

中国地质调查局地质调查项目成果

国际地质科学发展动向

董树文 陈宣华 史 静 郑亚东
杨经绥 杨美伶 赵华茗 李万伦 编著
刘素芳 李贵书 郝美英 陈柏林

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书通过大量的国内外地学文献分析数据, 刻画出 20 世纪国际地质科学学科总体发展演化轨迹; 揭示了地质学科结构变化的规律和演化过程; 对我国地质科学学科的发展态势进行了评析, 并提出了我国的对策。

本书可供从事地质科学研究、管理的人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

国际地质科学发展动向 / 董树文等编著. —北京: 地质出版社, 2005. 12

ISBN 7-116-04668-2

. 国... . 董... . 地质学 - 研究 - 动态 - 世界 . P5-110. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 131268 号

责任编辑: 祁向雷 周乐耘

责任校对: 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 889 mm×1196 mm

印 张: 25.5

字 数: 720 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2005 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 70.00 元

ISBN 7-116-04668-2/P·2627

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

序

当今世界正处于一个科技知识大爆炸的时代，每年发表的科技文献可以多达 500 多万篇。地质科学领域也是如此。如何在浩瀚的文献中发掘地质科学的发展线索，寻找地质科学的发展规律，为我国制定地质科学发展战略服务，正是“国外地质科学发展动向及我国对策”研究组的宗旨所在。

研究地质科学发展战略一般大都通过对各国地质科学发展战略报告和国家科学计划的分析，结合学科综述性总结和地质学术大会的主旨报告等进行分析 and 总结。本研究的特点，则是在于采用了学术论文统计的方法，根据国内外重要地质科学文献检索系统的统计分析结果，定量剖析了 20 世纪 100 年世界地质科学发展中学科结构演变的历史，探讨当前国际地学发展的动向，同时也为构筑我国全新的地质科学学科体系提供了参考，开辟了地质科学发展战略研究的文献计量学方法和途径的新领域。

研究结果表明，地质科学从莱伊尔时代诞生到 20 世纪初形成了以古生物学、地层学和矿床学为核心学科的传统地质科学体系，但是，完整的传统地质科学体系构建于 20 世纪的 30 ~40 年代，出现了古生物学、矿床学、地层学、矿物学、岩石学和构造地质学 6 大学科为核心的新体系。从 20 世纪 50 年代迅速发展的地球物理、环境地质学、地球化学、油气地质学和水文地质学发表的论文挤入前 8 位，体现了技术进步对地质科学发展的影响，第二次世界大战后以电子科学崛起为代表的技术革命促进了依赖技术支撑的新学科的发展，技术决定了地质科学的发展方向。板块构造理论的产生就是探测技术进步的结果，因为板块构造起源于海底扩张说，而海底扩张说来源于海底古地磁条带的测量结果。

从 20 世纪中叶以来，特别是 80 年代以来，随着地质科学思维的飞跃发展，以及高新技术的开发与应用，世界地质科学发生了显著的学科分化和交叉，由纵向深入和横向联合形成了超越固体地质科学的地球系统科学体系，或者可称之为大科学的地质科学研究。地质科学研究的时空尺度也发生了巨大的变化，从局部、区域、全球的历史性认识扩展到对人类生存环境与宇宙空间的实时监测和未来预测，从而形成了一条过去、现今和未来的时间链。地质科学从研究自然现象的物理—化学过程扩展到研究生物过程，特别是人类活动对地球环境与气候的影响和反馈，以及人与自然（人地）关系的协调。传统地质学科的界线几乎难以分辨，新的地质学科又不断涌现，由此，以领域和目标聚焦的学科组合与交叉，正在构造“大地质学”和“整体地质学”的新的地质科学知识体系。地质科学正在经历板块构造理论之后又一次理论飞跃和突破的前夜。

由于人类环境意识的觉醒，以及社会经济可持续发展的需要，地质科学正受到人类社会前所未有的重视，其重要意义与日俱增，给地质科学的发展带来了新的机遇。地质科学研究的任务由此发生了显著的变化，从侧重于资源开发转向了资源与环境并重、为人类社会经济可持续发展服务。地质学家具有擅长观察和监测地球过程的优势，具备处理大尺度的长时间和大空间问题的能力。在涉及到矿物原料、地下水贮层以及非再生资源和化石能源的勘查和管理时，尤其是在研究土壤的退化和侵蚀、自然灾害的预防和减灾以及地质技术和地质工程领域内的许多活动中，地质学家总是起着主导作用。21 世纪的地质科学能够并应该为解决人类的基本问题作出自己更大的贡献。

地质科学具有大尺度、综合性的特点。一些重大地质科学研究的突破，尤其是全球环境与气候变化科学的研究，已不是个别的科学团体和国家的事情，而是多个分支学科、多个科学团体，甚至多个国家联合以共同攻关的问题，地质科学的国际化研究非常显著，一系列国际性研究计划的实施

也说明了这一点。同时，伴随着信息交流方式的变化，数据与信息系统的建设和地球信息系统的开发已被各个国家计划视为必不可少的支撑条件、能力建设和现代研究手段，地质科学信息网络迅速发展。

现在，跨学科才是最好的科学。跨学科不仅指地质科学之内各学科之间的合作，而且要在地质学与生物学、物理学、化学以及其它许许多多科学领域之间进行交叉。正是由于这种跨学科的合作，才导致了一系列惊人的科学发现。但是，强调多学科或跨学科，并不意味着抹杀各个地质科学学科的重要性。相反，分支学科是地质科学发展的基础。只有在多学科的合作中，才有可能发挥地质科学不可替代的优势。一个人难以成为多个领域的行家。因此，科学的进步永远需要多学科的合作。

展望新世纪，地球系统科学的新思维和地球观测新技术的发展，必将对地质科学的发展和增强人类管理地球能力的提高继续产生革命性的影响。21世纪初期世界地质科学研究的主要趋向将表现为：强调各个学科的深入研究与多学科的交叉。强调地质过程及其机理的研究，而不仅仅是现象的描述。强调量化的研究和高新技术的应用，特别是大量数据的采集和地球信息系统的建立。强调对策的研究，特别是关于未来全球环境与气候变化的预测。突出管理地球与社会和谐的理念。在未来相当长时期内，为维持人类社会经济的可持续发展而承受的资源与环境压力，仍将是世界（特别是我国）地质科学研究发展的重要动力。

地质科学及其各分支学科的目标，是在人类增加对地球及其所在的空间系统认识的基础上，维持其足够的资源供给及其持续利用，减轻自然灾害造成的损失，保护与改善环境，促进生态系统良性循环，协调人与自然关系，从整体上为经济和社会的发展、提高人类生活质量、增强科学能力做出重大贡献。地质科学可谓任重道远，地质科学工作者的责任重大。

本书是以中国地质科学院董树文研究员为首的研究集体智慧和劳动的结晶，他们不仅开辟了地质科学发展战略研究的新途径，而且从文献统计分析、定量化角度获得了100年长周期地质学科发展的轨迹和学科体系演化的过程，是一份极具参考价值的研究成果。本书观点新颖，思路独特，内容丰富，资料翔实，揭示了20世纪世界地质科学学科体系的发展概貌，以及我国自20世纪80年代以来的地质科学学科体系的构成与变化，对地质科学主要分支学科进行了综合分析和客观评述，提出了以管理地球为主旨、资源与环境并重的我国地质科学发展战略，对我国地质科学发展，尤其是学科体系建设具有重要的指导意义。



二 五年十一月十二日

前 言

随着全球社会经济的迅速发展和人口的急剧增加，当前世界各国都遇到了社会发展中的人口、资源和环境三大方面的一系列挑战，同时也向地质科学研究提出了更多更新的任务和要求。地质科学除为社会经济发展提供充足的矿产资源、能源以外，还必须协助解决人类生存和社会发展所面临的有关生态环境和自然灾害等许多重大科学问题。

