

环境矿物材料在土壤、水体、 大气污染治理中的利用*

鲁安怀

(中国地质大学矿物岩石材料开发应用国家专业实验室, 北京 100083)

主题词 环境矿物材料 基本性能 污染治理 土壤 地表水 地下水 烟尘

提 要 本文在简要阐明了环境矿物材料对污染物的净化机理与净化功能的基础上, 明确了环境矿物材料的应用领域, 重点展望了在土壤重金属污染防治、地表水和地下水水质改善及燃煤固硫除尘等三类状态污染控制与环境保护领域中应用的前景。认为经济、简便、有效地用于污染治理与环境修复的无机界矿物学方法类似于有机界生物学方法, 均是自然界地球系统中天然自净化作用的反映。

1 引 言

防治污染、保护环境已日益成为世界各国的一项基本国策。从严格意义上讲, 对于任何污染物人们都能发明相应的有效治理方法, 关键问题是污染防治技术的成本, 这也是妥善解决环保与生产、环境与发展的矛盾之所在。尤其是广大发展中国家的企业规模较小, 生产水平较低, 更是渴望开发利用成本低廉的环保技术。对于一些区域性污染的治理与环境修复工程也不是一般性环境污染治理技术所能支撑的。当前, 国内外关于环境污染的治理方法总体可划分为物理处理法、化学处理法及生物处理法, 其中大多数处理技术普遍存在设备繁、成本高等不利因素, 难以在污染治理的实践中得到人们的自觉推广与应用。

类似于有机界生物处理方法, 利用无机界天然矿物治理污染物的方法^[1]是建立在充分利用自然规律的基础之上的, 体现了天然自净化作用的特色。更为有利的是, 要采用的部分天然矿物往往来源于矿山废弃物, 以废治废、污染控制与废弃物资源化并行, 具有“零排放”兼有“零废料”的环保意义。显然, 矿物处理方法具有处理设备简、成本低、效果好且不出现二次污染等优势^[2], 理应成为发展中国家为寻求成本低廉的环保技术、实现环保与生产的协调发展以及确保社会与经济的持续发展而要优先开展的重点研究方向之一。

本文将重点就天然环境矿物材料在土壤重金属污染防治、地表水和地下水水质改善及燃煤固硫除尘等三类状态的污染治理与环境修复领域中的应用研究作一展望, 旨在推动和加强环境矿物材料的深入研究与广泛应用。

* 国家自然科学基金(49672097)、国土资源部科技司(9505207)和科学技术部基础研究司攀登特别支持资助课题
第一作者简介 鲁安怀, 男, 生于1962年, 教授, 矿物学专业, 主要从事环境矿物学方向研究。
收稿日期 1999-03-23, 改回日期 1999-07-01

2 环境矿物材料的基本性能和应用领域

2.1 环境矿物材料的基本性能

环境矿物材料的诞生^[2],在很大程度上得益于天然矿物所具有的良好基本性能。环境矿物材料的基本性能是多种天然矿物对污染物净化机理与净化功能的体现,也是污染物的矿物处理方法的关键所在。天然矿物对污染物的净化功能主要体现在矿物表面吸附性作用与矿物吸附剂、矿物孔道过滤性作用与矿物过滤剂和分子筛、矿物层间离子交换作用与矿物交换剂、矿物热效脱硫除尘作用与矿物添加剂等方面。笔者近几年的研究结果还表明,某些天然金属矿物具有在水介质中的微溶性化学活性作用与矿物反应剂,也能在污染治理领域发挥独特的作用^[2,3]。

2.2 环境矿物材料的应用领域

概括地讲,环境矿物材料及其制品可具体在以下几方面得到较广泛的利用:(1) 区域性环境污染治理,包括地表劣质水处理、地下水水质改善、河流污染治理、湖泊污染治理、地下水库库址工程等;(2) 国土污染治理与土壤改良;(3) 核废料污染处置;(4) 畜禽粪便污染治理;(5) 垃圾填埋场选址;(6) 燃煤固硫除尘大气净化;(7) 汽车尾气处理;(8) 生活污水、工业废水与矿山酸性废水处理等。

