

哈尔滨工业大学“985工程”项目  
《创新能力提升计划—创新实验课》

## 大气环境保护技术创新实验

课程负责人：高继慧

---

联系方法：13796032371

---

[gaojh@hit.edu.cn](mailto:gaojh@hit.edu.cn)

---

所在院系：能源科学与工程学院

---

二〇一二年八月

## 课程基本信息

|        |  |
|--------|--|
| 课程名称   | 大气环境保护技术创新实验   |
| 学时学分   | 48 学时、2 个创新学分  |
| 开课实验室  | 能源与环境工程创新实践实验室；节能减排创新实践基地  |
| 开课学期   | 秋季 <input type="checkbox"/> 春季 <input type="checkbox"/> 夏季 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 授课对象   | 能源、化工、材料、物理、化学等专业的二、三年级及能源学院四年级  |
| 学生选拔方式 | 参照创新研修课，允许通过网络选课系统预申请 30~40 人，教师向其介绍实验计划，学生提交实验申请报告，教师根据申请报告进行考核，从中选拔 20 人。不开课期间可自由申请，但不计入学分。  |
| 考核方式   | 撰写实验报告，分小组答辩，成绩由个人+小组成绩构成。   |
| 先修课程   | 无先修课程要求（强调兴趣和目标引领的自主学习）  |

### 一、课程开设目的、特色及意义

2007 年，教育部《关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》中明确提出：“推进人才培养模式和机制改革，着力培养学生创新精神和创新能力。”同年，教育部开始组织实施“国家大学生创新性实验计划”，建设创新型国家使着力培养学生的创新实践能力成为国家战略需要。

我国正处于经济发展与环境和资源矛盾最为突出的阶段。近十年，我国环境问题集中爆发并迅速恶化，呈现出从单一污染迅速发展到复合型污染的态势。如此规模和复杂程度的污染治理在国际上没有现成的经验可资借鉴，节能减排已成为国家实现可持续发展的战略举措。高等学校应以能源、化工与环境等相关学科专业为依托，鼓励学生进行创新思考与实践，注重培养学生建立自主知识结构，为能源与

环境工程领域的技术及产业升级奠定人才基础。

能源科学与工程学院以“燃煤污染物减排国家工程实验室”为依托，在学校“985 高水平科技创新基地建设项目”的支持下建立了“能源与环境工程本科生创新实践实验室”，并在学生创新实践能力的培养方面积累了较为丰富的经验，可为本课程开设提供硬件支撑和环境保障。本项目主要特色如下：

### **(1) 强调热点引领**

能源与环境是目前我国经济发展和人民生活普遍涉及的热点问题，本项目涉及的大气环境保护更是与日常生活息息相关。本实验拟面向能源、理学（物理和化学）、化工、市政与环境、材料、机械、机电等相关专业的优秀本科生开设，学生可在实践的过程中，通过合作研究加深了解，开阔眼界。

### **(2) 强调自主设计**

本项目设置的创新实验，实验室只提供基本的实验平台和分析测试手段，学生需要自主完成整个实验过程。从实验目的、方案设计、分析测量、结果分析到实验报告均由学生独立自主完成。没有主观能动性将无法完成实验。

### **(3) 强调系统学习**

本项目提出的创新性实验规划，不仅是一个实验，更是一个可以短期完成的创新项目。每个实验平台都有很现实的问题设定，强调把学习放到复杂的、有意义的问题情境中，通过让学生解决现实世界中的问题，来探究问题背后蕴含的概念和原理，从而提高学生的自主学习能力，并引导学生建立系统的知识结构。

### **(4) 鼓励高峰体验**

在创新型拔尖人才培养过程中，参加科技竞赛、学术会议、发表文章、撰写专利等是非常重要的，特别是参加全国乃至国际大型竞赛并“小试牛刀”的高峰体验对于培养学生的视野、心胸、责任感和使命感具有不可替代的价值。因此，本项目在实施过程中，要尽全力给有条件、有创意的学生提供长期的实验条件支持和理论指导。

## 二、课程内容及开设方案

本项目拟开设的实验主要依托“能源与环境工程本科生创新实践实验室”和“燃煤污染物减排国家工程实验室”。其中，“能源与环境工程本科生创新实践实验室”2010年被列入《继续实施“985工程”建设—高水平科技创新基地建设项目》，通过该项目的资助，已完成了基本实验条件和基础实验台架的建设工作。目前，计划通过本项目的实施，拟面向全校优秀本科生开放5套创新性实验平台：（1）机械振打袋式除尘器实验平台；（2）板式高压静电除尘器实验平台；（3）超细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）过滤特性实验平台；（4）移动床吸附及再生实验平台；（5）多种污染物一体化处理技术创新实验平台。本项目拟开放的实验平台（建设内容）如下：

