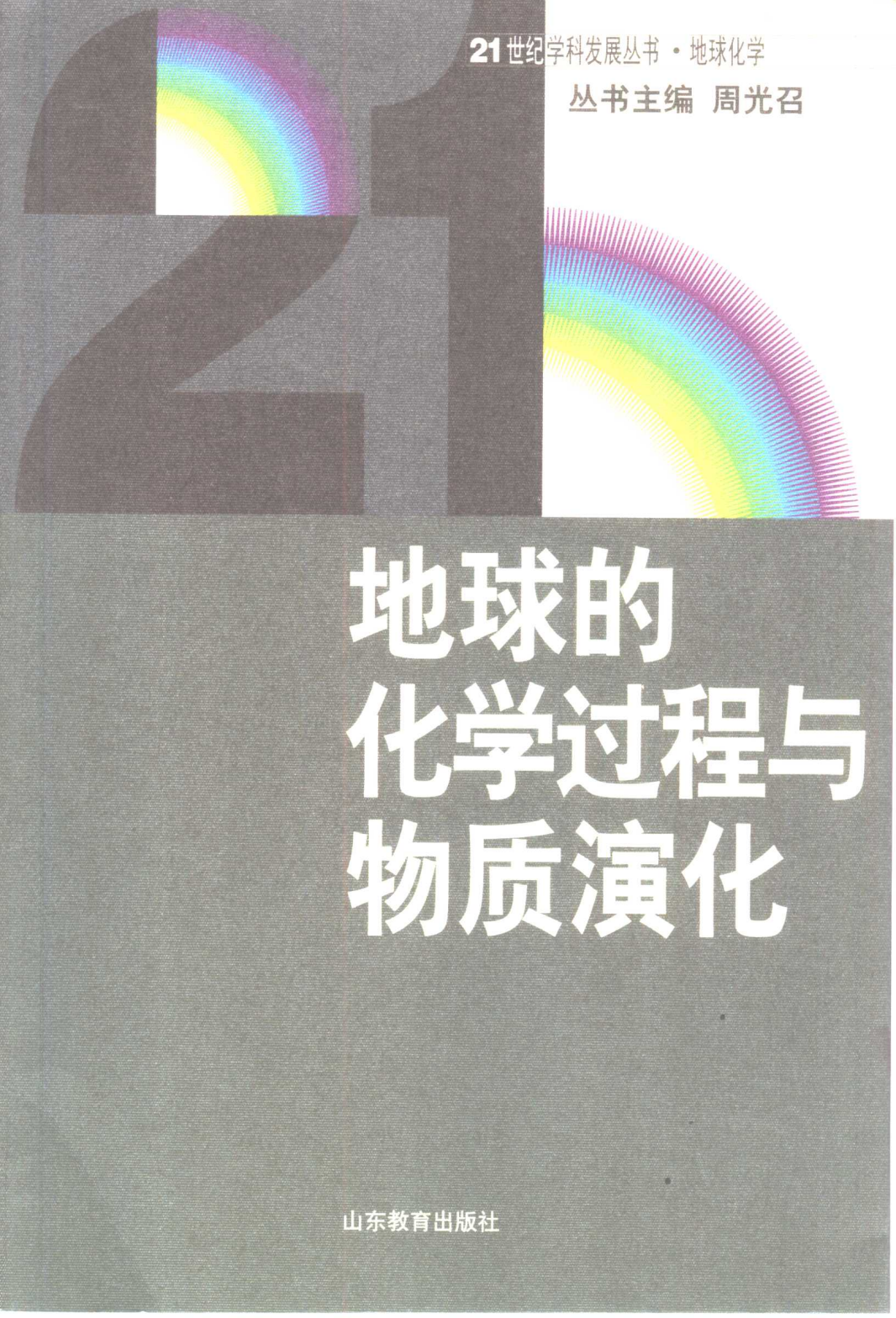


21世纪学科发展丛书·地球化学

丛书主编 周光召



地球的 化学过程与 物质演化

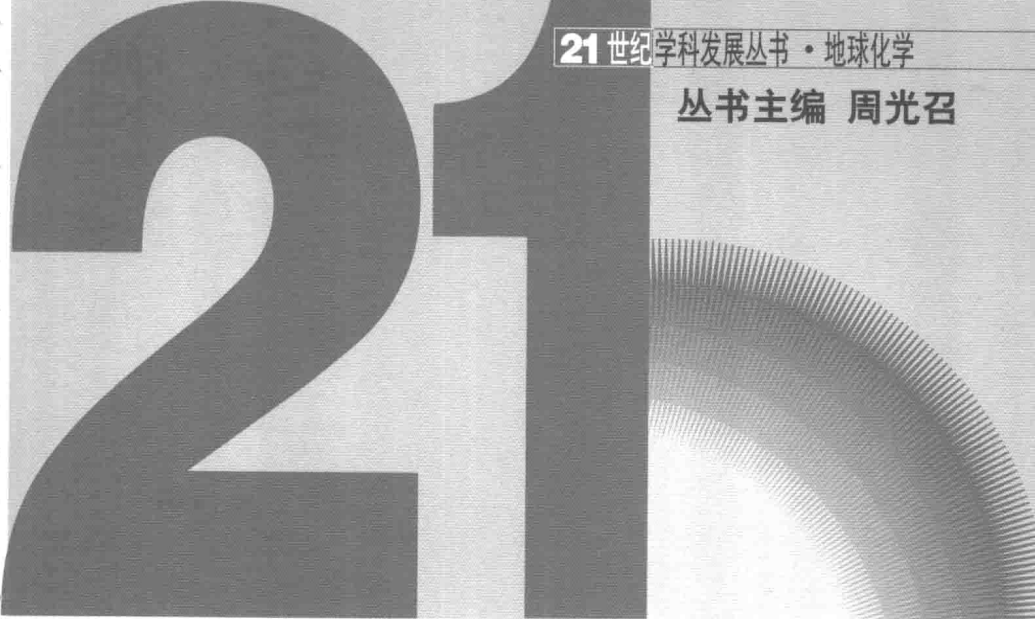
山东教育出版社

24 卷第 11 期 · 2013 年

第 40 卷第 11 期 · 2013 年

地球的 化学过程与 物质演化

2013 年 11 月



21 世纪学科发展丛书 · 地球化学

丛书主编 周光召

地球的 化学过程与 物质演化

欧阳自远 等 编著

山东教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地球的化学过程与物质演化/欧阳自远等编著. —
济南: 山东教育出版社, 2001
(21 世纪学科发展丛书/周光召主编)
ISBN 7-5328-3335-6

I. 地… II. 欧… III. 地球化学 IV. P59

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14313 号

21 世纪学科发展丛书·地球化学

丛书主编 周光召

地球的化学过程与物质演化

欧阳自远 等 编著

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号)

邮 编: 250001

电 话: (0531)2023919

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东省新华书店

印 刷 者: 山东人民印刷厂

版 次: 2001 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—3000

规 格: 850mm × 1168mm 32 开本

印 张: 8.5

