

2018 年度国家科技进步奖提名公示

一、项目名称

谷氨酸生产过程资源高效利用及污染物减量化关键技术与应用

二、提名者

中国商业联合会

三、提名意见

谷氨酸是生物发酵产业的主导产品，我国的总产量占全球 70%以上，对我国氨基酸发酵技术产生重要的影响。在传统的谷氨酸生产中多环节产污问题一直制约着行业的发展，针对这一重大问题，申报单位通过系统科学的研发和应用，解决了生产链中因产污较重长期困扰发酵行业发展的重大技术难题。选育了高转化率的 L-谷氨酸温度敏感型高产菌，替代了传统的亚适量低产酸菌；发明了谷氨酸连续等电双结晶提取技术，淘汰了高产污的“等电离子”工艺；发明了气溶胶的静电分离技术和治理装备，使造粒 VOCs 恶臭烟气处理效果优于国家排放指标，项目的整体技术处于国际领先水平。

该项目通过原始创新和集成创新，形成发明专利 36 项，论文 110 多篇，建成国家工信部清洁生产应用与推广示范基地 3 个，形成国家标准 4 项，行业标准 3 项，获得省部级一等奖 4 项，二等奖 2 项。该项目技术在谷氨酸行业应用率已达到 80%以上，实现 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 每年减少排放 45 万吨以上，年节约工业浓硫酸 103 万吨、液氨 29 万吨，实现每年新增产品销售收入约 86 亿元，废液资源化的直接效益每年约 19 亿元，经济效益和社会效益显著。该项目成果的成功应用对引导传统的高产污行业向现代生物发酵绿色产业转型有着积极的示范作用。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

四、项目简介

大宗发酵产品谷氨酸是生物发酵工业的主导产品，我国占全球总产量的 70%以上。传统的谷氨酸生产工艺由于受发酵技术的限制，生产中形成较重的产污和排污量，突出表现在：一是在菌种发酵阶段底物转化率和产酸率低，副产物高，造成原料利用率低；二是在产品分离提取阶段采用等电离子交换工艺，其过程消耗大量硫酸、液氨，且产生大量高浓度 $\text{NH}_3\text{-N}$ 废水；三是高污染的发酵废液资源化过程中形成的大量高浓度恶臭 VOCs 烟气，无法实现有效的治理；谷氨酸产业一度成为我国高、重污染行业的象征，严重制约着行业可持续发展。

在国家、省部级科技重大项目的支持下，项目组通过系统的科技研发与产业化，突破了谷氨酸生产中的污染物减量化和资源化核心技术，提高了资源的有效利用，具有重要的社会和经济意义。主要创新如下：

菌种发酵阶段：定向选育获得具有自主知识产权的谷氨酸温度敏感型高产菌株（*Corynebacterium glutamicum* CGMCC 1.16145），开发出梯度控温、pH 反馈流加补料等发酵过程精准控制工艺，替代了传统的生物素亚适量工艺，谷氨酸产率由 120g/L 提升至 210g/L 以上，糖酸转化率由 55%提升至 69%以上。

分离提取阶段：发明了细晶消除型谷氨酸连续等电结晶、热变性絮凝菌体高效分离、谷氨酸浓缩结晶等关键技术，通过技术集成形成“谷氨酸双结晶高效提取新工艺”，使谷氨酸一步等电结晶提取收率由 70%提高至 81%以上，总体收率大于 93%，纯度由 96%提高至 98%以上，硫酸、液氨等辅料消耗分别下降 53%和 39%，高浓度废水减少 90%以上。

发酵废液处理阶段：揭示了谷氨酸发酵废液喷浆造粒恶臭烟气是一种“油滴”状有机复合气溶胶结构，根据其结构特征独创了有机复合气溶胶 VOCs 烟气的静电分离技术，发明了耐腐蚀非金属高压导电复合材料及其制造技术，突破了关键设备材质的技术瓶颈，在此基础上，发明了处理恶臭有机复合气溶胶的高密度电荷型产业化静电分离设备，将去除效率从 40% 提高到 95% 以上。