“上天、入地、下海、登极”，地质科学正在不断扩大其研究的时空范围，向未知领域进军，实行学科的联合、交叉与渗透，用新的知识去认识 and 解决一系列资源合理利用与改善环境的科学难题。现代科学技术的迅速发展，推动了地质科学的进步，对地球的观测、探测、分析、模拟技术水平的提高，加速器质谱仪、同步辐射、移动式热红外谱等测试新手段的运用，金刚石大腔体技术和高速计算机的发展等，都在地质科学研究向宏观与微观领域的延拓，提高观测研究的精度和水平等方面发挥了重要作用。为此，一些国家重要的地学研究机构 and 学术团体都制定了新的地学研究 with 地学工作发展战略，调整自己未来的发展方向 and 研究工作重点，把地学研究的国家总目标由解决战略资源转变为保证国家经济安全和生态安全。

国际地学机构和学术团体正在由以往的“供给驱动型”向“需求驱动型”转变（刘树臣等，1996），通过不断拓宽研究领域，建立新一代地学知识体系，使得地质科学为保证人类社会经济可持续发展提供新的支撑体系。可以说，当代地质科学正进行着重大转变，在“社会需求、科学自身发展和技术进步”三大动力的驱动下，地质科学进入了一个以建立地球系统科学知识体系为标志的新的转折时期，从而可能形成一个非同寻常的跨学科、大综合、大协调的大地学时代。新的交叉学科不断诞生，各个传统地学分支学科之间的界限越来越模糊，新的学科生长点不断出现，涌现出一批有可能给社会 and 经济发展带来巨大推动的前沿性课题。因此，我们应在充分了解世界地质科学发展规律和趋势的基础上，从我国国情出发，制定出切实可行的发展规划，形成“突出重点、有限目标”的发展战略。

21 世纪初，国际地学界正在进入到以地球系统科学为指导、以环境与全球变化科学为特征、以高新技术为支撑体系的地质科学发展新时代，全球性的“矿产时代”已经结束。从而，国际地质科学已经并继续在进行着学科的分化与组合：一方面，地质科学越来越成为精确的科学，逐步形成新一代地质理论与知识体系，对地球及宇宙空间的自然演化过程和规律有了更精细的认识；另一方面，地质科学越来越贴近社会，“为社会的地质科学”引导着各学科渗透到经济 with 社会的方方面面，成为支撑人类社会可持续发展的重要学科体系。

目前，我国正处在工业化中期 and 全面实现小康社会的关键阶段。因此，我国的地质科学体系，以资源 with 环境并重为特色，对化石能源 with 矿产资源形成 with 赋存规律的研究 with 对全球变化 with 环境科学的研究赋予同等重视的地位。但是，我国地质科学的基础研究相对薄弱，基础设施 with 实验室支撑条件相对较差，理论创新不够，地质科学为社会服务的范围不宽、能力较差。

我国地质学家面临的主要任务，将是如何建立新型的地球系统科学体系，如何保证国家的能源 with 矿产资源的持续 with 安全供应，如何保护和改善全球 with 区域生态环境，为实现我国社会 with 经济的可持续发展提供理论与实践的支撑。

因此，充分了解国际地质科学发展动态，深刻剖析学科长期演变的轨迹，总结学科演化的历史背景 and 客观规律是非常必要的，也是我国地质科学发展战略研究的前提 and 基础。地质调查项目

《国外地质科学发展动向及我国对策》(编号 200118000001), 根据国家地质调查与地质科学发展战略研究的需要, 将研究的总体目标任务定为: 调查国内外地质科学技术的现状和发展动向, 调研国内地质科学发展现状, 综合分析国内外地质科学技术发展水平, 并进行对比分析, 找出国内地质科技与国际先进水平的差距, 为有关部门制定地质科技整体规划和发展计划提供背景分析和决策依据, 并提出我国地质科学技术发展的方向 and 对策。

为此, 该项目设计拟解决的主要问题为: 国外地质科学技术的现状和发展动向; 国外地质科研机构现状和研究方向; 国内地质科学技术的现状和发展动向; 国内地质科学技术与国际先进水平的差距, 以及如何缩短差距的有效措施。由于类似国外地质科研机构和地质调查局现状研究陆续提交报告(国土资源部信息中心、中国地质调查局发展研究中心等), 子项目实施过程中调整研究内容, 取消了对国外地质科研机构现状的调研与分析, 集中开展地质科学的论文、文献调查、统计与分析。

研究地质科学发展战略一般大都通过各国地质科学发展战略报告和国家科学计划, 结合学科综述性总结和地质学术大会的主旨报告等(“走向 21 世纪的中国地球科学”调研组, 1995; 中国科学院地学部“中国地球科学发展战略”研究组, 1999, 2001; 张炳熹, 2000; 陈毓川等, 2000; 孙枢, 2003)。本项目采用了学术论文统计的方法, 根据 20 世纪 100 年地质科学文献统计的结果, 以及国际上有较大影响的《Nature》、《Science》、《GSA Bulletin》和《Geology》4 种杂志的分析, 剖析 20 世纪国际地质科学发展中学科结构演变的历史, 探讨当前国际地学发展的动向, 同时也为构筑我国全新的地质科学体系提供参考, 开辟了国外地质科学发展战略研究方法和途径的新领域。

项目实物工作量包括海量的地质科技论文收集、统计和分析, 开展文献计量与统计数据库建设。经过 3 年的研究和总结, 取得以下成果:

1. 利用和开发 GeoRef 和 GDS 数据库系统完成地学期刊论文统计分析

选定由美国地质协会(American Geological Institute)编辑的地学文献数据库(GeoRef, 收集 1785 年以来的数据)和中国地质文献数据库(GDS, 收集 1985 年以来的数据)作为国内外地学文献统计分析的基本数据源。统计了国际 1900 ~2000 年地质科学论文数据和国内 1985 ~2000 年地质科学论文数据, 重点完成了国际 SCI 期刊(50 多种, 1970 ~2001 年)以及国内核心地质科学期刊(20 多种, 1970 ~2001 年)发表论文的收集和分类统计分析。在此基础上建立了国内外地学文献统计分析系统, 首次开辟了我国地球(地质)科学文献计量分析学科发展的战略研究技术途径。

2. 刻画出 20 世纪 100 年国际地球科学学科总体发展演化轨迹

通过国际 100 年和国内 15 年地质科学学科体系演变及发展趋势的分析, 以及国内外顶级地学期刊(国际 30 年《Nature》、《Science》、《GSA Bulletin》和《Geology》及中国 15 年的《中国科学(D 辑)》、《科学通报》、《地质学报》、《地质论评》等期刊)的学科结构统计和对比, 分析了国内外地质科学发展的不平衡性; 完成了 20 来个地质科学学科(矿物学、矿床地质学、古生物地史学与地层学、构造地质学、第四纪地质学与全球变化、能源地质学、地质年代学、海洋地质学、地球信息科学、地质系统的非线性与复杂性、地球化学、岩石学、地球物理学、工程地质学、环境地质学、行星与宇宙地质学、地学中新技术新方法的应用等学科领域)的文献统计和综合评述工作。这些海量数据的统计与分析, 证实地质科学 100 年的发展历史折射了 20 世纪经济发展和社会进步的曲折过程, 地质学科的百年演化反映了工业化对矿产资源的依存度和社会进步对地质学科布局的深刻影响。通过对 20 世纪 100 年国际地质科学论文的统计、分析和综合, 从计量的角度获得了反映地质科学及其各学科发展和演化的轨迹, 包括: 见证了地质科学的发展动力从“供给驱动型”向“需求驱动型”的转变; 记录了工业化过程中矿产资源的需求对地质科学发展和演变的影响; 反映了过去 100 年重大历史事件对地质科学发展的影响; 体现了技术进步是地质科学发展的革命性推动力; 揭示了我国与发达国家地质科学发展的差距。

3. 揭示 20 世纪 100 年地质学科结构变化的规律与演化过程

(1) 地质科学从莱伊尔时代诞生到 20 世纪初形成了以古生物学、地层学和矿床学为核心的传统地质科学体系，但是，完整的传统地质科学体系构建于 20 世纪的 30 ~40 年代，出现了以古生物学、矿床学、地层学、矿物学、岩石学和构造地质学为核心学科的新体系。

(2) 经过辉煌的顶峰，矿床学、古生物学、矿物学和煤田地质学逐步走入低谷，2000 年被排斥在地质学科前 8 位之外，表明传统的供给型地质科学转向需求型地质科学。环境地质学、地球化学、水文地质学等迅速崛起。

