

面向可持续发展教育的工程科技人才 需求特质与培养趋向研究

郭哲¹, 徐立辉², 王孙禺^{2*}

(1. 南方科技大学高等教育研究中心, 广东深圳 518055; 2. 清华大学教育研究院, 北京 100084)

摘要: 从《21 世纪议程》到《教育 2030 行动框架》, 国际社会不断推进可持续发展教育, 对现有教育体系进行整合重塑以取得创新突破; 可持续发展教育理念在引领国际工程教育改革的同时, 日益成为提升工程教育质量的重要选择。本文在梳理可持续发展教育理念历史演进的基础上, 分析了支撑 2030 年可持续发展教育的工程科技人才需求特质, 从基于可持续发展教育的培养目标与关键能力新要求、国际工程联盟毕业生素质和职业能力框架解析、我国工程教育改革实践 3 个方面展开研究; 基于可持续发展教育理念, 总结了我国工程科技人才培养在培养目标定位、培养过程设计和学生考核评价等方面面临的严峻挑战。研究认为, 我国面向 2030 年可持续发展教育的行动策略应从注重顶层设计、发挥政策协同作用, 加强国际合作、整合全球优质资源, 优化专业布局、发挥专业集群优势, 赋能课程教学、培养优秀工程人才, 强化专业认证、完善质量标准体系 5 个方面着手进行, 以期推进契合可持续发展目标的工程科技人才培养质量持续提升。

关键词: 可持续发展教育; 工程科技人才; 需求特质; 毕业生素质和职业能力框架; 工程教育

中图分类号: G640 文献标识码: A

Demand Characteristics and Training Trend of Engineering Science and Technology Personnel Based on Education for Sustainable Development

Guo Zhe¹, Xu Lihui², Wang Sunyu^{2*}

(1. Center for Higher Education Research, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, Guangdong, China; 2. Institute of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: From the *Agenda for the 21st Century to the Education 2030 Framework for Action*, the international community continues to promote education for sustainable development (ESD) and to integrate, reshape, and innovate the existing education systems. The concept of ESD has been leading the reform of international engineering education since the 21st century and is increasingly becoming an important strategic choice to improve the quality of engineering education. In the study, we first explore the historical evolution of ESD and analyze the demand characteristics of engineering science and technology personnel supporting ESD toward 2030; the

收稿日期: 2021-08-12; 修回日期: 2021-10-14

通讯作者: *王孙禺, 清华大学教育研究院教授, 研究方向为高等工程教育; E-mail: wangsunyu@tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“面向可持续发展的工程科技人才需求与培养模式战略研究”(2020-XZ-29)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

analysis is conducted from the following aspects: new requirements of training objectives and key abilities based on ESD, analysis of the International Engineering Alliance Graduate Attributes and Professional Competencies framework, and China's engineering education reform practice. Based on the concept of ESD, we summarize the challenges existing in the training of engineering scientific and technological personnel in China, specifically regarding training orientation, training process design, and student assessment and evaluation. The research shows that China's action for promoting ESD for 2030 should strengthen top-level design to exert policy synergy, promote international cooperation to integrate global high-quality resources, optimize professional layout to maximize the advantages of professional clusters, improve curriculum teaching for training excellent engineering personnel, and strengthen accreditation while improving the quality standards system, thereby promoting the continuous improvement of the quality of engineering science and technology personnel that meet the sustainable development goals.

Keywords: education for sustainable development; engineering science and technology personnel; demand characteristics; graduate attribute and professional competency; engineering education

一、前言

可持续发展教育的最终目标在于，通过可持续发展与教育高度融合，推动个体或组织在本地区乃至全球范围内采取负责任的行为，力争促使资源、环境、社会和经济协调发展，进而实现代际资源共享、构建生态和谐的美好未来。目前，可持续发展教育理念已经成为世界各国大力倡导的重要核心价值观 [1]。在工程教育领域，随着第四次工业革命的持续推进，以人工智能（AI）、大数据等为代表的各种新兴科学技术不断涌现，促使社会经济组织架构、工业生产模式乃至人类生活形态产生颠覆性变革，其核心价值在于以快速的科技变革为原始驱动，大幅消解人与自然矛盾，推动产业和人类文明的可持续演进。

在此背景下，开展面向可持续发展的工程科技人才培养、推进工程教育内涵式发展，成为高等工程教育面临的重大命题之一。基于全球 260 余所高校的一项调查研究显示，虽然可持续发展的理念已深入人心，但学生对于可持续发展的认识水平尚有很大提升空间，其核心科目测试正确率仅在 50% 左右 [2]。为此，本文在简要梳理可持续发展教育理念的历史演进基础上，分析可持续发展教育理念下国际组织对学生的培养目标和关键能力提出的新要求以及国际工程联盟（IEA）对工科类毕业生素质和专业能力框架（GAPC）进行修订的内容表征与内在机理，探讨提出未来将可持续发展教育理念融入工科人才培养全过程之中的实践路径。

