

上海光源在物理和环境中的应用

姜政 张硕 郭智 黄宇营 邵仁忠

上海光源是我国迄今最大的大科学装置。自2009年4月29日正式竣工以来已经在多个学科领域的研究中取得了优异的成果，本文结合上海光源的部分研究内容重点对上海光源在物理和环境中的应用做一个简单的介绍，以期读者能对上海光源在我国环境和物理的基础科学研究领域发挥的作用有所了解。

上海光源在凝聚态物理学中的应用

物理学是一门古老的科学，这门学科主要探寻自然界中各种物质、现象的运动变化规律，其研究内容包罗万象，大到宇宙中天体运行演化过程，小到原子、夸克等各种粒子的相互作用规律。因其研究对象的范围广大，所以形成了众多学科，例如：光学、天体物理、粒子物理、凝聚态物理学，等等。从与人们日常生活的关系来看，凝聚态物理学无疑与日常生活最为贴近。例如人们总说当今是信息社会，这是因为计算机系统的充分普及深刻地改变了我们每个人日常的生活方式，获取资讯不再仅仅局限于纸质刊物；商务交易也可以通过电子转账完成。所有这一切的基础都是来源于半导体这种材料，而它就是凝聚态物理学中的一个典型代表。那么什么是物质的凝聚态呢？顾名思义，就是大量的微观粒子（原子、分子、离子、电子）堆积、凝聚在一起时所构成的物质状态，例如空气中的水分子是分散的，但是遇冷凝结成水珠便为凝聚态的水。分散的粒子可以在空间中随意排布，那么在凝聚态物质中的粒子是如何排布的呢？这些排布方式的根源是什么？是否有一定的规律可循呢，能否像人们掌握了牛顿定律之后对于天体的运行轨道做出预测那样对于物质的结构以及性质做出精准的判断呢？不同材料所表现出的宏观性质的来源机理是什么？弄清楚这些也就意味着人们能够掌握人为调控这些性质或者开发出更具新颖性质材料的钥匙，这也成为了凝聚态物理学向前发展的动力。

那么科学家们在描述一种材料时的着眼点在哪里呢？什么因素决定了材料的宏观形貌、物理化学性质的不同？凝聚态物理学经过百年的发展（前期为固体物理学），科学家们逐渐发现物质原子尺度下

的排列结构以及相应的电子结构与材料的性质密不可分。例如，冰、液态水、雪花都是由水分子构成，恰恰是水分子的堆积方式的差异决定了它们宏观上的不同。雪花内部的水分子的排列方式构成了各种六角形；液态水中的分子不是零散排列的，有报道表明其构成了不规则的五圆环、七圆环（北京奥运会的著名建筑“水立方”的设计思想便是来源于此）。因此，目前的物理学、化学、材料学在研究材料时，都重视原子尺度空间结构以及电子结构信息的获取，特别是理论的发展，都是对材料这些信息的模拟从而预测材料的可能性质。然而这些信息的获取并不是一件简单的事情，需要高超的技术手段和精密的仪器设备。

科学家们探测某种物质的特性时，总是使用某种媒介与待测物质相互作用后，收集相应的信号加以分析而获取相应信息。举个简单的例子，人们都见过医院中X光机所拍的片子，可以清晰地分出骨头与周围肌肉的情形，这就是利用了人体中肌肉、骨质对于X光吸收的差异。这是最为直接明了的X光的应用例子，而光与物质的相互作用不仅局限于吸收，还有更多的其他作用，也就可以得到更加复杂的信息。科学家们在研究材料中的结构时常常使用光子、电子、甚至中子作为探测媒介，其中光子作为媒介有着明显的几点优势：首先是处在某些光谱能量范围的光子有着较强的穿透能力，因而可以探测材料内部的信息，而电子在空气中便会消失，在特定条件下只能研究样品表面的信息；其次是实验方法简单，在大多光谱范围内，在通常条件下便可完成实验，而以电子作为探测媒介往往需要较高的真空；第三为光子与物质相互作用的形式丰富，例如吸收、散射、衍射，等等，这也决定了其方法的多样性，探测信息的多样性。以光子作为探测材料结构、电子结构媒介的技术手段是一大类方法，内容非常丰富，得到的信息也很多。例如从光谱的能量上分类有，红外光谱、可见光-紫外光谱、X射线光谱等，其光子能量分别对应于诸如晶格振动能、半导体能隙的能量、原子不同能级之间的电子跃迁能等；以光与物质的相互作用分类又有很多种，以

