

基于知识图谱的国内工程教育研究现状分析 ——关于 CSSCI 期刊载文的量化研究

刘宏业, 杨 晖, 陈晓荣

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 为主动应对新一轮科技革命与产业变革, 教育部 2017 年以来发出了“新工科”建设的诸多倡议, 在“新工科”建设的时代背景下, 对我国近 10 年工程教育研究的现状进行量化分析具有重要意义。选择近 10 年来被中国社会科学引文索引 (CSSCI) 收录的与工程教育有关的文献, 开展文献计量学研究。在对文献年度发文量、作者合作网络、文献共被引网络、期刊共被引网络和关键词共现网络进行定量分析的基础上, 讨论了当前国内工程教育研究的现状。有关结果表明, 国内工程教育研究的规模与我国目前的工程教育规模不相匹配, 相关研究的同质性在日益增加, 且国内刊物与国际刊物之间存在一定的信息交换壁垒。最后, 给出了有益的发展建议。

关键词: 工程教育; 知识图谱; 文献计量

中图分类号: G 521 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-895X(2021)02-0193-08

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2021.02.015

Current Status of Domestic Engineering Education Based on Knowledge Graphs —Quantitative Research on CSSCI Journals

LIU Hongye, YANG Hui, CHEN Xiaorong

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for
Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: To actively respond to the new round of scientific and technological revolution and industrial change, the Ministry of Education has issued many initiatives on “New Engineering Disciplines” since 2017. Under the background of “New Engineering Disciplines”, it is of great significance to quantitatively analyze the current situation of domestic engineering education research in recent ten years. In this paper, a bibliometric research is carried out on the literatures related to engineering education and collected by Chinese Social Sciences Citation Index (CSSCI). Based on the quantitative analysis of the annual volume of documents, author cooperation network, cited reference network, cited journal network and keyword co-occurrence network, this paper discusses the current situation of engineering education research in China. The results show that the research scale of domestic engineering education does not match the current scale of engineering education. The homogeneity of related research increases gradually, which implies an

收稿日期: 2019-09-27

基金项目: 上海高校青年教师培养资助计划 (ZZslg18008); 上海理工大学 2019 年度教师教学发展研究项目 (CFTD194010, CFTD191002); 上海理工大学 2018 年度“教学成果奖”培育项目 (JXCGPY2018003)

作者简介: 刘宏业 (1986-), 男, 副教授。研究方向: 大数据挖掘与可视化。E-mail: liuhongye@usst.edu.cn

information exchange barrier between domestic and international journals. Finally, some suggestions are given for development.

Keywords: engineering education; knowledge graph; bibliometrics

工程教育是以技术科学为主要学科基础,以培养能将科学技术转化为生产力的工程师为目标的专门教育^[1]。2017年2月以来,为主动应对新一轮科技革命与产业变革,支撑服务“创新驱动发展”“中国制造2025”等一系列国家战略,教育部积极推进新工科建设,先后形成了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”,并发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》和《关于推进新工科研究与实践项目的通知》,全力探索形成领跑全球工程教育的中国模式、中国经验,以期助力高等教育强国建设^[2]。工程教育研究作为反映国家工程领域综合水平和影响力水平的重要一环,对其开展量化研究可为我国现阶段的新工科建设提供诸多有益建议^[3]。本文运用文献计量学方法,对来源于中国社会科学引文索引(CSSCI)的2009—2018年间的603篇以“工程教育”研究为主题的论文进行量化分析,旨在梳理我国现阶段工程教育研究的现状,分析其特点,以期为我国现阶段的新工科建设和提高工科人才培养质量提供可资借鉴的建议。

一、研究对象及研究方法

本研究选择近10年(2009—2018年)来,中国社会科学引文索引(CSSCI)收录的与“工程教育”有关的文献进行研究。首先,从篇名和关键词途径对CSSCI数据库进行检索,经过数据除重处理后总计检索出603篇相关文献。然后,选择603篇研究文献的作者、研究机构、参考文献、期刊名和关键词等基本信息为研究对象,运用CiteSpace和Microsoft Excel系统逐一建档。最后,对各类信息逐项进行可视化和量化处理,实现定性与定量相结合的研究与探索。

