

新工科背景下工程伦理素养评价指标体系构建与应用

——基于马斯洛需求层次理论的分析

熊 飞

武汉工程大学, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年12月10日; 录用日期: 2023年1月5日; 发布日期: 2023年1月12日

摘 要

新工科时代要实现新工科人才的全面发展, 工程伦理素养的培育是关键。工科硕士应在工程伦理认知、技能和实践上做好准备, 全面提高自身的工程伦理素养。本文在明确工程伦理素养内涵的基础上, 基于马斯洛需求层次理论和Python软件的词云协助法, 建构了由职业胜任、正直与责任、公平公正、维护社会公众利益和坚持可持续发展5个一级指标和31个观测点组成的工程伦理素养评价指标体系, 并运用熵权法加以赋权。利用灰色关联法对526名工科硕士的工程伦理素养水平进行测度, 并提出提高工程伦理素养的几点建议。

关键词

工程伦理素养, 新工科人才, 工科硕士, 评价指标体系, 灰色关联法

Construction and Application of Evaluation Index System of Engineering Ethics Literacy under Emerging Engineering Background

—Analysis Based on Maslow's Hierarchy of Needs

Fei Xiong

Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

Received: Dec. 10th, 2022; accepted: Jan. 5th, 2023; published: Jan. 12th, 2023

Abstract

In the emerging engineering era, the engineering ethics literacy is crucial to realize the all-round development of new engineering talents. Engineering masters should be well prepared in the cognition, skills and practice of engineering ethics, and improve their own engineering ethics literacy. In this paper, on the basis of clarifying the connotation of engineering ethics literacy, based on Maslow's Hierarchy of Needs theory and Word cloud assistance method of Python software, the evaluation index system of engineering ethics literacy is constructed, which consists of five first-level indicators and 31 observation points, namely, professional competence, responsibility and integrity, fairness and justice, maintaining social public profit and persisting in sustainable development. The entropy weight method is used to assign the weight. Using the grey correlation method to measure the level of engineering ethics literacy of 526 engineering masters, this paper puts forward some suggestions on improving engineering ethics literacy.

Keywords

Engineering Ethics Literacy, New Engineering Talents, Engineering Master, Evaluation Index System, Grey Correlation Method

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2016年12月,习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出,“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切,对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈[1]。”面向新一轮科技革命与产业变革、支撑服务创新驱动发展和“中国制造2025”等一系列国家重大工程战略快速推进的时代背景,新工科建设应运而生,掀起了我国高等工程教育的一场质量革命。那么,伴随高等工程教育的重大转变与调整,从传统工科到新工科,我们究竟需要培养出什么样的新工科人才呢?新工科建设作为一种以成果为导向的工程教育新模式,强调培养人才的实践能力、学科交叉能力、团队协作能力和创新能力。然而,正如爱因斯坦所说,学生只具备专业能力和工作能力是远远不够的,还应该使学生对基本的伦理素养和道德价值观有所理解,学生必须对美和道德上的善有明确的洞察力和辨识力[2]。

未来的工程师应该成为受过全面教育、有全球公民意识和在公众事务中有领导能力的人,而首先应该成为一个具备良好的伦理素养和道德自觉的人[3]。新工科人才是新时代的建设者和未来工程师的主力军。重视和开展新工科人才工程伦理素养的教育教学和科学研究,是培养具有较高职业道德和伦理意识的未来工程师的前提和关键。目前,国内外有关工程伦理素养的研究主要集中在对工程伦理素养的内涵、构成要素、阐释其理论价值和政策意义等方面,而对于工程伦理素养的质性与量化评价和科学测度的研究鲜有涉及。

2. 工程伦理素养的概念

工程伦理的概念界定通常涉及对“工程”和“伦理”这两个概念的理解。工程是人类为满足自身需求有目的地改造、适应并顺应自然和环境的活动[4]。伦理是在处理人与人、人与社会和人与自然相互关系时应遵循的道理和准则,它所指向的是社会秩序或社会法度,它以社会生活的正义秩序及其实现为核

心[5]。国内外学界普遍认为,大力加强工程与伦理的对话,努力推动和促使工程伦理学大发展,加强对新工科人才工程伦理素养的培育,提升新工科人才的社会责任感,无论对工程界、伦理学界还是对新工科人才培养都将是意义重大和影响深远的事情[6]。

