



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

科教融合情境下的融合度研究 ——以中国科学院大学材料学科为例

张杰龙¹ 王钧钰^{2,3} 李玲^{2,3}

1. 中国科学院大学图书馆 北京 101408;
2. 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190;
3. 中国科学院文献情报中心 北京 100190

摘要: 科教融合是我国高等教育改革发展的必然趋势和选择,我国高等院校与科研院所间融合不断深化。本文以中国科学院大学材料学科为例,通过分析学校和研究所合作发表在SCI中的学术论文,从数量和质量两个维度揭示科教融合情况,发现学校与研究所融合方面还有上升空间。通过此种分析方法,为其他机构在科教融合评价方面提供一种新思路。

关键词: 科教融合; 融合度; 材料学科; 学术论文

中图分类号: G251.5; G35

A Research on the Degree of Integration in the Integration of Scientific Research and Education——A Case Study by Taking the Material Science of UCAS as an Example

ZHANG Jielong¹ WANG Junyu^{2,3} LI Ling^{2,3}

1. Library, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China;
2. Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
3. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: The integration of science and education is the inevitable trend and choice of China's higher education reform and development, and this integration is deepening. This paper, by taking the material science of Chinese Academy of Sciences

基金项目: 中国科学院大学优秀管理支撑人员创新能力提升专项资助(Y92801L)。

作者简介: 张杰龙(1983-), 硕士, 助理研究馆员; 研究方向: 科技信息资源管理、图书馆管理, E-mail: zhangjielong@ucas.ac.cn; 王钧钰(1994-), 硕士, 研究方向: 图书馆管理, 情报分析; 李玲(1969-), 研究馆员, 硕士导师, 研究方向: 学科化服务, 情报研究。

(CAS) as an example, reveals the integration of science and education from such two dimensions as quantity and quality through analysis of the academic papers jointly published in SCI by universities and research institutes, and finds out that there is still room for improvement in the integration of universities and research institutes. Through this analysis method, this paper provides a new thinking for other institutions to evaluate the integration of science and education.

Keywords: Integration of science and education; degree of integration; material science; academic paper

引言

“科教融合”的概念最早是“德国现代大学之父”威廉·洪堡在柏林大学提出的，他确立了“科研与教学相统一”的原则。从科教分离到科教融合是中国高等教育哲学的重大转变，是实现中国高等教育转型、提高高等教育质量、提升高校创新能力和建设高等教育强国的现实选择^[1]。目前，科教融合主要有三个层面的表现：一是宏观层面，即国家创新体系层面，体现为传统的、分立的科学研究系统和教育系统之间的融合，以实现资源优化配置和整体创新能力的提升；二是中观层面，即科研院所和高等学校之间的融合，两类机构之间的一体化发展；三是微观层面，即在高校内部，科学研究和教学的融合，包括组织层面的科教融合和教师个体层面的科教融合^[2]。

我国“十三五”规划对外公布，其中明确提出“推进科教融合发展”并“支持一批高水平大学和科研院所组建跨学科、综合交叉的科研团队”。科研院所和高等学校之间的融合实践方面，除了极具特色的中国科学院下属的相关高校中国科学院大学（以下简称国科大）、中国科学技术大学、和上海科技大学与中科院下属研究所开展科教融合实践以外，近些年在“双一流”建设背景下，从齐鲁工业大学合并

山东省科学院开始，陆续有泰山医学院与山东省医学科学院合并成山东第一医科大学，山西农业大学与山西省农业科学院合并成新的山西农业大学，杭州医学院合并浙江省医学科学院成新的杭州医学院等科教融合机构的出现。

由此可见，践行科教融合理念，将科学研究与高等教育紧密结合，是世界一流大学的核心办学理念，引领着高等教育人才培养模式的变革，这已成为我国高等教育改革发展的必然趋势和选择。研究如何开展科教融合以及如何测度科教融合的程度，对一流大学建设具有重要意义

1 文献综述

现代大学面临的一个突出问题是如何整合科研与教学两种基本活动。有学者认为灌输式的简单化教学观，是科教难以融合的观念根源^[3]，应重新审视教育和教学的价值取向，对科教融合的概念进行再认识^[4]。

