

建设教学云平台 构建计算机工程技术实践能力培养体系

邹茂扬 王铁军 何嘉 方睿 魏维

摘要：成都信息工程大学计算机学院根据双循环机制运行的结果得出，学生的工程技术实践能力与企业需求存在差距最大的三方面是：系统思维，对社会、企业和商业环境的认知以及系统实施能力。针对问题，我们逐步构建了计算机工程技术实践能力培养体系，并建设了具有自主知识产权的教学云平台。这个体系符合 CDIO 和专业认证的指导思想，运行 5 年后取得了良好的效果。

关键词：OBE；工程技术实践能力；教学云平台；计算机专业

一、引言

最近几年得到广泛认可的“Outcome-Based Education”（OBE）教育模式真正做到了“以生为本”，它明确学生在毕业时应达到的能力以及今后数年内能达到的水平，是以产出为驱动而非内容为驱动的教育模式^[1]。美国学者 Spady 在《基于产出的教育模式：争议与答案》一书中将 OBE 定义为“清晰地聚焦和组织教育系统，使之围绕确保学生获得在未来生活中获得实质性成功的经验”^[2]。有学者指出实施 OBE 教育模式主要有四个步骤：定义学习结果，实现学习结果，评估学习结果和应用学习评估结果^[3]。

成都信息工程大学计算机学院的计算机科学与技术专业是“卓越工程师教育培养计划”首批试点专业，自 2010 年始，以 OBE 为指导思想，计算机学院进行了七年基于 CDIO 的改革^[4-6]，进行了两年的专业认证准备^[7-8]。期间，计算机学院建立了双循环机制，通过行业需求确定培养目标，完善培养方案，根据内外循环计算毕业要

求达成度，分析统计结果，发现实施过程的问题，进行螺旋形的持续改进。经过多年建设，针对如何培养二本院校学生的计算机工程技术实践能力，形成了一套具有特色的培养体系。

该体系的特点是：分解培养目标，落地到从通识工程实践到复杂工程的数个培养环节；打通第一、第二课堂的学分互换机制，为学生提供更多个体化的体验，鼓励学生多元化发展。此外，建设了具有自主知识产权的教学云平台，为工程实践能力培养体系的实施奠定了硬件基础。

二、基于 OBE 思想，通过双循环发现问题，改进优化培养体系

我院建立并实施了基于 OBE 思想的双循环机制，以期逐步缩小毕业生的产出与工程技术人才实践能力需求之间的差距。在双循环机制中，发现和分析问题的数据来源是多样化的，如图 1 所示。目前，我院进行了 3 轮用人单位、重点单位回访，连续 6 年进行毕业生调查，搜集了大量外部反馈信息作为修订培养目标和课

