心课。但是在网上，慕课的学生分布从10几岁的中学生，到博士生，再到60岁退休人员。学生在慕课平台上根据自己的意愿和兴趣，而不是专业或职业，选修课程。

(3) **平台集成化**。有别于精品课、精品资源共享、精品视频公开课的优质教育资源展示、陈列平台，慕课平台集成了学生选课、上课、做练习、参与社区讨论、编辑 wiki、参加考试、获得证书等一系列完整课程学习行为。

(4) **知识碎片化**。为了能够在互联网（尤其是移动互联时代）吸引学生，教师必须善于讲5-10分钟的“小故事”，而且每个小故事都要有“起承转合”。

可以发现，上述“四化”，都存在着与校园内课堂教学的显著性差异。在大学校园内，大多数课程是被培养方案安排好的，而且学生是不大可能点某位老师给自己上课的，同学们之间的教育背景是相近的，课堂基本上仅仅是知识传授的场所，每堂课老师要讲一个大故事。这就意味着，开设一门慕课需要将现有课程完全打散重排。需要教师根据学生特点和平台功能进行有针对性的准备。

与慕课相关的概念是**微课**和**微课程**。根据笔者理解，慕课碎片化后的某个知识点可以视为一个微课（可近似对应于教材中的某节），若干知识点构成的相对独立的内容可视为一个微课程（可近似对应于教材中的某章）。

这里提到了慕课和教材的对应关系。笔者既是慕课的先行者，也是普通高等教育“十一五”和“十二五”国家级规划教材的编写者。对二者的关系有一定体会。

在知识传播这个层面上，慕课非常像一本书。

知识被研究者发现/发明以后，以论文或专利的形式在研究者的小圈子里进行传播。教材撰写者及时总结梳理相关知识，编写出具有新时代特色的教材。出版社通过排版、印刷、发行，将教材送到每个读者手中。但是不少读者仅凭自己的努力，阅读教材有时比较困难。因此有教师以某本教材为蓝本，结合自己的经验进行教学。因此从根本意义上讲，教师的职业使命是“教书”，即教会学生某本书中的知识。当然，这里谈的是教师职业的缘起。现代教师的使命已经被赋予了更多内涵。

“研究者-杂志社-教材编写者-出版社-教师-学生”这样的知识传播体系和路径，在慕课时代被极大地扁平化了。首先，研究者可以很快地将自己的科学研究和教学研究成果制作为慕课，依托慕课平台传递给感兴趣的人。更重要的是，对于某些课程来说，原先教材的作者可以用慕课的形式，直接快速地向读者传递知识和信息。

可以预见，在慕课将知识传播路径扁平化的前提下，校园内的课堂教学势必发生改革，因为已经有优秀教师（原先的教材撰写者）把他们的书以精美视频等方式“教”得很好了，那课堂上教师的价值和定位是什么呢？

本书就是要回答这个问题。

2 翻转课堂

翻转课堂是英文 flipped classroom 的翻译。它是由美国的两位高中化学教师 Bergmann 和 Sams 于 2008 年首先提出的。

翻转课堂这个名词乍一看很让人费解？课堂如何被翻转呢？事实上，**翻转的是课上和课下学生的行为**。

在传统课堂中，学生课前有可能会有预习，也可能不预习。无论如何，学生需要“带着耳朵”来上课，其上课的根本目的是听懂老师讲授的知识，学生是来“听课”的。教师在课堂中的作用是讲授，即将知识以清晰、准确的语言表达出来，同时应举例题帮助学生理解。在课后，学生需要进行复习和若干习题训练，以巩固课堂所学知识。

在翻转课堂中，学生课前是务必需要预习的。在教师的预期中，学生通过预习已经完成了 50%（或更多）知识的学习，还有一些较难的知识未掌握，或者在预习过程中产生了一些问题。学生是“带着嘴”来上课的，其上课的根本目的是通过与同学和老师之间的讨论，搞懂预习过程中产生的问题和不懂的知识。教师在课堂中的作用是引导和仲裁。引导学生就某个课前预习似懂非懂的知识点和某个习题开展讨论，对学生的争纷进行仲裁，从而使得大部分学生的大部分课前预习不懂的知识点被搞懂，并且通过课内练习得到巩固。课后，学生可能需要整理课堂所学，试图搞懂那些课堂未解决的问题。

在传统课堂中，教师在“教书”，学生在“听课”；在翻转课堂中，教师是“裁判员”，学生是“运动员”。

传统课堂最大的好处是：教师是有经验的，能够确保在限定的时间内，以简洁、高效的方式，成体系地完成知识的传授。这是千百年来，学生都到教室来听课的最根本原因。

翻转课堂在这一点是不足的。课前准备得再充分、教师的现场把控能力再强，翻转课堂的课内环节也是零散而貌似无序的。因为学生的思路的跳跃的。随着一个问题的提出，很多学生会表述各种观点。有的正确，有的部分正确，有的貌似正确，有的根本不着调，还有的问题所有人（包括老师）都不会。这就使得翻转课堂的课内教学有时乱成一锅，有时鸦雀无声。学生在课堂内所学知识是不成体系的。

但是翻转课堂有一点传统课堂望尘莫及的优势：**学生是课堂的中心**。

为什么这件事这么重要？

有一句英文，是这样说的：“Tell me, and I will forget; show me, and I may remember; involve me, and I can learn.”（直译为：告诉我，我会忘记；展示给我

看，我也许能记得：让我参与其中，我才能学会）。这句话的出处，有人说是富兰克林（Benjamin Franklin）的演讲，有人说是意大利教育家蒙台梭利（Maria Montessori）的著作，有人甚至说是中国先哲的思想（荀子“不闻不若闻之，闻之不若见之，见之不若知之，知之不若行之，学至于行而止矣，行之，明也”）。

无论是谁说的，这句话阐述了一个简单而深刻的道理：**老师进行完整而高效的知识讲授，和学生真正掌握了这些的知识之间，没有必然联系**。也就是说，老师说明白了，不意味着学生学明白了。即使学生在课后经过练习的巩固，很多知识也会随着期末考试的结束而还给老师。

在翻转课堂教学方式中，学生通过的讨论和争辩的方式掌握的知识，是通过参与其中（involve me）获得的，是真搞懂了，很难在短期内被忘记。这一点很像藏传佛学院中的“辩经”和苏格拉底、柏拉图的思辨精神。

在这种模式下，学生需要在课堂内，在老师的引导下，提出自己的问题，尝试回答别人的问题。

为什么回答别人的问题很重要呢？

清华大学电机系老系主任章名涛有一句名言：“要想真搞懂某个领域，你需要讲授这样一门课”。只有你以施教者的身份，尝试以简洁、高效的方式，完成知识传授，才能对这些知识有更深刻的理解，才能真搞懂。

当然在课堂上，学生们不可能达到章名涛先生的境界。但是他们一定可在讨论和争辩过程中，不断变换施教者和受教者身份，把一些知识点“讲懂”和“学懂”。

那零散而无序的课堂秩序导致学生“只见树木不见森林”怎么办呢？课堂没有涉及、或者在课堂中没有完全搞懂的知识点怎么办呢？

这就需要学生在课后进行复习。这个复习不再以通过练习巩固课堂所学为核心，而是学生以梳理知识点之间的脉络图为核心。学生需要在脑海中重构出本堂课的知识框架。当然，对于没涉及和没搞懂的知识点，也可以在课后查找资料，争取能够在下堂课给老师和同学们“讲懂”。

传统课堂和翻转课堂的关系，就好比饭馆吃饭和自己下厨。目的都是一样的，填饱肚子，但是手段却截然不同，导致结果也是不一样的。去饭馆吃饭地道、规范，味道好，但是饿了就得去饭馆；自己下厨难免一开始手忙脚乱，但是一旦上道，终生受益。

在移动互联时代，有一种电子商务的提法，**o2o**（online to offline），是指消费者先在线上支付，再在线下享受服务。有人说，翻转课堂其实就是教育领域的o2o，即学生在线上学习知识（支付时间），线下参与课堂讨论（享受服务）。从这个角度上讲，也有几分道理。

围绕翻转课堂，还有大量待讨论问题，比如哪些课程适用于翻转课堂？如何确保学生课前的预习质量？课堂如何组织？这些问题我们将在 1.5 节继续讨论，

并且在第3-7章给出实例。

3 SPOC 平台

慕课的出现,主要是针对社会学习者,促进教育公平性的产物。但随着慕课的演变,人们逐渐发现,慕课资源已实现碎片化,而且拍摄精美,可以很好地被用作翻转课堂的课前预习。此外,慕课社区和 wiki 还可供学生在课前和课后继续开展深入讨论。

因此,基于慕课资源实现翻转课堂,对二者来说都焕发了新生。慕课找到了在大学第一课堂的落脚点,翻转课堂找到了最佳的课前学习资源和讨论平台。

开设慕课的人大多数都是高校教师,促进教育公平性当然义不容辞。但是如果能够用慕课资源,采用翻转课堂的方式,在校园内实施更有效的教学,这岂不更好?

对于学生来说,当然可以随意地从慕课平台选择感兴趣的课程,但是如果能够在必修课中预习慕课资源,课堂参与高效讨论,必修课的学习效果岂不更佳?

慕课资源解决了教学内容的问题,翻转课堂解决了教学方法的问题。

要想将某个慕课的资源为某个学校翻转课堂所用,还需要解决教学平台(课外学习环境)的问题。也就是说,需要教师能够有一个平台,将已有的慕课资源植入,并且能够灵活调整教学内容(包括改变顺序、调整时间、删除内容、增加内容……),针对校内学生,提供与慕课平台类似的课外学习环境。

美国加州大学伯克利分校的 Armando Fox 教授将这样针对校园内学生开设的在线课程称之为 **SPOC** (small private online course),直译为小规模受限在线课程,有人将其译为“**私播课**”。其中的 small 是针对慕课的 massive,意指针对翻转课堂实施,对象数量为校内学生,人数较少;private 是针对慕课的 open,意指只有校园内被认定的学生拥有这些资源的访问权。

那为什么不能基于慕课平台来开展翻转课堂的学习呢?

一方面,各个学校的教学内容和教学进度不尽相同。针对本校本班学生,教师需要能够根据教学日历,调整慕课资源。更重要的是,慕课平台提供的反馈信息,是针对数以万计的社会化学习者的统计学习行为。但在 SPOC 平台上,教师需要每一名学生的历史学习行为和学习结果的统计数据。二者对数据挖掘的粒度和需求有很大差异。因此**利用慕课资源开展翻转课堂,需要 SPOC 平台的支持。**

4 几个相关的名词

传统意义上的课程学习,主要是在教室里完成的。但在利用慕课资源实施翻

转课堂的时代，学习的行为发生在课前（学生在 SPOC 平台上自学）、课上（学生和学生之间、学生和老师之间在课堂上讨论）和课后（学生在 SPOC 或者慕课平台上通过社区参与讨论）。因此学习变得无处不在，或被称为**泛在学习**（ubiquitous learning）。这种将线上-线下学习进行混合的学习模式也被称为**混合式学习**（blended learning）。

前面讨论的翻转课堂中，课内主要以知识点讨论和习题讨论为核心。有时候，教师会走得更远一些。在课程的一开始，布置一个综合性较强、貌似比较难以实现的项目，学生往往会觉得遥不可及。教师将课程内容的组织围绕项目的完成来进行。也就是说，学生掌握每部分教学内容后，都可以用这些知识来完成该项目的某个单元。整个学习完成后，再加上学生课外自行钻研的收获，项目也可随之完成。学生学习一门课程的过程，就是其完成一个复杂项目的过程。这种教学方法被称之为**基于项目的学习**（PBL, project based learning）。当然，可以是一个学期一个项目，也可以是一个学期多个小项目，这要看课程的性质和项目的综合程度。

除了将 project based learning 称作 PBL 外，有时候，PBL 也指 problem based learning，中文译作**基于问题的学习**。这里面的问题并非教师为了考倒学生而精心设计的刁钻问题，而是来源于实际科学或工程的问题，其背景和环境都比较复杂，模型并不完善，对问题本身的描述也不十分明确……这种将科学和工程实践中经常面临的实际问题引入课堂教学的方法也称之为 PBL。可以看出，这两种 PBL 的目标都是加强学生提出、分析和解决实际问题的能力，都是以学生为施教中心的体现。因此在本书中，我们对二者并不加以区分。

在完成 PBL 项目过程中，教师有时会将完成真实科研项目过程中的一些宏观观点传递给学生。也就是说，在学生实施 PBL 过程中，要领会一个产品的构思（conceive）、设计（design）、实现（implement）和运行（operate）全过程。这种以产品从构思到运行全生命周期设计的思路，被简称为**CDIO**。它对工科学生的职业素质培养有巨大好处。

学生在参与翻转课堂、PBL 或 CDIO 过程中，往往会被激发，呈现出与传统课堂被动接受知识完全不同的学习状态。他们会在课堂中和课外主动探索、挖掘、吸收所需的知识，哪怕这些知识是后续课程才能学到的。此时，学生的学习状态从传统模式的记忆和掌握知识（目的是顺利完成习题和考试），被激发到为彻底搞懂某个知识点或实现某个功能，不惜主动上天入地搜索资料，动用全部精力为之付出的模式。这种学习状态，被称之为**主动式学习**（active learning）。

除学生个体在上述教学方法实施过程中会被激发，呈现出主动式学习的状态外，教师往往会在课上（或包括课后），将学生分组。采用某种组内协作、组间竞争的课堂（或课后）讨论技巧，引导学生发挥各自专长，为本组荣誉而战。这样的学习状态，被称之为**协作式学习**（cooperative learning）。

本书的第3-7章中，将详细介绍在几个高考成绩相差近300分的学校中，如何利用相同的慕课资源，依托 SPOC 平台，实施翻转课堂、混合式学习、泛在学习、PBL、CDIO、主动式学习和协作式学习，建设各自的电路原理课程，

实现以学生为中心的教与学，达成各种不同的教育改革目标。

1.2 当前我国高等教育的痛点

1 没有教育技术的进步，没有更好的教学方法和理念，普通高校教育的水平不可能提高

我国已是高等教育大国。根据教育部发布的《全国教育事业发展统计公报》，2013 年我国的高等教育毛入学率达到 34.5%，普通高等教育本专科共招生 700 万人，在校生为 2468 万人。

但我国远非高等教育强国。还是根据《全国教育事业发展统计公报》，2013 年我国的普通高等学校专任教师为 150 万人。如果以普通高等教育在校生/普通高校专任教师作为**生师比**计算公式的话，这个数据在 2013 年是 $2468/150=16.5$ ，在 1998 年是 $341/41=8.3$ 。15 年左右的时间，翻了一番。

打个不太恰当，但很形象的比方吧。我们不妨将高校教师比作饭馆跑堂的，学生比作来吃饭的。1998 年，每个跑堂的要伺候 8 桌客人；而到了 2013 年，每人要伺候 16 桌客人。如果没有餐饮业的技术进步，客人们可能会更满意吗？

餐饮业进步了。

现在很多饭馆都可以在餐桌上用平板电脑自行点菜，甚至支持提前网上预约点菜。端茶送水、提示结账也只需要在餐桌上按按钮就行了。因此跑堂的能在 15 年中，维持相同（甚至更高）的服务质量，同时增加人均服务桌数。

由于生师比数量不断攀升，当前，在我国二本、三本、高职高专的大量学校中，年课时数超过 400 的基础课教师大有人在。这基本上意味着每周授课 12 学时以上。在这样的高生师比、大课时数前提下，谈教育质量的提高，必须有教育技术和教学方法的进步作为前提。

教育领域对应的进步在哪里？

2 不按照天才成长模式来孕育天才，研究型大学永远培养不出世界一流的人才

2005 年，温家宝总理在看望钱学森先生的时候，钱老问：“为什么我们的学校总是培养不出杰出的人才”？

当然，对这个问题，不同人有不同的解读。作为一个在清华大学求学、从教近 25 年，并且访问过众多世界一流高校的大学教师，我认为症结在于：我们太

强调“为学生未来的工作和研究准备足够充分的知识和技能”这个基本教育理念了。

如果要看本科核心课教学内容的广度和深度，从教材、到课堂教学、再到课后练习和考试，我们不输于世界上任何一所大学。

但是教得多、教得深就能培养出更高水平的人才吗？

所谓的一流人才，是指发现前人所未发现、发明前人所未发明的那群人。他们之所以能发人所未发，不是因为学得全、学得难，而是熟悉知识或产品被发现和创造的过程，或者一直习惯于发现和创造大大小小的知识或产品。

这一点，在我国大多数研究型大学本科核心课教学过程中一直被严重忽视。大家心里好像都在认为：学生的创造性思维会等到高年级或研究生阶段，像孙悟空一样，从石头缝里蹦出来。

研究型大学的一流人才培养之道在哪里？

3 仅仅停留在“秀强大”时代，优质教育资源无法为其他高校享用

我们经历过“十一五”期间国家级精品课的申报，其中的申报表是重中之重。虽然需要填报的项目有很多，但是核心理念是“秀强大”（或者称之为**教师中心主义的教育观**）。也就是说，要让专家评委认为，这门课程够牛，历年来的建设成果能够反映我国这类课程的最高水平。

我们也经历了“十二五”期间国家级精品资源共享课的申报，其中的全程录像也是重中之重。虽然也要填表，上传各种其他资源，但核心理念还是“秀强大”。也就是说，还是要让专家评委认为，这门课程够牛，根据课堂全程录像表现出来的课堂授课水平，能够展现我国这类课程的最高水平。

仅此而已。

事实上，评选精品课、精品视频公开课、精品资源共享课的根本原动力，是以此为抓手，缩小我国高校在高等教育质量方面的差距。这个目的远远没有实现。而且，如果依然停留在给专家评委“秀强大”的时代里，这些“强大”永远没法帮助水平较弱的学校提高其教学质量。

缩小我国高校间高等教育质量差距的牛鼻子在哪里？

4 拥有优质教育资源，不等于有效学习行为发生

包括我在内，很多清华的学生都有过这样的经历：放寒假前，从图书馆借满20本书（因为我当学生时，每人最多允许借20本书），坐火车吭哧吭哧背到家，信誓旦旦寒假期间要做好复习和预习。但回到家中，面临酒池肉林的诱惑，唯一

能做到的就是开学把那 20 本书完整无损地吭哧吭哧再背回来。

此外，谁的硬盘里没保存有大量网上下载的经典教材和名著呢？

其中有多少你认真看了呢？

在上大学时代里，晚饭后，从 6:30 起，到 10:30，我能几乎不动地在教室自习 4 小时（最多中间休息半小时）。现在，为了打败拖延症，我在手机里装了好几个时间管理软件，还整天被各种 deadline 追得不行。

移动互联时代的巨大好处是信息的获取不再困难，但带来的最大麻烦同样来自于信息的获取不再困难。知识本身在以爆炸式的方式被发现，获取知识的途径又被逐渐扁平化，于是出现了**有限时间与无限知识的矛盾**。面对过大的信息量，需要我们选择和决策真正需要的知识和信息，以及如何利用资源进行有效学习。如果在这方面没有特别的训练，面临排山倒海的信息，有效学习行为很难发生。

这里所谓的**有效学习行为**，是指为**掌握某个知识/技能，在一段时间内全身心忘我投入的学习或研究状态**。对于大多数核心课程来说，学生发生有效学习行为的时间比总学习时间要重要得多。也就是说，学生对一门课程，有多少时间发生了有效学习行为，是他/她这门课程学得好不好的关键。

怎么才能够在课程中，激发学生在课前、课上、课后的有效学习行为呢？

1.3 破题之道

解决（至少可以部分解决）前面 4 个问题的关键就是：**借助慕课资源和 SPOC 平台，以翻转课堂或 PBL 为载体，实施以学生为中心的教与学**（或者称之为**学生中心主义的教育观**）。

这里不妨可以用图 1.1 来说明它们之间的关系。图 1.1 中的**外环**意指**慕课资源、SPOC 平台和翻转课堂分别提供以学生为中心的教与学模式的教学内容、教学环境和教学方法**；**内环**是**学生在该模式下的学习行为：从课前预习知识，到课堂通过讨论巩固知识，最终课后总结、讨论掌握知识**。可以看出，教学内容、教学环境和教学方法的选择和实施，是对教师施教层面的考虑；课前预习、课上讨论、课后总结讨论的闭环学习过程，是对学生学习层面的考虑。它们都是围绕学生发生有效学习行为而专门设计的，因此称之为**以学生为中心的教与学**。

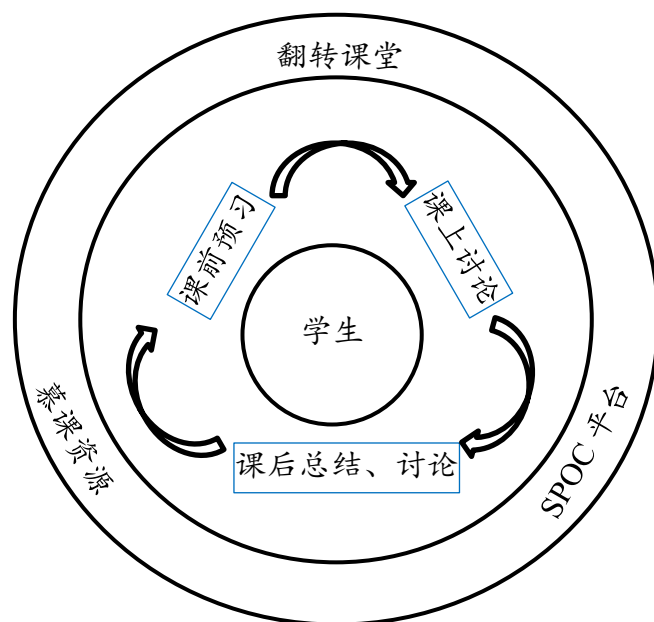


图 1.1 以学生为中心的教与学

(给编辑：此图需要彩色，具体如何配色，再讨论)

学生在课前，需要利用慕课资源，根据教师事先给出的要求进行预习。预习的目标是：掌握程度超过 50% 的慕课资源中的知识，而且需要学生总结出：慕课资源中听不懂的地方，认为有错的地方，认为特别有道理、然后自行展开研究的地方。

学生在课上，以“生-生”讨论和“生-师”讨论为主要形式，就课前预习的知识点、课堂老师布置的练习题展开讨论甚至争论。教师的作用就是控制时间进程，提出讨论题和练习题，维持讨论秩序和大致的讨论走向，在适当的时候进行仲裁和点评等。

学生在课后，根据课堂讨论的体会，整理本堂课各问题和知识点之间的逻辑关系，将其绘制在一张图上，下次课要和老师留的其他课外练习一起，作为作业上交。同时，学生还会在 SPOC 平台的讨论社区中继续和同学与老师进行与课堂讨论相关的、更加深入的讨论，参与 wiki 词条的编辑。

图 1.2 总结了以优质慕课资源为基础，各校依托 SPOC 平台，开展有针对性教学活动，实施翻转课堂的实施流程。

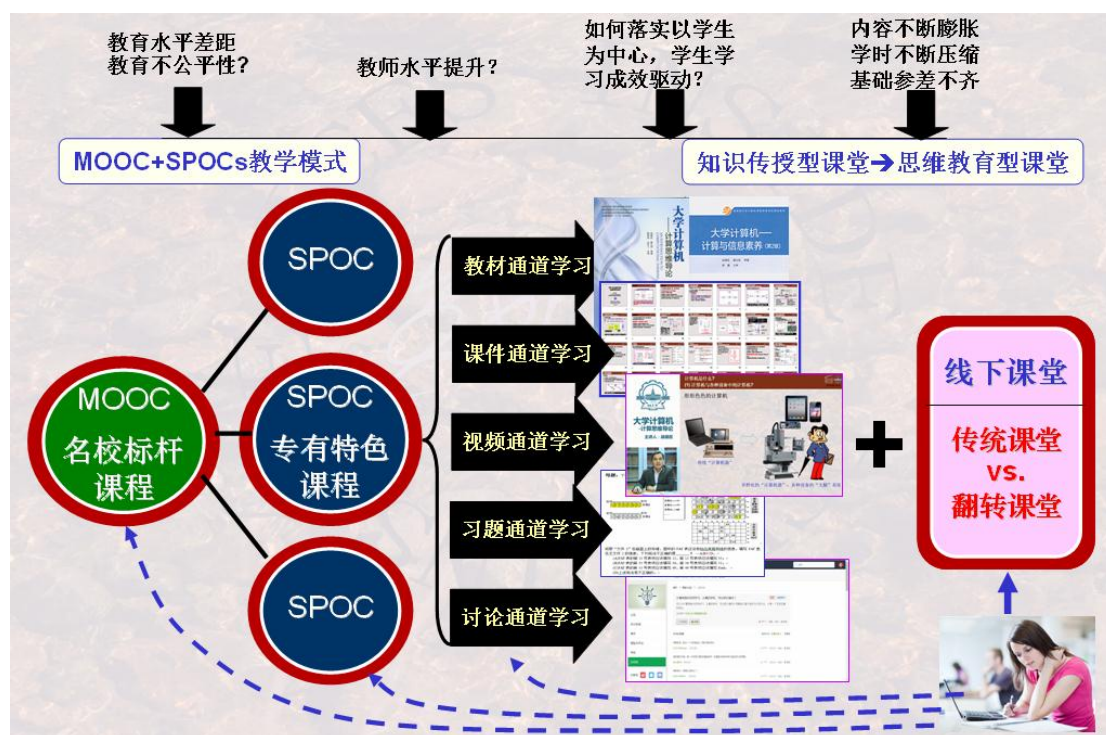


图 1.2 以学生为中心教与学模式的实施流程

(给编辑, 上图中“MOOC”改为“慕课”, “名校标杆课程”改为优质教育资源)

如果条件允许, 能够在教室进行实验展示, 则可以将学生的实验环节完整融入理论课堂, 促进 PBL 的实施, 更加激发学生主动学习热情。学生在课前根据知识点预习的收获, 设计出某个实验, 只需给出实验方案即可。教师的作用是在课前布置实验设计任务, 只给出比较简略的实验任务书。课堂上, 除知识点和习题讨论外, 学生需要宣讲自己的实验设计方案, 点评其他各组的方案, 并且回答其他组学生对本组方案提出的质疑。课后, 根据讨论结果, 学生需要用仿真和硬件实现该实验。下次课堂上, 学生需要向全班展示实验结果。教师的作用是作为仲裁者, 从众多实现结果中评选出最佳的一个或多个。

可以看出, 这种综合了慕课资源、SPOC 平台、翻转课堂和 PBL 教学方法的教学模式, 真正实现了以学生为中心的教与学, 打破了课内与课外的界限和在线与离线的界限, 使得学习无处不在, 促使有效学习行为的发生。

在这里, 我们还要结合布鲁姆 (Bloom) 的教育目标分类, 来讨论一下传统课堂和这种教学模式在课堂内实现教育目标的区别。

布鲁姆给出的从初级到高级的 6 个教育目标分别是:

记忆(knowledge) → 理解(comprehension) → 应用(application) → 分析(analysis) → 综合(synthesis) → 评价(evaluation)

(给编辑: 这最好画一个彩色图, 再讨论。网上有不少将 6 个教育目标画成金字塔形的例子)

在传统课堂教学方法下,可能部分学生有预习行为,课堂内能够达成的教育目标是记忆、理解、应用和部分的分析。剩余部分的分析需要学生课后达成。课堂和课后极少能涉及到综合,更不要说评价了。

根据前面的介绍,在以学生为中心的教与学模式下,记忆和理解的一半以上内容被学生在课前自学完成。课堂需要解决理解中的部分问题,覆盖应用和分析的全部,涉及到部分的综合和评价。

众所周知,在布鲁姆教育目标中,后3个高阶认知能力直接与创新思维相联系。很明显,学生在这样的课堂内,是在更高阶认知水平上挑战自我,收获远比传统课堂大得多。

下面我们逐一从概念层面来回答1.2节提出的4个问题,其具体实施请参见本书第3-7章。

1 碎片化的慕课资源使得学生能在课前实现按需学习

在传统课堂中,作为有经验的教师,我们需要通过前几节课熟悉学生的知识基础和认知水平,然后确定一个上课的点。也就是说,如果课堂中有100个学生,我们能够把这些学生的认知速度从1(最慢)排列到100(最快)的话,教师必须明确:给谁上课。

如果给排名第30的人上课,就意味着课堂中大部分学生都能听明白。但是学得快的那部分学生会不耐烦、溜号,甚至将来就不来听课了。因为他们明白,来你这上课还不如自己看书效率高呢。

如果给排名第70的人上课,就意味着课堂中大部分学生都不太能听明白。认知速度快的学生会觉得很爽,但反应慢的学生会很早就“丢掉”了。他们从某个时间点开始,彻底不明白老师在说什么了。他们也会走神、睡觉,甚至将来就不来听课了。因为他们明白,来你这上课反正最后要睡着,还不如在宿舍睡得踏实呢。

甘蔗没有两头甜。你必须有选择。

学生的理解力和理解速度是不一样的。但是在课堂中,教师必须以某一个速度传授知识,这就意味着一定有部分学生吃不饱,部分学生吃不了。也就是说,在传统课堂中,总会打击某些学生的学习积极性。

如果以碎片化的优质慕课资源作为课前预习要求,认知速度快的学生可以一遍学完。SPOC平台甚至提供了特殊功能,使得他们在这一遍里可以用1.5倍速甚至2倍速学完。而认知速度慢的学生可以学很多遍,直到搞懂为止。由于经过碎片化,每段视频的平均长度不到10分钟。看几遍也不太费劲。这就是所谓的**按需学习**。

这样带来的最大好处是:(如果大家都预习了)来参加课堂讨论的学生对内

容的掌握程度是接近的。这一点非常有助于在课堂组织高效的讨论。

更重要的是，由于大家的知识掌握程度是接近的，再通过课堂高效的讨论，认知速度快的学生可以发现原先自己没有意识到的问题，而认知速度慢的学生发现自己对课堂也是有贡献的。这种皆大欢喜的情况，在传统课堂是不可能出现的。

2 课前预习掌握超过 50% 的内容后，我们就敢在课堂上探索知识被发现之道了

像电路原理这样的工科核心课，势必会有习题课和应用介绍课。但这两种课在传统授课模式下的授课效果都有很大提升空间。

标准的习题课是在课堂（或事先）布置若干道有代表性的习题，适当组织讨论，以老师为主，完成习题。虽然我们在习题课中总在说，“大家要注意，这里是容易出错的地方啊”之类的话。但是电路原理这样的工科核心课的最大特点就是：“一听就懂，一做就错”。老师讲得都特有道理，但学生一上手就出各种错误。为什么我们不在习题课组织学生的讨论、从而让学生自我发现错误呢？

答案很简单。我们没时间。

电路原理在清华大学是 64 学时的课。其中 44 学时（22 次，含 2 次应用介绍）左右用来讲授基本概念和方法，16 学时（8 次）左右用作习题课，其余则为放假、期中考试、复习等。这 8 次习题课中，每次都需要完成 8 道左右的综合题。教师如果不以一定的速度往下讲，根本讲不完。

应用介绍课其实应该是学生最期待的，因为它是课内所学知识的实际应用。但是现在往往被上成了百家讲坛式。学生就是听听而已，博闻强记，增长见识。没觉得这事和自己有什么关系。这还能培养一流人才吗？

应用介绍课就应该上成这样：“某个实际工程中，遇到这样的问题了……大家看，用我们前面所学知识，对这个问题有什么解决方案吗？……”

学生的思路、想法，哪怕是荒谬的、不切实际的，都是弥足珍贵的。因为这是真正在培养学生的创新思维和创新意识。为什么我们不在应用介绍课中组织学生讨论呢？

一样。我们没时间。

说白了，我们不舍得在 100 个人的课堂中，101 个人（包括老师）大眼瞪小眼，5 分钟没人说话，都在想如何解决老师提出的问题。

我们必须完成既定的教学内容，因为我们要“为学生未来的学习和研究准备足够充分的知识”。

于是我们学生学会了一箩筐知识，但是不会创造知识。

如果在翻转课堂中，大部分学生在课前对超过 50% 的内容有比较准确的认识（这一点，根据我们的实践，在大多数高校是不困难的），则我们在课堂上，可以有时间让全班同学七嘴八舌讨论某个难题的解题思路，或者某个工程问题的解决方案。因为我们有 50% 的教学内容可以在很短的时间内稍微讨论一下就行了。

天才不是教出来的，而是涌现出来的。作为研究型大学的教师，我们需要做的就是提供天才能够涌现的环境。课堂上与同学和老师之间激烈的交锋、课程中布置挑战性高的项目等措施，都提供了有效的天才涌现环境。

只有研究型大学在本科核心课中开始按照天才成长模式来培育天才，钱学森之问才可能有完善的回答。

3 优质慕课资源在制作时就考虑到学生的多样化背景，能够满足不同学校学生的需求

和在校园课堂内学习不同，慕课的学习中，学生有完全的主动性。作为慕课教师，我除了使出浑身解数，吸引学生外，没有任何权利要求学生。在这里，“秀强大”是没有什么意义的。社会化学习者可能因为你有国家级教学名师的番号选了你的课。但是如果课程的制作不够精良、不够有吸引力，他们才不管什么名师，什么教学团队，扭头就打游戏、qq 聊天、或者学别的课程去了。

因此**要想成为优秀的慕课，必须给学生“秀关爱”**。不仅在课程制作过程中，要仔细考虑学生的不同接受程度，准备尽可能简单而深刻的知识传授方式。在课程运行过程中，还需要教师或助教经常参与社区论坛讨论，及时解决学生的问题。

下面几幅图给出了清华大学路原理慕课在 2014 年秋季学期开课初（针对选修学生基础数据）和课程结束前（针对课程质量）两次匿名调查问卷的统计结果。

edX 平台和学堂在线平台学生的年龄分布如图 1.3 所示（横轴为选课学生年龄，纵轴为该年龄的学生人数）。可以看出，学生的年龄跨度超过 50 年。

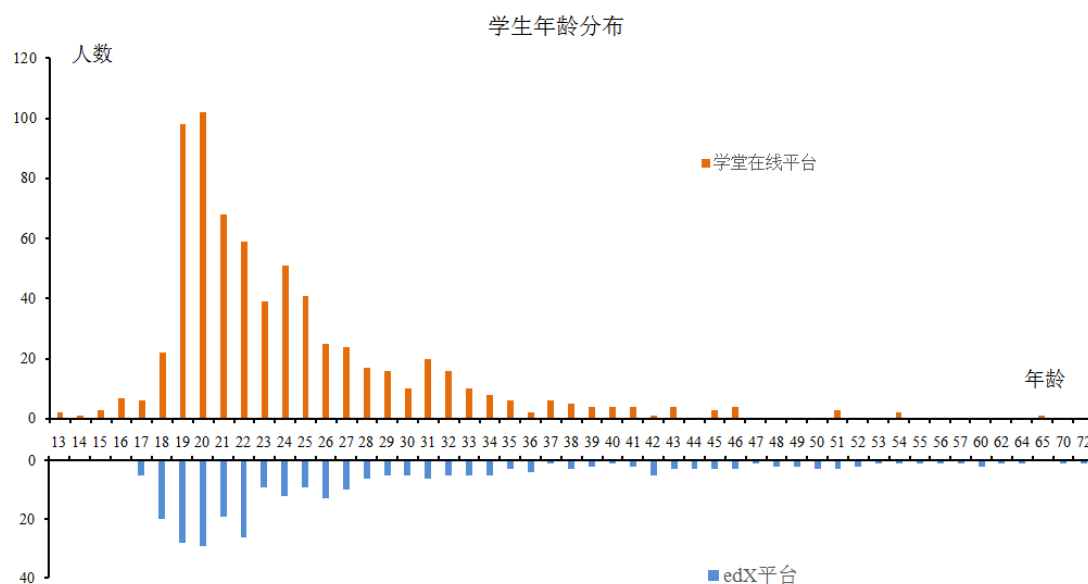


图 1.3 清华大学电路原理慕课 2014 年秋学生年龄分布

edX 平台和学堂在线平台学习者的工作状态分布如图 1.4 所示（其中的数值表示属于该类别学习者的比例）。可以看出，约有一半学习者当前并非在校学生。

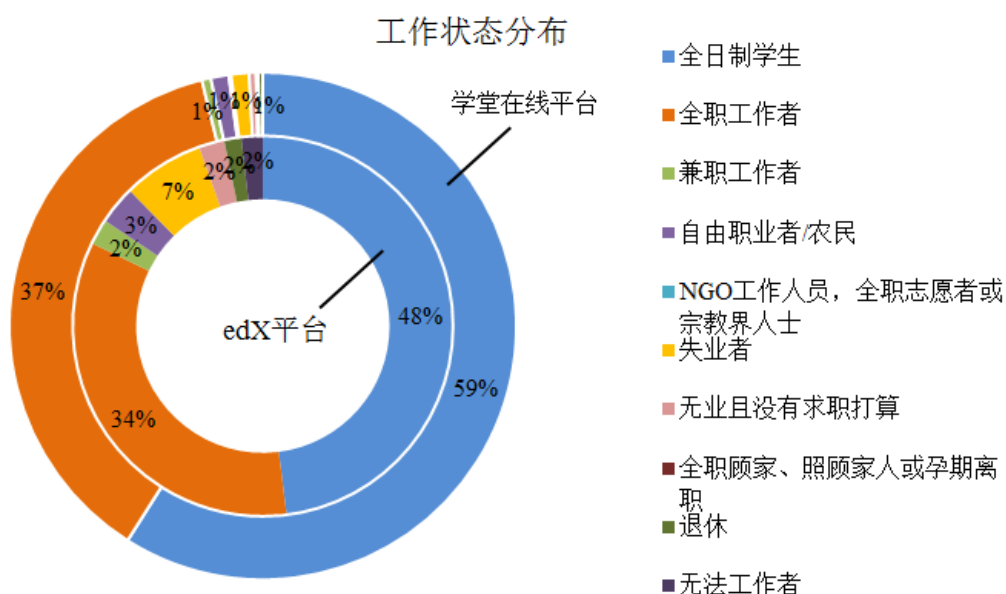


图 1.4 清华大学电路原理慕课 2014 年秋学生工作状态分布

edX 平台和学堂在线平台学习者对慕课视频和音频的满意程度如图 1.5 所示（其中的数值表示属于该类别学习者的比例）。可以看出，绝大部分学生对视频音频质量满意。

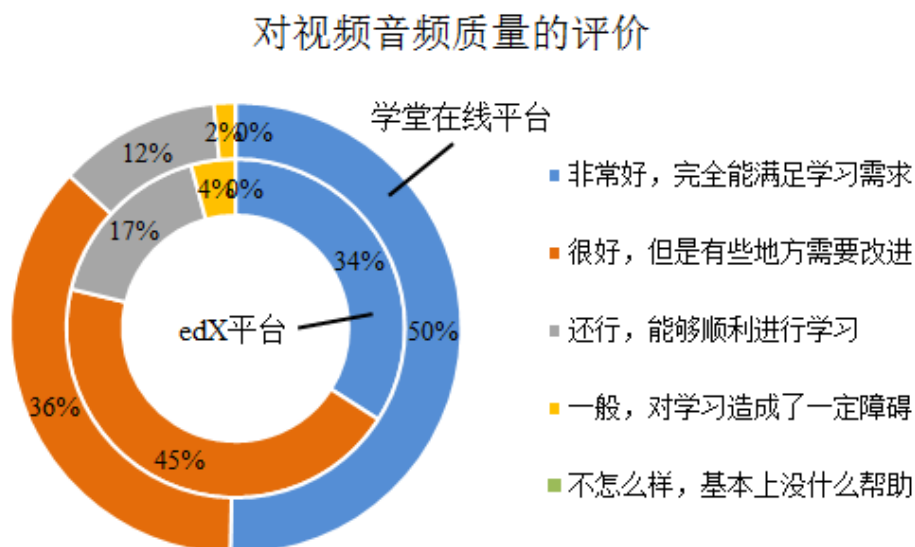


图 1.5 清华大学电路原理慕课 2014 年秋视频音频质量反馈

edX 平台和学堂在线平台学习者对慕课讲间练习(简单习题)的满意程度如图 1.6 所示(其中的数值表示属于该类别学习者的比例)。可以看出, 大部分学生认为这些讲间联系与前面的知识点有比较紧密的联系。

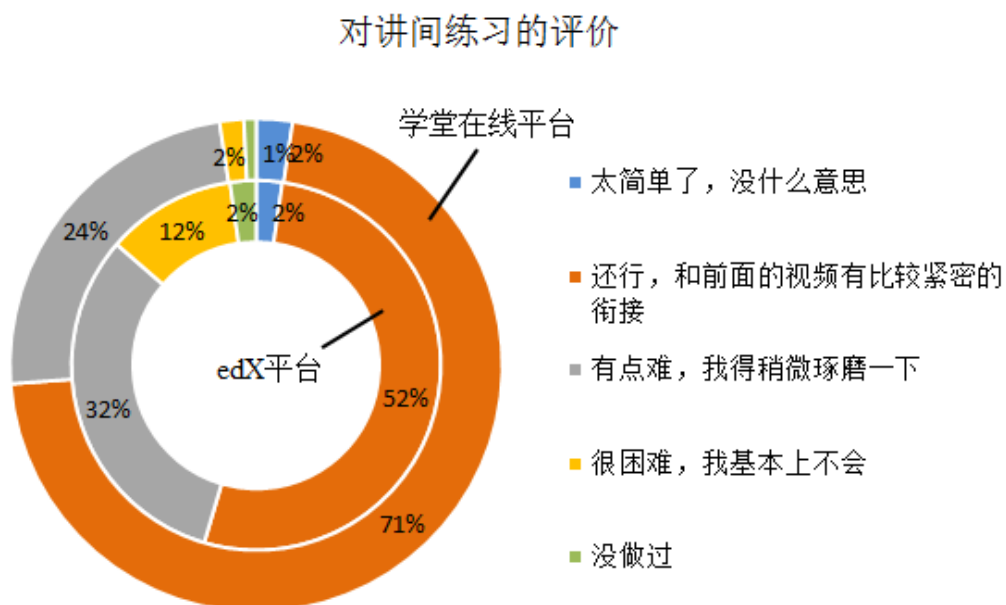


图 1.6 清华大学电路原理慕课 2014 年秋讲间练习反馈

edX 平台和学堂在线平台学习者对慕课每周(复杂习题)的满意程度如图 1.7 所示(其中的数值表示属于该类别学习者的比例)。可以看出, 大部分学生需要用些精力方能完成每周作业。

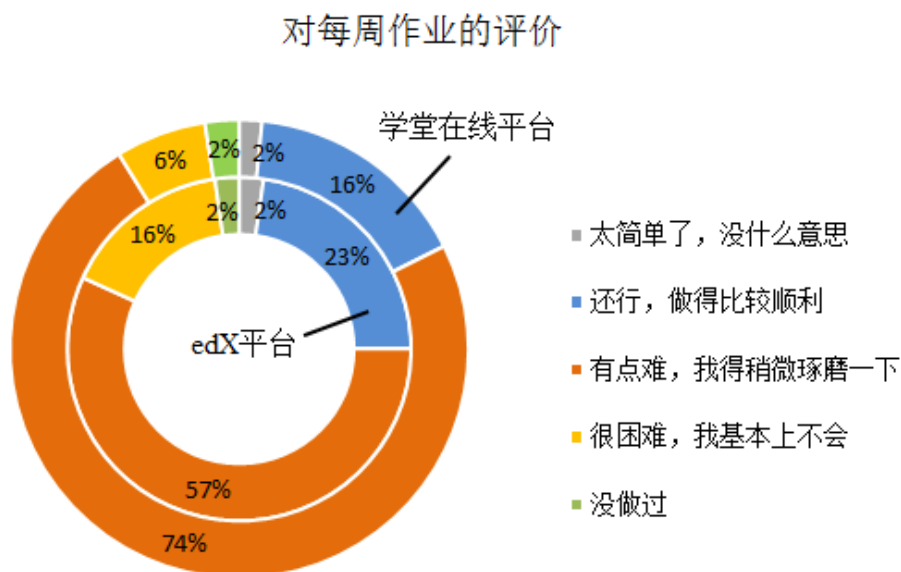


图 1.7 清华大学电路原理慕课 2014 年秋每周作业反馈

edX 平台和学堂在线平台学习者对慕课中介绍的应用实例满意程度如图 1.8 所示（其中的数值表示属于该类别学习者的比例）。可以看出，绝大部分学生对电路原理慕课中介绍的应用实例非常感兴趣。

