

【简讯与热点】

文献计量视角下地质学研究态势分析——以近十年结题的国家自然科学基金面上项目为例

陈杨, 宋韦剑, 王鑫, 王晓丽

(中国地质调查局地质文献中心, 北京 100083)

Research on the development trend of geology from the perspective of bibliometrics: A case study of NSFC General Program concluded in recent 10 years

CHEN Yang, SONG Weijian, WANG Xin, WANG Xiaoli

(Geoscience Documentation Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China)

1 引 言

国家自然科学基金资助经费已经成为中国支持基础研究的主渠道,在我国国家创新体系中发挥着重要基础和知识源泉的作用。国家自然科学基金委的资助项目对不同学科的基础研究具有重要的指向性作用,对其信息分析也可作为把握相关学科研究态势和进展的重要线索。鉴于此,本文在全面梳理国家自然科学基金面上项目近 10 年申报与资助情况的基础上,基于 2013—2022 年结题的地质学学科国家自然科学基金面上项目数据,运用文献计量方法,从关键词、项目申请代码和依托机构等进行多维分析,梳理地质学学科研究主题与发展

趋势、二级学科关注度及研究热点、项目优势机构及其合作关系等,以期为地质学学科发展和建设提供有益参考。

2 地质学学科国家自然科学基金面上项目申报与资助现状

2014—2023 年,国家自然科学基金委(简称“全委”)、地球科学部、地质学学科的面上项目资助率均呈逐年降低的趋势(图 1),2023 年创历史新低,三者资助率分别为 16.99%、20.88% 和 20.66%,即面上项目的申请竞争日益激烈,获资助难度越来越大。但是,在面上项目逐年走低的资助率下,地质学学科各年度面上项目资助率总体高于地球科学

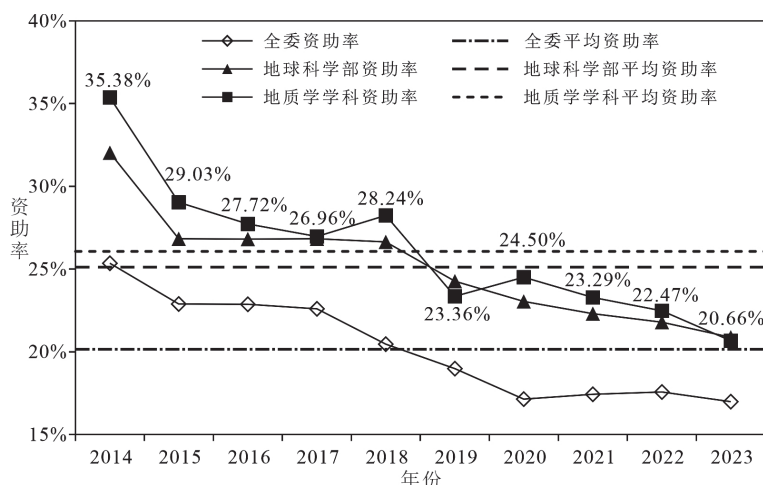


图 1 2014—2023 年国家自然科学基金面上项目资助率统计

部和全委的资助率,三者的平均资助率分别为26.16%、25.14%和20.23%,即地质学科在地球科学领域有一定的专业优势,但这种优势也随着基金项目总体申报难度的增大而逐渐降低。

具体到各年度申报和获资助项目数量,地质学学科面上项目申请数量总体波动增长,2018年申请数量大幅下降主要是由于“水文地质学”、“工程地质学”和“环境地质学”等专业调整后,不再从地质学学科申请,其后又经历部分调回。2023年申请数量1747项,约为2014年的2倍,而年资助项目数量十年间仅增加约30项(图2),也进一步反映出面上项目获资助难度越来越大。从资助强度来看,近10年地质学学科面上项目直接费用平均资助强度有逐渐降低的趋势,目前基本维持在50万元/项左右。

