



中国科学院生态环境研究中心

Research Center for Eco-Environmental  
Sciences Chinese Academy of Sciences



# 应用科技成果汇编 大气污染控制技术

中国科学院生态环境研究中心

# 生态环境研究中心概况

中国科学院生态环境研究中心（简称“生态环境中心”）前身为1975年经国务院批准建立的中国科学院环境化学研究所，1986年与中国科学院生态学研究中心（筹）合并成立，是我国第一个生态环境科学（Eco-Environmental Sciences）综合研究机构。

生态环境中心遵循中国科学院新时期办院方针，面向世界科技前沿，面向国家重大需求，面向国民经济主战场，致力于环境科学、环境工程、生态学和环境生物学等方面的科学与技术创新，为国家环境安全、社会经济可持续发展和生态文明建设做出基础性、战略性和前瞻性重大贡献。研究方向主要包括环境与健康、水污染、区域生态、大气污染、土壤环境、固废处置、环境生物技术和环境纳米技术等。

生态环境中心现有在职职工533人，其中中国科学院院士3名、中国工程院院士2名，研究员139人、副研究员和高级工程师173人。国家基金委杰出青年科学基金获得者23人，国家基金委创新研究群体5个。

生态环境中心现有12个实验室，其中3个国家重点实验室，1个国家工程研究中心，2个中国科学院重点实验室。具有先进的技术支撑系统，主办生态与环境领域11种期刊。

生态环境中心充分发挥在国家生态环境科技创新体系建设中的引领作用，以环保高新技术为依托，通过技术开发、转让、咨询和服务等多种方式与地方政府、企事业单位开展密切合作，努力实施成果转化，取得了显著的社会效益和经济效益，为国家生态环境保护战略决策提供科学依据和有力支撑，为我国环保高新技术产业化提供重要技术源泉。

# CONTENT

目 录

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 室内空气常温催化净化甲醛技术 .....                  | 02 |
| 新型高效空气净化消毒催化材料 .....                  | 03 |
| 局部环境空气质量提高净化催化材料 .....                | 04 |
| 城镇工作与居住区固定源烟气脱硝技术 .....               | 05 |
| 燃煤工业锅炉低温 $\text{NH}_3$ -SCR脱硝技术 ..... | 06 |
| 重型柴油车排放污染净化技术 .....                   | 07 |
| 常温及低温催化分解臭氧技术 .....                   | 08 |
| 复合式生物除臭反应器 .....                      | 09 |
| 大气中 $\text{NO}_x$ /PAN在线分析仪 .....     | 11 |
| 大气中挥发性有机物在线分析仪 .....                  | 13 |
| 吸附及催化氧化挥发性有机污染物技术 .....               | 15 |
| 绿色醇类重整制氢技术 .....                      | 16 |



## 室内空气常温催化净化甲醛技术

项目成熟阶段

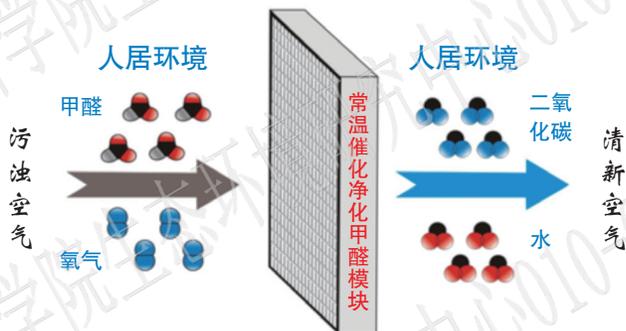
实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况：**中国科学院生态环境研究中心大气污染控制中心研究开发的新型、环境友好、安全、经济的室内空气甲醛净化催化剂，可用于室内空气甲醛的催化氧化，在各种湿度的室温条件下可将甲醛转化为无害的二氧化碳和水。

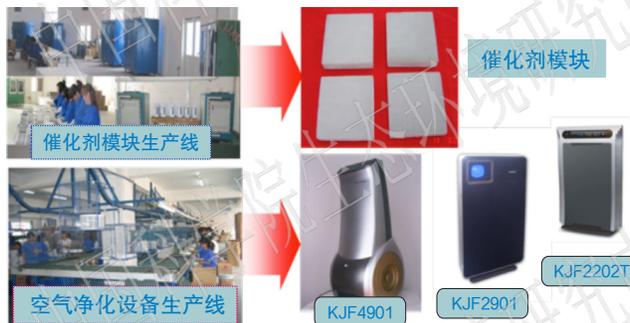
**技术特点：**该技术涉及一种在多孔性无机氧化物载体上高度分散的贵金属Pt系列催化剂，这种高分散Pt和空气接触，室温条件下就可以活化空气中的氧，使其在室温下完全催化氧化甲醛到无害的水和二氧化碳，实现了室温条件下对室内空气中甲醛的室温高效催化净化（如图1），使用时不