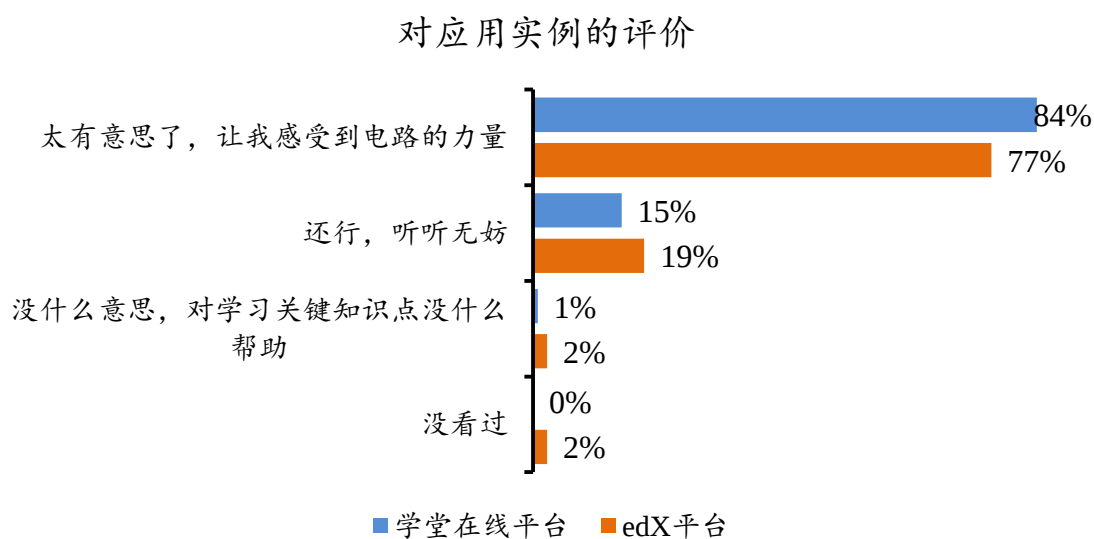


图 1.8 清华大学电路原理慕课 2014 年秋应用实例反馈

（给编辑，请考虑图 1.2~1.7 是否有更好的彩色呈现形式）

从图 1.3~图 1.8 中，我们不难得出结论，清华大学电路原理慕课面对多样化的授课对象，制作出来的慕课能够得到学生们的集体肯定。

我们有信心这种被社会化学习者用鼠标和键盘选择出来的慕课，能够满足不同学校学生的需求。

4 借鉴游戏设计理念，可促使有效学习行为发生

游戏是绝大多数教师“痛恨”的竞争对手。它们从我们手中抢走了学生的注意力，还长期据为己有。

要想夺回原本属于自己的课堂，需要分析对手的优势，即游戏凭什么那么“抓人”？或者玩家在游戏中获得了什么？

我们以一类非常流行的游戏“大规模多人在线角色扮演游戏”（MMORPGs, massively multiplayer online role-playing games）为例（比如 LOL 和 Dota），来说明玩家在游戏中能获得什么？。

（1）胜负心。游戏中都有 PK 环节。有可能是对人工智能的 PK，也可能是对其他真实玩家的 PK。PK 的关键是战胜对手。PK 成功后，那个爽劲儿无与伦比。对于学生来说，是否学会解题方法可以等到期末考试前再说，但是在线游戏的 PK 可是不等人哦。

（2）荣誉感（或虚荣心）。优秀的玩家可享有多种奇幻装备，其出场也会在游戏中被广而告之。越投入（包括时间和金钱），就越有可能成为优秀的玩家，其荣誉感（或虚荣心）就越能够得到满足。

（3）集体存在感。在 MMORPGs 类游戏中，往往不是单独作战。游戏玩家会组成各种特殊的团体：公会。在所有成员的努力下，公会有可能成长壮大。如果公会参加了公会战，还可以通过排名系统与游戏中其他公会进行比较、竞争，这类似于现实生活中的约群架。玩家在游戏中对公会的归属感有时候会超过现实生活中对集体的归属感。

（4）逃离现实。游戏是吸引人的。因此在游戏中，几个甚至十几个小时转瞬即逝。这既可以用来换换脑子，也可以用来彻底活在虚拟社会中。

总起来说，游戏就是给人另一种活法。在这种活法中，你可以实现现实生活中无法实现的各种欲望。人生只有 1 次，无论你喜欢与否。可是玩游戏，可选择的类型太多了。而且游戏失败了，可以从头开始。你总能在游戏的虚拟世界中发现实现自己欲望的机会。

那在实际生活中，枯燥的课堂里，怎么能借鉴游戏的思想，帮助学生实现自己的欲望（胜负心、荣誉感、集体存在感）呢？

在我们的实践过程中，来自不同学校的老师不约而同地采用了**课堂讨论分组竞争**的方法来实现活跃的课堂讨论。

学生被分为若干小组。可以是自愿分组，也可以是根据成绩（好差搭配）分组，还可以是随机分组。

学生在课堂上提出问题，有加分；能通过抢答，回答出老师或其他学生提出

的问题，有加分；能首先正确完成老师给出的练习题有加分；长期不抢答有扣分……

更重要的是：小组成员需要按照某个顺序来依次回答问题，而不能由某个学霸完全代劳。

每个小组中，有一个组长。组长可以轮流坐庄，可以由组员选举，可以由老师指定……组长的任务是根据本组课前预习情况，安排这堂课回答问题的顺序。

这就好比田忌赛马。你派出的回答问题的同学需要和问题与对手匹配，你才能够在这场竞赛中总体取胜。

瞧瞧，胜负心，荣誉感，集体存在感，一样都不少。

虽然课堂上学生是被胜负心，荣誉感，集体存在感驱动，但是却促使了实际有效学习行为的发生（因为他们被 involve 了）。我们认为，这是真正的他山之石，可以攻玉。

1.4 相同资源，不同目标

1 几种可能的教育目标

在 1.1 节的最后，我们提出了一个响亮的口号：“在高考入学成绩相差近 300 分的学校中，利用相同的慕课资源，实现以学生为中心的教与学，达成各种不同的教育改革目标。”

这怎么可能呢？

关键是“达成不同的教育改革目标”。

通过以学生为中心的教与学，可能达成哪些教育目标呢？

（1）促使学生养成探索、创新的习惯

当前在我国的研究型大学，正在逐渐形成以培养创新氛围为主体的天才涌现环境。在 2014 年清华大学进行的第 24 次教育工作讨论会中，就提出以“创新教育模式，激发学术志趣，提高培养质量”为主题，形成了价值塑造、能力培养、知识传授“三位一体”的教育理念。

如果能够在本科生核心课程中，实施以学生为中心的教与学，使得潜在天才们课堂中最宝贵的时间，不是用来听老师上课传授知识，而是进行思辨、争论等高水平智力活动，将在高等教育人才培养早期为学生树立起探索未知领域的热情与雄心壮志。

要想达成这样的目标,前述的知识点讨论和习题讨论就不够了,势必要在课堂内引入大量动手实践环节,让PBL和CDIO成为学生成就自我的助推器。

对于这样的培养目标来说,期中/期末的同卷考试成绩不是主要衡量标准。重要的是这个班上的讨论和实验效果是否能点燃学生心中探索未知的熊熊火炬,让学生始终处于激发态。

(2) 相同课内学时,提高学习效果

在以学生为中心的教与学模式下,部分原本由课堂讲授和总结的知识点被放到课前和课后由学生预习和复习来完成。在课堂中,主要针对相对复杂的知识点进行深入讨论,并以讨论(或竞争)的方式训练习题。如果教师对学生课前、课上和课后的安排得当,这种方式势必能够在相同课内学时中,让学生获得更好的学习效果,即期中/期末同卷考试卷面成绩与对照组相比,有显著提高。这里的对照组,指与教改班学生相比,基础接近的学生。他们采用传统授课模式学习和教改班相同的内容,参加同卷考试。

(3) 相同(或相近)学习效果,降低教师授课时数

在本书1.2节我们介绍过,在我国二本、三本、高职高专的大量学校中,年课时数超过400的基础课教师大有人在。对于高等教育的课程来说,如果每周授课学时为12,则教师唯一能够确保的是:在规定的时间内,出现在规定的教室,讲授没有错误的知识。

因为教师没有时间和精力从事科学研究和教学研究。更不要说将研究成果转换为教学素材了。

教师们不太可能比他们的老师上得好,因为他们知道的所有知识都是他们的老师教给他们,或者经典教材里写的,而他们没有时间来探索新的知识。他们只能按照既有的内容,以僵死的方式传授知识。

在移动互联时代,知识的获取已经变得很方便。学生还会买账吗?

学生越不买账,他们的课堂表现就越差,教师在课堂中的主体存在感(或教书育人的使命感)就越差,对教师的职业认同就越差,就越不太可能挤出时间来进行科学研究和教学研究。

于是这构成了一个相当糟糕的死循环。

解开这个“死结”的关键是教师的周学时数。如果能够采用以学生为中心的教与学,就可能在不明显降低学习效果(期中/期末同卷卷面成绩)的前提下,将教师的周授课学时数从12降为6(甚至更低),教师就可以有时间从事科学研究或教学研究。其课题经费可以弥补部分课时收入损失,其研究成果就可以改善课堂教学……

最重要的是:这种方式为教师找回了原本应有的荣誉感。

作为一名高校教师，我很清楚，清晰准确地陈述定义、完整漂亮地推导证明……都挺好。但是这些学生都不太感兴趣。原因很简单，这些内容书上都有。只不过我说得更容易理解一些罢了。

传统授课模式下，什么时候教室里所有学生都全身心投入呢？在我讲授自己对某个结论的理解时，在我讲授某个实际科研项目中关键技术问题如何用前述基本理论解决时，在我讲授根据自己科研实践发现某个重要结论不完善之处时……

原因也很简单：学生都很明白，这些东西书里没有。只有我这有。

这是大学教师，尤其是基础课教师必须要从事科学研究和教学研究的关键。

只要老师在课堂上能说出别人说不出的理解（哪怕不是非常准确），学生也会报之一百分之百的买账。**学生的买账，是教师荣誉感的来源，是育人使命感的基石，是使得教师这个“铁饭碗”变成“金饭碗”的源泉。**

在这样的教学目标下，只要教师将重点处理得当，在课前、课堂和课后3个环节中鼓励学生搞懂重点，弱化非重点内容，完全有可能以较少时间，达成与对照组**可比（甚至更高）**的同卷成绩。

（4）为学生提供更灵活的学习方式

很多学校都有很灵活的选课系统。只要时间不冲突，学生可以选修全校任何系开设的任何课程。但是这个前提经常不能满足。

于是我们会经常在开学第1堂课遇到这样的学生。他们希望选修我这门课程，但在这门课程开课的同时，他们还希望选修并且去上另一门课程。这一点从教务管理系统是通不过的。有一个通融的办法：冲突选课。也就是说，我作为A课程的教师，可以允许学生在不来教室听课的前提下，在相同时间，选修B课程。当然学生需要完成我在A课程中指定的所有学习任务，比如作业、仿真、实验、考试等。学生于是就享有了（在同一时间）不来A课程听课，去听B课程，完成两门课程的学习任务，最终考试通过，获得两门课程学分权利。

还有另外一种情况是：重新学习（或重修）。对于重新学习的学生，一般我们不会要求他们必须来教室上课（因为他们原先听过），只需要完成教师布置的教学任务即可。

对于这两种情况来说，完全可以采用以学生为中心的教与学模式，为学生提高更灵活的学习方式。说得极端一点，所有知识的学习，都可以利用SPOC平台，依托慕课资源来完成。如果教师对最终期中/期末同卷卷面考试成绩不太放心，也可以在学期中组织几次讨论。

这样的教学目标，从根本上就是为学生提供学习的灵活性，其底线就是其期中/期末同卷卷面平均成绩与对照组**基本可比**。

2 几个具体的实现案例

下面我们用几个实例来说明上述教育目标是可以达成的。这些实例都是利用清华大学提供的电路原理慕课资源和学堂在线提供的 SPOC 平台实现的。

(1) 南京大学案例

南京大学是“985”院校。试点于 2014 年秋季学期在该校电子学院（电子科学与技术一级学科排名全国第 7）学生中实施。

在南大电子学院的培养方案中，电路原理课程放在大一秋季学期、与微积分课程同期开设。而且大学电路原理课程中第 1 节课要讲的，就是电流是电荷对时间的导数。在我国，高中讲授微积分基础的学校并不多。

兴高采烈地考上南大的学生，往往在第 1 周就遭受重创，因为他们基本上听不明白老师在说什么。而且电路课程的知识点比较多，每堂课的进度都比较快。学生的困惑不太能有充裕的时间让其消化，越积越多，导致不少学生最后放弃。因此学生最大的抱怨是电路课程太难学。

南大采用以学生为中心的教与学模式，其根本目的是消除学生的畏难情绪，提高学习效果，在此基础上，适当训练学生的创新能力。

为什么能行？

一方面因为在电路原理慕课资源中提供了为高中生准备的，适合学习电路的微积分和线性代数基础。

更重要的是，不同程度的学生可以利用翻转课堂课前自学环节，投入不同的时间。使得参加课堂讨论时，他们的基础水平基本可比。

本书第 3 章将详细讨论南大的理念、思路、做法和成效。我们将这种方法称作“**标准版**”的以学生为中心的教与学。

(2) 清华大学案例 a

清华大学也是“985”院校。试点于 2013 年春季、秋季和 2014 年春季学期在该校电机工程与应用电子技术系（电气工程一级学科排名全国第 1）学生中实施。

学生只有在高考中进入前 1%，才有可能进入清华大学。因此，我们的学生都“久经沙场”。这种严酷的应试训练将大多数学生在初中和小学阶段拥有的探索未知的兴趣和习惯抹杀了。

在这种模式下，我们的主要目的是帮助学生找回被应试教育磨灭的探索热情。

对于理工科课程来说,探索要有实践环节作为载体。为此,我们从NI公司购置了移动式实验装置 myDAQ,可让学生在教室、宿舍、食堂等任何场合,依托笔记本电脑开始实验。

本书的第4章将详细介绍清华a的理念、思路、做法和成效。我们将这种方法称作“**加强版**”的以学生为中心的教与学。

(3) 青海大学案例

青海大学是“211”院校。试点于2014年秋季学期在该校水电学院学生中实施。

青海大学面向全国招生,其在山东、湖北、湖南等高分区域的录取分数线比在青海省录取分数线要高出150分。学生群体中,有不少高中阶段基础不错的学生。在既有的教育模式下,各种学生被混合编班授课。教师授课的主要目的是为了能够让大多数学生听懂。因此来自外省的高分考生就显得很松懈。因为他们随随便便就可以跟上老师的节奏,而且在考试中取得不错的成绩。经过1~2年的“磨练”,原先的锐气没有了。这些高分考生平庸化了。

与此同时,青海大学水电学院基础课教研组的老师平均每年授课时数要超过500。大生师比和大授课时数对教师水平的提高造成的极大制约。

青海大学水电学院采用分层次教学的方式来解决上述两个问题。他们选择了大一成绩较好的学生构成改革试点班,将课堂授课(含理论和实验)时间从每周6学时改为每周3学时, **希望同时实现降低课时数和培养创新性这两个目标**。他们也购置了 myDAQ 作为移动实验装置。

青海大学所面临的问题是很多地处偏远,但面向全国招生的重点院校(或一本)也面临的。水电学院采取的分层次教学的方式,也值得很多实施“卓越工程师教育培养计划”学校中遴选的“卓越班”借鉴。

本书的第5章将详细介绍青海大学的理念、思路、做法和成效。我们将这种方法称作“**精简加强版**”的以学生为中心的教与学。

(4) 贵州理工学院案例

贵州理工学院是2013年新成立的零起点“二本”大学。试点于2014年秋季学期在该校电气学院学生中实施。

由于是新建“二本”院校,贵州理工学院面临以下3个方面更大的人才培养压力:生师比更高,青年教师比例更高,学生基础更弱。用大白话解释一下就是,老师数量严重不够,有经验的老师更稀缺,学生的学习主动性比较差。

在这种情况下,必须借助先进的教育技术和教育模式,才有可能让学校的人才培养逐渐走上良性发展的正轨。

该校电气学院从10个行政班中,选择了4个班,实施以学生为中心的教与

学。他们的**主要目标是：让学生逐步养成学习的习惯，从学习知识中发现乐趣，最终实现较好的学习效果。**

但是他们面临的**最大困难是**，即使老师安排了明确的预习任务，而且慕课视频讲解得清晰准确，对于大多数学生来说，也不会去预习。因为他们没有预习的习惯，而且也不太会预习。

因此，贵州理工学院的教师们创造性地提出了解决方案。他们采用逐步过渡的方法，让学生逐渐养成预习的习惯，学会通过观看教学视频挖掘知识点。

一开始仅仅让学生边看视频，学生只需根据视频内容填空即可。比如，某次课前预习要求的某道题就可能是这样的（填空）：

在 L3-2 这个视频的 3 分 02 秒，老师说电流源是不能被_____的。

在课堂上，一开始也需要播放一些重要的视频。当播放到关键内容或事先要求学生填空的内容时，老师引导学生开展讨论。

随着学生课前预习习惯的逐渐养成，课前预习安排也逐渐过渡到和其他学校相仿的形式，课上讨论也不再需要播放视频。

贵州理工学院所面临的问题也是很多较弱二本、三本、高职高专院校所面临的。他们的经验完全可以被这些学校借鉴。

本书的第 6 章将详细介绍贵州理工学院的**理念、思路、做法和成效**。我们将这种方法称作“**逐步过渡版**”的以**学生为中心**的教与学。

(5) 清华大学案例 b

该试点于 2014 年春季学期在该校全体本科生中实施。

前面说起过，对于冲突选课和重新学习的学生来说，有了慕课资源和 SPOC 平台的帮助，没有必要要求他们来教室上课。

清华大学为此设立了电路原理 X 课程，可供全校学生选修。这门课程与电路原理课程有相同的 4 学分，而且（由于是同卷期中/期末考试）可以替代电路原理课程的学分。学生选修电路原理 X 课程后，没有教室，只需要在自己方便的时间学习，从网络上完成教师指定的教学任务即可。

当然，为了能够随时掌握学生的学习程度，我们在实际执行时还是每两周设立了一次习题讨论课。即使是这样，从原先的每周 4 学时，变成现在的每两周 2 学时，还是极大降低了课堂授课时间。

在这种模式下，我们的主要目的是为学生提供充分的学习灵活性。

本书的第 7 章将简要介绍清华大学 b 的**理念、思路、做法和成效**。我们将这种方法称作“**迷你版**”的以**学生为中心**的教与学。

可以发现,上述5种实现方案,都是各个学校从自己的实际出发,利用相同的慕课资源和 SPOC 平台,解决自己在人才培养过程中面临的最突出的问题。而且我们相信,从清华大学、南京大学、青海大学和贵州理工学院这4所学校的覆盖面和他们希望解决的问题可以看出,这种以学生为中心的教与学教育模式是可以在很大范围内推广,解决很多不同类型问题的。

下面将上述实现方案的关键内容汇总,形成表 1.1,供各位读者在阅读后面第3~7章时查阅和比较。

表 1.1 2013-2014 年电路原理课程以学生为中心的教与学试点院校基本情况

	学校 级别	高考入 学成绩	开课学 期	目标	学生选择	学生 数量
南京大学 标准版	1 “985”	>610	大一秋	效果 创新	学生申请 简单面试	36
清华大学(a) 加强版	1 “985”	>630	大一春 大二秋	创新	学生申请 简单面试	20
青海大学 精简加强版	2 “211”	480-580	大二秋	低课时 创新	学生申请 面试考虑成绩	24
贵州理工学院 逐步过渡版	3 二本	380-450	大二秋	效果	选择行政班	50*4
清华大学(b) 迷你版	1 “985”	>630	春秋	灵活性	学生选课	10

3 同一个种子为什么能结出不同的果实呢?

看到此处,也许你会有一个深深的疑问:上述这些学校,不仅招生分数有显著性差异,而且具体到电路原理课程来说,开设学期不同,教学内容不同,重点不同,进度不同,那来自清华大学的电路原理慕课资源,怎么可能对差异化如此之大的受众起作用呢?

要想回答这个问题,需要从以下3个方面入手。

(1) 慕课的对象多元化特点使得优秀慕课必然受众广博

前面已经用实际数据介绍过慕课的对象多元化特点。而且慕课面临的竞争环境是纯买方市场,“用户”感觉不满意,拔腿就走。你都没有任何时间来搞清楚自己的毛病出在哪。

因此优秀的慕课在制作时就需要考虑到这一点。我们希望达到的水准是让基础差的学生“伸伸手,能够到”,要有较丰富经验和背景的学习“努力学,有收获”,既想达到“简单而深刻”的层次。当然这并不容易。

我们在 1.1 节中,曾经将慕课比作一本书,当然是内容更生动,形式更精彩,更容易抽时间自学,传递流程更扁平的书。回想一下,在传统的课程教学中,也不存在着大量不同层次和学校,使用相同优秀教材的案例吗?

(2) SPOC 平台为授课教师提供了全面的功能和方便的操作

之所以需要用 SPOC 平台,而不让课堂上的学生跟着慕课的进度,就是考虑到各校进度和重点都不尽相同。基于 SPOC 平台,任课教师对所有慕课资源有完全的掌控权利。可以根据自己的教学日历,决定哪些慕课资源出现,以什么顺序出现。教师不仅可以删除、变更资源呈现的形式,还可以自行补充更适合自己学生的教学素材。

除此之外, SPOC 平台还能够为翻转课堂提供更好的大数据服务。

任课教师在布置预习任务后,可以在课堂上课之前,从 SPOC 平台获取自己的任何一个学生对任何一个视频的观看程度(何时观看、看了几遍……)、对任何一个讲间练习的完成程度(何时完成、提交几次才正确……)。这样就让任课教师在课堂组织知识点和习题讨论时比传统课堂要心里有底得多了。

本书的第 2 章将以学堂在线为主要实例,介绍教师如何设置自己的课程,如何获得学生学习行为和学习结果反馈数据。

(3) 各校都在建设自己的课程

在这个问题上,我们已经超越了 SPOC 提出者、加州大学伯克利分校 Fox 教授的初始想法。他的“云计算与软件工程”慕课在全世界有很多 SPOC 落地合作学校,但是各个学校都在按照伯克利模式在培养学生。这就会让水平较弱的学校的教师和学生感觉非常吃力。

我们在实施和推广以学生为中心的教与学模式之初,就确定一个宗旨: **各个学校都是利用慕课资源和 SPOC 平台,以翻转课堂为教学方法,建设有各自特色的、自己的课程。**

这一点差异非常重要。它关系到是各个学校的实施方案以谁为主的核心战略取向。表 1.2 给出了表 1.1 所列 5 个以学生为中心的教与学模式的实现方案中,期末总成绩的占比。可以看出,各校结合自身改革需求和学生特色,在占比方面有显著性差异。

表 1.2 电路原理课程以学生为中心的教与学各实现方案最终成绩占比

	线上学习				线下学习					总成绩
	讲间 练习	每周 作业	讨论区 表现	期末	课堂 表现	笔头 作业	仿真/ 实验	期中	期末	
南大	5	5	10		20	10			50	100
清华 a	5	10	5		5	5	15	15	40	100
青海	5		5	10	20	10		20	30	100
贵理工	8	8	8	16	18		6		36	100
清华 b								40	60	100

南京大学的标准版希望消除学生对电路原理课程的畏难情绪,因此在成绩占比中对线上和线下讨论部分给予较多关注,希望用生-生讨论和生-师讨论的形式帮助学生学好电路;清华大学的加强版希望帮助学生找回被应试教育磨灭的探索热情,根据 1.1 节的介绍,这势必要引入 PBL 环节,因此对仿真/实验给予较多关注;青海大学的精简加强版希望同时实现低课时和培养创新性这两个目标,因此他们也对学生的课堂表现给予较多关注(青海大学电路原理实验课程单独计算成绩,实验报告占 30%,课堂展示占 70%);贵州理工学院的逐步过渡版希望学生逐步养成学习的习惯,因此比较完整地利用了 SPOC 平台的各项评价功能,而且对课堂表现也给予较多关注;清华大学的精简版希望为学生提供学习灵活性,因此只考虑两次线下考试成绩。

我们认为,在中国,各高校间高等教育水平差异巨大,所面临的教育教学困境有显著性差异。只有各校利用以学生为中心的教与学模式,解决自己面临的突出问题,方能从根本上促进我国高校教育水平的提高。

1.5 行动之前要想清楚的几个关键问题

我希望至此为止,已经把你忽悠得热血沸腾了。

但在行动之前,还有几个关系到未来是否能顺利实施以学生为中心的教与学模式的关键问题需要你想清楚。

1 你想用它来解决什么问题?

这是我们在 1.4 节反复强调的关键。任何一项教育改革措施,都必须针对自身当前教育教学环境中的痛点(或困境),找到目标,提出有针对性的解决方案。与之相关的验收措施也需要围绕是否解决(或部分解决)了该困境。

那现在对于你来说,痛点在哪?

2 你能找到足够优秀的慕课资源吗?

当然,优秀是没有绝对定义的。但我们认为,优秀的慕课资源至少需要拥有

下面几个特点：

(1) 要有足够的吸引力。这体现在呈现形式、视频、音频的处理等多方面。一个简单的判据就是：你如果作为学生来看这个慕课，会连续看 10 分钟而不走神吗？

(2) 知识点要切得足够碎。只有够碎，才能让你随心所欲地根据教学进度的要求来调整慕课资源。而不是反过来，让你围着它转。

(3) 要在难度、广度、应用实例上有良好的折中。慕课这本书比起传统教材的最大好处就是可定制化。它能够提供你想要的内容吗？

3 你能找到足够优秀的 SPOC 平台吗？

优秀的 SPOC 平台，需要能为教师提供灵活的课程编排功能和完善的学生学习行为和学习结果反馈功能，要为学生提供贴心的提醒功能和完善的社区论坛功能。

根据各个学校 SPOC 用户数量的不同和出口带宽的不同，SPOC 平台有两种实现方案。如果学校的出口带宽足够，或者 SPOC 用户数量不太多，则可以选择“公有云”的方案。教师可以利用慕课服务器，以软件的形式提供 SPOC 平台服务。如果学校的出口带宽不足，或者 SPOC 用户量很大，则必须在校园内架设服务器，将视频等资源设在校园内，实现“私有云”方案，利用较快的校园网提供顺畅的用户体验。

除此之外，随着 4G 移动通信技术的发展，4G 流量资费在逐渐降低。这也为实现 SPOC 平台提供了第三种可能，即利用 4G 移动信号（而非传统校园网）作为信道，实现公有云，大量用户以无线手持终端的方式访问远端的慕课服务器。

4 你打算怎么选学生？

首先要考虑的一点是：你想让多少个学生参加这种模式？我们前面强调过，与传统课堂不同，这种模式的特点是学生“带着嘴”来上课。因此务必为每位学生准备充分的表达时间。以每次大课 90 分钟（2 学时）为例，我们认为每位学生参加每次课内讨论的平均发言时间应该不少于 3 分钟。这才能称作“带着嘴来上课”。如果考虑到小组集体发言，则可适当放宽到 2 分钟。因此你的最大课程容量也就是 40-50 人。

其次，学生的选择严重依赖于你的改革目标。

我们在表 1.1 中简单给出了各个实现案例是如何选学生的。

南京大学电子学院希望以这项改革为突破口，逐步在本科生各核心课程中实施以学生为中心的教与学模式，南大也希望将这种模式推广到其他院校。在这样

的前提下, 对学生进行均匀采样是比较合适的方法。教师们在南大 2014 级本科新生中进行动员后, 报名率接近 100%。为此他们进行了简短的面试, 随后进行了随机抽签。抽签的结果是要确保最终确定的 36 名 (数量由教室容量限制) 学生的构成与全年级 190 名学生在男女比例、地域分布、入学平均成绩等方面是完全一致的。也就是说, 他们有把握, 如果以学生为中心的教与学模式在这 36 名学生中可行, 在其他学生中都可可行。

清华的 a 模式就是想培养创新精神。创新精神的养成必然是一个小众化的环境。20 人的规模是受实验器材和教室容量限制。他们在电机系 120 名大一学生中进行动员, 学生大致有 40-50 人报名, 面试筛选了一些不太愿意与他人交流的同学, 在此基础上进行随机抽签。因此这并不是个重点班。

青海大学的精简加强版既要少学时, 还要训练创新能力。因此势必在重点班开展。24 名 (数量由实验器材限制) 学生的确定是在学生报名的基础上, 以考虑大一学分绩为主, 适当考虑行政班级均衡的结果。

贵州理工学院希望能够改变学生的学习习惯。这当然需要从最普通的学生做起。因此他们在 2013 级本科生的 10 个行政班中选择了 4 个行政班进行试点。其中有两个班大一学分绩较差, 另外两个班较好。这样可以确保改革效果的可推广性和样本的可比较性。贵州理工学院的行政班规模是 50 人。考虑到前述翻转课堂对学生人数的限制, 因此他们共有两位老师参与授课, 每位老师承担较好班和较差班各一个, 采用分班的方式上课, 即每位老师要上两个“头”。也就是说, 相同的内容, 每人要为其负责的两个行政班各上一遍。

清华的 b 模式本身就是一门课 (课程容量 30 人)。因此不是老师选学生, 是学生选课。2014 年春季学期, 有 10 名学生选修, 2015 年春季学期有 15 名学生选修。从 2015 年起, 这门课程在春秋两个学期均开设。

5 课前、课上、课后都让学生干什么?

换个角度问, 怎样才能让学生发生有效学习行为? 这是整个以学生为中心的教与学模式的核心。各个学校的学风不同, 改革目标也不同。因此这个关键问题没法用几句话说明清楚。在后面的第 3-6 章中, 4 所学校都用实例给出了课前和课堂安排。为了能够让读者进行比较, 大多数学校都给出两个实例。其中一个为“戴维南定理” (这是电路中最重要的一个定理), 另一个自选。可以看出, 对于相同教学内容, 各个学校在课前预习和课堂讨论的安排上有显著区别。

各位读者可以从具体实现措施中, 寻找到适合自己的定位和手段。

6 如何评估效果?

很长一段时间以来, 我国的科研项目 and 教学项目都是重申报, 轻结题的。最近几年这个问题得到一些重视和缓解。

在高等教育领域,随着我国加入华盛顿协议,各高校和院系会越来越多地进行各种专业的教育认证。而这种认证的核心,就是要看施教者采取的种种教育措施,是否能够在出口学生身上,体现出预先设定教育目标的实现。也就是说,从目标,到措施,到评估,要闭环。

具体到以学生为中心的教与学来说,对效果的评估当然完全依赖于目标。

如果目标是创新性,则需要拿出学生具有创新精神的**创新实例**来。如果目标是学习效果,则需要拿出学生的学习状态和统计期中/期末考试成绩比较来,以证明经过这种模式培养的学生,在答题方面,比平行班有**明显优势**。如果目标是降低教师授课时数,也同样需要比较改革班和平行班的统计期中/期末考试成绩。当然这里需要证明的是降低授课时数后,其同卷成绩**不弱于**平行班。如果目标是提供灵活性,则也需要用同卷成绩来证明改革班**没有明显降低**学习质量。

除此之外,在第3-6章大家会看到,各个学校在执行以学生为中心的教与学过程中,最大的收获还真不是学习成绩的提高,而是学生在团队精神、表达能力、自信心等方面的收获。这里我们要回顾一下前面提到的清华大学第24次教育工作讨论会确定的“三位一体”的教育理念。只有能够在本科生核心课中同时实现对学生的价值塑造、能力培养和知识传授,这样的教育教学改革才是完整而有生命力的。

7 需要哪些软硬件条件?

首先,你需要争取行政领导(包括院系和教务处,最好能上升到校级)的支持。在中国的大多数高校里,行政的权利还是很大的。这件事毕竟是利生、利师、利校的三赢之举,一般来说,领导会支持。

领导的支持主要体现在对工作量的考核上。第一次实施以学生为中心的教与学是很累的。教师的重点不再是熟悉的课堂内90分钟完整授课,而是不熟悉的布置学生课前、课堂和课后任务,以及组织课堂讨论。在我们的试点学校中,绝大多数都给第一次实施的教师3-5倍工作量。除此之外,如果能够争取到尽量高级别的教学改革立项,就更好了。因为这件事是新鲜事物,需要到有些经验的学校去考察,可能需要添置实验设备。经费的支持是必不可少的。

此外,你需要一个能够让学生讨论得起来的教室。当然,这需要能够让学生们面对面。因此传统的教室是不适用的。现在清华大学和南京大学已经启用了圆形或六边形的讨论教室,青海大学和贵州理工学院的讨论教室也即将投入使用。在没有讨论教室之前,如果有移动桌椅教室,也可以让学生在课前布置成面对面的方式。

开启学生讨论模式后,他们会非常积极地表现自己,你也需要很多组学生同时呈现他们对某道习题的做法,然后从中进行评判。因此除了教室前面原有的黑板外,你还需要充分利用周围墙壁,在上面布置白板或黑板,好让学生方便地起身到离自己最近的白板或黑板上写写画画。

考虑到这两个因素，要将原先的教室容量打个折扣。大致说来，如果是 20 人左右的讨论班，需要原先容量为 30 出头的教室；如果是 40 人左右的讨论班，则需要原先容量为 60 以上的教室。

学生在预习时需要上网，在讨论时经常需要通过反复仔细观看慕课视频或查阅文献来说服对方，因此教室和宿舍的网络环境必须得到保障。

如果你想用移动实验装置训练学生的创新精神的话，教室中要布置得有足够多的电源插座。

各校讨论教室的布置情况，请参见第 3-6 章内容。

第三，你最好能有小伙伴。一个人实现以学生为中心的教与学是比较痛苦的。大多数试点院校都在领导的支持下，有一个小集体在共同做这件事。需要一个集体的目的主要是两个：(1) 分担一下首次授课的工作量；(2) 多人对这种模式都比较熟悉，便于后续推广。其中的第 2 个原因是更重要的。

8 哪些课程适合以学生为中心的教与学（兼论黑学时）？

在传统授课模式下，学生是轻松的，只需要在指定的时间，出现在指定的教室，带着耳朵来听课就好了，听不懂了还可以睡一会。至于作业嘛，自己看书不也能会吗？而且还有很多牛人的版本可以参考。关于考试，考前再刷以前的考题吧。

对于电路原理这样的核心课，在传统授课模式下，学生课内外投入时间比约为 1: 1。这意味着 4 学分的课程，学生每周要用 3 小时课外时间来预习、复习和完成作业。这还是不错的情况。在不少学风欠佳的学校中，学生课内外投入的学时比约为 1: 0.5，甚至更差。

在以学生为中心的教与学模式下，不光教师第一次实施的投入较大，学生的时间投入也比传统班要大。他们在课前要预习，课上要斗智斗勇，课下还要总结，课内外投入时间比约为 1: (1.5~2.5)。不同的课外学时，取决于学生基础、是否引入实验和对教师课堂讨论的要求有多高……

因此读者可能会有两个问题：

(1) 每门课程都这么干，学生不是要累死了吗？

(2) 这不是黑学时吗？

首先，**当然不是所有课都能这么干。**

只有那些“硬课”，那些今后本专业学生养家糊口要仰仗的课才能这么干。而这种课，并不多。大概每个学校各专业本科培养方案的核心课程，都在 10 门左

右。将这 10 门课程放在 6 个学期（一般大四没有核心课）中，平均每个学期不到 2 门。

但这并不意味着学生需要 10 门课程中都以这种方式来学习。这有两个原因。最主要的原因是以学生为中心的教与学模式是比较“奢侈”的。它对教室、教师和学生要求都比较高。在当前条件下，**我们没有能力为全体学生的所有核心课程都提供这样的模式**。此外，**我们也没有必要都提供这样的模式**。前面说过了，这种模式最大的收益不是成绩的提高，而是让学生养成探索的习惯、合作的精神、表达的能力和强大的自信。在学生本科期间，参加 1-2 次这种模式的授课，就可以在这些方面得到充分的训练。

我们举个例子说明前面这两段话。清华大学电机系每年招收本科生 120 人，共有 12 门核心课。假设它们均匀分布在 6 个学期中，而且这 12 门课程都能够实施以学生为中心的教与学模式，每个课程该模式能够容纳 20 名本科生。这就意味着，清华电机系能够提供 $20 \times 12 = 240$ 人次的该模式培养。也就意味着，每位本科生在学期间，参加 2 门核心课程的该模式授课即可。即使把这种模式拓展到数理化生英等基础课中，每位本科生每学期参加的该模式课程数量也不会超过 1 门。

对于第二个问题，立足于核心课，我想 1: (1.5~2.5) 的课内外投入时间比根本不是黑学时，而是抢回原本应该属于核心课的课外学时。对于核心课来说，当前的主要问题不是课外学时太多，而是反过来，课外学时太少，导致核心课不够核心。

而且，学生会有怨言吗？在我们试点的学校中，除贵州理工学院外，其余试点班都是学生自行选择的。即使在贵州理工学院，2014 年秋季学期结课后，在被指定参与教改的 4 个行政班中，匿名调查问卷结果显示，如果有再次选择的机会，有近 80% 的学生愿意留在改革班。

为什么学生甘愿“被黑”？

因为他们在这种模式中，找到了在游戏中才能够获得的胜负心，荣誉感和集体存在感。

因此我们很骄傲，每 1 个“黑”来的学时，都是从网游、qq、微信、贴吧中“黑”来的。

执笔人：

于歆杰 (yuxj@tsinghua.edu.cn)

第2章 SPOC 平台

2.1 理念和发展

2.1.1 SPOC 平台的基本特性

SPOC 的全称是 **small private online course**，一个很贴切的中文译名是“私播课”。作为慕课的一种衍生形式，它的最大特点是：SPOC 更加侧重在学习的各个环节中，面向指定的人群而定制，这也正是慕课技术可以应用于课堂教学中的生动体现。

从教育技术长期发展的角度出发，我们认为**慕课最大的特色在于“为可扩展性而设计”**，即 **designed for scalability**。这里的可扩展性既包括了向上扩展（scale up），也包括了向下扩展（scale down）。意思是慕课一方面可以扩展到世界范围，拥有几十万人的规模。慕课本身就是为 scale up 而诞生的。与此同时，慕课也可以 scale down，如缩小到一个课堂上，并打通线上与线下的各个教学环节。这些可扩展性包括了技术上的设计，比如用云计算、大数据分析来保证教学内容适用，并提供个性化服务；同时也包括了课堂交互方式等的可扩展性，例如学生的慕课学习从设计上就不能依赖于老师的大量参与等。因此说慕课不仅仅是一个技术的创新，更是一个教学理念和教学方法的综合创新。

SPOC 作为慕课的衍生教学形式，也正是伴随着慕课的发展，围绕慕课资源的教学需求的演变而提出的。**SPOC 平台是以慕课平台为基础的**。但由于是面向小部分用户提供服务，因此在产品和服务上相比慕课平台在某些方面的功能有更加突出地体现。

笔者基于长期的慕课和 SPOC 和平台工作经验，抽象并总结出与慕课平台功能相比，SPOC 平台应当着重体现以下几点特性。

1 定制性

如果我们把电路原理的这样一门在全球有几万学生选修的慕课比作一本教科书的话，通过 SPOC，每一个授课教师可以做的是能够把这本书的每一个章节、每一个知识点、每一个习题进行修改，并根据自己学生的实际情况对原有教科书做出相应调整。当然进行这种操作的前提是需要得到著作方对于修改的授权，在这里我们假定这些修改和定制行为都是在合法授权下进行的。当然，这个比喻还是弱了一些，因为教科书相比慕课而言，还是过于死板和单调了，慕课对于知识的展现形式要比教科书生动得多。

SPOC 平台需要满足的最基本功能就是定制性，即可以让授课教师通过 SPOC

平台完成**从时间、空间，到对象，以及知识点和知识点的展现形式等一系列维度的全面定制**。而 SPOC 平台提供的这种可以灵活定制的特性，也正是以学生为中心的教与学所必备的技术和服务支持，下面让我们来分别阐释一下前面提到的各种维度的定制。

(1) 时间的定制

通过 SPOC 平台，施教者可以自行设定每个章节、每个学习单元的发布时间，每个作业提交的截止时间。如果有作业习题解答的话可以设置习题解答的发布时间（一般在作业提交截止之后开放学习解答）。如果作业需要学生之间互相评分，则可以设置同伴互评的开始和截止时间。如果有线上考试的话可以限定在指定的时间内学生统一线上考试，并且规定在一定时间内完成。

这些时间点和时间区间的定制，都可以在最开始制订教学大纲和教学日历时就设计好。然后 SPOC 平台就会按照授课教师预设的时间严格执行。有经验的 SPOC 授课教师只需要进行一次严谨的教学时间点设定，就不用再次担心教学进度问题。在实际教学的进度中，可以根据课程的实际讲授进度和学生的完成情况对于预设的时间点进行调整。这样，通过对于每一个教学单元的各个时间点全面定制，教学者可以灵活把控整个 SPOC 的教学生命周期，甚至比完全自主控制的传统教学进度还要精确、合理得多。

关于课程时间的设定，将会在 2.2 节进行详细讲解

(2) 空间的定制

完全通过慕课的形式线上授课具有局限性。比如一些线下的教学活动（如小组讨论、线下动手实验）是不可能完全搬到线上的。那么如何打破这种局限性？通过实践我们发现，即使线上的 SPOC 教学环节不能完全替代线下的实践环节，SPOC 平台的部分功能仍然能够提高线下实践环节的质量。通过 SPOC 平台，授课教师可以将实践环节的预习和准备工作在线上布置，并在线上组织讨论，为学生制定实践目标，并及时得到学生的反馈。这样，即便是不能取代的线下环节，依旧可以利用线上 SPOC 平台，尽可能地提升线下环节的效率。这样，SPOC 平台也很好地起到了**联结线上线下教学环节的纽带作用**。

由于 SPOC 平台可以很好地成为联结线上线下教学工作的纽带，授课教师就可以大胆而灵活地定制教学场景，并根据 SPOC 授课的需求任意切换教学空间。

(3) 学习对象的定制

SPOC 已经实现了面向小规模人群的定制服务，从整体上满足了学习对象的定制需求。当然，一个更高级的需求是，在同一个班中，大家的学习能力和知识背景依旧参差不齐。面对尖子生，很有可能 SPOC 的内容他们吃不饱，如何给他们更有挑战性的教学资源？同时，面向学习有困难的学生，如何能够找到他们的薄弱点，并有针对性的提供补充的教学资源来降低学习难度提升的坡度？

这需要 SPOC 平台能够在一个班级内实现分组甚至分级管理,并且面向不同的群组可以定制不同的学习计划。如果能自动实现这一点,将对 SPOC 模式的改进和相应教学模式的改革打开一扇新的窗户。然而可惜的是,目前的 SPOC 平台并没有分组和分级管理的功能,无法在同一个 SPOC 内实现面向不同人群的定制。因此这个功能只能由授课者本人来完成,手工把不同类型的人群划到不同的 SPOC 服务中去,这种方法操作上依旧可行,但是会丢失很多有价值的数据和资源的沉淀。

(4) 对于教学内容的定制

慕课的教学内容是基于**碎片化**的教学思想而进行设计的,教学大纲是以知识点为单位进行编排,每一个知识点的讲解往往有与之相配套的独立的视频和习题。正是由于这种碎片化的编排,可以让 SPOC 的授课教师在选择这些资源的使用过程中更加自由和灵活,并根据自己学生的实际情况而进行教学内容的定制。

同样的一门清华电路原理慕课,应用于各个学校做 SPOC 翻转课堂使用的内容是不同的。对于难度明显高于学生整体水平的知识点,SPOC 授课教师可以选择隐藏、降低难度或者是将其作为选修;如果慕课上的习题资源不足,SPOC 授课教师可以增加额外的习题帮助学生更好地理解相应知识点;对于慕课中没有的教学内容,SPOC 授课教师可以将自己的补充资源加进去或是在允许的情况下添加其他可用的教学资源。

经过一个周期的 SPOC 授课和对于慕课资源的不断调整和打磨,会形成一套量身定制的教学内容,这套内容可以被 SPOC 授课教师本人反复使用并且不断完善。

(5) 内容表现形式的定制

通过慕课和 SPOC,不仅可以实现教学内容的定制,同时对于内容的表现形式,无论是对于知识点的讲解视频还是配套习题资源的展现形式,都可以由慕课或 SPOC 授课教师自由地选择并且定制,这是 SPOC 从慕课平台特性中继承的优点,并且会随着教育技术的进步得到不断的发展。

2 私密性

SPOC 的一个关键词是 private,这与慕课中的 open 是相对的。慕课强调的是“有教无类”,绝大多数的慕课都会在一定时间内面向所有学习者公开。因此教学内容和难度会更多地考虑到学习者的平均水平,这样才会吸引更多的人来选修这门慕课。毕竟选课人数和完成率是衡量慕课受欢迎与否的重要定量指标。而 SPOC 是允许“私人定制”的,这一部分人有自己的知识背景和学习特点,我们希望他们能够达到预期的学习目标。相对慕课的教学资源而言,无论是做加法还是做减法,授课教师可以选择经过定制后的教学内容是否公开。这既保障了 SPOC 的教学质量,同时对于 SPOC 授课教师的工作成果和参与 SPOC 学生的个人隐私也是很好的保护。

当然，这里的私密性是一个可选的维度，依然是“可定制”的。教学内容是否局限于小范围受众，完全取决于讲授内容和授课教师的实际情况。如果这是一门面向指定人群的 SPOC，从教学管理的角度可以选择不让课程以外的参与者旁听，也可以允许他们旁听。对于授课教师自己添加的定制内容，可能部分资源需要得到保护。这时，教师可根据情况，自由选择是否公开还是私有。

3 资源的沉淀与共享

正如前面所讲，不同学校、不同背景的 SPOC 授课教师可以对教学内容进行充分的定制。这样，同样一门电路原理的慕课资源在经过一个学期，被不同背景的 SPOC 授课教师实施翻转课堂之后，就可以变为南京大学的电路原理 SPOC、清华大学的电路原理 SPOC、青海大学的电路原理 SPOC、贵州理工学院的电路原理 SPOC 等。这些资源同样得到不断地沉淀和发展，作为电路原理慕课的不同版本，并在合法的条件下进行共享，被更多的授课教师使用并发展。这是慕课和 SPOC 对于教学资源的沉淀所带来的前所未有的优势。

4 细粒度的数据服务

慕课的规模效应可以沉淀出非常有意义的教育大数据。这些数据对于分析一门课程的教学以及学习者的通用学习行为是最宝贵的财富。虽然 SPOC 面向特定人群的定制性，注定了 SPOC 学生在学习过程中产生的数据称不上“教育大数据”。但是，SPOC 教学却对于 SPOC 平台的数据服务提出了更高的要求。

SPOC 需要的是**更细粒度并且精确到个人的数据分析服务**。针对于群体的学习行为分析（无论是统计学分析还是基于机器学习算法的分析）能够很好地适用于慕课。但是对于 SPOC 的授课教师而言却显得有些鸡肋。并不是这些很华丽的分析结果对于 SPOC 授课教师没有帮助，而是**老师更加关心的是每个学生在每一个特定时间段的学习行为和学习效果如何？**有没有在规定的时间内完成应该完成的学习任务？

SPOC 平台所提供的数据服务应当很好地回答类似于下面的几个问题，如：

- (1) 学生 A 在每一周花了多少时间看了教学视频？有多少时间在做题？做题的正确率如何？
- (2) 有多少学生连续 2 次没有提交线上作业，他们分别是谁？哪些学生线上学习的活跃度过低？哪些学生需要通过线下手段进行督促，防止他们掉队？
- (3) 我这一个班级的学生中，在每次线下翻转课堂前，有多少人在课前观看了对应的知识点讲解视频来做预习？他们花了多少时间在这件事上？

.....

