国家科技进步奖提名公示内容
（2019 年度）

一、项目名称

高黏度微生物多糖创制关键技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：中国商业联合会

提名意见：

该项目以透明质酸、普鲁兰多糖两种重要的微生物多糖为对象，对发酵生产的微生物多糖分子量不可控、发酵液黏度高导致的发酵过程调控困难及产品分离成本高、多糖功能化修饰困难等共性问题开展研究。项目通过对多糖生产菌种代谢途径及关键基因的解析，发现控制产生不同分子量透明质酸、普鲁兰多糖的关键基因及因子，构建新细胞工厂，调控关键因子，国内外首次实现了可控生产不同分子量微生物多糖产品；构建与应用氧高效利用发酵体系，运用精准补料发酵过程控制，创新多糖高效节能分离纯化新工艺，解决高黏多糖发酵及分离精制关键技术难点，透明质酸、普鲁兰多糖产率、收率、纯度达到国际领先水平，产品成本低于国外产品，国内外市场占有率达 60%以上；利用多糖分子结构具有多个活性基团的特点，以透明质酸为对象，研究了其交联、酯化、金属螯合等功能化修饰关键技术，建立了交联透明质酸凝胶、硅烷化复合物、铋盐等衍生物制备技术，克服了透明质酸在体内易降解、滞留时间短，外用时渗透性差、粘湿感较强等缺点，显著提高透明质酸应用性能。

该项目建立了自主知识产权的微生物多糖创制技术体系，成果在国内数十家企业推广应用，实现了 12 种重要新产品的规模化生产，近三年累计销售近 150 亿元，利税 30 亿元，带动了全国以透明质酸、普鲁兰多糖为主的微生物多糖上下游近千亿元产业发展，经济社会效益显著。获国家发明专利 27 项，美国 PCT 专利 1 项，发表论文 35 篇，发表论著 6 部，技术成果获天津市科技进步一等奖 1 项、中国商业联合会科技进步一等奖 2 项、山东省科技进步二等奖 2 项。项目整体技术达国际先进水平，部分技术指标达国际领先水平。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

微生物多糖是由细菌、真菌等产生的一类结构复杂的黏性大分子，因具有独特理化特性和功效，在医药、食品、日化等领域均有广泛应用。本项目以透

明质酸、普鲁兰多糖两种重要的微生物多糖为对象，对发酵生产的微生物多糖分子量不可控、发酵液黏度高导致的发酵过程调控困难及产品分离成本高、多糖功能化修饰困难等问题开展研究，突破了 3 项核心技术，建立了自主知识产权的微生物多糖创制技术体系，开发了多糖系列应用产品，取得了显著经济社会效益。主要创新成果如下：

1.研发了微生物多糖分子量可控关键技术：本项目提出了构建细胞工厂直接发酵生产特定分子量范围多糖的新思路。建立了透明质酸生产菌株基因组编辑和基因精准表达调控技术，结合基因功能解析和高通量筛选，确定了调控透明质酸分子量的关键因子，构建出了能合成不同分子量范围的透明质酸工程菌，首次实现了透明质酸分子量可控发酵生产。应用该项技术，结合发酵过程精准调控，本项目也成功实现了普鲁兰多糖分子量可控发酵生产。

2.开发了微生物多糖高黏度发酵与分离关键技术：建立了强化发酵微生物生理性能的技术，结合多尺度调控及设计与应用新型氧气均衡分布的发酵系统，解决了发酵液黏度高导致的多糖产量偏低的瓶颈，显著提高了透明质酸和普鲁兰多糖发酵水平。选育出完全不产色素的普鲁兰多糖生产菌，从源头解决了色素带来的普鲁兰多糖纯化难的问题。建立了陶瓷膜过滤、超滤膜浓缩和喷雾干燥相结合的普鲁兰多糖分离纯化工艺，显著提高了多糖产品得率和纯度。

3.建立了微生物多糖功能化修饰关键技术：针对透明质酸等微生物多糖的分子结构和理化特性，研发了透明质酸的交联技术，建立了透明质酸凝胶及高度组织相容性材料制备技术，显著提高了透明质酸的稳定性和力学性能。通过解析透明质酸硅烷化修饰及其与铋等离子配合物形成机制，研发了透明质酸功能化修饰及复合物创制技术，增强了透明质酸的亲和性和渗透性，极大拓展了透明质酸在医药、日化等领域的应用。

