

新工科背景下研究生工程实践素养评价体系构建研究

康 婷

武汉工程大学马克思主义学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年6月26日; 录用日期: 2023年7月24日; 发布日期: 2023年7月31日

摘要

在新的经济形势下, 我国人才储备与供给仍然面临较大挑战, 为解决我国工程教育培养模式同新经济发展难以同步的短板, 研究利用熵权法、K-means聚类分析法、DEA效率模型等分析方法构建科学、全面、实用的研究生工程实践素养评价指标体系, 进一步分析研究生工程实践素养的现实情况。同时, 研究生工程实践素养可从教师队伍质量、校企合作、网络资源、工程伦理案例库与实践基地等四方面进行提高。

关键词

新工科, 研究生工程实践素养, 工程实践素养评价, 评价体系

Research on the Construction of Evaluation System of Graduate Students' Engineering Practice Literacy under the Background of New Engineering

Ting Kang

Institute of Marxism, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

Received: Jun. 26th, 2023; accepted: Jul. 24th, 2023; published: Jul. 31st, 2023

Abstract

China's reserve and supply of talents still face great challenges under new economic situation. To solve the gap that engineering education training mode in our country cannot keep pace with new

economic development, this paper studies to establish a scientific, comprehensive and practical evaluation index system of graduate engineering practical literacy by using entropy weight method, K-means cluster analysis method and DEA efficiency model. The practical situation of graduate engineering practice literacy is further analyzed. At the same time, postgraduate engineering practice literacy can be improved from four aspects, such as the quality of teachers, school-enterprise cooperation, network resources, engineering ethics case base and practice base.

Keywords

New Engineering, Engineering Practice Literacy of Graduate Students, Evaluation of Engineering Practice Literacy, Evaluation System

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

目前，全球正处于由智能化科技浪潮推动的第四次工业革命的发展契机中，世界各国紧抓全球发展机遇，创造性地变革高等人才培养模式，聚焦工程教育变革，探索新型专业结构，培养符合时代发展潮流的高素质人才。研究生教育位于国民教育的顶端，是高水平、高素质、高层次人才培养的高地，决定了我国创新型人才培养的高度。但是，在新的经济形势下，我国的人才贮备与供给仍然面临较大挑战，我国工程人才培养模式同新经济发展难以同步的短板也逐渐显现，如学校教育难以适应企业实际需求，传统工程教育忽视学生的实践意识、家国情怀等的培养，均大大增加了企业用人的隐性成本。因此，亟需以研究生工程实践素养为侧重点，通过构建科学、全面、实用的研究生工程实践素养评价指标体系，进一步分析研究生工程实践素养的现实情况，完善研究生培养模式，提升研究生工程实践素养。

2. 文献综述

当今“工程实践素养”是指学生在具体的工程实践活动中形成的较为稳定且具有“新工科”专业特质的“思维素养”与“实践素养”，它集中体现了“新工科”专业人才所具备的扎实的专业知识、出色的专业能力与正确的情感态度价值观。^[1]

针对工程实践教育的研究发现从教师实践素养来看，专任教师缺乏系统工程背景^[2]，重论文轻实践且知识结构较为单一、学科知识老化^[3]，工程教师管理层在绩效工资、职称评定和职务晋升等方面没有充分考虑工程类实践性、创新性的要求^{[4] [5]}。研究普遍赞成将激励教师现场学习^[6]，与有丰富工程实践经验的专家就学生培养等问题进行沟通^[7]，共同组建工程实践教学团队^[8]，高校与相关工程企业深度合作等高校工程实践改革策略当成强化教师实践能力^[9]，提高教师队伍质量的主要途径。而强化教师团队实践素养的重要举措在于落实“双导师”制度，相关研究认为新工科背景下研究生实践教育关乎我国信息化与工业化建设高端人才质量^[10]，赞成各高校应落实“双导师”制度^[11]，招聘有丰富工程实践经验的专家参与到学术型和专业型研究生的培养中来^[12]，与企业形成稳定的工程人才实训基地^[13]，开展理论与实践相结合的教学^[14]。而发挥“双导师”制对于研究生工程实践素养的积极意义关键在于落实学校的良好育人环境^[15]，企业参与的深度和广度^[16]，对实践教学结果实行校企共审制等举措^[17]。

