

· 管理纵横 ·

国家自然科学基金医学领域资助 遗传与罕见病相关研究概况

冷玉鑫^{1, 2}

朱元贵²

张凤珠²

韩立炜²

徐岩英²

孙瑞娟^{2*}

1. 北京大学第三医院, 北京 100191

2. 国家自然科学基金委员会 医学科学部, 北京 100085

[摘要] 我国丰富的人类遗传疾病谱为促进人类健康领域、尤其是罕见病的基础研究提供了基础支撑。新形势下, 面对科研范式的不断变革, 临床医学、遗传学、信息学等学科领域的深度交叉及国际合作现状, 如何既对遗传与罕见病相关研究进行战略布局、促进人类遗传资源合理利用, 又切实依法依规开展相关研究, 对基金资助机构提出了更高要求。本文对国家自然科学基金委员会医学科学部成立以来对遗传与罕见病研究的资助进行回顾, 为加强“医学遗传学”研究项目的规范管理提供参考。

[关键词] 医学领域; 遗传相关疾病; 罕见病; 资助管理

随着科技界对人类遗传信息的不断认识, 基因编辑技术、多组学精准医疗等新技术的不断发展, 以及新时期医学研究范式的不断变革, 充分、合理利用人类遗传信息、深入剖析疾病和健康的遗传学基础, 成为解决诸多医学科学问题的重要途径。这也对国家自然科学基金(以下简称科学基金)在人类遗传疾病相关领域的布局和管理提出了更高要求。本文对国家自然科学基金委员会医学科学部自成立以来, 在人类遗传与罕见病方面的资助布局进行回顾, 结合科学基金深化改革目标、“十四五”及中长期战略规划, 对新形势下医学科学领域遗传相关研究的科研管理进行深入思考, 以促进我国遗传与罕见病相关研究的原始创新水平和科研管理水平。

1 指南引导与自由探索相结合, 前瞻布局人类遗传与罕见病相关研究

1.1 开展战略研究, 布局重大类型项目

人类遗传资源包括人类遗传资源材料和人类遗传资源信息(两大属性, 物质和信息即材料和信息)。医学科学部一向重视我国丰富的医学遗传资源, 依靠专家群体开展战略研究, 自上而下做好顶层设计, 充分发挥科学基金在遗传与罕见病相关研究中的引



孙瑞娟 研究员, 现任国家自然科学基金委员会医学科学部常务副主任。长期从事医学科学研究和科研管理工作, 在促进医学科学基础研究资助格局的发展、人才培养、学科均衡发展及交叉融合、国际合作等方面做出重要工作。



冷玉鑫 北京大学第三医院 副研究员, 硕士研究生导师。主要研究方向为重症精准医疗、ICU 环境暴露、重症胃肠功能保护及肠道微生态等。主持国家自然科学基金、首都特色项目等多项研究课题, 发表研究型论文 20 余篇。

导作用。相继召开香山科学会议第 S24 次学术讨论会“罕见遗传病(例)与重大疾病研究”, 第 232 期双清论坛“全维度数据与智能诊疗的前沿与挑战”, 2020 年 9 月进一步召开“临床专家研讨会”, 围绕遗传相关疾病的发生机制、罕见病例研究与常见重大疾病的治疗、数据挖掘、人群队列研究及疾病精准诊疗进行充分研讨。

1.1.1 制定发展战略、前瞻布局引导

“十三五”期间, 医学科学部在三方面涉及了遗

传信息相关的优先发展领域^①,如(1)发育、炎症、代谢、微生态、微环境等共性病理新机制研究(2)基因多态、表观遗传与疾病的精准化研究(3)个性化医疗关键技术与转化研究;并在跨学部优先领域中设立“基于疾病数据获取与整合利用新模式的精准医学研究”。在科学基金“十四五”及中长期规划中^{②③},医学科学部进一步注重遗传信息和重大疾病诊疗证据的形成、保护和利用;大力促进学科交叉,推进医疗大数据背景和人工智能等医学应用技术;规范国人遗传病例信息与重大疾病诊疗的证据积累、利用与保护,形成特色鲜明的遗传战略体系;规范国人健康与疾病遗传病例库建设及共享机制。

1.1.2 布局重大类型项目、发挥导向作用

医学科学部结合各学科总体发展战略,在每年的重点项目立项领域中均考虑医学遗传与罕见病相关研究的布局。自2010年开始,共设置了31个相关重点立项领域。并在2014年启动了“环境与遗传因素及其交互作用对冠心病和缺血性脑卒中影响的超大型队列研究”重大项目。2019年医学科学部进一步设立了“长寿重要相关因素及其作用机制研究”专项(以下简称“长寿专项”),资助基于自然人群队列的环境与遗传等重要长寿相关因素的机制研究。截至2021年,医学科学部共资助重点项目、重大项目、专项项目等遗传与罕见病相关研究约112项,总金额达3.0亿,约占医学科学部遗传相关研究总投入的28%。

1.2 鼓励自由探索,不断完善遗传与罕见病资助格局

除针对重要项目类型在遗传相关领域进行指南引导之外,医学科学部在沿用至2020年的申请代码中共设立了15个遗传相关二级代码,以鼓励遗传相关疾病研究的自由探索;2016年至2020年间,医学科学部从面上项目经费中进一步划出宏观调控经费,专项资助罕见病的发病机制和防治基础研究,希望发挥我国临床资源优势,在罕见病防治、药物研发等领域开展深入的研究工作,同时关注重大疾病中的罕见病例研究,旨在以罕见病为突破口推动对重大疾病发病机制的认识,“十三五”期间共资助项目179项,直接经费合计1.08亿元;在科学基金深化改革优化学科布局进程中,经广泛征求相关领域专家及咨询组专家意见,医学科学部统筹考虑学科的

共性特征及管理需求,自2021年起增设“医学遗传学”一级代码(H23),下设遗传性疾病、罕见病、医学遗传学研究新技术与新方法等二级代码,取代原有15个遗传相关二级代码,进一步完善遗传相关疾病研究的资助布局。此外,医学科学部在2021年面上项目中设立了“源于临床实践的科学问题探索研究”专项(以下简称“临床专项”),以鼓励临床实践中提出的医学科学问题,推动临床研究和医学科学发展。这些举措旨在通过持续稳定支持,优化学科布局、提升原始创新能力,引导人类遗传与罕见病相关研究的有序规范开展。截至2021年9月,医学科学部共资助遗传与罕见病相关研究1398项,投入总金额约10.64亿,随着资助布局的不断完善,遗传相关研究项目资助呈波动上升趋势(图1)。在各种项目类型中,重点、重大、罕见病专项(含2021年H23代码下项目)及临床专项等指南引导类项目的资助数量占比约33.1%,资助经费占比约48.4%(图2)。以常规面上项目为例(2010—2020年),肿瘤和神经精神领域的相关研究最多,二者资助项目数和资助经费数之和分别占遗传相关面上项目总体的51.8%和52.4%(图3)。

