

项目名称：中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术

提名意见：兹有邵阳学院、北京科技大学、榆林学院、湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司共同合作完成的“中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术”。该项目由张俊霞教授、王立教授、童莉葛教授、袁文华教授、周艳萍老师、伏军教授、邹利华副教授、王泽华老师、蒋作佩工程师共 9 同志共同完成。该项目从湖南省和陕西省工业中低温余热回收利用着手，将热管技术用于回收余热并产生水蒸汽，同时耦合生物质气化过程制取含氢燃气，分别在陕西省榆林市、湖南省湘潭市企业中实现了应用。该项目独特的创新之处在于：将中低温余热回收用于生物质气化制取含氢燃气，实质是将“废热”和“废弃生物质”转变为清洁能源含氢燃气，即符合国家十三五大力鼓励倡导的“节能环保”、“可再生能源利用”的科学研究导向和工业发展方向，也进一步推动了高校和企业间的交流和合作，有力的促进了煤化工行业、钢铁行业中中低温余热的回收和有效应用，具有良好的工业应用前景。该项目选题准确，技术方案设计科学合理，方法新颖，资料齐全，数据真实可靠，符合湖南省科学技术奖的评定要求。

项目简介：中低温余热利用是国家十三五规划的重点挖掘领域，具有巨大的行业发展潜力，目前，我国工业余热利用率仅为 50%，其深度回收利用已经成为必然趋势。将余热用于居民供暖，是中低温余热回收利用的重要发展方向。目前，工业企业排气余热的利用技术发展较好，对排出的大量废渣余热基本处无回收的弃置，在造成能源浪费的同时还增加了安全隐患。为了促进企业中低温余热资源回收利用，响应国家、省市大力倡导的生物质能源有效利用，本项目组在国家自然科学基金、省市级项目的支持下，提出了“中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术研发”，将余热回收品种从单一燃气余热拓展到废气、废渣余热，从单一供暖应用拓展到生物质气化制取含氢燃气领域，从独立供暖系统拓展到热管余热回收装置和生物质气化装置耦合运行，构建了中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的耦合方法，发明了不抽真空重力热管余热回收装置、提出了强化含不凝气体冷凝换热的方法、发明了文丘里管不凝气体引流装置，解决了余热与生物质气化的耦合、含氢燃气高效冷凝去湿、燃气有效引流所带来的挑战，主技术创新点有：

1 针对如何开发将余热与生物质气化相耦合制取含氢燃气的难题，发明了不抽真空重力热管余热回收装置，揭示了余热回收与生物质气化制取含氢燃气的热质耦合规律，探索了蒸汽在高分压不凝气体中的扩散流动和冷凝机制，建立了蒸汽流动前沿的概念，对不抽真空重力热管余热回收装置参数进行优化，传热效率高达 60%，冷凝段长度节约了 15%~58%。相关研究结果已经在本领域 SCI 顶级期刊《Applied Thermal Engineering》和《International Journal of Heat and Mass Transfer》发表，并获得国家发明专利 6 项。

2 为了解决含氢燃气高效冷凝去湿的难题，提出了采用不凝气体逸流强化冷凝换热的方法，提出含不凝气体冷凝换热的场协同度概念，设计了不凝气体逸流方案，实现了含不凝气体逸流的冷凝换热参数测量，努谢尔特数和传热系数提高 1.2 倍，解决了利用不凝气体逸流强化冷凝换热的难题，相关研究结果已在本领域顶级期刊《Applied Thermal Engineering》和《AIP Advance》发表，获国家发明专利 2 项。

3 针对如何有效引流燃气的难题，发明了文丘里管不凝气体引流装置，揭示了文丘里管内流体的流动特性和压力分布，分析了文丘里管内流体流动的失稳机制，确定了文丘里管结构参数和不凝气体引流位置对引流效率的影响规律，

引流效率高达 0.5，相关研究结果已在本领域顶级期刊《Experimental and Thermal Fluid Science》《AIP Advance》上发表，获国家发明专利 2 项。

