

## 目 录

## 【电子信息领域】

新型柔性高频天线.....	1
DTMB 调制器/信号发生器.....	2
高速 USB 记录与回放设备.....	2
可变带宽无线多媒体传输系统.....	3
PLC+VLC 传输系统.....	4
超高清 UHDTV 数字电视系统.....	5
高端数字电视芯片 SoC 设计.....	6
宽带电力线通信数字家庭网络.....	6
TH_CDP 智能持续数据保护系统.....	7
TH_HSM 分级存储管理系统.....	7
基于云存储的个人移动计算环境 (CloudKey) .....	8
软硬件混合的多媒体处理器芯片设计.....	9
声纹识别 .....	10
10G 一体化网络数据深度安全检查和系统.....	12
高性能网络流分类系统.....	13
社会网络大数据分析系统.....	15
移动互联网 Android 应用恶意行为自动化检测系统 .....	17
应急双向视频图像传输系统.....	20
在线互动教学平台.....	21
执法过程音视频数据自动采集和管理系统.....	22
跨区域多机构协同救治医疗信息共享平台.....	24
城市电网电能质量综合治理.....	26
基于大数据的能源互联网能量管理系统.....	28
能源互联网能量路由器工业样机研制与产业化.....	29
超高速流式成像分析仪.....	30
北斗环境多要素智能监测与大数据服务平台.....	32
可延展柔性无机电子.....	35

## 【交通规划领域】

智能交通系统开发与集成设计技术.....	37
常规公共交通系统专项规划.....	37
城市综合交通规划.....	38
道路交通安全规划与安全审计.....	38
道路网系统专项规划.....	41
轨道交通规划 .....	41
交通影响分析 (交评) 与道路交通管理规划.....	43
停车系统专项规划.....	45
智能交通系统规划.....	45

## 【能源环境领域】

新型防火排烟技术与装备.....	48
大气除霾技术及装备.....	48
除霾纱窗 .....	49
大型车间、场馆空气净化技术.....	50
高速公路除雾技术.....	51
机场除雾技术 .....	51
轻、重颗粒（飘浮、悬浮颗粒）同时分离技术.....	52
隧道/地铁空气快速净化车 .....	53
挥发性有机物（VOCs）及恶臭气体生物处理技术.....	53
电子废弃物防治技术与示范.....	54
新型水质污染预警溯源仪.....	56
建筑环境空气流动设计及仿真技术.....	58
冷却塔的节水除雾防冻技术.....	60
城市生物质废物清洁燃气技术及应用.....	62
微藻生物柴油技术.....	64
原位微型化快速水质监测仪与高密度水质监测网络.....	66
大规模盐碱地改良和综合利用.....	67
畜禽粪便高效产能产肥技术.....	68

## 【生物医药医疗领域】

新型长效干扰素 .....	70
新型强效干扰素 .....	71
可注射干细胞 3D 微组织治疗实现微创高效再生医学 .....	73
基于刺激频率耳声发射的听觉灵敏度综合检测系统.....	75
人工智能喉 .....	77
用于癌症基因检测的新型体液 exRNA 生物标志物的发现和应用.....	78
临床长时程心电智能诊断平台.....	79
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 .....	80
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.....	82
数字化心血管风险评估系统.....	84
食药真菌产物库构建及在慢性病干预中的应用 .....	84

## 【先进制造领域】

电路板绿色拆解及焊锡高效回收技术.....	86
电磁超声导波缺陷检测仪器备.....	87
由大宗固废制备 PVC 绿色复合板材.....	88
选择性固固分离平台技术.....	88
钛白粉后处理工艺和机理研究.....	89
电子废物资源化利用的成套技术和工程示范.....	90
纳米催化二氧化钛的研制.....	93

动力锂电池快速剥离及锂钴短程资源回收技术.....	93
超宽光谱超高效抗反表面制备技术.....	94
激光远程清楚电网异物技术.....	96
有机相变蓄能复合材料及在建筑节能中的应用.....	97

**【新材料领域】**

涂料用高性能水性树脂.....	100
黑磷-碳布复合材料制备技术 .....	100
石墨烯能源与传感应用技术.....	102



# 【电子信息领域】

## 新型柔性高频天线

### 1 成果简介

当前半导体信息技术的飞速发展促使电子产品向高集成度、微型化、智能化、低功耗等方向发展，最终的目标是将功能单元实现在单一芯片化。无线通讯作为物联网技术的主要节点，其关键技术性能取决于天线设计。目前无线通讯技术主要包括无线 RF433/315M、蓝牙、Zigbee、Z-wave、LoRa、4G/5G 等。目前 4G、5G 移动通讯以及物联网技术的推广与发展，频带调制、信息互联和高速数据传输对天线的设计要求愈来愈高。通讯天线的设计已经从低频向高频，从单一频段向双频、三频、四频等多频方向发展。然而目前的天线设计主要基于半导体制备及可重构技术，如开关切换天线的谐振点，及电压调节改变天线的等效阻抗等，来实现天线的多频化。

