

## 2020 年度省级科学技术进步奖参评项目简介

一、项目名称：燃煤电厂烟塔合一冷却塔排烟关键技术与工程应用

二、提名单位：秦皇岛经济技术开发区管委会

三、项目简介：

燃煤电厂“烟塔合一”排烟将烟囱和冷却塔合二为一，因节约投资、节省土地、改善景观等优势而具有良好的应用前景。但塔外大气环境影响不确定、塔内排烟是否引起塔壁腐蚀及冷却塔结构安全等问题制约了其大量应用。因此塔外大气环境影响评估技术、塔内流场演变与塔壁污染模拟技术和结构安全设计技术是亟待解决的关键性难题。项目历时 15 年通过自主创新与攻关，构建了烟塔合一排烟全过程环保安全一体化技术体系。主要创新点如下：

### 1、创建了塔外大气环境影响评估关键技术体系

发明了基于两侧节流叶片设计的直流吹式阵性风洞、示踪气体混合配气模拟污染物排放法、建立了塔后空腔区测量方法和边界判定准则，构建了冷却塔排烟大气环境影响评估关键技术体系，解决了常规风洞无法模拟自然风、相似准则下风洞实验无法模拟烟气流速和无法判定塔后受影响居民区范围等难题，提高了塔周围大气污染物模拟精度 50%，实现了工程大气环境防护距离的准确设定，为环境管理提供了决策依据。

### 2、创建了塔内流场演变与塔壁污染模拟关键技术体系

发明了燃烧发烟法可视化示踪剂释放技术、全自动大气污染物

48 点同步采样及分析系统和回流式闭路开路两用风洞，构建了塔内流场演变与塔壁污染模拟关键技术体系，建立了塔内烟囱、烟气关键参数取值和评估方法，解决了塔内流场演变模拟中发烟量无法精确控制和污染物三维分布无法同步测量的难题，提高了系统模拟精度 10% 以上，指导了工程的精准设计，实现了全负荷和复杂环境下有效排烟，避免塔内腐蚀。

### 3、建立了排烟冷却塔等效荷载模型与安全加固设计技术

建立了排烟冷却塔施工全过程多目标等效静力风荷载模型，揭示了强/台风环境下风振背景、共振响应分布特征与耦合自激作用机理，探讨了强风、地震、自重、温度和施工荷载共同作用下排烟冷却塔结构受力机制。开展了多管道优化排烟冷却塔刚体测压和气弹测振物理风洞试验，提出了最优开孔尺寸和角度，确定了增加局部塔筒壁厚和环向加肋的加固技术方案，提升局部稳定性能 25%，提高临界失稳风速 15%。

### 4、建立了烟塔合一排烟全过程环保安全一体化设计体系

率先建立了综合考虑环境影响评估、塔壁污染模拟、结构安全强度的塔筒与烟囱选型及安全结构模拟关键技术体系，提出了烟塔合一排烟环保安全一体化设计理念，建立了一套适用于我国工程模拟的地形、气象和风荷载参数数据库，系统开发出“烟塔合一排烟全过程优化设计”集成平台，实现了其全过程多目标的设计关键技术和应用，并解决了国内 80% 以上该类工程的评估与建设问题。

## 四、主要完成单位及创新推广贡献：

本项目的主要完成单位是京能秦皇岛热电有限公司、国电环境保护研究院有限公司、南京航空航天大学、北京大学、石家庄铁道大学共同合作完成。在国家重大科技专项、环保公益性行业专项、电力企业委托等项目支持下，项目历时 15 年研究，以实现“烟塔合一”排烟全过程环保和安全为目标，在塔外大气环境影响评估关键技术体系、塔内流场演变与塔壁污染模拟关键技术体系、排烟冷却塔等效荷载模型与安全加固设计技术方面取得了系列创新成果，构建了烟塔合一排烟全过程环保安全一体化技术体系。系列成果全面解决了冷却塔内外排烟环境和安全方面的问题，全面提升了“烟塔合一”工程设计与建设水平，极大地促进了排烟冷却塔技术在我国的应用推广。

## **五、应用情况及效益情况：**

项目研究成果已成功应用于我国 30 余座“烟塔合一”排烟发电项目，覆盖国内 80% 以上的该类项目，并建立了系列典型示范工程，节约建设投资费用超过 4.5 亿元，生命周期内（30 年）节约运行费用超过 36 亿元，合计经济效益 40.5 亿元。

此项目建立了“烟塔合一”塔外大气环境影响评估体系，为排烟冷却塔在我国的推广应用提供了环境管理决策支持；解决了我国部分地区存在的因航空管制等原因导致的烟囱超高而无法建设燃煤供热电厂的问题，为区域内的居民生活集中供热和工业集中供汽提供了保障，社会效益显著；项目成果推动了我国在该学科领域的技术进步。