2 长期资助促进我国遗传相关疾病研究平台、人才梯队建设

在国家自然科学基金委员会的长期布局及国家其他科技计划的资助下,我国逐渐形成了集医学遗传学、多组学精准医疗、生物信息分析及基础遗传学背景的优势交叉学科平台和团队。十余年来,在医学科学部资助的1398个遗传相关研究中(涉及169个依托单位,941个项目负责人),获得10项以上资助的依托单位占比20.7%,获得2项及以上资助的

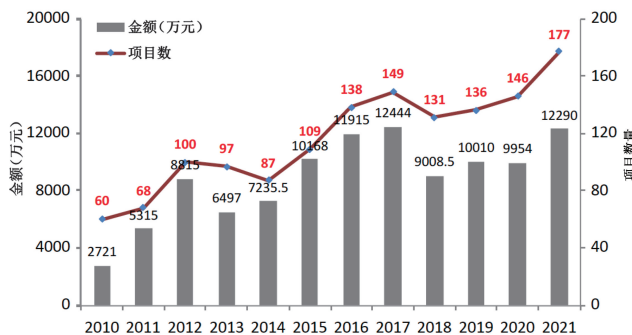


图1 2010—2021年医学科学部人类遗传与罕见病相关研究资助趋势

① 国家自然科学基金“十三五”发展规划。
② 国家自然科学基金“十四五”发展规划。
③ 国家自然科学基金“中长期发展战略”。

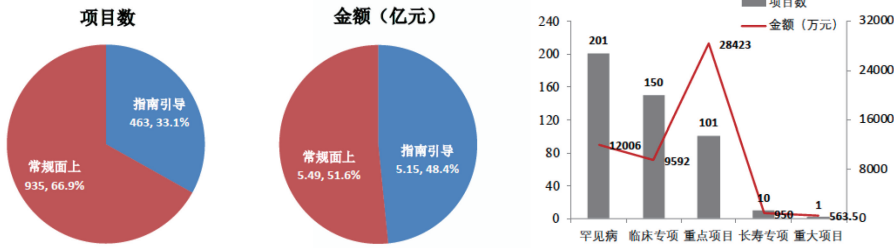


图2 2010—2021年医学科学部人类遗传与罕见病相关研究资助布局概况

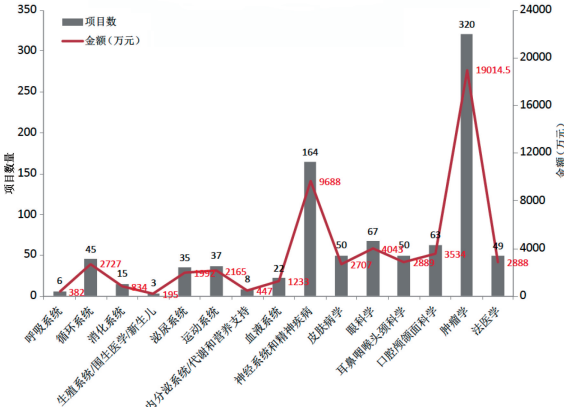


图3 医学科学部遗传与罕见病相关研究学科分布 (2010—2020年面上项目)

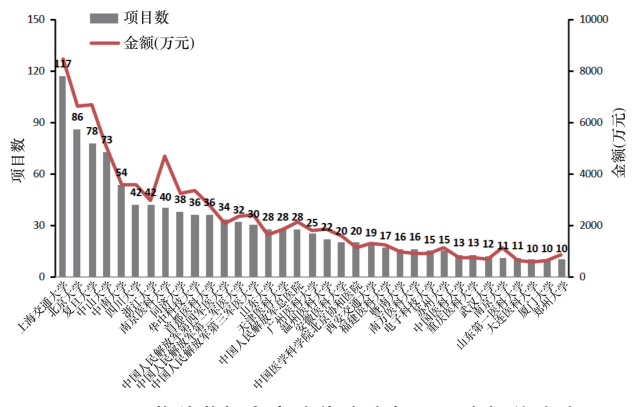


图4 医学科学部人类遗传疾病与罕见病相关疾病研究的优势单位分布(≥10项)

项目负责人占比 21.9%，一些依托单位学术优势明显。获批项目总数较多的依托单位和获多项资助研究者所在依托单位的分布基本一致。上海交通大学、北京大学、复旦大学、中山大学、中南大学等院校为遗传与罕见病相关研究的主要优势单位，获资助项目数占总体的约 30% (图 4)。相关单位均有临床医院被纳入科技部、国家卫生计生委、总后卫生部联合建设的国家临床医学研究中心(代谢、精神心理、妇产、口腔、皮肤与免疫、血液、放射治疗等领域)。

在肿瘤、环境与重大慢病、衰老等方面形成明显的优势团队。

3 依法依规管理人类遗传相关疾病研究、不断完善科学基金管理流程

在遗传疾病相关研究的行政管理和立法方面，我国先后颁布了《人类遗传资源管理暂行办法》《科学数据管理办法》及《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》(以下简称“条例”)(表 1)，相关行政法规和条例日趋完善。在科技部人类遗传资源管理办公

表 1 我国颁布的遗传资源相关法规及条例

发布单位	法规、条例名称	通过/执行时间	具体内容
国务院	《人类遗传资源管理暂行办法》(国发办[1998]36号) ^[1]	1998.6	涉及人类遗传资源的国际合作项目进行行政许可审批。名称为：“涉及人类遗传资源的国际合作项目审批”。
		2015.10	分级管理、统一审批 上述行政许可审批更名为：“人类遗传资源采集、收集、买卖、出口、出境审批”。
国务院	《科学数据管理办法》(国办发[2018]17号) ^[2]	2018.3.17	采集、汇交与保存；共享与利用；保密与安全。
国务院	《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》(国令第717号) ^[3]	2019.3.20	采集和保藏；利用和对外提供；服务和监督；法律责任等
		2019.7.1	