二、可持续发展教育理念的历史演进

（一）萌芽阶段（1972—1987 年）

自工业革命以来，世界各国一直将推动工业经济发展作为增强国家实力、提升生活质量的重要战略。在长期过度追求经济高速发展的过程中，衍生了如资源消耗过高、环境严重污染、贫富差距分化等一系列问题。因此，高质量的生活需求与有限的物质资源成为现代社会的矛盾焦点，进而引发人们对可持续发展的思考并逐渐形成基本共识。可持续发展是未来人类文明的唯一发展出路，涵盖公正的社会进步、高效的环境保护、负责任的经济增长。由 30 位科学家、教育家和经济学家组成，研究未来学的非正式学会——罗马俱乐部，1972 年发布《增长的极限》研究报告，首次倡议从全球视角来考虑经济增长问题。同年，《联合国人类环境会议宣言》提出了可持续发展的理念雏形，呼吁各国政府为改善人类环境、造福子孙后代而不断努力，此时的可持续发展仅关注环境保护层面。此后，联合国教科文组织（UNESCO）在 1975 年、1977 年先后发布《贝尔格莱德宪章：环境教育的全球纲领》《第比利斯环境教育宣言》两份纲领性文件 [3]，为全球性环境教育的基本原则和实践路径指明了方向：前者明确了环境教育的基本概念框架，后者拓展了环境教育的内容外延（由原来以知识为主拓展到知识、意识、态度、技能、参与 5 个领域）。1984 年，世界环境与发展委员会（WCED）正式成立，成为推进环境教育的全球性国际专业组织；1987 年发布《我们共同的未来》[4]，明确提出了可

可持续发展的概念框架（即可持续发展是既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展）。在这个阶段，环境教育是可持续发展的关注重点，整体性的可持续发展与教育特别是人才培养的改革环节尚处在相对游离的状态，可持续发展教育的理念处于萌芽期。

（二）形成阶段（1988—2011年）

20世纪80年代末期，国际社会经历了从环境教育到可持续发展教育的话语体系转变。1988年，UNESCO重新整合了环境教育的目标、性质、任务、内容等，将环境教育和发展教育耦合，正式提出了“可持续发展教育”并使之日益成为国际社会关注的重要议题[5]。1992年，联合国环境与发展大会通过《21世纪议程》，具体包括可持续发展战略、社会可持续发展、经济可持续发展、资源的合理利用与环境保护4个部分，是全球性可持续发展的宏伟行动蓝图，强调要将环境和发展融合到各级教育之中。至此，可持续发展教育的基本内涵趋于明晰[6]；将可持续发展理念整合到所有层次的教育体系之中，成为促进可持续发展教育理念的重要手段和方式[7]。2005年，《联合国可持续发展教育十年（2005—2014）国际实施计划》（DESD）正式实施，旨在将可持续发展理念融合到教育政策以及课程教学之中，唤醒各国公民可持续发展的意识，进而加强持续性主题的国际交流与协同合作。此时，可持续发展的概念外延不仅包括传统的环境领域，也涉及经济方面（消除贫困、社会调适等）和社会文化方面（性别平等、文化多样性等）[8]。2009年，首届世界可持续发展教育大会发布的《伯恩宣言》明确指出，应将可持续发展教育纳入各国公共政策顶层设计。2010年，UNESCO发布的《工程：发展的问题、挑战与机遇》认为，在认识工程科技对未来人类社会重要性的重要性的同时，需清醒意识到其潜在的危机与挑战，而可持续发展的工程教育是应对这一挑战的有力工具[9]。可持续发展的工程教育涵盖经济、社会、技术等多个领域，对新工业革命背景下工程科技从业者所需掌握的技能与知识起着先导作用。在形成阶段，可持续发展教育理念在引领工程教育发展的同时，日益成为高校发展的战略选择之一。

（三）完善阶段（2012年至今）

2012年，联合国可持续发展大会提出了3个工作目标，即各国对可持续发展的承诺、目前面临的挑战与不足、有效应对持续不断的新挑战，进而建构了全球可持续发展的目标机制框架；在高等教育可持续发展倡议中要求，高等教育机构在可持续发展中承担更为重要的角色、发挥更大的作用。2013年，UNESCO通过《全球可持续发展教育行动计划（2015—2019）》[10]，旨在扩大可持续发展教育的国际影响力，促进可持续发展教育机制的全面形成；同时支持5个优先行动领域，即推进政策顶层设计、改善培训和学习环境、提升工作人员能力、赋能学习者动力、设计地区层面的方案。2015年，UNESCO召开世界教育论坛，重点研讨《教育2030行动框架》草案框架的整体设计，明确教育是推动可持续发展的重要路径[11]。2015年，联合国可持续发展峰会通过《改变我们的世界：2030年可持续发展议程》，确定了17项可持续发展目标（SDGs），敦促国际社会利用15年时间在缓解气候变化、减少不平等、遏制极端贫穷等方面取得实质性突破，在千年发展目标（MDGs）之后继续指导全球可持续发展的整体工作[12]。为进一步落实SDGs目标，2015年UNESCO正式发布《教育2030行动框架》，主要内容涉及教育2030的愿景、理念和原则，全球教育的七大目标、具体目标、测量指标以及包括管理、监测、跟踪、审查机制在内的行动策略[13]。2020年，联合国发布的《可持续发展目标报告》指出，在新型冠状病毒肺炎（COVID-19）疫情暴发前，全球可持续发展的落实情况较好；但随着疫情暴发，过去数十年来在贫困削减、教育公平、医疗卫生方面取得的成果不断遭受侵蚀，实现总体目标任重道远[14]。在完善阶段，可持续发展教育理念在全球范围内深入人心，逐渐形成了系统性、多层次、立体式的机制与框架。

