

以整体工程观为指导的自动化专业课程教学模式改革与实践

张光新 谢依玲 黄平捷 侯迪波 戴连奎
(浙江大学控制科学与工程学院, 浙江省杭州市 310027)

摘要: 在“万众创新、大众创业”的时代背景下,高等学校工科专业课程被赋予了更丰富的工程情境和实践内涵;如何在夯实理论基础的前提下,进一步培养大学生的创新能力、实践能力和工程职业素养,是各类高等工程教育学科在制订培养方案时关注的问题。与回归工程实践的浪潮相呼应,本文引入高等工程教育“整体工程观”为指导理念,结合自动化专业课程以及卓越工程师专业培养方案的制订与落实,介绍了关于改革专业课程教学方法、创新专业课程教学模式所进行的思考、采取的措施和取得的初步成效。

关键词: 整体工程观; 教学模式改革; 自动化专业课程

Exploration and Practice of Automation Specialized Courses Teaching Model based on Holistic Engineering Concept

Guangxin Zhang, Yiling Xie, Pingjie Huang, Dibo Hou, Liankui Dai
(College of Control Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang Province, China)

Abstract: In the context of mass entrepreneurship and innovation, engineering specialized courses in college and university have been endowed with more profound engineering circumstances and practice intension. In the premise of laying a solid theoretical foundation, the promotion of college students' innovation and practice abilities and engineering career competence has been a focus during the design of teaching and training schemes for various disciplines of higher engineering education. In accordance with the returning waves of engineering practice concept, the reform of specialized course teaching methods and models is introduced. The consideration, measured taken and initial results are discussed following the holistic engineering concept and taking the design and implementation of automation specialized course teaching scheme and excellent engineer cultivation plan as examples.

Key Words: Holistic Engineering Concept; Teaching Model Reform; Automation Specialized Courses

引言¹

2010年,教育部启动了“卓越工程师教育培养计划”。作为落实《国家中长期发展规划纲要》和《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—

2020年)的重大改革项目,“卓越计划”主要目标是“面向工业界、面向世界、面向未来,培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才”;预期至2020年,参与计划的全日制工科本科生将占当年毕业生总数的10%,全日制工科研究生将占当年毕业生总数

联系人: 黄平捷. 第一作者: 张光新(1969—),男,博士,教授.

的50%。

浙江大学控制科学与工程学院自动化专业(控制工程)作为首批实施的卓越工程师(本科生)专业之一,受到了各级教育部门和学校、院系的高度重视。为适应“卓越计划”应用型工程师的培养目标与要求,控制学院面向国家战略需求和区域经济社会发展需求,结合自身学科优势与特色,制订了“浙江大学卓越工程师教育培养计划自动化专业应用型卓越工程师(本科生)专业培养方案”,从总体要求与专业特征目标、培养标准、培养方案、实习与实践课程教学计划、培养模式和学生来源、联合培养单位优选、配套政策等各方面进行规范、改革与完善。该专业卓越计划自实施以来,进展顺利,遵循了“让高等工程教育回归工程”的教育理念,推进了工程教育人才培养模式的变革。

在近五年的自动化(控制工程)卓越计划教学实践中,笔者所在教学团队主要负责专业课程模块中《可编程控制基础及应用》与《过程控制综合设计与实践》(DCS和PLC)课程的教学实践组织实施工作,以“整体工程教育理念”为指导,以“集成性、实践性与创造性”为主体,在课程教学思想与教学内容、教学模式、教学考核、师资配备、资源配置等方面进行了改革实践和探索。

本文即主要结合卓越计划专业培养方案制订以及专业课程教学模式改革等方面,介绍我们的主要思考、采取的措施以及教学方法改革的实践与实施效果,以期与兄弟院校相似专业建设进行交流、提供实践案例。

