

文章编号: 2095-1663(2023)03-0001-09 DOI: 10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2023.03.01

我国交叉学科发展的趋势特征及多维测度研究

马宁¹, 王红兵¹, 刘怡君^{1,2}, 王颖^{1,2}

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190; 2. 中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100049)

摘要: 学科交叉融合是当前科学技术发展的重大特征, 大力发展交叉学科是健全新时代我国高等教育学科专业体系的必然要求, 更是经济社会发展的内在需求。本文以我国高校 2019—2021 年连续三年自主设置交叉学科名单为基础数据, 通过定量统计分析总结了我国交叉学科的发展态势和基本特征, 对我国交叉学科发展的均衡性和差异性进行了测度, 并应用复杂网络分析方法对不同学科门类的集聚优势、各交叉学科的连接度、交叉学科间的凝聚性进行多维定量测度。结合定量研究结果, 分析了我国目前交叉学科发展存在的问题和面临的挑战, 并进一步从国家宏观政策引导和高校体制机制创新等方面提出了促进我国交叉学科发展的对策建议。

关键词: 交叉学科; 趋势特征; 复杂网络分析; 挑战与对策

中图分类号: G643

文献标识码: A

学科交叉融合是科学技术发展的必然趋势。在当今科学高度分化又高度综合的时代, 随着学科跨度不断加大, 学科间的界线越来越不明显, 跨领域的交叉研究受到了广泛关注^[1]。打开学科边界, 通过跨学科研究促进学科在更高层次上的分化和融合是必然过程^[2]。交叉学科跨越两个或两个以上的学科领域, 强调学科知识的整合、共享和交融^[3], 既可以弥补独立学科知识体系的缺口, 也能成为连接学科知识的纽带, 进而推动科学的整体化融合与革命性突破。

从全球大背景来看, 当今人类社会面临着诸如气候、环境、资源、传染病等多方面重大挑战, 这些挑战带来的问题愈来愈趋向综合化、复杂化, 需要多学科交叉融合才能有效应对。例如, 应对“气候变化”问题既需要环境科学、大气科学、地质学和系统科学等发挥作用, 也要综合考虑人类介入气候变化

的社会学、伦理学、哲学等问题。自 1901 年至 2008 年的百余年间, 共授予 356 项诺贝尔自然科学奖, 其中交叉研究成果有 185 项, 占比 52%^[4]。对 2021 年诺贝尔奖的生理学或医学奖、物理学奖和经济学奖的分析发现, 跨界跨域跨学科成为主要亮点, 展现学科交叉融合发展的必然性^[5]。当前, 我国进入新发展阶段, 科技发展出现诸多“卡脖子”问题, 应瞄准国家经济和社会发展的重大需求, 促进学科交叉融合发展。例如, 在“人工智能”领域, 我国基础理论、原创算法、高端芯片和生态系统等方面仍有较大发展空间, 亟待深化人工智能研究与数理等基础科学、信息科学、医学、哲学等相关学科的交叉融合, 不断丰富完善人工智能主干知识体系和跨学科框架知识的融合, 培育新的学科生长点和特色方向^[6]。另外, 针对全球性重大突发公共卫生事件的研究也表明, 跨学科研究为重大突发疫情的应对提供了系统的解

收稿日期: 2022-12-28

作者简介: 马宁(1986—), 女, 河北邢台人, 中国科学院科技战略咨询研究院创新副研究员, 博士。

王红兵(1982—), 男, 甘肃静宁人, 中国科学院科技战略咨询研究院创新副研究员, 博士。

刘怡君(1978—), 女, 辽宁沈阳人, 中国科学院科技战略咨询研究院研究员, 中国科学院大学教授, 博士。

王颖(1969—), 女, 黑龙江哈尔滨人, 中国科学院科技战略咨询研究院研究员, 中国科学院大学教授, 博士, 通讯作者。

基金项目: 中国科学院重点部署项目“基础前沿领域和教育战略研究”(E2X03016)

决方案^[7]。

2020年8月,国务院学位委员会和教育部对我国学科发展作出重大调整,新增交叉学科作为新的学科门类,即交叉学科成为我国第14个学科门类。增设交叉学科门类,赋予了交叉学科与传统学科同等地位,使交叉学科在我国走上了专业化、制度化和合法化的道路,并获得社会性认同及发展的通道和平台^[8]。目前我国高校自主设置交叉学科已有600多个,但交叉学科门类下的一级学科现在仅有6个,未来还有哪些交叉学科应升级为一级学科等问题还有待明确。因此,交叉学科如何发展、如何管理等成为当前亟待解决和需要研究的议题。在此背景下,为进一步掌握我国交叉学科建设情况和发展趋势,本研究以教育部在2019年至2021年连续三年公布的我国高校交叉学科名单数据为基础,开展多维定量测度研究,包括交叉学科数量变化趋势、均衡性和差异性指数、交叉学科复杂网络连接度与凝聚性分析等。以定量计算支撑定性分析,进一步总结我国交叉学科发展的基本特征、存在问题和面临挑战等,并提出完善我国交叉学科发展的对策建议,研究具有重要的现实意义。