项目建立了透明质酸、普鲁兰多糖等微生物多糖高效创制和产品研发的技术体系，整体技术达国际先进水平，部分技术指标达国际领先水平。透明质酸质量达到欧洲药典注射别，普鲁兰多糖质量达到美国药典级别；项目成果在国内数十企业推广应用，实现了 12 种重要新产品的规模化生产，近三年累计销售近 150 亿元，利税 30 亿元；本项目实施带动了全国以透明质酸、普鲁兰多糖为主的微生物多糖上下游近千亿元产业发展。获国家发明专利 27 项，美国 PCT 专利 1 项。技术成果获天津市科技进步一等奖 1 项、中国商业联合会科技进步一等奖 2 项、山东省科技进步二等奖 2 项。

四、客观评价

1.本项目曾获以下各项科技奖励

（1） “微生物多糖关键技术及产品开发”获天津市科技进步奖一等奖（2018 年度）

（2）“硅烷化透明质酸的制备及应用研究”获中国商业联合会科技进步奖一等奖（2016 年度）

（3）“透明质酸发酵工艺创新及在医疗器械和保健食品中新用途的开发”获中国商业联合会科技进步奖一等奖（2009 年度）

（4） “高黏度发酵类产品的规模化制备关键技术及应用”获山东省科技进步二等奖（2014 年度）

（5）“福瑞达多糖发酵工程技术创新体系”获山东省科技进步二等奖（2009 年度）

2. 本项目各关键技术内容经成果鉴定为达到国际领先水平和国际先进水平

（1）由山东省科技厅组织对项目“生物基材料高分子透明质酸产业化技术研究与开发”进行会议鉴定，形成的鉴定意见（鲁科成鉴字[2008]第 863 号）为：

项目研究通过菌种诱变、发酵工艺和精制纯化工艺的优化，显著提高了透明质酸的分子量和发酵产率，分子量可达 260 万以上，最高可达 350 万，发酵产率达到 11~13g/L。研究所得产品主要质量指标达到或超过国家药品标准及欧洲药典标准。该工艺技术填补了国内空白，其研究成果得到国际领先水平。

（2）由天津市高新技术成果转化中心组织对项目“微生物多糖关键技术及产品开发”进行会议鉴定，形成的鉴定意见（津科成鉴字 ZH（2018）178 号）为：

首次实现生产菌株的基因打靶及定点改造，揭示了代谢途径相关基因和透明质酸分子量之间的关系，构建了能合成不同分子量的工程菌株，实现了高、中、低分子量透明质酸的可控发酵生产；对普鲁兰多糖发酵过程控制和反应器设计进行攻关，使发酵产量从 30.6g/L 提高到 88.5g/L，发酵周期从 60h 缩短至 50h，发酵能耗降低 20%，获得高质量普鲁兰多糖产品。综合评价，项目技术达到国际先进水平。

（3）由山东省科技厅组织对项目“出芽短梗霉代谢途径的调控及普鲁兰多糖生产关键技术的研究”进行会议鉴定，形成的鉴定意见（鲁科成鉴字[2013]第 842 号）为：

首次采用基因工程技术敲除了选育的出芽短梗霉菌株的黑色素合成基因，解决了发酵产黑色素的难题；采用细胞代谢调控技术对普鲁兰多糖发酵工艺进行优化，使发酵产量达到 85g/L 以上，并建立了不同分子量普鲁兰多糖发酵生产

工艺；选用陶瓷膜过滤除菌、超滤浓缩、喷雾干燥，使普鲁兰多糖的回收率提高到 85%以上，超过了目前国内外报道的最高水平。综上所述，项目技术达到国际先进水平。

（4）由山东省日用化学工业协会组织对项目“硅烷化透明质酸的制备及应用研究”）进行会议鉴定，形成的鉴定意见（鉴字[2016]第 1 号）为：

在二甲亚砜溶液中，用二甲基一氯硅烷改性透明质酸，制备固体硅烷化透明质酸，用离子树脂交换法制备了液体硅烷化透明质酸，技术路线有创新性，制订了国内硅烷化透明质酸原料的质量标准，产品填补国内空白，成果达到同类研究的国际先进水平。