X 射线为例，可分为吸收、散射、衍射等。从技术角度讲，性能优越的光源是这些以光子作为探测媒介方法实现的重要保障，同步辐射光源目前有常规实验光源所不具有的一些优势，例如：高亮度、准直性好、光谱连续等。目前，随着同步辐射光源技术突飞猛进的发展，基于这种先进光源的材料表征手段日益成熟。近 20 年内，一些技术在凝聚态物理的研究中发挥了重要作用，例如 X 射线吸收谱学、X 射线共振非弹性散射、角分辨光电子能谱等。这些方法往往具有许多常规表征技术所没有的优势。上海光源的首批 7 条线站中，X 射线吸收谱学线站（BL14W）在凝聚态物理学的研究应用中发挥了重要作用，它是一种理想的局域结构探针。这种方法具有几个明显的优点：（1）对结构长程序的非依赖性。它取决于短程有序作用，不依赖晶体结构，因此可用于大量的非晶态材料的研究，像催化剂上活性中心、生物酶中金属蛋白、表面层结构和无定形材料的研究，甚至溶液的研究等，比通常 X 射线衍射的应用要广泛得多。（2）元素选择性。X 射线吸收边具有原子特征，可以调节 X 射线光子能量到某一种原子的吸收边处，则只有原子的环境可以探测，而不受其他元素原子的干扰。对不同元素的原子，可由吸收边位置不同，而得以分别研究。（3）探测精度高。对原子间距的测定可精确到 0.02\AA 。（4）可得到立体的结构信息。利用同步辐射光源的偏振性，可探测吸附分子在表面的排列取向，对称性低于三次的样品，还可测其键角的大小。（5）探测方式简单、灵活多样。实验主要探测经过样品前后 X 射线光子数的变化，可采用透射法、荧光法、全电子产额法等，因此相对于只能利用电子作为探测媒介的实验手段来说要简单得多，而且适用的样品也较为广泛，例如单晶、薄膜、粉晶、植物的原样、蛋白溶液等。

下面结合一些具体研究例子来说明这个方法在凝聚态物理学中的应用。

从理论模型上来看，科学家把固体材料描述成无穷多个微小结构单元经过重复排列而成，例如雪花中就是水分子构成六角形的单元，这一单元周期性排列后构成了六角形的雪花。一个有趣的问题是如果科学家们人为的向这些完美的晶格结构中随机掺杂进少量的其他元素，会出现什么现象？材料学上已经发现了这种方式可以有效地改变原有材料的性质，例如制备出发光性能更加优越的半导体材料；

近来更是有科学家将磁性离子注入进半导体材料中，发现新材料既具有半导体的电子输运性质，同时还具有电子自旋的性质，它被认为是未来芯片的主要材料，其信息存储、运算能力将远远大于现有的半导体材料；再例如原本是半导体性质的材料，经过掺杂后却变成了绝缘体材料。那么这种少量离子的掺杂为什么会如此大的改变材料的性质呢？少量离子掺杂进去到底与基底材料有什么相互作用呢？有科研人员曾利用了 X 射线吸收谱学技术，研究了少量铬元素掺杂氧化钒晶格体系中绝缘体性质的由来。X 射线吸收谱技术可以选择某种特定元素进行探测，得到这种特定元素周围的原子尺度局域结构。实验发现铬掺杂氧化钒体系在掺杂后，氧化钒晶格有一个明显的变化，在每个铬原子周围都形成了一个一个小区域，使得晶格结构不像掺杂前那样均匀，有着较大的结构无序，从而导致了这类材料呈现出绝缘体性质。这就好比平静的湖面被扔进来的石头所扰动产生的水波一样。目前，在上海光源上开展了很多类似这种掺杂体系的材料的研究，例如掺杂半导体发光性能研究、过渡金属掺杂半导体中铁磁性产生的机制研究，等等，已经取得了一批较好的结果。

