

山东大学

初次申请招收博士生人员 简况表

申请人姓名： 李英杰

所属单位： 能源与动力工程学院

一级学科名称： 动力工程及工程热物理

二级学科名称： 热能工程

山东大学学位评定委员会办公室制

2015 年 5 月 25 日填表

(本表请正反面印刷)

填表说明

（一）二级学科代码与名称按照《学位授予和人才培养学科目录（2011 年）》填写。

（二）申请者填写的 CSSCI、SSCI、AHCI、SCI、EI 收录论文应为第一作者或通讯作者，且发表的论文、出版的著作须以山东大学为第一署名单位（校外引进人才入校前论文除外）。

（三）国家级科研项目包括：国家社会科学基金项目、国家自然科学基金项目、全国教育科学规划项目、全国艺术科学规划项目、教育部人文社会科学重大攻关项目、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目、教育部高等学校古籍整理重大委托项目；国家自然科学基金项目、国家科技支撑计划项目、国家高技术研究发展计划项目（863 计划）、国家重点基础研究发展计划项目（973 计划）、国家科技重大专项计划项目、科技部、科技部政策引导类科技计划专项项目（星火计划、火炬计划、农业科技成果转化资金、国家软科学研究计划、国际科技合作计划）、国家军工项目（总装备部、总政治部、总参谋部、总后勤部及国家国防科技工业局项目）、国际合作项目（世界银行、亚洲银行、欧盟、WTO、美国 NIH）等。省部级项目包括：全国教育科学规划项目、全国艺术科学规划项目、各部委科研计划和规划项目、教育部人文社会科学研究项目、教育部科学技术研究项目、省自然科学基金、省优秀中青年科学家科研奖励基金、省科技攻关计划、省星火计划、省软科学研究计划项目、省社科规划项目、省古籍整理研究计划等。

（四）请不要加页。

姓 名	李英杰	性 别	男	出生年月	1977. 7
教师编号	200993000053	专业技术职务	副教授	聘任时间	2011. 12
最后学历、最高学位（包括时间、学校、学科）	国内：博士研究生，博士学位，2009. 10 东南大学热能工程学科				
	国外：				
主要研究方向	燃烧和污染物控制、CO ₂ 捕集、多相流技术				
联系电话	办公电话：88392264	家庭电话：	移动电话：15168869049		
近五年作为第一作者或通讯作者发表 CSSCI、SSCI、AHCI、SCI、EI 收录论文共（ 26 ）篇 （人文、社科申请者请注明权威期刊，SCI 收录论文请注明影响因子）					
主 要 学 术 论 文	序 号	论 文 题 目	期刊名称、时间、卷册 （收录情况）	通讯作者备注	
	1	Effect of the presence of HCl on cyclic CO ₂ capture of calcium-based sorbent in calcium looping process	Applied Energy, 2014, 125: 246-253(SCI 收录, IF=5.261)	通讯,第 2 位	
	2	HCl removal using cycled carbide slag from calcium looping cycles	Applied Energy, 2014, 135: 391-401(SCI 收录, IF=5.261)	通讯,第 2 位	
	3	CO ₂ capture performance of synthetic sorbent prepared from carbide slag and aluminum nitrate hydrate by combustion synthesis	Applied Energy, 2014, 145: 60-68(SCI 收录, IF=5.261)	通讯,第 1 位	
	4	Studies on adsorption of carbon dioxide on alkaline paper mill waste using cyclic process	Energy Conversion and Management, 2014, 82(6): 46-53(SCI 收录, IF=3.59)	通讯,第 1 位	
	5	Simultaneous CO ₂ /HCl removal using carbide slag in repetitive adsorption/desorption cycles	Fuel, 2015, 142: 21-27 (SCI 收录, IF=3.406)	通讯,第 1 位	
	6	CO ₂ capture by carbide slag from chlor-alkali plant in calcination/carbonation cycles	International Journal of Greenhouse Gas Control, 2012, 9:117-123 (SCI 收录, IF=3.944)	通讯,第 1 位	
	7	Cyclic CO ₂ Capture Behavior of Limestone Modified with Pyroligneous Acid (PA) during Calcium Looping Cycle	Industrial & Engineering Chemistry Research, 2011, 50 (17): 10222-10228(SCI 收录, IF=2.237)	通讯,第 1 位	
	8	Sequential SO ₂ /CO ₂ Capture of Calcium-Based Solid Waste from the Paper Industry in the Calcium Looping Process	Industrial & Engineering Chemistry Research, 2012, 51 (49): 16042-16048(SCI 收录, IF=2.235)	通讯,第 1 位	
	9	SO ₂ retention by highly cycled modified CaO-based sorbent in calcium looping process	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2014, 116(2): 955-962(SCI 收录, IF=2.206)	通讯,第 1 位	
	10	Sulfation behavior of CaO from long-term carbonation/calcination cycles for CO ₂ capture at FBC temperatures	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2013, 111(2): 1335-1343(SCI 收录, IF=2.206)	通讯,第 1 位	
	11	Sulfation Behavior of White Mud from Paper Manufacture as SO ₂ Sorbent at Fluidized Bed Combustion Temperatures	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012, 107(1): 241-248. (SCI 收录, IF=1.982)	通讯,第 1 位	
	12	Thermal analysis of cyclic carbonation behavior of CaO derived from carbide slag at high temperature	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012, 110(2): 685-694(SCI 收录, IF=1.982)	通讯,第 1 位	

