

# 以科技创新推动园区转型升级

## 环境模拟与控制国家重点实验室——建滔(河北)研发基地再创多项国内领先成果

◆本报记者邢飞龙

入冬以来,整个华北地区雾霾频发,各地空气质量频频“爆表”,引起了全社会的关注。国内环保领域的专家学者纷纷行动,为大气污染防治建言献策。面对日益严峻的环境形势,日前,由环境模拟与控制国家重点实验室主办的“环境污染防治与绿色发展”高峰论坛在河北省邢台市举行,多名院士及业内专家共聚一堂,分享各自在环境污染防治和绿色发展方面的新理念和新举措。中国科学院院士、清华大学教授郭吉明,中国科学院院士、中国科学院生态环境研究中心研究员曲久辉,中国科学院院士、火箭军后勤科学技术研究所所长侯立安,中国科学院院士、中国科学院合肥物质科学研究院研究员刘文清,美国工程院院士、中国工程院外籍院士 John Charles Crittenden,中国工程院院士、国防科大海洋科学与工程研究所所长宋君强,中国工程院院士、国际环境生态学主席杨志峰等院士出席论坛并发表了演讲。

作为本次论坛的主办方,北京师范大学环境模拟与控制国家重点实验室——建滔(河北)研发基地(以下简称研发基地)自建成起就以制备新材料、研发环保新技术、制造先进环保处理设备、提出创新性的环保管理体系为核心,依托园区企业的环保项目,为基地的环保技术研发以及环保项目的工程应用提供平台。研究成果应用领域包括工业废气治理、水污染防治、固体废物处理以及资源化等。环保治理技术服务的重点对象包括化工、电子信息、石化、轻工业和制药等领域。

### 产学研结合 优化提升技术水平

近年来,与化工园区相关的环境风



图为北京师范大学研究生在建滔工业园区实习。

险事件频发,环境影响突出,社会反响强烈。工信部于近期出台的《绿色制造工程实施方案》,要求构建以绿色工厂、绿色工业园区为重点的绿色制造标准体系。然而,化工园区污染问题频发所带来的水质、空气等环境问题困扰着包括京津冀在内的多个地区。归根究底,污染控制能力不足、资源回用技术无法满足需求是引发化工园区环境问题的根本原因。

以2013年为例,全国化工废水(仅包括化学原料和化学制品制造、医药制造及化学纤维制造业)排放总量高达35.7亿吨,占全国工业废水排放量的17%。化工废水具有污染物浓度高、生物毒性大、难降解等特点,是国内外污水处理界公认的难题,极易造成环境污染和环境隐患。

中华环保联合会在2014年10月出具的一份调查报告显示,通过调查全国8个省的18家化工园区,结果表明:调查样本中的13个化工园区涉嫌污水直排江湖。样本中2个国家级与7个省级工业园区,或紧邻重点流域和饮用水源,或居于人口集中区,100%存在水污



图为工业园区循环水系统。

染问题。

据了解,我国化工废水主要来自化工生产原料、特定生产工艺过程中排放的废水、生产过程中产生的副产物、冷却水、原材料和产品在生产过程、运输和储存中的物料流失,或雨水侵蚀而形成的废水。这些化工废水成分复杂、毒性强烈、处理成本高,导致现有的处理手段都不尽理想。

不仅如此,我国化工行业在废气处理方面也存在诸多问题。一方面,企业在污染治理时只重视末端治理,没有将生产过程与污染控制紧密结合;同时,能源和资源也没有得到充分的利用。造成这种问题的主要原因是一些废气处理项目需要大量资金的投入,而且运行成本高,给化工企业带来了沉重的负担;另一方面,随着化工企业数量规模的不断发展壮大,缺乏真正可靠、有效、低耗的废气处理技术,不能适应化工园区的长期发展,同时也造成了废气污染的加重,使生态系统遭到了严重的破坏。

为了彻底解决环境污染这一当前化工园区发展的巨大障碍,北京师范大学环境模拟与控制国家重点实验室——建滔(河北)研发基地开始进行工业废水、废气及固体废物处理和资源化利用等关键技术与核心设备的研发,同时帮助企业制定创新性的环保管理体系与措施,创建化工行业的管理新模式。“还要建成一个具有环保产业孵化功能的工程技术创新平台。”研发基地一位负责人告诉记者。

据了解,研发基地以提高高校理论和实践相结合的能力、带动企业环保技术创新、增强科技投入价值、充分发挥人才资源优势为工作核心,产学研结合,其研究应用领域包括工业废气治理、水污染防治、固体废物处理以及资源化等。环保治理技术服务的重点对象包括化工、电子信息、石化、轻工业和制药等各个领域。