工程伦理的研究发轫于美国,学者们将工程伦理的内涵等同于工程师的职业伦理。美国伦理学家 Mike W. Martin 与工程师 R. Schinzinger 于 1983 年最早界定了工程伦理学,他们认为工程伦理学指从事工程的人所认可的责任与权利、所渴望的理想与个体义务以及所期待的决策、政策和价值[7]。美国哲学家 Harris 认为,工程伦理是职业伦理而不是个人道德,他还首次在工程伦理的概念中植入了“预防性伦理(Preventive Ethics)”的理念,强调通过颁布消极的规则来保护公众免受由工程师不当专业行为和技术带来的有害影响[8]。工程学学者 Nicole M. Smith 认为工程伦理素养是工程素养和伦理素养的有机组合,具备优秀的工程伦理素养的人必须有对工程风险的敏感性、对自然的尊重、对公共利益的承诺以及熟悉工程技术运用的社会环境[9]。工程学学者 Katherine C. Chen 通过探讨工程师面临的道德困境和由美国国家职业工程师学会(National Society of Professional Engineers, NSPE)制定的工程师道德规范,提出提升工程伦理素养应当注重培育工程师的职业道德责任、个人价值观和对企业社会责任的关注[10]。

国内的工程伦理研究起步较晚,至 1999 年肖平出版的专著《工程伦理学》,标志着我国工程伦理学的诞生[11]。我国学界普遍认为工程伦理的内涵是“工程”与“伦理”的有机结合,但是学界对工程伦理是“谁”的伦理和对工程伦理的内涵界定却各有不同[12]。工程院院士朱高峰认为工程伦理是阐述和分析工程与外界之间关系的道理[13]。哲学家李伯聪认为,在工程伦理学中,工程共同体成员—工程师、管理者、工人和利益相关者的个体伦理是微观伦理问题,有关企业、组织、制度、行为和项目等的伦理问题是中观伦理问题,而宏观伦理则是指国家和全球尺度的伦理问题[14]。哲学家余谋昌认为,工程伦理是工程技术人员在工程活动中,包括工程设计和建设以及工程运转和维护中的道德原则和行为规范[15]。哲学学者宁先圣认为工程伦理素养是工程师在寻找、分析和解决工程问题、职业道德和责任心以及与工程团队友善共处等方面的意识、能力和修养[16]。工程学学者袁承志认为优秀工程师应具备的工程伦理素养强调以人为本、关爱生命、关爱自然和公平正义的理念[17]。

结合以上国内外的研究,工程伦理素养是具备工程实践的伦理意识,善于利用伦理原则、底线原则与相关具体情境相结合的方式化解工程实践中的伦理问题,善于听取多方意见实现工程共同体内部协调决策,及时修正工程实践涉及的相关伦理准则和规范,并有助于建立相关伦理保障制度的思维与能力。

3. 工程伦理素养评价

20 世纪 60 年代,伴随工程伦理研究在美国的兴起,学界逐步展开了工程伦理的评价研究。然而,学界较多关注的是工程素养评价,仅在研究内容中涉及到工程伦理素养评价的内容。伦理学学者 Diana Adela Martin 考察了爱尔兰 6 所高等教育机构 23 门工程类课程,运用案例研究法对 132 位学生进行了访谈,研究发现理解工程技术原理、制定工程方案达成目标和团队合作是工程素养核心评价标准[18]。学者林静通过考察美国国家教育进步评价体系,发现技术和社会、设计和系统以及信息和通信技术是技术与工程素养评价的核心内容[19]。周玲基于工程知识、工程能力、工程意识和工程伦理 4 个维度对高校工科学生工程素养进行问卷调查,研究发现学校层次、学生性别、父母的受教育程度以及家庭年收入均对学生的工程素养水平有显著的正向或者负向影响[20]。

综合前述文献分析可知,现有的研究鲜见专门针对工程伦理素养进行的评价研究,更缺乏统一框架下系统和完整的实证研究成果。在以往文献研究的基础上,采用高校实地调研数据,对新工科专业学生的工程伦理素养进行实证分析,从而为更好提升未来工程师的工程伦理素养水平和促进国家新工科建设提供有力的实证数据支持。

