

# 面向卓越工程师培养的研究性学习

林 健

**【摘 要】** 引导和组织学生进行研究性学习,是“卓越工程师教育培养计划”着力推行的教学组织形式和教学方式,关系到参与高校的卓越工程师培养目标的实现和培养标准的达到。本文首先讨论研究性学习的基本特征,然后依次讨论研究性学习的主要形式、作用机理以及对教师的要求,最后指出采用研究性学习应该注意的主要问题,以期参与高校进行教学组织形式和教学方式的改革、为参与高校的教师开展研究性教学提供参考和借鉴。

**【关键词】** 卓越工程师教育培养计划 卓越工程师培养研究性学习 基于问题的学习 基于案例的学习  
基于项目的学习 教学组织形式和教学方式

**【收稿日期】** 2011年7月

**【作者简介】** 林健,清华大学工程教育研究中心副主任、教育研究院教授、公共管理学博士生导师。

高等学校人才培养目标的实现,不仅要有与之相对应的课程体系和教学内容,而且要采用相应的教学组织形式和教学方式。“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越计划”)的主要目标是培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的各类型高素质工程技术人才,即卓越工程师后备人才(以下简称“卓越工程师”),因此,“卓越计划”参与高校在研究、设计和构建满足卓越工程师培养目标要求的课程体系和教学内容<sup>[1]</sup>的同时,要注重与之相适应的教学组织形式和教学方法的改革、研究和设计。

将学生置于教育教学系统的核心是西方发达国家政府高等教育改革的方向<sup>[2]</sup>,也是世界一流大学人才培养模式改革的重点。为了使参与“卓越计划”的学生日后具备胜任各自岗位的工程能力和综合素质,参与高校在进行面向卓越工程师培养的教学组织形式和教学方式改革时,要以学生为中心,以学生的知识获取、能力培养和素质提高为出发点和落脚点,以培养卓越工程师为目标,按照学校培养标准的要求,认真分析、研究和比较各种教育教学方法,充分利用各种现代教育资源和教学手段,充分调动学生学习的积极性、主动性和独立性,研究、设计和采用有利于学生全面发展和提高、保证学校培养标准实现的教学组织形式和教学方式。

研究性学习是一种符合工程能力培养规律、符合综合素质形成逻辑的教学组织形式和教学方

式,因此,它成为“卓越计划”着力推行的教学组织形式和教学方式<sup>[3]</sup>,关系到“卓越计划”参与高校的卓越工程师培养目标能否实现和培养标准能否达到。本文首先讨论研究性学习的基本特征,然后依次讨论研究性学习的主要形式、作用机理以及对教师的要求,最后指出实施研究性学习应该注意的主要问题,以期参与高校进行教学组织形式和教学方式的改革、为参与高校的教师开展研究性教学提供参考和借鉴。

## 一、研究性学习的基本特征

研究性学习(对教师而言,也可以称之为“研究性教学”)是指学生在教师的指导下,通过各种研究性的学习方式,主动地发现问题、分析问题和解决问题,从而在知识学习、能力培养和素质形成方面达到学习目标的过程。问题意识是思维的动力,是学生学习兴趣的源泉。研究性学习的本质是问题导向,通过培养学生的问题意识,抓住问题,穷追不舍,刨根问底,逐渐达到学习目的。

研究性学习的核心理念是:注重从问题开始而不是从结论开始,以探索学科知识的产生和发展规律为路径,以剖析工程原理的形成过程为载体,以分析、研究和解决工程实际和工程学科问题的过程为平台,以师生互动和同学合作为形式,将学习知识与研究问题相结合,使学生在在学习学科知识、工程原理和思考、分析、探究问题的过程中获取、应用和更新知识,在解决问题的过程中培养和训练发现、研究和解决问题的能力,在合作学习

和团队交流过程中形成和提高综合素质。

研究性学习具有如下基本特征：

### 1. 学习方式的研究性。

研究性学习以研究问题、探索未知的方式来领会、掌握和应用知识。传统的学习方法以死记硬背为主,对知识产生的背景、知识应用的条件和知识的局限性等不予重视。研究性学习则以研究的方式探索知识的产生、形成和发展,学生以质疑与批判性思维不断提出问题、分析问题和解决问题,使整个学习过程充满了研究。这样,学生不仅能领会和掌握已知的知识,而且能够对未知领域进行探索,对新知识进行构建,加深对客观世界的认识和理解,同时有利于钻研精神的养成和研究能力的培养。

### 2. 学生学习的主体性。

研究性学习是以教师为主导、以学生为主体的学习方法,整个学习过程都是以学生为中心,学生由传统学习过程中的被动接受者转变为主动学习者。研究性学习要求学生在教师的指导下,自主开展研究性的学习活动,相对独立地进行专题研究,学生的求知欲望和探索未知世界的兴趣使其学习积极性和主动性得到充分发挥。

学生在研究性学习中的主体作用主要体现在:根据教师提出的问题主动学习相关的知识;自主寻找解决问题的理论依据;通过分析研究提出解决问题的方案与建议;在与教师和同学的讨论过程中改进和完善方案与建议;完成对学习研究成果的评价。由此可见,学生在研究性学习过程中的角色是“演员”。

学生学习的主体性还表现在学生高度的自主性。首先,学生可以在教师预先设计的学习专题中自主地选择感兴趣的内容;其次,学生要自主安排时间进行课外研究性学习,完成规定的学习任务;第三,学生要自主选择研究性学习的方式,以达到预期的学习目标。

### 3. 教师教学的主导性。

研究性学习将教师从知识的传授者转变为学生自主学习的主导者。在学习开始时,教师提出学习目的、研究任务和目标要求以及评价学习效果的标准。在教学过程中,教师营造研究式的学习氛围,启发学生的思维,激发学生学习兴趣,为学生自主学习指明方法和路径,鼓励学生自主探索,激励学生不断创新,为学生自主解决学习过程中出现的问题提供思路。在学习结束时,教师对