3 在土壤质量评价与污染治理中的应用

3.1 土壤污染与质量评价现状

土壤质量问题是经济可持续发展和社会全面进步的战略问题,它直接影响着土壤质别、水质状况、作物生长、农业产量、农产品品质等,并通过食物链对人体健康造成危害。对工业生产中排放的污染物尚未得到较彻底控制,尤其在农业生产中大量而盲目使用化学肥料和农药的今天,江河湖海、地下水及陆地中无机和有机污染物累积总量与日俱增,使土地环境质量变得极其脆弱。一旦土壤对这些污染物尤其是重金属的消纳容量达到饱和,这些污染物对耕地生产能力的潜在毁灭性破坏便有可能一触即发,有人已形象地称之为农业生产中的“定时炸弹”。从这个意义上来讲,土地管理与保护工作不仅是加强对耕地总量的监管,还应该加强对耕地质量的保护与改善。对土壤质量的保护便是对耕地生产能力的保护,更是提高土地利用效率的强有力措施之一。对于我国这样一个人口众多的农业大国,开展国土质量调查评价,对土壤中重金属污染物进行试验研究,开发耕地污染防治方法和技术,显得更为必要和迫切。

国外关于土壤重金属污染防治的研究始于60~70年代。环境容量概念提出以后,已由污染物的浓度控制发展到污染物的总量控制,即不仅强调污染物排放的最低浓度要求,还要着重限制污染物排放的数量,并且要考虑地区的净化能力和容纳能力^[4]。由于土壤在位置上较水体和大气相对稳定,造成污染物易于在其中积聚,一旦污染物在土壤中持续累积到一定程度,就能表现出明显的生态效应和环境效应,即产生土壤环境容量。另一方面,在这一累积过程中,还存在污染物的输入与输出、固定与释放、累积与降解的动态平衡作用,对土壤环境容量产生直接影响。澳大利亚、美国、德国等国家对于土壤重金属污染问题的研究较为

深入,尤其在澳大利亚^[5]。我国从1983年开始便将土壤环境容量研究提到议事日程上,并对主要类型的土壤环境容量作过初步研究,如提出土壤重金属的生态效应、临界含量、地带性分异规律和分区等。

3.2 利用土壤中的天然矿物治理土壤重金属污染的方法

当前,关于地学作为土壤科学的重要基础的理论愈加受到重视^[6]。在国内外关于土壤重金属污染防治途径研究活动中,人们一直在强调土壤自身的净化能力。需要指出的是,土壤自净化能力离不开土壤中矿物对重金属的吸附与解吸作用、固定与释放作用,土壤中具体矿物的净化能力才真正体现土壤自身的净化能力与容纳能力。而且,土壤中有毒有害元素含量的高低,并不是直接判定土壤环境质量优劣乃至土壤生态效应的唯一标志,关键问题是要揭示这些重金属在土壤中与各种无机矿物之间具有怎样的环境平衡关系。此外,国际上为寻求地下水和土壤有机污染的修复方法,正掀起直接对土壤中多种粘土矿物进行改性研究的热潮^[7,8],即利用有机表面活性剂去置换天然粘土矿物中存在的大量可交换的无机阳离子,以形成有机粘土矿物,可有效截住或固定有机污染物,阻止地下水的进一步污染,限制有机污染物在土壤环境中迁移扩散。特别需要指出的是,在粘土矿物改性过程中,其中的吸附固定态重金属也一并被置换出来,导致土壤系统中业已建立的环境平衡被打破,使得土壤环境中解吸释放态重金属污染物总量大大增加。至此,土壤中重金属污染物既来源于土壤中活动态的重金属,又来源于改性粘土矿物时被置换释放出来的重金属。这就意味着在积极防治地下水和土壤有机污染的同时,势必也加重了地下水和土壤的重金属污染程度。因此,有关土壤重金属污染治理方法的研究便成为一个新的课题。