### （一）颗粒物污染控制技术系列实验（内含3个实验平台）

#### 1、创新性实验背景

颗粒物是最广泛、最显著的大气污染物，袋式除尘和高压静电除尘是两种典型除尘技术，应用范围最广，且在深度净化方面亟待创新与发展。虽然目前烟尘控制技术已经达到很高的水平，但对于细颗粒的捕获率却很低（特别是PM<sub>2.5</sub>），造成数量巨大的细颗粒物进入环境大气当中。以燃煤电站为例，虽然现有除尘装置的除尘效率可高达99%以上，但这些除尘器对细颗粒物的捕获率较低，仍有大量的可吸入颗粒物进入大气中，构成大气气溶胶的主要部分。这部分飞灰以粒径小于2.5微米甚至亚微米级超细颗粒为主，颗粒的数量可达到飞灰总数的90%以上。国内外研究结果表明，多环芳烃以及Hg、Pb、Cr、Cd等有害重金属在细微颗粒物有明显的富集现象。虽然重金属通常以痕量形式存在，但其持续的生物毒性和向食物链高端富集等特性，可对人体健康和社会经济的发展造成严重威胁。在全球尺度上，PM<sub>2.5</sub>以及Hg等重金属还会对更大区域的大气环境质量产生重要影响。

## 2、创新性实验对象

(1) 袋式除尘实验平台、高压静电除尘实验平台可针对二、三、四年级本科生开放；(2) 超细颗粒物过滤特性实验平台针对三、四年级本科生开放。

## 3、实验目的与规划

开展基于超细颗粒物控制技术的实验，可使学生深入了解大气环境颗粒物来源、组成以及相关控制技术，在此基础上，学生可以通过实验装置研究颗粒物在过滤、电场、声场和相变作用下的行为规律和特性，鼓励学生思考并提出具有创意的颗粒物特别是超细颗粒控制途径和方法，也可在实验台上进行更为深入的实验研究。为满足不同知识结构以及工程型和学术型的不同需求，本项目拟开设 3 套系列实验：(1) 袋式除尘实验平台；(2) 高压静电除尘实验平台；(3) 超细颗粒物过滤特性实验平台。具体实验平台分别介绍如下：

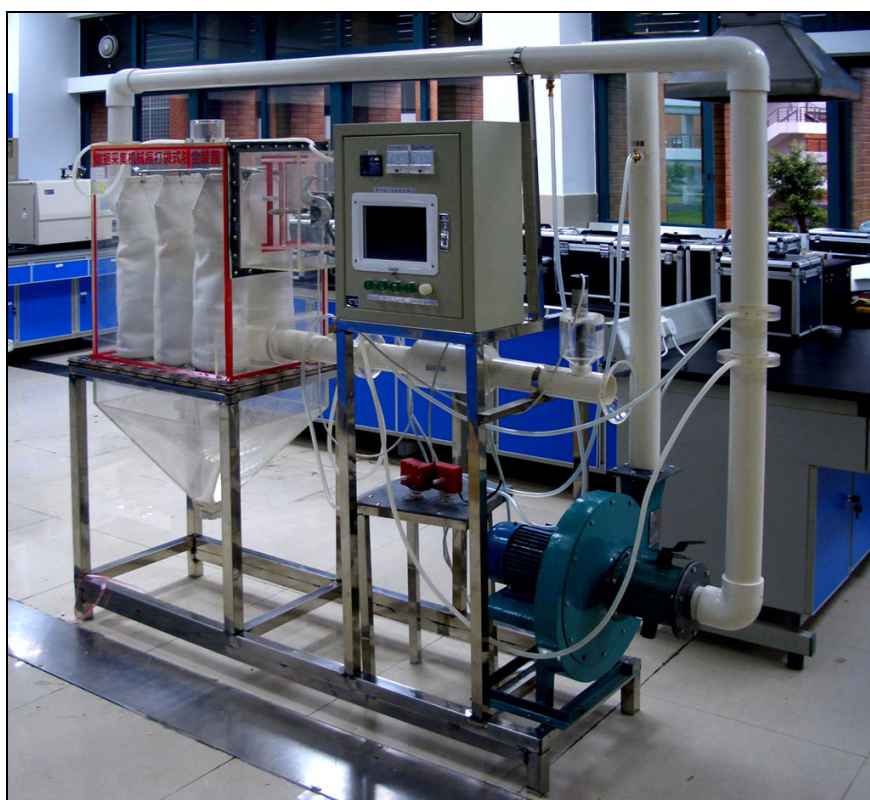


图 1、数据采集机械振打袋式除尘器实验平台

#### 4、数据采集机械振打袋式除尘器实验平台

**实验目的:** (1) 通过观察, 可初步了解袋式除尘器的构造与除尘原理; (2) 掌握袋式除尘器主要性能的实验研究方法; (3) 了解过滤速度对其压力损失, 及除尘效率的影响; (4) 测定其设备的除尘效率; (5) 分析袋式除尘存在的问题以及进步途径。