## **六、主要知识产权和标准规范等目录：**

序号	知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)
1	发明专利	一种冷却塔施工全过程风振系数取值方法	ZL201710368008.7	2018年7月27日	南京航空航天大学	柯世堂; 朱鹏; 王浩; 杜凌云; 余玮; 余文林; 徐璐; 王晓海
2	发明专利	一种双向支撑大型冷却塔	ZL201611141034.8	2017年8月25日	南京航空航天大学	柯世堂; 朱鹏; 王浩; 杜凌云; 余玮; 余文林; 徐璐
3	实用新型	一种带有旁路的直流吹式阵风风洞	ZL201920180935.0	2019年8月2日	国电环境保护研究院有限公司	田文鑫、姚增权、郭小平、沈礼敏、郝天明
4	实用新型	回流式闭路开路两用风洞	ZL201920182221.3	2019年2月1日	国电环境保护研究院有限公司	田文鑫、姚增权、郭小平、沈礼敏、郝天明
5	实用新型	一种带有旁路的直流回流两用阵风风洞	ZL201920374967.4	2019年3月24日	国电环境保护研究院有限公司	田文鑫、王圣、赵秀勇、郝天明、徐静馨、王杰
6	实用新型	一种增加风洞实验中空气相对湿度的装置	ZL201921626541.X	2019年9月27日	国电环境保护研究院有限公司	徐静馨, 朱法华, 王圣, 盖鑫磊, 赵秀勇, 张明, 田文鑫, 范磊, 孙雪丽, 胡耘, 李亚春, 姜益善

7	实用新型	一种污染源烟气泵 采样装置	ZL201721 709750.1	2017年 12月11 日	国电环境 保护研究 院有限公 司	王圣, 林江刚, 郭同书, 李代 智, 刘荣峰, 车前进, 孙雪 丽, 赵秀勇, 田文鑫, 姜益 善
8	实用新型	一种电厂烟气中雾 滴含量的测试装置	ZL201820 805732.1	2018年6 月29日	国电环境 保护研究 院有限公 司	朱法华、王圣、 刘大钧、杨光 俊、张明、孙 雪丽、李辉、 赵秀勇、周萍、 胡耘、田文鑫、 丁力
9	实用新型	一种混合流体雾化 喷嘴	ZL201720 031856.4	2017年1 月12日	国电环境 保护研究 院有限公 司	王圣、张军、 朱林、林江刚、 赵旭
10	论文 (卓越)	圆柱结构涡激共振 耦合效应及其抗风 设计参数	VOL31 (5):74- 83	2018年5 月	石家庄铁 道大学	马文勇、汪冠 亚、袁欣欣、 岳光强

## 七、主要完成人情况:

**姓名:** 王圣

**排名:** 1

**技术职称:** 研究员级高工

**工作单位:** 国电环境保护研究院有限公司

**完成单位:** 国电环境保护研究院有限公司

**对本项目技术创新性贡献:** 项目总负责人, 主持项目的总体思路、实施方案与技术路线, 组织实施了“烟塔合一”塔外大气环境影响评

估、塔内流场演变与塔壁污染模拟、排烟冷却塔等效荷载模型与安全加固设计、全过程环保安全一体化设计体系等关键技术研究及工程应用。投入项目研究工作量占本人工作量的 70%，对创新点 1、2、3、4 的研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**2014 年度环境保护科学技术奖三等奖，个人排名第二；2014 中国电力科学技术进步三等奖，个人排名第二；2015 年度环境保护科学技术奖一等奖，个人排名第二；2015 年国家能源软科学研究优秀成果三等奖，个人排名第四；2016 年度环境保护科学技术奖二等奖，个人排名第二；2019 年环境环境保护科学技术奖一等奖，个人排名第六。

**姓名：**鲁凤鹏

**排名：**2

**技术职称：**高级工程师

**工作单位：**京能秦皇岛热电有限公司

**完成单位：**京能秦皇岛热电有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**完整的创新性技术体系示范工程京能秦皇岛热电有限公司工程设计、施工、调试和性能试验的主要发起者和组织者，领导了“烟塔合一”示范工程投运后的运行与维护工作。投入项目研究工作量占本人工作量的 60%，对创新点 1、2、3 的研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**无。

**姓名：**赵秀勇

**排名：**3

**技术职称：**高级工程师

**工作单位：**国电环境保护研究院有限公司

**完成单位：**国电环境保护研究院有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**组织协调理论研究与技术研发，负责“烟塔合一”排烟技术环境风洞模拟技术研发，研发了完全符合相似准则和定量分析需求的可视化示踪剂释放技术和多气体混合配气模拟污染物排放法，塔后空腔区测量方法和边界判定准则主要完成人之一。投入项目研究工作量占本人工作量的 50%，对创新点 1、2 的研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**《我国煤电行业大气污染控制及环保中长期战略研究》荣获国家能源局 2013 年度能源软科学研究优秀成果奖一等奖，个人排名第九；《江苏省火电大气环境容量与对策建议》荣获 2015 年度江苏省发展研究奖优秀成果一等奖，个人排名第二。