一、我国交叉学科发展态势及特征

近年来,国内外高等教育普遍高度重视、推进学科交叉,积极倡导学科间相互渗透融合。我国高校作为交叉学科建设的主体,各学位授予单位基于科学研究的前沿、人才培养的需要和社会发展的需求,自主设置了一大批二级学科和按二级学科管理的交叉学科,有力地推动了新兴交叉学科的发展。国务院学位委员会办公室在2019年7月、2020年8月和2021年8月分别公布了截至当年6月我国“学位授予单位(不含军队单位)自主设置二级学科和交叉学科名单”^[9]。本文基于以上公开数据,对我国交叉学科设置情况和变化趋势进行分析。

(一)交叉学科数量和地位呈上升趋势

国内各大高校研究设置交叉学科,探索在新的交叉领域培养人才,成为适应学科交叉发展的重要选择^[10]。从近三年来看(2019—2021年),我国自主设置交叉学科的高校数增多,自主设置交叉学科数量也呈上升趋势(图1)。由高校自主设置的交叉学科总体上为二级学科地位,2021年12月国务院学位委员会颁布的《博士、硕士学位授予和人才培养

学科专业目录(征求意见稿)》,经论证通过了在“交叉学科”门类下设置集成电路科学与工程、国家安全学、设计学、遥感科学与技术、智能科学和技术和区域国别学6个一级学科,标志着交叉学科合法性的进一步确立。从授予学位来看,以上6个交叉学科授予学位还是在理学、工学、法学、管理学等门类范围内。

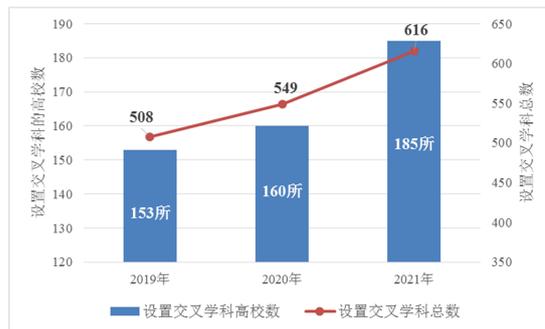


图1 我国交叉学科设置总体情况(2019—2021年)

(二)自然科学学科门类内部交叉为主

自然科学是研究自然界的物质形态、结构、性质和运动规律的科学,社会科学则是用科学的方法,研究人类社会的种种现象,是一组相互关联的研究人类行为各个不同方面的学科。本研究中交叉学科所涉及自然科学学科门类包括理学、工学、农学、医学,所涉及社会科学学科门类包括哲学、经济学、法学、教育学、文学、历史学、管理学、艺术学。从不同学科之间的交叉程度来看,自然与社会科学间“大跨度”的交叉学科占比最少,自然科学内部不同学科之间的交叉学科占比最多,且近三年依然呈上升趋势(图2)。

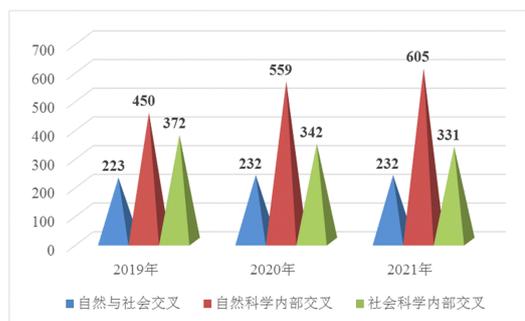


图2 我国不同学科门类交叉情况

1. 自然与社会交叉

自然科学与社会科学的互相渗透、交叉和综合发展是学科发展的必然趋势。通过自然科学与社会科学两大知识板块之间的大量交叉学科,架起了两大知识板块相互沟通、紧密合作的桥梁。自然与社会这类交叉学科生成于研究对象、研究思路差异较大的母体学科之间,是“远缘联姻”的产物,具有旺盛

的生命力,而且能够对其他交叉学科的孕育产生辐射或催生作用^[1]。在学科布局上,我国高校努力加强顶层设计,通过打造“学科群”,加大自然与社会的交叉融合,以带动学科整体水平提升。从自然科学

与社会科学“跨域”所设置交叉学科来看,工学和管理学参与组成的交叉学科数最多,其次是理学和管理学(表1),自然科学的不断发展对社会的治理能力和治理水平的提升具有促进作用。

表1 自然科学与社会科学不同学科门类的交叉情况

		哲学	经济学	法学	教育学	文学	历史学	管理学	艺术学
2019年	理学	2	19	8	9	5	4	25	1
	工学	3	12	13	1	8	3	68	18
	农学	0	1	0	0	0	0	3	0
	医学	1	0	5	2	0	0	12	0
2020年	理学	1	18	9	10	6	5	25	1
	工学	4	11	14	1	9	3	69	17
	农学	0	1	2	0	0	0	6	0
	医学	1	0	4	2	0	0	13	0
2021年	理学	1	21	10	9	5	5	26	2
	工学	4	12	15	3	10	2	63	20
	农学	0	1	2	0	0	0	5	0
	医学	1	0	2	3	1	0	9	0