越细致的分析越有助于 SPOC 授课教师掌握教学最真实的情况。SPOC 授课教师可以**根据这门课程和学生的实际情况选择一些维度的数据并予以特殊关注**。这项功能也许将会直接影响到 SPOC 服务的发展趋势和 SPOC 翻转课堂教学模式的演进。在未来，哪个平台在这个功能做的更好，将会得到更多的支持者并在

SPOC 平台服务上抢占制高点。

笔者还认为，SPOC 教学产生的数据对于研究个体和特定群体的学习行为具有更加重要的意义，因为线上的数据可以和学生的线下行为进行很好地对照，并从中研究得到一些有价值的推论。这些结论比传统地对于线下学生行为研究更加可信，同时也是慕课单纯线上教学无法实现的。基于 SPOC 线上数据和线下行为的数据分析和研究，将会在学术研究、服务技术和教学方法改革上有非常广阔的发展空间。

5 多种途径的师生互动功能

交互是在线学习的关键。提供方便、快捷、自动化、全方位的互动功能，可以帮助教师更好地管理参与 SPOC 的学生，也能直接或者间接地提高学生的课程参与度。SPOC 平台基本的互动功能应该包括：能够让老师及时地向学生推送信息，在教学的关键时间点提醒学生，以防止他们错过一些重要的线上教学安排（如作业、实验、考试等的发布日期和截止日期），以及功能完备的课程讨论区和 wiki 功能等等。更加高级的互动功能可以考虑基于富媒体和移动设备的远程互动，例如 Minerva 大学项目允许师生通过远程的虚拟教室完成教学过程中的全部交互。

基于上述关于 SPOC 平台服务基本特性的介绍，SPOC 平台服务可以有以下几个常见的应用场景：

场景 1：基于 SPOC 的翻转课堂教学

这是慕课与传统课堂最重要的结合点。利用现有的优质慕课资源，改善传统课堂的教学效率和质量，在服务的模式上，我们选取的是 SPOC 的形式。在课堂讲授的方式上，我们采用的是以翻转课堂为主的混合式教学模式，因此这种应用场景被称为“基于 SPOC 的翻转课堂教学”

场景 2：先 SPOC 再慕课，让 SPOC 测试慕课

不少人选择在慕课大规模公开之前，先制作 SPOC 并在内部进行小规模测试，做出合理的修改和调整后再来发布慕课，即通过 SPOC 来测试慕课。这是一个非常合理和有效的做法，非常有利于让慕课在首次发布前做好充足的准备。这就好比一款移动应用或者游戏在正式发布前的内测版本一样。然而，究竟是先慕课再 SPOC，还是先 SPOC 再慕课，是一个比较有意思并且一直有争议的话题，我们在这里并不做深入讨论。

场景 3：面向特定人群的私密教学资源

如果你的教学资源有一定的保密性，不能公开或者不能完全公开，即这些素材不能放在一门正常运行的慕课里。那么使用 SPOC 平台来做一门 SPOC 是一个不错的选择。在这里 SPOC 实现的功能与慕课的本质区别并不大。这部分资源可能会是一些内部的教学资源（如医学档案）不方便公开，也可能是受到保护的资

源（如机密档案，军事内参）等。

场景 4：面向特定人群的教学或培训

SPOC 还可用于面向特定人群的教学或培训。可能这部分特定人群本身就是小众（比如政府要员、企业高管或者是特定技能人群的培训）。面向特定人的 SPOC 教学或培训更多地是实现从线下到线上的课堂搬家，本质上依然和传统慕课的区别不大。

在本章中，我们主要讨论 SPOC 的第一种应用场景，即“基于 SPOC 的翻转课堂教学”。我们默认将 SPOC 的应用场景设置为“基于 SPOC 的翻转课堂教学”

2.1.2 SPOC 平台服务的演变

本节我们将探讨各大慕课平台对 SPOC 服务的支持，以及相应 SPOC 产品和服务的演变过程，以期读者对 SPOC 的理念能有更加深入的阐释。

1 edX

(1) 基于沙箱机制的 SPOC 服务 <http://edge.edx.org>

来自加州大学伯克利分校的 Armando Fox 教授是 SPOC 概念的最初倡导者，同时也是最早提出 SPOC 平台需求的人之一。Armando Fox 教授需要面向加州大学伯克利分校大三年级计算机专业的本科生开设云计算与软件工程课程。在这个几十人到一百多人的混合式教学课堂中，需要通过 SPOC 平台完成全部线上部分的教学，包括了每周的线上视频、每周测验和线上编程作业。作为 OpenEdX 开源社区的主要贡献者之一，加州大学伯克利分校通过建立与 edX 主站相独立的网站（一个基于 OpenEdx 的镜像站点）来提供这种 SPOC 服务，教学者可以对他们的教学进度和授课内容进行灵活定制。

经过了数年的尝试，软件工程课程 SPOC 教学方法得到不断改进和完善。云计算与软件工程课程在加州大学伯克利分校的选课人数，从 2009 年秋季的 33 人增长到 2012 年秋季的 161 人。在 2013 年春季学期，还有美国另外四所高校的教师加入了该课程的 SPOC 计划，并使用了基于 OpenEdx 的 SPOC 平台服务，这四所学校的 SPOC 开设情况如表 2.1 所示。

表 2.1 加州大学伯克利分校云计算与软件工程 SPOC 校外应用情况

学校	开设情况
宾厄姆顿大学	14 周的含团队项目的软件工程选修课程, 面向大二和大三年级本科生开课
夏威夷太平洋大学	15 周的含团队项目的系统分析/软件工程必修课程, 面向大四年级本科生开课
科罗拉多大学 科罗拉多泉校区	16 周的含团队项目的软件工程必修课程, 面向大三和大四年级本科生开课。该 SPOC 的一些内容同样被用于一门研究生软件工程课程的补充
北卡罗来纳州 夏洛特大学	15 周的含团队项目的软件工程必修课程, 面向大二和大三年级本科生开课

在经过数年的尝试和推广后, edX 可以面向各个加盟高校提供 SPOC 服务, 这些服务运行于一个独立于 edX 的 SPOC 平台 (edge.edx.org) 中, 目前已经有超过 100 门 SPOC 在这个平台上运行。

(2) 正在发展的群组功能

组群 (cohort) 的产品理念是 edX 于 2014 年 11 月底最新发布的。其倡导者是 edX 的副总裁 Beth Porter, 并计划在 2015 年推广并运用于 edX 联盟高校。

群组的实质是基于慕课的群组, 并不是专门为 SPOC 而设计的。群组的功能允许慕课的授课教师在面向通用用户授课 (可以理解为“大班”) 时还能有权限开出一些有特殊内容和设定的群组, 更像是开“小班”。这些“小班”的教学进度和内容可以和“大班”不同。按照前面所讲的“定制性”的特点, “小班”的教学是完全可以定制的。同时, 每个“小班”可以有单独的管理员。这个管理权限是由慕课的课程管理团队进行设置的。因此, 群组的概念相比 SPOC 的设定更为灵活, 配置起来也更加通用。而 SPOC 可以作为群组的一个常见的应用场景, 即允许在得到慕课授课方的授权的情况下, 在同样的课堂内开设可全面定制的“小班”来完成教学。

2 学堂在线

(1) 早期的 SPOC 平台

学堂在线早期的 SPOC 平台模仿了 edX 基于沙箱机制的 SPOC 服务。每一个 SPOC 平台都是一个完全独立的, 相当于一个小型的学堂在线服务。其关键特点是, 该服务和学堂在线主平台 (www.xuetangx.com) 是隔离的, 用户数据和教学资源完全不互通。每个 SPOC 平台继承了 OpenEdX 的绝大部分功能, 视频服务和学堂在线主平台是一致的, 可以实现一般学校开设 SPOC 的基本需求。

这种服务模式可以在早期满足 SPOC 开设的基本需求。但是由于每个 SPOC 服务是独立的, 因此安装部署一个新的 SPOC 平台所花费的时间和人力成本较高,

不适合被大规模推广使用。同时,由于慕课平台的功能更新非常频繁,采用这种早期服务模式需要对这些独立的 SPOC 平台依次进行更新和版本升级,这极大地增加了 SPOC 平台长期运维的工作量。

(2) 学堂云服务

学堂云服务于 2014 年 7 月正式上线,旨在为各个高校和授课教师提供一站式的、可信赖的慕课和 SPOC 教育云服务。

它完全按照云服务的方式来设计,相比早期基于沙箱机制的独立 SPOC 平台有很大的优势。主要体现在平台的安装和部署更加便捷灵活,功能保持与学堂在线主站一致,且版本的更新和升级也会伴随学堂在线主站一起进行升级。用户和学习数据及学习资源可以与学堂在线的用户进行打通。这种服务模式拉近了慕课和 SPOC 的距离,使得慕课的资源更容易地转化为 SPOC 的教学内容。

如果学校的网络环境较好,学校连接互联网的出口带宽够用,学生可以顺畅地访问互联网的视频资源,学堂云服务可以满足学校开设 SPOC 翻转课堂的技术需求,并且学校也无需在平台的部署和维护上投入人力和时间,这些服务都会由学堂在线来提供。

学堂云目前提供两种类型的 SPOC 服务。第一种是**以学校为单位的 SPOC 平台**。每个学校可以有专属于自己的 SPOC 平台,**可以灵活定制平台主题和课程资源**。例如青海大学的 SPOC 平台(<http://qhu.xuetangx.com>)和南京大学的 SPOC 平台(<http://nju.xuetangx.com>)等。南京大学 SPOC 平台的登录界面和课程界面分别如图 2.1 和图 2.2 所示。



图 2.1 南京大学学堂云服务主页



图 2.2 南京大学学堂云服务 SPOC 页面

第二种是**以课程为单位的学堂云服务**。对于有很多学校参与的，相同慕课的 SPOC 翻转课堂教学，学堂在线提供这种类型的 SPOC 公有云平台 (<http://pec.xuetangx.com>)。这样，使得不同的院校在同一个平台做各自的 SPOC 翻转课堂，既方便原慕课授课教师查看 SPOC 的实施情况并予以指导，也方便了不同院校之间实施 SPOC 教学服务的相互交流，更加适用于慕课在各个不同学校的落地开花。教育云平台分为学生端和教师端，学生端网址为：<http://pec.xuetangx.com>，教师端 (Studio) 网址为：<http://studio-pec.xuetangx.com/>。电路原理课程学堂云服务的登录界面如图 2.3 所示。

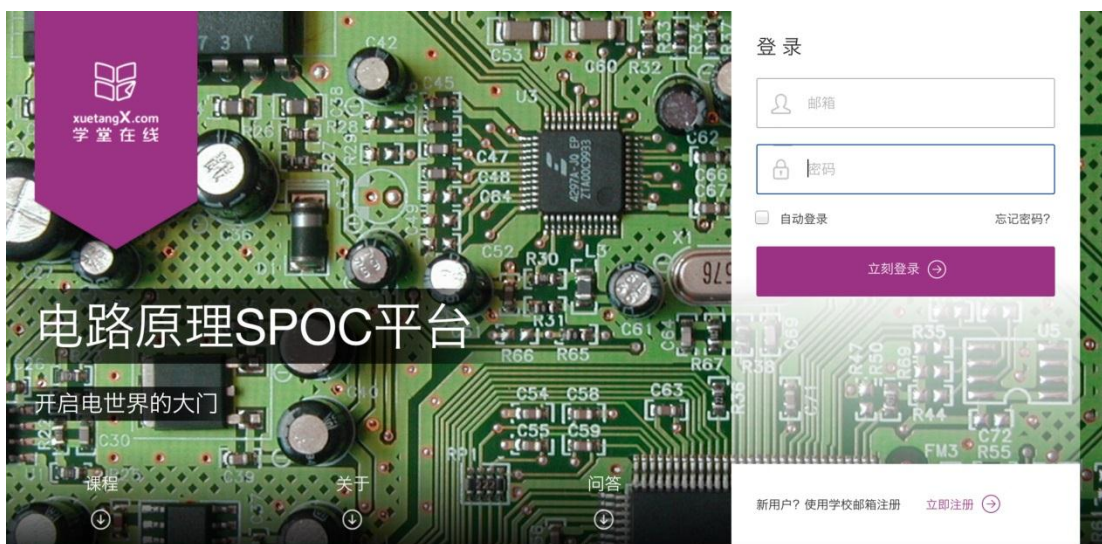


图 2.3 电路原理以课程为单位的 SPOC 平台

有关学堂云服务的详细信息，请参考 cloud.xuetangx.com，本章 2.2 节关于平台使用的培训将以学堂云服务为基础。

(3) “学堂盒子”与 SPOC 私有云

学堂云服务可以满足绝大多数外网环境好的学校开展 SPOC 的需求。但是对

于外网环境不够好、出口带宽较窄的学校（特别是西部的一些院校）来说，却不太适合使用运行于互联网的云服务。

学堂在线同样面向这些学校提供不依赖于外网环境的 SPOC 服务。最初的理念是希望将全部的慕课和 SPOC 组件安装在一个部署于校园局域网的小型服务器集群之中，即“MOOC-IN-A-BOX”的概念。基于这一理念，学堂在线提供了基于局域网的 SPOC 私有云服务——学堂盒子，如图 2.4 所示。每一个学堂盒子的安装都需要依赖于当地院校的网络环境来进行相应的配置，为了保障服务的统一性以便于维护和升级，学堂盒子提供了包括硬件、软件和服务的一条龙配置，以降低学校在私有云服务维护上投入的成本。



图 2.4 学堂在线 SPOC 私有云服务——学堂盒子

在 2014 年，贵州理工学院电路原理 SPOC 翻转课堂的实施采用了私有云的服务模式。其登录界面如图 2.5 所示。

随着学堂盒子部署数量的增加和各高校出口带宽条件的改善，可以在经过学校授权的前提下，利用这些高性能服务器，在满足自身 SPOC 需求的前提下，将学堂盒子用作区域性的视频分发服务器。由于慕课和 SPOC 在资源（主要是视频资源）方面是基本一致的，区别主要在于资源的编排方式。因此用学堂盒子作为慕课视频服务器后，可缓解主站的流量和带宽压力，有利于慕课和 SPOC 的发展。



图 2.5 贵州理工学院的 SPOC 私有云服务

3 中国大学 MOOC

(1) SPOC 服务

2014 年 9 月, 中国大学 MOOC (<http://www.icourses.cn/imooc/>) 发布了专门针对某门课程, 满足校内师生教学需求的 SPOC 服务。高校教师可以通过同步、异步或独立方式应用优质在线课程资源, 与课堂教学相结合, 开展混合式、翻转式教学。关于这些 SPOC 服务的简要介绍如下。

同步 SPOC: 与正在开课的慕课保持大致同步, 跟随慕课教学安排, 在此基础上开展校内小规模教学。山东大学线性代数课程的同步 SPOC 网页如图 2.6 所示。

异步 SPOC: 教师引用已完整开设至少一遍慕课的教学资源, 根据本校的实际情况灵活安排, 独立组织校内小规模教学。

独立 SPOC: 教师自主进行课程设计, 完全采用自己建设的教学资源独立组织校内小规模教学。



图 2.6 山东大学 2015 春线性代数同步 SPOC

下面我们仍以哈尔滨工业大学的“大学计算机—计算思维导论”课程为例，说明中国大学 MOOC 平台中同步 SPOC 模式的实施方式。

“大学计算机”是教育部倡议在大学一年级开设的第一门计算机基础课程，是惠及全国每年 600 万大学生的重要课程。教育部明确提出“推动以大学生计算思维能力培养为重点的大学计算机课程改革”，美国等发达国家也倡导在大学低年级甚至高中生中开展计算思维教育。因此计算思维是大学生复合型创新思维培养的有机组成部分。

但在我国，当前的计算机基础教育还远没有实现计算思维教育。由于课程天然存在的“内容不断膨胀—学时不断压缩—基础参差不齐”的矛盾、任课教师水平亟待提高的实际困难、各高校各专业的不同定位等，众多学校仍旧处于有心改革，但无力改革的困境，迷茫于计算思维教育如何落地的困境。

为了解决上述问题，哈尔滨工业大学战德臣教授带领的大学计算机课程团队，提出了两个方面协同破解难题的思路，并进行了成功的实践。该课程借助慕课和 SPOC 各自的优势，实现了基于 SPOC 平台的知识学习和基于慕课讨论区的跨校大规模在线讨论。

一方面，他们从计算学科范畴提炼计算思维，提出了用“计算之树”来概括大

学计算思维教育空间,将这一基础课程的价值从工具论层面提升到思维培养层面,率先开设出特色鲜明的大学计算机—计算思维导论课程。

另一方面,他们借助慕课和 SPOC 的平台优势,探索了对社会化学习者和在学学生同时讲授大学计算机—计算思维导论慕课和 SPOC 的新途径。这一课程已在中国大学 MOOC 平台上完整开设 2 次,选修学生人数超过 3 万。

在 SPOC 方面,包括“985”高校、“211 高校”和地方高校在内的哈尔滨工业大学、南京航空航天大学、西南科技大学、合肥工业大学、哈尔滨工程大学、西北工业大学、哈尔滨商业大学、东北林业大学、齐齐哈尔大学、湖南师范大学、苏州科技学院、西南石油大学、哈尔滨工业大学(威海),在 2014 年秋季学期,基于大学计算机—计算思维导论慕课,同步建设了各自的 SPOC,将高水平、标杆化的慕课,结合 SPOC 的特色化,成功地延展为适合在校生的课程,推动了所在学校大学计算机课程的教学改革。

依托中国大学 MOOC 平台,在哈尔滨工业大学这样的“985”院校,实施了基于慕课+SPOC 的大学计算机课程内容全面彻底的教学改革,开设了 8 门 SPOC (从“最简单”的“大学计算机”到“最复杂”的“计算机专业导论-面向计算机专业”);在南京航空航天大学专业“211”院校,借助于慕课+SPOC,在教师教学水平尚不到位的情况下,成功使已取消的“大学计算机基础”课程重新建立起来;在西南科技大学这样的地方院校,在所有教师接受培训的前提下,依托慕课+SPOC,面向全校范围实施了大规模的大学计算机课程教学改革,约 40 余位教师参与授课。

利用该课程的慕课和 SPOC 平台,课程团队还建立了**建立跨学校大规模在线互动讨论的“第三课堂”,促进课堂教学效果乃至最终教学效果的提升**。首先,在慕课中精心设计了讨论主题。每讲 4~5 个讨论主题,为学生留下交流的话题,引导学生进行交流。其次,参与 SPOC 的所有学校均将课程的内容学习部分放在 SPOC 平台中,而课程讨论部分均在慕课平台中进行,从而**形成联动的跨校大规模在线讨论环境,形成学生自学—互学—群学的环境,形成各学校教师互动交流的环境**。各学校可自主制定针对参与互动讨论的相应激励政策。同一课程 13 所大学 2 万余名在校生学习,14 万余人次互动讨论,6 千余条好评意见,说明跨校大规模在线讨论的第三课堂为所有学生提供了参与表达的空间,而参与也确实能够激发学生学习的兴趣,促进了学生的进一步思考和学习。

在这一模式下,慕课/SPOC 平台、学校教学管理系统、教师和学生之间可以实现知识传授和成绩管理的闭环,如图 2.7 所示。

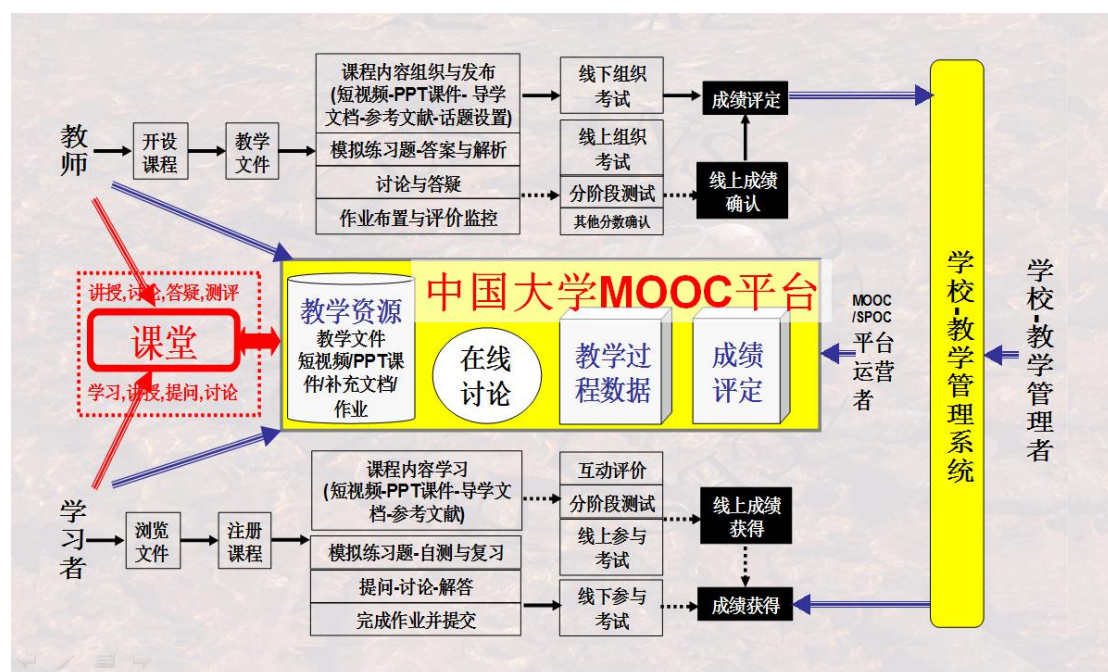


图 2.7 慕课/SPOC 平台、学校教学管理系统、教师和学生之间的关系

中国大学 MOOC 平台支持慕课与 SPOC 的联动机制。学生不仅能通过 SPOC 学习本课程班规定的教学内容（可能是经过教师调整剪裁的内容，也可能是经过教师补充的辅助性内容），还可以通过同步的慕课学习到标杆性的课程内容。这有效地实现了“**基础弱的学生可以走得更扎实，基础好的学生可以走得更远**”。学生不仅可以参加 SPOC 特色化的考核以获得课程学分，还可以参加慕课的标杆性考核以获得课程证书。

我们认为，大学计算机—计算思维导论慕课/SPOC 的改革在两个方面具有非常重要的价值：

(a) **探索出一条将最新教学理念及时推广的有效途径**。前已述及，在传统知识发现和传播模式下，诞生和实现新的教学理念，需要先在某所高校进行若干年实践，再总结为教材发行。若干年后，才有可能为其他高校教师接收并且采用。但是，教学理念的更新速度相对是比较快的，会存在信息相对蔽塞高校“始终在赶，但始终赶不上趟”的现象。利用慕课和 SPOC 平台，可以快速将最新教学理念在社会化学习者和校园学习者中进行传播，及时获得反馈。这将极大促进教育学理念与方法的发展和实践。

(b) **探索出一种素质类课程师资（尤其是优质师资）急缺问题的解决方案**。所有人都认同：素质类课程是大学人才培养中的最关键环节之一。但所有人也都知道，素质类课程要想上得不“水”，是很难的。因此，优质素质类课程师资在所有高校都是极度稀缺资源。利用慕课和 SPOC 的模式，可以充分挖掘优质素质类课程师资的潜力，对实施 SPOC 的高校提供能用、好用的优质教育资源，缓解其由于高生师比，导致的在授课师资方面的压力。这将极大促进高校人才培养质量的提高，推进人事制度改革。

(2) 在线课程中心云服务

2015年,中国大学MOOC推出了面向全国高校的在线课程中心云服务。高校可通过云服务模式的在线课程中心,建设自己学校的SPOC和慕课。在线课程中心云服务在优化现有SPOC服务的基础上,支持优质SPOC一键转换成慕课。这在服务校内师生开展混合式、翻转式教学的同时,也可惠及更多的社会学习者。山东大学在线课程中心网页如图2.8所示。

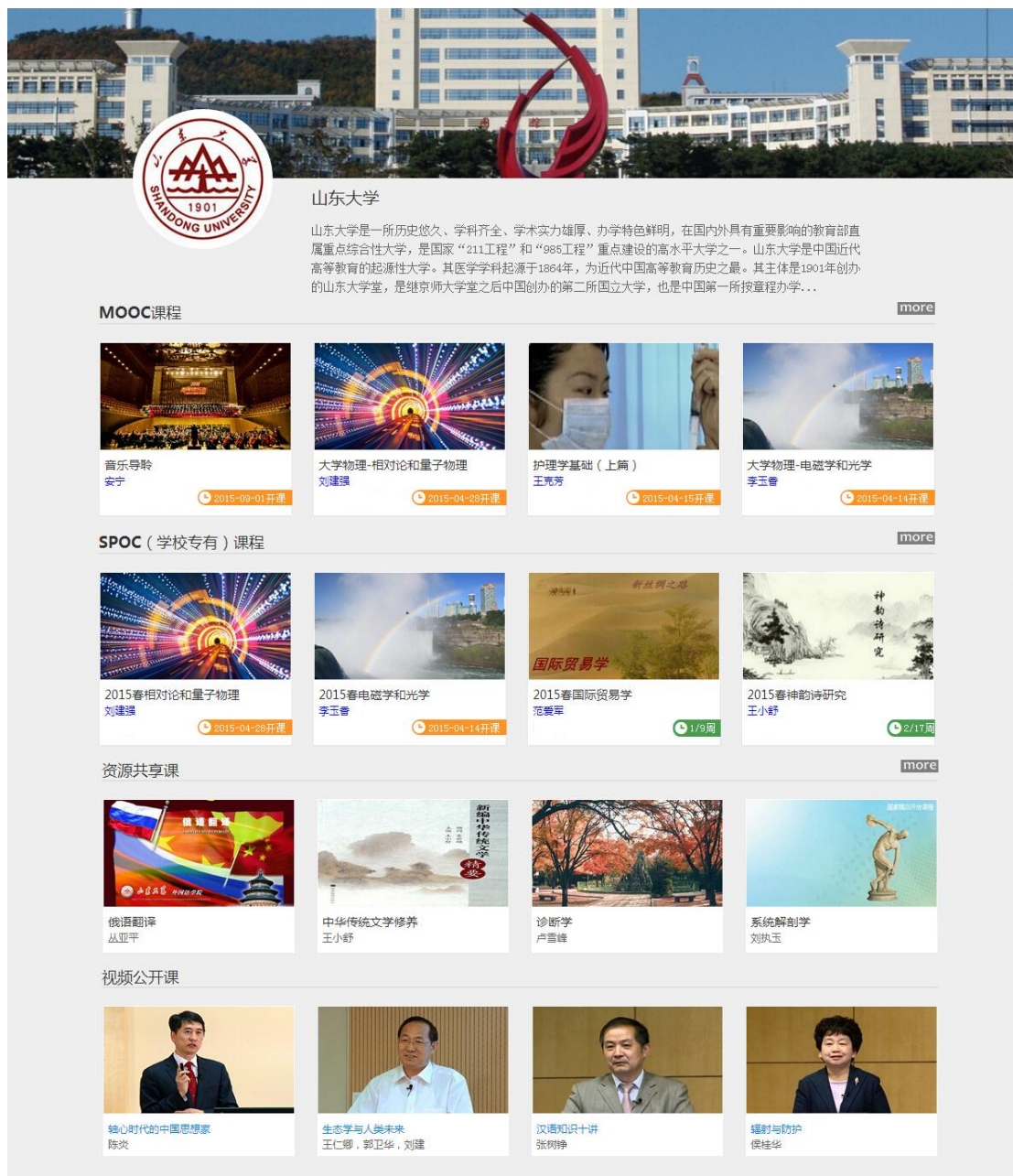


图 2.8 山东大学在线课程中心

4 Coursera

Coursera (<https://www.coursera.org>) 为加盟高校同样提供了学校专区,在该

专区上加盟高校可以开展 SPOC 业务。使用该专区需要使用相关的学校 ID 或者校园邮箱才能登陆，非该校的人员不能进入到这个专区中。Coursera 面向北京大学提供的专区（<http://pku.coursera.org>）网页如图 2.9 所示。

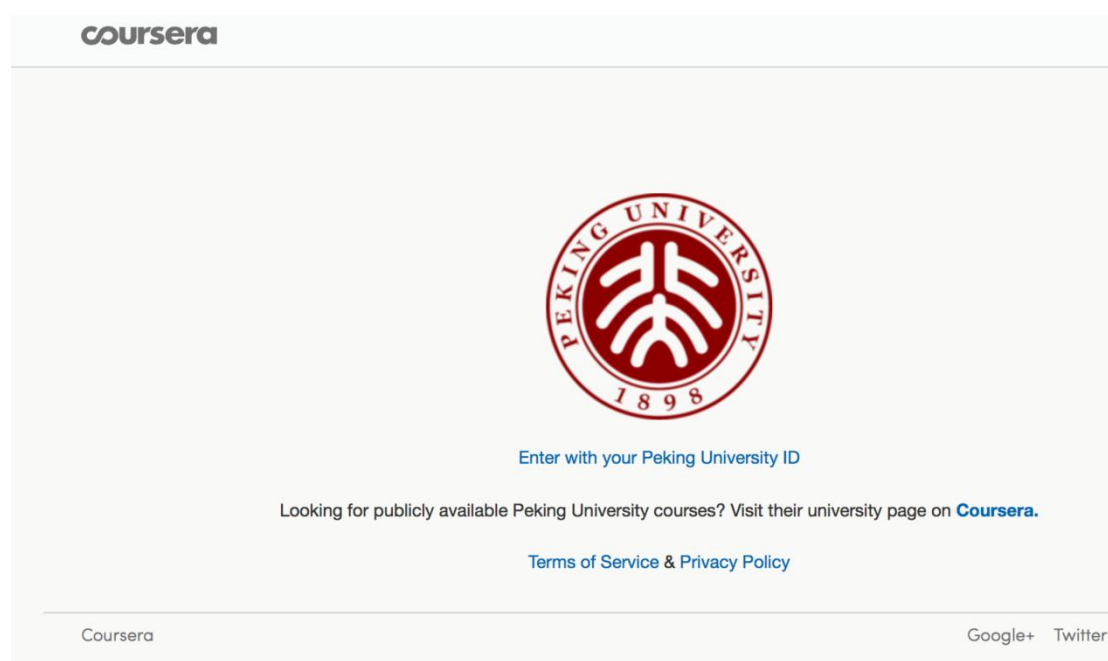


图 2.9 Coursera 面向北京大学提供的专区

2.2 施教功能

学堂在线推出的“学堂云”服务，为以学生为中心的教与学模式量身打造，根据老师们的不同需求而定制生成。

从学生端来看，在慕课平台学习和在 SPOC 平台学习没有体验上的差异。学生登录课程后访问的主界面均如图 2.10 所示。因此本节将详细讨论教师如何在 SPOC 平台上设置资源，对学生端的功能不再进行介绍。



图 2.10 SPOC 主界面和课程信息和课程讲义页面

关于实际操作,读者可在阅读至本书相关位置时,扫描对应的二维码,以访问教学视频、Flash 文件和模板文件。

要想让 SPOC 平台为以学生为中心的教与学服务,需要由教师或助教来完成的工作主要包括 3 个方面:课程设置、慕课资源调整和课程信息更新。

课程设置需要在 SPOC 开设之前完成,一旦参数设定完毕,一般不得进行修改,避免牵一发而动全身。

慕课资源调整可以在 SPOC 开始之前完成,也可以随着 SPOC 的运行,每周完成相应的内容。

伴随着 SPOC 的运行,教师/助教每周至少应该**更新“课程信息”**一次,上传辅助学习资料。

2.2.1 课程设置

1 添加成员

前已述及,在以学生为中心的教与学模式中,最好由多名教师或助教来联合实施。因此需要由主讲教师给其他人设置相应的权限,这就需要添加团队成员。

除此之外,在拥有学生注册邮箱后,教师可以一次性、成批地导入学生信息,使得整建制班的学生可以一次性地实现 SPOC 选课的功能。

需要强调,上述两项功能的实现,都需要团队成员和学生拥有平台注册账号,才可以由教师将其导入课程。

此处插入视频二维码
文件名:“2.2.2-教师端-1-课程设置-1-添加成员.mp4”

2 设置慕课资源的有效时间段

相对于与慕课进度同步开展翻转课堂而言,SPOC 的优势是:教师可以根据自己的教学日历,来组织慕课资源的呈现顺序和呈现时间。

在慕课和 SPOC 平台中,有几个有嵌套关系的时间概念:课程有效时间段、周有效时间段和周内资源有效时间段。

课程有效时间段涵盖的范围最宽。它决定了课程可以被学生注册和访问的时间段。包括课程开始时间、课程结束时间、学生注册开始时间和注册结束时间。需要注意的是,学生只有在注册期间内才可以注册这门课程,只有在课程开放期间内才能进行学习,老师需要根据自身课程开课情况,自行设置这些时间节点。

周有效时间段决定了放在该周内的慕课资源在哪个时间段内可被学生访问。它包括视频可以被访问的时间,提交讲间练习和每周作业的时间等。如果该时间与课程运行时间发生冲突,以课程运行时间为准。也就是说,如果教师设置的某周慕课资源对外开放时间早于课程开始时间,则需要等到课程开始时间之后,该部分资源才能对外开放。

周内资源有效时间段决定了个别慕课资源有效的时间段。教师可以设置某些资源(视频或练习)在其所属周中的特定时段对外公开,以达到特殊的授课效果。类似地,具体资源的有效时间需要服从其所属周有效时间和课程有效时间。也就是说,如果教师设置的某周内慕课资源对外开放时间早于该周的开始时间,则需要等到该周开始时间之后,该资源才能对外开放。

具体来说,某个慕课资源能够被学生访问,需要课程已经开始(且尚未结束),其所属周已经开始(且仍然对外开放),当前时刻在其被设置的开放时间段内。

这3个不同层级的资源开放时间,为SPOC教师提供了灵活组织慕课资源的广阔空间。

此处插入视频二维码

文件名:“2.2.2-教师端-1-课程设置-2-设置时间.mp4”

3 设置线上评价机制

实施以学生为中心的教与学,需要教师合理设置线上学习和线下学习所占期末总成绩的比例(可参考表1.2)。在线上学习成绩中,SPOC平台提供自动评价学生的机制。一旦相关阈值被设置好,则课程结束时,可一次性获得所有学生的线上学习成绩。

授课教师可以在Studio“设置”中的“评价”栏目对“评分规则与政策”等项目进行编辑。

此处插入视频二维码

文件名:“2.2.2-教师端-1-课程设置-3-设置评价-1.mp4”

同时,教师也需要在此页面对每个类型的练习的总分比重和总数进行编辑,以便后台可以准确计算学生分数。

此处插入视频二维码

文件名:“2.2.2-教师端-1-课程设置-3-设置评价-2.mp4”

4 添加静态页面

教师在Studio中可以在“内容”中添加/删除/编辑“静态页面”,比如可以添加“教学日历”,如图2.11所示。



图 2.11 SPOC 平台添加静态页面

点击“添加新页面”可以创建页面，创建了“教学日历”后，点击“编辑”会出现两种编辑方式“可视化”和“HTML”，此时需要教师把页面内容加入进去。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-5-静态页面.mp4”

“教学日历”为老师自定义的扩展项目。在这个栏目中，老师可以自己定义显示的内容。以电路原理课程 SPOC 平台为例，任课老师将课程知识点体系用 Flash 显示出来（如图 2.12 所示），学生可以直观掌握自己的学习进程，可以看到自己目前学习的知识点在整个体系架构中的位置，为未来的学习方向做了指引，有助于学生的课前预习和课后复习。

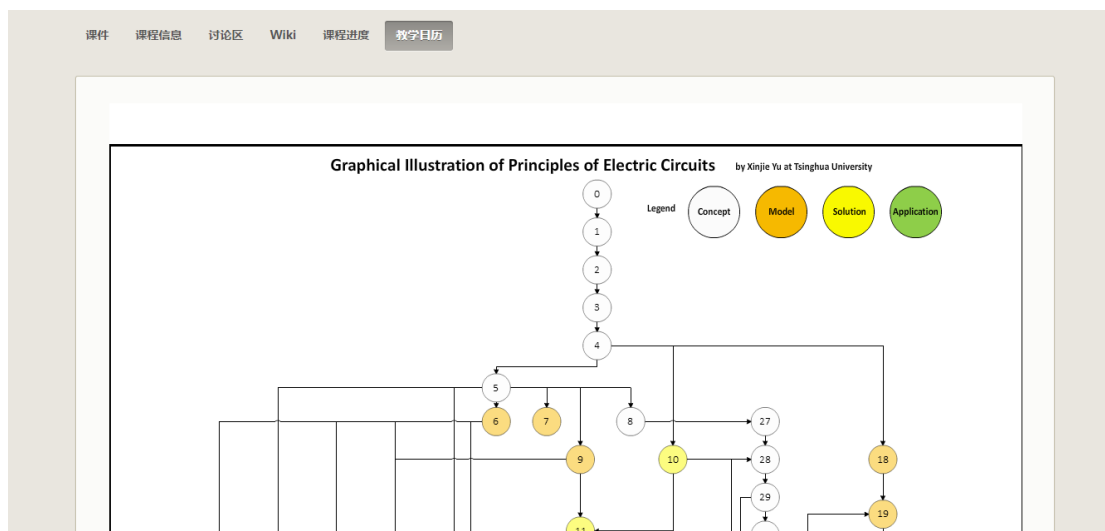


图 2.12 电路原理 SPOC 的教学日历页面

此处插入 Flash 二维码
文件名：“Structure-full-final.swf”

5 其他细节

SPOC 的课程名称和课号，可通过“设置”-“高级设置”中填写进行相应的内容来实现。此外，在高级设置中还可以为学生打开计算器工具和讨论工具。需要指出，高级设置针对的是整个课程的全局。因此请务必只修改自己熟悉的内容。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-4-高级设置.mp4”

2.2.2 慕课资源调整

1 文件上传及管理

SPOC 教师如果需要在现有慕课资源的基础上，添加新的教学资源，需要进行如下两步操作。首先，需要将相关文件上传至 SPOC 平台；其次，要在 SPOC 课件中的相关位置对该资源进行设置。

学堂在线对云平台上的课程视频进行了基于 CDN(Content Delivery Network)的流媒体分发。因此视频资源和其他资源的上传方式不一样。上传课程视频可直接在资源添加页面完成，但是课程中需要用到的课件、文档、字幕文件、图片等需要单独上传并获得相应链接。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-教师端-2-资源调整-1-文件上传及管理.mp4”

2 调整课程结构

作为在线教学平台，不可缺少的就是编辑在线课件的功能，在 Studio 的“内容”处点击“大纲”即可开始编辑课件，如图 2.13 所示。图中左侧的“**周**”，有时也称为“**章**”；“**讲**”有时也称为“**节**”或“**小节**”。在每节下，可以添加不同的**资源**，有时也称为“**单元**”。在编辑过程中，可以随时点击右上的“查看学生界面效果”跳转到学生端查看实际呈现状态。

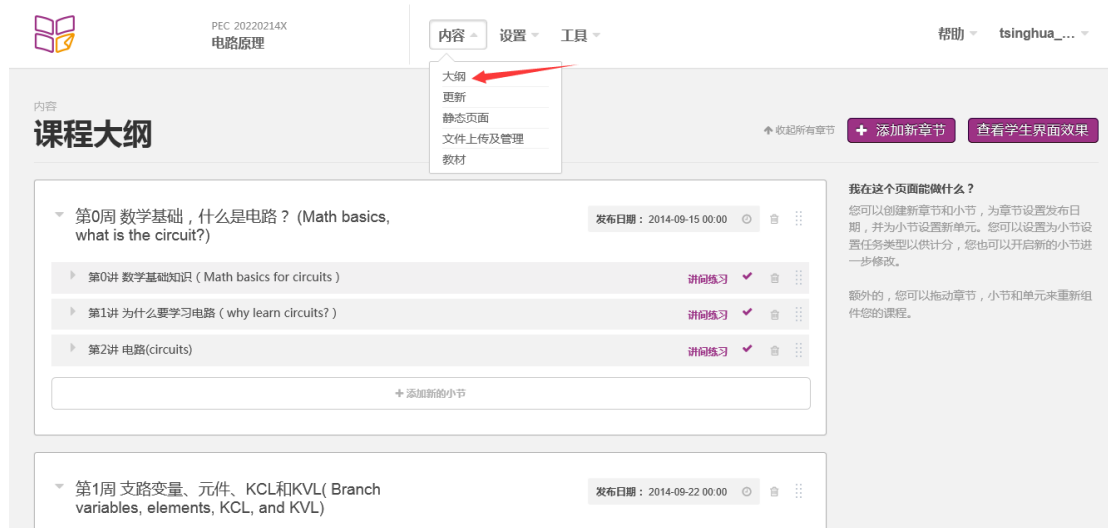


图2.13 课程大纲

一般来讲, SPOC 云服务提供商都会事先将某个慕课资源完整植入 SPOC 平台。因此 SPOC 教师并不需要从头开始构建一个慕课的结构。需要熟悉的仅仅是如何方便地调整课程的结构。这包括以拖放的方式调整周内容顺序、调整周内讲顺序、隐藏某些周或讲等。

此处插入视频二维码

文件名: “2.2.2-教师端-2-资源调整-2-课程结构.mp4”

3 添加视频

针对本班学生需求, SPOC 教师可能需要添加一些资源。在每个单元中, 可以添加多个组件, 包括视频、讨论区、填空题和选择题等, 如图 2.14 所示。



图 2.14 添加新组件

前已述及, 学堂在线 SPOC 服务中视频的添加是基于学习单元的, 因此在图 2.14 中点击“视频”按钮即可添加新视频。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-教师端-2-资源调整-3-上传视频.mp4”

4 添加习题

对于不同教育背景的学生，SPOC 教师需要选用不同范围和不同难度的习题，以达到有针对性的教育目的。因此添加习题是经常需要用到的功能。在图 2.14 中点击“问题”按钮即可添加新习题。

学堂在线提供多种习题类型（图 2.15），这里只对常见问题类型（单选题、多选题、填空题）进行介绍。

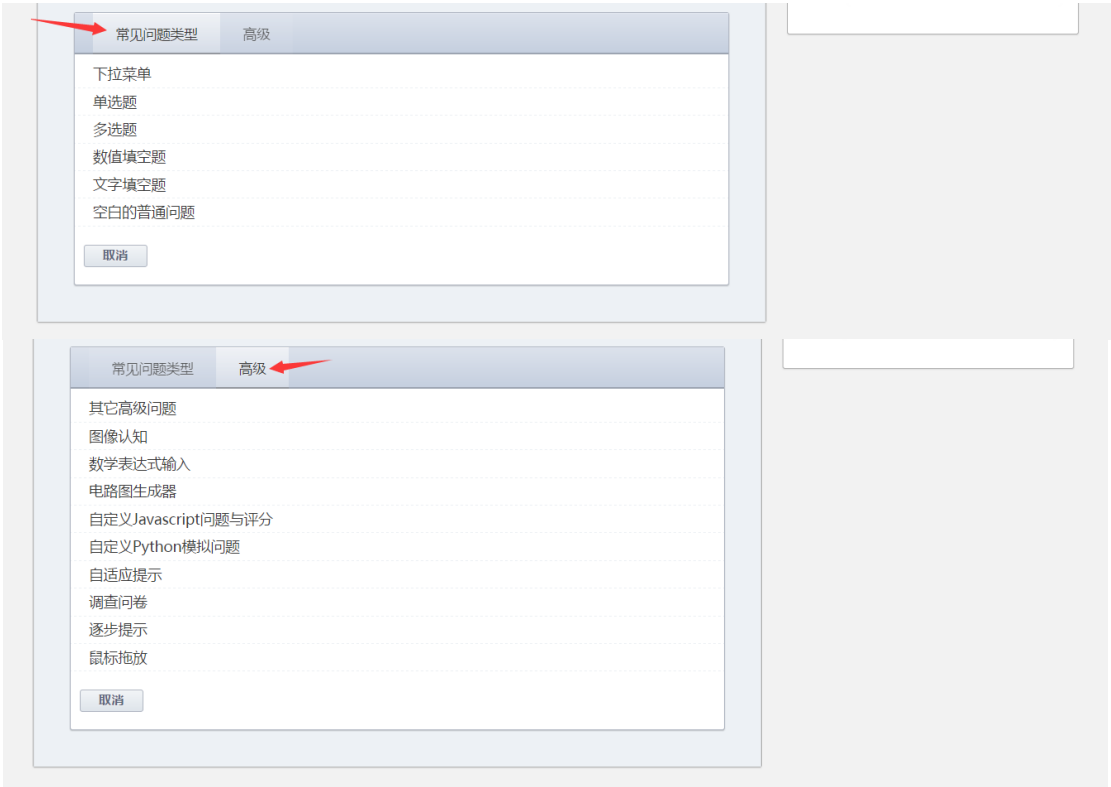


图 2.15 添加习题

在“常见问题类型”中点击“单选题（或多选题）”，会出现单选题的模板，点击“编辑”，可在模板的基础上，对题干、选项和解答进行编辑和修改。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-教师端-2-资源调整-4-1-选择题.mp4”

