

**项目名称：**新型硅基气凝胶功能复合材料制备关键技术与应用

**推荐单位（专家）：**南京工业大学

**完成单位：**南京工业大学；山东省科学院新材料研究所

**项目简介：**

本项目属于无机非金属材料学科领域。

氧化硅气凝胶是由连续纳米颗粒组成具有连续三维纳米孔网络结构的材料，因其导热系数低于静止空气被称为超级绝热材料、纳米孔隙率高达99%以上是理想的吸附材料。目前国际上在节能环保领域开始推广应用，但在其制备与应用中存在亟待解决的关键科学技术问题：作为隔热材料，氧化硅气凝胶制备工艺复杂、产品强度低、最高使用温度仅650 ℃作为吸附材料，需要对氧化硅气凝胶的硅羟基进行改性以满足对不同吸附对象的高吸附需求。

本项目在教育部创新团队和国家自然科学基金等项目支持下，成功解决氧化硅基高性能气凝胶制备和结构调控等主要关键科学技术问题，实现了产业化和工程应用。取得的创新性成果如下：

**1、发明了氧化硅基高性能气凝胶隔热复合材料制备技术并实现产业化和工程应用。**针对氧化硅气凝胶材料生产工艺复杂、周期长、强度低等问题，发明了纤维增强氧化硅气凝胶隔热材料的制备技术；针对氧化硅气凝胶隔热材料成本高的问题，发明了以农业废弃物稻壳灰为原料制备纤维增强氧化硅气凝胶材料隔热材料的技术；针对氧化硅气凝胶隔热材料耐温性差的缺点，开发了炭/硅（C/SiO<sub>2</sub>）、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>和SiC/SiO<sub>2</sub>等氧化硅基气凝胶复合材料，将氧化硅基气凝胶隔热材料的使用温度从650 ℃（有氧环境）或1500 ℃（惰性氛围），解决了氧化硅气凝胶材料高温结构稳定性差的关键科学问题，极大地拓宽了氧化硅基气凝胶隔热材料的使用范围；氧化硅基气凝胶隔热复合材料成功实现产业化和工程应用。

**2、发现了氧化硅基气凝胶的化学结构调控方法，首次提出气凝胶在二氧化碳吸附和制药废水处理中的应用。**通过氧化硅基气凝胶的羟基被改性实现了氧化硅气凝胶的氨基功能化及对二氧化碳选择性高效吸附；发明了制备氨基改性氧化硅气凝胶的简捷、环保的自催化一步溶胶-凝胶工艺，解决了传统氧化硅气凝胶和氨基改性氧化硅气凝胶制备工艺复杂、周期长、环境友好性差的问题；发明了可用于低温环境隔热保温的疏水型氧化硅气凝胶，拓宽了传统氧化硅气凝胶材料的应用领域；提出了疏水氧化硅气凝胶在水处理方面的应用，相对于传统的活性炭吸附剂具有寿命长、吸附量大、选择性高的优势；通过将氧化硅气凝胶的羟基改性发明了亲水型氧化硅气凝胶，并提出亲水型氧化硅气凝胶在氨气吸附方面的应用。

获国家发明专利授权13件，参编国标1项，发表论文46篇、其中SCI 33篇。创建了中国绝热节能材料协会气凝胶材料分会任会长单位，作为大会主席发起召开了两届“气凝胶材料国际学术研讨会”，成立了建筑材料行业气凝胶材料重点实验室。2011、2012年分别在常州钛华保温材料科技有限公司和南京天印新材料科技有限公司成功转让实现产业化，并在海南中航特玻和山东华临新能源等单位工程应用，取得了显著的社会经济效益，近两年新增销售额2.4亿元以上。

**经济社会效益：**

山东华临新能源设备有限公司、山东茂盛管业有限公司和日照东润有机硅股份有限公司依托山东省科学院新材料研究所和南京工业大学联合研发的气凝胶绝热材料产品及相关技术，应用于工业太阳能专用保温水箱、保温管道、有机硅生产线等领域，通过开发和生产新产品、生产线的节能改造等方式取得了良好的经济效益。主要应用单位相关信息汇总如下表

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济、社会效益
山东茂盛管业有限公司	基于纳米气凝胶绝热材料的保温管道设计制作及产业化	2015.6-至今	孙其峰 18663498883	新增销售额 11605万元，新增利润3004万元
山东华临新能源设备有限公司	以纳米气凝胶绝热材料设计生产工业太阳能专用保温水箱	2016.7-至今	高长东 18769958063	新增销售额 12344万元，新增利润3947
日照东润有机硅股份有限公司	“年产 8000 吨有机硅生产线”保温节能	2016年-至今	曹新华 13563343608	节支产生经济效益623万元。

**主要知识产权：**

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	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
11	发明	一种耐高温碳化硅气凝胶隔热复合材料的制备方法	中国	ZL201210405546.6	2014.9.3	1475644	南京工业大学	沈晓冬, 孔勇, 崔升, 仲亚
12	发明	一种块状碳化硅气凝胶材料及其制备方法	中国	ZL201210404103.5	2014.9.3	1475277	南京工业大学	沈晓冬, 孔勇, 崔升, 仲亚
13	发明	一种介孔碳化硅材料的制备方法	中国	ZL201210146069.6	2014.4.9	1379912	南京工业大学	沈晓冬, 孔勇, 崔升, 仲亚

#### 主要完成人情况:

沈晓冬: 教授, 项目总负责人, 团队领导者, 选题提出者, 负责总体思路与统筹。对创新点 1 和 2 有创造性贡献。发明了氧化硅气凝胶隔热材料制备技术, 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> 吸附方面的全新应用。7 件发明专利的第一发明人。项目工作量占全年工作量的 80%。

崔升: 教授, 对创新点 1-(1)、1-(2)和 2-(2)有创造性贡献。对低成本氧化硅基气凝胶复合材料的制备进行了系统研究, 对疏水氧化硅气凝胶的制备和水处理性能进行了系统研究。

1 件发明专利的第一发明人，其它专利的主要发明人。项目工作量占全年工作量的 70%。

孔勇：副教授，对创新点1-(3)和2-(1)作出了创造性贡献。系统研究了耐高温SiC/SiO<sub>2</sub>和C/SiO<sub>2</sub>等氧化硅基气凝胶的制备工艺和性能，发现了制备氨基杂化SiO<sub>2</sub>气凝胶材料的自催化溶胶-凝胶工艺。6件发明专利的主要发明人，项目工作量占全年工作量的70%。

伊希斌：副研究员，对创新点1-（3）和2-（1）有重要贡献。成功开展了氧化硅气凝胶隔热材料的应用推广，发明了一种耐高温SiO<sub>2</sub>气凝胶隔热复合材料，对氨基改性氧化硅气凝胶的CO<sub>2</sub>吸附性能进行了系统研究。项目工作量占全年工作量的60%。

仲亚：助理研究员，对创新点1-(3)有重要贡献。主要研究了Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>复合气凝胶的制备工艺和性能。3件发明专利的主要发明人。项目工作量占全年工作量的60%。

滕凯明：实验员，对创新点1-(3)有重要贡献。研究了氧化硅气凝胶大规模生产中的超临界干燥工艺和耐高温SiC/SiO<sub>2</sub>复合气凝胶的制备工艺。项目工作量占全年工作量的60%。