

课题 1:燃煤电厂和工业锅炉汞污染控制

技术支持:清华大学

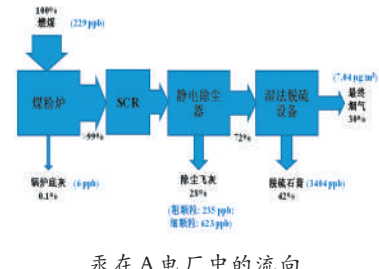
■ 大气污染控制设施协同脱汞效果显著

本课题选择两家燃煤电厂和两台工业锅炉开展汞排放测试。

燃煤电厂方面,A电厂采用煤粉炉工艺,并装有脱硝装置、电除尘器和湿法脱硫塔;B电厂采用循环流化床工艺,并装有电除尘器。工业锅炉方面,A锅炉采用电除尘,B锅炉采用布袋除尘器作为烟气净化设备。

4家测试单位均采用国际通用的标准方法开展测试。测试结果显示,A电厂的脱汞效率为71%,汞的排放因子为0.069g汞/t煤;B电厂的脱汞效率为66%,汞的排放因子为0.045g汞/t煤;A锅炉的脱汞效率为65%,B锅炉的脱汞效率为91%。

对4家单位的测试结果表明,大气污染控制设施具有显著的协同脱汞效果。



汞在A电厂中的流向

■ 布袋除尘与湿法脱硫塔联合使用脱汞效率更高

大气汞(又称总汞)主要包括气态汞和颗粒汞,气态汞又包括气态单质汞(Hg⁰)、活性气态汞(Hg²⁺)和气态甲基汞(MeHg)。基于本次测试,并参考相关研究成果,本课题评估了大气污染控制设备的协同脱汞效率。安装电除尘器和布袋除尘器都能够脱除99%的颗粒汞,而两设施脱除总汞效率分别为4%~20%以及20%~80%。脱硫设施可以协同去除超过80%的活性气态汞,而布袋除尘和湿法脱硫塔共同使用能够去除86%的总汞。经测试发现,安装脱硝设施可以进一步提高湿法脱硫塔的脱汞效率。

中国燃煤电厂的脱汞效率普遍低于北美地区燃煤电厂的脱汞效率,这是由于中国煤炭中氯的浓度较低。

■ 燃煤电厂副产物高温加热造成汞的二次释放

本课题还分析了燃煤电厂副产物——飞灰和湿法脱硫石膏的综合利用情况。飞灰主要应用于道路作业、土方回填、建筑或农业等;湿法脱硫石膏

主要应用于土方回填、建筑和农业。经研究,飞灰在生产建筑业等使用的水泥过程中,高温加热环节使汞几乎全部被释放出来(99%),而脱硫石膏在制作建筑用石膏板时,在高温加热过程中约有10%~50%的汞被再次释放出来。可见,对燃煤电厂副产物再利用时,高温加热易造成汞的二次污染。

■ 政策及技术建议

我国是全球汞排放大国,燃煤大气汞排放是我国大气汞排放的重点源之一,主要来源于燃煤电厂和燃煤工业锅炉。近年来,我国火电的发展速度、装机容量和机组数量均居世界首位,电煤消耗量持续增长,2011年已接近我国煤炭产量的60%。我国也是当今世界锅炉生产和使用最多的国家,截至2008年年底,全国各类工业锅炉超过50万台,其中燃煤锅炉是工业锅炉的主导产品。

针对燃煤电厂汞污染现状,提出如下建议:

采用最佳可行技术和最佳环境实践来控制燃煤电厂大气汞排放;健全政策、法规和标准,为控制燃煤电厂大气汞排放提供法律和技术基础;优化能源结构,增加清洁能源供应,从源头促进汞减排;控制燃煤副产物在高温环境下的利用,减少二次汞释放的风险。

针对工业锅炉汞污染现状,提出如下建议:

加快淘汰小型燃煤工业锅炉;推行工业锅炉大气汞排放控制技术;建立燃煤工业锅炉大气汞排放标准;加快清洁能源替代利用。



开展汞排放测试的燃煤电厂

国际环保合作新舞台

■ 本版撰稿: 郑静 韩絮 邵丁丁 郭姝慧 凌曦
孙阳昭 吴建民 王祖光 朱爽

减少汞污染 强化能力建设



核心提示

“减少汞污染能力建设项目”是环境保护部开展的一个关于汞污染控制的双边合作项目。环境保护部环境保护对外合作中心是项目的中方执行机构,参加项目的中方技术支持单位还有:清华大学、中国科学院地球化学研究所、中国环境科学研究院和环境保护部环境规划院。