**装置特点:** (1) 配有粉尘浓度检测系统 (具有在线监测进气与尾气含尘浓度的变化; 具有数据采集、记录与打印输出功能); (2) 设备配有风量、风压检测系统 (在线监测各段的风压、风速、风量, 具有数据采集、记录与打印输出的功能); (3) 采用机械振打进行卸灰; (4) 设备带有机械式自动发尘装置、发尘量可精确控制调节; (5) 风量及含尘浓度等均可自行调节; (6) 设备设计有气固混合装置, 可使风管内的粉尘分布均匀、从而保证取样检测更精确。

**技术指标:** (1) 气体流动方式为内滤逆流式, 动力装置布置为负压式; (2) 除尘效率约为 95~99%; (3) 气体处理量约为 150m<sup>3</sup>/h; (4) 气体含尘浓度 < 100g/ m<sup>3</sup>; (5) 过滤速度为 1m/min; (6) 装置共有 6 个滤袋, 滤袋材料为 208 涤纶绒布; (7) 滤袋直径为 150mm, 滤袋高度为 600mm。

#### 5、数据采集板式高压静电除尘器实验平台

**实验目的:** (1) 观察电晕放电的外观形态, 了解其内部构造与组成; (2) 了解影响电除尘器除尘效率的主要因素, 掌握除尘器除尘效率的测定方法; (3) 测定静电除尘的风压、风速、电压、电流板间距等因素对除尘效率的影响。

**装置特点:** (1) 设备配有风量、风压检测系统 (能在线监测各段的风压、风速、风量, 并具有数据采集与打印输出的功能); (2) 采用机械振打卸灰; (3) 配有粉尘浓度检测系统 (具有在线监测进出口的气体浓度变化、数据采集与打印输出功能); (4) 设备配备机械式自动发尘装置、发尘量可精确控制调节; (5) 装置具备高压下无法启

动，短路保护等安全措施；（6）电场电压、电流、处理风量、含尘浓度等均可自行调节；（7）设备配有气固混合装置，使风管内的粉尘分布均匀、取样检测更精确。

**技术指标：**（1）电场电压：0~20KV；（2）电场电流：0~10mA；（3）电场风速：0.03m/s；（4）除尘效率约：90%；（5）气体的含尘浓度 $<30\text{g}/\text{m}^3$ ；（6）处理气量约：150  $\text{m}^3/\text{h}$ ；（7）处理粉尘粒径：0.1~100 $\mu\text{m}$ ；（8）电晕极有效驱进速度：10m/s；（9）压力降： $<500\text{Pa}$ ；（10）气流速度：1.0m/s；（11）机械振打频率 50 次/分钟。

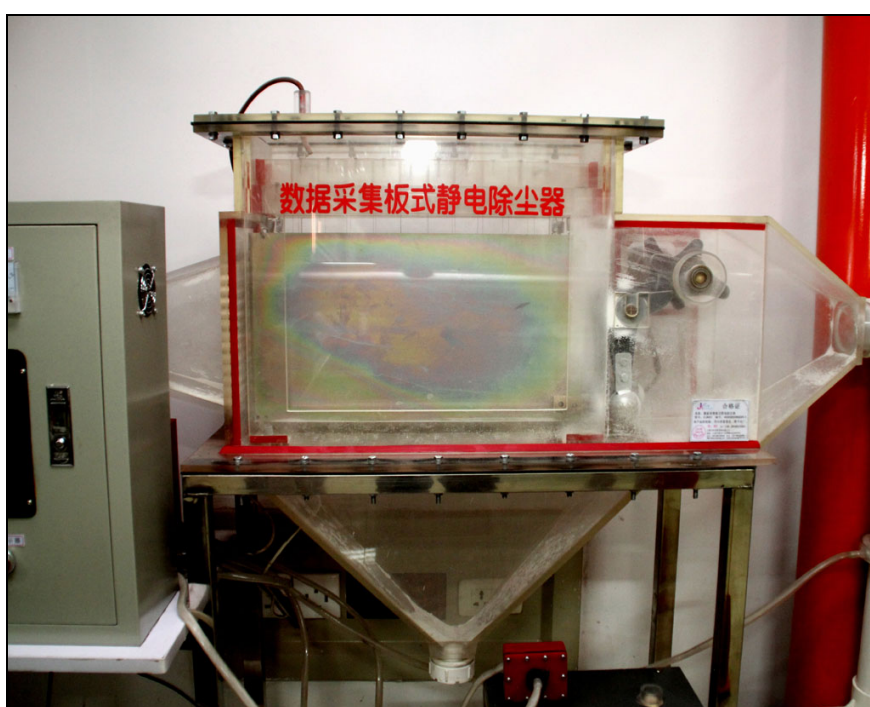


图 2、数据采集集板式高压静电除尘器实验平台

## 6、超细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）过滤特性实验平台

**实验目的：**（1）模拟粉尘颗粒在滤料表面的捕集过程。研究不同过滤条件对滤料过滤性能的影响，得到不同过滤参数对细微颗粒物在滤料表面沉积特性的影响规律；（2）模拟脉冲清灰过程。研究采用不同参数（脉冲压力、脉冲宽度、喷吹距离）清灰后，滤料再过滤过程中压力损失的增长特性及细微颗粒物捕集规律的变化趋势；（3）模拟反吹清灰过程。考察不同反吹条件（反吹速度、反吹时间）

