

面向新工科的 石油工程专业改造升级路径研究与实践

冯其红 王志华 齐宁

【摘要】新一轮科技革命和产业变革加速演进,我国石油工业发展处于转型变革的关键时期。在充分分析油气行业产业升级对石油工程专业人才需求的基础上,中国石油大学(华东)石油工程专业聚焦新时代石油工程师的核心素养,构建了“五新”人才培养体系:即构建新知识结构、探寻新成长路径、实施新教学方法、提升新工程素养、完善新协同机制,形成了传统特色行业工科专业新工科建设方案,为我国石油工程专业新工科建设提供了参考和借鉴。

【关键词】新工科 石油工程专业 改造升级 专业建设

当前,新一轮科技革命和产业变革加速演进,正在改变和颠覆传统产业。服务国家战略发展新需求,支撑服务产业转型升级和经济发展动能转换,适应以新技术、新产品、新业态和新模式为特点的新经济,迫切需要深化高等工程教育改革。^[1]在能源生产与消费革命持续推进的形势下,我国石油工业发展处于转型变革的关键时期,油气资源向深地、深水、非常规领域拓展,石油企业加速向数字化、国际化转型,为石油领域工程教育创新变革带来了重大机遇。

面对油气行业变革新趋势和高等教育发展新要求,传统的工程教育模式已不能更好地支撑石油行业新业态、新技术的发展,如何重新定位专业人才培养目标,重构课程体系,完善培养机制,系统构建符合新工科要求的人才培养体系,实现传统专业升级改造,既是应对油气行业发展的必然要求,也是石油高校必须承担的历史使命。

一、石油行业转型发展的主要特征

油气是事关国家能源安全的战略资源,习近平总书记作出重要指示,要求加大油气勘探开发力度,保障国家能源安全。整体来看,受社会经济发展和国内资源禀赋诸多因素的叠加影响,石油行业在未来一段时间还将保持加速发展趋势,并

呈现三大显著特征。

1. 油气勘探开发不断向深地、深水、非常规等领域拓展

根据中国石油经济技术研究院的数据,2020年我国石油和天然气的对外依存度已经上升到73%和43%。随着我国油气资源整体勘探程度的不断提高,常规油气资源减少,勘探开发的难度越来越大,加速向深地、深水、非常规等复杂领域拓展。目前中国油气勘探开发已经进入深层时代,新增油气田探明资源深度普遍达到4千米以上。深地、深水、非常规等领域已经成为当前和未来发展的重点,但是我国在这些领域还面临很多“卡脖子”技术难题,只有着力突破关键核心技术,才能抢占能源科技战略制高点。

2. “人工智能+”引领油气行业加速数字化转型

数字化正成为改变石油行业的核心因素,已成为整个行业的共识。BP集团、壳牌石油、斯伦贝谢之类的业界领头羊,无不在加速探索数字化技术在油气领域应用的种种可能^[2],实现生产效率的提高,打破现有的运营模式,促成公司战略和商业模式的变革。随着新一代人工智能技术在油气行业中的应用,智慧地质、智能物探、智能油田、

收稿日期:2021-06-20

基金项目:教育部第二批新工科研究与实践项目“行业变革背景下我国石油工程专业新工科人才培养体系的构建与实践”(E-KYDZCH20201815);山东省高等教育本科教学改革研究项目重点成果培育项目“产业升级驱动,校企协同赋能,构建石油工程专业新工科人才培养体系”(P2020009)

作者简介:冯其红,中国石油大学(华东)教务处处长,石油工程学院教授;王志华,中国石油大学(华东)教务处招生办公室副主任;齐宁,中国石油大学(华东)石油工程学院教授。

高精度智能压裂等技术,将大幅度提高探井成功率和油气采收率。^[3]

3. 石油领域国际竞争与合作不断深化

从2016年开始,我国成为全球最大原油进口国,油气对外依存度持续高位运行。中国从石油供需关系逆转到全球最大原油进口国,迫切需要加快“出海找油”,已建立了非洲、中东、中亚—俄罗斯、美洲和亚太五大油气合作区域,“一带一路”区域建设成为海外油气业务主要效益贡献区。^[4]为确保我国能源的稳定供应,未来石油企业还将进一步强化海外发展战略。在油企国际化战略实施过程中,专业化、国际化的高层次人才队伍已经成为影响企业国际化水平的重要因素。

