

地球化学 发展的方向



DIQIUHUAXUEFAZHANDEFANGXIANG

贵州人民出版社

地球化学发展的方向

美国全国研究理事会地学部

全国地球化学委员会

《地球化学发展的方向》编写组

徐仲伦 译

肖学军 校

(中国科学院地球化学研究所)

贵州人民出版社

Orientations in Geochemistry
the American Academy of Sciences
Washington, 1973

地球化学发展的方向
美国全国研究理事会地学部
全国地球化学委员会
《地球化学发展的方向》编写组
徐仲伦 译
肖学军 校

贵州人民出版社出版
(贵阳市延安中路5号)

省出版局印刷服务公司印刷 贵州省新华书店发行
787×1092毫米 32开本 5印张 90千字
印数1—2000

1983年4月第1版 1983年4月第1次印刷

书号: 13115·37 定价: 0.54元

前 言

《地球化学发展的方向》评述了地球化学的现状，并对未来5—10年间该学科将要或应该发展的方向进行了评价。本书着重评价了那些最有远景的领域，并强调了所需要做的工作以增进人们对那些领域的认识。地球化学和其它学科的密切关系，地球化学对于其它学科的依赖性，以及地球化学作为一门综合性的学科在其它学科之间所起的作用，是贯穿全书的主题，并从标题上给予了强调。

这个报告是为地球化学家，为所有其它从事应用研究的科学工作者和理科学生以及科学计划管理人员而写的。这个报告对某些团体的科学顾问也很有用处，尽管这些人的兴趣可能不在科学方面，但他们的决策却必须部分地依赖于地球化学在解决他们面临的问题方面所能作出的贡献。

本报告是全国研究理事会美国地球化学全国委员会应全国科学基金会的要求而着手撰写的。本报告打算调查和讨论当前关心的主要领域，重点放在最重要的研究领域以及为了推动这些领域的发展所需要进行的各项工作上。人们还要求对地球化学在解决迫切关心的问题，特别是与环境 and 天然资源供给有关的问题方面，目前的和可能的应用范围加以讨论。

为了适应这些要求，我们首先把地球化学这一领域分为四个主要的课题——宇宙地球化学，主要包括太阳系的地球化学；固体地球的地球化学，或一般与地球深部作用有关的地球化学；通过地表环境进行循环的（外生）物质的地球化学和有机地球化学。这些分支学科决不是相互孤立的，而是作为讨论的最切实可行的基础。

这样，我们的报告最后就成了下面这个样子：最初是提要，对该报告的主要结论作了归纳，并可作为那些希望详细研究有关章节的读者的指南。然后是绪论，企图解决地球化学的定义这个繁难而持有争议的问题，并为了解今天所认识的地球化学的范畴及其与其它许多学科的复杂关系提供一些必要的历史背景资料。下面才是本报告的实质性章节，包括《宇宙地球化学》、《固体地球的地球化学》、《外生地球化学》和《有机地球化学》。继之是两个较短的章节——《地球化学和环境问题》和《地球化学和天然资源》。报告最后是两个简短的论述技术的章节——《实验技术和设备》及《数据和样品的保存利用》。

地球化学的范围涉及非常广泛，因此由这样一小部分人撰写的这样一个简短的报告，必然会对许多研究或应用领域的重要性有所忽视或贬低。尽管如此，本报告的作者们感到，这个报告在用现代术语描述地球化学领域方面应该是第一次有益的尝试，他们还觉得有责任推荐诸如矿物学、岩石学和结晶学这样一些论题，为此可能值得再写一些报告。

按我们给它所下的定义，地球化学已在大学、许多政府

机构、研究所、有关燃料和其它物质资源的工业部门中找到了市场并为私人顾问所实施。地球化学得到了来自政府和私人的多种财源的支持。有些科学家，虽然原来不是地球化学家，甚至可能不在地学部门工作，但他们却承担了许多地球化学研究工作。

提 要

地球化学分以下四个主要章节进行了讨论:《宇宙地球化学》,《固体地球的地球化学》,《外生或低温水的地球化学》

(实质上是地表作用和循环)和《有机地球化学》。此外,还有以下几个简短的章节:《地球化学和环境问题》,《地球化学和天然资源》,《实验技术和设备》以及《数据和样品的保存利用》。书中对各分支学科目前正在进行的主要工作进行了评价,并对将来应该作的各项工作提出了建议,不过对这些建议的某些主要方面只作了简要的叙述。