图为北京师范大学研究生在建滔工业园区实习。

险事件频发,环境影响突出,社会反响强烈。工信部于近期出台的《绿色制造工程实施方案》,要求构建以绿色工厂、绿色工业园区为重点的绿色制造标准体系。然而,化工园区污染问题频发所带来的水质、空气等环境问题困扰着包括京津冀在内的多个地区。归根究底,污染控制能力不足、资源回用技术无法满足需求是引发化工园区环境问题的根本原因。

以2013年为例,全国化工废水(仅包括化学原料和化学制品制造、医药制造及化学纤维制造业)排放总量高达35.7亿吨,占全国工业废水排放量的17%。化工废水具有污染物浓度高、生物毒性大、难降解等特点,是国内外污水处理界公认的难题,极易造成环境污染和环境隐患。

中华环保联合会在2014年10月出具的一份调查报告显示,通过调查全国8个省的18家化工园区,结果表明:调查样本中的13个化工园区涉嫌污水直排江湖。样本中2个国家级与7个省级工业园区,或紧邻重点流域和饮用水源,或居于人口集中区,100%存在水污



图为工业园区硫酸铵焙制项目设备。



北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点实验室——建滔(河北)研发基地揭牌仪式现场颁发聘书。

吡啶以及其他的稠环芳烃化合物等,处理起来十分困难;焦化废气主要由生产过程中产生的颗粒物和二氧化硫、氮氧化物、有机物组成,通过烟气管道和无组织排放,特别是经过高架源会对较大区域产生影响。因此,采取以环境和资源可承受能力为基础的高效率、低能耗、低污染、低排放的经济发展方式,是焦化行业唯一可持续发展的道路。

为了彻底解决焦化企业污染问题,研发基地以河北建滔工业园区为平台,搭建了聚集国内外优秀节能环保技术平台,重金建设先进环保设施,重点研发工业废气治理、水污染防治、固体废物处理以及资源化等应用领域。

**焦化污水深度治理回收项目:**据介绍,整个项目投资约4200万元,将原有工艺SBR升级改造为A<sup>2</sup>O+生物流化床,2014年8月投入使用并持续稳定运行,处理后的水质优于2015年01月01日开始执行的《炼焦化学工业污染物排放标准》(GB16171-2012)中直接排放标准。

研发基地在该项目中自主研发的电催化氧化技术与微纳米气浮与高速过滤器联合,达到了先进工艺水平。该技术的核心是采用当今世界最新一代电催化处理设备,从环境学、材料学、自动化、化学等交叉科学出发,研发出新型纳米结构的电极材料,优化材料制备工艺;进而设计电化学反应器,通过优化参数,开发自动化控制装置;实现焦化废水二级生化出水深度处理后稳定达标回用标准;此项目投资约2600万元,目前日处理量可达1920吨废水,出水达到纯净水指标,全部回收再利用,每天可回收1344 m<sup>3</sup>废水作为循环水补水,不但减少了污染物排放,还节约了地下水的开采。

“我们采用研发基地的‘电催化深度氧化’专利技术,对提标改造后的生化系统出水进行了深度处理,使出水能够达到回用标准,大大减少了废水排放。”园区一位工作人员告诉记者,仅这一项改造企业每年就能够节约用水56万吨。如果按照2元/吨的价格计算,一年就能够省下112万元的运行成本。处理后的回用水指标远优于《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T19923-2005)标准(COD < 60 mg/L,氨氮 < 10 mg/L);处理后水质指标:COD:未检出,氨氮:未检出;每年可减排氨氮18吨、COD 105吨。

**锅炉烟气超低排放回收项目:**园区所有燃煤锅炉脱硫、脱硝、除尘项目经历三次提标升级改造,总投资超过1亿元。锅炉全部增加脱硝装置;电除尘改为电袋组合;对原有脱硝工艺进行升级改造,并增加一套脱硝设施和硫酸铵焙制工段,采用“SNCR脱硝+电袋除尘+



图为金鱼在经焦化废水深度处理后的废水里畅游。

氨法脱硫工艺+超声波除尘+塔外氧化+消除气溶胶专有技术+DCS全自动控制系统+塔外蒸发结晶工艺”,处理后的烟气排放优于《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)标准。随后,研发基地在今年采用最新专利技术后,其大气排放已实现了“超低排放”标准。

北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点实验室多位专家结合国内外锅炉烟气治理的各种先进技术,从煤种选择、配风、调温、除尘、除灰、脱硝、脱硫进行系统化设计,以先进的模块化设计实现锅炉烟气的超低排放。

