

# 以工程能力培养为主线建构专业人才培养模式

戴 波 纪文刚 刘建东 张立新 刘 娜

**【摘 要】** 根据学校发展定位,按照“确定培养目标—探索能力素质主线—构建知识能力体系—制定培养方案—整合课程—建设校内外实践教学平台—实施教学改革—检验培养目标—不断调整各培养环节”的系统工程思想,探索和实践了以工程能力素质培养为主线的自动化专业高水平应用型人才培养模式。该模式在我校自动化专业“卓越工程师教育培养计划”试点中已实施,并取得了明显的效果。

**【关 键 词】** 自动化 培养模式 能力素质 卓越工程师计划

**【收稿日期】** 2011 年 5 月

**【作者简介】** 戴波、纪文刚、刘建东,北京石油化工学院自动化系教授;张立新,北京石油化工学院自动化系副教授;刘娜,北京石油化工学院自动化系教授。

## 一、引言

目前我国高校的专业培养方案主要是按学科知识体系构建的,进而按相应的知识点构建课程体系。但是社会对大学生的要求是能力,是会做事的能力,具有完备学科知识体系的毕业生只是半成品,甚至只是具备从事学科研究条件的半成品,这就使得我们为了所谓对学生负责、生产成品而不断地增多课程、加大课时、加长培养年限。随着科学知识的大爆炸,学生、教师、学校的负担越来越重,教学过程的矛盾越来越多,学生和教师的心理越来越烦、投入越来越少,社会的满意度越来越低。本硕连读、本硕博连读提高了时间效率,某种意义上是优化了对上述问题的解决,但其培养目标还是学科研究。所以现行的专业培养方案在培养目标、过程、内容、方式等方面与社会需求之间出现了较大的偏差。

卓越工程师教育培养计划的核心是以社会需求为导向、以实际工程为背景、以工程技术为主线,强化学生的工程意识和实践能力,努力减少上述偏差。地方性大学的工科专业,怎样按照社会需求和学生成长规律,构建相应的教育环境,实施工程教育改革,培养符合社会需要的高水平应用型人才,是我们面临的重大机遇和挑战。我们按照“确定培养目标—探索能力素质主线—构建知识能力体系—制定培养方案—整合课程—建设校内外实践教学平台—实施教学改革—检验培养目标—不断调整各培养环节”的系统工程思想,从工

程知识、个人素质、团队能力三个方面加强对学生的培养,探索和实践了以工程能力素质培养为主线的自动化专业高水平应用型人才培养模式。

## 二、突出工程能力素质培养的自动化专业应用型预备工程师培养模式

探索人才培养模式首先要确定培养目标,对不同的培养目标应采用不同的培养模式。培养目标可分为类型目标、专业目标和能力素质目标三个层次,类型目标确定了人才培养的类型属性、类型特色和类型定位,专业目标确定了人才培养的专业属性、专业特色和专业定位,而能力素质目标就是实现类型目标和专业目标所应具备和达到的具体目标,实现这三个培养目标的方式就构成了人才培养模式。

CDIO 工程教育模式以现代产品的构思(conceive)、设计(design)、实施(implement)、运作(operate)等全生命周期为载体构建工程教育培养方案。从能力素质角度看“构思”就是要建立工程的思维方式,“设计”就是要具备综合设计能力,“实施”就是要掌握技术实现手段,“运作”就是要具有组织协调能力,侧重不同的能力素质培养将形成不同的培养类型目标和工程教育模式。侧重“构思”“设计”能力培养,是在培养学生工程思维能力、组织协调能力的同时,突出工程技术研发能力的培养,培养的类型目标是研发型工程师;侧重“设计”“实施”能力培养,是在培养学生工程思维能力和组织协调能力的同时,突出综合设计能力

的培养,培养的类型目标是设计型工程师;侧重“实施”“运作”能力培养,是在培养学生工程思维能力、组织协调能力的同时,突出工程技术应用能力的培养,培养的类型目标是应用型工程师。现在有的大型企业也将其分为研发型工程师、工程化工程师和产业化工程师。我校的定位是特色鲜明的高水平应用型大学,其自动化专业的培养类型目标就应确定为应用型工程师。

