

# 1、项目名称：危险化学品固有安全风险评估理论与方法

**完成单位：**南京工业大学

**提名单位：**江苏省教育厅

## **项目简介：**

本项目属于化学、数学、化工、安全等交叉学科领域的研究课题。江苏省是化工大省，各类危险化学品在生产、储存、使用和运输等过程中生产安全事故频发，是制约江苏经济社会可持续健康发展的重要因素。本项目从微观分子结构角度，开展针对危险化学品固有安全风险的评估理论与方法研究，深入揭示化学品的固有结构危险性，提出化学品危险特性的定量预测模型与方法，建立危险化学品固有安全风险评估指数与指标体系，揭示其事故可能性及后果严重度等综合风险大小，形成兼具原始创新和集成创新特色的危险化学品安全风险评估理论与方法，解决危险化学品安全风险防控的国家与地方重大需求。主要发现点如下：

### 一、发现了危险化学品的固有结构危险性及其致灾机理

1、发现了决定化学品燃烧、爆炸、中毒等不同危险性的特征结构基团及其影响作用机制。针对有机过氧化物等典型危险化学品，研究提取了过氧基、乙炔基等特征危险性基团，揭示了基团类型、数目及排列方式等结构危险性规律及其协同作用机制，确定了其结构致灾机理；建立了基于组成与结构的化学品危险特性分析鉴别和判定技术，为危险化学品的快速鉴别与筛选提供指导。

2、发现了决定化学品不同危险特性的特征结构因素及其影响作用机制。研究揭示了对化学品不同危险特性起决定作用的静电、空间效应等特征结构因素，揭示了分子拓扑、电性、量子化学等特征结构参数对不同危险特性的影响作用规律与大小，在分子水平上揭示了物质微观结构对宏观危险特性的影响，为危险化学品的安全设计与合成提供指导。

### 二、提出了化学品危险特性的定量预测模型与方法

1、提出了基团键、改进电性拓扑指数等分子结构描述符对危险化学品的微观结构特征进行定量精确描述，建立了遗传-多元线性回归及遗传-支持向量机组合算法，对特征描述符进行优化筛选与建模，构建了危险化学品定量结构-危险特性相关性研究体系。

2、针对液态烃、醇、醛、酮、醚等典型危险化学品的自燃点、爆炸极限、热分解温度、急性毒性等 15 种危险特性参数，建立了相应的线性与非线性理论预测模型，实

现了根据分子结构定量预测化学品危险特性，解决了危险特性实验数据缺乏的难题。

### 三、提出了危险化学品固有安全风险评估指标体系与方法

1、分别提出了基于危险特性参数的危险化学品闪燃、自燃、爆炸、急性毒性等固有危险综合评估指标，建立了综合考虑风险概率与事故后果的化学品固有风险综合评估指数及风险判别准则；分别建立了基于危险特性参数的危险化学品热危险性综合风险评估指数与分级标准，以及基于绝热量热数据的热失控综合风险评估指数与风险判别准则。

2、综合考虑燃爆特性、毒性、热危险性等危险特性，提出了全面评估危险化学品固有综合安全风险的评估指标体系与方法；结合化学品结构危险性规律，建立了基于分子结构的危险化学品安全风险定量评估方法，构建了危险化学品固有风险量化模型及定量风险评估技术体系。

通过上述发现，一方面为危险化学品安全风险评估与控制提供必要的基础数据、理论与方法，同时为化工过程优化与本质安全化设计提供理论技术支持，对危险化学品风险防控及化工安全生产具有重要指导意义。本项目获国家自然科学基金重点及面上等多个项目支持。发表 SCI 论文 32 篇，8 篇代表性论文 SCI 他引 190 次，单篇最高被他引 59 次。获国家授权发明专利和软件著作权登记各 2 项。培养博士获全国优博提名论文 1 人次。

### 代表性论文论著和知识产权

#### 1、代表性论文论著目录（不超过 8 篇）

序号	论文论著名称 /刊名/作者	影响 因子	年卷页码 (XX 年 XX 卷 XX 页)	发表时间 (年月日)	通讯 作者	第一作 者	SCI 他 引次数	他引 总次数	是否国 内完成
1	有机化合物的分子结构与危险特性/科学出版社/蒋军成；潘勇	--	2011	2011-10-01	--	蒋军成	--	--	是
2	Quantitative structure-property relationship studies for predicting flash points of alkanes using group bond contribution method with back-propagation neural network /J.	6.065	2007 年 147 卷 424-430 页	2007-08-17	潘勇	潘勇	53	69	是

	Hazard. Mater./ Pan, Y.; Jiang, J. C.; Wang, Z. R.								
3	Advantages of support vector machine in QSPR studies for predicting auto-ignition temperatures of organic compounds/ Chemometr. Intell. Lab./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.	2.303	2008 年 92 卷 169-178 页	2008-07-15	蒋军成	潘勇	49	60	是
4	Predicting the auto-ignition temperatures of organic compounds from molecular structure using support vector machine/ J. Hazard. Mater./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Cui, Y.	6.065	2009 年 164 卷 1242-1243 页	2009-05-30	蒋军成	潘勇	21	33	是
5	Prediction of flammability characteristics of pure hydrocarbons from molecular structures/ AIChE J./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Ding, X.Y.; Wang, R.; Jiang, J.J.	2.836	2010 年 56 卷 690-701 页	2010-03	潘勇	潘勇	17	27	是
6	Predicting the net heat of combustion of organosilicon compounds from molecular structures/ Ind. Eng. Chem. Res./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Zhang, Y.Y.	2.843	2012 年 51 卷 13274-13281 页	2012-10-10	潘勇	潘勇	3	8	是
7	Prediction of the self-accelerating	1.818	2014 年 31 卷 41-49 页	2014-09-01	潘勇	潘勇	7	11	是

	decomposition temperature of organic peroxides using the quantitative structure-property relationship (QSPR) approach/J. Loss. Prevent. Proc./ Pan, Y.; Zhang, Y. Y.; Jiang, J. C.; Ding, L.								
8	Prediction of impact sensitivity of nitro energetic compounds by neural network based on electrotopological-state indices/ J. Hazard. Mater./ Wang, R.; Jiang, J.C.; Pan, Y.; Cao, H.Y.; Cui, Y.	6.065	2009年166卷155-186页	2009-06-15	蒋军成	王睿	40	46	是

## 2、代表性论文论著被他人引用的情况（不超过8篇）

序号	被引代表性论文论著题目	引文题目/作者	引文刊名/影响因子	引文发表时间（年月日）
1	①Quantitative structure-property relationship studies for predicting flash points of alkanes using group bond contribution method with back-propagation neural network/ J. Hazard. Mater., 2007(147), 424-430./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, Z.R. ②Advantages of support vector machine in QSPR studies for predicting auto-ignition temperatures of organic compounds/ Chemometr. Intell. Lab., 92(2008), 169-178/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.	Inductive modeling of physico-chemical properties, Flash point of alkanes/J. Hazard. Mater., 179 (2010), 1161-1164./ Mathieu, D.	J. Hazard. Mater./6.065	2010-06-15

2	<p>Quantitative structure-property relationship studies for predicting flash points of alkanes using group bond contribution method with back-propagation neural network/ J. Hazard. Mater., 2007(147), 424-430./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, Z.R.</p>	<p>Relationship between flash point of ionic liquids and their thermal decomposition/Green Chem., 14(2012), 2001-2008./ Liaw, H. J.; Chen, C.C.; Chen, Y.C.; Chen, J.R.; Huang, S.K.; Liu, S.N.</p>	<p>Green Chem./9.125</p>	<p>2012-07-01</p>
3	<p>①A novel QSPR model for prediction of lower flammability limits of organic compounds based on support vector machine/ J. Hazard. Mater., 168(2009), 962-969/ Pan Y.; Jiang, J.C.; Wang,R.; Cao, H.Y.; Cui,Y.          ②Prediction of auto-ignition temperatures of hydrocarbons by neural network based on atom-type electrotopological-state indices/ J. Hazard. Mater., 157(2008), 510-517/ Pan,Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Zhao, J.B.          ③Predicting the auto-ignition temperatures of organic compounds from molecular structure using support vector machine/ J. Hazard. Mater., 164(2009), 1242-1249/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Cui, Y.          ④Prediction of the upper flammability limits of organic compounds from molecular structures/ Ind. Eng. Chem. Res., 48(2009), 5064-5069/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Cui, Y.</p>	<p>A General Guidebook for the Theoretical Prediction of Physicochemical Properties of Chemicals for Regulatory Purposes/Chem. Rev., 115(2015), 13093-13164./ Nieto-Draghi, C.; Fayet, G.; Creton, B.; Rozanska, X.; Rotureau, P.; de Hemptinne, J.C.; Ungerer, P.; Rousseau, B.; Adamo, C.</p>	<p>Chem. Rev./47.928</p>	<p>2015-12-23</p>
4	<p>Predicting the auto-ignition temperatures of organic compounds from molecular structure using support vector machine/ J. Hazard. Mater., 164(2009), 1242-1249/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Cui, Y.</p>	<p>Temperature rise prediction of lithium-ion battery suffering external short circuit for all-climate electric vehicles application/Apl. Energ., 213(2018), 375-383./ Chen, Z. Y.; Xiong, R.; Lu, J. H.; Li, X. G.</p>	<p>Appl. Energ./7.182</p>	<p>2018-03-01</p>

5	Prediction of impact sensitivity of nitro energetic compounds by neural network based on electrotopological-state indices/ J. Hazard. Mater., 166(2009), 155-186/ Wang, R.; Jiang, J.C.; Pan, Y.; Cao, H.Y.; Cui, Y.	A Quantitative Structure Activity Relationship for acute oral toxicity of pesticides on rats, Validation, domain of application and prediction/J. Hazard. Mater., 303(2016), 28-40./ Hamadache, M.; Benkortbi, O.; Hanini, S.; Amrane, A.; Khaouane, L.; Moussa, C.S.	J. Hazard. Mater./6.065	2016-02-13
6	①Quantitative structure-property relationship studies for predicting flash points of alkanes using group bond contribution method with back-propagation neural network/ J. Hazard. Mater., 2007(147), 424-430./ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, Z.R. ②Advantages of support vector machine in QSPR studies for predicting auto-ignition temperatures of organic compounds/ Chemometr. Intell. Lab., 92(2008), 169-178/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H. Y. ③Predicting the auto-ignition temperatures of organic compounds from molecular structure using support vector machine/ J. Hazard. Mater., 164(2009), 1242-1249/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Cui, Y. ④Prediction of auto-ignition temperatures of hydrocarbons by neural network based on atom-type electrotopological-state indices/ J. Hazard. Mater., 157(2008), 510-517/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Wang, R.; Cao, H.Y.; Zhao, J.B.	Quantitative Correlation of Physical and Chemical Properties with Chemical Structure, Utility for Prediction/Chem. Rev., 110(2010), 5714-5789./ Katritzky A.R.; Kuanar, M.; Slavov, S.; Hall, C.D.; Karelson, M.; Kahn, I.; Dobchev, D.A.	Chem. Rev./47.928	2010-10-13
7	Predicting the net heat of combustion of organosilicon compounds from molecular structures/ Ind. Eng. Chem. Res., 51(2012), 13274-13281/ Pan, Y.; Jiang, J.C.; Zhang, Y.Y.	Environmental Chemistry of Organosiloxanes/Chem. Rev., 115(2015), 466-524./ Rücker, C.; Kiemmerer, K.	Chem. Rev./47.928	2015-01-14
8	Prediction of impact sensitivity of nitro energetic compounds by neural network based on electrotopological-state indices/ J. Hazard. Mater., 166(2009), 155-186/ Wang, R.; Jiang, J.C.; Pan, Y.; Cao, H.Y.; Cui, Y.	Azole-Based Energetic Salts/Chem. Rev., 111(2011), 7377-7436./ Gao, H.X.; Shreeve, J.M.	Chem. Rev./47.928	2011-11-09