本项技术解决了中低温余热与生物质气化制取含氢燃气有效耦合的难题，使得生物质气化制取含氢燃气节约能源 15%，为中低温余热用于生物质气化领域提供了有效途径，获授权中国发明专利 21 项；实用新型专利 22 项；发表论文 20 余篇，被 SCI 期刊收录 10 篇；出版中外学术专著 3 部；毕业设计阶段参与项目的本科生 70 余名。研发了不抽真空重力热管余热回收装置，提出采用不凝气体逸流强化冷凝换热的方法，发明了文丘里管不凝气体逸流装置。近三年累计经济效益九千多万元。项目获得了 2018 年榆林市科学技术一等奖。

客观评价：

1 国内外同行在重要学术刊物中发表的学术性评价意见

中国核电工程有限公司的 Chen Y, Xie Y, Liu M 等(Annals of Nuclear Energy 125 (2019) 132-137)、江苏大学的 Zhang L, Mao N, Kang C 等 (EEEP2018) 引用了本项目论文《Field synergy characteristics in condensation heat transfer with non-condensable gas over a horizontal tube》中的研究成果，马来西亚沙捞越理工大学的 Ling T W, Hung Y M, Osman M S 等 (International Journal of Automotive and Mechanical Engineering 15 (2) (2018) 5238-5250) 引用了本项目论文《Analysis on the effect of venture tube structural parameters on fluid flow》中的研究成果，进行了后续拓展性研究。法国的 Mine Saint-Etienne 研究所的 Ravichandran A N, Calmes C, Series C C 等 (Nano Energy 62 (2019) 449-457)、伊朗沙鲁德理工大学的 Ghannadi M, Saghravani F, Niazand H C 等 (Trans. Phenom. Nano Micro Scales 7 (1) (2019) 53-61) 引用了本项目论文《Analysis on the effect of venture tube structural parameters on fluid flow》中的研究成果，认为有关文丘里管内流体流动现象的研究结果具有参考价值。

相关文献引用结果见《文献引用说明》，见附件 9。

2 鉴定结论

在 2018 年 11 月 12 日举行的榆林市科学技术成果评价会中，分别邀请到了西安交通大学能源与动力工程学院的刘迎文教授、西安交通大学材料科学学院的卢学刚教授、榆林市科技局的冯维林专家、榆林市工信局的李怀雄高工、陕西未来能源化工有限公司的冯宝田高工、陕西煤化工集团神木天元化工有限公司的吕子胜高工、榆林市甲和煤炭热解技术开发有限公司刘喜存高工。与会专家一致认为：该项目选题准确，技术方案设计科学合理，方法新颖，资料齐全、数据真实可靠。并做出如下评价结果：

项目开展了余热利用及生物质气化制氢技术的研究：1) 提出了“蒸汽流动前沿”的概念，揭示了不凝气体对蒸汽冷凝效率的影响规律；2) 提出了减弱液膜表面吸附不凝气体的调控工艺，解决了不凝气体对蒸气冷凝的恶化问题，为不抽真空重力热管的设计提供了理论依据；3) 提出了兰炭熄焦余热和生物制气化制氢的耦合新方案，揭示了生物制气化制氢中参数影响规律，为兰炭行业余热利用提供了新思路。

由此，将本项目研究鉴定结果为已经达到了国内领先水平。

鉴定结果报告见《榆林市科学技术成果评价报告》，见附件 7。

3 技术检测报告

在 2018 年 10 月 11 日由教育部科技查新工作站对本项目关键技术《兰炭低温熄焦余热用于生物质气化制氢的技术研究》开展查新工作，就本项目的查新点

“水平管外不凝气体中的蒸汽流动前沿随着冷却水质量流量增加而前移，延长了蒸汽冷凝长度”、“不凝气体液膜表面积聚属于变温吸附过程”、“水平管外蒸汽冷凝中不凝气体浓度增加将引起液膜流型转变”、“采用热管回收兰炭熄焦余热产生过热蒸汽用于生物质气化制氢的产氢率在 40%以上”在 13 个中文数据库中检索，并与检索到的 100 多篇相关文献进行对比分析，得出结论：在国内数据库公开发表的文献中与委托查新项目查新点完全相同的未见报道。由此证明了本项目的创新性。

