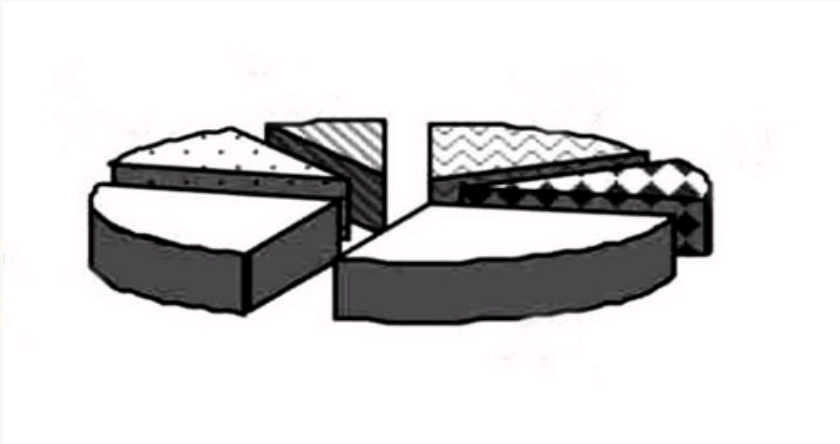
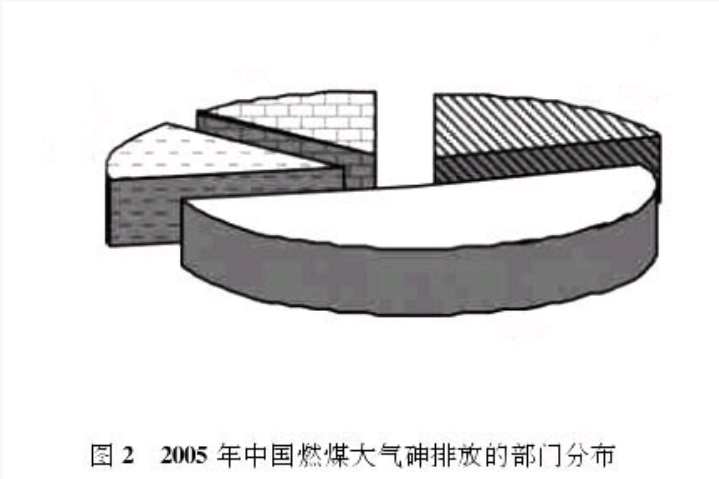


有害痕量元素排放发展趋势研究取得进展



图片来源：《2005年中国燃煤大气砷排放清单》，田贺忠、曲益萍《环境科学》2009.4

相关资料：

痕量元素（trace element），在常见的地球化学文献中，人们常将地壳中除氧（O）、氢（H）、硅（Si）、铝（Al）、铁（Fe）、钙（Ca）、镁（Mg）、钠（Na）、钾（K）、铀（Ti）这10种元素（它们的总重量丰度共占99%左右）以外的其他元素统称微量元素，或痕量元素、杂质元素、副元素、稀有元素、次要元素等。

它们在岩石或矿物中的含量一般在1%或0.1%以下，含量单位常以10exp-6或10exp-9表示。1974年，O’ Nions等将含量等于或小于1000×10exp-6的任何一种元素称为痕量元素。

10月8日，国际烟草控制政策评估项目（ITC）组织公布的科研报告显示，我国13个卷烟品牌被检测出含有重金属（砷、镉、铅等），其含量与加拿大产香烟相比，最高超出三倍以上。

据《重庆商报》报道：香烟中的重金属可能来自烟草产区土壤中。相关研究表明：生物从环境中摄取重金属，可以经过食物链的生物放大作用逐级富集，并通过食物等形式进入人体，引发人体某些器官和组织产生病变。

有害痕量元素及其化合物排放已成为大气污染控制的一个新兴而前沿的研究领域。在国家自然科学基金的资助下，北京师范大学副教授田贺忠带领的研究小组对我国2005～2020年能源利用及有害痕量元素排放发展趋势进行了研究，为我国掌握典型有害痕量元素污染排放现状及空间、行业分布特征提供了基础数据，并为国家和地方政府制定相关痕量元素污染排放法规、标准及技术与经济政策等提供了科学依据。

