

河北省先进适用技术指导目录

(京津技术成果III)

(2018 年第 3 期)

河北省科技成果转化服务中心

2018 年 12 月

编制说明

为落实总书记“吸引更多京津科技成果到河北转化孵化”的重要批示要求，挖掘企业技术需求，对接京津两市科技成果库，发挥“京津研发、河北转化”新模式在京津冀协同创新中的支撑作用，按照《河北省科学技术厅关于印发〈先进适用技术指导目录推送工作规程（试行）〉的通知》（冀科办函[2017]62号）要求，河北省科技成果转化服务中心与国家科技成果网、北方技术交易市场、中国供需在线三家单位合作，征集了一批近年来京津地区的技术成果，经专家评议及论证后，本期遴选了109项先进适用技术，形成了《河北省先进适用技术指导目录（京津技术成果Ⅲ）》（以下简称《目录》）。

本期《目录》包括现代交通、现代农林业、新材料和新能源与节能四方面先进适用技术成果。发布内容包括技术名称、技术内容、示范效果、适用范围和技术领域等。《目录》入选的技术经过第三方检测或检验，通过工程应用或用户使用等方式得到应用，具备进一步推广的前景。

由于编制时间较紧，对于《目录》中可能出现的遗漏、错误之处，敬请谅解，并恳请反馈宝贵意见和建议。

二〇一八年十二月

目录

一、现代交通.....	11
基于物联网的安全驾驶督导系统关键技术研究.....	11
桥梁用不锈钢筋研发与应用.....	13
新一代公路交通广播差异化信息推送技术研究及应用.....	15
桥梁全寿命不锈钢丝索开发研究.....	17
基于雷达探测和波动检测技术的在役桥梁桩基础无损检测方法研究.....	19
新一代公路基础设施维护关键技术、重大装备与示范（一期）.....	21
道路交通状态网络化智能感知、信息融合与服务技术.....	24
基于车路协同的安全状态感知与智能控制技术.....	27
远海高精度定位导航与通信一体化关键技术.....	29
道路地下损害微损精细探测技术及装备.....	31
电动汽车整车及零部件关键共性检测技术及标准体系.....	33
高重频激光扫描测距关键技术及其在交通信息采集中的应用.....	35
盾构切削大直径钢筋混凝土群桩关键技术.....	38
弯道接近语音告警系统.....	40
二、现代农、林业.....	41
农田水肥一体化管理自动控制通用系统研发及应用.....	41
农用机井用水计量关键技术研究与应用.....	45
特色农产品中花色苷高效制备及产业化应用.....	47
精量高效节水滴灌系统灌水器产品研制及应用关键技术.....	49

易降解高分子包膜控释肥料的研制与应用.....	52
盐碱地改良关键技术及产品研制与应用.....	55
高效能日光温室建筑热工设计理论与方法.....	57
杏和李产业技术研究与试验示范.....	59
青海云杉扦插育苗技术规程.....	62
羔羊早期断奶和快速育肥关键技术研究与应用.....	65
进出口水果检疫性有害昆虫除害处理技术.....	67
农产品中典型化学污染物精准识别与确证检测关键技术.....	69
大白菜优异种质创新和多样化系列品种选育与推广.....	71
饲料中霉菌毒素生物降解技术创新与产业化应用.....	74
马铃薯绿色高效生产关键技术研究与应用.....	76
智能植物工厂能效提升与营养品质调控关键技术.....	80
全株玉米及秸秆菌酶联用发酵技术研究与应用.....	82
电驱式玉米智能精量播种关键技术与装备.....	85
植物工厂化生产低碳设施与装备研究.....	87
天空地一体化的主要农作物面积统计遥感调查关键技术与应用.....	90
断奶犊牛生长发育规律和营养调控关键技术研究与应用.....	92
北京市园林绿化废弃物资源化再利用关键技术研究与应用.....	95
草莓产业技术研究与试验示范.....	98
海军蔬菜补给冷链系统和物流配送体系的建设和应用.....	99
人工林软质木材提质增效改性技术研究与应用.....	101

鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原、阳性血清与阴性血清	104
芦笋提取物（速溶芦笋粉）的生产工艺研究及其应用技术开发	106
农田水肥气联合调控滴灌系统	108
大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用	110
水产养殖精准测控关键技术与装备	112
华北冬小麦节水省肥高产栽培技术体系及其应用	115
玉米机械化单粒精量播种关键技术研究与应用	118
玉米单倍体育种高效技术体系的创建	120
杏、李良种创制与高产稳产及加工关键技术研发	123
国产 GF-1 卫星冬小麦面积遥感监测技术	125
玉米 DH 育种技术研究及应用	127
三、新材料	129
大面积二维原子晶体材料的连续化制备系统	129
多元碳化物复合材料及其在高速列车受电弓滑板的应用	131
碳氧化钛可溶阳极电解提取金属钛的新工艺	133
多模复合材料压电元件及其换能器	136
稀土永磁电机废旧磁体的绿色回收和高效再利用技术	138
高速动车组玻璃结构优化、检测评价技术与设备开发应用	140
乡村建筑用经济型砌筑材料的研发与应用	142
新一代木塑绿色建材成型技术	143
高精度低压温度适应型主动光学反射镜	145

大口径纤维增强复合材料管件成型技术.....	148
一种电池隔膜的制备方法.....	149
一种抗冻混凝土及其制备方法.....	150
一种快硬水泥砂浆及其挤出工艺.....	151
一种性质呈梯度变化的多层多孔电池隔膜.....	152
聚羧酸系功能型混凝土外加剂的合成与应用技术.....	153
耐磨耐蚀、高强韧的超细和纳米 WC 基硬质合金的规模化制备与应用.....	155
微介孔硅藻功能材料的开发及其调湿净化可调涂装材料制备与评价技术.....	158
膨胀型阻燃体系的创新及其在木质材料中的应用.....	160
沥青基碳纤维产业化.....	162
UHMWPE 加筋非织造防刺材料.....	163
自修复沥青道面材料.....	164
煤层气专用可降解聚膜清洁钻井液新技术与工业化应用.....	166
四、新能源与节能.....	169
基于无线充电续航的无人机电力智能巡检关键技术研究.....	169
道路交通状态网络化智能感知、信息融合与服务技术.....	172
规模化沼气工程沼渣沼液高值利用关键技术及设备研发与应用.....	174
秸秆-菌丝复合材料的发酵法制造.....	176
针织电脑横机用润滑油的开发.....	177
可控并联电抗器关键技术研究及装备研制.....	178
钻井过程中气体介质回收利用新技术与新装备.....	180

泵驱动热管自然冷却技术及其在数据机房中的应用.....	182
城市雨洪控制与利用技术的推广应用.....	184
储能用低成本钛酸锂电池研制及储能系统集成技术.....	186
大型光伏电站并网运行控制技术及应用.....	189
石灰石石膏湿法多元催化增效技术.....	191
油田水处理成套技术.....	192
油水井长效防垢技术.....	194
硫化氢脱除技术.....	196
工业循环冷却水超低排放技术.....	198
劣质高氮高芳柴油加氢改质增值技术.....	200
甲醇制汽油技术（MTHc）	202
烯烃羰基合成铈磷催化剂及废铈回收成套技术.....	203
芳烃脱烯烃精制技术.....	204
润滑油基础油异构脱蜡及补充精制催化剂.....	206
芳烃吸附分离技术（SAA）	207
C ₁₀ ⁺ 重芳烃轻质化技术.....	208
炼油装置高环烷酸原油缓蚀剂.....	209
新型柴油抗磨剂.....	211
新型原油脱金属剂.....	212
燃料乙醇膜过程强化精制技术.....	214
生物质固废资源化技术研发及应用.....	216

基于“RO/SEDI”全膜法的超纯水成套技术产业化.....	217
大规模储能系统集成技术及其在源-网-荷端典型应用示范.....	218
大型风电场发电功率的建模和预测研究.....	220
新能源汽车能源系统高效、优化控制技术及应用.....	223
OPGW 安全运维关键技术及工程应用.....	226
300 瓦 LED 诱鱼灯.....	228
微槽群复合相变 LED 散热技术.....	231
生物质电站安全、高效与清洁发电关键技术.....	235
华北地区森林植被水资源调控技术.....	237

一、现代交通

技术名称

基于物联网的安全驾驶督导系统关键技术研究

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

汽车驾驶

技术内容

本课题以物联网技术为基础，研究开发了基于视频的驾驶员异常驾驶行为（手离方向盘、面部朝向和打手机三种类型驾驶行为）视频检测算法；建立了异常驾驶行为与交通事故风险的关联度模型；开发了具有预警、通信和定位功能的驾驶安全督导车载终端设备及远程监控督导平台，建立了驾驶行为信息处理与分析系统，形成车载驾驶员驾驶行为安全督导技术体系。本项目依托“基于物联网的城市智能交通关键技术研究”项目，进行了30台公交车辆安装示范，为“基于物联网的城市智能交通关键技术研究”项目中进行安装、部署及应用提供重要保障，为规范驾驶员驾驶行为和制定相关的安全驾驶保障规章制度提供数据支持和科学依据，对促进交通安全，减少交通事故造成的人员伤亡和财产损失，都具有明显的作用。

投资及运行效益分析

本项目研究具有明显的经济和社会效益。该项目成果主要可用于公交和客运驾驶行为督导和调查，按照10%客车安装（共计160万辆以上），有16万台以上市场总量。另外该项目可用于教练车辆对初学驾驶员的驾驶行为进行规范和预警，该领域市场总量较大，全国至少有40万辆车以上，具有广阔的市场前景。

本项目主要以高校研究所联合进行了技术攻关，并在广州市第二公共汽车公司的3个不同车队动30辆公交车上进行了应用示范，并取得了良好的应用效果，为公司的总体运营起到了积极推进作用。课题组将以此未突破口向各省市公共汽车公

司进行试点安装推广工作。

校企合作，寻找具有市场影响力的优秀企业，进行技术转让实现产品产业化。
依托交通运输部在全国公共运输相关单位和领域进行技术推广。

项目的实施将为驾驶员不良行为实时检测和预警提供重要的技术手段， 促进交通安全， 减少由交通事故造成的人员伤亡和财产损失。

工程案例介绍

基于项目研究成果。研制出了安全驾驶督导车载终端和管理系统进行了示范应用，项目研究成果为为驾驶员不良行为实时检测和预警提供重要的技术手段，可为规范驾驶行为和制定安全驾驶规章制度提供决策支持和依据，具有明显的经济和社会效益。项目研究成果总体上达到国际先进水平。

技术名称

桥梁用不锈钢筋研发与应用

技术依托单位

交通运输部公路科学研究院

适用范围

交通

技术内容

针对我国钢筋混凝土桥梁存在的耐久性问题，采用理论分析、调查研究、室内外试验、依托工程实桥验证等方法，分别从不锈钢种选择、冶炼、轧制、连接方式选择、力学工艺性能试验、耐腐蚀性能、不锈钢筋混凝土粘结能力及构造措施等着手，在充分调研钢筋混凝土桥梁病害原因基础上，研发了耐 CL-腐蚀的不锈钢筋产品，形成了完整的冶炼、连铸、螺纹轧制等工艺；通过研究力学性能、弯曲试验，经统计分析形成不锈钢筋指标标准值，提出不锈钢筋产品标准及和设计指标；通过研究不锈钢筋与混凝土粘结性能，得出不锈钢筋混凝土粘结规律；研究不锈钢筋耐 CL-腐蚀性能，得到不锈钢筋和不锈钢筋混凝土的耐腐蚀规律；通过不锈钢筋混凝土简支梁试验研究，提出不锈钢筋混凝土结构设计指南，为不锈钢筋混凝土的构造设计提供参考；依托实际工程，在真实环境下验证了不锈钢筋混凝土的耐腐蚀性能，为不锈钢筋应用于桥梁建设提供了参考和借鉴。

投资及运行效益分析

截止 2014 年，我国已建成公路桥梁 76 万余座，混凝土桥梁占到了 90% 以上，我国已经成为名副其实的桥梁大国。根据发达国家的经验，按正常的材料、设计和施工技术水平控制，混凝土桥梁在运营 20~30 年后，仍然会有 20%~30% 出现耐久性问题。我国的混凝土桥梁建设在原材料选择、结构设计和施工技术等环节均落后于西方发达国家，如按照我国目前的技术水平进行桥梁建设，可以推断这些桥梁今后所面临的耐久性问题将会比西方发达国家今天所面临的问题更为严重。另

外，从近些年来我国公路桥梁普查情况看，在用混凝土桥梁的耐久性问题已开始显现，居高不下的危桥数量以及繁重的桥梁维修任务大多与桥梁耐久性不足有关。

如何提高新建桥梁内在品质、保证其耐久性、实现“百年大计”的目标，已成为建设资源节约型、环境友好型公路交通、实现可持续发展的关键。充分利用不锈钢的耐蚀等优异性能，在桥梁结构受氯离子腐蚀部位采用不锈钢筋代替传统碳素钢筋，在成本增加不多的前提下，使钢筋混凝土结构的耐久性成倍增加，减少后期维修加固费用，可为我国桥梁工程建设、维修改造与养护管理提供新的耐久性设计支撑，研究成果有广阔的市场需求和推广应用前景。

工程案例介绍

目前课题研究成果已在港珠澳大桥、浙江园里溪大桥和广西红树林大桥等项目取得成功应用，直接经济效益超过 7000 万元人民币，打破了国外垄断，填补了国内空白。目前正在推进行业相关标准和规范制定，为本产品进一步推广和应用奠定基础。

技术名称

新一代公路交通广播差异化信息推送技术研究及应用

技术依托单位

交通运输部公路科学研究院

适用范围

公路交通广播

技术内容

项目组通过对中国高速公路交通广播五省市示范工程实施过程中遇到的问题及需求进行深入调研及分析，开展了基于用户位置服务的多源交通信息广播发布技术、公路交通专用广播的定制化出行服务技术、面向广播的信息安全技术、信息快速审核及寻址技术以及新一代公路交通广播信息服务管理平台研制等方面的研究。

项目研究成果在中国高速公路交通广播五省市示范工程中进行了试验验证及应用，为跨行业建设交通广播提供了技术支持，并奠定了示范工程向全国推广的基础，对引领中国高速公路交通广播的健康发展起到了重要作用。

1) 针对我国国情，首次提出了跨交通和广电行业建设公路交通广播的技术方案、信息快速审核机制和信息安全体系，解决了建设过程中遇到的管理和技术问题。

2) 基于公路交通广播广域服务的需求，攻克了公路交通专用广播信息寻址技术，研发了新一代公路交通广播信息服务管理平台。

3) 创新性地提出了车载终端频率自动切换技术，并研制了定型设备。

投资及运行效益分析

交通运输部高度重视信息化工作，在《交通运输信息化“十三五”发展规划》中明确将“扩大中国高速公路交通广播覆盖范围，突出不同区域差异化信息服务”作为进一步完善信息服务系统建设的重点工作内容之一。基于用户位置服务的多源交通信息广播发布技术、公路交通专用广播的定制化出行服务技术、面向广播的信息安

全技术、信息快速审核及寻址技术、广播终端紧急唤醒和频率自动切换技术以及新一代公路交通广播信息服务管理平台等技术成果有望在未来高速公路交通广播的建设中，进一步完善公路交通广播系统建设，力争实现科技创新引领中国高速公路交通广播的健康发展，全面提升现有公路网络的信息服务水平 and 效率。

工程案例介绍

项目研究成果在中国高速公路交通广播五省市示范工程中进行了试验验证及应用，为跨行业建设交通广播提供了技术支持，并奠定了示范工程向全国推广的基础，对引领中国高速公路交通广播的健康发展起到了重要作用。

技术名称

桥梁全寿命不锈钢丝索开发研究

技术依托单位

交通运输部公路科学研究院

适用范围

桥梁

技术内容

针对桥梁拉吊索存在的耐久性技术难题，以材料耐久性为突破口，通过调整不锈钢化学成分，冶炼、轧制、冷拔和热处理等生产工艺，研制出适用于桥梁全寿命索用直径 $\phi 5\sim\phi 7\text{mm}$ 、抗拉强度 1250MPa、延伸率 $\geq 4\%$ 的高强度、大延性不锈钢丝新品种；开展了桥梁索用不锈钢丝强度、延伸率、疲劳等力学性能及缠绕、反复弯曲、扭转等工艺性能试验，提出了桥梁全寿命索用不锈钢丝产品标准。对不锈钢丝与不锈钢锚具的锚固方式进行了试验，确定了连接构造参数；进行了桥梁全寿命不锈钢丝索足尺模型试验，提出了桥梁全寿命不锈钢丝索构造设计方法，编制了拉吊索制造工艺指南。掌握了完整的高强度、大延性不锈钢丝及桥梁全寿命不锈钢丝索生产工艺。进行了桥梁全寿命索用不锈钢丝与普通钢丝对比腐蚀试验，不锈钢丝的耐腐蚀性是普通钢丝的 30 倍以上，提高了桥梁的耐久性、安全性，节省了高昂换索费用，避免了换索带来的交通限制或封闭，社会效益、经济效益显著。已应用于 4 座示范桥梁工程，取得了满意的效果。

主要技术指标

研发了专用拔丝模具和工艺、专用矫直设备及热处理工艺，在国际上首次研制出强度为 1250MPa、延伸率大于 4%的索用不锈钢丝。

投资及运行效益分析

截止 2015 年底，我国已建成公路桥梁 77.92 万余座，4592 余万延米，先后在长江、黄河等大江大河及沿海建成一批大跨径桥梁，使我国在长大跨径悬索桥、斜

拉桥、拱桥等建设方面跨入世界先进行列，成为桥梁大国。经过几十年的发展，我国的缆索承重体系桥梁取得了举世瞩目的成就，但是也存在很多不足之处。早期建造的部分拉吊索桥梁由于对拉吊索防护认识不足，或维护不当、车祸、人为事故及环境因素等，造成拉吊索破损、断裂，有些已严重影响到桥梁安全。

作为桥梁结构新材料，不锈钢丝不仅具有优异的力学性能、化学稳定性和工艺性能，而且具有外观精美、对环境污染少、回收利用率高、维护费用低等优点，但国内外均没有先例。通过该课题研究，开发了桥梁全寿命索用不锈钢丝及索，制定了相应标准、质检方法，提升了我国拉吊索桥梁的建设、检查、养护技术水平。

全寿命不锈钢丝索开创了拉吊索与桥梁同寿命的先例，自身防腐，不需防护，检查、维护方便，避免了现有索无法检查的难题，能及时发现索的病害，避免了拉吊索突然断裂引起的灾难性事故。全寿命不锈钢丝索在桥梁寿命期内不需要换索，避免了现有索在桥梁寿命周期内需更换 4~6 次索带来的交通中断、限载、绕行等带来的经济损失、社会影响，具有显著的经济效益和社会效益。

项目立项以来，课题研究成果已在余杭运河大桥、三门健跳大桥、韩庄运河大桥、德州运河大桥、绍兴鉴湖大桥、绍兴富恩大桥及东明黄河公路大桥（斜拉桥）等项目得成功应用，直接经济效益超过 5000 万元人民币。目前正在推进行业相关标准和规范制定，为本产品进一步推广和应用奠定基础。

工程案例介绍

全寿命不锈钢丝索已在余杭运河大桥、韩庄运河大桥、德州运河大桥及台州健跳大桥等 4 座桥梁上成功应用，经济、社会效益显著，推广应用前景广阔。

技术名称

基于雷达探测和波动检测技术的在役桥梁桩基础无损检测方法研究

技术依托单位

交通运输部公路科学研究院

适用范围

桥梁建设

技术内容

在役桥梁桩基础是否存在质量缺陷，是按既有检测技术及手段已无法解决之难题。我们通过对雷达法、反射波法和旁孔透射波法等检测方法的深入及系统的扩展研究，运用理论分析、数值计算、模型和现场试验等手段，首次研发出了适用于在役桥梁桩基础完整性的雷达法和波动法的系统检测综合技术。

本项目对雷达法探测在役桥梁桩基的机理、信号表达方式、数据采集与处理、雷达图谱转换与解释、测试要求等进行了系统研究；提出了数据处理流程和参数，建立了典型目标体的雷达图谱特征系列，形成了常规目标体雷达图谱特征识别体系，提出了基于波形、时距剖面图和频谱特性的综合分析解释方法，给出了雷达探测在役桩基的雷达图谱主要判定特征。

通过杆端受约束条件下应力波的合理输入及信号的有效辨识研究方面的突破，率先解决了多种结构物型式对桩身应力波波形影响的技术分析难题。通过对激振、拾振方式的约束和改进，提出通过竖向激振和多通道拾振，根据多通道信号拾振走时，判断盖梁和系梁等结构物干扰下的在役桥梁桩基础完整性反射波法检测技术。

初步解决了不同桩周介质条件下基于旁孔测试法的桩底、桩身缺陷定位问题。基于射线理论的最小走时原理建立了基于桩身 P 波的旁孔透射波法简化理论模型，得到了桩底深度和桩身缺陷校正式；提出了基于桩身弯曲波的旁孔透射波多波联合测试方法，综合利用桩身透射的 P 波、S 波进行测试。从而建立了基于旁孔透射波法的在役桩基础长度和完整性检测方法。

本项目完成了役桥梁桩基础的雷达法、反射波法和旁孔透射波法等方法的理论体系和检测技术；研发了相应的检测设备、编制了相应的采集和分析软件；编写了检测应用指南；实现了本检测技术的基本实用化。

投资及运行效益分析

随着我国公路网建设，我国一方面还将建设大量的公路桥梁，同时既有的许多桥梁亦逐渐进入了养护维修繁忙时期。大量的在役桥梁基础需要予以检测。

本项目研发的在役桥梁无损检测技术应用于我国桥梁检测中，将促进在役桥梁基础无损检测技术发展，提高在役桥梁无损检测的准确性，实现了在役桥梁桩基础无损检测技术由理论探索到实际应用的质的飞跃。通过设备的研发，获得具有自主知识产权的产品，提高交通行业的科研能力和创新水平，创造巨大的经济和社会效益。本项目的研究成果应用于实际检测工程中时，不产生废弃物的排放，具有良好的绿色环境效益。

工程案例介绍

项目编制了雷达法、反射波法和旁孔透射波法的检测技术应用指南，研发了相应的检测设备及相应的软件。研究成果在浙江、广东、云南、河北等多省（区）进行了应用，对推动我国桥梁桩基础检测技术进步具有重要意义。

技术名称

新一代公路基础设施维护关键技术、重大装备与示范（一期）

技术依托单位

交通运输部公路科学研究院

适用范围

公路养护、建设、设计等

技术内容

项目组通过理论分析、试验研究、工程验证，开展公路基础设施检测、评价、快速维修技术与装备科技攻关，取得了如下创新性成果：

1) 提出了以路基状态特性为检测指标和以路基回弹模量为评价指标的路基性能评价方法，以及路面基层破损分类和评价方法；开发了集高密度电法等多种检测技术的路基无损检测方法 with 装备，研发了基于声效雷达和红外差热技术的沥青路面隐性病害检测方法及设备。

2) 研发了新型路基注浆材料、路面贴缝带系列产品及评价指标体系；建立了冷拌树脂沥青及沥青混合料设计方法，提出了相应的桥面铺装和路面的典型结构。

3) 研发了可卷曲沥青混合料，实现了预制生产、现场铺设的“地毯式”沥青路面铺装技术；提出了水泥混凝土路面预制拼装板的设计与施工技术。

4) 研究提出了多孔沥青路面功能性和结构性损坏的评价指标，开发了多孔沥青路面机能恢复车和典型病害快速修复车，实现了多孔沥青路面的快速养护。

5) 研发了高速移动式弯沉检测设备和单双轮轴可转换的足尺路面加速加载试验设备。研发了具有多关节蜘蛛机器人和蛇形机器人桥梁检测平台。

6) 研发了混凝土桥梁内部钢筋雷达图像自动定位三维可视化技术和利用发热效率差异检测钢筋锈蚀度的电磁涡流热像钢筋锈蚀度检测设备；研发了检测混凝土内部缺损深度的技术和主动多回路热激励设备和时序红外数据分析软件。

7) 研发了公路隧道排水系统检测、疏通多功能机器人及带驱动钻头的高压管推

进器，实现了隧道中心水沟、纵横向排水盲管的可视化检测及疏通一体化。

投资及运行效益分析

1) 研发的路基综合检测、注浆加固技术和装备已在多个高速公路项目中得到成功应用，成熟度较高，推广应用前景广阔。

2) 研发的沥青路面隐性病害综合检测系统已经在多个高速公路项目中应用检验，其中隐性病害的透水性红外差热检测和路面结构不连续检测技术等已经纳入到河南省地方标准《高速公路沥青路面预防性养护技术规范》（第 7937 号），随着检测设备的持续升级和检测数据的进一步积累，可为交通行业养护规范及评定标准的修订提供技术支撑。

3) 研发的高速弯沉检测系统理论基础完善，设备稳定性好，检测效率高，能够快速地对路网级路面弯沉进行全面检测，快速提供公路技术状况评定所需相关的基础数据，从而提出的经济合理的养护计划方案，市场需求较大。

4) 研发的足尺路面加速加载试验设备通过对典型路面进行充分的可靠性、安全性、精确性实验后，形成定型产品，并通过济南市产品质量监督检验所检测，推广前景广阔。

5) 研发的蜘蛛机器人和蛇形机器人桥梁检测系统操作简单、安全、可靠性高，可广泛应用与桥梁的墩台、缆索的监控和缺陷检测。

6) 对沥青路面贴缝带技术进行了系统的、深入的研究，提出了系统的贴缝带的性能评价方法，开发了高性能贴缝带产品。在国内近 10 个省市的沥青路面裂缝快速修补工程得到广泛应用，取得了良好的路用效果。并编制交通行业标准《路面裂缝贴缝胶》1 项，已具备大面积推广的条件。

7) 研发的多孔沥青路面机能恢复车已经在依托工程得到大量的应用，清洗路段路面渗水性能恢复良好，清洗效果优于国外进口设备，设备运行安全、稳定。项目研究形成的多孔沥青路面养护技术体系成熟度较高，能够满足多孔沥青路面日常养护的需求。

8)研发了一种全寿命周期不中断交通的公路隧道可维护型排水系统、开发了公路隧道检测、清洗及导通多功能机器人样机，并形成了“公路隧道排水系统恢复技术指南”，部分研究成果已纳入《公路隧道养护技术规范》，已具备推广应用条件。

工程案例介绍

项目研究成果已在多项实体工程中得到成功应用，取得了显著的社会经济效益，推广应用前景广阔，对于提升我国公路基础设施养护技术水平具有重要的意义和作用。

技术名称

道路交通状态网络化智能感知、信息融合与服务技术

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

智能交通控制与管理系统

技术内容

本成果属于交通运输领域，围绕智能化、网络化的交通状态感知新型多功能传感器和传感器网络及其动态组网、网络化交通状态信息融合及挖掘、交通状态信息应用与服务等关键技术开展了创新性研究，历时近 10 年，形成了具有自主知识产权的道路交通状态感知核心技术体系，填补了该领域的技术空白。

形成的创新性核心关键技术包括：

1) 突破了网络化、智能化、低成本道路交通状态获取的多功能传感器技术，嵌入了智能计算能力的新型传感器可准确同时获得交通流速度、流量、占有率、车型（交通流组分）等交通状态信息；

2) 突破了交通状态获取网络化系统技术，形成了具备可动态组网与网络节点智能协同的分层递阶传感网络普适架构，研制了包括感知节点、接入节点、汇聚节点和中心节点在内的传感网软硬件系统设备；为构建完备的网络化全景交通信息环境（交通 CPS）奠定了技术和装备基础；

3) 突破了基于新型传感器和传感网络的交通状态融合获取技术，可同时获取包括排队长度、旅行时间、区域交通负荷度等不同粒度的区域交通状态参数；

4) 构建了基于交通状态的多层级、多粒度、多维度的交通服务水平评价指标体系，形成了基于服务水平评价及优化的交通管理与服务协同技术，显著提升了道路交通管理与公众出行服务水平。

本成果已申请或授权专利 30 项，其中：授权发明专利 22 项，实用新型专利 1

项；获取软件著作权 36 项；发表论文 86 篇，其中 SCI 检索 13 篇。

主要技术指标

(1) 能准确获取道路交通状态信息，其中，流量检测准确率达到 99%以上，占有率准确率达到 95%以上，车型识别准确率达到 85%以上，居国际领先水平，并通过国家交通安全设施质量监督检验中心和国家安防产品质量监督检验中心的检测认证。

(2) 传感器网络各类节点设备均支持无线接入和有线接入，无线接入支持 IEEE 802.11.X /802.15.X /802.16.X 等系列协议，有线接入支持 EIA-RS-232C、RS485、ISO 11898 等系列协议；可实现智能动态组网与协同运行，可针对不同应用场景对传感器网络的物理拓扑结构和通信链路结构进行动态配置和优化；形成的交通状态传感网软件系统通过了北京市软件产品质量检测检验中心的检测认证。

(3) 具备交通状态数据自检测与自修复功能，针对路网不同粒度的道路交通流表现出不同的特性，可在断面、路段、区域路网和全网多个层面上对交通状态数据进行自检测与缺失修复。

(4) 实现了多层级、多粒度、多维度的交通服务水平评价，基于服务水平评价的管理与服务优化，支持多种信息推送手段，为交通管理者和其他交通参与者按需提供交通信息服务；研发的北京市区域交通状态与服务水平（交通运行指数）评价系统已成为北京市日常交通管理的核心平台系统。上述成果“总体技术达到国际先进、国内领先水平，具有广泛的应用前景”。

投资及运行效益分析

本成果形成了区域交通状态和服务水平评价系统和城市路网交通负荷度分析与评价系统；运用本成果形成的道路交通服务水平微观指标对北京市道路重点管控区域的 110 个关键交叉口进行微观仿真与优化；形成的道路交通状态感知新型传感器网络系统设备已经在北京、陕西、山西、四川、河南、广东等多个城市的城市道路、高速公路、收费卡口和停车场得到应用；同时，被采纳应用于美国交通运输部

“ Small Business Innovation Research (SBIR) program ” 计划中美国国家公园沿路交通管理项目。近三年创造直接经济效益 3.84 亿元，环保效益与社会效益显著。

技术名称

基于车路协同的安全状态感知与智能控制技术

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

智能交通控制

技术内容

本项目通过多模式通信技术实现车车、车路通信信息交互和共享，以进行车辆和设施之间智能协同与配合，达到协调优化利用系统资源、提高道路交通安全和效率的目标。围绕多维感知与危险辨识、动态决策与协同控制以及系统集成与综合应用开展研究，主要包括以下研究内容：

1) 复杂行车环境下多要素协同感知技术。针对车辆行驶过程中道路环境复杂、驾驶人行为时变导致的行车风险难以感知的问题，围绕人车路系统发明了基于物联感知的不良驾驶行为的辨识方法，提出了机非混合环境下基于短程通信的交叉口非机动车辆与行人感知方法，发明了基于多源数据融合车辆行驶换道状态识别方法，开发了定位、数据采集与通信一体化系列车载终端。

2) 车车交互式行车安全控制技术。发明了车车信息交互下的协同避撞方法，提出了车辆与周边群集车辆安全距离计算方法与换道控制策略，建立了实时获得可靠的危险警示临界距离与刹车临界距离的安全行车预警模型。基于交叉口时空冲突判别完成对车车冲突的量化，提出基于冲突危险等级下的避让策略以实现冲突的消解。

3) 车路交互式动态协同控制技术。发明了基于专用短程通信的车路协同安全预警方法，提出了车路信息交互下的优先通行控制方法和车辆交会时侧向的最短距离及交会时间预测方法，发明了分级预警及辅助驾驶装置，解决了由于视觉不良及车道偏离造成相向车辆相撞的问题，同时提高了优先车辆交叉通行效率。

4) 智能化车路协同系统集成。基于多模式数据交互，提出了车载端自由组网与中心与数据中心协同预警机制，发明了动态分级车路协同自组网信息传播方法和协同联动控制方法，建立了多终端、多元化的车路信息数据融合、建模分析与计算、协同控制、共享与发布集成系统。开展基于车路信息交互的交通信号智能控制、基于车路协作的高速合流区安全控制和车路协同行车安全与信息服务的集成应用。

在车车/车路异构网络多模通信方法、车路协同交叉口冲突消解策略、车辆安全避撞及编队控制等方面申请发明专利 26 项，其中授权 14 项，公开 12 项；在 PNAS, Scientific Report, IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, IEEE VTC 等国际期刊、会议上发表学术论文 31 篇；出版智能车路协同相关专著 3 本。

投资及运行效益分析

本项目基于多模式通信技术实现车车、车路通信信息交互和共享，以进行车辆和设施之间智能协同与配合，达到协调优化利用系统资源、提高道路交通安全和效率的目标，技术研究面向我国道路交通特性，突破国外技术局限，形成了具有自主知识产权的技术和装备，方法具有良好的适应性，性价比较高，市场竞争力强。

工程案例介绍

基于项目核心成果，研发了基于车路信息交互的交通信号智能控制系统、基于车路协作的高速合流区安全控制系统和车路协同行车安全与信息服务系统，在北京、安徽、贵州、吉林等多个省市得到实际应用，为道路交通安全提升提供了重要支撑，经济和社会效益显著，应用前景广阔。

技术名称

远海高精度定位导航与通信一体化关键技术

技术依托单位

北京邮电大学

适用范围

造岛、航道疏浚、监测、维护、海上搜救等

技术内容

海洋是维护国家安全、推动经济发展的基础性战略资源、强国的核心动力。多年来，我国远海岛礁被占领、资源被掠夺的情况十分严重，“建设海洋强国”已成为国家重大战略。远海环境恶劣，未知因素多、受国外多种干扰，我国远海作业存在定位导航能力、实时通信、监管与搜救能力弱等难题，严重制约了海洋开发、利用、保护及管控等能力。远海高精度定位导航与实时安全通信融合技术已成为国家建设海洋强国的重大需求与国际科技竞争制高点。

长久以来，我国远海定位导航服务依赖美国 GPS，造成严重威胁。北斗系统具有高保密、高可靠的短报文通信能力，但容量仅为 120 字/条，无法满足远海工程信息实时传输需求。

为提高我国海洋维权能力，实现“一带一路”战略。本项目历经八年，在北斗重大专项、863 计划、国家重大仪器项目的支持下，建立基于北斗/GNSS 的一体化通信导航融合新体系，攻克了多模高精度定位、北斗短报文集群式通信等关键技术，打破国外技术垄断，开发系列装备。授权发明专利 154 项（国际发明专利 3 项），软件著作权 13 项，标准 14 项（国际标准 3 项），论文 50 篇。

投资及运行效益分析

该项目共形成了 6 类系列产品和平台。研究成果在远海作业海上勘探、港口建设、航道疏浚、海上救援等领域开展了上百项应用，装备我国中交建设集团 200 多艘大型海洋工程船舶，成功应用于我国多个重大海洋工程项目以及马来西亚、斯里

兰卡、马尔代夫等多个国家的海洋项目建设，为远海作业提供了高精度的位置服务与实时的安全通信保障，打破了国外技术垄断封锁，为保障海洋权益、推动“一带一路”战略发挥了重要作用。

该项目近三年的总销售收入 126 亿元，总利润 10.7 亿元，取得了重大的社会效益。

预计到 2020 年，本项目研究成果会进一步推动我国“一带一路”产业的发展，累计可产生的经济效益达 500 亿元。

工程案例介绍

1)提出了一种新的定位通信融合架构，建立了 MDOP（多元精度因子）选星模型，解决了板级实时精密单点定位（PPP）技术瓶颈，设计定位精度优于国外同类产品。

2)提出基于智能分包的北斗短报文集群式通信方法，提升了北斗通信服务容量，可为远海工程可靠安全的语音、图片和控制信息传输提供一种有效手段。

3)提出了一种新的 GNSS 多模协同定位技术，在多系统可重构框架下的捕获、跟踪以及星座优选与完好性监测方面取得重要技术突破，系统资源消耗等关键性能优于国外公开报道的技术。

4)基于上述技术，研制了 GNSS 通信导航一体化高精度芯片、板卡及终端设备，实现了产业化应用。

5)自主开发了 GNSS 导航测试商业化平台，可满足北斗产业化应用需求，打破了国外技术封锁。

技术名称

道路地下损害微损精细探测技术及装备

技术依托单位

北京市市政工程研究院

适用范围

城市道路地下病害诊治

技术内容

在高精探地雷达图谱及现有钻探技术测试结果未能较好实现对地下土体疏松病害原位数字定量化探查的工程背景下，针对道路地下土体承载力、密实度原位定量探测及松散范围准确判定这一影响工程应用和行业发展的共性难题，开展地下土体密实度定量微探检测技术、土体疏松病害原位诊断系统研发、地下土体疏松病害三维重构技术三方面研究工作。通过本课题研究，实现高精探地雷达管线定位后周边病害快速、精准探查和三维图像重构，并提供分级管养措施，补充道路地下管线周边病害环境定量数据信息，对北京乃至全国城市道路地下病害环境的精细预诊具有良好示范作用，为保障首都“城市生命线”运行安全提供强有力技术装备，提高城市道路地下病害诊治服务水平。

主要技术如下：

(a) 多参量土体密实度定量微探技术研究，包括微探数据与承载力、密实度回归曲线和建立多参量与土体承载力、密实度定量表达式。

(b) 地下土体病害原位诊断系统研发，包括土体疏松病害定量化评价分级标准和探深-承载力、密实度。

(c) 道路地下土体疏松病害三维重构技术研发及疏松分布范围确定。

创新点如下：

(a) 通过微探多参量数据，钻进获得土体承载力、密实度定量结果

(b) 建立道路地下土体疏松病害定量化评价分级标准，进一步提高地下土体

疏松病害探测精度、速度和原位识别诊断水平。

(c) 创新整合多技术、多方法、细-宏观信息相结合，实现地下土体疏松病害探查不阻断交通、数字化定量、高效精准探查诊断。

投资及运行效益分析

本课题顺应北京市城市发展的趋势，对保证北京“城市生命线”运行安全、减少公共安全事故和提高北京市政基础设施服务水平及首都形象都有重要的意义。因此，早日开展道路地下损害数字化整合探查技术及示范具有重大的经济和社会效益，可提高首都城市道路地下土体疏松病害精准探查和高效诊治的科技水平，使北京“城市生命线”安全保障能力走在全国乃至世界前列。

技术名称

电动汽车整车及零部件关键共性检测技术及标准体系

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

电动汽车检测

技术内容

发展电动汽车是有效缓解我国能源与环境压力，推动汽车产业技术创新与转型升级的重要战略举措，是我国抢占经济和科技制高点的重大战略方向。电动汽车相关参数、性能测试、质量检验等领域的标准法规，是产业发展和推广应用的技术保障和重要依据，是促进技术水平提升的重要途径；制定完善的标准体系对于提升电动汽车市场竞争力，引领全球技术发展具有重要意义。

为抢占国际竞争制高点，项目在 5 科技部项目支持下，针对电动汽车行业缺失关键共性检测技术和标准体系的现状，特别是针对整车能耗测试不准确、动力电池安全及寿命测试方法不完善、充电基础设施不兼容的三大难题，通过 15 年持续深入攻关，构建并完善了电动汽车“整车、零部件及基础设施”标准体系，主要创新点如下：

(1) 针对混合动力车辆（HEV）在多能源运行模式下由于能量耦合关系复杂导致无法精确识别能耗的难题，提出了基于大数据工况模型和净能量变化修正的能耗分析方法，开发了电动汽车能耗和性能测试设备，建立了覆盖全部车型的电动汽车测试线，提升了 HEV 能耗测量的准确性和我国复杂路况的适应性。研究成果已被采纳指定为我国多项国家标准。

(2) 提出了基于充放电倍率及温度因素模型的锂离子电池能量和容量测试方法，发明了动力电池滥用和极端工况下的电能和化学能防护技术，提出了不同应用场景下的寿命测试方法，开发了动力电池循环寿命与充放电特性测试设备，构建了

电芯、模组、动力电池包、动力电池系统 4 个层级的测试体系。该成果已被采纳指定为我国多项国家标准。

(3) 针对电动汽车和充电设施之间无法互联互通的问题，提出了基于变权分析策略的充电设备评估方法，制定并修订了充电过程总线通信协议，发明了充电用接口安全性和兼容性改进方法，开发了充电兼容性测试设备，构建了安全、系统、规范、兼容的电动汽车充电接口与协议体系。该成果已被采纳指定为我国国家标准，与美国、欧洲、日本并列成为世界四大标准体系，其中直流充电接口方案正式写入 IEC 国际标准。

投资及运行效益分析

依托项目研究成果制定的电动汽车相关标准成为“863”、“科技支撑”以及“电动汽车”重点专项等科技计划项目立项和验收的依据，为我国电动汽车科技创新、“十城千辆”、北京奥运会、上海世博会示范运行等重大工程的顺利实施提供了重要技术支撑。相关标准为全国超过千款电动汽车车型上公告提供了依据，同时在支持电动汽车产业化、企业和产品准入、私人购买电动汽车直接补贴等工作中发挥了重要作用。