二、数据统计分析结果

(一)文献量及发表年份统计分析

首先对603篇相关文献的年度发文量进行了统计,如图1所示。由图1可以看出,2009—2018年间被CSSCI收录的各类期刊中,以“工程教育”

研究为主题的论文其年度发文量分别为:2009年71篇,2010年53篇,2011年66篇,2012年63篇,2013年74篇,2014年50篇,2015年51篇,2016年55篇,2017年61篇,2018年59篇。总体来看,2009—2013年国内学者对工程教育的研究热情相对较高,2009、2013年为年度发文量的高峰年。2013年后,年度发文量出现较大幅度下降,2014—2016年平均年度发文量相较于2013年之前下降幅度接近30%。2017年之后,随着教育部积极推进新工科建设的一系列政策和倡议出台,以“工程教育”为主题的研究年度发文量出现一定程度的回升,基本保持在年均60篇左右。相关数据表明,国内学者对工程教育研究的规模整体较小,近年来期刊发文量出现一定程度的下降,其相关学术活动在一定程度上受到政府部门宏观政策的影响。

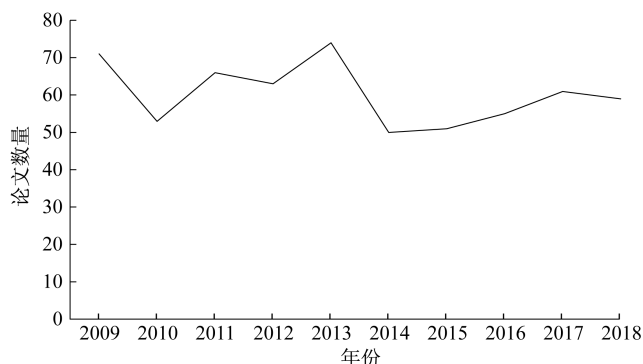


图1 工程教育研究年度发文量统计

Fig.1 Statistics of the annual publication in Engineering Education Research

(二)作者合作网络分析

科学的进步促进了合作,作为一种必然结果,科学合作正在催生学术论文合著现象的大量涌现^[4]。随着合著学术论文规模的日益增大,以往把学术贡献全部归于第一作者的做法显然已无法满足文献计量学的发展需求。施引文献的作者合作网络分析在一定程度上很好地解决了这一问题,其量化分析数据可从侧面反映国内工程教育研究的合作热度和交流程度。理论上,CiteSpace可以从微观

的作者合作网络、中观的机构合作网络和宏观的国家或地区合作网络三个层次对论文的科学合作情况展开分析^[5]，鉴于本文所研究群体的特定性（仅局限于国内学者），且中观的机构合作网络在作者合作网络中已有所体现，下文仅从微观层次展开分析。

学者合作情况研究中使用的数据集是 2009—2018 年间 CSSCI 收录的 603 篇论文数据, 分析的时间切片长度为 3 年。图 2 是数据集中合作频次 2 次及以上的作者合作网络情况, 图 2 中节点连接线颜色的变化反映的是相关学者合作研究的时间演化关系。由图 2 可以看出, 整体而言, 国内学者合作网络以规模小的子网络居多, 这反映出各学者之间小的研究团队较多, 但相互之间联系较为松散。就

合作机构而言,来自浙江大学的以孔寒冰、邹晓东和张玮为核心的研究团队构建了最大的合作子网络,而以王孙禺为核心的清华大学研究团队次之。从时间演化的角度来看,浙江大学的孔寒冰、张玮、邹晓东3位学者在不同的时间切片内发挥的合作引领作用有所更迭,即3位学者分别在不同的时间段内表现出较强的合作热度,例如张玮与其他学者之间的学术合作主要集中在2015—2017年时间切片内。就个人合作热度而言,来自清华大学的王孙禺在近10年内与他人合作了最大数量的学术研究,10年间以“工程教育”为主题与其他学者合作发表了13篇期刊论文。除以上4位学者外的其他研究人员,合作研究主要集中在某些特定的时间段。