痕量元素引关注

上世纪50年代，日本熊本县水俣湾附近发现了一种奇怪的病，这种病最初出现在猫身上，被称为“猫舞蹈症”。病猫步态不稳，抽搐、麻痹，甚至跳海死去，被称为“自杀猫”。随后不久，发现也有人患有这种病。患者由于中枢神经和末梢神经被侵害，口齿不清、步履蹒跚、面部痴呆、手足麻痹或变形、视觉丧失，严重者精神失常，或酣睡，或兴奋，身体弯弓高叫直至死亡。这种怪病就是日后轰动世界的“水俣病”。

“日本发生的水俣病（汞污染）和骨痛病（镉污染）等都和有害痕量元素污染有关。”田贺忠说，“尽管痕量元素在空气中含量很小，但它的浓度超过一定范围就会显示出极大的毒性。许多痕量元素毒性极大，而且化学稳定性好，具有迁徙性、沉积性。它们不仅会引发人体呼吸系统的严重疾病，而且会污染水资源、土壤，造成生态环境的破坏。”

1990年，美国在《清洁空气法（修正案）》中列出了189种有害空气污染物，其中包括11种痕量元素（空气中含量很少的元素，如铊、砷、铍、铬、铅、锰、汞、镍、硒等）。在这11种痕量元素中，汞、砷、硒三种挥发性有害痕量元素的排放污染尤其引人关注。

有研究者发现，近10年来北欧、北美内陆偏远地区无明显工业污染源的湖泊中，鱼体内汞浓度的升高是由于大气汞沉降造成的。

美国环境保护署的报告称：燃烧装置排放的大气污染物中主要是有害的有机成分如苯并芘（BaP）、硫化物、氮氧化物、未燃烬可燃物以及重金属元素，它们几乎是造成所有癌症的原因，其中尤其以亚微米级颗粒形式存在的重金属排放物具有最大的威胁性。

汞、砷、硒等属于挥发性有害痕量元素，在高温燃烧或热解过程中不会被分解，而是挥发成蒸气，进而在烟道下游温度降低时通过结核、凝结、冷凝等过程形成许多亚微米颗粒。研究表明，尽管亚微米颗粒仅占燃煤总飞灰质量的5%左右，却富集了总痕量元素质量的13%～61%。汞、砷、硒等痕量元素主要富集在这些亚微米颗粒表面，这些亚微米颗粒很难被各种常规的污染控制装置有效捕获。它们大部分会随同亚微米颗粒排放到大气中，而这些亚微米粒子在大气中主要以气溶胶形式存在，不易沉降，而且上面富集的大部分有毒痕量元素也难于被微生物降解，可长时间停留在大气中，不仅影响大气能见度，而且通过呼吸系统进入动植物和人体内并不断蓄积，并可转化为毒性很强的金属有机化合物，还会通过干湿沉降过程进入水体和土壤，从而对水和土壤生态环境产生污染危害。

因此，大气汞、砷、硒等挥发性有毒痕量元素污染排放、迁移、沉降及控制等，也成为国际学术界关心的大气污染防治新兴研究热点之一。

燃煤：排放痕量元素祸首

美国环保局（USEPA）科学家Linak曾指出：元素周期表中几乎没有什么元素不存在于煤中，它们都是煤的重要组分，根据其含量不同，通常可将煤的元素组分划分为主量元素、次量元素和痕量元素三大类。其中，包括多种有毒痕量元素，如硼、铍、锆、镉、钴、铜、锰、铅、镍、汞、铬等。其中，汞、砷、硒、铅、镉、铬等元素对环境的危害最大。

化石燃料和矿物中的痕量元素在高温燃烧或熔炼过程中因各痕量元素的浓度、赋存状态以及操作工况的差异所表现的热行为不同，其挥发性也表现不一。但在所有条件下，汞、砷、硒都具有挥发性。

“由于汞极易挥发，在燃烧过程中极难控制，燃煤排放被认为是最大的人为大气汞污染源。大气中颗粒汞主要结合在细颗粒物上，对人体的危害更大。特别是环境中任何形式的汞均可在一定条件下转化为剧毒的甲基汞。进入环境中的汞会产生长期的危害，所以汞是煤中最主要的有害微量元素之一。”田贺忠说。