(3) 从 20 世纪 50 年代迅速发展的地球物理学、环境地质学、地球化学、油气地质学和水文地质学目前挤入前 8 位，体现了技术进步对地质科学发展的影响，技术的发展决定了科学的发展，板块构造理论的产生就是探测技术进步的结果。

(4) 岩石学研究的地位百年持续提高，反映岩石学在不同时期对社会发展需求和学科发展规律的适应性，从支撑矿产资源供应，到满足环境地学发展，再到渗透大地构造等地学前沿，使传统的岩石学获得新生。

4. 对比我国地质科学学科发展态势，提出我国的对策

(1) 提出“管理地球”的科学发展理念，建立以系统地球科学为核心理论，坚持资源与环境并重的“两条腿走路”的方针，完善 21 世纪我国地质科学学科体系。

(2) 推荐我国重点发展学科、建议重点学科发展方向和领域。

5. 完成了第三十一届国际地质大会论文的收集和分类统计分析工作

出版了《跨越新千年的地质科学——三十一届国际地质大会进展综述》一书，发表论文数篇。

总之，了解过去是为了更好地面向未来。本项目的出发点就是要摸清我国地质科学发展现状和研究水平，找出与国际水平的差距，进而提出对策和建议。通过对国际地质科学历史发展的回顾与调研，了解了国际地质科学的过去和未来发展趋势，结合我国地质科学发展现状的调研，为我国制定新时期地质科学近中期发展规划与战略目标的选定提供可靠的参考资料，这就是本书的宗旨。

目 录

综 述

20 世纪地质科学学科体系的发展与演变——根据地质学科论文统计结果分析	(3)
我国地质科学的学科构成与发展战略——对策研究	(20)
文献计量学与国内外地学期刊统计分析	(36)

学科分述

矿物学发展的回顾与展望	(47)
地球化学	(64)
岩石学	(81)
古生物地史学及地层学	(100)
构造地质学	(121)
矿床学与矿产资源开发	(159)
韧性剪切带型金矿床研究进展	(195)
地球物理学	(203)
第四纪地质学与全球变化	(215)
环境地质学进展及发展方向	(246)
工程地质学	(275)
能源地质学与新能源开发	(282)
行星与宇宙地质学	(295)
海洋地质学与古海洋学	(303)
地球信息科学与数字地球	(321)
地质年代学	(333)
(U - Th) /He 定年技术及其应用领域综述	(362)
地球科学中的非线性与复杂问题	(378)
地质观测技术方法的进步与新技术新方法	(385)
结语	(399)

综 述

20 世纪地质科学学科体系的发展与演变

——根据地质学科论文统计结果分析

近代地质科学经历了 200 多年的发展进程，通过认识自然达到利用自然，正在揭开保护和改造自然的新篇章。这个进程还将持续向纵深发展（程裕淇，2000）。随着全球社会经济的迅速发展和人口的急剧增加，当前世界各国都遇到了社会发展的人口、资源和环境三大课题的一系列挑战，同时也向地质科学研究提出了更多更新的任务和要求。目前地质工作正处于重大转折时期，传统地质工作转向以“地球系统科学”为核心内容的现代地质工作。地质科学除为社会经济发展提供充足的矿产资源、能源以外，还必须协助解决人类生存和社会发展所面临的有关生态环境和自然灾害等许多重大科学问题。认识地球、利用地球、协调人与自然的关系已经成为地质科学最基本的任务。地质科学正在由以往的“供给驱动型”向“需求驱动型”转变，通过不断拓宽研究领域，建立新一代地学知识体系，使得地质科学为保证人类社会经济可持续发展提供新的支撑体系。

20 世纪地质科学已经发生了深刻变化，在“社会需求、科学自身发展和技术进步”三大动力的驱动下，地质科学进入了一个以建立地球系统科学知识体系为标志的新的转折时期，从而可能形成一个非同寻常的跨学科、大综合、大协调的大地学时代。新的交叉学科不断诞生，传统的地学分支学科之间的界限越来越模糊，新的学科生长点不断出现，涌现出一批有可能给社会和经济带来巨大推动的前沿性课题。学科发展的特征成为地质科学未来的表征。

研究地质科学发展战略一般大都通过各国地质科学发展战略报告和国家科学计划，结合学科综述性总结和地质学术大会的主旨报告等（“走向 21 世纪的中国地球科学”调研组，1995；中国科学院地学部“中国地球科学发展战略”研究组，1999，2001；张炳熹，2000；陈毓川等，2000；孙枢，2003）。本文采用了学术论文统计的方法，根据 20 世纪 100 年地质科学文献统计的结果，以及国际上有较大影响的《Nature》、《Science》、《GSA Bulletin》和《Geology》4 种杂志的分析，剖析 20 世纪国际地质科学发展中学科结构演变的历史，探讨当前国际地学发展的动向，同时也为构筑我国全新的地质科学体系提供参考。

1. 文献统计方法和数据库说明

科技文献计量学研究必须依托较为合适的文献数据库才能进行。中国地质图书馆作为我国地质科学行业的文献信息中心，自 1982 年以来引进和自建了多种中外文科技文献数据库，其中包括“GeoRef 检索系统”。“GeoRef 检索系统”是美国地质调查局信息中心的地学文献数据库，收录了北美地区自 1785 年以来和世界上自 1933 年以来的包含了地球科学领域国际上公认的 5000 余种期刊、会议资料等地质文献，范围覆盖地质科学近 40 个类目，共 220 万条数据，是目前国际上最权威的地质学文献检索数据库。该数据库具有较为严格的选刊标准，因此，选取“GeoRef 检索系统”数据库作为本文统计分析的基础，应用布尔逻辑元进行以学科为主题的检索，获得各个研究领域在不同时间段的文献，再采用位置关系运算获得文献不同类型等，最后进行趋势分析。

大部分地学分支学科具有可明显加以区分的特定研究内容。不过，也有一些分支学科在内容上

相互交叉，特别是一些新兴地质学科与传统地质学科的交叉比较明显。需要说明的是，检索中“构造地质学”包括了变形、构造分析、大地构造、新构造、盐丘构造、造陆作用、断层、褶皱、叶理、线理、裂隙、地槽（或地向斜）、地壳均衡和造山带等内容。“地球物理学”包括了一般地球物理、固体地球物理和应用地球物理3个部分。其中一般地球物理包括了矿物和岩石的地球物理性质、相变等地球物理过程、高温高压研究（应用于地核和地幔组成），这部分内容实际上也可以归结为主要是实验矿物学和实验岩石学的内容。固体地球物理的研究内容包括构造物理、地壳、地幔、地核、地震活动性应用、板块构造、古地磁、热流、地壳均衡、海底扩张、磁场、重力场、地球轨道和旋转等。应用地球物理包括声学、地球流体、电学、电磁、重力、红外、磁、大地电磁和地震调查，以及大地测量学、热流、遥感和测井研究。可以看出，许多学科研究的内容有重复，具体到每一篇文献的归类比较困难。

虽然由于数据库的限制，我们得到的1933年之前地质科学学术论文只是北美地区的特例。但是由于北美地区在20世纪初与世界处在相当的水平，因此，不妨直接作为国际地学的普遍性例子来讨论20世纪国际地学的学科结构发展历史。此外，由于科学论文是科学研究活动的结果与总结，因此这些数据相对科学计划和发展战略的信息具有滞后效应，但是比科学计划更具有可靠性和结论性。

2. 20世纪地质科学体系结构及其演变历史

20世纪是人类社会发生巨变的世纪。战争与和平、生存与发展，人类经历了历史上最惨烈的两次战争浩劫和恐怖的冷战岁月。但是，战争的阴影并没有阻挡住历史前进的步伐，科技的进步与发展的需求使人类焕发出前所未有的创造力。20世纪是人类进行工业化的辉煌时代，人类这100年创造的财富超过此前人类创造的总和。20世纪实际上是一个以消耗资源、积累财富、扰动环境为特征的世纪，尤其是打破了数千年来人与自然相互协调的共存关系，人口、资源、环境与经济发展的人地矛盾成为人类社会可持续发展的共同问题（王安建等，2002）。正是在这样一个背景下，百年来地质科学体系的学科结构发生了深刻的变化（图1），地质学中文献量居前8位的分支学科变化很大（表1）。

