

# 面向学生能力培养的课程教学设计

## ——以软件工程专业为例

四川大学 洪 玫 严斌宇 余 静

**摘 要:** 针对软件工程专业学生能力培养的问题, 在针对学生能力培养的调研基础上, 基于工程教育理念, 提出了课程教学大纲和考试大纲的设计方法, 介绍了以学生为中心的反馈式、互动式课程教学方法, 以及学生课外学习任务设计等。最后, 以四川大学软件工程专业的课堂教学改革实践为例, 说明能力培养的可行性和有效性。

**关键词:** 面向能力培养; 课程设计; 课程考核; 课堂教学; 以学生为中心; 软件工程

### 一、引言

国家特色化示范性软件学院的建设, 对软件工程专业提出了新的要求。培养学生通用的、可迁移的技能, 以及面向 IT 产业解决实际工程问题能力, 成为软件工程专业人才培养的重要任务。传统的高等教育以“教”为中心, 关注知识的传授, 其优点是教师讲授最新的信息, 对教材进行归纳、总结, 提供适当的背景知识, 聚焦关键的概念和思想, 展示专家是如何思考的。但传统教学的局限也是明显的, 教师不知道学生接受了多少, 大多数学生在上课 15 分钟以后就不能专心听讲, 学生最终获得和掌握的很少, 对学生能力的提升效果较差。因此, “从知识传授转向能力培养”势在必行。

目前现代高等教育改革的主流是面向学生能力培养。教育部提出了一流课程的建设, 面向价值塑造、知识传授、能力培养, 提升学术承载度、学业挑战度, 强调以学生为中心、面向产出、持续改进的教学改革。国际工程教育强调学生能力的培养, 将课程体系建立在对毕业生的能力要求上, 基于能力培养设计课程的教学目标、教学方式, 关注学生的学习经历和学习成果, 建立教育的持续改进机制, 关注对教学的评估、评价、改进。在美国斯坦福大学的“Stanford 2025”计划中, 提出了轴心翻转 (Axis Flip) 的概念, 即将“先知识后能力”的教育, 反转为“先能力后知识”的教育, 把能力作为学生学习的基础。随着国际教育界对能力培养的关注, 中国高

等教育也需要探索解决方案，以适应国家对人才战略需求。

## 二、学生能力培养的内涵调研

在全球 21 世纪人才能力需求方面，教育界、行业界、政府机构等公认的在职场取得成功所必需的能力是审辨式思维和问题解决、创造性和创新、跨文化的理解、沟通/信息/媒体素养、计算和信息/通信/技术素养、职业生涯与学会自立等。在国际工程教育对学生的 12 条毕业要求中，有 8 条涉及能力培养，聚焦学生的三维工程能力培养：硬能力——基础知识、专业技能、设计和问题求解、项目管理、研发技能；软能力——局部知识、沟通能力、管理和组织能力、人际交往能力、道德和同情心、安全和持续性；全球能力——在考虑全球的政治、社会、跨文化、全球化、经济、劳动力市场等前提下提出工程解决方案的能力<sup>[1]</sup>。在美国麻省理工学院（MIT）工程学院 NEET 项目中，提出新工科人才能力的要素是创造性思维、系统思维、审辨式思维、分析性思维和计算思维等思维能力。

在解决复杂工程问题能力需求方面，需要学生掌握深度知识（In-depth Knowledge），运用第一原理（First Principles），开展初级研究（Research）。学生深度知识的获得，是通过除专业导论课程之外的

专业课程或学习活动获得的；第一原理的运用能力，是基于理论、系统或方法所依据的基本概念或假设，从已建立的自然科学定律出发，不通过类比或使用任何经验公式、工具，直接解决问题的能力；初级研究能力，是通过实验、调查或测试的实施，获取第一手数据，并进行数据的处理、分析的能力<sup>[2]</sup>。

在软件工程专业能力方面，IEEE/ACM 的计算课程体系 CC2020 提出了三大基础能力：计算机科学基础能力，即使用当代的工具和框架等进行有效编程，应用抽象概念、理论和模型，使用数据分析和机器学习改进产品和过程等能力；工程基础能力，即能够将客户需求转化为系统需求，应用负责任的工程方法进行设计，对大规模的系统工程能关注可用性、安全性和隐私等质量因素等能力；社会、经济环境基础能力，即能够组织和领导团队，在跨学科环境工作，处理非结构化问题，承担开源生态系统的角色和具备产品管理等能力。

