

河北省先进适用技术指导目录

(京津技术成果 II)

(2018 年第 2 期)

河北省科技成果转化服务中心

2018 年 11 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107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II）》（以下简称《目录》）。

本期《目录》包括先进制造、电气工程和电子信息三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监测或检验，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。

由于编辑出版时间较紧，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。

二〇一八年十一月

目 录

一、先进制造	6
薄膜摩擦磨损试验机	6
智能冷冻食品融化测定仪	8
新型电动运载车	9
基于多视角信息融合的在线视觉棒材计数分钢系统	11
基于机器视觉的成捆棒材复核计数系统	14
筒子纱自动编织袋包装机	16
纱线计算机测配色系统	18
碳纳米管柔性透明加热薄膜	20
融合环境智能感知技术的智慧照明系统	21
基于 ZFF 的一键式舞台控制系统	24
磁致伸缩与霍尔效应综合实验仪	25
氧化淀粉及淀粉糊清洁高效制备技术	26
基于微加工技术的微纳集成制造原理及方法研究	27
特大型平头塔式起重机研制及运行安全保障关键技术	29
数控系统可靠性试验测试方法与装置	31
柔性阻车网	33
钢中温相变控制高强韧化技术及其应用	35
智能化汽车柔性装配生产系统	37
基于机器视觉三维感知的智能系统技术	38
新型焊接镀锌钢管装备的研发与应用	39
基于粒子群-多物理场优化高效电机轻量化与热控制关键技术及应用	41
高表面质量 304 不锈钢 BA 板材生产关键技术	43
机载光电探测系统性能分析与综合测试验证技术	46
油气管道系统完整性关键技术与工业化应用	48
超重力分离装备新技术及工业应用	51
高温气体过滤装备关键技术及应用	53
人工影响天气探测作业一体化无人机系统	55
面向高性能碳纤维复合材料成型制造的缠绕机设计与控制关键技术及应用	58
高性能伺服电机控制技术及其应用	61
高密度三维系统级封装的关键技术	63
随钻声波测井关键技术及实验样机研发	65
基于多物理场永磁电机系统强迫换热关键技术及应用	67
高温环境下热防护材料可视化在线测试技术与装置	69
大型铸件/铸锭成形过程宏微观模拟仿真与检测	72
海洋动力环境（波、流、风）生成装备的研发	75
海洋深水钻探关键技术创新及产业化	76
人工影响天气地基、机载监测装备	79
SK 单组分聚脲研制及其在水利水电工程中的应用	82
高性能 H 桥级联型高压大容量变频调速系统	84
二、电气工程	86
全固态锂电池石榴石型固体电解质的研制	86

智能变电站的理论、方法及工程应用.....	89
大容量储能微网技术.....	90
三电平中压大功率变频器系列产品.....	92
新一代电压源高压直流换流器关键技术及应用.....	94
气动式超大型爆炸冲击响应谱模拟试验系统的研制与应用.....	97
1000kV 特高压交流输电线路电磁环境关键参数研究.....	100
电力系统动态同步相量量测技术及其应用.....	102
特高压 GIS 变电站特快速瞬态过电压特性与抑制技术及其应用.....	105
面向智慧城市的智能电网综合能量管理系统及应用.....	107
三、电子信息.....	109
PDT/TD-LTE 多模集群通信终端.....	109
高效管控的新型 WLAN 关键技术及应用.....	111
单载波超宽带无线总线技术及应用.....	113
面向远海工程的通信导航关键技术及应用.....	116
高性能处理器测试验证与片上容错技术及应用.....	118
高性能同轴电缆宽带接入 (HINOC) 技术研发及行业应用.....	120
国家互联网网络性能感知及网络优化总体研究.....	123
机载大负载与磁悬浮惯性稳定平台关键技术及应用.....	125
汉字数字化技术产业应用项目——汉字数字化文化体验馆第一期工程.....	128
奥视景三维虚拟展示系统.....	130
基于物联网技术的警用装备智能管理系统及应用示范.....	132
大规模电网安全自动装置建模仿真及智能化控制.....	134
高功率瞬态电磁场测试技术研究.....	136
互联网多模态内容分析与识别关键技术及应用.....	137
电力光纤传感量测与高效融合通信技术.....	139
电网运行状态变化趋势在线分析技术及应用.....	141
动车组运行故障图像监控系统.....	143
泛在无线定位关键技术研究与应用.....	145
非色散原子荧光激发光源检定用标准仪器的研制.....	148
高渗透率新能源接入电网的全过程仿真技术及应用.....	150
光纤复合架空地线抗冰技术方法及系统开发和应用.....	153
基于 Galaxy 的生物信息分析平台.....	155
基于“互联网+”的慢性心血管疾病医疗服务平台.....	156
虚实结合的共享智造平台.....	157
交直流混联电网大容量新型 FACTS 群的系统关键技术及工程应用.....	159
遥测仪检定装置研制.....	161
太赫兹辐射精密计量与应用研究.....	163
应用于高能加速器中的超高真空高功率 SiC 型微波干负载.....	165
载波聚合高效通信基站功放研究及应用.....	167
可视化超声泄漏检测系统研制与应用.....	169
面向多核、众核处理器的并行程序编程技术、框架和语言支持.....	171
数字集成电路故障片上检测技术研究与应用.....	173
连续离散混合系统建模语言及并行仿真关键技术研究与应用.....	175
数据库联机分析加速技术与多数据类型支持的创新与成果转化.....	177
面向智能电网在线分析的云计算平台技术及其应用.....	179

现场协同响应媒体服务技术及应用.....	182
面向服务的软件定义网络控制平面技术与系统.....	184
基于形式化方法的互联网协议测试关键技术及其应用.....	186
立体视觉感知、建模关键技术及应用.....	189
预失真线性化技术及其在移动通信中的应用.....	191
视觉密码技术及其在票据防伪和视频水印中的应用.....	193
监控视频高效编码与智能分析技术及其在城市智能交通中的应用.....	196
面向能源互联网的新型电力线通信关键技术及应用.....	198
监控视频安全应用关键技术研究.....	200
面向多媒体数据安全的嵌入式数字信号处理器核.....	202
基于物联网技术的警用装备智能管理系统及应用示范.....	204
暴雨致洪气象预报预警系统.....	206
毫米波 InSAR/InISAR 雷达成像技术.....	207
多航天器全流程自动化测试系统.....	209
高分辨率遥感卫星通用数据处理与判读平台开发与应用.....	212
高速运载器气动性能多物理量测试平台.....	214
基于国产卫星的地质灾害调查监测系统研制与示范应用.....	216
宽幅高光谱小卫星载荷关键技术研究.....	218
基于孔径编码技术的 γ 射线成像系统.....	221
LTE 终端 MIMO 天线宽频高隔离技术研究及性能验证平台研发与产业化.....	223
SVAC 技术及高清视频产品评测系统的研究.....	226
基于 GIS 技术的城市地下排水管线设施能力评价技术研究——以昆明为例.....	227
网络化“应急一张图”信息平台研制与产业化.....	230

一、先进制造

技术名称

薄膜摩擦磨损试验机

技术依托单位

天津商业大学

适用范围

从事表面耐磨材料研究的高校、研究所及生产企业。

技术内容

该设备采用带式磨削方法，通过测量膜厚变化原位测量磨损量，测量精度高，特别适用于精准比较两种不同耐磨薄膜材料摩擦性能的微小差异性。

被测样品装夹在两个相同的可调精密测量基准平台上同时升、降，并且每个基准平台分别有精密调整装置实现单独升降，保证使被磨削表面处于同一平面内。装卡被测样品的可调精密测量基准平台上安装有热电偶，可以随时采集被测样品因磨削发热的温度变化；在被测样品的下面、侧面均有高精度测力传感器，随时感知被测样品向下压力及侧面的摩擦力。这些温度和力的数据在磨削过程中被实时记录，由电气系统进行数据采集，以曲线的方式显示在控制系统界面上，也可即时采集某一时刻的数据值，随机抓取瞬间信息。

主要技术指标

(1) 采用双姿态可调带状磨削系统。磨削机构可以在电机驱动下抬起方便被测试件的安装与检测，然后旋转 90 度到达磨削工位。

(2) 采用高精度位移传感器监测被测试件高度变化实现原位测量磨损量，测量分辨率可达到纳米级。

(3) 每个试片卡具上有二套压力传感器和一套热电偶式温度传感器，实时检测磨削过程中的纵向磨削压力、横向摩擦力、以及磨削过程中的温度变化。

(4) 自行开发软件系统，实时采集磨削过程中的压力、摩擦力以及温度变化，

通过信号变送器放大后以曲线的方式显示输出，并随机抓取任意时刻压力、摩擦力、温度信息。

投资及运行效益分析

一台薄膜摩擦磨损试验机整机成本价格在 10~25 万之间，包括机械零部件加工与装配，电机等控制系统，传感器及软件系统。根据客户对测试精度及功能要求不同，像外购产品如位移传感器、温度传感器及力传感器等精度可以在一定范围内选择，价格差异比较大，另外零件精度也可以适当进行调整。

目前对于该设备的需求用户比较多。对于从事表面耐磨材料研究的高校、研究机构及生产企业，薄膜摩擦磨损试验机是必须的测试设备。

工程案例介绍

机械设备中有相对运动的零部件之间都存在摩擦，因此，对耐磨材料的摩擦学性能研究至关重要。摩擦磨损试验机是进行摩擦学试验研究必不可少的设备。

目前广泛使用的试验机有滚子式磨损试验机、四球式摩擦磨损试验机、往复式摩擦磨损试验机、切入式摩擦磨损试验机、盘销式摩擦磨损试验机等。这些摩擦试验机不适用于研究薄膜耐磨材料的摩擦性能测试，尤其是无法做到精准测试耐磨薄膜材料磨损量、比较两种不同薄膜材料摩擦性能差异性。所以，研制出同样条件下比较不同材料、尤其是薄膜材料的摩擦性能的试验机很有必要。

技术名称

智能冷冻食品融化测定仪

技术依托单位

天津商业大学

适用范围

冰淇淋、雪糕、冰棍等冷冻食品类抗融化效果测定

技术内容

冰淇淋、雪糕、冰棍等冷冻食品都是易融化的食品，不同配方、不同制作工艺、不同冷冻条件下其融化速率往往有较大差异，目前市场上未见有该类产品，这给冷冻饮品研究带来诸多不便。该产品可实现冰淇淋、雪糕类冷冻产品在不同环境下的融化特性指标测量，为相关制品研究、开发提供量化指标。融化率指标能够实现自动化测量，可实时得到相关数据、影像等资料。具有较好的市场前景，目前市场没有同类产品在售，且市场空间较大。

主要技术指标

测量温度范围：-15 度到 30 度

投资及运行效益分析

产业化条件或接产条件：机加工基础设施、动力、设备、人员及一定经费投入。该产品加工需要有相应钣金加工设施，并配备相应机加工技术人员。经费投入需达到一般钣金机加工能力。前期主要进行产品升级与相应零部件模具开发。

技术名称

新型电动运载车

技术依托单位

天津商业大学

适用范围

适用于工厂厂区、大型仓库、生产车间内大型、异型重物的安全运输

技术内容

应用户需求，针对目前生产企业安全运输大型零部件和大型重物的需要，研究开发了一种以锂电池为动力能源、通过手动控制手控按钮盒控制车辆运行的重载电动运载车（额定载重量 10 吨）。该车具有前进、后退、左右转向及制动等功能，其行驶可选用快速和慢速两种速度。该车作为重载车辆从功能设计及运动参数的设定都特别强化车辆运行的安全性及使用的方便性，车体前后上下方位置都装有安全保护装置，行驶过程中车体前后位置接触到任何障碍物，运载车立即自动制动停车。该车采用机、电、液一体化技术，以直流电动机作为驱动动力，采用全液压力转向和液压电磁联合制动，自动化程度高，具有行驶安全性能好、无污染、节能环保、低噪音、行驶机动性好、操作灵活方便等优点。

该运载车的使用可解决目前国内承载能力 3.5 吨以上的叉车以及承载能力 5 吨以上的牵引车均采用内燃机为动力能源所产生的环境污染严重和噪音大等问题。

通过对该电动运载车的性能测试及多年来的生产现场使用，证明该电动运载车性能优良，特别适用于工厂厂区、大型仓库、生产车间内大型、异型重物的安全运输。

主要技术指标

额定载重量 (kN): 100

台面尺寸 (长×宽×高) (mm): 2100×1800×760

行驶条件: 平坦水泥路面

满载行驶速度 (m/min): 快行 40, 慢行 20

最小转弯半径 (mm): 2200

最小离地间隙 (mm): 60

满载爬坡度 (%): 5

制动距离 (mm): ≤ 300

满载连续运行里程 (km): 20

投资及运行效益分析

通过对该电动运载车的性能测试及多年来的生产现场使用, 证明该电动运载车性能优良, 可靠性好。该车一台的生产制造成本约 15 万元, 一台车可满足一个或几个大型车间大型零部件的安全运输问题。该电动运载车已为天津丰田汽车零部件生产企业所使用, 该车的技术已成熟, 如果生产设备、生产人员、经费投入等具备一定的条件, 可以进入小批量生产。

工程案例介绍

首台该电动运载车为 2006 年为天津丰田通商天津有限公司所研发设计, 其后又为天津太平洋汽车部件有限公司设计制造两台, 目前该电动运载车在其生产现场仍然在使用, 用于在生产车间内运输大型汽车零件模具。

技术名称

基于多视角信息融合的在线视觉棒材计数分钢系统

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

轧钢领域

技术内容

基于多视角信息融合的在线视觉棒材计数分钢系统是采用机器视觉技术在棒材前端和顶端两个视角同时捕获棒材图像，分别识别棒材目标，然后融合两视角棒材识别结果，对单视角目标识别结果进行补偿，而达到对棒材进行识别、跟踪、计数并实现自动伺服分钢的新型检测控制装置。

系统分为自动计数装置和分钢机。自动计数装置通过工业相机采集棒材图像，实时跟踪棒材，并进行定支计数，产生分钢信号。分钢机位于传送链的外侧和间隔分布于两条传动链中间，并置于滑动导轨上，由伺服电机和传动机构驱动，包括机体、回转机构、伸缩机构，伸缩机构装有分钢刀，用以根据分钢信号对棒材定支分离。

主要技术指标

(1) 利用实时视频图像识别技术，对无规则行进的螺纹钢进行检测与统计的系统模型和算法设计，基于减影、膨胀、腐蚀、聚类、匹配、跟踪等技术，实现了对特定检测区域内运动对象的识别、检测和计数。

(2) 精确度高， $\Phi 14$ 以上的棒材计数误差小于 $\pm 0.1\%$ 、 $\Phi 14$ 以下的棒材计数误差小于 $\pm 0.2\%$ ，并且能够完成对交叉、堆积的棒材的计数。

(3) 对棒材自动定支分钢，实现自动化生产，能够避免人工分钢时由于不确定性因素导致的定支分钢不精确。

(4) 自动分钢方法从伺服控制方面解决了分钢的技术问题，具有速度快、适应性强、设备简单可靠等优点，可提高生产效率，减少工人劳动强度，具有巨大的实际应用价值。

(5) 设备构成与性能基本参数：

*工作电压：AC220V；

*距离：1.5-2 米；

*计数规格：Φ8-Φ180；

*计数误差：Φ14 以上的棒材计数误差小于±0.1%，Φ14 以下的棒材计数误差小于±0.2%；

*计数设定范围：20-1000 根/捆；

*使用环境温度：-30-60℃。

投资及运行效益分析

基于机器视觉的棒材复核计数系统和棒材在线计数分钢系统的开发是由市场的需求引导而产生的，其开发的成功能在很大程度上满足目前以棒材生产为主的轧钢企业自动化生产线的要求，解决其检测成本高、精度低的问题，并填补了国内市场的空白。

工程案例介绍

在线棒材计数系统

当前时间 2013-3-13 12:24:03

选择棒材型号

规格: 1.2mm

每捆支数: 200

报警支数: 15

班次: 中班

132

设置初值: 10

阈值 1: 118

阈值 2: 255

进度指示: 37%

开始计数 清零 停止计数 退出

捆号	班次	支数	时间	规格
926	中班	200	2013-3-13 12:23:43	1.2mm
927	中班	200	2013-3-13 12:23:44	1.2mm
928	中班	201	2013-3-13 12:23:46	1.2mm
929	中班	204	2013-3-13 12:23:48	1.2mm
930	中班	201	2013-3-13 12:23:50	1.2mm
931	中班	200	2013-3-13 12:23:51	1.2mm
932	中班	201	2013-3-13 12:23:53	1.2mm
933	中班	204	2013-3-13 12:23:55	1.2mm
934	中班	201	2013-3-13 12:23:57	1.2mm
935	中班	201	2013-3-13 12:23:58	1.2mm
936	中班	202	2013-3-13 12:24:00	1.2mm
937	中班	201	2013-3-13 12:24:03	1.2mm



技术名称

基于机器视觉的成捆棒材复核计数系统

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

轧钢领域

技术内容

针对现有的钢筋复核检测存在效率低下、人工成本高昂等问题，很多轧钢厂和钢筋加工配送中心急需一种自动化程度高的成捆棒材复核计数系统。由于这种市场的需求，本产品致力于用机器视觉的方法实现成捆棒材的检测与识别。其异于目前复核钢筋的检测手段，有着非接触性、速度快、精度高、适应性佳、误差修改性、成本低、人机交互界面友好等系列优点。目前本产品拥有完全的自主知识产权，具有广泛的市场前景且可快速商品化，本产品有着广泛的经济效益与社会效益。棒材的快速准确计数不仅能提高钢铁企业的生产能力，也减少了成品成捆棒材的支数误差率，非常有利于企业的可持续发展。该产品的应用能极大提高企业的生产率，具有广泛的市场前景。

主要技术指标

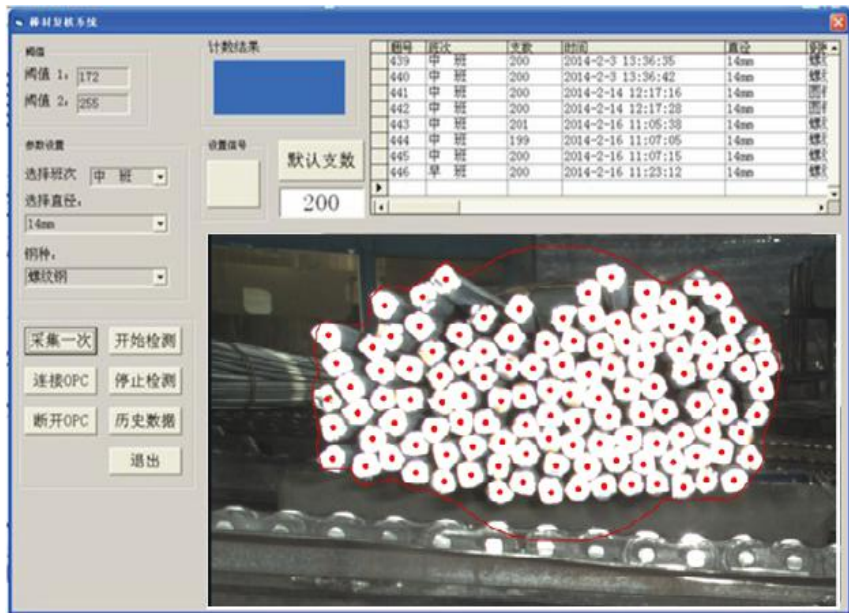
成捆棒材复核计数系统是采用机器视觉技术检测棒材端面，通过图像处理获得棒材中心信息并进行识别计数，实现准确复检计数的新型检测装置。棒材复核计数系统是由工控机、光源、工业相机、镜头和拥有自主知识产权的成捆棒材复核计数软件组成。

投资及运行效益分析

基于机器视觉的棒材复核计数系统和棒材在线计数分钢系统的开发是由市场的需求引导而产生的，其开发的成功能在很大程度上满足目前以棒材生产为主的轧钢企业自动化生产线的要求，解决其检测成本高、精度低的问题，并填补了国内市场

的空白。

工程案例介绍



技术名称

筒子纱自动编织袋包装机

技术依托单位

天津工业大学、天津同祺科技有限公司

适用范围

纺纱厂筒子纱的自动编织袋包装

技术内容

本筒子纱自动包装机能够实现全自动的筒子纱自动编织袋包装，纺纱企业应用该设备可以减少其包装用工量的 5/6。

本筒子纱自动包装机的特色为：

由编织袋筒料自动制备编织袋并自动套编织袋，成本低、用工少；

配重系统效率高，精密配重工作模式下每小时包装数量>600 个；

编织袋二次填充技术，填充紧实，超过人工包装的紧实度；

采用了旋转交叉码垛，托盘上筒子纱的稳定性及空间高度利用率高；

完善的系统自检，执行元件（电机、气缸）及传感器故障自诊断，耗材用完、传感器故障、执行元件故障自动报警；

功耗<4Kw，占地面积小，整套机器占地 8*8.4 米。

已获国家授权发明专利 4 项，申请发明专利项 11，授权实用新型专利 11 项，申请实用新型专利 2 项。

获国家授权发明专利 4 项，获国家授权实用新型专利 11 项；目前申请的发明专利 11 项，申请实用新型专利 2 项。

主要技术指标

只需要人工将筒子纱喂入包装机，喂入筒子纱可以单个喂入，也可以托盘喂入，全自动完成筒子纱的编织袋自动包装，包括自动称重、套小塑料袋、配重、装袋、制编织袋、封口、困扎、码垛。

功耗<4Kw，每小时包装数量>600 个，占地面积 8*8.4 米。

完善的系统自检，执行元件（电机、气缸）及传感器故障自诊断，耗材用完、传感器故障、执行元件故障自动报警。

投资及运行效益分析

为了加快该筒子纱自动包装机的产品推广速度，需要投资 200 万元，预计投资回收期 2~3 年。

工程案例介绍

该筒子纱自动包装机第一台样机已经在德州一家纺纱厂运行 1 年半，在运行过程中进行了大量改进，完成了设备定型。

第二台包装机（供给山东的另一家纺织企业）正在装配过程中。

技术名称

纱线计算机测配色系统

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

主要可用于纱线测配色以及和测配色有关的行业

技术内容

有色纤维按照工艺纺成纱线，形成“色纺纱”。色纺纱是在纤维阶段混色，因此相比于传统纺纱，省略了染整工艺，更环保（相对于传统工艺用水减排 50%以上）、染色成本更低。另外还可以最大程度地控制色差，并且具有色泽丰富、立体感较强的特点，被越来越多地运用于中高档服饰产品中。目前色纺纱的生产主要存在着配色难的问题。该系统基于色彩基础理论，利用不同颜色在可见光范围内的反射率差异，能够实现纱线计算机测配色。该系统主要包括硬件和软件两部分。硬件主要为积分球式测色仪和高性能计算机，软件主要为支持数据库和配色软件。配色软件为主要核心模块，可根据已有的单色纤维数据库自动计算出标准样的最佳单色纤维配方，并可根据实际配色进行颜色修正。

主要技术指标

- 1 可重复性：0.01RMS Δ ECIELab;
2. 光源：脉冲氙灯 D65;
3. 波长范围：360 纳米 - 780 纳米;
4. 波长准确度：0.01 纳米;
5. 波长间隔：10 纳米（默认）；5 纳米；20 纳米;
6. 测量周期时间：小于 3 秒;
7. 计算结果时间：依据计算机性能。3 秒-1.5 分钟

投资及运行效益分析

该系统硬件主要为积分球式测色仪和高性能计算机，软件主要包括数据库和配色软件。

利用色纺纱技术，每吨纤维加工成纺织品将实现废水和 CO₂ 减排 32 吨和 1.2 吨，降低电耗、蒸汽消耗 230kWh 和 3.5m³。

技术名称

碳纳米管柔性透明加热薄膜

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

平面，曲面，餐桌，玻璃窗等任意形状、保持透光性良好的需要加热的场所

技术内容

采用导电聚合物与碳纳米管进行掺杂制备出均匀的分散液，再通过喷涂法制备碳纳米管透明导电薄膜。然后经过一系列后处理工艺，对薄膜面电阻性能进行改善，并且通过不同的后处理工艺，保持了高的通光性能，进一步提高了薄膜的导电性能，对薄膜热学性能进行探究，从薄膜的加热速率、响应时间和温度波动等方面进行分析探讨，并用非线性拟合的方法对水的冷却曲线进行拟合，进一步得到了温度和时间关系。制备出得碳纳米管薄膜作为薄膜加热器具有优良的导热性，加热速度快，具有优异的光学透明性以及均匀的温度分布。

主要技术指标

最高加热速率为 $6.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$

投资及运行效益分析

投资约 500 万元，其中设备费等约 300 万元，其他为材料、人工费等，预计效益在 150 万元左右。

技术名称

融合环境智能感知技术的智慧照明系统

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

道路，园区，煤矿、石油化工、钢厂、电厂、城市煤气等领域。

技术内容

项目将气体检测技术与智慧照明系统相结合，应用物联网、互联网技术，无线通信及移动通信等技术，对气体检测技术进行无线传感网系统构建，对半导体照明产品进行智慧照明监控系统构建，最终将两大系统以多层物联通信网络相融合，从而构成多功能远程智慧监控平台，实现照明的智能化控制和环境的智能感知，并且可以通过远程监控和调节。

另外，气体检测传感系统产品能够与半导体照明系统产品共用市政或建筑公共载体，便于大区域面积下融合系统的网络化节点布局。系统能够实时采集环境数据、被测气体浓度、光照强度、车流人流量等因素，实现照明系统、环境以及工业化学气体的远程智能感知，进而对关键监测数据给与节点显示、推送、分析，对智慧照明系统进行群组或节点调光调色温远程策略调控。项目系统控制采用分层网络控制，底层为网络节点，中层为集中网关，上层为系统平台。底层网络与中层网络间采用无线通信技术，中层与上层网络间采用移动通信技术。

此系统还可以精确监测被测节点环境中碳、氮、硫的气态化

合物，苯及苯类化合物等化学气体，可广泛应用于煤矿、石油化工、钢厂、电厂、城市煤气等领域。

主要技术指标

1、在多功能城市综合服务智慧灯杆系统中，完成功能设备远程控制系统的硬件开发，兼容工业无线通信 IEEE 802.15.4 协议的至少 3 种频段。主体无线通信距离

不小于 1000m。中继距离不小于 200 米。

2、单体集中控制器为至少 4 个多功能智慧灯杆节点网络回路提供输入输出接口。单集中控制器可有效且精确控制单灯控制节点不小于 500 个。

3、监控软件平台可管理单用户最小区域网络单灯节点总数不小于 5000 个，单用户最小区域网络数 4-5 个。

4、监控软件平台提供多功能智慧灯杆地图定位及显示监控功能模块，PM2.5、温湿度、车流人流量、信息发布、视频信息等采集，分析功能模块，照明监控 0-10v/PWM 调光控制及信息分析管理模块，以及第三方监控平台搭载切换访问功能模块。

投资及运行效益分析

项目达产后每年实现智慧灯杆系统相关的灯具及智慧控制系统品销售收入 1500 万元，利税 340 万元。

工程案例介绍



Smart Lighting
城市照明智能管控系统

欢迎您! gdhyl23 | 注册 | 关于我们 | 手机APP

菜单

- 综合首页
- 路灯控制
- 地图监控
- 故障告警
- 策略管理
- 报表管理
- 基础信息

灯具实时监控 | 回路监控

数据操作: 开灯 | 关灯 | 待读 | 故障

灯杆编码: 灯控器地址: 搜索

重置 控制类别: 控制单灯 | 读数据 | 开灯 | 关灯 | 调光 发送

灯具实时数据

集中管理器	灯杆	控制器地址	路灯状态	联网状态	亮度	电压(V)	电流(A)	功率(W)	频率(Hz)	功率因素
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	001	00035351		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	002	00034645		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	003	00034651		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	004	00034666		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	005	00004281		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	006	00035556		-	-	-	-	-	-
<input type="checkbox"/>	FEFE014B	007	00035157		-	-	-	-	-	-

城市照明智能管控系统

技术名称

基于 ZFF 的一键式舞台控制系统

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

舞台控制领域

技术内容

首次提出适用于舞台智能控制的 ZFF 协议，通过 ZigBee 协议、FieldBus（现场总线网络）和 Fibernet（数字光纤传输网），完成舞台设备的快速精准控制。利用理论推导和仿真软件进行了架构可行性推导，搭建了有多个 Mesh 网络组成的可以实现 500 个点的 ZigBee 网络。研究和设计了实时反馈函数，满足了 ZigBee 通信准确性和实时性的要求，提高了 ZFF 网络通信的服务质量（QoS）。仿真和现场验证均表明 ZFF 架构网络可以满足舞台设备的快速协调，并满足可靠性和实时性的要求。

主要技术指标

在舞台灯光调光调色、音视频传输、机械等设备的控制环境下多种通信协议并存、兼容性好、操作简便，系统支持多子网并存，子网以 ZigBee 协议网状结构互联，支持 RS485、DMX512 协议，并支持光纤传输，每个子网可支持 60 个终端结点，通信最远距离可达到 3000 米。

工程案例介绍

已稳定应用于西安华清池“长恨歌”剧场和西安华清池“12·12 西安事变”剧场。另外，承德康熙大典大型演艺已经试用该系统，效果良好。北京中科大洋认可并试用了本课题开发的舞台控制系统，进一步推广洽谈。

技术名称

磁致伸缩与霍尔效应综合实验仪

技术依托单位

天津商业大学

技术内容

磁致伸缩与霍尔效应综合实验仪测量精度高、结构紧凑、制造成本低、操作简单、演示清晰，可用于材料磁性能的测试，同时适用于本科生课堂教学演示，还可作为物理实验教学仪器供学生自行操作。

主要技术指标

本实用新型在利用霍尔效应测量磁场实验仪的基础上，采用电阻应变计法，设计直流磁场、磁致伸缩测量和数据采集与显示等模块。

投资及运行效益分析

目前市场上磁致伸缩测试仪器主要用于科研，一般体积较大、操作复杂，不便应用于本科教学。该仪器既可作为磁致伸缩系数测量仪器，又可以作为物理实验或物理教学演示仪器，具有结构精巧、使用方便、功能齐全，具有良好的使用效果和应用前景。

技术名称

氧化淀粉及淀粉糊清洁高效制备技术

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

目前可提供：氧化淀粉及淀粉胶液产品样品；氧化淀粉、淀粉糊制备工艺及设备解决方案。

相关技术与产品可用于食品、造纸、纺织、制药、胶黏剂等行业。

技术内容

基于绿色化工技术的氧化变性淀粉制备工艺及设备，具有工艺流程短、清洁环保、无化学残留、不使用水、能耗小等优点。通过采用气固两相接触工艺，解决了传统干法、半干法制备变性淀粉工艺中存在的化学反应不均匀问题，整个反应过程快速、高效，较传统方法节省工艺时间 80%以上。

该技术基础上开发的一步法低粘度淀粉糊（胶液、浆液）制备工艺，以各类原淀粉为原料，通过气液固三相反应体系直接获得所需粘度淀粉糊，可极大节约生产成本。

主要技术指标

节约用水量 100%；无需中和、洗涤、脱水、干燥、粉碎工序，工艺时间较传统工艺减少 80%以上。

投资及运行效益分析

氧化淀粉仍是目前用量最大的变性淀粉产品，市场需求与产量巨大，目前制备工艺用水量大，在环保、能耗等方面亟待加以技术改进。本技术清洁、高效、环保，如加以推广，有望创造显著经济价值，并具有重要的社会意义。

工程案例介绍

产品样品在吉林、山东等地若干企业进行过少量使用。

技术名称

基于微加工技术的微纳集成制造原理及方法研究

技术依托单位

北京大学

适用范围

纳米制造的基础研究

技术内容

项目组在 2011-2014 年度，主要围绕微纳复合制造及其在微能源领域应用的科学问题和核心技术，在理论创新、实验探索以及新器件研发等多方面开展了兼具广度和深度的工作：提出了“以微米为骨架结构，以纳米为功能结构”的硅基微纳集成制造方法，基于优化深刻蚀工艺 DRIE 建立了无掩模制备纳米森林的理论模型，以及用 SEM 图形三维重建的方法来进行多尺度微纳结构的数值化分析和表征并形成了模拟分析工具；实现了基于离子反应刻蚀技术的硅基跨尺度集成制造方法，基于模板转印工艺实现了多种柔性材料的微纳复合结构的批量化加工，以及采用纳米颗粒作为辅助结构进行微纳复合结构加工的方法；基于摩擦发电的原理，采用带有可控微纳复合结构的材料研发了一系列性能优异的新型纳米摩擦发电机并取得了良好的应用效果，形成了以“微纳复合制造原理、加工方法和新能源应用”为研究主线的特色创新体系。

主要技术指标

(1) 提出了以微米尺度掩模加工为基础，结合无掩模的刻蚀加工，形成微米结构骨架上的纳米功能结构，实现了微米与纳米之间跨尺度的加工。提出了基于大规模微加工技术基础且不受目前光刻分辨率限制的微纳复合功能结构的制造原理，是一种具有普适性的大规模低成本的跨尺度微纳集成制造技术。

(2) 对深硅刻蚀形成的“黑硅”现象做了理论上的进一步发展。从量子力学理论出发，对等离子体的微观过程做了理论建模，并发展了相关模拟算法与仿真软件。

(3) 发展了传统深硅刻蚀工艺，开发了一种新型微纳集成加工方法，提出了以 SEM 图像为基础的三维重建表征方法，在三维表面结构上形成具有纳米尺度的各种表面形态，并将所制备的硅结构作为模具，在各种聚合物材料与柔性衬底上复制出相同的结构，拓宽了这种微纳结构集成系统的应用范围。

(4) 利用所研究开发的新加工方法，特别是基于硅模板复制的柔性微纳复合结构，开发出一系列结构新颖的摩擦发电器件，以及性能优异的复合式低频振动能量采集系统。开展了微型能量采集技术在生物与人体植入式器件中的应用。并利用这种加工方法，开发出基于纳流体晶体的传感器。

技术名称

特大型平头塔式起重机研制及运行安全保障关键技术

技术依托单位

北京建筑大学

适用范围

基础设施建设施工

技术内容

塔式起重机是建筑施工必不可少的关键设备之一。近年国家加大了基础设施建设的投资，一批高速铁路、大桥以及核电等重大项目上马，急需能够吊装大吨位构件，特别是起重力矩 5000KN.m 以上的塔式起重机。特大型塔式起重机以其起重臂长，吊载量大，作业范围广，能够满足大型结构吊装的需要，应用前景十分广泛。平头塔式起重机因其结构特点的优越性，对安装场地要求低，吊臂安装简易灵活，可大大缩短安装时间，减少安装费用。另外，其吊臂受力形式单一，使用安全性高。较传统的尖头塔式起重机具有明显优势。然而，平头塔式起重机在运行状态监测与评估、吊臂结构优化、排绳机构设计等结构设计问题和制动缓冲等运行安全保障、应急培训等关键技术方面还需进行进一步的研究。本项目针对特大型平头塔式起重机研制和运行安全保障中存在的若干问题开展研究工作，开发了具有自主知识产权的关键技术，主要技术创新如下：

(1) 结合有限元仿真结果对吊臂进行了拓扑优化，使其满足等应力梁条件并减小自重，增加了平头塔式起重机的提运能力。

(2) 通过研究钢丝绳的几何、力学和磨损疲劳特性，对排绳机构动力学特性进行了深入研究，为保证起升机构结构稳定性和安全性提供了技术支持。

(3) 在对塔式起重机动力学特性研究的基础上，提出了起重机运行过程中的缓冲减振安全保障技术，保证了吊装超大型设备的精度和安全性。提出基于监测数据融合技术的建筑起重装备运行数据获取评估点应力算法、基于数据融合和模式识别

的嵌入式故障智能诊断方法，形成满足建筑起重装备故障诊断及安全预警需求的理论及方法；

(4) 开发了双制动系统和提升控制系统，提高了吊装过程中的制动可靠性，提升了整个系统的安全性。

(5) 研究特大型平头塔式起重机研制检验合格后安全状态维持的监测管理技术，实现特大型平头塔式起重机研制故障预警，研制特大型平头塔式起重机研制模拟驾驶训练系统，提高驾驶员综合应急处置能力。

投资及运行效益分析

近三年来，本项目科技成果在核电建设、高铁、桥梁等众多大型建筑项目中得到了广泛的应用，创造直接经济价值约 5 亿元。成果的推广应用对于推动特大型平头塔式起重机发展和高精尖装备行业科技进步，促进我国由起重装备行业大国向建筑起重装备行业强国迈进具有重要意义。

技术名称

数控系统可靠性试验测试方法与装置

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

数控机床与基础制造装备

技术内容

研究数控系统可靠性试验测试方法及装置，建立“数控系统可靠性试验测试中心”，选取国内外典型高档数控系统开展长时间、批量化“定时截尾”试验测试，获取准确、客观、可比的数据，找出国产高档数控系统薄弱环节及影响可靠性的关键问题所在，为厂家科学评估产品可靠性水平及实现可靠性增长、提升市场竞争力提供测试手段及数据支持。

研究并提出数控系统可靠性试验测试技术规程、试验测试方法（标准草案）等；建立具有冗余功能的数控系统可靠性试验测试物理环境及软硬件系统；研究解决数控系统可靠性试验测试长时间运行、双冗余数据采集和存储、批量化试验大量数据分析等关键技术；已完成对7种国产高档数控系统（含伺服装置）和3种国外典型高档数控系统，每种3台套共计30台套，开展10000小时以上试验测试。

创新点与先进性：

（1）制定的《数控系统可靠性试验测试技术规范》及《数控系统可靠性试验方法（标准草案）》等文件，为数控系统、数控机床等产品的可靠性研究、可靠性设计、可靠性试验等提供参考和指导。

（2）建设了国内首个批量化长时间实测获取数控系统可靠性数据的物理环境和网络系统，具有第三方较大规模试验现场测试能力，可为数控系统和机床生产厂商提供可靠性试验测试、理论研究和数据处理分析等应用服务，提升行业内可靠性水平。

(3) 科学的分析了国内外典型高档数控系统产品的差距，增强了参试厂商的产品可靠性意识，提升了行业内企业对可靠性工作的重视程度。

投资及运行效益分析

项目实施取得的成果，可为科学评估国内外典型高档产品的差距，分析国产数控系统薄弱环节提供测试平台，并通过分析参试数控系统产品的故障特征和模式分析、可靠性影响因素分析、FMEA 分析等，为国产数控系统提高可靠性，特别是早期故障的定位和排除起到了关键的支撑作用，进一步为产品升级的改进设计、可靠性增长提供测试方法、装置等技术支持。

技术名称

柔性阻车网

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

公安武警维护交通安全勤务

技术内容

近些年，随着我国经济的蓬勃发展，人均机动车辆的保有率越来越高，以汽车为工具产生的爆恐事件能量和破坏力巨大，且难以防范和控制，给社会公共治安带来了巨大隐患。

车辆拦阻器材是强制迫使嫌疑车辆终止行驶的专用器材。目前，车辆阻拦器材所采用技术多为布置阻车钉扎胎放气和设置刚性路障两种方式。阻车钉只能对普通轮胎进行扎胎放气，不能短距离内有效拦截车辆，且对于装备了安全轮胎的车辆无法有效拦截，这类车辆在轮胎被刺针穿破放气的情况下仍然可以行使数百公里。刚性路障主要通过提前施工安装水泥墩、液压阻车升降桩等，急停效果好，拦车时间短；缺点是需要提前设置，施工复杂，且对于拦截车辆和车内乘员造成的伤害巨大，针对目前市场车辆拦截设备不能有效拦截或破坏性太强等问题，项目组研制了种安全、高效的柔性阻车网，能够强制车辆在较短距离内，安全的停止下来，实现对可疑车辆的有效拦截。

主要技术指标

1、性能指标

- (1) 产品总重量小于等于 15kg；
- (2) 外形尺寸：网体尺寸 3m×3m；
- (3) 可疑车辆在干燥路面上，被阻车网拦截后，直到车辆停止，时间小于 6s；
- (4) 可疑车辆在干燥路面上，被阻车网拦截后，直到车辆停止，拦截距离小于 50m；

