

天津市生态环境保护 科技发展蓝皮书

==== 2020 =====

天津市科学技术局
天津市科学技术发展战略研究院
中国环境保护产业协会水污染治理委员会

二〇二〇年十二月

前言

2018年7月29日，为打好污染防治攻坚战，天津市政府发布《天津市打好污染防治攻坚战八个作战计划》（津政发〔2018〕18号），并明确了由天津市科技局牵头“推广示范适用技术，按照要求发布水污染防治技术指导目录”的工作任务。根据工作要求，市科技局组织编制《天津市生态环境保护科技发展蓝皮书（2020）》，记录天津市生态环境保护领域的科技发展现状、技术成果和示范案例，为加快生态环保实用技术推广应用、打好污染防治攻坚战和改善生态环境质量提供科技支撑。

本书由天津市科学技术发展战略研究院与中国环境保护产业协会水污染治理委员会共同承担编制工作。

本书共分综述篇、科技创新篇、环保企业篇、技术成果篇4个篇章。其中：综述篇，介绍了国内生态环保面临形势、我市生态环境质量状况和市级相关文件。

科技创新篇，介绍了我市生态环保领域科技创新发展状况，主要包括研发机构和创新平台、人才团队、科技专项及示范工程、科技奖励以及技术交易情况。

环保企业篇，介绍了我市生态环保领域总体企业发展现状，着重分析了该领域我市国家高新技术企业、上市企业、新三板挂牌企业等重点企业情况。

技术成果篇，展示了通过技术征集、技术筛选、专家论证的8项技术成果，重点从技术内容、适用范围和技术示范案例等方面进行详细介绍。

希望本书能够推动我市环境污染防治先进适用技术的推广应用，畅通科技企业和科研院所的供需对接和交流合作渠道，为促进我市生态环保科技创新和成果转化、打好渤海攻坚战和碧水保卫战提供有力科技支撑。

目 录

综述篇

1 面临形势.....	1
2 天津市生态环境保护现状.....	1
3 市级生态环保相关文件.....	3

科技创新篇

1 研发机构和创新平台.....	6
2 人才团队.....	9
3 科技专项及示范工程.....	10
4 科技奖励.....	12
5 技术交易.....	16

环保企业篇

1 企业总体情况.....	20
2 高新技术企业.....	24
3 上市企业及新三板挂牌企业.....	25

技术成果篇

技术 1 机动车尾气遥感检测系统.....	28
技术 2 江河湖库底泥环保疏浚、土工管袋脱水及资源化利用关键技术.....	36
技术 3 污水深度处理臭氧催化高级氧化技术.....	43
技术 4 设备与管线组件密封点 VOCs 零泄漏系统管控的技术.....	50
技术 5 焚烧残余物高温烧结生产建材基材技术.....	53
技术 6 固定床干法脱硫-低温无氨催化脱硝一体化技术.....	58
技术 7 超低氮高效冷凝式供热装置与示范.....	65
技术 8 ECO-ITS 生态智慧交通诱导系统.....	70

综述篇

1 面临形势

“十三五”期间，党中央做出了坚决打好污染防治攻坚战决策部署，实施大气、水、土壤污染防治三大行动计划，我国生态环境保护工作发生了历史性、转折性、全局性的变化，污染防治力度前所未有，污染防治攻坚战取得重要进展，生态环境质量明显改善。天更蓝了，水更清了，山更绿了，人民对生态环境改善的获得感、幸福感和安全感显著增强。

党的十九届五中全会提出，到 2035 年，我国生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现；“十四五”期间，主要污染物排放总量持续减少，生态环境持续改善，生态安全屏障更加牢固，城乡人居环境明显改善，生态文明建设实现新进步。

深入打好污染防治攻坚战，持续改善生态环境质量。这是中共中央辩证分析当前我国发展与保护面临的形势，对标 2035 年美丽中国建设目标要求，作出的重大决策部署。深入打好污染防治攻坚战是实现环境质量持续改善的重要抓手，也是通向美丽中国建设阶段性目标的主要途径。要实现五中全会提出的奋斗目标，必须深入打好污染防治攻坚战，持续加强生态系统保护，为美丽中国建设开好局、起好步。

2 天津市生态环境保护现状

2.1 天津市生态环境保护重点举措

“十三五”以来，我市坚定不移贯彻习近平生态文明思想，坚持全面加强生态环境保护，加快推进绿色转型促高质量发展，开展了一系列贯彻中央精神、契合天津实际的根本性、开创性、长远性工作。实施碧水保卫战、蓝天保卫战、净土保卫战、渤海保卫战专项污染防治攻坚战，调结构、转方式、换动能，破解“工业围城”、攻坚湿地修复、建设绿色生态屏障（“十三五”以来天津市生态环保治理重点举措见表 1）。各区、各相关单位坚决扛起生态环境保护政治责任，秉持“源头上严防，过程上严管，工作上严查，后果上严惩”的治理理念，尽锐出战、狠抓落实，经过逐年的压茬推进、稳抓稳打，全市环境基础设施不断完善，城市环境更加优美，人民获得感显著提升，污染防治攻坚战取得显著成效。

表 1 “十三五”以来天津市生态环保治理重点举措

序号	重点行动	重点举措
1	碧水保卫战	坚持工业废水、生活污水、农村污水“三水”共治，在全国率先划定农村饮用水源地保护区，110 座污水处理厂完成提标改造，733 家规模化畜禽养殖场建成粪污治理设施。
2	蓝天保卫战	坚持燃煤、工业、机动车、扬尘、新建项目“五控”治理，基本淘汰 35 蒸吨以下工业燃煤锅炉，728 台燃气锅炉完成低氮改造，297 家重点企业完成挥发性有机物治理改造；严格督促落实“六个百分之百”控尘要求，持续实施道路扫保“以克论净”量化考核和区域降尘量考核；全面实施机动车国六排放标准，淘汰老旧车 8 万辆，累计推广应用新能源车 16.5 万辆。
3	净土保卫战	坚持防控风险和治理修复并重，分类、分行业、分区域管控农用地，实施建设用地调查评估和准入管理，天津农药厂污染地块治理修复取得突破。
4	渤海保卫战	坚持陆海统筹、河海共治，推进 12 条入海河流“一河一策”污染治理；开展入海排污口“查、测、溯、治、罚”专项行动，推动渔港环境综合治理。

资料来源：天津市生态环境局《2019 年生态环境状况公报》

2.2 天津市生态环境质量状况

根据市生态环境局公开发布的《2019 年生态环境状况公报》，我市生态环境治理成效显著，市民的获得感、幸福感、安全感不断提升，推动高质量发展取得新的进展。

大气环境治理成效显著。2019 年全市优良天数 219 天，SO₂、CO 稳定达到国家标准。如图 1，2013 年至 2019 年，PM_{2.5}、SO₂ 浓度逐年下降。与 2013 年相比，PM_{2.5} 平均浓度由 96μg/m³ 下降到 51μg/m³，降幅达 47%；SO₂ 浓度由 59μg/m³ 下降到 11μg/m³，降幅达 81%。总体来看，重污染天数从 2013 年的 49 天减少到 15 天，连续两年提前达到“十三五”和攻坚战目标要求。老百姓“蓝天”幸福感明显增强。

水环境治理达到近年最好水平。2019 年，全市优良水质断面比例首次达到 50%，较 2014 年（基准年）的 25% 提高 25 个百分点；劣 V 类水质断面比例首次

降至5%，较2014年的65%下降60个百分点。近岸海域优良水质比例达到81%，同比增加31个百分点，连续4年未出现劣IV类水质，特别是入海河流基本消劣，具有重要的标志性意义。

另外，土壤、噪声环境质量状况保持稳定，自然生态系统保持良好水平。环境风险总体可控，2019年全年未发生较大及以上突发环境污染事件。

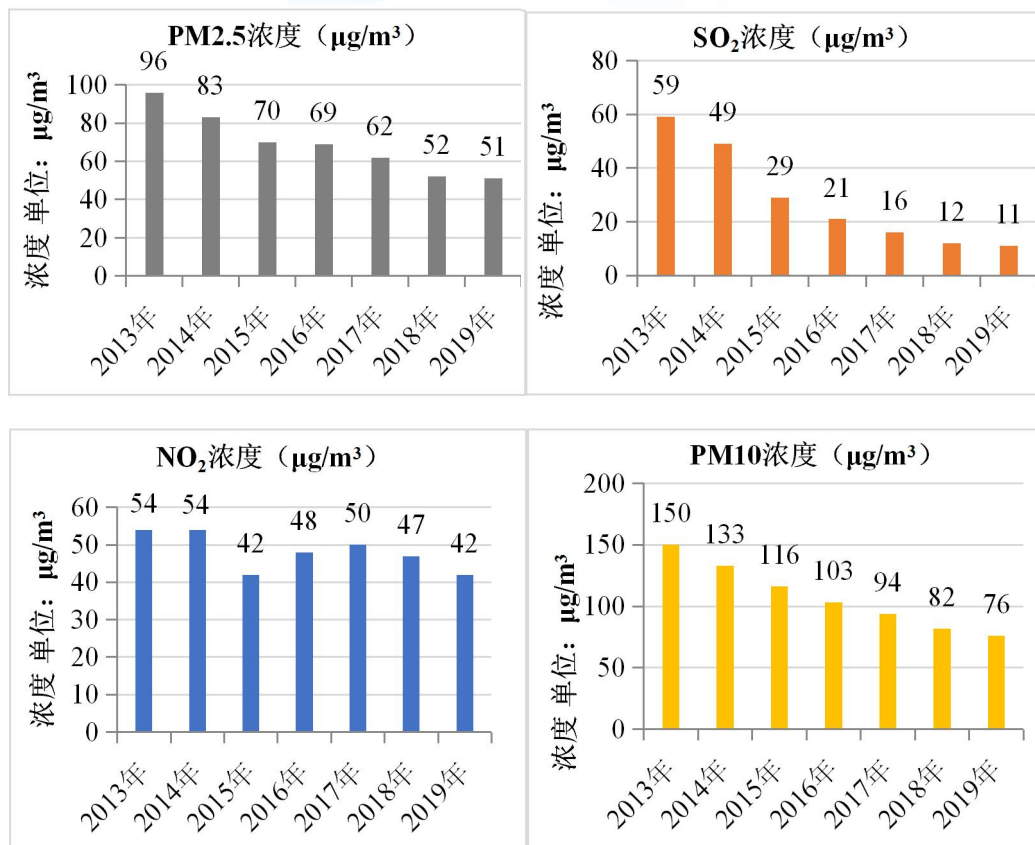


图1 环境空气中主要污染物浓度变化趋势

3 市级生态环保相关文件

“十三五”以来，我市环境法治体系不断完善。2017年12月22日，市人大常委会第四十次会议审议通过了《天津市人民代表大会常务委员会关于修改部分地方性法规的决定》，对《天津市大气污染防治条例》《天津市水污染防治条例》《天津市清洁生产促进条例》《天津市海洋环境保护条例》等4部环保法规进行集中“打包”修改，增加行政处罚和行政强制种类，针对排污费与环境保护税法开启衔接。2019年1月18日，市十七届人大二次会议表决通过了《天津市

生态环境保护条例》，以理念新、规定全、治理严、区域协同防治为亮点全面加强我市生态环保概念和内容。截至当前，市级层面累计发布条例、办法、方案等生态环境保护相关文件 19 项。“十三五”以来天津市生态环保治理相关文件见表 2。

表 2 “十三五”以来天津市生态环保治理相关文件

序号	文件名	发布时间	发布单位
1	《天津市土壤污染防治工作方案》	2016 年 12 月 31 日	天津市人民政府
2	《天津市生态环境监测网络建设工作方案》	2017 年 3 月 3 日	天津市人民政府办公厅
3	《天津市“十三五”控制温室气体排放工作实施方案》	2017 年 3 月 14 日	天津市人民政府办公厅
4	《天津市 2017 年大气污染防治工作方案》	2017 年 4 月 19 日	天津市人民政府
5	《天津市水资源税改革试点实施办法》	2017 年 12 月 14 日	天津市人民政府
6	《天津市大气污染防治条例》	2017 年 12 月 22 日	天津市人大常委会第四十次会议审议通过
7	《天津市水污染防治条例》	2017 年 12 月 22 日	天津市人大常委会第四十次会议审议通过
8	《天津市清洁生产促进条例》	2017 年 12 月 22 日	天津市人大常委会第四十次会议审议通过
9	《天津市海洋环境保护条例》	2017 年 12 月 22 日	天津市人大常委会第四十次会议审议通过
10	《天津市水环境区域补偿办法》	2018 年 1 月 26 日	天津市人民政府办公厅
11	《天津市打好污染防治攻坚战八个作战计划》	2018 年 8 月 20 日	天津市人民政府
12	《天津市生态保护红线》	2018 年 9 月 6 日	天津市人民政府
13	《天津市 2018-2019 年秋冬季大气污染防治综合治理攻坚行动方案》	2018 年 10 月 26 日	天津市人民政府办公厅
14	《天津市生态环境保护条例》	2019 年 1 月 18 日	天津市十七届人大二次会议表决通过
15	《天津市城镇污水处理厂管理办法》	2019 年 2 月 2 日	天津市人民政府办公厅
16	《天津市加强滨海湿地保护严格管控围填海工作实施方案》	2019 年 4 月 26 日	天津市人民政府办公厅
17	《天津市永久性保护生态区域管理规定》	2019 年 9 月 16 日	天津市人民政府

18	《天津市土壤污染防治条例》	2019年12月11日	天津市十七届人大常委会第十五次会议表决通过
19	《天津市碳排放权交易管理暂行办法》	2020年6月12日	天津市人民政府办公厅

资料来源：天津政务网统计

科技创新篇

“十三五”以来，市科技局认真贯彻落实国家决策部署和市委市政府工作要求，聚焦科技惠民和生态环境保护，以搭建研发机构和创新平台、培育壮大科技创新人才、组织实施科技专项和工程等为抓手，为加快推进绿色转型促高质量发展，开展了一系列根本性、开创性、长远性工作：加快推进发布了《天津市科技惠民计划试点工作方案》；建设了生态环保领域 95 个国家级、部委级及市级创新平台；部署了“天津市生态环境治理科技示范工程”等重大专项，累计支持科技计划项目 176 项，支持财政资金 1.33 亿元；促成技术合同交易累计成交 2744 项，成交额累计达 232.92 亿元；推动节能及技术装备、环境污染治理、生态修复及环保服务等生态环境领域产业快速成长，促进了全市发展质量和效益的提高。

1 研发机构和创新平台

截止目前，全市生态环保产业相关科研院所和高校共计 60 余所。建设了 95 个国家级、部委级及市级创新平台，其中国家级和部委级的重点实验室、工程（技术）研究中心等创新平台 15 个（见表 3），市级的重点实验室、企业重点实验室及工程技术中心等创新平台 80 个（见表 4）。组建了海水利用、大气污染防治、水环境、污染场地修复、恶臭污染控制、城市固体废物等 10 个产业技术创新战略联盟。

各类创新平台主要涵盖污染防治与生态修复、水资源优化配置与综合开发利用、资源节约与循环利用、海水淡化及综合利用等技术方向。其中，污染防治与生态修复技术方向主要侧重于滨海软土、污染场地沿海滩涂、盐碱地等修复和垃圾焚烧、挥发性有机物（VOCs）、洁净室空气等治理；水资源优化配置与综合开发利用技术方向主要侧重污废水生化处理技术和工业水处理技术；资源节约与循环利用技术方向主要侧重生物质类固废资源化、植物废弃物再利用、污泥处理处置、建筑垃圾与燃煤废弃物利用、轮胎铺面材料、电子废物资源再生、燃气高效利用、工业尾气资源综合利用等技术；海水淡化及综合利用技术方向主要侧重于海水淡化与综合利用技术；膜技术与膜材料方向主要侧重于膜技术和材料的开发与水质安全评价等。

表 3 天津市国家级、部委级生态环保领域科技创新平台

平台类别	平台名称
国家重点实验室 (2个)	省部共建分离膜与膜过程国家重点实验室
	膜材料与膜应用国家重点实验室
国家部委级实验室 (7个)	农业环境与农产品安全重点开放实验室
	国家环境保护恶臭污染控制重点实验室
	环境污染过程与基准重点实验室
	国家环境保护城市空气颗粒物污染防治重点实验室
	石化工业水处理国家工程实验室
	水路交通环境保护技术交通行业重点实验室
	产地环境质量重点实验室
国家级工程技术研究中心 (2个)	国家工业水处理工程技术研究中心
	国家海水利用工程技术研究中心
国家级企业技术中心 (3个)	天津泰达绿化集团有限公司
	天津膜天膜科技股份有限公司
	天津巴莫科技股份有限公司
国家级试点产业技术创新战略联盟 (1个)	污染场地修复产业技术创新战略联盟

资料来源：《2019年天津科技统计年鉴》

表 4 天津市市级生态保护领域科技创新平台

平台类别	平台名称
天津市重点实验室 (20个)	天津市城市生态环境修复与污染防治重点实验室
	天津市农业环境与农产品安全重点实验室
	天津市膜科学与海水淡化技术重点实验室
	天津市海洋资源与化学重点实验室
	天津市职业与环境危害防制重点实验室
	天津市水资源与水环境重点实验室
	天津市水质科学与技术重点实验室
	天津市环境与食品安全风险监控技术重点实验室
	天津市大气污染防治重点实验室
	天津市室内空气环境质量控制重点实验室
	天津市建筑绿色功能材料重点实验室
	天津市卤水化工与资源生态化利用重点实验室
	天津市生物质废物利用重点实验室
	天津市跨介质复合污染环境治理技术重点实验室
	天津市环渤海关键带科学与可持续发展重点实验室
	天津市危险废弃物安全处置与资源化技术重点实验室
	天津市清洁能源利用与污染物控制重点实验室
天津市城市交通污染防治研究重点实验室	

	天津市绿色化工过程工程重点实验室
	天津市有机太阳能电池与光化学转换重点实验室
天津市企业重点实验室 (8个)	天津市膜技术与水资源化工程企业重点实验室
	天津市含重金属污水处理与资源回用企业重点实验室
	天津市固体废弃物处理与利用企业重点实验室
	天津市水污染控制与生态修复技术企业重点实验室
	天津市海洋石油开发污染防治技术企业重点实验室
	天津市景观生态修复企业重点实验室
	天津市污泥处理及资源化技术企业重点实验室
	天津市环境监测技术企业重点实验室
天津市市级工程技术中心 (30个)	天津市盐碱地生态绿化技术工程中心
	天津市膜技术工程中心
	天津市机动车尾气催化净化技术工程中心
	天津市污水处理装备与技术工程中心
	天津市水质监测仪器与装备技术工程中心
	天津市废轮胎铺面材料技术工程中心
	天津市污水源能源利用技术工程中心
	天津市沿海滩涂生态重建技术工程中心
	天津市恶臭控制技术工程中心
	天津市建筑垃圾与燃煤废弃物利用技术工程中心
	天津市生物质类固废资源化技术工程中心
	天津市农村生态环境技术工程中心
	天津市污废水生化处理技术工程中心
	天津市污泥处理处置技术工程中心
	天津市污染场地治理修复技术工程中心
	天津市水质安全评价与保障技术工程中心
	天津市城市河道水质生态净化技术工程中心
	天津市垃圾焚烧飞灰安全处置技术工程中心
	天津市洁净室空气净化技术工程中心
	天津市景观生态化技术工程中心
	天津市规模畜禽养殖场环境污染控制技术工程中心
	天津市农田生态与环境修复技术工程中心
	天津市城市环境污染诊断与修复工程技术中心
	天津市挥发性有机物(VOCS)监测工程技术中心
	天津市海洋环境保护与修复技术工程中心
	天津市土壤微生态生物修复技术工程中心
	天津市化工废水源头减排与资源化工程技术中心
	天津市化工废水综合治理工程技术中心
	天津市港口环境监测工程技术中心
	天津市港口环保与生态设计工程技术中心

