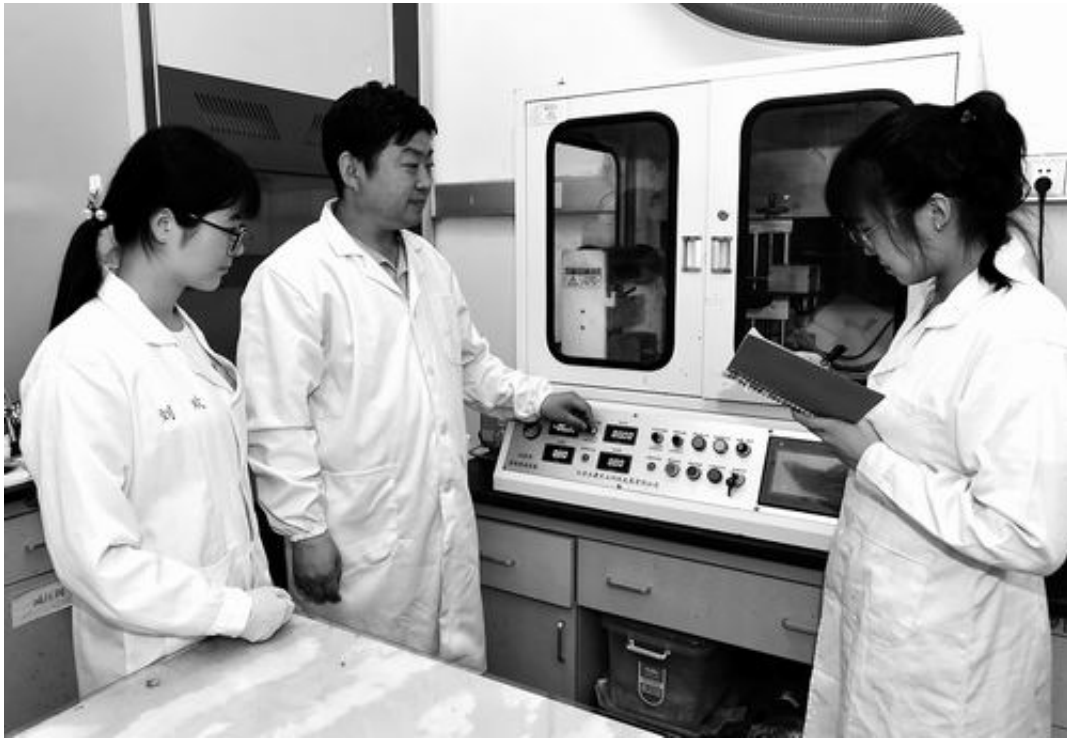


燃煤电厂的“团聚”除污术



张军营（中）正在与学生交流。

“目前，我国燃煤电厂的污染控制已经达到了世界最好水平，但‘水难治’和‘霾难防’等难题却始终存在。”对于出生在山西、成长于产煤区的张军营来说，年少时家乡随处可见的黑烟、刺鼻的焦油味让他难以忘怀，解决这两大难题也是他一直以来的梦想。

去年3月，作为华中科技大学煤燃烧国家重点实验室教授，张军营带领团队研发的团聚强化除尘协同脱硫废水零排放技术（简称团聚协同技术）在湖北能源集团鄂州发电有限公司的两台30万机组上进行示范应用。不久前，经权威机构测定，该技术使二氧化硫排放平均每平米降低了17.2毫克，二氧化硫脱除效率达到54.3%。这意味着，团聚协同技术不仅有效减少了二氧化硫排放，还成功破解了脱硫废水零排放难题。

团聚协同技术，是张军营实现“碧水蓝天”之梦的重要“武器”。筑梦之途坎坎坷坷，张军营从孤军奋战到“一呼百应”，经历了18年。

排放难题萦绕心头

燃煤电厂是每一座城市的“标配”，为城市源源不断地输送着电力能源。然而，燃煤电厂之中一个个高大的烟囱却常常“口吐白烟”。殊不知，这些烟里就深藏着大气污染的“罪魁祸首”。

近年来，我国大力推进实施燃煤电厂超低排放改造，对电厂的硫、尘、硝排放和治理有着明确的标准，燃煤电厂在常规污染物控制方面取得了较大进展。但PM2.5、二氧化硫等非常规污染物的排放问题未能得到有效解决，亟待开发脱硫废水经济高效零排放处理技术。

“煤燃烧一次颗粒物占大气PM2.5比例20%左右。常规的除尘技术对细颗粒的脱除效率很低，加之我国电厂总量大，它们成为雾霾的主要来源之一。”张军营告诉《中国科学报》，没有安装湿式电除尘器的电厂还使得PM2.5重要来源之一二氧化硫的排放浓度增加。

二氧化硫比二氧化硫毒性高十余倍，且具有强腐蚀性。烟气中的二氧化硫冷凝形成亚微米级酸雾，排放后会与大气中的碱性物质反应，生成大量二次硫酸盐细颗粒物，这些硫酸盐细颗粒物在大气中具有很强的消光效应。

“这是造成局部地区能见度降低和雾霾加剧的重要原因之一。但目前二氧化硫限制排放缺乏国家标准，同时还缺乏有效脱除二氧化硫的技术。”张军营坦言，没有安装湿除的超低排放燃煤电厂，二氧化硫气溶胶排放需要特别关注。“它是‘有色烟羽’产生的罪魁祸首，对环境影响很大。”