科技查新报告见《科技查新报告》，见附件 8。

4 国内外重要科技奖励

在 2019 年 1 月 10 日举行的榆林市科学技术奖评选中，本项目在工业科组申报，受到与会评委的一致好评，荣获 2018 年度榆林市科学技术一等奖。

获奖文件见《榆林市人民政府关于 2018 年度榆林市科学技术奖励的决定》，见附件 5-5。

5 授权发明专利

获授权发明专利 10 件，其中 9 件已经授权转让给江苏泰州瑞沣环保科技有限公司、河北唐山周行科技发展有限公司、内蒙古万众炜业科技有限公司、东营海能石油装备有限责任公司、桂林航天工业学院、宁夏中旭基业环保科技有限公司、冷水江博长环保有限责任公司等，应用领域涉及生物质炭化、型炭深加工、石油、化工、电石渣生产、钢铁加工等领域。

专利转让证明见附件 10。

推广应用情况：

项目组将技术与生产实践紧密结合，在开展实验研究和理论计算的同时，积极与陕西榆林、湖南湘潭市的企业合作，使研究成果在生产中得以应用和检验，实现了科研成果的快速转化。从 2016 年至今，“中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术”已经在湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司、陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司进行推广应用，产生了显著的经济收益。项目实施期间，近三年累计示范应用中低温余热耦合生物质气化制取含氢燃气装置 100 余套，每年回收余热约 9×10^4 GJ，产生水蒸汽约 9 万吨，产生含氢燃气约 1682 万立方。

在陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司，应用该项目技术对半焦余热回收利用，获得了 0.1~0.6MPa 的蒸汽，用于供暖和周围化工厂使用；部分蒸汽用于生物质气化制取含氢燃气，使能耗降低了 15.3%，产气低位热值从 5MJ/kg 提高到 8MJ/kg，提高了 37.3%。在湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司，应用该项技术对玻璃厂、钢铁厂余热回收利用，节约了生物质制取含氢燃气的能量消耗，使得能耗降低了 15.1%；燃气的低位热值由 5.1MJ/kg 提高到了 8.1MJ/kg，提高了 37%。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用技术	产品及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司	中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术	燃气 1013 万立方	2017.1	廖新华 13874260888
2	陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司		燃气 669 万立方 蒸汽 9 万吨	~ 2019.12	王一祖 18891230215

此外，本项目的 21 个主要发明专利中有 9 个进行了有效转让，其中“一种内热式直立式炭化炉中热管熄焦余热回收装置”已转让给江苏泰州瑞沣环保科技有限公司，用于生物质炭化设备；“一种利用不凝气体逸流强化水平管外冷凝换热的装置”已转让给东营海能石油装备有限责任公司；“一种文丘里效应排出冷凝段内不凝气体的装置”已转让给河北唐山周行科技发展有限公司，用于化工产品蒽醌的余热回收。

在 2019 年宁波召开的“新能源技术国际研讨会”和湖南省第十二届研究生创新论坛“能源绿色应用”分论坛做特邀报告和专题报告各 1 次。

主要知识产权目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	一种高效低阻热管余热回收装置	中国	ZL2016109650678	2019.5.10	3370183	邵阳学院	张俊霞，童莉葛	有效专利
发明专利	一种采用空穴效应强化不凝气体冷凝的装置	中国	ZL2015108489468	2018.12.7	3174408	榆林学院	张俊霞	有效专利
发明专利	一种观测四角切圆煤粉炉内空气分级的实验装置	中国	ZL2016109662980	2019.3.8	3282599	邵阳学院	张俊霞，童莉葛，杜建平	有效专利
实用新型	一种气化制氢装置	中国	ZL2018203959555	2018.3.22	8242466	张俊霞	张俊霞	有效专利

主要完成人情况:

姓名	张俊霞	性别	女	排 名	1	国 籍	中国
出生年月	1974.07.08		出生地	内蒙丰镇市	民 族	回族	
身份证号	152628197407080029		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
毕业学校	北京科技大学		毕业时间	2011.6.18	所学专业	动力及工程热物理	
电子邮箱	2387994363@qq.com		办公电话		移动电话	15529952278	
通讯地址	湖南省邵阳市大祥区				邮政编码	422000	
工作单位	邵阳学院				行政职务	无	
二级单位	机械与能源工程学院				党 派	中国共产党	
主要完成单位	邵阳学院				所在地	湖南	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间		2014.01.01 至 2019.11.30					
<p>对本项目重要科学发现的贡献:</p> <p>(1) 提出了项目的总体技术方案、三个主要技术发明的设计方案;</p> <p>(2) 承担项目中冷凝换热关键技术研究、生物质气化制取含氢燃气集成技术等;</p> <p>(3) 负责了 2018 年榆林市科学技术奖的申报工作, 见附件 5-1;</p> <p>(4) 筹划了所有项目、专利、论文论著、奖项的技术方案论证、发表, 见附件 1~9;</p> <p>(5) 负责了技术示范推广的筹划、项目总结等工作。</p>							
<p>曾获科技奖励情况: 2018 榆林市科技进步一等奖, 兰炭低温熄焦余热用于生物质气化制氢的技术研究, 2018-1-03-R9, 1/12</p>							

姓名	王立	性别	男	排 名	2	国 籍	中国
出生年月	1956.10.19		出生地	河北邯郸	民 族	回族	
身份证号	110108195610192279		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
毕业学校	北京科技大学		毕业时间	1990.6.18	所学专业	动力及工程热物理	
电子邮箱	liwang@me.ustb.edu.cn		办公电话	010-62332566	移动电话	13241054597	

通讯地址	北京市海淀区学院路 30 号北京科技大学		邮政编码	422000
工作单位	北京科技大学		行政职务	无
二级单位	机械工程学院		党 派	中国共产 党
主要完成 单位	北京科技大学		所 在 地	北京
			单位性质	学校
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30			
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 负责项目的指导和把关，为项目保质保量完成提供技术支持； (2) 协助项目冷凝换热强化的理论和实验研究； (3) 支持 2018 年榆林市科学技术奖的申报工作，见附件 5-2； (4) 协助项目第一完成人完成 SCI 论文的撰写、完善和发表，见 2.3、2.4、2.10。 (5) 为本项目相关国家项目、省级项目的申报、实施和完成提供人力和资源支持。				
曾获科技奖励情况：2018 榆林市科技进步一等奖,兰炭低温熄焦余热用于生物质气化制氢的技术研究，2018-1-03-R9,8/12				

姓 名	童莉葛	性别	女	排 名	3	国 籍	中国
出生年月	1972.5.12		出 生 地	内蒙古	民 族	汉族	
身份证号	150102197205120069		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
毕业学校	北京科技大学		毕业时间	1990.6.18	所学专业	动力及工程热物理	
电子邮箱	tonglige@me.ustb.edu.cn	办公电话	010-62332 566	移动电话	132410545 97		
通讯地址	北京市海淀区学院路 30 号北京科技大学				邮政编码	422000	
工作单位	北京科技大学				行政职务	系副主任	
二级单位	机械工程学院				党 派	中国共产 党	
主要完成 单位	北京科技大学				所 在 地	北京	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30						
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 参与了“不凝气体对冷凝换热场协同度影响”的研究，见附件 2.6； (2) 参与了发明专利的构思和撰写，见附件 4.1 和 4.9。							

曾获科技奖励情况：无

姓 名	袁文华	性别	男	排 名	4	国 籍	中国
出生年月	1963.8.9		出 生 地	湖南新邵	民 族	汉族	
身份证号	430503196308091513		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
毕业学校	湖南大学		毕业时间	2010.12.1	所学专业	动力机械	
电子邮箱	549030140@qq.com		办公电话	0793543110 3	移动电话	131003980 98	
通讯地址	湖南省邵阳市七里坪				邮政编码	422000	
工作单位	邵阳学院				行政职务	研究生与 学科建设 处处长	
二级单位	研究生与学科建设处				党 派	共产党	
主要完成 单位	邵阳学院				所 在 地	邵阳	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30						
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 给出余热回收与生物质气化制取含氢燃气技术的耦合技术方案； (2) 参与完成了 2018 年榆林市科学技术奖的申报工作，见附件 5-3； (3) 参与了论文 2.2、2.7、2.8 的撰写和发表。							
曾获科技奖励情况： (1) 2018 年度湖南省科技进步三等奖，小型风冷柴油机性能提升关键技术及应用，20184069-J3-105-R01,2/5 (2) 2018 榆林市科技进步一等奖,兰炭低温熄焦余热用于生物质气化制氢的技术研究，2018-1-03-R9,4/12							