4. 工程伦理素养评价指标体系的构建

建构工程伦理素养的评价指标体系要遵循的原则主要涵盖三个方面。一是全面性原则，即工程伦理素养是具备从工程实践伦理意识、化解工程实践伦理问题、实现团队协调决策到修正工程实践伦理准则并建立遵循工程实践伦理准则保障制度的一个完整流程的能力。工程伦理素养评价指标体系应基于一体化流程找到关键因素，实现指标体系的科学建构。其次是简便性原则，即要在考量多种定量研究方法的基础上，择优选取简便可测的指标和观测点，数据标准化与指标权重的运算公式易于操作。三是服务未来职业需求原则，即工程伦理素养的评价指标的选取要同学生所学专业、未来可能从事的职业与所处行业的实际需求紧密结合。

4.1. 理论模型的构建

马斯洛把需求分成生理需求、安全需求、社会需求、尊重需求和自我实现需求五类，依次由较低层次到较高层次。基于人类需求层次理论，结合美国职业工程师学会制定的工程师伦理准则，比如将公众的安全、健康和福祉放在首位[21]等，建构了由职业胜任、正直与责任、公平公正、维护社会公众利益和坚持可持续发展组成的，从低阶素养到高阶素养的工程伦理素养评价理论模型，见图 1。

4.2. 评价指标体系的构建

工程伦理素养评价指标体系的建构是一个兼备科学性、复杂性和模糊性的个体认知的过程。基于工程伦理素养评价理论模型，为了最大可能地避免主观上的疏漏与偏颇，采用定性与定量相结合的方法选择二级指标和观测点。在中国知网和 Web of Science 数据库上查阅核心期刊文献，并运用 Python 软件的 Text Rank 算法进行了关键词词云生成。进一步结合新工科人才培养的具体要求，运用专家会议法，邀请了工程学、伦理学、教育学、社会学和管理学等学科领域的有关人士进行了在线座谈。根据他们的意见和建议，对上述核心词汇进行了筛选、优化和聚类，舍弃了与评价目标关联性较低的指标，补充了遗漏的重要指标，建构了相对科学合理的工程伦理素养评价指标体系，见表 1。

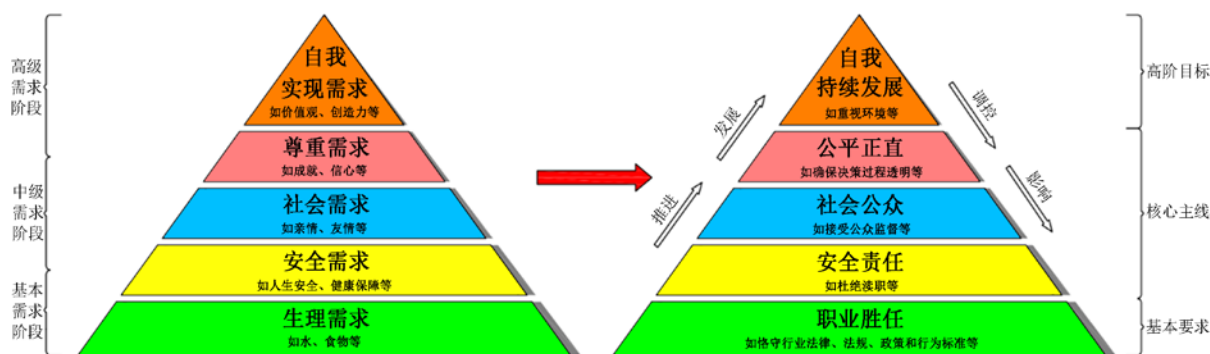


Figure 1. A theoretical model of engineering ethical literacy evaluation based on Hierarchy of Needs theory

图 1. 基于需求层次理论的工程伦理素养评价理论模型

Table 1. Evaluation index system of engineering ethical literacy

表 1. 工程伦理素养评价指标体系

一级指标	二级指标	观测点
A ₁ 职业胜任	B ₁ 基本伦理准则	C ₁ 恪守行业法律、法规、政策和行为标准
		C ₂ 遵循工程师共同体协同互助原则
		C ₃ 在自己资质与能力范围内提供专业服务

