

工程教育认证提升专业建设水平

高小鹏, 吕卫锋, 马殿富, 张莉
(北京航空航天大学计算机学院, 北京 100191)

摘要: 结合2006年和2013年2次工程教育认证的经验, 介绍专业建设中的一些工作思路和措施, 就专业认证中核心环节——持续改进给出实践案例, 以及分析工程教育认证对专业建设带来的挑战。

关键词: 工程教育; 专业认证; 计算机科学与技术; 专业建设

北京航空航天大学计算机科学与技术专业(以下简称计算机专业或本专业)自2006年首批通过教育部工程教育认证(以下简称专业认证)试点后, 深刻感受到专业认证对于现有专业建设模式所带来的挑战。针对专业认证所暴露出的问题, 本专业在6年有效期内坚持主动持续改进, 开展了大量针对性的专业建设工作, 于2013年再次通过专业认证, 有效期6年。

1 专业认证对专业建设提出的挑战

与一般的教学评估不同, 专业认证更关注学生通过4年的学习最终掌握了什么, 即是否达到了专业培养方案所设定的毕业要求与培养目标。假设把学生培养看做一件特殊产品的生产过程, 那么专业认证最终关心的就是产品质量究竟如何。根据多年来办学以及2次专业认证的经验, 笔者认为专业认证给专业建设带来了如下挑战。

1.1 培养目标、毕业要求及课程体系的一致性

专业认证首先关注的是培养目标的定位是否准确合理; 其次是各项毕业要求是否具有足够的分辨率并能够完整支撑培养目标; 第三是课程体系在广度、深度及运行等方面是否能够有效分解并合理承载各项毕业要求。这3条在相当大程度

上体现了一个专业规划的合理性。

培养目标是整个专业建设的龙头, 毕业要求、课程体系、师资队伍等均须围绕培养目标展开并应对培养目标提供合理和足够的支撑。对培养目标达成的考量, 专业认证并不关注是否培养出了多少高水平的人才, 而是强调每个获得了本科毕业文凭的本科毕业生是否都达到了既定目标。为此, 专业在培养目标的设定上应本着实事求是的原则, 一方面要充分考虑到教学各环节是否具备相应的条件, 另一方面要能有充分的证据证明毕业生都达到了培养目标^[1]。假设专业过高定位培养目标(如培养领军人才), 那么专业就必须举凡凡是获得文凭的毕业生都是领军人才。显然这是极其困难的。

毕业要求定义了毕业生的毕业规格, 即应该具备哪些素质、知识及能力。显然, 不同的培养目标所要求毕业生必须掌握的知识及能力也应是不同的, 而不应千篇一律。例如, 如果培养目标定位于培养软件人才, 则毕业要求虽然也应涉及必要的其他计算机专业知识(如体系结构)和能力, 但更应在软件领域方面有所侧重。

专业认证定义的课程体系涵盖了课程、实验、实习、毕业设计等内容, 因此可以说课程体系规划与运行是人才培养的主要部分。传统上,

作者简介: 高小鹏, 男, 副教授, 研究方向为系统结构, gxp@buaa.edu.cn; 吕卫锋, 男, 教授, 计算机学院院长, 研究方向为软件与理论; 马殿富, 男, 教授, 研究方向为软件工程; 张莉, 女, 教授, 研究方向为软件工程。

一个专业由于多种原因可能较为重视设置了哪些课程,但易忽略课程设置的合理性,特别是对于毕业要求是否有足够的支撑。这种支撑作用体现在如下方面:首先,一个毕业要求通常需要连续的教育与学习过程才能达成,因此对于一项毕业要求通常都需要有足够多的课程相对应。其次,对应的课程在教学与实践内容的广度与深度是否能够匹配该项毕业要求。例如,在毕业要求中如强调应具备很好的软件开发能力,那么在课程体系中不仅应规划足够的软件技术类课程,并且必须设置有足够规模的软件开发实践课程或环节,并且应分布在不同的学期内以便形成能力培养的有效衔接。

