

陈吉宁校长在2013年9月26日发表了《致清华全体师生和校友的一封信》，这封信在校友中反响很大，许多校友就清华的教育教学改革提出了宝贵的建议。本刊特选部分建议刊登，以期集思广益，群策群力，共同推动人才培养改革和学校事业发展。

关于创新性教育的思考

○ 钱家骊

写在前面

本文根据对有关创新性教学的不成熟的思考，包括对课程、讲课、实验、作业和考试的教学方法和研究生论文以及科学研究的选题、指导和答辩等方面，提出一些看法。

我已退休多年，虽一直关心教育未敢忘怀，但对自己现在的观点还是没有把握，又因为只在一个传统的工程系科任教和做过一些基层教学行政工作，有很大的局限性，因此生怕不但不于事无补，反而浪费读者的时间。此外，我对清华大学近年来在教学方面所采取的一系列新举措、新研究知之甚少。这是本文的局限性。

我认为创新性教育实质上是包含在素质教育之内，而与应试教育针锋相对，也就是几乎所有关于素质教育的观点、方法都和创新性有关。素质教育是个大系统工程，从幼儿园、小学、中学、大学直到政府、企业以及整个社会，当然还有家长、学生、老师都包括在内，现在国内实行还是困难重重，多年来成效不大。高校只是其中一部分而已，它显然不能影响全局。虽然如此，高校还是有大量和深度的教学改进工作可做。总地来说，就是教师改善教学方法，让学生学得更主动，更生动，更有灵活性和开展的余地，更有兴趣和挑战性。

以下不嫌其繁，对课内教学一项一项讨论。

大学生课程学习

课程学习好像和创新性没有多少直接关系，其实它极大地影响学生的思维方式，从而影响创新性。学生在所有环节中如果都是随老师亦步亦趋，就抹杀了他们创新的兴趣和思维。有的老师提倡学生多“逆向思维”，就是一个好方法。

我觉得当前教学的要害问题是知识和能力主要都是教师教懂的而不是学生主动学懂

的。这样的最大好处是学生普遍知识丰富、概念清楚。我所在电机系谈克雄老师曾在德国做过教学工作，他发现有些德国学生基本概念十分糊涂，这是中国学生几乎不会出现的现象。但其缺点是大大影响了创新思维，英籍华人方大庆博士曾听过我校一位教授用两节课讲授一个在该技术领域十分重要的概念章节《系统动态稳定》，听课后的方博士对我说，老师讲得十分清楚、十分细致，但

在英国我们只用20分钟就讲完了，讲得这么详细，学生课后怎么再思考呢？

我赞成对重要课程，学生能自己学会的就基本不讲，靠学生自学；教师只作引导和讲难点以及老师的心得体会。据说力学教师时学黄老师讲课的一半时间就离开教材，讲自己的体会。大学课程和中学不同，不要讲得太细。我听过苏联电力系统专家巴然诺夫讲“复式励磁装置”，他用了一个大图表，讲得非常系统，十分细致，慢声慢语，连我这个外行都听得很清楚，当时被视为典范。其实电机系讲课讲得最好的当推钟士模先生，他讲课学生很难记笔记，但非常生动，概念深刻，例子则是书上没有的，这才是讲课的高水平。有些课程数学推导极多，一堂课满满几黑板都是推导的公式。学生很难理解，戏称其为“天书”。这种类型的讲课方式就应改变。

另一个问题是所谓“天才教育”问题。解放后反对“天才教育”，实际上只承认基础和勤奋，不承认“天才”。解放前清华完全不是这样，淘汰率极高，当然这在当前社会是不能接受的。当时电机系课程是最重的一个，一些进步同学如纪毓秀和艾知生两位因电机系功课重而分别转入外语系和土木系。当然也不是所有课程都重，一般一个学期也就两门重课，如二年级的电工原理和力学，被称为“老虎课”，都是两周小考一次，老师常会出些难题和偏题。其他都被称为“卫生课”，不必花多少时间。讲课到底是按中低水平还是按中上水平也是个问题，按前者高水平的同学吃不饱，对他们的培养是不利的。