对滤料再过滤过程中压力损失增长特性及细微颗粒物捕集特性的变化趋势。

**装置特点：**实验平台主要由实验台主体、给料系统、过滤及清灰系统、测量系统四部分组成。实验台主体由不锈钢材料加工而成，矩形粉尘沉降管道高 2150mm，上部截面尺寸为 300×150mm，在距离顶部 1650mm 处，开有法兰孔，与水平清洁管道通过法兰连接。实验过程中滤料夹持在两片法兰之间。在滤料两侧（即分别在矩形管和水平管侧壁）开设有粉尘浓度测孔及静压测孔。将粉尘浓度取样管直接伸入到粉尘浓度测孔内部，即可测量该处粉尘浓度。灰斗上部设有 100×80mm 的矩形玻璃窥视孔，可直接观察底部粉尘的下落情况。自行设计的螺旋给料装置由引射器、搅拌器、料仓、给粉器四部分组成，给料过程中需要的携带气流由空气压缩机提供。清灰系统的两种方案为反吹清灰和脉冲清灰：反吹清灰主要依赖反吹气流作用使滤料表层粉尘层脱落；脉冲清灰系统所需的压缩空气也来自同一空气压缩机。

**分析测试：**（1）滤布后方微细颗粒物浓度由美国 TSI 公司生产的 8530 型气溶胶（粉尘）浓度监测仪（DustTRAK™ DRX Aerosol Monitor）测量。8530 气溶胶（粉尘）浓度监测仪测量原理为 90 度光散射原理。可以连续实时测量不同粒径段粒子的质量浓度，分别对应 PM<sub>1</sub>、PM<sub>2.5</sub>，可吸入颗粒物，PM<sub>10</sub> 和总 PM(<15μm)。气溶胶浓度测量范围为 0.001 到 150mg/m<sup>3</sup>，分辨率为±0.1%读数，0.001mg/m<sup>3</sup>取大值。抽气流量为 3L/min。数据记录间隔在 1s 到 1h 间可调。在本文实验中通过该气溶胶监测仪测量在整个过滤过程中经滤布过滤后的 PM<sub>1</sub>，PM<sub>2.5</sub>，PM<sub>10</sub> 的质量浓度变化；（2）数字微压计量程为 0.001~3000Pa，精度为 0.2%，在实验过程中测量滤料两侧压力损失变化。微量电子天平为瑞士 Metter toledo 公司生产，具有两个测量量程，41g/200g，对应精度为 0.01/0.1mg。用以测量滤料初始质量及过滤结束后滤料与



捕集的飞灰总质量。

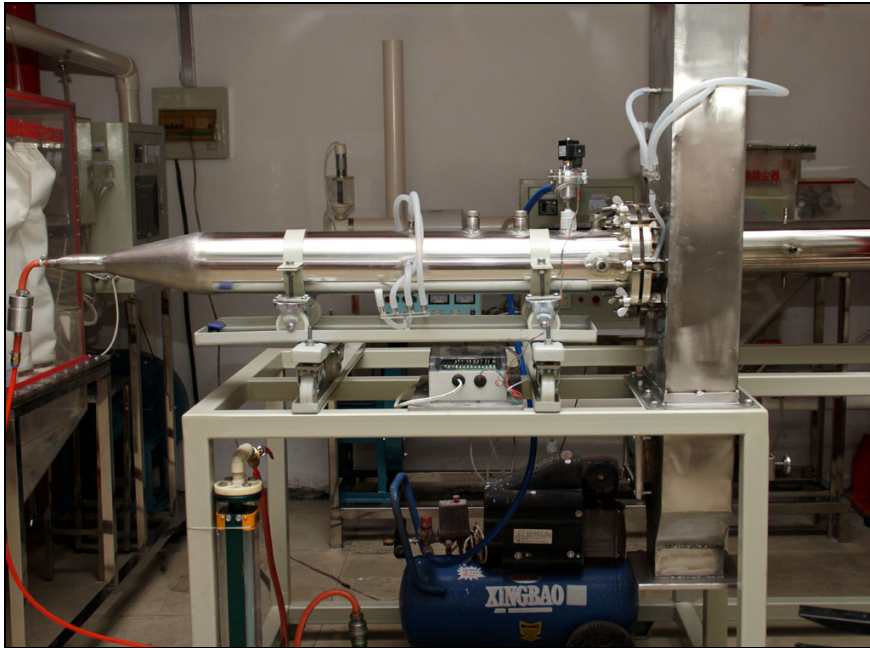


图 3、超细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）过滤特性实验平台

## （二）节水型可资源化烟气污染技术创新实验平台

### 1、创新性实验背景

水资源短缺是我国需要长期面对的艰巨问题，发展循环经济，实现可持续发展是必然方向。在我国 2005~2020 年能源与电力发展规划中，已经明确提出了发电节水的问题。我国内陆的煤炭主产区往往同时也是干旱缺水地区的现实情况，要求我们必须发展适宜缺水地区的烟气污染控制技术。另外，随着国家经济发展水平的深入，循环经济以及可持续发展成为主题。对可资源化，环境和资源友好型污染控制技术的需求日趋强烈，因此，围绕可资源化烟气污染控制技术的创新与实践具有重大意义。