表1 1900~2000年各阶段地质学中文献量排在前8位的分支学科

年份	1	2	3	4	5	6	7	8
1900	矿床学	古生物学	地层学	第四纪地质学	地貌学	岩石学	矿物学	煤田地质学
1950	古生物学	矿床学	地层学	岩石学	矿物学	构造地质学	地貌学	第四纪地质学
1980	矿床学	岩石学	地球物理学	地层学	工程地质学	古生物学	水文地质学	地球化学
2000	地球物理学	环境地质学	岩石学	地球化学	油气地质学	第四纪地质学	地层学	水文地质学

1900年的地质科学体系结构单一，其中矿床学和古生物学、地层学占据绝对优势，并与第四纪地质学、地貌学一起，构成了地质学的前5位分支学科，它们在统计的文献中占据了75%的份额（图2）。而矿床学更是一枝独秀，占据了28.4%的地学文献量（在1905~1910年，更是高达35%以上）。很明显，这是一种以固体矿产为主的资源型地质科学体系。虽然这主要反映了20世纪初期北美地区地质科学发展的状况，但也反映了当时国际地学的一个概貌。矿物学和岩石学等是这个时期地质科学知识体系的重要基础。

以古生物学、地层学、岩石学、矿物学和构造地质学为基础学科的传统地质科学体系建立于20~40年代，一直延续到50年代，这个时期的5个基础地质学科的论文占地质科学全部论文的60%。特别是以古生物学为基础的地层学、区域地质学和大地构造学主要发展于20~40年代，这个时期出现了魏格纳的大陆漂移说，李四光的地质力学等水平运动学派。以槽台学为代表的垂直运

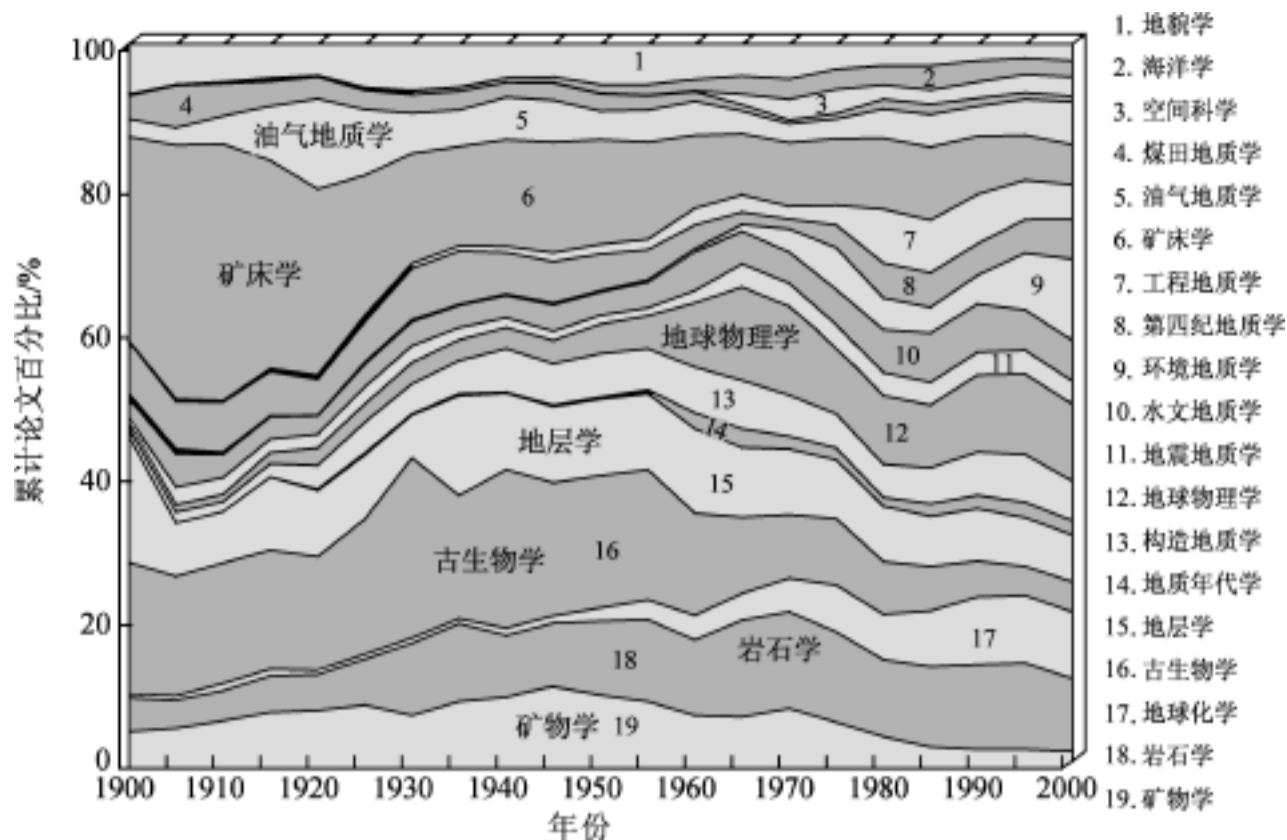


图1 国际地质科学体系学科结构的百年演变

动理论更加完善。

在地质科学体系形成的同时，地质学科的结构开始趋向多元化。由1900年矿床学、古生物学和地层学三个学科占地质科学60%以上，到1950年，古生物学、地层学、岩石学、矿物学和构造地质学同步发展，论文占地质科学的60%。古生物学占18.4%的文献量，岩石学、矿物学和构造地质学等的地位也有了显著提高。油气地质学一度在20年代占据了地学中的重要地位，并维持在一一定的水平；其地位亦有明显的上升。到1980年，地质科学体系的学科结构更加趋向多元化，地球物理学、工程地质学、水文地质学和地球化学等分支学科在地学研究中的地位显著提高。这时，处在学科前5位的是矿床学、岩石学、地球物理学、地层学和工程地质学。矿床学研究虽然又排在首位，但是只占地学文献的10.3%，与1900年的28.4%和1950年的14.6%相比，都有明显的下降；而且，与排在第2位的岩石学（10.1%）相比，也不占明显的优势。地球物理学、地球化学和工程地质学的兴起体现了技术进步对传统地质科学发展的贡献。50年代后全球电子技术革命推动了探测技术的进步，催生了地质科学的新理论，60年代板块构造理论应运而生，导致了地质科学的革命，推动了自然科学的整体发展。

2000年，地质科学体系的结构更加复杂化，但主题也更加突出。新世纪多元化地学学科结构的特点是，地球物理学、环境地质学、岩石学和地球化学成为现代地质科学的4大主导学科，21世纪的地质科学将继续依赖科技进步向深部拓展、更加紧密地把各层圈相互作用联系起来，并以人类活动的生物圈与地表系统互动为研究重点，形成以环境作为优先研究领域的新型地球系统科学体系。

总之，20世纪的100年中，地质科学发生了显著的学科结构变化，具体表现为：

(1) 地质科学从莱伊尔时代诞生到20世纪初形成了以古生物学、地层学和矿床学为核心的传统地质科学体系，但是，完整的传统地质科学体系构建于20世纪的30~40年代，出现了古生物学、矿床学、地层学、矿物学、岩石学和构造地质学为核心学科的新体系。

(2) 经过辉煌的顶峰，矿床学、古生物学、矿物学和煤田地质学逐步走入低谷，2000年被排斥在地质学科前8位之外，表明传统的供给型地质科学转向需求型地质科学。环境地质学、地球化学、水文地质学等学科迅速崛起。

(3) 从20世纪50年代迅速发展的地球物理学、环境地质学、地球化学、油气地质学和水文地质学目前挤入前8位，体现了技术进步对地质科学发展的影响，技术的发展决定了科学的发展，板块构造理论的产生就是探测技术进步的结果。

(4) 岩石学研究的地位百年持续提高，反映岩石学在不同时期对社会发展需求和学科发展规律的适应性，从支撑矿产资源供应，到满足环境地质学发展，再到渗透大地构造等地质前沿，使传统的岩石学获得新生。