近五年独立（第一主编）出版学术专著(不含教材)共（ ）部				
主要学术专著	序号	专著名称	出版单位、时间	本人位次
近五年获部、省级及以上奖励成果共（ 1 ）项；作为第一完成人获国家发明专利共（ 4 ）项				
主要获奖成果及专利	序号	成果名称	成果颁发部门、奖励名称、等级、时间	本人位次
	1	钙基载体循环煅烧/碳酸化反应捕集 CO ₂ 的基础研究	教育部、高等学校科学研究优秀成果奖(自然科学奖)、二等奖、2014.1	2
	2	钙基吸收剂循环捕集二氧化硫和二氧化碳方法	国家知识产权局、发明专利、2012.1	1
	3	微波煅烧钙基吸收剂循环脱除锅炉烟气中 CO ₂ 的方法及装置	国家知识产权局、发明专利、2013.8	1
	4	提高造纸白泥在燃煤流化床锅炉系统中捕集 CO ₂ 性能的方法	国家知识产权局、发明专利、2014.8	1
	5	利用电石渣制备高活性 CO ₂ 吸收剂的方法	国家知识产权局、发明专利、2014.12	1
近五年作为负责人承担的科研项目共（ 6 ）项、横向项目共（ 1 ）项，获得的科研总经费共（ 123.6 ）万元。目前可支配科研经费（ 51.96 ）万元。				
序号	项目编号及名称	项目来源	起止时间	科研经费
1	51376003 修饰钙基废料重整制氢中捕集 CO ₂ 机理及循环特性研究	国家自然科学基金	2014.1-2017.12	80 万
2	51006064 钙基废弃物作为 CO ₂ 高温载体的循环反应规律及机理研究	国家自然科学基金	2011.1-2013.12	20 万
3	ZR2011EEQ003 煤加氢气化中钙基废料循环同步吸收 H ₂ S/CO ₂ 反应规律及机理	山东省自然科学基金	2012.8-2014.7	5 万
4	20100131120055 钙基废弃物循环煅烧/碳酸化-硫酸化反应捕集 CO ₂ /SO ₂ 机理	高等学校博士学科点专项科研基金	2011.1-2013.12	3.6 万
5	201104625 钙基废弃物在加氢气化过程中循环分步脱除 CO ₂ 机理研究	中国博士后科学基金第四批特别资助项目	2011.9-2012.12	10 万
6	31380011411426 微波煅烧钙基吸收剂循环脱除锅炉烟气中 CO ₂ 的方法及装置	企业课题	2014.6-2019.6	5 万

本人的主要研究方向及学术贡献：

本人近 5 年作为第一和通讯作者，以山东大学为第一单位在燃烧污染物控制、CO₂ 捕集等领域发表 SCI 论文 18 篇、Ei 论文 8 篇。作为第一发明人获授权发明专利 4 项。获教育部“高等学校科学研究优秀成果奖自然科学奖二等奖”（第 2 位）、“山东高等学校优秀科研成果奖一等奖”（第 1 位）等奖励。担任中国计量测试学会多相流测试专业委员会委员、国家自然科学基金评审专家、山东省自然科学基金结题评审专家，担任 *Environ Sci & Technol* (IF=5.481)、*Applied Energy* (IF=5.26)、*Chem Eng J* (IF=4.058) 等近 30 个国内外期刊的评审专家。主要学术贡献为三个学术发现点：

