

基于教师和学生视角的工科教师工程实践能力评价维度研究

董贝贝, 范春萍✉

(北京理工大学 人文与社会科学学院, 北京 100081)

摘要:“新工科研究与建设”思路的提出为我国新一轮工程教育改革指引了方向,作为工程教育核心力量的工科教师不仅应掌握广博深厚的理论知识,还应具备较强的工程实践能力。历史和现实多种因素累积,使工科教师工程实践能力成为我国工程教育改革中重要而又艰难的块垒。当前工科教师工程实践能力状况如何,教师和学生对此有何理解和期待?采用扎根理论研究方法对三所双一流高校40名工科教师和工科研究生进行深度访谈,通过对访谈内容进行三级编码,得到被访者对工科教师当前实践能力的基本印象,进而构建出基于教师和学生视角的工科教师工程实践能力评价维度模型。研究表明:教师和学生当前对工科教师工程实践能力状况的认识和期待基本是清晰、全面、一致的,并抱有许多无奈。研究结果澄清了一些模糊认识,对进一步的工程教育改革有参考价值。

关键词:新工科;工科教师工程实践能力;扎根理论;师生视角;评价维度

中图分类号:G4;C93

文献标识码:A

文章编号:1674-4969(2021)01-0045-13

2017年2月18日所达成的“复旦共识”提出:“工科优势高校要对工程科技创新和产业创新发挥主体作用。”^[1]顾佩华认为高等工程教育在创新驱动发展等国家措施的背景下,应当进行全方位的改革,从而使得经济能够加速发展,使工程人才更加符合经济的发展需要^[2]。钟登华认为新工科对人才的培养应当围绕道德品质、核心技能、多元创新等主题进行,努力培养学科交叉型的工程人才,指出作为人才培养与科技创新的极其重要驱动力的高等教育,和社会经济的发展是分不开的^[3]。因此工科高校应主动发挥其社会角色的力量,与实践接轨,服务并引领技术和产业的发展。工科教师作为培养工程人才的关键主体与核心力量,应当具备较强的工程实践能力,从而更

好地引导学生的工程思维和实践操作。然而,目前工科教师尤其是青年工科教师的工程实践能力堪忧。吉莉指出:“高学历已成为高校教师任职资格的重要凭证,然而许多高校工科教师的学历与工程实践能力存在强烈反差,在解决实际问题时显得极为力不从心。”^[4]且高校对工科教师包括职称晋升在内的各种评价又多以论文视角决定,很难在工程实践方面产生激励作用。所以,聆听教师以及学生对工科教师的工程实践能力的真实看法,并藉此建立相关评价维度,对进一步的工程教育改革,以及对广大工科教师在有限时间和资源内提升自己的工程实践能力意义重大。

许多场合下讲起当今的工科教师工程实践能力弱化的问题时,经常有人说老师们忙于做项目、

收稿日期:2020-12-10;修回日期:2021-01-08

作者简介:董贝贝(1994-),女,硕士研究生,研究方向:高等工程教育。

✉范春萍(1963-),女,编审,硕士生导师,研究方向:资源管理,工程伦理,交叉分析。E-mail:fanchunping@bit.edu.cn
(通讯作者)

忙于挣钱, 无心教学, 更不用说工程实践; 并认为教师的意识本身是改革的最大障碍之一。那么, 造成工科教师工程实践能力欠缺的原因是否在于工科教师自身认识的问题, 工科教师以及学生们对此有何感受和期待? 本研究通过深度访谈, 以扎根理论提取分析访谈数据, 得到了一个对该问题的基于工科教师和学生视角的答案。

1 工科教师工程实践能力的内涵

如“北京指南”所强调, 优化新工科建设的结构应围绕产业和未来的发展进行^[5], 新工科不仅要要求工科生掌握工程专业的理论知识, 还要求其具备与产业对接的“真刀真枪”的实际操作能力, 而不仅是通常在实验室“动手”做一做多年不变的、经典性、验证性实验的能力。“新工科”对工程人才的培养目标是全方位的。李耀臻指出: “人类开发和利用自然资源能力空前提高的同时, 也造成了一些由于对科学技术运用不当和控制失调所导致的严重后果, 最明显的表现是对自然的过度开发、资源浪费、环境污染等世界性环境问题。环境问题作为一个全球性问题, 直接威胁人类的生存与发展。”^[4]因而, 应在工程实践中融入工程伦理实践相关内容。孙敬霞在构建工科教师胜任特征模型中提到, 工科教师的能力不仅应包括专业知识、教学能力, 还应包括实践应用能力^[5], 但作者并未就具体的实践能力胜任指标展开研究, 只是提供了一个大致的方向。靳敏等通过问卷方式对工科教师工程素质现状进行了调查, 其中关于工科教师实践能力的调查情况可以为笔者的评价研究提供借鉴, 例如工科教师在企业或相关领域的工作时间、在重大工程项目中担任何种角色、是否熟悉本专业领域的设计准则等^[6]。苟勇指出德国大学设立了非常严格的工科教师招聘条件, 要求其不仅应当具有 5 年以上的实践工作经历, 而且应当是在重要岗位。此外, 工作更换到大学之后, 还应与企业保持交流与合作, 从而使他们能够具备在实践中解决问题的能力^[7]。