土壤的主要矿物组成除粘土矿物外,还存在大量的铁锰铝氧化物及氢氧化物、硅氧化物、碳酸盐、有机质硫化物等天然矿物。过去人们对土壤中的粘土矿物投入了不少的研究力量,事实上,以本实验室正在开展研究的天然铁锰铝氧化物及氢氧化物为例,其中磁铁矿、赤铁矿、针铁矿、软锰矿、硬锰矿与铝土矿等也正在成为国际上关于天然矿物净化污染方法研究方面的重点对象之一^[9,10]。笔者认为,铁锰铝氧化物及氢氧化物的表面具有明显的化学吸附性特征,锰氧化物与氢氧化物还具有较完善的孔道特性,尤其是Fe、Mn为自然界中少数的但属于常见的变价元素,其氧化物及氢氧化物化合物往往可表现出一定的氧化还原作用。因此可以说,铁锰铝氧化物及氢氧化物具有潜在的净化重金属污染物的功能,能成为土壤环境中吸附固定态重金属污染物的有效物质。

笔者还认为,有必要应用环境矿物学的理论和方法,以地质体的岩性单元为依据,选择不同类型的土壤,开展土壤背景重金属含量及其来源、分布、分配、转化与迁移规律等的系统研究。在此基础上探讨土壤系统中重金属与天然矿物生态平衡关系,关键是揭示土壤中Fe、Mn、Al、Si等氧化物、碳酸盐、有机质硫化物、粘土等天然矿物对有毒有害元素Cr、Pb、Hg、Cd、As、Cu、Zn、Ni等的吸附与解吸、固定与释放的平衡关系。这样,可在土壤组成矿物的层次上,查明土壤中重金属与具体矿物之间的环境平衡关系,深化对土壤中重金属形态特征的认识,最终能提出建立和保护土壤中重金属与矿物之间的环境平衡机制,提高土壤本身的治污能力,防止食物链中的重金属污染。这一将天然矿物研究引入土壤重金属污染防治领域的工作,具有开发土壤天然自净化作用的特色,并为土壤重金属污染防治研究提供矿物学新方法,进而能为改善土壤环境、防止耕地污染与保护国土质量提供具体的对策和措施。

4 在地表水和地下水污染治理中的应用

4.1 地表水和地下水污染治理的出路

地表水和地下水污染问题是造成我国目前环境污染现状的一个令人十分担忧的问题。其中,地表水污染是我国水环境恶化的主要问题,目前,全国污水年排放量近500亿吨,80%以上的污水未经处理就直接排入江河湖海。全国90%以上的城市水环境恶化,城市附近的河流或河段多已成为排污沟渠。随着乡镇企业的迅速兴起,水质污染更迅速地向广大城郊和农村蔓延,同时也增加了地区间排放污水的矛盾。因此,我国东部地区与大城市的水资源短缺主要是人口集中和经济发展产生的发展型缺水和水质污染引起的水质型缺水。解决这类缺水最主要的措施是污水治理和再利用,把污染水转化为资源水。而地下水污染也呈越来越加重的趋势,高氟、高砷、高磷与高硝酸根甚至含痕量重金属等饮用水水质长期未得到根本改善,干旱和半干旱地区分布广泛、储量较大的微咸水也未得到有效治理与合理利用。另一方面又面临着水资源短缺,我国的水资源是世界水资源平均水平的1/4,水资源短缺一直是制约我国部分地区经济发展速度的主要因素之一。因此,加强对污染水和劣质水治理与改善的处理技术研究势在必行,以达到对水资源的充分利用。但是,对这些量多面广的区域性地表水和地下水的治理改善工程不是一般性环境污染治理技术所能支撑的,需采用成本低廉的地质方法——天然自净化作用才有可能达到规模治污能力。然而,地质方法治理污染,归根到底还是天然矿物对各种污染物的净化能力问题,只有从矿物学的层次上充分认识了其净化污染物的机理和容量,才能实现对水体中污染物的有效治理。