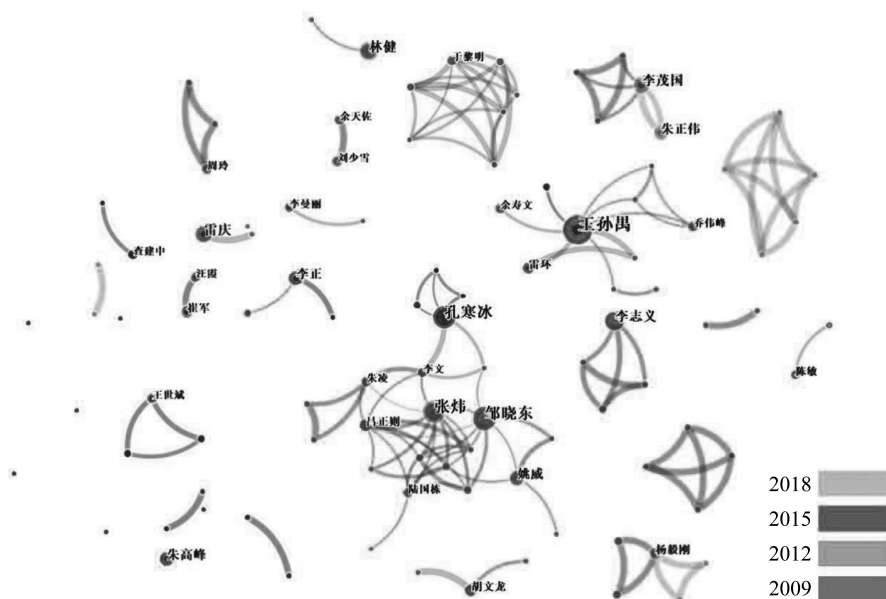


图2 作者合作网络

Fig. 2 Co-author analysis

表 1 国内学者合作发表论文数统计

Tab.1 Statistics of co-author papers by domestic scholars

合作论文数	13	10	8	7	6	5	4	3	2
作者数量	1	3	2	2	4	5	14	17	75

表1进一步对作者合作网络中各学者的合作发文量进行了统计。由表1数据可以看出,数据集所包含的603篇施引文献中合作发表论文数达到10篇及以上的共有4人;合作发表论文数在5~9篇的有13人;合作发表论文数在2~4篇的共有106人。表2对合作发文量频次5以上的文献作者情况进行了统计。结果发现来自浙江大学和清华大学的

学者在该领域的研究最为活跃,与其他学者的合作研究也最为广泛。合作发表论文数排名前10的高校绝大多数为我国的工科强校,例如清华大学、浙江大学、北京航空航天大学、华南理工大学等,这说明理工科高校对于工程教育的研究有着较强的自我内在驱动,良好的理工科学术背景对于工程教育的研究起着积极正向的推动作用。

表2 合作发文量频次5以上的文献作者基本情况统计
Tab.2 Statistics of the co-author papers above 5 times

作者	工作机构	论文数
王孙禺	清华大学	13
孔寒冰	浙江大学	10
张炜	浙江大学	10
邹晓东	浙江大学	10
林健	清华大学	8
李志义	沈阳化工大学	8
雷庆	北京航空航天大学	7
李茂国	对外经济贸易大学	7
姚威	浙江大学	6
朱正伟	重庆大学	6
朱高峰	中国工程院	6
李正	华南理工大学	6
总计		97