由此可见，社会、行业、专业等对人才能力培养都有明确的需求，不仅是知识的掌握，更需要对社会的关注、思维和解决问题的综合能力，这使教育工作者不得不思考：我们能够培养学生的这些能力吗？如何培养这些能力？

### 三、面向产出的课程设计

OBE (Outcome-Based Education) 是面向产出(能力)培养的现代教育理念,在课程设计和教学中关注学生的学习成果,教师考虑“学生应该学什么”“学生学习这些内容的动机是什么”“如何帮助学生学习”“如何确定学生已经学到了”等问题<sup>[3]</sup>。OBE 的教学设计过程与传统教学设计过程是相反的,它首先确定希望学生的产出,然后围绕这些产出设计课程、教学和考核方式,强调促进预期目标的达成。因此,在课程的教学设计中引入 OBE 思想,重构教学大纲和考试大纲,体现了能力培养的目标。

#### 1. 课程教学大纲设计

第一,参照专业学生的毕业要求,确定课程具体的、可达到的、可衡量的教学目标,确定需要培养学生的能力,即学生通过课程学习后能做什么。第二,参照国际标准以及国家标准设计课程的知识体系,比如,软件工程专业可参考软件工程知识体系(SWEBOKV3.0)、软件工程专业本科教学指南(IEEE SE2014)、计算领域课程指南(IEEE CC2020)等国际标准。第三,教学内容设计应体现面向能力培养的课程教学目标的实现,参照 Bloom 的学习分类,从对知识的记忆、理解、应用,到对知识的分析、评价、

创造,确定教学内容和学习成果。

第四,教学方式设计应包括课堂教学设计、学生课外作业设计、实践教学环节设计等。第五,课程考核方式设计应针对学生的学习成果,确定考核方式、评价标准、成绩计算方法等。表 1 为软件工程专业课程教学大纲设计的参考模板。

#### 2. 课程考试大纲设计

课程考试大纲的设计基于课程教学大纲,是大纲中“课程考核”的进一步实施方案。能力的培养需要过程,学生通过学习活动和经历才能提升能力。因此,实行课程的过程化考核和评价很有必要,应关注学生的学习成果和评价方式。首先,基于课程目标和教学设计,确定考核的学生学习成果,学习成果的陈述要具体、可评价,定义学生在课程结束或项目完成时的能力,如学生可以使用 UML 工具对一个定义清晰的系统分析和设计建模。其次,确定对学习成果的考核、评价方式和评价标准,知识类(认知的)通过考试评价,技能类(行为的)通过做事情评价,素质或能力类(有影响的行为)采用综合评价。

学习成果的考核方式是过程化和多样化的,包括课程作业、课程实验、课程测验(随堂、期中、期末)、课堂参与、课堂讨论、小组作业、社会

表 1 软件工程专业课程教学大纲模板

课程编号		课程名称	
课程类型	<input type="checkbox"/> 必修 <input type="checkbox"/> 选修	课程语言	<input type="checkbox"/> 中文 <input type="checkbox"/> 英文
学分		学时	
开课学期	<input type="checkbox"/> 第一学期 <input type="checkbox"/> 第五学期	<input type="checkbox"/> 第二学期 <input type="checkbox"/> 第六学期	<input type="checkbox"/> 第三学期 <input type="checkbox"/> 第七学期 <input type="checkbox"/> 第四学期 <input type="checkbox"/> 第八学期
授课教师 (教学团队)			
课程要求	先行课程, 预备基础, 学习要求		
课程目标 (学习目标)	学生将能够学会做的事情, 知识学习、技能掌握、能力具备 学生学业的挑战度, 解决复杂问题的能力 课程目标的可考核性		
教材和参考资料	选择教材: 经典的或者著名的、有丰富教学资源的教材 参考资料: 参考书、文献、案例、网站、工具等		
教学设计 (教学内容)	课程思政, 价值塑造, 知识传授, 能力培养 纵深: 前沿性、专业性; 横向: 知识面、跨学科 教学内容的丰富性		
教学方式	课堂教学设计、课外作业 / 活动设计 教师: 以学生为中心的交互式教学 学生: 个性化教学、合作式学习、研究性学习、项目式学习 以问题导向, 训练学生的思维能力和问题解决能力		
实践环节	课程项目、课程实验 / 实践等 内容、过程、方法、工具、评价 / 考核		
课程考核	课程成绩的构成、评定的标准 过程化考核, 多元化考核, 能力考核 全过程的跟踪、评价、记录		
备注	以软件工程专业为例, 一门课程至少涉及: 一个知识领域, 一种(编程、建模)语言, 一个工具、环境、平台, 一个案例, 一个课程项目, 一个课程网站		