三、支撑2030年可持续发展教育的工程科技人才需求特质

（一）基于可持续发展教育的培养目标和关键能力新要求

可持续发展教育成为全球普遍共识后，相关热

门话题与高等教育的改革联系日益紧密。在面向2030年可持续发展教育的背景下,工程教育改革有两类重要目标:重新定位工程科技人才培养目标,构建基于知识、技能和价值观的系统培养体系;在持续性培养改革中,使学习者掌握能够为可持续发展做出贡献的关键性能力。

可持续发展教育理念注重基于学习者个体综合素质的可持续性培养,对于工程教育领域来说,这就要求建构能促进可持续发展的新的培养目标和关键能力。基于可持续发展教育的工程科技人才培养目标主要分为知识、技能、价值观3个层面,即知识层面主要包括基础知识和专业前沿知识,以更好理解当前全球可持续发展中的改革目标、现实挑战和解决路径;技能层面主要包括对具体问题的分析和实践能力,旨在掌握当前全球可持续发展中的实际问题和挑战;价值观层面主要包括意识和价值,能够在可持续发展面临的问题中进行自我反思并做出伦理判断[15]。整体而言,基于可持续发展教育的培养目标整体设计,应综合考虑工程教育领域基础知识和专业前沿知识,对可持续发展的价值理念予以高度认同,能够运用掌握的知识来解决可持续发展的实际问题。

可持续发展教育强调培养的学生应具备促进可持续发展的综合能力,使个体能为地区、国家乃至全球的可持续发展做出应有贡献。UNESCO发布的《可持续发展教育面临的问题与趋势》对系统思辨能力、预判能力、战略能力、价值规范能力、协作能力、批判性思维能力、可迁移性技能、自我反思能力进行了详细界定与解读[16]。这一能力框架体系对工科类毕业生同样重要。

(二) GAPC 的内容表征与内在机理

工程科技对实现联合国2030年可持续发展目标至关重要。面对全球性挑战和人类命运共同体的构建要求,世界各国在保持工程科技创新与发展特色的同时,需加速建立与全球化相统一的

基准框架体系,助力可持续发展教育培养目标和关键能力新要求的实现。在工程教育领域,GAPC于21世纪初提出,历经2005年版、2009年版和2013年版3个版本的修订;2019年IEA与世界工程组织联合会(WEFO)联合成立由多国专家组成的专业工作组,对该框架进行修订。GAPC涵盖《华盛顿协议》《悉尼协议》《都柏林协议》等框架,成为30多个国家/地区工程教育认证和职业工程师资格互认的基础。GAPC框架修订的基本目标为:为反映社会需求的变化和新思路,基于联合国可持续发展目标审查现行工科毕业生素质(GA)是否具有可持续性以及是否涵盖工程学科中的新兴技术和学科的前沿知识;基于职业能力(PC)的国际基准,审查毕业生和工程从业人员是否满足雇主/就业的需求与期望(以终身学习等要求为重点)[17]。基于《华盛顿协议》《悉尼协议》《都柏林协议》等工程教育国际互认协议中工程从业人员的不同对象(见表1)[18],GAPC完成了标准性界定并形成符合可持续发展教育目标的工程科技人才基本特质。

1. GA 要求

GA要求指参加专业认证的工科类毕业生应达到的最低标准。关于工科类毕业生素质要求,表2列出了《华盛顿协议》《悉尼协议》《都柏林协议》的相关要求,针对其差异化特点分析如下。①在问题分析方面,《华盛顿协议》强调在分析复杂工程问题汇总时应结合可持续发展进行整体考虑;其他两个协议未明确提出。②在设计/开发解决方案方面,3个协议都将公共健康和全寿命成本、净零碳排放、资源再利用、文化、社会、环境因素列入方案的考虑范围内。③在现代工具的使用方面,都提出要充分考虑相关应用的局限性。④在工程师与社会方面,各协议均要求考虑工程问题相关的可持续发展责任并给出相应的解决方案。⑤在环境与可持续性方面,根据不同协议要求,理解并评价在解决人类、文化、经济、

表1 工程教育专业认证的国际互认协议

协议名称	发布时间	协议对象	参与组织数量
华盛顿协议	1989年	职业工程师、四年制工程学位	21个正式成员、7个预备成员
悉尼协议	2001年	工程技术专家、三年制学士学位	11个正式成员、2个预备成员
都柏林协议	2002年	工程技术人员、二年制副学士学位	9个正式成员

表 2 GA 要求 (部分)