**姓名：**柯世堂

**排名：**4

**技术职称：**教授

**工作单位：**南京航空航天大学

**完成单位：**南京航空航天大学

**对本项目技术创新性贡献：**主要负责“烟塔合一”结构设计优化与工程实现、开孔排烟冷却塔技术实现与应用、结构优化设计新策略的提出及全过程环保安全一体化平台的开发与应用。投入项目研究工作

量占本人工作量的 50%，对创新点 3、4 的研究、应用均作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**2017 年中国能源建设集团科技进步一等奖；2017 年中国电力建设科技进步三等奖；2015 年上海市科技进步二等奖。

**姓名：**孙宝泉

**排名：**5

**技术职称：**高级工程师

**工作单位：**京能秦皇岛热电有限公司

**完成单位：**京能秦皇岛热电有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**参与了完整的创新性技术体系示范工程京能秦皇岛热电有限公司工程设计、施工、调试和性能试验，参与领导了“烟塔合一”示范工程投运后的运行与维护工作。投入项目研究工作占本人工作量的 40%，对创新点 1、2 的研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**无。

**姓名：**马文勇

**排名：**6

**技术职称：**教授

**工作单位：**石家庄铁道大学

**完成单位：**石家庄铁道大学

**对本项目技术创新性贡献：**参与了冷却塔等效静力风荷载的研



究，负责临界雷诺数区的气动力规律，为冷却塔雷诺数效应的试验模拟和风荷载取值方法的主要完成人之一。投入项目研究工作量占本人工作量的 30%，对创新点 3 中冷却塔等效荷载模型研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**2013 年河北省科技进步一等奖，大型土木工程结构抗风关键技术及应用研究，个人排名第三；2014 年河北省科技进步二等奖，大跨度钢结构动态成形及多形态风致动力特性研究与应用，个人排名第九。

**姓名：**徐静馨

**排名：**7

**技术职称：**博士后

**工作单位：**国电环境保护研究院有限公司

**完成单位：**国电环境保护研究院有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**参与了塔内流场演变与塔壁污染模拟关键技术体系的部分研发及现场实验及优化工作，参与了全过程环保安全一体设计体系的环境模拟的气象参数、工程和风荷载数据库的建立。投入项目研究工作量占本人工作量的 30%，对创新点 2、4 的研究、应用均作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**无。

**姓名：**林官明

**排名：**8

**技术职称：**高级工程师

**工作单位：**北京大学

**完成单位：**北京大学

**对本项目技术创新性贡献：**参与理论研究与技术研发，参与“烟塔合一”排烟技术之环境风洞模拟技术研发，参与相关风洞模拟相似准则分析及实验测试定量采样及分析技术，对障碍物后空腔区湍流定量测量及尾涡区判定等进行分析。投入项目研究工作量占本人工作量的 30%。

**曾获科学技术奖励情况：**“稳态置换流技术”荣获 2018 年度河北省科学技术奖技术发明奖二等奖，个人排名第四。

**姓名：**田文鑫

**排名：**9

**技术职称：**工程师

**工作单位：**国电环境保护研究院有限公司

**完成单位：**国电环境保护研究院有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**负责“烟塔合一”排烟过程环境模拟实验技术研究，主要参与了可视化示踪剂释放技术的部分研发及现场实验及优化工作、全自动三维 48 点污染物同步采样分析系统的安装调试、现场运行及优化工作和空腔区测量方法的实验研究工作。投入工作量百分比为 40%，对创新点 1、2 的研究、试验及评价作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**无。

**姓名：**薛常海

排名：10

技术职称：工程师

工作单位：京能秦皇岛热电有限公司

完成单位：京能秦皇岛热电有限公司

**对本项目技术创新性贡献：**参与了完整的创新性技术体系示范工程京能秦皇岛热电有限公司工程应用建设，开展了最不利工况下的排烟模拟和冷却塔排烟工程施工、调试。投入项目研究工作量占本人工作量的 30%，对创新点 2、3 的研究、应用作出了重要贡献。

**曾获科学技术奖励情况：**无。

#### 八、完成人合作关系说明及完成人合作关系情况汇总表：

林官明，项目第八完成人，参与本项目的风洞实验理论分析、实验技术及实施方案，与王圣、鲁凤鹏、赵秀勇、柯世堂、孙宝泉、马文勇、徐静馨、田文鑫有明确合作，共同完成战略合作成果《燃煤电厂“烟塔合一”冷却塔排烟关键技术与工程示范应用》。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同战略合作成果	王圣、鲁凤鹏、赵秀勇、柯世堂、孙宝泉、马文勇、徐静馨、林官明、田文鑫	2016.3~至今	《燃煤电厂“烟塔合一”冷却塔排烟关键技术与工程示范应用》	见附件	战略合作协议