

申报 2019 年度浙江省科技进步奖项目公示材料

一、项目名称

基于新型氟材料的燃煤电厂节能减排集成技术研发与产业化应用

二、提名者

衢州市人民政府

三、提名意见：

承担单位基于新型氟材料关键工艺的突破，组织了新型氟材料制备工艺的开发，通过调整特种单体的聚合改性与控制特殊助剂的添加，成功研发了具有核壳结构的新颖氟材料，获得了新型氟材料制备的专有技术、组织了氟材料换热器制造技术研发，得到了新型氟材料换热器的整套加工工艺，进行了烟气相变凝聚及多种污染物协同脱除机理和应用研究，基于水蒸气冷凝、细颗粒物团聚和颗粒物脱除的相变凝聚规律，设计开发了湿式相变凝聚技术，有效实现了微细颗粒物凝聚与高效脱除，粉尘浓度排放降低至 $2\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下；提出了多机组多级换热装置串并联耦合梯级吸收的烟气余热技术，通过氟材料换热器的使用和灵活性布置，有效解决了设备低温腐蚀问题，实现了多机组烟气余热的深度回收，经济效益显著且无二次污染。

具有自主知识产权，项目获发明专利 7 件，该集成技术成功进行了工业化应用，首创技术实现了环保效益与经济效益的统一，由传统单一治理功能向多功能转变，为我国燃煤机组烟气余热回收及多污染物超洁净排放的先进环保治理做出了贡献。经鉴定整体技术处于国际先进水平，经济和社会效益显著，可以向燃煤电厂及相关行业推广，提名省科学技术进步奖一等奖。

四、项目简介

针对传统煤电尾气治理存在烟气处理技术和装备功能单一、换热设备易腐蚀结垢造成使用寿命短和换热效果差、粉尘处理装备能耗高等问题，项目基于新型氟材料关键工艺突破，实现了我国氟材料的自主化工业应用；深入研究相变凝聚机理，攻克了湿式相变凝聚关键技术，研发了新型氟材料换热器整套加工技术，开发设备并应用，有效实现了微细颗粒物凝聚与高效脱除；提出了多机组换热装置耦合梯级吸收烟气余热技术，通过合理灵活布置，有效解决了设备低温腐蚀问题，实现了烟气余热深度回收，形成了多功能集成的首创技术。主要内容如下：

(1) 湿式相变凝聚除尘技术：通过材料性能、结构设计、传热性能、收水性能、颗粒脱除效率以及流场均匀性规模性试验研究，首次开发了基于湿式相变凝聚原理的细颗粒物、可溶性盐、 SO_3 等多污染脱除、余热回收及烟羽消减的集成技术与装备。

(2) 新型氟材料制备工艺：通过调整特种单体聚合改性与控制特殊助剂添加方式及氟材料核壳结构设计，获得新型氟材料制备工艺，制作的换热管耐压达 1.55MPa ，成功应用于十多台全氟换热器管加工。

(3) 新型氟材料换热器加工技术：优化设计膨胀节成型及管件脱模与定型装置，开发了管板一次熔接整体烧结工艺及端面+O 型圈耦合密封方式，有效解决新型氟材料蠕变引起的微泄漏，氟材料换热器实现产业化应用。

(4) 低温烟气余热深度回收技术：基于烟气余热梯级吸收原则，通过合理灵活布置，优化设计各阶段冷源温升，开发了多机组多级换热装置耦合深度回收烟气余热技术，除盐水加热至合适温度后作锅炉给水，最大程度实现余热回收利用。

(5) 烟羽消白技术：开发了湿式相变凝聚器+金属外覆氟膜加热器的有色烟羽消除技术，获得烟气凝水与升温消白关键参数，彻底解决了高湿含酸含尘烟气中管壁腐蚀与积灰难题。

本项目获得中国发明专利 7 件，发表论文 16 篇，其中 SCI 3 篇。

本项目研发的技术应用到巨化热电高温高压机组示范装置，实现了机组粉尘超低排放，多污染物脱除、大量收水及余热回收的效果。投运 3 年来，除了显著的环保效益之外，共节煤量 2.7 万吨，折算经济收益 2400 万元，粉尘排放减少 90%，该集成技术填补了国内空白达到了环保效益与经济效益的统一，是国内唯一实现多功能的技术及应用。

经衢州市科技局组织科学技术成果评审，评审委员会认为：“该项目开发及应用是成功的，总体技术达到国际先进水平，同意通过评审。建议进一步加大推广应用力度。”