**工艺特点:**采用低硫、低灰、低挥发份的煤种,从源头上降低燃煤中的污染物含量;建设封闭煤棚,输煤系统采用布袋除尘,减少扬尘;根据循环流化床锅炉特性,通过流体力学计算,调整配风,使得气与固体燃料混合均匀,燃烧速率高,控制床层温度,提高燃烧效率,减少未完全燃烧的污染物排放;控制炉膛低温燃烧,减少空气中的氮生成NO<sub>x</sub>;循环流化分段燃烧,抑制燃料中的氮转化成NO<sub>x</sub>,并使部分NO<sub>x</sub>得到还原,可降低出口烟气50%的NO<sub>x</sub>排放;将原静电除尘器改造成为电—袋复合式除尘器,改造后出口的除尘效果保证排放浓度低于20 mg/m<sup>3</sup>;全密封式气力除灰,减少粉尘排放;脱硝系统使用优质氨水,采用选择性非催化还原技术(SNCR),在氧存在的条件下,氨水与NO<sub>x</sub>(NO、NO<sub>2</sub>等混合物)发生选择性非催化还原反应,将NO<sub>x</sub>转化成无污染的N<sub>2</sub>;在炉膛内添加固体脱硫剂,降低烟气硫含量。脱硫采用江南环保专利技术,超声波脱硫除尘一体化锅炉烟气超低排放技术,该技术采用湿式—氨法脱硫+超声波除尘+塔外氧化、SNCR脱硝工艺、DCS全自动控制系统,分段加氨脱硫技术;硫酸系统采用单效蒸发结晶工艺,氧化后的硫酸铵浆液经输送泵送至分离器进行循环蒸发,过饱和硫酸铵浆液利用结晶罐冷却结晶后送至离心机进行分离,清液回送脱硝系统重复利用,结晶物经振动干燥烘干后产出优质的硫酸铵,最终包装运至仓库、销售。

至此,锅炉所有工段污染物均按照模块化设计全部得以控制和吸收。

“与原有技术相比,技术改造后的锅炉烟气排放已经远低于超低排放标准。目前锅炉烟气排放值:烟尘低于10mg/m<sup>3</sup>、二氧化硫低于30 mg/m<sup>3</sup>、氮氧化物低于50 mg/m<sup>3</sup>。每年可减少二氧化硫排放1494吨,减少氮氧化物排放1180吨,减少颗粒物排放295吨。”一名园区工作人员告诉记者。

此外,为了处理脱硫后的副产物,园区又投入1600万元建设了硫酸铵焙制工程,该项目利用航天部最新技术处理脱硫后的饱和硫酸铵溶液,生产出雪白的硫酸铵产品,填补了行业在硫酸铵焙制方面的空白。

**复合胺CO<sub>2</sub>回收资源利用技术:**作为温室效应的“元凶”,温室气体CO<sub>2</sub>的排放一直是全球关注的焦点。作为排放大户的焦化企业更是首当其冲。在建滔(河北)化工有限公司原有焦炉烟气治理排放达标的基础上,研发基地综合国内外CO<sub>2</sub>回收技术,发明了应用复合胺水溶液从烟道气中回收CO<sub>2</sub>的新技术,作为生产冰醋酸的原材料不仅延长了煤化工产业链,而且解决了传统工艺中回收易氧化、易腐蚀、效率低,操作

费用高的弊端。

据介绍,在建滔工业园中,前后投入8000余万元,采用了新技术的焦炉烟道气回收CO<sub>2</sub>工程已于2014年正式投入使用。不仅如此,在实际建设中,工程还采用了环境友好的电化水处理——膜过滤组合技术,对该类废水进行了深度处理,满足了烟气清洗废水回用水质标准,且多项指标远优于国家行业标准,前期相关研究成果包括国家发明专利5项、教育部级技术发明一等奖(2012)1项。

研发基地负责人在采访中表示,项目在建滔工业园区成功运行后,焦炉烟气经过余热回收+脱硫除尘+二氧化碳回收工艺+DCS自动控制系统的净化废水深度处理等工艺,每年减少向大气排放温室气体CO<sub>2</sub>约1.4×10<sup>5</sup>吨,节能折标煤28236吨。

“这个工程在全国来说也是首例,”这位负责人告诉记者:“中国焦化行业协会也多次到现场进行调研,准备在全国推广应用。”

**挥发性有机物VOCs治理项目:**根据环境保护部大气污染源解析以及PM<sub>2.5</sub>成因分析,减少VOCs排放对控制PM<sub>2.5</sub>及臭氧污染极其重要。因此,研发基地在院士的指导下,自主研发了全密闭系统+负压系统回收+高温燃烧分解VOCs治理项目。按照项目计划,这一项投入将超过千万元。