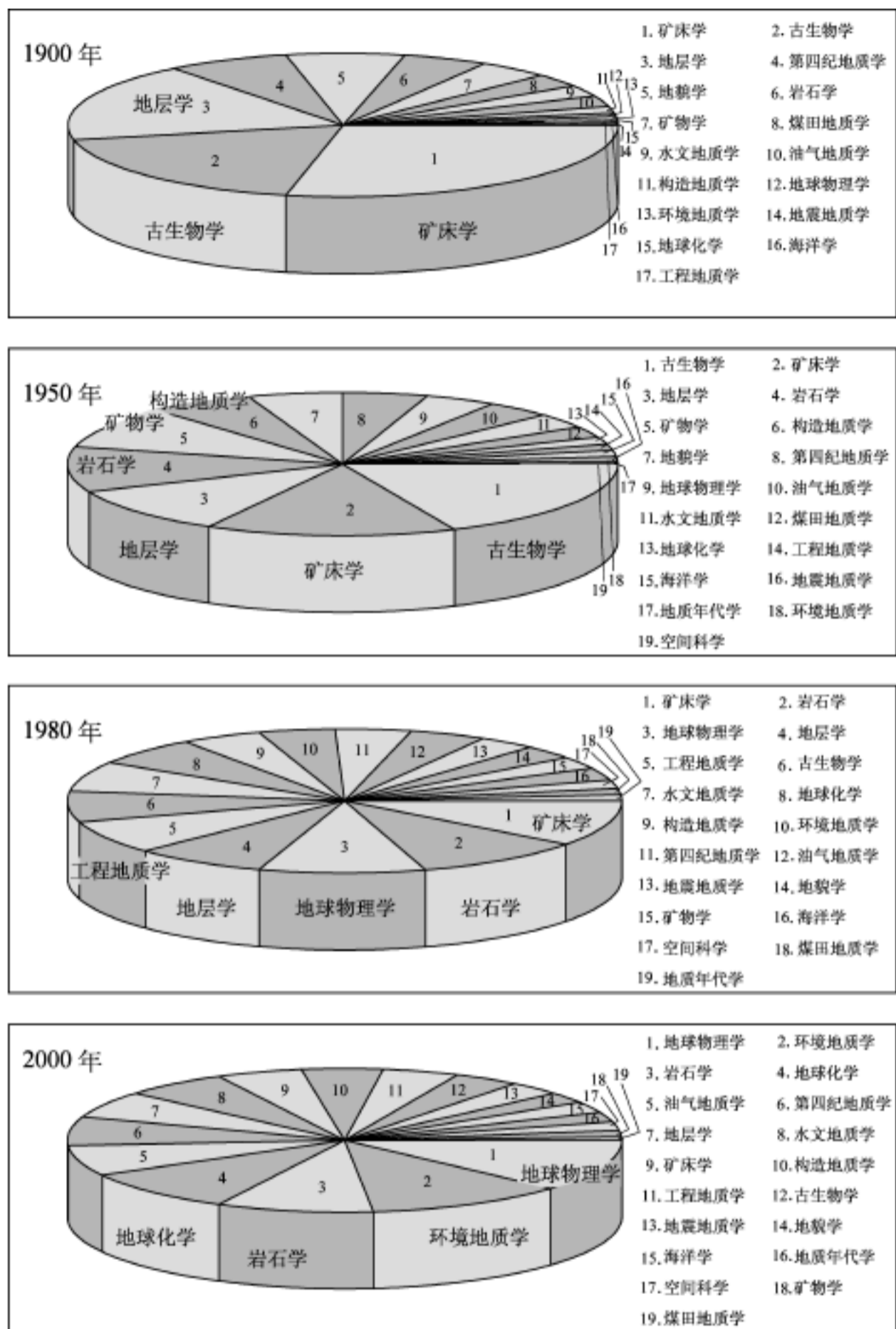


图2 各阶段地质学的分支学科构成

3. 30年来《Nature》和《Science》地学学科结构的比较

《Nature》和《Science》分别是英国和美国主办的世界顶尖的综合性科学杂志，其发表的地学文章反映了地质科学研究的重要发现。图3和图4分别为《Nature》和《Science》两杂志的学科结构，反映了从1970年以来的30多年中地质科学基础研究领域及其变化趋势。

《Nature》杂志上发表的地学文章以第四纪地质学、地球物理学、古生物学、地球化学和空间

科学（球外物质）为主（图3），地层学、岩石学也有一定的量，其它学科所占的比例较小。《Science》杂志上以空间（地质）科学、第四纪地质学、地球物理学和古生物学为主（图4），地球化学、地层学、环境地质学也占有一定的比例，再者就是岩石学和地震地质学，其它学科的文章则很少。由于这两种综合性期刊发表的文章是更为基础性的科学研究工作，因此其地质学科结构与通过 GeoRef 总体文献得到的结构有些不同。30 年来文献统计的结果反映了地质科学基础研究中，空间科学、第四纪地质学、地球物理学和古生物学比较重要。特别是第四纪地质研究，作为环境地质学的基础，其主要研究内容已经从传统的第四纪地层等转变为全球变化科学（包括环境和气候变化），在 70 年代初期以来很快占据了地质科学的基础学科地位。而空间科学（球外物质）的研究，显然与美英作为发达国家的地位相符合。空间科学和地球物理学是人类认知能力“上天入地”的扩展，体现了国家的综合国力和科技发展水平，是在国家层次上的学科发展的竞争。