3.科技查新显示本项目成果有 4 方面的创新

山东省科学院情报研究所对本项目的主要科技创新内容进行了检索查新，检索结果显示，除该查新课题委托单位申请的专利和撰写的论文外，国内外未见有采用该课题技术方法研究开发透明质酸和普鲁兰多糖分子量可控生产、高黏发酵分离精制、功能化修饰技术并研究开发相关微生物多糖产品的文献报道。

五、推广应用情况

本项目研究成果透明质酸钠和普鲁兰多糖分子量可控发酵关键技术及产品开发，技术达国际先进水平，透明质酸质量达到欧洲药典注射别，普鲁兰多糖质量达到美国药典级别；项目成果在国内数十家企业推广应用，实现了 12 种重要新产品的规模化生产，近三年累计销售近 150 亿元，利税 30 亿元；已成功在下表中单位得到了应用。

序号	单位名称	应用的技术	应用起止时间	单位联系人/电话	应用情况
1	山东福瑞达医药集团有限公司	不同分子量透明质酸生产、产品开发、衍生物开发	2008.1.1~至今	解荣利 15066696233	良好
2	山东福瑞达生物科技有限公司	不同分子量透明质酸生产，无色素不同分子量普鲁兰多糖生产、多糖应用产品开发	2011.1.1~至今	李松 15153910270	良好

3	山东福瑞达生物工程有限公司	衍生物制备、化妆品开发	2008.1.1~至今	陈玉荣 15854165041	良好
4	山东博士伦福瑞达制药有限公司	透明质酸医药产品开发	2006.1.1~至今	张青 13864169992	良好
5	山东明仁福瑞达制药股份有限公司	透明质酸保健食品产品开发	2012.1.1~至今	刘杰 15066696393	良好
6	济南康妆经贸有限公司	透明质酸食品、化妆品开发销售	2016.1.1~至今	颜培龙 15066696279	良好
7	江苏海华生物科技有限公司	不同分子量透明质酸	2014.1.1~201712.31	陈德全 13921581505	良好
8	东营佛思特生物工程有限公司	不同分子量透明质酸	2015.1.1~至今	朱连明 15305466616	良好
9	广州雅奕生物科技有限公司	不同分子量透明质酸、普鲁兰多糖	2013.5~至今	包明华 13585338676	良好
10	山东鲁海食品有限公司	多糖复合保鲜产品	2017 年 6 月~2017 年 11 月	王玺章 13853536378	良好
11	山东喜地实业有限公司	多糖复合保鲜产品	2017 年 5 月~2017 年 10 月	刘申霞 13563869398	良好

六、主要知识产权目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
PCT 国际	Bismuth	美国	US809	2012.01.	WO2007/	凌沛学	凌沛学、贺	有效

发明专利	hyaluronate,the preparation method and the use thereof		3374B 2	10	062595		艳丽、陈建英、刘杰、张天民、郭学平	
发明专利	制备高分子量透明质酸的方法及工程菌	中国	CN 103993 031B	2016.05. 18	ZL 20131073 7032.5	天津科技大学	刘浩、王震	有效
发明专利	低分子量透明质酸的制备方法及工程菌	中国	CN 103993 022B	2017.03. 08	ZL 20131073 7033.X	天津科技大学	刘浩、孙夏青	有效
发明专利	一种无色素普鲁兰多糖的发酵生产方法	中国	CN 103805 650B	2016.08. 17	ZL 20121044 3725.9	山东福瑞达生物科技有限公司	王林、朱希强、苏移山、朱云峰、李伟、 凌沛学	有效
发明专利	一种基于细胞代谢调控策略的普鲁兰多糖生 产方法	中国	CN 103805 651B	2016.04. 06	ZL 20121044 3770.4	山东福瑞达生物科技有限公司	朱云峰、朱希强、苏移山、王林、李伟、凌沛学	有效
发明专利	一种注射用交联透明质酸钠凝胶及其制备方 法	中国	CN 101502 677B	2013.06. 26	ZL 20081000 9194.6	凌沛学	凌沛学、陈建英、贺艳丽、郭学平、汪敏、刘杰、刘建建、荣晓花	有效
发明专利	一种硅烷化玻璃酸酯复合物的制备方法	中国	CN 103450 368B	2014.05. 07	ZL 20131031 7104.0	山东福瑞达生物工程有限公司	凌沛学、陈建英、刘霞、陈倩倩、赵文刚、杨素珍、王晓梅、李燕	有效
发明专利	一种注射用含大分子水凝胶	中国	CN	2013.02.	200810009	山东省	凌沛学、 陈建英、 贺艳	有效