学生学习成果进行评价,既给出明确结论,又指出前进方向。在整个学习过程中,教师注重培养学生的思维方式、批判意识、探究精神和自律能力。

教师在研究性学习中的主导作用主要体现在:围绕工程实际问题设置学习研究专题;介绍相关的知识与提出研究的问题;给出分析的切入点与研究路径的提示;提供主要学习资料和参考文献以及获取的途径;提出学习与研究的要求和学习评价的标准;组织学生安排学习进度并进行研究性学习。由此可见,教师在研究性学习过程中的角色是“导演”。

研究性学习体现了学生的主体作用和教师的主导作用的有机统一。在教学过程中既要注重教师教学的重要性,也要充分调动学生学习的积极性,使教师的主导作用与学生的主体作用相结合,从而取得良好的学习成效。

### 4. 教学活动的互动性。

传统的学习是由教师单向地向学生灌输知识信息,而研究性学习则是一种互动式的教与学,它强调在整个学习过程中教师与学生的互动。通过互动,教师不断地激发学生的学习兴趣 and 求知欲,调动学生学习的积极性和主动性,使学生掌握科学的研究方法,培养学生发现、分析和解决问题的能力,使教师的主导作用得到充分的发挥;通过互动,学生的问题和困惑得到教师及时的指导,学生的各种需求得到及时满足,促进学生的个性发展和学习效果的提高。

### 5. 学习内容的开放性。

研究性学习的学习内容不局限于教材范围,也没有严格的界限,而是由研究性学习的学习目的和学生的兴趣决定的,因此,学习内容具有开放性。教师通过对教学内容跳跃式设计和知识点的选择,通过学习专题的精心拟定,使得学生能够发挥自己的主观能动性,在开放的空间中学习知识和丰富自己,通过各种可能的渠道获取学习专题所需的信息,按照自己的能力和兴趣开展学习专题的研究,从而训练学生的自主学习能力、有用知识的选择能力和专门问题的研究能力。

### 6. 师生地位的平等性。

在传统的教育教学活动中,教师作为教育者和管理者处于主动和支配地位,而学生作为受教育者和被管理者处于被动和服从地位,形成了师生关系的不平等。研究性学习需要为学生提供和谐、宽松和自由的心理氛围,使学生在过程中

始终保持主动探索的积极状态,从而达到最佳的学习效果。因此,研究性学习的过程应该是教师与学生平等对话、相互合作、共同探索真理的过程。在这种情境下,要求教师转变身份,平等地与学生交流互动,平等地参与学习专题的研究,以学生的启发者、引导者、激励者、支持者和合作者的身份与学生相处,尊重学生的人格和自由,启发、引导、鼓励和支持学生开展研究性学习。尤其要指出的是,教师在与学生交换和分享各自对知识、生活的认识的同时,要尊重、理解和包容学生的不同看法,甚至对教师的思想和观点的批评。

### 7. 学习方式的灵活性。

能够作为学习专题的内容非常广泛,教师可以采取的教学组织形式多种多样,学生的兴趣、爱好和潜能又各不相同,这就决定了研究性学习方式的多样性和灵活性。学生可以根据拟研究的内容的性质,在教师的指导下,按照自己的意愿,灵活地选择各种有效的学习方式,以满足学习专题的目标要求。

## 二、研究性学习的主要形式

研究性学习强调基于问题、面向实际,凸显自主探究、合作互动,重点体现在“提出问题、自主研究、讨论互动、批判改进”等核心环节。因此,适应研究性学习方法的的教学组织形式是小班制教学。以25~30人为一个班级的教学能够给予学生更多参与教学过程的机会,有利于充分调动学生学习的主动性,也有利于教师动态地关注学生的反馈,关注学生个体的差异,加强师生间的互动,切实提高教学效果。教师可根据课程教学的需要将一个班级分成若干个学习小组,小组内的学生分工合作,相互学习,共同分析、讨论与研究问题,小组间的学生相互比较、相互促进和竞争,从而形成学生自主学习、自由探索,师生互动、同学协作的学习氛围。

研究性学习是一种学习方法体系,按照学习专题的内容的性质和学习方式划分,其主要形式有基于问题的探究式学习、基于案例的讨论式学习和基于项目的参与式学习,也就是说,教师分别按照问题、案例和项目来组织学生学习的课程内容,在简要介绍课程内容和核心知识点后,教师通过精心准备和设计的问题、案例或项目,引导学生循序渐进地完成相关知识的学习与研究的训练任务,从而完成课程大纲规定的教学任务、实现学习目标。

### 1. 基于问题的探究式学习。

基于问题的探究式学习(Problem-Based Learning, PBL)是学生在以问题为学习研究对象,通过对问题的了解、探讨、研究和辩论,学会应用和获取知识,辨别和收集有效数据,系统地分析和解释问题,获得解决问题的答案,并进行交流、检验和评价的学习方式。教师按照问题的方式组织教学内容,可以是短时间内解决的问题,如仅需要一次课或几次课时间就能解决的单一主题、单一学科的问题,也可以是花费整个学期去解决的多学科的问题,但这些问题都应该来源于具体的工程实践。一个好的问题应能引导学生应用课程的内容和方法,有助于理解基本的概念、原理及过程,也可以引导学生自己去推理并获得新的知识。通过学习,学生能够有效地训练和提高自己获取新知识以及分析和解决实际问题的能力。

基于问题的探究式学习过程大致如下:

(1) 布置问题:教师简要系统地介绍课程内容和要求后,提出预先设置的问题,列出参考文献和获取相关信息资源的渠道,并按照问题的难度规定每一组学生的人数;

(2) 学生分组:学生根据自己的兴趣和小组人数限制选择问题,具有共同兴趣的同学组成问题探究小组;

(3) 组内分工:每个小组对问题进行初步讨论并进行任务分工,使每个学生明确自己要探究的重点以及与组内其他同学的合作关系;