培养具有优秀工程实践素养人才的基础在于注重在课堂上培养工程实践意识^[18]，发挥课堂在实践教

育中的基础性作用[19]。这要求教师要注重学生的主体性作用，培育思想性与人文性兼具的教学氛围，对工程实践材料进行多样化表达，并注重学生反馈的有效性[20][21]。有学者将引入“慕课”等线上学习系统当做提升课堂效率的重要途径[22]，认为构建适合中国工程教育现实的“慕课”或其他线上学习系统是提高教学与学习效率有效途径[23]。有研究指出要建设工程实践案例库和工程实践基地以丰富线上线下工程实践教育课程。案例库的建设的直接目的是面向教师提供典型或非典型、简单或复杂、基础或专业、单方或综合的工程实践案例，根本目标是建立向学生传授实践间接经验的有效途径，使学生在面对未来的各种复杂情况时有例可循不至于无所适从[24][25]。案例必须是工程实践过程中关乎国家利益、人民福祉、社会发展、公序良俗的真实的案例，可以根据需要对案例进行合理改编，进行多种形式的呈现，如书籍、短视频、专题纪录片等[26][27]。相关研究建议工程实践基地应尽可能放在时间跨度长、资源集中度高、与工程专业密切联系的先进工程项目之中，这是为合理运用现有工程实践资源，兼顾教育活动规律的需要[28][29]。并且高校实力越强，支持力度越大，领导能力越出色，越能得到企事业单位支持的高校越能建成富有成效的工程实践基地[30][31]。

针对工程实践教育的相关研究已较为系统，但缺乏对具体被教育者的工程实践素养培养效果进行定量分析的研究，故本文将构建研究生工程实践素养评价指标体系，并使用熵权法、K-means聚类分析法、DEA效率模型对研究生工程实践素养进行定量分析，以期提高工程实践教育质量，为定量研究工程实践教育效率提供思路。

3. 研究生工程实践素养评价指标体系构建

在推动产业升级、应对全球经济新挑战时代背景下，我国对工程人才的要求不断提高，打造一批具有高实践素质研究生的需求更为迫切。探寻研究生工程实践素养的构成要素，构建研究生工程实践素养评价指标体系，是提升研究生工程实践素养，更好地培养研究生工程人才的重要理论基础。在构建研究生工程实践素养评价指标体系时应把握以下几点原则：一是科学性原则，在构建指标体系时要把握好科学原则，各项指标的选取都应有坚实的理论基础和科学的方法，力求能够科学客观地反映研究生工程实践素养的构成要素；二是全面性原则，研究生工程实践素养涵盖了诸多方面，构建的评价指标体系要全面且有效把握各方面的逻辑联系；三是实用性原则，研究生工程实践素养评价指标体系立足于“实践”，故所建评价指标体系要能反映实践教育活动中各个环节。三原则相互独立又高度耦合，遵从三原则所构建的研究生工程实践素养评价指标体系才能倍道而进地促进研究生工程实践素养发展。

3.1. 模型构建

本文使用 CIPP 评价模型为基础构建研究生工程实践素养评价指标体系，CIPP 评价模型在评价与改进教育教学和人才培养方案方面有着以汤沃雪的作用，CIPP 评价模型包括背景评价(Context Evaluation)、输入评价(Input Evaluation)、过程评价(Process Evaluation)和成果评价(Product Evaluation)4 个部分。“背景评价”是对方案的目标进行合理性分析，在本文中“背景评价”测度的是研究生在工程实践教育中将工程实践教育目标内化于心的程度；“输入评价”是对方案的可行性进行鉴定，在本文中“输入评价”测度的是研究生是否足时高效地学习相关实践知识；“过程评价”是对方案的有效性进行评判，在本文中“过程评价”测度的是研究生是否遵从操作手册，按部就班进行实践训练；“成果评价”是对方案的运行结果进行评估；在本文中“成果评价”指的是研究生在实践教育课程中的最终得分。本文使用 CIPP 评价模型构建研究生工程实践素养评价指标体系一方面是因为 CIPP 模型常用来评价课程质量，这与理论与实际相结合的工程实践素养培养具有高度耦合性；另一方面是因为从背景评价、输入评价、过程评价、成果评价四个方面切入能够涵盖实践教育各方面，能够对研究生实践素养养成进行多维度记录，以期更