Continued

A ₂ 正直与责任	B ₂ 持续专业学习	C ₄ 在整个职业生涯中持续学习法律、法规、政策和专业知识 C ₅ 在整个职业生涯中持续提升自己的专业能力和操守 C ₆ 为行业学会和其他工程师的专业发展提供帮助 C ₇ 任何时候都以用户的合法利益为行动指南
	B ₃ 正直	C ₈ 完整忠实地提供专业服务 C ₉ 杜绝欺骗、渎职、贿赂、腐败和抄袭
	B ₄ 责任	C ₁₀ 承担对公众、用户、委托单位和合作单位的责任 C ₁₁ 承担行业的社会责任 C ₁₂ 承担工程错误或疏漏并及时改正 C ₁₃ 履行承诺与保证
	B ₅ 公平	C ₁₄ 坚持基于质量的选择的理念 C ₁₅ 将信息公平地提供给应该知晓这些信息的利益相关者 C ₁₆ 杜绝无意或有意地做任何会损害他人声誉或业务的事情 C ₁₇ 公正和中立地提供专业判断、服务和决策 C ₁₈ 确保决策过程透明
A ₃ 公平公正	B ₆ 公正	C ₁₉ 向利益相关者充分披露可能出现的任何潜在的利益冲突 C ₂₀ 始终将公众的安全、健康和福祉放在首位
	B ₇ 维护公众利益	C ₂₁ 接受公众监督 C ₂₂ 考虑全部利益相关者的利益
A ₄ 维护社会公众利益	B ₈ 维护社会利益	C ₂₃ 利用专业知识和技能促进社会发展 C ₂₄ 借鉴先进做法预防社会灾害 C ₂₅ 保护文化的、古老的和民族的遗产
	B ₉ 绿色工程	C ₂₆ 工程实施应最大限度提高资源和能源以及时间和空间利用率 C ₂₇ 保证工程实施所使用的材料和能源是无害和可再生的 C ₂₈ 工程实施应坚持防止废弃物产生优于废弃物处理原则 C ₂₉ 重视环境和自然资源的可持续管理
A ₅ 坚持可持续发展	B ₁₀ 环境可持续发展	C ₃₀ 理解工程专业对可持续发展的贡献 C ₃₁ 促进可持续工程设计、施工及维护的不断改进

职业胜任是工程师能够承受或者担任工程实践工作应具备的基本伦理素养，该指标主要考察工程师是否认同职业的基本伦理准则和是否能够持续地进行专业学习，实现专业能力的不断提升。正直与责任是工程师坦率刚直的职业态度并对所做出的决定或所采取的行为及其结果负责，该指标着重考察工程师在职业生涯过程中是否具备正直和勇于承担责任的职业精神和操守。公平公正是工程师在工程实践中能够合情合理地处理好各项事宜，不受私利、偏见和偏好的影响，无偏袒地决策和行事，该指标主要考察工程师在整个职业生涯过程中能否秉持公平公正的原则以及具备待人处事一视同仁没有偏私的道德品质。维护社会公众利益是工程师在工程实践中能够维护最广大人民群众的根本利益或者社会整体利益，主要考察工程师是否能够做到运用他们的知识和技能维护公众的安全、健康和福祉以及促进社会的全面发展。坚

持可持续发展是工程师在工程实践中应具备实现社会、经济、资源与环境相互协调和共同发展的意识和能力，主要考察工程师是否认同绿色工程和环境可持续发展的理念以及在工程实践中能否坚持有利于绿色工程建设和环境可持续发展的做法和措施。

5. 工程伦理素养评价的实证研究

在工程伦理素养评价指标体系的基础上设计了相应的调查问卷，研究对象是 W 大学人工智能与自动化方向和计算机科学与人工智能方向的硕士研究生。通过发放线上和线下的调查问卷，共发放问卷 550 份，回收 534 份，剔除不合格问卷后剩余 526 份，问卷的有效回收率为 95.6%。调查问卷采用 Likert 自评五点计分方式，从“完全不符合”到“完全符合”按 1~5 分进行赋值。运用 SPSSAU 软件进行问卷的信度和效度检验，对职业胜任、正直与责任、公平公正、维护社会公众利益和坚持可持续发展五个指标进行测度，得到各变量的 Cronbach's α 值，分别为 0.838、0.901、0.829、0.880、0.914 和 KMO 值，分别为 0.807、0.905、0.818、0.854、0.874，均 > 0.8 ，研究表明调查问卷具有良好的信度和效度。

5.1. 评价指标的权重测算

熵权法作为一种客观赋权方法，可以直接利用决策矩阵所给出的信息计算评价指标权重。因此，利用熵权法对工程伦理素养评价指标进行了赋权。在对 526 组指标数据进行标准化的基础上采用计算公式(1)和(2)计算了各项指标的权重。