(4) 文献检索:学生独立地进行资料检索、文献收集和整理,在此基础上对所分工的问题进行初步分析,制定出自己的研究性学习计划;

(5) 自主学习:学生自我寻求解决问题的理论、方法和途径,以自学的方式学习和掌握相应的理论、方法和技术;

(6) 初步探究:学生对所分工的内容进行探究,提出解决问题的初步方案和建议;

(7) 小组讨论:每组学生集中讨论,每位学生重点阐述自己对问题的探究结果,以获得同学的认可和批评,同时对同学的探究结果自由地发表自己的意见;

(8) 深入探究:学生分头继续对各自分工的问题进行深入的探究,并保持与教师的互动和与同学的讨论;

(9) 小组集中:每组学生将各自探究的结果

汇总,形成本组对问题的分析、研究和解决意见,这些意见不要求一致,如果本组存在不能解决的因素,可以留在课堂交流时寻求教师和其他小组的帮助:

(10) 课堂交流:在教师的主持下,各组选出代表将本组意见在课堂上进行交流,组内其他学生可以补充,要求各小组对其他小组交流的内容批判性地提出自己的意见;

(11) 教师点评:教师对各组解决问题的思路 and 方案进行点评和总结,包括肯定成绩、指出不足、提出希望。

需要说明的是,教师课前准备用于某次课学生探究的问题基本上是单一的问题。这样,各小组分别探究的问题是相同的,从而形成组内合作、组间竞争的局面,这将充分调动学生投入学习的积极性,而且,也有利于小组之间的相互比较、借鉴和学习,取得更好的学习效果。单一的问题也有利于教师采用统一的标准对各组进行评价。当然,教师也可以准备一系列的问题,让各小组各自探究不同的问题。在这种情况下,虽然各小组之间的探究结果缺乏直接的可比性,小组之间的竞争弱化,但对从其他小组的探究结果中了解和熟悉更多的问题以及扩大视野具有积极的意义,只是教师要找出这一系列问题的共性,作为对各小组进行评价比较的基础。

## 2. 基于案例的讨论式学习。

基于案例的讨论式学习(Case-Based Learning, CBL)是学生在以案例为分析研究对象,通过对案例的分析和讨论,以及对案例中处理事件的原有方案的研究,对该方案进行评价,在案例发生的原有情境下提出改进思路和相应方案,或在教师假设条件下提出学生自己处理事件的思路和方案,并进行方案比较、交流和评价的学习方式。教师准备的案例可以是一个完整的实际案例,可以是真实事件的简化,可以是几个不同事件的组合,甚至是一个虚构的案例,但都应该是复杂环境中真实工程实践的反映。完整的案例应该包括:事件本身及其产生的背景,资源和条件的限制,原有处理事件的方案,事件处理的结果及可能造成的影响等。在讨论案例时,学生将了解到作为真正的工程师所将面临的复杂境地和艰难抉择,不仅能加深对知识的理解,而且能掌握知识的应用。通过学习,有助于训练和提高学生在复杂环境下解决实际工程问题的能力和进行决策

的能力。基于案例的讨论式学习与基于问题的探究式学习的主要区别在于:前者构造的案例是完整的,提供给学生的信息丰富,案例中解决问题的思路为学生提供了借鉴和启发,有利于学生以此为基础提高自身分析问题和解决问题的能力;而后者构造的问题往往是不完整的,没有可以借鉴和参考的解决问题的思路,要求学生自主获得需要的各种知识,寻找解决问题的途径和方法。

基于案例的讨论式学习过程大致如下:

(1) 描述案例:教师简要系统地介绍课程内容和要求后,具体描述预先准备的案例,提供相关的资料信息,提出学生进行案例分析和讨论的内容;

(2) 学生分组:教师确定每组学生的人数,学生自由组合形成案例讨论小组,而教师要给予学生足够的课内或课外小组讨论的时间,以保证每位学生都能够充分发表自己的意见。

(3) 文献检索:必要时学生应独立地收集和整理与案例相关的资料信息,若有可能,应查找类似案例,并对这些案例与课堂案例的背景、性质和结果进行比较分析;

(4) 自主学习:根据案例研究的需要,学生自我寻求需要的理论、方法和途径,自主学习和掌握相应的理论、方法和技术;

(5) 分头准备:必要时学生分头对讨论的内容进行准备,包括对案例的分析,提出解决案例问题的思路和具体方案,在此期间,学生可以随时寻求教师的引导和帮助;

(6) 小组讨论:各组学生集中对案例进行讨论和分析,形成若干条意见或几个方案,这些意见可以相左,方案可以不同,教师可以根据各组的情况自由参加小组讨论;

(7) 课堂交流:在教师的主持下,各组选出代表将本组的意见或方案在课堂上进行交流,允许其他小组提出质疑或不同意见;

(8) 教师点评:教师对各组的案例分析和建议进行点评和总结,肯定成绩、指出不足、提出希望。

教师课前准备的案例必须精心选择和设计以满足课程教学目标的需要。一方面,教师需要通过与学生一道分析案例使学生获得新的知识以及处理事件的思路、经验和教训;另一方面要通过刻意改变案例发生的背景条件或对可用资源的不同限制,鼓励学生吸取案例中的经验教训,培养他们

在各种复杂环境下分析问题和解决问题的能力。

### 3. 基于项目的参与式学习。

基于项目的参与式学习(Project-Based Learning, PBL)是学生在以项目为学习研究对象,通过参与工程项目或工业产品的设计、开发、研究的全过程,学会应用已有的知识,选择有效的方法和技术,拿出解决项目任务的方案,进行方案评价与比较的学习方式。教师提出的项目应该是企业的实际项目或源于工程实际的项目。学生在参与项目的学习过程中,不仅要综合运用所掌握的知识、方法、技术,而且要从系统的角度处理好局部与整体、个人与集体的关系。通过学习,学生不仅对知识理论有更深刻的理解与掌握,认知能力和完成实际项目的的能力得到提高,而且能够表现出更好的交流沟通能力和团队合作精神。基于项目的参与式学习与基于问题的探究式学习的主要区别在于:项目具有更广的范围,包含更多的问题;项目的难度大,需要更长的时间、教师与学生和学生之间有更多的合作、更深入的研究才能完成;解决问题主要强调的是知识的获取和应用,而完成项目还要注重对已掌握知识的集成和对知识的创新。

