

# 小学科彰显巨大生命力,环境矿物学发展前景广阔

## ——写在《岩石矿物学杂志》出版我国环境矿物学专辑十周年之际

鲁安怀

(北京大学 地球与空间科学学院,北京 100871)

《岩石矿物学杂志》分别于 1999 年、2001 年、2003 年、2005 年、2007 年和 2009 年,陆续出版了 6 期环境矿物学专辑,共收录环境矿物学论文 176 篇。对于石墨、零价铁、黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、针铁矿、褐铁矿、锰钾矿、刚玉、金红石、石英、电气石、云母、蛭石、蛇纹石、蒙脱石、高岭石、累托石、海泡石、凹凸棒石、沸石、钾长石、铅长石、方解石、石膏、磷灰石、鸟粪石、黄钾铁矾和施氏矿等天然或改型改性矿物环境属性,开展了比较深入的环境矿物学研究。对于自然环境中大气降尘、黄土、土壤、湖底沉积物和包气带以及伴随人类活动产生的尾矿砂、废矿渣、煤矸石、粉煤灰和核废料等固体废弃物中产出的矿物质所承载的生态与环境效应,开展了比较系统的环境矿物学研究。对于芽胞杆菌、氧化亚铁硫杆菌、As 和 Cr 抗性菌株、矿山酸矿水中微生物功能群、微生物胞外聚合物以及有机酸等,分别与单质硒、黄铁矿、闪锌矿、褐铁矿、金红石、施氏矿等矿物以及玄武岩的交互作用,乃至人体病灶中矿物特征,开展了比较前瞻的环境矿物学研究。总体来看,我国环境矿物学研究主要集中在以下领域:矿物标识环境变化信息载体研究、矿物影响人类健康与生态环境研究、环境矿物材料开发应用研究、矿物与生物交互作用研究、固体废弃物处理与开发应用研究、核废料矿物学处置研究、绿色建筑材料开发研究、土壤改良中的矿物学问题研究等。

需要指出的是,在我国重点开展的有关无机界矿物天然自净化作用的研究,主要体现在矿物表面效应、孔道效应、结构效应、离子交换效应、结晶效应、溶解效应、水合效应、氧化还原效应、半导体光催化效应、纳米效应及矿物与生物协同作用效应等净化环境污染物的环境矿物材料基本性能研究方面。该研究发掘出与有机界生物方法相当的无机界矿物有效防治环境污染天然自净化功能,利用无机界天然矿物治理污染物的方法是建立在充分利用自然规律的基础之上,体现了天然自净化作用的特色,完善了由无机矿物和有机生物所共同构筑的自然界中存在的天然自净化作用系统和原理。研究所提出的继物理法和化学法尤其生物法之后的第四类环境污染防治方法——矿物法,发展了环境污染治理与环境质量修复的新理论与新技术。矿物法可为防治点源及区域性的无机和有机污染物提供理论指导与技术支持,对于净化严重污染的局部地球环境以及寻求人为干预下加快其净化过程具有重要的实际意义。

其间《矿物岩石地球化学通报》于 2006 年出版了 1 期环境矿物学专辑,同年《Acta Geologica Sinica》出版了 1 期英文版中日环境矿物学论文集,进一步扩大了我国环境矿物学研究的学术影响。值得一提的是,国际矿物学界重要刊物《American Mineralogist》和《Mineralogical Magazine》曾共同约定,于 2003 年底平行出版两期环境矿物学专辑这一“绿色”特刊(American Mineralogist, 2003, Vol. 88, No. 11~12; Mineralogical Magazine 2003, Vol. 67, No. 6),两个专辑采用了同一篇序言,一致认为“这是全世界矿物学家感到的最为激动人心的时刻”。国际上环境矿物学发展势头由此可见一斑。

