地质学学科资助格局及主要进展

柴育成 姚玉鹏 田兴有 包玲明
(国家自然科学基金委员会地球科学部,北京 100083)

1 资助格局

自我国实施自然科学基金制以来(1982～1997),地质学学科共资助各类项目1 507项,总经费15 398.20万元. 其中自由申请项目1 245项,经费10 358.00万元;高技术探索1项,经费4.5万元;青年基金项目205项,经费1 408.80万元;地区基金项目18项,经费112.50万元;重大项目7项,经费1 240.40万元;重点项目19项,经费1 650.00万元;专项基金项目12项,经费624.00万元. 可以看出70%的经费用于支持面上自由申请项目,鼓励科学家自由探索. 对于已经出现的一些新的生长点、或对国民经济和社会发展具重要意义的成果,当它们需要得到进一步的更大强度的支持或组织学科交叉的大项目来促进它们发展时,通过设立重大或重点项目,使其得到更迅速更充分的发展. 一般而言,重大、重点项目是解决战略性或综合性的重大科学问题,面上项目是关键科学问题的深入研究.

地质学涵盖18个二级学科, 其资助格局详见表1. 自1982年以来受资助单位共151个, 主要为科研机构和重点高等学校, 其中前22个单位占总经费的80.66% (表2).

受资助的科学家年龄最小为26岁,最大为88岁,由图1可见,受资助科学家年龄的突出峰 值是47～57岁和31～35岁. 293位科学家获2次以上资助,经费8952.70万元,715次,

表1 地质学中二级学科资助格局(1982～1997)

编号	学科名称	资助项目数	资助金额/万元	占总经费比例/%	备注
D0201	古生物学(含古人类学)	200	1593.10	10.3	含2项杰出青年基金,1项优秀中青年基金,3项委主任基金
D0202	地层学	52	481.15	3.1	含1项重点项目,1项杰出青年基金
D0203	矿物学	142	953.00	6.2	
D0204	岩石学	150	1705.20	11.1	含2项重点项目,1项杰出青年基金
D0205	矿床学	98	920.30	6.0	含1项重大项目
D0206	沉积学	179	1892.70	12.3	含3项重点项目,2项杰出青年基金
D0207	石油地质学	52	432.50	2.8	含1项重点项目
D0208	煤田地质学	38	382.00	2.5	含1项重点项目
D0209	第四纪地质学	97	1342.70	8.7	含1项重大,1项重点,2项杰出青年基金,1项优秀中青年基金
D0210	前寒武纪地质学与变质地质学	49	383.59	2.5	
D0211	构造地质学	123	1474.70	9.6	含1项重大项目、5项重点项目
D0212	大地构造学	87	1649.20	10.7	含4项重大,2项重点,1项委主任基金
D0213	水文地质学	68	600.50	3.9	含1项重点项目
D0214	工程地质学	86	760.50	4.9	含1项重点项目,1项杰出青年基金
D0215	数学地质学	24	147.30	1.0	
D0216	地热地质学	13	122.30	0.8	
D0217	遥感地质学	9	53.35	0.3	
D0218	环境地质学	41	505.11	3.3	
总计	地质学	1507	15398.20	100.0	

表 2 1982～1997 年国家自然科学基金地质学部分资助单位统计表

单位名称	资助金额/万元
中国科学院地质研究所	2 672.90
南京大学	1 070.00
中国地质大学(北京)	985.35
北京大学	845.00
中国科学院广州地球化学研究所	827.00
中国地质大学(武汉)	806.00
中国科学院南京地质古生物研究所	653.90
地质矿产部地质研究所	587.70
西北大学	573.90
国家地震局地质研究所	508.00
长春科技大学	464.10
成都理工学院	427.30
中国科学院地球化学研究所	367.00
中国科学院古脊椎与古人类研究所	281.80
同济大学	230.30
地质矿产部水文地质与工程地质研究所	204.50
中国科学院兰州地质研究所	195.00
地质矿产部天津地质矿产研究所	171.50
地质矿产部岩溶地质研究院	149.50
地质矿产部矿床地质研究所	143.50
中国科学院长沙大地构造研究所	131.50
中国矿业大学北京研究生部	124.50

占总经费的 58%，总项数的 47%. 其中 1 人获 6 项资助，2 人获 5 项资助，24 人获 4 项资助，71 人获 3 项资助.