科教融合对人才培养具有重要作用，通过建构“科教融合、学术育人”的理论框架，探索以高水平的科学研究支撑高质量本科教学的实施途径^[5]。有学者以某校地质学一级学科为例，建议从学院层面践行科教融合思想，培养地学拔尖创新人才进行了探索和评估^[6]，科教

融合是提高人才培养质量的必然选择^[7]。科教融合必须从科研和教学管理制度两方面入手,以激发教师积极性和学生主动性为侧重点,实现高校科研水平和教学质量的同步提高^[8]。很多学者从利用学科资源,构建新的课程体系^[9],实施科教融合教学模式^[10],实施本科生全程导师制^[11],以及在学校章程和战略规划等确立科教融合理念^[12]等多个角度开展研究,强调高校应加快推进科教融合进程。此外,部分学者以一些具有典型科教融合特征的高校为切入点,探讨研究型大学与国立科研机构科教融合协同创新的模式与路径^[13],通过与日本高校进行对比,从对中日两国科教融合实践进行比较,指出要不断深化协同创新,充分实现科教资源的优化配置^[14],剖析科研与教育实质性结合的体制机制与系统关系,为我国科研机构与大学在科教融合育人的提供借鉴经验^[15]。

可见,科教融合理念越来越引起关注,学者们的研究从高校办学理念出发,从人才培养,教师管理,学科建设,教学模式,课程设计等角度出发,强调科教融合的理念,查摆问题,提出建议。在高校和科研院所融合办学,我国学者更多的则是从如何整合资源和组织机构,探索融合的路径和方法角度出发,为科教融合路径提供方法和建议,而如何评价科教融合的效果则鲜有研究。

2 融合度的理论框架分析

近年来,一些高校开始合并科研院所,科教融合趋势日益明显。作为科教融合的实践者,国科大始终将科教融合作为一个核心命题,通

过一系列的制度设计,与中科院直属研究机构在管理体制、师资队伍、培养体系、科研工作等方面高度融合,形成了一种可以借鉴的创新创业人才培养模式,探索了一条建设中国特色世界一流大学的道路。除了国科大以外,新重组或合并的齐鲁工业大学、山西农业大学、山东第一医科大学和杭州医学院等都在探索科教融合办学的新路。

经过实践,如何对高校和科研院所科教融合的程度进行测度和评价,需要相关的指标和评测体系。融合度可以从组织机构融合程度、教学科研资源融合程度、师资共享融合程度、学科和研究方向融合程度、学生学习和科研融合程度、人员对新机构的认可程度、科技成果产出融合程度等多指标进行分析,并且这些方面又是相互交叉、相互衔接、相互影响。组织机构行政效率高效、教学科研资源使用最大化,科研活动的效率就会越高效。师资能够实现充分共享,高校学科和研究方向相契合,学生在学习中能够充分使用到科研资源,则人才培养质量就会比较高。而人员对新机构的充分认可以及新机构在科研产出方面的要求则直接可以用科研成果产出进行体现。可见,科研和教育融合的程度越高,科研活动的效率就会越高效,人才培养的质量也会越高,科研成果产出才会越活跃。因此用科研活动融合度,人才培养融合度和科研产出融合度三个维度来构建科教融合度评价模型,可基本反映科教融合度的进展和成效,相对准确地评测科教融合度情况。同时,学术论文又是科研活动、人才培养和科研成果产出的核心要素和直接体现。因为学术论文是科研活动的直接产出,是高校科研活动的成果,