差异化特点	《华盛顿协议》的要求	《悉尼协议》的要求	《都柏林协议》的要求
问题分析	利用数学、自然科学和工程科学的原理, 结合可持续发展的整体考虑, 识别、制定、研究和分析复杂的工程问题, 得出有根据的结论	使用适合本学科或专业领域的分析工具, 识别、制定、研究和分析广泛的工程问题, 并得出有根据的结论	使用其活动领域特有的编码分析方法, 确定、分析并明确狭义的工程问题, 得出有根据的结论
设计/开发解决方案	为复杂的工程问题设计解决方案时, 适当考虑公共健康和全寿命成本、净零碳排放、资源再利用、文化、社会和环境因素	为广义的工程技术问题设计解决方案时, 适当考虑全寿命成本、净零碳排放、公共健康以及安全、文化、社会和环境因素	为明确界定的狭义工程问题设计解决方案, 适当考虑全寿命成本、净零碳排放、公共健康以及安全、文化、社会和环境因素
现代工具使用	创建、选择和应用适当的技术, 解决复杂的工程问题, 并了解其局限性	选择和适当的技术, 解决广义的工程问题, 并了解其局限性	应用适当的技术, 解决明确界定的狭义工程问题, 了解其局限性
工程师与社会	在合理的决策框架内, 运用推理方法, 评估与专业工程实践有关的社会、健康、安全、法律、历史和文化问题以及随之而来的可持续发展责任, 同时提供复杂工程问题的解决方案	展示对社会、健康、安全、法律和文化问题的理解以及对工程技术实践的评估, 解决广义的工程问题相关的可持续发展责任	展示有关社会、健康、安全、法律和文化问题的理解以及随之而来的工程技术实践、解决狭义工程问题有关的责任
环境与可持续性	理解和评价专业工程工作在解决人类、文化、经济、社会、环境等复杂工程问题中的可持续性和影响	理解和评估工程技术工作在解决人类、文化、经济、社会和环境方面的广义工程问题中的可持续性和影响	理解和评价工程技术人员在解决人类、文化、经济、社会和环境背景下狭义工程问题的可持续性和影响
伦理	应用伦理原则, 承诺遵守职业伦理、技术伦理、数据伦理、全球责任以及工程实践的责任和规范; 遵守相关的国家和国际法律	理解并承诺遵守职业伦理、数据伦理, 遵守来自国家和国际法律的工程技术实践责任与规范	理解并承诺遵守职业伦理、数据伦理以及技术人员执业的责任和规范, 遵守相关法律
终身学习	独立的终身学习, 具有创造性和对新兴技术的适应性, 在广泛的技术变革背景下进行批判性思考	独立的终身学习, 具备对专业技术进行批判性思考的必要性和能力	认识到有必要并有能力独立更新专业技术知识

注: 资料来源于 <http://www.wfeo.org/wfeo-ccie-gapc-consultation/>。

社会、环境等方面的复杂工程问题、广义工程问题、狭义工程问题中的可持续性及其影响。⑥ 在伦理方面, 各协议都要求承诺遵守职业伦理、技术伦理、数据伦理、全球责任、工程实践的责任和规范, 遵守相关的国家和国际法律。⑦ 在终身学习方面, 各协议都要求毕业生掌握包括持续性学习、批判性思维等内容。

2. PC 要求

为了达到 PC 的最低能力标准, 个体应表现出在实践领域胜任工作的能力, 达到职业工程师/工程技术专家/工程技术人员应有的标准。表 3 分别列出了《华盛顿协议》《悉尼协议》《都柏林协议》对工科类毕业生职业能力的部分要求, 针对其差异化特点分析如下。① 在评估方面, 可在风险、社会、环境、经济、资源影响的背景下评估狭义活动、广义活动或复杂活动的结果和影响。② 在社会保护方面, 能意识到不同活动出现的合理社会、文化和环

境影响, 考虑按照联合国可持续发展目标, 保护人类居住环境并提升生活质量。③ 在法律、环境、文化、法规方面, 遵守所有的法律和法规要求, 在所有活动中尽到保护公共卫生与安全、环境与文化遗产的责任。④ 在职业持续发展方面, 开展持续职业发展活动, 提高适应新技术和工作性质不断变化的能力。⑤ 在判断能力方面, 考虑社会、经济、环境、文化和其他因素的影响。

整体来看, GAPC 的基本特征表现为: 一是针对职业工程师/工程技术专家/工程技术人员(分别着重解决复杂工程问题、广义工程问题、狭义工程问题)等工程从业人员对象的不同, 制定具有差异性、逻辑性的毕业要求和能力素质, 体现了知识生产的连贯性与层次性。二是 3 类协议中列出的工科类毕业生的素质和职业能力要求, 都注重贯彻可持续发展教育的基本目标, 与《教育 2030 行动框架》理念高度契合。

表3 PC要求(部分)