碳纳米管和单层石墨烯的成功发现获得开始吸引研究者的兴趣。碳纳米管和单层石墨烯简单的结构、优异的性能和极高的电子迁移率，被认为是后硅 CMOS 时代最有竞争力的电子材料之一。由于碳纳米管和石墨烯高电子迁移率、优异的力学性能及天然柔性等优点，随着微电子学、材料学和半导体制造工艺技术与凝聚态物理学等多个学科的不断发展，通过新型结构和材料体系设计，柔性高频碳纳米管和石墨烯天线已成为可能，并进一步缩小系统占用空间，提高器件集成度和高性能的重要发展趋势。

课题组在国家自然科学基金等项目资助下，结合合作团队的研究优势，以碳纳米管和石墨烯的优化与制备为基础，优化器件结构与尺寸设计，结合 HFSS 电磁仿真模拟，研发出可应用于无线通讯的新型柔性高频天线。课题组在过去几年中分别在高质量碳纳米管和石墨烯的高频应用、性能测试、高性能射频天线调控机理研究等方面积累的丰富材料和物理经验，对研究多频带可调谐石墨烯天线奠定了前期基础。

### 2 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，随着柔性可穿戴产品的不断上市，柔性高频天线的需求也会越来越迫切，因此本成果具有较大的推广空间。

### 3 合作方式

转让或者联合推广。

### 4 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。

## 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：

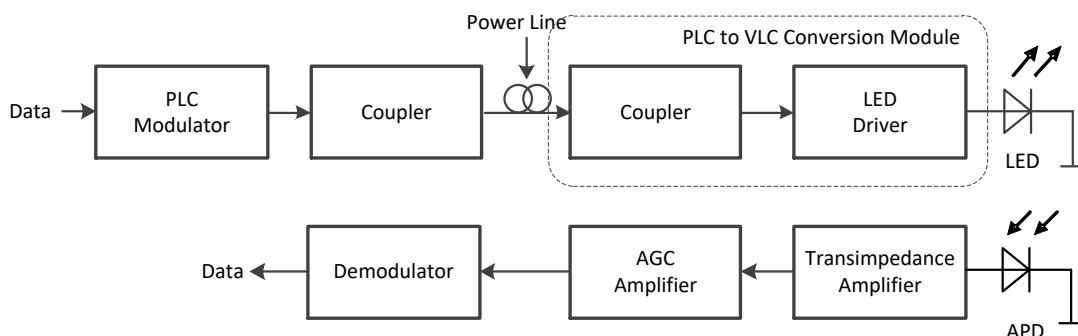


图 1 PLC+VLC 系统框图

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。

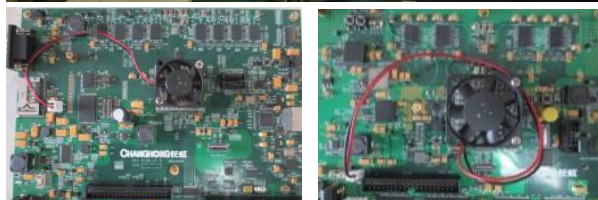
# 超高清 UHDTV 数字电视系统

## 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。

### 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



上图 传输图像、机顶盒

## 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，当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。

# 声纹识别

## 1 成果简介

声纹是对语音中所蕴含的、能唯一表征和标识说话人身份的语音特征参数及基于这些特征参数所建立的语音模型的总称。声纹是人的生物个性特征，很难找到两个声纹完全一样的人。

声纹识别技术属于生物识别技术的一种，是一项根据语音波形中所蕴涵的说话人信息，自动识别说话人身份的技术。与语音识别不同的是，声纹识别利用的是语音信号中的说话人信息，而不考虑语音中的字词意思，它强调说话人的个性；而语音识别的目的是识别出语音信号中的言语内容，并不考虑说话人是谁，它强调共性。

声纹识别根据应用的范畴，可分为两类：（1）声纹辨认（说话人辨认）：用以判断某段语音是若干人中的哪一个所说的，是“多选一”问题；（2）声纹确认（说话人确认）：用以确认某段语音是否是指定的某个人所说的，是“一对一判别”问题。

声纹识别与其他生物识别技术，诸如指纹识别、掌形识别、虹膜识别等相比较，除具有不会遗失和忘记、不需记忆、使用方便等优点外，还具有以下特性：

- 用户接受程度高，由于不涉及隐私问题，用户无任何心理障碍；
- 利用语音进行身份识别可能是最自然和最经济的方法之一。声音输入设备造价低廉，甚至无费用（电话），而其他生物识别技术的输入设备往往造价昂贵；
- 在基于电信网络的身份识别应用中，如电话银行、电话炒股、电子购物等，与其他生物识别技术相比，声纹识别更为擅长，得天独厚。