确定专业目标要从学生成长和社会需求两方面考虑。从学生成长需求看,要为就业或继续学习打下坚实的工程素质、工程能力和工程应用基础;从社会需求看,自动化专业的工程培养目标是“产品”和“系统”,即自动控制系统产品设计、生产、销售、技术支持和自动控制系统工程项目基本方案设计、系统集成、施工、运行、维护等。显然,现在大部分高校自动化专业的教育理念、培养模式、课程体系、教学内容、教学方式等与这样的需求有很大的差距,特别是在自动控制系统工程设计、系统集成、现场施工、系统运行、装置维护等方面,从教学内容、课程设置、师资队伍到实践教学平台建设都存在更大的差距。我校自动化专业的专业目标就确定为自动化系统预备工程师。

能力素质目标可分为一般性工程能力素质培养目标和专业能力素质培养目标。综合 CDIO 大纲、美国 ABET 工程专业认证标准和各类企业人力资源管理要求,我们确定了十项一般性工程能力素质培养目标,即工程推理(识别、建模、求解)能力,综合运用技术、技能和现代工程工具解决工程问题的能力,进行实验并探寻知识的能力,系统思维能力,创造性和批评性思维能力,对职业道德、伦理和责任的正确认知,对终身学习的正确认识和在学习能力,团队组织、协调、融合能力,有效的人际交流、沟通、表达能力,工程问题对全球、经济、环境、社会的影响及有关当代问题的认识。通过对毕业生调查、学科专业分析、行业分析、各类典型专业人士成长分析等,我们确定了七项自动化专业能力素质培养目标,即数学、自然科学和工程学知识的应用能力,电子系统综合设计能力,工业控制计算机编程能力,自动控制系统分析设计及数字仿真能力,自动控制系统设计及产品集成能力,自动控制系统安装调试运行维护能力,企业实践能力。

我校是一所具有行业背景的地方性普通高校,自动化专业的培养目标就确定为应用型自动

化系统预备工程师,相应的突出工程能力素质培养的应用型自动化系统预备工程师培养模式如图 1 所示。培养目标的确立依据社会需求和学生成长需求,培养目标的实现落实在具体的能力素质目标上,以能力素质为主线串联知识能力体系、培养方案、课程体系和教学过程,培养目标的检验由社会、学生和教学过程来承担,进而反馈到各环节,培养过程围绕工程能力素质和工程实现,形成有核心、有主线、动态反馈、服务社会和学生成长的工程应用型人才培养体系。

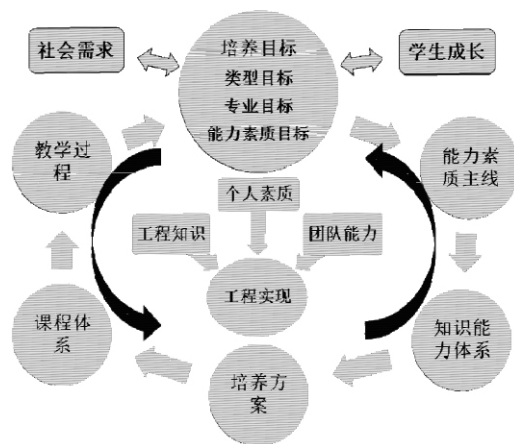


图 1 应用型自动化系统预备工程师培养模式

### 三、以工程能力素质培养为主线的自动化专业培养方案

#### 1. 以工程能力素质培养为主线构建知识能力体系。

在专业教育方面,以七项自动化专业能力素质培养目标为培养主线,构建能力素质主线鱼骨图(图 2 所示)。每项能力的培养需要一两个知识能力模块支撑,每个知识能力模块由若干课程或



