

2018 年度国家技术发明奖提名公示

一、项目名称

大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用

二、提名者

中华全国供销合作总社

三、项目简介

大宗特色水果是我国农民致富的支柱产业，但冷链率低、损耗大，冷链率 $<10\%$ 、损失高达 $20\%-30\%$ ，而发达国家冷链率 $>70\%$ ，损失仅 $3\%-5\%$ 。根源是设施与装备滞后，配套保鲜材料与保鲜技术缺乏，亟待开发精准高效冷链技术体系，填补国内空白，解决农民水果卖难与减损增效难题。主要创新点如下：

创新点一：冷链装备系列重大发明，创新热质传递强化换热及循环理论，首次突破工质兼容共蒸发、高效除霜、三维流场均温控湿等系列关键技术 **20** 多项，研发出高效环保新工质，研制出基于新工质的新型预冷设备、分体式制冷设备、旁环除霜设备、微通道冷风机、局域智能控制装备、远程诊断设备、气调设备和防霉设备等新产品 **8** 大系列，解决了冷链装备基础理论积累不足、核心技术组件缺乏的产业难题。总投资减少 **31%**、节能 **40%**。

(1) 发明新工质

发明了高效环保型三元混合系列新工质 RTJU-R，解决了中小型冷库环保工质完美替代产业难题，系统充灌量降低 30%，能耗降低 20%，比发达国家通用工质 R404A 温室效应 GWP 降低 76%。

（2）基于新工质的通用制冷系统除霜技术革命

研制出循环热气旁通、变风量和自动风阀的高效除霜新装备，解决了除霜不尽或过度、余热无效散失增加热负荷、温湿度波动不可控难题，除霜温湿度波动降低 1 倍，效率提高 50%-60%，节能 30%-40%。

（3）基于新工质的微通道冷风机研创

创新强迫对流的扰动滞止基础理论，突破新型防霜融霜和工质等流工艺及结构闪蒸技术，研制出正向吹风微通道冷风机，结霜量和工质充注量减少 70%。

（4）基于微通道冷风机三维流场构建

创新送回风温度场控制理论，实现变工况及除霜过程均温均湿，流场均匀度提高 50%。

（5）首创局域智能控制技术

创建压缩机变频、电子膨胀阀及风量联合调控技术体系，实现冷库全生命周期多参数智能化变容量及温湿度控制，提高能效比，精准控温 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、控湿 $\pm 3\%$ ，过热度 $5\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，节能 18%-25%。

（6）首创远程诊断技术，解决了设备无人监管、及时上门服务难题

1998 年首创微型冷库专用远程诊断技术，实现菜单一键

式温度上下限控制、定时继电器累积数控除霜、单片机恒温抗扰补偿、热保护、语音导报、报警、纠错、工质流量自控、蒸发外平衡、欠压过压延时、压力保护等 10 大核心技术一体化，解决了农村电压不稳，机房温度过低、无人管控等产业难题。

装备方面，集成上述 6 大系列 20 多项核心技术，首次研制出基于新工质的预冷、贮藏、商品化处理等冷链专用装备 8 大类型。特别是（1）第一台分体式制冷机组，现场安装调试工时减少 90%。（2）第一台一体方程式制冷机组，现场免安装调试，接通电源即可使用。（3）第一台移动预冷设备，利用率提高 60%。（4）第一台旁环式除霜冷风机，节能 20%。（5）第一台离心式冷风机，节能约 10%。（6）第一台微通道换热冷风机，节能约 30%。（7）第一台高抗扰智能监控仪，具有电压、电流、纠错等 9 大功能。（8）第一台远程诊断与网管服务器。

创新点二：创新介观热质耦合伴生传递理论，首创介质相耦合、库体结构、保温材料等关键技术 10 多项，研制出基于高效环保型工质新型制冷装备的微型冷库、冰温库和节能冷库等系列新库型及保温箱，广泛用于全国 32 个省和“一带一路”8 个国家，其中微型冷库 8 万余座，解决了大宗特色水果冷链保鲜产业化难题。

针对传统冷库冷桥与比表面积大、能耗高，保温材料经济实用性差和自然冷源利用率低等问题，多元创新，综合节

能 20%~30%，空间有效利用率 $y_0 \geq 75\%$ ，土建库冷桥系数 $Sq \leq 0.01\%$ ，造价降低 30% 以上。

(1) 库体构型：创建体形系数 F 模型，优化库容、垛高，使库体造价最低、能效比最大，优化出微型冷库最佳容积 120、160 和 200 m^3 ，以及大中型冷库最佳单间 500-550 m^3 ，其中 120 m^3 库型 F 值仅 1.27。