(5) 阻车网应易于铺开、便于收拢和快速布设；展开时间应小于 10s，收拢时间小于 60s。

2、功能指标

该款柔性阻车网能够有效对一般小轿车 ($\leq 1.5T$)，以 50km/h 速度行驶在干燥路面上，在 50m 内可以实施有效拦截。车辆在更换轮胎后，可以继续行驶，有效避免对交通道路的影响。

针对目前市场车辆拦截设备不能有效拦截或破坏性太强等问题，项目组研制了种安全、高效的柔性阻车网，能够强制车辆在较短距离内，安全的停止下来，实现对可疑车辆的有效拦截。

项目组采用计算机仿真软件与实车测试结合的方法，对国内常见中小型轿车、各种市政道路及安全轮胎等多种情况进行研究、测试，研究过程中对地钉、网体的材料和结构反复优化，取得了大量的数据和资料。

该款柔性阻车网能够有效对一般小轿车 ($\leq 1.5T$)，以 50km/h 速度行驶在干燥路面上，在 50m 内可以实施有效拦截。车辆在更换轮胎后，可以继续行驶，有效避免对交通道路的影响。

投资及运行效益分析

目前市场上的车辆拦截设备普遍存在不能有效拦截、施工周期长或破坏性太强等缺点，柔性阻车网能够实现快速铺设，强制车辆在较短距离内，安全的停止下来，实现对可疑车辆的有效拦截，而且车辆在更换轮胎后可以立即开走，不会对交通道路造成拥堵。该产品具有良好的经济效益和社会效益，预计市场前景良好。

该产品主要应用在公安武警、交通管理等日常勤务中，下一步将选取重点地区、重点路段进行试用和推广。

技术名称

钢中温相变控制高强韧化技术及其应用

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

新型金属结构材料及加工技术领域

技术内容

所谓中温相变控制高强韧化技术，就是借助于中温相变控制工艺，使钢中形成纳米板条束状贝氏体为主要组成的组织，实现钢的高强韧化。针对不同碳含量钢（尤其低碳或超低碳、高碳及超高碳钢）中贝氏体相变进行研究，对钢中纳米板条束状贝氏体组织及其形成特点形成了突破性认识。于此基础上，进行低碳或超低碳低合金热轧钢中温相变控制强韧化研究，并进行大口径低碳低合金酸性环境用高无缝管线管高强韧化处理技术的研发，开发出了大口径酸性环境下使用的高钢级油气输运管线管产品。

主要技术指标

- 1、提出了晶体结构与碳原子分布均匀化奥氏体结构体系下中温相变的双空位迁移促发 α 相形核模型以及纳米板条束状贝氏体组织强韧化机制。
- 2、提出了钢中温相变控制高强韧化技术，即通过钢的中温相变控制形成纳米板条束状贝氏体为主的组织，实现材料的强韧化。
- 3、提出，中温相变控制工艺，即高温奥氏体化与较低中温相变过程组合工艺。

投资及运行效益分析

加工出的大口径酸性环境用高钢级油气输运无缝管线管，产品品质满足了国际权威 ADCO 用户技术标准，达到国际同类产品先进水平，产品出口中东地区已经累计供货 13 余万吨，新增利税超过 1.3 亿元。

工程案例介绍

该成果为徐工机械、英国英铸等国内外知名装备制造企业配套生产高端耐磨结构件，产值已超过 7000 万元，利税达到 2200 万元。

技术名称

智能化汽车柔性装配生产系统

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

汽车装备制造制造业

技术内容

开发建设一套基于客户个性化需求的装配工序引导、机器人应用、全自动焊接打磨机 AGV 物流系统支持的高速、精密、智能化汽车柔性装配生产示范系统，解决其中的关键技术问题，形成标准化解方案并示范应用，替代传统的流水式装配生产模式，替代成套国外生产系统。

主要技术指标

专利：

1. 一种刚柔耦合象鼻型连续机器人
2. 一种刚柔耦合型三转动并联定位机构
3. 一种带触摸功能的旋钮式开关
4. 可伸缩软体机器人的单元模块
5. 一种用于汽车钣件的可重构吸盘夹具装置
6. 一种自动检测电磁线圈电磁参数的装置
7. 一种可实现变刚度的弦式吸振器

工程案例介绍

研发一套高速、精密、智能的汽车柔性装配生产示范系统，构建“天津自主品牌”的汽车柔性装配生产线，形成天津市智能制造示范应用案例，为中国汽车企业提供中国制造 2025 解决方案和示范应用。

技术名称

基于机器视觉三维感知的智能系统技术

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

工业、安防、生物、环境、军事、智慧城市等

技术内容

机器视觉与图像理解领域关键技术的系列研究成果，相关成果在理论方面融合了数学、人工智能、脑科学、逻辑学、认知科学等方法，在应用方面结合生物、环境、工业、安防、军事等许多具体任务和行业领域取得了显著的效益，尤其与机器人、无人机、智能车、增强现实、高端自动化装备、生物医学图像等密切结合，形成前沿的智能化系统。

主要技术指标

《双目结构光视觉系统及三维重建》、《一种结合模板匹配和图像轮廓的运动目标航拍跟踪方法》、《基于视觉识别系统的无人机全自动抓取装置》、《基于二维彩色光编码的实时三维视觉系统》、《基于统计模型的人脸三维重建》、《一种基于二视角的织物平面识别方法》等发明专利和软件著作权 100 余项。

技术名称

新型焊接镀锌钢管装备的研发与应用

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

钢管装备制造

技术内容

该成果通过对焊管成型机、飞锯机、平头倒棱机、水压试验机、码垛机、镀锌机及废酸处理等焊管、镀锌管生产中的关键节点设备的升级改造、关键技术的突破及自动化技术的应用，使得焊管和镀锌管生产能力、生产效率、产品质量得到了大幅度调高，为该行业的底端产业状况向高端发展、改变产品单一现状创造了条件，环境污染得到有效的治理，焊管、镀锌管向着高效、节能、清洁生产迈进了一大步，解决了高钢级、大壁厚、大口径钢管的生产难题，加速了行业的技术进步，优化了产业结构，推动了行业转型升级、更新换代。

主要技术指标

1、开发了飞锯机的专用控制器，创建了S曲线的追踪数学模型及管脉冲作为驱动脉冲源的控制技术；

2、开发了极坐标和x-y坐标的双头仿型切削装置，创建了不同断面的加工数学模型，实现了多轴联动控制；

3、开发了多工位水压机、平头机的加工工艺，创建了水压机密封头压力自适应装置、长度超差均分技术和控制算法；

4、开发了自动码垛机及捆扎带机器人焊接技术，创建了包型算法数学模型；

5、得到了钢管成型过程的应力分布，为焊接钢管工艺、辊型设计及自动调整提供了理论依据；

6、开发了管件加工的工艺和装置；

- 7、开发了新型自动钢管镀锌机，解决了内吹、压管等关键问题；
- 8、促进了酸洗废液资源化处理新技术的研究和应用。

工程案例介绍

该成果在天津友发钢管集团 74 条焊管线、45 条镀锌线上得到了广泛应用，并推广到国内除新疆、西藏、台湾、香港外的绝大多数省市自治区，并出口到四大洲的 15 个国家。创造的直接效益：利润 3.048 亿元，税收 2.201 亿元。

技术名称

基于粒子群-多物理场优化高效电机轻量化与热控制关键技术及应用

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

节能电机设备

技术内容

本项目属于电气工程领域，针对我国节能减排政策性推进与国外广泛应用超高效电机的要求，开展了多应用领域、多工况要求下感应电机的超高效、轻量化的研究，相关技术已经应用到新能源汽车驱动电机、风机水泵类电机、油田抽油机等领域。

(1) 围绕着国内外市场需求，开展市场调研和技术文献查阅工作，对国内外发展现状和应用情况进行了总结；

(2) 基于电机的磁路法与电磁场分析，研究定转子槽形、槽配合、绕组结构型式等多因素变化对电机的性能、电磁分布、电磁噪声、振动等参数的影响，初步对电机的电磁结构进行筛选，评价不同电磁方案对电机性能和轻量化的综合影响程度；

(3) 开展导磁导电合金材料的制备方法和不同材料掺杂度的研究，分析制备工艺、主元素配比、微量元素添加对导磁导电合金材料电磁和机械特性的影响，并通过研究合金材料特性与转子槽形双重作用对电机起动性能和运行性能的影响，完成了转子槽形与合金材料的优选组合方案，提高电机的起动性能；

(4) 在超高效电机三圆尺寸固定不变的前提下，基于智能优化算法，提出了计及定子、转子多拓扑结构、转子磁电双导材料等对电机起动转矩、起动电流、效率和功率因数等多重复杂因素影响的超高效电机轻量化优化设计方法，并分别采用遗传算法和粒子群算法对系列电机进行优化设计，得到了超高效电机的轻量化设计优选集，通过建立超高效电机的轻量化与高效率之间的调谐甄选，确立效率和轻量化

双优的电磁设计方案，在此基础上进行多物理场的综合分析，最终确立效率和轻量化双优的电磁设计方案；

(5) 联合企业进行了大量的实验验证工作，通过实验结果不断修正算法，提高粒子群与多物理场协同优化算法的精度，同时在加工工艺中提出多种措施以达到降低损耗的目的。

投资及运行效益分析

作为世界第一汽车制造和消费大国，我国汽车业在未来 5~10 年将保持 10%~15% 的复合增长率，而随着汽车电子化程度进一步加大，汽车微电机市场容量增速可长期维持在 15% 以上。根据《节能与新能源汽车产业发展规划》，到 2015 年，纯电机作为机械装备上不可或缺的组件之一，电动汽车和插电式混合动力汽车累计产销量力争达到 50 万辆；到 2020 年，累计产销量超过 500 万辆。我国新能源汽车产业在未来数年将迎来快速增长阶段，而这将带动驱动电机市场规模迅速增长。以一辆车为例，采用 30kW 的超高效率电机，可实现销售收入 0.7 万元，50 万辆车可实现销售收入 35 亿元，利润为 10.5 亿元，每台车按平均每天工作 5 小时，每年平均工作 260 天，每年可节约电能 4.875 亿度，按每度电 0.5 元计算，节约电费 2.4375 亿元。

工程案例介绍

项目研究成果已在江苏微特利电机制造有限公司得到应用，2013-2015 年累计生产本项目产品 27.6 万台，销售收入 15 亿元，出口创汇 8483 万美元。

技术名称

高表面质量 304 不锈钢 BA 板材生产关键技术

技术依托单位

北京科技大学

适用范围

不锈钢生产企业

技术内容

高表面质量 304 不锈钢 BA 板材生产关键技术成果属于炼钢钢水精炼先进技术领域。高端 304 不锈钢产品市场主要被日本的日新制钢和韩国的浦项钢铁所占据。宝钢不锈钢有限公司生产的高端 304 不锈钢在冷轧产品表面质量控制方面，由夹杂物因素引起的主要问题为不锈钢 BA 表面等级及以上的线鳞缺陷率较高，产品表面抛光后出现点状缺陷，主要是由 Al₂O₃，MgO·Al₂O₃ 等高熔点、高硬度的夹杂物造成，该类夹杂物在冶炼过程中产生，在轧制过程中难以轧碎，造成表面缺陷。因此在冶炼过程中对夹杂物的控制是解决线鳞缺陷和表面抛光缺陷的关键。

本成果主要内容包括：

(1) 通过文献调研和产品调研等方法进行国内外调研，确定高端 304 不锈钢中夹杂物的控制目标。

(2) 通过热力学计算研究高端 304 不锈钢中不同类别夹杂物生成的热力学条件，为 304 不锈钢中夹杂物的控制提供理论基础。

(3) 研究合金中 Al 和 Ca 含量的影响，确定高端 304 不锈钢用铁合金。

(4) 研究精炼渣中炉渣碱度、Al₂O₃ 和 MgO 含量的影响，确定最优精炼渣成分。

(5) 建立不同钢液成分对应的最优喂钙线量模型，从而对高端 304 不锈钢中夹杂物进行改性控制。

主要技术指标

通过本成果的应用，达到了以下指标：

(1)304 不锈钢 BA 板线鳞缺陷率完成情况: 宝钢 304 不锈钢线鳞缺陷率从 2013 年的 6.24%降低到了 2015 年的 3.14%。在 304 不锈钢 BA 产能及高表面要求的窄断面比例不断上升的情况下, 线鳞缺陷率呈总体下降的趋势。

(2) 钢水洁净度控制情况: 通过对合金等原料的铝含量及炉渣碱度进行调整, 对抛光试验样品进行了分析, 对高端 304 不锈钢影响最大的 B 类夹杂物控制到 0 级, 主要夹杂物类别为 2.5 级以下的 C 类细小夹杂物。

(3) 304HP 抛光效果分析: 通过生产现场试验, 对于按照技术改进措施执行的全部试验炉次进行跟踪, 抛光合格率达到 85%以上, 得到宝信用户的肯定。

投资及运行效益分析

(1) 本项目建立的脱氧热力学模型, 可在一元脱氧、二元复合脱氧、三元复合脱氧和多元复合脱氧钢中, 根据钢液成分对钢中的氧含量进行计算, 同时可预测不同成分的钢中不同类型夹杂物的生成条件, 可用于指导现场各个钢种冶炼过程夹杂物的控制和洁净度提升。目前, 已经应用于宝钢、首钢、攀钢、青钢、南钢等多家钢铁公司的夹杂物控制项目。

(2) 本项目提出的精炼渣成分控制技术, 可广泛应用于硅脱氧的不锈钢及弹簧钢、帘线钢等碳钢钢种的开发和生产。通过低碱度降低夹杂物中 Al₂O₃ 含量, 从而提升了夹杂物的变性能力。目前已经成功应用于青岛钢铁公司的帘线钢生产当中, 显著降低了其帘线钢产品由夹杂物引起的断丝率。

(3) 本项目建立的精确钙处理模型, 把合理的喂钙量和钢中总氧、酸溶铝含量、钙的收得率、钢水温度等因素结合了起来, 可以用于指导钢铁企业的钙处理工艺, 使钢中 Al₂O₃ 夹杂物塑性化, 避免钙处理不完全和钙处理过量引起生成固态夹杂物等问题。目前已经成功应用于首钢迁钢公司、宝钢集团新疆八一钢铁有限公司和双鸭山建龙钢铁公司的在线指导钢水钙处理。

工程案例介绍

本项成果已在宝钢不锈钢有限公司生产应用。连铸坯修磨率由 12%降低到了

4.39%，线鳞缺陷率由6.24%降低到了3.14%，抛光合格率提高到85%以上，批量生产50.11万吨（其中BA板10万吨），3年累计直接经济效益13207.8万元，提高了企业的产品竞争力。

技术名称

机载光电探测系统性能分析与综合测试验证技术

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

光电探测系统

技术内容

光电探测系统是目前和未来主战飞机配备的重要机载武器装备。光电探测系统本身是十分复杂的光机电产品，研制开发周期长，研制费用高昂。通过应用光电探测系统性能分析与综合测试验证技术，将为光电探测系统设计论证提供有力支持，将能够科学地指导光电探测系统及各分系统的优化设计，并对系统性能指标进行动态评估，从而大大提高光电探测系统的设计效率和设计质量。本项目来源于与中国航空工业集团公司第 613 研究合作的三个子课题“光电探测系统性能分析软件”、“光电探测分系统测试系统”、“激励检测装置”，覆盖了光电探测系统全数字、半实物测试验证、性能分析，实现了设计阶段各专业设计数据的无缝共享和集成。

光电探测系统性能分析软件由目标与大气传输分系统、光学分系统、红外探测器分系统、伺服控制分系统、信号处理及评估分系统及显示分系统等联邦成员组成，采用基于 HLA/RTI 标准的分布仿真架构，可以分布在所科研网不同专业室的设计计算机平台上，具备独立仿真与全系统联合仿真运行功能。光电探测分系统测试系统、激励检测装置则实现基于半实物仿真的光电探测分系统集成测试验证，支持分系统原型开发与测试，减少实际试飞架次。

主要技术指标

- (1) 复杂天空、地面背景红外特性建模与数据库管理；
- (2) 复杂气象条件下大气传输特性计算；
- (3) 光学系统设计文件的加载及参数计算；

- (4) 探测器模型、信号处理算法、控制系统模型的加载与仿真计算；
- (5) 光电探测系统各种工作模式的闭环全数字仿真与性能指标计算；
- (6) 各种机载总线的通讯模拟、基于 ICD 接口文档的通讯协议加载；
- (7) 基于大容量 FPGA 的在线模型解算与半实物直接信号注入仿真；
- (8) 基于 I/O 电平的高速电连接关系测试与故障定位；
- (9) 基于 ATML 的测试诊断信息共享与通用测试软件平台架构。

投资及运行效益分析

本课题围绕提高光电探测系统设计开发自动化水平，集成多学科建模/仿真、虚拟现实与虚拟样机技术、分布网络通讯技术、软硬件一体化可重构技术、通用测试软/硬件平台技术、测试信息标准化描述技术等仿真、测试领域前沿技术，实现了在光电探测系统设计信息的共享与交互、光电探测系统整机/分系统性能分析与评估，基于半实物仿真与直接信号注入的原型系统开发，提高了开发效率、验证测试水平，减少设计返工、减少实际试飞架次数，在交付后的使用过程中经甲乙双方密切配合不断完善，取得了非常显著的经济效益。

本课题提出并实现的内场试验与外场试飞数据结合的仿真模型修正与标定方法，较好地实现了光电系统高可信仿真分析，实际应用表明分析结果与实际产品性能接近，可以满足光电探测产品性能分析与设计优化需要，在后续光电探测系统设计中将发挥重要作用。

技术名称

油气管道系统完整性关键技术与工业化应用

技术依托单位

中国石油大学（北京）

适用范围

油气管道

技术内容

本项目在国家科技重大专项、国家自然科学基金、中国石油重大研究专项的支持下，自 2005 年以来，针对油气管道系统完整性关键技术问题，历经 10 年系统的理论研究、室内实验、现场实验、工业化应用，突破了管道三轴高清内检测技术、阀门内漏测试、高精度变形及应变检测、大型离心压缩机组微小故障诊断预警、大数据的决策支持等技术难题，建立了系统的完整性保障技术体系和一体化平台，覆盖油气管道线路、站场、储气库，最终形成“一套技术、一套标准、一个平台”的“三位一体”的技术体系，具有系统性、创新性、可靠性，降低事故率 40%以上，创新性成果如下。

(1) 形成了系统的完整性评估理论，提出了基于应力和应变双重判据的管道失效评估方法，重构了失效模型和评定图，建立了不确定性条件下地区等级升级管道的失效概率模型，提高评估准确性 10%。

(2) 发明了管道三轴高清漏磁内检测系列装置，采用新型集成固化耦合传感器和全数字化三维漏磁信号采集系统，使检测缺陷深度阈值由 20%壁厚提高到 5%壁厚，检出率 (POI) 提高了 10%，实现了 8 寸到 48 寸内检测漏磁系列装备国产化。

(3) 发明了多通道高精度变形检测装置和管道应变监测系统，提高定位精度；开发了高精度振弦式和加速度传感器对高风险点管道应变实时精准监测，精度指标达到±10 个微应变，实现了管道应变数据采集策略的自动控制及远程维护。

(4) 发明了双通道天然气管道球阀内漏检测装置及方法，最小可检测内漏流量

达到 $0.04\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{in}$ ；首次提出了压缩机组组合式神经网络自适应故障诊断方法和混合故障预警模型，提高压缩机组故障诊断发现率 15%以上。

(5) 建立基于管道大数据关联调取和数据挖掘分析模型，开发了应急决策支持系统，形成了管道动态风险数据库，实现了一键式事故应急处事的决策支持。

投资及运行效益分析

管道内检测器应用前景：

兰郑长成品油管道存在杂质量大、间歇式输油、管线穿山越岭道路崎岖难行等特点，历时 3 个月顺利完成兰郑长成品油管道清扫项目；在港枣线的检测过程中，累计清管 71 次，清出管线 11 吨杂质，结合现场实际情况优化了清管器结构，采用同时投送线圈、霍尔两套检测设备的方式提高检测精度优化检测成果，以优质高效的检测技术服务得到西气东输管道公司的好评。该成果的实际应用表明可以适应不同的地理环境，并有良好的推广前景。

管道变形检测器及腐蚀检测器：

已开发 $\Phi 168$ 至 $\Phi 1219$ 共计 19 种口径（50 余台套）的管道变形检测器及腐蚀检测器，可对国内外管道业主提供变形及腐蚀检测技术服务。目前已累计检测管道里程 158377 公里，检出腐蚀缺陷、制造缺陷、焊缝缺陷、变形等各类缺陷共计 21819256 处，其中深度超过 50%wt 的金属损失 18937 处，该项技术具有广阔的应用前景。

工程案例介绍

研究成果对内涂层的评估使管道运营公司对内涂层的涂装质量和服役状态有了清楚认识，延长涂层寿命的技术措施在西气东输一线、二线和陕京二线管道上得到了应用。该研究成果的现场应用大大降低天然气管道内涂层生产和运行维护成本，为我国天然气管道安全工程学科的发展做出了贡献，促进了我国管道内涂层高效安全运行。内涂层研究成果已经在国内多家管道内涂层涂装厂家和管道运营公司得到了应用，涂装厂家包括中国石油集团渤海装备制造有限公司防腐分公司、陕西恒翔

建筑安装工程有限公司、康盛亚东涂敷服务（荆州）有限公司沧州分公司等近 20 家厂家。管道运营公司包括西气东输一线、二线和陕京二线。

技术名称

超重力分离装备新技术及工业应用

技术依托单位

北京化工大学

适用范围

海洋天然气脱硫

技术内容

本项目围绕化工节能减排重大需求，基于传统分离设备存在的传质速度较慢而导致的分离效率低、调控困难等科学问题，提出了超重力分离装备新技术，研究了超重力装备结构与分离性能之间的构效关系和科学放大方法，发明了可充分利用传质端效应的多段进液型及可实现液体流动调控的轴向均布型、低压降纳微结构化填料型等不同结构的超重力分离装备，发展形成了面向工业过程中易堵塞、强耦合、低浓度等复杂分离过程需求的超重力分离装备技术，实现了在海洋天然气脱硫、液化气脱硫醇碱液氧化气提耦合再生、环保、真空水脱氧等典型分离过程的工业应用，为海洋工程、石油化工、能源开采等行业的分离过程强化提供技术保障和示范。本研究曾相继被列为国家科技支撑计划、“863”计划项目等，从属化学工程领域。

主要发明点有 2 点：

(1) 研究揭示了超重力分离装备结构与流体流动、传质分离特性之间的构效关系，建立了基于可视化实验的传质模型，发展了 CFD 优化分离装备结构的方法，形成了“科学实验+微观机理模型+宏观 CFD 模拟”三位一体的超重力分离装备的工业放大方法。发明了可充分利用传质端效应的多段进液型及可实现液体流动调控的轴向均布型、低压降纳微结构化填料型等不同结构的超重力分离装备，形成了超重力分离装备创新设计体系和调控方法。

(2) 面向工业过程中易堵塞、强耦合、低浓度等复杂分离过程需求，开展了超重力分离装备应用技术研究，发明了以分离为目的的系列超重力过程强化新技术，

成功在海洋天然气脱硫化氢、炼厂脱硫醇碱液氧化气提耦合再生、水脱氧等过程中实现了工业应用，实现了装备结构与工艺特征的匹配和长周期稳定运行，取得了显著的节能降耗减排效果。

应用于海洋天然气脱硫，在进口含硫量大于 35000 ppm 的情况下，处理后天然气中 H₂S 含量可小于 4 ppm。且超重力分离装备占地面积仅为传统塔的 1/3，大幅度节约海洋平台建设成本；应用于炼厂脱硫醇碱液氧化再生，液化气硫醇脱除率由原 80%提高至 95%，脱后总硫含量达到 5 ppm，MTBE 产品含硫 15 ppm 至 20 ppm，碱液消耗量减少 90%，实现了碱渣近零排放，大幅降低了企业环保成本；应用于真空水脱氧，在进口浓度 5.3-7.8 ppm 的情况下，处理后水中的氧含量可以降低到 50-115 ppb，可以满足工业指标要求，且超重力真空水脱氧工业装置运行稳定，操作弹性大，装备已出口欧洲著名公司。

投资及运行效益分析

据不完全统计，可节约海洋平台建设成本 1 亿元，碱液再生过程的运行成本降低 1100 万元/年，减排二氧化硫 3.4 万吨/年，可节约排污费约 4200 万元/年。取得了显著的经济效益和社会效益。

技术名称

高温气体过滤装备关键技术及应用

技术依托单位

中国石油大学（北京）

适用范围

化学工程化工机械与设备

技术内容

高温气体过滤技术广泛应用于石油化工、煤化工、冶金、洁净煤发电等领域，如壳牌干粉煤气化合成工艺、气相吸附脱硫（S-Zorb）生产国IV标准清洁汽油工艺、石油催化裂化余热回收利用、粉煤灰提取氧化铝、粉煤热解干馏气固分离等过程，其目的主要是为了满足产品质量升级、高温烟气余热利用以及烟气环保排放标准等。高温气体过滤技术是指在温度 250~850℃、压力 0.1~5.0 MPa 工况下的气固分离，其特点是 1 μm 以上颗粒的过滤效率可达到 99.9% 以上，净化后气体中颗粒物浓度小于 5mg/m³，所采用的核心分离元件为陶瓷或金属多孔过滤管。但大型高温气体过滤装备仍存在核心分离元件运行寿命短、循环再生性能差以及高温工况下分离性能难以检测等问题；另外，高精度的核心分离元件为国外公司所垄断。因此研制新一代高温气体过滤装备成为迫切需要解决的重大难题。为此，项目组自 1997 年以来，在国家自然科学基金等 10 多项科研项目的支持下，在高温气体管道内颗粒物检测、高温过滤管制备工艺、滤管循环再生技术和装备集成技术等方面取得了如下四项发明点：

（1）发明了颗粒物多方向散射光强度和偏振度双参数检测系统，创建了高温颗粒物光散射强度与粒径关联模型，首次实现了 250~650℃ 和 5.0 MPa 工况下气体中颗粒浓度、粒径分布和颗粒形状特征的在线检测，为高温气体过滤分离装备的设计、性能评价和运行优化提供了技术手段；

（2）发明了滤管支撑体、多段柔性组合和二次覆膜制备工艺，有效解决了细颗粒穿嵌和气流分布不均匀等问题，研制的高精度过滤管比进口过滤管阻力降低 10%

以上；发明的叶片导流式滤管结构，气体通量提高 85%以上。研制出了陶瓷和金属两类材料的多种过滤管产品，可满足不同工况下的过滤要求；

(3) 首次发现了滤管过滤过程中的回流现象，研究表明回流引起的细颗粒重新吸附到滤管表面是导致循环再生过程不稳定的重要原因；发明了多孔调向射流和气体自激振荡脉冲循环再生技术，解决了细颗粒二次沉积、滤管振动断裂和轴向清灰不均等问题，使滤管运行寿命延长 50%以上；

(4) 集成创新了具有预分离、故障诊断和保护、在线优化控制等功能的过滤装备成套技术，解决了大流量工况下高温气体过滤装备存在的滤管断裂、能耗高和运行不稳定等难题。

本项目获得授权国家发明专利 16 件，申请 PCT 国际专利 2 件，申请国家发明专利 10 项，发表论文 40 余篇，建立企业标准 1 件。本项目的研究成果为高温气体过滤装备的先进设计、性能检测及优化运行提供了重要的技术支撑，促进了行业科技进步。中国石油和化学工业联合会组织的以费维扬院士为主任的专家鉴定委员会一致认为：“该成果的关键技术达到国际领先水平”。

投资及运行效益分析

该成果已在壳牌煤气化、大型聚丙烯装置以及清洁汽油生产等得到了推广应用，其中金属纤维过滤器及反吹技术已应用于 21 套大型聚丙烯装置，国内市场占有率达 60%；金属粉末过滤器及循环清洗再生技术已用于 17 套清洁汽油生产装置，国内市场占有率达 70%以上，经济效益和社会效益显著。

工程案例介绍

项目的研究成果已成功应用于柳化集团 26 万吨/年壳牌煤气化、天津石化 45 万吨/年等 21 套聚丙烯装置、茂名石化 150 万吨/年等 17 套催化汽油脱硫 (S-Zorb) 装置。此外，还成功应用于新疆胜沃 80 万吨/年煤热解生产汽/柴油等产品示范生产线。近 5 年已有的经济效益证明，该技术应用后产生的利润和增收节支 37000 余万元。

技术名称

人工影响天气探测作业一体化无人机系统

技术依托单位

中国兵器科学研究院

适用范围

气象探测、无人机人工影响天气

技术内容

本课题针对无人机在人工影响天气业务应用中所需解决的无人机载荷平台、飞行控制、辅助决策与指挥控制、气象环境探测、机载冷暖云催化装备等技术问题开展了深入的研究和试验验证工作，研制出国内首套集探测、作业、多源信息融合为一体的人工影响天气专用无人机系统。该无人机系统由5大分系统组成：辅助决策和指挥控制系统、适应复杂高空环境的无人机平台系统、飞行稳定控制系统、气象环境探测系统、焰条催化作业系统，所有技术全部基于自主研发，具有国内自主知识产权。

该无人机创新点和先进性体现在以下几个方面：

(1) 研制开发探测作业一体化指挥控制方法，实现了我国人影作业系统由手动控制向自动化、智能化的跨越；

(2) 将气象雷达探测信息和近距激光云粒子探测结果相结合，规划出无人机航迹；

(3) 无人机平台自动抑制机翼结冰，该方法已获得国家专利，是该尺寸级别无人机机翼除冰的最优方法；

(4) 研制无人机独立安全应急系统，具备故障报警、应急处理功能；

(5) 激光云粒子探测器可多通道计数，云粒子分布准确测量，具备自动加热功能，在恶劣环境和气候条件下可靠工作。

该无人机系统技术成熟度高、安全性好，研制过程中开发了无人机预警应急系

统，具有实时故障检测报警、应急处理等功能，使得无人机在失控状态下能够自主返航。在新疆天山山脉海拔 2500 米的巴音布鲁克等高海拔地区进行了 27 架次的实际作业，探测信息地面显示清晰，作业效果良好，为当地实现了多次实际增雨，受到应用单位的一致好评。

该课题获得与飞行控制系统、辅助决策与指挥控制系统、飞行平台系统和冷暖云播撒系统相关的专利共 8 项：飞行控制系统软件著作权 1 项：发表科技论文 5 篇，出版约 87 万字专著一本。

主要技术指标

主要技术指标为：飞行最高高度不低于 6000 米：作业半径不小于 60km：续航时间不低于 4 小时：最大载荷 45kg：可在中雨条件下飞行。通过试验验证表明，该系统任务书规定的所有指标均已达到或满足。

投资及运行效益分析

目前，我国已基本建立了国家、省、市、县四级人影业务体系，26 个省（市）开展了飞机作业，每年使用飞机作业逾百架次，年均人影增雨作业面积达 500 余万平方公里，年增加降雨约 500 吨，但飞机作业经常受到高空气流的影响，恶劣天气情况下险象频出，生命财产安全受到威胁。另外，在飞机作业的过程中要经常受地面雷达信息传递的困扰，人为整合地空信息经常成为作业期间来不及反应的现实，而该项目的研发恰恰解决了有人机现场作业与信息不融合的实际难题，将复杂而不及反应的人为探测与作业变成简单而从容的智能化过程。现有地面布点的人影作业装备实际应用中受到限制，严重制约大面积均匀作业技术的发展。

人工影响天气探测作业一体化无人机系统可以有效的解决人影火箭、高炮作业效率低、作业部位不精准和有人机使用条件受限、生命财产安全困扰并且价格昂贵，耗费较多人力物力的问题。该无人机系统对我国当前存在的设备落后、严重依赖进口、安全可靠差等技术现状来说，起到了突破升级、提高完善的作用，并将成为我国人工影响天气领域技术装备的发展趋势。

据我们对市场了解，从新技术带动的市场分析，我们的产品进入市场成熟期后可以获得较好地市场效果；从气象精准探测到快速实现增雨作业的角度分析，为更好的满足气象预测和人影作业要求，各省市地区气象部门都配备不同功能的辅助决策与指挥控制系统和探测作业设备，可以预计，每年可以获得 10 套辅助决策与指挥控制系统、20 套激光云粒子气象探测系统、5000 套冷暖云焰条催化作业焰条的市场份额。

工程案例介绍

截止目前，该系统多项产品已经陆续在国内得到应用，据不完全统计，已销售无人机系统 2 套，激光云粒子谱仪综合探测系统 3 套、飞控系统 30 余套、冷暖云焰条 1300 余套，创经济效益逾千万。

技术名称

面向高性能碳纤维复合材料成型制造的缠绕机设计与控制关键技术及应用

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

高性能航空航天和民用复合材料缠绕制品的生产制造

技术内容

本成果属于先进制造与工业技术专业领域。

本研究重点突破了缠绕机浸胶和挤胶装置、导向和张力控制机构等多项关键设计技术，实现了碳纤维缠绕过程中张力、胶液温度及上胶量的数字多回路精准闭环控制，解决了其缠绕过程中出现的磨损、起毛、断丝等严重影响产品性能的质量问题，大幅度地提高了缠绕制品的强度和抗疲劳性能。相关成果已申请国家发明专利 10 项（其中，已获授权 6 项）。

该成果突破了高性能复合材料成型的缠绕机设计和控制的技术瓶颈，取得了具有国际先进水平的技术成果。对于提高我国先进复合材料成型等高端制造装备技术的水平，满足高性能、高可靠和长寿命的航天产品制造与生产具有非常重要的价值和意义。同时将推动我国复合材料成型缠绕机的升级换代、技术革新和进步，提高相关产品和设备的国际竞争力。

本技术成果可进一步推广用于航空航天器的其它复合材料结构件的加工制造，如卫星整流罩、空间光学遥感相机镜筒、卫星发射器支架等。此外，在民用领域，本技术成果可扩展用于地铁车辆蜂窝车门、民航飞机改装隔板、卫星地面接收天线和太阳能电池基板、汽车关键支撑件等多种复合材料产品的先进制造装备中，具有重要的应用价值和广阔的市场。

主要技术指标

张力控制系统可实现单束或多束（最大 10 束）纤维张力测量与控制，控制范围

为 5-500N，精度达到 $\pm 1\text{N}$ ；温控系统的优化布局设计和智能温控算法使胶液温度在室温至 150°C 范围内达到了 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的精度要求；新型大传动比柔性精密间隙调节机构实现了纤维上胶量的精准控制（精度达到 0.05mm ）。

投资及运行效益分析

目前，国外卫星等航天器结构中复合材料占 90%以上，国内仅占 70-80%。减重对卫星和飞船等航天器结构设计意义重大。一般而言，卫星等航天器的工作寿命主要取决于其携带的燃料量，一旦燃料耗尽，航天器就会因失去控制而报废，而航天器结构重量的减少则意味着可携带更多的燃料量或更多的有效载荷，从而可以大幅度地提高航天器寿命和完成更多的探测任务。航天器若减重 1 公斤，运载火箭推力可减轻 1 吨，从而节省发射费用约 8 万美元/公斤。因此，复合材料在我国航天器中所占比重亟需提升。

此外，使用现有进口缠绕机进行生产时碳纤维极易出现起毛、断丝和磨损等问题，造成生产出的产品质量差、废品率高、生产效率低。以航天器结构板、太阳翼基板、承力筒以及天线反射器中常用的碳纤维复合材料蜂窝夹层结构生产为例，我国未来 5-10 年需要其年生产量要达到 3400 块/年，而目前的最大产能仅为 1200 块/年，差距巨大，无法满足航天复合材料产品成型制造的生产要求，已成为制约我国新型航天器制造水平和航天事业快速发展的瓶颈。

而解决这一问题的唯一有效途径是自主研发面向复合材料成型的高性能数控缠绕机，但其核心技术一直被少数发达国家掌控，对我国严密封锁。因此，本项目所取得的技术成果对我国高档、专用数控缠绕机装备的自主研发、应用及产业化，推动碳纤维复合材料在航空航天以及民用领域的应用具有深远的影响。

缠绕机设备可广泛应用于制造卫星承力筒、空间光学遥感相机镜筒、战略导弹火箭发动机外壳、太阳翼基板、大飞机刹车装置、民航飞机改装隔板等航空航天结构件产品以及地铁车辆蜂窝车门、汽车关键支撑件、太阳能电池基板、卫星地面接收天线等民用产品结构件。

工程案例介绍

目前成果已进入成熟应用阶段，设备运行的安全性和可靠性高。北京卫星制造厂应用该系列缠绕机，已生产出包括遥感系列卫星的承力筒，嫦娥、北斗等卫星的太阳翼基板的面板等产品（占据我国近年来所发射卫星数量的80%以上），满足了国家航天重大型号工程任务的需求。近五年为企业直接节省材料成本两千余万元，创造产值上亿元，产生了较大的经济效益和重大的社会效益。

技术名称

高性能伺服电机控制技术及其应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

机器人、数控机床、雷达、导航、航天器姿态控制等工业和国防领域

技术内容

伺服驱动系统广泛应用于机器人、数控机床、雷达、导航、航天器姿态控制等工业和国防领域，其技术水平在很大程度上代表了一个国家的工业和国防自动化水平。我国伺服驱动技术发展水平还较低，几乎所有高端机器人、数控设备及国防装备中的精密伺服都需高成本采购国外产品，极大地限制了相关行业的发展，并构成国家安全方面的严重隐患。本项目针对这一背景，依托国家 863 计划课题、国家自然科学基金及一系列企业合作课题，对交流伺服电机控制方法进行了系统的研究，取得了一批创新性研究成果。主要包括：

(1) 提出一种交流伺服电机的电流/转矩环增量预测算法及相应的调节器设计方案，提升了电流环动态性能，同时具备良好的参数鲁棒性。

(2) 发明了一种采用扩展卡尔曼滤波器的动态观测方法，可实现对包括伺服电机永磁体磁场偏差角、磁链幅值变化、磁场的非正弦畸变特性等一系列参数的动态辨识，为伺服电机的高性能、可靠应用提供了基础。

(3) 发明了一种适用于电流重构的特定过调制算法，可有效提高伺服电机逆变电路电压利用率（将逆变器的电压利用率提升至 1.065），同时提高了系统可靠性和经济性。

(4) 针对交流伺服电机在极低速区的运行控制，提出了位置、速度观测方案，可有效提高速度控制精度和定位精度。

通过本项目的控制技术，伺服电机伺服装置可实现接近理论极限值的转矩内环

带宽，可实现伺服电机失磁故障的在线快速保护和优化控制。因此，采用本项目技术，可显著提升伺服系统最关键的低速控制特性、动态特性、电机防失磁可靠性。已通过的教育部科技成果鉴定表明成果的“总体技术达到国际先进水平，其中电流环增量预测控制和永磁体状态在线监测为国际领先”。

投资及运行效益分析

本项目所取得技术成果未来还可以继续推广到更广泛的工业应用领域，在包括高档数控机床的进给、主轴驱动、工业设备中的各类通用、专用高性能运动控制、工业机器人控制等领域取代国外高端伺服。另外，本项目所取得的技术成果还可以应用于航空、航天、国防领域的一系列重要装备中，包括航天器姿态控制、太阳能帆板驱动、火炮随动控制、雷达跟踪角度控制、航天摄像头摆动控制等系统，这一领域对高精度伺服具有迫切的国产化需求。

通过清华大学与相关企业的合作研发，技术成果已应用于实际的交流伺服系统产品中，显著地提高了伺服系统的控制精度、动态性能和可靠性，并在宽范围内改善了系统的调速能力。目前已创造产值超过 5.5 亿元人民币，新增利润超过 1 亿元人民币。为我国伺服技术走向高端应用提供了重要的技术支撑，并为国防和航空航天领域采用自主知识产权的高精度伺服系统提供了保障。