图 2 以工程能力素质培养为主线的自动化专业

#### 知识能力体系结构

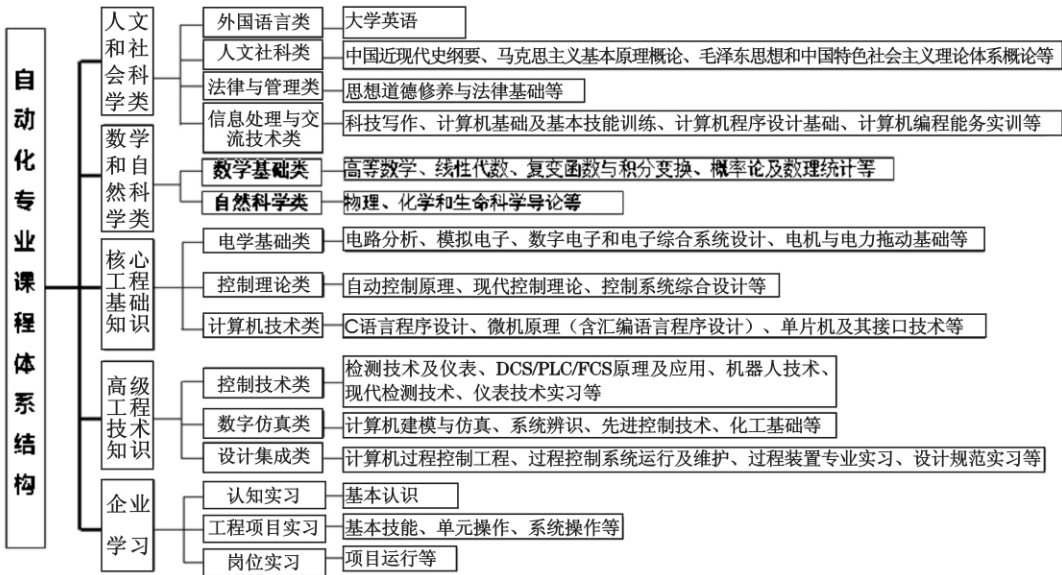
教学环节组成。电子系统综合设计能力和工业控制计算机编程能力培养由单一的核心工程基础知

识能力模块支撑,自动控制系统分析设计及数字仿真能力培养由一个核心工程基础知识能力模块和一个高级工程技术知识能力模块共同支撑,自动控制系统设计及产品集成能力和自动控制系统安装调试运行维护能力培养由两个高级工程技术知识能力模块支撑,企业实践能力培养由两个企业实践环节支撑。以递阶式的能力素质培养为主

线,采用有脊椎模块的鱼骨图形式,由能力模块、核心工程基础知识能力模块和高级工程技术知识能力模块构建自动化专业知识能力体系结构。

2. 整合课程。

根据能力素质主线鱼骨图,整合课程,制定以工程能力素质培养为主线的自动化专业课程体系,如图3所示。



课程整合突出工程能力素质培养及实践教学。新课程形式有:系列讲座+校内授课;企业参观+校内授课;实验室授课;课程A(校内理论教学)+课程B(企业实践教学);企业工程师校内授课;围绕实际的装置或项目,将原来多门课程整合成工程教育系列课程,由学校和企业教师交叉教学,学生实现对实际装置或实际项目的系统设计、产品集成、工程安装、系统调试、装置投运维护等,实现工程全生命周期的过程培养。新课程构建了在企业累积一年的实践教学体系(见表1)。

部分模块课程整合情况如下:

(1) 计算机基础模块课程整合情况如表2所示。学生在进入工程教育阶段之前普遍缺乏基本的、基于操作的实践经验,普遍缺少对工程文化的了解和认同,从源头上影响了其在工程领域的成长。该模块将“计算机编程能力实训”这门一年级的课程开设成基于项目的早期工程体验课程,为学生构建工程科学、专业知识和工程能力的基础框架。具体做法是将小机器人作为工程对象,在机器人C语言编程平台上开展C语言实践教学,