材料的电子结构一直是凝聚态物理中的一个核心问题。量子力学的发展给出了几个描述电子的物理量，找到了电子在不同条件下的运动、作用规律。简单来看，原子之所以能够构成分子、凝聚态物质，主要是由于原子上的电子间的成键作用，就好比胶水将这些原子粘在了一起。然而电子-电子间的成键作用的方式极为复杂，与电子空间上的分布状态密切相关，如图 1 所示就是某个轨道角动量下电子的空间分布情况，图 2 是在超导体中这些电子轨道的分布情况。可以看到正是这些轨道的有序化排列而产生了化学键，使得原子构成了相应的空间结构。将这个问题研究清楚，也就掌握了原子-原子间“牵手”的规律，以及其紧密程度，进而可以预测材料的性质。凝聚态物理中所要研究的电子结构就是指这些大量的电子的排布规律。例如在周期性晶格中，这些电子在能量空间中构成了能带结构，对于这种能带结构的认识使得人们发展了能带理论，进而在半导体领域中大获成功，为现今的信息社会的形成做出了科学研究上的卓越贡献。再比如在许多其他体系中电子-电子之间有着较强的相互作用，导致能

带理论不能对实验结果给予较好的解释。这种电子-电子间的强相互作用赋予了材料更加丰富的电子结构，例如电荷序、轨道序、自旋序等；同时也给予了材料更加新颖的性质，如超导、巨磁阻现象等。这些奇异的现象也成为近几十年来凝聚态物理领域中研究的关键问题，而依托上海光源的几条线站为国内的科学家们在这些领域的研究提供先进的实验条件。