地球化学的各个方面都正在进入一个对天然过程进行广泛数字模拟的阶段,对各种体系的模型模拟也明显扩大,同时相伴而来的是对大批定量分析数据的需要。这种需要反过来又必然扩大现有各种分析设备的应用及新型设备和技术的发展。进一步的要求将是发展数据库和更好的数据检索系统,以及协同努力为实验室之间进行对比提供天然物质的标准样品。

由于人们愈来愈强调通过它们的循环来追踪元素和核类,从而把地球化学置于利用其它诸学科研究成果这样一门科学的地位,即广泛利用目前各个研究领域,如海洋化学和生物学、大气学、土壤科学、水文学及矿床学的资料。地球

化学本身又为这些相关学科提供了资料，例如对加入到海洋中的营养物质及其控制因素所进行的地球化学研究。

陆地地球化学的一个主要课题就是要着重研究地球上各种环境中物质的详细运移过程。要解决当前面临的许多问题，特别是环境污染问题以及新的矿产资源的开发，都需要了解各种元素的来源、运移途径和吸收体。

我们的调查表明，目前对于许多元素的来源和吸收体的了解，还是很零星的，要得到目前缺少的资料，还应花大力气。只有通过为数亿年来一直在运动的天然地球体系进行详细的调查研究，才有可能对人类施加给外生循环的影响作出正确的预测。在讨论环境的一章中，着重指出了这一点。对于预测矿床的储量所作的任何努力同样也是这样。有关地壳是由一系列相对运动的板块所组成的假说，已使人们对金属矿床的成因产生了新的想法，这种假说可能成为发现重要矿产资源的指南。

在实验室模拟地球深部的各种条件方面，目前已取得了巨大的进展。今后继续努力的目标，就是发展实验技术，以便能模拟地球直至地核本身的条件。这就需要继续发展化学的基础理论，以解释所获得的实验结果。近年来，由于实验设备的发展，有可能研究高温高压下挥发性物质的行为，从而使金属矿床的实验工作与其在勘探方面的应用两者之间的鸿沟逐渐消失，而且为弄清地球深部的作用提供了一般的线索。

宇宙地球化学的一个重要任务，就是详细分析近来从宇宙中所得到的物质。它在解释迅速累积的资料方面完全跟得

上形势。现在我们知道，地球、月球和陨石都是在大约1亿年的时间范围内形成的（约47亿年前），而且太阳系中所有星体的原始组成都不相同。将来的工作就是要致力于分析，并与天文学合作，下大功夫解决太阳系起源的细节问题。

有机地球化学也必须继续使用给该领域带来革命性变化的新型分析手段。一个主要的目标，就是了解地球有机物质随着地质年龄的增加所发生的变化，从而尽可能多地了解整个时期，特别是生命起源的决定性阶段的生命记录。另一个目标，就是扩大宇宙有机物质的研究。近来的发现揭示，在陨石中存在有非生物来源的有机化合物。

地球和行星科学看来已经达到了这样一个阶段，即已具有能够详细了解地球这个动力化学体系的能力。在我们进行地球化学调查的过程中，使我们感到吃惊的是对我们所居住的这颗行星所知道的东西是那样地少，各种基本资料是那样明显地缺乏。在大多数章节中都反映了这种无知的现状，几乎每一段都在为这些可以获得但是却没有获得的资料疾呼呐喊。从积极的方面来说，涉及整个太阳系的物质和能量的平衡并不是我们不能掌握的。在未来的十年内，在解释太阳系的历史、生命起源和地球的代谢作用方面可能会取得巨大的进展。

为发掘与本报告论及范围之外的地球化学有关的资料所做的几点建议

由于受时间和经济所限，本应加以调查研究的有关地

球化学的好几个方面，在此报告中却未能得到适当的阐述。

其中最重要的有以下几点：

1. 根据人-年和投资的美元或美元等值货币，估算一下目前国内和国际上在地球化学方面所作努力的大小。我们无法精确估价美国在这方面下了多大的本钱，也不可能把它与其它国家所作的努力进行对比。尤其是俄国，其每年的人-年也许要比美国多得多，但是这种估计仅是从定性上根据该领域出版物的相对数量作出的。据美国资金来源的不完全调查显示，最少也花了三千万美元，估计整个大约花了五千万美元。

2. 环境地球化学和应用于天然资源的地球化学。这两个课题我们仅作了一般的论述。我们建议应该为环境地球化学撰写一篇更为详细的报告。环境地球化学的一个方面——“地球化学环境与健康 and 疾病的关系”则可作为新近撰写一篇有分量的报告的题目。对于天然资源的地球化学问题也有许多人在研究。有关地球化学在用于天然资源方面所起的特殊作用这样一篇综合报告的材料业已齐备。

