

工程伦理与化工设计课程的融合

黄正梁, 蒋斌波, 胡晓萍, 王靖岱

(浙江大学 化学工程与生物工程学院, 浙江 杭州 310027)

[摘要] 文章探讨了如何在化工设计课程中融入工程伦理教育, 提出在化工设计课程教学中结合案例分析培养学生的工程伦理观念, 通过在大学生化工设计竞赛中设置与工程伦理相关的评分项, 引导学生按照化学工程伦理的要求和规范进行设计。工程伦理理念与化工设计课程内容的融合, 旨在增强学生的工程伦理意识与职业道德观念, 培养具有可持续发展理念和工程伦理素养的高素质化工人才。

[关键词] 课程思政; 化工设计; 工程伦理; 课堂教学; 学科竞赛

Integration and Practice of Engineering Ethics in Chemical Engineering Design Course

Huang Zhengliang, Jiang Binbo, Hu Xiaoping, Wang Jingdai

(College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University,
Hangzhou 310027, Zhejiang, China)

Abstract: This paper mainly discusses how to integrate engineering ethics education into the chemical engineering design course, and proposes to combine case analysis in the process of chemical engineering design classroom teaching in order to cultivate students' engineering ethics concept, and to add and strengthen the scoring items related to engineering ethics so as to guide students to design the whole chemical process according to the requirements and norms of chemical engineering ethics. The combination of engineering ethics notion and chemical engineering course is aim to raise the students' engineering ethics and professional ethics concept, as well as to cultivate the high-quality chemical engineering talents with sustainable development concept and engineering ethics literacy.

Key words: Ideological and political construction; Chemical engineering design; Engineering ethics; Classroom teaching; Discipline competition

在新一轮科技革命和产业变革的推动下,我国正加快建设新工科,探索形成具有中国特色、达

到世界水平的工程教育体系,促进我国从工程教育大国迈向工程教育强国。新工科建设的基本原

[作者简介] 黄正梁(1982-),男,高级实验师,博士;蒋斌波(1974-),男,副教授;胡晓萍(1961-),女,副教授,博士;王靖岱(1974-),男,教授,博士。

[通信作者] 蒋斌波, E-mail: jiangbb@zju.edu.cn。

则是“坚持立德树人,德育为先”,即全面贯彻党的教育方针,落实立德树人的根本任务。也就是说,高校要在育人过程中重视德育,将思政教育融入人才培养的全过程。

化学工程行业为人们的衣、食、住、行等国民经济的各行各业提供基础原料和先进材料,已经成为国民经济的支柱性行业。然而,由于传统工程教育中的工程伦理教育和思政教育缺失,化工人才的工程伦理意识不强,这就导致环境污染事故和安全生产事故频发,化工行业的可持续发展面临严峻挑战。相关从业者在工程伦理方面存在的问题主要有以下几点:1.社会责任和保护自然的意识淡薄,在工程设计、建造、运营等实践环节中重视技术问题,轻视工程引发的社会问题和环境问题;2.片面追求经济效益,忽视工程质量和产品质量,导致“豆腐渣”工程大量出现;3.安全生产意识薄弱,违章指挥,违规操作,直接造成安全生产事故或环境污染事故^[1]。

2018年,国务院学位委员会办公室正式下发了《关于制订工程类硕士专业学位研究生培养方案的指导意见》,将工程伦理课程纳入工程硕士培养的公共必修课,旨在传授工程伦理知识,培养学生的批判与反思精神,对其进行价值观教育。人是工程活动的主体,为了应对和解决化工行业普遍面临的环境伦理冲突和安全伦理冲突问题,高校要坚持以德为先,将思想政治教育和工程伦理教育融入化工人才培养的全过程,通过合理设置课程内容,强化学生的工程伦理意识和职业道德素养,从工程与安全、工程与环境、工程与责任、工程与可持续发展等方面开展伦理教育,推动化工行业的可持续发展。

根据国家对工程伦理课程设置的要求,将工程伦理知识融入现有课程体系或开设专门的工程伦理课程是强化工程师工程伦理意识和促进化工行业健康发展的重要路径。目前,浙江大学、华东理工大学等高校已开设了本科生工程伦理通识课程,探索了工程伦理教育的实施路径。然而,受制于师资力量等因素,这些探索经验尚不具备全国推广的条件。更重要的是,我们应该认识到工程