是测度科研活动效率的工具和标尺，同时学术论文是衡量人才培养效果的基础，一般优秀的人才可以产出更加优秀的学术论文，最后重要

的科研成果都是以论文进行表述，重要的思想也是以论文为载体，专利等科技成果的转移转化多以论文的研究为基础。

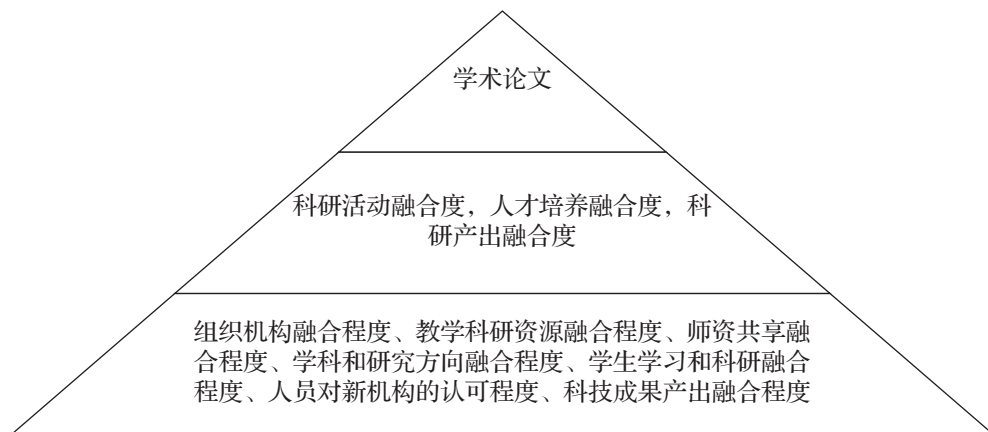


图1 研究理论框架

因此，通过对学术论文的相关指标进行计量和分析，开展融合测度研究，可以客观反映三个维度的融合度，进而反映科教融合度。首先，科研院所和高校进行融合后，会进行教师交叉互聘，实现优秀师资共享，教师或学生在发表文章时会署名两家机构，通过分析论文合作情况能直观展示两家机构的融合情况。其次，科研和教学活动有效融合，可以提高科研活跃度，提高科研成果产出。学术论文产出越多，则表明科教融合的程度越高。再次，学术论文可以有效体现科教融合后人才培养的效果，高质量的人才可以产出更多高质量的学术论文和科研成果。最后，学术论文是客观可计量的，通过文献计量方法，对论文相关指标进行分析和比较能够得出直观的结论。

本文尝试以国科大材料学科SCI论文为例，通过典型案例分析方法来进行融合测度分析。首先，国科大是科教融合的实践者和先驱者，

该校一直以科教融合作为办学方针，探索科教融合道路。其次，该校具有代表性，该校共有直属教学科研单位58个，其中很多学院都是科教融合学院，都由一所研究所为主承办单位，其他研究所协办。再次，该校各个学院在师资队伍建设方面，召集组建了以专职教师和岗位教师为核心的师资队伍，大多数的科研产出都是以合作的方式产生。最后，SCI论文相关指标是一个客观量化工具，通过对SCI相关指标进行分析，可以对科教融合过程中的学术论文进行直观地比较，进而从数量和质量方面进行融合度分析。

总之，通过构建测度融合度的理论和指标框架，从数量和质量两个维度进行分析比较，揭示国科大同各研究所的融合程度情况，展示各研究所在材料学科建设中的贡献度和融合度，为其他科教融合机构在科教融合度评价方面提供一种新思路。

3 科教融合度评价分析

3.1 数据分析指标

本文利用 Web of Science 核心合集 (即 Web of Science Core Collection4) 数据和 Incites 分析指标, 按照 ESI 学科分类, 学科选择 “Materials Science”, 机构为 “University of Chinese Academy of Sciences, CAS”, 时间限定在 2014-2018 年五年时间, 文献类型为 Article 和 Review, 综合运用论文数量、总被引频次、引文影响力、学科规范化的引文影响力 (CNCI)、高被引论文百分比等多个计量指标, 揭示研究所对材料学科贡献度和科教融合度状况。

3.2 国科大材料学科科教融合分析

2014-2018 五年间国科大材料学领域共发表 WOS 论文 6917 篇, 其中中科院研究所对国科大材料学领域 SCI 论文有实际贡献的共 64 所, 按照发文数量进行排序, 选取排名前 20 名的研究所来进行科教融合度分析。

3.2.1 从论文数量指标分析

论文数量是衡量科研产出最近本的评价指标。各研究所对国科大材料学的贡献度, 按照发文数量进行排序, 选取排名 TOP20 的研究所 (见表 1)。在发文数量上, 上海硅酸盐所、化学所、长春应用化学所等研究所对国科大材料学科的实际贡献最多, 其次是过程工程所、

