

## 清华大学科技成果重点推广项目

## 【电子信息】

基于大数据的能源互联网能量管理系统.....	1
能源互联网能量路由器工业样机研制与产业化.....	2
跨区域多机构协同救治医疗信息共享平台.....	4
超高速流式成像分析仪.....	6
北斗环境多要素智能监测与大数据服务平台.....	8
新一代全国多尺度水文暴洪模拟监测预报系统.....	11
智慧城市时空大数据.....	13
高灵敏新型石墨烯的可穿戴传感器.....	15
集成型表面等离子体波生化传感芯片.....	16
DTMB 调制器/信号发生器.....	17
高速 USB 记录与回放设备.....	18
可变带宽无线多媒体传输系统.....	19
TiBIM 协同与管理平台.....	20
铁路列车网络控制系统 MVB 通信控制器.....	21
企业主数据管理.....	22
低功耗低成本的可抗功耗攻击 AES 加解密芯片/IP.....	23
云计算服务平台与桌面虚拟化系统.....	26
云计算平台与桌面云系统.....	28
居民健康管理云.....	31
社区自助健康管理一体机.....	32
用于软硬件协同开发的全系统仿真平台 SkyEye.....	33
数字电视接收机系统及方案设计.....	35
PLC+VLC 传输系统.....	35
超高清 UHD TV 数字电视系统.....	37
高端数字电视芯片 SoC 设计.....	37
宽带电力线通信数字家庭网络.....	38
TH_CDP 智能持续数据保护系统.....	38
TH_HSM 分级存储管理系统.....	39
基于云存储的个人移动计算环境 (CloudKey).....	40
软硬件混合的多媒体处理器芯片设计.....	41
10G 一体化网络数据深度安全检查和析系统.....	42
高性能网络流分类系统.....	43
社会网络大数据分析系统.....	46
移动互联网 Android 应用恶意行为自动化检测系统.....	48
应急双向视频图像传输系统.....	51

大规模连续语音识别技术.....	51
移动医疗与健康云平台.....	52
新一代无线局域网技术与产业应用.....	57
在线互动教学平台.....	58
执法过程音视频数据自动采集和管理系统.....	59
<b>【公共安全】</b>	
交通生命线应急调度决策支持系统.....	61
<b>【交通规划】</b>	
智能交通系统开发与集成设计技术.....	63
城市综合交通规划.....	63
道路网系统专项规划.....	64
智能交通系统规划.....	65
轨道交通规划.....	66
停车系统专项规划.....	68
交通影响分析（交评）与道路交通管理规划.....	69
道路交通安全规划与安全审计.....	71
常规公共交通系统专项规划.....	73
<b>【能源环境】</b>	
环流分析水中活性磷检测仪.....	74
城市电网电能质量综合治理.....	75
纤维乙醇联产 2,3-丁二醇工艺.....	76
微氧发酵丁醇新工艺.....	77
木质素原料制备高效驱油用表面活性剂.....	78
石墨烯能源与传感应用技术.....	79
城市生物质废物清洁燃气技术及应用.....	80
电网友好型风电场并网运行监控平台.....	82
大气除霾技术及装备.....	86
大型车间、场馆空气净化技术.....	88
小区除霾技术.....	88
飞艇挂网除霾技术.....	89
机场除雾技术.....	90
高速公路除雾技术.....	90
除霾/除雾车.....	91
隧道/地铁空气快速净化车.....	92
轻、重颗粒（飘浮、悬浮颗粒）同时分离技术.....	93
车用燃料电池电堆.....	94
挥发性有机物（VOCs）及恶臭气体生物处理技术.....	96
电子废弃物防治技术与示范.....	97

电路板绿色拆解及焊锡高效回收技术.....	99
动力锂电池快速剥离及锂钴短程资源回收技术.....	100
电子废物资源化利用的成套技术和工程示范.....	101
新型水质污染预警溯源仪.....	104
建筑环境空气流动设计及仿真技术.....	106
多翅片降膜蒸发紧凑式海水淡化系统.....	108
污水余热利用高效热回收热泵供暖.....	110
余热利用高能效比热泵热水器.....	112
冷却塔的节水除雾防冻技术.....	113
<b>【先进制造】</b>	
电动汽车制动能量回收关键技术.....	114
便携式电网去异物激光器.....	116
超宽光谱超高效抗反表面制备技术.....	118
粉体加工系统优化改造与自动控制.....	122
电磁超声导波缺陷检测仪器备.....	123
油气管道缺陷高清晰度检测装备.....	124
纳米活性碳酸钙的制备技术的工业开发.....	125
水热法制备氢氧化镁阻燃剂的研究与工业开发.....	126
化工副产物制备硫酸钙晶须.....	127
由大宗固废制备 PVC 绿色复合板材.....	128
选择性固固分离技术.....	128
钛白粉后处理工艺和机理研究.....	129
纳米催化二氧化钛的研制.....	130
微藻生物柴油技术.....	131
<b>【新材料】</b>	
有机相变蓄能复合材料及在建筑节能中的应用.....	132
正交相黑磷单晶的制备技术.....	135
涂料塑料橡胶填充用超细粉体加工技术.....	136
功能性复合材料用微纳米复合粉体生产.....	137
锂电粉体材料球形化技术.....	137
高性能混凝土用超细复合矿物掺合料生产.....	138
可延展柔性无机电子.....	139
<b>【医疗健康】</b>	
可注射干细胞 3D 微组织治疗实现微创高效再生医学.....	141
新型无创骨质疏松治疗仪.....	142
磁感应热疗设备.....	144
肩颈电刺激按摩仪.....	146
健康心理应用.....	147

用于旋转放疗设备的快速宽野动态多叶光栅 (MLC) .....	149
面向糖尿病治疗的胰岛素注射笔用一次性微型阵列式注射针头 .....	150
微针阵列经皮给药芯片与系统 .....	152
数字化心血管风险评估系统 .....	154
新型强效干扰素 .....	154
新型长效干扰素 2 .....	156
重组谷氨酸棒杆菌安全高效生产化妆品级透明质酸 (玻尿酸) .....	158
功能性皮肤修护用纳米脂质体技术及制品 .....	159
茯砖茶综合开发利用 .....	160
基于新一代测序的生物信息云平台及其在科研和医疗健康领域的应用 .....	162
细胞破壁提高生物利用度生产保健食品与添加剂 .....	163
<b>【生态农业】</b>	
利用农业废弃物生产富磷钾有机肥 .....	164
畜禽粪便高效产能产肥技术 .....	165

# 基于大数据的能源互联网能量管理系统

## 1 成果简介

随着电网数据规模越来越大，所蕴含的价值也越来越多。清华大学信研院研发了基于机器学习方法的能源互联网能量管理系统，主要功能为对电网的稳定性进行预测和可视化。系统分为训练部分和预测部分。训练部分通过历史数据进行机器学习，建立一个电压稳定性的分类器。分类器训练完成后，再对新增的未知数据进行预测。训练部分主要分为特征提取、类别标记、特征压缩、分类器类型选择。预测部分主要分为分类器数据启动阶段和预测输出阶段。本系统提出利用机器学习方法对电网电压稳定性进行预测，进一步综合多个节点给出电网态势感知的评估结果。在训练每一个节点分类器的时候，本系统将特征选取的时段和预测时间节点拉开，形成一种延时的预测方法，本发明对复杂系统有着更好的还原效果。

## 2 应用说明

本系统实施电压稳定性预测的具体步骤为：

步骤 1：通过部署在关键测点的同步相角测量单元 PMU 采集电网实时数据，所述实时数据包含电网中每个关键测点的电压  $U$ 、有功  $P$ 、无功  $Q$ 、电流  $I$ ；分别计算  $U$  的衍生量  $dU/dt$ ， $Q$  的衍生量  $dQ/dt$ ，电压的变化量比上无功的变化量的衍生量  $dU/dQ$ ，用这些衍生量作为特征，来表征量的时间变化速率；

步骤 2：对步骤 1 中提取的特征进行数据降维与压缩；根据特定时刻电压  $U$  是否恢复到标准值的 0.8 倍来区分每组样本组是否稳定，用 0 标记稳定，用 1 标记不稳定；

步骤 3：选择分类器，建立一个电压稳定性的分类器；

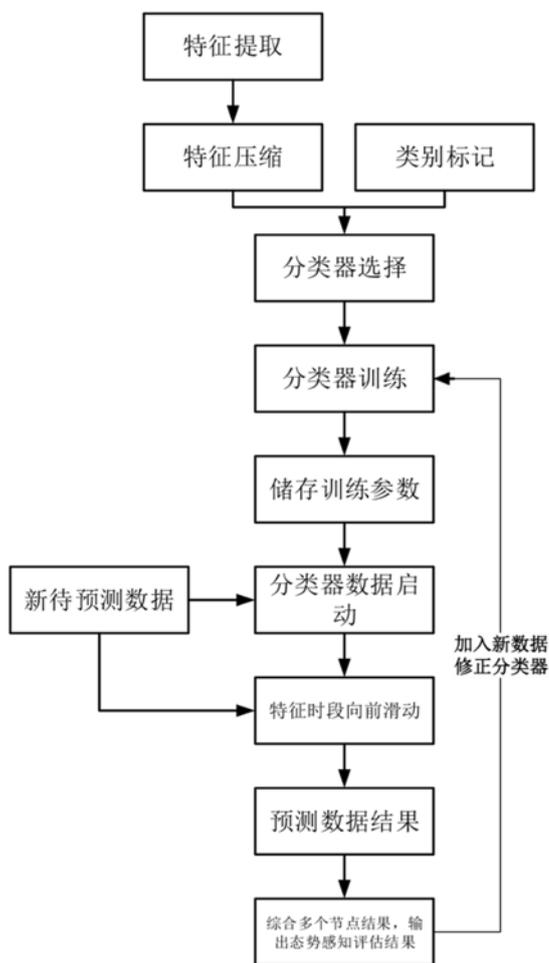
步骤 4：训练分类器；当分类器训练完成后，将训练好的参数储存起来；

步骤 5：进入预测部分的数据启动阶段，填充特征矩阵，没有输出；

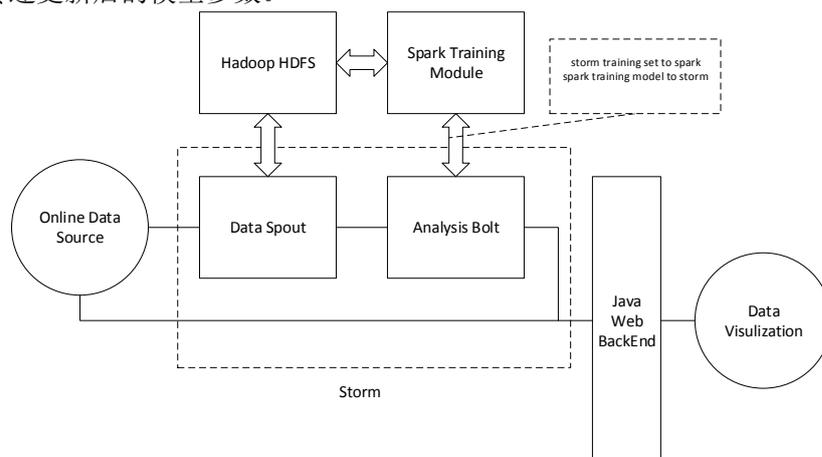
步骤 6：把多个节点的特征按照顺序排列，形成特征矩阵；特征矩阵填充完成后，根据分类器给出的预测结果；特征时段向前滑动，最初的特征被抛弃，新特征补充在队尾，分类器持续给出预测结果；

步骤 7：每隔一定时间间隔，要把新收集来的数据与以前的数据一起，重新回到步骤 4 训练分类器，更新参数。

在具体系统搭建过程中，我们充分利用现有机器学习平台。其中 Hadoop 的文件管理系



统 HDFS 负责数据存储；Spark 负责模型训练；Storm 负责在线预测；Kafka 负责在 Storm 和 Hadoop 之间传递更新后的模型参数。



### 3 效益分析

通过对电网稳定性的准确预测，可以实现补偿措施措施的快速投切，减少经济损失。

### 4 合作方式

技术转让、合作开发。

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 能源互联网能量路由器工业样机研制与产业化

### 1 成果简介

本课题从能源互联网自下而上构建开放互联、对等分享的新型能源电力基础设施的需求出发，提出能源路由器是能源互联网实现的关键装备。借鉴互联网的理念、技术、方法和架构，能源路由器效仿信息网络路由器，以实现能量交换能像信息分享一样便捷。借助电力电子、储能以及信息通信技术的发展，本课题结合能源互联网用户需求侧能量交换与互联的需求，研制低压小容量能源路由器。

清华大学在国内较早开始开展能源互联网方面的研究工作，提出了能源互联网基本架构、关键技术，并开展能源路由器以及相关信息通信技术等方面的研发工作，并于 2014 年获得国家自然科学基金委首个能源互联网方面的立项——“能源互联网建模、分析与优化理论研究”，目前参与承担国家电网公司科技项目“能源互联网技术架构研究”“能源互联网信息通信体系架构研究”和“全球视角下能源互联网的系统构建理论及情景分析”等直接能源互联网相关研究。2015 年 4 月，清华大学成立了包括电机、信息、热能、材料等多院系参与的跨学科能源互联网创新研究院。课题负责人清华大学曹军威在能源互联网领域率先发表文章 10 余篇，出版能源互联网专著 1 本，主持国家自然科学基金委首个能源互联网面上项目，开展能源路由器前期研究和设计，能源互联网研究成果获得学术和产业界的广泛关注。目前是国家发改委“中国能源互联网产业技术发展研究课题”专家组首席专家，2015 年担任国家能源局“互联网思维与技术对于能源互联网的发展借鉴”课题负责人，2014 年担任国家能源局“中

国能源互联网发展战略研究课题”专家组专家。

装置的主要创新点如下：

- 能源路由器实现开放式即插即用的能量交换与路由；
- 能源路由器支持多路可扩展的新能源和动态负荷接入；
- 能源路由器解决瞬时平衡的能源互联网能量管理；
- 能源路由器实现信息—能量融合的基础设施一体化；
- 能源路由器在海淀北区能源互联网项目示范应用；

性能参数：

- 研制自治微网能源路由器和小批量实现，传输电压等级为低压 380V，系统容量达到百 kVA 级，响应时间小于 10ms，接入电源类型不少于 2 种，负荷类型不少于 3 类。
- 能源路由器可实现基本的能量路由功能，还可提供可扩展的工作模式：潮流调节模式（增加有功、无功统一调节；功率因数达到 95% 以上）和电能质量调节模式（增加电能质量暂态、稳态指标的统一调节；暂态电压补偿能力超过 30%，电流谐波含量小于 5%）。

## 2 应用说明

海淀北区能源互联网项目：未来海淀北部地区将发展成为集产业、居住及配套、生态涵养、湿地、旅游、农业生产等多种功能的综合性区域。本次海淀北区规划建设能源互联网示范基地的地区主要以 3#翠湖组团和 4#永丰组团为落地点，前期以翠湖组团为启动区。

能源互联网和能源路由器在发挥作用的同时，其优化指标也是多元化的。能源互联网在解决环境、减排、气候等方面的问题可以有所贡献，可以全面体现能源互联网的经济和社会效益。能源路由器是能源互联网的核心器件，能源路由器要解决能源利用效率、新能源的接入、电能的局域消纳等。

## 3 效益分析

能源路由器是能源互联网的核心重大装备，未来电网发展趋势会以大量电力电子装置呈现，电能路由器以电力电子技术为基础，电能路由器未来能替代电力变压器、电力电子装备等，加上随着新能源和分布式新能源的发展，新能源的接入成为能源路由器的最大推手，市场规模达到百亿以上。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

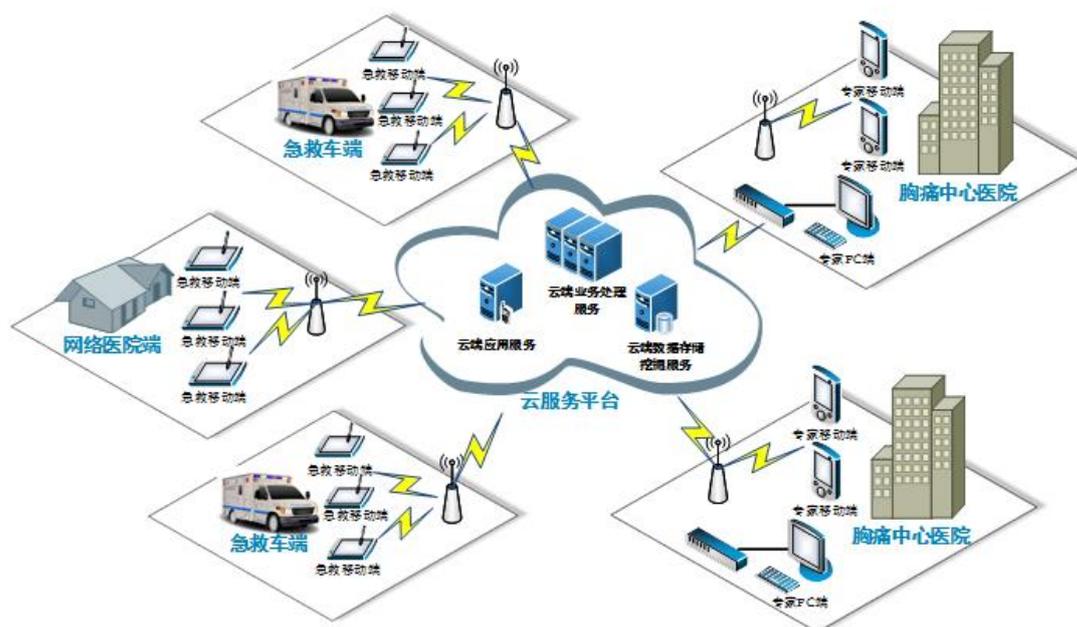
## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 跨区域多机构协同救治医疗信息共享平台

## 1 成果简介

提供了基于移动互联网及云计算技术的跨区域多机构整合急救资源协同救治的医疗信息共享平台，具有以下几大功能：基于 FMC-D 时间的智能转运决策辅助、系统内医疗单元通讯、系统内医疗单元信息共享及 PCI 医院介入影像质控管理。系统分为医疗单元终端（包括 EMS 终端、非 PCI 医院终端及 PCI 医院终端）和云计算服务端两部分，通过 3G/4G 无线互联进行数据交换处理。急救车客户端考虑到用户的操作体验，采用基于 Android 系统进行开发。云计算服务端处理中心部署在云服务器上，按照 SOA 架构的理念进行框架设计，依托于数据仓库对业务数据进行深度挖掘分析。



本系统的特色包括：

- 体系结构设计以时间轴为中心。时间轴是描述 AMI 患者救治流程的关键事件时间节点集合，如：呼叫 EMS 时间，EMS 响应时间，急救车到达时间，首次胸痛发作时间，本次胸痛发作时间，EMS 首份心电图时间，等。通过对上述关键事件时间节点的统计、分析通过资源合理调配、辅助决策支持等方式提高针对 AMI 的救治效率。
- 智能推荐技术。该推荐主要基于以下信息：1，实时的医院医疗资源信息（如床位资源、医生资源、手术资源等）；2，地理位置信息，主要是权衡道路拥堵情况以及距目标医院距离信息；3，救治能力，主要指通过救治流程中产生的历史数据挖掘分析衡量 PCI 医院救治能力的信息。
- 大规模的支持。急救车客户端考虑到用户的操作体验，采用基于 Android 系统进行开发。云计算服务端处理中心部署在云服务器上，按照 SOA 架构以及基于 XMPP（Jabber）协议通信机制的开源架构的理念进行框架设计，依托于数据仓库对业务数据进行深度挖掘分析。在北京等地的实践表明该系统具有支持区域内多 PCI 医院，多非 PCI 医疗机构，多 EMS 机构并发协同救治的流程以及流程中产生的 PB

级的数据。 在一套完整、独立的 RCTS-AMI 系统内，预计 500-800 家 PCI 以及非 PCI 医院，1 万-2 万台终端，2000-2500 位医生可以使用本系统。

## 2 应用说明

- PCI 医院专家端：专家医生可通过此终端进行远程会诊，并随时把握患者的情况。
- PCI 医院急诊室端： 急诊室医生可记录患者在急诊室的关键时间点与体征信息，根据需要选择下一步救治流程。
- PCI 医院导管室端：手术室的护士可以记录手术流程中的关键时间点。
- EMS 机构端：急救车的随车医生可以通过此终端采集病人体征并根据需要选择救治流程和获取远程协助
- 非 PCI 医院端： 为 PCI 医院提供转诊的绿色通道，并为其提供相应的远程协助
- 大数据处理平台： 将救治流程中采集到的数据进行管理分析，提供决策支持



- 目前 ied 平台已经在武警总医院开始应用，并逐步联合北京西部地区的多家 EMS 机构以及非 PCI 机构。ied 平台同时也在锦州市，哈尔滨市的多家医院进行应用。

## 3 效益分析

2013 年 AHA 《急性 ST 段抬高型心肌梗死的治疗指南》首次提出首次医疗接触至器械时间[1] (First Medical Contact to Device time, FMC-D time)，指的是：从首次与 STEMI 患者发生医疗接触(不区分医疗单位或级别)起，至患者于导管室中器械打通血管(再灌注起始)止，这中间的时间即为 FMC-D 时间。FMC-D 时间概念的提出强调了院前救治在心肌梗死救治中的地位，使得心肌梗死的救治从“院内急救”提前到“院前急救”。《指南》同时还提出

了 FMC-D 时间不仅是 STEMI 患者救治达标的评估指标，同时也是 STEMI 患者转诊策略的决策指标。然而影响以上 FMC-D 时间的估测因素很多，在现有的急救情境下，EMS、非 PCI 医疗机构与救治半径内的 PCI 医院无法形成统一整体，FMC-D 时间的确定缺少客观科学的依据，因此无法对 STEMI 患者的转诊及血运重建策略进行最优选择。区域协同救治系统可以有效的整合现有的医疗资源，以转运时间为半径构建同一区域内多家 PCI 医院与 EMS、非 PCI 医疗机构组成的救治整体，统筹协调，缩短抢救半径及时间，为每个 STEMI 患者在最短时空距离上制定最有效的救治策略。

#### 4 合作方式

联合推广。

#### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 超高速流式成像分析仪

### 成果简介

随着癌症及其他恶性肿瘤疾病的发病率逐年升高，对血液中早期特异细胞的成像筛查显得尤为重要。并且，在生物医学研究领域，对高速单细胞流式成像筛查的需求也越来越强烈。目前商用的荧光流式细胞仪由于需要荧光染色、成像速度低等限制了应用范围，因此需要发展新型的超高速流式细胞成像仪。典型的应用包括：早期循环肿瘤细胞（CTC）在血液中的含量小于 10 个/毫升，常见的逐个细胞筛查手段需要耗时 2 个月，而采用超高速流式细胞成像仪只需要 10 分钟。该仪器将为未来血液检查带来新的、更加有效的检查结果。

我团队从 2012 年至今，进行了超高速激光扫描显微成像仪的研制与开发。该成像仪器利用高速重复频率的激光脉冲作为主动照明光源，利用时空频映射对成像区域进行频分扫描，该扫描完全利用光源本身的光谱特性实现，没有使用机械或电子的扫描装置，因此可以大大提升扫描成像的速度。目前实现了超高速成像仪的帧率可以达到 1 百万帧/秒至 20 亿帧/秒的帧率，可以连续记录 10 万帧以上的影像数据，成像分辨率小于 1 微米，可以连续观察非周期性的无规律的偶发事件。在应用方面，已经进行了超高速无标记流式细胞成像实验，可以实现对血液细胞当中的早期癌细胞（CTC）进行高精度高通量的筛查，成像通量超过 10 万细胞/秒，比目前常用的流式细胞仪快两个数量级以上。另外，在高速气溶胶（PM2.5、PM10）成像机制上也进行了应用，可以实现气溶胶喷口速度在 10 米/秒的情况下进行颗粒成像，目前国际上还没有类似的仪器出现。因此，超高速激光扫描显微成像仪拥有传统检测仪器不具备的特殊功能，通过高速成像，获取传统仪器无法得到的信息，解决多个交叉领域的关键问题。我们希望通过国内自主研发新型高速成像仪器，能够有效降低生产制造、科学研究的成本。而且，掌握了高速成像的核心技术，可以为特殊需求量身定做合适的成像系统，促进我国制造业、科学研究、生物医学等众多领域的快速发展。

超高速流式成像分析仪是数字显微技术、微流体力学和图像处理技术的综合应用，用于自动分析颗粒或液体中的悬浮细胞。当样品流过检测区时，仪器会捕捉样品的镜像，镜像中的每个颗粒将被分析，生成关于颗粒的数量、尺寸、透明度、形态等方面的数据。也能用

于实时分析颗粒的动态过程。形态分析软件还可用于分析特殊形态的颗粒，或者用于分离一些亚颗粒群体。

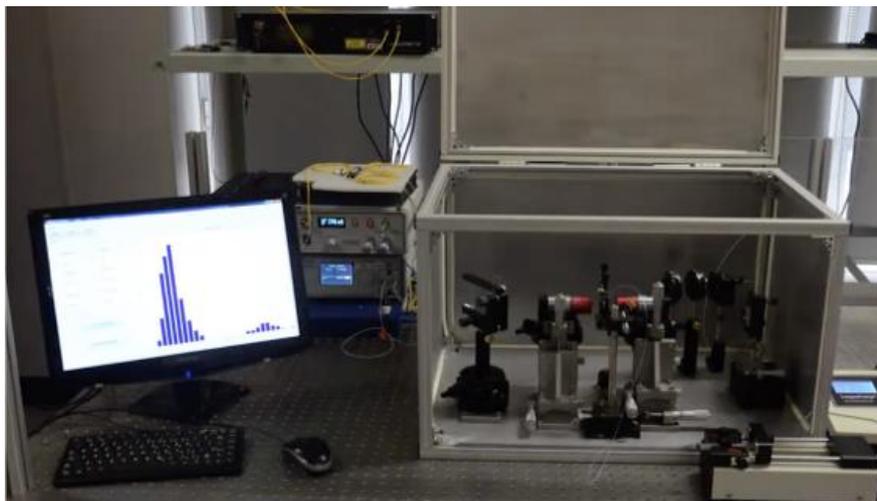


图 1 仪器基本界面及内部架构

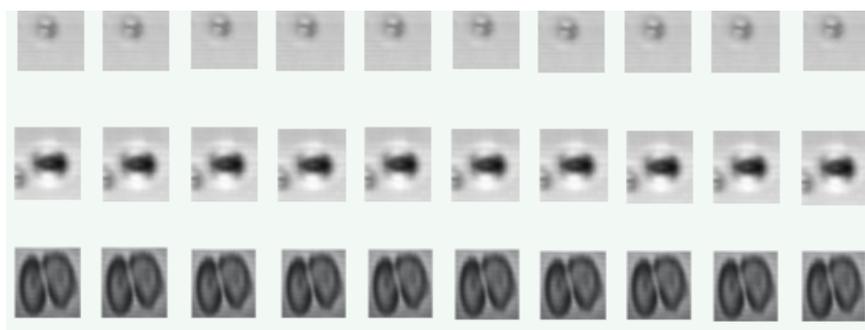


图 2 采集到的细胞图像

### 应用说明

2016 年 12 月进行全血采集，成功获得高流速下 ( $>1$  米/秒) 的混合癌症细胞的红细胞血液样本分析，对粒径在 2~6 微米和 11.48 微米-13.64 微米两个范围内的红细胞和特异细胞进行了筛查，并进行了相应细胞的分类与成像，统计了不同粒径的粒子数和粒径分布特征。

### 3 效益分析

由于目前国内尚无同类产品，而在一切向“精准”看齐的未来社会，需要利用超高速的成像手段同时满足生物医疗、环境检测等领域高通量与高精度检测的需求；因此本仪器具有较大的推广空间。保守估计，我产品将保持 30% 的年销售增长率，立项第二年开始销售产品，销售量预测为十台，销售额三千万，毛利率为 40%。

### 4. 合作方式

股权投资、技术转让、许可使用、合作开发、合作兴办新企业。

### 5. 项目所属行业领域

电子信息/生物、医药和医疗器械/环境保护与资源综合利用。

# 北斗环境多要素智能监测与大数据服务平台

## 1 成果简介

作为全球导航卫星系统（GNSS）的后起之秀，我国自主北斗导航卫星系统（BDS）近年来迅猛发展。“十二五”及未来“十三五”期间，已有和正在发展大规模的各类地基北斗/GPS 站网（CORS 网、GNSS/MET 网等），同时，空基（无人机、有人机）和天基观测载荷研制已提上日程。所有这些观测数据将形成天空地一体化网络的北斗大数据资源。随着导航、定位、授时等北斗传统应用的日趋成熟（图 1），北斗大数据附加值发掘及新型应用领域产业链的拓展将前景广阔。

本项目为导航卫星创新增值应用及北斗大数据信息的深度挖掘，将干扰导航定位精度的大气折射、地表反射等误差源，“变废为宝”为遥感探测的信号源，在突破我国自主导航卫星遥感探测关键技术的基础上，从地基探测和空基（无人机、有人机）探测两个层面，实现软硬件一体化的北斗/GPS 双模气象水文生态多要素综合监测系统。方案及成果将面向行业应用需求，引进吸收国际前端技术，紧密结合当地资源优势，打造内蒙古自治区成为国内率先开展北斗气象水文生态增值创新应用的省份，拓展北斗大数据在气象预报、智慧农业、智慧水利、生态环境等领域的应用（图 1）。

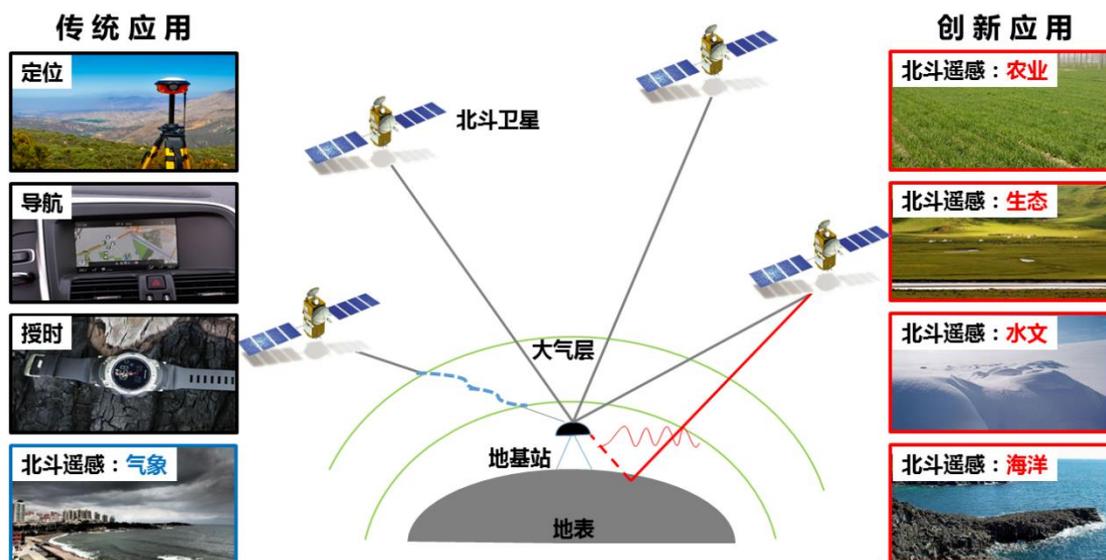


图 1 北斗创新应用领域

图 2 为北斗/GPS 环境多要素智能监测与大数据服务平台总体方案。围绕“数据获取——数据存储——分析挖掘——应用服务”这一主线进行。其中：

- 数据获取分为地空天三类：（1）自主研发的低成本北斗/GPS 环境多要素智能监测设备；（2）无人机搭载北斗/GPS 智能监测传感器；（3）GNSS 遥感卫星。

环境监测要素包括：农业环境生态（土壤湿度、植被水分等）、气象水文（大气水汽、积雪深度、水位等）、海洋（潮位、风场、盐度、海冰等）。

该方案将充分发挥导航卫星无源探测、高时空分辨率、低成本高产出、实时性强的优势。同时，方案涉及的监测要素及方法可实现同卫星遥感（高分卫星、降水卫星、重力卫星等）

监测的有效结合和优势互补,作为国土资源实时监测系统的有机组成部分,共同实现国家级、区域级空天地一体化物联网遥感大数据智能监测服务。

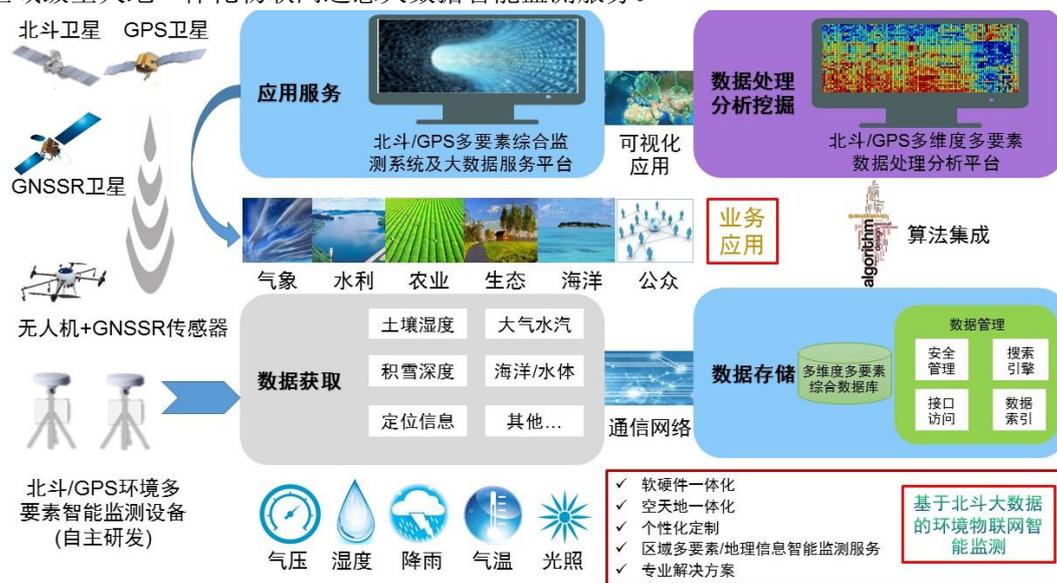


图 2 北斗/GPS 环境多要素智能监测与大数据服务平台总体方案

清华大学遥感大数据研究中心在利用地基、空基北斗/GPS 观测数据进行气象水文生态要素监测技术开发、产品研发、软硬件研发集成等方面具备丰富的研究积累,尤其针对我国自主北斗导航系统的创新应用,团队成果国内领先且得到国际同行的高度认可,开发并集成了一套完备的“北斗/GPS 双模多要素智能监测”整体解决方案。除发表高水平学术论文外,已申请多项发明专利和软件著作权(表 1),2016 年技术成果已通过软硬件服务在青海(气象/水利/环境)、四川(农业/气象)、山东(农业)、北京(科研单位)等地取得了初期经济效益。中心已具备的技术基础与部分成果展示如图 3-图 6 所示,包括全国范围地基综合观测站网建设(图 3)、空基试验与技术攻关(图 4)、监测产品研发(图 5)、软硬件设备自主研发(图 6)。所有这些技术积累将为本方案的顺利实施提供有力保障。

表 1 北斗环境要素智能监测相关专利和著作权

类型	名称	申请号
发明专利	基于地基北斗/GPS 双模测站测量土壤湿度的方法	201610649249.4
发明专利	基于连续运行 GNSS 站信噪比数据的土壤水分测量方法	201610578805.3
发明专利	基于连续运行 GNSS 站信噪比数据的积雪深度测量方法	201611040820.9
发明专利	基于连续运行 GNSS 站信噪比数据的潮位测量方法	201611005411.5
计算机软件著作权	北斗/GPS 双模多要素综合监测系统	申请中

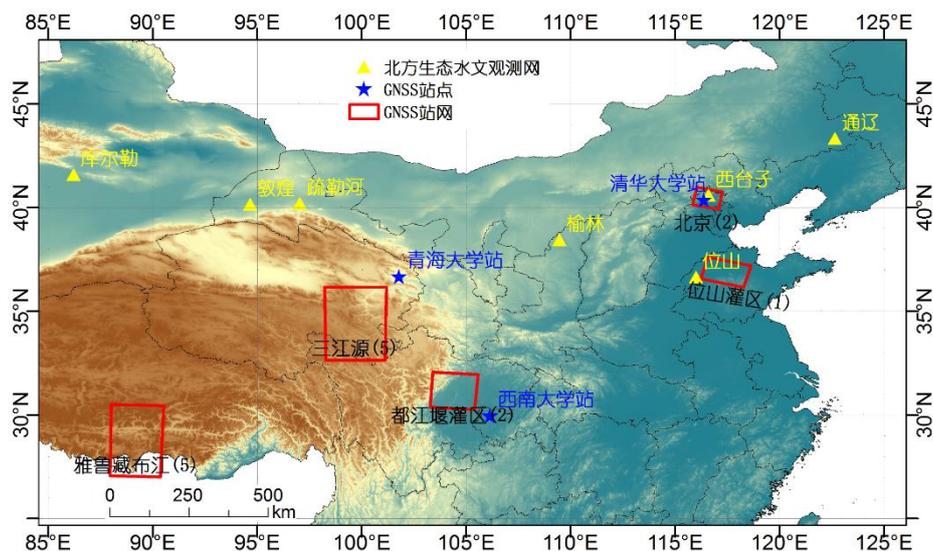


图3 北斗/GPS 地基综合观测站网

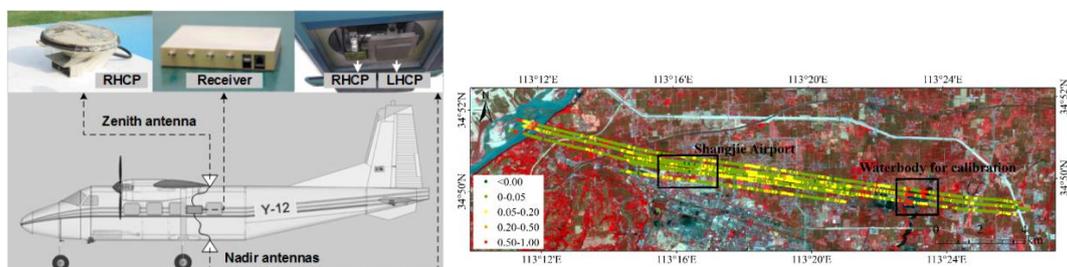


图4 空基北斗/GPS 观测系统

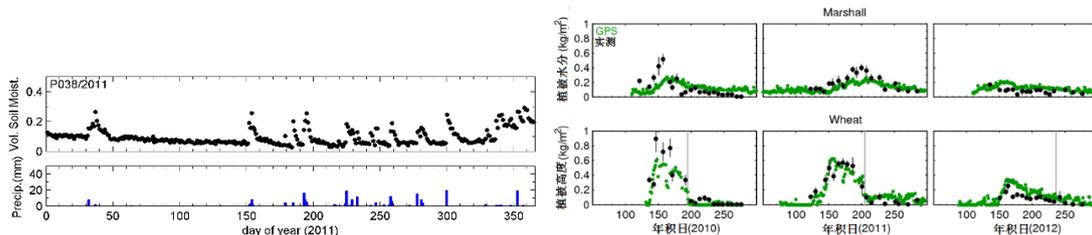


图5 北斗/GPS 监测产品研发

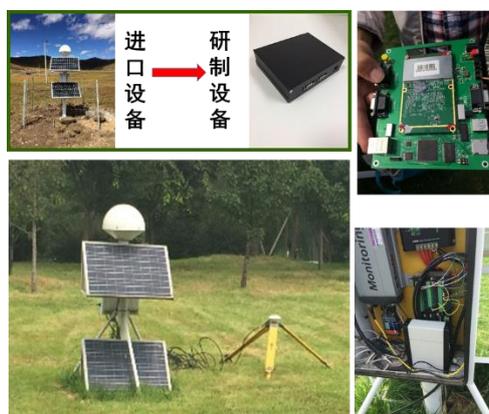


图6 软硬件一体化智能监测设备自主研发

## 2 应用说明

该项目技术成果已在全国范围建设综合监测站网，进行技术验证。在过去一年里，该技

术成果已通过软硬件服务在青海（气象/水利/环境）、四川（农业/气象）、山东（农业）、北京（科研单位）等地取得了初期经济效益，具备良好的产业化条件和前景。

### 3 效益分析

目前市场上尚无相关产品，并且本项目的成果产出可从如下几个方向进行多层次、全方位的市场化对接：

（1）软件模块：研制内容一产出的气象水文生态监测要素估算软件模块，可同以北斗导航定位为主打方向的企业对接，通过嵌入本软件模块，拓宽其业务范围，在为农业、气象、水利等部门提供导航定位服务的同时，融入气象水文生态要素同步监测的功能。不同需求定制的软件模块按 1-10 万元每套计算，初期市场年需求量预计 50 套，预计每年产生收益 50-500 万元，市场成熟后可面向全国推广，年收益可达 1000-5000 万元。

（2）监测产品：研制内容一产出的气象水文生态监测要素产品，如通过 SDCORS 监测网络附加得到的多要素监测产品，可实现政府买单为行业公众提供服务。可与高校、科研院所等联合申报国家级、省部级科研项目，预计单个项目经费 500-1000 万。

（3）新型监测设备：研究内容二所产出的面向气象农业水文应用的北斗/GPS 双模气象水文生态多要素综合监测设备，具有低成本、小型化、多功能等优势，可独立进行市场推广。按单套收益 5 万元计算，初期市场年需求量 50 套，预计年收益 250 万元，市场成熟后可面向全国推广，年收益可达 500-3000 万元，并可与目前市场上通用的 GNSS 定位型接收机竞争，实现行业接收机的更新换代及初期市场垄断。

（4）演示系统：研究内容三所产出的北斗/GPS 双模气象水文生态多要素综合监测演示系统，可率先在山东省（青岛市）开展示范应用，且该创新应用模式在全国具有推广价值。可联合申报科研项目，预计单个项目经费 500-1000 万，同时可实现业务化推广应用，名利双收。

### 4 合作方式

技术合作，联合推广

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 新一代全国多尺度水文暴洪模拟监测预报系统

### 1 成果简介

我国地处欧亚大陆东南部，地域辽阔，地形复杂，河流众多。由于东亚季风气候区的暴雨特性、特殊地形和地质条件，复杂的河流地理分布以及人类社会活动等的影响，我国洪涝灾害频繁发生，成为现如今面临的最严重的自然灾害问题之一。目前，中国气象局、中国水利部等对暴雨洪水灾害及其引发的次生地质灾害具备一定的监测和预报能力，但其预报预警系统对业务的支撑能力还是相对滞后，在洪水预报、地质灾害预警方面也还没有较为系统的业务支撑系统。

新一代全国多尺度水文暴洪模拟监测预报系统主要基于分布式水文模型 Coupled Routing Excess and SStorage（CREST），采用中国自动站与 CMORPH 降水产品融合的逐时

降水网格数据 (0.1°, 1-hour) 产品作为驱动, 并利用饥荒预警系统 FEWS (Famine Early Warning Systems Network) 的潜在蒸散发 (PET) 数据, 其模拟尺度分为全国 (0.125°分辨率)、流域 (1km 分辨率), 相应输出全国及典型区域范围内流量、土壤湿度等水文参数的格网化产品。此外采用精细化定量降水预报驱动 CREST 模型, 在模型的实时预报模块下连续输出洪水流量在全流域的分布, 进行各流域径流量的全天候模拟预报。

新一代全国多尺度水文暴洪模拟监测预报系统还设置有洪水淹没模拟模块, 模拟洪水淹没情景的时空演进, 实时提取洪水淹没范围、淹没水深和淹没时间范围。此外, 地质灾害监测预警方面, 系统设置滑坡灾害风险预警与评估模型 iCRESLIDE, 采用高精度 DEM、土壤及植被覆盖数据, 全天化监测及预报滑坡发生的时间和规模 (范围)。

## 2 应用说明

新一代全国多尺度水文暴洪模拟监测预报系统依托中国气象科学院平台, 其核心水文模块从 2013 年开始运行至今, 进行径流等其他水文变量的实时模拟。图 1 中选取的是 2013-07-14 13:00 模型模拟的径流结果。

区域尺度的径流模拟选取地处长江流域和黄河流域之间的淮河流域, 流域面积 27 万 km<sup>2</sup>, 包括河南、安徽、江苏、山东 4 省的 35 个地市, 其 1km 格网化结果实例如图 2 所示, 分别为降水、蒸散发、土壤湿度以及径流量的输出。

## 3 效益分析

本系统提供全国及区域多尺度暴洪模拟及监测预警所需的径流数据, 在研项目支持区域洪水淹没面积动态模拟预测及滑坡、泥石流地质灾害监测预警的业务化系统运行, 系统生成结果通过中国气科院内部渠道实时快速集成入气象局山洪滑坡地质灾害预警预报平台, 并与水利部、民政部发布联合预警预报, 大大减少洪水及地质灾害造成的人民生命财产损失、减少国家财产损失, 保障社会和经济效益。

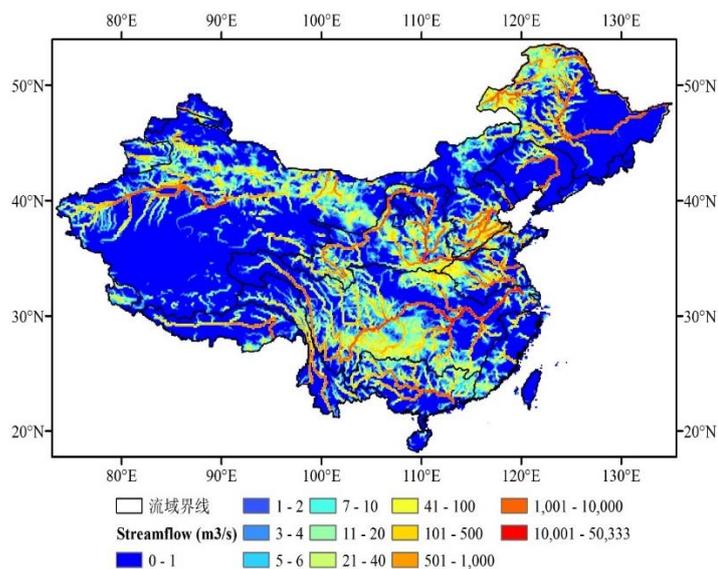


图 1 CREST 模型全中国径流模拟结果示意图

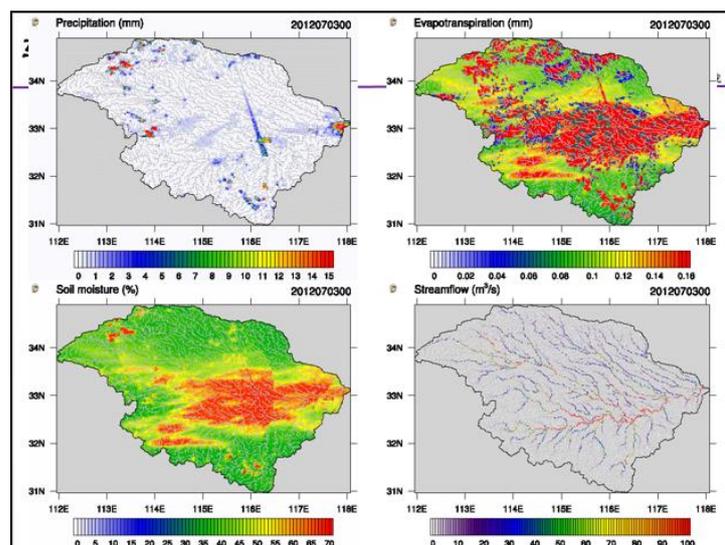


图2 淮河流域水文变量某一时刻输出示意图

#### 4 合作方式

技术合作，联合推广。

#### 5 所属行业领域

电子信息。

## 智慧城市时空大数据

### 1 成果简介

智慧城市是运用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术，促进城市规划、建设、管理和服务智慧化的新理念和新模式。建设智慧城市，对加快工业化、信息化、城镇化、农业现代化融合，提升城市可持续发展能力具有重要意义。近年来，随着大数据、物联网、人工智能等技术的蓬勃发展，国内结合新技术的智慧城市的建设如火如荼。为顺应时代潮流，充分发挥清华大学遥感大数据研究中心在智慧城市建设方面的技术优势，研究中心成立了智慧城市时空大数据项目组，研究设计并拟搭建一套时空大数据应用服务系统。

时空大数据应用服务系统搭建是由成都高新区国土分局牵头，规划局、经发委大力推进的时空基础设施建设项目。该项目通过卫星、飞机、无人机、移动测量系统以及近景拍摄等天-空-地-人一体化的技术手段获取地方城市的基础地理信息，通过处理生成“4D”数据产品以及实景三维模型；并以此为基础框架，融合其他城市大数据，形成时空大数据资源池，搭建时空大数据平台，针对不同政府部门开发设计相应的应用系统，从而服务于政府、企业、公众，致力于提高政府管理水平、促进产业发展、服务民众生活。

#### 1.1 建设内容及规模

时空大数据应用服务系统建设内容主要涉及以下四个方面：

一、数据采集及三维建模；二、核心数据库建设及整合；三、时空大数据共享服务平台构建；四、创新应用示范工程。

项目的覆盖范围为整个成都高新区，面积约为 130 平方千米，实景三维建模以及可视化地图的精度都要求为厘米级，且能对建成的实景三维模型进行单体化切割，部分主要建筑物达到分层、分户的程度。此外，搭建的时空大数据共享服务平台需具备量测、编辑、计算、分析等基本功能之外，还要具备专业定制服务功能；而且还支持多平台发布。总之，时空大数据应用服务系统的搭建是一个规模较大、需求较高的项目。

## 1.2 建设年限

项目采用分期方式进行建设：

一期：建设内容为数据采集及三维建模（内容一）；建设内容为数据库建设、整合及时空大数据共享服务平台搭建（内容二）；

二期：建设内容为创新应用示范工程建设。

由于整个项目建设内容较多，尤其是二期建设的具体内容还未确定，所以先对一期建设年限进行了规划设计，暂定为 18 个月，一期建设的两部分内容在建设时间上可以有所交叉，即在进行完部分数据采集及三维建模后可同步开展平台的搭建、数据库的整合。

## 2 应用说明

时空大数据应用服务系统顶层设计方案已获得成都高新区相关政府的高度认可，该方案顺应时代潮流，高度结合新一代信息技术，以解决成都高新区实际问题为抓手，以建设高新区“智慧政府”，催生新兴产业，提高群众生活水平为目标，贴合实际，实事求是。该方案现处于向上级申请项目资金阶段，计划今年进行详细方案的研讨以及项目的实施。

## 3 效益分析

### 3.1 社会效益

时空大数据应用服务平台的搭建有利于成都高新区整体的经济运作和资源优化配置，提高经济增长的质量、效益和可持续发展。有利于改善高新区的投资环境，有利于实现城市生活和管理的数字化、网络化服务，提高市民的生活质量。

具体表现在：1、有助于开拓地理空间信息应用的新领域，促进高新区在现代高新科技应用和开发上的进步和发展，而且，还能在此过程中培养造就一批适应高新区信息化建设需要的高素质技术人才，提高高新区的整体竞争力。

2、有利于提高政府工作效率，提升政府施政水平，提高政府决策、应急能力，优化政府服务功能，提高政府办公透明度。为调控城市、预测城市、监管城市提供了革命性的手段，是城市规划、建设、管理与服务数字化工程的最终目标。

3、通过时空大数据应用服务系统建设，可以在有准确坐标、时间和对象属性的实景三维城市环境中进行规划、决策和管理，将为调控城市、预测城市、监管城市提供革命性的手段，从而为城市可持续发展的改善和调控提供了有力的工具。

总之，本项目的实施可以有效地提高城市规划、建设与管理的决策科学化、管理现代化和服务社会化，保障国家投入巨资建设的城市基础设施发挥最大的社会效益，密切政府与人民群众之间的联系，维护社会稳定。

### 3.2 经济效益

时空大数据应用服务系统不仅能应用于成都高新区，根据具体需求进行调整后，还可应用于其他地方城市。在该系统的建设、运维过程中，可通过政府投资、政府购买服务以及面

向公众、企业的市场运营等方式获得可观的经济效益。

#### 4 合作方式

联合推广。

#### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 高灵敏新型石墨烯的可穿戴传感器

### 1 成果简介

高灵敏度、大拉伸范围的应力传感器在可穿戴领域具有重要的作用，但是目前报道的应力传感器很难兼顾灵敏度和拉伸范围，因此在可穿戴领域未能实现广泛的商业化应用。

作为目前发现的最薄、强度最大、导电导热性能最强的一种新型纳米材料，石墨烯被称为“黑金”，是“新材料之王”，科学家甚至预言石墨烯将“彻底改变 21 世纪”。极有可能掀起一场席卷全球的颠覆性新技术新产业革命。

课题组从 2010 年可是从事石墨烯制备与应用方面的相关研究，在 973 专项，自然科学基金等项目的资助下，掌握了多种石墨烯制备方法，创新性地将石墨烯与可穿戴应用相结合，提出了采用激光直写技术制备石墨烯的新方法，首次实现了性能可调控的应力传感器，并且在灵敏度和拉伸范围两个指标达到了国际领先水平，在可穿戴领域具有突出应用价值。

石墨烯传感器具有以下特点：

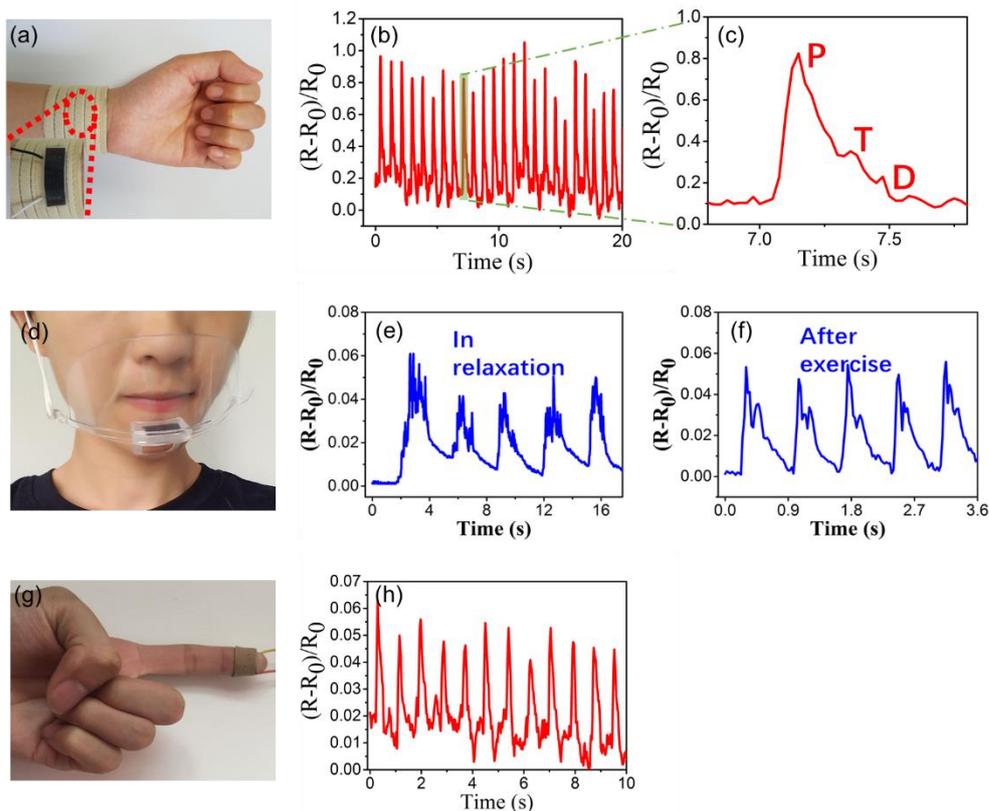
- 柔韧性强，拉伸范围大；
- 灵敏度高，可以探测微弱振动信号；
- 操作简单，成本低廉，使用维护方便；
- 对人体无毒害作用，佩戴舒适。