二、能源转型背景下石油工程专业发展面临的问题

当前,传统石油工程专业人才培养模式、课程体系、课程内容、教学方法已不能很好地适应石油行业转型升级对人才培养提出的新要求,相关高校应主动识变、积极应变、主动求变,着力解决人才培养中诸多难题。

(1) 传统专业人才培养模式、知识结构难以支撑产业升级发展的新趋势、新业态,学生的专业能力特别是创新能力无法满足行业转型发展的需求。随着油气行业向深地、深水、非常规领域拓展,国际化运营、智慧油田建设等新业态的涌现,加速了石油工程领域专业知识体系的更新。同时油气资源获取难度的加大,不仅需要加强应用基础方面的长期研究,而且急需突破关键核心技术的制约,必须夯实学生基础培养以应对未来挑战。因此,高校应该及时调整专业培养方案,以行业发展为导向优化知识结构和课程体系,提升学生专业能力,探索多元化的人才培养路径,更好地适应行业发展新要求。

(2) 传统工科专业对学生的工程素养培养相对不足,难以完全适应工程师职业要求。油气行业是典型的高风险、高成本的行业,并与社会环境及公众利益紧密相关,对石油工程师的职业素养有着更高的要求。当前石油工程等传统工科专业普遍过于重视知识传授,对学生的质量意识、工程伦理、安全环保、职业道德等工程素养的培养不足。因此石油工程专业的新工科建设必须适应行业发展对人全面、综合发展的要求,强化对工程素养的渗透,提高学生职业胜任力,为成为适应行业发展的卓越工程师打好基础。

(3) 学科融合、科教融合、产教融合机制不够健全,育人资源分散、合力不足、效果不实,制约着高校创新性人才培养。如何将学科优势、科研资源、企业资源转化为人才培养的优势,构建深度融合的协同育人机制是实现新工科建设提高人才培养质量的关键。因此,一方面突出高校学科和人才集聚优势,增强服务产业发展的支撑作用,另一方面要发挥企业重要教育主体作用,形成精准协同联动机制,打造开放融合的生态体系,促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接,才能形成新工科人才培养的有效合力。

三、石油工程专业新工科建设方案设计

中国石油大学(华东)石油工程专业是全国最早开办的石油开发方面的工科专业,在长期的办学过程中始终面向行业发展,培养了大批行业领军人才。新的历史时期,石油工程专业以新工科人才培养改革为着力点,积极探索传统工科专业升级改造路径。

1. 石油工程专业培养目标重构

根据石油行业转型发展新趋势,面向中国石化胜利油田、东方地球物理公司等石油石化企业深入开展调研,分析了石油行业的转型升级对人才能力需求,按照“知识、能力、素养”三位一体的培养要求,重新定位了培养具备“强烈的家国情怀、宽厚的知识结构、开阔的国际视野、突出的实践创新和跨界整合能力”的现代石油工程新工科人才培养目标,进一步明确了适应未来石油行业发展的工程专业人才能力基本特征:

学科知识方面:扎实的基础理论和专业知识,具备多学科交叉复合知识、行业前沿知识。

专业能力方面:工程设计、创新、研发、复杂工程问题解决能力,研究和创造能力。

工程素养方面:工程伦理、团队协作能力、信息素养、质量意识、健康与环保等相关社会责任意识、创新创业能力、适应职业变化的终生学习能力与实践能力。

综合素质方面:领导力、家国情怀、全球视野、创造性思维、批判性思维、跨学科和系统思维。

2. 石油工程新工科建设方案设计

基于培养目标和人才能力特征,紧密对接产业链、创新链,以全周期工程设计能力为主线,系统构建了“五新”人才培养新体系。

构建新知识结构。以学生产出为导向,进一步细化毕业要求,加快人才培养方案迭代,重构课

程体系,更新教学内容,优化了适应行业发展专业知识结构。

探寻新成长路径。结合行业多样化人才需求和学生个人志趣,实施“拔尖型-复合型-国际型”分类培养模式改革,为学生搭建多元成长路径。

实施新教学模式。以石油工程全周期设计能力为主线,引入新理念新技术新方法重塑教学新环境,探索以问题为导向的教学模式,开展灵活多样的研究型、项目式、浸润式等学习方式,提升学生综合能力。