表 1 2014-2018 年国科大材料学领域 TOP20 研究所相关指标

序号	机构名称	WOS论文数	被引频次	引文影响力	CNCI	高被引论文百分比	热门论文百分比
1	上海硅酸盐所	392	2984	7.61	1.36	1.53%	0.00%
2	化学所	348	8681	24.95	3.92	10.06%	1.44%
3	长春应用化学所	301	7059	23.45	2.56	3.99%	1.00%
4	过程工程所	299	3504	11.72	1.44	2.68%	0.00%
5	国家纳米科学中心	260	4930	18.96	3.25	5.38%	1.15%
6	上海光学精密机械所	156	778	4.99	0.78	0.64%	0.00%
7	物理所	152	1190	7.83	2.14	1.97%	0.00%
8	北京纳米能源与系统所	135	884	6.55	3.08	2.22%	0.74%
9	大连化学物理所	112	1351	12.06	1.74	1.79%	0.00%
10	宁波材料技术与工程所	108	450	4.17	1.58	0.93%	0.00%
11	半导体所	99	709	7.16	2.25	4.04%	2.02%
12	福建物质结构所	97	1129	11.64	1.89	0.00%	0.00%
13	金属研究所	96	523	5.45	1.26	1.04%	0.00%
14	上海微系统与信息技术所	78	543	6.96	1.18	1.28%	0.00%
15	长春光学精密机械与物理所	75	1250	16.67	2.12	2.67%	0.00%
16	上海应用物理所	71	394	5.55	1.40	0.00%	0.00%
17	深圳先进技术研究院	63	1264	20.06	2.77	1.59%	0.00%
18	高能物理所	62	1058	17.06	2.40	1.61%	0.00%
19	青岛生物能源与过程所	57	703	12.33	2.21	1.75%	0.00%
20	上海技术物理所	51	357	7.00	1.00	0.00%	0.00%

国家纳米科学中心、上海光学精密机械所、物理所、北京纳米能源与系统所、大连化学物理所、宁波材料技术与工程所、半导体所和福建物质结构所，上述 12 个研究所 SCI 论文累积占比超过 70%。

3.2.2 从论文质量指标分析

除了上海光学精密机械所外，基本上与研

究所合作论文的 CNCI 指标都大于 1，其中与化学所、国家纳米科学中心和北京纳米能源与系统所合作论文的学科规范化引文影响力大于 3，在国际上具有一定影响力。在引文影响力方面，国科大与化学所、长春应用化学所以及深圳先进技术研究院合作论文的引文影响力最高，分别为 24.95、23.45 和 20.06。