项目通过原始创新和集成创新，取得授权发明专利 36 项，发表学术论文 110 余篇，形成国家标准 4 项，行业标准 3 项。2010 年项目技术被国家工信部确定为发酵行业清洁生产技术推行方案（工信部节[2010]104 号），四年期间在全国建成 3 家“国家清洁生产示范推广应用基地”，对引导传统的高产污行业向现代生物发酵绿色产业转型有着积极的示范作用。项目为申报单位三年直接增加销售收入约 46 亿元，新增利税约 13 亿元。项目的推广在氨基酸行业实现了污染物的显著减排及原料节约，减少产生 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 45 万吨/年以上，节约工业硫酸 103 万吨/年、液氨 29 万吨/年，实现新增产品销售收入约 105 亿元/年，废液资源化的直接效益 23 亿元/年以上。获得省部级一等奖 4 项，二等奖 2 项。2017 年 6 月 9 日以孙宝国院士、岳国君院士、中国生物发酵产业协会石维忱理事长等专家组对本项目的鉴定结果为：项目整体技术达到国际领先水平。

五、客观评价

（一）、行业专家评价

2017 年 6 月 9 日项目通过了以孙宝国院士、岳国君院士、中国生物发酵产业协会石维忱理事长等专家鉴定（中轻联科鉴字[2017]第 050 号）：（1）通过分子生物学手段，选育出谷氨酸温度敏感型高产菌（*Corynebacterium glutamicum* CGMCC 1.16145），产率达到 210g/L 以上，糖酸转化率达到 69% 以上；（2）发明了细消型谷氨酸连续等电结晶技术以及细晶自动分离和消除功能的谷氨酸新型结晶器，研发了谷氨酸双结晶高效提取新工艺，提取总收率 $\geq 93.4\%$ ，硫酸、液氨消耗分别下降了 53% 和 100%（提取阶段），高浓度废水总量减少 90%；（3）揭示了发酵废液喷浆造粒烟气颗粒物是有机物分子与水分子相嵌合的“油滴”颗粒气溶胶，研发了治理工业有机复合气溶胶烟气的静电分离技术，将分离效率提高到 95% 以上；开发了基于薄层碳纤维的聚合物非金属导电复合材料及处理气溶胶污染物的静电分离设备。鉴定委员会认为项目整体技术达到国际领先水平。

2、2014 年 5 月国家科技支撑计划谷氨酸元素循环酸碱再生耦联技术与示范（2011BAC11B03）验收意见如下：通过生产菌株改造、发酵过程控制技术、在代谢网络定量分析结果指导下，确定了元素循环酸碱再生的控制工艺，开发了“浓缩等电-母液二次浓缩-硫酸铵结晶-脱盐液综合利用”的技术，提高了 L-谷氨酸的产酸水平，实现了浓硫酸消耗下降 53%，液氨消耗下降 39%（生产全过程），高浓度废液零排放。

3、2011 年 3 月 15 日国家科技支撑计划项目《传统调味品（味精、酱油）制造业关键技术与应用》（2007BAK36B03），验收意见如下：选育了谷氨酸的高产菌种、改进了结晶工艺，降低了酸碱消耗、提高了产品品质。

4、2009 年 12 月 30 日通过中国轻工业联合会组织专家组的鉴定（中轻联科鉴字[2009]第 026 号），鉴定意见如下：项目首次确定了谷氨酸发酵废液喷浆造粒烟气为挥发性/半挥发性有机物与水形成复合气溶胶结构，并提出利用静电捕集的方法处理喷浆造粒产生的烟气；开发出适合强腐蚀性烟气处理设备的非金属导电材料；研制出适宜谷氨酸发酵行业推广应用的 10 万 m^3/h 烟气量的处理设备，经国家环境分析测试中心检测，有机物去除效率达到 95% 以上。该技术