室的统一管理下,涉及人类遗传资源材料和信息的研究(涉及遗传资源采集、保藏、国际合作研究、材料出境、国际合作临床试验、信息对外提供或开放使用、重要遗传家系和特定地区人类遗传资源),须按相关规定于研究开展前进行申报并获得审批。医学科学部十分重视医学领域遗传与罕见病相关研究的合规性,一方面,利用医学科学部网站“政策法规”中“七五普法”和项目指南对上述政策法规进行宣传;另一方面,在项目评审(函审、会评、批准通知)及成果发表各个环节,对相关研究进行全流程提醒、监督,确保项目负责人及依托单位依法依规开展研究,注重我国遗传资源保护。

4 科学基金医学遗传疾病相关研究资助管理的问题与建议

新形势下,医学遗传疾病相关研究正面临新的机遇和挑战。在遵守相关法律法规的前提下,科学的资助布局和详实的基金管理办法将大大促进我国遗传与罕见病相关研究的原始创新水平。未来,基金管理部门应充分考虑到遗传相关研究的特殊性,做好顶层设计。一方面充分考虑我国丰富的遗传疾病谱优势,在重要领域加强布局和引导,另一方面制定更符合遗传相关研究特点的管理策略。如:(1)在项目布局方面,开展涉及专病/罕见病队列建设、遗传病例共享平台建设、稀有资源保护及罕见病

转化等方面的调研和前瞻性布局;(2)在项目管理方面,可尝试组建集遗传学、临床医学、生物信息学、人工智能及管理专家为一体的项目评审和研究成果综合评估专家团队,以打破不同学科领域间的评价壁垒寻找共性管理机制,提高管理水平;(3)在资助体系方面,科学基金可探索更多元的资助模式,对重要遗传家系和特定地区人类遗传资源相关研究,适当增加资助比例或进行择优连续资助;通过积极探索企业参与的多元化资助办法和细则,逐步推进遗传病、罕见病从基础研究逐步走向临床应用。总之,我们有理由相信,在优秀的基金管理者 and 科研工作者的共同努力下,我国宝贵的遗传战略资源将得到更为广泛的应用,为更早揭示罕见病、遗传病的发生发展及防治打下基础。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国科学技术部.《人类遗传资源管理暂行办法》. [2021-08-10]. http://www.most.gov.cn/fggw/xzfg/200811/t20081106_64877.htm.
- [2] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发《科学数据管理办法》的通知. [2021-08-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/02/content_5279272.htm.
- [3] 国务院. 中华人民共和国国务院令.《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》. [2021-08-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-06/10/content_5398829.htm.

Overview on Genetic/Rare Disease-Related Researches Approved by the Department of Health Sciences of NSFC

Yuxin Leng^{1,2} Yuanguai Zhu² Fengzhu Zhang² Liwei Han² Yanying Xu² Ruijuan Sun^{2*}

1. Department of Intensive Care Unit, Peking University Third Hospital, Beijing 100191

2. Department of Health Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

Abstract The wide spectrum of human genetic diseases in our country provides essential support for promoting the development of fundamental research in the field of human health, especially for the genetic/rare diseases. Recently, the scientific research paradigm varies continuously with deep intersection and international cooperation in clinical medicine, genetics, and informatics. This poses higher requirements for the funding institutions, on how to ensure the ultimate utilization of our precious human genetic resources under an overall formulated strategy, and the legitimacy of research activities. Here, we retrospectively reviewed the funding on genetic/rare disease-related researches by the department of health sciences of National Natural Science Foundation of China since its establishment. We hope our work will provide reference on strengthening the standardized management of “medical genetics” research projects.

Keywords health field; genetic diseases; rare diseases; funding management

(责任编辑 刘敏 姜钧译)

· 管理纵横 ·

从国家自然科学基金项目申请代码分析的视角 看中国基础研究的学科交叉性

刘 扬¹ 张钰琛¹ 郑知敏² 赵晓丽^{1*} 杨晓光³

1. 中国石油大学(北京) 经济管理学院, 北京 102249
2. 国家自然科学基金委员会 计划局, 北京 100085
3. 中国科学院 数学与系统科学研究院, 北京 100190

[摘要] 学科交叉是科技创新的最重要源头之一。辨识学科交叉活跃领域, 探寻学科交叉的规律, 对于制定有效的科学基金资助政策, 促进科学发展有着重要的意义。本文利用国家自然科学基金委员会各学部项目申请代码中一级学科下二级学科的名称信息, 采用语义相似度和共现网络作为分析方法, 计算一级学科之间的学科交叉程度, 进而考察一级学科的学科交叉性。研究发现: (1) 学部间学科交叉性远大于部内学科交叉性; (2) 化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部和信息科学部与其他学部的学科交叉性最高, 表现为这些学部的一级学科与其他学部的多个一级学科相交叉, 交叉面较广; (3) 数理科学部、地球科学部和医学科学部与其他学部的学科交叉性居中, 表现为虽然这些学部中有学科交叉现象的一级学科较多, 但相应的一级学科往往只与其他学部的单个学科交叉, 呈现出学科交叉多而散的特点; (4) 管理科学部与其他学部的学科交叉性相对最低, 体现了作为社会科学基础学科的管理科学与其他自然科学学科、工程科学学科有一定的疏离。

[关键词] 自然科学基金; 申请代码; 学科交叉; 基础研究; 语义相似度; 共现网络

知识的交叉往往像闪电一样, 迸发出耀眼的新智慧。学科交叉研究是不同学科内容之间的整合, 是科学研究新的增长点、新的科学前沿。最近 25 年前交叉研究获得诺贝尔奖的比例已接近一半 (49.1%), 因此学科交叉最有可能产生重大的科学突破, 是新学科诞生的重要方式之一, 代表着科学发生革命性的变化^[1]。在过去 20 年中, 人们意识到传统研究方法无法应对当代的现实问题和挑战, 需要来自不同知识源泉的多个学科的“异花受精”和知识综合, 因此交叉科学取得了长足的发展, 获得了大量的研究关注和资金支持^[2]。但在中国科学发展中, 学科交叉和交叉科学^① 显得相对滞后^[3]。李静海院士在《求是》杂志中发文指出: “我国(中国)的学科门类划分过细, 学科布局的综合性和交叉性不足。这种传统布局导致学科疆域固化、互相隔离, 已不适应



