工程专业学位研究生培养

强化实践,提升化工领域工程专业学位研究生的工程素养*

庞祎晔[1],徐心茹[1],刘殿华[1],于 靖[1],栾伟玲[2],辛 忠[1,2]

(华东理工大学 1.化工学院,2.研究生院,上海 200237)

[摘要]提高工程专业学位研究生的工程实践质量是深化工程专业学位研究生教育综合改革的重要举措。本文围绕华东理工大学化学工程领域细化和完善工程硕士实践过程的培养要求、构建和健全实践基地管理体制、建立工程实践评价指标体系等方面的实践探索,从注重工程实践教育、打造实践教学基地、形成工程特色鲜明的课程体系、组建校企优秀导师队伍、突出案例教学和工程伦理教育、提升研究生工程创新能力、建立国家级和上海市示范工程硕士实践教学基地等方面进行了分析。

[关键词]化学工程;工程实践;工程专业学位研究生;实践基地

Strengthen Practice and Improve Engineering Quality of Engineering Graduate Students Majoring in Chemical Engineering

Pang Yiye, Xu Xinru, Liu Dianhua, Yu Jing, Luan Weiling, Xin Zhong

Abstract: Improving the engineering practice quality of engineering graduate is an important measure to deepen the comprehensive reform of engineering graduate degree education. This paper analyzes the training requirements of refinement and improvement of the engineering master's practice process, the construction and improvement of practice base management system, and the establishment of engineering practice evaluation index system in the field of chemical engineering in East China University of Science and Technology. This paper focuses on engineering practice education, building practical teaching base, forming a curriculum system with obvious engineering features, setting up a school-enterprise "double-teacher" teaching team, highlighting case teaching and engineering ethics education, improving graduates' engineering innovation ability, establishing of national and Shanghai demonstration engineering masters practice teaching base and other aspects to expand the specific content.

Key words: Chemical engineering; Engineering practice; Engineering graduate; Practice teaching base

[作者简介] 庞祎晔(1988-),女,助教,硕士;辛忠(1962-),男,教授,博士,副校长,全国化学工程领域工程专业学位研究生教育协作组组长。

* 基金项目:上海市研究生教育学会研究课题(SHsgeY201709);全国工程专业学位研究生教育重点研究课题(2016-ZDn-10)。

工程实践是工程专业学位研究生教育中的重要环节。开展高质量的工程实践有利于增强研究生教育服务国家发展的能力，有利于适应产业结构调整的人才需求，有利于学位工作和研究生教育改革的深化，有利于提高人才培养质量、增强学生就业和服务社会的能力。2015 年，全国工程专业学位研究生教指委提出要深化专业学位研究生教育综合改革，探索可复制性、可推广的成功经验，以点带面推进整体发展，提高工程硕士研究生运用理论解决实际工程问题的能力，提高工程硕士研究生教育服务社会需求的质量[1-2]。研究并建立校企协同发展的工程实践机制是高校工程专业学位研究生培养的迫切工作。我校化学工程领域在推动实践教学基地的可持续发展、细化和完善本领域工程硕士实践过程的培养要求、制定和规范工程实践考核制度和实习成果方面做了许多工作。

一、创建工程实践基地，积极开展工程硕士实践教学

（一）创新课程体系，强化工程教育特色

为了强化工程特色，突出培养工程硕士的创新能力和应用能力，我校化学工程领域在课程体系上注重使研究生具备化学工程技术理论基础知识、化学工程技术专业知识、化学工程领域前沿知识及工程伦理知识，以服务国家需求，接轨国际模式，衔接职业资格的教育理念[3-4]。我们完善了培养方案，改革了培养模式，增设了化学工程领域前沿讲座等工程应用型课程，立项建设了高等反应工程、高等分离工程等课程，编写了《化学工程领域发展报告》等适用于工程硕士教育的相关教材。在 2015 年首批全国工程硕士专业学位研究生教育在线课程建设项目中，高等反应工程课程获批重大建设项目，高等分离工程课程获批重点建设项目。两门课程已在全国工程硕士专业学位研究生学堂实现在线授课，取得了令人满意的效果。

（二）优选实践基地，打造工程教育平台

专业实践教学基地是全日制工程硕士教育质量的重要保证。实践基地需具备以下条件：1.提供的实践课题来源于工程实际中急需解决的关键问题，以便研究生将所学的基本理论、方法和专业知识用于解决实践基地企业的生产与技术开发、工程设计等问题；2.提供必要的工程实践岗位，且满足岗位总量丰富、生均数量充足、实践场地宽裕、实践条件先进等基本要求；3.具有一定的承载规模，能够保证一定数量的研究生同时进行专业实践。