3 面上项目关键词分析

从地质学学科2013—2022年结题的3291项面上项目中提取关键词9657个(累计频次15638),频次统计表明(表1),“数值模拟”、“古气候”、“青

藏高原”、“气候变化”、“地下水”等关键词出现频次较高。

为了避免低频关键词干扰,提高分析结果的准确性,选取频次≥5的424个关键词(累计频次4145)进行共现和聚类分析,基于词间关系,可将所有关键词划分成10个集群,即10个研究主题:(1)大陆岩石圈构造演化、关键矿产成矿作用机理及深部过程研究;(2)典型盆地沉积学及古生物学研究;(3)地下水环境及水循环研究;(4)以页岩气和煤层气为代表的非常规储层物理性质研究与微观表征;(5)古气候古环境与第四纪地质学研究;(6)工程地质环境及地质灾害研究;(7)地表水环境研究及水文地质演化与评价;(8)岩土工程地质条件模拟与综合研究;(9)典型储层成因机理与油气成藏规律研究;(10)构造变形解析及热年代学研究。

对地质学学科2013—2022年各年度频次排名前5的关键词统计表明,在总体聚焦上述10个研究主题的基础上,各年度高频关键词有一定差异,即地质学学科面上项目的研究在围绕水文与工程

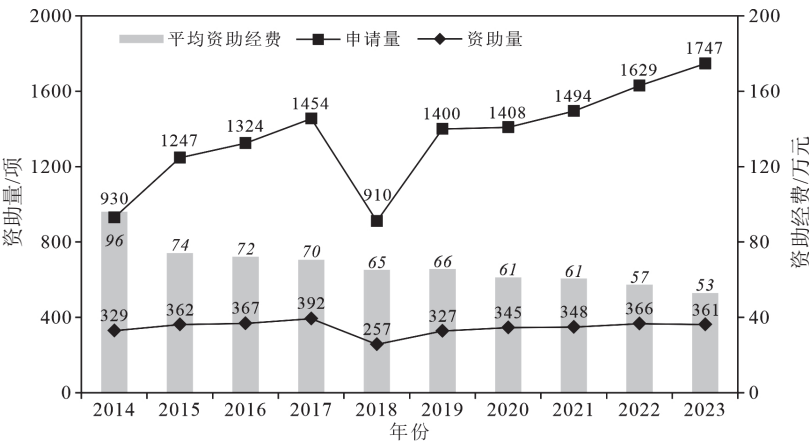


图2 2014—2023年地质学学科国家自然科学基金面上项目申请与资助情况统计

表1 地质学学科2013—2022年结题的面上项目高频关键词

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	数值模拟	52	11	成矿作用	37
2	古气候	52	12	岩石成因	36
3	青藏高原	49	13	地球化学	36
4	气候变化	46	14	煤层气	33
5	地下水	45	15	成因机理	32
6	华南	45	16	构造演化	32
7	页岩气	41	17	古环境	31
8	华北克拉通	40	18	水文模型	29
9	全新世	40	19	构造变形	27
10	水文过程	37	20	热年代学	24

地质、环境与气候变化、成岩与成矿作用、区域构造演化等核心热点不变的基础上,也逐渐在页岩气和煤层气等非常规储层微观结构表征方面形成新的研究热点。

4 面上项目申请代码(二级学科)分析

近年来,地质学学科在围绕国家自然科学基金委地球科学“三深一系统”顶层设计的基础上,不断优化其申请代码(二级学科)布局。2015—2022 年,地质学学科下设的申请代码间经历多次调整,自 2021 年起,申请代码最终确定为 18 个,对应于 18 个二级学科。为了提高分析结果准确性,本文将所有结题项目的原申请代码与最新申请代码进行映射。统计结果(图 3)表明,2013—2022 年结题的地质学学科面上项目申请代码,除 D0212(行星地质学)在本文统计的时间段内尚无结题项目外,其余 17 个代码均有对应的结题项目,其中以 D0214(工程地质学)、D0213(水文地质学)、D0207(石油天然气地质学)、D0211(大地构造学与构造地质学)、D0201(古生物、古人类和古生态学)这 5 个代码对应的项目数量较多,即这 5 个二级学科受关注程度较高,体现出地质学学科面上项目以应用性和基础性学科为研究主体的特点。