姓 名	周艳萍	性别	女	排 名	5	国 籍	中国
出生年月	1981.10.6		出 生 地	陕西榆林	民 族	汉族	
身份证号	612701198110065523		归国人员	否	归国时间		
技术职称	讲师		最高学历	研究生	最高学位	硕士	

毕业学校	太原理工大学	毕业时间	2009.7.1	所学专业	地球探测与信息技术
电子邮箱	666824666@qq.com	办公电话	0912389137 2	移动电话	138922859 81
通讯地址	陕西省榆林市榆阳区			邮政编码	719000
工作单位	榆林学院			行政职务	无
二级单位	化工学院			党 派	无党派
主要完成单位	榆林学院			所 在 地	榆林
				单位性质	学校
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30				
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 参与了榆林市级项目的申报和结题工作，见附件 1.4.1~1.4.2。 (2) 参与了陕西省科技成果转移转化项目的申报和结题工作，见附件 1.2.1~1.2.3。					
曾获科技奖励情况：无					

姓 名	伏军	性别	男	排 名	6	国 籍	中国
出生年月	1979.9.18		出 生 地	湖南岳阳	民 族	汉族	
身份证号	430624197909189112		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	硕士	
毕业学校	湖南大学		毕业时间	2011.9.20	所学专业	机械工程	
电子邮箱	4160@hnsyu.edu.cn	办公电话	0912389137 2	移动电话	138922859 81		
通讯地址	湖南省邵阳市大祥区				邮政编码	719000	
工作单位	邵阳学院				行政职务	无	
二级单位	机械与能源工程学院				党 派	党员	
主要完成单位	邵阳学院				所 在 地	副院长	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30						
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 参与了“滞留不凝气体对冷凝流型转捩影响”的研究； (2) 参与完成了论文 2.2 的撰写和发表。							

曾获科技奖励情况：2018 年度湖南省科技进步三等奖，小型风冷柴油机性能提升关键技术及应用，20184069-J3-105-R01,1/5

姓 名	邹利华	性别	男	排 名	7	国 籍	中国
出生年月	1983.1.14		出 生 地	湖南隆回	民 族	汉族	
身份证号	430624198302147332		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	硕士	
毕业学校	北京有色金属研究总院		毕业时间	2011.6.18	所学专业	机械工程	
电子邮箱	zoulihua-mail@163.com		办公电话	0793-56143 21	移动电话	159739218 09	
通讯地址	湖南省邵阳市大祥区				邮政编码	719000	
工作单位	邵阳学院				行政职务	无	
二级单位	机械与能源工程学院				党 派	党员	
主要完成 单位	邵阳学院				所 在 地	副院长	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间			2014.01.01 至 2019.11.30				
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 为冷凝换热实验台、热管换热实验台的设计和加工提出建设性意见； (2) 为该项目在湖南省湘潭市的应用做了大量工作。							
曾获科技奖励情况：							

姓 名	王泽华	性别	男	排 名	8	国 籍	中国
出生年月	1999.08.24		出 生 地	内蒙古包头	民 族	汉族	
身份证号	150204199908240013		归国人员	否	归国时间		
技术职称	无		最高学历	大学专科	最高学位	硕士	
毕业学校	中国人民解放军海军职工大学		毕业时间	2018.7.15	所学专业	旅游管理	
电子邮箱	zoulihua-mail@163.com		办公电话	0739-54311 03	移动电话	152411396 20	
通讯地址	湖南省邵阳市大祥区				邮政编码	422000	
工作单位	邵阳学院				行政职务	无	
二级单位	机械与能源工程学院				党 派	党员	
主要完成	邵阳学院				所 在 地	副院长	

单位		单位性质	学校
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30		
对本项目重要科学发现的贡献： (1) 整理了主要技术发明 1 中不抽真空重力热管余热回收装置的内容； (2) 参与完成了 2018 年榆林市科学技术奖的申报工作，见附件 5.4； (3) 针对主要技术发明 1 提出在余热回收的同时去除煤中灰分和硫分，并申报成功发明专利《一种采用含氧气的蒸汽流脱除煤中灰份和硫份的装置》，见附件 4.6； (4) 参与完成了论文的撰写和发表，见附件 2.2、2.7、2.8。			
曾获科技奖励情况：2018 榆林市科技进步一等奖,兰炭低温熄焦余热用于生物质气化制氢的技术研究，2018-1-03-R9,10/11			