工程案例介绍

该成果已在东菱技术、和利时电机等多家企业的伺服产品中得到了应用，部分取代了进口产品，取得了显著的经济和社会效益。

技术名称

高密度三维系统级封装的关键技术

技术依托单位

中国科学院微电子研究所

适用范围

集成电路制造

技术内容

研究三维系统级封装的关键技术，重点突破基于 TSV 的多芯片叠层三维封装和基于埋入器件基板的系统级封装等技术，解决高密度三维系统级封装面临的设计、测试和可靠性等新问题，形成满足产业发展需求的系统级封装技术；突破制约我国先进微电子产品封装的技术瓶颈，赶上世界封装技术的先进水平，并在一些方面领先。实现具有较完整技术体系的自主知识产权布局，打破国外技术封锁和壁垒，为我国封装产业下一代产品提供成套技术，推动产业由制造加工向自主创新转变；培养一支先进封装的研究队伍，提高整体研究水平；构建切实有效的“产学研用”联合研究机制，并建成面向全国封装行业的先进集成电路封装前瞻性技术研发公共平台。

投资及运行效益分析

本项目的实施，一部分技术实现了成果转化，如新材料工艺任务中的埋容材料已进入企业试用，硅基板工艺中部分技术实现了企业试用。随着本项目的实施，先进封装在电子行业得到了广泛认知。本项目发起的 TSV 技术攻关联合体集合了高校研究所以及企业的力量共同研发，在业内产生了积极的影响。

工程案例介绍

长电科技采用了本项目设计的系统级封装仿真顾问软件，有效的帮助解决了工艺窗口和合适的模塑工艺条件及过去低成本率的原因。上海飞恩微电子采用热机可靠性测试平台对汽车电子器件进气温度压力系统、歧管绝对压力系统、变速压力传

感系统及双腔体塑封压力传感器进行了测试。昆山西钛试用高速测试平台将微焊球高度测试由原先手动测量升级为全自动测量。TSD 软件以设计、建模等方面的咨询服务形式为企业服务。

技术名称

随钻声波测井关键技术及实验样机研发

技术依托单位

中国科学院声学研究所

适用范围

油田勘探与开发

技术内容

(1) 课题来源与背景：随钻声波测井技术在我国油田勘探与开发，特别是在非常规油气藏的水平井钻井测井中有着重大需求。她可以实时评价地层岩性和孔隙性，进行地层孔隙压力异常预测，给出岩石力学参数，为钻井施工安全提供决策依据。在我国该项技术与装备属于技术空白，一直被对国外油田技术服务公司长期垄断。

(2) 技术原理及性能指标：随钻声波测井基本测量原理主要是由发射换能器产生声波，经过钻井泥浆进入地层，在地层中传播，再由接收换能器组合通过泥浆接收到包含地层信息的压力信号。然后通过数字处理的方法，分析和提取地层信息。存储式单极子随钻声波测井实验样机主要包括发射换能器 1 只、接收换能器 4 只、隔声体 1 个、电池插件 1 个、发射电路插件 1 个、数据采集与处理电路插件 1 个。仪器主要性能指标：最高耐温 150℃，最高耐压 100 MPa，工作频率 10-15 kHz。

(3) 技术的创造性与先进性：仪器核心部件如换能器技术获得发明专利 1 项，申请在审 1 项，机械结构短节测量装置获得获得实用新型专利 3 项；在我国较早地获得了随钻声波测井实际资料，填补了国内空白。

(4) 技术的成熟程度，适用范围和安全性：目前该项技术处在工程应用示范阶段。

(5) 应用情况及存在的问题：该项技术已经在我国某油田完成了三口井的测试检验，最大井深 1250 米，承受住了井下连续工作 72 小时、耐高温、耐高压、强震动和泥浆冲蚀等恶劣环境考验，并且能在井下存在钻柱系统的振动与冲击的实时钻

进过程中依然可以正常工作。在我国，我们较早地获取了第一手的随钻声波测井资料，目前处于国内领先水平，具有较强的应用前景。

(6)历年获奖情况：“随钻声波测井关键技术及实验样机研发”项目曾获得 2015 年度中国科学院声学研究所“科研项目重大进展奖”。

主要技术指标

仪器主要性能指标：最高耐温 150℃，最高耐压 100 MPa，工作频率 10-15 kHz。

投资及运行效益分析

由于国内石油公司对随钻声波测井技术存在着迫切需求，势必会加速推动该成果的应用示范与成果转化，这将节省钻井成本，应用前景十分广阔。

在随钻声波测井实验样机工程化推广应用方面，可以利用中科院声学所与中石油、中石化等石油技术服务公司已经建立起来的良好战略合作关系，加大样机应用示范进度和应用范围，不断积累现场试验经验，优化样机性能，为样机产业化奠定坚实的物理技术基础和技术支撑。

工程案例介绍

该项技术已经在我国某油田完成了三口井的测试检验，最大井深 1250 米，承受住了井下连续工作 72 小时、耐高温、耐高压、强震动和泥浆冲蚀等恶劣环境考验，并且能在井下存在钻柱系统的振动与冲击的实时钻进过程中依然可以正常工作。

技术名称

基于多物理场永磁电机系统强迫换热关键技术与应用

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

永磁同步电动机

技术内容

目前，在我国工业部门能源效率水平偏低，且耗电比重很大，达到“十一五”规划要求单位国内生产总值能耗降低 20%的目标难度较大，研发科技含量高、节能高效的动力设备成为重要发展趋势。项目提出了一种带有新型通风系统的实心转子永磁自起动电动机，起动转矩高、起动电流低、运行效率高、温升高，并且能够直接对现有的普通感应电机进行改造。重点研究了转子旋转复杂效应对电机内流体流动状态、散热系数和温度场影响机理及永磁体特性对电机性能、涡流分布以及由涡流引起温度变化对永磁体内部的影响关系。实心转子永磁同步电动机具有良好的节能效果和起动性能，它的开发不仅填补国内外的空白，加速我国重大技术装备自主研发的进程，更重要的是能够节约大量能源，促进企业节能降耗的顺利实施，带来巨大的经济和社会效益。

与普通永磁同步电机相比，本项目研制的实心转子永磁同步电机具有自起动能力，不用外加辅助设备：起动转矩高，适于重载起动；转子机械强度高，适用于高速甚至超高速运行。其定子结构与普通感应电机结构基本相同，转子采用实心体开槽嵌放永磁体的结构，易于加工和装配，并且能够直接对现有的普通感应电机进行改造。实心转子永磁同步电动机具有良好的节能效果和起动性能，它的开发不仅可以填补国内外的空白，加速我国重大技术装备自主研发的进程，更重要的是能够节约大量能源，促进企业节能降耗的顺利实施，带来巨大的经济和社会效益。

主要技术指标

样机 315kW、6kV、6 极、运行效率 94.5%、功率因数 0.97、综合节电率 10%

投资及运行效益分析

本项目提出的大功率高压永磁同步电机具有自起动能力，不须外加辅助设备；起动转矩高，起动电流低，对电网冲击小，适于重载起动；转子机械强度高，适用于高速甚至超高速运行；易于加工和装配，并且能够直接对现有的普通感应电机进行改造；与普通感应电机相比，节能效果显著，将加速我国重大技术装备自主研发的进程，更重要的是能够节约大量能源，促进企业节能降耗的顺利实施，带来巨大的经济和社会效益。

全国电动机装机总容量已达 4 亿多千瓦，其中风机、水泵、压缩机装机总容量已超过 2 亿千瓦。电动机年耗电量达 12000 亿度，占全国总用电量的 60%，占工业用电量的 80%；而风机、水泵、压缩机的年耗电量达 8000 亿度，占总用电量的 40% 左右。风机和泵类产品是我国工业领域最主要的耗能设备之一，产品广泛应用于石油、化工、煤炭及矿产开采、电力、冶金、环保、城建等国民经济各领域。最新统计资料显示，从 2001-2003 年，在国家启动一大批重点工程和拉动内需政策的双重作用下，我国风机和泵类制造业进入高速增长期。近几年风机产量的年增幅平均超过 35%，2004 年全国风机产量超过 100 万台。而目前国内泵的保有量约 4000 万台，年产量超过 200 万台。与国外相比，风机的节电潜力为 20%~60%，水泵为 40%，压缩机为 20%。若按风机、水泵和压缩机总装机容量的 50% 进行节能改造，则可改造容量为 1 亿千瓦，其中 40% 为中高压电机，容量占 60%。若按电机平均出力 60%，年运行 4000 小时，平均节电率为 10%-30% 计算，则年节电潜力为 600 亿度，节能潜力巨大，市场前景广阔。

工程案例介绍

本项目研制的一台新型 315 千瓦高效永磁自起动电机在南京钢铁股份有限公司投入运行，代替原同功率感应电机，经过长时间运行性能可靠。工作运行现场测试表明综合节电率达 10%，年节电量达 136080 度，每年节约电费 70761 元。

技术名称

高温环境下热防护材料可视化在线测试技术与装置

技术依托单位

清华大学

适用范围

航天飞行器技术、光学、检测技术领域

技术内容

近空间高超声速飞行器在国防安全中占有举足轻重的战略地位，世界各国均把高超声速飞行器技术作为未来重点发展的研究方向。热防护材料及其关键部件是发展高超声速飞行器的核心问题之一，在高温复杂环境下对热防护材料的力学行为进行考核试验，是研究其可靠性最重要、最基本的技术手段。然而由于飞行器工作环境伴随着高温、氧化、烧蚀、冲刷以及化学反应等超常规的极端复杂条件，传统测试方法只能对比考核前后试件变化，无法在考核过程中确定试件失效机制，特别是缺少试验过程中对热防护材料表面图像信息的实时获取，国外发达国家更是对相关测试方法和基础测试装置长期封锁严格禁运，成为制约我国高超声速飞行器发展的重要技术瓶颈。

本项目在国家自然科学基金资助下，攻克了高温环境下热防护材料在线测试中的多项关键技术难点，创新发展了高温图像获取方法和图像处理技术，研制了大功率高温电弧风洞在线可视化测量装置，以及动、静态氧化烧蚀装置，实现了热防护材料的形貌、变形、烧蚀量和温度等关键信息的全场同步实时测量，相关技术与装置已在国内多家重点国防单位推广应用。

投资及运行效益分析

本项目解决了高温环境下热防护材料在线测试中的多项关键技术难题，获得了一系列自主知识产权，已在航天科工和航天科技集团等国内多家重点国防单位成功应用，获取了几类国防关键材料大型考核试验中的高品质在线信息，填补了国内多

项空白。

工程案例介绍

该项目成果已推广应用于国内多家重点国防单位，包括中国空气动力研究与发展中心（29 基地）超高速空气动力研究所、中国航天空气动力技术研究院（航天十一院）、航天科工集团第三总体设计部、中国航天科工集团四院四部、西安航天复合材料研究所（43 所）、北京动力机械研究所（31 所）、航天特种材料及工艺技术研究所（306 所）等。具体推广应用情况如下：

（1）中国空气动力研究与发展中心超高速空气动力研究所项目“高温复杂环境下在线可视化测量技术”，时间 2013.0-至今，联系人：杜百合/0816-2465176，应用该技术开展高温风洞地面考核试验研究，获取了高温下考核件形貌、氧化烧蚀、变形场等参数，为结构设计及材料性能改进提供关键数据支撑。

（2）中国航天空气动力技术研究院项目“高温复杂环境下在线可视化测量技术”，时间：2013-至今，联系人：陈连忠/18910680995，将该技术应用于高温风洞考核，动态获取高温风洞考核件的图形图像，计算高温下考核件形貌、氧化烧蚀、变形场等参数。

（3）中国航天科工集团第三总体设计部项目“基于图像识别技术的高温环境下结构缝隙测试技术”，时间：2011 年 9 月-12 月，应用于某热防护舱段静热试验，完成了石英灯辐射加热至 900℃，进行了热防护面板的缝隙宽度的连续变化测量。

（4）中国航天科工集团四院四部项目“基于图像识别技术的高温环境下结构缝隙测试技术”，时间：2013.1-至今，联系人：李金萍/18618158926，将该技术应用于弹头烧蚀外形的高温地面考核，动态获取高温等离子电弧风洞下考核件的高质量图形图像，得到高温环境下考核件形貌、氧化烧蚀、温度场等数据。

（5）西安航天复合材料研究所项目“基于图像识别技术的高温环境下结构缝隙测试技术”，时间：2012.1-至今，联系人：闫联生/13891977370，将该技术应用于从 C/C、C/SiC、超高温陶瓷等陶瓷基复合材料的高温性能考核，获取了氧化烧蚀形

貌、变形场等数据。

(6) 北京动力机械研究所 项目“热冲击与氧化烧蚀测试技术及装置”，时间：2011年1月-2011年9月，将该技术和装置应用于超燃冲压发动机燃烧室用CC-SiC和C/SiC类材料体系氧化烧蚀，对材料氧化、烧蚀过程进行实时观测记录。

(7) 航天特种材料及工艺技术研究所项目“热冲击与氧化烧蚀测试技术及装置”，时间：2011年1月-2011年9月，将该技术和装置应用在发动机燃烧室用C/SiC材料的氧化烧蚀试验研究，实时记录材料的氧化、烧蚀过程。

技术名称

大型铸件/铸锭成形过程宏微观模拟仿真与检测

技术依托单位

清华大学

适用范围

大型铸锻件的生产

技术内容

大型铸锻件是能源、矿山、冶金、海洋工程、国防等领域重大装备的重要基础零部件，是关系着国家经济发展和战略安全的重要产品。我国重大装备需要的大型铸钢件和大型锻件用钢锭的重量、尺寸、数量和质量不断创纪录。大型铸钢件和大型钢锭属于“极端制造”，其截面尺寸大，凝固时间长，铸态组织粗大，宏观偏析严重。而大型铸钢件和大型铸锭的制造工艺和缺陷控制主要依赖经验，因此存在产品质量不稳定、生产粗放、材料利用率低、生产效率低等问题，导致大型铸件、大型铸锭都难以满足我国重大工程项目建设的需求，长期以来是我国重大装备制造的瓶颈。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》也将极端环境下的制造科学列为未来5~15年优先发展的前沿方向之一。

针对大型铸钢件的特点，首次开发了大型铸钢件铸造和热处理全过程的宏微观模拟仿真技术，微观组织模型考虑了铸钢凝固及后续冷却及热处理加热、保温、冷却的相变全过程，结合实际生产考虑了工艺环节之间的关联性和微观组织的传承性。

针对大型钢锭及其材质的特点，首次建立了多元多相多场耦合的大型钢锭宏观偏析预测模型，考虑了多合金元素的交互影响、等轴晶沉降、凝固过程的收缩引起的钢水流动、实现了温度场和流场的耦合、液相、气相和固相的耦合，考虑了等轴晶的生长对流动的影响等因素；利用合理的反偏析，解决了600t级大型钢锭的宏观偏析预测问题和偏析控制问题。

铸件凝固后的冒口强制冷却思想，系国内外首次提出，创造性地提出将凝固过

程中起补缩通道和传热通道变为相反的冷却通道，从而实现铸件的均衡快速冷却，不仅显著提高冷却效率，更重要地是显著提高铸件的性能和显著降低铸件的应力水平，从而显著降低变形和冷裂倾向。

掌握了耐高温摄像头的关键参数，采用耐高温摄像头实现了钢水的直接观测，这以前没有，解决了铸造中几千年来睁着眼睛造型，闭着眼睛浇注的局面。同时改进了接触电极法，采用射频传递信号的方法，实现了铸件浇注充型界面前沿的到达时刻的追踪问题。

采用激光切割断面，然后叠加的方法实现了大型复杂铸件的精确水模拟，提高了模拟精度，真正实现了为铸件浇注系统工艺优化奠定基础。

建立了大型钢锭多包变成分浇注与凝固过程的多元多相耦合宏观偏析数学模型，开发了模拟软件，实现了大型钢锭 C、Si、S、Mn、Cr 等元素的宏观偏析预测，用于 500~600t 级大型钢锭，显著降低了偏析程度。

投资及运行效益分析

研究成果应用于中国一重、洛阳中重、哈电和共享铸钢等国家装备制造骨干企业的大型铸锻件的生产，如方家山、宁德等 1000MW 核电汽缸体、低压转子和压力容器锻件、汽缸体、向家坝水轮机导叶、矿山机械大型球磨机中空轴、冶金装备轧钢机大型支撑辊等关键大型铸件和锻件铸锭。指导了共享公司首个 1000MW 核电汽缸体铸件合格，已生产 20 件。该技术优化了铸造工艺及热处理工艺，控制了大型铸钢件的组织和性能、降低了残余应力，提高了生产效率，控制了钢锭的宏观偏析，缩短研发周期，显著提高了生产效率，降低成本。近三年取得经济效益 20 亿元。推动了我国在大型铸钢件和铸锭生产方面的进步，为我国核电等装备制造做出了贡献。

我国国民经济建设仍然处在高峰期，如 2020 年核电装机容量将达到 5800 万 kW，此外超超临界火电、水电开发、海洋工程等都快速发展，这些重大装备对关键铸件和锻件钢锭的需求不断创纪录，因此本技术在这些重大工程装备中将发挥更大的作用，具有广阔的应用前景。合作单位优先采用本项目的科研成果，其它单位可以采

用成果技术转让的方式。

工程案例介绍

研究成果应用于中国一重、洛阳中重、哈电和共享铸钢等国家装备制造骨干企业的大型铸锻件的生产，如方家山、宁德等 1000MW 核电汽缸体、低压转子和压力容器锻件、汽缸体、向家坝水轮机导叶、矿山机械大型球磨机中空轴、冶金装备轧钢机大型支撑辊等关键大型铸件和锻件铸锭。指导了共享公司首个 1000MW 核电汽缸体铸件合格，已生产 20 件。

技术名称

海洋动力环境（波、流、风）生成装备的研发

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

1、直接服务于海内外重大海洋工程建设，推动了行业进步；2. 应用于海洋溢油污染环境研究、防灾减灾研究；3. 应用于南海岛礁和军工装备；4. 应用国际合作、一带一路沿线国家、对外援助等。

技术内容

海洋动力环境（波、流、风）生成装备即是提供这样一个动力环境，以研究各种建筑物或运输工具模型与环境的作用情况。

海洋动力环境（波、流、风）生成装备是一个复杂的系统工程，需要多学科的交叉融合，包括机械学、先进制造技术、计算机技术、传感器技术、运动控制技术、伺服控制技术、工程材料学、港口航道与海岸工程、水工结构工程等。

投资及运行效益分析

1. 系统直接节约资金超过 3000 万元；2. 成果应用直接产生的经济效益（产值）超过 5 亿元；3. 为工程设计单位提供决策依据节约的资金巨大。

技术名称

海洋深水钻探关键技术创新及产业化

技术依托单位

中国石油大学（北京）

适用范围

海洋深水钻探

技术内容

随着浅海石油天然气资源勘探开发日益饱和，石油勘探开发已向深水进军。我国南海深水区面积占南海总面积的约 75%，油气地质资源量 300 亿吨油当量。近年来，南海深水油气资源已成为周边各国竞相争夺的目标，周边国家在我国南海中南部已钻探井 571 口、开发井 381 口，在深水区发现了相当规模的油气储量。我国深水钻井起步晚，南海深水油气钻探完全依靠国外，项目启动前，我国自主深水钻井技术处于空白，为了实施国家“推进海洋经济发展、维护国家海洋权益和建设海洋强国”重要战略，实现对南海深水油气资源的自主勘探开发具有重大战略意义。

深水油田开发钻井的费用占油田开发成本很大的比例，降低深水钻井的成本和风险，提高作业时效是深水钻井技术的发展方向。海洋深水钻探关键技术研究有利于提高钻井效率、作业安全。钻井船的日租金已达 50 万美元左右，如果作业周期减少 1 天，钻井工程综合费用就能节约近百万美元，如果能避免井下复杂情况的发生，就能减少数百万甚至上千万美元的损失，其成果的经济效益十分显著。因此，必须自主掌握全面的深海油气钻探工程设计技术，形成深海油气安全高效钻探与控制技术，并储备深水钻探关键技术研发人才队伍，形成和引领我国具有自主特色的深水油田开发钻井技术和深水油田开发钻井的能力，为安全高效地开发我国深水油气资源提供支撑。

从 2005 年起，中国石油大学（北京）联合国内科研院所和知名企业，在国家科技重大专项、国家 863 计划课题等强力支持下，经过十余年理论研究、模拟实验和

工程实践，突破了深水钻井关键技术，形成了一套具有自主知识产权的海洋深水钻探系列关键技术，主要创新成果如下：

1. 建立了我国的深海油气钻探工程设计技术体系。通过攻克深水浅部地层压力预测、深水井身结构及套管柱优化设计、深水救援井工程设计方法与压井技术、深水钻井液和水泥浆体系等诸多技术难题，掌握了深水钻井工程全套设计要素和方法，制定了我国深水钻井设计标准、作业规程和技术指南，并在自营深水钻井项目中获成功应用。

2. 建立了一套完善的深海油气安全高效钻探与控制技术。克服传统轴向静力设计方法不足，以静力设计与动力校核相结合，建立了深水无隔水管送入管柱的强度设计与校核方法；形成了表层导管和深水钻井隔水管的安全高效作业技术；突破了基于流体动力学的全尺寸隔水管涡激振动(VIV)分析技术，最终形成了一套深水安全高效钻探与控制技术。

3. 创建了深海油气工程技术创新与人才培养基地。针对深水钻井面临的技术难题和挑战，开展了深水安全高效钻井基础问题和关键技术研究，核心技术自主知识产权化；建立了海洋工程研究院、中巴深海技术联合研究院、深水工程技术研究中心等 10 余家海洋技术研究机构或实验室，先后培养了 200 余名硕士、博士等一批深海钻井科学研究与技术研发队伍，成为了我国深海油气工程的人才培养基地，自主研发深水管柱力学模拟实验系统、深水高压仓模式装置、深水钻井液与水泥浆低温高压实验系统等 12 套深水钻井实验装置与设备，建立起“产学研用”一体化技术创新平台。

投资及运行效益分析

该项目成果已在我国南海及海外（尼日利亚、赤道几内亚、刚果（布））27 口深水或超深水钻井中得以成功应用，钻成了水深达 2451 米的 LW21-1-1 井，创造了西太平洋钻井水深记录，创造直接经济效益 20 多亿元。未来 10 年，我国将有 30 多个深水油气区块进行勘探开发，该项目具有良好的推广应用前景。

工程案例介绍

项目成果在我国南海及海外（尼日利亚、赤道几内亚、刚果（布））27口深水或超深水钻井中得以成功应用，钻成了水深达 2451 米的 LW21-1-1 井，创造了西太平洋钻井水深记录。

技术名称

人工影响天气地基、机载监测装备

技术依托单位

中国兵器科学研究院

适用范围

人工影响天气、大气探测等

技术内容

本成果包括 MWP967KV 型地基多通道微波辐射计（以下简称辐射计）、XDP937S 双偏振多普勒天气雷达（以下简称双偏振雷达）和 ZBT-LC-01 型机载激光云粒子探测仪（以下简称云粒子探测仪）三套仪器。微波辐射计具备温度及湿度多通道复合大气微波辐射接收能力，自动化实时计算顶空大气温度、湿度、云水分布以及水汽、液态水含量等多种大气参数，同时还能监测工作现场的温度、湿度、气压、降水等气象要素以及设备工作状态信息，并采用全中文、图形化综合处理终端实时记录、显示和回放。双偏振雷达不但能够像常规多普勒天气雷达一样观测到云的强度、速度、谱宽数据，还具备独特的双偏振功能，可准确识别出云中粒子相态，例如雨、雪、冰雹粒子等，从而可以准确定位作业点，提高人工影响天气的作业效率。云粒子探测仪采用脉冲激光探测原理，利用粒子对激光的米氏前向散射，实现对粒子大小和分布的测量。工作时，云粒子在探测区域内穿过激光发生散射，散射光被引导到两个相互垂直放置的探测器中进行对比探测。根据散射功率，可以计算出云粒子的大小，并实现云粒子尺度分布统计。

技术的创造性与先进性：

(1) 通过设计偏馈抛物反射面、圆波纹馈源分离的框架结构，成功研制了小型化宽带双毫米波段复合天线组件，在国内首次实现了单机一体化综合探测大气温度、水汽、云水辐射信号的多通道微波辐射计；采用 BP 神经网络方法，结合历史探空资料构造 BP 神经网络训练样本集，进行循环神经网络训练并获得能够反演大气廓线系

数矩阵，实现大气辐射亮温反演大气参数算法，使辐射计具备实时探测大气温湿度廓线和液态水的能力：

(2) 创新了绝对标定和相对标定相结合的多重复合标定方法，在国内首次实现毫米波宽带双频段多通道微波辐射计实时自动高精度标定：

(3) 利用独立发射信号处理通道，实时监测和补偿发射脉冲的功率和相位波动，并通过采用多阶调频函数多项式计算法设计超低距离副瓣（小于-60dB）非线性调频脉冲，在气象反射率梯度变化较大的区域仍实现较好的测量精度，使小功率固态发射技术在国内首次得以实现：

(4) 使用相位编码解距离二次模糊时，将不希望的多次回波处理成噪声，再通过二次滤波将回波噪声滤除，保持了系统噪声稳定和测量信号的稳定与精确，使国内双偏振气象雷达的监测精度达到国际先进水平。

(5) 采用耦合半导体激光器为光源，非球面镜整形技术，显微成像光学方式优化景深，并利用正交比对技术进行景深限定，保证了系统的分辨率和测量精度：

(6) 采用阈值限定、脉冲波重构的数据处理方法，保证了高空、高速环境下数据处理的实时性和准确性：采用自动温控高透光率窗口导热膜技术实现除防冰装置，既降低了功耗，又简化了结构。

主要技术指标

微波辐射计

频段：22~30GHz，51~59GHz，大气探测通道：35 通道，探测大气要素：温度、湿度廓线、液态水含量，大气探测范围：天顶方向对流云，亮温分辨率：0.1~1K，亮温测量精度：0.5K。

双偏振雷达

工作频率：9370MHz，波束宽度：1°，天线副瓣：≤-27dB，极化隔离度：35dB，极化方向图差异：20dB 以内<0.1°，发射脉冲峰值功率：200W，脉冲压缩距离副瓣：<-50 dB。

云粒子探测仪

粒子尺寸范围：2~50 μm , 景深： $\leq 3\text{mm}$, 光束宽度： $\leq 0.3\text{mm}$, 功能：探测粒子分布、计算相应参数, 功耗： $\leq 200\text{W}$, 工作空速范围：10~200m/s, 温度： $-40\sim 40^{\circ}\text{C}$, 高度：0~6000m, 湿度：0~100%

投资及运行效益分析

大气观测及天气监测装备可为现代气象探测和人工影响天气提供精细的大气结构数据，对于人工影响天气作业效率的提升和大气物理的精细化研究非常必要。但是我国一直没有突破核心技术，因此自从本世纪初美国率先研制成功、形成产品以来，我国人工影响天气和研究机构都急切的想拥有这样的装备。尽管国家有关管理部门严格限制进口，近年来各研究机构仍然以各种名义进口了数十部整机，并且呈现不断扩大的态势。单纯依赖进口，不但成本高，不利于设备维护、功能升级以及业务推广应用，并且还会对国家气象安全产生不利影响。

人工影响天气地基、机载监测装备的成功研制，打破了国外对高端气象探测装备仪器在我国长期垄断的局面，已经迫使其价格在近两年来主动下调近百万元，可见这项工作帮助我国气象行业大幅降低了装备采购成本，产生了显著的经济效益和社会效益。

工程案例介绍

该项目的产品于2012年开始陆续在北京、吉林、河北、上海、云南、新疆等地气象行业开始了业务化应用，并在军方试验基地得到了应用，用户反应良好，创造了较好的经济和社会效益。

技术名称

SK 单组分聚脲研制及其在水利水电工程中的应用

技术依托单位

中国水利水电科学研究院

适用范围

水利水电工程

技术内容

项目组进行了专项试验研究，研制了性能优越的 SK 单组分聚脲，解决了水工混凝土建筑物出现的裂缝、渗漏、冻融剥蚀、冻胀、冲磨、空蚀、碳化等常见缺陷的修补难题，建立了从材料生产到施工工艺及质控方法的成套技术，成功应用于上百座水利水电工程，取得了良好的工程效果。SK 单组分聚脲具有性能优良、质量可控、施工简便、适用范围广等特点，已成功应用于上百座水利水电工程，具有广阔的应用前景。累计应用 SK 单组分聚脲超过 500 吨，直接销售额超过 5000 万元，直接经济效益 1 亿元以上；编制形成了行业施工规范，取得了 8 项专利技术，经济、社会效益显著。

投资及运行效益分析

项目成果已成功应用于混凝土坝表面防渗及耐久性防护、面板坝面板接缝表面防渗、混凝土结构伸缩缝表面防渗、输水管道承插接口表面防渗、泄洪建筑物抗冲磨防护、混凝土结构裂缝处理、输水建筑物耐久性防护及减糙处理等多个领域的上百座水利水电工程，累计使用 SK 单组分聚脲超过 500 吨，直接销售额超过 5000 万元，直接经济效益 1 亿元以上。

基于项目成果与工程实践，项目组牵头编写的《水电水利工程聚脲涂层施工技术规程》(DL/T 5317-2014) 已经颁布以及该成果已入选水利部《2015 年度水利先进实用技术重点推广指导目录》，为进一步推广 SK 单组分聚脲奠定了基础，在水工混凝土建筑物修补加固工程以及新建工程中具有广阔的应用前景。

工程案例介绍

SK 单组分聚脲具有性能优良、施工简便、适用范围广等特点，已成功应用于上百座水利水电工程。编制形成了行业施工规范，取得了 8 项专利技术，经济、社会效益显著，具有广阔的应用前景。

技术名称

高性能 H 桥级联型高压大容量变频调速系统

技术依托单位

清华大学

适用范围

高压电机变频系统节能技术

技术简介

本项目任务来源一是国家 863 计划课题“高效大容量电机驱动系统能量转换与关键控制技术”（2007AA05Z264），同时也包括与国内电力电子行业知名企业如北京凯奇、北京利德华福、广州智光、哈尔滨九洲电气、洛阳源创等公司横向合作项目的成果。

本项目属于高压大容量电机变频调速领域，主要研究包括高压大容量级联型电力电子变频器的高性能控制及其在电机变频调速节能领域的应用。

随着高压电机变频系统节能技术的快速推广和广泛应用，一方面传统的开环控制已经不能满足部分系统对性能的要求，需要采用高性能的控制算法。而无速度传感器的矢量控制是一种较好的解决方案，可以在不增加成本的前提下提高变频器的性能，使之适合要求快速转矩响应的场合。另一方面，对于需要频繁起制动的场合（如高速电梯、矿井提升机、大型龙门刨床等），电机制动能量全都消耗在制动电阻上，造成了大量的浪费，因此制动能量的高效回收利用对于进一步提高节能效果具有十分重要的意义。该项目以实际应用为目标，主要创新点如下：

（1）提出了一种用于 H 桥级联变频器无速度传感器控制的改进磁链观测模型，提高了磁链在动态变化情况下的计算精度；提出了一种基于改进电压模型的低速发电状态稳定措施，解决了低速发电状态磁链观测和转速辨识的不稳定问题。

（2）提出了一种新型四象限 H 桥级联型多电平变换器结构及控制方案，利用隔离变压器副边绕组漏电感作为 PWM 整流器的输入滤波电感，大大减小系统成本和体

积。提出了一种基于 PIR 调节器的电压电流双闭环控制系统，有效抑制了 H 桥直流电容电压波动。

(3) 提出了一类带储能单元的新型混合 H 桥级联型多电平逆变器及其储能单元电容电压平衡控制方法和能量管理策略，能有效地吸收电机制动能量加以利用。

主要技术指标

该项目研制的 H 桥级联型多电平变换器经测试，调速范围达到 100: 1，在 25Hz 及以上转速精度可达到万分之四，具有电容电压脉动小、电流谐波小、功率因数高等特点；并可实现电机制动能量的吸收再利用，减小了系统体积和成本。

投资及运行效益分析

本科技成果已经推广应用到很多需要大功率变频调速的场合，如风机、水泵、矿井提升和皮带传动等场合，节能效果非常明显，应用前景好。

工程案例介绍

课题组自 1998 年开始与国内知名高压变频企业如北京凯奇，北京利德华福、哈尔滨九洲电气、广州智光等陆续开展合作，通过技术开发和转让的形式提升了国内高压变频产品的技术水平，使之逐步达到国外知名品牌产品的性能。本项目开发的带储能单元的新型混合 H 桥级联型逆变器目前国内外还没有类似产品出现，与国内同类技术相比，本项目使用的开关器件数量更少，系统体积更小，成本更低，适合于电机制动能量回收的场合，具有较大的竞争力。

二、电气工程

技术名称

全固态锂电池石榴石型固体电解质的研制

技术依托单位

天津工业大学

适用范围

高比能量电动汽车动力电源、便携式小型电源。

技术内容

全固态锂离子电池具有能量密度高，运行温度范围宽，结构紧凑、规模可调、设计弹性大和安全性高等优点，是最有希望应用于电动汽车的储能系统之一。石榴石型固体电解质 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZO) 由于具有较高的锂离子电导率 ($10^{-4}\sim 10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$)，宽电化学窗口 (约为 6V) 和对锂金属负极相对稳定性等优点，非常有希望在电动汽车等领域得到重要运用。

本课题组通成功制备得到立方纯相的 LLZO 固体电解质材料，探究了烧结时间和温度对合成 LLZO 固体电解质材料的影响。所制备的 LLZO 固体电解质材料具有很高的致密性和较高的离子电导率，通过 XRD 表征其结构为立方纯相的石榴石结构。进一步探究了掺杂对 LLZO 固体电解质的影响。得到致密的掺杂 LLZO 固体电解质材料，电导率得到进一步提升。将 LLZG20 组装成全固态电池，实现了较高的充放电循环性能。

主要技术指标

LLZO 固体电解质室温电导率达到 $2 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ ，通过元素掺杂进一步提高了锂离子电导率。实验室组装全固态电池循环 300 次充放电电压无明显衰减。

投资及运行效益分析

谁掌握了动力电池，谁就掌握了新能源汽车。而在众多动力电池技术的研发中，固态锂电池被当成是下一个风口。毫无疑问，锂离子电池最近一个时期仍将是动力、

消费电子和中小规模储能的最好选择。而按照我国《节能与新能源汽车技术路线图》，到 2020 年，纯电动汽车动力电池的能量密度目标为 300Wh/kg，2025 年目标为 400Wh/kg，2030 年目标为 500Wh/kg。显然，不论是磷酸铁锂电池还是三元锂电池，都难堪此大任。全固态锂电池能量密度可达 500Wh/kg 以上，是当前锂离子电池的 2~3 倍，有望成为下一代高能量密度动力和储能电池技术的重要发展方向。除了安全性高、能量密度高之外，固态锂电池还具有循环寿命长（已报道的薄膜型全固态金属锂电池能够循环 45000 次）、工作温度范围宽（最高操作温度有望达到 300℃甚至更高）、电化学窗口宽（有可能达到 5V）、具备柔性优势（可以制备成薄膜电池和柔性电池）、回收方便（理论上没有废液，处理相对简单）等优势。日本丰田、韩国三星、德国大众等公司也先后拿出了电动车用全固态锂电池样机。

2016 年全球锂电池电芯产值达到 1850 亿元，根据 SPIR 预测，2020 年全球锂电池电芯产值将达到 3436 亿元。结构上看，消费电子类需求缓增长，新能源动力需求爆发增长带动产业快速发展，此外储能市场的巨大潜力正逐步释放。一旦固态电池的逐步推广应用，固态电池产业将充分享受市场红利，成为锂电行业的爆观点。**工程案例介绍**

1、丰田：丰田 2010 年就推出硫化物固态电池，2014 年其实验原型能量密度已达到 400Wh/kg。截止到 2017 年 2 月，丰田固态电池专利数量达到 30 件，远远高于其它企业。最近，丰田向美国递交了一份专利申请——20170179545。申请文件与丰田在固态电池上的工作有关。

2、三星：北京时间 6 月 30 日报道，韩国电池厂商三星 SDI 一名不具名高管表示，该公司未来 1-2 年内将能生产出固态电池，让智能手机彻底告别爆炸门。

3、LG：其实，三星并不是唯一一家对固态电池感兴趣的智能手机厂商，根据三星 SID 高管表示，三星的死对头 LG 化工也在进行固态电池技术的研发，并且也取得了不错的进度。

4、博世(BOSCH)：德国汽车零部件巨头博世(BOSCH)，2015 年收购美国电池公

司“Seeo”。博世和 Seeo 然后与日本著名的 GSYUASA (汤浅) 电池公司和三菱重工共同建立了新工厂，主攻固态阳极锂离子电池。

5、戴森 (James Dyson)：英国富豪詹姆斯-戴森 (James Dyson)，2015 年公司收购了固态电池企业 Sakti3，当时戴森曾表示将会投资近 10 亿美元大量生产固态电池。2016 年 8 月份戴森表示，会出资 14 亿美元，兴建一座电池工厂。业界认为，该工厂将担负量产固态电池的责任。

6、索尼：索尼公司 2014 年就全固体薄膜型二次电池的试制在学术期刊上发表了论文，在 2015 年 11 月 11 日开幕的“日本第 56 届电池讨论会”上发表了相关成果。

7、国内：目前国内多家企业已在固态电池研发上布局，如清陶能源、CATL、国珈星际等公司，分别在无机陶瓷固态电解，硫化物电解质、聚合物电解质等方面发力。

技术名称

智能变电站的理论、方法及工程应用

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

传统变电站的智能化改造

技术内容

项目主要将云计算技术，大数据技术和智能监控技术运用到传统变电站的智能化改造中，主要目标包括（1）实现了变电站的无人值守，使变电站运行更加安全；（2）通过用户侧的能量管理系统，可为企业制定科学的用电方案，节能降耗，从而产生大的经济效益；（3）对电气设备的运行，可以准确地提前预测故障，避免了设备突发性损坏引起的停电事故，社会效益明显。项目的总体思路是先构建云空间，包括用户云、控制云和调度云，来实现每个用户拥有多个变电站供电；通过智能监控收集数据，利用大数据技术进行数据的深层次挖掘，通过数学模型和规则进行故障预测，以此来避免停电事故的发生，从而达到提高电力系统可靠性的目的。

主要技术指标

1、基于新能源接入的云计算系统的分层结构；2、多代理智能协调控制技术；3、基于 CIM 数据模型的异构系统互操作性技术。

投资及运行效益分析

在应用过程中产生了巨大经济效益，其中直接经济效益高达 34 亿元，新增利税为 2.5 亿元；间接经济效益为 2.6 亿元。

工程案例介绍

目前已有用户天津石化公司、天津瑞能公司、天津海天量子公司、天津清能公司、北京德兰普科公司等知名企业，已建成智能变电站 121 座，应用效果得到用户广泛好评。

技术名称

大容量储能微网技术

技术依托单位

天津电气科学研究院有限公司、天津大学

适用范围

高耗能企业的节能降耗、城市微电网系统、弱电网或孤网地区

技术内容

本项目所构建的储能微电网系统，主要针对国内外电力不发达地区弱电网或者孤网情况下，利用储能加智能微电网技术对高能耗企业或者电能供需不平衡企业进行能耗管理，具有对负荷功率变化快速响应、电能质量治理、电网电压跌落动态恢复、并离网模式灵活切换、黑启动、满足用户定制化电力需求等诸多优点，可灵活实现工厂内微电网系统构建，从而优化区域内用电结构和供电方式，具有非常显著的应用推广前景。

主要技术指标

- (1) 工厂微电网系统运营平台；
- (2) 工厂综合能效管理系统平台；
- (3) 实现多机并联、离并网切换、黑启动技术、电压闪落补偿、快速负荷响应等技术；
- (4) 并网电流波形失真率（THD）小于 2.5%；
- (5) 离网电压精度小于 1%；
- (6) 离网电压畸变率小于 2%；
- (7) 满容量功率并离网切换时间小于 20ms。