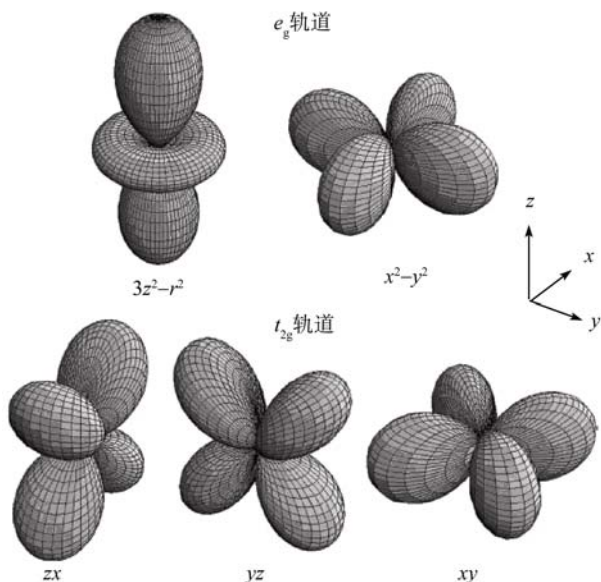


图1 晶体场中5种3d轨道

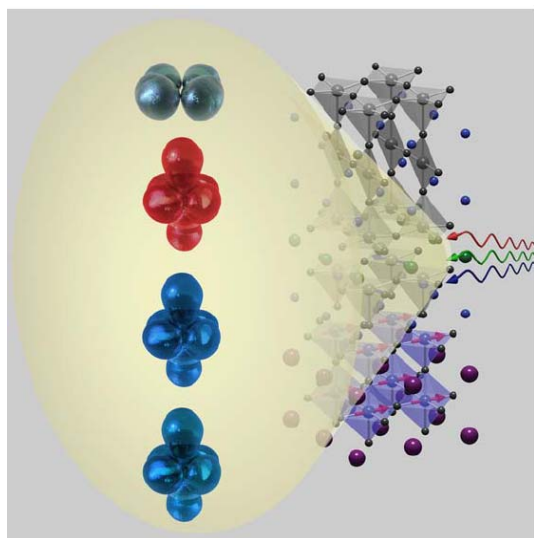


图2 凝聚态物质中轨道的有序排列

超导体是近几十年中人们耳熟能详的一类材料，而这类材料就是电子强关联体系的代表。它们的空间结构也较为新颖，以图3中的铜氧基超导体

为例，这种材料具有层状分布的结构，即铜和氧构成一个氧化铜的平面，而在这个平面的上下由氧和分子式中的其他元素构成。而这个氧化铜的平面一直被理论上认为是载流子运输的场所，电子对在这个平面上无障碍地运动是材料超导性的由来，另外的平面则提供电子或者空穴。科研人员选用了具有元素选择性、格点位置选择性的方法研究这不同位置的氧原子对电子结构的分别贡献。X射线本质上是一种光，科研人员通过将入射样品的X射线进行偏振，使之变成线偏振光。使它的电场矢量方向平行于样品的某个晶面入射到样品上，便可以得到这个晶面上原子的成键、电荷转移等信息。曾有科研人员利用了这种极化依赖的X射线吸收谱手段研究了 $Y_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_{7-y}$ (钇钡铜氧) 体系中这几个氧原子在电子结构中所给予的贡献。这种极化依赖X射线吸收谱因其具有元素选择性、成键方向选择性等优势，对于单晶、薄膜样品特定格点位置的结构、电子结构研究有极大的帮助。

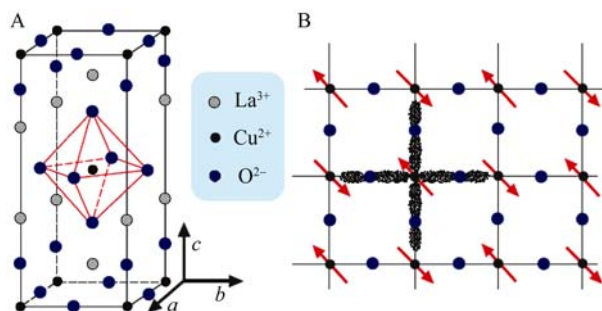


图3 超导体中的空间结构以及电子自旋在氧化铜平面上的排列

目前，新的一类超导体——铁基超导体问世不久，中国的几个科研小组在这个领域的研究中处在了世界的领先地位，以至于世界著名杂志《科学》以《新超导体将中国物理学家推到最前沿》为标题系统介绍了中国科学家的工作。现今这种材料的研究依旧在如火如荼地进行当中，同步辐射光源也在其中发挥了重要作用。其中部分实验在上海光源的相应线站完成，其结果得到了国际同行的认可。

目前在上海光源第一批线站中开展了大量与凝聚态物理相关的结构、电子结构研究工作，在超导、磁性半导体、非晶态合金等领域得到了一些非常好的结果。

上海光源在环境中的应用

工业革命是人类的伟大文明成果，深刻地改变

了我们每个人的生活,但是在创造丰富的物质同时,也极大的改变了人类生存的环境。环境的日益恶化已经成为我们每个人都要面临的严峻现实,环境的保护和治理是世界各国政府都要面临的课题,甚至有些问题必须要全球性的合作才能完成。如何找到更加环保节能的材料替代现有高污染的能源?如何处理人类排放给自然界的垃圾?如何人为降解已经排放到水、土壤、植物中对人体有害的物质?某些地区的特有疾病与周围的自然环境有什么特定联系?各国政府都在这些问题上投入了大量的精力和费用,这也使得环境科学的研究发展越来越快。

环境科学的主要研究对象可分为大气、水、土壤和生物,主要目的是研究污染物和几种对象间的相互作用及其在对象间的传播过程,探索全球范围内环境演化的规律;揭示人类活动同自然生态之间的关系;进而探索环境变化对人类生存的影响;研究改进区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施等。图4为污染物的来源及转移图,可以看出环境变化的过程是一个复杂的过程,它的变化是由物理的、化学的、生物的和社会的因素,以及它们的相互作用所引起的。因此若要保护和改善人类的生存环境,就必须研究污染物在环境中的物理、化学的变化过程,在生态系统中迁移转化的机理,以及进入人体后发生的各种作用,包括致畸作用、致突变作用和致癌作用,研究环境退化同物质循环之间的关系。环境研究的特点决定了环境科学的研究是一个复杂的多学科的研究,它包括了物理、化学、生物、地质学、地理、资源技术和工程等多个学科领域。总的来看,当前环境领域中有几个常见的科学问题。(1)自然界原样中某些特定元素的鉴定。

例如植物、矿物、城市中的粉尘、土壤,高发病地区人的毛发中砷、硫,一些重金属元素,尽管这些元素以极少的量存在,也对人类的健康存在着严重的威胁。(2)混合物中的物相鉴别。自然界中的物质不同于人工合成物那样是某种单纯的化合物,而往往是多种化合物的混合,如何区分样品中存在的化合物,对于下一步的分析至关重要。例如有用户在上海光源利用X射线吸收谱学技术,区分了垃圾焚烧后的飞灰中存在的多种含锌元素的化合物。