计算熵值 e_i 。计算第 i 个评价指标的熵值 e_i ：

$$e_i = - \frac{\sum_{j=1}^n y_{ij} \cdot \ln P_{ij}}{\ln n} \quad (1)$$

计算熵权 w_i 。计算第 i 个评价指标的熵权 w_i ：

$$\begin{cases} \omega_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^m (1 - e_i)} \\ \sum_{i=1}^m \omega_i = 1 \end{cases} \quad (2)$$

熵权 w_i 反映了各项评价指标间的差异程度，值越大表明该指标对综合决策的影响越大。通过计算得到工程伦理素养评价指标的权重，见图 2。

5.2. 工程伦理素养发展水平及特征

进一步运用灰色关联法(Grey Relation Analysis, GRA)对 526 名工科硕士的工程伦理素养发展水平进行了科学评价。基于灰色关联法的分析原理，通过计算关联系数和关联度对评价对象进行分析排序，更能体现评价对象之间的相对差距，评价结果更加合理、科学和细致。GRA 法计算灰色关联系数和灰色关联度的公式如下：

计算关联系数：

$$\xi(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (3)$$

计算灰色关联度：

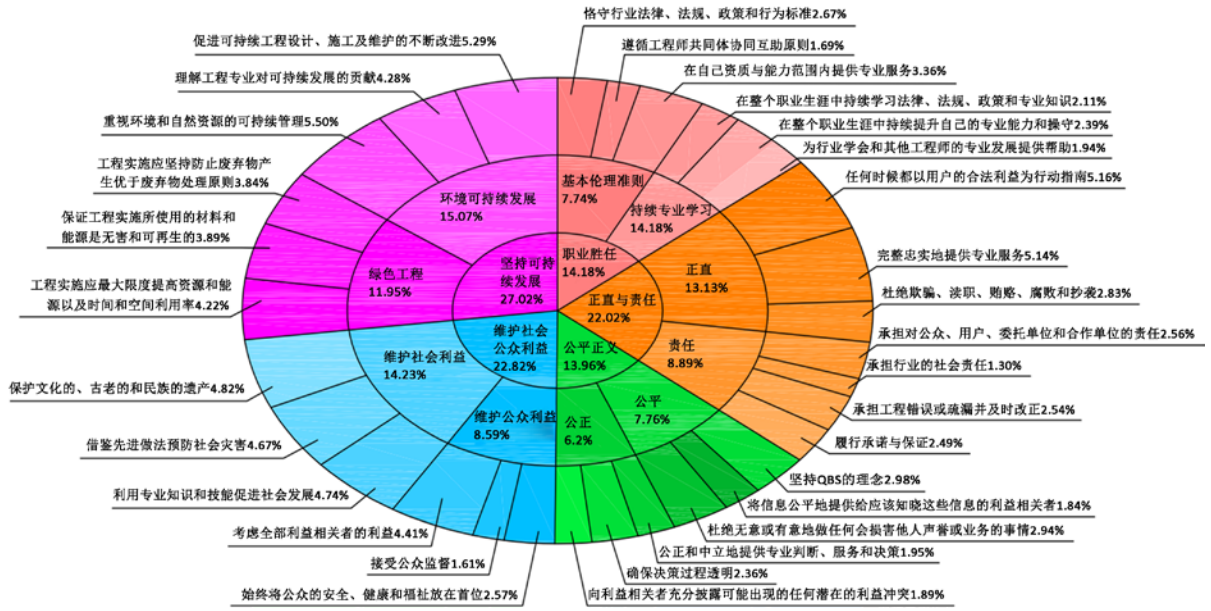


Figure 2. Weight chart of evaluation index of engineering ethical literacy
图 2. 工程伦理素养评价指标权重图

$$r_{0i} = \sum_{k=1}^m \omega_k \cdot \xi_i(k), (k = 1, 2, \dots, m) \tag{4}$$

利用式(3)和式(4), 分别计算得到 526 名工科硕士工程伦理素养的评价值, 工科硕士工程伦理素养评价的灰色关联系数矩阵及其熵权灰色关联度, 见表 2。

Table 2. Grey correlation coefficient matrix of engineering ethical literacy evaluation and grey correlation degree of entropy weight (Part)
表 2. 工程伦理素养评价灰色关联系数矩阵及其熵权灰色关联度(部分)

工科硕士	指标 A ₁	指标 A ₂	指标 A ₃	指标 A ₄	指标 A ₅	熵权灰色关联度	排名
No.001	0.379	0.478	0.647	0.579	0.846	0.5598	205
No.002	0.579	0.524	0.647	0.647	0.647	0.6028	158
No.003	0.579	0.478	0.733	0.579	0.733	0.6078	105
...
No.021	1	0.647	0.733	0.647	0.579	0.7383	19
...