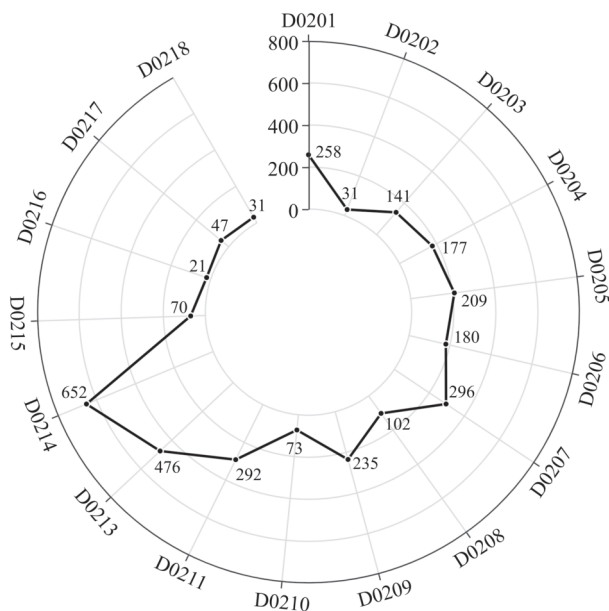


图 3 地质学学科 2013—2022 年结题的面上项目申请代码统计图

5 二级学科研究热点与学科交叉融合分析

对不同申请代码对应的项目关键词频次进行统计,取各代码下频次排名前 10 的关键词,结果(表 2)表明,在各专业方向下,可进一步细分出其研究热点。以上述 5 个对应项目数量较多的专业代码为例,D0214(工程地质学)代码下的面上项目重点关注区域、岩土体的工程地质条件与变化规律及地质灾害形成与演化;D0213(水文地质学)代码下的面上项目主要研究地下水水量和水质的时空变化规律以及地表和地下水环境;D0207(石油天然气地质学)代码下的面上项目以页岩油气、致密油气等多种油气类型成藏规律及油气储层物性研究为主;D0211(大地构造学与构造地质学)代码下的面上项目关注区域和全球尺度构造变形,以青藏高原为代表的构造演化及热年代学研究;D0201(古生物、古人类和古生态学)代码下的面上项目主要研究华南地区古环境、古气候演化,揭示生命演化过程。这些研究热点也在一定程度上与当前地质学科关注点逐渐向地球内外圈层相互作用与协同演化、地球系统科学和宜居地球等领域拓展的趋势一致。

为了进一步分析地质学学科下各二级学科研究的交叉融合情况,构建了申请代码基于项目关键词的耦合矩阵,可基于不同申请代码共用关键词数量,初步判断各二级学科研究领域的相似性。结果(图 4)表明,共用关键词数量大于 90 的三组申请代码分别为 D0209 与 D0214、D0204 与 D0211、D0213 与 D0214,即第四纪地质学(D0209)与工程地质学(D0214)、岩石学(D0204)与大地构造学与构造地质学(D0211)、水文地质学(D0213)与工程地质学(D0214)三组二级学科间项目研究存在较强的交叉融合性。从各申请代码间共用关键词总数来看,D0211(大地构造学与构造地质学)与其他申请代码共用关键词数量最多,且与各申请代码均有共用关键词,体现出大地构造学与构造地质学作为地质学学科的核心和纲领性二级学科,其研究内容广泛且基础性强,也体现出构造运动在地球系统多圈层相互作用中的角色是地球科学的重大核心科学问题。