(3)元素的价态研究。同一种元素处在不同价态下的毒性是完全不同的,例如As的+3和+5价便是如此。(4)有害物质的降解以及反应机理研究。自然界有能力降解一些对人类有害的物质,而更多的则需要人类本身对这些污染物进行处理。因此,研究使用不同物质甚至生物对有害物质的降解则显得极为重要,例如最近有研究小组在上海光源开展了一种细菌吞噬具有放射性物质的研究。

从上述的环境中存在的科研问题来看,环境样品有以下几个特点:(1)成分复杂,有固体、液体、气体,相互混杂。(2)污染物中起作用的元素含量极低。这都使得常规的研究手段在环境研究中难以发挥关键性的作用。同时环境科学的研究近年的发展逐步走向了对生物圈中,受各种污染物和营养物的种类、特性和变化影响的化学和生物过程的分子水平研究,即分子环境科学研究。这一方向的发展使得大多数的常规表征手段已经远远不能适应这个学科的发展。例如:环境研究中常常使用离子色谱、气相色谱、高效液相色谱、液相色谱和离子交换柱等分离手段与元素特征检测器联用对元素形态进行分离和测定。其中HPLC和ICP-MS联用方法具

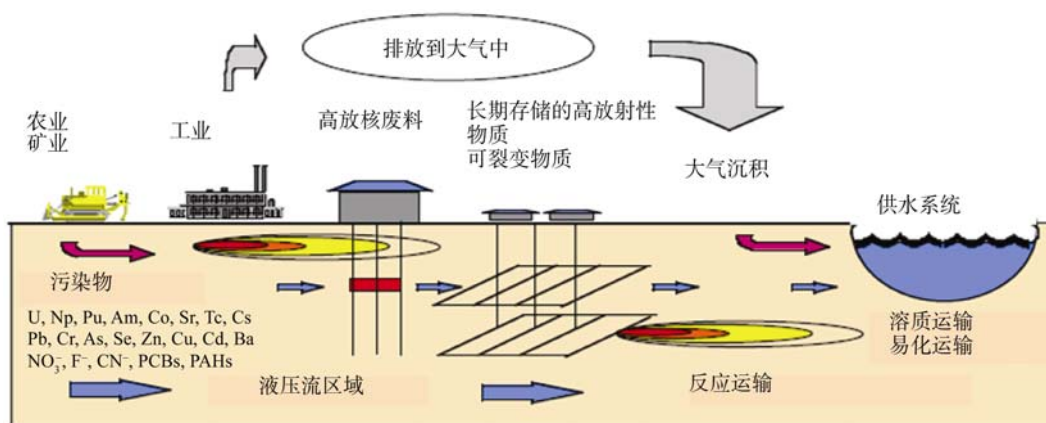


图4 污染物的来源与转移图

有对样品中待测元素的形态影响较小、快速、检测下限低等特点，是目前分析元素形态常用的方法之一。但色谱方法具有以下缺点：(1) 不同形态元素的化学性质差异很大，不易用同一原理分离；(2) 鉴定元素形态需要标准物质，因此只能用于测定已有标准物质的样品，对于色谱中出现的未知峰还必需进一步通过质谱等光谱手段进行结构鉴定；(3) 需要对样品进行复杂的提取和分离等预处理，而这些处理过程可能导致待测元素的化学形态发生变化，影响分析结果的可信度。其他诸如实验室红外光谱、核磁共振谱等由于用作探针的红外光或电子束斑尺寸太大，无法满足高空间分辨要求，而电子显微技术虽具备优异的空间分辨特性，但很难获取样品化学成分信息，并且容易对大多数辐射敏感的环境样品造成电子辐射损伤的或者环境活体辐射损伤敏感的样品。