1 卓越工程师专业课程教学改革需求分析和总体思路

1.1 卓越工程师专业课程教学方法改革需求分析

创新创业是时代主题。党的十八届五中全会指出:“坚持创新发展,必须把创新摆在国家发展全局的核心位置,不断推进理论创新、制度创新、科技创新、文化创新等各方面创新,让创新贯穿党和国家一切工作,让创新在全社会蔚然成风。”创新,既是经济社会发展的基石,更是教育和科技工作的着眼点。

面向国家创新创业战略要求,高等工程教育,

尤其是“卓越工程师培养计划”,需进一步加强对创新性复合型工程人才的培养,提升工程人才综合素质能力,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源优势,增强我国的核心竞争力和综合国力。要达到该宏伟的目标要求,必须在“卓越工程师培养计划”实施方案制订以及卓越计划课程教学组织和实践过程中,高度重视工程性、实践性与创造性,全程聚焦于工程的实践本质:

(1) 满足人类社会的各种需要是开展工程实践活动的根本目的,它体现出实践活动的有意识性与目的性;

(2) 科学、技术、社会、人文、情境等多种知识经验在整体工程活动中的综合集成与创造,反映了实践活动的探索性、创造性,反映了理论与实践相统一的原则;

(3) 工程活动过程中的场域性、情境性、创新性、不确定性和风险性,生动地体现了实践的时间性、时间性、鲜活性、探索性与创造性;

(4) 整个工程活动的有计划、有阶段、有组织性,深刻地反映了实践获得有意识性、组织性与社会性;

(5) 工程活动的成果——某一特定人工物(系统)的建造,则体现了生产实践活动改造自然的物质性、社会性。显然,以理论与实践脱节、重基础不重应用、重课堂讲授轻课外自学等为特点的课程教学模式已难以满足聚焦于工程实践本质的现代高等工程教育需求。

为此,在回归工程实践的浪潮中,我们提出了卓越计划专业课程教学实践的改革和完善思路,即:以工程教育“整体工程观”为指导,进行教学理念、教学组织、教学模式等方面的革新与完善,让“创新”与“实践”成为贯穿其中的主线。

1.2 以“整体工程观”为指导,进行卓越计划专业课程教学方法改革的基本原则

从工程方法论的角度来分析,进行卓越计划专业课程教学方法改革需考量以下基本原则:

(1) 整体性原则,即需基于系统整体性原则来组织专业课程的教学内容和教学模式改革和完善。

(2) 层次性原则,整体工程观的系统方法要求采取层次结构的形式来建构复杂的工程系统,课程

知识矩阵和能力要求矩阵应具有层次性、递进性。

(3) 动态性原则,工程的系统方法强调在运动和变化的过程中把握事物,这就要求我们在进行教学实践、教学成果评价过程中,需充分获取和利用各类信息,进行及时调整优化。

(4) 协调优化原则,即需要在教学实践过程中,教学方案、教学模式、教学资源等方面进行统筹兼顾,大力协同,多中选优,在限定的条件下达到最优效果;

(5) 综合集成原则,即整体工程中处处体现了综合集成的特性,如目标系统与环境的综合、多种技术的综合集成、工程组织管理集成等;卓越计划专业课程绝非单一理论或技术的讲授,它们将必然是宽专交融的知识体。

1.3 以“整体工程观”为指导,进行卓越计划专业课程教学方法改革的主要措施

以整体工程观为指导的卓越计划专业课程教学模式改革的主要思路与措施为(如图1所示):

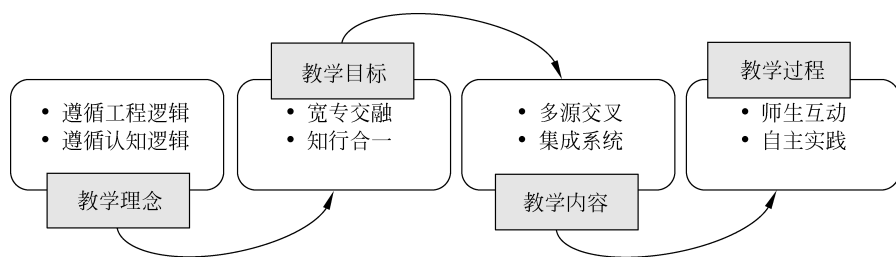


图1 整体工程观指导下的卓越计划专业课程教学模式改革策略

Figure1 Reform strategy of excellent engineer specialized courses teaching model based on holistic engineering concept