提升新工程素养。系统研究石油工程人才工程素养的内涵及特征,充分挖掘行业工程文化育人元素,构建石油工程文化特色育人体系,“以工程文化涵养工程素养”,持续强化学生工程素养。

完善新协同机制。整合多主体育人要素和资源,推进科研育人、校企合作,强化学科融合、科教融合、产教融合,构建“三融合”协同育人新机制。

四、石油工程新工科建设升级改造的实践探索

1. 面向行业前沿发展,构建石油工程专业新知识结构

石油工程专业主动面向产业发展需求,基于石油行业转型升级对人才知识、能力、素质提出的新要求,以学生产出为导向,构建适应新工科要求的新知识结构。

(1) 加快迭代培养方案。从2011年开始,专业坚持需求导向,以OBE理念为指导,遵循专业类国家教学质量和工程教育认证标准,深入调研论证,先后完成了3版人才培养方案的修订工作,进一步明晰了石油行业转型升级背景下未来石油工程师的知识能力素质三位一体的培养要求。以2020版方案为例,进一步精简学分,持续推进通专结合、专创融合、国际教育、工程文化育人等改革工作,同步启动教学大纲的修订工作,将毕业要求细化分解到每一门课程的目标,通过整体化的教学设计,明确教学内容、教学方式、考核评价对课程目标的支撑,从而实现课程对培养目标和毕业要求的支撑。另外,在培养方案的修订过程中,始终加强与行业企业的合作,聘请行业专家深度参与,确保培养方案与产业发展同频共振。

(2) 更新优化课程体系。针对石油行业向新领域拓展对学生基础培养带来的新要求,新方案强化了学生数理基础培养,比如在压缩专业总学分情况下保证基础课程学分不减少,由工程力学、

渗流力学等组成的力学类必修课程总学分达到12分,数学、物理、力学等课程比重由原来的23%上升到25%,进一步增强学生的发展后劲,同时增设数理基础选修课程模块,适应不同学生发展需求。针对行业领域的前沿发展,一方面增加体现行业最新发展的新课程,开设非常规油气地质、深水油气开发、非常规油气开采等课程,拓展“人工智能+”系列课程,率先开设油田大数据应用、油气人工智能等课程;另一方面升级课程内容,贯穿“人工智能+”的建设思路,从石油开发的全生命周期引入人工智能、大数据等内容,将传统石油开发工艺数字化升级产生的新技术新方法融入专业课程,同步加强配套教材建设,及时引入产业最新的技术和发展成果。

2. 坚持行业需求导向,搭建多元化发展新成长路径

石油行业转型发展对人才需求更加多元化,专业结合企业用人需求,以学生志趣为导向,积极探索分类培养模式改革,为学生搭建多元化发展成长路径。

(1) 聚焦行业对拔尖创新人才需求,实施本研贯通培养模式。选拔优秀本科生组建本研一体班,强化数学、物理等基础培养,构建本硕博一体化课程体系,实施“3+1+X”衔接模式;强化大师引领,聚集千人计划、长江学者、国家杰青、国家级教学名师等一大批高层次师资参与人才培养设计和教学工作;强化科研育人,建立重大项目研究为导向的能力贯通培养模式,各类省部级重点实验室、科研平台和科研项目面向学生全面开放,在本科阶段实现100%的科研参与经历,所有学生均参与完成创新项目1项。

(2) 适应行业数字化转型对复合型人才的需求,实施“人工智能+”交叉复合模式。面向石油工程专业学生开设“人工智能+”微专业,采用“必修+选修”的模式,必修课程为人工智能专业核心课程,同时开设若干以行业数字化转型发展、人工智能在石油开发领域应用为主的选修课程,重点培养熟悉人工智能技术,掌握人工智能技术在石油开发领域应用的复合型人才。为保障教学质量,微专业由石油工程学院和计算机学院联合组建教学团队,共同制定微专业培养方案、研制教学大纲、确定授课内容。