同步辐射方法的出现和不断发展使得上述问题得以很好的解决。其中同步辐射 X 射线探针（包括 XAS 和 XRF）技术具有高灵敏度、高准确度、高分辨率、取样量小、元素敏感、无损检测等特点，在环境污染物的微量、微区和化学种态的研究中起到不可替代的作用。同步辐射 X 射线荧光分析（XRF）具有远高于电子探针的灵敏度，并利用上海光源的高通量特点，对于元素的检测限可达到 0.1ppm，绝对探测限可达 1fg；而利用上海光源的高准直性，发散度小的特点，配合三代光源的插入件系统，使得作为实验的光斑尺寸可以达到 nm 的尺寸，从而具有超高的空间分辨率；而利用光子对样品的破坏弱的特点，可原位测定样品中的多种元素。同步辐射 X 射线吸收谱学（XAS）是一种非破坏性的分析方法，经分析后仍保持固体样品中原有的物理和化学状态，所以得到的信息准确可靠。另外利用不同元素具有的特征的吸收边能量，可以对感兴趣的元素的邻近的配位环境和化学价态等进行研究，并且可以直接对复杂的环境、生物样品进行无损分析，在研究植物体内和根际土壤元素的化学形态及其转化过程方面具有独特的优势。而微区 X 射线吸收精细结构（micro-XAFS）还能分析单个颗粒物中的元素形态。高分辨扫描透射 X 射线显微术（STXM）与电子显微术、STXM 相比样品辐射损伤相对较小，可以在介观尺度研究固体、液体、软物质（如水凝胶）等多种形态的物质。STXM 不但

可以测量高分辨的 X 射线近边吸收精细结构谱（NEXAFS），也可以得到空间分辨 30~50nm 的 X 射线吸收图像，有效地把化学分辨和空间分辨结合在一起，成为研究环境样品在纳米尺度下的结构与功能的有力工具。

上海光源已有的首批七条线站中的三条线站在环境中都有着广泛的应用。它们分别是：08U——软 X 射线扫描显微线站，14W——X 射线吸收精细结构线站及 15U——硬 X 射线微聚焦线站。这三条线站涵盖的方法有 XRF、XAS 及扫描显微（STXM）等多种方法，可以研究的元素几乎覆盖了整个元素周期表（H、He、Li、Be、B 除外），并且研究对象的尺度小到纳米大到厘米，研究对象的形态也不受限制，可以是气体、液体、固体的任何一种，甚至是多种形态的混合。并且利用这些手段可以对环境的动态过程进行原位无损地探测。

自上海光源 2009 年正式对外开放以来，国内外众多的科研工作者已经利用上海光源展开了大量的环境方面的研究。这其中包括以下几个方面：

在大气研究方面 研究者利用同步辐射 XRF 和 XAS 方法对大气颗粒中的元素和其组成成分进行研究，明确了颗粒中的污染物种的形态和分布，进而找到污染物的来源，为评价大气颗粒物对人体健康影响及控制、减少污染提供了科学依据；汽车尾气是大气环境污染的一个主要来源，它包含的主要有害物质为一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、碳烟、二氧化碳和二氧化硫，氮氧化物和二氧化硫也是酸雨形成的主要原因。在上海光源软 X 射线谱学显微光束线站，研究者应用软 X 射线近边吸收方法研究汽车尾气颗粒物中 NH_x 离子和 NO_x 离子的贡献率，得到桑塔纳 3000 汽车中 NH_x 离子和 NO_x 离子的贡献率分别为 25% 和 69%。

在水研究方面 用作食品和轻工业添加剂的各种化学有害物质，都会经由各种途径引入自来水中，引起人类的各种疾病。像水中的溴酸盐被证明是一种潜在致癌剂，它在饮用水中的含量被限制低于 10 微克/升，有研究表明，使用含氯或臭氧对自来水消毒，是溴化物转变成溴酸根负离子的主要途径之一。急需了解溴酸根负离子生成机制以及与之相关的物理化学条件。研究者利用 XAFS 研究的水溶液反应体系，模拟含氯或臭氧消毒反应，以 X 射线近边吸收，在线跟踪溴负离子氧化成溴酸根负离

子的中间产物演变过程，获取溴元素各种价态化合物与自由基的 X 射线近边吸收指纹谱，根据吸收强度的半定量分析，研究这一氧化过程与溴负离子浓度、水中有机污染物浓度、消毒剂种类和浓度、铁离子价态和浓度、反应时间等的相关性。搞清溴酸根负离子生成机制，为阻断和减少饮用水中溴酸根负离子的生成提供指导。