(1) 教学理念: 遵循集成性、实践性与创造性为一体的工程逻辑; 遵循学生认知规律。

正如德国哲学家费希特所说:“教育必须培育人的自我决定能力,不是首先传授知识和技能,而是要去‘唤醒’学生的力量。”文献[5]也提出,我们需要在本科生中培育创新土壤,“学生的大脑不是一个用来填充知识的容器,而是一个需要被点燃的火把。”

为此,卓越工程师计划专业课程在教学理念方面,要变重传授知识为重提升知识技能和思维能力;要变教师单向传递信息为学生主动获取信息、让学生为学习主体的传授方式;要变理论灌输为多方位启发教学方式;在教学内容组织中,强调和突出课程知识点的系统性、科学与工程技术的集成性、工程教育的情境性和实践性,着力培养学生作为未来行业领域专业设计、研发、实施、咨询人员的专业能力与素养。

(2) 教学目标: 培养宽专交融与知行合一的工程人才。

从知识体上来说,强调宽专交融,重视学科基础的学习,同时,重视专业技术知识的专业性和深入性,强调培养工程人才的思维系统性;从能力体上来说,讲求工程人才的“知行合一”,突出培养学生将理论知识应用于工程实践的能力,从而提升

分析、解决问题的能力。

(3) 教学内容: 综合即多源,但突出培养工程领导者。

对于“应用型卓越工程师”培养目标的目标定位,即需在扎实的基础工程实践和科学知识学习的基础上,加强多学科、多领域知识的综合集成能力的培养。

基于上述原则,浙江大学控制学院在制订自动化专业卓越工程师“培养标准和培养方案”时,着力体现了“课程设置模块化、课程体系矩阵化、知识体系复合化”的思路,重构课程体系、优化课程教学内容,在大类培养和专业课程模块重点夯实学生的科学与工程基础,强化学生工程实践、工程设计与工程创新能力培养;在实习和实践训练模块、毕业设计和第二课堂中,重点面向自动化领域行业和企业需求,开展认识实习、生产实习、生产实践、科研训练等多层次、综合型工程实习与实践训练活动,尽可能让学生有机会承担或参与来自实际需求的工程技术创新和工程开发工作,从而培养和提升学生的自动化专业职业素养、职业精神和职业道德。

(4) 教学过程: 构建以自主实践为主线的培养模式。

在夯实学科理论知识的基础上,进一步面向

国家战略与社会经济需求,以自动化领域工程实际为背景,以控制工程技术为主线,把社会能力、设计能力和工程实践能力融入到专业能力的培养过程之中。设置贯穿或综合专业课程知识体系的综合性工程案例,突破理论知识点“孤岛”进行教学内容的融会贯通;改进教学模式,以师生互动研讨式、学生自主实践式教学方法为主,使学生尽早学会使用综合、全局、动态的思维方法去发现、分析和解决问题。

可见,与传统教学模式相比而言,卓越工程师计划课程教学更加突出“三个面向”的宗旨,呼应“大众创业、万众创新”国家战略,加强自主实践式教学时数,培育有利于大学生创新与创业的新土壤,培养创新创业能力,构建创新创业生态体系,为大学生今后协同创新创业打下坚实基础。

2 教学方法改革实践案例与实施效果

以“整体工程观”为指导,面向应用型卓越工程师培养目标,笔者所在教学团队负责讲授的专业课程模块《可编程控制基础及应用》课程,进行了自主实践式教学模式的改革与探索。下面将以该课程为案例,较详细介绍教学思想与课程目标、教学内容、教学安排、考核形式、教学团