总的来说,从专业认证角度出发,专业在界定培养目标后应合理分解毕业要求,并进而将所有的毕业要求进一步分解至严密的课程体系中。

1.2 以持续改进为目标的制度与机制建设

质量保障体系是培养达标人才的另一关键所在。为了确保培养质量并能不断地改进培养质量,专业除了在主要教学环节均设置相应质量标准并能严格贯彻执行外,更重要的是,专业应该有能力持续不断地自我改进以适应技术、企业、社会及人才自我培养等的发展及需求。为此,专业除了需要在教学管理方面应具有完备有效的规章制度外,还必须建立完备的评估机制和有效的信息反馈渠道。对比2013年专业认证要求^[2]与2006年专业认证要求,专业认证已经将是否具备持续改进能力上升为评价一个专业质量保障体系的核心诉求。

1) 评估机制带来的挑战。

专业认证要求专业应具有完备有效的教学管理规章制度,为每个培养环节均设置合理准确的评估机制,并在培养过程中严格贯彻执行相应的质量标准。针对这一要求,当前各专业普遍存在一定不足。

首先,每个专业都会设置有相当数量的讲座类课程。因讲座类课程通常会避开考试而采用写

报告这类评估方式,故产生了较为普遍存在的问题,即是否有教师按照预定要求评阅学生报告。应该说,这一问题大体可以通过在教学管理与组织上作必要调整即可解决。

其次,期末考试这一终结性评估方式的普遍化和单一化。除了考试,很多专业在课程中逐步引入大作业环节,但通常大作业成绩就决定了整个实验环节成绩,因此虽然引入大作业有助于培养学生的实践能力,但并未从根本上改变评估方式。单一的终结性评估方式虽然能对学生学习带来一定的压力和动力,但其主要价值仍体现在对学生最终学习效果的评估上。这一方面产生了“一考定终身”的弊端,另一方面也难以在过程中对学生进行有效督促。

改变这一局面则需要从教学理念、教学内容、教学方法、教学团队甚至教学工作量评定等多方面着手逐步实施变革,非一日之功可达。

2) 持续改进内涵带来的挑战。

由于技术、产业、社会以及人才自我培养等多种需求在不断变化,同时考虑到既往培养方案、课程体系等方面均可能存在需要改进的因素,因此专业必须具有不断自我调整与完善的能力。坦率地说,专业建设在持续改进方面普遍薄弱。

首先,专业在培养方案制定方面尚未完全意识到具有闭环反馈特征的决策机制的重要性。由于决策机制大多是开环或不完善的闭环,致使决策时缺乏来自教学体系在运行现行培养方案所产生的以及来自企业、工作多年的毕业生等外部环节的各类客观性反馈信息,必然导致决策过程中主观性成分比重过大,因此决策就必然存在粗放甚至盲目的弊端。

其次,由于对决策机制存在认识不足,因此专业也就易轻视各类反馈渠道的建立与健全。在具体如何建设反馈渠道方面也存在很多不足和困难。其中,面向主要教学环节及教学研究建立反馈渠道的难度在于需要通过若干制度建设来确保反馈数据能够制度化和常态化的产生并保存;而建立能定期从企业和工作多年的毕业生中获取有

价值信息的反馈渠道(如调查问卷)则更为困难。

第三,专业传统上更多的是自我封闭运行,缺乏足够的开放性。企业由于不能早期介入培养方案制定以表达其对人才培养的具体需求,故无论对专业培养的人才是否满意均只能选择被动接受,并且其用人意见因缺乏有效反馈渠道也难以及时反馈给专业。显然,这是不利于专业快速适应企业及社会发展需求的。

总之,对于教学管理体系而言,专业认证关注重心已逐步转变为是否建立了能体现持续改进内涵的有效制度与机制,并是否切实做到持续改进。应该说,这种转变体现了专业认证对培养质量的高度重视,但也确实是专业所面临的最艰巨挑战。