### 3、主要知识产权目录

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	一种确定多元混合气体爆炸极限的方法	中国	ZL201110437191.4	2014-11-05	1511136	南京工业大学	蒋军成;潘勇;李国梁;崔益虎;倪磊;张尹炎
2	发明	一种确定自反应性化学物质热危险性的方法	中国	ZL201210441367.8	2015-06-03	1685956	南京工业大学	蒋军成;潘勇;成杰;张尹炎
3	计算机软件著作权	含能材料感度查询与预测系统软件 V1.0	中国	2012SR105503	2012-11-06	0473539	南京工业大学	潘勇;蒋军成;王睿;曹洪印
4	计算机软件著作权	化学品危险特性查询与预测系统 V1.0	中国	2014SR017101	2014-02-13	0686345	南京工业大学	潘勇;蒋军成;王睿;曹洪印

## 主要完成人及其主要工作

**蒋军成:** 教授, 本项目总负责人, 占本人工作量的 70%, 负责研究总方案制定和理论研究。对发现点一、三作出重要贡献。发现了危险化学品的固有结构危险性及其致灾机理; 提出了危险化学品固有安全风险评估指标体系与方法。代表性论著 1 的第一作者, 代表性论著 3, 4, 8 的通讯作者和第二作者, 代表性论著 2, 5, 6, 7 的第二作者。2 件授权发明专利的第一发明人 (ZL201110437191.4 和 ZL201210441367.8), 2 件计算机软件著作权的第一开发者 (2012SR105503 和 2014SR017101)。

**潘勇:** 教授, 项目研究骨干, 占本人工作量的 80%, 负责项目研究的执行和协调。对发现点二、三作出重要贡献。提出了化学品危险特性的定量预测模型与方法; 分别提出了基于危险特性参数的危险化学品闪燃、自燃、爆炸、急性毒性、热分解等综合风险评估指数与分级标准。代表性论著 1 的第二作者, 代表性论著 2, 5, 6, 7 的通讯作者和第一作者, 代表性论著 3, 4 的第一作者, 代表性论著 8 的第三作者。2 件授权发明专利的第二发明人 (ZL201110437191.4 和 ZL201210441367.8), 2 件计算机软件著作权的第二开发者 (2012SR105503 和 2014SR017101)。

**江佳佳:** 讲师, 项目研究骨干, 占本人工作量的 70%, 对发现点一、二作出重要贡献。提出了兼具变量筛选及模型优化性能的遗传-多元线性回归 (GA-MLR) 及遗传-支持向

量机(GA-SVM)组合算法，用于分子描述符的优化筛选；发现了决定危险化学品热危险性的特征结构因素及其影响作用机制。参与代表性论著 1 的撰写，代表性论著 5 的第五作者。

**倪磊：**讲师，项目研究骨干，占本人工作量的 60%，对发现点一、二作出重要贡献。参与提出并验证了兼具变量筛选及模型优化性能的遗传-多元线性回归(GA-MLR)及遗传-支持向量机(GA-SVM)组合算法，参与构建相关理论模型，提出了危险化学品热危险性评估指数方法。参与代表性论著 1 的撰写，1 件授权发明专利的第五发明人(ZL201110437191.4)。

**王志荣：**教授，项目研究骨干，占本人工作量的 60%，对发现点一、三作出重要贡献。建立适用于化学品危险特性的定量构效关系研究体系，构建根据分子结构预测化学品不同危险特性的线性与非线性理论模型，解决危险特性实验数据缺乏的难题，参与提出了危险化学品热危险性评估指数方法(THI)。参与代表性论著 1 的撰写，代表性论著 2 的第三作者。

**丁晓晔：**讲师，占个人工作量的 50%，对发现点一作出重要贡献。完善了根据分子结构预测化学品不同危险特性的线性与非线性理论模型的评价验证方法，改进了模型的机理解释模式。参与代表性论著 1 的撰写，代表性论著 5 的第三作者。

**王睿：**占个人工作量的 60%，对发现点二作出重要贡献。发现了决定硝基芳香含能化合物等危险化学品危险特性的特征结构因素及其影响作用机制。参与代表性论著 1 的撰写，代表性论著 3、4 的第三作者，代表性论著 5 的第四作者，代表性论著 8 的第一作者，2 件计算机软件著作权的第三开发人(2012SR105503 和 2014SR017101)。

**丁立：**占个人工作量的 50%，对发现点一作出重要贡献。参与构建了适用于化学品危险特性的定量构效关系研究体系，对化学品危险特性的定量预测模型与方法进行了评价验证。参与代表性论著 1 的撰写，代表性论著 7 的第四作者。

**曹洪印：**占个人工作量的 50%，对发现点二作出重要贡献。发现了可定量表征危险化学品结构特征的基团键、电性拓扑状态指数等分子结构描述符，可精确描述危险化学品微观结构特征。代表性论著 3、4、8 的第四作者，2 件计算机软件著作权的第四开发人(2012SR105503 和 2014SR017101)。

**崔毅：**占个人工作量的 70%，对发现点一、二作出重要贡献。参与研究了决定化学品闪燃、自燃、爆燃等不同燃爆危险性的特征结构因素及其影响作用机制。参与提出了危险化学品热危险性评估指数方法(OPIC)。代表性论著 4、8 的第五作者。

**张尹炎：**占个人工作量的 70%，对发现点二、三作出重要贡献。发现了决定自反应性化



学物质热危险性的特征结构因素及其影响作用机制，参与提出了危险化学品安全风险综合评估指标体系与方法。代表性论著 6 的第三作者，代表性论著 7 的第二作者，1 件授权发明专利的第六发明人（ZL201110437191.4）和 1 件授权发明专利的第四发明人（ZL201210441367.8）。

## 2、项目名称：高性能二次电池新材料体系开发及应用

**完成单位：**南京工业大学、浙江大学、超威电源有限公司

**提名单位：**江苏省教育厅

**项目简介：**项目成果属于材料与化学工程领域。二次电池（包括铅酸蓄电池、锂离子电池等）是大容量储能设备的“心脏”，其核心关键技术—电池的电极材料及工程化技术，决定了电池的安全性、比能量、比功率、使用寿命和价格，是国际亟待解决的共性关键技术难题。项目在国家和江苏省等科技项目支持下，通过交叉运用材料、化学、化学工程等多学科的特色方法，开展了从基础、应用基础到工程化技术的多尺度系统研究，发明了电极材料微结构与性能调控方法，建立了电极纳微界面结构设计与强化技术，开发出了电极材料绿色规模化生产技术，建成具有自主知识产权的工业生产线，奠定了我国在相关领域的国际领先地位，形成如下主要创新成果：

**（1）发明了高性能电极材料微结构与性能调控方法。**发现了电极材料纳微形态影响材料电子、离子传输等性能的规律，掌握了电极材料微结构调控储锂性能的技术，发明了电极材料的定向生长和调控方法，研制出了高质量单分散的低维、多孔、中空的一系列纳米化电极材料，有效解决了非导体电极材料在电子、离子高速传输通道构筑方面的难题。

**（2）发明了复合电极材料界面调控与结构强化技术。**揭示了石墨烯尺寸和层数、钛酸盐形貌对增强和稳定电极材料复合结构的规律，发明了石墨烯、钛酸盐与铅膏的高效复合技术，实现了高倍率条件下电极活性物质利用率较普通电池提高 10%，铅酸蓄电池产品寿命延长 4~10 倍，功率提高 20%~50%；发明了石墨烯与纳米化电极材料的关键复合技术，研制出从石墨烯与电极材料的简单无序复合、到局部有序结构的复合再到高度有序结构的复合系列高性能锂离子电池电极材料，实现了高倍率条件下锂离子电池寿命延长 2~3 倍。

**（3）开发了电极材料的高质量、低成本的工程化制备成套工艺、技术和生产线。**首次将材料化学工程原理引入到石墨烯和钛酸盐电极材料的规模化制备过程中，发明了钛酸盐微观结构、形貌和组成的调控方法、低温制备新工艺和关键装备，建成了世界先进千吨级工业生产线，生产出结晶度高、形貌均一的高质量钛酸盐产品，打破了国外发达国家技术垄断；首次建立了石墨氧化的二维界面反应模型，揭示了石墨氧化反应机理，发明了高效安全的石墨氧化技术、浓酸回收工艺、耦合钛酸盐碱性废水处理技术、绿色氧化石墨烯还原技术和相关配套装备，建成了世界领先的百吨级石墨烯生产线。

### 经济社会效益：

项目成果成功实现产业化，在江苏太白集团和镇江迪博新材料科技有限公司建成了年产 3000 吨/年钛酸盐生产线和 100 吨/年石墨烯生产线；开发的二次电池新材料体系已在超威电源有限公司、浙江超威创元实业有限公司的铅酸蓄电池和锂离子电池产品中实现稳定应用，取得了良好的应用效果，受到广大用户的一致好评，近三年累计新增销售收入 1.4 亿元，社会经济效益显著。

### 知识产权和论文：

主要知识产权目录（不超过 10 件）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种氧化还原制备石墨烯的方法	中国	ZL201110372309.X	2014.04.09	1379996	南京工业大学	暴宁钟；何大方；绍邵峰；查晨阳；邱新民；杨文哲
2	发明专利	石墨烯-碳纳米管气凝胶支撑纳米硅复合电极材料的制备方法	中国	ZL201410532613.X	2017.12.15	2739392	南京工业大学	暴宁钟；白凤娟；何大方
3	发明专利	一种膜过程洗涤分离制备超细氧化石墨的方法	中国	ZL201310673576.X	2016.08.31	2220624	南京工业大学	暴宁钟；杨文哲；何大方
4	发明专利	炭改性纳米 LiTiO 与多孔石墨烯复合电极材料的制备方法	中国	ZL201310469530.6	2015.07.15	1727365	暴宁钟；何大方	暴宁钟；何大方
5	发明专利	一种石墨烯复合二氧化钛浆料的制备方法	中国	ZL201210362365.X	2016.01.20	1892626	南京工业大学	暴宁钟；查晨阳；何大方；王仙