表1 企业累积一年实践教学课程体系表

课程名称	学分	学时	开课学期
自动化专业概论	2	16*2	第一、五学期
DCS/PLC/FCS原理与应用B	2	16学时+2周	第七学期
过程装置专业实习	1	1周	第七学期
仪表技术专业实习	1	1周	第七学期
计算机过程控制工程B	2	16学时+2周	第七学期
先进控制技术	2	2周	第七学期
过程控制系统运行及维护	2	2周	第七学期
设计规范实习	1	1周	第七学期
跟班实习	8	14周	第八学期
毕业设计	8	16周(分散)	第七、八学期

表2 计算机基础模块课程整合情况表

原课程	整合后课程	培养能力
计算机基本技能训练 大学计算机基础 计算机程序设计基础 课程设计	计算机基础及技能训练 计算机程序设计基础 计算机编程能力实训	计算机编程能力

实现机器人控制,提高学习兴趣,体现工程导向的理念,使学生真正具有应用C语言解决实际问题的能力,实实在在地提高编程能力,使学生在进入

专业学习之前拥有初步的工程实践体验。

(2) 电基础模块课程整合情况如表 3 所示。将电基础课程的部分实验、EDA 技术应用、课程设计、电工电子实习等整合成跨度为 2 个学期的电子工程设计综合实践课程。要求每个学生在电基础课程的学习过程中,在教师指导下完成一个具有完整功能的实用电子系统的设计与制作。具体做法是结合课程进度及内容,将电子系统进行模块化分解,每学期完成其相应模块的设计;电基础课学完后,完成整个系统的设计与制作。目标是使学生具备电子系统设计能力,优秀学生通过中国电子学会电子设计工程师认证。

表 3 电基础模块课程整合情况表

原课程	整合后课程	培养能力
电路分析 模拟电子技术 数字电子技术 电子技术实验 电子系统仿真 EDA 技术应用 现代电子设计 电工电子实习 电子课程设计	电路分析 模拟电子技术 数字电子技术 电子工程设计(I) 电子工程设计(II)	电子系统综合 设计能力

(3) 自动控制系统设计、集成、运行与维护模块课程整合情况如表 4 所示。该模块采用学校企业交叉教学形式,实现完整的工程实践教学过程。

表 4 自动控制系统设计、集成、运行与维护模块课程整合情况表

原课程	整合后课程	培养能力
检测技术及仪表 检测技术专题实验 集散系统 可编程控制器 现场总线技术及应用	检测技术及仪表 仪表技术专业实习 DCS/PLC/FCS 原理与应用 A DCS/PLC/FCS 原理与应用 B	过程控制系统的设计、 安装、调试、 集成、投运、 维护能力
过程控制工程 计算机控制系统 专业实习 综合课程设计 控制系统专题实验 毕业设计(论文)	计算机过程控制工程 A 计算机过程控制工程 B 过程装置专业实习 过程控制系统运行及维护 设计规范实习 跟班实习 毕业设计(论文)	

### 3. 建设校内外实践教学平台。

#### (1) 校企合作共建实践教学基地。

通过与燕山石化公司开展深度校企合作,将职场环境引入教育全过程,努力将学校文化和企业文化相融合,按照“精细化教育”的理念,努力打

造精细化校企合作模式;校企共创实践教学条件,校企共同制定课程体系,校企共建师资队伍,校企共建课程,校企共建课堂,校企共同组织开展大学生课外科技活动、精心设计校企合作方式及合作内容,精心制定企业培养方案,精心制定明确具体的企业学习课程及企业技术专家到校内讲授的课程,精心落实每一项校企合作开展的教学任务,实行每一个环节的质量控制,为学生的学习提供最可靠的保障、把校企合作工作真正做细、做精、做到位,为学生构建一流的真实的工程学习环境,使学生受到优质的工程实践教育。