## 2 应用说明

由于与其他生物识别技术相比，声纹识别具有更为简便、准确、经济及可扩展性良好等众多优势，因此可广泛应用于安全验证、控制等各方面，特别是基于电信网络的身份识别。

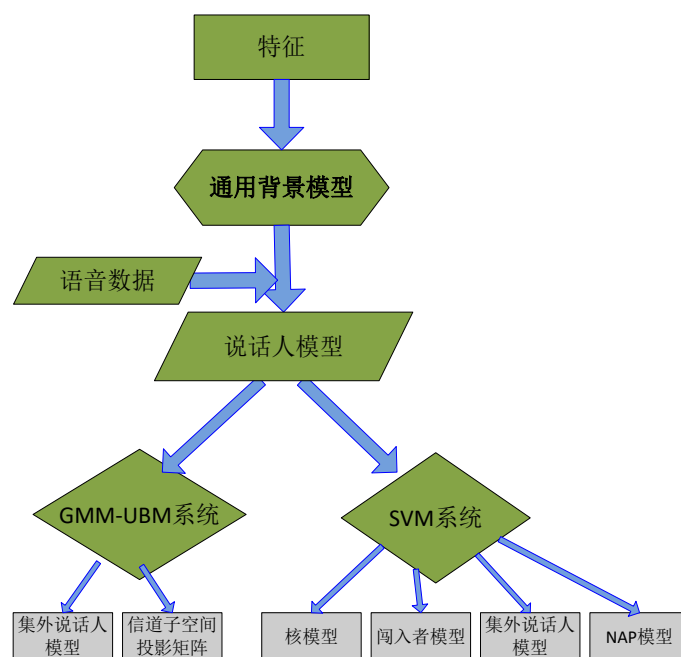
我们承担的“司法语音自动分析和鉴别系统的研制”课题于2004年5月29日通过了公安部科技局主持的科技成果鉴定会，鉴定委员会专家一致认为，该项技术“是一项创新的、国内领先的研究成果”。

我们承担的“通用声纹识别身份认证系统引擎的研制”（2005年北京市科技计划项目）于2008年2月28日通过验收。验收专家组一致认为：“该课题完成了任务书中规定的各项考核指标，创新性强，达到了国际先进水平，具有广泛的应用前景。”

我们与合作单位联合承担了中国建设银行“电话银行95533交易整合及业务管理项目”，已通过了生产环境下电话银行用户声纹身份认证的验收测试，在识别性能及识别效率方面，系统完全满足和超过实际应用中的安全性及实时性等各项要求。这是声纹识别技术在我国金融领域的首次应用。

我们正在积极寻求与企业合作探讨更多声纹识别应用方案及产品，包括但不限于汽车防盗产品，门禁系统等。

## 3 效益分析



上图 声纹识别核心模块示意图

截止到 2009 年初，声纹识别产品在生物识别市场的占有率为 15.8%，仅次于指纹识别和掌形识别。目前，我国生物识别行业内厂商有 200 多家，其中 96% 从事指纹识别技术相关产品的研究和开发，产品趋同化明显。国内声纹识别市场已经启动，其发展空间更为广阔，在金融、证券、社保、公安、军队及其他民用安全认证等行业和部门有着广泛的需求。

#### 4 合作方式

商谈。

#### 5 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析系统

### 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。

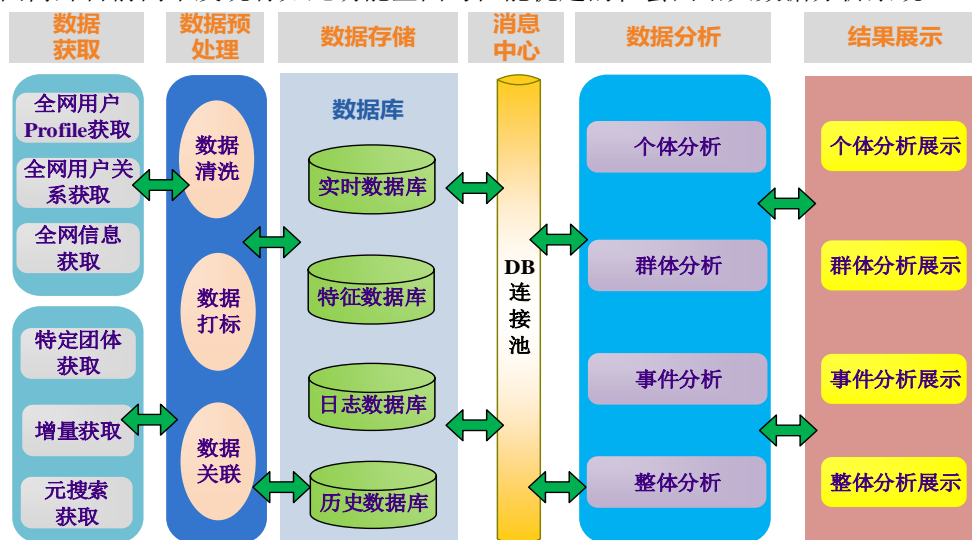
社会网络分析技术是一项关键技术，也是一项热门的研究，涵盖了社会学、人类学、社会语言学、地理、社会心理学、通信研究、资讯科学、社会网络分析与探勘、组织研究、经济学以及生物学等多个领域，是一项多学科交叉技术。社会网络大数据分析系统要求具有坚实的数据支撑，即数据获取全面、更新及时、获取数量大，也强调多维度、多粒度的分析手段相结合，并对分析速度、可视化以及人机交互等方面都提出很高的要求。