1.3 教学过程的实证产生与保存

培养过程会产生大量宝贵数据,如试卷、试卷分析、实验报告、毕业论文等,这些是专业能否通过专业认证的重要实证。经多年建设,通常来说各学校各专业均在这些环节的数据保存方面建立了大量规章制度,如纸质材料必须有足够的保存年限等,因此相对来说保存培养过程中直接产生的相关数据易于达成。

专业通常存在的问题是缺乏包括教学工作会议、教学研究成果、座谈访谈等教学环节的数据。造成这些数据缺乏的原因是多重的,如某些教学环节尚未形成常态化工作机制,致使该环节未能有效执行从而难以或无法产生数据;缺乏明确的管理制度以规范该教学环节必须形成会议纪要并保存;教师或教务管理人员未形成良好工作习惯也会导致部分数据缺失。

从某种意义上说,专业通过专业认证就是“自己主张,自己举证”,因此实证数据的缺失使得专家难以评判某些教学环节的执行与达成,为专业通过专业认证增加了相当的难度。

2 主要应对思路及改进措施

针对前述挑战,本专业在2006年通过专业认

证后,在课程体系、制度建设、机制渠道等多方面开展了大量建设工作。受篇幅所限,概述如下。

2.1 课程体系建设

本专业人才培养定位于培养“科学型与工程型相结合的计算机专业高级人才”。为了达成这一培养目标,课程体系重视基础理论学习和工程能力培养,严抓毕业设计也是学院培养“高级人才”的重要措施之一。

在基础理论学习方面,本专业设置了包括192学时工科数学分析(2学期)、64学时高等代数、64学时概率统计和32学时数学建模在内的数学类课程。此外,数理逻辑与集合论图论也是本专业2门必修基础理论课。在工程能力培养方面,包括选修课在内的大部分课程设置有实验及大作业要求。50%的专业必修课程配置了独立的实验课程。此外,相当数量的课程在实验环节还要求必须采用团队合作开发模式。

为有效支撑培养方案定义的13条毕业要求,我们组织了大量的教学研讨工作,将毕业要求全部分解至各门课程中。每门课程均承载了1~3条毕业要求。通过将毕业要求全部分解到各课程中,从而确保了毕业要求的全面落实,更重要的是进一步明确和界定了课程在整个培养体系中的定位及其教学要求,为教师规范化的开展教学工作奠定了基础。

毕业设计是培养学生综合运用知识解决问题能力的关键环节。除了鼓励学生进入国内高水平研究型企业开展毕业论文工作外,依托学院拥有的2个国家重点实验室和5个省部级重点室,学院鼓励学生不仅尽早进入实验室学习如何从事科学研究与工程开发工作,并且将毕业设计与前期工作相结合。由于大部分毕业生在重点实验室和高水平研究型企业从事毕业设计,因此总体上看毕业设计选题新颖并反映了计算机技术的新进展。学院对本科毕业设计有严格的要求,其毕业设计工作量大,每篇毕业论文均包含对一个相对完整系统的设计开发及实验分析的论述。通过上

述措施，很好地培养了学生的工程能力、设计能力及解决问题能力。

为了提高教学效果，学院自主开发了如程序设计自动评测等多个自动化测试与监控系统。此类系统不仅提高了学生学习效率，而且对学生学习过程实施有效监控，确保了学习质量。更为重要的是，学生学习效果阶段性评价通过利用信息技术成为可能，从而使得部分课程初步具备了形成性评价特征。