此处插入文件二维码
文件名：“1-3-6_选择题模板.txt”

填空题与单选题的编辑方式类似。值得一提的是，数值填空题支持输入误差，即如果学生输入的数值在设定区间内，则均判为正确。教师可以设置在标准数值

答案的基础上,以绝对误差或相对误差的方式设置正确区间。例如,对于标准答案为1的填空题来说,设置了“ ± 0.02 ”的绝对误差后,学生填写0.98~1.02均被记为正确答案;设置了“ $\pm 5\%$ ”的相对误差后,学生填写0.95~1.05均被记为正确答案。

此处插入视频二维码

文件名:“2.2.2-教师端-2-资源调整-4-2-填空题-1.mp4”

此处插入文件二维码

文件名:“2-4_填空题模板.txt”

为了帮助学生更好地理解答案,老师可以添加答案的解释,在学生做完题目后,可以点击“显示解答”或者“隐藏解答”来显示/隐藏答案的解释。为了在做题过程中加深学生对于知识点的掌握和理解,平台还开发出了“分步提示”的功能。

此处插入视频二维码

文件“2.2.2-学生端-2-课件-分步提示.mp4”

此处插入视频二维码

文件“补充--教师端-分步提示-1.mp4”

此处插入视频二维码

文件“补充--教师端-分步提示-2.mp4”

此处插入文件二维码

文件名:“3-1_填空题分步提示.txt”

在问题模块中,老师也可以灵活运用选择题或者填空题的形式对学生进行问卷调查,了解学生的想法。同时平台也有专门的“调查问卷”模块支持这项需求。

5 添加单元讨论区

学生在对某个资源进行学习后,有可能产生感想或疑问,此时比较适合在该资源下面设立单元讨论区,让学生就地开始讨论。在图 2.14 中“添加新组件”处点击“讨论区”按钮,则会产生一个基于本单元的讨论区。

此处插入视频二维码

文件名:“2.2.2-教师端-2-资源调整-5-讨论区.mp4”

2.2.3 课程信息更新

教师在 Studio 中可以添加学生在课程信息和课程讲义中能够看到和可供其下载的文件资源(如图 2.10 所示)。

此处插入视频二维码
文件名：“2.2.2-教师端-3-编辑更新.mp4”

2.3 数据反馈功能

1 数据导出

为辅助教学，SPOC 教师可能需要将本班学生的名单和成绩导出。学堂在线 SPOC 平台在“教师工具”中提供学生名单导出和学生成绩导出功能。

此处插入视频二维码
文件名：“2.3-数据-1-数据导出.mp4”

2 学生个体的学习效果

教师可以在“教师工具”中选择“新版教师工具”，在其中的“课程信息”可以看到课程整体选课情况。如果教师希望掌握某个特定学生的学习情况和进度，可以点击“学生管理员”（如图 2.16 所示），然后在输入框中输入学生的注册邮箱或者名字，再点击“学生进度页面”，则会跳转到这位学生的“课程进度”页面，老师就可以查看到每位学生的答题情况（如图 2.17 所示）。因此，SPOC 平台可以方便地提供学生个体学习效果数据。



图 2.16 查看学生进度

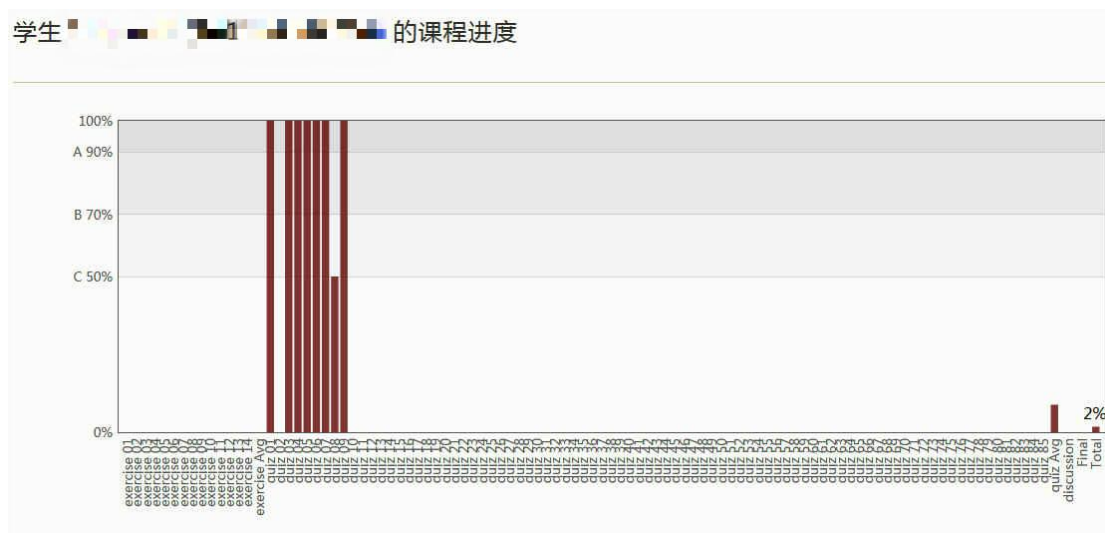


图 2.17 学生的课程进度

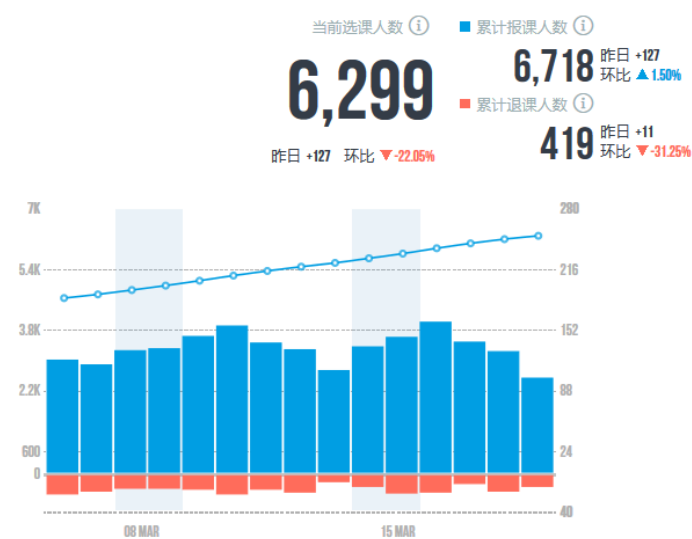
在图 2.17 给出的学生学习进度图中，按照 14 次每周作业、85 次讲间练习、讨论区贡献、期末考试和总成绩这 5 大部分给出了学生迄今为止的表现。可以看出，该生当前尚未完成任何一次每周作业，在前 9 次讲间练习中，7 次拿到满分，1 次未得分，1 次拿到一半分数。

3 学生群体的统计学习行为

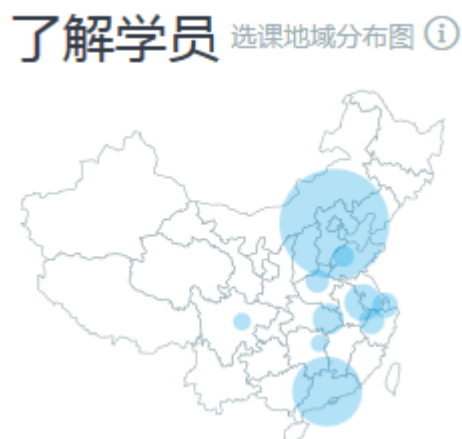
在学堂在线慕课平台和基于公有云的 SPOC 中，授课教师可以通过“教师工具”中的“数据统计”看到本门课程的统计信息，掌握学生的统计学习行为。“数据统计”由 10 部分组成：课程热度、了解学员、课程健康度、特别关注、学习进度、学习活跃度、学生学习习惯、助教考核、讨论活跃和得分分布。教师可以在这个页面直观地观测到[学生群体的统计学习行为](#)。下面以某一时刻电路原理慕课为例，说明这些数据的含义。

“课程热度”展现了课程的选课情况，具体有当前选课人数、累计报课人数和累计退课人数，并用可视化图形直观展示随着时间变化而变化的课程选课情况，如图 2.18 所示，其中横轴为某日，折现中的点表示当前的总选课人数，蓝色矩形高度表示某天新增选课人数，红色矩形高度为某天退课人数。

课程热度



“了解学员”直观展示了根据 IP 统计的学生的地域分布情形。图 2.19 中圈的面积表示不同省市的选课人数。



“课程健康度”从学习者规模和学习社区运营两个方面的 5 个指标（包括：学习者 7 日活跃率、学习者总规模、讨论区发帖回复率、讨论区人均互动与次数、讨论区参与规模），概览式地展示课程运营整体情况（既包括课程自身的绝对数据，也包括与同一平台中同期课程相比的相对数据），如图 2.20 所示。



图 2.20 课程健康度

“学习活跃”提供了活跃用户占当前选课人数百分比这一数据，体现了活跃学

生占本课程总选课人数的比例,如图 2.21 所示,其中横坐标为某日,蓝色高度表示改日新增唤醒人数(即此前不活跃,该日变为活跃的人数),红色表示新增沉睡人数(即上一日活跃,该日不活跃的人数)。

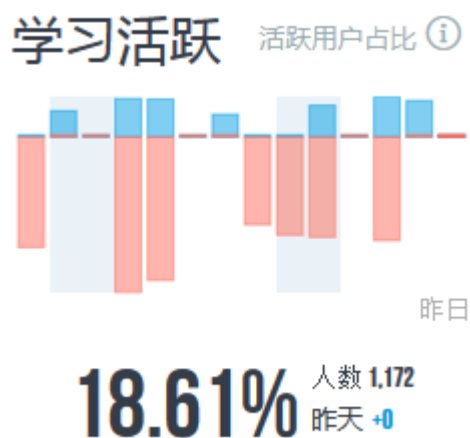


图 2.21 学习活跃

“学习习惯”用学习活跃时间热力图直观地展示学生最近 1 周的学习习惯,包括了学生喜欢在周几学、喜欢在哪个时间段学等信息,如图 2.22 所示。其中纵轴为最近 1 周中的 7 天,横轴为每天中的 24 小时,每个格子表示 1 个小时。格子颜色越深,表示当日该小时的在线学习人数越多。由图 2.22 可知,大多数学生选择在晚上学习,周日下午投入学习的学生比例也很高,周五参与学习的学生较少。

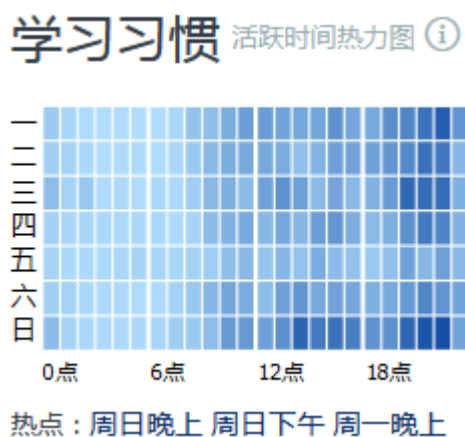


图 2.22 学习习惯

“学习进度”则给出了每周中学生学习情况的概况信息,如图 2.23 所示。其中“学习人数占比”表示学习本周内容的学生占选课总人数的百分比。该指标统计的学习行为包括了观看视频、讨论发言、习题答题情况等。除总学习行为外,还分布给出了观看视频学生、反复观看视频学生、参加答题学生、答题正确率>(20%~80%)学生、在讨论区发言学生占总选课人数的比例。这些学生所对应的色块,还显示在图 2.23 下部本周的每个学习资源中。色块高度对应百分比。比如,对于第 0 周第 1 讲的内容来说,共有 4 个学习资源。第 1 个学习资源是视频,教师可以了解观看该视频和反复观看该视频的学生比例;第 2 个学习资源是

讲间练习，教师可以了解参加答题学生、答题正确率>(20%~80%)学生的比例。

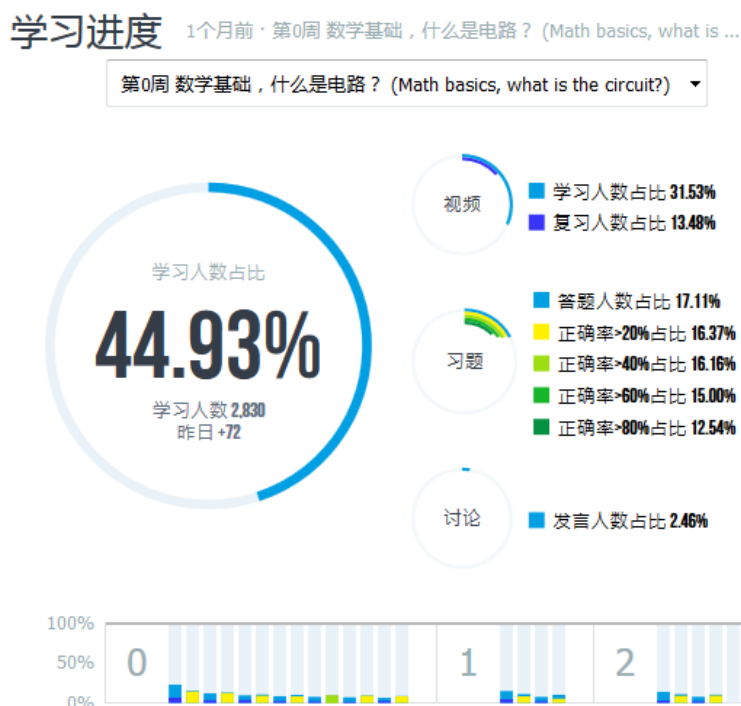


图 2.23 学习进度

“助教考核”主要体现了助教回帖数这一数据，每个论坛管理员（可在教师工具中配置）在讨论区中的回帖总数（以及昨日回帖数），如图 2.24 所示。图中某助教共回帖 188 次（昨日 5 次），教师回帖 92 次，其余两助教回帖各 20 次。



图 2.24 助教考核

“讨论活跃”图示了讨论区的昨日的活跃度，如图 2.25 所示，其中绿、蓝和红色数据分别说明某日回帖数、新增发帖数、和当前的零回帖数（图中对应的数据分别为 13、15 和 12）。

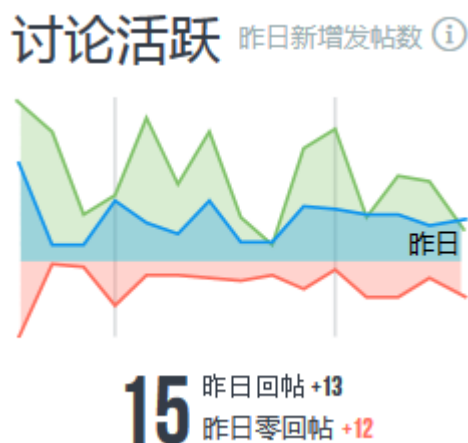


图 2.25 讨论活跃

“得分分布”直观地展示出参与答题的学生的得分分布，如图 2.26 所示。无答题记录的学生不作统计。比如：课程进行到第 3 周，共投放平时成绩 30 分，若学生得分为 15 分，则其得分率为 50%。图 2.26 中，横坐标表示得分率，纵坐标表示该得分率下的用户数。从图 2.26 可知，当前共有 1240 位学生参与答题，在已投放的平时成绩中，平均得分率为 70.65%，有 876 位学生的回答情况超过这一平均得分率。此外，还可以看出，在 1240 位学生中，386 位学生的得分率为 98%~100%（用鼠标移至该柱状图位置可看到该数值）。



图 2.26 得分分布

根据本节介绍的内容可知，当前学堂在线 SPOC 平台除提供基本的数据导出功能外，还可以提供任意学生个体学习效果和 student 群体统计学习行为数据。这有助于采用以学生为中心教与学模式的教师根据学生学习情况，及时调整教学内容和讨论问题。

中国大学 MOOC 也可以在 SPOC 平台中提供类似的功能。比如，针对视频观看，可以提供图 2.27 所示的针对某一教学资源（如视频），在某一日期

问量；也可以提供如图 2.28 所示的在当前时刻，针对某一类型教学资源（如不同视频）的总访问量。

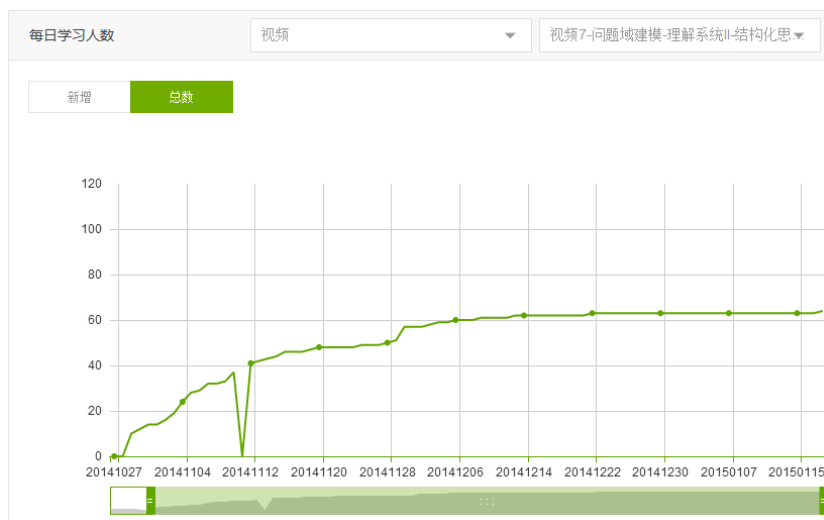


图 2.27 某资源被访问量随时间变化统计图

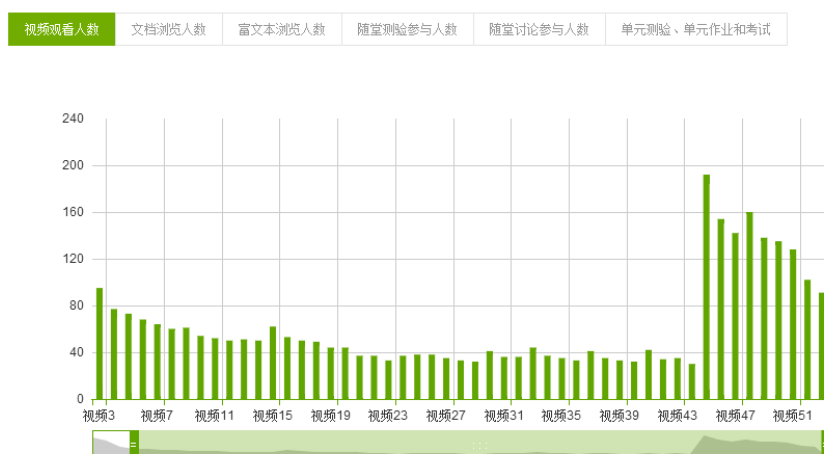


图 2.28 各资源总访问量统计图

在讨论区统计方面，中国大学 MOOC 可以提供如图 2.29 所示的，截止某一日期，慕课（或 SPOC）平台讨论区中所有主题（首帖）数量；以及如图 2.30 所示的，截止某一日期，慕课（或 SPOC）平台讨论区中所有回复/评论（跟帖）数量。



图 2.29 讨论区首帖数量随时间变化统计图

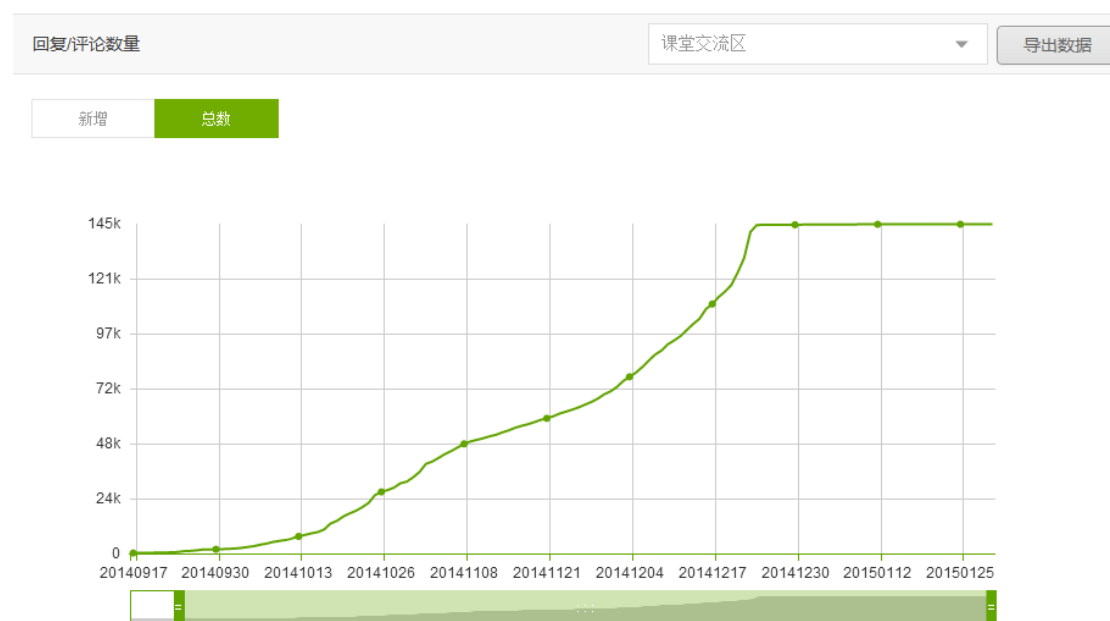


图 2.30 讨论区跟帖数量随时间变化统计图

2.4 展望

在 SPOC 平台对以学生为中心教与学模式的支撑方面，当前各个平台能够做到的还仅仅是“够用”，距离“好用”，或者充分发挥慕课/SPOC 平台大数据挖掘功能，还有较大提升空间。以下几方面的功能均为 SPOC 教师急需、但各平台尚不能很好实现的。

1 学生个体的统计学习行为图形化展示

在 2.3 节中,我们以学堂在线为主,中国大学 MOOC 为辅,介绍了学生群体统计学习行为的图形化展示,以及学生个体学习效果的图形化展示。

在当前功能的基础上,SPOC 平台还应进一步开发出针对学生个体的统计学习行为和关于学习效果更精准的可视化功能。比如,某学生在过去一周中,在哪些时间段,观看了哪些视频?什么时间段为新观看?什么时间段为复习观看?参与了哪些讨论和 Wiki,首发帖、跟帖和编辑次数各是多少?与本班平均值相比如何?在讲间练习和每周作业方面,对于每个练习,提交几次才正确?与本班平均值相比如何?

2 SPOC 平台与学校教务系统的无缝对接

当前各校翻转课堂实施过程中,均需要教师从学校教务系统以人工方式导出学生信息(或以人工方式获取学生在 SPOC 平台的注册邮箱),再导入 SPOC 平台;从 SPOC 平台导出线上学习成绩,在个人计算机中将线上学习成绩与线下学习成绩进行整合,再以人工的方式将最终成绩录入学校教务系统,这样才能完成图 2.7 所示的闭环。这显然是对教师人力资源的浪费。各 SPOC 平台应尽早完成与学校教务系统的数据对接,从而无需人工干预,即可自动化导入/导出学生信息和线上学习成绩。

3 便捷地调整课程资源

目前所有 SPOC 的开设,无外乎两种模式:依托一门已完成(或正在进行)的慕课,或完全新建一门 SPOC。但是,SPOC 最大的优势就是为可扩展性而设计,也就是个性化和定制化。因此,随着 SPOC 的发展,势必会出现强烈的现实需求,希望将当前已有的多门慕课资源便捷地调整为一门 SPOC。在当前各个平台中,对现有单门慕课资源的调整功能尚有较大改进空间,遑论多门慕课的灵活导入和编辑调整。

可以预见,灵活的资源调配及信息发布,和及时精准的学习行为和学习效果反馈,势必成为未来 SPOC 平台竞争和发展必须优先考虑的两大核心功能。

执笔人:

贾永政 (agzistment@gmail.com)

白晓岚 (iambxl@163.com)

于歆杰 (yuxj@tsinghua.edu.cn)

第3章 标准版

3.1 问题和目标

南京大学作为中国知名学府，一直以“办中国最好的本科教育”为目标。学校上下对教学工作高度重视，学生总体生源素质也较高。但是，所有高校本科教学中常见的痼疾，南大也无一例外：教师使出浑身解数，优生自然优秀，差生依然不可救药；大部分学生依然属于考试驱动型，只是不同的学生，这种驱动力的作用时间长短不一。有的学生只是考试前后紧张一下，考完就物归原主；有的学生为了出国、保研或者好的就业机会，需要一个好的 GPA，这种应试驱动力作用的时间会长一点。但是无论如何，在这种功利性的应试驱动力下，很难有深入的研究性学习，很难有快乐的自主性学习，本科教育的培养质量更多的是靠天吃饭。

针对我校情况，在传统教学模式下，影响本科教学质量的常见问题包括：

1 课堂教学效率低下，学生处于被动学习状态，玩手机、打瞌睡、甚至缺课在学生中屡见不鲜。

2 研究性学习缺乏，学生学习的目的，是为了应付作业、应付考试，自然也就谈不上对课程的兴趣，对内容的探究了。

3 学生两极分化严重。由于传统的教学环境下，学生的学习行为基本上属于个体行为，偶尔的交流也大都属于浅层次的帮忙，因此学霸和学渣各自相向而行，两极分化严重。

4 评价方式单一，缺乏真实、多元的过程性评价。评价方式对学生的学习行为有重要的导向作用。遗憾的是，虽然过程性评价的重要性早已成为共识，但是传统教学实践中，作业、课堂上的交互、高频次的测试往往会给教师带来巨大的工作量。所以很多情况下，过程性评价往往被期中、期末考试不同的加权比例所替代。

为了改进教学效果，提高人才培养质量，多年以来教学管理人员和教师也都千方百计从各个方面进行探索改革，包括教学大纲、内容、教材的不断更新、修订；名师、精品课程、精品教材的建设，期望通过示范效应影响和培训教师的整体教学水平；强化各种教学监督和政策支持，鼓励教师在教学精力上更多的投入；加强学生工作管理，力图提高学生的学习积极性……

但是，似乎所有的努力都是外因，都在外围起着若隐若现的作用，而学习的主体：学生，并没有真正激活起来。于是很多时候，教师和学生都在等待对方：教师在等待学生更多的“觉醒”，学生则在等待“更好的”教师带着自己飞上去。

影响本科教育培养质量的因素林林总总，互为因果。但从根本上来说，许多学者提出的疑问：学习真的发生了吗？这个疑问在传统教学环境下的很多学生身上是存在的。而根本的原因是：学生在传统教学模式下，是被动的受体，最多只是参与者。而在这种教学模式下，学生接受的程度和参与的程度是教学实施者所不可控的。

当慕课出现的时候，我们看到了一些神奇的现象：毫无应试压力的社会学习者，却能够每周挤出6小时甚至更多的时间，去学习一门又一门的课程，并且乐此不疲；在论坛里，学习者们为了一个知识点问题争论不休，并把对知识点的理解引向深入……**所有这一切，让人感受到的不是讲课、听课、作业和考试这些学习环节，而是真正意义上的学习！学习在这里真的发生了，而发生这一切的根本原因在于：以学生为中心的，教与学的重新设计和组织。**

以学生为中心的教学理念，不是今天才提出的，但是，慕课为这一理念的价值提供了有力的佐证，同时，慕课及相关的在线学习技术为这一理念的实施提供了全新的思路和技术条件。

既然慕课在社会化学习者中取得了良好的效果，既然越来越多的在校学生自发地以社会学习者的身份参与到慕课的学习中去，我们为什么不能把慕课所呈现的积极因素引入到高校体系内的教学环境中去呢？

因此，我们从2014年起，以电路分析基础为试点课程，尝试将初步取得成功的、面向社会学习者的慕课教学方式，转化为面向校内本科生培养计划内的SPOC教学模式。一方面利用慕课已有的优秀教学资源，一方面汲取慕课教学中优秀的、以学生为中心的教学设计要素，结合翻转课堂技术，以此来改变传统教学模式下存在的诸多缺陷，提高学生学习的主动性、积极性，提高研究性学习的程度，进而整体提高本科教育的效率和质量。

我们的这一改革尝试，得到了清华大学电路原理教学组和学堂在线平台的大力支持，很快我们在学堂在线搭建完成了南京大学慕课教学平台，引入了电路原理慕课教学资源。通过清华大学和南京大学课程主讲教师间开展的多次教学研讨，逐步厘清了SPOC教学实施中的教学设计要素，并在2014年9月2014级新生入学后开始正式实施以学生为中心的教与学。

3.2 学生选择

与许多高校稍有不同的是，依照南京大学电子科学与工程学院的教学计划，电路分析基础课程被安排在大一上学期。因此教学对象是刚刚入学的新生。这一安排带来了两个困难。第一，数学基础困难，大一的新生尚不具备电路分析所需的微积分及部分线性代数知识基础，这给教学带来了一定的困难。第二是学时较少的问题，由于大一新生有将近一个月的入学教育和军训，使得教学时间进一步压缩。

对此，我们采取的做法是：

1 **引入“新生0年级计划”**。通过慕课技术，让新生在拿到录取通知书的同时，就开始在专门设计的课程网站登录进行“大学数学基础”慕课预修课程的学习。在新生入学后，我们和清华大学电路原理教学组合作，对电路原理中涉及的数学基础知识进行新生入学测试。全年级新生测试平均成绩达到 96.2 分，证明这一学习设计是有效的，为大一课程的学习打下了良好的数学基础。

2 **打通理论课和实验课间的藩篱**。以往传统教学计划是：大一上学期进行理论课程教学，下学期进行实验课程教学。而在 SPOC 实验教学班，我们打通了理论课和实验课，将整个课程延伸至一学年。这一安排缓解了大一上学期过于紧张的教学课时，同时也尝试了理论与实验教学融合，并把翻转课堂教学延伸到实验教学环节的新模式。

在组班的学生选择上，为了体现公平，并使得 SPOC 教学试验不失一般性，能够真实反映客观效果，我们采用了随机选择的方法，同时针对男女生比例、发达和不发达地区生源比例进行了人口学因子调整，以确保 SPOC 试验班和平行班具有基本相同的学生基础状态。

我们最终确定了电路分析基础 SPOC 试验班学生人数 37 人，其中男生 29 人，女生 8 人，由学生自由组合成 6 个学习小组。

3.3 教学内容选择

SPOC 试验教学班的教学，打通了理论课和实验课的分界，将原本分置于两个学期的理论课和实验课穿插编排，课程延伸至一学年。表 3.1 和 3.2 分别给出了第 1 学期和第 2 学期的教学日历。

表 3.1 2014 年秋南京大学电路分析 (含实验) SPOC 班教学日历

周次	教学内容	授课方式
第 3 周	动员, 布置自学内容	课堂讨论:基本概念
第 4 周	电路元件与电路模型	课堂教学: Multisim 入门 示波器的功能和使用
第 5 周	国庆放假	
第 6 周	基尔霍夫定律, 电路的等效变换	课堂教学 (一节课), 课堂讨论 (二节课)
第 7 周	非线性电阻 预备实验: 实验二/基尔霍夫定律; 非线性电阻元件(白炽灯、二极管等) 伏安特性	课堂讨论 (一节课) 实验教学 (二节课)
第 8 周	电阻电路的一般分析	课堂教学 (一节课), 课堂讨论 (二节课)
第 9 周	电路定律	课堂教学 (一节课), 课堂讨论 (二节课)
第 10 周	研究性实验 1 叠加定理研究 (通过实验和理论分析, 对线性电阻电路和非线性电阻电路是否满足叠加定理进行研究)	实验教学
第 11 周	二端口网络 动态元件 研究性实验 2	课堂讨论
第 12 周	对偶原理研究 1 (各类不含受控源原电路、对偶电路计算与测量) 对偶原理研究 2 (双网孔含受控源原电路、对偶电路计算和测量)	课堂讨论 (一节课) 实验教学 (二节课)
第 13 周	一阶电路 一阶电路的阶跃响应和冲激响应	课堂教学 (一节课), 课堂讨论 (二节课)
第 14 周	实验: RC 电路瞬态响应、RC 微分电路、强迫跃变 研究性实验 3	课堂讨论
第 15 周	冲激响应 (研究 1: 冲激源的单脉冲近似; 研究 2: 冲激源的阶跃信号微分近似)	实验教学
第 16 周	二阶电路	课堂讨论
第 17 周	复习课	课堂教学

表 3.2 2015 年春南京大学电路分析（含实验）SPOC 班教学日历

周次	教学内容	授课方式
第 1 周	正弦稳态电路分析的相量法	课堂讨论(二节课)
第 2 周	正弦稳态电路的功率和频率特性分析	
第 3 周	谐振	课堂讨论(二节课)
第 4 周	耦合电路 预备实验：铁心变压器各变换和自互感抗测量	课堂讨论(二节课)
第 5 周	研究性实验 5 变压器等效电路研究（等效电路计算值、测量值与原副边实测值的比较）	实验教学
第 6 周	三相电路和周期非正弦稳态分析	课堂讨论(二节课)
第 7 周	第 87 讲 三相电路的功率	课堂讨论(二节课)
第 8 周	总复习	课堂讨论(二节课)
第 9 周	综合设计：低噪声前置放大器（1） 设计要求 模拟小信号放大器设计的基本知识讲解 运算放大器基本电路仿真 运算放大器(Op Amps)	实验教学 课堂讨论
第 10 周	综合设计：低噪声前置放大器（2） 学习 Protel，用其绘制电路原理图（Sch 图） 和印刷电路板图（Pcb 图） 基本运算放大电路通用电路板焊接与测试	实验教学
第 11~12 周	综合设计：低噪声前置放大器（3） 低频小信号放大器元器件选型，电路原理设计	实验教学
第 13~14 周	综合设计：低噪声前置放大器（4） 低频小信号放大器印刷电路板图设计	实验教学
第 15 周	综合设计：低噪声前置放大器（5） 电路焊接与调试,电路设计文档整理	实验教学
第 16 周	综合设计：低噪声前置放大器（6） 电路焊接与调试,电路设计文档整理	实验教学

3.4 课前学习安排

为帮助同学理解视频教学的知识内容，上课前需要给出一些课前思考题，让同学们带着这些问题去看视频，在视频中寻找答案，并准备课堂上的讨论发言。课堂讨论形式不限，可以口述，可以板书，也可以用 ppt。对于自己难以用语言

讲清楚的知识点,有时同学还以例题示之。我们也鼓励同学结合典型例题讨论知识点,串联学习思路。这里以戴维南定理的教学为例,讲解 SPOC 班课前(线上),课上(线下)的教学过程。

戴维南定理部分课前思考题如下

- 1 戴维南定理和诺顿定理的内容? 适用范围?
- 2 任意一个电路都同存在戴维南等效电路和诺顿等效电路吗?
- 3 戴维南内阻的求法?
- 4 求含有受控源电路的戴维南等效电路时要注意什么?
- 5 使用戴维南定理的典型场合?

6 若原电路中只含有一个独立源,除负载外对原电路做戴维南等效,当负载获得最大功率时,原电路中独立源发出的功率是否等于该最大功率的 2 倍?

3.5 课上讨论安排

课堂上,37 位同学分成 6 个学习小组。小组长组织本组同学对老师给出的问题和课堂例题进行讨论,并推出代表发言。课堂成绩按小组计分,同学在课堂上的表现(知识点讨论、习题讲解、提出问题、回答问题)既是代表自己,更多是代表学习小组。这种形式可以帮助不善言表、内向的同学克服开口难、自信心不足的难关,培养学生的自信力和表述能力。每一章学习结束后,要求每一学习小组总结本章内容,提炼学习思路,用 PPT 准备 5 分钟的总结报告。

课堂上,结合典型例题,引导同学们对知识点进行讨论,加强对定理定律的理解和使用。对于戴维南定理,绝大多数同学们都能熟练的背出,也熟知戴维南电路参数的求解方法。结合图 3.1 所示例题,同学们可以顺利地应用线性电路的各种分析方法,如等效变换法、回路电流法、节点电压法等求得开路电压和短路电流。至于待求的等效电阻,可以通过电路的串并联、Y- Δ 的等效变换或用外加电源法(加压求流、加流求压)求得。

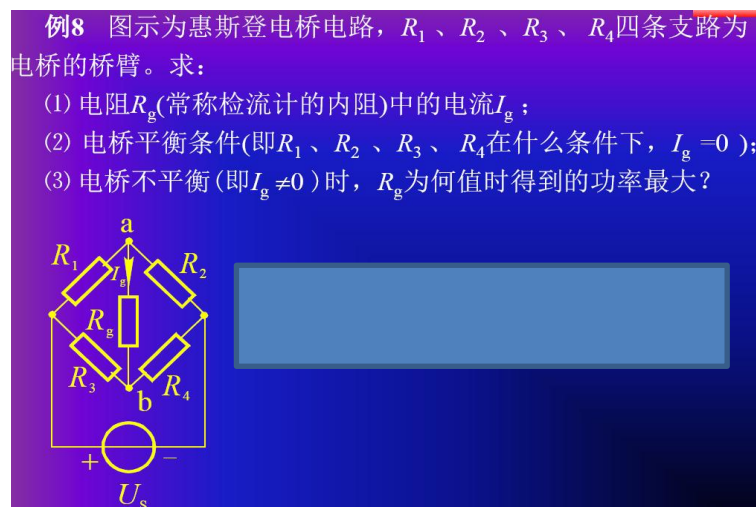


图 3.1 戴维南定理课上讨论题 1 (给编辑, 只需要排版录入有字有图部分即可)

灵活应用定理定律,启发同学思维,提升研究性学习的兴趣,也是本课程教学想要尝试的一个重要目标。课堂上,教师会选择一些具有一定难度的讨论例题(图3.2所示),让6个小组的同学以分组竞争的方式解题。启示学生不要固定思维,灵活应用定理。一个电路可以正向思维,用戴维南等效电路求解一条支路的电压或电流。也可以通过已知的支路条件反向推出电路的戴维南参数。由于是竞赛解题,每个组的解题思路和解题方法也不尽相同。这样,同学们可以从一道例题中,学习到几种不同的解法,开阔了解题思路,也活跃了课堂气氛。同时,在代表小组对解题过程的讲解中,也锻炼了学生的表述和逻辑思维能力。课堂成绩是以小组表现计分,在讨论发言和解题的竞赛中,也培养了同学的团队协作精神。

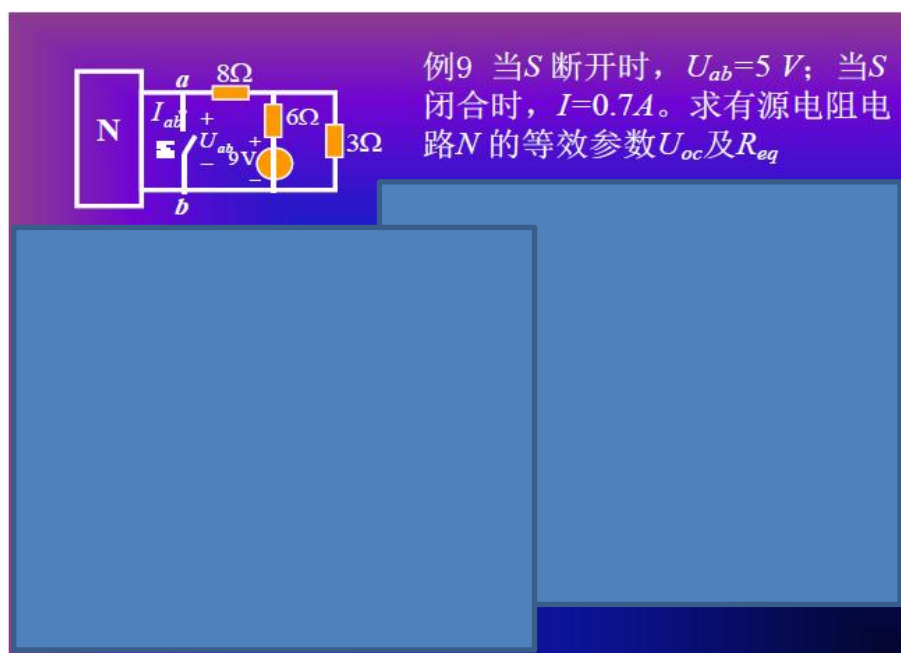


图3.2 戴维南定理课上讨论题2(给编辑,只需要排版录入有字有图部分即可)

3.6 实验

为了更好的实现翻转课堂教学,该门课程将电路分析理论课和电路分析实验课两门课程融合为一门课程,授课学期贯穿第1和第2学期。为很好地衔接理论教学和实验教学,安排仿真教学作为两者的桥梁,即该门课程采用理论学习、仿真设计验证、实验实现3个环节进行教学。电路分析实验内容根据理论学习的内容穿插设计,在理论学习完相关知识点后进行的。

为推进学生自主式、研究性的学习方式,以启迪学生的创新思维,电路分析实验结合课程教学内容,共设计了叠加定理、对偶定理、冲激响应、铁心变压器4组实验内容(参见表3.1)。每组实验都包括了验证预备实验和研究自主性实验两个类别。其中研究自主性实验是由学生在熟悉理论的前提下自行设计的相关实验。两种类型的实验分别以实验报告和实验研究论文形式撰写。实验课程教学过程中要求学生自行设计研究自主性实验。通过理论计算和仿真,分析所设计的电路,并要求学生在上实验课前在课堂汇报设计方案和电路。大家一起讨论,提建

议。

实验最后安排了一个带有竞赛性质的综合设计性实验低噪声前置放大器(参见表3.2)。要求根据放大器性能指标,选择电路、计算电路元件参数、绘制电路原理图、对电路原理图做计算机仿真、设计印刷电路板、安装元件、调试测量电路的性能指标、分析电路的性能指标与电路设计、元件选择、制版及安装工艺之间的关系。通过该综合设计实验,希望学生能对电路设计制作有一个初步的概貌了解。整个实验过程中学生汇报方案和测试问题,教师引导查阅文献,解答问题,积极推动学生主动性研究性学习。

下面我们给出一个研究自主性实验的样例。

研究自主性实验 1: 对偶原理研究

1 实验要求

根据实验数据证明对偶原理,要求实现原电路的网孔电流在数值上等于对偶电路的节点电压。可根据实验室现有的实验模块,采用2网孔以上;多电源;含受控源的直流电阻电路进行研究,可以由易到难组合成2~3种电路,但必须有一个含有受控源。也可对含电容、电感的交流激励的稳态或暂态电路进行研究。

2 提示与建议

实验的难点在于对偶电路的设计。一般来说当对偶电路无法实现时,可以将对偶电路修正为过渡电路,再对过渡电路的实验数据进行修正,间接地得到对偶电路的数据,最后再与原电路比较(图3.3所示)。

如某电路有原电路网孔电流方程 $R_{11}I_{m1} + R_{12}I_{m2} = U_{S1}$ 和对偶电路节点电压方程 $G_{11}U_{n1} + G_{12}U_{n2} = I_{S1}$, 当 $R_{11} = G_{11}$, $R_{12} = G_{12}$ 和 $U_{S1} = I_{S1}$ 时, 有 $U_{n1} = I_{m1}$ 和 $U_{n2} = I_{m2}$, 其中 R 、 G 为电阻、电导, U_S 、 I_S 为电压源电压和电流源电流, I_m 、 U_n 为网孔电流与节点电压。

如果取 $R=10\Omega$, 则对应 $G=10S$ 的电阻仅为 0.1Ω , 实验中无法得到。故需要对对偶方程进行改造,使之即保持方程不变,又能满足实验条件。改造后的对偶电路即为过渡电路。

建议对原电路、对偶电路和过渡电路进行理论计算。理论值既可用来检验相应电路的连接是否正确,又可确定各测量值的量程。

应注意:(a)受控源模块的正确连接,(b)实验电源必须发出功率,(c)电容电感的内阻,(d)各元件的功耗等问题。

设计电路时还应注意仪表的量程、实验模块元件的参数等。实验前应先对受

控源进行研究, 尤其需要测量输入、输出端口的电流电压实际方向和等势点等。

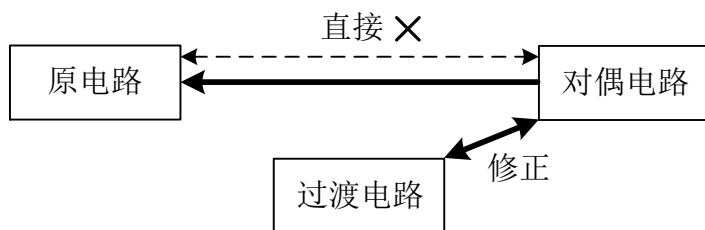


图 3.3 采用过渡电路间接验证对偶原理

3.7 成果

截止 2015 年 1 月, 南京大学电路分析基础 SPOC 试验班第 1 学期的教学任务已圆满完成。2015 年 3 月起, 已经进入第 2 学期的教学进程。从第 1 学期实施的情况来看, 教学效果可谓是“超出预期, 令人惊喜”, 达到预期的目标, 并在某些方面给了我们惊喜和更多的思考。