	的透明质酸或其盐的混悬液及其制备方法		101502675 B	13	190.8	药学科学院	丽 、郭学平王勤 、赵成如 、刘杰汪敏、荣晓花	
发明专利	一种关节腔内注射用药物组合物	中国	CN 100594029C	2010.03.17	ZL 200610103473.X	凌沛学	凌沛学、荣晓花	有效
实用新型专利	发酵罐补料装置	中国	CN 203021548U	2013.06.26	ZL 201220712835.6	山东福瑞达生物科技有限公司	王林、苏移山、朱希强、李海军、颜震、张晓元、凌沛学	有效

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
凌沛学	1	企业技术中心主任	正高级	山东福瑞达医药集团有限公司、山东省药学科学院	山东福瑞达医药集团有限公司、山东省药学科学院	1. 负责项目统筹、总体设计、选题、课题立项等，作为项目总负责人，组织课题调度，协调各方面关系，并主持开发系列应用产品，实现了透明质酸、普鲁兰多糖系列产品在国内医药、日化、食品等领域首创应用。 2.是所列科技创新工作一、二、三、四的主要设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 70%以上。
刘浩	2	副处长	正高级	天津科技大学	天津科技大学	1.项目总体设计、组织实施。主导项目研究方案的制定、数据的分析、技术推广等，建立了微生物多糖菌种选育与发酵创新研究平台；设计了调控透明质酸分子量与产量的生理机理的研究方案；首次构建了合成不同分子量透明质酸工程菌株，并建立了相应的发酵技术；优化了分离提取工艺，指导了高、中、低分子量透明质酸产品在企业的发酵

						生产。 2.是所列科技创新工作一、二的主要设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 50%以上。
苏移山	3	企业技术中心主任	副高级	山东福瑞达生物科技有限公司	山东福瑞达生物科技有限公司	1.负责透明质酸生产菌株基因工程改造，对透明质酸、普鲁兰多糖等高粘度多糖的产业化工艺进行了创新，负责实施了透明质酸、普鲁兰多糖工业化规模制备，开发了普鲁兰多糖在日化、食品领域的应用产品。 2.是所列科技创新工作一、二、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 80%。
李海军	4	技术副总	副高级	山东福瑞达生物科技有限公司	山东福瑞达生物科技有限公司	1.负责普鲁兰多糖生产菌种选育及无色素生产工艺优化工作，对透明质酸、普鲁兰多糖工业化规模制备技术进行了创新，大幅提高了发酵产量及产品质量，开发了微生物多糖在食品、日化领域的多种应用产品，积极推动了多糖的应用及发展。 2.是所列科技创新工作一、二、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 80%。
曹威	5	无	中级	天津科技大学	天津科技大学	1.建立兽疫链球菌基因编辑系统，对兽疫链球菌中蔗糖代谢相关的关键基因功能进行了深入研究，进而构建了高效利用蔗糖合成不同分子量透明质酸工程菌株，并建立了相应的发酵技术和分离提取工艺。 2.是所列科技创新工作一、二的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 80%。
陈建英	6	主任	正高级	山东省药学科学院	山东省药学科学院	1.建立并完善交联透明质酸钠凝胶制备工艺，完成交联透明质酸钠凝胶软组织