差异化特点	《华盛顿协议》的要求	《悉尼协议》的要求	《都柏林协议》的要求
评估	能在风险、社会、环境、经济、资源影响的背景下,评估复杂活动的结果和影响	能在风险、社会、环境、经济、资源影响的背景下评估广义活动的结果和影响	评估狭义活动的结果和影响
社会保护	认识到一般复杂活动的社会、文化和环境影响,考虑需要按照联合国可持续发展目标取得不遗漏任何人的可持续成果,提升全球人类和环境的生活质量	认识到广义活动的社会、文化和环境影响,考虑需要按照联合国可持续发展目标取得不遗漏任何人的可持续成果,提升全球人类生活质量	认识到狭义活动对社会、文化和环境的普遍影响,考虑需要按照联合国可持续发展目标取得不遗漏任何人的可持续结果,提升全球人类生活质量
法律、环境、文化和法规	遵守所有法律和法规要求,在所有活动中保护公共卫生和安全、环境和文化遗产	遵守所有法律和法规要求,在所有活动中保护公共卫生和安全、环境和文化遗产	遵守所有法律和法规要求,在所有活动中保护公共卫生和安全、环境和文化遗产
职业持续发展	开展职业持续发展活动,保持并扩大技术能力,提高适应新技术和工作性质不断变化的能力	开展职业持续发展活动以适应新出现的技术和不断变化的工作性质,保持并扩大能力	开展职业持续发展活动,以适应足以保持和扩大其能力的新兴技术
判断能力	认识到复杂性,根据相互竞争的社会、经济、环境、文化和其他要求,考虑知识的不完整性来评估各种选择;在复杂的活动中作出正确的判断	选择适当的技术来处理广泛界定的问题,择情考虑社会、经济、环境和文化因素;在广泛界定的活动过程中作出正确的判断	选择和应用适当的技术专长;在其明确规定的活动过程中作出正确的判断

注:资料来源于 <http://www.wfeo.org/wfeo-ceie-gapc-consultation/>。

(三) 基于可持续发展理念的我国工程教育改革与实践

工业革命以来,大工业生产模式在推动物质文明高度发达的同时产生了一系列问题,如环境污染、资源枯竭、生态退化以及全球变暖等,严重威胁了人类文明的可持续发展。因此,以可持续发展理念为引领,不断推动工业生产模式深度变革,成为当今世界发展的主要方向。UNESCO发布的《2030年可持续发展议程》提出了17项可持续发展目标,其中8项与可持续发展工程教育密切相关;美国国家工程院发布的《21世纪工程大挑战》提出了14项工程大挑战,其中5项与可持续发展工程直接相关。高等工程教育承担着培养未来工程科技人才的重任,工程教育自身积极变革来更好适应可持续发展目标成为应有之义。在大科学、大工程时代,工程科技对经济、社会、环境的影响愈加显著;面对复杂的环境问题、生态资源问题甚至突发的COVID-19疫情等现实问题,进一步拓展工程科技人才素质内涵,培养具有可持续发展理念的未来工程师和科学家,成为人才培养模式创新的重点内容。

我国作为发展中国家,提出的生态文明建设之路为当今世界工业经济的可持续发展提供了思路借

鉴。改革开放以来我国经济高速发展,但伴生的生态环境破坏问题也不容忽视。在这一背景下,国家关于生态文明建设的系列论述尤其是“绿水青山就是金山银山”的科学论断,构成了生态文明建设的基本思路。2012年,我国首次发布《可持续发展国家报告》,全面阐述中国可持续发展战略的落实情况;将生态文明建设纳入中国特色社会主义“五位一体”总布局,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,以系统完整的生态文明制度体系来落实生态环境保护。《中共中央 国务院关于加快推进生态文明建设的意见》(2015年)提出,协同推进新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化和绿色化,将绿色化作为生态文明建设的手段和评判标准。在实践中提出了“节约优先、保护优先、自然恢复为主”的尊重和顺应自然方针,明确了绿色、循环、低碳发展路径。《中国落实2030年可持续发展议程国别方案》(2016年)详细阐述了我国落实和推进联合国2030年可持续发展目标的机遇与挑战、指导思想与基本原则、总体路径、落实方案。《中国教育现代化2035》(2019年)是我国在教育领域积极参与全球治理、履行对联合国2030年可持续发展议程承诺的又一国家战略。《新时代的中国国际发展合作》(2021年)从助力

消除贫困、保障优质教育、促进性别平等、推进可持续创新经济增长等 8 个方面，论述了我国通过多种国际合作或支援其他国家建设形式来推动落实联合国 2030 年可持续发展议程。我国生态文明建设获得国际社会的高度认可，为世界工业文明朝着基于生态文明理念的可持续发展方向转型探索提供了路径参照。

高校是可持续发展工程教育实践的主体，我国高校在促进可持续发展的工程教育改革探索方面卓有成效。例如，在工程学科体系中设立了面向可持续发展的研究项目，在课堂教学中注重相关知识理念的融入，开发专门的书籍或教材，组建专业的社团组织。清华大学自 1998 年起陆续开设了一些新课程，如“环境保护与可持续发展”“生态文明建设十五讲”“环境伦理学”“生态工业学”以及有关绿色工业的课程，同时还举办了一系列与可持续发展相关的活动；帮助学生提高可持续发展意识、丰富可持续发展知识、提高工程革新能力，进而提高我国工程教育的国际竞争力。在“产学研”合作方面，积极搭建教育、科研、产业一体化的交流平台，促进我国可持续发展工程教育的发展；在国家建立健全绿色低碳循环发展经济体系的大框架下，加快面向未来的综合性人才培养，提升我国工科教育和科研基础力量的综合实力，为国家宏观发展与科技创新贡献智慧和力量。