赵晓丽 中国石油大学(北京)教授, 博士生导师, 经济管理学院副院长, 国家社会科学基金重大项目首席专家, 获评 2020 年环境领域“全球前 2% 顶尖科学家”。主要从事能源与环境经济领域的教学和研究工作。主持国家自然科学基金重大项目、重点项目、一般项目及国家自然科学基金重点项目、面上项目等国家级项目 8 项; 主持美国能源基金等国际合作项目 5 项。以第一/通讯作者在 *iScience* 等期刊发表学术论文 50 余篇; 出版专著 4 部; 以第一完成人获教育部、国家能源局等省部级奖项 3 项。入选爱思唯尔 2020 年和 2021 年管理科学与工程领域“中国高被引学者”。



刘扬 中国石油大学(北京)经济管理学院, 管理科学与工程专业, 博士研究生; 主要研究领域: 工业节能减排管理与政策。

收稿日期: 2021-06-11; 修回日期: 2021-11-05

* 通信作者, Email: email99zxl@vip.sina.com

本文受到国家自然科学基金项目(J1824004)的资助。

① 学科交叉是众多学科之间的相互作用, 而交叉形成的理论体系, 构成交叉学科; 众多交叉学科构成了交叉科学^[3]。

学科之间、科学和技术之间、技术和工程之间、自然科学和人文社会科学之间日益呈现的交叉融合趋势,不利于学科之间协同创新。因此,尽管有的学科论文数量在世界上数一数二,但少有特色和独创,自己开辟的领域、自成体系的学派、独创的理论和技术的还远远不够^[4]。

本文意图对中国基础研究的学科交叉状况进行一个深入的讨论,以期能够为中国基础研究的资助政策制定提供可靠的依据。本文的分析基础是国家自然科学基金委(以下简称“自然科学基金委”)设置的学科体系。这是因为自然科学基金委是中国最重要、最具有权威的基础研究资助机构,不仅全面资助中国基础科学各个方向的研究,且长期以来采取依靠专家的工作原则,其各项活动充分体现了前沿科学家的思想和行为,因此自然科学基金委的工作完整地反映了中国基础科学研究的需求和发展状况。从2019年开始,自然科学基金委试点要求科学基金申请阐明研究属性,以交叉融通为导向的调整优化成为自然科学基金委“科学基金学科布局改革”任务的重要组成部分。2020年11月,自然科学基金委设立了交叉科学部,进一步促进学科交叉研究。由于交叉科学部本质上源于数理科学部、化学科学部、生命科学部、地球科学部、工程与材料科学部、信息科学部、管理科学部、医学科学部等8个传统学部的交叉融合,因此,本文以《2021年度国家自然科学基金项目指南》中传统科学部下设的126个一级学科和1263个二级学科为研究对象,对学科之间的交叉性进行分析。一般而言,一级学科名称对应着一个较大的学科,例如“数学与其他学科的交叉(A06)”,而二级学科对应于一级学科之下的研究领域或者研究方向,其名称刻画了相应研究领域的科学属性,简洁清晰地给出相应研究领域的学科交叉信息。比如二级学科“人工智能中的数学理论与方法(A0606)”的研究中既涉及到人工智能与数学的交叉融合,是信息科学部与数理科学部的交叉学科。基于此,为避免“学科门类划分过细”,以一级学科为独立单元,以一级学科下二级学科名称集合为对象,通过语义相似度的度量,考察(一级)学科之间的学科交叉深

度和广度,是考察中国基础研究学科交叉性的一个简单并且有效的做法。

本文利用计算机语义处理技术,提取每个一级学科中所包括二级学科信息刻画向量,通过计算不同一级学科的二级学科信息刻画向量的语义相关性,构建一级学科的语义关联网。显然的,与其他一级学科关联越多的一级学科,其学科交叉性越强。由此,本文在一级学科的层面上,对中国基础研究的学科交叉性进行度量和刻画。

1 学科交叉性分析方法

科学计量方法成为定量分析学科交叉的重要手段,对学科之间整合或交叉程度大小的测度是基金资助部门和研究者日趋关注的话题^[5]。一般而言,两个学科名称中相似的成分越多,越说明其研究对象或者研究工具有共同的部分,就越有可能是两个学科之间存在交叉^[6]。因此,通常采用计算学科名称语义相似度的方法来量化学科交叉程度^[7]。通过对学科名称进行语义特征的提取和计算,最终将文字内涵上的相似程度转化为直观易懂的数值大小比较,进而挖掘隐含或潜在的学科交叉问题^[8],极大地提高了工作效率。计算学科名称的语义相似度有以下六个步骤:(1)将各学部划分为以一级学科为单位的子模块,模块中的文本由每个一级学科下的二级学科名称汇总得到^①;(2)采用Python中文分词工具jieba对文本进行分词处理,形成以一级学科为单位的词库;(3)在各模块词库中做词频统计;(4)给出各模块中词汇的位置索引,使得后续计算出取值范围在0—1之间的余弦相似度;(5)对各模块做词频向量化处理;(6)计算模块间的余弦相似度,至此得到一级学科间的语义相似度^②。

接下来,根据语义相似度计算结果绘制共现网络图谱呈现重点交叉代码及其关系结构。本文选取语义相似度大于等于0.2的学科代码对来绘制共现网络,以学科之间的语义相似度为边建立一级学科代码共现网络,通过节点的大小、位置以及节点之间的连线来反映节点在网络中的影响力及其关系结构^[9,10]。

① 直接计算一级学科或二级学科名称之间的相似度会产生因词组较短导致的语境缺失问题,进而遗漏部分语义相似度较低但存在学科交叉问题的一级学科或二级学科,因此,本文采取汇总二级学科名称的方法尽可能提高语义相似度识别方法的准确性。

② 由于目前基金委有126个一级学科,两两组合可得到15750个(126×125)一级学科对,限于篇幅,故不在此列示。

最后,为了检验和核准计算机算法的结果,本文还根据自然科学基金委各学部给出的代码对应的研究方向,通过人工识别对语义相似度大于等于0.2的学科代码做进一步验证(学部间及学部内均做了检验),定位一级学科中存在学科交叉的二级学科。为提高工作效率,本文重点对语义相似度大于等于0.2的一级学科代码对进行人工识别,主要原因是:(1)将语义相似度数值进行频数统计(如图1所示),频数大致在0.2之后迅速趋近0,这说明只有少数学科代码对语义相似度偏高,它们是改善学科交叉问题的关键切入点;在寻找语义相似度标准的过程中,本文人工比对了语义相似度为0.1和0.3的代码对的真实交叉程度,最终验证了0.2是本文研究中进行人工识别的最优语义相似度筛选标准。