常温催化净化甲醛技术示意图

需要光源和任何其它附加的外在条件，室温工作，节约能源，运行费用几乎为零。

**应用情况：**常温催化氧化净化甲醛技术转让给北京亚都空气净化技术有限公司，北京亚都公司等已经建成了3条常温催化净化甲醛材料生产线，开发了6款新型空气净化器（如图2），净化器年生成能力达到约10万台。



常温催化净化甲醛技术生产线和相关产品

**市场预测：**我国未来几年内室内空气净化设备的市场需求极为广阔，因为该技术的转化将会产生更大的经济效益和社会效益。

# 新型高效空气净化消毒催化材料

## 项目成熟阶段

 实验室研发

 中试放大

 成熟应用

**概况及应用领域：**密闭空间空气中微生物可诱发多种呼吸道疾病，严重危害人类的健康与生命安全。中国科学院生态环境研究中心大气污染控制中心研发了不需要任何光电能源的安全、高效、长效的催化消毒杀菌材料，可在5 min内完全杀灭材料表面的SARS冠状病毒、细菌、真菌等病原微生物；整合高效过滤、臭氧、催化复合技术研发的新型空气净化设备对30 m<sup>3</sup>测试舱中噬菌体病毒和H1N1流感病毒的单位小时去除率优于99.99%；上述材料和技术可用于个人防护用品与建筑装修材料、家具、家电、玩具、衣物等领域的抗菌，以及空气净化设备与新风、空调系统等对密闭空间空气消杀领域。

**技术特点：**该材料与技术通过活化空气中的氧分子所产生的活性氧物种，使吸附于催化剂表面的微生物氧化分解灭活，不需要加热、光照和使用化学药剂，高效节能；抗菌材料表面具有自净功能，微生物可以被彻底氧化分解成无害的二氧化碳和水，脱离催化剂，进而重新露出具有杀菌作用的材料表面，可以不断重复使用；该材料和技术可避免二次污染，对空气消毒和净化过程中不会对人体和生态环境构成任何伤害。催化抗菌材料可以按照不同的使用要求预先加工成粉末或颗粒，掺杂到布料、塑料、油漆、涂料、木材中使其具有抗菌性能，也可以加工成模块应用到空调、净化设备、新风系统中，可应用范围广。

### 专利和获奖情况：

- (1) 一种室温下催化空气中氧气消毒和净化室内空气的氧化催化剂，ZL03136173.0；
- (2) 一种纳米氧化铈载银催化剂、制备方法及其用途，ZL 201310047608.5；
- (3) 一种二氧化锰纳米棒载银催化剂、制备方法及其用途，ZL 201310415519.1；
- (4) 2011年国家技术发明奖二等奖。

**示范与应用：**目前已建成200吨/年杀菌催化材料中试放大生产线。与公司合作将抗菌材料应用到无纺布和空调滤网中，对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠菌、噬菌体病毒的单位小时去除率大于99.99%，相关滤网已在中科院生态环境研究中心空调应用600多套；将抗菌材料应用到口罩中，5小时对新冠病毒的杀灭率为97%；研发的空气净化设备在武汉协和医院和金银潭医院示范应用，为疫情防控做出了贡献。

**合作方式：**技术转让、技术开发、技术服务



抗菌无纺布和滤网



灭活新冠病毒口罩



空气消毒净化器

## 局部环境空气质量提高净化催化材料

项目成熟阶段

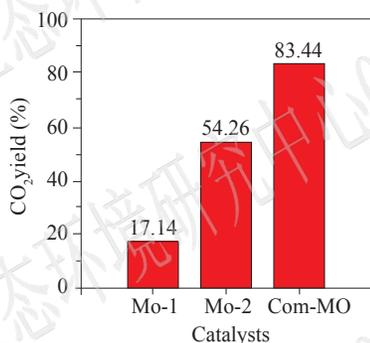
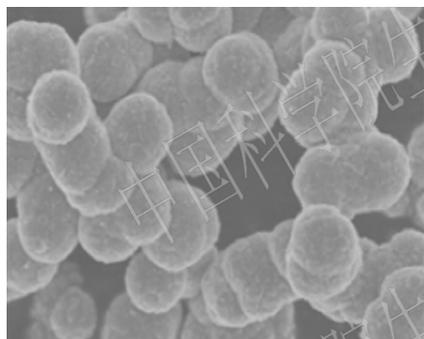
实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况及应用领域：**采用高活性的纳米金、氧化物催化材料作为室温空气净化催化剂，局部环境内化学污染物一氧化碳和甲醛通过纳米催化剂床层，在空气的作用下，完全氧化为二氧化碳，臭氧通过纳米催化剂床层，分解为氧气。使用该催化技术，在合适的反应条件下，局部环境内污染物一氧化碳、甲醛和臭氧的去除率一般为80-90%。该技术可用于中央空调、空气净化器等室内空气净化系统，实现室内化学污染物的高效率去除。在实际应用中，纳米氧化物催化材料可与涂料、胶粘剂、布料等结合以去除甲醛等污染物，纳米催化去除技术还可与其他技术（比如等离子体技术）进行结合或耦合。