表 2 地质学各二级学科核心关键词及其频次统计

序号	申请代码	二级学科名称	核心关键词/频次
1	D0201	古生物、古人类和古生态学	华南/23, 古环境/20, 演化/18, 古气候/13, 寒武纪/12, 古生态/12, 埋藏学/11, 三叠纪/10, 生物地层学/7, 生物多样性/7
2	D0202	地层学	华南/5, 生物地层学/4, 地层对比/2, 塔里木盆地/2, 新生代/2, 磁性地层学/2, 二叠纪/2, 旋回地层学/2, 环境磁学/2, 志留系/2
3	D0203	矿物学 (含矿物物理学)	纳米矿物/12, 黏土矿物/10, 环境矿物学/10, 高温高压/7, 生物矿化/6, 微结构/5, 相变/5, 成因矿物学/5, 蒙脱石/5, 晶体化学/5
4	D0204	岩石学	岩石成因/26, 部分熔融/12, $P-T-t$ 轨迹/11, 变质作用/9, 俯冲带/7, 华北克拉通/7, 地球化学/7, 构造演化/7, 花岗岩/6, 蛇绿岩/6
5	D0205	矿床学	成矿作用/32, 矿床成因/19, 成矿机制/15, 成矿流体/12, 流体包裹体/10, 成矿系统/8, 斑岩铜矿/7, 东天山/6, 浅成低温热液矿床/6, 新疆/5
6	D0206	沉积学和盆地动力学	古气候/10, 沉积模式/10, 华南/8, 鄂尔多斯盆地/7, 物源分析/7, 沉积学/7, 二叠纪/6, 形成机理/6, 沉积特征/6, U-Pb 同位素测年/5
7	D0207	石油天然气地质学	页岩气/33, 成因机理/13, 烃源岩/13, 页岩油/11, 成岩作用/10, 致密油/10, 鄂尔多斯盆地/9, 模拟实验/9, 油气成藏/9, 塔里木盆地/8
8	D0208	煤地质学	煤层气/26, 煤/11, 构造煤/7, 赋存状态/6, 煤与瓦斯突出/6, 孔隙结构/4, 渗透性/4, 分子模拟/4, 化学结构/4, 煤系气/4
9	D0209	第四纪地质学	全新世/32, 古气候/23, 气候变化/21, 石笋/16, 青藏高原/11, 黄土/11, 孢粉分析/11, 环境磁学/10, 光释光测年/8, 古植被/7
10	D0210	前寒武纪地质学	华北克拉通/22, 地球化学/9, 岩石成因/8, 年代学/7, $P-T-t$ 轨迹/7, 构造演化/5, 新太古代/5, U-Pb 同位素测年/4, 构造背景/4, 新元古代/4
11	D0211	大地构造学与构造地质学	构造变形/25, 青藏高原/22, 构造演化/18, 热年代学/14, 变形机制/11, 古地震/11, 新生代/10, 活动构造/8, 显微构造/8, 华北克拉通/7
12	D0213	水文地质学	地下水/39, 水文过程/37, 水文模型/29, 气候变化/23, 同位素水文学/22, 数值模拟/20, 蒸散发/18, 土壤水分/18, 水量平衡/16, 包气带/16
13	D0214	工程地质学	本构模型/22, 模型试验/19, 数值模拟/18, 微观结构/18, 变形破坏机理/15, 稳定性/14, 滑坡/13, 边坡/12, 黄土/11, 蠕变/10
14	D0215	数学地质学与遥感地质学	矿产资源评价/4, 高光谱遥感/4, 月球/4, 不确定性/3, 成矿元素/3, 三维地质建模/3, 决策支持系统/3, 大数据/2, 各向异性/2, 地质统计学/2
15	D0216	火山学和地热地质学	长白山火山/3, 天池火山/3, 火山地质/3, 通量/2, 岩浆演化/2, 第四纪火山/2, 温室气体/2, 火山地层学/2, 火山活动/2, 喷发机制/2
16	D0217	生物地质学	微生物/5, 生物矿化/5, 微生物矿化/4, 有机质/3, 地质微生物/3, 铁氧化物/3, 华南/3, 甲烷/2, 厌氧微生物/2, 生物地球化学循环/2
17	D0218	勘探技术与地质钻探	天然气水合物/3, 钻具磨损/3, 泥质粉砂储层/2, 金刚石钻头/2, 碎岩机理/2, 铝合金钻杆/2, 超深孔/2, 材料微观结构/2, 护壁堵漏/2, 地质钻探/2

6 面上项目主要研究机构与合作关系分析

对 2013—2022 年结题的地质学学科 3291 项面上项目统计表明, 共有 261 个机构作为依托单位承担面上项目, 承担项目数量排名前 20 的单位累计承担项目 1825 项, 占项目总数的 55%, 即面上项目的依托单位相对集中, 高校和中科院科研院所是面上项目的主要承担单位。从承担项目数量上来看, 中国地质大学(武汉)在地质学学科整体研究实力较强(表 3)。

面上项目的依托机构一般都是相关专业技术领域的技术优势单位, 具有优秀的科研团队和优越的科研条件, 其研究方向能够反映相关学科的最新

发展态势。从承担项目数量排名前 20 的单位与其对应的项目申请代码对应关系来看, 各单位在不同申请代码的项目数量差异较大, 也明显体现出其不同二级学科的研究实力(图 5)。如中国科学院古脊椎动物与古人类研究所在 D0201(古生物、古人类和古生态学)、中国石油大学(北京)在 D0207(石油天然气地质学)、中国科学院地质与地球物理研究所在 D0209(第四纪地质学)、同济大学在 D0214(工程地质学)、中国地质大学(武汉)在 D0213(水文地质学)等专业具有绝对优势。此外, 中国地质大学(北京)和中国地质大学(武汉)两所高校在分别拥有各自的优势研究领域基础上, 在地质学学科其他各二级学科基本均承担有一定数量项目, 表现出较强的综合实力。