工程案例介绍

项目所研制的五大类 11 种检测设备已应用于国内权威检测机构和国内规模最大的 5 家动力电池企业，共完成 200 余款车型电动汽车的检测验证。创造直接经济效益 3.6 亿元。

技术名称

高重频激光扫描测距关键技术及其在交通信息采集中的应用

技术依托单位

北京理工大学

适用范围

激光雷达技术应用于智能交通系统建设

技术内容

扫描成像激光雷达技术是在单点激光测距的基础上，通过对目标扫描测距获得目标的三维轮廓等丰富的特征信息，其在军民领域均有广泛的应用。而国内尚处于拓展激光雷达应用阶段，尚无成熟的扫描成像激光雷达产品，相关应用所采用的激光雷达技术和产品均被国外所垄断。在“863 计划”和“国家火炬计划”的支持下，北京理工大学与企业“产学研”联合，开展关键技术攻关，研制高重频扫描激光雷达产品，并探索激光雷达技术在交通信息采集中的应用。

在关键技术方面通过采用系统优化设计方法，解决了激光雷达收发光路体制结构、激光二极管光束高精度准直、高重频大功率半导体激光脉冲驱动、以及回波信号高精度时间测量等技术难题，先后研制出两型全天候、低成本、小型化、符合人眼安全的高重频线扫描激光成像雷达产品，鉴定专家组认为“主要技术指标达到同类产品国内领先、国际先进水平”。

在研制产品的基础上，根据我国公路交通信息采集的应用需求设计了基于双线激光扫描的车辆三维外形测量方案，提出了自适应车型分类、环境感知与记忆等算法，从而实现了复杂交通环境、特殊驾驶行为下的车型准确分类，改善了传统交通信息采集和车型检测方法存在检测精度低、寿命低、施工难度大、抗干扰能力弱的弊端，填补了我国自主研发产品在交通信息采集应用的空白。

上述成果已在交通情况调查、交通运行状态检测、车辆外形测量、高速公路入口车型识别、城市多车道自由流车辆跟踪、集装箱容积检测等交通信息采集中成功

应用多年，在解决城市和高速交通拥堵问题、提高国家公路运行效率、提高交通管理运输服务水平、推动新一代智能交通系统建设等方面取得了显著的社会效益。

投资及运行效益分析

项目完成的扫描激光雷达产品是国内首套自主研发的产品，为国内大范围推广相关产品创造了价格优势。项目从 2013 年开始试产，小批量投放市场，在业内反响很大，当年销售收入达 893.61 万元，2014 年大规模推广，得到了行业专家的一致认可，及用户的广泛好评，2014 年销售收入达 1577.85 万元，2015 年继续推广应用，销售金额达 3849.13 万元，呈现逐年高速增长的态势。

仅 2013~2015 不足三年时间交通情况调查系统产品已成功应用到北京、天津、河北、上海、浙江、福建、河北、浙江、湖南、湖北、河南、江苏、辽宁、山东、陕西、四川、云南、重庆等地，市场占有率为 100%，在北京各区县均有实施。用户反应良好，能够帮助用户单位及时、准确地获取路网运行动态数据，为道路的规划、施工、养护、应急管理等工作提供了科学的决策依据、有力的技术保障。设备安装的著名路段有：机场高速、北京五环、国道 104、唐津高速、石黄高速、深海高速、京平高速、长深高速、广深高速、京珠高速、杭州绕城、龙丽高速、诸永高速等。得到了用户的广泛认可和好评。

在交通情况调查系统应用的基础上，目前又探索了车辆检查器、车辆长宽高测量、高速公路入口车型识别、城市多车道自由流、集装箱容积检测等五类交通领域应用，都具有广泛的市场前景。截止 2012 年年底，我国高速公路的总里程达到了 10.8 万公里，根据国家规划密度初步计算，仅车检器在全国高速公路上的容量

（含无法正常工作的车检器在内）初步估计在 1 万套左右。全国有特大桥梁、特长隧道、高速主线收费站、高速服务区合计 4934 个（座），这些地点是国家级路网监测点必须覆盖的，但也不过是符合国家级路网监测点判别原则的一小部门，激光车型识别系统能够准确的判断车型的信息是交通运行数据的主要方面，因此它具有很大的市场前景。

除了现有的交通领域应用外，无人汽车、汽车辅助驾驶和数字城市等的兴起，已使得三维成像雷达技术成为工业界和学术界的宠儿。伴随着随着人工智能、物联网技术的高速发展，作为“眼睛”的成像激光雷达技术必将在民用和军用领域的具有更广泛的应用前景。

工程案例介绍

经过多年的研发、试验和工程建设，本成果已处于成熟应用阶段。2010 年应用于“京沪高速铁路先导段（枣庄西至蚌埠南）”大风监测，该系统在 12 月 3 日试验动车组跑出 486.1 公里时速、刷新世界铁路运营速度记录中发挥重要安全保障作用。2014 年应用于“大西高铁高速综合试验段自然灾害及异物侵限监测系统工程”；2014 年应用于“新建吉林至珲春铁路客运专线防灾安全监控系统工程”，2015 年，国内首套基于铁路局中心系统和现场监测设备的新型灾害监测系统在太原铁路局成功试点应用，为全路灾害监测系统的建设提供了示范作用。2015 年，灾害监测系统成功应用于“中国标准高速动车组及高铁关键装备研发试验工程项目——自然灾害及异物侵限监测系统工程”项目。本项目所形成的联调联试技术完成全路所有高速铁路的联调联试工作，为系统安全、可靠运行提供了技术保障作用。

技术名称

盾构切削大直径钢筋混凝土群桩关键技术

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

城市地铁建设工程

技术内容

盾构作为城市地下隧道建设的主要方法被广泛采用。在城市中心区域修建盾构隧道，时常遭遇地中障碍物，其中既有建（构）筑物桩基础就是最典型的一种。由于盾构以往难以直接切除桩基，只能拆除既有建（构）筑物或选择避让绕行。拆除会造成大量的浪费，而绕行则会延长线路里程、影响交通规划且造成不必要的经济损失。如果能在确保桩所支撑的建（构）筑物安全和功能的条件下，盾构直接切桩通过那是最理想的选择。但目前，切桩理论研究几乎空白，实施技术在国际上也未见系统报道，尤其是盾构直接切削大直径钢筋混凝土群桩，盾构机-土体-桩基相互作用机理复杂，钢筋难切割易缠绕，刀具易发生异常损伤磨损等，面临诸多挑战。

本项目以国家 973 计划项目、自然科学基金项目和苏州轨道交通 2 号线盾构切削广济桥大直径钢筋混凝土群桩试验工程等多个盾构隧道工程为依托，历经多年科研攻关和工程实践，研制了新型切削钢筋混凝土刀具、新型注浆和渣土改良材料，攻克了盾构切削大直径钢筋混凝土群桩刀盘刀具配置方法、掘削工艺及装备等系列技术难题，建立了盾构切削大直径钢筋混凝土群桩的成套关键技术。主要创新如下：

- 1) 突破了盾构切削大直径钢筋混凝土群桩基础理论难题。探明了盾构刀刃对钢筋、混凝土的切削及刀具磨损机理，系统地揭示了刀刃参数对切筋、切混凝土的影响规律以及刀具动态切削性能，提出了刀刃分区分带切削钢筋模型。为盾构切削大直径钢筋混凝土群桩奠定了系统的基础理论。

2) 研发了用于盾构切削大直径钢筋混凝土群桩的新型刀具，解决了盾构切削大直径钢筋混凝土桩刀具设计、刀盘刀具配置方法系列技术难题。以适应连续切削大直径钢筋混凝土桩为目标，研发了新型切桩专用刀具。创新提出了以分次切筋为理念，完整切削长度为目标，兼顾刀盘切桩多功能需求的刀盘群刀综合立体配置方法，成功应用于切桩实际工程。

3) 国际上首次实现了盾构切削钢筋混凝土桩试验。探明了盾构切桩全过程的刀盘刀具、桩基（钢筋和混凝土）的物理力学特征，以及损伤、磨损规律。从盾构掘进参数特征、切钢筋长度、切削混凝土脊背轨迹以及混凝土渣块等多角度验证了理论设计方法以及新型刀具刀盘的合理性及切削能力。根据试验结果，提出了超前贝壳刀的优化配置方法及分次切筋的切削理念，并最终在工程实践中得到成功应用。

4) 攻克了盾构切削大直径群桩系列技术难题。研发了壁后注浆效果好、对桩头有托举作用特征的准厚浆材料，以及利于混凝土渣块（包括切断的钢筋）排出的渣土改良材料。从刀盘刀具、螺旋输送机、小流量推进泵、外包管等多方面研究提出了盾构综合改造加强方法。形成了以磨削为理念，以“慢推速、中转速、保土压、注惰浆、控姿态”为核心的盾构掘削大直径桩基施工控制技术。实现了既确保切削桥桩基安全，又能顺利切桩的目标。

投资及运行效益分析

本项目突破了盾构切削大直径钢筋混凝土桩群的技术瓶颈，拓宽了盾构法适用范围，为盾构隧道的设计施工提供了一个新的思路。项目产生经济效益 7310.9 万元，成果还在北京、大连、南京地铁等工程中推广应用，应用前景广阔。

工程案例介绍

项目成果在我国多个城市地铁建设工程中成功应用，解决了苏州地铁 2 号线穿越广济桥、北京地铁、深圳地铁等十余项盾构切桩工程难题，降低了施工成本、维护了城市环境、减少了对周边居民的干扰。

技术名称

弯道接近语音告警系统

技术依托单位

天津商业大学

适用范围

非封闭道路施工现场

技术内容

铁路弯道接近告警系统用于铁路设施维护施工过程中路上施工人员安全保护。该设备在路上有施工人员作业前开启，系统采用微处理器从铁路信号信息系统获取列车接近信息，判断接近列车来向，根据来向调取提前录制的语音信息，经定压功放放大后，在施工现场反复播放，直至列车全车通过施工现场，以便工人决定是否下线避让，该系统能视接近列车车速为施工人员争取 3-5 分钟的撤离时间，保障作业人员安全，同时避免不必要的施工中断，提高作业效率。

主要技术指标

电源电压：220V AC 功率：130W；定压功放输出：100V 120W；检测距离：≤ 2km；检测信号通道数：1-8。

投资及运行效益分析

配合定压输出音柱或扬声器，每个施工现场使用一台，单台造价约 2000 元。可采用委托加工形式完成安装调试。

工程案例介绍

铁路弯道接近报警系统样机安装完成 27 台，经铁路电务部门施工现场试用，效果明显，无错报漏报，提示音清晰明亮，且安装简单，使用方便，大大提高了施工效率与进度。

二、现代农、林业

技术名称

农田水肥一体化管理自动控制通用系统研发及应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

农田水肥一体化管理

技术内容

规模化高效节水灌溉工程是一项包括灌溉、施肥、施药等多环节的复杂系统工程。但事实上，农民管理水平较低，生产实践中 90%以上的农民还不掌握高效、配套的灌溉、施肥、施药技术：施肥量少且肥质不高，肥水管理没有能按作物养分需求特点进行，施肥、灌水时间由农户自行决定，不能有效保证正常需求。这些均导致了技术推广困难、减产严重，不仅使农民收入受到损失，还挫伤了农民发展高效节水灌溉技术的积极性。但事实上，在全国范围内已有大量的研究人员围绕上述问题开展了大量的研究。如何让农户能够充分利用科学研究人员的成果，提升工程建后的管理水平已经成为节水灌溉技术推广人员面临的难题。现代通讯、控制等技术的迅速发展，为开发滴灌工程建后的综合管理平台提供了可能。以色列通过发展节水农业和节水灌溉工程技术，全国农业土地基本上实现了灌溉管理自动化，并且普遍推行自动控制系统。如何将 Internet 技术、GPRS 技术、无线传感器网络技术、专家知识决策支持技术、自动化控制技术等进行综合集成，实现规模化高效节水灌溉工程的智能化管理已成为该技术发展的重要支撑。

自 2001 年开始，中国农业大学与中农先飞（北京）农业工程技术有限公司一直致力于研发应用于农业灌溉施肥的计算机自动控制技术，2005 年“分层分布式智能灌溉施肥计算机控制系统”开发成功，经北京市科委组织专家鉴定：“研究成果具有先进性、实用性，整体上达到国内领先水平、部分达到国际先进水平”，以

此为主要内容形成的成果“智能决策精量灌溉施肥系统研发与应用”荣获 2008 年度北京市科学技术奖二等奖。2009 年起对上述产品进行了通用化系统的开发，2012 年开发成功。经过十年多持续不断的研究、改进，使产品日趋成熟。形成的标志性成果“物联网智能灌溉施肥与温室环境控制系统通用开发技术平台”于 2013 年经教育部组织专家鉴定，结论为“成果达到国际先进水平”。到目前为止，申请发明专利 4 项（已获授权 2 项），登记软件版权 2 项，获得中关村国家自主创新示范区新技术新产品 2 项。

目前示范推广的为第五代产品，即物联网智能决策精量施肥灌溉通用化控制系统，此产品在硬件的设计和软件的实现方面都有所突破，可广泛应用于大田与设施农业。本系统与国内外同类产品相比生产成本降低了 60%以上，与传统灌溉施肥技术相比，可实现增产 15%以上、节水 15%以上、节肥 20%~30%、减少农药施用量 30~35%。系统地应用将有效地解决水分、养分资源利用粗放等问题。

主要技术指标

该系统曾于 2012 年 9 月委托中国软件评测中心对该系统进行软件测试，由中国软件评测中心出具《软件产品登记测试报告》（No: RD321208609），技术指标如下：工作电源：交流 220V $\pm$ 20%，50HZ；模拟量测量精度：0.5%；继电器输出容量：交流 24V，600mA；

系统输入、输出容量：系统输入总点数 15 $\times$ 15 $\times$ 16，可根据实际需要按 16 的倍数组组合，系统输出总点数 15 $\times$ 15 $\times$ 12，可根据实际需要按 12 的倍数组组合。

土壤水分传感器：工作电压：10~30VDC；工作电流：20~30mA；输出信号：4mA~20mA；测量范围：0~100%（m³/m³）；测量精度：0~50%（m³/m³）范围内为 $\pm$ 3%（m³/m³）；测量区域：90%的影响在围绕中央探针的直径为 3cm、长为 6cm 的圆柱体内；

雨量传感器：测量范围： $\leq$ 8mm/min；测量精度：0.5mm

灌水量传感器：输出信号：脉冲，每个脉冲代表 10L；测量精度： $\leq$ 0.1MPa

压力表：工作电压：12~24VDC；平均功耗：1W；输出信号：4~20mA；测量范围：0~1.6MPa；测量精度：1.0 级（<1%）；环境温度：-40℃~70℃；

访问响应时间：（局域网）≤3 秒、（广域网）≤6 秒；

运行时间限制：24 小时运行；

控制模块数目：≤2048 个；

开发周期：2~3 天；

操作界面语言：中文；

报警方式：邮件。

投资及运行效益分析

我国农业发展面临日益严峻的耕地资源制约及水资源短缺，同时高投入高产出的高强度农田生态系统仍然是未来我国农业生产的最主要生态模式。因此，农业的发展不仅需要在增产技术上有根本性突破，且资源节约型农业与精准农业是我国农业可持续发展的必由之路。

目前国外自动控制系统的产品都较先进，我国在这方面的技术与产品同国外相比，尚有一定的差距，尤其是国内有关自动灌溉控制技术与设备的研究更少，虽然可以引进国外自动控制设备，但是这些设备都是为国外的具体情况设计的，并不适合我国的国情，而且引进的设备价格昂贵，导致国产化率很低。

就目前国内自动灌溉控制技术来看，相当多产品的硬件部分设计较固定，且没有充分考虑各类传感器的输出信号类型，因此当用户对特殊信号输出类型的传感器有需求时就无法满足用户需求或将面临二次开发。

对于软件而言，目前国内对于温室环境调控的产品只能设定已固定的参与控制的条件的参数值，但从对温室适宜作物生长的环境的研究来看，智能温室环境调控的逻辑计算是智者见智，对于已开发完成的软件系统是无法更改的，更不能对新型的控制条件进行试验。

物联网智能灌溉施肥与温室环境控制通用系统属于国家重点支持和发展的技

术，是高科技农业重点发展的产品，符合我国农业的可持续发展，完全可代替进口产品。目前，该产品已在北京、天津、山西、湖南、内蒙古自治区等地的 10 多个工程中得到了应用，且获得了用户的一致好评，市场应用前景广阔。

工程案例介绍

为了加快成果转化的进程，项目组研制的产品于 2008、2012 连续两届参加了全国农业展览馆举办的中国国际灌溉展览会，并多次利用各种机会宣传产品，扩大了产品的知名度。目前已在北京、广西、新疆、内蒙古自治区等地 10 多个工程中得到了应用。

技术名称

农用机井用水计量关键技术研究与应用

技术依托单位

中国水利水电科学研究院

适用范围

农用机井用水计量装备研发

技术内容

我国是一个水资源短缺国家，北京市缺水尤为严重。北京市现代农业用水管理存在计量方式不合理、有效计量率低、产品设计不科学、系统不兼容、功能不健全、计量精度不高、可维护性差等突出问题。本成果在北京市科技计划的支持下，针对上述问题，紧密围绕农用机井用水计量装备研发、软件开发、水电折算模型构建等方面，开展相关研究工作，攻克了一批关键技术，构建了基于智能用水计量监控设备与用水管理平台相结合的农业机井计量管理整体解决方案。

本课题构建的农业机井计量管理系统是实现农业高效用水的重要措施，农业用水的信息化管理不仅能为农业科学用水提供科学的解决方案，为农业用水规划和决策提供科学依据，也有助于促进农业用水管理的系统化、规范化和标准化。自主研发的农用机井现场用水计量设备 IC 卡水电双重计量控制器，解决用水收费和信息统计上报的问题：通过用水记录 GPRS 远程上传，机井远程区域管理，用水量控制等技术，实现了农业机井用水的集中式管理，设备计量精度达到了国内外同类产品水平。开发了用水管理平台 and 售水软件，建立终端用水户、机井、地块基础信息与水量配额之间的关系，解决水量分配和用水管理信息化的问题：对获取的用水信息进行统计分析，实现了用户信息统计查询，同时基于人员、机井及地块的用水量统计分析，实现本地数据备份、用户查询功能以及用水平台的数据同步等功能。提出了水电折算系统动态校正方法，实现基于地下含水层富水性和地下水埋深特性的水电折算系数计算，通过与售水软件的有效集成，实现不同区域水电折算系数合理划

分，解决合理收费问题，同时基于上述研究建立人、井、地、水复合信息监测系统，为基于总量控制和定额管理的地下水用水政策提供数据基础和科学依据。

投资及运行效益分析

产品累计销售 2000 多套，实现销售收入 1500 万元。项目成果具有良好的经济和社会效益。

工程案例介绍

课题研发的农用机井用水计量软硬件设备支持 GPRS、GSM 通讯方式，具有双路 RS485 接口，支持工业标准 Modbus 协议，支持 4 路脉冲信号和 4 路模拟信号输入，具备直接水量计量与折算计量双重功能，获得了北京市新技术新产品证书，在通州区潮县镇、于家务乡机电井智能计量系统工程中已应用 480 余套，实现了农业用水的实时计量与监控，提高了农业用水的管理水平。

技术名称

特色农产品中花色苷高效制备及产业化应用

技术依托单位

北京市农林科学院蔬菜研究中心

适用范围

花色苷高效制备

技术内容

花色苷属于黄酮类化合物，广泛存在于特色农产品中，然而仅有越橘、蓝莓、黑加仑等少数资源获得充分开发，大部分花色苷资源未充分认识与利用，花色苷产品功能单一：花色苷提取率低，游离苷元含量高和提取剂损失率高：产品中花色苷易降解，制约了产业发展。在国家自然科学基金和北京市自然科学基金重点项目支持下，取得以下突破。

开展花色苷资源筛选和新功能评价，解决特色农产品中花色苷资源未充分利用，产品功能单一的问题，构建花色苷指纹图谱库，首次证实花色苷美容和抗关节炎等功能。在特色农产品中筛选出 37 种蔬菜和 44 种水果，构建花色苷 HPLC-MS/MS 指纹图谱库 1 套，成为资源涵盖最全、信息最详细的花色苷指纹图谱库：率先明确了花色苷分子在 DNA 分子结合构型、mRNA 转录过程和 Stat3 信号通路中作用，阐明花色苷抗突变分子机制：率先证实了花色苷美容和抗关节炎等功能，拓展花色苷新功能，获得美国发明专利 1 项、日本发明专利 1 项。

研发花色苷稳态化技术，解决产品中花色苷易降解的问题，研发新产品 14 项，制定国际商务标准，促进我国花色苷产品走向国际市场。率先创建花色苷热动力学模型，揭示酰基化程度是决定花色苷稳定性的主要因素：研发花色苷稳态化技术和充氮包装技术，将液态和固态产品中花色苷降解率降低至 5%和 1%以下：研发新产品 14 项，其中保健食品 2 项，获得美国发明专利 4 项，日本发明专利 1 项，制定花色苷提取物国际商务标准 1 项，产品占有国际市场 25%左右。

构建了资源筛选—功能评价—关键技术—关键装备—稳态化技术—产品开发的研发体系，新建立生产线 4 条，近三年直接效益 9.9 亿元，带动特色农产品种植 52.6 万亩，带动 5.26 万农户增收，带动下游产业 48 亿元；获得美国发明专利 5 项、日本发明专利 2 项、中国发明专利 7 项，实用新型专利 4 项；发表论文 43 篇，其中 SCI/EI 12 篇；研发新产品 14 项，其中保健食品 2 项；制定花色苷提取物国际商务标准 1 项，产品占有国际市场 25%左右。

主要技术指标

解决花色苷提取率低，游离苷元含量高和提取剂损失高的问题，花色苷提取率提高 5%，游离苷元含量和提取剂损失降低 50%以上。研发花色苷高效提取剂，通过纤维素酶、木质素酶和糖苷酶抑制剂，降低游离苷元含量；研发高氮流通技术及其装备，通过夹层单向阀创建密闭的破碎腔，降低提取剂损失率；研发多效吸附技术及其装备，通过具有吸附功能的中转罐，提高花色苷提取效率。上述技术及装备的集成应用，花色苷提取率达 90%以上，高于 85%的行业水平，游离苷元含量降低至 1%以下，低于 2.5%的行业水平，提取剂损失率降低至 1%以下，低于 3%的行业水平。

投资及运行效益分析

新建立生产线 4 条，近三年直接效益 9.9 亿元，带动特色农产品种植 52.6 万亩，带动 5.26 万农户增收，带动下游产业 48 亿元。

技术名称

精量高效节水滴灌系统灌水器产品研发及应用关键技术

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

农业高效用水

技术内容

农业高效用水是保障国家粮食安全和水资源安全的重要途径。滴灌是一种将有压水流通过全管道化系统均匀、稳定地滴入作物根区土壤的一种高效节水灌溉技术，可实现作物根区水、肥、气、热、盐多重生境状况的精量调控，已成为我国现代农业实现节水、高效生产的重要平台，发展潜力巨大。

灌水器是滴灌系统的核心，众多学者研发了大量具有高水力性能的产品，但也正是因为水力设计的需要而使得其消能流道空间狭小（0.5-1.1mm）、结构复杂，极易被水中的颗粒物等杂质堵塞而导致系统报废，堵塞已经成为滴灌领域的国际性难题，水力性能和抗堵塞性能俱佳的产品还极为罕见，主要在于堵塞机理不清、抗堵塞结构设计理论缺失、高效制造技术手段严重滞后，而我国多元化的复杂滴灌水条件、施肥灌溉需求等更是加剧了灌水器堵塞风险，极大地限制了滴灌在我国的推广应用。

为此，项目组 5 支团队、128 位学术骨干，围绕精量高效节水滴灌系统灌水器产品研发-制造-应用领域的关键技术开展深入、系统研究，历经 16 年的不断努力，取得如下系列创新：

1) 创建了灌水器抗堵塞性能测试及堵塞物质提取与分析技术，突破了灌水器流道狭小空间内部颗粒物等多物质运动测试及模拟技术瓶颈，深入系统地揭示了灌水器物理、化学、生物堵塞诱发与持续增长机理，推动了该领域研究由定性向量的发展；

2) 创立了灌水器设计理论、方法及具有自主知识产权的产品开发技术, 发明了水力性能和抗堵塞俱佳的全新概念分形流道及 5 种灌水器创新产品, 将设计理论与产品成型工艺相结合, 研发了 4 种适本、高效生产滴灌灌水器产品生产线, 填补了同类灌水器产品生产线的空白;

3) 发明了 12 项精量高效节水滴灌系统调控关键装备, 建立了黄河水、再生水、微咸水 3 种典型复杂水源滴灌系统安全运行调控技术及模式, 可保障系统安全运行(灌水均匀度高于 80%) 6 年以上;

4) 以滴灌系统为基础平台进行根区微生境协同精量调控, 将农机农艺、减肥控盐、根区加氧、智能管控等关键技术有机融合, 建立了 26 种作物滴灌节水高效生产技术套餐。

投资及运行效益分析

近年来, 党中央、国务院更是重视节水灌溉工作, 出台了一系列政策支持。2011 和 2012 年中央一号文件中多处提到节水灌溉问题, 明确要求“大力发展节水灌溉新技术、新装备, 推广渠道防渗、管道输水、喷灌滴灌等技术”、“普及农业高效节水技术”。2013 年中央一号文件中提及的“推进东北四省区节水增粮行动”等更是给滴灌技术大面积应用提供了广阔的空间。2014 年习近平总书记在关于保障水安全的重要讲话中提出了“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水新思路。国务院办公厅印发《国家农业节水纲要(2012-2020 年)》中提出, “到 2020 年全国农田有效灌溉面积达到 10 亿亩, 新增滴灌工程面积 3 亿亩”。水利部也提出“要以发展节水农业为途径”, 围绕东北节水增粮、西北节水增效、华北节水压采、南方节水减排, 建设一批规模化高效节水灌溉区”的新治水方针。北京市委、市政府也出台《关于调结构转方式发展高效节水农业的意见》, 明确提出“大田采用喷、微灌等高效节水措施, 农业用新水从 2013 年的 7 亿 m^3 左右下降到 5 亿 m^3 左右, 大田年用水量控制在 200 m^3 /亩”。由此可见, 高效滴灌系统抗堵塞关键技术面临了崭新的发展机遇与巨大的发展空间, 推广应用前景广阔。

项目组积极探索满足科研人员、技术推广人员和农民不同层次需求的技术应用途径，形成了以水利技术部门为主导的“水利技术部门+标准制定和规划编制+技术培训与推广”进行大面积辐射推广模式、以行业企业为主导的“行业企业+生产制造产品销售+技术工程示范应用”进行营销手段推广模式和以试验示范基地为主导的“示范窗口+重点示范区+辐射推广区”直接示范推广模式的多层次推广网络，并积极探索了通过横向规划设计课题、学术研讨会、讲座培训等多渠道推广高效滴灌系统抗堵塞关键技术研究及应用 产生了规模化经济、社会和生态效益。

工程案例介绍

成果实现了产业化及工程应用，建立了黄河水、再生水、微咸水 3 种典型复杂水源滴灌系统抗堵塞综合技术，解决了灌水器生命周期内堵塞的技术难题。产品已销往德国、以色列等 17 个国家和地区，形成了技术标准和多种作物滴灌节水高效生产技术套餐，在全国 12 个省区的不同作物的示范工程中得到应用，取得了良好的经济效益和社会效益。研发新产品已在完成单位实现了产业化，生产线销往以色列等 17 个国家和地区，国内市场份额占 50%以上；建立的精量高效节水滴灌应用技术已在全国 12 个省区、46 项示范工程、72 种作物（含植物）上得到广泛应用。

技术名称

易降解高分子包膜控释肥料的研制与应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

缓释肥

技术内容

我国是一个农业大国，化学肥料在农业生产投入中的比例很高，但是我国肥料的利用率却只有 30%左右，由此造成经济能源上的巨大浪费并且引发了各种环境问题。包膜控释肥料具有控制肥料养分释放速率的功能，可与作物养分需求相一致，从而大幅度提高肥料利用率，提高作物品质，减少农业环境面源污染，提高农业整体经济效益。高分子材料因成膜性好、控释性能优良等优点而广泛用作控释肥料的包膜材料，但是高分子包膜控释肥料存在着膜材料难以生物降解、膜材料使用量较大、生产过程大量使用有机溶剂等系列问题。针对以上问题，本发明提出了以下创新：

1) 传统高分子包膜控释肥料多选用结构“异常”稳定、且难以生物降解的塑料如聚乙烯、聚丙烯等聚烯烃类材料和最近几年发展起来的聚氨酯包膜材料。本发明首次将单宁、木质素、明胶改性的树脂、丝胶蛋白改性的树脂、纤维素改性的树脂、生物源单糖、二糖、寡糖、多糖等可完全生物降解的功能单体引入到膜材中，这些单体中的羟基等反应基团通过原位聚合反应包覆在肥料表面，从而赋予膜材料优良的生物降解功能。通过选择不同的可降解功能单体，并调整其品种及用量比例，本项目开发了几大系列具有不同生物降解和控释性能的控释膜材料。

2) 合成聚氨酯膜材料的单体分子量较大，因此其形成的网络结构较大，膜材相对较软，弹性较差，控制养分释放的能力较差，包膜材料用量较高。本发明首次提出了将三羟甲基丙烷、山梨醇、甘油、1,4-丁二醇、二甘醇和1,6-己二醇

等小分子扩链剂引入到膜材料中。小分子扩链剂的引入，使得聚氨酯相对比较大的“网络”结构变小，膜材料的硬度、弹性及成膜性均显著提高，膜材料的玻璃化转变温度达到理想的数值范围，极大地提高了膜材的控释性能，通过改变添加剂用量，可在较少的包膜材料条件下获得较长的控释期。

3) 针对传统包膜控释肥料生产过程中大量使用有机溶剂，从而不可避免的造成了系列的环境问题、操作人员健康问题、肥料生产的经济成本增加等问题，本发明采用绿色包膜工艺，在国内首次自主设计、开发、制造出与膜材料相配套的连续化、自动化包膜控释肥设备与生产线，采用了微量定量喷涂的工艺方法，将几种液态小分子单体直接喷涂到肥料颗粒表面，使膜材料在肥料颗粒表面涂布均匀充分，进行原位聚合反应固化成膜。包膜过程中没有使用任何有机溶剂，也无副产物产生，生产过程不产生任何“三废”污染。

主要技术指标

包膜控释肥料生产线通过材料配比与工艺参数的调整可以生产初期溶出率小于5%，控释期为30~180天的包膜控释肥料，产品可广泛应用于多种农作物，特别是大田作物。可使作物增加产量9~15%，每亩增收100多元；在减氮量25%的条件下，可以保证稳产或增产，降低了因过量施肥而造成的资源与能源的双重浪费。

投资及运行效益分析

控释肥料应用可提高肥料利用率，简化农业施肥，降低农业面源污染，是建立资源节约型、环境友好型农业的重要举措。国内国际产品价格高，难以推广应用至大田作物，限制控释肥料产业的发展。本研究开发的包膜控释肥料可应用于花卉、草坪、果树、蔬菜等各种经济作物上，尤其适用于小麦、玉米、水稻、大豆等大田粮油作物。本成果研制的包膜控释肥料具有价格低廉、膜材可降解的特点，完全适合于推广至大田作物，因此可大幅扩大控释肥料市场，为控释肥料产业的发展铺平了道路，为全面提升我国肥料利用率，减少经济损失与能源损耗，降低农业面源污染，实现我国农业的可持续发展提供技术与产品支撑。据报道，我国现阶段各种缓

控释肥料（含稳定性肥料）的产能近 300 万吨/年，而我国控释肥潜在需求量将不少于 1000 万吨/年，市场潜力极大。该技术的使用可以使生产控释肥的成本进一步下降，从而为大规模的应用至大田作物提供了可能。该技术已经完全成熟，大生产规模可扩大为 8-15 吨/小时，产值达 2-4 亿元/年，具有极为良好的产业化前景。

工程案例介绍

2011 年以方智远院士、夏敬源、武志杰等专家组成的鉴定委员会一致认为该发明专利处于国际领先水平。2012 年 3 月 26 日中国农业大学与中盐安徽红四方股份有限公司签订 600 万元的区域独占许可合同。2014 年，单条年产 108 万吨规模的新型包膜控释肥料的生产线投入生产，该项技术正式进入产业化阶段，产品已经大规模进入市场。

技术名称

盐碱地改良关键技术及产品研制与应用

技术依托单位

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

适用范围

盐碱地改良

技术内容

该成果针对盐碱地盐分表聚严重、盐分组成复杂、土壤结构差以及对作物盐碱危害大等突出问题，从研究调控盐碱地水盐时空运移动态的关键技术与改良产品研制入手，通过近 15 年系统研究，全面构建了适用于盐碱地改良利用的技术体系，大幅度提升了盐碱地的地力水平、产量和综合效益。该成果有以下创新：

（1）突破了限制盐碱地快速高效改良利用的关键技术瓶颈。研制出集控盐、抑盐、节水、培肥、促生等效果于一体的“上膜下秸”控抑盐增产技术，阐明了其应用机理，解决了长期制约盐碱地盐分易“表聚”影响作物出苗的难题，填补了区域盐碱地改良技术研究空白。盐碱地“上膜下秸”控抑盐增产技术被农业部确定为全国主推技术。

（2）研创了适宜于不同类型盐碱地改良产品。研制出实施盐碱地“上膜下秸”控抑盐技术的专用机具，突破“上膜下秸”关键技术实施推广的技术瓶颈，实现了农机与农艺、改良与利用技术的有效融合；利用脱硫废弃物结合有机无机促进剂研发出针对重度、中度、轻度碱化土壤的系列改良剂及其加工方法，并开发出土壤改良剂播撒装置，从而有效解决了碱化土壤中的碱害问题；发现并命名了 9 个抗盐碱微生物新种，该类抗盐碱微生物新种能耐高浓度（10%~15%）NaCl 胁迫，在此基础上建立了培养发酵生产工艺，生产出改良盐碱土壤的微生物肥料，实现了产品产业化生产；研发出适于新垦盐碱荒地快速改良的营养型盐碱地改良剂及能降低 pH 值 2-3 的碱性土壤调理剂配方，有效解决了新垦盐碱荒地土壤贫瘠、盐分含

量高、保水保肥能力差等问题。

(3) 构建了可适用于不同类型盐碱地快速改良利用的技术体系。集成建立了盐化耕地快速改良与增产技术体系、碱化土壤快速改良与培肥技术体系、新垦盐碱荒地快速改良与培肥技术体系。制订了 10 项适用于不同类型盐碱地的抗盐增产地方法标准并颁布应用。

投资及运行效益分析

我国盐碱地面积 5 亿亩，存在着严重的盐害、碱害的潜在威胁，再加上不合理的农业管理措施，使土壤盐渍化问题突出。改良与利用盐碱地资源对于提高我国耕地综合生产能力，增加耕地数量，保障粮食安全，实现盐碱地高效持续利用，具有重要战略意义和现实意义。本研究形成的技术成果实施简单，成本低，易被农民接受，适用于广大盐碱地，预计这些技术在我国盐碱地改良与应用上发挥更大的作用。

该成果自 2010 年开始整体应用，累计推广面积 1154 万亩，增产 100.71 万吨，新增经济效益 24.59 亿元。

工程案例介绍

整体技术在内蒙古等地示范推广应用后，取得了显著的经济、生态与社会效益。

技术名称

高效能日光温室建筑热工设计理论与方法

技术依托单位

北京工业大学

适用范围

温室建筑设计施工

技术内容

日光温室以我国独创的设施农业建筑形式“反季节”生产蔬菜，有效解决了北京及广大北方地区蔬菜四季均衡供应问题，已经成为保证城镇居民“菜篮子”安全供应的重要生产设施。然而，采用传统而原始的建筑材料和建造方法建造的日光温室，由于缺乏科学的理论和技术方法，其光热湿环境控制技术水平低、土地利用效率低、热湿环境质量差，致使冬春季蔬菜的产量和品质不高，难以保证日光温室鲜食蔬菜全年优质高效生产。

本项目从解决日光温室冬春季蔬菜“反季节”生产过程的光热湿环境质量保障问题出发，遵循建筑技术科学逻辑，坚持运用建筑环境与节能工程学科与设施园艺学科的原理和方法，通过研究日光温室建筑热工设计理论与方法、高性能相变蓄热墙体材料制备技术、太阳能光热利用技术，形成了一套高效能日光温室建筑光热湿环境质量控制技术体系，为京津冀及北方地区日光温室鲜食蔬菜全年优质高效生产提供重要技术保障。

投资及运行效益分析

项目将相变储能技术及其墙体构筑技术、太阳能光热利用技术、现代人工环境节能调控技术与传统日光温室建筑技术有机融合，研发高效能日光温室建筑光热湿环境控制技术，大幅提高现有日光温室鲜食蔬菜全年产量和品质，对确保城镇居民鲜食蔬菜安全供应，走出一条高效低碳的设施农业现代化道路具有非常重要的意义。

工程案例介绍

研究结果在我国北京、山西、新疆等地日光温室示范点的应用效果显著，提高了土地利用率，保证了日光温室鲜食蔬菜全年优质高效生产。

技术名称

杏和李产业技术与试验示范

技术依托单位

北京市农林科学院林业果树研究所

适用范围

杏和李果树栽培

技术内容

“公益性行业（农业）科研专项‘杏和李产业技术与试验示范’”（项目编号：201003058），北京市农林科学院林业果树研究所为项目第一承担单位，首席专家王玉柱研究员，协作单位 7 个，参加单位包括杏和李相关研究的科研单位和高校共 25 个。项目针对我国杏和李产业发展过程中产前、产中和产后环节存在的问题，从杏、李资源收集评价、新品种选育、优质高效栽培、病虫害防治到采后加工一系列环节进行技术与示范，构建杏、李产业支撑技术体系，力争为我国杏和李产业可持续健康发展服务。

项目根据我国杏和李产业现状和不同栽培区域的特点，开展了种质资源收集与评价、新品种选育、优质高效栽培、病虫害防控及加工等技术研究；收集杏、李和果梅种质资源 145 份，构建了核心种质，筛选出高糖、高酸、香气浓、抗蚜虫等特异种质资源；育成了审（认）定或申请保护新品种 16 个，其中杏 6 个、李 10 个；研发出了杏和李抗晚霜、花果管理、水肥管理和环境友好型农药施用等优质安全丰产栽培技术；研发杏和李制干、膨化、杏仁油提取新工艺等技术。申报专利 10 项，获得授权专利 5 项；制订国家标准 1 项、行业标准 1 项、地方标准 13 项；集成了单项实用技术 12 项；建立示范基地 50 个，总面积约 3 万亩。

投资及运行效益分析

1) 杏李新品种示范应用情况与推广前景

“金宇”是极早熟杏品种，比生产中大面积推广应用的‘金太阳’早熟 5 天，

果个中大、果面光亮洁净、品质佳、适应性好，丰产性和连续结果能力强。市场价格每公斤 6 元，比金太阳提高 2 元，按高接后 3~5 年亩产量 1664 公斤，亩效益为 9984 元。目前果农引种试栽的积极性高。

“金辉”属早熟杏品种，结果早，果个大，果面光亮洁净，外观美丽，内部品质佳，耐贮运，丰产，连续结果能力强，适应性好，经济效益较高。高接后 3~5 年亩产量可达 1932 公斤，按每公斤 5 元计算，金辉的亩效益可达 9660 元。

2) 杏李加工新技术示范应用情况与推广前景

在新疆巴州轮台县国家果树资源圃和新疆喀什地区泽普县，建立了杏（李）太阳能制干技术示范点 2 个，在示范点共组建 40 台套太阳能干燥装置；同时选择小白杏和黑琥珀作为杏、李制干品种开展杏（李）太阳能制干工作。

在新疆大宗农副产品精深加工工程技术研究中心建立杏（李）片变温压差膨化加工中试生产线 1 条，年产 1.5 吨杏（李）产品。

根据当地实际情况，联合课题协作企业-新疆轮台县杏宝果品工贸有限公司建立杏仁油加工生产线 1 条，生产杏仁油产品。生产杏仁油年量达 50t，实现经济效益 350 万元的产值，利润 45 万元。

3) 植物精油药剂应用情况与推广前景

目前杏李果园普遍存在滥用农药或随意加大使用浓度现象，对天敌种群造成较大影响，果品中也会产生农药残留，对人体健康不利。开发植物精油杀虫剂对于保护环境、提供优质果品具有重要意义。

工程案例介绍

1) 北方杏李产区新技术示范应用情况与推广前景

该技术在保定市迅速推广应用。截止到 2014 年 10 月，保定市推广面积已达到 1200 多亩，低产劣质李园全部实现了标准化生产，每亩产量平均达到了 1458 公斤，较项目实施前每亩增产 368.2 公斤，产量平均提高了 33.8%，优质果率平均为 87.5%，五年来累计向社会提供优质李 875 万公斤，增产值 441 万元，新增纯收入