性能参数：

- 灵敏度高，应变系数可达 460；
- 拉伸范围长，可以拉伸 100% 的应变范围；
- 工作温度/湿度范围广 15-350℃，45-80%；
- 重复性好，可以连续拉伸上万次。

### 2 应用说明

2016 年，我们的成果发表于国际电子器件领域顶级会议 IEDM 上，针对不同的应用，我们做了一系列实验来验证传感器在不同应用场景下的性能。实验结果表明，应力传感器可以在可穿戴设备、人的运动监测，腕部、手指脉搏检测，喉部嗓音检测具有应用价值，在其他方面也有重要的应用潜力。



### 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而可穿戴产品具有广阔的市场空间，因此本传感器具有较大的推广空间。本传感器价格每片 100 元。而本器件运行稳定、灵敏。总体上，具有明显的经济和技术优势。

### 4 合作方式

转让或者联合推广。

### 5 所属行业领域

电子信息、新材料领域。

## 集成型表面等离子体波生化传感芯片

### 1 成果简介

随着我国经济的高速发展和人民生活水平的提高，环境污染、疾病监测、食品安全等民生热点日益受到人们的关注。如何对上述问题进行简单、快速的监控，将一些危害降至最低，保障人民生活和生产，这就需要一种可实时实地检测、操作简便的多应用传感器件。

表面等离子体波 (SPP) 传感器是一种基于光学检测的传感器件，被广泛用于药物筛选、食物检测、环境监测和细胞膜模拟等方面。相对于目前常见的化学、电子、力学等传感器，SPP 传感器拥有实时检测、无需标记、对被检测物无损害、探测方法简单等众多优点。为了降低成本、稳定性能、减小体积，集成型 SPP 传感器件成为了现今研究热点。然而现有的集成型 SPP 传感器件普遍存在灵敏度低，探测范围小等问题，限制了其应用的推广。

课题组从 2006 年开始合作从事集成型 SPP 传感器件研究，在国家 973 项目、自然科学基金重点项目、教育部清华大学自主研究项目等项目资助下，创新性提出一种基于 SPP-介质波导异质垂直耦合器的可集成生化传感芯片，并对传感芯片的传感特性和应用进行了深入研究和探索。芯片的特点和性能如下：

- 可集成，芯片体积小，可与便携设备集成；
- 可批量生产，价格低廉；
- 灵敏度较传统的集成型 SPP 传感器件高；
- 可实现对传感区域的精确或者大范围调节；
- 可实现对纳米量级大小的物质的探测；
- 传感性能稳定，应用领域广泛。

上述优点表明该芯片可以工厂大批量生产经营，也可以用于实验室的科研，在化学、生物、医学等多个领域均有应用价值。查新表明，国内外目前尚未发现有相似原理的器件。

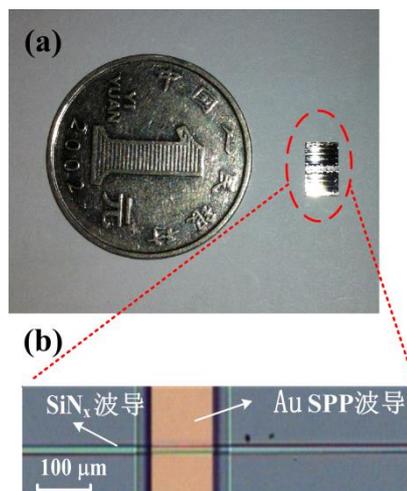


图 1 (a) 集成型 SPP 传感芯片与一元硬币尺寸对比图  
(b) 传感芯片的显微镜照片

## 2 应用说明

可集成型 SPP 生化传感芯片经实验室多次验证，可以实现对折射率液体以及纳米级薄层物质的高灵敏探测，并初步应用于对双酚 a（简称 BPA，一种塑料生长常用原料，每年生产将近 2700 万吨含 BPA 的塑料类物质，BPA 具有胚胎致畸性和致毒性）的检测。实验结果表明，该芯片对于 BPA 的探测极限浓度可以达到 0.1ng/ml（欧盟公布食品准则中水含有 BPA 的最高浓度为 1ng/ml）。

## 3 效益分析

由于目前国内尚无同类产品，而且此产品可在疾病检验、环境监测、药品鉴别等多个领域应用，具有较大的市场推广空间。本芯片价格低廉、使用简便、对样品无二次污染、性能稳定，甚至对纳米量级的生化小分子探测均具有高灵敏度，相对于其他类型的传感器件，具有明显的经济和技术优势。

## 4 合作方式

转让或联合开发。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# DTMB 调制器/信号发生器

## 1 成果简介

2006 年 8 月，我国颁布了地面数字电视强制性国家标准（GB20600-2006，标准的英文缩写为 DTMB）。近年来，DTMB 在全国范围内逐渐推广，带动了一大批相关企业的发展。其中接收终端的生产厂家、接收芯片的研发企业迫切需要 DTMB 调制器用于接收终端和接收芯片的研发调试。为此，清华大学利用自主研发的 DTMB 信道编码调制专用集成电路 DT6010，研发成功高性能 DTMB 调制器。

## 2 技术指标

- 工作频率范围：474~858MHz；
- 频率步进间隔：1MHz；
- 码流输入接口：ASI/SPI；
- 输出功率：-10~-40dBm，功率调整步进间隔：1dB；
- 工作模式：支持 GB20600-2006 所有 330 种模式；
- 调制误差率（MER）：32dB，频谱带肩：49dB；
- 内置信噪比测试功能；
- 内置 PCR 校正功能；
- 可内置 MPEG-2 编码器模块。

## 3 应用说明

本信号发生器可接收外置的码流播放器或编码器提供节目流，也可以使用内置的 MPEG-2 编码器提供的码流，通过用配套的按键和 LCD 显示屏设置输出信号中心频率、输出信号功率、工作模式、信噪比等参数，可在现场或实验室对 DTMB 接收机、芯片进行相关指标的调试。

## 4 效益分析

目前已经完成设备的定型，单台硬件成本约不超过 1 万元。

## 5 合作方式

技术转让、合作开发。

## 6 所属行业领域

电子信息领域。

# 高速 USB 记录与回放设备

## 1 成果简介

在现代的传输系统中，信息量越来越大，实时性越来越强。在不能保证所有信息都实时处理的情况下，如何保证实时信息的获取与存储是一个关键的问题。在很多传输系统中，都要求将原始信息保存一定的周期，这也需要实时获取信息并存储。另外，在系统调试中，也需要对某些信息进行采集分析，并将原始数据回放进行进一步的调试。

清华大学经过长时间的研究和实验，开发出了一种利用计算机 USB 接口的实时记录回放设备。

## 2 技术指标

- 记录速率：1~320Mb/s；
- 回放可适应速率：1~160Mb/s；
- 记录回放误码率：优于  $1 \times 10^{-11}$ ；
- 接口电平：ECL、LVDS、TTL、LVTTTL 可选。

## 3 应用说明

USB 记录与回放设备通过计算机 USB 接口，实时地将数据记录存储到计算机的硬盘上，

并可以将硬盘上的数据以数据流的形式回放出来。该设备只需配备一台普通 PC 机或笔记本电脑，安装相应的软件即可使用，操作简便。设备体积仅  $300 \times 200 \times 40 \text{mm}^3$ ，重量小于 1 千克，便于携带。

#### 4 效益分析

目前已经完成设备的定型，单台硬件成本不超过 1 万元（不含 PC 机）。

#### 5 合作方式

技术转让、合作开发。

#### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## 可变带宽无线多媒体传输系统

### 1 成果简介

为满足安保行业对移动无线视频传输的需求，清华大学利用在数字电视广播技术领域的长期积累，研发成功可变带宽无线多媒体传输系统。该系统采用清华大学自主发明的 TDS-CP-OFDM 技术，可在 3~20 公里范围内将一路高清晰度的现场图像和声音实时回传，具有移动速度快、抗干扰能力强、绕射能力强、覆盖范围大、图像清晰流畅等特点，已广泛应用于公安、消防、武警、电视台等行业，在安全保卫、抗震救灾、新闻报道等领域发挥了重要作用。

### 2 技术指标

- 工作频率范围：300~850MHz 或其他工作判断；
- 频率步进间隔：166KHz；
- 发射功率：10W（车载发射机）、1W（单兵发射机）；
- 接收灵敏度：优于-102dBm；
- 带宽：1/1.33/2/2.67MHz 可调；
- 覆盖范围：10~20 公里（车载）、3~5 公里（单兵）；
- 视频编码方式：H.264/MPEG-2；
- 图像分辨率：D1。

### 3 应用说明

通过在城市制高点设置接收基站，在移动的车辆上安装车载发射机或由单人背负单兵发射机，将摄像机拍摄的现场图像和声音实时地传送到接收基站，再通过光缆将收到的图像由基站传送到指挥中心，使指挥员在第一时间了解现场的实时情况，及时进行指挥和处置。

### 4 效益分析

目前已经完成设备的定型，单台硬件成本约 1 万元。

### 5 合作方式

技术转让、合作开发。

### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## TiBIM 协同与管理平台

### 1 成果简介

BIM--建筑信息模型是以三维数字技术为基础，通过数字信息仿真模拟建筑物设计、建造、管理过程中所具有的真实建造和运维信息，可以提前预演工程建设，使参建各方能够协同工作，提前发现问题并解决，显著提高效率和减少风险。

TiBIM 协同与管理平台为工程项目参建各方（业主、咨询、设计、监理、施工、供应商、BIM 实施方等）及政府监管部门提供基于 BIM 技术的沟通交流平台，解决从策划、设计、建造、运营等项目全生命周期的管理和可视化沟通共享问题，基于三维模型可视化，管理参数化的理念，结合模型轻量化技术和实时渲染技术，通过专有的网络技术方案，基于云+端的模式，进行项目全生命周期建造信息可视化、共享。为项目业主提供全面优化建造流程、精细化管理建造过程和后期运行维护数据等核心价值。实现项目管理体系与项目管理模型与 BIM 标准体系的融合，提供标准数据格式和标准数据接口，与政府监管系统、设计系统、项目管理系统、工程造价软件、企业 ERP 等软件和系统平台互联互通。通过移动端轻量级应用，方便查看、业务协同与管理，降低通讯成本，提高工作效率，满足多部门与单位现场协同办公、移动办公、远程办公的需求。

### 2 应用说明

2014 年联想总部园区一期、二期项目应用 TiBIM 协同与管理平台，在模型管理、BIM 可视化与协同、变更管理、计划和进度管理、文档管理、会议管理等方面为业主提供工程管理的 BIM 信息化支持，提升企业建筑的质量，控制投资，保障工期。

2015 年深圳工务署应用 TiBIM 协同与管理平台，为莲塘口岸、人民医院内科大楼、第三人民医院改扩建工程项目的业主及各参与方，提供以 BIM 为核心的项目建设过程的应用支持，利用 BIM 平台管理 BIM 模型及建造过程信息，并共享 BIM 信息以支持各方更好的协同工作，提高业务工作和决策的效率和质量。

### 3 效益分析

国家高度重视信息化对建筑业发展的推动作用，通过统筹规划、政策导向，不断提高信息技术应用水平，促进建筑业技术进步和管理水平提升，加快推广 BIM 技术在勘察设计、施工和工程项目管理中的应用。按每平方米 30~50 元计算，每年应用项目 200 万平方米计算，每个工程项目分三年实施，每年产值 2000~3300 万元。

### 4 合作方式

合作、代理推广。

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 铁路列车网络控制系统 MVB 通信控制器

## 1 成果简介

列车通信网络是轨道交通装备的“神经系统”，承担着连接列车子系统、传输列车控制状态和诊断信息等功能，是轨道交通装备的关键核心技术之一。在众多通信网络技术中，多功能车辆总线（MVB）技术以其领域专用性、实时性和可靠性等优点，被国内外轨道车辆厂家广泛采用，已成为最为主流的列车通信网络。MVB 网络已经成为国际标准，并被我国采纳为国家标准。

依照通信和控制能力，MVB 网络设备可分为 1~5 类。设备类别越高，则能力越强，并且向下兼容低类别设备。近年来，我国厂家和研究单位通过自主研发和技术引进，在 MVB 技术上取得了显著进展，目前已具备 MVB 通信控制器 1 类设备研发和 MVB 1 至 5 类设备生产的能力。然而，在 MVB 通信控制器核心技术方面与国外先进水平还存在显著差距，目前我国尚未掌握高类别（4 类及以上）MVB 通信控制器的核心技术，国外厂家仍然垄断专用 MVB 通信控制芯片。因此，国产高类别 MVB 设备中的通信控制芯片完全依赖进口。这一现状给行车的安全性和可靠性带来隐患，降低了列车的可维护性。同时，自主知识产权的不完备也给整车出口造成巨大障碍。

课题组从 2012 年开始从事 MVB 通信控制器研发，在原中国北车集团科研项目、北京市科委重大专项、工信部电子发展基金项目、国家自然科学基金等项目资助下，掌握了列车通信网络 MVB 高类别通信控制器核心技术，填补了 MVB 高类别通信控制器的空白。自主化 MVB 高类别通信控制器的特点如下：

- 接口类型多样化，支持串口、PC104、cPCI、VME 等接口，支持用户接口；
- 符合国际标准 IEC 61375-1，与国外同类设备具有互操作性；
- 性能稳定，使用、维护简便等。

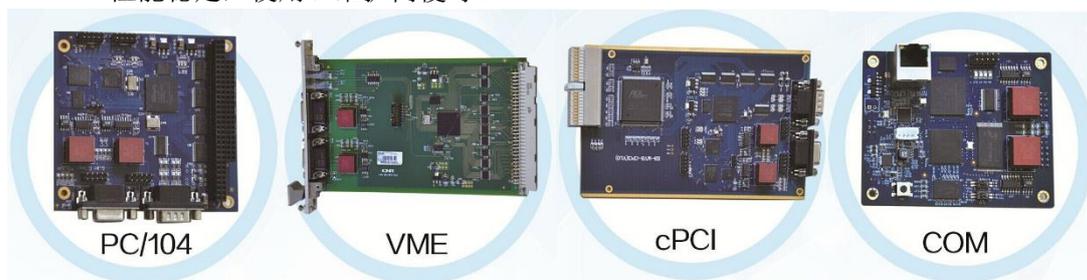


图 1 MVB 高类别通信网卡

性能参数：

- 工作电源电压：5V DC $\pm$ 10%；
- 工作温度范围：-40 $^{\circ}$ C~+85 $^{\circ}$ C；
- 对外接口：PC104/VME/COM/cPCI/定制接口；
- 传输介质：ESD+/EMD；
- MVB 总线接口：DB9/RS485；
- 监视数据：每 4 秒钟完成 1 次全网扫描；
- 过程数据：4095 个 PD 端口；
- 消息数据：收发队列长度 256；

- MVB 总线主：基本查询周期  $T_{bp}=1.0ms$ ;
- 介质冗余：支持 AB 双线冗余。

## 2 应用说明

2013 年，在地铁项目上进行了为期 6 个月，总里程数 6 万公里的上试试验，并已批量应用于大连地铁、西安地铁以及配属在北京、西安、呼和浩特、兰州、郑州等 5 个铁路局的 6 个机务段的 HXD2C 型六轴 7200KW、HXD2 型新八轴 9600KW 和 HXD2F 型八轴 9600KW 电力机车。MVB 高类别网卡已经过了权威第三方的检测。

## 3 效益分析

列车控制与信息服务网络是列车的核心组成部分，可广泛应用于内燃机车、电力机车、高铁和城市轨道车辆中。目前，我国轨道交通处于高速发展时期。按照规划，未来出车量约为 2000 列/年。以每辆列车需求 4 块 MVB 高类别网卡计算，每块 8000 元计算，年产值可达 6400 万元。

## 4 合作方式

联合推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 企业主数据管理

## 1 成果简介

目前国内很多大型的企业都属于多元化经营和多种管理模式共存，要发挥多元化集团企业的优势、避免风险，需要针对不同层级的领导提供相应有效的决策支持，在这种情况下众多的企业提出了企业数据标准化的需求。同时，在大数据时代下，数据已经成为了企业的核心资产。大数据主要表现为四个特征：海量的数据规模、快速的数据流转和动态的数据体系、多样的数据类型、巨大的数据价值。企业可以根据需求对大数据进行处理和分析，从而挖掘其价值。大数据的核心价值体现不在于数据的数量大，而在于数据的质量高，因此主数据管理正是大数据价值得以实现的必经之路。

主数据标准化体系建设是数据标准化建设的基础核心，是进行数据治理、发挥数据价值的先决条件。信息化建设流行着“三分技术、七分管理、十二分数据”的说法，重点强调了数据的重要性，而在数据管理范畴内，统一、集中、规范的数据体系更为重要，它是实现系统集成互通、确保报表数据准确性的前提，同时为公司进行数据治理、辅助管理决策奠定了数据基础。通过在多个行业的实践，主数据管理已经为企业解决了：

- 解决了企业内部各级单位、信息系统间条块分割、互不联通、发展失衡、信息孤岛等问题；
- 实现了各类主数据（例如：物资主数据、客户主数据、财务类主数据等）的标准统一应用；
- 实现企业内部的各业务环节只存在唯一的、完整的，并且质量比较高的主数据；
- 提高了企业总部对下属单位的管控能力。

## 2 应用说明

企业主数据管理注重于主数据标准化体系的构建，包括主数据标准、管理组织和流程、管理制度和绩效考核、IT 架构（主数据管理平台和集成服务平台）以及数据安全架构 5 个方面，为企业业务整合、流程优化以及数据挖掘利用和分析提供了坚实的基础。

主数据管理平台是企业主数据管理体系的一部分，平台结合企业主数据标准化管理理念，同时应用了数据模型化的思想，为企业数据标准化建设提供了 IT 支撑工具，固化了企业数据标准化的应用。

## 3 效益分析

目前国内企业信息化建设的重点主要集中在业务整合和数据挖掘利用，在这样的背景下企业对主数据管理的需求越来越大，同时国内外提供主数据管理咨询和主数据管理软件服务的厂商不是很多，大多数厂商提出的解决方案没有深度结合企业业务痛点和业务应用，所以提出主数据标准化以优化业务流程，同时基于以主数据标准化建设为核心的数据治理体系的企业主数据管理解决方案是主数据管理应用的趋势。

## 4 合作方式

合作或代理推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 低功耗低成本的可抗功耗攻击 AES 加解密芯片/IP

## 1 成果简介

差分功耗攻击 (differential power attack, DPA) 是一种针对密码硬件的侧信道攻击方式，是当今密码芯片的重要威胁。它通过分析密码芯片加/解密过程中的瞬时功耗特征获得参与运算的密钥信息，可以绕过密码算法的数学难题，破解密码算法。DPA 攻击实施简单，仅需要简单的常用装置和 PC 机就可以实现，而且攻击强度高（未采取防护措施的普通密码算法芯片，攻击者采用 DPA 攻击，仅需要几分钟就可以获得密钥）。日益广泛应用的各类智能卡产品（如门禁卡、付费电视卡、USB 密钥、手机 SIM 卡等）以及加密 U 盘、加密硬盘等信息安全设备无一例外的都受到 DPA 的威胁。然而，采取抗功耗攻击措施，往往带来产品成本的增加、功耗的提高和性能的下降，阻碍了上述产品安全性的提高。清华大学在密码芯片设计技术，特别是抗功耗攻击技术方面开展多年研究，已拥有和申请多项专利，所研制的低功耗低成本抗功耗攻击方法在提供抗 DPA 能力的同时，能够有效控制芯片功耗和芯片面积的额外开销，适用于对成本敏感、具有低功耗要求的密码芯片产品。清华大学采用上述方法设计的两款可抗功耗攻击的 AES 加密算法芯片功耗水平和芯片面积均达到国际同类芯片的先进水平。我们目前面向密码芯片用户和设计企业，可提供两款适用于不同应用要求的 AES 加密芯片或 IP 模块，或根据用户需要定制设计各类密码算法芯片和 IP 模块。

## 2 技术指标

(1) Rijndael 算法加密芯片 THUDFAES04

功能：支持全部 Rijndael 加密标准，包括明文分组长度（128 位、192 位、256 位）和密钥分组长度（128 位、192 位、256 位）的任意组合；密钥置入后，如果下一分组不需要更换密钥则可以只输入明文分组；输入模块采用防恶意干扰设计——可以防止攻击者通过中断数据输入过程篡改密钥和利用系统内部存储单元的残存状态恢复有用信息；输入模块与输出模块彼此时钟独立，可以在同一时钟域也可以在不同时钟域。

**参数：**

- SMIC 0.18 微米 2P6M CMOS 工艺；
- AES-128 标准加密一个分组的能耗为 0.053 $\mu$ J；
- 管芯面积：2.21 mm<sup>2</sup>（含 PAD）；
- 吞吐率：AES-128 标准下约 60Mbps。

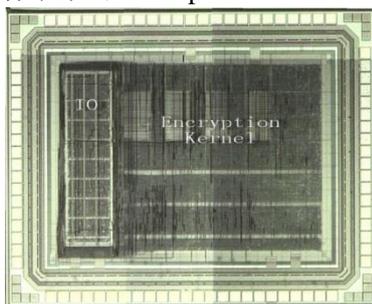


图 1 Rijndael 算法加密芯片 THUDFAES04 管芯的实物照片

(2) AES 加解密芯片 THUDFAES06

功能：支持全部 FIP-197 标准（AES-128/192/256）的加密和解密功能；密钥置入后，如果下一分组不需要更换密钥则可以只输入明文分组；输入模块采用防恶意干扰设计——可以防止攻击者通过中断数据输入过程篡改密钥和利用系统内部存储单元的残存状态恢复有用信息；输入模块与输出模块彼此时钟独立，可以在同一时钟域也可以在不同时钟域。

**参数：**

- SMIC 0.18 微米 2P6M CMOS 工艺；
- AES-128 标准加密一个分组的能耗为 0.019 $\mu$ J（不含密钥扩展），一次 128 位密钥扩展的能耗是 0.057 $\mu$ J；
- 面积：0.43 mm<sup>2</sup>（含 PAD）；
- 吞吐率：AES-128 标准下约 20Mbps。

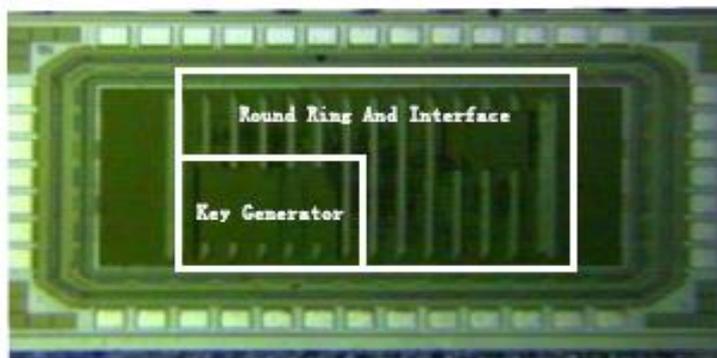


图 2 AES 加解密芯片 THUDFAES06 管芯实物照片

THUDFAES06 相对于 THUDFAES04 安全性更高、面积更小，适用于高安全性低吞吐率的应用。

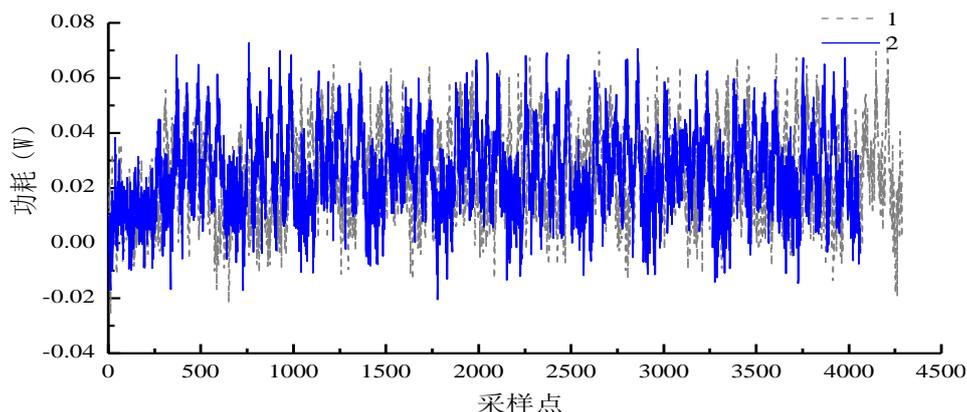


图 3 采用乱序执行技术后实际测量得到的功耗轨迹曲线

图 3 给出了 THUDFAES04 芯片执行两次相同的数据加密所测得的功耗曲线，从图中可以看到，相同的数据每次执行所产生的功耗轨迹不同，为 DPA 攻击制造了困难。



图 4 芯片功能演示和安全性测试系统照片

### 3 应用说明

上述两种芯片既可直接作为单独的芯片用于设备中，也可以提供 IP 核嵌入到 SoC 芯片中。它们既可以作为协处理器与其他处理器配合使用，也可以单独使用。芯片提供 AES 算法的核心加解密功能，经过扩展或主处理器控制支持各种加密模式。电路采用模块化设计，算法执行内核相对独立，输入/输出模块可根据应用单独重新设计。电路采用硬件层抗功耗攻击措施，对算法无特殊要求，该技术可以移植到其他密码算法的芯片实现。

移动安全设备、智能卡、RFID 等低功耗、低成本要求的信息安全设备。

### 4 效益分析

采用本算法模块在几乎不增加芯片成本的情况下能够提供高于同类普通产品的安全性和优秀的功耗性能，能够有效增强产品的竞争力。上述芯片都已经过实际加工测试验证，而且已具有经过验证的实用芯片和成熟的设计方法，无论直接应用还是根据需要定制设计都能够保证上市时间的要求，免除了企业自身的研发成本和时间。

### 5 合作方式

- (1) 芯片供货；
- (2) IP 模块使用授权；
- (3) 成果转让；
- (4) 合作研发或受委托进行新产品开发。

## 6 所属行业领域

电子信息领域。

# 云计算服务平台与桌面虚拟化系统

## 1 成果简介

系统是由我校自主研发的，融合虚拟桌面、物联网、云计算等技术的网络中间件产品。该系统不但能够解决 Anytime, Anywhere, Any Application (A4) 的问题，并可以将应用延伸到任意时间和空间，彻底解决支持应用完成的所有因素的跨域共享问题，而这是传统的计算模式所不能支持的，并可以将桌面虚拟化系统和云计算服务平台进行有效整合。

系统主要由云计算服务平台和桌面虚拟化系统两部分组成。一台 PDA 桌面虚拟机可以实时访问多个云计算虚拟机资源；每个云计算虚拟机资源也可以为多个用户提供服务。用户通过桌面虚拟技术对云端虚拟机进行各种操作。后台云计算服务平台对外提供各种类型服务，包括虚拟桌面服务、存储服务、计算服务等。

系统主要功能：前端虚拟桌面技术提供接入云计算服务平台、展示云平台虚拟化系统及应用、使用云计算服务和使用云存储服务；后端云计算服务平台解决应用需求繁杂、资源分散且不固定、资源配置复杂等问题以及提供能够自由获取的云计算服务功能。

现阶段，系统已有原型产品，并将逐步应用于南方电网等各个领域。

## 2 技术指标

- 采用成熟的 RDP 标准协议；
- 嵌入式实现的 rdesktop 客户端；
- 以远程显示管理避免 C/S 应用开发的复杂性；
- 强化实施软件开发的工程化和标准化，启动软件 CMM、ISO9001 质量体系认证工作；
- 实现“产品无缺陷、系统无故障、服务无投诉”的质量目标。

## 3 应用说明

通过用户请求，嵌入式终端访问云计算服务平台的云端虚拟机资源，利用桌面虚拟化技术，系统将云端虚拟机桌面映射到嵌入式终端，通过映射桌面，用户可以对云端虚拟机进行操作。



图 1 系统终端展示图

用户终端可以同时多个云端虚拟机进行操作，各云端虚拟机装有不同的操作系统，独立运行各种应用程序，用户可以在多个虚拟桌面间进行切换显示，或在一个终端中同时显示多个虚拟桌面。用户通过虚拟桌面选定一个云端虚拟机后，就可以对其进行操作。

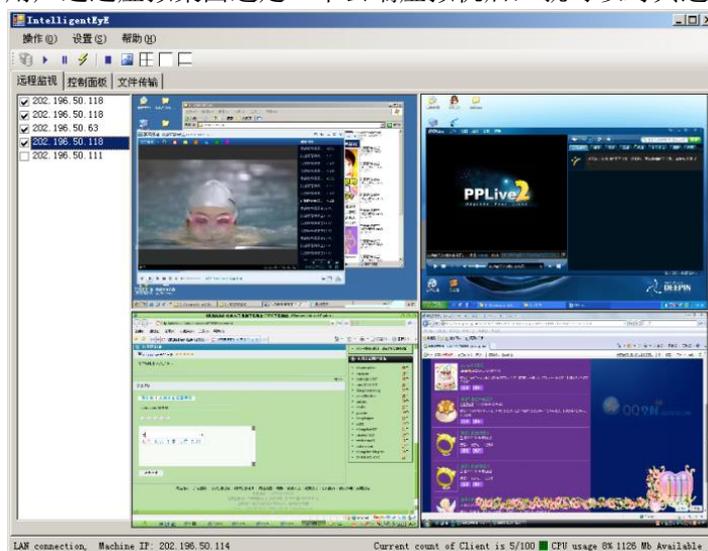


图 2 嵌入式终端虚拟桌面控制界面

系统被用于智能电网监控物联网解决方案：

该方案充分利用基于云计算服务平台的桌面虚拟化技术，传感器采集硬件系统数据传输给云计算服务平台，经过平台处理后的信息展现在用户端的虚拟化桌面上，以便用户决策、控制硬件设备。同时，在统一框架下，系统完成虚拟桌面展示与通信管理、系统辨识和预警、实时闭环控制的协调与优化、事故后及时自愈等，复杂互联大电网的物理系统与计算机通信网络的信息系统深度嵌入，充分实现各种功能之间的相互影响与互动。



图 3 智能电网监控物联网系统架构图

系统集成解决方案构建基础：

- PMU/WAMS，相位测量、远程测量；
- 中国广域测量系统规模世界第一，但海量数据远未有效利用；
- 电力系统的新型控制手段（FACTS）；
- 数据中心技术的不断成熟与性价比的提高；
- 桌面虚拟化技术在动态监控中的应用。

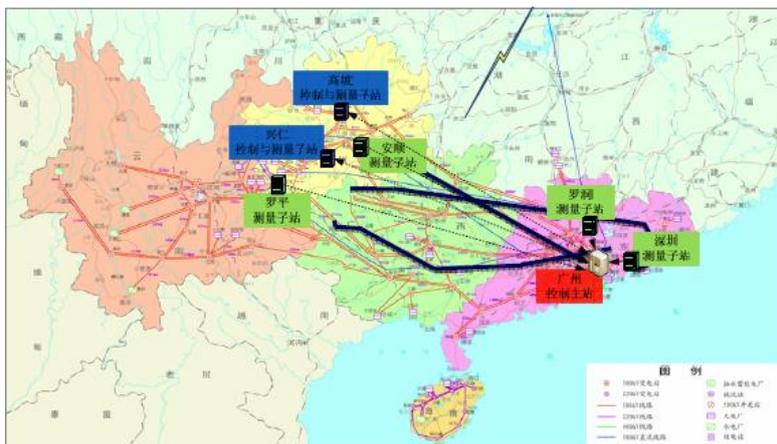


图 4 智能电网监控南方电网原型分布图

#### 4 效益分析

产品的竞争优势集中表现在以下几个方面：

- **技术优势：**实验室拥有实力雄厚的技术队伍，掌握了当今物联网、云计算等的信息技术；
- **产品组合优势：**实验室已经开发了拥有自主知识产权的物联网中间件软件组合包，并将进一步完善产品结构，可为电力等行业信息化建设提供全面的物联网系统解决方案；
- **市场优势：**实验室与南方电网等电力企业保持有长期的合作关系，具有一定的示范作用和影响力，它的选择直接影响到其他省市有关部门和企业的决策；
- **质量、成本优势：**实验室对云计算、物联网领域有较深入的研究，参与过多项国家级项目的实施，因而可以减少大量的调研活动，缩短开发进程，降低开发风险，提高产品的质量，大幅度降低成本；
- **管理优势：**公司管理队伍整体素质较高，有着良好的知识结构、年龄结构，富有激情和创新精神。

#### 5 合作方式

商谈。

#### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## 云计算平台与桌面云系统

### 1 成果简介

该系统主要由云计算平台和桌面云终端组成。桌面云终端可以实时访问多个云计算平台里的虚拟资源；云计算虚拟资源可以为多个用户提供服务。桌面云终端通过接入云计算平台、展示云平台虚拟化系统及应用、使用云计算和云存储服务；云计算平台解决应用需求繁杂、资源分散且不固定、资源配置复杂等问题以及提供能够自由获取的云计算服务功能。

桌面云终端是基于 Windows XP/Linux 系统的支持云服务的终端设备。云终端既可与云服务器主机远程桌面同步运行，也可作为迷你 PC 单独运行，其价格相当于传统个人 PC 的 20%-30%，并且采用软硬件一体化设计，综合使用成本低。采用虚拟化技术实现主机资源的共享，桌面终端无需 Windows 许可，大幅减少硬件投资和软件许可证的开销。利用 elop 云

终端管理软件统一管理，利于维护，多位用户可以不受限制独立、同时使用一台主机的软硬件资源，实现资源的高效整合和灵活使用。桌面云终端机身小巧，无需风扇散热，无噪音干扰，辐射低，绿色健康环保。

元计算平台提供计算资源和存储资源的虚拟化，用户可以利用软件方便的搭建和管理一个数据中心，软件本身提供了一套完整的认证安全机制，使得资源的共享是安全的。实现了加密通信、身份认证、用户管理、资源调度、人机交互以及通用数据库服务等多项功能。各项功能均提供了相应的开发接口，高级用户可以在本软件的基础上进行二次开发，得到针对特殊应用解决方案。

云计算平台划分为以下四层：

- **E (element) 层：**元素层是中间件架构的最底层，其基本功能是定义整个应用架构最基本的元素 (element) 作为处理和调度的基本单位，完成元素间无缝的互操作、共享、访问控制与透明的管理功能。

- **L (logic) 层：**逻辑层实现平台的应用逻辑，将底层大规模异构的元素屏蔽起来，并提供统一的访问操作机制，使得上层应用能够不用关心具体元素的类型、位置等详细信息，只用按照逻辑层规定的接口采用与之适应的方式进行访问和处理。

- **O (organization) 层：**组织层实现系统的合理布局，存储与安全访问机制，提供认证、授权、信任机制等安全策略，完成体系的动态构建、非授权访问控制等关键问题。

- **P (process) 层：**实现直接和业务逻辑相关的操作与处理。本层只需关心具体的服务或者工作流程而不需要终端用户关心实现细节。

## 2 技术指标

- 桌面云终端通过虚拟桌面技术共享云服务器的软硬件资源，为每个用户提供自己的桌面，用户无需安装操作系统级其他基本应用软件。

- 可以作为迷你 PC 单独使用，终端用户可以单独上网冲浪、享受云计算、独立运行 office 软件等应用软件。用户也可根据个人需求安装所需软件，能够获得与独立电脑无差异的运行环境和速度。

- 在服务器端为每个云终端用户配置各自的操作权限和磁盘空间，各用户拥有独立的账号和密码，工作相互独立，互不干扰。

- 服务器端对云终端用户进行管理，包括创建、修改、删除用户，对用户统一管理。

- 服务器端对云终端进行维护、升级等，实现终端的统一管理和安全策略。

- 提供存储功能，用户数据统一存储在云服务器，保证数据的安全性。也可下载数据并存储到 U 盘或移动硬盘。

- 通过服务器端的云计算平台对云服务器和终端网络计算机进行管理，提供对云服务器网络状况、虚拟机性能等的实时监控、云计算资源的调度迁移、云终端用户的管理、云终端运行状况的实时监控和管理等功能。

- 云计算平台基于 CA 和数字签名的身份认证，基于虚拟组织 (Virtual Organization) 的权限管理和访问控制，基于 Socket 与 X.509 证书的加密通信，基于 VirtualBox 的虚拟机配置和部署，基于嵌入式系统和 RDP 协议的虚拟桌面访问，基于 ODBC 的数据库管理和访问。

### 3 应用说明

本系统可广泛应用于各行业领域,为计算中心的计算存储资源整合和安全管理提供解决方案,可用于构建云计算平台数据服务中心。提供计算资源和存储资源的虚拟化,用户可以利用本软件方便地搭建和管理一个数据中心,软件本身提供了一套完整的认证安全机制,使得资源的共享是安全的。同时,高级用户可以在本软件的基础上进行二次开发,得到针对特殊应用的软件。

- 云制造

在国家 863 云制造主题项目的支持下,与北京航空航天大学合作,将云计算的资源共享理念和按需使用的商业模式引入制造业,实现制造资源的有效利用,进而降低成本。

- 电力云

在国家 973 基础研究计划课题的支持下,与清华大学电机系和南方电网等单位合作,以云计算平台为基础形成广域电网安全稳定运行和闭环阻尼控制的仿真平台。

- 教育云

在教育部国家精品课程集成重大项目的支持下,利用云计算平台整合高等教育课件资源,解决中小学基础教育的资源不平衡问题。

- 医疗云

在国家重大专项的支持下,构建社区医疗服务框架,以云数据中心为核心,利用无线、有线等多种通信方式,通过医疗云平台支持远程医疗、健康监护和医疗协作。

- 管道云

在中石油科技项目的支持下,与中石油管道公司密切合作,在输油管道的实时监控、运维等方面引入云计算技术和平台,实现实时数据管理,第三方应用的接入等。

- 政务云

与北京慧点科技开发有限公司合作,在北京市东城区云计算规划咨询项目中,提高现有 IT 资源设备的利用率,整合不同环境下的政务应用系统,最大程度的减低成本。

### 4 效益分析

本系统的应用对于客户的长远运营和维护管理方面能带来丰厚的回报。

- 能耗

桌面云终端产品根据是否带触摸屏、是否开 Wi-Fi/3G 等情况,功耗分别是几瓦到几十瓦。即以 20 瓦来计算,与传统 PC (320 瓦)或工作站相比较,500 个终端一年(如果按每天 8 小时工作,一年 200 个工作日,电费 1 元/度)可节省电费约 20 万到 30 万元。同时,也相应降低了终端设备对企业分支机构 UPS 负荷的需求压力。

此外,云终端发热低,不需风扇,因此无噪音。对于节能减排、绿色环保都非常有利。

- 可靠

桌面云终端采用软硬件一体的嵌入式设计,整机设计紧凑,没有任何机械易损件和拔插件,使得云终端的硬件寿命大大超过桌面 PC,硬件设计寿命在 5 年以上,为企业节省了设备维护、维修和更新成本。

- 安全

用户数据不在本机存储,一律存储在数据中心主机即服务器端,数据安全可靠,也降低

了病毒感染和网络攻击的几率，这样大大降低了这方面的维护成本。

- 易管理

云计算平台的统一管理，真正做到终端接近“零”维护，这样可以大大减少维护工作量，降低 IT 人力费用。同时对硬件资源、安全认证等进行调度和管理，功能强大。良好的人机交互界面降低了对用户的专业化要求。

- 快速部署

系统部署简单快捷，桌面云终端开机即用。

## 5 合作方式

商谈。

## 6 所属行业领域

电子信息领域。

# 居民健康管理云

## 1 成果简介

居民健康管理平台结合了清华大学的云计算技术和中国医院协会健康管理专委会的优质医疗资源，目前已经在河南、四川等地开展了多项服务和部署，获得了当地卫生局和民众的好评。该平台可以根据用户需求进行修改和定制，平台数据可委托清华大学的数据托管中心进行第三方可信托管，也可以集成数据和服务帮助用户定制私有云解决方案，同时提供专业医疗机构的健康管理委托托管服务。

本平台的基础功能包括：健康档案管理、健康监测、健康评估、饮食管理和运动管理等。同时提供一站式平台服务全托管、半托管、单独运营支持等服务。

## 2 应用说明

该产品主要功能为创建与管理健康档案、实时健康监测、健康评估、饮食管理和运动管理等，让使用者在全面了解自身健康的同时，推出合理的、个性化的健康管理方案。同时开放第三方开发接口，支持即插即用 API，支持云审计、安全、隐私策略，支持第三方数据托管，第三方健康管理服务托管。

## 3 合作方式

联合推广。

## 4 所属行业领域

电子信息领域。

**居民登录个人健康管理平台**

该平台包含以下主要功能模块：

- 膳食管理**：提供饮食建议、食谱推荐、营养分析等功能。
- 健康评估**：进行个人健康风险评估，生成健康报告。
- 健康监测**：实时监测各项生理指标，生成趋势图表。

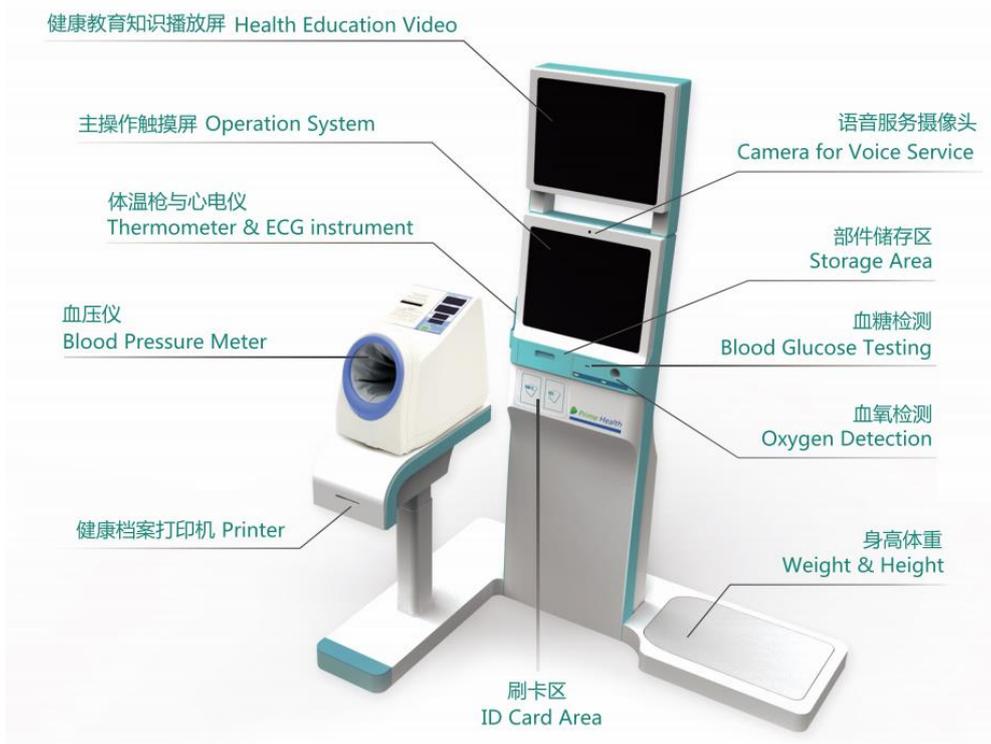
此外，平台还支持第三方医疗服务平台协同工作，方便居民就医和咨询。

上图 居民健康管理平台

## 社区自助健康管理一体机

### 1 成果简介

社区自助健康管理一体机的主要功能是集自助测量各主要生理指标（包括血压、心电、血糖、体重、身高、体成分、尿常规、温度测量）于一体，同时实现运动能耗数据、个人生活方式、健康档案的采集工作。通过其内嵌的医学模型，实现预警高危慢性疾病，预测健康风险，并可实现与高级医师的远程对接，取得个性化的健康指导。



上图 自助健康管理一体机

## 2 效益分析

医疗成本日益升高和人们自主管理健康的需求越来越大的趋势决定了这种自助健康管理终端具有很大的市场潜力。虽然国内外对于这种集多种测量于一体的机器不是很缺乏，但是对于取得数据信息的后续整合、分析以及通过医学模型来实现一些健康预警的产品还是非常少的。本产品配合清华大学居民健康管理云平台，提供更为灵活和全面的健康管理服务，未来市场前景较好。

## 3 合作方式

转让或联合推广。

## 4 所属行业领域

电子信息领域。

# 用于软硬件协同开发的全系统仿真平台 SkyEye

## 1 成果简介

我们以普适计算为技术支撑，以产学研用为导向，基于多年的研究成果研发用于嵌入式系统软硬件协同开发的全系统仿真平台 SkyEye。目前该平台已经应用于航空、航天、通信等行业的多家单位，如西安的航空工业计算机技术研究所、北京的星地恒通公司、华为公司等。该平台可以对硬件进行全系统的仿真，从而用于硬件尚未完成之前的软件开发，来缩短开发周期，已经取得初步成果。

目前，国外厂商研制的全系统仿真平台 Simics 已经广泛用于航空航天、军工、半导体等行业，并已经取得较高的经济效益。

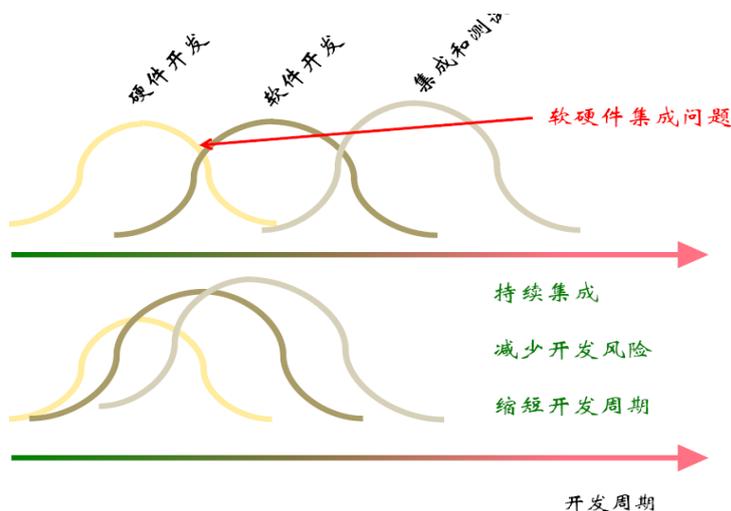
## 2 应用说明

计算机仿真是一种工程学的概念，它是把已知的理论、计算方法、流程、各种参数等在计算机上编程实现，从而达到快速计算、快速重复、提前求得结果、减少工程迭代次数的目的。这种仿真不仅仅是在计算机和电子行业中使用，也在航空航天、石油化工、理论科学、汽车船舶，甚至在金融、社会学、自然科学研究等领域都有广泛的应用。

在复杂嵌入式系统特别是数字信号处理系统的开发上，仿真技术近年来也得到了广泛的应用。在现代复杂嵌入式系统的研发过程中，特别是针对多核和多节点的复杂系统，实际的硬件平台已经无法很好地满足开发和测试过程中的需求，在成本、可用性、可控性、可调试性、可测试性、容错检错测试等方面硬件平台都比不上数字化全系统仿真平台。其具体应用领域如下：

### (1) 软硬件系统开发

使用全系统仿真平台可以在硬件平台尚未完成之前，就可以用我们的仿真平台对硬件进行建模，从而用仿真平台提前进行软件的开发和调试，从而可以有效降低开发成本，缩短开发周期。



上图 开发周期和传统基于硬件的开发周期相比较

### (2) 全系统的闭环测试

利用仿真平台可以做全系统的闭环测试，我们可以把真实数据通过计算机的外部接口输入到仿真平台，然后仿真平台上运行待测试的系统软件，从而可以对系统软件进行全系统测试。

综合性能指标如下：

- 运行性能：本平台为非周期精确的功能仿真，性能远远超过周期精确仿真软件，可以达到 500 到 2000 个 MIPS。

- 支持多处理器系统的仿真，同时支持对多处理器进行并行仿真，以保证系统整体性能。目前支持的处理器架构集如下：

	X86	ARM	MIPS	TI DSP	PowerPC	SPARC	龙芯	Blackfin	Cris	SH4	Xtensa
处理器模型	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

- 带有多种外设、总线和接口的仿真，并能对用户自有的设备和总线进行建模和定制。
- 支持系统级调试，能够支持全系统暂停、单步、设置断点、代码跟踪等调试功能，并支持全系统现场的恢复和保存。
- 支持仿真系统的运行自动控制，以实现不需要人工干预的自动化测试，并且这种控制是能够仿真人机交互的，即使是交互型的测试也可以编程自动化完成。
- 支持故障注入，以利于设备故障恢复代码和系统鲁棒性的测试。

### 3 效益分析

使用全系统仿真平台进行嵌入式系统软件开发不但可以缩短开发周期和降低开发成本，而且可以在软件调试和软件测试上显著提升效率。一次完成开发的全系统仿真平台可以在项目的早期设计、中期调试开发以及末期测试的各个环节使用。

据调研，全系统仿真平台在美国的 NASA、瑞典的爱立信公司等已经使用较为普遍，并带来了良好的经济效益。我们预测未来国内的相关行业对全系统仿真平台的需求将会有迅速的增长，将有一定的发展前景。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 数字电视接收机系统及方案设计

### 1 成果简介

经过 10 余年技术积累，清华大学在数字电视接收机开发及产业化方面形成了一系列研发成果，包括：符合地面和有线数字电视标准的标清机顶盒、高清机顶盒产品样机硬件、软件系统，高清晰度数字电视一体机设计方案，数字电视中间件及应用软件平台，交互数字电视系统及软件。在研发成果基础上，生产企业可以迅速掌握数字电视机顶盒和接收机技术，具备产品开发和生产能力，应用成果包括全部软件、硬件设计文件及相关文档等。

### 2 应用说明

可形成每年数以百万计的数字电视接收机产业规模，可在全国范围内推广使用。

### 3 合作方式

商谈。

### 4 所属行业领域

电子信息领域。

## PLC+VLC 传输系统

### 1 成果简介

PLC+VLC 系统是清华大学自行研发的一个实验系统，它利用 TDS-OFDM 系统的优异性能，把数字电视信号在 PLC+VLC 的混合信道中传输，在 8MHZ 带宽内传输的净载荷高达 24Mb/s，其系统的构成如图 1 所示：

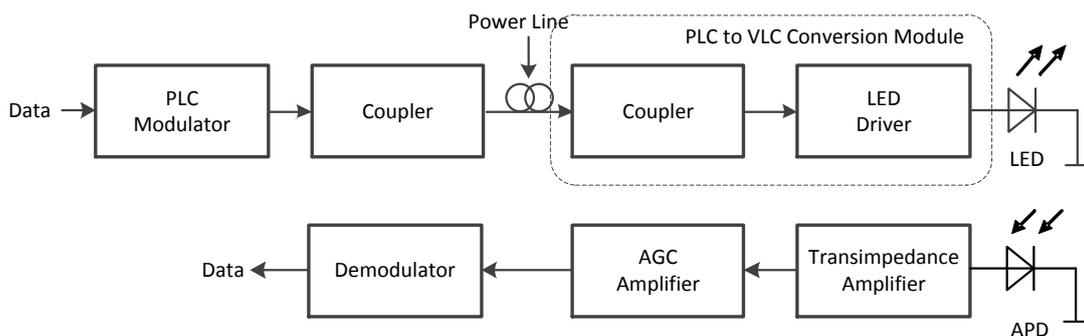


图 1 PLC+VLC 系统框图

经过视频编码之后的数据，在 PLC 调制器中完成 TDS-OFDM 调制，输出一个低中频信号，耦合到电力线中，通过电力线把信号送到 LED 灯头，用耦合器取出信号，经过滤波、放大、驱动之后，点亮 LED 光源，灯的亮度随着信号在快速地明暗变化，OFDM 信号被调制到 LED 灯的亮度中。经过一段距离的传输，用 APD 光探测器把光信号转换成电信号，经过跨阻放大、AGC 放大之后，用解调芯片进行解调，输出的数据经过解码之后，得到视频和音频信号在电视上播出。本系统的优势在于不需要重新布线，用家庭内部原有电力线即可完成数字电视的传输，只需要更换 LED 灯头。

系统的主要性能指标如下：

- 调制方式：TDS-OFDM；
- 信号带宽：8MHz；
- 传输净载荷：>24Mb/s；
- 电力线传输距离：>100 米；
- 可见光传输距离：>8 米；
- 不需要严格对准；
- 不受室内背景光干扰。



图 2 PLC+VLC 系统实物

## 2 应用说明

主要用于室内传输数字电视信号，可以传输超高清、高清、标清节目，也可用于隧道、涵洞、井下、矿区等场合，进行实时通讯、图像、视频传输等。

## 3 效益分析

PLC+VLC 系统具有传输数据率高、工程造价低廉、施工简便等特点，可以利用已有电力线路和照明设施，特别适用于通讯线路部署和维护不便的场所。

## 4 合作方式

转让或者联合推广

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 超高清 UHDTV 数字电视系统

### 1 成果简介

超高清数字电视系统由清华大学自主研发，包括接收、解码、显示等系统设计和实现。UHDTV 系统用 4K 视频信号编码形成近 50Mbps 的传输流，采用自主创新的 DTMB-A 方案传输，传输流接收解复用、视音频解码采用多处理器并行处理技术，视频显示处理算法采用硬件实现。所完成的 UHDTV 样机是国内率先完成的超高清数字电视实时传输、接收、解码和显示全系统。



上图 传输图像、机顶盒

#### 主要技术指标：

- 信道传输技术：DTMB-A
- 数据速率最高达 50Mbps
- 视频分辨率达 3840×2160
- 视频编解码：H.265、H.264
- 实时传输、解码、显示一体机系统

### 2 应用说明

可用于超高清数字电视机顶盒和一体机的研发及产业化。

### 3 效益分析

超高清显示的电视机已批量生产，部分电视台和视频网站即将开播 4K 超高清视频节目，终端超高清接收、解码和显示全系统尚为空白。

### 4 合作方式

联合研发推广。

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 高端数字电视芯片 SoC 设计

### 1 成果简介

芯片的重要功能包括：地面数字电视传输标准 DTMB、有线数字电视传输标准、AVS/MPEGII 解码和 UTI 接口等。清华大学是 DTMB 的重要技术提供方，已经于 2007 年 11 月顺利完成了 DTMB 解调芯片的 MPW 流片，主要性能与国内最好产品的指标相当，一些指标国内领先，目前正在完成国家重大专项数字电视 SoC 设计和产业化项目。清华大学同时也是工信部确定的《数字电视接收机 UTI 机卡分离接口技术规范》和《数字电视接收机 UTI 机卡分离接口测试规范》两项标准的牵头研发单位。在电视机产业面临升级换代的

关键时刻，我们愿意充分发挥自己的技术优势，与合作伙伴一道，以国家重点支持的高端数字电视芯片 SoC 设计为契机，开发出低成本、高可靠性和有市场竞争力的芯片，为当地电子信息产业的发展尽微薄之力。

## 2 效益分析

国内市场所有电视机厂商均可采用本芯片，项目完成后预计芯片年产量在 500~1000 万片。

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

电子信息领域。

# 宽带电力线通信数字家庭网络

## 1 成果简介

清华大学宽带电力线通信（Powerline Communication, PLC）技术方案和系统设计。与已有的方案不同的是：本方案的核心技术将采用具有自主知识产权的时域同步正交频分复用（TDS-OFDM）技术，在保证技术先进性的同时，为国内相关企业提供一定的技术保障壁垒，在产业传输之初能够有效避免国外公司的竞争。清华大学在与美国波音公司合作进行的研究中，已经完成了系统方案设计、关键技术研究、系统的 FPGA 验证。目前，正在与国家电网合作进行 PLC 组网技术研发。本项目合作方向包括 PLC 专用芯片设计、PLC 家庭网络产品等。