2 资助领域及主要进展

2.1 概况

随着地球科学的发展，学科之间的交叉渗透日趋强烈. 地质学学科资助的项目中，少数为单一学科项目，大多数为交叉学科、多学科和边缘学科项目. 传统的学科划分已不完全适应资助格局分析和成果表述. 科学发展的不平衡性，决定了在一定的历史时期总有一些前沿领域或新生长点. 它们的突破和发展将对本学科及相关学科的发展起到促进和带动作用. 以下 5 个前沿领域的划分能较好地体现地质学的资助轮廓和研究进展：

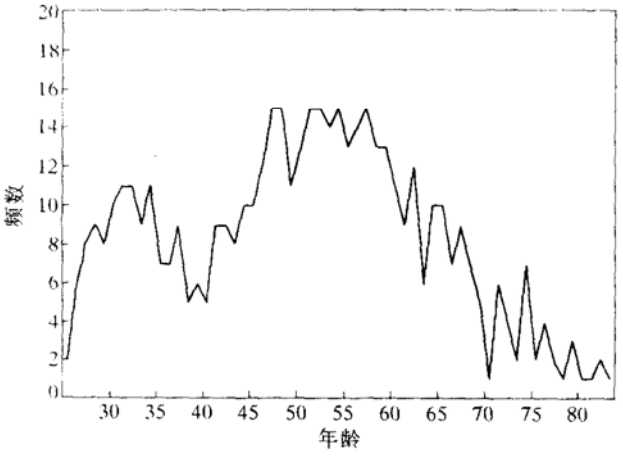

图 1 地质学科获资助项目频数-年龄分布图

(1) 地球生命史及地质时间框架：古生物(含古人类学)、地层学(含磁性地层学)及大地构造学.

(2) 地球物质科学：矿物学、岩石学、大地构造学及前寒武纪地质学与变质地质学.

(3) 矿产资源与能源：矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学、地热地质学和构造地质学等.

(4) 大陆动力学：大地构造学、构造地质学、古生物学、地层学、矿物学、岩石学、沉积学、第四纪地质学、前寒武纪地质学与变质地质学、地热地质学等.

(5) 地球表层系统演化及环境效应：第四纪地质学、环境地质学、水文地质学、工程地质学、沉积学、遥感地质学、古人物学(含古人类学)等.

基础性研究涵盖基础研究和应用基础两类活动，前者以探索未知、认识自然现象、揭示客观规律为主要目的；后者有一定的应用背景，或为解决实际问题探索新原理、新方法，开拓新领域的定向性研究. 基础性研究的成果主要表现在有所创新和有新的发现. 在地质科学的基础研究中，突出表现在以下 4 个方面：

(1) 在地质科学(地球科学)的根本问题(如大陆动力学、全球变化、地球上生命的起源和早期发展等)上的创新和突破.

(2) 重大地质和生物事件的认识(如星体撞击、岩浆溢流、生物爆发与集群绝灭等).

(3) 数据、资料的规范性积累(如地层观测记录、地壳运动、测年记录等)与规律性的发现.

(4) 人才培养及研究基地的形成.

限于篇幅本文不讨论人才培养和研究基地的问题. 下面针对研究成果结合上述 5 个领域取得的突出进展予以简要论述.

2.2 地球生命史及地质时间框架研究

地球生命史中重要进化阶段(如地球早期生命的起源与演化、早期人类起源)和重大生物事件(如生物的全球性灭绝与复苏)的研究，是人类认识自然历史中一个永恒的命题；近年来已成为自然科学研究的热点之一. 它涉及生物圈形成与发展、生物结构及其功能的进化、物种分异和绝灭，以及地球环境变迁等重大科学问题.

在国家自然科学基金对“地球早期生命的起源和演化”这一领域的稳定支持下，我国科学家在发现和研究最古老的多细胞藻类、多细胞动物、埃迪卡拉型化石及寒武纪初期多门类后生动物方面，取得了一系列突破性进展. 1995 年以来在世界两大权威学术刊物《Nature》和《Science》上发表论文 8 篇. 国外数十家新闻媒体多次对我国的研究成果进行报道和评述，得到国际科学界的高度评价和关注. 第 84 届诺贝尔学术报告会和克拉夫特科学奖颁奖典礼，我国科学家应邀作特邀报告. 晚元古代陡山沱组磷块岩中极为罕见的有细胞组织的宏观藻类和早期动物胚胎的发现，被认为是近代自然科学的重大发现，澄江动物群被联合国科教文组织列为世界级文化遗产. 可以认为，我国在“地球早期生命起源和演化”领域已位居世界前列.