(3) 适应石油行业国际化发展,实施双学位国际化人才模式。针对石油行业海外战略主要分

布在“一带一路”沿线国家的特点,面向石油工程专业学生开设俄语、阿拉伯语等小语种强化班,并授予相应语种学位,培养熟悉相关国家语言、文化、法律的国际化工程人才。积极搭建国际化人才培养平台,与中海油联合组建全球战略人才班,培养通晓国际规则、具备国际竞争力的人才。

3. 推进新教学模式改革,提高学生工程实践和创新能力

在所有专业课程中全面推广研究型教学,借力信息技术与教育教学的深度融合,实施项目式、虚实结合的培养新方法,不断提升学生工程实践创新能力。

(1) 研究型教学:实施面向学习过程的教学方法改革,在专业课程中全面推广以问题为导向的探究式小班化教学,实施开放性、非标准答案考试,提升课程挑战度。如专业核心课“采油工程”设置工程设计与研讨、实验设计与实施两个环节,优选井筒流动保障、人工举升方案、增产增注措施等油田矿场工程案例,通过分组研讨、方案设计、答辩质疑等形式,强化生生互动、师生互动,打破课堂沉默,培养学生深度分析、大胆质疑、勇于创新意识与能力。同时利用信息技术优势,加强优质在线课程资源建设,实现了全部专业课程数字化资源建设,推进基于在线资源的教学模式变革,以7门国家级一流课程为引领,推动开展线上线下混合式教学、翻转课堂等教学方法,有效提高教学质量。

(2) 项目式教学:构建以石油开发工程项目为链条的模块化课程体系,实施基于项目、竞赛的4年不断线逐级递进的融合式学习模式,通过课程、竞赛、大创计划等载体,使课程与真实工程项目无缝衔接。目前专业组织开展了石油工程知识竞赛、智能化钻采模型比赛、“天然气开采与安全”综合创新设计大赛、结构设计大赛、石油工程设计大赛等竞赛,建成了项目式课程5门。通过将竞赛和项目式课程有机整合全面提升课程挑战度,强化了学生解决复杂问题的能力和创新能力,使学生能力得到逐级提升,增强学生学习获得感。

(3) 虚实融合式教学:针对石油行业集成度和智能化程度高的特点,借助信息技术优势开发了五大虚拟仿真资源和模拟实训装置,实施校内外结合、虚实结合的实习模式,解决实习进不了场、动不了手的专业普遍难题。通过虚拟仿真软件和模拟实训装置还原企业真实生产环境,让学

生在校内提前开展任务式实践教学,与现场实境训练相结合,有效提升了学生的工程实践能力。专业虚拟仿真资源建设取得了良好的效果,其中海洋深水钻井平台认知及关键作业程序实训和钻井与压裂虚拟仿真综合实训等2个项目获批国家级虚拟仿真实验一流课程,基于虚实结合的油气钻井装备仿真实训获批省级一流课程,并在多所石油高校推广使用,辐射示范作用凸显。

4. 赋能学生未来,以工程文化建设强化学生工程素养

新工科人才培养更要关注实现学生的全面发展,特别是对未来从事工程师职业至关重要的职业精神、工程伦理、安全意识、工匠精神、沟通交流等工程素养的培养,以及家国情怀、奋斗奉献等品格的培养。

(1) 构建工程文化育人体系,以工程文化涵养工程素养。石油工程专业在长期育人实践基础上,充分挖掘石油精神、大庆精神、铁人精神、行业文化等行业工程文化育人元素,结合企业质量文化以及高风险高成本行业特点所需要的工匠精神等,系统剖析高素质石油工程人才工程素养的内涵及特征,以课程建设、社会实践活动为载体,构建了具有石油工程特色的工程文化育人体系。通过理论与实践、课内与课外、校内与校外多层次、全方位的融合衔接,达到“工程文化涵养工程素养”的目标,以适应学生未来职业的变化与发展。