伦理教育不仅仅靠一门课就能完成,应该将其融入从专业理论课到实践环节的整个教学过程,贯穿学生专业学习的始终^[2]。

在化工专业的课程体系中,化工设计是一门实践性很强的综合性课程,该课程不仅涉及如何综合运用专业基础知识进行工艺过程、设备管线、仪表控制系统的设计、选型和布置,而且涉及工艺流程的经济性、操作性、合理性、可靠性与安全性评估等内容。除此之外,化工设计课程还设置了安全与环保专篇,讲述如何对化工建设项目进行安全评价和环境影响评价^[3]。可见,该课程的教学有助于解决化工行业迫切需要解决的环境伦理冲突和安全伦理冲突问题。鉴于此,我们尝试在化工设计课程教学各环节中融入并强化工程伦理元素,引导学生从工程伦理的角度思考问题,着力培养学生的工程伦理素养。

一、化工设计课程体系的革新

浙江大学化工设计教学团队构建了“课程教学+实践实训+竞赛体系”的进阶式课程体系,采用“互动探讨+主动学习”的教学模式,让学生在完成技术和经济上可行的工艺流程的设计过程中,获得将理论知识应用于实际生产的重要能力。我们通过课程教学和上机模拟,使学生掌握综合理论知识和设计技能;通过学科竞赛实训,以赛促教,采用设计技能训练和设计项目实践双轨并行的实践型教学方法,探索以学科竞赛为导向的专业课程教学模式。实践表明,课程建设卓有成效,该课程2010年获批“国家精品课程”,2014年获批“国家精品在线课程”。另外,我们首创的化工设计学科竞赛获得了中国化工学会和中国化工教育协会的支持,在教育部高等学校化工类专业教学指导委员会的指导下已成为全国性赛事,并于2018年进入学科竞赛排行榜,获得了全国兄弟院校的高度认可和广泛借鉴,引起了强烈的社会反响。

在化工学科和化工高等教育的发展趋势下,化工设计课程的教学和人才培养模式要从“以专业工程能力为核心”向“专业工程能力+工程伦理素养”转变,以期强化学生的创新能力、工程实践

能力和工程伦理素养。在该模式下,我们通过在课程教学、实践实训中对工程伦理案例的分析和讨论,培养学生的工程伦理观念;通过在化工设计竞赛评价体系中强化与工程伦理相关的评分项,提高学生的工程伦理意识。

二、课程教学中融入工程伦理元素

传统的化工设计课程教学侧重于知识传授和技能训练,课程内容涵盖化工专业基础理论、现代(化工专业)设计方法与工具、化工设计工作程序和工作内容、设计文档编制方法等,以使学生在整体上掌握化工设计的全过程。该课程注重使学生掌握以流程模拟软件 Aspen Plus 为代表的现代设计方法与工具的学习和应用,并通过上机模拟实践进行强化^[4]。可见,课程教学中对设计程序和规范、安全与环境保护等内容的介绍较为简略。为此,化工设计课程教学团队从工程伦理的角度出发,结合具体案例,适当增加了对法律规范、本质安全设计、安全与环境保护等问题的分析和讨论,合理融入工程伦理元素,以培养学生的工程伦理素质。

(一)树立正确设计理念,坚持合法合规原则

工程设计理念正确与否决定了整个工程的成败。化工设计过程中需要遵循“将公众的安全、健康和福祉放在首位并注意保护环境”这一工程伦理的首要原则^[1]。化学工程师作为专业人员,比其他人更了解工程存在的潜在风险,因此在防范工程风险上具有不可推卸的职业伦理责任、社会伦理责任、环境伦理责任^[5]。在化工项目设计过程中,工程师不仅要考虑经济、技术、地理等因素,而且要充分考虑社会、环境、文化等相关要素,重视工程风险的社会评估和公众参与,如应从气象、地形、地质、水源及周边环境的角度综合考虑后确立项目选址,以避免项目对周边环境造成不良影响。在课程教学中,我们结合九江石化有关 PX 项目的案例对该知识点进行分析,引导学生树立正确的工程设计观念,在充分听取各利益相关者意见的基础上,进行广泛讨论和民主决策,寻求一个经济上、技术上和伦理上都可以被接受的最佳方案。

化工设计过程应严格遵循相关的法律、法规和标准,坚持合法合规的设计原则十分重要。为

了预防危险化学品事故,我国已经建立了较为完备的法律、法规和标准体系。如管道设计尺寸选择及设备选型和规格必须严格遵循国家标准或化工行业标准,车间和化工厂设计还必须遵守消防、环保、防雷、防震等方面的有关规定。按照标准规范进行设计,不仅可以在技术上保证化工项目的安全性,还能将安全风险控制在较低的水平。如果违规设计,一旦发生安全或环保事故,必然会追究设计工程师的责任。在课程教学中,我们结合 2019 年江苏响水“3·21”特别重大爆炸事故等案例进行分析讨论,让学生了解规范设计的重要性。