355 万元。该技术在高邑县推广的 1500 亩李子已全部实现了标准化生产，每亩产量平均达到了 1532.4 公斤，较项目实施前每亩增产 424.1 公斤，产量平均提高了 36.2%，优质果率平均为 89.3%，五年来累计向社会提供优质李 1149 万公斤，增产值 786 万元，新增纯收益 634 万元。低产劣质李园改造关键栽培技术示范和推广，对调整我省农业产业结构，加快山区绿化和生态环境建设，改善山区生态环境、社会环境 and 经济状况具有重要意义。

2) 南方产区新技术示范应用情况与推广前景

在江苏溧水和宜兴建立果梅示范基地，推广了果梅省力化修剪技术，该项技术基于简化修剪的理念，和常规修剪不同，修剪技术以疏枝为主，轻短截促进短枝的形成。推广面积 100 亩。制定了《果梅生产技术规程》和《果梅省力化修剪技术规程》，用于指导果梅生产。其中江苏省质量技术监督局和江苏省农委立项的《果梅生产技术规程》已通过专家论证，并即将颁布实施，主要内容包括建园、整形修剪、土肥水管理、花果管理、病虫害防治和果实采收。

技术名称

青海云杉扦插育苗技术规程

技术依托单位

中国林业科学研究院林业研究所

适用范围

青海云杉和相关云杉种的苗木扦插繁殖

技术内容

青海云杉 (*Picea crassifolia* Kom.) 是青海省荒山造林和天然林更新的主要树种, 但青海云杉实生苗生长缓慢, 培养周期长, 一般需要培育 6-7 年才能出圃。据大量的报道可知, 扦插苗比实生苗前期生长快。而且扦插这种无性繁殖方法, 操作简单, 繁殖速度快, 繁殖系数高, 成本低, 以青海云杉为例, 一年生扦插苗高 10-12cm, 三年即可出圃。同时能够保持母本的优良性状。使优良遗传材料迅速无信息化, 为选育良种提供技术依据和物质基础。因此青海云杉无性繁殖技术已引起广大育种工作者的重视。但青海云杉是较难生根的树种之一, 该树种的扦插育苗技术规程国内还未见报道, 因此, 此成果可以使青海云杉扦插育苗比播种苗提前 3-4 年出圃, 根系发达、造林成活率也高。这不仅大大缩短了育苗周期, 降低了苗木的成本, 而且可以在短时间内为社会提供大量优质青海云杉苗木, 并为青海云杉良种化提供了技术保障。

主要技术指标

该成果主要试验方法和技术指标如下: 该成果中涉及的每个试验项目, 包括母树生理年龄对扦插的影响、IBA 和 ABT 两种不同激素处理对青海云杉硬枝扦插影响试验、IBA 不同浓度浸泡处理对扦插生根的影响、IBA 不同浸泡时间处理对青海云杉扦插生根影响、S3307 不同浓度浸泡对扦插生根的影响、IBA 和 S3307 不同浓度混合浸泡插穗条对扦插生根的影响、IBA 和蔗糖不同浓度混合浸泡对扦插生根的影响、不同基质对青海云杉扦插生根的影响、插穗基部保留和摘取针叶对扦插生根的

影响，都进行了 3-5 次的试验，试验组合 20-30 个处理。每次试验中采取随机完全区组设计，3 次重复。扦插 20 天后每隔 7 天，由专人负责定期测量生长情况。试验期末，测量各项组合的生根情况及根系情况，调查指标包括：苗高、地径、新梢长、一级侧根数、一级侧根长和二级侧根数。试验所采集的数据均按混合线性模式，用 SAS6.12 统计软件和 GLM 模块进行统计分析。标准中的各项数据是经过 2012 年至 2014 年多次扦插、出苗、炼苗、造林试验后总结出来的。

投资及运行效益分析

青海云杉是西北地区造林和城市绿化的重要树种，但云杉属树种早期生长慢，性成熟较晚，实生种子园和无性系种子园由建园到生产可用种子需要相当长的一段时间，良种进程缓慢，严重影响经济效益和遗传改良进程。不过云杉属树种具有较易无性繁殖的生物学特性，用无性繁殖来保持后代的优良性状要比种子繁殖可靠得多。固定天然的，人工杂交的以及突变后经人工选择的优良基因型，避免良种在实生繁殖过程中发生分化，是林木遗传改良的重要目标，实现此目标的一个重要手段是无性系繁殖。扦插繁殖作为一种最典型、简便和经济实用的无性繁殖技术，在云杉无性系林业研究中受到广泛重视。

云杉无性系林业的长足发展必须要有大量优质的无性繁殖材料为保证，采穗圃是专门提供优质种条——插条的繁殖圃。提高采穗圃经营技术，加强采穗母株管理，促使云杉产生更多、更饱满的芽，进而使芽生长成健壮的可用枝条。此外扦插前激素及其浓度、浸泡时间、穗条营养状态、扦插基质等处理技术对扦插生根的影响显著。本项目所取得的成果，正好可以解决这一瓶颈问题，成为青海云杉扦插苗木繁殖培育的一个重要途径，同时适宜包括青海云杉和相关云杉种的苗木扦插繁殖。因此，本项目所取得的技术成果和生产的苗木应用前景广阔。

工程案例介绍

该成果中涉及的每个试验项目，包括母树生理年龄对扦插的影响、IBA 和 ABT 两种不同激素处理对青海云杉硬枝扦插影响试验、IBA 不同浓度浸泡处理对扦插生

根的影响、IBA 不同浸泡时间处理对青海云杉扦插生根影响、S3307 不同浓度浸泡对扦插生根的影响、IBA 和 S3307 不同浓度混合浸泡插穗条对扦插生根的影响、IBA 和蔗糖不同浓度混合浸泡对扦插生根的影响、不同基质对青海云杉扦插生根的影响、插穗基部保留和摘取针叶对扦插生根的影响，都进行了 3-5 次的试验，试验组合 20-30 个处理。每次试验中采取随机完全区组设计，3 次重复。扦插 20 天后每隔 7 天，由专人负责定期测量生长情况。试验期末，测量各项组合的生根情况及根系情况，调查指标包括：苗高、地径、新梢长、一级侧根数、一级侧根长和二级侧根数。试验所采集的数据均按混合线性模式，用 SAS6.12 统计软件和 GLM 模块进行统计分析。标准中的各项数据是经过 2012 年至 2014 年多次扦插、出苗、炼苗、造林试验后总结出来的。

技术名称

羔羊早期断奶和快速育肥关键技术研究与应用

技术依托单位

中国农业科学院饲料研究所

适用范围

现代羔羊育肥产业

技术内容

发展现代化的优质羔羊生产体系，需要母羊的多胎和多产，要求母羊能够达到 1 年 2 产或 2 年 3 产，这需要羔羊早期断奶；本项目通过揭示羔羊由非反刍到反刍特殊生理阶段消化、免疫系统发育规律和生理参数，研发专用羔羊代乳品供给羔羊快速生长发育所需要的营养物质；使得羔羊吃完初乳后能够早期断奶，达到快速生长的目标。早期断奶有利于母羊及早恢复体况，进入下一个繁殖周期；有利于羔羊的消化系统发育，提高进食水平，减少疾病的垂直传播。

1) 发现了早期断奶羔羊生理代谢规律。发现了 0-2 月龄羔羊体重、体尺、营养物质消化代谢均随日龄呈线性增长并建立了早期断奶羔羊的体重、体尺、营养物质消化率预测模型；早期断奶提高了瘤胃重量 19.58%、瘤胃背囊乳头高度 55.69% 和瘤胃腹囊乳头高度 22.96%，促进了瘤胃发育；明确了羔羊瘤胃微生物区系发育规律，杆菌门（Bacteroidetes）和壁厚菌门（Firmicutes）是羔羊瘤胃微生物优势菌群。DDGE 指纹图谱显示早期断奶增加了瘤胃微生物种类和数量，促进了瘤胃微生物菌群的发育。

2) 提出了羔羊代乳品适宜营养素指标。以植物源营养素为主的羔羊代乳品适宜营养成分含量为 CP 25.6%，EE 14.5%、DE 16.7%、Ca 1.48%、P 0.78%，其与乳源代乳品（或母乳）效果相当。

3) 提出了早期断奶羔羊适宜断奶日龄和饲喂制度。提出羔羊早期断奶饲喂代乳品的适宜日龄为 17-20 日龄，而最早可于 7-10 日龄断奶饲喂代乳品，断奶后羔

羊生长性能与哺乳羔羊相当。建立了早期断奶羔羊饲喂规范：20-50、50-70 和 70-90 日龄时代乳粉适宜饲喂水平分别为体重的 2.0%、1.5%和 1.0%。

4) 发现了早期断奶技术有助于提升羊肉品质。早期断奶不影响羔羊的屠宰率、滴水损失、系水力等屠宰指标，但饲喂代乳品增加了肌肉脂肪沉积，多不饱和脂肪酸含量增加 1.96 倍，单不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸含量降低 24.57%，有助于改善羊肉品质。

5) 建立了羔羊早期断奶直线育肥模式。早期断奶对母羊的益处在于有利于母羊产羔后体况的恢复和下一轮的发情；饲喂代乳粉可改善羔羊组织发育和屠宰性能，并有利于后期育肥阶段羔羊的生长；尽早断奶可提高肉羊饲养的盈利水平。

主要技术指标

开发了羔羊代乳品及开食料。基于我国羔羊的生理营养和植物源营养素原料特点，首次研发出具有自主知识产权的羔羊代乳品，营养调节剂及开食料。上述产品代替母乳饲喂羔羊，可以减缓断奶应激，使用效果显著，60 日龄羔羊日增重超过随母哺乳羔羊。建立了羔羊早期断奶的饲喂技术。通过羔羊早期断奶技术的研究，确定了最佳断奶日龄，提出了羔羊代乳品适宜的饲喂量 20-50d、50-70d 和 70-90d 分别为体重的 2.0%、1.5%和 1.0%；发明了羔羊哺乳期、提高了断奶羔羊的饲喂效果。建立了断奶羔羊直线育肥新技术模式。研究提出了牧区羔羊育肥新模式，饲喂代乳品至 60 日龄后转入育肥阶段，提出了饲料配方及配制技术，可使羔羊 5 月龄体重达到 40 公斤以上，屠宰率达 49%；羔羊早期断奶促进了母羊体况恢复，缩短了繁殖周期。

投资及运行效益分析

将羔羊早期断奶技术和常规育肥实用技术有效结合，为现代羔羊育肥产业的发展提供全方位综合配套技术，可操作性强。本项目研发的技术经过示范与推广，深受养羊户的青睐，逐步被养羊者所接受，在生产实际中产生的经济、社会、生态效益显著。

技术名称

进出口水果检疫性有害昆虫除害处理技术

技术依托单位

中国检验检疫科学研究院

适用范围

水果的检疫除害处理

技术内容

全球经济一体化进程推进和“一带一路”战略实施使我国与世界的互联互通日益频繁，海量进出境人员、货物及其载体导致外来生物入侵形势日趋严峻。检疫处理作为国境口岸防控生物入侵的技术措施，可在有效杀灭有害生物的同时保持货物品质，不仅是国门生物安全防御体系的重要组成部分，更成为满足进口国检疫要求、推动产品国际市场准入的重要技术手段。本项目针对增长迅速、检疫风险较高、处理难度较大的水果、花卉、大型景观植物等鲜活农产品进行检疫处理技术、标准和专用装备的开发，以期提升我国检验检疫行业的技术水平，保卫国门生物安全，助推我国优质农产品走向国际市场。

项目主要创新点如下：

1) 溴甲烷精准熏蒸成套技术、标准与装备：

研究确定了不同温度下 5 种进出口苹果携带的山楂叶螨、桃小食心虫苹果蠹蛾等 3 种主要检疫性有害生物的溴甲烷熏蒸处理指标，建立了溴甲烷检疫熏蒸库技术要求 and 操作规程，研制了熏蒸气体浓度检测、报警设备和智能化控制系统。

2) 磷化氢低温熏蒸技术、装备与标准：

在阐明磷化氢纯气对昆虫的毒理机制的基础上，明确了进出境水果花卉携带的苹果蠹蛾、番石榴实蝇、西花蓟马等 9 种重要检疫性有害生物的熏蒸技术指标；研制了磷化氢专用熏蒸装备；建立了磷化氢残留检测方法，满足国内外相关限量要求。

3) 新型物理处理技术与标准

研究了进出境苹果中桃小食心虫、梨小食心虫对辐照剂量的响应规律，建立检疫辐照处理的最低吸收剂量和标准；研究建立了花卉热处理方法，明确了西花蓟马等花卉有害生物的热处理技术指标。

4) 水果真菌病害采后处理技术

研究建立了出口鸭梨黑斑病菌氧硫化碳熏蒸、混合药剂处理和丙酸联合热处理技术，可在有效杀灭目标真菌病害的同时保证水果品质，残留满足进口国农残要求，研究成果达到国际先进水平。

5) 大型景观植物处理技术

研究建立了大型景观植物根部土壤滴灌处理技术，标准和配套装备，在有效杀灭目标真菌、线虫的同时，保障了罗汉松等大型景观植物的顺利进境。

工程案例介绍

本项目建立的技术、标准和装备在北京、深圳、广东、云南、山东、河北、宁波等国境口岸广泛应用，有效提升了检验检疫行业的技术水平和生物入侵防控能力，在促进我鸭梨对美国 and 加拿大出口、苹果对美国 and 俄罗斯出口、花卉对日本、澳大利亚、马来西亚出口，以及应对美国柑橘、马来西亚菠萝、越南火龙果等输华产品检疫不合格事件中发挥了重要作用。

技术名称

农产品中典型化学污染物精准识别与确证检测关键技术

技术依托单位

中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所

适用范围

农产品检测

技术内容

农产品质量安全事关国计民生与社会稳定，备受政府和消费者关注。我国每年由农产品质量安全事件导致的经济损失巨大，仅 2011 年的瘦肉精事件就造成肉品加工企业经济损失超 120 亿，化学污染物仍是影响我国农产品质量安全的重要因素。目前，农产品中化学性污染物的检测存在着快速检测产品品种不全、高通量多组分确证技术覆盖面窄等问题，严重制约了我国农产品质量安全的有效监管和质量安全水平的提高。针对上述问题，本项目在 863 等课题支持下，经系统研究和攻关，取得多项关键技术突破。主要技术创新如下：

1) 研发了基于酶抑制的农药多残留速测技术，创建了纳米增敏仿生快速识别农畜产品中痕量物质的光学传感筛查技术。研发了酶抑制法的核心配方，构建了能快速筛查有机磷和氨基甲酸酯类农药的速测技术。研制了系列磁性功能化分子印迹聚合物及基于仿生识别技术的 SPR 芯片，创制了复杂基质痕量物质的磁性分离与表面印迹高效识别的同步化荧光竞争技术，实现了基于分子印迹仿生识别技术的农产品中农兽药残留的快速检测。

2) 探明了影响竞争免疫检测敏感性的关键因子，创建了免疫检测增敏和复杂基质干扰控制技术，开发出 23 种稳定准确的试剂盒（试纸条）。探明了半抗原亲脂性与连接臂碳链长度的相关性、标记酶与样品基质种属亲缘关系等影响竞争免疫检测敏感性的关键因子，制备得到亲和力常数 K_a 均可达 10^8 L/mol 以上的农兽药等 22 个典型化学污染物抗体。发明了基于 4-羟基-4-碘联苯、对咪唑苯酚、对碘

苯酚的化学发光核心增敏配方，创制出 16 种酶联免疫试剂盒、3 种金标试纸条、4 种化学发光试剂盒。

3) 创建了典型化学污染物系统配套的确证检测技术体系。针对农产品中痕量化学污染物与样品杂质分离难度大的问题，创建了分子印迹固相萃取、混合分散固相萃取、凝胶渗透色谱等模块化样品净化单元，实现了农兽药、违禁添加物等 18 套典型化学污染物的多残留确证检测，满足了从农田到餐桌全程检测的需求。

获得国内外授权专利 20 项，其中发明专利 12 项。开发出 23 种快速检测试剂盒（试纸条），制订标准 16 项，发表论文 112 篇，其中 SCI 论文 37 篇。

主要技术指标

开发出 20 种稳定准确的试剂盒；构建了覆盖农兽药残留、农药助剂、违禁添加物和环境污染物等共计 400 余种危害因子的 25 套多残留同步确证检测技术体系

投资及运行效益分析

该成果在全国 31 个省市的农产品龙头企业、质检风评机构、科研院所及种养殖基地等 1000 余家单位应用，2013-2015 年新增销售额 6023.62 万元。对促进农产品质量安全检测技术进步、保障消费安全做出了突出贡献，经济社会效益显著。

工程案例介绍

技术产品在全国 31 个省市的农产品龙头企业、质检风评机构、科研院所及粮油、果蔬、肉、蛋、奶种养殖基地等 1200 余家单位得到广泛应用，推动了农产品质量安全检测技术进步，对保障农产品消费安全做出了重要贡献。

技术名称

大白菜优异种质创新和多样化系列品种选育与推广

技术依托单位

北京市农林科学院

适用范围

大白菜育种、种质资源创新和新品种培育

技术内容

本项目针对我国大白菜根肿病和黄萎病等新的流行病害危害严重、优异种质资源匮乏、育种技术不完善与突破性品种少等问题，以提高品种的多抗性、耐抽薹和耐贮运为育种目标，建立多抗性鉴定和高通量分子标记辅助选择技术体系，选育优势强、综合性状优良、类型多样的新品种，创建了育繁销一体化的产业化模式，取得了一系列重要创新成果。

1) 建立了多抗性精准鉴定与分子标记辅助选择相结合的白菜高效育种技术体系：在国内首次建立了黄萎病和根肿病精准抗性评价技术：国际上率先开发出覆盖白菜全基因组的 583 个 SNP 标记，建立了高通量背景选择技术体系：开发出抗霜霉病、耐抽薹等 7 个性状的功能基因或紧密连锁的 SNP 标记，并建立了高通量分子标记辅助育种技术平台。

2) 创制出聚合、优质等多种优异性状白菜新种质：通过多材料复合杂交结合抗性鉴定和分子标记辅助定向选择，创制了聚合抗病、优质等优异性状的白菜骨干亲本材料 100 余份，显著拓展了优异种质群。其中京秋 4 号亲本之一“改良 3 号小”聚合了直筒叠抱、耐贮运、耐干烧心、抗霜霉病、TuMV 和黑腐病等多个优良性状。首次创制出兼抗 4 种主要病害的自交系 4 个。

3) 培育出 6 个满足多样化需求和适于周年生产的新一代突破性白菜新品种：“京秋 4 号”复合抗性强、优质、耐贮运，成为华北、东北地区的秋季大白菜主栽品种之一；春播晚抽薹品种“京春黄”和抗根肿病的品种“京春 CR”，在我国高

原和高山春夏播大白菜产区得到大面积推广应用，开始替代韩日品种，实现了高端品种的“本土化”；“京春娃 2 号”打破了国外品种的垄断，成为国产娃娃菜第一大品种；高品质、速生苗用品种“京研快菜 2 号、4 号”，实现了周年栽培，改变了生产上长期缺乏冬春和夏季栽培专用品种的局面。

4) 创建了高效配套的白菜杂交种生产和产业化关键技术：国内率先实现了大白菜杂交种生产全程机械化，建立了可规模化用于商品种真实性和纯度鉴定的 SSR 和 SNP 标记检测技术体系和种子丸粒化加工技术，为推进良种产业化提供了技术支撑。

5) 取得了显著的经济和社会效益：2010 年以来，累计销售白菜种子 326 万斤，累计推广面积约 1630 万亩。“京研种业”公司白菜种子 7 年累计销售额 2.58 亿元，产业化规模居全国同行业首位：秋播品种“京秋 4 号”约占华北和东北秋大白菜主产区 25%，被农业部连续 2 年列为唯一的大白菜主导品种：娃娃菜和快菜品种占全国市场份额的 30%。项目实现间接经济效益 140 亿元。

投资及运行效益分析

本项目育成的优质多抗大白菜新品种京秋 4 号、京春娃 2 号、京春黄、京春 CR、京研快菜 2 号和京研快菜 4 号，商品性突出，符合消费者日益增长的对高品质及类型多样化需求，适应性广，丰产性好，较原有主栽品种增产 10%以上，增收显著；复合抗性强，生产中减少了农药使用量，降低种植成本，受到种植者欢迎。项目实施期间，新品种在全国 28 个省（市区）累计推广 1390 万亩，创社会效益 140 亿元；其中，近三年推广面积为 695 万亩，新增经济效益 69 亿元。

工程案例介绍

1) “京秋 4 号”在北京、河北、辽宁、山东、黑龙江、天津等地大面积推广，成为华北和东北地区秋播大白菜生产基地的主栽品种之一，占辽宁、河北、北京等地秋大白菜市场份额的 25%左右，为我国北菜南运最大的大白菜品种。近几年继续扩大至河南、江苏、安徽的部分地区种植。2014、2015 年连续被农业部列为

唯一一个大白菜国家主导品种。累计推广 530.6 万亩，创社会效益 53.1 亿元；其中，近三年推广面积为 282.7 万亩，新增经济效益 28.3 亿元。

2) “京春娃 2 号”在河北固安县、张北县、康保县、云南通海县、甘肃永登县等地大面积推广，在产地受到广泛欢迎。与国外品种相比，除具备晚抽薹、黄心等优良性状外，还具有株型较细、紧凑，更适于密植优点，种植密度比进口品种提高 25%，每亩可多收娃娃菜 1000-1500 棵，亩增加收入 300-500 元。京春娃 2 号累计推广 223.8 万亩，成为推广面积最大的国产娃娃菜品种，占全国市场份额的 30% 以上。

3) 春播晚抽薹大白菜“京春黄”和抗根肿病的大白菜品种“京春 CR”，打破了国外品种的垄断，逐步实现了高端品种的“本土化”，在高原夏菜区张家口、兰州、云南通海和根肿病严重危害区湖北长阳、恩施、云南通海、大理、陕西太白进行了示范推广，累计推广面积 70.6 万亩。

4) 育成苗用大白菜新品种京研快菜 4 号和京研快菜，分别适宜冬春季和夏秋季栽培，在生长势、商品性、抗性方面优于现有品种，实现了周年栽培品种配套。京研快菜 2 号和京研快菜 4 号 2011 年通过北京市农作物品种鉴定。快菜系列品种年推广面积超过 60 万亩，累计推广面积超过 565 万亩，全国市场占有率超过 30%，快菜育种步入国内领先水平。

5) 出口创汇效益：品种受到国际市场的认可，和美国-Alt 种子公 司、加拿大 AgroHaitai Ltd.、俄罗斯“SEDEK”、马来西亚“LECKAT”、香港蔡兴利种子公司合作，白菜种子出口到美国、荷兰、马来西亚、俄罗斯等国，累计出口产值约 500 万元。

技术名称

饲料中霉菌毒素生物降解技术创新与产业化应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

饲料

技术内容

我国粮食和饲料普遍受到霉菌毒素污染，其中黄曲霉毒素（AFT）、玉米赤霉烯酮（ZEA）和呕吐毒素（DON）等污染最为严重。物理化学方法效果不稳定、营养成分损失大。吸附剂法对 AFT 效果较好，但对 DON 和 ZEA 效果不佳，对维生素、微量元素的吸附作用降低了其利用率。生物降解法具有特异性强、解毒效率高、不影响饲料营养价值等特点受到重视。本技术主要从毒素降解菌的筛选、作用机理、动物应用效果、新型霉菌毒素生物降解剂的创制、规模化发酵生产、饲料霉菌毒素污染控制、成果推广应用等方面进行研究，为全面控制和解决饲料霉菌毒素污染问题奠定基础。

1) 从自然界样品中筛选到 1 株对饲料 AFT 降解效率大于 80%的枯草芽孢杆菌（*Bacillus subtilis*）ANSB060、1 株对饲料 ZEA 降解效率高达 85%的枯草芽孢杆菌 ANSB01G 和 1 株对饲料 DON 降解效率高达 95%的枯草芽孢杆菌 ANSB471。筛选到 1 株高效降解 AFT 的橙红色粘球菌，并对黄曲霉毒素降解酶进行分离纯化研究。

2) 解毒作用机理研究表明，在菌株所产酶的作用下，AFT 分子氧杂萜邻酮环上的芳香内酯键被裂解；ZEA 分子中酚羟基首先与谷氨酸的 γ -羧基结合，然后内酯环水解、脱羧、还原羰基、最后脱水；DON 分子中环氧基被破坏，生成去环氧化合物（DOM-1）。这些解毒机制是新的代谢途径，国内外未见报道。

3) 将以上 3 株枯草芽孢杆菌进行工业化发酵生产，优化中试发酵参数，研制高效霉菌毒素生物降解剂，已获得饲料添加剂生产许可和批准文号，证号为饲添

(2012) 3160, 该添加剂为国内外首个同时降解饲料多种主要毒素的生物降解剂。

4) 该制剂的蛋鸡、肉鸡、肉鸭、猪、奶牛等的应用效果试验结果表明, 其对缓解动物 AFT、ZEA 和 DON 中毒, 增加动物生产性能的作用效果十分显著。

5) 调研我国近 7 年饲料霉菌毒素污染情况, 完成《饲料霉菌毒素含量分析技术规范》、《饲料霉菌毒素生物降解剂有效性体外评定方法》、《霉菌毒素污染控制添加剂产品使用规范》等技术文件, 综合运用各技术成果, 为饲料企业和养殖者提供合理的霉菌毒素污染控制技术和解决方案。

主要技术指标

与目前应用较多的吸附方法相比, 克服了吸附剂对 DON 等效果不明显和对微量养分的吸附作用; 与国内外其它毒素生物降解技术相比, 首次实现了采用益生枯草芽孢杆菌同时降解饲料中多种主要霉菌毒素, 降解率比文献报道有明显提高。推广应用表明, 应用该成果可减少动物各类毒素慢性中毒症 70%以上, 提高禽产蛋量 5%以上, 提高猪等日增重 7%以上, 改善饲料转化效率 10%以上, 实现毒素及其代谢物在肉、蛋、奶、内脏中 0 残留。

投资及运行效益分析

成果推广应用到全国 29 个省市, 约 500 家饲料生产企业和 2000 多家养殖企业, 累计为饲料生产企业和养殖企业增收节支约 22.8 亿元, 经济和社会效益十分显著。

技术名称

马铃薯绿色高效生产关键技术研究示范

技术依托单位

中国科学院微生物研究所

适用范围

马铃薯绿色高效生产

技术内容

“马铃薯绿色高效生产关键技术”体系涵盖多项新技术，其原理分项说明如下：

1) 环保肥料增效剂：利用微生物代谢产物复配改性天然纳米材料研发出的环保肥料增效剂，具有三维微纳网络结构，既可以通过发酵产物延缓氮素降解，又可通过氢键等弱作用力将氮素装载进三维网络结构中，从而减缓养分流失。

2) 农药控失剂：利用纳米网状天然材料装载农药分子，借助叶面粗糙的微观结构将农药分子滞留在叶面上，从而提高农药的附着力，降低流失，提高药效，减少污染。

3) 疮痂病综合防治：将免疫诱导剂、功能菌剂、化学农药、苗床等技术有机集成，形成了“提高种苗免疫力、调控土壤微生态、隔离病源、土壤消毒”的种薯疮痂病综合防控体系，可有效降低发病率和病情指数。

4) 病毒分子检测试剂盒：根据反转录多聚酶链式反应（RT-PCR）原理，应用多重 PCR 技术，研发了病毒分子检测试剂盒。

5) 废弃茎叶提取茄尼醇：发明了利用新型吸附材料，从马铃薯废弃茎叶中提取茄尼醇的技术，通过逆流连续萃取工艺，获得高纯度（>90%）茄尼醇纯品。

6) 拌种剂和叶面肥助剂：利用改性纳米材料研发了助剂，可减少传统产品中的养分流失，增强附着力，提高利用率，提高产量，改良品质。

7) 马铃薯捡拾机：研发了集捡拾、去杂、装袋为一体的自动捡拾机，每台可

收获 30 亩/天，可替代劳动力 30 个，收获效率提高了 25 倍以上。

8) 中龙薯 1 号：选育出一个马铃薯新品种，具备早熟、高产、抗病等特点，弥补了市场缺乏加工型品种的不足。

主要技术指标

化肥、农药利用率提高 30%，病害发生率减少 20%，平均增产 19%；肥药用量减少 20%不减产；收获效率提高 25 倍，节约收获用工 1 个/亩；减少化肥、农药淋融流失 15%，有效缓解面源污染；平均节本增收约 200 元/亩，产投比 12.5：1 左右，在宁夏马铃薯产区示范推广 105 万亩，创造直接经济效益 2.1 亿元。

投资及运行效益分析

(1) “马铃薯绿色高效生产关键技术研究示范”技术体系在宁夏自治区海原县、原州区、西吉县等地示范应用 105 万亩，实现马铃薯增产 19%以上，减少肥料农药用量 20%，减少病害 20%，收获效率提高 25 倍以上，同时可以节约收获用工 1 个/亩，节本增收 200 元/亩，创造直接经济效益 2.1 亿元，具有显著的经济、社会和生态效益。同时，该技术体系环境友好、成本低廉、操作简便、效果显著，符合国家提倡的农药减施增效、农业提质增效的高效环保的发展方向。

(2) 新型肥料增效剂单项技术可使大田马铃薯亩产提高 10%以上，使玉米增产 8%左右，应用推广潜力较大。土壤肥料养分化验结果表明，新型环保肥料增效剂能极显著的提高作物对氮和钾的吸收和的农学利用率，减少养分残留和流失 15%以上，同时还能通过离子置换等方式大幅度减少土壤全盐分含量（降低 79.76%以上），改善土壤环境。

(3) 农药控失技术自 2010 年，已经在棉花、小麦、水稻、马铃薯、林业等农林作物上，针对除草剂、杀虫剂和杀菌剂，做了近 10000 亩大田实验。结果表明，控失农药具有显著的减量、减次、增效、延效、降流失等作用，不仅节约农业成本，还能保护环境。每亩可节约工本 80 元，具有显著的经济和社会效益。

(4) 目前国际市场上高纯度茄尼醇的价格约为人民币 280-310 万元/吨，由于

辅酶 Q10 在保健品、药品、化妆品等领域的应用日渐广泛，作为生产辅酶 Q10 不可替代的重要中间体，高纯度茄尼醇的需求也是日益增高，每年需求量增长幅度达到 15-20%，因此生产高纯度茄尼醇具有良好的经济效益。

(5) 自 2013 年起，宁夏农垦马铃薯种薯繁育中心应用“马铃薯疮痂病综合防控技术”之后，疮痂病发病率平均降低 15%，平均每栋温室每年降低经济损失约 3.6 万元。马铃薯疮痂病综合防控技术对宁夏马铃薯产业的发展也会起到一定促进作用。

(6) 马铃薯高效叶面肥的应用可以有效增强叶面肥的附着力，提高其利用率，促进作物生长和发育，缓解作物因缺肥引起的病害，提高产量，改善品质。该技术已在宁夏马铃薯上小面积示范，结果表明可以有效提高叶面肥利用率、增加叶绿素、促进马铃薯生长和发育，每亩可增产 5%以上，经济、社会和生态效益显著。

(7) 拌种剂助剂可以有效促进马铃薯发芽，抑制病害发生，减少拌种剂有效成分流失，增强并延长拌种剂的效果，该技术在宁夏马铃薯上小面积示范，单项技术能使马铃薯出苗率提高 10%以上，增产 4%以上，具有显著的经济和社会效益。

(8) 马铃薯捡拾机生产成本仅为 5 万元/台，每天可收获马铃薯 30 亩，每台可替代劳动力 30 个，节约收获成本约 150 元/亩。

(9) 自 2012 年在宁夏示范推广以来，病毒分子检测技术的应用，及时剔除了带毒种苗和种薯，避免了由病毒感染导致的减产，减少了经济损失，取得了良好的社会效益。

工程案例介绍

所研发的技术已在多区域、不同作物上进行了成功的试验，技术非常成熟，安全性高。环保增效肥料、控失农药、疮痂病综合防治、病毒分子检测试剂盒、拌种剂助剂、叶面肥助剂等技术已在宁夏、内蒙等省区进行了大面积试验示范，其中肥料增效剂已推广 30 万亩、控失农药已推广 100 万亩，表现出显著的减施增效作

用；马铃薯捡拾机在充分借鉴国外同类产品和技术的基础上，已研制出 1 台样机，兼有捡拾、分级、装袋功能，使用效果良好。废弃茎叶提取茄尼醇工艺已经在白银建立了中试生产线，进行试生产。中龙薯 1 号已在黑龙江、内蒙等北方省区大面积推广，性状表现良好，受到普遍好评。

技术名称

智能植物工厂能效提升与营养品质调控关键技术

技术依托单位

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

适用范围

植物育苗、组培、蔬菜工厂、温室补光等

技术内容

针对国内外对节能减排以及设施节能高效生产的迫切技术需求，课题组历经 5 年多的探索，从大幅度提高植物人工光源的光能利用效率、减少能耗出发，系统地研究了植物组培、育苗、叶菜与药用植物种植、蔬菜品质调控、温室补光等不同领域 LED 应用的光环境参数，探明了提高植物生长速率、品质、光能利用率和空间利用率的光环境优化指标，为 LED 在植物领域的应用和光源装置的开发提供了重要的理论依据；针对植物育苗、组培、叶菜种植、温室补光等不同用途对光照的特定需求，开发出了以红蓝光 LED 为主要成分、光环境智能可调、易于安装的 LED 柔性灯带、灯管、灯板等多个系列的 LED 光源系统，实现节能 50%-70%；在国际上首次将 LED 光源用于植物育苗工厂、家庭植物工厂等领域，大大拓展了植物 LED 光源的应用范围；首次发明了一种带 LED 光源的植物组培容器，彻底解决了传统组培容器瓶盖遮光的难题，显著提升了组培植物的光合效率。

该成果所形成的以 LED 光源为核心的植物节能高效生长技术体系，为植物育苗、组培、蔬菜工厂、温室补光等领域的应用提供了重要手段，同时也是未来向园艺家庭化、戈壁、沙漠、摩天大楼农业以及太空食物自给等领域拓展的重要技术支撑，具有广阔的应用前景。

投资及运行效益分析

课题组先后开发出多种 LED 植物生长光源与配套装置，并不断完善创新。在此过程中，先后将该成果的部分或全部技术推广到山东寿光蔬菜博览园、杨凌现代农

业科技示范园、吉林长春农博会（长春·智能数字植物工厂）、沈阳小韩村蔬菜工厂、广东珠海农科中心、中国人民解放军总后勤部等 30 余个企事业单位。五年多来中累计推广温室面积达 20 万平方米，累计吸引农业考察学习、中小學生科普教育、会议展览考察等各类活动参与人数 1500 万人次以上，累计经济效益达 1.6 亿元以上。

技术名称

全株玉米及秸秆菌酶联用发酵技术研究与应用

技术依托单位

中国农业科学院饲料研究所

适用范围

全株玉米及秸秆菌酶发酵技术

技术内容

饲料研究所反刍动物饲料团队屠焰研究员等人完成的“全株玉米及秸秆菌酶联用发酵技术研究与应用”项目，通过了农业部科技发展中心组织的成果评价，专家组一致认为，该成果达到国际先进水平。

全株玉米及秸秆是反刍动物养殖中重要的饲料原料。本成果针对全株玉米青贮制备过程中 pH 需要快速降低以减少营养物质损失、开窖后抑制二次发酵保证青贮品质，青玉米秸青贮保藏保鲜提高利用率、干玉米秸秆木质纤维素降解以提高营养物质利用率等的技术问题，分别开展研究。通过微生物技术筛选适宜全株玉米青贮、玉米秸秆的菌株，确立最佳发酵工艺参数：通过化学分析和瘤胃尼龙袋法筛选全株玉米及秸秆发酵用菌酶复合组方：以动物饲养试验验证实际效果，最终达到改善全株玉米及秸秆发酵后产品品质，提高粗饲料利用率，促进奶牛和肉羊生产性能的目标。

该成果核心内容包括，研究发现了青贮使全株玉米及秸秆中有害菌群数量减少，菌群多样性降低，证实了青贮过程中关键因素对饲用品质和有氧稳定性具有显著影响：确定了全株玉米及秸秆发酵中 4 种微生物接种剂和酶制剂的优化组合，显著提高了玉米青贮饲料的有氧稳定性，改善了 pH 值、真菌数量和挥发性脂肪酸含量，菌酶联用可有效破除玉米秸秆的木质素—纤维素—半纤维素复合体结构，提高秸秆营养物质的体外消化率和瘤胃降解率：研发了全株玉米及秸秆 4 种菌酶联用接种剂工业化生产工艺及中试产品，开发了含乳酸菌和纤维素酶类的玉米青贮专用添

加剂、含真菌和纤维素酶类的秸秆菌酶复合剂、含植物乳杆菌、布氏乳杆菌、纤维素酶类的秸秆青贮菌酶复合剂、含木质化纤维素酶类的秸秆型复合酶制剂。

该成果在北京、河北、天津、内蒙古、河南等省市进行了大面积推广应用，提高奶牛产奶量 5.0% 以上，显著提高育肥羊日增重，改善饲料转化率，为提高全株玉米及秸秆饲用质量提供了理论依据和实际应用技术。

主要技术指标

开展了布氏乳杆菌作用机制研究、布氏乳杆菌与纤维酶的复合效果研究，筛选了适宜的布氏乳杆菌添加剂量。发现：全株玉米青贮中添加布氏乳杆菌接种剂，21 d 时出现了一个发酵转换，乳酸含量下降，乙酸生成量增加，导致发酵 pH 值升高；开窖暴露于空气中后 pH 值上升缓慢，10 d 内无酵母和霉菌增殖，有氧稳定性达到 480 h，比对照组高了 432 h。添加了布氏乳杆菌+复合酶混合制剂后，能够明显提高玉米青贮饲料的有氧稳定性，改善 pH 值、真菌数量和挥发性脂肪酸含量。全株玉米青贮中布氏乳杆菌添加量增加可使 WSC 的含量下降。纤维素酶、木聚糖酶、 β -葡聚糖、果胶酶复合酶制剂则可显著提高 WSC 的含量，降低 NDF 和 ADF 含量。得出了，布氏乳杆菌在抑制青贮二次发酵时的推荐添加量为 1×10^6 CFU/gFM。

投资及运行效益分析

本项目针对我国反刍动物养殖业粗饲料资源开发利用中的实际问题，开展全株玉米及秸秆生物发酵技术研究。项目开展了深入科学研究和生产实践，推进全株玉米及秸秆发酵处理技术向深度和广度发展，为现代奶牛、肉羊等产业的发展提供实用技术和产品，可操作性强。本项目研发的技术经过示范与推广，深受养殖企业欢迎，可提高羔羊增重、奶牛产奶量，初步统计示范中产生经济效益 1.09 亿元，同时可充分利用秸秆资源，减少环境污染问题，社会和生态效益显著。本成果符合国家产业政策，推广应用前景广阔。

工程案例介绍

该成果在北京、河北、天津、内蒙古、河南等省市进行了大面积推广应用，提高奶牛产奶量 5.0%以上，显著提高育肥羊日增重，改善饲料转化率，为提高全株玉米及秸秆饲用质量提供了理论依据和实际应用技术。

技术名称

电驱式玉米智能精量播种关键技术与装备

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

玉米播种

技术内容

项目针对我国玉米机械化播种单粒性低、作业质量不稳定、无法实现一次精播保全苗等问题，以规模化生产经营主体为对象，以高速作业条件下的播种精度和实时智能控制为目标，在十二五科技支撑“玉米免耕精播和深松（中耕）追肥关键技术集成研究与示范”、国家现代玉米产业技术体系-夏播区全程机械化、农业部948项目-玉米播种智能控制技术国际合作创新平台建设项目中开展相关研究。

开发了气压与拨指组合式排种器，利用气流和拨指的双重作用有效扰动种群，增强了排种器的充种性能；机械拨指能辅助托持种子，增强了携种性能；以气压取代气吸，降低了对气流压力的要求。在气压与拨指组合式排种器基础上进行适于电驱的改进设计，取消了传统排种器采用地轮驱动和链条传动的方式，消除了地轮滑移和链条跳动对播种造成的不良影响，创新研究了电机直驱和周向传动精量排种技术，有效提高了排种盘瞬间加、减速运行平稳性以及高速运行稳定性，减少对种子的冲击，降低对电机扭矩的要求。排种盘与驱动齿圈的分体式设计，通用性强；研发了排种盘转速与播种机田间前进速度实时、精确匹配算法，控制系统采用高精度光电编码器实时检测播种机前进速度，并根据前进速度实时控制排种器转速，以保证任意前进速度下的播种株距一致性，确保在不同作业条件下播种株距恒定达到农艺要求。研发的基于电机直驱的智能型玉米精量播种机作业速度12 km/h时，作业单粒精播率98%以上；采用触摸屏作为人机交互界面，实时显示株距、播种机前进速度等信息，并可通过触摸屏设置株距等工作参数，操作便捷、省时省力。