(2) 冰温均场结构：发明了冷库静压送风和热质分离辐射供冷技术，库温波动仅 $\pm 0.1^\circ C$ ，水果内生热传质毛细力水分蒸发减少 50%。

(3) 经济保温层：创建保温材料造价 δ_{insu} 与使用寿命 n 、年运行时数 n_1 、电价 Pe 、制冷系数 C_1 、传热温差 Δt 、制冷机组价格 ϵ 、导热系数 λ_{insu} 、保温层价格 P_{insu} 的热负荷最小、性价比最大的优化模型，依次为密度 18 kg/m^3 苯板 120 mm 厚、密度 46 kg/m^3 聚氨酯板 100 mm 厚、膨胀珍珠岩 400 mm 厚和稻壳 550 mm。

(4) 结构均温：首创一拖一夹套式均温流场，应用活塞流体理论和 CFD 法分析，温差 $< \pm 0.1^\circ C$ ，失重率小、保鲜袋内无结露现象，节能 20%。

(5) 强制通风利用自然冷源：门对面居中上部设计排风口，配套排风量为每小时库容 15~20 倍的轴流风机 1 台，北方冬季利用自然冷源通风降温，节能 20%~40%。

(6) 规范设计节能：冷库地面负 500~600 mm，冷空气下沉；顶面设置空气隔离层，减少太阳辐射热；南北走向，北开门，减少出入库失冷；优化保温材料，经济热阻 $R > 3.3$ ，

技术规范综合节能 10%以上。

设施方面，集成上述 6 大系列 10 多项节能技术，其中首创微型冷库 4 大系列库型：（1）第一座土建/旧房改造/拼装均温夹套式冷库。（2）第一座交联聚乙烯发泡保温便携式冷库，像拼图一样用户自行搭建拆解，比拼装库工期节省 90%、造价降低 20%。（3）第一座中空纤维棉保温充气式冷库，向气帐一样充气搭建，免施工，造价降低 20%。（4）第一座冰温冷库，造价增加 10%，但温差 $< \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，果蔬保鲜期延长 30%。库温 $-5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 任意调节，全自动运行，温差 $< \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，广泛地用于南北方各种果蔬预冷和贮藏。

创新点三：冷链配套保鲜材料及水果保鲜技术创新，创建新型保鲜膜与保鲜剂研创技术体系，突破保鲜膜高分子改性、纳米增效、配方工艺优化技术，研制出多功能保鲜膜系列新产品 20 多种，解决了节能气调难题；发明保鲜剂微囊化缓释、纳米固化、微聚体模压成型系列新技术，研制出生物诱抗剂、植物源精油、微生物源酵素、生物源壳聚糖等系列绿色保鲜剂 10 多种，解决了高效绿色防腐难题，完善冷链体系材料保障。创新水果色香味衰老生理和病理组学靶向调控理论，探明了草莓、葡萄、枣、枇杷、火龙果等 10 多种水果 MAP 保鲜关键参数，首创“节能冷库+MAP+绿色保鲜剂”冷链技术体系，实现大宗特色水果减损增效。

3.1 新型保鲜膜研创

（1）明确 20 多种主要果蔬 MA 阈值，创建果蔬 MA 透

气比 p_0 模型和厚度 d_1 与包装量 W 的透气面积 A_1 模型。(2) 创新聚烯烃基保鲜膜配方、工艺和偶联、交联、嫁接、纳米等高分子改性技术，研制出富士苹果、西红柿等专用“低 O_2 + 低 CO_2 + 高湿”型 PVC/TiO₂、PVC/ZnO 纳米保鲜膜；石榴、辣椒等专用微孔保鲜膜等 20 多种。使防雾、防霉、透气、透湿、低温柔性提高 2~3.5 倍，广泛地用于大宗特色水果。

3.2 绿色高效保鲜剂研发

(1) 创新微囊化缓释前沿技术，研制出微囊化肉桂醛、牛至精油等植物源保鲜剂 (2) 缓释亚硫酸盐/SO₂ 等绿色化学保鲜剂，广泛地用于葡萄贮运保鲜，其中，葡萄专用亚硫酸盐保鲜剂比传统保鲜剂的漂白、腐烂率和 SO₂ 残留量分别降低 35%、10%和 20%，葡萄累计贮藏量超过 60 万吨，市场占有率 62%。