基于项目的参与式学习过程大致如下:

(1) 介绍项目:在简要系统地介绍课程内容和要求后,教师详细地介绍项目的背景、研究目标、任务、具体内容和预期成果,必要时给出项目的研究思路,列出参考文献和获取相关信息资料的渠道。

(2) 项目分解:教师根据项目的难易程度,决定是否将项目分解为若干个子项目,并规定各项目组的学生人数。

(3) 学生分组:学生根据自己的兴趣和项目组人数选择研究项目,具有共同兴趣的学生组成项目研究小组。

(4) 组内分工:每个小组对问题进行初步讨论并进行任务分工,确定研究进度和先后顺序,使每个学生明确自己要研究的重点以及与组内其他同学的合作关系。

(5) 文献检索:学生独立地进行资料检索、文献收集和整理,在此基础上对研究内容进行初步分析,提出研究思路和技术路径,设计出自己的研究性学习方案。

(6) 自主学习:学生根据项目研究的需要,自主学习和掌握相应的理论、方法、技术和计算机软

件,必要时可以寻求相关教师的辅导。

(7) 初步研究:学生对所分工的内容进行研究,既可与同学合作,也可得到教师的指导,在规定时间内拿出解决问题的初步方案和建议。

(8) 小组讨论:项目组集中研讨项目,每位学生重点阐述自己对项目的研究成果,其他同学自由发表意见,鼓励大家逆向思维,大胆提出质疑和反对意见,以改进和完善每位同学的研究;学生可以邀请教师参加小组讨论,教师也可以根据各项目组的实际情况,选择参加一些项目组的讨论。

(9) 继续研究:根据同学和教师提出的意见和建议,学生分头继续对各自分工的项目进行深入研究,并保持与教师的互动和与同学的合作。

第(8)和第(9)要重复进行,即项目组要不定期地多次集中研讨项目,直至大家对彼此的研究基本满意。

(10) 成果集成:将全组每位学生各自研究的成果集成,形成本组所承担项目的初步研究成果,如果本组存在不能解决的问题,可以留在课堂交流时寻求教师和其他小组的帮助。

(11) 课堂交流:在教师的主持下,各组选出代表将本组项目的研究成果在课堂上进行交流,组内其他学生可以补充,要求各个小组对其他小组交流的内容批判性地提出意见,相互启发、相互学习。

(12) 改进完善:各项目组认真分析和讨论教师和其他组同学对本组提出的意见和建议,在原有分工的基础上,进一步改进和完善所承担的项目研究。

根据各项目组的研究进度和课程要求,教师需要决定是否重复第(11)和(12)。

(13) 项目评审:在各项目组的学习和研究达到课程要求后,教师组织对各组所承担的项目成果进行评审,可以邀请有关专业的教师和企业专家组成项目评审组,对各项目组的研究成果进行分析和评价,包括研究方法和手段、研究成果与不足、进一步研究的方向等诸多方面,为学生总结学习经验、培养能力、提高素质及日后学习发挥画龙点睛、指点方向的作用。

必须强调的是,在整个研究性学习过程中,不论是课内还是课外,学生都可以随时寻求教师的指导和帮助。为了鼓励参与、激发兴趣、启发思考、激励创新,使每位学生都能受益,在研究性学习中还要注意以下几点:一是学生应独立自主地

选择感兴趣的研究问题,而不应由教师指派研究任务;二是每位学生在学习小组中的地位是平等的,应自由发表自己的意见而不受他人左右;三是每个小组的意见不要求统一,不能采取简单多数的方式压制少数人意见,允许存在不同的甚至对立的意见;四是教师对各组学生解决问题的思路和方案的点评和总结应采取商讨或建议的方式,不宜强求一律、简单否定。

此外,按照学习的组织方式,研究性学习可以分为自主式学习、合作式学习、参与式学习、互动式学习等形式。自主式学习是指学生在教师的安排和指导下,自主进行学习,主要适用于学生本人能独立完成的学习专题;合作式学习是指学生被分为若干小组,每个小组中的学生对研究专题既有分工又有合作,并在合作的基础上完成整个专题内容的研究,主要适用于大而复杂的研究专题;参与式学习是指学生参与教师设计或负责的研究项目,承担项目的部分工作,主要适用于专业性强的专题;互动性学习是指学生与教师通过互动方式达到某专题的学习目的,主要适用于需要教师不断引导的专题。在选择研究性学习的形式时,教师应该根据课程教学目的、任务和要求,教学内容的性质和特点,学生的实际情况,教学环境,教学时间,教学技术条件以及教师的自身素质等因素灵活选用适合的形式。此外,要从整体角度考虑研究性学习形式,并注意各种学习形式的有效结合。

还应当指出,自主式学习是最基本的单元,合作式、参与式、互动式学习无不以自主式学习为基础。

### 三、研究性学习的作用机理

“卓越计划”通用标准规定了卓越工程师培养在知识、能力和素质方面的明确要求<sup>[4]</sup>,推行研究性学习是达到这些要求的有效途径。这是因为,与传统的接受式学习仅注重知识学习的作用相比,研究性学习的作用可以归纳为四个方面:一是知识的获取、应用和创新;二是工程能力的培养和提高;三是社会能力的培养和提高;四是综合素质的养成和提升。只有充分认识和理解这些作用是如何在研究性学习过程中产生的,采用研究性学习的教师才能根据不同层次卓越工程师培养的要求,选择好工程问题、案例和项目,设计和组织好课程教学,使研究性学习的作用得到充分发挥。