2 学部之间学科交叉程度的计算结果及分析

图2反映了各学部间一级学科语义相近共现网络,该网络为无向加权网络,包含73个一级学科代码(节点)和202组代码对(边)。共现网络显示了各节点在整个网络中的重要性以及节点间的联系程度。一般来说,越大且越靠近中心的节点在整个网络中的影响力越大,即节点所代表的学科交叉性越高。根据各学部一级学科与其他学部一级学科之间的交叉情况,本文将8个学部分为三类:(1)学科交叉性高的学部:化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部与信息科学部。这些学部的一级学科与其

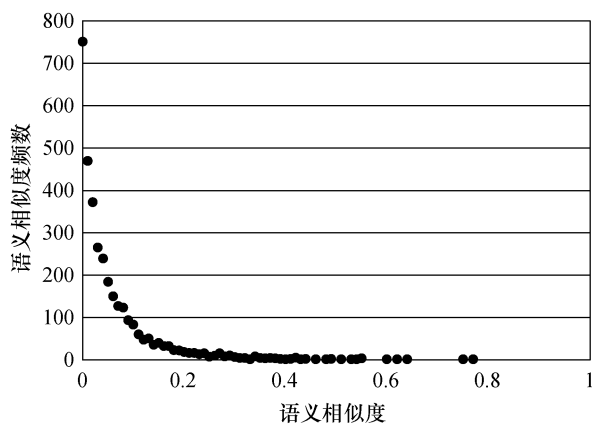


图1 代码间语义相似度频数分布图

他学部的多个一级学科交叉(相邻节点较多),这些一级学科之间语义相近程度较高(连线较粗),且大多处于共现网络的中心位置,说明这些学部的节点中心度较高,在网络中的影响力较大。(2)学科交叉性中等的学部:数理科学部、地球科学部、医学科学部。这些学部的一级学科较少与其他学部的多个一级学科交叉,大多处于共现网络中较为边缘的位置,在网络中的影响力较小。(3)学科交叉性低的学部:管理科学部。该学部的一级学科与其他学部的一级学科交叉程度最低且分布在最边缘的位置,在网络中的影响力最小。接下来,本文将分别对这三类学部与其他学部之间的学科交叉特征进行详细分析。

2.1 学科交叉性高的学部

学科交叉性高的学部包括化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部和信息科学部,这些学部的一级学科均与多个学部的一级学科存在交叉,且交叉关系较复杂,应当作为学科交叉重点推进的领地。

本文选取语义相似度大于等于0.2的学科对来绘制共现网络,如图3所示,(1)化学科学部(B)与除管理科学部外的其他学部均存在学科交叉,有56组一级学科交叉对,共涉及各学部40个一级学科,特别是与生命科学部(C)、地球科学部(D)和工程与

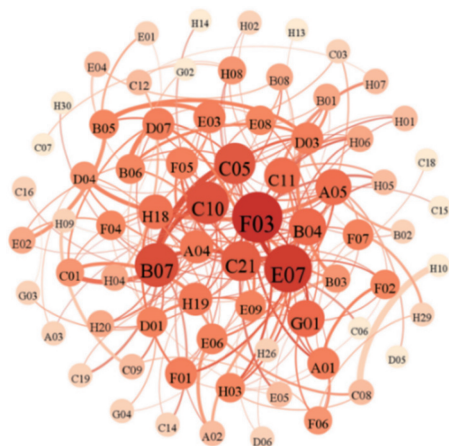


图2 学部间一级学科交叉共现网络

注:图中字母含义:A数理科学部,B化学科学部,C生命科学部,D地球科学部,E工程与材料科学部,F信息科学部,G管理科学部;H医学科学部;字母加两位数字的方式表示学部下的一级学科,例如F03表示信息科学部自动化学科,E07表示工程与材料科学部电气科学与工程学科。