4.2 天然矿物净化功能的开发应用

环境矿物材料中矿物表面的吸附性作用、矿物孔道的过滤性作用、矿物层间的离子交换作用及金属矿物微溶性的化学活性作用等基本性能,均能在污染水和劣质水治理与改善工程中发挥有效作用。矿物表面吸附作用研究随着实验技术与理论探讨的不断促进,愈益得到快速发展,目前,矿物表面研究已深入到分子水平上的表面交互作用、表面表征与特征及表面性质和过程的定量描述、模式与预测等方面。矿物所具有的较高比表面积和可变表面电荷对阳离子和阴离子污染物均有较好的净化能力。水体中的色度、有机污染物、氨氮、油类物质及病原细菌等均能通过矿物的过滤作用与离子交换作用得以去除。对具有一定吸附、过滤和离子交换功能的天然矿物进行合理改性是提高环境矿物材料性能的新途径。如前所述,天然粘土矿物的亲水性对无机性污染物具有较好的净化功能,一旦利用有机表面活性剂去置换天然粘土矿物中存在的大量可交换的无机阳离子,还可形成具有疏水性的有机粘土矿物,能有效吸附地下水中的有机性污染物^[7]。另外,在常规污水处理过程中,铁盐和铝盐的絮凝作用得到普遍采用,这是由于铁、铝氧化物与氢氧化物的比表面积和表面电荷密度均较高,于是,就选择具有净化功能的天然矿物作骨料,再将一定形态的氧化铁或氧化铝固定在矿物骨料表面,从而形成经过改性的、性能更优的环境矿物材料^[11]。

4.3 天然金属矿物微溶性作用

关于天然金属矿物的微溶性这一化学活性作用及其在污染治理领域中的应用是本实验室近几年研究并提出的。具有微溶性的金属矿物往往是自然界中一些极不稳定的金属矿物,其化学成分多由变价元素构成,其化学性质不稳定,易被氧化分解,且在一定的水介质条

件下可表现出一定的溶解度。笔者初步认为,其化学活性的主要表现形式是氧化还原作用与沉淀转化作用等。因此,此类矿物本身就是一个污染源,常常造成所谓的金属矿山周围的酸性废水污染。从这个意义上讲,发挥此类矿物治理污染的作用,实际上体现了以废治废,是污染控制与废弃物资源化并行的典范。

如本实验室利用天然铁的硫化物治理重金属污染物技术的研究便是一例^[12]。以往,重金属污染物治理主要依靠化学处理法,优先控制排放的含 Cr^{6+} 废水的现行处理方法是化学还原法、电解法、离子交换法、活性炭吸附法和反渗透法等,其中主要使用的是化学还原法,常用的还原剂有焦亚硫酸钠、亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、连二亚硫酸钠、硫酸亚铁、二氧化硫、水合肼和铁粉等。至于对多数含低价态重金属污染物的治理还采用硫化法或絮凝法等。这些化学处理方法普遍存在成本高、设备繁、占地大等不利因素,且所使用的各种化学试剂还容易引起二次污染,直接影响到水的深度利用。有关利用铁的硫化物处理重金属污染物的探索研究,美国、日本及前苏联等发达国家的学者早在 70 年代就作过一般性的实验工作,到了 80 年代仍作过继续探讨,进入 90 年代后,除了西方发达国家之外,特别引起广大发展中国家研究人员的关注,如希腊^[13]、土耳其^[14],也包括中国^[12]。本实验室近期对天然铁的硫化物治理重金属污染物机理的研究表明,该矿物对处理含 Cr^{6+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 等有毒废水效果良好,皆由该矿物在一定条件下的微溶性作用(Fe^{2+} , S^{2-} , S_2^{2-})所致,并且是氧化还原作用(S/S^{2-} 与 $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$ 电对、 S/S_2^{2-} 与 $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$ 电对、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 与 $\text{Cr}^{6+}/\text{Cr}^{3+}$ 电对)和沉淀转化作用(S^{2-} 与 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 及 Cr^{3+})的反映。与界面化学反应和扩散有关的微溶性作用是处理实验有效性的基础,其对重金属污染物的净化过程是化学反应过程。其处理产物中能形成 PbS 、 CdS 及 HgS 等难溶物,并可回收,其中的 CdS 是价值较高的黄色颜料。在本实验室最近的研究结果中,还新发现了 Cr_2S_3 和 Cr_3S_4 难溶物,这一处理机理与物相的发现,可省略加碱以形成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀物的传统工艺,大大减少了污泥的产生。以天然铁的硫化物代替化工产品亚硫酸盐还原六价铬,能提高硫资源的利用率近 4 倍。