6	发明专利	一种石墨烯制备工艺中废水处理方 法	中国	ZL201610414751.7	2018.04.06	2873692	南京工 业大学	暴宁钟；史 叶勋；沈丽 明；李畅； 蒋峰
7	发明 专利	一种高纯 度锡酸镧纳 米粉体的制 备方法	中国	ZL 201410488560	2015.10.28	1831426	浙江大 学	张玲洁, 沈 涛, 杨辉, 张继, 申乾 宏, 陈乐生
8	发明 专利	一种微纳二 氧化锡实心 球的制备方 法	中国	ZL201410488447.8	2016.04.20	2032211	浙江大 学	杨辉；张 继；张玲 洁；陈乐 生；沈涛； 乾宏
9	发明 专利	一种铅酸蓄 电池负极铅 膏	中国	ZL201410356246.2	2017.02.01	2365465	超威电 源有限 公司	张绍辉
10	实用 新型	一种新型阀 控密封铅酸 蓄电池的隔 板结构	中国	ZL201620024026.4	2016.06.29	5322709	超威电 源有限 公司	张绍辉；赵 磊

代表性论文论著目录（不超过 8 篇）

序号	论文论著名称/刊名/作者	影响 因子	年卷页码（XX 年XX卷XX页）	发表时间 （年月日）	通讯作者	第一作者	SCI他 引次数	他引总 次数	是否国 内完成
1	Fabrication of Sandwich-structured Si Nanoparticles-Graphene Nanocomposites for High-performance Lithium-ion Batteries. <i>Electrochimica Acta</i> . Dafang He, Fengjuan Bai, Liming Shen*, Harold H. Kung, Ningzhong Bao*.	4.6	2015,169, 409-415	2015	Liming Shen Ningzhong Bao	Dafang He Fengjuan Bai	29	30	是
2	A Minky-dot-fabric-shaped Composite of Porous TiO <sub>2</sub> Microsphere/reduced Graphene Oxide for Lithiumion Batteries. <i>Journal of Materials Chemistry A</i> . Chenyang Zha, Dafang He, Jiwei Zou, Liming Shen*, Xiaoyan Zhang, Yifeng Wang, Harold H. Kung, Ningzhong Bao*.	8.82	2014,2,16931-16 938	2014	Liming Shen Ningzhong Bao	Chenyang Zha Dafang He	15	15	是
3	An Efficient and Eco-Friendly Solution-Chemical Route for P reparation of Ultrastable Reduced Graphene Oxide Suspensions. <i>AIChE Journal</i> . Dafang He, Liming Shen*, Xiaoyan Zhang, Yifeng Wang, Ningzhong Bao*, Harold H. Kung.	2.89	2014,60, 2757-2764	2014	Liming Shen Ningzhong Bao	Dafang He	20	23	是
4	Double-sided Brush-shaped TiO <sub>2</sub> Nanostructure Assemblies with Highly-ordered Nanowires for Dye-sensitized Solar Cells. <i>ACS Applied Materials &amp; Interfaces</i> . Chenyang Zha, Liming Shen, Xiaoyan Zhang, Yifeng Wang,	7.5	2014,6,122-129	2014	Ningzhong Bao	Chenyang Zha	27	29	是

	Brian A. Korgel, Arunava Gupta, Ningzhong Bao*.								
5	Fabrication of Coaxial TiO <sub>2</sub> /Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> Nanowire Hybrids for Efficient Nanostructured Organic-inorganic Thin Film Photovoltaics. Chemical Communications. Juliano C. Cardoso, Craig A. Grimes*, Xinjian Feng, Xiaoyan Zhang, Sridhar Komarneni, Maria V. B. Zanoni, Ningzhong Bao*.	6.24	2012,48,2818-2820	2012	Craig A. Grimes Ningzhong Bao	JulianoC. Cardoso	51	52	是
6	Facile Thermolysis Synthesis of CuInS <sub>2</sub> Nanocrystals with Tunable Anisotropic Shape and Structure. Chemical Communications. Ningzhong Bao*, Xinmin Qiu, Yu Hsiang A. Wang, Ziyou Zhou, Xiaohua Lu, Craig A. Grimes, Arunava Gupta*.	6.24	2011,47,9441-9443	2011	Ningzhong Bao Arunava Gupta	Ningzhong Bao	61	63	是
7	Low Temperature Crystallization of Transparent, Highly-ordered Nanoporous SnO <sub>2</sub> Thin Films: Application to Room-temperature Hydrogen Sensing, Nanoscale. Shaofeng Shao, Xinmin Qiu, Dafang He, Ralf Koehn, Najia Guan, Xiaohua Lu, Ningzhong Bao*, Craig A. Grimes*.	7.69	2011,3,4283-4289	2011	Ningzhong Bao Craig A. Grimes	Shaofeng Shao	13	16	是
8	Preparation and properties of silicon carbide ceramics enhanced by TiN nanoparticles and SiC whiskers. Scripta Materialia. Lingjie Zhang, Hui Yang, Xingzhong Guo*, Jianchao Shen, Xiaoyi Zhu.	3.65	2011,65,186-189	2011	Xingzhong Guo	Lingjie Zhang	16	19	是

### 主要完成人及其主要工作：

**暴宁钟：**教授，本项目的总负责人，全面负责项目组织，协调和指导，负责总体思路设计，对发明点 1、2、3 均有重要贡献。创新性地提出高性能电池电极材料微结构与性能调控方法；发明了高稳定性电极结构与强化技术；开发了基于材料化学工程方法的电池关键材料的高质量、低成本的工程化制备成套工艺、技术和生产线。6 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 1~6】。项目工作占本人全年工作量的 70%。

**何大方：**中级工程师，该项目主要完成人之一，对发明点 1、2、3 均有重要贡献。发明了高性能电池电极材料微结构与性能调控方法；发明了高稳定性电极结构与强化技术；开发了电池关键材料的高质量、低成本的工程化制备成套工艺、技术和生产线。5 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 1~5】。项目工作占本人全年工作量的 80%。

**张玲洁：**副研究员，该项目主要完成人之一，对发明点 2 有重要贡献。发明了高稳定性电极结构与强化技术。2 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 7~8】。项目工作占本人全年工作量的 70%。

**查晨阳：**中级工程师，该项目主要完成人之一，对发明点 2 有重要贡献。发明了石

墨烯、钛酸盐与铅膏的高效复合技术。2 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 1,6】，项目工作占本人全年工作量的 70%。

**李 畅：**博士研究生，该项目主要完成人之一，对发明点 3 有重要贡献。开发了电池关键材料的高质量、低成本的工程化制备成套工艺、技术和生产线。1 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 6】。项目工作占本人全年工作量的 70%。

**张绍辉：**教授级高级工程师，该项目主要完成人之一，对发明点 2 有重要贡献。发明了高稳定性电极结构与强化技术。2 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 9~10】。项目工作占本人全年工作量的 80%。

**史叶勋：**博士研究生，该项目主要完成人之一，对发明点 3 有重要贡献。开发了电池关键材料的高质量、低成本的工程化制备成套工艺、技术和生产线。1 项主要发明专利的发明人【主要知识产权证明目录 6】。项目工作占本人全年工作量的 70%。

### 3、项目名称：有机-无机复合膜的设计制备及其分子尺度分离性能研究

**主要完成人：**金万勤，刘公平，周浩力

**主要完成单位：**南京工业大学

**提名单位：**江苏省教育厅

#### 项目简介：

本项目属于化学工程中的膜分离方向。

物料分离的能耗占国家总能耗一半以上，发展节能降耗的分离技术具有重要战略意义。膜技术是一种高效节能的分离技术，其核心分离膜的设计制备是化学工程、材料科学、化学等学科的交叉热点和研究前沿。本项目设计合成了具有优异分子尺度分离性能的金属-有机框架膜、氧化石墨烯-陶瓷膜、聚合物-陶瓷膜等高性能有机-无机复合膜新材料，发展了膜技术在能源和环境中的应用的新过程。主要科学创新包括：

1、发展了金属-有机框架（MOF）膜的设计制备新策略，首次提出了反应晶种法和逐步沉积晶种法，精密调控 MOF 的成核和成膜过程，解决了多晶有机-无机复合膜层的无缺陷可控制备的关键科学问题，并首次实现了 MOF 膜对手性分子的拆分，为有机-无机 MOF 膜材料的开发提供了理论依据。首创的反应晶种法得到国际同行普遍认可，被成功应用于 X 类 XX 种 MOF 膜的合成；逐步沉积晶种法制备的 MOF 膜被无机膜专家 J. Caro 教授在 Science 论文正面引用以验证其研究结果；手性 MOF 膜的工作多次被诺贝尔化学奖得主 J. F. Stoddart 教授在 JACS 中作为该领域的代表性成果加以引用。

2、提出了氧化石墨烯有序组装分子通道的新方法，解决了二维材料膜亚纳米传质通道精密构筑与调变的关键科学问题，首次制备了具有国际领先水平的高性能中空纤维氧化石墨烯-陶瓷复合膜和氧化石墨烯混合基质气体分离膜，为有机-无机复合膜的分子传递通道构筑提供了新途径。研究工作得到诺贝尔物理奖得主 A. K. Geim 教授在 Nature Materials 论文中作为开创新工作引用，被美国工程院院士 M. Elimelech 教授在 Science 论文中作为典型案例进行正面评述，引领国际二维材料膜研究方向。

3、提出了界面受限溶胀的多孔陶瓷支撑聚合物复合膜新结构，将膜渗透通量提高了 1 个数量级，优化了有机-无机相界面匹配关系，解决了传统分离膜渗透性和选择性

相互制约的关键科学问题，初步形成了该类膜材料的设计制备、微结构控制和演变理论，并在国际上首次实现了聚合物-陶瓷复合膜的规模化制备与工业应用。新加坡工程院院士 T. S. Chung 教授、无机膜专家 Y. S. Lin 教授多次在单篇研究论文中引用本项目的系列开创性工作，研究工作引发了国内外同行的继发性研究

项目共发表 SCI 论文 46 篇，SCI 他引 1743 次，2 篇论文入选 ESI 高被引论文；8 篇代表性论文发表在 *Angew. Chem. Int. Ed.*、*Chem. Commun.*、*J. Membr. Sci.*、*In. Eng. Chem. Res.* 等权威期刊上，SCI 他引 698 次，被 *Science*、*Nat. Mater.*、*Nat. Commun.* 等期刊重点评述并高度评价。本项目的相关科学发现显示出重要工业应用价值，如聚合物-陶瓷复合膜在挥发性有机物回收中实现了工业应用。