天津市企业技术中心 (13个)	天津泰达环保有限公司
	天津膜天膜科技有限公司
	天津泰达绿化集团有限公司
	中海石油服务环保(天津)有限公司
	天津泰达滨海清洁能源集团有限公司
	中材节能股份有限公司
	天津巴莫科技股份有限公司
	天津海泰环保科技发展股份有限公司
	天津壹鸣环境科技股份有限公司
	中交天航滨海环保浚航工程有限公司
	天津同阳科技发展有限公司
	中交天航环保工程有限公司
	天津辰创环境工程科技有限责任公司
天津市产业技术创新战略联盟 (9个)	京津冀生态景观及立体绿化产业技术创新战略联盟
	恶臭污染控制产业技术创新战略联盟
	城市固体废物产业技术创新战略联盟
	污染场地修复产业技术创新战略联盟
	天津市产业共生技术创新战略联盟
	城市绿地生态建设产业技术创新联盟
	天津市水环境产业技术创新联盟
	天津市大气污染防治产业技术创新联盟
中国盐碱地生态产业技术创新联盟	

资料来源：《2019年天津科技统计年鉴》

2 人才团队

我市拥有两院院士 37 位，其中生态环保领域院士 3 位（含双聘院士）；在全国生态环保领域 105 位长江学者中，我市拥有长江学者 5 位。“十三五”以来，生态环保领域入选“天津市创新人才推进计划”的中青年科技创新领军人才共计 24 人，重点领域创新团队 17 个，科技创新创业人才 17 人，青年科技优秀人才 25 人。“十三五”以来入选“天津市创新人才推进计划”生态环保领域人才团队情况见表 5。

表 5 “十三五”以来入选“天津市创新人才推进计划”生态环保领域人才团队情况

序号	入选年份	中青年领军 (人)	创新团队 (个)	创新创业人才 (人)	青年优秀人才 (人)
1	2016	7	2	2	6

2	2017	2	5	2	4
3	2018	6	3	4	4
4	2019	5	2	6	6
5	2020	4	5	3	5

资料来源：入选“天津市创新人才推进计划”人才团队名单公示

截至当前，生态环保领域入选“天津市人才发展特殊支持计划”高层次创新创业团队共9个（如表6）。其中，2014年入选1个，2016年入选3个，2018年入选5个，入选数量每批次呈现明显上升态势。

表6 “天津市人才发展特殊支持计划”生态环保领域高层次创新创业团队名单

序号	入选年份	团队名称	研究方向
1	2014	污染场地修复领域研究创新团队	污染场地修复
2	2016	环境污染修复创新团队	环境污染修复
3	2016	危险废弃物安全处置和资源化创新团队	危险废弃物安全处置 危险废弃物资源化
4	2016	土壤修复及污泥处置创业团队	土壤及地下水可持续修复 污泥环保安全处置
5	2018	土壤污染修复技术研发与应用创新团队	环境修复
6	2018	环境电化学污染控制技术创新团队	环境污染控制技术
7	2018	电子废弃物资源化创新团队	资源循环利用
8	2018	膜法水处理技术创新团队	膜法水处理技术
9	2018	能源利用过程污染物控制创新团队	大气污染控制、能源固体废物处理

资料来源：入选“天津市人才发展特殊支持计划”高层次创新创业团队名单公示

3 科技专项及示范工程

3.1 国家科技专项情况

“十三五”以来，市科技局积极组织调动我市科技力量实施国家相关领域科技计划项目，共争取海洋环境保护、固废资源化、自然灾害预警等5个领域获得国家专项支持，成功申报“水资源高效开发利用”“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”等生态环保领域国家重点支撑研发计划重大专项20余项，获得中央财政经费支持4.6亿元。与此同时，扎实推进中央引导地方科技发展专项湿地项目

等实施，一批创新成果在七里海湿地保护、国家海洋博物馆建设等方面发挥积极作用。

3.2 市级科技立项及示范工程

“十三五”以来，市科技局围绕生态环保领域部署了生态环境治理科技重大专项及示范工程、京津冀钢铁行业与重化工业节能减排、互联网跨界融合创新科技重大专项（互联网环保服务）等一系列重大科技专项和示范工程，累计支持科技计划项目 176 项，投入财政资金 1.3275 亿元，建立示范点 57 个，突破了大气重污染来源快速识别与应急防控效果评估、基于光纤传感的广域水体放射性环境在线探测及预警系统、固定源 VOCs 在线监测、大气环境遥感监测等关键技术和产品超过 50 项，为改善大气、水体和生态环境质量，促进城市美化绿化、生态宜居等提供有力科学支撑。“十三五”以来天津市生态环保领域科技立项情况见表 7。

表 7 “十三五”以来天津市生态环保领域科技立项情况

序号	计划类别	项目类别	立项数目 (个)	财政拨款总额 (万元)
1	科技重大专项与工程	生态环境治理科技示范工程	8	800
2	科技重大专项与工程	生态环境治理科技重大专项	34	2925
3	科技重大专项与工程	京津冀重化工业节能减排科技示范工程	4	425
4	科技重大专项与工程	京津冀钢铁行业节能减排科技示范工程	17	1950
5	科技重大专项与工程	互联网跨界融合创新示范工程—互联网环保服务	10	675
6	科技重大专项与工程	互联网跨界融合创新科技重大专项—互联网环保服务	5	300
7	科技重大专项与工程	安全天津与城市可持续发展科技重大专项	1	100
8	科技重大专项与工程	安全天津、科技惠民与可持续发展实验区建设科技专项	8	550
9	科技重大专项与工程	科技支撑重点项目	59	2875
10	技术创新引导专项（基金）	杀手铜产品研发项目	18	1300
11	中央引导地方科技发展专项	研发项目	4	国家：220 天津市：1000

12	科技支撑计划	重点项目	8	375
----	--------	------	---	-----

资料来源：天津市科技计划项目相关公示

据统计，我市科技计划立项项目中共有 126 家单位参与实施，其中高校 7 家，占比 5.6%；科研院所 15 家，占比 11.9%；企业 104 家，占比 82.5%，具体分布情况见图 2。可看出对企业的支持比例最高，充分说明企业在生态环保领域科技创新中的主体作用，反映出政府在引导支持企业提升自主创新能力中的重要推动作用。

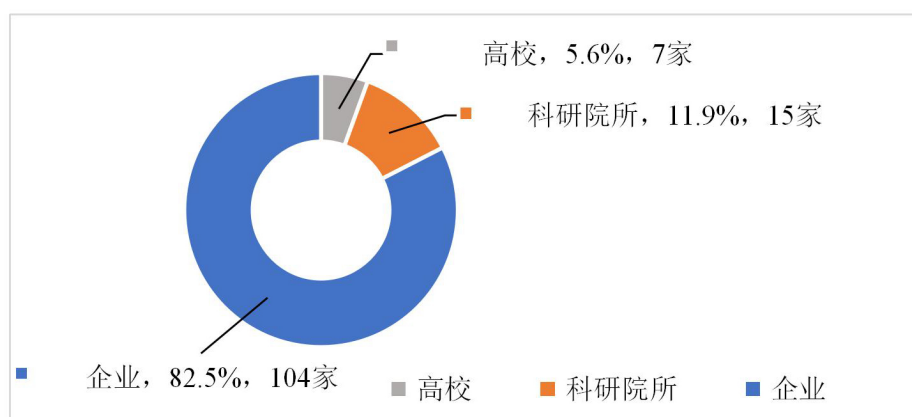


图 2 “十三五”以来天津市生态环保领域科技立项分布情况

在示范工程方面，打造“政产学研金服用”创新创业共同体，有效推动生态环境领域科技成果交易及转化应用 300 余次，建设了一批“城市矿产”示范、再制造产业化、产业废物资源化、重大环保技术装备及产品产业化示范、海水淡化产业基地建设、节能环保服务业培育等重点工程，产业规模达到千亿元。2017 年实施天津市重点企业园区大气污染排放检测治理技术研究，在全国首次建设从企业固定源 VOCs 在线监测到专门机构的监测信息接收和管理应用示范。

4 科技奖励

“十三五”以来，我市在大气污染源追踪控制、环境监测仪器设备、废水废物处置利用等方面涌现出一批重大科研成果，累计荣获国家科学技术进步奖 6 项（见表 8）；荣获国家环境保护科学技术奖项 16 项（见表 9）；获得天津市科学技术奖 97 项。

表 8 “十三五”以来国家科学技术进步奖天津市获奖名单（生态环保领域）

国家科学技术进步奖					
序号	年度	奖励	项目名称	主要完成单位	主要完成人
1	2016	二等奖	250MW 级整体煤气化联合循环发电关键技术及工程应用	中国华能集团公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、绿色煤电有限公司、华能（天津）煤气化发电有限公司、西安热工研究院有限公司、华能国际电力股份有限公司、上海锅炉厂有限公司	许世森、苏文斌、胡建民、毛巍、任永强、刘振华、赵平、徐越、张旭、高景辉
2	2017	二等奖	工业排放烟气用聚四氟乙烯基过滤材料关键技术及产业化	浙江理工大学、浙江格尔泰斯环保特材科技股份有限公司、西安工程大学、天津工业大学、浙江宇邦滤材科技有限公司	郭玉海、徐志梁、陈美玉、朱海霖、王峰、郑帼、唐红艳、周存、陈建勇、姜学梁
3	2017	二等奖	高汽油收率低碳排放系列催化裂化催化剂工业应用	中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院、中国石油天然气股份有限公司兰州石化分公司、中国石油大学（北京）、中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司、中国石油天然气股份有限公司大港石化分公司、中国石油天然气股份有限公司哈尔滨石化分公司、中国石油天然气股份有限公司玉门油田分公司	高雄厚、申宝剑、魏昭成、张忠东、田文君、刘涛、郭健、汪毅、杨健、段宏昌
4	2017	二等奖	新一代超低排放重型商用柴油机关键技术开发及产业化	天津大学、广西玉柴机器股份有限公司、中自环保科技有限公司	尧命发、郑尊清、王辉、李云、刘海峰、覃文、王浒、林铁坚、覃星念、张鹏
5	2019	二等奖	绿色高效电弧炉炼钢技术与装备的开发应用	中冶赛迪工程技术股份有限公司、北京科技大学、西安电炉研究所有限公司、长春三鼎变压器有限公司、天津钢管集团股份有限公司、无锡红旗除尘设备有限公司、中冶陕压重工设备有限公司	朱荣、黄其明、余维江、马全峰、李景禾、张豫川、魏光升、石秋强，朱贺、谢建
6	2019	二等奖	新能源汽车能源系统关键共性检测技术及标准体系	北京航空航天大学、中国汽车技术研究中心有限公司、北京交通大学、福建星云电子股份有限公司、天津力神电池股份有限公司	杨世春、吴志新、王芳、张彩萍、张欣、陈飞、刘震、周荣、秦兴才、刘桂彬

资料来源：2016-2019 年度“国家科学技术奖”相关公示。

表9 “十三五”以来国家环境保护科学技术奖天津市获奖名单（生态环保领域）

序号	项目编号	项目名称	完成单位	完成人
1	KJ2016-2-01	我国车用燃料清洁化技术研究与应用	中国环境科学研究院、天津悦泰石化科技有限公司、山东吉利达能源科技有限公司、中国石油吉林石化分公司、中国汽车技术研究中心	鲍晓峰、岳欣、钟亮、许国权、李坤、刘双喜、贾明、朱仁成、解淑霞
2	KJ2016-2-08	京津冀大气灰霾特征与控制途径研究	中国环境科学研究院、中国科学院大气物理研究所、中国科学院合肥物质科学研究院、中国科学院遥感与数字地球研究所、天津市气象科学研究所	柴发合、王淑兰、高健、张美根、王跃思、刘诚、陈良富、韩素芹、孟晓艳
3	KJ2016-2-11	恶臭污染源解析技术及预警系统研究	天津市环境保护科学研究院	包景岭、邹克华、王元刚、韩萌、卢志强、耿静、王亘、李伟芳、张欢
4	KJ2016-2-19	湖滨带退化驱动因子识别与生态修复技术	中国环境科学研究院、上海市农业科学院、中交天津港航勘察设计研究院有限公司	叶春、邹国燕、李春华、刘璟、刘福兴、胡小贞、许秋瑾、董先锋、卢少勇
5	KJ2016-3-21	环境化学物质风险评估技术体系	中国环境科学研究院、环境保护部固体废物与化学品管理技术中心、南开大学	刘征涛、臧文超、闫振广、周俊丽、余若禛
6	KJ2017-2-05	重点工业源烟气重金属等有害污染物的排放与控制	中国环境科学研究院、国电环境保护研究院、北京市劳动保护科学研究所、天津壹鸣环境科技股份有限公司	张凡、王凡、王洪昌、龙红艳、王小明、岳涛、王相凤、纪涛、王红梅
7	KJ2017-2-25	绿色供应链管理制度研究与实践创新	中国-东盟环境保护合作中心、美国环保协会、中环联合（北京）认证中心有限公司、天津低碳发展与绿色供应链管理服务中心有限公司、东莞市环保产业促进中心	周国梅、张建宇、石峰、李霞、范纹嘉、袁钰、张小丹、彭宁、穆玲玲
8	KJ2017-2-29	大型燃煤电站PM2.5排放控制电除尘技术和应用	浙江大学、神华国能集团有限公司、神华国能天津大港发电厂有限公司、山西鲁晋王曲发电有限责任公司、神华国能宁夏煤电有限公司	闫克平、王仕龙、刘振、韩平、郭占纬、陈俊峰、冀顺林、姚建村、郑钦臻
9	KJ2017-2-31	医疗废物处理处置BAT/BEP技术研究及应用	环境保护部环境保护对外合作中心、中国科学院北京综合研究中心、沈阳环境科学研究院、浙江大学、天津大学	孙阳昭、任志远、陈扬、任永、陈刚、杨杭生、王富民、姜晨、李秋爽
10	KJ2017-2-32	恶臭污染评估技术及环境基准研究	天津市环境保护科学研究院、中国环境科学研究院	李伟芳、武雪芳、张涛、李昌建、王亘、翟增秀、宁晓宇、张欢、刘博

11	KJ2018-1-01	高含水有机废弃物高值化利用关键技术与应用	天津大学、北京化工大学、江苏工博环保能源研究院有限公司、苏州净瑞环保科技有限公司、中国市政工程华北设计研究总院有限公司	陈冠益、李秀金、朱复东、李荣伟、闵海华、高原山、贾树山、季祥、张景辉、丁辉、宋开波、马文超、颜蓓蓓
12	KJ2018-2-05	基于风险控制的危险废物分级分类管理关键技术与应用	中国环境科学研究院、环境保护部固体废物与化学品管理技术中心、中央民族大学、天津壹鸣环境科技股份有限公司	杨玉飞、黄泽春、胡华龙、纪涛、高兴保、唐阵武、刘景财、王菲、杨子良
13	KJ2018-2-14	环境多介质硝基芳烃类化合物监测技术体系研究与应用	天津市生态环境监测中心	魏恩棋、吴宇峰、李利荣、王艳丽、张丽红、时庭锐、张肇元、崔连喜
14	KJ2018-2-20	基于功能溯源、空间耦合的生态环境管控理论与技术应用体系研究	中国城市发展研究院有限公司、环境保护部环境工程评估中心、中节能咨询有限公司、中央财经大学、天津壹生环保科技有限公司	刘贵利、陈帆、霍中和、王伟、王晓、焦若静、郭健、纪涛、林齐
15	KJ2019-2-22	危险废物水泥窑协同处置关键技术与应用	中国环境科学研究院、北京金隅集团股份有限公司、天津水泥工业设计研究院有限公司、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中国建筑材料科学研究总院有限公司	闫大海、黄启飞、胡芝娟、姜雨生、李丽、候光胜、李海龙、何捷、刘玉强
16	KJ2019-2-27	有机废物制肥重金属移除和钝化关键技术研发及应用	中国环境科学研究院、西北农林科技大学、天津大学、桂林理工大学、浙江绿华环境科技有限公司	何小松、张增强、余光辉、李荣华、孙晓杰、张慧、崔骏、王权、吴书文

资料来源：2016-2019 年度“国家环境保护科学技术奖”相关公示

5 技术交易

“十三五”以来，我市成果转化法规政策体系、技术转移服务体系加速完善，科技成果转移转化环境持续优化，科研人员创新活力进一步释放，企业创新能力大幅提高，促进了生态环保领域科技创新资源合理利用和成果转化。截至当前，我市共登记生态环保领域技术合同 2744 项，成交额累计 232.92 亿元，其中技术交易额累计 108.07 亿元。如图 3，“十三五”以来天津市技术合同成交额在 2017 年最低，为 23.96 亿元，在 2019 年达到最高，为 87.57 亿元，其余年份稳定介于 35-50 亿元之间。

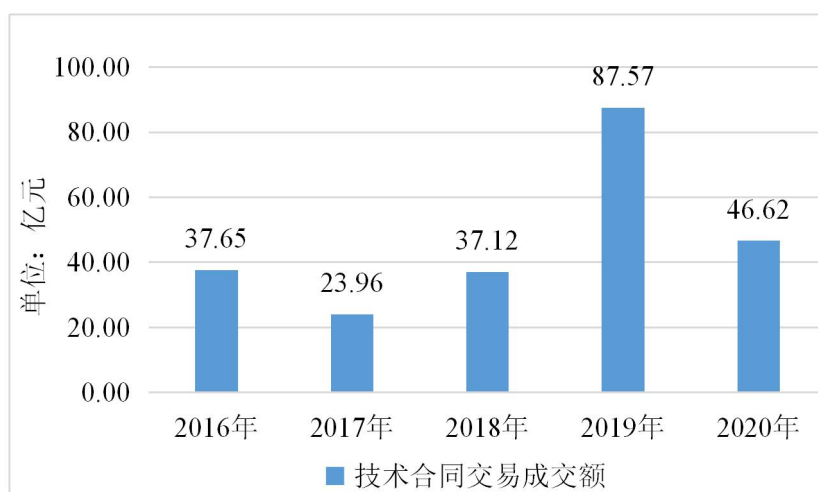


图 3 “十三五”以来天津市技术合同成交额情况

根据《合同法》，技术合同可分为技术开发合同、技术转让合同、技术咨询合同、技术服务合同四类，简称“四技合同”，按照合同类别将“十三五”以来天津市生态环保领域合同成交情况进行梳理，见表 10。

表 10 “十三五”以来天津市生态环保领域四技合同成交情况

年份	合同类别	合同数 (项)	技术交易额 (万元)	成交额 (万元)
2016	技术服务	220	73590.65	297139.66
	技术开发	297	14849.99	27376.29
	技术转让	19	9937.19	17504.55
	技术咨询	37	17694.20	34435.33
	总计	573	116072.03	376455.83

2017	技术服务	78	67273.84	81283.71
	技术开发	247	9671.24	10497.34
	技术转让	13	2596.11	2599.22
	技术咨询	100	2194.43	145258.85
	总计	438	81735.62	239639.13
2018	技术服务	137	45490.51	90221.56
	技术开发	250	10212.79	14260.27
	技术转让	20	92249.80	92870.31
	技术咨询	52	113591.34	173882.30
	总计	459	261544.45	371234.43
2019	技术服务	565	128919.13	509761.90
	技术开发	189	11576.46	19547.19
	技术转让	23	2864.80	2896.00
	技术咨询	88	196893.17	343465.74
	总计	865	340253.56	875670.84
2020	技术服务	236	235651.37	365176.54
	技术开发	105	16338.96	19738.53
	技术转让	16	3525.55	3562.15
	技术咨询	52	25626.98	77722.99
	总计	409	281142.86	466200.21

资料来源：“十三五”以来我市技术合同登记相关资料

从合同数量看，技术服务和技术开发合同的成交数持续位居四类合同前两位，“十三五”以来，天津市生态环保领域技术服务合同累计 1236 项，技术开发合同累计 1088 项，两类合同总计累计 2324 项，占四类合同总项数的 85%，近九成。