插 页: 5

字 数: 183 千

I S B N 7-5328-3335-6/N·25

定 价: 16.70 元

(如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换)

前言

地球化学与地球物理学、大地测量学、地质学共同组成了固体地球科学的四大支柱学科。

国内已出版过多种版本的地球化学科研专著、教科书和科普著作。科研专著为繁荣地球化学的科学园地、促进学术交流发挥了重要作用；地球化学教科书不断地综合国内外地球化学研究的新成果，丰富和发展了中国的地球化学学科。但是，地球化学教科书多以地球化学各分支学科为框架，论述各分支学科的研究对象和内容，大多数教科书人为地分割地球化学学科的完整性、综合性与系统性，缺乏对各分支学科相互间的有机联系及其地球化学过程的时空演化关系的论述，忽视对地球化学具有日益重要的社会功能的论述；各种类型的科普著作则比较侧重科学知识的介绍，不太关注对地球化学科学精神、科学思想与科学方法的形成、发展和影响的论述，有些作品甚至是粗制滥造、故弄玄虚，缺乏严肃的科学性和真实性。地球化学的专著、教科书和科普著作，在社会上形成了三类孤立的读者群体，这种现象阻碍了地球化学的普及与发展。

地球是一个复杂的巨系统，大气圈、水圈、生物圈、岩石圈一直延伸到地幔、外地核与内地核，是其相互关联的分系统，它们之间在不断地进行着物质和能量的交换。因此，我们希望通过地球化学发展历程的百年回眸，从地球化学是研究地球的化学过程与物质循环这个总体思路出发来介绍地球化学学科的研究对象、研究内容和在科技发展中的地位、作用；传播地球化学的科学知识与科学思想、科学方法的形成、发展与应用；并力图使科学性、知识性、综合性、前瞻性与趣味性相结合。这不仅对广大的科普读者有所裨益，而且对从事地球化学研究的专家学者和大专院校的师生也有参考价值；为各种类型的读者群体提供一份共享的读物。

