

研 究 名 称	:	大气污染防治技术产业-汞的控制领域专利竞争情报分析
研 究 承 担 单 位	:	北京国之专利预警咨询中心
研 究 负 责 人	:	于立彪
主 要 研 究 人 员	:	王丹、韩玉顺、佟婧怡、宋欢、李鹏、李晶晶、王义刚、时彦卫、李欣、王扬平
研 究 起 止 时 间	:	2014.5 至 2014.11

摘 要

汞作为大气中的主要污染物极大地危害着人类的健康，解决大气中的汞污染问题迫在眉睫。本课题通过对国内、外专利申请以及非专利进行检索和统计分析，对汞的控制技术领域的全球和国内的专利申请和市场情况、专利竞争环境和主要竞争者进行了深入的统计和分析，并对我国大气中汞的控制技术在政策制定、专利布局和市场发展等方面给出了相关建议。

关键词：汞； Hg； 竞争； 专利； 技术； 市场

目 录

第一章 汞的控制领域概述	1
第一节 技术概述	2
一、燃烧前脱汞技术	2
二、燃烧中脱汞技术	3
三、燃烧后脱汞技术	3
第二节 产业发展综述	4
第二章 全球专利竞争情报分析	5
第一节 全球总体竞争状况	5
一、政治	6
二、经济	8
三、技术	9
第二节 全球专利竞争环境	11
一、美中日欧竞争力概况	11
二、全球海外市场状况	14
三、技术生命新老更迭	16
第三节 全球主要竞争者	18
一、全球竞争力分析	18
二、技术分布特点	19
三、专利布局与市场占有情况	20
第三章 中国专利竞争情报分析	22
第一节 总体竞争环境	22
一、政治	22
二、经济	23
三、技术	23
第二节 专利竞争环境	24
一、国内专利分布概况	24
二、地区分布情况	25
三、技术发展状况	26
第三节 主要竞争者	26
第四章 竞争启示及产业发展建议	29
第一节 技术启示及建议	29
一、技术空白点以及热点	29
二、引进技术方面的建议	29
三、校企协作方面的建议	29
四、技术突破点建议	30
第二节 市场启示及建议	30
一、市场发展建议	30
二、区域发展建议	31
三、海外拓展建议	31

第三节 专利布局启示及建议.....	31
一、国内专利布局建议	31
二、国外专利布局建议	31

第一章 汞的控制领域概述

汞是一种生物毒性极强的重金属，能够通过水、空气、食物等多种途径传播，其中通过在生物链中富集并传播的甲基汞毒性最强，能够对人体的大脑、肝脏、肾脏等器官造成不可逆的损失¹。儿童过度接触汞会导致弱智、脑麻痹、失明或失聪等严重后果，即使是非常少量地接触汞也可能影响儿童的智力发育，造成注意力、精细运动能力、语言能力的下降。对于成人来说，慢性汞中毒可以导致四肢麻木、失忆，同时它对生育能力和血压调节能力也产生巨大的负面影响。大量吸入汞蒸气会出现急性汞中毒，其症状为肝炎、肾炎、蛋白尿和尿毒症等，这类病有严重的后遗症和较高的死亡率，还可以通过母体遗传给婴儿。水俣病是汞中毒的一种，首次出现是在1933年的日本九州熊本县，到1989年，该县确诊的水俣病患者达2271人。在我国松花江和蓟河流域，因为金矿开采和吉化公司排放的汞，曾引起一些渔民体内有明显的汞积累，而且已经出现了“拟似水俣病”的病人。近期研究表明，甲基汞对免疫系统和心血管系统也有毒害作用²。

大气汞的来源分为自然源和人为源。大气汞的自然来源主要包括火山与地热活动、土壤释汞、自然水体释汞、植物表面的蒸腾作用、森林火灾等，其具有多样性及影响因素复杂的特点，因此对自然源向大气的年排汞量的确定具有较大的难度，目前的研究还处于起步阶段，尚需进行大量深入的研究。人为的汞排放占到了全球的80%以上，主要来源于化石燃料的燃烧、垃圾焚烧（包括市政垃圾、医疗废物、处理厂污泥等）、金属冶炼、化工及其它用汞工业等，其中，化石燃料燃烧是最主要的部分。

大气中的汞的主要形态分为三种：气态元素汞即单质汞（ Hg^0 ）、二价活性气态汞（即氧化态汞 Hg^{2+} ）、附着在颗粒上的颗粒汞（ Hg^P ），各种形态的汞的物理、化学性质不同，其中 Hg^0 有较高的挥发性和较低的水溶性，可在大气中长距离运输且停留时间长（平均时间在一年以上），不能被现有脱硫除尘设备脱除，难以处理。 Hg^{2+} 有多种化合物，常温下较稳定，多数易溶于水（ HgS 不溶），容易被湿法脱硫装置脱除， Hg^P 通常与颗粒物绑定，容易被除尘器脱除，在一定条件下这三种形态可以相互转化，而且烟气中汞含量少（一般为 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 数量级），因此要同时脱除烟气中三种形态的汞比较困难。

¹ 孙悦恒. 改性无机矿物吸附剂对气态汞的吸附试验研究[M]. 山东大学硕士学位论文, 2012: 2-8.

² [中]方风满. 城市区汞的环境行为与效应[M]. 安徽: 安徽人民出版社, 2008: 31-35.

第一节 技术概述

燃烧汞污染控制主要通过以下三种方式：燃烧前脱汞、燃烧中脱汞和燃烧后脱汞。具体技术分解如下：

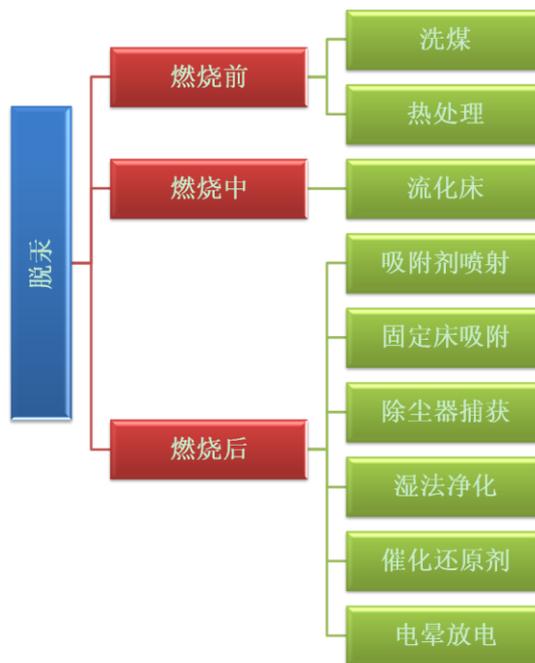


图 1 汞的控制技术分支

一、燃烧前脱汞技术

燃烧前脱汞技术主要包括洗煤技术以及煤的热处理技术³。

1、洗煤是减少汞排放的最简单而有效的方法之一。汞元素与其他矿物质类似，主要存在于无机物中，当在煤粉浆液中加入有机浮选剂进行浮选时，有机物主要成为浮选物，而无机矿物质则主要成为浮选废渣，汞与其他重金属元素则会大量地富集在浮选废渣中，从而起到了部分除去煤中重金属汞的作用。浮选法可以把原煤中平均21%~37%的汞除去，去除效率与煤的种类、煤的清洗、分选技术、原煤中的含汞水平等都有很大关系。

2、由于汞的高挥发性，在煤加热的过程中，汞会由于受热而挥发出来。研究结果显示在400℃范围内可以最高达到80%的脱汞率。然而在此范围内也发生了煤的热分解，导致了在挥发性物质减少的情况下产物的热值也有很大的降低。目前，热处理脱汞处于实验室阶段，有待进一步研究。

通过洗选煤所能去除煤中汞含量不确定，不能作为核心的汞脱除手段，只能作为汞脱除

³ 赵毅等. 烟气脱汞技术研究进展[J]. 中国电力, 2006, 39 (12): 59-62.

的一种辅助手段。

二、燃烧中脱汞技术

目前，国内外关于燃烧中脱汞的研究较少，主要是利用改进燃烧方式，在降低 NO_x 的同时，抑制一部分汞的排放。比较典型的改进燃烧方式是采用流化床锅炉。采用流化床锅炉可增加烟气在炉内的停留时间，使气态汞有效地与飞灰颗粒接触，同时流化床锅炉的工作温度较低，这可以有效增加 Hg^{2+} 的含量，增加气态汞与飞灰结合概率，还可以抑制新生成的 Hg^{2+} 与 Hg^{P} 再度转化为 Hg^0 。循环流化床锅炉脱汞效率虽高但使用范围较小，与之相比，煤粉锅炉的使用比例较高，但烟气停留时间较短，关于改进煤粉锅炉燃烧方式对脱汞效率的研究较少，因此燃烧中脱汞尚无法成为可靠有效的脱汞方式。

三、燃烧后脱汞技术

燃烧后脱汞的研究主要包括两个方面，一方面是脱汞吸收剂的开发；另一方面是通过现有的烟气治理设备，进行一定程度的改进，使其具有脱汞性能，从而实现脱硫脱硝除汞一体化。

1、在吸收单质汞的过程中，吸收剂起到了决定性的作用，从国内外研究状况来看，大部分研究集中在高效、经济的吸收剂的研制，这其中包括：活性炭、飞灰、钙基吸收剂以及一些新型吸收剂等。由于固定床吸附成本投入过高，主要在欧洲国家的垃圾焚烧和燃煤火电系统中得到较普遍的工业化应用。

目前，国内外学者普遍认为对汞的排放控制技术最有前景的是尾部烟气吸附剂喷射技术。吸附剂喷射法，主要是利用吸附剂吸附烟气中的 Hg^0 和 Hg^{2+} ，使它们富集于吸附剂中成为颗粒汞，颗粒汞经除尘设备捕获，达到烟气脱汞的目的，该法已成功地用于垃圾电站的汞污染物脱除。喷射吸附剂这种方法适用范围广，基本上对任何电站都适用，但是只有活性炭吸附剂可以达到较高的汞控制能力，但是应用活性炭吸附剂面临着控制成本这一瓶颈问题，普通钙基吸附剂以及矿物类吸附剂对汞的吸附效果尚难达到令人满意的结果，除此之外，吸附剂喷射技术仍存在着除尘设备的负荷能力以及吸附产物二次析出问题。

2、除尘器捕获通常使用静电除尘器（ESP）或布袋除尘器（FF）。湿法净化工艺最常用的是湿法烟气脱硫和喷雾干燥吸收。喷雾干燥吸收在使用碱性溶液吸收 CO_2 的同时也吸收了90%的气相氧化汞。FF和ESP均能捕获喷雾干燥器生成的干燥吸收剂和飞灰颗粒。当煤中氯含量超过0.02%时喷雾干燥系统中的FF也可以脱除小部分Hg。从喷雾干燥系统排出的汞主要以元素态存在，颗粒态的不超过0.5%。

3、燃煤电厂通常使用选择性催化还原剂（SCRs）或选择性非催化还原剂（SNCRs）来

减少NO_x，而此过程能够增加汞的氧化并且改善其脱除率。

4、利用窄脉冲电晕放电方法来消除垃圾焚烧炉烟气中的汞蒸气，其脱除原理主要是在电晕场中，汞蒸气与放电所产生的氧原子（O）和臭氧（O₃）进行化学氧化反应。

第二节 产业发展综述

燃煤释放是目前公认的最大汞污染源，因此，对煤中汞的去除是汞污染控制的关键。目前电厂尚无单独针对汞的有效去除设备，与常规除尘、脱硫等设备结合加强对汞的去除一直是国内外研究的重点，也最具有实际意义。

到目前为止，有效的汞污染控制技术有：活性炭喷射（包括化学剂担载）、飞灰和沸石吸附、氨吸附、单质汞的催化氧化、电晕放电、可再生吸附剂技术和燃前煤洗选等。基于当前发展水平，吸附剂喷射、湿法 FGD 和煤的洗选是最有效的处理汞的方法。目前新型联合脱汞技术主要有以下几种⁴。

1、电催化氧化技术（ECO）。其是一种洁净煤燃烧技术，将多种可靠技术结合在一起，一次处理可同时去除 SO₂、NO_x、汞以及微粒等多种污染物质。

应用情况：示范规模:30 万 Nm³/h

资助单位：美国能源部（DOE）3000 万美元

示范电厂：俄亥俄州 BurgerStation

燃煤含硫量：2%~4%

完成时间：2008 年

测试结果：脱硫率:97%

脱硝率：90%

脱汞率：80%

2、臭氧低温氧化（LoTOx）技术。采用气相低温氧化系统实现多污染物的脱除，臭氧被注射到位于湿法脱硫装置之前的烟道或专门的反应器内部，将 NO_x 氧化为更高阶的氮氧化物，将 Hg 氧化为 HgO。

该技术已经完成 25MW 工业示范，脱汞率 90%，脱硝率 70%~95%。

3、Phoenix 公司多污染物控制技术。该技术采用 H₂O₂ 洗涤氧化 SO₂、NO_x、HgO，实现多污染物联合脱除，已完成 1~3MW 热态工业试验，脱硫率 99.55%~99.95%，脱硝率

⁴ 许月阳等. 火电厂汞污染控制对策探讨[J]. 中国电力, 46 (3): 91-94.