### 2、创新性实验对象

针对二、三、四年级本科生开设，低年级侧重研究基本工艺过程，高年级侧重研究工艺原理和关键技术。

### 3、实验目的与规划

建设并完善基于活性炭材料的可资源化烟气污染控制技术创新实验平台，引导学生思考废弃物可资源化以及循环利用的技术进步途径，思考节水甚至是无水耗的干法烟气污染控制途径和方法，鼓励学生进行创新思考，并通过实验研究，达到培养学生创新实践能力的目的。

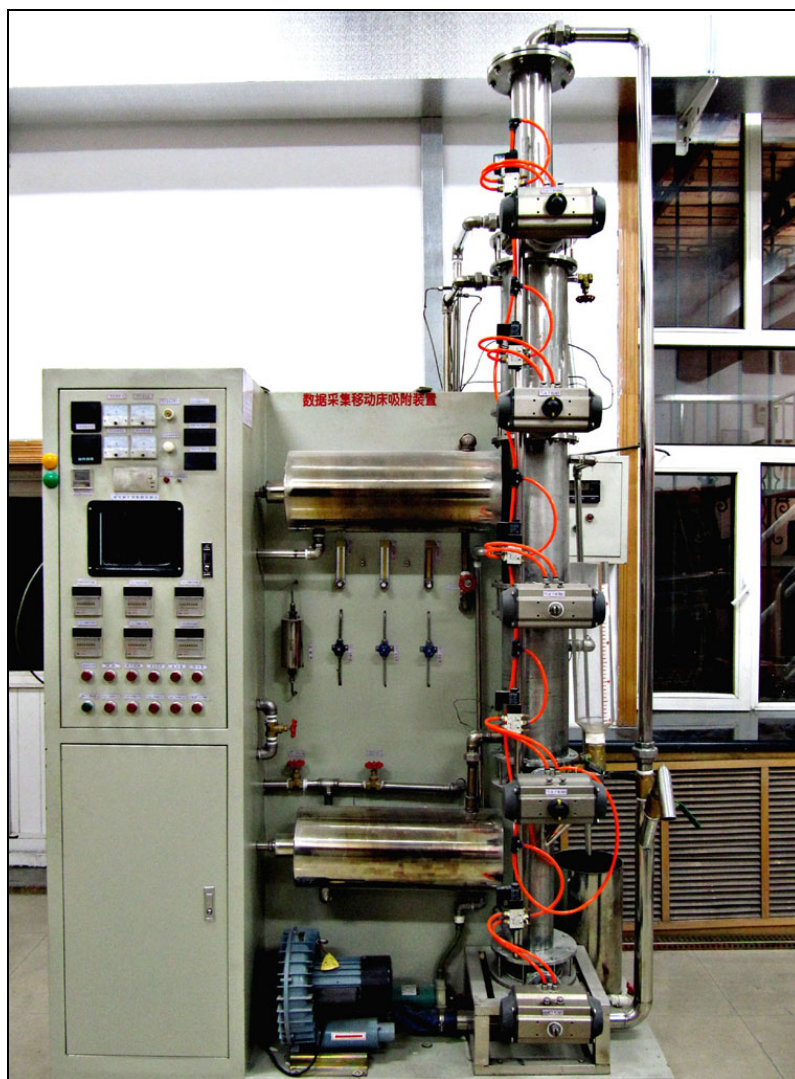


图 4、数据采集移动床吸附及再生实验平台

### 4、数据采集移动床吸附及再生实验平台

- (1) 材质为不锈钢，耐高温，耐腐蚀；
- (2) 可编程序自动控制，配置 6 个程序自动控制器；
- (3) 配备进气  $\text{SO}_2$  浓度检测系统 1 套；尾气  $\text{SO}_2$  浓度检测系统 1

套；在线风量检测系统 1 套；在线风速检测系统 1 套；在线风压检测系统 1 套；在线温度、湿度检测系统 1 套；数据处理分析系统 1 套；计算机通讯接口 1 套；配套分析处理软件 1 套；

(4) 控制检测系统开关电源 1 套；配气系统 1 套（包括 SO<sub>2</sub> 气体容量 10L、浓度 99%、碳钢瓶 1 个、废气流量计等）；大型电器控制柜 1 台；活性炭自动循环移动装置 1 套；吸附剂再生装置 1 套；气动装料装置 1 套；气动卸料装置 1 套；气提装置 1 套；保温及恒温系统 1 套；降温系统 1 套；再生加热系统 1 套；阻燃装置 1 套；温度控制显示装置各 3 套；