所取得的研究成果显著提升了我国在膜分离领域的国际影响力。项目第一完成人受邀担任膜领域顶级期刊 *Journal of Membrane Science* 编辑（首位中国学者）；作为会议主席召开国际膜领域最大规模会议 ICOM（30 多年来首次在我国举办）等国际会议 4 次；连续 4 年入选 Elsevier 中国高被引学者“化学工程领域”榜单。

## 论文和知识产权

### 1、代表性论文论著目录（不超过 8 篇）

序号	论文论著名称 /刊名/作者	影响因子	年卷页码 (XX 年 XX 卷 XX 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者	第一作者	SCI 他 引 次 数	他 引 总 次 数	是否 国内 完成
1	Metal-Organic Framework Membranes Fabricated via Reactive Seeding / <i>Chemical Communications</i> /Yaoxin Hu, Xueliang Dong, Jiangpu Nan, WanqinJin*, Xiaoming Ren, Nanping Xu, and Young Moo Lee	6.319	2011, 47, 737-739	2010 年 11 月 8 日	金万勤	胡耀心	176	179	是
2	Step-by-Step Seeding Procedure for Preparing HKUST-1 Membrane on Porous $\gamma$ -Alumina Support / <i>Langmuir</i> /Jiangpu Nan, Xueliang Dong, Wenjin Wang, WanqinJin* and Nanping Xu	3.833	2011, 27, 4309-4312	2011 年 3 月 23 日	金万勤	南江普	103	104	是



3	A homochiral metal-organic framework membrane for enantioselective separation <i>/Chemical Communications</i> /Wenjin Wang, Xueliang Dong, Jiangpu Nan, WanqinJin, Zhongqiao Hu, Yifei Chen and Jianwen Jiang	6.319	2012, 48, 7022-7024	2012年4月26日	金万勤	汪文进	61	65	是
4	A graphene oxide membrane with super-selective molecular separation of aqueous organic solution <i>/Angewandte Chemie</i> /Kang Huang, Gongping Liu, Yueyun. Lou, Ziyu Dong, Jie Shen, WanqinJin*	11.994	2014, 53, 6929-6932	2014年5月20日	金万勤	黄康	115	130	是
5	Membranes with Fast and Selective Gas-Transport Channels of Laminar Graphene Oxide for Efficient CO <sub>2</sub> Capture <i>/Angewandte Chemie</i> /Jie Shen, Gongping Liu, Kang Huang, WanqinJin*, Kueir-Rarn Lee, and Nanping Xu.	11.994	2014, 54, 578-582	2015年1月7日	金万勤	申杰/ 刘公平	57	65	是
6	PDMS/ceramic composite membrane with high flux for pervaporation of ethanol-water mixtures <i>/Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> /FenjuanXiangli, Yiwei Chen, WanqinJin* and Nanping Xu	2.843	2007, 46, 2224-2230	2007年3月28日	金万勤	相里粉娟	88	89	是
7	Pervaporation performance of PDMS/ceramic composite membrane in acetonebutanol ethanol (ABE) fermentation–PV coupled process <i>/Journal of Membrane Science</i> /Gongping Liu, Wang Wei, Hao Wu, Xueliang Dong, Min Jiang, WanqinJin*	6.035	2011, 373, 121-129	2011年5月1日	金万勤	刘公平	80	89	是
8	Hydrophobic-ZIF-71 filled PEBA mixed matrix membranes for recovery of biobutanol via pervaporation <i>/Journal of Membrane</i>	6.035	2013, 446, 181-188	2013年11月1日	金万勤	刘赛男	85	85	是

	<i>Science/Sainan Liu, Gongping Liu, Xuhong Zhao, WanqinJin*</i>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## 2、发明专利（不超过 10 件）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种制备金属有机骨架担载膜的方法	中国	ZL201010264790.6	2012.12.19	1104810	南京工业大学	金万勤；董学良；胡耀心；南江普；徐南平
2	发明专利	一种在管式陶瓷支撑体内壁制备金属有机骨架的方法	中国	ZL201310405181.1	2015.09.02	1778122	南京工业大学	金万勤；黄康
3	发明专利	一种多孔陶瓷支撑的石墨烯膜的制备方法	中国	ZL201310557588.6	2015.10.28	1831901	南京工业大学	金万勤；黄康；刘公平
4	发明专利	一种制备管式石墨烯材料复合膜的方法	中国	ZL201410076052.7	2016.02.10	1949512	南京工业大学	金万勤；黄康；刘公平
5	发明专利	基于石墨烯材料的二氧化碳气体分离膜的制备方法	中国	ZL201410526519.3	2017.04.12	2441932	南京工业大学	金万勤；刘公平；申杰；徐南平
6	发明专利	一种有效增强氧化石墨烯脱水性能的方法	中国	ZL201510263373.2	2015.05.22	2671766	南京工业大学	金万勤；黄康；刘公平
7	美国发明	Method for preparing organic-inorganic composite materials	美国	US13/521,534	2012.07.11	US8,809,420 B2	南京工业大学	金万勤；卫旺；刘公平；徐南平
8	发明专利	一种有机无机中空纤维复合膜的制备方法	中国	ZL201110252909.2	2014.02.26	1353134	南京工业大学	金万勤；吴金宜；卫旺；刘公平；徐南平
9	发明专利	一种发酵和渗透汽化耦合生产乙醇的工艺	中国	ZL200810020356.6	2011.07.20	811167	南京工业大学	金万勤；卫旺；相里粉娟；徐南平
10	发明专利	生物质发酵与渗透汽化耦合原位分离丙酮、丁醇和乙醇的工艺	中国	ZL201010136813.5	2012.06.27	982042	南京工业大学	金万勤；姜岷；刘公平；吴昊

## 主要完成人及其主要工作

金万勤，教授，作为本项目负责人对全部发现点具有创造性贡献，是所有代表性论文的唯一通讯联系人，是所有发明专利的第一发明人，提出了项目的总体学术思想和研究方案，负责本项目的总体设计和规划、研究方向和内容的确定，研究方案的具体指导和实施，关键学术难点的分析及对全部科学发现的理论阐释等，是全部发现点的主要完成人。

刘公平，副教授，对科学创新点二和三有重要学术贡献，代表性论文 7 的第一作者，代表性论文 5 的共同第一作者（工作量 80%）。1、提出了聚合物-陶瓷复合膜原位移除生物燃料的研究路线和实验方法（代表性论文 7）；2、提出了氧化石墨烯混合基质气体分离膜的实验方法（代表性论文 5）。

周浩力，副教授，对科学创新点三有学术贡献，开展了聚合物-陶瓷复合膜的工业应用研究

## 4、项目名称：氧化硅气凝胶的关键技术研发及应用示范

**完成单位：**南京工业大学；山东省科学院新材料研究所

**提名单位：**江苏省教育厅

**项目简介：**

本项目属于无机非金属基复合材料技术领域。

氧化硅气凝胶作为一种新型纳米多孔材料，具有高比表面积和低热导率等优异性能，其常温常压下的热导率可低于 $0.02 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，是固体材料中热导率最低的一种材料，使其在隔热和吸附领域有良好的应用前景。本项目面向节能环保行业的特殊需求，在国防 973 项目、国家自然科学基金、总装重点预研项目等项目支持下，攻克了氧化硅气凝胶制备过程中关键核心技术研发，实现了氧化硅气凝胶产业化生产及应用示范，形成了以下技术创新发明点：

(1) 氧化硅气凝胶隔热材料的制备及产业化：针对传统氧化硅气凝胶材料生产工艺复杂、周期长的问题和相应的氧化硅气凝胶材料强度差、隔热效果差的缺点。发明了聚丙烯酸和纤维增强氧化硅气凝胶隔热材料的制备技术，专利技术转让至南京天印新材料科技有限公司和常州循天节能科技有限公司，合作设计和建立了具有自主知识产权的氧化硅气凝胶隔热材料生产线，实现了产业化生产，开发出十个牌号的气凝胶复合隔热材料产品。在此基础上，采用成本低廉的稻壳灰为原料开发了低成本氧化硅气凝胶材料隔热材料制备工艺，通过掺杂复合的方式开发了耐温性更好的 $\text{C}/\text{SiO}_2$ 复合气凝胶和 $\text{SiO}_2/\text{Y}_2\text{O}_3$ 复合气凝胶。

(2) 氨基改性氧化硅气凝胶吸附剂的制备和应用：国际上首次发明了一种氨基改性氧化硅气凝胶材料并首次将气凝胶材料用于 $\text{CO}_2$ 吸附，该材料采用简捷的一步溶胶-凝胶工艺，而且制备过程中不采用任何催化剂，解决了传统氧化硅气凝胶制备工艺复杂、周期长、环境友好性差的问题。氨基改性氧化硅气凝胶材料的 $\text{CO}_2$ 吸附性能相对于其它氨基改性多孔材料，吸附量、吸附速率和循环稳定性都有明显提高。在此基础上，开发出其它功能化的系列氧化硅气凝胶材料并用于重金属离子、氨气吸附等领域。

(3) 疏水型氧化硅气凝胶吸附剂的制备和应用：传统的氧化硅气凝胶都是亲水型气凝胶，遇水后网络结构被破坏，纳米颗粒分散在水中无法回收和分离，这限制了其在水处理中的实际应用。针对这一问题，采用原位聚合溶胶-凝胶工艺开发了疏水型氧化硅气凝胶。在水中具有良好的结构稳定性、不会被液体破坏，水处理后的吸附剂容易分离和回收，相对于传统的活性炭吸附剂，疏水型氧化硅气凝胶具有使用寿命长、吸附量

大、选择性高的优势。

项目在多家企业进行应用，经济社会效益显著。获授权中国发明专利7件，发表SCI论文15篇。

#### **经济社会效益：**

南京天印新材料科技有限公司采用南京工业大学的气凝胶隔热材料制备技术成功建立了年产 100 万吨的气凝胶隔热材料生产线，产值 2000 万/年，可创利税 400 万/年。公司生产的气凝胶隔热材料产品与现有的硅酸铝纤维隔热材料相比节能率提高 49.53%。实施本专利开发的四个牌号氧化硅气凝胶隔热保温材料产品已在多个行业成功进行推广。