#### 1. 知识的获取、应用和创新。

接受式学习获得的是结论性知识,它不需要了解知识产生的背景及其发展规律,似乎是一种省时高效的学习知识的方法。然而,通过这种方式获取知识的学生会面临如何运用知识的问题,更谈不上对知识的发展和创新,而且,随着时间的推移,这些死记硬背学到的知识也容易被遗忘。

研究性学习则是将知识学习作为一种课题研究,引导学生对其进行分析和探究。尽管学生所要学习和掌握的知识可能都是成熟的理论,甚至已经成为经典,但如果要搞清楚知识的来龙去脉,对于学生来说,就是一种研究,它不仅使学生获取知识,而且使他们能应用和创新知识。

学生获取的学科知识是源于研究性学习过程中对学科知识产生的起因和过程的了解以及对工程原理形成和发展的规律的剖析,是发现和研究过程中的一个既自然又必然的结果,通过这种方式掌握的学科知识不易忘却,而且训练了学生的自主学习能力。学生能够应用所掌握的学科知识是因为他们研究了学科知识产生的条件、适应面和局限性,这不仅培养了知识的应用能力,而且为分析问题和解决问题能力的培养奠定了基础。学生能够进行知识创新是因为他们通过对现有知识的质疑和批判性思维,发现不同条件下所学知识可能存在的问题和继续发展的可能性,并通过科学合理的推理和严密的逻辑分析,探讨和构建出新的知识。此外,为了进行问题探究、案例讨论和项目研究,学生必须以自学的方式获得教学内容之外的知识,这种自学能力的培养是通过自我摸索、教师指导和同学间的合作而逐渐完成的。

总之,研究性学习在卓越工程师必须具备的信息获取、知识更新、知识创造和终身学习能力等方面的培养上具有重要的作用。

#### 2. 工程能力的培养和提高。

研究性学习不仅重视知识的学习,而且重视在此过程中对工程能力的培养和提高。研究性学习将源于工程实践的具体问题、实际案例以及来自行业企业的设计和研发项目作为载体,将教学内容融入其中,使学生在解决问题、分析案例和研究项目的过程中培养和提高工程能力。

研究性学习涉及的问题、案例和项目主要源于工程实践和企业实际,通过对这些问题的研究性学习,学生潜移默化地掌握了工程概念、工程常识和工程原理,学会用工程思维的方法思考和分析各种工程问题,掌握对工程数据进行分析处理

和对工程问题进行提炼归纳的手段和技能。因此,研究性学习的过程培养了学生的工程素养。

不论是问题、案例还是项目,研究性学习都是问题驱动的,学生一开始就要面对源于实际的问题,就要学会从全局和系统的角度发现问题的根源、分析问题的特点、研究问题的本质,就要运用创新性思维和批判性思维寻找解决问题的方法和途径,从而最终解决问题。因此,研究性学习使学生不仅在系统性思维和创新性思维能力,而且在发现问题、分析问题和解决问题的能力等方面都得到充分的锻炼和提高。

源于工程实践和企业实际的问题、案例和项目的研究对象是生产及其运作系统、工业产品和工程技术,主要涉及生产系统的设计、运行和维护,原有产品的改造升级、新产品的开发设计、工程技术的改造与创新等诸多方面。因此研究性学习能有效地训练学生的生产系统设计和维护能力、产品开发和设计能力、工程项目研发和集成能力以及工程技术创新和开发能力。

卓越工程师的工程能力还包括应对危机与突发事件能力,因此,采用研究性学习方式的教师可以选择危机与突发事件作为问题或案例,培养学生解决这方面问题的能力。从根本上讲,他们应具备处理工程与社会和自然的关系、使之和谐交融和可持续发展的能力,必须指出的是,创新思维和创新能力是未来工程师必须具备的最重要的工程能力,而研究性学习正是在这种能力的培养和提高上作用突出、成效显著,这一点已得到世界各国工程教育界的公认。

### 3. 社会能力的培养和提高。

研究性学习的教学组织形式和教学方式也使学生的社会能力得到培养和提高。研究性学习将学生之间的合作,将学生与教师之间的互动,将学生为了完成学习任务而进行的各种活动作为一种工作和社会环境,使学生的各种社会能力得到有效的训练和培养。

学生之间的合作和师生之间的互动需要学生会人际交往、组织管理和团队合作。在人际交往方面,同学之间要进行任务分工、相互合作、意见表达和问题讨论,学生就要学会善于表达自己的观点,包容和接纳不同的意见,整合同学间不同的看法,协调好各方面的关系,学会尊重他人和欣赏别人,求同存异,兼容并包,共同完成学习任务。这就使学生的交流、沟通和协调能力得到培养。

在组织管理方面,学生在小组和班级内要轮流担任不同的管理和领导角色,负责相关的事务,包括在小组内进行学习专题的分解、学习进度的安排、同学间合作研究的开展、小组讨论和班级讨论的组织准备等等。这就使学生的组织管理能力得到很好的锻炼。

在团队合作方面,学生不论是在小组内还是在班级内,需要充分认识团队合作在现代社会发展中的重要性,认清个人在团队中的作用和地位,学会处理好分工与合作、个人与集体、局部与整体的关系,培养自己的全局意识和集体观念,学会处理好同学之间的矛盾与冲突,学会发挥每位同学的优势,调动大家的积极性,共同实现团队目标。这就使学生的团队合作能力得到培养。

### 4. 综合素质的养成和提升。

研究性学习在学生综合素质的养成和提升方面也能发挥重要的作用。目前在为数众多的高校教师和大学看来,教师在人才培养中的作用主要是“教书”,而“育人”则应该是党委和学生部门的责任。事实上,在研究性学习中,教师可以在“教书”过程,通过自己的言传身教和教学组织更好更直接地达到“育人”的效果。也就是说,将整个研究性学习的过程作为一种平台,通过教师在这个平台上的“表演”、“示范”和“引导”,促进学生的综合素质得到有效的养成和提升。