邹茂扬，成都信息工程大学计算机学院计算机应用教研室主任，讲师。电子邮箱：zoumy@cuit.edu.cn。

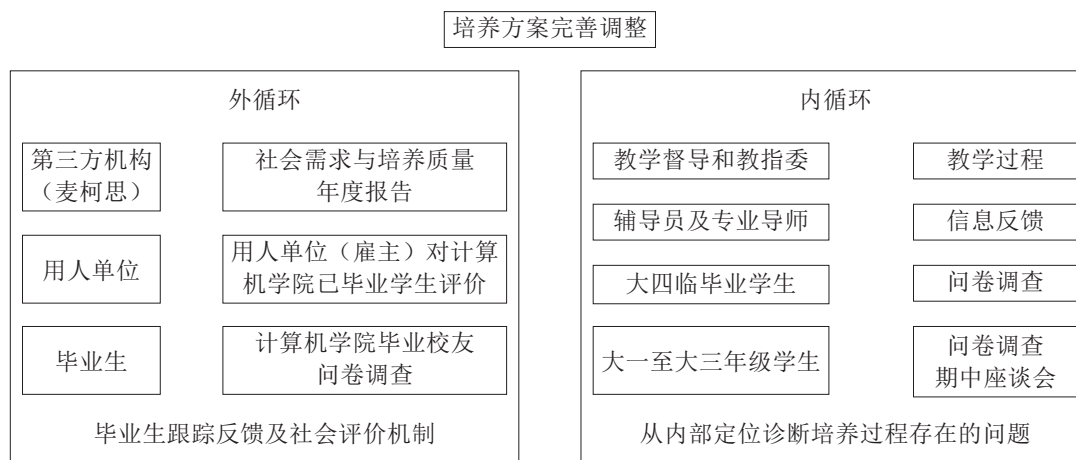


图1 双循环机制定位问题的数据来源

程体系的依据；同时，内部根据达成度计算和各种监控、反馈，定位我们生源的特点，诊断培养过程存在的问题，促进培养体系的调整。

根据双循环运行的结果，在学生的计算机工程技术实践能力方面，我们发现学生能力与企业需求存在差距最大的三个方面是：系统思维，对社会、企业和商业环境的认知，系统实施能力。经过论证分析，主要原因如下：

(1) 课程之间没有对承上启下进行最优的一体化设计，虽然有工程实践课程对知识点进行融会贯通，但是应该从最小实践单元——实验这个层面整体考虑，形成课程群落，全面支撑培养目标。

(2) 实践环节对企业、商业环境考虑不足，缺乏企业深入参与的机制。

(3) 传统实践教学环境单一，对环境要求高的实验实施效果不好甚至无法实施；此外，针对工程化的项目，无法提供企业级的研发环境，对学生的项目管理训练也不足。

三、基于教学云平台的计算机工程技术实践能力培养体系

针对实践教学体系中存在的主要问题，我们提出了解决方案，如图2所示。

在图2的上部，以OBE为导向重构实践体系，对第一、第二课堂进行一体化设计，分四

个层次逐步培养学生实践能力，分别是课程实验—综合实践项目—复杂工程项目—孵化项目。四个层次共承载了13条培养目标，每一个层次的培养的目标和重点不同，每一个层次根据其承载的培养目标进行具体的方案设计。

在图2的下部，为了使上层的实践能力培养体系能够顺利实施，我们历时七年研发了教学云平台。它是我院科研成果在教育领域的应用，具有自主知识产权，曾经在2016年获得省科技进步二等奖，其底层框架在2013年获得省科技进步一等奖。它除了能够提供分布式资源调度，复杂的实验教学环境外，还能提供实验教学管理、企业级项目仿真环境和项目过程的管理。

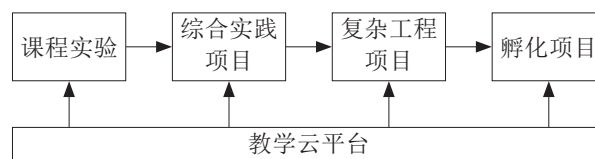


图2 实践能力培养体系

四、体系的实施

1. 建设软环境

Berglund 等人研究了实践与理论之间的关系^[9]。研究显示在实践中学习时，如果没有完全明白结果为何如此，会促使学生求助于书籍中的原理。所以，我们特别强调实践环节的设计，

促进知识的融会贯通和探索。以下阐述我院对第一、第二课堂进行一体化设计，以四个层次逐步加强学生的工程实践能力，在实施的时候，这四个层次在时间上不是严格分开的，而是有所交叉。

(1) 第一层次：通识工程实验和专业课程实验。通识工程实验引导学生建立通识工程能力。在“工程导论”等课程中设计了纸桥、废物改造等实验，这些实验都淡化了专业概念，根据其实验内容不同，分别承载了不同的通识工程能力培养目标。专业课程实验引导学生掌握基本的专业技能。根据培养目标，我院设计了实验课程群，包括以问题求解为主线的算法实验课程群、以软件系统研发为主线的 java 实验课程群和 .net 实验课程群、以先进 IT 技术为主线的大数据实验课程群和并行计算实验课程