(三) 文献共被引分析

科学文献不是孤立的,而是互相联系,不断演化延伸的系统。科学文献的引证关系不但反映了学科发展的客观规律,更体现了学科知识的累积性、传承性和交叉渗透性。这里的共被引网络是指两篇文献共同被数据集中的某篇施引文献引证所形成的共被引关系。图3给出了数据集中603篇施引文献引用的3417篇参考文献的共被引网络,共被引网络采用的分析时间切片长度仍为3年。由图3(a)可以看出,相较于作者合作网络的分布式碎片化网络结构,共被引网络呈现出较好的层次性和网络“结构洞”特性,形成了较为紧凑完整的网络空间系统。从网络系统时间演化的角度看,2009—2011年时间切片内的共被引子网络(见图3(b)),表现出“单一”“舒展”的主结构线特质;而2012—2014年时间切片内的共被引子网络(见图3(b)),则呈现出分布聚拢的特点,形成了相对复杂的分布式网络结构。就2015—2017年和2018年以后时间切片内的共被引子网络(分别如图3(d)和3(e)所示)而言,其网络结构则表现出较强的空间聚类特征。以上可视化数据表明,随着以“工程教育”为主题的研究发展,国内学者所关注的参考文献呈现出由“舒展多样化”到“分布式聚拢”,再到“空间整体式聚类”的特点,这说明国内学者研究主题的同质性在逐渐增加,也可从侧面解读为国内学者们研究的共识在逐年增加。

表3对共被引网络中节点频次5以上(不包括

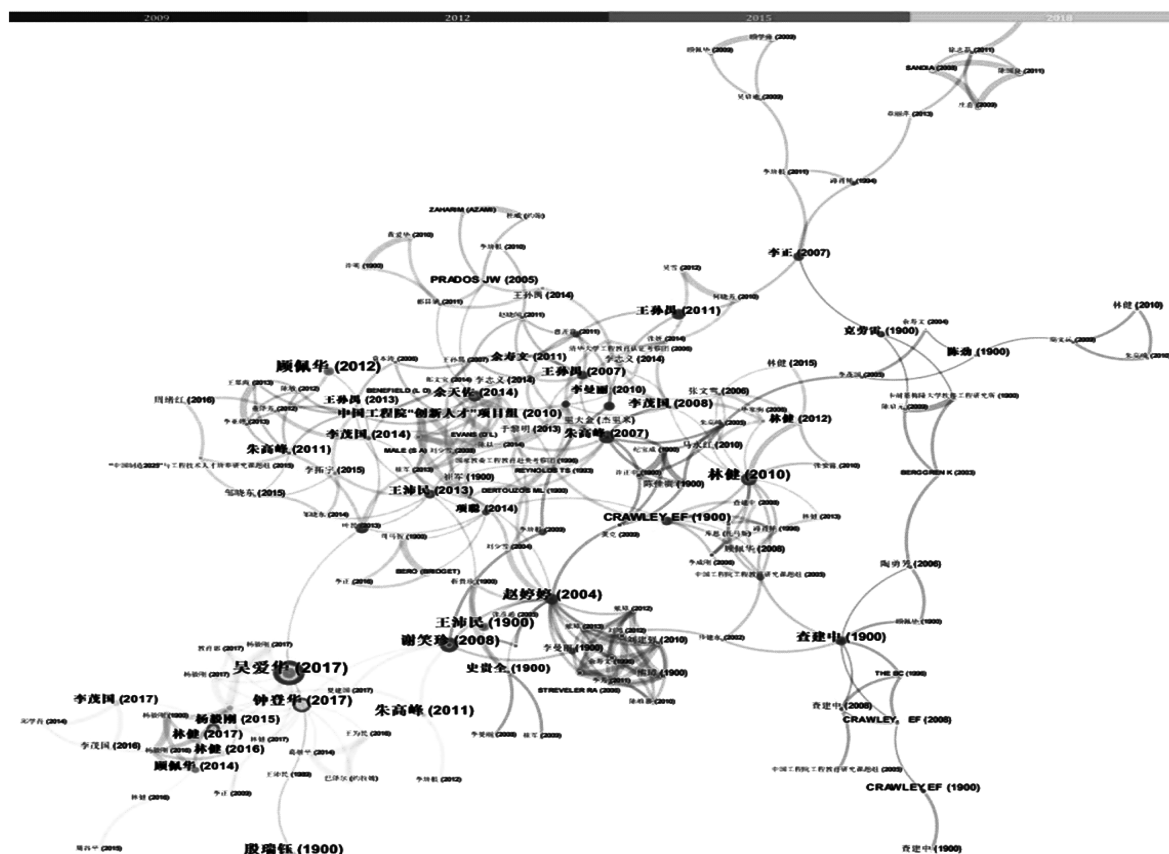
频次5)的参考文献进行了量化统计。由表3数据可以看出,这些高共被引文献有着高低不一的节点中心度,共被引文献的被引频次与文献的节点中心度整体呈正相关关系,即绝大多数高共被引文献均有着高的节点中心度,例如文献吴爱华(《高等工程教育研究》,2017年)和谢笑珍(《高等工程教育研究》,2017年),其节点中心度分别为0.24和0.29。结合图3的共被引网络可以看出,具有高节点中心度的文献均处于网络系统“结构洞”的边缘,表明具有高节点中心度的文献在不同的共被引子网络之间发挥了重要的“桥梁纽带”作用,这些文献是推动相关研究由一个热点领域向另一个热点领域演化过渡的重要推手。表4进一步对节点中心度排名前10的共被引文献进行了统计。由表4数据可以发现,具有高节点中心度的文献往往都紧扣其所处时间阶段的教育主题,例如吴爱华于2017年发表的《加快发展和建设新工科,主动适应和引领新经济》,钟登华于2017年发表的《新工科建设的内涵与行动》,均带有明显的“新工科”建设主题特征。对比表3和表4数据亦可发现,表3中的很多高共被引文献并没有出现在表4中,这些文献往往具有较高的共被引频次但却有着较低的节点中心度,通常被认为是相关领域的经典文献,例如文献王沛民(《中国高等教育》,2001年)。