实践、课程项目(任务)、课程报告、小论文、课程作品、非标考试题等。学生分阶段、渐进式完成学习任务。考核也是多次、过程性的, 最终给出综合的评价。

学习成果的评价标准是考核的关键, 面向学生能力的考核, 往往是通过非标试题或任务完成, 没有标准答案, 这为学习成果的评价带来了挑战。目前普遍采用的方法是设计评价量表, 包括多个考核指标点, 每个指标点分为多个级别, 每个级别有明确的评价标准, 根据评价结果, 按照一定的权

重计算最终的考核成绩, 表 2 为课程课堂报告的评价量表设计样例<sup>[4]</sup>。

在课程考核中, 成绩计算、等级评定和成绩总分的计算很重要, 直接影响课程考核的公平性。成绩等级评定的方法有标准参照法、常模参照法、混合模型法等。最常用的是标准参照法, 按照学生的成绩分布评定等级; 常模参照法是基于学生成绩排名的评定方式, 对学生成绩排序, 按照一定的比例评定等级, 比如排名前 20% 的为 A, 后 10% 的为 F 等。成绩总分的计算, 需要把课程的所有组成部分的成绩统

表 2 课程课堂报告的评价量表设计样例

序号	维度 (指标)	A (专业)	B (合格)	C (有待改善)	D (不合格)	得分
1	报告内容	阐述全面, 能很好回答所有问题, 完全掌握信息	阐述不够详细, 能适当回答问题基本掌握信息	阐述一般, 能回答部分问题未能完全掌握信息	阐述有错误, 未能准确回答问题, 不能把握信息	B+ (85)
2	逻辑性	讲解以合乎逻辑、令人感兴趣的顺序呈现信息, 听众很容易跟上	讲解以合乎逻辑的顺序呈现信息听众容易跟上, 但有点乏味	阐述内容跳跃很大, 听众不容易跟上	讲解没有逻辑顺序, 听众无法跟上	C (70)
3	图片质量	图片能够解释增强陈述的内容	图片与陈述的内容部分相关	图片太少, 或与陈述的内容几乎不相关	没有图片, 或不相关的图片太多	B (80)
4	文字描述	没有错别字或语法错误	超过2个以上的错别字或语法错误	超过3个以上的错别字或语法错误	超过4个以上的错别字或语法错误	A (90)
5	演讲技巧	讲解清晰、正确、准确, 声音洪亮, 掌握演讲节奏	讲解清晰, 发音基本正确, 声音节奏良好	讲解不太清晰, 有发音错误, 声音太轻或语速太快	讲解含糊, 有较多发音错误声音太轻或语速太快	C (70)
6	交流技巧	始终保持眼神交流, 几乎不看手稿和PPT注释	能够进行眼神交流, 但看手稿和PPT注释过于频繁	有一定眼神交流, 但几乎在阅读手稿和PPT注释	没有眼神交流完全在阅读手稿或PPT	B- (78)
课程报告总成绩						B (78.8)

一换算成分数, 并依据对课程目标达成的重要性、复杂度、难度分配各部分的权重, 再计算总成绩分数<sup>[5]</sup>。在课程成绩评定中需要体现以学生为中心, 考虑对每一位学生的进步、努力的鼓励。

在课程设计中明确教学目标, 设计教学过程、方法、工具, 从而奠定有质量教学的基础。在课程考核的设计中, 明确考核的学习目标, 并与学生达成一致意见, 通过教与学的配合, 实现预期的学习产出。

#### 四、以学生为中心的课堂教学

面向学生能力培养的课程需要精心设计, 但最终要落实到课堂教学中

对学生的训练。以学生为中心 (SCL, Student-Centered Learning) 的教学理念关注学生的特点和需求, 进行个性化、主动学习, 将更多的学习责任放在学生身上, 让学生参与教学、经历学习过程, 使知识与学生的生活和经历关联, 从而提升学生的能力<sup>[6]</sup>。