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。

- 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。

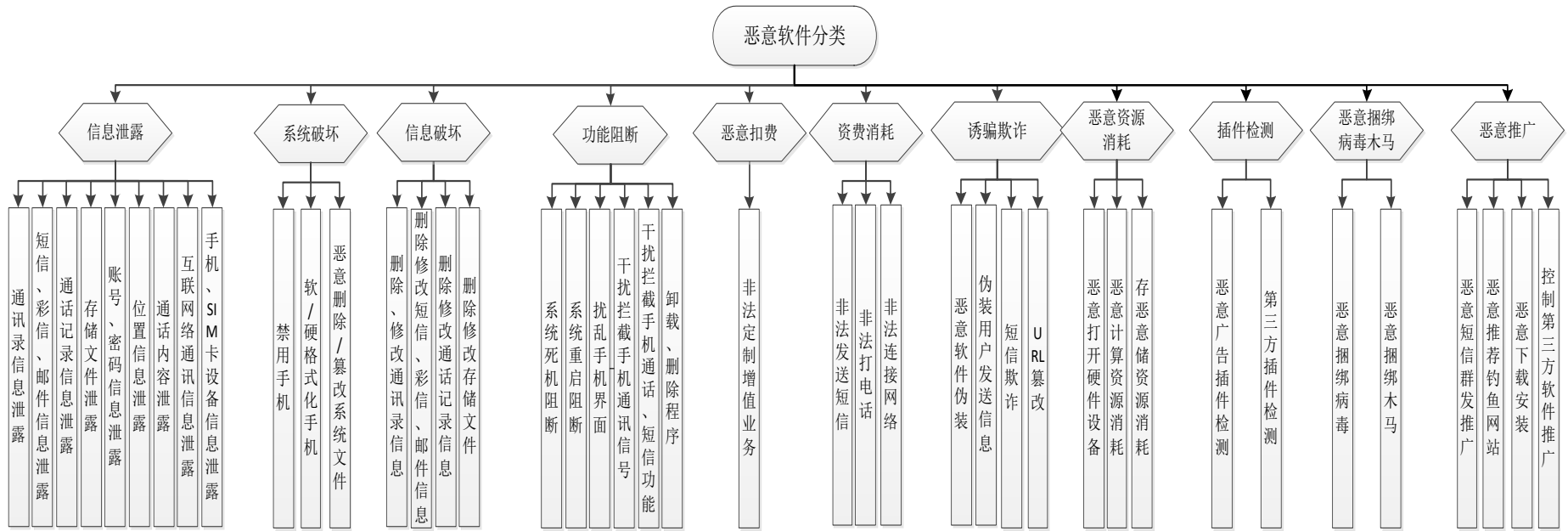
- 测试项目更全面:

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。



上图 恶意行为检测分类图

## 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、2008 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，未来不少要害行业和部门（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。

# 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。

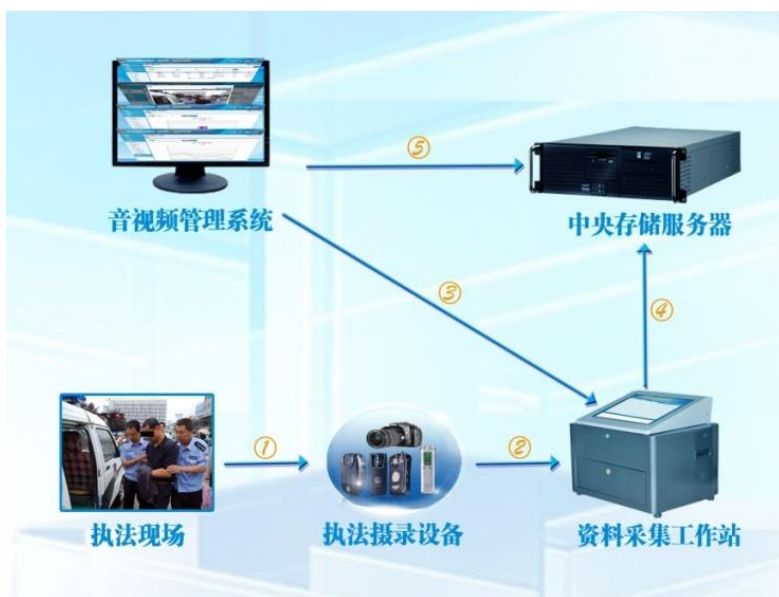
执法监督部门可通过后台管理系统实时查看、监督执法过程音视频资料采集的及时性、完整性、规范性，通过自动统计分析，对各单位执法规范化水平和执法办案人员工作绩效情况进行量化统计。