(二)增强绿色化工理念,倡导本质安全设计

绿色化工与本质安全设计具有相似的理念,二者均提倡从工艺设计源头开始治理。绿色化工是指结合清洁生产工艺技术和设备的革新,开发新型绿色化工产品,把环境污染和能源、资源消耗降到最低,其重在通过提高化学反应的原子经济性实现源头治理^[6]。本质安全设计是指通过采取重大危险辨识、量化风险评估、本质安全审查、合理控制风险等措施,尽可能地主动消除和避免因人为失误、设备失效等导致的化工过程风险,实现本质安全最大化和工程风险最小化^[7-8]。遵循绿色化工理念,通过本质安全设计合理降低化工过程风险,避免事故对社会公众的伤害和对环境的污染,这是实现化学工业可持续发展的必由之路,也符合工程伦理所倡导的行为准则。

在工艺开发、基础设计、详细设计等化工项目设计的不同阶段,越早进行本质安全设计,成本越低,难度也越小^[7]。化学反应是化工过程的核心,工艺开发阶段的关键是选择合适的反应原料、反应路线和反应条件,以降低安全风险,减少环境污染。如采用绿色原料代替毒性大、危害性大的原料和选用环境友好的反应工艺技术、温和的反应条件等,都能提高资源的利用率、减少“三废”排放量。对化学反应过程的危险性进行定量评估是化工设计中特别重要的环节。2017 年 1 月,国家安全监管总局发文要求“开展精细化工反应安全风险评估,确定风险等级并采取有效管控措施”。在课堂教学中,我们结合 2017 年浙江绍兴林江化工

股份有限公司爆燃事故等案例进行分析讨论,向学生展示安全风险评估的必要性。除此之外,量化风险评估还可用于气体泄漏事故后果模拟、抗爆控制室设计、储罐火灾辐射热影响范围及强度模拟计算等领域。

在基础设计和详细设计阶段,我们在课程教学中引入一系列案例让学生了解如何防范工程风险,包括:采用新设备、新技术(例如微通道反应器)来减少设备内储存的危险化学品质量;通过加强设备可靠性,增强本质安全;采用联锁控制、仪表保护系统及其他工程控制措施等^[7]。然而需要注意的是,本质安全设计最根本的原则是合理降低风险而非过度降低风险,这是因为在优先考虑事故预防原则的同时,也要考虑可操作性和经济合理性。一般来说,国家法律法规和标准规范是合理控制风险的主要依据,也是最低要求。是否要高于国家标准进行设计,也是一个值得探讨的工程伦理问题。

(三)提高安全环保意识,做好环境信息公开和责任关怀

化工过程涉及有毒有害化学品的处理,生产过程中会产生一定量的废气、废水和固体废物,容易引发火灾和爆炸事故,具有很大的危险性。鉴于安全生产和环境保护的重要性,我国不仅制定了完善的规章制度,不断研发与化工工艺相适应的安全生产技术和环境保护技术,而且强制要求化工项目在建设之前必须通过安全评审和环境评审。然而,出于经济利益等因素的考虑,在实际化工项目设计、施工、运行等各个环节中,一些企业往往没有严格遵守相关的规范、规程、条例和标准,从而导致安全事故频发,这严重制约了化工行业的可持续发展。要解决这一问题,关键在于提高化工行业从业者的工程伦理意识,真正做到将保护社会公众的安全、健康和福祉放在首位,促进安全生产和环境保护的协调发展,进而实现经济效益、社会效益和环境效益的最大化。

为此,我们在化工设计课程中设置了专门的章节讲述化工安全生产和环境保护的相关内容,并适当增加课时,通过对安全环保相关事故案例

的分析和讨论,提高学生的安全环保意识,实现化工设计与工程伦理的有机结合。如我们通过对2005年中石油吉林石化双苯厂“11·13”特大爆炸事故案例进行分析,引导学生认识化工装置安全生产和环境保护的重要性;通过对九江石化有关PX项目的案例进行分析,讨论“邻避效应”及化工项目的选址机制和原则,强调要做好环境信息公开,坚持信息透明化,消除信息不完全和不对称对公众心理和政府决策的负面影响;通过对《责任关怀实施准则》的解读,结合大型石化企业可持续发展报告和责任关怀报告,在学生群体中推广、普及“责任关怀”理念,提高学生对环境、健康和安全的认知度和行动意识,使他们能成为树立化学工业在社会中的新形象,从而推动化学工业可持续发展的新生力量^[1]。