##### 1. 课堂教学的基本原则

以学生为中心教学有四项基本原则。一是教学环境, 学习的最佳状态是在无压力的环境下, 营造轻松、愉快的学习氛围, 体现学习过程的创造、活力和流动性, 让学生有安全感、得到激励; 二是教学定位, 构建平等的师生关系, 尊重学生, 激发学生的热

情和好奇心，以“非学术”的方式交流，让学生有自信；三是让学生参与，学生承担教学责任，在教学的形式、学习成果的评估等方面让学生发表意

见，鼓励学生在课堂上表达自己的观点和立场；四是让学生有选择，因材施教、让每位学生成长，允许学生在课外作业和任务、在提交的形式和内

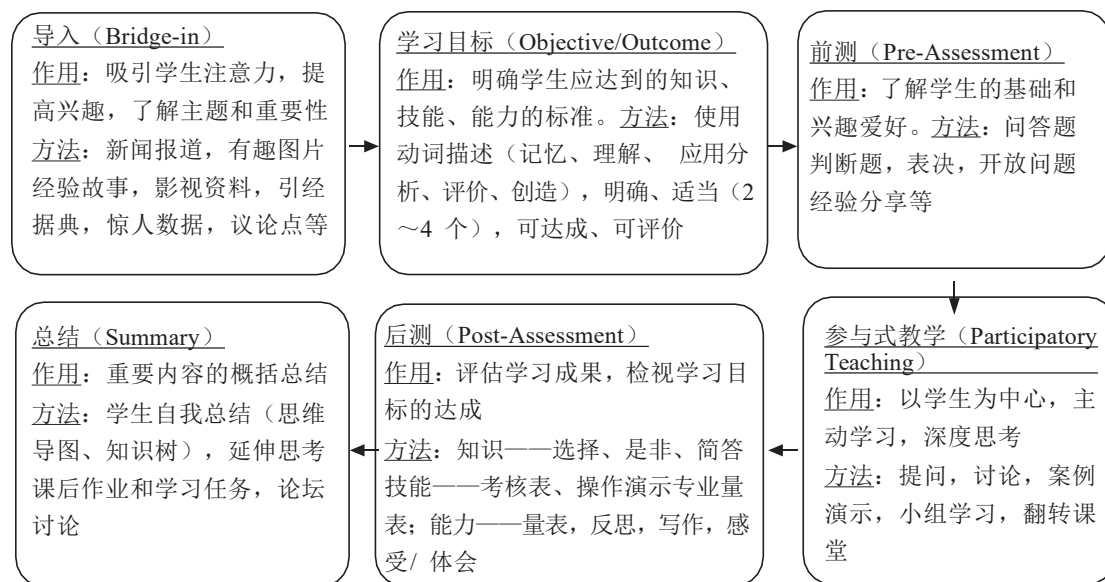


图 1 BOPPPS 的六要素

容、在学习策略节奏和顺序等方面，可以根据自己的情况有所选择。

## 2. 反馈式课堂教学设计

BOPPPS 是目前在北美地区被广泛采用的一种有效果、有效率、有效益的教学模式，促进学生积极参与课堂学习<sup>[7]</sup>。通过导入主题、明确学习目标、课前测试、参与式教学、课后测试、学习总结的教学过程实现，如图 1 所示。BOPPPS 课堂教学模式依据建构主义和社交法，实现学生全方位的参与式学习和基于学生的反馈调整教学，使学生对学习内容的吸收率高达 90% 以上。

## 3. 互动式课堂教学设计

在深度知识学习的基础知识学习、知识的基本应用、思维和推理、解决真实问题四个级别中，要求分析、评估具有可预测结果的综合现实问题，运用逻辑、问题解决策略、多个领域的技能得到解决方案；能够策略性地分析、调查和反思，以高度复杂和创造性的思维找到可行的解决方案<sup>[8]</sup>。由此，提出以下几种有益于学生的思维和问题解决能力培养的互动式课堂教学方法。（1）训练学生思维能力的课堂讨论，提出探索性、挑战性的好问题，培养学生的主动性、灵活性和研究的习惯；（2）培养学生问题解决能力的案例教学，采用真实的、实例化

的、仿真的案例，让学生面向问题解决的学习（PBL，Problem-Based Learning）；（3）培养学生合作、交流能力的小组学习，设计小组学习任务，鼓励协同学习、同辈互助；（4）线上、线下相结合的翻转课堂教学，在课堂上完成复杂的任务，增加师生在知识的理解、应用和反思上的互动。互动式教学变“讲授”为“训练”，加强学生与教师之间的学习交流。