2. 自然科学内部交叉

自然科学内部不同学科门类之间的交叉学科设置情况来看,理学和工学作为支撑学科的交叉学科数量最多,约占全部交叉学科的20%。自然科学内部相同学科门类的交叉学科则以工学内部最多,均约占全部交叉学科的40%。从交叉学科占比变化趋势来看,理学和工学、理学和农学、理学内部和工学内部呈现“连续上升”趋势,其余则表现为“先升后

降”趋势(表2)。重点分析有“下降”趋势的交叉学科,发现所有与医学相关的交叉学科均呈下降趋势。医学与生命科学紧密相连,与现代技术如信息技术、核科学、仪器设备、量子测算等有深度交叉,医学相关交叉学科却呈下降趋势说明医学仍然是人类面对的重大科学难题,如何使用现代科技手段提升医学研究水平需要不同学科的研究者共同努力。

表2 自然科学中不同学科门类的交叉情况

自然科学	学科门类	2019年		2020年		2021年		占比变化趋势	
		交叉学科数量	占有交叉学科百分比	交叉学科数量	占有交叉学科百分比	交叉学科数量	占有交叉学科百分比		
不同学科门类之间的交叉	理学 & 工学	90	17.7%	108	19.7%	131	21.3%	↗	↗
	理学 & 农学	5	1.0%	7	1.3%	13	2.1%	↗	↗
	理学 & 医学	38	7.5%	42	7.7%	41	6.7%	↗	↘
	工学 & 农学	10	2.0%	13	2.4%	19	3.1%	↗	↗
	工学 & 医学	26	5.1%	30	5.5%	31	5.0%	↗	↘
	农学 & 医学	2	0.4%	3	0.5%	2	0.3%	↗	↘
相同学科门类内部的交叉	理学内部	42	8.3%	49	8.9%	55	8.9%	↗	↗
	工学内部	186	36.6%	212	38.6%	242	39.3%	↗	↗
	农学内部	3	0.6%	20	3.6%	15	2.4%	↗	↘
	医学内部	48	9.4%	75	13.7%	56	9.1%	↗	↘

3. 社会科学内部交叉

社会科学内部各学科门类组成的交叉学科数量整体呈下降趋势。从排名前五学科门类组成来看,

与自然科学内部的交叉学科组成情况相反,不同学科门类之间组成的交叉学科要明显高于相同学科内部组成的交叉学科数量(表3)。

表3 社会科学中不同学科门类的交叉情况(排名前五)

社会科学学科门类 (不包括军事学)		2019年		2020年		2021年		占比变化趋势	
		交叉学科数量	占有所有交叉学科百分比	交叉学科数量	占有所有交叉学科百分比	交叉学科数量	占有所有交叉学科百分比		
不同学科门类之间的交叉	经济学 & 管理学	61	12.0%	59	10.7%	64	10.4%	↘	↘
	法学 & 管理学	44	8.7%	45	8.2%	39	6.3%	↘	↘
	经济学 & 法学	27	5.3%	27	4.9%	28	4.5%	↘	↘
	文学 & 历史学	24	4.7%	22	4.0%	22	3.6%	↘	↘
	法学 & 文学	20	3.9%	19	3.5%	21	3.4%	↘	↘
相同学科门类内部的交叉	管理学内部	40	7.9%	41	7.5%	34	5.5%	↘	↘
	法学内部	28	5.5%	28	5.1%	28	4.5%	↘	↘
	经济学内部	14	2.8%	14	2.6%	17	2.8%	↘	↗
	文学内部	11	2.2%	11	2.0%	13	2.1%	↘	↗
	—	9(历史学)	1.8%	8(艺术学)	1.5%	9(历史学)	1.5%	—	—

(三) 新增交叉学科聚焦前沿科技领域

交叉学科融合不同学科的范式,强化各学科之间交流,学科交叉点往往就是科学新的生长点、新的科学前沿,最可能产生重大的科学突破^[12-13]。2020年和2021年新增交叉学科瞄准科创前沿,2020年新增交叉学科主要涉及能源、工程、人工智能等,例如3所高校(华北电力大学、大连理工大学、四川大学)新增人工智能交叉学科;新增8个能源相关交叉学科,包括能源互联网、能源工程与技术、新能源科学与工程、能源经济管理等。2021年新增交叉学科更加聚焦在工程类,例如人工智能科学与工程、智慧交通与运载工程、集成电路科学与工程、数据科学与工程、能源化学工程等。从学科门类来看,工学、理学、医学和管理学是新增交叉学科的主要支撑学科门类。

二、我国交叉学科的均衡性和差异性测度

(一) 支撑交叉学科的学科门类均衡性

在时代发展需求的大背景下,交叉学科发展获得了快速发展的推动力,但交叉学科发展也存在分布不平衡、发展不均衡的问题。一些需要长期积累、难以短期出成果的学科缺少稳定支持;一些对国家长远发展有战略意义,但当前没有明确应用目标的学科缺少前瞻部署;一些在学科体系知识传承中不可或缺的“冷门”学科也受到冲击^[14]。