好促进研究生工程实践素养发展。

3.2. 指标体系构建

根据 CIPP 模型我们构建了科学合理的评价指标体系，如表 1 所示。

Table 1. Evaluation index system of postgraduate engineering practice literacy

表 1. 研究生工程实践素养评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
背景评价(C)	工程问题意识	X ₁ : 了解专业领域相关的法律法规、政策等 X ₂ : 理解重大工程对国家和社会的影响 X ₃ : 批判发展传统工程思维 X ₄ : 设计创新与技术改造意识
	工程创新意识	
输入评价(I)	工程基础知识学习	X ₅ : 基于对工程问题的科学原理与方法学习 X ₆ : 基于对工程项目组织管理知识、技巧与决策方法的学习
	跨学科知识学习	X ₇ : 计算机等现代技术学习效果 X ₈ : 学习多学科知识融合分析工程问题
过程评价(P)	工程操作能力	X ₉ : 熟悉工程实践项目中仪器的操作规范 X ₁₀ : 熟悉不同工程仪器的适用场景 X ₁₁ : 学习在不同岗位上的各种要求与责任 X ₁₂ : 练习能迅速与不同合作者沟通合作的能力
	工程合作能力	
成果评价(P)	学科知识学习成果	X ₁₃ : 扎实的工程学科知识 X ₁₄ : 具备一定数理分析能力 X ₁₅ : 具备一定工程管理能力 X ₁₆ : 熟练操纵相关工程仪器
	动手能力练习效果	X ₁₇ : 能就相关问题与同事流畅合作 X ₁₈ : 能够灵活使用专业所学工程技术

4. 数据分析

在课堂上我们对全班学生发放问卷以评价他们的工程实践素养，共收回有效问卷 293 份，并对问卷的信效度进行检验，信度 Cronbach α 系数为 0.984，KMO 值为 0.976，信效度较高通过检验，说明调查问卷设计得合理可靠。

4.1. 熵值法计算综合得分

熵值法是指用来判断某个指标的离散程度的数学方法，离散程度越大，该指标对综合评价的影响越大，反之则反， e_j 为指标信息熵值，使用 SPSSAU 软件得出。熵值法公式如下：

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^m (1-e_j)} \circ$$

e_j 为指标信息熵值，使用 SPSSAU 软件得出。使用熵权法给评价指标体系赋权，如表 2 所示。

Table 2. Weight results calculated by entropy method
表 2. 熵值法计算权重结果

一级指标	背景评价(C)	输入评价(I)	过程评价(P)	成果评价(P)
权重系数 w	0.23	0.25	0.28	0.24

由表 2 可知在研究生工程实践素养评价中最重要的是过程评价，其权重系数达 0.28，这再次证明了工程实践教育中“动手能力”的培养尤为重要。其次是输入评价(0.25)，成果评价(0.24)，背景评价所占比重最低为 0.23。

根据熵权结果计算各项得分及排名，公式如下：

$$S = \sum_{j=1}^m w_j * a_i(j), (j = 1, 2, \dots, m).$$

其中 S 是指每位研究生在工程实践课程中的综合得分， $a_i(j)$ 指每位研究生各三级指标得分，计算结果如表 3 所示。

Table 3. Calculation results of the entropy weight method for the evaluation of postgraduate engineering practice literacy
表 3. 研究生工程实践素养评价熵权法计算结果

研究生序号	背景评价(C)	输入评价(I)	过程评价(P)	成果评价(P)	综合得分	排名
1	2.7816	2.9832	3.3804	4.2804	13.4256	197
2	2.7816	2.7346	1.6902	3.8048	11.0112	276
3	3.7088	3.9776	3.6621	5.7072	17.0557	101
...
11	4.636	4.972	5.634	7.134	22.376	1
...
144	3.7088	3.9776	4.5072	5.7072	17.9008	66
...
293	2.5498	3.2318	3.3804	4.2804	13.4424	194