现在施行学生教学评估制度，讲课难易程度容易趋向于平均偏低。我曾向一位年青老师建议采取些讲课改革，回答是声名在外的老师这么做没有问题，但一般老师这样做

钱家骊

1953年毕业于清华大学电机系。1997年退休前曾任清华大学电机系教授、博士生导师，从事多项教学行政工作



会有很大风险。当年有个说法：学生听大专家讲课听不懂，会说讲得水平真高，我听不懂；若年青老师讲课听不懂，则会说老师水平太差，问题都讲不清楚。

某些课程适当地讲些技术发展史可以开阔学生的思路。像我知道的苏联和日本都比较重视技术和产品的发展历史。举例说，在《高压电器》课中，通过高压开关发展100多年的历史可以十分具体地说明不少观点：如产品的发展决定于社会的需要，实践可以明显领先于理论，多种设想的理论的争论和证明过程会很有启发，一些很违背常规的设计最后却能获得很大成功，一些合理的想法最后得到实际应用可能要经过几十年，这造成一些类型的产品出现“各领风骚几十年”的情况，有些发明原意是解决某一问题，最后却发现能解决更重要的问题，而在原想解决的问题中却没有多少意义，也就是“歪打正着”。一些后来发现十分错误或很不恰当的理论或名词却能流传很多年等等。

课后教师与学生的接触和联系也很重要。下课后教师就和学生说再见，就会丧失了很多教育学生的机会。当然这和学生学习的积极性有很大关系，如果学生只对学分有

兴趣，那就没有什么话好说了。我在前些年讲的一门课，下课后，几乎所有同学都立即离开，只有一位叫丁东的同学每课后一定留下和我询问或讨论问题，我对此还是很高兴。后来他在考试时果然答出了我的加分难题，于是就获得了我教课以来的唯一的100分。我在课外和学生交流还有一次很满意的例子：一位工农兵学员问我如何求出一个电阻最佳值的问题，因为讲义上没有有关的公式。我说你可以自己推导一下呀，于是他在我一步步的启发和帮助下，真把公式推导出来了。对此，他既是十分惊讶，又很是兴奋，直说“我原认为推导公式是专家的事，没想到我们工农兵学员怎么也能推出公式来”，显然他的思想上上了一个台阶。

过去重要的课程有讨论课（习明纳尔），“学苏”时就有这个课，可惜国内很多课都改为习题课，讲述习题的作法，这明显是个败笔，特别是对学习优秀的同学来说，简直是浪费时间。我曾在讲课开始时，用十几分钟讲上次的习题，主要就是表扬不用教师教的方法作习题的学生，不论他的方法是否正确。

现在课程多有习题课，习题多比较简单，对一些学生帮助不大。我们班当年有的同学只看看题目就不做了，考试仍然很好。现在有的小学生都作研究报告或读书报告等，这对学生培养很有用。学苏时，有的班要作两、三个课程设计，作几十页的设计报告，这对工科同学还是有不少作用的。我曾在报上看到一篇国外华人的一个教学报道，题目叫作《鲨鱼教授》，就是说这个教授很厉害，“吃人都不吐骨头”。他的课程没有考试，学生只要交若干报告即可，但报告通过很难，所以几乎没有人敢选他的课。一位中国学生因为英文不够好，有些怕考试，所以选了他的课，最后收获很大。