常州循天节能科技有限公司实施本专利开发了气凝胶超级绝热材料，自成功实现工业化生产以来，产品已经在玻璃窑炉上成功应用，节能率最高达 5% 以上，具体为：华尔润 6#线 500t/d（原日消耗石油焦粉 95 吨，节能率 4.28%）、华尔润 3#线 540t/d（原日消耗石油焦粉 97 吨，节能率 4.51%）沈阳耀华 2#线 360t/d（原日消耗石油焦粉 85 吨，节能率 4.7%）、江苏索拉特 230t/d（原日耗燃油 43 吨，节能率 5.09%）、南玻吴江 1#线 600t/d（原日耗天然气 11.2 万方，节能率 2.7%）、华尔润江门 1#线 500t/d（原日消耗石油焦粉 92 吨，节能率测定中）。此外，上海益科博能源的光热发电保温使用气凝胶隔热材料 2073 平方米，新疆敦华石油使用 6000 平方米气凝胶隔热材料作为油田蒸汽管道保温。

另外项目相关技术和产品在多个企业应用，经济社会效益显著。

#### **知识产权和论文：**

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种块状低密度凝胶隔热复合材料	中国	ZL200710023436.2	2007.6.5	555171	南京工业大学	沈晓冬, 江国栋, 崔升, 冷艳丽
2	发明专利	一种块状SiO <sub>2</sub> -Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 复合气凝胶的制备方法	中国	ZL201310016622.9	2014.10.29	1506257	南京工业大学	沈晓冬, 张君君, 崔升, 仲亚
3	发明专利	一种块状耐高温硅-炭复合气凝胶材料的制备方法	中国	ZL201110200224.3	2013.4.10	1171946	南京工业大学	沈晓冬, 孔勇, 崔升, 仲亚
4	发明专利	一种块状硅-炭复合气凝胶的制备方法	中国	ZL201110200251.0	2013.4.10	1171891	南京工业大学	沈晓冬, 孔勇, 崔升, 仲亚
6	发明专利	一种以稻壳灰为原料制备纤维增强SiO <sub>2</sub> 气凝胶的方法	中国	ZL201110200277.5	2013.4.10	1172228	南京工业大学	沈晓冬, 顾丹明, 崔升
8	发明专利	胺基改性SiO <sub>2</sub> 气凝胶材料及其应用	中国	ZL201010503498.5	2012.2.29	916044	南京工业大学	沈晓冬, 成伟伟, 崔升
10	发明专利	一种亲水型SiO <sub>2</sub> 气凝胶的制备方法	中国	ZL201310287903.8	2015.9.2		南京工业大学	崔升, 阮居祺, 沈晓冬

序号	论文论著名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码(XX年XX卷XX页)	发表时间(年月日)	通讯作者	第一作者	SCI他引次数	他引总次数	是否国内完成
1	Mesoporous amine-modified SiO <sub>2</sub> aerogel: a potential CO <sub>2</sub> sorbent, Energy & Environmental Science, Sheng Cui, Weiwei Cheng, Xiaodong Shen, Maohong Fan	29.518	2011年4卷2070-2074页	2011年	Xiaodong Shen	Sheng Cui	40	40	是
2	Facile synthesis of amine hybrid aerogel with high adsorption efficiency and regenerability for air capture via solvothermal-assisted sol-gel process and supercritical drying, Green Chemistry, Yong Kong, Xiaodong Shen, Sheng Cui	9.125	2015年17卷3436-3445页	2015年8月	Xiaodong Shen	Yong Kong	12	12	是
3	Development of monolithic adsorbent via polymeric sol-gel process for low-concentration CO <sub>2</sub> capture, Applied Energy, Yong Kong, Xiaodong Shen, Sheng Cui	7.182	2015年147卷308-317页	2015年	Xiaodong Shen	Yong Kong	14	14	是
4	Dynamic capture of low-concentration CO <sub>2</sub> on amine hybrid silsesquioxane aerogel, Chemical Engineering Journal, Yong Kong, Xiaodong Shen, Sheng Cui	6.216	2016年283卷1059-1068页	2016年1月1日	Xiaodong Shen	Yong Kong	11	11	是
5	A new aerogel based CO <sub>2</sub> adsorbent developed using a simple sol-gel method along with supercritical drying, Chemical Communications, Yong Kong, Xiaodong Shen, Sheng Cui	6.319	2014年50卷12158-12161页	2014年6月	Xiaodong Shen	Yong Kong	28	28	否

6	Temperature Dependent Microstructure of MTES Modified Hydrophobic Silica Aerogel, Materials Letters, Sheng Cui, Yu Liu, Mao-hong Fan, Adrienne T. Cooper, Xiao-dong Shen, Ben-lan Lin, Xue-yong Liu, Gui-fan Han	2.572	2011年65卷606-609页	2011年	Xiaodong Shen	Sheng Cui	6	6	是
7	Use of one-pot wet gel or precursor preparation and supercritical drying procedure for development of a high-performance CO <sub>2</sub> sorbent, RSC Advances, Yong Kong, Xiaodong Shen, Sheng Cui	3.108	2014年4卷43448-43453页	2014年	Xiaodong Shen	Yong Kong	4	4	是
8	Adsorption capacity of hydrophobic-SiO <sub>2</sub> aerogel/activated carbon composite materials for TNT, Science China-Technological Sciences, Zhou Xiaofang Zhou, Sheng Cui, Yu Liu, Xueyong Liu, Xiaodong Shen, Zhanwu Wu	1.719	2013年56卷1767-1772页	2013年	Xiaodong Shen	Xiaofang Zhou	2	2	是

主要完成人及其主要工作:

沈晓冬：教授，负责氧化硅气凝胶材料的制备工艺开发，通过实验确定了氧化硅气凝胶隔热材料的生产工艺和技术条件，解决了氧化硅气凝胶制备过程中容易开裂的问题；通过实验确定了氧化硅气凝胶制备溶胶-凝胶过程中遮光剂的掺杂技术，解决了氧化硅气凝胶隔热性能差的缺陷；设计了氧化硅气凝胶隔热材料的生产线；提出了氨基改性氧化硅气凝胶在 CO<sub>2</sub> 吸附上领域的全新应用；是 7 个专利的主要发明人。

崔升：教授，通过实验确定了疏水型氧化硅气凝胶的制备工艺；协助完成了氧化硅气凝胶隔热材料生产线的设计；通过实验确定了纤维增强氧化硅气凝胶隔热材料的超临界干燥技术，是 7 个专利的主要发明人。

孔勇：副教授，通过实验确定了氨基杂化氧化硅气凝胶的生产工艺，测试了氨基杂化氧化硅气凝胶的 CO<sub>2</sub> 吸附性能；通过实验确定了炭/硅复合气凝胶的生产工艺，并对其性能进行了测试，是专利 3、4 的主要发明人。

伊希斌：副研究员，负责氨基改性氧化硅气凝胶的制备工艺研究，是代表作 1 的主要作者。

仲亚：助理研究员，主要负责耐高温氧化硅气凝胶的制备工艺研究，参与完成了 C/SiO<sub>2</sub> 复合气凝胶、SiO<sub>2</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合气凝胶的制备工艺研究，是专利 2、3、4 的主要发明人。

滕凯明：助理研究员，主要负责氧化硅气凝胶制备工艺研究，以及低成本氧化硅气凝胶的制备工艺开发。

## 5、项目名称：透明非晶共聚酯 PETG 的研究、产业化及应用

**完成单位：**南京工业大学、江苏景宏新材料科技有限公司

**提名单位：**江苏省教育厅

**项目简介：**

本项目技术成果属于高分子材料及聚合反应领域，涉及高分子化学与物理，聚合反应工程，高聚物合成工艺等学科。

热塑性聚酯是由饱和二元酸和二元醇通过缩聚反应制得的线形聚合物。热塑性聚酯主要品种有：聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET），聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）和聚二甲酸丁二酯（PBN）等，为了提高聚酯的耐热性、强度与其它机械性能。20 世纪 80 年代，美国 Eastman 和 GE 公司将 1,4-环己烷二甲醇（CHDM）部分替代乙二醇成功开发出了聚对苯二甲酸乙二醇-1,4-环己烷二甲醇酯（PETG）共聚酯。PETG 作为一种非晶透明共聚酯，具有优良的氧气阻隔性，无毒无味，可以用作医药和食品包装等材料，其应用前景广阔。2001 年，韩国 SK 公司突破专利封锁，建成了产业化的生产线。为此，美国 Eastman 和韩国 SK 公司在中国先后申请了多项与 PETG 相关专利保护其核心技术，并通过技术和贸易等多种手段控制 PETG 树脂的市场以及价格。当前，PETG 共聚酯切片主要由 Eastman 和 SK 公司主导。为了打破国外垄断，国内也有企业尝试开发，但无法突破 Eastman 和 SK 公司的专利壁垒，并且在本项目实施之前，都不具备产业化生产 PETG 的能力。随着国内对 PETG 需求的快速增长，PETG 原料受制于人的问题越来越凸显。因此，亟需要突破国外专利，开发出自有技术的 PETG 材料及聚合工艺。

南京工业大学突破国外 PETG 专利壁垒，成功开发出具有自主知识产权的薄膜级 PETG 生产技术。其关键技术及创新之处在于：

1) 通过研究催化剂种类对聚酯分子量及结构组成的影响，开发出高效酯化复合催化剂关键技术，缩短了酯化时间，克服了因单体反应竞聚率差别导致投料比与结构组成比不一致的难题，酯化度提升至 98%，端羧基含量小于 10 mol/t；

2) 通过研究缩聚动力学，创新性的在缩聚后期添加三苯基氧化磷，有效遏制了 PETG 的热降解，极大的提高了特性粘度，其最大值可达 0.95 dL/g，远高于国外指标；

3) 针对缩聚过程中的高温和高真空，研发成功具有协同效应的低挥发性抗氧剂及热稳定剂复合体系，有效弥补了国产聚合装置气密性缺陷导致色相不佳的难题；

4) 研究了投料顺序及时间对 PETG 结构的影响，研究各个聚合段的温度，真空度和聚合时间对 PETG 粘度的影响，制定出优化的聚合工艺。研究成果经过同行专家评议



认为，达到国内领先，国际先进水平。

本项研究发表 SCI 论文 7 篇，获得授权核心专利 2 项。江苏景宏新材料科技有限公司利用南京工业大学具有自主知识产权的 PETG 聚合关键技术建立了国内首条 3000 吨/年薄膜级 PETG 共聚酯切片聚合生产线，2012 年至今，累计生产 12500 吨，装置运行良好。经测算，采用自主技术合成的 PETG 共聚酯切片价格比同类进口产品下降 20~30%。利用自主聚合生产的 PETG 热收缩膜的收缩率高达 70-75%，达到进口产品的技术指标，薄膜耐碱性能较进口产品优良，产品被南孚、金霸王、日立和松下等国内外各大电池生产企业所接收，市场占有率达 60%以上。

### 经济社会效益：

通过自主研究，突破国外专利技术的限制，实现了进口 PETG 切片的完全替代，采用自主研究的 PETG 切片生产的电池热收缩薄膜得到国内外知名企业的认可，产品符合欧盟 RoHS 指令和 REACH 法规的要求；自主研发的技术使我国在 PETG 切片生产上实现国产化，打破国外垄断。本项目的实施提高了原始创新能力、集成创新能力，也为高校、科研机构的科技成果转化起到很好的示范带头作用。