学校与燕山石化共同投资,在燕山石化联合建设了一套临氢异构装置。该装置安装有大量的检测控制仪表,系统采用 DCS 控制,可开展仪表安装、DCS 组态、系统调试、装置开车、生产投运和操作维护等教学,它涵盖了自动化专业过程控制系统几乎所有的重要内容。学生可以在这套装置上真刀实枪地进行实际操作。这为培养自动化专业学生控制系统工程项目施工、运行、维护及基本方案设计等方面的能力提供了强有力的支撑。以该装置为对象,采用项目引导方式,对过程控制类多门课程进行整合,开设工程教育系列课程。学校教师与企业工程师共同编写了配套教材《过程生产装置控制实践教程》(北京市精品教材建设项目),即将出版。

#### (2) 校内实践教学基地建设。

校内实验室按照模拟工厂的思路进行建设,将整个实验平台看作是一个工厂,各实验室是不同的车间,由小型控制系统组成的实验装置就是生产装置,整个系统采用网络控制方式,建立由现场控制层、车间调度层、厂级管理层组成的典型工业生产自动化模拟工厂,实现工业过程的虚拟与现实控制。给学生在校内提供一个模拟工程环境。现在实验装置有乙酸乙酯生产实训装置、纯净水生产实训装置、液位压力流量控制装置、供水控制系统、过程仿真控制装置,各类倒立摆系统、各类球杆系统、电梯控制系统、双旋翼飞行控制系统、扑翼飞行控制系统等,控制系统有美国 Honeywell PKS、浙大中控 ECS-700、JX-300 以及 Siemens PCS7 等集散系统,西门子 S7-300/400 PLC、变频调速装置、PROFIBUS、DeviceNet、FF、工业以太网、德国 Wago 等现场总线装置。

#### 4. 实施课程教学改革。

培养方案的落实关键是课程教学改革。在课

表 5 课程与专业培养目标映射表

教学环节		理论教学						实践教学					考核				
教学方式		课堂讲课	实验室讲课	专题讨论	项目学习	企业授课	组织自学	个人实操	小组运作	企业实施	项目实施	自主实践	笔试	操作	答辩	论文	开放性考核
一般性工程教育培养目标	工程推理(识别、建模、求解)能力																
	综合运用技术、技能和现代工程工具解决工程问题的能力																
	进行实验并探寻知识的能力																
	系统思维能力																
	创造性和批评性思维能力																
	对职业道德、伦理和责任的正确认知																
	对终身学习的正确认识和学习能力																
	团队组织、协调、融合能力																
	有效的人际交流、沟通、表达能力																
	工程问题对全球、经济、环境、社会的影响及有关当代问题的认识																
自动化专业能力素质培养目标	数学、自然科学和工程学知识的应用能力																
	电子系统综合设计能力																
	工业控制计算机编程能力																
	自动控制系统分析及数字仿真能力																
	自动控制系统设计及产品集成能力																
	自动控制系统安装调试运行维护能力																
	企业实践能力																

程教学改革中,以教学大纲的制定和实施为抓手,重点抓住课程说明、课程教学(期待学生达到的)目标、课程与专业培养目标映射关系三部分。对课程与专业培养目标映射关系采用课程学习产出模型,专业能力素质培养目标就是课程学习的能力素质产出指标体系,在深入研究的基础上,建立课程与专业培养目标映射表,如表 5 所示。分析清楚并逐步落实这个映射关系,就是不断深化课程教学改革的过程。每一门课的某一个教学环节,采用某一个教学方法,将可以达到某一个能力素质产出指标,这样的认定由学生、任课教师、专家小组从不同角度做出,并在教学过程中不断调整,课程教学将逐步达到培养部分工程能力素质的目标,课程教学的集合将逐步达到培养专业工程能力素质的目标,课程体系的教学将逐步实现培养应用型自动化系统预备工程师的目标。

四、结论

本文从学校定位出发,按照培养目标、能力素

质、知识能力体系、培养方案、课程、实践教学平台、课程教学改革、实现培养目标的系统工程思想,探索和实践了以工程能力素质培养为主线的自动化专业高水平应用型人才培养模式。该模式已在我校自动化专业教育部卓越工程师教育培养计划试点中实施,并取得了明显的效果,培养方案课程大纲已完成,教学过程已进入校企合作专业教育过程,校企合作进展顺利,学生在能力素质、学风等方面有明显提高。