发现一：发现了有机酸修饰对钙基 CO₂ 吸收剂反应活性具有强化作用；揭示了有机酸修饰作用下钙基吸收剂的孔隙重构机制；提出采用废有机酸修饰钙基 CO₂ 吸收剂理念，突破高活性吸收剂代价高的局限。该发现导致溶液改性钙基 CO₂ 吸收剂新工艺的创立，拓展了高活性钙基吸收剂制备理论的范畴和内涵。【形成 6 篇论文发表在 *Ind Eng Chem Res* (IF=2.237)、*Int J Hydrogen Energy* (IF=2.93)、*Powder Technol* (IF=2.269)、*J Therm Anal Calorim* (IF=2.206)、*Chem Eng Technol* (IF=1.598) 等国际权威和主流期刊】。

石灰石等钙基吸收剂捕集 CO₂ 过程中，随循环次数增加捕集 CO₂ 性能迅速降低，高温烧结导致吸收剂孔隙结构发生堵塞和坍塌是主要原因之一。我们提出采用有机酸溶液改性钙基 CO₂ 吸收剂的方法，改性后钙基吸收剂循环捕集 CO₂ 性能可提升 2 倍以上，并揭示了有机酸修饰作用下钙基吸收剂的孔隙重构机制。揭示了复杂反应条件下有机酸类型、吸收剂类型和吸收剂结构演变与修饰钙基吸收剂捕集 CO₂ 之间的相互作用机理（发表在 *Int J Hydrogen Energy*, 2013,38(31):13655-13663、*Powder Technol*, 2013,233(1):8-14、*J Therm Anal Calorim*, 2014,116(2):955-962）。提出了采用废有机酸—木醋液修饰钙基吸收剂的新思路，大幅度降低了高活性修饰钙基吸收剂的制备成本（发表在 *Ind Eng Chem Res*, 2011,50(17):10222-10228），为进行工业应用奠定了理论基础【俄亥俄州立大学美国工程院院士 Fan Liang-Shih 作为通讯作者的论文(*Energy Fuels*, IF=2.733,2015,29: 321-330)这样评价该成果：“采用有机废液木醋液修饰方法提升了吸收剂的最大捕集 CO₂ 性能”】。

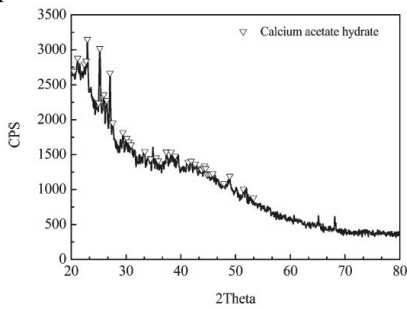
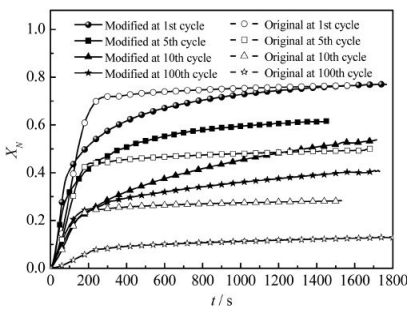
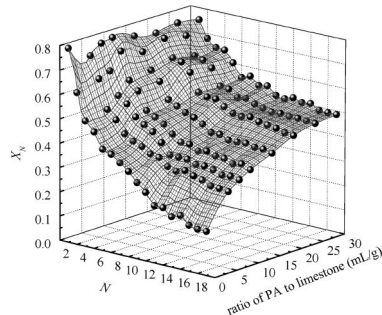
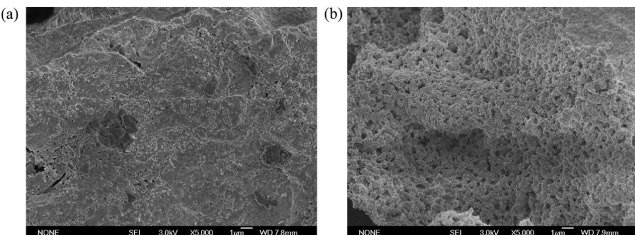
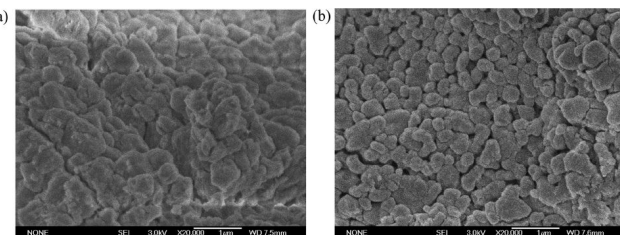
发现二：揭示了新型添加剂对钙基 CO₂ 吸收剂的活化调控机理；提出气相添加剂改善钙基吸收剂捕集 CO₂ 性能的新方法，并揭示气相添加剂的活化机制，突破了一般使用固相添加剂提高钙基吸收剂捕集 CO₂ 活性的局限。该发现促进了操作简便、代价小、能耗低的高效钙基吸收剂循环捕集 CO₂ 技术的发展。【形成 3 篇论文发表在在 *Fuel*(IF=3.602)、*Applied Energy*(IF=5.26) 等国际权威期刊】。