4.2. K-means 聚类分析

为了进一步探究在工程实践教育中研究生工程实践素养的发展水平和突出表现，我们基于大数据的聚类分析思维建立了分类标准，对研究生工程实践素养发展水平进行了分类判定。通常由系统聚类所得到的数据簇会呈现出一定的相似性或同质性，但各数据簇之间存在差异，研究沿此进路对所采集的数据进行了聚类分析，划分出三簇研究生工程实践素养数据，将其分为引领型研究生、成熟型研究生和成长型研究生，分别代表了研究生工程实践素养发展水平的三个等级，如表 4 所示。

K-means 算法是以平均值作为类的中心的一种分割聚类方法，依照中心点均值聚合出三簇工程实践素养数据。第一簇 103 个样本占样本总数的 35.15%，中心点均值为 7.86；第二簇 155 个样本占 52.90%，中心点均值 5.74；第三簇 35 个样本占 11.95%，中心点均值为 4.10。研究参照中心点均值大小发现三簇数据间存在数值差异，并具有较为显著的高低区分，并在此基础之上展开了研究生工程实践素养整体发

展水平及特征分析, 如表 5 所示。

Table 4. Data clustering results of graduate students' engineering practice literacy level
表 4. 研究生工程实践素养水平的数据聚类结果

簇类	样本数	中心点均值	学习者类别
第一簇	103	7.86	引领性研究生
第二簇	155	5.74	成熟型研究生
第三簇	35	4.10	成长型研究生

Table 5. Development level and characteristic value of engineering practice literacy of 293 graduate students
表 5. 293 名研究生工程实践素养发展水平及特征值

评价类别	引领型研究生(n = 103) M/SD	成熟型研究生(n = 155) M/SD	成长型研究生(n = 35) M/SD
综合得分	19.64/2.14	14.34/1.30	10.25/1.64
背景评价(C)	4.10/0.48	3.05/0.36	2.22/0.47
输入评价(I)	4.37/0.51	3.24/0.40	2.31/0.53
过程评价(P)	4.88/0.65	3.51/0.37	2.40/0.52
成果评价(P)	6.29/0.68	4.54/0.46	3.32/0.59

由表 5 可知, 其中引领型研究生在各指标上的得分区间为[4.10, 6.29], 其工程实践素养表现最优, 属于较高水平; 成熟型研究生在各指标的得分区间为[3.05, 4.54], 属于中等水平; 成长型研究生在各指标的得分区间为[2.22, 3.32], 属于较差水平。从各个等级研究生所占样本总量来看, 样本量由多到少依次排列为中等、较高和较低水平, 表明目前来看研究生的工程实践素养整体水平良好。

4.3. DEA 测度研究生工程实践学习效率

本文选择在处理多投入和多产出效率测度上具有优势的数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)来测度工程实践教育学习者的学习效率, 以探求改良工程实践教育课程的方法。本文选取 DEA 模型中的能够测量综合效率的 CCR 模型来测度研究生工程实践教育课程效率。若综合效率值为 1, 则称决策单元 DEA 有效; 若综合效率值小于 1, 则称决策单元非 DEA 有效。将“输入评价”与“过程评价”各指标当成 DEA 投入, “成果评价”各指标当成 DEA 产出, 参考相关研究, 在测度整体 DEA 效率的同时, 将聚类分异结果与性别分别测度 DEA 效率, 结果如表 6 所示。

Table 6. DEA measurement results
表 6. DEA 测度结果

学习者类别	综合效率 = 1	综合效率! = 1	纯技术效率 = 1	纯技术效率! = 1	规模效率 = 1	规模效率! = 1
全体研究生	75.51%	24.49%	81.76%	18.24%	73.21%	26.79%
引领型研究生	83.28%	16.72%	90.44%	9.56%	81.23%	18.77%
成熟型研究生	72.35%	27.65%	81.08%	18.92%	69.17%	30.83%
成长型研究生	66.65%	33.35%	59.25%	40.75%	67.48%	32.52%