## 2 应用说明

涉及全国亿万家庭，首先可在有条件地区试验推广应用。

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

电子信息领域。

# TH\_CDP 智能持续数据保护系统

## 1 成果简介

本项目基于 iSCSI 的块数据 I/O 连续跟踪、块差异存储及压缩、虚拟镜像及快速启动、数据库一致性检测以及嵌入式技术等，结合现有的高性能硬件平台，提供文件级和卷级连续数据备份方案，可实时、透明保存企业内的分散数据，保证用户数据的安全和完整。该系统提供任意时间点或版本的数据恢复；采用基于差量的版本管理，存储空间小，网络传输数据少，易于实施，系统后台透明运行，稳定可靠；支持远程异地办公人员使用；备份数据集中管理，便于公司集中备份和保护企业价值数据。与传统备份产品相比，具有可靠性高、可用性好、速度快、部署简单、无缝集成的特点。本地化的生产和服务，可以大大地提高服务质量和降低成本。而且作为具有自主知识产权的安全产品，可以更加稳定地保护数据安全，减

少风险。同时本产品在国际市场上也有一定的竞争力。

## 2 技术指标

- 数据恢复点目标 (RPO): 任意点恢复;
- 全盘恢复速度: 30~40MB/s;
- 快速差异恢复速度: 150~200MB/s;
- 数据压缩比: 15~20:1;
- 单服务器负载: 20~30 保护对象;
- 服务器存储平均写入速度: 120~150MB/s。

## 3 应用说明

应用对象广泛, 针对各种国营企事业单位、军队、大中小型企业等, 另外还可应用于数据托管的服务运营等。

## 4 效益分析

资金投入: 500 万元

年销售收入: 1000 万元

年净利润: 200 万元

## 5 合作方式

投资、市场推广。

## 6 所属行业领域

电子信息领域。

# TH\_HSM 分级存储管理系统

## 1 成果简介

本项目研发的是基于分级存储系统架构策略控制的生命周期管理系统。可基于策略自动将服务器上的文件从低成本的高速存储介质上转移到相对低成本的低速存储介质, 使得第一级高速磁盘存储资源用于经常访问的数据, 降低存储访问和管理负荷, 同时降低整个存储系统的成本。针对大容量、高性能应用的结构化和非结构化数据, 采用存储虚拟化、面向对象存储及分级存储等技术, 实现了面向应用对象的海量数据的存储、备份和归档。具有如下特点:

- 利用对象存储模型, 使多种数据类型统一存储、统一管理, 便于查找、分析。
- 利用分级存储、归档和面向对象的压缩技术, 为常用的数据提供高性能, 归档数据实现低成本; 同时大大节省存储空间, 提供低带宽的大数据量远程复制, 有效降低总体拥有成本。
- 专门优化的文件引擎和分级存储/归档系统结合紧密, 效率更高, 安全性更好, 易于管理。

## 2 技术指标

- 提供集中式的数据存储迁移管理, 数据迁移的管理均由元数据管理服务器统一处理。
- 支持数据自动和手动迁移和回迁功能。

- 迁移和回迁操作对用户和应用程序都是透明的，真正实现单点访问。
- 支持灵活的数据迁移策略，包括应用服务器空闲状态、存储空间策略、时间策略、文件类型、目录类型、文件大小、文件生存时间和文件访问频率等。
  - 对于大型的文件系统，系统使用改进的高效策略缓存技术，使数据迁移策略执行性能得到很大提高。
  - 系统通过 HTTPS 可以进行方便的数据管理策略配置，同时对信息数据分类、数据管理策略的制定提供统一的设置和管理。
  - 支持在线、近线二级存储。
  - 支持各种主流的存储设备，包括 FC SAN、IP SAN 和 NAS 存储设备。系统文件服务器支持多种数据共享和访问接口：FTP、NSF、CIFS/SMB 等。

### 3 应用说明

已经形成产品。作为国内首个自主知识产权的分级存储管理系统，性能和功能均达到国外同类产品的水平，在价格上极具竞争力，广泛应用于政府、能源、铁路、海关等行业市场，与威视股份公司的检测设备配套销往多个国家，取得了良好的经济效益和社会效益。另外，该产品在数字图书馆、视频监控、广电、网站等应用领域也有极好的推广前景。

### 4 效益分析

资金投入：500 万元

年销售收入：1000 万元

年净利润：200 万元

### 5 合作方式

投资、市场推广。

### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## 基于云存储的个人移动计算环境（CloudKey）

### 1 成果简介

清华大学研发的基于云存储的个人移动计算环境原型系统将操作系统与计算机硬件分割开来，把操作系统与应用软件打包成用户可随身携带的“计算环境”，将用户的“计算环境”保存到最便携的存储设备中随身携带，成为一把开启“云”端服务的钥匙，在任意地点、时间，用任意电脑都可访问自己的专属环境，随时随地按需获得或购买计算和存储资源，方便快捷地访问、存储和共享信息。系统提供基于硬件、更加安全可靠的身份认证机制，提供载有操作系统和各种应用软件的安全计算平台，消除了使用第三方操作系统或软件的安全顾虑，确保数据得到可靠的存储和保护，使用户不必担心私密数据被窃取或泄露。客户能够从“云”端获得无限的计算能力和存储空间，摆脱了移动计算设备在计算能力和电池功耗等方面的局限。

### 2 技术指标

- 完全兼容本地文件系统

本系统是一个基于 FUSE 开发的网络文件系统，有效减少网络数据流量，支持低带宽、低质量网络环境下的数据访问。它支持硬连接、符号连接和标准 UNIX 权限。单个文件大小可以高达 2TB。

- 内容加密、传输加密

所有数据块通过 256 位 AES 算法进行加密后存放后台存储池中，传输使用 SSH 加密，有效保证用户数据安全。

- 支持数据压缩、去重

数据传输前采用 BZIP2 进行压缩，可以有效降低网络流量，对于相同的文件以及不同文件中存在的相同部分只存储一次，从而节约存储空间，降低网络流量。

- 快照和版本保护

支持 copy-on-write 操作，可以开启文件版本保护，随时恢复过往修改过的数据。

- 读写速度高达 3MB/S

在网络通畅的情况下，读写速度超过 3MB/S。

### 3 应用说明

应用对象广泛，针对各种企事业单位、军队、大中小型企业等，另外还可应用于数据托管的服务运营等。

### 4 效益分析

资金投入：500 万元

年销售收入：1000 万元

年净利润：200 万元

### 5 合作方式

投资、市场推广。

### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## 软硬件混合的多媒体处理器芯片设计

### 1 成果简介

目前，多媒体视频领域存在多个编码标准，包括 mpeg1/mpeg2/mpeg4/h.264，以及我们国家拥有自主知识产权的 AVS 标准。mpeg4 标准之中又包括 xvid、divx 等，而 h.264 可能也将存在多种编码标准。其中新的编码标准，如 h.264、VC-1 等，由于其需要较高的处理能力，仅仅依靠嵌入式 CPU 或 DSP 的多媒体解决方案是无法获得满意的性能指标的，因此必须采用专用集成电路（ASIC）方法来实现硬件加速功能。

但这种 ASIC 设计方法——即通过硬件实现直接提供某种（些）编码格式的支持缺乏灵活性，一旦有新种的编码标准推出，就需要重新设计开发芯片。面对众多的媒体编码标准，这种方式增加了设计以及应用成本。而就目前市场发展来看，多种视频编解码技术将长期共存，迫使芯片业界必须迅速攻克灵活性、兼容性等难题。为解决这一问题，清华大学设计了一种软硬件混合的多媒体处理器解决方案，支持 mpeg1/mpeg2/mpeg4 /h.264/AVS 视频标准

以及相关的音频编码标准。其核心是设计一种多媒体处理芯片，该芯片对于通用的多媒体编码中的计算密集型的数据处理，如运动补偿算法（Motion Compensation）、反离散余弦变化（iDCT）、色彩空间转换等，采用 ASIC 实现。在此硬件平台之上，设计一套与具体标准无关的多媒体处理通用软件开发接口，实现软硬件混合的媒体处理。这样就能够增加媒体处理的灵活性——可以通过修改软件来支持新的编码标准或者新的应用。

## 2 应用说明

该多媒体处理芯片可以作为应用系统主 CPU 的协处理器使用，也可以与 CPU 中心自主设计实现的 MIPS 兼容嵌入式处理器 THUMP107 相集成，提供完整的系统芯片（SOC）方案。同时也可以通过高速接口与现场可编程逻辑器件（FPGA）相连，进行灵活的功能重构——即针对某种特定的编码标准，可以进行 FPGA 重构以加速对此标准特有的算法的处理。预计该处理器可以应用于多媒体手机、多媒体 PDA、个人媒体播放器（PMP）、数字电视等应用领域。

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

电子信息领域。

# 10G 一体化网络数据深度安全检查和系统

## 1 成果简介

当前网络安全技术发展的主流是向全息安全（Holistic Security）发展。无论是网关与端点的结合即网络准入控制（Network Admission Control），还是入侵防御与泄露防范（Information Leakage Prevention）的共生，无论是无线与有线兼容，亦或信息安全与数据安全的结合，都是安全防护技术一体化和集成化在不同侧面的具体表现。在这一发展潮流之中，传统的安全网关也从单纯防火墙的边界保护（perimeter protection）门卫角色，发展到统一威胁管理（UTM）的区域保护（local protection）首领地位，不但监控经过的各类流量，而且监控邻域以致虚拟邻域的终端、应用和数据。

本项目将自主知识产权的专利技术与成熟的工程队伍和技术创新机制相结合，研制了基于软硬件协同的应用系统，具有完善的多层次协议分析与过滤能力；具备细粒度访问控制、入侵检测和防御、防病毒、VPN、反垃圾邮件、内容过滤、流量监控、安全策略统一部署等安全能力。

## 2 技术指标

- 系统吞吐量：20Gbps；
- 启用安全能力时，性能达到 10Gbps；
- 支持 1000 万个并发会话；
- IPSEC VPN：1Gbps；
- 主动式高可用性（HA）和冗余组件，如双重热交换电源，以提高可恢复性和网络可靠性；

- 支持热插拔；
- 全面支持 802.1Q，支持最多 1024×2 个 VLAN；
- 支持访问控制的规则数：10K；
- 支持系统审计、日志管理；
- 设备管理方式支持：Web 管理、CLI/SSH 管理、SNMP 管理等；
- 加密算法支持：DES，3DES，AES，可扩展使用国内的专用算法。

### 3 应用说明

本系统采用软硬件相结合的集众多安全功能于一身的高性能一体化 10GUTM 设备，适用于骨干网、校园网、大型企业网，能够为净化网络环境，构建和谐社会提供网络安全平台。

### 4 效益分析

由于单台设备能够承受超过 20G 的系统吞吐量、10G 的安全能力、7G 的内容过滤流量，依照电信 2M 上网带宽的标准，可以为电信提供至少 3500 个用户的接入，效益十分可观。对于企业来说，通过高性能 UTM 的内容过滤，将大大降低遭受病毒、垃圾、钓鱼等攻击的危险性，为企业良好的网络运行提供了有力的保障。

在 UTM 领域，内容过滤的准确度、内容过滤性能提高和协议兼容性是应用层处理所面临的共同问题。例如 NAI-McAfee 的防病毒网关每秒最多只能处理几十个电子邮件，防垃圾邮件处理能力性能更低，其他厂家针对性能的提高提出了各种方案，将性能提升到上百封的处理能力，但是如何解决慢速网络连接下的协议兼容性和流畅性并未得到改善，局部性能的提高，并不能在整体上带来好的用户体验。再比如，在 http 协议的处理上，传统代理架构的方式必将被淘汰，就算在内容过滤上能够做到每秒上 G 的性能，但是代理过程的延时几乎没有用户可以接受，如何在流的方式下提高并行处理能力，如何在协议允许的范围内提高反馈能力，都是需要值得延伸的技术研究。应用层安全网关功能的发展呼唤着新的软硬件解决方案，像 Tarari 这样专门从事内容过滤（特别是 XML 处理）芯片设计的厂商将在短期内增多并大有用武之地。总之，安全功能在 OSI 协议架构单层上的集成正在完成，多层间的集成未艾，并需要有新的硬件平台和软件实现来突破性能瓶颈。

当前最重要的目标是带动国产 UTM 性能上突破 10Gbps，从而推动国产高端 UTM 产品的成熟和完善，提高国产高端 UTM 产品的市场竞争力，使自主知识产权的国产 UTM 在高端市场上逐步占据主导地位，满足国内迅速增长的网络安全产品市场需求，为建设我国信息安全框架提供基础产品，更好地保障我国网络信息安全。

### 5 合作方式

商谈。

### 6 所属行业领域

电子信息领域。

## 高性能网络流分类系统

### 1 成果简介

随着科技的发展和网络技术的应用，网络在带给人便利的同时，其安全性问题也日趋严重。各种新的应用和未知协议导致网络越来越复杂、多样化和难以管理。例如：P2P、视频

流等应用，占用了大量带宽，造成网络带宽耗尽；各种网络恶意攻击（僵尸网、蠕虫、病毒等）更是严重地危害到网络服务和信息安全。网络安全问题不仅使普通网络用户的个人信息和隐私受到威胁，还使得企业机密变得不再安全，网络服务提供商和管理者对网络的管理也变得更加困难。更为严重的是，不法分子在网上肆意进行盗版、黄色和反动内容传播等不法行为，如果不将这些恶意流量从骨干网的背景流量中识别并分类出来，就会对网络的净化、社会的和谐、国家的稳定造成不良影响。网络流分类技术的提出和发展解决了网路流量的实时分类和识别问题，是解决上述问题的必由之路，是网络安全技术的基础研究之一。

网络流分类技术是网络安全领域中迫切需要解决的核心技术和热点问题。只有对流量进行实时的有效识别和分类，才能对网络进行有效的管理和控制，从而净化网络环境，确保网络和信息安全。

本系统基于采样的、基于交互控制命令信息和基于载荷的网络流分类技术，提出了融合三种分类技术的层次化网络流分类方法，建立和完善一整套适用于网络流分类问题，由基本模型、分类算法、硬件平台和体系结构组成的实用系统，系统具有在真实环境下的网络中对网络流进行快速、准确和实时分类的能力。

## 2 技术指标

- 8G 吞吐量；
- 8×1G（光/电口）；
- DFA 硬件加速；
- 200~300 种协议；
- 能实现文本类协议特征的自动提取；
- 能实现部分二进制协议特征的自动提取；
- 协议识别的精度和召回率达到先进水平；
- 支持正则表达式匹配。

## 3 应用说明

- 政府管理部门

通过精确的网络流分类系统，可以对一些涉及盗版、黄色内容、网络攻击、非法反动思想的传播工具所使用的协议作出有效识别。同时对一些 P2P 视频网站、国外热门论坛等内容进行流分类，只有将这些恶意不法流量或者敏感流量准确并实时地识别和分类，才可以从技术上提供有效的后续管理和控制。

- 企业

随着计算机技术和网络技术的发展，大部分企业都实现了电子办公和互联网办公，因此网络安全对于企业尤为重要。首先，企业的网络管理十分严格，如果没有流分类技术将无法进行流量识别，那么如 P2P 等流量必将会对企业的正常工作带来影响。其次，企业的机密可能会因为网络安全问题被泄露，使得企业的利益受到损失。因此准确有效的流分类技术对于各大企业来说是非常重要的。

- 网络服务提供商（Internet Service Provider, ISP）

网络服务提供商非常关心如何保证其服务能够正常运行并让用户满意，对于网络流分类技术的需求也很迫切。准确有效的流分类技术能够提供当前流量的组成部分，可以帮助网络

服务提供商制定有效的管理策略和合理的收费政策，保证网络服务的质量，提升网络服务的经济效益。

- 网络管理者

网络管理者需要利用网络流分类技术来更有效地管理带宽，避免出现带宽被 P2P 等流量耗尽而使得正常业务流量不畅的问题，同时避免网络攻击等危害。这就需要流分类技术实时有效地将这些流量识别分类出来。

- 研究者

对于现有协议的分析可以促进新的更完善的协议出现，通过对流量的分类，也可以判断当前网络流量的组成和发展趋势，有助于整体网络模型的研究。

#### 4 效益分析

- 应用于骨干网的网络流量分类和控制

快速、准确、实时的网络流分类系统，可以应用于骨干网的网络流量分类和控制，能够对一些非法盗版、黄色内容、网络攻击、反动思想等流量进行有效识别和控制，净化网络环境，增强网络安全，促进社会和谐，确保国家安全。

- 应用于网络运营商的网络流量分类和控制

快速、准确、实时的网络流分类系统，可以应用于网络运营商对于网络流量的分类、控制和管理，避免网路攻击，有效地管理带宽的使用，合理地制定收费政策，避免带宽被耗尽而造成的流量不畅，保障运营商网络的正常服务，并提升服务的质量。

- 应用于企业网络管理

快速、准确、实时的网络流分类系统，可以应用于企业网内部对于网络流量控制和管理、避免企业机密信息的泄露和恶意的网路攻击、控制 P2P 等流量，合理利用网络带宽，保证企业网络环境的正常运转。

- 市场推广

快速、准确、实时的网络流分类系统，包含一整套的软件模块和硬件平台。其既可以作为单独产品为网络流分类问题提供解决方案，也可以作为 UTM 产品系统的一部分使用，其中的模块还可以分拆成单独系统以满足特定的应用需求。其在网络安全系统中的成功应用必将产生巨大的社会价值和经济效益。

- 知识产权

网络流分类系统的核心技术和算法将通过申请专利和软件著作权形式进行保护，形成技术优势和技术壁垒，并在允许的范围内进行专利转让和进一步的技术转化。

该高性能网络流分类系统具有很好的应用前景和市场空间，能够创造很好的经济效益和社会效益。

#### 5 合作方式

商议。

#### 6 所属行业领域

电子信息领域。

# 社会网络大数据分析系统

## 1 成果简介

社会网络已经成为覆盖用户最广、传播影响最大、商业价值最高的 Web2.0 业务，在世界范围内，最著名的社会网络代表是 Facebook、Twitter，用户量分别达到 12 亿、5 亿；国内使用人数最多的社会网络工具是新浪微博和腾讯微博，其中新浪微博用户达到 5 亿，腾讯微博用户超过 8 亿。社会网络中的巨大用户群每天产生海量的用户数据、关系数据和信息数据，若能够对海量数据进行准确、及时的分析，则会在精确营销、舆情探测以及网络安全等方面创造巨大价值。然而由于社会网络的大数据特性以及分析方面要求准确、及时，目前缺乏融合多项社会网络分析技术的、成熟的社会网络大数据分析系统。

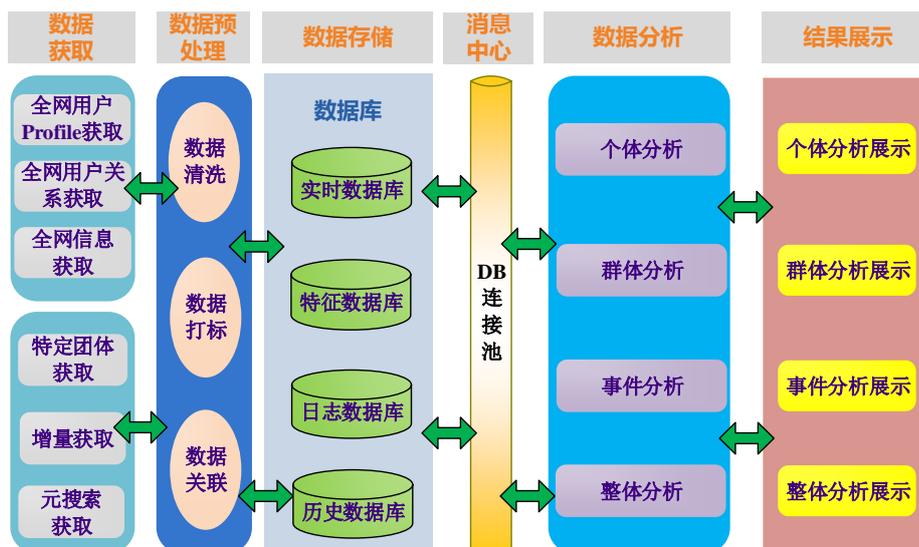
社会网络分析技术是一项关键技术，也是一项热门的研究，涵盖了社会学、人类学、社会语言学、地理、社会心理学、通信研究、资讯科学、社会网络分析与探测、组织研究、经济学以及生物学等多个领域，是一项多学科交叉技术。社会网络大数据分析系统要求具有坚实的数据支撑，即数据获取全面、更新及时、获取数量大，也强调多维度、多粒度的分析手段相结合，并对分析速度、可视化以及人机交互等方面都提出很高的要求。

基于上述现状和挑战，在国家科技支撑项目的资助下，实现基于新浪微博、Twitter 等主要社会网络交流工具的大数据分析系统，系统完成从数据获取、数据预处理、数据存储、消息中心、数据分析、结果可视化展示的闭环处理流程，支持多种社会网络（Twitter、新浪微博等）的数据实时、不间断获取，获取数据量在国内外同研究领域处于领先地位；实现整体、个体、群体以及事件的多层次、多粒度分析模式；同时具备良好的人机交互操作界面以及优秀的分析展示效果。

系统的特点如下：

- 多手段数据获取模式融合：采用网络流量分析、API/非 API 爬虫、元搜索以及增量式爬虫等多手段数据获取模式相结合的方式进行数据实时、不间断获取，保证数据获取全面、更新及时、获取量大；
- 多维度、多粒度数据分析手段结合：系统对社会网络整体、个体、群体、事件四个维度的对象进行分析，并结合基础分析、深度挖掘的多粒度分析手段共同完成社会网络的数据分析；
- 多种关键技术支撑：系统融合机器学习、分布式并行处理、数据挖掘、自然语言处理等多种关键技术，共同保证系统各项功能的稳定、快速实现；
- 优秀的分析展示效果和友好的人机交互操作：借助 Gephi 工具进行群体、事件等分析效果的可视化展示，可视化效果清晰；操作便捷，实现用户与系统、系统与数据库的无缝连接。

上述优点表明该系统能够实现从数据获取、数据预处理、数据存储、消息中心、数据分析、结果可视化展示的处理流程，达到完善的功能实现目标和优秀的系统运行效果。查新表明，国内外目前尚未发现有如此功能全面与性能优越的社会网络大数据分析系统。



上图 社会网络大数据分析系统架构图

性能参数:

- 能有效获取社会网络平台的用户数据、关系数据和信息数据, 获取覆盖率不低于 85%;
- 分布式爬虫支持不少于 10 个节点, 分布式数据库支持不少于 5 个节点;
- 数据库读/写操作不少于并发 1000 次, 数据预处理效率不小于 1000 条/秒;
- 数据存储规模不小于 7TB;
- 热点信息(个体、群体、事件)发现准确率不低于 75%, 关键路径发现准确率不低于 75%;
- 热点话题发现准确性不低于 80%, 倾向性言论的发布主体发现准确率不低于 75%;
- 信息传播寿命预测准确率不低于 80%。

## 2 应用说明

2013 年 9 月, 利用社会网络大数据分析系统进行数据获取以来, 获取 Twitter 用户数据 2.2 亿, 用户关系数据 11.5 亿, 推文 1.2 亿, 目前数据量仍处于不断高速增长阶段; 着重获取社会网络上中国人全集的数据, 主要采用基于用户属性、用户关系、用户信息 3 层过滤机制, 通过特定团体获取方式进行获取, 中国人用户数据达到 63 万, 用户关系数据 510 万, 推文数据 1740 万, 目前中国人用户数据已趋于稳定, 推文数据仍处于快速增长阶段。在获取到的数据基础上, 对网络中个体、群体、事件以及整体进行基础分析以及深度挖掘, 能够快速识别关键个体、关键群体、热点信息、热点话题, 并实现对信息、话题的情感分析、趋势预测等功能, 同时也保证分析效果优秀的可视化展示。

## 3 效益分析

由于目前国内外尚无同标准产品, 而社会网络大数据分析的需求比较迫切, 因此本系统具有较大的推广空间。本系统价格每套 150 万元。而本系统数据积累深厚、运行稳定、分析功能全面、处理速度快、响应时间短。总体上, 系统成本低、功能全、速度快, 运行费每月在 3000 元左右, 具有明显的经济和技术优势。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 移动互联网 Android 应用恶意行为自动化检测系统

## 1 成果简介

移动互联网将移动通信和互联网二者结合起来,成为当今世界发展最快、市场潜力最大、前景最诱人的产业发展方向。最新数据统计,中国移动互联网用户已达到 4.64 亿。各大应用市场如 Google Play 有百万种应用,国内机锋市场、天翼等平台也具有大量的安卓应用。这些应用在给人们带来巨大便利的同时,也带来巨大的信息安全隐患和风险。据统计,超过九成的应用软件涉嫌窃取用户隐私、恶意扣费、恶意推广、恶意捆绑植入病毒/木马等恶意行为。这些恶意行为不仅给用户带来经济损失,甚至涉及人身安全问题。因此迫切需要快速、准确地自动化检测如此庞大的应用程序的恶意行为。

传统手机杀毒软件基于 PC 时代检测特征序列的方式识别恶意软件/恶意行为,虽然这种方式高效、易于同步检测,但是存在只能查杀已知威胁、反馈周期长、易于绕过等诸多问题。为了解决上述问题,我们设计并实现一个 Android 应用恶意行为自动化检测系统。本系统提供一个基于行为查杀的完整解决方案,可服务于第三方管控部门、高级大型企业(如电信运营商)、Android 工程师与普通用户等三大类用户。本系统结合静态分析、动态追踪、网络流量定位三种方法实现“数据流、控制流、网络流”三流融合分析技术,可提供自动化应用软件爬取、自动化检测分析、自动化特征库更新、自动化恶意行为挖掘、恶意攻击训练、证据留存等多项服务,达到爬取自动化、处理高效化、分析智能化、信息安全化的设计目标。本系统主要的特点如下:

- 全平台部署更实用:

跨平台语言设计,多重角度防护,可部署于 Windows XP /WIN7/WIN8 以及 Linux 主流版本。

- 自学习、更新更方便:

应用图论分析技术、自动化行为特征挖掘等技术,挖掘具有通用性的恶意行为链,无需频繁升级模型库。

- 智能网络爬虫更高效:

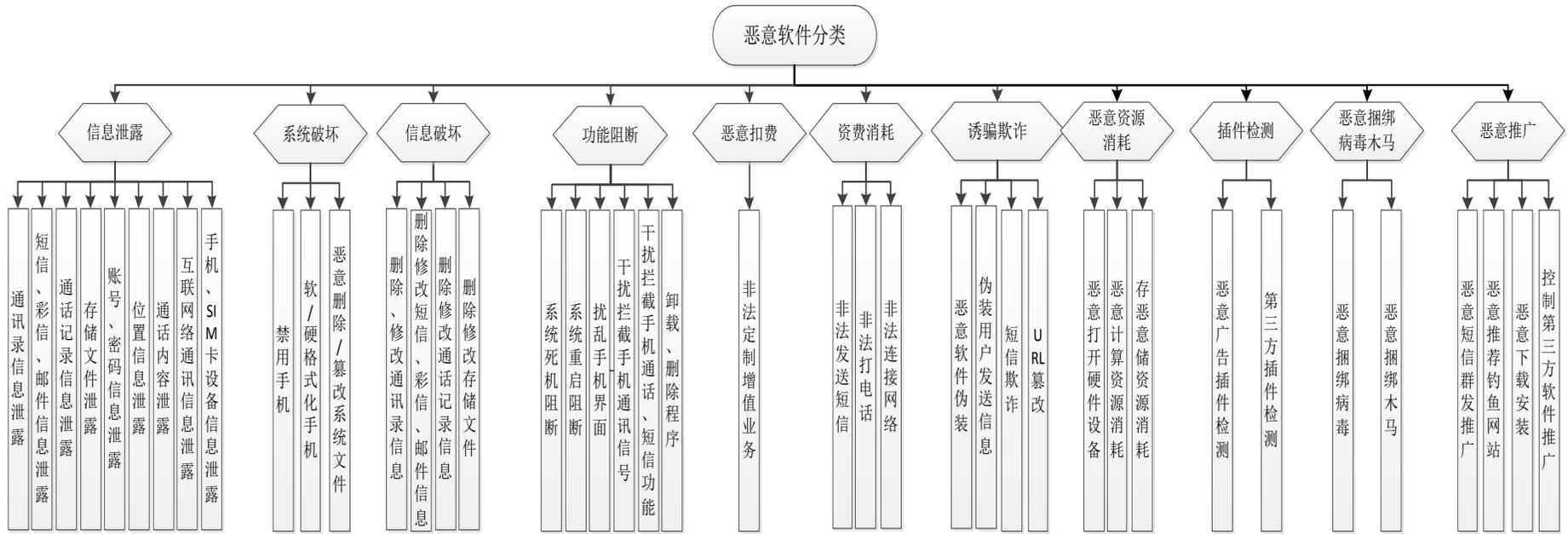
针对第三方监控需求,本系统提供自动化网络爬取功能,可实现最优监控部署、最优更新策略。

- “3x3”立体更高维:

“静态分析、动态追踪、网络流量三维度”,“数据流、控制流、网流”三层面,智能立体分析模式,无懈可击的安全检测。

- 11 类 41 种恶意行为检测更全面:

可有效对隐私窃取、系统破坏、信息破坏等 41 种恶意行为进行检测,分类图如下图所示。



上图 恶意行为检测分类图

- 层级分析更迅速：

系统依据层级分析结构，快速定位，快速甄别，快速分析。

- “三流融合”更细致：

本系统结合底层 API HOOK、动态污染分析、静态行为链识别、网络流量检测等方式，可分析恶意软件的函数调用关系、数据传播定位、恶意行为网络数据包。

- 恶意特征自动统计挖掘更可靠：

特征自动挖掘更节省人力与计算资源，标准处理流程无死角分析。

- 恶意攻击模拟更实战：

对官方发布系统与软件攻击模拟，自动化挖掘存在漏洞和风险。

- 分析数据更可观：

行为统计、时间轴建模、应用权限分析、敏感函数展示、敏感数据分析、行为记录、运行截图等多项数据展示，并支持数据导出功能。

- 测试项目更全面：

课题组具有大量软件自动化测试经验，可支持适配测试、功能测试、可靠性测试、安全性测试、环境测试、安全测试需求。

性能参数：

- 准确性高，超过 97% 的正确识别率；

- 完成一次普通测试任务不足 30 分钟，测量时间短，重现性好。

## 2 应用说明

本系统针对 Android 工程师与普通用户提供自动化恶意行为检测服务，在此基础上，针对高级大型企业本系统提供 STAX 分布式测试服务，以满足适配性测试、功能性验证测试、可靠测试、环境测试、安全测试、交互测试、认证测试需求，可极大减少测试周期，针对第三方管控部门特殊需求将额外提供自动化应用软件爬取服务与证据留存服务。

课题组已与成都信息安全产业基地合作，为中国联通研发移动互联网应用程序自动化检测系统。除此之外对 Google Play、机锋市场等平台爬取数十万 Android 应用软件，并实施自动化检测分析，结果表明本系统的识别率超过 97%。

## 3 效益分析

目前，国内外针对 Android 平台应用检测大部分需要人工参与，一方面需要耗费大量人力资源，另一方面人工易疲劳出错，因此迫切需要快速、准确自动化检测系统，本系统具有较大的推广空间。对于需要人工参与的测试方案，业界标准价格为 6000~8000 元/款，且测试周期较长。本系统商用版价格每套软件约 150 万元/年，并可以免费享受技术支持一年。相对比传统测试方案，按照中低型电信运营商市场应用检测需求为 50 款/天，一年按照 300 天计算，一年可节约分析成本超过 900 万元，极大提高企业收益。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 应急双向视频图像传输系统

### 1 成果简介

清华大学利用具有自主知识产权的 DMB-T 系统所开发出来的应急双向视频图像传输系统，在国务院应急办领导视察时获得了好评，并已经在国内部分地区获得了应用，反应良好，有效地解决了特殊情况下图像信息的传输和发送问题，如在反恐演习、奥运安保、08 年雪灾、地震灾害的现场图像回传中发挥了作用。该系统对于构建和谐社会、维护社会治安、打击犯罪提供了重要的技术保障。清华大学数字电视技术研究中心在原有技术基础上，针对当前频率资源紧张的现状，提出了图像传输带宽可变的新一代系统。该方案已经被公安部正式接收成为其标准技术方案之一，未来不少要害行业 and 部门（公安、消防、电力、卫生、水利、森林防火、库区大坝安全等）都可能需要配备该系统。我们愿意与当地企业合作，根据需求进一步做好系统优化并完成产品设计，使之成为一个具有低成本、高可靠性和产业化成熟度高的产品。

### 2 应用说明

在公安、消防、救灾、反恐、卫生、安全生产和突发事件中均可应用，预计年产值在 1000 万元以上。

### 3 合作方式

商谈。

### 4 所属行业领域

电子信息领域。

## 大规模连续语音识别技术

### 1 成果简介

随着信息技术的发展，特别是移动互联网的普及，智能的人机交互方式成为现代生活的重要组成部分。语音是人类最自然的交互方式，让电脑、手机、玩具等各种设备和人直接对话，已经从科幻走向现实。

然而，当前的语音识别技术还受到如噪音、口音等多种条件的限制。为实现机器能听会说的梦想，需要在结构和功能上模仿人脑神经系统结构。课题组从 2012 年开始从事基于仿人脑的深度学习大规模连续语音识别技术研究，在国家自然科学基金、清华国家实验室面上基金等项目资助下，掌握了国内外最先进的大规模连续语音识别技术，创新性研究了稀疏深度神经网络训练、深度神经网络噪声训练等快速鲁棒性算法，并研发出基于噪声声学模型的嵌入式大规模离线语音识别系统，开发出首个高性能维语语音识别系统，弥补了国内在这一技术上的空白。该技术特点如下：

- 通过仿人脑结构的 DNN 网络来模拟人脑学习知识的过程；
- 通过稀疏化训练方法减少声学模型训练时间；
- 通过噪声训练提高声学模型的抗噪能力；
- 通过嵌入式语法提高对未知新词的识别能力。

上述优点表明该技术既可以在安静的实验环境中大规模运用,也可以在嘈杂的现实环境中大规模运用。大规模测试表明,该技术在中等噪音环境下对日常口语会话的识别率可达95%以上。

## 2 应用说明

实验室和腾讯公司合作完成了微信 5.0 中语音识别技术的升级,与捷通华声公司合作开发的灵云智能语音平台月活跃用户达千万。在一般中等服务器平台上(8核 2.0G CPU, 32G RAM),可并行 8-10 路识别系统,实时率为 0.2 以下。

## 3 效益分析

大规模连续语音识别技术可以广泛应用在移动设备交互、呼叫中心、保险金融等多个领域。如在呼叫中心业务中,语音识别技术可以回答绝大多数简单的用户查询,极大节约人工成本;在保险金融领域,语音识别可以帮助客户快速转到相关业务系统,极大提高用户的体验;在物联网设备上,用语音输入可以解决微小设备或高危设备的交互问题;在汽车行业,语音技术可以帮助用户完成以前需要触控的操作,提高行车安全性。

## 4 合作方式

投、融资,技术许可或联合推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 移动医疗与健康云平台

## 1 成果简介

移动医疗与健康云指的是使用移动网络和移动终端或智能传感器收集、传输用户的生命体征数据(比如:体温、血压、脉搏、血糖、睡眠状况等)及影响这些指标的环境数据(比如:温度、PM<sub>x</sub>、甲醛、TVOC等),然后再通过3英寸到10英寸大小的可移动屏幕或电视屏幕呈现在用户、医生和健康教练的面前,同时这些被聚合的个人健康数据和环境数据被永久保存在云端;上传至云端的数据将进行计算和分析,形成详尽的分析报告,用户可以直接在各种移动终端或电视屏幕上查看/下载/存储分析报告,通过对云端数据进一步分析和挖掘,不但可以获知用户现在的身体状况,还可以对未来的身体状况作出预测。

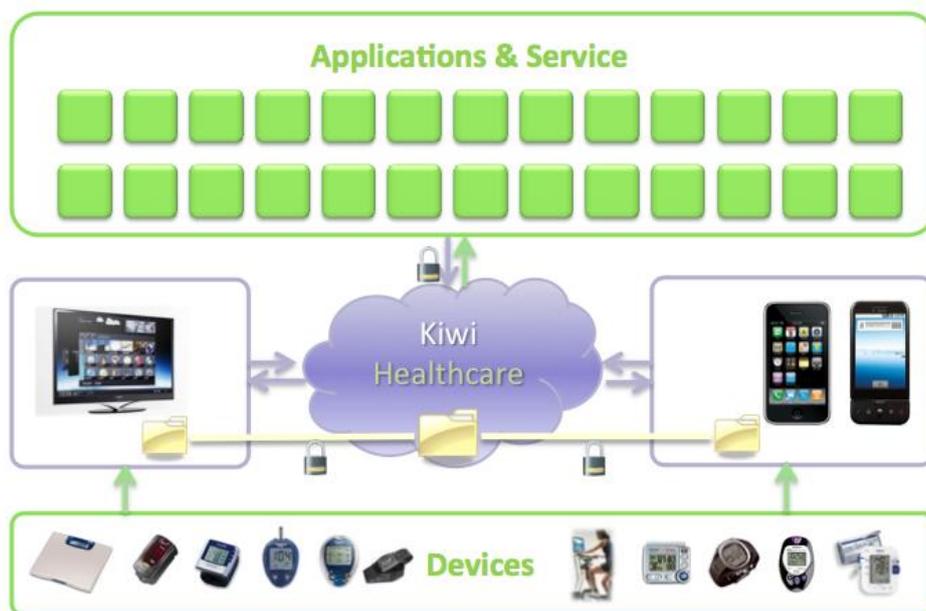
清华大学“健康云”系列产品为独立研发,具备自主知识产权的高新科技产品,立足于云技术,能快速处理海量信息并形成数据双向便捷流通,能够帮助各级政府将过去专注于医院的医疗健康思路逐步向基层社区和个人参与方向发展,使得更多的健康信息采集终端走向家庭和社区,同时在重视信息收集的基础上,更加重视信息的反馈和互动,使得实时健康监护成为可能。



上图 项目目标

## 2 应用说明

清华“健康云”的目标是将一切辅助医疗、健康监测和改善的工具都变成了手机或智能终端上的应用程序,各种身体指标及影响这些指标的外部 and 内部环境数据都可以被智能传感器收集,再通过 3 英寸到 10 英寸大小的可移动屏幕随时呈现在用户、医生和健康教练的面前,这些被聚合的健康和环境数据被永久保存在云端,通过后台数据分析和挖掘,用户不但可以获知现在的身体状况,还可以对未来的身体状况作出预测。同时,健康云平台也将与医疗机构业务系统进行对接,为用户提供医院/医生信息查询,就诊信息查询,医疗百科,药品信息查询,远程辅助诊疗等功能,使用户很方便地查询相关医疗信息,使用医疗业务。通过手机或智能传感器网络对用户体征进行连续实时监控,对异常情况进行报警,实施远程诊疗,为用户提供更安全便捷,全方位个性化的实时医疗健康服务。



上图 清华健康云系统架构。

### 【慢病日常监测与干预】

一期产品针对高血压和高血糖患者推出“高血压”和“高血糖”护理和干预服务。该产品的主要功能为:通过智能终端采集数据,将数据上传至云端,传至云端的数据将进行一系列的计算和分析,形成详尽的分析报告。用户可以直接在手机上查看该报告,也可以下载、存储分析报告,并将报告发送到用户。部分异常数据交给医生诊断,最终将信息反馈给用户。在此基础上,用户能够实现实时监测身体状况,了解自身健康状况;提供身体健康状况的报告

和相关建议；当身体指标异常时，给出就医提醒，避免错过最佳诊疗时机；就医时，身体指标的历史记录可为医生诊断提供参考。

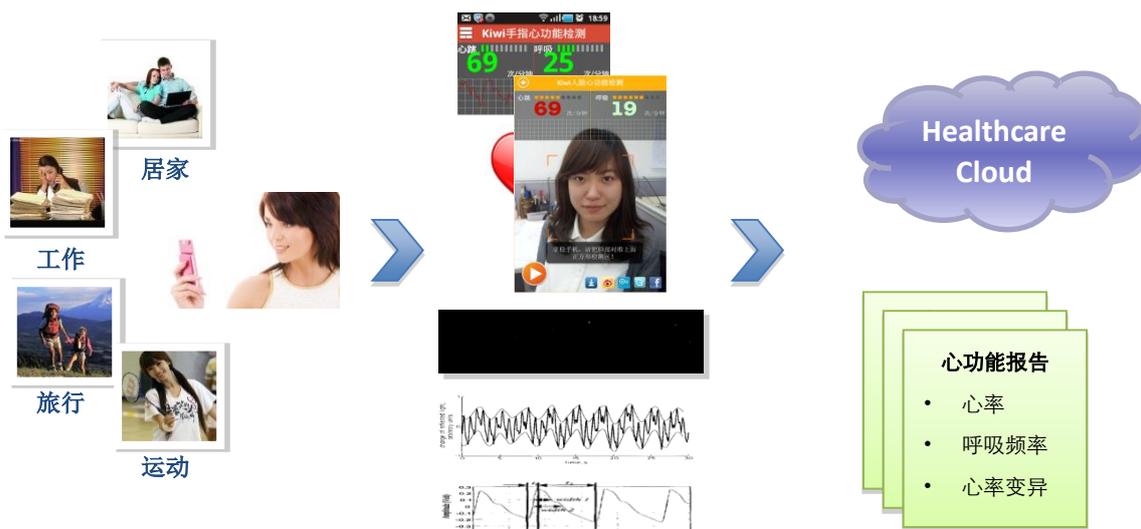
二期研发则围绕利用智能终端进行心功能检测延展出包括心率、心率变异性、血氧饱和度等监测的心功能监测平台。



上图 高血压、高血糖护理与干预



上图 TH智能终端（智能家居平台）



上图 实时心功能检测

包括：专业的医疗和保健机构：301 医院老年人心脑血管研究所、专业的医疗设备制造商：日本的 A&D 公司、政府相关机构：中德卫生组织、以及综合门户网络：凤凰网等。

【居家养老/居家看护/社区医疗】



上图 家庭健康网关及居家养老示意图

### 3 效益分析

【为什么选择医疗领域打造“健康云”】

(1) 移动医疗的市场潜力巨大，我国 2010 年物联网市场规模接近 2000 亿元，其中在医疗领域的个人健康监护和远程医疗等应用日趋成熟（2012 年 2 月工信部《物联网“十二五”发展规划》），安防、交通和医疗三大领域有望在物联网发展中率先受益，成为物联网产业市场容量最大、增长最为显著的领域（《2010-2011 年中国物联网发展年度报告》）。到 2017 年全球移动市场的发展将达到 230 亿美元（数据来源：国际 GSM 协会）。

(2) 随着我国经济飞速发展，GDP 持续稳定保持高增长率，国力和国民财力均达到了一个较高水平。解决了温饱后的中国人开始对自己的健康更加关注，对生活品质有了更高追

求。温家宝总理在接受 CNN 记者专访时提到，“让每个人活得有尊严”。“健康云”相关研发及产品具备来自用户的直接需求，有助于构建和谐稳定社会。

(3) 从国家层面，国民综合健康水平得到高度重视。卫生部“十二五”规划目标明确提出：国民健康水平居发展中国家前列。规划中还具体指出：“初步建立国家医学中心体系，加强区域医疗中心和临床重点专科建设；继续加强社区卫生服务机构建设，力争每个街道办事处范围设置一所政府办的社区卫生服务中心，形成以社区卫生服务为基础、社区卫生服务机构与医院和专业公共卫生机构分工合理、协作密切的新型城市卫生服务体系。”“鼓励支持社会资本举办非营利性和营利性医疗机构，积极参与健康管理、老年护理、口腔保健和康复健身等健康服务业的发展，形成多元化办医格局，满足多样化、多层次医疗、预防、保健、养老、康复服务需求。”“显著扩大慢性病防控覆盖面，提高糖尿病、高血压、脑卒中等慢性疾病的知晓率和控制率。继续加强疾病预防控制能力建设。”利用云技术，打造“健康云”项目及相关应用产品有利于响应国家战略规划。

(4) 老龄化社会已经向我们走来，亚健康成为中青年人群的普遍状况。我国 65 岁以上的老人所占比例持续上升，从各个家庭来说，过去的众多儿女照顾二老变为一对夫妇需要照顾少则四位老人。老人的身体健康与否直接关系到家庭压力的大小。而社会的中流砥柱，中青年人群，为了赡养老人、维持家庭，为了应对日益加快的工作节奏，不可避免地过早步入慢性病发病期。高血压、心血管疾病在中青年人群中较以往更为常见。慢性病的积极预防以及科学的进行健康管理，对于减轻家庭压力，稳定社会都起到积极作用。

(5) 我国现有的医疗资源现状存在弊端。首先，医疗资源有限且分配不均匀，人口只占 30% 的城市占有了 80% 的医疗资源，而在小城镇和农村，医疗条件较差、设施设备落后，农村缺医少药等问题依然十分突出。其次，疾病的治疗依赖于医生的经验和水平，但高水平的医生主要集中于大城市、大医院，基层医院及农村缺乏医学人才。此外，我国基本医疗保障力度不断下降，加上医疗费用上涨过快，部分药品价格较高，居民个人医疗负担逐年加重。最后，在慢性病上，常规的医疗方式缺乏日常监测，给医生的诊断带来不便。亟待有新的科学的解决方式介入。

#### 【市场前景】

2012 年中国手机供应商的智能手机出货量预计将达到 1.014 亿部，比 2011 年的 5200 万部劲增 94%，几乎是 2009 年 1020 万部的 10 倍(数据来源: IHS iSuppli 公司)。随着 3G/4G 网络的成熟和智能手机的普及，越来越多的人希望能够通过手机及时获得高质量的健康信息服务。移动医疗将成为未来五年医疗信息产业新的增长点。2010 年 12 月，德国市场分析机构 Research2guidance 公司利用在线问卷，对 231 家进入移动医疗市场的公司对移动医疗的现状、促进因素等的认识进行了调查。结果显示，智能手机用户数量方面，受访者预测 2015 年，智能手机用户数量将达到 14 亿，其中使用健康相关的智能手机应用程序的用户数量将达到 5 亿，占智能手机用户数量的 30%。在移动医疗市场份额分布上，设备销售占 30%，服务占 46%，付费下载占 14%，交易占 8%，广告收入占 1%。60% 的受访者认为关注健康问题的人是当前移动医疗服务最大的目标人群，其后依次为慢性病患者、护工和急性病患者。而到 2015 年，慢性病患者将成为移动医疗服务最大的目标人群。在最具商机的移动医疗服务领域调查中，接近 80% 的受访者认为糖尿病相关的服务是健康保健领域最具商机的项目，

其后依次是肥胖、高血压、冠心病、哮喘等。

## 4 合作方式

项目分三期实施：

### (1) 第一期：

1 年之内，以项目研发为主，完善相关算法，完成智能终端及手机应用的开发。同清华大学建立联合研究中心，充分利用已有技术完善终端应用，深入研究。同时，在研究过程中建立专家委员会，广泛联合各方力量，汇集各方资源，把自主知识产权同技术引进相结合，协调发展。

资金来源：政府科研扶持资金或政府主导的创投。

### (2) 第二期：

1~2 年，产业布局，完善产业链，初步建成健康云处理中心，占地 150 亩。同社区医疗、社区养老等机构建立合作伙伴关系，建立 1-2 个示范点。

资金来源：政府主导的基金或产业基金。

### (3) 第三期：

2~3 年，规划建设健康养生示范基地。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 新一代无线局域网技术与产业应用

## 1 成果简介

在国家重大专项“新一代宽带无线移动通信网”的“超高速无线局域网无线接口关键技术研究及验证”课题支持下，由清华大学牵头，联合中国科学院微电子研究所、工业和信息化部电信传输研究所、海信集团有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国电信集团公司、中国科学技术大学六家单位组成产学研用联合的研究团队，开展 IEEE 802.11ac（802.11n 的升级演进标准）标准化、实现技术、产业应用的研究，目前已经形成 10 项国内专利，向 IEEE 802.11ac 标准化组织提交了标准文稿 22 项，标准草案修改建议 31 项。目前，本团队按照 IEEE 802.11ac D1.0 版本的标准草案研制了原型系统，通过该原型系统可以充分地研究和验证 IEEE 802.11ac 所采纳的所有关键技术和实现难点。

本团队在任务分工布局之时，高度重视产业化应用，围绕着产业化应用的需求特点，充分发挥联合单位的行业优势，在 802.11ac 系统平台集成化小型化、标准兼容性测试、宽带无线接入应用、与蜂窝通信结合的“C+W”应用、高速数字家庭应用等多个方面部署研究，以期推动产业化进程。

本团队的研究工作和成果的特点为：具有自主知识产权优势，原型系统吞吐量高，瞄准的 802.11 技术具有垄断性市场地位。

## 2 应用说明

IEEE 802.11ac 的理论极限速率是 6.933Gbps，是当前能够提供最高速无线通信传输速率的技术体制之一。本团队基于已有的研究成果，一方面在拓展传输距离、优化传输效率和节

约能耗等方面进行技术攻关，强化技术特点；另一方面，在高速数字家庭和无线物联网网关设计这三个具有广阔应用前景的应用市场进行产业化技术储备。

● 高速数字家庭：无线局域网为广大人民群众浏览互联网提供了极大的便利。随着高清视频、微博等新兴业务的蓬勃发展，以及各式各样的笔记本电脑、Pad、智能手机等终端的广泛普及，人们需要在享受高质量业务服务的同时，还要希望服务提供具有便捷的特性。IEEE 802.11ac 无疑是实现高速数字家庭、高清视频分发的最合适解决方案。

● 无线物联网网关：IEEE 802.15.4 Zigbee 和 IEEE 802.11ah 是当前最有影响力的物联网无线传输协议。基于 IEEE 802.15.4 Zigbee 和 IEEE 802.11ah 的智能感知子系统接入互联网或者移动互联网，需要有物联网网关。而 IEEE 802.11ac 是智能感知子系统接入互联网或者移动互联网的一个有竞争力的解决方案。

### 3 效益分析

2010 年，全球 WLAN 芯片销售达到 7.5 亿片，802.11n 达到 30%。据预测，2014 年，全球嵌入 Wi-Fi 消费终端零售额规模将超过 2500 亿美元。尽管 Marvell、高通、Cisco 等大公司在 802.11 系列产品上具有极大的优势，但由于 Wi-Fi 的应用极多，应用场景繁杂，新应用层出不穷（比如物联网网关等），必然可以找寻到属于我们生存与发展的市场。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 在线互动教学平台

### 1 成果简介

在线互动教学平台是清华大学与河北省心神集团、北京大学联手合作推出的一款全方位互动教学平台。立足于目前中国教育资源分布极不平衡的现状，教学平台敏锐地抓住了市场对名师名校的需求，努力为学生提供全方位一站式服务。平台真实模拟了学生在学校中学习的需求，为每个学生构建了以地域级名校名师为基础服务的云服务平台，学生可在平台实现上课、课下补习、课后作业、难题答疑、社区交流，而当学生遇到择校就业、高考志愿、心理辅导等困难时，学生还可以选择专家进行咨询。心神学堂整个系统以名校名师名课为载体，让学生跨越时空和分数的限制，享受最优质的师资服务。

平台充分借鉴并全面超越现有教育网站对教师及学生的管理，打破以往在线教育网站与学校争抢学生时间和注意力的局面，创造性地引入了学校这一在 K12 阶段重要而基本的实体单位。借助多方力量加强对教师的管理，保证教师信息真实有效，保证教师资源优质稀缺，保证课程质量优质优量。同时也为学校提供了展示自我教育实力的平台，预留大数据分析和处理接口，使学校、老师、学生与心神学堂进入良性互动，使老师的积极性、创造力、教学质量得到最充分的发挥，使学生能跨越时空和分数的限制，享受最优质的教育资源服务。



## 2 应用说明

目前，系统已经完成了面向 PC 端用户的 WEB 版本 v1.0，并经过了多轮测试。正在进行面向移动互联网手机端的版本，未来将进一步扩充为多屏互动的兼容版本群。

## 3 效益分析

由于目前国内外就本系统的某一个功能模块都有类似产品，本系统打通教学的多个环节，作为整体解决方案，既可以面向实际校园，又可以面向个人或者教师工作坊，同时可以基于云环境，或者基于校园网部署。使用灵活、按需扩容，具有明显的经济和技术优势。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

电子信息领域。

# 执法过程音视频数据自动采集和管理系统

## 1 成果简介

该系统采用数据采集专用终端对多种类、多型号便携式取证设备产生的音视频资料进行采集，实现电子证据采集自动化。采集终端设备具备接入设备认证、数据加密、时间校准以及自动充电等功能，达到解放人力，提高执法办案人员工作效率的作用。

可将执法场所监控视频抽取至统一音视频数据管理平台，与便携式取证设备对接处警、执法现场等执法行为形成的音视频资料一起，共同形成完整的执法过程音视频管理资料库。

专用采集终端设备将数据采集到统一数据管理平台，各级不同用户根据权限通过统一的执法过程音视频管理系统实现数据共享。上级执法管理部门可实现跨区域跨级别执法资料的查询、调用与统计，有效掌控一线民警的执法情况。

执法监督部门可通过后台管理系统实时查看、监督执法过程音视频资料采集的及时性、完整性、规范性，通过自动统计分析，对各单位执法规范化水平和执法办案人员工作绩效情况进行量化统计。

采集工作站特点：

- (1) 一站式全自动处理，无需人工干预；
- (2) 支持 8 路 USB 设备同时接入；
- (3) 可兼容多种类型、不同品牌、不同型号的执法资料采集设备；
- (4) 高精度触摸屏，无需外接键盘；
- (5) 采集数据可及时播放，重要数据自动上传到中央存储服务器；
- (6) 采用工控级主板、监控级阵列磁盘，设备稳定可靠；
- (7) 支持分布式部署；
- (8) 基于 JAVAFX 体系架构，系统运行稳定、安全、可靠。

## 2 应用说明

该系统已经于 2013 年应用于某公安边防总队。



上图 应用流程示意图



上图 自动采集示意图

## 3 效益分析

目前执法视频证据管理发展迅速，国内外都涌现出一些优秀的初创公司，各个投资机构都密切关注这个领域。我们的核心竞争力是为用户提供自动的音视频数据采集、管理、分析和指导等服务。一方面可以更好地管理这方面的数据，为执法人员自我保护和违法人员进行取证，全国的公安和大部分城管都配备了移动的执法记录仪设备，如何有效管理和利用这些大数据量的音视频数据是一个很大的挑战。该项目如果能在大部分省区推广，将带来很大

的经济效益。

#### 4 合作方式

联合推广。

#### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 交通生命线应急调度决策支持系统

### 1 成果简介

地震是一种常见的自然灾害，具有极强的破坏力，而且往往会引发泥石流、山体滑坡等次生灾害，这些都会对灾区的交通网络带来一定的破坏。在实际交通网络中规划出合理的救援路线将会为灾后的救援工作赢得宝贵的时间，也是快速进入灾区的重要保障。道路交通网络是震后最重要的生命线系统，近年来我国地震频发，震后应急救援过程充分显示出道路交通网络的重要性，同时也暴露出道路交通网络的脆弱性。地震发生后，震害使交通网络发生不同程度变化，致使路段行程时间、路段安全性、道路通行能力等受到不同程度影响，引起交通网络功能损失。而交通网络在应急救援、物资运送、人员疏散中的作用至关重要。本项目研发交通生命线震后应急调度决策支持系统，为用户提供震后路径规划、震后道路损毁风险等级评估信息以及灾情信息等，既能满足应急救援需求，亦能够满足震后大众“出行需求”。