投资及运行效益分析

本系统解决方案一方面可以实现削峰填谷降低电网负荷，可以减少高耗能企业的电费支出，优化高耗能企业的用电结构，实现节能降耗；另一方面由于平滑电力

需求和供应，可以减少企业自备电厂中发电机组调峰调频的压力，延长发电机组的寿命，同时可以优化区域内电力供应质量，减少因电力供应稳定性差带来的经济损失，具有显著的经济和社会效益。

工程案例介绍

预计今年将在印尼某钢铁厂正式上线应用，项目应用后每年预计可为该企业节省能耗 2000 万左右。

技术名称

三电平中压大功率变频器系列产品

技术依托单位

天津电气科学研究院有限公司

适用范围

冶金钢铁企业大功率调速系统以及船舶驱动、风力发电、矿井提升、轨道交通等领域，是一种非常重要的高端制造装备。

技术内容

基于 IGCT 的大功率三电平中压变频器装置,开展同步机算法开发、大功率三电平中压逆变器并联技术、实现冷轧应用; AFE 算法完善、应用; 中点电压控制算法开发, 以及工业试验电子开关柜开发及应用。满足冶金工艺相关技术需求。

关键技术主要包括: 电励磁凸极同步电机建模仿真、电励磁凸极同步电机矢量控制仿真、网侧特定谐波抑制算法研究、针对现场同步电机阻抗参数缺失时的调试方法等。其中, 在电网侧特定谐波抑制技术、逆变器电流环带宽扩展技术、针对现场同步电机阻抗参数缺失时的调试方法等技术方面具有创新。

主要技术指标

- (1) 控制对象为同步机或异步电机, 满足冷轧应用相关的技术指标。
- (2) 中点电压浮动 $\leq 5\%$, 在设备故障时, 可以安全断开故障设备, 实现有效隔离。
- (3) 功率等级 5MW~8MW 以上。网侧输入额定电压 3.3 kV, 网侧功率因数-1.0 到 1.0, 输出电压 0~3.3 kV, 单机额定输出电流 1.4 kA, 输出频率 0~75 Hz, 电流响应时间 5 ms, 速度响应时间 50 ms。

投资及运行效益分析

该技术可以替代西门子、ABB 等国外高端控制系统, 能够大幅度降低企业设备采购成本。同时由于采用变频调速技术, 可以降低企业控制系统能耗, 提高生产效

率。该技术同样可以应用在大功率风机泵类的控制方面，可实现对进口品牌的完全替代。仅在冶金行业，预计未来五年内产品年需求约 20-30 台，按公司现有相关产品市场占有率，保守估计年销售额可达 4000 万元、利润 1200 万元。同时项目成果将为系统集成业务提供产品支撑，提高工程项目收益。

工程案例介绍

今年在太钢进行应用，输出功率 8MW，替代西门子等国际品牌的变频调速产品。

技术名称

新一代电压源高压直流换流器关键技术及应用

技术依托单位

全球能源互联网研究院

适用范围

风力发电并网、孤岛供电、交流系统异步互联、分布式发电并网、多端直流输电以及城市配电网增容等诸多领域

技术内容

新一代直流输电是基于电压源换流器的新型输电技术（又称柔性直流输电），其运行灵活、可控性高、适应性好，是大规模可再生能源接纳和未来电网构建的重要手段，已成为国际电力领域前沿技术的研究热点。自 1999 年该技术出现到本项目立项之前，全球柔性直流输电工程由 ABB 公司独家垄断，但由于其采用两/三电平电压源换流技术路线，存在参数提升困难、运行损耗高等问题，导致世界范围内仅建成 6 个小容量的工程，不能满足规模日益增大的风电场接入等场合需求，技术发展和工程应用都遇到瓶颈。

本项目发展了基于模块化多电平换流的新一代直流换流技术路线。模块化多电平换流电路 2002 年由德国学者 R. Marquart 提出，通过对多个功率单元的实时独立控制来实现电力变换，具有容量扩展方便、运行损耗低等特点。该技术要在高压大容量柔性直流输电中应用，需解决大规模功率单元电力变换机理、调控与保护、系统设计与等效试验等难题，相应关键技术属国际空白。

本项目依托国家 973 计划等重大课题，历经 12 年自主创新，突破了新一代电压源直流换流的系列关键技术，取得主要技术发明点如下：

①针对多功率单元的电力变换机理及其调控问题，建立了大规模功率单元协同运行的外特性等效电路模型，揭示了其稳态能量传递差异机理、固有环流特性以及暂态能量转移规律；提出了基于多层能量均衡与损耗最优的稳态电压调制技术，使

换流器的环流分量低于 5%，系统损耗低于 1%：提出了快速配合暂态能量泄放与分流技术，实现了系统的 ms 级快速保护动作。解决了故障电流应力下，数千个功率单元的的稳定、高效与故障安全运行难题。

②针对多功率单元协同控制以及快速保护问题，提出了多目标优化脉冲分配算法，实现了数百功率单元间百 μ s 级动态行为的协同精确调控，电压不均衡度小于 5%：发明了全数字可变电阻阵列 IGBT 驱动技术，实现了对功率单元 ns 级动态特性的灵活调节，将 IGBT 开关电压过冲降低到 30%以下：发明了过电压阈值自适应保护以及分布式过流保护技术，解决了极端运行工况下（电流变化率 $6\text{kA}/\mu\text{s}$ ，电压变化率 $2\text{kV}/\mu\text{s}$ ），大规模功率单元可靠运行与快速保护难题。

③针对新型换流器研制及其复杂应力等效问题，发明了适用于千兆瓦级柔性直流输电系统的功率单元拓扑，研制出功率单元控制器、超低工作电压（2~3V）软保护晶闸管，以及动作时间为常规开关 1/50 的高速旁路开关等关键零部件，研制出世界首个 $\pm 320\text{kV}/1000\text{MW}$ 换流阀：提出了基于交直流功率循环和多源注入的试验电路拓扑，可精确再现高压大电流暂稳态复合应力，满足 $\pm 500\text{kV}/3000\text{MW}$ 换流装备试验要求。

基于项目成果完成世界上首个模块化多电平电压源直流风电场并网工程，被作为典型案例列入国际大电网会议组织(CIGRE)导则。研发出世界首个 $\pm 320\text{kV}/1000\text{MW}$ 直流换流设备，应用于厦门工程。实现产值 15 亿元。项目成果推广应用于 Shetland 等欧洲电压源直流输电工程设计。因该技术的显著优势，目前世界范围内新建的电压源直流输电工程已全部采用了该技术路线，并正在向电机变频驱动、大功率电源、风机变流器等领域拓展。

主要技术指标

实现了数百功率单元间百 μ s 级动态行为的协同精确调控，电压不均衡度小于 5%：发明了全数字可变电阻阵列 IGBT 驱动技术，实现了对功率单元 ns 级动态特性的灵活调节，将 IGBT 开关电压过冲降低到 30%以下：发明了过电压阈值自适应保护

以及分布式过流保护技术，解决了极端运行工况下（电流变化率 $6\text{kA}/\mu\text{s}$ ，电压变化率 $2\text{kV}/\mu\text{s}$ ），大规模功率单元可靠运行与快速保护难题。

完成了世界首套全功率交换式可关断器件阀成套试验装置研制。阀模块稳态运行试验装置最高电压 20kV 、峰值电流 2kA ；短路电流试验装置最高电压 40kV 、峰值电流 25kA ；过电流关断试验装置最大 di/dt 达到 $12\text{kA}/\mu\text{s}$ 、最大 dv/dt 达到 $4\text{kV}/\mu\text{s}$ 。

投资及运行效益分析

我国是世界上海岛最多的国家之一，海上风能资源主要分布于东部沿海地区；另一方面，部分边远岛屿电网孤立分散，很多岛屿虽风力资源丰富，但是目前仍需采用柴油机组发电，设备陈旧、能耗大、成本高，经济效益与供电可靠性均较差，影响海岛的经济发展。为了逐步实现岛屿间联网，实行集中统一供电，提高经济性和可靠性，需要将柔性直流输电技术用于海洋岛屿供电与联网，可有效解决上述供电可靠性低、风电并网困难、电能质量差等问题。

在城市供电方面，随着我国大中型城市用电负荷的迅猛增长，原有架空配电网的输电容量已不能满足用电负荷需求，输电走廊用地紧张，采用柔性直流输电技术是解决巨型大型城市供电的最优技术方案，未来有可能成为城市电网增容的唯一环保、高效和可靠方案。

综上分析，电压源高压直流换流器的研制成功，突破了我国在高压大容量柔性直流输电技术应用的关键瓶颈。为大范围推广柔性直流输电技术在大型城市供电、大型风电并网和孤岛供电等领域的应用，推动高压大容量柔性直流输电工程的建设 and 应用奠定了坚实基础。具有良好的经济和社会效益。

技术名称

气动式超大型爆炸冲击响应谱模拟试验系统的研制与应用

技术依托单位

北京卫星环境工程研究所

适用范围

航天器地面试验验证，以及导弹、武器、航空、船舶、电子等行业

技术内容

随着航天器的发展，冲击环境越来越严酷，如二代导航卫星单击设备冲击量级超过 7000g，某遥感卫星对组件的冲击要求超过 9000g，部分单机产品重量超过 100kg，传统的摆锤冲击系统最大负载 50kg 时最大冲击试验量级 1000g 无法满足航天发展的需求。本项目旨在研制开发一种能够满足大型产品、高量级冲击响应谱试验的设备，解决了大质量、大尺寸航天器产品高量级冲击环境适应性缺乏有效验证手段的技术瓶颈，为航天器及其部组件（如导航天馈系统、航天员出舱服等）的地面环境试验提供验证手段。

本项目的创新点包括：

（1）攻克了大质量负载下冲击谱失真、高量级瞬态冲击窄脉宽控制、高速撞击锤头失稳控制等关键技术，国内首次研制了航天器产品超大型高量级爆炸冲击响应谱模拟试验装置。

（2）基于空气炮理论、碰撞理论和能量守恒定律，首次给出了航天器高量级爆炸冲击响应谱模拟试验系统的设计方法，克服了传统摆锤冲击无法实现高量级、宽频带冲击谱模拟的缺陷。

（3）首次提出了基于气动控制的双锤头撞击设计方法、双冲击气缸压力自动控制方法、冲击锤自适应复位方法，成功解决了大型冲击台台面响应均匀性控制、高速碰撞下结构强度设计、响应板高速瞬态防二次撞击的关键技术难题，有效提高了大量级冲击响应谱的模拟精度。

(4) 首次提出使用台面缓冲气缸代替传统的限位装置，解决了高速冲击下台面的限位技术难点；攻克了大负载条件下，大尺寸台面的快速复位技术，实现了限位、复位及阻尼效应一体化技术，极大提升了高量级冲击试验系统的安全性和工作效率。

本项目已经应用在空间站舱外航天服、嫦娥五号月面探测器水升华器、北斗导航换热管路组件、卫星导航天馈系统等产品的冲击响应谱试验上；严酷的冲击环境不仅是航天产品环境试验要求，在导弹武器、航空、船舶、电子等行业，对于冲击响应谱试验需求量也很高。该系统紧跟地面验证试验的发展趋势，有广阔的应用前景，每年完成各个型号百余件产品的冲击响应谱试验，为我国航天器总体设计提供了可靠性设计依据。

该项目总体性能达到国际先进水平，其中台面尺寸、负载能力和冲击响应谱模拟能力达到国际领先水平，在社会效益上立足于国防，服务于地方；具有较大的投入产出比，解决国内技术瓶颈，打破国外技术封锁和经济垄断。

主要技术指标

国内首次研制了航天器产品超大型高量级爆炸冲击响应谱模拟试验装置，实现了响应板尺寸 1.25m×1.25m、空载冲击量级 10000g、负载 200kg 冲击量级超过 5000g 的爆炸冲击环境模拟

投资及运行效益分析

气动式超大型爆炸冲击响应谱模拟试验系统的研制，解决了大尺寸、大质量航天器产品缺乏准确模拟高量级爆炸冲击技术难题，提高了我国航天器产品冲击响应谱模拟技术的总体水平，为我国航天器研制奠定了坚实基础。在多个型号上成果应用，在导弹武器、航空、船舶、电子、汽车等行业有着广泛的应用前景，具有重大社会、经济和军事效益。

工程案例介绍

典型成功应用如下：

- (1) 6906 科技有限公司研制的卫星导航天馈系统 8000g 冲击响应谱试验；

(2) 北京空间机电研究所研制的某型号环路热管组件，尺寸为约 1250mm×968mm，冲击量级大于 9263g，冲击频率范围 100~10kHz ；

(3) 中国空间技术研究院总体部研制的 1175（长）×1040mm（宽），组合体重约 150kg 的嫦娥五号水升华器的冲击响应谱试验；

(4) 63919 部队研制的 1100mm×1000mm 空间舱外航天服（组合体重 600kg）冲击响应谱试验。

技术名称

1000kV 特高压交流输电线路电磁环境关键参数研究

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

特高压交流输电

技术内容

我国特高压试验示范工程投入运行近三年,是世界电力发展史上的重要里程碑:同时随着我国人民生活水平的提高和环保意识的加强,特高压电磁环境与电磁兼容问题已成为特高压输变电工程设计中重点考虑的关键因素,在线路路径选择、导线选型、杆塔设计、民房拆迁等工作已成为决定性的控制因素,对于工程造价、及未来运行的可靠性具有重要的影响。尽管在特高压工程前期研究中,开展了大量研究,取得了一系列成果,但是国内外都没有特高压输变电系统运行的实际经验,在前期研究中采用理论计算和模拟试验所取得研究成果的准确性,所采用的一系列先进技术的适用性、有效性如何,还必须在第一条特高压线路投运后进行检验,对前期计算模型进行校核与改进,对未来大规模特高压电网建设提供更加准确的设计工具。

主要技术指标

1、通过对 1000kV 特高压交流输电工程附近的电磁环境进行普查,对获取的数据进行统计学分析,全面获得 1000kV 特高压交流输电工程实际水平;

2、利用上述长期积累的数据,与目前特高压线路可听噪声和无线电干扰采用的预测方法比较差异,对准确性进行评估,并通过改变不同关键影响因素,利用最小二乘拟合及多元回归分析理论提出对特高压可听噪声和无线电干扰进行简化及修正的方法。

3、以沿线典型的档距及环境敏感点电视干扰(TVI)的大量图像调查及实测数据为基础,初步获得了沿线 TVI 的有源、无源影响程度及水平,并通过分析提出了

TVI 的防护措施。

投资及运行效益分析

本成果已为相关电力设计院、环保部门及国家电网公司特高压建设部门所采用，在我国特高压交流后续单、双回路设计建设过程中发挥了重要作用。对于后续多项特高压交流输变电工程线路型式及结构设计、电磁环境数据管理、线路路径选择等具有指导意义。

1) 本成果为全面掌握我国特高压交流输变电工程电磁环境实际状况提供了充分的数据对于监管特高压沿线电磁环境水平提供了高效的记录、查询、管理的手段：

2) 提出的可听噪声与无线电干扰预测、修正方法具有独立自主知识产权，是经过实际线路验证的符合我国特高压交流线路特点的计算方法：

3) 在短波测向台影响干扰方面，对于推动解决特高压交流线路与测向系统间电磁兼容问题起到了促进作用：

4) 在对电视画面干扰方面，得到的成果为今后深化研究解决与广播电视系统间电磁兼容问题提供了重要的数据图像资料及一系列新的观点和思路。

5) 对前期设计可靠性具有重大的验证意义与作用：为后续特高压交流工程的建设提供了一系列的新成果，研究中发现的需要继续深入问题为后续特高压电磁环境与电磁兼容问题提供了研究思路与方向。

工程案例介绍

本成果已在相关电力设计院、环保系统和电力建设管理部门投入使用，节约了工程建设和后期维护成本；对于后续多项特高压交流输变电工程线路设计、电磁环境技术管理和线路路径选择等具有指导意义。

技术名称

电力系统动态同步相量量测技术及其应用

技术依托单位

华北电力大学

适用范围

电网控制保护

技术内容

电力系统受到扰动后的动态过程中，缺乏有效的全局动态过程监测手段、继电保护装置仅依靠本地信息按照预设定值动作是引发大停电的两大直接原因。以历史上影响最大的停电事故为例，从故障发生到最终系统崩溃历经一个多小时，正是由于没有完善的动态过程监测和保护系统，运行人员在事故面前束手无策，结果是造成损失超过 6000 万千瓦负荷、停电范围 9300 平方英里，震惊全世界的 814 美加大停电。我国已建成世界上规模最大、电压等级最高的复杂交直流互联电网，其面临的系统安全问题更加严峻，突破电力系统动态过程精确量测技术，发展新的系统级保护成为亟待解决的问题。

在国家 973 计划、自然科学基金等项目支持下，项目团队历经 12 年攻关，将同步相量量测技术推进到电力系统动态过程，提升了动态相量量测精度，构建了广域保护系统，取得主要发明点如下：

1、发明了电力系统动态过程高精度相量量测方法。针对系统动态过程电气量频带宽、幅值变化大、相量参数随时间非线性变化的特征，提出了电气量有效量测频带提取方法，发明了基于动态相量模型的高精度相量量测方法，研制了高精度相量量测装置，解决了动态过程复杂电气量高精度相量量测与计算时延矛盾的难题，实现了实际系统动态过程的快速准确跟踪，为电网系统级保护提供了量测数据源。

2、发明了相量量测装置动态测试技术。如何校准和测试相量量测装置是其能否投入运行的关键与难点问题，建立了装置量测性能评估方法与指标体系，为装置测

试提供了评价依据；提出了标准动态信号产生及其延时自适应补偿方法，研制了基于标准信号源的离线动态测试系统；发明了非线性拟合相量计算方法，能够在不同动态过程中提供基准量测相量，研制了基于高精度校准器的在线动态校准系统。上述系统均已用于实际相量量测装置检测。

3、发明了基于系统运行模型和参数特征的故障元件定位方法与关联域保护。针对现有保护强依赖预设值，难以适应电网拓扑及运行方式动态变化、易引发系统性事故的问题，发明了运行参数在线自适应抗差辨识方法，提出了基于电网实时开关信息和电气量分布规律双重约束的分层、分布式拓扑分析方法，实现了系统参数和拓扑的快速在线精准识别；提出了保护关联域划分方法和基于故障分量信息的故障域界定方法，发明了基于故障数据和电网模型异变特征的故障元件定位方法。该保护系统无需定值配合，不受振荡和过负荷影响。

项目申请发明专利 57 项，获授权发明专利 20 项；国际发明 PCT 专利 1 项；发表 SCI 论文 16 篇，EI 论文 80 篇，SCI 累计引用 275 次，在 CNKI 中被引用 906 次，Google 学术中被引用 1015 次；执笔修订国网企业标准 2 项，出版译著 1 部。

研制的相量量测装置幅值误差 $\leq 0.022\%$ ，相角误差 $\leq 0.027^\circ$ ，频率误差 $\leq 0.0028\text{Hz}$ ，远高于国内外标准要求。研发的动态测试系统已被国家电网公司用作 PMU 入网认定的检测工具。上述技术已应用于北京四方继保、南瑞科技等 7 个厂家的产品，市场占有率 90%。研发的关联域保护已在广东、湖北、贵州等电网应用。直接经济效益超过 2 亿元，间接经济和社会效益显著。

教育部组织的科技成果鉴定会认为“整体处于国际先进水平，在电力系统机电暂态高精度相量量测方法、基于非线性拟合相量计算方法的高精度校准器方面处于国际领先水平”。

主要技术指标

研制的相量量测装置幅值误差 $\leq 0.022\%$ ，相角误差 $\leq 0.027^\circ$ ，频率误差 $\leq 0.0028\text{Hz}$ ，远高于国内外标准要求。

投资及运行效益分析

研发的动态测试系统已被国家电网公司用作 PMU 入网认定的检测工具。上述技术已应用于北京四方继保、南瑞科技等 7 个厂家的产品，市场占有率 90%。研发的关联域保护已在广东、湖北、贵州等电网应用。直接经济效益超过 2 亿元，间接经济和社会效益显著。

工程案例介绍

本技术已应用于北京四方继保、南瑞科技等 7 个厂家的产品，市场占有率 90%。研发的关联域保护已在广东、湖北、贵州等电网应用。

技术名称

特高压 GIS 变电站特快速瞬态过电压特性与抑制技术及其应用

技术依托单位

华北电力大学

适用范围

高压高频过电压测量和监测领域

技术内容

本成果属于电气工程学科，涉及高电压与绝缘技术、电力系统及其自动化等专业。

气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)变电站中，隔离开关操作时断口的重复放电，会产生特快速瞬态过电压(VFTO)，其幅值高(可达3p.u.)、波前时间短(ns级)、频带宽(准直流至百MHz)、脉冲多(达数十次)。VFTO会引发GIS和变压器的绝缘损坏，使瞬态外壳电位升高(TEV)，损坏GIS外壳上的监控系统，TEV和电磁辐射还会干扰二次系统正常工作。国内外330kV及以上变电站曾发生多起VFTO引发的GIS和变压器绝缘损坏事故。特高压变电站(1000kV)都采用GIS，VFTO出现频度更高，由于设备绝缘与VFTO之间裕度减小，VFTO影响更加突出，防护更为迫切。由于在国际上没有可以借鉴的特高压VFTO特性和有效的抑制方法，导致我国特高压交流试验示范工程面临隔离开关不能带电操作、隔离开关中大量安装阻尼电阻带来造价高和长期运行可靠性低、以及今后的特高压工程GIS应如何设计等三大难题。本项目在国家973计划、国家电网公司系列重大项目支持下，历时6年，获得了特高压VFTO和TEV特性，提出了VFTO和TEV的全过程精细仿真方法，发明了有效的抑制技术，研发了GIS新产品，解决了上述难题。主要自主创新成果如下：(1)提出了超宽频带特高压VFTO测量方法，研制出超宽频带(0.06Hz-432MHz)电容分压测量系统。通过抑制寄生参数的影响，实现了高频瞬态特性的测量；研制的宽频带集成阻抗变换器，将低频测量性能拓展到准直流，突破了VFTO超宽频带准确测量的

瓶颈。

(2) 获得了 VFTO 和 TEV 在特高压 GIS 的时空分布规律和特性，提出了特高压 VFTO 和 TEV 的典型波形特征参数，为 VFTO 和 TEV 的仿真和抑制奠定了基础。

(3) 揭示了 GIS 隔离开关高频电弧电阻的双指数时变规律，提出了 VFTO 自适应变步长的全过程精细仿真方法以及 VFTO 与 TEV 联合仿真方法。与国外模型相比，VFTO 仿真幅值误差从 15%降低到 7%、高频振荡衰减常数误差从 60%降低到 10%，TEV 幅值仿真相对误差在 20%之内。

(4) 提出了特高压 GIS 隔离开关差异性绝缘配合的新方法，否决了日本东芝公司提出的 GIS 所有隔离开关全面加装阻尼电阻的方案。仅在 GIS 设备可能引发 VFTO 高幅值的隔离开关处装设阻尼电阻，在一些特高压变电站中，GIS 采用低位布置形式，隔离开关采用低速模式，取消了价格昂贵的阻尼电阻。

投资及运行效益分析

研究成果已应用于多项超/特高压工程，提高了 GIS 变电站应对 VFTO 的安全性，节约工程投资逾亿元，新产品新增产值 18.09 亿元，具有显著的社会和经济效益。

工程案例介绍

本项目已应用于四个特高压工程及一个 750kV 工程，并将继续应用于我国后续的超、特高压工程。本项目使特高压 GIS 隔离开关从不敢带电操作到常规带电操作，大幅度减少了因不带电操作而停电造成的经济损失。应用 2 年半以来，工程中未发生过 VFTO 引起的 GIS 绝缘与监控系统损坏和二次系统问题。在一些变电站 GIS 不加阻尼电阻，节约工程投资 0.95 亿元。研发的 GIS 新产品，新增产值 18.09 亿元，支撑了特高压装备的中国制造。

技术名称

面向智慧城市的智能电网综合能量管理系统及应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

智能电网

技术内容

“面向智慧城市的智能电网综合管理系统及应用”属于电工专用设备制造及自动化技术领域（47080），是理论研究、技术攻关、系统研发与示范应用相结合的综合性课题。项目首次全面研究了智能电网发、输、变、配、用、调度等各个环节的技术，从电源侧、电网侧和用电侧构建了面向智慧城市的智能电网综合能量管理系统，并在中新天津生态城进行了示范应用，为世界同类智慧城市的智能电网建设提供了样板和借鉴。

项目遵循“能复制、能实行、能推广”的总体思路，从电力流、信息流、业务流统一融合的角度，结合中新天津生态城的地域特点和建设方案，全面深入研究了智能电网各环节的关键技术和工程应用方案。项目首次提出了基于营配信息整合的故障自愈控制技术、多时空尺度的多源优化调度控制技术和基于空间姿态识别、三维虚拟现实和多业务实时数据集成的综合可视化平台等一系列原创技术，并在此基础上开发了包含 12 个应用系统的智能电网综合能量管理系统。

项目成果在中新天津生态城得到了全面应用，建成了目前国际上覆盖区域最广、功能最齐全的面向智慧城市的智能电网示范工程，并编制了 39 项运行技术标准和管理办法，从技术模式、建设模式和运营管理模式等方面为推广面向智慧城市的智能电网建设提供可借鉴的参考。

项目已获得授权专利 22 项，获得软件著作权 2 项，发表论文 20 篇；项目的示范应用工程—中新天津生态城智能电网综合示范工程于 2011 年 12 月通过了国家电

网公司的验收，取得了整体“国际领先”的结论；项目于2015年8月通过了中国电子学会组织的成果鉴定，鉴定委员会一致认为，项目成果整体处于国际先进水平，其中基于营配信息整合的故障自愈控制技术和多时间尺度的协调优化调度控制技术达到国际领先水平。

投资及运行效益分析

该项目通过研究面向智慧城市的智能电网发、输、变、配、用、调度等各个环节的技术，从电源侧、电网侧和用电侧构建了一个完整的面向智慧城市的智能电网综合能量管理系统。技术层面集成了调度、发电、输电、用电等多个创新，重点在多源优化管理系统、配电自动化系统、可视化平台、智能用能管理、智能营业厅互动服务平台等原创性系统和软硬件集成方面实现了创新与突破；标准层面建立了涵盖面向智慧城市的智能电网建设与运营的完整标准体系，为世界同类地区智能电网建设提供了样板，成为智能电网“能实行，能复制，能推广”的典型。

工程案例介绍

基于该项目成果，国网天津市电力公司还在天津其他地区实施建设了另外11项智能电网工程，分别是：智能变电站（东兴220千伏智能变电、勤俭道220千伏智能变电站、湘潭道110千伏智能变电站）、河西商务酒店中心配电自动化、信息安全与主动防御体系、静海农网营配调管理模式优化工程、电动汽车充电设施（普济河道电动汽车充电站、华明镇电动汽车充电站、滨海修试基地充电站和孟港后充电站）和用电信息采集系统。

从2012年开始，国网天津市电力公司在天津地区全面推进智能电网建设，35kV及以上变电站均建成智能变电站，中心城区均建成配电自动化系统，全部换装智能电能表，到2015年清洁能源装机容量比例将达到15%、电动汽车保有量达到6万辆，并在天津地区基本建成智能电网。

该项目研究成果目前已推广应用到江西共青城、江苏扬州、浙江绍兴等地的智能电网示范工程中，促进了面向智慧城市的智能电网示范的推广和科技产业进步。

三、电子信息

技术名称

PDT/TD-LTE 多模集群通信终端

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

公共安全、应急通信、政府政务、交通运输等。

技术内容

该项目设计开发了一款 PDT/TD-LTE 多模车载型集群通信终端,研制完成符合警用数字集群 (PDT) 标准的 PDT 通信机,集成支持 TD-LTE 数据通信的控制面板,在同一操作控制界面上实现以数据应用和图像传输为主的宽带通信业务和以语音通信为主的窄带集群通信功能,实现了具备 PDT/TD-LTE 两种通信模式的宽窄带融合业务通信机平台。集成北斗/GPS 双模卫星定位模块支持定位应用,采用安全加密技术保证宽窄带语音及数据的安全传输。多模终端的 PDT 电台达到《警用数字集群 (PDT) 通信系统总体技术规范》中车载台设备的技术指标要求,实现了《警用数字集群(PDT) 通信系统-总体技术规范》中要求的集群通信功能。

主要技术指标

多模终端宽带控制面板通过 TD-LTE 数据模块可接入符合 3GPP TD-LTE 标准的 TD-LTE 宽带无线网络,提供 IP 无线数据传输通道。多模终端内置摄像头,实现视频传输可视通信功能,在 TD-LTE 模式下视频传输达到 D1 分辨率。宽窄带融合模式支持基于窄带语音、宽带视频的视频组呼; PDT 通信机支持鉴权、端到端加密,符合《警用数字集群 (PDT) 通信系统-安全规范》的要求,宽带无线接入安全加密方案符合《公安信息移动接入及应用系统建设技术指导书》要求;宽带和窄带部分均支持北斗/GPS 卫星定位功能,PDT 模式支持通过控制信道或数据信道上传定位信息,宽带模式支持应用软件使用定位信息完成相关功能。

投资及运行效益分析

公安专网无线通信目前处在一个变革的时期。警用数字集群（PDT）通信系统系列标准经过多年的标准制定与产品研发，目前已开启了规模化商用。而宽带无线专网方面，利用 LTE 宽带技术发展宽带专网成为趋势，宽带无线专网在加速标准制定、制定频率规划、进行相关产品研发和小规模的试用。无线专网通信将走向宽窄带融合发展的阶段。警用数字无线专网最终会过渡到 PDT+LTE 模式，PDT 集群专网提供应急语音，LTE 公网提供数据业务，满足公安用户对数据应用的需求。终端形态上也需要 PDT 和 LTE 的融合。

现阶段 PDT 警用数字集群系统已规模商用，国家相关部门已开展了基于 LTE 技术的宽带集群通信（B-TrunC）系统的标准化工作，并积极推进国际电信联盟（ITU）的国际标准化。该项目研制的 PDT/TD-LTE 多模集群终端是适应宽窄带兼容的专网通信模式的通信终端。它的窄带部分符合公安警用数字集群（PDT）集群通信系统行业标准的要求，宽带部分可选择使用 TD-LTE 制式的专网通信模块实现宽带通信功能。PDT/TD-LTE 多模集群终端可用于公共安全、应急通信、政府政务、交通运输等行业。

技术名称

高效管控的新型 WLAN 关键技术与应用

技术依托单位

北京邮电大学

适用范围

网络管理系统

技术内容

【项目背景与面临挑战】无线局域网（WLAN）技术以其低成本、安装便捷、使用灵活、易于扩展等优点，成为蜂窝网络之外的另一种重要的无线接入方式。然而 WLAN 承载的数据流量急剧攀升，部署日益密集，使得传统 WLAN 面临着重大的挑战：1) 由于 WLAN 固有的 MAC 层竞争机制，同一冲突域内同一时间只能单个节点传输数据，密集部署导致传统 WLAN 冲突频繁，传输效率低；2) 由于各个接入点之间相互独立，无法通过 AP 间的协作提升网络的资源利用效率，导致 WLAN 网络均衡效率低；3) 由于传统 WLAN 和蜂窝网络独立设计，彼此之间的资源形式和管控机制各异，导致 WLAN 网络和蜂窝网络之间融合效率低。

【技术发明与难题攻克】针对“传输效率低”、“均衡效率低”和“融合效率低”这三个挑战，自 2007 年开始，本项目在国家科技重大专项、北京市科技计划等课题支持下，基于 MAC 层并行接入、虚拟资源迁移和动态流量分载等关键技术，研究高效、无缝、融合的新型 WLAN 管控关键技术。极大地提高了 WLAN 在密集、高负载网络环境下的组网效率和性能，实现了 AP 间的流量的动态均衡，促进了 WLAN 与蜂窝网络的深度协同与融合。探索出了 3+1（大唐、电信、信通院+北邮）的技术研发及成果转化模式，形成了技术研发、标准制定、示范应用、产业化推广同步推进的可持续发展机制。历经七年时间，已授权发明专利 47 项，标准 3 项，其中国际标准 1 项，发表论文 53 篇，被引用 104 次。

投资及运行效益分析

项目成果形成了一系列产品和解决方案，包括新型 WLAN AP、控制器、网络管理系统等。产品已在多个城市和行业规模推广应用，近三年销售收入 4.16 亿元，新增利润 5250.69 万元，具备良好的应用前景，经济效益显著。

工程案例介绍

项目输出的关键技术支撑了广西、陕西和甘肃三省 1800 个村宽带建设和应用示范，提高了农村信息化水平，对建设“美丽乡村”有重要示范意义，社会效益突出。培养了一大批创新型技术人才，显著提升了我国自主创新水平、核心技术竞争力。

技术名称

单载波超宽带无线总线技术与应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

工业控制、通信设备、医用器材以及汽车电子等领域

技术内容

1、针对无线总线面临的高可靠下的快速交互难题，常规交织、编码技术因延时大难以适应，提出了单载波超宽带的多模式传输与交互协议协同优化体制，发明循环编码的层次化同步序列，将经典的互相关搜索变为利用序列自身特性的迭代译码，实现了快速同步及帧模式信息的可靠传递；发明了扩维信号设计方法，将信令比特组直接映射至高维波形，可实现快速可靠的信令交互；发明的时频对偶交织信号设计方法有效实现业务帧数据高效传输，通过不同的交织模式可在延时约束下适应不同使用条件。研制的单载波超宽带模块，可实现延时大幅降低的高速通信。该通信体制有利于 CMOS 工艺芯片实现，未见国内外报道。

2、针对无线总线收发器面临的高集成度问题，为实现超宽带高维信号的低功耗、高集成度处理，提出了变换结构的信号处理技术。发明时频对偶交织信号的分集合并方法，利用块数据扰序的对偶结构，通过傅里叶变换，将处理规模从线性降低为对数阶；发明了译码子阵同址流水线迭代算法，以计算获取传递信息简化存储结构，减少基带芯片面积 50%以上；针对 CMOS 高频段宽带射频芯片，发明可变放大器的电流模带宽技术以及压控振荡器的电容阵列与变容管相结合的发放，有效拓展了 CMOS 器件的线性度，射频频段高于 6GHz，带宽超过 500MHz。

3、针对无线总线信号、协议处理资源受限下的高可靠性要求，以满足工业控制、空间应用等恶劣工作条件，提出了容错通信处理的新方法，①针对线性运算，发明了基于中国余数定理的纠错滤波器设计方法，可以 100%检测单个错误。②针对非线性

性运算，发明了一种纠检错码的迭代计算方式，利用译码纠错删能力，实现了控制、存储、处理的综合容错，大幅提升了通信处理的可靠性，相比三模冗余的容错方式，可节省芯片面积、功耗一倍以上。③针对高吞吐率的存储，发明了分层码容错策略，大大减少了存储所需的面积、功耗和延时。

主要技术指标

基于该项目技术形成了我国工信部通信计量中心的通信行业标准《基于载波的高速超宽带无线通信技术要求 第2部分：单载波空中接口物理层》，并研制了 CMOS 工艺下的核心芯片组 UWB-THWMC 和 UWB-IMECAS，第三方测试表明，芯片面积小于 25mm²，峰值速率 500Mbps，平均功耗小于 400mW。相对于 WIFI、蓝牙等无线技术，延时极大降低，容量大幅提升；相对于 MB-OFDM 超宽带技术，芯片面积降低约 50%，延时降低 1/3，整体水平达到国际最好水平。

投资及运行效益分析

在此技术基础上，研制完成单载波超宽带无线总线模块，成功应用于深圳警翼智能科技股份有限公司的现场执法记录系统，解决了警用等行业终端的大容量数据快速同步难题，节省了大量线缆，填补了行业终端无线总线的技术空白；成功应用于智能高清机顶盒的无线 HDMI 接口，满足了低延时高清视频显示需求；成功应用于体征监测仪系统，突破了医用穿戴式传感器的宽带数据传输瓶颈；成功应用于汽车电子等恶劣环境，可在汽车发动机附近恶劣的电磁环境和温度、振动环境下稳定工作，实现了发动机复杂传感信息的可靠传输；并成功拓展应用到跨海隐蔽通信。

上述应用取得经济效益过亿元，社会效益显著，在工业控制、通信设备、医用器材以及汽车电子等领域具有广阔的应用前景。

工程案例介绍

研制完成单载波超宽带无线总线模块，成功应用于深圳警翼智能科技股份有限公司的现场执法记录系统，解决了警用等行业终端的大容量数据快速同步难题，节省了大量线缆，填补了行业终端无线总线的技术空白；成功应用于智能高清机顶盒

的无线 HDMI 接口，满足了低延时高清视频显示需求；成功应用于体征监测仪系统，突破了医用穿戴式传感器的宽带数据传输瓶颈；成功应用于汽车电子等恶劣环境，可在汽车发动机附近恶劣的电磁环境和温度、振动环境下稳定工作，实现了发动机复杂传感信息的可靠传输；并成功拓展应用到跨海隐蔽通信。

技术名称

面向远海工程的通信导航关键技术及应用

技术依托单位

北京邮电大学

适用范围

远海工程通信导航

技术内容

我国海洋面积近 300 万平方公里，多年来，我国多数远海岛礁已被国外占领，严重威慑我国领土与海洋安全，造岛、守岛、维护海洋权益等已成为国家重要使命。南海等远海拥有丰富的油气、渔业资源，又是我国“一带一路”重要战略通道，我国自“九五”以来制定了多个重大海洋计划致力远海开发与保障能力。远海作业急需解决高精度定位导航、实时安全通信和供给保障等三大难题。远海环境恶劣，存在“聋、瞎、哑、险”等困境，我国远海作业与应急能力弱、缺乏自主可控的实时指挥通信手段、陆海货物运输供给安全保障能力差，项目启动前海洋作业依靠美国 GPS 和卫星通信系统，严重受制于人，损失巨大。

项目组在国家 863 计划、北斗重大专项等支持下，历经 8 年，基于我国北斗系统，研究远海多模高精度协同定位与安全可控通信技术，形成系列装备，打破国外技术封锁。

成果在远海作业、位置服务、勘探、港口、国防、科研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，成功应用于国内外多个重大海洋工程建设，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，为保障国家海洋权益、推动“一带一路”战略发挥了重要作用。近三年销售收入 126 亿元，取得了显著的社会经济效益。

主要技术指标

1. 水平精度 0.2m，垂直精度 0.3m，优于国外天宝、徕卡等同类产品；

2. 速率达 4.8Kbps，为远海工程可靠安全语音、图片和控制信息传输提供一种有效保障手段；

3. 资源开销比国际上同类技术减少约 24%，捕获速度比国际最新公开方法提高近 40%；

投资及运行效益分析

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

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

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。

技术名称

高性能处理器测试验证与片上容错技术及应用

技术依托单位

中国科学院计算技术研究所

适用范围

计算机

技术内容

高性能处理器（CPU）是现代信息系统的核心部件，关系到信息系统稳定可靠运行。我国高性能 CPU 芯片长期依赖进口，2000 年以来，随着我国积极推动国产高性能 CPU 的研制及其产业化，对高性能 CPU 设计正确性的验证和制造缺陷的检测提出了迫切的需求。项目组 2005 年起在 973 课题“高性能处理芯片的可靠性设计”、“高性能处理芯片的设计验证与测试”等项目的资助下，紧密结合国产高性能 CPU 芯片的研制，实现了测试验证和片上容错设计关键技术的重大突破。

本项目主要技术创新包括：

（1）提出了软硬件协同的设计验证方法，创新了基于支持向量机的覆盖率驱动验证方法，突破了微处理器难达状态的半形式化激励生成技术，有效解决了处理器难达状态下的设计错误检测难题。