3. 发展现代仪器设备的重要性。本报告对这一点给予了强调，但只作了最一般的论述。对于现有各种类型的分析技术，它们的优点、局限性、造价以及它们目前和未来的前途都有必要作详细的了解。

4. 有关收集、分析和存贮地球化学物质标准样品的问题，以及汇集全世界科学界所有未发表的自然物质的化学分析结果的问题。解决提要中所列出的若干问题所需要的资料

现在可能是存在的，但由于没有努力去发掘，因而不能为人们所利用。

5. 资料存贮、检索和使用的问题。这个问题也许是最恼人的。特别是在地球化学方面，由于它要吸取(或应当吸取)其它许多领域的数据和概念，因而对于任何一个科学家来说，即使他能找到与他们所研究的问题有关的所有资料，也不可能消化它，使用它。作者认为这一问题的解决是取得进展的关键。他们感到有必要进行专门的研究。

6. 矿物学、岩石学和结晶学的地球化学问题。本报告对这几个方面的论述实在有限，而要把这些领域与地球化学分开是很困难的，可是究竟如何处理，目前还没有一致的意见。对这些领域，包括它们在地球化学中的作用，写一篇专题报告可能是有益的。

目 录

前言.....	(1)
提要.....	(4)
绪论.....	(1)
宇宙地球化学.....	(12)
固体地球的地球化学.....	(37)
外生或低温水的地球化学.....	(63)
有机地球化学.....	(99)
地球化学和环境问题.....	(117)
地球化学和天然资源.....	(134)
实验技术和设备.....	(143)
数据和样品的保存利用.....	(146)

绪 论

地球化学一直在迅速发展，在开拓新的领域，在冲决传统学科的罗网，在向新的学科渗透，这种渗透有时是依附性的，有时又是相互性的。今天，地球化学研究的题材涉及到非常广泛的学科范围，使用的分析数据几乎遍及宇宙化学的每个领域。地球化学家自己取得了大量的资料，但他们还利用化学家、生物学家、物理学家、天文学家、医学家、大气学家、环境工程师和许多其它科学家所获得的成果。我们认为最确切的定义就是：地球化学是关于地球和太阳系的化学组成和化学演化的一门科学，它包括与其有关的所有学科的化学方面。

由于地球化学与其它学科的相互杂交，因而要把地球化学作为一门截然不同的学科划分出来是愈来愈困难了，这种杂交已经扩大了现今划分给地球化学的活动范围。

地球化学包括：形成太阳系的宇宙尘埃的化学；不断吸积的地球、月球和行星的化学；地壳、地幔和地核的化学；岩石旋回，包括侵蚀、搬运、沉积和隆起的化学；海洋和大气圈的化学演化，以及岩石中有机物质的化学。因此，所有与地球和行星演化有关的化学都属于地球化学。对于一篇描述矿物的形态学、结晶构造和化学组成的论文究竟应该在多

大程度上把它划为矿物学还是地球化学，这个问题充分地显示了区分地球化学与其它领域所出现的困难。三十年前，这样一篇论文可能会完全归于矿物学。而今天，它则有可能部分地归于或甚至完全归于地球化学，特别是当文章有些方面是论述矿物的热力学性质及其与别的矿物的相关关系，或论述矿物形成的化学环境时，更是如此。在某种程度上，地球化学通过吸取部分其它学科而不断发展，同时，其它学科亦有向地球化学方面扩展渗透的趋势。当经典的地球科学学科之间的界限逐渐消失而变得不明显时，则可把更多的传统领域称为地球化学。

与地球化学最相似的也许是有机演化，要阐明有机体随时间所发生的变化，则取决于遗传学、分子生物学、生物化学、生态学、农学和其它本身基本上与时间存在着依赖关系的领域。

为了把地球化学带入其现代的范畴，最好的办法可能是对其历史作一扼要的回顾。

地球化学的发展史

地球化学的起源可以追溯到遥远的过去，但在大约1900年前，化学与自然科学的关系是很密切的，而且各种专业的科学家在研究岩石、矿物以及天然水的化学成分和演化方面作了大量的地球化学工作。索比 (Sorby) 在1860年左右对矿物中气液包裹体的化学所作的研究，以及范特霍夫 (Van't Hoff) 在大约1900年对德国施塔费特 (Stassfurt) 盐矿床