### 知识产权和论文：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种透明非晶共聚酯的聚合生产方法	中国	ZL201110222517.1	2013-11-27	1313697	江国栋，陈双俊，张军，吴培龙，符朝贵，陆银秋	南京工业大学，宿迁市景宏彩印包装有限公司
2	发明专利	一种非晶透明 PETG 共聚酯功能薄膜及其制备方法	中国	ZL201510114374.0	2015-03-16	2882423	张军，张毓浩，吴培龙，陆银秋	南京工业大学，江苏景宏新材料科技有限公司

序号	论文论著名称 /刊名/作者	影响因子	年卷页码(XX 年 XX 卷 XX 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者	第一作者	SCI 他引 次数	他引总次 数	是否国内 完成
1	Isothermal crystallization behavior and crystal structure of poly(ethylene terephthalate-co-1,4-cyclohexylene dimethylene terephthalate) (P(ET/CT)) copolyesters/ Crystal Research and Technology/ Chen Tingting, Jiang Guodong, Zhang Jun	1	2014 年 49 卷 232-243 页	2014-2-28	Zhang Jun	Chen Tingting	4	7	是
2	Poly(ethylene glycol-co-1,4-cyclohexanedimethanol terephthalate) random copolymers: effect of copolymer composition and microstructure on the thermal properties and crystallization behavior/ RSC Advances/ Chen Tingting, Jiang Guodong, Li guoyu, Wu zhipeng, Zhang Jun	3.108	2015 年 5 卷 60570-60580 页	2015-7-8	Zhang Jun	Chen Tingting	11	14	是
3	Alkali resistance of poly(ethylene terephthalate) (PET) and poly(ethylene glycol-co-1,4-cyclohexanedimethanol terephthalate) (PETG) copolyesters: The role of composition/ Polymer Degradation and Stability/ Chen Tingting, Zhang Weikai, Zhang Jun	3.386	2015 年 120 卷 232-243 页	2015-7-17	Zhang Jun	Chen Tingting	6	8	是
4	Non-isothermal cold crystallization kinetics of poly(ethylene glycol-co-1,4-cyclohexanedimethanol terephthalate) (PETG) copolyesters with different compositions/ Polymer Testing/ Chen Tingting, Zhang Jun	2.464	2015 年 48 卷 23-30 页	2015-9-21	Zhang Jun	Chen Tingting	5	6	是

#### 主要完成人及其主要工作:

**江国栋:** 副教授, 作为本项目的负责人, 参与了项目研究开发的整个过程。统筹了整个研究计划, 确定了研究路线和研究思路。重点承担了酯化催化剂体系和缩合催化体系实验室研究和中试工作。系统研究了不同催化剂对三元酯化体系的影响, 最终选择了有机锡复配体系, 提高了酯化率, 降低了聚合温度, 缩短了聚合时间, 解决了三元酯化体系竞聚率差别导致投料比与共聚聚酯组成结构偏离, 建立了原料比例与共聚聚酯结构之间的联系, 解决了共聚聚酯的结构控制问题。参与制定了企业标准。以第一发明人获得授权发明专利 1 项。

**陈双俊:** 副教授, 作为项目的主要完成人之一, 承担了 PETG 样品的组成结构表征和解析工作。系统的研究了共聚酯聚合过程中的热降解与热氧化对 PETG 结构的影响, 提出了缓解和改善的对策。参与了 PETG 配方设计, 对 PETG 的制备与产业化做出了技术支持。以专利发明人身份参与 1 项有关 PETG 制备的发明专利申请。

**陈婷婷:** 讲师, 作为项目的主要完成人之一, 建立了 PETG 组成与结构精确测量的分析方法, 研究了 PETG 组成与结构对结晶性能、玻璃化转变、熔融温度和力学性能的影响, 研究了 PETG 组成与结构对热收缩膜的抗碱性和透明性的影响, 为提高 PETG 薄膜性能, 拓宽 PETG 切片的应用领域提供了理论支持。第一作者发表相关 SCI 论文 7 篇。

**吴培龙:** 副高级工程师, 作为项目的主要完成人之一, 管理本项目的中试研究, 负责 PETG 聚合及 PETG 膜产业化和应用研究等工作, 参与制定 PETG 聚合工艺, 统筹江苏景宏新材料科技有限公司 3000 吨/年 PETG 聚合装置的购买、安装和厂房建设, 参与

制定了企业标准。以专利发明人身份参与 1 项有关 PETG 制备的发明专利申请。

**陆银秋：**副高级工程师，作为项目的主要完成人之一，参与了 PETG 实验室聚合工作，负责江苏景宏新材料科技有限公司 3000 吨/年装置的设计、安装和调试，提出了实现 PETG 半连续生产的方法，采用酯化物中加入反应单体，解决了因对苯二甲酸粉末与液体二元醇非均相导致反应不均需要预先打浆处理的难题，简化了工艺过程。参与制定了企业标准。

**张军：**教授，作为项目的主要完成人之一，项目实施过程中，负责高校与企业之间的协同工作，对项目实施进度进行跟踪，参与制定了实验方案和工业化工艺路线，在 PETG 热稳定和热氧化方面开展了研究，制定了详细的 PETG 抗老化实验方案，提高了 PETG 耐湿热老化和抗紫外老化能力，有力推动了 PETG 的应用。参与制定了企业标准。以通讯作者身份在等国际刊物上发表与项目相关的 SCI 检索论文 7 篇，以第一发明人获得 PETG 相关授权发明专利 1 项。

## 6、项目名称：高效太阳能集约化热利用系统研制与应用

**主要完成单位：**南京工业大学，武汉工程大学，江苏贝德莱特太阳能科技有限公司，江苏新世纪光电科技有限公司

**提名单位：**江苏省教育厅

### **项目简介：**

项目组在国家、江苏省等科技项目支持下，克服太阳能热利用中太阳能资源的分散、太阳能集热器集热效率不高等难题，研发了高效太阳能工业集约化热利用的系列关键技术。

针对太阳能热利用中太阳能资源的分散、太阳能集热器集热效率不高等难题，研发了高效太阳能工业集约化热利用的系列关键技术；建立了有限场地面积下高效集热集电系统；研发了一种用于重油的太阳能昼夜伴热系统及太阳能锅炉软水预热系统；开发了新型金属网基波纹管式相变蓄热装置；研发了一种用于太阳能集热器的新型太阳能选择性吸收涂层。成果应用涉及石油化工领域。

1)建立了新型高效集热集电系统。设计了二次交换式昼夜换热系统，用于克服传统太阳能集热系统效率低的难题。此外，该设备具备存储热量大、热损失小且设备安装灵活、占地小的优点，在有效降低了生产中能源消耗的同时具有良好的经济性和实用性。

2)研发了一种用于重油的太阳能昼夜伴热系统。将太阳能集热阵列分别通过低温水管和高温水管与循环水箱相连,再通过高温水管与除氧设备相接,并与高温水管与锅炉相连,而锅炉伴热管线的一端连接,伴热管线的另一端与循环水箱相连。该系统具有集热效率高、存储热量大、热损失小且设备安装灵活、占地小的特点，在有效降低了生产中能源消耗的同时具有良好的经济性和实用性，满足重油昼夜伴热的需求。

3)研发了一种太阳能锅炉软水预热耦合系统。太阳能集热器与储热水箱相连,在热水管和供水管上分别设有与中央控制系统相连的热水温控器和供水温控器,所述储热水箱与软水水箱相连，并依次与除氧设备、锅炉相连。该系统利用可再生的太阳能提高软水的初始温度，节能减排并且节约了不可再生资源，减小了环境污染。

4)研发了新型金属网基波纹管式相变蓄热装置。该蓄热装置结构简单、换热面积大，且流体在波纹管中流动时能够形成湍流，提高了传热效率，吸热和放热速度快、蓄热材料容量大，提高了蓄热能力，该相变蓄热装置可以充分利用太阳能，工业余热进行高效率的废热回收利用。

5)研发了一种用于太阳能集热器的新型吸收涂层。通过激光熔覆技术在集热器上

制备的新型吸收涂层，获得了优异的高温光热转换性能及力学性能，其吸收率达到 80%，发射率仅为 5%，该涂层的高温稳定极为优越，600℃退火后，吸收率及发射率几乎不变，分别为 80%和 5.5%，极大地提高了太阳能集热系统的使用温度和集热效率。

6) 用于太阳能装备的 3D 打印焊接方法。该方法借鉴 3D 打印新型技术，在计算机中建立太阳能装备的 3D 模型，随后在模型中指定需要焊接的焊缝，计算机提取出焊缝轨迹坐标，编译成执行级机器人语言命令，随后输出给车间的焊接机器人，在模拟无误后，实现 3D 打印焊接。

### 经济社会效益：

由周剑秋教授团队开发的太阳能工业化集热利用成套技术与装备及相关元器件获得了成功应用并通过技术转让转化为产品。

与本团队的合作企业—江苏贝德莱特太阳能科技有限公司是我国太阳能热利用产品出口的重要制造基地，是我国太阳能热水行业出口的领航企业。公司获得该产品的成果转化以来，已实现了销售和成功应用。累计实现销售 19135 万元左右，实现税收 3252.9 万元左右，企业利润 2487.55 万元左右。是一套既经济又环保的设备，创造了显著的经济和社会价值。

### 知识产权和论文：

主要知识产权目录（不超过 10 件）：

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利权	一种用于原油的太阳能昼夜伴热系统	中国	ZL201110384494.4	2013.05.29	1203945	南京工业大学	周剑秋、刑伟
2	发明专利权	基于聚光集电的有限场地面积下高效昼夜供暖	中国	ZL201310160104.4	2016.02.24	1960786	武汉工程大学、江苏新世纪光电科技有限公司	周剑秋、叶志雄、胡文波、江娥、杨

		装置							侠、戎剑晖
3	发明专利权	一种利用多自由度机器人的 3D 打印焊接方法	中国	ZL201510427361.9	2016.06.22	2118978	南京工业大学、常州市天龙光电设备有限公司		周剑秋、杨晶歆、潘燕萍、吴波、朱建威
4	实用新型专利	一种用于重油的太阳能昼夜伴热系统	中国	ZL201120481160.4	2012.07.11	2308117	南京工业大学		周剑秋、刑伟
5	实用新型专利	一种金属网基波纹管式相变蓄热装置	中国	ZL201320176267.7	2013.10.09	3206920	南京工业大学		周剑秋、韩雪平、董淑宏、张大鹏
6	实用新型专利	太阳能锅炉软水预热系统	中国	ZL201320176827.9	2013.10.09	3206651	南京工业大学		周剑秋、余召霞、邓坤军、董淑宏