项目一期于2006年启动,2009年结束;项目二期实施期为2010年~2013年。项目二期在项目一期成果的基础上,针对燃煤电厂和锌冶炼行业大气汞污染控制、汞矿区污染场地修复以及减少工业产品中汞的使用等课题开展研究,提出有效的技术措施和政策建议。

在环境保护部的指示下,环境保护部环境保护对外合作中心于2010年3月成立了汞工作组。汞工作组主要负责组织开展管理政策技术等研究,为汞公约谈判提供技术支持;开发并实施汞相关国际合作项目,提高我国涉汞环境管理水平;做好履约相关准备工作。

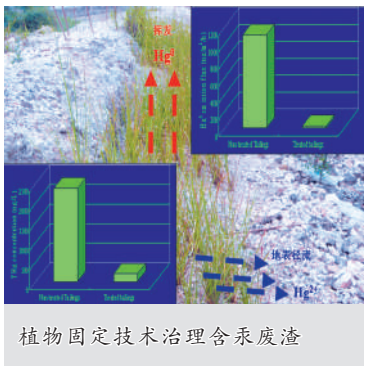
本报于2013年3月15日报道了“减少汞污染能力建设项目”的进展情况。目前,项目已经全部完成,在此对项目进行整体总结。

广,而缺点主要是植物对汞的富集效率低,对深层污染物去除效率低、修复年限长、植物残体需要处理等。在植物固定技术应用中,项目组选择香根草为样本,分析其对应含汞矿渣中汞的固定作用。经分析,在含有汞矿渣的土壤上种植香根草后,地表径流中总汞浓度与种植前相比减少了91%,矿渣向大气排放的气态汞比种植前减少约90%。

在植物提取技术应用中,项目组研究发现,大多数植物富集汞的能力较低,大部分汞仅富集在植物根系,仅少量汞转运到植物的茎、叶和果实。但是,在利用硫代硫酸铵处理植物后,植物地上部分汞含量大幅度增加,是未处理植物的200倍。以硫代硫酸铵对7种不同植物进行处理对比发现,油菜对土壤中汞的富集能力最强。田间试验表明,种植1公顷油菜,在3个月的生长周期内,其地上部分可以提取约0.5千克的汞,根系周边土壤中总汞含量显著降低。

■ 政策建议

中国汞矿区污染场地应综合防控矿山含汞冶炼废渣与尾矿汞污染;加强汞矿区地表水传输过程汞污染控制;开展具有针对性的汞矿区土壤汞污染修复治理;强化汞矿区农作物安全种植管理;健全政策、法规和标准,为防治汞矿区汞污染提供法律和技术基础。



植物固定技术治理含汞废渣

课题 3:汞矿区土壤污染治理措施

技术支持:中国科学院地球化学研究所



围堰拦河坝

■ 汞矿山长期开采导致环境污染

汞矿山长期开采对周边环境造成的汞污染问题,已经受到世界各国的广泛关注。近年来,由于全球汞污染的严峻形势和人们对汞毒害认识的增强,许多大型汞矿相继停产、闭坑。但矿区堆放的大量尾矿渣和冶炼废渣在高温或雨水冲刷下,会不断释放汞,污染空气、河流及周边农田。

■ 围堰拦河控制水体汞污染效果明显

针对汞矿对河流的污染,项目组选择了自然净化技术,通过增强河流生态系统的自净能力,达到控制汞污染物向下迁移的治理效果。这种自然净化技术大幅降低了治理成本。

项目组在试点汞矿上游及中游分别修建围堰拦河坝,通过对河水在流经围堰前后汞浓度及河水流量的长期连续

监测,评价工程措施对河流水体中汞的控制效果。试点活动选择在河流的丰水期、平水期和枯水期开展连续监测。结果表明,经围堰处理后河水总汞浓度显著降低,平均降幅约为37%,最高降幅达到82%。此外,研究发现,河水流经围堰后,甲基汞浓度也明显降低。

围堰拦河坝工程成本低廉,控制效果可观,具有可推广性。

■ 植物修复治理土壤汞污染易于推广,但周期较长

植物修复技术包括植物固定技术和植物提取技术。其中,固定技术是指利用植物根系将汞吸附并固定在其表面从而降低汞的移动性;提取技术是指利用植物根系吸收土壤中的汞并将其输送至茎、叶和果实,通过收割植物地上部分从而将土壤中的汞去除。