队配备、教学资源整合与保障等方面所开展的综合改革与实践。

2.1 课程教学模式改革与实践

(1) 教学思想与课程总体目标

《可编程控制基础及应用》课程为控制系自动化(控制工程)“卓越工程师计划”必选课程模块中的一门专业课程,目标是通过课程的学习,学生能够掌握计算机控制系统、可编程序控制器、现场总线系统和工业以太网等基本知识,具备计算机和综合自动化控制系统分析、设计、部署、调试、投运等设计与开发能力和分析解决控制系统工程应用问题的能力。

为满足卓越工程师计划“培养学生具有自动化专业分析问题与解决问题的能力,并掌握与本专业相关的个人能力和专业能力”的要求与目标,课程教学团队引入“整体工程观”的教学理念,整门课程以紧密联系应用实际的计算机控制系统开发课程设计为贯穿始终的轴线,通过很少的课堂教学、大幅增加的自主合作实践,使学生真正掌握计算机控制系统的设计、开发、安装、调试、投运、现场维护等完整过程所需具备的知识和能力,着重培养和提升学生自主学习、分析和解决实际问题的能力。总体教学思想与教学目标如图 2 所示。

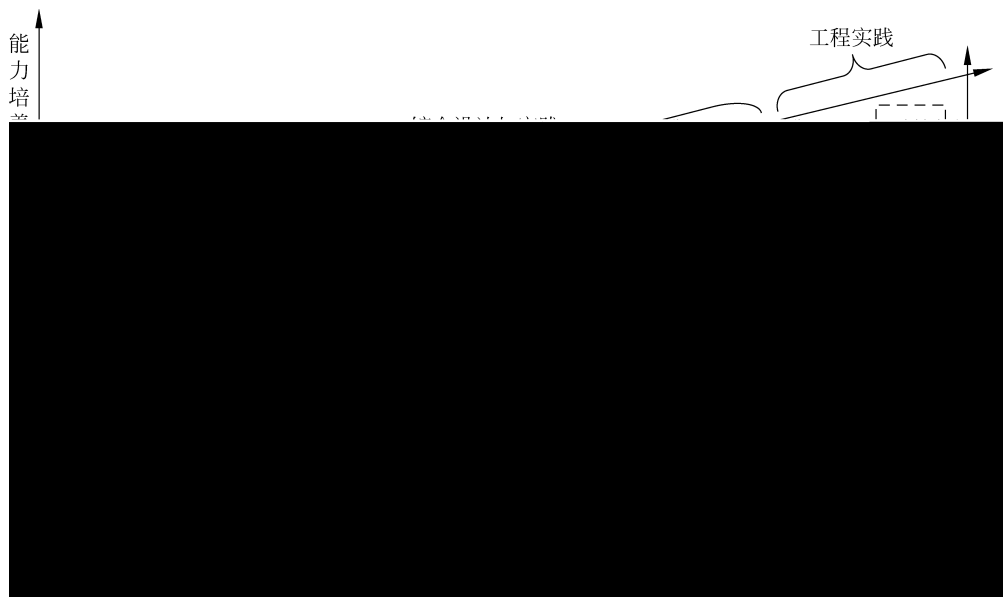


图 2 突出整体工程观与和自主实践的教学模式

Figure2 Holistic engineering concept and self - practice teaching model

从图 2 可以看出,我们的出发点是在自动化专业课程中融入“整体工程观”和提升学生自主实践能力的理念。在培养学生自主实践能力和工程素养方面,该门课程(或该类课程)实际上起到了承上启下的作用。对于其他基础理论和方法学课程,该课程是进一步深化和提升实践能力的纽带和钥匙;对于其他科研训练以及工程实习和后续的生产实习而言,该课程是前期准备和实战能力积累的过程,综合体现了自主实践和能力培养维度的有机集成。通过该门(类)课程的设置,可将理论与实践、校内与校外、感性认识和理性认识等环节链接起来。