1992~1993 年, 欧洲工程师协会联盟(FEANI)提出包含 16 项内容的对欧洲工程师素质的要求, 其中涉及工程实践的有: 掌握工程原理知识; 掌握与工程实践相关的知识; 掌握本专业领域的应用知识; 在技术方面, 可以独立做出判断; 合理考虑经济问题; 对技术的变革有积极的关注; 将长短期的问题分析清楚并将最优的方案呈现出来^[8]。美国工程技术评审委员会(ABET)2019~2020 年工程技术认证的标准 6 中对工科教师资质和能力做出规定: 每位教师的专业知识与教育背景必须与教师期望的计划相符合^[9]。国际 CDIO 工程教育改革模式“标准九”中明确提出提高教师的工程实践能力, 其中的工程实践能力包括个人、人际交往能力以及产品、过程和系统开发的能力^{[10][170]}。FEANI(第一条)、ABET(第 6 条)^[11]和 CDIO(5.1)中, 都对工程中的职业道德和责任担当问题做出了规定^[1, 10, 12]。李伯聪将工程伦理学区分为微观、中观和宏观三个层次, 将其中的伦理主体和伦理实践扩大至工程中的所有利益相关者和全生命周期工程过程^[13, 14]。这就更加突出了工程人才培养中伦理维度以及工科教师工程伦理实践能力的重要性。

因此, 本研究所指的工程实践能力是指工科教师将理论运用于实践, 在实践中提出问题、分析问题、解决问题的能力, 包括物质性实践和伦理性实践, 即具备构思、设计、实施和运行的、能够达到实用程度的工程能力, 并且具备清晰的人文伦理底线意识和节操。

2 工科教师工程实践能力评价维度构建

2.1 研究方法

本研究运用扎根理论的研究方法, 以非结构化的个人深度访谈进行相关资料收集, 采用 NVIVO 11 PLUS 软件对访谈内容进行了三级编码分析, 从而构建出工科教师工程实践能力评价维度。非结构化是指访谈者提前拟定一个访谈提纲, 提纲中的问题围绕核心概念拟定, 访谈者根

据提纲灵活地向访谈对象提出相关问题，并可以根据访谈实际情况进行调整，对访谈对象回答问题的方式没有统一的规定和要求，鼓励受访者用自己的语言表达看法^[15]。个人深度访谈是指访谈者对每一访谈对象单独访谈。限于两人间进行的访谈有利于访谈者与访谈对象之间

的心理沟通，可以对受访者的内心世界进行较为深刻的挖掘^[16]。

扎根理论的操作方法如图 1 所示。

访谈初纲形成后，对 6 位研究生进行预访谈，以校检、修正访谈提纲。最后形成的访谈提纲如表 1 所示。

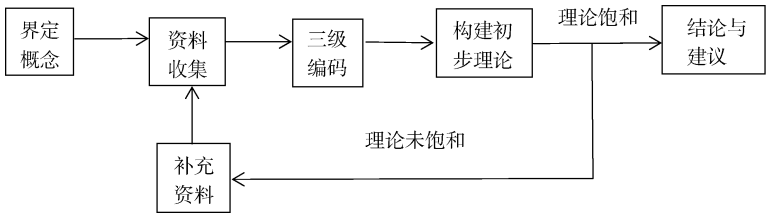


图 1 扎根理论的操作方法

表 1 关于工科教师工程实践能力评价研究的访谈提纲

（一）被访者的基本信息
性别： 年龄： 所在学校：
研究方向（请简要概括研究方向内涵）：
（二）访谈前说明
您好！非常感谢您在百忙之中接受我的访谈。我的研究主要围绕新工科教育背景下工科教师工程实践能力的评价而进行，通过深度访谈，了解工科教师和学生对工科教师工程实践能力的观点和看法。本次访谈为半结构化开放式访谈，访谈不涉及个人具体信息，不记名，访谈录音会严格保密。
（三）访谈提纲
1. 您觉得什么样的工科教师是优秀的？
2. 您认为将要走向职场的工科毕业生应该具备什么样的能力？
3. 在这些能力要素中，您认为哪些是企业最看重的？
4. 为了使工科生具备这样的能力，工科教师应该具备什么样的能力呢？
5. 您认为目前工科教师缺乏哪些能力？
6. 您觉得应该如何判断工科教师是否具备工程实践能力？
7. 您认为当前对工科教师的评价有哪些需要改进的方面？请举例说明。
8. 除了关于纯粹技术方面的能力之外，您认为工科教师在工程实践中，需要考虑哪些人文方面的因素？请举例说明。
9. 您认为应该如何判断工科教师是否具备了工程伦理方面的素质？

2.2 研究对象和样本选取

本研究的研究对象针对工科生和工科教师。样本选取原则为理论性抽样和便利性抽样。理论性抽样是为了形成理论，研究者同时收集、编码并分析数据，决定下一步要收集什么数据和从哪里可以找到他们，在理论形成的同时发展理论的数据收集过程^[17]。理论性抽样方式可以使访谈者不断地总结反思自己的提问内容与技巧，以期使被访谈者能够围绕核心概念将自己的所感所想表达得淋漓尽致。

样本选取的多少取决于理论是否达到饱和，即对新访谈记录进行编码是否出现新的因子，如果没有出现新的因子，说明理论已经达到饱和，反之则没有达到饱和，应继续选取样本进行访谈。本研究最终在样本量达到 40 个时达到了理论饱和。其中工科生 27 位，工科教师 13 位，均来自北京市三所工科特色明显的双一流高校。饱和之后，又做了 2 位教师、2 位学生的饱和检验访谈，证明确已达到饱和，访谈阶段结束。各阶段访谈样本如表 2 所示。