为测度我国不同学科门类对交叉学科的支撑情

况,分析不同学科门类在交叉学科的分布程度,本研究应用辛普森指数倒数(Simpson's Reciprocal Index)进行定量计算:

$$SRI = 1/SI = 1 / \sum \left(\frac{x_i}{\sum x_i} \right)^2$$

其中, x_i 表示学科门类*i*支撑的交叉学科数, SI 表示辛普森指数。 SRI 值最小为1,最大为计算样本中的种类数,数值越大代表多样性越高、分布越均匀。本研究中, SRI 最大值为12,表示12个学科门类均匀分布。

经过计算,2019年 $SRI=6.865$,2020年 $SRI=6.641$,2021年 $SRI=6.557$ (表4)。整体来看,三年的 SRI 值基本稳定,但都远小于 SRI 的最大值12,说明我国支撑交叉学科的学科门类分布均衡性较低。

从各个学科参与交叉学科的占比来看,近三年来农学均是对交叉学科设置参与度最少的学科门类(2019年占比2.8%、2020年占比3.6%、2021年占比4.9%),农学所支撑的交叉学科占比虽呈上升趋势,但仍不足5%。同时,对所有支撑交叉学科的一级学科进行统计,发现连续三年支撑交叉学科数量最多的前10个一级学科基本相同,应用学科依然是支撑交叉学科的主要力量,包括管理科学与工程、计算机科学与技术、应用经济学、材料科学与工程、控制科学与工程、机械工程等一级学科;基础学科作用则较小,仅包括生物学、化学两个一级学科。我国现在面临的“卡脖子”问题也与基础学科有关,基础学

科对于关键技术突破具有重要作用,无论是人工智能还是量子通信,都需要数学、物理等基础学科做有力支撑。因此,有待进一步优化交叉学科结构,加大对冷门学科、基础学科的长期稳定支持。

表4 支撑交叉学科的学科门类均衡性

学科门类	2019年		2020年		2021年	
	支撑的交叉学科数 x_i	$x_i/\sum x_i$	支撑的交叉学科数 x_i	$x_i/\sum x_i$	支撑的交叉学科数 x_i	$x_i/\sum x_i$
哲学	29	0.028	29	0.026	29	0.023
经济学	83	0.079	83	0.074	91	0.072
法学	86	0.082	90	0.080	100	0.079
教育学	31	0.029	33	0.029	38	0.030
文学	58	0.055	58	0.052	67	0.053
历史学	42	0.040	40	0.036	42	0.033
理学	153	0.145	174	0.155	205	0.162
工学	285	0.270	316	0.281	362	0.285
农学	14	0.013	20	0.018	30	0.024
医学	67	0.064	75	0.067	78	0.061
管理学	174	0.165	179	0.159	194	0.153
艺术学	32	0.030	29	0.026	33	0.026
SRI	6.865		6.641		6.557	

(二)同一交叉学科的一级学科差异性

在对近三年交叉学科的对比分析中发现,部分交叉学科名称虽然相同或相近,但关联的支撑学科却存在较大差异。例如,2021年全国有5所高校设置了“数据科学”交叉学科,但有的以计算机科学与技术、管理科学与工程、图书情报与档案管理为支撑学科,有的则以数学、食品科学与工程、控制科学与工程等作为支撑学科。显然,这些“数据科学”的具体内涵并不同。

为测度支撑同一交叉学科的一级学科的差异性,本研究应用 Jaccard 距离系数进行定量计算:

$$J_s(A, B) = 1 - J(A, B) = \frac{|A \cup B| - |A \cap B|}{|A \cup B|}$$

其中, A 和 B 分别表示不同的交叉学科所包含的一级学科情况。

以2021年为例,不同高校所设置的“同名”交叉学科共有102个。例如,2所高校所设置交叉学科“集成电路科学与工程”的差异性为0.875;2所高校所设置交叉学科“生命伦理学”的差异性为0.833;5所高校(北京大学、中国科学技术大学、山东大学、武汉大学、四川轻化工大学)所设置交叉学科“数据科

学”的差异性平均值为0.764(表5)。我国不同高校所设置交叉学科的支撑学科差异性较大,存在交叉学科内涵不清晰等问题。

从交叉学科设置路径或关联模式来看,目前部分高校设置的交叉学科主要是瞄准前沿科学问题或重大任务需求,但对各自学术资源的有限性考虑不足,对自身学科发展基础的考虑不充分,而是“追热点”“跟风”建立大量热门交叉学科,在可持续发展方面往往由于定力不足而无法进行持久性投入,导致所建交叉学科难以得到深度发展^[15]。部分高校一味追求扩大规模,不断合并和增设新兴学科、对不同学科进行叠加,却不注重内涵式学科建设,忽视学科间的交叉整合,导致交叉学科内涵、范围、目标不明确,学科建设也缺乏主动性和原创性。交叉学科内涵界定不清,一方面会对不同高校间的学科交流造成一定障碍,缺乏形成稳定的学术共同体的根基,难以形成学科发展的良好生态。另一方面,也不利于社会对交叉学科的认知和接纳,容易引起误解,错失学科发展机遇^[16]。同一交叉学科的支撑学科门类差异性大,反映出目前不同高校在同一交叉学科内涵方面缺乏较为一致的共识问题。