(四) 期刊共被引分析

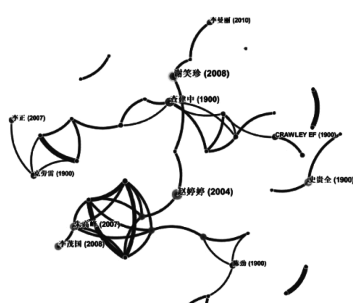
图4是数据集3417篇参考文献中共被引频次大于3次的期刊共被引网络,分析采用的时间切片长度仍为3年,其中网络节点之间颜色的变化同样表明了共被引子网络间的时间演化关系,节点标签字体大小与共被引频次成正比例关系。为便于量化分析,表5对共被引频次排名前10的期刊进行了统计,由表5数据可以看出,对于被CSSCI收录的以“工程教育”为主题的研究论文中,高共被引期刊多为中文期刊。其中,《高等工程教育研究》在有关“工程教育”这一主题的期刊载文方面占据了绝对优势,其共被引频次达263次,该数值超过排名第2至第7位所有期刊共被引频次之和。就节点中心度而言,《高等教育研究》《中国大学教学》《教育研究》和《中国高教研究》等对于拓展“工程教育”领域的期刊共被引网络均发挥了重要的桥梁枢纽作用,但排名前10的高共被引期刊中国际期刊仅有 *Journal of Engineering Education* 和 *European Journal of Engineering Education*。上述结果表明,