表 2 深访样本信息表

阶段	序号	学历（职称）	性别	年龄	专业（研究领域）
第一阶段 预研究	访谈对象 01	硕士研究生	男	25	安全科学与工程
	访谈对象 02	硕士研究生	男	24	软件工程
	访谈对象 03	硕士研究生	女	25	材料工程
	访谈对象 04	硕士研究生	男	26	车辆工程
	访谈对象 05	硕士研究生	女	24	航空宇航科学与技术
	访谈对象 06	硕士研究生	女	25	控制工程
第二阶段 正式研究	访谈对象 07	硕士研究生	男	26	光学工程
	访谈对象 08	硕士研究生	女	25	生物医学工程
	访谈对象 09	硕士研究生	男	26	材料科学与工程
	访谈对象 10	硕士研究生	女	26	化学工程与技术
	访谈对象 11	硕士研究生	女	25	计算机
	访谈对象 12	硕士研究生	男	25	信息与通信工程
	访谈对象 13	硕士研究生	女	26	软件工程
	访谈对象 14	硕士研究生	男	26	计算机科学与技术
	访谈对象 15	硕士研究生	男	25	飞行器设计
	访谈对象 16	硕士研究生	男	26	航空宇航科学与技术
	访谈对象 17	硕士研究生	女	26	机械工程
	访谈对象 18	硕士研究生	男	24	计算机科学与技术
	访谈对象 19	硕士研究生	女	26	网络空间安全
	访谈对象 20	硕士研究生	女	26	机械工程
	访谈对象 21	硕士研究生	女	24	车辆工程
	访谈对象 22	硕士研究生	男	26	材料科学与工程
	访谈对象 23	硕士研究生	男	25	车辆工程
	访谈对象 24	硕士研究生	男	26	软件工程
	访谈对象 25	硕士研究生	女	25	控制科学与工程
	访谈对象 26	教授	男	49	发动机电子控制
	访谈对象 27	讲师	男	35	兵器科学与技术
	访谈对象 28	副教授	女	46	石油开发中的安全问题
	访谈对象 29	副教授	女	41	小行星防御和探测
	访谈对象 30	副教授	男	43	在轨服务航天器动力学
	访谈对象 31	教授	女	47	多体动力学
	访谈对象 32	教授	男	48	人机交互
	访谈对象 33	教授	男	50	抗冲击复合结构设计
	访谈对象 34	教授	女	48	焊接自动化
	访谈对象 35	教授	男	49	动力机械结构强度与振动噪声
	访谈对象 36	教授	女	48	数模混合集成电路设计
第三阶段 理论饱和检验	访谈对象 37	硕士研究生	女	26	先进材料与力学
	访谈对象 38	硕士研究生	男	27	软件工程
	访谈对象 39	教授	男	48	流体力学
	访谈对象 40	教授	女	50	汽车工业

2.3 资料整理与研究工具

访谈结束后,研究者首先用相关软件对访谈录音进行转录并进行语义核校,将所有录音整理完毕后导入质性分析软件 NVIVO 11 PLUS 进行整理和编码。NVIVO 11 PLUS 是一款支持定性研究方法和混合研究方法的软件,可以帮助使用者灵活地收集、整理和分析访谈内容,这个版本适合快速分析数量更为庞大的数据或可视化、分析和理解社交网络结构。

2.4 编码过程

2.4.1 开放性编码

开放性编码是对访谈资料进行初次登录,在仔细阅读和思考原始访谈资料后,对其尝试概括总结,归纳抽象成相对应的初始概念,从而形成初始范畴。本研究利用 NVIVO 11 PLUS 软件细致地对原始访谈记录进行开放性编码,形成大量自由节点,对其进行编辑、归纳、分析等操作,这样的操作一方面有利于开放性编码所形成的初始范畴精准化;另一方面也有利于主轴性编码为各初始范畴建立关联。

在开放性编码过程中,将语义不明或有歧义的原始语句剔除,归纳保留三次以上被提及的初始概念,最终抽象出 29 个初始范畴:专业理论知识、前沿知识、工程实践经历、工程成果产出、工程问题分析、工程预测、工程产品的要素考虑、了解学生技术水平、了解学生项目进度与问题、给予学生适当的空间锻炼、工程思维指导与实践操作示范、了解企业技术水平、了解工业生产过程、所接横向课题的数量和质量、工程项目统筹规划、人际交流与沟通、组织协调、创新意识、创新思维、创新实践、课堂内容结合实际案例、课堂知识联系前沿热点、课堂前沿知识与实际问题结合、新问题与新视角的发掘、新技术的学习、工程伦理意识清晰、工程伦理知识与案例的课堂讲授、实验安全问题的重视、项目中工程伦理因

素的考虑与应用。

2.4.2 主轴性编码

主轴性编码又称关联式登录,是在一级编码基础上发现初始范畴之间的关联,这些联系可以是时间先后关系、情境关系、因果关系、相似关系、差异关系、语义关系、对等关系、类型关系等。

本研究中,利用 NVIVO 11 PLUS 中可以归纳和汇总子集的树状节点功能对 29 个初始范畴进行不断的比较和归纳,最终得到 9 个主范畴,分别为:专业和工程理论素养、工程实践操作能力、工程实践技能指导、和企业保持密切联系与合作、工程管理能力、工程批判和创新能力、课堂知识讲授能力、终身学习能力、工程伦理意识与实践,如表 3 所示。

表 3 主轴性编码过程

主范畴	对应初始范畴
专业和工程理论素养	专业理论知识 前沿知识
工程实践操作能力	工程实践经历 工程成果产出 工程问题分析 工程预测 工程产品的要素考虑
工程实践技能指导	了解学生技术水平 了解学生项目进度与问题 给予学生适当的空间锻炼 工程思维指导与实践操作示范
和企业保持联系与合作	了解企业技术水平 了解工业生产过程 所接横向课题的数量和质量
工程管理能力	工程项目统筹规划 人际交流与沟通 组织协调
工程批判和创新能力	创新意识 创新思维 创新实践
课堂知识讲授能力	课堂内容结合实际案例 课堂知识联系前沿热点 课堂前沿知识与实际问题结合
终身学习能力	新问题与新视角的发掘 新技术的学习
工程伦理意识与实践	工程伦理意识清晰 工程伦理知识与案例的课堂讲授 实验安全问题的重视 项目中工程伦理因素的考虑与应用