从合同金额看，技术咨询和技术服务合同的成交额持续位居四类合同前两位。“十三五”以来，技术服务合同成交额达 134.36 亿元，技术咨询合同成交额达 77.48 亿元，两类合同总计 211.83 亿元项，占四类合同总成交额的 90.95%。

从 1000 万元以上大额技术合同数量看，技术咨询和技术服务合同始终占据四类合同中前两位（见图 4）。“十三五”以来，1000 万元以上的大额技术合同成交 222 项，其中技术服务合同数 146 项、技术咨询合同数 56 项，两类合同数合计 202 项，占总数的 90.99%；技术开发与技术转让合同数量均较少，其中技术开发合同数 15 项、技术转让合同数 5 项，两类合同数合计 20 项。“十三五”以来我市大额技术合同签订情况如图 4 所示。

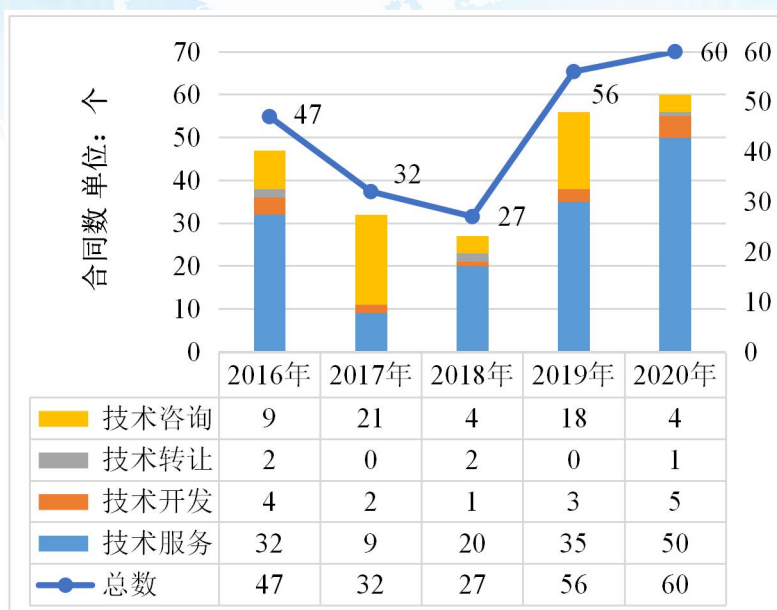


图4 “十三五”以来天津市1000万以上大额技术合同签订情况

从我市技术合同流向看，多数技术合同被本土吸纳。以技术合同项数和技术成交额均为最多的2019年为例，我市共登记生态环保领域技术合同865项，技术成交额87.57亿元。其中被本土吸纳的技术合同达623项，占本年输出合同总项数的72.02%，本土吸纳的技术合同成交额达47.50亿元，超出本年登记技术合同成交总额的一半。在被外省市吸纳的技术合同中，按照技术合同成交额大小对买方省份前十名进行排序，如表11，依次为河南省、湖南省、广东省、浙江省、江苏省、安徽省、四川省、云南省、山西省、河北省。该十省市吸纳的技术合同项数之和占全市技术合同总项数的12.49%，技术成交额之和占全市技术合同成交总额的42.83%。

表11 2019年天津市技术合同输出成交额排名前10位省市

排名	买方省份	合同数（项）	技术交易额（亿元）	成交额（亿元）
1	河南省	1	9.62	9.62
2	湖南省	7	6.63	6.66
3	广东省	27	2.11	6.04
4	浙江省	15	1.67	5.31

5	江苏省	15	0.26	3.94
6	安徽省	5	1.99	2.58
7	四川省	5	1.30	1.31
8	云南省	3	0.86	0.94
9	山西省	6	0.59	0.66
10	河北省	24	0.44	0.45

环保企业篇

“十三五”以来，市科技局认真贯彻落实国家决策部署和市委市政府工作要求，以组织实施科技专项和工程、搭建科技创新服务平台、培育壮大市场主体等为抓手，推动生态环保企业快速成长，培育了膜天膜、航天环境、海泰环保等一批科技型领军企业，初步形成了天津经济技术开发区、中新生态城、子牙循环经济产业区、滨海高新区、宝坻京津中关村科技新城、宁河京津合作示范区等一批知名产业化载体，全市生态环保产业规模不断壮大。

1 企业总体情况

总体来看，我市环保企业包含范围广泛、门类齐全，既有属于第一产业的自然资源开发保护型环保企业，也有属于第二产业的环保设备生产与经营、废弃资源综合回收利用企业，同时具备第三产业的环境服务（主要为环境保护提供技术、管理与工程设计和施工等各种服务）企业。

在“天眼查”信息平台查询我市生态环保相关企业，得出我市共有 6333 家环保相关企业登记在册。其中，存续企业 3740 家，注销企业 1525 家，被吊销营业执照（含已注销）企业 563 家，吊销营业执照后未注销企业 464 家，已迁出天津市企业 41 家。从企业数量来看，生态环保相关企业数量庞大，存活率约为 59.1%。天津市生态环保企业经营状态分布情况如图 5。

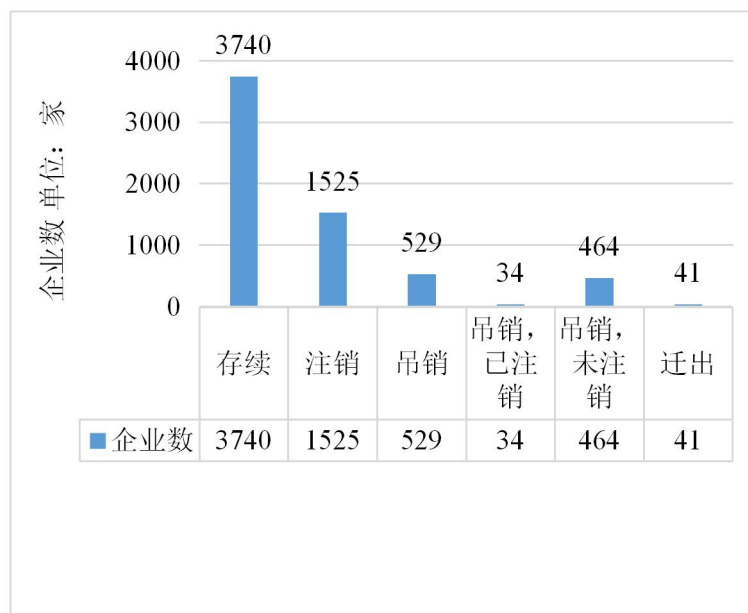


图 5 天津市生态环保相关企业经营状态分布情况

从存续企业行业分布看，“废弃资源综合利用业”、“环保社会公共服务及其他专用设备制造”行业企业数量最多，分别为 1765 家、961 家，总数占全市企业总量的 72.9%。天津市生态环保企业行业分布、细分领域分布情况分别见表 12、图 6。

表 12 天津市生态环保企业行业分布情况

行业领域	企业数量 (家)	细分领域	企业数量 (家)
水的生产和供应业	141	污水处理及其再生利用	126
		其它水的处理、利用与分配	15
专用设备制造业	961	环保社会公共服务及其他专用设备制造	961
废弃资源综合利用业	1765	金属废料和碎屑加工	769
		非金属废料和碎屑加工	996
专业技术服务业	138	环境与生态监测	138
公共设施管理业	162	环境卫生管理	162
生态环保和环境治理业	573	生态保护	9
		环境治理业	564
合计	3740	合计	3740

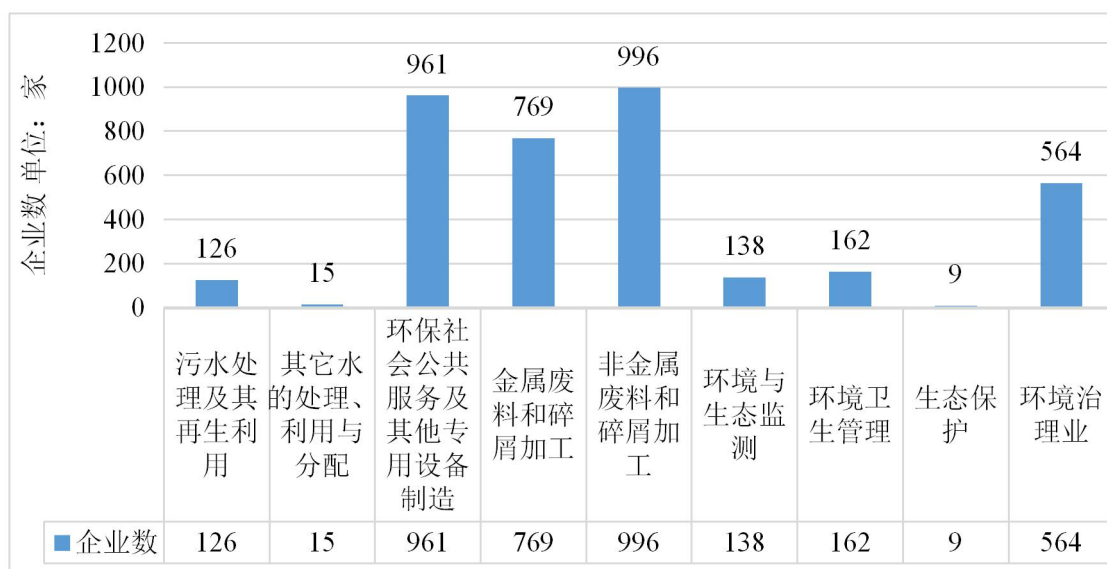


图 6 天津市生态环保企业细分领域分布情况

从存续企业分布区域来看，静海区、滨海新区和武清区环保企业数量最多，分别为 631 家、605 家、432 家，占企业总数的 44.6%；市内六区企业数量为 263

家，占比 7.0%。其他几个行政区环保企业分布较为均匀，在 150-350 家之间。天津市生态环保企业各区分布状况如图 7。

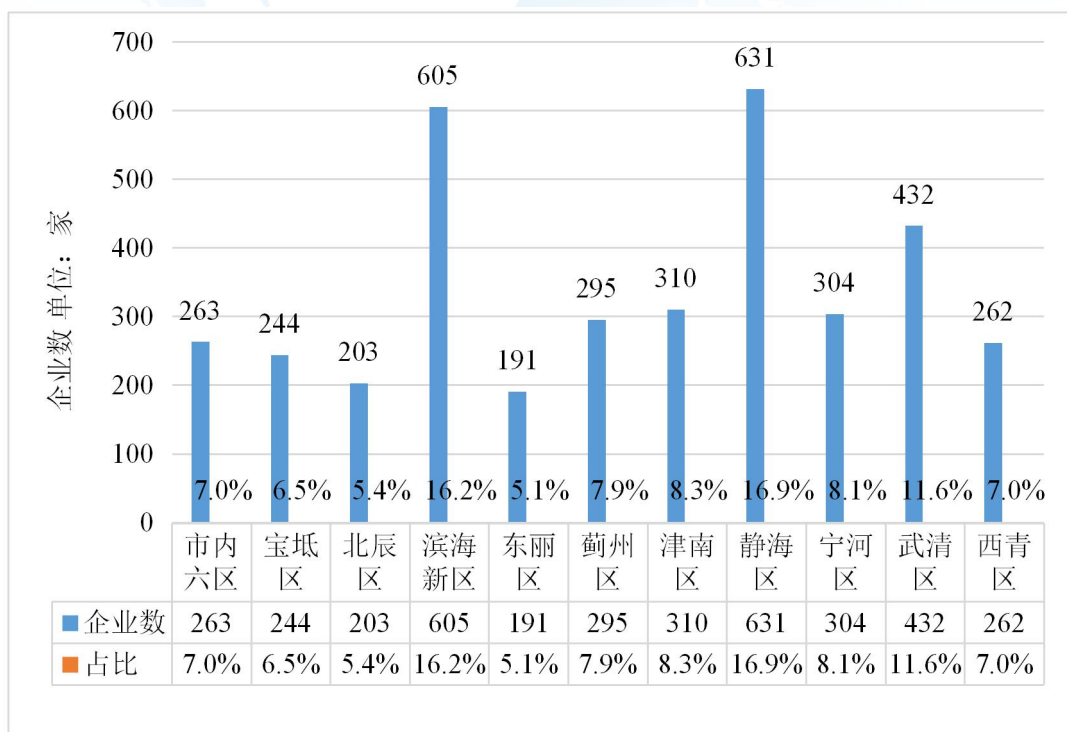


图 7 天津市存续环保企业各区分布图

从存续企业公司类型看，属于有限责任公司类型的约 2393 家，占比 64.0%；个体工商户共有 1347 家，占比 36.0%。我市多达 14 个区范围内属存续在业状态的且属于有限责任公司类型的环保企业均占据 50%以上，包括市内六区、宝坻区、北辰区、滨海新区、东丽区、津南区、静海区、武清区、西青区。此外，蓟州区、宁河区约有 70%左右的企业为个体工商户。天津市生态环保企业公司类型数量及各区分布如图 8。

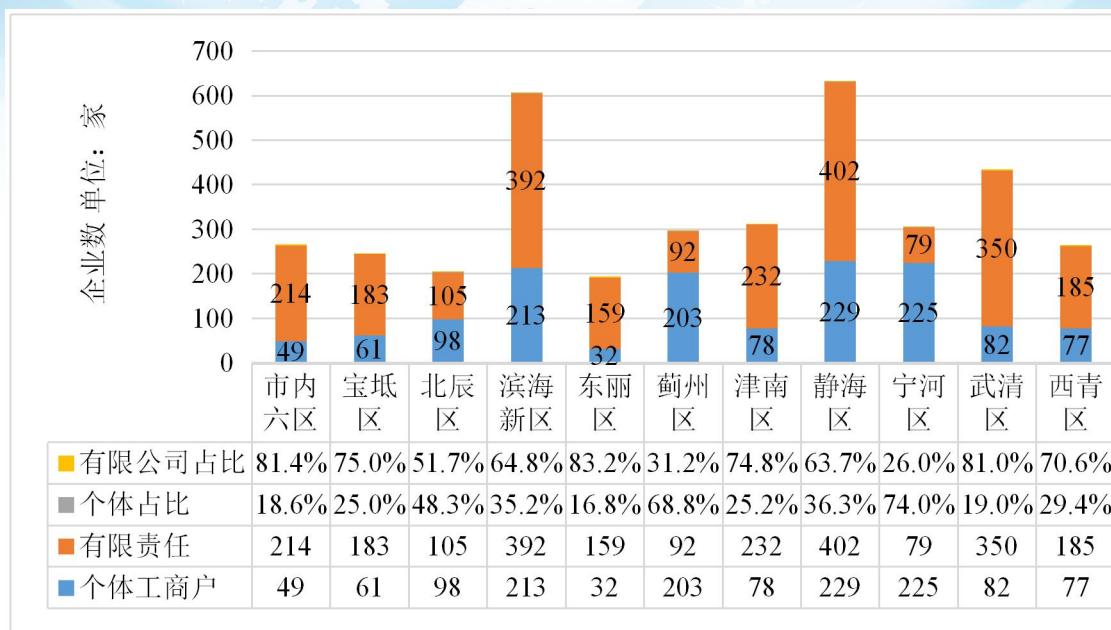


图 8 天津市生态环保企业注册类型数量及分布

存续企业中，1000 万元注册资本以下的企业共计 2450 家，占比高达 83.8%，主营业务大多为环保技术咨询服务，如环保设备销售和维护、安装及调试等相关技术的支持、售后服务等领域，其中 0-100 万元注册资本的企业有 1332 家，占比 45.6%；100-1000 万元注册资本的企业共有 1118 家，占比 38.2%。注册资本大于 5 亿元的企业有 14 家，占比 0.5%，主营业务涵盖海水淡化、污水处理、资源综合利用、生态修复等多个领域，其中滨海新区辖内企业数最多，为 5 家。企业注册资本分布见图 9，注册资本 5 亿元以上的企业清单见表 13。

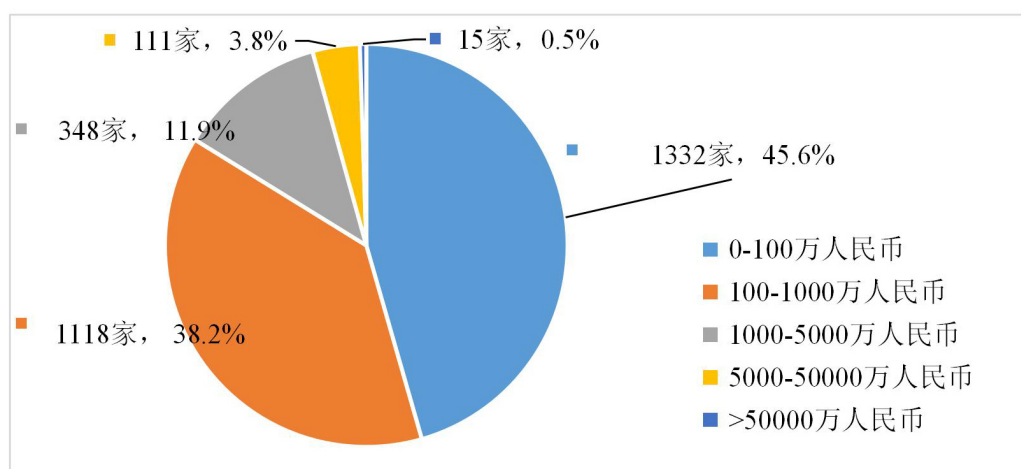


图 9 天津市生态环保企业注册资本分布情况

表 13 天津市生态环保企业注册资本 5 亿元人民币以上企业清单

序号	公司名称	注册资本 (亿元)	成立日期	所属地
1	天津津滨威立雅水业有限公司	12.66	2005-08-29	东丽区
2	天津桑德水务有限公司	8.7	2019-08-23	滨海新区
3	天津市华博水务有限公司	5.88	2009-08-25	河东区
4	国中（天津）水务有限公司	9	2006-12-28	津南区
5	天津新亿兴再生资源回收有限公司	7	2017-07-05	宁河区
6	桑德生态科技有限公司	10	2017-09-26	滨海新区
7	雅昊环境科技发展有限公司	10	2020-05-06	滨海新区
8	天津绿源矿山地质环境治理有限公司	8.45	2013-05-16	蓟州区
9	天津泰达环保有限公司	8	2001-11-09	西青区
10	天津碧海海绵城市有限公司	6.5	2018-07-30	河西区
11	中海石油环保服务（天津）有限公司	5.25	2002-10-25	静海区
12	天津滨海环保产业发展有限公司	17.25	2009-01-13	滨海新区
13	先达（天津）海水资源开发有限公司	25.07	2012-08-14	滨海新区
14	天津大港新泉海水淡化有限公司	6.09	2004-10-22	滨海新区

资料来源：天眼查系统查询

2 高新技术企业

截止目前，我市拥有国家级高新技术企业 6106 家，其中生态环保领域相关企业共计 356 家，占比 5.83%。从区域分布看，高企数量最多的行政（功能）区前三名为高新区、开发区、武清区，分别为 77 家、34 家、31 家；高企数量最少的为北辰区，仅 10 家。其他区域高企数量分布较为均匀，在 15-25 家左右。天津市国家高新技术企业各区分布见图 10。