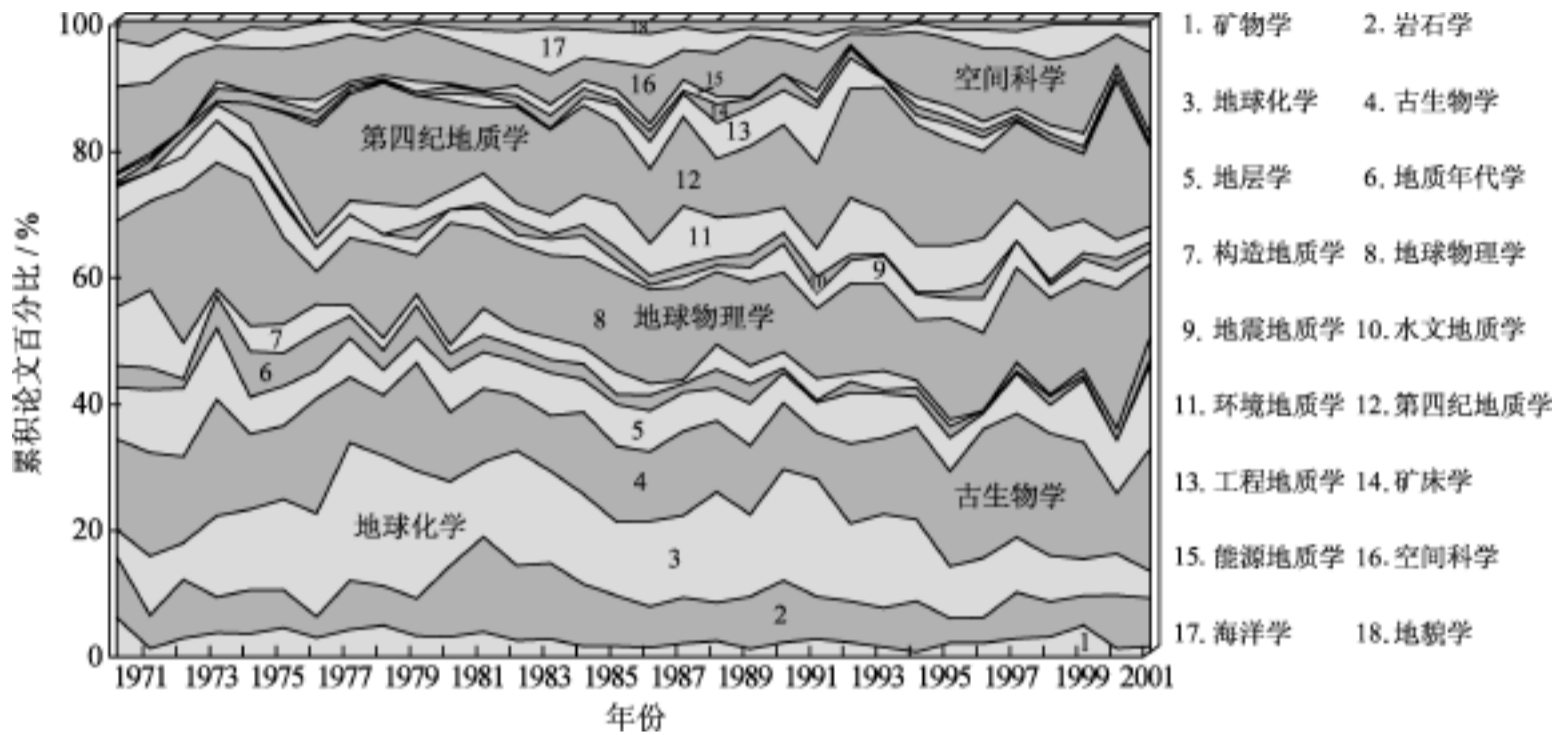


图3 30年来《Nature》杂志的地质学科结构

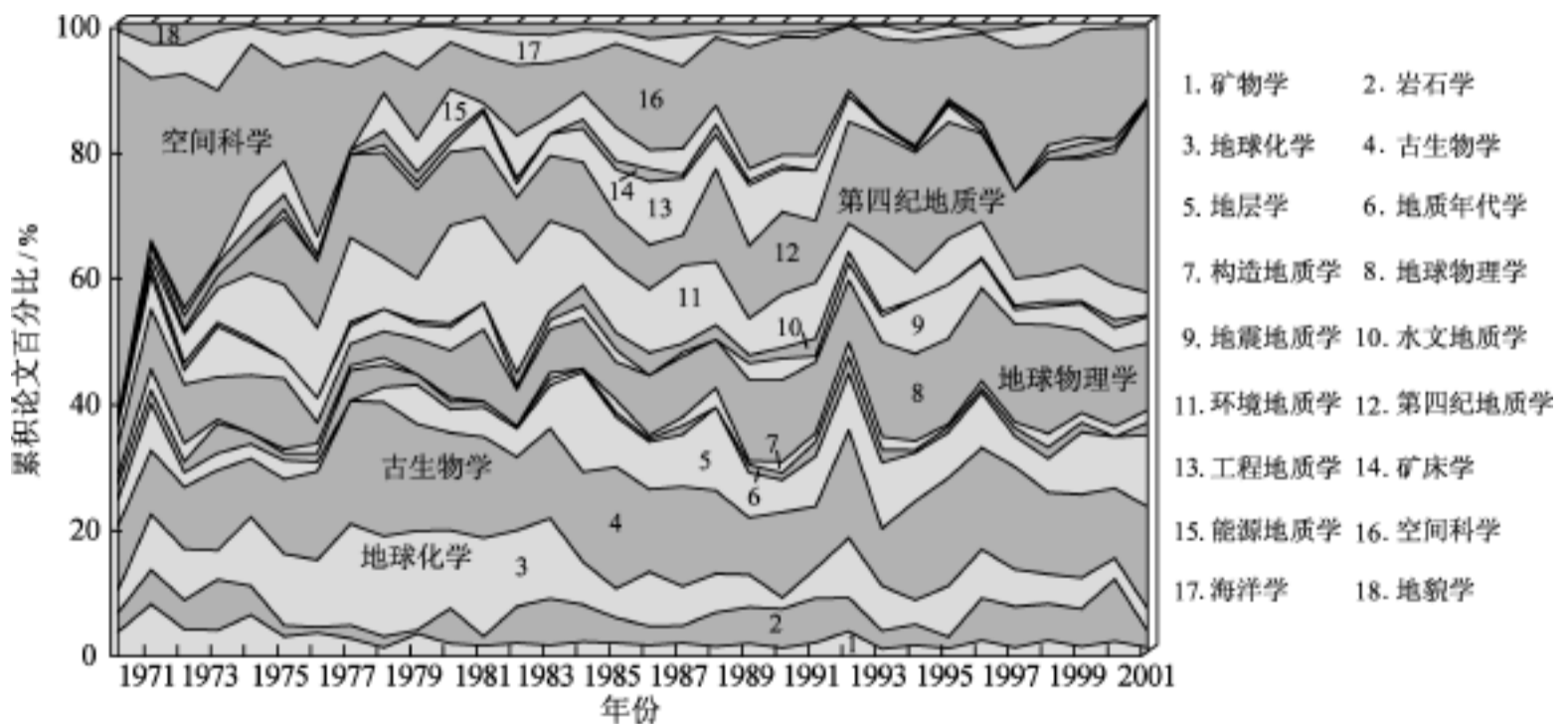


图4 30年来《Science》杂志的地质学科结构

这两种杂志上地球化学文献在 80 年代后期和 90 年代逐渐减少，反映了地球化学学科趋于成熟，重大科学发现已经越来越难。虽然地球化学目前还居于地质科学中比较重要的地位，但未来的发展势头可能要减弱，基础性成分减少，应用性增加。

矿床地质学、能源地质学、水文地质学、工程地质学等学科在《Nature》和《Science》两杂志上发表的文章非常少，说明它们更多的是作为应用学科而存在于地质科学体系中的。

4. 30 年来《Geology》和《GSA Bulletin》的地质学科结构

与《Nature》和《Science》不同，《Geology》和《GSA Bulletin》可以看作是综合性的地质学杂志，可以更好地反映地质学的发展历程和方向。《Geology》和《GSA Bulletin》是美国（北美）地质学会主办的重要地质学类期刊，被任胜利等（2002）列为国际地学各领域最具影响力的 30 种期刊之中，其影响因子和被引频次均较居前列。根据《Geology》和《GSA Bulletin》30 年来发表的论文统计，得到其学科结构如图 5 和图 6。