群，将部分实验融会贯通，重构专业课程实验。如“数据库原理及应用”的实验（设计数据库）和“Web 编程技术”的实验（访问数据库）使用同一个用户数据库。

(2) 第二层次：综合实践项目。以课程群为主线，设计综合实践项目，仿真企业环境，逐步引导学生融会贯通专业知识，提高综合实践能力。

大学教育需要提供给学生更多的个体化经验。为了满足个体发展需求，将发生十分有挑战的变化^[10]。所以，我们重构了第一、二课堂，对他们进行一体化设计，不仅在知识体系和技能上，第二课堂对第一课堂进行了拓展，而且通过第二课堂与选修课的学分置换机制，鼓励大多数学生个体化发展，弥补了原来第二课堂学生参与度低、覆盖面窄的缺陷，如图 3 左部所示。

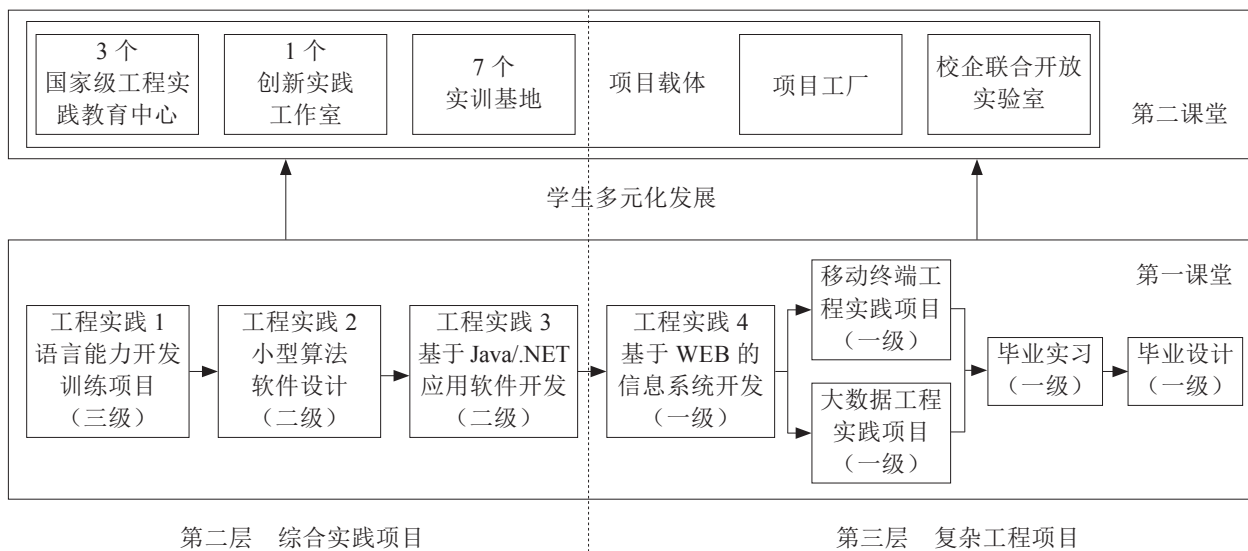


图 3 第一、第二课堂一体化设计

在第一课堂中，分方向按知识体系各自设计了三个工程实践课程。工程实践课程用一个例子贯穿相关课程，如工程实践案例“气象信息网络系统”贯穿“数据库原理及应用”“计算机网络”“Web 应用开发技术”等课程。

第二课堂基于 3 个国家级工程实践教育中心、1 个创新实践工作室、7 个实训基地开展综合实践项目训练。3 个国家级工程实践教育中心是分别与 DELL（中国）有限公司、北京中软国

际信息技术有限公司、广州周立功单片机发展有限公司共同构建的。创新实践工作室的项目是由学生团队主动提出，经过可行性验证的项目和参加全国性比赛的项目。这三种机构的关系是在项目技术方向上互为补充，它们的项目案例完全覆盖了计算机两个专业的三个培养方向。