### 2 应用说明

系统使用 B/S 架构，用户只需浏览器即可使用，如图 1 所示，以雅安地震为例，图 2 为遥感影像图。以此为基础，可以对发布的灾情数据进行查询，如图 3 所示。本系统综合考虑了地震的烈度因素、地区的抗震等级因素和次生灾害的因素，分别从道路的安全性、灵活性、时间成本三个方面进行考虑，给出合适的交通生命线参考路线，辅助决策者进行决策。为地震的人员疏散、物资输送以及震后救援节省宝贵时间。



图 1 系统地图展示示意图



图 2 系统影像展示示意图



图 3 系统灾情信息查询示意图



图 4 系统灾区路径规划功能示意图

### 3 合作方式

转让或联合推广

### 4 所属行业领域

公共安全领域。

## 智能交通系统开发与集成设计技术

### 1 成果简介

智能交通系统已经成为交通运输发展的重要支撑。2000 年左右我国正式从国家层面开展相关研究及示范工程，智能交通系统的发展已经成为各级交通相关部门的共识。

清华大学自 1996 年开展智能交通系统的研究及系统设计、开发工作，内容涵盖交通信号控制系统、交通信息平台、指挥调度系统、应急交通指挥等方面，形成了一系列具有自主知识产权的理论与技术应用成果，其中包括智能交通系统规划与系统设计成套理论与技术、智能交通控制系统、交通信息平台软件、交通安全辅助决策支持系统、交通信息社会化服务系统等，获得软件著作权 8 项、发明专利 5 项。

### 2 应用说明

清华大学为各省、市及交通相关部门的智能交通系统发展提供从规划、设计到技术转让的系统化服务和技术支持。从 2003 年开始，清华大学开始推动智能交通系统成套技术在国内各级各部门的应用工作，包括智能交通系统发展规划、智能交通系统实施设计、交通安全辅助决策支持系统、交通信息社会化服务系统、智能交通预测预报系统等。目前应用地点已有 20 多处。

### 3 效益分析

本技术可以为智能交通系统的发展提供良好的支撑，通过系统设计实施可以有效节省投资资金，同时可提高城市交通运行效率，提高平均通行速度 5~10%，降低事故发生率 5~10%。

### 4 合作方式

技术合作、技术服务、合作开发等。

### 5 所属行业领域

交通规划领域。

## 城市综合交通规划

### 1 成果简介

在翔实的交通调查的基础上，从宏观和微观、定性和定量的角度来分析诊断当前城市交通系统存在的问题，依据城市总体规划等相关规划，制定科学合理的城市综合交通规划。

城市综合交通规划研究的主要内容有：

- 对城市发展、城市交通进行分析，并揭示其在城市中的关系与特征；
- 城市交通需求预测与分析，以定量与定性结合的方法对城市不同特征的交通需求进行预测与分析；

- 城市交通发展战略分析，对城市交通发展进行战略指导；
- 城市道路网的规划，分析现状路网特点与问题，并提出规划年限的路网方案，同时优化；
- 公共交通的规划，结合城市对公共交通的需求，从公共交通的方式、枢纽、场站、车辆、政策等多方面提出规划方案；
- 城市停车的规划，针对城市停车问题，在上述分析和对停车需求分析预测基础上，提出停车设施规划、机制、政策等方案；
- 对外交通与枢纽规划研究；
- 交通管理方案规划以及城市其他重要交通问题的规划；
- 综合交通实施的规划方案。

## 2 应用说明

承担了兰州市、大连市、济宁—曲阜都市圈、济宁市、曲阜市、三亚市、廊坊市、营口市“沿海工业基地”、辽源市、临沂市等十余个城市的综合交通规划研究，其成果得到当地相关部门和专家一致认同，为支撑对象城市的健康稳定发展提供了良好的交通条件。

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

交通规划领域。

# 道路网系统专项规划

## 1 成果简介

道路网系统规划在对城市现有道路评价分析的基础上，结合城市用地布局形态和城市的拓展方向，对不同等级道路网络进行合理的梳理和规划。规划路网力求达到对外交通与城市交通的驳接转换合理，城市各功能片区间交通便捷、通达，城市内部交通畅通有序，为城市交通环境改善创造理想的基础条件。

## 2 应用说明

承担过齐齐哈尔、三亚新城道路网规划、盘锦骨干道路网规划以及上述综合交通规划城市的道路网系统规划。

## 3 效益分析

为各城市经济发展、交通出行创造了良好的道路基础条件。

## 4 合作方式

商谈。

## 5 所属行业领域

交通规划领域。

# 智能交通系统规划

## 1 成果简介

如何利用 ITS 来提高中国城市的交通运输效率、保障交通安全和保护环境对于促进中国城市社会经济的可持续发展是十分重要的。

规划过程中，采用调查研究、理论分析与规划研究相结合的方式，在借鉴国内外经验及充分分析城市现状的基础上，根据城市的特点和实际情况，强调规划、设计与实际的结合，强调规划、设计中的创造性工作，提出有充分依据、严谨科学、实用先进的规划设计方案。在研究过程中，充分借鉴国内外成功经验、透彻剖析影响城市交通信息化与智能交通系统发展的宏观背景，即在掌握经济发展、城市化、机动化以及现代信息技术发展特征与趋势的基础上制定规划。具体规划技术方法如图 1 所示。

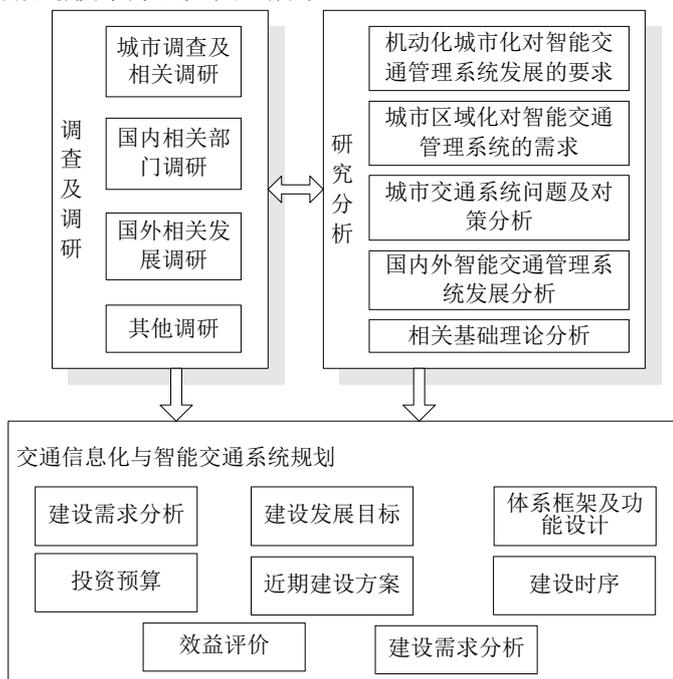


图 1 城市交通信息化与智能交通系统规划技术路线

智能交通系统规划一般包括城市交通信息化与智能交通系统的发展目标、交通信息化与智能交通系统的体系框架和功能设计、智能交通管理系统的近期建设方案、交通信息化与智能交通系统的组织实施机制等部分。

## 2 应用说明

清华大学承担过温州市、杭州市、佛山南海区、盘锦市、鄂尔多斯市等城市的智能交通系统规划，以及国家 863 项目“长三角地区高速公路网紧急情况下交通组织技术的研究”等国家层面的十余项研究课题。

此外，清华大学为北京市道路交通流仿真预测预报系统提供了规划、设计、系统开发应用及维护的一系列服务，取得了国内领先的大规模实用成果。通过该系统的实施，实现了如下功能目标：

- 北京市机动车 OD 的抽样调查与分析；
- 北京城区道路路网承载能力分析；

- 北京市城区道路异常状态的动态分析和预警系统；
- 北京城区道路交通事件的影响分析和预测；
- 基于道路交通流动态预测信息的交通信息发布。

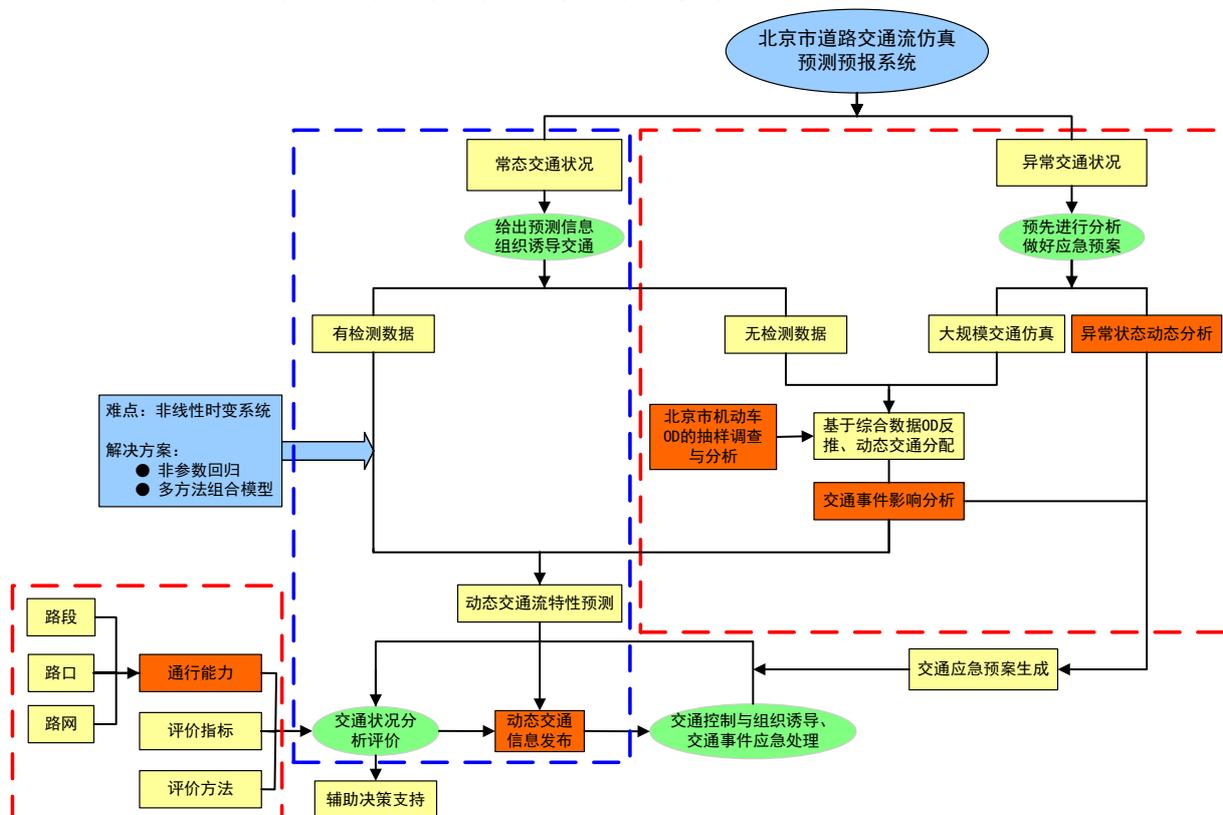


图2 北京道路交通流预测预报系统及开发技术流程图

该项目提供了高精度的交通流预测预报信息,为首都北京的科学交通管理提供了强有力的技术支持。

### 3 效益分析

保证了委托单位智能交通管理系统的实用性与先进性。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

交通规划领域。

## 轨道交通规划

### 1 成果简介

#### (1) 轨道交通线网规划

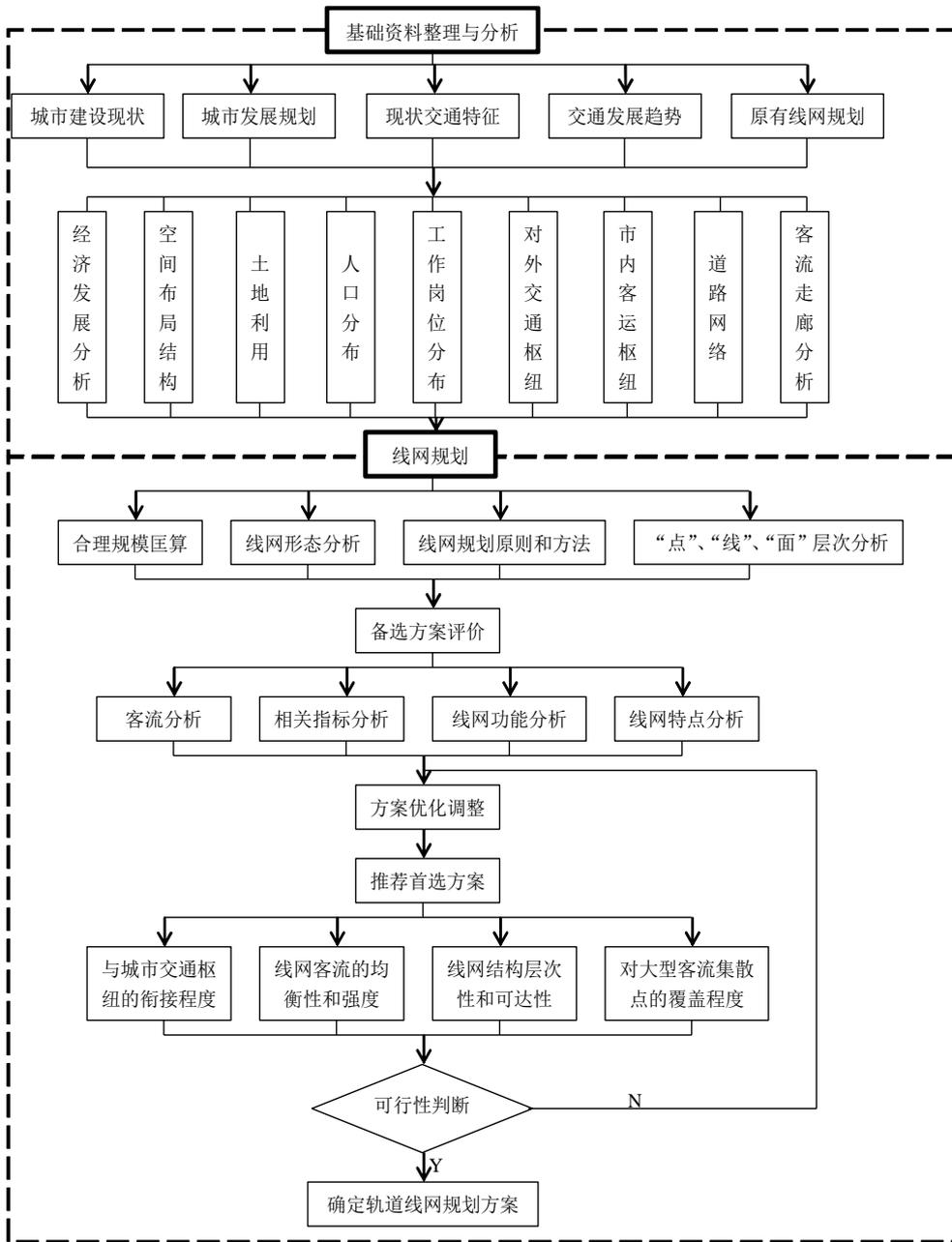
1) 对城市建设现状、城市发展规划、现状交通特征、交通发展趋势以及原有线网规划方案进行整理分析,掌握未来城市经济发展、空间结构、土地利用、人口分布以及客流走廊分布等情况,为线网规划提供依据。

2) 对城市轨道交通合理规模进行匡算、对线网形态进行分析,并在“点”、“线”、“面”层次分析的基础上建立符合轨道交通线路和站点布设的选择集,并提出规划备选方案。

3) 对备选方案进行客流条件、相关指标、线网功能以及线网特点等多方面的定性

量分析，并对备选方案优化调整，推荐出首选方案。

4) 对推荐方案进行与城市交通枢纽的衔接程度、线网客流的均衡性和强度、线网结构层次性和可达性、对大型客流集散点的覆盖程度等方面进行评价，如符合条件，则确定轨道线网规划方案，如不满足条件，则重新对方案进行优化调整，直至确定符合条件的规划方案。



上图 轨道线网规划技术流程图

## (2) 轨道交通客流需求预测

在城市轨道交通项目中，客流预测是不可分割的组成部分。客流预测的前提是客运需求预测，通常以居民出行调查数据作为依据，按照传统的四阶段法进行预测。其中，发生量预测通常采用原单位法，这种方法概念清晰，模型标定的结果有明确的物理含义，而且预测的精度也很好。为了充分考虑到未来人口变化、土地利用形态变化对小区发生吸引量的影响，

需求预测时应该分目的进行。在方式分担中，通常采用多项 logit 模型，必要时可以采用非集计预测方法。

## 2 应用说明

清华大学是国内较早开展轨道交通客流研究的单位之一，具有丰富的理论基础和实践经验，承担过多个城市的轨道交通线网专项规划，同时承担了轨道交通线网规划阶段、建设规划阶段、工程可研阶段的客流需求预测项目，累计 10 余项，这些项目包括：

### 清华大学交通研究所承担的部分城市轨道交通规划类项目

项目名称	委托单位
广州—佛山轨道交通客流预测	广州市政府
大大连轨道交通建设规划客流预测	大连市地铁办
长春市轨道交通客流预测	长春市轨道交通筹建办公室
大连市轨道交通线网规划与客流预测	大连市轨道交通工程指挥部
长春市快速轨道交通环线工程客流预测	长春市轨道交通有限责任公司
大连市新型快速轨道交通金石滩线客流预测	大连市轨道交通实验线路工程指挥部
大连市轨道交通路网规划	大连市轨道交通实验线路工程指挥部
《珠江三角洲经济区城际快速轨道交通线网规划》技术咨询	广东省铁路集团有限公司
长春市快速轨道交通三号线客流预测	长春市轨道交通有限责任公司
鞍山市城市轨道交通线网规划	鞍山市规划局
兰州市城市轨道交通线网规划	兰州市规划局
大连市轨道交通建设规划客流预测	大连市地铁办
沈阳市地铁 2 号线工程客流预测	沈阳市地铁办
沈阳市地铁 2 号线北延线工程客流预测	北京城建设计研究院
大连地铁 1 号线可研阶段客流预测	大连市地铁办
大连地铁 2 号线可研阶段客流预测	大连市地铁办
北京“东直门—首都机场”快速轨道交通客流预测	北京“东直门—首都机场”快速轨道交通有限公司
城市轨道交通发展有关问题研究	国家发展与改革委员会

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

交通规划领域。

# 停车系统专项规划

## 1 成果简介

随着城市机动化的快速发展，城市拥有的机动车数目大量增加，而在机动车的出行中，总是需要一定的空间用于车辆的停放，由此引发了诸多问题：在城市的中心区，难以找到停车泊位停放车辆；大量的路内停车导致本来已经狭窄的道路更加不堪重负。这些现象首先出现在西方发达国家的城市中。而我国在改革开放以来，经济的快速增长也导致了机动车数目的飞速增加，“停车难”的问题也由北京、上海、广州等大城市，迅速扩展至其他城市。

因此，停车系统规划结合城市经济、道路网以及城市规划，以“规划、建设、管理、收费”四位一体的总体思路为指导，以合理满足停车需求为战略目标，以停车规划为战略核心，

以发展公共交通社区为战略手段，以停车新技术为战略动力，以政策法规为战略后盾，处理好经济发展与停车设施、动静态交通相协调、路内外停车相协调、近期建设与远期目标相结合的关系。采用逐步过渡的思路，本着“先易后难、重点突破”的原则提出停车设施的建设步骤和建设计划。

## 2 应用说明

清华大学承担过上述综合交通规划的十余个城市的停车系统专项规划。

## 3 效益分析

为各城市居民出行创造了良好的停车条件。

## 4 合作方式

商谈。

## 5 所属行业领域

交通规划领域。

# 交通影响分析（交评）与道路交通管理规划

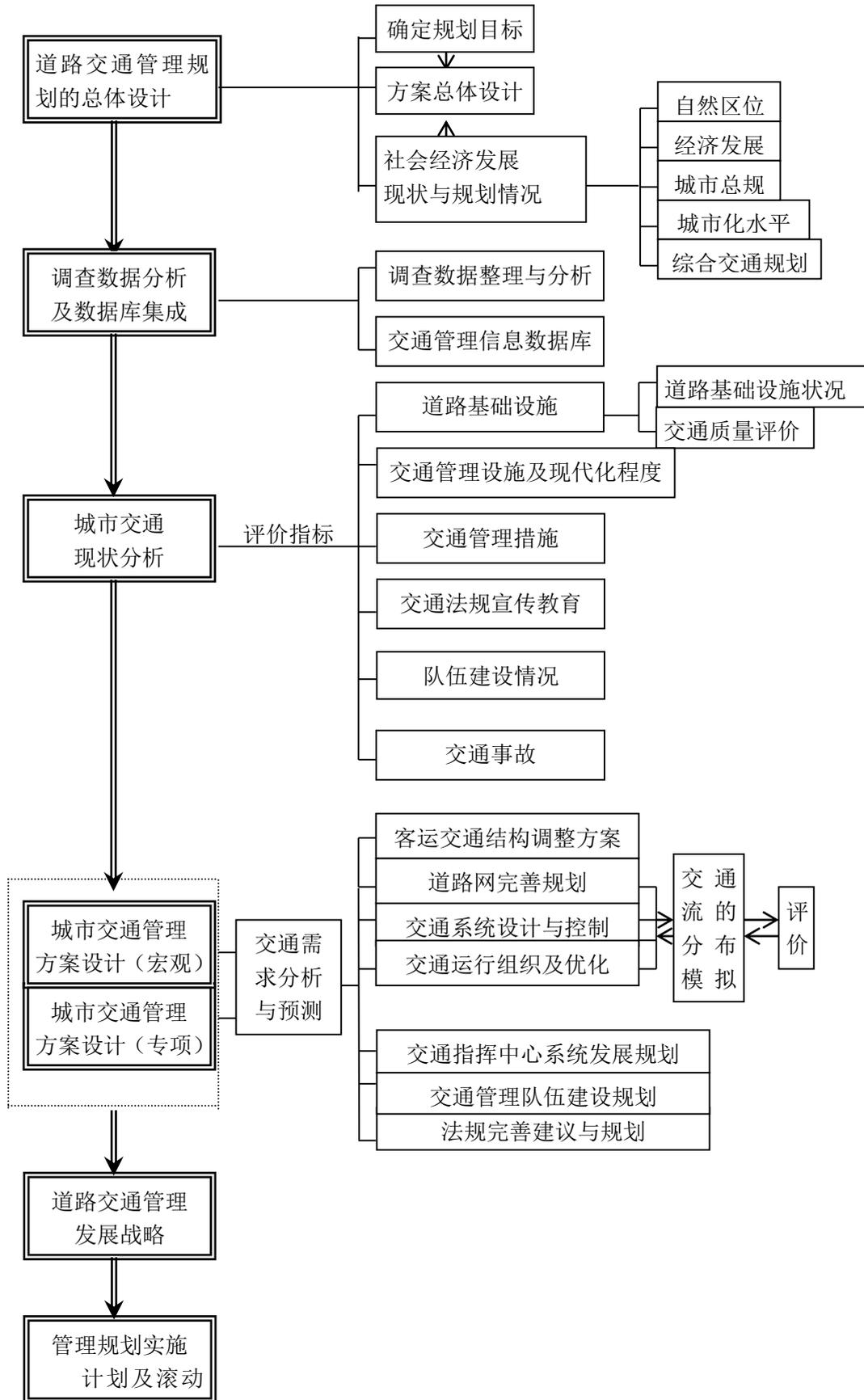
## 1 成果简介

### （1）交通影响分析（交评）

对于各种类型的建筑，交通影响分析的方法是不同的，但是基本流程和步骤是相同的。一般的交通影响分析的流程大概分为以下几个步骤：收集资料、确定研究范围、确定预测年限、现状调查及分析、交通量的预测、交通影响评价、交通诱导系统、结论。

### （2）道路交通管理规划

道路交通管理规划涉及调查数据分析及数据库集成、现状分析与问题诊断、交通需求预测、交通流组织优化方案、静态交通管理方案、交叉口渠化、公交发展及规划建议、交通标志标线设置、交通需求管理方案、交通事故与安全教育对策、交通法规及宣传教育计划、交通指挥系统建设规划、交通环境影响对策、交通管理发展战略、规划的实施计划与滚动发展等多项内容。技术流程如下图所示。



上图 道路管理规划技术流程图

## 2 应用说明

清华大学承担过北京百环家园、北京购物中心、大连港大窑湾港区、北京 CBD 国贸等几十项交通影响分析项目以及大连、杭州、顺德、营口、四平、长春、鞍山等十余城市的道路交通管理规划。

## 3 效益分析

为各城市交通管理工作提供良策。

## 4 合作方式

商谈。

## 5 所属行业领域

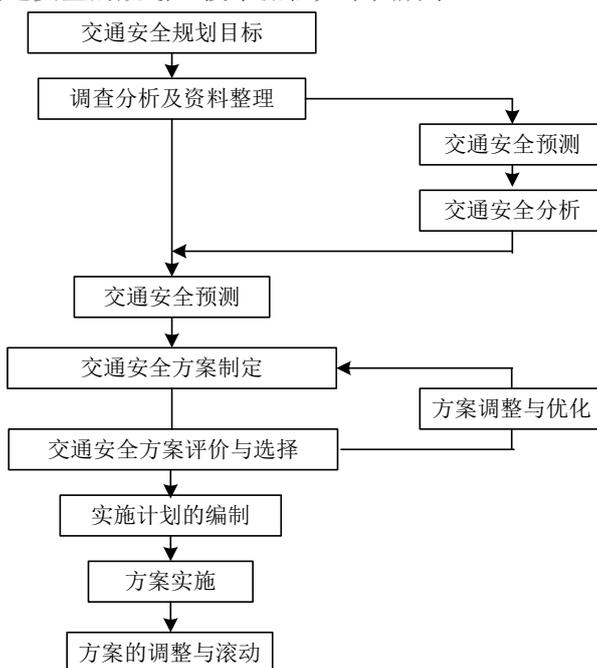
交通规划领域。

# 道路交通安全规划与安全审计

## 1 成果简介

### (1) 道路交通安全规划

针对城市交通带来的安全问题，从问题的分析入手，在事故预防、事故处理、事故服务等多角度提出城市交通安全的规划。技术流程如下图所示。



上图 道路交通安全规划技术流程图

道路交通安全规划一般包括交通安全调查与分析、交通安全现状分析、交通安全发展趋势分析、道路交通安全设施系统规划、交通安全管理规划、交通安全保障规划、交通安全规划的实施与滚动发展等。

### (2) 道路交通安全审计

清华大学承担的道路交通安全审计项目经过一年的调研与研究分析，提出了相应的项目成果。

### 1) 我国城市道路交通安全评估（审计）指南

- 对城市道路交通安全评估的定义、目的、指南适用范围、评估周期与时间、评估内容要求进行规定与说明。

- 提出了道路交通安全评估 8 大基本步骤，并对每个步骤需要评估的内容进行详细的分析与规定。

- 对道路交通安全评估中的关键技术进行了研究。第一，提出了道路交通安全风险图的绘制方法与目的；第二，将道路交通安全评估等级划分为 2 大类共 6 个等级。

- 提出了道路交通安全审计表单。对城市现有道路从道路网络与功能、交通工程设施、交叉口渠化和信号配时、路段横断面构成、转弯半径、照明等道路工程状况、道路使用者的交通行为特性（尤其是行人、自行车利用者等）、道路两侧的土地利用与交通环境等进行道路交通安全评估工作。安全评估通常采用评估单进行操作记录和分析，分评估主表单和分表单。

### 2) 我国城市道路交通安全评估工作机制

对国家层面的领导工作机制、城市层面评估组织工作流程提出了相关的建议。

### 3) 盘锦、锦州、辽阳三城市道路交通安全评估

项目目标在于论证评估路网的使用效益及应用潜力，发现盘锦市的交通安全隐患，对交通安全状况的改善和安全管理提出建议及实施方案，从而减少盘锦市交通事故的发生数量，提高交通安全水平。

三城市交通安全审计将整体性和具体性、科学性和可实施性进行双重结合，从宏观和微观、策略和措施两个层面给出了改善交通安全状况的建议和具体方案。

方案最终以文档和图集两种形式展现。针对问题的方案内容包括道路基础设施完善，公交优先措施保障，标志标线、护栏、交通安全岛等交通工程设施完善，智能交通管理系统建设，交通管理措施强化，人行过街设施、人行道系统完善等多方面内容；方案的实施对象涉及三条道路的每条路段和每个路口。

该项目以基础设施为切入点，综合考虑了影响交通安全的人、车的行为因素，并以提高交通参与者交通安全意识和交通文明素质为制定方案的目标之一，切实达到了提高盘锦市交通安全水平和市民素质的目的。

## 2 应用说明

清华大学承担过沈阳、济宁等多个城市的道路交通安全规划。

此外，我们在制定出我国第一部关于城市交通的《道路交通安全审计手册》后，针对盘锦、锦州、辽阳三个城市为代表进行了详细道路交通安全审计工作。

以盘锦市道路交通安全审计工作为例进行介绍：

### (1) 规模

- 首先从城市总体着手，明确城市和城市交通总体特点及存在问题，针对问题，在深层挖掘其原因的基础上从交通基础设施建设、交通管理设施建设、交通政策建设及交通安全教育建设等方面提出解决思路和总体对策。

- 在解决思路和总体对策的指导下,在以专家式踏勘为手段对道路及其周边环境进行全面了解的基础上,针对盘锦市的交通走廊泰山路、双兴路、辽河路,总长约 30km 的三条南北主干路的交通安全问题作了详细的交通安全检查报告,并且分别制定了具体的、可操作的交通安全改善方案。

#### (2) 具体任务

- 实地踏勘和现场调研。
- 鉴别交通走廊(泰山路、辽河路和双兴路)。
- 提出针对每条交通走廊的详细的道路交通安全检查报告(包括基础设施、公交系统、交通工程设施、交通管理、人、车在道路上的行为等问题)。
- 制定相应的解决交通安全问题的补救性行动计划。
- 编制详细的实施计划和检测行动计划。
- 制定开展面向城市交警和其他相关决策者的培训计划。

### 3 效益分析

为各城市提高道路交通安全水平提供了良好措施和规划方案,同时可以较大程度缓解各城市严峻的交通安全形势。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

交通规划领域。

## 常规公共交通系统专项规划

### 1 成果介绍

在对公共交通系统现状分析的基础上,结合公交发展战略,从公交线网、枢纽布局、公交设施、公交优先措施等方面提出规划方案。

### 2 应用说明

清华大学承担过济宁公共交通专项规划以及上述综合交通规划城市的公共交通系统专项规划。

### 3 效益分析

有力地推动了公共交通优先发展战略的实施以及城乡交通一体化进程。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

交通规划领域。

# 环流分析水中活性磷检测仪

## 1 成果简介

我国水污染事故频发,以富营养为主。现有的大型监测系统成本贵不能实现多网点监控,因此无法准确地查找出污染源头,导致事故发生,并无法迅速采取恰当的应对,是产生重大经济和环境损失以及负面国际影响的主要原因。为维护水环境安全,保障人民生活和生产,需要一种小型化、低成本、高布点、环境友好的水体营养元素预警系统。

环流分析技术是近近年来兴起的新型分析方法,结构简单、化学反应完全、具有小型化特点。课题组从2012年开始从事水纹研究,掌握了环流分析技术,创新性开发出基于环流分析技术的水质监测平台,并研发出活性磷检测仪,填补了基于环流分析技术的小型检测类型的仪器的空白。该仪器的特点如下:

- 自动取样,自动测量;
- 程序设计人性化,可以灵活修改程序;
- 可以灵活增减监测参数;
- 仪器结构简单、能够进行完全的化学反应、重复性高。

上述优点表明该仪器既适合在线实时监测,也可以作为监测车和实验室的专用仪器。查新表明,该仪器在国内外具有较高的先进性。

仪器参数:

- 检测精度达到 1ppb;
- 检测时间 20min;
- 外形尺寸高 30cm,直径 15cm;
- 使用的化学试剂量是国标的一半。



图1 环流分析水质监测平台模型图

## 2 应用说明

水污染问题是我国近年来所面临的一项急需解决的难点问题,目前,国内水质监测主要依靠传统的水质监测站,其占地面积大、建设成本高,监测站点相对较少。本仪器具有空间布点密度大、建设成本低、监测频率高等优点,能够实现水质的一个预报及监测功能。

## 3 效益分析

由于目前国内尚无同类产品,而污染监测和溯源的需求比较迫切,因此本仪器具有较大的推广空间。本仪器价格每条约 50 万元。而本仪器运行稳定、灵敏。总体上,仪器成本低,维护省,快速,运行费每月在 3000 元左右,具有明显的经济和技术优势。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

能源环境。

# 城市电网电能质量综合治理

## 1 成果简介

随着近些年来我国电力事业的快速发展，装机容量的大幅度提升，供需矛盾已经逐渐不再是电力系统发展的主要矛盾。电网中非线性负载、冲击性负载和不对称性负载不断增加，同时，信息时代各种精密、敏感的生产设备对传统的电网电能质量提出了更高要求，这些都使得电能质量成为日益凸显的主要问题。大型城市电网一般是负荷集中区域，近年来，各类微电子、半导体、生物医药、精密制造、大型金融数据中心等敏感用户对电网的供电电能质量提出了更高要求。对供电企业而言，电能质量问题既是挑战，也是机遇，电网中大量敏感负荷也是供电企业潜在的高端用户，对高品质供电有着强烈需求。

本课题立足深圳电网当前面临的实际问题和迫切需求，主要开展大型城市电网供电电能质量规范体系的研究、重点区域电能质量问题的分析与治理方案研究、敏感用户高品质电力需求分析与对策研究、电能质量治理装置柔性控制、新型拓扑结构和容量优化等关键技术研究，实现方案定制、装置研制与工程示范，为深圳电网重点区域和敏感用户的电能质量综合治理提供理论依据和技术支撑，对全面提高大型城市电网的电能质量和提升敏感用户的电能体验具有积极的示范作用及推广意义。

对深圳电网电能质量突出区域进行调查研究与分析，首次完成深圳市 2010—2012 年电能质量暂态事件分析，绘制了十二个中心站的 ITI (CBEMA) 图表，并结合调度数据分析了电压暂降事件原因；通过对多家电能质量敏感用户的调研走访，完成了深圳电网高品质电力需求分析研究，建立了电能质量污染对高品质需求客户影响的评价指标，完成了深圳干扰源与敏感客户分类指引及抗干扰措施指引。

建设了 110kV 碧岭变电站 10kV 动态电压恢复器示范工程，研制了国内容量最大的 10kV 动态电压恢复器 (DVR)，首次实现区域范围内电压暂降问题的综合治理示范，可同时治理变电站大供电范围内多个敏感负荷的电压跌落问题。所研制 DVR 采用自取电方式，较储能方式降低了硬件成本和控制复杂性；采用级联 H 桥结构直接耦合至中压线路中，可有效解决变压器耦合方式中变压器非线性及饱和所带来的问题。采用分相判断投切晶闸管，分相容量限幅和分相补偿控制，确保了装置灵活性与安全性。装置补偿容量 5MV，综合效率大于 96%，电压补偿深度：三相跌落 70%，单相跌落 55%；输出电压谐波：THD 小于 5%；动态响应时间小于 5ms。



研制了中国首个统一电能质量调节装置 UPQC 工业级产品，实现用户侧多种电能质量问题的差异化、定制化综合治理示范。直流侧采用超级电容+电解电容组合的形式，避免了系统因电压跌落能量不足导致系统电压跌落更深，甚至系统完全瘫痪的问题。提出了 UPQC 运行模型的无缝切换及串并联侧协调控制策略。解决了普通装置无法解决的电压暂升情况下的能量回馈电网问题。建设了深圳长城开发科技股份有限公司电能质量综合治理示范工程，装置电压等级 380V，补偿容量 500kVA~2MVA，综合效率大于 96%，电压运行范围  $\pm 20\%$ ，电流谐波补偿能力 THD 小于 5%，功率因数大于 0.97，不平衡补偿能力大于 80%，动态响应时间小于 5ms。

## 2 应用说明

10kV 动态电压恢复器已在碧岭站安装完成，UPQC 已在深圳长城开发科技股份有限公司安装完成，两套装置均经过了权威第三方的检测（国家电控配电设备质量监督检验中心/天津天传电控设备检测有限公司）。

## 3 效益分析

(1) 对电力公司来说，可以全面掌握深圳电网的电能质量状况，定量分析电能质量对供电网和用户的影响，规范配电网电能质量监测和治理措施。针对深圳电网主要面临的电能质量问题，选取合理的综合治理方案，提高用电安全性和电网稳定性，使发电效率和经济效益均得到有力保障。

(2) 对用户来说，可以得到更高的供电可靠性和供能质量，良好的电能质量保障了其生产安全与产品质量，保障了科学实验的正常进行，降低了能耗，避免了经济损失。

(3) 对全社会来说，深圳电网电能质量综合治理研究与工程示范的建设运营，对改善深圳电网电能质量现状具有现实意义。对全国大型城市的用电质量提升起到了积极示范和指导作用。推广全国市场规模达到百亿以上。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

能源环境。

# 纤维乙醇联产 2,3-丁二醇工艺

## 1 成果简介

木质纤维素是多组分物料，其结构较复杂，它由纤维素、半纤维素和木质素通过共价键联结成网络结构。木质纤维原料是地球上最丰富、最廉价的可再生资源。有资料表明，全世界每年的植物体生成量高达  $1.55 \times 10^{11}$  吨干物质，其中纤维素、半纤维素的总量约为  $8.5 \times 10^{10}$  吨。我国是一个农业大国，若能把大量的农业纤维原料及工业纤维废料中的纤维素、半纤维素经济有效地水解成可发酵糖，并进一步用于乙醇和其它化工原料的生产，这将有利于改善目前资源紧张，环境恶化的状况，对人类社会实现可持续发展具有重要的经济和社会意义。

目前植物纤维原料除部分用于木糖醇和糠醛工业外，其主要用途就是家用燃烧，造成很

大的浪费和污染。此外，木糖醇和糠醛工业也只利用了纤维原料中所含的半纤维素，而对其中含量更高的纤维素未加充分利用。本项目围绕植物纤维资源综合高效利用关键技术的集成创新，综合利用开发高附加值化学品 2,3-丁二醇和乙醇。主要针对普通酵母对半纤维素降解所得五碳糖利用率不高，底物利用率低现象，采用五碳糖高利用细菌将其转化成附加值较高的 2,3-丁二醇。此外，以残余的纤维原料为原料，开发纤维素酶生产、同步糖化过程，进一步将其转化为乙醇。

## 2 应用说明

乙醇广泛应用于饮料、食品、香精、调味品、医药和能源工业，在国民经济中占有较重要的地位，随着国民经济的发展，世界石油储量的锐减、环境保护工作的加强和车用燃料乙醇需求量的增加，乙醇的用途将更加广泛，对乙醇的需求量将与日俱增。

2,3-丁二醇 (2,3-butanediol) 是一种重要的化工原料。它是一种无色无味液体，可直接作为燃料，也可用来制备聚合物、油墨、香水、防冻剂、熏蒸剂、增湿剂、软化剂、增塑剂、炸药以及药物的手性载体等。2,3-丁二醇还可作为一个很有价值的化工中间体来合成其他化学品，如 2,3-丁二醇脱水可产生甲乙酮，甲乙酮的应用相当广泛，再进一步脱水可形成 1,3-丁二烯。2,3-丁二醇可通过 Diels-Alder 反应聚合生成苯乙烯。2,3-丁二醇与甲乙酮缩合并进行加氢反应生成辛烷，辛烷可用来产生高质量的飞行原料。

## 3 效益分析

由于植物纤维原料中的半纤维素大部分已经被转化成高值的 2,3-丁二醇相关产品，植物纤维原料单独生产乙醇工艺中木糖难以被酒精酵母转化为乙醇的难题也就自然被化解了。产出的木素和二氧化碳同样可以为企业工艺过程中所需要的能量和生产其它产品。初步的技术经济分析显示，2,3-丁二醇与乙醇联产工艺的酒精生产成本为 7000 元/吨，会略低于粮食酒精成本，具有良好的经济和社会效益。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

生物化工、生物能源领域。

# 微氧发酵丁醇新工艺

## 1 成果简介

由于传统化石燃料、煤、石油、天然气其不可再生性和日益枯竭以及受世界石油价格波动、全球环境破坏日益加剧等影响，积极发展生物燃料以替代化石燃料已成为许多国家提高能源安全、减排温室气体、应对气候变化的重要措施。

生物丁醇作为一种新型生物燃料，它可以和汽油以任意比例混合，具有比乙醇更高的热值，燃烧后能释放更多的能量，为发动机提供更大的动力；它还有比乙醇更高的辛烷值，可以提高内燃机的抗爆震性。这些优点，使得其可以作为替代汽油作为车用燃料的优良燃料。

目前生物丁醇的生产菌均是严格厌氧，且由于产物抑制，造成丁醇浓度较低，且设备投资较大。清华大学成功分离了一株共生菌系，可在微氧条件下利用葡萄糖，木糖，木质纤维

素水解液及淀粉等原料合成丁醇。采用专利技术，批式发酵丁醇浓度可达 19.8g/l。采用气提发酵耦合技术，可有效解除产物抑制，气提效率可达 93%。该技术已在 42L 发酵罐上成功放大。

## 2 应用说明



42L 发酵罐丁醇发酵



气提耦合发酵丁醇

丁醇是一种重要的有机化工原料，也是一种重要的四碳平台化合物，用途非常广泛，在硫酸的催化下能通过酯化反应生成邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、乙酸丁酯和丙烯酸丁酯(BA)等二元酸酯类化合物，它们广泛用作乳化剂、润滑剂、增塑剂和各种橡胶和塑料制品中；丁醇还能用于制造丁醛、丁酸酐、丁酸、丁酮和丁烷等化学产品；另外，丁醇还是抗生素、激素和维生素等药物、香料和油脂等的萃取剂，醇酸树脂等涂料的添加剂，又可用作印刷油墨和有机染料的溶剂和脱蜡剂。作为车用替代燃料,丁醇的热值比乙醇高 30%左右，挥发性只有乙醇的 1/6 左右，吸湿性远小于甲醇、乙醇和丙醇，具有适度的水溶性，腐蚀性低，安全性更高。由生物丁醇制备的生物航煤还可用于航空燃料。

## 3 效益分析

微氧生物丁醇生产技术无需厌氧设备，整个生产过程均在常规条件下进行，较传统的厌氧生产技术简化了操作，节约了设备投资，提升了整个生物丁醇生产过程的经济性。

## 4 合作方式

可以承担生物丁醇、生物航煤等技术服务；欢迎合作研究以及联合进行技术推广等。

## 5 所属行业领域

化工、能源领域。

# 木质素原料制备高效驱油用表面活性剂

## 1 成果简介

传统石油的开采过程分为一次、二次及三次采油。一次采油靠地层压力把原油喷到地面，采收率可达到蕴藏量的 20%左右；二次采油靠人工向地层注水、气或其它物质来维持压力，其采收率也可达到 15%左右。通过一、二次采油，还约有三分之二的原油滞留在油层中。我国石油部门的研究结果认为目前我国适合化学驱的石油储量占重要比例。在化学驱中，表面活性剂驱、ASP 三元复合驱等需使用表面活性剂，常用的表面活性剂包括石油磺酸盐、石油羧酸盐和烷基苯磺酸盐等，这些表面活性剂或者价格比较贵、或者抗盐能力不强，因此，

开发高效、低成本的表面活性剂对采用化学驱的三次采油具有重要意义。

木质素是一种廉价的可再生资源，木质素分子结构中含有多种活性官能团，可用于合成 EOR 表面活性剂。但是传统木质素磺酸盐因为不能与原油形成超低界面张力，不能作为驱油剂单独使用，只用作牺牲剂、或与其他表面活性剂复配使用。在本项目中，以木质素为原料，采用新方法合成系列高效两性驱油用表面活性剂。

本项目具有如下特点：

1、合理使用天然可再生资源，可提高来源于造纸等行业的木质素副产物附加值，制备性能稳定、廉价、可作为主剂使用的三次采油用表面活性剂。

2、表面活性剂产品性能易于调节、水溶性好，具有可生物降解、反应条件温和及工艺简单等特点。

## 2 应用说明

本项目的驱油用表面活性剂主要用于油田化学驱油使用。经检测，木质素基表面活性剂可以与大庆油田、华北油田和新疆油田的原油形成超低油/水界面张力 ( $<10^{-3}$  mN/m)，可用于三次采油中提高石油采收率。特别是该系列表面活性剂表现出较好的抗盐能力，部分表面活性剂甚至不需与碱复配，单独使用就可以达到超低油/水界面张力。

## 3 效益分析

采用化学驱进行三次采油，需要使用大量表面活性剂。木质素资源丰富，以木质素制备的高附加值驱油用表面活性剂，具有良好的社会效益和经济效益。

## 4 合作方式

可以承担木质素基驱油用表面活性剂的技术服务、转让或联合技术推广等。

## 5 项目所属行业领域

表面活性剂、油田化学、生物化工、生物能源领域。

# 石墨烯能源与传感应用技术

## 1 成果简介

石墨烯是一种典型的单原子层二维材料，具有独特的狄拉克电子结构、超高的载流子迁移率和浓度，在高速、高质量薄膜器件集成等方面显示出潜在应用优势。然而，本征石墨烯呈金属或半金属特性，限制了其在器件中的应用。本成果从石墨烯的可控生长及多维多尺度宏观结构组装出发，探索调控石墨烯电子结构的有效方法，推动其在纳米能源和传感器件中的集成与应用。

主要包括：

- 高质量石墨烯薄膜的大面积可控制备、转移工艺，及多维多尺度宏观结构组装技术；
- 开发了高效异质结太阳能电池和光电探测器产品，具有规模集成的纳米能源器件制造方法和工艺。太阳能电池转换效率超过 15%；光电探测器的灵敏度比同类商用光电器件高 3 个数量级，在保持同样光电流响应的情况下，其暗电流和噪声等效功率分别降低了 2 个和 3 个数量级；
- 开发了系列柔性传感器产品，及面向移动医疗可穿戴应用的传感器制造方法和工艺。不仅可探测应变、压力、扭转、有机物、声波等信号，还对多种微变形（包括损伤、振动等）

高灵敏度识别，具有与生理信息互联的特点，可监测和扫描生命体的生理状态，如脉搏、呼吸、心跳、语音等人体活动。

## 2 应用说明

基于石墨烯薄膜材料已成功应用于太阳能电池、超级电容器、传感器等器件，显示出优异的能量转换与存储性能、传感性能及良好的工作稳定性。另外，其多维多尺度结构可与其他纳米材料组成复合结构，在信息、电子、水处理、传感、光催化等领域具有广阔的应用前景。该项目的相关研究工作已申请国家发明专利 6 项，具有自主知识产权。

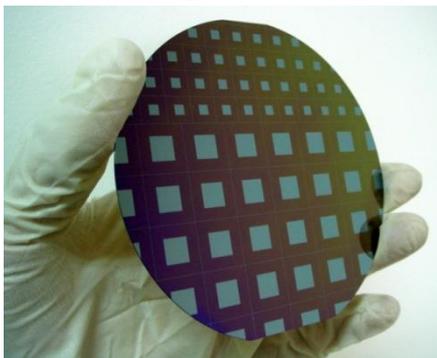


图 1 石墨烯光电器件

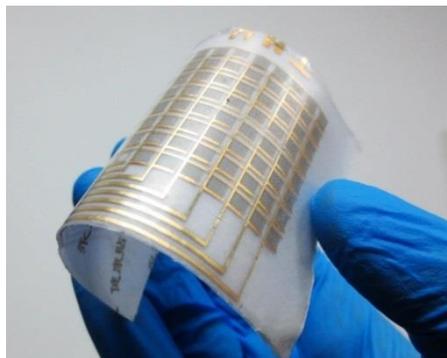


图 2 石墨烯柔性传感器

## 3 效益分析

目前，石墨烯在全球范围内逐渐形成稳定的产业化需求。从市场的需求潜力来看，石墨烯在应用上将逐渐扩大。随着技术研究及产业发展，石墨烯独特的力学与电学性能，将使其在国内外应用市场，特别是电子、新材料、航天军工等领域发挥重要的甚至是革命性的作用，产生规模经济效益。

## 4 合作方式

技术转让或合作开发、商谈。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 城市生物质废物清洁燃气技术及应用

## 1 成果简介

本项目以市政污泥、生活垃圾等城市生物质废物为对象，创造性研发了水热强化水解预处理、高级厌氧消化、深度脱水、热解气化以及沼气提纯等关键技术，形成了完整的产业技术链条，实现了技术装备 100% 国产化。创新性成果如下：

- (1) 强化水解预处理解决了生物质废物脱水难、降解性差的难题；
- (2) 高级厌氧消化技术实现生物质废物的高效转化；
- (3) 绝氧热解耦合能量梯级利用技术实现生物质能的充分利用和废物最小量化；
- (4) 沼气提纯技术实现生物质燃气高品位利用。



### 3 效益分析

#### (1) 经济效益

主要技术在近三年广泛应用，建设和运行生物质废物清洁燃气化设施 40 处，处理能力达到 385 万 t/年，年产生生物天然气 2.25 亿 m<sup>3</sup>，新增利润 6.9 亿元，新增税收 1.03 亿元。

#### (2) 环境效益

本项目大大降低资源浪费、环境污染和温室气体排放。

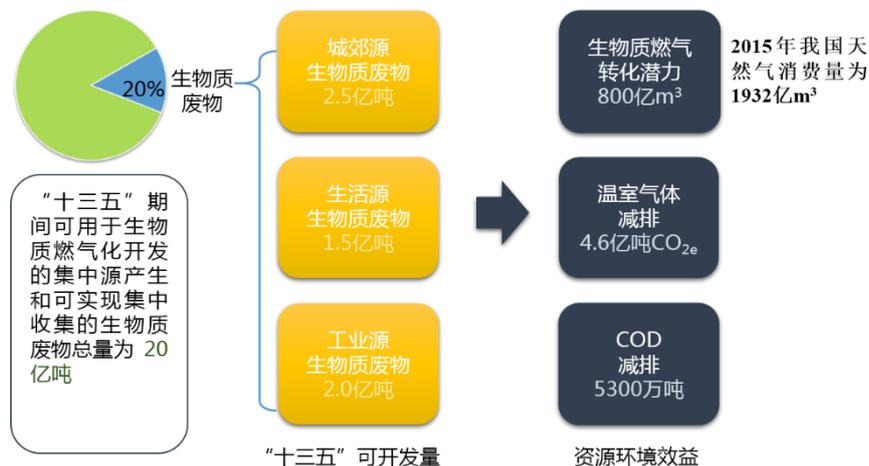


图 4 生物质废物清洁燃气化工程经济与资源环境效益

### 4 合作方式

本项目可以通过技术开发、技术转让、技术咨询、设备研发、通过城市生物质燃气产业联盟组织产学研用等形式开展合作。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 电网友好型风电场并网运行监控平台

### 1 成果简介

风电场并网运行控制平台包含风功率预测、风电场自动发电控制（Automatic Generation Control, AGC）、风电场自动电压控制（Automatic Voltage Control）等主要功能子系统，对内进行发电厂发电计划制定、在线实时控制等综合功能，对外配合电网进行 AGC、AVC 调度，实现风-火-水-储的优化互济运行，是建设电网友好型风电的核心技术。

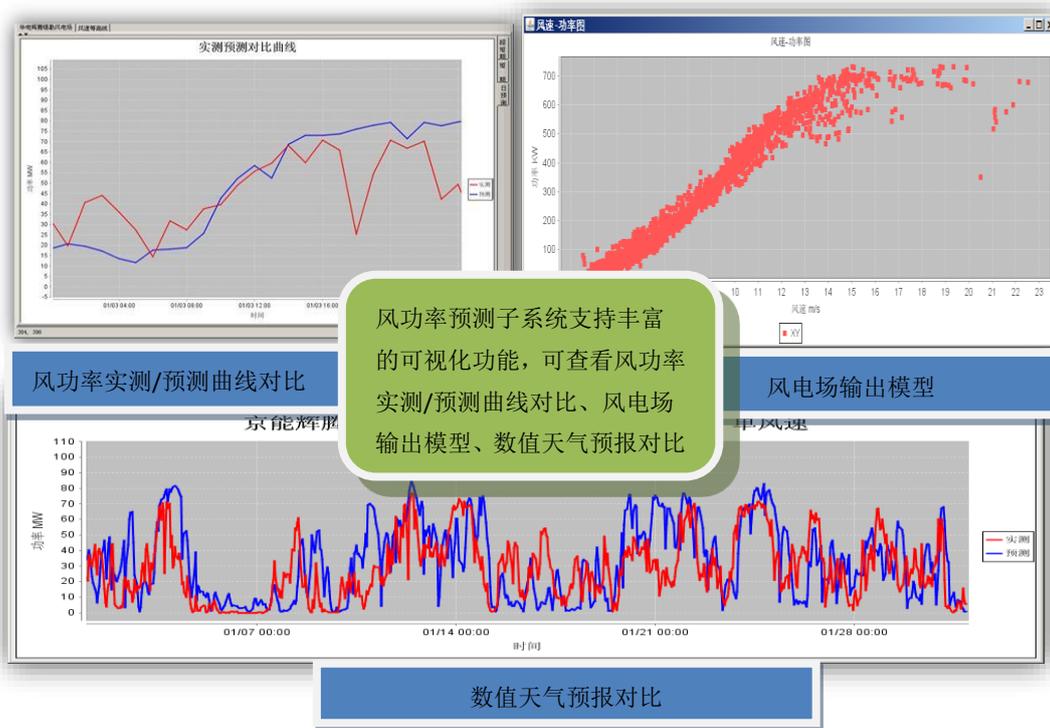
#### (1) 风功率预测系统

风功率预测系统包含功率预测、风电监视、数据分析、程序管理等四大功能子系统，满足风功率预测、实时风电监控、数据挖掘等综合性风电管理需求。



功率预测系统支持丰富的用户角色，满足预报员、调度员、管理员等不同角色用户的业务需求，提供具有针对性的后台模块与人机界面。

- 调度员：实时监视风电运行状态、在线调度风电运行等；
- 预报员：风功率曲线预报、模型训练、预测结果订正与自动发布等；
- 管理员：系统的扩容与升级、程序模块监视、日志管理等。



功率预测系统提供智能化预报员向导系统，确保系统随着数据积累，建立精度越来越高的预测模型。采用欧洲气象中心、中国气象中心的全球模式；采用 MMD5（美国）中尺度模式，生产数值天气预报。

功率预测系统对不同风场建立针对性模型，具有详尽的数据预处理功能，应对现场数据错误、缺失等复杂情况。系统可以智能分析系统误差，预测模型可选用定时训练更新或人工更新。系统按典型天气类型建模，对雨/雪/扬沙/低温等极端天气建模更加准确。

丰富、可靠、强大的数据中心是进行风功率预测、风电实时监控、风资源评估的基础。功率预测系统提供海量数据存储、快速查询、风资源可视化、数值天气预报分析、系统评价等综合性数据管理功能。

### (2) 风电场自动电压控制系统（AVC）

风电场 AVC 系统是一个在现有风机 SCADA 与升压站 SCADA 基础上，实现自动闭环、利用双馈风机自身无功调节能力满足风电场并网综合需求的监控管理系统。

从 2006 年起，国家电网对风电场并入点网点（Point of Coupling Connection，简称 PCC）的电压、无功与电能质量等提出了一系列要求，内容包括 PCC 电压偏差、电压波动范围、功率因数、谐波与闪变。随着我国风电建设深入、电网电压调整的需要，在风电富集地区的风电场将需要调整其电压参考点或无功输出值等以满足更高级的并网需求。考虑到风电场电压-无功调节特性的复杂性，依靠单一手段已不能满足要求，协调多种控制手段，以较低的调节成本达到理想控制效果是风电场电压-无功控制的必然要求。



风电场 AVC 系统的主要功能如下：

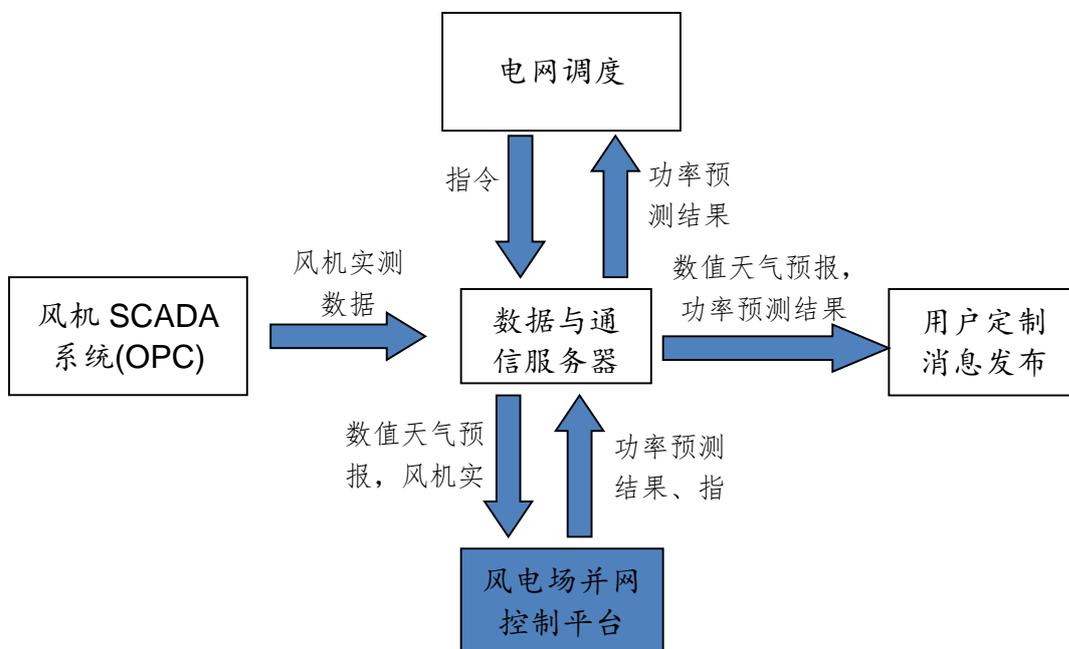
- 实时监控风电场并网点以及内部电网的电压和无功信息；

- 协调控制集中无功补偿设备、事件驱动的控制模式将减少控制设备的投切率，提高设备的使用寿命；
- 动态调节双馈风机功率因数，最快响应时间少于 100ms；
- 闭环控制系统，参与电网自动电压控制，减少现场工作人员的工作量；
- 改善局部电压质量和无功水平
- 保证风电场并网点的电压质量和无功的吸收；
- 保证风电场的电压稳定、降低配网网损。

## 2 应用说明

系统共包含：

- 数据与通信服务器，提供数据存储、实现与电网调度系统的通信功能。本系统通过风机厂商提供的 OPC 接口，采集风机实时数据。系统通过 OPC 接口获得与风机实测信息，同时上传功率预测结果、指令反馈等。此外，还可以按用户定制的消息发布通道，将用户关心的详细信息传递至指定地点（如发电集团的风电信息监视中心等）。
- 调度终端与维护，提供面向调度员的风电实时监视功能、预报向导系统、管理界面、风电场自动电压控制见识，同时供系统维护、升级使用。
- 标准化机柜（可考虑与其他系统共用机柜）。
- 网络交换机、路由、网线等网络配件。
- 风功率预测系统与风电场 AVC 系统可以分开单独配置。



上图 风电预测系统与外部系统的通信方式

### 3 应用说明

成果主要适用于电力行业相关企业，特别是与风力发电相关的新能源产业，如风电场、风力发电集团、电力调度中心、风机制造商与从事相关行业的科研院所。

### 4 效益分析

对风电进行功率预测、实时监控与在线控制是未来风电发展的必然趋势，可以全面提升电网、风电场、发电商等不同实体对风力发电的认知深度、调控能力与管理水平。对不同应用主体的效益主要体现在：

电网	风电场	发电商
解决风电大规模并网问题的有效手段	满足风电并网要求,配合电网调度	精细管理风电,发掘风场发电潜力
<ul style="list-style-type: none"> <li>制定发电计划</li> <li>优化电源组合</li> <li>电网阻塞管理</li> <li>在线电网调度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高上网小时数</li> <li>争取上网优先权</li> <li>降低弃风损失</li> <li>安排检修时间</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定年电量计划</li> <li>风资源后评估</li> <li>提高产能效率</li> </ul>

目前我国北方地区受电网调节能力限制,约有 1/3 风电处于闲置状态,利用风功率预测、增加风电可控性可在不增加额外设备投资的基础上,大幅度提高风电接纳能力。

据欧洲经验,利用风电功率预测,合理安排检修时间,可以增加上网电量 2~3%,对 100MW 规模的风电场而言,按风电上网电价 0.7 元计算,年约增收 42 万元。

电网对风电场并网点采取了严格的无功考核制度,华北地区某风场试运行结果表明,该风场在并联电容器检修期间投运风电场自动电压控制系统,不仅有效保证了风电场的无功水平,而且基本杜绝了风电场无功考核惩罚,整个系统投入后不到 2 个月即全部收回了投资。

### 5 合作方式

合作推广、技术转让。

### 6 所属行业领域

能源环境领域。

## 大气除霾技术及装备

### 1 成果简介

目前 PM<sub>2.5</sub> 颗粒所富集的有毒有害物质远比以前复杂多样,若干年后灰霾可能导致人们的不仅仅是越来越严重的呼吸道系统疾病,还会暴露什么奇异怪病很难预料。

目前人们所采取的室内空气净化方式,无论有无新风补给,仅能部分解决问题,前提还是按要求定期更换过滤材料或清洗净化单元,否则由于其可能成为藏污纳垢的场所而导致空气质量更差。外出,虽然可以佩戴口罩,不方便是其一,更主要的是口罩本身的过滤是否有效,佩戴一定时间后,由于呼出潮湿空气的滋生细菌,其综合效果如何?