#### 4. 学生课外学习任务设计

能力的培养需要学生在阅读、写作、实践等方面花时间，课堂教学是有限的，有必要延伸到课外。将课内外教学相结合，让学生完成具有挑战性和创造性的学习任务，鼓励学生自主学习，丰富学生的课外教育经历，使学生花多于课堂 2 倍以上的时间学习，才能使能力培养从量变到质变。在课程的教学设计中，有必要增加学生的课外阅读量，指定教学参考书、经典著作、讲座、技术报告、科学文献等，布置阅读任务，要求回答问题、报告、讨论、评论等；让学生完成更多的写作任务，包括读书笔记、调研报告、小论文、综述、课程 / 实验报告、技术文档等；在布置课外作业上，强调对所学知识的应用、分析、评价和创造，提升作业挑战度<sup>[9]</sup>。课外作业让学生的学习有成就，这对鼓励学生

的学习很有帮助，也让学生提升自我认知，增强学习的自信。

以学生为中心的教学区别于传统以教师为中心的教学，学生成为教学的主体，教师成为学生学习的引导者和帮助者，这要求教师转变教学观念和教学方法，以学生的产出为导向，让学生在学中做，在做中学，实现能力培养。

### 五、四川大学软件学院的课堂教学改革实践

四川大学软件学院在面向学生能力培养的教育教学改革中，开展了一系列的探索与实践，积累了丰富的经验。在学校推动专业教师的教育教学理念更新，从“以教为中心”向“以学为中心”转变，构建“以学为中心”的智慧教学环境的基础上，引导教师从“灌输式教学”向“探究式教学”转变，引导学生自主学习，培养学生审辨式思维和解决问题能力。实践“小班化”课堂教学、互动式交流、探究式讨论，推行全过程学业评价，实现课程考核过程化、评价标准多元化、考核方式多样化、考核结果动态化，综合评价学生的学习成果。学校获得国家教学成果特等奖，学院获得四川省教学成果一等奖，软件工程专业学生的创新能力普遍提升，在学科竞赛、大创项目、科研成果等方面取得优异成绩。实践证明，面向学生能力培养

的教学是可行的和有效的。

以学生为中心、面向产出的课堂教学需要突破传统的教学、考核方式，只有当教师能明确学生要达到的教学目标，教学才是有效的。一流课程的建设，需要有一流的教学理念、方法、工具的支撑，也需要一流的能“学会学习、学会改变”的教师的精力投入。面向学生能力培养的课程教学设计需要转变教学观念和角色，只有当教师成为学生学习经历的设计者，我们才能更好地实现对学生的能力培养。

#### 参考文献：

- [1] PATIL A, CODNER G. Accreditation of engineering education: review, observations and proposal for global accreditation[J]. *European Journal of Engineering Education*, 2007, 32(6): 639-651.
- [2] 25 Years Washington Accord-A5 booklet-FINAL[J]. *International Engineering Alliance*, 2014, 6: 15-17.
- [3] CHANDRA R, SEKHAR. Continuous Improvement Process Based on Outcome Based Education[M]. *Proceedings of The 2008 IAJC-IJME International Conference*, 2008.
- [4] 史蒂文斯, 利维. 评价量表——快捷有效的教学评价工具[M]. 陈定刚, 译. 广州: 华南理工大学出版社, 2014.
- [5] 戴维斯. 一个好老师必备的教学工具 [M]. 韩金龙, 田婧, 译. 广州: 华南理工大学出版社, 2014.
- [6] CHEN R J. Investigating models for preservice teachers' use of technology to support student-centered learning[J]. *Computers & Education*, 2010, 55(1): 32-42.
- [7] CHAO N, YING J Y , XU NG, et al. Application of BOPPPS teaching model in the course of remote sensing digital image processing[C]. *2020 International Conference on Big Data and Social Sciences (ICBDSS)*, 2020.
- [8] KARIN H. A Guide for Using Web's Depth of Knowledge with Common Core State Standards[Z]. *Common Core Institute*, 2013.
- [9] FAUS A. National Survey of Student Engagement (NSSE)[J]. *Messiah College*, 2007.

(来源：2022 年第 7 期《中国大学教学》)