表 5 同一交叉学科的一级学科差异性

交叉学科名称	单位名称	所涉及一级学科	差异性
集成电路科学与工程	上海大学(A)	物理学、力学、材料科学与工程、机械工程、信息与通信工程	$J_{\delta}(A, B) = 0.875$
	安徽工程大学(B)	电气工程、材料科学与工程、控制科学与工程、软件工程	
生命伦理学	北京协和医学院(A)	生物学、生物医学工程、临床医学、公共卫生与预防医学	$J_{\delta}(A, B) = 0.833$
	中南大学(B)	哲学、生物学、基础医学	
数据科学	北京大学(A)	数学、统计学、计算机科学与技术、软件工程、公共卫生与预防医学	$J_{\delta}(A, B) = J_{\delta}(B, C) = 0.571$ $J_{\delta}(A, C) = 0.333$ $J_{\delta}(A, D) = J_{\delta}(A, E) =$ $J_{\delta}(B, D) = J_{\delta}(B, E) =$ $J_{\delta}(C, D) = J_{\delta}(C, E) = 0.857$ $J_{\delta}(D, E) = 1.000$ $J_{\delta} \text{平均} = 0.764$
	中国科学技术大学(B)	数学、计算机科学与技术、统计学、信息与通信工程、生物学	
	山东大学(C)	数学、统计学、计算机科学与技术、公共卫生与预防医学、土木工程	
	武汉大学(D)	计算机科学与技术、管理科学与工程、图书情报与档案管理	
	四川轻化工大学(E)	数学、食品科学与工程、控制科学与工程	

表 6 我国交叉学科复杂网络及学科门类连接度

三、我国交叉学科关联关系网络结构分析

将学科门类和交叉学科抽象为“节点”，将不同学科门类参与形成交叉学科的关系抽象为“连边”，选择 2021 年全部交叉学科数据形成复杂网络，并对网络结构做进一步分析。

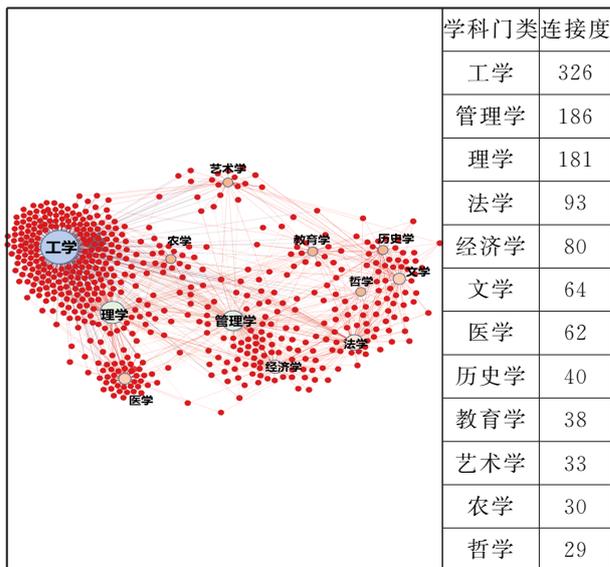
(一) 学科门类连接度分析

复杂网络中节点的“连接度”也称“度中心性”(Degree centrality)，表示网络中与某节点直接相连的其他节点的个数。该指标测度是指与某节点之间相连的点数，不考虑其他间接相连的节点情况，表征的是节点的局部中心性。

在对我国 12 个学科门类的交叉学科参与度分析中发现，工学、理学和管理学支撑的交叉学科数最多，占比高于其他学科门类，在交叉学科复杂网络关系图中也是以上学科门类的度中心性较高，表现为更具集聚优势；相反，自然科学中农学和社会科学中哲学对交叉学科设置参与度最少，在交叉学科复杂网络中的影响力较弱(表 6)。