大气除霾,由于其空间广阔、流动性强,有着远远大于固定污染源治理的难度。本课题组基于十多年对细微颗粒运动行为的研究,对 PM<sub>2.5</sub> 的物理化学性质、对其凝聚变大及被

吸附清除，从机理上有了更深入的认识。发现了颗粒自发平衡过程可以将无规则布朗运动变成定向迁移、所形成的“颗粒汇”效应，以及让净化装置主动去找污染空气的“反向相对运动”，可以有效地用于大空间污染空气净化。

## 2 应用说明

该技术可以用于以下几个方面：

### (1) 大气除霾

以小区为例，可以靠结合围墙的除霾屏风、或结合屋顶灯箱广告牌的除霾屏风、或建筑立面无窗外墙上贴附的除霾屏风、或结合道路侧面路标展板的除霾屏风、或结合小公园内景观构筑物的除霾屏风等等，实现该区域 PM2.5 浓度的降低。除霾屏风外观酷似一个铁笼子。只要除霾屏风（颗粒汇）布置的合理，无论小区外雾霾浓度多高，小区内总可以处于浓度分布盆曲线的盆底，污染程度至少减小两个等级。

当然，更有效的除霾方式是利用飞艇悬挂、遥控飞行，或气球悬挂、下方机动车拖曳的主体是碳纤维材料的大型除霾网，靠相对运动在空间实现扫掠净化。

### (2) 大车间、大场馆空气净化

虽然属于室内空气净化，但由于其空间很大，一般很难有效解决细微颗粒问题。通常采用较多的方式，是靠合理组织送入新风和排出污染空气，但所需风量非常庞大。

应用本技术，可以靠布置在空闲位置或作为隔断的除霾屏风，或再配合移动扫掠的除霾网（此时不必悬挂，靠车载除霾屏风即可），能有效保障室内空气质量。

### (3) 消防

火灾中丧生的多数是因开始时烟雾窒息。布置在屋顶天花板的本技术装备可在烟感器动作时自动启动、在烟雾尚未充满屋顶向下侵入人们呼吸带高度时、快速吸附烟雾，为人们逃生和消防员处置提供宝贵时间。该装备没有风机等助火势的任何环节，平时还可用作室内空气净化。

### (4) 隧道空气快速清洁

无论是爆破施工、还是盾构机挖掘，整个深长隧道内都有高浓度的细微颗粒弥散在空气中。该技术装备可以一种变形清洁车的形式，工作时能控制整个隧道断面，缓缓前行时保证后面空气质量满足作业区空气质量标准。不工作时，收缩变小，停靠洞壁。

### (5) 室内空气净化

由于无需风机，不仅降低功耗、减小噪声，还使得相同净化效率时装置的体积变小、装置的形状灵活多样。如纱窗形式、壁画形式、花架形式等等。工作一段时间、效率降低后，取下用水冲洗，即可恢复初始效率。

## 3 效益分析

我国众多城市已存在严重的空气质量问题，相信该技术具有广阔的应用前景和可观的经济效益。

## 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

## 5 所属行业领域

环境、公共安全。

## 大型车间、场馆空气净化技术

### 1 成果简介

由于局部控制效率低、整体控制能耗大等原因，大型车间污染空气净化一直是一个行业的难点。由于雾霾天气影响，室内训练的几率明显增大，然而室内空气也会变得越来越差。

我们基于细微颗粒存在很强浓度梯度扩散机制和净化设备相对于污染空气运动可高效净化的研究发现，利用十多年来在细微颗粒凝聚技术、极化荷电技术研究方面的积累以及成熟的静电吸附技术，可以实现诸如大型生产车间、大型体育场馆及大型展览场馆等的污染空气净化，使室内空气质量明显提高。

### 2 应用说明

根据车间、场馆结构，以及污染空气源的分布特点，选择净化装置的布置位置及形式。净化装置可布置成工位隔断、车间隔断、更衣间围挡、训练位隔断、广告展示牌、展位屏风等形式。

### 3 效益分析

人们法制观念的增强，使越来越多工厂决策者开始关注国家对车间空气质量限制的法律法规，极力避免职业病的发生。人体训练时活性增强、血液循环加剧，这无疑会大大增加细微颗粒富集有毒有害物质对人体的侵害。总之，大型空间室内空气净化，是一个急需考虑的方向。而由于目前尚无成熟技术，该室内空气的汇流净化技术，备受关注。

### 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

### 5 所属行业领域

环境能源领域。

## 小区除霾技术

### 1 成果简介

类似于分子布朗扩散，研究发现细微颗粒（PM<sub>2.5</sub>）存在很强的浓度梯度扩散机制，即使在无风的情况下，净化装置可以清除远离它的空气中的PM<sub>2.5</sub>；与传统把污染空气收集、风机加压、管道输送到净化设备的方式不同，新材料的普及可以实现净化设备主动去找污染空气的相对运动方式，从而实现敞开大空间污染空气的高效净化。

基于上述两点研究发现，利用十多年来在细微颗粒凝聚技术、极化荷电技术研究方面的积累以及成熟的静电吸附技术，可以实现诸如住宅小区、公园、广场等一个区域的污染空气净化，使雾霾从重度变为中度或轻微。

### 2 应用说明

针对小区地理环境、区域面积以及希望净化程度，可以在几种净化方案中选择一种或多种，也可就其中某种净化方案，选择简单或强化方式。可选择方案有固定于地面的类似于铁笼子的除霾屏风、结合景观的构筑物、可升降移动的除霾网及类似于垃圾清扫车的除霾车。

### 3 效益分析

室内空气净化，终究是一种被动的保护措施，而且，如果不能做到要求的定期更换和清洗等，本来的净化装置却成为了藏污纳垢的污染源，而这种二次污染，又常常由于让普通颗粒富集细菌变得危害更大。区域空气净化无疑是一种更可靠更经济的保护措施。

诸多地区都存在严重的空气质量问题，而尚无能控制大面积的高效、可行的净化技术。因该技术实施简便、初投资较低、运行费用较低等，相信会有较大需求。

### 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 飞艇挂网除霾技术

### 1 成果简介

飞艇挂网除霾技术是飞艇悬挂凝聚吸附网除霾技术的简称。

尘霾正对人们的日常生活产生着越来越严重的影响，而由于其空间广阔、流动性强，又有着远远大于对固定污染源治理的难度。

基于十多年对细微颗粒在电磁流体场中运动行为的研究，对 PM2.5 的物理化学性质、对其凝聚变大及被吸附清除，从机理上有了更深入的认识。目前已成熟的飞艇挂网除霾技术，可望对城市上空、城市楼宇间大范围的尘霾实现高效率清除。

### 2 应用说明

远看酷似一张大网的凝聚吸附网，是具有足够宽度和高度、厚度约为 2 米、可创造出需要的电磁流体场的凝聚吸附装置。该装置工作时，可实现细微颗粒凝聚变大及被荷电后吸附到拟定表面，从而被从空气中清除。该凝聚吸附网所掠过的空间，其空气得到高效净化，PM2.5 去除率可达 95% 以上。

凝聚吸附网采取碳纤维等轻型材料制造，其中极板采用格栅结构。

针对楼层上空，采取飞艇悬挂凝聚吸附网的方式，凝聚吸附网的供电、升降及移动靠上方飞艇控制。

针对楼层中间，在没有高压线等障碍的区域，为降低运行费用，采取气球悬挂凝聚吸附网、下方机动车拖曳的方式。凝聚吸附网的供电、升降及移动靠下方机动车控制。

无论是飞艇，还是凝聚吸附网，都采用可靠的安保措施。

通常可能不是单一飞艇工作，而是一个飞艇编队。以北京为例，飞艇编队从北向南，东城区上空干净了，再从南向北，西城区上空也干净了。虽然干净过后，由于有风或梯度扩散，会从其他地方飘过来一些尘霾，但上空的颗粒数量在减少，地面的颗粒数量也在减少。只要保证足够的飞行时间和距离，必将还人们一个清洁的空气环境。

### 3 效益分析

我国众多城市已存在严重的空气质量问题，而尚无可行的净化技术。配备可靠的安保措施（无论是飞艇还是气球都可很方便地控制及在特殊情况下降低其影响，如自动泄气等。而

且,随着高度的增加,其上升的浮力在减小,不会存在飞艇或气球上升去撞飞机的可能性),且关乎民生问题,相信民航等部门会允许飞艇工作。即使由于航空管制,有些城市可能难以采用该技术,还有很多其他不受限制的城市亟需提高空气质量。所以,对该技术的需求应该很大。

#### 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

#### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 机场除雾技术

### 1 成果简介

大雾导致客机不能起降给乘客带来的麻烦和给机场带来的损失是巨大的,而由于机场及其上方空间广阔、水雾扩散性强,有效除雾的难度同样也是巨大的。

雾滴颗粒有着与细微固体颗粒基本相同的荷电特性,以及在电磁流体场中的运动行为。特别是考虑到雾滴粒径大,分布高度小的特点,基于十多年对细微颗粒凝聚变大及被吸附清除研究形成的除雾技术,可望对机场及其上空雾滴实现高效清除,从而大幅度降低大雾对航班的影响。

固定位置除雾利用浓度梯度导致的自发平衡过程、无规则布朗运动变成定向迁移的原理设置除雾屏风。移动除雾利用使含雾空气进入净化车净化,或使净化装置向污染空气相对运动的扫掠方式设置除雾网。

### 2 应用说明

采用固定位置除雾和移动除雾相结合的方式,应该是更有效的除雾措施。在机场边缘及机场内适当位置布置除雾屏风,再辅以除雾车或除雾网。除雾网由飞艇悬挂受控飞行,或气球悬挂、下方再由机动车拖曳的方式移动。

### 3 效益分析

除雾不影响机场运行,也不存在安全隐患。因此,该技术一定能受到机场的欢迎。

#### 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

#### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 高速公路除雾技术

### 1 成果简介

大雾导致高速公路封闭给乘客带来的麻烦和给高速公路运营商带来的经济损失是巨大的,而由于高速公路及其上方空间广阔、水雾扩散性强,有效除雾的难度同样也是巨大的。

雾滴有着与细微固体颗粒同样的荷电特性，以及在电磁流体场中的运动行为。基于十多年对细微颗粒凝聚变大及被吸附清除研究形成的除雾技术，可望对高速公路上的雾滴实现高效清除，从而大幅度降低大雾对高速公路的影响。

## 2 应用说明

将高速公路隔离带设置成除雾装置，必要时再辅助车载除雾装置在高速公路上行驶可使控制范围内的雾滴被清除、提高能见度。

隔离带除雾装置貌似一段铁笼子隔断，内设凝聚吸附电极。靠高速移动机动车对空气产生的压缩和诱导实现含雾空气进出净化装置。

车载除雾装置实现凝聚吸附电极向含雾空气的扫掠净化或含雾空气被吸入除雾装置，净化后排出，由此降低空气中的雾滴浓度。

## 3 效益分析

全国有众多的高速公路常常因大雾封闭，除雾装置造价又不高，相信高速公路运营商会为了提高高速公路的利用率和自身收益购置除雾隔断或车载除雾装置。

## 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 除霾/除雾车

## 1 成果简介

尘霾正对人们的日常生活产生越来越严重的影响，而由于其空间广阔、流动性强，存在着远远大于治理固定污染源的难度。

大雾导致机场和高速公路封闭给人们出行带来的不便和给运营商带来的经济损失巨大，但由于水雾空间大、流动性强，治理难度同样巨大。但由于雾滴粒径比 PM2.5 大约一个数量级，且水雾高度远比灰霾高度低，相对来讲，除雾的难度要比除霾小。

基于十多年对细微颗粒/雾滴在电磁流体场中运动行为的研究，对 PM2.5 颗粒/雾滴的物理化学性质、对其凝聚变大及被吸附清除，从机理上有了更深入的认识。目前已成熟的除霾/除雾车技术，可望能像城市垃圾清扫车清理地面垃圾一样对空气中的尘霾实现有效清除，能像神话盾构机挖掘山体一样在机场和高速公路上开出一条无雾隧道。

## 2 应用说明

除霾/除雾车主体是利用了细微颗粒凝聚技术和吸附技术的净化设备，经过该设备的空气中的尘霾/雾滴被高效清除。为增大控制区域，净化设备配备循环风机。含灰霾颗粒或雾滴的空气从下部吸入，净化后从上部吹出，在压差作用下空气循环。所行驶过的路线上，约 3-5 倍宽度和高度区域中的颗粒和雾滴被有效清除（该高度已超过大雾高度）。

## 3 效益分析

虽然相对于庞大的城市上空空间，除霾车循环风所掠过净化的空间过于渺小，而且虽然由于刮风或扩散导致除霾车循环风掠过的本是 95% 以上净化效率的空间，过一会儿看上去

就不明显，但空气中的尘霾确实在减少，人们还是能经历到它的实际效果。而且，除霾涉及民生问题，相信除霾车有着广阔的应用前景。

机场除雾车不一定要在跑道上净化，不妨碍客机停靠、移动、起飞降落的任何其它地方都可以移动除雾，靠扩散机制提高能见度。适当数量的除雾车的工作，可以保证机场无需关闭，相信运营商会感兴趣。

高速公路除雾车的移动速度不及高速行驶的过往车辆，工作时可能在其移动的车道上会对后车有一定阻挡，但相信后车司机绕行除雾车时的烦恼远远小于被堵在收费口或不得不去绕行乡间公路。因此，高速公路运营商会选择不大的一次性投入，而保障源源不断的过路收费。

#### 4 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

#### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 隧道/地铁空气快速净化车

### 1 成果简介

独头掘进的深长隧道、坑道、地下人防工程及国防工程等无论是爆破施工或挖掘施工，还是后续渣石清运，以及后来在正常使用时，内部都会产生大量粉尘颗粒、烟雾和有害气体。传统净化方式有喷水降尘、鼓风置换、吸风置换、就地安装净化设备等。此时由于隧道深长，净化不仅难度大、设施投入大、功耗大，而且效率低下，影响工程进度和人员健康，即使有多个进排风口的地铁内一旦突发毒气事件，因排出毒气会影响附近民众，地铁隧道内的就地净化也显得尤为重要。

隧道空气快速净化车针对隧道空间封闭的特点，利用相对运动原理，将传统利用风机管道把污染空气送到净化设备的方式改为由净化车向污染空气进行相对运动。其工作时伸展空间变大，再辅以风幕遮挡隧道断面，净化车行驶过空间的空气得到净化。不工作（如渣石清运）时收缩变小，停靠洞壁，不影响其他工作。该车利用静电除尘原理和细微颗粒凝聚技术净化粉尘和烟雾，利用等离子体技术净化有害气体。

### 2 应用说明

该车用于深长隧道施工的粉尘和烟雾净化技术中，静电除尘技术是有着一百多年应用历史的成熟技术，细微颗粒凝聚技术是已试验成功的一项提高 PM2.5 净化效率的发明专利技术，如果同时用于净化有害气体，其利用的等离子体技术本身也是一项成熟技术。

目前我国正在大力发展铁路，深长隧道建设、地下施工更需要方便实用的内部高效净化技术；城市地铁目前可采用置换方式将有毒气体排到地面稀释，但若地面有风且附近有高密度住宅区，工作将受阻，可变形的隧道空气快速净化车将填补空白或是同类技术的优选。

### 3 合作方式

联合开发、填补国内外空白。

### 4 所属行业领域

能源环境领域。

# 轻、重颗粒（飘浮、悬浮颗粒）同时分离技术

## 1 成果简介

废水、污水及海水处理中经常存在同时分离重质颗粒和轻质颗粒的问题。液固分离的主要方法是离心和过滤，一般情况下，能靠离心分离解决，不采用过滤分离方式。这是因为采用过滤方式的系统复杂、运行阻力大，特别是处理细小颗粒时，返清洗频率高，降低生产率。

传统的离心分离技术一般情况下仅是靠颗粒和水的密度不同、产生的离心力不同，而将密度大于水的重质颗粒从水中分离出来。密度与水接近或密度小于水的轻质颗粒，只能依靠过滤方式分离。基于本项目研发成功的轻重颗粒同时分离技术所制造的广谱密度颗粒分离器，充分利用了离心力场的特点，能将密度大于水和密度小于水的颗粒同时分离出来。不仅如此，同时还利用了旋风分离器减阻技术，使该颗粒分离器的压力损失明显小于水力漩流器等同类产品。另外，采取空间交错布置形式，使该广谱密度颗粒分离器结构紧凑，占地面积小。

## 2 应用说明

与传统离心分离技术（如水力漩流器）相比，在分离重质颗粒效率相当（如 85%）的同时，还具有不低于 50% 分离轻质颗粒的能力。同时因利用了旋风分离器减阻杆减阻技术，该设备阻力比传统水力漩流器降低约 30%、节电约 30%。另外，采用双排高低错落布置形式，设备结构紧凑，处理能力每小时 1000 吨，设备最大外形尺寸仅为 2×1.45×1.68 米。



上图 采用双排高低错落布置形式的设备

## 3 效益分析

在化工、食品、建材、海水净化等多行业都存在轻重颗粒同时分离的问题，即使采用了水力漩流器，因轻质颗粒难于去除，致使过滤分离环节压力很大，成为限制生产率提高的瓶颈。采用广谱密度颗粒分离器，即使还需要配合过滤环节以进一步提高细微颗粒的净化能力，过滤环节的清洗频率及流动阻力都将大大降低，因而降低功率消耗，提高处理能力。

## 4 合作方式

技术转让或联合开发。

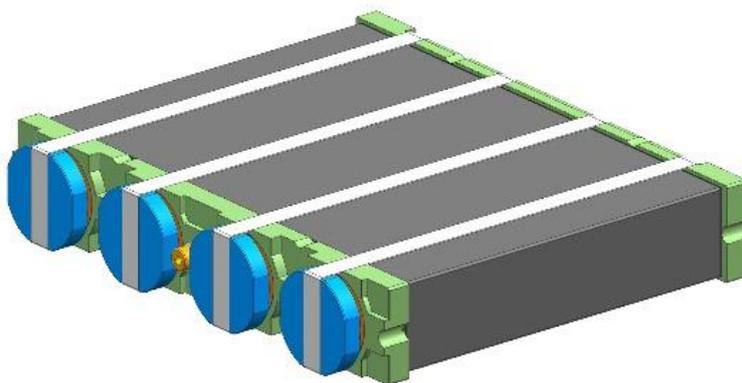
## 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 车用燃料电池电堆

### 1 成果简介

燃料电池（Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC）能将氢燃料的化学能通过电化学反应方式直接转化为电能，仅排放水，是一种环保、高效、高功率密度和大电流密度的发电装置，是最先进的能量转换技术之一，在零排放交通动力应用方面具有极其诱人的前景。燃料电池汽车被公认为是新能源汽车产业可持续发展重要方向，是解决全球能源短缺和环境污染的最理想方案之一。经过多年持续不断的研发，目前燃料电池汽车在国际上已经完成了技术和社会验证，开始进入量产时代。



上图为：燃料发动机核心——燃料电池电堆模块

燃料电池车的核心技术是动力电池组即燃料电池电堆模块。清华大学从 1994 年以来就致力于燃料电池电堆模块的关键原材料、核心部件、组堆工艺、系统集成以及应用基础的研发，是我国较早从事燃料电池研究的单位。先后承担了科技部 973 项目“氢能的规模制备、储运及相关燃料电池的基础研究（编号：G2000026400）”、科技部 863 电动汽车重大专项“燃料电池发动机（编号：2001AA501142）”、科技部 863 专题“千瓦级国产材料质子交换膜燃料电池的研制与开发（编号：2006AA03Z223）”、科技部 863 专题“新结构自增湿质子交换膜燃料电池技术研究（编号：2008AA05Z104）”、科技部 863 专题“基于新型聚苯并咪唑的交联型有机-无机复合耐高温质子交换膜制备技术（编号：2008AA03Z205）”、科技部 863 课题“基于低铂催化剂的燃料电池膜电极和电堆的可靠性与安全性研究（编号：2013AA110202-6）”等 10 多项国家项目的长期资助研发，清华大学已经拥有燃料电池原材料国产化技术、“热定型”膜电极批量生产技术、“模压”双极板批量生产技术、“模块化”电堆组装技术、75kW 大功率电堆技术以及低成本和长寿命技术等燃料电池电堆模块相关的多项技术成果，获得数十项发明专利授权，具备了完整的车用燃料电池电堆模块制造技术。集成的燃料电池电堆模块的性能、寿命和成本各项指标接近国际先进水平，如下表所示。

车用燃料电池电堆模块——主要技术参数

	类别	单位	指标
电化学性能	额定功率	kW	30
	额定电压	V	≥130V
耐久性	行驶工况寿命（10%电压损耗）	小时	≥5000

	无故障运行时间	小时	≥2000
冷启动性能	无辅助冷启动最低温度	℃	-30
	冷启动时间（低温）	秒	30
	冷启动时间（室温）	秒	5
动态响应特性	动态加载响应时间 （10%~90%额定功率）	秒	4
	动态降载响应时间 （90%~10%额定功率）	秒	3
环境适应性能	储存温度	℃	-40~60
	外界环境温度	℃	-30~45
	海拔高度	米	2000
机械性能	振动	g	6
	冲击	g	4

## 2 应用说明

我国从十五期间开始支持氢能燃料电池相关技术的开发。2006 年科技部制定了国家中长期科学和技术发展规划纲要，将氢能燃料电池列为重要发展方向。2011 年科技部确定了氢能作为先进能源优先发展。2012 年，国务院将氢能燃料电池列为国家战略性新兴产业发展规划。2013 年国家四部委联合发布《关于继续开展新能源汽车推广应用工作的通知》，在北上广等大城市布置了新能源汽车的应用数量，以及加氢站的建设数量等相关规划。2014 年国务院办公厅印发了《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》，采用以市场主导和政府扶持相结合的机制，建立长期稳定的新能源汽车发展政策体系。2015 年财政部、科技部、工信部和国家发改委联合发布了《关于 2016-2020 年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》，为支持燃料电池车的研发和生产，增大燃料电池车补贴，且 20 万的补贴金额将延续到 2020 年，这将有利于我国燃料电池汽车的市场化导入。2016 年底，四部委发布了“关于调整新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知”，鼓励企业加大对燃料电池车的研发投入，给予燃料电池车 20~50 万元的高额补贴，且电动汽车的补贴退坡加速，燃料电池车较高的补贴额度会逐渐弥补之前价格高的劣势，2017 年开始将实现中国燃料电池车的爆发式发展。

本项目利用国产原材料及先进的生产工艺生产的低成本、长寿命的车用燃料电池模块，符合国家大力发展新能源汽车战略性新兴产业的重大需求，其推广应用对节能减排和低碳经济具有重要意义。

## 3 效益分析

目前，国际各大汽车厂商都将 2015 年视为燃料电池车的商业化元年，我国燃料电池汽车将于 2017~2020 年期间实现燃料电池车大规模生产，作为燃料电池汽车最为核心的燃料电池电堆模块属技术门槛高的高科技产品，利润空间巨大。市场分析人士表示，作为新能源汽车的终级目标，燃料电池汽车发展前景广阔，燃料电池电堆模块在 2020 年的市场容量有望达到千亿美元。

## 4 合作方式

专利许可、成果转让、联合推广、产业技术开发等。

## 5 所属行业领域

新能源汽车或能源环境领域。

# 挥发性有机物（VOCs）及恶臭气体生物处理技术

## 1 成果简介

近年来，挥发性有机物（VOCs）与恶臭气体污染越来越引起人们的重视。VOCs 与恶臭气体的处理技术包括催化氧化、吸附、生物处理、低温等离子等。其中，废气生物处理的原理是利用微生物的代谢作用将废气中含有的烃类、硫化氢或氨等有毒有害物质转化为无害的水、二氧化碳、硫酸盐或硝酸盐等物质，从而实现废气净化的目的。废气生物处理技术在国外已经有 50 多年的研究和应用历史，在美国、欧洲各国、日本和韩国均得到广泛应用。国内从 20 世纪 90 年代开始研究废气生物处理技术，目前已广泛应用于不同行业（尤其是污水处理行业）恶臭和 VOCs 气体处理。国内外的研究与应用成果表明：与其他技术相比，生物处理技术具有效率高、投资运行费用低、工艺运行维护方便、二次污染小等突出优点，尤其适用于低浓度 VOCs 和恶臭气体处理。

本研究所是国内较早开展废气生物控制技术研究单位之一。多年来，针对废气生物处理技术领域的核心关键技术和科学问题，开展了系统研究和开发，在新工艺开发（紫外光氧化+生物过滤）和反应器结构优化、新型填料开发、高效菌种筛选和培育、营养盐配方和填料层堵塞控制等方面取得了大量创新性的研究成果，并已成功应用于污水厂恶臭气体、喷涂废气和炼胶废气处理。目前，我们在该领域已获得省部级奖 2 项（华夏建设科学技术奖一等奖、二等奖），获得国家发明专利 4 项，发表论文 60 余篇。



图 1 生物过滤除臭装置（4000m<sup>3</sup>/h，用于污水处理厂恶臭气体治理）



图 2 紫外-生物过滤装置（91800m<sup>3</sup>/h，用于喷涂有机废气治理）

## 2 应用说明

该技术适用于涂料与喷漆、有机原料及合成材料、农药、染料、石油化工、炼焦、制药、鞋厂、印刷厂、造纸厂、加油站、养殖厂、污水处理厂、堆肥厂等的 VOCs 与恶臭气体的处理，还适用于建材市场、家具城、批发城等大型公共场所的室内 VOCs 处理。

可处理的挥发性有机物主要包括脂肪烃（低级脂肪烃（汽油）、氯乙烷、氯甲烷）、芳

香烃（苯、甲苯、二甲苯、氯苯）、含氧有机物（醇、醚、酮、醛）、含氮有机物（胺）、含硫有机物（硫醇、硫醚）等。可处理的还原性无机化合物主要包括硫化氢、氨等。

目前本课题组成果已经在北京、江苏、广东、湖南、河北、河南等省市的废气治理工程中得到了成功应用。

### 3 效益分析

在处理低浓度的有机气体和臭气时，生物法的一次性投资是燃烧法的 1/3、吸附法的 1/8~1/5、化学吸收法的 1/3 左右；运行费用是燃烧法的 1/20、吸附法的 1/10、化学吸收法的 1/15。

### 4 合作方式

可以承担各类有机废气和恶臭气体生物处理的检测与评价、技术开发、可行性研究、生物处理工艺的设计、工程施工和运行调试等服务；欢迎合作研究以及联合进行技术推广等。

### 5 所属行业领域

环境能源领域。

## 电子废弃物防治技术与示范

### 1 成果简介

近年来电子废物的无害化管理和资源化利用已成为全球不同国家及特区面临的重要环境问题。针对地域狭小、电子废物产生集中的特点，本课题开展了此条件的电子废物污染防治与示范。

本研究成果包括废显示器移动处理设备和废线路板移动式处理设备，该设备是基于实验室研究成果及示范工程项目应用而建立的集显示器及主机拆解、CRT 屏玻璃与锥玻璃分离、破碎及锥玻璃清洗于一体的高效集成成套系统。

在技术创新方面，该移动式处理装置具有占地面积小，机械自动化程度高，操作简单、快速，安全程度高，系统集成一体化等特点。拆解后的线路板进入废线路板移动处理设备，该套设备对拆解-磁选-多级风选-静电分选处理流程进行了高度集成，达到废电路板资源化和提高环境质量的目标。在创新性方面，该移动式处理装置可自动完成废电路板的处理过程，操作一体化，省时、省力，进料完成后，只需对其进行监管措施即可完成整个破碎及分选过程，同时兼备占地小、人力需求量少、节省时间等多个优点。

### 2 应用说明

目前本课题开发的废显示器移动式处理装置和废线路板移动式处理装置已在澳门进行了示范，完成了部分电子废物的拆解与处置。

(1) 废显示器移动式处理成套工艺集成与示范



多功能拆解台



CRT 锥玻璃清洗机



CRT 锥屏除胶一体机



锥屏分离后的 CRT 锥玻璃和屏玻璃



清洗前锥玻璃



清洗后锥玻璃

### (2) 废电路板移动式处理成套工艺集成与示范



废电路板处理设备外观



废线路板处理的风选系统



废电路板处理设备监控系统



静电分选后的金属和非金属

### 3 效益分析

整套设备的处理能力为 125kg/h，年处理能力可达 50 万台整机。课题已申请国家发明专利 2 项，发表学术论文 6 篇，形成了电子废弃物控制领域有专长和影响力的技术研发团队，

所取得的成果具有较好的社会、经济效益。

#### 4 合作方式

转让或联合推广。

#### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 电路板绿色拆解及焊锡高效回收技术

### 1 成果简介

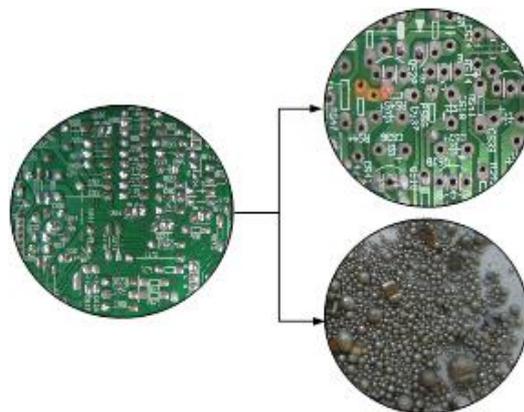
近年来，废旧家电拆解产生大量的废电路板，由于其含有丰富的铜、锡、金、银等贵金属，电路板的回收成为目前的电子废物循环产业领域关注的重点。对于废电路板的无害化及资源化研究，废电子元器件的高效剥离、焊锡的回收是当前产业面临的瓶颈之一。尽管目前存在针对废电子元器件的手工拆解、机械拆解、甚至高温焊锡拆解，但存在焊锡得不到回收、拆解效率低、二次污染大等问题。因此亟待筛选高度稳定性的加热介质，满足高温下不易发生氧化反应，也不易于金属发生化学反应，沸点高，高温不挥发且无毒等条件，同时重点考虑加热介质的循环利用特征。

绿色溶剂由于其显著的物理性能和化学性能就在许多领域得到了广泛的应用。对于废电路板的元器件高效剥离，将绿色溶剂引入到废电路板预处理过程，通过控制加热温度、提高液体的湍流程度和延长停留时间的方法提高分离和回收的效率。清洗后的绿色溶剂可通过蒸发等简单的物理手段回收供循环利用。

课题组从 2003 年开始从事电子废物管理及资源回收技术研究，在国家 863 高科技发展计划、国家科技支撑计划、环保部公益性行业科研专项、国家自然科学基金等项目资助下，开发了一系列的废电路板资源化回收技术。

相关技术特点（优点）介绍如下：

- 高效回收金属焊锡，避免混入后续工艺带来污染；
- 热介质离子液体加热过程可控性好，减少电路板处理过程污染物的释放；
- 热介质离子液体可重复使用。



### 2 应用说明

本研究已在国际权威期刊 *Chemosphere* 发表，并申请发明专利一项。该技术工艺经过了多次试验验证，焊锡金属可以得到高效的回收，避免了焊锡进入后续工艺带来污染，处理过程几乎无污染物释放，加热介质离子液体可循环使用 20 次以上。

### 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类技术，而废电路板资源化和焊锡回收对循环产业极为迫切，因此本技术工艺具有较大的推广空间。本技术相比于人工拆解和机械拆解过程，具有较强的经

济性。

#### 4 合作方式

转让或者联合推广。

#### 5 所属行业领域

环境能源领域。

## 动力锂电池快速剥离及锂钴短程资源回收技术

### 1 成果简介

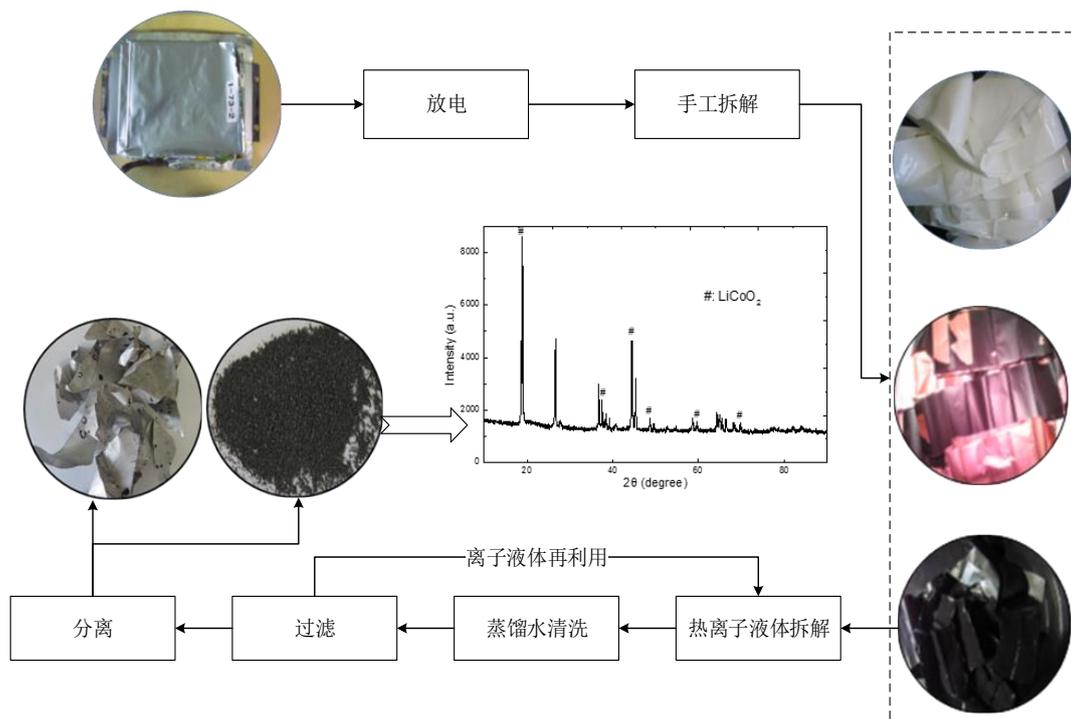
消费电子和电动汽车产业的快速发展导致了大量废锂离子电池的产生,其资源回收成为当前循环经济领域关注的重点。在现行的废锂离子电池的处理工艺中,已经形成了一些回收工艺,如破碎-筛分-磁选-粉碎-筛分-酸浸工艺、电池分类-拆解-酸浸-液液分离工艺、食盐水放电-粗碎-超声波清洗-筛分-浸提-过滤-煅烧工艺、放电-脱水干燥-破碎-筛分-浸提-溶剂萃取工艺等。但多数研究均针对消费电子产生的小型废锂离子电池,且工艺过程存在工艺冗长繁琐、潜在污染大等缺点。但在废锂离子电池资源化回收中的关键阶段,如铜铝和正负极材料的高效分离、正极材料的快速浸提、产物的有效分离,缺乏相应科学研究。

离子液体自产生以来,由于其显著的物理性能和化学性能就在许多领域得到了广泛的应用。本研究将水溶性离子液体引入到废锂离子电池预处理过程,将拆解得到阴极部分置于加热的离子液体中,可不必破碎废锂离子电池(尤其针对动力锂离子电池),减少手工拆解剥离、破碎超声分离、或者破碎 NMP 分离等处理环节,实现了铝箔和正负极材料高效分离。

课题组从 2003 年开始从事电子废物管理及资源回收技术研究,在国家 863 高科技发展计划、国家科技支撑计划、环保部公益性行业科研专项、国家自然科学基金等项目资助下,掌握了一系列的废电池资源化回收技术。

相关技术特点介绍如下:

- 通过热离子液体拆解,可回收高纯度的金属铝和铜;
- 采用草酸浸提处理回收钴酸锂材料,缩短了传统的浸提、沉淀回收工艺;
- 铜、铝金属回收率超过 98%,钴、锂金属回收率超过 95%。



## 2 应用说明

2009-2010 年，开发的废锂离子电池系统化回收工艺已在苏州进行了示范应用。2013-2014 年，利用离子液体快速拆解废锂离子电池和草酸回收钴酸锂材料的研究已在实验室内完成，金属铜、铝、钴、锂的回收率超过 95%。

## 3 效益分析

以处理 1 吨废锂离子电池，大概可回收有价金属铜 100kg、铝 100kg、钴 50kg、锂 25kg，粗略计算其经济价值约为 2.5 万元。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 电子废物资源化利用的成套技术和工程示范

## 1 成果简介

本项目针对目前我国电子废物规模化的回收处理企业较少、技术储备以及设备设施能力不足，缺乏成套的深度资源化利用技术的现状，研发出一批具有自主知识产权的废计算机类电子废物破碎分选、分离提纯、产品高值利用的关键技术和成套设备。其中，在废计算机类设备的拆解处理、废显示器类资源化处理工艺、废电路板拆解处理和组合资源化工艺以及废电池组合资源化处理工艺等方面均具有突破性进展，并形成了技术和设备的集成；在电路板热冲击破碎预处理技术和破碎设备专用刀具、锥屏分离专用设备等方面的研究达到了较高水平。

其中依托专题研发了废计算机设备类自动化拆解生产线以及专用工具和设备研发，实现规模化和高效率流水线作业模式，材料回收率达到 90% 以上，高于欧盟《电子废物回收处

理指令》(2005年)要求的75~80%;CRT显示器锥屏干法快速分离设备分离效率达2分钟/台,相比其他分离技术提高了2~3倍。其技术适应性强,设备造价低,操作简单;LCD显示器资源化处理技术和设备的研发,可实现汞灯管无损拆除、液晶的高效分离处理和镉金属的回收;基于改性的废电路板预处理技术和设备,可显著提高解离度达100%,实现铜金属回收率达到95%以上。其可有效解决废弃计算机设备的资源化回收利用问题,对环境无害化处理进行了有益的探索。其中在废电路板、LCD显示器、CRT显示器和锂电池处理技术方面取得了创新性的成果,为建立我国电子废物处理技术体系提供了示范。

## 2 应用说明

项目研发的废计算机拆解示范线、显示器类(包括CRT锥屏分离和资源化技术与设备,LCD资源化成套回收技术与设备)、废电路板拆解及其金属回收技术方法和设备、废锂电池的资源化回收技术方法和设备、相关环保设施等,在电子废物处理企业中进行了应用,并取得了良好的效果。本课题开发的锥玻璃再生利用资源化工艺技术方案与企业开展合作,开发了以CRT锥玻璃为原料的室内装饰玻璃工艺品。

(1) 废电路板金属、非金属高效解离技术-低温热处理装备的研发(低温真空电阻炉系统)



上图 箱式电阻炉



上图 圆形电阻炉

(2) 废电路板专用陶瓷刀具材料及专用涂层刀具的制备



上图 线路板破碎设备专用刀具

(3) 废CRT显示器屏、锥玻璃分离设备



上图 自主研发了自动缠绕电加热 CRT 锥屏分离方法及设备  
(可实现高效无损分离, 分离效率为 2 分钟/台)

(4) CRT 玻璃资源化产品



上图 废 CRT 锥玻璃资源化产品—笔筒等水晶玻璃制品



上图 废 CRT 屏玻璃资源化产品—节能环保材料-低密度泡沫玻璃产品

(5) LCD 回收处理关键设备



上图 自行设计研发的 LCD 拆解负压通风橱、真空炉和玻璃清洗机  
(6) 废锂电池处理试验装置



上图 锂电池超声搅拌清洗设备

### 3 效益分析

研究成果解决了典型电子废物资源化技术的关键问题以及电子废物污染环境的突出问题，为苏州市电子废物的问题提供了创新性和工程化的解决方案。在项目实施过程中，将研究成果建设成为生产设施和设备，已投入使用，取得示范效应，并产生了良好的经济效益，项目优势得到验证。

### 4 合作方式

转让或联合推广。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 新型水质污染预警溯源仪

### 1 成果简介

我国水污染事故频发，这些水污染事故以有机污染为主。现有技术不能迅速确定污染类型，因此事故发生后无法迅速采取恰当的应对，这是产生重大经济和环境损失以及负面国际影响的主要原因之一。为维护水环境安全、保障人民生活和生产，需要一种能迅速确定污染类型的、环境友好的水体有机污染预警技术。

荧光技术是近 20 年来兴起的新型分析方法，灵敏度高、适用范围广。污水和水体的荧光光谱是多物质产生的复合光谱，它们与水样唯一对应，被称为“水质荧光指纹”，简称“水纹”。该法在污染性质快速判断方面具有独特优势。荧光指纹是水样内蕴特征的反映，还携带了有机物总量信息，可作为新型的水质表征方法。课题组从 2003 年开始从事水纹研究，在清华大学基础研究基金、教育部科技重点项目、清华大学自主研究项目、国家重大水专项等项目资助下，掌握了数百种水纹，创新性开发出基于水纹比对的新型预警和污染识别原理，并研发出污染预警溯源仪。获得 2 项发明专利，第 16 届中国国际工业博览会高校展区二等奖。

该仪器主要用于饮用水源地、跨界断面、工业园区和污染源以及养殖场等敏感水体等城市和区域水安全关键环节的水质在线监测与预警，也可用于水厂的水质预警。

仪器功能：

- 实现水质在线监测与预警；
- 可以 20 分钟左右快速识别污染排放源。目前可以识别的有生活污水、造纸、印染、焦化、炼油、制药、化工、化纤、电子、食品等十余种有机污染；
- 污染留证。仪器会自动保存水纹图形，作为污染证据。

仪器的特点：

- 针对性强，可针对当地主要污染源进行污染来源判别；
- 自动化程度高，自动完成取样、测量、溯源和预警；
- 性能稳定，使用方便，易于维护；
- 不加试剂，取样量少，不产生二次污染。

该仪器有在线和车载两种形式，也可以用于实验室。查新结果表明，国内外目前尚未发现有相似原理的仪器的报道。

## 2 应用说明

2011 年 7 月至 2013 年 3 月，水质污染预警溯源仪在京杭运河江苏苏州段进行了为期 19 个月的实地连续测试运行，仪器检测出数次水质异常，并及时进行了报警，现场测试表明，该仪器能够灵敏、及时地监测到污染的发生和变化，预警迅速，并能给污染类型的信息，对于快速确定有针对性地采取污染应对措施大有益处。

2013 年 3 月至今，在太湖水源地进行示范运行。多次检测出水质异常，并及时进行了报警，有力支持了当地水环境保护工作。

仪器经过了权威第三方的检测。



上图 有机污染预警溯源仪

### 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而污染预警和溯源的需求比较迫切，因此本仪器具有较大的推广空间。本仪器运行稳定、灵敏。总体上，仪器成本低、维护省、快速、无二次污染、24 小时连续使用，运行费每月在 3000 元左右，具有明显的经济和技术优势。

### 4 合作方式

转让或者联合推广。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 建筑环境空气流动设计及仿真技术

### 1 成果简介

拥有一整套室内空气流动的模拟仿真技术以及通风空调系统内气溶胶污染物传播的模拟仿真技术，成果包括自主开发的三维计算流体力学软件和室内污染预测软件，具体包括：

- (1) 采用先进的模型和算法及环境评价指标；
- (2) 可对建筑环境的各类参数以及气溶胶颗粒分布进行全面设计和仿真；
- (3) 针对性地解决建筑环境与设备工程典型流动和传热问题。

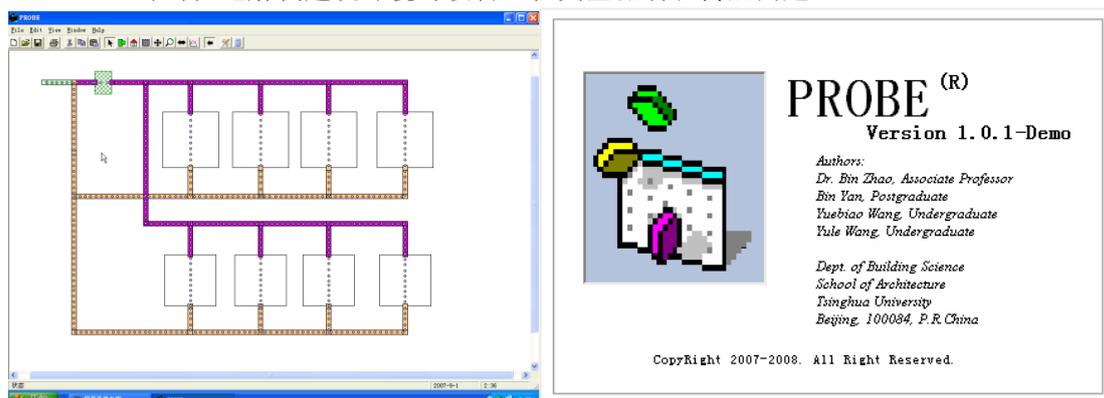


图 1 通风空调系统气溶胶污染物传播模拟软件 PROBE-PM

### 2 应用说明

根据设计与工艺要求，利用先进的计算模拟软件仿真模拟，解决当前建筑由于复杂化、大型化、多功能化、设计环境复杂所带来的设计难题。以计算模拟优化的方式，大幅度降低由于设计不合理所带来的各方面影响及经济损失，如建筑用能过大、舒适性难以保证、医疗环境内传染病控制不利、室内空气品质低下等问题。

主要应用方向：

- (1) 建筑（尤其是高大空间建筑如体育馆、剧场等）通风设计；
- (2) 工业和工艺环境内的通风（如工业通风、各类洁净室、传染性疾病通过空气传播的生物污染下的病房通风等）设计；
- (3) 室内空气品质预测和设计；
- (4) 建筑外环境设计（如住宅小区风环境设计、自然通风设计等）；

(5) 各类特殊空间热、湿环境仿真和设计（如列车、汽车等特殊空间）；

(6) 各类建筑设备性能仿真和设计（如冷藏柜、蓄热罐等）。

示例工程：

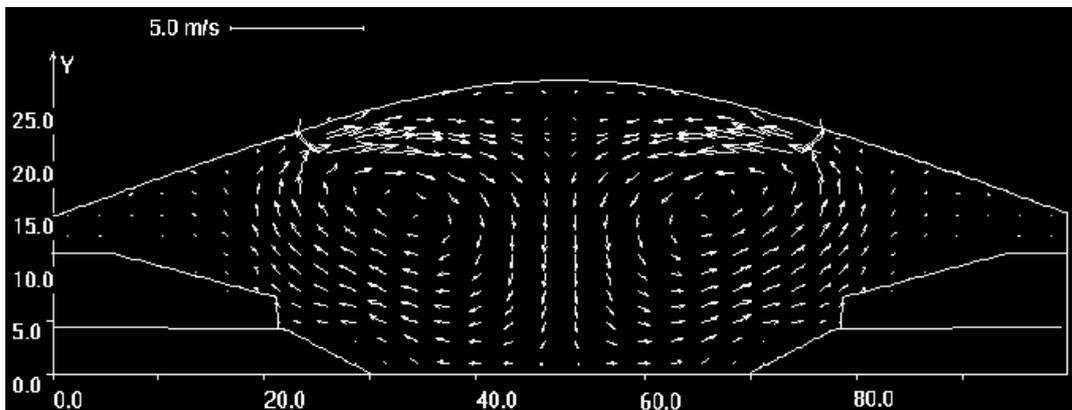


图2 高大空间建筑环境设计

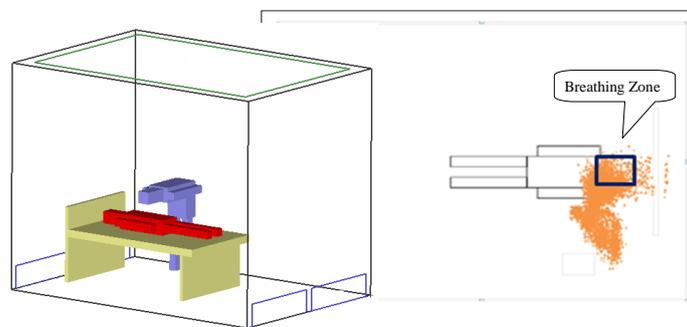


图3 医疗环境内传染病控制环境设计

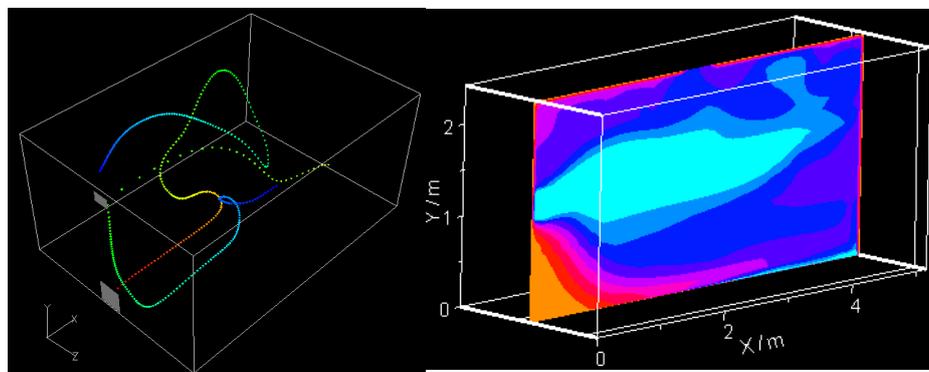


图4 室内空气品质设计

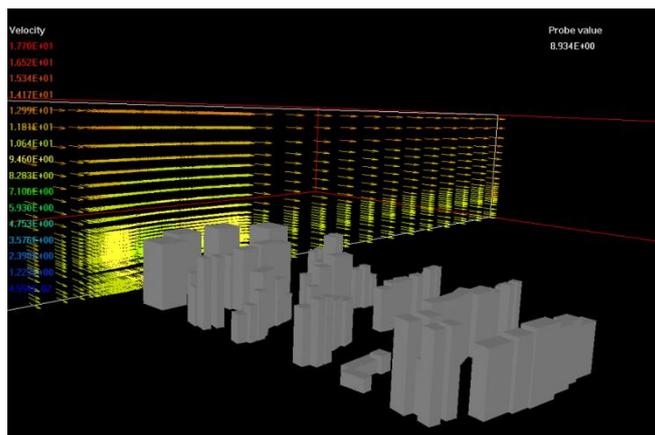


图 5 建筑外环境设计

### 3 效益分析

现状概况：

- (1) 建筑趋于复杂化、大型化、多功能化，设计环境复杂，设计难度很大；
- (2) 现有设计、分析手段相对滞后；
- (3) 我国建筑建设项目处于高速发展期；
- (4) 人民对建筑环境质量要求日益增高。