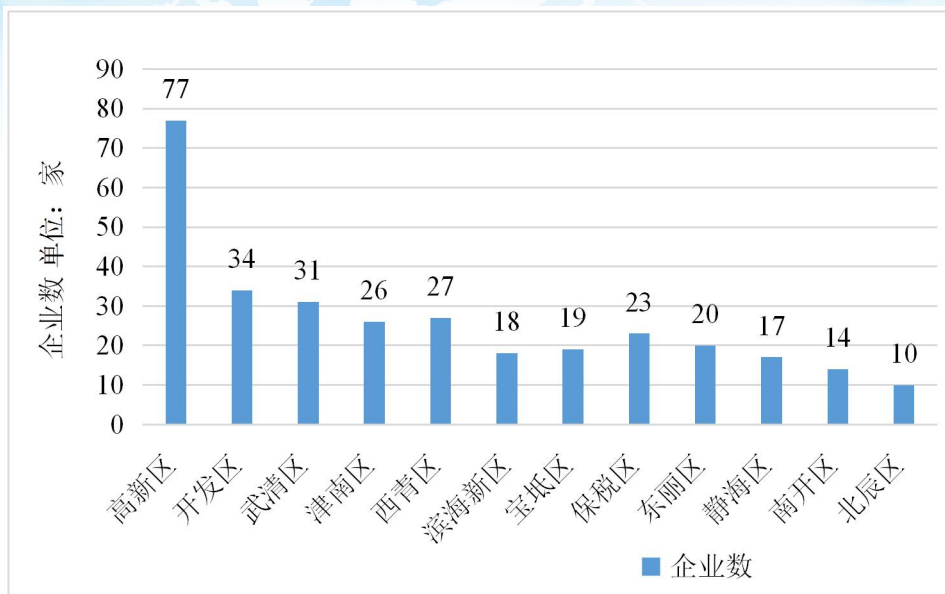


图 10 天津市国家高新技术企业各区分布状况

3 上市企业及新三板挂牌企业

“十三五”以来，依托良好的产业发展环境，我市知名企业大量集聚，集聚了西门子电气传动、霍尼韦尔环境自控、诺卫环境安全、威立雅水务等一批在生态环保领域具有较强竞争力的国际知名企业，以及膜天膜、龙净环保、泰达环保等众多在国内生态环保领域处于领先水平的知名企业，有力推动了天津生态环保产业规模化、高端化发展。

截至目前，我市拥有生态环保领域上市企业 5 家（见表 14），分别为天津泰达股份有限公司、天津绿茵景观生态建设股份有限公司、天津创业环保集团股份有限公司、中材节能股份有限公司、天津膜天膜科技股份有限公司，其中天津创业环保集团股份有限公司荣登《2019 年中国环境企业 50 强榜单》。从 2019 年营业收入看，5 家上市公司 2019 年营业收入共计 265.14 亿元，其中天津泰达股份有限公司营业收入明显最多，达 201.61 亿元，占 5 家企业总营业收入的 76.04%；从 2019 年营业收入增长情况看，绝大部分企业较 2018 年均有所增长，其中天津绿茵景观生态建设股份有限公司营业收入同比增长最大，达 39.6%。

表 14 天津市生态环保领域上市企业名录

序号	上市企业名单	成立时间	上市时间	注册 资本 (亿元)	募集资 金净额 (万元)	主营业务
1	天津泰达股份有限公司	1992-12-8	1996-11-28	14.76	3360	生态环保、区域开发为主，能源贸易、金融投资为辅的综合性上市公司
2	天津绿茵景观生态建设股份有限公司	1998-11-26	2017-8-1	3.12	76815	生态修复、市政园林、农旅产业、环境治理等
3	天津创业环保集团股份有限公司	1993-6-8	1995-6-30	14.27	16045	污水处理、供水及再生水业务，新能源供冷供热及综合环境服务业务
4	中材节能股份有限公司	1998-6-1	2014-7-31	6.1	25120	工业节能、建筑节能、能源综合管理及环保服务
5	天津膜天膜科技股份有限公司	2003-5-21	2012-7-5	3.02	44545	膜产品研发及生产、膜设备制造、膜应用工程设计施工和运营服务

资料来源：天津市生态环保领域上市企业相关公示、天眼查系统查询

截至目前，我市拥有天津创世生态景观建设股份有限公司、天津晓沃环保工程股份公司等生态环保领域新三板挂牌企业共计 10 家（见表 15）。从 2019 年营业收入看，10 家新三板挂牌企业 2019 年营业收入共计 8.76 亿元，其中有 2 家企业 2019 年营业收入超亿元，为天津建昌环保股份有限公司和天津创世生态景观建设股份有限公司，营业收入依次为 3.83 亿元和 1.85 亿元；从 2019 年营业收入增长情况看，7 家企业呈现同比增长趋势，其中天津中福环保科技股份有限公司涨幅最大，达 105.40%，其余 3 家企业较 2018 年相比有所回落。

表 15 天津市生态环保领域新三板挂牌企业名录

序号	新三板企业名单	成立时间	上市时间	注册 资本 (万元)	主营业务
1	天津创世生态景观建设股份有限公司	1997-9-30	2012-11-9	10174	园林工程施工养护、园林设计
2	天津晓沃环保工程股份公司	2008-7-24	2014-1-24	5324	燃煤电厂、工业锅炉等燃煤设备的烟气除尘、脱硫、脱硝装置的建造和运营

3	天元康宇（天津） 环保科技股份有 限公司	1998-8-3	2016-5-5	2900	水净化、污水处理、废气治理系统的 设计、设备研发、制造及安装以 及相关的技术服务
4	天津建昌环保股 份有限公司	2001-6-14	2016-8-10	5555.56	污染物环境隔离系统构建与工程 实施、环保设备系统集成服务
5	易景环境科技（天 津）股份有限公司	2014-1-3	2017-7-18	5198.2	场地环境调查及风险评估
6	天津健威泽节能 环保科技股份有 限公司	2012-1-13	2018-7-31	5139.5	余热发电工程领域的技术服务、设 备成套、技术改造、工程设计
7	天津中福环保科 技股份有限公司	2014-3-26	2018-8-14	2000	化工、制药、新能源、新材料等领 域绿色化工和危险废弃物资源化 利用及处置的综合服务
8	中瑞新源能源科 技（天津）股份有 限公司	2011-1-7	2015-12-3	1280	建筑节能相关的系统设计、设备安 装、软硬件集成、调试等技术服务， 针对居民小区烟气提供回收供热 节能服务
9	金大地新能源（天 津）集团股份有限 公司	2006-5-29	2016-6-1	5065	污水源供暖系统的研发、销售；污 水源供暖工程的设计、安装
10	天津先众新能源 科技股份有限公 司	2013-10-25	2017-8-2	1000	锂离子电池组研发、生产和销售等

资料来源：天津市生态环保领域新三板挂牌企业相关公示、天眼查系统查询

技术成果篇

技术 1 机动车尾气遥感检测系统

1.1 技术提供方

天津同阳科技发展有限公司

1.2 技术简介

基于光谱吸收和机动车尾气排放污染物之间的特征组分定量分析及其过程研究方法，通过过程采集的机动车尾气污染物数据分析和计算，结合机动车尾气遥感监测系统管理平台，建立一个开放式、智能化的机动车尾气遥感在线监测系统。

1.3 适用范围

应用环境包括城市主道路多车道机动车尾气检测、城市主要入口尾气检测、检查站筛选高排放车辆、移动式监测车检测道路中筛选高排放车辆，适用于移动执法和单车道固定执法、各类执法检测站、快速筛查高排放柴油车。

应用领域包括审计检查、筛选高排放车辆、豁免清洁车辆、入境检查、检查汽车的环保装置。

1.4 技术内容

1.4.1 技术原理及工艺流程

机动车尾气遥感检测系统分为固定式遥感检测系统和移动式遥感检测系统，采用多光谱技术和标准检测方法。

(1) 采用 TDLAS 技术实现高精度在线测量机动车污染物 (CO、CO₂) 排放浓度。结合多路分光、多波长耦合、开放光路或多次反射池、分束探测、信号采集及自适应算法等技术。方法简单、测试精度高、动态响应特性好以及环境适应能力强。其结构示意图及检测示意图见图 11 和图 12。

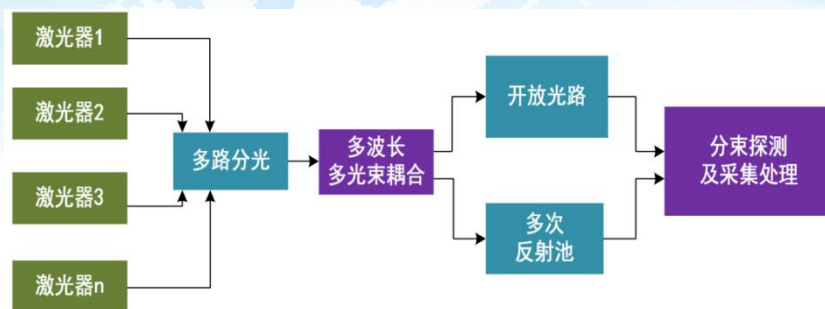


图 11 结构示意图

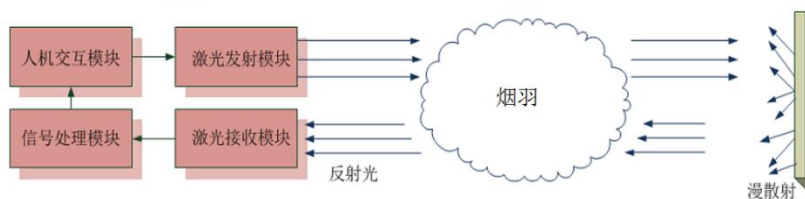


图 12 检测示意图

(2) 采用高精度紫外差分吸收光谱气体分析技术测量 NO、NO₂ 的气体浓度，其基本原理是利用空气中的气体分子的窄带吸收特性来鉴别气体成分，并根据窄带吸收强度来计算出微量气体的浓度。具有检测灵敏度高、吸收信号强、光源使用寿命长等特点。其结构原理如图 13：

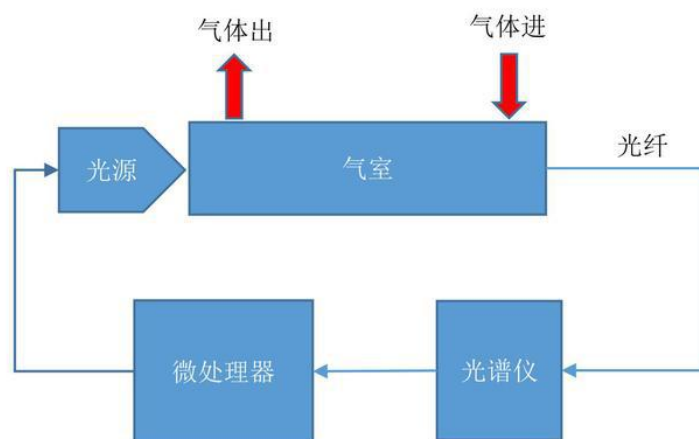


图 13 结构原理图

(3) 提出了一种通过曲线拟合计算不透光烟度对尾气标准进行检测的方法及设备，该方法包括：采集 N 组机动车尾气的烟度数据；采用不同类型的曲线

函数，通过最小二乘法对 N 组数据进行曲线拟合，生成与实际数据拟合度最高的曲线方程；计算拟合曲线的曲边梯形与实际数据的直角梯形的面积比，得出尾气的不透光度；将尾气的不透光度与参比数据进行对比，判断尾气标准是否合格。检测设备可设计为便携式一体机或现场检测装置，设计灵活。检测设备流程示意图见图 14，组装调试流程见图 15。

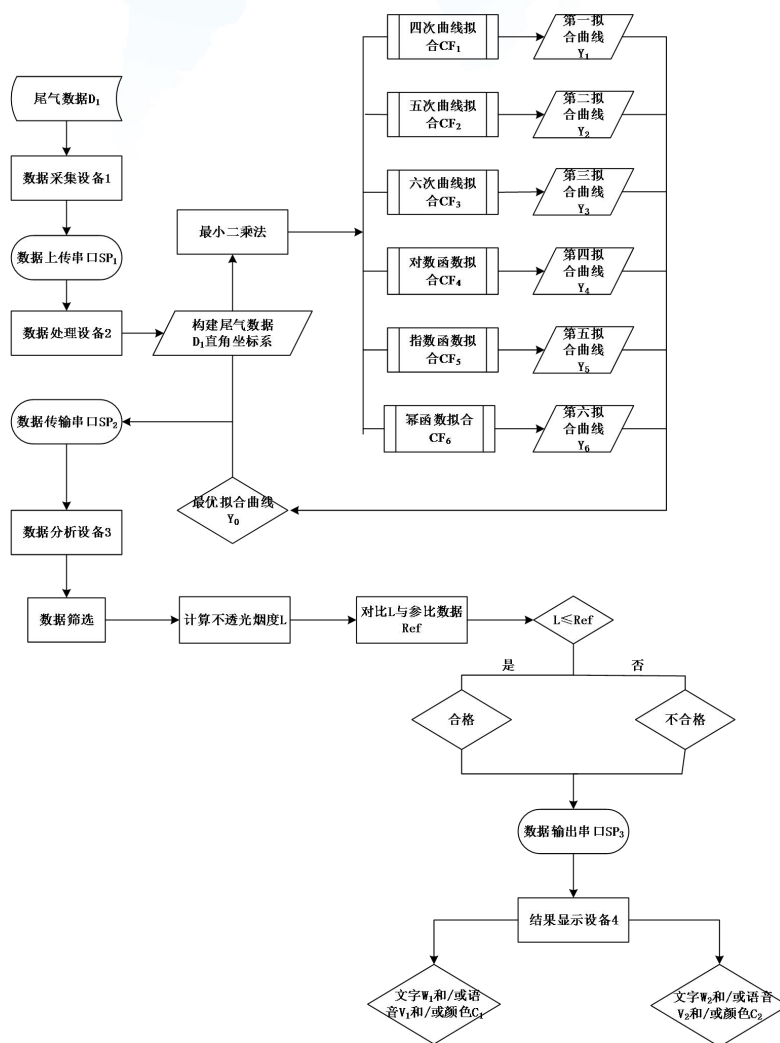


图 14 检测设备流程示意图

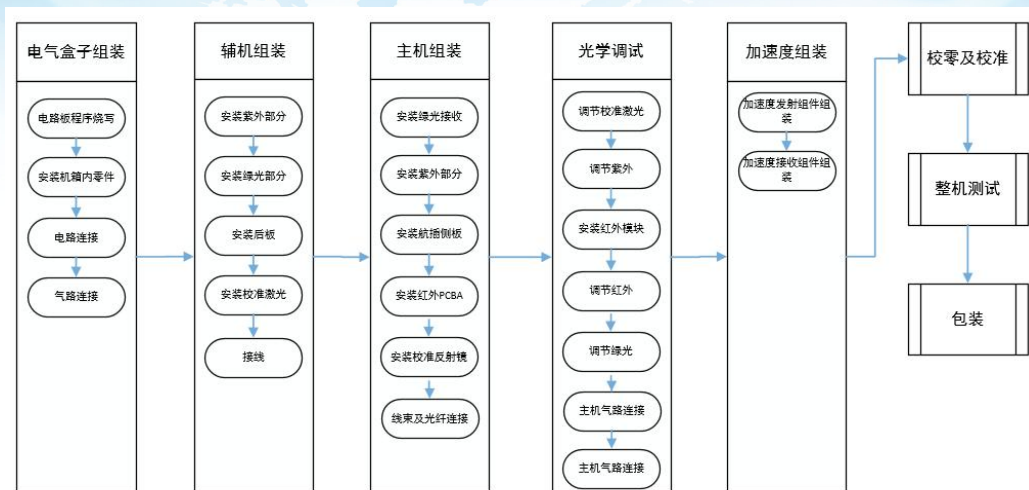


图 15 组装调试流程图

1.4.2 技术创新性及先进性

(1) 提出超宽覆盖面光学检测系统，实现排气管高度不一致的不同车型尾气排放的准确测量。

(2) 提出多维矩阵式检测模式，可测量排气管位置（含侧排）不同的各类车辆尾气排放。多维矩阵遥测仪示意图见图 16。

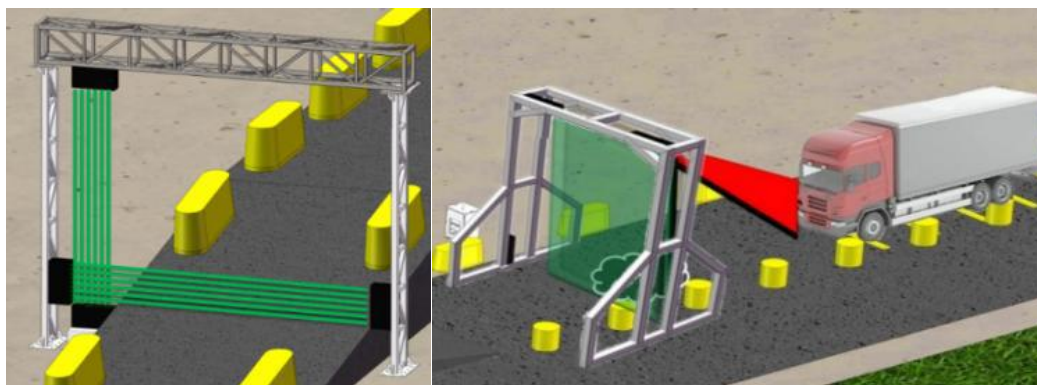


图 16 多维矩阵遥测仪示意图

(3) 提出一种通过曲线拟合计算不透光烟度对尾气标准进行检测的方法及设备，可实现快速精准的检测，运算可在 100 毫秒内完成。

表 16 描述了该技术与国内外同类技术对比情况。

表 16 国内外同类技术对比

序号	该项目	国内外现有产品
1	采用矩阵式监测模式，全面检测柴油车排放尾气，能覆盖市场上 99% 的车辆。	垂直式或水平式单独监测
2	实时采集车辆经过遥测设备过程中光的能量图谱，分析车辆轮廓、车型、尾气烟团位置，测量更加准确。	基于燃烧方程的污染物浓度反演，无过程数据
3	采用闭环管控方案，自动检测、手工复检、放行一体化设计，能提高 3-6 倍工作效率。	无

1.4.3 知识产权情况

该技术取得发明专利 1 项，实用新型专利 9 项，软件著作权 33 项。

1.5 节能或污染防治效果

(1) 采用新型光学系统，降低能耗。通过采用超宽覆盖面光学烟气监测系统，实现自动化检测，降低人工投入，提高了测量效率；通过将传统 10 路光学系统改为 4 路系统，既可以缩小设备体积，减少工艺加工过程中能源消耗，又可以降低设备运行能耗（光学系统优化前后对比图见图 17）。

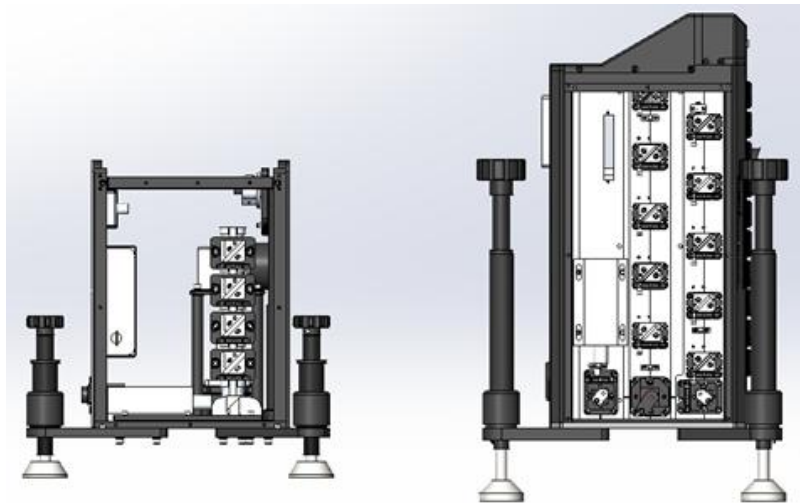


图 17 优化后 4 路系统（左）优化前 10 路系统（右）

(2) 传统尾气检测设备为一体式设计，设备内部各部件组装在一块面板上，一旦一个部件损坏便需更换整体。通过采用模块化设计，将设备内部各部件独立安装在底板上，实现单部件更换，降低报废率（对比图见图 18）。