(2) 教学内容与教学安排

遵循“重视理论、强化实践、重在应用、倡导创新”的教学理念,教学团队完善了教学文件,强化课程教学的系统性和工程应用性,在学生已有先修课程如《控制原理》、《控制工程》、《控制仪表与计算机控制装置》等知识的基础上,减少理论教学的课时数,鼓励和要求学生对已有基础的和针对性较强的内容进行课外自学,大幅度增加课堂研讨和学生自主合作实践的课时数,以完成密切结合工程实际应用的课程设计(“小型研发课题”)为贯穿整个课程教学、研讨、互动与实践的主线,完成本课程的教学实践工作。

课时安排进行了较大胆的改革,课时安排比例约为:理论教学课时占 15%,方案设计课时约占 15%,课堂研讨课时约 10%,自主合作式实践课时约占 60%。整体教学内容与安排如图 3 所示。

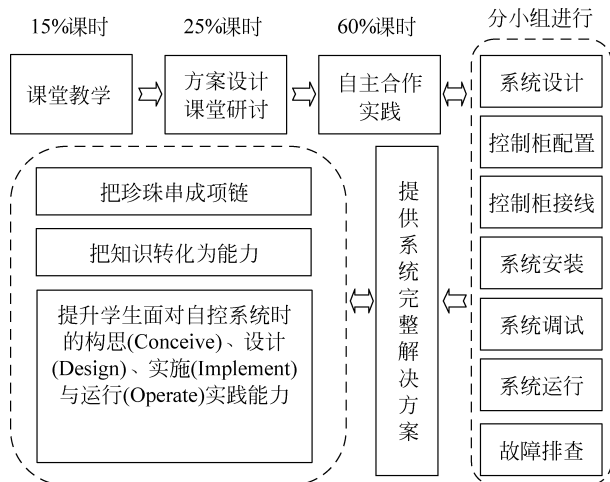


图 3 课程内容和课程安排示意图

Figure3 Course content and course arrangement

① 理论教学

老师利用几次课左右的时间讲授工程设计与开发中学生比较难以掌握、实际控制系统中应用又很广泛的知识,例如:可编程控制器系统配置、指令系统、可编程控制器通信网络与组网技术、PLC 控制系统设计与开发等内容,把控制系统研发所需的核心知识讲透。

② 方案设计

利用一到两次课的时间,讲授 PLC 系统的设计原则和主要设计方法,并布置和讲解课程设计题目。设计题目既要紧扣工程应用实践、尽可能包含更丰富的自动控制要素,又要适当精简,让学生既兴趣盎然又有成就感。

我们的做法是:老师结合工业应用领域自动控制系统开发的实际案例,提供 2-3 道控制系统开发课程设计题目,供学生分组后选取、分组合作完成设计与开发工作。例如,课程设计中要求学生设计出满足控制任务需求的 PLC 控制系统,并完成系统开发、安装、调试与运行(本课程与学院自动化实验中心合作,给学生提供 PLC 模块、元器件和可借助来完成控制要求的管路和控制回路装置,要求学生利用这些检测元件、执行器、PLC 模块、管路系统等,完成计算机控制系统构建、开发、安装、调试等任务)。

课程设计主要包括三部分工作内容:控制系统方案设计,学生提交控制系统设计方案(硬件部分);控制站、操作站软件开发,学生提交控制系统设计方案(软件部分)、开发的软件包(源程序);系统的安装调试运行,学生提交系统使用说明书。

在布置课程设计任务后,根据自由组合原则组成的小组各组将利用 1 周的时间,进行控制系统任务要求的分析、拟定可编程系统的控制功能和设计目标,细化控制系统的技术要求,进行系统和模块选型,编制 I/O 分配表和系统及其仪表的接线图,编制软件规格说明书,完成“控制系统开发任务设计书”。