这十年来,我国环境矿物学得到迅猛发展。在学术组织建设方面,于 1999 年 4 月在中国地质学会矿物学专业委员会设立环境矿物学分会,于 2004 年 3 月在中国矿物岩石地球化学学会成立环境矿物学专业委员会。在学术交流方面,于 2001 年 5 月在北京大学成功召开了首届全国环境矿物学学术研讨会,于 2004 年 8 月在昆明理工大学召开了第二届全国环境矿物学学术研讨会,还于 2005 年 4 月、2007 年 4 月和 2009 年 4 月,分别在武汉、北京和贵阳召开的中国矿物岩石地球化学学会学术年会上,主办环境矿物学分会场 3 次。

在学科建设方面,于2003年率先在北京大学批准设立地质学(材料及环境矿物学)博士学科点。在科学研究方面,仅环境矿物学学者申请各类国家自然科学基金项目数量在逐年攀升,当前获批准项目数量已占到矿物学学科中较大比例。特别在面上基金项目持续培育下,以环境矿物学领域研究为主的鲁安怀担任首席科学家的国家重大基础研究(973)项目“若干生命活动中矿化作用的环境响应机制研究”曾于2007年获得批准立项,彰显了“小学科”也能解决“大问题”的巨大生命力。当前我国环境矿物学科学研究与人才培养步入新的发展阶段。

显然,这一系列专辑的出版,不仅促进了我国环境矿物学的发展,而且也带动了刊物学术影响力的提升。2007年3月12日《岩石矿物学杂志》原主编沈其韩院士曾撰文:“1999年,鲁安怀教授与我刊杂志编辑部联合策划出版了首期环境矿物学专辑,抓住了新的学科生长点,引起了国内矿物学和环境科学领域乃至材料科学等相关学科学者的广泛重视,深受读者欢迎。之后,我刊继续与鲁安怀教授合作,每两年组稿一次,又先后连续出版了3期环境矿物学专辑,并且依托以鲁安怀教授为首的学者们常设了‘环境矿物学’专栏,及时反映了国内环境矿物学领域的最新成果,对我国环境矿物学研究产生了较大影响。由于刊载的内容新颖,理论和应用并重,吸引了很多跨学科专业学者的关注,促进了国内环境矿物学研究的开展,也在一定程度上提升了我刊的学术影响力。我刊近年来影响因子逐年上升,在同专业领域学术刊物中名列前茅,并于2003年底入选第二届中国百种杰出学术期刊”。2003年度《岩石矿物学杂志》影响因子首次突破1的大关,2007年度影响因子达到1.548,真正实现了新兴学科的长足发展与传统刊物的持续上升同步同行。

矿物学历来是地球科学的重要基础学科。现代矿物学具有两个基本属性,即资源属性和环境属性(鲁安怀,2000。矿物学研究从资源属性到环境属性的发展。高校地质学报,(2):245~251;Vaughan D J,Patrick R A D and Wogelius R A. 2002. Minerals, metals and molecules: ore and environmental mineralogy in the new millennium. Mineralogical Magazine, 66(5):653~676)。在矿物学研究的长期历史中,资源矿物学一直是传统地质学的重要基础学科,并在几个世纪以来为人们认识与利用矿物资源提供着科学依据。在当今强调矿物学环境属性研究阶段,尤其是在加强地球各圈层之间的交互作用研究中,环境矿物学担当着现代地球科学的重要基础性作用。特别地,在现代地球科学与环境科学及生命科学等交叉研究活动中,环境矿物学研究方向正在成为承载现代地球科学前沿交叉研究任务的崭新研究方向之一。

环境矿物学作为现代矿物学的重要分支学科,是研究天然矿物与地球表面各个圈层之间交互作用及其反映自然演变、防治生态破坏、净化环境污染及参与生物作用的科学。其主要内容包括研究矿物作为反映不同时间空间尺度上环境变化的信息载体,研究矿物影响人类健康与破坏生态环境的本质及其防治方法,研究开发矿物具有治理环境污染与修复环境质量的基本性能,研究晶胞与细胞层次上矿物与生物发生交互作用的微观机制。