代表性论文论著目录（不超过 8 篇）：

序号	论文论著名称 /刊名/作者	影响因子	年卷页码 (XX 年 XX 卷 XX 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者	第一作者	SCI 他引次数	他引总次数	是否国内完成
1	油品储运伴热软化水太阳能	0.759	2013 年 30 卷	2013	周	焦	0	1	是

	预热系统应用/机电工程/焦汉兵,周剑秋,邓坤军,张大鹏,叶志雄		1369-1372 页	年 11 月	剑秋	汉兵			
2	The microstructure model on the residual stress distribution of metal-ceramic coating/Computational Materials Science/Jing Ji, Jianqiu Zhou,Xuming Pang,Shuhong Dong,Ruiqin Hu,Aosheng Hu	2.292	2014 年 85 卷 332-339 页	2014 年 2 月 3 日	周剑秋	季静	1	1	是
3	Effects of mounting geometries on photovoltaic module performance using CFD and single-diode model/Solar Energy/WeiXing, Jianqiu Zhou, Zhiqiang Feng	4.018	2014 年 02 卷 541-549 页	2014 年 3 月 27 日	周剑秋	刑伟	1	1	是
4	Interaction between edge dislocations and amorphous interphase in carbon nanotubes reinforced metal matrix nanocomposites incorporating interface effect/International Journal of Solids and Structures/Shuhong Dong, JianqiuZhou, David Hui,XumingPang,Qian Wang, Shu Zhang,Lu Wang	2.76	2014 年 5 卷 1149-1164 页	2014 年 3 月 1 日	周剑秋	董淑宏	2	2	是
5	Fracture damage of nanowire lithium-ion battery electrode	3.108	2014 年 4 卷 21072-21079	2014 年 3 月	周剑	陈兵	2	4	是

	affected by diffusion-induced stress and bending during lithiation/RSC ADVANCES/Bingbing Chen, JianqiuZhou, XumingPang, PengfeiWei, YunboWu, KunjunDeng,		页	月 24 日	秋	兵			
6	Effects of dislocation mechanics on diffusion-induced stresses within a spherical insertion particle electrode/Journal of Materials Chemistry A/ Wei, Pengfei; Zhou, Jianqiu; Pang, Xunming	8.867	2014 年 02 卷 1128-1136 页	2014 年 2 月 1 日	周 剑 秋	魏 鹏 飞	15	15	是
7	The effects of intergranular sliding on the fracture toughness of nanocrystalline materials with finest grains/JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH/YunboWu,Jianqiu Zhou,Hongxi Liu,Xuming Pang,Shu Zhang,Ying Wang,Lu Wang,Shuhong Dong	1.673	2014年29卷 1086-1095 页	2014 年 5 月 14 日	周 剑 秋	吴 允 波	3	3	是
8	Constitutive modeling for strain rate-dependent behaviors of nanocrystalline materials based on dislocation density evolution and strain gradient/JOURNAL OF	1.673	2014年29卷 2982-2994 页	2014 年 11 月 26 日	周 剑 秋	吴 友 义	0	0	是



MATERIALS RESEARCH/YouyiWu, JianqiuZhou,Shuhong Dong,AoshengHu,LuWang, XumingPang									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**主要完成人及其主要工作：**

**周剑秋：**教授，本项目的总负责人，总体负责研究方案及项目开展。对创新点 1、2、3、4、6 做出贡献，主要负责聚光型高效太阳能集热系统研究，负责太阳能昼夜伴热系统的研发，太阳能锅炉软水预热系统的设计，金属网基波纹管式相变蓄热装置的研究。是 6 项专利（ZL201110384494.4、ZL201310160104.4、ZL201120481160.4、ZL201320176267.7、ZL201320176827.9、ZL201510427361.9）的主要发明人，是多篇 SCI 论文的作者。

**庞旭明：**讲师，对创新点 4 和 5 做出贡献，主要负责材料传热模型的建立及导热系数计算，优化相变蓄热装置；开发了新型太阳能选择性吸收涂层，光热换及传热性能的测试表征，为工艺优化提供理论及实验依据。是论文（2，4~8）的作者。

**张同伟：**正高级，负责整体装备的自动控制系统改进与产业化定型。

**董淑宏：**博士研究生，参与了材料传热模型的建立及导热系数的计算。是 1 篇 SCI 论文的作者及 2 篇专利的发明人。

**邢伟：**研究生，参与了新型太阳能选择性吸收涂层的开发。是 1 篇 SCI 论文的作者及 2 篇专利的发明人。

## 7、省国际科学技术合作奖

序号	被提名人姓名		国籍	合作单位	提名单位
	英文	中文			
1	Enrico Drioli	恩瑞克·德里奥利	意大利	南京工业大学	江苏省教育厅

## 8、项目名称：高温气流干燥对料液施加效果影响的关键技术研究及应用

**主要完成单位：**江苏中烟工业有限责任公司、南京工业大学

**提名单位：**南京市科学技术委员会

### 项目简介：

成果属于轻工业卷烟制造技术领域。近年来烟草制品面临的外部环境发生了深刻变化，卷烟作为一种合法商品的产业发展受到更加严格管控。在努力通过降焦减害措施降低吸烟对消费者健康危害的同时，生产“高香气、低焦油、低危害”的产品，满足消费者的生理需求，是烟草制品面临的重大课题。鉴于高温气流干燥（HXD）是卷烟制丝生产过程中仅有的、极为剧烈的处理条件（高温、高湿、低氧、低压）工序，分析该工序对料液（配方核心组分）施加效果的影响，阐明料液配方在整个制丝工序的变化过程，并在工艺设计时考虑HXD对料液分布的影响，对于充分、可控地发挥料液作用具有重大意义。本项目针对现有技术缺失，历经多年技术积累和持续攻关，突破了我国通过HXD提高烟叶原料使用价值方面的系列技术难题，取得以下原创性成果：

（1）首次研制了 HXD 排潮气捕集装置，开发了排潮气采样技术，实现了排潮气中料液及烟丝香气成分分析检测，解决了制约行业发展的 HXD 工序设备进料、出料和排潮气“一进两出”质量传递的关键技术难题。特别针对料液中组分多变、理化性质各异的特点，创新构建了采用高速逆流色谱，结合分子蒸馏、同时蒸馏萃取、固相微萃取等处理手段和 GC/MS、LC/MS/MS、GC/MS/MS 等分析仪器相结合的检测方法，形成了极复杂基质条件下料液样品分析技术体系，并首度对料液重要组分树苔浸膏中的关键致香物质进行分离、分析鉴定及合成。

（2）率先采用多种特征香味物质作为标记物的料液滞留情况表征方法，建立了以料液逸失率为指标的HXD工序料液施加效果评价方法，掌控了料液成分在HXD工序中的滞留行为，阐明了影响HXD工序料液成分及烟丝香气成分变化的主要因素和影响料液逸失或滞留的关键因素，并首次建立了料液沸点与料液逸失率及滞留率之间的数学模型，促使行业在通过HXD提升产品质量方面取得了技术突破，填补了该领域国内外研究空白。

（3）在率先分析制丝线上料液成分动态变化基础上，首创“基于料液成分滞留率辅助设计卷烟料液配方”加料技术，使得料液成分在卷烟产品与实验室设计试样之间的误差由30%~40%下降到10%左右，确保了实验室设计样品与实际产品中料液配方的一致性，实现了低等级烟叶原料提档使用，使上等烟叶使用比例稳定下降了5.0%，完善了料液在细支卷烟中的有效利用率，充分发挥了加料对于提高烟叶原料使用价值的作用，对

产业结构优化升级具有重要推动作用。

经国家烟草专卖局组织专家鉴定，项目整体达到国际先进水平。集成应用技术成果，在“南京（红）”规格先期试点，累计节约上等烟叶约 6.3 万担，降低配方成本 6335 万元；推广应用于“南京”品牌细支卷烟开发，已总计贡献税收 405.82 亿元，累计节约纸张和滤棒使用量分别达 4738.95 吨和 780.53 吨，节支降耗优势十分明显，极大地促进了产业结构优化升级，创造了显著的经济社会效益。项目组培养高级工程师 6 人，共获授权发明专利 18 件和实用新型专利 3 件，发表中文核心期刊论文 16 篇，主导制订行业标准 3 项，荣获行业技术发明三等奖 1 项和江苏中烟工业有限责任公司科技创新成果一等奖 1 项。

### 推广应用情况

项目研制期间，以江苏中烟工业有限责任公司旗下的南京卷烟厂制丝线HXD工序为攻关现场，以“南京（红）”卷烟为试点对象，通过改进的加料技术，显著提了料液施加效果，实现了低等级烟叶原料的提档使用，降低了上等烟叶在产品中的使用比例，产品风格特征得到进一步强化，质量稳定性得到进一步提高，极大地缓解了品牌扩展过程中烟叶原料紧张状况。截止2015年底，累计生产“南京（红）”卷烟185.81万箱，累计节约上等烟叶约6.3万担。

推广期间，集成应用研究成果于“南京（焯赫门）”、“南京（十二钗烤烟）”、“南京（雨化石）”、“南京（十二钗薄荷）”、“南京（细支九五）”、“南京（大观园）”、“南京（十二钗中式混合型）”、“南京（梦都）”和“南京（红楼卷）”等9个不同规格细支卷烟开发维护，以实验室卷烟设计试样为基准，通过有关卷烟质量过程管理文件的制定完善，实现料液施加效果的过程控制，使得不同沸点的料液成分在实际产品与卷烟设计试样间的误差由30%~40%下降到10%以内，确保了料液配方在实验室卷烟设计试样与成品卷烟中的一致性，彰显了苏产卷烟风格口味特征，满足消费者“高香气、低焦油、低危害”的产品诉求。截止2017年底，三年来累计新增细支卷烟销售量、新增销售额、新增利润和新增税收分别为68.47万箱、184.35亿元、25.30亿元和144.25亿元，给行业和地方经济发展带来了显著效益。与此同时，在满足抽吸香味前提下，焦油平均释放量由常规卷烟的10.23 mg/支降低为细支卷烟的7.24 mg/支，降焦效果较为显著；细支卷烟原材料耗用明显低于常规卷烟，推广应用期间累计节约纸张4738.95吨和滤棒780.53吨，节支降耗优势十分明显。