近年，辽西热河生物群中恐龙和早期鸟类等珍贵化石的发现及研究，使人们认识到中生代晚期的这一重大生物事件，涉及生物进化的“鸟类起源”和“恐龙绝灭”等重要理论问题. 《Nature》和《Science》上发表了多篇关于热河生物群的文章，其中我国学者 3 篇，使得几乎全世界的古生物学家都意识到中国古生物学家正在革命性地改变人们对于早期鸟类演化的认识. 《Nature》编辑部已安排今年 6 月在美国为中国科学家举办新闻发布会.

以高分辨率层序地层学和事件地层学为核心，以各类地质现象和事件为验证；从地层记录中提取地史时期的古海洋、古气候、生物古地理及古构造变化的信息，探索地球系统演化过程中岩石圈、水圈、大气圈、生物圈相互作用；通过全球性对比，建立高精度的地质时代框架，仍是地质科学研究的重要前沿领域.

在地质时间框架研究领域，通过对全球层型研究的资助，我国已建立一批高水准的地层剖面. 如：二叠系乐平统全球层型，浙江煤山二叠-三叠系候选层型、云南泥盆系-石炭系全球副层型等，推动了我国与国际地层系统的全面接轨，为地球科学时间框架的全面创新奠定了基础.

2.3 地球物质科学

运用岩石学、矿物学与其他学科交叉、综合，研究地球物质的基本特性和行为，具有重要的理论意义和应用价值，因而受到国际地学界的高度重视．美、日、德等国相继制订和实施了地球物质科学研究计划．国家自然科学基金委员会在该领域资助的前沿课题有：岩石和矿物的特殊性质、高温-高压下地球物质的物理和化学性质、矿物界面与新材料、壳幔相互作用及深部过程、固/流相反应动力学及内部层圈的组成结构、局部地壳重熔与岩浆演化．

在下地壳和上地幔流变学及部分熔融实验研究方面取得了国际前沿水平的成果．发现橄榄岩的初始熔融物在固相岩石中不仅赋存在矿物三连点位置，同时大量的熔体在差异应力作用下沿着橄榄石矿物颗粒边界呈熔融薄膜分布；这一认识对大陆造山带中下地壳的部分熔融地壳增厚和上地幔低速高导层的形成有重要的制约意义．“韧性变形中上地幔橄榄岩部分熔融结构”一文在《Nature》上以封面文章发表后，得到同行的高度评价和肯定，一些国际学术组织相继邀请我国科学家在其中担任职务．

发现了一批新矿物，其中被国际矿物学命名委员会认定的新矿物有9种．

依据中国东部火山岩的研究，论证了中国东部岩石圈热减薄作用，提出第三纪以来，岩石圈减薄了80 km；这一认识早于国外学者5～8年．近年又通过古生代/中生代巨厚岩石圈(根)的比较，进一步提出这一热减薄通过岩石圈去根作用实现，减薄事件始于侏罗纪．

对华南地区中-新生代和元古代幔源岩石Pb, Sr和Nd同位素与微量元素示踪和填图．表明该地区的地幔可以划分为3种地球化学类型，扬子和东南地区之间有1条地幔分界线沿龙游-三门一线分布．根据Nd同位素模式年龄，推断出不同区域的地壳的主要增长时间．

2.4 矿产资源与能源

为解决国家矿产和能源需求，为经济和社会持续发展和宏观战略决策提供系统的科学依据，开展成矿作用、成矿机制和成矿动力学研究，从而提出新的找矿思维和找矿方法，仍是地质科学资助的主要领域之一．

通过煤成油形成环境和成烃机理研究，提出油气生成是干酪根、腐殖酸和抽提物3种有机物质不断在新条件下重新组合，建立新的动态平衡的结果．这一新的烃源岩成烃演化模式丰富了成烃理论，具重要科学价值和应用意义；这一成果获1997年度国家自然科学二等奖．

生物成矿作用和成矿背景研究方面，建立了一套有效可信的生物有机质成矿标志，提出成矿在空间上受沉积相控制的边界效应规律和时间上受沉积间断控制的间断效应规律．

中国东部金矿重要类型、成矿条件、富集规律及找矿方法研究，揭示出克拉通金矿的分布与地体构造和“O”型花岗岩绿岩地体密切相关，并发现金矿化集中区内大规模区域性金亏损和大量金矿床围岩局部金贫化的现象．