**技术特点：**合成的纳米金、氧化物为纳米复合催化剂，载体具有多孔或多层结构，有利于污染物以及氧气的传输，传输过程中反应物以及氧气可与金活性位充分接触活化，完成反应物的氧化过程，使反应物转化为二氧化碳。臭氧通过载体的孔道或层隙，与活性金位接触，催化分解为氧气。所合成的纳米金、氧化物催化材料具有较高的室温催化稳定性。应用催化反应过程技术，实现了一氧化碳、甲醛以及臭氧在室温下的同时去除。



催化材料微观结构及活性

**专利和获奖情况：**该技术具有我国独立知识产权，关键材料与合成工艺均已授权国家发明专利。

**示范与应用：**该技术已经实现与典型空气净化器的搭载，可用于空气净化器中。也可与其他技术（比如等离子体技术）进行结合或耦合，实现局部环境内化学污染物的高效率去除，可用于中央空调空气净化系统中。

# 城镇工作与居住区固定源烟气脱硝技术

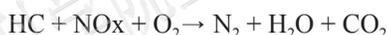
项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况：**如何设计、开发高效环保，适用于不同类型固定源烟气氮氧化物（NO<sub>x</sub>）排放控制技术是一个世界性的难题。具有自主知识产权的、基于银/氧化铝-乙醇组合体系的碳氢化合物选择性催化还原NO<sub>x</sub>（HC-SCR）技术，以无毒害的乙醇代替传统的还原剂氨，在银/氧化铝催化剂的作用下，将烟气中NO<sub>x</sub>选择性还原为氮气。



整个后处理系统由催化转化塔、气气换热器、还原剂存储与添加装置以及匹配控制系统构成。

**技术特点：**与目前大规模应用的氨选择性催化还原NO<sub>x</sub>（NH<sub>3</sub>-SCR）技术相比，该技术避免了有毒、腐蚀性高、刺激性强气体氨的排放，环境友好，适合于城镇工作区与居住区固定源烟气脱硝，尤其是我国北方燃气采暖锅炉烟气NO<sub>x</sub>排放控制。银/氧化铝-乙醇的组合体系，具有优异的NO<sub>x</sub>净化效率，即使在反应空速为30000h<sup>-1</sup>时，NO<sub>x</sub>的净化效率高达90%以上，较传统的V-W-TiO<sub>2</sub>催化剂具有更高的反应空速特性，能大幅度降低催化剂的使用量，减少占地面积，适用于未曾预留脱硝空间的已有锅炉烟气NO<sub>x</sub>排放控制。

**适用范围：**城镇工作与居住区固定源烟气脱硝，以及未曾预留脱硝空间的已有锅炉烟气NO<sub>x</sub>排放控制。

**应用情况：**本技术在中国科学院生态环境研究中心燃气供暖锅炉上进行烟气脱硝示范。示范锅炉型号：WNS 2.8-1.0/95/70-Y(Q)；烟气排量：2500 Nm<sup>3</sup>/h；NO<sub>x</sub>原始排放：94 mg/Nm<sup>3</sup>（70 ppm）；设计脱硝效率：70-90%；乙醇逃逸浓度：<10 ppm。



示范点：生态中心燃气供暖锅炉  
锅炉型号：WNS 2.8-1.0/95/70-Y(Q)  
燃气用量：81.8-171.6 Nm<sup>3</sup>/h  
烟气排量：6000 Nm<sup>3</sup>/h  
排气温度：130-140°C  
NO<sub>x</sub>原始排放：50-70 ppm  
催化体系：2.1%银/氧化铝-乙醇体系  
脱硝效率：70-90%  
乙醇逃逸：<10 ppm

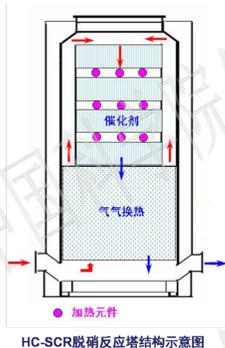


图1 HC-SCR脱硝反应塔结构示意图

图2 HC-SCR脱硝催化转化装置

# 燃煤工业锅炉低温NH<sub>3</sub>-SCR脱硝技术

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

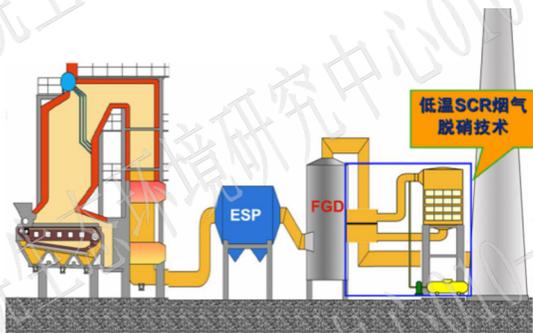
成熟应用

**概况：**我国在固定源NO<sub>x</sub>排放控制技术方面与世界发达国家的水平存在明显的差距，特别是在工业应用方面，缺乏应有的技术储备与关键技术支撑。而且由于我国固定源NO<sub>x</sub>排放的特殊性，使国外普遍采用的V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/TiO<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub>-SCR体系在工业实际应用中仍存在难以解决的问题。本项目利用自主开发的高效低温脱硝催化剂，可在约140℃实现NO<sub>x</sub>的高效净化，适用于我国燃煤工业锅炉的烟气脱硝，可置于除尘器甚至脱硫装置之后。