2.4.3 选择性编码

选择性编码又称核心式登录，是在二级编码基础上对各主范畴进一步归纳和总结，经过不断分析形成一个“核心类属”。

本研究通过对主轴性编码所形成的主范畴不

断地进行抽象总结后，形成了“工科教师工程实践能力评价”这一核心范畴，主轴性编码的 9 个主范畴共同构成核心范畴的具体维度。利用 NVIVO 11 PLUS 可视化概念导图功能对核心范畴与对应主范畴进行建构，得到图 2。

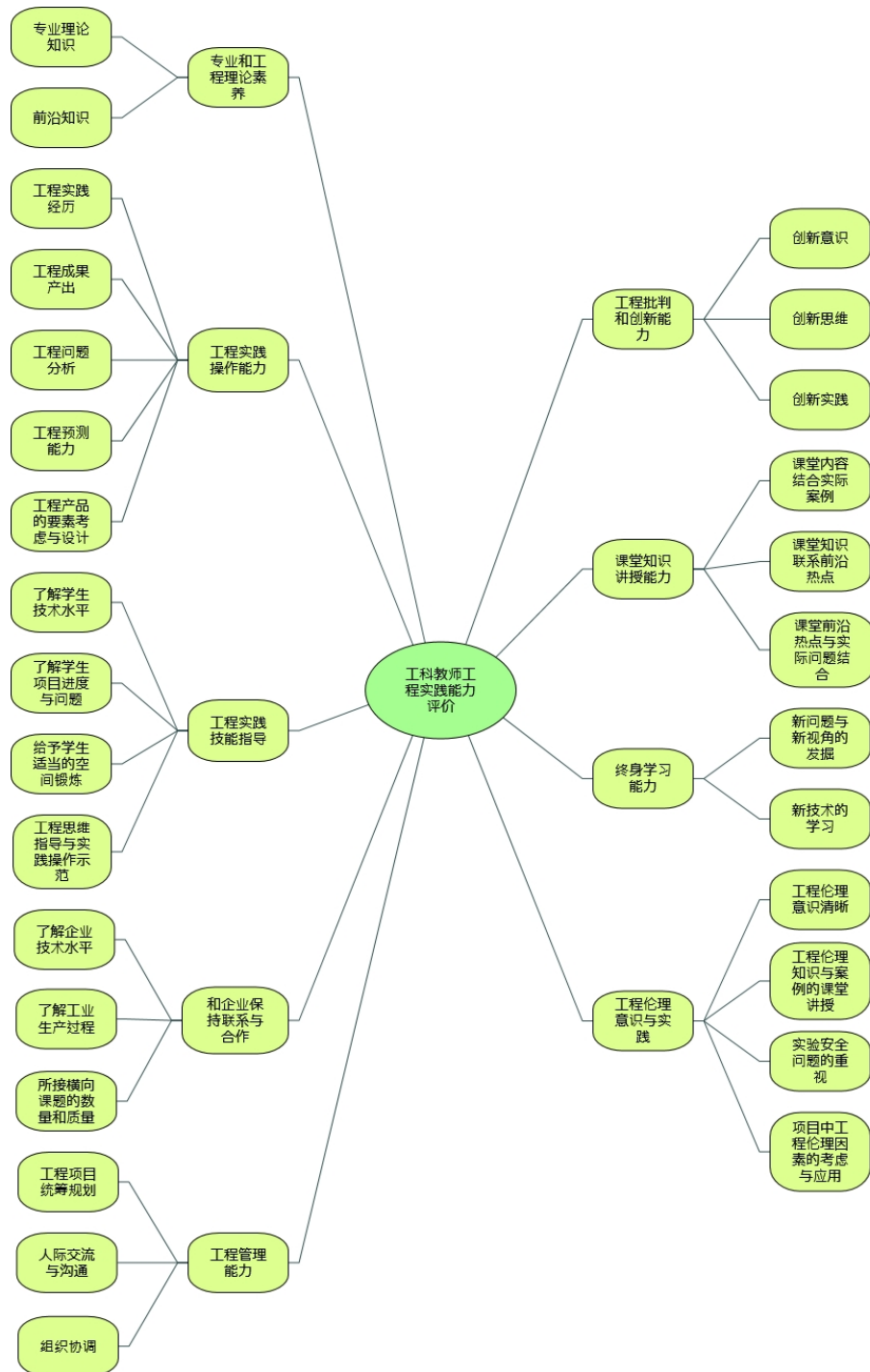


图 2 工科教师工程实践能力评价的扎根理论树状节点可视化导图

经过不断的分析和归纳，对主范畴进行了进一步分类，又将 9 个主范畴分为四大类：“终身学习能力”和“工程伦理意识与实践”贯穿整个工科教师工程实践能力的形成过程，两者既是前提又是保障；“专业和工程理论素养”、“工程实践操作能力”

“作能力”是工科教师工程实践能力形成的重要基础；“工程管理能力”、“和企业保持联系与合作”、“工程批判和创新能力”是评价的动力来源；“课堂知识讲授能力”和“工程实践技能指导”是评价的核心目标，如图 3 所示。