《地球的化学过程与物质演化》全书共十一章，可分为五部分。

第一部分，百年华诞（第一章）。简述地球化学所经历的百年思考、探索、综合、理论提高与实践应用的历程。地球化学从简单的“地质学 + 化学”，进展到“研究各种地质体中元素及其同位素的组成与时空变化”，发展为今天的“研究地球与天体的化学组成与化学演化”。随着社会生产力与社会文明的进步与发展，地球化学经历了萌芽、独立成型和稳定发展兴旺发达的阶段。地球化学已成为人类探索自然界的重要武器，是人类文明发展的硕果，是地球化学领域众多探索者与先行者的智慧和辛勤劳动的结晶。

第二部分，万物之源：元素与同位素（第二章）。认识自然界元素与同位素的起源、分布、运移与演化是地球化学的基础。元素与同位素具有漫长而复杂的起源过程和演化历史，并构成了多种多样、丰富多彩的物质世界。元素与同位素携带有极其丰富的用以认识地球、行星、

恒星、星系乃至宇宙的起源和演化的科学信息。

第三部分(第三章至第九章),论述地球圈层系统的物质组成及其相互作用,即各圈层的地球化学过程与物质循环。地球和其他行星是由太阳星云物质凝聚形成的不同化学成分的星子在离太阳不同距离的区域内聚集而形成的,因而导致了各行星化学成分的差异。由于星子成分差异,使之组成地球和各行星初始化学成分分布是不均一的,这种原始的不均一性将制约地球的长期演化过程。原始化学成分不均一的地球经过漫长的分异调整过程,逐渐演化形成了地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈和生物圈等层圈构造的地球。地球内部各层圈的物质对流与成分调整:地幔流体的活动与地幔柱,海底扩张、板块俯冲与火山活动,成矿物质的搬运与聚集,形成了地球内部层圈相互作用的图景;岩石圈与水圈的相互作用与物质交换:地球表面永不停息地进行着岩石的风化、搬运、沉积与成矿的地球化学过程,形成了海陆变迁,沧海桑田,不断改变着地球的面貌;水圈与大气圈的相互作用与物质交换:海气交融与元素循环,海洋生物的气体交换功能,海气相互作用与气候变化等,这才能有现今的大千世界。在这些地球化学过程中元素及其同位素组成记录了地球历史中气候变迁的历程;陆地生态系统与大气物质交换以及人类活动的干扰,多系统的交汇与相互作用的地球化学过程,导致全球气候异常、气温增暖与海平面上升、臭氧层空洞扩大、酸雨频发和生物多样性锐减等威胁人类生存发展的生态环境退化危机;生命元素碳、氮、磷、硫的全球性循环对气候、生态环境的影响;人与环境之间的能量与物质交换,环境中元素的富集与亏损、组合与分散等地球化学过程对人体健康产生的严重影响。研究上述作用的地球化学过程与物

质循环,为认识地球系统的形成与演化、资源与能源的开发利用、生态的改善与治理、灾害的预防与减缓、提高人类的生活质量与健康水平,提供了科学依据。

第四部分,天体化学:地球化学的延伸(第十章)。天体化学——研究各层次天体(主要是太阳系)的化学组成与化学演化的科学,是地球化学的分支学科。天体化学主要研究太阳系起源的化学过程、太阳系的物质来源与平均化学成分、陨石中的有机质与地球上生命的起源、行星的内部结构与化学组成的特征、以及地外物体撞击地球诱发全球性气候环境灾变与生物灭绝事件等。天体化学延伸了地球化学研究的时空尺度,推动了地球化学的新发展。

第五部分,地球化学的未来(第十一章)。侧重论述当代地球化学学科既肩负着解决当代地球科学面临的基本问题——天体、地球、生命、人类和元素的起源与演化的重大使命,又有责任为人类社会的发展提供充足的能源、矿产资源和良好的生存环境。地球化学的新承诺,要求地球化学在自身理论与研究方法不断改进、完善、拓宽、深化与提升的同时,向社会化功能转变,这也是未来地球化学的走向。