						填充剂、注射用透明质酸钠原料及关节腔注射液和交联透明质酸钠软骨组织工程支架产品临床前研究与开发；建立并完善硅烷化透明质酸复合物制备工艺，完成硅烷化透明质酸复合物化妆品级原料产品开发；建立透明质酸铋钾的制备工艺，完成透明质酸铋钾原料药临床前药学研究。 2.是所列科技创新工作三、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 80%。
刘飞	7	副所长	副高级	山东省药学科学院	山东省药学科学院	1. 负责多糖生产菌株基因工程改造及发酵工艺优化，建立多糖在线监测模型，对不同分子量多糖产品制备工艺进行了创新，解决了产品应用中的关键问题及难点问题。 是所列科技创新工作一、二、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 50%。
杨素珍	8	技术副总	正高级	山东福瑞达生物工程有限公司	山东福瑞达生物工程有限公司	1.参与微生物多糖功能化修饰关键技术创新，负责微生物多糖在化妆品中的应用研究及工业化规模制备，开发系列微生物多糖日化产品，推动了多糖的应用技术进步。 2.是所列科技创新工作三、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 80%。
张晓元	9	无	副高级	山东省药学科学院	山东省药学科学院	1.负责多糖生产菌株基因工程改造、生产工艺中试，创新高粘度微生物多糖发酵及分离精制的关键问题及难点问题，参与开发多种微生物多糖应用产品。 2.是所列科技创新工作一、二、四的设计者和贡献者，投入的技术研发工作量占本人工作总量的 50%。

八、主要完成单位及创新推广贡献

单位	创新推广贡献
天津科技大学	天津科技大学与山东福瑞达医药集团有限公司主持完成分子量可控透明质酸发酵生产关键技术、普鲁兰多糖高黏性发酵生产的关键技术及多糖发酵生产关键装备改进，并参与相关技术在企业的示范推广。
山东福瑞达医药集团有限公司	山东福瑞达医药集团公司联合天津科技大学、山东省药学科学院对透明质酸、普鲁兰多糖等微生物多糖进行了系统创新，主要利用本项目核心技术进行规模化生产，着重开展终端产品应用开发，并进行产品的宣传推广，培育了福瑞达、施沛特、润舒、颐莲众多知名品牌产品，极大地推广了透明质酸、普鲁兰多糖等微生物多糖在国内外医药、日化、食品等领域的应用技术进步，创造了显著的经济社会效益。
山东省药学科学院	山东省药学科学院主要工作是针对微生物多糖类产品在发酵制备过程中存在产量低、能耗高等问题，开展高产菌株选育、代谢途径调控、发酵和提取精制等关键技术研究，建立共性关键技术研发平台，同时开展在医药领域的新应用研究，扩大其使用范围。 协助山东福瑞达生物科技有限公司进行多糖类药物原料的工业化生产，配合山东福瑞达医药集团产品开展终端产品应用开发，并进行相关理论验证。
山东福瑞达生物科技有限公司	公司联合天津科技大学、福瑞达医药集团、山东省药学科学院对高粘度微生物多糖创制过程中关键技术进行了攻关，参与了本项目的主要创新点一、二、四的工作；负责透明质酸、普鲁兰多糖关键技术在产业化实施中的创新，建立了透明质酸、普鲁兰多糖的产业化生产线，解决了产业化实施过程中的产量低、收率低、产品品质不高、生产能耗高等诸多难点，制备出符合药用、医疗器械用。食品用、化妆品用等各级产品，开发了微生物多糖在药品用、食品用、化妆品用等领域的应用产品，对大力拓展微生物多糖的应用技术进步做出了贡献。
山东福瑞达生物工程有限公司	山东福瑞达生物工程有限公司与山东福瑞达医药集团有限公司共同完成了微生物多糖在化妆品各种剂型中的组方开发和应用研究，并顺利实现规模化生产和上市销售。含微生物多糖的系列化妆品因良好的安全性和功效性收到消费者的一致欢迎。

山东博士伦福瑞达制药有限公司	山东博士伦福瑞达制药有限公司与山东福瑞达医药集团有限公司、山东省药学科学院共同完成了透明质酸多糖在眼科、骨科等领域多种药品、医疗器械新产品开发和应用研究，并在国内率先实现规模化生产和上市销售，产品销售量多年处于市场第一，含透明质酸多糖的系列药品、医疗器械因良好的安全性和功效性收到患者的一致好评，极大促进了微生物多糖类产品在医药领域的应用技术进步。