参 考 文 献

[1] Crawley, E. F.、Malmqvist, J.、Ostlund, S.、Brodeur, D. 著,顾佩华、沈民奋、陆小华译:《重新认识工程教育:国际 CDIO 培养模式与方法》,高等教育出版社 2009 年版。  
[2] 雷庆:《工程教育:改革与发展》,北京航空航天大学出版社 2010 年版。  
[3] 张慧平等:《基于 CDIO 教育理念的自动化课程的改革与实践》,《电气电子教学学报》2009 年增刊。

(下转第 168 页)

新设计大赛一等奖、“挑战杯”全国大学生课外科技竞赛作品江苏省二等奖、江苏省大学生电子设计大赛二等奖、江苏省大学生机器人大赛三等奖、南京市高技能人才大赛(数控操作)一等奖等。2009年自动化专业顺利通过了江苏省教育厅专家组的验收,成为江苏省品牌专业。

近年来,虽然全国本科毕业生就业形势严峻,但自动化专业一次性就业率一直处于全校的前三名,连续三年被评为学校毕业生就业先进集体。最近,我们调研近三年毕业的学生在单位的工作业绩,包括:敬业精神、社会适应能力、动手能力、主持与参加科研项目、管理能力、获奖情况等方面。调查的用人单位有:国电南自科技有限公司、南京康尼机电新技术有限公司、南京四方数控有限公司等十几家。用人单位普遍评价:自动化专业学生爱岗敬业,纪律观念、协作意识强,专业知

识扎实,有创新精神,动手能力强,上手快,能解决现场技术问题。

### 参 考 文 献

- [1] 袁剑波、郑健龙:《工程实践能力:培养应用型人才的关键》,《高等工程教育研究》2002年第3期。
- [2] 袁慧、于兆勤、秦哲:《新形势下培养提高工科学生工程实践能力的认识与实践》,《高教探索》2007年第1期。
- [3] 傅越千:《应用型本科电子科学与技术专业实验教学改革探索》,《高等理科教育》2008年第4期。
- [4] 叶枫:《深化实验教学改革不断培养创新人才》,《实验室研究与探索》2008年第10期。
- [5] 张建辉、许莹莹:《Simulink 仿真软件辅助电机学教学的探索》,《江汉大学学报》2010年第1期。
- [6] 刘心红、郭福田、孙振兴:《Proteus 仿真技术在单片机教学中的应用》,《实验技术与管理》2007年第3期。

## Innovation Practice of Ladder Training Model of Engineering Application Ability

*Lin Jian, Zhu Xiaochun, Chen Gui*

In view of automation majors' weak status of practical and innovation ability, a ladder training mode is constructed to enhance students' employment competitiveness. Under this model, the basic operation skills are trained; the engineering design ability is exercised and finally the comprehensive innovative ability is improved. The subjective initiative of the students has been inspired through several years of innovation teaching practice. The engineering application ability and integrated quality have been significantly enhanced. Therefore, good results have been achieved in employment competition and various technological competitions.

(上接第 140 页)

[4] 刘娜、戴波、张立新、张硕生:《工程应用型创新人才培养模式

的探索》,《电气电子教学学报》2009 增刊。

## Constructing Professional Talent Training Model by Engineering Ability Quality Training as Main

*Dai Bo, Ji Wengang, Liu Jiandong, Zhang Lixin, Liu Na*

Based on our institute's development orientation and system engineering thought of setting training objectives, exploring the main clue of ability quality, constructing knowledge and ability system, establishing training programs, integrating curriculum, launching in-and extracurricular practice teaching platforms, implementing teaching reformation, evaluating training objectives and continuously adjusting the training links, the paper elaborates the model of cultivating engineering ability-oriented and high-quality applied talents majoring in automation. This model has been implemented in the Pilot Plan of Educating and Training Outstanding Engineers in Automation Department of our institute and has achieved significant results.