1 学生的学习积极性大为高涨

试验班出现了与传统课堂完全不一样的课堂场景: 传统课堂上基本是“波澜不兴”, 而试验班的课堂上, 可谓是“波涛汹涌”: 小组讨论、发言、提问、做练习, 三小时教学时间, 几乎所有学生全程都处在较为活跃亢奋的状态 (如图 3.4 所示)。学生课前认真学习在线内容, 课上积极讨论, 大胆提问, 踊跃答题和练习。在这种积极的学习氛围中, 学生学得透彻, 学得快乐。许多学生都反映这样的体会: 从电路分析基础翻转课堂回到其他课程的传统课堂, 有种“恍然隔世”的感觉, 反而非常不适应。



图 3.4 南京大学翻转课堂实景

2 研究性学习蔚然成风

因为有了论坛, 有了课上的充分讨论, 有了你来我往的交互所产生的头脑风暴, 有了教师课上的循循善诱, 学生不再仅仅满足于应付作业或者考试, 而是对

教学内容有了更深入的研究性思考，并对这种研究性学习产生了充分的成就感。例如，在原来的电路课程中，仅仅要求学生了解二极管的单向导通性，但是学生在论坛中，从不同材料二极管的导通电压展开讨论，逐步深入到半导体材料的导电机理。虽然受限于知识积累，对很多问题依旧一知半解，但相信这种探究的精神，以及对相关知识的存疑，对于后续的学习将是大有裨益的。

3 团队学习和协作学习的新学习方式初步形成

通过在线论坛和课堂互动讨论形式，以及教师改变传统评价方式，更加重视团队评价等一系列举措，引导学生们逐步形成团队学习和协作学习的新学习方式，这不仅提高了学生的学习效率，而且缩小了学习差距。我们对试验班学生电路分析基础以及这些学生对应的其他课程一学期的成绩进行了统计分析，发现电路分析基础课程的成绩离散度优于其他课程，从而证明这种团队学习和协作学习对缩小学习差距具有积极的意义。

像下面这份邮件就是试验班上的一个团队小组在某次课后发给主讲老师的，其中对团队中一名同学的课上讨论学习情况作了说明，并表示将通过团队内部的协作互助，帮助那位基础较差的同学尽快赶上来，事实也证明，在期末考试中，这位同学有了明显的进步，成绩超出了我们的预期。

发件人: [REDACTED]
收件人: [REDACTED]
已发送邮件: Sat, 25 Oct 2014 12:56:44 +0800 (CST)
主题: SPOC [REDACTED]

康老师，虽然 [REDACTED] 上次讲演PPT的时候可能不太适应，但他已经很努力了，上课前他还在找 [REDACTED] 教他，而且他 [REDACTED] 所以我们以后会更多帮助他，同时也希望您不要对他丧失信心，我们以后会从一些比较基础的部分让 [REDACTED] 进入状态，希望老师理解。 [REDACTED]

图 3.5 南京大学试验班学生给教师的邮件

4 形成了动态、过程、多元的评价方式

网络平台对于学习数据的记录分析，有助于教师及时了解学生个体的学习状况，调整教学策略。评价方式的改变，也引导学生形成全新的学习理念，为后续其他课程的学习打下良好的基础。

图 3.6 所示记为是我们从学堂在线获得的学生在线学习数据示意图，其中可以明显看到左面的学生学习进度和讲间练习的质量明显优于右面的同学，提示需要对后者的学习情况进行早期干预。

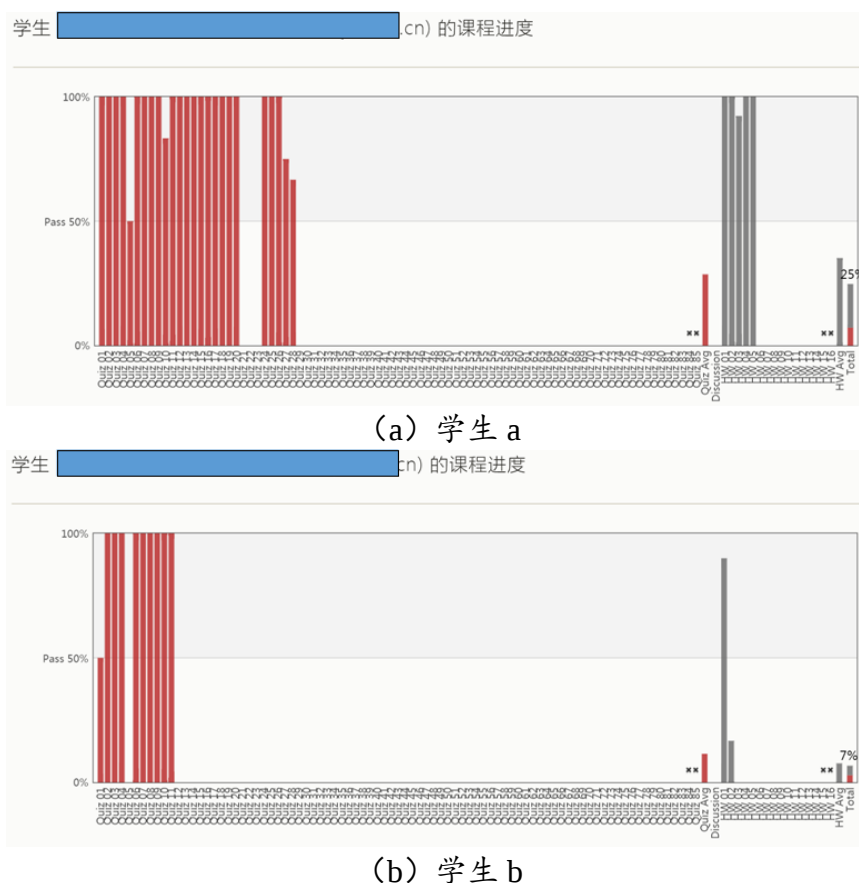


图 3.6 南京大学 SPOC 平台上相同时间节点不同学生的课程进度

图 3.7 是通过后台数据整理挖掘出的，反映各学习小组学习进度和讲间练习正确率的统计数据。从中可以看出各个学习小组具有一定的差异性，从而有助于教师对团队学习的情况有所掌握，并通过助教和导学对其进行相应的指导。

组别	姓名	总进度	是否完成本周视频学习	是否完成本周作业	是否超前完成下周视频学习	是否超前做下周作业	备注	小组平均进度
第四组		22%	是	是			正常	16.7%
第四组		22%	是	是			正常	16.7%
第四组		19%	是	是			正常	16.7%
第四组		19%	否	否			正常	16.7%
第四组		12%	是	否			正常	16.7%
第四组		6%	是	否			未完成本周作业	16.7%
第五组		25%	是	是	是		自主学习	22.8%
第五组		25%	是	是			正常	22.8%
第五组		23%	是	是	是		自主学习	22.8%
第五组		23%	是	是			正常	22.8%
第五组		21%	是	是			正常	22.8%
第五组		20%	是	是			正常	22.8%
第五组		18%	是	否			未完成本周作业	22.8%
第六组		29%	是	是	是	是(全对)	自主学习	24.0%
第六组		25%	是	是			正确率非常高	24.0%
第六组		25%	是	是	是		自主学习	24.0%
第六组		24%	是	是			正常	24.0%
第六组		21%	是	是			正常	24.0%
第六组		20%	是	是			正常	24.0%

图 3.7 南京大学翻转课堂分组课前预习完成情况统计

3.8 展望

通过一学期的教学试验，总体教学效果理想，学生学习满意度较高。由于试

验班和平行班学习进度不一致，期末考试采用了不同的试卷，因此目前尚无学习成绩方面的统计对比。

但从学期结束后对学生的调查问卷情况来看，学生对教学的整体满意度较高，认为通过课程对自己帮助改进最大的前三位分别是：分析问题能力、学习规划能力、团队协作能力。

在下一学期，我们将通过更为完整的对比测试，分析观察学生在综合学习能力和素质方面的变化，并继续优化教学设计、以及与之相配套的教学管理和更为科学合理的评价方式。

初步的尝试让我们对后续的教学创新有了更大的期望，同时也让我们看到了更多的需要研究解决的问题：

1 教学管理的改变和跟进。高校为了加强教学工作管理，已经形成了一套以行政手段为主的管理模式，各种规范、要求已经相当细化。在目前试验阶段，我们小心翼翼在框线内实施各种改革尝试，尽量不给教务管理部门添“麻烦”。但可以预计后续随着评价方式、教学模式的持续优化改进，一定会有需要同步变革的地方。这方面后续我们将协同教学管理部门来共同研究教学创新下的配套管理创新。

2 虽然我们目前的教学试验尽可能考虑了一般性，但由于教学计划设置的原因，试验班是针对大一新生进行的。我们发现这一因素对教学试验结果有很显著的正面影响，因为大一新生尚未受到一些陋习的“污染”，且入学初正处于意气风发的阶段。下一步我们将对不同年级的学生进行推广试验，并将探讨研究对于可能的学习“疲惫期”的学生如何“激活”他们的学习热情并在高年级学生中产生理想的学习效果。

3 目前我们的教学试验取得的部分成功，实际上有很大一部分归功于“小班化教学”，也就是说从 180 人的大班教学浓缩为 37 人的小班教学，人均占有的教学资源大大增加，教学效果必然会有所提高。但是我们认为，SPOC 教学中实现的以学生为中心的翻转课堂、研究性学习、团队协作、过程性评价、设计教学等等理念，也同样适用于大班教学，只是需要取其精髓，改其形式，并辅以更有效的技术手段。只有这样，才能更大范围地影响传统的教学，提高教育的整体质量。这也将是我们下一步所要进行的重要工作。

执笔人：

王自强 (zqwanglx@nju.edu.cn)

康琳 (kanglin@nju.edu.cn)

第4章 加强版

4.1 问题和目标

清华大学电路原理课程于2005年被评为北京市精品课,2007年被评为国家级精品课,2013年入选国家级精品资源共享课,2013年制作慕课并同时上线edX和学堂在线平台,多年来先后获得多项教学成果奖(1次北京市教学成果二等奖、3次清华大学教学成果一等奖、2次清华大学教学软件一等奖、1次教育部精品教材,1次北京市精品教材,1次清华大学优秀教材一等奖)。

按说这在国内称得上是一等一的电路课程了。

但我们依然不满足。概况来说,我们认为传统的电路课堂教学存在以下问题:

1 学生参与度不高,主动性不够

在传统的课堂中,由于教师要在规定时间内完成既定的教学任务,一般很难有时间进行有效、深入的课堂讨论,学生的参与度非常有限,大部分学生都只是带着耳朵和手来上课,尽量听懂老师所讲的,记下重要的和听不懂的,而少有精力再进行主动思考和讨论。

2 教学针对性不强

传统课堂中,教师为了所教授课程知识体系的完整性,同时兼顾大多数学生的情况,一般都只能根据自己以往的教学经验来确定授课内容的广度和深度。这往往并不能完全契合新一轮听课学生的实际情况。

3 理论与实验联系不紧密

在清华大学,电路实验单独设课。大部分实验仅要求学生,按照给定的指示书,完成验证性的内容。学生能够发挥自己主观创造性的空间并不大。而且由于排课、实验设备调配等原因,同一部分内容的理论课与实验之间存在着不同程度的时间差。大多数情况下,实验会比理论课晚3周,但有时也会出现理论课还没上却先要做实验的情况。这些因素均导致学生从实验中得到的收获大打折扣。

我们的改革目标就是要实施一种新的教学模式,解决上述问题,即**大大提高学生在课堂上的参与程度,鼓励学生主动提出问题并能进行深入讨论;课堂教学内容更有针对性,能够最大限度地解决每个学生表现出的个性化问题;强化工程意识培养和提高动手能力,充分体现“电路原理”课程专业基础课的地位和作用。总起来说一句话,帮助学生找回被应试教育磨灭的探索热情。**

4.2 学生选择

对于参与以学生为中心教与学模式改革的学生，我们采用“自由报名+简单面试”的方法加以筛选。

面试并非对学生的其他课程学业成绩加以考核。事实上本课程的学生报名时间是大一秋季学期期末考试之前，并没有有效的大学学习成绩可供参考。面试只是通过学生与老师的短时间谈话（3-5分钟），了解学生报名参加本次教学改革的主要原因，想从本课程中取得什么收获，以及之前是否有过类似的学习经历，从而对学生的口头表达能力、动手能力、团队意识等有一个初步的理解。

根据前两届的经验，在最终录取的学生中，大一秋季学期学分绩有在年级前十名的，也有在年级倒数十名之内的，具体学分绩排名均值如表 4.1 所示。在本课程的学习过程中发现，学分绩与理论知识的学习正相关关系非常明显，但与实验动手能力并无必然的正相关关系，一些学分绩较差的同学在实验中依然体现出了较强的动手能力和创新设计能力。

表 4.1 清华大学翻转课堂班学生大一第一学期学分绩排名均值

班级	2012 级	2013 级
年级总人数	120	127
大一第一学期学分绩排名均值*	41	40

*：电机系每年招生约 120 人，因此全体学生的学分绩排名均值为 60。

4.3 教学内容选择

清华大学以电路原理 A 课程（96 学时）为切入点，进行了以学生为中心的教与学模式的改革。电路原理 A 课程分别在学生大一春季学期（64 学时）和大二秋季学期（32 学时）开设，具体教学日历如表 4.2 和表 4.3 所示（其中每讲对应 2 学时）。

表 4.2 清华大学电路原理 A1 课程春季 64 学时教学日历

讲号	内 容
1	绪论，电路模型和分类
2	参考方向、功率，电阻，独立源
3	电阻串并联，电源变换，KCL，KVL
4	受控源，Y Δ 变换，最大功率传输定理
5	MOSFET
6	理想运放的外特性，负反馈运放电路支路法
7	回路法，节点法
8	叠加定理，替代定理，戴维南（诺顿）定理
9	互易、特勒根、对偶
10	非线性电路（分段线性法）
11	非线性电路（小信号分析法）

12	电感、电容元件特性
13	正弦量基本概念, 相量的基本概念
14	复阻抗, 相量形式的 KCL、KVL, 用相量法求解正弦稳态电路
15	正弦稳态电路的功率
16	周期非正弦电路的稳态响应
17	互感, 含互感电路的分析
18	空心变压器, 理想变压器
19	频率响应与滤波器
20	谐振的基本概念, 串联谐振
21	并联谐振, 混联谐振
22	三相基本概念, 对称三相电路分析
23	不对称三相电路分析, 三相电路的功率
24	图论基本概念, 图的矩阵表示
25	节点法, 回路法, 割集法
26	磁路基本概念, 无分支直流磁路的计算
27	有分支直流磁路的计算, 交流铁心线圈及等效电路

表 4.3 清华大学电路原理 A2 课程秋季 32 学时教学日历

讲号	内 容
1	恒定激励下一阶电路的求解
2	零输入和零状态, 两个特殊激励
3	一阶动态电路的应用
4	二阶电路的求解
5	列写状态方程, 二阶电路和状态方程之间的关系
6	一阶与二阶电路的冲激响应
7	任意激励下动态电路的求解
8	拉氏变换的定义、性质, 拉氏反变换
9	运算法解电路, 网络函数
10	二端口复习、特性阻抗和传播系数、回转器
11	磁路基本概念, 无分支直流磁路的计算
12	有分支直流磁路的计算, 交流铁心线圈及等效电路
13	均匀传输线方程, 无损线上的波过程
14	均匀传输线上的正弦稳态解

为了解决传统教学模式中存在的上述问题, 实现上述改革目标, 针对上述教学内容, 我们主要进行了如下改革实践:

1 从教材中提炼知识点

此举一来可以突出重点, 有效指导学生的课外学习; 二来便于课堂讨论, 使课堂讨论更有针对性; 第三可以和 SPOC 平台上的教学视频以及练习更好地对应, 充分发挥 SPOC 平台的教学辅助作用。目前的电路原理 SPOC 平台上的内容并不

是按照某一本教材顺序制作的,而是按照电路原理诸多概念之间的内在联系编排而成的,且知识充分“碎片化”。这个课程含有240段短视频,基本上每个视频讲解一个或一组相关的基本概念,平均时长约5.5分钟。因此在实际校内教学中使用电路原理慕课资源时,要根据教学需求对慕课资源的内容和进度进行“定制”,使之更好地为课程教学服务。

2 重新制作课件

翻转课堂一改以往“教师讲,学生听”的传统教学模式,课堂上主要以讨论为主。在课堂上,学生根据自己课下的学习和实验情况提出问题,同学之间、师生之间进行深入讨论。在翻转课堂教学模式下,课堂教学是由对一个个问题的讨论所构成的“**事件驱动**”过程,完全不同于传统教学中教师按照知识点之间的逻辑关系来进行讲授的“过程驱动”模式,相应的课件当然也要全部重新制作。新的课件既要全面,又要突出重点,为在某些知识点上可能展开的讨论留出空间。

3 设计与理论教学内容有机融合的实验

如前所述,清华大学的电路原理实验是一门独立于理论教学的专门课程。由于排课以及实验设备调配等原因,其进度不能与理论教学完全同步,最快也会在理论内容学完后一周左右才能进行相关实验,甚至出现理论内容尚未学习就做实验的情况。实验内容也多是验证性的,对学生的挑战性小,不能起到通过实验引发创新,激发对实验现象进行理论探索的作用。

我们改革的目标是将电路原理课程理论教学与实验探究合二为一。因此需要设计出一系列与理论教学内容完全同步的实验。实验内容侧重探索性和实用性。不再提供详细的实验指示书。而是仅仅提出实验任务书,充分发挥学生的主动性。

作为基础的要求,教师仅简单说明实验任务,学生需要自行设计验证性实验的电路和方案,对相关理论学习内容进行验证;在掌握一定实验技巧和经验后,采用PBL的方法,要求学生设计出具有一些实际功能的电路。

用这种方法,可以培养学生主动学习的能力和创新思维。实验中遇到的问题可以在课堂讨论中得到及时解决,实验结果也可以在课堂上进行相互交流和展示,真正实现理论教学与实验有机融合。

4 选择便携式实验工具,开创新的实验模式

要想实现上述理论教学与实验有机融合的目标,传统的实验室是无法满足要求的。传统实验模式中实验时间、地点和内容都有很大的限制。无论采用怎样的开放形式,都不能满足随时随地(比如在食堂吃饭时)开展实验研究的需求。

便携式实验工具集合了小功率电源、信号发生器、数据采集和显示等功能,可以满足绝大部分电路实验的需求。只要有一台笔记本电脑,将这种便携式实验工具通过数据线与之相连,辅之以面包板或多功能电路板就可以进行实验了。这种实验模式极大地拓展了实验时间和空间,而且最重要的是,对于脑中灵光一闪

的那些想法,学生有条件马上将它们付诸实际电路加以验证了。这给实验创新提供了良好的物质基础。

4.4 课前学习安排

课前学习是以学生为中心教与学模式的重要环节。在这一阶段,学生将通过网络在线观看慕课视频,完成大部分在传统教学模式中课堂讲授内容的学习,并完成适量练习,在有些章节可能还要设计和实现一些简单的验证型的实验。

下面以理想运算放大器和戴维南定理两节内容为例进行介绍。

4.4.1 理想运算放大器

理想运算放大器这一部分内容包括实际运放的电路模型、理想运放的电路模型和端口特性、含负反馈的理想运放电路分析,共计2学时。

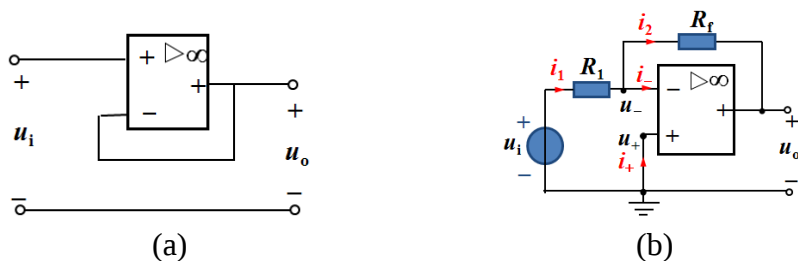
我们布置的课前预习要求是:

- 1 课前观看 SPOC 理想运算放大器的 9 个视频,并完成相应的讲间练习。
- 2 完成如下练习题:
 - (1) 查找并阅读所发运放器件的 datasheet (LM741)。
 - (2) 求图 4.1(a)~(e)各电路的输出电压以及(f)电路的负载电流;
 - (3) 求图 4.1(a)所示电路的输入电阻和输出电阻;
 - (4) 对图 4.1(b)、(f)所示电路用 Multisim 进行仿真。

仿真要求如下:

(5) 图 4.1(b)所示电路中,输入电压范围为 $0\sim 10\text{V}$, $R_1 = 5\text{k}\Omega$, $R_f = 10\text{k}\Omega$ 。采用 DC sweep, 得到输出电压随输入电压的变化情况,并对仿真结果做必要分析;

(6) 图 4-1(f)所示电路中, R_1 和 R_1 均为 $5\text{k}\Omega$, 搭好仿真电路,课堂上随老师一起仿真、分析。



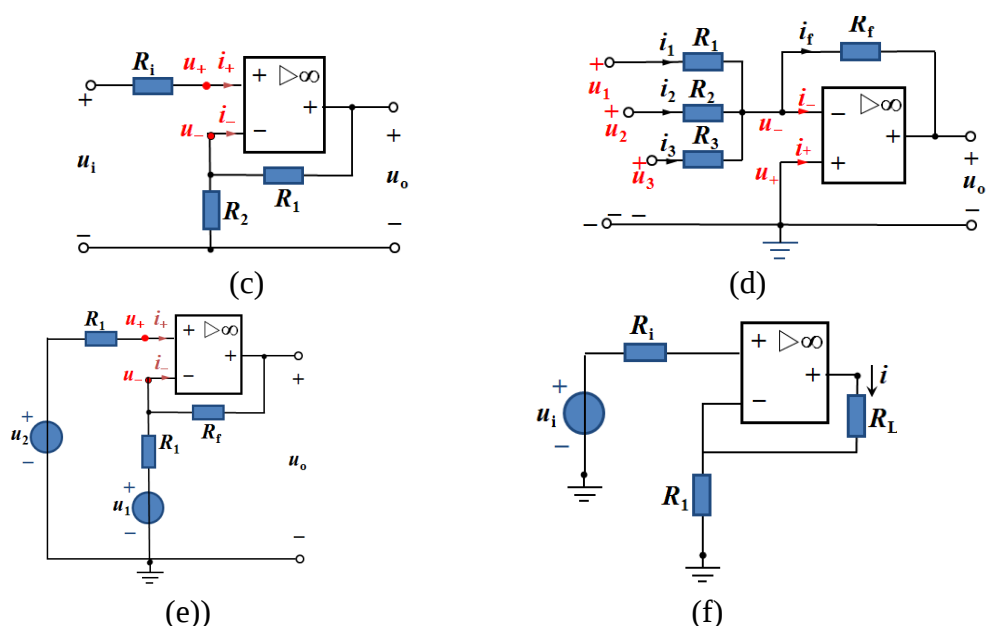


图 4.1 理想运放课前练习题

3 设计实验:

(8) 设计并实现实验, 测量图 4.1(a)所示电路的输入端口的 $u-i$ 特性, 并与其输入电阻的理论分析结果对比。

4.4.2 戴维南定理

戴维南定理这一部分内容包括戴维南定理的内容及证明、不同电路中开路电压和等效内阻的求法、戴维南定理的典型应用场合, 共计 1 学时。诺顿定理同时讲完。

我们布置的课前预习要求是:

1 课前观看 SPOC 关于戴维南定理的 7 个视频, 并完成相应的讲间练习。

2 完成如下练习题:

图 4.2 所示电路中, (1) 计算 R_x 分别为 1.2Ω 、 5.2Ω 时的 I ; (2) R_x 为何值时, 其上获最大功率? 并求此最大功率值。

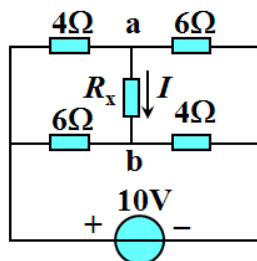


图 4.2 戴维南定理的课前练习题

3 设计实验, 测量确定 myDAQ 上 +15V 和 AGND 端口的戴维南等效电路。

4.5 课上讨论安排

在翻转课堂教学模式中，尽管课堂讲授内容已经主要由学生课前自学完成，但这并未意味着课堂时间就变得无足轻重。恰恰相反，课堂学习是翻转课堂教学模式中最重要的一环。

在课堂时间里，要组织学生对课前学习内容进行深入讨论，有针对性地解决每个学生在课下学习中遇到的问题，并根据学生情况对所学内容进行理论和应用两方面的拓展。**富有成效的面对面讨论才是翻转课堂的核心价值所在。**

在清华大学电路原理课程翻转课堂教学模式中，课堂讨论内容主要包括：

1 课前所学内容的知识点讨论，这一部分侧重于帮助学生正确理解基本概念，纠正其在自学过程中可能形成的一些错误认识，并对各知识点之间的相互关系进行梳理，帮助学生认识其本质。

2 完成一些习题，帮助学生掌握如何运用所学知识去解决实际问题。

3 对课下实验中遇到的问题进行讨论，鼓励学生相互答疑，培养其协作意识和团队观念。

下面仍然以理想运算放大器和戴维南定理两节内容为例，介绍各自的课堂讨论内容

4.5.1 理想运算放大器

教师需要在课前想好要在课堂上安排讨论的知识点如下(如果学生能够自己提出相关的问题，则无需老师提问。如果学生没有提出这方面的问题，则需要老师来提问)：

- (1) 运放是有源器件还是无源器件？
- (2) 实际运放的输入电阻、输出电阻和开环放大倍数的典型值分别是多少？
- (3) 运算放大器“放大”的是什么量？
- (4) 为什么要把运放的输入电阻设计得很大，而输出电阻设计得很小？
- (5) 实际运放的电压传输特性曲线是怎样的？
- (6) 实际运放的电路模型是什么？
- (7) 将实际运放近似为理想运放要满足几个条件？
- (8) 含有运放的电路中外围电阻的阻值一般应该在什么范围内？为什么？
- (9) 什么叫虚短？什么叫虚断？理想运放在什么条件下具有这两条性质？
- (10) 分析含有负反馈理想运放电路的一般方法是什么？

课堂讨论完成的习题如下。

- (11) 求图 4.3 所示电路的输入电阻，并仿真验证输入端口特性。

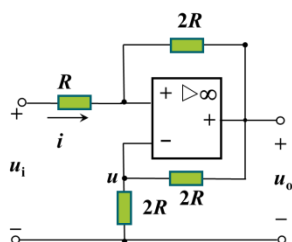


图 4.3 运放课前练习 1

(12) 用运算放大器实现指数、对数、乘法、除法、乘方、开方运算。

提示：利用二极管 $u-i$ 的非线性特性，并采用“模块化”思想进行设计。

(13) 分析图 4.4 所示电路的功能，其中 d_i 和 $\bar{d}_i$ 互为反。设 MOSFET 的导通电阻近似为零。

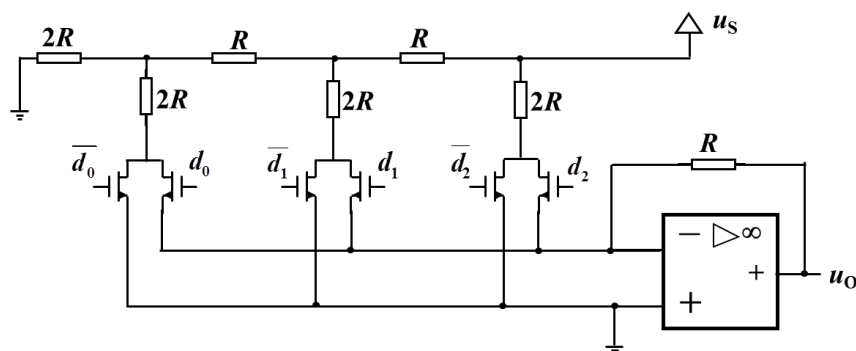


图 4.4 运放课前练习 3

在完成第 (13) 题的分析后，还会对比分析电阻网络，并引导学生讨论二者的利弊。进一步引出电容网络，为后续电容部分的学习埋下伏笔。

课堂上还将对课前布置的实验进行讨论，主要提醒学生注意以下事项，并检查初步的实验结果。

(14) 实际运放器件的工作电源设置。

(15) 输入信号幅值应保证运放工作在线性区，其频率应满足运放 slew rate 参数的要求。可以通过实验验证如果不满足要求会出现什么结果。

(16) 外电路电阻阻值的选择及原因。

4.5.2 戴维南定理

课堂安排讨论的知识点如下（类似的，是否需要老师提问取决于学生是否在这方面先提出问题）：

- (1) 戴维南定理的内容及其适用范围是什么？
- (2) 诺顿定理的内容及其适用范围是什么？
- (3) 任意一个电路都同存在戴维南等效电路和诺顿等效电路吗？
- (4) 讨论一端口网络的戴维南等效电路与 $u-i$ 平面上该端口的 $u-i$ 特性曲线的对应关系。
- (5) 戴维南等效内阻有哪些求法？
- (6) 求含有受控源电路的戴维南等效电路时要注意什么？

- (7) 使用戴维南定理的典型场合是什么？
- (8) 若原电路中只含有一个独立源，除负载外对原电路做戴维南等效，当负载获得最大功率时，原电路中独立源发出的功率是否等于该最大功率的2倍？

课堂讨论完成的习题如下。

- (9) 电路如图 4.5 所示，求 U_R 。

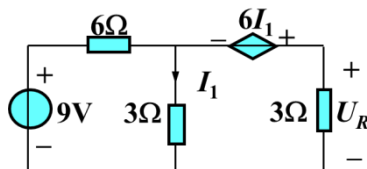


图 4.5 戴维南课前练习 1

- (10) 电路如图 4.6 所示，求电流 I 。

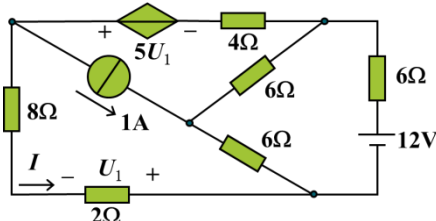


图 4.6 戴维南课前练习 2

- (11) 电路如图 4.7 所示，其中 J 为一继电器，当电流 $I > 2\text{mA}$ 时，继电器触电闭合，继电器线圈电阻为 $5\text{k}\Omega$ 。要求判断继电器现在是否闭合？

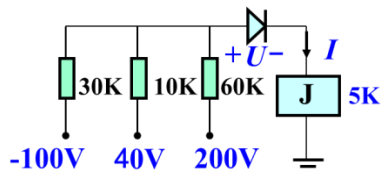


图 4.7 戴维南课前练习 3

- (12) 基于该题，讨论戴维南定理是否适用于非线性电路？

- (13) 课堂上还要检查课前布置的实验任务，即测量 myDAQ 上 +15V 电源与 GND 端口的戴维南等效电路，重点讨论等效内阻的测量方法。

4.6 课后学习安排

课后学习主要包括 3 部分内容：

- 1 总结课内讨论的若干问题和知识点，将其绘制在一张图上，凸显相互之间的逻辑关系。下次课堂上，学生需要上交关系图，教师会评判学生的关系图，并展示自己绘制的关系图。

2 SPOC 平台的每周作业或部分笔头作业。

3 基于已经完成课堂讨论的内容的研究型实验。

需要说明的是,并非每一讲内容都对应有实验,一方面受 myDAQ 实验能力的限制,另一方面更主要的是考虑不让本课程对学生造成过重的学习负担。

在表 4.2 和表 4.3 所列出的共 41 讲内容中,我们总共安排了 15~20 个实验,包括要求课前完成的一些简单的验证性实验和需要课后持续几周完成的一些研究型实验。

备课时设计的主要实验如表 4.4 所示,实际授课时根据学生情况选择实现。表中序号后面加“*”的是需要提交实验报告的实验,其他实验在课堂上检查实验结果通过即可。其中注明“课后”字样的实验一般耗时较长,可能需要增加 1 学时授课时间。由于加强版以学生为中心的教与学模式将理论课程和实验课程融为一体,学生参加本试点班可同时获得理论课程和实验课程的学分。因此可将这些增加的课内学时视为实验课的课内学时。学生对此是认可和接受的。

表 4.4 清华大学电路原理教改班的实验安排

序号	实验名称
1	用 DMM 测量直流电阻电路
2*	测量二极管的 $u-i$ 特性
3*	测量 MOSFET 的端口特性
4	测量运放的端口特性
5*	用 MOSFET 实现反相器电路 (课后)
6	用运放实现反比例器 (课后)
7	测量确定 +15V 和 AGND 之间的戴维南等效电路
8	测量含运放电路的戴维南等效电路
9*	实现有源降噪耳机 (课后)
10*	用 MOSFET 实现小信号放大器 (课后)
11	测量 RC 电路的频响特性
12*	实现正弦波发生器 (课后)
13	产生非周期正弦信号
14	用运放实现等效电感 (课后)
15	测试 RC 电路的低通滤波效果
16*	实现耳机功放电路 (课后)
17	一阶 RC 电路的暂态响应特性
18	脉冲序列作用下一阶 RC 电路的相应
19*	三角波/锯齿波发生器 (课后)
20	电容对二极管全波整流电路输出的影响
21	忆阻器 (课后)
22*	DC-DC 变换器 (课后)

仍然以运算放大器和戴维南定理为例，各自课后要完成的内容如下。

4.6.1 理想运算放大器

1 根据课堂上对知识点的讨论，绘制完成知识点关系图，重点在勾勒出各主要知识点之间的相互关系。教师自行准备的运放知识点关系如图 4.8 所示。

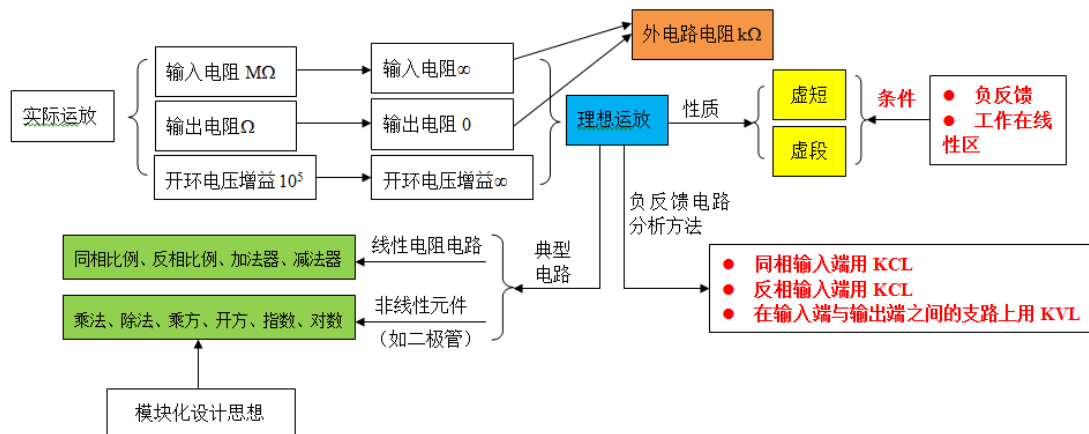


图 4.8 运放知识点关系图

2 完成 3 道笔头作业，具体如下：

(1) 图 4.9 所示电路中，电压 $U_S=2V$ 。求：(1) 每个电阻吸收的功率；(2) 电源输出的功率；(3) 为什么电源输出的功率与电阻吸收的功率不等？运算放大器吸收的功率是多少？

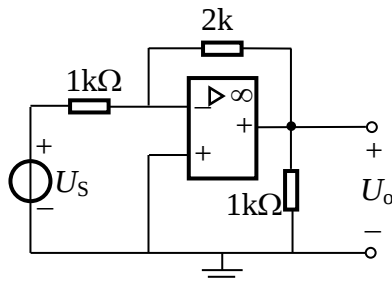


图 4.9 运放课后作业 1

(2) 已知图 4.10 所示电路中，电压源 $u_S(t)=\sin 4t V$ ，电阻 $R_2=2R_1=1k\Omega$ 。求电流 $i(t)$ 。

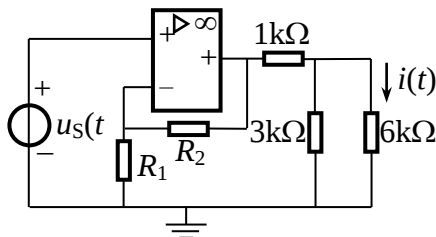


图 4.10 运放课后作业 2

(3)设计一个用理想运放负反馈电路实现的放大倍数小于1的同相比例器,要求画出电路图,并分析输出电压和输入电压的关系,给出 $\frac{U_o}{U_i}$ 的数学表达式。(电阻值可以给出具体值,也可以用符号表示,如 R_1 、 R_2 等,给出可行的取值范围)

3 用集成运放器件实现反相比例放大器。

4 在输入电压有无运放构成的跟随器隔离两种情况下,分别做实验测量MOSFET的端口特性 $U_{DS} - I_{DS}$,分析产生不同实验结果的原因。

4.6.2 戴维南定理

1 根据课堂上对知识点的讨论,绘制完成知识点关系图,重点在勾勒出各主要知识点之间的相互关系。教师自行准备的戴维南定理知识点关系如图4.11所示。

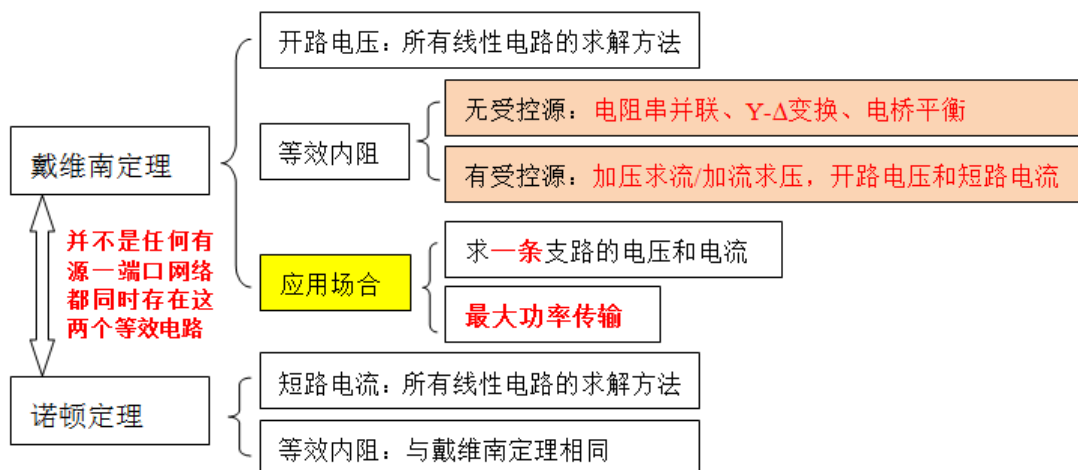


图 4.11 戴维南定理知识点关系图

2 完成三道笔头作业,具体如下:

(1)试用戴维南定理求图4.12所示电路中ab支路的电流 I_{ab} 。

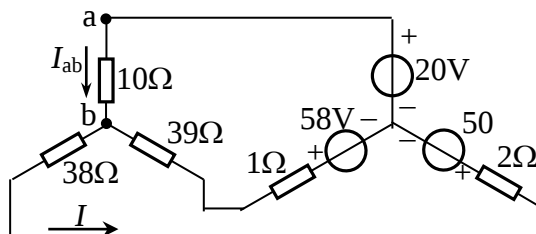


图 4.12 戴维南定理课后作业 1

(2)求图4.13所示电路中电阻 R_L 吸收的功率。

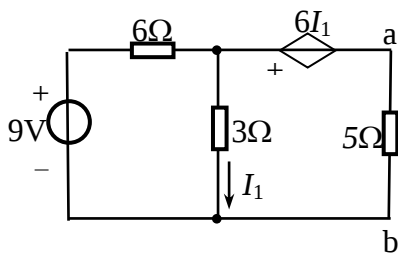


图 4.13 戴维南定理课后作业 2

(3) 图 4.14 所示的直流电路中, $U_S=18\text{V}$, $I_S=2\text{A}$ 时, 测得 $U_{ab}=0$; 当 $U_S=18\text{V}$, $I_S=0$ 时, 测得 $U_{ab}=-6\text{V}$; 当 $U_S=30\text{V}$, $I_S=4\text{A}$ 时, 测得 a,b 两端短路电流 $I_{ab}=1\text{A}$ 。若 a,b 两端接 $R=2\Omega$ 的电阻, 求当 $U_S=30\text{V}$, $I_S=4\text{A}$ 时, R 中流过的电流 I_{ab} 。

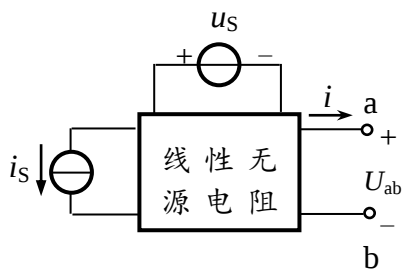


图 4.14 戴维南定理课后作业 3

3 测量用集成运放实现的反比例器输出端的戴维南等效电路。

4.7 成果

到目前为止, 清华大学电路原理教学组已经在 2013 年春季、秋季和 2014 年春季三个学期完整地实施了三轮翻转课堂教学, 取得了一些初步成果。

1 学生视角

学生普遍欢迎这种以学生为中心的教与学模式, 具体体现在以下 3 个方面。

(1) 学习热情明显提升。

国内其他高校 (北京邮电大学、青海大学等)、清华大学其他院系以及校教务处的多位老师先后到电路原理翻转课堂听过课, 都认为课堂气氛明显比传统教学模式活跃很多。图 4.15 是同学们在课堂上完成例题和进行实验的情况。



图 4.15 清华大学电路原理翻转课堂实景

(2) 课程学习成绩明显好于平行班

参与翻转课堂教学改革的学生在期中和期末时,仍然要参加和平行班相同的考试。两届学生三个学期的期中、期末考试卷面成绩平均分都要比平行班高出 8-10 分,具体如表 4.5 所示。

表 4.5 清华大学翻转课堂班与平行班期中期末考试成绩对比

	2013 年春		2013 年秋	2014 年春	
	期中	期末	期末	期中	期末
翻转课堂班	87.3	85.8	75.7	90.4	84.3
平行班	82.0	76.2	68.0	80.1	73.3

(3) 动手能力明显提高。

学生在课程竞赛实验中完成的作品已经申请了 3 项实用新型专利,均已获授权。具体情况如表 4.6 所示。

表 4.6 清华大学翻转课堂班学生获得专利情况

序号	专利名称	学生姓名	专利状态	授权日期
1	一种有源降噪耳机	陈**, 刘**	已授权	2014-09-10
2	一种主动式降噪耳机的实现	朱**, 施**	已授权	2014-11-03
3	一种耳机功放的实现	吴*, 郭*	已授权	2014-12-10

(4) 对后续学习产生持续影响, 课外科技活动中取得好成绩。

在 2013 年春季学期的课程竞赛实验中取得第一名的刘**同学 2014 年以大二学生身份作为第一完成人获得了清华大学挑战杯一等奖,这在历年挑战杯获奖者中是很少见的;同样是 2013 年春季的翻转课堂班学生邓*获得了“2014 年清华大学本科生学术研究基金”资助,研究项目名称是“超薄光盘式可折叠碳纳米管触摸屏无线鼠标的研制”。

为了及时掌握学生对翻转课堂这种教学模式的想法,我们还在期中考试结束后进行了问卷调查,具体调查问卷见附录。问卷共设计了 6 大类(总体时间安排、课堂、实验、教学内容、整体收获、改进建议) 19 个问题,以下是学生对一些典型问题的代表性反馈。

问题 A: 课堂上通过对知识点讨论获得的体会, 比起传统方式讲授获得的知识, 在应用上 (做题、实验) 有优势吗? 如果有, 优势在哪?

学生反馈 1: 讨论类似 brain storm, 思维碰撞往往会产生很精辟、意想不到的结果, 而且课堂气氛活跃度较传统课堂大大提升。再者, 实验上的许多问题讨论一下很有帮助。

学生反馈 2: 有。不同的人的问题不同, 别人的想法可以激发我的思考。也可以更好地理解有时传统课堂上可能不会提及的问题。

学生反馈 3: 有。动手能力大为提高, 合作精神得到彰显。

学生反馈 4: 在实验上有优势, 因为摆脱了实验室时间、空间的限制。能让我们自己设计一些部分, 而且不会像实验课一样按讲义说的顺序去做那样, 会遇到各种各样的问题, 进而思考如何解决。

问题 B: 在课堂上, 知识点的学习主要是通过讨论的方式来完成。相对于传统课堂讲授来说, 这种学习方式更为零散。我们可称之为“碎片式学习”。你觉得这种碎片式学习的优点和不足各是什么?