三、在学科竞赛中强化工程伦理元素

在中国化工学会、中国化工教育协会、教育部高等学校化工类专业教学指导委员会等单位的大力支持下,截至2020年,由浙江大学牵头发起的全国大学生化工设计竞赛至今已成功举办13届,覆盖全国357所高校,每年有近万名学生参加。可见,该竞赛涉及面广,影响力大。竞赛要求学生综合运用所学的化学工程知识,以创新为驱动,坚持绿色发展,为某大型化工企业设计一座分厂。设计作品包含项目可行性论证、工艺流程设计、设备选型及典型设备设计、车间设备布置设计、装置总体布置设计、经济分析与评价等内容。竞赛作品评价标准由设计文档、工程图纸、现代设计方法应用和现场答辩四部分组成,分值分别为20分、20分、20分和40分,总分为100分。

全国大学生化工设计竞赛本身就包含了许多工程伦理的元素。在环境保护方面,竞赛要求选用先进的工艺技术和合理的工艺流程设计,以降低“三废”排放量,并通过能量集成与节能技术的运用来降低能耗,使项目符合《中国制造2025》中提出的绿色发展2025年指标要求。在安全生产方面,竞赛要求进行重大危险源辨识、危险性和可操作性(HAZOP)分析,并提出相应的安全措施,还要求总图布置遵循正确的标准及安全距离,以

降低工程风险。这与化学工程伦理所倡导的理念是一致的。与此相适应,竞赛评价标准特别是设计文档的多项评分细则与化学工程伦理问题相关。其中,与合法合规设计相关的评价指标包括:可行性报告的“建设规模及产品方案”部分要求进行产业政策等符合性分析、行业准入符合性分析、所在地或园区发展规划符合性分析(0.3分),初步设计说明书要求“总图布置遵循正确的标准及安全距离”(1.0分);与化工安全生产和环境保护相关的评价标准包括:工艺技术方案论证要求对不同技术方案的消耗、转化率、能耗、本质环保、本质安全、流程繁简等方面进行分析评价,开展过程节能设计及能耗计算,对安全环保措施及评价结果进行说明等。

为更好地将工程伦理教育与实践教学相结合,化工设计竞赛各环节的工程伦理元素需要进一步明确和强化。以往学生在参与竞赛的过程中,已经自觉地在按照相关要求和规范进行设计,但是由于评分标准的导向性不强,标准不够明确,学生可能还没有意识到这些指标关乎工程伦理,因此没有主动按照工程伦理的要求和规范设计作品。多所高校已经通过构建“课程成绩+保研名额+省级国家级奖项”的多元激励机制,激发学生参与竞赛的兴趣和热情。因此,我们建议充分利用化工设计竞赛的导向作用,通过修改并完善竞赛评价标准,突出工程伦理元素,提高学生的工程伦理意识,使其在设计过程中更好地践行工程伦

理理念。

(一)修改评分标准名称,突出工程伦理元素

具体修改内容包括:在初步设计说明书的评分标准中增加“在设计过程中遵循化学工程伦理的要求和规范”的小标题;对原“工艺技术方案论证”中的第三条评价标准“不同技术方案消耗、转化率、能耗、本质环保、本质安全、流程繁简等方面的文字说明,加2.5分,每条说明0.5分,5条及以上得满分”进行调整,将“本质环保、本质安全”单列为“选用本质安全、本质环保的工艺技术”,并将其作为工程伦理相关的评价内容之一。

(二)调整评价项目分值,倡导绿色化工设计理念

具体调整措施包括:原评分细则中可行性报告为6分、初步设计说明书为10分、设备设计文档为4分,总分为20分,考虑到可行性报告中“三废”排放量表(1分)与初步设计说明书中环境保护(含“三废”排放量表)有重复,建议将可行性报告的分值调整为5.5分,设备设计文档的分值调整为4.5分,并在设备设计文档部分增加“采用新设备和新技术加强设备可靠性,增强本质安全”的评分项,分值为0.5分;原“重大危险源清单及其相应安全措施”中“HAZOP分析”的分值为0.2分,可以调整为0.3分或更高。表1为原有评分标准和完善后的评分标准对比。由表1可以看出,新的评分标准明确并强化了工程伦理要素,以引导学生意识到需从源头上进行规范操作。