3.3 大宗特色水果 MA 保鲜技术体系

南北方特色水果种类和栽培条件千差万别，耐藏性差异较大，创新水果采后生理病理分子调控基础理论，提出 MA 阈值、病理等技术参数，解决了系统优化、库体、装备、保鲜膜、保鲜剂研发靶向调控科技难题。

(1) 草莓品质为代表的蛋白质组学生理调控技术，解决了色香味与质构等温湿度、气体靶向控温科技难题。(2) 创建枣凹斑病为代表的转录调控技术体系，明确冷害、药害、气体伤害的温度、湿度、气体和防腐协同调控关键参数，解决了采后病害靶点难题。(3) 首创“节能冷库+MA+绿色保鲜剂”冷链技术体系，解决产地现代保鲜科技难题。

18 年来，共授权专利 113 件，其中美国发明专利 1 件，发表 SCI/EI 收录论文 124 篇，专著 8 部，制修订国家行业标准 8 项，获省级 1 等奖 7 项，国家专利博览会特别金奖 1 项，发行电影电视科教片 7 部。技术全覆盖全国 32 个省，推广“一带一路”的印度、印度尼西亚、孟加拉、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、越南、缅甸、蒙古 8 个国家，产地开发冷库 8 万多座，约占同期新增总量 65%，带动 320 多万农民致富。近 3 年，仅部分用户新增销售额 151.2 亿元、利润 54.1 亿元。2014 年 9 月 11 日李克强总理视察本项目，题字赞誉：“小微企业 大有作为”，提高了知名度。

四、客观评价

1、曾获科技奖励情况

（1）微型冷库及葡萄产业化保鲜技术，获得 2010 年度中国食品学会技术发明 1 等奖。

（2）果蔬绿色冷链物流保鲜关键技术，获得 2017 年度天津市科技进步 1 等奖。

（3）果蔬节能冷链与深加工关键技术和装备创新，获得 2014 年度山东省科技进步 1 等奖。

（4）果蔬保鲜新技术推广，获得 2002 年度天津市科技进步 1 等奖。

（5）果蔬微型冷库保鲜技术与装备多元创新和推广，获得 2014 年度中国商业联合会科技进步 1 等奖。

（6）新型果实生物防腐保鲜技术的研究与开发，获得 2011 年度中国商业联合会科技进步奖 1 等奖。

(7) 果蔬冰温保鲜技术及应用，获得 2009 年度中国商业联合会科技进步 1 等奖。

(8) 微型节能冷库，1999 年获第八届中国专利新技术新产品博览会特别金奖。

(9) 微型节能冷库专用设备，1999 年获第八届中国专利新技术新产品博览会金奖。

(10) 果蔬专用保鲜膜，1999 年获第八届中国专利新技术新产品博览会金奖。

2、成果鉴定

专家鉴定成果 16 项，其中国际领先 1 项、国际先进 15 项。

(1) 2014 年 8 月 26 日，天津市科委组织相关专家，对天津科技大学、天津商业大学等合作完成的科技成果“果蔬微型冷库保鲜技术与装备多元创新和推广”进行成果评价。鉴定委员会听取了项目组的各项报告，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，认为该项目技术成果具有创新性，整体达到国际先进水平。

(2) 2014 年 3 月 25 日，中华全国供销合作总社科技教育部组织有关专家对中华全国供销合作总社济南果品研究院等单位完成的“移动预冷设备研发与高效利用技术研究”项目进行了鉴定。鉴定委员会听取了项目工作报告等汇报，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，认为该项目整体达到国际先进水平，建议尽快推广应用。

(3) 2017 年 3 月 25 日，天津市科委组织相关专家对天

津科技大学、浙江大学、中华全国供销合作总社济南果品研究院等合作完成的“果蔬电商物流纳米雾化流相防腐保鲜关键技术创新”进行成果鉴定。鉴定委员会听取了项目组的各项报告，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，认为该项目技术成果具有创新性，整体达到国际先进水平，建议加大技术推广力度。

(4)2010年4月27日，天津市科委组织有关专家对天津科技大学、天津商业大学等单位合作完成的“微型冷库系统优化设计及葡萄保鲜产业化技术”进行成果鉴定。鉴定委员会听取了项目组的各项报告，审阅了相关技术资料，经质询和讨论，认为该项目技术成果具有创新性，整体达到国际领先水平，建议扩大不同果蔬品种的产业化开发。

