

# 中德合作办学专业实验教学体系的改革与实践

徐理勤<sup>a</sup>, 王兆义<sup>a</sup>, 杨志卫<sup>b</sup>

(浙江科技学院 a. 中德应用型大学研究院; b. 中德工程师学院, 杭州 310023)

**摘要:** 随着世界经济、技术的发展,现代工程教育正经历从知识导向向能力导向、从教师为主向学生为主的转变。作为对工程教育改革方向的回应及中德教育合作的纵深推进,浙江科技学院中德工程师学院的实验教学改革创新结合德国应用科学大学(Fachhochschule)的成功经验,围绕“学生主体”“能力导向”,探索构建“五位一体”实验教学体系,通过实验教学内容、教学方法、组织形式、考核方式、保障机制等五个方面的改革,较好地解决了德国经验的本土化问题、实验教学的主体性问题、实验教学的导向性问题、实验教学的实效性和实验教学的保障性问题,且具有可复制性和可拓展性。

**关键词:** 工程教育;实验教学;教学改革;学生主体;能力导向

**中图分类号:** G648.9      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1671-8798(2020)05-0349-06

## Reform and practice of experimental teaching system based on Sino-German cooperative education program

XU Liqin<sup>a</sup>, WANG Zhaoyi<sup>a</sup>, YANG Zhiwei<sup>b</sup>

(a. Research Institute of Applied Universities in China and Germany; b. Chinese-German Institute of Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

**Abstract:** With the development of world economy and technology, the modern engineering education is nowadays experiencing the transformation from being knowledge-oriented to ability-oriented, from being teacher-centered to student-centered. In response to the direction of engineering education reform and the in-depth promotion of Sino-German educational cooperation, the “five in one” experimental teaching system was explored and constructed in the experimental teaching reform practice of the Chinese-German Institute of Engineering at Zhejiang University of Science and Technology, characterized by being “student-centered” and “ability-oriented”, and combining the successful experience of the Germany’s Universities of

**收稿日期:** 2020-04-30

**基金项目:** 浙江省高等教育教学改革项目(jg20160113);浙江科技学院教学成果奖重点培育项目(2018-pz01)

**通信作者:** 徐理勤(1969—),女,浙江省东阳人,研究员,硕士,主要从事高等教育、比较教育研究。E-mail: xuliqin2003@aliyun.com。

Applied Science (Fachhochschule). Through the reforms in teaching contents, teaching methods, organizational forms, assessment forms and ensuring mechanism, many problems have been properly solved, such as the localization of German experience, the key-role building, the orientation and the actual effect of experimental teaching and the ensuring mechanism for experimental teaching. The outcome models are also reproducible and extendable.

**Keywords:** engineering education; experimental teaching; teaching reform; student-centered; ability-oriented

20 世纪末以来,世界经济的推动力越来越倚重于科技创新和国际协作,在高等工程教育领域,世界各国在保留各自特色的基础上采用取长补短的方式,呈现出相向而行的改革态势。以美国、英国为首的 6 个国家发起了建立工程教育认证等效性协议的倡议,即《华盛顿协议》,对工程师教育的培养标准做了清晰的界定<sup>[1]</sup>。作为其补充,1997 年美国工程与技术认证委员会 (Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET) 提出了工科毕业生的 12 项能力要求 (Graduate Attribute Profiles), 包括知识能力、解决问题能力、设计开发能力、学习能力等,在培养方式上从以教学为主的“输入模式”转向以学生学习为主的“输出模式”<sup>[2]</sup>。在欧洲大陆,作为博洛尼亚进程的组成部分,在德、法等国主导和欧盟委员会支持下,欧洲工程教育认证网络 (The European Network for Accreditation of Engineering Education, ENAEE) 于 2014 年启动了“欧洲认证工程师计划”(EUR-ACE), 同样对工程教育的能力目标进行了划分,要求毕业生掌握知识理解能力、分析能力、设计能力、调研能力、实践能力和可迁移能力,在人才培养模式中,凸显了能力培养导向和学生的主体作用<sup>[3]</sup>。总之,“华盛顿协议”体系和欧洲大陆体系作为现代高等工程教育的两大体系,都高度重视学生的主体地位和能力培养。中国《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010—2020 年)也明确提出,要坚持能力为重,“着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力”,以及将育人为本作为教育工作的根本要求,要“以学生为主体,以教师为主导,充分发挥学生的主动性”<sup>[4]</sup>。由此可见,工程教育从传统的学科知识导向向能力培养导向转变,从教师为主向学生为主转变,成为现代工程教育教学改革的重要趋势。