本书还附有地质年代表、矿物分类表及三大岩类(岩浆岩、沉积岩与变质岩)分类表,以利读者查阅。

《地球的化学过程与物质演化》各章节的作者分别是:前言,欧阳自远;第一章,倪集众;第二章至第十章,王世杰,刘秀明,欧阳自远;第十一章,邹永廖,欧阳自远。全书由王世杰和欧阳自远统一审校,倪集众对全书的文字进行了编辑加工。

在撰写本书的过程中,由于作者学术水平和写作能力的限制,实现本书写作目标与构思的难度较大,因此,

我们在锲而不舍地努力的同时，希望得到广大读者的批评指正。

欧阳自远

2000,12,24

《21 世纪学科发展丛书》编辑委员会、 出版委员会名单

一、丛书主编、副主编

主 编:周光召

常务副主编:张玉台

副 主 编:徐善衍 常志海 张 泽 宋南平
宫本欣 马 阳

二、丛书编辑委员会

主 任:庄逢甘

副主任:闵桂荣 杨 乐 张 泽 宫本欣 马 阳

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 孙永大 刘 珩 朱道本 仲增墉
陈学振 张 鲁 汪稼明 李慧政 金明善
周 济 胡序威 赵 逊 相重扬 徐世典
谢荣岱 薛全福

各分册编审委员会主任(名单略)

三、丛书出版委员会

主 任:宫本欣

副主任:陈学振 张 鲁 李慧政

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 王昭顺 尹 铭 史 彬 刘传喜
张力军 宋德万 隋千存 董 正 韩 春
鲁颖淮

序

周光召

人类已跨进了新的千年,21世纪的曙光将给全球带来灿烂辉煌的新篇章。回顾过去的20世纪,科学技术的创新与进步引发了人类经济、社会的巨大变革,由此又带来了全球翻天覆地的变化。马克思曾在《资本论》中指出:“生产力的发展,归根结底总是来源于发挥着作用的劳动的社会性质,来源于社会内部的分工,来源于智力劳动特别是自然科学的发展”,人类社会实践有力地证实了这一精辟论断。

随着科学技术在近现代的蓬勃发展,新思维、新理念、新发现推动着新兴学科、交叉学科不断涌现。许多传统学科一方面派生出新的分支学科,另一方面又在与其他学科的融合中形成新的综合性学科。展望21世纪,信息科学技术、生物科学技术、纳米科学技术将成为发展迅速,带动社会经济科技快速进步的前沿学科。环境、能源、材料、航天、海洋等科学技术将继续发展,解决人类面临的持续发展课题。社会进步和经济发展的需求为人类今后如何驾驭科学技术的骏骑,如何继续攀登科技巅峰提出了新的课题。

一个国家的科技水平不仅体现在少数科学家的科技成就中,更要体现在广大群众对科学技术的理解、掌握和应用之中。“科技先行,以人为本”有赖于公众科技文化素质整体水平的提高。因此,弘扬科学精神、传播科学知识和科学方法

就成为科技工作者又一不可推卸的、任重而道远的职责。中国科学技术协会作为党领导下的科技群团组织，肩负着促进学科发展、推动科技进步和普及科学知识、提高全民科技文化素质的重要责任。编写《21世纪学科发展丛书》是使这种重要责任有机融合的一次新尝试。科学普及的对象可分为若干社会群体，其中青少年群体的科普教育尤为重要，因为他们是21世纪的后备人才，是攀登科技高峰的生力军。让广大青少年了解自然科学和技术科学的发展历程、卓越成就，对人类文化、社会、经济发展的巨大贡献，培养他们对科学技术的兴趣、爱好，以及为科技事业献身的精神，是老一辈科技工作者义不容辞的责任，也是我们编撰此套丛书的初衷所在。因此，专家学者们对编著此套丛书表现了极大的热情与关注。68个全国性学会参与了丛书的组织编写，很多院士、知名科学家在百忙中亲自挥笔，运用通俗的语言、生动的描绘、深入浅出的方式，将科学的奥秘揭示给读者。全套丛书介绍了60多个不同学科的起源、发展历程、著名科学家、重大科技成就，以及未来学科发展的态势，为广大读者特别是高中以上文化程度的各阶层读者提供了一套科学性、知识性、前瞻性、趣味性和可读性相统一的科普读物。希望通过浏览这套丛书，不仅能够帮助广大青少年读者拓宽知识领域，而且对于他们选择未来发展方向起到引导和参考作用。同时，此套丛书通俗易懂，也适合其他不同社会群体的干部与公众阅读。丛书将由山东省出版总社于2001年分两批出版发行。