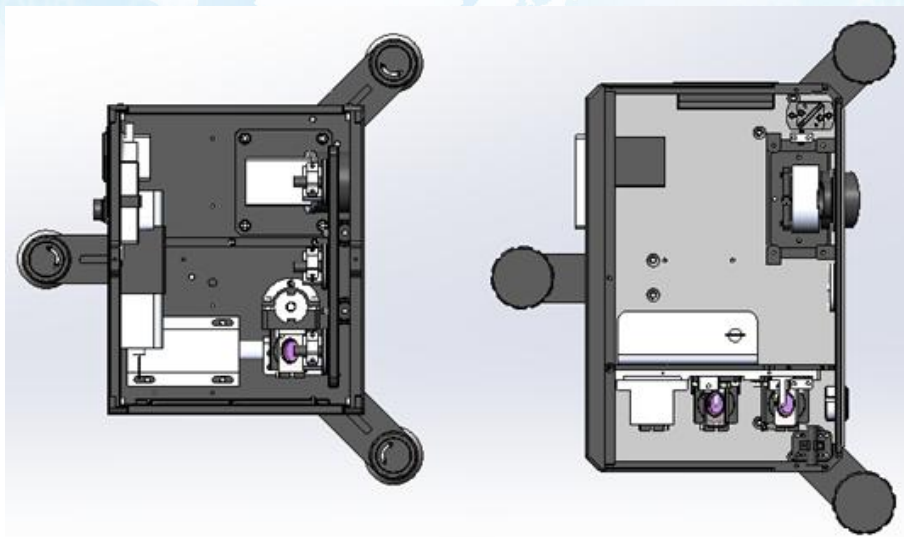


图 18 模块化设计俯视图（左） 一体式设计俯视图（右）

1.6 技术示范情况

机动车尾气遥感检测系统已在全国各地成功实现了与众多环保局数据传输平台的无缝对接工作，已实施了秦皇岛市 2018 年机动车遥感监测系统建设项目、辛集市环境保护局机动车遥感监测系统建设采购（B 包）、武陟县机动车遥感监测及网络平台采购项目、曲周县环境保护局采购机动车遥感检测仪器项目等 20 项示范案例。

案例名称：秦皇岛市 2018 年机动车遥感监测系统建设项目

建设规模：由 6 套固定垂直式遥感监测设备和 1 套遥感监测信息联网平台组成。平台除接入 6 套固定垂直式遥感监测设备外，还接入 2 套固定水平式遥感监测设备、2 套移动式遥感监测设备（含管理端软件），1 套便携式尾气检测设备。

建设条件：使用单位确定建设地址和相关资源配置；实施单位提供原装合格正品，设备的包装、运输、安装与调试，相关电缆、网线布设，确保设备和系统正常运行，提供技术培训和相关资料，提供 3 年运维服务。

建设内容：由遥感监测仪器设备及配套设施和遥感监测信息联网平台组成。

（1）遥感监测仪器及配套设施包括：固定垂直式机动车遥测设备、道路流量监测设备、道路空气质量微型监测设备、汽车电子标识环保信息识读设备、道路黑烟车视频监控设备、信息联网设备、龙门架和显示屏等。

(2) 遥感监测信息联网平台：建成遥感监测数据及图像传输、数据质量控制等模块，实现城市遥感监测数据及图像传输接入，数据质量控制，数据上传市、省平台，实现市、省、国家遥感监测平台三级联网等功能。

项目功能：包含筛选高污染排放车辆、限制重污染车辆进入城市、检查尾气净化装置、冒黑烟车治理、车况/项目评估、机动车辆尾气排放情况普查。

关键设备：遥感监测仪器

案例总投资额：1250.36 万元

建设期：3 年

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：项目系统运行良好、检测数据捕获率高，为环境监测和治理提供了有效的数据保障；检测速度快，检测车辆多，为环境监测提供了大量的数据支撑；采用的最新科技，能够适应业务数据流传输以及多媒体信息的传输；系统可以以控制台方式方便实现对系统各资源的监控，实现资产管理及对各检测点设备性能的监控，秦皇岛市机动车遥感监测系统建设项目现场图片见图 19。



图 19 秦皇岛市机动车遥感监测系统建设项目现场图片

1.7 成果转化推广前景

目前该技术已陆续在天津、河北、河南、山东等 10 个直辖市环保监测部门安装运行，累计 80 台套，示范安装点各项指标通过环保验收，同时支持接入环

境空气、黑烟车、道路车流量等信息，平台实现了三级联网。依托该技术，经过示范推广及产业化实施，累计销售相关产品 80 台套，实现营业收入 1.22 亿元，利税 2583.35 万元。

该技术成果获评为天津市重点新产品，可对城市交通尾气污染物浓度进行监测，调查城市空气质量及交通量，分析空气浓度与机动车排放量的关系，从环境保护的角度管理规划城市道路交通，提出改善措施，具有重要的理论意义和实用价值。项目成果产业化推广后，可促进机动车遥感监测设备国产化，提高国产仪器测量精度以及整体技术水平，降低整机成本以及对于国外产品技术的依赖。

技术 2 江河湖库底泥环保疏浚、土工管袋脱水及资源化利用

关键技术

2.1 技术提供方

中新瑞美（天津）环保科技有限公司

2.2 技术简介

该技术采用“环保疏浚-管道絮凝-土工管袋脱水-底泥资源化利用”一体化技术对湖库内的底泥进行清淤，清除坑塘中的污染底泥、减少底泥污染物向水体释放，并将污染底泥进行资源化利用。

2.3 适用范围

适用于江河湖泊水库污染底泥、市政和工业污泥的治理及资源化处置。土工管袋快速脱水和减容，即可现场操作，亦可异位处理处置；可与填埋场地联合适用，省略了二次倒运，可达到全程封闭作业，无二次污染问题，是污泥的绿色治理技术。

2.4 技术内容

2.4.1 环保疏浚

环保疏浚是一种成熟的疏浚技术，它利用机械疏浚方法清除江河湖库污染底泥，在挖泥、输送过程中和疏浚工程完成后对环境及周围水体的影响都较小。整个过程处于一种封闭状态，不会对操作工人和环境产生二次污染，且可以最大限度的避免对水体的扰动，控制了污染的扩散。

目前，环保疏浚业普遍采用的措施是在传统挖泥船的基础上进行改造。该技术则利用绞吸挖泥船结合泥浆泵完成环保疏浚过程，采用水上抛锚作业的方式，利用铰刀旋转、切削底泥，在河底土质为硬质土层时也可选用斗轮进行挖泥，形成的泥水混合液通过吸泥泵将泥浆吸入排泥管，再通过管道输送到排泥点。

2.4.2 土工管袋脱水

土工管袋用于底泥脱水是向管袋内充填大量高含水率底泥，在管袋内部强大压力下有效快速排出水分并截留污泥中固体颗粒的过程。在充填过程中，配合使

用稳定剂、絮凝剂等，可将污染物与底泥一同截留在管袋中，达到同步脱水及去除部分污染物的效果。对于包含细小颗粒物的高含水率的清淤底泥、河湖沉淀物、工业污泥，都可以使用土工管袋进行高效的、低成本的脱水、固化过程。土工管袋脱水操作流程为：选择安装场地→管袋铺设→管袋连接→加入添加剂→管袋排水。土工管袋脱水现场图见图 20。



图 20 土工管袋脱水现场图

2.4.3 资源化利用

根据底泥污染程度进行分级，分为轻度、中度和重度污染底泥，底泥脱水后，依据污染程度采用不同的方式进行资源化利用，可用于建筑景观材料、填埋造岛（可作为中央商务区、住宅用地、游乐设施用地、公园用地、景观用地）等资源化处置，以实现其资源价值，底泥环保疏浚-药剂调质-土工管袋脱水三位一体处理工艺流程见图 21。

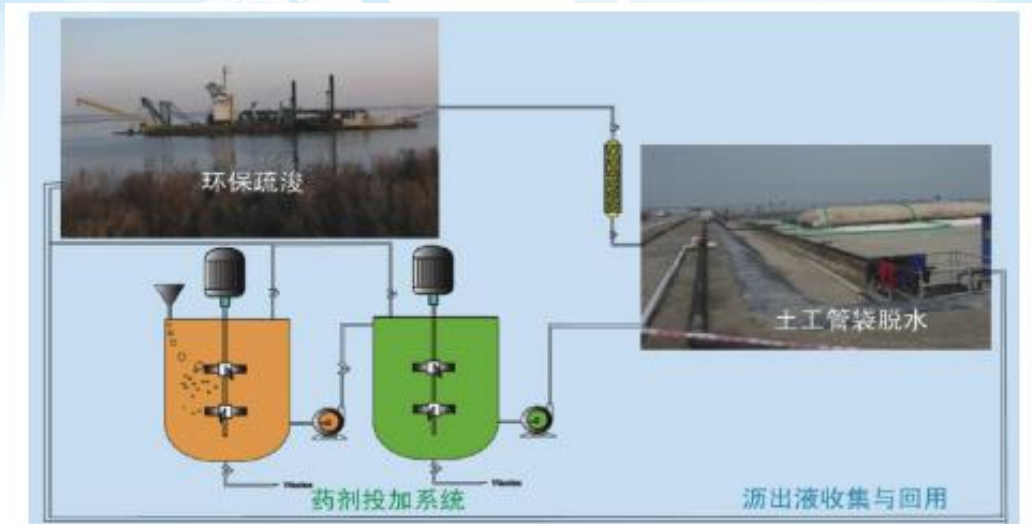


图 21 底泥环保疏浚-药剂调质-土工管袋脱水三位一体处理工艺流程

2.4.4 技术创新性及先进性

将环保疏浚、药剂调质与土工管袋技术联合应用，形成了真正意义上的全封闭处理重金属污染底泥的概念，有效降低了治理重金属污染底泥过程中的二次污染，为彻底解决治理含重金属污染底泥项目提供了新途径。

2.4.5 知识产权情况

该技术取得发明专利 12 项，软件著作权 6 项。

2.5 节能或污染防治效果

实践证明利用绞吸挖泥船完成环保疏浚，可以将挖掘、输送、排出和处理泥浆等疏浚工序一次性完成，连续作业、生产效率高、成本低，并且绞吸式挖泥船挖掘工作面平整，开挖边坡深度易控制，施工质量好；采用土工管袋的方法既经济又快速，将湖泊中含有污染物的泥浆充入土工管袋中，通过袋体材料本身的滤水作用去除泥浆中的水。

工程实践表明，充入袋体中 99% 的泥浆固体物会被截留下来，体积减少 80% 以上，袋体可以反复充填，直到达到袋体允许高度，大大缩小了底泥的占有空间。同时，采用土工管袋脱水，可结合重金属稳定化技术，同时实现重金属污染底泥的安全处置和脱水减容。可以根据实际需要设计土工管袋尺寸，操作简便、耗能小，无需设备维护，是污染底泥的绿色脱水技术。

2.6 技术示范情况

2.6.1 天津中新生态城污水库治理工程

该项目是我国迄今在污染治理环境修复领域投资最大工程之一，项目总投资15.6亿元，不但将历史遗留40年的重金属（汞、镉、砷、铜）和农药（六六六、滴滴涕）复合污染的污水库彻底根治，而且与规划建设紧密结合，将污泥资源化再利用成为造岛基础、路基和建材陶粒等原料，在湖库治理的同时实现水环境、水生态及主题公园等建设，实现了经济、社会、环境、生态整体效益最大化，成为我国经济体制改革和生态城市建设的典范。该工程历时3年，共治理重金属和农药污染底泥385万 m^3 ；处理高含盐难降解化工废水250万 m^3 ；建设生态环保主题公园基础16公顷；开发清静湖周边1.5平方公里土地岛屿。（天津中新生态城污水库治理工程项目见图22）。



图 22 天津中新生态城污水库治理工程项目

2.6.2 河北省保定市满城区方顺桥镇孔村、许村坑塘污染治理与生态修复工程项目

孔村坑塘地处河北省保定市满城、顺平、清苑三区（县）交界处，#1号坑塘水域面积约9000 m^2 ，长期接纳废旧塑料加工废水、废料、生活垃圾等，导致水质严重恶化，底泥有严重异味，且存在重金属污染物，坑塘周边有大量废旧塑

料等垃圾废弃物；#2 号坑塘水域面积约 11000m²，存在塑料垃圾、生活垃圾无序倾倒情况。（孔村坑塘污染治理与生态修复工程项目见图 23）



图 23 河北省保定市满城区方顺桥镇孔村坑塘污染治理与生态修复工程项目

许村坑塘地处河北省保定市满城区，水域面积约 6000m²，坑塘四周存在大量垃圾无序倾倒等情况，许村坑塘污染治理与生态修复工程项目见图 24。



图 24 河北省保定市满城区方顺桥镇许村坑塘污染治理与生态修复工程项目

该项目建设规模为处理底泥 3.075 万 m³，案例总投资为 3143.575 万元，建设期为 0.5 年。项目结合土工管袋脱水工艺，采用稳定化技术降低重金属活性，减少重金属生物有效性，降低重金属元素毒性，达到对淤泥重金属污染物处理的目的，底泥经脱水减容及重金属稳定化处理，进行环保安全处理。

2.6.3 齐齐哈尔昂昂溪纳污坑塘黑臭水体治理工程

示范项目地处昂昂溪区榆树屯镇胜合村，是一个面积约 90 万 m^2 ，平均水深 2.65 米，容量为 225 万 m^3 的封闭性黑臭水体。该纳污坑塘接纳周边区域排放的生活污水及红色工业废水。近 30 年里，仅周围居民的生活污水排放量就高达数千万吨，随着每年的降雨和蒸发，污染物在纳污坑塘内不断富集，水体环境持续恶化，水生态系统严重恶化，水体自净能力基本丧失。

项目建设规模为处理底泥 46.4 万 m^3 ，案例总投资为 19000 万元，建设期为 1.5 年，各部分的底泥通过环保疏浚、添加药剂后经泵送至土工管袋进行脱水减容，轻度和中度污染底泥实施人工造岛进行间接利用，重度污染底泥送至水泥回转窑进行资源化利用，污水则采用“芬顿氧化+斜板沉淀技术+速分生物处理技术+孢子转移技术”综合治理技术，最终处理处置污染底泥 46.4 万 m^3 ，处理后水质各项指标达标，氧化还原电位大于 50eV，透明度保持在 1 米以上，氨氮指标小于 4mg/L，溶解氧大于 50 mg/L。（齐齐哈尔昂昂溪纳污坑塘黑臭水体治理工程见图 25。）



图 25 齐齐哈尔昂昂溪纳污坑塘黑臭水体治理工程

2.6.4 鄂温克旗大雁镇氧化塘综合治理工程

示范项目位于大雁镇雁北区西北角，承担着雁中、雁北两个居民区生活污水和矿区地方企业生产排放的污、废水处理，占地面积约 0.439 km²，估算库容 80 万 m³，出水水质无法满足现行标准要求。

项目建设规模为处理底泥 24.62 万 m³，总投资 4832.858 万元，建设期为 0.25 年。工程内容包括新建占地面积 3.5 万 m² 脱水场地，采用土工管袋脱水方式对氧化塘内 21.9 万 m³ 污泥进行治理；氧化塘一级塘改造为 2 号蓄水池；配套规模 0.4 万 m³ 天泵站一座，治理约 80 万 m³ 污水进行治理。通过截污控源、污水处理、污泥处置等工程措施进行综合治理，从根本上实现纳污坑塘的彻底治理，全面消除黑臭水体（鄂温克旗大雁镇氧化塘综合治理工程见图 26）。



图 26 鄂温克旗大雁镇氧化塘综合治理工程

技术 3 污水深度处理臭氧催化高级氧化技术

3.1 技术提供方

天津万峰环保科技有限公司

3.2 成果简介

通过臭氧与催化剂作用产生具有超强氧化能力羟基自由基，实现有机污染物的彻底矿化或分解，解决城镇污水达标排放“最后一公里”中所面临的效率低、成本高等问题，实现了具有自主知识产权的臭氧催化高级氧化技术突破。

3.3 适用范围

该技术不受污水处理厂运行规模限制，能够处理大部分行业的废水，主要应用于城镇污水处理厂的深度处理提标改造项目。适用行业包括医疗制药业、电子制造业、印染行业、皮革加工、石油化工、煤化工行业、盐化工、化学制备行业、农副产品加工行业以及市政生活类等行业。

3.4 技术内容

3.4.1 技术原理及工艺流程

该技术由两大核心组成。其一是臭氧催化高级氧化高效溶气技术，该技术主要通过电磁（EM）切变场的作用改变了污水中水分子、有机污染物分子及离子氛的团簇结构，以改变待处理污水的物理、化学和分子力学等各方面性能，最终大大提升臭氧在污水中的溶解效率，EM 模块脉冲电源系统见图 27。

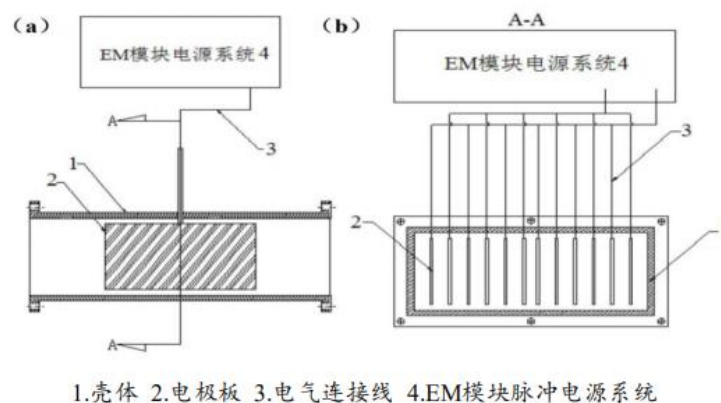


图 27 EM 模块脉冲电源系统 (a) 主视图 (b) 剖面图

另一个是臭氧催化技术，该技术主要是由非均相催化和均相催化两种催化形式组成，利用非均相催化和均相催化的催化稳定性，提高臭氧催化反应效率，产生更多的具有超强氧化能力的活性氧化剂（羟基自由基），实现有机污染物的彻底矿化或分解。

臭氧催化高级氧化高效（非均相）催化技术：通过在催化剂的作用下快速分解并产生羟基自由基（ $\cdot\text{OH}$ ），与污染物进行高级氧化反应，且不具有选择性，能够大幅度提高污染物去除效率，实现出水COD稳定达标。具有催化性能稳定、机械强度高，损耗率低等优点（见表 17）。该企业研发团队通过向改性活性炭加入稀土活性组分，经过过滤、洗涤、干燥、煅烧等工序，得到稀土负载型非均相催化剂，能够有效提高污水的高级氧化处理效率（见图 28 左）。开发用于去除污水痕量污染物的非均相催化剂，通过有效增加催化剂的表面活性位，提高吸附分子的亲和位点，加速臭氧分解释放 $\cdot\text{OH}$ ，能够无差别的降解水中痕量污染物并转化为无害物质（见图 28 右）。此关键技术的研发完善了“污水深度处理臭氧催化高级氧化技术”的技术库，提升了该装备对难降解的痕量污染物去除效果。

表 17 该项目非均相催化剂与其他催化剂性能对比

指标	该项目非均相催化剂	其他非均相催化剂
比表面积	大	一般
机械强度	高	一般/低
粒度分布	均匀	不均一
使用寿命	长(>10年)	短(2-3年)
催化效率	优	一般

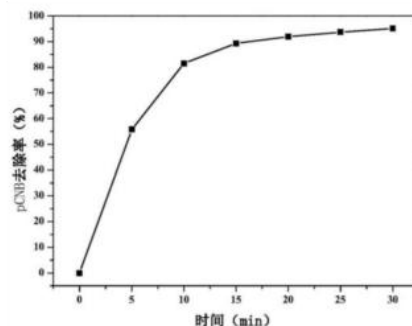


图 28 非均相催化剂（左）

非均相催化剂去除水中痕量污染（右）

臭氧催化高级氧化高效（均相）催化技术：该企业研创的臭氧催化高级氧化

均相催化技术（见图 29），可根据不同污水水质，优选出合适的高效催化材质的极板，进而研创微电解关键技术，实现通过简单的调节电流，控制极板释放催化离子的投加量和投加比例，实现了仅为 $\mu\text{g/L}$ 量级投加量，与其他水处理催化技术相比，具有效率高、占地面积小、无二次污染、自动化程度高、靶向催化效果显著等优势，吨水耗电量极低，是一种新型的靶向催化氧化有机物技术，突破了制约均相催化技术工程化应用的瓶颈（见表 18），有效解决污水处理厂工业废水超净排放问题。