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 JAVA FX 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对违法人员进行取证，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。

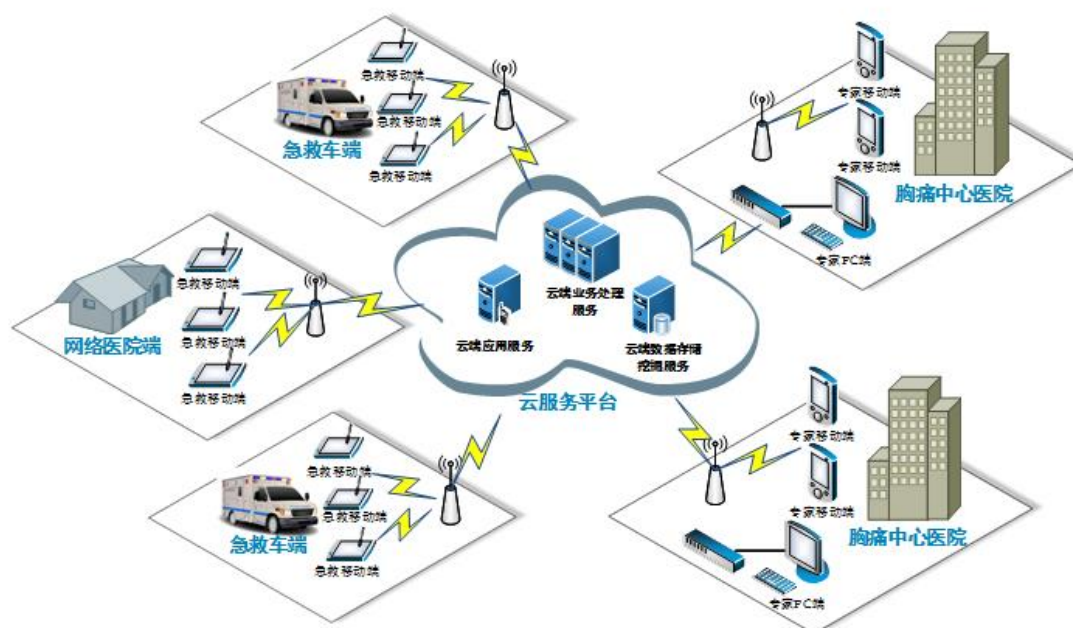
### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 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的集合，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 以及非医院，12 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，海宁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。