我感觉当前实验课问题比较多，各课程的一个实验常只是两个小时，教师排实验却要花几十个小时，这说明实验的关键技术学生并不了解。学生几乎只能按指示书操作，反而会感觉实验很简单，实际并没取得实验的“真经”。实验的水平表现是多方面的，动手能力只是其中之一。最表现实验能力的应是实验的设计。杨振宁先生当时实验能力较差，在芝加哥大学有“哪里有爆炸，那里就有杨振宁”的戏说。后来他搞理论研究，在宇称不守恒的研究中，为了证明其正确，他设计了3个实验方案。吴健雄先生实验实施能力很强，最后作了证明。总的看来，我还是认为杨先生在实验方面起了更关键的作用。实验的能力应当体现在别人找不到实验方案做不了实验，你却能找到；别人数据不准，你的数据准确度高；别人一次实验只能得到一个数据，你却可以得到多个数据以及实验过程中具有能发现问题、解决问题的能力等等。我在英国一个大学看到一年级（在预科之后）学生做一个实验需用一天时间，二年级的实验是一天半时间。实验包括的内容是综合的，如包括电子技术，计算机技术，电工原理和电机等。学生学得比较全面。解放前电机系的电机实验也是“老虎课”。学生要交实验预习报告，包括目的、电路设计、仪表选择、实验步骤等；实验前上交并且需要老师审阅通过，实验课前还要考察；实验后要交报告，这些全需用英文做成。高压专业曾改变过高压实验方法，给学生一台设备，要求学生作全套预防性实验，从选择方案、设备和仪表等在内，整个实验要花几十个小时，教师不给出具体指导。这就可以锻炼学生较全过程的实验能力。

现在考试方法比较单一，几乎都是笔试。其实口试的方法也有其优点，教师可以在学生陈述后追问，能够更准确了解学生掌



握的程度，也锻炼学生应对面试的能力。苏联当时全采用口试，教师准备若干试签，每个签上有2~3个题目，学生随机抽取作答。如学生对该签不满意，还可以再抽。但我所见，没有学生再抽。这就没学到口试的这个优点，学生复习时还得面面俱到，限制了学生学习的选择。口试的重大缺陷是教师工作量太大，特别是上课同学很多时更是如此，因此很可惜这种考试方式不太常见了。我在英国利物浦大学了解到它的考试情况。在教务科有近年的考试题目，可供学生借看，了解课程的具体要求。他们出题特点是选择余地很大，如11题选7题，9题选6题等。学生超量答题就以最低分的题记分，其目的是不要求学生面面俱到，而是要求对一些方面能深入。教师也可以出些分数不高的偏题、难题。我就曾这样出考题，如果有学生能答出这些偏题难题，就能考到100分以上。

研究生论文和教师科研

硕士生论文要求应低，一般不应要求有多大创新。关键是博士生的论文，学生一定要有创新，其中可以包括选题上的创新。这在工科有现实的困难，因为很多学生课题来自教师的科研项目。文科类研究生有可能自选论文题目，更能体现创新性。工科当然也有例外，1963年高3班学习拔尖的学生张钟华（现为院士）在毕业设计时就提出自选介质物理方面的一个理论性很强的课题，指导教师就只好再请一位物理教研组的老先生为他作导师，论文作出来后很多高压专业的老师们都很难看懂。这篇论文当然没解决实际问题，在理论上也只是个探试，但对学生还是个难得的锻炼和一个难得的经历，我感到这也未尝不可。

现在科研项目一部分来自企业，国内企业要求十分现实，没有马上见到经济利益不

我感觉当前实验课问题比较多，各课程的一个实验常只是两个小时，教师排实验却要花几十个小时，这说明实验的关键技术学生并不了解。学生几乎只能按指示书操作，反而会感觉实验很简单，实际并没取得实验的“真经”。实验的水平表现是多方面的，动手能力只是其中之一。最表现实验能力的应是实验的设计。