攻克了发酵行业喷浆造粒烟气处理的共性关键技术，综合技术水平达到国际领先。

（二）、国家主管部门及行业影响力评价

1、项目技术被国家工信部确定为发酵行业清洁生产技术推行方案（工信部节[2010]104 号），在全国建成 3 个示范基地，向全行业推广。技术方案内容：

（1）新型浓缩连续等电提取工艺：项目技术属于自主研发。工艺采用新型浓缩连续等电提取工艺替代传统味精生产中的等电-离交工艺，对谷氨酸发酵液采用连续等电、二次结晶与转晶等技术，解决味精行业提取工段产生大量高浓离交废水的问题，且无高氨氮废水排放。

（2）发酵母液综合利用新工艺：项目技术属自主研发。工艺中利用非金属导电复合材料的静电处理设备处理喷浆造粒过程中产生的具有较强异味的烟气，处理效率达到95%以上。本工艺不但可将剩余发酵母液完全利用，实现零排放。同时还解决了由喷浆造粒产生的烟气的污染问题，具有显著的经济、社会效益。

（3）高性能温敏型菌种定向选育及发酵过程控制技术：项目技术属自主研发。技术利用现代生物学手段定向改造现有温度敏感型菌种，对高产菌株发酵生物合成代谢网络定量分析，结合发酵过程控制技术，获得优化的发酵工艺条件。该技术替代了原有的生物素亚适量发酵工艺，使 L-谷氨酸产率由原来的 120g/L 提升至 210g/L 以上，糖酸转化率由 55%提升至 69%以上。

2、国家环保部将本项目研发的气溶胶静电分离技术确定为 2011 年“国家鼓励发展的环境保护技术”（2010 年第 103 号公告），向全国推广。

3、2011 年核心设备“工业有机复合气溶胶静电处理设备”被认定为国家重点新产品（项目编号：2011TJC10133）。

4、在项目的实施过程中，以本项目研发成果为基础，形成《节水型企业 味精行业》（GB/T 32165-2015）、《发酵法氨基酸良好生产规范》（GB/T 32689-2016）、《氨基酸产品分类导则》（GB/T 32687-2016）、《取水定额 第九部分：味精制》（GB/T 18916.9-2014）的四项国家标准；《味精单位产品能源消耗限额》（QB/T 4616-2013）的行业标准；《氨基酸行业绿色工厂评价规范》（2017-0001-ST-CBFIA）、《氨基酸行业绿色产品评价规范》（2017-0006-ST-CBFIA）的团体标准 2017 年 4 月 1 日立项。

（三）菌种保藏证明

中国微生物菌种保藏中心：天津科技大学，登记入册编号：CGMCC No.1.16145。

（四）、检测及监测报告

1、环保部国家环境分析测试中心对行业示范项目基地（通辽梅花生物科技有限公司）的发酵废液喷浆造粒工艺中不同阶段进行了检测分析，其结果如下：根据喷浆造粒污染烟气不同阶段的检测资料，经计算有机物去除率达到95.6%；

2、辽宁省环保厅环境监测实验中心对希杰（沈阳）生物科技有限公司通过本技术处理的喷浆造粒排放尾气进行了现场监测，其结果如下：监测指标优于国家标准《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）和《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）中的一级标准。

（五）、查新结果

2017 年 5 月 31 日由教育部科技查新工作站查新结论是在国内外公开的文献报道中，未见与其科学技术特征相同的报道。

（六）、科技奖励

①2017 年度中国商业联合会科技进步特等奖

- ②2017 年度黑龙江省科学技术一等奖
- ③2015 年度中国商业联合会科技进步特等奖
- ④2010 年度中国轻工业联合会科技进步一等奖
- ⑤2011 年度江苏省科学技术二等奖
- ⑥2011 年度教育部技术发明二等奖

六、推广应用情况

2009 年 10 月国家工信部将本项目技术(静电分离技术、连续等电提取技术、温敏菌株发酵技术)建设为清洁生产示范项目([2009]240 号)。2010 年 3 月国家工信部在 2009 年示范项目的基础上将本技术确定为发酵行业清洁生产技术方案([2010]104 号),连续四年在味精行业的 3 家单位提供专项资金建设应用和推广示范基地,向全行业推广。