总的说来，本项目技术成果在研制及推广应用已经产生了显著的经济、社会效益（主要应用单位情况、焦油释放量比较和节支降耗情况请参见以下图表），对打造企业核心

技术能力发挥了重要作用，极大地促进产业结构优化升级。

代表性论文论著目录（不超过 8 篇）

序号	论文论著名称 /刊名/作者	影响因子	年卷页 码（XX 年XX卷 XX页）	发表时 间 （年月 日）	通讯作 者	第一作 者	SCI他 引次数	他引总 次数	是否国 内完成
1	HXD 工艺条件对烟草香味物质影响的应用研究/中国烟草学报/廖惠云, 郝喜良, 甘学文, 陈晶波, 张映	1.298 (复合影响因子); 1.025 (综合影响因子)	2007年 第13期 1~5, 15页	2007年 8月30 日	/	廖惠云	/	9	是
2	不同产地烤烟复烤烟叶C3F致香物质与其感官质量的关系/烟草科技/廖惠云, 甘学文, 陈晶波, 袁益来	1.080 (复合影响因子); 0.906 (综合影响因子)	2006年 第7期 46~50 页	2006年 7月20 日	/	廖惠云	/	62	是
3	卷烟制丝加料工序均匀性的评价与控制/烟草科技/廖惠云, 张映, 郝喜良	1.080 (复合影响因子); 0.906 (综合影响因子)	2008年 第8期 5~7, 21页	2008年 8月20 日	/	廖惠云	/	30	是
4	基于标志物含量的变化表征卷烟制丝加香均匀性/烟草科技/廖惠云, 张映, 熊晓敏, 庄亚东, 万敏, 郝喜良	1.080 (复合影响因子); 0.906 (综合影响因子)	2011年 第10期 5~11 页	2011年 10月20 日	/	廖惠云	/	4	是
5	Characterization of Retention Ratio of Aroma Substances from Casing Flavor during Primary Processing Based on Order Relation Method/	1.080 (复合影响因子); 0.906 (综合影响因子)	2014年 第47卷 125~ 131页	2014年 12月	庄亚东	廖惠云	/	/	是

	Tobacco Science & Technology/ 廖惠云, 刘献军, 庄亚东, 石怀彬, 曹毅, 沈晓晨, 尤晓娟, 秦艳华, 刘琪								
6	高效液相色谱-串联质谱法测定卷烟中的甘草酸/分析测试学报/秦艳华, 庄亚东, 张华, 韩开冬, 石怀彬, 尤晓娟, 刘献军	1.791 (复合影响因子); 1.485 (综合影响因子)	2015年第32卷 1398~1402页	2015年 12月25日	刘献军	秦艳华	/	1	是
7	分子蒸馏和同时蒸馏萃取法分析树苔浸膏的化学成分/食品科学/朱怀远, 庄亚东, 张映, 熊晓敏, 万敏, 曹毅, 刘献军	1.729 (复合影响因子); 1.239 (综合影响因子)	2012年第33卷 212~217页	2012年 5月25日	庄亚东	朱怀远	/	2	是
8	分子蒸馏和固相微萃取法分析树苔浸膏的化学成分/香料香精化妆品/朱怀远, 庄亚东, 张映, 万敏, 刘献军, 张媛, 熊晓敏	0.451 (复合影响因子); 0.368 (综合影响因子)	2012年第2期 1~6页	2012年 4月30日	庄亚东	朱怀远	/	4	是

### 主要知识产权目录 (不超过10件)

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种基于香精香料持留率的烟草加香加料方法	中国	ZL201610249371.2	2017年6月23日	第2531031号	江苏中烟工业有限责任公司	刘献军, 庄亚东, 石怀彬, 秦艳华, 张华, 朱莹
2	发明专利	一种基于标记物检测制丝加香均匀性方法	中国	ZL200810022416.8	2011年7月20日	第812893号	江苏中烟工业公司	张映, 廖惠云, 郝喜良
3	发明专利	一种评价烘丝机降刺除杂效果的方法	中国	ZL201110336944.2	2014年1月15日	第1334681号	江苏中烟工业有限责	刘献军, 庄亚东, 石怀彬, 朱怀远, 熊晓

							任公司	敏, 张媛, 韩开冬
4	发明专利	一种评价气流干燥工序香气损失的方法及装置	中国	ZL201110400457.8	2014年7月16日	第1444284号	江苏中烟工业有限责任公司	刘献军, 庄亚东, 朱怀远, 张媛, 张映, 石怀彬, 王珂清
5	发明专利	一种基于特征香味物质评价卷烟制丝加料均匀性的方法	中国	ZL201310052198.3	2014年12月24日	第1551772号	江苏中烟工业有限责任公司	廖惠云, 朱龙杰, 庄亚东, 曹毅, 刘献军, 张映, 熊晓敏, 沈晓晨, 李朝建, 张媛
6	发明专利	一种测定卷烟制丝过程中料液持留率的方法	中国	ZL201410155799.1	2015年4月1日	第1617214号	江苏中烟工业有限责任公司	廖惠云, 庄亚东, 曹毅, 刘献军, 王珂清, 李朝建, 熊晓敏, 石怀彬, 张媛, 韩开冬, 朱龙杰, 朱莹
7	发明专利	一种基于多指标特征物质赋权测定卷烟制丝加料均匀性的方法	中国	ZL201410155486.6	2015年6月10日	第1690757号	江苏中烟工业有限责任公司	廖惠云, 庄亚东, 曹毅, 刘献军, 王珂清, 李朝建, 石怀彬, 张媛, 韩开冬, 朱龙杰, 朱莹
8	发明专利	一种用于分离树苔浸膏中萜烯类组分的高速逆流色谱方法	中国	ZL201410404835.3	2016年4月27日	第2050993号	江苏中烟工业有限责任公司	朱怀远, 庄亚东, 秦艳华, 刘琪, 曹毅, 张媛, 尤晓娟, 沈晓晨, 刘献军
9	发明专利	一种树苔浸膏中主要致香成分的分离方法及其在卷烟加香中的应用	中国	ZL201410405195.8	2016年5月11日	第2063125号	江苏中烟工业有限责任公司	朱怀远, 庄亚东, 刘琪, 秦艳华, 沈晓晨, 曹毅, 尤晓娟, 张媛, 刘献军
10	发明专利	测定食用香精中咪唑、二甲苯麝香和芝麻酚残留量的方法	中国	ZL201610044970.0	2017年5月17日	第2487917号	江苏中烟工业有限责任公司	廖惠云, 庄亚东, 李朝建, 熊晓敏, 石怀彬, 刘献军, 王珂清, 张媛, 尤晓娟, 朱莹

## 主要完成人：

庄亚东 江苏中烟工业有限责任公司，负责制定项目研究方案和技术路线，全程参与 HXD 工序排潮气料液及香气成分分析、HXD 工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%以上，对所有相关的创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了突出贡献。8 件发明专利的第二发明人、1 件发明专利的第三发明人，实用新型专利第一和第二发明人各 1 件，7 篇核心论文的通讯作者。

廖惠云 江苏中烟工业有限责任公司，具体完成项目前期探索研究，全程负责对烟叶香气成分分析、HXD 工序料液成分滞留行为和料液中禁用物质的分析检测进行研究，并对影响料液滞留行为相关的加料均匀性进行了深入研究，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 80%以上，对主要相关的创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了突出贡献。6 件发明专利的第一发明人，1 件实用新型专利第一发明人，8 篇核心论文的第一作者。

姚忠 南京工业大学，作为技术顾问，为项目的深入稳步推进提供技术方向决策和咨询服务，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对创新点 1 做出了突出贡献。主要表现为：（1）提出围绕工艺单元操作“三传一反”角度下考察烟丝在制品加工过程“进料、出料、排潮气”质量传递问题，并负责对同时捕集萃取仪和双级垂直串联冷凝器进行技术构思；（2）针对香精料液中组分多变、理化性质各异的特点，提出采用高速逆流色谱，结合分子蒸馏、同时蒸馏萃取、固相微萃取等处理手段和 GC/MS、LC/MS/MS、GC/MS/MS 等分析仪器相结合的检测方法有针对性的量化分析，形成了极复杂基质条件下料液样品分析技术体系。

刘献军 江苏中烟工业有限责任公司，负责项目的具体落实推进，全程参与 HXD 工序排潮气料液及香气成分分析、HXD 工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，并负责撰写项目结题鉴定的整套材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 80%以上，对所有相关的创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了突出贡献。3 件发明专利的第一发明人，1 篇核心论文的第一作者，1 篇核心论文的通讯作者。

张映，江苏中烟工业有限责任公司，总体决策项目的推进实施，参与 HXD 工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，并协调推进项目的技术成果在新产品开发的应用，为项目成果的集成推广应用做出较大贡献，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 70%以上，对主要相关的创新点 2 和创新点



3 做出了突出贡献。1 件发明专利的第一发明人。

陈晶波，江苏中烟工业有限责任公司，统筹推进项目的稳步实施，负责卷烟配方原料功能划分技术研究，参与HXD工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，并总体负责推进项目的技术成果在新产品开发的应用，为项目成果的集成推广应用做出较大贡献。在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的70%以上，对主要相关的创新点1和创新点3做出了突出贡献。1篇核心论文的第三作者和1篇核心论文的第四作者。

熊晓敏，江苏中烟工业有限责任公司，把控推进项目的稳步实施，组织项目工艺试验，参与HXD处理强度试验及料液施加效果评价方法研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，并落实推进项目的技术成果在新产品开发的应用，为项目成果的集成推广应用做出较大贡献，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的70%以上，对主要相关的创新点1和创新点3做出了突出贡献。1篇核心论文的第三作者和1篇核心论文的第四作者。

秦艳华 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，全程具体参与 HXD 工序排潮气料液及香气成分分析、HXD 工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 70%以上，对主要相关的创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了突出贡献。1 篇核心论文的第一作者。

张华 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，全程具体参与 HXD 工序排潮气料液及香气成分分析、HXD 工序料液成分滞留行为研究和通过改进加料技术提高烟叶使用价值应用研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 70%以上，对主要相关的创新点 1、创新点 2 和创新点 3 做出了重要贡献。2 篇核心论文的第三作者。

朱怀远 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，对料液中树苔浸膏分析、分离及关键组分的合成进行深入研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对主要相关的创新点 1 做出了突出贡献。8 件发明专利的第一发明人，5 篇学术论文的第一作者。

张媛 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，对料液中树苔浸膏分析、分离及关键组分的合成进行深入研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对主要相关的创新点 1 做出了突

出贡献。以第三作者、第四作者、第五作者和第六作者各发表 1 篇学术论文。

朱龙杰 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，对料液中树苔浸膏分析、分离及关键组分的合成进行深入研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对主要相关的创新点 1 做出了突出贡献。1 篇学术论文的第一作者。

曹毅 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，对料液中树苔浸膏分析、分离及关键组分的合成进行深入研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对主要相关的创新点 1 做出了贡献。以第二作者、第四作者、第五作者和第六作者各发表 1 篇学术论文。

沈晓晨 江苏中烟工业有限责任公司，配合项目负责人，对料液中树苔浸膏分析、分离及关键组分的合成进行深入研究，并负责撰写项目结题鉴定的部分材料，在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 50%以上，对主要相关的创新点 1 做出了贡献。