基于以上技术研制的电驱式玉米精量播种机样机，能有效解决高速作业条件下地轮打滑和链条跳动对播种质量的不利影响，保证播种精度；能根据地力条件实现播种作业过程中播量的实时检测与调控，达到节约种子、充分利用土壤肥力、最大限度挖掘产量潜力，实现节本、增收的目的。经农业部农业机械试验鉴定总站检测，该播种机在作业速度为 13.0km/h 时，粒距合格指数达 97.2%。

主要技术指标

播种机作业速度：13.0km/h 时

粒距合格指数：97.2%。

投资及运行效益分析

本项目成果已在黄淮地区山东、河南、河北，东华北地区黑龙江、辽宁，西南地区四川、云南、贵州、重庆等十几个省示范推广，极大地促进了我国玉米精量播种技术的发展和广泛应用，获得良好的社会效益。

技术名称

植物工厂化生产低碳设施与装备研究

技术依托单位

北京市农业机械研究所

适用范围

植物工厂化生产节能技术

技术内容

2012 年 3 月起，我单位承担了国家科技部下达的《植物工厂化生产低碳设施与装备研究》课题。该课题针对目前我国能源、土地和水资源贫乏、农业设施装备落后、碳排放量较高等问题和设施农业生产的迫切需求，研究适用于东北、华北的轻型大跨度日 蓄热材料和新型结构，开发以太阳能薄膜光伏发电系统、太阳能平板集热系统为主的适用于植物工厂化生产的节能技术与装置，基于工厂化植物生长监测的环境智能控制与管理系统；研制安全生产技术设备，包括无土栽培微波与蒸汽基质组合消毒设备、苗木移植机器人等一些列植物工厂化生产低碳设施与装备，为设施农业现代化生产提供技术支撑；并通过试验示范，进行推广应用，满足市场和用户需求。

截止 2015 年 12 月底，课题组已全面完成了课题任务，包括① 完成了太阳能薄膜光伏发电系统和太阳能平板集热系统的设计、完成了低碳示范连栋温室建设；② 完成了节能日光温室的建设；③ 开发了基于无线传感网络温室数据采集处理系统；④ 完成了基质蒸汽消毒机、营养液紫外线复合消毒设备、基质微波连续消毒设备、营养液微波消毒设备、智能栽培自动传输装备、草莓立体栽培设施、苗木自动化移植机器人、智能施药机、智能施肥机等 10 种设备，并进行了示范推广。通过对太阳能薄膜光伏发电系统的研发，将多余电量并入国家电网还可给农业生产经营者带来一定的经济效益，同时兼具低碳、绿色环保等特点。通过对太阳能平板集热系统的研发，将太阳能薄膜光伏发电系统与平板集热系统与温室相结合，改变

了温室能源的供应方式，解决了传统温室发电系统采用煤炭资源造成的环境污染及能源消耗大的问题。通过对新型相变蓄热保温储能材料及大跨度节能日光温室结构的设计，与普通日光温室比较，夜间最低温度可以提高 4℃左右，按加热能耗估算，节能超 15%，有效的降低了能源消耗。通过对植物工厂环境智能控制技术与系统的研究，解决高维多目标优化问题的新算法——GOD-MOEA 算法。针对温室环境多因子系统智能优化控制问题，基于作物生理特性的温室环境多因子协调控制技术，配合温室环境间接模糊自适应控制算法，以一个温室环境系统模型为基础设计了一个温室环境控制器，实现了温室环境的高性能控制。课题团队在运动目标检测与跟踪理论方法上获得一项重要创新成果——提出了一种对光照变化具有鲁棒性的背景-前景目标检测算法 spkmeansEM。课题组开发植物工厂安全生产设备，确保作物生长源头安全无污染，为我国的菜篮子工程提供保障。

主要技术指标

太阳能光伏电池组件厚度为 $6.8\text{mm} \pm 0.4\text{mm}$ ，传热系数 $2.98 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。太阳能集热器板芯采用镀黑铬涂层，光吸收率 94%。完成了大跨度轻钢结构的太阳能光伏发电与集热示范温室的建设，比普通温室节约能源 38.7%。固体基质微波与蒸汽消毒设备，可实现基质微波快速消毒，蒸汽温度在 $100 \sim 130^\circ\text{C}$ 的连续可调，灭菌率为 98.8%。固体基质消毒设备通入消毒柜蒸汽量为 $5 \sim 50\text{Kg}$ 可调，额定压力为 $4\text{Kg}/\text{cm}^2$ ，饱和蒸汽温度不低于 130°C 。采用微波与紫外光复合消毒技术进行营养液消毒多级处理，处理能力 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，灭菌率 98.5%。智能栽培自动传输装备借助光电位置传感器，利用气力举升系统和电动推移系统可实现栽培床在生产单元中横向和纵向两个方向的自动移动和输送，栽培床输送速度可在 $2\text{m}/\text{min} \sim 21\text{m}/\text{min}$ 之间无级调节（当电机驱动对应变频器频率分别为 5Hz、10 Hz、20 Hz、30 Hz、50Hz 时，传输速度分别为 $2 \text{ m}/\text{min}$ ， $4 \text{ m}/\text{min}$ ， $8 \text{ m}/\text{min}$ ， $13 \text{ m}/\text{min}$ ， $21\text{m}/\text{min}$ ）：智能栽培自动传输装备总装机功率 11kW。手摇式栽培架式栽培装置栽培密度为 18 株/ m^2 ，是常规种植温室的 2.25 倍：A 字型草莓栽培装置的栽培密度为 28 株/ m^2 ，是

常规种植温室的 3.5 倍。苗木自动化移植机器人移栽速度为 1528 株/小时，移栽过程中，对幼苗的损伤率为 2.5%。

投资及运行效益分析

所开发的装备技术成熟度高，使用安全，具有广泛推广前景，现大部分产品已经进行工厂化应用。课题所形成的成果光伏温室，在西藏、北京、山东等地进行了推广应用，累积推广面积达 10000 余 m²，实现销售收入约 2467 万余元：在昆山市建造了示范型太阳能连栋玻璃温室（科学实验用）一座，面积 20m*20m=400 m²，完全实现了太阳能供能以保证温室自身冬天加热夏天降温等所需，节约了能源。

工程案例介绍

项目组已在山东日照建设了示范型实验温室，可实现节能 20%。

技术名称

天空地一体化的主要农作物面积统计遥感调查关键技术与应用

技术依托单位

北京师范大学

适用范围

遥感空间统计调查

技术内容

及时了解、准确掌握各种农情信息尤其是主要粮食作物的种植面积等，是国家制定粮食政策和经济计划的重要依据，对确保我国粮食安全具有重要意义。截至2008年，我国农作物种植面积统计调查方法仍然沿用八十年代初建立的目录抽样调查方法，与国外发达国家相比存在巨大差异。随着社会经济的发展，愈来愈难以适应市场经济体制和各级党政部门宏观决策、宏观管理的要求。利用遥感等空间信息技术改造农业统计调查方式、更新调查技术、换代调查设备、再造统计调查流程、实现空间统计的革命性变革是当代农业统计发展的必然趋势，也是一个国家农业统计水平的重要标志。

本项目针对我国农业种植结构复杂、地块破碎的特点，瞄准空间信息技术发展的新趋势，结合农业统计调查的业务特点和要求，突破了从多尺度遥感作物识别、到抽样框建立、野外数据采集、面积估算等一系列技术难题，建立了多源遥感与统计抽样相结合的技术体系和业务系统，结束了我国遥感技术难以进入国家统计调查体系的历史。实现了五项突破：

1) 首次建立了精确到自然地块的农业统计调查空间基本单元和主要粮食作物空间分布数据层(ASCDL)，突破了空间基本单元形状和尺度大小的难题。实现了农业统计调查对象由主观调查向客观调查的根本性转变。

2) 研制了一系列的农业统计野外调查设备、装备及配套软件系统，形成了“天-空-地一体化”农业统计野外调查体系，显著提高了野外调查工作效率、全面

提升了调查结果的客观性、数据质量和精度。实现了农业统计野外调查手段的更新换代。

3) 攻克了农作物种植面积统计遥感估算系列关键技术，通过天-空-地等多平台遥感与农业统计调查技术协同，解决了我国种植结构复杂、地块破碎的农作物种植面积统计难题，显著提高了农作物种植面积监测效率与精度。实现了我国农业统计调查技术的变革。

4) 制定了国家主要粮食作物遥感调查制度（标准规范）；创建了国家粮食主产区粮食作物种植面积遥感测量业务系统，提升了农业统计业务的管理水平与服务能力。实现了我国农业统计省级/大县调查方式的革命性转变，一举成为国际上少数几个应用遥感成套技术进行农业统计调查的国家。

5) 建立了完善的人才培养/培训机制和体系，为国家统计遥感可持续发展奠定了坚实的人才基础。

本课题共申请专利 15 项（已授权 7 项，受理 8 项），软件著作权 46 项，出版专著 1 部，公开发表论文 117 篇（其中 SCI 检索 39 篇，EI 检索 64 篇，CSCD 检索 34 篇）。项目的各项技术指标经验证完全达到国家统计调查体系的精度要求。

项目研发的各类技术方法、仪器设备和装备、相关数据产品已向全国推广，并已纳入了国家第三次农业普查体系。项目的有关成果同时服务于农业、减灾、保险等相关领域。国内外同行认为，项目的部分成果和技术处于国际同类领先水平

投资及运行效益分析

本项目研发的各类技术方法、仪器设备和装备、相关数据产品已向全国推广，并已纳入了国家第三次农业普查体系。项目的有关成果同时服务于农业、减灾、保险等相关领域。国内外同行认为，项目的部分成果和技术处于国际同类领先水平。

技术名称

断奶犊牛生长发育规律和营养调控关键技术研究与应用

技术依托单位

中国农业科学院饲料研究所

适用范围

奶牛和肉牛养殖业

技术内容

本项目有 2 项授权专利和 1 项申请专利。

揭示了 3~6 月龄断奶犊牛瘤胃微生物区系的发育特点及机体生长发育规律。系统研究了 3~6 月龄犊牛随日龄增长，其血液生理参数、瘤胃微生物区系变化及对饲料营养物质消化利用能力的变化，研究结果具有代表性，为调控犊牛生长发育提供了科学依据。

提出了断奶犊牛适宜生长的主要营养参数。在断奶犊牛生长发育规律的基础上，研究证实了饲料营养素对断奶后犊牛生长发育的作用机制及效果，明确了断奶犊牛饲料蛋白水平、主要氨基酸模式，能量水平，提出了饲料配制新技术，为定向培育后备牛奠定了基础。

筛选出了可调控瘤胃内环境和微生物平衡发育的外源酶制剂和益生菌产品。发现了高效的外源酶制剂和益生菌，建立了酶制剂组方，揭示了酶制剂与微生物制剂对断奶犊牛生长发育、瘤胃内环境和微生物区系发展的影响及其机理，明确了断奶犊牛饲料中酶制剂和微生物制剂的添加比例。

研发出具有自主知识产权的犊牛料产品并实现了产业化推广。集成上述研究成果，提出了犊牛料产品规格，研发出具有自主知识产权的犊牛专用饲料，建立起饲料生产线，并取得了生产许可证，产生了显著的经济效益。

主要技术指标

项目从主要营养素和添加剂不同层面为断奶犊牛的健康培育构建了立体化的营

养调控技术，直接面向生产实际。与已颁布的行业标准 NY/T 1245-2006 相比，明确了犊牛开食料粗蛋白和能量的适宜范围，提出了以中性洗涤纤维替代粗纤维指标，增设了赖氨酸、蛋氨酸及赖蛋比适宜水平，同时提出了复合酶制剂、复合微生物制剂的推荐组方，提高犊牛对营养物质的消化利用，降低氮投入和排放，促进犊牛生长发育。采用本项目技术饲喂断奶后犊牛，干物质、能量、粗脂肪消化率有增高的趋势，犊牛 ADG 提高 10.2%，体高、体长和胸围分别增长 5.4%、15.7%和 4.1%，高于国内现有饲养水平。

投资及运行效益分析

本项目经过 8 年的研究与小规模示范应用，协作单位新增产品 1700 吨，产值达到 680 万元，新增利润约 70 万元；示范应用中，犊牛可于 7 日龄开始采食开食料，断奶后犊牛增重 70g/d，经初步经济效益核算，该项科研成果在经济效益计算期内，已获经济效益 1338.16 万元，项目期内平均每年为社会增加直接经济效益 167.27 万元。

犊牛阶段的营养供给将直接改变其体型、消化器官和泌乳器官的发育，从而对成年后的生产性能影响。本项目从掌握断奶后犊牛生理参数入手，以营养素调控犊牛生长，使之达到最佳生理状态，促进消化和泌乳器官的生长发育。以营养平衡、适宜为理念配制断奶犊牛精饲料，维护了犊牛健康，对构建健康、高效的奶牛群和肉牛群都具有积极作用，将促进养殖业的良性发展，减少营养物质的浪费。

工程案例介绍

项目成果已开始中试生产，取得了饲料行业生产许可证，建立起幼畜配合饲料生产线 1 条。试生产的产品在北京市 20 余家奶牛养殖场（户）示范应用，饲喂效果较好。应用效果显示：犊牛可在 7 日龄开始采食犊牛料，并同时采用本团队另一成果——犊牛早期断奶技术——以代乳粉饲喂，不再使用牛奶饲喂。每头犊牛节省鲜奶 300 公斤，降低饲养成本 200 元以上；断奶后继续供给犊牛料，适口性高，粉尘低，犊牛外观皮毛光亮、健康活泼，ADG 增长约 10%，体长增长 15%左右，体高

增加约 5%；该技术和产品提高了犊牛的健康状况，示范期间未见异常腹泻情况，降低了疾病治疗费用，减少了疾病感染几率，提高了养殖场的经济效益和社会效益。

随着我国奶牛和肉牛养殖业的发展，人们对犊牛培育技术也越来越重视。研究和完善犊牛培育技术，更新营养调控理念，改善犊牛营养供给水平，对提高我国养牛业的技术水平具有重要作用。本项目成果可在全国推广应用，具有广阔的应用前景。

技术名称

北京市园林绿化废弃物资源化再利用关键技术与示范

技术依托单位

北京林业大学

适用范围

园林绿化废弃物集中消纳或就近处理及高档花卉、草花栽培以及绿地、林地养护等方面

技术内容

随着北京市绿化面积的扩大，园林绿化废弃物产生量急剧增加，园林绿化废弃物的消纳成为北京城市建设过程当中亟须解决的问题。填埋和焚烧这两种传统的处理方式由于会占用大面积的土地资源并产生大量的温室气体，同时还会造成园林绿化废弃物这一宝贵生物质资源的浪费，已经不能被现代城市建设所容许，因此，急需研发一套科学合理的园林绿化废弃物高效资源化利用体系。而由于园林绿化废弃物含有大量的木质素和纤维素，传统的农业处理废弃物技术无法直接采用，需要开发针对园林绿化废弃物特点的处理技术。

技术原理：对小型枝叶、花败草屑等研发完善的好氧堆腐处理技术，对较大茎枝研发高温炭化处理技术，并研制利用堆腐产物，促进园林绿化废弃物的高效资源化利用。

技术的创造性与先进性：

（1）针对园林绿化废弃物传统好氧堆腐周期长，堆腐过程木质素、纤维素等高分子有机物难分解，所得产品 pH 值、EC 值较高等问题，通过添加菌剂、二次堆腐工艺研发、添加外源添加剂等方式，进行了静态高温好氧堆腐工艺研究，形成了一整套好氧堆腐技术体系，提高了堆腐处理效率，率先在国内确定了相关参数并制定了相关标准；

（2）针对堆腐和炭化产品种类复杂，特性、质量等差异较大的问题，研发出

了适合于花卉栽培、土壤改良、裸土覆盖等多种利用方式的终端产品，促进了园林绿化废弃物的高效资源化利用；

（3）针对高温惰化无专用的处理设备和技术，采用农业废弃物的高温炭化设备存在成本高，效率低、产品质量差等问题，研究了园林绿化废弃物高温惰化技术，改进了炭化设备，构建了园林绿化废弃物高温惰化工艺技术体系，提高了产量和质量，节约了能耗。

技术处于成熟应用阶段，适用于园林绿化废弃物集中消纳或就近处理基地及高档花卉、草花栽培以及绿地、林地养护等方面。

投资及运行效益分析

通过发酵或高温惰化的处理方式，开发出以腐熟的园林绿化废弃物为原料的有机肥、花木基质、有机覆盖物及土壤改良基四大类产品。

（1）有机肥

项目通过园林绿化废弃物堆肥盆栽试验研发出 14 种草花有机肥，在 2011 年春季的草花栽植进行示范，450 方的园林绿化废弃物生产的有机肥已经运到北京天卉苑花卉研究所的草花生产基地。

（2）花木基质

项目组研发了以草花矮牵牛、四季海棠等为主的广谱花卉基质及火鹤、竹芋、百合等畅销花卉基质。2010 年国庆期间，天安门广场将“园林有机废弃物堆肥”作为部分花坛花卉基质成分，替代不可再生的草炭，成功打造了循环经济的典范，在中央电视台新闻联播头条播放。

（3）有机覆盖物

园林绿化废弃物可增加土壤透气、保肥能力，所含腐殖酸可吸附土壤中的盐分离子，目前采用园林有机废弃物作为有机胶体，与其他无机胶体混合组成盐离子吸附层，用于北京市天安门油松土壤融雪剂次生盐害修复，已于 2010 年 12 月 14 日开始施工。另外，在香山公园、北宫国家森林公园、北京市园林科学研究所院内绿

地的裸露地面进行覆盖，覆盖面积约 1 万 m²。

（4）土壤改良基

通过项目研究，在绿地土壤改良时，添加 4%-10%体积比的园林绿化废弃物堆肥施到土壤中并充分混匀，可明显改善土壤质量。该措施增加了土壤有机质，改善了土壤微环境，抑制了病虫害发生，显著提高了新造林地的植物成活率。近两年，已有 500m³ 园林绿化废弃物作为土壤改良基，用于北京山区及平原的绿化、造林。

工程案例介绍

项目成果已在北京市城六区、通州区、大兴区及房山区的园林绿化废弃物消纳基地得到推广应用，同时已在北京市建立了园林绿化废弃物消纳示范点 2 处，花卉栽培示范基地 2 处，栽培红掌、竹芋、鸟巢蕨、矮牵牛、四季海棠和百合等花卉共计 70 万盆。

技术名称

草莓产业技术与试验示范

技术依托单位

北京市农林科学院林业果树研究所

适用范围

草莓产业

技术内容

- (1) 引进草莓资源 350 份。
- (2) 审定草莓新品种 16 个。加快了自育草莓新品种的示范推广工作，实现自育品种的占有率由原来的 1%提高到了 6%。
- (3) 发展专业化育苗基地 50000 亩，生产优质生产苗 13.42 亿株。
- (4) 建立了草莓示范基地 128 个，面积近 19 万亩。示范基地内实现了无公害生产，优质果率达到 85%以上。
- (5) 制定标准 16 项、生产规范 9 项，其中农业行业标准 3 项（《农作物优异种质资源评价规范 草莓》、《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 草莓》、《草莓脱毒种苗生产技术规范》）、地方标准 13 项。
- (6) 研制新产品 4 种（草莓叶茶、草莓粉和草莓片、草莓汁、草莓采果剪），申请专利 17 项、获得专利授权 10 项（发明专利 4 项、实用新型专利 3 项、外观设计专利 3 项），获省市级奖项 11 项。

投资及运行效益分析

项目实施所形成的新品种、新技术及新工艺，累计示范推广 156.9 万亩，其中 2014 年自主知识产权品种面积 12.7 万亩，占全国草莓种植总面积的 6.02%，产生了良好的经济、社会和生态效益。

技术名称

海军蔬菜补给冷链系统和物流配送体系的建设和应用

技术依托单位

北京市农林科学院蔬菜研究中心

适用范围

果蔬保鲜及物流配送

技术内容

南沙战略地位十分突出，解决极端恶劣环境条件下岛礁海军官兵吃菜难，不仅是提高部队战斗力的政治任务，也是现代农业科技在国防上集中创新与集成需求。项目以构建“岛礁岸基补给与物流配送并重”的蔬菜供给保障体系为目标，突破了以下关键技术：

1) 研发了高强力保温蔬菜箱，解决了多次倒驳损耗大的难题：蔬菜保温箱的高强度抗压设计，极大减轻了岛礁驳运时高温和海水对蔬菜的破坏；增加蓄冷板及外保温保证了无制冷条件下 8 小时内蔬菜低温保鲜，解决了倒驳途中冷链中断难题。

2) 改造了舰艇导轨活动式储运系统，其配货灵活度与存贮效率提高 30%：变革改良了补给舰艇传统冷藏库货架，建成了舰艇导轨活动式储运系统，实现了存贮空间高效利用，便于货物存贮存取及，适应对各岛礁的补给的多变性需求。

3) 建设了适于恶劣环境下岛礁保温、蓄冷和高稳定性保鲜冷库：防腐保温板、高保温性材料、蓄冷墙与高性能的机组，保证了岛礁保鲜冷库高效、节能和稳定低故障率运转。

4) 建设了 2000 平米岸基后方基地现代化综合食品配送中心：构建了蔬菜从产地、经预冷分拣、到包装配送标准化处理技术体系，实现了岸基配送的统一调度，确保每一份蔬菜质量可控且贮藏效果好。

投资及运行效益分析

首次建设了我国海军岸基-岛礁长距离完整的蔬菜冷链物流系统，为岛礁极端环境下蔬菜的物流保障提供了技术支撑，具有广阔的应用前景。

技术名称

人工林软质木材提质增效改性技术研究与应用

技术依托单位

中国林业科学研究院木材工业研究所

适用范围

木材加工

技术内容

成果主要技术来源于国家林业局 948 项目“人工林软质木材表面密实化新技术引进”研究获得的自主知识产权和认定成果。经过多年的研发和应用，构建了软质木材多功能技术体系，发明了高渗透、高活性改性剂制备关键技术、“呼吸式”浸渍处理控制技术、人工林软质木材多功能改性一体化技术。解决了制约人工林软质木材功能改良的重大技术瓶颈问题，实现了低质木材高附加值、规模化利用。

针对木材具有多孔性和各向异性的特点，运用木材密实化增强理论、复合材料增强理论，从木材微观和超微观结构入手，采用浸渍控制技术、干燥塑化固定技术，使改性剂渗透并固着在木材内部，同时赋予木材阻燃、防腐、防水等功能，实现人工林软质木材提质增效，构建了软质木材多功能改性技术体系。

开发出以 1, 3-二羟甲基-4, 5-二羟基亚乙基脲为主要成分的高渗透性和高反应活性木材改性剂，储存期达 30 天以上，改性材的游离甲醛释放量 $\leq 0.3\text{mg/L}$ ，达到日本 F****级标准，总挥发性有机化合物（TVOC）的释放率仅为 $0.10\text{ mg/}(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ （72h）。

针对人工林杉木渗透性差、浸注难的问题，提出了满细胞法与空细胞法相互交替作用的“呼吸式”浸渍处理控制技术，使改性剂在木材细胞腔、细胞间隙中反复进出，有效打通木材的渗透通道，实现改性剂对木材的快速、均匀渗透。该方法压力小于 0.8 MPa ，改性材没有压溃现象，干燥后表面刨削量比国内相同技术减少 15%以上。

通过调整以 1, 3-二羟甲基-4, 5-二羟基亚乙基脲为主要成分的木材改性剂的 pH 值、添加分散剂和阻聚剂, 使磷氮系阻燃剂, 铜唑类木材防腐剂均匀分散在溶液中, 调配出一种有机树脂增强、阻燃、防腐等功能为一体的多元复合新型木材改性剂。由于有机树脂对无机阻燃剂、防腐剂的包覆和化学交联作用, 解决了单一无机盐类阻燃剂的吸潮、返霜和强度降低等问题。按照国家标准 GB/T 13942.1-2009、GB 8624-2006 和国际标准 ISO 5660: 2002, 测试改性木材的天然耐腐性能、阻燃性能分别达到耐腐等级 II 级、阻燃性能 B1 级和日本难燃级; 实现了人工林软质木材多功能改性技术的集成创新。

技术成果可广泛应用于现有的中小型木材加工企业, 设备投资少, 见效快; 技术可操作性强, 安全可靠, 生产过程无“三废”排放, 产品环保、无毒害; 推广辐射面宽, 目前已在国内 7 家企业得到推广应用。先后获得中国林业科学研究院科技奖二等奖(2012 年); 梁希林业科学技术奖二等奖(2013 年); 专利技术“一种增强、阻燃改性人工林木材及其制备方法”获得中国专利优秀奖(2014 年); 获中国产学研合作创新成果二等奖(2015 年)。

主要技术指标

开发出以 1, 3-二羟甲基-4, 5-二羟基亚乙基脲为主要成分的高渗透性, 高反应活性木材改性剂, 储存期达 30 天以上, 改性材的游离甲醛释放量 $\leq 0.3\text{mg/L}$, 达到日本 F****级标准, 总挥发性有机化合物(TVOC)的释放率仅为 $0.10\text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (72h)。

该方法压力小于 0.8 MPa , 改性材没有压溃现象, 干燥后表面刨削量比国内相同技术减少 15%以上。

项目解决了酚醛树脂合成过程中爆沸现象和颜色深的技术难题, 并在实验室、木材工业国家工程中心中试基地、工厂进行消化吸收, 合成水溶性低分子量酚醛树脂 6 吨, 调制改性处理药液 18 吨, 处理杨树木材 30m^3 , 白桦木材 18m^3 。

投资及运行效益分析

人工林软质木材增强密实处理技术，使用速生树种（杨木、杉木等）为原料，价格便宜，来源广泛。该技术设备投资少，见效快。处理后的木材性能好，可广泛应用于家具、建筑、装饰材料等行业，应用前景十分广阔。技术成果已在国内 7 家企业得到推广应用，近 3 年内实现直接经济效益 10.6 亿元，利税 8250 万元，解决劳动力就业 1540 人。

工程案例介绍

在北京有为孙氏工贸有限公司（昌平）建立了示范生产线 1 条，加工杨木密实化地板 200m²。

技术名称

鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原、阳性血清与阴性血清

技术依托单位

北京市农林科学院畜牧兽医研究所

适用范围

养禽业

技术内容

鸡传染性支气管炎是由病毒引起的鸡的一种急性、高度接触性的传染病。该病引起雏鸡严重的呼吸道症状，生长发育受阻，并引起较高死亡率，死亡率高达 25% 以上，如果患肾型传染性支气管炎，可导致雏鸡肾脏病变，死亡率高达 50% 以上；成年鸡感染后，则导致大幅度的产蛋下降，下降幅度在 50% 左右。该病一直是困扰世界各国养禽业的主要疾病之一。对鸡传染性支气管炎作出快速、准确的诊断是有效防治该病的前提。为了有效防治鸡传染性支气管炎的发生与流行，我们于 1996 年起开展了“鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原”的研究，2007 年被正式列入北京市科委重点项目《畜禽生物安全保障技术及相关新产品研发》子课题《鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原的研究》，在原有研究的基础之上，按农业部 442 号文件的要求开展了该诊断试剂系统的研究。经过十几年艰苦努力的工作，完成了该抗原的各项实验室试验、中间试制及临床试验，研制成功“鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原、阳性血清与阴性血清”。

鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原系用鸡传染性支气管炎病毒（IBV）M41 株接种易感鸡胚培养，收获感染胚液，经浓缩后，用 A 型魏氏梭菌滤液（含磷酸脂酶 C）处理制成。用于检测鸡传染性支气管炎病毒抗体。鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）阳性血清系用 IBV M41 株接种 SPF 鸡，采血、分离血清制成；用于鸡传染性支气管炎 HI 试验阳性对照。阴性血清系采自 SPF 鸡血、分离血

清制成；用于鸡传染性支气管炎 HI 试验阴性对照。

对该诊断试剂各项技术指标进行了测定。鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原为白色混浊液体，无菌，HA 效价为 1:256-512，抗原特异、敏感、稳定性好，其配套的鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）阳性血清及阴性血清也均符合要求，该诊断试剂的各项技术指标均达到国外同类产品水平。

在国内率先研制成功“鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原、阳性血清与阴性血清”，并于 2013 年 10 月获得了农业部新兽药注册证书

《（2013）新兽药证字 36 号》。鸡传染性支气管炎血凝抑制试验抗原的研制成功，填补了国内空白，打破了我国鸡传染性支气管炎诊断一直依赖价格昂贵的进口试剂的被动局面。为我国养禽业提供了一种新型的诊断试剂。

该诊断试剂已获得农业部新兽药注册证书，从技术上是完全成熟的。该诊断试剂用于鸡传染性支气管炎疫苗的效力检验、免疫检测及现地诊断。

主要技术指标

对该诊断试剂各项技术指标进行了测定。鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）血凝抑制试验抗原为白色混浊液体，无菌，HA 效价为 1:256-512，抗原特异、敏感、稳定性好，其配套的鸡传染性支气管炎病毒（M41 株）阳性血清及阴性血清也均符合要求，该诊断试剂的各项技术指标均达到国外同类产品水平。

工程案例介绍

目前，该诊断试剂已经在一些大专院校、科研单位及国内十多家兽医生物制品使用，效果良好。

技术名称

芦笋提取物（速溶芦笋粉）的生产工艺研究及其应用技术开发

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

芦笋提取

技术内容

该成果不仅适用于芦笋的深加工，也可供其他果蔬加工借鉴，本发明生产的速溶芦笋粉不仅可以直接冲调食用，还可以作为食品和保健食品开发的优质原料，广泛用于保健品、饮料、面包、蛋糕等产品中，有着广阔的市场前景。

本项目以芦笋老根（非鲜食部分）为原料，经过热水（超声辅助）浸提，浸提液经粗滤、澄清、精滤、浓缩、喷雾干燥得到速溶芦笋粉。对于速溶芦笋粉的生物活性物质进行测定和评价，开发了速溶芦笋粉应用产品系列配方。

主要技术指标

（1）芦笋提取物（速溶芦笋粉）提取工艺研究。通过单因素实验确定各个影响因素的影响范围，通过响应面设计，筛选出提取的最优条件。

（2）研究速溶芦笋粉生产质量标准，解决芦笋粉生产过程中的质量控制问题。

（3）芦笋提取物（速溶芦笋粉）的营养与功能性评价研究。分析了速溶芦笋粉的营养成分、评价了增强免疫力、降血脂、抗氧化性等功能特性。

（4）芦笋提取物（速溶芦笋粉）应用技术研究。开发了芦笋口服液、芦笋胶囊、芦笋茶等产品配方。

投资及运行效益分析

我国现有芦笋种植面积 170 万亩，年产量 137.6 万吨，芦笋加工过程中将有约 100 万吨老茎和笋皮，芦笋种植过程中还会产生大量的芦笋秧。按年处理芦笋废弃

物干料 10 万吨计，可生产速溶芦笋粉 3 万吨，按市场 10 万元/吨计算，产值达 30 亿元。

技术名称

农田水肥气联合调控滴灌系统

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

农田灌溉

技术内容

完成对国外自动灌溉施肥机、控制器和控制软件以及超微米气泡发生装置的引进，对设备性能进行初步测试。

完成温室水培蔬菜与温室番茄和黄瓜、大田春玉米的微纳米气泡加氧灌溉实验，提出了适宜不同作物的水肥气联合调控技术模式，在此基础上进行滴灌施肥系统灌水器堵塞机制及微纳米气泡水对堵塞的清除效应研究，筛选出适宜水肥一体化条件下的灌水器类型，并明确微纳米气泡对灌水器堵塞的清除效应。

在实验验证水肥气一体化调控技术的有效性之后，课题组开展设备生产关键技术的研究，探究微纳米气泡发生装置原理，完成了关键设备进行选型，并成功研制调试超微米气泡发生装置和低功耗射流式施肥器，完成设备的中试与熟化；完成了水肥气一体机运行原理的探究，集成出水肥气一体机原理机，并构建了水肥气一体化协同灌溉滴灌系统；完成了水肥气一体化滴灌系统自动灌溉控制软件的开发，实现了智能化控制。

投资及运行效益分析

继承了超微米气泡发生装置、自动灌溉施肥机等设备及其他滴灌系统部件，建立农田水肥气联合调控滴灌系统，与常规滴灌相比增产超过 15%、节肥超过 30%；销售超微米气泡发生装置 13 套，在北京通州示范 400 亩，推广辐射到新疆皮山、内蒙河套、牙买加等地。

工程案例介绍

在中国农业大学北京通州实验站建设水肥气一体化调控滴灌系统示范区，面积 400 亩，通过应用于蔬菜、粮食作物等不同对象，向农民等用户展示使用系统带来的节水、节肥、增产等效果，并在都市型园林及设施区（北京房山、北京通州）、劣质土壤区（新疆皮山、内蒙河套）以及牙买加莫尼等地对水肥气一体化调控滴灌系统进行示范和推广，累计销售大田超微米气泡发生装置等设备 13 套，累计培训设备使用技术人员 30 人。

技术名称

大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术研究及应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

农田灌溉

技术内容

大型灌溉排水泵站担负着农田灌溉供水与排涝的根本任务，是农业生产的重要基础设施，是粮食安全的根本保证。与调水泵站和城镇供水泵站相比，大型灌排泵站具有前池水位变幅大、水泵吸水口淹没深度小、泥沙含量高等特点。我国大型灌排泵站普遍存在装置效率低和运行稳定性差等问题。

本成果依托国家科技支撑计划和国家自然科学基金重点项目，采用理论分析、数值模拟、模型研制与实验、现场测试相结合的方法，研究了大型灌溉排水泵站节能与稳定运行关键技术。本成果发展了离心泵交替加载技术，发现了双吸离心泵载荷分布方式对泵内脱流的抑制规律，研制了比转速为 90、125 和 170 的三种交替加载式双吸离心泵水力模型，解决了水泵压力脉动大的技术难题，奠定了大型灌溉排水泵站稳定运行的技术基础。创建了具有自主知识产权的泵站前池与进水池瞬态涡预测模型及算法，为大型泵站进水系统流态控制提供了理论支撑；首次提出了以组合式变高度导流墩和 X 型消涡板为结构特征的前池进水池控涡技术，提高了泵站进水系统流态均匀度及泵站系统运行稳定性。提出了大型灌排泵站水力控制阀的“自适应多段式运行控制模式”，自主研发了大口径自适应多段式水泵控制阀，在不依赖外部能源条件下实现了大型灌排泵站停机倒流与直接水锤的双重水力控制；首创了泵站水力瞬变分析的三维内特性法，提高了在缺少水泵全特性曲线条件下泵站水锤计算精度，形成了具有自主知识产权的《复杂泵站系统过渡过程计算软件》。创建了以多工况水力损失和进水池流态均匀度为目标的泵站优化选型方法，解决了现

有水力设计方法无法保证水泵与泵站进出水系统流态匹配的技术难题；自主研发了泵站浑水动态测量系统，解决了泥沙浓度无法与压力脉动等参数同步测量与实时分析的难题，为泵站运行控制、保证水泵在高效区运行提供了新技术途径。

投资及运行效益分析

我国泵站建设发展速度快、类型多、规模大、范围广，已建成的大面积灌排泵站地区有长江三角洲、洞庭湖地区、江汉平原、珠江三角洲及西北的高原灌区等。灌排泵站数量和规模都居世界第一。我国已建成固定机电灌排泵站约 43.5 万处，装机功率约 2700 多万 kW。其中，大型灌排泵站 450 处，装机功率 560 万 kW；中型泵站约 3500 座，装机功率近 600 万 kW。本成果虽然针对大型灌排泵站所获得，但理论上和技术上完全适用于中型和小型灌排泵站，不存在技术难度。

无论是新泵站建设，还是旧泵站改造，本成果都可发挥作用。特别是我国目前正在由水利部组织开展全国大型灌排泵站更新改造工作，今后还将启动中型灌排泵站更新改造。如果全国大中型灌排泵站全部采用本成果，则年节电可达 18 亿 kW h 以上。此外，因水泵压力脉动降低、运行稳定性提高、抗泥沙磨损能力提高带来的投资减少、大修费用降低，平均每年也将达到 1.5 亿元。泵站供水保证率提高后，还可带有粮食增产，经济效益十分显著。因此，大型灌排泵站节能与稳定运行关键技术在我国灌溉排水领域有着广阔应用前景。

工程案例介绍

本成果已在 120 多座泵站应用。根据试点泵站实际应用结果，泵站能源单耗降低 1.8kW h/kt m，年节电达 3.94 亿 kW h；水泵压力脉动水平下降 33%，机组运行稳定性和泵站实际供水保证率显著提高，粮食生产有了基本保证，每年增收 11.71 亿元。

技术名称

水产养殖精准测控关键技术与装备

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

水产养殖业

技术内容

我国水产养殖发展迅速，近 20 年养殖产量翻了两番，占全球总产量的 65%，为我国城乡居民提供了 1/3 的优质动物蛋白，对保障国家食品安全发挥了重大作用。但我国传统养殖模式存在资源浪费、生产效益低、养殖风险大等诸多问题，实施集约养殖实时测控是解决上述问题的根本途径。由于我国水产养殖水体复杂多变、监控装备落后，实现实时测控非常困难。在国家 863 计划等项目资助下，历经 15 年产学研联合攻关，在养殖水体水质长期在线精准测量技术、优化调控技术和实时测控系统与装备等方面取得了如下突破：

发明了脉冲激励四电极溶解氧测量原理和智能变送方法，研制了系列水质原位在线检测传感器并产业化。提出了多电极传感器新结构，发明了四电极脉冲激励溶解氧测量方法、软硬件补偿校正、智能变送方法，解决了传统测量方式误差大、电极填充液消耗快、电极极化严重、电极寿命短等难题，研制了 9 种参数水产养殖专用传感器并产业化，溶解氧、氨氮传感器的测量精度分别达 $\pm 0.20\text{mg/L}$ 、 $\pm 0.01\text{mg/L}$ ，比原有传感器精度均提高了 1 倍，免维护周期分别延长到 65 天和 25 天。

研发了水产养殖多信息融合水质预测模型和动态调控方法，突破了水产养殖实时优化调控技术。发现了大菱鲆等主要品种养殖水体溶解氧等理化因子、营养因子、致病因子间的耦合规律，构建了含 31 品种、3 种养殖模式 85000 多条规则的水产养殖知识库；发明了集数据降维去噪、多尺度特征提取、多目标组合优化、非

线性预测调控于一体大数据处理模型与方法，发现了陆基工厂和池塘养殖溶解氧随投饵量的变化规律，提出了增氧机和投饵机的分时段最佳变频调控策略，开发了水产养殖实时测控平台。实现了复杂养殖环境下病害早期预警及水质、饵料投喂的精准优化调控。

研发了复杂环境下水产养殖信息可靠传输技术，研制了陆基工厂和池塘养殖实时控制系统与装备，构建了集约化水产养殖实时测控技术体系。发明了复杂养殖环境下低功耗、自适应、分布式的无线监控方法，研制了系列无线采集器、控制器新装置，实现了大规模集中连片池塘养殖的实时测控，节电 30%、节省劳动力 80%；创制了节能型全封闭海水循环养殖工艺方法与专用装备，率先实现了陆基工厂养殖的实时精准控制。比传统循环水养殖节水 20%，液氧节约 40%，节电 30%以上，饵料成本节省 40%，发病率下降 80%。构建了传感-传输-处理-控制-装备等全环节的集约化水产养殖实时测控技术体系，实现了水产养殖实时测控技术的标准化、规范化。

申请发明专利 30 件，获得授权 24 件；制定了传感、传输、处理与控制装备等技术国家标准 4 项、行业标准 5 项、企业标准 9 项。

主要技术指标

研制了 9 种参数水产养殖专用传感器并产业化，溶解氧、氨氮传感器的测量精度分别达 $\pm 0.20\text{mg/L}$ 、 $\pm 0.01\text{mg/L}$ ，比原有传感器精度均提高了 1 倍，免维护周期分别延长到 65 天和 25 天。

实现了大规模集中连片池塘养殖的实时测控，节电 30%、节省劳动力 80%；创制了节能型全封闭海水循环养殖工艺方法与专用装备，率先实现了陆基工厂养殖的实时精准控制。比传统循环水养殖节水 20%，液氧节约 40%，节电 30%以上，饵料成本节省 40%，发病率下降 80%。

投资及运行效益分析

本课题研发产品通过科学测定溶解氧、温度、氨氮的变化规律，改变过去传统

的增氧方式，使农户的养殖模式发生变革，使经验养殖逐步向科学养殖过渡，可大幅度提高水产品产量、质量和效益，提高广大水产养殖户的收入，具有庞大的客户群体和广阔的市场前景。研发产品注重成本控制，价格是国外产品价格的 1/6 到 1/10，产品价格更切近中国国情。成果在产品应用方面强调易用性，通过短期培训便可使水产养殖人员掌握，项目研究成果来源于现场需求，具有很强的实用性。具有良好的推广价值。