直接效益：

- (1) 缩短设计周期；
- (2) 大大节省设计费用；
- (3) 节省建筑能耗；
- (4) 提高建筑环境质量；
- (5) 改善居者生活质量，创造节能、健康、舒适的建筑环境。

经济效益：

投产后利润预测

	年工程量	年销售额	利润
第 1 年	30 个	600 万元	500 万元
第 2 年	50 个	1000 万元	800 万元
第 3 年	80 个	1600 万元	1350 万元

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 多翅片降膜蒸发紧凑式海水淡化系统

### 1 成果简介

联合国统计资料显示，到本世纪中叶，水资源短缺将影响世界上数十亿人口的生活。海

水淡化技术可在一定程度上解决部分地区水资源紧张的窘境，因此被评为 10 大环保技术之一。但是如何采用低成本高效海水淡化技术制取淡水是目前亟需解决的问题。

本海水淡化系统不同于常规横管降膜蒸发海水淡化技术，创新性采用了一种多翅片降膜蒸发方式，通过高效降膜蒸发、膜态冷凝等强化传热传质技术，有效提高了单位体积装置淡水产率，单位体积淡水率提高 5 倍以上。其产淡水效率比目前市场上其他蒸发式产品更高，55℃时单位体积产淡水率即可达到 240kg/(m<sup>3</sup>·h)，温度更高时产淡水率将进一步提高。在产淡水量相同的情况下，本系统的结构更紧凑、反应更迅速。系统样机如下图：



图 1 多翅片降膜蒸发紧凑式海水淡化系统样机

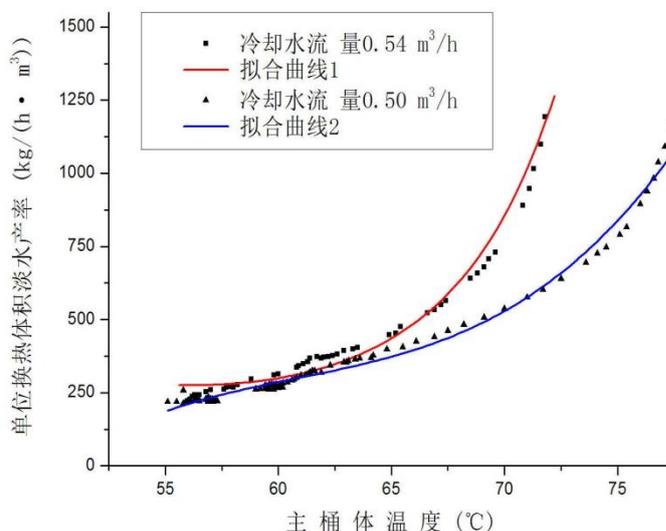


图 2 多翅片降膜蒸发紧凑式海水淡化系统淡水产量随热源温度变化曲线

本系统采用多种创新性设计，降低了系统能耗，更加节能环保。本系统可利用的热源形式和温度范围更广，热源温度在 50℃左右时系统即可产出淡水，可利用蒸汽、热水、太阳能、地热水和废热气等热源，应用前景广阔。

本海水淡化系统采用一体化设计，使结构更为紧凑，颠簸时仍能正常工作，方便搬运、携带，可靠性好，淡化率大于 90%（远高于膜技术淡化率 40~50%的水平）。

本技术获得国际专利：一种水处理装置和方法（PCTCN2011001011）；国家发明专利：

一种水处理装置和方法（ZL2010102026900，授权公告号：CN101880068B）。

## 2 应用说明

此系统可充分利用低品位热能，如地热、工业废热、交通工具废气余热等低温热源（50~100℃），适用范围较广。大规模的海水淡化设备可以与大型火电厂、化工厂等相结合。小规模的海水淡化设备可以利用太阳能加热设备等，淡化后的水可直接饮用。

## 3 效益分析

此系统设计上的创新与优化使得投资成本大为降低。运营成本非常低，每小时产淡水 1 吨，每天仅需 2 度电。目前市场上常见的反渗透膜式海水淡化设备的单位产淡水量所需成本是此系统的 10~30 倍，常规的横管降膜海水淡化技术所需成本和体积是此系统的 5 倍以上，预计此系统一年半到两年即可收回成本。

## 4 合作方式

该技术由某公司支持研制开发，目前寻求市场化应用和推广合作。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 污水余热利用高效热回收热泵供暖

## 1 成果简介

当今社会，环境污染和能源危机已成为威胁人类生存的头等大事，如何解决这一问题，已成为全人类的课题。中国面临着巨大的节能压力，要求我们大力发展节能减排的产业。近几年来，国内出现了很多水源热泵、地热泵、空气源热泵等多种回收低品位热源的热泵技术，经验表明，这些技术得到了很好的推广，同时具有较强的适应性。但是对于废水和污水等工业和生活的废热，却没有很好利用。企业和家庭的生活污水中含有大量的废热，现阶段，这些热量被大量直接排走，造成了巨大的浪费。在这种背景下，以环保和节能为主要特征的绿色建筑及相应的空调系统应运而生。

高效热回收热泵供暖系统以空气、废热水等为低温热源，以电能为动力从低温侧吸取热量来加热生活用水，热水通过循环系统直接送入用户作为热水供应或利用风机盘管、地暖进行采暖。此系统是目前学校宿舍、酒店、洗浴中心、办公楼等场所的大、中、小供暖系统的最佳解决方案。高效热回收热泵供暖系统主要由高效热回收系统、采集与监视系统、电控系统、远程服务系统构成。（图 1 和技术参数表）。

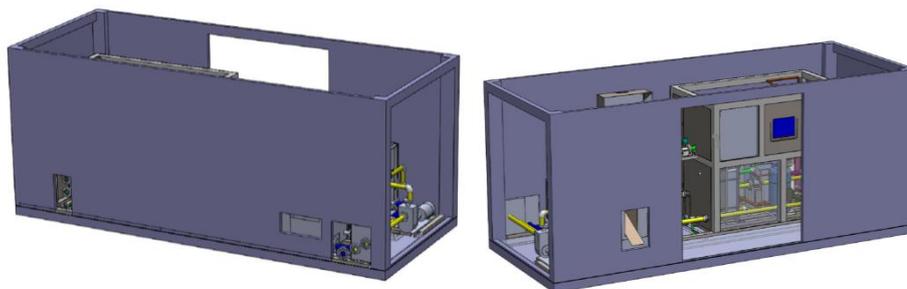


图 1 污水余热利用高效热回收热泵供暖系统

高效热回收热泵供暖系统 QIFXRS-200 技术参数表

废 热 回 收 工 况	额定输入功率	25kW	额定废水流量	15M <sup>3</sup> /h
	额定换热量	200kW	废水温度	12℃
	最高供暖水温度	85℃	外形尺寸 (长×宽×高)	1260×950×1400mm
	能效比 COP	7	电源	380V/3N~50Hz

技术特点：

- 适用温度范围宽：可利用 20~80℃ 的工业废水、生活污水、地下水等低品位热源；
- 适用水质广泛：适用钢铁冲渣水、印染废水等工业废水和生活废水等多种恶劣水质；
- 出水温度高：采用清华独有高温工质配方，最高出水温度可以达到 85℃ 以上；
- 换热能力强：采用清华独有的换热器技术，保证换热器不堵塞并持续高效；
- 维护成本低：采用青鸾自动冲洗装置，保证机组长期稳定运行；
- 服务方便：采用远程控制与服务系统，实时保证系统正常运行。

本技术成果综合了空气源和废热水源等热泵的优点，具有从空气和废水中同时吸收热量的功能，同时加入了自循环和相关控制装置，换热充分，使热水器的热水温度能够稳定，同时最大限度利用废弃能源，达到最高的系统能效比 COP (=系统制热量/系统耗电量)，系统 COP 最高可达 7 以上，在某污水厂供暖中试系统如下图 2：



图 2 污水余热利用高效热回收热泵供暖中试系统

## 2 应用说明

高效热回收热泵供暖系统主要用于热源水（如工业废水、生活废水、江海河湖水等污水以及地下水等干净水源）充足、水温比较稳定、并需要制取生活或生产热水的场所；机组也可单独作为制冷、采暖中央空调使用；或者作为中央空调余热回收使用；特殊需求时，系统可实现制热水、制冷、采暖多种功能。系统使用的水源水温度范围为 10~80℃。机组所制取热水的温度可在 30~85℃ 范围内调节。系统可采用移动式和非移动式，便于企业内部布局。

高效热回收热泵供暖系统可广泛应用于钢铁冲渣水、印染废水、工厂废水、生活服务废水、地下水、温泉等各种水质的废热回收，可用于企业的软化水、工艺用水、生活服务用水、游泳池、养殖场用水的加热以及供暖等场合，可单独使用，也可集中使用。

此系统可充分利用低品位热能，如废水热、地热、工业废热、交通工具废气余热等低温热源，适用范围较广。热水器采用控制系统，确保热水达到指定温度才出热水，系统可随用

户任意频率停水和开水，而不会影响热水温度变化，热水温度 40~80℃。

### 3 效益分析

此系统设计上的创新与自动控制技术使得系统运营成本非常低，每天节约电或煤 80~90%，系统初投资低，预计此系统一年半即可收回成本，之后每年节省电/煤费用也非常可观。

### 4 合作方式

该技术由某公司支持研制开发，目前寻求市场化合作和市场推广。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 余热利用高能效比热泵热水器

### 1 成果简介

随着经济的快速发展与人们生活品位的提高，生活用热水器已成为人们的生活必需品，然而传统的热水器（电热水器，燃油、燃气热水器）具有能耗大、费用高、污染严重、存在安全隐患等缺点，而节能环保型太阳能热水器的运行又受到气象条件的制约。家庭的生活污水中含有大量的废热，现阶段，这些热量被大量直接排走，造成了巨大的浪费。我们日常淋浴用水的温度为 40℃左右，在普通季节，热水流过人体后水温仅降低 5~10℃左右，所以淋浴后排走的热水温度大概在 30~32℃之间。

在之前，这些带有大量余热（80%以上）的沐浴废水被直接排掉而形成浪费。本技术能够把这些热量充分收集起来再进入热水器利用，从而大大降低即热式电热水器的加热功率，或者大幅提高出水水量，满足一年四季的沐浴舒适度。本技术综合各类热泵的优点，将废水中热量 100%回收，同时吸收部分系统热量，换热充分，使热水器的热水温度（38~42℃）能够稳定，同时最大限度地利用废弃能源，达到最高的系统能效比 COP（=系统制热量/系统耗电量），系统 COP 最高可达 10 以上，电耗只有电热水器的 1/10。系统样机如下图：



图 1 余热利用高能效比热泵热水器安装效果图



图 2 热水器主机

整体设计，可立式、壁挂安装，节省安装空间；尺寸小于家用空调外机，（高\*宽\*长）500mm\*400mm\*1000mm 或相当尺寸。按 6~10L/min 流量，42℃淋浴水温，自来水进水 15℃时实现即热连续供水，耗电量仅为 1.5~2.5kW，系统可长时间运行在高能效比（COP>10）的工况下，相比电加热热水器和锅炉洗浴，节省电耗 80~90%，节省煤耗 80~90%。应用前景广阔。实用新型专利（专利公开号 200920271495.6，授权号 CN201582983U）。

## 2 应用说明

热水器采用控制系统，确保热水达到指定温度才出热水，系统可随用户任意频率停水和开水，而不会影响热水温度变化，热水温度 40~60℃。该热水器特别适用于洗浴中心、商业酒店、员工浴池、农家乐、餐厅后厨、发廊等需要长时间使用热水的场所，也可用于家庭洗浴和厨房使用，连续使用时间越长节能效果越明显。

## 3 效益分析

此系统设计上的创新与自动控制技术使得系统运营成本非常低，每天节约电或煤 80~90%，系统初投资低，预计一年半即可收回成本，之后每年节省电/煤费用也非常可观。

## 4 合作方式

该技术由某公司支持研制开发，目前寻求市场化合作和市场推广。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 冷却塔的节水除雾防冻技术

## 1 成果简介

为解决工业及民用湿式冷却塔水损失量大、对周边环境有水雾污染以及冻堵多发等问题，研制了环保节水型冷却塔。该节水型冷却塔可适用于炼油、化工、化肥、电力、冶金、纺织等行业循环水的冷却处理，以及机场、办公楼宇等建筑物中央空调系统的散热。

环保节水型冷却塔，是从冷却塔整体的节水节能考虑，通过引入空气预冷器对循环水进行非蒸发降温，实现了减少填料层处水分蒸发降温负荷，干段与湿段的降温负荷经过优化分配，并且与风机运行特性曲线相耦合匹配的一种节水型冷却塔。

该节水环保技术成熟，已经在中石油吉林石化等工程成功运行，并经过西安热工研究院检测，实际运行及检测结果表明：节水效果显著，环保性能良好，已具备广泛推广应用条件。

本技术不仅直接用于建新塔，还可以方便地用于现役老塔的改造，如吉林石化项目，就是在老塔现有上部空间加装空气冷却器，而其他结构及配置等未改动而实现了老塔变新塔的技术改造。

## 2 应用说明

环保节水型冷却塔，是具有自主知识产权的环保节水新技术，已成功应用于实际工程，优势主要在于：

(1) 由于引入的空气冷却器承担了部分冷却负荷，减少填料段的蒸发冷却负荷，减少蒸发水损失以及相应的排污水损失，从而节水，特别是在北京及以北地区具有显著的经济效益；

(2) 塔出口处空气的含湿量和露点温度较常规湿式冷却塔大大降低，故可有效减少或消除塔出口水雾，减少其周边设施和设备的腐蚀，可有效延长设施和设备的使用寿命，同时水雾的减少，使周边气候得以改善，有益于环保；

(3) 可调式百叶窗，可根据季节气温调整开度，结合调控喷水阀门可消除严冬的冻堵及结冰等难题，延长冷却塔的使用寿命，节约冷却塔的维修费，同时消除了安全隐患，改善了工作环境；

(4) 减少了污水排放量，节省相应的污水处理费或排污费。该节水环保技术成熟，已经在中石油吉林石化等多个工程成功运行。



图1 吉化工程新型塔及常规塔运行外观



图2 庆阳石化工程新型塔（左侧）及常规塔（右侧）运行外观

### 3 效益分析

该技术已成功应用于实际工程，结果表明：呈现良好的防结冰、降雾、节水效果，具有良好的综合经济性及环保效益。

- 节水 20%以上；
- 除雾 70%以上，改善气候、减缓周边装置因水雾的腐蚀、减少冬天周边地面等的结冰等；
- 有效缓解或消除进风口的结冰冻堵问题，延长设备使用寿命，节省设备维修费；
- 减少污水排放及节省用药 20%以上，节省污水处理费或排污费等。
- 第二代新技术节水 35%以上，除雾防冻效果更好。

### 4 合作方式

商谈。

### 5 所属行业领域

能源环境领域。

## 电动汽车制动能量回收关键技术

### 1. 成果简介

目前，汽车用汽柴油消费占全国汽柴油消费的比例已经达到 55%左右，汽车节能减排需求迫切。汽车制动时，其动能通过制动器摩擦变成热能白白浪费。特别是城区运行时，交通拥堵，加减速频繁，制动消耗的能量约占汽车运行总能量的 40-50%。电动汽车制动时，整车拖动电机发电，将浪费的制动能量回收至蓄电池，用于驱动车辆运行，明显增加续航里程。制动能量回收已成为多种形式电动汽车节能安全关键技术和全球电动汽车厂家整车设计技术竞争的焦点。此外，在支撑制动能量回收研究的实验装备方面，现有实验装备不能实现回馈制动过程动态负载的精准模拟，需解决极端行驶工况下制动能量回收动态负载高精度模拟的难题。

为突破电动汽车的核心技术，提高我国电动汽车的国际竞争力，课题组在国家 863 和自然科学基金项目持续支持下，采取不同于国外的技术思路，经过十多年深入研究，揭示出制动能量回收效率与制动舒适性的冲突机理，研发出回收效率与舒适性协调的新型制动能量回

收系统；创新性开发出极端行驶工况动态负载模拟控制与滑移率控制的解耦方法，研发出回馈制动系统动态负载高精度模拟实验装备，为制动能量回收技术的突破提供了必要的实验条件。

新型制动能量回收系统的特点如下：

- 高效的制动能量回收，城市工况对整车驱动能耗改善幅度达 20% 以上
- 具备制动防抱死控制功能

回馈制动系统动态负载模拟实验装备的特点如下：

- 可实现循环工况、制动状态切换过程、制动防抱死工况、驱动防滑工况电驱动系统动态负载的精准模拟

## 2 应用说明

成果在宇通、中通、北汽、奇瑞等龙头客车企业与核心轿车企业的混合动力、插电、纯电动汽车上实现了规模化应用，累计装车 5.6 万余辆。

## 3 效益分析

项目成果共装车 5.6 万余辆，通过成果的应用，累计新增销售额超 10 亿元。按每辆车平均节电 20% 计，实现年节电 7 亿度，年二氧化碳减排 58 万吨。成果对保障我国能源安全、改善大气环境质量具有重要意义。



图 1 能量回馈式防抱死制动系统控制单元



图 2 回馈制动系统动态负载模拟实验装备

## 4 合作方式

合作开发。

## 5 所属行业领域

先进制造。

# 便携式电网去异物激光器

## 1 成果简介

春季多风的天气条件下，塑料袋、大棚膜等废弃物随风飘逸，缠绕在线路间或杆塔、绝缘子上，下雨天气，废弃塑料物容易造成高压线上的绝缘子性能降低，导致相间短路，易引发线路跳闸事故；鸟巢、蜂窝等在线路间不仅影响市容，下雨天气也容易引发线路跳闸事故；横幅、塑料布、气球等在大风情况下易随风吹到线路间或绝缘子上，在下雨天气下容易造成绝缘子性能降低，或导致跳闸事故。目前的技术是需要工作人员进入高空作业车或攀爬电线杆，使用绝缘杆将漂浮物、蜂窝、鸟窝等杂物清除掉，这些方法耗费人力物力，还有很大安全隐患。由于上面提到的人工机械方法存在很大的缺陷，我们需要一种新的有效除电网异物方法。

由于激光具有方向性好、能量定向传输效率高、非接触作用等优点，用激光来除电网异物具有一定的优势。激光与物体作用时具有热效应，利用激光照射时的热效应来除去电网异物具有安全、效率高、非接触式等巨大优势。

课题组从 2008 年开始从事激光除电网异物研究，在清华大学基础研究基金、南方电网重大专项等项目资助下，掌握了激光融冰和除电网异物技术的原理，申请多项国家发明专利，并研发除激光除电网异物装置，经过南方电网鉴定会鉴定，此项技术填补了激光融冰领域的空白。该产品特点如下：

- 世界第一台便捷式激光除电网异物激光器和拥有相关发明专利；
- 便携式、远距离非接触式操作，适应野外作业要求；
- 除电网异物时，无需停电和负重攀爬杆塔，操作方便轻松、安全性高，不影响电力生产；
- 激光功率可调、大大提高除电网异物效率。
- 采用多种供电方式，除去电网异物时不伤害电网本身。

上述优点表明该产品适合便携式远距离作业，操作安全，查新表明，国内外目前尚未发现有相似原理融冰和除电网异物的产品。

性能参数：

- 电源：交流、直流、电池组等方式。
- 激光输出：0~400W 连续可调。



图 1 便携式激光除电网异物装置

整机重量：25kg。

光溯源预警仪

- 工作环境温度：-20℃-40℃。
- 作业距离 1-30m.

## 2 应用说明

2010 年，在湖南省怀化市雪峰山坪山塘进行现场测试，效果明显，能迅速的将绝缘子上的冰块融化并且不伤害绝缘子本身。

2016 年，国网浙江省电力公司湖州供电公司进行测试，效果非常明显，能在很短时间内将空中的塑料薄膜或横幅等切割完，效果图如下：



布料带切割前



几秒后



布料带切割后



塑料薄膜切割前



几秒后



塑料薄膜切割后

## 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而激光除电网异物需求比较迫切，因此本产品具有很大的推广空间。以相关电力行业进行试点，激光除电网异物装置产品将向全国各省市地区、企业签订横向技术合同，基于激光除电网异物装置研发与应用成果实用化后，可在国网直至全国电网范围内直接推广应用，同时也可以推广至输配等领域，计划年产 100 台产品。每台销售额为 50 万，年销售指标 100 台，共产生年销售额 5000 万。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

# 超宽光谱超高效抗反表面制备技术

## 1 成果简介

材料表面的光学抗反射与吸收性能，在太阳能高效吸收和利用、光电子产品、辐射传热设备、生物光学器件、红外传感和成像、军事隐身、以及机载/星载设备等诸多领域均具有广阔的应用前景。

近 10 年来，清华大学材料学院激光材料加工研究中心，在国家自然科学基金重大国际合作项目、面上项目、国家科技部 973 项目、北京市教委科技计划项目以及清华大学自主研究项目等项目支持下，运用新一代高功率高频率超快激光系统，综合几何“陷光”、等离子共振、以及梯度折射率等独特光学响应机制，制备出独特的微纳米结构，实现材料表面超宽光谱高效吸收性能，达到国际前沿水平。

本中心基于对高功率高频率超快激光与材料相互作用机理的系统深入研究，提出并发展了材料表面微纳米结构的超快激光直写制备、复合制备等核心技术，成功实现了多种金属材料表面多种拓扑形式和几何尺度的表面微纳米特征结构的可控制备，实现超宽谱带优异抗反射性能，取得了一系列创新性成果，发表了多篇高水平的学术论文，授权、申请多项发明专利。

本技术成果具有如下特点：

- 广泛的材料适用性，可使铜、铝、钛、钢等多种金属材料表面的反射率大幅降低，如在紫外-近红外（200 nm~2500  $\mu\text{m}$ ）范围内，其半球反射率分别降至 5%、10%、5%、5% 以下，如图 1 所示；

- 超宽的波谱有效性，在紫外-远红外（200 nm~300  $\mu\text{m}$ ）的入射波长范围内，都可实现显著的抗反射性能，如所制备的铜表面微纳米结构在 UV-VIS、UV-NIR、UV-MIR、UV-FIR 波谱区的平均半球反射率可分别降至 1.7%、4.1%、5.4%、8.2%，如图 2 所示；

- 超宽的角谱有效性，在 0~60°的入射角范围内，都可实现显著的抗反射性能，如所制备的铜表面微纳米结构在 200~800 nm 波谱范围内的镜面反射率始终低于 0.1%，如图 3 所示；

- 超高的吸收率/超低的反射率/超强的光热转化效率，超快激光直接制备的金属表面微纳米结构在紫外-近红外范围内可实现 0.29% 的极低半球反射率，超快激光复合制备的“宏-微-纳-纳米线”金属-氧化物多级结构在中红外范围内可实现 0.6% 的极低半球反射率，在太阳光辐照下金属表面超宽光谱高效吸收微纳米结构可实现 60% 以上的整体光热转化效率，如图 4 所示；

- 超强的耐久性和良好的稳定性，所制备的金属表面超宽光谱高效吸收微纳米结构样品交由国家标准检测机构，即国家太阳能热水器质量监督检验中心（北京），进行了光学吸收及老化性能测试，在热老化（250℃保温 200h）、氙灯老化（氙灯辐照 24h）、以及盐雾老化（NaCl 溶液喷淋 24h）三种测试条件下，所制备的微纳米结构均保持稳定，没有出现

性能的减弱和衰退。

上述性能指标均达到国际领先水平，并可满足多种材料和实际工况条件下的应用需求。查新表明，国内外目前尚未发现有采用相似方法或达到相似性能的技术方案。同时，由于本研究中心采用了新一代高功率高频率工业级超快激光系统作为加工工具，因此上述超宽光谱高效吸收表面的制备技术还具备以下几方面的工艺优势：

- 可柔性、非接触加工，从而可对任意外形的金属表面进行抗反射处理；
- 可设计、图案化加工，从而可对金属表面的任意图案化区域进行特定抗反射处理；
- 可大面积、连续、稳定、高重复性加工，从而可进行连续 24 小时的规模化处理；
- 无须添加任何试剂，无须任何化学反应，环境友好。

## 2 应用说明

研究中心已为中国兵器工业集团昆明物理研究所、中国航天科技集团五院 502 所、中国电子科技集团 11 所，全球最大的电影摄影器材专业制造厂商德国 ARRI 公司、全球最大的半导体光刻机制造厂商荷兰 ASML 公司等制备样品，经多个国内外权威第三方机构检测，均验证优异抗反性能，且性能指标稳定可靠。

## 3 效益分析

本技术成果在国内外尚无同类产品，在太阳能利用器件、光电子设备、红外传感和成像仪器、隐身功能表面等诸多领域有着广泛的需求，具有很大的市场应用和推广空间。

## 4 合作方式

转让或者联合推广

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

相关图片

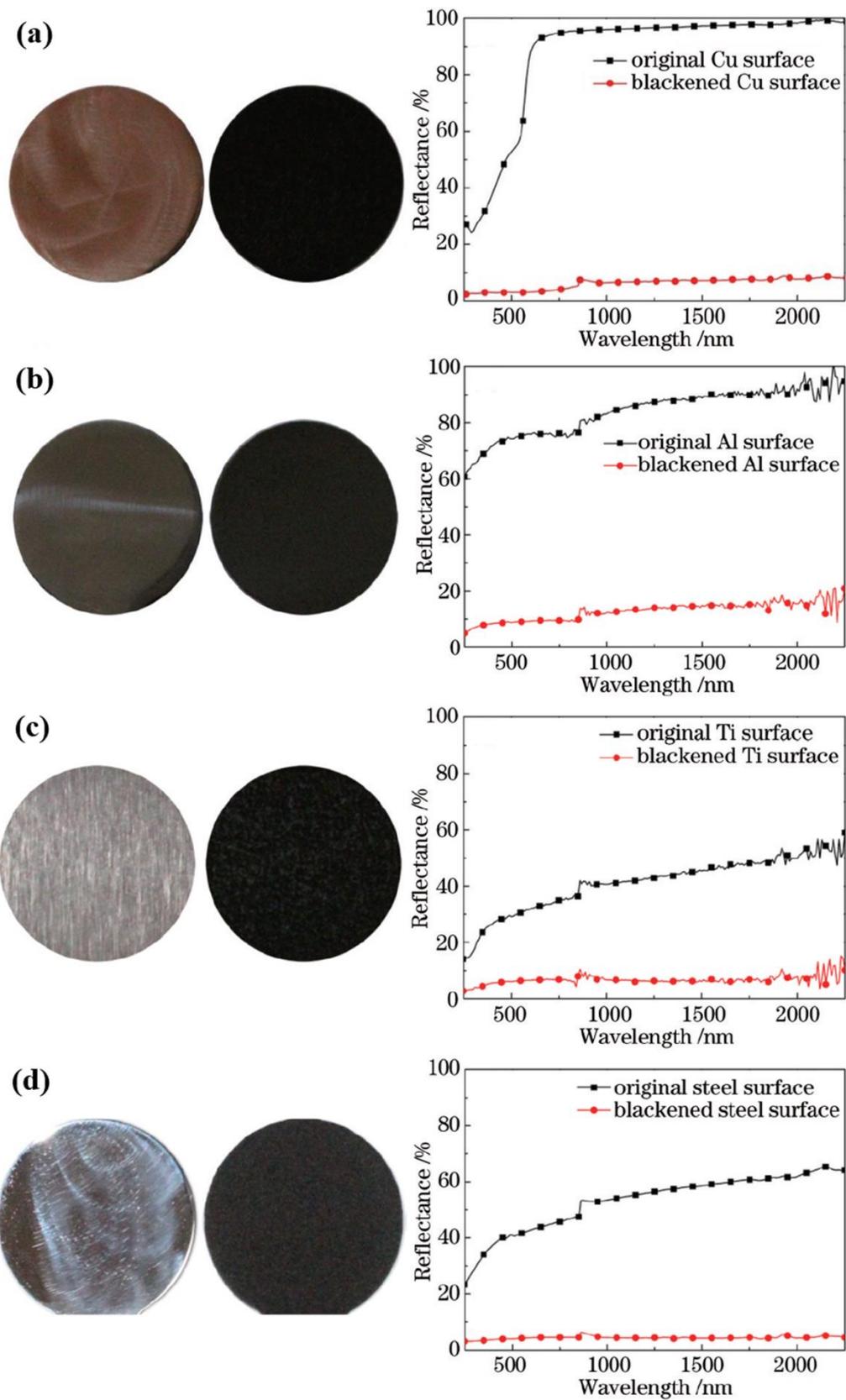


图1 超快激光制备的黑色金属及其在紫外-可见-近红外波段的反射光谱  
 (a) “黑”铜 (b) “黑”铝 (c) “黑”钛 (d) “黑”钢

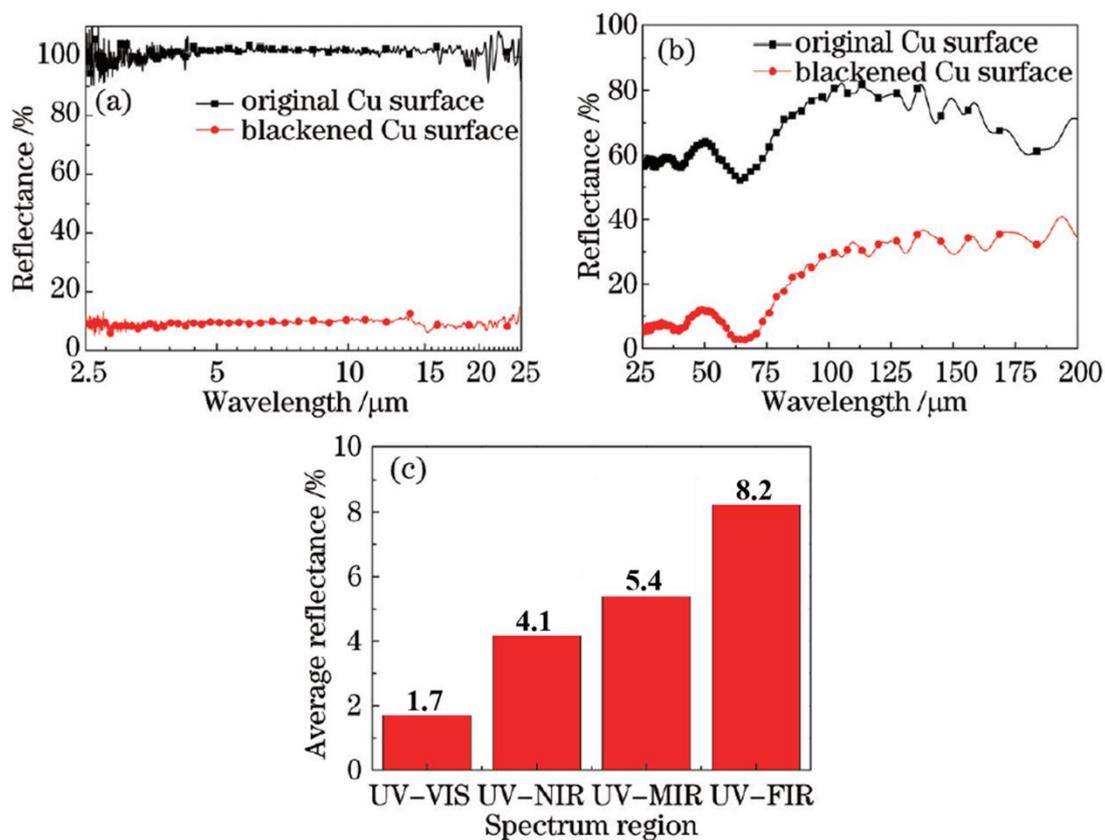


图2 原始铜和“黑”铜表面在长波范围的反射光谱对比

(a) 中红外波段反射光谱 (b) 远红外波段反射光谱 (c) 不同波段平均反射率

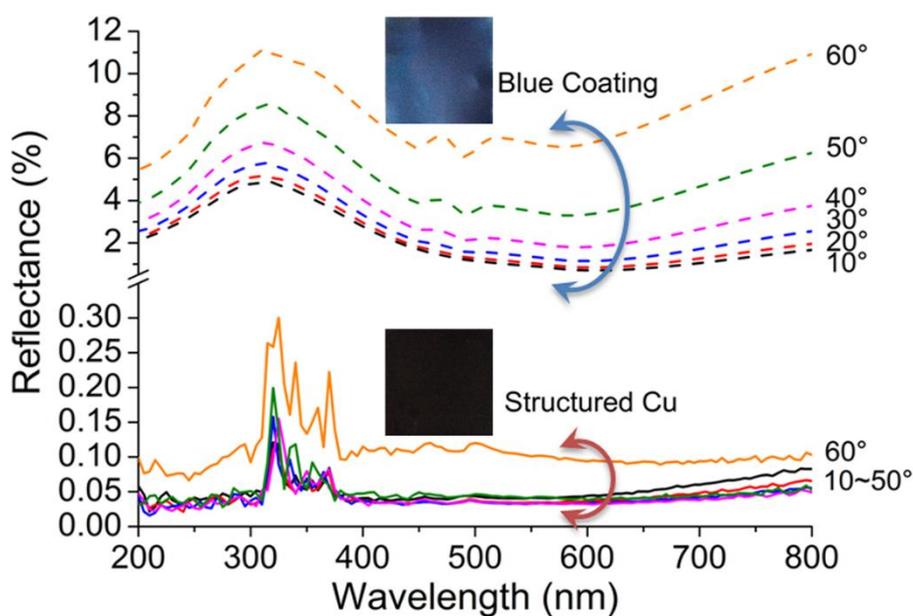


图3 “黑”铜表面与蓝膜涂层表面在不同入射角度下的镜面反射光谱对比

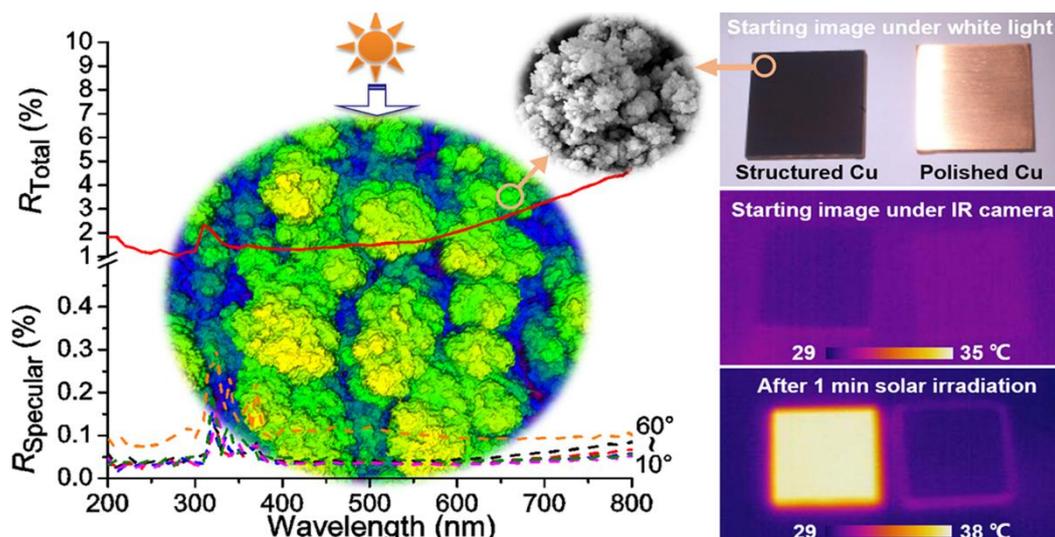


图4 “黑”铜表面的吸光及光热转化性能

## 粉体加工系统优化改造与自动控制

### 1 成果简介

粉状物料的加工工艺遍及建材、化工、冶金、机械、矿山、医药、食品、肥料、农药等工业部门。随着我国加工业产业结构调整和社会环境的变化，企业的能源和人工成本都在急剧增加。市场的国际化进程加快，也对产品质量的提高和稳定性提出了越来越高的技术要求。而我国大多数的粉体加工厂中，广泛存在没有过程自动控制手段，工艺不合理造成成本偏高，不能适应市场需求的变化。

该技术结合我们 30 年粉体加工技术研发的经验，与自控专业技术人员共同组合了粉体加工系统优化与自动控制的综合技术。

### 2 应用说明

该技术按照系统工程的思想处理优化与自控之间的关系，它涉及加工系统的众多影响因素：物料特性、工艺流程、技术指标、外加剂、设备组合与参数选定等，而优化的目标又是降低成本、减少操作人员、提高产品质量和质量的稳定性等多个方面。我们从多因素多目标的系统综合分析入手，借助信号采集无线传输、计算机在线分析、电气动执行元器件配合等现代控制技术，实现系统的优化与自动控制。

具体的优化与控制内容如下：

- 粉体加工系统标定，能耗分析；
- 原料与产品的粒度组成与颗粒形貌分析；
- 加工物料物性分析与加工系统的匹配；
- 改善料仓结构及料位控制系统，避免料仓结拱，提高给料稳定性；
- 分级机技术改造，提高分级效率和产品细度；
- 外加剂的应用，改善粉体物料的流动性，提高工作效率；
- 调整设备结构，保证合理的机内物料滞留量；
- 通过加工设备工作状态的监控，自动控制给料系统、调整闭路系统循环负荷率，合

理搭配加工单机的工作状态。

### 3 效益分析

不同产品和生产线都有差异，需根据具体情况系统分析。

### 4 合作方式

技术服务。

### 5 所属行业领域

先进制造领域。

## 电磁超声导波缺陷检测仪器备

### 1 成果简介

电磁超声导波检测设备可实现对钢板和钢管缺陷的快速扫描，既满足电磁超声导波实验室需求又可满足工程应用，特别是针对高校用户提供开放式数据接口和检测数据源文件，可方便高校教师和学生科研使用。

仪器主要指标：

- 工作电压：220V 交流；
- 探头激励信号频率、幅值和周期数可调；
- 可以产生管道 L 模式、管道 T 模式、Lamb 波模式和 SH 波模式的电磁超声导波；
- 可用于管道和板材的腐蚀、裂纹等缺陷检测，最大检测板厚或壁厚为 20mm；
- 可检出最小腐蚀缺陷  $1t \times 1t \times 0.1t$ （深）；可检测最小裂纹  $1t$ （长） $\times 0.1t$ （深）， $t$  为板厚；
- 定位误差  $< 5\text{cm}$ 。



上图 电磁超声导波检测仪器

### 2 应用说明

研究成果已经成功应用在国家管道检测工程实验室、油田、电厂和高校相关实验室等多家企事业单位。

应用于油田管网检测；石化企业管道检测；电站管道检测。

### 4 效益分析

按国际压力管道检测工程通行价格计算，为每公里 1 万美元。

## 5 合作方式

技术转让、合作开发和技术入股等方式。

## 6 所属行业领域

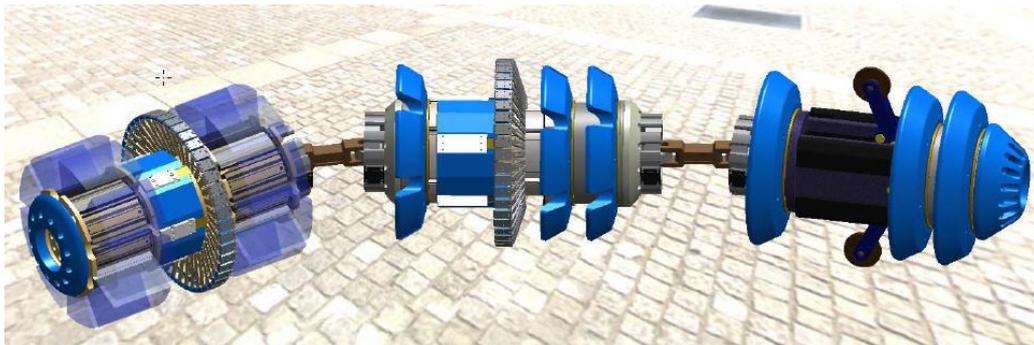
先进制造领域。

# 油气管道缺陷高清晰度检测装备

## 1 成果简介

随着我国油气长输管道已经进入老龄化阶段，老管道进入事故多发期，迫切需要油气长输管道缺陷在线检测技术与手段。另外，中国目前油气管道建设处于快速增长期，新建管道需要尽快进行基线检测，迫切需要一种油气长输管道内检测技术，而国外对中国不出口相关技术和设备。基于这种现实，开发了油气管道缺陷高清晰度检测装备，并形成系列化产品。

本成果采用漏磁技术实现了在用管道缺陷的无损检测与评估，装备可实现检测数据自动分析处理、缺陷量化和管道安全评估。检测器单次检测距离为 380 公里，可通过最小弯头为 1.5D，最小缺陷深度为 10% 壁厚，检测精度为  $\pm 10\%$  壁厚，轴向定位精度为  $\pm 1\%$ （距离最近参考点），周向定位精度为  $\pm 5^\circ$ ，可信度水平为 90% 以上。主要技术指标达到国际先进水平。



上图 在用管道缺陷高清晰度检测装备

## 2 应用说明

研究成果通过某检测公司已经应用于“西气东输”管道检测，在苏丹等国外油气管道检测工程中也已成功应用，为合作企业累计创造检测工程产值过亿元。

应用于油气长输管道检测；油田管网检测；石化企业管道检测；电站管道检测。

## 3 效益分析

按国际油气管道检测工程通行价格计算，为每公里 1 万美元。如果具备检测能力后，每年检测 2000 公里油气管道，年产值将过亿元。

## 4 合作方式

技术转让、合作开发和技术入股等。

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

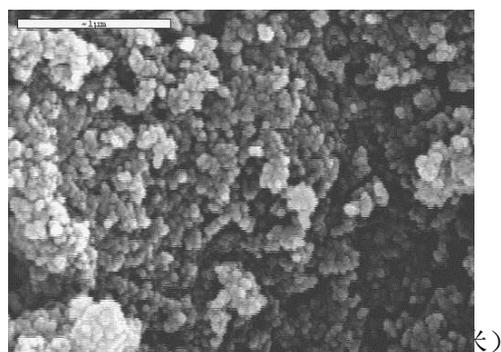
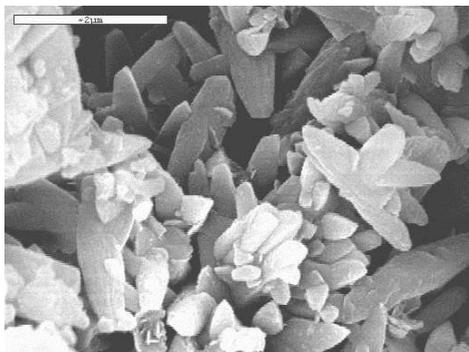
# 纳米活性碳酸钙的制备技术的工业开发

## 1 成果简介

碳酸钙作为一种重要的无机化工产品,具有原料丰富、生产工艺简单、性能稳定等特点,广泛用于橡胶、塑料、涂料、造纸、油墨、食品、医药、饲料等工业部门。其中塑料、橡胶行业的碳酸钙消费量为 65%,造纸、涂料各占 15%和 10%,其他行业占 10%。

碳酸钙在橡胶、塑料等行业中的作用与其粒径有关,粒径在 1~3 $\mu\text{m}$  的沉淀碳酸钙仅作为填充剂起增容作用,粒径在 0.01~0.1 $\mu\text{m}$  之间的纳米碳酸钙具有补强、增韧的作用。

我国目前有轻质碳酸钙生产企业 100 多家,总生产能力近 500 万吨,但工艺落后,品种单一,基本上采用简易的间歇鼓泡式炭化工艺,产品大多为售价低廉(400~500 元/吨)的大粒径(2~5 微米)纺锤形产品(图 1),而附加值较高(售价 3000~6000 元/吨)、市场需求增长较快的粒径小于 100 纳米的纳米碳酸钙产量甚微,仅占轻质碳酸钙总产量的 2~5%。我国近年也有利用国内外技术进行纳米碳酸钙生产的报道,但生产成本较高(1500~2000 元/吨),且大多需 5000 万以上的巨额投资,中小企业难以适应。



## 2 应用说明

清华大学经过多年的潜心研究,现已开发出一套崭新的纳米碳酸钙制备工艺和设备,通过加入特定的添加剂,在自行研制的高效传热传质碳化釜中进行反应,即可制得粒径为 40~100 纳米的球型碳酸钙(图 2)。本技术采用的添加剂价廉易得,所需设备大多为常规化工定型设备,易于为广大的中小企业采用。目前已在河北、江西建成年产 5000~10000 吨纳米碳酸钙的生产厂。采用本工艺的生产成本仅为 1000 元/吨左右。

## 3 效益分析

按年产 10000 吨,每吨保守价 1500 元计算,年创产值 1500 万元,年创利税 500 万元。

## 4 合作方式

技术转让或合作开发。开发年产 10000 吨规模,技术转让(专利使用)费:150 万元,碳化塔设计费:30 万元,核心设备(气体分布器)设计及加工费:100 万元,碳化塔加工及配套设备:约 300~500 万元,其他常规设备费(包括气体净化、活化、过滤、干燥、粉碎、分级):约 500 万元,基建:约 200~400 万元,厂房面积:约 10000 平方米。

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

# 水热法制备氢氧化镁阻燃剂的研究与工业开发

## 1 成果简介

长期以来我国制盐行业对资源的利用主要集中在制盐方面,而对于制盐副产物的综合利用及深加工方面重视不足。制盐中副产的苦卤(氯化镁含量高达百分之十以上)利用率小于20%,不但造成资源的严重浪费,而且破坏了周边地区的生态平衡。我国目前盐化工行业对镁资源利用十分薄弱,仅有少部分镁盐被用来生产廉价的六水氯化镁(300~400元/吨)和七水硫酸镁(500~600元/吨),其余大部分闲置在海盐区。因此镁资源的高度利用直接关系到含盐资源(海水、盐湖、地下卤水等)的可持续开发。

在镁系产品中,阻燃型氢氧化镁由于国内外市场潜力很大而独具魅力。随着塑料工业的快速发展,对阻燃型热塑性高聚物的需求与日俱增,对阻燃剂的需求特别是对无毒、抑烟、热稳定性高的氢氧化镁阻燃剂的需求将更为迫切。氢氧化镁阻燃剂可用于各种复合材料如电线、电缆、家电、建材,尤其适合与加工温度较高的PP、PA、POM等聚合物配合使用。

我国从上世纪80年代后期开始进行氢氧化镁的研究与开发,1998年不同规格氢氧化镁总生产能力为1~1.2万吨/年,但绝大部分产品性能较差,表现为形状不规则,粒径分布宽,纯度低,比表面积偏大,团聚现象明显,限制了氢氧化镁阻燃剂的工业应用。

## 2 应用说明

清华大学近年来一直致力于氢氧化镁阻燃剂的研究与开发,经过多年努力,现已开发出氢氧化镁阻燃剂的常温合成—水热改性技术,产品性能指标达到国际同类企业的标准。该项技术以制盐行业副产的氯化镁为主要原料,产品附加值高(保守售价10000元/吨)。现已完成千吨级工业中试并通过青海省鉴定。

## 3 技术指标

- 形貌: 六方片状;
- 粒径: 0.2~1.5微米;
- 纯度:  $\geq 97\%$  (视原料纯度而定);
- 比表面积: 小于  $25\text{m}^2/\text{g}$ 。

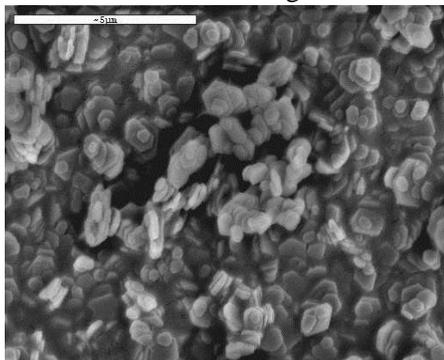


图1 我系研制的氢氧化镁阻燃剂产品

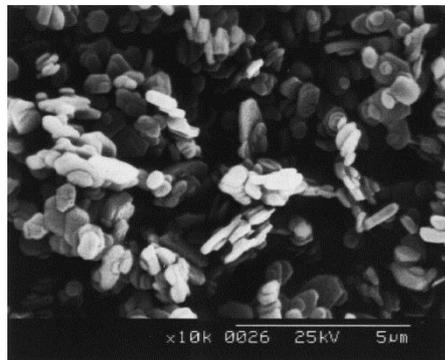


图2 日本的氢氧化镁阻燃剂产品

## 4 效益分析

按年产2000吨规模计,成本:约5000元/吨,售价:10000元/吨,年创产值2000万元,年创利税1000万元。

## 5 合作方式

技术转让或合作开发，年产 2000 吨规模，技术开发费：300 万元，水热设备加工费：约 1000 万元（国产），其他常规设备费（包括常温合成、过滤、干燥、粉碎、分级）：约 2000 万元。

## 6 所属行业领域

先进制造领域。

# 化工副产物制备硫酸钙晶须

## 1 成果简介

硫酸钙晶须具有机械强度大、热稳定性好、价格低廉等特点，是塑料、橡胶、陶瓷、水泥等材料的理想增强材料。

目前我国化工、冶金、电力等国民经济支撑行业在生产过程中均副产大量含钙副产物（如脱硫石膏、磷石膏、电石渣、石灰石、氯化钙等），年产量高达数亿吨。受技术经济条件限制，这些含钙副产物大多处于露天堆放和闲置状态，既浪费资源、污染环境又占用大量土地。

如何实现资源的高度综合利用，变废为宝，将其转化为国民经济发展急需的量大面广、附加值高的硫酸钙晶须产品是一项十分有意义的工作。

## 2 应用说明

清华大学与国内相关院校合作，经过 5 年的潜心攻关，已于近期成功开发出水热合成硫酸钙晶须的技术。该技术的主要原料为化工副产物（如脱硫石膏、磷石膏、电石渣、石灰石、氯化钙等），制备的硫酸钙晶须形貌规则、结晶良好、长径比大（长度 200~2000 $\mu\text{m}$ ，直径 1~20 $\mu\text{m}$ ，长径比 50~200）、纯度高（硫酸钙晶须主含量>90~95%，与原料相关）。该技术工艺简单，成本低廉（2000~4000 元/吨），所需设备大多为常规设备，具有较强的经济和社会效益。欢迎有关单位前来洽谈。目前国内类似产品售价为 2 万元/吨。

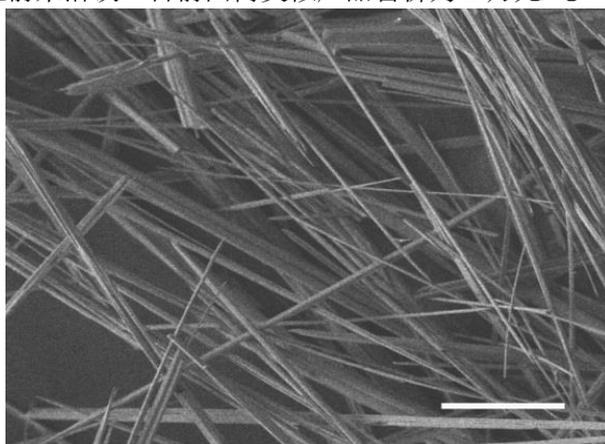


图1 硫酸钙晶须形貌

## 3 效益分析

成本：<4000 元/吨，保守售价：10000 元/吨，年创产值 3000 万元，年创利税 1800 万元。

## 4 合作方式

技术转让或合作开发，按年产 3000 吨中试规模计，技术开发费：400 万元，常温反应及配套设备：300 万元，水热反应及配套设备：800 万元，焙烧及配套设备：500 万元，其他常

规设备费（过滤、干燥、粉碎、包装）：300 万元，基建：300 万元，其他（管、泵、阀、控制仪表等）：300 万元，土地（30 亩）：约 500 万元，不可预见：200 万元，总投资：3600 万元。

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

# 由大宗固废制备 PVC 绿色复合板材

## 1 成果简介

通用塑料（聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和 ABS）产量和用量占全部塑料 80% 以上，是产量大、用途广、成型性能好、价格较低廉的常用塑料。

大宗工业固废（粉煤灰、工业石膏、矿渣等）的高值利用至今是一个尚未解决的难题。目前我国每年排放粉煤灰>6 亿吨、工业石膏（脱硫石膏、磷石膏）>1 亿吨，此外还有大量冶金及无机化工矿渣，这些固废占用土地，污染环境，急需大宗高值利用。

清华大学化工系与机械系经过多年联合研发，现已开发出由粉煤灰/工业石膏等大宗工业固废制备轻质高强 PVC 绿色复合板材成套技术。以大宗工业固废和通用塑料为主要原料，通过表面改性、复合增塑、高填充、微发泡、注塑成型加工等成套新技术，制备出轻质高强 PVC 绿色复合板材。

该复合材料具有工业固废填充量大、密度低、力学性能好、抗冲击能力强等特点，且有优良的缓冲减震、隔音隔热、绝缘、耐腐蚀、耐霉菌等性能，可作为替代木材用于制作各种工程制品（模板、型材、管材等）及办公/家装用品（门窗、桌椅、地板、墙板、书架、橱柜等）。高发泡产品也可用作建筑外墙阻燃保温材料。

本技术简便，成本低廉，产品轻质高强，附加值大。采用该复合材料制备的轻质绿色建材和工程制品可广泛用于建筑、化工、冶金、交通等领域。目前已建示范厂，产品供不应求，经济效益显著（税后利润>30%），欢迎相关企业前来洽谈。

## 2 效益分析

按年产 100 万平米规模计算，每平米售价>100 元，年创产值>1 亿元，年创利税>3000 万元。

## 3 合作方式

技术转让或合作开发，总投资：5000 万元。

## 4 所属行业领域

先进制造领域。

# 选择性固废分离技术

## 1 成果简介

固体混合物分离与提纯是工业生产常见过程之一，涉及钢铁、冶金、能源、化工、材料等国民经济支柱产业。目前常见的分离技术包括浮选、磁选、重选、化学分离等，大多需研磨才可实现组分解离和初步分离，无法实现高回收率、高纯度等要求，且能耗较高，设备磨

损严重。

清华大学化工系以混合物微观结构研究为基础，打破常规，独创具有广泛适用性的“选择性固固分离技术”，具有以下特点：

(1) 化学法高效解离，解离度（解离颗粒占总颗粒数量百分比）从常规方法的 60~80% 提至 98% 以上。且能耗大幅降低。

(2) 高选择性界面活化。采用最先进界面活化技术，选择性活化某一种或几种颗粒界面，强化不同组分在浆液中的差异，为后续分离打基础。

(3) 多种分离技术和工艺耦合，实现选择性精密分离和回收。如，20-80% 锂精矿经四级精密分离，产品纯度 99% 以上，总回收率 95% 以上。

## 2 应用说明

自 2010 年以来，经过持续努力，清华大学主持完成了“高精度选择性固固分离技术”通用中试平台设计和建造，陆续展开对现有分离和提纯具有较高要求的大宗固体混合物进行分离的实验研究，在低品位萤石矿提纯、钢渣分离、直接法电池级碳酸锂、尾矿稀贵资源回收等方面取得突破，正与相关单位合作完成部分成果的成套工业技术及专用设备开发。