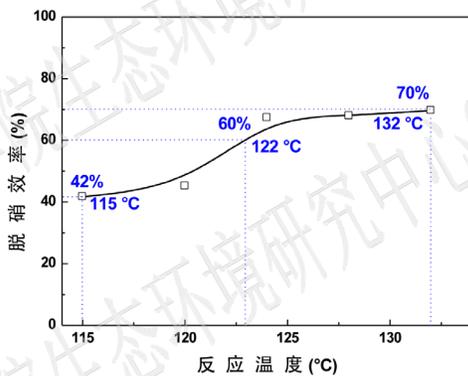
**技术特点：**适用于我国燃煤工业锅炉的烟气脱硝，可置于除尘器甚至脱硫装置之后，一方面可避免烟气的预热耗能，便于和现有的锅炉系统相匹配，降低脱除NO<sub>x</sub>成本，另一方面可以缓解SO<sub>2</sub>、粉尘以及碱金属对催化剂的毒化和堵塞，延长催化剂的使用寿命。

**适用范围：**工业锅炉和工业窑炉等烟气脱硝净化。

**应用情况：**低温脱硝示范在广州某公司的自备电站进行，该电站为30 t/h的循环流化床燃煤锅炉，锅炉烟气先后通过静电除尘器和湿法脱硫塔进行除尘脱硫。1) 设计烟气量2000~5000m<sup>3</sup>/h；2) 设计烟气温度40~100℃；3) 烟气含湿100%；4) 烟气中NO<sub>x</sub>浓度为300~1000 mg/m<sup>3</sup>，5) 脱硝效率≥70%，氨逃逸量<5 ppm，催化剂设计寿命不低于15,000小时。



低温NH<sub>3</sub>-SCR脱硝技术示意图



低温脱硝示范装置及净化效率

# 重型柴油车排放污染净化技术

项目成熟阶段

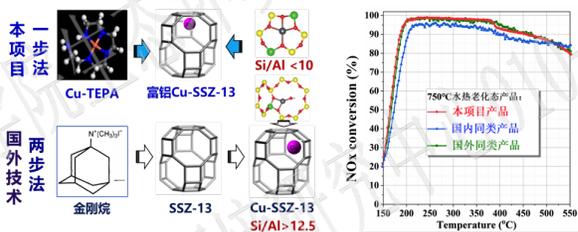
实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况及应用领域：**如何高效净化柴油机尾气主要污染组分氮氧化物（NO<sub>x</sub>）与颗粒物（PM）是一个世界性的难题。本项目研发的催化后处理系统能高效净化柴油机尾气NO<sub>x</sub>，满足国VI限值要求。该系统以氨选择性催化还原NO<sub>x</sub>（NH<sub>3</sub>-SCR）为技术路线，开发了具有自主知识产权的富铝型铜基小孔分子筛NH<sub>3</sub>-SCR催化剂，打破了国外技术垄断。整个后处理系统由催化转化器、还原剂存储与添加装置以及控制系统构成。该催化后处理系统的应用对象为中重型柴油车，结合机内调整措施与柴油机颗粒物捕集装置，可使国产柴油车污染物排放全面满足国VI排放标准。并辐射在用车污染排放治理。

**技术特点：**基于尺寸匹配原理设计了高性价比模板剂Cu-TEPA，一步法直接合成了富铝型Cu-SSZ-13小孔分子筛NH<sub>3</sub>-SCR催化剂，实现了分子筛结晶和原位赋铜的有机结合，使其存在更多高稳定的Cu<sup>2+</sup>-2Al的活性Cu物种，实现了NH<sub>3</sub>-SCR活性和水热稳定性的同步提升，突破了国外技术和专利壁垒。



### 专利和获奖情况：

- (1) 一种复合沸石SCR催化剂及其制备方法与应用，ZL 2022 1 0507457.6；
- (2) 一种改性Cu-SSZ-13催化剂及其制备方法和用途，ZL 201811384601.1；
- (3) 一种Cu-SSZ-39分子筛及其制备方法和用途，ZL201910893913.3；
- (4) 2019年国家自然科学奖二等奖；
- (5) 入选国家“十三五”科技创新成就展。

**示范与应用：**建设了300吨/年的满足国VI标准的富铝型Cu基小孔分子筛NH<sub>3</sub>-SCR催化剂生产线，已在近40万辆国VI柴油车上实现了应用，随着国VI标准的持续实施，应用规模将进一步扩大。

**合作方式：**技术转让、技术开发、技术服务



## 常温及低温催化分解臭氧技术

### 项目成熟阶段

 实验室研发

 中试放大

 成熟应用

**概况及应用领域：**中国科学院生态环境研究中心大气污染控制中心研究开发的新型、环境友好、安全、高效、经济的臭氧净化催化剂，可用于常温或低温密闭空间空气臭氧、静电除尘尾气臭氧、水处理尾气臭氧和大气环境低浓度臭氧的催化分解，在各种湿度的室温/低温条件下可将臭氧直接分解为氧气。