2010 年环保部将项目技术之一的静电分离技术列为国家鼓励发展的环境保护技术(公告 2010 年第 103 号),推广于发酵、制药、肥料和饲料行业。

根据中国生物发酵产业协会 2016 年统计显示:谷氨酸行业上述技术应用率达到 80%以上。目前项目技术延伸应用于生物制药、造纸行业、化肥等行业,应用前景持续而广阔。主要应用情况如下:

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位 联系人/电话	应用情况
中国生物发酵产业协会 (行业应用统计)	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2009 年 11 月-至今	胡修玉 13910413888	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
宁夏伊品生物科技股份有限公司(工信部清洁生产示范项目)	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2009 年 11 月 -2011 年 12 月(验收)应用至今	赵春光 15296913605	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
通辽梅花生物科技股份有限公司(工信部清洁生产示范项目)	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2010 年 01 月 -2011 年 10 月(验收)-至今	何君 18732617000	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
福建省建阳武夷味精有限公司(工信部清洁生产推广示范)	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2011 年 01 月 -2012 年 12 月(验收)应用至今	胡建明 13950651919	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
菱花集团有限公司	连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2011 年 07 月-应用至今	田晖 18653782366	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
莲花健康产业集团股份有限公司	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2014 年 6 月-应用至今	韩洪军 13703875539	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
内蒙古阜丰生物科技有限公司	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2011 年 6 月-应用至今	丁兆堂 18048339955	显著减排 COD、 VOCs; 节约 原料
中粮生化能源(龙江)有限公司	静电分离技术 连续等电提取技术	2012 年 5 月-应用至今	韩隽 1330482256	显著减排 COD、

	温敏菌株发酵技术		8	VOCs; 节约原料
山东雪花生物化工股份有限公司	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2010 年 08 月-应用至今	李欣泽 13905375111	显著减排 COD、VOCs; 节约原料
新疆梅花氨基酸责任有限公司	静电分离技术 连续等电提取技术 温敏菌株发酵技术	2012 年 09 月-应用至今	郑克义 18299525005	显著减排 COD、VOCs; 节约原料
扬州庆松化工设备有限公司	发酵废液喷浆造粒 烟气静电分离技术	2008 年 01 月-应用至今	郭金龙 13805279895	显著减排 COD、VOCs

七、主要知识产权（不超过 10 件）

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	发明专利有效状态
发明专利	一种恶臭烟气处理方法及装置	中国	ZL201310721902.X	2015 年 08 月 12 日	1753321	齐鲁工业大学	臧立华	有效专利
发明专利	一种从高杂溶液中回收谷氨酸的方法	中国	ZL200810156676.4	2012 年 09 月 05 日	1038304	江南大学	张建华, 毛忠贵	有效专利
发明专利	玉米浸泡水用于温度敏感型发酵工艺生产谷氨酸的方法	中国	ZL201010598953.4	2013 年 03 月 27 日	1159850	菱花集团有限公司	杨玉岭, 张恒志, 满德恩, 岳希金, 郭脉海	有效专利
发明专利	一种用于制造静电处理器的非金属导电材料	中国	ZL200910184956.0	2012 年 04 月 25 日	936288	扬州庆松化工设备有限公司, 山东轻工业学院（现齐鲁工业大学）	张元庆, 臧立华	有效专利
发明专利	结合细晶消除的谷氨酸连续间歇耦联提取工艺	中国	ZL200710022048.2	2012 年 12 月 09 日	577547	江南大学	毛忠贵, 张建华	有效专利

发明专利	大米浸泡水用于味精生产的工艺	中国	ZL201210544272.9	2013 年 11 月 13 日	1303971	福建省武夷味精有限公司	李友明, 吕阳爱, 胡建明, 杨斌	有效专利
发明专利	一种谷氨酸提取方法	中国	ZL200810023516.2	2011 年 12 月 15 日	715822	江南大学	毛忠贵, 张建华	有效专利
发明专利	氨基酸发酵液/提取废液中回收菌体细胞的除菌方法	中国	ZL200910026719.1	2011 年 1 月 26 日	732474	江南大学	毛忠贵, 张建华	有效专利
发明专利	一种恶臭烟气处理方法及装置	中国	ZL201510091961.2	2017 年 10 月 24 日	2664902	齐鲁工业大学	臧立华	有效专利
发明专利	脱盐液中谷氨酸的回收利用方法	中国	ZL201010610287.1	2013 年 11 月 27 日	1310640	菱花集团有限公司	杨玉岭, 岳希金, 满德恩, 王正伟, 郭脉海	有效专利