在土壤研究和植物、生物研究方面 自然界本身对污染物有一个“消化”能力，掌握并且利用污染物在自然界中如何进行转化以及迁移的规律，可以使人们在治理环境问题上达到事半功倍的效果。图 5 给出了几种典型的污染物迁移转化的主要过程，例如土壤中的元素可以被植物的根吸收，随后沿着植物的干部输运到叶部，再通过气孔挥发到空气中。有意思的是在这个过程中，由这些元素构成的化合物有时会发生价态变化，植物对有些污染物进行了一些去毒化的处理。例如最近在上海光源开展的工作指出，砷或者其他一些重金属元素在植物不同位置上价态或有不同。另外，矿石、土壤与空气的界面也是污染物吸附、反应的主要场所。例如最新的结果表明砷元素(+5 价)在某种矿石上吸附并且有水存在的情况下，会在极短的时间内价态发生变化，这个结果是在国外的同步辐射光源上利用快速扫描的 X 射线吸收谱学得到的。生物体也可以参与到污染物的治理中来，最近在上海光源开展的一项研究工作发现某些细菌可以吞噬一些放射性的元素，人们可以利用这些微生物将这些对人体有害的

元素富集后回收，从而达到环境治理的目的。从图 5 中这些例子可以看到在这类研究中土壤和生物相互作用往往混杂一起。以锌为例，锌是人体必需的重要微量元素之一。土壤缺锌或潜在缺锌能通过影响一系列生理生化过程，包括酶的活性、蛋白质合成和膜的稳定性等，从而降低植物生产力，最终导致作物可食部含锌量降低，人体摄锌量减少从而影响人体健康。据估测，目前全球至少有 60% 的土壤存在矿质营养胁迫，50% 的人口存在微量元素缺乏症。通过作物营养遗传改良与调控的措施 (Bio-fortification)，解决作物高产和人类微量营养素缺乏问题，不仅投资少、见效快、覆盖面大，而且能维持良好的环境生态效应，保证农业环境生态的可持续发展。同时，在微量元素缺乏的土壤上种植金属富集植物，储藏在种子中的微量元素还可以增加作物的生产力。因此，作物微量元素营养生物强化作用及机制方面的研究，已成为当今国际植物营养学科研究的热点和难点。水稻是我国主要的粮食作物，我国居民主要的食物，70% 的热量，65% 的蛋白质和大部分微量元素均来自谷类。而水稻缺锌是其生产力下降的重要影响因子之一，更是导致我国居民微量元素锌缺乏的重要因素。研究者利用 SRXRF 和 XAS 方法，对种植不同水稻品种的各种土壤环境中，锌铁的微区分布和形态转化特点与籽粒富集锌的关系，揭示水稻根系对不同土壤锌的活化作用及其关键因子，为水稻籽粒富锌机制的深入探明奠定理论基础。