植物修复技术的主要优点是对环境扰动少、易操作、成本低和容易大面积推

课题 2:锌冶炼行业汞污染控制

技术支持:清华大学

■ 我国锌产量世界领先

我国是全球最重要的铅锌生产国之一。2000年锌冶炼产能在170万吨左右,到2010年,锌冶炼产能高达600余万吨,位列世界第一。我国铅锌冶炼企业众多、布局分散。经过几十年的发展建设,我国形成了东北、湖南、两广、滇川、西北等五大铅锌采选冶炼和加工配套生产基地,锌产量占全国总产量的95%左右。2009年,我国规模以上的铅锌冶炼企业约620家,规模排名前10位企业的产量占全国产量比例在45%左右。

■ 湿法炼锌是我国锌冶炼主工艺

锌冶炼工艺有湿法和火法两大类。湿法炼锌包括浸出焙烧湿法炼锌和直接氧压湿法炼锌,前者是我国锌冶炼主要工艺。火法炼锌又分为竖罐炼锌、横罐炼锌、密闭鼓风炉炼锌和电炉炼锌。竖罐和密闭鼓风炉炼锌是我国目前火法炼锌的主要方法。据统计,2004年,我国锌冶炼企业中,湿法炼锌占71.8%,竖罐炼锌占13.0%,密闭鼓风炉炼锌占7.7%,电炉炼锌占5.9%。

■ 我国锌冶炼汞污染控制以协同脱汞为主

锌冶炼是我国大气汞排放的主要来源之一。在地质矿产中,汞常以硫化汞的形式共生在铅锌矿中。锌冶炼过程中,汞及其化合物会以蒸汽态或附着于粉尘通过烟气释放进入大气。

我国锌冶炼污染控制措施主要包括除尘器、烟气净化冲洗塔、电除雾、双转双吸塔和单转单吸塔,这些设施在一定程度上可以协同脱汞。目前,我国锌冶炼企业中,仅有湖南株洲冶炼集团股份有限公司安装了专门脱汞设施。

■ 国外脱汞技术发展迅速

欧美等发达国家通过制定法规和标准、信息公开等手段,加强了锌冶炼行业



汞排放测试现场测试

的汞污染控制,而冶炼企业也加大了专门脱汞技术的研发和应用。国际上较为流行的专门脱汞技术主要包括波立登脱汞、筛过滤器脱汞、碳过滤器脱汞、硫代硫酸钠脱汞等。其中波立登技术是目前世界上最流行的除汞方法,已在全球40多家锌冶炼企业得到应用。

波立登技术不仅具有高效的脱汞效率,在经济成本方面也具有明显优势。以一家烟气处理量为每小时10万立方米的锌冶炼企业为例,采用波立登技术的一次性投入为3000万元人民币,但其运行费用却低于其他专门脱汞技术,并且每年可回收约2.5吨汞,按40万元/吨汞计算,可获收益超过百万元。

■ 政策建议

针对我国锌冶炼行业汞污染现状,应从以下方面加强管控力度:

加大落后产能淘汰力度;推动烧焙烧湿法炼锌企业进行技术改造,配备制酸系统;逐步推广专门脱汞技术;加大锌冶炼大气汞无组织排放管理。

课题 4:主要含汞产品和工艺

技术支持:中国环境科学研究院

■ 我国汞生产与用汞行业概况

我国是汞的生产和消费大国。据估算,目前国内原生汞产量占全球汞产量的50%以上。国际社会普遍认为,我国在有效控制全球汞供给与减少汞需求中的地位举足轻重。我国主要用汞行业包括电石法聚氯乙烯生产行业、含汞电池生产行业、含汞电光源生产行业、体温计和血压计生产行业等。

在聚氯乙烯(PVC)生产中,电石法是以煤为燃料,利用氯化汞触媒作为催化剂生产PVC的一种工艺。我国是全球应用电石法工艺的少数国家之一。

荧光灯是最主要的含汞电光源,我国是全球主要的荧光灯生产基地,2000~2011年,我国荧光灯年产量从10亿支增长到约66.9亿支,占到世界总产量的80%。随着全球淘汰白炽灯、推广节能灯活动的持续开展,荧光灯还将在一定时期内保持增长趋势。

锌锰和碱锰电池则是我国主要的含汞电池产品。随着无汞电池的推广应用,两种含汞电池的产量和出口量将逐步下降。

水银血压计和水银体温计是人们日常生活中常见的医疗器械。水银血压计一般分为手动开关血压计和自动开关血压计,其中手动开关血压计单台产品平均含汞量一般为20~30g,自动开关血压计单台产品含汞量一般为35g左右。水银体温计的主要原材料是液汞,其纯度一般都在99.99%以上,单位产品平均含汞量约1.13g左右。据统计,2008年,我国水银体温计年产量为1亿余只,其中出口5493万只,内销5166万只;全国水银血压计总产量约257万台。

■ 国内无汞技术逐步推广

我国主要用汞工艺和含汞产品在国



PVC生产企业