2.2 教学管理与运行机制

为提高决策水平和管理效率，学院采用“院管教学”管理模式，教学工作实施“统一规划、统一部署、统一实施”。院长主要负责本科教学战略规划组织制定、教师引进、政策配套以及各类资源配置。教学副院长负责落实战略规划，并具体组织各项教学工作有序有效展开。教学指导委员会负责培养方案制定、教学大纲修订及各类教改项目评审，并设置了 2 名企业顾问，旨在将企业需求直接反馈到培养方案制定工作中。教学督导委员会定期对专业核心课程和毕业设计工作进行督查。为了配合教学研究工作的，根据课程性质

不同，学院组建了由正教授负责的涵盖计算机理论、程序设计、系统软件、体系结构等方向的 8 个课程群，并定期开展教学研究工作的。为规范化和制度化教学工作，学院针对教师教学与发展、学生管理和教学运行制订了 3 大类共计 16 个教学管理文件，管理文件制定力求简明可行。

图 1 展示了学院教学体系的动态运行过程。可以看出，教学体系运行由 3 个层次的迭代循环构成，并紧密围绕持续改进这一核心主题。

第 1 层循环以课程持续改进为目标。每门课程均要求授课、命题及试卷分析必须严格以课程大纲为指引。由于学院教学质量总体是有保障的，因此学院将教学督导、命题审查等重点部署在核心专业课程。督导组意见、学生评教、试卷分析等基础性数据将直接反馈给任课教师，供其作为下一个轮次授课改进的参考依据。

第 2 层循环以课程群持续改进为目标。在学院统一规划与组织下，课程群每年都开展大量的教学研讨工作，探讨课程群知识体系更新与衔接、课程群大纲小幅调整、教学方法、实验体系建设等内容。

第 3 层循环以培养方案持续改进为目标。除

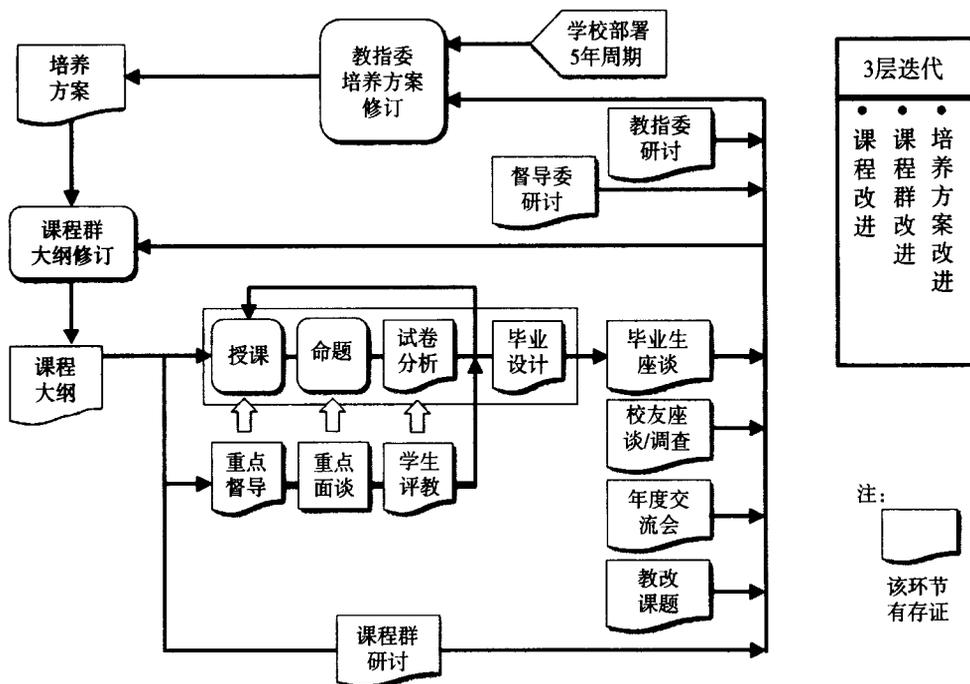


图 1 面向持续改进的教学体系动态运行过程

了例行的教学工作外,学院建立了较为完善的具有常态化运行特征的多个工作制度。学院自2004年起,每年召开一次全院教学工作会议以统一思想、部署工作及交流研讨。教学指导委员会和督导委员会每年定期或不定期举行相关的教学研讨和总结。学院每年定期举行毕业生座谈和校友座谈,以获取学生在其不同阶段对教学工作的反馈。各教学环节产生的基础数据为培养方案修订工作提供了大量参考依据。培养方案每5年修订一次,并随后会开展一次较大规模的课程群大纲修订工作。