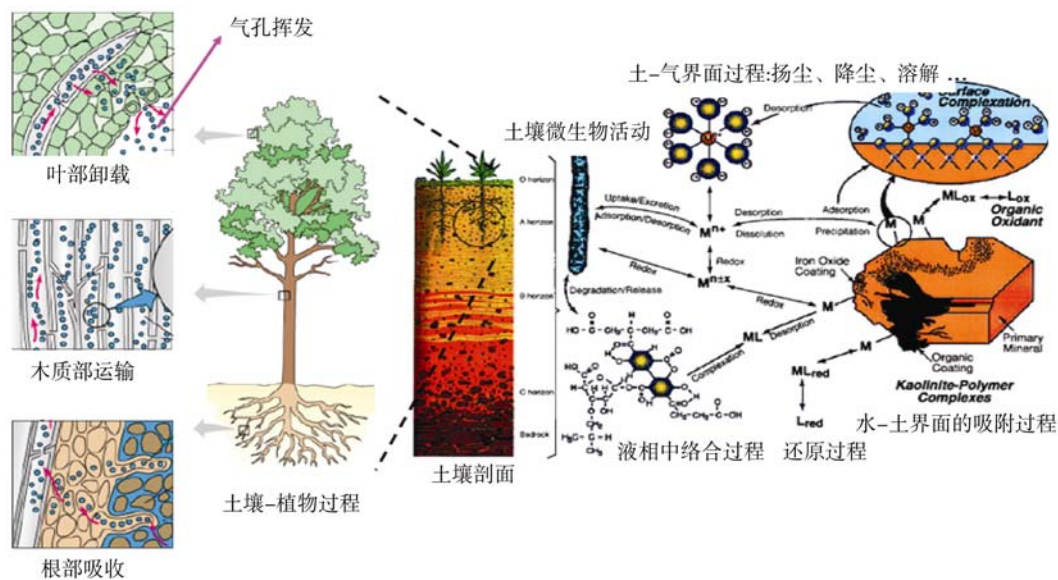


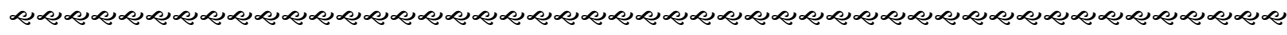
图 5 污染物在自然界中的迁移与转化过程

在综合研究方面 我国是地方病流行较为严重的国家,重病区大多集中在西部偏远、贫困地区。地方病的流行不仅严重危害病区广大群众的身体健康,而且严重制约病区经济社会发展和人民生活水平提高。全国 2008 年底 592 个国家扶贫工作重点县中,有 576 个是地方病流行的重病区。贵州西南部由于室内燃用高砷煤取暖、烹调和烘烤食品导致的大规模燃煤性地方性砷中毒病例(又称为燃煤性地砷病),是一个世界范围的独特(unique)案例,受影响人群 193000 人。研究者利用微束 X 射线荧光分析(μ -XRF),对砷和主要共同存在的其他元素在不同类型人群个体(已诊断病人及无症状同住者、病区人群和非病区人群)的人体样品(如头发和指甲)和病区环境暴露有关样品(如稻谷、玉米、辣椒)不同部位的元素分布状况及相关性。研究发现砷元素基本上集中于人体头发的中心部位,病区已确诊的慢性砷中毒病人组,头发中砷含量并不比同村居住的无症状居民组高。而通过病区农民家里收集经过煤火烘烤的稻谷样品的元素分

布,结果显示砷主要集中在颖壳以及颖果的表层,砷在整个颖果部分从外向内表现由高到低,水渍状分布。可以观察到砷已经由外向内进入稻米的可食部分,即胚乳部分。但在胚芽部分没有看到在背景水平以上的砷分布。同样在经烘烤的玉米样品中,也观察到砷元素从外向内由高到低的水渍状分布,已进入玉米粒的胚乳部分,玉米胚乳部分的砷含量可能要高于稻米的胚乳部分。研究者利用 XAFS 技术,分析砷原子的近邻环境和化学态,检测生物材料中砷的价态变化差异。发现确诊病人毛发中的砷形态主要为+3 价,而同村居住的无症状居民毛发中砷主要为毒性较低的+5 价。为疾病的防治提供了良好的理论依据。

综上所述,上海同步辐射光源的开放和今后的进一步建设发展,将为我国环境科学领域的研究发展提供良好的科研平台,大大促进我国分子环境研究水平的提高,为更好的改善我们的环境,保护我们的环境提供良好的科学依据。

(中国科学院上海应用物理研究所 201204)



科苑快讯

雌性鸣禽钟情本地雄鸟

根据《动物行为》杂志最近发表的一篇文章,雌性鸣禽喜欢熟知其居住地的异性,而且还能与“他”简单交谈。研究者发现年龄稍长的雄性大苇莺可以发出婉转的双音,而年轻者只能发出单音。

除了熟练的歌唱技巧之外,是否始终在本地生活也是雌性大苇莺(如图)的重要择偶条件。那些久经世故、长居一地的雄性大苇莺往往妻妾众多。因为这样的雄性配偶知道哪里能找到食物、哪里适合筑巢,以及何处可避开掠食者,所以更受雌性青睐。



(高凌云编译自 2010 年 5 月 6 日
www.sciencemag.org 新闻)

封底照片说明

这是美国艺术家罗伯特·希尔特曼的艺术作品。他把盛开的花束放在一块金属板上,然后给金属板通电,并通过发射射线把花束的影像传输到胶片上,得出一幅美妙奇幻的图片。