揭示了 Mn 盐对钙基吸收剂循环捕集 CO₂ 性能的影响机理，发现微量 Mn 盐能够提高钙基吸收剂的循环捕集 CO₂ 性能并且改善 CaO 的孔隙结构（发表在 *Applied Energy*,2012, 89(1):368-373）【中科院院士金红光教授作为通讯作者在权威期刊 *Applied Energy*(2013,112:800-807)发表的论文介绍化学链循环制氢系统时，把 Mn 盐修饰吸收剂作为一种代表性钙基载体进行举例】。提出在反应气氛中加入气相添加剂活化钙基吸收剂捕集 CO₂ 性能的新思路和方法，揭示了 HCl 作为气相添加剂破坏致密碳酸化产物层，从而增加 CO₂ 有效扩散系数的机理（发表在 *Applied Energy*, 2014, 125: 246-253 和 *Fuel*, 2015,142: 21-27）。

发现三：提出利用钙基工业废弃物在钙循环技术中捕集 CO₂ 的新思路，揭示钙基废弃物中杂质影响机理，阐明物理化学修饰促进钙基废弃物循环捕集 CO₂ 的机制，初步建立了废弃物资源化与燃煤电站/制氢站 CO₂ 捕集相结合的工艺路线并奠定了理论基础，丰富和拓展了钙循环捕集 CO₂ 技术中吸收剂的范畴。该发现对钙基废弃物循环资源化模式进行了有益探讨，促进了钙基废弃物大规模资源化利用与低成本 CO₂ 捕集集成技术的发展。【研究成果形成 9 篇论文发表在 *Applied Energy*(IF=5.261)、*Int J Greenh Gas Con*(IF=3.944)、*Chem Eng J*(IF=4.058)、*Int J Hydrogen Energy*(IF=2.933)、*Energ Convers Manage*(IF=3.59) 等国际权威和主流期刊】。

钙基工业废弃物如电石渣、造纸白泥等长期堆放对周围环境产生严重危害，如何资源化这些废弃物具有挑战性。我们提出利用钙基废弃物在钙循环中捕集 CO₂ 的新思路，并研究了钙基废弃物循环捕集 CO₂ 的反应规律和机理（发表在 *Int J Greenh Gas Con*, 2012, 9:117-123）。从烧结角度揭示了 Cl、Na 等杂质引起造钙基废弃物循环捕集 CO₂ 性能降低的机理；提出分级水洗处理、延长碳酸化及燃烧合成等方法，优化了废弃物孔隙结构，突破了钙基废弃物循环捕集 CO₂ 性能较低等问题，使 CO₂ 捕集性能、SO₂ 协同性能大幅度提高（发表在 *Chem Eng J*, 2013, 221 (1): 124-132、*Ind Eng Chem Res*, 2012,51:16042-16048、*Energ Convers Manage*,2014, 82:46-53、*J Therm Anal Calorim*,2013,111:1335-1343、*Applied Energy*,2015 145:60-68）。提出微波煅烧钙基废弃物/钙基吸收剂捕集 CO₂ 新构思，避免了煅烧炉硫酸化带来的不利影响，获得授权发明专利(ZL2011103769801)，转让给徐州东大锅炉有限公司。该贡献被加拿大渥太华大学 Sayari 教授团队、西班牙 CSIC Abanades 教授团队、国家杰青万人计划专家清华大学李俊华教授等学者发表在 *Energ Environ Sci*(IF=15.49, 2014,7: 3478-3518)、*Renew Sust Energ Rev*(IF=5.51)、*Environ Sci Technol*(IF=5.481,2014,48:2025-2034) 等权威期刊论文他引 30 多次。