五、第三方评价

1、评审结论

2018 年 12 月 01 日，衢州市科技局在杭州组织召开了由巨化集团有限公司、西安交通大学、浙江菲达环保科技股份有限公司、浙江东氟塑料科技有限公司和浙江巨化热电有限公司等单位完成的“基于新型全氟材料的燃煤电厂节能减排技术创新与产业化应用”项目评审会，与会院士、专家听取了项目实施情况汇报，审阅了相关材料，经质询讨论，评审委员会形成如下评审意见：

1) 提供的资料齐全、规范，符合评审要求；

2) 项目取得的四项创新性成果；

a. 基于相变凝聚机理，创新设计了基于氟材料小直径薄壁软管多污染物脱除装置，应用表明，尾气排放的粉尘浓度低于 $2\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。同时实现了汽化潜热的高效回收、大量节水及烟气中可溶性盐等污染物的深度脱除等。燃煤电厂脱硫塔后凝水相变多污染物脱除技术在此之前未见国内外文献报道。

b. 针对深度低温余热回收及相变凝聚技术要求，通过特殊的氟材料核壳结构设计，合成了专用氟树脂，其性能指标达到了国际同类产品先进水平。

c. 开发了氟材料管板之间的一次性整体熔接新工艺，显著提高了氟塑料管束与管板之间的熔接强度，采用端面耦合 O 型圈密封方式有效解决了氟塑料蠕变引起的微泄露问题。

d. 在消白工艺上，采用金属管外覆氟膜替代传统金属管，有效解决了金属管的腐蚀和积灰问题，延长了使用寿命。

3) 项目成果经过 3 年的示范应用，经第三方检测表明，排放尾气粉尘低于 $2\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，达到浙江省燃煤电厂超低排放标准 ($\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$)，年节标煤量约 2 万吨。

4) 项目获得国家发明专利 7 项, 发表论文 16 篇, 其中 SCI 3 篇、国内核心期刊 13 篇。

评审委员会同意通过评审。

2、查新结论

项目委托教育部科技查新工作站 (Z08) 对该项目创新点进行了科技查新, 通过综合分析比较 20 篇密切相关文献, 查新结论: 在国内外公开发表的中外文文献中除课题组成员发表的论文外, 与本项目查新点完全相同的未见报道。

3、第三方检测评价

a) 浙江环境监测工程有限公司对湿式相变凝聚器增设的技术效果进行了监测, 发现在高、低负荷下除尘效率分别为 96.1%和 92%, 相变凝聚器出口粉尘浓度均小于 $1\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

b) 浙江经茂节能技术有限公司对多机组烟气余热回收效能进行监测, 发现四台机组烟气余热利用量为 $80987857.5\text{kJ}/\text{h}$ (节能量为 2.763 吨标煤/小时), 折算到年节能量约为 16580.58 吨标煤/年。则年可减少 CO_2 排放量为 4.19 万吨, 年可减少 SO_2 排放量为 298.45 吨, 年可减少 NO_x 排放量为 95.34 吨, 节能减排效果明显。

六、经济 (社会) 效益

1、完成单位近三年直接经济效益 (单位: 万元)

单位名称	浙江巨化热电有限公司		
年份	新增销售收入	新增利润	新增税收
2016 年	724.32	429.52	107.38
2017 年	1596.91	906.81	226.70
2018 年	1988.65	1058.06	264.51
合计	4307.88	2394.39	598.59
单位名称	浙江东氟塑料科技有限公司		
年份	新增销售收入	新增利润	新增税收
2016 年	636.25	44.98	10.52
2017 年	2178.75	339.81	61.40
2018 年	1977.37	181.11	40.56
合计	4792.35	565.90	112.48

2、社会效益和间接经济效益

该集成技术改变了传统环保模式, 该技术的示范应用是国内唯一一套同时实现了烟气余热梯级回收利用、湿式相变凝聚技术替代湿式电除尘实现小于 $2\text{mg}/\text{Nm}^3$ 超低排放、实现重金属及可溶性硫酸盐等多污染物脱除、实现烟气汽化潜热回收、烟气高