图 29 臭氧催化高级氧化均相催化技术不同规格的均相催化反应器

表 18 该项目均相催化与类似技术性能对比

指标	该项目均相催化技术	电解氧化技术	芬顿催化技术
投加药剂	无需投加任何化学药剂	需要补充一些电解质促进极板电解	需要投加强酸，强碱、双氧水，硫酸亚铁等
电耗	低，吨水耗电量不足 0.01 度电	高，吨水耗电量 10 度电左右	一般
操作程度	简便	一般	复杂

污水深度处理臭氧催化高级氧化技术工艺流程图见图 30。污水进入臭氧催化高级氧化池中，首先经过均相催化反应器，通过控制向污水中精准（微剂量 ppb 级别）投加电解作用下产生的具有催化作用的金属离子。然后污水进入臭氧催化高级氧化池第一段，从原水取一定比例的水进行循环，通过设置在离心泵管道上的高效臭氧溶气装置往循环水中投加臭氧，主要利用了电磁的作用改变污水

分子的微观物质形态，来提高臭氧气体的溶解效率，有效减少了臭氧的投加量。通过设置在池底的二次混合设备，将含有臭氧的污水与原污水进行充分混合。混合后的污水流经固定填充的非均相催化剂表面，催化剂表面具有不平衡电位差，在催化剂和金属离子的作用下，激发产生羟基自由基，羟基自有基的氧化还原电位为 $E_0=2.8eV$ ，在高氧化电位的作用下大部分难降解的有机物发生断链反应形成短链的有机物或直接被氧化至 CO_2 和 H_2O 。第二段、第三段取水位置分别是第一段出水和第二段出水，同样采用高效臭氧溶气装置投加臭氧，原理与第一段相同。通过三段投加，污水中难降解有机物被充分降解，使污水达到设计标准。

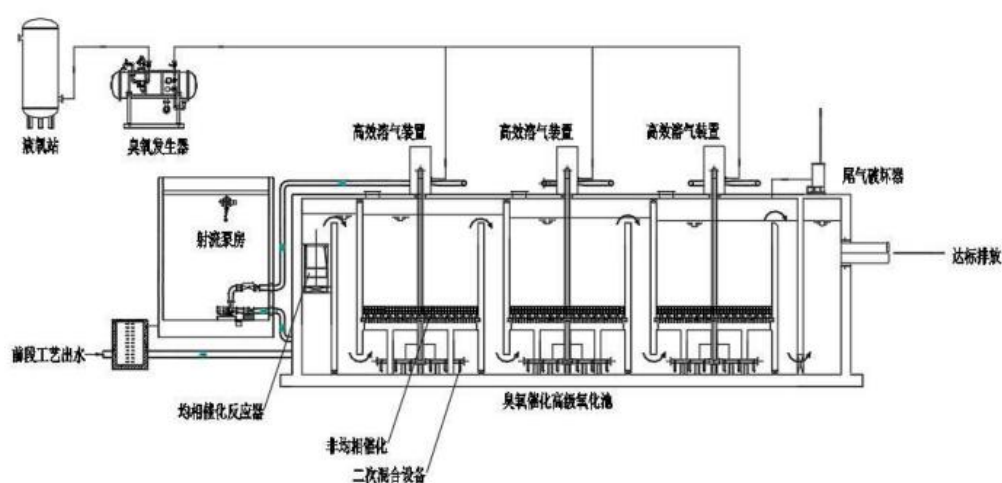


图 30 污水深度处理臭氧催化高级氧化技术工艺流程图

3.4.2 技术创新性及先进性

(1) 首次将电磁切变场原理应用于污水治理领域，阐明电磁切变场作用对污水中臭氧溶解效率作用规律，且系统性的对气液两相混合过程开展数字建模及仿真模拟研究，最终实现臭氧溶气效率达到 95% 以上。

(2) 采用有效的过渡金属氧化物同时掺入稀土金属优化非均相催化剂，实现有效去除污水中痕量污染物；研创微电解关键技术和均相极板制备技术，最终建立高效的催化系统。

(3) 研创的臭氧催化高级氧化技术相关配套装备，进一步提升臭氧在液相中的传质效率，保障设备安全性，降低能耗，提高系统整体运行稳定性和可靠性。实现工业废水经处理后完全符合甚至优于国家一级 A 标准的排放水质要求；创新性的优化设计一套高效处理污泥热水解脱水滤液工艺系统，实现污水污泥资源

化利用。表 19 梳理了该技术与国内外传统技术水平相比的技术先进性。

表 19 臭氧催化高级氧化关键技术的国内外比较

工艺、技术级装备	该项目水平	国内外传统技术水平
电磁切变场溶气技术	臭氧溶气效率达 95%以上。	臭氧溶气效率为 50%-60%。
高效溶气系统气液混合仿真技术	揭示了高效溶气系统气液两相动态掺混过程的发生机理，实现了模型自身的迭代优化，优化生产工艺。	国内外尚无对臭氧溶气气液两相动态掺混过程数字建模和仿真报道。
臭氧催化高级氧化高效非均相催化技术	制备方法工艺简单，易于大规模工业化生产，可以有效去除污水中的痕量污染物。	传统污水处理工艺对痕量污染物去除能力弱，只能部分去除污染物；存在金属氧化物难以回收、流失量大等问题。
臭氧催化高级氧化高效均相催化技术	催化效率高，适应大多数工业废水。	传统均相催化剂混溶于废水中，易流失，且难以回收再生利用。
加强液相均匀混合结构技术	在有限的空间和时间内完成高效混合过程，节约投资成本。	混合过程耗时长，液体混合不均匀，且投资成本较高。
臭氧催化高级氧化技术	投资和运行成本降低 50%左右，占地节省 50%左右，处理后排放水 COD 浓度完全符合甚至优于国家标准（GB18918-2002）中一级 A 标准的排放水质要求（COD≤50mg/L）。	投资和运行成本极高，深度处理吨水运行成本近 1-2 元，出水不能稳定实现达标排放。

3.4.3 知识产权情况

该技术获得相关专利共计 16 项，其中发明专利 7 项，实用新型专利 5 项，外观设计专利 4 项；获得计算机软件著作权 15 项；企业标准 5 项；发表相关论文 3 篇；技术产品相关奖励 6 项。

3.5 节能或污染防治效果

按照新执行的天津市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB12/599-2015)一级 A 标准,出水 COD 需要由 50mg/L 降至 30mg/L,即污染物 COD 减少 20mg/L。

以某万吨污水处理厂为例，污水处理厂每日处理水量为 1 万吨，经过计算，可得污水处理厂实现的污染物 COD 减排量为 0.2 吨/天，每年污水处理厂实现的污染物 COD 减排量为 73 吨。据 2017 年统计资料，全国有 4119 座城镇污水处理厂，市场前景广阔，应用该技术后污染防治成效显著。

3.6 技术示范情况

3.6.1 石家庄桥东污水处理厂 60 万吨/日脱色工程

建设规模：占地面积 35.975 公顷，2012 年将工程总规模扩建为 60 万吨/天

建设条件：石家庄市桥东污水处理厂进水中含有较多种类的制药废水，通过常规或强化二级处理出水 COD、色度等指标难以达标。需要通过提标改造项目处理后，出水能够完全满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级 A 标准。

关键设备：高效射流器和高效催化氧化发生器

案例总投资额：1350 万元

建设期：0.5 年

运行效果：在应用“污水深度处理臭氧催化高级技术”对石家庄桥东污水处理厂二级处理出水升级改造后，COD 由 70mg/L 降至 50mg/L，色度由 120 倍降至 15 倍，设计吨水新增加运行成本仅为 0.18 元，最终出水能够完全满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级 A 标准。

3.6.2 焦作市工业集聚区万方污水处理厂扩建提标工程

建设规模：总设计规模为 5 万吨，共分两期建设。

建设条件：项目实施前，工业园区污水中成分复杂，一期工程的处理能力已经超负荷，无法满足污水处理厂提质增效的要求，严重制约了工业园区的发展。该污水处理厂提标改造前的废水主要来源于制药生产，进水的 B/C 值极低，可生化性较差，溶解性难生化降解 COD 绝对值较高，利用传统的污水深度处理技术无法有效稳定的将 COD 去除。

建设内容：通过进行小、中试分析，最终选定该企业研发生产的“污水深度处理臭氧催化高级技术产品”进行深度处理，在此提标改造工程项目中，首次应用公司研创的均相催化技术且成功实现工程应用，这也是国内首例均相催化技术的工程应用。

案例总投资额：3400 万元

建设期：0.5 年

运行效果：自调试运行至今，设备运行一直保持稳定，处理后污水能够始终满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准。

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：该技术在进行污水深度处理过程中，仅使用氧气和电能，降低了能源物资的消耗。且污水中的有机物被氧化，最终生成 CO₂ 和 H₂O，不会产生对环境有影响的二次污染。臭氧作为强氧化性物质，还能在处理污水过程中杀死大肠杆菌等菌类，起到消毒作用。该装备完善了污水深度处理工艺的技术缺陷，在污水处理过程中，催化离子通过精准控制靶向投加，不会产生污泥，有效降低污染物的排放量，增加了环境效益。

3.7 成果转化推广前景

该技术目前共建成示范及推广应用工程 50 余项，工程规模累计达 302 万吨/天，近三年处理废水量约 32.85 亿吨，削减 COD 达 6.57 万吨，技术成果已在天津、河北、河南、山东和江苏等几十个提标省市均应用示范。经估算，应用该技术后未来三年污水处理量可达 30 亿吨，污染物 COD 的年减排总量可达 5.84 万吨。

技术 4 设备与管线组件密封点 VOCs 零泄漏系统管控的技术

4.1 技术提供方

天津长瑞大通流体控制系统有限公司

4.2 技术简介

该技术主要应用在炼制与化工设备 VOCs 无组织排放的管控领域,可将上百万个密封点得到连续在线监测,无论是移动位置还是固定位置的密封点都能主动给管理者上传即时信息,做到远程修复密封点。在避免 VOCs 排放、火灾爆炸、呼吸疾病的同时做到节能,消除不可达点和延时修复。

4.3 适用范围

该技术适用于炼制与化工设备 VOCs 无组织排放的管控领域。对于法兰、阀门、连接件、开口管线、取样系统等可以进行管线组件密封点免泄漏检测设计或改造。能够在不改变原来设备结构功能的情况下进行“设备与管件组件免泄露检测”的技术改造。

4.4 技术内容

4.4.1 技术原理及工艺流程

核心技术内容: VOCs 零泄漏技术, (1) 高压密封液/气隔离物料。(2) 实时监测预警。(3) 全封闭收集 VOCs 并输送至处理设施。

在设备与管线之中的 VOCs 是优质原材料和优质能源; 泄漏到大气之中会成为有毒污染物也是爆炸、火灾的诱因。技术原理与工艺流程见图 31。

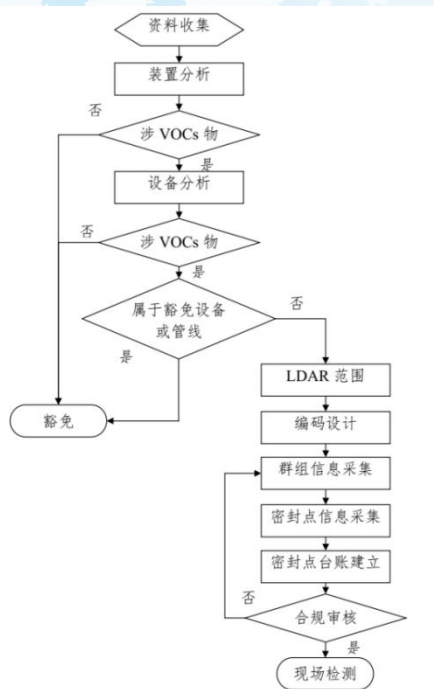


图 31 技术原理与工艺流程

4.4.2 技术创新性及先进性

该技术与现有 LDAR（泄漏检测与修复 Leak Detection and Repair，简称“LDAR”）技术相比具有以下优势：

- （1）把数以万计的 VOCs 无组织排放的排放源变成不涉 VOCs 的密封点，实现 VOCs 零泄漏。
- （2）把人力劳动变成用机器系统管控的自动模式。
- （3）把间隔半年的检测变成连续的在线检测。
- （4）把不准确的 VOCs 浓度数据采集变成无泄漏精准数据的维护。
- （5）把原始而简单的修复变成一套行之有效的标准式修复。

4.4.3 知识产权情况

此技术已被团体标准《挥发性有机物泄漏检测与修复（LDAR）项目审核评估指南》附录 D 收录，该标准是评价我国涉污企业开展管控 VOCs 排放工作效果的重要依据之一。

4.5 节能或污染防治效果

使用该技术可实现现有化工装置、设备与管线组件、油罐车和危险化学品运输车都变成 VOCs “零泄漏”，实现智能环境保护、智能防火防爆、智能节能减

排、智能安全健康、智能运输物流。

4.6 技术示范情况

4.6.1 VOCs 终端处理装置、风机密封 VOCs 泄漏改造

案例应用单位为开封龙宇化工有限公司，总投资为 21 万元，建设期为 40 个工作日。经改造的免泄漏监测风机系统，两年内经反复监测达到零泄漏的使用要求，受到认可和好评。

4.6.2 安徽中盐红四方集团 RTO 焚烧炉抽拉阀 VOCs 泄漏改造

案例应用单位为安徽中盐红四方集团，总投资为 19 万元，建设期为 40 个工作日。安徽中盐红四方集团 RTO 废气处理装置存在严重的阀门泄漏问题，经应用该技术进行免泄漏检测改造后达到污染物零泄漏效果，尾气异味处理效果较为理想，得到了客户的高度评价。

4.7 成果转化推广前景

每个化工厂的现有技术化工装置、设备与管线组件上存在几十万个挥发性有机物（VOCs）微小泄漏点，每个点泄漏量虽然微小，但泄漏点数量庞大，一个化工厂一年泄漏上万吨挥发性有机物（VOCs），而我国规模以上的炼制、化工厂有 2 万 7 千多家；油罐车和危险化学品运输车更是不计其数，排污总量巨大。该技术市场应用前景广阔，估算目前已经推广的比例：0.00000001%；到 2025 年的推广比例：0.0006%。

技术 5 焚烧残余物高温烧结生产建材基材技术

5.1 技术提供方

天津壹鸣环境科技股份有限公司

5.2 技术简介

该技术利用高温烧结的方式，通过氯化焙烧原理，可使易挥发性重金属以氯盐的形式挥发进入烟气，最终被捕集进入浓缩灰，同时使飞灰基质通过生融化黏结作用形成致密化且具有一定强度的稳定烧结体，得到重金属总量和浸出量双降低的建材基材产品。

5.3 适用范围

适用于垃圾焚烧飞灰高温烧结资源化制建材基材处理处置技术领域，也可应用于其他固废焚烧灰渣、污染土壤、污泥高温烧结处置领域。技术应用时需满足固废/危废处理处置相关管理要求，无其它环境、规模特殊要求。

5.4 技术内容

5.4.1 技术原理及工艺流程

该技术利用高温烧结的方式，将飞灰与辅助原料混合，在 1250-1300℃ 温度下高温烧结，烧结过程中通过氯化焙烧原理，易挥发性重金属以氯盐的形式挥发进入烟气，最终被捕集进入浓缩灰；同时，飞灰基质在高温烧结下固体颗粒间发生融化与黏结作用，形成致密化且具有一定强度的稳定烧结体，难挥发性重金属被固化在烧结体的致密矿物晶格中，确保固化体的永久稳定，得到重金属总量和浸出量双降低的建材基材产品。

如图 32，烧结烟气因系统负压作用流向窑尾进入烟气处理系统，先后经应急二燃室（特殊工况如启停窑或物料发生变化时开启）、急冷降温避免二噁英再合成、半干法脱酸、活性炭吸附、布袋除尘净化达标后由烟囱排入大气，布袋除尘器收集的浓缩灰暂存于封闭储罐中，飞灰高温烧结制建材基材工艺流程图见图 33。

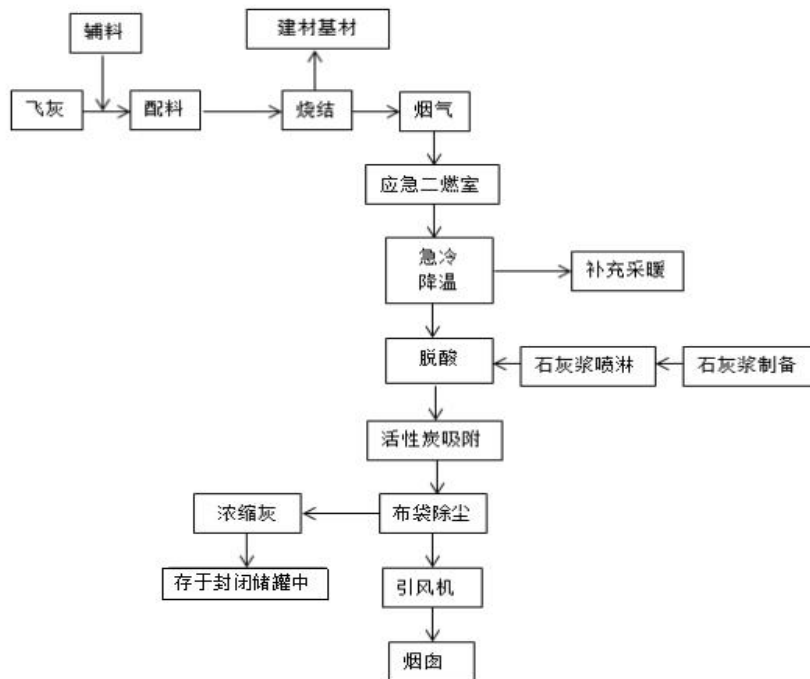
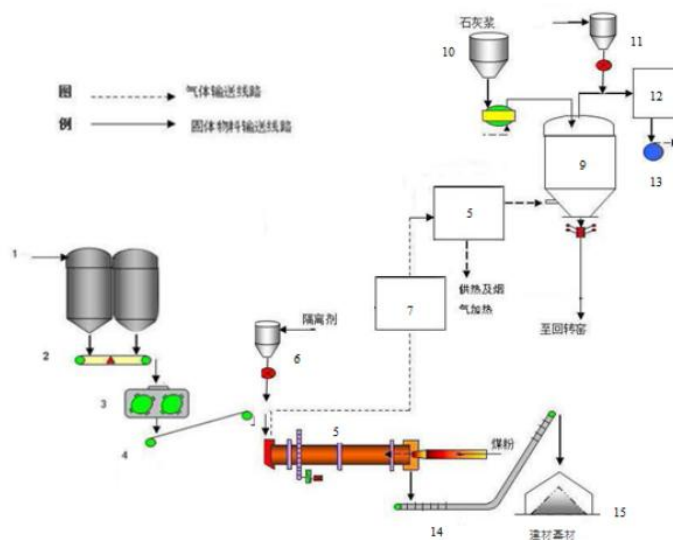


图 32 工艺流程图



1. 飞灰、辅料、药剂喂料仓；
2. 皮带秤；
3. 混料机；
4. 带式输送机；
5. 回转窑；
6. 隔离剂系统；
7. 应急二燃室；
8. 余热回收；
9. 急冷脱酸反应塔；
10. 石灰浆制备系统；
11. 活性炭喂料装置；
12. 袋式除尘器；
13. 排风机；
14. 输送机；
15. 产品储库