国家基金委与中国海洋石油总公司联合资助的南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集研究，对莺歌海盆地超压、高温环境下有机成烃的化学动力学和油气生成的创新见解及边缘海盆地演化模式，有力地指导了油气勘探；划分和预测了19个含油气系统，指出了勘探方向和值得探索的领域，钻井成功率由40%提高到80%；莺歌海1997年新增天然气贮量8.6×10^9 m^3；在珠江口珠三凹陷发现4个新的贮油构造，其中油5.0×10^{10} kg，气5.0×10^{10} m^3．

2.5 大陆动力学研究

人类赖于生存的大陆岩石圈与大洋岩石圈的厚度、强度存在较大差异，而人们对大陆岩石

圈的成因和演化还缺乏系统的了解. 大陆动力学研究已引起地学界的普遍关注,美、英等国相继制定了跨世纪的大陆动力学研究计划. 我国所处的亚洲大陆是目前地球上最后形成的一块大陆,被认为是研究大陆动力学的最佳场所. 面对激烈的国际竞争,国家自然科学基金委员会将大陆动力学研究列为优先资助领域. 通过重大、重点和面上项目的连续资助,在大陆的主要过程(如大陆的裂解、拼合、山脉-盆地的形成、地壳抬升、壳幔相互作用、断裂过程等)和大陆岩石圈结构、构造领域取得了可喜进展,并形成了我国的优势.

通过对中央造山带、兴蒙-北疆造山带、滇川西部特提斯造山带和"华南及邻近海域的岩石圈结构与演化"研究,提出"岩浆型被动边缘"、"多岛洋"的概念以及"微陆块软碰撞弱造山的非威尔逊旋回造山模式"等对我国大陆岩石圈演化和动力学的新认识.

被誉为地球"第三极"的青藏高原的隆升过程及机制研究,一直是国际地学界相互角逐、竞争的前沿课题. 以"八五"重点项目为代表,在这一巨厚地壳的年轻造山带内发现了中新世高压麻粒岩,确定了藏东南4阶段(45～38,26～18,13～8和3 Ma以来)抬升和3 Ma以来加速抬升(3 Ma以来的平均抬升速率为3～4 mm/a,0.15 Ma以来的平均抬升速率为30 mm/a)的隆升过程.

秦岭造山带地质、地球化学、地球物理的综合研究表明,秦岭造山带由南、北两个缝合带、3个陆块组成,现今岩石圈具立交桥式三维结构. 通过开拓性的造山带区域地球化学和地球化学断面研究,建立了秦岭造山带地壳构造岩石学和热构模型,论证了秦岭主造山期三板块俯冲碰撞造山细节过程与古海洋演化和壳幔分异再循环、古板底垫托与古板块俯冲叠置.

大别山-苏鲁地区柯石英及微粒金刚石包体的发现,揭示了大陆地表和浅部物质可被迅速带至地下90 km或更深处,经受了超高压变质作用,随后又迅速折返出露地表. 这一从未意识到的地质过程,对传统的地球动力学观念提出了挑战. 而大别山-苏鲁地区被认为是出露规模最大,研究超高压变质作用最理想的野外实验室. 国际岩石圈委员会把由中国科学家倡导的"碰撞造山带的超高压变质作用和地球动力学"列为岩石圈研究计划的第Ⅲ-6任务组.

华北北部麻粒岩相带地质演化及其深成地质作用研究,在麻粒岩相带南亚带内,首次发现高压麻粒岩和退变榴辉岩岩片;提高了我国前寒武纪岩石圈的研究水平,为深入理解克拉通形成的地球动力学过程和深部地壳出露机制提供了重要依据.

通过对南海和东海陆-海接合带地壳结构的联合探测,查明了从陆架-斜坡-深海盆地的岩石圈分层结构;南海陆架区的地壳厚度为30 km,为大陆型地壳;陆坡区地壳厚度为28～22 km,其中下地壳(8 km)向洋盆方向迅速减薄并尖灭,为过渡型地壳;中央海盆地壳厚度为8 km,为大洋型地壳. 提出了冲绳海槽热流体力学模型和南海盆地演化3个扩张期的认识.

2.6 地球表层系统演化及环境效应研究

地球表层系统与人类的生存环境和条件直接相关. 国家基金委对过去全球变化、岩溶动力学与全球变化、地下水循环机制及人类对其影响、人类工程活动对环境影响、地质灾害机理及主要污染元素的地球化学循环等领域给予了优先资助,有的已取得世界瞩目的成果.