工程案例介绍

成果在福建上润、扬州特安、江苏中农等 8 家企业进行了转化，获得农机推广鉴定证书 3 个，4 个型号产品纳入农机补贴目录；在山东、江苏、天津等 21 个省 265 个县累计推广陆基工厂养殖 630 万 m²，池塘及近海养殖 825 万亩，举办推广培训 50 余场，培训专业技术人员超过 1 万人，新增经济效益 66.23 亿元。

技术名称

华北冬小麦节水省肥高产栽培技术体系及其应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

本技术适宜推广应用的区域为黄淮海年降水量 500–700mm 地区冬小麦种植。

技术内容

该项目针对华北地区水资源严重紧缺、冬小麦生产中水、肥用量大和利用效率低的突出问题，以降低水肥投入，协同提高生产率、水肥利用效率和经济效益为目标，历经 20 年理论与技术研究，取得系列成果，探索出水资源限制型地区“发挥非叶器官光合耐逆机能提高逆境下的光合生产率；发挥种子根深层吸收机能提高 2m 土体水肥利用率；发挥综合技术协同补偿效应，在水氮低投入下实现高产高效”的小麦栽培思路，创立“冬小麦节水省肥高产栽培技术体系”，成为华北平原小麦主推技术模式。

阐明了节水高效群体的结构特征和不同绿色器官光合耐逆差异及机理，发现适度干旱和高温胁迫诱导提高非叶器官 PEP 羧化酶活性，增强逆境下的光合能力；提出了“大群体、小叶型，增加冠层非叶光合面积，发挥非叶器官光合耐逆机能提高光合生产率”的节水高产栽培途径；创建了“窄行精粒匀播、增苗控叶增穗、提高穗/叶比，构建高效群体”的关键技术。其理论与技术的应用，使小麦耗水减少 10%，收获指数提高 8%，实现节水与高产的统一。

揭示了节水高产群体水氮利用特性，探明了冬小麦-夏玉米轮作周年节水体系对土壤水氮利用规律，并揭示了节水小麦初生根群高效吸收下层土壤水肥资源的“根系泵”机制；明确了节水省肥高产相统一的水氮调控指标和氮肥集中基施的减耗增效效应；提出了“扩大初生根群，发挥“根系泵”机制，提高 2m 土体水肥利用率”的栽培策略；研发了“播前贮墒、全肥基施、前期调亏、中期补灌、后期上

亏下吸利用深层水肥”的水氮联合调亏、周年高效利用技术。

综合改革了播期制度、灌溉制度、施肥制度和管理制度，集成创立节水、省肥、高产、简化栽培“四统一”技术体系，在产量 500-600kg/亩水平上，水分利用效率达到 1.7-2.3kg/m³，氮肥生产率达到 45-52 kg/kgN，氮素生理效率达到 40-45kg/kgN，比常规技术节水 30%，节氮 30%。该技术体系被农业部列为小麦主推技术。

该项目获得国家专利 14 件，其中发明专利 2 件、实用新型专利 12 件；获软件著作权 4 件；制定地方标准 2 套；发表论文 150 余篇，其中 SCI 收录 20 篇，出版著作 1 部。中国农学会科技成果评介专家组（包括 3 位院士）评价：该项成果整体技术处于国际先进水平，在利用非叶器官光合耐逆机制构建高效群体和周年水氮一体高效利用技术方面研究处于国际领先水平，为转变小麦生产方式、发展节水高效栽培做出了重要贡献。

本项技术 2004 年形成河北省技术成果，2005 年河北省将本项技术命名为“吴桥模式”，列为全省节水农业主推技术模式，在全省重点推广。2006、2008 年该项技术被农业部列为种植业主推技术内容。2012-2016 年再次连续 5 年被农业部列为全国小麦主推技术，同时被农业部列为全国百项轻简化实用技术（2012）。河北、山东、河南、山西、天津、北京等省市农技推广部门及科研单位通过合作推广、成果转化基金、粮丰工程等多种形式大面积示范应用。农业部小麦专家指导组将该技术编入《现代小麦生产技术》（2007）、《全国小麦高产创建技术读本》指导各地生产应用。项目组成员与相关省市农业推广部门合作，在华北多省地开展技术培训指导、技术示范与推广，并创新了“研究基地-示范点-推广户及省市-县-乡-村农技系统网络对接、技术专家-推广人员-骨干农户-农机手协同参与式推广模式”，促进技术推广应用。经统计，10 年来技术在全国累计推广和辐射应用面积达 1.05 亿亩，取得显著社会、经济和生态效益。

本项技术适宜在我国华北年降水 500-700mm 地区推广应用，年可应用面积约

0.6 亿亩，可辐射面积约 1 亿亩。随着北方水资源日趋紧缺，地下水超采综合治理和农业生产方式迫切需要节水、节肥、节药、简化栽培适用技术，本项目建立的理论与技术模式具有广泛的应用前景。

该技术 2011 年获中华农业科技奖一等奖，其建立的技术推广机制 2013 年获农牧渔业丰收奖合作推广奖。

主要技术指标

产量 500-600kg/亩水平上，水分利用效率达到 1.7-2.3kg/m³，氮肥生产率达到 45-52 kg/kgN，氮素生理效率达到 40-45kg/kgN，比常规技术节水 30%，节氮 30%。

投资及运行效益分析

经统计，10 年来技术在全国累计推广和辐射应用面积达 1.05 亿亩，取得显著社会、经济和生态效益。

工程案例介绍

该成果在河北、河南、山西和山东等省大面积应用，取得显著社会、经济和生态效益。

技术名称

玉米机械化单粒精量播种关键技术研究与应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

玉米机械化播种

技术内容

项目来源于公益性行业（农业）科研专项-玉米机械化生产工艺与装备系统优化研究与示范（200903059），针对我国玉米机械化播种单粒性低、作业质量不稳定、无法实现一次精播保全苗等问题，对制约不同区域玉米精量播种的关键技术难题进行研究，研发了适宜不同区域的玉米机械化单粒精量播种机型，在东华北、黄淮海和西南玉米主产区推广应用，并制定了相关区域机械化作业工艺规程标准等。

针对西南丘陵山地地块小、地表不平、土质粘重等导致的播种驱动不可靠，从而影响播种质量的问题，重点研究了播种驱动和传动技术，实现了排种器独立可靠驱动，保证了播种质量。研发的 2BYJS-2 型玉米精量播种机结构紧凑，与小马力拖拉机配套，适宜丘陵山地作业。作业速度 4km/h 时，单粒精播率 90%以上。

针对黄淮海一年两熟区免耕播种玉米时麦茬高、秸秆覆盖量大、粉碎抛洒不均匀导致播种机易堵塞，从而造成缺苗断垄的问题，重点研究了全秸秆覆盖下的高效防堵技术，创新研制了两种主动式防堵机构，能有效清除种带上的秸秆，创造良好种床，保证播种质量。研发的 2BYF-4 型、2BYQF-3 型玉米精量播种机达到国内先进水平，作业速度 4km/h 时，单粒精播率 95%以上； 2BYJMFQC-4 型气吹式玉米免耕精量播种机达到国际先进水平，其中防堵技术达到国际领先水平，作业速度 6km/h 时，单粒精播率超过 98%。

以高速高效为目标，研发了适于东华北春玉米区的 2BYQC-7 型和 2BQ-7 型气力式玉米精量播种机，其中 2BYQC-7 型气吹式玉米精量播种机作业速度达 9km/h 时，

单粒精播率 93.4%；2BQ-7 型气吸式播种机作业速度达 8.6km/h 时，单粒精播率 93%。实现了高速作业下的单粒精量播种，两种机型均达到国际先进水平。

以规模化生产经营主体为对象，以高速作业条件下的播种精度和实时智能控制为目标，创新研究了电机直驱和周向传动精量排种技术，实现排种器的平稳启动和运行，保证播种稳定性；研发了排种盘转速与播种机田间前进速度实时、精确匹配算法，确保在不同作业条件下播种株距恒定达到农艺要求；研发的基于电机直驱的智能型玉米精量播种机作业速度 12 km/h 时，作业单粒精播率 98%以上。

主要技术指标

研发的 2BYJS-2 型玉米精量播种机结构紧凑，与小马力拖拉机配套，适宜丘陵山地作业。作业速度 4km/h 时，单粒精播率 90%以上。

研发的 2BYF-4 型、2BYQF-3 型玉米精量播种机达到国内先进水平，作业速度 4km/h 时，单粒精播率 95%以上； 2BYJMFQC-4 型气吹式玉米免耕精量播种机达到国际先进水平，其中防堵技术达到国际领先水平，作业速度 6km/h 时，单粒精播率超过 98%。

研发了适于东华北春玉米区的 2BYQC-7 型和 2BQ-7 型气力式玉米精量播种机，其中 2BYQC-7 型气吹式玉米精量播种机作业速度达 9km/h 时，单粒精播率 93.4%；2BQ-7 型气吸式播种机作业速度达 8.6km/h 时，单粒精播率 93%。

投资及运行效益分析

本项目成果在黄淮地区山东、河南、河北，东华北地区黑龙江、辽宁，西南地区四川、云南、贵州、重庆等十几个省示范推广，极大地促进了我国玉米精量播种技术的发展和广泛应用，获得良好的社会经济效益。

技术名称

玉米单倍体育种高效技术体系的创建

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

玉米育种

技术内容

玉米是我国种植面积最大和总产最高的作物，也是利用杂种优势最成功的作物之一。自交系的选育是玉米育种的核心环节。常规方法选育自交系至少需要 8-10 个世代，而双倍体育种在两个世代即可获得高度纯合的自交系，因此是玉米育种中的革新性技术。立项阶段，国内双倍体育种几乎为空白，国外双倍体育种也处于起步阶段，而且很多关键技术处于保密状态。本项目通过二十余年的研究，在双单倍体育种的三个关键环节：单倍体诱导、鉴别和加倍方面均有突破，从而形成具有独立知识产权的双单倍体育种技术体系，大大推动了国内双单倍体育种技术的应用及技术变革。主要发明点及创新性如下：

选育了国际上第一个高油型单倍体诱导系-农大高诱 1 号，籽粒油分达到 7.5%；在此基础上选育了一系列的农大高频诱导系，并大规模应用于育种，诱导率一般在 10%左右。在国际上首先发现第 9 号染色体上的重要诱导基因，并进行了精细定位，还精细定位了第 1 号染色体的诱导基因。基于定位结果，开发了相应的分子标记，在国际上率先建立高频诱导系的分子标记辅助选育技术，成功选育出高油分高诱导率的双高诱导系 H1、H2、H3（8%）及高频诱导系 X73（15.38%）。自选隐性遗传材料黄苗 Syn695 为遗传测验种，为准确快速评价单倍体诱导率及诱导系选育提供了有效手段。首次提供了直接的分子细胞学证据，支持单倍体诱导机理的染色体消除假说。

国际上首次提出了利用油分花粉直感效应进行单倍体鉴别的原理，开辟了利用

籽粒化学成分鉴别单倍体的技术路线，建立了大规模高通量的单倍体筛选方法。以油分花粉直感鉴别单倍体原理为基础成功研发出国际上第一台油分检测与筛选的核磁共振单倍体自动化筛选设备，单倍体的鉴别准确性可以达到 90%以上，实现了玉米单倍体籽粒鉴别和挑选的自动化。此外，开发出基于可见光和近红外光谱的固体籽粒的自动检测与分选系统，可用于玉米单倍体籽粒的粗筛选。

率先在国内建立了高效的单倍体化学加倍技术体系，其中以秋水仙素为基础的加倍体系目前在国内得到了广泛应用，加倍率达到 20-70%。建立了自然加倍、种子或幼苗加倍和组培加倍体系，实现了单倍体育种技术的工程化，同时打破国外相关的技术垄断，提升了国内玉米双单倍体技术的应用水平。在国际上首先提出利用早期自然恢复进行一步成系的 EH 方法，为单倍体育种技术的进一步提升提供了新的思路，并在此基础之上提出了 TH，CH，BH 单倍体应用新途径。

主要技术指标

创制出国际上第一个高油型单倍体诱导系-农大高诱 1 号，并相继创制出农大高诱 5 号等 8 个农大高频诱导系，诱导率由 3.5%提升到 10%以上。

成功研发出国际上第一台油分检测与筛选的核磁共振单倍体自动化筛选设备，单倍体的鉴别准确性可达 90%以上，每小时可筛选籽粒 1000 粒左右，比人工鉴定提高效率 10 倍。

优化了秋水仙素芽苗加倍技术，加倍率由自然加倍的 3-5%提高到 20-70%，

投资及运行效益分析

该技术体系得到了国内外同行的高度认可，在国内 50 多个企事业单位广泛应用，每年创制 DH 系 5 万份以上。培育出中农大 169 等 7 个新品种，纯化了 8 个品种的亲本，2013-2015 年累计推广 1600 多万亩，社会经济效益显著。

工程案例介绍

利用本项目技术培育的优良玉米新品种正成 018、桂单 1125、京科 193、中农大 622 等 7 个玉米新品种和纯化的奥玉 3804、浚单 29、京科 389、桂单 0811 等 8

个玉米品种，2013-2015 年审定品种和纯化品种累计推广面积 1600 多万亩，社会经济效益显著。在主要玉米产区示范成功，受到了农民、经销商、种子企业的高度青睐，展现了广阔的推广前景。通过与更多种子企业合作，将有利于加快该成果的进一步推广应用。

技术名称

杏、李良种创制与高产稳产及加工关键技术研发

技术依托单位

北京市农林科学院林业果树研究所

适用范围

杏、李良种创制

技术内容

建立了全世界保存数量最多的杏和李种质资源库，挖掘了一批杏、李优异种质资源，并构建了核心种质。收集整理保存杏、李种质资源 1520 份，保存数量居世界第一位，经系统评价筛选出极耐寒、极早熟、自花结实、高含糖量、抗病等特异种质 70 余份；建立了我国 130 个主栽杏品种 DNA 指纹图谱；首次构建了杏、李核心种质。为杏、李种质资源的充分利用以及资源、品种知识产权的有效保护提供了保障。

采用有性杂交育种和实生选种技术，培育了“京早红”、“京香红”、“京脆红”、“京佳 1 号”、“京佳 2 号”、“西农 25”、“玫香”、“早金艳”、“瑶山李”、“岭溪李”、“金山”、“晚金玉”、“秋姬”等杏、李新品种 13 个，在品质、抗性、耐贮性、加工特性和成熟期等方面得到改良和丰富，有效地满足了市场多元化需求。

针对晚霜是杏高产稳产的共性制约因素，研发了风机防霜、外源水杨酸、防霜制剂处理等技术，解决了晚霜危害产量的关键难题。研究揭示了水杨酸等制剂在提高抗寒基因表达上的机理。在主要病虫害种类、发生规律及防治方法、“一树一库”节水抗旱措施、高光效树形等方面进行了有机集成和配套，促进了杏、李高产稳产。

研制出太阳能制干设备和膨化食品技术，开发出高质、清洁、膨化、适口的杏、李干制产品，改变了杏、李等果品干制加工的落后局面，提升了产品效益和市场竞争能力。

投资及运行效益分析

本成果建立了全世界保存数量最多的杏和李种质资源库，挖掘了一批杏和李优异种质资源，并构建了核心种质；选育了适合不同地区、成熟期配套、品质抗性俱佳的杏和李新品种；集成了杏和李栽培实用技术；研发了杏和李新型加工工艺和产品，对农村经济发展、山区脱贫致富、生态环境改善和满足人们多元化消费需求等方面作用明显、效益显著，推广应用前景广阔。项目形成的新品种、高产稳产关键技术、加工技术等成果在全国主要杏、李产区广泛应用，对农村经济发展、山区脱贫致富、生态环境改善和满足人们多元化消费需求等方面均产生了重要的推动作用，产生了显著的经济效益，同时取得了良好的生态效益和社会效益。

技术名称

国产 GF-1 卫星冬小麦面积遥感监测技术

技术依托单位

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

适用范围

冬小麦等农作物种植，农情遥感监测

技术内容

面向国家对冬小麦种植面积空间分布信息高效获取的迫切需求，攻克了基于国产高分一号（GF-1）卫星冬小麦种植面积遥感监测关键技术，实现了遥感数据快速预处理和作物种植区高精度自动识别。成果具有原创性，达到了国内领先水平，具有全球遥感监测业务应用潜力。项目出版论著一部、发表论文 20 篇，获得软件著作权 10 个，有显著的社会和经济效益。成果具有以下 3 个创新点：

1) 针对多时相卫星数据农业应用精准匹配及光谱一致性需求，引进区域网平差和辐射传输模型，创建了 GF-1 卫星数据预处理技术，突破了宽视场卫星数据高精度几何校正和快速大气校正的技术瓶颈，为大范围农作物种植面积提取提供了技术支撑。GF-1 卫星携带的宽幅相机（WFV）在 1 个月内可获取 2-4 次全国范围的影像，是冬小麦种植面积遥感监测的最佳数据源。为保证影像空间定位精度，率先在农业领域引入区域网平差技术对 WFV 数据几何校正，定位精度在 0.5 个像元以内，实现了多时相 WFV 数据的精确匹配；构建了以 6S 辐射传输模型为核心的大气校正算法，较通用商业软件计算效率提高了 75%以上；开发了 GF-1 卫星数据预处理系统，日数据处理量超过 1TB，为冬小麦面积遥感监测提供数据保障。

2) 首次提出了冬小麦种植面积遥感指数，攻克了 GF-1 卫星数据冬小麦种植区自动识别的技术瓶颈，完善了面向作物种植特征的自适应分类方法和验证技术，实现了冬小麦面积自动提取，为国产高分数据农情遥感监测业务化应用奠定了基础。针对样本选择复杂、专家知识依赖性高、过程难于复核等限制传统分类方法监测效

率的技术瓶颈，构建了基于 WFV 时间序列 NDVI 的冬小麦面积指数（WWAI），扩大了冬小麦与其他地物的差异；采用自适应方法自动设定 WWAI 分割阈值，减少了人工干预，保证了阈值及分类结果的一致性和稳定性，最大程度地实现了冬小麦种植区提取的自动化，为大范围冬小麦面积监测业务化运行提供了可靠的技术方法。

3) 创建了基于标准分类单元的大范围冬小麦种植面积监测业务化技术流程，获得了全国第一张 16 米空间分辨率的全国主产区冬小麦种植区空间分布图，是国家农业发展决策的科学依据。监测时效性显著提高，在国家和省级农业遥感监测业务及其他行业中得到广泛应用。全国主产区冬小麦种植区空间分布制图完全采用国产卫星数据，监测结果具备丰富的空间结构信息。

工程案例介绍

项目成果已在农业部“国家农情遥感监测业务运行系统”，以及河南省、山西省、新疆维吾尔自治区、民政部卫星减灾中心等农情遥感监测业务中得到应用，监测效率提高 30%以上。

技术名称

玉米 DH 育种技术研究及应用

技术依托单位

北京市农林科学院玉米研究中心

适用范围

玉米 DH 育种

技术内容

针对玉米 DH（双单倍体）育种中单倍体诱导系缺乏、外引诱导系适应性和抗性差、单倍体加倍效率低、难以规模化创制 DH 系、DH 系鉴定与利用不充分等问题，在玉米单倍体诱导系遗传改良与选育、单倍体鉴定与加倍、大批量规模化创制 DH 系、DH 系鉴定与利用等方面开展研究并取得了重要成效。主要创新点如下：

（1）通过对外引玉米单倍体诱导种质进行遗传改良，创新选育出系列诱导系，京科诱 044、京科诱 045、京科诱 046 等 3 个玉米单倍体诱导系，具有诱导率高、散粉性好、抗性强、易繁殖等优点，获得农业部植物新品种权，开展玉米单倍体诱导系杂种优势利用，提高诱导率，丰富了我国玉米单倍体诱导系种质基础，为 DH 育种技术大范围应用提供技术支撑。

（2）建立了依据籽粒标记和田间植株长势相结合的单倍体鉴定技术体系，提出玉米单倍体自然加倍的适宜区域、播期，改进化学药剂处理提高加倍技术，形成一套依据不同育种材料特性采用不同加倍方法的高效率加倍技术体系，提高了 DH 育种技术效率。

（3）形成一套适于工程化的链条式流水线作业育种技术体系，将种质基础构建、DH 系创制、DH 系鉴定与测配、杂交组合与鉴定等育种环节有序链接，实现规模化大批量创制 DH 系，8 个获得植物新品种权。

玉米 DH 育种相关技术的突破，促进玉米单倍体诱导率、单倍体加倍率显著提高，为规模化工程化高效率育种奠定技术基础，促进了 DH 育种技术的普及与应

用。玉米单倍体诱导系京科诱 045、京科诱 046 等先后被多家科研单位和种子企业引入，应用于玉米育种，提升育种技术水平，加快品种选育进程，增强种业竞争力。

投资及运行效益分析

建立以 DH 育种技术为载体，以知识产权为纽带的科研——产业创新联合体，经过筛选的玉米 DH 系通过科技合作等方式提供给企业，累计发放 13732 份，实现育种资源的创新、共享和应用，使企业很有效的从科研院所获得大量的育种材料，为新品种培育的成功增添了大量砝码，改变企业从研究院所单一的转让新品种的现状，从而可以有效提高企业的竞争力。向国家种质库提供 1000 份 DH 系进行长期保存，向中国农科院作物科学研究所提供 1000 份 DH 系用于国家良种协作攻关开展抗逆性鉴定，丰富了我国玉米种质资源。通过 DH 技术为河南鹤壁农科院、耘丰种业等单位主推玉米品种的亲本提纯优化，提高了亲本自交系和制种产量，降低生产成本，带来显著经济效益。

工程案例介绍

利用 DH 系组配选育京科 665、京科 193、选育出京科 193、MC1002、京科青贮 932 等玉米品种通过审定，在生产中得到推广应用，新组合 NK815、MC121 在试验中表现优良。

三、新材料

技术名称

大面积二维原子晶体材料的连续化制备系统

技术依托单位

中国科学院过程工程研究所

适用范围

新材料

技术内容

本项目基于多年技术积累，将物理、化学、材料、机械、自动化控制等多个学科进行有机融合，自行研制出了国际首套具有多功能、自动化控制和普适性的连续化石墨烯制备中试系统，不仅成功实现规模化制备高质量单层石墨烯材料，而且可以面向多个领域的应用需求。本自动化连续制备系统的研制获得了中国科学院科研装备研制项目、中国科学院“百人计划”项目，国家自然科学基金等项目支持。此外，2015 年中国科学院过程工程研究所与荷兰皇家壳牌石油公司开展了关于“高性能石墨烯涂层的管线钢防腐应用”的研究项目，基于本自动化连续制备系统，首次突破了难以直接在碳钢表面生长高质量石墨烯的技术瓶颈，并大幅降低了碳钢的腐蚀速率。2016 年中国科学院过程工程研究所与江苏中天科技股份有限公司开展了“石墨烯增强铝合金导线中试关键技术研究”的合作，国际上首次成功实现了在工业化连铸连轧杆材生产线上生产铝基石墨烯复合杆材。该生产工艺具有极高的可重复性，产品性能与实验室及小试阶段水平相同（拉伸强度提高 25%~50%）。

主要技术指标

以 8 微米厚度，0.1 米宽度，纯度为 99.9% 的铜箔作为催化剂衬底，已完成单批次制备石墨烯产品长度达 5000 米，所获得产品单层率大于 98%。

投资及运行效益分析

作为新型的二维晶体材料，石墨烯具有高的载流子迁移率和导热率、高透光性和良好的化学稳定性等，在电子、传感、能源、复合材料、医疗、航空航天等领域展示出了广阔的应用前景。世界各主要国家均高度重视石墨烯相关产业的发展，期待其所带来的巨大市场价值。我国将石墨烯作为新兴战略产业予以高度重视。《十三五战略性新兴产业发展规划》中要求重点发展“石墨烯规模化制备技术及其产业化应用”，保持我国在二维纳米材料前沿科学研究和技术应用研究的领先优势。据估计，未来 5 到 10 年全球石墨烯的研究发展会有很大进步，并将带动数万亿美元的新兴产业链。

目前，世界各国和国际知名企业都相继投入巨额研发资金，以推动高质量石墨烯材料的规模化制备及产业化应用。但是，由于设备结构和规模的局限性，张力不可控等关键问题尚未解决；所制备样品的质量不稳定且极易受外界因素干扰，难以实现工业化生产和应用。本项目基于多年的技术积累，将物理、化学、材料、机械、自动化控制等多个学科进行有机融合，自行研制出了国际首套具有多功能、自动化控制和普适性的连续化石墨烯制备自动化连续制备系统；通过对制备过程的精准控制和工艺条件优化，实现了高质量石墨烯材料的规模化生产，推动了单层石墨烯薄膜从实验室制备阶段到中试级规模化制备阶段的迈进，单层石墨烯薄膜的价格较现有产品可降低两个数量级以上。目前，国内外科研院所和产业界对新材料和新技术需求强烈，因此该研制系统及其生产的石墨烯材料有较大潜能推广应用到多个领域。此外，该系统可以开展多种二维薄膜（石墨烯、氮化硼等）、金属薄膜、光学薄膜等的连续化制备、热处理及复合加工等应用研究，不仅可以引发多学科前沿交叉，形成新的科技和经济发展增长点，而且能够为传统领域跨越发展及产业升级转型增添新的动能。总之，该成果有助于提升我国在新材料前沿科学研究和技术应用研究的领先优势，激发更广领域的新技术、新产品、新业态等战略性新兴产业的创新发展，具有良好的推广应用前景。

技术名称

多元碳化物复合材料及其在高速列车受电弓滑板的应用

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

高速铁路

技术内容

近年来高速铁路在我国取得了举世瞩目的成就，但是一些关键零部件严重依赖外国产品的状况长期没有得到根本性的改变。

位于高速动车组顶部最上端的受电弓滑板，与轨道上方的供电接触网直接接触，列车运行时通过滑板与接触网线之间的滑动接触，向动车组列车传输 25 kV 电压、200~500A 电流的牵引电能。由于不可避免的“离线”电弧烧蚀和接触网上硬点的撞击，以及雨、雪、结冰等恶劣天气的影响，其服役状况极其严酷；属于直接影响高速动车组运营安全的一类关键部件。由于我国相关特种材料研发的落后，自我国高速铁路开通以来，所有运营的高速动车组不得不全部使用外国进口的碳滑板。这不仅导致长期的外国技术垄断和产品价格垄断，也存在重大的供货安全潜在风险。这是必须解决的问题。

主要技术创新点：

本项目发明的多元碳化物复合材料（Multiple Carbide Composites，简称 MCC），是以 MAX 相碳化物导电陶瓷为原料研制的一系列新型材料。其主要创新点如下：原创发明了 MAC 原位蜕变 MC 复合材料；原创发明了 MAC/M 双连续相复合材料；原创发明了高性能的高速动车组受电弓用 MCC 滑板。

投资及运行效益分析

2009 年 4 月~2013 年 9 月北京竞和科技有限公司投资完成了相关 MCC 材料制备及 MCC 滑板制造技术的产业化，建成年产 3 万条 MCC 滑板生产线。2014 年 5

月 MCC 滑板在京广线、京沪线、湘桂线以及郑西线等高铁客运专线完成了 200~250 km/h 速度等级和 300~350 km/h 速度等级的装车载客运行考核。2014 年 8 月，MCC 滑板的技术指标列入中国铁路总公司发布的相关标准性技术文件（TJ/CL328-2014）。2014 年 12 月，适用我国全部动车组车型的四种型号 MCC 滑板通过了中国铁路产品认证中心（CRCC）的认证。打破了长期以来外国碳滑板的技术垄断，产生了显著的社会效益。

工程案例介绍

2015 年 7 月，北京竞和科技有限公司生产的 MCC 滑板产品竞标成功，与 12 个铁路局签订了供货合同，创造直接经济价值约 1400 万元，打破了长期以来外国进口碳滑板的市场垄断。与 MCC 滑板投标前相比，动车组碳滑板的采购价格下降了约 40%，因此中国铁路总公司每年可节约采购支出约 1.2 亿元。经济效益十分显著。

技术名称

碳化钛可溶阳极电解提取金属钛的新工艺

技术依托单位

北京科技大学

适用范围

金属钛提取工艺

技术内容

金属钛具有优异的物理化学和机械性能。其密度比钢小 43%，比强度高、熔点高、耐腐蚀且无毒害，被广泛用于军工、航空航天、化工、电子信息等领域，被誉为“未来金属”。钛元素在地壳中储量极为丰富（0.44%，在所有元素中列第 9），但钛的产量与销量却很有限（全球年产不足 20 万吨）。目前金属钛的主流生产工艺为 Kroll 法，即镁还原法。其核心是用金属镁为还原剂，在 800~900℃ 下还原气态四氯化钛，得到纯度为 99.7% 左右的海绵钛。该流程工艺繁琐、复杂且能耗大，从而导致金属钛生产成本高、价格昂贵，限制了金属钛的广泛应用。

2004 年以来，北京科技大学朱鸿民教授和焦树强教授领衔的课题组提出一种新型清洁钛提取冶炼方法，其基本设计思路如下：以二氧化钛或富钛料和碳质还原剂为原料，碳热还原制备具有良好导电性的 TiC_xO_y 固溶体，并将 O/C 比控制在 1/1 左右，用作电解阳极原料；将该阳极进行熔盐电解，阳极产物为 CO 或 CO₂，从而使阳极固溶体中的氧和碳完全以气体形式排出，而钛则以离子形式进入熔盐；选择并控制电解条件，使熔盐中的钛离子保持较低价态，并在镍或钛阴极以较高的电流效率以金属钛形式沉积析出。

该研究成果在国际著名期刊发表后得到普遍关注，被认为是“一个在钛金属提取领域里极其重要的成果（a straightforward account）”。这一方法为钛金属的低成本、低污染生产奠定了基础，在国际上被誉为“USTB”工艺。在完成基本原理研究基础上，该新型钛冶炼工艺经 100A 规模小试、1000~3000A 规模中试

后，于 2013 年底实现了 10000A 工业化规模试验及装备集成研发，并获得了质量在 1 级海绵钛以上的规模产品。由此，进一步巩固了我国在该领域的技术优势，同时形成新型钛金属冶金的系统性知识产权，并确立了这一全新的冶金流程。

高纯钛，是指纯度在 3N5（99.95%）乃至 4N5（99.995%）以上的金属钛。近年来，随着航空航天、电子信息等高科技产业的快速发展，高纯钛的用量越来越多。采用适当方法制造低成本的高纯钛，是这些行业当前发展亟需解决的一大问题。近年来，焦树强教授课题组对钛离子在熔盐电解质中的阴极过程进行了系统研究，提出了以海绵钛为阳极，采用象形电极的熔盐电解槽和阶梯式恒流补偿电解工艺精炼得到高纯钛。

主要技术指标

通过该工艺生产的金属钛纯度在 3N5 以上，并具有能耗低、成本低等优势。

投资及运行效益分析

碳氧化钛可溶阳极电解提取金属钛的新工艺属于具有自主知识产权的原创性技术，经过长期测试，该技术各项经济指标国际领先。该方法有效的解决了目前传统钛冶炼方法工艺复杂繁琐、能耗大、成本高、污染严重等问题，并且能将金属钛的生产成本降至目前工艺的 1/2 左右。

金属钛具有优异的物理、化学和机械性能，其密度比钢小 43%，比强度高、熔点高、耐腐蚀且无毒害。金属钛被广泛应用于军工、航空航天、化工等领域，被誉为“海洋金属”、“第三金属”、“未来金属”。金属钛具有如此多的优点却被广泛的应用，主要的原因是受其高昂生产成本的制约。如果钛的生产成本能够降，金属钛不仅在军工、航空航天、化工领域倍广泛的应用，而且能够被应用到民用领域。根据国内外钛市场调查结果显示，目前金属钛的世界消耗量在 20 万吨/年左右。若金属钛的生产成本能够降至现有成本的 1/2 左右，世界钛的需求和消费量保守估计能够突破 100 万吨/年，这意味着产生将近 300 亿元/年的利润。

工程案例介绍

近年来，经过与宁夏德运创润钛业有限公司合作，成功将电化学精炼制备高纯钛工艺实施产业化应用。目前，项目第一期年产 30 吨高纯钛生产线已经投产，并初步形成乐观的经济效益。

技术名称

多模复合材料压电元件及其换能器

技术依托单位

北京信息科技大学

适用范围

水声和超声探测

技术内容

本项目针对水中通讯、导航、探测等声呐系统对换能器带宽提出的要求，重点解决了换能器内核心敏感元件的带宽问题，创新性地采用低品质因数结合多模振动耦合的宽带技术，以陶瓷、树脂、橡胶三相材料复合，突破传统复合材料等高切割的制备方法，研制出新一代的多模复合材料元件，并应用该元件研制宽带水声换能器阵，实现了换能器阵的宽带特性。多模压电复合材料元件由于采用多模耦合结合低机械品质因数的宽带技术，其研制样品具有谐振频带宽，机电耦合系数高，机械品质因数低，声阻抗易于与水和空气匹配等特点，可广泛应用于水声和超声探测领域。

主要技术指标

项目应用弧形元件设计、研制出圆弧换能器阵样机、实现了宽频带（>30kHz）、宽波束开角（>85°）收发声信号的功能。

投资及运行效益分析

多模压电复合材料元件由于采用多模耦合结合低机械品质因数的宽带技术，其研制样品具有谐振频带宽，机电耦合系数高，机械品质因数低，声阻抗易于与水和空气匹配等特点，可广泛应用于水声和超声探测领域。

在水声领域多模压电复合材料元件及其换能器可用于海洋声学断层分析，确定全球海洋的二维、三维温度及海流分布图，以进行海洋开发与利用。此外还可用于海洋通讯、探测、定位，回声探深、海底地质考察、石油勘探与开采、遥测遥感、

沉船打捞、海洋捕鱼等方面。在超声领域多模压电复合材料元件及其换能器可用于超声无损检测，医疗超声成像等，如管道泄漏检测，结构件的缺损检测，B 型超声探头等。目前多模压电复合材料元件已提供中国科学院声学研究所和常州超科无损检测器材有限公司用于深水探测和超声无损检测，已产生直接和间接效益 60 万元。具有良好的经济和社会效益。

工程案例介绍

压电复合材料换能器已提供中国船舶重工集团公司第 750 试验场使用，换能器的性能满足了系统的设计要求。

技术名称

稀土永磁电机废旧磁体的绿色回收和高效再利用技术

技术依托单位

北京工业大学

适用范围

节能与环保

技术内容

针对稀土二次资源的绿色回收和高效再利用这一世界性难题，在科学与工程技術前沿开展系统、深入研究，取得突破性进展和成果，创造性地解决了稀土永磁电机废旧磁体的回收、高纯度稀土化合物提取、高性能再生磁体制备等关键技术、装备和产业化过程中的重大难题，实现了废旧磁体的绿色回收和高效再利用。其中，再生烧结钕铁硼永磁实现了大规模工业生产与全球销售应用。

本项目自主创新发明了利用重稀土及其化合物的纳米颗粒及超细粉通过掺杂烧结或表面渗镀的方法将废旧烧结磁体制备高性能再生烧结钕铁硼磁体的新技术；发明了高效去除树脂粘结剂的特种溶剂，利用溶剂溶胀法将废旧粘结磁体制备成高性能再生磁粉和粘结磁体，磁粉回收率大于 99%；研发了基于“配合-沉淀”反应理论计算的选择性沉淀和萃取分离相结合回收钕铁硼废料的绿色环保核心技术，将废旧磁体碎屑制备成高纯度稀土化合物，总稀土回收率大于 92%。研发出上述各种再生稀土产品的制备工艺和专用装备、以及全套产业化技术。建成了年处理 100 万台废旧稀土永磁电机的生产线、年处理 500 吨废旧磁体回收稀土氧化物生产线和全球首条年产 500 吨高性能再生烧结钕铁硼磁体的生产线。

项目授权中国发明专利 13 项，实用新型专利 8 项，公开中国发明专利 4 项。主持制定了《再生钕铁硼永磁材料》国家标准 1 项，支持起草了工信部行业标准和湖北省地方标准各 1 项。发表学术论文 15 篇，其中 SCI 收录 10 篇（含一区论文 3 篇）。

主要技术指标

研制的系列再生稀土产品经中国计量科学研究院、国家有色金属及电子材料分析测试中心等权威检查机构检测：高纯度稀土氧化钕和氧化镨纯度分别达到 99.9% 和 99.99%，再生钕铁硼烧结磁体和粘结磁体的主要磁性能指标均达到原始磁体 95% 以上。其中，再生钕铁硼烧结磁体与同牌号原生磁体相比大幅缩减工艺流程，实现了节能减排，工业生产成品率达到 99% 以上，显著降低了磁体的制造成本，用户使用证明性能等同于同牌号原生磁体。

投资及运行效益分析

项目针对典型废旧稀土永磁电机的磁体回收，开发了节能环保的自动化拆解技术和装备，并建成了年处理 100 万台废旧稀土永磁电机的生产线、年处理 500 吨废旧磁体回收稀土氧化物生产线和年产 500 吨高性能再生烧结钕铁硼磁体的生产线，高性能再生钕铁硼磁体已实现全球市场销售。近三年实现销售收入 2.46 亿元，新增利税 6300 万元，获得了显著的经济和社会效益。

工程案例介绍

所研制的电机用烧结钕铁硼永磁实现了大规模工业生产，产品已广泛应用于多个民用高技术领域；并出口到美国等发达国家，获得全球认可。

技术名称

高速动车组玻璃结构优化、检测评价技术与设备开发应用

技术依托单位

中国建筑材料科学研究总院

适用范围

规模化高速动车玻璃的生产

技术内容

三个项目研究内容重点关注涉及司机、乘客安全的车窗玻璃抗冲击性能、抗风载荷性能、耐磨与抗划伤性能、逃生性能以及材料动态性能特性、高速铁路列车风挡玻璃设计与研发、风挡玻璃性能检测等几个方面进行了重点研究。形成主要成果如下：

通过改进的霍普金森杆技术，系统研究了动车玻璃材料在不同应变率和不同温度条件下的动态力学性能特性，建立了与应变率及温度相关的材料动态本构模型，并初步建立了透明件材料的动态力学性能参数数据库，结合 LS-DYNA 分析程序，建立了动态分析平台，研究成果可用于指导高速铁路风挡玻璃及其它透明件的结构设计、材料选型。

采用真空辅助加速和无阻力快速发射技术，大大提高了压缩空气炮和压缩空气枪的发射速度和精度，速度分别达到 1000km/h 和 700km/h 以上，用于模拟高速动车运行过程中可能遇到的大石块、小砂石的撞击。大石块撞击风挡玻璃不能穿透并且也不能产生碎玻璃飞溅，小砂石撞击玻璃后玻璃不能有任何可见的损伤。

采用宽频时时控制技术研制的控制阀是风压疲劳试验设备的关键部件之一，成功解决了风压和频率的调整问题，实现风压峰值在-8000Pa 至+8000Pa，频率 1Hz 至 8Hz 内任意可调，压力峰值和频率范围完全满足国内各车型的试验需要。

研制的成套检测设备，设备技术指标达到国际领先水平。并均已应用于相应性能的试验方法国家标准中，相关技术指标均达到国际领先水平，完全适应我国高速

铁路发展现状。

形成了高速铁路列车风挡玻璃的设计准则和评价体系，制定了高速列车风挡玻璃的制备技术评价系统，研制了 400km/h 以上运行速度高速列车风挡玻璃。

项目发表科技论文 11 篇，申请国际发明专利 1 项，国内发明专利 2 项，获得实用新型专利授权 3 项。

主要技术指标

压缩空气炮和压缩空气枪的发射速度分别达到 1000km/h 和 700km/h 以上，用于模拟高速动车运行过程中可能遇到的大石块、小砂石的撞击；实现风压峰值在-8000Pa 至+8000Pa，频率 1Hz 至 8Hz 内任意可调，压力峰值和频率范围完全满足国内各车型的试验需要。

投资及运行效益分析

研究成果形成了高速动车外围护结构完整的检测评价技术，项目成果为国内高铁及航空领域新型号设计，提供了技术支撑及可靠的验证方法，取得了良好的社会效益。这些新增的检验手段，已经为项目承担单位带来约 1000 万元的检测费收入，预计每年将为项目承担单位增加 500 多万元的检测收入，经济效益十分客观。以上成果，为高速动车的安全运行，推动高速铁路的健康发展有重要推动作用。

工程案例介绍

直接或间接参与本项目的有南车青岛四方、青岛庞巴迪、铁路科学研究院、北车长春、北车唐山、同济大学、通号公司等 10 多家单位。利用本项目研究的风压载荷疲劳试验机、抗砾石冲击试验机等装备，已经为国内磁悬浮车、CRH250、CRH380 等多个车型的车窗、车门等进行了试验验证，验证试验暴露出设计薄弱环节，设计单位根据试验结果对设计方案进行了及时修改，保证了车辆的安全运行。