实验教学作为课程教学与实践教学的重要组成部分,是工科人才培养体系中的一个重要环节,是以学生为主体、能力培养为导向的高等工程教育教学改革的重要途径和手段,同时也是工程教育教学改革中困扰至今的难点问题之一。浙江科技学院中德工程师学院作为浙江省首家本科及以上层次的非独立设置中外合作办学机构,其办学宗旨在于引进德国应用科学大学 (Fachhochschulen, FH) 优质教育资源,在中国探索办好应用科学大学的路径。自创办以来,学院全面系统地引进了德国合作院校的教育教学理念、培养目标、培养方案、课程体系、模块手册、教学管理模式和考核评价体系,并在教育教学理念创新、人才培养体系构建等框架性改革取得显著成效的基础上,将改革推向人才培养模式的微观层面——课程教学改革和实践教学改革。实验教学改革作为课程教学改革和实践教学改革的重要组成部分,直接关系到改革的实效性、彻底性,关系到改革的成败,其重要性不言而喻。

## 1 中国工科高校实验教学的基本现状与困境

21 世纪以来,随着高等教育的大发展,中国工科高校在人才培养模式方面也进行了深入的改革探索,然而受传统教育理念、人才评价标准、高校评价方式及人事分配制度的影响,以学科知识为导向的学术型人才培养目标和教师为主的传统教学“输入”模式根深蒂固,要改变非一日之功。反映在实验教学体系上,教学内容千篇一律、教学方法程序化倾向严重、组织形式单一封闭、考核方式“走过场”现象突出,实验保障机制建设与实验教学要求不相适应,严重制约了学生主体作用的发挥,削弱了学生能力培养的效果,具体如下。

1) 在教学内容方面:在基础教学阶段,以验证科学原理为目的演示性、仿真性、验证性实验占了相当

大的比重,实验内容陈旧且重合度较高,学生对实验内容和实验方案缺乏自主设计;专业教学阶段的设计性实验自主设计比例不高,以解决生产实际问题为目的和以“综合性、自主性”为特征的项目化实验相对缺乏,阻碍了学生实践能力、分析能力和学习能力的提高。

2)在教学方法方面:实验程序化和格式化问题较突出,学生有非常具体、明确的实验指导教材(实验指导书),包括详细的实验操作过程、实验步骤及实验内容的叙述。实验教师的指导也是围绕实验指导教材展开,教学节奏基本上由教师掌握,学生处于“被动式参与”的状态,对实验指导过程的过度依赖严重影响了学生学习的积极性和主动性,不利于学生学习能力和独立工作能力的培养。

3)在组织形式方面:大多以实验“课”的形式呈现给学生,实验的时间、场地、内容均固定,学生参加实验的同批次人数较多(一般为30人),无法满足精细化、个性化、多样化、项目化实验教学内容及方法的改革,不利于学生的自我管理能力和独立工作能力、团队合作能力和实践创新能力的培养。

4)在考核体系方面:在统一的内容和标准下,评价指标较为单一,以平时成绩(主要是实验操作情况)、实验报告成绩(主要体现在数据处理结果及规范性)为主要考核形式,部分实验课程不设预习考核环节和实验答辩环节。实验报告格式化,主要文字可从实验指导书中摘录,学生完成实验报告的时间较短。这种单一化的考核方式使得实验“走过场”现象非常普遍,实验报告的抄袭、重复现象也时有发生,学生的专业能力和综合素质未得到有效锻炼和实质上的提升。