近五年本人有代表性的科研成果简介之一：

成果名称	Cyclic CO ₂ Capture Behavior of Limestone Modified with Pyroligneous Acid (PA) during Calcium Looping Cycles	完成时间	2011.9
钙基吸收剂循环捕集 CO₂ 技术是目前最具工业应用前景的电站捕集 CO₂ 技术之一。石灰石是常规的 CO₂ 吸收剂，但随循环次数增加石灰石捕集 CO₂ 性能而降低，这主要是循环中烧结引起的孔隙闭塞所引起。本成果提出采用生物质干馏过程中的副产物——木醋液(木醋含量约为 7%，主要成分为水)对石灰石进行修饰处理，研究木醋液修饰石灰石在循环煅烧/碳酸化过程中的捕集 CO₂ 特性，并揭示机理。研究发现木醋液修饰石灰石明显提高了石灰石的循环捕集 CO₂ 性能，修饰后物相为醋酸钙(见图 1a)，在常用 CO₂ 捕集条件下 100 次循环后碳酸化转化率可达 0.4，为石灰石的 2 倍以上(如图 2)，最佳的木醋液/石灰石比例为 20mL/g(见图 3)。经过 20 次循环后修饰石灰石的孔隙更加发达，呈爆米花状，这种结构有利于 CO₂ 的扩散和吸收(见图 4)。经过 100 次循环后修饰石灰石晶粒没有出现明显的融合，而石灰石晶粒生长和融合明显，烧结更为严重，这表明修饰石灰石具有更强的抗烧结性能。采用工业废酸—木醋液修饰石灰石是一种理想的提高其循环捕集 CO₂ 性能的方法，突破了制备高活性吸收剂代价高的局限。 该成果发表在国际能源化工领域权威期刊 <i>Ind Eng Chem Res</i>(IF=2.237, 2011, 50 (17): 10222-10228)，被美国俄亥俄州立大学、澳大利亚昆士兰大学、加拿大渥太华大学、清华大学、台湾工业技术研究院等国内外学者发表在 <i>Renew Sust Energ Rev</i>(IF=5.51)、<i>Chem Eng J</i>(IF=4.058)、<i>Applied Energy</i>(IF=5.261)、<i>Energy Fuels</i>(IF=2.733)等论文 SCI 他引 13 次。代表性评价如下： 【1】俄亥俄州立大学杰出讲座教授、美国工程院院士 Fan Liang-Shih 作为通讯作者的论文(<i>Energy Fuels</i>, IF=2.733, 2015, 29: 321-330)这样评价该成果：“采用有机废液木醋液修饰方法提升了吸收剂的最大捕集 CO₂ 性能”。 【2】加拿大渥太华大学 Iliuta Maria 教授(<i>Ind Eng Chem Res</i>, IF=2.237, 2013, 52, 7002-7013)对本成果进行了高度评价：“Among the available techniques, limestone treatment using acetic acid derivatives was introduced as a powerful technique to improve the durability and adsorption capacity of natural limestone, principally by producing an efficient calcium-derivative component (calcium acetate hydrate)”，认为申请人提出的有机酸修饰是一个“强有力的技术”提升天然石灰石的吸收 CO₂ 性能和持久性。 【3】澳大利亚昆士兰大学 Feng Bo 教授作为通讯作者的论文(<i>Energy Fuel</i>, IF=2.733, 2014, 28: 329-339)在我们提出的有机酸修饰钙基吸收剂的基础上进一步造粒，肯定了我们采用木醋液修饰石灰石的研究“The work by Li et al. confirmed the good CO₂ sorption performance of limestone after treatment of pyroligneous acid³⁷ or propionic acid.³⁸”。 【4】加拿大自然资源部 CANMET 首席科学家、英国克兰菲尔德大学特聘教授 Anthony 作为通讯作者的论文(<i>Int J Greenh Gas Con</i>, IF=3.944, 2013, 16: 21-28)如下评价本成果：Recently, Li and co-workers (Li et al., 2011) used pyroligneous acid ... to modify limestone for CO₂ capture. The modified sorbent exhibited a carbonation conversion of 33%, compared to 7.8% for the natural material after ~100 cycles. The improved performance was attributed to the altered morphology of the sorbent due to acidification.			
 图 1 修饰石灰石的 XRD 分析			
 图 2 修饰石灰石的捕集 CO₂ 性能			
 图 3 木醋液/石灰石比例对 CO₂ 性能的影响			
 图 4 石灰石(a)和修饰石灰石(b)20 次煅烧后的 SEM 分析			
 图 5 石灰石(a)和修饰石灰石(b)100 次煅烧后的 SEM 分析			