环境矿物学是上世纪90年代初诞生的新兴学科,迈入新世纪以来更获得了快速发展,为现代矿物学发展带来新的机遇。环境矿物学研究范畴不似传统矿物学研究仅限于岩石圈,而是更多关注岩石圈受到生物圈、水圈和大气圈影响过程中所涉及到的矿物学基础科学问题,包括在地球各圈层交互作用过程中所形成的过去一直不被承认的新矿物研究。也正因为这一特点,矿物的概念有所拓展,已由传统的矿物限于地质作用产物的认识,拓展为可属于自然作用产物的认识。这种自然作用既包括地质作用,还包括地球表层多个圈层的交互作用,从而大大扩展了现代矿物学研究内容,同时也丰富了环境矿物学研究内容。如今地球表层岩石圈与生物圈、水圈和大气圈交互作用产物中,具有环境响应的无机矿物及其形成过程,正在成为环境矿物学研究的主要对象。有关地球表面多圈层交互作用过程中,无机矿物形成、发展与变化过程所禀赋的生态生理效应,将是现阶段环境矿物学主要研究内容和目标。

当前国内外环境矿物学理论研究热潮空前高涨,应用研究领域日益宽广,有关环境矿物学学术交流日益频繁,研究论文不断涌现,人才培养大力加强,甚至在有的大学还成立了环境矿物学研究所或研究中心,显示出生机勃勃的发展势头与欣欣向荣的发展前景。自2000年以来,国际上已有多个国家先后成立了环境矿物学专业学术组织,包括IMA(国际矿物学协会)下属的国际环境矿物学与地球化学工作组。继1998年在加拿大召开的17th IMA大会上首次设立环境矿物学主题讨论会之后,2002年在英国召开的18th IMA大会和

2006年在日本召开的19th IMA大会上,所设立的环境矿物学主题研讨会交流活动继续保持强劲势头。2010年在匈牙利召开的20th IMA大会上环境矿物学主题讨论内容将更加广泛。业已出版多部环境矿物学论文集,较为典型的是前面提到的2003年底在北美和欧洲同时约定出版过两辑环境矿物学论文集。目前国际上环境矿物学研究主要采取多学科研究方法,探讨岩石圈受到水圈、大气圈及生物圈影响的、植物和动物包括人类赖以生存并受人类活动干预的、尤其伴随对地球资源开发利用的地表与近地表环境系统特征,考察地表与近地表系统中关键环境要素如现代沉积物、土壤、大气气溶胶、部分确定微观与宏观生物包括人体中组成矿物特征,从原子、分子到地球规模尺度上去推测矿物在地球早期生命起源化学过程中的催化作用、去理解与预测纯天然的以及受人类活动影响的地表与近地表系统演化过程。主要研究内容包括:矿业和工业有毒有害污染物释放、迁移与分散过程及其矿物学防治方法研究,大气气溶胶矿物颗粒来源及理化性能研究,生物矿物形成及调控机制研究,微生物与矿物交互作用研究,矿物催化合成有机小分子产生地球早期生命途径研究,石质雕塑与矿物颜料绘画文物保护中矿物研究等。

如前所述,国内环境矿物学发展步伐与国际同步。目前我国环境矿物学主要研究内容体现在研究矿物如何精细记录环境、矿物如何准确反映环境、矿物如何有效治理环境以及矿物如何参与生物作用等方面,业已取得了丰硕的研究成果,极大地推动了我国矿物学发展,在国际矿物学界产生有一定影响,充分反映出这一新兴学科在我国的长足发展现状与巨大发展前景。

当前我国从事环境矿物学研究后继有人,队伍稳定,已涌现出一批具有多学科交叉研究背景的年轻学者。在大力发展我国现代矿物学,尤其在亟待缓解我国环境问题现状的今天,需要重视这股新生研究力量,加速造就一支年轻优秀的研究队伍。特别在与相关前沿学科交叉研究方面,鼓励开辟优先发展研究领域,选拔培养新一代学术带头人,以尽早建成具有国际影响的环境矿物学研究队伍。