3、查新报告

天津市农业科学院信息研究所对本项目进行查新。成果所有创新点及主要研究内容与所查文献未见相同报道，具有新颖性。

4、检测报告

节能冷库及其装备、保鲜膜和保鲜剂等系列技术产品，均已产业化生产开发，获得国家认定权威机构检验检测报告6份。其中(1)BK-120B和BK-200B型微型节能冷库(农业机械推广证书TJ-2009T-56、TJ-2009T-57)，农业部节能产品及设备质量监督检验测试中心鉴定，较商业标准冷库和机械气调冷库节电25%和40%(能质津测字03001)。(2)果蔬保鲜膜，国家包装产品质量监督检验中心检测，各项指标

均符合国家标准（2011-1T-G739）。（3）葡萄运输保鲜纸和葡萄保鲜剂，农业部果品及苗木质量监督检验测试中心，SO₂ 残留量<10mg/kg，达到国际 FDA 安全标准（NYGB11 W0007/0009），绿色食品证书（LSSZ-05-0712020093）。

5、国家标准

主要技术产品均制修定国家、行业标准，发布实施 8 项。其中：（1）制定国家标准《冷库设计规范》，GB 50072-2010，2010 年 7 月 1 日起实施，现行有效。（2）修订国家标准《鲜食葡萄冷藏技术》，GB/T16862-2008，2008 年 12 月 1 日起实施，现行有效。（3）修订国家标准《鲜梨》，GB/T10650-2008，2008 年 12 月 1 日实施，现行有效。（4）制定行业标准《气调库专用设备 二氧化碳脱除机》，SB/T 10930-2012，2013 年 9 月 1 日实施，现行有效。（5）制定行业标准《气调库专用设备 中空纤维膜制氮机》，SB/T 10931-2012，2013 年 9 月 1 日实施，现行有效。（6）制定行业标准《气调库专用设备 分子筛脱氧机》，SB/T 10932-2012，2013 年 9 月 1 日实施，现行有效。（7）制定行业标准《易腐食品冷藏链温度检测方法》，SB/T 10928-2012，2013 年 9 月 1 日实施，现行有效。（8）修订行业标准《苹果采收及贮运技术规范》，NY/T983-2015，2015 年 8 月 1 日实施，现行有效。

6、社会评价

节能冷库设备 2000 年开始列入国家农机补贴目录，2012 年 11 月 25 日温家宝同志批示：中央财政每年拨款 5

亿元奖补产地贮藏与烘干项目，其中，农民建造微型节能冷库奖补库体与设备总造价 30%~50%。另外，粗略统计，节能冷库推广被列入 30 多个省、市（县）政府工作报告。2014 年 9 月 11 日李克强总理视察本项目，题字赞誉：“小微企业 大有作为”，提高了知名度。

国家及地方政府媒体广泛关注，中央电视台 1 套、2 套、7 套栏目，中国农业电影制片厂，科技日报、农民日报、中国商报和地方电视台、报纸等 50 多家媒体，粗略统计报道 200 多项，其中，节能冷库星火科技下乡在 1000 个县各播放 7 次，CCTV2 套称：“农家小金库”，科技日报称：“农民的财神”，中央农业广播电视学校和全国文化资源共享工程均将节能冷库列入网络教程。

7、国外传媒评价

节能冷库及其配套技术成果，在国外有一定推广应用、宣传，也得到国外媒体关注。例如，InTech-open science 数据库检索：Ice-Temperature Storage Technology of Fruits and Vegetables，在 InTech in the book "Food Industrial Processes-Methods and Equipment" 中，2013 年度，在美国、中国、印度、巴西、墨西哥等 5 个国家下载排行第一。香蕉壳聚糖水凝胶生物保鲜剂研发，2012 年 8 月参加美国第 244 届国际化学会议，作为 50 多个国家的 12000 人 5000 多项参会成果中评选出的 10 个代表项目之一，本项目组应邀接收美国 ACS 电台专访报道，英国每日邮报等多家大型媒体转载、点评，国内新华网、北方网、天津日报等知名媒体也

进行了跟踪专访报道。

五、推广应用情况

技术全覆盖全国 32 个省，推广“一带一路”的印度、印度尼西亚、孟加拉、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、越南、缅甸、蒙古 8 个国家，产地开发冷库 8 万多座，约占同期新增总量 65%，带动 320 多万农民致富。近 3 年，仅部分用户新增销售额 151.2 亿元、利润 54.1 亿元。