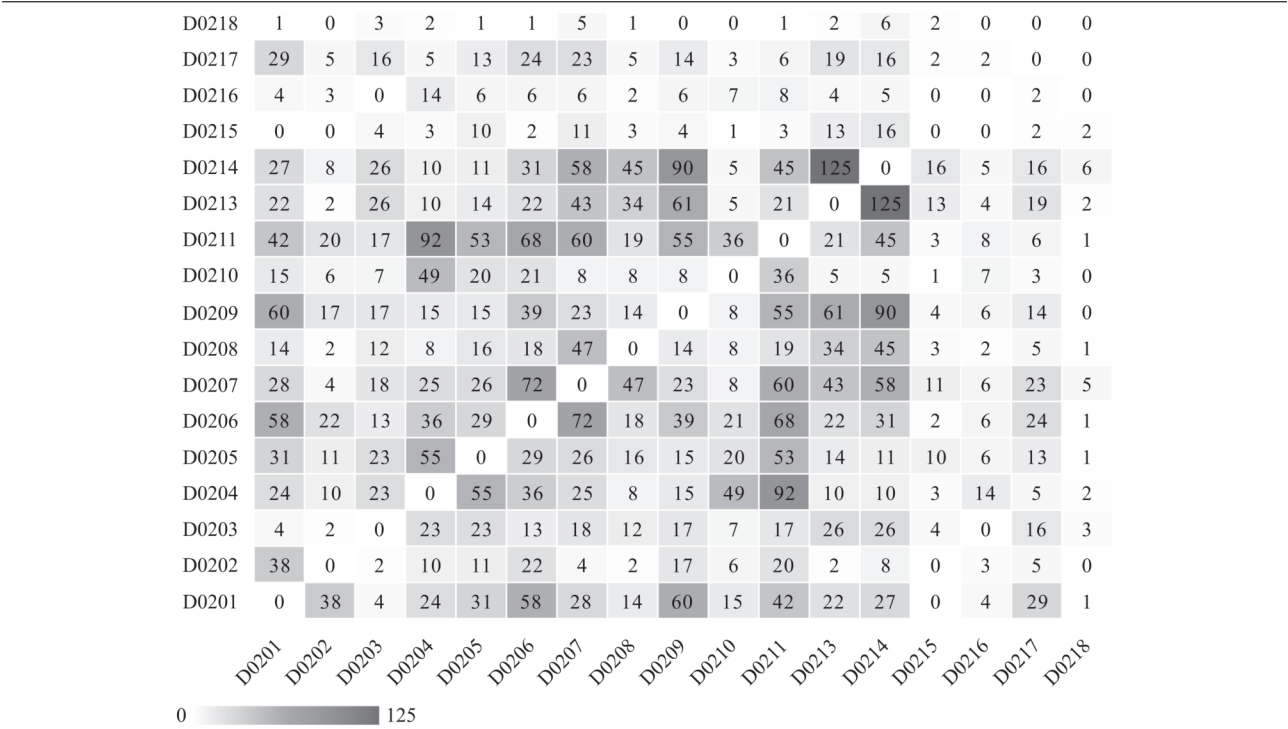


图 4 申请代码(二级学科)与关键词耦合关系图
图中数字代表两申请代码共用关键词数量,相同申请代码共用关键词量按“0”计。

表 3 2013—2022 年结题的地质学学科面上项目依托单位排名前 20 统计表

排名	依托单位	简称	项目数量
1	中国地质大学(武汉)	地大武汉	263
2	中国地质大学(北京)	地大北京	149
3	中国科学院地质与地球物理研究所	中科院地质地球所	149
4	南京大学	南大	125
5	吉林大学	吉大	105
6	中国地质科学院地质研究所	地科院地质所	98
7	同济大学	同济大学	94
8	成都理工大学	成都理工	90
9	中国科学院广州地球化学研究所	广州地化所	75
10	北京大学	北大	74
11	中国石油大学(北京)	石大北京	71
12	长安大学	长安大学	69
13	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	中科院古脊椎所	68
14	西北大学	西北大学	67
15	合肥工业大学	合工大	63
16	中国科学院西北生态环境资源研究院	中科院西北研究院	59
17	中国科学院南京地质古生物研究所	中科院南古所	57
18	中国科学院武汉岩土力学研究所	武汉岩土力学所	53
19	中国地震局地质研究所	地震局地质所	52
20	中山大学	中山大学	44