5)在保障机制方面:实验室硬件建设与工程实际脱节,实验设备重复率高,多样性不足,无法满足学生个性化、精细化、实战化实验教学内容的要求;封闭式的实验室管理模式极大地制约了学生时间和空间上的灵活性,同时造成实验室资源的闲置和浪费;实验教学工作量计算办法和激励政策的不契合,制约了部分实验指导教师的改革热情和动力,影响了“多劳多得、优劳优酬”人事分配改革目标的实现。

综上所述,中国高校工程教育实验教学的内容、方法、组织形式、考核方式和保障机制等方面离改革目标尚有较大差距,亟需系统全面的综合性改革。

## 2 “五位一体”实验教学体系改革

在深入研究国际工程教育专业认证体系和德国应用科学大学(FH)实验教学体系的基础上,以中德工程师学院电气工程及其自动化专业(管理方向)为改革实践对象,着力推进以学生为主体、能力培养为导向的“五位一体”实验教学体系改革,改革的路线如图1所示。

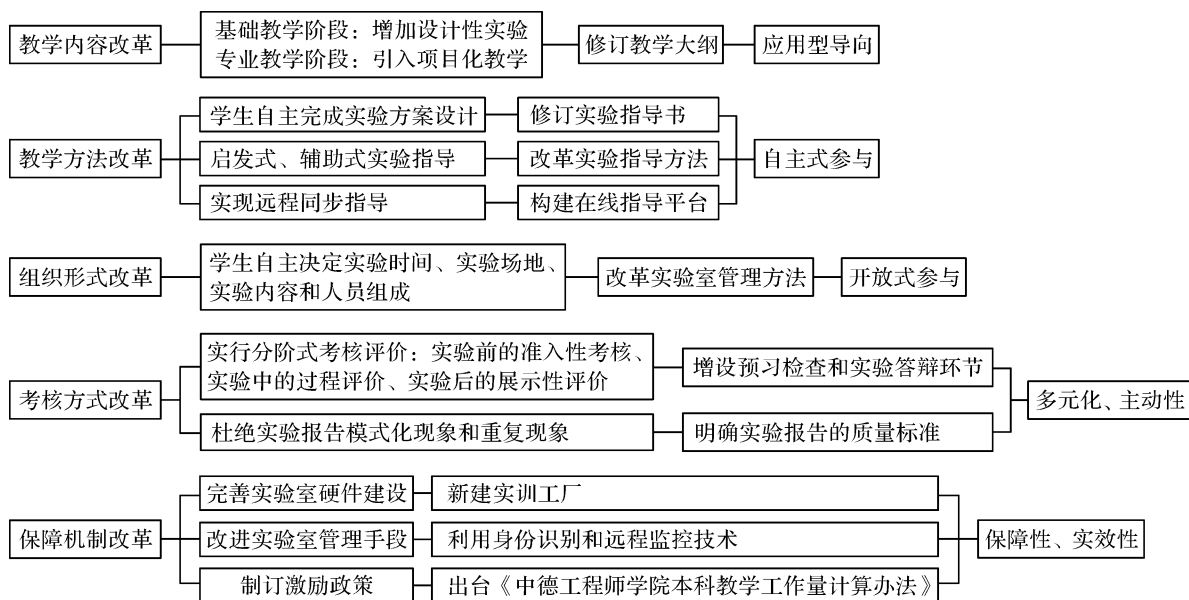


图1 实验教学的路线图

Fig. 1 Roadmap of experimental teaching reform

### 2.1 实验教学内容改革

在基础教学阶段,修订实验教学大纲,加大自主设计性实验比重,除必需的演示性、仿真性、验证性实验外,强化学生对实验内容和实验方案的自主设计。如在电路实验中,学生须自行设计验证各个基本定理(定律)的方法及基本电路。在专业教学阶段,引入以解决生产实际问题为目的的、以“综合性、自主性”为特征的项目化实验,强化实验教学内容的应用型导向,1 个实验即 1 个小型项目,以此提高学生的实践能力、分析能力和学习能力。如在数字电子技术与微机技术中,学生的主要实验是完成一个小课题,教师会给学生有十余项任务的列表,学生可根据自己的兴趣和能力来选择,也可自主命题,最终须完成软硬件的选型及设计。