四、基于可持续发展教育理念的工程科技人才培养面临的现实挑战

新工业革命不仅从整体上影响工程教育变革的演进轨迹，而且引发工业界对工程科技人才供给提出更高要求。我国需要对工程科技人才培养的内容、方式、手段进行根本性革新，而从目前实际来看在培养目标、培养过程、培养评价等方面都面临不同程度的迫切挑战。

（一）培养目标定位：工具理性与价值理性的矛盾

工程科技人才的培养目标定位主要分为知识运用、知识构建两方面：前者注重服务工业界的发展需求，体现的是学科的使用价值（即工具理性）；后者注重知识本身的传承与积累，体现的是学科的内涵边界（即价值理性）。基于可持续发展

教育理念的我国工程科技人才培养，强调工具理性与价值理性的内在均衡统一，既要服务于国民经济社会生产的需要，又要遵从人才培养的基本教育规律。受 20 世纪末期以来的学术资本主义、大学排名评价等因素的综合影响，大学被迫走出传统的象牙塔，更多从事体现市场需求、以技术应用为核心的教学与科研活动。此外，近年来各高校积极增加 AI、大数据科学、物联网工程等专业，裁撤相对冷门专业的现象屡见不鲜。这一趋势可能会造成高校学科结构失衡、人才培养功利性等问题，不利于培养并全面发展合格的工程科技人才。

（二）培养过程设计：理论学习与实践能力的矛盾

着重培养工程科技人才的复杂工程能力，是基于可持续发展教育理念的 GAPC 所明确提出的。未来工程科技人才的培养，不仅会关注理论知识水平，还会关注解决问题的实践能力水平（见图 1）[19]。质量门槛曲线表示的是人才培养的基本达标准，不同的学校/专业既可以沿自身射线的方向发展，也可以与其他射线进行多向交叉。偏学术型、偏实践型、复合型（学术-实践兼顾）3 种培养方向体现了国家工程科技人才培养的多样性趋向。从发展趋势看，复合型（学术-实践兼顾）更符合基于可持续发展教育理念的工程科技人才培养要求。也要注意，目前我国工程科技人才的培养过程设计多参照宽口径通才教育理念，过于注重学术知识的训练而忽视了实际问题的解决，也就导致学生难以触及真实场景下的复杂工程问题。

（三）学生考核评价：显性能力与隐性素质的矛盾

高校现有的学生评价体系设计强调学生的平均分绩点（GPA）、学术论文发表等显性能力，而对学生的社会责任感、国际视野、文化包容性、家国情怀等隐性素质未给予足够重视；这从深层次上表明，立德树人的根本任务并未真正落到实处。隐性素质实际上是推进立德树人落地的重要抓手，只有将其融入到工程科技人才培养的各个环节，才能有效实现教育促进人的全面发展这一基本目标。当前，我国工程教育认证标准的毕业要求与《华盛顿协议》中的毕业要求框架基本一致 [20]，涵盖工程知识、问题分析、使用现代工具等 12 项能力。而从国际

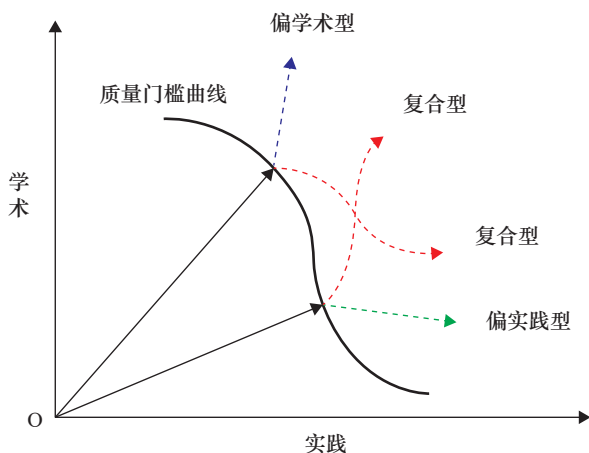


图1 工程科技人才培养路径线路图

经验来看,大多数成员国的毕业要求与《华盛顿协议》并不完全一致,而是根据各自的国情和教育实际进行特色化改革。为此,我国传统文化与社会主义核心价值观中的和谐、包容、爱国等体现国情特色的隐性素质要求可在认证标准中充分体现,据此建立具有中国特色、国际实质等效的认证标准,推动并强化高校落实立德树人的根本要求,进而实现显性能力与隐性素质的有机统一。