会选为科研项目，这有他们的难处。另一部分项目来自各种基金，照理说这些项目应当是创新性比较强的。但实际上管理者仍常把短期的经济效益放在重要地位，这就违反了科研选题的规律了。袁隆平院士的著名言论：“搞科研怕失败，那就不要搞科研”。一般说科研创新越大，失败可能性越高，也就是风险越大。而搞跟踪性的项目，风险要小得多。我的一个侄子在芝加哥一个大医药公司上班，他说这家公司研究一个新药约需10年，研究10个新药也就成功1个。就是所谓“三年不开张，开张吃三年。”创新性较大的题目难免出现意外情况，这就要牵涉到延长毕业期限了。这在当前很难实现。我知道芝加哥大学的社会系研究生差不多都要8~9年才能毕业，这在中国就很困难了，但这确实影响到培养研究生的质量。用导师的项目时，研究生的选题过程就变得简单，常常没有多少“选”的意义了，而选题报告审查也可能会形同虚设，参加评审的人员常只能在一切非关键问题上提出质疑和问题。我有些研究生做的虽然是教师的自选课题——也就是预研性课题，这样应当没有太多约束，可以有些探索的余地。但要保证研究生能及时毕业，对论文的创新点教师又必须事先心中有数，怕万一在做论文的过程中

在作论文的过程中，导师对学生创新性的作用也很大。导师要督促和鼓励学生的创新精神，让他们在充分占有信息的前提下，注意在大小各种问题上能“锲而不舍”、“多想出智慧”、“众里寻他千百度”从而能做到“眉头一皱，计上心来”、“突发奇想”、“大胆假设”的效果。教师也应力争在这方面做出表率来。

出现难于解决的问题，教师也得事先大致考虑好一些备用方案。于是论文的创新性也常是导师“设”，学生“计”，培养创新思维的作用降低了。

高压专业过去在毕业设计方面有一些经验体会，就是和工厂企业合作生产项目，但只做技术核心内容，没有生产阶段的直接要求。举例来说，在电58届学生与沈阳变压器厂合作时，有两个学生做两个预研产品的关键技术工作。一位同学做得很好，在通过研究和多次试验得到基本方案和参数后，学生就完成了毕业设计，而大量的图纸设计、工艺和样品试作、生产工作完全由工厂完成，在以后的十几年内产值达300万元，很是不错。学生还写出论文，登在当时电工系统唯一的杂志《电器工业》上。另一位同学的研究和设计，由于工厂原因，没有做后续工作，但学生还是受到了锻炼。在与东北电力部门合作中，我们小组几年内先后做了7项高压开关的技术改造工作，学校只负责研究、确定方案和结构、参数以及模拟试验的工作，其他大量的具体实施工作都由工厂完成。结果完成5项，其中在全网推广两项，另外一项可为系统当时一年可节约300万元，另外失败两项，但作为设计，学生仍

然有不少收获。这些工作的特点是学生主要研究核心技术，有开创的空间。另外有一项工作是在1965年完成的。从工作内容看，只要教师和两到三个同学即可，这样学生就必须全力投入并因此得到训练和提高。但由于盲目地采用大兵团的方式，派了8位同学去做，结果就出现了吃大锅饭等不利于同学培养的现象。

至于当前，由于题目多来自教师的研究课题，教师常把课题分配给若干学生作为题目，这样做研究生有可能成为“劳动力”，对培养创造性不利，甚至形成了“研究生给老师卖力，老师给学生学位”的互换关系。这样论文的水平也会受到影响。因为课题有时间的约束，在研究生遇到困难时，教师比学生还急，于是教师就难免越俎代庖了。我听说外校的一位导师的办法是学生大约一小半时间做老师的项目，另一多半做水平较高的论文，这也是个方法，当然也有利弊。这是当前一个待解决的问题。

若干年前对于科研或毕业设计有个说法叫“吃中段”，即把课题按时间先后分为3段——比作鱼的“鱼头”、“中段”和“鱼尾”。其中的“中段”“肉”最多。这种看法曾受到批评。我感觉其实它也没有什么不妥。

在作论文的过程中，导师对学生创新性的作用也很大。导师要督促和鼓励学生的创新精神，让他们在充分占有信息的前提下，注意在大小各种问题上能“锲而不舍”、“多想出智慧”、“众里寻他千百度”从而能做到“眉头一皱，计上心来”、“突发奇想”、“大胆假设”的效果。教师也应力争在这方面做出表率来。

研究生论文的另一个问题是评审和答辩的实际操作，操作如有不当，就会削弱对研究生的培养质量。我感觉到学校从上到下