5 在烟尘型大气污染治理中的应用

5.1 燃煤烟尘污染与现行治理方法

我国是世界上最大的煤炭生产国与消费国,由此带来的燃煤污染已成为我国大气的主要污染源,其中的二氧化硫和碳质粉尘的危害尤为严重。针对煤烟型大气污染治理问题,业已投入不少力量,取得了一些技术成果。但从目前治理的效果来看,由于技术设备价格较贵,很难得到广大燃煤用户的自觉利用。尤其是民用炉灶量多面广、冬季集中,煤炭燃烧不充分导致碳质烟尘较大,而且难以统一管理与集中治理,加上烟气的低空排放,再遇上冬季恶劣气候而不易扩散,对二氧化硫和碳质粉尘的地面浓度影响很大,且常常弥漫在人的呼吸带,对人体健康造成极大威胁。根据目前的统计结果看,民用炉灶燃煤烟气的排放量虽然赶不上工业电厂和锅炉燃煤烟气的排放量,但民用炉灶燃煤的污染分担率却大大提高^[15]。因此,妥善解决民用炉灶燃煤的二氧化硫和碳质粉尘污染问题,是控制城市烟尘型大气污染的关键,更成为北方城市地区为改善冬季大气质量所必须采取的一项有效措施。

前人研究表明,煤中硫的存在形式主要是有机硫与无机单质硫、黄铁矿和硫酸盐,其中含量较高、燃烧过程中排放出二氧化硫较多的是黄铁矿。粉尘成分主要是未充分燃烧

的碳质微粒。目前,国内外有关治理燃煤污染的途径不外乎有三条:一是燃烧前控制,如采用洗选煤炭的方法脱去硫分与灰分;二是燃烧中控制,如在燃煤中添加固硫物相来固化硫分;三是燃烧后控制,如在烟气通道中安装消烟除尘与脱硫装置和设备^[15]。但这些技术方法主要还是针对工业电厂和锅炉燃煤污染治理而进行研究开发的,关于民用炉灶燃煤污染的防治技术研究尚未得到足够重视。本实验室提出选用天然矿物研制环境矿物材料固硫剂、除尘过滤器与脱硫除尘喷洒剂等方法,具有一定的技术特点和成本优势。