（2）提出了高性能处理器时延故障的片上检测技术，突破了测试时钟的片上生成、时延测量、在线时延故障的检测等关键技术，有效解决了芯片制造缺陷的快速和精确检测难题。

（3）提出了自测试-自诊断-自修复的片上容错技术，建立了多核处理器拓扑重构问题数学模型，创新了 AMAD 的冗余策略，突破了多核处理器上 PVT 偏差的协同优化技术，有效解决了以极低冗余资源实现多核 故障容忍的难题。

（4）研制了能仿真应用环境的从芯片到系统协同验证平台，突破约束随机、多核处理器的 JTAG 实时片上调试等关键技术，具有广泛的适应性和可扩展性。

投资及运行效益分析

本项目成果自 2010 年以来，应用于包括安全认证芯片、星载微处理器芯片、多媒体处理核心芯片、高端通用处理器芯片等十余款高性能 CPU 的设计验证、可测试性设计与片上容错设计中。其中，使用该成果的安全认证芯片在指纹考勤门禁领域市场占有率超过 50%；使用该成果的国产星载微处理器芯片已成功应用于十余个国产卫星的控制计算机，运行稳定、安全可靠；社会效益显著。

工程案例介绍

研制的综合验证测试平台，实际应用于关键技术领域的多款国产处理器芯片的设计验证、可测试性设计与片上容错设计中，保障了芯片可靠性和成品率。

技术名称

高性能同轴电缆宽带接入（HINOC）技术研发及行业应用

技术依托单位

国家广播电影电视总局广播科学研究院

适用范围

电缆宽带

技术内容

本项目基于广电现有有线同轴单向网络的现状和 NGB 需求，研发了具有自主知识产权的高性能同轴电缆宽带接入技术体系 HINOC(High performance Network Over Coax)，打破了国外同轴电缆宽带接入技术垄断局面。

HINOC 基于光纤到楼（FTTB）和楼内同轴电缆的网络结构，充分利用小区楼内已有有线电视同轴电缆，遵循“无需重新布线”的原则，仅通过添加相关调制解调器设备而不对线路做任何改造，来构建高速的接入网。

本项目通过对广电现有同轴电缆网络结构和特性的深入研究，率先发现利用同轴电缆带外信道可以实现提供高速率的传输带宽，并针对同轴电缆带外信道特性研究设计了物理层基础算法和媒质接入控制（MAC）层协议，可以实现百兆至吉比特（Gbps）的宽带接入。本项目形成了广电行业标准“GY/T 265-2012”，并以此为基础形成了首个广电提交的国际电信联盟 ITU-T 颁布的国际标准“J. 195.1”、“J. 195.2”、“J. 195.3”。

基于同轴电缆树形网络拓扑结构，针对新型业务形态中上行数据不断增加的特点，HINOC 协议采用星型逻辑组网结构，设计了基于 TDD/TDMA 的媒质接入控制协议，实现各结点的无冲突接入和上下行资源的灵活配置；设计了预约/许可的信道资源分配机制，带宽资源由中心节点的统一管理和分配，实现各节点带宽的灵活分配以及各业务的服务质量（QoS）保证。HINOC 协议还设计了数据汇聚功能，实现承载的长/短包数据时可获得基本一致的传输带宽。

本项目利用同轴电缆带外信道慢时变的特性，发明了一种分布式的信道估计方法，物理层探测帧的信息序列在承载信令协议的同时可以实现对信道响应的估计，数据帧的前导序列完成对采样起始时刻偏差和载波起始相位偏差的估计与纠正，使各帧的信道估计结果进行统计平均，提高信道估计结果的精度，从而提高系统的误码性能，另外由于避免了加入用于信道估计的信道训练序列，提高了系统的传输效率。

本项目针对同轴电缆带外信道存在的微反射问题和邻带保护的要求，设计了基于 OFDM 技术的通信机制和子载波自适应调制的工作机制，系统最高可以支持 4096QAM 调制，实现系统物理层频谱利用率达到 9 bit/s/Hz，实现最高传输带宽达到 1Gbps。

投资及运行效益分析

截至到 2014 年底，我国有线电视用户数 2.34 亿户，数字化用户数 1.91 亿户，已经完成双向化改造的用户数 3700 万，按照每户 1.5 双向终端计算，现有用户对于基于同轴电缆的传输终端需求量可达到 3.51 亿个，适应用户需求的双向化网络改造市场巨大。

目前基于同轴电缆的宽带接入速率需求为 20Mbps，以市场常见的 EoC 设备部署为例，达到 20Mbps 的接入速率在需要 1:8 的组网方式构建接入网（即 1 个头端带 8 个终端），以进口芯片支撑的 EoC 设备组成的系统运营商成本价格约为 212 元/户，以进口芯片支撑的 DOCSIS 系列设备的运营商成本价格约为 370 元/户，而采用 HINOC 技术组成的系统成本不到 100 元/户，每用户能够为运营商节约设备成本 100 元以上。同时，采用 HINOC 技术构建宽带接入网，无需对现有同轴电缆网络进行改造，又能为运营商节约大量的施工成本。

其他同轴电缆宽带接入技术主要使用 860MHz 以内的频段资源，这部分资源绝大部分由模拟或数字广播电视占用，其频段资源有限。而 HINOC 使用的 860MHz 以上频段，可使用的频带资源空间大，基于 HINOC 的传输终端设备可以工作在不同的频带

上，设备和频带资源利用率都很高，能够运营商节约大量的设备成本。

我国有线电视网络规模居世界前列，具有巨大的产业市场，按照 1/3 市场占有率计算，对于 HINOC 芯片的需求量可高达 1.32 亿颗以上。

工程案例介绍

目前，广科院作为 HINOC 技术和标准化的领头单位，已经与海尔集成电路、四川长虹、成都广达、上海未来宽带和深圳赛锐琪等公司签署 HINOC 产业化合作备忘，共同开展自主知识产权的 HINOC 技术市场化推广，为有线网络运营商的宽带网络规模化部署提供产品和技术支撑，推动运营商的服务能力提升，带动更多产业部门和公司的跟进，丰富芯片制造商、网络设备制造商产品种类，从而推动我国宽带网络相关产业链的发展。

技术名称

国家互联网网络性能感知及网络优化总体研究

技术依托单位

中国信息通信研究院

适用范围

互联网

技术内容

该项目对国内外互联网网络与宽带性能监测分析的关键技术和应用方面进行了深入系统科学的研究，基于对互连网络架构、关键基础资源、应用基础设施、互联网网络性能、宽带速率与用户体验等全面感知，结合对我国互联网网络发展演进的多层面探索，解决了国家互联网网络持续优化布局中的骨干互连架构调整、骨干网络与应用基础设施协同发展、骨干网络价值评估、根域名服务器布局等关键问题，并应用于我国互联网建成后的首次骨干网络架构调整实施、我国整体网络运行及互连互通实时感知分析、我国国际互联网通信瓶颈研究、全国骨干网或应用系统大规模故障等重大网络应急处理、宽带提速和普遍服务等领域，发挥了重要作用。

项目创新涉及从国家骨干网网间/网内、全球网络乃至城域网和用户末端的全程理论研究与技术实现，产生了多项原创算法及知识产权成果。该项目建设了规模与功能国际先进的分布式感知技术平台，在全球五大洲部署近 80 个监测节点，在全国 31 省 5 家运营企业部署近 500 个监测节点，并有超万台全国家庭测量硬终端。同时，形成了全国首个互连网络拓扑分析数据库、首个网站应用基础设施数据库、首个域名解析设施数据库、首个网内网间和国际性能数据库、宽带网络性能与用户体验数据库。

投资及运行效益分析

本项目自 2009 年开展至今，已产生了重大的支撑成果，推动了行业发展，具有良好的经济社会效益。在研究规划方面，本项目研究形成的《电信网码号和互联网

域名、IP 地址资源 “十二五”规划》、《关于我国互联单位网间结算关系的应用模型》等被采纳，得到较高评价。在平台系统建设及监测分析方面，本项目的研究成果和数据直接支撑了我国互联网自建成后的第一次骨干网络架构大调整及新增 7 个骨干直联点监测系统的建设、维护、评估及优化升级工作；支撑了全国和多个地方的互联网监测分析与宽带测速平台建设及组织开展宽带测速工作；并在马航网站通信故障、多次全国网络故障分析等重大应急处理事件中发挥了重要作用。在指标体系及国际通道方面，本项目研究形成的中国联通互联网质量评测体系被中国联通采纳，为中国联通架构互联网质量评测体系提供理论支持。支撑编写多个国际专用通道规划方案被郑州等地用于向工信部申请建设国际专用通道项目。本项目分析数据多次协助运营商发现骨干网络架构性能及业务体验问题，并提出改进方向。通过项目在地方得到应用拓展，协助多省级政府与行业管理部门掌握一手数据，增强行业监管和信息化发展管理手段。

工程案例介绍

依托项目成果，已向各级行业监管部门提供了互联网络运行、国际通信网络运行、宽带性能等报告 200 余份。协助多省级政府行业管理增强行业监管和信息化发展手段，具有良好的经济社会效益。

技术名称

机载大负载与磁悬浮惯性稳定平台关键技术及应用

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

航空遥感和电力系统等高端装备领域

技术内容

高分辨率航空遥感是掌握资源与环境态势，解决人类面临的资源紧缺、环境恶化、灾害频发等一系列重大问题的现代战略高技术手段。可用于军事侦察、军事测绘以及气象水文探测等重大领域，是保障国家安全的基础性和战略性资源。对国家经济建设和国家安全具有重大作用，符合国家中长期发展战略。

为实现高分辨率航空遥感的高精度成像，无人机和有人机成像载荷，包括微波成像载荷、激光成像载荷、光学成像载荷还是非成像载荷，都必须依赖惯性稳定平台系统隔离非理想姿态干扰，实现稳定控制，高精度惯性稳定平台是高分辨率航空遥感系统一种十分重要的通用载荷。如何实现惯性稳定平台的高精度位置姿态信息控制是国际公认的技术难题，但国外对我国进行严密的技术封锁和高端产品禁运，已成为制约我国高分辨率航空遥感系统发展的关键技术瓶颈。

自 2008 年以来，围绕高分辨率航空遥感的高精度实时运动成像中的科学问题，北京航空航天大学、中测新图（北京）遥感技术有限责任公司和北京航天控制仪器研究所自主形成了“产学研”结合课题组，先后承担了航空遥感惯性稳定平台系统相关基础理论、关键技术攻关及型号研制等多项不同层次科研任务共七项。深入开展了重载高精度三轴及两轴高精度航空遥感惯性稳定平台系统研制，攻克了高精度大负载惯性稳定平台结构多学科优化设计及集成技术、多源扰动下高精度大负载惯性稳定平台高精度振动抑制技术、永磁偏置混合磁轴承高精度解耦控制技术、高精度大负载惯性稳定平台系统集成与测试验证等关键技术，显著提高了三轴和两轴两

类高精度大负载惯性稳定平台的控制精度。不断把新技术应用到稳定平台系统研制之中。针对机载对地观测用三轴惯性稳定平台的特点,综合考虑机械结构、电气结构和算法实现的难易程度等诸多因素,提出了一种陀螺安装方式,使设计的平台体积、重量和功耗更小,控制算法相对简单;提出了一种不平衡力矩的估计与前馈补偿方法,有效抑制不平衡力矩产生的影响,提高了平台的稳定精度;针对框架动力学耦合对稳定精度的影响,采用欧拉法和拉格朗日方程法建立平台动力学模型,提出了基于角速率前馈解耦控制算法对耦合进行补偿,实现了高精度控制;针对系统中存在的非线性传动误差,系统提出参数辨识和自适应非线性误差补偿方案,提高系统的跟踪精度;提出一种基于加速度前馈的不平衡力矩补偿方法,克服了飞机侧向加速度和平台负载偏心引起的不平衡力矩导致稳定平台控制精度下降的问题;提出基于内模控制方法实现扰动的补偿与系统的镇定控制,在分析飞行动态环境下平台内外扰动以及速率参考输入特性基础上,得到参考输入和扰动信号的共同不稳定模型,用以外系统进行结构特性描述。新方法、新技术的应用改善了系统性能,增强了系统的环境适应性,提高了跟踪精度,推动了高分辨率航空遥感系统扰动和振动隔离用高精度惯性稳定平台系统的普及应用。

投资及运行效益分析

在国土测绘领域:我国的基础地图从 1:100 万到 1:5 万,进而到 1:1 万地图的修测与更新任务十分繁重,因而对空间遥感数据具有巨大的周期性的需求。国家测绘局根据目前我国基础地图的生产能力,每年计划用约 8000 万元经费安排航空摄影数据采集,但由于设备能力和天气条件的限制,每年几乎都难以如愿。为此测绘局每年又花费约 1500 万元的经费购买法国 SPOT 卫星数据,而国土资源部每年也大致花销同样的经费购买 SPOT 数据。此外,各地方测绘部门也还将投入相当的经费开展地方性的测图工作。

在重大工程建设领域:未来五年,我国在电力发展结构上将大力开发水电,着重加快核电和天然气建设速度。根据需要,发电方面的投资达 10000 亿元,电网投资规

模将达到 7500 亿元。2010 年全国铁路里程将达到 8.5 万公里,复线 3.5 万公里,电气化铁路 1.5 万公里,铁路投资要达到每年 5000 亿的水平。我国公路投资的计划是每年的投资额在 3500 亿左右,5 年总计要达到 18000 亿元的投资规模,总规模 8 万多公里。目前已建成 2.5 万公里,正在建设的有 1.6 万公里,还有 4 万多公里需要在未来 5 到 7 年时间建设。我们在铁路和公路领域的几个国家级勘测设计院了解到,与电力和水利行业类似,都面临着繁重的勘测设计工作。

在国家基础测绘领域:根据国土资源部土地管理局的部署,我国各省、市、自治区将在今后 4 年内按 1:1 万、1:2.5 万和 1:5 万比例尺完成从东部、中部到西部全国的土地资源调查。并相应完成基础图件和省级土地利用和土地规划数据库、开发区与后备土地资源数据库、城市基准地价数据库等。所有上述数据库的建设其首要条件就是地理空间数据的保障。仅上述 1:1 万、1:2.5 万和 1:5 万比例尺的土地资源调查数据采购一项就计划了 19 亿元人民币。“十一五”期间,国家将投入数十亿开展全国第二次土地调查,其中约 60-80%用于高精度遥感数据购置和影像处理;土地利用动态遥感监测为日常管理工作,每年开展一次,监测面积约 30-50 万平方公里,投入约为 1 亿元;全国 3-5 年完成一次土地利用更新调查,遥感数据投入约为数十亿元。

此外,水利、国土资源、交通、通讯等众多部门也对空间遥感数据具有巨大的需求,其间接经济效益无法估量。在以上各个领域以及其他相关领域内,稳定平台的研制成功可以满足上述领域对高分辨率摄影图像的需求,节约外汇,加快我国经济社会的发展。

技术名称

汉字数字化技术产业应用项目——汉字数字化文化体验馆第一期工程

技术依托单位

中国科学院自动化研究所

适用范围

汉字数字化技术产业

技术内容

由中国科学院作为组织单位，由中国科学院自动化研究所承担的、北京文化硅谷投资 3000 万的“汉字数字化技术产业应用项目——汉字数字化文化体验馆第一期工程”，通过中国科学院自动化研究所自主研发的汉字数字化技术——重点是以汉字动态化技术、汉字立体化技术、汉字色彩化技术、汉字结构化技术为核心的汉字“活化”技术，让“书写在古籍里的文字都活起来”，让静态的、平面的、黑白的传统汉字存在形态发生变化，焕发汉字生命活力，激发汉字更好地传情达意，从而广泛地运用到以汉字为元素或者以汉字为载体的文化创意产业中来，并催生汉字文化科技新业态。

本项目的内容和成果是搭建汉字文化科技体系架构，包括构建汉字科学体系、构建汉字技术体系、构建汉字工程体系、开发汉字新文化科技应用体系，具体而言，主要研究汉字科学体系的前沿基础理论，开发汉字数字化技术体系，并通过汉字数字化技术集成搭建汉字工程体系，最后依托具体的产业化项目实现汉字文化科技在我国文化建设中的应用。

构建汉字科学体系。主要研究汉字本体、汉字文化的传播以及汉字史学等前沿基础理论，为汉字数字化技术开发、构建汉字文化科技体系奠定的坚实的学术基础。

构建汉字技术体系。首先构建以汉字立体化技术、汉字动态化技术、汉字色彩化技术、汉字结构化技术为主的核心技术体系，主要是对汉字的形体结构进行解析和展示。其次，构建以汉字语音化技术、汉字语义化技术、汉字形体结构技术为主

的基础技术体系，主要是对汉字的语音、语义、形体进行数字化技术研发。最后，构建以汉字语系化、汉字美术化、汉字舞蹈化、汉字音乐化为主的应用技术体系。

构建汉字工程体系。将汉字文化工程和汉字艺术工程集成在汉字文化的产品、软件、设备、平台、场馆中，通过线下体验和线上交互感受汉字文化艺术的博大精深。

开发汉字新文化科技应用体系，在汉字数字化文化体验馆的实体馆和虚拟馆建设过程中，开发汉字数字化技术应用云服务平台，有针对性地开发汉字文化数字影像产品、汉字文化动漫、汉字新科技系列软件、汉字文化互动游戏、书法体验设备，等，打造汉字文化产业新型产业链，为我国公共文化服务提供优质产品，为万众创新大众创业提供开放平台。

汉字数字化技术及其产业化应用，利用现代高科技手段，挖掘、弘扬和传播中华汉字文化，展现中华五千年文明史，并以人们喜闻乐见、具有充分互动体验的方式推广开来，把中华汉字承载的富有永恒魅力的文化精神弘扬起来，积极调动体验者的互动和感官，使他们在深刻的情感体验、惬意的欣赏和快乐的参与中，对汉字承载和蕴藏的中华优秀传统文化有深入的了解和深刻的认知。同时，汉字数字化技术结合生物科技、新材料科技，可催生传情达意的全新手段以及探索未来网络文学、书法艺术的新形式。

投资及运行效益分析

汉字数字化技术及其产业化应用，利用现代高科技手段，挖掘、弘扬和传播中华汉字文化，展现中华五千年文明史，并以人们喜闻乐见、具有充分互动体验的方式推广开来，把中华汉字承载的富有永恒魅力的文化精神弘扬起来，积极调动体验者的互动和感官，使他们在深刻的情感体验、惬意的欣赏和快乐的参与中，对汉字承载和蕴藏的中华优秀传统文化有深入的了解和深刻的认知。同时，汉字数字化技术结合生物科技、新材料科技，可催生传情达意的全新手段以及探索未来网络文学、书法艺术的新形式。

技术名称

奥视景三维虚拟展示系统

技术依托单位

中国科学院计算技术研究所

适用范围

电子商务中商品三维虚拟展示

技术内容

针对产品的市场推广，我们开发了奥视景三维虚拟展示系统，该系统主要由“奥视景”三维拍摄系统以及“奥视景”软件组成，其中：“奥视景”三维拍摄系统是由“奥视景”智能转盘、专业摄影灯箱组成；“奥视景”软件解决了一体化拍摄、编辑与制作、展示等难点。软件兼容主流佳能、尼康单反相机连接与控制；支持实时画面预览，在线参数调整；完美兼容智能转盘，实时智能转盘角度控制；转盘中心点辅助定位，把握最佳拍摄中心。

该系统的研发受中国科学院科技服务网络计划（STS）项目的支持，项目编号KFJ-EW-ST5-045，研究起止时间：2014.5 - 2015.12，主要用于电子商务中商品三维逼真展示与体验。它能够快速拍摄、制作互动3D展示动画，并为产品在线3D传播提供了一整套解决方案。目前，该系统配置了云服务的模式，可以通过云服务快速实现产品的移动互联网展示与传播，广泛应用于珠宝、服装、箱包、电器、玩具、礼品、文玩、工艺品、机电设备等行业的电子商务展示、移动互动营销中。

投资及运行效益分析

目前，该系统配置了云服务的模式，可以通过云服务快速实现产品的移动互联网展示与传播，广泛应用于珠宝、服装、箱包、电器、玩具、礼品、文玩、工艺品、机电设备等行业的电子商务展示、移动互动营销中。

工程案例介绍

项目组依靠搭建的全生命周期仿真技术平台服务地方企业100家以上，并成立

了行业联盟，进一步促使仿真公共服务平台与地方具体产业结合，产生了良好的效果。

技术名称

基于物联网技术的警用装备智能管理系统及应用示范

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

警用装备管理领域

技术内容

该成果是一套基于物联网技术的警用装备智能管理系统，实现对警用装备的采购、仓储、调拨、分发、回收等各个业务环节的全过程动态可视化管理和信息共享。系统由警用装备可视化智能调配与监管子系统、警用装备应急储备库智能管理子系统、警用装备分发管理子系统、警用装备物流轨迹动态管控子系统、基于云计算技术的警用装备数据分析平台和全国警用装备联动支撑平台组成。解决了装备管理过程中的手工管理为主、效率较低等问题。

该成果采用国内先进技术，通过适用于警用装备表示编码技术实现对种类繁多、属性各异的警用装备进行统一编码，同时兼容机读和视读。设计了适用于警用装备管理领域的感知前端智能处理模块，解决了不同类型、不同厂商的前端感知设备的信息汇聚与融合问题。应用数据深度挖掘、智能分析、数据检索技术，对警用装备数据进行处理。研究警用装备管理领域现场指挥和分发技术，主要实现的是警用装备的有序分发、信息反馈、状态监控、数据更新、装备定位等功能。研究适用于警用装备管理领域的多维轨迹定位和实时状态检测技术，实现运输车辆定位和车辆状态监控。研究警用装备智能管理的中间件技术，实现数据处理和传递、与实际感知设备的连接和异构数据的统一化和信息融合等。

投资及运行效益分析

本课题研究成果的推广应用前景非常广阔。

(1) 推广应用一：各地警用装备库自主要求进行推广应用

除目前已确定的 10 个部属警用装备仓库、20 个警用装备仓库试点（含上海市局仓库）、2 个城市试点外，深圳市局警用装备库、福建省厅警用装备库等也先后联系课题组计划开展警用装备管理物联网建设。

（2）推广应用二：公安部层面组织的推广

公安部层面，“开展基于物联网技术的智能感知与应用服务平台建设”已列入公安“十三五”信息化建设专项规划。

（3）推广应用三：国家层面组织的推广

国家层面，已将装备物联网项目列入发改委十三五建设规划，目标是建设一个覆盖全国 80%以上公安机关、布局合理、运行高效的警用装备管理物联网。

工程案例介绍

目前确定应用于 10 个部属警用装备仓库、20 个警用装备仓库试点、2 个城市试点。同时，装备物联网项目已列入公安“十三五”信息化建设专项规划，列入发改委十三五建设规划，目标是建设一个覆盖全国 80%以上公安机关、布局合理、运行高效的警用装备管理物联网。

技术名称

大规模电网安全自动装置建模仿真及智能化控制

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

保障大电网安全稳定运行

技术内容

项目属于动力与电气工程学科，涉及电力系统及其自动化专业，主要针对大规模电网安全自动装置建模仿真和智能化控制开展研究。

项目源于国家级科技项目和国家电网公司重大科技项目，在电力系统安全自动装置建模仿真技术和智能化控制技术领域开展了持续、系统的研究工作，突破了多项关键技术，形成了多项创新型成果：

(1) 发明了基于虚拟继电器和策略树的继电保护和安全自动装置的建模方法，建立了符合我国工程实际的精细化模型库，解决了国内外现有电力系统稳定仿真程序难以真实反映继电保护和安全自动装置控制规律的问题。

(2) 发明了基于并行计算的静态、暂态和动态稳定辅助决策自动搜索方法，深度借鉴专家经验，利用智能化算法，实现了安全稳定控制策略的自动生成，提高了大规模电网安全稳定控制策略分析决策的智能化水平。

(3) 发明了适用于大规模交直流混联电网的安全自动装置配置智能化评估方法，基于并行判断形成完整的电力系统稳定紧急控制方案，丰富了电网安全稳定防御体系，提升了二、三道防线的防控能力。

(4) 发明了多直流输电和间歇性能源发电大规模接入环境下的协调控制方法，实现了多端直流站间协调控制和间歇性能源群体性脱网故障防控，减少了直流输电和间歇性能源接入电网带来的不利影响，提高了电力系统稳定水平。

项目研发的安全稳定控制策略自动化校核与智能化仿真平台，已在实际电网中

获得应用。项目获得发明专利授权 19 项、软件著作权 9 项，发表 EI 检索论文 73 篇。

投资及运行效益分析

项目研究成果和现有仿真工具进行了有机的结合，对我国电网的规划、运行、科研部门进行了全方位的支撑。项目形成多项创新成果，大部分研究成果已经在电网中得到广泛应用，取得了显著的经济效益，为保障大电网安全稳定运行提供了可靠的技术支撑，总体具有产业化推广价值和前景。

工程案例介绍

项目成果已广泛应用于包括北京及华北电网在内的全国电网安全稳定分析及防控措施研究中，经受了工程实际的考验，有力地促进了我国电网仿真分析技术的进步，推动了电力安全自动装置等相关电力设备产业发展。

技术名称

高功率瞬态电磁场测试技术研究

技术依托单位

清华大学

适用范围

高功率瞬态电磁环境监测领域，包括核爆炸电磁脉冲监测、雷电电磁脉冲监测以及大科学装置电磁环境监测。

技术内容

项目在自然科学基金仪器专项、部委级以及国家重大专项项目支持下完成。系统地研究了高功率瞬态电磁场实验测量技术、高功率电磁传感器校准技术，能够模拟峰值场强 10000V/m 的核电磁脉冲、超宽带的高功率电磁脉冲，测量 100 kV/m、前沿 380ps 的瞬态电场以及 300A/m、前沿 500ps 的瞬态磁场，基于光纤传输信号的电场传感器带宽 400MHz；自主研制的镜面单锥 TEM 小室产生的电磁场误差小于 6%，为国内第二个投入使用的镜面单锥 TEM 小室。综合水平在国内处于领先水平，该研究成果为我国大功率科学装置电磁兼容研究提供了技术支撑。

主要技术指标

开展了高功率瞬态脉冲电磁场测试天线、电光-光电转换技术、瞬态电磁场校准和计量方法等研究，突破了快前沿、瞬态、高功率电磁场环境模拟、测量以及校准等关键技术，研制了镜面单锥 TEM 小室装置、B-Dot 及 D-Dot 传感器，达到项目合同指标要求。研制的镜面单锥 TEM 小室的场稳定性好；瞬态微分 B-Dot、D-Dot 传感器可以有效提高测量频带响应，动态范围超过 2 个数量级，已应用于激光惯性约束聚变装置电磁环境的测量，为高功率瞬态电磁环境的测量与校准提供了技术支撑。

投资及运行效益分析

本成果在高功率瞬态电磁环境监测领域有着较好的应用前景，包括核爆炸电磁脉冲监测、雷电电磁脉冲监测以及大科学装置电磁环境监测。

技术名称

互联网多模态内容分析与识别关键技术及应用

技术依托单位

北京大学

适用范围

计算机信息技术领域，互联网内容安全

技术内容

本项目属于计算机信息技术领域。根据 Gartner 估计，图像、视频等多模态数据已经占到大数据的 80% 以上，其中隐藏着大量涉恐、涉暴等有害信息，极大地危害着国家安全和社会稳定，此外多模态大数据的有效利用也是发挥大数据价值的关键问题。由于互联网多模态数据具有语义抽象、复杂多变、孤立分散、海量动态等特点，目前还缺乏有效的自动分析与识别技术。针对上述问题，本项目在国家自然科学基金、863 计划、国家科技支撑计划等支持下，历经 10 余年技术攻关，在互联网多模态内容分析与识别关键技术及应用方面取得多项重要突破和发明创新：

1. 针对图像视频概念识别问题，发明了基于增量学习和注意力模型的深度学习方法，解决了新增语义类别的模型加速训练和动态扩容难题，使得训练速度提升 1 倍，并且特定视频识别精度突破 90%。国际权威评测 TRECVID 高层概念提取比赛第一名。

2. 针对复杂场景下视觉目标检测问题，发明了级联分类器与极角拓扑约束结合的粗细两层判别方法，提高形变、仿射变换、低分辨率等复杂情况下的检测效果。

3. 针对多模态数据语义协同问题，发明了一套基于多模态融合与增量多索引磁盘哈希的分析方法，通过跨模态语义互补性实现多模态数据的综合利用，支持十亿级数据的快速索引。国际权威评测 TRECVID 视频语义搜索比赛第一名。

4. 针对互联网热点话题监测问题，发明了基于知识元和情感要素的多模态语义分析方法，实现对海量动态互联网舆情话题的准实时监测与传播分析。

国际权威评测 TREC 微博信息检索比赛第一名。

基于上述成果，本项目发表论文 100 余篇，包括著名国际学术期刊及顶级国际会议的 35 篇长文 (IJCV, T-IP, T-CSVT, T-MM, PR, ACM-MM, ICCV, CVPR, AAAI, IJCAI, ACL, SIGIR 等)，其中 CCF A 类长文 27 篇，受到来自斯坦福大学、加州大学伯克利分校、康奈尔大学、谷歌、微软等国际著名大学和研究机构同行学者的广泛关注和 30 余位 ACM/IEEE Fellow 的正面引用评价。获发明专利授权 50 项，软件著作权 16 项。多次参加由美国国家标准技术局举办的国际权威评测 TRECVID 和 TREC，每次都获得多项第一名，处于卡内基梅隆大学、牛津大学、IBM Watson 研究中心等之前。

工程案例介绍

项目成果已应用于中央宣传部、中央网信办、国务院新闻办公室、工信部、教育部、统战部、国家新闻出版广电总局等上百家单位，并在维护我国互联网内容安全、促进网络文化健康发展等方面产生了显著的社会效益。

技术名称

电力光纤传感量测与高效融合通信技术

技术依托单位

全球能源互联网研究院

适用范围

电力系统通信技术

技术内容

本成果属于电力系统通信与传感量测领域，主要围绕电力设备状态监测开展电力光纤传感量测与高效融合通信技术的应用。智能电网的实现，依赖于电网各个环节重要设备运行参数的在线监测和实时信息掌控，物联网作为信息感知和“物物互联”重要技术手段，在智能电网的各个环节中都有相关应用，但仍然面临多参量传感量测、室内外精确定位、光纤无线高效融合通信三方面的挑战。

在多参量传感量测方面，利用输电线路上的 OPGW 光缆纤芯实现多参量分布式光纤传感，实现对温度和应力监测以及雷击定位等应用。主要研究脉冲编码、频分复用和不同传感机理的复用技术，开发基于 FPGA 的高效数据采集、传输与处理平台，研制基于复用技术的电力光纤传感系统设备，并开展系统在 OPGW 本体和地线的温度和应力测量中的应用示范。该项研究可有效解决温度和应力参量的分离问题，提出了多种基于复用技术的新型光纤传感方案并结合布里渊光时域反射等技术，实现对电力设施的大范围、高精度测量，研发了相应的测量装置，制定了系统标准和应用规范，并开展了示范应用。

在室内外精确定位方面，利用多种室内外无线通信技术，实现多源室内外无缝切换的精确定位，做到无盲区覆盖。主要研究了基于卡尔曼滤波融合引擎的多维多层融合定位模型、利用 UWB 和 ZigBee 等技术实现室内的高精度定位算法、从室外的 GPS/北斗到室内的无缝切换技术等，研制了无盲区多源定位系统，并在变电站巡检等环节开展了应用示范。

在光纤无线高效融合通信方面，通过技术改造与创新，综合利用输电杆塔、电力光缆线路、无线 230MHz 以及公共频段等资源，创造性地提出了低成本的电力光载无线通信解决方案，实现高效数据传输。

投资及运行效益分析

项目主要研究了电力无线通信传输和衰减模型、光载无线通信系统传输和安全接入技术，通过软件无线电技术平台，自主研发了低功耗、小型化的电力专用光载无线通信设备，建立了系统示范应用，为提升输变电环节的智能化水平提供新的技术途径。项目经中国电机工程学会组织的技术成果鉴定，在“基于射频光载无线技术的分布式基站池”、“协同频谱感知和自适应实现技术”、“智能休眠与动态功控技术”和“多跳链路维护和线性多跳路由机制”等核心技术方面的研究和应用具有创新性，达到国际领先水平，具有很强的社会效益。

工程案例介绍

该项目的研究成果分别在唐山和北京等地进行了试点应用。2012年6月，在河北省唐山市遵化 220kV 变电站以及输电线路，在变电站内安装有 2 个中心基站，1 个远端单元，10 个无线终端，实现对站内 10 个微气象或视频监控终端的数据采集，在输电线路路上安装有 3 个远端单元，30 个无线终端，实现对线路上 30 个微气象或视频监控终端的数据采集。2012年8月，在北京康庄 110kV 变电站以及输电线路投运。在变电站内安装有 1 个中心基站、1 个远端单元和 4 个无线终端，实现对站内 1 个微气象或视频监控终端的数据采集；在输电线路路上安装有 2 个远端单元和 8 个无线终端，实现对线路上 8 个微气象或视频监控终端的数据采集。

技术名称

电网运行状态变化趋势在线分析技术及应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

大电网在线分析与决策

技术内容

本项目属于大电网在线分析与决策技术领域，资金来源于国家电网公司重大专项，属于理论研究、新技术发明和实际工程应用相结合的综合性研究课题。

在线安全分析技术已在国家电网公司各级调控机构中发挥了重要作用，为保障电网安全稳定运行、提高调度运行控制和事故处置水平提供必要的技术支持手段。随着特高压交直流互联电网的建设，电网规模逐步扩大，在线安全分析的计算负担日益加重：调度运行人员对于在线安全分析的掌握更加深入，对将电网在线安全分析和实时运行控制有效结合的需求也更加迫切，使得在线分析的仿真计算需求和调度运行时效性、快速性之间的矛盾日益突出，亟需研究电网运行状态变化趋势在线分析技术，提前预判未来电网运行状态变化，预控电网运行风险。

项目根据调度运行的实际需求，构建了电网运行状态变化趋势分析及预防控制技术框架，重点解决了在线安全分析应用评估计算结果的时效性问题，实现了由事故告警、紧急控制到事故预警、预防控制的转变。提出高鲁棒性高容错性的在线潮流、超短期预测和计划数据的多源在线未来态数据融合算法，解决了缺少无功计划和数据质量参差不齐带来的趋势潮流不收敛和不合理的问题，电网未来态潮流与实际量测吻合度达 90%以上；提出基于关键特征指标比对的变化趋势定级方法，解决了无法定量评估未来短时间电网运行趋势的问题，实现了对电网未来运行趋势的快速评价；提出基于可调充裕度的多故障协调静态安全辅助决策方法，解决了多故障越限条件下的调整措施冲突的问题，实现了多故障静态安全综合辅助决策自动求解：

提出变电站故障优先调整的预防控制调整时序优化策略和多故障并行调整方法，解决了多故障暂态稳定辅助决策措施的协调问题，实现了在线失稳故障网络拓扑分析的计算任务分解技术。

主要技术指标

提出高鲁棒性高容错性的在线潮流、超短期预测和计划数据的多源在线未来态数据融合算法，解决了缺少无功计划和数据质量参差不齐带来的趋势潮流不收敛和不合理的问题，电网未来态潮流与实际量测吻合度达 90%以上。

投资及运行效益分析

项目实现了对电网未来短时间内稳定变化情况的预评估，全面提高了电网调度控制的预控能力，提升整体调度运行水平，保障国家电网的安全稳定经济运行。本项目成果的应用能够进行电网事故预警和预防控制，有效预防大面积停电事故的发生。

趋势分析及预防控制技术已被纳入了国家电网公司重点推广新技术目录（2014版），也被列入国调中心“十三五”重点工作。

工程案例介绍

项目已签订合同额 9867 万元，相关研究成果已在国家电力调度控制中心、国家电网华中电力调控分中心、国家电网西南电力调控分中心等 15 调控中心应用。

技术名称

动车组运行故障图像监控系统

技术依托单位

中国铁道科学研究院电子计算技术研究所

适用范围

动车组运行监控

技术内容

动车组运行安全是铁路运输工作的重中之重，对动车组运行状态进行有效监控是行车安全保障的关键手段。当前，对动车组的运行状态监控主要采取车载设备检测的方式，对于车体底部及侧下部关键配件状态存在监测盲区，缺少有效的监控技术手段。为此，中国铁路总公司多次下发文件，组织动车组运行故障图像检测设备的研发及试用，并以科研开发计划项目的形式，支持检测设备的联网监控工作，推进动车组运行故障图像监控系统（TEDS）的研发。系统的研发与实施得到各级领导的大力支持，是铁总运输局 2013 年的重点工作内容和部长督办项目。

动车组运行故障图像监控系统（TEDS）是对动车组运行状态图像进行实时监控的综合联网监控管理系统。系统创新设计了规范统一的多型设备数据接口和通讯协议，实现了高铁正线关键节点上多型图像检测设备的集中联网：设计了基于视觉质量差异的高分辨率图像高保真压缩方法与数据传输方案，满足了海量监控数据实时显示的应用需求：提出了动车组运行故障的图像联网诊断方法，实现了动车组关键配件运行故障隐患的高效识别和及时预警：设计了负载均衡的监控作业分配方法和状态监控方法，实现了有限时效内数据处理资源的均衡利用：构建了铁路总公司、铁路局、动车段三级联网的系统架构，设计了行车安全监控与运用检修的全流程整合管理方案，研发了铁路总公司、铁路局、动车段、动车所四级应用的系统平台，实现了对动车组运行状态的集中监控、统一作业、联网应用及综合管理。

投资及运行效益分析

系统日监控运营动车组 7000 余组次，已创造直接经济效益人民币 4000 余万元，预计未来直接经济效益可达人民币 1 亿元以上。截至目前，该系统已多次发现及预报在线运行动车组的严重故障隐患，在保障动车组运行安全、维护铁路运输稳定方面发挥了重要的作用，具有良好的社会经济效益。

工程案例介绍

该系统已应用于全路 18 个铁路局，构建动车段集中监控中心 22 个，联网接入正线运行检测设备 147 台套，实现了全路在线运行动车组的综合联网监控及应用管理。

技术名称

泛在无线定位关键技术研究与应用

技术依托单位

北京交通大学

适用范围

无线定位技术

技术内容

定位系统作为一个国家重要的基础设施支撑系统，是民航、地面交通、通信系统、授时服务等重要行业的保障技术。本项目针对泛在无线网络中基于多种无线信号的定位方案，在“室内定位、无线蜂窝网络定位、传感网定位和室内外无缝切换系统”四个方面进行关键技术与工程实践研究。

首先，分析室内环境特点，提出利用射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术进行定位追踪，讨论了参考标签数量与电平数量对定位精度与追踪精度的影响，同时证明了 RFID 方法是一种切实可行并且低功耗的定位方法。项目针对室内非视距（Non-Line-of-Sight, NLOS）环境下定位测量误差的正负偏置问题，提出利用定位圆环相交然后加权质心的方法进行定位，有效的提高了非视距环境下室内定位的精度。

其次，在无线传感网（Wireless Sensor Network, WSN）定位中，本项目着重研究分布估计递增方法在无线传感网中的应用，该方法复杂度相对较小并且有较小的通信开销。针对无线传感网中的非视距传播问题，我们提出了一种基于网格搜索的高斯牛顿方法，此方法不仅可以应用于定位方法，也可应用于求解其他非线性方程。我们与深圳市方格尔科技有限公司合作，对“利用无线传感网络进行交通信息采集”的设计方案进行讨论研究，该设计方案首先使用无线传感网的自定位以及节点间的行驶时间估算出车辆的平均速度，然后通过数据处理得到车流量和平均行驶速度，同时在传感网节点安装温湿度、气体检测等传感器，对路面、车辆尾气污