近五年本人有代表性的科研成果简介之二：

成果名称	CO ₂ capture performance of calcium-based sorbent doped with manganese salts during calcium looping cycle	完成时间	2012.1
------	--	------	--------

为了解决钙基吸收剂在循环捕集 CO₂ 过程中反应活性的下降的问题，本成果采用 Mn 盐作为新型添加剂掺入到 CaCO₃ 中。研究锰盐类型、锰/钙摩尔比、反应条件对钙基吸收剂循环煅烧/碳酸化捕集 CO₂ 的影响规律，并通过微观分析揭示锰盐对钙基吸收剂吸收 CO₂ 活性的影响机理。研究发现，Mn 能够促进钙基吸收剂循环捕集 CO₂ 性能(见图 1)，当 Mn/Ca 摩尔比为 1-1.5% 时，钙基吸收剂可获得最大 CO₂ 捕集性能，但继续增加 Mn/Ca 摩尔比时会导致捕集 CO₂ 性能下降。钙基吸收剂最佳碳酸化温度区间为 650-700℃，Mn 盐的存在导致最佳碳酸化温度区间发生偏移，掺入 Mn 盐的钙基吸收剂最佳碳酸化温度为 700-720℃。Mn 盐的掺入改变了 CaO 晶体结构，从而使合适碳酸化温度发生偏移。Mn 盐的存在提高了钙基吸收剂在高温煅烧条件下的抗烧结性能，这有利于 CO₂ 吸收(见图 2)。反应动力学分析表明，Mn 盐增加了化学反应控制阶段的碳酸化速率，同时也提高了扩散控制阶段的表现反应速率常数，但增加幅度较小。Mn 盐的掺入改变了钙基吸收剂的长周期循环捕集 CO₂ 性能，100 次循环后的碳酸化转化率可提高 69%(如图 4)。在最佳 Mn/Ca 摩尔比时，Mn 盐使钙基吸收剂表现形貌发生重大变化，减缓了颗粒烧结，使 CaO 晶粒生长缓慢。Mn 盐的掺入使钙基吸收剂在 27-100nm 范围内的孔隙大幅度增加(见图 5)，这对于吸收剂保持较高 CO₂ 吸收性能至关重要。

该成果发表在国际能源领域权威期刊 *Applied Energy*(IF=4.781, 2012, 89 (1): 368-373)。被美国辛辛那提大学、美国能源部国家能源技术实验室、西班牙萨拉戈萨大学、加拿大矿产与能源技术中心(CANMET)、日本筑波大学、台湾成功大学、中科院工程热物理研究所等 14 个国内外研究机构的学者发表的 SCI 论文他引 17 次。代表性评价如下：

【1】中科院院士金红光教授作为通讯作者在权威期刊 *Applied Energy*(2013, 112: 800-807)发表的论文介绍化学链循环制氢系统时，把 Mn 盐修饰吸收剂作为一种代表性 CO₂ 吸收剂进行举例。

【2】美国能源部国家能源技术实验室区域大学联盟(NETL-RUA)的 Li B 博士等发表在国际能源领域权威期刊 *Applied Energy*(IF=5.106, 2013, 102: 1439-1447)论文总结了 CO₂ 捕集技术的效益和经济性，把本成果作为金属氧化物影响钙基吸收剂捕集 CO₂ 的代表性成果进行了引用(作为文献 38)。

【3】加拿大矿产与能源技术中心(CANMET)、英国克兰菲尔德大学国际权威学者 Anthony 教授课题组发表在国际温室气体控制领域权威期刊 *International Journal of Greenhouse Gas Control*(IF=3.821, 2013, 16: 21-28)上的论文提到金属盐类改性钙基吸收剂是一种有效提高其抗烧结性能的方法时引用了本成果。