技术名称

乡村建筑用经济型砌筑材料的研发与应用

技术依托单位

中国建筑材料科学研究总院

适用范围

建筑节能

技术内容

近年来，我国对建筑节能技术提出了更高要求。与现有外墙外保温技术相比，结构功能一体化新型建筑节能体系解决了外墙外保温系统与建筑同寿命核心问题，显著提高建筑抗震、安全性和耐久性，已成为建筑节能技术的重要发展方向，迫切需要研制结构功能一体化新型墙体砌筑材料及关键生产装备。本项目研究并采用先进技术提升混凝土空心砌块热工性能，使其由单一结构材料转变为结构功能一体化的建筑保温砌块，研制核心生产装备和关键配套材料，建立应用标准体系，推进结构功能一体化新型建筑节能体系发展，实现建筑砌块行业升级换代，提升产品核心竞争力。

投资及运行效益分析

课题所取得的重大成果村镇新型利废节能砌筑材料与生产技术已实现产业化。产品已在北京、福建等农村建筑推广应用超过 60 万平方米，取得了显著的社会经济效益，为新农村建设提供了性价比优良的节能砌筑墙体技术与材料，具有良好的推广应用前景。

技术名称

新一代木塑绿色建材成型技术

技术依托单位

北京化工大学

适用范围

绿色建材

技术内容

本项目涉及木塑模板和木塑住宅轻质墙板两种建筑新产品的成型技术，是以热塑性塑料与植物纤维材料为主要原料，经模压、挤出制成的绿色环保材料，其制备技术属于新型复合材料与高分子成型加工学科的交叉。

挤出法生产的木塑模板存在难以克服的刚性与韧性、高性能与低成本的矛盾。本项目从产品结构创新入手，采用多层复合结构设计，以及交联、添加增强树脂、纳米填料改性等增强手段，赋予模板良好的刚性与韧性；研发了专用的连续层压成型装备，实现从铺料、合模、热压、冷压到脱模等环节的十层多工位全自动流水线化操控，有效解决了间歇式模压生产工艺与高效率、低成本的矛盾。

研发的木塑墙板是国内外首创的建筑新产品，项目以高强度防火材料专用配方的研制为基础，采用大长径比、双排气的锥形双螺杆技术以及特殊设计的带轴向沟槽和垂直螺棱沟槽的螺纹元件设计，开发了木塑墙板专用成型装备；利用 POLYFLOW 软件模拟优化，实现了大截面异型墙板模具三维流动方向上的速度场、压力场、剪切粘度场的均匀分布与控制，成功实现了截面尺寸为 600mm×120mm 宽幅大厚度轻质墙板的一步法挤出成型。

主要技术指标

所制备的建筑模板弯曲弹性模量为 4.2 GPa；静曲强度为 45.4 Mpa，吸水厚度膨胀率为 0.4%，具有良好的刚性、韧性、抗冻融性及性价比。制备的木塑墙板抗冲击性能达 10 次无裂纹，抗弯破坏载荷是墙板自身重量的 10 倍以上，吊挂力达

1000 N 无裂纹，抗压强度为 6.6Mpa，甲醛释放量 <0.1 mg/L，防火极限超过 2 小时。

投资及运行效益分析

本项目研发的木塑建筑模板和木塑墙板直接面向全国的建筑行业，直接落实于应用研究和开发研究，致力于解决工程建设中的关键技术问题，对促进我国建筑行业新产品、新材料的技术进步与工程应用具有显著的积极意义，同时带动相关机械与模具的创新与发展。其前景体现在：建筑业宜居住宅结构建造新理念，建筑业新材料产业的发展以及设备加工业相关机械的扩展三方面。

工程案例介绍

建筑模板先后在北京房建建筑股份有限公司第二分公司、北京市长阳金恒通达建筑有限公司、北京金恒通房地产开发有限公司、房建集团等企业的多项工程中使用。木塑墙板已在北京市的周转房、廉租房、新农村建设等建筑工程中得到成功应用，建筑面积达 500 余万平米，社会效益和经济效益显著。

技术名称

高精度低压温度适应型主动光学反射镜

技术依托单位

清华大学

适用范围

光学反射镜

技术内容

高精度主动光学反射镜技术是当前激光与光电技术领域的研究热点之一，其对于自适应光学理论的丰富与完善具有重要的学术意义和应用价值。高精度主动光学反射镜技术是现代大型激光与光学系统的关键性核心技术，耦合了精密光学、精密机械、电控算法等诸多学科，研究难度大，迄今为止人们对大口径主动反射镜的面形控制机理、温度响应性能、动态像差校正等问题认识尚不充分。

高精度低压温度适应型光学主动反射镜是高能激光系统的核心控制器件。清华大学和中国工程物理研究院激光聚变研究中心完成的高精度低压温度适应型光学主动反射镜技术解决了长期制约高能激光系统中光束控制的重要难题，在面形控制机理、温度响应性能、动态像差校正等技术方面取得重要突破，并且形成了可靠的主动反射镜工程化技术。

本项目研制过程中，形成了可靠的高精度低压温度适应型光学主动反射镜工程化技术。通过对光学主动反射镜的全工艺流程、测试规范、验证考核试验等严格控制，确保了光学主动反射镜样机的技术指标一致性，提高了可靠性。通过研制过程中严格的进度和实施管理，高精度低压温度适应型光学主动反射镜的工程适用性得到大大提高，已经能够满足高能激光等装置的实际应用要求。

主要技术指标

(1) 建立了基于薄板小扰动理论的主动反射镜镜面物理模型，提出了滑块碟簧预紧式主动反射镜结构，解决了大口径主动反射镜的面形精密控制难题，400mm

口径条件下初始面形达到 0.5 微米以内，150V 低压驱动下校正能力达到 ± 7.5 微米以上，达到美国国家点火装置 NIF 变形镜的水平。

(2) 揭示了主动反射镜的面形-温度响应特性，提出了膨胀系数匹配和预应力装配相结合的温度适应控制方法，大幅提高了高功率激光作用下主动反射镜的温度适应能力，温度适应范围从 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 提高到 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 建立了波前校正系统的数学模型，提出了波前闭环校正自识别算法和振幅加权控制算法，解决了主动光学系统高精度动态像差校正难题，使得低压驱动主动反射镜的像差校正精度优于 25nm，达到美国国家点火装置 NIF 变形镜的水平。

投资及运行效益分析

本项目成果技术可实现有效工作口径 $435\text{mm} \times 380\text{mm}$ 、面形校正能力 ± 7.5 微米等性能指标，达到国际先进水平。本项目成果技术已经大规模应用于国家多个重大科学装置中，包括：神光 III 主机装置、神光 III 大单路装置、神光 III 千焦耳装置、星光装置、新构型钕玻璃激光放大器，等等，取得了显著的经济效益，近三年累计新增收入 4041.5 万元。

根据国家神光 III 点火装置的建设规划，点火装置变形镜项目将于 2018 年启动。由于本项目成果技术已经在大规模应用中得到了充分的验证，根据计划，从 2019 年至 2023 年，需要我们提供 250 套变形镜系统，采购总价约 5 亿元。此外，在后“点火”时代，激光聚变能源（高能 PW/EW 束内束外合成）、定向能激光武器（动态谐振腔）等领域也有重大需求。在其他领域，包括天文观测、高分辨/显微成像、远程通信、人眼医疗、终端显示设备，等等，本项目成果技术也将获得重要的广泛应用，能够产生重要的社会效益和可观的经济效益。

工程案例介绍

本项目所形成的技术成果已在国家重大科学装置中获得广泛应用，近三年取得经济效益 4041.5 万元，用于神光 III 主机装置高能激光光束波前校正系统中，与主放波前校正系统耦合实现全光路静、动态低频波前畸变的校正，可保障总体输出

光束质量性能，取得良好效果。用于中国科学院上海光学精密机械研究所的新构型钕玻璃激光放大器中，校正激光光束波前畸变，保障光束质量性能，取得了良好的效果。

技术名称

大口径纤维增强复合材料管件成型技术

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

大口径复合材料给排水管件

技术内容

大口径复合材料管道的三通以及各种弯头是管道生产的瓶颈，直接影响施工质量和进度，特别是对于高压的管件，目前的手糊方法以及缠绕对接的方法均不能满足质量和效率的需要，更不能满足环保的要求，该技术采用液体成型的方法，机械裁切纤维预定形状，闭模浸渍纤维，清洁生产过程，质量效率得到保证。

主要技术指标

设计压力 2.5MPa；水压实验保持 2 分钟；力学性能符合国家管道标准。

投资及运行效益分析

每套模具 20 万，日生产 10 套，附属设备投入 30 万，满足管道缠绕的工程需求，降低施工难度，提高效率

技术名称

一种电池隔膜的制备方法

技术依托单位

天津工业大学材料学院

适用范围

本项目属于锂离子电池领域

技术内容

随着人们对能源的需求日益增长，锂离子电池有质量轻、循环寿命长、无记忆效应等优点而广受关注。本项目先采用静电纺丝制备具有网状结构、可储存电解液的单层膜，再采用层叠压制的方法获得多层的电池隔膜，本项目提供的电池隔膜具有多层结构，通过控制每层中各成分的比例，可使电池隔膜的热膨胀、耐热温度等性质变化更加平稳，避免隔膜多层结构的层间剥离现象发生。

主要技术指标

- 1) 可通过调整静电纺丝时的工艺参数调控电池隔膜的吸液率和透气率。
- 2) 可通过调节层数控制隔膜的厚度
- 3) 调整每层隔膜中各组分的比例，可进而调控多层隔膜的成分比例，进而调控电池隔膜的性质。

投资及运行效益分析

本项目采用的原料价格低廉，制造工艺简便，需要的设备简单，生产的产品具有创新性，可产生较好的生产效益。

技术名称

一种抗冻混凝土及其制备方法

技术依托单位

天津工业大学材料学院

适用范围

本项目是一种抗冻混凝土及其制备方法，属于建筑材料领域。

技术内容

在寒冷地区，当温度降至冰点以下后，混凝土的冻害会使水泥水化停止，强度不再增加，使混凝土耐久性降低。本项目是向混凝土中添加冰晶稳定剂，使混凝土中生成的冰晶细小而不结成大冰块，减少结冰对混凝土的冻害，另外加入的多孔物质，可吸收本身体积 20 倍的水，吸收的水可以促进水泥后期的水化，提高混凝土的后期强度。

主要技术指标

本项目中加入的冰晶稳定剂可使水在-10 度时不结冰，可使水泥在低温时继续水化，并且加入的多孔添加剂可吸收大量的水，有利于混凝土的后期水化，提高混凝土的后期强度。

投资及运行效益分析

本项目加入的添加剂无毒无害，价格低廉，混凝土制造工艺简单，无需额外增加设备投资。得到的抗冻混凝土在低温下不结冰，在我国北方地区有广阔的应用前景。

技术名称

一种快硬水泥砂浆及其挤出工艺

技术依托单位

天津工业大学材料学院

适用范围

本项目提供的快速凝固的水泥砂浆，可用于抢修、堵漏、止水等建筑领域。

技术内容

为了满足特殊施工或环境需要，通常加入早强剂提高水泥的水化速度。常用的无机盐类、有机物类和复合型早强剂均有自身的不足。本项目以有机物、溶剂为粘结剂用料，与水泥和砂在一定条件下混合，将混合物挤出到凝固浴中即可快速凝固，并随水化时间延长，强度逐渐提高。

主要技术指标

1) 在水化初期，以粘结剂作为连续相粘结水泥和砂，使混凝土迅速获得初期强度。

2) 随水化时间延长，可使后期强度逐渐提高。

投资及运行效益分析

本项目采用的原料价格低廉，制造工艺简便，需要的设备简单，无需额外增加生产设备，可产生较好的经济效益。

技术名称

一种性质呈梯度变化的多层多孔电池隔膜

技术依托单位

天津工业大学材料学院

适用范围

本项目属于锂离子电池领域

技术内容

随着人们对能源的需求逐渐增长，锂离子电池由于其质量轻，循环寿命长、无记忆效应等优点而广受关注。本项目制备的多层多孔电池隔膜，以无机粉体为骨料、聚偏氟乙烯为粘结剂，将两者混合于有机溶剂中形成铸膜液，再将铸膜液流延成膜片，采用将先层叠后压制的方法获得多层的多孔膜片，然后将不同的膜片按顺序叠层压制，获得组分比例呈梯度连续变化的多层多孔电池隔膜。

主要技术指标

- 1) 可通过调整工艺参数，调整隔膜的吸液率和透气率
- 2) 控制膜片的层数可调节隔膜的厚度
- 3) 隔膜性质呈梯度变化，可避免分层、剥离、破裂情况的发生

投资及运行效益分析

本项目采用的原料价格低廉，制造工艺简便，需要的设备简单，生产的产品具有创新性，可产生较好的生产效益。

技术名称

聚羧酸系功能型混凝土外加剂的合成与应用技术

技术依托单位

北京建筑大学

适用范围

混凝土外加剂

技术内容

聚羧酸系减水剂相对于传统减水剂来说，具有分散性能好、减水率高以及生产应用过程绿色环保等优点，近年来在我国的房建、公路、铁路、水利、海洋等工程领域得到了极为广泛的应用。本项目依托国家科技型中小企业技术创新基金、国家自然科学基金、北京市自然科学基金、北京市教委科技发展计划、建设部科技计划、江西省对外合作计划、江西省重点新产品计划、湖南省百项重点新产品推进计划等十余个省部级以上项目，历经 12 年时间，围绕聚羧酸系高性能减水剂的结构与性能关系、功能可控型聚羧酸系减水剂的研究与应用、新型聚羧酸系减水剂的研发及其与矿物掺合料的相容性、现代高性能混凝土专用的聚羧酸系减水剂开发及有关标准与技术规程的修订与制订，针对相关技术问题展开原创性的研究，取得了一系列突破性成果。

主要技术指标

通过复配实现聚羧酸高性能减水剂功能可控，20%浓度的聚羧酸系减水剂在掺量 0.8-1.5%、减水率超过 30%、能控制 3 小时混凝土坍落度损失低于 5%，技术经济指标达到工业化、实用化要求。

投资及运行效益分析

由于新技术应用和聚羧酸减水剂广泛应用，实现成本降低，产量增加，按指导 5 家企业平均年产量 1.2 万吨计算，5 年产量约 30 万吨，平均售价 1700 元/吨，利润 300 元/吨，产值超过 5.0 亿元，新增利润 9000 万元，产品广泛用于房建、公

路、铁路、水利、海洋等工程领域；利用新型聚羧酸系减水剂、化学助剂改性优化低品质粉煤灰、循环流化床灰，配制的复合石灰石粉矿物掺合料，节能减排效果显著，创造经济效益超过 5 亿元。

工程案例介绍

代表性应用的工程包括北京奥运场馆工程、京沪高铁工程、上海迪斯尼工程、广州东塔工程、三亚某海军工程、京承高速工程等多个国内著名工程。推广的新技术按 3 家企业年产量 4000 吨计算，3 年产量约 3.6 万吨，若取当时售价 2400 元/吨，利润 400 元/吨，新增产值 8640 万元，利润 1440 万元。

技术名称

耐磨耐蚀、高强韧的超细和纳米 WC 基硬质合金的规模化制备与应用

技术依托单位

北京工业大学

适用范围

航空航天、石油钻探、热电能源、炼钢轧钢、精密加工制造等

技术内容

为突破高附加值 WC 基硬质合金的关键制备技术、提升硬质合金材料在我国高端工业领域的应用技术水平，本项目针对新型高性能超细、纳米 WC 基硬质合金材料的工业规模化制备与重大工程应用技术研究，在物相可控、粒径可调的纳米 WC 基复合粉末、纳米结构喷涂材料、耐磨耐蚀硬质合金涂层、高强韧硬质合金烧结块材/棒料等方面，首次建立的低温固相原位合成超细、纳米 WC-Co 类复合粉末的规模化制备技术，其反应温度较常规碳化温度降低 400-600 度，生产周期较传统工艺缩短 30%-50%，批量生产的复合粉具有物相纯净、粒径可调控、碳含量控制准确等突出优势；创制出兼具纳米结构和高流动性的 WC 基喷涂材料的规模化制备技术，从根本上解决了困扰多年的纳米粉末作为初始材料在热喷涂中发生严重分解脱碳的国际技术难题，采用本技术生产的喷涂材料达到或超过美国 Praxair、Inframat 等国际知名产品的性能指标；研制出具有高硬度、强耐磨耐蚀性、高表面质量的硬质合金防护涂层，具有孔隙率 $<0.5\%$ 的高致密性，结合强度 $>80\text{MPa}$ ，平均硬度 $>1350\text{HV}0.3$ ，断裂韧性 $>7.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ；开发了高强韧超细晶硬质合金烧结块材/棒料的规模化制备技术，突破了随 WC 晶粒尺寸减小硬度和韧性反向变化的技术瓶颈，在超细晶硬质合金保持高硬度的前提下，获得了高韧性和国际领先水平的超高断裂强度（以 WC-12Co 工业产品为例，横向断裂强度平均值达到 5230MPa，超过国际上公布的同成分合金横向断裂强度的最高值 5100MPa）；建立了引入纳米尺度效应的固相原位反应热力学理论模型，提出了利用纳米晶粒内层错

改变原子排布状态和优化界面原子错配度，可调控穿晶/沿晶断裂机制，从而有效提高纳米晶硬质合金的韧性和强度，支撑了关键技术发明。

科技成果查新结论表明，国内外未见与该项目技术特点相同的文献和专利。项目成果获得国家发明专利 15 件，其中授权 11 件、公开 4 件；在材料领域国际知名期刊上发表学术论文 45 篇。项目开发的整套技术具有低成本、短流程、节能环保的突出优势，已在航空航天、石油钻探、热电能源、炼钢轧钢、精密加工制造等重大工程推广应用，产生了显著的经济效益和社会效益。

投资及运行效益分析

本项目原创性开发出超细和纳米尺度的 WC-Co 类复合粉末的原位合成技术，具有成本低、流程短、物相纯净、粒径可控等突出优势，可广泛应用于高性能的硬质合金涂层和硬质合金烧结制品的制备生产中，就其性价比而言，具有优越的市场竞争力和应用前景。

以纳米结构 WC 基热喷涂材料制备的硬质合金防护涂层，在使用中比常规硬质合金涂层表现为硬度更高、耐磨性更好、疲劳寿命更长，就其性能优势而言完全可能在大范围内取代造成环境污染的电镀硬铬工艺，具有非常广泛的工业应用前景。尤其在航空航天（如飞机耐磨零部件）、机械制造（如液压传动件）、热电能源（如锅炉引风机叶片）、石油钻井（如套管轴套、抽油泵活塞杆）、钢冶加工（如结晶器、沉没辊、夹送辊）、水利电力（如水轮机叶片）、纺织印刷（如涂布辊、网纹棍）等工业领域中，对耐磨蚀、强韧性和表面质量有更高要求的工况拥有非常广阔的应用前景。

以本项目取得的成果为基础发展复合制造技术，除上述典型应用外，在涉及超硬、耐磨、耐蚀等工况的机械装备关键部件的制造和再制造方面，都可移植应用。对于苛刻工矿条件下使用的大型、重型装备的关键部件，可提高其使用寿命，减少装备的检修次数，降低设备的维护费用，提高装备的使用效率和单位产能，其潜在经济效益巨大。基于本研发成果建立的短流程制备与多次修复防护技术，替代传统

的耐磨铸件及复杂热处理的长周期制造，可实现 80%以上的部件机体材料的循环使用，随着循环次数的增加，可大幅度降低装备制造和使用维护成本，降低能耗和环境负荷，可产生显著的经济和社会效益。

技术名称

微介孔硅藻功能材料的开发及其调湿净化可调涂装材料制备与评价技术

技术依托单位

中国建筑材料科学研究总院

适用范围

内涂装材料

技术内容

成果以我国储藏量较大的硅藻土为原材料，充分利用其微孔、介孔到微米孔特性，研发矿物材料调湿技术和载体应用新技术：开发出具有调湿、净化、防霉型新材料，及功能可调节的粉体硅藻涂装材料、水性液态硅藻涂装材料产品，改变其主要作为助滤剂低附加值产品、环境修复功能没有充分发挥的技术状态：建立了环境功能性测试方法与产品标准。该项目打破了墙面涂装材料的乳胶漆和壁纸的二元格局，为解决室内环境污染和舒适度问题做出了贡献。

制定了涂层防结露和净化性能测试方法行标，调湿性测试国标：建立了《硅藻泥装饰壁材》（JC/T 2177-2013）和《水性液态硅藻涂料》（征求意见稿）产品行标，填补了空白，引领规范了行业发展。

投资及运行效益分析

内涂装材料目前市场上主要有乳胶漆、壁纸、板材类材料，这些材料最大的问题是环保性差，且缺少可改善环境健康舒适度的功能性。本项目研发的调湿、净化、抗菌防霉功能材料成果可应用在增加环境功能的各种产品中，如涂料、壁材、板材等装饰产品中，也可用于空气净化器滤芯、室内净化除菌饰品等产品中，具有广泛的应用前景。本项目应用功能材料研发的硅藻泥装饰壁材和水性硅藻涂料产品，解决了乳胶漆等内装材料环保性差的问题，且具有调湿、净化、防霉功能性，其装饰性又独具特点。

在中国建筑材料科学研究总院的引导下，全国已经有 500 多家企业从事硅藻泥

生产与销售和施工，具有一定品牌影响力的正规企业有几十家，整体行业规模目前达到直接产值几十个亿。我国内涂装产业整体规模大约在 2000 亿，按照与乳胶漆和壁纸“三分天下”的目标，未来的硅藻涂装材料市场将有 600~700 亿的发展空间，增长空间巨大。

中国建筑材料科学研究总院作为国内硅藻涂装材料的领头企业，对行业技术发展、标准化建设等起到引领作用。同时借助绿色建材国家重点实验室等国家级科研平台的优势，可为客户提供良好的个性化解决方案，为本项目研究成果的推广应用奠定良好的基础。

工程案例介绍

成果已在北京、吉林、山东等地实现了规模化生产与应用，经建筑材料工业环境监测中心、国家建筑材料测试中心等机构测试，材料调湿、净化等功能技术指标优于日本同类产品。

技术名称

膨胀型阻燃体系的创新及其在木质材料中的应用

技术依托单位

中国林业科学研究院木材工业研究所

适用范围

木质材料阻燃技术

技术内容

木质材料在建筑中的广泛应用符合国家节能减排、可持续发展的大政方针。针对木质材料易燃性构成家居及公共场所火灾隐患，以及现有阻燃木质材料技术落后造成的阻燃效率低、成本高、产品质量不稳定且不可控等制约技术发展的瓶颈问题，本项目开发了一种三聚氰胺改性脲醛树脂，并基于该树脂构建了一种新型膨胀阻燃体系，使膨胀型阻燃体系集阻燃/胶合功能于一体，突破了传统体系只具备阻燃功能而无胶合功能，无法实现木材、纸张胶合的技术瓶颈。项目还革新了木质材料阻燃处理技术，以表面涂布或利用载体将阻燃体系施加于木质材料表面，构筑表面阻燃层，形成了木质材料表面阻燃处理技术，阻燃性能大大提高，阻燃成本降低50%以上，更重要的是对基材的物理力学性能无影响。目前已实现阻燃胶合板、阻燃实木复合地板的规模化生产，产品阻燃等级达到了GB8624的B1（B、Bf1）级。项目还开发了集装饰与阻燃为一体的饰面型阻燃木质装饰材料及其制备技术，突破了防火涂料表面装饰性差的技术问题，实现了高效阻燃与优良装饰的统一。

主要技术指标

阻燃三聚氰胺改性脲醛树脂胶粘剂集胶合与阻燃功能于一体，其胶合性能达到国家标准要求的II类（室内应用）水平，甲醛释放量 $\leq 0.9\text{mg/L}$ ，符合国家标准E1级（ $E1 \leq 1.5\text{mg/L}$ ）。以15mm厚阻燃胶合板为例，现有阻燃技术要想达到GB8624-2006的B级水平，阻燃物质的保持量必须在 70kg/m^3 以上，而本技术在达到GB8624-2006的B级水平情况下，阻燃物质的添加量换算成体积保持量在 60kg/m^3

左右，阻燃物质用量降低。

投资及运行效益分析

随着阻燃科学技术的发展和进步，人们对阻燃剂和阻燃材料的要求越来越高，不但要求阻燃效率高、低毒或无毒、抑烟，而且要求环境友好、循环使用性能好，即具有“绿色阻燃技术”特征。另外，如何采用新技术，少用或不用阻燃剂就能够减少火灾的发生是阻燃科学重要的发展方向。“生物质材料环境友好型高效阻燃技术”成果顺应了阻燃科学技术发展的需求，在最低阻燃剂用量前提下，保证材料应有的阻燃性能。在经济效益方面，阻燃成本降低。现有阻燃技术达到 GB8624 C 级，成本增加 600 元/m³左右，达到 GB8624 B 级，成本增加 950 元/m³左右。本技术达到 GB8624 B 级的成本增加 600 元/m³左右，考虑生产因素乘以系数 1.3 即为 780 元/m³。而相比之下，本技术可使阻燃成本降低 200 元左右。

另外，现有阻燃胶合板生产技术多采用浸渍处理单板工艺，处理后还要再干燥，处理周期长，浪费能源，处理成本增加；对于渗透性差的木材，还要增加相应的设施，如真空加压处理装置，以提高浸注效率，进一步增加处理成本。这是现有木质材料阻燃技术无法回避却又无法彻底解决的一个关键问题，这些弊端制约着阻燃技术的应用和发展。本项目技术有效解决了上述问题，在不改变材料原有生产工艺的条件下就可以实现阻燃材料的生产和加工，阻燃剂用量降低，阻燃处理工艺简单，阻燃处理成本大大降低。因此，项目技术成果可为企业带来显著的经济效益，提高其市场竞争力。

技术名称

沥青基碳纤维产业化

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

高软化点沥青锂离子电池负极包覆剂和高品质碳材料的制造；通用级沥青碳纤维用于增强和高温保温。

高性能沥青碳纤维用于宇航和航天。

技术内容

沥青碳纤维工艺路线较长，可以分为几个阶段开发，也可以总体开发。主要包括了高软化点沥青（纺丝沥青）的工业制备；熔喷或者熔纺法生产通用级沥青碳纤维；中间相沥青的工业制备；连续中间相沥青（高性能）沥青碳纤维的制备。

原料是煤焦油沥青或者石油重质油。

主要技术指标

沥青软化点 260-290℃

通用级碳纤维拉伸强度 $>800\text{MPa}$

中间相沥青软化点 260-290℃，中间相含量 $>80\%$

连续中间相沥青碳纤维的生产，强度 $>2.0\text{GPa}$ ；模量（石墨纤维） $>400\text{GPa}$ ；
导热率 $>500\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

投资及运行效益分析

通用级沥青碳纤维（前述 1、2 项）投资 1500 万元，形成产值 3000 万元；

高性能沥青碳纤维（前述 3、4 项）投资 4000-6000 万元，形成产值 2 亿元。

工程案例介绍

曾设计制作熔纺制备沥青碳纤维成套设备；

协助进行沥青碳纤维产业化工作。

技术名称

UHMWPE 加筋非织造防刺材料

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

防刺防割领域

技术内容

UHMWPE 加筋非织造防刺材料主要应用在防刺防割领域。利用其生产的防刺材料可作为防刺背心的防护层，护腕、帽子等。该技术涉及纺织、非织、服装三大领域；将针织物与纤维通过非织造的方法制成复合材料，针织物良好的弹性、悬垂性以及线圈的“自锁”特点与高强非织造布的优良抗剪切性相互结合，优缺点互补，实现了不同学科间的融合与创新；长丝纤维加捻后便可用来上机织造，不同种类长丝利用纺粘设备中的气流管式牵伸直接铺放成网，之后利用水刺复合不但减少了加工工序，而且完整的保留了 UHMWPE 长丝纤维的优良特性，体现了加工技术的融合、工序方法的创新；黏胶纤维与 PET-PA6 双组分橘瓣纤维以恰当比例混入可以大大提高织物的透湿性和抗静电性，且基本不影响织物的防刺性，实现了不同材料之间的融合，防护性与舒适性兼顾。

主要技术指标

静态防刺性能，动态防刺性能，舒适性。

投资及运行效益分析

本作品旨在研究防刺服装材料，改良非织造材料的性能，使其既具有良好的防护性能又兼具服用舒适性，并降低成本，促进其市场化。

技术名称

自修复沥青道面材料

技术依托单位

天津工业大学、天津圣工科技有限公司

适用范围

普通公路、机场、高等级公路、F1 赛道、机场、军用设施建筑物屋顶沥青防水材料等。

技术内容

近些年来，随着道路等级和车速的提高、交通量的增长、轴载的加重，损坏期提前，损坏类型或原因增多。要保证路面的使用寿命，应考虑路面的材料、结构、载荷、环境方面的因素。目前，在我国经济快速发展的情况下，运用新技术开发长寿命的道路材料是可行的方法。本产品为包含有修复剂的高性能微胶囊颗粒产品，其与沥青混拌铺设使用。当沥青老化产生微裂纹时，微胶囊产品破裂，释放出沥青再生剂对沥青进行修复，实现道面材料的“自动修复”功能。该产品可减缓沥青聚合物的老化进程延长其使用寿命，进而实现沥青循环利用或减少垃圾产生量。此外，本产品还可将废弃油脂进行微胶囊化包覆，并将其与沥青共混制备成自修复复合材料，以达到延长沥青老化时间，提高沥青自修复能力和减少两种废弃物（废弃油脂、老化沥青）的目的。上述产品可以广泛的应用于公路沥青，防水材料沥青及核电站、军事等特殊领域用沥青材料中。我国在沥青公路养护、民用防水领域消耗巨大，该产品的应将产生巨大的经济效益和社会效益。完成单位掌握上述产品的核心技术及知识产权，科技成果世界领先。

主要技术指标

添加 0.01%上述颗粒产品在道面上层沥青材料中，可减少 70%沥青道面的微裂纹产生几率，延长沥青使用寿命 3-5 年；增加沥青道面成本为 2-3 元/m²。

投资及运行效益分析

为保证项目实施，需要新增投资：1600 万元人民币（此数据为概算）

投入资金的用途和使用计划：流动资金 200 万元：生产材料费；固定资产 1000 万元：生产厂房、生产设备、研发设备、测试设备；研发费用：200 万元管理费用：100 万元；营销费用：100 万元。总计：RMB 1600 万元。

投资回报期 3.5 年。

工程案例介绍

案例一：2017 年 1 月 5 号，新年伊始，全球首条采用再生剂微胶囊的长寿命自修复道路试验段在中国通过为期两年实际应用验证！天津圣工科技发展有限公司主导了上述新材料及新技术的应用研究，通过实验验收的试验段位于天津经济技术开发区，试验段长 50 米。两段试验段分别采用了不同的微胶囊尺寸及添加比例，微胶囊壁材分别采用了聚合物和聚合物有机无机复合材料。在 24 个月的实验和观察期间，采用不间断的收集数据的方式每隔 1 个月采集一次路面的形态图像、路面的裂纹情况、脱粒情况、当月的平均气温、平均降水、平均车辆通过量、取样路面沥青测定其老化程度，观察取样沥青中的微胶囊的形态等参数。通过上述数据与试验段沥青老化程度及微胶囊在沥青中的形态进行对比，初步验证了采用再生剂微胶囊来延长沥青道面使用寿命的可行性，为再生剂微胶囊下一步真正的大规模应用奠定了基础。上述全球首条采用再生剂微胶囊的长寿命自修复道路试验段通过为期两年实际应用验收，为智能材料在沥青道路领域的拓展开辟了新的领域！详见公司网站：www.jinogo.cn

案例二：本产品在香港大桥辅路完成了 50 米的试验段。

技术名称

煤层气专用可降解聚膜清洁钻井液新技术与工业化应用

技术依托单位

中国石油大学（北京）

适用范围

煤层气钻探

技术内容

目前在煤层气水平井钻井施工中采用的钻井液主要有常规聚合物钻井液体系、绒囊钻井液体系、可降解 DPD 聚合物钻井液体系、天然高分子钻井液体系以及瓜胶钻井液体系。煤层气以吸附气为主，断层多，胶结疏松、结构不强，夹壁墙厚度薄、强度低。而且煤层气钻井多以水平井、鱼骨刺井等复杂结构井为主要井型。连续侧钻，易钻出煤层、煤泥交界面处胶结不好，曲率大、托压严重，储层损害、井眼净化问题突出等。常规钻井液往往不能很好的同时解决煤层失稳、煤层损害、防漏堵漏、润滑防卡、井眼净化等技术难题。针对煤层气的地层特点，通过大量实验研究，研制、优选出适于在煤层气进行安全、快速和优质钻井的可降解无固相聚膜清洁钻井液体系，该清洁钻井液体系无膨润土，煤层损害小所需处理剂可降解，可返排，残渣含量低，煤层损害小，同时具有流变性、滤失造壁性好，现场使用和维护简单，成本低的优点。研究将超分子化学引入钻井液领域，发明了超分子煤层清洁保护剂 BHJ，并提供润滑、抑制作用；发明了煤层成膜保护剂 CMLH- I，保证了煤层气井钻井过程中的井壁稳定，并进一步避免了损害煤层；基于纳米科学，发明了微纳米固膜封堵剂 GMJ- I，阻止了压力传递，进一步稳定井壁，并减小了钻井液与井壁、钻具间的摩擦；首次建立了煤层气岩石气湿性理论，发明了强膜剂 TCJQ- II，建立了煤层井眼净化和润滑防卡钻井液新技术；首次将超分子化学引入钻井液领域，发明了超分子堵漏材料，建立了煤层防漏堵漏新技术；发明了煤层气专打无固相可降解聚膜钻井液新技术。

投资及运行效益分析

据不完全统计，煤层气专用可降解聚膜清洁钻井液新技术已在山西、天津等实施 100 余口井，解决了煤层气钻井过程中井壁易失稳、井漏、托压严重、煤层气产量低等与钻井液有关的技术难题，取得了显著应用成效，在保证“安全、高效”钻井前提下，钻井液成本节省 24.3% 以上，煤层气产量是其它同类先进技术的 5 倍以上，创直接经济效益 2.69 亿元，形成了煤层气钻井液主体技术。我国的煤层气资源丰富，高效勘探开发这些资源至关重要，在钻井过程中，井壁失稳、储层损害、润滑防卡等问题越来越突出，因此本技术的发明会得到越来越广泛的应用。

工程案例介绍

目前，可降解无固相清洁聚膜钻井液体系已经在山西、内蒙、渤海地区四个区块七口煤层气水平井、多分支水平井中应用，没有出现任何与钻井液有关的井下复杂事故。如：

(1) 沁水盆地：可降解无固相清洁聚膜钻井液体系在郑试 79 平 1、郑试 79 平 2、郑试 34 平 1、郑试 34 平 2 试用获得圆满成功，每米钻井液费用 64.9 元/米，平均机械钻速 10.546m/h。体系表现出良好的流变性、润滑性，泥浆滤失量容易控制，动塑比达到了 0.6 以上，具有很好的井眼清洁能力。钻井过程中井壁稳定，无明显垮塌掉块现象，起下钻基本正常，四口井施工顺利，未发生与钻井液有关的井下复杂事故。

(2) 霍平 1 井：霍平 1 井主支完钻斜深 1808m，全井总进尺 2258m，水平段长 1260m，平均机械钻速：16.21m/h。该钻井液体系性能稳定（粘度 40-47s，密度 1.03 -1.05g/cm³，塑性粘度 12-17mPa·s，动切力 7-9.5Pa，初/终切 2-3/3-4.5Pa，失水 8-11ml，PH7-8），维护简单、方便，携砂能力强，抑制煤层垮塌能力强，保证了长水平段钻井的施工。起下钻顺利、无阻卡现象，可降解无固相清洁聚膜钻井液体系在该井应用效果良好，顺利固井。

(3) 大平 3 井：水平段平均机械钻速为 4.9m/h 。未出现垮塌、掉块，缓减了漏失。取心效率高，井径规则。

四、新能源与节能

技术名称

基于无线充电续航的无人机电力智能巡检关键技术研究

技术依托单位

天津工业大学、天津市万贸科技有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、天津市倍格德智能科技有限公司

适用范围

输电线路自动化巡检、石油管道巡检等

技术内容

1. 基于双目视觉、GPS 和电网 GIS 集成平台的组合避障系统

（1）通过高精度的图像采集，开发具备高匹配精度与满足实时性要求的立体匹配算法；（2）基于双目视觉的复杂环境下障碍物检测；（3）基于深度学习的无人飞行器避障设计研究。

2. 深度学习的输电线路缺陷判别技术

针对无人机巡检产生的大量图片，设计出图像样本库的智能管理系统，并利用深度学习技术进行训练并分析，从而对输电设备的照片进行自动处理、识别缺陷并判断缺陷类型，最后在图片中自动标注出来，将分析结果反馈给输电线路巡检人员。

3. 无人机无线充电技术

解决无线充电的关键技术，提出了基于磁共振方式的无线电能传输系统，建成光储冲一体的充电装置，实现无人机的精准降落，并通过线圈的阻抗匹配，射频匹配不造成电能浪费，同时不对高压电网造成威胁。

主要技术指标

- 1) 样本库标注率达到 100%，标签正确率达到 90%以上；
- 2) 建立高识别率的神经网络模型，将训练好的模型移植到无人机嵌入式控制

系统，实现高准确率的避障飞行；

3) 基于卷积神经网络的目标检测模型平均精度达到 85%以上，检测速度达到 12.5FPS；

4) 无线充电功率>40W，无线充电传输距离(垂直)>5cm，线圈允许侧向位置偏差>5cm，系统效率>88%；

5) 提交无人机无线充电平台研究技术报告；开发出无人机无线充电平台样机，至少包括太阳能光伏板、直流变换器、储能电池、高频逆变器、无线充电板、通信与控制系统等，并完成不少于 2 次的试飞应用；

6) 配合无人机充电平台样机，搭建无人机无线充电演示系统，可模拟无人机能量补充的整个过程。

投资及运行效益分析

无人机辅助电网巡检作业等技术具有广阔的应用前景。借助如今较为先进的航空技术和计算机图像处理技术，能够高效地识别出架空输电线异常，将会极大的降低工作人员在巡检过程中的劳动强度，降低输电线路的维护成本，同时提高巡检技术的水平和效率，对创造更好的经济效益和社会效益有着重大意义。这项技术的也可广泛用于军事民用领域中测绘、民用航空信息收集、航空摄影、气象监测和相关特征识别领域的应用，从而带动各领域技术的进步。

工程案例介绍

1、某电力公司巡检案例：地形为丘陵、山区、农田、苗木林，有运行时间比较长的老旧线路，采取的方式为近郊平原线路使用固定翼做动态巡查，主要目的发现线路通道内施工、树木等通道环境的快速普查，盘江线共计 38 级杆塔，固定翼用时 10 分钟。所有试点线路在视距范围内采取多旋翼精确巡检，在地面站观测杆塔基本状况和分析可见光图片，得到杆塔整体状态以及杆塔细微缺陷，例如：插销脱落、螺母松动、锈蚀、雷击点等。

2、某公司输电运检部洽谈。2016 年 3 月 2 日对其部门所辖片区的 20 公里 110

千伏输电线路进行了航飞，并于 3 月 7 日提交 PowerMartix 无人机巡线系统的报告。该电力公司输电运检部将其与人工巡线的结果和报告进行了对比，该公司对 PowerMatrix 的报告结果十分满意。



技术名称

道路交通状态网络化智能感知、信息融合与服务技术

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

智能交通控制与管理系统

技术内容

本成果属于交通运输领域，围绕智能化、网络化的交通状态感知新型多功能传感器和传感器网络及其动态组网、网络化交通状态信息融合及挖掘、交通状态信息应用与服务等关键技术开展了创新性研究，历时近 10 年，形成了具有自主知识产权的道路交通状态感知核心技术体系，填补了该领域的技术空白。突破了网络化、智能化、低成本道路交通状态获取的多功能传感器技术，嵌入了智能计算能力的新型传感器可准确同时获得交通流速度、流量、占有率、车型（交通流组分）等交通状态信息；突破了交通状态获取网络化系统技术，形成了具备可动态组网与网络节点智能协同的分层递阶传感网络普适架构，研制了包括感知节点、接入节点、汇聚节点和中心节点在内的传感网软硬件系统设备；为构建完备的网络化全景交通信息环境（交通 CPS）奠定了技术和装备基础；突破了基于新型传感器和传感网络的交通状态融合获取技术，可同时获取包括排队长度、旅行时间、区域交通负荷度等不同粒度的区域交通状态参数；构建了基于交通状态的多层级、多粒度、多维度的交通服务水平评价指标体系，形成了基于服务水平评价及优化的交通管理与服务协同技术，显著提升了道路交通管理与公众出行服务水平。

本成果已申请或授权专利 30 项，其中：授权发明专利 22 项，实用新型专利 1 项；获取软件著作权 36 项；发表论文 86 篇，其中 SCI 检索 13 篇。