(3) 第三层次：复杂工程项目。Association for Computing Machinery (ACM) and IEEE Computer Society 提出：课程体系应该多给学生

涉及社会、企业和商业环境的经历^[1]。所以，我们在第三个层次要具备完成复杂工程项目的的能力。复杂工程项目是在社会环境下，涉及多方面的技术、工程和其他因素的项目，具有较高的综合性，包含多个相互关联的子问题。第三层次的设计如图3右部所示。

第一课堂按培养方向各自设计了三个工程实践课程，加上毕业实习、毕业设计，分别在第五到第八学期实施，要求所有学生均要完成。

第二课堂的项目特色是真实工程项目，负有一定的商业责任，分别在项目工厂、校企联合开放实验室中实施。

项目工厂的项目来自教师的横向和纵向科研项目，校友企业导师的项目。校友企业导师制是体系的特色之一，是可复制的机制。多年来学院一直邀请企业导师参与学生培养各个环节，但由于存在企业导师对我们的学生状态、培养方案的内涵等认识不足，双方利益存在隐形冲突等问题，企业导师无法深度介入。我们率先建立校友企业导师制，大家共怀“成信人”的情怀，优秀校友参与培养方案的制订，带公司实际项目进校园，实施项目管理和培养学生。

校企联合开放实验室是我院与DELL(中国)公司共建云计算联合开放实验室，按照公司模式运作，它延续了国家工程实践中心(DELL)对学生的培养，以员工“老带新”的方式培养学生。

(4) 第四层次：孵化项目。在第二、三层次中实施的项目成果如具有商业潜在价值，将被遴选进第四阶段进行项目孵化。目前共孵化成功三个项目，分别是成都青柠互动科技有限公司、成都摩通科技有限公司、成都有视科技有限公司。

2. 自主研发硬环境

我院科研团队通过七年的自主创新，成功研制出安全的、具有完全自主知识产权的、可替代传统个人电脑的下一代虚拟桌面系统产品——大规模安全虚拟云桌面系统。在此基础上，结合高校教学实际需求，研发出教学云平台，

从以下三方面对学生实践能力培养提供支撑。

基于虚拟化技术，为计算机课程提供实验环境，能够覆盖软件类所有课程，其特点是高效、节约资源；它还有一个优势是能够为复杂实验环境的教学内容提供支撑，这一点是原来的实验环境难以做到的。如对“软件测试技术”和“Linux 操作系统实验”等对环境要求复杂的课程提供支持。

可以建设教学私有云，模拟不同的企业研发环境，为工程实践、实训基地、国家级工程实践教育中心、创新实践工作室、项目工厂、校企联合开放实验室提供硬件支撑。

管理实践教学过程，能够提供实验课程安排、实验过程控制、工程项目管理等功能。

该平台获得16项与技术创新密切相关的国家发明专利，软件著作权11项，并得到第三方测试机构、行业主管部门等的确认。科技成果鉴定专家指出：项目主要技术指标及系统功能达到国际同类产品的先进水平，部分性能指标超过了当前国际同类先进产品的水平；关键技术安全可控，可替代国外同类产品。

五、实施效果

该体系试点后全部推开在5个年级、36个班级进行了实施。经过该体系培养的学生参加科技竞赛，获得国家级奖项9项，省级奖项53项，申报创新创业活动45项，获得软件著作权11项。

在近几年麦可思公司对我校毕业生的跟踪调研中，我校计算机专业学生的就业能力和就业质量连续三年位居全省省属高校前列。此外，值得一提的是支撑实践教学的教学云平台除了在本校应用以外，在1个教育局、6家高校的相关部门都有推广应用，已经部署了几千个节点，取得了良好的社会效益。

参考文献：

[1] De Jager H J, Nieuwenhuis F J. Linkages between total quality management and the outcomes - based approach in an education environment[J]. (下转第86页)

度交替发展的趋势: 实然与应然[J]. 中国职业技术教育, 2012(24): 15-27, 39.