需要强调的是,环境矿物学又是一个多学科交叉的学科领域,矿物学、环境科学、材料科学等传统学科早已深刻地渗透其中并成为环境矿物学发展的重要基础。近年来,环境矿物学与现代生命科学的紧密融合更从无机和有机地球系统层面上为环境矿物学发展提供了新的研究思路 and 手段,开辟了更为广阔的发展空间。

1、在矿物记录环境研究方面,要研究矿物作为反映不同时间、空间尺度上环境变化的信息载体,包括地球早期生命起源非生物途径生命物质合成的矿物催化作用研究,地质历史环境演变过程的矿物标识作用研究,地表系统生态环境质量与区域环境容量评价的矿物评价作用研究。

2、在矿物影响环境研究方面,要研究矿物影响人类健康与破坏生态环境的本质及其防治方法,包括自然条件下矿物缓慢转化与分解过程中释放有害物质影响生态系统研究,人为环境干预下矿物快速分解过程中释放有毒物质恶化环境质量研究,要重点开展与矿物分解作用密切相关的岩石风化(ARD)和矿石风化(AMD)所产生的酸性废水污染研究。

3、在矿物治理环境研究方面,要研究开发矿物在治理环境污染与修复环境质量上的重要功能,包括发掘无机界矿物自净化功能与原理,要开展多种金属矿物和非金属矿物防治环境污染的基本性能研究,环境矿物材料开发与应用研究,发展点源与面源中高浓度强污染水体矿物学治理方法研究,固体废弃物矿物学方法无害化处置与资源化利用研究,温室气体矿物学方法固定化研究。

4、在矿物参与生物作用研究方面,要研究晶胞与细胞层次上矿物与生物发生交互作用的精细过程与微观机制,包括开展微生物形成矿物作用、微生物分解矿物作用以及微生物协同矿物作用过程中的环境响应机制研究,重点开展单细胞微生物形成矿物去除重金属污染物机理研究,微生物群落分解矿物防治重金属和阴离子污染物机理研究,非光合作用微生物与半导体矿物协同作用强化污染物降解机制研究。

5、在人体矿物研究方面,要研究人体系统中矿化作用精细特征及其生理病理效应,包括人体上皮癌中砂粒体矿化作用特征研究,人体心血管系统中矿化作用研究,发展人体疑难病症诊疗的矿物学新手段。

总之,环境矿物学发展有望促进我国矿物学发展,为了提高对矿物学理论发展具有推动作用同时为生态环境应用服务具有带动作用的环境矿物学的深入研究,着眼于跟上与加快我国地球科学前沿交叉学科发展步伐,大有必要充分发挥与着力引导我国环境矿物学发展的良好势头,提高对环境矿物学能够起到提升当代地球系统科学研究水平基础作用的认识,加强现代矿物学与环境科学及生命科学的交叉渗透研究,建议十二

五期间尽力安排部署针对上述重点发展方向的具有鲜明的多学科交叉研究特色的优先发展领域。

本专辑即环境矿物学专辑的第六期,着重收录了国家重大基础研究(973)项目“若干生命活动中矿化作用的环境响应机制研究”(2007CB815600)部分研究成果,较为集中地报道了从诱导矿化作用的蛋白质提取与表征研究,到氧化亚铁硫杆菌、As 和 Cr(VI)抗性菌株、硫化物矿山酸矿水中微生物功能群等微生物形成、分解与协同矿物作用研究,再到水生生物珍珠和鱼类中碳酸盐化作用研究,直至人体病灶中砂粒体矿化作用研究等,充分体现了从“蛋白质/基因-细胞-群落和组织”以及“低等单细胞微生物-高等多细胞生命体”生命活动中的矿化作用这一生物科学与地球科学的前沿交叉性基础研究,揭示典型生命体微生物和水生动物乃至人体中复杂多样、各具不同却又属于常见的矿化作用的基本共性规律及其环境响应与生理病理效应。也部分报道了环境矿物学研究其他方面的研究成果。期待更多科研工作者参与环境矿物学研究工作,为促进我国环境矿物学的发展做出新的贡献。

www.yskw.ac.cn