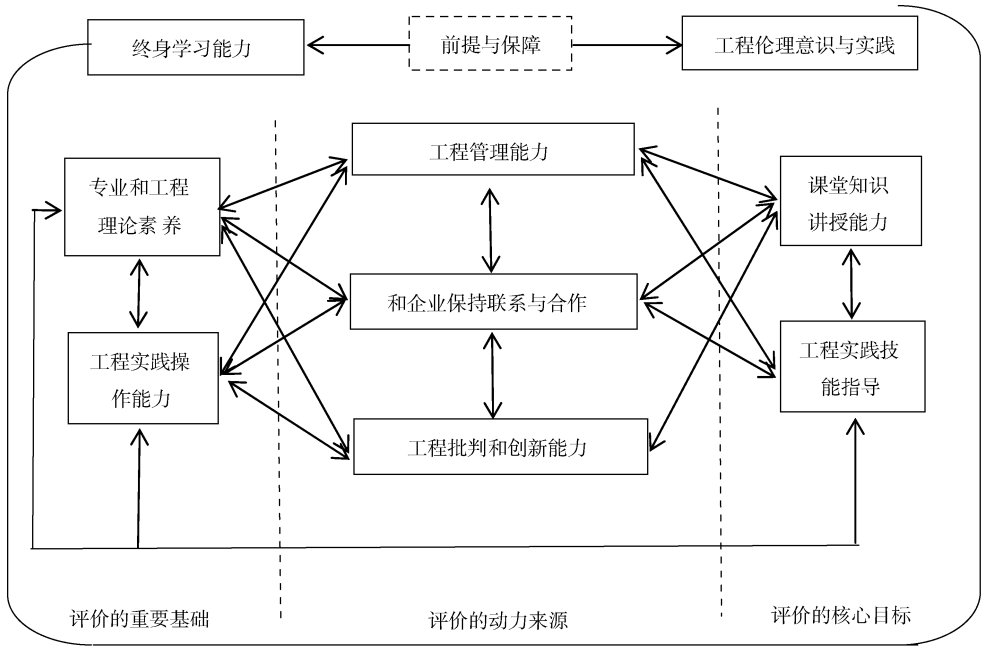


图 3 主范畴的分类

2.4.4 工科教师当前的实践能力状况

三级编码之后，笔者统计了目前工科教师工程实践能力的现状。表 4 中第一列的内容是由 NVIVO 11 PLUS 编码过程中所得到的节点而来，代表工科教师工程实践能力的相关特征，第二列的数值是指具备工程实践能力特征的人数占总人

数的比值，是由对应节点所属的材料份数占材料总份数的比值计算得出。

由表 4 可以看出，目前工科教师的工程实践经历和工程成果产出较少。原因主要是多数工科教师是从高校到高校，很少有企业工作经历，从而对企业的技术水平和生产过程了解较少。这样自然很难将研究成果落地，转化为生产力，也很难在实践中创新。在课堂上，工科教师很少能将课堂知识与工程中的实际案例结合，使之更加形象化，易于理解。此外，还可以看出多数工科教师是具备工程伦理意识的，但很难在实践中去应用，例如在课堂中找不到恰当的案例，在项目中无法提出和实施对应的方案。

3 工科教师工程实践能力评价模型维度阐释

下面基于访谈中主范畴与基本范畴内容的关

表 4 工科教师实践能力状况

工程实践能力相关表征	具备工程实践能力相关表征的人数占总人数的比（%）
工程实践经历	17.5
工程成果产出	15.0
了解企业技术水平	7.5
了解工业生产过程	7.5
工程实践创新	5.0
课堂知识与工程实践的结合	7.5
新技术的学习	2.5
工程伦理意识	75.0
工程伦理应用	2.5

联, 结合工程教育理论, 对主范畴予以解释。

3.1 专业和工程理论素养

“专业和工程理论素养”在本研究中指工科教师不仅应对本专业领域的知识和概念有深入和独特的理解, 而且能密切关注本领域的工程热点和案例。CDIO 培养模式的目标之一就是教育学生掌握更深的基础知识, 这就要求工科教师首先具备丰富的基础理论知识, 才能将其传授给学生。“工程教育应该永远都强调技术基础知识, 我们的方法没有任何想要减少基础的重要性, 或减少学生学习基础要求的意思。实际上对更深的工程知识和概念理解的强调加强了对技术基础的学习。”^{[12]17}没有实践的理论是空洞的, 没有理论的实践是盲目的。专业和工程理论素养为工科教师具备实践技能、工程伦理意识和创新精神奠定了理论基础。本研究在编码过程中将“专业理论知识”和“前沿知识”两个初始范畴确定为“专业和工程理论素养”这一主范畴的下级概念。

3.2 工程实践操作能力

“工程实践操作能力”是指工科教师应具备在实验室里完成各项实验操作的熟练技能, 以及具备完成实际工程项目的各项必备技能。CDIO 培养模式强调“做中学”教育理念, “‘做中学’当然要通过具体的工程项目才能进行, 但得到的结果应当是从具体工程实践中抽象出来的能力和方法。”^{[18]3}要培养出这样的工科人才, 那么工科教师首先应有真正的工程实践经历, 掌握熟练的实践技能, 只有自己经历过, 才能更加贴切地引导学生“做中学”, 这也是 CDIO “标准九”中明确提出的“提高教师的工程实践能力”内涵的一方面^[12]。此外, 教师的专业学习与发展理论也明确指出工科教师不仅应具备理论方面的素养, 还要不断地获取实践技能^[19]。本研究将“工程实践经历”、“工程成果产出”、“工程问题分析”、“工程预测”、“工程产品的要素考虑”5 个初始范畴确定为“工程

实践操作能力”这一主范畴的下级概念。

3.3 工程实践技能指导

“工程实践技能指导”是指工科教师应恰当地引导学生的工程实践技能, 既给予其一定的时间和空间, 又适当地督促使其既不至于过度紧张又不会过度放松。CDIO “标准 10”中提到: “采取行动, 提高教师在提供一体化学习, 使用主动经验学习方法以及考核学生学习效果等方面的能力。”^{[12]173}基于此, 工科教师应该根据学生的特点和水平给予适当的示范和指导。“工程实践技能指导”的下级概念包括“了解学生技术水平”、“了解学生项目进度与问题”、“给予学生适当的空间锻炼”、“引导学生解决实际问题”4 个初始范畴。