**技术特点/设备参数：**该技术涉及一种低成本的Mn基系列催化剂，这种Mn基催化剂和含有臭氧的气体接触，室温或低温条件下就可以将臭氧分解为氧气，使用时不需要光源和任何其它附加的外在条件，室温或低温工作，节约能源，运行费用几乎为零。催化材料可在室温甚至低温下高效分解臭氧为氧气，此催化材料可以按照不同的使用要求预先加工成颗粒、涂料、模块等各种形式，适用于各种需要分解臭氧的场所，可应用范围广。可以应用于水处理臭氧尾气、消毒机或消毒柜、个人防护产品、空气净化设备、高空飞行器、建筑物外表面或机动车散热器等。

### 专利情况：

(1) 一种室温高湿度下分解臭氧的铈锰催化剂、制备方法及其用途，ZL201410234630.5。

(2) 一种分解臭氧的银锰催化剂、其制备方法及用途，ZL201911019524.4。

(3) 一种用于臭氧分解的涂料及其制备方法和用途，ZL202010286197.5。

(4) 一种用于分解臭氧的催化剂及其制备方法，ZL202011139638.5。

(5) 一种自负载型催化剂及其制备方法和应用，ZL202210222239.8。

(6) CERIUM MANGANESE CATALYST, PREPARATION METHOD THEREFOR AND USE THEREOF, Patent No.: US 11,684,908B2。

**市场分析/应用前景：**我国未来几年内臭氧净化材料和设备的市场需求极为广阔，因此该技术的转化将会产生更大的经济效益和社会效益。

**示范与应用案例：**目前已经建成臭氧分解催化剂中试放大生产线，年产量200吨。与富思特新材料科技发展股份有限公司合作，将臭氧分解催化剂添加到涂料中，显示出对低浓度臭氧的高效分解效果，2021年功能涂料在北京市大兴区进行了试点应用，可实现对大气环境中臭氧的直接催化分解去除。

**合作方式：**技术转让、技术开发、技术服务。

# 复合式生物除臭反应器

## 项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况及应用领域：**复合式生物除臭反应器利用细菌和真菌降解废气中的污染物的不同特性，通过设备结构优化与条件控制，构建了细菌与真菌共生长的复合生物系统，利用细菌、真菌的协同作用，能有效地将臭味气体中的亲水性和疏水性物质同时去除，达到净化和除臭的目的，克服了原有反应器只对亲水性污染物去除效果好的缺陷。在复合式生物除臭反应器中，气体预湿和生物净化同步完成，辅助设备少，结构紧凑。采用轻质多孔合成材料作为生物填料，阻力小，使用寿命长，解决了原有生物设备填料的阻力大、易腐烂、使用寿命短等问题。填料保湿所需水量少，节水节能。本技术处理设备简单、操作简便、运行成本低、处理效果稳定。

复合式生物除臭反应器适用于排放有机废气和恶臭物质的工厂企业、污水处理厂、污泥处理厂、垃圾填埋场和垃圾处理设施等。

### 技术特点/设备参数：

1. 复合式生物除臭设备内构建了真菌与细菌复合生物系统，可同时去除废气中疏水和亲水性污染物，解决了原有反应器只对亲水性污染物去除效果好的问题；
2. 设备一体化，气体预湿和生物净化同步完成，结构紧凑，占地小；
3. 气体流动方式可延长气体中污染物与微生物接触时间，提高净化效果；
4. 真菌可在较干燥的环境下生长，并通过气体流动调节生物填料的湿度，使填料保湿所需的喷淋次数由原有生物反应器的每日喷淋减少至每周喷淋，降低了运行能耗和水的消耗量，操作维护简单；
5. 采用适合细菌和真菌生长的轻质多孔材料作为生物填料，显著降低设备池体的承重负载，填料不易腐烂，对臭味气体的阻力小，使用寿命长。

**专利和获奖情况：**该技术具有我国独立知识产权，8项核心技术均已授权国家发明专利。

**示范与应用：**该技术已经完成合作工程十余项，项目工程涉及北京、沈阳、大庆、福建、广东、湖北等地的污水处理厂、垃圾填埋场、污泥处理厂、工业产生的挥发性有机物及恶臭物质的治理。

### 其中代表性项目工程包括：

- (1) 湖北荆州农药废水生物除臭工程，处理能力6万立方米/天；
- (2) 福建泉州喷罐厂生物除臭工程，处理能力50万立方米/天；
- (3) 大庆污泥处理厂堆肥隧道生物除臭工程，处理能力20万立方米/天；

## 复合式生物除臭反应器

- (4) 北京海淀垃圾填埋场生物除臭工程，建立11座处理设施，处理面积16万平方米；
- (5) 北京顺义垃圾填埋场生物除臭工程，建立6座处理设施，处理面积8万平方米；
- (6) 广东韶关污水处理厂生物除臭工程，处理能力2万立方米/天；
- (7) 沈阳污水处理厂生物除臭工程，处理能力20万立方米/天；
- (8) 北京清河污水处理厂除臭设备改造工程，处理能力6万立方米/天。