为了积极落实国家对全日制工程硕士的培养要求，2009 年以来，我校已有 9 届化学工程领域全日制工程硕士赴中石化上海工程有限公司、巴斯夫（上海）公司和上海华谊集团等实践基地进行了为期 6 个月以上的工程实践。我校与多家单位共建了联合培养基地，包括中石化上海工程有限公司、上海华谊集团、中石化上海石化研究院、巴斯夫（上海）公司、索尔维（上海）公司等多个上海市示范级工程硕士实践教学基地和上海电气集团等几十个校级实践基地。2014 年 9 月，“华东理工大学-中石化上海工程有限公司联合培养基地”被评为国家级示范基地[5]。学校通过优选实践基地和打造工程教育平台，为全日制工程硕士创造了优良的工程实践环境。

我们在全国率先编写了全日制工程硕士实践教学用书，如《化工装置工艺设计》（上、下册）《石油化工装置设备设计》《石油化工装置配管工程设计》《油气储运工程设计》《石油化工结构工程设计》《石油化工装置电气设计》《石油化工装置仪表设计》等。为了让工程硕士研究生获得最大的学习成效，实践基地精心安排了培训计划，积极探索构建化工特色鲜明的工程教育体系的新方法与新思路。

（三）校企协同育人，组建优秀导师队伍

校企协同组建的导师队伍需具备指导工程硕士的能力。实践基地应选择一批从事化学工程领域及其相近学科、科研或生产管理经验丰富的工程技术人员担任校外导师，在学术能力提升、理论知识运用、职业生涯规划、工程科研实践、工程报告写作等方面对研究生进行指导，和校内导师共同承担工程硕士研究生的培养工作[6]，确保双导师制在工程实践指导中发挥关键作用。学校导师

则应具有较强的工程实践能力和丰富的指导经验，并与企业保持长期稳定的科研合作关系。为提高全日制工程硕士研究生的职业胜任力[7]，学校还需提高教师参与现代工程项目大平台、大团队作战的能力，进而提升学生团队合作能力的培养水平。

我校通过校企合作组建了一支工程应用型双师队伍，遴选和聘任承担过企业项目或工程实践能力强的科研一线专业教师作为任课教师，强化案例教学，保障工程教学质量。为了加强企业专家对研究生工程应用能力的指导，突出工程能力的培养，学校邀请了上海华谊集团、中石化等企业为工程硕士研究生开设课程和讲座。实践基地具有一批学历层次高、工程经验丰富的导师，他们中既有管理经验丰富的高级经理，也有拥有数十年生产经验的高级工程师，还有具有海外背景和国际视野的高级技术人员。如中石化上海工程有限公司拥有一支技术精湛的工程技术队伍，其中有国家级设计大师和一批国内外石化、化工、医药设计行业知名专家和具有丰富工程实践经验的专业技术骨干及管理人才，他们的言传身教对学生工程素养的提高有着至关重要的作用。实践基地还制定了科学的带教机制，定期回顾总结项目的进展，解决存在的问题，为实践的顺利进行提供保障。

（四）参与重点项目，提升工程创新能力

为建设高水平实践基地，我们一方面严格设置实践基地遴选条件，要求企业具有高度的社会责任感，企业导师具备指导研究生的能力，基地具备研发机构和工业化生产条件，为实践创新提供保障；另一方面构建实践基地人才培养模式，让研究生在具有领先水平的工程领域参与设计和研究，并跟随企业导师进行核心项目研发，以创新性工程实践教育确保研究生培养质量。实践基地为学生提供实践学习环境、工作平台等各项软硬件设施，并制定企业工程实践学习计划，安排工程实践类课程的教学。另外，实践基地还邀请企业高级工程技术人员为研究生开设各类讲座，介绍如何适应工作环境、实践操作指导和理论如何应用到实践中等。在中石化上海工程有限公司基地，每名工程硕士研究生除了学习由国家级设计大师、教授级工程师、专业主任工程师讲授的系统性、递进式的集体课程外，还会跟着企业导师参与其目前所进行的核心项目或技术、专利研发，熟悉公司的业务流程和相关专业核心技术。研究生在企业导师的带领下，深入工程项目建设基地，参与了一系列国家级大型项目的设计和实施工作，在基地现场与企业导师一起攻坚克难，严格按照导师的要求完成实践。学生紧跟国际前沿，掌握了先进的工程设计软件，如 PDS（Plant Design System）、PDMS（Plant Design Management System）、SMART PLANT 3D、ASPEN PLUS 等。参与企业重点工程项目提高了研究生的工程创新能力和分析、解决问题的能力。此举有利于推动校企长期密切合作，共同实现科技创新，培养出理论与应用相结合的专业人才。