## 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

电子信息领域。

# 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；

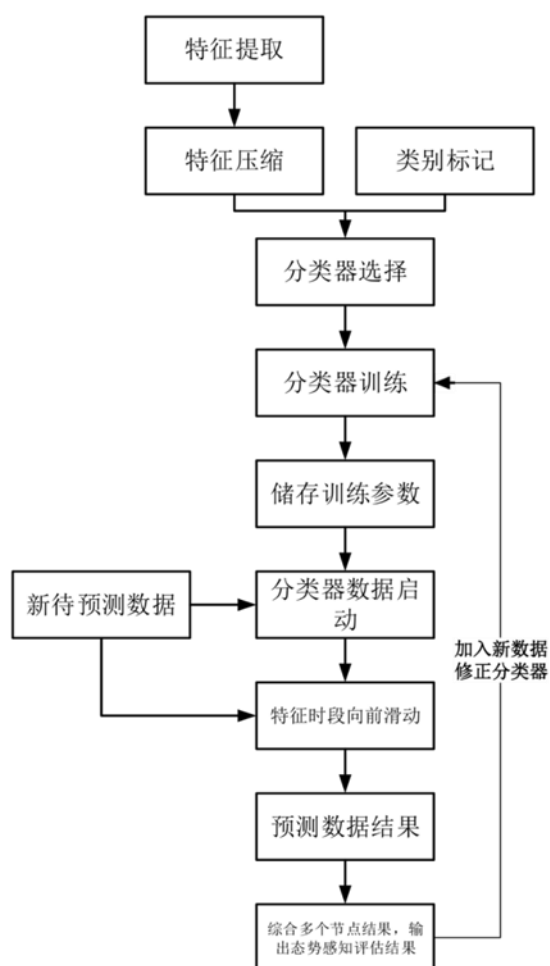
步骤 4：训练分类器；当分类器训练完成后，将训练好的参数储存起来；

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；

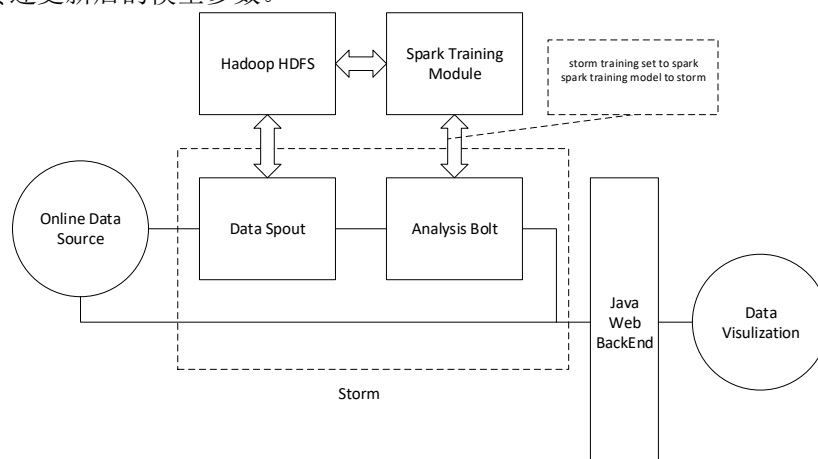
步骤 7：每隔一定时间间隔，要把新收集来的数据与以前的数据一起，重新回到步骤 4 训练分类器，更新参数。

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。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大批量实现，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。