大庆污泥处理厂堆肥隧道生物除臭工程



福建泉州喷罐厂生物除臭工程



垃圾填埋场生物除臭工程



沈阳污水处理厂生物除臭工程

### 合作方式：

技术转让、技术开发、技术服务。

# 大气中NO<sub>x</sub>/PAN在线分析仪

项目成熟阶段

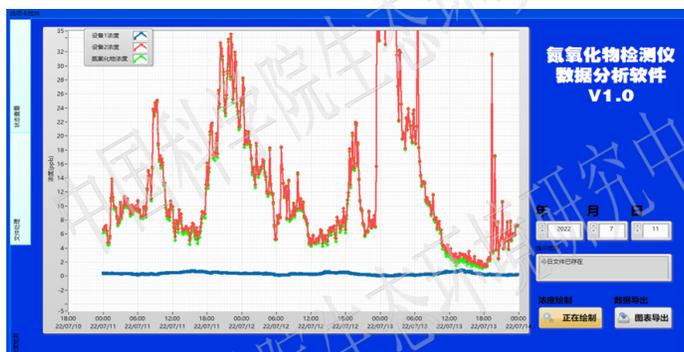
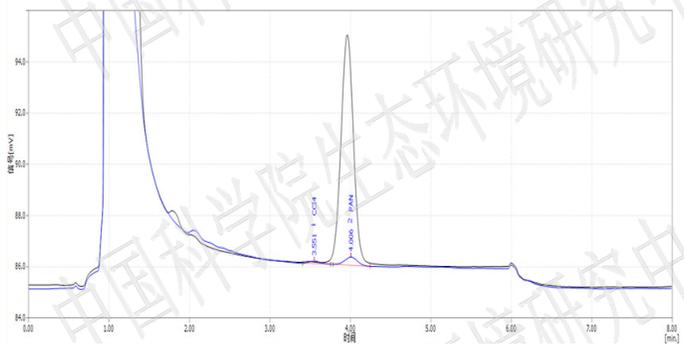
实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况：**中国科学院生态环境研究中心大气环境与污染控制实验室通过光化学转化、色谱增效以及低温微型色谱分离技术的研究，研制了大气中NO<sub>x</sub>/PAN的GC-ECD在线分析仪，可以应用于实际大气、烟雾箱以及流动管实验等环境中NO<sub>x</sub>和PAN的高灵敏检测。

**技术特点：**本分析仪采用半导体制冷和膜加热耦合精准控温、色谱柱钝化增效处理、光化学NO<sub>x</sub>向PAN高效转化、双路色谱差减以及电子捕获检测（ECD）对等关键技术，可以实现对大气中NO<sub>x</sub>和PAN的高灵敏检测，最低检测限可达20ppt以下。此外，该分析仪还配有PAN实时动态合成标定装置，通过设定定期开启标定程序，实现系统自动校准；开发色谱软件的自动积分功能，实现谱图数据处理的实时处理，监测数据通过专用数据传输模式实现数据的实时传输至中央控制系统，提升设备运行的可靠性。

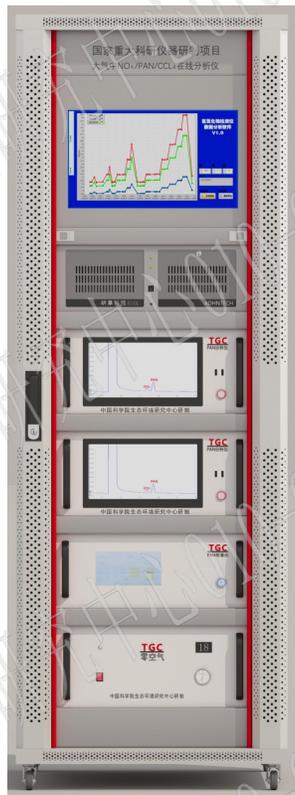


# 大气中NO<sub>x</sub>/PAN在线分析仪

**专利情况：**该分析仪器具有完全自主知识产权，整套分析技术和方法已经获国家发明专利授权

**市场分析/应用前景：**习总书记在党的二十大报告中指出，要深入推进污染防治，持续深入打好蓝天保卫战，加强污染物协同控制，基本消除重污染天气。大气中NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>) 是灰霾 (PM<sub>2.5</sub>) 和光化学污染 (O<sub>3</sub>和PAN) 的关键前驱物，在HO<sub>x</sub> 自由基循环及形成中发挥核心作用，其准确测量对于我国区域大气污染成因诊断以及污染防治措施的指定具有重要科学和现实意义。目前我国大部分NO<sub>x</sub>在线分析仪主要依赖国外进口，但在实际应用过程中，仍存在诸多干扰问题，无法实现我国严重复合大气污染条件下NO<sub>x</sub>的可靠测定。因此，急需研发完全自主知识产权的大气NO<sub>x</sub>可靠分析仪。NO<sub>x</sub>已经是国家环境空气必检指标，在全国三千多个检测站都配备相关检测仪器。此外，我国众多高校科研院所大量开展NO<sub>x</sub>和PAN相关研究的实验室，需要这类分析仪。由此可见，本NO<sub>x</sub>/PAN在线分析仪具有非常好的市场前景。