主要单位应用情况表

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
辽宁省果蚕管理总站	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	1998 至 2017 年	宣景宏 18202426677	自 1998 年以来，我省各市县农户、合作社、企业等，引进李喜宏、杨昭、冯建华等专家团队研发的“大宗特色水果高效冷链装备关键技术”，1995 年于北镇市常兴店镇下关村荒地屯的郭景厦家建造第一座家庭微型冷库，辐射周边 50 公里内建库 1 万多座，于铁岭市清河区建成全国第一个集群式 108 座联体库。据不完全统计，全省累计建库约 2.2 万座，开发配套保鲜技术及保鲜膜、保鲜剂等产品，解决了我省葡萄、枣、南果梨、樱桃、草莓等大宗特色水果销售难。近 20 年来，累计保鲜增值 160 亿元以上。近 3 年，累计新增利润 23.1 亿元，特此证明。
河北省葡萄学会	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	1998 至 2017 年	耿涛 13643366156	我学会初步统计，我省葡萄主产区，特别是秦皇岛、邯郸、张家口等 25 个县，2000 万多个农户、合作社、企业，自 1998 年以来，应用李喜宏专家团队研发的水果高效冷链装备关键技术，依托微型冷库、节能冷库等技术装备，实现农民保鲜致富，获经济效益 80 多亿元，培养了一批像耿学刚、王力学等国家、省市县级劳动模范、政协委员、致富标兵等农民名人 20 多名。
天津市林木种子管理	大宗特色水果高效冷链装备	1998 至 2017 年	杜长城 13821895866	自 1998 年以来，我站联合天津科技大学李喜宏、天津大学杨昭等专家团队，在天津汉沽、宁河葡萄产区，静海、大港鲜枣产区，蓟县柿

站	关键技术及应用			子、苹果等推广预冷、贮运冷链技术，农民效益倍增，促进优质化、产业化。 推广节能冷库 2500 多座，累计获经济效益 30 多亿元，近 3 年来，新增利润超过 3.6 亿元。
天津捷盛东辉保鲜科技有限公司	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2011 至 2017 年	刘海东 13802164939	自 2011 年以来，我公司应用李喜宏、杨昭、罗自生、李莉等专家研发的高效冷链装备关键技术，研制出模块化制冷设备、集成数字气调装置，数字化自动控制；研制出国内第一台脱氧机、气调中控装置和防霉设备等。 现已在天津、北京、新疆、云南等 20 余个省建设节能冷库、气调库 7580 余座，带动农户、企业产生效益约 50 多亿元。近 3 年，公司累计获新增销售额 23760 万元，新增利润 8448 万元。
天津捷东保鲜技术生产力促进中心	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2012 至 2017 年	陈兰 18322695671	自 2012 年以来，我单位联合上下游企业和天津科技大学、全国供销总社济南果品研究院、浙江大学等单位，在全国 20 多个省推广由李喜宏等专家团队研发的水果冷链装备及保鲜技术，其中节能冷库、制冷设备、可移动预冷设备、微孔保鲜膜、生物保鲜剂应用广泛，服务企业、合作社 200 多家，培养技术工人 500 多名，创造经济效益 50 亿多元，近 3 年来，服务企业累计新增利润 12.7 亿元。
宁夏红枣工程技术研究中心	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2007 至 2017 年	苏伟东 13995382386	自 2007 年以来，我中心联合天津科技大学李喜宏团队，在宁夏及周边地区农户、合作社、企业示范推广灵武长枣、甜瓜、枸杞等特色水果保鲜，使长枣保鲜期长达 90 天，延长 2-3 倍，商品化率达到 95%以上，获社会效益 20 多亿元。近 3 年，累计新增利润 2 亿多元，特此证明。
北屯金马鞍绿色果蔬有限公司	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2011 至 2017 年	李冀新 13179932515	我公司承担新疆北屯市菜篮子工程项目，也是国家农产品初加工补贴项目试点示范单位，2011 年在天津科技大学李喜宏教授团队指导下，建成果蔬节能冷库 300 多座，主要用于葡萄及鲜枣保鲜，年保鲜量约 1 万吨，满足了当地供给，经济效益显著。 自 2011 年以来，累计获经济效益 19 亿元，近 3 年新增利润约 1.2 亿元，特此证明。
浙江省象山县林业特	大宗特色水果高效冷链装备	2006 至 2017 年	陈子敏 13968368049	自 2006 年以来，我单位应用罗自生、李喜宏、李莉等专家研发的大宗特色水果高效冷链装备关键技术，在我市及周边地区开展节能冷