五、我国面向2030年可持续发展教育培养趋向的行动策略

(一) 注重顶层设计,发挥政策协同作用

《21世纪议程》提出全球可持续发展计划行动蓝图之后,我国积极响应号召,努力开展可持续发展教育相关实践;陆续发布了一系列关于可持续发展的政策文件并形成了相对完善的体系,但没有发布专门针对可持续发展教育的文件,相关的顶层设计也属空白。建议在政策设计上,一是借鉴《教育2030行动框架》的基本理念,专门制定适应国情背景的可持续发展教育规划文件,推动可持续发展教育目标、内容、方法的整体革新与系统设计;二是发挥政策的协同作用,有效整合并践行现有不同层次、类型和性质的可持续发展教育相关文件,力求实现“1+1>2”的政策溢出效应;三是实施可持续发展教育推进工程,从战略对接、社会动员、资源投入、课程开发、监督评估等多方面入手,全方位设计可持续发展教育的路线图与时间表,切实推动可持续发展教育目标。

(二) 加强国际合作,整合全球优质资源

长期以来,我国重视高质量国际合作,逐渐成为国际可持续发展领域中的领跑者[21]。为进一步深化国际合作,整合可持续发展优质资源,建议采取组建双边/多边合作中心、开展国际合作专项、推动开放办学等多种形式。一是组建可持续发展教育的双边/多边工程合作/研发中心,重点通过办学模式、师资培训、教材开发、基础设施、质量评估等方式整合优质资源,据此发展优质工程教育,推动减少贫困、环境保护、两性平等可持续发展目标。二是开展工程教育领域国际合作专项,加强科研合作和师生互访,重点提升全球范围内科技研发、医疗卫生、环境保护等领域的问题认识,联合培养可持续发展教育领域的高水平人才。三是推动开放办学,引导我国高校通过中外合作办学、发展留学生教育等方式来积极开展可持续发展教育;各高校应根据自身工程教育特色、结构和类型,制定符合本校实际的可持续发展教育中长期发展目标。

(三) 优化专业布局,发挥专业集群优势

根据国家战略发展重点、科技发展前沿、产业调整升级趋势,建立以适应2030年可持续发展议程为导向的工科教育专业结构体系。一是教育部门应深入调研工业企业所需工程科技人才的数量、结构和层次,完善工程科技人才需求预测能力,保持人才供给与需求的动态平衡,为优化工程教育专业布局提供科学依据。二是改变传统的学科专业建设模式,融入契合可持续发展理念的专业调整动态机制,对于适应国家战略需求、促进可持续发展的专业要适当扩大规模。三是正确对待基础专业与应用专业、单一专业与交叉专业、传统专业与新兴专业之间的关系,特别是围绕工程科技发展前沿和经济社会发展需要,适度加大专业优势资源的整合力度,建构以交叉为特征的工科专业集群,推动形成多专业协同发展、支持实现可持续发展教育目标的新图景。四是正确处理好政府、企业、社会、高校的关系,鼓励多元利益群体为优化专业布局、服务区域乃至全球可持续发展教育贡献集体智慧。最终在构建工程科技人才精准预测能力的基础上,通过多方协作,不断完善学科动态调整机制,建构实力雄厚、特

色鲜明、重点突出的专业集群, 显著提升工程教育服务可持续发展的效能。

(四) 赋能课程教学, 培养优秀工程人才

可持续发展教育旨在激励和推动学习者成为积极参与可持续发展事业的公民, 使其具有独立判断思维, 能够主动参与营造可持续的未来社会; 课程与教学的不断革新是实现这一目标的有效路径。在工程教育领域, 培养契合可持续发展理念的工程科技人才的关键在于三方面。一是基于不同受众的特点和需要, 建立包括专业型、科普型、大众型在内的多层次、立体式课程框架, 在课程设计时纳入行业规范和工程伦理。二是建构嵌入现代信息技术的教学形态, 如利用区块链、AI、学习科学等技术, 将可持续发展的新理念有效融入, 精准掌握教师教学与学生学习状态, 建立基于学习者个性并持续改进的教学环境。三是形成以学习者为中心的教学模式, 使学生摆脱简单被动地接受知识, 转向主动探索未知, 可以借鉴基于问题的学习 (PBL)、基于案例的学习 (CBL) 两种典型教学模式。采取以学生为中心的教学模式, 鼓励学生培养反思与批判精神, 将可持续发展理念贯穿其中, 进而培养出具有家国情怀和高度责任感、使命感的优秀工程科技人才。

(五) 强化专业认证, 完善质量标准体系

专业认证作为工程教育最为重要的质量保障工具和手段, 在培养目标、课程体系、教师队伍等方面发挥了引领作用。随着工程教育科技人才跨国(境)流动日益频繁, 全球性或地区性的互认协议(如全球层面的《华盛顿协议》、地区层面的欧洲工程教育认证网络) 逐渐完善。我国工程教育认证标准的毕业要求也可适时修正, 进一步体现国情特色与发展实际。后续专业认证标准改革, 应以立德树人为引领, 在认证标准中充分体现传统文化与社会主义核心价值观中的和谐、包容、爱国等要素, 与认证标准的可持续发展能力要求高度融合; 据此建立具有中国特色、国际实质等效的认证标准, 推动高校落实立德树人的基本要求。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: August 12, 2021; **Revised date:** October 14, 2021