对求出的 526 位工科硕士的工程伦理素养评价数值进行正态性检验, 发现其服从正态分布; 绘制样本数据的正态 P-P 图, 期望积累概率与观测积累概率的坐标点基本落在直线上, 也表明其服从正态分布。求得均值为 0.621, 标准差 0.067, 变异系数 0.36。工程伦理素养水平的层次划分。由于数据服从正态分布, 依据标准差将工程伦理素养评价值分为六个层次, 对应区间如下: (0, μ - 2σ]很低, (μ - 2σ, μ - σ]低, (μ - σ, μ]一般, (μ, μ + σ]较高, (μ + σ, μ + 2σ]高, (μ + 2σ, 1)很高。代入样本均值与标准差的数值, 得出如下六个评价层次: (0, 0.487]很低, (0.487, 0.554]低, (0.554, 0.621]一般, (0.621, 0.688]较高, (0.688, 0.755]高, (0.755, 1)很高。以一般为合格线, 发现 526 人中不合格率达 16.9%。

6. 工程伦理素养评价结论的分析与提升建议

工程伦理素养评价指标体系的建构与测度是一个多角度分析和科学计算相结合的过程。由此,可以充分了解工程伦理素养的结构以及各项评价指标对综合评价结果的影响等。此外,由于工程伦理素养评价具有结果判断的功能,在对工程伦理素养评价结果进行科学分析的基础上,提出提升新工科人才工程伦理素养的建议。

职业胜任是工程师应具备的基础性伦理素养,工科硕士在这个指标的观测值普遍较高,但是通过对工科硕士的个人访谈研究发现他们对职业胜任的具体要求并不明晰,需要进一步加强工科硕士基本伦理准则和坚持专业学习的教育。维护社会公众利益和坚持可持续发展两项指标权重占整个指标体系的49.84%,表明综合评价结果对这两项指标的敏感度较高,然而,研究发现工科硕士在这两个指标上的表现总体欠佳,这必然影响工科硕士工程伦理素养的综合表现,需要加强教育与培训。

工程伦理素养是推进新工科建设和服务国家重大工程战略背景下新工科人才必备的核心素养。工程伦理素养评价指标体系中的5项一级指标、10项二级指标和31项观测点构成了要素完整、结构严谨和逻辑清晰的评价标准。新工科人才可以依据这一评价标准进行自我学习和训练,不断提高自身的工程伦理素养水平。此外,结合上述评价结论,从高校和企业的视角提出提升新工科人才工程伦理素养的建议。

(一) 高校应加强新工科人才的工程伦理教育

工程伦理教育目前已经成为新工科人才培养体系的重要组成部分,是决定我国新工科人才培养体系是否完善健全以及未来工程师是否具备国际竞争力的关键要素。虽然我国当前拥有世界上规模最大的高等工程教育,每年培养的工程技术人才在数量上处于世界领先水平,但是不少高等学校在新工科人才培养的过程中忽略了全面正确的工程观与工程文化的塑造。尤其是当前高等学校在工程伦理课程建设过程中仍存在诸多问题,比如,由于对工程伦理教育重要性认识欠缺导致投入不足、建设水平参差不齐,与企业界联系不紧密导致学生参与实践机会较少、从事工程伦理教育的教师严重缺乏工程实践经验以及工程教育认证制度和工程师资格认证还不够完善等。因此,需要进一步加强工程伦理教育,实现工程伦理与人文社会科学等非技术课程的融合,不断提高新工科人才道德伦理的敏感度以及伦理判断力、伦理意志力和伦理决策力。