染等进行检测。

再次，目前无线蜂窝网络定位中，基于到达时间（Time of Arrival, TOA）是最简单的定位方法。针对 TOA 的非视距传播问题，我们分别提出利用距离几何对非视距误差进行抑制、基于正交频分复用通信系统将干扰消除技术应用到非视距传播环境和利用移动台节点之间的连通性进行协作定位的方法。对于利用距离几何对非视距误差抑制的方法，当 NLOS 平均误差在 250 米时，定位误差在 20 米左右，远远小于利用最小二乘定位方法。对于使用移动台协作定位的方法，可以通过少量基站定位多个移动台，移动台在小区边缘依然可以得到高精度定位。最后，室内外无缝切换是未来获取位置信息的一个亟需解决的问题，也是定位导航领域的前沿研究方向。本项目着重研究数据融合和室内外切换技术，并将参数化算法和非参数化算法进行结合，然后利用室内外交界处的定位策略切换，最后利用粒子滤波对定位结果进行误差修正。

主要技术指标

项目对于利用距离几何对非视距误差抑制的方法，当 NLOS 平均误差在 250 米时，定位误差在 20 米左右，远远小于利用最小二乘定位方法。对于使用移动台协作定位的方法，可以通过少量基站定位多个移动台，移动台在小区边缘依然可以得到高精度定位。

投资及运行效益分析

该产品现已被南昌德圣自动化科技有限公司应用在他们的伺服控制系统上，在大流量的无线传感器数据传输过程中，该技术有效地提高了位置信息的精确性，保证了采集信息的准确无误，实现了伺服控制系统预期的无线传输效果。在后续的产品销售过程中，得到了采购单位的肯定，取得了近 1000 万的经济效益。

结合已授权专利“无线射频识别系统的定位方法及其装置”和“一种车位信息采集系统”，基于 RFID 的定位方法通过在停车场实际调试与改进，与深圳市方格爾科技有限公司合作完成适合停车场管理的标签系统，取得了 4000 余万的经济效益。

已成功应用在泰普联合科技开发（北京）有限公司开发的智能电网 SF6 综合在线巡检项目中。在高精度、大流量的电气信息 GPRS 无线数据传输过程中，该技术有效地提高了位置信息的精确性，保证了采集信息的准确无误，实现了智能电网 SF6 综合在线监测项目预期的无线传输效果，目前已取得了 8000 余万的经济效益。

工程案例介绍

现已部署到江西联博科技有限公司的智能防跌看护系统中，在室内室外的不同定位环境下，成功做到了无缝切换，对老人在家中或者室外发生意外都能准确地定位到事发地点，该产品为公司带来了约 120 万元的经济效益。与深圳方格尔科技有限公司等企业进行合作研发，成功完成多项与泛在无线定位关键技术与应用相关的项目。在停车场、国家电网、城市管理局、家庭看护等场所取得良好的应用效果，且室内外切换技术获得突破。

技术名称

非色散原子荧光激发光源检定用标准仪器的研制

技术依托单位

北京市计量检测科学研究院

适用范围

原子荧光光源检测

技术内容

原子荧光光度计被广泛地应用于环境、生物、食品等诸多领域，对实际工作取得了较好的效果。非色散原子荧光光度计本身无任何色散元件，如果激发光源不纯，将导致测量结果过高的错误结论。因此光源的纯度是影响非色散原子荧光技术建立及达到准确测定的先决条件。开展非色散原子荧光激发光源检测方法 & 检测仪器的研制，杜绝由于激发光源不纯而导致分析结果错误的潜在危险，提高非色散原子荧光法分析结果的准确性及可靠性，去除非色散原子荧光的原理瑕疵具有非常重要的意义。

项目关键技术包括研制开发适合原子荧光光源检测的标准装置，包括适用于紫外区的专用小型光谱探测的部件、自动控制系统及数据采集处理分析软件的开发。研究针对原子荧光激发光源的检测方法，包括激发光源的光谱纯度、稳定性、噪声，并采用原子荧光激发光源检测仪进行验证，确定检测方法的可操作性和实用性。完成 12 种原子荧光激发光源的标准数据谱图库，用于检测原子荧光激发光源的纯度，实现原子荧光激发光源元素的确认、背景噪声的去除后与标准图谱的比对和杂质的分析等，同时也实现了对激发光源稳定性和噪声的测量。对目前市场上的原子荧光激发光源进行波长扫描，根据光源干扰峰的分布情况，有针对性地开展各干扰峰对实际测定干扰程度的评价。

主要技术指标

覆盖波长范围：190nm~350nm:

波长准确度：±0.3nm:

波长重复性：≤0.2 nm:

200nm 处的色散率小于 0.2mm/nm:

具有自动扫描、自动记录、输出或打印功能。

投资及运行效益分析

本项目的技术特点是研究了非色散原子荧光激发光源的检测方法和检测装置，制订了标准谱图库，功能特色是该装置的软件设计部分，实现了对测量谱图的自动识别、图谱比对、干扰峰的处理、杂质元素的判断。项目研究结果完成了项目要求，达到了项目预期目的。与国内外同类项目比较，本项目的技术水平属于领先水平，但还存在光谱强度不能溯源、杂质含量的检测尚在定性阶段等问题。希望政府继续支持此项工作的深入研究，把非色散原子荧光激发光源的检测纳入国家标准和强制检测目录中。

本项目创新点主要是研制了非色散原子荧光激发光源的检测装置，给出了检测方法，制订了标准谱图库，突出点是该装置的软件设计部分，实现了对测量谱图的比对、识别、干扰峰的处理、杂质元素的判断。该项目研究成果的应用对原子荧光法的测量结果的分析有重要意义，同时为空心阴极灯生产企业提供改进方向，为原子荧光光度计的使用提供激发光源筛选依据。

建立常用元素灯的标准图谱库，通过光谱比对查找干扰峰，分析杂质元素成分，准确判断光源的干扰光谱，对测量结果的分析 and 修正有重要意义，同时也为阴极灯生产企业提供改进方向，为仪器用户选择合格激发光源提供有效依据。

工程案例介绍

根据电子能级跃迁辐射光波理论和查阅国内外相关文献，我们得到了 12 种元素灯的理论谱线值。随后测量了多个厂家不同批次元素灯的光谱谱图，结合大量实验数据与理论峰值对应分析，得到了 12 种元素灯的标准图谱库，为检测方法的建立提供了可靠保障。

技术名称

高渗透率新能源接入电网的全过程仿真技术及应用

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

项目属于电力系统及其自动化学科，主要针对大规模电网风光储的仿真建模关键技术及应用开展研究。

近些年新能源发电系统发展迅速，由于其复杂的随机性、波动性，大规模集中接入电网后，给电网规划设计与调度运行带来了新的挑战。通过仿真分析的手段进行新能源发电并网研究时，目前缺乏通用、准确的模型，严重影响了仿真的可信度，使得规划和调度部门不得不以最为保守的方式安排发电计划、制定控制和保护措施，极大地制约了新能源的高效消纳，影响了电网的安全稳定运行。

国内外原有的风光储模型和仿真软件已无法满足我国目前大电网仿真分析的需要，主要面临以下难题：①风电厂家机型种类繁多，换流器装置及控制策略各不相同，构建通用的模型，使其在大电网仿真中满足对各种机型、各种运行工况的准确仿真十分困难；②风电场规模大，风机出力具有分散性和不确定性的特点，风电场等值模型难以兼顾准确性和实用性的要求；③风光储系统在秒级、分钟级、小时级等多种时间尺度下进行仿真，涉及到设备自身动作特性、外部资源特性、及厂站级的调控措施等多个方面，建模需满足对各时间尺度下动态特性模拟的准确性、收敛性及仿真速度的要求，具有很高的难度。

在国网公司重大专项等项目支持下，研发团队历时 6 年，攻克了上述难题。取得创新成果如下：①提出了双馈、全变流两种主流类型风机的低电压穿越控制模型和参数拟合方法，实现了 21 种风电机型的通用模型，解决了风电机组在大电网仿真

中的准确性和数值稳定性问题；②提出了适用于大电网仿真的风电场等值台数确定方法，提高了风电场仿真的准确性和实用性；③提出了考虑风速、光照、温度等资源特性的风电、光伏发电长时间波动性模拟方法，为电网调频控制提供了计算分析基础；④建立了风电场、光伏电站厂站级的功率控制及电压控制模型，以及电池储能系统的功率平滑控制、附加频率控制等模型，首次实现了大电网中风光储发电系统的机电暂态和中长期动态过程分析功能。

投资及运行效益分析

本课题提出的典型风电的控制和保护模型能够比较准确地描述实际风机的运行特性，适用于对 GE、金风、华锐等厂家的风机进行仿真模拟；提出的大规模风光储中长期动态模型能够较好地反映实际电网中风电、光伏及储能的动态特性；提出的大规模风光储的等值模拟方法，解决了工程计算中详细建模复杂（即对每台风、光、储单机建模）、规模庞大且计算时间长的问题。相应地，课题开发了包含大规模风光储的全过程动态仿真程序，对于实际风光储系统的仿真模拟和规划设计提供了准确而有效的仿真手段，有很广阔的应用空间，将其应用到实际工程中，可以节省大量的试验成本。

课题提出的风电、光伏发电模型参数的实测方法及测试规程，以及课题设计的实测过程中的动态测试和静态测试，对实际系统的风电和光伏发电模型的测试有很强的指导意义。

因此，课题研究成果对开发大规模风光储清洁能源及接入系统具有很高的工程意义和实用价值，将来可以在我国电力系统的各级调度与运方部门推广，提高系统规划运行的效率；同时也可在与系统安全稳定运行相关的各种科研项目中应用，为技术研究提供支持，因而具有良好的经济效益和社会效益。

成果有力促进了我国电网仿真分析技术的进步，为研究大规模新能源并网特性，保障电网安全稳定运行与新能源高效消纳，提供了重要的技术支撑。项目近三年直接经济效益 6144 万元，社会经济效益显著。

工程案例介绍

项目成果已在 PSD 电力系统仿真分析软件中开发实现,并广泛应用于我国 34 个省级及以上电网规划设计、调度运行及科研教学中,国内市场占有率超过 80%,已成为我国大规模新能源接入电网安全稳定分析、调频/调峰策略等研究的必备仿真手段,完成了疆电外送、甘肃风火打捆送出、西北电网大扰动试验、张北风光储基地等重大工程应用。

技术名称

光纤复合架空地线抗冰技术方法及系统开发和应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

光纤复合架空地线抗冰技术

技术内容

架空线覆冰长期以来都是输电线路的天敌,尤其 2008 年发生在我国南方地区的大范围雨雪冰冻灾害对输电线路造成了严重危害,停运电力线路计 39033 条,停运变电站计 2037 座。OPGW 光缆挂点高、运行温度低、缆径小,覆冰更严重,是线路倒塔、跳闸事故发生的主要诱因。

近年来的研究成果对输电导线融冰问题已基本得到解决,但 OPGW 融冰问题始终是线路融冰的技术难点,未得到解决。主要是出于线路防雷需求,OPGW 与铁塔之间的连接方式基本都采用逐塔接地方式,使得用于导线融冰的几种技术及装置都无法应用于 OPGW 线路除冰:且 OPGW 中光纤对应力和温度极为敏感,对融冰的技术条件和实施方案提出了更为苛刻的要求,一旦融冰电流控制不当,对光缆将产生严重损伤,甚至损毁,造成通信中断。

为解决 OPGW 覆冰问题,近年来南方电网开展了一些线路绝缘化改造方式的 OPGW 融冰技术尝试,但先后出现多次断缆断纤及冰闪故障,且改变地线接地方式工程难度大,适用性差。

本项目以基础研究和技术开发相结合,充分考虑 OPGW 线路特点,创新性地提出在不改变地线接地方式且不影响输电线路正常运行的前提下,可优先对 OPGW 实施安全融冰的整套技术解决方案:攻克了耐高温、耐高压、抗腐蚀融冰用绝缘导线关键技术,在国内外首次研制出具有自融冰功能的 OPGW 及配件系列产品:首次开发出集 OPGW 覆冰厚度和融冰温度在线监测及带温度反馈自动化调节直流融冰装置于一体

的 OPGW 融冰系统：并建成了首条 OPGW 抗冰示范应用工程。

投资及运行效益分析

项目经济效益显著，为覆冰期 OPGW 线路运行维护工作节省了开支，有效避免了因 OPGW 覆冰导致的通信系统及线路故障，通过推广应用，可为电力输电线路的运行维护和灾后重建节约数亿元成本。为抵御 OPGW 雨雪冰冻灾害工作发挥了重要作用，保障了电网、通信网运行安全，具有良好的经济、社会效益和推广应用前景。

工程案例介绍

2013 年 12 月起，基于项目前期研究成果，在湖南雪峰山覆冰试验站现场实施了 OPGW 融冰试验段的安装、调试及现场融冰工作，共安装包括全绝缘 OPGW、内嵌式 OPGW、外缠式 OPGW 在内的三种融冰方式 OPGW 和 OPGW 覆冰融冰在线监测系统。经试验段应用表明：项目研制的成果产品实用性强、技术先进，可以有效的避免输电线路因 OPGW 覆冰造成的断线倒塔事故。2014 年 11 月，在国网湖南省电力公司 220kV 黔平线开展了 OPGW 抗冰改造示范工程建设，工程建设了涵盖全绝缘、内嵌式、外缠式三种融冰方式的 OPGW，以及集光纤覆冰融冰在线监测系统和直流融冰装置联动于一体的 OPGW 抗冰示范工程。在建设安装完成并运行 1 年之后，于 2015 年 12 月，开展了 OPGW 融冰试运行试验工作，并取得圆满成功。结果表明，OPGW 融冰改造工程，可以显著提高覆冰条件下 OPGW 安全可靠性和电网安全。2014 年以来，项目研制的 OPGW 覆冰厚度在线监测系统在江西省重覆冰地区 110kV 妙星线路和 110kV 妙庐线路上实现了挂网应用。经现场应用后反馈：“基于光纤测量和光纤通信技术的 OPGW 覆冰在线监测系统”项目成果实用性强、技术先进，测量准确度高，可大量节约抗冰保网工作的人力、物力和财力。

技术名称

基于 Galaxy 的生物信息分析平台

技术依托单位

天津商业大学信息工程学院

适用范围

基于生物信息大数据的实验与分析

技术内容

项目通过 galaxy 平台搭建一个可供生物信息分析人员定制复杂分析流程和可视化报表，并通过平台进行分享，为生物信息行业提供统一的门户入口，解决了软件安装繁琐、分析流程复杂、处理经验不足，减少硬件投入；

生物信息分析平台可提供基因组 de novo 测序数据分析、基因组重测序数据分析、小 RNA 测序数据分析、转录组测序数据分析、外显子组测序数据分析的完整分析 workflow，可对以上分析进行复杂流程定制、数据库交叉检索、结果可视化，可对 workflow 进行记录和分享，形成高可用的 workflow 平台，有效降低生物信息分析技术门槛、培养大量生物信息分析人才、提高生物信息分析效率、显著降低生物信息分析成本。

主要技术指标

软件架构分为四层：表现层、服务层、中间件层、资源层。用户与表现层的门户系统通过 https 协议进行交互，前台再通过 SOAP 协议与各类服务的守护进程进行通信，服务层与中间件层之间的通信通过应用程序接口（API）调用完成，服务层与 MySQL 数据库之间通过 JDBC、Hibernate 及 HQL 通信，服务层与文件系统之间通过 LDAP+ACL 实现访问控制。

投资及运行效益分析

项目主要效益来源于以下几方面：生物信息分析计算费、生物信息分析咨询、生物信息分析培训、生物信息大数据交易中介费、生物信息学数据库构建。

技术名称

基于“互联网+”的慢性心血管疾病医疗服务平台

技术依托单位

天津理工大学

适用范围

健康医疗

技术内容

本项目旨在“互联网+”提供的新型信息流通机制的框架下，依靠云服务作为数据存储载体和计算能力平台，以移动终端为个人信息接口，利用计算机人工智能技术为辅助诊断工具，为普通广大群众，提供一套完整、准确、及时地辅助心脏病诊断的解决方案，并通过多平台软件融合，实现慢性心血管疾病的医疗服务平台。项目中的核心设备为便携式心电信号记录仪，目前已实现单导联心电信号的便携采集与记录，根据采集方式不同分为可穿戴式心电采集衣和手握式心电采集器。

主要技术指标

可穿戴式心电采集衣可以连续记录大于 24 小时的人动态心电信息，实现长程心电信号的采集、存储；手握式心电采集器可以通过手握方式实现短程（30 秒）心电信号的便捷采集与记录，主要适用于突发不适情况下的心电活动的记录。

技术名称

虚实结合的共享智造平台

技术依托单位

天津商业大学信息工程学院

适用范围

本成果为“中国制造 2025”新型人才培养提供了创新解决方案，适用于本科、高职、中职、技工等院校的机械制造、机电一体化等专业的工程实训，也可广泛应用于工科专业的精工实习等领域。未来将逐步突破教育领域，向智能制造、无人工厂等领域扩展。

技术内容

成果将虚拟仿真、柔性制造和云技术相融合，建立了可跨地域共享的、虚实结合的可视化智能制造实训平台。智造平台包括云管理平台、智造终端、智造工厂三部分。设计人员操作智能终端进行数控程序设计和三维仿真，仿真后程序和加工指令可通过云管理平台直接发布到共享工厂进行生产。接收到生产程序和指令，工厂现场材料运输、上下料、产品加工等生产环节全部自动化进行，最终自动运输成品到库。所有生产过程均可实时监控。

主要技术指标

(1) 虚实结合:首先在本地的实训终端上进行加工程序的三维仿真，仿真验证后程序可通过网络发送到远程真实加工环境上进行实际加工操作。

(2) 共享制造:加工设备、加工流程、加工状态统一云端实时管理监控。加工任务和程序可发布到和云端相连的任意工厂（或设备）进行加工制造，实现工厂闲置资源合理匹配和共享。

(3) 无人工厂:通过虚拟仿真、数控机床、无人运输车、自动料库等产品的研发改造和集成，实现生产命令和原料从工厂一端输进，产品从工厂另一端输出的全自动化工厂系统。

(4) 柔性生产:智造平台可实现制造流程动态修改,制造设备灵活组合,实现多品种、小批量生产,为低成本定制化生产奠定基础。

投资及运行效益分析

据统计,目前我国开设机械类专业院校数近 2 千所。按每所 50 台云智造系列设备,每台 5 万元计算,仅本项目智造终端和配套系列产品高校市场容量就为 50 亿左右。同时,截至 2015 年 9 月,全国已建设有 200 个国家级虚拟仿真实验教学中心。在工业 4.0 建设的大背景下,我国工程仿真实训产品的旺盛需求仍将保持高速增长,据报道未来 3-5 年,我国仿真教育行业市场增长率将达到 12%左右,这为本科技成果带来了广阔的市场前景。

工程案例介绍

从 2009 年开始本成果的 1.0 产品“仿真数控加工教学实训系统”上市以来,产品先后在天津职业技术师范大学工程实训中心、北京航空航天大学公共实训中心、长春装甲兵技术学院、江西科技师范大学材料学院等多所高校、职业技术学校、部队院校和省市级的工程实训中心推广使用,获得良好的社会效益和经济效益,累计销售额突破千万元。

技术名称

交直流混联电网大容量新型 FACTS 群的系统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

电力系统规划、运行与控制

技术内容

本项目属于电气工程学科，涉及电力系统规划、运行与控制等领域，是科技研发和实际工程应用相结合的综合性课题。

近年来我国“三北”地区风电、光伏等清洁能源装机容量不断增长，锡盟风电基地规划通过超/特高压交直流线路送至京津唐负荷中心，甘肃河西及新疆哈密风电基地、青海海西光伏基地通过 750kV 输电通道远距离外送。新能源出力的间歇性、随机性强，输电通道距离长、动态无功支撑不足，系统电压控制困难，风机脱网问题突出，严重制约了新能源基地送出。亟需装设大容量、高性能的 FACTS 等动态无功补偿设备，提升系统电压控制能力。

目前国内外尚未有采用 FACTS 设备群解决大规模新能源安全可靠送出的工程先例。本项目在 6 项重大工程项目及科研项目的支持下，以保障清洁能源大规模外送为立足点，在世界首个超高压大容量新型 FACTS 群的需求选点、配置方案、控制策略、谐波抑制、工程应用等方面取得了一批拥有自主知识产权的创新性成果，填补了国内外空白。项目获得国家发明专利授权 8 项，制定标准 1 项，发表论文 13 篇（SCI 1 篇、EI 7 篇）。主要技术创新点如下：

①发明了基于电力系统无功平衡快速分析的可控电抗器需求分析方法，提出了采用 750kV 磁控式可控电抗器、阀控式线路可控电抗器、66kV SVC 等新型 FACTS 设备的风电外送通道电压控制技术方案。

②发明了 FACTS 群的多时空协调控制方法，提出了稳态、机电暂态和电磁暂态

三个时间尺度策略配合技术，变电站 FACTS 设备间及与主网 AVC 系统的协同动作技术。

③发明了计及多约束条件的 FACTS 群协调控制策略现场验证方法，提出了适应智能站控保信号网络化传输、操作信号就地化触发特征的 FACTS 设备试验技术。

④揭示了含 FACTS 群电网中谐波电压沿轻载长线路升高的机理，发现了电网内的二次谐波传输放大通道，提出了电网谐波阻抗特性改善技术。

投资及运行效益分析

自 2013 年 FACTS 群投运以来，新疆与西北联网通道电压波动幅值由 70kV 降至 22kV，输电能力提升 100 万千瓦。截止 2016 年底，累计提高新能源外送电量 51.5 亿 kWh，新增产值约 27.8 亿元，减排 CO₂ 273 万吨和 SO₂ 2.2 万吨，显著提升了清洁能源送出能力，提高了天中特高压直流、青藏直流的运行可靠性。

工程案例介绍

项目研究成果已应用于新疆与西北联网工程 FACTS 群的系统设计、设备及控制系统研制、工程调试及电网运行，取得了巨大的经济和社会效益。项目研究成果有效促进了首都社会、经济发展，为京津唐地区受入大规模清洁能源提供了技术方案，推动了首都地区 FACTS 设备制造企业的规模化发展，具有显著的推广应用价值。

技术名称

遥测仪检定装置研制

技术依托单位

北京市计量检测科学研究院

适用范围

汽车尾气检测

技术内容

应用遥测的方法检测汽车尾气，是目前世界最先进的方法之一。采用遥测法有利于强化对道路行驶中机动车的尾气排放管理。因为遥测法属于流动尾气监测设备，能在 0.7 秒的时间内检测出机动车的排放污染状况，最多每天能够检测 8000~10000 辆。遥测检测不需要大规模的检测场地，能快速、准确的筛选出重污染车辆。应用遥测的方法的方法监测城市污染，在世界很多发达城市已广泛应用。通过合理布置遥测设备，可以对城市的各个地区的污染情况、污染物的种类及时准确地掌握，对合理的分区、分片治理城市污染提供了可靠的科学依据。目前已在全国多个大中型城市试行。针对机动车迅猛的增长态势和它所带来的大气污染，各个国家地区都十分重视及时准确掌握机动车排放污染状况。遥感监测凭借其快速、灵便和监测面广的优点越来越受到人们的关注和信赖。

为了使遥感设备得到很好的应用，研制一套完善的遥感监测机动车排放检测的检定装置，即可以提升遥测计量检测设备的准确和可靠。同时填补遥测计量检测设备检定方面的空白。为遥测计量检测设备产品的监管提供支撑。对遥测检测在我国推广必将起到积极的作用和应有的贡献。

主要技术指标

采用遥测法有利于强化对道路行驶中机动车的尾气排放管理，能在 0.7 秒的时间内检测出机动车的排放污染状况，最多每天能够检测 8000~10000 辆。遥测检测不需要大规模的检测场地，能快速、准确的筛选出重污染车辆。

投资及运行效益分析

项目已研制一套完善的遥感监测机动车排放检测的检定装置，即可以提升遥测计量检测设备的准确和可靠。同时填补遥测计量检测设备检定方面的空白。为遥测计量检测设备产品的监管提供支撑。对遥测检测在我国推广必将起到积极的作用和应有的贡献，具有良好的经济和社会效益。

工程案例介绍

目前已在全国多个大中型城市试行。针对机动车迅猛的增长态势和它所带来的大气污染，各个国家地区都十分重视及时准确掌握机动车排放污染状况。遥感监测凭借其快速、灵便和监测面广的优点越来越受到人们的关注和信赖。

技术名称

太赫兹辐射精密计量与应用研究

技术依托单位

中国计量科学研究院

适用范围

生物样品测试、食品安全检查、药品成分分析、疾病预防筛查、环境监测等领域

技术内容

太赫兹技术是当前国际光学、电子和信息领域的重大前沿科学技术，在物理、化学、生物、信息和国防等领域具有重要应用价值。然而由于太赫兹技术的前沿性和新颖性，国际上缺少太赫兹相关参数的计量标准，太赫兹参数测量量值无法溯源至国际单位制，太赫兹测量的准确度无法得到保障，限制了太赫兹技术的研究、发展和应用。本项目针对太赫兹研究和应用中关键的光谱和功率参数开展计量学研究，取得了如下技术创新和研究成果：

(1) 自主研发了多种不同功能的太赫兹时域光谱仪，实现了样品在各种条件下太赫兹波段透射光谱、反射光谱和吸收光谱特性的测量；为消除环境空气吸收和色散的影响，建立了具有真空系统的测量环境，提升了太赫兹光谱测量的动态范围和带宽，仪器性能指标达到国际先进水平；在国际上首次提出了利用太赫兹时域回波在线标定校准太赫兹时域光谱仪的新技术，将太赫兹光谱测量重复性引起的不确定度降低 2.5 倍。

(2) 自主发明了太赫兹波段具有宽波段高吸收率的太赫兹吸收材料，成为迄今为止在太赫兹波段的吸收带宽最宽、吸收率最高的太赫兹吸收材料；自制研制了太赫兹辐射功率计，实现了宽光谱范围内太赫兹辐射功率的准确测量和量值溯源至国际单位制。此项发明使中国计量院成为与美国标准技术研究院、德国物理技术研究院并列的，国际仅有的具备太赫兹功率绝对测量的三家国家实验室。参加了国际首

次太赫兹功率比对，在比对的 2.52THz 和 0.762THz 两个频率点均取得国际等效，且在比对的两个太赫兹频率点测量不确定度均为国际最小。

(3) 自主研发的太赫兹辐射功率计被德国计量院电学处应用，实现了欧盟联合计量研究项目“为国家安全的太赫兹计量”的太赫兹辐射强度空间分布的绝对测量和量值溯源至国际单位制，自主研发的太赫兹时域光谱仪被清华大学、北京大学、天津大学、北京航空航天大学、中科院物理所、中国工程物理研究院、中国特种设备检测研究院、国防光电子一级计量站、解放军防化研究院、海军计量中心等多家单位广泛应用，解决了我国危险化学品测量、极端物性机理研究、化学武器测试和国防太赫兹计量的关键需求。

主要技术指标

针对太赫兹光谱和功率计量问题，建立了太赫兹光谱计量标准装置和太赫兹功率计量标准装置，达到的技术性能和指标为：太赫兹波形测量范围：(0~65) ps，测量不确定度：1.3% (k=2)；太赫兹光谱测量范围：(0.1~3.5) THz，测量不确定度：0.44% (k=2)；太赫兹功率测量范围：0.5mW~12mW，光谱覆盖 50 GHz~3.5 THz，测量不确定度：3.6% (k=2)。

工程案例介绍

项目通过科研合作和技术服务等形式为清华大学、北京大学、中科院物理所、北京化工大学、北京师范大学、中国石油大学、哈尔滨理工大学、北京航空航天大学、成都电子科技大学、中国工程物理研究院、北京光电研究所、国防光学一级计量站、国防光电子一级计量站、中物院计量中心、国家纳米中心等多家单位提供了太赫兹计量技术服务，预期未来会具有更广阔的应用前景。

技术名称

应用于高能加速器中的超高真空高功率 SiC 型微波干负载

技术依托单位

中国科学院高能物理研究所

适用范围

正负电子直线加速器等

技术内容

该课题来源于北京正负电子对撞机重大升级改造工程和韩国 PAL XFEL 10GeV Linac 国家工程项目。

超高真空高功率 SiC 型微波干负载用于在各微波波导传输系统的末端与各加速器微波元器件（加速管、定向耦合器、移相衰减器等）的输出或隔离端，吸收全部多余的微波功率，防止功率反射回微波通路，从而影响其束流品质，造成束流抖动和不稳，或者反射回来的微波功率微波打火，打裂价格昂贵的微波功率源陶瓷窗，比如速调管，从而影响着整台加速器的性能稳定性和正常运行。

随着粒子物理研究对对撞机和同步光源提出的高束流、高能量、高亮度的新要求，要求干负载的指标越来越高，比如内部环境要高真空，真空漏率小于 1×10^{-10} 毛.升/秒，能够全部吸收微波功率达 50MW（峰值），平均微波功率达到 5kW 以上。

SiC 型微波干负载是目前世界上能够吸收微波峰值功率最高的干负载，只有我们和日本能研制。

其原理是使用钎焊棒状 SiC 陶瓷块作为高峰值微波能量吸收器。用间接水冷却法，SiC 陶瓷棒分成两排，按照严格设计，被钎焊到矩形波导两窄边的内壁上，冷却水管焊接到波导的两个窄边外壁上，这样既解决了微波能量的吸收，又较好地解决了热量的带出，成功的运行在 S&C 波段、驻波比小于 1.08 直线加速器上，可以吸收的脉冲峰值功率达 50MW（ $1 \mu\text{S}$ ）以上。

主要技术指标

(1) 微波吸收体-SiC 陶瓷柱的制造，采用 β 面结晶体 SiC 粉， 高压等静压制成的 SiC 柱状，把压制的 SiC 柱放入 2100°C 高真空中烧结而成；

(2) SiC 陶瓷柱、无氧铜波导材料和冷却水道在真空炉内的高温多次焊接，难点在于 SiC 陶瓷柱和无氧铜的膨胀系数的巨大差异以及多次焊接，要保证成品率；

(3) 微波调配，要求干负载的 VSWR 小于 1.08，难点在于一套负载中需要 28 个 SiC 陶瓷柱，而它们的物理特性很难保证一样，离散性较大；

(4) 间接水冷；

(5) 超高真空，内表面要清洁干净，不能有任何杂质气源放气；

(6) 超高微波功率，要吸收所有进来的微波功率，不能有微波打火、放电和放气现象发生。

投资及运行效益分析

该设备有近 200 多套已经运行在北京正负电子对撞机正负电子直线加速器和国内外多家加速器实验室的机器上，经过长时间高功率运行和考验，证明其技术是安全可靠和成熟的，达到设计指标要求的。它曾经于 2014 年，在韩国进行的高功率测试中，击败日本产品，获得韩国 PAL XFEL 工程全部 150 套的订单，应用前景是光明的。

技术名称

载波聚合高效通信基站功放研究及应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

通信系统

技术内容

无线基站能源消耗通常占到无线通信系统整体能耗的 70%以上，射频功放通常占据了通信主系统能耗的 50%以上，因此提高射频功放效率是基站节能减排的最有效手段。载波聚合技术可有效拓展通信系统带宽，提升系统传输容量，但要求射频前端具有多频并发的工作能力，该技术对基站射频功放效率提高带来了极大的挑战。在新一代通信系统中，由于载波聚合和 OFDM 等高效调制等技术的广泛采用，传统功放所面临着多频并发性能下降、带间互调线性度差等问题，这些因素都成为基站效率提高的瓶颈。针对这些亟待解决的关键技术难题，清华大学和中兴通讯股份有限公司进行了联合科研攻关，在宽带多合体（Doherty）功放设计、多频并发效率提升和数字预失真技术（Digital Predistortion, DPD）等方面取得了重大突破，技术水平处于国际领先。项目主要技术发明点如下：

（1）针对新一代无线基站多频多模应用，项目提出新型双频高效多合体功放结构，解决了在多合体功放双频相位独立补充问题，在国际上首次成功实现了双频多合体功放。

（2）提出连续型宽带多合体功放电路，将谐波匹配引入宽带多合体功放带宽扩展中，实现带宽大于 1.1GHz，调制效率优于 46%的宽带多合体功放，性能处于国际领先水平。

（3）率先从理论上分析了交调分量对效率的影响，提出了基于交调匹配技术的多频功放设计方法，研制的高效线性双频多合体功放平均效率达到 42.1%，在可查

询的公开报道中处于国际领先。

(4) 针对多频功放效率与线性度的矛盾，提出低复杂度多频功放建模与线性化方法，解决了多频功放线性化复杂度快速上升问题，使基站效率提高到 40%以上。

投资及运行效益分析

近三年来项目实现的高效基站功放发货量为 7.8 万台，实现直接经济效益 4.2 亿元，每年可节约耗电量 1.5 亿度以上，产生了良好的社会效益。

工程案例介绍

项目研发的高效宽带功放及数字预失真技术已大规模应用于中国移动 TD-SCDMA 及 TD-LTE 移动通信基站中，参与完成了北京奥运场馆 TD-LTE 网络建设，基站效率显著提升。

技术名称

可视化超声泄漏检测系统研制与应用

技术依托单位

北京卫星环境工程研究所

适用范围

航天器在轨检漏、环模设备快速检漏等

技术内容

本项目属于航空航天科学技术领域,主要是开发一种可视化超声泄漏检测系统,解决航天器在轨检漏及配套试验设施的地面快速漏点定位,保障航天器及航天员的安全和配套设备设施的良好密封性,有效保障航天器及试验设备设施的正常运转。

本项目研发的系统主要由非接触式超声和接触式超声检漏两部分,包括非接触式超声检漏设备、可视化模块、可更换非接触复合探头、阵列接触式声发射探头、采集切换模块、高速采集仪及分析软件等部分。通过接触式超声泄漏检测设备对结构的漏点进行方向和区域指引,再由非接触超声检漏设备进行区域性巡检确定漏点位置;该系统各指标达到了国外同类产品水平,而国内尚无此类产品。

本项目主要创新点:

(1)首次采用了非接触式和接触式相结合的超声泄漏检测方法,解决了航天器舱体等结构的快速漏点定位的难题,满足了航天器在轨检漏及环模设备等设备设施的漏点定位要求;

(2)突破了泄漏超声的微弱信号提取和泄漏超声特征的特征识别,实现了真空泄漏和正压泄漏的上下游检测;

(3)突破了气载泄漏超声特征谱漏孔指引定位算法和连续泄漏信号的波束形成及波场成像的定位算法,实现了可视化快速漏点定位;

(4)研制了非接触式复合式和接触式阵列超声探头及综合测试平台,具备多项测试功能。

该项目研制的可视化超声泄漏检测系统，解决了我国空间站等大型密封舱体在轨漏点定位，满足原总装备部对空间站在轨检漏的需求；解决了大型环模设备及配套设施（如厂房压缩空气阀门）等检漏难以实施的问题。

该系统在技术和功能上达到国内领先；在社会效益上立足于国防，服务于地方；在经济效益上打破了国外产品在市场上的垄断；解决了航天器在轨检漏、环模设备快速检漏等关键难题。

工程案例介绍

该系统成功应用在某型号模飞阶段舱内的背景超声检测，航天科工一院研制的多种不同直径的气体囊体的检漏，KMS 粗抽管道空载时的检漏、北京卫星环境工程研究所部组建中心的压缩空气的内漏检测以及天津大学流量实验室 DN300 常压气体流量鉴定试验及音速喷嘴气体流量检定装置等漏点检测等。并拓展应用在哈尔滨铁路局科学技术研究所断轨检测技术研究的试验测试中。

技术名称

面向多核、众核处理器的并行程序编程技术、框架和语言支持

技术依托单位

中国科学院计算技术研究所

适用范围

计算机软件

技术内容

针对在多核/众核上并程序的开发难度高、大量遗产代码移植难、并程序的性能优化难等问题，本成果研制了两种面向领域的并行编程语言，提出多种新型的并行编程模型和语言，提出了面向多核/众核的编译优化方法和框架，提出了对运行环境自适应、性能可移植的高性能核心算法库优化技术，这些技术降低了用户并行编程和遗产代码移植的难度，提高了程序优化的效果和适应性。

(1) 在领域编程方面，我们提出并实现了面向航空模拟中典型应用的领域编程框架 NOVA，帮助飞行器仿真的实际应用利用 GPU 获得比 CPU 快 10 倍的性能，降低 30% 的编程量。我们提出并实现了面向数字媒体处理领域的数据流并行编程框架 COStream，在 x86、GPU 和 Godson-T 上得到实现。编码量降低到传统编程的 1/7 (GPU 平台)，同时并行加速显著。

(2) 在中层抽象的并行编程接口方面：我们提出并实现了基于新数组类型的并行编程系统 Parray，抽象多核/众核系统的并行层次和存储层次，提出数据数组的类型扩展、线程数组的类型扩展、支持 SPMC 单程序多代码段程序设计，统一了异构平台的编程。可以支持 GPU、MIC 和国产众核处理器。用户编码量降低到原来的 1/10 (GPU 平台)，矩阵乘的性能超过商业的高性能数学库 (天河 1A 上)。并在国产众核处理器集群上实现大数据规模 (16384^3) 的直接法湍流模拟。

在高性能的算法库方面，进行了基本图像算法和 GPU 体系结构匹配研究，并针对 stencil 和 SpMV 等典型计算建立了自适应代码优化框架。我们研制了对运行环境

自适应、性能可移植的高性能核心算法 T_OpenCV，相应的软件源代码（共 70,000 余行源代码）随 OpenCV 2.4.3 官方版本一起发布，贡献给开源社区使用。其性能明显高于 CUDA 版本，且自动调优性能显著。

主要技术指标

(1) 帮助飞行器仿真的实际应用利用 GPU 获得比 CPU 快 10 倍的性能，降低 30% 的编程量。编码量降低到传统编程的 1/7 (GPU 平台)，同时并行加速显著。

(2) 应用编码量降低 16%，UPCH 的任务调度是 OpenMP 调度性能的 1.5 倍（多核）和 1.8 倍（MIC 众核）。

(3) SPEC CPU 2006 的浮点程序测试表明，AAPO 的并行化性能达到 Intel 商业编译器的 1.067 倍，8 核平台的并行/串行的平均加速比是 1.36 倍（几何平均）。

探索了使用可重构的硬件加速器配合多核 / 众核处理器平台来降低系统能耗的方法，相比于 CPU 上的解决方案，能获得平均 1.79 倍的性能提升同时把能耗下降为原来的 55.2%。

投资及运行效益分析

课题的部分研究成果已经应用到国产申威处理器的并行程序综合优化系统中，利用 Parray 编程模型移植和优化的直接法湍流应用在国产申威平台上实现了目前最大数据规模的模拟集成开发环境，已在华为公司的产品开发中使用；面向航空典型应用的领域编程框架应用到航空仿真计算的工作流计算中，缩短了开发周期，提升了计算性能。

技术名称

数字集成电路故障片上检测技术研究与应用

技术依托单位

中国科学院计算技术研究所

适用范围

数字集成电路故障片检测

技术内容

项目组在国家基金项目和北京市科技项目的资助下，突破了时延故障、老化故障、多核处理器故障的片上检测和测试支撑装置等重大技术难题，形成了自主知识产权的数字集成电路故障片上检测技术体系，包括：

(1)创新了时延故障的片上检测装置及检测技术，突破了测试时钟的片上生成、时延测量、在线时延故障的检测等难题，提出了一种时延级测量分辨率成倍递增的片内通路时延测量结构、一种基于稳定性检测的在线和离线时延故障检测结构，一种时钟频率和测试方式可配置的片内实速和超速测试时钟信号生成结构以及超速测试通路选择和测试向量生成方法，为电路在多种测试模式下进行实速测试和更高频率的超速测试提供了坚实的技术保障，确保了时延故障的高故障覆盖率。

(2)创新了老化故障的片上检测装置及检测技术，将老化的物理机理的研究引入了电路设计方法，提出了一整套高精度的电路老化统计分析和预测方法、一种同时支持在线电路老化预测和超速时延测试的片上抗老化时钟信号生成装置、一种容老化故障的流水线微体系结构，为老化故障的检测和容错设计奠定了理论基础，解决了老化故障片上检测和容错的系统实现难题，拓展了传统内建自测试技术的内涵。