**示范与应用案例：**在线分析仪已经在山东大学、复旦大学、暨南大学、中国科学院生态环境研究中心、中国科学院广州地化所、中国环境科学院等国内知名高校研究机构长期使用。并参与沿长江大气环境国际联合观测、北京市大气环境综合观测、华北农村环境站长期大气环境综合观测，沈阳市大气臭氧源解析研究，北京市大气臭氧敏感化学诊断研究以及山东省泰安市臭氧敏感诊断研究等多个重大科研项目以及地方环境服务项目，为大气环境监测以及光化学污染成因诊断提供重要的基础资料。



# 大气中挥发性有机物在线分析仪

项目成熟阶段

实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况：**中国科学院生态环境研究中心大气环境与污染控制实验室攻克了超低温冷聚焦以及原位闪热解析技术，研发了单色谱柱快速分离57种C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>挥发性有机化合物的GC-FID在线分析仪，可以应用于实际大气、污染源排放以及烟雾箱和流动管实验等环境中挥发性有机物的高灵敏检测。

**技术特点：**本分析仪融合了超低温制冷技术、多阶吸附技术和原位闪热解析技术，研发了低温吸附闪热解析微型富集装置，可实现VOCs的第一级冷聚焦富集；随后结合超低温冷源、嵌入式微型柱箱设计以及特有的毛细管柱安装方式，研发了一体化超低温微型色谱柱箱，初始温度可达零下90度，可以实现富集管解析出VOCs的第二级冷聚焦富集；随后梯度升温条件下，单根色谱柱就可以实现57种C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>非甲烷烃类VOCs的

基线分离，并在FID上进行检测，分离效果如图所示。

该仪器具有自动校准的指控功能。针对大气VOCs在线长期稳定且准确的检测需求，通过智能控制实现标准气体和零空气开启与关闭，质量流量控制器控制标准气体和零空气的气体流量实现标准气体的定量稀释，通过设定定期开启标定程序，实现系统自动校准；开发色谱软件的自动积分功能，实现谱图数据处理的实时处理，监测数据通过专用数据传输模式实现数据的实时传输至中央控制系统，提升设备运行的可靠性。

**专利情况：**该分析仪器具有完全自主知识产权，

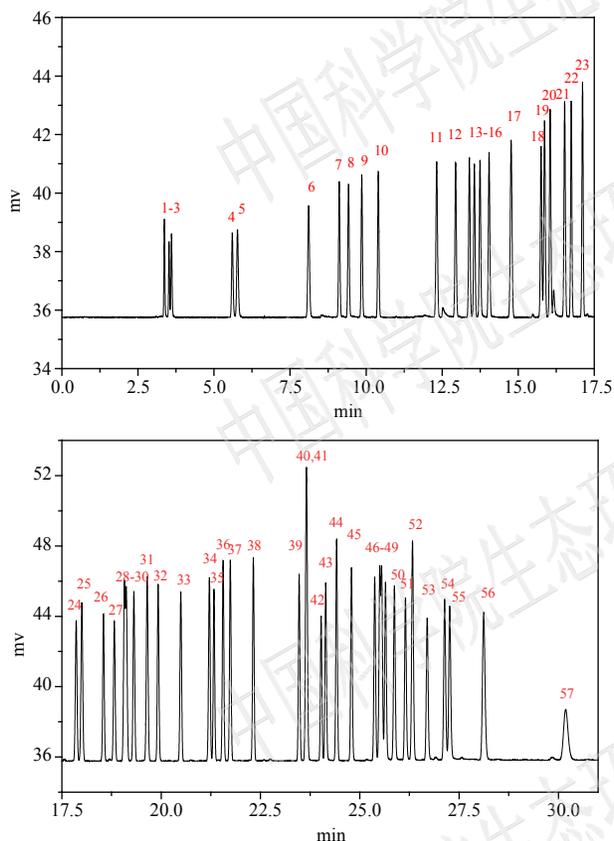


图2 NMHCs标准样品的分离谱图

## 大气中挥发性有机物在线分析仪

整套分析技术和方法已经获国家发明专利授权

**市场分析/应用前景：**近几十年来，随着我国经济的高速发展和城市化进程的加快，化石燃料消耗日益增加，由此引发的大气污染问题越发凸显，严重影响区域空气质量，大气能见度、气候变化以及人体健康。我国当前广大区域面临着两个严重大气环境问题，即灰霾和光化学污染。大气中挥发性有机物是灰霾（PM<sub>2.5</sub>）和光化学污染（O<sub>3</sub>）的重要前体物，其准确测量对于我国区域大气污染成因诊断以及污染防控措施的指定具有重要科学和现实意义。目前我国大部分VOCs在线分析仪主要依赖国外进口，且价格非常昂贵，运行成本较高，急需发展我国自主知识产权的分析仪。因此，本分析仪可以广泛应用到全国各级大气环境检测站以及高校科研院所涉VOC观测。

**示范与应用案例：**该分析仪已经在复旦大学、中国环境科学研究院、中国科学院广州地化所、中国科学院化学研究所、泰安市环保局、济源市环保局以及大兴区环保局等众多单位成功应用；同时参与了多个国家重点研发计划以及重大仪器研制和总理大气重污染攻关等众多国家级重大项目相关观测研究。