图 33 飞灰高温烧结制建材基材工艺流程图

5.4.2 技术创新性及先进性

(1) 资源化产品环境安全性高：利用飞灰含氯量高的特点，将易挥发性重金属从飞灰中分离出来，攻克了一般热处理技术无法实现的固废资源化产品中重

金属含量和浸出量同时降低的技术难题。

(2) 烟气达标排放、污染物浓缩富集：该技术集成二噁英高温分解技术、急冷降温技术，同时采用脱酸、除尘，使烟气达到国家标准后安全排放；烟气中重金属和氯盐绝大部分被捕集进入浓缩灰，符合污染物浓缩后集中处置原则，后期可将浓缩灰分离回收重金属及盐，进一步提高环境友好性和资源利用率。

(3) 处理成本低：与垃圾焚烧飞灰进行危废填埋相比，该技术每吨处理成本可降低约40%；与采用水泥窑协同处置相比，每吨处理成本则可降低20%-50%。

5.4.3 知识产权情况

项目课题来源为2014年天津市火炬计划产业化项目《重金属污染类固废集中处置与综合利用产业化示范项目》15YFHJGX00100；亚行技援项目《以天津为例研究城市大宗危险废弃物可持续处置示范项目》TA8963-PRC。技术获得发明专利3项，实用新型专利1项。

5.5 节能或污染防治效果

焚烧飞灰高温烧结建材基材工艺重点污染物的处置效果：通过二噁英排放和重金属固化效果体现。烟气中二噁英的检测结果均低于限值 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ ，实现达标排放，在建材基材产品重金属固化稳定化效果方面，建材基材中重金属可浸出浓度均达标。

焚烧飞灰高温烧结建材基材工艺对环境的影响：烟气中的重金属、常规污染物及二噁英均达标排放。

建材基材产品性能方面：焚烧飞灰高温烧结生产的建材基材产品的二噁英含量、重金属可浸出浓度、烧失量和放射性均符合相关标准，工艺设备运行稳定，维护管理符合技术规范中的相关要求。

5.6 技术示范情况

案例名称：天津市固废集中处置与综合利用中心

建设规模：飞灰烧结示范生产线设计处置能力5万吨/年

建设条件：符合国家产业政策要求；选址符合天津武清汽车零部件产业园的要求；采用的生产工艺具有一定优势，环保治理措施针对性强，效果显著，经治理后排放的废气、废水以及厂界噪声可实现达标，固体废物可做到合理处置，对环境的负面影响可控制在国家环保标准规定的限值内。

主要建设或改造内容：新建陶粒生产车间 1 座，包括 2 座回转窑装置；工程建成后形成年处理垃圾焚烧飞灰 5 万吨、产品陶粒 12.5m³的生产能力；新建 5 座仓库，三用二备；1 座办公楼。

关键设备：飞灰储仓、烧结助剂仓、隔离剂大储仓、螺旋喂料机、双轴搅拌机、变径回转窑、粉煤系统、喷煤燃烧系统、尾气处理系统

案例总投资额：13000 万元

建设期：3 年

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：

节能措施：在主机机电设备选型和系统设计上采取了多种节能措施，如风机采用变频调速电机、控制系统采用全计算机控制，所有设备或部件均选择节能型产品。

能源回收利用：将烟气急冷降温系统产生的余热进行回收，用于厂区集中供热；喷淋系统废水与烟气间接接触，循环利用。

资源综合利用：生活垃圾焚烧飞灰高温烧结制建材基材产品，在实现废物资源化利用的同时，可将有价资源的重金属和氯盐与烧结基质分离捕集进入浓缩灰，后期进行分离回收再利用。

经济效益良好：近三年销售收入达 2.75 亿元。

天津市固废集中处置与综合利用中心及飞灰烧结车间见图 34，飞灰高温烧结回转窑系统见图 35（左），烟气处理系统见图 35（右），飞灰高温烧结回转窑系统见图 36。



图 34 天津市固废集中处置与综合利用中心及飞灰烧结车间



图 35 飞灰高温烧结回转窑系统（左）烟气处理系统（右）



图 36 飞灰、浓缩灰储仓

5.7 成果转化推广前景

根据《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》，到 2020 年底，生活垃圾焚烧处理能力将达到 59.1 万吨/天，占生活垃圾无害化处理总量的 55%。焚烧过程中会产生 3-5% 的生活垃圾焚烧飞灰，预测 2020 年飞灰产量将达到 600-900 万吨。国家发展改革委、住房城乡建设部、生态环境部联合印发的《城镇生活垃圾分类和处理设施补短板强弱项实施方案》提出加快发展以焚烧为主的垃圾处理方式，到 2023 年基本实现原生生活垃圾“零填埋”。

该技术及配套工程设施的建设实施符合国家政策规划，满足飞灰产量剧增、填埋空间日益紧缩、急需资源化处置技术及工程项目落地的市场需求，具有广阔的推广应用前景。到 2025 年预计可建成 3-4 个同规模的固废处置中心，垃圾焚烧飞灰资源化年处置能力达 40-50 万吨。

技术 6 固定床干法脱硫-低温无氨催化脱硝一体化技术

(罗氏干法脱硫脱硝一体化技术)

6.1 技术提供方

天津滨环化学工程技术研究院有限公司

6.2 成果简介

干法脱硫技术是采用氧化催化剂把烟气中的二氧化硫先氧化成为三氧化硫然后被氢氧化钙吸收生成硫酸钙。该方法不使用氨气，烟气中的一氧化碳代替氨气作为还原剂在催化剂上催化反应生成氮气和二氧化碳。类似于 SCR 中反应方程式中 NH_3 被 CO 代替，罗氏催化剂系列为高效复合催化剂，无毒无二次污染，系为针对催化法研发生产的催化剂，可以在较宽和较低温度范围内（室温至 300°C 以下）将 NO 转化为 N_2 ，去除效果可以很方便地调节，其去除率可达到 70% 或更高。过程简单操作方便，投资运行成本均较低。由于不使用氨气，无安全隐患。

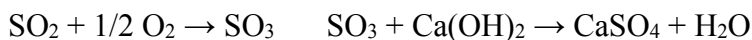
6.3 适用范围

该技术适用于钢铁、冶金、垃圾焚烧等行业。其中，烟气量特别大且污染物浓度参数特别高的前提下受限，其余均不受限。

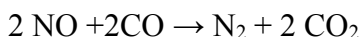
6.4 技术内容

6.4.1 技术原理

干法脱硫技术原理：烟气中的二氧化硫与烟气中残余的氧气催化氧化生成三氧化硫，然后被颗粒状氢氧化钙吸收生成硫酸钙。



低温无氨催化脱硝技术原理：采用复合催化氧化还原脱硝，不使用氨。烟气中的氧气和一氧化氮在催化剂作用下氧化生成二氧化氮，二氧化氮被烟气中的一氧化碳还原成为氮气并生成二氧化碳。



罗氏干法脱硫脱硝一体化工艺，其核心部分为天津滨环院自主研发的高效催化剂形成的脱硫材料和低温无氨脱硝催化剂。

如图 37，罗氏脱硫脱硝塔中，烟气由下部往上升，罗氏干法脱硫剂在重

力作用下从上部往下部降，与烟气进行逆行流接触。脱硫脱硝反应受烟气温度反应波动不明显，在室温至 300℃均有良好的脱硫脱硝效率。烟气由下部进入罗氏脱硫脱硝塔后，随着与罗氏脱硫脱硝一体化药剂的接触 SO_2 、 NO_x 即被脱除，烟气均布装置巧妙利用饱和脱硫剂有效拦截烟气中的灰尘，达到深度除尘的效果，净化后的烟气经净烟道汇集通过烟囱排出，且无白烟现象。

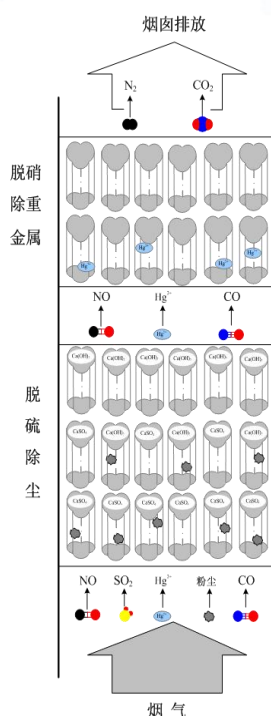


图 37 罗氏干法脱硫-无氨催化脱硝技术

6.4.2 工艺流程

以应用最多的锅炉烟气处理而言，罗氏干法脱硫-低温无氨催化脱硝一体化技术工艺流程见图 38：

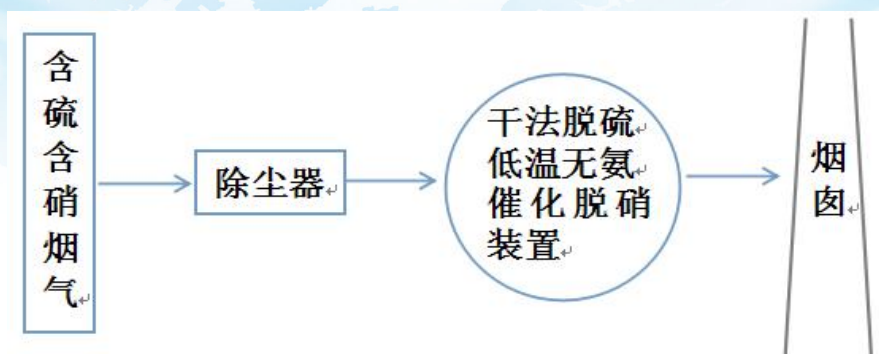


图 38 罗氏干法脱硫-低温无氨催化脱硝一体化技术工艺简单流程图流程

6.4.3 技术创新性及先进性

(1) 不使用氨气或产生氨气的原料，无安全隐患；不使用水，亦不产生废水；不存在二次污染。

(2) 反应温度低，在室温到 300℃ 以上广泛温度范围均有良好的催化活性，对烟气出口温度要求较低。

(3) 可以实现烟气脱硫脱硝一体化，同时保证根据不同规模的烟气特点确定不同的治理方案。

罗氏干法脱硫技术与传统湿法脱硫技术优缺点对比分析见表 20。

表 20 罗氏干法脱硫技术与传统湿法脱硫技术优缺点对比

技术类别	建设成本	运行成本	系统结构	是否用水	有无废水	其他二次污染	有无温度限制	管理难易程度	能耗高低	脱硫效率高	效果可否调节	占地面积空间	设备腐蚀情况
干法脱硫	比湿法低 1/3	比湿法低 1/3	简单	不使用水	无废水	无二次污染	无温度限制	一个步骤，简单	能耗极低	脱硫效率高	效果调节方便	较小	基本无腐蚀
传统湿法脱硫	较高	高	复杂	使用水	产生废水	有废渣等污染	不超过 180℃	复杂，管理麻烦	能耗很高	脱硫效率较高	效果不易调节	较大	易腐蚀、易堵塞

6.4.4 知识产权情况

该技术获得发明专利 1 项，实用新型专利 28 项。

6.5 节能或污染防治效果

该罗氏干法脱硫-低温无氨催化脱硝一体化技术与传统工艺比较，建设成本低 1/3，典型条件下后期运行成本低 1/3，装置结构占地空间节省 30%以上。无水消耗、无废水、粉尘等二次污染。脱硫脱硝效果可调节，效率可以经济地高达 99%。能耗极低，装置设备无腐蚀、无堵塞。节省人力、物力，运行维护费用降低 50%以上。可适应不同规模烟气脱硫脱硝创新系统的生产工艺运行体系，各项烟气排放指标达到国家标准要求：氮氧化物 $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，硫氧化物 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ （见表 21）。

表 21 技术环境污染防治效果数据

指标	典型燃煤循环流化床发电锅炉	典型钢厂煤气发电锅炉	典型工厂煤泥发电锅炉
烟气量	60000 Nm^3/h	251000 m^3/h	200000 m^3/h
入口	硫氧化物浓度 $\leq 500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 氮氧化物 $\leq 400\text{mg}/\text{Nm}^3$	硫氧化物浓度 $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$	硫氧化物浓度 $\leq 150\text{mg}/\text{Nm}^3$ 氮氧化物 $\leq 150\text{mg}/\text{Nm}^3$
出口	硫氧化物和氮氧化物排放水平 稳定低于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 和 $80\text{mg}/\text{Nm}^3$	硫氧化物 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$	硫氧化物和氮氧化物排放水 平稳定低于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 和 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$
是否达到标准	达到超低排放标准（2014 年国家排放标准）	达到超低排放标准	达到超低排放标准

6.6 技术示范情况

6.6.1 廊坊耀邦热力 35t/h 燃煤锅炉除尘脱硫脱硝改造项目

建设规模：35t/h 燃煤锅炉

建设条件：EPC

主要建设或改造内容：燃煤锅炉烟气脱硫脱硝除尘

关键设备：脱硫脱硝主体装置及脱硫脱硝一体化材料

案例总投资额：450 万元

建设期：90 天

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：该项目为新安装取暖锅炉嵌入式脱尘脱硝脱硫装置，烟气流量约 60000 Nm³/h，烟气温度 80℃，氮氧化物浓度约 400 mg/m³，硫氧化物浓度约 500 mg/m³。经过罗氏干法脱硫和无氨低温催化脱硝一体化技术处理，烟尘、硫氧化物及氮氧化物排放达到分别低于 10 mg/m³、30 mg/m³ 及 100 mg/m³ 处理水平，远低于当时当地环保相关要求，被当地评为环保示范工程并获得环保奖励 100 万元。2016 年供暖季，第二期工程规模扩大的项目已完成并顺利运行，新规模为 55t/h，流量 100000 Nm³/h。仅在原装置基础上增加两个模块即满足达标排放的需求（见图 39）。



图 39 廊坊耀邦热力 35t/h 燃煤锅炉除尘脱硫脱硝改造项目

6.6.2 唐山荣程特钢动力厂 15MW 高炉煤气发电锅炉脱硫处理项目

建设规模：75t/h 高炉煤气发电锅炉

建设条件：EPC

主要建设或改造内容：发电锅炉烟气脱硫

关键设备：脱硫主体装置及脱硫材料

案例总投资额：810 万元

建设期：90 天

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：采用罗氏干法脱硫技术处理实

施后达到了双方约定的环保排放指标：基准氧含量 3%下，装置出口处测定出口烟尘低于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， SO_x 低于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ （见图 40）。



图 40 唐山荣程特钢动力厂 15MW 高炉煤气发电锅炉脱硫处理项目

6.6.3 兖矿集团东华建设有限公司东滩矿电厂 3#锅炉改造项目

建设规模：75t/h 煤泥锅炉

建设条件：EPC

主要建设或改造内容：发电锅炉烟气脱硫

关键设备：脱硫脱硝主体装置及脱硫脱硝一体化材料

案例总投资额：938 万元

建设期：90 天

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：

该项目烟气量 $200000\text{m}^3/\text{h}$ ，烟气温度 150°C ，二氧化硫初始浓度 $\leq 150\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氮氧化物初始浓度 $\leq 150\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，CO 初始浓度 $\leq 1000\text{ppm}$ 。

采用罗氏干法脱硫脱硝一体化技术处理实施经过处理后烟气出口稳定达到颗粒物浓度 $< 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，硫氧化物浓度 $< 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氮氧化物浓度 $< 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，完全满足超低排放标准。被兖矿集团称为“助推兖矿集团蓝天工程关键项目”（见图 41）。



图 41 兖矿集团东华建设有限公司东滩矿电厂 3#锅炉改造项目

6.7 成果转化推广前景

目前，该技术在工业锅炉、水玻璃窑炉、生物质锅炉、垃圾焚烧炉等烟气处理已获得理想应用，克服了传统方法为获得较高的氮氧化物转化率而反应温度必须高于 300°C 的弱点，且无需选用氨气或产生氨气的材料作为还原剂，使脱硝的温度区间与脱硫温度区间基本一致，利于实现脱硫脱硝的耦合一体化。该项目突破了传统脱硫脱硝方法的限制性环节，并在其基础上进行了再创新。

针对钢铁、冶金、垃圾焚烧行业不同烟气流量下，进行了脱硫脱硝工艺技术参数的优化匹配，使之适用于不同类型、不同烟气量和不同含尘量的烟气治理。与传统工艺比较，建设成本低 $1/3$ ，典型条件下后期运行成本低 $1/3$ ，装置结构占地空间节省 30% ，节省人力、物力，运行维护费用降低 50% 以上。目前市场占有率约为 5% 。

该技术可以有效缓解工业锅炉、炉窑、垃圾焚烧炉等燃烧设备所面临的 $\text{PM}_{2.5}$ 和环保危机。该技术的同类产品已成功应用在工业锅炉领域，并有多个成功运营的案例。对工业行业环保技术改造具有推动作用和积极意义，推动我市以及京津冀地区烟气二氧化硫和氮氧化物排放源的有效治理。

技术 7 超低氮高效冷凝式供热装置与示范

7.1 技术提供方

蓝焰高科（天津）燃气技术有限公司

7.2 技术简介

超低氮高效冷凝式供热装置采用金属纤维燃烧器，集成高效变频技术、低氮技术、冷凝技术于一体，使总能效明显提升，达到高效、节能、环保的目的。深度优化设计了铸铝换热器结构，增强了水道和烟道的换热能力，降低水流阻力，有效避免换热器局部高温，遏制氮氧化物的产生。

7.3 适用范围

民用、商用建筑区域供暖，食品、化工行业热水供应，燃煤锅炉改造，燃气锅炉低氮升级改造。运行条件不受气候、地理环境限制，可根据末端用热负荷特征选择最佳热源组合，与现有供热管道系统兼容，可直接替换传统供热锅炉。

7.4 技术内容

7.4.1 技术原理

如图 42 和图 43 所示，超低氮高效冷凝式供热装置集铸铝换热器、燃烧器、烟道、水道于一体。铸铝热交换器具有良好的抗腐蚀性，能在有限体积内，采用肋柱增大换热面积。燃烧室及出入口位于主热交换器上方，进水口位于底部，水流自下而上，温度逐渐增加，烟气自上而下温度逐渐降低，营养流动，以保证热交换之中各点都能进行充分热交换，吸收烟气中的显热和大部分水蒸气潜热，有效降低排烟温度，使烟气中的水蒸气冷凝析出，达到高效、节能、环保的目的。

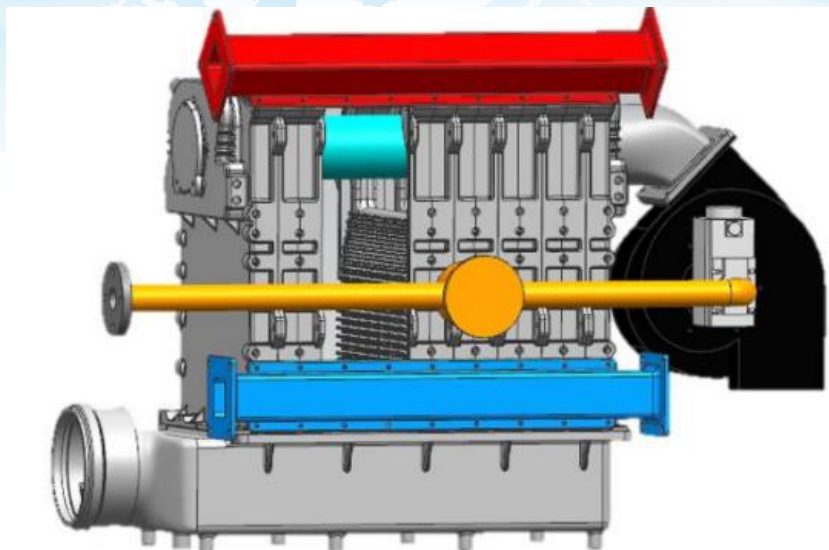


图 42 超低氮高效冷凝式锅炉本体

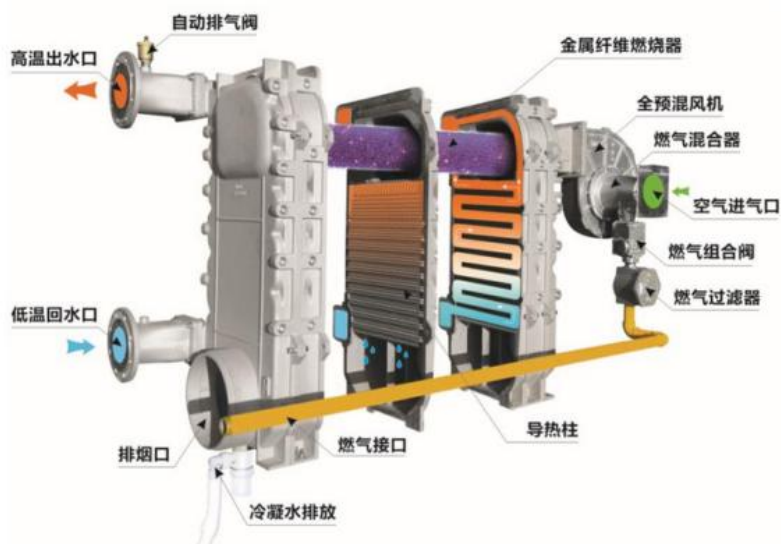


图 43 超低氮高效冷凝式锅炉原理

核心工艺：

(1) 金属纤维燃烧器

全预混金属纤维燃烧器是全预混后的空气和天然气进入燃烧室之后进行燃烧的器具，该燃烧器具有安全无回火、热惯性小、耐高温、冷却快等优势，可以使天然气在充分燃烧的同时，降低空气的需求量，提高烟气的露点，使烟气尽早进入冷凝阶段，以进一步提高燃烧效率。利用金属纤维表面燃烧的蓝焰效应（图 44），将火焰温度控制在 850℃ 左右，可大幅度减少热力型氮氧化物产生；由于