产技术推广中心	关键技术及应用			库、保鲜膜、保鲜剂等系列示范推广，草莓、葡萄、猕猴桃、枇杷等大宗特色果品预冷、贮运量超过 50 万吨，获经济效益 40 亿元，其中近 3 年新增利润 3.95 亿元，振兴了乡村经济。
云南省乡镇企业培训学校	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2001 至 2017 年	张秀祥 13508839966	自 1998 年以来，我市农业技术推广部门联合李喜宏团队，在云南 30 多个县市培训 50 多场次 1 万多人次，据初略统计，已建造节能冷库 6200 余座。用于葡萄、枇杷、石榴、草莓等水果预冷、贮运保鲜，总量超过 20 万吨，获社会经济效益超过 15 亿元，为高原特色绿色果蔬产业化开发保驾护航。 近 3 年，农户、专业合作社累计新增利润约 2.6 亿元，特此证明。
LIRNT KO COMP ANY	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2010 至 2017 年	李丽秀 13352070288	自 2010 年以来，我方通过乌鲁木齐市绿农制冷保鲜设备有限公司引进中国天津科技大学李喜宏教授团队的冷链保鲜技术，购买配套设备 58 台套（主要为 5-20 匹机组），在吉尔吉斯斯坦共和国比什凯克、奥什市等地，建库 56 座，购买配套保鲜袋 500 万个，果蔬保鲜剂 1110 多箱，主要用于中转、分拨和长期贮藏苹果、葡萄、梨、胡萝卜、西红柿等果蔬 10 多种，获效益 1200 多万美元。近 3 年，累计增收约 682 万美元。
NANO AGRO TECH NOLO GY GROU P LLC	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2016 至 2017 年	任天祥 13920091878	2016 年，我公司通过天津利源捷能气调保鲜设备有限公司引进中国天津科技大学李喜宏团队果蔬预冷、贮藏及运输冷链保鲜技术，购买制冷、气调设备，在乌国塔什干州及周边地区开展葡萄、瓜类等果蔬贮运保鲜服务，建库 4 座，贮运总量 960 吨，经济效益显著。近 2 年，累计增收 67.2 万美元。
AL KHAL EEJ AL MISAL I TRADI NG STABL ISHME NT	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2016 至 2017 年	任天祥 13920091878	印度是仅次于中国的世界第二大水果生产国，但是冷链贮藏设施装备缺乏，采后损失高达 30%-40%，年损高达 327 亿美元。我公司通过天津利源捷能气调保鲜设备公司引进天津科技大学李喜宏团队果蔬预冷、贮运冷链保鲜技术，应用于葡萄、石榴、芒果、香蕉等水果贮运保鲜，应用冷链装备 9 台/套，贮藏总量 1600 吨，近 2 年水果保鲜累计获利润 96 万美元，将继续引进技术。

Clean Energy Alternatives Inc.	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2014 至 2017 年	孙杰 18622399113	孟加拉国四季气温偏高，果蔬损失严重。我公司通过天津机械进出口公司引进天津科技大学李喜宏团队预冷、贮运冷链保鲜技术，开展香蕉、枇杷、芒果、土豆等果蔬贮运保鲜技术开发，建库 2 座，贮藏总量 2700 吨，近 3 年水果保鲜累计获效益 560 多万美元、利润 189 万美元，设施装备节能 30%，为进一步技术大面积推广奠定了基础。
Yadanar Theingi Industrial Co., Ltd.	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2008 至 2017 年	张团 13840907073	自 2008 年以来，我公司通过大连冰山集团引进天津商业大学刘斌、天津科技大学李喜宏果蔬贮运保鲜技术，应用于凤梨、山竹、木瓜等果蔬贮藏保鲜，保鲜效益显著提高，果蔬贮运总量达 8000 多吨。近 3 年水果保鲜累计获效益 1169 万美元、利润 174 万美元。
PT Multi Sukses Engineering	大宗特色水果高效冷链装备关键技术及应用	2008 至 2017 年	张团 13840907073	自 2008 年以来，我公司通过大连冰山集团冷冻设备有限公司引进李喜宏、刘斌、杨昭团队果蔬贮运保鲜技术，应用于土豆、香蕉、芒果等果蔬贮藏保鲜，保鲜效益显著提高，果蔬贮运总量达 7000 多吨。近 3 年水果保鲜累计获效益 735 万美元、利润 245 万美元。