二、制定和完善工程实践管理制度，建设富有特色的实践基地

（一）构建和完善实践基地管理要求

实践基地是化学工程领域工程硕士研究生完成工程实践的重要载体，以满足研究生基本学习、实践和生活需要为前提，以创新性工程实践教育为保障，努力提升培养质量[8]。实践基地应具备健全的管理机制。

我校化学工程领域不断完善实践基地的管理制度，企业导师和研究生的管理制度均能够长期、稳定地规范、有效运作，实践教学质量得到了保障。培养单位和实践基地应根据基地运行状况制定相关管理制度，包括校外导师的管理、课题管理、研究生驻地管理及双方的会商机制等，以规范实践基地的建设与运行。学院与企业各派专人组成实践基地管理委员会，共同负责基地的建设与管理工作。学校与企业建立了定期交流制度，签约期内每年召开一次工作会议，研究解决工作中的具体问题，探索创新工作方式。实践基地有稳定的经费来源，能够保障日常运行和实践教学的开展。学院按年度向学校提交实践基地工作报告，内容包括基地一年来的人才培养、科学研究、

产业化和基地建设等情况。学校对实践基地进行不定期的检查,就基地运行情况、成功的经验、存在的问题及解决办法等给出检查报告,由学院与企业沟通进行整改。研究生实践期间应遵守基地的各项规章制度,服从实践基地委员会和企业导师的管理。基地具有劳动保护和卫生保障条件,并建立了安全管理机制,以保证研究生在专业实践过程中的人身安全。

(二)建立和健全工程实践管理体制

我们建立和健全了全日制工程硕士研究生实践管理体制,形成了良好的实践教学培养流程,以期为国家和上海经济建设培养高层次应用型人才。我们制定与修订了工程硕士研究生实践管理文件,包括《华东理工大学全日制工程硕士研究生实践教学的规定》《华东理工大学全日制工程硕士研究生实践教学内容基本要求》《华东理工大学全日制工程硕士研究生安全教育》,并为每名研究生配发了《华东理工大学全日制工程硕士研究生实习手册》,以便对其实践过程进行有效跟踪,对整个实践教学环节进行考评,保证了实践教学的质量。

为加强全日制工程硕士研究生的工程实践管理,学院专门设立了工程硕士班,建立了工程硕士实践团队,形成了学校、企业、学生之间的交流、发展平台。学院还制定了详细的工程实践流程,组织专家组对研究生的总结汇报进行考核,指定研究生辅导员为实践环节联系人,并为每个工程实践团队设置负责人,使学生在学校导师和企业导师的指导下完成工程实践过程。通过实践基地培养,全日制工程硕士研究生可以较好地掌握工程开发、工程设计或工程应用的基本技能,具有相对独立地完成工程实践工作的能力。

我们在工程实践基地管理过程中开展了信息管理平台建设,通过信息平台对工程硕士研究生实践各阶段进行动态跟踪、管理和分析。该平台体现了学校、基地、管理部门和工程硕士研究生四方的互动,具有相应的管理、考核功能和学生交流、讨论学习心得的功能。我们通过过程管理、节点评价、实践总结及公开答辩等方式,进行实践教学评价,保障实践教学质量。另外,为了有效保障实践教学的开展,学院进行了一系列的探索性工作,取得了显著的成效,保证了实践教学基地建设工作的顺利完成。

(三)建立工程实践评价指标体系

工程实践评价指标体系主要包括实践形式、实践内容、实践管理和实践特色等,目的是评价专业实践的内容是否满足培养要求,专业实践与所在领域的工程相关性,通过实践所解决问题的深度和广度,以及专业实践对学生工程实践能力和工程素养的培养作用。

实践形式为有组织的校外企业基地实践,专业实践与化学工程领域具有工程相关性。在基地完成的课题对研究生工程素养和工程实践能力的培养有明显作用,且课题体现了较高的工程水准。实习企业安排了专人指导。