现代工程问题的解决无不涉及到环境保护、生态平衡、社会和谐与可持续性发展,关系到公众安全与健康、国家和社会公共利益等。教师在研究性学习过程中可以通过强调学生在工程问题、案例和项目的研究时重视和处理好这些因素,培养学生日后作为一名工程师所必须具备的社会责任感。

教师对待工程问题认真负责的态度、对教学工作兢兢业业的精神、对工作质量精益求精的追求,将有利于学生工程职业道德、追求卓越的态度和爱岗敬业精神的培养。同时,教师在教学过程中与学生的平等相待、给予学生的无私帮助和指导、对学生获取成绩的鼓舞和激励、对学生不足的宽容、对不同意见的包容等,也将帮助学生学会如何待人接物和为人处世,如何提高自身素质,如何具有宽容精神,如何培养健全人格。

### 四、研究性学习对教师的要求

研究性学习的基本特征、教学组织形式和教学方式,以及研究性学习在学生知识、能力和素质

方面培养的作用,使得研究性学习对教师提出了更高的要求,主要有以下五个方面:

1. 教师要具有更广的知识面和更强的知识应用能力。

研究性学习虽然按照问题、案例和项目的方式组织课程规定的教学内容,但学习内容的开放性、学习方式的研究性以及学生学习的自主性使得学生在学习过程中可能涉及的知识将远远超过课程规定的范围,学生寻求教师指导和帮助的问题也将大大超越传统的接受式学习的领域。这些变化要求教师在具有扎实的专业知识的基础上,不仅要扩大自己的知识面,而且要提高知识的应用能力。

教师知识面的扩大要从课程领域拓展到课程相关领域。在传统的接受式学习中,教师教授的知识以课程为界限,相互之间避免重复交叉,因此教师只要精通一门课程大纲规定的知识,擅长这些知识的应用,基本上就能够胜任教学了。而研究性学习则要求教师除了精通课程大纲规定的知识外,还要具有学生学习专题可能涉及到的相关知识以及这些知识的应用能力。只有这样,教师才能应对学生在知识及其应用方面的质疑和困惑。

2. 教师的研究成果和造诣是研究性学习的重要基础。

研究性学习将知识的学习与问题的研究紧密地结合起来,这与大学课程教学中长期以来一味强调引入本学科领域最新的研究成果存在本质的区别:后者只是在教学中介绍最新进展,并不要求教师具有研究背景;而前者要求教师在与学生讨论研究成果或学术观点的同时,要剖析研究思路、比较研究方法、分析这些成果或观点产生的过程。因此教师自身要具有研究经历并在与课程相关领域取得研究成果,才能胜任研究性教学。

研究经历不仅使教师积累了丰富的研究经验,而且培养了教师科学的思维方式、坚韧不拔的研究精神、创新意识和能力以及研究问题的手段和方法,这对于启发学生的思维、鼓励学生开展研究、激发学生的研究兴趣、引导学生有效地开展研究性学习是十分重要的。研究成果是教师组织设计用于研究性学习的问题、案例和项目的重要素材,研究成果越丰富,越有利于学生在更广阔的领域探索和研究,取得更好的学习效果;研究水平越高,越有利于学生在更深的层次上发现和学习未

知的知识,获得更大的收获。

世界一流大学的经验是:教学推动研究,研究引领教学。具体而言,教师按照自己承担的教学内容,确定自己的研究内容,再将研究成果用于教学之中;在教学中,教师将研究成果作为主要教学内容,按照研究成果产生的过程组织和开展教学。总之,研究性学习与教师的研究密切相关,教师教学水平的高低取决于其在相关领域的研究成果和研究水平的高低。

3. 教师必须有比较丰富的工程实践经验。

除了研究经历和研究成果外,教师还必须要有比较丰富的工程实践经验,才能胜任研究性学习的教学任务。首先,没有丰富的工程实践经验,教师不可能承担企业委托的工程项目,也就不具有工程项目的研究经历和研究成果;其次,为研究性学习而准备和设计的问题、案例和项目需要源于工程实践,或者是工程实际问题的真实反映,如果教师没有足够的工程实践经历,对企业的实际情况和真实的工程问题没有充分的了解和直接的把握,就不可能编写和设计出高质量的问题和案例,也接触不到实际的工程项目;第三,只有教师具有丰富的工程实践经验,才能够比较深入地洞察问题、案例和项目的来龙去脉,才能够提出解决问题的思路、有效方法和具体措施,能够在引导和启发学生时具有说服力和权威性,才能使学生的能力和素质得到有效的培养和提高。

因此,按照“卓越计划”建设高水平工程型教师队伍的要求,教师要定期到企业的工程岗位顶岗挂职,到工程设计与研发部门工作,积累和丰富工程实践经验,提高自己应对和解决实际工程问题的能力。与此同时,教师一方面要经常性地深入企业一线了解、熟悉和掌握工程实践问题;另一方面要重视与工业企业的合作,承担源于企业的工程项目。“卓越计划”参与高校需要制定相关的政策和激励措施,鼓励和支持教师丰富工程经历、加强与企业合作、重视技术服务与专利发明,建设一支胜任卓越工程师培养的教师队伍。

4. 教师需要热爱、投入和研究教学。

从根本上说,教师的教学水平取决于其研究水平。但是,研究水平高的教师,其教学效果不一定就好。研究的对象,尤其在工程领域,主要是有形的、非生命的物体,因此,要讲究科学性、逻辑性和严谨性。而教学的对象是智商高、富有创新精神、个性分明的学生,因此,教学要注重的是艺术



性、针对性和启发性。就做好研究性学习的教学而言,教师要热爱教学、在教学上充分投入、对教学手段和方法深入研究。

教师对教学的热爱折射出教师的价值取向。面向工业界、面向世界和面向未来培养卓越工程师,是实现“走中国特色新型工业化道路”、“建设创新型国家”和“建设人力资源强国”这一系列国家战略的需要,是高校教师,尤其是工程型教师的首要职责和价值追求。由此应该唤起教师对教学的热爱和重视。