4.4. 研究生工程实践教育耦合度分析

如表 7 所示。

Table 7. Measurement results of coupling coordination degree
表 7. 耦合协调度测度结果

学习者类别	低度耦合协调 $0 < D \leq 0.3$	中度耦合协调 $0.3 < D \leq 0.6$	高度耦合协调 $0.6 < D \leq 1$
全体研究生	5.46%	8.19%	86.34%
引领型研究生	-	1.94%	98.06%
成熟型研究生	3.23%	5.81%	90.96%
成长型研究生	31.43%	37.14%	31.43%

从上述实证分析的结果来看，经过一段时间的培养，研究生的工程知识储配和工程实践能力都得到了很大的提高。工程实践素养是新工科人才必备的核心素养，近 30 年来，我国高等工程教育实践教学颇受重视，且教学形态、体系、培养理念等变化明显，逐渐从传统实践教学走向以培养创新人才为目标、平台建构完备、注重海外交流合作的现代实践教学体系。新工科人才亦可以依据本文的评价标准进行自我学习和训练，不断提高自身的工程实践素养水平。

5. 建议

- 1) 当前我国工程实践教育普遍存在工程实践能力培养不受重视情况，首要原因是工程教师队伍缺乏相应工程实践素养，在青年工科教师队伍中，拥有高学历却缺乏工程经验，实践能力有限的教师并不罕见。高校应鼓励教师现场学习，与学科相关行业企业深度交流，了解相应研究方向的实际人才需求以及发展动态，并深入现场和有丰富工程实践经验的专家就学生培养等问题进行沟通，开展合作。教师应主动与学生组建工程实践教学团队，促使学生融入主干学科，给学生参与工程实践的机会，因地制宜向学生灌输多维实践素养。
- 2) 《教育部关于做好全日制硕士专业学位研究生培养工作的若干意见》指出：“逐渐将硕士研究生教育从以培养学术型人才为主向以培养应用型人才为主转变。”作为长期为我国信息化与工业化建设输送高端人才的高等工程教育更应加强研究生实践教育。高校应继续实行“双导师”制度，发挥企业导师的积极作用，明权划分师生权责边界，开展线上线下相结合的实践教学，在进行学术型实验室实践的同时真正走进企业开展工程实践，在实践中与校内外导师积极沟通。
- 3) 在“互联网 + 教育”背景下善用网络资源，注重在课堂上培养工程实践意识，发挥课堂在实践教育中的基础性作用。教师要重新定位自己在课堂中的角色，注重学生主体性作用，营造思想性与人文性兼具的教学氛围。
- 4) 建设工程伦理案例库与实践基地。案例库建设的主要目的是面向教师提供典型或非典型、简单或复杂、基础或专业的工程实践案例，方便教师向学生传授实践间接经验。因此，案例库的建设与编写需要系统全面且要有高度抽象归纳的总结说明，要充分考虑学生在未来实践中可能面对的各种复杂情况。