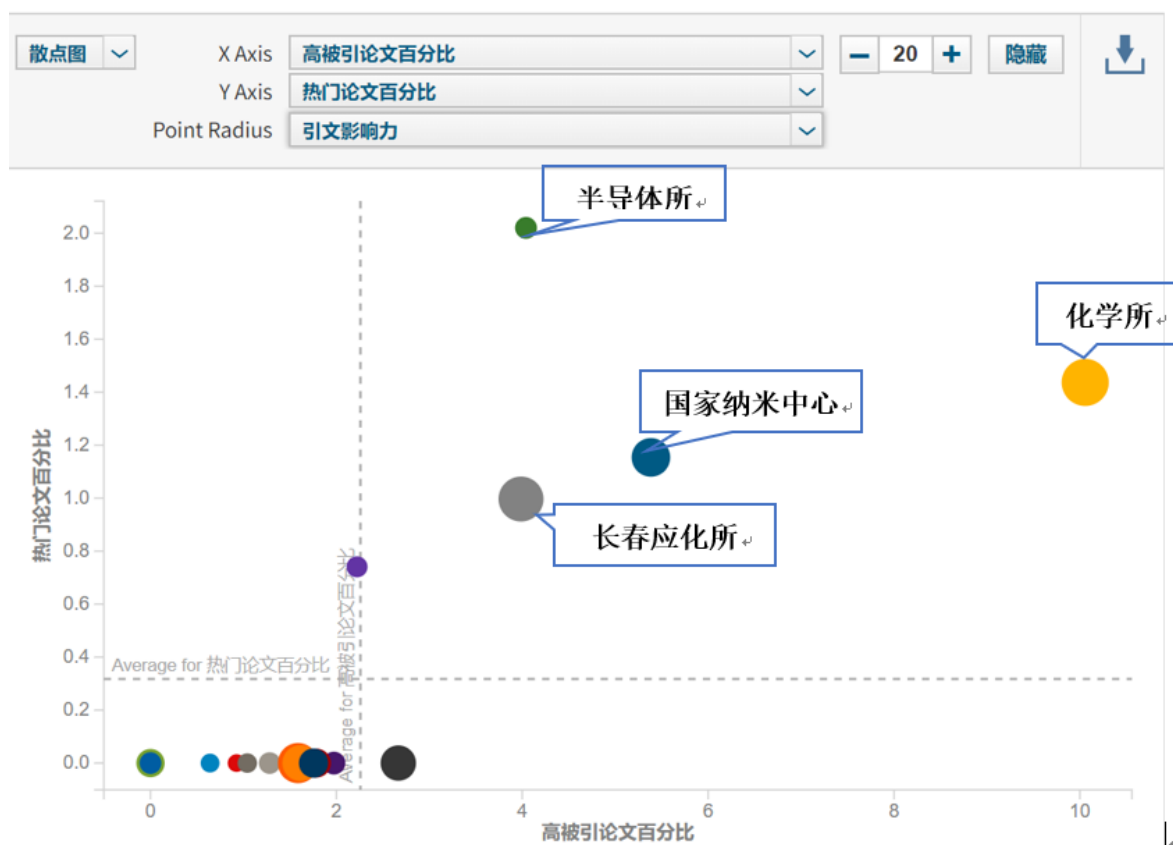


图 2 科大材料学 TOP20 院内合作机构多指标分析

通过上图（图 2），可以看到在高被引论文百分比和热门论文百分比方面，半导体所、化学所和国家纳米科学中心表现出众，尤其是半导体所与国科大在材料学领域合作发表论文的热门论文百分比明显超过院内其他研究所，说明与半导体所合作发表的论文引起了同行的关注。

3.3 国科大材料学科融合度分析

以作为主承办科教融合学院的半导体所为例进行分析，该所在凝聚态物理、材料物理与化学、半导体材料与器件、物理电子学、电路与系统、微电子学与固体电子学、电子与通信工程等 7 个学科方向招收研究生，开展研究

生教育。该所在 2014-2018 年间,共发表论文 2198 篇论文,其中被 SCI 收录数为 2156 篇。在这 2156 篇 SCI 论文中,以半导体材料学科进行限定,该所共发表期刊论文 477 篇(暂无 2018 年数据),SCI 收录 464 篇^[16]。而在这五年中,半导体所以合作或署名方式与国科大在材料学科领域共产出 SCI 论文为 99 篇,占半导体材料学科 SCI 比约 21%,占全所 SCI 论文约 4.6%。再以合作发表论文最多的上海硅酸盐所为例,2014-2018 年该所发表论文 3580 篇,SCI 收录 3287 篇^[17],而与国科大合作 SCI 论文数为 392 篇,占该所 SCI 论文产出约 12%。

国科大同半导体所合作的这些论文虽然数量不多,但其中 4 篇高被引论文是材料学科领域中在全球具有一定的影响力的文献,并且有 2 篇热门论文在全球范围内被引次数排名达到了前 0.1%,吸引着全球科研界的注意。这些论文能够在一定程度上帮助其他机构了解学校研究人员的科研学术影响力,对国科大的声誉带来积极地影响。论文影响力越高,才能体现科教融合的效果更好,因为增强国际化影响力,是科教融合推动国际化办学的一个重要表现形式。

通过上述分析可以看到,虽然各个研究所在与国科大材料学科建设中发挥了相当大的贡献,但是无论在数量还是质量上,还有很大的上升空间。通过分析当前研究所与国科大科教融合的方式,发现当前融合度不高的原因是多方面的。首先,从学科上分析,论文数是根据 SCI 的材料学科分类进行统计的,材料学科仅是半导体所的一个研究方向,而其在国科大