这套项目能够收集甲酚醇、粗苯罐和苯加氢罐等综合罐区呼出的尾气,并利用负压系统输送至化工工段回收高浓度气体、低浓度气体送至锅炉系统,使之在900℃的高温下完全燃烧分解,避免了VOCs的扩散。

### 披荆斩棘 走绿色创新之路

“现在这些成果对我们来说还远远不够。今后我们还准备在温室气体回收、工业飞灰处理和循环经济模式设计

等方面建成节能、降耗、减排的全国环保示范基地,形成具有国际先进水平的环保技术体系。”研发基地一位负责人表示:“现在我们在建滔工业园已经成功运行了这套技术,下一步我们还会把这套技术继续在全国范围内进行推广。”不仅如此,研发基地还计划今后研究创新出一套在化工行业切实可行的环境管理类新模式,为我国化工园区的转型升级开辟一条绿色发展之路。

在采访中,河北建滔工业园区负责人也对未来的发展充满了信心:“我们会继续依托研发基地研发的专利技术,本着节能、经济、环保、高效的理念,立足绿色循环经济产业链,加大环保建设投入力度,深入环保工艺和基础设施的改革创新,持续提高工业园区节能减排水平。”

“我们也十分感谢河北建滔工业园区方面与我们的配合,没有他们的鼎力相助,我们的研究项目也不可能这么快落地。”在采访最后,研发基地的一名负责人告诉记者。

作为一家总投资超过40亿元、被河北省政府列入省重点产业支撑项目的河北建滔工业园在环保改造升级方面一直走在全国前列。截至目前,园区已投入将近7亿元,依托研发基地研发的专利技术进行了料场密闭、挥发性有机物治理、危废间改造等三十余项环保治理及提标升级改造,对污水、粉尘和废气进行了全面彻底治理,实现了排放物全部优于国家标准和资源的综合利用。

今年9月份,建滔公司与华能碳资产管理运营有限公司正式签订干熄焦余热回收项目,预计2017年3月开始实施。此外,除了与北京师范大学联合成立研发基地外,园区还将与德国能源署进行深度合作,针对半干法熄焦技术进行深入研究,并计划对生产过程中产生的余热进行回收,为居民提供冬季供暖。

“事虽难做则必成,路虽远行则必至。”在探索化工园区资源循环利用的可持续发展道路上,北京师范大学环境模拟与控制国家重点实验室——建滔(河北)研发基地以过硬的技术能力与令人瞩目的研发速度,为国内化工行业发展提供了一条绿色转型之路。在先进技术与理念的支持下,我们有理由相信,以焦化行业为代表的传统化工企业将会在以改善生态环境为重点的中国经济新常态下大步前进,重新焕发出勃勃生机。



图为河北建滔工业园锅炉烟气超低排放工程。

## 煤化工园区污染综合治理及资源化技术通过鉴定

本报记者邢飞龙邢台报道 12月18日,由北京师范大学等单位完成的“煤化工园区污染综合治理与资源化回用技术及工业化应用”项目在河北邢台建滔化工园区通过了由中国环境科学学会组织的鉴定。

以中国工程院院士曲久辉为组长,中国工程院院士刘文清、宋君强以及中国工程院外籍院士、美国工程院院士 John Charles Crittenden 等为专家的鉴定委员会现场考察了河北建滔化工园区作为典型案例实施的烟道气二氧化碳回收、焦化废水生化出水电催化氧化深度处理以及锅炉烟道气超低排放项目,听取了研发单位关于煤化工园区污染综合治理的情况汇报。据项目负责人介绍,该项目研制出了钛基纳晶多孔薄膜电极,发明了强化传质的电催化反应装置及其配套组件,形成了以电催化氧化技术为核心的废水深度处理组合工艺,并在焦化、化工、农药等行业废水深度处理工程中获得了成功应用;研发

超声波脱硫除尘一体化锅炉烟道气超低排放技术,在建滔(河北)化工工业园区污染综合治理与资源化回用技术及工业化应用”项目在河北邢台建滔化工园区通过了由中国环境科学学会组织的鉴定。

煤化工行业在生产过程中产生的废水和废气的综合治理与资源化回用是当前国家亟须解决的重要环保难题,也是当前环境工程科学研究的前沿领域。专家们对该项目所取得的成果表示充分肯定和赞赏,鉴定委员会一致认为:该成果整体处于先进水平,在纳晶多孔电极制备技术、传质强化电催化反应装置研制方面处于领先水平。河北建滔化工工业园区通过上述项目的顺利实施,使其在环境保护新技术应用方面走在了煤化工园区污染治理的前沿。