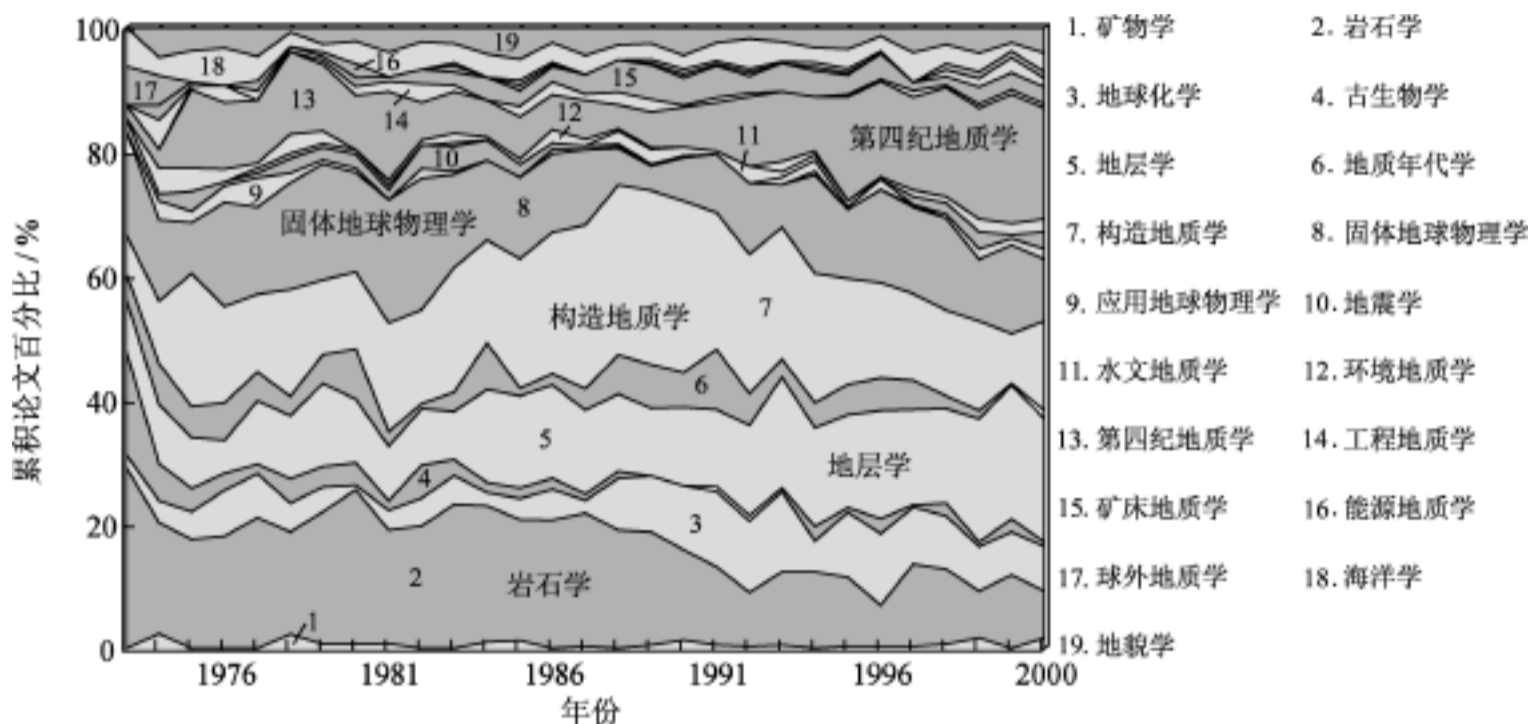


图 5 30 年来《Geology》杂志的地质学科结构

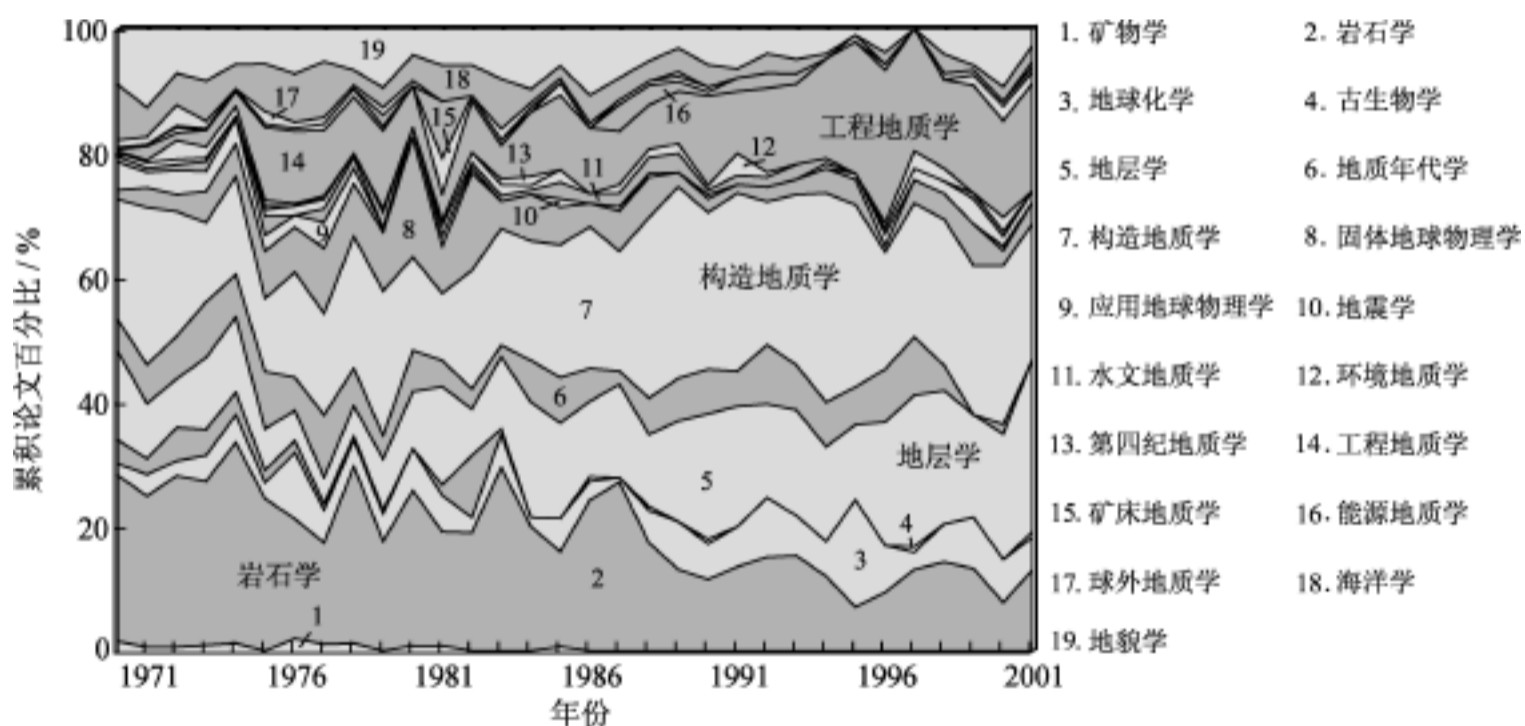


图 6 30 年来《GSA Bulletin》杂志的地质学科结构

图 5 反映了构造地质学、岩石学、地层学、固体地球物理学、第四纪地质学和地球化学是过去 30 年中《Geology》学科的重要组成部分，构造地质学的地位首屈一指。不过，目前占显要地位的显然是地层学和第四纪地质学，其次才是构造地质学、固体地球物理学、岩石学和地球化学；岩石学的地位在下降。而图 6 中，构造地质学、地层学、工程地质学和岩石学是《GSA Bulletin》学科的重要组成部分，构造地质学的地位首屈一指，目前仍占据显要位置；岩石学的地位也在下降。显然，这两种期刊的侧重点有所不同。

矿物学、古生物学、应用地球物理学、地震地质学、水文地质学、环境地质学、矿床地质学、

能源地质学和球外（宇宙）地质学等在美国地质学会的这两种期刊中没有地位。

5. 20 世纪主要地质学科发展特征

传统地质科学体系建立与学科发展

矿床学的兴衰

矿产资源开发利用史是人类社会演化的缩影，矿产资源的开发利用加快了人类社会演进的速度，极大地推进了人类社会的文明程度（王安建等，2002）。矿床学走过的百年轨迹（图7），刻画了20世纪工业化过程矿产资源对社会发展的贡献史，矿床学的顶峰出现在20世纪初叶（矿床成因的诸多理论就是在这时候提出的），随后呈下滑的态势一直延续到80年代；其中从1935年始出现回升，持续至40、50年代形成平缓的波峰。这里可看出：“一战”、“二战”对矿床学的影响，20世纪初的顶峰与第一次世界大战（1914~1919年）的时限对应，反映了战争对工业、制造业的急迫需求，工业对矿产资源的需求；从30年代中期爆发的第二次世界大战持续到1945年，这个过程重新带动了矿业的发展，并延续到整个50年代。矿床学的兴衰还反映了传统产业在经济发展中地位的变化，从中体察到50年代电子工业、70年代计算机工业和现代信息产业的发展对传统矿业冲击的痕迹，体会到社会进步和经济发展的阶段性发展的特征。