学生反馈 1: 优: 重点难点突出, 解惑及时。不足: 需要进行较多的预习。

学生反馈 2: 优: 自主学习能力增强, 思考更深入。缺: 条理不够清晰, 易忽略细碎知识点。

学生反馈 3: 优点: 通过讨论得出的结论印象比较深刻。缺点: 知识体系需要自行搭建, 费时间。

学生反馈 4: 在预习充分的情况下, 优点很明显, 能加深理解。不足是在预习不充分时会觉得凌乱, 知识框架不完整。

根据上述反馈, 我们及时采取措施, 调整教学方法, 要求学生绘制知识点关系图就是在这种情况下提出的新要求。通过后续调查和反馈, 90% 的学生都认为绘制知识点关系图有效克服了“碎片式学习”知识体系凌乱、不完整的缺点, 并且可以帮助他们更加深入地认识前后知识点之间的相互关系。

2 教师视角

从教师角度来看, 通过实施翻转课堂教学, 自身能力也有所提高, 体现在以下 2 个方面。

(1) 对课堂的全局把握能力得到有效锻炼和提高。

在翻转课堂教学模式下, 课堂教学不再是按照教师事先准备好的脚本进行, 而是完全跟着学生课上提出的问题走。但教师绝不能被这些问题牵着鼻子走, 而是要从时间和内容上进行总体把握。这不仅要求教师对课程内容有深刻而准确的理解, 还要求教师有足够宽的知识面, 这样才能在课堂上尽可能准确地回答学生们提出的各种问题。

(2) 对工程实际问题的抽象、提炼能力得到提高

在翻转课堂教学中,要求学生利用便携式实验装置完成的实验内容基本都来自工程实际问题,这些问题本身可能很复杂,教师必须从中提炼出能够用所学基本知识解决的科学问题,并加以抽象简化,然后才能布置给学生付诸实施。当然,这一过程教师也可以带领学生一起完成,更好地培养他们用所学知识解决实际问题的能力。

2 课程视角

从课程的角度来看,通过实施翻转课堂教学模式,清华大学电路原理课程在**国内高校同类课程中的影响力得到明显提升**,基本引领了这一改革潮流。课程负责人于歆杰和翻转课堂主要实施人朱桂萍先后在 2013 年第六届全国大学教学改革研讨会、2014 年第九届高等学校电路和信号系统教学与教材研究会年会上,以及国内十多所高等院校做过多次大会报告和专题报告,引起了国内其他多所高校老师的浓厚兴趣,目前已有南京大学、青海大学、贵州理工学院等高校的从事电路原理教学的老师在与我们进行交流探讨后,在他们自己学校展开了不同程度的翻转课堂教学实践。2015 年春季和秋季学期还将陆续有 9 所高校加入我们的改革队伍,相信这一基于 SPOC 的翻转课堂教学模式会给高校基础课教学带来全新的教学体验和更好的教学效果。

4.8 展望

慕课和 SPOC 平台的发展为实施翻转课堂教学模式提供了最重要的基础资源。学生在课下可以根据自己的接受能力,反复观看教学视频,但这并不能保证实施翻转课堂后的教学效果就一定优于传统教学模式。决定以学生为中心教与学模式成败与否的关键在于:在网络课堂和实体课堂中学生之间、师生之间能否进行深入讨论,有针对性地及时解决每个学生在学习过程中遇到的问题。这才是翻转课堂这种教学模式的核心价值。同样的慕课内容,不同层次的院校根据自己的生源情况进行定制,就形成了自己的 SPOC,而课堂讨论的内容及深入程度同样也体现了各个学校自身的教学要求和特点。

就清华大学电路原理课程而言,这种基于 SPOC 的翻转课堂教学模式未来发展有两个方向:

- 1 继续在小班课堂中实施,理论联系实际,不断开发新的实验,使课程内容常上常新。

- 2 在大班课堂中尝试进行翻转课堂教学,教师需要对课堂讨论内容进行精心设计,避免直白的、无发散性的讨论话题;另外为了保证每位同学的参与度,可能需要借助一定的技术设备,如表决器等,使教师能及时、准确地掌握每位同学对所提问题的反馈意见。在大班课堂中融入实验可能比较困难,只进行理论课的学习比较可行。

执笔人:

朱桂萍 (gpzhu@tsinghua.edu.cn)

第5章 精简加强版

5.1 问题和目标

在当今社会，互联网技术日益发达，公众日益关注教育体制改革，产业亟需高级应用类人才。互联网技术支撑下的全新知识传播形式和学习方式正在颠覆传统的教学学习模式。面对信息化时代的大变革，抓住课程改革这一基本单元为突破点，借助信息化技术手段，提高教学质量和人才培养水平，满足社会对人才的多元需求，是目前所有高校面临的一项重要任务。高等教育改革任重道远。

拼在大学是一流大学学生的学习境界，混在大学是二流甚至三流大学大部分学生的学习状态。青海大学持续不断的抓教风学风建设，从严肃考纪考风、到留级、到学位证的严格把关等。这一系列政策的出台，虽然取得了一定的成效，但在学生的自主学习、拼搏学习的学习状态上还是与一流大学有一定差距。

仔细思考原因：入校成绩刚过一本线，大部分是被应试教育磨灭了学习热情的同学！一入校想到的便是放松和享受自由，如何激发学生的学习热情是关键。

另外，清华大学梅贻琦先生说：“所谓大学者，非有大楼之谓也，有大师之谓也！”地处大西北的青海大学，人才引进困难，师资力量薄弱！如何提供给学生一流的教育资源？一种全新的改革模式势在必行！

课程建设作为基础建设的重要组成部分，是有效落实本科教学计划、提高本科教学质量的关键，是体现学校办学思想，实现人才培养目标的重要途径。2014年秋季学期，青海大学电路原理教学组利用学堂在线平台和青海大学电路原理慕课资源，在青海大学水电学院大二本科生中实施了以学生为中心的教与学教育模式。改革目标定位于通过实施分层次教学，落实卓越计划拔尖创新人才培养需求，将传统填鸭式教学变为主动式自发学习，激发学生的学习热情，突出学生中心主义，实现以学生为中心的教与学。

5.2 学生选择

青海大学电路原理教改班成员来自 2013 级电气工程及其自动化专业的 24 名大二学生。在 2013 级电气工程及其自动化专业 152 人中，这 24 人的大一学年学分绩平均排名为 29。

青海大学是“211”学校，每年都招收来自全国 25 个省的优秀学生，同时也招收大量来自青海本地的相对一般学生。二者的高考平均成绩相差 150 分左右。

第一次实施以学生为中心的教与学模式时，我们选择成绩比较优秀的学生作为教改对象。学生通过面试和笔试进行选择。面试时主要考虑学生的语言表达能

力和对翻转课堂模式的参与愿望,面试中告诉学生以后参加翻转课堂后会占用较多业余时间,并且询问是否喜欢自主学习和参与讨论。考虑到提供的慕课资源中PPT采用英文书写,在笔试中还包括了对学生英语能力的考查。在本课程的学习中发现,实验动手能力和自学能力与学分绩没有必然的联系,一些动手能力很强的学生其学分绩并不是很高。

5.3 教学内容选择

青海大学电路原理传统课堂理论与实验单独设课,分为电路原理 64 学时和电路原理实验 32 学时。

教学内容为课程之根本。在电路原理课程的教学内容选择方面,根据清华大学电路教学组给出的大纲修订建议,以青海大学学生的认知水平为基础,对现有的教学内容章节进行整合与增删。青海大学电路原理课程以学生为中心的教与学模式对 64+32 学时的内容进行了改革,具体教学日历如表 5.1 所示。

表 5.1 青海大学电路原理秋季 64 学时理论课教学日历

周次	内容
1	电阻、独立源、KCL、KVL
2	受控源、电阻串并联、Y- Δ 变换 电源等效变换 等效电阻
3	节点法,回路法
4	理想运放的外特性,负反馈运放电路支路法
5	叠加定理,替代定理,戴维南(诺顿)定理、最大功率传输定理
6	二极管、非线性电路(分段线性法、小信号分析法)
7	L, C, 恒定激励下一阶电路的求解、零输入和零状态响应
8	阶跃响应、一阶动态电路的应用
9	二阶电路的求解
10	正弦量基本概念,相量的基本概念
11	相量形式的 KCL、KVL,复阻抗、用相量法求解 SSS 电路, SSS 电路的功率
12	非正弦周期电路的稳态响应
13	频率响应、谐振的基本概念,串联谐振、并联谐振
14	互感,含互感电路的分析、空心变压器,理想变压器
15	三相基本概念,对称三相电路分析,不对称三相电路分析,三相电路的功率
16	二端口网络

为了解决传统教学模式中存在的问题,实现改革目标,针对上述教学内容,我们主要进行了如下改革实践:

1 对课堂学时进行了压缩,增加自学和课下学时。翻转班和平行班的课时分配如表 5.2 所示。课堂讨论和实验的时间为 48 学时,与传统的 96 学时相比,课堂占用时间减少了一半。相应的学生的课后自学理论和实验的时间学时增加了

48 学时。表 5.2 为翻转班和平行班课时分配表。

表 5.2 青海大学翻转班平行班学生课时分配（单位：学时）

平行班		翻转班			
理论	实验	理论		实验	
		64		32	
		课下自学	课内讨论	课下设计实现	课内展示
64	32	32	32	16	16

2 学生以知识点为基本单元进行碎片化学习。学生可以选择在线学习或资源下载。视频资源下载到个人电脑或手机后，使得学习不再受时间、空间限制。每一段 3-8 分钟的碎片化资源讲述着一个完整的知识点。这使得学生可以充分利用零碎时间进行有效学习，随时随地调出较难知识点进行反复学习。学习从此变得随心所欲。这便正式开启了以学生为中心的教与学模式。

3 在拥有 SPOC 平台的前提下，课堂授课采取翻转课堂教学方法，重新建构学习流程。通常情况下，学生的学习过程由两个阶段组成：第一阶段是“信息传递”，第二阶段是“吸收内化”。传统课堂是通过课上教师讲解实现信息传递，通过课后完成作业习题实现吸收内化。传统信息传递过程由于依赖填鸭式的灌输，教师一对多主讲的开环系统导致教学效果欠佳。同时由于缺少教师的支持和同伴的帮助，吸收内化阶段常常会让学生感到挫败，丧失学习的动机和成就感。

青海大学以学生为中心的教与学模式对学生的学习过程进行了重构。信息传递由学生在课前利用 SPOC 平台观看名师讲解的视频进行。平台不仅提供视频，还提供讲间练习、线上作业、复习 Flash、讨论区、Wiki 等在线资源。学生看完视频后，充分利用讨论区对知识点疑惑问题展开线上讨论，通过讲间练习及时对知识点进行消化，通过线上作业对知识点内容进一步巩固，实现自主吸收内化过程。而在翻转课堂上，教师能够通过 SPOC 后台数据提前了解学生的学习困难，通过有针对性的互动模式进行动态课堂组织，从而形成老师与学生面对面、学生与学生面对面的互动讨论模式。教师充当主持、引导、协调、总结的角色；学生的角色从过去的被动接受变为如今的主动汲取。同学们在课堂上自主讲解、激烈讨论、各抒己见，在自学与互学的模式中，通过大家思维的碰撞真正达到学习知识的目的。

4 理论与实验完全融合。实验分层次分难度。我们将实物搭接测试与虚拟、仿真实验相结合，并将基于项目的学习模式引入课堂。学生需要（1）利用掌上移动实验设备 NI myDAQ、电路元器件、面包板等实际设备及器件按设计要求或自行设计搭接实际电路；（2）通过软件接入个人电脑实现实际电路测试；（3）将实测电路与仿真结果进行对比分析。实验设计环环相扣，让学生在兴趣的带领下，逐步深入，最终实现终极实际电路。整个过程旨在培养学生理论联系实际综合素质和动手能力，激发学习的潜能和个人创新能力。实验成功之后使学生从心底燃起成就感和满足感。同时他们深刻体会到，任何一个简单实际电路的实现都是由一个个知识点的深刻理解和实践训练积累而成。这对训练其工程素质有很大帮助。

5.4 课前学习安排

与传统课堂教学中的课前预习不同,以学生为中心的教与学模式中采用的是课前学习。学生的课前学习包括线上自学和线下学习 2 部分内容。

1 线上自学

根据教师提前一周下发的相应知识点,观看 SPOC 平台对应视频。看完视频后,充分利用讨论区对知识点疑惑问题展开线上讨论,通过线上讲间练习及时对知识点进行消化,通过线上作业对知识点内容进一步巩固。视频为中文讲解,PPT 内容、讲间练习、线上作业均采用英文书写。学生在学习专业知识的同时,提高了专业英语水平,自然实现了双语教学。学生还可以利用自己所学知识及时体会构建属于本课程的 wiki。

2 线下互学

线下学习流程如图 5.1 所示。课前学生根据教师提前一周下发的课上讨论知识点进行慕课视频学习、教材阅读、资料查阅,团队讨论。课后,学生通过完成与知识点相对应的习题,进一步巩固学习知识点。依据清华大学的成功经验,我们还要求学生在课后画知识脉络图,将碎片化的知识用自己理解的方式重新整合。这样可以达到即见树木,又见森林的目的。

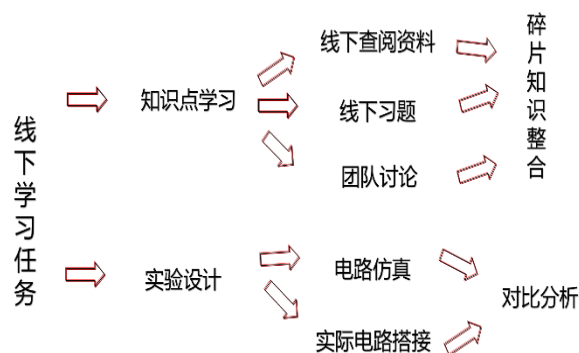


图 5.1 学生线下学习路线图

下面以理想运算放大器和戴维南定理两节内容为例进行介绍。

5.4.1 理想运算放大器

理想运算放大器这一部分内容包括实际运放的电路模型、理想运放的电路模型和端口特性、含负反馈的理想运放电路分析,共计 2 学时。

课前给学生布置的预习任务包括:

- 1 课前观看 SPOC 理想运算放大器的 9 个视频,并完成相应的讲间练习。

2 熟悉 uA741 运放的手册。

3 在 Multisim 中实现图 5.2 示的非反相放大器，设置 $R=50\text{k}\Omega$ ，用直流扫描工具分析输入电压从 $-5\text{V}\sim+5\text{V}$ 变化时的输出电压，然后改变 $R=80\text{k}\Omega$ ，重复上述过程。用并列和重叠（在绘图工具中单击 Overlay Traces 按钮）两种方法来比较上述两个结果。要求用 3 端虚拟运放元件。

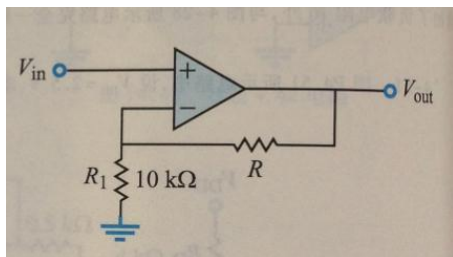


图 5.2 运放课前自学题

5.4.4 戴维南定理

戴维南定理这一部分内容包括戴维南定理的内容及证明、不同电路中开路电压和等效内阻的求法、戴维南定理的典型应用场合，共计 1 学时。诺顿定理同时讲完。

课前给学生布置的预习任务包括：

1 课前观看 SPOC 关于戴维南定理的 7 个视频，并完成相应的讲间练习。

2 设计实验，内容为：自行设计电路测定一节干电池的戴维南等效电路，要求有仿真，有 myDAQ 实测，并要求写出完整详细的实验设计报告，对结果进行分析。

5.5 课上讨论安排

课堂上，教师进行动态课堂组织，包括知识点讨论，习题讨论，实验演示及讨论三大环节。从理念层面，可以总结为以下几点经验。

1 引入情感教育模式

课堂以交流讨论为主，形成老师与学生面对面、学生与学生面对面的交流讨论。多表扬、多鼓励，在激发同学们学习兴趣、提高其学习能力同时，提高他们语言表达能力。

2 引入团队合作与竞争模式

当学习遇到困难的时候，让学生不再感到孤立无援。一进课堂，他便属于一

个团队。翻转班 24 人, 6 人一组, 分成 4 个团队, 最初由同学们自由组合形成。每一个团队围成一圈就坐, 形成面对面讨论的氛围。每个人的成长都与团队成长密切相关。自私自利自己学的状态在这样的模式下被彻底推翻。这种模式推崇互帮互助、共同进步, 锻炼团队合作能力。

课前每个学生就知识点问题线上学习过, 并在团队中讨论过。课上对仍不清楚问题, 团队中成员轮流发表意见, 不同团队的同学可以给出不同答案。由此可进入 PK 模式, 极大地刺激每位同学的神经。大家注意力高度集中, 听别人在讲什么, 我有什么不同观点, 为了团队的荣誉而战。这样, 一种良性竞争机制便产生了。这样的机制会大大激发学生的斗志, 挖掘他们的潜能。

在课堂上, 教师需要习惯不说或少说, 更多说的机会让给学生, 让同学间的思维碰撞来的更猛烈。讲台让给学生, 黑板成为学生的天地。教师充当主持、引导、协调、总结的角色组织高效的翻转课堂。

3 习题对电路学习者而言至关重要

此次改革中, 教师根据授课学生的实际水平, 分易、中、难三个层次设计习题, 所占比例分别为 40%, 40% 和 20%。

基本要求(易题)大多摘自青海大学电路原理试题库, 中等难度题摘自普通高校考研真题和实际电路分析, 挑战环节(难题)摘自清华大学或一流高校历年考研真题和工程实例分析。学生只要将课堂讨论易题掌握, 便可以轻松通过本校期末考核, 而打算考研的同学则要将中等程度甚至难题掌握, 满足不同层次学生的不同需求。

经常可以看到的场景是一道难题把一位同学难住了, 只见团队中的成员一个、两个, 最后所有成员跳到黑板前你一言、我一语, 不一会儿难题便被攻克。当被问及当时的感受时, 得到的回答是“激动, 我们真的能做出来”。这无疑增强了他们的自信心。而在这样集体的智慧中, 每个同学恰恰能够清楚的认识自身知识的短板在哪里。

4 实验环节是电路教学的重要组成部分

青海大学电路原理分电路原理理论和电路原理实验两门课程。本次改革将实验与理论相结合, 对学生的工程素质提出更高的要求。

要求学生结合实际工程电路问题, 通过线上学习、查阅资料、教师培训等环节, 掌握电路建模的原则和方法; 采用 LabVIEW 和 Multisim 进行电路分析、虚拟实验和电路仿真; 利用掌上移动实验设备 NI MyDAQ、电路元器件、面包板等实际设备及器件按设计要求或自行设计搭接实际电路; 通过软件接入个人电脑实现实际电路测试; 还需要将实测电路与仿真结果进行对比分析。整个过程旨在培养学生理论联系实际的综合素质和动手能力, 激发学习的潜能和个人创新能力, 提高工程设计报告分析和写作能力。

为突出每个学生的特质,突出个性化、创新性设计要求,大部分实验教师不给出具体电路,只提出实验任务、仿真要求和实物需要达到的效果及测试要求。教师只对少部分实验给出实验原理并给予一定的辅导。实验任务由两人一组的团队完成,课上教师对实验结果进行检查,并对学生实际中遇到的问题展开讨论。最后一定要对学生的不同想法,不同实验方法给出评价,并给出明确的解决办法。

下面仍然以理想运算放大器和戴维南定理两节内容为例,各自的课堂讨论内容如下。

5.5.1 理想运算放大器

1 课堂安排讨论的知识点

课堂以2人为一小组,6人为一大组,安排讨论如下的知识点:

- (1) 运放是有源器件还是无源器件?
- (2) 实际运放的输入电阻、输出电阻和开环放大倍数是怎样的?
- (3) 为什么要把运放的输入电阻设计得很大,而输出电阻设计得很小?
- (4) 实际运放的电压传输特性曲线是怎样的?
- (5) 可以用什么电路元件对实际运放进行建模?
- (6) 将实际运放近似为理想运放要满足几个条件?
- (7) 含有运放的电路中外围电阻的阻值一般应该在什么范围内?为什么?
- (8) 什么叫虚短?什么叫虚断?能不能将输入端直接短路或开路?理想运放在什么条件下具有这两条性质?分析含有负反馈理想运放电路的一般方法是什么?
- (9) 运放构成的常见电路有哪些?

2 课堂讨论完成的习题

课堂讨论的习题分层次分难度进行,包括基本要求、中等难度和挑战环节三类。

基本要求

- (10) 分析下列电路(反相输入),计算输出电压

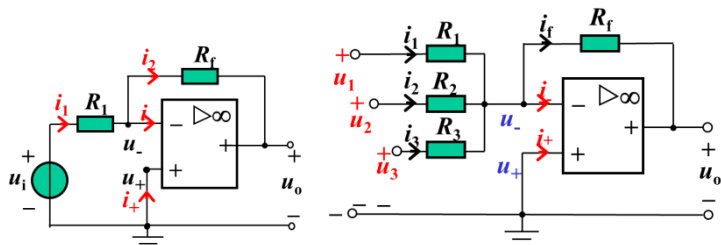


图 5.3 运放课堂讨论题 1

- (11) 分析下列电路(同相输入),计算输出电压

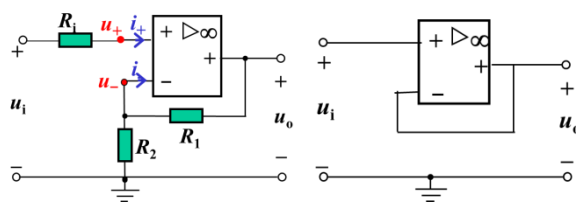


图 5.4 运放课堂讨论题 2

中等难度

(12) 分析下列电路，计算输出电压与输入电压的关系

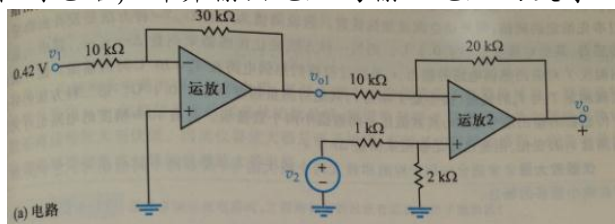


图 5.5 运放课堂讨论题 3

挑战环节

(13) 求图示电路中流经电阻 R_5 的电流 i_5 ，已知 $R_2 = R_3 = R_4 = 1\text{k}\Omega$, $R_1 = R_5 = 2\text{k}\Omega$, $u_{\text{in}} = 1\text{V}$ ，设运放工作在线性区。

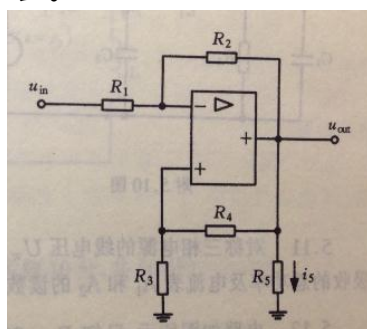


图 5.6 运放课堂讨论题 4

3 实验环节

课堂上对课前布置的实验仿真和 myDAQ 测试的实验结果进行初步检查和讨论。

(14) 如何利用 myDAQ 提供的电源为实际运放器件提供电源？

(15) 输出信号是否会失真，原因是什么，如何调整？

(16) 外电路电阻阻值的数量级选择是否合适，是否能将理论中讨论的内容实际加以应用？

(17) 实验时遇到了哪些问题？为什么仿真可以，实际中却有问题？

5.5.2 戴维南定理

1 课堂安排讨论的知识点

课堂以2人为一小组，6人为一大组，安排讨论如下的知识点：

- (1) 戴维南定理的内容是什么？适用范围如何？
- (2) 诺顿定理的内容？适用范围如何？
- (3) 任意一个电路都同存在戴维南等效电路和诺顿等效电路吗？
- (4) 戴维南内阻的求法有哪些？
- (5) 求含有受控源电路的戴维南等效电路时要注意什么？
- (6) 使用戴维南定理的典型场合是什么？
- (7) 最大功率传输指的是电源发出最大功率，还是负载吸收最大功率？为什么二者不一致？
- (8) 直流情况下，最大功率传输的条件是什么？最大功率值是多少？此时效率是多少？

2 课堂讨论完成的习题

课堂讨论的习题分层次分难度进行，包括基本要求、中等难度和挑战环节三类。

基本要求

(9) 已知 $U_S=10V$, $I_S=1A$, $\beta=0.5$, $g=0.0375$, $R_1=R_2=R_3=20\Omega$, 求戴维南等效电路。

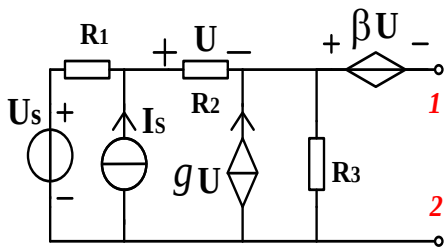


图 5.7 戴维南课堂讨论题 1

中等难度

(10) 已知 $R_1=R_2=10\Omega$, $R_3=5\Omega$, $U_{S1}=20V$, $U_{S2}=5V$, $I_S=1A$, R 可调，问 R 为多大时可获最大功率，此功率为多少？

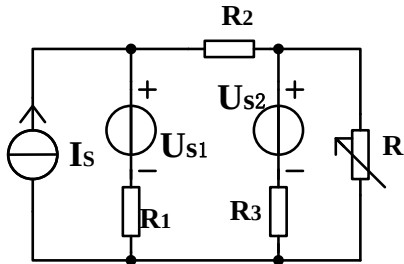


图 5.8 戴维南课堂讨论题 2

挑战环节

(11) 如图所示, 已知 N 为有源二端口网络, $R_1=R_2=R_3=20\Omega$ 时, $R_4=10\Omega$, $\alpha=0.5$, $I_{S3}=1A$, 当开关 S 打开时, 开关两端电压 $U_{ab}=25V$, 当开关 S 闭合时, 流过开关的电流 $I_K=10/3A$, 试求 N 的戴维南等效电路。

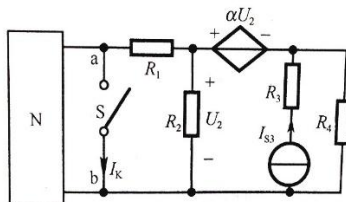


图 5.9 戴维南课堂讨论题 3

3 实验环节

课堂上对课前布置的实验仿真和 myDAQ 测试的实验结果进行初步检查和讨论。

(12) 测定一节干电池的戴维南等效电路

(13) 如何测量电池的内阻?

(14) 实验时遇到了哪些问题? 为什么仿真可以, 实际中却有问题?

5.6 课后学习安排

课后学习主要包括两部分内容:

- 1 SPOC 网站的每周作业或部分笔头作业。
- 2 基于已经完成课堂讨论的内容的综合型和设计型实验。

为了不给学生过多的负担, 只有部分实验需要提交完整的实验报告, 其余实验只需给出简单的仿真和 myDAQ 测试曲线和数据和分析即可。表 5.3 中列出了开设的实验。

表 5.3 青海大学电路原理教改班的实验安排

序号	实验项目	学时	类别
1	Multisim 认识实验	2	综合
2	MyDAQ 认识实验和用 DMM 测量直流电阻电路	2	综合
3	电路元件伏安特性的测定	2	综合
4	戴维南定理	4	综合
5	运放构成的运算电路	2	设计
6	二阶电路的暂态响应特性	4	综合
7	产生非正弦周期信号	2	综合
8	测试 RC 电路的低通滤波效果	4	设计
9	实现正弦波发生器 (文氏桥)	6	设计
10	简易电子琴电路的实现	4	设计

仍然以运算放大器和戴维南定理为例，各自课后要完成的内容如下，此外对基于项目的实验 10 进行简要叙述。

5.6.1 理想运算放大器

1 根据课堂上对知识点的讨论，绘制知识点脉络图。

2 完成 3 道笔头作业。

3 用 Multisim 仿真并用 myDAQ 实测，完成一个简易的模拟计算机，试用运放电路构成下面的电压代数方程

$$v=2x+3.5y+0.2z$$

证明该电路对于输入 $x=1.2$, $y=0.4$, $z=0.9$ 能够正常工作。

5.6.2 戴维南定理

1 根据课堂上对知识点的讨论，绘制知识点脉络图。

2 完成 2 道笔头作业。

5.6.3 PBL 的具体实施

除了基本实验外，实验中引入基于项目的学习模式。第 10 个实验即简易电子琴电路的实现，采用 PBL 方式开展。实验在开课初期布置下去，具体任务如表 5.4 所示，学期末以分组竞赛形式验收。此举极大的提升学生的学习兴趣、创新能力及工程应用能力、查阅资料能力、撰写报告能力。

表 5.4 基于项目的学习

实验 10 简易电子琴的设计
1.设计一个简易电子琴电路，要求至少能够用按键弹奏 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 输出的音频信号可以直接接到音箱或是耳机上进行测试，不用单独设计功率放大电路。
2.需要对电路先进行理论计算得到结果，然后在 multisim 中建立 mydaq 仿真项目进行仿真，最后再搭电路进行实际结果测量，并对理论计算结果、仿真结果和实际测量结果进行对比分析。
3.设计结果将以分组竞赛的方式进行。
4.要求撰写完整的设计报告，包括题目、摘要、正文、参考文献等部分，引用的参考文献要在正文中以上角标进行标注。
5.作品的视频、照片等

5.7 成果

到目前为止,青海大学电路原理教学组已经在2014年秋季学期完整地实施了一轮基于SPOC的电路原理翻转课堂,取得了良好的效果。

5.7.1 学生方面的效果

1 课堂气氛活跃度远高于平行班,充分体现学生中心主义

教师和学生从最初的拘谨到现在的高度活跃,从起初的个别参与到如今的全部参与,学生开始大胆提出自己的想法和问题,课堂频繁出现争论的场面,学生们脑洞大开,如图5.10所示。



图 5.10 青海大学翻转课堂实景

学生的激情被大大点燃,连续120分钟的课堂,无的是走神,无的是昏昏欲睡,有的是专注,有的是思考,有的是激烈的讨论,有的是放松愉悦的气氛。

2 翻转班学习成绩明显高于相同基础对照组

为进行教学效果评价,与行政班同卷进行了期中、期末考试。对照组同学从化工学院自动化专业两个行政班抽取。自动化学生没有参加翻转课堂。从历年的考试成绩看,自动化学生整体水平高于电气学生。本学期实施基于SPOC翻转课堂的教师之一,同期即为自动化两个班进行传统模式授课。因此**随机抽取两个自动化专业行政班大一学分绩前12名构成与改革班具有相同基础的对照组,进行**

同卷成绩对比是有意义的。将翻转班期中、期末卷面最高成绩、最低成绩、平均成绩与行政班同等水平学生进行比较得出结论如图 5.11 和图 5.12 所示。从数据可以看出翻转班平均分分别高出对照组 14 分和 11 分；最高分分别高出 8 分和 4 分，最低分分别高出 23 分和 13 分。这证明了此种模式能够提高课程的完成率和优秀率。

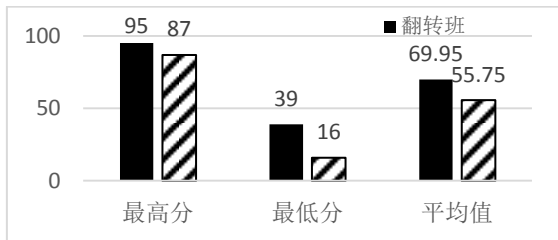


图 5.11 青海大学同卷期中成绩比较

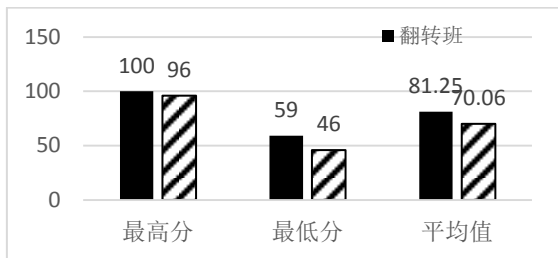


图 5.12 青海大学同卷期末成绩比较

3 学生实验探索能力明显提高

本学期学生需要完成 10 个实验。最初我们还担心任务太重，学生的完成情况会不好。但最终的结果是所有的学生顺利完成了任务。令我们惊喜的是，部分同学在兴趣的指引下除了规定的 10 个实验之外，还自行设计并搭建完成了台灯充电电池、光伏电池板充电器、锂电池电量显示器、调压电源、耳放、汽车点火电路、电磁炮发射器、有源降噪耳机等实际电路，如图 5.13~图 5.16 所示。

这些实际功能电路的实现需要包括电路图、PCB 绘制、电路仿真、实际电路制作和产品封装等要素，绝大多数是学生课外探索获取的知识和技能。这说明学生的兴趣被点燃后，其探索能力和自主学习新知识的能力大大提升。可见，在以学生为中心的教与学模式下，学生会随着兴趣，自主学习电路原理课程以外的延伸内容。这是传统课堂很少能见到的场景。

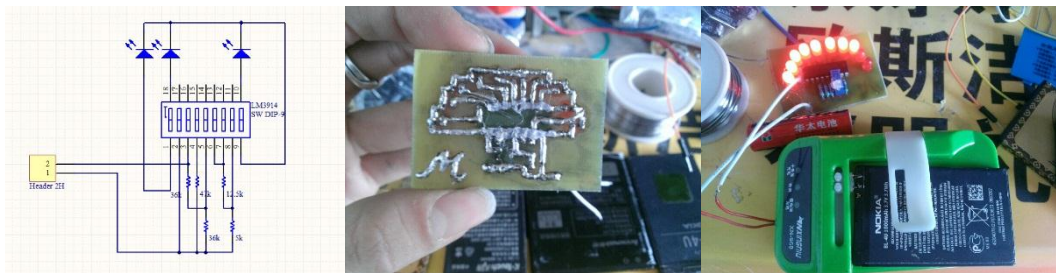


图 5.13 青海大学学生制作的锂电池电量显示器

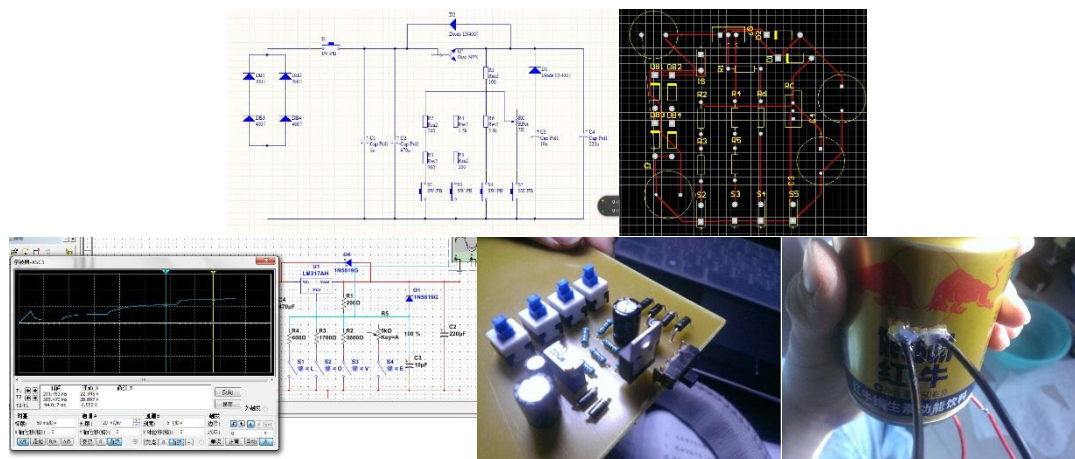


图 5.14 青海大学学生制作的调压电源



图 5.15 青海大学学生在演示讲解电磁炮发射器



图 5.16 青海大学学生的寝室工作台

5.7.2 教师的付出和收获

在翻转模式中，授课教师需要考虑学生的基础、兴趣、积极性、心理和自学能力，有针对性地选择合适的教学策略，设计适合各层次需求的讨论知识点及习题。这对任课教师提出了比传统班更高的要求。

教师不光是要拥有一桶水，更要内心拥有一把火，用更多的正能量和鼓励和表扬去点燃学生的学习欲望，激发学生的学习热情和斗志。教师应深刻思考如何进行学生的有效组织、进行理论与实验的有效结合，这样的任务量并非一个人可以独立完成的，需要一个拥有凝聚力的教学团队共同完成。

这样的模式也会点燃教师的授课热情，容易实现“教学相长”的局面。教师在学生的疑问与成长中容易发现自身的不足，从而督促自己对授课内容进行全面深入的研究。因此，有人讲，未来大学的课堂教学水平需要看翻转课堂的水平，从翻转课堂的水平来看老师的水平。这样的结果，自然推翻了人们的质疑“难道慕课是来抢老师饭碗的？”实际上，它的出现恰恰能够督促每一位有责任心的教师去努力成为一个真正“传道、授业、解惑”的好教师。到那时，教师的职业便是真正高尚的“金饭碗”。

5.7.3 SPOC 平台大数据对于翻转课堂学习情况的指导作用

青海大学电路原理 SPOC 平台上共计 84 个讲间练习 (quiz)，学生完成得分情况都可以从 SPOC 后台数据中获得。图 5.17 给出了青海大学翻转班 24 人讲间练习的平均分。

从平均分曲线来看，学生对第 28 个讲间练习掌握仅达到了 40%，第 59 个讲间练习仅有 50% 的掌握率。通过平台资源我们可知，这两道题对应的知识点分别是第 17 讲和第 56 讲：最大功率传输和并联二阶电路。这说明这部分的内容大部分学生没能掌握。仔细分析原因这部分视频相对青海大学学生认知水平而言较难。教师掌握此信息后可以课堂上着重讲解，或者今后自制此知识点视频上传，达到有针对性全方位服务学生自主学习的目的。

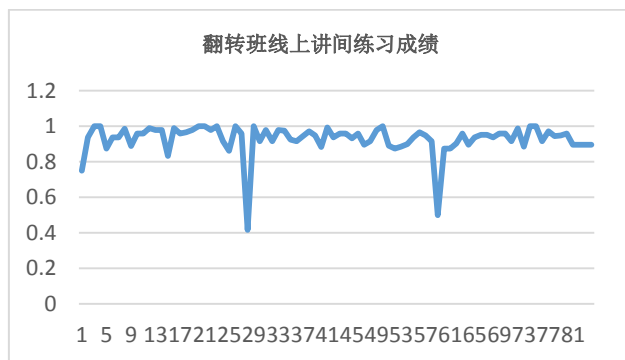


图 5.17 青海大学翻转班学生讲间练习平均分曲线

图 5.18 和图 5.19 分别是青海大学翻转班陆某某和高某某讲间练习的成绩。

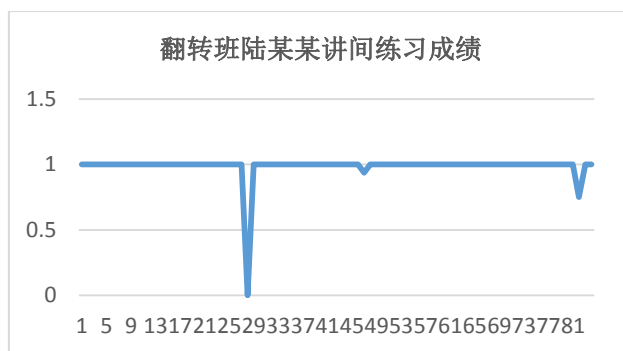


图 5.18 青海大学翻转班陆某某讲间练习得分曲线

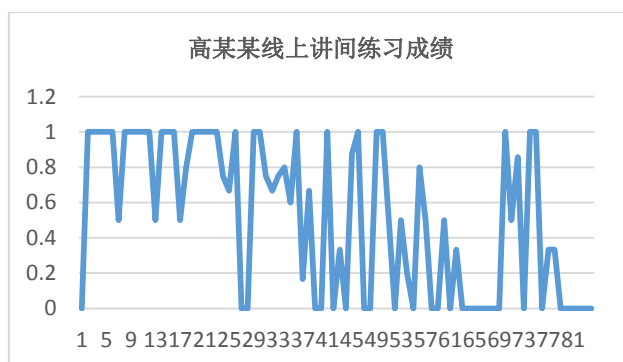


图 5.19 青海大学翻转班高某某讲间练习得分曲线

从图 5.18 和图 5.19 不难看出，陆某某同学知识点掌握较为扎实，学得较为轻松，在最后的期末考试中，该同学卷面考了 100 分。这证明此种模式学习电路非常适合他。而高某某同学却在学习后期出现了较多的 0 分，说明她在动态电路和交流电路部分遇到了困难，很多知识点没能掌握。在最后的期末考试中，该同学卷面考了 63 分。能够看出，对她来说，用此种模式学习电路原理是有困难的。这就提醒了授课教师对高某某多给予关注和鼓励。

5.7.4 反馈意见分析

1 问卷调查 1（课堂接受度学生主观评价）

在以学生为中心的教与学模式的实施过程中，我们引入情感教育，引入团队合作与竞争模式等实际策略，突出“学生中心主义”，注重学习的有效性，注重学生学习态度与价值观，注重实际应用，注重探索创新，注重学生学习大数据的分析，并对线上讲间练习成绩、期中、期末成绩以及实验成果方面进行分析，取得的效果显著。此处调查主要讨论从学生角度出发，讨论这种课堂是否被学生所接受。为此我们进行了匿名的“学生意见反馈”调查问卷，结果所有同学都对此课堂给予了肯定，主要观点整理如表 5.5 所示。

表 5.5 青海大学翻转班课堂接受度学生主观评价

优点	观点 1	自己成了主角，实现了自主、积极、创新的学习
	观点 2	课堂上能够集中精神去学习，不惧怕老师
	观点 3	上课前不预习是无法在课堂生存的
	观点 4	同学对问题的深入看法或好的思维会刺激、鼓励、督促我不断努力，你追我赶
	观点 5	感到竞争的压力，充满了激情和求知欲
	观点 6	通过相互讨论，暴露自己知识点认知的误区，及时知道自己在自学中的不足，可以短时间内使自己的知识和学习能力得到提升
	观点 7	不再一味接受，而是去质疑，增强了自己的思辨能力
	观点 8	同学间的思维碰撞比老师讲题更重要
缺点	观点 1	上课时间太短
	观点 2	教室网速慢

在此我们针对缺点中观点 1 在此加以解释：青海大学电路原理学时分配如表 5.2 所示。从本学期的实施来看，时间比较紧张，未来将会考虑适度加大讨论学时数。

2 问卷调查 2（学生能力提高程度调查）

除学生接受此种课堂之外，学生的各项能力是否能够通过该课堂得到锻炼和提高？另一次匿名调查问卷调查于实施 11 次“翻转课堂”之后开展，旨在与学生进入“翻转课堂”之前相比。调查内容为其自学能力、查阅文献能力、撰写报告能力、语言表达能力、团队合作能力、实际动手能力、分析问题能力等 7 方面能力的提高的程度（0 分为无提高，10 分为最大程度提高）和讨论对理解知识点的帮助（0 分为无帮助，10 分为最大程度帮助）。图 5.20 给出了 7 种能力提高的统计结果。横轴为各种能力，在每项能力中，从左至右 5 个柱状图的横轴分别表示该项能力提升为 0-2、3-4、5-6、7-8 和 9-10，纵轴是认为自己能力提升值为这一范围的学生人数。

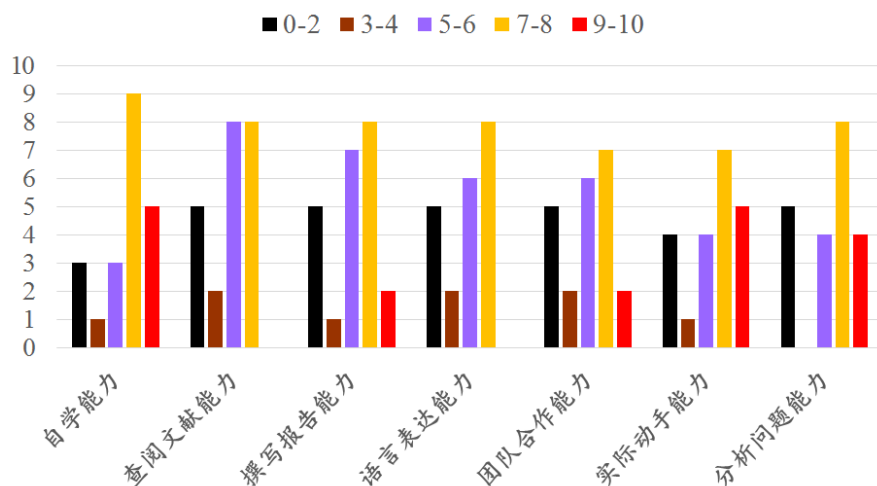


图 5.20 青海大学翻转班学生 7 种能力提升调查结果汇总

图 5.20 所示调查统计的结果的中位数如图 5.21 所示。可以看出：各项能力提升的中位数分别提高了 8、5、6、6、6、8、7、7 分。由此可得出结论：大部分学生认为：这样的课堂可以全方位多角度锻炼他们的能力。

此外需要指出，有两名学生除了认为讨论对理解知识点的能力有所提高之外，其余各方面同之前相比没有提高，说明这样的课堂模式对他来说效果不佳。我们在一学期的授课过程中坚持不轻易放弃每一个学生，但如果这种模式给学生带来太大的压力使其不堪重负，需要制定相应的退出机制。