2.3 数据采集及保存

学院在逐步建立必要的反馈渠道后,制定了相应的工作制度以确保数据能从反馈渠道及时获取并有效汇聚。目前主要教学环节产生的数据,如试卷分析、生产实习总结、毕业论文总结、会议纪要等,均能统一归档至教务秘书或教学副院长。此外,学院利用信息化手段,已经全面实现了上述数据的数字化存储。

学院现阶段正在自主开发面向学生培养全过程的数据平台,以期集中存储学生在4年培养过程中产生的包括各类作业、试卷及成绩、各类报告、毕业论文以及课外活动相关的多媒体资料。我们相信今后通过该平台多年运行所积累的大量基础性数据,将为发现学生学习规律、培养方案与课程体系修订的科学决策及开展教学改革奠定极有价值的工作基础。

3 持续改进案例分析

本节以历时6年进行的计算机系统课程群综合改革为案例,介绍本专业自2006年专业认证后所开展的持续改进工作。

3.1 背景与动机

本专业在2006年专业认证虽然获得了6年有效期,但我们在认证工作过程中也在思考一些问题,其中核心问题是北航计算机专业培养的毕业生应具有哪些核心能力。为此,学院组织了

多层次的大规模研讨,逐步形成了一个共识性结论,即“系统能力”应是本专业培养目标的核心能力之一。系统能力要求毕业生首先以系统观点思考问题,即掌握计算机系统的工作原理及其构造方法,并理解计算机系统的软硬件相互作用关系;其次具备工程能力解决问题,即用工程方法开发具有一定工程规模的符合工业标准的计算机系统。

3.2 改革方案及历程

围绕“系统能力”培养,2007年,学院组建了包括数字逻辑、计算机组成、操作系统、编译技术4门核心基础课组的计算机系统课程群,确立了本科生自主开发具有“一个CPU、一个操作系统、一个编译器”的功能型计算机系统的教学目标。

为达成这一教学目标,学院组建了院长和教学副院长直接参与的,包括体系结构二级学科责任教授、4门课程理论教学教师及实验指导教师等16人构成的教学团队。教学团队围绕专业课程中普遍存在的课程间知识体系孤立及冗余、理论教学与实验教学分离等共性问题,并结合课程群实际教学需求,实施了课程群教学体系和实验体系的一体化设计,课程群改革技术路线见表1。

表1 计算机系统课程群改革技术路线

课程	理论教学目标	实验教学目标
数字逻辑	结合数理逻辑知识,讲授组合逻辑与时序逻辑原理	设计MIPS处理器的功能部件:寄存器堆、ALU控制器、多路选择器等
计算机组成	讲授计算机硬件工作原理	在部件设计基础上,实现MIPS指令集的功能型计算机系统
操作系统	讲授OS的各组成及其机理	开发MIPS处理器的功能型OS
编译技术	讲授编译器的构造技术	开发MIPS处理器的小型编译器