③ 课堂研讨

利用 1 次课时间,就各组提交的“控制系统开发任务设计书”进行研讨,其他同学和老师进行点评和讨论。

具体做法是:各组汇报设计思路、I/O 统计情况、模块选取、控制柜配置、控制柜接线图设计与

编制情况,其他同学提出疑问、意见和建议,该组同学回答解释,老师和同学重点就方案设计的合理性、规范性和正确性进行讨论和论证,尤其是控制柜接线图设计的正确性与规范性是重点讨论内容。

各组根据研讨的意见建议,课后修改完善任务设计书。

④ 自主合作实践

各组的“控制系统开发任务设计书”经老师确认后,即可分组进入控制学院自动化实验中心和自动化实习实践基地,进行开发实施。在这个期间,老师会全程给予指导,此外,每个学习小组还配备开发经验丰富的研究生学长,给予随时指导与交流。

自主合作实践阶段,总体上是根据控制系统

项目开发的流程来要求学生的,每组同学内部分为组长、方案设计员、接线和安装调试员、控制站开发员、操作站开发员等,既分工又合作。

期间,老师会就控制站软件开发技术、操作站软件开发技术等进行分组讲解;老师和学长随时答疑和交流。

(3) 考核形式

改变以往偏重于“一考定分数”的考核方法,加强过程考核,重点关注学生理论联系实际、分析和解决实际问题的能力。

学生总评成绩主要侧重于自主实践方面的表现,计算方法为:小组成绩 60% (体现团队合作能力) + 个人成绩 40% (根据工作量和完成质量来评价),如表 1 所示。

表 1 课程设计成绩的评分标准表

Table1 The grading standard table of course design project

a) 小组成绩(60%)	分值比例	b) 个人成绩(40%)	分值比例
• 方案设计合理性和规范性	20%	工作量	30%
• 控制柜接线合理性和规范性	15%	完成质量	40%
• 控制站系统功能和编程质量	20%	协调能力	10%
• 操作站系统功能和编程质量	20%	组内互评	10%
• 系统总体运行情况	10%		
• 小组的查错和排错能力	15%		

(4) 教学团队配备

学校和学院十分重视本科生教学和卓越培养计划教学团队的建设,在学院层面上建立了以课程模块为核心的“基层教学组织”(小组),负责课程模块的教学改革、完善与实施等工作。以本教学团队为例,为本课程配备了两名教授、两名副教授,且自动化实验中心给与全力配合,团队成员形成了教学研究合作梯队。除了本课程的讲授,在团队核心教授的带领下,近年来先后主持了包括“浙江省新世纪高等教育教学改革项目”在内的多项教学研究项目,经验丰富;团队成员均承担了多年的相关专业课程授课和实验指导任务,承担和主持了多项计算机控制系统和综合自动化科研项目,工程应用积累良好。此外,教学团队还可挑选计算机控制系统开发实践经验丰富的研究生作为指导组成员。

(5) 教学资源整合与保障

学校和学院、控制学院自动化实验中心和自

动化实习实践基地等均给予本课程大力支持。学院实验中心特地整合、增添了多台套计算机控制系统相关仪表与设备,依托这些条件,老师可设计接近于实际工程应用项目的被控对象和被控环境,设置若干个计算机控制系统开发课题(课程设计题目),供学生实践之用。

2.2 课程教学改革的实施进展与成果。

该门课程在 2013 年春夏学期进行了教学方法改革后的第一轮上课;随后根据学生反馈情况,陆续进行了课程教学内容的充实与完善,进一步整合了计算机控制系统和实验系统资源,优化了课程设计题目;在 2014 年春学期面向 2010 级自动化卓越班学生开展了第二轮教学实践,学生的自主实践成果——结合小型研发课题开发了计算机控制系统,系统开发的规范性、完成控制功能的质量等均比上一级学生开发的系统有所提升;在 2016 年秋冬学期扩展到面向全学院本科生开展了第三轮教学实践,课程也充实成为实践环节课程