根据对黄土及其他沉积物的深入研究,建立了识别古气候参数的指标体系,2 ka以来玛洱湖与淡水碳酸盐的分辨率达年,250 ka以来的黄土记录分辨率可达百年. 在东亚古季风变化的动力学机制、古气候特征分析方法方面的突破性进展,使我国在黄土、古气候学研究领域位居国际领先地位;并使我国的黄土与深海沉积和极地冰芯一起,构成过去全球变化研究的三大支柱.

岩溶作用与碳循环研究方面，提出岩溶可回收二氧化碳，回收量为排放量的10%，即全球岩溶每年可回收碳 6.08×10^8 kg. 这一结论揭示出岩溶作用对大气温室气体源汇的重要影响. 利用桂林盘龙洞1.22 m长石笋，重建了中国南方36 ka以来古气候变化的连续岩溶剖面，揭示了末次冰期以来气候的演变过程，其分辨率在暖湿期可达100 a. 这一重大突破得到了国际地学界的高度重视，我国科学家组织的“岩溶作用与碳循环”国际地质对比计划(IGCP379)在Internet网上建立主页的3个月内就有1 090人次阅读.

通过对华北平原第四系地下水系统在自然条件和人为因素影响下，地下水循环系统演化的综合研究，提出强烈的地下水开采和人类活动影响下，统一的区域流场被局部的、封闭的流场所分割；并形成3个地下水降落漏斗，如石家庄漏斗、冀枣漏斗、沧州漏斗等，进而指出华北地区地下水环境在今后的几十年内将持续退化的认识，引起有关部门的高度重视.

工程建设的环境制约、工程地质环境效应机制、工程地质环境系统演化及综合工程地质环境效应评价等领域的研究进展，为开拓环境工程地质学提供了理论基础. 在地表变形、斜坡失稳、水库滑坡、诱发地震及城市环境等方面的创新成果，对重大工程环境决策具指导意义，并取得了一定社会效益.

珠江三角州地表系统中优控有机物迁移转化机制与调控的研究，建立了环境优控有机污染物的分析方法，对粤、港、澳地区城市及不同功能区大气中挥发性有机物和气溶胶中可溶有机质的空间分布、污染源以及沉积物中有机污染物的种类、运移转化及与人体健康的关系，取得了阶段性的成果.

3 讨论

通过国家科学基金制的实施，在地质学家的刻苦努力下，我国的地质科学研究水平得到了显著的提高；为解决国民经济和社会发展中的重大问题提供了必要的知识基础，有的已取得经济效益和社会效益. 可以认为，我国的地质科学研究正朝着攀登科学高峰的方向积极发展，有些领域与国际同步，个别领域已步入国际前列. 需说明的是，有的领域需要较长期的研究积累，急功近利、心态浮燥显然是不可取的.

发展本身必定孕育着问题，敢于面对现实，正视弊端，正是自信的表现. 我国的科学基金制必竟还年轻，管理工作中还存在不尽人意之处. 如资助强度还较低、反馈和监督机制不够健全、评审系统有待进一步完善、绩效管理尚需加强，研究工作中的首创性还不够，多数是跟踪国际前沿领域. 改变这种状态的关键是充分发挥我国自然条件的优势，提出具有全球意义的前沿研究领域，并使其成为国际研究热点，才能真正做到国际领先.

“战略研究”是世界各国指导基础研究实现国家目标的一项重要政策措施. 各国科学基金会中“战略项目”的比例都在逐年增加，日本由80年代的19%，增加到90年代的32%. 所谓“战略项目”是指为支持国家的长远需求将研究引向有用发现的特定研究领域，或“将来有巨大应用潜力的研究”，其属性依然为基础性研究. 我们对国际上的一些研究“热点”应有清醒的判断，应当看到，当今经济和社会发展的难点、热点，以及未来三、五十年社会持续发展的需求和所面临的重大问题，向基础研究提供了更大的挑战，解决这些问题已成为科学发展的外在动力. 新的学科生长点、研究热点和前沿领域往往出现在科学自身发展和社会需求的交汇点上.

致谢 成文过程中得到地球科学部林海常务副主任的鼓励和马福臣副主任的指导；易善峰研究员提出了有益的修改意见；地球科学部李军帮助打印文稿；在此一并致谢.