(二) 企业应加强工程实践过程的伦理渗透

世界上不可能存在与伦理无关的工程。工程活动既是一种包含决策、规则、施工、监管和验收等各个环节在内的技术活动,也是一种包含着经济、管理、社会和生态等诸多非技术因素在内的复杂系统[22],工程活动的各个方面和各个环节都渗透着伦理因素。企业应与高校充分合作,发挥好企业工程实践基地的作用,强调在工程实践各个环节都应坚持伦理立场,充分考虑工程项目对公众的健康、对人类的生存环境、对整个社会的可持续发展以及对国家、社会和雇主等担负的伦理义务和责任。企业还应将“宏大的理论叙事”与“具体实践和案例”紧密结合,强调不同工程领域工程伦理规范的差异性和特殊性,让学生对自身专业所属行业涉及的伦理问题具有感性认识。此外,绿色工程是当前企业实施工程项目和实现社会可持续发展的主要保障,企业应让学生充分认识到实施无污染绿色工程的重要性。

参考文献

- [1] 吴晶,胡浩.全国高校思想政治工作会议[EB/OL].2016-12-08.
http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6052/moe_838/201612/t20161208_291306.html,2021-09-18.
- [2] 爱因斯坦.爱因斯坦文集(第三卷)[M].许良英,等,译.北京:商务印书馆,1979:73.
- [3] National Academy of Engineering (2004) The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century. National Academies Press, Washington DC, 56.

- [4] 周光召. 2020 年中国科学和技术发展研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005: 52-55.
- [5] 高兆明. 心灵秩序与生活秩序: 黑格尔《法哲学原理》释义[M]. 北京: 商务印书馆, 2014: 202.
- [6] 李伯聪. 工程与伦理的互参与对话——再谈关于工程伦理学的若干问题[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2006(4): 71-75.
- [7] Martin, M.W. and Schinzinger, R. (2005) *Ethics in Engineering*. McGraw-Hill, Boston, 8-9.
- [8] Harris Jr., C.E., Davis, M., Pritchard, M.S., et al. (1996) Engineering Ethics: What? Why? How? And When? *Journal of Engineering Education*, **85**, 93-96. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1996.tb00216.x>
- [9] Smith, N.M., Zhu, Q., Smith, J.M., et al. (2021) Enhancing Engineering Ethics: Role Ethics and Corporate Social Responsibility. *Science and Engineering Ethics*, **27**, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00289-7>
- [10] Chen, K.C. (2013) *Materials Engineering with a Social Context: A Course on Materials, Ethics, & Society*. MRS Online Proceedings Library (OPL), 1532. <https://doi.org/10.1557/opl.2013.428>
- [11] 许启贤. 工程呼唤文明——读肖平主编的《工程伦理学》[J]. 道德与文明, 2001(3): 61.
- [12] 邹晓东, 李恒, 姚威. 国内工程伦理实践研究述评[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 66-72.
- [13] 朱高峰. 对工程伦理的几点思考[J]. 高等工程教育研究, 2015(4): 1-4.
- [14] 李伯聪. 微观、中观和宏观工程伦理问题——五谈工程伦理学[J]. 伦理学研究, 2010(4): 25-30+141.
- [15] 余谋昌. 关于工程伦理的几个问题[J]. 武汉科技大学学报(社会科学版), 2002(1): 1-3+7.
- [16] 宁先圣, 胡岩. 工程伦理准则与工程师的伦理责任[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2007(5): 388-392.
- [17] 袁承志. 社会责任与生命关怀: 工程伦理教育的终极意义[J]. 南京航空航天大学学报(社会科学版), 2020, 22(4): 91-96.
- [18] Martin, D.A., Conlon, E. and Bowe, B. (2021) Using Case Studies in Engineering Ethics Education: The Case for Immersive Scenarios through Stakeholder Engagement and Real Life Data. *Australasian Journal of Engineering Education*, **26**, 47-63. <https://doi.org/10.1080/22054952.2021.1914297>
- [19] 林静. 美国 STEM 教育质量评价新动向——NAEP 技术与工程素养评价要点与启示[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2017, 35(1): 78-86+122.
- [20] 周玲, 孙艳丽, 马晓娜, 范惠明, 谭文松. 上海高校学生工程素养调查报告[J]. 高等工程教育研究, 2016(5): 106-111.
- [21] 查尔斯·E·哈里斯, 迈克尔·S·普理查德等. 工程伦理概念与案例[M]. 丛杭青, 沈琪, 等, 译. 杭州: 浙江大学出版社. 2018: 7.
- [22] 朱海林. 技术伦理、利益伦理与责任伦理——工程伦理的三个基本维度[J]. 科学技术哲学研究, 2010, 27(6): 61-64.