# 吸附及催化氧化挥发性有机污染物技术

## 项目成熟阶段

实验室研发  中试放大  成熟应用

**概况及应用领域：**挥发性有机物(VOCs)对人体健康有直接的危害，也是臭氧和灰霾形成的前体物，导致大气环境污染。中国科学院生态环境研究中心大气污染控制中心建立了吸附-催化、低温等离子体-催化、臭氧-催化、电催化去除VOCs的方法与技术，研发了系列高效、低成本、高稳定性的吸附、催化氧化VOCs材料，实现了VOCs的常温、中低温去除。上述材料和技术可在空气净化设备、新风与空调系统中应用，也可应用于石油化工、涂料、纺织、包装印刷、医药、皮革等行业有机废气治理。

**技术特点：**VOCs常温吸附材料具有良好的热稳定性与疏水性、吸附容量高、选择性吸附强等优势。低温等离子体-催化、臭氧-催化、电催化技术可常温高效去除VOCs，同时有效减少副产物生成。单独催化材料可在200℃左右低温条件下催化氧化VOCs为二氧化碳和水，寿命长，不易中毒。可根据污染源的排放特征，选择合适的技术方法、参数及材料种类、数量及模块、组件、床层等形式。

### 专利和获奖情况：

- (1) 一种用于催化氧化乙醇的锰基氧化物催化剂、制备方法及其用途，ZL 201210573069.4；
- (2) 一种用于催化氧化挥发性有机物的介孔金属氧化物负载钨催化剂，ZL 201110415330.3；
- (3) 一种电催化电极、其制备方法及其用途，ZL 201610984459.9；
- (4) 一种锰基材料及其制备方法和用途，ZL 201710891557.2；
- (5) 一种隐钾锰矿型二氧化锰、其制备方法和用途，ZL 201810495659.7；
- (6) 一种催化燃烧苯的抗水钨基催化剂、其制备方法及用途，ZL 201810240335.9；
- (7) 一种催化氧化耦合分子筛转轮处理挥发性有机物的装置，ZL 202121333980.9。



吸附和催化材料生产线



吸附和催化材料模块、床层及测试效果

**示范与应用：**目前已经建成200吨/年吸附、催化材料中试放大生产线。整体催化材料已成功应用于喷漆厂废气治理，目前已运营2年效果良好。

**合作方式：**技术转让、技术开发、技术服务

## 绿色醇类重整制氢技术

项目成熟阶段

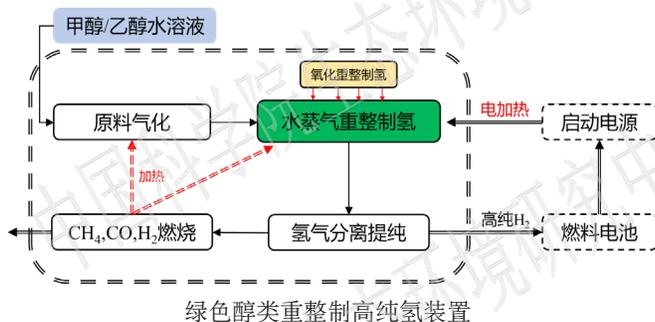
实验室研发

中试放大

成熟应用

**概况：**在碳中和背景下，氢能作为清洁、高效、零碳的可再生能源，日益受到关注。液态醇类化合物来源广泛、易储存运输，具有较高的能量密度，适用作氢气的能源载体。特别地，绿色甲醇可来源于二氧化碳转化，而生物乙醇则来源于绿色生物质，它们在生产和使用过程中不会对自然界碳循环排放额外的二氧化碳，高度契合碳中和理念。因此，绿色醇类重整制氢技术有望解决能源和环境两大问题。

**技术特点：**绿色醇类重整制氢技术以绿色甲醇/生物乙醇为原料，采用水蒸气重整技术将醇类催化转化为氢气，并分离提纯为高纯氢气，应用于交通和工业等领域。



### 专利情况：

- (1) 一种乙醇氧化重整制氢的装置，专利号：ZL202123066730.6；
- (2) 一种用于乙醇氧化重整制氢的Cu基催化剂及其制备方法和应用，专利号：CN202111490209.7；
- (3) 一种用于甲醇重整制氢的Cu基催化剂及其制备方法和应用，专利号：CN202111489458.4
- (4) 一种车载生物乙醇重整制氢的装置系统及重整制氢的方法，专利号：CN202210271092.1

**应用案例：**生态环境中心与国投生物科技投资有限公司合作开发全国首台套200Nm<sup>3</sup>/小时生物乙醇重整制氢装置，2023年6月在广东湛江进行1000小时示范运行。

**合作对象及方式：**技术转让、技术开发、技术服务。



## 中国科学院生态环境研究中心科技开发处

地址：北京市海淀区双清路18号

邮编：100085

电话：86-10-62923538 62849178

传真：86-10-62923538

邮箱：std@rcees.ac.cn

网址：<http://www.rcees.ac.cn>

## 应用科技成果汇编 大气污染控制技术