主要技术指标

（1）能准确获取道路交通状态信息，其中，流量检测准确率达到 99%以上，

占有率准确率达到 95%以上，车型识别准确率达到 85%以上，居国际领先水平，并已通过国家交通安全设施质量监督检验中心和国家安防产品质量监督检验中心的检测认证。

（2）传感器网络各类节点设备均支持无线接入和有线接入，无线接入支持 IEEE 802.11.X /802.15.X /802.16.X 等系列协议，有线接入支持 EIA-RS-232C、RS485、ISO 11898 等系列协议；可实现智能动态组网与协同运行，可针对不同应用场景对传感器网络的物理拓扑结构和通信链路结构进行动态配置和优化；形成的交通状态传感网软件系统通过了北京市软件产品质量检测检验中心的检测认证。

（3）具备交通状态数据自检测与自修复功能，针对路网不同粒度的道路交通流表现出不同的特性，可在断面、路段、区域路网和全网多个层面上对交通状态数据进行自检测与缺失修复。

（4）实现了多层级、多粒度、多维度的交通服务水平评价，基于服务水平评价的管理与服务优化，支持多种信息推送手段，为交通管理者和其他交通参与者按需提供交通信息服务；研发的北京市区域交通状态与服务水平（交通运行指数）评价系统已成为北京市日常交通管理的核心平台系统。上述成果“总体技术达到国际先进、国内领先水平，具有广泛的应用前景”。

投资及运行效益分析

本成果形成了区域交通状态和服务水平评价系统和城市路网交通负荷度分析与评价系统；运用本成果形成的道路交通服务水平微观指标对北京市道路重点管控区域的 110 个关键交叉口进行微观仿真与优化；形成的道路交通状态感知新型传感器网络系统设备已经在北京、陕西、山西、四川、河南、广东等多个城市的城市道路、高速公路、收费卡口和停车场得到应用；同时，被采纳应用于美国交通运输部“ Small Business Innovation Research (SBIR) program ”计划中美国国家公园沿路交通管理项目。近三年创造直接经济效益 3.84 亿元，环保效益与社会效益显著。

技术名称

规模化沼气工程沼渣沼液高值利用关键技术及设备研发与应用

技术依托单位

中国农业大学

适用范围

沼肥应用

技术内容

本项目结合我国循环农业和环保产业中长期科技发展提出的经济增长与资源环境可持续发展的重大需求，针对我国新型高效规模化沼气工程项目实施过程中，沼渣沼液排放量大、常规土地消纳难、养分资源含量高，而适合解决我国规模化沼气工程沼渣沼液高值化利用与推动良性商业化运营的关键技术工艺相对缺乏的问题，通过多学科产学研协同攻关，创新了沼渣沼液养分回收和高值产品开发的新工艺，创建了大规模工程化应用的一体化设备，开拓了沼肥高值产品在有机农业推广利用新模式，得到了全行业广泛应用和认可。

主要技术指标

项目成果解决了沼渣、畜禽粪便和秸秆生产有机肥过程中重金属和臭气等污染物脱除的关键技术问题，实现了 Cu、Cd 等重金属钝化 90%以上和臭气减排 50%以上，有效提升了沼渣制备的有机肥品质。

投资及运行效益分析

本项目累计沼肥推广应用 22 个省 500 个蔬菜基地，推广面积 1200 万亩，提高产量 10-15%，年均效益 1.2 亿元，累积新增销售额 6.5 亿元，培育行业内 10 个新星企业，新增就业岗位 2000 个，开展社会培 15 万人次，促进了一批环保设备生产厂商和有机肥企业的发展。

工程案例介绍

针对北京、黑龙江两地气候条件、土壤类型和不同作物体系条件，通过精确土

柱模拟和大田校验试验，研究了沼肥的土地最大承载能力，编制了土地消纳沼渣沼液的技术指南和沼肥安全利用技术规范。

技术名称

秸秆-菌丝复合材料的发酵法制造

技术依托单位

中国科学院天津工业生物技术研究所

适用范围

可用于替代某些石油基泡沫塑料类的材料

技术内容

本项目以多种木质纤维素类工农业废弃物为原料，实现生物质全组分的同时利用。通过蕈菌自身的生长来完成材料的制造，菌丝体成为复合材料结构的组成部分。原料无需灭菌，不需要添加酶制剂处理，不需要糖化工艺，经固态发酵一次成型，发酵周期一般小于 7 天，无分离纯化工艺。整个工艺过程不添加有害的化学药品和不可降解的有机物，工艺过程简单，生产过程的废水、废渣、废气少。

主要技术指标

最终生物分解率（180 d），材料压缩 50%时，压缩应力一般在 0.45 MPa 以上。该材料的导热系数（平均温度 25℃）为 0.05~0.07 W/(m·K)，属于较好的保温材料。降噪系数 NRC（刚性壁）为 0.35~0.7，该材料为较好的吸声材料。

技术名称

针织电脑横机用润滑油的开发

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

针织电脑横机手摇横机

技术内容

在我国针织行业中，电脑横机占有量位居世界前列。电脑横机是低速磨损性强的环境下持续运行的，对使用的润滑油粘度、粘度稳定性有很高的要求，然而，受限于我国当前的石化技术，电脑横机使用的润滑油主要依靠进口，目前德国品牌高级横机油仍占据国内电脑横机润滑油的主要市场。

以催化加氢的石蜡油为原料，通过特殊的精馏、增酯工艺，提取粘度较高的电脑横机润滑基础油，通过对润滑油的粘度、燃点、闪点、摩擦力、实际编织磨损测试数据，优选出适宜作为电脑横机润滑油的新配方，性能接近进口机油。

主要技术指标

40℃运动粘度 47.45mm²/s，粘度指数 130，闪点 243℃，倾点-10℃，清洗率 92%，蒸发损失<2.5%，织针用钢摩擦系数 0.104。

投资及运行效益分析

投资润滑油加氢、精炼生产，设计年产量 50 吨的生产线，主要产品投放针织生产基地，同样设备还可用于其它润滑油精炼再生。

工程案例介绍

山东海阳毛衫生产基地售后工作站。

技术名称

可控并联电抗器关键技术研究及装备研制

技术依托单位

全球能源互联网研究院

适用范围

电力系统及其自动化

技术内容

我国一次能源与负荷中心呈逆向分布的格局，决定了必须大力发展大容量、远距离输电技术。远距离输电线路充电无功大，过电压超标、重合闸失败等问题需装设高补偿度并联电抗器（简称“高抗”）解决。固定高抗不能适应线路输送功率发生变化时的电压稳定、无功平衡问题，需再次加装可控的无功补偿设备对固定高抗无功进行二次补偿，造成损耗大、投资高、占地大等问题。可再生能源发电所固有的波动性、间歇性和季节性使得上述问题更为突出，已成为制约可再生能源接纳上网和大规模送出的关键技术瓶颈之一。

实现电力系统用大容量电抗器的直接动态调节是电工电气领域的一次重大技术创新。从上世纪 80 年代开始，前苏联通过 30 年努力实现了 330kV 可控电抗器的工程应用；本项目工程应用前，500kV 电压等级及以上均没有应用先例，需突破本体结构、励磁系统、保护技术、设备研制与试验等关键技术。

在国家科技支撑计划和北京市科委课题等支持下，课题组按照技术研究-工程验证-技术提升-再验证的总体思路，通过 8 年努力，攻克了电磁仿真与计算、高速低损耗本体结构设计、宽适应高可靠励磁控制、高灵敏故障识别和可靠保护动作等技术难题，世界上首次研制出两个电压等级、两种不同类型的五套可控并联电抗器，并实现了工程应用。主要创新成果如下：

（1）发明了基于磁路分解原理的复杂磁路建模方法；提出了自然冷却晶闸管阀和机械开关并联构成的快速复合开关，使可控并联电抗器能够适用于输电线路。

(2) 提出了可控续流方法、自励、外励结合的励磁电路和平衡协调控制方法，解决了自励供电的控制可靠性和精度难题，应用场景扩展到无外部电源的开关站；

(3) 提出了三级过电压保护方法、以控制绕组总控制电流基波分量为判据的匝间保护方法，显著提升了磁控型可控并联电抗器故障检测灵敏度。

(4) 建立了可控并联电抗器装置的 RTDS 模型，开发出暂、稳态过程等效的动模试验物理模型，提出了本体单相成套出厂试验的联合试验电路，完成了等效试验验证。

根据 2020 年特高压规划网架目标，锡盟-北京东、蒙西-北京东两条落点在北京的特高压输电线路，都具有可控并联电抗器应用分析的必要性，本项目成果将为西部能源基地的电力清洁能源长距离输送北京提供技术和装备支持。

投资及运行效益分析

该装置投运后，有效抑制了鱼卡站 750kV 母线电压偏高和波动幅度大的现象，降低了线路损耗，取得了较好的综合经济效益，已成为确保新疆与西北联网第二通道 750kV 风电集中送出系统安全、经济、高效运行重要技术手段之一，提高了柴达木循环经济试验区供电能力和向西藏直流输电的可靠性。超/特高压电网对可控并联电抗器的需求主要包括长距离重载线路、水电外送输电通道、受端电网电力受入线、风电集中外送通道。根据国家电网公司 2020 年“五纵五横”的特高压交流目标网架，可控并联电抗器的需求点就有十多个，预期总市场份额 10 多亿元。此外，随着特高压电网网架的不断增强，输送潮流的不断增大，预计在 2017-2020 年可控并联电抗器的需求点将进一步增加。磁控型可控并联电抗器可实现输出容量连续、平滑调节，在新能源发电大规模集中接入的超/特高压交流输电系统中应用独具优势，应用前景广阔。

技术名称

钻井过程中气体介质回收利用新技术与新装备

技术依托单位

中国石油大学（北京）

适用范围

钻井工程

技术内容

本研究在国内外首次提出气体循环利用的概念，并研制出世界上第一套气体循环利用钻井装备。可将氮气、天然气等昂贵介质循环利用，从而大大减少气体钻井的装备投入，降低钻井成本，节约资源，保护环境，经济效益十分显著，具有广阔的发展前景。

根据气体循环利用的理念，研制出世界上第一套气体循环利用钻井装备，包括气体循环利用钻井专用旋风分离、精细过滤、自动控制系统等。该装备具有完全自主知识产权，其性能完全满足气体钻井要求。通过该项目研究，提出了考虑岩屑重复破碎特征的气体钻井注气量计算新方法，对国际通用的 Angle 模型进行了修正，与现场实际用气量契合度由 75%提高至 91%。在国内外首次开展了气体循环利用钻井开环及闭环现场试验，气体重复利用率达到 98%，气体循环回注后，机械钻速提高超过 50%。

连续十年（2006-2015）的查新结果表明，除项目组研究成果外，国内外尚无相同或类似技术，项目成果处于国际领先地位。

该项目已经形成了三代气体循环利用钻井的整套装备（第一代立式，第二代卧式，第三代组合式），并完成了室内模拟试验、地面工程化试验以及钻井现场试验。该技术在四川油气田进行了初步的推广应用，效果显著。

主要技术指标

对国际通用的 Angle 模型进行了修正，使得计算精度从 75%提高到 91%。开展

了气体循环利用钻井开环及闭环现场试验，气体重复利用率达到 98%，气体循环回注后，机械钻速提高超过 50%。

投资及运行效益分析

截止到目前，气体循环利用钻井装备，已经进行了室内模拟试验、地面工程化试验，并在国内外首次开展了气体循环利用钻井开环及闭环现场试验。目前已经完成了在四川油气田的试验性应用，正在更大范围的推广应用过程中。该技术成熟后，应用前景非常广阔，预计可在我国绝大多数适合于气体钻井的区域推广应用，产生显著的经济效益。

工程案例介绍

该成果在四川油气田进行了试验性应用，经济效益显著，应用前景广阔，同时正在更大范围的推广应用。

技术名称

泵驱动热管自然冷却技术及其在数据机房中的应用

技术依托单位

北京工业大学

适用范围

数据机房降温

技术内容

研究成果课题来源于国家自然科学基金。全国数据中心用电量近 1000 亿 kWh，约占全社会总用电量的 1.5%，其中约 40%为空调制冷用电。降低空调耗电量既是节能减排的有效措施，也是数据中心可持续发展的有力保障。当室外气温较低时，自然冷却成为数据中心节能的重要手段。

项目将热管超强的相变传热和机械泵强劲的驱动力有机结合，设计研发出具有自主知识产权的泵驱动热管自然冷却机组用于数据中心降温。该机组由冷凝器（室外机）、储液器、工质泵、蒸发器（室内机）等部件组成。以机械泵驱动工质相变循环，高效快速地把室内热量转移到室外大气中。

主要技术创造性如下：

（1）提出具有自主知识产权的数据机房用泵驱动热管自然冷却技术，并详细研究其传热与流动机理、工作特性和换热特性调控方案，将热管的高效相变换热和机械泵的强劲驱动力有机结合，适合大空间、复杂管路的场合应用。

（2）研制出模块化结构的蒸发器、冷凝器，构建多联式自然冷却系统以及与蒸汽压缩制冷有机结合的复合系统，在研究系统与部件的匹配原则和规律基础上，提出了泵驱动热管自然冷却系统的设计方法，完成了产品系列化研发并实现批量生产。

（3）研究自然冷却系统与原有空调系统的协调运行机制，提出了数据机房环境控制节能运行策略。

与现有自然冷却产品相比，1) 实现相变冷却，提升了换热效果，且泵功率远低于压缩机功率，节能效益明显；2) 泵的驱动力远大于重力，能适应较复杂的管路，且两器布置灵活，结构形式多样化；3) 无需用水冷却，消除了漏水隐患，且冬季不需防冻；4) 室内外空气隔绝，保证了室内空气成分和品质的稳定；5) 智能控制，实现与环境温度最佳匹配，确保全工况高效运行；6) 系统构成比较简单，可靠性高，易操作维护，成本较低。

主要技术指标

研制的样机在 10min 内达到稳定状态：当室内温度 25℃，室内外温差 10℃时，机组能效比为 12.9，为精密空调的 3~5 倍。

投资及运行效益分析

项目成果已实现工程应用，机组运行稳定。多项工程应用效果表明，当室外气温低于 10℃时，机组实测 EER 可达到 11.88，能完全替代原有空调为数据机房降温，年节电率达 21.1%-35.9%，具有显著的节能减排和经济效益。

技术名称

城市雨洪控制与利用技术的推广应用

技术依托单位

北京市水科学技术研究院

适用范围

城市雨洪控制与利用

技术内容

总结集成了 3 种城市雨洪控制与利用的基本模式、4 种不同下垫面雨洪控制与利用模式、5 种雨洪控制与利用工程模式。总结了雨水入渗地下、收集回用、调控排放共 3 种城市雨洪控制与利用基本模式：集成了针对屋顶、绿地、铺装地面和市政道路共 4 种下垫面类型的雨洪控制与利用技术模式：提出了适用于建筑小区、公共区域、河道及砂石坑、地下蓄水空间和智能化管理的共 5 种雨洪控制与利用工程模式。

研发了基于人工降雨的透水地面效果检测设备与评估方法，以及更加方便的“单环积水入渗”透水地面性能测定方法，研制了测试设备。针对小区雨水利用效果多指标评价体系存在的参数获取难等问题，建立了更加结合工程实际的新的效果评估指标体系和评估方法，并进行了实际应用。

提出了城市雨洪控制与利用的关键技术指标。提出了以年径流总量控制率为参数的雨洪控制与利用标准和以硬化地面透水率、绿地下凹率、调蓄模数等技术指标为支撑的指标体系，为技术标准编制、效果考核与激励政策制定奠定了基础。

在北京市开展了广泛的工程推广示范。自 2011 年，项目在海淀区、昌平区以及北京市其他单位大力推广了雨洪控制与利用工程建设。累计推广应用雨洪控制与利用技术 4295 处，其中透水铺装面积 971 万 m²，推广应用工程年雨洪综合利用量 2385 万 m³、减少径流外排量 1540 万 m³。取得了显著的生态效益和节水示范效益。

开展了全国范围的推广应用研究。在对全国 288 个地级城市雨洪控制利用现状调研的基础上，分析评价了我国城市雨洪控制利用的整体现状及问题。对我国城市雨洪控制利用进行了适宜性分类，提出了城市雨洪控制利用的潜力和发展潜力。提出进一步发展城市雨洪控制利用的对策措施。

投资及运行效益分析

六年来累计推广应用雨洪控制与利用技术 4295 处，涉及面积 825k m²，年雨洪综合利用量 2385 万 m³、减少径流外排量 1540 万 m³。每年降低洪涝风险效益 41580 万元，径流污染削减效益 1540 万元，节约水资源效益 2418 万元，年综合经济效益合计 45538 万元。

工程案例介绍

自 2011 年，项目在海淀区、昌平区以及北京市其他单位大力推广了雨洪控制与利用工程建设。累计推广应用雨洪控制与利用技术 4295 处，其中透水铺装面积 971 万 m²，推广应用工程年雨洪综合利用量 2385 万 m³、减少径流外排量 1540 万 m³。取得了显著的生态效益和节水示范效益。所推广的雨洪控制与利用工程年均减少污染物排放量为 CODCr 3689 吨、SS 8513 吨，NH₃-N 50 吨、TN 97 吨、TP 7 吨，环境生态效益显著。雨洪利用工程示范工程在 2016 年 7 月 20 日暴雨中无严重积水，发挥了重要的防洪涝和改善环境的作用。

技术名称

储能用低成本钛酸锂电池研制及储能系统集成技术

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

储能技术

技术内容

本项目属于储能技术学科，涉及电化学、电力电子等专业。

以钛酸锂材料作为负极材料的新型锂离子电池，因其具有长寿命（可达 12000 次以上）、安全性好等突出优点，性能显著优于传统的锂离子电池，成为最具应用前景的储能电池之一。然而，最初的钛酸锂电池是以满足电动汽车动力电池需求而开发的，采用纳米级钛酸锂材料，材料制备成本高：制作电极时采用进口的预涂层集流体，电极制作成本高：在生产过程中需要严格控制环境湿度，环境控制成本高。最终导致电动汽车用钛酸锂电池成本太高，是磷酸铁锂电池成本的 4~6 倍，严重制约了其在电力储能领域的应用。

本项目依托“千人计划”项目“储能用锂离子电池电解液与隔膜改性研究”，国家电网公司科技项目“储能用钛酸锂电池及储能系统研制”、“锂离子储能电池火灾防护技术研究”等，主要针对储能用钛酸锂电池开发、电池成组及系统集成技术问题展开研究：

- （1）基于储能应用需求的钛酸锂电池重构技术研究；
- （2）低成本钛酸锂材料的设计、制备和性能研究；
- （3）高安全共容型锂离子电解液和无机化电池隔膜研究；
- （4）钛酸锂储能电池生产工艺研究及试制；
- （5）计及电池安全风险量化评估的储能系统应用技术研究。

取得了一系列重要研究成果：

(1) 以满足储能应用需求为目标，对电动汽车用钛酸锂电池技术进行了重构，提出了储能用钛酸锂电池材料体系和生产工艺的重构原则与技术方案；

(2) 提出采用低成本亚微米钛酸锂材料取代纳米钛酸锂材料开发储能用钛酸锂电池，采用静电纺丝技术合成了高性能亚微米钛酸锂材料，并以此为基础提出了储能用钛酸锂电池的材料体系；

(3) 基于 PP 溶剂体系，采用 DMMP，TMP 作阻燃剂，制备了共容型电解液，开发了电极支撑的全无机氧化铝隔膜和 MFI 分子筛包覆 PP 的复合隔膜；

(4) 开发了适用于亚微米钛酸锂材料的匀浆技术、集流体表面处理技术和电池生产环境控制技术，试制了储能用钛酸锂电池，电池循环寿命超过 16000 次，电池成本下降了 30%；

(5) 建立了储能锂离子电池安全风险评估指标体系，提出了基于层次分析和指标权重的电池燃烧危险性评估方法，实现了电池安全风险的量化评估。

主要技术指标

电池循环寿命超过 16000 次，电池成本下降了 30%。项目利用新型原位检测技术研究了电解液和隔膜对电池寿命和安全性的影响机理，开发了具备阻燃、抑制胀气功能的电解液和高安全性、高浸润性的无机复合隔膜，所开发的钛酸锂电池热失控温度高于 180℃，循环寿命大于 10000 次。

投资及运行效益分析

本项目成果在珠海银隆新能源有限公司、北京索英电气技术有限公司等多个公司得到应用，近三年实现新增销售额 1.17 亿元，年增收节支总额 1.3 亿元，经济和社会效益十分显著。

工程案例介绍

本项目研究提出的电池模块热管理技术、电池模块电管理技术在宁波中科孚奇能源科技有限公司开发的多个锂离子电池模块产品中得到应用；本项目有关电池安全性的研究成果已应用于国内主要电池供应商（宁德时代新能源科技有限公司、武

汉力兴（火炬）有限公司、浙江南都电源动力股份有限公司和双登集团股份有限公司）的电池产品中，创造了显著的经济效应，提升了电池产品的安全性。

技术名称

大型光伏电站并网运行控制技术及应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

电力系统及自动化

技术内容

本项目源自国家 863 计划课题，属于电气工程学科，涉及光伏发电、电力系统及自动化、电力电子等多个专业，包括光伏发电规划仿真、运行控制、特性评价等方面。

光伏是我国战略性新兴产业之一。截止 2015 年底，我国光伏并网容量达 4318 万千瓦，位居世界第一，5 年增长了 100 倍。预计 2020 年，光伏并网容量将达到 1.1 亿千瓦，2030 年有望突破 4 亿千瓦。

随着光伏电站规模的增大，其对电网的影响逐渐显现，首先，光伏电站不具备有功控制和无功调节能力，不参与电网的调峰调频和电压调节；其次，光伏电站整体低电压穿越能力不能得到有效解决和科学评估，在电网发生短路故障时极易脱网，恶化电网的安全稳定；再次，光伏电站容易引起电网谐波和电压变动超标等电能质量问题。为保证光伏电站接入后系统的安全稳定运行，需突破并网控制、电能质量治理、整体低电压穿越等技术问题。

依托国家 863 计划课题，本项目建立了光伏发电稳定分析仿真平台，掌握了大型光伏电站参与支撑电网稳定运行的并网控制策略，并制修订了 5 项国家/行业标准，保障了我国大规模光伏接入的安全稳定运行：提出了六种模式为一体的逆变器复合控制策略并研制样机，提升了光伏发电并网性能：制定了具有谐波治理和无功补偿功能的光伏并网逆变器复合控制策略，研发了光伏电站电能质量综合调节装置，解决了光伏电站电能质量治理难题：制定了集“零电压穿越、快速有功功率恢

复、紧急无功支撑”为一体的光伏电站低电压穿越策略，提出了大型光伏电站整体低电压穿越仿真验证方法，避免了大规模光伏发电脱网事故的发生：提出了基于逆变器下垂控制的光伏电站分层无功电压自适应控制技术，开发了基于控制在环实时仿真的 AVC 研发试验平台，研发了基于逆变器的光伏电站无功电压控制系统，降低了光伏电站投资成本和运行费用。

投资及运行效益分析

项目累计实现销售收入 5322 万元，利税 1064.4 万元。项目成果提高了光伏产业核心竞争力，推动了我国光伏产业的快速健康发展，有效减少了化石能源的使用，对我国的可持续发展、节约资源、优化能源结构具有重要的意义。

工程案例介绍

项目成果在青海中广核锡铁山和阳光电源肥东金阳两座 100MW 光伏电站得到了应用，电能质量综合调节系统同时具备无功补偿和谐波治理功能，动态调节响应时间 $\leq 20\text{ms}$ ，AVC 系统通过对光伏电站内 70 台逆变器的控制，在不需额外无功补偿设备的情况下，即可满足光伏电站无功需求：低电压穿越整体评价在杭州舒能和四川普隆等 100MW 级光伏电站项目得到应用。

技术名称

石灰石石膏湿法多元催化增效技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

各种石灰石石膏湿法脱硫系统

技术内容

用于石灰石石膏湿法烟气脱硫系统，提升系统脱硫效率，减少厂方脱硫系统运行成本。

主要技术指标

脱硫效率提升 30%-40%

投资及运行效益分析

现场使用后能减少石灰石石膏湿法脱硫系统浆液循环泵等的使用频率和配置脱硫浆液的石灰石使用量，实现节约运行成本的目标，甚至进一步提升燃煤使用的硫含量，减少厂家发电成本。

工程案例介绍

大唐电力集团、国电集团旗下电厂等

技术名称

油田水处理成套技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

油气田开发生产

技术内容

包括腐蚀控制技术、结垢控制技术、微生物控制技术、油水分离技术、采油污水净化技术、油田生活污水一体化处理技术、低渗透油田注入水深度处理技术、气田生产水深度处理技术、水源井淡化技术、海水淡化技术等，集专用化学品和专有装备为一体的涵盖油气田生产系统、污水处理系统、锅炉系统、造水系统到饮用水系统的成套水处理技术。

主要技术指标

腐蚀控制技术：可有效抑制盐类、 CO_2 、 H_2S 、硫酸盐还原菌引起的复杂腐蚀，控制系统腐蚀率 $<0.075\text{mm/a}$ ，缓蚀率 $>95\%$ ，且无点蚀；

杀菌技术：硫酸盐还原菌、腐生菌和铁细菌等细菌的杀菌率达 $>99.9\%$ 以上，无泡，解决抗药性问题；

阻垢技术：拥有碳酸钙、悬浮物、腐蚀产物 FeS 等无机盐垢的阻垢技术，碳酸钙阻垢率 $\geq 98\%$ ，硫酸钙阻垢率 $\geq 99\%$ ，硫酸钡阻垢剂 $\geq 80\%$ 。

含油污水净化技术：可实现海上油田采油污水油含量 $<25\text{mg/l}$ （近海 $<20\text{mg/l}$ ），陆上油田采油污水油含量 $<5\text{mg/l}$ ，达标排放或回注。

深度处理技术：可实现采油污水处理后油含量 $<5\text{mg/l}$ ，悬浮物含量 $<1\text{mg/l}$ ，悬浮物粒径中值 $<1\mu\text{m}$ 。

投资及运行效益分析

可确保技术应用企业生产的安全稳定运行，降低因系统腐蚀穿孔而引起的原油

泄漏、停产等风险；可降低水处理药剂的加量和加药成本，提高污水处理效果，帮助企业实现节能降耗目标。

工程案例介绍

技术已在中海油深圳分公司流花油田/番禺油田、中海油湛江分公司文昌油田/涠洲油田、中海油天津分公司蓬勃作业区/曹妃甸作业区/垦利作业区、中石油吉林油田/大港油田/华北油田、中国石化胜利油田等得到应用。

技术名称

油水井长效防垢技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

本技术用于油田油水井防垢，尤其是对一些井筒结垢严重的井、产水较大的井、高水位井、边远井及加有封隔器的井，技术优势更为明显。同时也可用于独立的小循环水系统防垢。

技术内容

在油田生产中，油气生产过程受到压力、温度变化等因素的影响，会在油水井内形成污垢，导致堵塞，产液量下降等一系列严重的问题。本技术采用天津院开发的固体防垢块专利产品，利用固体防垢块中缓释调节剂的高分子网状结构，使防垢块中的有效成分在油井底部中缓慢、定量释放，并随采出液流出，达到长时间保护油井、低压系统的水井、环空等油田设备，防止其结垢的作用。

主要技术指标

溶出速率(以总磷计)：0.50—5.00mg/d. cm³

碳酸钙阻垢率≥80%

硫酸钙阻垢率≥95%

投资及运行效益分析

产品克服了传统液体防垢剂需要连续投加、易被快速带出、药剂消耗大的缺点，采用一次性投加的方式，对管柱有效保护范围广、有效保护周期长、防垢效果稳定，有效期可达到三个月以上，同时改善了防垢产品与其他油田化学品的配伍性，提高防垢剂在储存过程中的稳定性和安全性。

工程案例介绍

胜利油田某采油厂先后在10口井应用本技术。该矿区油水井多数为高矿化度

氯化钙水型，结垢严重，油井产量下降快，酸化解堵措施频繁，作业成本高，采用常规的液体防垢剂产品单井加药工作量大，产品易被采出液携带出，油水井的防垢效果一直不理想。应用本技术后不仅有效抑制了油井的结垢趋势而且使已形成的碳酸钙垢逐渐溶解，油井产量得到了有效恢复，产液量从应用前的平均1.51 t/d，恢复到4.75 t/d，产油量从应用前的平均0.9 t/d，恢复到2.85 t/d，并达到6-12个月的有效期，有效延长了结垢油井正常生产时间，减少油井作业检泵次数，降低采油生产成本。

技术名称

硫化氢脱除技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

适用于油气田开发中伴生气及天然气中硫化氢的脱除，以及炼油厂催化裂化干气、液化气、炼厂废气、煤气、煤层气等气体中硫化氢的脱除。

技术内容

中海油天津院有限公司研究开发出系列高选择性复合脱硫剂产品，该药剂可以选择性优先吸收 H_2S ，降低生产成本，提高脱硫效率，配方灵活可以适应油气、煤层气、炼厂气等不同工况的要求，快速去除硫化氢，消除硫化氢造成的安全生产问题。

主要技术指标

可按照用户要求制定，一般

硫容量 $> 15g/100g$

脱硫率 $> 90\%$

投资及运行效益分析

现场应用无需辅助设备资金投入，直接注入管线或利用客户现有设备直接加注使用。本技术具有较高的脱硫效率， $1m^3$ 硫化氢浓度为 4000 mg/L 的待处理气体，仅需加入 $20kg$ 产品，即可将硫化氢浓度降低到安全标准以下，避免油气田伴生气中硫化氢对设备腐蚀以及炼油厂催化裂化干气、液化气、炼厂废气、煤气、煤层气中酸性气体对设备腐蚀及对环境污染。目前脱硫技术市场需要量较大，仅全国油气田市场及炼化公司、炼厂气脱硫等年产品需求量就达到 15000 吨以上。随着国家对环保排放管理要求越来越严格，整体用量还在逐年增加。

工程案例介绍

南海西部某油田 LPG 区块天然气中含有一定浓度的硫化氢，对设备管线腐蚀较为严重，应用本产品后，常温分离器硫化氢含量降至使用前的 50%，吸收塔硫化氢含量降为 0，加注产品后液化石油气铜片腐蚀情况为 1A，对现场设备管线基本无腐蚀，保障现场生产安全顺利进行。

技术名称

工业循环冷却水超低排放技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

可应用于炼油、化工、冶金、电力等行业工业循环水系统

技术内容

本技术优化集成了无磷水质稳定控制技术、EDR 脱盐与浓缩工艺以及 EWST 的在线除垢杀菌工艺，控制循环水系统的总硬度、总含盐量，在投加少量化学药剂的前提下，实现从软水到高硬高碱水质条件下的高浓缩倍率稳定运行以及近零排放，最大程度减少应用企业新鲜取水量，循环水排污量。

主要技术指标

- 1、实现循环水系统浓缩倍率 ≥ 6 倍，较常规化学药剂处理工艺，排污量减少 70%以上；
- 2、循环水水质控制指标达到国家标准（GB50050-2007）要求：碳钢腐蚀率 $<0.075\text{mm/a}$ ，铜和不锈钢腐蚀率 $\leq 0.005\text{mm/a}$ ，污垢黏附速率 $<15\text{mcm}$ ，细菌总数 $\leq 1 \times 10^5$ 个/mL。
- 3、化学品用量减少 30%以上。

投资及运行效益分析

依据循环水不同水质和系统工艺条件，每万方循环水量的装置一次性投资费用为 120 万元-200 万元。

本技术的应用，可大大减少企业的外排污水和新鲜用水量。每万方循环水量，可实现减排污水 25 万吨以上，节约补水 20 万吨以上。减少水处理药剂 20 吨，年节约经济效益 100 万元以上。

工程案例介绍

浙江某石化公司 4000m³/h 循环水场，2016 年开始运行至今，装置现场运行效果良好，实现了循环水系统零排污状态下的动态水平衡，浓缩倍数已由技术采用前的 3 倍逐步提升至 6 倍以上，循环水水质控制指标达到国家标准，水处理药剂日消耗量平均降低 16.7%，循环水排污量每年减少 19.9 万吨，产生直接经济效益 146.6 万元/年。

目前，以该技术正在该公司 40000m³/h 循环水系统开展示范工程建设，预计项目建成后，可实现节水 80 万吨/年，减排 90 万吨/年，节约经济效益达 450 万/年。

技术名称

劣质高氮高芳柴油加氢改质增值技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

中海石油中捷石化有限公司

适用范围

炼化企业劣质柴油、煤化工企业低温煤焦油增值利用。

技术内容

针对我国炼厂普遍存在的劣质高氮高芳柴油增值利用的迫切需求，中海油天津院联合中捷石化，采用“产研”结合模式共同攻关，开发了劣质高氮高芳柴油加氢改质增值技术。该技术基于“分子炼油”理念，集成天津院催化材料可控合成、加氢催化剂设计与工艺开发等技术优势，通过专用齿球加氢催化剂与分区级配强化烃类分子转化工艺技术的开发，实现低十六烷值的多环芳烃、重质环烷烃选择性加氢裂化为高芳潜值的单环芳烃和环烷烃，加氢产品既可作为国 VI 清洁汽油调和组分，也可作为优质重整原料生产轻质芳烃。本技术配套催化剂具有低温加氢性能好、装卸剂方便、开绿色环保等优点，优化的应用工艺技术节能降耗效果显著，综合经济效益良好。

主要技术指标

原料：劣质柴油馏分，氮含量 $\leq 2500 \mu\text{g/g}$ ，芳烃含量 40~90wt%，干点 $< 370^{\circ}\text{C}$ ；

典型工艺条件：氢分压 6.5~10MPa，反应温度 350~400 $^{\circ}\text{C}$ ；

产品：汽油满足国 VI 标准，收率 $\geq 40\text{wt}\%$ ，辛烷值 ≥ 92 ；C6~C9 混合芳烃收率 $\geq 18\text{wt}\%$ 。

投资及运行效益分析

投资分析：充分利用炼厂现有装置，进行流程优化和产品调度，以 50 万吨/年

加工量估算，装置升级改造投资约 2000 万元。

效益分析：50 万吨/年的劣质柴油加氢改质增值装置，利润可增加 1.0~1.5 亿元/年。

工程案例介绍

催化剂产品已经在全国 4 家炼厂 5 套装置上实现工业应用，实现销售收入约 7000 万元，为企业创造效益 1 亿元以上。

技术名称

甲醇制汽油技术（MTHc）

技术依托单位

中海油天津化工研究设计有限公司

适用范围

本技术用于以甲醇、或二甲醚为原料生产高品质、无硫无氮的汽油。

技术内容

MTHc 是以工业甲醇为原料，生产无硫无氮、高辛烷值汽油的工艺技术。该技术采用两步法工艺，并配套自主开发的 THMTG 系列催化剂，具有催化剂单程寿命长，汽油选择性高，系统能耗低等优点，整体技术水平处于国际领先地位。

投资及运行效益分析

对于产能为 10 万吨/年的工业生产项目，主体装置投资约为 7000 万元，每吨甲醇的加工运行费用合计约为 100 元。

工程案例介绍

内蒙古丰汇化工有限公司甲醇制稳定轻烃项目，2014. 11；

河北玺尧新能源科技有限公司甲醇制汽油项目，2015. 3；

贵州贵阳市屿贝科技有限公司甲醇制稳定轻烃项目，2017. 4。

技术名称

烯烃羰基合成铈磷催化剂及废铈回收成套技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

丁辛醇装置

技术内容

丁辛醇装置大都采用以油溶性铈磷配合物为催化剂的丙烯低压羰基合成工艺，铈磷络合催化剂（ROPAC）很容易被微量杂质毒害而失活，铈价格昂贵，催化剂失活后，通常送往专业催剂公司回收加工。废铈回收技术难度大，ROPAC 催化剂制备过程复杂，多年来国内装置一直在国外回收加工，受制于人。中海油天津化工研究设计院针对此问题，开发成功一种具有自主知识产权的废铈催化剂铈回收及铈磷催化剂合成技术。

投资及运行效益分析

我国现有丁辛醇产能已经超过 400 万吨/年，铈磷催化剂装填量约 16000 kg，如果项目按年处理 1500 吨废铈液、年产 5000 公斤铈磷催化剂计算，固定资产投资约 3000 万元，项目达产后，可实现产值 1.0 亿元/年，利润 3000 万元/年。

工程案例介绍

天津某化工股份有限公司 2 号丁辛醇装置已经运行 3 年，2016 年 11 月，羰基合成二反尾气排放较大，公司补加中海油天津化工研究设计院生产的铈派克催化剂，以维持装置的正常运行，在操作条件不变的情况下，连续长周期运行 180 多天醛耗丙烯、醛耗合成气、丁醛正异比（选择性）、催化剂寿命达到预期等催化剂应用指标达到预期，效果与进口催化剂相当，天津院催化剂可以替代进口催化剂使用。

技术名称

芳烃脱烯烃精制技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

本产品主要用于重整生成油脱烯烃精制工艺，也可用于 C6~C8 芳烃脱烯烃精制工艺。

技术内容

TCDTO-1 芳烃精制剂用来取代传统活性白土，用于脱除重整生成油中的微量烯烃，以防止其毒害后续的 PX 吸附剂和歧化催化剂。活性白土更换频繁、污染严重，操作劳动强度高、环保压力较大，装置本质安全系数较低，已不能满足重整装置生产要求。

TCDTO-1 芳烃精制剂采用具有独特孔结构及酸强度分布的专用分子筛作为活性组分，其单程寿命为活性白土的 10 倍以上，且可再生 3~4 次，总寿命为白土的 36~40 倍，整体性能居国际先进水平。

投资及运行效益分析

本产品累计在 16 家炼化企业实现应用，国内市场占有率达 50%以上。多年的工业应用情况表明，TCDTO-1 精制剂的经济效益和社会效益远高于活性白土。

工程案例介绍

案例 1：上海石化

上海石化 PX 装置中重整分馏塔底油质量处于中下等，溴指数高、胶质含量高。2012 年 8 月份开始使用 TCDTO-1 精制剂，使用前白土寿命为 15 天左右，TCDTO-1 精制剂单程使用寿命 5-7 个月，四周期总寿命 2 年，达到白土寿命的 48 倍，减少固废排放近 2000 吨/年，经济、社会效益显著。目前已经完成第二次采购，共采购 4 塔精制剂。

案例 2：广州石化

广州石化生产异构级混二甲苯，装置中重整分馏塔底油质量处于上等，溴指数低、胶质含量低。2013 年 10 月开始使用 TCDT0-1 精制剂，精制剂单程寿命 9-11 个月，四周期总寿命 3.5 年，减少固废排放近 1000 吨/年，经济、社会效益显著。目前已经完成第二次采购，共采购 2 塔精制剂。

技术名称

润滑油基础油异构脱蜡及补充精制催化剂

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

用于加氢裂化尾油、减压侧线油（精制后）、费托蜡等生产润滑油基础油、工业白油的异构和补充精制。

技术内容

异构脱蜡工艺是目前生产润滑油基础油最先进的技术，可生产高粘度指数、低倾点的 API II 类和 III 类基础油，该工艺由“异构脱蜡”和“补充精制”工艺串联组成。中海油天津化工研究设计院有限公司针对该工艺开发的“异构脱蜡”和“补充精制”两种催化剂具有基础油收率高、寿命长的特点，性能达到国外参比催化剂同等水平。

工程案例介绍

目前正在中海油惠州炼化公司进行工业侧线预计 6 月底开车运行。

技术名称

芳烃吸附分离技术（SAA）

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

适用于 60~360℃馏分油芳烃吸附分离，主要用于清洁柴油生产、芳烃溶剂油精制、环保溶剂油深度脱芳，也可以用于高品质化工产品如化学试剂石油醚、轻质白油等高附加值产品的加工。

技术内容

SAA 芳烃吸附分离技术能够选择性吸附脱除油品中的芳烃类分子，主要用于清洁柴油生产、芳烃溶剂油精制、环保溶剂油深度脱芳，也可以用于高品质化工产品如化学试剂石油醚、轻质白油等高附加值产品的加工。SAA 系列芳烃吸附剂具有较高的比表面积、孔容，以及发达的孔道结构，提供丰富的吸附活性中心，吸附剂对目标芳烃饱和吸附量大于 10wt%，吸附中心对目标芳烃吸附力可灵活调控，且芳烃吸附剂属于高性能绿色环保吸附材料，可再生重复使用，再生条件缓和，吸附分离工艺能耗低。

投资及运行效益分析

芳烃吸附分离技术操作条件缓和，设备投资少，以较低的成本生产高附加值免税产品，经济效益好，以 30 万吨/年溶剂油芳烃吸附分离工业装置为例，建设投资约 6000~8000 万元，每年可生产 12~15 万吨高纯度免税产品芳烃溶剂，效益可观。

工程案例介绍

SAA 系列芳烃吸附剂于 2015 与宁波某有限公司签订 30 万吨/年芳烃吸附分离项目技术协议，装置已经完成建设，准备开工，原料为 130~230℃馏分加氢精制油品，目标产品为高沸点芳烃溶剂及环保型溶剂油，将汽柴油品精制提纯生产高附加值化工产品。