的相关系所进行的研究，则是最典型的例子。索比曾被称为地质学家和显微镜专家，而范特霍夫曾在不同时期当过物理学、化学、矿物学和地质学教授。

在此后的四十多年间，化学和地质学发生了明显的分野：地质学家转向区域填图和根据化石、岩层、变质作用以及火成岩体侵入的相互关系来解释地球的演化历史，而化学家则放弃了矿物而去研究较易控制的纯化合物。地球化学并没有完全被人们所忽视，科学家们继续做了大量的研究工作，如美国的F.W.克拉克，德国的V.M.戈尔德施密特*，苏联的V.I.维尔纳茨基。发射光谱是他们的主要手段之一。在美国的联邦机构，如美国地质调查所的实验室，在一些私人的研究机构，如华盛顿卡内基 (Carnegie) 研究院地球物理实验室，都开展了一些实验室研究工作，在各个大学也开展了一些小规模的研究。当时采矿工业和燃料工业都非常活跃。在地质科学方面的主要成果则是根据岩石的野外关系以及矿物的特征、共生关系与沉积顺序来阐明地球演化的历史。

三十年代，人们在广泛应用X射线衍射研究来阐明矿物的结构方面取得了重大进展，从而可以测定细粒岩石中所存在的矿物相，而这是过去用普通偏光显微镜所无法办到的。首次获得了关于页岩质岩石矿物组成的资料，而在此之前，它一直被人们简单地称为“粘土”。那时，质谱计也已发展到了通过测量同位素的丰度来测定岩石的绝对年龄的阶段。

* 挪威籍瑞士人，1929—1935年在德国工作——校者注

段，不过这种性质的工作还做得很少。也存在研究稳定同位素的可能性。

不管原因如何，直到四十年代末和五十年代初期，人们才开始认识到X射线法和同位素测定，以及其它早已发展的仪器和技术的真正潜力。也许唯一的原因是发明与广泛应用之间20年的脱节，但地球化学的复兴，部分可能是由于在四十年代末和五十年代初期开始实行大学研究联邦基金的结果。第二次世界大战后，在地质学家中也有过震动，他们开始认识到在填图方面下的功夫过大，已经失去了平衡，并且认识到由于采用新的实验设备和技术可能产生新的概念。无论如何，在美国也是1950年以后才把一名专业科学家称为地球化学家的，并且直到1955年才成立了地球化学学会。

在四十年代末、五十年代和六十年代，地球化学实验室在全美各大学中逐步建立起来。开始，重点是放在硅酸盐平衡的高温高压研究上，此后是华盛顿卡内基研究院地球物理实验室进行的长期应用性实验研究，不过放射性年龄测定和稳定同位素比值的测量也在迅速发展。四十年代晚期和五十年代早期，美国联邦开发铀矿床的重大努力要求把理论上成熟的地球化学用来解释铀矿床的成因，以指导勘探和采矿。这项计划取得了显著的成功，从而把地球化学向前大大地推进了一步。

六十年代，由于联邦对空间探索和海洋开发的大力支持，地球化学得到了加倍的发展。测定岩石绝对年龄的方法迅速增多，首次能够可靠地根据各种地质事件发生的距今实

际年限而建立起地球历史的详细年表。稳定同位素研究也大显身手，例如人们发现了在海洋的整个演化时期硫同位素比值的重大变化；应用同位素比值来测定古海的温度和探索地下水的来源。月球样品的矿物学和化学研究也主要是由从事地学的科学家进行的，因此月岩研究越来越被近似地看作是地球化学。

一旦着手研究地质学方面的化学问题，并培养出在基础科学方面受过充分训练的学生，地质学与化学分家达半个世纪的状况就会宣告结束。地质学和化学的重新结合收到了显著的效果。在这两门学科发生分离期间，化学方面发展的理论很快就被用来研究地质作用。20—30年前，化学方面发展的电解溶液理论已被人们所应用，特别是在海水化学的研究方面。矿物的热力学资料在1950年还很缺乏，而现在却已获得了许多重要矿物的热力学资料，并为阐明实验的、观察到的矿物相关系提供了具有预见性的依据。地学科学家发现，化学方面发展的分析技术解决了他们所面临的许多问题，因为要确定地球和行星的岩石、水和大气层的组成特征，需要对无数的样品进行快速而精确的分析。在某些领域内，地球化学家采用并扩大了这样一些分析技术的应用范围，成为发展精密分析仪器的带头人。近年来，在某些研究海洋化学的工程中，情况尤为如此，因为在此需要覆盖面积占全球70%、深4千米的水体的横向和纵向的详细化学资料。在电解溶液研究的某些方面，诸如在研究以天然卤水为代表的复杂浓溶液以及测定高温高压下水溶液中离子的相互