教师对教学的投入受到高校政策导向的影响。教学与科研的关系,教学或科研的中心地位是许多高校长期以来争论不休、悬而未决的议题。不论何种类型的高校,以人才培养为根本是大学四大职能的核心,以教学为中心是大学履行人才培养职能的保证。高校应该制定激励与考评政策,鼓励和保证教师在教学上的投入,建立教学科研一体化的机制。

教师对教学的研究应着重在教学手段和教学方法两方面。在教学手段上,要研究比较各种现代教学手段,包括多媒体技术、计算机仿真和网络技术等,选择信息传播量大、教学效果好、学习资源丰富、有利于学生自主学习的教学手段,以提高学习效率和教学效果。在教学方法上,要因材施教,注重研究不同的学生对象、讲究教学艺术、优化教学组织、采取循序渐进的引导式和启发式教学,以调动学生的学习积极性和激发学生的研究兴趣。

### 5. 要加强教学团队的合作。

研究性学习要求教师除了具有扎实的专业知识外,还要扩大知识面,然而在许多情况下,尤其是在进入专业学习阶段,要安排跨学期进行的基于项目的参与式学习。对此,多数教师都不可能掌握全部相关的知识,其个人能力和经验也有其天然局限,因而需要组成教学团队相互协作,共同承担研究性学习的教学工作。

组成教学团队的教师要有分工基础上的合作。要按照教学内容和专业背景决定每位教师的任务和重点,明确教师之间的合作与协作关系,确定教学团队的总协调人,统筹安排和协调整个教学工作。

教学团队的教师要开展经常性的研讨活动。跨学期进行的研究性学习不确定性因素多,学生会遇到许多不可预见的问题,需要指导和帮助,因

此教学团队应了解和分析研究性学习的进展,及时针对学生在学习过程中可能出现和已经面临的问题进行研讨。

### 五、研究性学习应注意的问题

#### 1. 重视建立研究性学习的考核评价体系。

评价是保证行为取得预期结果的有效手段。研究性学习的基本特征、学习形式和功能作用与传统的学习方式截然不同,因此,需要建立全新的评价体系,以确保研究性学习能够取得预期的效果。

研究性学习是一种参与式学习,它强调学生的自主学习、学生之间的合作学习、师生之间的互动,需要在整个学习过程中不断调动学生的积极性和主动性,因此,研究性学习的评价要具有对学生进行过程性激励的功能。这就需要重视学习过程的评价,将阶段性评价与传统的终结性评价相结合,降低期末考试的权重,减轻学生期末考试的压力,强化平时考核评价的作用,激发学生的学生热情,引导他们在不同阶段取得收获,做到评价阶段的全程化。

学生是研究性学习的主体,他们需要及时了解自身在知识获取、能力培养和素质提高过程中所取得的进步,需要清楚地知晓自身存在的不足,以明确进一步努力的方向,这就使考核评价成为一个继续学习的过程。为此,学生应该成为评价的主体,完成自我评价,并参与对同学的评价。必须改变教师是唯一评价者的惯例,使教师和学生均成为评价主体,做到评价主体的多元化。

研究性学习要评价的内容包括:全面知识的掌握、各种能力的提高、综合素质的提升,既要强调学生知识和技能的掌握,又要看重学生在探究过程中的具体表现,因此,要针对不同的评价内容采取不同的评价形式,如习题作业、问题讨论、阶段报告、随堂测验、个人展示、项目训练、设计方案等形式,提倡网上答卷、论文答辩、研究报告、项目设计、创新竞赛等多样化的考核方式,多角度、全方位地测量学生知识、能力和素质水平,做到评价形式的多样化。

研究性学习的评价指标应能全面反映考核评价的重点并引导学生的努力方向。除了反映知识水平的指标,可以根据课程的学习目标设置能力发展、参与态度、团队合作、综合素质等多项评价指标,以考核学生能力发展情况、参与学习的积极性、团队合作精神以及综合素质水平。与此同时,

评价结果应该是多样的,既可以是定量的结果,也可以是定性的结论;既有对学生学习情况的确切结论,又给学生进一步发展指明方向。

最后,学生学习成绩的构成必须是多成分的,要将学生平时通过各种形式考核评价的成绩与期末考核评价的成绩按照一定的权重比例,综合成为课程的总成绩。由于平时考核评价的次数多,因此其权重总和要高于期末的权重,国外一流大学期末考核的权重往往仅占30%左右,这对于提高学生对于研究性学习过程的投入和重视无疑是积极的。

总之,研究性学习的评价体系要做到评价阶段的全程化、评价主体的多元化、评价形式的多样化以及评价指标、评价结果和成绩构成的综合化。

## 2. 必须注重学生学习方法的掌握。

学生的知识获取、知识创造和终身学习能力是卓越工程师各种能力的基础,也是研究性学习得以开展的重要的基本能力,而形成这些能力的关键在于学习方法的掌握。因此,在研究性学习过程中,必须高度重视学生对相关学习方法的掌握,使得学生能够获取知识、应用知识和创造知识。

掌握学习方法之前要选择学习方法。选择学习方法要考虑三方面因素:首先是学习对象,因为任何一种学习方法都不是万能的,都有一定的适应面,所以,学生要根据学习的内容选择行之有效的学习方法;其次是学习主体,因为每个人的思维方式、学习习惯以及知识积累都不尽相同,所以,适合某个人的学习方法不一定适合另一个人,学生要根据自己的特点选择合适的方法;第三是学习场景,不同的环境和条件对学习效果会产生直接的影响。

学习方法的学习和掌握应该贯穿于整个学习过程。教师可以通过现身说法和实例说明引导学生对学习方法的重视并掌握好学习方法。教师还要根据学生的学习效果及时地分析学生所采用学习方法的有效性,避免因学习方法不当而影响学生研究性学习的成效。学生应通过与同学的比较或者自我分析,找出自己学习方法的长处和不足,及时地修正、完善或调整自己的学习方法。