实践内容可以是工程或项目管理、产品研发、工程设计和应用研究。工程或项目管理要求研究生针对存在的问题设计解决方案,并对该解决方案进行案例分析和验证,或进行有效性和可行性分析。产品研发为新产品的研发或设备技术改造及对国外先进产品的引进、消化、再研究。工程设计为针对具体的工程项目、设备、装备或工艺进行设计。应用研究需具有明确的工程应用背景,属于新理论、新方法、新技术、新产品等的应用研究。工程实践的课题应来源于工程与项目管理中存在的实际问题,具有一定的广度和深度,具有较高的技术含量,有一定的难度及工作量。

实践成果为提交论文、工程技术报告、工程总结报告和专利等,提交的实践成果应得到良好的社会评价。对于国内/国际发明/实用专利(申请、公开、授权),研究生应为专利的主要完成者。在产品研发方面,研究生应独立或合作完成一个产品的设计、研究及实现,且产品的社会和经济效益良好。实习期间能够被证明是实践者独立或合作完成的其他有显示度的成果也可作为实践成果,但应对公司发展具有贡献(或潜在贡献)或潜在的社会效益。

实践管理要求工程实践有严格的计划,有校

企专人负责；安全、保险、保密、经费等关联措施健全，规定明确；有开题审核、中期检查、结束考评等完备的过程考评机制并严格实施，实践结束有规范的结题报告。每一份实践结题报告都要有具体的评分，以明确考核研究生能力的提升。工程实践应不少于3个学分，时间累计不少于半年。

实践特色为实践创新和学生发展等。实践创新为研究生参加国际、国内科技竞赛并获高等级奖励。学生发展体现在学生被实践、实习单位录用，或以实践取得的经验及成果进行自主创业。实践与就业要有关联度，实践成果应得到用人单位的认可。

三、发挥实践基地作用，提升工程硕士研究生的工程创新能力

（一）提升工程创新能力，产出显著的实践成果

实践基地应与研究生培养单位有稳定的产学研合作关系，这是由实践基地在工程硕士研究生培养过程中应该承担的责任所决定的。企业与学校有稳定的合作关系，能够提供适合工程硕士研究生开展实践活动的相关专业项目、研发课题或成果转化与推广的条件。双方应有完善的合作交流机制，尤其在人才培养方面具有共同的意愿。实践基地应对参与工程硕士研究生的培养具有高度的责任心，并不断提升自身的人才培养能力，完善研究生工程实践训练计划，改进指导过程，提高研究生工程实践质量。如在中石化上海工程有限公司实践的过程中，研究生跟随企业导师参与了一系列大型项目的设计和实施工作，在导师的指导下，充分应用所学专业知识积极参与企业的工程项目设计和建设，发挥自己的聪明才智。在参与10万吨/年马来酸酐工艺包开发过程中，研究生的实践成果“一种碳四氧化加氢制BDO的新方法”与“一种吸收马来酸酐的新溶剂”申请了国家发明专利2项。工程硕士参与的项目在后期验收中取得了一系列奖项，如年产28万吨大型苯乙烯关键设备工程技术开发应用获得上海市科技进步一等奖，年产30万吨高密度聚乙烯环管反应器技术获得中国石化科技进步二等奖，年产40万吨PTA技术改造工艺包及成套技术获得中国石化科技进步一等奖等。

我校化学工程领域工程硕士有3人被评为全国第一、第三届全日制工程硕士工程实践优秀成果获得者。如肖晓玲针对汽车内饰专用热熔胶网膜长期依赖进口的局面，开展了“汽车内饰用热熔胶网膜的制备方法与工艺研究”。相关成果获得国家发明专利授权，被企业采纳并实现工业化生产，大大提高了企业的生产效率，所得网膜产品质量达到国际先进水平。经过两年的发展，目前该企业的热熔胶网膜产品在汽车内饰领域的市场占有率位居全球第一，产品绿色环保，经济效益十分显著。她的实践成果共获得2项中国发明专利授权证书，其发表了3篇国际学术论文，其中SCI收录2篇。几年来，我校化学工程领域全日制工程硕士毕业生受到中石化上海工程有限公司、中石油寰球（上海）、中石化宁波工程公司、上海国际化建工程公司、埃克森美孚、巴斯夫等业内重点单位的欢迎。