基金项目

武汉工程大学研究生教育创新基金资助项目“研究生工程实践素养评价与提升策略研究(CX2022368)”。

参考文献

- [1] 周学智, 吴小林. 适应新工科发展要求提升学生工程实践素养[J]. 中国高校科技, 2019(1): 73-75.
- [2] 闫长斌, 杨建中, 梁岩. 新工科建设背景下工程意识与工匠精神的培养——以土木工程类专业为例[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2019, 32(6): 152-160.
- [3] 吴小林, 曾溅辉, 岳大力, 许博. 以工程实践与创新能力为核心, 推进研究生培养模式改革[J]. 高等工程教育研究, 2019(5): 103-109.
- [4] 林健. 胜任卓越工程师培养的工科教师队伍建设[J]. 高等工程教育研究, 2012(1): 1-14.
- [5] 林健.“卓越工程师教育培养计划”学校工作方案研究[J]. 高等工程教育研究, 2010(5): 30-36, 43.
- [6] 韩雪婧, 安涛, 周进. 知识创造视角下教师现场学习活动设计研究[J]. 当代教育科学, 2019(1): 47-52.
- [7] 林健. 校企全程合作培养卓越工程师[J]. 高等工程教育研究, 2012(3): 7-23.
- [8] 牛荻涛, 史庆轩, 任瑞西, 朱丽华, 张维华. 建筑与土木工程领域全日制专业学位研究生培养的理论与实践[J]. 学位与研究生教育, 2014(1): 10-15.
- [9] 王孙禹, 谢皓平, 张羽, 龙宇, 李雪, 石小岑. 人才与竞争: 我国未来工程师培养的战略制定——“卓越工程师教育培养计划”实施五年回顾之一[J]. 清华大学教育研究, 2016, 37(5): 1-10.
- [10] 王张琦, 孙跃东, 姚俭. 现代高端工程人才培养模式的探索与构建——以上海理工大学改革实践为例[J]. 研究生教育研究, 2015(2): 69-73.
- [11] 徐飞, 马东嫄, 王亚文, 赵莉, 张岩波. 基于校企双导师工作室的计算机类大学生创新素质培养研究[J]. 计算机教育, 2019(11): 141-146.
- [12] 赵艳玲, 薛庆忠, 梁昌国. 全日制工程硕士研究生实践能力培养体系的构建[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2016(12): 55-57.
- [13] 范青武, 郑全英, 郑鲲, 王卓峰, 王晓路. “六面一体”立体化校企深度合作模式的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2013(12): 26-30.
- [14] 马廷奇, 冯婧. 回归工程实践与工程教育模式改革[J]. 高教发展与评估, 2018, 34(2): 9-16.
- [15] 付兵, 贺念念, 吕镇洋, 赵鹏娟, 马超群. 多元化生源背景下高职“双导师协同育人”机制研究[J]. 高等职业教育探索, 2020, 19(6): 54-62.
- [16] 冯小军, 吴琼. 高职院校现代学徒制“双导师”团队建设探索[J]. 中国职业技术教育, 2016(31): 88-91.
- [17] 李靖, 戴琳琳, 臧琰琰. 基于校企融合的民办应用型本科实践教学体系创新研究[J]. 河北能源职业技术学院学报, 2017, 17(4): 13-15.
- [18] 王丽朋, 何志英, 武芸. 过程装备与控制工程专业学生创新意识和工程实践能力培养[J]. 山东化工, 2021, 50(5): 203-205.
- [19] 何菁, 丛杭青. 工程伦理案例教学的价值设计——兼论场景叙事法的课堂引入[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 188-193, 200.
- [20] 孟祥红, 齐恬雨, 张丹. 从课程支撑到能力整合: 工程教育专业认证“毕业要求”指标研究[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 64-70.
- [21] 段芳, 陈明清, 罗静. 工程教育专业认证视角下“高分子材料研究方法”课程教学改革与探索[J]. 高分子通报, 2021(7): 85-89.
- [22] 周绪红, 陈朝晖, 李正良. 工程学科在线开放课程体系建设的探索与创新[J]. 中国大学教学, 2021(8): 16-20.
- [23] 罗大兵, 张祖涛, 潘亚嘉, 田怀文. 慕课与项目式教学相结合的工科类课程教学模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2020(2): 164-168.
- [24] 郑玲. 全日制工程硕士案例教学资源库建设——以车辆工程专业案例库建设为例[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(6): 132-138.
- [25] 殷俊, 施卫娟, 胡夏芸, 李鑫, 仇晨晔, 胡枫. 面向OBE的物联网专业实验教学案例库建设研究[J]. 计算机教育, 2020(4): 145-149.
- [26] 张洁, 尹雨晴, 林静, 陈燕. 临床案例库资源教学化建设的思考[J]. 护理学报, 2019, 26(10): 14-17.
- [27] 邵光辉. 专业学位研究生地基处理新技术教学案例库建设与应用[J]. 教育教学论坛, 2019(5): 47-49.
- [28] 林健, 衣芳青. 面向未来的工程伦理教育[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 1-11.

-
- [29] 滕君华, 林彬, 闫秋娜, 何荣希, 王雅琨, 符策. 卫星通信校外实践基地建设探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(7): 154-157.
 - [30] 马永红, 张乐, 高彦芳, 沈岩. 我国工程硕士联合培养实践基地状况分析——基于 28 个工程硕士示范基地[J]. 学位与研究生教育, 2016(4): 7-11.
 - [31] 温武, 李鹏, 郭四稳, 郭旭鸣. 基于人才联盟的“实验室 + 企业”网络工程实践教学基地构建[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 55-60.