国内学者在进行以“工程教育”为主题的研究时,偏好参考中文文献,而对于国际同行的相关研究关

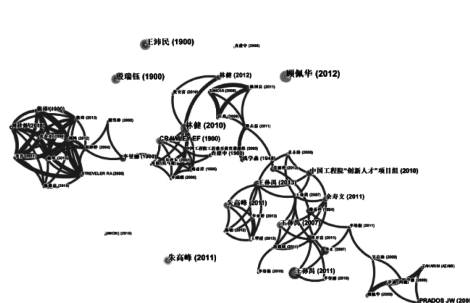
注较少。国内刊物与国际刊物在互相借鉴、信息贯通方面仍然存在一定的壁垒。



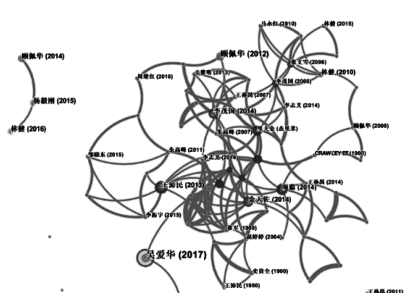
(a) 共被引网络



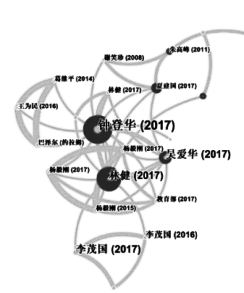
(b) 2009—2011年时间切片内的共被引子网络



(c) 2012—2014年时间切片内的共被引子网络



(d) 2015—2017年时间切片内的共被引子网络



(e) 2018年内的共被引子网络

图3 论文共被引分析

Fig.3 Co-cited references analysis

表3 共被引频次5以上的参考文献统计

Tab.3 Statistics of co-cited references above 5 times

第一作者	载文信息(篇名/期刊/年)	节点中心度	共被引频次
吴爱华	“加快发展和建设新工科,主动适应和引领新经济”,高等工程教育研究,2017年	0.24	11
顾佩华	“CDIO在中国”,高等工程教育研究,2012年	0	9
王沛民	“我国高等工程教育需要整体反思”,中国高等教育,2001年	0	8
钟登华	“新工科建设的内涵与行动”,高等工程教育研究,2017年	0.19	7
谢笑珍	“大工程观的涵义、本质特征探析”,高等工程教育研究,2008年	0.29	7
林健	“卓越工程师教育培养计划通用标准研制”,高等工程教育研究,2010年	0.12	7
朱高峰	“工程教育中的几个理念问题”,高等工程教育研究,2011年	0.02	7
殷瑞钰	“建立工程界和哲学界的联盟,共同推动工程哲学的发展”,自然辩证法研究,2005年	0.02	7
赵婷婷	“基于大工程观的美国高等工程教育课程设置特点分析——麻省理工学院与斯坦福大学工学院的比较研究”,高等教育研究,2004年	0.35	7
查建中	“工程教育改革战略 CDIO 与产学研合作和国际化”,中国大学教学,2008年	0.19	6

表4 节点中心度排名前10的共被引参考文献统计

Tab.4 Statistics of top 10 co-cited references in node centrality

第一作者	载文信息(篇名/期刊/年)	节点中心度	共被引频次
赵婷婷	“基于大工程观的美国高等工程教育课程设置特点分析——麻省理工学院与斯坦福大学工学院的比较研究”,高等教育研究,2004年	0.35	7
谢笑珍	“大工程观的涵义、本质特征探析”,高等工程教育研究,2008年。	0.29	7
叶民	“美国工程教育演进史初探”,高等工程教育研究,2013年	0.26	2
吴爱华	“加快发展和建设新工科,主动适应和引领新经济”,高等工程教育研究,2017年	0.24	11
李正	“从工程的本质看工程教育的发展趋势”,高等工程教育研究,2007年	0.24	4
朱高峰	“中国的工程教育——成绩、问题和对策”,高等工程教育研究,2007年	0.23	5
王孙禺	“针对理工教育模式的一场改革——美国欧林工学院的建立背景及理论基础”,高等工程教育研究,2011年	0.23	5
钟登华	“新工科建设的内涵与行动”,高等工程教育研究,2017年	0.19	7
查建中	“工程教育改革战略 CDIO 与产学研合作和国际化”,中国大学教学,2008年	0.19	6
项聪	“设计范式:工程教育发展的必然选择”,高等工程教育研究,2014年	0.18	4
曾开富	“工程创新人才培养模式的大胆探索——美国欧林工学院的广义工程教育”,高等工程教育研究,2011年	0.18	2

表5 共被引频次排名前10的期刊统计

Tab.5 Statistics of top 10 co-cited journals

期刊名称	共被引频次	中心度
高等工程教育研究	263	0.11
中国高等教育	61	0.07
清华大学教育研究	48	0.07
高等教育研究	41	0.16
中国高教研究	39	0.12
中国大学教学	36	0.13
教育研究	32	0.13
Journal of Engineering Education	32	0.16
大学教育科学	18	0.10
European Journal of Engineering Education	16	0.05