整个课程群改革历程如图2所示。

教学团队依托市级、校级及院级等多个重大教改工作,于2007年在教师指导下由若干优秀学生组成的志愿者分队首先完成了MIPS的处

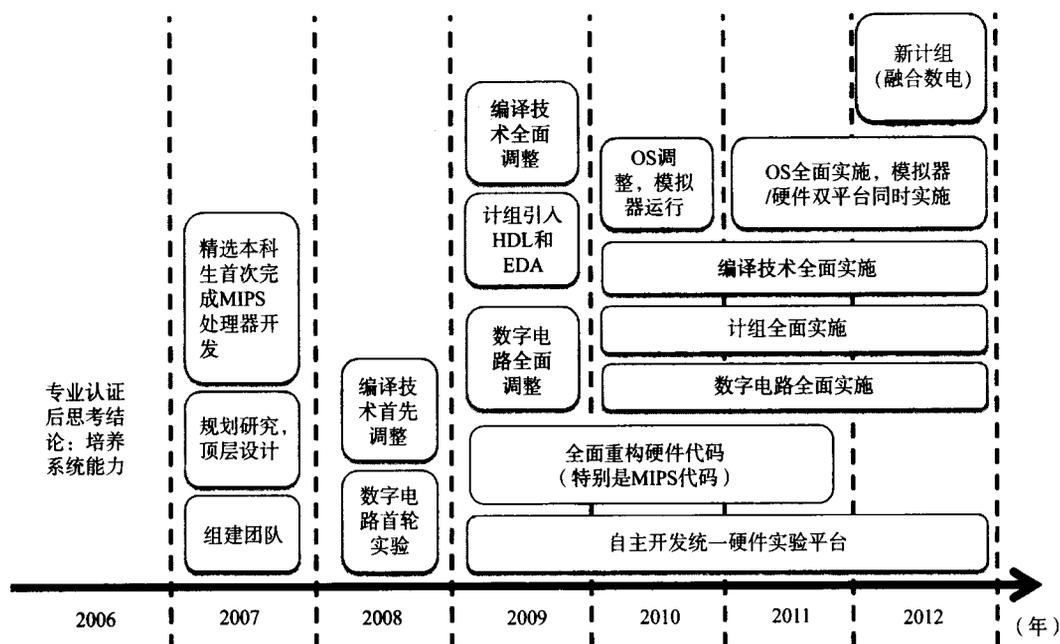


图 2 计算机系统课程群综合改革历程

理器、操作系统及编译器等开发工作，充分证明这一教学目标设定的合理性。其后，教学团队总结并提出了“工业标准、工程规模、工程方法”的“三工”教学理念，自主开发了统一硬件实验平台，构建了完整的课程体系和实验体系，多门课程相继开展了多轮次迭代的教学改革工作。在 2012 年秋季学期，学院以多年改革成果为基础，进一步将数字逻辑与计算机组成合并，不仅大幅度减少了学时数，而且通过更有效的融合知识体系和实验体系提升了教学效果。

3.3 改革成效

2013 年专家组在专业认证现场考查环节对课程群实践成效确认后，认为课程群改革通过对课程内容梳理整合、大作业衔接，有效提升了学生对课程内容的理解和实践动手能力的提高。融合数字逻辑知识的计算机组成在 2012 年秋季以

一个自然班为对象进行首次改革实验，取得了整班成建制的完成具有 50 多条指令规模的 MIPS 功能型处理器开发的改革成效。本项改革成果获得 2012 年度北京市教学成果一等奖。

4 结语

随着我国于 2013 年顺利加入《华盛顿协议》，相信专业认证必将在全国更大范围内以更快的速度发展。如何准确地认识专业认证，并在专业建设中贯彻专业认证的要求将是今后广大专业必须面临的挑战。

根据我们的经验，专业认证虽然对专业建设带来了种种挑战，但也正是通过积极应对这些挑战从而推动了专业建设水平，提升了人才培养质量。希望本文内容能为其他专业建设提供一定参考价值。

参考文献：

- [1] 蒋宗礼. 工程教育认证的特征、指标体系及与评估的比较[J]. 中国大学教学, 2009(1): 36-38.
- [2] 中国工程教育认证协会(筹)秘书处. 工程教育专业认证工作指南[EB/OL].[2013-09-10].<http://wenku.baidu.com/view/741945/eae009581b6bd9eb5c.html>.

(编辑：郭田珍)