# 超高速流式成像分析仪

## 1 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。

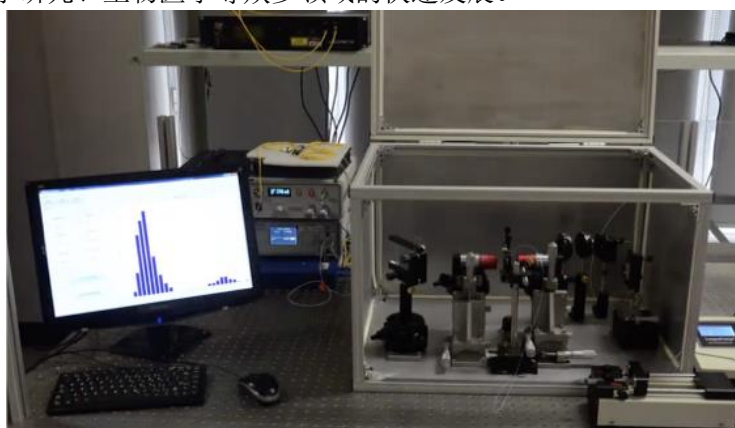


图 1 仪器基本界面及内部架构

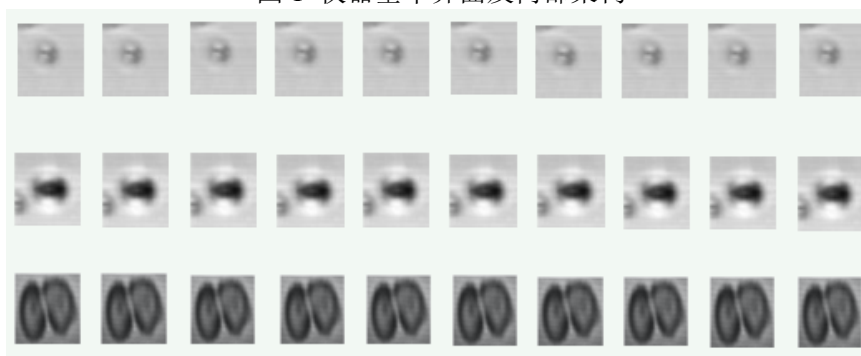


图 2 采集到的细胞图像

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。

## 2 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

技术转让、许可使用、合作开发等。

#### 5 所属行业领域

电子信息领域。

## 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。

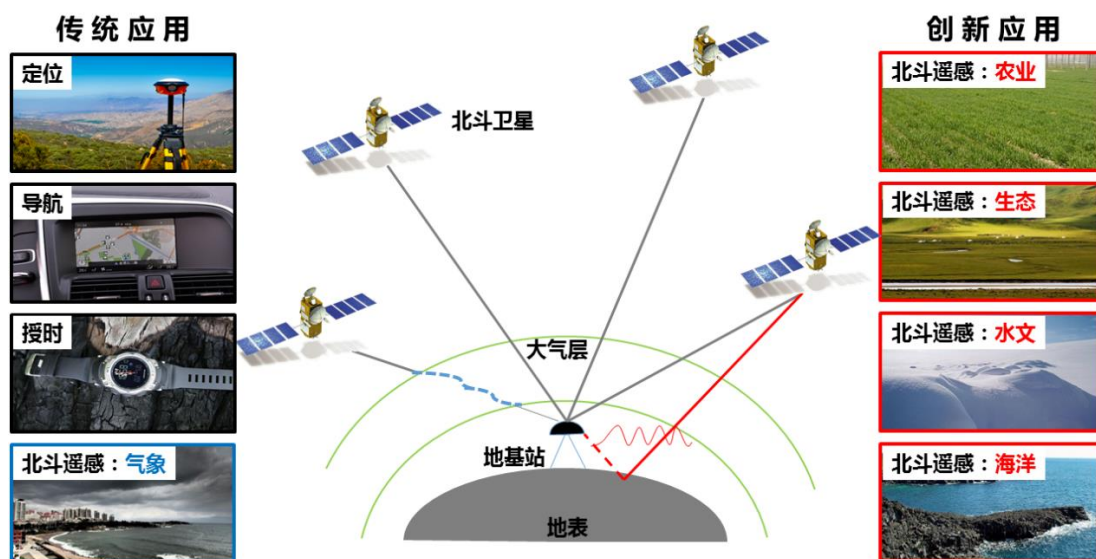


图 1 北斗创新应用领域

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）。

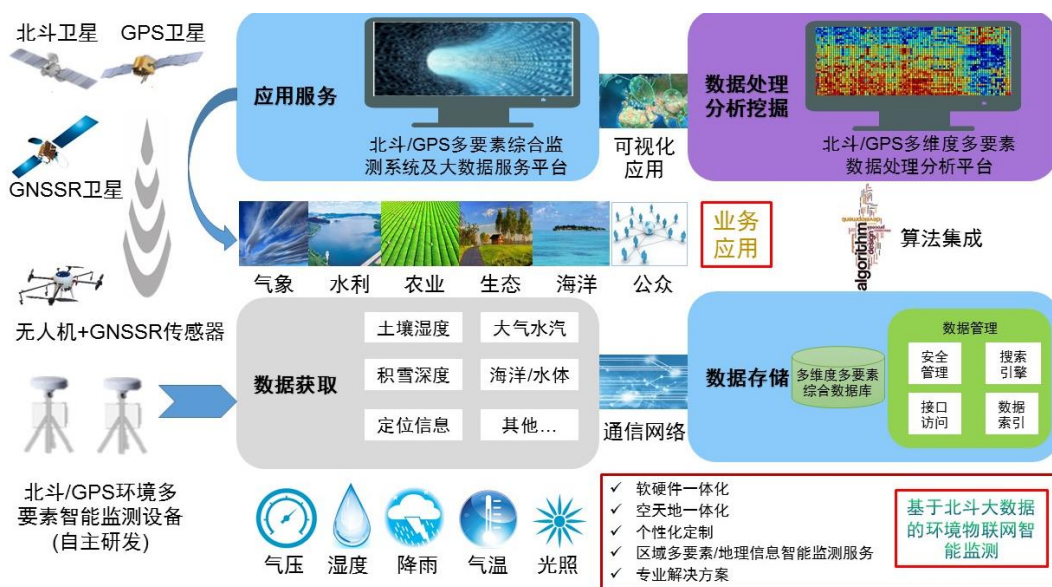


图 2 北斗/GPS 环境多要素智能监测与大数据服务平台总体方案

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。

清华大学在利用地基、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



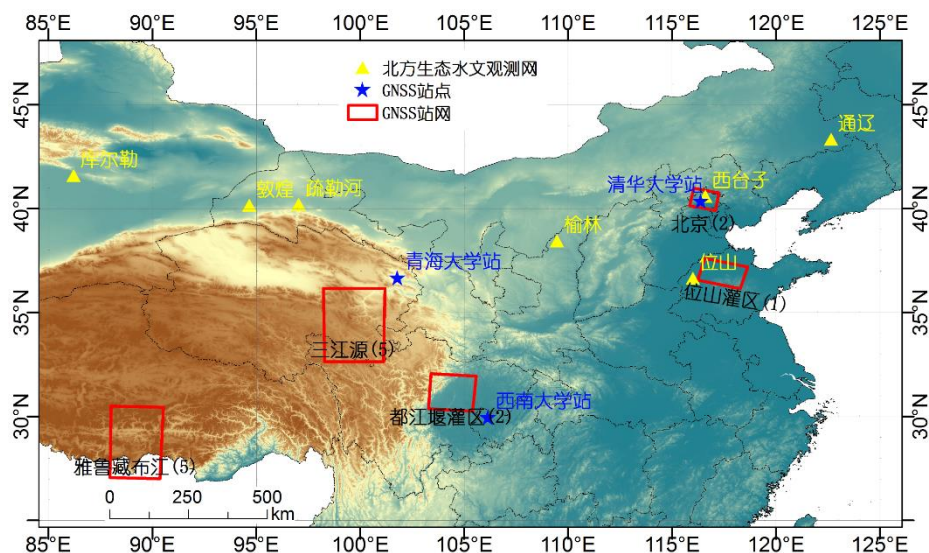


图3 北斗/GPS 地基综合观测站网