(五) 关键词共现网络及其聚类分析

关键词的共现分析是针对数据集中施引文献的关键词,两两统计它们在同一组文献中出现的次数,通过这种共现次数来测度它们之间的亲疏关系。图5为使用CiteSpace软件对数据集中603篇施引文献的关键词建档后,分析得到的关键词共现网络。这里需要注意的是,图5为了方便分析,对共现频次3次以下的节点未予显示。在完成共现网络的计算之后,继续运用软件的对数最大似然率(Log-Likelihood Ratio)算法对关键词进行聚类分析,如图5中带“#”的标签所示。图5的关键词共现网络和聚类分析结果表明,在近10年的以“工程教育”为主题的研究中,排名前5的关键词

分别为“工程教育（或高等工程教育）”“持续改进”“新工业革命”“华盛顿协议”和“新工科”。具体来看，“持续改进”和“华盛顿协议”均为近几年教育部在大力推广和倡议的“工程教育认证”的核心元素，而“新工业革命”和“新工科”等

内容均属于 2017 年以来教育部正在努力探索建设的“新工科”教育的范畴。上述结果进一步表明,政府部门一系列宏观政策的实施和倡议,对于社会科学领域国内学者研究共识的达成发挥着强相关的指挥棒作用。

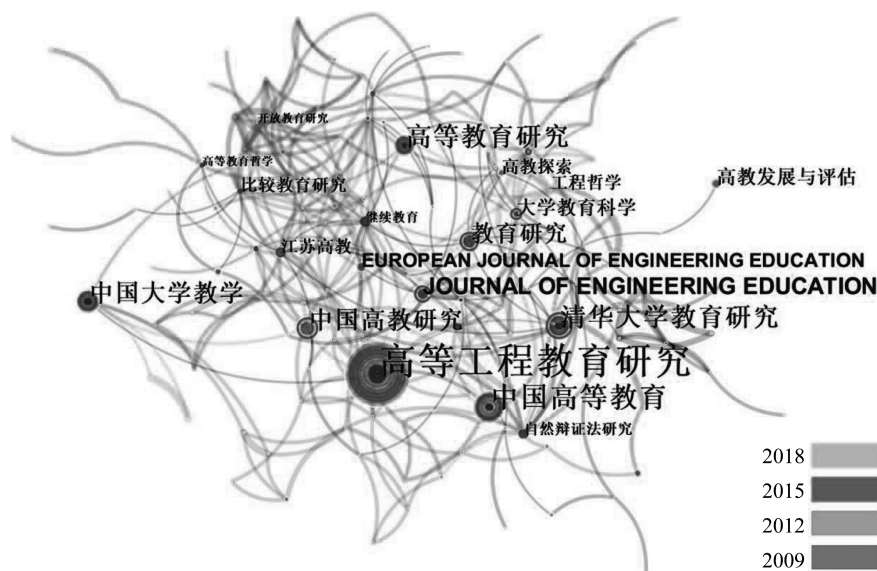


图 4 期刊共被引网络

Fig. 4 Co-cited journal analysis



图5 关键词共现网络

Fig. 5 Co-keywords analysis

三、结论与建议

本文选择近 10 年来被中国社会科学引文索引 (CSSCI) 收录的与工程教育有关的文献,开展文献计量学研究。在对文献年度发文量、作者合作网络、文献共被引网络、期刊共被引网络和关键词共现网络进行定量分析的基础上,讨论了当前国内工程教育研究的现状。基于以上研究,给出如下结论和发展建议。

（一）结论

第一, 根据 CSSCI 近 10 年来收录的期刊论文, 国内与“工程教育”研究主题有关的期刊载文量呈下降趋势, 国内“工程教育”研究的规模与我国目前的工程研究实践和工程教育规模不相匹配。一方面, 近 10 年来我国工程研究实践与时俱进, 已逐渐在全世界范围内形成引领之势。航空航天方面, 中国载人航天工程空间实验室任务的圆满完成和 C919 大型客机的首飞, 标志着我国正式进