(二) 交叉学科连接度分析

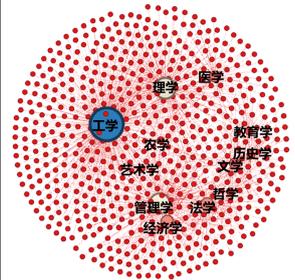
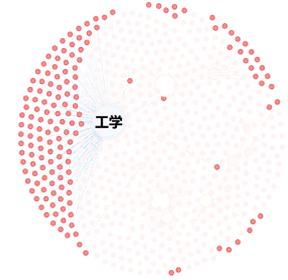
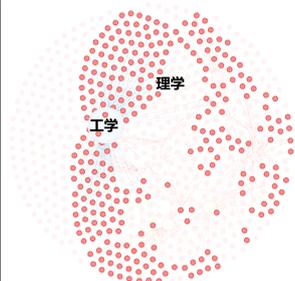
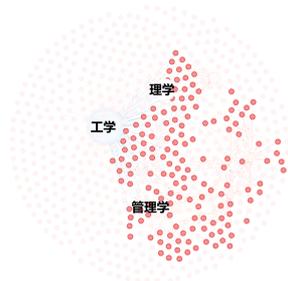
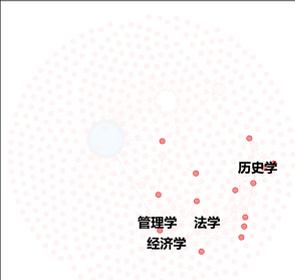
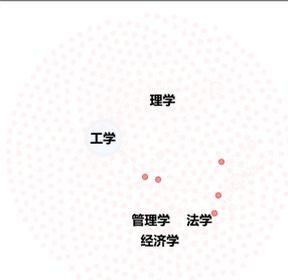
对所有交叉学科的连接度做进一步分析，连接



度较低(连接度=1 或 2)的节点数占比超 70%，即 70% 的交叉学科是由一个或两个学科门类下的不同一级学科交叉组成，从具体复杂网络结构可以看出，主要是自然科学内部的学科门类之间交叉。连接度较高(连接度=4 或 5)的节点共有 19 个，其中连接度为 5 的交叉学科为知识产权、艺术文化学、海洋事务、科学传播与科学教育、边疆学。例如，交叉学科

“海洋事务”的一级学科涉及理学、工学、经济学、法学和管理学共 5 个学科门类(表 7)。

表 7 我国交叉学科复杂网络及交叉学科连接度

	
整个交叉学科网络共包含 628 个节点,其中,交叉学科节点 616 个,学科门类节点 12 个	连接度 = 1 的节点共 157 个,其中绝大多数为工学学科内部不同一级学科组成
	
连接度 = 2 的节点共 289 个,主要是由工学、理学两个学科门类下的一级学科组成	连接度 = 3 的节点共 151 个,主要是理学、工学、管理学三个学科门类下的一级学科组成
	
连接度 = 4 的节点共 14 个,主要是不同社会科学不同学科门类下的一级学科组成	连接度 = 5 的节点共 5 个,主要是理学、工学和管理学、经济学、法学下一级学科组成

交叉学科的“交叉”不是将两个或多个学科进行简单的拼凑,而是要以解决理论和实际问题为导向,找到不同学科内在的逻辑联系,才能培育出新的学术增长点。通过以上对所有交叉学科连接度的分析发现,我国目前交叉学科的设置大多是同一门类或同一级别学科的组合,缺乏综合考虑相关学科之间的渊源和内在联系,不能反映不同学科间的逻辑和互动关系。近三年所有的交叉学科中,同时涉及自

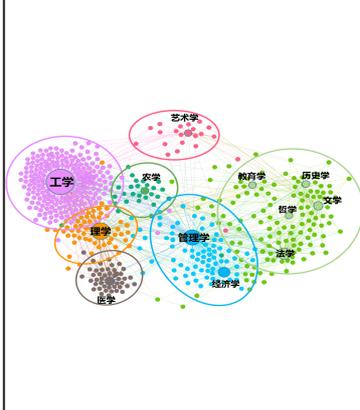
然科学与社会科学学科门类的交叉学科占有所有交叉学科不足 30%,我国交叉学科“远缘”交叉依然较少。因此,我国高校交叉学科设置的学科交叉“广度”仍较小,以各学科类别内部交叉为主,包括“双一流”建设高校的交叉学科规划也主要局限于自然科学内部的学科交叉^[17],缺乏突破既有学科门类藩篱的自觉性。

(三)交叉学科凝聚性分析

复杂网络结构中,“模块化”是指根据网络图中的连接关系对节点进行归类,属于一种聚类算法,可用于复杂网络中社区(子团)发现^[18]。根据模块化分析结果,可将复杂网络划分为若干个稳定的社区或子团,各个子团内部的连接更紧密、凝聚性更强。在交叉学科的研究中,学科凝聚性旨在捕捉交叉学科知识系统内不同学科在多大程度上被一致地连接起来,并形成一個有意义的相关“簇”^[19]。基于以上,本研究应用复杂网络中“模块化”结果来反映交叉学科的凝聚性。

对我国交叉学科复杂网络进行模块化分析发现,12 个学科门类及其交叉学科共可分为 7 个稳定的模块。其中,自然科学类的 4 个学科门类各形成一个模块,即 4 个学科门类对应 4 个模块,学科门类之间的凝聚性较低。社会科学类的 8 个学科门类则形成 3 个模块,艺术学单独形成一个模块;管理学和经济学组成一个模块,所涉及交叉学科包括互联网经济学、行为金融学、经济大数据分析、数字经济管理等;教育学、历史学、法学、文学、哲学五个学科门类组成一个模块,所涉及交叉学科包括中国学、国学、社会治理与社会发展、科学传播与科学教育等。因此,对比自然科学与社会科学,社会科学不同学科门类之间的凝聚性要高于自然科学(表 8)。