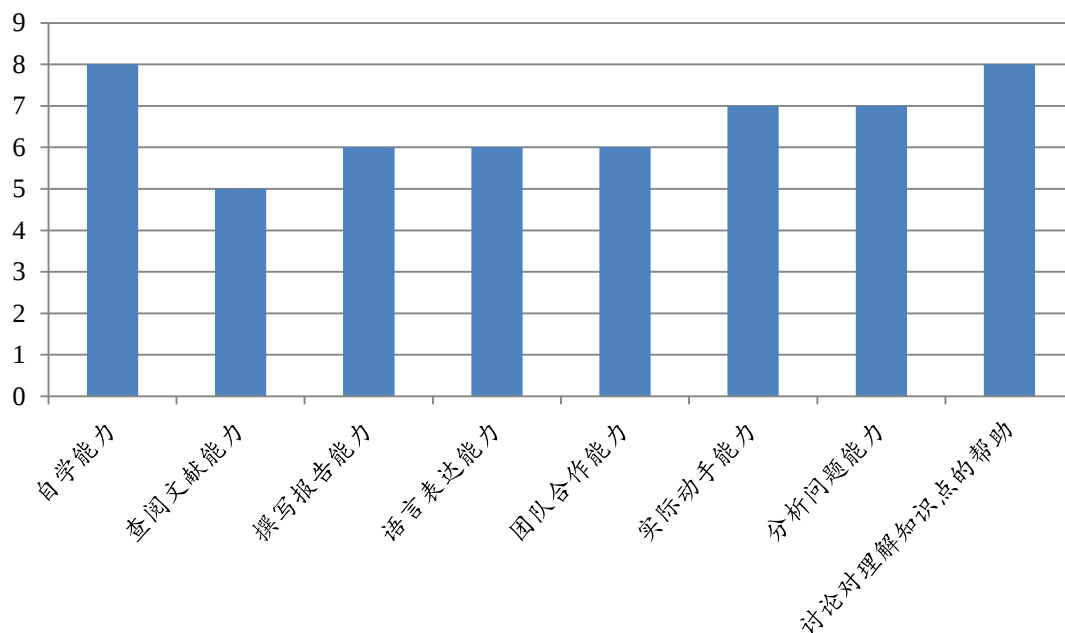


图 5.21 青海大学翻转班学生调查问卷 2 结果（各项能力提升中位数）

5.8 展望

青海大学下一步改革的主要内容是,利用学堂在线 SPOC 平台和清华大学电路原理慕课资源进行电路原理信息化教学改革,扩大学生受益面,让更多甚至所有的学生成为以学生为中心的教与学模式的主人。

我们希望提供多种模式供学生自由选择,如彻底翻转班(只有翻转课堂,没有传统课堂)、部分翻转班(部分内容采用传统授课、部分内容采用翻转模式),传统与资源的结合(采用传统模式授课,课上对仿真及实验演示部分采用 SPOC 平台上的资源进行现场播放)。

这里面的关键是突出“学生中心主义”,注重学习的有效性,引入情感教育,注重学生学习态度与价值观,注重实际应用,注重探索创新,注重学生学习大数据的分析。其目的在于通过大数据建立青海大学学生学习效果评价系统,通过讨论列表建立青海大学讨论热点问题库、知识点问题库、错题库,最终更好地服务于学生电路原理课程的学习。

执笔人:

张强 (zq6321856@163.com)

张海峰 (zhfzhang@qq.com)

唐岩 (ty980231@163.com)

赵常丽 (609611753@qq.com)

第6章 逐步过渡版

6.1 问题

经过十余年的扩招，我国高等教育已经从精英教育转变为大众教育。这个过程带来了整体国民素质的提高，但随之而来的是生源下降，学生学习能力、学习热情、学习主动性均较扩招前有明显下降。这个问题在普通二本学校更为突出，以下问题是学校和教师在教学中普遍遇到且感到解决困难的。

1 学时压缩、教学要求不变，学生理解和接受知识点比较困难

近几年普通高校经几次课程调整，专业课普遍存在学时减少问题，但课程学习要求及教学目标并未降低。老师普遍反应授课时间紧张，而学生普遍反应接受困难，戏称“坐火车”；学生在课堂上必须时刻紧跟老师，思想偶尔开小差再回来时发现已经不能跟上课程的节奏了，戏称“坐飞机”；假若缺一堂课可能后面的课都听不懂了，戏称“坐火箭”。最后很多学生会无奈选择放弃。于是学生听不懂课、学生不听课、学生与老师沟通不畅等等问题近几年越发表现突出。

2 课程实施过程以知识传承为主，学生无法把所学知识与具体工程实际相结合

学生对课程理解深入度不够，所学知识仅仅是教师在课堂所授的内容，知识点零散，无法把所学知识与具体工程实际相结合。对于所学内容在工程实际中的具体应用、意义、应掌握的重点概念等方面，没有认识。而且，对教师和课堂依赖性强，导致学生个人对知识的进一步学习和掌握无从下手，对其最终工程能力、创新精神等素质的培养造成不利。

3 师生交流互动也似乎同样陷入困境，

在网络上大量的心灵鸡汤面前，教师以往的一项传统功能：以自己的人生感悟和积累引导学生，加深师生感情似乎也在弱化，师生交流越来越困难！

在这一系列问题面前，学校和教师不断进行教学改革。校方建立严格的教师管理条例，经过充分的社会调查修改制定培养方案，力求使得整个教学体系更加严谨和贴合社会实际。而教师们采取了增加实践教学、仿真演示、动画演示、把实验室搬到课堂等各种手段，但仍然抑制不住教学效果、教学质量下滑的现状。在课堂上专心于听课的学生似乎越来越少！瞌睡君、手机君、发呆君……各种针对此现象的新名词层出不穷！这对我们的高等教育提出了一个新的问题：**在生源质量下降的现状下，如何实现提高高等教育培养质量、以及培养学生工程能力、素质的要求和目标？**

所有这一切问题的症结主要在于：传统的教学模式下，学生的学习是被动的、

“填鸭式”教育。老师上课的时间全用在口若悬河了。学生参与度低、参与方式单一，大多数时候在听，偶尔回答下问题，没有时间去进行思考和理解。而被动的知识接受者，凭记忆力是很难完成知识的深度掌握和理解。在接受了知识之后能有所创造也就更是一个遥远的目标了。所以，“钱学森之问”我们很难回答和解决。

6.2 目标

实践出真知！带着探索的勇气和渴望，我们进行了以学生为中心的教与学模式的实践。

作为一所普通高校，学校层次决定了生源情况。学生不论是学习欲望、学习能力、课堂表现都需要进一步训练和提高。在人才培养过程中，在这场教学改革中，我们最看重什么呢？我们最渴望什么呢？我们的改革目标是什么呢？

首要目标是改变当前学习氛围日渐淡薄的教学现状，提高教学质量。

要达到这一目标，首先我们希望学生发生有效学习行为。换句话说，能从方方面面动起来！在学生在学习过程方面，我们希望学生配合教学设计，课前动起来、课堂动起来、课后动起来；在学生在学习状态方面，我们希望学生脑动起来、手动起来、耳动起来、嘴动起来。简简单单的一句“动起来”，能让学习从被动转向主动成为水到渠成的事情。

第二重目标是试图探索和打造师生间新的沟通和交流途径。

传统课堂都是老师说，学生听。这是一条极其缺乏交流的单向通道。一旦教师不能给学生提供感兴趣且极富价值的信息，这条通道所能发挥的交流作用也就极其有限了。我们期望：通过翻转课堂的师生讨论和思维碰撞，能让师生间产生认同感，从而形成一条全新的交流之路。

第三重目标是希望这种模式的受众和适应群体具有广泛性

我们希望新的教学模式能覆盖各类不同学生，不论是自觉性较高、学习能力较强的优等生，还是各方面都较差的差生，抑或是平平淡淡的中等生都能受益，希望这种模式能真正让普通院校的教学情况发生我们所期望的“翻转”！

6.3 学生和教学内容选择

为达成上述目标，我们选定了电气学院电气工程及其自动化专业的4个行政班作为试点对象。为确保改革效果的覆盖面和样本的可比较性，分别选定了上学年总评成绩较好的2个班和总评成绩垫底的2个班同时进行试点。并分别由2位主讲老师承担教学任务，每位老师承担较好班和较差班各一个。

四个平行班人数规模均为50人，总计200学生参与试点。

在贵州理工学院,电路原理课程分成两个学期来开设。在电路原理 1-1 部分中,采用以学生为中心的教与学模式,我们已完成直流和动态部分教学。总学时 48 学时。实际执行的教学日历如表 6.1 所示,其中的每讲对应 2 学时。

表 6.1 贵州理工学院电路原理 1-1 教学日历

讲号	内容
1	宣传视频播放、绪论
2	支路变量、参考方向、功率,
3	电阻、独立源、端口
4	受控源 KCL、KVL
5	电阻串并联,平衡电桥、Y Δ 变换、
6	二端网络等效电阻、电源变换、最大功率传输定理
7	习题课
8	节点法
9	回路法
10	叠加定理、替代定理,
11	戴维南(诺顿)定理
12	戴维南定理的应用
13	运算放大器
14	非线性电阻、非线性电阻电路的方程求解法和图解法
15	非线性电路(分段线性法)
16	非线性电路(小信号分析法)
17	电感、电容元件特性
18	对偶、动态电路、初值
19	一阶电路经典法、三要素法、零输入响应、零状态响应
20	一阶电路应用
21	串联 RLC 二阶电路、并联 RLC 二阶电路
22	二阶电路直觉解法、二阶电路应用
23	习题测试
24	复习课

针对前述教学中存在的问题和学生在学习中遇到的困难,以及我们的改革目标,我们试图探索**以能力训练为主线,以学习有效性为判据,以学生能力、素质提升为最终目的全新教学模式和路径,力求实现学生培养由传统的以教师为主体转换为以学生为主体,以知识传承为主转换为以能力训练为主**。围绕以上目的,本课程进行了以下整体教学设计:

1 教学环节由课前、课堂、课后三个环节构成闭环系统。结合学生实际情况、各环节各负其责、有的放矢。

课前环节学生在学习任务表的引导和帮助下利用清华大学电路原理慕课资源自行进行学习。为保证学习效果,该任务表设计具有以下特点:

(1) 以学生为主体。根据学生情况进行功能定位,具有驱动性、引导性、作业化要求的特点。

(2) 能力目标明确。定位于培养学生知识点挖掘能力、归纳总结能力、知识运用能力三大基本能力。

(3) 任务表设计阶段化。针对学生不同阶段的能力特点, 以及根据课程不同章节的学习难度和特点设计任务表, 以求达到引导帮助的作用。

课程初期学生理解接受能力均较差。此阶段应任务表要尽可能细化, 以知识点挖掘能力训练为主, 简单进行归纳总结能力和知识运用能力训练, 着重于提高学生接受程度, 以引导为主。

随着课程教学的进展, 学生知识点挖掘能力已基本具备。此时能力训练侧重点应向归纳总结能力、知识运用能力转移, 任务表设计也随之发生变化。此阶段随着学生能力逐步提高, 应逐步弱化知识点复述, 强化知识点理解、运用和归纳等环节。

在整个教学过程中, 任务表设计上, 各部分比例不断调整, 学生能力训练侧重点不断变化, 确保教学设计遵循以学生为主体, 达到能引导学生课前完成独立学习, 提高自身能力的目的。课前任务表将在 6.4 节进行详细介绍。

2 以翻转课堂形式进行教学, 课堂教学设计遵循以学生为主体, 以能力训练为目的的原则。

我们在课前, 需要分析学生状况、每堂课内容和难度、预估学生接受情况, 从而确定每堂课翻转程度和授课方法。其课堂任务、能力培养目标和培养重点与任务表相呼应, 具有相同的阶段性, 其详细介绍见 6.5 节。

翻转课堂的一大变化是师生各自在课堂中的角色均发生了变化。

教师充当策划者、主持者、引导者、总结者、协调者、评判者, 需要主持、引导课程内容逐项进行, 对学生表述不完整、不准确的地方进行补充、总结, 对各部分学习时间进行协调控制, 对学生学习效果进行评判。

而学生从传统课堂的参与者转化为课堂主体。课堂变成学生的天地。学生结合课前预习的收获和疑问, 基于自身思考融合团队合作的学习模式、进行知识的深化理解。

教师和学生间的交流不再是传统的单向通道, 他们更像合作者, 在合作过程的思维碰撞能让师生间产生认同感, 从而形成一条全新的交流之路。

3 为保证教学效果, 全方位实现学生的能力训练, 课后环节具有以下两项主要任务。

(1) 围绕授课内容, 布置课后作业, 进行知识巩固加强。

(2) 围绕课堂讨论的内容, 要求学生自行总结知识点间关系图谱。

6.4 课前教学安排

在以学生为中心的教与学模式下,课前学习环节是非常重要的一环。有效的课前预习是翻转课堂成为学生天地的基础。同时课前预习环节是由学生独立完成的,能有效的进行学生能力训练。

如上节所述,课前任务表的设计必须切实考虑到学生的能力现状和学习状态,要对学生的课前预习起到有效引导的作用。下面以戴维南定理和换路定理两项内容为例,进行介绍。

6.4.1 戴维南定理

戴维南定理这一部分内容包括戴维南定理的内容及证明、不同电路中开路电压和等效内阻的求法、戴维南定理的典型应用场合,共计2学时。诺顿定理同时讲完。

课前给学生布置的预习任务包括:

课前观看慕课视频 L36, 复习端口视频 L8 并完成教师布置的任务表。
完成相应的讲间练习。

本讲任务表内容如下。

1 知识回顾

(1) 一端口网络开路时的端口电流_____, 端口电压可以为_____。它的 $u-i$ 特性曲线是什么样的?

(2) 一端口网络短路时的端口电压_____, 端口电流可以为_____。它的 $u-i$ 特性曲线是什么样的?

(3) 线性电阻元件的 $u-i$ 特性满足什么定律? 用什么公式可以表达出来? 它的 $u-i$ 特性曲线是什么样的?

(4) 独立电流源的本质特征是:
它提供固定_____, 固定_____的_____, 但是它两端的电压由_____决定。它的 $u-i$ 特性曲线是什么样的?

(5) 独立电压源的本质特征是:
它提供固定_____, 固定_____的_____, 但是流经它的电流由_____决定。它的 $u-i$ 特性曲线是什么样的?

(6) 上述所有元件的 $u-i$ 特性曲线均是_____线, 所以他们均为_____元件。

2 知识点挖掘

请大家学习学习视频 L36，挖掘戴维南定理的核心要素。

(7) 戴维南定理的研究对象是____，它是由____元件、____元件和____等几类元件以及它们的各种更复杂组合组成的。

(8) 戴维南定理的主要应用是进行____，具体是把上述一端口等效成一个串联的连接，这个串联的连接是_____。

(9) 用电路语言表示，即如图 6.1 所示：任意复杂的一端口网络的等效电路均为？

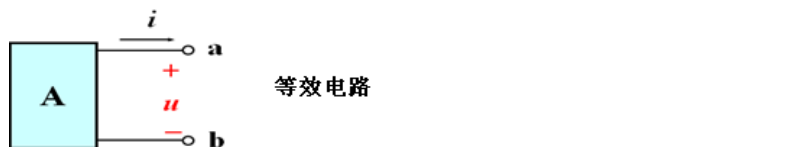


图 6.1 戴维南定理等效电路

(10) 该电压源的电压等于外电路____时的____处的____电压，该电阻等于一端口中全部____电源____后的端口_____。

(11) 请查询资料，结合前面知识回顾理解下什么是开路电压？

3 归纳总结

(12) 跟着视频一起完成习题求解，理解并归纳总结戴维南定理的应用关键点以及基本解题步骤、以用于课堂讨论和习题解答。（请回答或补充以下内容）

- 1) 确定等效变换的对象？（怎么从电路图中确定或者得到将进行等效变换的一端口）
- 2) 画出等效电路图。（整个电路图中哪些部分进行等效？）
- 3) 求出_____。
- 4) 求出_____。
- 5) 最终求出_____。

4 知识运用

(13) 请完成如下练习题：

电路如图 6-2 所示，问： R_x 为何值时， R_x 可获得最大功率？此最大功率为何值？

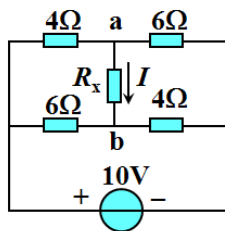


图 6.2 戴维南定理预习题

5 自行探索

(14) 请根据戴维南定理的学习路径, 自行观看视频, 完成诺顿定理学习, 结合前面知识, 理解和掌握诺顿定理和戴维南定理之间的联系。以及利用诺顿定理进行解题的步骤。

6.4.2 换路定理

这一部分内容包含动态电路简介和换路定理, 共 2 个学时。

课前给学生布置的预习任务包括:

课前观看慕课视频 L47、L48, 并完成教师布置的任务表。
完成相应的讲间练习。

本讲任务表内容如下。

第一部分 动态电路特点

1 知识回顾

请回顾结合上堂课关于电容和电感 $u-i$ 特性表达式的讨论, 完成下面问题:
分别写出电容、电感的 $u-i$ 特性表达式, 并思考:

- (1) 当流经电容器的电流为 0 时, 电容器两端电压怎么变化?
- (2) 当电感两端的电压为 0 时, 电感上的电流怎么变化?

2 知识理解

根据视频讲解结合上堂课学习知识, 完成下列问题

(3) 图 6.3 电路中含有开关 S。电路工作工程如下: 开关动作之前的在较长一段时间内打向下方。在 $t=0$ 时刻, 开关打向上方。电路状态可概述为从第一个稳态→过渡过程→第二个稳态, 请理解并阐述电路在各个状态具体工作情况(重点分析电容及其两端电压、电流情况)。

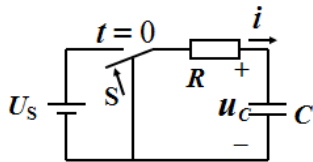


图 6.3 一阶电路预习题 1

- (4) 为什么在两个稳态间会存在着过渡过程? 过渡过程产生原因是什么?

3 知识运用

(5) 如图 6.4 所示 3 个电路, 请分析下各电路在开关闭合前后电路的工作状态, 从而比较一下动态电路和电阻电路, 指出它们的区别。

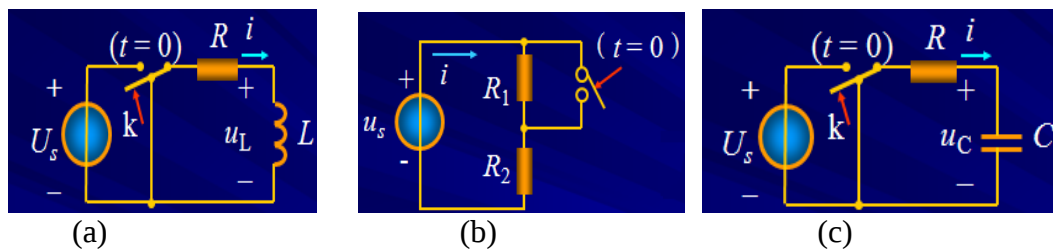


图 6.4 一阶电路预习题 2

4 归纳总结

(6) 完成上面的理解学习后, 请回答什么是动态电路? (要求不能直接记忆定义, 而是根据自己理解进行总结)。

第二部分 动态电路分析

5 知识点挖掘

观看视频 L47-2。

(7) 结合前面学习知识, 初步掌握动态电路的分析方法, 学会列写动态电路方程。

提示: 不管是线性电阻电路、还是非线性电阻电路, 都可以通过列写电路方程进行某个支路量的求解。

(8) 列写电路方程要用到_____个约束, 它们分别是_____约束和_____约束。

6 归纳总结

(9) 动态方程列写中要用到哪些元件的元件约束? 请把它列写出来?

三、知识运用

(10) 请列写图 6-5 所示动态电路方程。

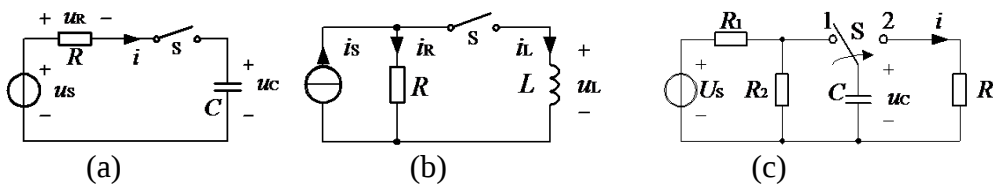


图 6.5 一阶电路预习题 3

(11) 怎么确定某电路方程是一阶还是二阶?

(12) 怎么确定某电路是一阶电路还是二阶电路?

第三部分 换路定理

7 知识点挖掘

观看视频 L48-1, 并完成以下任务。

(13) 什么是初值? 如何理解 0^- 和 0^+ ?

(14) 在电路中, 支路量在 0^- 和 0^+ 的数值一定相等, 这话正确吗? 若你觉得不正确, 举个反例。

(15) 跟着视频推导电容的初值条件, 并得出最后推导结果:

$$t = 0^+ \text{时刻}, u_C(0^+) = u_C(0^-) + \frac{1}{C} \int_{0^-}^{0^+} i d\tau。$$

当 i 为有限值时, 得出最终有效结论: $u_C(0^+) \underline{\hspace{1cm}} u_C(0^-)$, 则换路前后的电容此时可处理为 。

(16) 跟着视频推导下电感的初值条件, 并得出最后推导结果:

$$t = 0^+ \text{时刻}, i_L(0^+) = i_L(0^-) + \frac{1}{L} \int_{0^-}^{0^+} u d\tau。$$

当 u 为有限值时, 得出最终有效结论: $i_L(0^+) \underline{\hspace{1cm}} i_L(0^-)$, 则换路前后的电感此时可处理为 。

上述结论即为动态电路分析中的 定理。

8 归纳总结

(17) 请根据上面内容, 自行梳理, 完整的把换路定理阐述一遍。

9 知识运用

观看视频 L48-2 和 L48-3。

(18) 学习掌握利用换路定理求解某支路量初值。

(19) 自行总结用换路定理求解某支路量初值的步骤。

(20) 图 6.6 所示电路开关在 $t=0$ 时刻动作, 分别画出 0^+ 时刻各电路的等效电路图, 并求出图中标电压、电流在 0^+ 时刻的值。设所有电路在换路前均已处于稳态。

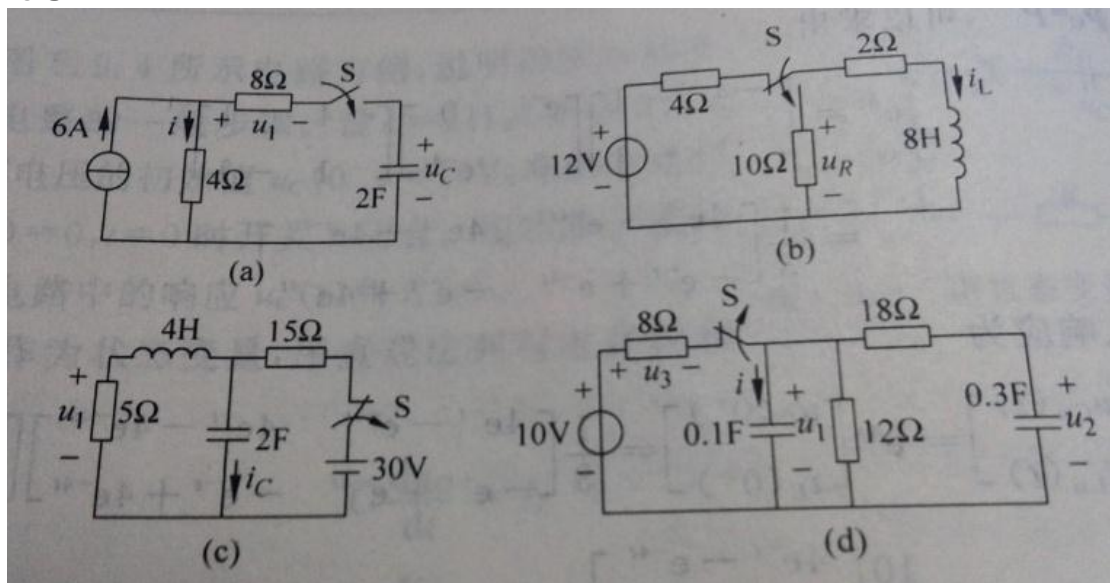


图 6.6 一阶电路预习题 4

6.5 课上讨论安排

如前所述: 翻转课堂是学生的天下。但是在普通二本层次, 让学生自行发现问题、提出问题从而组织讨论是有相当难度的。

根据贵理工学生的特点和我们的教改目标, 采取了如下的课上讨论措施:

1 课堂表现以小组为单位进行评价，一荣俱荣、一损俱损！

试点班级为普通行政班，每班人数较多。为保证时间控制，同时考虑到学生个人能力有差异，翻转课堂学生按小组为单位组织课堂讨论。每班 50 个学生分成 8 组，每组 6-7 人，

这种课堂组合形式有利于学生团队合作、加强沟通、激发潜能。同时能营造和实现学生之间的好带差、中向上、差转好的学习氛围。各小组相互评价。课堂抢答会使各团队间形成竞争。学生的团队合作意识、团队合作能力、竞争意识在无形中得到了培养和提高。

2 在课堂上，教师的主要角色将是学习的引导者和策划者。

学生已在课前环节，通过任务表完成了课程主要内容的学习。但是局限于学习能力、认真程度、投入时间等诸多因素，尽管有任务表的帮助，学生的理解、掌握程度是不够的。翻转课堂的主要教学目的是，通过组织学生讨论，进一步理解相关知识。因此翻转课堂教师主要是组织者。课堂的发言权是尽可能教给学生。这会提高学生的参与度，充分调动学生的学习主动性。而团队合作会把大家的智慧都利用起来，解决问题的能力与效率会大幅提高。同时，此举会极大提高学生的成就感和参与热情。这不仅体现在课堂上、包括课前课后环节均会被带动起来。从而帮助我们实现改革目标的第一重：动起来！

3、贵州理工学院翻转课堂实施的主要方式为：

(1) 以教师提问为主。问题会围绕本堂主要知识点进行，大部分提问内容在任务表中会出现。这样教学设计的主要目的有两个。第一是促进学生的课前预习。第二是紧密结合课前预习帮助学生加深知识点理解。

(2) 问题抛出后，预留时间给学生小组进行讨论，让学生在独立学习后再进行团队合作，塑造其协作意识、协作能力。

(3) 对有一定难度的问题鼓励各小组间进行 PK，营造竞争气氛，提高学生积极性。

(4) 鼓励学生课堂上发言，其他同学和教师进行补充总结，逐步培养学生的语言表达能力。同时通过教师在学生回答问题或小组讨论时的不断提醒、补充总结将碎片化知识点梳理成线。以这种方式实现了知识体系的完整化。

(5) 精心进行教学设计，对时间、进度、各环节占用比率等进行协调。

翻转课堂的学生为主体，会让学生的学习热情和参与度大大提高。但是带来的一个负面作用就是课堂的可控性大大下降。问题的讨论时间和习题的解答时间在大多数情况下会超出预期。尤其是在课程刚刚开始的时候，学生能力不够，参与意识不强的时候尤为明显。这就要求教师精心进行教学设计，动态进行翻转课堂教学设计。

翻转课堂教学设计如图 6.7 所示。该图详细归纳总结了随着时间推移, 翻转课堂的形式、核心要点、翻转程度等方面呈现出来的动态变化。

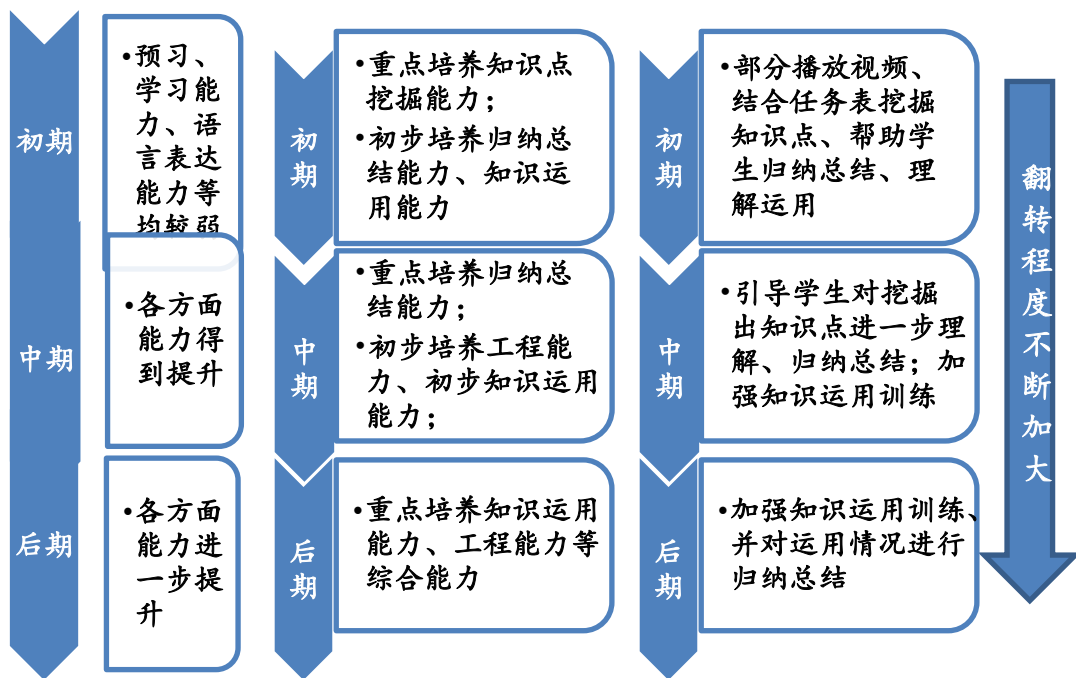


图 6.7 翻转课堂整体教学设计

下面仍然以戴维南定理和换路定理两节内容为例, 各自的课堂讨论内容如下。

6.5.1 戴维南定理

1 核心知识点提问与讨论

- (1) 请阐述戴维南定理, 并指出定理运用时有哪些关键要素?
- (2) 自行总结阐述戴维南定理理解题步骤。

2 习题解答

- (3) 电路如图 6.8 所示, 利用戴维南定理求 R 为多大时获得的功率最大, 最大功率是多少。

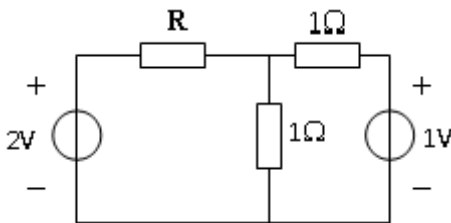


图 6.8 戴维南课堂讨论题 1

- (4) 利用戴维南定理求图 6.9 所示电路的 U_R 。

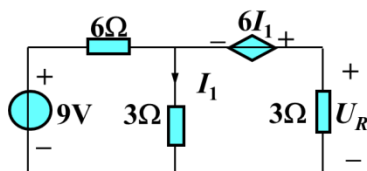


图 6.9 戴维南课堂讨论题 2

(5) 电路如图 6.10 所示，用戴维南定理求 U_o 。

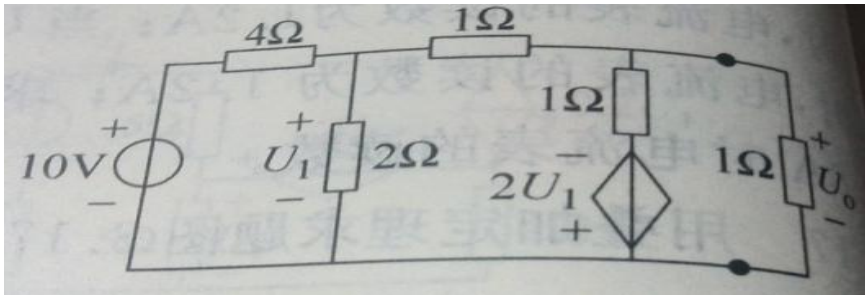


图 6.10 戴维南课堂讨论题 3

3 归纳总结

- (6) 一般在什么典型情况下我们会使用戴维南定理？
- (7) 戴维南内阻的求法有哪些？
- (8) 求含有受控源电路的戴维南等效电路时要注意什么？

6.5.2 换路定理

1 知识点讨论

(1) 根据电容、电感的 $u-i$ 特性表达式，请回答：

- 1) 当流经电容器的电流为 0 时，电容器两端电压怎么变化？
- 2) 当电感两端的电压为 0 时，电感上的电流怎么变化？

(2) 电路如图 6.11 所示。

- 1) 分析图中电路换路前后状态（重点分析电容及其两端电压、电流情况）。
- 2) 为什么在两个稳态间会存在着过渡过程？过渡过程产生原因是什么？

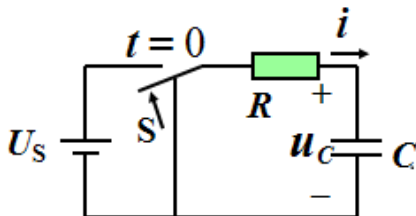


图 6.11 一阶电路课堂讨论题 1

- (3) 根据你的理解，说一下什么是动态电路。
- (4) 列写动态方程需要用到哪些工具？
- (5) 怎么确定某电路方程是一阶还是二阶？怎么确定某电路是一阶电路还是二阶电路？
- (6) 什么是初值？理解什么是 0^- 和 0^+ ？总结求初值的步骤。

(7) 什么是换路定理，它包含哪些内容？

2 习题解答

(8) 对于图 6.12 所示 3 个电路，请分析各电路在开关闭合前后电路工作状态，从而对比下动态电路和电阻电路，指出下它们的区别。

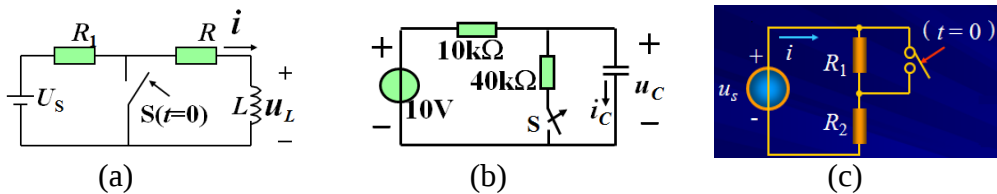


图 6.12 一阶电路课堂讨论题 2

(9) 请列写图 6.13 所示动态电路方程。

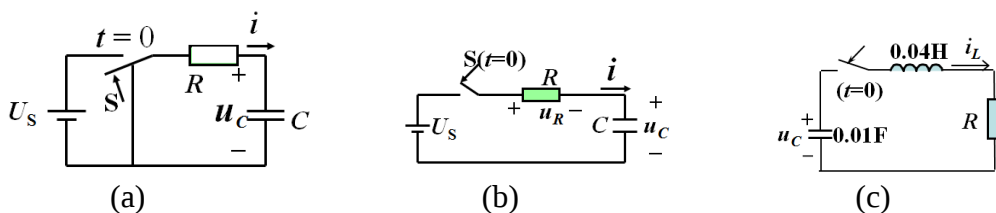


图 6.13 一阶电路课堂讨论题 3

(10) 如图 6.14 所示电路中所有开关在 $t=0$ 时动作，分别画出 0^+ 时刻各电路的等效电路图，并求出图中标电压电流在 $t=0^+$ 时的值，设所有电路在换路前均已处于稳态。

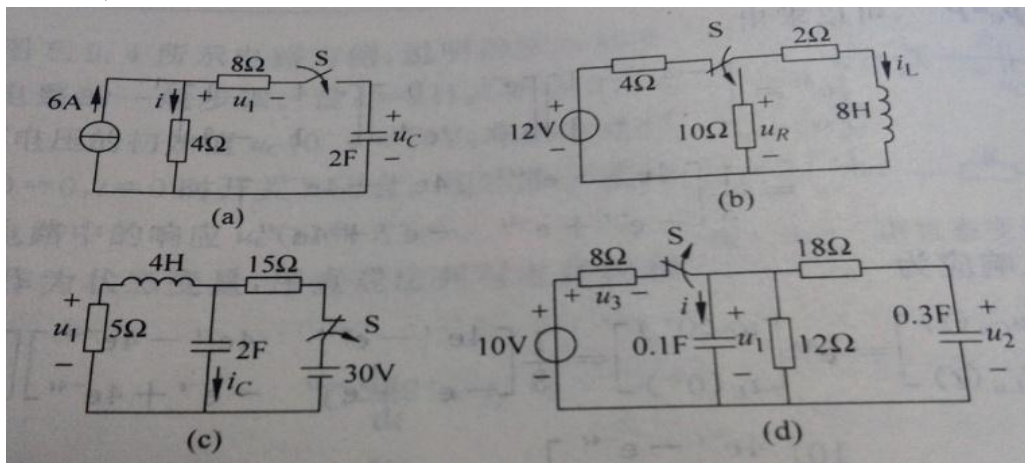


图 6.14 一阶电路课堂讨论题 4

3 归纳总结

- (11) 什么样的电路会有动态过程？
- (12) 动态电路的状态转换是怎样的？
- (13) 换路定理是什么含义？
- (14) 换路定理的求解步骤有哪些？

6.6 课后学习安排

课后学习主要包括两部分内容：

- 1 SPOC 网站的每周作业或部分笔头作业。
- 2 自行完成本次课教师要求归纳总结部分内容，以加深知识理解同时训练相关能力。

6.7 成果

6.7.1 教师感受和期末卷面成绩

以学生为中心的教与学模式在贵州理工学院已实施一个学期，整体效果比较明显。

1 从课前预习情况来看，能按教师要求进行课前预习或者大多数时进行课前预习的同学越来越多，从课前任务表下载情况来看，**每次课大约 70% 的学生能进行预习。**

2 从课堂情况来看，**学生上课注意力集中，兴趣浓厚，上课睡觉、发呆、玩手机同学很少，且随着课程进行，在学期后阶段，这种现象越来越少。**课堂气氛好，课堂质量较传统课堂有明显改善。

3 **差生进步明显。**在以往考试中成绩差、开学时表现差、且本学期在其他科目学习上投入少、状态差的学生，在本门课程学习中感觉进步明显。部分这类学生后期甚至能主动抢答发言，且对知识表达清楚，进步明显。

4 学生整体能力提升明显。在开学初始，大多数同学面对老师提问时，通常的表现是思维涣散，感觉无从下手。而且学生在回答问题时，表述清晰性、完整性、流畅性等方面均令人难以满意。而到了课程后期，很多同学在课堂上已养成思考的习惯，且具备独立思考能力。**学生可以通过和同学讨论能在较短时间内理清思路，回答教师问题。**表达准确性、清晰度虽然仍有欠缺，但是较初期已有了相当大的进步，相信一个完整周期下来，学生能力应该是一个质的飞跃。

5 课程学习成绩明显好于平行班。2014 年秋季学期期末考试，我们做了数据分析，几个重要指标如表 6.2 所示。

表 6.2 贵州理工学院同卷期末成绩比较

	逐步过渡版翻转课堂 4 个行政班 200 人	常规课堂 6 个行政班 300 人
平均分	61	53
不及格率	47%	62%
<40 分率	7%	20%
>80 分率	9%	3%

从表 6.2 中可以看出，试点班平均分超传统班 8 分，卷面不及格人数占比低于传统班 15%，卷面 40 分以下人数占比低于传统班 13%，试点班卷面 80 分以上人数占比高于传统班 6%。其中让我们尤为高兴的是，试点班 40 分以下人数显著减少。这证明了新的教学模式下，学生参与度高，越来越多的学生正在从被动学习向主动学习转变。

6.7.2 调查问卷汇总

为了能准确掌握以学生为中心的教与学模式对学生的影响，了解学生对这种全新教学模式的评价和想法，我们在 2014 年秋季学期中期对全部 200 学生以匿名方式进行了问卷调查。问卷分为学生课外学习情况调查、学生课堂情况调查、学生能力提升情况调查、学生留言四大部分，共 25 个问题。现节选部分调查问卷统计结果进行分析。

1 课前预习情况

图 6.15 给出了按照教师要求进行预习学生的比例和每周课外学时分布。从调查结果看，大多数时候预习的同学已占到接近 37%。本学期后期从任务表下载情况看，参与预习同学已占到 70%以上。从每周课外学习看，有 70%以上同学课外学习时间在 1 小时及以上。这和以前大部分学生课前不预习，课后不复习，课堂外学习时间几乎为零相比，已经有了很大进步。且随着课程进行，学生课外学习情况越来越好。这说明我们期望的被动学习向主动学习转换的目标初步实现。

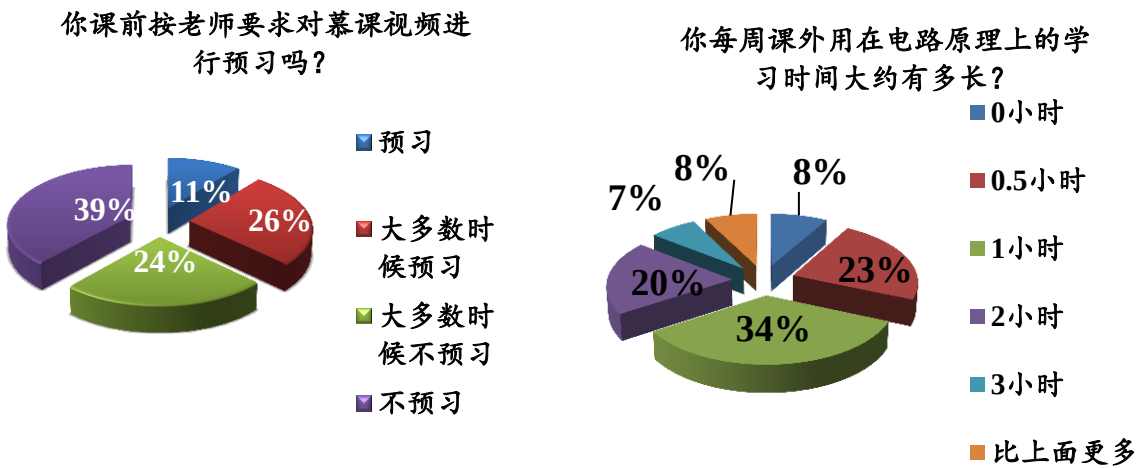


图 6.15 贵州理工学院学生课外学习情况调查汇总

2 课堂学习情况:

图 6.16 给出了学生对课堂兴趣度和对翻转课堂总体选择意愿的统计。可以看出: 学生课堂学习兴趣较传统课堂大幅提升, 大多数学生对这种全新教学形式给与认可。课堂教学氛围较传统课堂大为改善, 课堂质量明显提高。

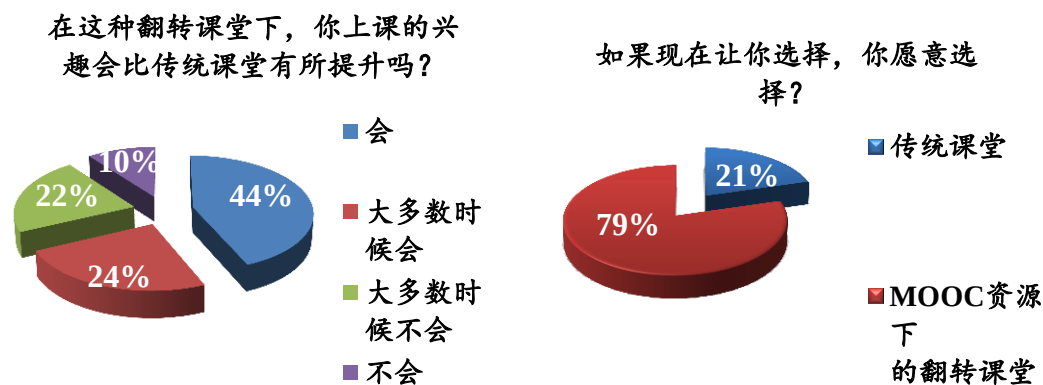


图 6.16 贵州理工学院学生课堂情况调查汇总

3 学生能力提升情况

图 6.17 给出了学生在挖掘核心知识点能力、归纳总结能力、知识运用能力、表达能力、勇于自我表现能力和团队合作意识和能力这 6 个方面的提高的程度(0 分为无提高, 10 分为最大程度提高)。横轴为各种能力, 在每项能力中, 从左至右 5 个柱状图的横轴分别表示该项能力提升为 0-2、3-4、5-6、7-8 和 9-10, 纵轴是认为能力提升值为这一范围的学生人数。

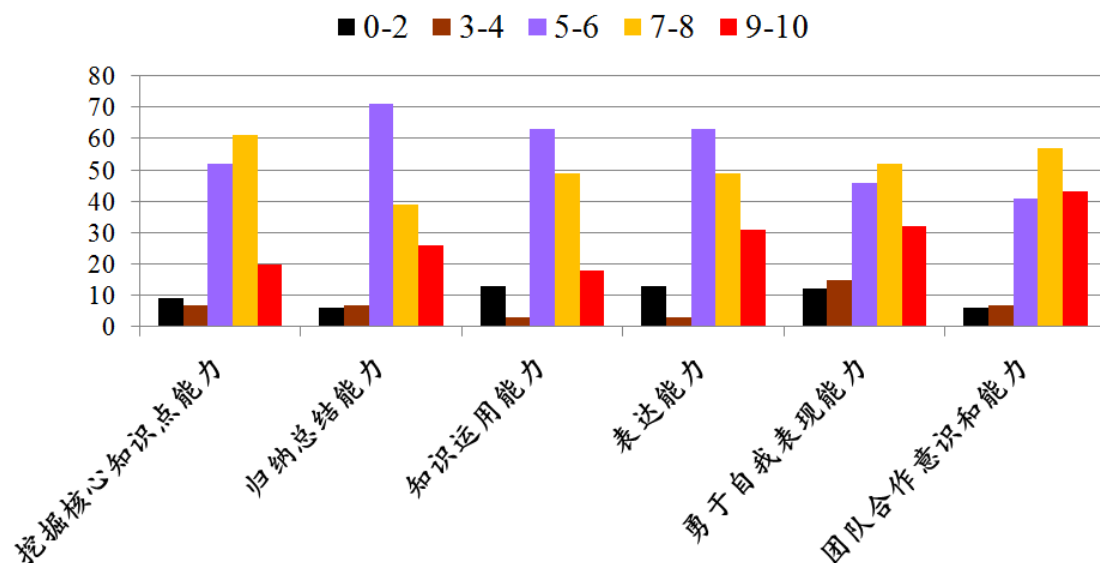


图 6.17 贵州理工学院学生能力提升情况调查汇总

可以看到: 对各项能力, 接近 90% 的学生认为自己能力提升在 5 分以上。其

中勇于自我表现能力和团队合作能力提升尤为明显,有一半左右学生给自己打分为7分以上。这表明:学生对自我能力提高的认可度是很高的,也证明了我们的教学改革是富有成效的。教学由知识传承转向能力训练的改革目标正在逐步实现。