其他学科的贡献度未统计入内。其次,从师资共享分析,国科大是否遴选出了该所优秀的具有较高学术造诣、具有先进教育理念的科学家和学者充实到教师队伍。半导体所有科技人员 500 名,国科大聘请了多少位老师加入国科大岗位教师队伍,都需要进一步深入研究。再次,从学生认同感分析,国科大“无缝式”培养还比较薄弱。目前国科大实施两段式培养,以集中教学园区(教育基地)为实施机构的研究生课程教学环节和以科研单位(研究所)为主题的科研实践环节。两段式培养需要向无缝式培养转变,真正实现科研实践与科学教育的衔接。只有通过继续加强校园文化建设,通过文化凝聚学生对于国科大的认同感和责任感,学生在进行科研工作时,才能充分意识到自己是国科大的一份子。最后,从科教融合管理措施上,国科大是否对这些科研人员做了明确的要求,如科研成果署名,教师授课考核和评价是否有相关要求等,也需要进一步研究。

3.4 科教融合的横向比较分析

除了国科大在加快推进科教融合进程以外,国内各个高校都在探索科教融合的模式,开展科教融合相关实践,通过不断加强高校和科研院所的融合取得了一些效果(见表 2)。

国内各个高校和科研机构进行融合探索的时间比较短,但融合的效果已经逐步体现,并且各个高校在学科整合、资源整合、机构整合和人才整合等方面都进行了有益探索。未来,各个高校还需进一步加强探索,需要对融合的效果进行评估和考量,探索符合我国国情的科教融合新模式。

表 2 各高校科教融合实践比较

序号	机构	建设内容		
		融合机构	融合实践	融合成效
1	中国科学院大学	中科院各研究所	成立科教融合学院，在管理体制、师资队伍、培养体系、科研工作等方面高度融合。	2020年ESI最新数据中，国科大国际排名76位，位列内地高校第一位。
2	齐鲁工业大学	山东省科学院	成立了5个科教融合学院，通过“2+2”、“3+1”的模式培养学生，推行“小班制”与“导师制”的学生管理模式。	2019年化学、工程学、材料科学等3个学科稳定进入ESI学科排名全球前1%。
3	山东第一医科大学	山东省医学科学院	一体化管理、板块化操作、扁平化实施，注重强化对现有科研力量的整合，加大医院与研究所、学院之间的合作，共同建设设备尖端、资源共享、管理创新的高水平研发平台。	2019年临床医学、药理学与毒理学、生物与生物化学三个学科进入ESI排名全球前1%。
4	山西农业大学	山西农业科学院	两家机构合署改革，通过“大部制”改革，对部门合并或拆分，坚持人随事走、责随人走。	有助于在国家层面和山西省内获取资源时形成合力，有利于大学摆脱地理位置的束缚，植物学与动物学学科进入ESI全球前1%。
5	杭州医学院	浙江省医学科学院	医教研结合、产教融合，按高等学校建制，原管理体制不变，两家机构人员、财产、债权债务等整体纳入新的杭州医学院	学科门类更全，学科水平更高，综合实力更强。

4 研究存在的不足和展望

目前，高校和科研机构的融合度研究还处于起步阶段，研究体系尚不完善，本文从科研成果产出视角对科教融合度进行了分析，是有一定片面性的。中国工程院院士曹雪涛曾言，科教融合重在和而不同、卓尔不群，这是教育和科研的精髓。科教融合各角色应该对自身的优势要素进行分类组合，创新科教融合模式，在人财物等各个方面精心设计与重组，真正解决“合而不融”的问题。在科研机构 and 大学进行深度融合以后，需要进行科教融合度评价，而科研融合度评价是一种系统地多维度地多指标的体系。科教融合的程度高低和多寡的评价，应当是全面系统和深入地评价。国科大经历了从课程建设、组织建设、人才与学科建设前三个阶段，正在努力迈向以成果为核心的科教融合第四个阶段^[18]。这可以为其他科教融合机构

提供借鉴。总之，只有实现科研和教育的全面对接和合作，形成院所互通，才能促进科教融合取得实质性进展。

随着科教融合的不断深入，无论是高校内部的科研和教学的不融合，还是科研机构和高校的融合，其最终目的就是“出成果、出人才、出思想”^[19]。通过高校和科研机构之间融合度的研究发现：