98.25%，脱汞率 60%~99.15%。

4、K-Fuel 燃料技术。该技术通过低质煤的物理分离、热处理等煤炭前处理，在将煤炭转化为高质煤的过程中，实现多污染物联合脱除。该方法除灰率 10%~30%，脱硫率 10%~36%，脱汞率 28%~66%，脱氮率 40%。

应用情况：

首个 K-Fuel 工厂于 2005 年 12 月在美国怀俄明州的 FortUnion 市建成并运行，产能 75 万 t/a。这是世界上第一座此类工厂，作为大规模 K-Fuel 生产设施服务于客户，并在美国黑山电厂等 20 余家企业成功进行了燃烧试验，取得了良好效果。

国内呼伦贝尔市海拉尔区拟建一座单处理器的干燥提质装置，锡盟地区准备进行双处理器 K-Fuel 工厂建设，在云南准备进行四处理器 K-Fuel 工厂建设，目前正在可行性研究报告编制阶段。

5、EnviroScrub 公司 Pahlman 技术。该技术采用 MnO_2 粉末吸附剂，Hg 吸附转化为 HgO 后吸附在 MnO_2 吸附剂表面，吸附剂可再生。目前，该技术完成了 75MW 机组上的中试，脱硫率 99%，脱硝率 94%~97%，脱汞率 67%。

第二章 全球专利竞争情报分析

第一节 全球总体竞争状况

化石燃料燃烧是大气汞污染的主要来源，美日欧等发达国家由于早期经济发展迅猛，比我国早遇到汞污染的处理问题，其已通过立法、颁布标准等政治手段遏制汞污染物的排放。由于汞的危害性，1976 年成立的国际潜在有毒化学品登记中心将汞列在《国际有毒化学品毒性和标准简明手册》中。国际化学安全规划署出版了包括无机汞、甲基汞在内的 200 种化学品的环境卫生基准丛书，引起世界各国对汞及汞化合物污染的重视。1998 年签署的关于在国际贸易中对某些危险化学品及农药采用事先知情同意程序的《鹿特丹公约》，汞也名列其中。发达国家对汞污染特别重视，尤其是美国、欧盟等纷纷通过制定相关的法律法规来控制汞污染。目前，汞污染已被列入环境外交议程⁵。

2013 年 1 月 19 日，联合国环境规划署通过了旨在全球范围内控制和减少汞排放的国际公约《水俣公约》，就具体限排范围作出详细规定，以减少汞对环境和人类健康造成的损害。

⁵ 方风满. 城市区汞的环境行为与效应[M]. 安徽: 安徽人民出版社, 2008: 31-35.

公约要求，控制各种大型燃煤电站锅炉和工业锅炉的汞排放，并加强对垃圾焚烧处理、水泥加工设施的管控。可见，随着国际谈判的逐步深入，世界各国将面临的是更加严格的汞排放的约束，可能形成全球性的产业，掌握核心技术的发达国家将可以通过输出技术在产业中占据竞争优势。

一、政治

（一）美国

自上世纪 90 年代起，美国环保局就开始重视有毒汞排放的限制问题，其在 1995 年已单独提出有关汞排放量报告。美国的《清洁水法案》在排放许可系统的基础上确定不同行业基于技术标准的汞排放量，各产业部门据此被分配给一个特定的汞排放量。《含汞和可充电电池管理法案》禁止某类电池的销售，并实施产品标签制度、鼓励自愿收集、循环使用或者适当处理旧的可充电电池。另外，美国还通过联邦政府禁止油漆和杀虫剂中以汞作附加剂，工厂努力减少电池用汞，增加对汞释放与产品中汞含量的制定、回收利用计划等行动，使得美国工业用汞从 1988 年到 1997 年下降了 75%；2000 年 12 月，美国环保局宣布开始控制燃煤和燃油发电厂锅炉烟气中汞的排放；2001 年 2 月，美国总统布什在宣布削减温室气体排放量时宣布，到 2010 年削减汞的大气排放量 69% 的计划；2003 年 12 月，美国环保局发布严格的控制氯碱工业汞排放标准，有 9 家氯碱工厂受该法规影响，新的法规将汞排放减少约 73%；2005 年 3 月，美国环保局正式颁布燃煤汞排放控制标准（CAMR，Clean Air Mercury Rule），是世界上首个有关燃煤电站汞限制标准的国家，这一标准的实施极大地减少全美国火电厂的汞排放量，其目标是将排放量由当前的 48ta^{-1} 降低到 2010 年的 38ta^{-1} ，到 2018 年最终降低到 15ta^{-1} ；2007 年 4 月，美国新泽西州环保部公布允许纽泽两州就国内 4 大汞排放来源——钢铁冶炼厂、燃煤发电厂、都市固体废弃物焚化炉与医疗废弃物焚化炉进行控管，以达到汞远离当地环境的成效；美国环保局在 2011 年底出台了新的燃煤电厂污染物排放控制标准，新法规预计将于 2016 年左右开始生效，其中规定燃煤电厂的汞排放限值最低为 $9.07 \times 10^{-5} \text{kg}/(\text{GW}/\text{h})$ 。

（二）欧盟

近 20 年来，欧盟一直致力于减少汞的使用和排放，汞污染中毒现象已有所减少，但欧盟各成员国公民仍面临鱼和其它海产品汞含量超标的危害，严重威胁消费者的健康，特别是地中海沿岸国家面临的汞污染问题更为严峻。此外，全球对汞的需求持续增长，作为世界上汞的最大供应商——欧盟对预防汞污染负有义不容辞的责任。为此，2005 年 1 月，欧盟委员会提出了全面控制汞污染的长期计划，其中包括在欧盟和全球范围内控制汞泄漏和使用的

建议，逐步减少直至 2011 年最终全面禁止欧盟的汞出口，限制欧盟内部汞的使用量，改善工业用汞的贮藏管理，加强汞污染及预防领域的研究。

（三）联合国

联合国环境规划署（UNEP）提出要制定全球性的汞减排计划，包括加强用汞和汞排放的管理，制定减少全球汞排放计划，并计划签订具有约束力的处理汞问题国际文书。2001 年，UNEP 进行了一次全球汞评估，2003 年提交“全球汞污染报告”，指出汞已经造成了对世界各地人类健康和环境各种有记录的、重大的负面影响，要求针对汞问题采取进一步的国际行动。UNEP 接着敦促各国采取各自的汞削减措施，并制订为发展中国家提供能力建设的计划。2005 年 2 月，在肯尼亚内罗毕召开的联合国环境规划署 23 届理事会讨论防治汞污染问题时，形成了一个决议：倡导建立自愿型合作关系，请捐赠国向发展中国家提供技术和经济援助，要求各国政府考虑在排放渠道方面采用最好的技术。环境规划署希望各国政府、工业部门以及非政府组织共同采取措施，减少使用含汞产品和工艺中的汞接触，比如禁止在电池和氯碱设施中使用汞，并且考虑抑制初级汞矿开采和多余汞供应量进入商业领域，减少汞对环境的污染以及对人类健康的危害。2007 年 11 月 12 日，在 UNEP 主持下，来自世界各国的政府代表和专家聚集在泰国曼谷，探讨如何尽可能地减少汞污染，呼吁各国尽快达成有关这一问题的全球协议。联合国环境规划署正在督促各国政府、工业界和民间社会共同努力，着手确立清晰、明确的目标，降低全球汞污染水平，开创全球产品和工艺无汞化的新局面。

2013 年 1 月 19 日，UNEP 通过了旨在全球范围内控制和减少汞排放的国际公约《水俣公约》，就具体限排范围作出详细规定，以减少汞对环境和人类健康造成的损害。《水俣公约》开出了有关限制汞排放的清单，首先是对含汞类产品的限制，规定 2020 年前禁止生产和进出口的含汞类产品包括了电池、开关和继电器、某些类型的荧光灯、肥皂和化妆品等。公约认为，小型金矿和燃煤电站是汞污染的最大来源，各国应制定国家战略，减少小型金矿的汞使用量；公约还要求，控制各种大型燃煤电站锅炉和工业锅炉的汞排放，并加强对垃圾焚烧处理、水泥加工设施的管控。

从 2009 年开始，147 个国家经过 4 年 5 轮的谈判，2013 年 10 月 11 日，包括中国在内的 92 个国家和地区的代表最终签署《水俣公约》，更多的国家将陆续签约。

（四）其它国家

其它很多发达国家也都通过了管理和控制汞排放、限制汞使用和暴露的立法。如丹麦主要通过《环境保护法案》（1974）和《化学物质和产品法案》（1980）来控制汞污染；日本的《水供给法》和《水污染控制法》规定水中的总汞浓度标准和汞排放标准。另外，还有很多

针对金属开采和生产的环境立法和法规，控制点源向大气、水体和土壤的排放；而韩国的《基本环境政策法案》、《大气质量保护法案》、《水质保护法案》、《饮用水管理法案》、《地下水法案》、《废物管理法案》、《食物法案》、《工业安全与健康法案》等都涉及汞的控制和管理。

（五）中国

上世纪 80 年代，我国松花江严重汞污染状况，引起我国政府及学术界对汞污染及控制的重视。我国目前已经制定《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》（GB15581-95）以及垃圾焚烧方面相关的控制标准。2011 年 7 月 29 日环境保护部发布了《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），对燃煤电厂汞及其化合物排放浓度限值提出明确的要求。

我国 2005 年的燃煤大气汞排放为 334t，占当年全国人为汞排放的三分之一以上，其中，燃煤电厂排放 124.8t⁶。随着近年来国民经济的快速发展，我国的火电装机容量和煤炭消费总量已分别从 2005 年的 391GW 和 21.4 亿 t 增加到 2011 年的 767GW 和 35.7 亿 t，相应地，燃煤电厂所带来的汞污染物排放的问题也更加突出。我国以煤为主体的能源结构特点，决定了脱汞技术在中国具有潜在的重要战略地位。

二、经济

到目前为止，有不少成熟的汞污染控制技术已经在发达的工业化国家得到商业化应用，另外还有一些新技术处于不同的研究发展阶段。对于现代化的燃煤电厂，常常组合使用两种（及以上）的汞污染控制技术（燃前洗选加工、选配燃煤、吸附剂喷入、淋滤控制等），以达到有效控制燃煤汞污染的目的。不同控制技术对汞系污染物的选择性脱除率及其成本效率千差万别，企业的决策层常常需要在相关的政策法规和汞污染控制措施的技术经济性之间选择，如从纯技术角度出发，汞脱除效应极佳的方案，但其经济性可能不好⁷。

燃烧前洗选是在煤炭化学能转化为热能之前，预先除去一部分煤中存在的汞，从而减少煤燃烧时所释放的汞污染物；而燃煤的选择配比，则是通过选择（或通过配煤的方式）燃烧低汞含量的燃料煤，以达到降低燃煤汞污染的目的。上述两种方案均具有成本低廉、易于实施的优点。

燃烧后的烟道气处理措施，如湿法涤气、布袋除尘和吸附剂喷入，可操作性强且对燃料没有选择性，其缺点是其中部分技术运行成本高。所以在实际运用中，应综合考虑燃煤电厂类型、燃煤种类、燃煤是否经过洗选加工、烟道气污染控制的现有装备情况等因素，经过技术经济评价以得到优化方案。虽然一些汞污染控制技术的除汞效率很高，但如果不做组合使

⁶ 殷立宝等. 中国燃煤电厂汞排放规律[J]. 中国电机工程学报, 33 (29): 1-9.