6.8 展望

6.8.1 存在的问题

贵州理工学院电路原理慕课资源的翻转课堂教学改革已进行了完整一个学期,取得了非常好的成效。从该门课程的学习氛围、教学质量、学习效果、师生沟通等方面面面均取得了相当令人满意的结果,但是也存在着不少问题。总结下来主要有以下几点:

1 实践环节欠缺。在培养方案中,电路实验采用单独设课的形式,与电路原理1-2在下一学期开设。这导致教学改革部分缺乏与各类目标相配套的实践教学设计,且在此部分教学效果及学生能力提升情况无法验证。

2 学习状态有进一步提升空间。学生预习、课后作业等自主学习环节虽然较从前有较大改善,且正在往越来越好的方向走,但是仍然有相当一部分同学仍不够积极或者状态起伏较大,我们认为这是由以下原因造成的:

(1) 原有习惯难以在一时间转变,需要时间进行逐步改变或者得到巩固。

(2) 自主学习氛围不够。由于试点班均只有电路原理一门课程进行此种模式教学改革,学生在两种模式下难以养成自主学习的习惯,并且容易出现倦怠心理。

这需要我们更多课程共同参与进行此类教学改革,营造学习氛围,并从不同方面进一步培养学生学习、思维习惯,更为有效的促进学生能力提高,从而形成良性循环。

(3) 部分学生基础较差。对于他们来说,清华大学电路原理慕课视频部分内容较难、较深,即使有课前任务表帮助,学生仍感觉接受困难,导致其放弃自主学习。

3 课程经验不足。我们虽然以学生为中心进行了整体教学设计,但因实施时间较短、可借鉴案例少等因素,故存在不够成熟问题,须通过实践逐渐积累经验,不断改善。

4 教师经验不足。翻转课堂对教师知识掌握深度、难度有较高要求。同时因角色变换,教师教学技能要求较以前有较大变化,教师教学技能的成熟与否也会对教学质量产生较大影响。

6.8.2 未来发展

针对以学生为中心的教与学模式取得的成效和存在的上述问题,在未来,我们将进行以下探索,使得的教学改革能真正往期待的方向发展,切实的提高本校教育质量,培养出社会满意的合格人才。

- 1 部分补充慕课视频,逐步建设符合本校、本层次学生的慕课资源。
- 2 调整讲间练习、每周作业,逐步建设符合本校、本层次学生的配套资源。建设与翻转课堂相配套的实践教学资源,进一步促进学生学习激情。
- 3 通过进一步完善评价体系,对学生课外学习环节进行监督管理。
- 4 对已完成的课前任务表、课堂讨论内容、习题等教学资源进行进一步整理、修订。
- 5 进一步加强教师教学技能的学习、训练,培养出能满足翻转课堂需要的教学团队。
- 6 加强交流学习,相互借鉴、相互学习、切实有效提高翻转课堂实施效果。
 - (1) 加强同校内实施翻转课堂教学改革的其他课程的交流,在相同学生群体中进行沟通学习。
 - (2) 加强同国内进行电路原理翻转课堂教学改革的其他高校的交流,在相同课程中进行沟通学习。
 - (3) 积极参加有关翻转课堂等教学改革研讨会、交流会,在更高层次平台中进行学习。

执笔人:

陈燕秀 (438179425@qq.com)

张均 (973944814@qq.com)

第7章 迷你版

7.1 问题、目标和学生选择

清华大学实施的迷你版以学生为中心的教与学模式需要解决的关键问题是：

1 对于部分学生来说，他们有学习电路原理课程的意愿，但是由于教务安排的课程时间有冲突，在传统教务系统中，无法同时选择两门课程。

2 还有部分重新学习的学生，他们在第一次学习本课程的时候已经完整听过课，再次学习时要求他们完整到教室听课不是太有必要。

3 除此之外，还存在少量学生，他们更喜欢自学，不太愿意受到上课时间地点的约束。

在传统授课模式下，上述3种学生的意愿都无法得到满足。

依托慕课资源、SPOC平台和少量以习题讨论为主要内容的翻转课堂，可以实现迷你版的以学生为中心的教与学模式，其主要目标就是：**为学生提供更大的学习灵活性**。

在清华大学教务处的支持下，电路原理教学组于2014年春季学期设立了电路原理X课程（课号为20220494X），4学分。这门课程的授课内容与春季学期开设的4学分电路原理课程（课号为20220214）完全一样。4学分的电路原理课程是我校对自动化、生物医学工程与仪器、软件科学试验班等专业开设的专业核心课。

电路原理X供全校学生选修，学生选课完全自主进行，我们未进行任何形式的宣传。自2015年起，该课程改为春秋学期均开设。

7.2 教学内容选择、课前和课上安排

电路原理X授课的组织形式为教师在学期初布置学生自学顺序。学生按照教学进度在学堂在线慕课平台上自学电路原理慕课的视频、讲间练习和每周作业。每学期慕课平台的进度和校园内电路原理X的进度基本上一致。每隔2~3周，教师会组织学生进行一次讨论。讨论的内容是总结此前2周的关键点，完成比较综合性的习题并开展活跃度较高的讨论。

前已述及，电路原理X课程的教学内容与电路原理课程完全一样。区别在于到教室听课的时间被大大减少了。表7.1给出了2014年春季学期实际执行的电路原理X教学日历，其中给出了讨论课的安排。

表 7.1 2014 年春清华大学电路原理 X 教学日历

周	教学内容	内容	讨论
1	L1-L10、S1、S2 Week 1 和 Week 2 作业	概念、元件、KCL、KVL	
2	L11-L17 Week 3 作业	等效变换	讨论 1
3	L18-L21, S3 Week 4 作业	运放	
4	L22-L31 Week 5 作业	MOSFET、二端口	讨论 2
5	L32-L34 Week 6 作业	节点法、回路法	
6	L35-L38 Week 7 作业	叠加定理、戴维南定理、替代定理	
7	L39-L45 Week 8 作业	非线性电阻电路	讨论 3
8	L46-L50, S4 Week 9 作业	一阶	
9	L51-L54 Week 10 作业	一阶	讨论 4
10	B1-B4 教师单独从网络学堂布置作业	冲激卷积	
11	L55-L58 Week 11 作业	二阶	讨论 5
12	L59-L64, S5 Week 12 作业	相量法	
13	L65-L71, S6 Week 13 作业	正弦稳态的功率 频率特性	讨论 6
14	L72-L76 Week 14 作业	谐振	
15	L77-L83, S7 Week 15 作业	互感、变压器	讨论 7
16	L84-L90 Week 16 作业	三相、周期非正弦	讨论 8

在 2014 年春季学期总共 8 次（每次 1.5—2 小时）的讨论中，讨论场地由教师利用研究所会议室来提供。其中的 15% 的时间用来让学生自己总结前 2 周关键知识点（每个人都要发言），然后学生与学生之间、教师与学生之间进行点评与讨论。剩余的 85% 时间则完全用来进行习题讨论。

4 学分的电路原理课程 20220214 设有 8 节习题课，在 20220494X 课程中，8 次讨论课中的习题讨论则主要以这些习题课的题为主。二者主要的区别在于：一般在 20220214 课堂上，是以教师为主来讲题的做法，学生的依赖性较强；而在 20220494X 的讨论中，是以学生为主来将做题的思路（没有时间涉及到计算的细节），学生会相互进行讨论，因此的收获会比较大。

7.3 成果

在2014年春季学期,开学前有11名学生选课,补退选结束后有8名学生选修。经过期中退课,在期末考试前有6名学生,来源为电子、计科、自动化、物理、精仪。每次都参加讨论的学生为4人。同卷期中考试和期末考试的卷面情况分别如表7.2和7.3所示。

表 7.2 2014 年春清华大学同卷期中考试卷面成绩 (不含留学生)

	迷你版 (7 人)	平行班 1 (81 人)	平行班 2 (72 人)	平行班 3 (60 人)
平均分	69	75	74	69
最高分	98	99	97	99
不及格人数	2	11	12	16

表 7.3 2014 年春清华大学同卷期末考试卷面成绩 (不含留学生)

	迷你版 (5 人)	平行班 1 (77 人)	平行班 2 (69 人)	平行班 3 (51 人)
平均分	74	70	66	69
最高分	86	97	92	94
不及格人数	0	17	18	10

在第15周组织了匿名调查问卷,5名学生参与反馈,统计结果如下:

(1) 80%的学生选修本课程的原因是电路原理传统课堂与其想学的课程时间冲突。

(2) 60%的学生对这种学习方式基本满意,40%非常满意。

(3) 80%的学生每周学习时间是4—6小时(略低于传统课堂课内外学时之和)。

(4) 80%的学生观看视频的方式是每周集中一个时间段观看。

(5) 80%的学生认为集中讨论是收获最大的学习环节。

总结起来,这种授课模式的优势在于:

1 **学生获得了学习的灵活性**。这种灵活性主要体现在:选课的灵活性(避免了冲突课程选课)和学习过程的灵活性(学生可以在方便的时间学习碎片化的视频,学习效率有保障)。

2 **教师获得了授课的灵活性**。对于电路原理4学分的大课来说,每周要讲授2次大课,因此该学期基本上没法出差。讲授这种方式的课程使得教师能够比较灵活地安排讨论课。

3 **授课质量有保证**。当然，由于主要学习由学生自学完成，不能寄希望于这种授课模式的教学效果要高于传统课堂。我们认为，只要通过这种授课模式的培养，学生在期中和期末的考试卷面表现不明显低于同卷平行班，这种授课模式就是可行的。

4 **可推广**。电路原理课程是电类专业必修的核心课。如果对于这样的课程来说，都可以进行这种最低程度的翻转，则对于其他大多数课程来说，都可以实施。

7.4 展望

当前这种授课模式的不足（或待改进）之处在于：

1 对学生自制力要求比较高。同学之间、同学和老师之间，需要每隔 2~3 周才见 1 面。学生有可能在讨论间隙没有能够合理地安排自学时间，仓促参加讨论，甚至不参加讨论。根据我们的经验，凡是合理安排自学时间，胸有成竹参加讨论的学生，在讨论课中的表现都是活跃的，期中和期末卷面的考试成绩也是理想的。由于不同学生在平时学习过程中的时间规划和执行过程差异度很大，这种授课模式的期中和期末卷面成绩，有可能表现出鲜明的“哑铃型”特色，即成绩好的学生和成绩差的学生数量较多，成绩一般的学生数量较少。

2 班级容量有限。根据课程的调查问卷，80%的学生认为课堂讨论是整个学习过程中最重要的环节。因此讨论的容量必须足够小。我们认为超过 20 的课堂容量就比较难以实施卓有成效的讨论。由于这种方式对教师课时投入的要求较低，因此如果选修人数比较多，也可以通过同期开设几个头的课堂来解决这一问题。

3 讨论课应在固定的时间安排在学校的讨论教室中进行。2014 年春季学期的讨论是在研究所会议室，黑板容量有限，某种程度上限制了学生的讨论。在未来开设该课程时，如果能够在圆桌讨论教室实施，则授课效果会明显提高。

执笔人：

于歆杰 (yuxj@tsinghua.edu.cn)

第8章 总结与展望

8.1 收获

在第3-7章中,我们分别以南京大学的标准版、清华大学的加强版、青海大学的精简加强版、贵州理工学院的逐步过渡版和清华大学的迷你版为例,阐述了在电路原理这样一门本科核心课中,将慕课资源作为主要教学内容,翻转课堂和PBL作为主要教学方法,SPOC平台作为主要教学环境后,构成的以学生为中心的教与学模式的实践(参见图1.1)。

这里不妨回顾一下各实践单位的教改目标,以及采用这种模式后,目标的达成情况(参见表1.1和表1.2)。

南京大学标准版的目标是消除学生的畏难情绪,提高学习效果,在此基础上,适当训练学生的创新能力。实施一个学期后,学生的学习积极性大为高涨,研究性学习蔚然成风,团队学习和协作学习的新学习方式初步形成,成功开展了多次研究自主性实验,教学效果可谓是“超出预期,令人惊喜”。

清华大学加强版的目标是帮助学生找回被应试教育磨灭的探索热情。根据3个学期的实践结果,学生的课堂表现非常积极踊跃,每个学期都有选修该课程的大一新生申请的专利被授权,参加该课程学习的学生在后续大学学习生活中也表现出很强的创新欲望和创新能力(大二以第一完成人身份获得清华挑战杯一等奖)。

青海大学精简加强版采用分层次教学的思想,希望同时实现降低课时数和培养创新性这两个目标。在2014年秋季学期,他们只用了原先一半的课内学时,就使得教改班的期中、期末同卷平均成绩比相同基础对照组要分别高出14和11分。更重要的是,涌现出一批大大超出教师预期的主动学习行为。比如自行研制电磁发射装置、灵感涌现时在食堂地板上就地开展实验研究、学生到南京大学SPOC平台参与讨论……

贵州理工学院逐步过渡版的目标是,让学生逐步养成学习的习惯,从学习知识中发现乐趣,最终实现较好的学习效果。在2014年秋季学期,他们在4个行政班(包括两个大一学分绩垫底的行政班)中,实现了同卷期末成绩比其他6个行政班高8分,明显降低了放弃学生的比例(卷面成绩低于40分学生比例为7%)。到学期后段,参与预习同学已占到60%以上;有70%以上同学课外学习时间在1小时及以上;2/3学生在教改班的上课兴趣比传统课堂有提升;如果再次选择,接近80%的学生愿意选择以学生为中心的教与学模式。虽然学生的预习比例和课外学习与前面学校比起来可能依然差之深远,但是与其自身相比,学生对课程的认可度和投入都远超其他平行班。课堂上师生互动频繁。教师认为对于其他核心课程来说,这种模式是完全可以推广的。

清华大学迷你版的目标是为学生提供更大的学习灵活性。他们单独设置了电路原理 X 课程。面授（讨论）时间从传统电路原理的每周课内 4 学时变为每周 2 学时。从 2014 年春季学期期中和期末考试同卷卷面成绩来看，教改班平均分与其他自由选修的电路原理平行班学生完全可比。

1.4 节讨论过一个非常重要的观点：“各校都在建设自己的课程”。经过第 1 章的概要性介绍、第 2 章的功能性介绍和第 3-7 章的具体讨论，读者一定发现，各校都用同一个种子（相同优质慕课资源），在不同地方种植（不同学校 SPOC 平台的实现方式不同），采用不同的种植方式（翻转课堂实现方法不同），可以开出不同的花（学生课堂表现不同），结出不同的果（达成不同的教育教学改革目标）。这正是以学生为中心的教与学模式的魅力。

我们在 1.5 节曾经说过，以学生为中心的教与学模式是利生、利师、利校的三赢之举。下面不妨从学生、教师、学校几个层次总结该模式的特点。

1 学生的有效学习行为得以发生

第 1 章中反复强调了一个观点：拥有优质教育资源不等于有效学习行为发生。但是辅以 SPOC 平台和翻转课堂、PBL 等教学方法后，根据 4 所高校的 5 种类型试验结果，我们有把握说：学生的有效学习行为可以高质量地发生。

2 学生的收获不仅是成绩，更重要的是素质和能力

根据清华大学、南京大学、青海大学、贵州理工学院的调查问卷反馈和教师与学生的沟通，可以很清楚地看到，学生的团队意识、表达能力、自信心、协作精神在电路原理这门本科核心课中得到了很好的训练和提升。这再次印证了我们在 1.5 节提出的一个观点：只有能够在本科生专业基础课中同时实现对学生的价值塑造、能力培养、知识传授（“三位一体”），这样的教育教学改革才是完整而有生命力的。

3 教师的铁饭碗变成金饭碗

由于学生真正受益了，其课前、课堂和课后表现往往会超出教师预期，给教师很多惊喜。在这样水乳交融的育人环境下，学生对教师的依存度比传统课堂大很多。我们的一个深刻体会是：所有学校中参与这项教学改革的老老师在说起自己学生的时候都非常骄傲，都滔滔不绝。我们说过，学生的买账，是教师荣誉感的来源，是育人使命感的基石，是使得教师这个“铁饭碗”变成“金饭碗”的源泉。以学生为中心的教与学教育模式是实现教师职业金饭碗的可性之道。

这种模式给教师带来的改变不仅仅是参与教改的教师。学生之间的沟通是非常便捷高效的。这就会倒逼那些没有参加教改、讲授平行班电路原理课程的教师想尽办法提高自己的课堂教学质量。在上述试点院校，就有不止一位富有经验的平行班教师主动给学生补课，增加练习量的案例发生。

我们必须承认,这种以学生为中心的教与学模式的教育成本(师资素质、教室、网络……)还相对较高。但这种模式的实施和推广,势必在全体教师中起到以点带面的作用。带动大量教师对教学有更多的投入。

4 能在高考入学分数差距接近 300 分的不同层次学校达成不同的教育改革目标

我们在清华大学、南京大学、青海大学、贵州理工学院的试点已经说明了这一点。在 2015 年,这种模式还将在合肥工业大学、西北民族大学、扬州大学、内蒙古师范大学、重庆科技学院、厦门理工学院、齐鲁工业大学、沈阳理工大学、武汉职业技术学院等“211”、省属一本、二本、甚至高职院校推广实施。

我们期待着这些学校的老师,利用现有 4 所学校的经验,各自梳理出用这种模式要达成的教改目标,并结合自身特色采取有针对性的措施,实现以学生为中心的教与学,让有效学习行为真正发生!

8.2 关键

总结第3-7章各试点单位的经验,能够成功实施以学生为中心的教与学模式,即能够使得有效学习行为真正发生,需要有以下3个关键点作为确保。

1 预习质量要有保证

没有相当数量的学生在课前完成相当程度的预习,课堂上不可能组织起有效的讨论,翻转课堂则无从谈起。

根据我们的经验,如果一个课堂中有超过 1/3 的学生进行了预习,基本掌握了超过一半的预习内容,则在课堂上可以组织起有效讨论。

这个问题对于“985”、“211”类院校可能不太会存在。但是对于二本、三本、高职高专院校来说,则可能成为该项教改成败与否的关键。在这个方面,贵州理工学院的教师进行了积极探索,基本上已成功摸索出一条从填空到总结,从具体到抽象的逐步过渡方案,帮助学习习惯差的学生进行有效预习。感兴趣的读者可详阅 6.4 和 6.5 节。

2 课前要有充分的学生学习行为和学习效果反馈

以学生为中心的教与学模式中一个关键的环节就是,SPOC 平台能够在学生上课之前,为教师反馈每个学生和学生群体的预习情况。这里的反馈既包括学生个体对每个视频,每个练习题的观看和完成情况,也包括学生群体的统计学习数

据。

有了这些数据,教师在准备翻转课堂课内讨论的时候才能眼明心亮,能够有的放矢。

在当前的 SPOC 平台中,所有学生回答学习行为都被已完整记录下来。但对这些学习行为和学习效果大数据的有针对性的挖掘工作,还有很大提升空间。

3 课堂讨论质量是以学生为中心教与学模式的关键

有了前两点作为基础,教师可以结合学生基础、自身科研/教研背景、学校特色,在课堂上组织有针对性的讨论。在试点院校中涌现出来的,借鉴游戏思想,将学生分组开展竞争,每组中由组长安排学生轮流发言的做法,强化了学生的胜负心,荣誉感和集体存在感,是被实践检验的、行之有效的手段。

8.3 展望

由于慕课资源是以学生为中心教与学模式的基础,因此在这里,笔者根据自己的经验,预计一下慕课和以学生为中心教与学模式的发展趋势。这些趋势势必会带动以学生为中心教与学模式向有利于有效学习行为发生的方面演变。

1 学生定制慕课

相较传统课程来说,慕课已经向学生定制化学习方面迈进了一大步。教师每周定期放出其事先指定的教学内容(包括视频、讲间练习、每周作业、wiki等),学生不需要在固定的时间和地点去上课,可以在自己方便的时间和地点(公共汽车上、床上……),以自己习惯的步调(2倍速或反复看)进行学习。

但是当前慕课中,教学内容和每周教学进度还是由教师指定的。这当然没有什么不好。但是我们可以做得更好。

未来,在充分完成知识图谱拆分的前提下,一定可以实现学生完全定制的慕课。**学生根据希望获取的知识和能力来选择知识点,在此基础上,学生给出自己希望以几周完成该课程,慕课平台可以自动为学生生成一门慕课。**也就是说,在某门课程的框架内,学什么、以什么方式学,都是学生说了算。

进而,还可以把这种思路拓展到原先的系列课程中。系列课程的对象是大学本科,按照一定的顺序能够掌握完整的知识和技能。但是对于社会化学习者而言,一方面他们可能不需要完整的知识和技能,另一方面他们自身通常与具备了一些传统课程中需要讲授的知识和技能。在这样的情况下,系列课程(或迷你学位)就没必要设置传统意义上的多门课程了,可以完全由学生根据其基础和兴趣自行定制。

2 慕课的游戏化运行和慕课游戏

当前主流的慕课还是基于认知主义的，传统课堂的碎片化网络传播，其基本思路还是教师以更精彩的形式、更简洁生动的语言，将知识成体系地传递给受众。

但是这也不够好。因为这样的慕课还不具备在移动互联时代与微信和游戏竞争的实力。

因此**慕课的游戏化运行**和**慕课游戏**就被提上议事日程了。

所谓慕课的游戏化运行，是指在当前基于认知主义的慕课中，大量引入游戏中吸引玩家的要素（强化学生的胜负心，荣誉感和集体存在感）。这主要体现在讲间练习、每周作业的完成，和讨论区的提问和回答，以及 wiki 词条的编辑上。

所谓慕课游戏，就是将当前的慕课来个彻底翻转。从以视频讲授为主体，练习作为辅助训练工具的模式彻底变换为单人或多人闯关模式，以教师预设或学生互设的练习作为主体，视频讲授作为闯关辅助知识库的方式。

无论慕课的游戏化运行，还是慕课游戏，都是为学生提供更好的知识掌握方法，其目的都是促使有效学习行为真正发生。

3 协同创新慕课

虽然我们在制作慕课的时候非常注意用清晰而简洁的语言表达深刻的道理，并不强调数学基础和公式推导。但在第5章和第6章的讨论中，青海大学和贵州理工学院的老师和学生都有反映：来自清华大学的部分慕课资源对于他们的学生来说有些太难了。我想这些反馈是真实的。他们有这样的想法，其他社会化学习者，或者其他实施以学生为中心教与学模式的学校学生也会有这样的想法。

因此我们要建设**协同创新慕课**。

也就是说，**参与以学生为中心教与学模式教改的学校教师，都可以根据自己学生的认知规律，录制某些较难知识点的讲解视频，提供相应的讲间练习和每周作业。**

未来，在同一门慕课中，针对同一知识点，将会有来自不同学校教师的讲授，并且注明其可能适合的受众。这有两大好处。

其一是无论社会化学习者，还是教改班的学生，都可以从中寻找适合自己认知水平的视频和练习，来完成学习，更好地促使有效学习行为发生。

其二是能够激发出教师的创作欲望，提供更多讲授视角、更精彩的应用实例，从而从整体上讲，提升慕课的质量。

4 大容量课堂的翻转课堂实践

1.5 节中关于选择学生有一段很重要的论述：“以每次大课 90 分钟（2 学时）为例，我们认为每位学生参加每次课内讨论的平均发言时间应该不少于 3 分钟。如果考虑到小组集体发言，则可适当放宽到 2 分钟。”

这限制了以学生为中心的教与学模式在大容量课堂中的应用。

这个限制的前提是，每个学生都需要用语言来表达自己的理解、困惑和对问题的求解思路。如果我们依然保持较高的教改目标，即团队合作、语言表达、自信心、学习效果、创新精神一个都不能少的话，这个限制没法突破。

但是对于大容量课堂来说，也许我们可以降低一下目标，比如目标变成提升学生课堂的参与度，进而提高学习效果。

在这个前提下，也许我们就不必让每个人都充分表达自己的想法了。

但是怎么解决学生的参与度问题呢？

想想 1.2 节在讨论“在校生/专任教师=生师比”时举的饭馆跑堂的例子。

教育技术的进步在哪里？

目前，已经由不少公司能够提供软件或硬件方案（比如各种基于软件或硬件实现的教室应答系统 CRS 或 clicker），实时收集和统计学生对教师在课堂上提出问题的反馈。也就是说，教师讲一段内容，马上就能知道完全听懂、部分听懂、完全听不懂的学生比例有多少；教师布置一道练习，很快知道完全正确、部分正确、完全错误的学生比例有多少……

采用这样的方案，可以在大容量课堂实现提升学生参与度的目标。在这个方面，南京大学和青海大学都在 2015 年有考虑要进行试点。我们期待着他们的好消息。

8.4 星星之火

本书以电路原理这样的电类专业本科核心课为例，说明了如何利用优质慕课资源和 SPOC 平台，针对校内学生实施翻转课堂和基于项目的学习，促使学生在课前、课堂和课后发生有效学习行为，达成不同教改目标的理念、实践和未来发展。

我们相信，电路原理仅仅是一个例子；清华大学、南京大学、青海大学、贵州理工学院仅仅是几个例子。这种以学生为中心的教与学模式，可以在更多学校的更多核心课程中得到普遍应用。

我们期待着星星之火的燎原之日。

执笔人：

于歆杰 (yuxj@tsinghua.edu.cn)

附录：各校调查问卷汇总

以下所有调查问卷，学生均匿名填写，填写情况与其成绩无关。

A1 南京大学调查问卷

1 MOOC/SPOC 大学生学习效果及影响因素研究调查问卷

亲爱的同学们：

恭喜你们成功地完成了本学期的 MOOC/SPOC 电路分析课程学习！本问卷调查的目的是了解你们对课堂的情景感知（教学环境）、学习方法与学习策略、学习投入、学习压力以及学习进步等方面的整体感受，希望能研究学习情景感知、学习策略、学习效果之间的关系，从而改善学习环境，增强同学们的学习效果。本问卷采用无记名的调查形式，请大家根据自己的真实情况填写下面题目，选项无对错之分。非常感谢！

南京大学 MOOC/SPOC 导学团

队

一、个人信息

1. 性别 A 男 B 女
2. 你的家乡来自 A 城市 B 城镇 C 农村
3. 你在开学前就学习了“零年级”计划的课程
A 是 B 否
4. 你是否担任小组组长 A 是 B 否
5. 在学习这门课程之前，你是否对 MOOC 有所了解？
A 是 B 否
6. 你是否有网络学习的经历？ A 是 B 否
7. 在课堂上，你是否更喜欢和老师同学通过探讨的方式学习 A 是 B 否
8. 你一般在课前花多长时间用于本课程的学习
A 4 小时之内 B 4-7 小时 C 7 小时以上
9. 在看视频过程中，你是否习惯做笔记
A 总是 B 经常 C 偶尔 D 很少 E 从不
10. 你通常使用什么工具观看 mooc 教学视频？
A 个人电脑 B 机房电脑 C 手机 D 平板电脑

二、请你对自己在学习电路分析课程初期时的初始能力做一个初步的评价
(5=“非常强”, 4=“强”, 3=“一般”, 2=“不强”, 1=“非常不强”)

题目	1分	2分	3分	4分	5分
1. 在网上搜索整合信息的能力					
2. 自主学习能力					
3. 高等数学掌握程度					
4. 物理掌握程度					
5. 对电路原理课程的兴趣					
6. 接受新事物的能力					
7. 公众表达能力					
8. 自我认知能力 (能清楚地认识到目前的学习状况)					

三、请你对电路分析这门课的学习经历做出评价 (5=“非常同意”, 4=“同意”, 3=“不知道”, 2=“不同意”, 1=“非常不同意”)

题目	1分	2分	3分	4分	5分
1. 我认为老师会努力备课使得课堂很充实					
2. 老师会花很多的时间评论我的作业					
3. 课上老师会对我的发言给与及时反馈					
4. 老师关注每一位同学的学习情况					
5. 我对课程的进度很清晰					
6. 上课之始, 老师会询问我们课前的学习程度					
7. 我很清晰每次课的学习目标和任务					
8. 课堂活动能够解答我的疑惑					
9. 我积极参与小组讨论并做代表发言					
10. 我认为课堂上整体气氛很自由					
11. 我认为课程讨论能促进我的知识系统化结构化					
12. 相比其他课程, 我觉得电路分析更难					
13. 我需要足够的时间才能理解所学内容					
14. 我觉得这门课给我的压力很大					
15. 将理论知识和实验操作结合起来更有助于学习这门课					
16. 课堂上每个人都有发言机会					
17. 老师会倾向于培养我们的创新思维					
18. 我认为这门课的评价方式更多元化					
19. 课堂上我总是找机会到黑板上做题					
20. 课堂上我基本上能够集中精力					

21. 除了看视频，我还会查看其他学习资料作为补充					
22. MOOC 视频中不懂的地方我会反复观看					
23. 我在 QQ 群和讨论版经常提问和回答					

四、请对自己在电路分析课程中的**学习动机和学习策略**做出评价（5=“非常同意”，4=“同意”，3=“不知道”，2=“不同意”，1=“非常不同意”）

	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
1. 这门课的学习给我一种很强的自我满足感					
2. 我必须花足够的时间，才能对学习内容有好的掌握					
3. 我的目标就是用尽可能少的时间通过这门课程					
4. 我只认真学习课程大纲或课上所给的知识					
5. 我发现只要我理解了，任何主题都是很有趣的					
6. 我发现很多新主题都很有趣，经常花额外的时间了解更多					
7. 我认为这门课不是很有趣，因此我投入很少					
8. 我通过死记硬背的方式学习，即使我不理解，也要反复练习直到烂熟于心。					
9. 我发现学习电路原理时，会像读小说和看电影一样令人兴奋					
10. 对于重要的学习内容，我会不断自我检测直到我彻底理解					
	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
11. 我发现我能通过记住关键章节而不是理解他们，从而通过测试					
12. 我通常把这门课的学习限制在明确规定的范围内，因为我认为没有必要做其他额外的事情了					
13. 我努力学习，因为我觉得课程内容很有趣					
14. 我花大量课外时间来进一步了解课上讨论过的有趣话题。					
15. 我认为教师不应该期待学生在很多不考的知识上花大量时间。					
16. 我会带着问题上课，并期待解答。					
17. 我认为学习跟考试无关的内容没有意义					
18. 我发现通过考试最好的办法是记住类似问题的答案					

五、请给自己在这门课的**进步和收获**打分。(5=“非常同意”，4=“同意”，3=“不知道”，2=“不同意”，1=“非常不同意”)

	1分	2分	3分	4分	5分
1. 提高了我团队协作的能力					
2. 培养了我分析问题的能力					
3. 提升了我解决问题的能力					
4. 培养了我的规划学习的能力					
5. 提高了我的外语阅读能力					
6. 提高了我的研究性学习能力					
7. 提高了我的专业学术能力					
8. 提升了我的时间管理的能力					
9. 培养了我良好的学习习惯					
10. 我认为这种上课方式的性价比很高					
11. 上完这门课，我对于解决陌生问题更有信心了					
12. 我对这门课的整体满意度非常高					

谢谢合作!

2 访谈提纲

电路分析、电路分析实验 SPOC 班

学生学习经历访谈提纲

南京大学 教育研究院 导学团队

时间：_____ 地点：_____ 访谈对象：_____

1. 你当初报名参加实验班学习，内心是怎么想的？和你预想的一样吗？
2. 这门课上了半个学期了，谈谈你的整体感受吧。你觉得课程难度怎么样？
3. 你在这门课上刚开始有哪些不适应的地方？什么时候适应的？你做了哪些改变来适应的？
4. 你一般都如何准备下次课的内容？你觉得课前除了看视频之外还需要做什么准备？在准备上大概要花多少时间？
5. 你喜欢小组一起讨论学习吗？你们觉得自己的小组在课堂中表现怎么样，你们小组会经常讨论问题吗（线上和线下）？你们是如何协作课下的小组作业？有没有遇到什么困难？
6. 课下如果遇到问题或困难，你一般如何解决？为什么选择这种方式？
7. 课堂上你会积极发言或上去做题吗？大概会上去几次？

8. 谈谈你们的实验课吧
9. 你觉得这种课堂环境（如桌椅和实验仪器的设置、教室黑板的布局、电脑和投影的使用等）与传统课堂有什么不同？对你的学习有什么影响？你觉得哪些地方还需要进行改进呢？
10. 与其他课程相比，你认为这门课的不同在哪里？（学习方式、课堂组织形式、考核方式等方面）有哪些地方需要完善的？
11. 这段时间的学习中存在心理压力吗？你觉得是什么原因造成的？
12. 如果要学好这种模式的课程，你觉得什么最重要？为什么？
13. 你觉得助教/导学应该如何帮助你们？
14. 谈谈这门课的收获和学习经验，给下一届学生一些建议。
15. 你知道“翻转课堂”和“SPOC”吗？你认为这门课是以翻转的模式开展吗？

A2 清华大学 a 调查问卷

相比以往的电路原理课程教学来说,本学期大家经历的是“研究型学习”的过程。我们将知识点的学习从原先的“上课听讲+课后作业+过一段时间后进实验室做实验”改为“课前预习+课前练习+上课讨论+上课练习+上课展示实验和讨论实验+课后作业+课后实验”。我们认为,所谓的“研究型学习”,是指学习的过程从原来的被动接收,转变为主动挖掘。这一点对于培养创新精神和创新能力是至关重要的。为了实现这个转变,我们采取了分组、配发 myDAQ、上课讨论、验证性实验有机融入授课内容、布置研究型作业和进行自主研究型实验等措施。

我们希望在牺牲或少牺牲对电路分析基本方法和基本概念理解的基础上,加强主动探索意识,提高理论联系实际的能力。为调查这些措施效果如何,从而有针对性地进一步改进各个教学环节,特拟定了本调查文件。希望同学们据实回答。

调查问卷匿名,回答情况和课程成绩评定无关。

1 整体时间 (下面 A、B、C、D 的时间之和即你每周课外投入的学习时间)

A: 平均来说,每 1 大节课,你需要事先用_____分钟来预习(包含所有预习环节)。

你是如何实施预习的,即你的预习包括哪些环节?

B: 平均来说,每次课后,你需要用_____分钟来复习。

你是如何实施复习的,即你的复习包括哪些环节?

C: 平均来说,每次课后作业,你需要用_____分钟来完成。

D: 平均来说,每次课后实验,你所在的小组需要用_____分钟来完成。

你们小组的实验分工是怎样的?

2 课堂

A: 在课堂上,知识点的学习主要是通过讨论的方式来完成。相对于传统课堂讲授来说,这种学习方式更为零散。我们可称之为“碎片式学习”。你觉得这种碎片式学习的优点和不足各是什么?

B: 平均来说,课堂讨论部分你能完全掌握_____%。

C: 课堂上对知识点讨论获得的体会,比起传统方式讲授获得的知识,在应用上(做题、实验),有优势吗?如果有,优势在哪?

D: 在课堂的 3 个学习环节中(知识点讨论、习题讨论、实验讨论),你觉得那部分收获最大?

E: 请指出朱桂萍老师在组织课堂讨论过程中可改进之处。

3 实验

A: 从接触 Multisim 开始计算, 经过多长时间(周), 你对 Multisim 的使用才比较得心应手?

B: 从拿到 myDAQ 开始计算, 经过多长时间(周), 你对 myDAQ 的使用才比较得心应手?

C: 在电路课程里整合了仿真和实验后, 从某种程度上破坏了理论分析的“完整美”, 即仿真结果、实验结果有时候和理论分析结果是不一致的。你对于这种破坏是什么态度? 是觉得有意思? 还是觉得很不爽? 为什么?

D: 到目前为止做的所有实验中, 你觉得最难的是哪个? 最有意思的是哪个? 最有收获的是哪个? 最难的那个实验大概花了多长时间? 最有收获的那个实验收获是什么?

4 教学内容

A: 请指出上半学期电路原理你最感兴趣的 1~2 个教学内容或知识点。

B: 请指出上半学期电路原理你最不感兴趣的 1~2 个教学内容或知识点。

C: 请指出上半学期电路原理你觉得最难的 1~2 个教学内容或知识点。

D. 你觉得整理每一讲的知识点关系图对于你建立比较完整的知识体系有没有帮助? 你有更好的建议吗?

5 整体收获

在各个环节(预习、知识点讨论、习题讨论、实验讨论、复习、做作业、做实验)中, 你觉得收获最大的是哪个部分?

6 改进建议

当前的各个环节中, 哪些环节还不甚合理, 你的改进建议如何?

A3 青海大学调查问卷

请大家帮忙填写一下自己在过去的翻转课堂中的真实感受,谢谢大家!
本问卷采用匿名方式,请大家放心填写。

至此,我们已经开展了9次翻转课堂,针对这9次课堂对你状态的影响,回答下列问题。

[1] 翻转课堂和普通课堂相比,你认为你的自学能力提高了吗? ()

A 是 B 否

[2] 翻转课堂上,你会睡觉吗? ()

A 是 B 否

[3] 翻转课堂上,你会用手机看新闻、微信聊天吗? ()

A 是 B 否

[4] 翻转课堂上,你喜欢发言吗? ()

A 非常喜欢 B 基本喜欢 C 中立 D 不喜欢

[5] 按0—10分来计算,对你自学能力的提高你打几分 ()分

[6] 按0—10分来计算,对你查阅文献能力的提高你打几分 ()分

[7] 按0—10分来计算,对你撰写报告能力的提高你打几分 ()分

[8] 按0—10分来计算,对你语言表达能力的提高你打几分 ()分

[9] 按0—10分来计算,对你团队合作能力的提高你打几分 ()分

[10] 按0—10分来计算,讨论问题对你理解知识点的帮助你打几分 ()分

[11] 按0—10分来计算,你的实际动手能力提高你打几分 ()分

[12] 按0—10分来计算,你的分析问题能力提高你打几分 ()分

除了以上问题,你觉得你还提高了什么能力()

此外,还有什么建议和意见?

A4 贵州理工学院调查问卷

同学您好,我们是贵州理工学院电路原理基于 MOOC 混合式教学调研小组,正在进行关于本门课教学改革的调查。本问卷所有答案只用于教学研究,目的是提高和改进电路原理课程的教学效果,请根据您的真实想法和实际情况进行填写。

十分感谢您能抽出宝贵的时间填写这份问卷!

1. 你课前按老师要求对 MOOC 视频进行预习吗?
预习 ☐ 大多数时候预习 ☐ 大多数时候不预习 ☐ 不预习 ☐
2. 在课前预习时,你对不太理解部分会反复预习 MOOC 视频吗?
会 ☐ 大多数时候会 ☐ 大多数时候不会 ☐ 不会 ☐
3. 课前预习观看视频时,你觉得你的接受度在什么水平?
30%左右 ☐ 50%左右 ☐ 75%左右 ☐ 90 左右 ☐
4. 你预习 MOOC 视频时做笔记吗?
每次都做 ☐ 很少做 ☐ 大多数时候会做 ☐
5. 在预习视频遇到问题时,你通常怎么解决?(多选题)
反复观看视频 ☐ 与同学讨论 ☐ 向老师请教 ☐ 置之不顾 ☐
6. 课前预习不能独立按时完成的主要原因是(多选题)
忙于学生会、社团、兼职工作 ☐ 沉溺于网络、视频、游戏等 ☐
目标不明确,缺乏学习动力 ☐ 对所学专业不满意 ☐
7. 你会在课后根据知识掌握情况针对性利用 MOOC 视频进行再学习吗?
会 ☐ 大多数时候会 ☐ 大多数时候不会 ☐ 不会 ☐
8. 你每周课外用在电路原理上的学习时间大约有多长?
0 小时 ☐ 0.5 小时 ☐ 1 小时 ☐ 2 小时 ☐
3 小时 ☐ 比上面更多时间 ☐

(学生课堂情况调查)

1. 这种基于 MOOC 资源翻转课堂的全新教学方式,你能接受吗?
接受 ☐ 勉强接受 ☐ 不接受 ☐
2. 你喜欢这种全新的教学方式吗?
喜欢 ☐ 大多数时候喜欢 ☐ 大多数时候不喜欢 ☐ 不喜欢 ☐
3. 你觉得这种小组合作的方式,你会为保证本小组的讨论得分而去尽力学习吗?
会 ☐ 大多数时候会 ☐ 大多数时候不会 ☐ 不会 ☐
4. 在这种翻转课堂下,你上课的注意力会比传统课堂有所提升吗?
会 ☐ 大多数时候会 ☐ 大多数时候不会 ☐ 不会 ☐
5. 在这种翻转课堂下,你上课的兴趣会比传统课堂有所提升吗?
会 ☐ 大多数时候会 ☐ 大多数时候不会 ☐ 不会 ☐
6. 如果现在让你选择,你愿意选择?
传统课堂 ☐ MOOC 资源下的翻转课堂 ☐
7. 你不喜欢这种教学方式的最主要原因是?(多选题)
我不愿课前预习 ☐ 课堂上跟不上 ☐ 更习惯老师讲授 ☐
与方式无关我就不想学习 ☐

10. 你喜欢这种教学方式的最主要原因是？（多选题）

- 学生可以主动参与 ☐ 需要不停思考 ☐ 能马上运用所学知识解决问题 ☐
课堂气氛较活跃 ☐

11. 你在学习电路原理时遇到的最大困难是什么？

- 想花时间学习、但是课太多，学习时间不够 ☐ 上课听不懂、没兴趣 ☐
上课听懂了，但是不会做题 ☐ 上课听懂了，但是下课又忘了 ☐

（学生能力提升情况调查）

- 1、通过这种全新学习方式的提前预习，你给你自己学习能力中的的挖掘核心知识点能力提升打多少分（满分 10 分）_____。
- 2、通过这种全新学习方式的提前预习，你给你自己学习能力中的的归纳总结能力提升打多少分（满分 10 分）_____。
- 3、通过这种全新学习方式的提前预习，你给你自己学习能力中的的知识运用能力提升打多少分（满分 10 分）_____。
- 4、通过这种全新学习方式，你给你自己的表达能力提升打多少分（满分 10 分）。
_____。
- 5、通过这种全新学习方式，你给你自己的勇于自我表现打多少分（满分 10 分）。
_____。
- 6、通过这种全新学习方式，你给你自己的团队合作意识和合作能力提升打多少分（满分 10 分）。_____。

（学生留言）

1、请你对这种全新教学方式谈谈你的看法和想法吧

2、你还有哪些希望和建议：

A5 清华大学 b 调查问卷

1. 本学期你报名参加的这个班采取了利用慕课资源自学，平均每 2 周集中讨论一次的教学方式。你报名参加这种教学和学习方式的原因是（可多选）_____：

- (A) 电路原理传统课堂和我其他想学的课程时间冲突
- (B) 喜欢以自学为主的学习方式
- (C) 喜欢尝试新的学习方式
- (D) 重修，感觉没必要再跟老师听一遍
- (E) 其他，_____

2. 经过一个学期的学习，你对这种教学和学习方式的总体态度是_____：

- (A) 非常满意
- (B) 基本满意
- (C) 一般
- (D) 不太满意
- (E) 不满意

3. 平均来说，你每周自学电路原理（包括看视频、做讲间练习和 exercise、做其他练习题、看教材或其他参考书等）的平均时间为_____：

- (A) <4 小时
- (B) 4-6 小时
- (C) 6-8 小时
- (D) >8 小时

4. 你观看慕课视频的方式是_____：

- (A) 每周集中 1 个时间观看
- (B) 每周固定的几个时间段观看
- (C) 抽空观看
- (D) 其他，_____

5. 你觉得慕课的 video 对学习基础知识的帮助怎样_____：

- (A) 大
- (B) 一般
- (C) 小

6. 你觉得慕课的讲间练习对学习基础知识的帮助怎样_____：

- (A) 大
- (B) 一般

(C) 小

7. 你觉得慕课的 exercise 对学习基础知识的帮助怎样_____:

(A) 大

(B) 一般

(C) 小

8. 在所有学习环节中, 你觉得收获最大的是_____:

(A) 观看视频

(B) 做讲间练习和 exercise

(C) 自学教材或其他参考书

(D) 参加集中讨论

(E) 其他, _____

9. 相对于传统的课堂教学来说, 请指出这种教学和学习方式最大的不足:

_____。

10. 相对于传统的课堂教学来说, 请指出这种教学和学习方式最大的优势:

_____。

11. 在集中讨论部分, 老师怎样才能做得更好?

_____。

12. 如果未来很多课程都会有这样的授课模式, 你的选择会是:

(A) 积极参加

(B) 选择性参加 (请指出哪些类课程你会乐意参加_____)

(C) 不再参加