Corresponding author: Wang Sunyu is a professor from the Institute of Education, Tsinghua University. His major research field is higher engineering education. E-mail: wangsunyu@tsinghua.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Strategic Research on the Demand and Training Model of Engineering Science and Technology Talents for Sustainable Development” (2020-XZ-29)

参考文献

- [1] 关婷, 薛澜. 世界各国是如何执行全球可持续发展目标 (SDGs) 的? [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(1): 11–20.
Guan T, Xue L. How the SDGs are implemented in different countries? [J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(1): 11–20.
- [2] 王雁, 陈锐, 高颖玲. 高校学生对可持续发展的认知研究——基于全球261所高校的调查数据 [J]. 复旦教育论坛, 2018, 18(3): 52–57.
Wang Y, Chen R, Gao Y L. College students sustainability literacy study: Based on global data from 261 universities [J]. Fudan Education Forum, 2018, 18(3): 52–57.
- [3] 安祥生, 李青. 论面向可持续发展的环境教育 [J]. 中国人口·资源与环境, 2000 (S2): 127–129.
An X S, Li Q. On sustainable development-oriented-environment education [J]. China Population, Resources and Environment, 2000 (S2): 127–129.
- [4] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来 [M]. 王之佳, 柯金良, 译. 长春: 吉林人民出版社, 1997.
World Commission on Environment and Development. Our common future [M]. Translated by Wang Z J, Ke J L. Changchun: Jilin People's Publishing House, 1997.
- [5] 田道勇. 教育促进可持续发展的价值与实现路径 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(7): 162–168.
Tian D Y. The value and implementation path of education promoting sustainable development [J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(7): 162–168.
- [6] 联合国. 二十一世纪议程 [EB/OL]. (2000-04-18) [2021-02-04]. <https://www.un.org/chinese/events/wssd/agenda21.htm>.
United Nations. Agenda 21 [EB/OL]. (2000-04-18)[2021-02-04]. <https://www.un.org/chinese/events/wssd/agenda21.htm>.
- [7] 张炜, 王良. 全球可持续发展工程教育的概念内涵、实践策略及其经验启示 [J]. 高等工程教育研究, 2021 (3): 69–75.
Zhang W, Wang L. Concept connotation, practical strategy and experience enlightenment of global sustainable development engineering education [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2021 (3): 69–75.
- [8] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Implementation of the united nations decade of education for sustainable development (2005—2014): Adoption and implementation of the UNESCO strategy for the second half of the decade [EB/OL]. (2010-08-30)[2021-02-04]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189145>.
- [9] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Engineering: Issues, challenges and opportunities for development [R]. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Publishing, 2010.
- [10] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

- Global action programme on education for sustainable development (2015—2019) [EB/OL]. (2015-12-10)[2021-02-04]. <https://en.unesco.org/globalactionprogrammeoneducation>.
- [11] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Education 2030 framework for action [EB/OL]. (2015-11-04)[2021-11-06]. http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/ED_new/pdf/FFA-ENG-27Oct15.pdf.
- [12] United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development [EB/OL]. (2015-09-25)[2021-02-04]. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>.
- [13] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Education 2030 framework for action: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all [EB/OL]. (2015-09-25)[2021-02-04]. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/—23—002456/245656e.pdf>.
- [14] United Nations. The sustainable development goals report 2020 [EB/OL]. (2020-07-07)[2021-09-06]. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/the-sustainable-development-goals-report-2020_1.pdf.
- [15] 阚阅, 徐冰娜. 可持续发展教育全球行动计划动因、机制与反思——联合国教科文组织全球治理的视角 [J]. 比较教育研究, 2020, 42(12): 3—10.
Kan Y, Xu B N. The causes, mechanisms and reflections of GAP: The perspective of UNESCO's participation in global governance [J]. Comparative Education Research, 2020, 42(12): 3—10.
- [16] Leicht A, Heiss J, Won J B. Issues and trends in education for sustainable development [R]. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Publishing, 2018.
- [17] International Engineering Alliance. Graduate attributes and professional competences [EB/OL]. (2021-09-01)[2021-09-06]. <https://www.ieagrements.org/assets/Uploads/IEA-Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies-2021.1-Sept-2021.pdf>.
- [18] International Engineering Alliance. Accords [EB/OL]. (2021-09-11)[2021-11-06]. <https://www.ieagrements.org/>.
- [19] 余寿文. 关于高等工程教育几个基本概念研究的笔记 [J]. 高等工程教育研究, 2007 (1): 6—9.
Yu S W. The program on basic concept research of higher engineering education [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2007 (1): 6—9.
- [20] 胡德鑫, 郭哲. 新工业革命背景下载发达国家工程教育专业认证的制度建构与运行机制 [J]. 高教探索, 2019 (11): 46—51.
Hu D X, Guo Z. Institutional construction and operation mechanism of engineering education professional accreditation in developed countries under the background of new industrial revolution [J]. Higher Education Exploration, 2019 (11): 46—51.
- [21] 程国强. 推进“一带一路”就是落实2030年可持续发展议程 [N]. 中国经济时报, 2016-06-23(02).
Cheng G Q. Promoting Belt and Road Initiative is to implement the 2030 sustainable development agenda [N]. China Economic Times, 2016-06-23(02).