燃煤电厂脱硫废水的处理也是张军营的“心头之患”。脱硫废水是燃煤电厂处理难度最大的废水，其中含有大量重金属和氯离子，pH值偏酸性、固溶物含量高且具腐蚀性，而最难解决的便是氯离子和腐蚀性问题。

“常规的脱硫废水处理难以达到越来越严的环保要求，而要实现脱硫废水零排放，投资太大，处理费用太高。”张军营表示。

“歪点子”破难题

如何协同治理燃煤电厂的诸多难题，张军营在屡次攻关的过程中冒出一个与众不同的“歪点子”。

就除尘而言，燃煤电厂传统的除尘方法通常为物理方法，如静电除尘器、布袋除尘器以及湿式静电除尘器等。但这些技术脱除PM2.5、PM1等细微颗粒物的效率较低，尤其是PM1的脱除效率不足50%。

更让张军营忧心的是，电厂为增强除尘效率，加大设备升级，使得投资和运行成本增加，施工难度加大，甚至还导致阻力增加以及设备腐蚀等问题，实际效果也不尽如人意。

2001年，在一次污水处理厂考察调研时，张军营看到水厂技术人员向废水池中倒入絮凝剂后，水中的悬浮微粒便慢慢聚集成粗大的絮状体。一个反其道而行的“歪点子”便在37岁的张军营的脑海中迸发：利用化学方法很轻易地就能实现高效脱硫脱硝，那么，能否也用化学方法进行除尘呢？

随之，他提出了“化学团聚”一词，并形象地解释道：“PM2.5就像一颗颗米粒，单独过筛时很容易漏下去。若把大米蒸成米饭形成饭团，就漏不掉了。除尘亦是如此，我们通过特殊的团聚剂把粉尘细颗粒物变大，除尘效率自然就提高了。”

遵循这一思路，张军营带领团队研发出团聚强化除尘技术，而后在原有特殊团聚剂的基础上，开发了高温烟气三氧化硫磺化引发剂，使得同时对二氧化硫、重金属等污染物也有明显脱除作用，实现多污染物协同治理。

同样的思路如果也能把脱硫废水“一举拿下”那就更完美了。研究人员在PM2.5团聚技术基础上增加钝化剂，降低脱硫废水的腐蚀性在确保除尘稳定达到超低排放标准的同时，将脱硫废水在烟道蒸发，实现脱硫废水零排放。

最令张军营感到自豪的是，团聚协同技术及相关添加剂颠覆传统的解决思路，同时不改变电厂运行参数，无需增加大型设备和大量投资即实现诸多难题的协同解决，为保证了电厂安全稳定地运行生产，提供了先进的环保节能解决方案。

18年曲折终“开花”

迄今为止，团聚协同技术已在江西、山西、新疆、河南、安徽、湖北等省区的20多家企业得到应用，被应用方称为“多污染协同治理利器”。

2016年，国家能源集团国电丰城发电有限公司作为第一家大型机组（34万机组）电厂应用了该技术。该公司生产技术部环保高级工程师高为飞清楚地记得，面对比原计划提前一年完成的燃煤电厂超低排放和节能改造紧迫任务，他们亟须升级除尘等污染物控制技术。

“我们一开始也是抱着试试看的心态，毕竟这项新技术以前从未在大型机组电厂中用过，效果如何我们也不确定。”作为现场负责人，高为飞告诉《中国科学报》，他们在4号机组（340兆瓦）上应用，并连续运行5个月后，经江西省环保厅环境监测中心站检测，除尘效果超出预期，颗粒物排放浓度由原15.17mg/m³降至1.7mg/m³，远低于国家超低排放标准（10mg/m³）。

现场企业以及相关专家和技术人员都不敢相信这一结果，随后又请了西安热工院、中国环保产业协会、清华大学等专业机构和专家们进行测试和技术鉴定，结果与此前如出一辙。

高为飞说，该技术一直运行到现在，其系统运行简单，投资成本不高，依托于高校，可信度很高。

2001年的想法为何直到2016年才首次“开花结果”？张军营感慨：“中间差点都做不下去了。”

从最开始提出“化学团聚”时因缺乏理论基础而不被认可，只好先沉寂多年取得理论突破；到寻找团聚剂时如大海捞针长期无功而返；再到长达5年团队未发表一篇相关高水平论文而被自己的博士生“抛弃”，以及因诸多专家学者对我国污染形势的乐观判断，导致研究颇受质疑“差点”不被支持……

面对质疑和无果，张军营很感谢“863”计划、“973”计划和国家自然科学基金等的长期立项支持，让他能静下心来，慢慢琢磨逐步推进。曾经有段时间，尽管张军营门下有20多名学生，但在团聚协同技术研发方面却是“光杆司令”，而现在，越来越多的学生和年轻人愿意从事这项研究。

在张军营看来，他坚守“碧水蓝天”的使命未终，“PM2.5、脱硫废水、三氧化硫以及重金属和汞这五大污染问题并未得到完全解决。未来，我希望通过团聚、钝化、磺化、凝并和氧化这一套控制理论实现五大污染物一体化解决”。（本报见习记者 韩扬眉）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/151728.html>