姓 名	蒋作佩	性 别	男	排 名	9	国 籍	中国
出生年月	1996.09.25		出 生 地	湖南湘潭	民 族	汉族	
身份证号	652801196309251116		归国人员	否	归国时间		
技术职称	工程师		最高学历	本科	最高学位	学士	
毕业学校	兰州理工大学		毕业时间	1983.07.01	所学专业	气相专业	
电子邮箱	18756542@qq.com		办公电话	0739-5431103	移动电话	15898599271	
通讯地址	湖南省湘潭市高新区晓塘路 9 号创新大厦 801				邮政编码	422000	
工作单位	湘潭市普兰德环境生物科技有限公司				行政职务	无	
二级单位					党 派	党员	
主要完成单位	湘潭市普兰德环境生物科技有限公司				所 在 地	副院长	
					单位性质	学校	
参加本项目的起止时间	2014.01.01 至 2019.11.30						
对本项目重要科学发现的贡献： 负责了本项目在湘潭市普兰德环境生物科技有限公司的应用。							
曾获科技奖励情况：无							

主要完成单位：

单位名称	邵阳学院				
排 名	1	法定代表人	彭系林	所 在 地	湖南邵阳
单位性质	学校	传 真	0739-5431103	邮政编码	422000

通讯地址	湖南省邵阳市大祥区				
联系人	张俊霞	单位电话	0739-5431103	移动电话	15529952278
电子邮箱	2387994363@qq.com				
对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）					
<p>（1）邵阳学院为该项目的前期调研、项目技术路线制定、项目理论和实验方案实施提供了主要的实验场地、测试仪器、配套经费和学生资源；</p> <p>（2）由主持该项目的张俊霞教授、袁文华教授、伏军教授、邹利华副教授、王泽华老师等分别承担了项目立项、项目申报、项目实施、项目开展、关键难题解决、项目论文和专著投稿、项目专利申请等工作；</p> <p>（3）邵阳学院作为项目主持单位支持项目工作者开展企业调研、会议论证、参加学术研讨会等工作。</p>					

单位名称	北京科技大学				
排 名	2	法定代表人	杨仁树	所 在 地	北京市
单位性质	学校	传 真	01062332566	邮政编码	100083
通讯地址	北京市海淀区学院路 30 号				
联系人	王立	单位电话	01062332566	移动电话	13701221850
电子邮箱	liwang@me.ustb.edu.cn				
对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）					
<p>（1）北京科技大学是该项目的主要参与单位，通过与王立教授所带领的能源转换与利用科研团队的合作研发，获得了解决该项目难题的许多方法，引入了许多新颖独特的措施和手段；</p> <p>（2）王立教授团队就该项目的关键技术细节提出了许多有效和切实可行的建议，并就计算分析、实施应用等方面给出了有益的指导和全方位的支撑；</p> <p>（3）北京科技大学就该项目的相关技术推广应用、会议讨论提供了场地、人员等服务支持。</p>					

单位名称	榆林学院				
排 名	3	法定代表人	许云华	所 在 地	榆林市
单位性质	学校	传 真	0912-3891372	邮政编码	719000
通讯地址	陕西省榆林市榆阳区崇文路 4 号				
联系人	周艳萍	单位电话	09123891372	移动电话	13892285981
电子邮箱	66682466@qq.com				

对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）
<p>(1) 榆林学院是该项目的主要参与单位，为本项目在陕西省榆林市的相关工作开展提供了良好的工作条件、实验场地和相关工作人员配备；</p> <p>(2) 由参与该项目研究的周艳萍老师分别就“热管余热回收装置”和“生物质气化制氢过程”的相关工作建言献策，参与完成了热管余热回收装置的结构设计、生物质气化制氢的部分理论和实验工作；</p> <p>(3) 榆林学院对该项目在陕西省榆林市的推广应用作了大量努力，促成了该项目陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司应用推广。</p>