《过程控制综合设计与实践》(包含 PLC 和 DCS 控制系统设计与开发两部分)。

(1) 从教学实践的反馈来看,学生们都觉得通过这门课的学习,收获很大,例如,2013 级第二小组同学反馈:课程实践“很好地提高了动手能力,相比于普通的理论课程能够亲自将设计文档付诸实践,进行硬件系统连接,并且通过编写程序实际地控制设备,而不是简单的仿真看看结果,既有趣又有成就感。通过这门课我们能够更加深入地了解自动化控制学科的工程应用背景,通过完成这门小小的课程让我们更有自信去完成更加复杂的实际工程控制任务”;2014 级同学在上完课后似乎觉得意犹未尽:“建议将更多的检测与控制变量交由学生来完成;建议在其他条件具备的课程中加以借鉴和实施。”

(2) 借鉴本课程改革经验与思路,结合“重在实践”的教学模式和改革方向,控制学院的另一门卓越班课程《过程控制综合设计与实践》(侧重于 DCS 设计与开发)于 2013 年冬学期顺利开展了教学实践,同学们反响很好;在此基础上,经过进一步整合充实,形成了自动化本科生综合设计实践必修课程《过程控制综合设计与实践》(PLC 和 DCS 部分),并于 2016 年秋冬学期进行教学实践。

(3) 结合本课程实践,从本课程的学生中选拔佼佼者作为中坚力量参加各类大学生自动化学科竞赛,比如组队参加由教育部高等学校自动化类专业教学指导分委员会组织举办的 2014 年全国大学生“西门子杯”工业自动化挑战赛,2015 年“第六届菲尼克斯电气全球自动化大奖赛”等竞赛均获得佳绩。

3 结语

创新创业是时代的主题,当前,我国正处于“深入实施创新驱动发展战略,发挥科技创新在全

面创新中的引领作用”的关键时期。自动化专业学科与其他学科相比,作为跟信息化与工业化融合(“两化融合”)战略尤为密切相关的学科,更迫切地需要“从全球化的新形势,工业化的新需求和工业信息化和理论的新趋势来不断地调整和明确专业的教学、科研和社会服务”,更好地为国家提供更适用的人才、更多的科研成果。本文结合高等工程教育回归工程实践的时代浪潮,以整体工程观为指导,分析了面向卓越工程师培养计划和培养目标的自动化专业课程教学模式改革需求,提出了以整体工程观为指导的卓越计划专业课程教学模式改革策略,并以笔者所在教学团队负责讲授的自动化专业卓越计划课程为例,介绍了自主实践式教学改革探索情况与实施效果,重点分析了教学思想、教学内容、教学安排、考核模式、师资配置、资源整合与保障等方面的做法,以期对相关系列课程的教学改革有所帮助。

参考文献

- [1] 中国共产党第十八届中央委员会第五次全体会议文件汇编. 人民出版社编,北京,2015 年 11 月
- [2] 邹晓东,翁默斯,姚威. 基于大 E 理念与整体观的综合工程教育理念构建. 高等工程教育研究,2015 年 06 期: 11-16
- [3] 吴澄. “两化融合”与自动化学科的发展——积极实践“两化融合”,促进自动化学科的发展. 自动化博览,2010 年第 1 期: 38-41
- [4] 林健. 谈实施“卓越工程师培养计划”引发的若干变革. 中国高等教育,2010 年第 17 期: 30-32
- [5] 钟华. 增强本科生实践式教学模式,构建创新、创业生态体系. 中国科学报, [http://www. news. zju. edu. cn/news. php? id=42619](http://www.news.zju.edu.cn/news.php?id=42619). 2015. 11. 19
- [6] 徐世军,范伟,黄贤英. 面向卓越工程师培养的专业课程教学实践. 计算机教育,2013 年 7 月第 13 期: 22-25