八、主要完成人情况

姓名	排名	职称/职务	工作单位	对本项目技术创造性贡献
臧立华	1	教授	齐鲁工业大学	项目创新点整体技术从中试到产业化示范的技术负责人。揭示了发酵废液高温干燥过程中的污染烟气为有机复合气溶胶颗粒结构的特征, 发明了治理气溶胶恶臭烟气的静电分离方法; 发明了具有耐高温、耐强酸腐蚀的非金属导电复合材料, 突破了设备关键材质瓶颈; 根据独创的静电分离技术和发明的非金属导电材料, 发明了工业有机复合气溶胶恶臭烟气的静电分离设备。 3项一等奖, 1项二等奖。
陈 宁	2	教授	天津科技大学	作为主要技术负责人, 完成项目整体创新点的实施, 国家标准和行业标准的主要组织编写

				人。 依据代谢工程原理，构建了谷氨酸生物合成代谢网络，并对其代谢网络定量分析，以此为指导，定向选育出L-谷氨酸温度敏感型高产菌株，开发了梯度控温、pH反馈补料流加发酵工艺。 2项一等奖。
张建华	3	副教授	江南大学	作为主要技术负责人协助完成项目整体创新点技术的实施。 发明了细晶消除型谷氨酸连续等电结晶技术，借助计算流体动力学（CFD）方法，开发了具有细晶自动分离和消除功能的谷氨酸新型结晶器；发明了发酵液中菌体高效分离回收以及高粘高杂溶液中谷氨酸浓缩结晶等技术，通过构建谷氨酸双结晶高效提取新工艺从而淘汰了高消耗、高污染的“等电离子交换工艺”。 1项一等奖，1项二等奖。
张春颖	4	教授级高工	华远医药研究院有限公司	协助完成发酵废液喷浆造粒工艺的特点，完成了谷氨酸温度敏感型高产菌株发酵技术替代传统的生物素亚适量菌株发酵技术的工艺验证和产业化技术的开发，并参与建立了部分发酵产品的企业标准。
李友明	5	高工/董事长	福建省建阳武夷味精有限公司	国家工信部示范项目的负责人，协助完成第一、二、三、四创新点的产业化，项目产业化推广的负责人。
杨玉岭	6	教授级高工/总经理	菱花集团有限公司	根据温敏型谷氨酸发酵菌种耐受高生物素浓度的特性，发明了玉米浸泡水用于温敏型发酵工艺生产谷氨酸的方法；首次采用二效MVR节能蒸发技术，突破了发酵液蒸发浓缩过程中谷氨酸易焦化难题，开发了谷氨酸浓缩连续等电结晶工艺。 产业化应用的技术负责人。国家科技支撑计划项目“谷氨酸

				元素循环酸碱再生耦联技术与示范”课题（2011BAC11B03）负责人。
薛 嵘	7	副教授	齐鲁工业大学	工业有机复合气溶胶恶臭污染物的静电分离技术的主要研究人员，是工业有机复合气溶胶恶臭污染物的静电分离设备开发与应用推广的主要参加人员，作为主要研发技术人员参与完成工信部清洁示范项目建设及推广应用。 第一创新点从中试到产业化示范的主要研究人员，工信部清洁生产“发酵废液喷浆造粒烟气治理技术”作为中试研发和推广应用的主要研究人员。
徐庆阳	8	副研究员	天津科技大学	参与完成 L-谷氨酸温度敏感型高产菌株小试、产业化发酵工艺优化，在谷氨酸温敏菌株发酵工艺参数优化与控制方面做出重要贡献，作为主要研发技术人员参与完成工信部清洁示范项目建设及推广应用。
彭 晖	9	工程师	扬州庆松化工设备有限公司	根据污染烟气具有高温、强腐蚀的特点，开发了具有耐高温、耐强酸腐蚀的非金属导电复合材料研发，突破了设备关键材质瓶颈；作为喷浆造粒恶臭烟气治理设备“气溶胶静电处理器”技术负责人完成了气溶胶静电处理器的设计、生产任务，并协助第一完成人在行业中推广应用。
郭继龙	10	工程师	福建省建阳武夷味精有限公司	参与项目创新点的研发，协助完成国家工信部清洁生产示范项目，协助项目产业化推广。