六、主要知识产权证明目录（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	Method for preserving ziziphus jujuba	美国	US9565864B2	2017-02-14	US009565864B2	灵武市果业开发有限责任公司、李喜宏	李喜宏、马占儒、李冰峰、孙才、李莉、王爱丽、刘霞	有效
发明专利	基于冷藏库旁通循环式除霜结构和控制单元及其除霜方法	中国	ZL200910266121.X	2012-07-04	第 993242 号	天津大学	杨昭、尹海蛟、陈爱强	有效
发明专利	一种可移动预冷装置	中国	ZL201510883235.4	2017-11-24	第 27137	中华全国供销合作总社	冯建华、贾连文、徐新明、吕平、郁网庆、	有效

					46 号	济南果品研究院	魏雯雯、杨相政、东莎莎、李继兰	
发明专利	制冷循环性好的微型冷库	中国	ZL201310579188.5	2015-11-25	第1848557号	宁夏中玺枣业股份有限公司	李喜宏、李瑶瑶、李莉、刘海东、刘霞	有效
发明专利	一种可变容积型的节能冷库	中国	ZL201410102589.6	2015-12-09	第1878737号	天津大学	杨昭、赵松松、陈爱强、张娜、陈明锋	有效
发明专利	冷藏库冷风机内蒸发器的压差式除霜装置	中国	ZL201210530047.X	2014-10-15	第1496440号	天津大学	杨昭、张娜、陈爱强、赵松松	有效
发明专利	平行流蒸发器	中国	ZL201310046387.X	2014-12-10	第1542864号	天津商业大学	刘斌、申志远	有效
发明专利	三级阶梯式降温超低温冷库	中国	ZL201510228103.8	2017-08-04	第2575940号	天津商业大学	刘斌、王超、董小勇	有效
发明专利	果蔬防霉气调保鲜膜的制备方法	中国	ZL201210359745.8	2015-03-25	第1615316号	天津捷东保鲜技术生产力促进中心	李喜宏、杜林雪、刘海东	有效
发明专利	果蔬剩余贮藏期的计算方法	中国	ZL200810052674.0	2011-05-04	第770078号	天津市傲绿农副产品集团股份有限公司	刘斌 申江 张平	有效

七、主要完成人情况表

姓名	排名	职务/职称	工作单位/完成单位	对本项目技术创造性贡献
----	----	-------	-----------	-------------

李喜宏	1	教授	天津科技大学/ 天津科技大学、国家农产品保鲜工程技术研究中心、灵武市果业开发有限责任公司、宁夏中玺枣业股份有限公司、天津捷东保鲜技术生产力促进中心、天津捷盛东辉保鲜科技有限公司、天津农科食品生物科技有限公司、天津绿新低温科技有限公司	负责人，对该项目的主要科技创新中的 1、2、3 做出了创造性贡献。“节能冷库+MA+绿色保鲜剂”保鲜产业化技术，致力于节能冷库设施装备及保鲜技术的研究与推广及产业化应用。投入本项目的工作量占本人同期工作量的 70%以上。
杨昭	2	教授	天津大学/天津大学	对该项目的主要科技创新中的 1、3 做出了创造性贡献，负责冷库结构优化、压缩机变容量节能控制、风机自动变频技术等。首次提出根据水果生理特性进行压缩机变容量匹配控制技术思想。投入工作量占本人工作量的 65%以上。
冯建华	3	研究员	中华全国供销合作总社济南果品研究院/中华全国供销合作总社济南果品研究院	对该项目的主要科技创新中的 1、2 做出了创造性贡献，负责系列防霉保鲜剂、预冷设备等的研制开发，在果蔬简约冷链物流保鲜技术的应用推广中作出主要贡献，投入工作量占本人工作量的 65%以上。
罗自生	4	教授	浙江大学/浙江大学	对该项目的主要科技创新中的 2、3 做出了创造性贡献，负责生物型果蔬新型保鲜剂、南方特色水果安全保鲜关键技术与示范等，投入工作量占本人工作量的 65%以上。
刘斌	5	教授	天津商业大学/天津商业大学、天津市傲绿农副产品集团股份有限公司	对该项目的主要科技创新中的 1 做出了创造性贡献，明确体型系数、建立空库降温模型、提出夹套式送风模式，明确冷风机结霜机理并设计出微通道冷风机等，投入工作量占本人工作总量 50%以上。