3.4 和企业保持联系与合作

“和企业保持联系与合作”是指工科教师应经常与企业进行生产、技术方面的交流, 时常与企业合作项目, 了解企业的需求, 帮助企业解决其面临的实际问题, 同时也提升自己的实践技术能力。“教师工程能力达标是实施 CDIO 成败的关键, 而这只有通过学校与产业界的合作才能实现。不仅要派教师到产业界接受工程训练和取得实际经验, 同时也要邀请产业界有经验和理论的工程师到校兼任任教, 使学生真正接触到当代工程师的榜样, 也从他们那里学习真刀真枪的工程经验和能力。”^{[18]5-6}“和企业保持联系与合作”包括“了解企业技术水平”、“了解工业生产过程”、“所接横向课题的数量与质量”3 个初始范畴。

3.5 工程管理能力

“工程管理能力”在这里指工科教师对所承接的工程项目在概念提出、整体规划、方案设计等完成企业项目的过程中与团队内部成员之间的沟通交流, 以及与合作团队、企业人员的沟通交流, 包括如何调整项目团队的氛围、给予团队成员一定的激励等。CDIO 培养模式强调工程项目的全生

命周期,未来的工程师要领导新产品和新系统全生命周期的开发与运行^{[12]1-2},这就涉及对产品或项目全生命周期的管理能力。“工程管理能力”包括“工程项目统筹规划”、“人际交流与沟通”、“组织协调”3个初始范畴。

3.6 工程批判和创新能力

“工程批判和创新能力”是指工科教师在日常教学与科研中,应保持对事物的批判精神,不断地反思如何更新原有的理论和技术水平,再将这种创新思维尝试应用到实践中,从而满足不同层面的需求,例如产品功能的完整、产品的成本考虑等等。Edward F. Crawley 等认为“创新是现代工程的主旋律之一”^{[12]66},冯·卡门(Theodore von Karman)说:“科学家发现已有的世界,工程师创造从未有过的世界。”^{[12]6}麻省理工学院把“现代工程”界定为关于科学知识和技术的开发与应用,目的是在社会的物质、经济、人力、政治、法律以及文化上满足社会需要,更强调工程是一种带有创造性的专业^[11]。由此可见,工程不仅意味着实践,还意味着创造、创新,工科教师应保持自己的创造力。“工程批判和创新能力”包括“创新性意识”、“创新性思维”、“创新性实践”3个初始范畴。

3.7 课堂知识讲授能力

“课堂知识讲授能力”在这里一方面指工科教师应该将自己在工程实践中的经历讲授给学生,让学生了解真正的实践中是如何分析问题和解决问题的,培养学生学习中主动联系实践的良好习惯;另一方面指工科教师应将本领域的工程热点带到课堂上,并结合实践中的问题加以分析,开拓学生眼界,使之保持对本领域研究的热情和兴趣。查建中认为:“工程教育要培养符合产业需要的具有通用能力和全面素质的工程人才,其教学就必须面向和结合工程实践。”^{[18]4}“课堂知识讲授能力”包含“课堂内容结合实际案例”、“课堂

知识联系前沿热点”、“课堂前沿热点与实际问题的结合”三个初始范畴。

3.8 终身学习能力

“终身学习能力”是指工科教师应该始终保持学习的热情和意识,不断地提升自己的专业能力,与时俱进地更新自己的知识储备,掌握新的实践技能。各种行业标准及 CDIO 培养模式都明确将“求知欲和终身学习”加入教学大纲中^{[10,11][12]49},可见终身学习能力的重要。要培养出这样的工程人才,工科教师首先要具备不断学习的意识和能力。此外,工程知识的广博深厚、工程技术的高速发展、工程实践的复杂多变,都需要工科教师能及时关注到新的变化、新的信息、新的技能,从而更好地指导学生。“终身学习能力”包含“新问题与新视角的发掘”、“新技术的学习”两个初始范畴。

3.9 工程伦理意识与实践

“工程伦理意识与实践”是指工科教师应将工程及相关科技问题与生态环境、自然资源、社会安全、个人隐私等关乎社会和谐与人类发展的问题内化为自己稳定的工程伦理意识,研究和实践中涉及工程及相关科技问题时能够及时考虑到其对社会和人类未来的影响;在付诸实践之前,运用相应的工程技术解决其中存在的伦理问题;在教学和指导学生的实践中,贯彻工程伦理意识。“CDIO改革的愿景之一就是理解工程技术的研究与发展对社会的重要性和战略影响,我们的社会极大地依赖科学家和工程师在解决问题方面所做出的贡献,他们解决了包括从健康到环境,乃至保持国家竞争力等一系列问题。然而,研究和技术发展必须和社会责任相匹配,并向可持续发展的方向发展。”^[20]此外,Edward F. Crawley 等指出可持续发展是现代工程的主旋律之一^{[12]55},贯穿工程全过程的工程伦理意识是实现可持续发展的必然要求。“工程伦理意识与实践”主范畴下包含“工