⁷ [中]王立刚等. 燃煤汞污染及其控制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008: 49-62.

用，其汞脱除率很难达到 90% 以上。

美国环保局通过实验室模拟和对实际电厂的测量数据分析入手，对发展成熟的、已经得到普遍应用的汞污染控制技术做了相应分析评价，如早期的活性炭喷入技术，在汞脱除率为 90% 的情况下，每脱除 1kg 汞的技术成本为 11023-61728 美元，折合到电价中的涨幅为 0.1-0.8 美分/(kW h)，越是小规模电厂（200MW），其电价涨幅值越高。近年来，随着除汞技术的进步，其电价涨幅值有所降低，在 0.03-0.4 美分/(kW h)之间；如果应用石灰-活性炭化合物，则电价涨幅值会更低。

欧盟的 ESPREME 和 DROPS 项目也就燃煤领域汞脱除成本进行了详细的评估⁸，并对推行这些技术至 2020 年可取得的社会收益进行了评估对比，参见表 1 和表 2。

表 1 欧盟汞脱除技术及成本分析

排放控制技术	汞减排率 (%)	2008 年度成本 (美元/MW)		
		年度投资成本	年度运作成本	年度总成本
静电除尘器 (ESP)	24	0.45	0.90	1.35
布袋除尘器 (FF)	20	0.46	1.47	1.93
干式 ESP: 经改造;	32	0.92	0.52	
布袋除尘器 + 湿式或干式脱硫 + 吸收剂喷射	98	0.72	1.80	1.44
干式 ESP + 湿式或干式脱硫 + 干式喷射	98	2.73	2.40	2.52
电催化氧化	80	8.55	11.76	5.13
整体煤气化联合循环 (IGCC)	90	—	—	20.31

表2 欧盟采用不同排放控制技术实现燃煤领域汞减排至2020年成本和预期收益

排放控制技术	汞减排效率 (%)	每千克汞减排成本 (美元)	每千克汞减排社会受益 (美元)
ESP 或 FF	0 ~ 30	100	100
ESP 或 FF + FGD	30 ~ 50	190	320
ESP 或 FF + FGD + 吸收剂喷射	50 ~ 99	260	540

根据这些评估结果，利用燃煤电厂现有除尘设备可以进行部分汞脱除，其中成本最低的是 ESP 及干式 ESP 技术，但其汞脱除的效率不高。采用联用装置进行综合脱除时汞的脱除率是最高的，这种对烟气中其它污染物同时脱除的方式具有最佳的性价比和综合经济效益，如“布袋除尘器+湿式或干式脱硫+吸收剂喷射”及“干式 ESP+湿式或干式脱硫+干式喷射”技术。

三、技术

燃煤释放是目前公认的最大汞污染源，因此，对煤中汞的去除是汞污染控制的关键。目

⁸赖敏.燃煤电厂污染控制技术-我国火电行业汞排放分析及控制对策[J].四川环境, 2012,32:119-128.

前,电厂尚无单独针对汞的有效去除设备,与常规除尘、脱硫等设备结合加强对汞的去除。一直是国内外研究的重点,也最具有实际意义。汞排放控制技术的研究目前主要集中在三个方面:

(一) 燃烧前燃料脱汞

煤炭燃烧前脱汞,主要是通过物理洗煤技术,通过洗选加工降低煤中矿物质含量,使以硫化物结合态汞得到脱除。常规的选煤方法可使煤中汞减少 1/4-1/2。传统的选煤技术脱汞率很低,美国能源研究开发出一系列先进的选煤技术,如浮选柱、选择性油团聚和重液旋流器等方法在提高煤除汞率方面很有潜力。经浮选柱分选后,煤中汞含量一般可减少 1%-51%,平均减少 26%;传统选煤法和浮选柱法联合使用可使煤中汞含量减少 40%-57%,平均减少 55%;应用选择性油团聚法可使煤中汞含量减少 8%-38%,平均减少 16%;传统选煤法和选择性油团聚法联合使用可使煤中汞含量减少 63%-82%,平均减少 68%。总之,大多数研究集中于探讨不同选煤工艺对汞脱除率的影响,而选煤过程中汞的行为基础研究则不足。如果分选后降低了精煤中的汞含量,但却增高了大量用作动力煤的中煤和煤泥的汞含量,因此,燃烧前脱汞技术并不能完全解决汞的排放控制问题。

(二) 燃烧中脱汞

燃烧过程中脱汞主要是利用改进燃烧方式,在降低 NO_x 的同时,抑制一部分汞的排放,一般能除汞 15%-18%;主要的技术如流化床燃烧、低氮燃烧、炉膛喷入吸附剂等对汞的脱除有积极作用。目前,国内外近几年开展了相关研究,技术不断改进,尤其是中小型流化床燃烧方式即循环流化床(CFB)锅炉技术在我国已趋于成熟。

(三) 燃烧后烟气脱汞

燃烧后脱汞技术的研究最广泛。目前,主要包括两个方面,一方面是脱汞吸收剂的开发;另一方面是通过现有的烟气治理设备,附加一定设备,使其具有脱汞性能,从而实现脱硫脱硝除汞一体化,一般能去除 30% 左右的汞。国内外研究发现了一些高效、经济的吸收剂。如活性炭、飞灰、钙基吸收剂以及一些新型螯合吸收剂等;第二种方法主要研究在除尘、脱硫过程中增加脱汞技术的内容,提高脱汞的能力,达到同时脱硫与脱汞的目的。

美国原煤在使用前大部分都要经过洗选处理,并且主要集中用在电力生产方面,同时美国对电厂烟气净化程度要求较高,除安装高效的电除尘器或布袋除尘器降低烟尘排放量外,还有占总数 22%左右的电厂安装了烟气脱硫和脱硝装置。这些污染控制措施都能减少燃煤过程的汞排放。另外,发达国家在相关产品生产过程中使用汞的替代产品和加工工艺改进方面做得都很好。

上述的各种汞污染控制方法，不管是成熟的，还是尚处于研究发展过程中的，均有望在燃煤电厂中得到贯彻实施，而具体的应用效果则取决于各项技术的发展水平和其商业竞争能力。

第二节 全球专利竞争环境

一、美中日欧竞争力概况

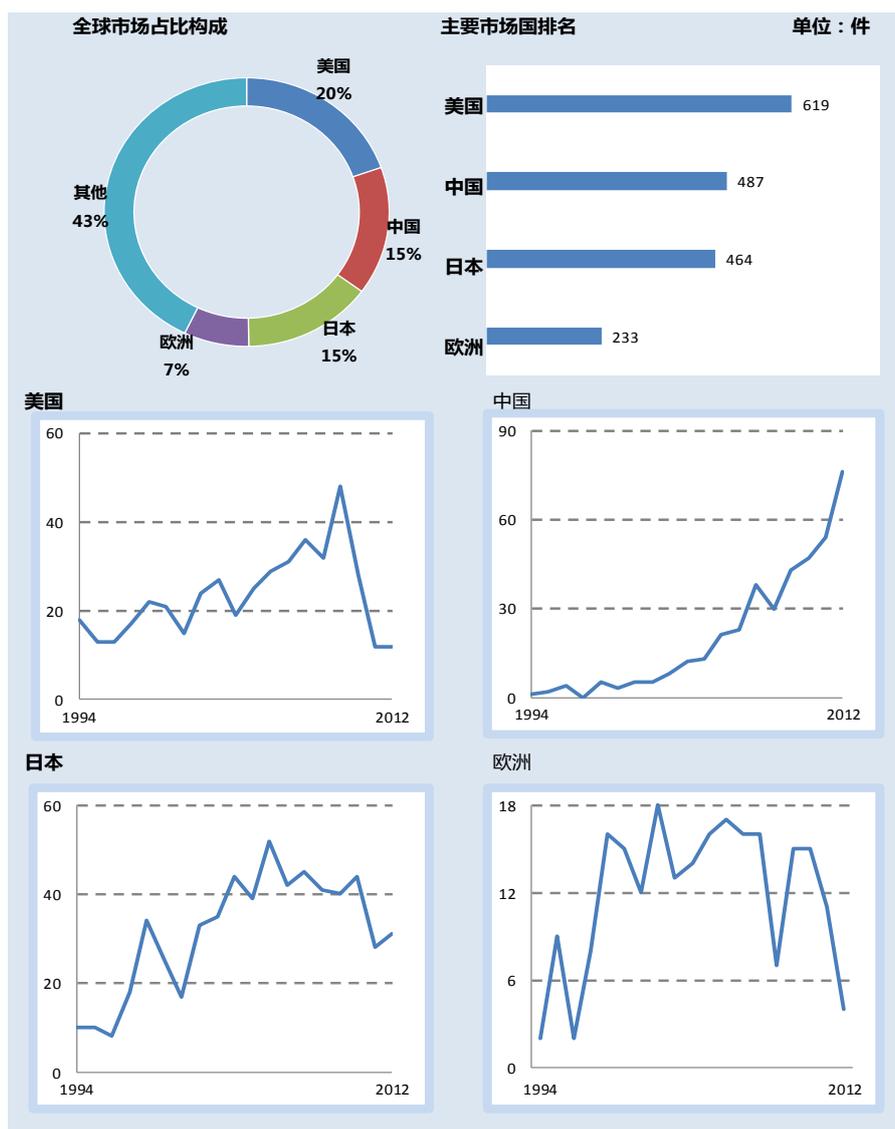


图 2 汞的控制领域全球专利技术市场

基本信息如下：

(1) 从全球的专利竞争环境而言，脱汞相关技术的专利申请主要分布在美国、中国、日本、欧洲，而对于市场参与者，美国、日本、中国和欧洲同样占据着全球的主要地位，这四个国家和地区申请总量达 57%。说明从上世纪九十年代以来，脱汞技术一直处于均衡缓

慢发展的阶段。

(2) 就全球的专利竞争环境而言，美国、中国、日本三国的专利分布量势均力敌，欧洲稍逊一筹，美国的专利申请量最高，从专利申请角度看，我国申请量近年来一直处于快速增长阶段，从增长形势上看均优于其他国家，由此可知我国近几年在这一领域仍然有研发投入，市场前景较好。

美国、欧洲的申请量变化趋势较为类似，从 1998 年到 2012 年左右申请量并没有太大的波动，而是一直保持稳定。美国在 2005 年出现申请量最高值，是由于 2005 年 3 月，美国正式颁布了燃煤汞排放控制标准，成为了世界上首个有关燃煤电站汞限制标准的国家，这一标准的实施极大的减少了全美国火电厂的汞排放量。欧盟 2006 年制订的《大型燃烧装置的最佳可行技术参考文件》，在最佳可行技术中没有对汞的排放提出限值要求，仅是给出了汞污染控制的技术和不同技术下汞脱除率。因此导致欧洲市场前景仅是平稳发展，并未出现较大波动。