(3)创新了基于片上测试访问机制的多核/众核处理器的故障检测技术，提出了一种测试外壳控制单元分组设计、一种基于广播机制的测试共享方案、一种针对片上网络系统的虚拟测试总线电路，解决了复用片上网络进行测试数据传递的难题，实现了在测试过程中为片上的内嵌芯核提供稳定的测试数据通路，确保了多核/众核

处理器的故障检测的正确性与成品率。

(4) 研制了面向国产测试设备的测试程序开发软件 SpeedE2A, 包含多类型波形文件的显示子系统、测试程序开发子系统、正向转换子系统和反向转换子系统四大组成部分, 具有良好的扩展性。

本项目成果包括 30 余项发明专利、20 余项软件著作权; 发表 IEEE/ACM Transactions 论文 40 余篇。整体处于国际先进水平, 其中时延测试和老化测试方法居同期国际领先水平。对我国数字集成电路测试技术的发展, 具有重大促进作用。

投资及运行效益分析

本项目已应用于我国自主研发的多款微处理器芯片的验证、可测试性设计、故障检测, 以及国产测试设备的测试程序开发, 在测试成本和测试功耗约束下确保了芯片的高故障覆盖率, 取得了良好的社会效益和经济效益。

技术名称

连续离散混合系统建模语言及并行仿真关键技术研究与应用

技术依托单位

北京航空航天大学

适用范围

高超声速气动系统、防空反导系统、空域系统垂直碰撞综合风险系统、战术演练系统等。

技术内容

本成果所研制的连续离散混合系统建模语言（英文缩写是 CMSL，又简称仿真语言）及其仿真环境，其目的是为用户提供一种基于算法库、模型库的建模与仿真框架。

算法层包含并行/分布算法、基本算法和应用算法。并行分布算法包括多节点（MPI）、多核（OpenMP）和众核（GPU）三个层次的并行方法。基本算法包含常用的计算机算法，比如常微分方程组求解算法（四阶龙格-库塔法等），排序算法（冒泡法、选择法等），智能优化算法（粒子群、模拟退火、遗传）等。应用算法包括气动力学数值求解算法和强化学习方法。

仿真模型层包含原子组件模型和复合组件模型，它们由提供描述连续微分方程、离散事件系统关键字的 CMSL 编译而成，因为从软件可重用角度，CMSL 设计了对原子/复合组件描述的语言元素。

提出了建模语言文本规范并研发了编译器，实现了自动识别仿真语言语义并将其转换到 C++ 和 Fortran 语言。

研发了并行分布仿真引擎，包含提出的基于扩展辅助的保守时间管理算法，基于入口映射的仿真存储管理算法，多核 CPU+GPU 仿真协同算法、动态变结构实体算法、组件负载均衡算法等，支持在高性能计算机的节点内多核并行、多核 CPU+GPU 并行以及节点间的多 CPU 并行。

投资及运行效益分析

成果在数学建模、并行分布仿真等方面的推广应用，可逐步满足专业设计人员、软件开发人员、教师的多方面需求，并可纳入产品设计、军事仿真、社会仿真，专业教学、高校教学等系统，成为这些系统的重要组成部分。

该成果对产品总体论证、战术推演、人群疾病传播等方面有重要的应用价值，在高科技产品设计和国防建设中具有广阔的应用前景。

工程案例介绍

目前本成果已实施了 6 个应用案例，包括高超声速航天器气动/控制联合求解、陆空联合对抗演习评估系统、防空反导演示系统、人群系统、并行队列模型、空战学习系统。这些案例的实施过程包括基于 CMSL 的模型描述（建模）、基于编译器自动生成 C++/Fortran 源代码、基于源代码编译生成二进制可执行组件（动态库）、基于并行分布仿真引擎的运行/调度、结果分析以及优化迭代等全过程。

技术名称

数据库联机分析加速技术与多数据类型支持的创新与成果转化

技术依托单位

中国人民大学

适用范围

信息化工程

技术内容

数据库管理系统是信息系统的基础和核心。随着信息系统需要管理的数据类型的增多、基础计算平台软硬件的技术进步和应用需求的不断变化，数据库管理系统的功能需要不断地丰富、实现技术需要不断地创新。在过去的十多年中，中国人民大学数据库研究团队以掌握自主可控数据库管理系统实现技术为己任，和我国数据库专业企业北京人大金仓信息技术股份有限公司紧密合作，以国家在基础软件方面的战略部署为契机，在数据库管理系统的一系列核心技术上，从跟踪到自主创新，推动了我国在数据库管理系统技术的发展。

本成果是自 2009 年以来，依托国家 863 计划项目（课题 1：纯 XML-关系数据库系统 PXRDB 研制与应用（2009AA01Z149））和国家核高基科技计划项目课题（课题 2：国产数据库高性能高安全关键技术研究（2010ZX01042-001-002-002））所取得的部分成果，包括数据库平台上对多类型数据的支持和海量数据联机分析等方面进行的技术创新和成果转移。已申请专利 13 项（授权 7 项）；取得软件著作权 1 项；发表学术论文数十篇；形成金仓数据库管理系统系列产品的 2 个版本。这些创新成果全面提升金仓数据库的技术水平，促进了国产数据库向支持国民经济重大行业核心关键应用发展，逐步打破了国外产品在我国数据库市场上的垄断。

本成果的主要技术创新点包括以下两个方面：（1）针对海量数据的联机分析需求，从磁盘扫描、内存、处理器缓存以及系统结构等多个层次提出并研究和开发了多种 OLAP 加速技术。OLAP 加速技术包括基于共享扫描的并发优化技术、面向 GPU

的数据划分和压缩技术、CPU 与 GPU 协同技术、基于 GPU 的复杂分析查询处理与优化技术、以及内存数据库优化技术。在数据库管理系统关键技术上的创新研究和成果的持续转移，使得金仓公司现有的数据库产品本身的功能特征和性能得到稳步的提升，有效地提升了国产数据库企业的核心竞争力，金仓数据库曾两次获得中国软件与信息服务业创新产品奖和最具竞争力产品。为我国的信息化事业提供自主可控、安全可靠和低成本解决方案，取得了显著经济效益和社会效益。(2) 研究了关系数据与 XML 数据无缝集成的新技术，在关系数据管理平台上，实现对关系数据和半结构/非结构化数据的统一管理。实现了与关系引擎无缝集成的 pureXML 引擎，提出了基于内容的数据自适应存储技术、非结构数据的多维索引方法、XML 数据的细粒度并发控制、对 XML 数据和关系数据的统一关键字检索等。提出了一个新的基准测试。形成了金仓数据库产品 Kingbase XMLDB 并进行了示范应用。

2015 年曾获得中国计算机学会科技进步奖一等奖。

投资及运行效益分析

金仓数据库已在电子政务、电子党务、财务、金融、保险、国防军工、审计、电力、卫生、交通及农业等领域取得突破，在全国性重大信息化工程核心关键业务中得到规模化应用推广，近三年直接经济收入超过 1.5 亿，实现了金仓数据库在具体应用中从后备产品向主用产品推进，从普通行业向重点行业推进，从边缘应用向核心应用推进的目标。

技术名称

面向智能电网在线分析的云计算平台技术及其应用

技术依托单位

中国电力科学研究院

适用范围

智能电网

技术内容

本项目属于电气技术学科的电力系统及其自动化领域（4704054），涉及电力系统、计算机应用和自动控制等多学科，是一项综合性的电力系统自动化技术，为新一代电网调度自动化系统研发奠定了理论和实践基础。

随着智能电网的深入发展，对一体化运行提出新的要求，需要提高大电网一体化安全运行与协调控制能力，技术手段上需要提升系统面向在线分析计算的一体化协调控制能力、信息化支撑能力及全局资源共享能力。本项目以云计算与智能电网调度控制系统为基础，研制了具有自主知识产权的基于云计算技术的智能电网在线分析系统，构建了电力调度“私有云”，以按需、易扩展的方式，提供适应电网“调控一体化”的专业应用服务。项目采用“物理分布、逻辑集中”的方法，提出基于云计算和广域调度数据网络的调度云平台及系统体系架构，设计了可按需定制的基础设施、平台和应用三个层次在线云服务；融合 EMS 分布式数据库的键值对和时间戳技术，实现了电网异构数据高效存储和在线版本管理；采用分布式并行实时数据库的两级数据索引和数据多副本冗余技术实现了系统的高可用性，支持大电网实时数据的高效访问；通过虚拟化技术，设计实现了多级调控网络分析应用软件，支持多级调度的联合计算和资源的动态管理与调度；采用适应调控自动化系统特点的虚拟化管理软件，实现了多级异构调控系统的一体化部署，支持全息历史场景调阅。

本项目首次将云计算技术引入调度自动化领域，实现基于省地一体全模型的并行状态估计计算，实现基于虚拟机模板的调度员潮流快速部署和弹性伸缩；

项目通过了电机工程学会组织的鉴定，鉴定委员会认为：该项目实现了云计算技术与智能电网调度控制技术的集成创新，研制了基于云计算技术的智能电网在线分析系统，总体达到国际先进水平。其中，调度云体系结构、全息历史场景调阅技术、EMS 分布式数据库的键值对和时间戳技术集成应用、基于云平台的多级调控网络分析应用软件在电力领域达到了国际领先水平。

主要技术指标

项目研制的 EMS 分布式数据库软件四节点部署时的数据查询效率提高 6.5 倍，分布式并行实时数据库软件的两节点数据访问平均加速比达到 1.57；项目提出的系统级故障快速自动恢复技术和全息历史场景调阅技术增强了系统可靠性，出现系统级软硬件故障时在 20 分钟内自动完成恢复（硬件、操作系统、业务系统），全息历史场景调阅可在 25 分钟内完成。

投资及运行效益分析

中国电科院云服务中心集资源、平台、应用、数据、服务于一体，通过虚拟资源弹性管理技术，快速生成和动态分配开发、运行和检测环境，为电力调度自动化技术研究和系统检测提供低成本优质服务。依托实验室提供开放交流环境，可为其他网省公司提供调度自动化应用和运维服务。

经应用实践证明，该系统能够有效整合资源，提高资源利用率，提升大规模电网在线分析计算能力，提高数据存储的可靠性，促进网络分析等高级应用软件的应用与发展，提升了电网调控自动化系统的运行可靠性，为保障电网安全运行打下了坚实的基础。系统功能实用、安全可靠，具有良好的可维护性与可扩展性，研制的虚拟化软件节省了备用调控系统的建设投资与维护成本。

成果可在各调控中心调度自动化系统中应用推广，具有良好的经济、社会效益和推广应用前景。

工程案例介绍

本项目的研究成果已成功应用于福建电网调控云中心、中国电科院云服务中心。

福建电网调控云中心为各地区提供省地调控一体化备用、全网模型管理和状态估计同业对标等云服务。该系统技术先进、功能实用、使用方便、稳定可靠，已通过现场验收和实用化验收，达到了实用化水平。项目的建设提高了系统对海量信息的支撑能力，实现了软硬件资源全局共享，极大节省了软件开发、硬件部署和系统运维成本。

技术名称

现场协同响应媒体服务技术及应用

技术依托单位

中国科学院声学研究所

适用范围

数据传输

技术内容

随着信息和通信技术的飞速发展，大数据时代已经到来，海量数据的传输和处理对当前基于云计算的服务体系带来巨大挑战，即时、安全、便捷的信息服务需求难以保障。本项目创新提出了汇聚终端邻近资源的现场弹性自治（onSite Elastic Autonomous, SEA）海服务技术机制，突破基于时空约束嵌套容器的邻域生成、基于拓扑树的大规模动态节点结构化管理、k-度分段深度学习、多终端同步承载 WEB 编程模式等关键技术，构建了“海云协同”的新型媒体服务技术体系，形成了以快速响应、内容关联、多维传播、安全管控等为典型特征的海云网络新媒体服务系统端到端解决方案。成果来源于中国科学院 A 类先导科技专项“面向感知中国的新一代信息技术研究”，成功应用于国家级媒体、国内六大电视机厂商和国际终端供应商，促进媒体融合发展和智能电视行业发展，技术服务输出欧洲和一带一路国家。

投资及运行效益分析

在国家传统媒体与新兴媒体融合发展的重大战略部署下，媒体行业纷纷加大力度发展新媒体服务能力和水平。目前新媒体服务领域，以内容为王，技术架构趋同，用户体验无明显差异。本项目在用户体验、传播效率、业务开发部署、安全管控和成本等方面具有显著优势，并围绕相关技术形成了知识产权专利池保护，竞争力强，符合国家战略要求。成果已经在国家级媒体，国内六大电视机厂商、国际终端供应商等取得良好应用，技术服务输出欧洲和一带一路国家，采用本方案有助于在万亿级市场规模的新媒体服务领域占据有利地位。

推广应用采取的措施包括：以新媒体服务用户体验为核心驱动，为融合媒体、新媒体服务提供商、内容运营商、终端厂商等目标客户提供新媒体服务端到端解决方案，依靠技术创新，在媒体生产、传播每个环节降低成本，提升内容安全性，提升用户体验，增强用户粘性，为目标客户提供“开源节流”的技术服务。

工程案例介绍

(1) 与中央人民广播电台建立战略合作，共同建设了首个国家级广播与新媒体融合服务平台——“中国广播云平台”，成果系统与云平台中云媒资、云采编、应用 APP 等系统实现了融合对接和业务接入，自 2017 年 9 月上线运行，实现了各级广播电台汇集播出，为中国广播提供直播、回听服务。

(2) 支撑发改委、工信部重点产业振兴和技改专项“智能电视产业链建设”项目，联合百度、国内六大电视整机厂商，建立服务容量达 4000 万户的首个全行业智能电视公共服务平台，实现彩电行业与互联网服务业的资源有序融合，形成智能电视产业健康生态，截至目前，已为长虹、海信、海尔、康佳、创维、TCL 等国内六大骨干电视厂商上百种机型、1550 万台智能电视终端提供服务，带动我国彩电制造业在“互联网+”时代的产业升级，促进智能电视的爆炸性增长。

(3) 与欧洲最大电视机顶盒供应商帕诺迪电器（深圳）有限公司开展授权合作，建立国际化互联网媒体聚合服务平台，支持不同国家和地区、不同架构的 OTT 业务的无缝融合和快速切换，提供网络直播、点播、精准广告、多屏联动、增值应用等多种服务，实现了国产影视剧、央视及地方卫视的海外传播，技术服务输出欧洲和一带一路国家。

技术名称

面向服务的软件定义网络控制平面技术与系统

技术依托单位

北京邮电大学

适用范围

互联网应用行业

技术内容

软件定义网络（SDN, Software Defined Networking）技术的提出，使网络创新由面向分层协议优化转变为面向软件系统功能实现，为网络架构与技术的发展提供了一个具有潜力的方向。虽然 SDN 为网络可控提供了一个开放的基础能力，但如何基于 SDN 真正提供面向服务的业务一直是业界关注的重点，诸如 Google 公司提出了 B4 网络的部署计划，Facebook 启动了 TIP 项目，AT&T 提出了 ECOMP 计划等。归根结底，其面临的主要挑战可以概括为：如何实现基于虚拟化的服务质量保障；如何实现面向服务的通用内容调度能力；如何实现在真实环境下的大规模部署。

针对上述问题挑战，本项目在国家重大专项、纵向与横向等多个项目资助下，研究实现了“面向服务的软件定义网络控制平面技术与系统”，重点突破了网络虚拟化标识、资源映射、计算存储融合等问题，通过采用面向服务快速自动化定制网络的未来网络理念，构建了一个基于软件定义技术的计算存储网络协同管控的虚拟化网络试验平台，可以实现多个业务自动高效创建、并行运行互不干扰、服务质量有保障，为电信运营商、互联网公司在同一个基础设施上承载未来物联网、车联网、工业互联网等未来网络和服务形态提供了宝贵的经验和基础。

投资及运行效益分析

该技术成果已在中国联通的宽带在线有限公司、音乐基地、信息导航中得到推广应用，同时相关成果在中国电子科技集团电子科学研究院、中央电视台、北京国电通网络技术有限公司以及亿阳信通公司等行业专网以及众多高校中也得到了推广

应用，产生直接与间接经济效益累计达 2.5 亿余元。在试验平台建设中，基于相关成果在北京邮电大学构建了全国首个高校 SDN 试验平台，并与南京、重庆、西安等多个节点实现跨域互联，成为我国未来网络小规模试验设施的组成部分，并有力地支撑了国家发改委“未来网络试验设施”重大工程的立项、论证和建设，相关成果也支撑了北京邮电大学成为 NDN 试验平台在中国的三大节点之一，推动了北京邮电大学作为国内唯一高校加入了 ONOS 开源网络操作系统组织。同时该系统平台已成为第二届和第三届全国高校 SDN 应用创新大赛的指定平台，并有力支撑了北京邮电大学通信与网络国家级虚拟仿真教学试验中心，打造了中国最大的 SDN 开放社区 SDNLAB (www.sdnlab.com)，与国际 ONF、ONOS、OpenDaylight 在技术创新、市场推广等方面建立了深度紧密的合作。

工程案例介绍

在产业化方面，该项目自主创新成果已在中国联通、中国电子科技集团电子科学研究院、中央电视台、北京国电通网络技术有限公司、亿阳信通公司以及众多高校校园网升级改造中得到推广应用，产生直接与间接经济效益累计达 2.5 亿余元，经济效益显著。在科研创新方面，相关成果构建了全国首个高校 SDN 试验平台，与美国亚利桑那大学、加拿大卡尔顿大学实现了互联互通，并为我国未来网络试验设施国家重大工程的立项、论证与建设工作提供了重要支撑，推动了北京邮电大学作为国内唯一高校加入 ONOS 开源网络操作系统组织。平台系统支撑了第二届和第三届全国高校 SDN 应用创新大赛，打造了中国最大的 SDN 开放社区 SDNLAB

(www.sdnlab.com)，与国际 ONF、ONOS、Opendaylight 建立了深度合作，培养了一大批创新型技术人才，社会效益显著。

技术名称

基于形式化方法的互联网协议测试关键技术及其应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

互联网

技术内容

该成果针对传统的协议测试技术依靠人工编写测试例，并开发专用协议测试系统，效率低、易出错、严重影响互联网可靠运行的问题，采用形式化方法，攻克了互联网协议测试的测试描述、测试生成、测试执行等关键技术，研发了 PITS 和 Argus 系统，对于验证协议实现是否满足协议标准，保障互联网稳定高效运行，具有重要的意义。

(1) 发明了一种多组件并行有限状态机模型及其协议测试生成技术，自动生成形式化的可执行测试序列，解决了复杂网络协议的多组件间多种通讯方式难以严格描述和准确测试的难题，提高了协议测试集的正确性、可靠性和覆盖度，为协议测试提供了坚实的基础。

(2) 发明了一种形式化协议测试例自动执行技术，设计实现了分布式通用协议集成测试系统 PITS，解决了多机分布式并发测试中 TTCN 准确执行的难题；通过扩展 TTCN 形式化语法和语义，解决了低成本、高效率支持新型网络协议和技术测试的难题。

(3) 发明了一种主被动相结合的路由协议实时在线动态测试技术，设计实现了全球互联网路由前缀劫持在线监测平台 Argus。解决了全球互联网路由协议系统状态及路由信息实时监测和异常发现的难题。自 2011 年上线以来，Argus 已经成为全球路由劫持监测的一种基准，为保障全球互联网域间路由安全提供了重要的技术支撑。

投资及运行效益分析

本科技成果始终坚持形式化方法的技术路线，同时重视理论研究和科研实践，不断升级不断积累，不仅取得了良好的直接和间接经济收益，而且在国内外也取得了显著的社会效益。

十几年来，利用本课题成果—分布式通用协议集成测试系统 PITS，不仅已测试过国内外大多数主流互联网设备厂商（包括华为、中兴、Cisco、Juniper、华三、比威、锐捷、神州数码等）的上百款网络核心设备，而且一直为中国教育和科研计算机网主干网升级提供设备招标测试、项目验收测试，还曾经为中国移动等网络运营商提供网络升级测试服务，在提升国产互联网核心设备的国际竞争力等方面发挥了重要技术支撑作用。

同时，基于分布式通用协议集成测试系统 PITS，可以低成本、高效率的研发真实源地址验证（SAVA）协议、IPv6 过渡技术以及软件定义网络（SDN）技术等新型网络协议和技术的测试能力，先于商用测试仪为国内外重要的设备制造商、网络运营商提供了大量的测试服务，有力地推动了相关新技术和新协议的产业化发展。

另外，全球互联网路由前缀劫持在线监测平台 Argus 对全球互联网域间路由进行不间断的在线监测，多次发现域间路由前缀劫持事件，公开发布监测数据，已经成为全球路由劫持监测的一种基准，为保障全球互联网域间路由安全提供了重要的技术支撑。

伴随着互联网技术的快速发展，面对层出不穷的新协议、新技术、新标准，基于形式化方法的分布式通用协议集成测试系统 PITS 可以低成本、高效率的研发新的测试能力，从而广泛应用于各种新型协议、新型网络设备的测试服务，应用前景广阔。

同时，互联网路由协议动态测试技术可用于对各种互联网路由系统的监测，为新型路由协议和新型互联网路由安全机制的设计提供参考，也可以为更多的网络运营商监控其网络状况提供依据。

工程案例介绍

近十多年来，利用该科技成果为国内外主流互联网设备厂商、运营商和科研单位提供了大量互联网协议测试和新型网络协议测试，填补了多项协议测试空白。Argus 公开发布的全球路由监测数据，成为国内外网络运营商互联网安全态势的重要参考。

技术名称

立体视觉感知、建模关键技术及应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

电子信息

技术内容

立体视觉旨在场景的深度感知与三维建模，是机器视觉热点与前沿研究方向，已成为信息与工业融合产业升级的核心推动力。为此，以国务院“国家中长期科学和技术发展规划纲要”为指引，自然科学基金委、科技部和工信部在“十二五”期间均立项开展立体视觉关键技术攻关与产业应用研究，大力推进我国科技文化产业发展。

项目组长期致力于立体视觉感知与建模技术研究，受国家自然科学基金重点项目、国家重大研究 973 项目、科技部 863 项目、重大科技专项和广东省科技厅产学研等多个项目支持，开展了时间维、视角维、光照维等多个维度的耦合感知、解耦建模和自适应优化研究，在基础理论、关键技术、装置研制 3 个层次上取得突破，在工业检测、立体影视、显微手术和智能机器人等领域获得广泛应用。

(1) 针对动态场景的高效立体视觉感知问题，建立了时域离散的多自由度参数化模型，提出了基于多视角动态场景压缩感知观测矩阵的快速立体匹配技术，突破了相机固有的帧率制约，率先解决了高速立体感知与低信噪比成像的矛盾难题。

(2) 针对立体视觉高精度三维场景建模问题，揭示了多视点光照分解机制，提出了多相机协同的稀疏优化方法，提出了自适应视频本征分解方法，研制了多模态摄像机的三维建模平台。建模精度在国际权威机构评测中排名第一。

(3) 针对工业系统检测需要满足自适应、高精度、多尺度的特征，建立了稀疏感知的 \log -sum 优化模型，提出了立体视觉多参数优化方法，实现了面向不同规格设备的工业立体视觉检测，率先研制了 APS 机器人用于配件检测与整机装配。

投资及运行效益分析

项目技术成果在工业检测、立体显微手术、立体影视领域开展应用，形成了系列产品，已推广应用于多家国内外立体视觉领域知名企业、众多一流医疗机构以及规模化的立体影院，产生了重大的经济效益。同时，立体显微手术设备极大地缩短了医生培养周期，立体影院装备带动了文化产业发展，产生了良好的社会效益。

该成果提高了我国立体视觉科研水平，满足高效率高精度工业立体等领域的实用化需求，整体达到国际先进水平，其中变光照多视角三维建模等技术达到国际领先水平。

工程案例介绍

成果已经推广应用，产生了 16.7 亿元的直接经济效益，其中：

(1) 凌云光子技术集团，应用本成果专利技术，率先研制了标签、包装印刷、PCB 检测等 3D 智能检测设备，技术水平国际领先，市场占有率达 50%，新增经济效益 6.6 亿元。

(2) 中源智人科技（深圳）股份有限公司，应用本成果专利技术，研制了系列智能检测和装配系列机器人，销售至苹果供应链和三星供应链。其中，智能检测机器人应用于苹果系列产品 Touch ID 部件和 Apple Watch 核心部件装配；液晶屏幕检测机器人可完全替代人工检测，已批量应用于三星量产屏幕检测。新增经济效益 4 亿多元。

(3) 深圳市环球数码科技有限公司，使用本成果专利技术，研制了具有立体、色彩、亮度闭环控制的 3D 影院管理系统，数字电影服务器安装量亚太第一、全球第二。新增经济效益 6.87 亿元。

(4) 广东清立方科技有限公司，使用本技术成果专利，研制了大屏幕立体显微手术系统，已推广到解放军总医院、南方医科大学南方医院等单位，极大的缩短了显微手术医生的培养周期，并实现了国际首例远程立体显微手术。

技术名称

预失真线性化技术及其在移动通信中的应用

技术依托单位

北京邮电大学

适用范围

移动通信

技术内容

本成果在理论探索和技术研究两个方面，突破了高效率、宽带线性功放模块的若干关键技术，研制完成的高效率、宽带线性功放模块，可应用于 IMT-Advanced 等 4G 移动通信系统，为提升通信系统线性度和能效奠定基础，具有广阔的产业化前景。

本成果围绕宽带功率放大器的效率提升技术、宽带功放预失真线性化技术以及单体多频功放设计及预失真技术等方面进行了深入研究。在理论探索和技术研究方面，突破了宽带、强非线性高效功率放大器设计及预失真线性化的若干关键技术。在宽带高效功放模块设计方面，基于 GaN 功放管，采用非对称/多路 Doherty 结构提升功放在功率回退情况下的工作效率，同时在功放输出匹配中引入复合左右手传输线结构，提升功放线性度。在宽带数字预失真技术方面提出了简化 Volterra 模型、PMEC 模型和 SPK 模型以及低复杂度信号延迟估计方法；在单体多频功放设计及线性化方面，提出了基于 π 结构的共时双频匹配结构和双频耦合线阻抗变换器，并成功应用于单体双频功放中，实现了功放的共时双频工作；提出 DB-DDR 和 SDB-DDR 双频数字预失真行为模型和 DB-TLBMP 双频数字预失真行为模型，实验结果表明上述模型具有采样率低、系数数量少、线性化效果好的优势。

投资及运行效益分析

本成果在理论探索和技术研究两个方面，突破了高效率、宽带线性功放模块的若干关键技术，研制完成的高效率、宽带线性功放模块，可应用于 IMT-Advanced

等 4G 移动通信系统，为提升通信系统线性度和能效奠定基础，具有广阔的产业化前景。

技术名称

视觉密码技术及其在票据防伪和视频水印中的应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

可视防伪

技术内容

票据和视频版权面临伪造和盗版的巨大威胁，中国人民银行 2014 年年报称：全国公安部门和银行业金融机构收缴假人民币 8.75 亿元；国家版权局称：全球超过 90% 的电影盗版来源于影院的非法录制。然而作为票据防伪技术应用典型代表的人民币，其关键新型防伪技术与材料主要依赖进口，且印制的防伪图案色彩单调、位置分散，这易导致国际化伪造；影院抗拍摄水印技术作为视频水印的核心，被美国独家垄断，导致我国视频版权保护缺乏重要技术支撑。因此，亟待研究自主知识产权的新型钞票防伪和视频保护技术对抗伪造和盗版。视觉密码技术作为实现彩色视觉防伪、立体视觉防伪和视频抗拍摄水印的新一代主流技术，引发世界各国在该领域开展新一轮的角逐。项目组从 2002 年开始，持续攻关 12 年，在视觉密码、材料和视频水印技术方面做出一系列创新，主要发明如下：

(1) 发明了彩色图案多层视觉防伪技术，包括多重防伪文件制备技术、类弧形防伪技术、最优对照度可视分存、容忍误差和有意义多色图案共享技术。首次设计并印制了同一位置呈现彩色、隐形荧光与反射光等多层次水印，攻克了防伪图案色彩单调、位置分散的技术难题。

(2) 发明了三维空间成像立体视觉防伪技术，包括三维凹型微雕刻视觉加密方法、沉积磁性薄膜、非晶合金丝纸张制备方法和立体画成像技术。将视觉防伪技术、印刷工艺和载体有机集成，创建了新一代综合防伪技术，首次实现了随着光的入射角度变化，防伪标识在空间成像不同隐藏图案，解决了关键新型防伪技术与材料主

要依赖进口的难题。

(3) 发明了视觉可认证抗拍摄视频水印技术，包括单帧视频的视觉追踪密码技术、抗重摄攻击水印嵌入方法与自适应选取特征维数水印检测技术。创建了新一代视频水印技术，突破了美国对该技术封锁。

项目已申请发明专利 60 项，其中获授权发明专利 38 项，软件著作权 30 项。发表 SCI 论文 165 篇，WOS 他引 964 次，CNKI 他引 12752 次。

投资及运行效益分析

物理载体（纸张、薄膜、金属等）和数字视频载体的多层防伪技术对实现票据防伪、视频盗版追踪等应用具有重要的作用。

在票据防伪方面，项目组自 2002 年开始与中国印钞造币总公司建立了长期的合作关系，为票据防伪技术的规模化应用和产业链的人才培育提供了重要支撑平台。其中，“可视化加密防伪系统”被中国造币总公司（中钞钞券设计制版有限公司）应用于多种防伪产品中，取得了很好的防伪效果；“计算机辅助新型水印设计制版技术研究应用软件”被用于中国人民银行印制科学研究所的产品设计，将原有的人工模式转换为自动模拟的过程，节约了大量的资源和资金；“防伪元件及其应用”在长安银行股份有限公司得到应用。随着项目研究的进一步推广应用，预计将产生了更大的经济和社会效益。

在视频水印方面，项目组的研究成果应用于国家新闻出版广电总局、中国电影科学技术研究所、北京金石威视科技发展有限公司、北京崇远信达科技有限公司、北京拓尔思信息技术股份有限公司、北京电视台、湖南电视台等多家单位的数字视频产品的版权保护。2011 年至 2013 年，项目研究成果经北京金石威视科技发展有限公司、北京崇远信达科技有限公司和北京拓尔思信息技术股份有限公司等单位推广应用，创造经济效益超过 4.3 亿元人民币。

工程案例介绍

利用上述发明，率先自主创建了新型水印设计制版平台和抗拍摄视频水印系统。

借助制版平台研制生产了 2006 钞票综合票样、2008 奥运纪念钞、2010 新版港币、2012 中银百年纪念钞、2012 钞票综合票样和 2015 年版第五套人民币。其中，2012 中银百年纪念钞是我国唯一获得国际货币事务联合会最佳钞票奖的钞票，全球获此奖项国家仅 4 个。中国人民银行称“新版 100 纸币整体防伪能力较 2005 年版 100 元纸币有明显提升”。上述钞票防伪性能优于目前国际通用钞票，引领了新一代防伪技术。视频水印技术不仅打破美国独家垄断，而且获得美国电影协会 VSTL 认证，已成功在国家广播电影电视总局相关单位得到应用，并在北京奥运会、国防军事、相关企业得到广泛应用。

技术名称

监控视频高效编码与智能分析技术及其在城市智能交通中的应用

技术依托单位

北京大学

适用范围

计算机图像处理

技术内容

监控视频已经成为体量最大的“大数据”。根据国际数据集团（IDC）2012年的报告，2010年全球大数据的一半是监控视频，2015年这个比例将上升到64%。如何存储、传输、处理、分析、应用大规模监控视频数据已成为信息领域面临的重大挑战。

在国家自然科学基金和973计划课题等项目支持下，在监控视频高效编码与智能分析方面提出了若干算法或技术并获得多项授权专利，形成了“监控视频高效编码技术群”和“监控视频智能分析算法群”两个专利群，同时在视频监控设备与系统方面申请了一批专利。

（1）监控视频高效编码：针对绝大多数监控视频场景相对固定的特点，提出了“基于背景模型的监控视频编码”这一现行视频编码标准尚不具备的新技术框架，发明了基于背景模型的自适应预测编码和帧间层级编码技术，并在监控视频编码运动搜索、坐标转换编码、降码率转码、基于云计算的视频编解码等方面提出多项创新技术，形成了“监控视频高效编码技术群”，可将监控视频的编码效率在最新国际标准的基础上提升近一倍，技术优势明显。申请发明专利20项，其中6项已获得授权。

（2）监控视频智能分析：针对现实场景下的监控视频内容分析问题，在前景对象检测与分割、对象跟踪与识别、行为与事件分析等方面提出了若干新算法或改进算法，形成了“监控视频智能分析算法群”，在美国NIST和DARPA联合组织的TRECVID

SED（监控事件检测）国际算法评测中，2009-2012 连续四年多项任务性能领先，在 IEEE 多摄像机对象检测与跟踪评测 PETS2012 中获多项性能指标第一。申请发明专利 22 项，其中 8 项已获得授权。

（3）主要创新技术已被标准采纳并被颁布为国家标准 GB/T 20090.2-2013、国际标准 IEEE 1857-2013 和 1857a-2014；研制了多款面向城市智能交通的视频监控设备与系统，研制过程中提出了一批系统实现技术，申请发明专利 18 项，其中 6 项已获得授权，登记软件著作权 13 项。

投资及运行效益分析

相关经济效益总计超过 5.7 亿元。采用项目技术成果，青岛海信网络公司研制了高清网络摄像机、电子警察、网络流媒体存储系统、视频监控中心管理系统等，在贵阳、青岛、威海、平度等地的交通视频监控平台或系统中得到应用，合同总金额近 14 亿，其中本项目直接相关 5.0868 亿元。相关关键技术还集成、应用中安消、NEC 中国、北京易云华控等企业产品或系统中，在北京、河北、河南等地的校园监控、电子法庭等项目中得到应用验证，相关经济效益 6450 万元，并产生了显著的社会效益。

工程案例介绍

构建了一个大规模的监控视频对象检测与跟踪数据集，设计实现了一个多摄像头协同的对象检测与追踪原型系统，开发了城市交通异常事件检测平台，并在青岛市的 30 多处交通道口投入运行。

技术名称

面向能源互联网的新型电力线通信关键技术及应用

技术依托单位

清华大学

适用范围

电力线通信

技术内容

能源互联网综合利用信息通信等技术将常规能源网络及风电、光伏、储能等分布式能源网络互联，实现信息与能量双向流动、交换和共享，信息的互联是能源互联网的支撑和基础。相比于传统的电力线通信技术，面向能源互联网的新型电力线通信在网络节点密度、通信传输速率、通信链路质量等方面都面临更高的要求。本项目基于上述需求，针对电力线信道衰减特性变化大及时频二维选择性强、噪声与干扰复杂严重等问题展开研究。

鉴定认为：本项目研究成果打破了长期以来国外公司在电力线通信核心技术上的垄断，填补了国内电力线宽带通信芯片空白，总体性能达到国际先进水平。研究成果获得授权专利 15 项，获得软件著作权 4 项；发表 SCI/EI 收录论文 12 篇，受邀在电力线通信领域旗舰会议 International Symposium on Power Line Communications and Its Applications（ISPLC）上做主题演讲；相关成果形成国家电网公司企业标准 2 项。

本项目的实施对我国能源领域的信息安全传输提供了可靠的技术支撑，对我国能源互联网的发展起到了显著的促进作用。

投资及运行效益分析

本项目研发了适用于中国配电网环境的高性能、低成本的电力线宽带通信芯片，可应用于用电信息采集和电动汽车与充电设施间通信等领域，解决了进口用电信息采集电力线宽带通信芯片功耗高、成本高、组网能力弱、尺寸大等问题。

鉴定委员会认为，本项目研究成果打破了长期以来国外公司在电力线宽带通信核心技术上的垄断，填补了国内电力线宽带通信芯片空白，总体性能达到国际先进水平，其中在芯片功耗、成本和组网能力方面达到国际领先水平。

工程案例介绍

本项目的实施对我国能源领域的信息安全传输提供了可靠的技术支撑，对我国能源互联网的发展起到了显著的促进作用。本项目成果已经在北京、辽宁、湖北、甘肃、江苏、山东等地规模应用，在线终端已达 1200 万多台套，并正在向海外推广，直接经济效益 11756.28 万元，获得了可观的经济效益和显著的社会效益。

技术名称

监控视频安全应用关键技术研究

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

视频监控领域

技术内容

项目成果是《监控视频安全应用关键技术研究报告》、监控视频安全应用关键技术标准框架、监控视频安全应用技术方案和一套基于 SVAC 的监控视频安全应用原型系统。《监控视频安全应用关键技术研究报告》通过分析监控视频安全应用需求与现状、监控视频安全应用密码技术现状及发展趋势，系统化的提出监控视频安全应用技术体系架构及相应的监控视频安全应用管理机制，是开展监控视频安全应用建设的基础。监控视频安全应用关键技术标准框架，从标准化角度提出需要重点关注和规范的技术内容和指标，是安全防范视频监控联网信息安全技术要求的基本内容。监控视频安全应用技术方案提出了解决监控视频安全应用问题的技术路线、适用于监控视频安全应用系统的证书和密钥体系及设备分级安全策略，研究了基于数字证书的设备身份标识、设备接入身份认证、视频可信等关键技术，为保障视频监控系統信息安全提出了可行的解决方案。基于 SVAC 的监控视频安全应用原型系统，验证了监控视频安全应用关键技术的可行性和效率，是建设安全的监控视频系统及进一步成果转化的基础。

投资及运行效益分析

(1) 项目通过分析监控视频安全应用需求与现状、监控视频安全应用密码技术现状及发展趋势，系统化的提出监控视频安全应用技术体系架构，形成《监控视频安全应用关键技术研究报告》，并提出了相应的监控视频安全应用管理机制，是开展监控视频安全应用建设的基础。

(2) 项目完成了监控视频安全应用关键技术标准框架，从标准化角度提出需要重点关注和规范的技术内容和指标，是安全防范视频监控联网信息安全技术要求的基本内容。

(3) 项目提出了解决监控视频安全应用问题的技术路线、适用于监控视频安全应用系统的证书和密钥体系及设备分级安全策略，研究了基于数字证书的设备身份标识、设备接入身份认证、视频可信等关键技术，为保障视频监控系统信息安全提出了可行的解决方案。

(4) 项目研制基于 SVAC 的监控视频安全应用原型系统，验证了监控视频安全应用关键技术的可行性和效率，是建设安全的监控视频系统及进一步成果转化的基础。

工程案例介绍

该项目成果结合安全防范视频监控标准的实施同步开展推广，选择广州、湖南、山西、新疆等省市先行试点示范，然后再逐步推广到其他省份，先在公安视频监控领域试点，再推广到金融、教育、交通等其他行业。

技术名称

面向多媒体数据安全的嵌入式数字信号处理器核

技术依托单位

清华大学

适用范围

数字信号处理器

技术内容

课题面向国家安全防范，研发监控专用视频编码算法，使通过监控设备获得的视频编码数据在编码、信息检索和获取等方面更加适合监控的需求。课题研发的加解密算法，并成功嵌入 SVAC 视频编码国家标准，支持加密和认证，保证数据的安全性和真实性。为了实现课题中的多媒体数据加解密和认证。北京中星微电子有限公司与清华大学合作开发了面向多媒体数据安全的嵌入式数字信号处理器核。

该数字信号处理器核在北京中星微电子有限公司得到产业化应用。采用该数字信号处理器核的多媒体芯片 VC0718 已经实现量产。采用该芯片的整机也实现了批量生产销售。

主要技术指标

面向多媒体数据安全的嵌入式数字信号处理器核是一款为了满足国家标准《安全防范监控数字视音频编解码技术要求》(GB/T 25724-2010) 中对多媒体数据保护而设计的一款嵌入式数字信号处理器核。该数字信号处理器核采用具有专利技术的超长指令字处理器设计技术，支持 6 指令发射，主频达到了 493MHz。AES 对称加密算法 256 位密钥长度，加密性能达到 390Mbps 以上。RSA 1024 位密钥长度，加密速度达到了 620 次/秒以上。技术水平达到了国际先进水平。