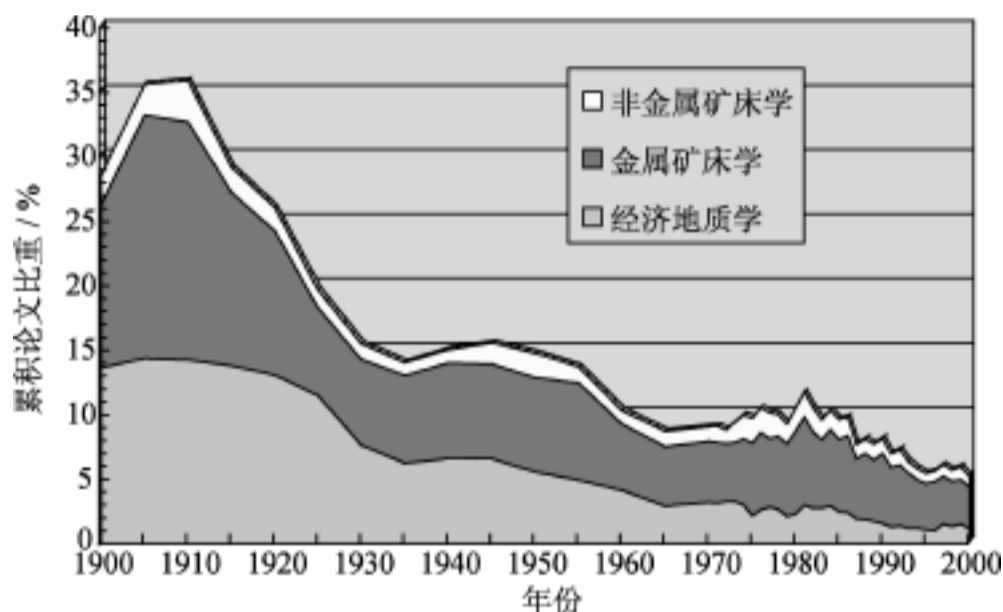


图7 国际矿床学学科结构的百年演变

从矿床学本身的结构演化来看，金属矿床学占了矿床学的主导地位，至今仍然占据2/3的比重，说明金属矿床仍然是学科研究的重点，这与当今发展中国家的经济迅速发展和工业化过程加快的新的经济格局的现实相适应。如果广义的矿产资源包括油气能源的话，那么毫无疑问，矿床学的地位将继续处于令人仰慕的位置；一般经济地质学（包括成矿理论和矿床经济等）则由于传统矿业在经济和社会发展中比重下降而下滑，也是客观规律的写照；然而，非金属矿床学百年变化一直呈稳定的发展态势，从图7可见，从世纪初到世纪末非金属矿床学的曲线的宽度保持不变，而金属矿床学、经济地质学由宽到窄，指示非金属矿床学在矿床学中所占的比例持续增加，1900年经济地质学、金属矿床学和非金属矿床学各占的比例是：47%，45%和8%；1950年的比例是：36%，50%和14%；到2000年的比例是：20%，64%和16%。这一趋势说明了基础理论和综合性研究在矿床学中地位下降，而应用性研究（与需求有关）有所加强。

矿物学的衰退

矿物学是地质科学中地位下降最快的学科之一。100年的演变曲线呈现一个不对称正弦波状，峰顶在1945年，另在1927年和1970年分别有两个小的波峰对称出现（图8）。

矿物学学科有两个特点，其一作为矿床学的基础随其兴衰而涨落；其二作为地质科学的基础学

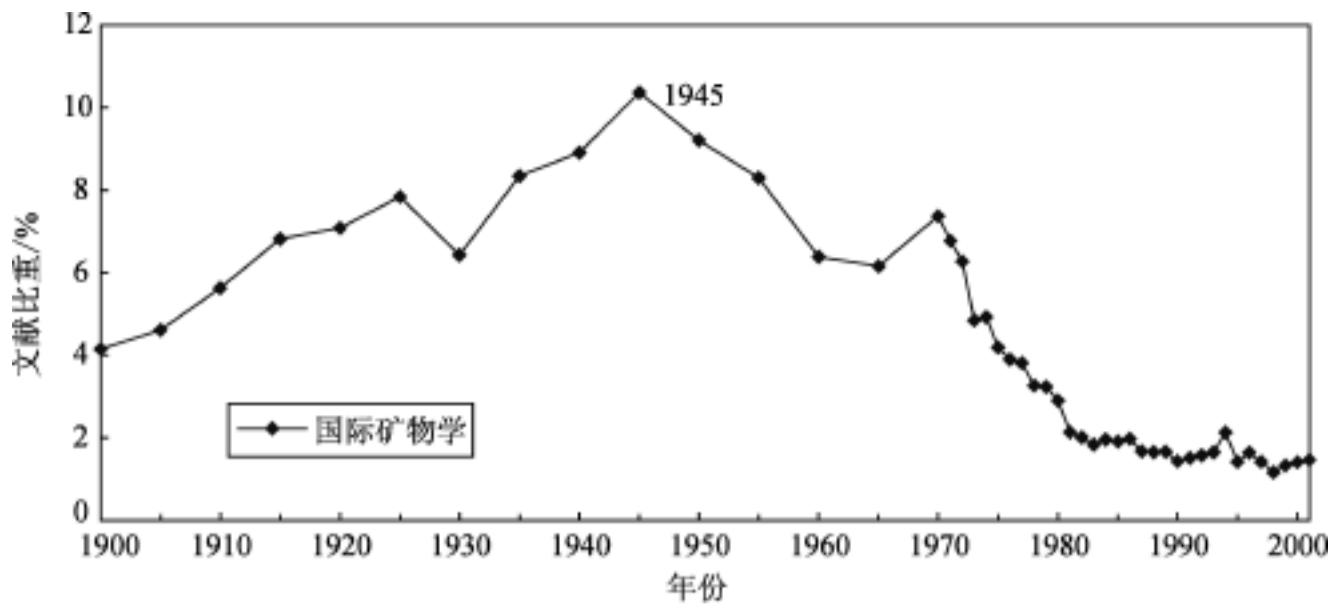


图8 国际矿物学研究的百年演变

科随其发展而演变。从论文统计学分析矿物学的振兴大致在 30 ~50 年代，这与传统地质学完整体系的建立时期是一致的。一方面随着第一、二次世界大战的爆发，战争对钢铁为代表的资源消耗极大，导致了矿业的迅速发展，矿物学与矿床学一样得到刺激和发展。“一战”结束和 30 年代经济大危机造成工业下滑、“二战”结束和电子工业的发展导致矿业的持续下滑，明显地影响了矿物学的发展；60 年代末至 70 年代初能源危机刺激石油勘查投入，出现新的矿业发展；但是，计算机和信息产业兴起，传统的矿业整体一蹶不振，矿物学持续低迷。另一方面，矿物学在地质科学体系中完成了以经典的光性矿物学、晶体矿物学和矿物物理学为代表的基础学科建设，和新矿物的集中发现，从而进入到更深层次的缓慢发展阶段，新矿物的发现也从批量规模到零星散点，矿物学率先表现出成熟学科的特征。

先进的矿物学已经成为地质科学中装备最为精良、定量程度最高、唯一能做到理论计算与实验测定相统一的学科。目前，根据社会需求和学科发展的需要，矿物学家们已经开辟了地幔矿物学和环境矿物学研究等矿物学新领域。

古生物学的辉煌和淡出

古生物学在经过 20 世纪 20 年代至 50 年代峰期发展后，形成以达尔文进化论与分支系统学、生物与地球的协同演化等为代表的经典理论，并从 60 年代开始一直下滑，虽然时有小的波动起伏，但是急剧下滑的趋势没改变（图 9）。这是传统地质学科的共同发展轨迹。

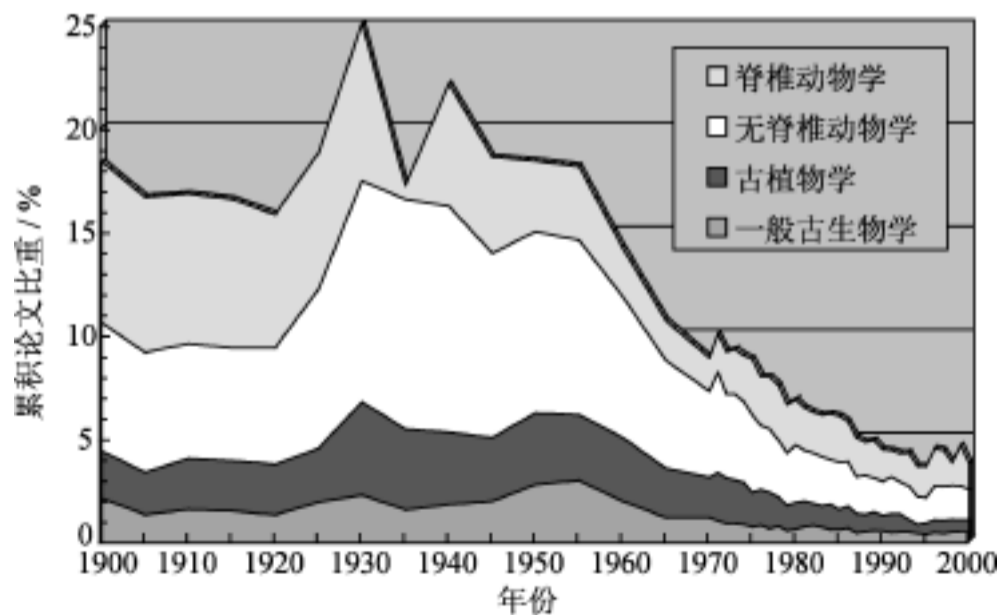


图9 国际古生物学学科结构的百年演变

传统地质科学体系完善于 20 年代至 50 年代，这个时期也是全球地层层序系统和生物年代柱状形成的时期，古生物学文献达到顶峰期。其后，虽然在古生物学界产生了生物大爆发、大灭绝、复苏、大辐射的宏演化模式与间断平衡论等现代理论，古生物学的地位还是急剧下滑，以至 1995 年，