技术名称

C_{10}^{+} 重芳烃轻质化技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

适用于催化重整、乙烯裂解重芳烃原料，用于将 C_{10}^{+} 重芳烃转化 BTX 或高辛烷值汽油调和组分。

技术内容

近年来随着我国催化装置数量的增加、总产能的提高，副产的重整重芳烃越来越多，如何实现重整重芳烃的高值化利用成为企业面临的难题。目前已经工业化或在研的重芳烃综合利用技术均存在无法有效处理 C_{10}^{+} 重芳烃的问题。

针对这一现状，天津院基于贵金属催化剂开发了 C_{10}^{+} 重芳烃轻质化技术，可将低附加值的 C_{10}^{+} 重芳烃全部转化为市场紧缺的轻质芳烃（BTX）或高芳汽油。

该技术具有原料价格廉价、工艺流程简单、设备投资低、操作成本低、经济效益高等优势，为企业重芳烃提供了一条高值化综合利用技术途径。

投资及运行效益分析

20 万吨/年 C_{10}^{+} 重芳烃轻质化工业装置，投资 1.6 亿元，企业利润为 4500 万元/年。

工程案例介绍

2014.3~2015.5，天津某化工有限公司，1000 吨/年工业示范装置；

2017 年 4 月，宁波某石化有限公司，签订 20 万吨/年工业装置应用协议。

技术名称

炼油装置高环烷酸原油缓蚀剂

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

炼厂高温部位的防腐

技术内容

随着原油的深度开采，原油的重质化和劣质化加重，原油中的环烷酸和硫含量显著增加，使得石油加工设备腐蚀问题日益明显，威胁着炼油企业稳定安全生产，如：由于腐蚀致使企业无计划停工频繁；加工原油能力下降，导致从渣油中提取的重柴油减少；缩短了催化剂的使用寿命等等。

从炼厂实际情况出发，在原油加工过程中加注化学药剂是最具经济性和可行性的手段，课题组进行了深入研究，结合国内外发展现状和腐蚀成因以及缓蚀剂作用机理，摸索出了独特的分子结构，建立了专利性的评价方法和评价设备，产品的性能优于国内外同类产品。同时我院具备产品成熟的工业生产条件和现场服务能力，工业化的高温缓蚀剂产品已经应用于中海石油东营石化、中海沥青（营口）有限公司、中海沥青股份有限公司、中海沥青（四川）有限公司等企业。

主要技术指标

当原油酸值小于 4.0mgKOH/g、硫含量低于 3%时，缓蚀率达到 90%以上，油中的铁离子控制在 3mg/L 以下，总体效果达到国外同类产品水平。

投资及运行效益分析

该技术已经十分成熟，高温缓蚀剂产品应用后，可以大幅降低炼厂加工装置腐蚀风险，延长装置运行周期，为企业降低加工成本；重质化原油不断增加，炼厂可以拓宽加工原油的品种，不仅局限于某一类原油，加工原油的附加值增大；可以取代国外同类产品，形成自主知识产权。

工程案例介绍

2016 年 3 月在中海石油东营石化有限公司常减压装置上进行了高温缓蚀剂工业应用。在该公司的常减压装置常一中、常二中、减二线、减三线处加注高温缓蚀剂产品，中海油天津院高温缓蚀剂产品对铁离子含量的控制指标明显优于中海石油东营石化现场使用的产品，达到了东营石化与中海油天津院高温缓蚀剂产品技术协议的要求，高温缓蚀剂工业试验取得成功。

技术名称

新型柴油抗磨剂

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

国 V 排放标准的柴油

技术内容

国标柴油在满足环保要求时，柴油中的硫含量降低。脱除硫的过程也将氮、氧和多环芳烃等化合物除去，致使柴油的润滑性变差。改善柴油润滑性的普遍方法是添加柴油抗磨剂。

本技术以廉价易得的工业脂肪酸为基础原料，通过对不同酯类亲水亲油平衡值（HLB）的对比研究，优选出较适宜的醇类品种；通过控制酯化反应使脂肪酸及其酯类为主要成分的柴油抗磨剂酸值大幅度降低，同时具有较弱的乳化性，得到低酸抗乳化新型柴油抗磨剂，适应范围更加广泛，性能更加优良。同时本单位已就新型柴油抗磨剂对不同原油的适应性进行研究，为全面推广应用做准备。

投资及运行效益分析

由于国家对空气的环保要求十分严格，2017 年全国均已实行国 V 排放标准，抗磨剂用量大而广，预计项目完成时，累计推广应用 1000 吨，实现约 2000 万以上元经济效益，2020 年前，实现 10000 吨/年的推广，近 2 亿/年的经济效益，同时可带动本单位其它炼油助剂及油品添加剂约两倍以上销售收入。

工程案例介绍

该产品已成功在中海石油中捷石化、中海石油惠州石化、中海沥青股份有限公司、中石油四川石化公司等多家炼厂进行推广应用。

技术名称

新型原油脱金属剂

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

炼油厂电脱盐装置

技术内容

随着原油开采程度的逐步加深，原油的重质化和劣质化程度越发严重，原油中钙、镁等金属含量也越来越高。加工这类原油对炼厂有着严重的危害。因此，需要对原油中的金属离子进行脱除处理。国内外现有脱金属剂普遍存在脱金属率低、腐蚀性强且易结垢、电脱污水 COD 高等问题。针对上述情况，天津院成功开发出了具有自主知识产权的脱金属剂产品，此类产品具有脱金属效率高、腐蚀控制好、脱后金属盐的分散性好、脱水效率高且 COD 贡献量少的技术特点并广泛应用在中石化、中石油、中海油企业中，达到国际先进水平，成功替代了国外同类产品，目前国内市场占有率第一。

主要技术指标

- 1、以含羟基，羧基及磺酸基的有机物为单体采用三元共聚方法合成，适应不同的原油时均具有较强脱除效果，脱金属率不低于 70%；
- 2、避免对设备腐蚀结垢，向药剂中引入特殊缓蚀阻垢组分有效控制其对设备的腐蚀及电脱污水系统的结垢，对 316L 不锈钢腐蚀速率小于 0.2mm/a；
- 3、脱金属剂 COD 贡献量低、可生化性好，B/C 大于 0.4，对石化企业整个污水系统冲击很小。

投资及运行效益分析

本项目总体计划费用 820 万元，实际使用 815.19356 万元。自 2014 年 1 月至 2017 年 12 月，中海油天津化工研究设计院有限公司已累计生产新型原油脱金属

剂 3 千余吨，创造销售收入 4000 万元，实现利税 900 多万元。

工程案例介绍

中海油天津化工研究设计院有限公司的脱金属剂产品目前在中捷石化，长岭炼化，九江石化，乌鲁木齐石化，四川石化，榆林炼油厂等多家炼厂完成了工业应用。

技术名称

燃料乙醇膜过程强化精制技术

技术依托单位

中海油天津化工研究设计院有限公司

适用范围

生物燃料乙醇、合成气发酵制乙醇、粮食酒精生产、化工/医药溶剂脱水精制、高纯试剂生产

技术内容

2017 年 9 月 13 日，国家发展改革委、国家能源局、财政部等 15 部门联合印发《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》，明确到 2020 年，在全国范围内推广使用车用乙醇汽油，基本实现全覆盖，明确了扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油工作的重要意义，标志着中国在燃油汽车的新能源应用领域将进入加速发展期。全球燃料乙醇年产量约 8000 万吨，我国燃料乙醇目前年实际利用量约 250 万吨左右，我国汽油年产 1.2 亿吨左右、乙醇添加量 10%，按照《方案》要求，乙醇还有 1000 万吨左右的空间。中海油天津化工研究设计院有限公司开发出膜过程强化精制燃料乙醇膜材料及工艺技术，相比现有精馏-吸附技术降低能耗 30%以上。

主要技术指标

(1) 产品收率 $\geq 99.9\%$ ；(2) 产品含水量在 99%~99.9%之间分级可调；(3) 发酵醪液乙醇含量 10%，每吨燃料乙醇消耗 1.05 吨蒸汽；发酵醪液乙醇含量 13%，每吨燃料乙醇消耗 0.8 吨蒸汽

投资及运行效益分析

30 万 t/a 燃料乙醇，分离精制部分投资 8000 万元（精馏-吸附方法投资 7500 万元），以蒸汽 130 元/t 计，相比现有精馏-吸附方法综合成本净节约费用 2500 万元/年。

工程案例介绍

陕西某药厂 7000 吨乙醇精制、唐山某公司 20000 吨燃料乙醇生产等。

技术名称

生物质固废资源化技术研发及应用

技术依托单位

南开大学

适用范围

生物质固废资源化方法和技术

技术内容

本项目构建了可降解生物质固废的微生物菌群，可将生物质固废降解为有机肥和饲料。根据微生物降解菌群及酵母菌群的生长、代谢特征，开发了基于太阳能技术的生物反应装置，提升了资源利用效率。设计功能化离子液体用于提取生物质固废中纤维素，以及离子液体催化水解纤维素生产化工基础原料 5-羟甲基糠醛。

主要技术指标

经天津市科学技术评价中心组织专家鉴定，认为达到国际领先水平，获天津科技进步一等奖。

投资及运行效益分析

核心技术已被天津、山东、江苏、深圳等省市 14 家企业应用，产生了显著的经济、社会和环境效益。

工程案例介绍

本项目有关技术已被深圳芭田公司、天津百利阳光公司应用。

技术名称

基于“RO/SEDI”全膜法的超纯水成套技术产业化

技术依托单位

南开大学

适用范围

全膜法超纯水制备技术

技术内容

本项目属于具备国际领先水平的第五代全膜法超纯水技术。与第四代的“RO/RO/EDI”全膜法相比，前处理仅采用单级反渗透，SEDI 可直接获得电阻率 15 兆欧厘米以上的超纯水。预处理的 UF 膜用量节省 40%，RO 膜用量节省 60%，RO 浓水排放量节省 45%，整个系统酸碱零消耗、废酸废碱零排放。单堆制水量最大 8 吨/小时，系统制水量无限制。

主要技术指标

淡水进水压力：0.05-0.15MPa，纯水出水压力：0.02-0.08MPa，产水量：0.5-5m³/h，最高工作电压：500VDC

投资及运行效益分析

年产值过亿，年利税超过 3000 万元

技术名称

大规模储能系统集成技术及其在源-网-荷端典型应用示范

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

储能领域

技术内容

本项目属电气工程学科，涉及储能与新能源等技术领域。

电池储能技术是储能领域的研究热点，国内外已有部分电池储能电站投运，但是与储能子系统相比，储能电站的整体性能下降明显，主要体现在：（1）电站的寿命在 2000 次左右，远低于理论值 3000 到 5000 次；（2）电站整体响应速度比子单元慢近乎一个数量级，整体效率及出力精度比子单元低 2-5%；（3）另外储能电站难以实现多机组集群并联及分布式协调控制。

项目主要研究内容及成果包括四个方面：

（1）基于电池储能规模化系统集成拓扑结构优化设计及典型应用的仿真研究，提出规模化电池储能系统拓扑优化结构、集控与子系统自治的协调控制策略，搭建了含 8 套储能子系统的 MW 级电池储能电站模拟实验平台，实现了储能集群系统协调运行及整体并离网切换功能；

（2）基于计及电池健康运行的储能电站能量管理技术研究，提出计及储能电池健康状态、充放电倍率、充放电能力及 SOC 等约束条件的储能电站综合能量管理策略，实现了储能电站电池系统的健康管理；

（3）基于风电场功率波动概率模型，分别以平抑风电场波动、跟踪计划出力、抑制爬坡速率、减少风电场弃风为目标，建立了风储一体化调度管理平台并开展示范应用；

（4）基于分布式储能系统的框架设计和功能配置方法，提出电池储能系统在

城市电网多点接入的功率分配方法、综合调度技术及总体设计方案，实现了 5 点分布式储能平抑城市快速增长负荷的示范应用。

投资及运行效益分析

项目成果应用于国家风光储输示范工程储能电站及甘肃瓜州干河口南北风电场，有效支撑了国家重点工程建设与运行；项目编制的电池储能系统相关行业标准与企业标准，有效推动了以国网公司为主导的储能技术应用标准化；另外项目储能集群控制、电池健康管理、风电场应用、城市多点应用等策略应用于数十家电池储能相关厂商，指导相关产品的研发与生产，节支总额 9180.37 万元，有效推动了电池储能产业的快速发展以及其产品的科学应用。

技术名称

大型风电场发电功率的建模和预测研究

技术依托单位

北京理工大学

适用范围

风电场风电功率预测

技术内容

针对风电场风力发电功率不确定性对电网造成的影响，本项目在国家自然科学基金“大型风电场发电功率的建模和预测研究”（50777003）和北京市教委产学研资助项目“风光互补发电控制系统”的支持下，开展风电场风力发电功率预测系统研究与应用，重点研究了风力发电的特点、数值天气预报模型及预报模式、风力发电功率预测对电网稳定性的影响、风力发电功率预测的误差评价指标、风力发电功率预测的理论基础、风力发电功率预测的方法，以及在多个大型风电场应用测试与评价。

在风力发电功率超短期预测方面，首次验证了风力发电功率时间序列具有混沌属性，以此为基础提出了基于混沌相空间重构的神经网络模型对风力发电功率进行预测，为神经网络模型结构的设计和调整提供理论依据。随后提出了基于多嵌入维数的神经网络集成预测模型，为多个模型进行组合预测提供一种方式。考虑风力发电功率数据的非平稳性，提出了具有多分解层次的神经网络模型。该技术目前 4h 预测误差小于 5%。

在风力发电功率短期预测方面，结合专业的数值天气预报（NWP），分析了风速和风功率的日相似性，提出了基于聚类分析的短期风功率多步预测模型。考虑 NWP 的位置对风功率预测的影响，提出了基于多位置 NWP 约简的短期风功率多步预测模型。与目前主要采用单一位置、单一高度的气象信息进行预测的方法不同，该方法考虑了风电场区域水平方向和垂直方向气象因素的变化，有利于提高模型的预

测精度。通过对未来 72h 风力发电功率预测方法的研究，预测误差小于 20%，时间分辨率为 15min。

在风力发电功率中长期预测方面，综合考虑风速时间序列的内部特性（混沌特性）和风速的外部影响因素（气象信息），提出了基于粗糙集理论的中期风速和发电量预测模型、基于灰色理论的中期风速和发电量预测模型，可以为风电场安排风机检修、风电场储能和优化备用容量提供一定的参考依据，其年预测误差小于 13%。

基于上述理论研究和算法仿真，综合考虑电网需求、风电场需求、技术开发要求三个方面，开发了风电场风电功率预测软件，并成功应用在多个风电场，为风电场的运行管理和电网调度提供了技术支撑，为风电接入电网的安全稳定运行做出了重要贡献，该项技术达到了国内先进水平。

主要技术指标

该方法通过对未来 72h 风力发电功率预测方法的研究，预测误差小于 20%，时间分辨率为 15min。

投资及运行效益分析

目前，该项目所涉及技术已经在东北地区 7 个大型风电场得到了实际应用，产生了较好的社会效益和经济效益。以黑龙江某风电场（总装机容量 49.5MW）为例，风电功率预测软件所产生的经济效益如下：

- 1、根据风电功率预测值，风电场可以在发电功率小的时候合理安排检修工作，使设备利用率最大化，两年的运行使风电场增加发电量折合直接经济效益 125 万元。

- 2、通过风电功率预测系统的应用，风电场将多组风机的监控系统进行了整合，实现了风场监控系统的整体化和智能化，节省投资 100 多万元。

- 3、能够为调度人员提供超短期和短期的风电场发电功率预测，实现了与调度部门的数据申报，保证了风电场接入后的实用性和延续性。为风电场调度人员合理

安排调度计划提供了数据支持，最终实现了电网调度减小对风电场上网负荷的限制。由于限电次数的减少，系统投入后多发的电量产生直接经济效益 380 多万元。

4、随着风电功率预测系统的不断完善和风电场装机容量的进一步增加，其长期社会、经济效益巨大。

除此之外，该项目所涉及技术还可应用到减少风电场的弃风频次，降低北方地区煤炭等化石能源的使用量，减少京津冀地区输入性雾霾等环保领域。

工程案例介绍

目前，该项技术已经在东北地区 7 个大型风电场得到了实际应用，提高了风电场风能利用率，减少了风电场的弃风频次，降低了北方地区煤炭等化石能源的使用量，为京津冀地区输入性雾霾的减少做出了突出贡献，产生了较好的社会效益和经济效益。

技术名称

新能源汽车能源系统高效、优化控制技术及应用

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

新能源汽车

技术内容

项目围绕我国新能源及节能重大科技与产业战略需求，针对电动汽车推广应用中锂离子电池组电池单体成组后的一致性管理、高效率高可靠性能源系统、安全及灵活便捷充电技术等三大难题，在动力电池管理系统、能源系统总成集成优化设计、复杂机电系统耦合开发、电动汽车无线充电技术等方面进行了一系列技术攻关，形成了具有自主知识产权的电动汽车能源系统核心关键技术，解决了电动汽车能源系统的高效运行和系统安全难题。

1) 发明了电动汽车高效率能源系统总成及控制系统集成设计和优化方法，解决了多动力源及其与能量耦合装置间的动态协调控制问题。发明了混合动力专用发动机快速启停的控制方法，发明了基于运行状态识别的整车能量管理控制系统设计方法，解决了专用发动机快速响应整车控制器功率需求等问题，实现混合动力总成节油率 $\geq 40\%$ 。

2) 发明了动力电池单体智能无损主动均衡策略，单体均衡电流达到 $\pm 10\text{A}$ ，解决了电池组长期使用后单体电量时间累积不一致现象；在完善电池生热、传热及散热机理的基础上，结合多维电化学-热耦合模型创造性发明了基于液体介质结合半导体材料的精确热管理方法，单体温度控制误差在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内；发明了非接触式高压环路实时漏电快速检测方法，实现绝缘电阻及漏电巡检时间 $\leq 1\text{ms}$ ，实现了电动汽车动力电池系统高效、高安全、高寿命应用。

3) 发明了无线能量传输理论与电动汽车高效大功率无线充电系统优化设计方

法，分析了无线能量传输过程中最优频率分裂特性机理，探索出频率分叉临界条件中副边品质因数和松散耦合变压器耦合系数的关系，发明了最优频率距离跟踪方法，发明了综合采用谐振补偿、阻抗匹配和磁场定向方法提高系统功率传输能力、传递效率和增加能量传递距离，突破了电动汽车无线能量传输效率及距离瓶颈，开发的无线充电系统最大功率 $\geq 60\text{kW}$ ，系统效率 $\geq 94\%$ ，最大传输距离 $\geq 50\text{cm}$ 。

项目已授权发明专利 42 项，其中国际发明专利 2 项，公开发明专利 57 项，发表学术论文 42 篇，论文 SCI 收录 22 篇，SCI 引用 77 次，Scopus 引用 150 次，出版教材 1 部、专著 1 部。

主要技术指标

1. 发明了动力电池单体智能无损主动均衡技术和基于液体介质结合半导体材料的精确热管理系统，有效提升了电池组单体电量一致性，提高了电池组整体使用效率；发明了非接触式高压环路实时漏电快速检测方法，实现了高压系统安全状态的快速准确监测；上述核心专利技术已应用到系列化电池管理系统产品中。

2. 发明了电动汽车运行状态预测算法和基于综合能量流能效分析的能量管理优化策略，发明了专用柴油发动机快速启停控制算法，提高了多动力源与能量耦合装置间的动态协调控制性能和节能效果；上述核心专利技术已应用到系列化整车控制器产品中。

3. 发明了无线充电系统谐振补偿、阻抗匹配和磁场定向自适应控制技术，提高了无线电能传输功率、传递效率和传递距离；上述核心专利技术已应用到大功率无线充电系统中。

投资及运行效益分析

项目研究成果应用到北汽新能源、北汽福田、潍柴动力、长城汽车、吉利汽车等多家国内主流车厂多款产品，新增产值超过 4.2 亿元，打破了电动汽车能量系统关键技术国外公司垄断。动力电池精确热管理技术、漏电快速检测技术、基于运行状态识别的整车能量管理控制策略、高效大功率无线充电技术等填补了国内空白。

工程案例介绍

电池管理系统、整车控制器等成果已形成规模生产能力，并在北汽新能源、潍柴动力、北汽福田、天津清源等企业多款新能源汽车上实现了批量应用。

技术名称

OPGW 安全运维关键技术及工程应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

电力系统

技术内容

本项目为国网公司科技项目，通过调研分析线路和变电站 OPGW 故障及运行维护的实际情况，首次对 OPGW 安全运维关键技术进行了详尽的研究。形成了 OPGW 故障抢修技术，为雷击、覆冰等突发事故提供最有效的故障处理措施；形成了包括特高压在内的全电压等级 OPGW 实验技术和选型方法，为最高电压等级至特高压的输电线路工程建设及安全运行提供了强有力的技术支撑；提出了节能绝缘和适宜融冰的综合优化设计的 OPGW 线路接地运行方式，有效降低了输电线路电能损耗；提出了进站 OPGW 运行安全性综合解决方案，避免了变电站内雷击、短路等故障烧断光缆的安全危害；研制了系列放电间隙装置样机以及系列进站 OPGW 配套绝缘金具，产业化前景广阔，经济效益显著；发布了电力行标《光纤复合架空地线防雷接地技术导则》以及国网企标《特高压 OPGW 技术规范及运行技术要求》和《特高压光纤复合架空地线（OPGW）工程施工及竣工验收技术规范》，促进了项目研究成果的标准化和实用化；采用自主研发的配套绝缘金具及接续方案，首次建立了 220kV 节能绝缘 OPGW 线路，实现了创新技术的工程应用；建立了多项满足 OPGW 进站安全性要求的变电站内 OPGW 塔上引下工程，成果在系统内千余项 OPGW 进站改造工程推广应用，成功解决了 OPGW 进站安全的实际运行问题。项目成果在 OPGW 工程设计、施工运维及线路改造等方面具有重要的指导意义。项目成果填补了多个国内外空白，为国际领先。

投资及运行效益分析

本项目将提高我国输电线路 OPGW 技术的工程应用与运行维护能力，项目成果建议在各网省公司逐步推广应用，尤其对于高雷暴日地区、重覆冰地区等，将进一步减少 OPGW 遭受雷击或覆冰灾害引发的断股、断纤的严重事故，减少电能量损耗，采用短路通流融冰技术提高输电线路抵御覆冰灾害的能力，从而降低电力系统输电线路发生故障的可能性，确保电网的安全稳定运行。

技术名称

300 瓦 LED 诱鱼灯

技术依托单位

中国科学院工程热物理研究所

适用范围

海上灯光围网捕鱼作业

技术内容

该成果为中国科学院重点部署项目“璀璨行动”课题“高功率密度 LED 技术及应用产品推广”的研发成果。

传统的海上灯光围网捕鱼多采用金卤灯，单灯功率在 1000 瓦以上，单艘渔船需安装数百盏，耗能巨大。而渔船海上电能全部采用船载柴油机发电方式提供，因此渔船出海时间的长短及捕鱼量的多少受到船载柴油供给量的严重制约。此外，由于金卤灯光向四周 360 度发射，水面只能接收到约 1/3 的有效光照，光通量利用率低下。研制 LED 诱鱼灯以代替金卤灯，可以大幅度节约电能，节省捕鱼成本，提高捕鱼产量。

LED 光源约有 80% 的能量被转化为热能，随着 LED 功率和集成度的升高，LED 发热强度迅猛增加，散热问题变得日益严重，已成为制约 LED 产业发展的瓶颈问题。过高的 LED 结温不但使 LED 寿命急剧衰减，还会对 LED 峰值波长，光功率，光通量等诸多性能参数造成严重甚至致命的影响。然而，目前自然对流散热、风扇强制散热以及各种热管散热方法的冷却能力十分有限，已难以实现从高发热强度 LED 光源表面及时取热并对外散热，使其温度降低到理想范围内。现有的大功率 LED 散热器体积大，重量过重，300W LED 灯具的重量至少 15 公斤以上，高空悬挂安全性和可靠性差，散热效果低下，并且由于无法使用 LED 集成光源，光照强度过低，起不了真正诱鱼效果，根本无法满足在渔船上大批量悬挂进行远洋捕鱼作业的使用要求。

中科院工程热物理所胡学功研究员领导的课题组在国际上首次发现并证实了毛细微槽群热沉中存在着微细尺度沸腾换热现象，提出了毛细微槽内薄液膜蒸发和厚液膜沸腾的微槽群复合相变强化换热理论，揭示了微槽群热沉内流动和复合相变强化换热的机理，原始性创新开发出了微槽群复合相变强化传热技术。该技术的开放式微细尺度槽群结构热沉不是依靠泵等装置提供的外来动力而是依靠自身结构形成的毛细压力梯度驱动液体沿微槽轴向和切向流动，并在微槽内三相接触线区域促进扩展弯月面微尺度蒸发薄液膜的形成，创造高强度的纯蒸发换热条件，其蒸发换热系数达到 $105\text{W}/(\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C})$ 的数量级；同时在固有弯月面厚液膜区域发生核态沸腾换热过程，两种高强度相变换热过程相互耦合影响强化，形成在微槽内三相接触线附近的薄液膜蒸发和厚液膜区域内核态沸腾的更高强度的微细尺度复合相变换热，其复合相变换热系数可以达到 $106\text{W}/(\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C})$ 的数量级，复合相变换热热流密度甚至接近 $109\text{W}/\text{m}^2$ 的数量级，是一种崭新的高强度被动式微尺度换热技术，能够被用来实现低热阻和小温差条件下的极高换热系数和热流密度的换热过程，在能源、电力、光电子、空间等领域里有着广阔的应用前景，非常适合大功率 LED 光源器件的热管理。

利用微槽群复合相变强化传热技术，300WLED 诱鱼灯的研发突破了微槽群热沉结构取热设计、低热阻远程热输运、高均温性以及散热器轻量化等核心技术，解决了高功率密度 LED 光源侧发光方式下高强度微槽群复合相变散热的关键技术问题。

以微槽群复合相变强化传热技术为核心研制的多 COB 集成光源 300W LED 诱鱼灯产品整灯重量仅 1.8 公斤，光效高达 2.63 万流明，具有重量轻、光效高、能耗低且对鱼群吸引力强的特点，并且船上悬挂安全性高，技术与节能指标处于国际领先水平，可用来替代渔船上原有的 1000W 传统金卤灯进行海上灯光围网捕鱼作业。

主要技术指标

在微槽内三相接触线区域促进扩展弯月面微尺度蒸发薄液膜的形成，创造高强度的纯蒸发换热条件，其蒸发换热系数达到 $105\text{W}/(\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C})$ 的数量级；同时在固有

弯月面厚液膜区域发生核态沸腾换热过程，两种高强度相变换热过程相互耦合影响强化，形成在微槽内三相接触线附近的薄液膜蒸发和厚液膜区域内核态沸腾的更高强度的微细尺度复合相变换热，其复合相变换热系数可以达到 $106\text{W}/(\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C})$ 的数量级，复合相变换热热流密度甚至接近 $109\text{W}/\text{m}^2$ 的数量级。

投资及运行效益分析

迄今为止，经过了一年多的远洋灯光围网捕鱼的成功测试和实际应用，多 COB 集成光源 300W LED 诱鱼灯产品已被渔民高度认可，销售数量超过 1000 盏，节能和捕鱼效果显著，即将进入大规模、批量化生产和市场销售阶段。据不完全统计，仅海南岛地区就有 200 多亿元的诱鱼灯市场规模，加上其它海域，国内诱鱼灯市场规模突破 1000 亿元。该成果的产业化应用将带来显著的社会效益和经济效益，对于大幅度降低捕鱼能耗、提高捕鱼产量和改变我国渔业传统生产方式具有重要意义。

工程案例介绍

自 2015 年 8 月份起至今，通过在我国西沙海域进行的 15 次为期两个月的远洋捕鱼作业测试，使用多 COB 集成光源 300W LED 诱鱼灯后，该渔船平均省油 50%、每天的平均捕鱼产量由传统 1000W 金卤灯的 1-2 万斤提升到了 3-4 万斤。其中，最高一天的捕鱼量达到了 8 万斤。

技术名称

微槽群复合相变 LED 散热技术

技术依托单位

中国科学院工程热物理研究所

适用范围

特殊照明和专业照明领域

技术内容

该成果为中国科学院重点部署项目“璀璨行动”课题“高功率密度 LED 技术及应用产品推广”的研发成果。

LED 光源约有 80%的能量被转化为热能。随着 LED 功率和集成度的升高，LED 发热强度迅猛增加，其散热问题变得日益严重，已成为制约 LED 产业发展的瓶颈问题。过高的 LED 结温不但使 LED 寿命急剧衰减，还会对 LED 峰值波长，光功率，光通量等诸多性能参数造成严重甚至致命影响。目前 LED 所用的自然对流散热、风扇强制散热以及各种热管散热方法的冷却能力十分有限，已难以从高发热强度的 LED 光源表面及时取热并对外散热，使其温度降低到理想范围内。这使得为了弥补散热能力的不足，LED 散热器产品的体积不断增大，重量不断增加，但实际散热效果却收效甚微。尤其是在厂矿车间、户外城市广场道路等场合使用的大功率 LED 灯具体积过大，重量过重。例如，200W LED 路灯的整灯重量就至少 20 公斤以上，这不仅使得 LED 灯具高空悬挂安全性和可靠性差，散热效果低下，光衰严重，灯具寿命大打折扣，而且由于无法使用 LED COB 集成光源，光照强度过低，根本起不了户外和高空悬挂使用的大功率 LED 灯具的远距离和高照度的照明效果，达不到高光效高可靠的照明要求。

中科院工程热物理所胡学功研究员领导的课题组在国际上首次发现并证实微槽群热沉存在微细尺度沸腾换热现象，提出了微槽群复合相变强化换热理论，原始性创新开发出了微槽群复合相变强化传热技术。该技术中微细尺度槽群结构热沉不是

依靠泵等装置提供动力而是依靠自身结构形成的毛细压力梯度驱动液体沿微槽轴向和切向流动，并在微槽内三相接触线区域促进扩展弯月面微尺度蒸发薄液膜的形成，创造高强度的纯蒸发换热条件，其蒸发换热系数达到 $105\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 的数量级；同时在固有弯月面厚液膜区域发生核态沸腾换热过程，两种高强度相变换热过程相互耦合影响强化，形成在微槽内三相接触线附近的薄液膜蒸发和厚液膜区域内核态沸腾的更高强度的微细尺度复合相变换热，其复合相变换热系数可以达到 $106\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 的数量级，复合相变换热热流密度甚至接近 $109\text{W}/\text{m}^2$ 的数量级，能够被用来实现低热阻和小温差条件下的极高换热系数和热流密度的换热过程，在 LED 照明领域里有着广阔的应用前景。

基于微槽群复合相变强化传热理论，针对大功率高功率密度 LED 灯具，微槽群复合相变 LED 散热技术的研发成果突破了微槽群热沉结构取热设计、低热阻远程热运输、高均温性以及散热器轻量化等核心技术，解决了制约 LED 行业发展的高功率密度 LED 光源散热这一关键技术问题。针对远洋捕鱼、钢铁冶炼、石油化工和汽车照明等特殊照明和专业照明领域里的 LED 灯具的应用，解决了大功率高功率密度 LED 光源侧发光方式下高强度微槽群复合相变散热的关键技术问题以及防爆、高温和封闭环境下使用的 LED 散热关键技术问题，使大功率高功率密度 LED 灯具在远洋捕捞、厂矿车间、石油化工、高温环境等专业和特殊照明领域的应用成为现实。已成功研发出高功率密度 LED 灯具用 20-1300W 微槽群复合相变 LED 散热器产品，可使 LED 光源基板温升小于 35°C ，比市场其他散热器产品低 10°C 以上，散热器表面均温性在 2°C 以内，光源可靠性提高一倍以上；散热器单位功率重量指标达到 $0.01\text{kg}/\text{W}$ ，与 100W 型材散热器相比，重量仅为其的 50%，LED 光源功率越大，轻量化的优势越为明显，节材效果显著。

以微槽群复合相变 LED 散热技术为核心研制出的 500W 高功率密度厂矿车间照明 LED 工矿灯，经测试，整灯功率 501.6W，整灯光效 $138 \text{ lm}/\text{W}$ ，LED 基板到环境最大温升 33.3°C ，显色指数 $R_a 85.7$ ，整灯重量 14.1kg，散热器重量 8.75kg，技

术指标达到国际先进水平。以微槽群复合相变 LED 散热技术为核心研制出的多 COB 集成光源 300W LED 诱鱼灯，整灯重量仅 1.8 公斤，光效高达 2.63 万流明，可替代 1000W 金卤灯进行远洋灯光围网捕鱼作业，使渔船平均节省柴油 50%，捕鱼产量平均提高 50%，技术与节能指标处于国际领先水平。经济日报、中国科学报、人民日报对 300WLED 诱鱼灯成果进行了报道，并且 2016 年 6 月中央电视台科教频道对 300WLED 诱鱼灯成果拍摄了创新中国《神奇的 LED》专题片，引起了社会各界广泛关注。目前，已经过一年多远洋灯光围网捕鱼的成功测试和超过 1000 盏的实际应用，该成果已开始产业化，这对于大幅度降低捕鱼能耗、提高捕鱼产量和改变我国渔业传统生产方式具有重要意义。

目前，散热技术成果已经通过中国科学院重点部署项目“璀璨行动”计划的课题验收。

主要技术指标

已成功研发出高功率密度 LED 灯具用 20-1300W 微槽群复合相变 LED 散热器产品，可使 LED 光源基板温升小于 35℃，比市场其他散热器产品低 10℃以上，散热器表面均温性在 2℃以内，光源可靠性提高一倍以上；散热器单位功率重量指标达到 0.01kg/W，与 100W 型材散热器相比，重量仅为其的 50%，LED 光源功率越大，轻量化的优势越为明显，节材效果显著。

以微槽群复合相变 LED 散热技术为核心研制出的 500W 高功率密度厂矿车间照明 LED 工矿灯，经测试，整灯功率 501.6W，整灯光效 138 lm/W，LED 基板到环境最大温升 33.3℃，显色指数 Ra 85.7，整灯重量 14.1kg，散热器重量 8.75kg，技术指标达到国际先进水平。以微槽群复合相变 LED 散热技术为核心研制出的多 COB 集成光源 300W LED 诱鱼灯，整灯重量仅 1.8 公斤，光效高达 2.63 万流明，可替代 1000W 金卤灯进行远洋灯光围网捕鱼作业，使渔船平均节省柴油 50%，捕鱼产量平均提高 50%，技术与节能指标处于国际领先水平。

投资及运行效益分析

目前，散热技术成果已经通过中国科学院重点部署项目“璀璨行动”计划的课题验收。研制的多款采用微槽群复合相变散热的高功率密度集成光源 LED 整灯产品已经在高铁站台、体育场馆、汽车 4S 店、厂矿车间、民航机库、城市道路等场合进行了整灯照明工程示范应用，照明效果研制的多款采用微槽群复合相变散热的高功率密度集成光源 LED 整灯产品已经在高铁站台、体育场馆、汽车 4S 店、厂矿车间、民航机库、城市道路等场合进行了整灯照明工程示范应用，照明效果和节能效果显著，技术优势巨大。微槽群复合相变 LED 散热技术的研发成果已经开始进入转移转化和产业化应用和销售阶段，市场前景广阔。和节能效果显著，技术优势巨大。微槽群复合相变 LED 散热技术的研发成果已经开始进入转移转化和产业化应用和销售阶段，市场前景广阔。

技术名称

生物质电站安全、高效与清洁发电关键技术

技术依托单位

华北电力大学

适用范围

生物质直燃发电行业

技术内容

生物质直燃发电行业近年来在我国发展迅速，技术以引进、吸收国外为主。由于生物质在水分、碱金属和氯含量等方面存在巨大差异，引进技术的适应性受到挑战。项目结合我国国情，从燃料分析与预处理、受热面防磨防腐、灰渣能量回收、集成和优化运行等角度提出生物质电站设计、制造及运行关键技术与应用。具体包括：

- 1、建立了秸秆超分子表征方法，从微观角度揭示秸秆的热解反应途径；建立了基于工业分析的生物质燃料热值快速预报模型，提高了热值预报速度和准确度；
- 2、开发了耐高温氯腐蚀复合锅炉管、耐磨耐蚀熔覆层技术和现场快速熔敷技术，解决了过热器和水冷壁管的腐蚀爆管问题；开发了高耐磨损陶瓷-金属复合材料，解决了引风机叶轮、螺旋叶片等重要部件的磨损问题；发明了新型多孔膜结构生物质锅炉抗结焦剂，可显著提高灰熔点，抑制生物质电站运行过程中粘污、结焦和腐蚀现象的发生；
- 3、提出了生物质炉排优化设计方法，解决了生物质锅炉对燃料的适应性；提出了飞灰成型再燃工艺，解决了生物质锅炉飞灰含碳量高和灰渣可利用性差的问题；开发了钢带式干排渣系统，回收生物质锅炉底渣的物理热和化学热，节省了冷却水消耗量；
- 4、开发了主动诱导式和槽式分离器炉内预除尘方法，解决了受热面磨损严重和布袋烧蚀等问题；研发了高速扇形组合式喷枪，解决了 SNCR 脱硝过程中还原剂

与烟气的快速响应混合问题，提高了脱硝效率。

项目成果通过了教育部成果鉴定，鉴定意见认为：“该项目创新性强，应用前景广阔，总体技术处于国际先进水平，其中新型多孔膜结构生物质锅炉抗结焦剂和现场快速熔敷技术达到了国际领先水平。一致同意通过鉴定。”。

该成果的推广，可形成节约标煤 90 万吨/年的能力，具有显著的经济效益和社会效益。

投资及运行效益分析

生物质直燃发电技术迅猛发展，2020 年我国生物质发电装机容量规划达到 3000 万千瓦，生物质直燃发电已成为我国新能源发电的主流方向之一。新能源电力行业，尤其是生物质能发电的可持续发展，客观上需要先进的理论和技术作为支撑，本项目的研究成果无疑将获得更大的应用空间，具有广阔的应用前景，并可望在更大的范围、更深的层次上推动我国生物质直燃发电技术的发展，促进我国生物质能发电的高效利用、节能减排，推进我国电力行业的科技进步。

工程案例介绍

该项目成果已成功应用于东北、华北、华南、华中等地区的 40 余座生物质电厂，经济和社会效益显著。

技术名称

华北地区森林植被水资源调控技术

技术依托单位

北京林业大学

适用范围

水资源保护

技术内容

水资源是当今世界的紧缺资源，我国水资源短缺，人均仅为世界平均水平的 $1/4$ ，是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。华北地区土少石多，水资源短缺，人均水资源量不足 300m^3 ，为全国的 $1/8$ ，世界的 $1/30$ ，是世界和我国水资源最为匮乏地区之一。水量不足、水质恶化、土壤侵蚀严重等问题阻碍了区域经济发展和人民生活水平的提高。森林植被在有效解决上述问题上发挥了重要作用，但目前华北地区纯林较多，树种单一，矮化问题严重，传统的样地调查空间尺度小，时间尺度短，没有真正反映出区域的实际情况；另外植被生长本身需要水分，给原本短缺的华北水资源雪上加霜，而区域保持水土、涵养水源又需要植被建设，如何促进森林植被在发挥水源涵养、水土流失防治功能的同时又较低地消耗水分，是摆在科学工作者的难题及重要。森林植被营建及经营过程中的结构格局调控与其水土保持、水源涵养功能的发挥是迫切需要解决的重要问题。

针对上述问题，在国家“十二五”科技支撑项目、国家林业行业公益项目等项目的资助下完成了此项目。研究针对如何量化不同类型森林植被结构与产水功能关系。如何量化确定森林植被空间配置对区域产水、净水功能的影响等问题展开，在定量评价华北地区典型森林植被对降水输入过程的影响及其机制，分析了区域影响森林生态系统水文过程的主要结构因素，确定了其耗水量和流域生态用水量的基础上，在坡面、小流域及流域尺度上，解析了森林植被对水资源多尺度形成过程的影响机制，定量评价了森林植被对地表径流、壤中流、基流等径流组分的影响，揭示

了森林植被对水资源影响的区域特征和变化规律；依据不同区域森林植被建设的特殊要求，研究了森林植被定向恢复技术、低功能森林植被结构定向调控技术、小流域净水调水功能导向型森林植被配置技术，构建了区域调控水资源的森林植被调控技术体系。研究提出了区域森林植被与水资源协调管理的技术导则，并形成了区域森林植被水资源调控构建技术示范样板。研究为我国森林植被调控水资源提供技术支持，对指导我国林业生态工程建设具有重要的应用价值，并为有效水资源管理做出贡献。

申请专利 11 项，授权 5 项；申请国家标准 1 项、林业行业标准 4 项。

主要技术指标

研究形成了我国海河上游典型水源区水源涵养林构建技术示范样板，实现了试验示范区有效水量增加 5-10%，水体总 N、P 含量降低 10-15%的预期性指标，实施技术可为提高我国水源涵养林建设整体水平提供支撑。

投资及运行效益分析

本研究技术成果已经广泛应用于北京各郊区县以及河北、内蒙古的相似郊区县，研究技术成果促进推广示范区造林率、成活率提高 5%-10%，促进研究区域水土保持功能提高。