5.2 环境矿物材料固硫剂

通常使用的固硫剂是一些含钙、镁、铝、铁、硅和钠等的物相。通过在粉煤成型过程中加入这些固硫剂,使煤在燃烧时所生成的二氧化硫被固硫剂吸收,形成硫酸盐固定在炉渣中,以减少二氧化硫向大气排放。过去的大量研究表明,固硫剂的比表面是影响二氧化硫吸收的主要因素,吸附比表面越大,吸附反应速度越快。在煤燃烧过程中,固硫作用是在高温下进行的,而在高温条件下业已形成的硫酸盐极易分解,从而降低了固硫率(往往只有50%左右),大大影响了固硫效果^[13]。为此,人们正在作多方面的努力。笔者认为,造成高温下硫酸盐分解的主要机理,是由于燃烧的型煤内部存在局部的还原气氛,即碳和一氧化碳浓度较高。为防止硫酸盐的分解,提高固硫率,必须有效降低燃烧过程中这些局部的碳和一氧化碳的浓度。显然,降低碳和一氧化碳的浓度也就意味着提高碳和一氧化碳向二氧化碳的转化率,是煤炭充分燃烧的体现,更是减少碳质粉尘的体现。因此,这一举(降低碳和一氧化碳的浓度)可三得(提高固硫率与燃烧率及减少碳质粉尘),成为研制环境矿物材料固硫剂的关键问题。

针对上述关键问题的有效解决,本实验室拟开发来源广、价格低且易加工的天然矿物材料作为新型固硫剂。比如某些天然矿物具有膨胀性、离子交换性、吸附性与耐高温等独特性能,尤其是矿物受热后因水的挥发而留下大量孔道,且孔道内含有大量的钙离子与镁离子。故在型煤中添加这些矿物,在其燃烧过程中便可能产生一定的膨胀空间,此一方面有利于二氧化硫与其中的钙离子或镁离子结合形成硫酸盐而达到固硫的目的,另一方面又有利于碳和一氧化碳充分燃烧而达到降低局部的碳和一氧化碳浓度的目的,从而最终达到提高固硫率、燃烧率与减少碳质粉尘的目标。根据煤炭中硫的具体含量,测算出最佳钙/硫比和镁/硫比,可在固硫剂中再添加一定量的含钙、镁等天然矿物。

5.3 环境矿物材料除尘过滤器

通常除去工业电厂和锅炉燃煤过程中所产生的粉尘大概有两条途径,即干法除尘和湿法除尘。具体工艺是在烟道末端安装有关除尘装置和设备。显然,现行的工业除尘技术与方法很不适合于民用炉灶燃煤过程中所产生的粉尘污染的治理。笔者认为,在不改变传统民用炉灶结构的前提下,可研制开发民用炉灶炉膛内除尘的方法和技术,着眼于经济、简便与安全可靠。具体途径一是体现在上述固硫剂的研制中,即提高煤炭燃烧率,以达到直接减少碳质粉尘的目的,二是研制环境矿物材料除尘过滤器。对除尘过滤器的材质要求是,具有良好的热辐射与耐高温性能和所制作成的器具具有多孔结构与高效吸附性能,以及价格低廉与经久耐用等特性。显然,天然矿物材料便是较为理想的选择对象。利用所选取的天然矿物材料作为原料制作成多孔状陶瓷板,其中的孔径大小、密度与高度对碳质粉尘的过滤效果及炉内煤炭的燃烧效果均有很大影响。将制得的多孔状陶瓷板切割成民用炉灶炉膛的外径大小,直接覆盖在型煤的顶部,起到通气拦尘的过滤作用。最佳的通气拦尘效果便构成除

尘过滤器的技术特征。当然,这一方法能首先保证室内的安全性,因为从过滤器中排放出来的烟气直接进入了烟道,并没有改变传统民用炉灶的排烟状况。

5.4 环境矿物材料脱硫除尘喷洒剂

为了进一步提高固硫率,尤其是为了除去从过滤器中排出的更为细小的粉尘,以达到对民用炉灶燃煤所产生的二氧化硫和碳质粉尘的较彻底治理即二级处理,笔者还认为可开展天然矿物材料脱硫除尘喷洒剂的研制。选取合适的天然矿物粉体材料,配成水溶液,其液滴应具有较好的吸收二氧化硫和捕集碳质粉尘的性能。当然,矿物粉体材料水溶液的介质条件,如pH值和浓度等是影响吸收与捕集效果的重要因素。然后,在炉膛上方或烟道入口处组装常压喷洒小型装置,要求有连续、均匀喷洒矿物粉体水溶液的功能。