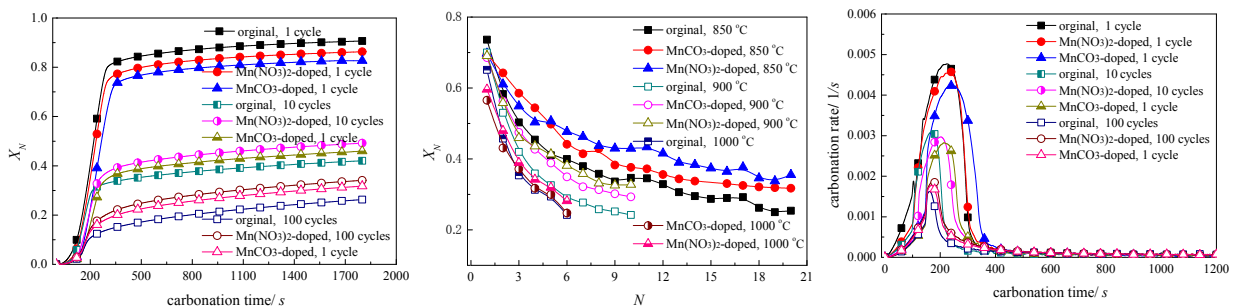


图 1 锰掺入钙基吸收剂的碳酸化性能 图 2 煅烧温度对掺入锰的钙基吸收碳酸化影响 图 3 锰掺入对不同阶段速率的影响

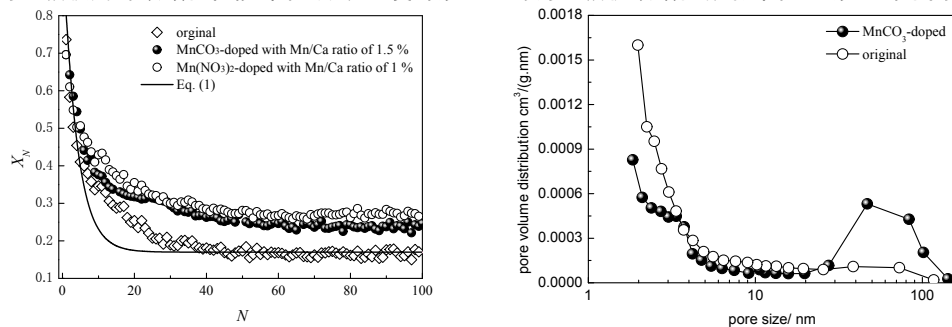


图 4 锰掺入对钙基吸收剂长周期捕集 CO₂ 的影响 图 5 锰掺入对钙基吸收剂 20 次循环后孔分布的影响

近五年本人有代表性的科研成果简介之三：

成果名称	Sequential SO ₂ /CO ₂ capture of calcium-based solid waste from the paper industry in the calcium looping process	完成时间	2012.12
------	---	------	---------

钙基工业废弃物如造纸白泥无法大规模处理，一般仅堆积存放，对周围生态产生了较大危害。如何资源化利用造纸白泥是一项具有挑战性的难题。针对循环流化床锅炉，提出利用造纸白泥异步捕集 CO₂/SO₂ 技术路线（见图 1）。以该技术路线为背景，研究经历了不同碳酸化/煅烧循环捕集 CO₂ 后造纸白泥的 SO₂ 脱除特性、硫酸化反应动力学特征，并揭示反应机理。经历了不同碳酸化/煅烧循环的水洗造纸白泥微观结构产生了明显变化（见图 2），必然导致其脱除 SO₂ 特性产生差异。在循环流化床燃烧温度 850—950℃ 范围内，经历不同循环的造纸白泥和水洗白泥均在 950℃ 时获得了最大脱硫性能，硫酸化温度对其脱除 SO₂ 的影响随着循环次数的增加而逐渐变小。随碳酸化/煅烧循环次数增加，各种类型钙基废弃物/常规吸收剂硫酸化时表现出不同规律。在 100 次循环内，未循环白泥的硫酸化性能最大，随循环次数增加呈现出先增加后减小的趋势。水洗白泥也表现出了类似规律，且相同循环次数后其硫酸化性能高于白泥。与石灰石相比，多次循环水洗白泥的 SO₂ 吸收量较高（见图 3）。本研究表明水洗造纸白泥协同捕集 SO₂ 和 CO₂ 是一种具有前景的方法。

该成果发表在国际能源化工领域权威期刊 *Ind Eng Chem Res*(IF=2.235, 2012,51:16042-16048), 被北京林业大学、加拿大渥太华大学、芬兰拉普兰塔理工大学、中科院广州能源所等学术机构发表在 *Energ Environ Sci*(IF=15.49, 2014,7:3478-3518)、*Environ Sci Technol*(IF=5.481, 2014,48:2025-2034)、*Fuel*(IF=3.408, 2014,115: 329-337) 等国际权威期刊的论文所引用。代表性评价如下：