(5) 吸附温度 0-150℃可调节，再生温度 80-400℃可调节；

(6) 气体预热系统的预热器功率 500W；

(7) 再生装置功率 3000W，活性炭气提压力 2000Pa；

(8) 配气装置最大处理气量 8m<sup>3</sup>/h；

(9) 活性炭移动方式为自动循环，吸附效率可达 90%以上。

### **(三) 多种污染物一体化处理技术创新实验平台**

#### **1、创新性实验背景**

技术融合、学科交叉是现代技术发展的主要方向和趋势，集成创新是工程技术进步的重要途径。在烟气污染控制领域，这一创新思想主要体现在多种烟气污染物协同脱除和一体化脱除技术领域。目前，国内外相对成熟的烟气净化技术都是针对脱硫、脱硝、除尘以及脱汞分别单独控制，对烟气进行分级治理。以目前技术为基础建设的联合脱除系统普遍存在系统工艺流程复杂、占地面积庞大、设备投入大、运行费用高、烟气系统稳定性差等问题。另外，超细颗粒物和有害重金属污染密切相关，由于其浓度低，单独处理存在严重的设备成本和经济性问题，必须考虑与其它污染物进行协同脱除。因此，发展燃煤烟气多种污染物联合脱除技术对于开发自主创新的烟气处理技

术，实现“节能减排”的国家战略具有十分重要的价值。

## 2、创新性实验对象

该实验平台是由退役科研实验装置改造而成，开展相关研究具有一定难度。因此，本项目考虑针对有兴趣的高年级本科生开设，且需具备一定的专业基础知识和创新实践经历。

## 3、实验目的与规划

建立并完善多种烟气污染物一体化处理技术创新实验平台，通过该实验引导学生思考并深入认识主要气体污染物，自主学习物理化学、催化剂以及其它涉及化学反应的基础知识，通过理论学习对反应过程、控制步骤、化学反应动力学有初步的了解，将基础知识学习与创新思考相结合，在此基础上，才能有针对性的设计实验。同时，还要求学生能源、动力、化工、环境等相关学科有一定的总体认识，才能更好的获得创新实践效果。

## 4、多种污染物一体化处理技术创新实验平台

(1) 系统主要由模拟烟气发生系统、烟气污染物脱除系统(喷动床反应器)、吸收剂制备及输送系统、除尘系统和测量系统五部分组成。模拟烟气经过反应器下部文丘里管后以较高速度进入反应器，在反应器内进行高速流化和以吸收剂表面液相反应过程为主的烟气同时脱硫脱硝工艺。含湿钙基颗粒和石灰浆液分别在文丘里管下部和上部给入反应器，以流化状态与烟气充分接触，在反应器内进行气、液、固三相间的传热、传质和化学反应过程。反应后的固态乏吸收剂颗粒在引风机作用下经旋风除尘器被捕集；

(2) 试验所需烟气由一台 HG-3000-C 型引风机提供，引风机风量  $280\text{m}^3/\text{h}$ ，风压  $35\text{kPa}$ ，真空度  $-26\text{kPa}$ 。为了保证反应器内的反应环境为微负压，防止系统运行过程中有毒气体和脱除颗粒向实验室内的泄露，分别在反应器进出口处安装闸阀，通过调节闸阀调节反应器

内的真空度。模拟热烟气温度由一台 HBO-DR-3380-PF 型热风机提供，热风机加热功率 15kW，可将 480m<sup>3</sup>/h 的空气加热到 350℃；



图 5、多种污染物一体化处理技术创新实验平台

(3) 为了模拟真实烟气中各种气体污染物的浓度，本文采用质量流量计控制各路气体流量。试验采用质量流量控制器和质量流量计均为北京七星华创公司生产的 D08 和 D07 系列产品。与流量计配套使用的过滤器和单向阀均为捷锐企业上海有限公司生产的 F4 和 CV11 系列产品；

(4) 试验采用一台双螺旋给料机进行给料，由无锡云科机械有限公司生产，给料量范围 1~25kg/h，给料精度 3~5%。给料电机带动

两套螺杆转动，转速由变频器控制，变频器额定功率 0.75kW，通过调节变频器的频率，可以实现对物料颗粒输送量的调节；

(5)增湿所用喷嘴为内混可调节空气雾化喷嘴，出口喷射角 15°，水压 4Bar，流量 11.8L/h。空气压缩机马达功率 7.5kW，排气压力 0.8MPa，额定转速 800r/min，排气量 10m<sup>3</sup>/min。水分输送设备为一台单螺杆液体计量泵，额定功率 200W，额定流量 9L/h，最大压力为 1.2MPa，转速调节范围是 21~210r/min。通过调节变频调速电机可以实现水分输送量的调节。