九、完成人合作关系说明

完成人凌沛学为山东福瑞达医药集团有限公司国家企业技术中心主任、山东省药学科学院理事长，是福瑞达医药集团及各子公司、山东省药学科学院各多糖研发团队的总负责人，也是本项目总负责人，负责项目统筹及总体设计，为本项目各方面进展提供全面技术指导。

完成人刘浩、曹威为天津科技大学生物工程学院微生物多糖研发团队核心成员，其团队与山东福瑞达医药集团、山东福瑞达生物科技有限公司在微生物多糖研究开发领域有多年深度合作关系，合作完成了 863 项目“天然多糖的制备与功能多糖的研制”，且天津科技大学与福瑞达联合攻关的多项多糖研发成果在福瑞达集团得到了产业化实施。

完成人苏移山、李海军现为山东福瑞达医药集团子公司山东福瑞达生物科技有限公司核心研发成员，与天津科技大学、山东省药学科学院微生物多糖团队长期合作、联合攻关，负责微生物多糖产业化实施及终端产品开发，共同完成透明质酸、普鲁兰多糖工业化放大，创新和改进了微生物发酵代谢调控、提取精制工艺及开发环保节能减排的废物利用工艺，在提高产品的产量、降低生产成本和节能降耗方面、开发多糖终端产品取得重要成果。

完成人陈建英、刘飞、张晓元均为山东省药学科学院多糖类药物研究团队核心成员。刘飞负责本项目菌株基因工程改造等子课题的实验研究和理论分析，张晓元主要负责微生物多糖菌株选育及工艺优化，陈建英主要负责多糖功能化修饰关键技术及产品研究。山东省药学科学院为山东福瑞达医药集团代管的省属科研院所，其多糖类药物研究团队与福瑞达医药集团、天津科技大学长期合作，为微生物多糖在产学研方面取得的显著成果的起到了重要的推动作用。

完成人杨素珍为山东福瑞达医药集团子公司山东福瑞达生物工程有限公司透明质酸、普鲁兰多糖等微生物多糖终端产品开发团队核心成员，负责开发了微生物多糖产品在化妆品领域的广泛应用，极大促进了多糖的应用技术进步。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同立项	凌沛学1、刘浩2、苏移山3、李海军4、曹威5	2012-2015	863 项目	附件	
2	共同知识产权	凌沛学1、苏移山3	2008-2014	专利，一种基于细胞代谢调控策略的普鲁兰多糖生产方法	专利附件	
3	共同知识产权	凌沛学1、苏移山3	2008-2014	专利，一种无色素普鲁兰多糖的发酵生产方法	专利附件	
4	共同知识产权	凌沛学1、陈建英6	2005-2012	PCT 专利，Bismuth hyaluronate,the preparation method and the use thereof	专利附件	
5	共同知识产权	凌沛学1、陈建英6	2008-2014	专利，一种注射用交联透明质酸钠凝胶及其制备方	专利附件	
6	共同知识产权	凌沛学1、陈建英6、杨素珍8	2013~2016	专利，一种硅烷化玻璃酸酯复合物的制备方法	专利附件	

7	共同知识产权	凌沛学1、苏移山3、李海军4、张晓元9	2008~2014	专利，发酵罐补料装置	专利附件	
8	共同获奖	凌沛学1、苏移山3、李海军4、刘飞7、张晓元9	2008~2014	高黏度发酵类产品的规模化制备关键技术及应用	附件	山东省科技进步二等奖
9	共同获奖	凌沛学1、苏移山3、李海军4、刘飞7、张晓元9	2006~2009	福瑞达多糖发酵工程技术创新体系	附件	山东省科技进步二等奖
10	共同获奖	刘浩2、苏移山3、李海军4、曹威5	2012~2018	微生物多糖关键技术及产品开发	附件	天津市科技进步一等奖
11	共同获奖	凌沛学1、陈建英6、杨素珍8	2013~2016	硅烷化透明质酸制备及应用研究	附件	中国商业联合会科技进步一等奖