(2) 凝练工程素养核心要素,融入人才培养全过程。通过对毕业要求的细化,将工程伦理、职业精神、安全意识、沟通交流等工程师非技术能力进一步明确,有效支撑了工程教育专业认证标准相关要求;修订课程大纲,将非技术能力指标点落实到课程教学内容中,组织专业核心课程编制石油工程文化案例库,通过课程融合实现专业课程教学、教材建设和工程实践中渗透,将工程文化内化为学生的价值追求与行为准则;打造工程文化通识课程群,开设中外石油文化、石油工程与创新、工程概论、工程与社会、工程伦理等课程,实现四年不断线持续强化工程素养。

5. 精准协同联动,构建“三融合”协同育人机制

充分发挥学校学科、科研优势,汇聚企业、科研机构各方资源,全面推进学科融合、科教融合、产教融合,构建“三融合”协同育人机制。

(1) 强化学科融合。以石油与天然气工程国

家一流学科为牵引,面向重大科研领域和方向,大力强化学科交叉融合,推进“石油+人工智能、大数据、物联网”,成立智能油气田研究所、非常规能源研究院等高端交叉创新平台,组建数学、化学、物理、人工智能等多学科的交叉团队,为本科生开设交叉融合和前沿课程,构建教学科研融合创新平台。

(2) 强化科教融合。实施“学科、学位点、专业一体化”建设,统筹规划队伍建设、人才培养、科学研究、平台建设等各项任务,保障了本硕博一体化培养模式的实施;推进科研育人,完善科研资源和成果向教学资源转化的激励制度,鼓励教师将科研成果转化为课程、教材内容、实验项目、教学设备等;以科研项目为载体实施“三进计划”,让学生早进实验室、早进团队、早进项目,促进资源统筹、平台共享,提升拔尖创新人才培养质量。

(3) 强化产教融合。组建由专业教师、企业代表等组成的专业建设委员会,全面参与人才培养顶层设计、过程培养;联合塔里木、西南、长庆等相关石油企业共同开发和建设深地、非常规、致密油气藏等方面的课程和实践基地,以产业发展推动人才培养改革。依托中国石油天然气集团公司面向学校设立的重大科研专项,实施重大科研课题和项目开放机制,选拔优秀学生参与,实行校企复合导师制,通过真刀真枪的工程实战,提升学生

工程实践能力,促进校企产学研深度合作,形成同向合力的实践育人共同体。

五、结语

通过近十年的实践和探索,石油工程专业新工科建设取得了很好的建设成效,获批首批教育部卓越工程师试点专业,入选国家级一流本科专业,通过工程教育专业认证;新增国家万人计划名师1人,山东省黄大年式教师团队1个;新增国家级一流课程7门,国家级规划教材6部;建成国家级工程实践教学中心、实验教学示范中心和虚拟仿真实验教学示范中心各1个。近十年来,毕业生就业率在95%以上,签约毕业生中超过60%就业世界500强企业,培养了大批石油工程领域行业精英,强力支撑着油气行业的高速发展。

参 考 文 献

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):1-6.
- [2] 照时君. 中国石油业将迎来一场大考: 油气开采的深层时代降临了! [J]. 新能源经贸观察, 2019(3):35-37.
- [3] 刘嘉, 张焕芝, 杨金华, 等. 全球油气勘探开发形势及技术发展趋势[J]. 世界石油工业, 2019, 26(6):6-11.
- [4] 丁鹏, 张秀玲, 沈珏新. 中国石油“一带一路”“十四五”相关规划思考[J]. 石油规划设计, 2020, 31(6):1-4+62.

Research and Practice on Upgrading Path of Petroleum Engineering Program for Emerging Engineering

Feng Qihong, Wang Zhihua, Qi Ning

Abstract: Presently, a new round of scientific, technological, and industrial reform is accelerating. China's oil industry development is in a critical period of transformation. Based on fully analyzing the demand of professional petroleum engineers for oil industry upgrading, focusing on the core competencies of petroleum engineers in the new era, Petroleum Engineering program of China Petroleum University (East China) is developed with “5N” education systems: constructing new knowledge structure, exploring new growth paths, implementing new teaching methods, improving new engineering literacy, perfecting new coordination mechanism. A Emerging Engineering development strategy is formed for traditional engineering programs, which provides an example for the New Engineering construction of Petroleum Engineering programs in China.

Key words: emerging engineering; petroleum engineering program; transformation and upgrading; program construction

(责任编辑 黄小青)