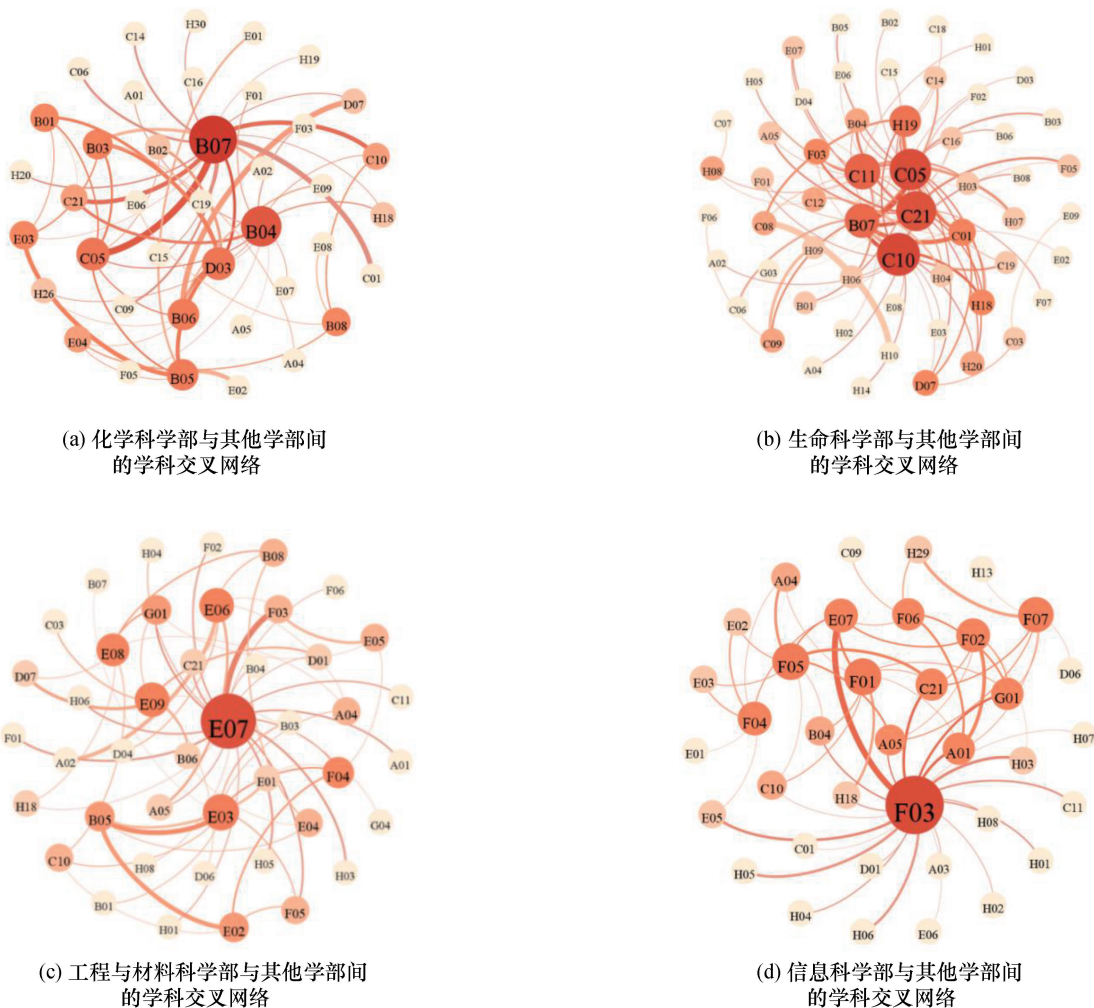


图3 高交叉性学部与其他学部的学科交叉网络

材料科学部(E)的交叉程度最大(图3a)。(2)生命科学部(C)与其他学部均存在学科交叉,有57组一级学科交叉对,共涉及各学部82个一级学科;除与化学科学部(B)交叉外,该学部还与医学科学部(H)存在较大交叉(图3b)。(3)工程与材料科学部(E)与其他学部均存在学科交叉,有60组一级学科交叉对,共涉及各学部43个一级学科;除化学科学部(B)外,该学部还与信息科学部(F)存在较大交叉(图3c)。(4)信息科学部(F)与其他学部之间有62组一级学科交叉对,共涉及37个一级学科,与其他学部均存在学科交叉性;除化学科学部(B)和工程与材料科学部(E)外,该学部还与数理科学部(A)和医学科学部(H)存在较大交叉(图3d)。

2.2 学科交叉性较高的学部

学科交叉性较高的学部包括数理科学部、地球科学部和医学科学部。相比学科交叉程度最显著的

四个学部,数理科学部与地球科学部中包含较少高交叉性一级学科;医学科学部虽涉及一级学科数量很多,但这些一级学科多数只与其他学部的一个一级学科有交叉,多重交叉关系少。

如图4所示,(1)数理科学部有33组学科交叉对,涉及24个一级学科,与除医学科学部外的其他学部均存在学科交叉,特别是与地球科学部(D)和信息科学部(F)存在明显交叉(图4a)。(2)地球科学部有31组学科交叉对,涉及30个一级学科,与除医学科学部外的其他学部均存在学科交叉。除数理科学部外(A),该学部还与化学科学部(B)和工程与材料科学部(E)存在明显交叉(图4b)。(3)医学科学部有55组学科交叉对,涉及43个一级学科,与除化学科学部外的其他学部均存在学科交叉现象,特别是与生命科学部(C)和信息科学部(F)存在明显交叉(图4c)。

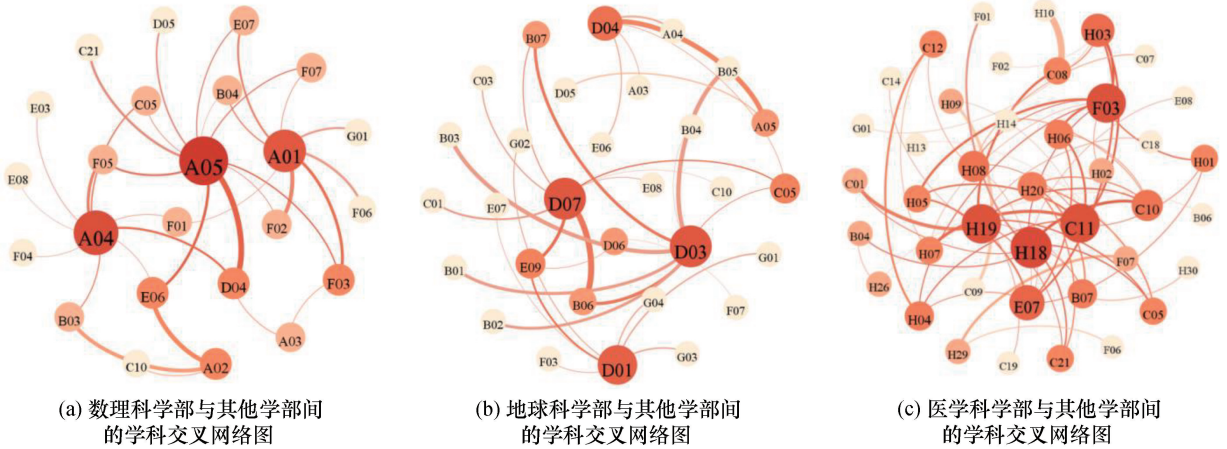


图4 较高交叉性学部与其他学部的学科交叉网络

2.3 学科交叉性低的学部

管理科学部(G)仅包含17组学科交叉对,涉及17个一级学科,其学科交叉远小于其他学部。图5显示,管理科学部中仅发现其一级学科代码管理与工程(G01)学科与数理科学部(A)中的一级学科代码数学(A01)和信息科学部(F)中的一级学科代码自动化(F03)存在学科交叉。

3 学部内学科交叉程度的计算结果及分析

本文进一步分析了各学部内一级学科之间的交叉情况(图6)。学部内学科交叉性较高的学部包括化学科学部和生命科学部。其中化学科学部(B)内部学科交叉程度明显高于其他学部;生命科学部(C)内个别学科存在较严重的学科交叉问题。其他学部未发现明显学科交叉问题。

3.1 化学科学部内学科交叉性整体较高

与其他学部相比,化学科学部(B)内一级学科交叉程度的分布区间偏上(如箱形图6所示),说明该学部内学科交叉性整体较高。经人工识别发现,一级学科催化与表界面化学(B02)中的二级学科催化化学(B0202)和合成化学(B01)中的多个二级学科存在交叉;一级学科化学理论与机制(B03)和化学工程与工业化学(B08)之间存在多个二级学科交叉;一级学科催化与表界面化学(B02)中的二级学科电化学(B0205)、化学测量学(B04)中的二级学科电化学分析(B0402)和化学工程与材料工业