(3) 我国关于汞污染及其防治工作的研究起步较晚，因此国内专利起步相对较晚，初期国内仅限制了电池产品汞含量，因此九十年代以来，汞污染防治技术一直处于缓慢发展的阶段，申请总数非常有限，一直到 2003 年，该年我国强制执行《火电厂大气污染物排放标准》，引发了业内研究人员对污染物排放技术的高度重视，之后从 2004 年开始急速上升，2011 年我国环境保护部发布了《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)对燃煤电厂汞及其化合物排放浓度限值提出明确的要求，关于汞脱除技术的申请量在 2013 年迅速达到 91 件，进入高速发展阶段，从增长形势上看，增长速度明显高于其他国家。说明我国近几年国内市场前景较好。虽然我国近几年专利申请量大幅度上涨，但由于我国专利制度起步较晚，环保领域更是最近几年才得到重视的技术领域，因此占有市场的份额仍低于美国。

(4) 由于日本在二十世纪五六十年代大规模爆发了“水俣病”事件，因此日本对汞污染一直高度重视，1986 年时便已将水银电解法全部转换为其他方法。其申请量保持平稳发展，从 2004 年开始逐步上升，2009 年达到最高点，随后略有下滑。推测是由于日本煤储量极低，因此大型燃煤火电厂占比不高，日本对汞的控制主要体现在对电池中汞含量的限定以及烧碱法等行业。

综上所述，得到如下专利竞争性情报信息：

(1) 从市场参与角度看，我国已成为世界上仅次于美国的第二大脱汞技术市场份额国家。(2) 我国在脱汞技术的研发和投入均晚于发达国家，仅是由于近几年专利申请量大幅度增加占据了较大市场份额，对于核心技术的掌握仍较差。(3) 由于汞所带来的环境污染问题

影响巨大，而我国又是以燃煤为主的国家，我国企业应当抓住机遇，加大对脱汞技术的研发投入，争取掌握具有自主知识产权的核心技术。

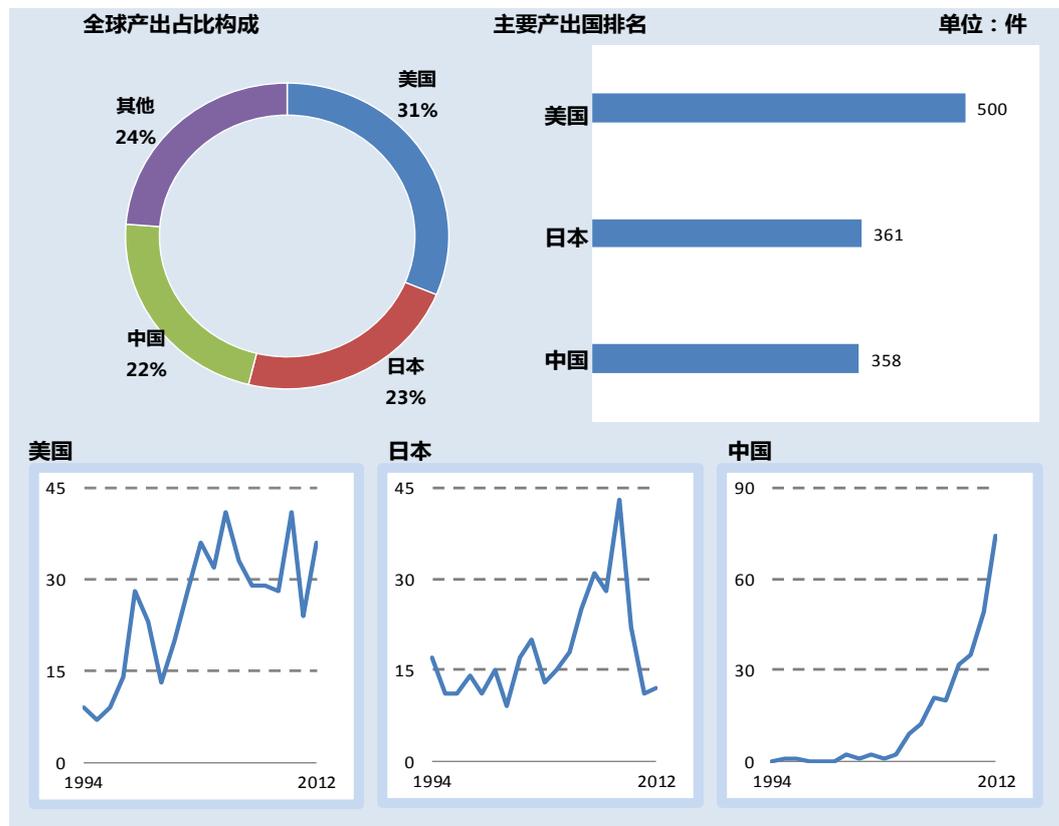


图 3 汞的控制领域全球专利技术产出

基本信息如下：

- （1）从全球的专利技术产出情况而言，脱汞相关技术的专利产出主要分布在美国、日本、中国和俄罗斯，这四个国家专利产出总量达 80%。其中，美国、日本、中国的专利产出与专利申请量一样均位于全球前三名，并且专利产出量远高于俄罗斯。（2）从专利产出量来看，我国与日本的发展趋势相似，在脱汞技术的研发投入呈较快增长，但日本 2009 年达到最高点，之后略有下滑。（3）美国的专利产出量与专利申请量趋势基本一致，2003 年到 2012 年申请量基本就在 30-40 件之间波动，申请量并没有太大的上涨，而是一直保持稳定。（4）俄罗斯，技术产出量从 1996 至 2006 一路下滑至 0，从 2007 年开始缓慢上升，在 2012 年达到高点。俄罗斯于 2013 年签署了《水俣公约》，申请量又逐步升高。

综上所述，得到如下专利竞争性情报信息：

- （1）发达国家在脱汞技术领域处于稳定发展阶段，而中国则处于刚刚起步蓬勃发展时期，应重点关注美国和日本的脱汞技术工业化的思路与步骤，及时参考发达国家在该领域的经验和教训，少走弯路，在借鉴发达国家经验的同时发展适应我国脱汞工业化的技术。（2）

关注发达国家核心技术的科研动向，研发具有自主知识产权的脱汞技术。例如日本汞污染主要来源于汞矿山的开采、氯碱工业以及含汞制品的制造。鉴于水俣病的惨痛教训，日本近几年来汞的使用量急速减少，并于 1986 年便已经将水银电解法全部转换为其他方法。目前，日本每年从亚铅、铜等金属冶炼中产生的污泥以及使用完的荧光灯中回收约 90 吨汞。由于日本是最早开始治理汞污染的国家，因此所掌握的核心技术应是较早而且较多。

二、全球海外市场状况

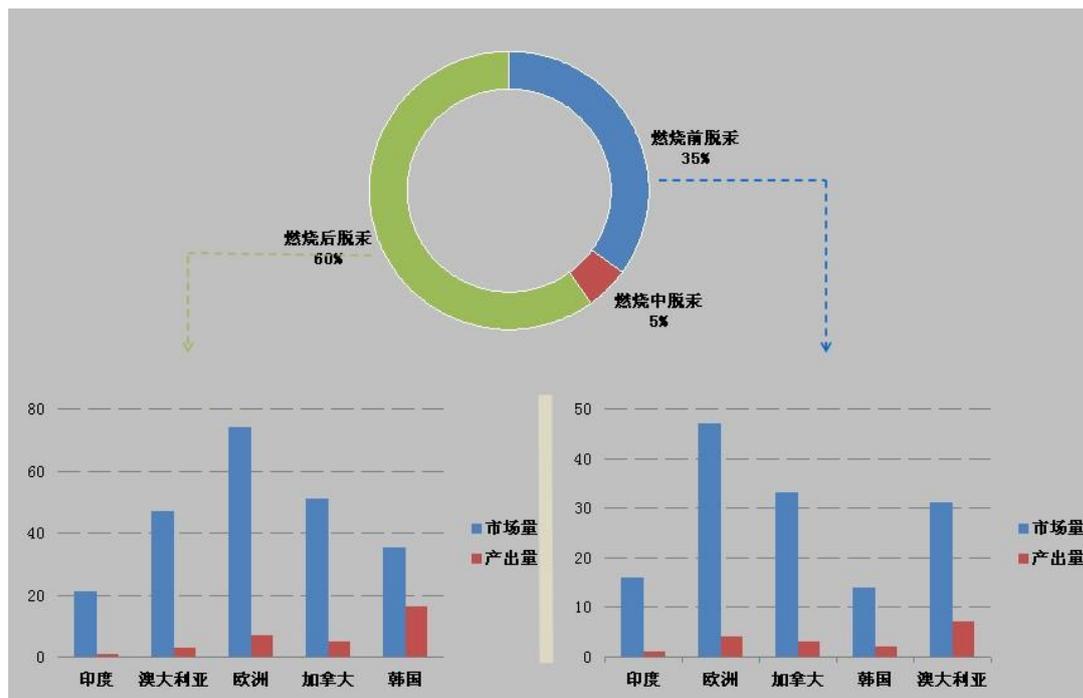


图 4 各分支技术的全球市场

得到的基本信息如下：

(1) 对于脱汞来说可以将控制方法分为三种，第一种是燃烧前脱汞，主要是通过物理洗煤技术，通过洗选加工降低煤中矿物质含量，使以硫化物结合态汞得到脱除。第二种是燃烧中脱汞，燃烧过程中脱汞主要是利用改进燃烧方式，在降低 NO_x 的同时，抑制一部分汞的排放。第三种是燃烧后脱汞，燃烧后脱汞技术的研究最广泛。目前，主要包括两个方面，一方面是脱汞吸收剂的开发；另一方面是通过现有的烟气治理设备，附加一定设备，使其具有脱汞性能，从而实现脱硫脱硝除汞一体化。

(2) 从技术领域分布来说，燃烧前脱汞方面的市场量（专利申请量）为 608 件，主要来自美国、中国、日本、欧洲和加拿大，燃烧后脱汞方面的市场量为 1047 件，主要来自美国、中国、日本、欧洲和德国。而燃烧中脱汞方面的申请量仅占 5%，因此脱汞技术主要集中在燃烧前和燃烧后脱汞技术。

(3) 专利产出量表明了一个国家或地区专利创新能力的高低和专利技术力量的强弱，而专利市场量则在一定程度上表明了该国家或地区市场需求量和外来专利侵入程度。按产出量排名，将排名前十国家或地区列出，计算前十市场量总和，与产出量总和，市场量总和与产出量总和之比即该技术分支的平均市场状况。表 3 列出了各个技术分支所在有市场可发潜力的国家。

表 3 各个技术分支的市场潜力

技术分支	总申请量		市场国									
	/总产出量		美国	中国	日本	欧洲	加拿大	澳大利亚	德国 2.1	俄罗斯	印度	韩国
燃烧前脱汞	1.6		1.1	1.3	1.4	11.8	11	4.4		3.8	16	7
	1.6		1.2	1.3	1.3	10.6		10.2	15.7	1.5	2.2	21
燃烧后脱汞	1.6		1.1	1.3	1.4	11.8	11	4.4		3.8	16	7
	1.6		1.2	1.3	1.3	10.6		10.2	15.7	1.5	2.2	21

燃烧前和燃烧后脱汞技术方面，美国、中国、日本的市场量总和与产出量总和之比均小于 2，说明这些国家在燃烧前以及燃烧后脱汞技术领域方面研究投入均较多。当市场量总和与产出量总和之比较大，则说明该国或地区市场为可开发有潜力。

综上所述，得到的专利竞争性情报信息如下：

总体而言，(1) 欧洲、加拿大、澳大利亚、印度等国家和地区是未来的潜在市场国，加拿大、澳大利亚、印度存在一个共同的特点是地域广阔，适应气候变化的能力较强，为了保持世界领先的地位或追赶经济强国，必须持续发展工业，仍需要继续大额排放汞，而欧盟作为世界上汞的最大供应商，汞的排放量必然是不容忽视的，因此需要汞脱除产业大规模存在以适应经济发展需求。(2) 美国、中国、日本的技术研发和产出均较为强劲，外来企业需要面临的竞争更为激烈。