## 3. 处理好研究性学习与基本理论学习的关系。

研究性学习是建立在已有知识、能力和素质的基础上对新的知识、更高的能力和素质的追求,

因此与学习专题相关的基本理论知识是研究性学习的基础,采用研究性学习方式时要注意处理好这种学习方式与基本理论学习的关系。

对于基本处于知识学习阶段的学生以及首次采用研究性学习方式的学生而言,要通过学生课前预习、教师课堂精讲、学生课后复习巩固等环节,让学生掌握进行研究性学习必须具备的背景知识和基本理论知识。缺乏这些基本知识,将使学生不能顺利地开展研究性学习,进而降低学生的学习积极性,影响学习效果和学习目标的达成。

对于涉及面广的用于研究性学习的学习专题,教师应重点介绍非本专业和跨学科的基本理论知识,而以自学和课后辅导的方式使学生掌握与本专业相关的基本理论知识。

对于掌握了一定基本理论的学生,教师在研究性学习过程中要注重学生学习方法的掌握。随着基础知识的积累、学习方法的掌握和自主学习能力的提高,如到了本科高年级和研究生阶段,研究性学习过程中的理论知识学习就应该主要以学生自学的方式完成。

## 4. 研究性学习的教学风格应灵活多样。

研究性学习是一种开放的学习方式,对知识的发现和研究过程、能力的培养和形成过程以及素质的养成和提升过程可以有不同的诠释,因此可以形成不同的教学风格。研究性学习也是一种互动的学习方式,教师与学生的互动、教师与学生特性的不同,可以使教学本身更具个性和艺术性。研究性学习的学习专题和学习目标往往有较大的差异,因而需要采用不同的教学形式。因此,在研究性学习过程中应该提倡灵活多样的教学风格,形成“百花齐放”的局面。

灵活多样的教学风格有利于营造充满激情的学习氛围和激发学生的学习兴趣。只要能够实现课程大纲规定的学习目标,达到教学互动、合作互助、教学相长,更有效地提高学生的学习效果,研究性学习的教学风格就应该不受场地、时间、人数和形式的限制。如在场地选择上,可以在教室、实验室、工地、生产车间等地;在研讨形式上,可以采取“学生发言、同学评价、教师总结”或“正方报告、反方批判、同学提问、教师点评”等多种方式进行。

## 5. 教学过程中应注重实施个性化学习。

因材施教是高等教育的一项重要任务,也是经济社会发展对人才多样化的客观要求。在传统的接受式学习中,教师单方面的课堂讲授使得个

性化培养成为不易实施的问题。在研究性学习中,学习形式的多样化、教学风格的灵活性以及学习专题的可选择性,使得个性化培养容易实现,因此教师在教学过程中更应该注重因材施教。

在研究性学习过程中,教师要根据学生在知识基础、能力水平和学习兴趣等方面的差异,在学习任务安排、学习进度要求、课外指导帮助等方面区别对待,使得学生的学习兴趣得到满足、个性特长得到发挥、弱势不足得到帮助。如可以根据学生的能力差异安排难度不同的学习专题,可以将能力不同的学生安排在一个小组以取长补短,也可以给予能力较弱的学生更多的课外辅导等等。

6. 最适合采用研究性学习的教学内容和课程。

研究性学习的学习效果显著,具有广泛的适应面,因此得到世界高等教育界甚至整个教育界的重视和推崇,尤其在对学生的能力和素质提出高要求的现代社会,研究性学习的重要性愈加突出。然而,任何学习方式都不是万能的,都只能在一定的条件下发挥其最大的作用。

是否适合研究性学习主要取决于课程的学习目标和教学内容,而学习目标和教学内容是密切关联的,教学内容是为学习目标而选择的,因此可以从课程中的部分教学内容和整门课程的角度分析对研究性学习的适应性。

就课程的一部分教学内容而言,最适合采用研究性学习的是那些能够通过问题、案例或者项

目的形式来完成教学任务的教学内容。因此,教师需要围绕教学内容来形成问题、编写案例或设计项目,按照学习目标要求设计研究性学习的教学模式。

就一门课程而言,最适合采用研究性学习的是那些应用性强的专业课和部分专业基础课。这些课程不仅强调知识的学习,更重视知识的应用甚至创新,以及各种能力的培养和素质的养成,因而采用研究性学习是最合适的选择。

教师要注意其他学习方式对研究性学习的互补作用。对大学低年级学生,由于他们的知识积累不足、没有掌握相应的学习方法、自主学习能力不强、课后学习的时间有限以及课堂学生人数多,因此对于信息量较大的基础知识的学习和基础理论课的教学,应采用以教师讲授为主的学习方法,使学生尽快完成基础理论知识的积累,为过渡到研究性学习做好准备。

### 参 考 文 献

- [1] 林健:《面向“卓越工程师”培养的课程体系和教学内容改革》,《高等工程教育研究》2011年第5期。
- [2] 《Higher Education: Students at the Heart of the System》,英国政府商生业、创新和技能部白皮书,2011年6月。
- [3] 《教育部关于实施“卓越工程师教育培养计划”的若干意见》,《教高[2011]1号》。
- [4] 林健:《“卓越工程师教育培养计划”通用标准研制》,《高等工程教育研究》2010年第4期。

## Problem/Project Based Learning Orienting to the Cultivation of “Outstanding Engineers”

*Lin Jian*

Problem/Project Based Learning (PBL) is a teaching organization form and teaching mode driven by “the plan for educating and training outstanding engineers (PETOE)”, and is related to the realization of the training objectives and the achievement of the training standards of the outstanding engineers for participant universities. Firstly, the paper analyses the basic characteristics of PBL, then discusses the main forms and the function mechanism of PBL as well as its requirements for teachers respectively. At last, it points out the main issues to which should be paid close attention in adopting PBL, in the hope of providing reference both for PETOE participant universities to conduct the innovation of teaching organization form and teaching mode, and for the teachers of participant universities to carry out PBL.