单位名称	湘潭市普兰德环境生物科技有限公司				
排 名	4	法定代表人	熊小玲	所 在 地	湖南湘潭
单位性质	民营企业	传 真	0731-3565000	邮政编码	422000
通讯地址	湘潭市高新区晓塘路 9 号创新大厦 801 号				
联 系 人	蒋作佩	单位电话	0731-3565000	移动电话	15898599271
电子邮箱	1875654246@qq.com				
对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）					
<p>(1) 通过参加多种产品展销会，聘请国内专家，就该项目的关键技术细节给出客观评价；</p> <p>(2) 蒋作佩经理就热管余热回收装置在湘潭企业的应用前景和经济效益给出合理评估；</p> <p>(3) 通过将该项目在本厂开展应用，产出燃气新产品，获得经济效益，为湘潭市区的经济质量改善作出了贡献。</p>					

创新推广贡献：

项目组将技术与生产实践紧密结合，在开展实验研究和理论计算的同时，积极与陕西榆林、湖南湘潭市的企业合作，使研究成果在生产中得以应用和检验，实现了科研成果的快速转化。从 2016 年至今，“中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术”已经在湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司、陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司进行推广应用，产生了显著的经济收益。项目实施期间，近三年累计示范应用中低温余热耦合生物质气化制取含氢燃气装置 100 余套，每年回收余热约 9×10^4 GJ，产生水蒸汽约 9 万吨，产生含氢燃气约 1682 万立方。

在陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司，应用该项目技术对半焦余热回收利用，获得了 0.1~0.6MPa 的蒸汽，用于供暖和周围化工厂使用；部分蒸汽用于生物质气化制取含氢燃气，使能耗降低了 15.3%，产气低位热值从 5MJ/kg 提高到 8MJ/kg，提高了 37.3%。在湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司，应用该

项技术对玻璃厂、钢铁厂余热回收利用，节约了生物质制取含氢燃气的能量消耗，使得能耗降低了 15.1%；燃气的低位热值由 5.1MJ/kg 提高到了 8.1MJ/kg，提高了 37%。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用技术	产品及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司	中低温余热用于生物质气化	燃气 1013 万立方	2017.1	廖新华 13874260888
2	陕西省榆林市煤炭科技开发有限公司	制取含氢燃气的关键技术	燃气 669 万立方 蒸汽 9 万吨	~ 2019.12	王一祖 18891230215

此外，本项目的 21 个主要发明专利中有 9 个进行了有效转让，其中“一种内热式直立式炭化炉中热管熄焦余热回收装置”已转让给江苏泰州瑞沅环保科技有限公司，用于生物质炭化设备；“一种利用不凝气体逸流强化水平管外冷凝换热的装置”已转让给东营海能石油装备有限责任公司；“一种文丘里效应排出冷凝段内不凝气体的装置”已转让给河北唐山周行科技发展有限公司，用于化工产品蒽醌的余热回收。

在 2019 年宁波召开的“新能源技术国际研讨会”和湖南省第十二届研究生创新论坛“能源绿色应用”分论坛做特邀报告和专题报告各 1 次。

主要完成人合作关系：

从 2012 年开始，第一完成人张俊霞教授、王立教授、袁文华教授、童莉葛教授、周艳萍老师、伏军教授、邹利华副教授、王泽华老师、蒋作佩工程师多次走访调研陕西省榆林煤炭公司、电厂、湖南省钢铁厂等，了解到榆林煤炭厂、循环流化床发电厂、湖南钢铁厂、玻璃钢厂等存在大量废热，比如用自来水冷却 650℃ 的高温兰炭再烘干出售；再比如由于循环流化床发电厂的规模小，没有安装外置冷渣换热器，大量 800℃ 的废渣露天堆放在厂区，存在较大安全隐患；榆林煤液化厂存在 200~300℃ 的中低温烟气；湖南一些钢铁厂存在较多高温冶金废渣等。为了有效利用这些中低温废热，我们课题组首次提出回收中低温余热用于生物质气化制取含氢燃气的关键技术。项目组成员共同努力，完成了项目整套装置的研发试制，并在榆林市煤炭科技开发有限公司、湖南省湘潭市普兰德环境生物科技有限公司进行了推广应用。