表 8 我国交叉学科复杂网络模块化分析

	模块	学科门类
	模块一	工学
	模块二	理学
	模块三	医学
	模块四	农学
	模块五	管理学、经济学
	模块六	教育学、历史学、法学、文学、哲学
模块七	艺术学	

四、研究结论与对策建议

(一)主要研究结论

本研究聚焦我国交叉学科发展,以近三年(2019—2021年)连续公布的“学位授予单位交叉学科名单”数据为基础,总结了我国交叉学科发展的态势和特征,并应用定量测度指标对我国交叉学科进行了定量计算和分析。研究发现:(1)近年来,我国交叉学科数量和地位呈上升趋势,新增交叉学科基本瞄准科创前沿;(2)整体来看,支撑交叉学科的学科门类之间均衡性较低,且一级学科中应用学科依然是支撑交叉学科的主要力量,基础学科作用较小;(3)从交叉学科内涵来看,不同高校所设立的“同名”交叉学科所支撑的一级学科差异性较大,存在交叉学科内涵不清晰、缺乏一致性共识等问题。

同时,本研究创新性将复杂网络分析方法应用于交叉学科研究,结合复杂网络结构测度指标研究发现:(1)工学、理学和管理学三个学科门类在网络结构中中度中心性较高,更具集聚优势;(2)超过70%的交叉学科连接度为1和2,即由一个或两个学科门类下的不同一级学科交叉组成,我国交叉学科的交叉“广度”仍较小;(3)从不同交叉学科的凝聚性来看,社会科学不同学科门类之间形成“模块”,具有一定凝聚性,自然科学与社会科学之间“大跨度”的交叉学科有待进一步发展。

(二)发展对策建议

交叉学科是在人类对自然界深度认知和对高度复杂问题研究过程中形成和发展的,其发展离不开国家政策引导和各大高校实践探索。

1. 完善交叉学科发展的政策大环境。我国学科管理政策属于国家学科制度,即只有被国家学科目录列入的学科才具备真正的合法性和权威性,在高校院系设置、人才培养、资源分配中相应地享有一定权利^[20]。2021年,我国正式设置交叉学科门类,预示着越来越多的交叉学科将不再处于学科目录的边缘,为交叉学科高质量发展提供了一定制度保障。在我国强调一级学科地位的政策大环境下,如何使众多处于二级学科地位或处于萌芽发展状态下的交叉学科获得宽松发展政策环境仍存在一定挑战^[21]。因此,应进一步加强政策顶层设计,尽快完善交叉学科发展的配套政策体系,包括制定交叉学科重点发展领域、进一步规范交叉学科名单目录、完善交叉学科评估政策等。例如,在学科评估方面更强调贡献

导向,评估结果进一步辅助指导交叉学科的设置或裁撤。

2. 加强交叉学科的学科门类均衡性布局调整。我国各领域交叉学科门类均衡性较低,个别学科门类(农学、哲学等)在交叉学科建设中参与度较低,与国民经济和社会需求匹配度存在一定的偏差,需进一步加强交叉学科发展的顶层战略设计。例如,在复杂的国际局势下,全球面临粮食安全风险,加快发展现代农业,既是转变经济发展方式、全面建设小康社会的重要内容,也是提高农业综合生产能力、建设社会主义新农村的必然要求。为适应我国发展现代农业的需要,应将国家重大需求与农业学科发展相结合,促进农学与经济学、管理学、法学、信息科学等不同学科的交叉融合,加强现代农学学科体系建设。再如,现代哲学作为具体科学发展的世界观和方法论基础,是社会科学中延伸功能最强的基础学科,对自然科学的发展有着举足轻重的作用。在新一轮科技革命和产业变革中,应从现代前沿科技对人类发展和对社会经济作用的角度出发,充分引导哲学与自然科学交叉融合,以理论创新推动科技创新。

3. 鼓励高校探索学科交叉融合的新发展模式。高校作为学科交叉发展的主体,要结合自身优势和特色,形成交叉学科发展的长期战略规划,促进交叉学科的全面发 展。高校可通过建设跨学院系的交叉学科创新组织,形成交叉学科发展平台,设置跨学科教学组织机构,开设交叉学科课程,满足交叉学科动态发展要求。建立虚实结合的学科组织^[22],在实体交叉学科组织方面,可由高校结合本校优势学科资源,聚合校内分散于各学院或学科的力量,形成独立建制组织,打破传统学院或学科组织之间的阻隔,在校级层面建立新的交叉学科组织载体;在虚拟交叉学科组织方面,更强调任务导向或项目导向,以国家重大战略任务、关键领域技术突破项目等为依托,整合校内相关资源组成不同交叉学科组织。根据任务情况可对虚拟交叉学科组织进行动态调整,若发展成熟也可由虚体转为实体。同时,高校要结合学校特点建立完善的制度保障,深化学科交叉的理念,培养交叉学科研究的氛围和文化,为交叉学科发展创造长期稳定的发展环境。

参考文献:

- [1] 何佳讯,葛佳焯,张凡. 中国学者管理学研究的世界贡献:国际合作、前沿热点与贡献路径——基于世界千种管理学英文期刊论文(2013~2019年)的定量分析[J].