### 2.2 实验教学方法改革

改革实验指导教材,改版后的实验指导教材侧重于实验任务、实验要求、理论依据等的描述,淡化实验操作过程和实验步骤的呈现,要求学生自主完成实验方案的制订和实验过程的设计。如在德方授课的“数据库”实验中,辅导资料的主要内容都是基于具体商务应用的实验任务及应用举例,而针对 MySQL 的具体操作基本上不出现。改革实验指导方法,变灌输式、指挥式为启发式、辅助式,改变学生“被动式参与”状态,鼓励学生带着问题、发现问题、思考问题、解决问题,培养学生的独立思考能力和独立操作能力,提高学生的学习积极性和主观能动性。

### 2.3 实验组织形式改革

出台《中德工程师学院实验室管理办法》,建立实验预约机制,由学生自主决定实验时间、实验场地、实验内容和人员组成,由统一、固定的“教师主导型”实验组织形式转变为开放式自助式的“学生主导型”实验组织形式,以满足精细化、个性化、多样化、项目化实验内容及方法的改革,提高学生的自我管理能力、独立工作能力和团队合作意识。为了实现实验室的开放式管理、自助式管理,学院完成了实验室管理技术改造,利用现代网络技术(身份识别技术、远程监控技术等)进行实验室开放式(安全)管理,同时也提高实验室设备的利用率。

### 2.4 实验考核方式改革

改变单一的考核形式,实行分阶式考核评价,即实验前的准入性考核—实验中的过程评价—实验后的展示性评价。实验前的准入性考核主要指增设预习环节,要求学生做好与实验内容相关的知识储备,并通过教师的考核;实验中的过程评价主要观测实验过程中学生独立完成情况和解决实际问题的能力;实验后的展示性评价主要分为实验报告和实验答辩环节,这个阶段关键在于明确实验报告的质量标准(理论分析、方案设计、实验步骤、实验过程、实验结果、实验数据分析等),杜绝格式化现象和抄袭、重复现象,并增设实验答辩环节,以锻炼学生的科研写作能力和口头表达能力。

### 2.5 实验保障机制改革

完善实验室硬件建设,作为国家发改委产教融合项目的子项目,中德工程师学院计划投入近 2 000 万元建设以微型企业单元组成的土木工程应用能力实习实训工场和以项目部组成的电气工程高级项目实训工场。其中电气工程高级项目实训工场包括商务软件开发与推广项目部、风力发电机设计与运营项目部、电力载波与灯光控制项目部和图像处理与控制项目部,以满足学生个性化、精细化、实战化实验教学内容的要求。完善实验教学激励政策,出台《中德工程师学院本科教学工作量计算办法》,改革实验教学工作量计算办法和人事分配制度,引导、鼓励教师开展实验教学内容、方法、组织形式和考核方式的改革,激发实验指导教师的改革热情和动力。

## 3 “五位一体”实验教学体系的改革成效

经过四年的谋划、部署和实施,一系列的教改措施循序渐进地推进,电气工程及其自动化专业实验教学改革取得的经验在其他专业中也逐步推开,“五位一体”实验教学体系基本上在中德工程师学院得以构建,并取得了预期的改革成效,具体表现以下几个方面:

### 3.1 构建了以学生学习成果产出为中心的实验教学“输出模式”

“五位一体”改革始终围绕以学生为主体和能力培养为导向的两大改革目标,致力于推动高等工程教育从教师为主的知识体系“输入模式”向以学生为主的能力培养“输出模式”转变。这充分体现了明确的改革目标的“输出”导向。通过“五位一体”实验教学体系改革,实现了实验教学体系的两大转变:一是从学科知识导向向能力培养导向转变。打破“知识本位”,强化实验内容的应用性、实验方法的设计性、实验组织形式的开放性和实验考核方式的多元化,从而强化学生学习能力、实践能力、分析能力、设计能力、自我管理能力和团队合作能力、科研写作能力和口头表达能力的综合培养。二是从教师为主向学生为主转变。学生的主体作用主要体现在实验内容的个性化、实验方法的自主性、实验组织的自助式、实验考核的多元化等各个方面,强化实验教学过程的学生学习“输出性”评价。

### 3.2 学生的综合能力培养得到明显的提升

通过实验教学体系的改革,充分发挥学生的主体作用,切实提高学生的能力培养。学生在国家级、省级创新创业项目和学科竞赛中,成绩斐然。2015—2019年,共获得国家级学科竞赛和创新创业项目53项(包括一等奖24项、二等奖13项、三等奖13项,国家级创新创业项目3项),省级34项(包括一等奖8项、二等奖13项、三等奖8项,省级创新创业项目5项)。此外,获实用新型和外观设计专利及软件著作权8项,正式发表论文3篇,创办企业2家。特别是学院的机器人团队在国家级、省级(A类)机器人大赛中屡获佳绩,已成为学院的品牌项目,在全省乃至全国产生了较大的影响力。

### 3.3 两个专业顺利通过德国专业认证

作为欧洲大陆工程教育模式的典型代表,德国工程教育非常重视课程教学的专业导向和实践教学的应用导向。实验教学作为课程教学和实践教学的重要组成部分,是德国工程教育认证的重要观测点之一。学院首批设置的两个专业——电气工程及其自动化、土木工程,以优异的表现顺利通过了德国工程教育认证机构ACQUIN(Das Akkreditierungs-, Zertifizierungs- und Qualitätssicherungs-Institut)的专业认证。ACQUIN系德国六大专业认证机构之一<sup>[5]</sup>,其认证结果具有权威性和广泛的认同性。本次专业认证系浙江科技学院首次接受国际机构的专业认证,亦是省内高校中首个接受德国专业认证的学校,是对中德工程师学院专业建设水平和教学质量的一次重要检验。评估专家对学院专业建设水平给予了充分肯定。其中,对土木工程专业的总体评价为:“双学位土木工程专业(工学士)给专家组留下了非常好的印象。培养方案与培养目标高度统一。课程设置和教学方案合理,有利于培养目标的实现。该专业结构清晰,组织完善,基本条件完备,可确保高要求的教学项目的实施。”对电气工程及其自动化专业的总体评价为:“(该专业)给评估专家留下了非常好的印象。培养目标设定清晰、合理,培养方案与培养目标高度统一。专业建设所需的基本条件非常完备。专业组织架构十分完善。决策过程与职责界定清晰。质量保障措施合理。”

## 4 “五位一体”实验教学体系的可复制性和可拓展性

美国学者G. King认为,复制性研究是案例和实践研究的基本路径,具有重要的价值<sup>[6]</sup>,通过复制和拓展,先行者的研究和探索可以成为人们在同一框架下开展研究和实践的宝贵经验<sup>[7]</sup>,后来者还可以在此基础上进行总结和更为深入的探索,从而实现理论和实践的发展。作为一项教育教学改革的尝试,“五位一体”实验教学体系的可复制性和可拓展性程度也决定了它在研究和实践中的价值。

从实践角度来看,“五位一体”实验教学体系从设想到提出都是基于办学实际出发,有实证基础。一方面,浙江科技学院是一所较为典型的地方工科院校;另一方面,“五位一体”实验教学体系改革的参照是德国应用科学大学(FH)业已成熟的实验教学体系,符合世界工程教育发展的主流,是一套合适的“模板”。对中国工科院校而言,特别是地方工科院校,“五位一体”实验教学体系改革从身份主体和目标主体两个方面都具备高契合度。