4.1 价值融合：科教融合的最终导向

人才培养是大学的神圣使命。科研机构和大学的融合，除了知识创造和知识创新以外，人才培养更为重要。目前，国内进行科教融合实践的大学和科研机构，其协作机制主要是“利益”主导型，即通过科研院所和大学合并，在科研教育经费，生源与培养，科研人力资源等各方面各取所需，而在融合的价值上缺少统一，难以形成深层次、实质性的合作。只有以价值

融合为导向,以科教育人为目标,以服务社会为方向才能实现科教真正融合。

4.2 科教融合可以促进高校国际化

相关科研机构与国际机构和大学有着紧密的合作关系,很多科研人员都是从国外留学归国,都有海外留学或相关背景,他们的科研产出一般都会与国外机构或高校进行合作。通过对国科大6917篇发文分析发现,其中有1459篇论文与国际机构或大学合作,这些论文无论是在引文影响力、高被引论文百分比、学科规范化的引文影响力和热门论文百分比等指标上都比与国内机构合作的论文优秀。这说明高校通过与科研机构的合作,可以一定程度上提升科研水平和国际影响力。国际化是一流学科的显著特征,也是建设一流高校的重要体现。

参考文献

- [1] 周光礼,马海泉.科教融合:高等教育理念的变革与创新[J].中国高教研究,2012(8):15-23.
- [2] 白美,侯连涛.科教融合提升区域科技创新能力的路径探析[J].科技视界,2019(35):32-33+49.
- [3] 曲霞,周光礼,宋小舟.科教融合:观念的障碍与突破[J].高教探索,2016(9):17-22.
- [4] 吴敏生.对科教融合办学理念再认识[J].中国高校科技,2017(3):4-6.
- [5] 周光礼,周详,秦惠民,刘振天.科教融合学术育人——以高水平科研支撑高质量本科教学的行动框架[J].中国高教研究,2018(8):11-16.
- [6] 王甫,章军锋,张晓红,王德琿.“双一流”背景下学院层面科教融合的思考与实践——以中国地质大学(武汉)培养地质学拔尖创新人才为例[J].中国地质教育,2018,27(4):5-8.
- [7] 马海泉,胡秀荣,薛娇.对科教融合的几点认识——中国科学院院士、南京大学教授吴培亨访谈[J].中国高校科技,2012(12):10-13.
- [8] 王松.科教融合面临的问题与对策[J].中国高校科技,2012(12):38-39.
- [9] 顾少轩,祝振奇,雷丽文,等.科教融合在材料化学本科专业创新人才培养中的探究与实践[J].教育教学论坛,2019(46):128-129.
- [10] 李茂国,周红坊,朱正伟.科教融合教学模式:现状与对策[J].高等工程教育研究,2017(4):58-62.
- [11] 刘波,朱郴韦,李礼,刘楠.基于科教融合理念的研究型本科教育改革实践[J].当代教育理论与实践,2019,11(6):1-4.
- [12] 吴洪富.一流大学科教融合的制度与实践:坎特伯雷大学的经验[J].河北师范大学学报(教育科学版),2020,22(1):59-66.
- [13] 王子晨.协同创新背景下的科教融合路径探析——以中国科学技术大学为例[J].萍乡学院学报,2019,36(5):93-96.
- [14] 王子晨.协同创新视角下中日两国科教融合实践的比较研究[J].齐齐哈尔大学学报(哲学社会科学版),2019(10):28-31+43.
- [15] 林彦红.科教融合理念的创新与实践——以中国科学院大学为例[J].研究生教育研究,2015(4):27-32.
- [16] 中国科学院半导体研究所机构知识库[EB/OL].<http://ir.semi.ac.cn/browse-subject>
- [17] 中国科学院上海硅酸盐研究所.科研成果[EB/OL].<http://www.sic.cas.cn/kycg/>
- [18] 温家林.科教融合不设“围墙”——丁仲礼要办世界一流大学[EB/OL]. [2018-1-11]. http://www.cas.cn/cm/201801/t20180111_4632007.shtml
- [19] 白春礼.深化科教融合 推进协同育人[N].光明日报,2012-09-06(016).