九、主要完成单位情况

单位名称	排名	对本项目技术创造性贡献
天津科技大学	1	在技术创新的贡献：首次构建了谷氨酸生物合成代谢网络，并对其进行代谢网络定量分析，以此为指导，获得了谷氨酸产生菌定向育种策略和发酵过程控制方

		法。通过分子生物学手段，选育出谷氨酸温度敏感型高产菌（<i>Corynebacterium glutamicum</i> CGMCC 1.16145），并优化了其发酵提取工艺条件。负责在国内主要谷氨酸生产企业推广谷氨酸清洁生产技术，优化并制定产业化放大过程中发酵精准控制、谷氨酸连续等电结晶、尾气治理方面生产关键技术参数，在谷氨酸温敏菌株产业化应用方面做出主要贡献。通过产业化放大试验，将 L-谷氨酸产率由 120g/L 提升至 210g/L 以上，糖酸转化率由 55% 提升至 69% 以上，产酸强度提高了 97%。 在项目推广应用上的贡献：（1）组织并主持编写了国家标准和行业标准；（2）对项目技术进行宣传介绍，协助项目技术在全行业推广应用；（3）协助项目实施单位调试设备，修订运行参数；（4）承担项目技术推广应用中的技术服务工作。
齐鲁工业大学	2	在技术创新的贡献：揭示了发酵废液高温干燥过程中的污染烟气为有机复合气溶胶颗粒结构的特点；独创了治理工业有机复合气溶胶恶臭污染物的静电分离核心技术；根据污染烟气具有高温、强腐蚀的特点，发明了具有耐高温、耐强酸腐蚀的非金属导电复合材料，突破了设备关键材质瓶颈；根据独创的静电分离技术和发明的耐高温、耐腐蚀的非金属材料，发明了工业有机复合气溶胶恶臭污染物的静电分离设备；根据发酵废液喷浆造粒工艺的特点，通过相关领域的技术集成，研发了完整的污染烟气低成本清洁处理工艺。作为技术负责单位承担了工信部清洁生产示范项目，是本项目核心创新点的完成单位。 在项目推广应用上的贡献：工信部将本项目技术确定为发酵行业清洁生产技术方案（[2010]104 号），作为技术牵头单位在全行业进行推广应用。2010 年环保部将本项目技术列为国家鼓励发展的环境保护技术（公告 2010 年第 103 号），为技术推广的负责单位，在项目的推广应用中发挥重要的作用。
福建省建阳武夷味精有限公司	3	对本技术创新的贡献：（1）国家工信部清洁生产示范项目的实施单位。（2）完成新型浓缩连续等点提取工艺、发酵母液综合利用新工艺，高性能温敏型菌种定向选育及发酵过程控制整体技术实施的项目负责单位。 在项目推广应用上的贡献：（1）国家标准及行业标准的参加编写单位；（2）项目推广应用的负责单位，从人力、财力和科研设施等方面大力支持本项目的研发、宣传和推广应用，为项目推广应用发挥了重要的作用。
江南大学	4	在技术创新的贡献：（1）发明了细消型谷氨酸连