5.5 天然矿物热效应作用

天然矿物的热效应—脱硫除尘作用,可具体表现为高温条件下天然矿物仍具有孔道特性作用和化学活性作用等。其中,高温条件下具有孔道特性的矿物应具有良好的热稳定性,利用其固有的孔道结构、热膨胀空隙或能被制作成多孔材料。而高温条件下具有化学活性的矿物却要求有热不稳定性,利用其热分解后的产物能与二氧化硫等气体产生化学反应,以形成高温条件下稳定的新物相。这是运用环境矿物材料研制开发燃煤烟尘型大气污染防治方法与技术的基础。显然,这类技术方法的优势在于开发利用来源广、价格低且易加工的天然环境矿物材料,充分利用环境矿物材料热效应的基本性能,并具有成本低廉、设备简易、操作简便及乐于被广大用户自觉接受的特点。

6 结 论

综上所述,天然环境矿物材料所具有的表面吸附性作用、离子交换性作用、孔道过滤性作用与分子筛作用、热效应作用及微溶性化学活性作用等优异的净化功能,在污染治理与环境修复领域中发挥着独特的作用。并在污染治理的规模、成本、工艺、设备、操作、效果及无二次污染等方面具有明显的特点和较大的优势。从本文所述来看,环境矿物材料业已在土壤、水体与大气污染防治方面展现出了广阔的应用前景。

深入系统地研究环境矿物材料的基本性能、揭示天然矿物的净化机理、开发天然矿物的净化功能,将有利于进一步扩大天然矿物的净化领域,能为地质方法治理与修复地球环境提供理论指导和技术支撑。这也是地球科学在服务国民经济和社会发展实践中诞生的新的地学生长点,更是基础研究—关键技术—产业化应用一体化的体现。

利用天然环境矿物材料控制污染与保护环境的这一无机矿物学方法,足以与大家熟知的有机生物学方法相提并论。这两种方法共同构筑了由无机界和有机界组成的自然界中存在的天然自净化系统,并本着各自的特点和优势共同在人类与地球交互影响的各个圈层上发挥治理污染和修复环境的天然自净化作用。

参 考 文 献

- 1 鲁安怀. 废水的矿物学处理. 地学前缘, 1996, 3(1): 98.
- 2 鲁安怀. 环境矿物材料研究方向探讨. 岩石矿物学杂志, 1997, 16(增刊): 184~187.
- 3 鲁安怀, 卢晓英, 唐军利. 天然铁的硫化物处理含Cr(VI)废水实验研究. 生物及环境材料. 北京: 化学工业出版社,

- 1997, 643~ 646.
- 4 夏增禄. 中国土壤环境容量. 北京: 地震出版社, 1992.
 - 5 Wagner J *et al.* Use of cationic surfactants to modify soil surfaces to promote sorption and migration of hydrophobic organic compounds. *Environ. Sci. Technol.*, 1994, 28: 231~ 237.
 - 6 周恩湘, 林大仪, 杨思治等. 土壤地质. 北京: 地质出版社, 1993.
 - 7 王晓蓉, 吴顺年, 李万山等. 有机粘土矿物对污染物环境修复的研究进展. *环境化学*, 1997, 16(1): 1~ 13.
 - 8 Spark K M *et al.* Characterizing heavy metal adsorption on oxides and oxyhydroxides. *Europ. J. of Soil Sci.*, 1995, 46: 621~ 631.
 - 9 吴大清, 刁桂仪, 彭金莲等. 矿物界面作用与环境工程材料. *矿物岩石地球化学通报*, 1998, 17(4): 217~ 223.
 - 10 Hochella Jr M F. Mineral-water interface geochemistry: an overview. *Review in mineralogy*, 1990, 23: 1~ 16.
 - 11 Joshi A and Chaudhuri M. Removal of arsenic from ground water by iron oxide coated sand. *J. Environmental Engineering*, 1996, 8: 769.
 - 12 鲁安怀. 天然铁的硫化物净化含铬污水的新方法. *地学前缘*, 1998, 5(1): 243.
 - 13 Zouboulis A I *et al.* Removal of hexavalent chromium anions from solutions by pyrite fines. *Water Res.*, 1995, 29(7): 1755~ 1760.
 - 14 Erdem Mehmet *et al.* Cr(VI) treatment in aqueous solutions using pyrite. *Turk. J. Eng. Environ. Sci.*, 1996, 20(6): 363~ 369.
 - 15 国家环境保护局科技标准司. 中小型燃煤锅炉烟气除尘脱硫实用技术指南. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