效收水、实现消白烟六大功能项目，完全可以推广到国内大型火力发电及垃圾发电、水泥、钢铁等领域，实现多功能余热回收与环保减排，取得巨大经济效益。

本项目技术的开发和应用，为相关行业节能改造指出了一条环保与节能有效统一的新方向，可实现烟气余热回收、含水回收和硫酸盐、氯化盐、汞砷重金属元素等污染物协同脱除，显著降低热发电机组排放烟气的颗粒浓度和化学毒性，消除白烟，新型氟材料的采用彻底解决了低温腐蚀问题，国产化降低了 30% 的原料成本，运行寿命相比金属显著提高，运维成本同比显著下降，推广潜力巨大，为打赢蓝天保卫战贡献出新方案。

该集成技术在热发电机组示范应用以来，不但实现了机组粉尘超低排放，而且节能显著，折合节标煤 2.7 万，相应排放折合减少 CO₂ 排放量为 7.6 万吨，减少 SO₂ 排放量为 582.42 吨，节能与减排的综合效果明显。此项创新技术环保与节能效益巨大，举例应用于 1 台 600MW 火电机组则可回收约 30t/h 凝水，汽化潜热回收量约 36.7GJ/h，可年产生间接经济效益约 700 万元，现阶段国内煤电装机容量约为 11 亿千瓦，若产业化应用逐步推广，则经济效益和环保效益尤其巨大。

七、知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	发明人(培育人)
发明专利	一种换热器	中国	ZL201210570034.5	谭厚章；熊英莹；许伟刚；王学斌
发明专利	一种回收烟气含水同时脱除 PM2.5 的系统	中国	ZL201210256822.7	谭厚章；熊英莹；刘原一
发明专利	一种烟气凝水、余热回收装置	中国	ZL201110396087.5	谭厚章；熊英莹；许超；司纪朋
发明专利	烟气水换热器及其清洗方法	中国	ZL2015109901046	何正纲；顾国跃；占招飞；洪显树
发明专利	烟气、烟气换热器	中国	ZL201610070951.5	何正纲；顾国跃；占招飞；洪显树

八、代表性论文专著目录

作者	论文专著名称/刊物	年卷期 页码	发表时间 (年、月)	SCI 他 引次数	他引 总次 数
Tan HZ, Wang YB, Cao RJ, Xiong YY, Ruan RH, Vujanović M, Duić N	Development of wet phase transition agglomerator for multi-pollutant synergistic removal	2018, 130:1 208-1214	2018	0	0

谭厚章, 毛双华, 刘亮亮, 林国辉, 曹瑞杰, 杜天民, 阮仁晖	新型湿式相变凝聚除尘、节水及烟气余热回收一体化系统性能研究	2018, 47(06):16-22	2018	0	0
谭厚章, 熊英莹, 王毅斌, 曹瑞杰	湿式相变凝聚技术协同湿式电除尘器脱除微细颗粒物研究	2016, 37(12):2710-2714	2016	0	6
毛双华, 多文明, 姜国强, 王浩添	氟塑料低温省煤器在热电厂烟气余热回收中的应用	2015, 22(05):50-52+10	2015	0	2
毛双华, 林国辉, 王浩添	烟气相变凝聚综合处理装置在热电厂的应用	2018, 37(09):68-72	2018	0	0

九、主要完成人员情况

排名	姓名	性别	出生年月	技术职称	主要工作任务
1	吴周安	男	1962.07	正高	项目的首倡者和总负责人，主持整个项目的全面工作。
2	谭厚章	男	1965.05	正高	主持相变凝聚机理的研究和应用。
3	林国辉	男	1980.12	副高	主持项目技术路线研究、制定。
4	毛双华	男	1968.02	副高	负责工业应用的实施组织。
5	金余其	男	1970.12	研究员	负责低温烟气余热利用工艺的优化
6	陈伟峰	男	1977.05	副高	负责改性氟材料的开发。
7	顾国跃	男	1979.04	中级	负责改性氟材料换热器的设计与加工。
8	姜国强	男	1967.10	中级	负责余热梯级利用方案设计和子项技术集成工作。
9	童继红	男	1968.12	副高	负责改性氟材料材料制备工艺的开发以及各项指标的性能检测。
10	杨春	男	1983.09	中级	承担改性氟材料换热器加工技术的开发子项。
11	王毅斌	男	1990.12	其他	参与相变凝聚机理的基础研究。
12	冯国华	男	1979.01	中级	承担集成技术的装备化和工程实施。
13	朱伟东	男	1963.06	研究员	为主承担改性氟材料性能检测、环保监测等工作。