李莉	6	讲师	浙江大学/浙江大学、天津科技大学	对该项目的主要科技创新中的 2、3 做出了创造性贡献，完成节能冷库保鲜特色水果衰老生理病理靶点调控机理研究，参与保鲜库配套新产品的研制与开发，投入工作量占本人工作量 50% 以上。
----	---	----	------------------	--

八、完成人合作关系说明

本项目针对大宗特色水果冷链设施装备滞后、配套保鲜材料与保鲜技术缺乏难题，以预冷、贮运设施装备技术突破为先导，湿度、气体和防腐调控的保鲜膜、保鲜剂研制为保障，解决大宗特色水果组学调控绿色冷链难题，减损增效。

自 1996 年以来，第 1 完成人李喜宏先后主持了“十五”国家重点推广项目-微型节能冷库及其配套工程技术（99120221A）、天津市重大攻关项目-农产品保鲜膜及系列果实袋研发（003121411）、十二五”国家“863”课题-农产品物流全供应链的安全危害因子检测与控制（2012AA101703）等多个项目，期间，第 1 完成人李喜宏教授与第 2 完成人杨昭教授、第 5 完成人刘斌教授共同开展了冷链设施装备研究，联合开发出强化传热、相似相容共蒸发、高效除霜、三维流场均温控湿、库体结构、保温材料等关键技术 20 多项，联合发表多篇研究论文，开发出多种冷库新产品 8 大系列和 4 大系列库型，广泛用于全国 32 个省和“一带一路”8 个国家，总投资减少 31%、节能 40%，产地开发冷库 8 万多座，约占同期新增总量 65%，带动 320 多万农民致富。

第 1 完成人李喜宏教授与第 3 完成人冯建华研究员自

2013 年以来联合开展果蔬节能冷链与深加工关键技术和装备研究，联合完成科技支撑计划课题 2 项，联合发表多篇研究论文，共同获得 2015 年山东省科技进步 1 等奖-果蔬节能冷链与深加工关键技术和装备创新。

成果第 6 完成人李莉 2006-2015 年在第 1 完成人李喜宏的指导下进行硕士、博士论文课题研究和博士后工作，期间开展草莓等果蔬香气转化蛋白质组学生理调控研究，合作发表香气转化蛋白质组学相关论文多篇，并联合第 5 完成人刘斌，共同取得多项研究成果，联合完成的“微型冷库及葡萄产业化保鲜技术”2010 年中国食品学会技术发明 1 等奖、“果蔬微型冷库保鲜技术与装备多元创新和推广”获 2014 年度中国商业联合会科技进步一等奖。李莉 2015 年出站后，进入浙江大学罗自生教授（成果第 4 完成人）课题组工作，三人继续开展项目合作，突破多功能保鲜膜气调难题，植物源、生物源绿色保鲜剂高效绿色防腐多项科技难题，开发出保鲜膜、保鲜剂新产品 10 多种，联合发表多篇学术论文。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者 (项目排名)	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	李喜宏、杨昭、刘斌	1999-2017	联合发表多篇论文	论文	
2	鉴定成果	李喜宏/1 刘斌/7、李莉/8	1999-2017	《果蔬微型冷库保鲜技术与装备多元创新和推广》成果	鉴定证书	

3	鉴定成果	李喜宏/1、李莉/3	2013-2017	《果蔬电商物流纳米雾化流相防腐保鲜关键技术创新》成果	鉴定证书	
4	鉴定成果	李喜宏/1 刘斌/9、李莉/14	2006-2010	《微型冷库系统优化及葡萄保鲜产业化技术》成果	鉴定证书	
5	联合报奖	李喜宏/1、李莉/3、刘斌/11	2006-2010	2010 年中国食品学会技术发明 1 等奖-微型冷库及葡萄产业化保鲜技术，	获奖证书	
6	联合报奖	冯建华/1, 李喜宏/3	2013-2017	2015 年山东省科技进步 1 等奖-果蔬节能冷链与深加工关键技术和装备创新	获奖证书	
7	联合报奖	李喜宏/1、刘斌/6、李莉/9	2011-2015	2014 年度中国商业联合会科技进步一等奖-果蔬微型冷库保鲜技术与装备多元创新和推广	获奖证书	
8	论文合著	李喜宏、李莉、罗自生	2014-2017	联合发表论文	论文	
9	共同知识产权	李喜宏/1、李莉/3	2013-2015	专利《制冷循环性好的微型冷库》	专利证书	