表1 初步设计说明书评分标准

现有评分标准(10 分)						
内容符合标准 HG-T 20688-2000	工艺技术 方案论证	过程节能 及能耗计算		环境 保护	总图布置遵循 正确的标准 及安全距离	重大危险源 清单及其 相应安全措施
1 分	5 分	1 分		1 分	1 分	1 分
新的评分标准(10 分)						
内容符合标准 HG-T 20688-2000	工艺技术 方案论证	在设计过程中遵循化学工程伦理的要求和规范				
		选用本质安全、 本质环保的 工艺技术	过程节能 及能耗 计算	环境 保护	安全性能	
					总图布置遵循 正确的标准及 安全距离	重大危险源 清单及其 相应安全措施
1 分	4.5 分	0.5 分	1 分	1 分	1 分	1 分

四、结语

新工科建设背景下,坚持以立德树人为根本,将工程伦理教育融入化工领域人才培养全过程,是培养高素质化学工程师和化工领军人才的重要途径。化工设计课程作为化工学科一门重要的综合性课程,覆盖了基础知识、工程设计、工程实施等化工全流程的知识。本文探索将工程伦理知识与化工设计课程相结合,通过课堂教学内容、实践竞赛环节和课程评价方式的革新,强化工程伦理要素,明确工程伦理要求,指导学生在化工设计和工程实施中时刻关注安全伦理、环保伦理、法律法规等工程伦理要素。此次实践和探索旨在更好地培养学生的工程伦理观念,为解决化工行业面临的工程伦理冲突问题提供有益的尝试。

(文字编辑:袁倩)

参考文献:

[1] 李正风,丛杭青,王前,等.工程伦理[M].北京:清

华大学出版社,2016.

[2] 于靖,徐心茹,周玲,等.在工程实践中强化化学工程领域工程硕士的工程伦理教育[J].化工高等教育,2018,35(5):6-10, 19.
[3] 陈砺,王红林,严宗诚.化工设计[M].北京:化学工业出版社,2017.
[4] 武成利,李寒旭,丁立明,等.化工类学生化工设计能力评价体系的建立[J].山东化工,2012,41(10):81-83.
[5] 孙洋,张恒力.工程伦理责任在化工实践教学体系中的探索与应用[J].山东化工,2019,48(5):180-183.
[6] 于靖,徐心茹,周玲,等.强化工程伦理教育,增强绿色化工理念[J].化工高等教育,2019,36(6):1-6.
[7] 田震.化工过程开发中本质安全化设计策略[J].中国安全科学学报,2006(12):4-8,172.
[8] 胡晨.用风险管理驱动本质安全设计[J].劳动保护,2013(10):15-17.

(上接第 27 页)实践能力方面,具有良好的效果。

同时,实验教学也有一些需要持续改进的地方。如在教学实践过程中,由于实验过程的损耗、操作误差等原因,还没有做到原料与产品的循环,废水处理能力也不足以做到零排放,因此实验操作设计和实验原料配制上还可以进一步改进。此外,由于学时数少、学生人数过多、实验装置台套数不足的限制,我们还不能做到让每一组学生都按磷酸工艺先后顺序来完成实验,这就导致学生工程化、系统化思维的培养还不到位。今后,该实验项目将在实验顺序等课程安排上进行优化。

(文字编辑:袁倩)

参考文献:

[1] 李秀军,宁雷,徐菊美,等.具有先进控制和工程特色的化工专业实验装置的建设[J].化工高等教育,2020,37(6):109-111, 119.
[2] 林健.工程教育认证与工程教育改革和发展[J].高等工程教育研究,2015(2):10-19.

[3] 中国工程教育专业认证协会.工程教育认证化工与制药类专业补充标准[EB/OL]. <http://www.cceaa.org.cn/main!newsView4Simple.action?menuID=01010702&ID=100613>.
[4] 倪邦庆,刘学民,蒋建中,等.轻工特色的化学工程与工艺专业实践教学体系建设[J].广东化工,2019,46(402):201,207.
[5] 林喆,秦志宏,朱俊生.基于工程教育专业认证理念的化工基础实验教学改革[J].化工高等教育,2019,36(5):61-63, 92.
[6] 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):45-49.
[7] 林健.工程教育认证与工程教育改革和发展[J].中国高教研究,2015(2):10-19.
[8] 张宁,张燕红,关国强,等.新工科背景下能源化工专业实践教学探索[J].化工高等教育,2020,37(5):107-110.