## 3 效益分析

低品位萤石矿提纯项目（以 10 万吨/年计）总投资：3000 万元。

处理成本：50~70 元/吨，产品收入：12000 万元/年，年利润：4000 万元。

钢渣项目（以 10 万吨/年计）总投资：1500 万元。

处理成本：30~50 元/吨，产品收入：6000 万元/年，年利润：1000 万元。

直接法电池级碳酸锂项目（以 1 万吨/年计）总投资：8000 万元。

处理成本：2000~4000 元/吨，产品收入：10 亿元/年，年利润：1.5 亿元。

## 4 合作方式

技术转让或合作开发。

## 5 所属行业领域

先进制造领域。

# 钛白粉后处理工艺和机理研究

## 1 成果简介

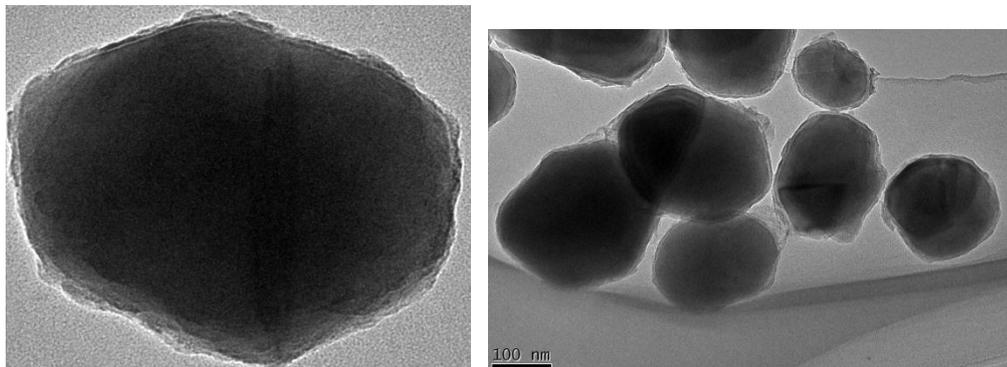
该项目是清华大学与锦州氯化法钛白粉企业合作，项目内容是钛白粉后处理包膜工艺条件和机理研究。详细研究了  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、磷铝等无机包膜的机理，并获得最优化条件，包膜条件包括分散条件、包膜温度、包覆时间、包覆 pH、搅拌强度、熟化时间等工艺条件。研究控制钛白粉包覆膜的致密度、厚度等不同质量的包覆膜，提高钛白粉在油漆、涂料（水性或油性）、塑料（色母粒）、造纸等领域中应用性能，提高分散性，遮盖力等应用指标。能够利用高分辨透射电镜等分析手段对钛白粉的包膜质量给出详细的分析和评价。发表了有关钛白粉包膜文章和钛白粉包膜专利多篇。

分析方法：

利用 TEM, SEM, XRD, XRF, IR, BET 等现代分析手段研究钛白粉的结构和理论。采用物理、化学等检测方法，详细研究分析了美国杜邦公司 R902、R706、日本石原公司 R930

等产品的包膜工艺。包括：无机包膜顺序、可能的无机包膜剂、可能的 pH 调节剂、有机包膜剂等。

通过钛白粉高分辨率透射电镜分析显示钛白粉表面包覆均匀致密膜。（见下图）



## 2 合作方式

商谈。

## 3 所属行业领域

先进制造领域。

# 纳米催化二氧化钛的研制

## 1 成果简介

高比表面积二氧化钛主要用于催化剂载体材料。针对脱硝催化剂用纳米二氧化钛，比表面积大，催化活性高，化学性质稳定，使用寿命长，主要应用在处理氮氧化物，电厂、汽车尾气等催化剂领域。同时纳米二氧化钛具有光催化活性，对治理雾霾有非常重要的作用。

该技术的特点是比表面积可控、催化活性高、使用寿命长。

开发了纳米二氧化钛的研制方法。采用硫酸法水解得到的偏钛酸，通过加入控制剂、同时控制浓度、温度、pH 等工艺参数，可以制备比表面积从 10~350m<sup>2</sup>/g，颗粒大小尺度可控的纳米二氧化钛。

## 2 技术指标

项目	指标
外观	白色粉末状
pH	6~8
晶型	锐钛
水份	(105,2 hr 干燥失重≤5%)
粒径可控	5-50 (nm)
比表面积	可控: 10~350 (m <sup>2</sup> /g)
孔大小	孔大小可控 1-10nm

## 3 合作方式

商谈。

## 4 所属行业领域

先进制造领域。

## 微藻生物柴油技术

### 1 成果简介

原料油脂费用占生物柴油生产成本的 80% 以上，目前原料油脂价格高居不下并不断上涨，制约了生物柴油产业化和商业化。国内外生产生物柴油的主要原料是大豆油、菜籽油、花生油、棕榈油、地沟油等。它们与农业争地，与食品及饲料争原料，单位生物量的产油率低，生产周期长，消耗大量的水资源、化肥和能源。

清华大学发明了微藻异养发酵生产生物柴油的新技术，其技术特征在于：通过对一种特别菌株特殊品系的筛选和代谢途径的改变，*Chlorella protothecoides* 0710 strain 由光合自养转变为化能异养，细胞由绿变黄，生长繁殖更快，油脂含量提高 3~4 倍，达细胞干重的 61% 以上。又将工业界成熟的发酵技术应用于高油脂异养微藻的生产，进一步提高发酵规模和细胞密度，现细胞发酵密度超过了 100g/L，获取了大量异养干藻粉后提取油脂，经转酯化反应生成了高质量的生物柴油。

该技术的创新点：

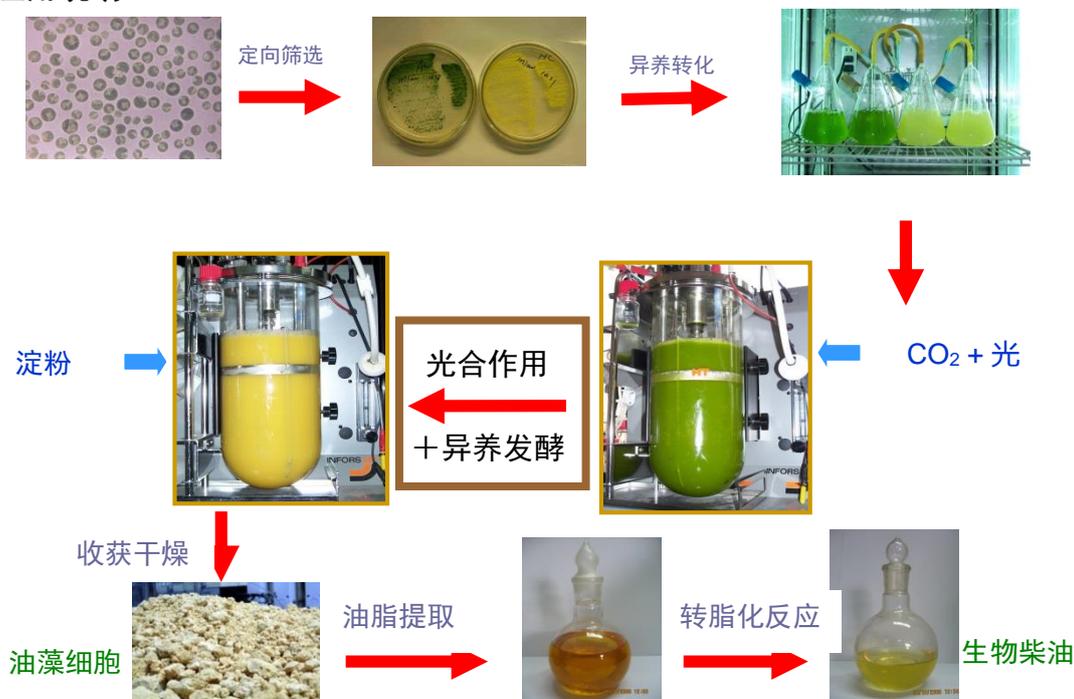
(1) 发明了微藻异养发酵生产生物柴油新技术，打通了以糖、淀粉、有机废水、二氧化碳等为原料，工业自动化条件下高效生产生物柴油的新途径；

(2) 异养藻细胞发酵产量和油脂含量不断创造新高(细胞干重 100 g/L，含油量 60%)，提高了该技术工业化生产的经济性。

(3) 在发酵前引入利用 CO<sub>2</sub> 和光合作用来减少糖或淀粉的消耗，降低成本的同时减少温室气体的排放。

该技术获 3 项国家发明专利和 2007 年全国发明大会奖。

### 2 应用说明



上图 流程图

应用目标：与有实力的企业合作，在工业化规模上进一步降低微藻发酵过程的成本，实现该技术的商业化运作。

主要生产原料为以下 4 类之一：（1）二氧化碳，（2）甜高粱、甘蔗等糖质原料，（3）木薯、玉米等淀粉质原料，（4）含糖有机废水等。

生产设备：微藻培养池、光生物反应器、工业发酵设备及厂房为主。

生产消耗：电能、蒸汽等（无污染等环境问题）。

产品应用：微藻生物柴油质量好，应用范围与目前市场上销售的柴油完全相同。

投资风险：本技术创新性强，没有前人的实践、范例和经验；通过工业化和规模化来实现进一步降低成本的目标；高技术、高投入、预期高回报的同时也存在投资风险。

### 3 应用说明

中国境内的生物柴油能源市场等。

### 4 效益分析

全世界油脂价格和液体燃料价格疯狂上涨，对世界经济、政治和国家安全等产生重大影响。实现本技术商业化运作的经济效益和社会效益巨大。

### 5 合作方式

共同合作，在工业化规模上进一步降低微藻发酵过程的成本，实现该技术的商业化运作。

### 6 所属行业领域

先进制造领域。

## 有机相变蓄能复合材料及在建筑节能中的应用

### 1 成果简介

有机相变蓄能复合材料是由有机相变材料（如石蜡）和高分子支撑和封装基体组成的复合材料，通过有机相变材料的固-液相变储存或释放热量。由于高分子材料的微封装和支撑作用，使得分散于其中的有机相变材料发生固液相变时仍能保持原有形状。该类材料有以下特点：

- 无需外部封装，可直接使用；
- 相变前后材料能保持其形状和强度；
- 材料的导热系数可在一定范围内调节，对外界温度变化响应及时；
- 材料具有良好的阻燃特性。
- 应用前景广阔，包括但不限于太阳能储存、建筑节能、冷热防护、电子元器件温度管理、低温储存、电力调峰、工业余热回收利用、智能服装等领域

本课题组还开发了有机相变蓄能复合材料的连续生产设备和生产工艺，已实现小批量连续示范生产。

随着我国经济发展和人民生活水平的提高，我国建筑面积增长迅速，相应地，建筑能耗也大幅度增长，到 2020 年预计将占社会总能耗的 1/3。因此，在国务院发布的《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》中，节能的绿色建筑已被列为重点发展领域。

本项目开发的有机相变蓄能复合材料可以充分利用太阳能和谷电等自然和低价能源，通

过光热转换和电热转换来实现建筑采暖。太阳能具有不连续和不稳定的问题，存在供给和需求不匹配的矛盾。有机相变蓄能复合材料可以将太阳能蓄存起来，在需要时释放，从而解决这些问题。在采用分时电价的地区，还可以利用有机相变蓄能复合材料进行谷电蓄能采暖，平抑峰谷差。通过充分利用清洁的可再生能源，降低建筑运行能耗，节省运行开支，减少环境负担。

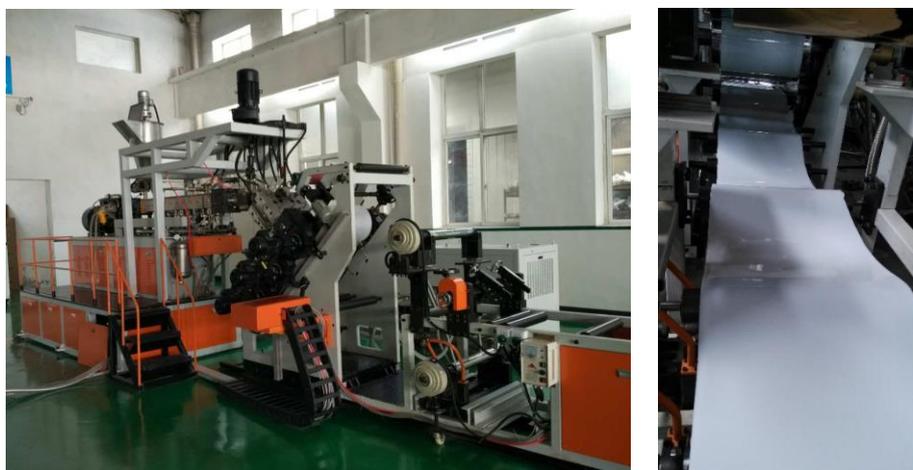


图 1 自行设计加工的智能调温材料板材示范生产线

本课题组从 2000 年开始进行有机相变蓄能复合材料的研制，在国家自然科学基金、“十一五”和“十二五”国家科技支撑计划课题、清华大学基础研究基金等的支持下，经过十多年的努力，研发出具有自主知识产权的有机相变蓄能复合材料，申请和授权发明专利 5 项。实验室应用研究证明具有很好的节能和舒适效果。

## 2 应用说明

- 利用谷电采暖的有机相变蓄能复合材料

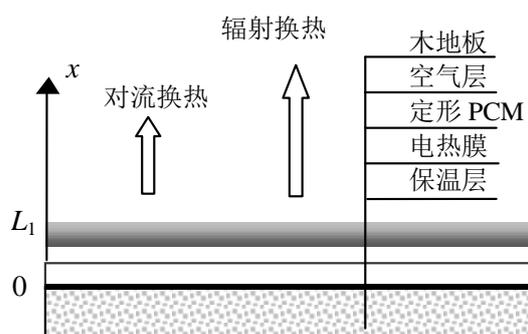


图 2 相变蓄能电采暖地板结构图

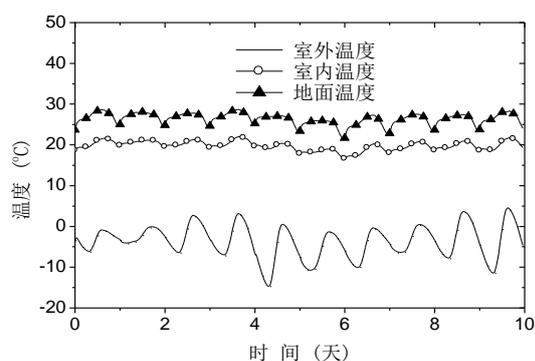


图 3 相变蓄能地板采暖效果图

利用谷电使有机相变蓄能复合材料蓄能，在白天释放加热房间，满足白天的采暖需求，达到节约采暖电费的目的，适合用于办公楼等场所。实验和模拟证明，使用相变蓄能地板采暖，室内温度可保持在 20°C 左右。以北京地区 25 平米的房间计算，每天可省 4 元钱。

- 结合太阳能采暖的有机相变蓄能复合材料
  - 适应于轻体房和可移动建筑，或高原地区的分散建筑。
    - (1) 结合被动式太阳能采暖的相变蓄能地板/墙体

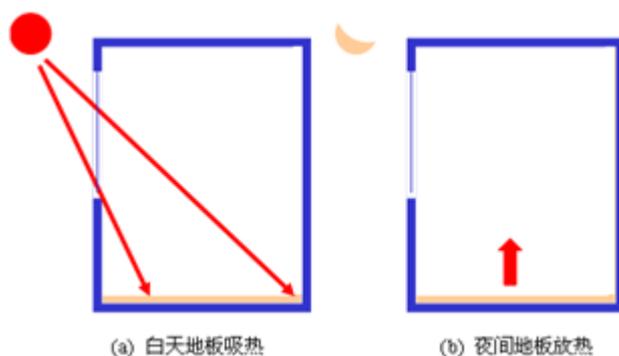


图 4 相变蓄能地板在太阳房中的应用原理

白天蓄存透射进房间的太阳能，夜间再逐渐释放给房间。能有效提高房间夜间温度，降低全天温度波动。实验和模拟研究表明，在北京地区，与普通的轻质板房相比，冬季夜间最低温度能提高  $5^{\circ}\text{C}$  以上。

### (2) 结合主动式太阳能采暖的相变蓄能地板

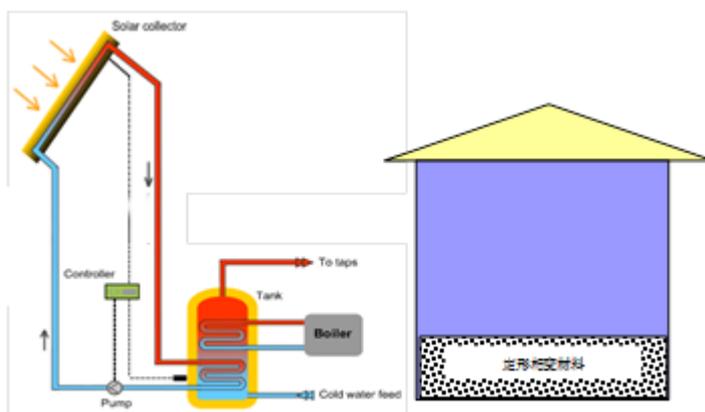


图 5 相变蓄能地板在主动式太阳能采暖中的应用原理

与太阳能集热装置联用，白天在太阳辐射强烈时，将热水直接通入相变地板层，使地板充分蓄热，用于夜间供暖。碰到阴天或夜间热量不够，可以启动备用热源。

主动式太阳能相变蓄能地板采暖系统比轻质地板减小室内温度波动 50%，提高室内最低温度  $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$ ；若蓄能时间段能量全部由太阳能提供，与无水箱蓄能装置干式太阳能采暖系统相比则可多利用约 30% 的太阳能。与有水箱蓄能装置太阳能采暖系统相比则每百平米可节约  $7.5\text{m}^3$  的水箱体积，约 7.5 吨建筑容重和 4 万元水箱成本。

## 3 效益分析

在国家大力提倡绿色建筑、节能建筑以及清洁可再生能源的综合利用的形势下，本项目具有广阔的应用前景和较大的推广空间。

## 4 合作方式

技术转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

新材料。

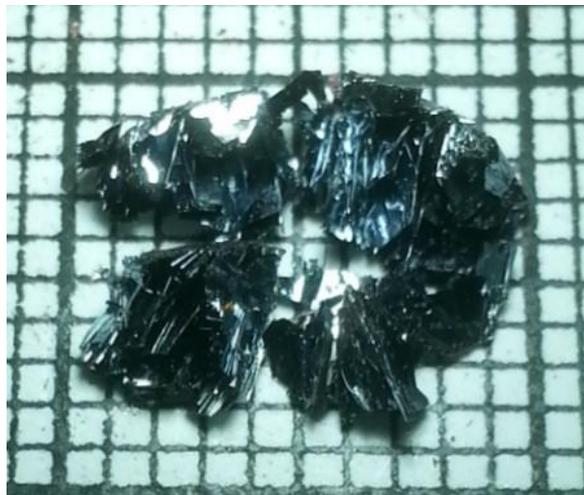
## 正交相黑磷单晶的制备技术

### 1 成果简介

黑磷是一种新型的二维材料，由于其较宽的可调控直接带隙、高载流子迁移率和优异的各向异性光电性质，在电子学以及光电子学领域展现了巨大的应用潜力，成为“后石墨烯时代”最受瞩目的二维材料之一。目前，黑磷主要由正交相体块单晶通过机械剥离或者液相剥离得到。因而，高质量正交相黑磷体块单晶是获得这种新型二维材料的前提。传统的合成正交相黑磷体块单晶方法包括超高压合成、基于金属汞或铋的催化合成等。这些方法要么依赖于精密且昂贵的仪器（超高压装置），要么依赖于高毒性的金属做催化剂。同时，所获得的正交相黑磷体块单晶产率不高，晶体的品质和尺寸仍有很大的提升空间。我们发展了一种正交晶系黑磷体块单晶的制备方法，摒弃了传统方法对设备的苛刻要求，也无需高毒性的合成原料，所获得的正交相黑磷体块单晶产率高（>90%），成本低，晶体质量好，尺寸大（毫米级）。该制备技术契合当今社会提倡的“绿色化学合成”概念，所获得的正交相黑磷体块单晶既能满足目前材料、物理、化学、电子、光电子等广大学术界对这类材料的供应需求，又能推进其商品化和产业化进程。

### 2 应用说明

本技术以金属锡和单质碘作为矿化剂，以红磷作为前驱体，采用一种改进的化学气相传输法，实现了以较低的成本和较高的操作安全性制备正交相黑磷体块单晶（下午）。整个制备方法摒弃了传统的反应体系和工艺条件所带来的问题，实现高转化率的、毫米级的和高质量正交相黑磷体块单晶的制备，从而满足众多高科技领域对高质量和低成本黑磷需求。



上图 正交相黑磷体块单晶

### 3 效益分析

随着“后石墨烯时代”学术界和产业界对黑磷这种新型二维材料的日渐重视，正交相黑磷单晶无论在国内市场还是国际市场都是供不应求。目前正交相黑磷单晶的最大供应商是 Smart-elements 和 HQ Graphene 这两家外国公司，仅作科研供应且价钱昂贵，每克约为 4000~5000 元。随着国内外对该材料的重视，每年的需求量将有一个很大的递增。因此，正交相黑磷单晶的市场规模巨大，前景非常好。在中国国内，所需的正交相黑磷单晶主要来源于进口，面临着价格昂贵、采购困难、货期长和手续繁琐等问题，这严重阻碍了针对该材料

的科学研究和产业的发展。本项目携手相关企业，瞄准正交相黑磷单晶国内外市场需求，将这一低成本制备高质量正交相黑磷体块单晶的技术产业化，力争成为国内首家高质量正交相黑磷单晶材料专业制造商。

#### 4 合作方式

技术转让或合作开发，商谈。

#### 5 所属行业领域

新材料领域。

## 涂料塑料橡胶填充用超细粉体加工技术

### 1 成果简介

随着我国塑料、橡胶、涂料、胶黏剂等产业的快速发展，对作为其填充材料的各类化学合成无机粉体及非矿粉体的需求量已经高达 5000 万吨以上；随着市场的国际化，对各类粉体填料的质量要求越来越高：（1）提高粉体填充量，降低制品成本；（2）填料粉体功能化改善制品产品性能。

本技术是一项综合性的技术，适应上述市场需求，通过粉体加工来达到改善填料粉体的粒度、粒度分布、颗粒形貌以及表面状态。适应的产品有：氧化铝、氮化硅、碳酸钙、白炭黑等无机粉体材料以及方解石、滑石、硅灰石、高岭土等天然矿物粉体材料。

激烈的市场竞争和加工成本的增加使得相关企业利润急剧下降，甚至出现经营困难的现象。本技术是改进老工艺设备，提升产品质量，服务下游企业的重要途径。

### 2 应用说明

该技术结合了 30 年粉体加工与材料应用研发经验，并在国内外得到了广泛的应用：获得国家专利 10 余项，中国机械工业协会、中国建材工业协会和北京市科技进步二等奖及中国发明博览会金奖。

作为一项综合的加工技术，其特点是：

- 粉磨系统：采用国产高细球磨机、辊压磨、冲击磨或湿法搅拌磨，充分发挥粉磨系统效率，提高粉体细度。采用合金耐磨或高技术陶瓷材料做研磨介质，防止对产品的污染。
- 分级系统：采用我们自己研制的超细分级机，分级精度高，细度调节方便。
- 收集系统：采用国内最先进的脉冲布袋收集器。经过特殊处理的过滤材料保证了细微颗粒的回收，收集效率高，排放浓度低。
- 改性系统：根据物料用途和细度的不同，采用干法、湿法或包覆复合等不同形式的改性方法。在保证改性效果的同时进行系统优化，节省投资。

### 3 效益分析

不同产品的市场背景和成本都有不同，需根据具体情况系统分析。

#### 4 合作方式

技术服务、新产品开发、生产系统建设与技术改造。

#### 5 所属行业领域

新材料领域。

## 功能性复合材料用微纳米复合粉体生产

### 1 成果简介

新材料产业的发展带动了纳米粉体技术的发展,如何合理分散和使用纳米粉体已经成为制约该技术应用瓶颈。因此,各类纳米粉体根据用途而进行二次加工处理,制备用户方便使用的“功能性微纳米复合粉体材料”也就逐渐形成了市场。

该技术的特点是:借助微米级母粒子与纳米级子粒子的复合,完成对纳米粉体的有序分散和实现纳米颗粒对微米颗粒的包覆;或者是将不规则的颗粒整形处理,从而制备不同类型的功能性复合粉体,满足新材料功能的需要。这一新成果已经实现产业化,解决了许多航空、航天、电子、生物、材料、医药、涂料、冶金等行业对新一代粉体材料的需求。

### 2 应用说明

生产功能性微纳米复合粉体材料的技术路线:采用我们研制的 PCS-II 型粉体复合机,借助机械冲击的方法对粉体颗粒进行表面处理,有目的地改变其物理化学特征、表面结构和颗粒的形貌特征。

产品系列:

(1) 功能性粉体材料,如导电导热粉体、高流动性粉末、球形化石墨粉体、氧化铝弥散铜粉、碳化硅弥散铝粉等;

(2) 节约型复合材料,如包覆银的聚合物(铜、铝)粉体、包覆铜的铁(铝)粉体等;

(3) 预分散型复合材料,如包覆碳纳米管的聚合物(铜)粉体、包覆纳米二氧化硅的橡胶粉体、包覆纳米氧化铝的聚合物粉体等。

### 3 效益分析

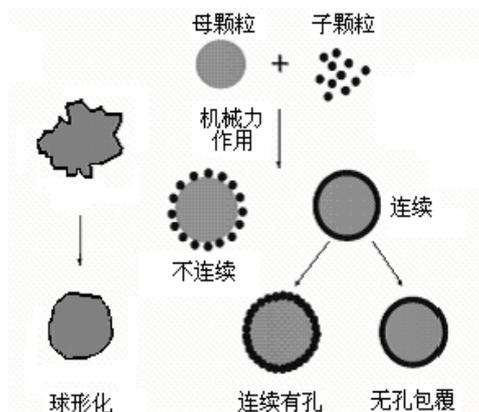
投资 500~800 万元,形成 2000 吨生产能力,产值 2000 万元,投资回收期 3 年。

### 4 合作方式

技术服务、新产品开发、装备提供。

### 5 所属行业领域

新材料领域。



上图 生产功能性微纳米复合粉体材料的技术路线

## 锂电粉体材料球形化技术

### 1 成果简介

锂电池是未来重要的动力电池类型,以鳞片石墨为原料制备的球形负极粉体是这类电池的重要基础材料。随着国家能源政策的调整,动力电池的需求日益增加。

清华大学自 1998 年开始进行各类石墨粉体球形化技术的研发,获国家十一五、十二五、863 等科技计划的支持,获得过中国建筑材料科技进步一等奖。其中的整形技术历经 4 次改进,实现重大突破,形成目前 TH-F04 石墨球形化加工系统。与目前市场的流行产品相比,该系统具有以下优点:

- (1) 球化处理能力超过日本同类型设备的现有技术指标，且实现全部国产化；
- (2) 球化产品得率提高，相同振实密度条件下，得率从全国平均水平的 40% 提高到 60% 左右，产品原料比例从 1:2.5 降低到 1:1.7；
- (3) 球化设备并联布置，运转率提高到 100%。目前市场上流行的系统全部串联，若有一台设备出现故障将造成全线停产。而本系统属于单台套各自独立工作，单台设备检修不影响整个系统的运行；
- (4) 产品潜力大；经过调整球化设备关键部件，具备生产第二代动力电池负极材料的能力；现在锂电池负极用球形石墨粉体的粒度分布范围在 15~30 微米之间，第二代球形石墨粉体的粒度分布范围在 10~20 微米之间；随着动力电池单位体积容量和大电流充放电能力要求的提高，电极更薄，球形颗粒的粒度更细；
- (5) 除鳞片石墨球形化以外，该球化设备还适应于人工石墨、微晶石墨等其他种类石墨的球形化。微晶石墨的球化得率高达 50%（目前国内水平在 30%）。

## 2 技术指标

加工对象：鳞片石墨、微晶石墨、人工石墨；

本系统入料粒度：800 目 ( $\geq 15\mu\text{m}$ , D10), 325 目 ( $\leq 45\mu\text{m}$ , D90)；

期望的出料粒度： $d_{50}=13-18\mu\text{m}$ ,  $d_{90}\leq 25-30\mu\text{m}$ （无级可调）；

球化得率：55%~70%（鳞片石墨与人工石墨）；

振实密度： $\geq 0.85\text{g/cm}^3$ ；

处理能力：400~600kg/h；

工作制度：系统连续生产。

## 3 效益分析

整形加工成本约 3000~5000 元/吨（各地成本有所不同），市场销售价格在 15000~40000 元/吨。形成 3000 吨生产能力的设备投入在 600 万元左右。

## 4 合作方式

技术服务、新产品开发、装备提供、委托加工。

## 5 所属行业领域

新材料领域。

# 高性能混凝土用超细复合矿物掺合料生产

## 1 成果简介

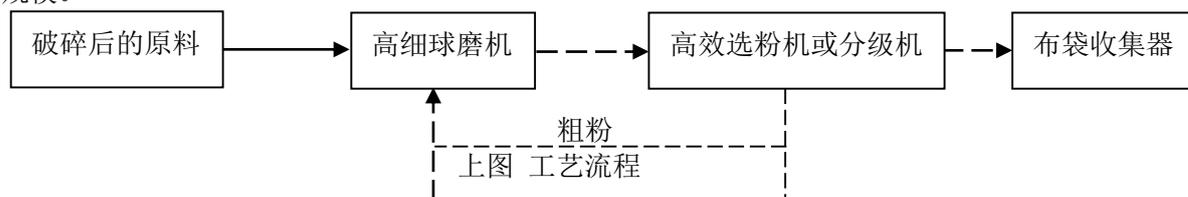
高性能混凝土是建设部发文推广的新型混凝土，也是继传统民用建筑的高峰过后，重要工程项目中必须的产品：如高铁、地铁、水力工程、石油工程、海洋工程等领域。

其主要的原料是高炉矿渣（钢铁厂副产品），这在很早就被人们作为水泥混合材原料而广泛采用，但是随着高性能混凝土的发展，S95 以上的超细矿渣或超细粉煤灰的掺合料，就成为新型建材的大趋势。通过超细研磨和少量无机外加剂的作用，实现混凝土微观结构的均匀化，减少因分散不均匀带来的质量问题。

传统的立磨加工方式，难以以合理的成本达到客户的要求：矿渣颗粒较粗，其颗粒活性

没有得到发挥，仅起微集料作用。细磨矿渣，不同于颗粒较粗的矿渣混合材，它是将细度很高的矿渣微粉作为混凝土的掺合料直接使用或掺入水泥中作为复合水泥的混合材料。由于磨细的矿渣的细度很高，其活性在碱性条件下得到充分激发，使混凝土和水泥的多项性能得到了极大提高和改善。

选用建材工业淘汰落后产能而废弃的球磨机进行改造。对磨机的选用一是对现有磨机进行磨内改造，更换研磨介质；二是直接选用高细、高产的筛分磨，直接可生产出比表面积  $800\text{m}^2/\text{kg}$  以上的超细矿渣。若需生产更高细度的矿渣微粉，可在磨机后面配置高效选粉机或分级机。本方案特别适宜于老厂的改造、转产或新建粉磨站，具有投资省、见效快、产量高、易于管理等优点。岗位工人均可利用原有人员即可进行正常生产，且适用于不同的生产规模。



## 2 效益分析

以  $\Phi 2.2 \times 11\text{m}$  磨机为例，可生产矿渣微粉 10 吨/小时，60000 吨/年，产值 2000 万元，利税 300 万元以上。

基本原料和加工成本约 100~200 元/吨（各地成本有所不同），市场销售价格 300~600 元/吨（系统可以生产 S105 以上的产品）。形成 6 万吨生产能力的设备改造 800 万元左右。

## 3 合作方式

技术服务。

## 4 所属行业领域

新材料领域。

# 可延展柔性无机电子

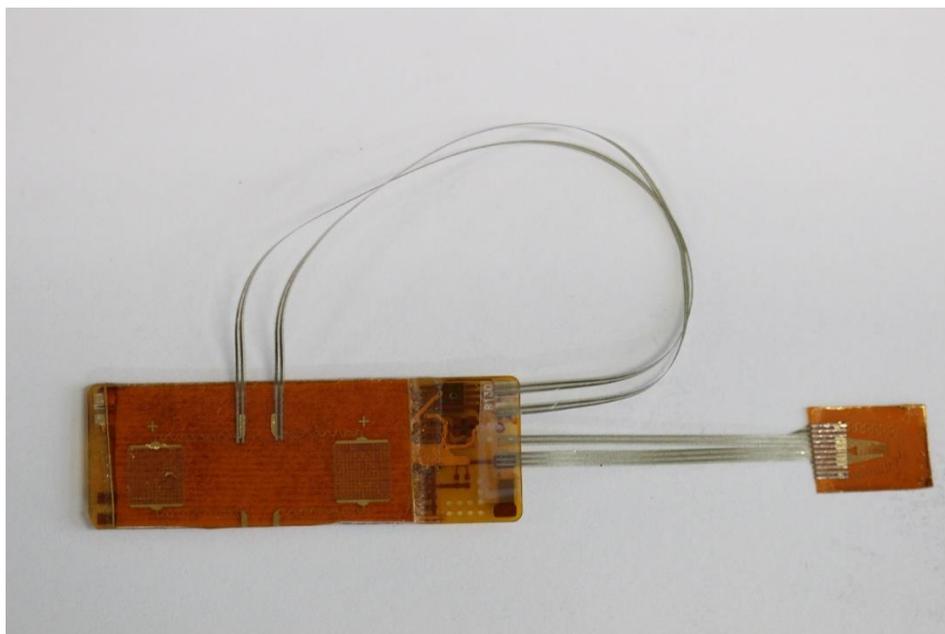
## 1 成果简介

可延展柔性电子（Stretchable and Flexible Inorganic Electronics）在继承传统半导体产业的技术优势的基础上，引入新型的设计和制备方法，实现的可延展柔性无机电子器件达到与皮肤同样的柔软，能够与人体表面自然贴合获取温度、脉搏、血氧、血糖等生理参数，可用于呼吸、血压、血糖的日常监测。可延展柔性电子器件将是精准医疗数据采集的关键技术和核心设备。

可延展柔性电子已成为各国政府和跨国企业竞相发展的前沿技术。美国的 NASA、NIH、NSF、DARPA、DOD 相继制定可延展柔性电子战略、2012 年美国“总统报告”确定将可延展柔性电子制造作为 11 个优先发展的尖端领域、2014 年成立了柔性混合电子器件制造创新中心；欧盟（第 7 研究框架、地平线计划）、英国（“抛石机”计划、建设英国的未来计划）、韩国《韩国绿色 IT 国家战略》、日本 TRADIM 计划也指定了可延展柔性电子发展战略，旨在

未来的可延展柔性电子研究和产业发展中抢占先机。

清华大学是国内首个对可延展柔性无机电子器件开展全面研究的单位,承担针对可延展柔性电子的首个国家重点基础研究发展计划(973计划)项目。清华大学经过多年的研究,已经设计和制备出多种功能的可延展柔性电子器件。柔性温度监测器件具有很好的生物兼容性,可实现对人体温度的长期实时的精确监测。基于压电的可延展柔性电子器件能够实现对心率、心脏搏动力度、血压、脉搏等监测,为健康监测和疾病预防提供了支持。



图为可延展柔性无机电子器件示意图

## 2 应用说明

为了实现可延展柔性电子产业的提前布局,确保技术国际领先的地位,本项目已经通过清华大学在浙江省落地,进行产业化。本项目通过改造传统半导体工艺技术实现可延展柔性电子的量产化生产,不仅能够保证项目转化的成功,同时还能给极大地降低成本。

## 3 效益分析

可延展柔性无机电子器件颠覆性改变了传统半导体工业的发展理念,为传统半导体电子产业的升级发展提供了新的机遇,其背后同意蕴含着巨大的经济效益,工业界包括 IBM、Intel、索尼、谷歌、苹果、微软、飞利浦、三星等大型公司已经开始研究和布局,计划将更多的柔性显示、穿戴式电子、智能家居引入到日常生活,形成新的产品和产业。据 2013 年权威机构 IDTECHEX 统计预测,未来 10 年柔性电子产业的经济效益将呈指数增长趋势,2023 年市场规模将接近 800 亿美元,最终的市场份额将达到千亿美元量级。

## 4 合作方式

风险投资、技术许可、专利许可等方式。

## 5 所属行业领域

医疗器械。

## 可注射干细胞 3D 微组织治疗实现微创高效再生医学

### 1 成果简介

以组织工程和干细胞治疗为代表的再生医学是现代医学最具发展潜力的领域，有望成为继药物和器械治疗之后下一个医疗健康行业的支柱产业。再生医学已在临床成功地用于皮肤再生，关节软骨重建，肌腱、脊髓损伤修复，免疫系统功能重建等，并在治疗疑难病症（如遗传性疾病和心血管类疾病）和各类器官组织（如神经、肝脏、心脏、胰腺等）修复和再生的动物模型和临床试验中显示出良好效果。然而，传统组织工程由于人造组织的空间尺度较大，需要通过有创性的手术移植来实现，并且由于传质问题，移植人工组织的存活也是一个重大挑战。相比之下，可注射细胞疗法将游离细胞（如干细胞）通过微创的方式直接注入体内进行治疗显示出更加良好的临床应用前景。国外现在已有三款干细胞药物和多款干细胞治疗产品获批上市，外资药企正不惜重资买断干细胞治疗技术。放眼国内，数十个干细胞产业化基地已经布局成型。全球细胞治疗产业预计到 2020 年的将达到 4000 亿美金的规模。

然而目前干细胞的体外培养扩增质量和成本以及细胞体内传输的成活率等问题制约着干细胞治疗的发展。清华大学医学院杜亚楠教授研究团队创新性的开发出基于可注射干细胞 3D 微组织的新型再生疗法，证实可大大增强干细胞在病灶区域的定位，存活和组织再生治疗效果，有望为实现“一针干细胞注射治疗疑难重大疾病”的梦想提供重要工具和手段。据研究报道，国内对糖尿病足未予足够重视，有限资料表明糖尿病足溃疡主要为缺血性溃疡或神经缺血性溃疡。40 岁以上、病程超过 5 年的 2 型糖尿病患者中，90% 的患者合并有周围血管病变，其中 43% 的患者合并重度的血管病变。我国 50 岁以上糖尿病患者下肢动脉病变的患病率高达 19.47%~23.8%。糖尿病患者下肢截肢的相对危险是非糖尿病患者的 40 倍，约 85% 的截肢是由足溃疡引发的，15% 左右的糖尿病患者一生中会发生足溃疡。因此，现迫切需要治愈下肢缺血性疾病的疗法。3D 微组织再生疗法仅需要相当于传统干细胞疗法十分之一用量就可使患下肢缺血疾病的小鼠实现血管和肌肉组织再生，避免截肢。这是迄今为止文献报道的可实现下肢缺血再生和治疗所需干细胞量最少和最有效的报道。与此同时，3D 微组织疗法目前在科研领域内，也在大动物（犬）椎间盘蜕变、小动物（鼠）皮肤损伤及小动物（鼠）肝衰竭等模型中得到有力验证。这种可注射 3D 微组织平台技术可辅助各种类型的细胞治疗和组织再生，有望像药物传递对于药物治疗一样在细胞治疗领域产生广泛而重大的影响。其潜在市场主要是各大医院和医疗机构，将成为未来治疗重大疑难疾病的利器。

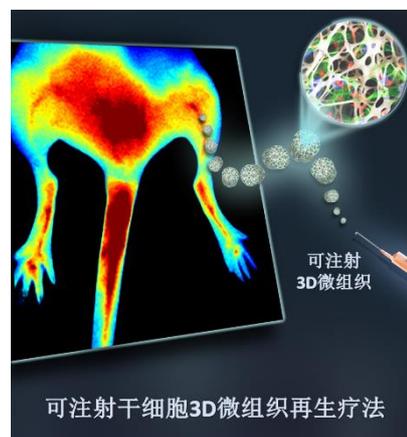
产品优势：

1) 3D 微组织疗法，可实现干细胞体外 3D 仿生型大规模培养；

2) 3D 微组织在体外培养过程中，微组织构建的干细胞微环境可产生预激机制，相比于传统的二维扩增培养，更加有效的维持干细胞在体外的活性与功能；

3) 3D 微组织疗法，可避免游离干细胞在体内病灶区大量流失（微尺度特性），防止细胞在注射移植过程中的损害（高弹性特性）。

4) 3D 微组织疗法构建的体外干细胞微环境，可抵



御病灶区的周边的恶劣环境，维持干细胞活性与功能，提高治疗效率；

5) 3D 微组织疗法目前已在小动物下肢缺血（糖尿病足）模型中得到有力验证：该疗法仅需要相当于传统游离细胞疗法十分之一的间充质干细胞用量就可使患有下肢缺血性疾病的小鼠实现血管和肌肉组织再生，避免截肢，这是迄今为止文献报道的可实现下肢缺血再生和治疗所需干细胞量最少和最有效的报道。

6) 3D 微组织疗法目前也在大动物（犬）椎间盘蜕变、小动物（鼠）皮肤损伤及小动物（鼠）肝衰竭等模型中得到有力验证。

## 2 应用说明

2011 年至 2015 年，3D 微组织疗法在大动物（犬）椎间盘蜕变、小动物（鼠）下肢缺血、小动物（鼠）皮肤损伤及小动物（鼠）肝衰竭等模型中得到有力验证。

应用此新型疗法我们还成功的实现了微创高效治疗比格犬的椎间盘退变。核磁和 X 光检测都表明在半年的治疗周期中，3D 微组织较游离细胞注射治疗在促进髓核再生和维持椎间盘高度等方面都有显著增强。与此同时，由于椎间盘是一个高内压的特殊组织，传统游离细胞注射治疗后会沿注射孔道返流在椎间盘外部形成骨赘，产生二次病灶。由于高弹性 3D 微组织要比注射孔道尺度要大，从而防止了细胞返流，避免了骨赘的形成，大大提高了治疗的安全性。相关工作发表在生物材料著名期刊 *Biomaterials* 上，被杂志主编哥伦比亚大学 Kam Leong 教授认为是世界一流的工作。

相关文章已发表在国际知名的美国科学院院刊（PNAS）和生物材料权威期刊 *Acta Biomaterialia*, *Biomaterials*, *lab on chip* 等杂志上，并被国内外期刊和媒体广泛报道，产生了广泛影响。

申请相关专利两项，一项已授权。

同时我们已与国内外众多合作者建立了临床和科研方面的紧密合作关系。特别是在下肢缺血性疾病等治疗领域与北京清华长庚医院整形科的黄晨昱主任建立了合作关系。在肝纤维化疾病治疗领域与北京清华长庚医院肝胆胰外科董家鸿院长团队合作。在干细胞治疗的基础研究领域与香港大学的 Barbara Chan 教授、美国加州大学（UC-IRVINE）Weian Zhao 教授，协和医学研究院赵春华教授以及海军总医院阮狄克教授紧密合作攻坚。

## 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而干细胞治疗和再生医学的需求比较迫切，因此本平台技术具有较大的推广空间。

## 4 合作方式

联合推广。

## 5 所属行业领域

新材料/医疗卫生。

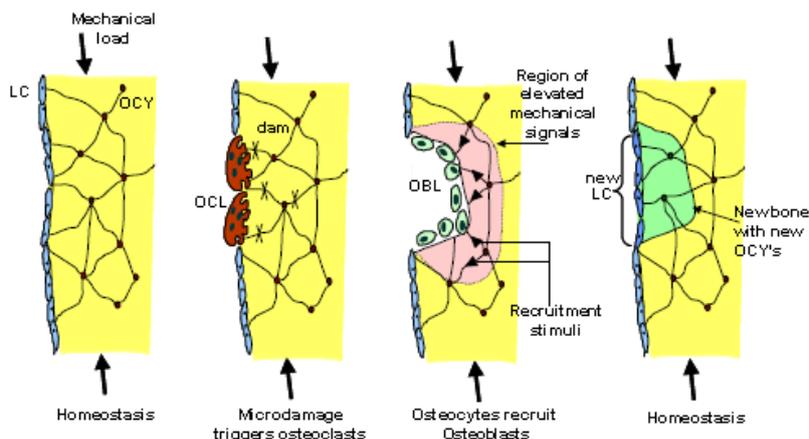
# 新型无创骨质疏松治疗仪

## 1 成果简介

骨质疏松是以骨量减少致使骨的脆性增加的一种全身性骨骼疾病，其多发于老年的退行

性病变。近年来，因饮食习惯和运动缺乏引起的骨质疏松亦呈现多发趋势。目前我国骨质疏松症患者约占总人口的 7%，骨质疏松的治疗与预防刻不容缓。

超声作为一种可获得的高频机械波，在医学治疗领域亦有相当多的应用。多项研究表明：超声作用于骨伤位置，能够加快组织成分合成，促进血液流动，在加速骨折愈合和减少后遗症方面具有显著效果。本技术利用超声振动及能量激发并加速骨骼重建，为骨质疏松患者提供治疗新手段，是一种无痛苦无创伤的医学治疗技术。



上图 机械载荷激发骨重建原理

基于以上研究，课题组从 2010 年开始从事超声刺激辐照仪器研发，并开展了动物实验研究，实验结果表明超声辐照增强了骨质疏松大鼠的骨密度，亦表明该项技术可实现对骨质疏松患者的骨质增强作用，降低患者骨折及严重后遗症的隐患。在临床应用中，该项技术亦可进行骨折及骨不连等后遗症的治疗。仪器的特点如下：

- 治疗条件要求低，开展方便，患者无负担；
- 无痛无创，对人体其他组织无伤害；
- 外形小巧，可便携使用。



上图 超声治疗仪样机

性能参数：

- 治疗频率在  $1.1 \pm 0.1$  MHz，强度小于  $1W/cm^2$ ；
- 工作模式有连续式和调制式两种，可根据需要调节；
- 耗电量低，成本低。

## 2 应用说明

该设备具有便携性，应用方便，适用于医院、社区保健中心、家庭等各种环境。适应症不仅可针对骨质疏松疾病及潜在致病隐患，亦可用于加速骨折骨伤病的愈合，减少骨伤后遗

症的发生率。应用人群不仅包括易患退行性疾病的高龄人群，同时包括缺乏日常运动的中青年人群及饱受职业伤害的专业运动员等。

### 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而骨骼急慢性疾病治疗需求广泛，因此本仪器具有较大的推广空间。本仪器运行稳定、灵敏。总体上，仪器成本低，维护简单，无副作用，具有明显的经济和技术优势。

### 4 合作方式

转让或联合推广。

### 5 所属行业领域

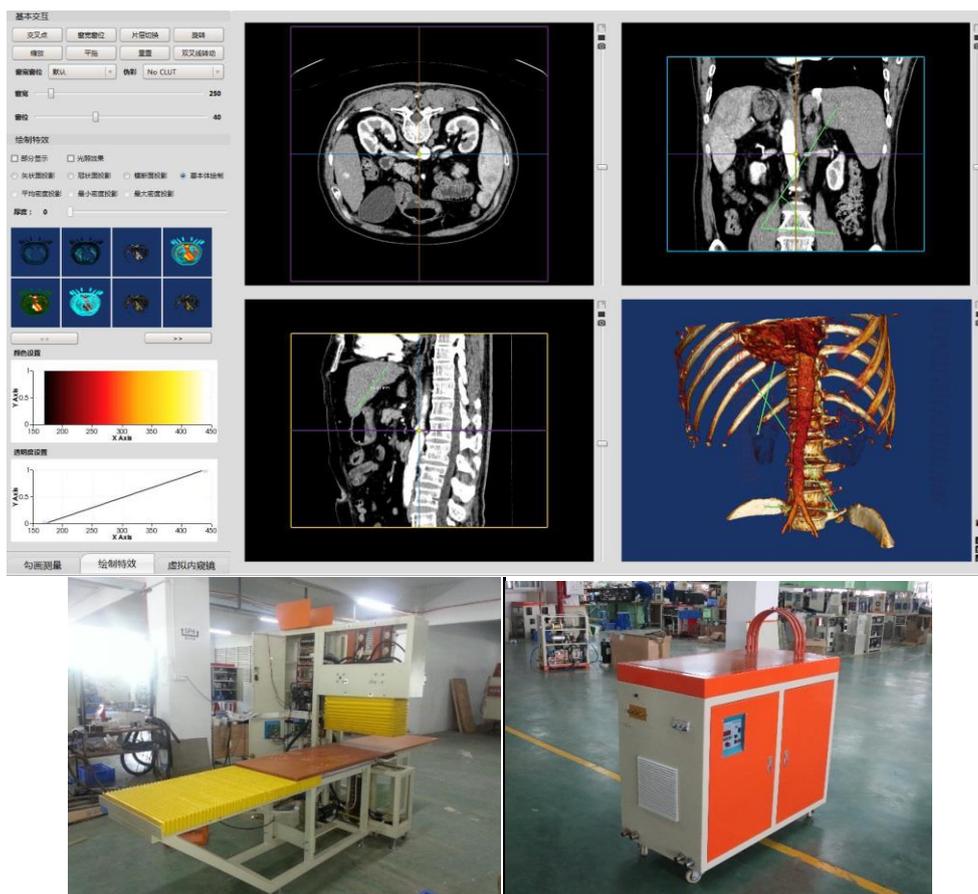
医疗健康领域。

## 磁感应热疗设备

### 1 成果简介

磁感应热疗是近年发展迅速的医疗新技术，是利用磁性介质在交变磁场升温原理，将磁介质定向植入肿瘤部位，达到局部热疗的效果，利用磁感应热疗来治疗恶性肿瘤是该技术的重要应用。其主要的优势体现在：靶向性强、有效的控温机制、较高的安全性、良好的组织相容性以及治疗过程微创的特性。

肿瘤磁感应治疗系统由交变磁场发生设备、磁性发热介质和治疗计划系统组成。我们开展肿瘤磁感应热疗的相关研究已有十五年，在与磁感应治疗有关的技术领域，如设备设计制造、微纳米磁介质合成与产热模型计算、治疗计划系统等方面均取得突出成果。我们的磁感应热疗技术领先，毫米级介质治疗技术已成功进入临床实验，在微纳介质肿瘤靶向治疗技术领域也已进行大量探索和研究。2011年到2012年，我们在线圈式磁感应设备的研制上不断迈进，目前已经完成了30cm直径圆形线圈式和30cm直径平板线圈式磁感应加温实验设备的设计。我们对合金热籽（毫米级）、微米羰基铁粉和纳米级磁流体进行了较为全面的性能分析和生物学实验。我国自主研发的线圈式磁感应肿瘤热疗机已经完成组装调试，准备进入临床试验。该设备的治疗计划系统实现了肿瘤区域分割、温度场和热损伤场模拟计算和热疗计划制定与评估等功能，其仿真精度误差为2.0mm以内，温度场计算误差小于2.0℃，计算时间在30分钟以内。目前该设备已经完成组装调试，各项参数符合治疗需求，具备实施下一步介质试验和临床试验的条件。



上图 治疗计划系统

## 2 应用说明

我国自主研发的线圈式磁感应肿瘤热疗机已经完成组装调试，准备进入临床试验。该治疗机可以通过治疗床承载病人移动，实施病人的全身扫描式治疗，治疗区域横截面积最大为 $1800\text{cm}^2$ 。治疗区域内的磁感应强度均大于 $120\text{Gs}$ ，且连续可调，磁场频率达到 $300\text{kHz}$ 。设备通过工控触摸屏、PLC 和继电器、传感器等实现治疗流程控制，包括治疗床移动、磁极位置调节、治疗启停、治疗磁场强度调节等。

## 3 效益分析

磁感应热疗技术因为其副作用小、增敏作用等特点，有望成为脑肿瘤治疗的新技术。清华大学的磁感应热疗技术经过了十多年的技术研发与积累，使中国的热疗技术位于世界先进水平。随着材料学、生物医学工程和临床医学等学科的交叉延伸和综合发展，与其他治疗方法联合后的磁感应热疗，必将在肿瘤治疗中发挥重要作用

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

# 肩颈电刺激按摩仪

## 1 成果简介

随着产业结构变革,越来越多的人在工作中需要长期伏案,导致肩颈部骨骼、韧带、肌肉受到不同程度的损伤,引起各种肩颈部位的疼痛,以及由于肩颈部位病变所导致的其他症状(血管性头痛等)。针对这些问题,预防成为关键,而定时放松活动、对相应部位进行按摩,则是最为有效的手段之一。

电刺激作为出现已久,逐渐趋于成熟,且应用越来越广泛的一项技术,施加在肩颈部位,可以通过电极用一定波形和强度的脉冲电流刺激相应神经,使得对应的肌肉发生跳动,产生类似按摩的效果,从而缓解肌肉疲劳,减少骨骼、神经损伤的可能。而通过对特定神经的持续电刺激,将会产生持续的微弱疼痛;而这种疼痛会刺激丘脑分泌更多的内啡肽,从而达到缓解其他部位疼痛的目的。

基于以上技术研究,课题组从 2015 年开始研发肩颈电刺激按摩仪,目前已经确定样机所需各项技术参数,正在着手设计电路、调试硬件部分。该样机若能达到技术要求,理论上能够实现类似按摩的效果,使使用者肩颈部位疲劳有所缓解,病痛也在一定程度上减轻。计划达到的技术指标、产品特征如下:

- 刺激电流脉冲宽度小于 300 $\mu$ s, 每日使用 15min 情况下可连续使用一个月;
- 采用蓝牙通信,以手机 APP 控制不同按摩模式,使用者有不同体验;更有无需 APP 的脱机模式,默认最常用按摩模式,使用更方便;
- 输出电压 0~100V 可调,额定时间 15min;
- 可选择可充电(或接电源使用)、纽扣电池两种开发方向,适应不同人群的需要;
- 按摩、缓解疼痛两种功能,适应不同的应用场合。

## 2 应用说明

该设备具有便携性,应用方便,适用于家庭、社区保健中心等环境,让人们能够快捷方便地享受到按摩带来的肌肉的放松和疼痛的缓解。不仅可用于肩颈部位损伤的预防,也可用于各类疼痛的缓解。适用人群广泛、成本较低、效果明显、受众广泛,具有较好的推广应用前景。

## 3 效益分析

目前国内同类商品仅限于按摩功能,或仅限于止痛功能,并未出现能够适用于按摩缓解疲劳和刺激缓解疼痛等多种情形的产品。而疲劳和疼痛往往同时存在,本产品则将使得这部分人群能够用一台智能可穿戴设备,解决两种烦恼。随着人们对于健康问题的关注越来越多,关注肩颈健康的人也将越来越多。可以说,该产品将有广阔的市场空间和良好的应用前景。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

## 健康心理应用

### 1 成果简介

#### (1) 深层次性格分类量表

目前大众所知的性格分类分析方法众多，但是其分析结果较泛，用户难以从中获取自己当前想了解的信息，针对性不足。

本产品使用的性格分类量表由清华大学心理系老师与清华大学玉泉医院心理医师共同指导，在结合了众多性格分类量表，包括传统的四类型说、托马斯、切斯三类星说以及布雷泽尔顿三类型说的基础上，由多位心理系相关领域高年级学生共同完成。该性格分类量表包含 2 个阶段，第一阶段为性格维度分析，完成该阶段测试，用户可以获得性格的基本分类与维度分析。第二阶段为性格深层次分析，在用户使用产品的整个过程中持续进行，分析的准确性与用户使用的时长正相关，用户可以在该阶段的测试结果中获取与自己相关的独一无二的性格分析，可以据此完成自我的深度剖析，也可以通过以上信息了解恋人的内心需求，可以帮助用户选择更加利于恋爱关系的交往方式。