具体而言：(1) 在燃烧前脱汞技术方面进军欧洲、加拿大、印度市场较为可行，这些技术在上述国家和地区力量薄弱，外来企业机会较大。(2) 燃烧后脱汞技术方面进军欧洲、加拿大、澳大利亚和印度市场比较好。(3) 对于我国而言，需要尽快谋划专利布局，尤其是在燃烧中脱汞技术领域，应加大投入研发出核心基础专利，占据市场，赢得先机。

三、技术生命新老更迭

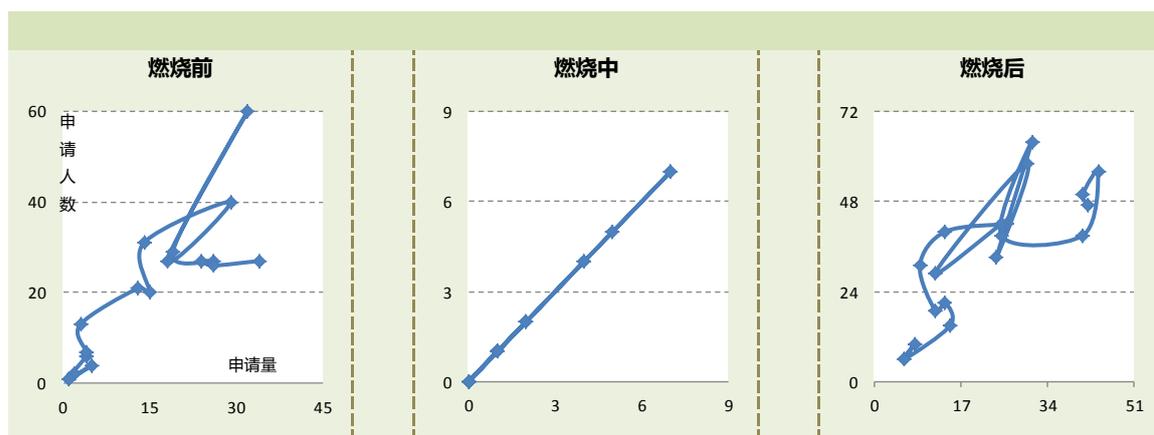


图 5 各分支技术全球专利技术生命周期

得到的基本信息如下：

(1) 就全球的专利竞争情况而言，如图所示，燃烧前脱汞技术于 2001 年前，燃烧前脱汞技术处于起步期（萌芽期），申请量和申请人数增加均较慢，从 2002 年申请量和申请人数均缓慢上升，2005 年和 2007 年均出现了一个极为迅猛的增长趋势，申请量和申请人数跳跃性增长，却均在第二年有较大幅度降低，从 2008 年开始，专利申请量开始逐步上升，但是申请人数却保持稳定几乎没有变化，可以推测该技术刚刚进入成熟期，进入市场的企业数量保持稳定，专利申请量保持稳定增长，但增长幅度并不大。

(2) 与此相似的是，燃烧后脱汞技术同样于 2005-2007 年突增大量申请人加入市场，但申请量增加速度虽也有提高但增长幅度并不成正比，这是由于 2005 年美国 and 欧洲均颁布了相关法规对汞的排放实施严格控制，而我国也在 2005 年对国内电池生产中汞的含量进行了严格规定。从 2008 年之后申请量基本保持稳定，申请人的数量略有增加，可知燃烧后脱汞技术属于刚刚进入成熟期，进入该行业的企业数量和专利的申请量均保持稳定。

(3) 燃烧中脱汞技术申请量非常小，该技术从 1995 年开始萌芽，期间经常间隔多年无申请，从 2009 年开始申请量略有增长，并且申请量与申请人数相等，可知该技术仍然处于起步期，只有较少的企业参与到该技术的研发中，专利申请量很少。

综上所述，得到的专利竞争性情报信息如下：

从生命周期图来看，全球脱汞技术的发展均处于发展期与成熟期交替的阶段，而燃烧前脱汞技术与燃烧后脱汞技术的生命周期曲线均出现了螺旋上升的状态，显示出了这两个领域的专利申请人数量和申请量呈现不规则变化，表现了上述技术的跨领域特征。由于火电厂在汞的脱除技术中通常优先考虑的是协同控制，多管齐下。基于此，我国在脱汞技术的研发中，

应从大处着眼，拓宽科研团队的研发领域，通过燃烧前、燃烧中、燃烧后协同控制脱汞，提高汞的脱除率，走复合式污染控制之路。

通过对近 5 年分类号总体统计排序，得出如下基本信息：

(1) 脱汞技术排名靠前的分类号均主要集中在 B01D53/46-B01D53/72 利用化学或生物净化方法除去废气中的汞，B01D53/74-B01D53/90 净化废气中的汞的一般方法，特别设计的设备或装置，B01J20、B01J23 废气中汞脱除用吸附剂、催化剂，F23J 烟或废气中的汞脱除用装置。

(2) 燃烧前脱汞技术中对 F23J15/00 处理烟或废气装置的配置关注较多；燃烧中脱汞技术主要集中在 B01D15/08 包含有用固体吸附剂选择吸附处理液体的分离方法；燃烧后脱汞技术则主要集中在 B01D53/04 用固定的吸附剂进行废气净化以及 B01D53/86 催化净化废气。

近 5 年分类号统计排序得出的基本信息，结合“各分支技术全球专利技术生命周期”，得出如下专利竞争性情报信息：

(1) 燃烧中脱汞技术是该领域的技术空白点，原因如下：燃烧中脱汞技术专利申请量非常少，但非专利文献中均提到通过改进燃烧方式例如流化床燃烧、低氮燃烧、炉膛喷入吸附剂等对汞的脱除有积极作用。说明该技术同样是研究热点。

(2) 燃烧前和燃烧后脱汞技术主要研究热点是采用吸附剂和/或催化剂进行脱汞。从国内外研究状况来看，大部分研究集中在高效、经济的吸收剂的研制。然而目前只有活性炭吸附剂可以达到较高的汞控制能力，但是应用活性炭吸附剂面临着控制成本这一瓶颈问题，普通钙基吸附剂以及矿物类吸附剂对汞的吸附效果尚难达到令人满意度结果，因此对于吸附剂和/或催化剂的改进仍属于脱汞技术的重要领域。

第三节 全球主要竞争者

一、全球竞争力分析

表 4 全球十大竞争者

排名	CPY	公司名称（中文）	国别
1	MITO	三菱重工	日本
2	HITG	日立	日本
3	NIKN	日本长野工业株式会社	日本
4	GENE	通用电气公司	美国
5	POSC	浦项制铁	韩国
6	DENY	一般财团法人中央电力研究所	日本
7	INSF	国际石油研究所	法国
8	BABW	巴布科克·威尔科克斯有限公司	美国
9	ISHI	石川岛播磨重工业株式会社	日本
10	YAWA	新日本制铁株式会社	日本



图 6 汞的控制领域全球主要竞争者概况

基本信息如下：

- (1) 排名前十的竞争者中日本占 6 家，美国占 2 家，韩国占 1 家，法国占 1 家。
- (2) 专利质量较高（授权率高）的公司有三菱重工、日立、通用电气公司、浦项制铁等。
- (3) 技术参与人数较多的公司有三菱重工、日立、日本长野工业株式会社和通用电气公司等。

综上所述，得到的专利竞争性情报信息如下：

- (1) 由于湿法烟气脱硫装置能够同时脱除汞，因此，掌握了湿法烟气脱硫核心技术的企业通常会同时研发并掌握脱汞核心技术，例如在脱汞领域处于领先地位的日本三菱重工，三菱重工自 1964 年完成第一套石灰膏发电站锅炉烟气脱硫设备以来，于 80 年代初又相继研制和开发了一系列的锅炉烟气脱硫方法。日本三菱重工的脱硫设备在世界上享有很高的信誉，在国内外大型火电厂得到广泛应用。石灰石-石膏法是三菱重工的主流工艺之一。而三菱重工脱汞主要技术是在锅炉烟道上游将氯化剂气体（HCl，液态氯化铵）喷雾到烟道中，使汞氧化（氯化）而形成水溶性的氯化汞，之后在下游的湿式脱硫装置中使该氯化汞溶解于

吸收液（石灰石膏浆液）通过使汞吸附于生成的石膏结晶而将汞除去。同样，排名第二位的日立公司从 1962 年前后开始开发石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术，迄今经过了三个发展阶段：早期多孔板吸收塔阶段，改进喷雾塔阶段，除尘、吸收和氧化三合一阶段，还开发了简易型高速平流塔技术。而日立公司研发脱汞的主要技术则主要集中在袋式除尘器担载氧化催化剂的研发，所研发的氧化催化剂具有催化剂活性的主要成分是钼、钒、钛的复合氧化物。

(2) 排名靠前的专利申请人的注册地或母公司主要分布在日本和美国，其中长野工业株式会社和通用电气公司主要研发方向均是向废气中喷洒活性炭吸附剂，而韩国浦项制铁公司研发的主要工艺则是向含有元素汞和 NO_x 的废气中注入 NaClO₂；所述 NaClO₂ 和所述 NO_x 形成氧化剂，将元素汞转化为氧化的汞，再从所述废气中除去氧化的汞。

(3) 日本三菱、日立、通用电气和韩国浦项制铁公司的授权率均超过 50%，说明这些公司不仅具有强大的竞争实力，而且其专利质量也较高。

(4) 世界排名前十的公司中并没有我国企业，说明我国的申请人并未提高对全球专利申请布局的重视程度，我国整体的研发实力较弱，而日本作为一个整体基本垄断了大部分脱汞技术的核心技术。

二、技术分布特点

	化学或生物净化方法除汞	除汞的一般方法或装置	汞脱除用吸附剂或催化剂	废气中的汞脱除用装置	降低燃烧中汞的排放
 三菱重工 日立 长野工业株式会社 一般财团法人中央电力研究所 石川岛播磨重工业株式会社 新日本制铁株式会社	114	60	32	12	8
	72	36	34	16	10
	62	16	28	10	4
	36	18	12	24	6
	28	18	12	4	4
	32	16	12	6	4
 通用电气 巴威	38	20	84	26	8
	30	24	12	16	6
 浦项制铁	56	12	10	14	4
 国际石油研究所	34	22	18	6	6

图 7 全球主要竞争者的技术分布

从全球主要竞争者的专利数据来看，大部分公司将研究重点放在了设备装置以及吸附剂、催化剂的改进技术上。到目前为止，有效的汞污染控制技术有：活性炭喷射（包括化学剂担载）、飞灰和沸石吸附、氨吸附、单质汞的催化氧化、电晕放电、可再生吸附剂技术和燃前煤洗选等。基于当前发展水平，吸附剂喷射、湿法脱硫和煤的洗选是最有效的处理汞的方法。在美国，电厂中使用最多的汞污染控制方法就是吸附剂喷射。