- 管理世界,2021,37(9):36-67.
- [2] 汤晓蒙,刘晖.从“多学科”研究走向“跨学科”研究——高等教育学科的方法论转向[J].教育研究,2014,35(12):24-29.
- [3] 张琳,孙蓓蓓,黄颖.交叉科学研究:内涵、测度与影响[J].科研管理,2020,41(7):279-288.
- [4] 陈其荣.诺贝尔自然科学奖与跨学科研究[J].上海大学学报(社会科学版),2009,16(5):48-62.
- [5] 王国成.跨学科探索社会经济复杂性——2021年诺贝尔奖深层意蕴的启示与思考[J].河北经贸大学学报,2022,43(1):1-10.
- [6] 中华人民共和国中央人民政府网站.关于“双一流”建设高校促进学科融合加快人工智能领域研究生培养的若干意见[EB/OL].(2020-01-21).http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/03/content_5486326.htm.
- [7] Zhao Y, Liu L, Zhang C. Is Coronavirus-Related Research Becoming More Interdisciplinary? A Perspective of Co-occurrence Analysis and Diversity Measure of Scientific Articles[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021:121344.
- [8] 刘红,谢冉,任言.交叉学科教育的现实困境和理想路径[J].研究生教育研究,2022(2):32-36,90.
- [9] 中华人民共和国教育部网站.学位授予单位(不含军队单位)自主设置二级学科和交叉学科名单[EB/OL].http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/s5743/s5744/A22/202008/t20200827_480690.html.
- [10] 德吉夫.高校自主设置交叉学科的关联特征研究[J].中国高教研究,2020(6):92-97.
- [11] 中国社会科学网.交叉学科前景广阔[EB/OL].(2020-08-31).http://ex.cssn.cn/zx/bwyc/202008/t20200831_5176586.shtml.
- [12] 路甬祥.学科交叉与交叉科学的意义[J].中国科学院院刊,2005(1):58-60.
- [13] 朱凌,薛萍,梅景瑶.研究型高校交叉新兴学科发展方向分析——基于社会网络分析和专利数据的学科预测模型[J].教育研究,2015,36(6):46-54.
- [14] 光明日报.学科发展的顽疾与药方[EB/OL].(2012-04-09).<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2012/4/262432.shtml?id=262432>.
- [15] 王义道.学科“交叉”比交叉学科更重要[N].中国科学报,2021-12-14(7).
- [16] 梁传杰,胡江华.对我国开展一级学科下自主设置学科专业工作的分析与思考[J].中国高教研究,2005(9):41-44.
- [17] 申超,杨梦丽.一流学科建设蓝图是如何描绘的——基于41所“双一流”建设高校建设方案的文本分析[J].高等教育研究,2018,39(10):37-42.
- [18] Blondel V D, Guillaume J L, Lambiotte R, et al. Fast Unfolding of Communities in Large Networks [J]. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2008, 2008(10): P10008.
- [19] Rafols I, Meyer M. Diversity and Network Coherence as Indicators of Interdisciplinarity: Case Studies in Bioscience[J]. Scientometrics, 2010,82(2):263-287.
- [20] 刘小强.论交叉学科组织建制的悖论和建设策略[J].大学与学科,2021,2(3):39-45.
- [21] 崔育宝,李金龙,张淑林.交叉学科建设:内涵论析、实施困境与推进策略[J].中国高教研究,2022(4):16-22.
- [22] 李爱彬,邵楠,杨晨美子,等.一流学科群视域下研究生跨学科培养模式研究[J].研究生教育研究,2022(3):44-50.

Research on the Trend Characteristics and Multidimensional Measures of Interdiscipline Development in China

MA Ning¹, WANG Hongbing¹, LIU Yijun^{1,2}, WANG Ying^{1,2}

(1. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;*

2. *School of Public Policy and Management, UCAS, Beijing 100049, China*)

Abstract: The cross-integration of disciplines is a major feature of the current development of science and technology. The development of interdiscipline is an inevitable requirement for improving the higher education system of China in the new era, and it is also the internal demand of economic and social development. Based on the list of interdisciplines independently set up by Chinese universities for three consecutive years from 2019 to 2021, this paper summarizes the trend and basic characteristics of interdisciplinary development through quantitative statistical analysis, and measures the proportionality and difference of interdisciplinary development. It also carries out multi-dimensional, quantitative measurement on the agglomeration advantages of different disciplines and the connectivity and coherency between interdisciplines with the application of the methods of complex network analysis. With the quantitative research results, this paper analyzes the existing problems and challenges in the interdisciplinary development in China. It further puts forward some solutions and suggestions for the interdisciplinary development in the aspects of national macro-policy guidance and institutional and system innovation of universities.

Keywords: interdiscipline; trend characteristics; complex network analysis; challenges and solutions