化学(B08)中的二级学科反应工程(B0803)之间也存在学科交叉。

3.2 生命科学部内个别学科之间交叉性较大

生命科学部(C)内学科交叉程度分布存在异常值点(图6),说明该学部内个别学科之间交叉性较大。经人工识别发现,一级学科微生物学(C01)中的二级学科病原细菌学(C0108)与植物保护学(C14)中的二级学科植物病理学(C1401)存在学科交叉;二级学科病原真菌学与其他微生物(C0109)和一级学科水产学(C19)中的二级学科水产生物病原学与病害控制(C1908)存在学科交叉。尽管工程与材料科学部(E)也存在异常值点(图6),但经人工识别后未发现一级学科之间存在交叉。

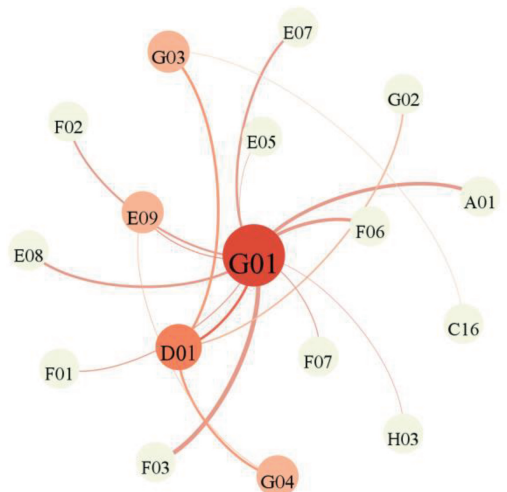


图5 管理科学部与其他学部间的学科交叉网络

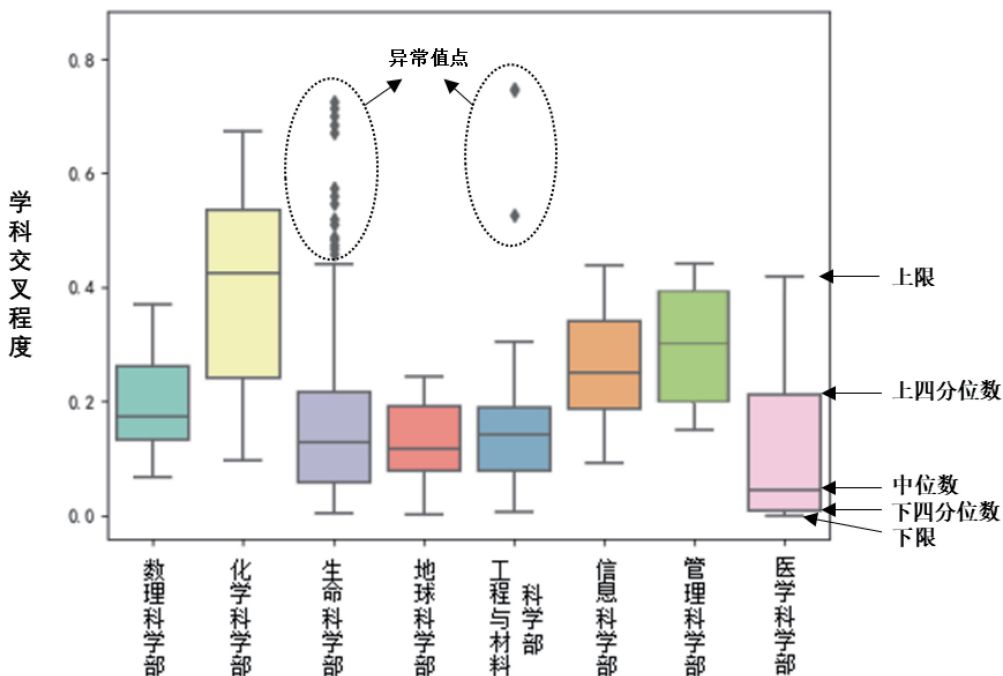


图6 各学部内一级学科交叉情况(箱形图中,上限=上四分位数+1.5×(上四分位数-下四分位数),下限=下四分位数-1.5(上四分位数-下四分位数),异常值点是指超出上下限范围的观测值)

3.3 其他学部内的学科交叉性较低

除上述学部外,本文还对其他5个学部进行了人工识别,仅发现地球科学部(D)内一级学科地球物理学和空间物理(D04)中的二级学科空间物理学(D0411)和一级学科大气科学(D05)中的二级学科大气物理学(D0505)存在学科交叉。此外,数理科学部、信息科学部、管理科学部和医学科学部内学科交叉程度低且未发现明显学科交叉问题。总体来看,学部内学科交叉情况明显少于学部间学科交叉情况,仅有三个学部内存在学科交叉,共涉及10个一级学科。

4 结语

本文通过计算自然科学基金委学部间与学部内的一级学科代码名称的语义相似度、绘制对应一级学科语义相似度的共现网络,并进一步基于二级学科代码含义交叉性人工识别的方法,对学部间和学部内的学科交叉现象进行了全面的分析,研究发现:(1)学部间学科交叉远大于学部内学科交叉。学部间学科交叉包含所有学部,共73个一级学科,而学部内学科交叉仅涉及三个学部中的10个一级学科。(2)学科交叉性高的学部包括化学科学部、生命科

学部、工程与材料科学部和信息科学部,这些学部有交叉特征的一级学科数量众多,且单个一级学科的影响力较大,往往与其他学部的多个一级学科相交叉,学科交叉关系较复杂。(3)学科交叉性中等的学部包括数理科学部、地球科学部和医学科学部,这些学部有交叉特征的一级学科较少,且大多仅与其他学部的一个学科交叉,学科交叉关系较简单。(4)管理科学部的学科交叉性最低,仅有一个一级学科代码G01有学科交叉。

以上计算得到的结果,很好地体现了基础研究学科交叉研究的发展态势。自然科学基金委的学部,对应着属性相近的大的学科,例如数理科学部,包含着数学、物理、天文等学科,学部内部的学科发展主要是向艰深的方向延伸,而交叉则是发生在学部之间一级学科的相互融合,如此造成了学部间的学科交叉远远大于学部内部的学科交叉。学科交叉性高的化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部和信息科学部,则是属于与技术发展比较近的学科,说明是社会经济的发展需求催生着学科交叉;而学科交叉性中等的学部,数理科学部和地球科学部,均属于更加偏向基础性研究的学部,其学科交叉的作用主要是为其他学部的研究提供理论和方法的支