北京林业大学王强教授团队与牛津大学 Hare 教授、新加坡科技局(A*STAR)Zhong Ziyi 博士联合发表在能源领域顶级期刊 *Energ Environ Sci*(IF=15.49, 2014,7: 3478-3518) 的论文在“5.3 CaO-based CO₂ sorbents from waste resources”认为有两类废弃物（生活型和工业型）是适合吸收 CO₂ 的，特别提到本成果，他们认为造纸白泥由于量大而更有应用前景，他们用 14 行较大篇幅介绍了发现点三的水洗造纸白泥协同捕集 CO₂ 和 SO₂ 研究：“Li et al.⁵⁰⁴ investigated the sequential SO₂ and CO₂ capture behavior of lime mud in the calcium looping process. In order to minimize the unfavorable effects of impurities.....The ultimate carbonation conversions of the treated lime mud and the raw one were 4.8 and 2.8 times greater than that of the limestone, respectively.”

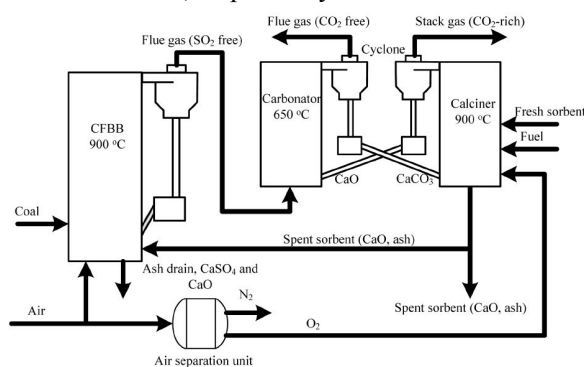
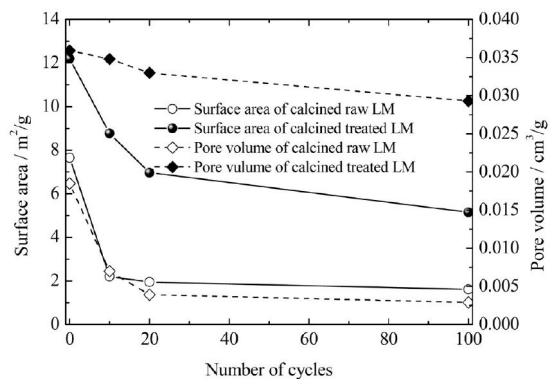
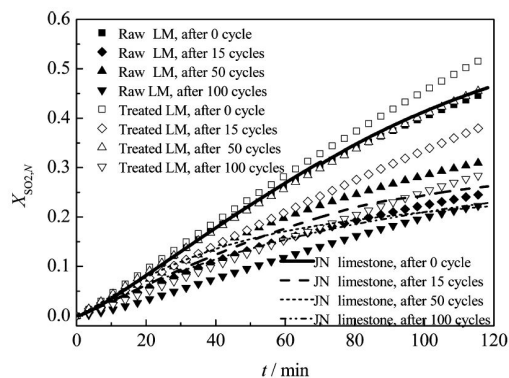
图 1 钙基废弃物异步脱除 CO₂/SO₂ 工艺流程

图 2 造纸白泥(LM)和水洗造纸白泥的比表面积和比孔容

图 3 造纸白泥、水洗白泥和石灰石循环捕集 CO₂ 后的硫酸化特性

招收培养全日制硕士研究生情况			
年 度	招 生 人 数	毕 业 人 数	获 学 位 人 数
2011	1	0	0
2012	2	0	0
2013	2	0	0
2014	1	1	1

主 讲 的 研 究 生 课 程			
时 间	课 程 名 称	课 时	授 课 对 象

本人承诺：

上述所填内容全部属实。

签名：_____ 年 月 日

学位评定分委员会审核情况和意见：

经审核，该申请人近五年作为第一作者（通讯作者）发表 CSSCI、SSCI、AHCI、SCI、EI 论文 _____ 篇，其中权威期刊 _____ 篇（仅限人文社科类）；独立（第一主编）出版专著 _____ 部；

获省部级二等奖以上奖励 _____ 项；作为第一完成人获国家发明专利 _____ 项；

作为负责人新申请到（承担）国家级科研项目 _____ 项，省部级科研项目 _____ 项，横向项目 _____ 项；获得科研总经费 _____ 万元；目前可支配经费 _____ 万元。

以上数据真实可靠，学位评定分委员会 _____ （请填写“同意”或“不同意”）

申请人于 2016 年招收博士生。

学位评定分委员会主席签字（签章）：_____

学位评定分委员会公章

年 月 日