#### (四) 创新性实验的实施方案

拟开放的实验平台及开课对象汇总表

| 序号 | 拟开放实验平台                | 针对对象   |
|----|------------------------|--|
| 1  | 数据采集机械振打袋式除尘器实验平台      | 可针对二、三、四年级本科生开放                                    |
| 2  | 数据采集集板式高压静电除尘器实验平台     | 可针对二、三、四年级本科生开放                                    |
| 3  | 超细颗粒物 (PM2.5) 过滤特性实验平台 | 针对三、四年级本科生开放。                                      |
| 4  | 数据采集移动床吸附及再生实验平台       | 针对二、三、四年级的高年级本科生开设，低年级侧重研究基本工艺过程，高年级侧重研究工艺原理和关键技术。 |
| 5  | 多种污染物一体化处理技术创新实验平台     | 针对三、四年级的高年级本科生，需具备一定的专业基础知识                        |

1、**开设时间：**本课程拟在夏季学期集中开设。

2、**学生选拔：**参照创新研修课的选课方法，(1) 预选阶段允许 35-40 名学生申请选修本课程；(2) 教师与学生见面介绍本课程的开设宗旨及主要内容，布置学生自主查阅相关文献资料，形成文献总结报告，并提出拟开展的实验方案或创新性实验设计等 (约需 1 周)；(3) 教师根据学生提交的文字材料最终确定 20 名同学学习本课程，并根据学生意向进行分组，开始实验。

**3、实验安排：**在教师的指导下，学生分组完善实验方案或实验设计，同时熟悉实验装置、分析测试手段（约需 1 周）；然后开始实验研究（约需 2 周），在实验的同时进行数据分析、并进一步查阅文献，准备撰写实验报告。

**4、考核方式：**撰写实验报告，并按照实验小组进行答辩。考核成绩由个人成绩（50%）和小组集体成绩（50%）构成。

### 三、实验室基本条件

#### （一）管理体制

“能源与环境工程本科生创新实践实验室”负责人高继慧教授现为能源学院燃烧工程研究所教师。该实验室的建设和管理始终得到了秦裕琨院士、能源学院院长赵广播教授、教学院长王洪杰教授、燃烧工程研究所所长吴少华教授、燃煤污染物减排国家工程实验室主任孙绍增教授等人的大力支持。

“能源与环境工程本科生创新实践实验室”以燃煤污染物减排国家工程实验室和燃烧工程研究所为依托，接受能源科学与工程学院的领导。

实验室管理制度和规章参照国家工程实验室制定。

#### （二）实验室面积

经过近 6 年的持续建设，“能源与环境工程本科生创新实践实验室”现有实验室面积约为 204m<sup>2</sup>，具体地点、功能及面积如下：

| 序号 | 房间号     | 面积    | 实验室功能  |
|----|---------|-------|--|
| 1  | 动力楼 123 | 78.33 | 开展多相流动特性、烟气净化过程及其它反应过程的特性实验研究，以模拟实验台架和小试规模的实验台架为主。 |
| 2  | 动力楼 225 | 50.41 | 主要开展原理或机理性实验。                                      |
| 3  | 动力楼 236 | 24.77 | 主要用于试剂存放、样品准备以及常规的分析测试。                            |

|   |         |       |                          |
|---|---------|-------|--------------------------|
| 4 | 动力楼 238 | 50.64 | 主要用于学习、交流、查阅电子资料以及存放图书资料 |
|---|---------|-------|--------------------------|

### (三) 师资基础

本项目负责人，创新实验课主讲教师：高继慧，1994年起在能源科学与工程学院工作至今，先后任助教、讲师、副教授、教授。

1998-1999年因政府间交流计划在日本山形大学从事环境热工学方面的研究；1999-2001在山东大学合作从事烟气脱硫技术研究，获得2006年度国家技术发明二等奖（第5完成人）；2005-2010，先后主持完成国家科技部重点项目课题2项；主持或参与完成863计划课题3项。所开发技术入选《国家先进污染防治技术示范名录》并获得2010年度国家教育部技术发明二等奖（第1完成人）；2010年度山东省科技进步三等奖（第1完成人）；2009年，主持黑龙江省重大科技成果推广专项，在双城市雀巢公司完成工程示范。所负责的团队被评为“黑龙江省十一五科研成果推广工作先进集体”；2011年10月荣获第十届黑龙江省青年科技奖；目前主持自然科学基金面上项目1项、自然科学基金重点项目1项；主持国家科技部重点项目1项。