火焰径向燃烧，火焰长度小于 100 mm，燃烧速度极快，基本杜绝了快速型氮氧化物的产生，从而促使氮氧化物排放低于 30mg/m³。

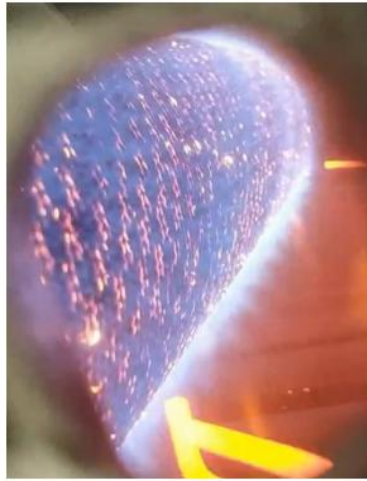


图 44 蓝焰效应

(2) 高效变频技术

通过智能控制系统自动调节火焰大小来满足实际热负荷需求。当热用户短时间需要快速升温时，回水温度传感器会给到变频控制系统一个信号；变频系统调节输出功率，以求在最合理的时间满足热用户供热需求。根据负载的不同自动调整进入燃烧室的燃气和空气量。进入燃烧室的空气量不足或过多、天然气量不足或过多，都会引起点不着火或者点着立马就灭等情况出现，对此类情况就需要通过控制系统后台程序调整混合比，从而达到正常比例。

(3) 冷凝技术

具有独特热利用原理，充分利用燃烧过程中的显热和烟气中水蒸气凝结所释放的气化潜热，以提高锅炉整体热利用率，节约天然气，高效冷凝换热器是一些发达国家冷凝锅炉的主流配置。使排烟温度降至 60℃ 以下，从原理上有效回收烟气中高温水蒸气的热量，锅炉热效率随冷凝排烟温度变化。

7.4.2 技术创新性及先进性

- (1) 燃烧室炉膛面积相比其他同类产品大 50%，炉膛表面温度更低；
- (2) 炉膛周围的水道采用回转式设计，从结构上避免了同类产品应用过程中出现的干烧现象；

(3) 换热器本体水容积比其他同类产品大 22%，水道截面积增加，水道倒角经过仿真优化设计，水阻力更小，结垢可能性降低；

(4) 水道内部独特的导流槽设计，增加了换热面积，紊流效果增强，进而强化了内部传热。

7.4.3 知识产权情况

该项技术获得实用新型专利 2 项，外观设计专利 6 项。

7.5 节能或污染防治效果

超低氮高效冷凝式供热装置采用独特的换热器结构设计，确保炉体温度分布均匀，避免局部高温，有效遏制 NO_x 生成，实现超低氮氧化物排放， $\text{NO}_x \leq 30\text{mg/m}^3$ ，严格控制在国家排放要求范围内。装置所采用的燃气金属纤维燃烧器，可实现 15~100% 负荷调节，通过比例调节阀和变频风机的调节，保证最佳空燃比，降低烟气冷凝温度点，有效回收烟气中的水蒸气潜热，总的热效率高达 108%。

高效低氮冷凝燃气锅炉在节能方面具有以下优势：

(1) 采用世界先进的冷凝换热器，可将排烟温度控制在 60°C 以下；

(2) 采用全预混技术，实现天然气与空气 100% 全预混，避免空气过量（冷空气吸收热量后直接排出）或燃气过量（燃烧不完全造成能源浪费）造成的燃料、热量浪费，有效提高燃料利用率，提高锅炉综合效率，降低氮氧化物排放；

(3) 采用先进的智能控制系统自动调节火焰大小，输出比例由 15% 至 100% 实现曲线输出，避免档位式输出造成的能量过剩或不足的问题，较 15% 至 100% 的调节更加机动灵活，响应迅速，能有效提高锅炉效率，节约天然气，提高收益。综合节能约 30%，节能环保优势明显。

7.6 技术示范情况

案例名称：超低氮高效冷凝式供热装置项目

建设规模：1753 m^2

建设条件：新建中小型生产车间

主要建设或改造内容：厂房改造、建立配件仓库、组建生产线、搭建测试平台

关键设备：起重机、燃气调压撬、测试仪器

案例总投资：500 万元

建设期：1 年

能源（资源）、生态、环境及经济社会效益：超低氮高效冷凝式供热装置总能效达 108%，氮排放低于 30mg/m³。

7.7 成果转化推广前景

7.7.1 技术成果发展现状及市场前景

随着节能减排政策的实行，全民低碳意识普遍提高，冷凝技术是未来的发展趋势。从能源结构看，天然气作为一种洁净环保能源必定会被广泛应用。近年来，冷凝燃气锅炉显现出明显的优势，低氮冷凝锅炉燃气锅炉成为锅炉市场主导是大势所趋。预计到 2025 年在产业或领域内可达到的市场推广比例达 70%以上。

7.7.2 技术成果转化推广障碍

从燃煤到燃气，由于能源结构发生改变，国内一时未有低氮冷凝燃气锅炉配件供应企业，主要配件依赖进口，个别配件即使国内能生产但产品质量与国外相比存在差距，部分不足如下：

- (1) 控制程序未实现国产化，将会给现场操作人员带来沟通障碍。
- (2) 针对国内天然气压力不稳，比如由于该设备瞬间点火需要较高的用气量，点火时经常会因为瞬间抽空管道内的天然气，燃气安全阀锁死而无法点着火。
- (3) 该设备为常压，不能承压，故要增加板换费用。

技术 8 ECO-ITS 生态智慧交通诱导系统

8.1 技术提供方

南开大学，爱易成技术（天津）有限公司

8.2 技术简介

ECO-ITS 属于国内首创，在智能车路协同领域处于领先地位。创新发明智能交通车速诱导方式，颠覆传统交通信号控制的理念，改变了车辆在路口红灯排队等待方式；车辆可根据路状及驾驶习惯，选择合理的驾驶速度区间，实现在绿灯区间到达路口并安全通过，降低路口积压时间，减少车辆启停频次，提高道路通行效率，从而达到缓解拥堵、降低能耗和污染物减排的多重目的，具有高度系统集成性和推广应用前景。

8.3 适用范围

适用于交通、环保等领域。落地推广需要与交管部门合作，与道路交通信号灯的信息进行交互联动。

8.4 技术内容

8.4.1 技术原理

通过对机动车车速优化诱导的方式，提高路口车辆通过效率，实现智能化、常态化、区域化的“绿波带”；通过物联网加移动互联网的技术手段，实现“车路协同”，诱导车辆通过合理调整车速，实现在绿灯区间到达路口并安全通过，降低路口积压时间，减少车辆启停频次，从而提高道路通行效率，快速释放交通道路资源，ECO-ITS 拓扑图见图 45。

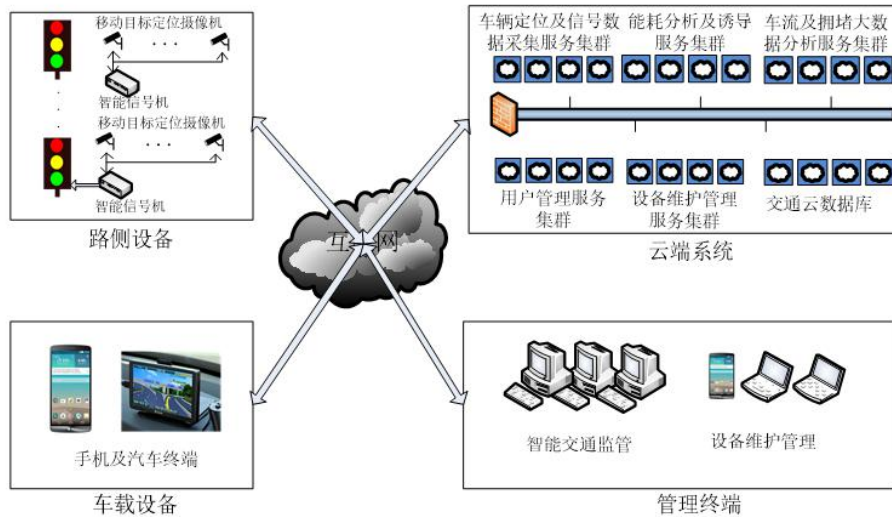


图 45 ECO-ITS 拓扑图

该系统通过获取各路口交通信号控制机的实时数据，计算出目标车辆在绿灯时段到达路口的速度区间，使用者可以通过智慧交通诱导 APP 软件、车速诱导终端或者绿波速度诱导屏三种设备终端，按照系统提示实现路口不停车高效率地通过路口。

智慧交通诱导 APP 软件（界面见图 46），可以是汽车液晶仪表盘内置电脑的嵌入式软件。软件通过 ECO-ITS 平台获取绿灯时段到达前方路口的速度区间，并显示到相应的仪表盘上，司机根据诱导速度区间进行驾驶。



图 46 智能交通诱导APP软件界面

车速诱导终端（界面见图 47）是用于车速诱导的硬件设备，可用于普通民用车辆，也可以用于禁用手机条件下的特种车辆。



图 47 车速诱导终端界面

绿波速度诱导屏（见图 48）是安装在某一路段的开始位置或者中间位置，

用于显示当前位置的车辆可以在绿灯时段到达一下路口的速度区间，该设备部署在道路侧面或者上方，方便没有安装车速诱导系统的车辆使用。



图 48 绿波速度诱导屏

8.4.2 技术创新性及先进性

ECO-ITS 属于国内首创，在智能车路协同领域处于领先地位，主要体现在：

(1) 创新发明的智能交通车速诱导方式，颠覆了传统交通信号控制的理念，改变了车辆在路口红灯排队等待方式；车辆可根据路状及驾驶习惯，选择合理的驾驶速度区间，实现在绿灯区间到达路口并安全通过，提高路口车辆通过效率。

(2) 车流检测技术：通过摄像头全面覆盖道路，成像照片坐标到空间坐标的转换，确定车辆的经纬度坐标，速度和方向，从而获取更全面的车流信息。

(3) 结合物联网、互联网技术对动态数据和静态数据进行分离，静态数据与位置进行关联，动态数据通过动态订阅的方式来实现，从而以较低成本实现多对多的动态、高并发数据的传输及分发方式。

8.4.3 知识产权情况

该技术获得发明专利 3 项，实用新型专利 1 项，软件著作权 4 项。此外，以 ECO-ITS 为作为重要技术核心的项目“治霾智策——为我国城市交通污染防治决策赋能”在 2020 年“挑战杯”天津市大学生创业计划竞赛中获得金奖。

8.5 节能或污染防治效果

为评估 ECO-ITS 在真实场景下的使用效果，在天津市在 ECO-ITS 安装试点区域内，选取国 V 重型货车在天津市典型行驶道路（高王路、福发路）进行了实际道路车载排放测试。

测试车辆使用 ECO-ITS 前后，行驶距离与速度变化关系如图 49 所示，在交叉口附近，ECO-ITS 对车辆行驶行为存在明显的影响，停车及加减速次数明显减少。

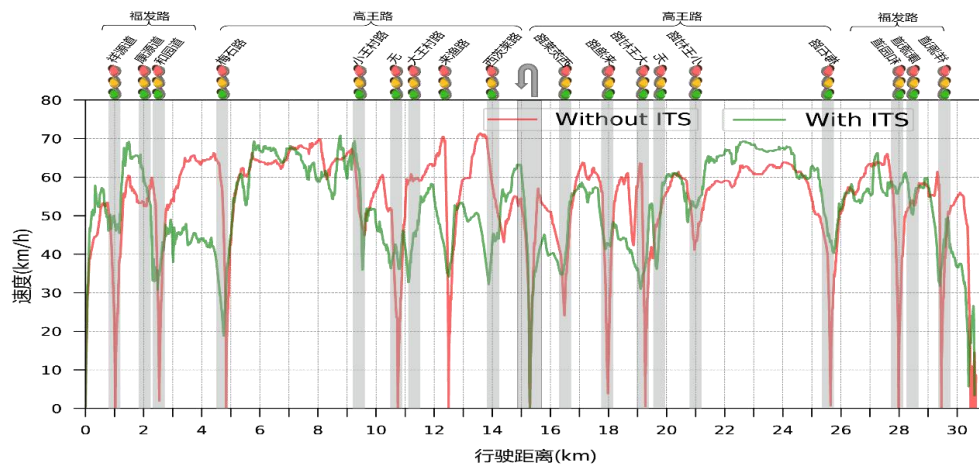


图 49 测试车辆行驶距离与速度变化

将测试路程按步长为 1km 划分，分析使用 ECO-ITS 前后试验车辆 NO_x 排放及油耗情况，如图 50 所示，柱形图表示对应单位行程内车辆 NO_x 的排放因子 (g/km)，折线图表示对应单位行程内排放因子及油耗的差值。测试车辆使用 ECO-ITS 后，NO_x 减排及油耗减排折线在测试行程中主要分布于零刻度线上方，表明测试车辆在测试过程中每单位里程的 NO_x 排放及燃油消耗多为下降状态。

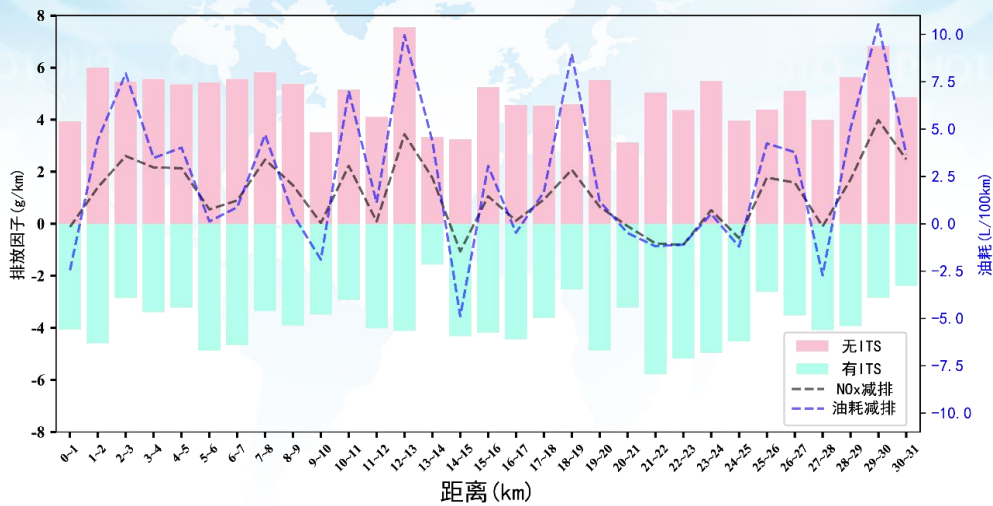


图 50 有无 ECO-ITS 污染物减排量和油耗削减量

对测试车辆使用 ECO-ITS 前后污染物排放因子及油耗进行对比，如图 58 所示，车辆使用 ECO-ITS 后，测试车辆 CO₂、NO_x、PN 排放因子和百公里油耗分别下降 20%，24%，26% 和 11%。

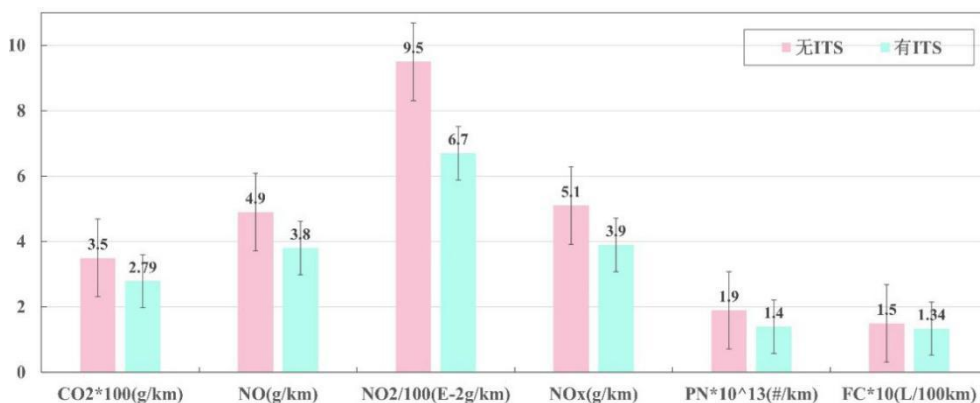


图 51 有无 ECO-ITS 不同污染物排放因子对比

综上所述，使用 ECO-ITS 后，驾驶员可提前感知前方路口的灯时变换情况，从而提前控制车速，有效提升绿灯期间车辆驶出率（2 倍左右），不同车型污染物减排 9.2%-26.7%，油耗下降 10%-17.1%，从而达到提高道路的通行效率、降低能耗和污染物减排的多重目的。

8.6 技术示范情况

ECO-ITS 已在天津市武清区、河北省廊坊市、江苏省宿迁市进行了试点安装，

配套的车速诱导 APP 已经同步上线多家应用商店。同时，根据多次试验结果，结合空气质量模型，对廊坊市进行规模化应用 ECO-ITS 后的情景模拟评估，结果表明：全面使用 ECO-ITS 后，仅此一项措施可使廊坊市本地大气中 NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的浓度水平分别下降 3% 和 2%，也使 O_3 污染得到一定程度改善。

试点期间，用户及地方管理部门对 ECO-ITS 反响较好。对用户而言，使用 ECO-ITS 可以降低燃油消耗，有效降低出行成本；对于地方管理部门而言，ECO-ITS 的规模化的应用可以有效节能减排、疏堵保畅。

8.7 成果转化推广前景

在交通强国的大战略背景下，我国智慧交通行业的总体规模将维持 20% 以上的复合增长率，并将在 2023 年达到 1300 亿元，相关技术成果落地转化应用具有广阔的市场前景。该项目开发的智慧交通车速诱导技术，可以有效降低居民出行燃油费用。以现有实验结果粗略计算，以天津市例，应用智能交通车速诱导系统后，仅节约油耗成本每辆车每年就可达 1300 元，每年全市节约油耗成本约 40 亿元，市场前景广阔。

该技术目前处于中试阶段，目前应用推广的瓶颈主要如下：

(1) 城市路网交通信号控制器供应商众多，灯时数据存在数据孤岛，能否与公安局交通管理部门展开合作，实现灯时等数据共享成为应用推广的关键；

(2) 局部道路试点安装难以形成全局优化的交通网络，目前的试点安装主要实现路到车的信息反馈（提供速度区间），难以实现车到路的信息反馈（灯时优化调控），规模化的区域安装有助于形成双向信息反馈，从全局角度进一步优化交通网络，进而提升节能疏堵效益。