砷是一种蓄积性元素，是当前环境中使人致癌的最普遍、危害性最大的物质之一。砷可通过呼吸道、消化道和皮肤接触等进入人体，随血流分布于肝、肾、肺、脾、骨骼、肌肉等部位，特别易于在毛发、指甲中蓄积，从而引起慢性中毒。尽管砷在煤中的含量很低，但由于煤消耗量巨大，煤中砷长期排放的积累不仅对燃煤电厂附近产生污染，而且可通过远距离的传输对比较遥远的生物产生负面影响。

“我们的研究发现，抚顺、沈阳、兰州、贵阳、成都、重庆等城市的大气中砷含量高于其他地方就和燃煤有关。西南地区由于高砷煤的使用，曾造成3000多例砷中毒事件。”田贺忠说。

燃煤是大气中硒的主要来源。据估算，全球发电用煤所排放的硒量占人为硒排放量的50%以上。燃煤也是造成一些地区土壤、水、植物中硒含量过高的原因。硒对于动植物和人类来说是一种必需的微量元素，但硒含量过高同样会危害人体健康。在我国陕西安康、湖北恩施等地发生的人、畜硒中毒事件，就是由于开采和使用当地的富硒石煤所造成的。

弄清排放总量及时空分布

目前，我国正处于工业化社会的初期阶段，国民经济的快速发展和大规模基础设施建设，需要大量的电力、钢铁、水泥以及有色金属等材料，这就需要消耗大量的化石能源和矿物资源。

2008年我国用于直接燃烧的煤炭约27.4亿吨。另外，钢铁冶炼、有色金属冶炼、水泥生产、化工等行业对金属和非金属矿物的烧结熔炼过程也会使矿物中的有害痕量元素挥发，并富集在微细颗粒物上释放到大气中，从而对人体健康和生态环境产生危害。

“国外曾有学者指责中国燃煤对大气的影响。然而，由于种种原因，目前我国还缺乏对这些典型有害元素污染现状的全面认识，燃烧和工艺生产设施上缺少专门的污染控制措施，使得国家制定相关的法规、标准及污染控制对策缺乏有效依据。另外，有害痕量元素在大气中的传输扩散不仅与物理过程有关，还涉及更复杂的化学反应和二次污染，对有害痕量元素污染排放清单的研究是进一步开展有害痕量元素污染物传输、沉降、污染源排放标准、控制技术研究开发重点，也是制订控制对策的基础。因此，非常有必要开展我国有害痕量元素污染排放清单的研究。”田贺忠说。

据介绍，排放清单研究能定量得到各种源排放总量及其时空分布，是描述污染物排放特征的有效方法。田贺忠等人针对目前我国缺乏对汞、砷、硒等典型有害元素大气污染排放状况认识现状，采用排放因子法，通过现场测试调查、文献调研、专家咨询等手段，进而根据国民经济活动水平、能源生产消费状况、有色冶金等各部门生产活动水平等，以及各种装置或工艺过程污染控制水平等因素，在国内首次比较全面系统地建立了1980～2007年我国典型有害痕量元素汞、砷、硒大气排放清单及历史趋势。

该小组以2005 年为基准年，利用部门分析法对2005年至2020年能源利用及有害元素排放发展趋势开展了情景分析。重点研究了各省区燃煤大气典型有害痕量元素（汞、砷、硒等）排放量。按经济部门、燃料类型、燃烧方式和污染控制技术对排放源进行分类，确定各类排放源的排放因子和能源消费量。研究各省区生产原煤、洗精煤、焦炭和型煤的痕量元素含量，建立各省区间原煤、洗精煤、焦炭和型煤的传输矩阵，从而确定各省区消费原煤、洗精煤、焦炭和型煤的有害元素含量。研究人员结合各省区内各类排放源的排放因子、燃料消费量和燃料中痕量元素含量，计算出其排放量，进而给出各省区和全国燃煤大气典型有害痕量元素污染排放清单。