程伦理意识清晰”、“工程伦理知识与案例的课堂讲授”、“实验安全问题的重视”、“项目中工程伦理因素的考虑与应用”4个基础范畴。

4 结论和建议

4.1 结论

本研究基于工科教师和学生的视角,在CDIO工程教育改革模式、教师专业学习与发展理论及“新工科”工程教育改革新要求的指导下,采用扎根理论的研究方法,对来自三所双一流高校的27名工科生和13名工科教师进行了正式访谈,对工科教师的工程实践能力评价维度进行了深入探索。第一,发现工科教师对自身角色所需工程实践能力的重要性以及当前青年工科教师工程实践能力相对较弱状况的认识相当清晰,存在很大的提升空间;第二,以扎根理论对深度访谈数据进行分析,构建出包含9个主范畴、29个基础范畴的工科教师工程实践能力评价维度;第三,梳理了9个主范畴之间的内在联系。研究得到如下结论:工科教师和学生对当前工科教师工程实践能力状况的认识和期待基本上是清晰、全面、一致的,这样的认识一致性甚至超出研究者预期,同时被访者也比较普遍地对现状抱有许多无奈;被访者对工科教师工程实践能力的认识和期待与各方工程教育理论研究成果是符合的,与国际工程教育改革方向是一致的。研究澄清了有关大学教师们忙于做项目、忙于挣钱、无心教学,更不用说工程实践,并认为教师的意识本身是改革的最大障碍之一这样的模糊认识。教育管理部门和各工科高校应响应教师和学生们的这样的认识和期待,对现行体制机制做出相应调整,以为工科教师提高其工程实践能力以及进一步的工程教育改革创造良好条件。

4.2 建议

9个主范畴及其对应的基础范畴中蕴涵着丰富深刻的内容,其中包含着一些师生们从不同角

度反映得更为强烈的问题。下面就反映问题相对更多、更强烈的内容,结合上述结论谈谈对各相关方的建议。前三个建议主要面向工科教师,后三个建议则面向有关各方人员。

4.2.1 青年工科教师应多听老教授的课

访谈中被访学生反映,与老教授的课堂相比,青年工科教师的课堂表现主要存在两方面问题:一是授课内容会存在一些模糊、无法解释清晰的问题;二是很少与工程实践中的鲜活案例结合讲授,较难引人入胜。这会影响到学生对本专业知识的兴趣和深度,以及在工程实践中发现问题、分析问题和解决问题的能力,影响工科人才培养的质量。这些年不知不觉间大学的助教都换成了研究生,新入行的年轻教师差不多只是在开设新课试讲时才有机会听一下老教师的建议,之后就完全单飞了。此前新教师入行后通过给老教师当助教而获得经验传授和能力成长的传统没有了,学生们对不同年龄段老师授课情况的总体对比感受是真切的。因此建议青年工科教师应尽可能多找机会听一听老教师的课,学习其各种教学方法,尤其是如何结合实际将复杂的工程问题讲得清晰透彻、生动有趣,增强自己对工程的理解,提升教学能力。

工科教师的卓越授课能力虽然不是工程实践能力本身,但却是工程实践能力的直接结果,可以全面反映本研究的“工科教师工程实践能力评价”9个主范畴的所有方面。实现工程实践能力的实质性提高是工科教师达到卓越授课能力的前提和保障。

4.2.2 工科教师应重视学生的反馈意见

同时访谈学生和教师,从不同视角可以得到对相类似问题的不同反映。学生的反馈意见包括课堂反馈和工程项目中的所思所想。课堂是工科教师传授知识、引领学生进入一门学科或某一专业领域的第一环境,拥有丰富工程经历的教师不仅是知识传播者,更是兴趣和能力的培养者。对学生的评价意见教师应积极采纳,努力将自己在

实际工程项目中的经验和课堂知识相结合,并加入前沿热点案例,培养学生的工程思维和对工程问题的敏锐度。另外,学生在做工程项目时会遇到一些问题和新发现,产生自己的想法,这或许和教师所期待的有所偏差。有些教师对学生提出的不一致意见不经过思考就当即否定,伤到了学生的自尊心和研究热情。工科教师应尊重并理解学生在工程实践中的想法,对其正确的想法加以肯定,对错误的想法也要尊重其劳动成果,再适当引导。这还有利于教师发现学生在工程项目中的优势和问题所在,有利于因材施教和对症下药。工科教师在与学生进行良好的沟通交流中,也可锻炼自己的工程思维,与学生达到一种互相成就的状态。此种情况主要与9个主范畴中“工程管理能力”、“工程实践技能指导”和“工程伦理意识与实践”相关性较高。学生们反映较多,应该引起老师的注意。

4.2.3 工科教师应加强与企业的交流与合作

访谈中研究者了解到,被访工科生和教师都希望工科教师有丰富的工程实践经历。学生希望老师能真正地指导自己的学习与研究,而不是只会纸上谈兵;被访教师也认为具备足够的实践能力可以更全面地指导学生,但限于目前条件有许多无奈。但无论如何,工科教师还是应该主动加强与企业的合作与交流,了解企业的生产流程、企业面临的技术挑战,努力在帮助企业更好地解决实际问题的过程中,提升自己的实践技能,与企业的合作形成良性循环。

另外,工科教师应在实际工程项目中努力提升和加强自己的工程伦理意识与实践。目前工科高校面临一种矛盾状态:工科教师精通工程知识但不擅长工程伦理;工程伦理专业教师不熟悉工程,导致工程伦理课程并不能收到掷地有声的效果。如果工科教师自己熟练掌握工程伦理知识,就可以将其应用到工程实践中,不断地思考和尝试,从而内化为自己的工程伦理品格,并通过渗透教育和实践指导传导给学生。

这里所提的建议也涉及全部9个主范畴,说的是在客观条件不太有利的情况下,工科教师个人还是应该创造条件自我改进、自主成长,为成为卓越的工科教师而努力。

4.2.4 工科高校应健全工科教师职称晋升等相关制度

在目前的工科教师职称晋升制度中,还是大多以发表高影响论文作为主要的评价标准,此方式不利于引导工科教师工程实践能力的提升。被访者反映,并非所有工科研究成果都便于发表高影响文章,核心期刊本就偏好基础类研究,一些创新技术和成果并不适宜发表论文,国外也是如此。高校在职称晋升制度中应增加工科教师工程实践经历的要求,加入工程技术的突破与创新维度,引导工科教师积极与企业合作,参加工程项目,全面提升工科教师综合能力。