为了实现对面上项目依托单位所表征的学科领域隐性知识的聚合,进一步揭示其对应的知识结构,本文利用耦合分析法,构建了承担项目数量排名前 20 的单位基于项目关键词的耦合关系(图 6)。

图中圆点表示项目依托单位,圆点大小用累计与其他单位共用关键词数量大小表征;圆点间的连线粗细表示依托单位之间的耦合关系强弱,线条越粗表示二者之间共用关键词数量越多,研究方向相似性

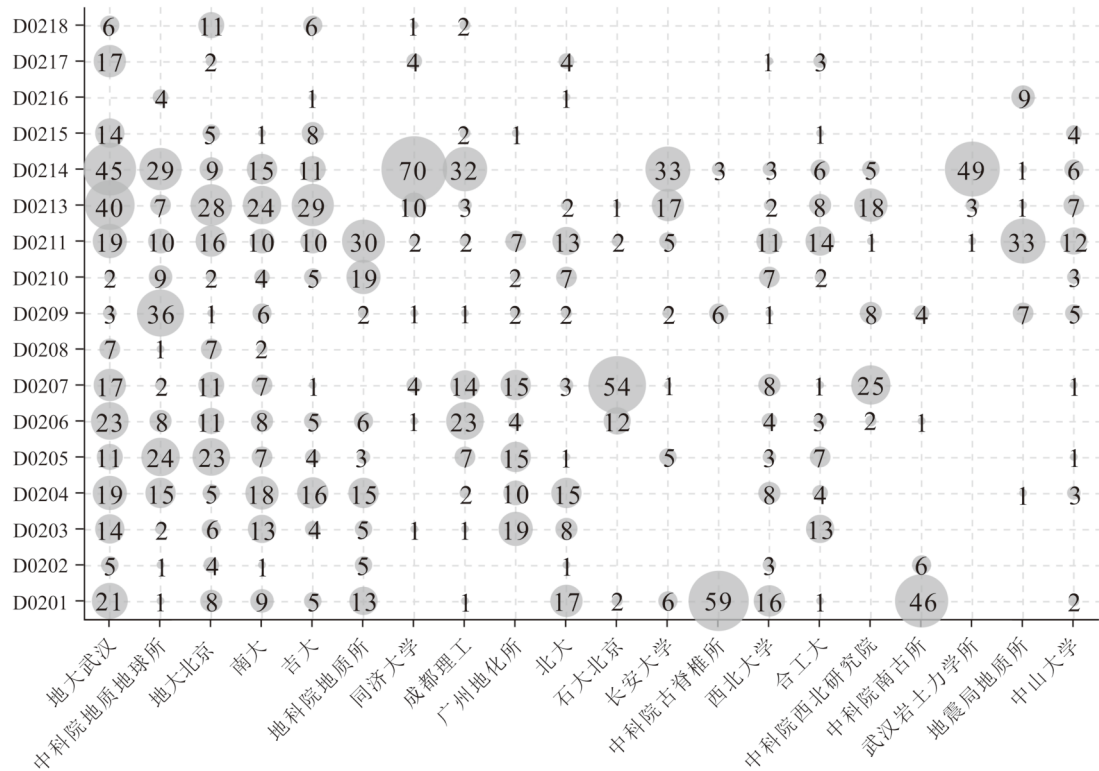


图5 承担面上项目总量排名前20的机构在各申请代码下的项目数量

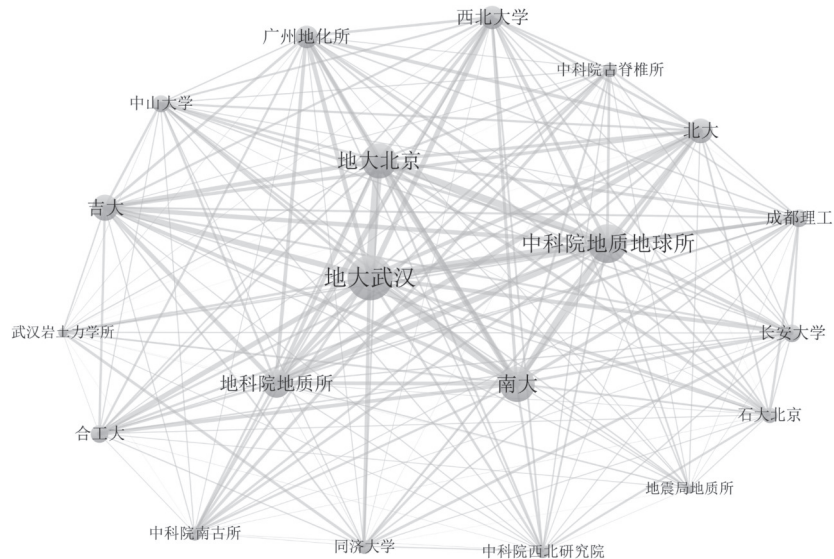


图6 承担项目数量排名前20的单位基于项目关键词的耦合关系图

越强。结果表明,中国地质大学(武汉)、中国科学院地质与地球物理研究所、南京大学、中国地质大学(北京)、中国地质科学院地质研究所五家机构与其他机构共用关键词数量最多,在一定程度上反映这五家机构研究领域广泛,也体现出其在面上项目

申请过程中存在较强的竞争关系。特别是中国地质大学(武汉)与中国科学院地质与地球物理研究所,共用关键词数量高达80个,共用关键词数量排名前五的分别为古环境、榴辉岩、古气候、矿床成因、华南,也从侧面反映了地质学学科在地球动力

学过程与成矿机制、深部过程与浅表系统互馈及宜居地球环境等领域的研究热度较高。

2013—2022 年结题的面上项目中, 有 1446 个项目的研究工作同其他机构开展了合作, 约占项目总数的 44%, 涉及项目参与单位 1035 个。可通过构建主要的面上项目参与单位(参与项目频次大于 10)间的共现关系, 分析不同单位间的合作关系。结果表明, 中国科学院地质与地球物理研究所和中国地质大学(武汉)与其他单位的合作频次均高达 140 次, 在地质学研究领域有着较强的引领和带动作用。此外, 在面上项目合作关系比较紧密的机构中, 它们除在优势专业方向上有相似性外, 合作单位所处的地理位置也有存在聚集现象, 着在一定程度上有助于这些机构在专业领域强强联合的基础上, 集中优势力量解决区域性重大地质基础问题。