排名第一位的三菱重工以及排名第二位的日立公司由于其主要是湿法脱硫过程中脱汞，因此主要技术集中在对设备或装置的改进以及对吸附剂和催化剂的改进方面。而通用电气公

司在吸附剂/催化剂研发方面的专利申请量远远高于其他技术，反映了美国公司对吸附剂/催化剂技术研发的重视。

三、专利布局与市场占有情况

公司	三菱重工	日立	长野工业株式会社	一般财团法人中央电力研究所	石川岛播磨重工业株式会社	新日本制铁株式会社	通用电气公司	巴威	浦项制铁
本国									
申请量	44	49	25	10	9	9	24	9	13
技术领域	领域1	A	A	A	A	A	C	A	A
	数量	114	72	60	36	28	32	84	30
	领域2	B	B	C	D	B	B	A	B
	数量	60	36	32	24	18	16	38	24
	领域3	C	C	B	B	C	C	D	D
数量	32	34	24	18	12	12	26	16	
国家1									
申请量	19	15	12	7	7	5	16	8	6
技术领域	领域1	A	A	A	A	A	C	A	A
	数量	62	52	40	24	24	20	60	30
	领域2	B	B	C	D	B	B	A	B
	数量	28	32	24	18	16	12	30	22
	领域3	C	C	B	B	C	C	D	D
数量	20	22	24	16	10	10	24	14	
国家2									
申请量	13	15	10	6	7	4	14	6	6
技术领域	领域1	A	A	A	A	A	C	A	A
	数量	48	48	36	22	24	20	54	24
	领域2	B	B	C	D	B	B	A	B
	数量	24	30	22	18	16	10	26	20
	领域3	C	C	B	B	C	C	D	D
数量	20	20	20	14	10	10	22	14	
国家3									
申请量	10	12	9	6	5	4	14	6	3
技术领域	领域1	A	A	A	A	A	C	A	A
	数量	48	40	32	22	20	20	54	22
	领域2	B	B	C	D	B	B	A	B
	数量	20	20	22	18	16	10	26	20
	领域3	C	C	B	B	C	C	D	D
数量	18	20	18	14	10	10	22	14	

图 8 全球主要竞争者的市场分布（一）

其中，A：化学或生物净化方法除汞；B：除汞的一般方法或装置；C：汞脱除用吸附剂或催化剂；D：废气中的汞脱除装置。

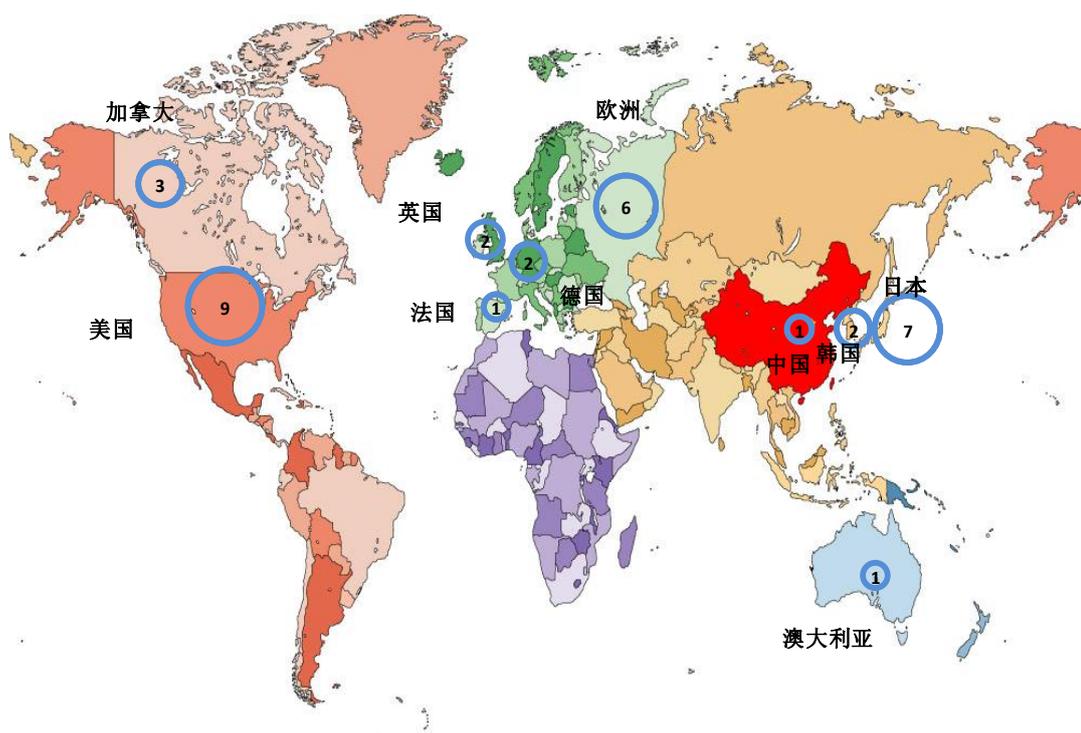


图9 全球主要竞争者的市场分布（二）

(1) 就主要竞争者的市场分布而言，各个竞争者的主要竞争市场均为本国市场，除本国市场以外，全部竞争者把注意力基本上都投入了美国、欧洲、日本、韩国市场，除此之外，加拿大、澳大利亚和中国也是各个竞争者较为关注的市场。而在上述各个市场中，对于这些竞争者来说，大多竞争者更加关注美国和欧洲的市场。

(2) 全球主要竞争者市场布局主要在美国、日本和欧洲，有 9 家竞争者选择在美国市场布局，有 7 家竞争者选择在日本布局，有 6 家竞争者选择在欧洲布局，然而由于前十名竞争者中有六名竞争者为日本企业，仅两名为美国企业，由此可知，脱汞技术在美国和欧洲更具有市场。

(3) 除日本本土竞争者外，其他竞争者基本不在日本布局，可知日本市场已经接近饱和，日本企业自身研发的技术已经在日本国内形成了垄断，在进军日本市场时，需要重点关注这些企业在各技术分支布局存在的量和涉及的核心专利情况，注意雷区的存在。

(4) 全球主要竞争者仅一家在中国进行专利布局，说明我国目前并没有成为全球公司脱汞技术专利布局的重点。我国企业专利申请量低，专利布局形势不明朗。在这个时候，我们更应当努力开发自己的优势产品，先在国内进行合理的专利布局。国外公司申请量低，但其核心技术的存在，会影响我国专利申请在国内以及在海外的布局。

第三章 中国专利竞争情报分析

第一节 总体竞争环境

目前一般认为我国是全球最大的汞生产国、使用国和排放国。2007年全国汞产量为798吨，占世界汞产量的53.1%，居全球首位。我国汞产量增长迅速，中国有色金属工业协会的数据显示，2012年全国汞产量达到1347吨。

燃煤是汞排放的主要来源，而火电厂主要是燃煤电厂为主，我国目前还没有对汞排放量开展统计和普查。标准编制组⁹根据火电装机容量预测情况，对我国汞排放量进行了测算，到2015年火电汞的产生量将达到359吨以上，到2020年将达到431吨以上。

我国与美、日、欧等发达国家相比对大气汞排放缺乏足够的认识。目前针对我国各地区大气汞排放的主要行业、排放量、排放参数等现状仍不清楚，给管理工作带来很大的难度。2011年我国新修订颁布的火电厂大气污染物排放标准（GB 13223—2011）首次将大气汞排放浓度纳入约束性指标要求，明确不得超过0.03 mg/m³。然而在2012年2月29日国家环境保护部最新发布的《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中仍未对汞及其化合物的环境空气质量标准提出要求，各省份也未出台相关标准要求，使得衡量我国大气汞污染程度缺乏法定依据。除了燃煤电厂外的其他主要人为汞排放行业，如水泥窑、氯碱厂、垃圾焚烧和矿业生产中大气汞及其化合物的排放欠缺更严格的行业排放标准。国内外近几年针对燃烧中脱汞开展了相关研究，技术不断改进，尤其是中小型流化床燃烧方式即循环流化床(CFB)锅炉技术在我国已趋于成熟。我国加入《水俣公约》之后，如何有效控制各种大型燃煤电站锅炉和工业锅炉的汞排放就成了我国新时期污染减排面临的首要任务和最大困难。对脱汞技术提高重视，引进技术并发展具有自主知识产权的脱汞技术是我国企业急需重视的。

一、政治

虽然我国关于汞污染及其防治工作的研究起步较晚，但近年来在限制汞排放和消费的全球大环境下，我国积极推动汞减排工作，先后出台了一系列政策。2009年下发的《国务院办公厅转发环境保护部等部门关于加强重金属污染防治工作指导意见的通知》中将汞污染防治列为工作重点。2010年5月下发的《国务院办公厅转发环境保护部等部门关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见的通知》明确提出建设火电厂汞污染控制示范工程。2011年国务院批复了《重金属污染综合防治“十二五”规划》，将汞列入五种主要重金属之一，纳入总量控制的范畴。2011年4月环境保护部发布的《2011年全国污染防治工作要点》提出开展全国汞污染排放源调查，对典型区域和重点行业汞污染源进行监测评估，组织开展燃煤电厂大气汞污染控制试点。2011年7月29日环境保护部发布了《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）对燃煤电厂汞及其化合物排放浓度限值提出明确的要求。2012年9

⁹ 《火电厂大气污染物排放标准》编制说明，《火电厂大气污染物排放标准》编制组，2011年。

月国务院批复的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中提出要深入开展燃煤电厂大气汞排放控制试点工作，积极推进汞排放协同控制；实施有色金属行业烟气除汞技术示范工程；开发水泥生产和废物焚烧等行业大气汞排放控制技术；编制燃煤、有色金属、水泥、废物焚烧、钢铁、石油天然气工业、汞矿开采等重点行业大气汞排放清单，研究制定控制对策。

此外，我国对汞排放的有关规定有GB18485-2001《生活垃圾焚烧污染控制标准》、GB18484-2001《危险废物焚烧污染控制标准》、GB9078-1996《工业炉窑大气污染物排放标准》等。然而在2012年2月29日国家环境保护部最新发布的《环境空气质量标准》

(GB3095-2012)中仍未对汞及其化合物的环境空气质量标准提出要求，各省份也未出台相关标准要求，使得衡量我国大气汞污染程度缺乏法定依据。除了燃煤电厂外的其他主要人为汞排放行业，如水泥窑、氯碱厂、垃圾焚烧和矿业生产中大气汞及其化合物的排放欠缺更严格的行业排放标准。

二、经济

我国在《火电厂大气污染物排放标准》编制说明¹⁰中提到：汞达标排放技术分析中采用烟气脱硝+静电除尘/布袋除尘+湿法烟气脱硫的组合技术进行协同控制。如果采用协同控制还未达标，可采用炉内添加卤化物等和烟道喷入活性炭吸附剂。采用烟道喷入活性炭吸附剂脱汞的成本约为8-10万美元/千克。

三、技术

我国在《火电厂大气污染物排放标准》编制说明中提到，我国所使用的汞控制技术主要为：

(一) 烟气治理技术协同控制技术

火电厂烟气在脱硝、除尘和脱硫的同时，可对汞产生协同脱除的效应。欧盟《大型燃烧装置的最佳可行技术参考文件》(Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants)建议汞的脱除优先考虑采用高效除尘、烟气脱硫和脱硝协同控制的技术路线。采用电除尘器或布袋除尘器后加装烟气脱硫装置，平均脱除效率在75%（电除尘器为50%，烟气脱硫为50%），若加上SCR装置可达90%。燃用褐煤时脱除效率在30~70%。

(二) 炉前添加卤化物技术

燃煤电厂炉前添加卤化物脱汞技术就是在电厂输煤皮带上或给煤机里加入卤化物，也可直接将溶液喷入锅炉炉膛。在烟气中卤化物氧化元素汞形成二价汞，SCR烟气脱硝装置可加强元素汞的氧化形成更多的二价汞，二价汞溶于水从而被脱硫装置所捕获，从而达到除汞目的。这种技术对安装了SCR和脱硫装置的燃煤电厂脱汞效果好，成本低。而且由于加入煤里的卤化物远少于煤里本身含有的氯，所以添加到煤里的卤化物不会对锅炉加重腐蚀。