评价是指挥棒、是行为约束力,这也正是访谈中教师们颇为无奈之处。希望工科高校借鉴本研究通过对一线师生实证研究得出的成果,倾听教师和学生的声音,切实完善工科老师相关评价制度,以更有利于有效推进“新工科”工程教育改革,为新时代工程实践发展培养高质量人才。

4.2.5 政府应为校企合作提供资源支持,搭建平台

访谈中了解到高校与企业的合作或不深入,或难以开展。企业的核心目标是盈利,而在机制尚未理顺的情况下,工科教师到企业实习和培训会打扰企业正常生产秩序,增加企业成本,因而企业大多不愿工科师生到企业实习,导致产学研结合也并不顺利。校企合作需要政府提供政策和资源支持,这像是老生常谈,但又确实是一线师生的期盼。

4.2.6 工程伦理的落实需要国家政策和法律的支持

调研中,访谈对象除表达出对工科教师本身的工程伦理意愿外,还提到国家应完善相关制度和法律,因为仅凭工科教师或工程师个人恪守伦理道德是远远不够的,他们往往没有太多的话语权,不能左右一项工程的实施与否。近年,由于

社会上因违反工程伦理规范造成负面后果案例的增多, 以及根据国务院学位委员会的“学位办〔2018〕14号”文件, 自2018级起所有工程硕士专业学位研究生必修《工程伦理》课的要求, 各校加强了工程伦理教育。这些都对提升师生的工程伦理意识产生了作用, 但也同时加深了他们对伦理实践中一些困难情况的感受。工程关系着人们的正常生产与生活, 甚至有可能涉及生命安全和人类未来, 必须引起足够的重视。因此, 建议进一步完善相关法律, 制定相应规范和更具操作性的、强制性的处罚措施。此举将进一步引起工科教师和工科生对工程伦理的高度重视, 引导其在实践中全面考虑工程伦理相关问题, 提出对应的解决方案。

参考文献

- [1] 教育部.“新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 10-11.
- [2] 顾佩华. 新工科与新范式: 概念、框架和实施路径[J]. 高等工程教育研究, 2017(6): 1-13.
- [3] 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.
- [4] 吉莉. 高等院校青年教师工程实践能力问题探究[D]. 大连理工大学, 2011.
- [5] 教育部. 新工科建设指南(“北京指南”)[J]. 高等工程教育研究, 2017(4): 20-21.
- [6] 李耀臻. 超越环境伦理困境 拓展伦理研究视域——建设环境友好型社会的理论诉求[J]. 山东社会科学, 2006(1): 15-18.
- [7] 孙敬霞. 工科类地方本科高校教师发展研究[D]. 华中科技大学, 2016: 132-133.
- [8] 靳敏, 张安富. 高校工科教师工程素质现状与发展探析[J]. 高等工程教育研究, 2014(6): 97-104.
- [9] 苟勇. 高等工程教育-德国工程技术教育的研究与实践[M]. 北京水利水电出版社, 2005: 10-20.
- [10] PVN. FEANI Establishes the Title of European Engineer: Eur Ing[J]. European Journal of Engineering Education, 1988, 13(1): 25-30.
- [11] ABET. 2019-2020 Criteria for Accrediting Engineering Programs[EB/OL]. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-technology-programs-2019-2020/#GC6>.
- [12] Crawley E F, Maimqvist J, etc. 重新认识工程教育: 国际CDIO 培养模式与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [13] 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.
- [14] 李伯聪. 工程伦理学的若干理论问题——兼论为“实践伦理学”正名[J]. 哲学研究, 2006(4): 95-100.
- [15] 刘淑杰, 刘彩祥. 教育研究方法[M]. 北京: 北京大学出版社, 2016: 101.
- [16] 和学新, 徐文彬. 教育研究方法[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2016: 234.
- [17] 费小冬. 扎根理论研究方法论: 要素、研究程序和批判[J]. 公共行政评论, 2008(3): 23-44.
- [18] 查建中. 论“做中学”战略下的CDIO模式[J]. 高等工程教育研究, 2008(3): 3-6.
- [19] 张宏玉. 论我国高校教师的专业发展及其途径[J]. 黑龙江高教研究, 2008(6): 77-79.
- [20] 纪颖. 基于工程实践能力培养的研究型大学课程体系研究[D]. 天津大学, 2010.

A Study on the Dimensions of Evaluation of Engineering Practical Ability of Engineering Teachers Based on Teachers' and Students' Perspectives

Dong Beibei, Fan Chunping✉

(School of Humanities and Social Sciences, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: The proposal of the reform idea of “‘Emerging Engineering’ Research and Construction” has provided a direction for the new round of engineering education reform. As the core force of engineering education, engineering teachers should not only master extensive and profound theoretical knowledge, but also have strong engineering practice ability. What on account of many historical and practical factors have engineering teachers' practical engineering ability formed an important and difficult barrier in the reform of engineering education in China. What is the current situation of engineering teachers' practical ability, and what are the understand and expect from teachers and students? In-depth interviews were applied to 40 engineering teachers and engineering graduate students from three universities that be classified into first-class universities & disciplines. Through the three-level coding of the interview content, the basic impression of the interviewees on the current practical capacity of engineering teachers is obtained, and then the evaluation dimension model of engineering teachers' engineering practical capacity based on the perspectives of teachers and students is constructed. The research shows that teachers and students have a comprehensive understanding and expectation of current engineering teachers' engineering practice capacity, and have many helplessness. The article's result is based on the demonstration research, clarifying some obscure acknowledgement, having an reference value for farther research of engineering education reform.

Key Words: emerging engineering; engineering teachers' engineering practice ability; grounded theory; the perspective from teachers and students; evaluation dimensions