The Application of Environmental Mineral Materials to the Treatment of Contaminated Soil, Water and Air

Lu Anhuai

(National Laboratory of Mineral and Rock Materials Exploitation and Application,
China University of Geosciences, Beijing 100083)

Key words: environmental mineral materials; basic properties; contamination treatment; soil; surface water; groundwater; smoke and dust

Abstract

Basic properties of environmental mineral materials including surface adsorption, porous filtration, ion exchange and heat effect as well as chemical solubility are put forward in this paper. They can be widely applied to such fields of tackling contamination and renovating environment as quality improvement of surface water, groundwater, rivers, lakes and ground reservoirs; improvement of soil; disposal of unclear waste; purification of domestic sewage; collection of smoke and dust and treatment of waste water. The prospective investigation and utilization of environment mineral materials are dealt with in detail with the emphasis placed on the prevention and cure of soil contaminated by heavy metals, quality improvement and treatment of surface water and groundwater and collection of smoke and dust in burning coals. The Fe, Mn and Al oxides and hydroxides together with clay minerals in soil are favorable to adsorbing

heavy metals in soil systems. Contaminated surface water and groundwater can be treated by natural minerals, especially those having properties of surface adsorption, ion exchange, porous filtration and chemical solubility. The metal minerals containing elements of changeable valences such as Fe, Mn and S can be used as good reductants or oxidants to react with pollutants in waste water. The heat effects of natural minerals and their modified products are helpful to fixing sulfur dioxide and fine grains of carbon during the burning of coals. The effective, economical and simple methods of pollutants disposal by natural minerals embody natural self-purification in inorganic world, analogous to well-known biological purification by natural plants in organic world.

消息 报道

环境矿物学分会成立

1999年4月,经中国地质学会批准,在中国地质学会矿物学专业委员会中成立环境矿物学分会。该分会的挂靠单位是中国地质大学(北京)矿物岩石材料开发应用国家专业实验室。第一届环境矿物学分会组成成员如下:

主任委员: 鲁安怀, 中国地质大学(北京)矿物岩石材料开发应用国家专业实验室

副主任委员: 曾荣树, 中国科学院地质与地球物理研究所

王 宁, 中国科学院地球化学研究所(贵阳)

委 员: 吴大清, 中国科学院广州地球化学研究所

陈从喜, 中国地质学会秘书处

王 驹, 核工业北京地质研究院环境保护中心

秦 善, 北京大学地质学系

陆建军, 南京大学地球科学系

杨学明, 中国科学技术大学地球与空间科学系

杨建民, 中国地质科学院矿床地质研究所

葛学贵, 中国地质大学(武汉)材料科学系

蒋引珊, 长春科学技术大学材料工程学院

贾建业, 西安工程学院资源与材料工程系

郑自立, 北京市建材科学研究院

杨军臣, 北京矿冶研究总院

董发勤, 西南工学院矿物材料及应用研究所

朱立军, 贵州工业大学资源工程系