7 主要结论

近 10 年来, 国家自然科学基金面上项目的资助率呈逐年降低的趋势, 地质学学科面上项目的资助率总体高于地球科学部和全委的资助率, 但这种优势也随着基金项目总体申报难度的增大而逐渐降低。地质学学科度面上项目各年研究热点在围绕水文与工程地质、环境与气候变化、成岩与成矿作用、区域构造演化等核心热点不变的基础上, 也逐渐在页岩气和煤层气等非常规储层微观结构表

征方面形成新的研究热点。

工程地质学(D0214)、水文地质学(D0213)、石油天然气地质学(D0207)、大地构造学与构造地质学(D0211)、古生物、古人类和古生态学(D0201)等应用性和基础性二级学科受关注程度较高。第四纪地质学(D0209)与工程地质学(D0214)、岩石学(D0204)与大地构造学与构造地质学(D0211)、水文地质学(D0213)与工程地质学(D0214)三组二级学科间项目研究存在较强的交叉融合性, 大地构造学与构造地质学是地质学学科的核心二级学科。

近十年结题的面上项目的主要承担单位为高校和中科院科研院所, 各机构在不同二级学科实力有较大差异, 中国地质大学(武汉)在地质学学科整体研究实力较强。中国地质大学(武汉)、中国科学院地质与地球物理研究所、南京大学、中国地质大学(北京)、中国地质科学院地质研究所这五家单位在地质学学科研究领域广泛, 在面上项目申请过程中存在较强的竞争关系, 此外, 这五家单位与其他单位都存在较广泛的合作关系。在面上项目合作关系比较紧密的机构中, 存在专业和单位所处地理位置趋同的现象。

但是, 应当看到, 本文关于地质学学科研究热点和优势研究机构的分析是基于面上基金项目的, 只是提供了一种维度的思考, 在对学科的整体把握方面尚存在一定的局限性, 需要在后续的研究中进一步完善。