十、完成人合作关系说明

完成人合作关系说明

《基于新型氟材料的燃煤电厂节能减排集成技术研发与产业化应用》项目由巨化集团有限公司、西安交通大学、浙江大学、浙江巨化热电有限公司、浙江东氟塑料科技有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司和浙江师范大学共同完成。第一完成人为巨化集团有限公司的吴周安正高级工程师，项目的首倡者和总负责人，主持本项目的技术方案制定、技术集成、工业示范、合作单位协调。各单位及相关人员根据项目方案，密切合作，完成分工内容，并提炼总结出多项关键技术。在项目实施期间，第一完成人与其他完成人及其他完成人之间保持着合作与沟通协调，共同完成了项目的研究、创新与产业化示范应用，合作关系和内容说明如下：

1、巨化集团（现巨化集团有限公司）为第一完成单位，成果完成人陈伟峰、童继红均在第一完成人项目团队从事改性氟材料的开发及各项技术集成应用，组织了项目技术方案的制定、论证与协调实施，均为含氟新材料联合实验室成员。

2、西安交通大学为第二完成单位，成果完成人谭厚章、王毅斌与浙江巨化热电有限公司技术合作，负责相变凝聚技术基础理论研究，湿式相变凝聚技术的开发与湿式相变凝聚器产品的设计，与毛双华、林国辉共同发表研究论文。

3、浙江大学做为第三完成单位，成果完成人金余其与浙江巨化热电有限公司技术合作，负责低温烟气余热利用理论研究，相关工艺的设计及优化，烟气性质对传热传质的影响分析，现场参数分析、强化传热以及技术扩展应用推广领域的推荐等工作。

4、浙江巨化热电有限公司为巨化集团有限公司下属子公司，做为第三完成单位，成果完成人毛双华、林国辉、姜国强与第一完成人合作，完成项目工程建设与调试运行并进行示范应用；与西安交通大学共同试验，数据分析等，共同发表论文 2 篇，实用新型专利 3 项等

5、浙江东氟塑料科技有限公司做为第四完成单位，成员顾国跃、杨春主要负责改性氟塑料换热器加工工艺的开发工作，与巨化热电有限公司有共同合作，改性氟塑料换热器在热电进行示范应用，与毛双华共同获得实用新型专利 1 项；

6、浙江菲达环保科技股份有限公司做为第五完成单位，成员冯国华主要承担集成技术的装备化设计和工程实施、技术的推广应用，与浙江巨化热电有限公司共同研发系统集成。

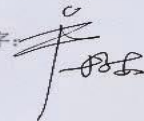
7、浙江师范大学做为第六完成单位，与巨化集团共同成立含氟新材料联合实验室，成员朱伟东主要负责改性氟材料性能检测、环保监测等工作以及监测方法的适用性研究

本项目为公司内部立项研发项目，由第一完成人吴周安负责整体项目的论证组织与实施，未申请国家及省市相关科研计划、课题立项。

特此说明

以上说明均是真实的，如有不符，本人愿承担相关责任。

第一完成人签字：



十一、主要完成单位情况

第一完成单位：巨化集团有限公司，主要负责改性氟材料的开发及各项技术集成应用、工业示范。组织了项目技术方案的制定、论证与实施，并为项目研发提供了全部经费。

第二完成单位：西安交通大学，主要负责相变凝聚技术基础理论研究，湿式相变凝聚技术的开发与湿式相变凝聚器产品的设计，烟气含水与汽化潜热回收效果分析以及现场烟气中颗粒物采集测试与烟气、冷凝水、灰等样品分析工作。

第三完成单位：浙江大学，主要负责低温烟气余热利用理论研究，相关工艺的设计及优化，烟气性质对传热传质的影响分析，现场参数分析、强化传热以及技术扩展应用推广领域的推荐等工作。

第四完成单位：浙江巨化热电有限公司，主要负责低温烟气余热深度回收与有色烟羽消除技术路线的制定与现场实施，组织、协调与指导湿式相变凝聚及多污染物协同脱除技术、多机组多级换热装置串并联耦合梯级吸收烟气余热技术以及有色烟羽消除技术的工程建设与调试运行。

第五完成单位：浙江东氟塑料科技有限公司，主要负责改性氟塑料换热器加工工艺的开发工作。

第六完成单位：浙江菲达环保科技股份有限公司，主要负责承担集成技术的装备化和工程实施、技术的推广应用。

第七完成单位：浙江师范大学，负责改性氟材料性能检测、环保监测等工作以及监测方法的适用性研究。