利用烟气湿法脱硫装置能有效的控制汞的排放。而且喷射系统简单，除汞成本低。唯一值得注意的是脱除的汞都进入烟气湿法脱硫装置的排出物石膏或废水里，需要二次处理。但

¹⁰ 《火电厂大气污染物排放标准》编制说明，《火电厂大气污染物排放标准》编制组，2011年。

由于除汞成本低，此技术对现今装备了 SCR 和湿法脱硫装置的电厂吸引力非常大。

（三）烟道喷入活性炭吸附剂

该方法是将含有卤化物的活性炭在静电除尘器或布袋除尘器前喷入，烟气里的汞和活性炭中的卤化物反应并被活性炭所吸附，然后被静电除尘器所捕集，飞灰里被收集下来的汞不会再次释放从而达到除汞的目的。吸附剂占粉煤灰中的比例取决于喷射率和燃煤的灰分含量，一般在 0.1% 到 3% 左右。

烟道喷入活性炭吸附剂技术包括选择和生产吸附剂、吸附剂储存和喷射与汞测量三个环节。含卤化物的活性炭吸附剂从生产的工厂运送到电厂，储存于贮料罐中，压缩空气将吸附剂分别压到喷射器的进料注入导管，再通过一批喷嘴喷射到烟气中，连续汞监测仪将烟气中的汞含量记录下来。

吸附剂是该技术的核心。优化的喷射系统可以将吸附剂颗粒均匀地喷射在烟气中，让吸附剂颗粒涵盖所有的烟道空间，以最快的速度 and 烟气混合，使吸附剂颗粒与汞化合物最大限度地接触和反应，大大地提高吸附剂的脱汞效率和降低成本。

第二节 专利竞争环境

一、国内专利分布概况

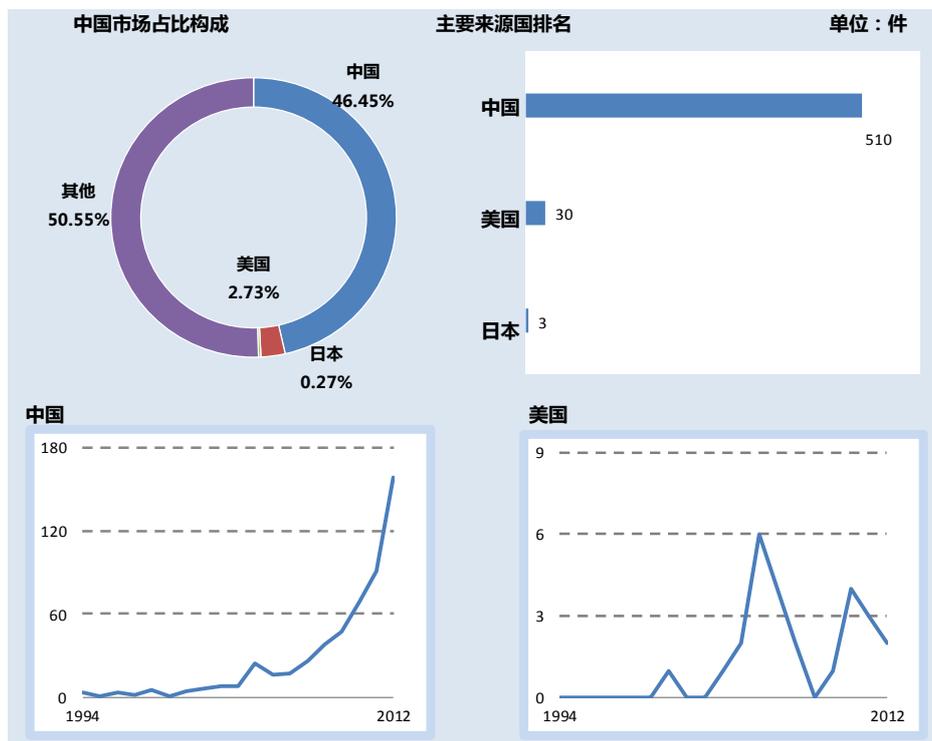


图 10 汞的控制领域国内专利技术市场情况

得出如下信息：

(1) 根据中国专利申请的检索及统计结果，就中国的专利竞争环境而言，我国在汞的控制领域专利申请量近期出现大幅度增长，相关技术的市场参与者除中国外，还包括美国和

日本，专利权人除来自中国本土外，主要来自于美国、日本、英国和瑞典等，授权率大约在 52.28%。(2) 对于我国市场来说，本国申请量占据强势主导地位，国外申请量相差悬殊，美国申请量仅有 30 件，日本申请量仅有 3 件，并未对我国专利布局造成影响。可见我国由于政策以及法规的不完善，因此市场并未得到国外申请人的重视。(3) 我国无论是专利制度还是汞的控制领域内的发展均起步较晚，从整体技术环境来看，水平明显落后于美、日等国家。(4) 近几年在国家政策发展的促进下，汞污染控制领域略有发展，虽然国外专利布局在我国并不明显，但研发者在研发时仍应关注世界范围内的现有技术，有的放矢的进行研发以及专利申请工作，对于已有技术进行了解减少重复开发。

二、地区分布情况

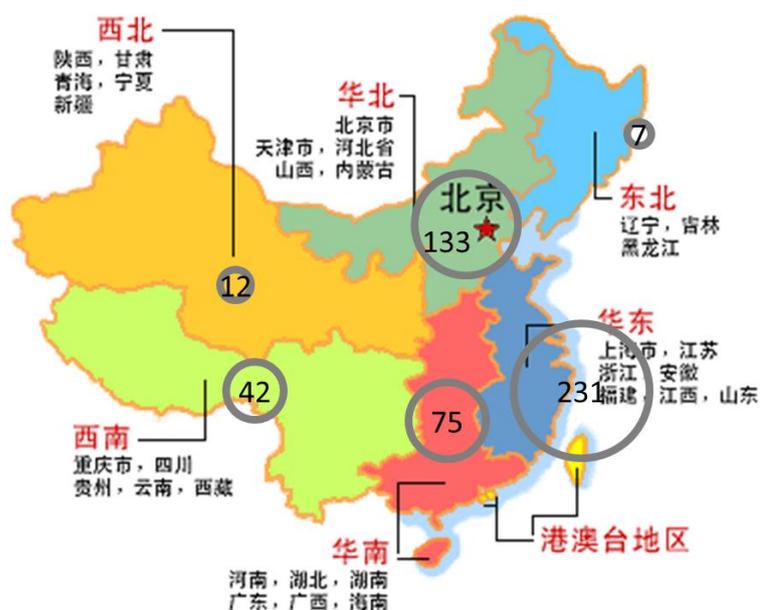


图 11 汞的控制领域国内专利分布

我国脱汞技术主要产出地区分别为北京、江苏、上海、浙江等省市，这几个地区均为我国专利申请量较大的地区，以及经济较为发达的地区。国华太仓发电有限公司、浙江乌沙山电厂、宁海电厂、福建嵩屿电厂以及福建后石电厂均集中在华东地区，因此促进了华东地区对汞的控制技术的研发投入，尤其是上海交大、浙江大学在汞的控制技术中申请量名列前茅。

三、技术发展状况

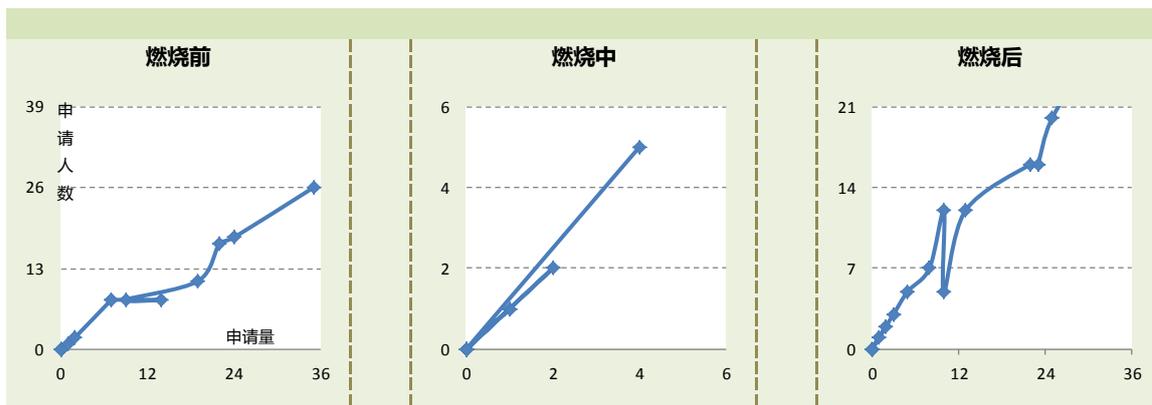


图 12 汞的控制领域各分支国内专利技术生命周期

得到如下信息：

(1) 从专利生命周期角度来看，就中国的专利竞争情况而言，燃烧前脱汞和燃烧后脱汞技术均处于发展期，研发人员的数量和专利申请的数量都明显增高，证明燃烧前脱汞和燃烧后脱汞的技术经时间验证明显具备可行性，因此有较多的企业陆续加入进来，使得该技术得到不断的发展，产品市场不断扩大。燃烧后脱汞技术的研究最为广泛，从国内外研究状况来看，大部分研究均集中在高效、经济的吸收剂的研制。

而燃烧中脱汞技术申请总量非常少，处于萌芽期，一共仅十二篇，该技术从 2001 年起有第一篇申请，期间经常间隔多年无申请，可知所述技术仍然处于起步期，只有较少的企业参与该技术的研发中，专利申请量很少。

(2) 燃烧前脱汞和燃烧后脱汞技术分支处于发展期，应顺应其发展趋势，加大研发投入，鼓励企业参与，更好的维持发展期的水平。对于一项专利技术来说，其经历发展期之后必然要经历成熟期与衰退期，届时一些没有真正技术实力的企业就会面临市场的淘汰，应当用专利武装自己争取在市场竞争中取胜。

通过对近 5 年分类号排名的分析发现，

(1) 同全球环境类似，燃烧中脱汞技术是该领域的技术空白点，原因如下：燃烧中脱汞技术专利申请量非常少，但非专利文献中均提到近几年通过改进燃烧方式抑制汞的排放所采用的循环流化床(CFB)锅炉技术在我国已趋于成熟。近年来我国热电建设中较广泛采用了 CFB 锅炉，目前国内已有近 20 家锅炉厂能生产 CFB 锅炉的本体，运行的 CFB 锅炉已达 1200 多台。

(2) 燃烧前和燃烧后脱汞技术主要研究热点是采用吸附剂和/或催化剂进行脱汞。大部分研究集中在高效、经济的吸收剂的研制。

第三节 主要竞争者

从我国汞的控制技术领域的申请来看，排名前 10 名的主要竞争者中高校占据了主要位

置，其中高校申请人占 7 位，而科研院所占 1 位，企业公司占 2 位且排在最后两名。各申请人申请量相差不大。其中华中科技大学的专利授权率最高，达到了 81.82%。

这充分说明了我国在汞的控制技术领域的研发主要集中在高校中，其研发能力主要依赖于国家科研基金的投入，这正与主要全球竞争者形成了鲜明对比，全球主要竞争者全部来自于大型的跨国公司，他们主要依靠自身的经济实力进行研发投入。

		专利概况		
		申请量	授权率	发明人数量
大学	上海交通大学	26	57.69%	36
	浙江大学	18	61.11%	43
	华北电力大学(保定)	13	23.08%	34
	重庆大学	13	76.92%	32
	东南大学	12	66.67%	25
	东华大学	11	63.64%	15
	华中科技大学	11	81.82%	36
研究所	广东电网公司电力科学研究院	21	52.38%	24
公司	中电投远达环保工程有限公司	13	61.54%	27
	西安热工研究院有限公司	9	55.56%	15

图 13 国内主要竞争者的专利情况

竞争者	化学或生物净化方法除汞	除汞的一般方法或装置	汞脱除用吸附剂或催化剂	废气中的汞脱除装置	降低燃烧中汞的排放
上海交通大学	45	32	37	6	4
浙江大学	27	24	8	6	2
华北电力大学	28	13	22	8	3
重庆大学	23	19	12	9	2
东南大学	20	16	12	9	4
东华大学	21	14	11	9	3
华中科技大学	19	11	10	7	4
广东电网公司电力科学研究院	38	16	22	8	3
中电投远达环保工程有限公司	24	15	10	7	2
西安热工研究院有限公司	19	12	8	6	5