高继慧热心于创新型人才的培养与实践，2005年开始主持能源与环境工程创新实践实验室建设及日常管理工作，开设创新研修课《热能利用过程中的节能减排技术》。近五年，在创新人才培养方面做了颇有成效的探索和尝试，2011年7月获得哈尔滨工业大学教学成果二等奖；2011年12月荣获哈尔滨工业大学首届十佳大学生科技创新活动优秀指导教师；指导孙飞、李阳同学开展的科技创新作品获哈尔滨工业大学首届十佳大学生科技创新成果奖；2011年指导学生成立“哈尔滨工业大学节能减排创新实践协会”，并担任指导教师；2012年7月被评为哈尔滨工业大学优秀共产党员；2012年9月被黑龙江省教育厅授予“黑龙江省高校师德先进个人”。

高继慧指导学生近四年在国教育部高教司组织的“全国大学生节



**能减排科技竞赛”中先后获得特等奖 1 项(2011); 一等奖 2 项(2010、2011); 二等奖 1 项(2011); 三等奖 5 项(2009、2010、2012);** 2010 年指导本科生参加了第二届全国大学生创新论坛; 2011 年指导 2 项本科生作品参加了中日韩大学生创新论坛; 2012 年指导本科生参加了台湾东元大学生科技创新竞赛国际赛。具体情况见下表:

**高继慧近年指导本科生开展科技创新活动部分获奖情况**

| 指导学生姓名  | 成果(名称或文章题目)               | 获奖级别或发表刊物名称                      | 时间      |
|---------|---------------------------|----------------------------------|---------|
| 韩瑞、陈朔等  | 光电冷热一体化太阳能技术              | 第四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>特等奖</b> | 2011.08 |
| 游尔胜等    | 超低温排烟节能环保锅炉               | 第四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>一等奖</b> | 2011.08 |
| 薛骅、黄彬等  | 复合式水面收油装置                 | 第四届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>二等奖</b> | 2011.08 |
| 孙飞、李阳   | 脱硫活性焦再生方法研究               | 第三届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>一等奖</b> | 2010.08 |
| 庞凌艳等    | 超细颗粒物排放控制技术               | 第三届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>三等奖</b> | 2010.08 |
| 孙飞      | 活性焦可资源化脱硫技术               | 第二届全国大学生创新论坛                     | 2009.09 |
| 孙飞、李阳   | 活性焦脱硫再生一体化装置              | 第二届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>三等奖</b> | 2009.09 |
| 刘欣、郭宁等  | 基于斯特林双机复合的太阳能直接制冷技术       | 第五届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>三等奖</b> | 2012.08 |
| 张亚男、顾昊等 | 哈尔滨市春季典型区域 PM2.5 污染状况调查研究 | 第五届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>三等奖</b> | 2012.08 |
| 张佳佳、刘越等 | 太阳能梯级蒸发的零排放海水淡化技术         | 第五届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛 <b>三等奖</b> | 2012.08 |
| 孙飞等     | 可资源化烟气污染控制技术              | 中日韩大学生创新论坛                       | 2012.01 |
| 韩瑞、孙飞等  | 光电冷热一体化太阳能技术              | 台湾东元大学生科技竞赛国际赛 <b>最佳人文奖</b>      | 2012.08 |
| 刘珏、韩瑞等  | 太阳能冷热电联供分布式能源系统应用         | 第五届全国大学生创新创业年会“ <b>我最爱的项目</b> ”奖 | 2012.11 |

#### (四) 实验室设备 (部分)

| 序号 | 实验装置或设备名称              | 设备来源          | 购置价格      | 设备状况 |
|----|------------------------|---------------|-----------|------|
| 1  | 数据采集机械振打袋式除尘器实验平台      | 科研经费          | ——        | 就绪   |
| 2  | 数据采集集板式高压静电除尘器实验平台     | 科研经费          | ——        | 就绪   |
| 3  | 超细颗粒物 (PM2.5) 过滤特性实验平台 | 科研实验台<br>退役改造 | ——        | 就绪   |
| 4  | 数据采集移动床吸附及再生实验平台       | 科研经费          | ——        | 就绪   |
| 5  | 多种污染物一体化处理技术创新实验平台     | 科研实验台<br>退役改造 | ——        | 就绪   |
| 6  | 配气系统 (两套)              | 科研经费          | ——        | 良好   |
| 7  | 小型无油真空泵                | 985 专项建设      | 1564.00   | 良好   |
| 8  | 真空干燥箱                  | 985 专项建设      | 3392.00   | 良好   |
| 9  | 箱式电阻炉                  | 985 专项建设      | 6844.00   | 良好   |
| 10 | 半导体冷凝器                 | 985 专项建设      | 7000.00   | 良好   |
| 11 | 气溶胶 (粉尘) 监控仪           | 985 专项建设      | 75886.00  | 良好   |
| 12 | 体视显微镜                  | 985 专项建设      | 129920.00 | 良好   |
| 13 | 自动电位滴定仪                | 985 专项建设      | 28625.00  | 良好   |
| 14 | 粒径谱仪                   | 科研经费          | 149450.00 | 良好   |
| 15 | 粉尘 (气溶胶) 发生器           | 科研经费          | 145684.00 | 良好   |
| 16 | KM9106 烟气分析仪           | 科研经费          | 58783.00  | 良好   |