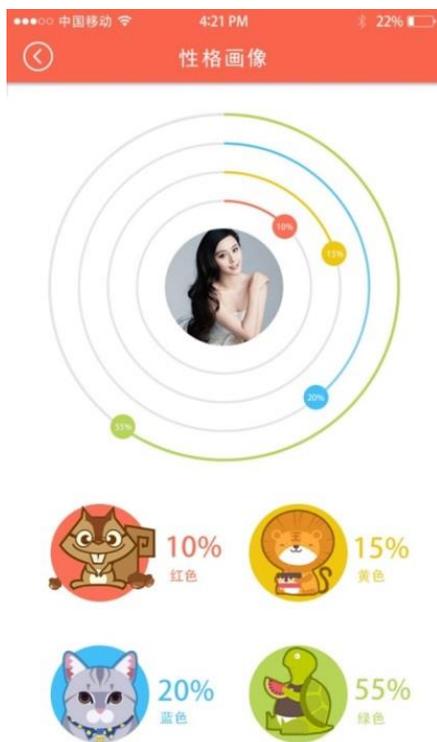
#### (2) 情景式恋爱相处建议

本产品通过恋爱模型，认知（个体建模）——相处（情景还原&精神分析）——巩固（反脆弱及行为强化），在用户完成自我性格认知的基础上，帮助用户了解恋人性格特点及行为模式，通过还原情景，结合情景描述为恋爱群体提供科学有效的恋爱建议，借助多次思维训练与行为巩固，帮助用户进行反脆弱及行为强化，最终改善恋爱关系。

认知阶段，即使用产品初期，用户完成系统设定的性格维度分析测试题后，能够形成自己的基本性格画像（维度分析），完成个体建模，可以进行自我性格或恋人性格的初步了解；

相处阶段，即用户完成性格维度分析后。一方面产品持续引导用户挖掘其性格的天赋潜能及天性局限，另一方面产品通过多维度的情景测试，帮助用户完善性格维度细节。

巩固阶段，与相处阶段同时进行。经过认知阶段与相处阶段的测试结果及分析，产品会通过还原用户与恋人相处的现实情景，分析恋人在上述情境中的行为表象及内心动机，为用户提出专业建议。用户可根据建议进行反脆弱训练，并且在此后类似的情景中逐渐强化行为，促进恋人关系。举例如下：用户的恋人是红色性格，进入巩固阶段后，会收到恋爱法则：“你的恋人对于认同和赞赏的内心需求，如果她最近新买了一个包，并告诉了你这个消息，那你该怎么办呢？”分析为：“你的女友在内心深处非常希望得到别人的认同和赞赏，没有认



上图 恋爱健康心理应用界面

同可能她自己会觉得就无法生存呢。”建议为：“你应该及时对包进行赞美，并对其品位和选择进行赞同。”

## 2 应用说明

### (1) 抓住恋人心事

谈恋爱在当代高校学生中属于普遍行为，但是由于性格的差异，恋人们在交往的过程中难免会因为不了解对方的性格特点、行为动机而在日常交往中产生矛盾，这些矛盾或多或少会使恋人情绪低落、心情抑郁等等。众多的年轻人想要了解恋人心里在想些什么，想要抓住恋人的心事，想要尽量避免不必要的吵闹，但是缺乏专业的分析及指导。

### (2) 解答恋爱疑惑

用户在谈恋爱过程中，可能产生各种与恋爱相关的困惑，而在现实生活中缺乏解决困惑的机遇。同时用户可能觉得该种困惑属于个人隐私，当面不便于询问，用户期望能够有专业人士或是有经验人士为他们解答类似困惑。

### (3) 了解他人日常

人是社交型动物，恋人群体有想要了解他人恋爱时日常动态的好奇心，而出于害羞或者觉得对方不方便回答，通常不会主动询问，用户缺乏了解以上信息的平台或渠道。

## 3 效益分析

产品上线后，需要一段时间来验证产品建议的合理性。当大部分的群体认可产品给出的建议后，用户会对产品产生强烈的依赖性。用户不会仅仅满足于产品本身推送的建议，而会主动根据自身现状进行提问，期望得到与自身贴合更紧密的建议，而这也是本产品的核心价值所在。

### (1) 内购收入

第一阶段推广周期预计为 4 个月，目标点击下载量 50 万，活跃用户数目标为 40 万，根据产品设置，预计人均内购贡献值在 5 元左右，内购收入约 200 万元。

### (2) 软广告付费收益

本项目针对青少年群体，因此在本项目的相关数据库中，可适当出现信誉良好的科技、教育和培训产品广告，配合商家进行产品推广。在纪念日或为情侣双方推送不同价格区间的商品链接，也可以收取一部分广告费用。待项目成熟后预估收入 10 万元/半年。

### (3) 游戏相关玩偶产品收益

成功的游戏必然会诞生非常多的经典角色，青少年正处于心智发展的年龄，可将游戏中的经典宠物角色再次设计，向市场推出玩偶进行销售，预估收入 10 万元/半年。

预计半年内收益达到 200 万元以上。此后对该 APP 进行进一步更新，利用资金进行下一轮宣传，扩大宣传范围，从而创造更大的收益。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

# 用于旋转放疗设备的快速宽野动态多叶光栅（MLC）

## 1 成果简介

本项目设计并制备一种用于旋转放疗设备的快速宽野动态多叶光栅，研究并实现其机构、传动和驱动等关键技术。研究内容主要由以下三个方面组成，包括多叶光栅机构设计与分析、快速宽野动态多叶光栅精密传动技术、快速宽野动态多叶光栅驱动技术。主要研究内容包括：

### （1）快速宽野动态多叶光栅机构设计与分析

本项目建议开发的快速宽野动态多叶光栅，可实现放射线束宽野和剂量的实时动态调节，使实施的宽野和剂量分布与计划剂量相适应。多叶光栅叶片尺寸形状以及空间位置排布设计，不仅影响多叶光栅整体机械运动性能和多叶光栅使用寿命，而且直接决定多叶光栅适形度和调强能力，从而影响放疗剂量分布，并最终主导治疗效果。多叶光栅叶片的设计主要是围绕着提高适形度、减少透射半影、降低漏射、三维适形、动态调强等功能展开。多叶光栅叶片设计主要包括叶片对数、叶片高度、聚焦形式、端面设计、横截面设计等。另外，为满足高速高精度运动参数指标要求，叶片轻量化设计意义重大。在叶片的制造方面，如何实现复杂外形钨合金叶片的高精度加工工艺以及异性材料可靠拼接的复合叶片工艺，将是本项目研究的重点之一。

### （2）快速宽野动态多叶光栅精密传动技术

本项目建议开发的快速宽野动态多叶光栅，采用高精度轻量化传动设计，提高叶片运动速度和运动精度，满足复杂肿瘤的治疗需求。该多叶光栅传动包括直驱传动及导轨设计。直驱传动用于驱动叶片直线往复运动，导轨用于精确导向。由于多叶光栅运动往复运动，需要频繁加减速，实现快速切换能力，为了满足叶片高速精密运动，需要高速精密的功能部件、高刚度的结构件和结合部以及轻量化的结构件提供保证。

### （3）快速宽野动态多叶光栅驱动技术

现有的开关式多叶光栅采用气压驱动的方式，叶片通过撞击停止，降低了机械零件的使用寿命，并产生很大的噪声，同时气路传输增加整个医疗设备的复杂度。本项目建议开发的快速宽野动态多叶光栅，采用新型高速直线电机驱动单元，可克服气动驱动方式的缺点，并能实现开关状态之外，叶片运动过程中的位置和速度的精确控制。在后续研究开展中，叶片中间位置和速度的精确控制可应用于新型螺旋断层放射治疗算法，提高治疗效率和治疗精度。

创新点主要包括：

#### （1）提出一种新型快速宽野动态多叶光栅

本项目拟开发的快速宽野动态多叶光栅，叶片可快速实现开关，开或关时间约 30ms，采用直线电机驱动方法以实现每个叶片（共 32 对）的独立运动，同时要精确控制每个叶片的速度和位置，以实现放射线束强度和区域的实时动态调节，以达到理想的照射剂量分布。拟开发的多叶光栅叶片物理厚度不大于 3mm，叶片高度不小于 100mm，叶片漏射率小于 2%。

#### （2）提出一种快速宽野动态多叶光栅机构传动方法

本项目建议开发的快速宽野动态多叶光栅，采用直驱传动技术和高精度轻量化传动设计，优化导轨受力和精度控制，实现叶片机械到位精度 0.1 mm，叶片机械重复定位精度 0.05 mm。

#### （3）提出一种快速宽野动态多叶光栅驱动方法

本项目建议开发的快速宽野动态多叶光栅，采用新型高速直线电机驱动单元，叶片不仅可工作于开关状态，同时，也可实现叶片运动过程中的位置和速度的精确控制。叶片最大行程不小于 50 mm，叶片最大运动速度大于 500 mm/s，叶片加速度大于 2 g。在上述高速度高加速叶片驱动技术基础之上，本项目拟开发的多叶光栅可实现工作噪声低于 70 db。

## 2 应用说明

现阶段快速宽野动态多叶光栅基本成型，处于产业化前期，本项目提出的快速宽野动态多叶光栅，填补了国内二元多叶光栅的空白，性能指标达到国外同类产品的技术水平，且在射线效率、噪声和寿命等方面更具有优势。形成的知识产权、技术标准的种类和数量很多，获得国内发明专利和软件版权不少于 53 项。目前泰来 1 号产品研发过程中，已经申请的发明专利有 5 项：（1）一种多定子多动子阵列式直线电机驱动装置（CN 102195439 A）；（2）用于医疗设备的 X 射线源在线切换系统及方法（CN 102283666 A）；（3）肿瘤精确靶向放疗设备的时钟同步方法（CN 102294082 A）；（4）用于肿瘤治疗的摆台装置和精确靶向治疗设备（CN 102188779 A）；（5）多驱动单元组成的进给系统（CN 101618517 B）。已经申请的软件版权有 10 项，医疗设备直线电机设计软件；医用多叶光栅调试软件；医用多叶光栅数控加工自动编程软件；放疗多叶准直器控制软件；TL2012 医用环形加速器出束控制软件；环形医用加速器安全联锁软件；包络断层放疗算法软件；医用加速器环形机架断层运动控制软件；医用加速器调试软件；医用肿瘤 3D 建模与数控加工自动编程软件。

## 3 效益分析

多叶光栅技术是放疗设备的关键所在，国外设备由于技术领先占据了国内外的高端市场，但这远不能满足市场的需求。据统计，目前全世界每年对放疗设备的顾客需求量是 300 台/年，以多叶光栅每台 30 万美元计算，且仅占据 1/3 市场，则能够产生的效益巨大。

## 4 合作方式

技术转让或合作开发，商谈。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

# 面向糖尿病治疗的胰岛素注射笔用一次性微型阵列式注射针头

## 1 成果简介

注射技术与注射器具在糖尿病治疗中扮演着重要角色，甚至与选择胰岛素制剂同样重要，关乎血糖控制的成败。很多医护人员和接受胰岛素注射的糖尿病患者常常忽视注射技术与注射器具本身对血糖控制的影响。临床医生经常会从胰岛素制剂、血糖自我监测等角度来考虑没有达到预期血糖控制目标的原因，却忽略了注射技术对血糖控制的影响，而胰岛素通过注射器具进入人体内发挥作用的过程是一个非常重要的环节。由于人体各部位对胰岛素的吸收存在差异性，胰岛素注射至皮下还是肌肉层内，其吸收速率存在很大差异，而静止状态和运动状态肌肉的胰岛素吸收状况也有很大变异。优化胰岛素注射技术，包括选择合适长度的针头、注意正确的注射手法、规范地轮换注射部位、避免肌肉注射等，这些对获得良好的血糖控制具有重要意义。

胰岛素注射笔因具有简便易学、剂量准确、方便耐用、微痛、效佳等优点，现已广泛地运用于糖尿病患者，其上使用的都是只有一根针管的一次性注射针头，目前长度有 5mm、6mm、8mm 和 12mm 等规格，针管外径有 0.25mm、0.3mm 和 0.33mm 等规格，可以根据年龄、胖瘦程度和注射部位来进行选择。但是中国胰岛素注射技术现状调查结果显示，现有注射胰岛素患者中仍有约 37% 的血糖控制不合格；94.4% 的患者仅在腹部等一个部位内进行轮换注射；只有 22% 的患者遵循每天同一时间注射同一部位的规则；有 30% 的患者腹部注射时没有捏皮，55.4% 的患者没有注射完就松开皮肤皱褶，如果使用 8 毫米的针头就可能把胰岛素打到肌肉里。由于胰岛素本身是一种生长因子，反复在同一部位注射会导致该部位皮下脂肪增生而产生硬结，再在这里注射，胰岛素的吸收率就会下降，吸收时间过长导致血糖控制不稳定。调查发现，约有 31.1% 的患者注射部位已出现肿块，其中九成发生在腹部，但仍有患者选择在脂肪增生部位注射。实际上，人体适合注射胰岛素的部位不光是腹部，大腿外侧、手臂外侧 1/4 处和臀部都可以。不同注射部位的轮换指的是在腹部、手臂、大腿、臀部间轮换注射，采用轮换注射部位的方法可以有效提高疗效，避免出现并发症的几率。胰岛素注射针头长度不同，注射角度、手法也不同。如使用长度为 8 毫米、12 毫米的针头，注射时须捏起皮肤并以 45° 角注射，以增加皮下组织厚度，降低将胰岛素注射至肌肉层的风险。

虽然针管越细、越短，对皮肤和神经造成的损伤就越小，注射时的痛感也越小，但是药液注射的速率也会明显下降，注射相同剂量的药液所需的时间无疑将大大增加。即使选用现有最短/最细（5mm/0.25mm）的针头，在手臂部位注射时也必须注意捏皮和施针角度以避免肌肉注射。由于成人或重症患者的注入剂量较大，受容忍注射时间的限制，人们更倾向于选择较长的针头作为一种折中。现临床多使用诺和笔和优伴 II 笔等配以 8mm×30G 的针头进行注射，按照使用说明，注射后针头至少需留在皮下 6 秒至 10 秒以上，并继续按住推键，直至针头完全拔出。在实际操作中，因为注入皮下的药液短时间内未能完全扩散与吸收，按上述操作方法仍常会有药液从针眼处滴出，这样就无法确保治疗剂量的准确性。

总之，目前胰岛素注射笔的一次性针头已被国外品牌垄断，其上只有一根针管，受注射时间、部位等的限制，患者需要选择使用适当规格的针头，针头设计的固有缺陷给患者在实际使用过程中带来许多不便，知易行难，降低了病人采用正确方法进行注射治疗的依从性，并影响疗效。

从 2005 年起，清华大学一直致力于采用微针阵列进行以胰岛素为代表的多肽、蛋白质、DNA、疫苗等生物技术药的经皮给药的研发工作，陆续研发出多种金属微针阵列芯片和基于其的注射针头与注射器具，已获得和申请了约 10 项中国、美国发明专利。其中，研发的胰岛素笔用微型阵列式注射针头采用现有医用材料制造，可以直接安装到各种胰岛素笔上取代现有针头实施注射，其使用一根取液针从胰岛素笔芯中提取药液至微腔后，转换为纤细（0.2~0.25mm）、短小（0.6~3mm）的 2~4 根微针实施注射，就能够从注射器件的源头上解决现有问题，在各种注射部位上都可以实施无痛、快速、精准的垂直注射而无需关注捏皮、45 度倾斜等注射手法，且成本低廉、技术成熟、适于批量生产。本产品的投放市场，必然会显著提高糖尿病患者采用胰岛素注射治疗的依从性和控制血糖的疗效，并创造出巨大的经济效益与社会效益。



上图 研发的胰岛素注射笔用微型阵列式注射针头与市场上畅销的国外产品对比

## 2 效益分析

2011 年全球糖尿病患者已达 3.66 亿，其中中国就有 9240 万确诊的糖尿病患者，潜在患者高达 1.5 亿人。目前国外选择胰岛素注射治疗的患者比例在 50% 以上，中国患者已从 5 年前的 8% 上升至约 30%。即使按照国内只有 1% 约 92 万患者、每天更换一只（注射 3 次/天）微型阵列式注射针头且每个针头为 2.8 元/只（现有国外产品目前在国内市场销售价格）进行计算，则一年产值就将高达 9.5 亿元。本产品能利用胰岛素笔在患者中的良好口碑、垄断地位和成熟市场，直接取代其上的现有针头，面向国内外市场，无疑具有巨大的拓展空间。

## 3 合作方式

生产许可、技术转让或合作开发。

## 4 所属行业领域

医疗健康领域。

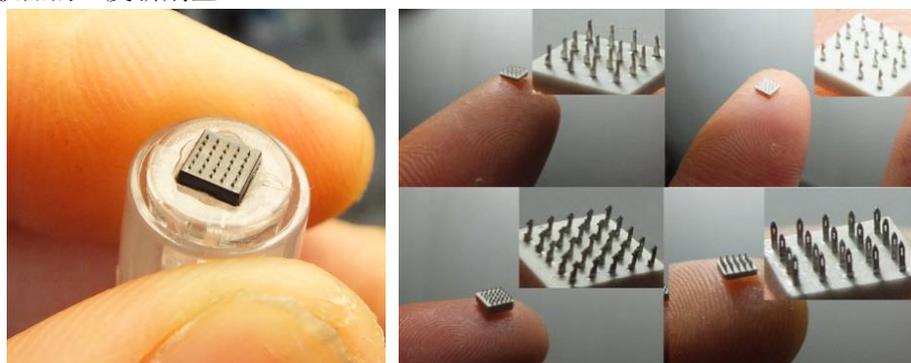
# 微针阵列经皮给药芯片与系统

## 1 成果简介

经皮给药系统又称经皮治疗系统，是指药物以一定的速率通过皮肤，经毛细血管吸收进入体循环而产生药效的一类制剂。与传统的口服与皮下注射给药方式相比，经皮给药有许多优点：可产生持久、恒定和可控的血药浓度；使因为体内新陈代谢迅速而半衰期很短的药物活性明显提高；避免了肝脏的首过效应与胃肠道因素的干扰，将毒副作用降到最小；具有无创或微创性，患者可自己用药，使用方便，可随时中断给药。这些独特的优势使其已成为第三代药物制剂的研发重点。但是，受皮肤表面厚约 30~50 微米、非常致密的角质层的阻挡作用，现在即使采用添加化学促渗剂等常规手段，使绝大多数药物（即便是剂量低、疗效高的一些药物）的经皮渗透速度太低而无法达到所需的治疗剂量，因此产生的药效很低、很慢或根本无效，这也是目前经皮给药贴剂的种类非常稀少的根本原因。同时，化学促渗剂的使用往往还会引起皮肤过敏等其他毒副作用。如何克服皮肤屏障作用，使药物在一定时间内的经皮渗透量达到治疗量一直是许多透皮给药制剂开发与应用的关键。

为了大幅度提高药物/美容护肤品的经皮渗透性，近年来在国际上研发了多种方法，其中尤以微针致孔法最受青睐，它首先是采用微针阵列（由多根按照一定间距排列的微针组成，每根微针的长度、粗细为几十至几百微米）瞬间穿透皮肤最外面的角质层而产生许多微孔，然后在皮肤表面涂覆药物/美容护肤品，也可以事先在微针上涂覆药物制备成微针给药/美容贴，使用时再刺入皮肤。微针致孔法能将药物/美容品的经皮渗透速率提高数万倍以上，给药剂量最大，对药物的适用范围最广，理论上适合任何药物/美容护肤品而不受分子量大小、药物极性、熔点等的限制，从而能够迅速使药物/美容护肤品穿透角质层进而扩散入体内发挥作用，因此疗效显著；由于微针非常纤细、短小不会触及神经与血管，所以刺入皮肤时不会有痛感、不会出血，操作简单、灵活、安全、方便，可随时中断给药，所以更容易被患者所接受。

清华大学研发的微针阵列芯片制造技术成熟，其最大特点是全部采用现有医用材料并利用成熟的加工工艺实现了高质量实心、空心不锈钢等金属微针阵列芯片的低成本批量制造。凸出的微针高度根据需要可以灵活设置：300~800 微米，皮肤的柔韧性与钉床效应决定了只有微针的针尖部分（约 20~200 微米）会真正刺入皮肤，由于该深度不会触及神经与血管而无痛无血，安全可靠；微针密度与排布可以根据需要灵活多样；芯片衬底材料既可为刚性又可为柔性，使用安全方便。在实心/空心微针芯片上涂覆各种药物可以进一步制成相关药物的经皮贴剂或给药系统，刺入皮肤后即可迅速持续释药。利用上述给药芯片/系统不仅可以显著提高现有药物/美容护肤品的经皮渗透率，使药物或美容护肤品迅速通过角质层进入表皮层及真皮层，明显提高药效或美容养颜效果，还可以扩展适用药物的种类，开发出更多药物和化妆品的经皮新剂型。



上图 微针阵列经皮给药芯片与系统

## 2 效益分析

由于皮肤表面角质层的阻挡作用，目前绝大多数药物的经皮渗透速度太低而无法采用经皮给药方式，即使在添加了化学促渗剂的情况下，全球上市的经皮药剂也只有约 30 种，虽然无法评估通过经皮渗透进入体内的实际药物剂量，但其营业额仍高达 320 亿美元。据国际权威机构预测，在不久的将来，有三分之一左右的药品将会改为经皮运输，最终形成三大给药剂型：口服、注射和经皮给药“三分天下”的市场态势。如果借助于微针阵列芯片，不仅可以大幅度提高现有各种经皮贴剂的药效和减少甚至不再添加化学促渗剂，而且将使几乎所有药物采用经皮给药方式成为可能；此外，以微针阵列芯片为载药的平台，可将药物预先固定

在微针针尖上制成类似“创可贴”式的给药贴剂，这样就可实现定量地直接将药物经皮无痛植入人体皮内缓慢释放，载药量也更大，适用面更广，上述无疑会带来经皮输运药剂及其应用的革命，因此创造出巨大的经济效益与社会效益。

### 3 合作方式

生产许可、技术转让或合作开发。

### 4 所属行业领域

医疗健康领域。

## 数字化心血管风险评估系统

### 1 成果简介

iED 是由清华大学信息研究院联合武警总医院、倍肯公司专门为心脑血管意外早期现场快速鉴别诊断研发设计的。可在院前急救现场对患者生命体征进行采集分析，帮助现场急救医护人员进行心梗的自动诊断及处理，并将患者的生命体征等信息实时发送到区域医疗中心、医院和专家手机上，专家可以在患者到达医院前给予病情分析与指导，指定合理化的治疗方案。

### 2 应用说明

根据最新心梗临床路径指南设计，秉承外观轻便、操作便捷、易于携带的创作理念，具备心梗智能诊断功能，通过采用云平台大数据，移动医疗为载体，可实时进行远程专家会诊，缩短救治反应时间，解决院前心梗救治问题。增加区域中心医院的影响力，增强用户黏性，预后健康产生的后续价值，最终打通院前——院内——院后——家庭的救治链条。

### 3 效益分析

- 救治流程层面

减少救治反应时间，缩短心肌缺血时间，改善患者预后，打通院前——院间——院后的救治链条，建立真正的急性心肌梗患者绿色救治通道。

- 大数据层面

在救助过程中对患者产生的各种相关数据进行收集、管理，同时对接医院现有信息系统中的数据进行分析、挖掘。从而为医学研究、临床救治提供广泛的数据支持。

### 4 合作方式

联合推广。

### 5 所属行业领域

医疗健康领域。

## 新型强效干扰素

### 1 成果简介

与小分子药物相比，蛋白质药物具有高特异性、高活性和低毒性等优点。但是，大多数蛋白质药物在体内的循环半衰期短，生物利用度低，副作用大。用聚乙二醇（PEG）修饰蛋

白质药物（PEG 化）或用人源白蛋白（HSA）融合蛋白质药物（HSA 融合）是改善上述问题的常用方法，但是存在明显的缺点，如：产物的生物活性大幅度降低；生产工艺复杂；产率低；成本高。因此，如何高效提高蛋白质体内循环半衰期和治疗效果是一个极具挑战性的生物医药问题。

本课题组率先提出了一种新型、通用、简单、高效的类弹性蛋白多肽融合方法(ELASTIN-LIKE POLYPEPTIDE FUSION, ELP FUSION) 用于精准设计蛋白质-高分子偶联物，通过将类弹性蛋白多肽与干扰素- $\alpha$ （IFN- $\alpha$ ）融合，使用大肠杆菌制备出 IFN-ELP 融合蛋白，产率高，成本低，较好地保持了 IFN- $\alpha$  的生物活性（如图 1）。小鼠模型测试发现，通过 ELP 修饰后的蛋白有效地改善了体内循环半衰期和肿瘤滞留情况，最终显著改善了治疗效果，提高了小鼠存活率（如图 2）。该方法有望成为修饰蛋白药物，提高药物稳定性、改善药物半衰期和增强治疗功效的新策略，所制备的新型强效干扰素 IFN-ELP 有望成为具有自主知识产权的创新生物药物。

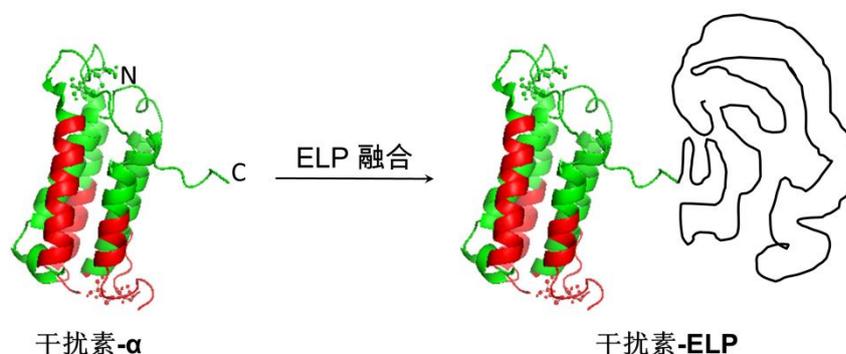


图 1 干扰素-ELP 设计示意图

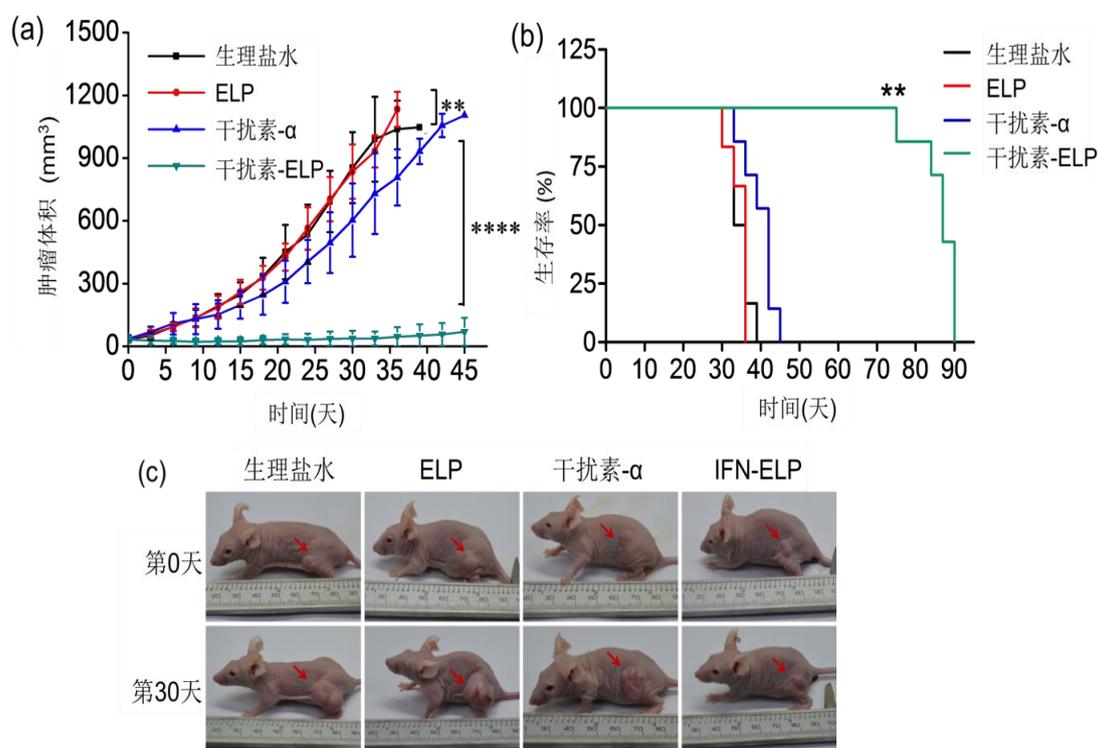


图 2 (a) IFN-ELP 抑制肿瘤生长 (b) 治疗后小鼠的生存情况 (c) 小鼠肿瘤抑制情况

## 2 应用说明

通过我们自己发明的 ELPfusion 方法所制备的新型强效干扰素 IFN-ELP，不仅可用于各种癌症治疗，而且也可用于肝炎、类风湿性关节炎、多发性硬化症等疾病的治疗。

## 3 效益分析

2013 年，全球干扰素销售额为 91.5 亿美元，国内干扰素市场规模为 50 亿人民币，未来市场空间上升潜力巨大。目前国内主要以普通干扰素生产为主，PEG 化干扰素在国内应用仍然存在诸多困难。本方法能够直接通过大肠杆菌表达所需要目的产品，通过反相转变技术进行纯化，步骤简单，技术成熟，不需要昂贵的仪器设备，具有明显的技术和经济优势。

## 4 合作方式

股权投资、转让或联合推广等。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

# 新型长效干扰素 2

## 1. 成果简介

干扰素 $\alpha$  (IFN- $\alpha$ )，目前在临床上广泛用于治疗肝炎和癌症，但是它的循环半衰期很短 (4-8 小时)，需要每天或一周三次大剂量给药，副作用很大，治疗效果也不理想。将蛋白类药物与抗蛋白吸附的水溶性高分子偶联，形成蛋白质-高分子偶联物，能有效解决上述问题。其中，PEGylation 目前使用最为广泛，但是具有明显的缺点，如：产物的生物活性大幅度降低、生产工艺复杂、产率低、成本高等。因此，如何提高干扰素药代和药效是一个极具挑战性的生物医药问题。

本课题组首次利用定点原位生长技术 (SIG) 合成干扰素-高分子偶联物 (IFN-POEGMA)。该方法大幅度提高了产率，是 PEGylation 的 60 倍，能够有效降低生产成本。IFN-POEGMA 的药代和生物分布与 PEGylated IFN- $\alpha$  (派罗欣, PEGASYS) 的相似，但是其体外生物活性是 PEGASYS 的 7 倍。动物实验结果表明，IFN-POEGMA 不仅完全抑制了肿瘤的生长，而且治愈了 75% 的小鼠，而在同样给药剂量下 PEGASYS 仅能在一定程度上抑制肿瘤生长，但不能治愈小鼠 (图 2a 和 2b)。这些实验结果首次表明，通过 SIG 方法可以高效可控制备出比已在临床广泛使用的一线药物金标准 (PEGASYS) 更好的新型蛋白药物，具有巨大的临床转化前景和社会经济价值。目前本课题组已为该研究成果申请了中国专利和国际专利，并获得了天使基金的投资，临床前第三方测试效果很好，将进行下一步研究。

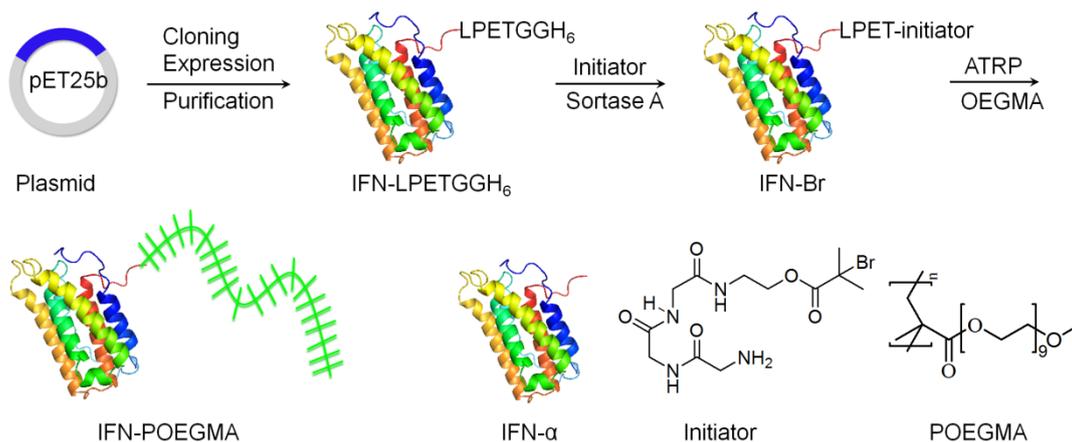


图 1 定点原位生长干扰素-高分子偶联物 (IFN-POEGMA)

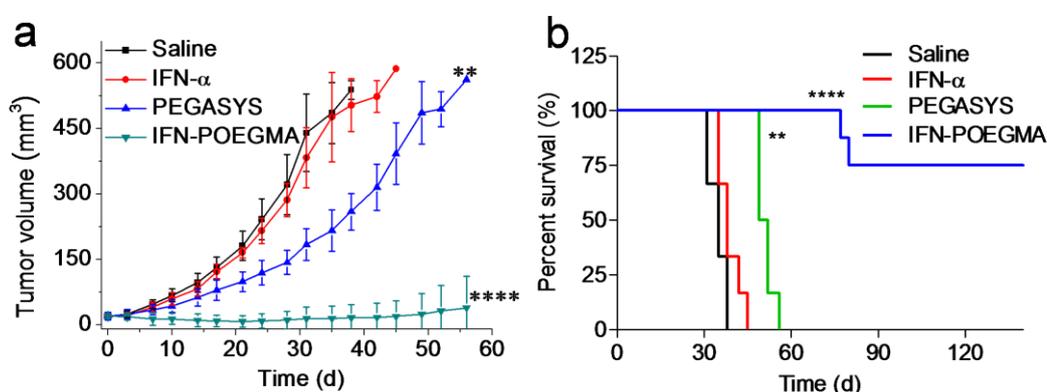


图 2 (a) 肿瘤生长抑制情况; (b) 小鼠存活率

## 2 应用说明

IFN-POEGMA 的体内循环半衰期约 54 h, 能够有效在肿瘤中累积。通过在裸鼠 CDX (Cell line-derived xenograft) 模型上进行测试, IFN-POEGMA 治愈了 75% 的小鼠, 而同样给药剂量下 PEGASYS 仅能一定程度上抑制小鼠肿瘤生长。通过在 PDX (Patient-derived xenograft) 模型上进行测试, IFN-POEGMA 能够有效抑制肿瘤的生长。长效干扰素对适应症范围极其广阔, 包括乙肝、丙肝、癌症及多发性硬化症, 潜在适用人群众多。

## 3 效益分析

我国干扰素市场规模最近几年增长较快, 其在国内样本医院的销售额由 2005 年的 1.7 亿元增加到 2013 年的 7.2 亿元, 年复合增长率为 19.7%。我国重组干扰素市场表现为进口药品和国产药品并存的竞争格局, 其中进口的长效干扰素处于市场的主导地位。其中, 罗氏的 PEG IFN- $\alpha$  2a 和默沙东的 PEG IFN- $\alpha$  2b, 占据超过 80% 市场份额, 价格非常昂贵, 为国产的 8~10 倍。长效干扰素领域目前暂无国产产品上市, 因此优质低价的国产长效 IFN- $\alpha$  有较大的进入空间和前景。

中国癌症市场潜力巨大, 发病率高达 250.28/10 万, 2011 年我国新增癌症病例 337.2 万, 癌症死亡病例 221.3 万。中国拥有全球数量最多的乙肝和丙肝患者, 含有 10% 左右人口携带乙肝病毒。由于干扰素既可以单独用药亦可以作为化疗/免疫疗法的辅助用药, 潜在适用人

群众多。随着国家医保政策不断完善、覆盖面增加，长效干扰素有望被纳入医保体系，进一步提高其普及率和渗透率。

#### 4 合作方式

股权投资、技术转让、许可使用、合作开发、合作兴办新企业

#### 5 所属行业领域

生物医药领域。

## 重组谷氨酸棒杆菌安全高效生产化妆品级透明质酸（玻尿酸）

### 1 成果简介

透明质酸 HA 是一种酸性粘多糖，另一名字为玻尿酸。透明质酸以其独特的分子结构和理化性质在机体内显示出多种重要的生理功能，如润滑关节，调节血管壁的通透性，调节蛋白质，水电解质扩散及运转，促进创伤愈合等。尤为重要的是，透明质酸具有特殊的保水作用，是目前发现的自然界中保湿性最好的物质之一，被称为理想的天然保湿因子。透明质酸（玻尿酸）HA 能改善皮肤生长条件，为真皮胶原蛋白和弹性纤维的合成提供优越的外部环境，加强营养物质的供给，起到护肤养颜的效果。

研究表明，透明质酸可以阻止细胞中的一些酶的产生，减少自由基的形成，在防止自由基破坏细胞结构、产生脂质过氧化和引起肌体衰老等方面起着重要作用。低分子量透明质酸（分子量为 100KDa-1000KDa）能渗入真皮，具有轻微扩张毛细血管，增加血液循环、改善中间代谢、促进皮肤营养吸收作用，具有较强的消皱功能，可增加皮肤弹性，延缓皮肤衰老。中分子量透明质酸（分子量为 1000KDa-1800KDa）可以紧致肌肤，长久保湿。大分子量透明质酸（分子量为 1800KDa-2200KDa）可在皮肤表面形成一层透气的薄膜，使皮肤光滑湿润，并可阻隔外来细菌、灰尘、紫外线的侵入，保护皮肤免受侵害。

透明质酸在国内具有价值约 40 亿元的市场。现阶段透明质酸的生产厂家主要是华熙福瑞达生物医药有限公司，占据了国内市场的 40%-60%。该公司使用透明质酸的原始生产菌株——兽疫链球菌，进行大规模透明质酸生产。兽疫链球菌需在使用过程中需注意是否发生致病性退变。国内生产规模透明质酸产量一般为 6 g/L 左右。

本课题组从 2003 年开始从事透明质酸的研究，在国家自然科学基金、973 计划等项目资助下，开发了高产透明质酸的重组谷氨酸棒杆菌，并研发出安全高效生产路线。本课题组的透明质酸产品分为两种，分子量在 300K-1300K 的透明质酸产品产量为 8-9g/L，分子量为 200K 的透明质酸产品产量为 10-11g/L。产品分子量可应用于化妆品领域。

项目优势：

- 生产菌株为美国 FDA 认证的安全菌株谷氨酸棒杆菌；
- 在目前报道的重组菌株中具有最高 HA 产量和最高对糖得率；
- 产物粘度低，后处理简单；
- 化妆品级透明质酸，非《政府核准的投资项目目录（2016 年本）》核准项目，转化周期短。

## 2 应用说明

本实验室现在的研究成果是基于 5 升发酵罐体系，培养工艺初步优化后即获得目前报道的最高产的环境友好重组菌株。最新研究结果表明，经过进一步基因工程改造和培养工艺优化，可以获得更高的 HA 产量；相对于透明质酸的原始生产菌株，将具有更明显的优势。

## 3 效益分析

透明质酸是高档化妆品中最好的天然保湿成分之一，它相容性好，几乎可以添加到任何美容化妆品中，广泛用于膏霜、乳液、化妆品、精华素、洗面奶、浴液、洗发护发剂、唇膏等化妆品中，一般添加量为 0.05%-0.5%。以雅诗兰黛为例，其产品中透明质酸添加率为 57%（34 款/60 款，<http://www.bwl520.cn/product-3119-1.html>），其 2015 年销售额为 107.804 亿美元，假设每 100ml 单价 50 美元，每 100ml 添加 0.05g（雅诗兰黛号称添加量为 10 倍体积），则雅诗兰黛每年需要透明质酸质量为 6 吨。

国内透明质酸年市场约有 40 亿元，其中 10 亿元为直销化妆品领域，10 亿元为临床应用，其余 20 亿元透明质酸均以原料形式直接出售。

化妆品用透明质酸的行业潜力巨大。

## 4 合作方式

联合推广、合作。

## 5 所属行业领域

生物医药领域。

# 功能性皮肤修护用纳米脂质体技术及制品

## 1 成果简介

纳米脂质体美容化妆品技术是国际美容化妆品界追求的目标，是世界化妆品未来重要发展方向。清华大学将现代生物医药技术成果与先进纳米脂质体工业化技术结合，研制技术成熟，将有力推动和促进我国相关技术产业的发展，本技术及其相关应用在国家“十一五”期间已获得“重大新药创制”重大专项、“973”和“863”计划立项资助，并获得多项国家发明专利授权。

## 2 应用说明

具有较高美容价值的功能性药物营养成分很多，如中草药有效成分提取物、化学药物、维生素和动植物油类等，具有很好的美容功效（如抗氧化、美白滋养、祛斑等），这些功效成分绝大多数为难溶性物质，使用时难以透过皮肤屏障发挥其功效作用。我们采用生理相容性、安全性高的卵磷脂为载体材料，利用现代纳米脂质体技术将这些难溶性功效物质制成粒度小于 50nm 的纳米脂质体微囊，能够自然穿透皮肤屏障，运输功效物质至真皮细胞层间形成营养储囊，从而使其功效性充分发挥成为现实。

重要代表性应用实例：

- 辅酶 Q10（生化药物）抗氧化/延缓衰老纳米脂质体系列

辅酶 Q10 是人体细胞线粒体呼吸链合成 ATP 的关键作用酶，具有抗氧化，提高细胞活

性和延长细胞周期的作用,是现代生命科学研究发现的一种重要参与调节细胞活性的难溶性物质。

辅酶 Q10 广泛存在人体各组织脏器组成细胞内,尤其以心脑血管部位含量最高。人体细胞内辅酶 Q10 含量水平约在 20 岁时开始衰减,人体出现衰老现象,外源性的补充辅酶 Q10,有助于细胞抗氧化、活性提高以及生存周期延长。

辅酶 Q10 纳米脂质体技术能够运送药物有效穿透皮肤屏障,大大提高药物吸收利用度为细胞吸收利用,从根本上促进人体细胞的活性,起到优良的抗氧化/延缓衰老功效作用。

注:本技术相关成果获得国家“重大新药创制计划”重大专项立项资助。

#### ● 中草药有效成分提取物纳米脂质体系列

中医药传统文化博大精深,许多中草药,如银杏、红花、人参、芦荟等有效成分具有非常好的美容滋养祛斑等效果,采用纳米脂质体技术解决其吸收困难、提高作用功效,研发生产相关技术产品,是对中医药传统宝贵文化的继承和发展,非常具有特色。

#### ● 维生素系列纳米脂质体系列

维生素系列是一大类,如脂溶性 Va、Vc、Ve 系列等,是人体细胞必需的营养成分,通过纳米脂质体技术解决其透皮吸收问题,在抗氧化、抗皱、美白滋养等方面具有重要功效作用。

#### ● 动植物油纳米脂质体系列

许多动植物油(如鳄鱼油、鸵鸟油、娃娃鱼油)含有人体必需的不饱和脂肪酸脂等营养物质,也是一大类具有很高应用价值的美容功效物质,通过纳米脂质体技术解决其透皮吸收问题,在美白滋养、抗皱润滑皮肤等方面具有很好的美容作用。

说明:目前,纳米脂质体技术成熟,以上系列产品可以根据功效需求,可以单独或复合使用制成具有多功效特点的系列美容化妆品。

### 3 应用说明

应用于高端功能性美容护肤化妆品领域。

### 4 效益分析

目前,国内外能够真正掌握和工业化生产该技术产品的企业很少,相关产品需求市场巨大,价格十分昂贵,附加值极高,发展潜力巨大。

由于该技术的工业化生产技术已成功解决,并获得国家发明专利授权,技术竞争力较强,利于企业经济效益目标的实现。

### 5 合作方式

技术投资、转让等多种形式的合作。

### 6 所属行业领域

医疗健康领域。

## 茯砖茶综合利用

### 1 成果简介

中国是世界产茶大国,但非茶叶强国。低下的生产效率、落后的行业标准和缺乏人才资源成为了现代茶企发展难以逾越的瓶颈。加之人们对食品安全的愈发关注,如何平衡规模化

种植的茶叶产量与农药残留较高之间的矛盾，日益成为中国茶叶加工领域的首要技术难题。茯茶与普洱茶、千两茶等同属后发酵黑茶，其独特的“发花”工艺产生了一种功能活性特殊的微生物优势菌——冠突散囊菌（俗称“金花”）。因此茯茶具有降脂减肥、抗肿瘤、抗菌、降血糖、促消化、保肝护肝等众多独特功效，被誉为西北各民族生命之茶。同时原茶经过后发酵，其主要农药残留都被相关微生物分解利用，极大地降低了成品茶农药检出的几率。研发团队从独特视角着眼于茯茶这一中国特种茶资源的研究与开发，囊括从科学基础到系列保健功能产品的创新设计等各个方面，有望以此开创现代茶企知名品牌，为深陷危机的中国茶产业的发展开拓新出路。本项目综合运用食品科学、天然产物化学、分析化学及药理学研究等技术手段，充分开发与利用普通茯砖茶资源，包括茶本身及冠突散囊菌等。研发遵循活性导向的思路，旨在生产系列品质优秀、科技含量高的自主知识产权营养保健产品及运用于食品、药品和化妆添加剂。



上图 茯砖茶商品

## 2 应用说明

(1) 运用标准化发酵工艺，按照原茶的品级研制高端茯茶、等级茯茶与原料茯茶等不同级别的标准化科学茯茶；

(2) 利用茯茶中的明星菌——金花打造后发酵咖啡饮料和陈茶及夏秋绿茶微生物改造，运用综合技术手段由原料茯茶研发高附加值精深加工产品，如活性功能组分、食品添加剂和功能食品等；

(3) 参考茯茶核心生产工艺，着重运用其特有的金花菌进行茶叶类似物如银杏叶、辣椒叶和桑叶等的创新性功能饮品研发。

## 3 效益分析

作为世界第一茶叶生产国，2012 年中国茶叶产量 180 万吨，产值过千亿元。其中，黑茶以每年十几万吨的产量递增，是增长最快的品种，也是茶叶产业发展突破的希望。科学化和标准化建设将为茶产业升级和茶企转型注入现代化因子和动力。

## 4 合作方式

转让或联合推广。

## 5 所属行业领域

医疗健康领域。

# 基于新一代测序的生物信息云平台及其在科研和医疗健康领域的应用

## 1 项目简介

本项目建立的生物云平台,以基于 Web 的方式提供服务,用户可以轻松快速获取服务,国内外普遍缺乏成熟的技术,标准和平台。我们首次把独具特色的机器学习模型预测算法与最新的高通量测序方法 (non-polyA RNA-seq) 相结合。我们的研究对象为长链非编码 RNA (non-PolyA),目前国际上还很少有人通过高通量测序技术对疾病的 lncRNA 进行全面预测分析和功能分类。随着测序速度不断提高,测序成本不断降低,本项目将来可以发展为面向人民群众的个性化医疗服务的平台。



图 1 生物医学信息云平台的产业化方向

<http://www.incrna.org>

2013年 7月  
Apps launching



图 2 生物医学信息云平台的应用程序一览

<http://bioinfo.life.tsinghua.edu.cn/serve>

本项目使用的核心技术“基于整合性生物信息云计算和新一代测序技术 (incRNA) 的非

编码基因组疾病（如癌症）检测技术平台”已经通过软件查新认证（20121022044750914）。正在准备申请国家版权局软件著作权登记证书。

## 2 效益分析

（1）随着新一代高通量测序技术的发展，生物信息数据爆炸式增长，数据解读成为生物医学研究和临床应用的巨大问题，我们团队依托清华大学生命学院鲁志实验室在生物信息学，尤其是在 lncRNA 领域的技术专长开发的云计算平台将为广大科研工作者和临床用户提供可靠的数据分析云服务，提高他们的科研效率，为科学的发展做出贡献。

（2）我们团队通过与中国人民解放军总医院，上海肝胆医院等十多家临床单位的合作，将为鉴定癌症的早期诊断和药物治疗提供新的靶点，这不仅会增强中国基础临床科学的发展，通过临床应用还会为患者带来癌症早期诊断、健康管理等个性化医疗服务，这将具有广泛的社会效益。

（3）通过我们打造高通量测序数据分析云计算平台和开展以癌症早期检测为主要内容的个性化医疗服务，将为中国培养一批高水平的生物信息数据分析人才，这将增强中国在生物信息学方面的实力。

## 3 合作方式

联合开发、转让、技术咨询等。

## 4 所属行业领域

医疗健康领域。

# 细胞破壁提高生物利用度生产保健食品与添加剂

## 1 成果简介

本技术具有药用功效的中药类植物资源开发利用，具有广阔的市场背景，也是人类回归自然、重整生态的大趋势。围绕农民脱贫致富、食品安全、绿色农业与循环经济产业链的构建，我们将粉体加工技术引入医药、食品和农业领域的生物质原料的加工处理。以超微细加工为特色的生物粉体技术以“细胞破壁，改善口感和提高生物利用度”为目的，在功能性保健食品和洗浴用品、中药源饲料添加剂和中药现代化方面发挥着越来越大的作用。

我们通过近 20 年的研究探索，开发了生物粉体加工技术的系统工艺与装备，成功地地为 10 多家企业建立了生产线；完成了多项国家科技攻关、863 和中医药专项与国际合作项目；获得国家发明专利和实用新型专利 6 项；获得国家技术发明二等奖、中华中医药学会科学技术奖一等奖和第十五届全国发明展览会金奖等殊荣。

## 2 应用说明

- 中药或民族药制剂改进：该技术可以降低中成药成本提高药效，特别是廉价的膏丹丸散类方剂、民族特色药剂的技术提升；对减轻百姓医药负担能够有所贡献。目前河北以岭药业的十五亿粒通心络胶囊全部采用我们设计的细胞破壁加工系统，用药量减少 1/3，药效显著提高，副作用明显降低。

- 以微粉中药替代化学饲料添加剂：与中药提取物相比，该技术降低了成本，促进了动物的消化吸收，为无抗奶蛋肉等的低成本生产奠定了基础。我们与美国麻州大学、山东农业大学合作的鸡饲料添加剂项目，与浙江淡水养殖研究所合作的“青虾等名贵水产品环境友

好型绿色养殖”项目都取得了良好的效果。

- **扩大食品源：**该技术使得“以牙能不能咬得动、胃能不能消化得了，口感是否良好”为能不能吃的食品原则发生了改变，微细化改善了口感和吸收利用度，将使得“食品”概念的外延大大扩展。如豆皮、玉米皮、小麦麸等，已在广西柳州超细加工成为健康食品。

- **天然植物农药开发：**该技术将辣椒、除虫菊、蒿子、烤烟等药用植物的细胞破壁，制成浆状或膏状原药，直接应用于绿色和有机蔬菜的生产。与提取物相比，可大大提高其有效成分的利用和降低成本。该技术在山东等地已经得到应用。

### 3 效益分析

不同产品的市场和生产线都有差异，需根据具体情况系统分析。

### 4 合作方式

技术服务。

### 5 所属行业领域

医疗健康领域。

## 利用农业废弃物生产富磷钾有机肥

### 1 成果简介

化学磷肥的大规模生产和大量使用构成了一个巨大社会问题：（1）水溶性磷肥易随下雨和灌溉用水流失，磷元素利用率不到 20%；（2）流失的磷元素造成类似太湖蓝藻事件的湖泊富磷化污染；（3）酸法生产磷肥耗酸量巨大，还产生大量的污染。（有机农业的发展，也需要减少或避免化学磷肥的使用。）

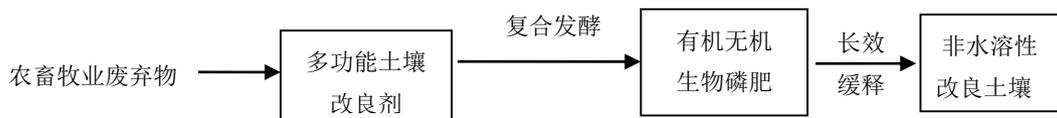
为了突破传统磷化肥的生产和施用体系，我们发明了利用中低品位磷矿活化技术，在解磷细菌的促进下与有机肥复合发酵工艺组合，研制成新型长效富磷有机生物肥料和装备。该技术得到科技部农业科技成果转化基金、山东省重大科技成果转化等项目支持，2009 年通过教育部组织的专家技术鉴定，现在山东完成规模化生产；建立了黄河三角洲生态农业示范区以及环太湖流域控磷环保示范区。

### 2 应用说明

本产品是采用经过活化的磷矿为主要原料，在特效解磷菌种的作用下与有机质共同发酵处理而得到的；其特点是长效缓释、非酸化、非水溶性，后效性显著，一季使用多季有效；该肥料可优化土壤矿物组成，避免化肥对农产品质量及土壤酸化等不良影响，达到增产、改善品质、绿色生态的效果。

该产品的原材料来源广泛，除中低品位磷矿物外，发酵过程中的有机物料可以利用各地畜禽粪便、食用菌残渣、泥碳、褐煤、风化煤、糖渣、部分发酵法制作食品类的废弃物、沼气残留物、屠宰废弃物及生活垃圾等，能减少环境污染、净化环境，也起到生态循环作用。

经过两年多在小麦、蔬菜、冬枣等农林作物上的使用观察，其结果表明：此类有机肥的肥效等同于等量过磷酸钙，但比过磷酸钙具有跨季后效、生态环保、满足绿色有机农产品的生产。



上图 富磷有机生物肥生产工艺流程

### 3 效益分析

基本原料和加工成本约 300~600 元/吨(各地成本有所不同),市场销售价格在 1200~2500 元/吨。形成 3 万吨生产能力的设备投入在 300 万元左右。

### 4 合作方式

技术服务。

### 5 所属行业领域

生态农业领域。

## 畜禽粪便高效产能产肥技术

### 1 成果简介

我国每年产生大量畜禽粪便，其有机物含量高、含有大量病原菌且产生恶臭。通常，粪便的处理方式有堆肥和还田，但均存在占地面积大、污染土壤和地下水、卫生风险高等问题。本技术是一项可实现物质和能源回收的可持续的绿色技术，具有沼液量少、能够杀灭沼液中病原菌、降低农用风险等优点。具体如下：畜禽粪便收集后，不经稀释直接进行热处理和厌氧消化。消化后粪便可制成优质肥料（见下图）。



上图 工艺流程图

### 2 应用说明

工艺核心采用了热处理+干式厌氧消化技术，已由清华大学申请专利。与传统厌氧消化（含固率 3~5%）相比，它的优点是：

- 反应器体积可以缩小 75% 以上；
- 耗热量减少 75% 以上；
- 有机物降解率较高；
- 容积甲烷产率高，为传统技术的 2 倍以上；
- 沼液沼渣中病原菌少；
- 稳定性更好，操作较简便。

实际运行取得的主要参数如下：

猪粪含固率为 23% 时，SRT 为 35d，VS 去除率 65%，沼气产率达到  $0.65\text{m}^3/\text{kgVS}$ 。

### 3 效益分析

除土地费用外，规模为 100 吨/天的畜禽粪便厌氧消化处理厂，年产沼气 440 万立方米，有机肥 3.6 万吨。

### 4 合作方式

转让。

### 5 所属行业领域

生态农业领域。