从科学性角度来看,“五位一体”实验教学改革的过程经历了严谨深入的调研和不断的尝试,其实施方式采取了认知经验过程中最为普遍的“螺旋结构”<sup>[8]</sup>,按照“方案制订—方案论证—方案实施—效果评估—方案调整—再实施—再评估”的步骤循序渐进,螺旋式上升,不断完善,直至达到预期目标,如图 2 所示。

从可参与度角度来看,对教育管理者而言,“五位一体”实验教学体系改革固然是一项系统的教育教学改革,可以统筹规划、系统推进,亦可根据自身实际,各个突破、分步进行;对于教师个体,则可以将“五位”中任何一个方面作为着力点和出发点,推进后继改革的进行。

综上,从实践性、科学性和可参与度三个角度来看,在目前中国地方工科院校实验教学改革中,“五位一体”实验教学体系具备了一定的可复制性和可拓展性。

## 5 结 语

为了顺应中国经济“新常态”,党的十八大提出加快转变经济增长方式。2015 年,国务院发布了“中国制造 2025”行动纲领,确定了中国从制造业大国向制造业强国转变的目标,提出了“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化和人才为本”五大方针<sup>[9]</sup>。工程技术人才作为先进制造业的重要智力支撑,其规模和质量直接成为一个国家在国际竞争中能否处于领先地位的关键要素。“五位一体”实验教学体系改革较好地解决了德国经验的本土化、实验教学的主体性、实验教学的导向性、实验教学的实效性和实验教学的保障性等问题,对深化工程教育教学改革,完善应用型本科人才培养模式,实现国外优质教育资源的实质性引进,具有重要的意义。

## 参考文献:

- [1] 樊一阳,易静怡.《华盛顿协议》对我国高等工程教育的启示[J].中国高教研究,2014(8):45.
- [2] ABET. Criteria for accrediting engineering programs, 2017—2018 [EB/OL]. (2016-10-29) [2019-06-20]. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2017-2018>.
- [3] EUR-ACE. Framework standards and guidelines(EAFSG)[EB/OL]. [2019-03-12]. <https://www.enaee.eu/eurace-system/standards-and-guidelines/>.
- [4] 国家中长期教育改革和发展规划纲要:2010—2020 年[M].北京:人民出版社,2010.
- [5] KEHMBARBARA M. The German system of accreditation[M]//Public policy for academic quality. Dordrecht: Springer Netherlands,2010:228.
- [6] KING G. Replication, replication[J]. PS-Political Science & Politics,1995,28(3):444.
- [7] 陈云松,吴晓刚.走向开源的社会学定量分析中的复制性研究[J].社会,2012,32(3):2.
- [8] 竹内弘高,野中郁次郎.知识创造的螺旋:知识管理理论与案例研究[M].北京:知识产权出版社,2012:334.
- [9] 国务院.国务院关于印发《中国制造 2025》的通知[EB/OL]. (2015-05-19) [2019-04-30]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content\\_9784.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm).

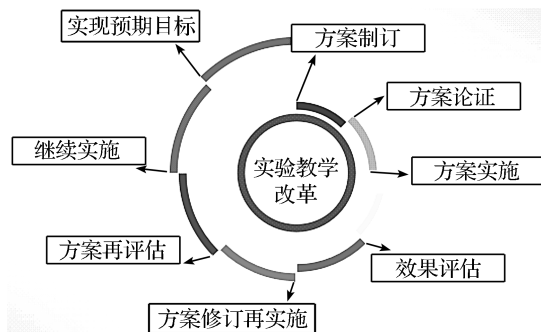


图 2 “螺旋上升式”教学改革实施方式  
Fig. 2 “Spiral ascendance” implementation mode of teaching reform