（二）提升工程素养，培养工程伦理观念

工程伦理教育是工程硕士研究生培养的重要组成部分。随着化工行业的科技进步和发展，化学工程领域工程硕士越来越受到企业的青睐，需求量正在逐年增加。不久的将来，他们将成为化工类专业技术和管理的中坚力量，提高其工程伦理素养刻不容缓。在化学工程领域工程硕士培养过程中，我们把工程伦理要素放在重要地位，为培养更多具有优秀工程素养、德才兼备的高层次工程技术人才创造条件，使其能够在今后担负起保护公众健康的使命，担当社会责任，公正、有序地开展工程技术工作。在工程实践中，研究生通过接受安全、环境等现场研究、模拟训练、企业文化等项目培训，可以强化工程伦理意识，正确处理好个人利益与公众利益、经济利益与社会利益、现实利益与长远利益，为今后的职业发展打下坚实的基础。

工程硕士研究生在至少半年的企业实践中，参与工程实践项目，了解企业的文化、愿景，知道了什么是工程伦理。他们结合工程实践过程，体会到企业做工程项目不仅仅是为了赢利，更重要的是为国家创造价值，为社会创造（下转第82页）

[3] 赵萍.增强高校新生班级凝聚力建设的路径探究[J].现代商贸工业,2017(33):135-136.
[4] 刘金库,张婧玉,卢怡,等.以应用型化学专业课为载体,强化学生的责任意识[J].化工高等教育,2017,35(1):22-25.
[5] 黄小萧,胡小石,闫牧夫,等.浅谈如何调动本科生学习的积极性[J].热处理技术与装备,2016,37(5):84-86.
[6] 吕伟东,王慧婷.试析学校与家庭在大学生心理健康问题干预中的“一致性”[J].高等理科教育,2017(3):87-90.
[7] Nick Josephs. Industry-student interaction a triumph for student interest and education[J]. Preview, 2015(176):29-34.
[8] Sue Greener. Structure, people and power in communication technologies[J]. International journal of continuing engineering education and life-long learning,2015,25(1):53-62.
[9] 李莉.对高等院校试行的“无手机课堂”活动的思考[J].校园心理,2017,15(5):383-385.

(上接第40页)便利,为人民创造财富。这是企业的社会责任和价值观,对研究生的工程伦理意识起到了潜移默化的提升作用。企业导师通过指导研究生,增强了学生的工程实践能力,将保护公众健康与安全的伦理意识与社会责任感及维护社会公平、保护生态环境的知识传授给学生。企业实习培养了学生的实践能力,企业导师和项目组工程师的言传身教使学生体会到了一名化学工程师所必需的职业素养和社会责任。学生体会到坚持可持续发展有利于实现人与自然、社会的协同进化,有利于协调社会各群体之间的利益关系,促进社会共享、和谐发展。

四、结语

工程专业学位研究生联合培养基地的建设是培养造就创新型工程科技人才队伍的需要。提高企业自主创新能力,提升国家的国际竞争力,关键在于高层次人才的培养。我们将进一步开展工程硕士培养实践与探索工作,研讨工程实践与实践单位重要项目相结合的实践学习机制,提升研究生参与重点项目的能力,培养学生对本领域与其他领域知识的学习、交叉应用和协同创新能力。我们将继续加强校企合作,形成优良的全日制工程硕士专业实践的培养机制,为我国经济建设发展培养高层次应用型人才。 (文字编辑:李丽妍)

参考文献:

[1] 中华人民共和国教育部.教育部关于做好深化专业学位研究生教育综合改革试点工作的通知:教研函2015[2]号[A].
[2] 沈岩,秦颖超,高彦芳,等.推进综合改革创新培养模式提升教育质量满足社会需求——工程硕士专业学位研究生教育综合改革试点工作总结[J].学位与研究生教育,2014(2):5-8.
[3] 辛忠,吴艳阳,徐心茹.美国ABET认证与工程师注册制度对工程教育的作用机理[J].学位与研究生教育,2016(4):74-77.
[4] 吴艳阳,徐心茹,辛忠.中美化学工程类专业硕士培养方案比较分析[J].化工高等教育,2016(3):34-40.
[5] 全国专业学位研究生教育指导委员会.专业学位类别(领域)博士、硕士学位基本要求[M].北京:清华大学出版社,2015:180-185.
[6] 郑世良,王景伟,徐玲,等.抵及核心:全日制工程硕士研究生实践能力培养体系研究[J].学位与研究生教育,2017(12):23-27.
[7] 彭说龙,缪文财.基于用人单位需求的全日制工程硕士实践能力分析[J].研究生教育研究,2015(4):74-80.
[8] 陈小平,罗文标,曹蔚,等.全日制工程硕士研究生培养基地建设的思考与实践[J].学位与研究生教育,2012(2):46-49.