投资及运行效益分析

该项目研制开发了一种面向多媒体数据安全的高性能低功耗嵌入式数字信号处理器核，该成果采用了自定义数字信号处理器指令集和拥有专利技术的处理器微架

构，并且针对多媒体数据安全进行了符合《安全防范监控数字视音频编解码技术要求》（GB/T 25724-2010）国家标准的定制化设计。该数字信号处理器核主要性能和功耗指标优良，在实现国密算法以及国际主流加解密算法方面达到了国际先进水平。

该项目已获得五项发明专利授权，具有自主知识产权和创新性，成果已实现产业化，取得了较好的经济效益。目前清华大学控股有限公司正在积极推进清华大学自主研发的数字信号处理器核的产业化工作，已经取得积极进展。这必将极大推动该技术的推广并产生更大的经济和社会效益。

技术名称

基于物联网技术的警用装备智能管理系统及应用示范

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

警用装备管理领域

技术内容

该成果是一套基于物联网技术的警用装备智能管理系统，实现对警用装备的采购、仓储、调拨、分发、回收等各个业务环节的全过程动态可视化管理和信息共享。系统由警用装备可视化智能调配与监管子系统、警用装备应急储备库智能管理子系统、警用装备分发管理子系统、警用装备物流轨迹动态管控子系统、基于云计算技术的警用装备数据分析平台和全国警用装备联动支撑平台组成。解决了装备管理过程中的手工管理为主、效率较低等问题。

该成果采用国内先进技术，通过适用于警用装备表示编码技术实现对种类繁多、属性各异的警用装备进行统一编码，同时兼容机读和视读。设计了适用于警用装备管理领域的感知前端智能处理模块，解决了不同类型、不同厂商的前端感知设备的信息汇聚与融合问题。应用数据深度挖掘、智能分析、数据检索技术，对警用装备数据进行处理。研究警用装备管理领域现场指挥和分发技术，主要实现的是警用装备的有序分发、信息反馈、状态监控、数据更新、装备定位等功能。研究适用于警用装备管理领域的多维轨迹定位和实时状态检测技术，实现运输车辆定位和车辆状态监控。研究警用装备智能管理的中间件技术，实现数据处理和传递、与实际感知设备的连接和异构数据的统一化和信息融合等。

投资及运行效益分析

本课题研究成果的推广应用前景非常广阔。

(1) 推广应用一：各地警用装备库自主要求进行推广应用

除目前已确定的 10 个部属警用装备仓库、20 个警用装备仓库试点（含上海市局仓库）、2 个城市试点外，深圳市局警用装备库、福建省厅警用装备库等也先后联系课题组计划开展警用装备管理物联网建设。

（2）推广应用二：公安部层面组织的推广

公安部层面，“开展基于物联网技术的智能感知与应用服务平台建设”已列入公安“十三五”信息化建设专项规划。

（3）推广应用三：国家层面组织的推广

国家层面，已将装备物联网项目列入发改委十三五建设规划，目标是建设一个覆盖全国 80%以上公安机关、布局合理、运行高效的警用装备管理物联网。

工程案例介绍

目前确定应用于 10 个部属警用装备仓库、20 个警用装备仓库试点、2 个城市试点。同时，装备物联网项目已列入公安“十三五”信息化建设专项规划，列入发改委十三五建设规划，目标是建设一个覆盖全国 80%以上公安机关、布局合理、运行高效的警用装备管理物联网。

技术名称

暴雨致洪气象预报预警系统

技术依托单位

中国气象科学研究院

适用范围

气象灾害预报预警

技术内容

我国山洪灾害频发，但是目前防御山洪灾害的能力比较薄弱，暴雨导致的山洪灾害预报预警业务技术支撑不足。“暴雨致洪气象预报预警系统”利用国家气象中心精细化的业务降水资料驱动分布式水文模型 CREST，生成流量、蒸散发和土壤湿度等产品，实现了对全国各大流域的土壤墒情和河流水情的查询、监控和预警。系统设计科学、技术先进、流程合理，产品符合水文预报业务的需求。系统目前在国家气象中心业务试运行，试运行的结果表明系统运行稳定，预报效果良好，预报实时性强，有效地延长了洪水的预见期。

投资及运行效益分析

通过在全国、区域（长江、淮河、赣江）长达一年的模拟及测试，模型对于各个流域相应控制水文站洪水过程的模拟效果较好，绝大部分水文站的纳什效率系数高于 0.6、相关系数高于 0.8、相对偏差小于±30%，模型初步具备刻画区域洪水的能力，能够为中小河流洪水和山洪地质灾害预警提供产品服务，评估结果较好，具备了在业务中应用的能力。

技术名称

毫米波 InSAR/InISAR 雷达成像技术

技术依托单位

中国科学院电子学研究所

适用范围

地形测绘

技术内容

“毫米波 InSAR/InISAR 雷达成像技术”成果是在中科院电子所在 863、973 计划、中科院支撑、自然科学基金项目支持下完成的。

主要技术创新点如下：

(1) 在 2011 年率先研制出我国第一台机载毫米波三基线 InSAR 原理样机，并完成对地成像飞行试验；

(2) 在 2014 年率先研制出我国第一台地基正交长基线毫米波 InISAR 原理样机，并完成对空中运动目标成像探测试验；

(3) 建立了基于干涉处理变换域稀疏的雷达成像理论和方法，并应用于 InSAR，InISAR，机载/艇载/星载稀疏阵列 SAR 成像。

取得的成果如下：(1) 毫米波 InSAR 原理样机 1 台；(2) 毫米波 InISAR 原理样机 1 台；(3) 授权专利 11 项；(4) 出版专著 3 本；(5) 发表论文 45 篇。

成果应用情况如下：(1) 数据应用证明 5 份；(2) 专利应用证明 1 份；(3) 变换域稀疏成像方法应用证明 1 份。

对该项技术组织成果鉴定，对我所微波成像技术的成果积累和技术发展，具有重要意义。

主要技术指标

地基毫米波 InISAR 技术可直接用于我国地基雷达在多站观测条件的空中目标/空间碎片的三维成像和识别。毫米波段雷达波长较短，易于观测尺寸较小的空间碎

片，而其体积和重量较小的特点，也使其适用于星载平台。星载毫米波雷达用于观测尺度范围为 0.5cm-5cm 的空间碎片，可以弥补地基雷达对小尺度空间碎片观测能力的不足。

投资及运行效益分析

1) 该成果中的 Ka/L 双波段 InSAR 技术在植被高度测量方面具有良好的应用前景;该成果中的正交基线毫米波 InISAR 技术在空中目标和空间碎片探测成像观测方面具有良好的应用前景;该成果中的艇载/星载雷达百米级大型稀疏阵列天线实现方式具有重要的应用价值。

2) 该成果中的基于干涉处理变换域稀疏雷达成像方法，可提高成像雷达系统数据获取速度、并可减少硬件规模，降低系统成本，其具有广阔的应用前景，可产生良好的经济效益。

工程案例介绍

该成果毫米波 InSAR/InISAR 原理样机获取的数据，填补了我国毫米波 InSAR/InISAR 的数据空白，提供给 5 个科研单位，在雷达成像技术研究和教学工作中取得了良好的应用效果。项目组将基于干涉处理变换域稀疏成像方法应用于其它波段机载/艇载/星载稀疏阵列 SAR 成像研究工作，该方法在中国安全生产科学研究院的边坡雷达监测预警系统中得到了试验应用。

技术名称

多航天器全流程自动化测试系统

技术依托单位

北京空间飞行器总体设计部

适用范围

航天器自动化测试

技术内容

本项目成果来源于高分辨率对地观测系统、第二代卫星导航系统、载人航天与探月工程三大国家重大科技专项研制任务，属于航天器总体设计领域，解决多航天器全流程的设计验证问题，是航天器系统研制必须解决的关键技术之一，是评价航天器系统研制质量的重要基础，对于确保发射任务圆满成功和在轨稳定运行具有重要意义。

其主要技术内容如下：（1）多航天器全流程自动化测试系统架构设计技术；（2）多航天器并行测试过程的数字化建模技术；（3）基于组件和脚本的航天器功能性能自动化测试技术；（4）多航天器层次化测试数据判读技术；（5）多航天器并行协同测试的通用数据处理技术。

促进科技进步的作用意义：（1）提出了一种基于测试模型和统一数据源的多航天器并行测试系统设计方案，构建了全流程自动化测试系统，解决了各类航天器测试的差异性难题，实现了不同航天器测试系统从异构到统一、测试模式从单星到批产的重大转变。（2）首次建立了多航天器并行测试过程的数字化模型，研制了基于柔性 workflow 引擎的信息化系统，解决了多航天器并行测试模式下多约束、高复杂性的任务规划和资源调度的难题，实现了多航天器并行测试过程量化效能评价和优化。

（3）提出了一种基于组件和脚本的测试用例设计方法、构建了面向多领域航天器全部测试需求的通用自动化测试环境，解决了测试设计复用和移植的难题，实现了复杂航天器功能性能的一键式自动化测试。（4）提出了面向航天器层次化数据判读的

建模方法，开发了智能化在线和离线数据分析工具，解决了航天器复杂模式下长期趋势特征和瞬态变化特征判读分析的实时性、准确性难题，实现了故障诊断的快速分析和准确定位。(5) 首次建立了一种面向多航天器并行协同测试的通用数据处理模型，构建了标准化核心处理引擎，有效提高了系统的并发运行能力，解决了多任务多通道数据实时并行处理难题。

主要技术指标

- (1) 并行测试能力达到 50 颗航天器；
- (2) 测试资源利用率提高 30%；
- (3) 自动化测试覆盖率达到 95%，测试效率提高 50%；
- (4) 测试数据判读覆盖率达到 100%；
- (5) 实时数据处理能力达到 100 路。

投资及运行效益分析

本项目成果具有很好的实效性。所获得的成果可直接推广应用到第二代卫星导航系统、高分辨率对地遥感、火星探测等“十三五”航天器测试研制任务。同时，该成果已经通过五院国际合作项目，远销委内瑞拉、尼日利亚等国家；该成果不断适应新需求，引入新技术，积极探索将测试平台中一些通用的功能模块应用于其他行业，比如数据处理、数据存储、数据查询等，部分模块已经成功应用于航天器在轨管理系统、数字化城市管理系统、远程测试系统等，提高了相关行业数字化应用水平。

该项目技术复杂、难度很大，创新性强，具有多项自主知识产权，填补了我国多航天器全流程自动化测试方面的空白，达到国际先进水平。该项目的开展，促进了我国航天器测试技术的跨越式发展，具有重大的社会效益和应用前景。

工程案例介绍

本项目成果已成功应用于“十二五”期间以国家三大重大科技专项工程为代表的 40 星测试、27 星发射任务，综合经济效益达数亿元，并在“十三五”新一代军

民航天器装备的测试任务中获得全面推广应用。此外，该成果还应用于某国际合作项目，表现良好，赢得国际声誉。

技术名称

高分辨率遥感卫星通用数据处理与判读平台开发与应用

技术依托单位

北京空间飞行器总体设计部

适用范围

遥感卫星数据处理

投资及运行效益分析

技术内容

高分辨率卫星对于保障国家安全和促进国民经济发展有重要意义。十三五期间，作为国家中长期科学和技术发展重大专项之一，高分辨率对地观测系统将继续构建实施。随着传感器技术的发展，遥感卫星空间分辨率、时间分辨率、光谱分辨率等技术指标不断提高，为了满足测绘、侦察等业务需求，遥感卫星在数据产品提供方面也更具多样性。以测绘卫星为例，光学相机从单线阵发展到多线阵，能够同时提供多角度地面图像和星图等多种数据产品，可以确定在未来图像分辨率会持续提高，业务数据结构也会越来越复杂。

遥感卫星研制和应用阶段，对图像数据的处理和判读是一项关键的工作，这是因为图像数据是遥感卫星提供的最终产品，成像质量是卫星质量的最终体现。图像数据的分析处理和判读是一项复杂度较高的工作：

(1) 分辨率提高意味着数据量增大，目前典型遥感卫星 1 分钟的数据传输产生上百 GB 的原始图像数据，数据处理和判读压力大；

(2) 受卫星业务需求影响，载荷数据结构越来越复杂。目前遥感卫星下行载荷并行虚拟信道数据可达 10 路以上，每路都需要完成帧同步、解扰、解码、去格式、解压缩等处理任务，同时需要完成同步异常、解扰同步失败、译码误码率、虚拟信道标识错误、虚拟信道计数不连续、压缩码流缺失、图像随机性花块、相机辅助数据错误等实时数据判读工作，数据处理复杂度高；

(3) 整星级验证的主要任务是在海量数据中挖掘随机性错误，一个比特的误码都必须查明原因，这要求对全部数据进行高效的处理和判读，而不能随机抽样判读，因此整星级验证的数据处理在有效性和可靠性方面要求更高。

随着高分辨率卫星快速发展，遥感卫星进入批产研制模式。以往单星定制处理模式已经无法适应我国遥感卫星当前发展局面。通用平台的研制目标就是适应卫星型号批产模式，采用通用化方案，解决多卫星图像数据地面处理及判读系统快速集成、高速并行处理和有效判读问题。平台采用满足多遥感卫星并行测试的统一框架设计，利用服务器集群构建高速并行处理系统，实现了图像数据的全过程数据判读，提供处理、显示、判读、分析、存储和订阅等全面的数据服务。

工程案例介绍

该平台建成后已经在高分三号、高分四号、高分七号等多个型号得到应用，涵盖军用侦查、高精测绘、微波遥感、预警监视等遥感子领域，技术成熟，支持可见光、多光谱、红外、SAR 等各类载荷的图像分析处理，全面提升了我国高分辨率遥感卫星研制和应用能力，在“高分辨率对地观测系统”国家重大专项工程中发挥了巨大作用。

技术名称

高速运载器气动性能多物理量测试平台

技术依托单位

中国航天空气动力技术研究院

适用范围

航空航天

技术内容

通过建立高速运载器气动外形的研发与测试系统平台，突破非接触的先进风洞测试技术，以获取各类流动的流场细节，获得高速运载器关键部件的大面积测量结果，获得高精度风洞试验测试结果，为高速运载器研制提供技术支撑。

高速运载器气动外形的研发与测试系统平台在国内首次实现工业级大尺度风洞中模型表面压力场、变形场以及空间速度场的同时测量。主要创新点包括：

(1) 基于非接触高精度全场测量方法，搭建了高速运载器气动外形的研发与测试系统平台，实现了接触式到非接触式、单一物理量到多物理量、点测量到面测量的升级，有效地提高了风洞实验测量能力、改善了测试精度，成功应用于 C919 等多个运载装备的研发。

(2) 实现了飞行器表面静/动态压力大面积测量以及摩擦阻力的高精度测量：研发了快速卸压装置及活塞式无膜激波管压敏漆标定装置，使动态压敏漆响应时间达到 0.2ms 以下；提出了基于系数矩阵反演的摩阻天平的使用系数校准方法，提高了摩擦阻力的测量精度。

(3) 发展了风洞复杂环境中模型表面变形场高精度测量方法：提出了基于高阶等参单元网格全局匹配及非均匀网格优化技术的图像变形测量算法，并开发了图像分析软件。发现了风洞实验中多台高速相机启动时差分布规律以及温度引起图像变形测量系统误差的规律，并提出相应的误差校正方案，提高了模型表面动态变形场的测量精度。

(4) 改进了复杂通用飞行器空间流场测试系统：研发了大尺度工业风洞纳米级固体粒子播发装置，实现了流场精细结构的测量；研发了大流量缝式喷嘴固体粒子播发器，实现了大尺度飞行器风洞实验流场显示和速度场测量。

该项目技术复杂、难度大，项目成果发表了多篇高水平论文，获得多项发明专利授权。项目技术水平居国内领先，达到国际先进。项目在 C919 等多个自主研发的项目中得到应用，取得广泛的社会公益效应。

投资及运行效益分析

本项目的研究在大尺度工业级风洞中实现了模型表面压力场、变形场以及空间速度场的同时测量。实现了高速运载器运行环境的真实模拟，以及复杂气动响应的准确测量，大幅度提升了原有平台的试验和测试能力，为新型高速运载器气动性能的预测提供更为先进和可靠的实验平台。预期将对我国大飞机、高速列车、高性能轿车等高速运载器的研制产生重大的社会效益。

工程案例介绍

本项目已经在 C919、彩虹系列无人机等多个高速运载器的研发中发挥了关键作用。

技术名称

基于国产卫星的地质灾害调查监测系统研制与示范应用

技术依托单位

中国地质环境监测院

适用范围

地质灾害调查监测

技术内容

该项目在国家发改委和财政部 2012 年卫星及应用产业发展专项资助下，研制了基于国产卫星的地质灾害调查监测软件系统和北斗卫星终端设备。研制的终端设备满足地质灾害调查监测业务需求，可替代现有 GPS 系统实现国产化。研发的软件系统实现了业务流程化、数据标准化、成果规划化，极大提高地质灾害业务工作效率。通过在三峡库区、汶川震区、西北黄土区等 6 个典型地区开展地质灾害遥感调查和卫星监测示范应用，建立了地质灾害遥感调查与卫星监测的工作方法，形成了基于国产卫星地质灾害调查监测的工作技术规程，实现了地质灾害遥感调查数据国产化。项目取得多项研究成果，成果转化应用显著，大力推进了国产卫星的行业应用。

主要技术指标

项目研制出地质灾害野外查证手持终端和卫星监测设备，手持终端设备具备北斗与 GPS 兼容定位导航功能，实现双系统数据相互验证能力，在基线小于 10 公里的条件下，地质灾害卫星监测设备水平精度可达 2mm，高程精度可达 6mm。

投资及运行效益分析

研发出基于国产卫星的地质灾害调查监测系统，该系统兼容卫星遥感和定位数据，支持 30 个以上示范区业务应用、同时满足 1000 个地质灾害点的规模化信息处理能力；卫星监测系统提供地质灾害地表形变动态曲线产品和等值线图生成服务。综合应用 ZY-102C、GF-1、ZY-3、SJ-9、TH-1、KZ-1 和北斗卫星，在示范区开展了地质灾害遥感调查示范应用，完成空间分辨率优于 2m 的 1: 5 万、1: 2.5 万、1: 1

万地质灾害遥感调查，提供地质灾害信息识别、易发程度评价和危险程度评价业务服务。

工程案例介绍

项目组在汶川震区、松潘地区、宝鸡黄土区、吕梁山矿区、三峡库区和南通地面沉降区开展了滑坡、崩塌、泥石流地质灾害遥感调查，以及滑坡体和地面沉降的卫星监测示范应用，累计面积达 10 万平方公里，获取监测数据 6000 条，示范应用效果明显。

技术名称

宽幅高光谱小卫星载荷关键技术研究

技术依托单位

中国国土资源航空物探遥感中心

适用范围

空间科学

技术内容

紧密围绕我国高分辨率对地观测系统发展对高光谱探测技术的迫切需求，结合矿产资源探测、城市环境监测等应用需求，开展宽幅高光谱成像光谱仪关键技术研究，星载高光谱成像数据模拟、定标与处理关键技术研究，进行高光谱成像数据地质应用系统建设与典型应用示范研究；突破宽幅高光谱载荷集成、高光谱数据量化处理与应用等相关关键技术，完成宽幅高光谱成像光谱仪原型样机研制，建立星载高光谱遥感定量处理与应用模型，研发星载高光谱成像数据地质应用示范系统，为发展我国高光谱卫星及定量化应用打下坚实的基础。

目前课题研究的成果，已作为原理样机直接转入国家重大专项高光谱成像仪型号工程任务。预计研制经费约 2 亿元。为进入型号工程奠定了坚实的技术基础，确保型号工程研制任务的顺利开展。为推动高光谱成像技术的在国民生产和生活及商业化发展方面起到极大的促进作用。有力推动高光谱成像技术的发展，大幅提升我国在高光谱成像技术方面的地位。为我国的高分辨率对地观测天基系统的建立、环境监测、矿产资源及能源探测领域提供先进的技术手段。提高我国在高光谱观测领域的水平和影响力。

主要技术指标

(1) 国内首次采用基于大气吸收廓线高光谱成像在轨高精度光谱定标技术，可以实现在轨 0.5nm 精度的光谱定标。

(2) 首次研制出蓝紫波段增强的反射膜，有效改善了 400~500nm 范围的探测

灵敏度。

(3) 首次在国内研制出了大规模高帧频短波红外探测器组件，其规模达到了 2000×500 ，帧频达到了 230fr/s 。

(4) 封装在真空杜瓦内，由长寿命大冷量斯特林制冷机制冷到低温 130K 下工作，探测性能与国外相近。

投资及运行效益分析

针对可见光-热红外光谱范围，基于辐射传输和遥感成像的物理过程，建立了包含地物反射、地形起伏、大气传输、卫星姿轨和传感器成像的星载高光谱成像全链路仿真模型。

将成像仿真与数据处理及应用分析相结合，探索了高光谱卫星数据的矿产资源调查应用能力评价技术体系。利用东天山地区不同光谱分辨率、空间分辨率、信噪比、动态范围、MTF、中心波长位置以及辐射定标精度的模拟数据，分析了高光谱载荷单一性能指标变化对数据矿物填图应用能力的影响。进而根据辐射传输和成像过程的物理模型，初步建立了光谱分辨率、空间分辨率、信噪比等多参数联合影响的高光谱数据应用能力评价方程。

建成了我国首套国土资源高光谱卫星地质应用示范系统，系统性地解决了高光谱数据处理和应用系统的一体化集成的关键技术，实现了高光谱数据快速处理和高效数据管理，走通了国土资源高光谱卫星数据下行后整个地面处理和应用的技術流程，为国土资源高光谱卫星上天提前做好好了准备。

面向矿产和能源探测，还建立了波谱库、波谱特征库、知识库和服务分系统，为矿产能源高光谱遥感探测准备基础条件。此外，理清了包括构造信息提取、岩性信息提取、矿物信息提取、成矿远景靶区圈定等在内的波谱库、模型库和知识库支持下的矿产资源高光谱遥感探测技术体系，并在新疆东天山地区开展了应用示范；理清了基于油气微渗漏理论的油气高光谱遥感探测技术体系，并在鄂尔多斯盆地地区开展了应用示范。在相关单位中取得了良好的应用效果，具有重大应用前景。

课题研发了面向我国国土资源高光谱卫星的地面应用系统，为十二五期间即将发射的国土资源高光谱卫星做好了数据处理和矿产能源探测应用准备，可以大大提高我国矿产能源探测效率，缓解我国资源和能源短缺状况，产生巨大的经济和社会效益。

工程案例介绍

项目突破了宽幅高光谱成像、在轨高精度定标、大规模高频短波红外探测器组件、可见\近红外星载高光谱全链路仿真技术和红外高光谱仿真技术、海量高光谱数据统一存储访问和典型稀疏植被地区高光谱油气探测等多项重大关键技术；所研制的高光谱成像仪原型样机已被国家重大专项高分辨率对地观测系统某型号的高光谱成像仪采用并应用与工程实施。项目的综合技术指标达到国际先进水平。

技术名称

基于孔径编码技术的 γ 射线成像系统

技术依托单位

中国科学院高能物理研究所

适用范围

可用于放射源的监控或搜寻、加工处理工厂核材料的定位、核武器核查与监测、环境的监测与检查等领域。

技术内容

核科学与核技术的发展为人类社会带来了巨大利益。在军事及能源领域，甚至在工业和医学中放射性材料的使用也非常广泛。但是放射性同位素的生产和使用可能对环境对人体健康带来直接或间接的危害。

针对这一需求，中国科学院高能物理研究所自 2006 年起组建研发团队开展了基于新型位置灵敏型闪烁探测器技术和孔径编码技术的射线成像技术研究和设备研制工作，研制成功国内首台基于孔径编码技术的高灵敏度放射性射线探测成像系统。实现了对复杂本底环境下辐射热点及辐射分布的远距离图像化表征，为辐射安全测量提供了可视化手段，系统关键性能指标达到国际同类产品的先进水平。

本项工作创新性地采用孔径编码成像技术，利用高开孔率准直器提高对入射射线的探测效率，同时配合可见光图像，实现对感兴趣区内辐射热点的准确、实时、快速和直观地观测及搜寻。并掌握了新一代孔径编码成像 γ 射线成像系统的关键技术；掌握了高分辨、高探测效率、高稳定性 γ 射线探测技术；解决了孔径编码准直器设计加工、位置灵敏探测器设计、加工难题；实现了数据处理算法及放射源信息的综合获取。所研制的成像仪可远距离采集反映环境中放射性热点分布情况的图像，并与光学图像融合，直观指示热点位置，解决了常规辐射探测器只能近距离探测、无或少图像信息的缺点。这些特性使得系统可用于放射源的监控或搜寻、加工处理工厂核材料的定位、核武器核查与监测、环境的监测与检查等领域。

目前该项目成果已形成适用于不同应用场景的四款定型产品，并在三十余家涉核单位开展了现场应用，应用结果获得用户的高度评价，应用单位涉及核能工业、国防、环保、科研、安保、辐照等领域。主要应用场景包括大型核工业设施核电站；核燃料生产和使用等核辐射场所的环境实时监测及放射性物质的安全保卫；城市放射性本底环境监测与评估；工业放射源的使用和生产单位辐射安全监控；国家大型射线装置如电子加速器、离子加速器等核科学研究和应用机构的辐射环境监测及安全评估；医疗机构放射科、核医学科放射性设备及药物的监控等 2015 年，项目成果获第十七届中国国际高新技术成果交易会优秀产品奖，获北京市新技术新产品认定。

投资及运行效益分析

目前该项目成果已形成适用于不同应用场景的四款定型产品，并在三十余家涉核单位开展了现场应用，应用结果获得用户的高度评价，应用单位涉及核能工业、国防、环保、科研、安保、辐照等领域。主要应用场景包括大型核工业设施核电站；核燃料生产和使用等核辐射场所的环境实时监测及放射性物质的安全保卫；城市放射性本底环境监测与评估；工业放射源的使用和生产单位辐射安全监控；国家大型射线装置如电子加速器、离子加速器等核科学研究和应用机构的辐射环境监测及安全评估；医疗机构放射科、核医学科放射性设备及药物的监控等。

2015 年，项目成果获第十七届中国国际高新技术成果交易会优秀产品奖，获北京市新技术新产品认定。

技术名称

LTE 终端 MIMO 天线宽频高隔离技术研究及性能验证平台研发与产业化

技术依托单位

中国信息通信研究院

适用范围

无线传输

技术内容

多输入多输出 (Multi-Input Multi-Output, MIMO) 技术是一种高频谱效率的无线传输技术, 是 LTE 实现规模商用的关键技术之一。MIMO 技术的应用包括几个关键步骤: 1. MIMO 天线设计 2. MIMO 天线性能验证 3. 终端大规模生产应用。本项目的重点工作是解决这三个关键步骤中的难题: 1. LTE 终端要求 MIMO 天线具备小型化、宽带化、高隔离度的特点, 而三项指标相互制约, 已有的天线设计方案难以兼顾其协同要求; 2. 由于 MIMO 天线的性能与所处的信道环境息息相关, 而传统 SISO 全电波暗室只能模拟无反射的“干净”环境, 无法构建 MIMO 信道, 因此无法直接进行 MIMO 天线测试。3. 结合当前消费者需求, 实现重量轻、厚度薄、大屏幕、窄边框、金属边框等要求的全网通 LTE 终端对终端企业提出了更高要求。

主要技术指标

1. LTE 终端 MIMO 天线技术首次实现了全频段覆盖 (700MHz~5.8GHz), 其中 700MHz~960MHz 隔离度大于 10dB, 其他频段大于 15dB;
2. MIMO 天线测试平台搭建国内外首套辐射两阶段法测试系统, 其测试结果稳定测试速度提升 30%, 且系统成本仅为多探头暗室系统的 60%。研发的天线测试平台成为国际唯一的 MIMO 天线测试对标平台。

投资及运行效益分析

随着移动互联网时代的到来, 人们对无线通信系统吞吐量的要求越来越高。MIMO 技术可以在不多占用频谱和功率资源的条件下, 成倍提高系统频谱效率和吞吐量,

已经成为当前以及未来蜂窝系统中的核心技术之一。相应地，多天线终端在移动终端中市场份额越来越高，终端 MIMO 天线性能的优劣在很大程度上影响了 MIMO 传输性能，移动终端 MIMO 天线设计与性能评估因而成为业界关注热点。

移动终端一般体积较小，且需要支持多种不同的无线接入方式，因而其天线工作频段较宽，另外为保证 MIMO 传输性能，其多个天线单元之间需要保持较高的隔离度，因而良好的终端 MIMO 天线应当同时具备小型化、宽带化、高隔离度等特性。这些设计目标之间相互关联、相互影响，该项目开始之前已有的设计方案难以兼顾上述设计指标的协同要求。该项目提出了多种小型化、宽带化、高隔离度的移动终端 MIMO 天线设计思路，实际设计实现了多款天线原型，覆盖 700MHz-6GHz 频段范围内各主要蜂窝与无线局域网工作频段，且天线单元间隔离度均高于 10dB。上述设计理念已经被中兴通讯股份有限公司、宇龙计算机通信科技（深圳）有限公司等终端厂商应用于实际的 LTE 商用终端中，研发终端 182 款，销售额 332 亿余元，利润达 8 亿元，提高了民族品牌在国际上的影响力，反响良好。鉴于该项目所提出的天线设计思路所能达到的良好性能，考虑到多天线终端市场份额的增长趋势，该项目的天线设计成果将得到更为广泛的产业化应用。

针对终端的 MIMO 天线性能评估方法同样也是政府行业监管部门、网络运营商、终端厂商等重点关注的对象。天线性能测试一直是检验终端天线辐射与灵敏度性能的重要手段，针对多天线终端的天线测试需要能够在测试系统中模拟特定的信道传播环境。该项目设计并优化了两种 MIMO 天线性能测试方案，即多探头全电波暗室法与辐射两阶段法，其中多探头全电波暗室法可严格、可控地按照标准规定进行信道模型仿真与测试，测试精确度较高，可以用于认证型测试；而两阶段法测试方法系统构造简单、成本低、测试速度较快，可以用于研发阶段的摸底测试与产品产线质量控制等场合。目前 CTIA MIMO 天线性能测试标准、3GPP MIMO 天线性能测试标准、CCSA MIMO 天线性能测试通信行业标准已发布，相关行业监管部门以及运营商均将组织对多天线终端的 MIMO 天线性能测试，来监管把控终端天线质量，而终端厂商也

将相应上马 MIMO 天线性能测试系统，对自身产品质量进行预测把关，因此 MIMO 天线性能测试系统的市场需求量极大。在项目参与单位的大力推动下，该项目所提两种 MIMO 天线性能测试方案均被 3GPP 以及 CCSA 所采纳，因而将得到大范围的实际应用。

工程案例介绍

项目成果目前已经在中兴通讯股份有限公司、宇龙计算机通信科技（深圳）有限公司等实现应用。项目成果保障了终端产品质量，增强了民族品牌在国际市场的竞争力和影响力。后续将继续加大应用推广。

技术名称

SVAC 技术及高清视频产品评测系统的研究

技术依托单位

公安部第一研究所

适用范围

安防监控

技术内容

本项目从公安物联网视音频感知系统的实用需求出发，针对 GB/T 25724-2010 标准几大关键技术的实现和正在制定的高清视频设备相关标准的技术内容，开展相关产品评测平台研究开发工作。主要取得四项研究成果：1、SVAC 标准符合性测试平台；开发了 SVAC 标准符合性评测系统一套，包括 GB/T25724-2010 视频编解码符合性测试工具 V1.0。开发了 GB/T25724-2010 音频符合性测试工具 V1.0，可分别用于 SVAC 视音频设备的标准符合性评测。2、高清视频产品（分辨率、信噪比、色彩还原、帧率）性能指标评测平台。3、视音频测试序列，视音频源。4、论文 2 篇、软件著作权 2 项、制修订标准 9 项（其中国家技术标准 2 项，行业技术标准 5 项，地方标准 2 项）。

投资及运行效益分析

项目成果具有安防监控典型应用场景特点，覆盖了 SVAC 标准所有与功能相关的模式以及组合的要求，可完成 SVAC 视音频编解码软硬件产品的检测、高清视频产品性能指标的检测。测试软件经过了第三方评测机构的检测和用户验证，已完成几百个 SVAC 编解码产品的符合性测试和高清视频产品性能测试，性能稳定。项目组承担或参与了 3 项标准的制修订工作，将 SVAC 标准推广应用到更多的技术领域和产品形态，拓宽了 SVAC 标准的应用范围。通过该项目的实施，规范了 SVAC 产品及高清视频产品的产品质量，加速了 SVAC 技术的应用推广及产业化进程。

技术名称

基于 GIS 技术的城市地下排水管线设施能力评价技术研究——以昆明为例

技术依托单位

住房和城乡建设部城乡规划管理中心

适用范围

水环境整治

技术内容

技术原理：

第一，基于圣维南方程组求解的 ID+ZD 非恒定流水力建模理论；第二，海量排水专业地理信息大数据数据库建设与挖掘理论；第三，城市内涝演进三难可视化技术。项目局过选择局部典型片区，于用传感器网络实测两个雨季的样点数据对城市排水模型进行了校校和年定，构建了符合本地地理环境特点的排水管网水力模型，建立了国际通用模型的本地化科学校推流程，大幅度提高了城市排水模拟和预测的精确性，为国内开展油关工作提供了先行经验：项目在二线水力模型与市政、庭院两级排水管线数据的集成、基于数字地表模型印城市排水汇水子区域自动提取、基于传感网络的城市排水模型动态校校、顾旦河道水位影响的城市排水管线承载力分析和内涝模拟成果三维表达等方面具有创新。

技术的创造性与先进性：

（一）基于 ZD / CLSD（二维水力模型集成小区城市排水管线）增强城市排水管线模拟精度。本项目基于滇池北岸高质量排水管线数据，改进在水力建楼领域通常使用的单独基于市政排水管线建模（ID / CLSD， ID / Municipal Level Sewer Data）模拟城市排水管线运行状态或单独基于数字高程模型①EM）模拟地表径流的两种传统方法，集成二线水力模型与小区级别城市排水管线（ZD / CLSD， ZD / Courtyard Level Sewer Data），通过排水专题信息数据与数字地表模型（DSM）支撑，使城市

排水过程模拟结果逼近真实，并通过持续地下管线信息更新保障模型的有效性；提高城市内涝分布历史事件以及未来模拟预测城市洪灾的精度。

(二) 数字地表模型与庭院排水管线信息集成实现城市排水汇水子区域提取

(三) 基于传感同模式的城市排水模型动态校校

(四) 顾及河道（暗渠）水位影响的城市排水管线承载力及内涝模拟

(五) 基于知识驱动的二、三维联动排水管线信息自检查

(六) 实现动态海量 GIS 数据条件下汇水区实时快速自动划分提取

(七) 构建城市排水管网一线二线非恒定流数学模型和利用采用人工智能技术

(八) 生成昆明市区域地下排水管网环境容量模型

水项目通过计算机模拟，可生成昆明市区域地下排水管线环境容量模型，能够对新建筑物合理性提出指导，这项工作目前国内城市的地下排水管线管理工作中尚不多见，项目实施的目标是通过技术手段促进水环境法制化建设。

主要技术指标

计划达到的主要技术指标

①昆明市地下排水管线及涉水 GIS 数据库，电子地图覆盖昆明市主城区 250 平方公里；②排水模型通过国际通用模型验校标准；③项目培养访问学者互名，项目相关专业高级工程师 2 名，工程师 3 名；④研究成果公开发表专业技术论文 5 篇

投资及运行效益分析

本项目水力建模成果已广泛运用于滇池治理、入滨河道整治、雨污分流改造、规划编制和管理等民生工程，取得的成果全部用于雨污分流改造的实施。团排水管线信息的完整性和可靠性，推动了昆明城市排水专项规划、排水控制性作细规划。滇池流域水系规划编制的开展和规划的实施。项目数据成果在滇池流域水环境整治中取得了重大作用，促进入镇河道水质明显改善，使滇池污染继续恶化的势头得到有效遏制。项目的实施产生了显著的社会经济效益。

工程案例介绍

本项目及相关成果在滇池治理，城市建设的相关工作中通过成果信息共享和服务做到避免重复投资，提供科学的决策依据，获得了直接或间接的经济效益。

计划达到的主要经济指标：①数据的采集与数据库建设为将来的专题涉水 GIS 系统建设节约 150 万元；②促进城市涉水地下管线合理规划节约资金 50 万元；③为城市新建、改建地下排水管线提供合理设计、建设节约资金 100 万元。

技术名称

网络化“应急一张图”信息平台研制与产业化

技术依托单位

清华大学

适用范围

公共安全和应急产业发展

技术内容

本项目依据国办发〔2014〕63号“关于加快应急产业发展的意见”，结合国内外公共安全需求和应急产业发展趋势，由清华大学牵头，重点研建了网络化“应急一张图”信息平台，并实现了产业化。

项目通过理论创新和应用创新，在网络化“应急一张图”体系架构设计、灾害信息与空间信息数据组织方法与逻辑模型、应急模拟演练情景构建与推演、应急会商与决策等方面突破了多项关键技术，项目主要创新和贡献如下：

1) 多层级、多主体网络化“应急一张图”体系架构。提出了全国应急体系网络化“应急一张图”构建原理与方法，研发了多层级、多主体“应急一张图”信息平台，解决了平台的组成、架构、业务等关键问题，为国务院和省市县各级人民政府及其有关组成部门的应急管理提供了一体化应急信息服务支撑平台。

2) 灾害信息与空间信息数据组织方法与逻辑模型。构建了灾害信息与空间信息组织模型，提出了灾害信息分类分级方法，解决了统一时空框架下的灾害信息与地理信息一体化映射技术问题，建立了应急地理信息数据规范及标准，为全国多省市应急信息汇聚与整合提供了技术和依据。

3) 应急模拟演练情景构建与推演。研究了突发事件及其链式效应，提出了灾害场景要素组成及表达范式，构建了突发事件场景元、情景库，突破了典型灾害二三维场景快速构建技术和事件发展趋势驱动下的情景推演与演练控制技术，为提升突发事件预防与准备能力提供了技术手段。

4) 应急会商与决策支持。提出了突发事件应对过程中复杂信息时空表达逻辑与方法，研发了基于“应急一张图”的群智决策支持系统，解决了灾害信息破缺、信息冲突、信息同步问题，达到了多方协同会商的“反木桶效应”，为科学应对突发事件、有效提升响应能力提供了有力保障。

投资及运行效益分析

本项目开发的网络化“应急一张图”信息平台，实现了基于地理信息时空基准的应急信息融合与服务共享，在突发事件应急管理活动中有着广泛而重要的应用。该项目是针对国内外公共安全领域的重大需求，顺应应急产业发展的趋势而提出的，其技术成果和应用系统具有广阔的推广应用前景。在未来一段时间内，市场的需求量一定会剧增。据我们对市场的调研，国内外有迫切的需求，潜在市场量大，如果我们能抓住机会，初步估计将会由此获得数十亿元的产值，利税可达上亿元。

工程案例介绍

项目成果在我国 26 个省（自治区、直辖市）政府、110 多个地市县政府，在国家安监总局全国 7 个国家级救援队、14 个央企救援队，国家环保部全国 28 个省移动辐射应急平台、5 座核电站，国家人防及公安、消防、海洋、气象、地震、民政、水利、林业、电力、边防等部门得到广泛应用，提升了我国政府预防和处置突发事件的能力，为社会发展提供了安全科技保障，已形成的产业化能力。

项目成果输出到厄瓜多尔、委内瑞拉、特立尼达和多巴哥、巴西、墨西哥、乌克兰、肯尼亚、印度尼西亚等国家，显著改善了当地的公共安全形势，提升了我国在国际公共安全领域的影响力和地位。