入空间站和大飞机量产的新时代。交通运输方面,至2018年末我国高铁营业总里程和高速公路总里程均已跃居世界第一位。土木工程方面,北京三元桥“换梁疗伤”仅用43小时便实现了1350吨桥梁的整体换梁。珠港澳大桥的成功贯通,更是展现出我国工程科学技术水平已经走在了世界前列。此外,我国还是拥有世界上唯一完整工业体系的国家,并据此培养出了世界上规模最大的工程科技人才。但基于CSSCI收录论文的数据集分析结果显示,过去10年间国内以“工程教育”为主题的研究论文仅有603篇,且表现出一定的下降趋势,这远远不能满足我国工程研究实践和工程教育规模的需求。

第二,国内进行工程教育研究的学者、团队和机构过于集中。从作者合作网络和文献共被引网络来看,目前被CSSCI收录的论文数据集中,进行“工程教育”研究的多为社会科学研究人员,而走在我国工程教育一线的广大理工类科技工作者参与度远远不够,使得国内“工程教育”研究的相关成果反哺一线“工程教育”的力度不够,很多好的建议或许不能落到实处。就具有较高合作热度的研究机构而言,目前该领域影响力较大的只有浙江大学和清华大学,其他研究机构的合作热度没有形成时间上的持续性。就参与度较高的社会科学研究群体而言,过于分散的作者合作网络结构形态,说明该领域学者的人才队伍建设有待进一步提高。

第三,期刊共被引网络分析表明,国内学者在撰写研究论文时对于国际同行的相关研究关注较少,国内刊物与国际刊物之间仍然存在着一定的信息交换壁垒。关键词共现分析则说明,国内学者目前对于“工程教育”的研究受政府部门宏观政策影响较大,对于以“工程教育”为主题的研究其同质性在日渐增加。

(二) 建议

为助力国内工程教育研究的发展,使国内“工程教育”研究的相关成果更好地反哺“新工科”教育的建设,本文提出以下建议。

第一,在研究人员队伍建设和研究团队发展方面,国内各高校应出台相关的激励政策,鼓励更多

工作在工程研究实践一线的理工科科技工作者,积极参与到“工程教育”的研究中来。此外,应鼓励创建专门的工程教育研究机构,促进工程教育研究学术共同体的形成。通过扩大研究人员队伍和创建学术研究团队,不仅可以提升学术研究载文量,提升该领域的学术研究水平,同时有了广大工程实践一线科技工作者的参与,相关研究成果必将更有效地反哺“新工科”教育建设,对提升相关学科的国际影响力亦有很好的促进作用。

第二,政府部门应设立更多的工程教育研究专项基金,鼓励多样化探索。研究基金在促进基础学科建设、发现和培养优秀科研人才等方面有着不可替代的巨大优势。鉴于政府部门宏观政策对以“工程教育”为主题的学术活动的强相关性影响,设立更多的工程教育研究专项基金,鼓励多样化、有特色的自由探索,充分发挥好指挥棒的作用,必将极大地促进该领域研究的发展。

第三,创办针对工程教育研究的国际化期刊。学术期刊是科研成果发表和交流的最重要平台,鉴于目前国内刊物与国际刊物间存在的信息交流壁垒,创办更多的工程教育国际化期刊,鼓励优秀的国际同行积极参与我国工程教育研究探讨,必将更好地助力我国未来大工程观“新工科”教育的建设。

参考文献:

- [1] 钟秉林,魏红,李婷婷.我国高等工程教育研究的现状分析与未来展望——近五年高等工程教育研究论文的量化分析[J].高等工程教育研究,2011(3):9-13.
- [2] 教育部高教司司长吴岩.中国开始成为全球工程教育的“领跑者”[EB/OL].(2018-11-15)[2019-07-02].https://www.sohu.com/a/275600966_444401.
- [3] 任令涛,余东升.中国工程教育研究国际地位和影响力研究——基于5种SSCI期刊载文的分析[J].高等工程教育研究,2018(6):182-187.
- [4] 蒋颖,金碧辉,刘筱敏.期刊论文的作者合作度与合作作者的自引分析[J].图书情报工作,2000(12):23-28.
- [5] 李杰,陈超美.CiteSpace:科技文本挖掘及可视化[M].北京:首都经济贸易大学出版社,2016.

(编辑:程爱婕)