图 14 国内主要竞争者的技术分布

我国申请人的申请与全球竞争者的数据相同，同样主要集中在设备装置以及吸附剂、催化剂的改进技术上。例如上海交通大学、广东电网公司电力科学研究院以及浙江大学的主流工艺是对催化剂以及吸收液进行改进，其中上海交通大学还涉及利用电晕放电装置，在烟道中对除汞剂进行就地活化，生成大量的活性物质，提高除汞剂对烟气中零价汞的氧化速率，从而快速有效地去除烟气中的零价汞。

此外，广东电网公司电力科学研究院和中电投远达环保工程有限公司均是国内火电厂烟气脱硫系统研发以及生产的龙头老大，其中广东电网公司电力科学研究院 2002~2012 年十年累计完成 60 台机组的烟气脱硫系统调试、15 台机组的烟气脱硝系统调试，累计减少二氧

化硫排放量超过 350 万吨；而中电投远达环保工程有限公司主要从事火电厂烟气脱硫脱硝 EPC、核电环保、脱硫特许经营、脱硝催化剂制造、水务产业、新能源等五大业务，编制了脱硫脱硝 2 项国家标准。可知掌握烟气脱硫核心技术的企业通常会同时研发并掌握脱汞新技术。

国内企业的主流工艺基本集中在对催化氧化剂以及吸附剂的改性研究，然而目前吸附法烟道气脱汞迄今没有实现产业化¹¹，其技术方面的主要原因在于：

1、由于电厂产生的烟气量大，采用吸附法必须向烟气中喷入大量的吸附剂才能有效去除烟气中的汞，既增加了除尘负荷，又导致成本居高不下。

2、现有研究主要针对如何设计好的吸附剂去吸附汞，对吸附后的汞从吸附剂上解吸的过程、以确保汞不再解吸和蒸发的研究较少，长期堆积的吸附剂上的汞仍然会蒸发造成二次污染及局部更强的污染。

3、无吸附剂的寿命及再生周期的评估，大部分研究都忽略了吸附剂的再生与活化问题，没有考虑对吸附的汞进行回收，致使吸附法脱除烟道气汞的技术成本过高。而且如何处理吸附汞后的吸附剂是一个新的环保问题。

4、氧化法中应用的氧化剂，例如溴单质、酸性高锰酸钾等本身对环境就有污染，而且价格高昂，很难大范围应用。

5、目前的有关研究和报道都是在实验室方式下进行的。吸附脱汞从技术层面上而言无疑可行性很高，在一定的设备下进行吸附脱汞研究，同时考虑吸附后的 Hg^0 的处理、转化以确保吸附后的汞不再解吸和蒸发及吸附剂的回收、再生等，是未来燃煤烟道气脱汞技术产业化实现的重要途径和发展方向。

因此，对于添加吸附剂进行烟道气脱汞，就目前的我国的现实情况建议不宜轻易采用，但这无疑是烟道气脱汞技术的一个发展方向，特别是针对燃用特高汞煤电厂在采用除尘脱硫脱硝后仍不能满足标准要求的，无疑是一个必然的选择。

¹¹ 赖敏.燃煤电厂污染控制技术-我国火电行业汞排放分析及控制对策[J].四川环境, 2012,32:119-128.

第四章 竞争启示及产业发展建议

第一节 技术启示及建议

一、技术空白点以及热点

从全球以及中国专利竞争情况数据可以看出，燃烧中脱汞技术是该领域的技术空白点。燃烧中脱汞技术专利申请量非常少，但非专利文献中提到通过改进燃烧方式例如流化床燃烧、低氮燃烧、炉膛喷入吸附剂等对汞的脱除有积极作用，并且近几年通过改进燃烧方式抑制汞的排放所采用的循环流化床(CFB)锅炉技术在我国已趋于成熟。因此我国企业应抓住技术空白点，开发能够进入工业化阶段的新一代技术。

燃烧前和燃烧后脱汞技术主要研究热点集中在高效、经济的吸收剂的研制。然而目前只有活性炭吸附剂可以达到较高的汞控制能力，但是应用活性炭吸附剂面临着控制成本这一瓶颈问题，因此对于吸附剂和/或催化剂的改进仍属于脱汞技术的重要领域。

二、引进技术方面的建议

美国是世界上率先提出对燃煤电厂汞控制排放限值的国家，为了能够达到最佳消减汞排放效果，建立了一套完善的测定汞的方法并配备了先进的在线测量设备。我国多数企业尚未建立相应的监控机制和设施，基础数据薄弱，对电厂汞源头状况及其产生过程、排放现状、排放规律缺乏了解和认识。应建立我国典型燃煤机组排放清单的计算模型，开展燃煤电厂大气汞排放在线监测试点工作，准确掌握燃煤电厂大气汞排放第一手数据。

国家	适用性差异		
	燃煤特性	机组调峰方式	工况
美国	多为高氯、低硫、低灰分煤种	天然气、水电调峰，煤电不参与调峰，基本满负荷运行	相对稳定
中国	普遍呈低氯、高硫、高灰分特性	煤电调峰，普遍调峰频繁，甚至有深度调峰，极低负荷运行，负荷变化频繁	复杂多变

表 5 中、美汞控制技术应用适应性差异

美、日、欧等国家在烟气脱汞领域起步较早，拥有多项成熟的技术。我国烟气脱汞领域的龙头企业大部分都是先引进国外先进技术，围绕国外技术进行改进，在此基础上逐步发展。然而直接引进国外技术也因国情差异（如电厂的燃煤、工况、管理文化，监管文化的不同），需要通过试点，建立示范工程加以验证，同时还有一个选择、消化、吸收的过程。特别是中外燃煤特性及机组调峰方式有较大差别，引进技术时应予以考虑。

三、校企合作方面的建议

我国在汞的控制领域的专利产出量位居全球第三，且近些年产出量呈直线上升的趋势，这说明国内竞争者对汞的控制技术的研发投入不断增加。然而从国内汞的控制领域专利申请数据来看，我国专利申请量排名前十的主要竞争者中，有七名是高校，两名是研究院，仅一位申请人为企业，而专利技术是领域的前沿技术，距离向工业化转变还有一定距离，因此，我国在该领域的技术创新多数还停留在研发试验阶段，进入工业化阶段的

专利技术还略少，在工业上应用实施的专利技术还是依赖于国外技术的输入，另一方面，国内高校或科研机构具备一流研发水平，拥有众多高科技创新人才；为了提升竞争实力，国内企业可以通过校企携手的方式，借助企业雄厚的资金实力、以及高校或科研机构高水平的技术创新能力，共同开创自主创新技术，提高专利技术的转化率。

四、技术突破点建议

污染防控设施协同控制除汞是我国企业应优先考虑的应对措施，单独开发新的汞控制工艺在经济上是不可行的，因此充分利用现有的污染控制设备进行一些改进从而提高汞的脱除效率，这样的复合式污染控制之路为烟气脱汞提供了广阔的发展空间¹²。

企业申请人往往都是将除尘、脱硫、脱硝以及脱汞等根据污染物产生的源头进行一并去除，因此其研发的技术多数为一体化技术或联合技术。这也更加适合产业应用，因为对汞污染物产生大户火电厂而言，其同时也排出氮氧化物等污染物，因此，需要同时进行脱硫、脱硝、脱汞才能使大气排放达到国家标准。通过低氮燃烧、燃烧调整、配煤掺烧等方式，再结合烟气脱硝（SCR）装置对汞的氧化以改变烟气中汞的形态，或适度控制飞灰残碳量，改变除尘器运行方式提高除尘器对易富集汞的超细粉尘捕集率，再配合以脱硫洗涤等方式的调整，可以进一步提高协同控制的效果。

由于火电厂在汞的脱除技术中通常优先考虑的是协同控制，多管齐下。基于此，我国在脱汞技术的研发中，应从大处着眼，拓宽科研团队的研发领域，通过燃烧前、燃烧中、燃烧后协同控制脱汞，提高汞的脱除率，走复合式污染控制之路。

第二节 市场启示及建议

一、市场发展建议

我国于 2011 年由环境保护部发布的《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）首次对燃煤电厂汞及其化合物排放浓度限值提出明确的要求。从“十一五”计划完成的减排数据可以看出控制经济发展带来的新增污染，由于 2013 年我国已经签署了《水俣公约》，《水俣公约》对汞的大气排放有明确的要求，要达到公约的相应要求，监管机构和公司正在开始选择安装污染控制设备，就应从现在开始把汞排放控制计划纳入空气污染治理的计划，这样将是最高效和最经济的。

而我国加入《水俣公约》之后，如何有效控制各种大型燃煤电站锅炉和工业锅炉的汞排放就成了我国新时期污染减排面临的首要任务和最大困难。如何提高烟气脱汞技术以减少汞及其化合物的生成对减少新增污染至关重要。可知今后，我国对汞及其化合物的脱除技术将会越来越重视，因此尽早对脱汞技术提高重视，引进技术并发展具有自主知识产权的脱汞技术是我国企业急需重视的。

¹² 陈其颢. 燃煤电厂汞排放及其控制技术综述[J]. 第十五届中国科协年会第 9 分会场：火电厂烟气净化与节能技术研讨会论文集. 2013 年：1-5.

二、区域发展建议

我国汞的控制技术专利申请主要集中在经济较为发达的地区，如北京、江苏、上海、浙江等省市的专利申请量大大幅度领先于其他地区。由于我国国华太仓发电有限公司、浙江乌沙山电厂、宁海电厂、福建嵩屿电厂以及福建后石电厂均集中在华东地区，因此促进了华东地区对汞的控制技术的研发投入，尤其是上海交大、浙江大学在汞的控制技术中申请量名列前茅。基于上述现状，应综合考虑我国目前大气污染现状和趋势，制定合理政策措施，提高能源利用效率，充分利用现有污染控制设备对汞进行协同脱除，减少投资费用，走复合式污染控制之路。

三、海外拓展建议

总体而言，欧洲、加拿大、澳大利亚、印度等国家和地区是未来的潜在市场国，加拿大、澳大利亚、印度存在一个共同的特点是地域广阔，适应气候变化的能力较强，为了保持世界领先的地位或追赶经济强国，必须持续发展工业，仍需要继续大额排放汞，而欧盟作为世界上汞的最大供应商，汞的排放量必然是不容忽视的，因此需要汞脱除产业大规模存在以适应经济发展需求。我国企业在进入上述市场时应明确其汞排放标准，符合当地规定，例如加拿大立法限定了燃煤电厂汞排放的具体要求①烟煤，汞的大气排放限值约合 $2.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；②次烟煤，汞的大气排放限值约合 $6.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；③褐煤，汞的大气排放限值约合 $11.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；④混煤汞的大气排放限值约合 $2.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

第三节 专利布局启示及建议

一、国内专利布局建议

全球主要竞争者市场布局主要在美国、日本和欧洲，然而由于前十名竞争者中有六名竞争者为日本企业，可知汞的控制技术在美国和欧洲更具有市场。并且除日本本土竞争者外，其他竞争者基本不在日本布局，可知日本市场已经接近饱和，日本企业自身研发的技术已经在日本国内形成了垄断。全球主要竞争者仅一家在中国进行专利布局，说明我国目前并没有成为全球主要竞争者脱汞技术专利布局的重点。我国企业专利申请量低，专利布局形势不明朗。在这个时候，我们更应当努力开发自己的优势产品，针对优势技术先在国内进行合理的专利布局。

二、国外专利布局建议

结合国外市场的特点以及烟气脱汞技术在我国深入发展的趋势，我国部分竞争者实际上应当存在一些具有竞争实力的专利技术，对于这些专利技术而言，我国竞争者可以考虑国际市场，适当对国外市场进行专利布局投入。