		续等电结晶新工艺，借助 CFD 计算流体动力学，开发了具有细晶自动分离和消除功能的谷氨酸新型结晶器，大幅度提高了谷氨酸一步等电结晶的收率和谷氨酸质量。（2）研究突破了菌体细胞高效分离、高粘高杂溶液中的谷氨酸浓缩结晶等关键技术，通过技术集成形成了谷氨酸双结晶高效提取新型工艺，淘汰了传统等电交工艺，从而大幅度削减了硫酸、液氨等生产辅料的消耗，同时减排约 90% 的高浓度有机废水。 在项目推广应用上的贡献：完成单位从人力、财力和科研设施等方面大力支持本项目的研发、宣传和推广应用。承担项目技术推广应用中的工程设计、技术服务等工作。
菱花集团有限公司	5	在技术创新的贡献：（1）协助完成细消型谷氨酸连续等电结晶新工艺，借助 CFD 计算流体动力学，开发了具有细晶自动分离和消除功能的谷氨酸新型结晶器，谷氨酸一步等电结晶提取收率$\geq 81\%$，粗品谷氨酸纯度$\geq 98\%$。（2）协助完成菌体细胞高效分离、高粘高杂溶液中的谷氨酸浓缩结晶等关键技术，通过技术集成形成了谷氨酸双结晶高效提取新型工艺，谷氨酸提取收率$\geq 93.4\%$，辅料硫酸消耗下降 53%，液氨消耗降低 39%，废水总量减少 90%。 在项目推广应用上的贡献：为谷氨酸连续等电结晶新工艺、谷氨酸双结晶高效提取新型工艺的示范单位，为项目推广应用发挥了重要的作用。
华远医药研究院有限公司	6	在技术创新的贡献：协助完成了谷氨酸温度敏感型高产菌株发酵技术替代传统的生物素亚适量菌株发酵技术的工艺验证和产业化技术的开发，并协助建立了部分发酵产品的企业标准。 在项目推广应用上的贡献：完成单位从人力、财力等方面大力支持本项目的宣传和推广应用，承担项目技术推广应用中的工程化验证等工作。
扬州庆松化工设备有限公司	7	在技术创新的贡献：（1）根据污染烟气具有高温、强腐蚀的特点，发明了具有耐高温、耐强酸腐蚀的非金属导电复合材料，突破了设备关键材质瓶颈，为第一发明单位。（2）协助完成喷浆造粒烟气治理技术的中试。（3）负责喷浆造粒恶臭烟气治理设备的开发和生产。 在项目推广应用上的贡献：完成单位从人力、财力等方面大力支持本项目的宣传和推广应用，承担项目技术推广应用中的工程化任务。

十、完成人合作关系说明

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	备注
1	共同立项 产业合作	陈宁/2	2009、11	工信部 2009 年清洁生产示范项目（工信节[2009]240 号） 2017 年度中国商业联合会特	

	共同获奖 共同鉴定			等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
2	共同立项 产业合作 共同获奖 共同鉴定	张建华/3	2010、3	技术产业化示范 发酵行业清洁生产技术推行 方案（工信部节[2010]104） 2015 年度中国商业联合会特 等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
3	共同获奖 共同鉴定	张春颖/4	2012、3	2015、2017 年度中国商业联 合会特等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
4	合作课题 共同鉴定	李友明/5	2011、12	共同研究（工信部清洁生产项 目） 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
5	共同获奖 共同鉴定	杨玉岭/6	2011、06	2015、2017 年度中国商业联 合会特等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
6	同课题组 研究合作 共同获奖	薛 嵘/7	2009、11	工信部清洁生产示范项目（工 信厅节[2009]240 号、 [2010]268 号、[2011]125 号） 2015、2017 年度中国商业联 合会特等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
7	同课题组 研究合作 共同获奖 共同鉴定	徐庆阳/8	2009、11	工信部 2009 年清洁生产示范 项目（工信节[2009]240 号） 2015、2017 年度中国商业联 合会特等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
8	研究合作 共同获奖 共同鉴定	彭 晖/9	2012、2	2010 年度江苏省科学技术二 等奖 2015 年度中国商业联合会特 等奖 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	
9	共同立项 产业合作 共同获奖	郭继龙/10	2011、06	工信部 2011 年清洁生产示范 项目 项目鉴定（中轻联科鉴字 [2017]第 050 号）	