跨入21世纪的中华民族将面临重新崛起的机遇和挑战，衷心地祝愿充满希望的一代丰获知识的硕果，为我国的繁荣富强贡献出才智和力量，作出无愧于伟大中华的重大业绩！

2001年1月16日

目 录

WUHAN UNIVERSITY LIBRARY

第一章 百年华诞	1
第一节 什么是地球化学	2
第二节 发展简史	4
第三节 中国的地球化学	35
第二章 万物之源:元素与同位素	47
第一节 元素的地球化学周期表	49
第二节 构筑地球大厦的栋梁——主量元素	52
第三节 神通广大的微量元素	55
第四节 会自报“年龄”的放射性元素	57
第五节 自然的档案:稳定同位素	59
第六节 元素的诞生	62
第三章 地球的圈层及组成	67
第一节 地球的诞生	68
第二节 鸡蛋状结构的地球	72
第三节 铁的心	76
第四节 林格伍德如是说	77
第五节 克拉克值	79
第六节 水圈的物质组成	82

第七节 地球“气囊”的成分·····	86
第八节 元素的全球旅游·····	89
第四章 物“声”鼎沸的地球内部·····	93
第一节 核幔物质——会“流动”的固体·····	94
第二节 地幔的物质对流·····	96
第三节 板块的俯冲与火山的喷发·····	99
第四节 地壳的生长点——洋中脊·····	103
第五节 地幔流体的蘑菇云——地幔柱·····	104
第六节 地球内部的聚宝盆·····	107
第五章 水与岩石的相互作用·····	111
第一节 岩石的风化·····	113
第二节 风化产物的运送·····	120
第三节 风化产物的归宿——沉积作用·····	124
第四节 海底热泉·····	129
第五节 岩石圈——水圈物质交换的同位素档案 ·····	132
第六章 水与气的交换作用·····	137
第一节 海气交融·····	139
第二节 气溶胶与元素循环·····	140
第三节 海洋碳酸盐的溶解与沉淀·····	142
第四节 气体交换机——海洋生物·····	144
第五节 海洋与气候变化·····	146
第六节 稳定同位素记录·····	148
第七章 地与气的物质交换·····	155
第一节 陆地的呼吸与排气·····	157
第二节 人类活动的干扰·····	163
第三节 SO_2 的制冷效应·····	170
第四节 气体的来龙去脉·····	172
第五节 陆地生态系统的气候响应·····	176

第八章 生物地球化学循环	179
第一节 模式的作用	181
第二节 碳循环	184
第三节 氮循环	189
第四节 磷循环	193
第五节 硫循环	195
第九章 环境元素与健康	199
第一节 人与环境	201
第二节 环境元素	203
第三节 环境微量元素是如何致病的	205
第四节 地球化学食物链	209
第五节 人类健康的隐患——地方病	210
第六节 防患于未然	216
第十章 天体化学——地球化学的延伸	219
第一节 太阳系的成分	221
第二节 宇宙使者的启示	223
第三节 行星化学的比较	230
第四节 地外物质撞击地球	234
第十一章 地球化学的未来	241
第一节 新的承诺	242
第二节 新的转变	244
第三节 新的起点	253
附表一 地质年代表	259
附表二 岩浆岩分类表	260
附表三 沉积岩分类表	261
附表四 变质岩分类表	262
附表五 矿物分类表	263

第 1 章

21 世纪学科发展丛书

百年华诞

与世纪同步，地球化学这一学科也走过了 100 多年的发展历程。作为固体地球科学的一门支柱学科，地球化学学科对整个自然科学和人类的生存发展有着极其重要的意义。与其它自然科学学科一样，它之所以能自立于自然科学学科之林，之所以在人类社会发展中有自己的立足点，就是因为它能促进科学的发展和人类社会文明的繁荣。

第一节 什么是地球化学

我们先来看一看地球化学是一门什么样的学科？它的研究内容、对象是什么？研究它有什么意义？

简单地说，地球化学就是“地球的化学”。这样简单自有使人“一目了然”的好处，但是宇宙是一个物质的统一体，地球在宇宙中不是孤立的，组成它的元素当然也不是只出现在地球上，因此把地球化学直观地解释为“地球的化学”也有其偏颇的一面。那么地球化学到底应怎样定义呢？地球化学是地球科学