撑;医学科学部的学科交叉性中等,主要是因为医学科学部的一级学科划分较细(医学科学部一级学科数量接近自然科学基金委一级学科数量的30%),稀释了一级学科的信息含量,因此,医学部的学科交叉性应该提升到学科交叉性高的那组;管理科学部由于其中包含了相当比例的社会科学研究的内容,因此与其他学部的学科交叉较低;管理学部中独树一帜的“管理科学与工程”学科,因为偏向基础理论和算法的研究,与数学学部、信息学部等相对有较多的交叉。

基于上述研究结论,本文提出以下建议:

(1) 学科交叉研究的布局应主要考虑需求驱动因素。需求驱动是学科交叉的根本动力。学科交叉研究的布局应该重点放在与社会经济发展最活跃的领域——化学科学部、生命科学部、工程与材料科学部、信息科学部和医学科学部,支持这些学部中最活跃的发展领域,例如人工智能、清洁能源等等,鼓励这些领域有更多的不同背景的科学家携手开展学科交叉研究,推动科学事业的发展。

(2) 从管理的角度而言,对于学科交叉的定性,可以以跨学部(或者大学科)研究作为衡量学科交叉的标准,学部内部(或者学科内部)的交叉研究,不作为学科交叉的资助对象。这一方面体现了学科交叉的特征,另一方面也避免对鼓励学科交叉措施的滥用。至于社会和学者自己对学科交叉的定义,不进行行政干预。

(3) 自然科学基金委资助的基础科学研究,学科交叉广度和深度都十分可观,对于学科交叉的资助和管理,设立交叉学科部未必是一个上佳的选择,因为很难有基金管理人员和评审专家有能力覆盖如此广泛的领域和方向,在资助导向和评审中难免出现偏颇。因此,我们建议可以借助发达国家自然科学基金组织申请代码体系的管理经验,对于交叉学科的申请,专门制定规则,采取申请时根据研究内容的交叉属性,按比例填写不同的一级学科申请代码,归比例最大的学科管理;通讯评议时可以按比例发送不同学科的专家,提高交叉学科申请通讯评议的准确率;对交叉学科的申请评分予以一定的倾

斜,提高会评上线率;会评时相关学部可以根据交叉学科申请上线的数量及方向,邀请部分非本学部专家评审。

本文是对中国基础研究学科交叉性的一个初步探索。很多后续的研究有待进一步开展,比如,利用申请关键词,研究二级学科的学科交叉性,使得对学科交叉性的认知进一步深化;再比如,可以利用申请项目的信息和获得资助项目的信息,研究申请人对交叉学科项目申请偏好,以及评审后最终资助偏好,等等。

参 考 文 献

- [1] 王莹莉,王美惠,郑知敏,等. 发达国家自然科学基金组织申请代码体系评述及其启示. 中国科学基金, 2020, 34(2): 237—242.
- [2] Kueffer C, Larcher P, Paulsen T, et al. Invasive plants in Switzerland: Identification of gaps and problems hindering knowledge transfer between research and management. Berne: Swiss Academies of Arts and Sciences, 2006.
- [3] 路雨祥. 学科交叉与交叉科学的意义. 中国科学院院刊, 2005, 20(1): 58—60.
- [4] 李静海. 大力提升源头创新能力构建面向新时代的科学基金体系. 求是, 2018(22): 32—34.
- [5] 张雪, 张志强. 美国科学基金会资助项目的学科交叉度演化规律及影响研究. 情报理论与实践. (2021-07-14)/[2021-06-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1762.G3.20210714.1313.004.html>.
- [6] 张雪, 张志强. 学科交叉研究系统综述. 图书情报工作, 2020, 64(14): 112—125.
- [7] 王春柳, 杨永辉, 邓霏, 等. 文本相似度计算方法研究综述. 情报科学, 2019, 37(3): 158—168.
- [8] Callon M, Courtial JP, Laville F. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry. Scientometrics, 1991, 22(1): 155—205.
- [9] 刘建国, 任卓明, 郭强, 等. 复杂网络中节点重要性排序的研究进展. 物理学报, 2013, 62(17): 9—18.
- [10] 郝强, 唐锡晋. 基于社会网络分析的“系统科学大会”可视化探析. 系统科学与数学, 2018, 38(5): 521—536.

Analyzing the Interdisciplinarity Characteristic of Chinese Basic Research Based on the Application Codes of National Natural Science Foundation of China

Yang Liu¹ Yuchen Zhang¹ Zhimin Zheng² Xiaoli Zhao^{1*} Xiaoguang Yang³

1. School of Economics and Management, China University of Petroleum, Beijing 102249

2. Bureau of Planning, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

3. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract The interdisciplinarity is one of the most important sources of science and technology innovation. Identifying the active discipline-crossing areas and exploring the discipline-crossing laws are of great significance for formulating effective science funding policies and promoting scientific development. Based on the information of the second-level disciplines' name under the first-level disciplines of National Natural Science Foundation of China (NSFC) application codes, this paper calculates the degree of interdisciplinarity by analyzing the semantic similarity and co-occurrence network, and examines the interdisciplinarity characteristics of the first-level disciplines. The main conclusions are summarized as follows: (1) The degree of discipline-crossing between the departments is far greater than the degree within the departments. (2) The Department of Chemical Sciences, the Department of Life Sciences, the Department of Engineering and Materials Sciences, and the Department of Information Sciences have the highest degree of discipline-crossing. The four departments' first-level disciplines intersect with many first-level disciplines of other departments. (3) The Department of Mathematical and Physical Sciences, the Department of Earth Sciences, and the Department of Health Sciences rank second. These departments have many first-level disciplines which only intersect with the individual disciplines of other departments. (4) The Department of Management Science has relatively low degree of discipline-crossing, which reflects that management science as a basic discipline of social science is somewhat independent of other natural science disciplines and engineering science disciplines.

Keywords National Natural Science Foundation of China; application codes; interdisciplinarity; fundamental research; semantic similarity; co-occurrence network

(责任编辑 刘敏 姜钧译)

* Corresponding Author, Email: email99zxl@vip.sina.com