[4] Bader R, Schaefer B. Lernfeld Gestalten: Vom Komplexen Handlungsfeld zur Didaktisch Strukturierten Lernsituation [J]. Die Berufsbildende Schule, 1998(7-8): 229-234.

[5] 姜大源, 吴全全. 当代德国职业教育主流教学思想研究——理论、实践与创新[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 33.

[6] 欧阳荣华, 赵志毅. 美国教育理论的研究和发展[J]. 大学教育科学, 2008(3): 5-15.

[7] 余斌. 应用型大学教师专业发展问题及对策[J]. 教育发展研究, 2008(11): 81-83.

[8] 冉隆峰. 论应用型大学的内涵及特征[J]. 职业技术教育, 2015(13): 25-28.

[9] 魏晓艳. 应用型大学教师发展: 目标、困境与突破[J]. 大学教育科学, 2015(4): 69-73.

[10] 石洛祥, 赵彬, 王文博. 基于卓越教师培养的教育实习模式构建与实践[J]. 中国大学教学, 2015(5):

77-81.

[11] 姜大源. 技术与技能辨[J]. 高等工程教育研究, 2016(4): 71-82.

[12] 李锋, 闫智勇. 职业教育教师专业化发展的范式融合及路径选择[J]. 职教论坛, 2016(12): 30-36.

[13] 丁岚, 冯绍红, 王成华. 我国高校教师教学素质研究[J]. 中国大学教学, 2015(6): 56-61.

[14] 闫智勇, 周志刚, 朱丽佳. 职业教育领域师生间专业能力共生发展机制研究[J]. 教育发展研究, 2013(17): 48-54.

[15] 姜大源. “学习领域”课程: 概念、特征与问题——关于德国职业学校课程重大改革的思考[J]. 外国教育研究, 2003(1): 26-31.

[基金项目: 2011年度教育部“十二五”规划青年基金项目“职业教育教师能力标准的国际比较研究”(编号: EDA110335)]

[责任编辑: 夏鲁惠]

(上接第79页) Quality in Higher Education, 2005, 11(3): 251-260.

[2] Spady W G. Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers[M]. American Association of School Administrators, 1801 North Moore Street, Arlington, VA 22209: 994.

[3] Acharya C. Outcome-based education (OBE): A new paradigm for learning[J]. Centre for Development of Teaching and Learning (Singapore), 2003, 7(3).

[4] The CDIOTM INITIATIVE. [EB/OL] <http://www.cdio.org/>.

[5] Crawley E, Malmqvist J, Ostlund S, et al. Rethinking engineering education[J]. The CDIO Approach, 2007, 302: 60-62.

[6] Crawley E F, Malmqvist J, Lucas W A, et al. The CDIO syllabus v2. 0. An updated statement of goals for engineering education[C]. Proceedings of 7th International CDIO Conference, Copenhagen, Denmark. 2011.

[7] 中国工程教育专业认证协会 [EB/OL]. <http://www.cceaa.org.cn>.

[8] Eaton J S. An Overview of US Accreditation—Revised[J]. Council for Higher Education Accreditation, 2012.

[9] Berglund A, Eckerdal A. Learning Practice and Theory in Programming Education: Students' Lived Experience[C]. International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering. IEEE, 2015: 180-186.

[10] Joint Task Force on Computing Curricula, Association for Computing Machinery (ACM) and IEEE Computer Society. Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science[M]. ACM, 2013.

[11] Pears A. Envisioning the Education of the Future[J]. Paper Sessions, 2015: 44.

[基金项目: 教育部卓越工程师教育培养计划试点专业; 四川省“高等教育质量工程”优势学科建设项目]

[责任编辑: 余大品]