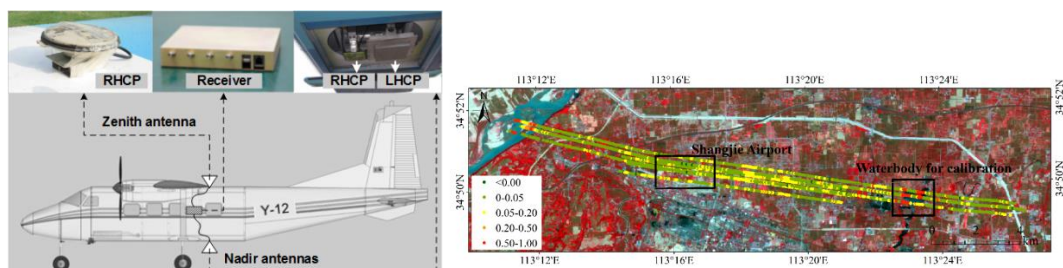


图4 空基北斗/GPS 观测系统

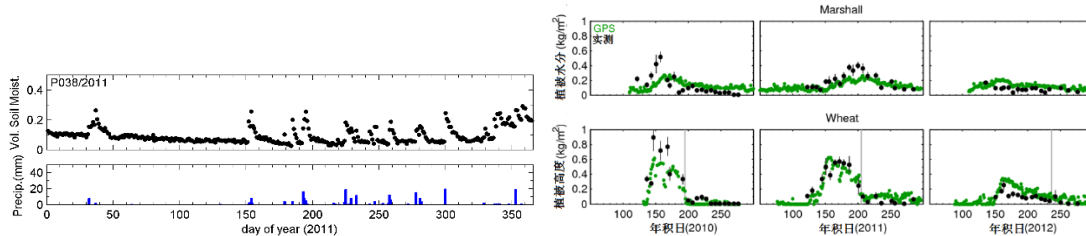


图5 北斗/GPS 监测产品研发



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。

# 可延展柔性无机电子

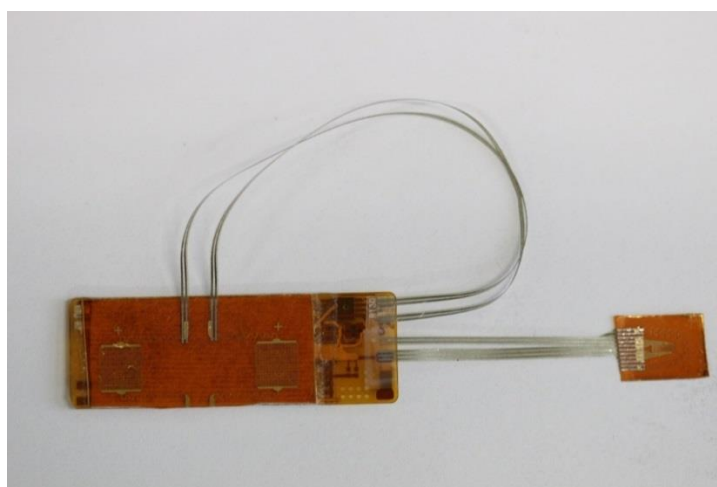
## 1 成果简介

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。



上图 可延展柔性无机电子器件

## 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

电子信息领域。



## 【交通规划领域】

### 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。

### 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。

## 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

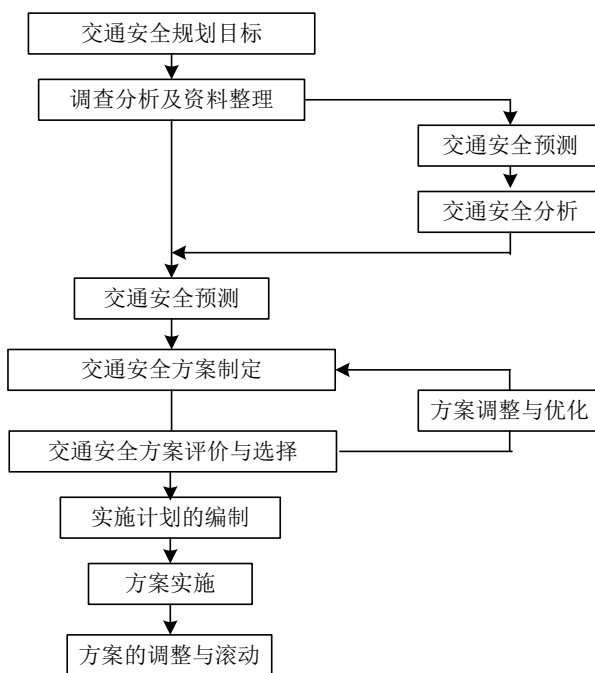
交通规划领域。

## 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。

# 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。

# 轨道交通规划

## 1 成果简介

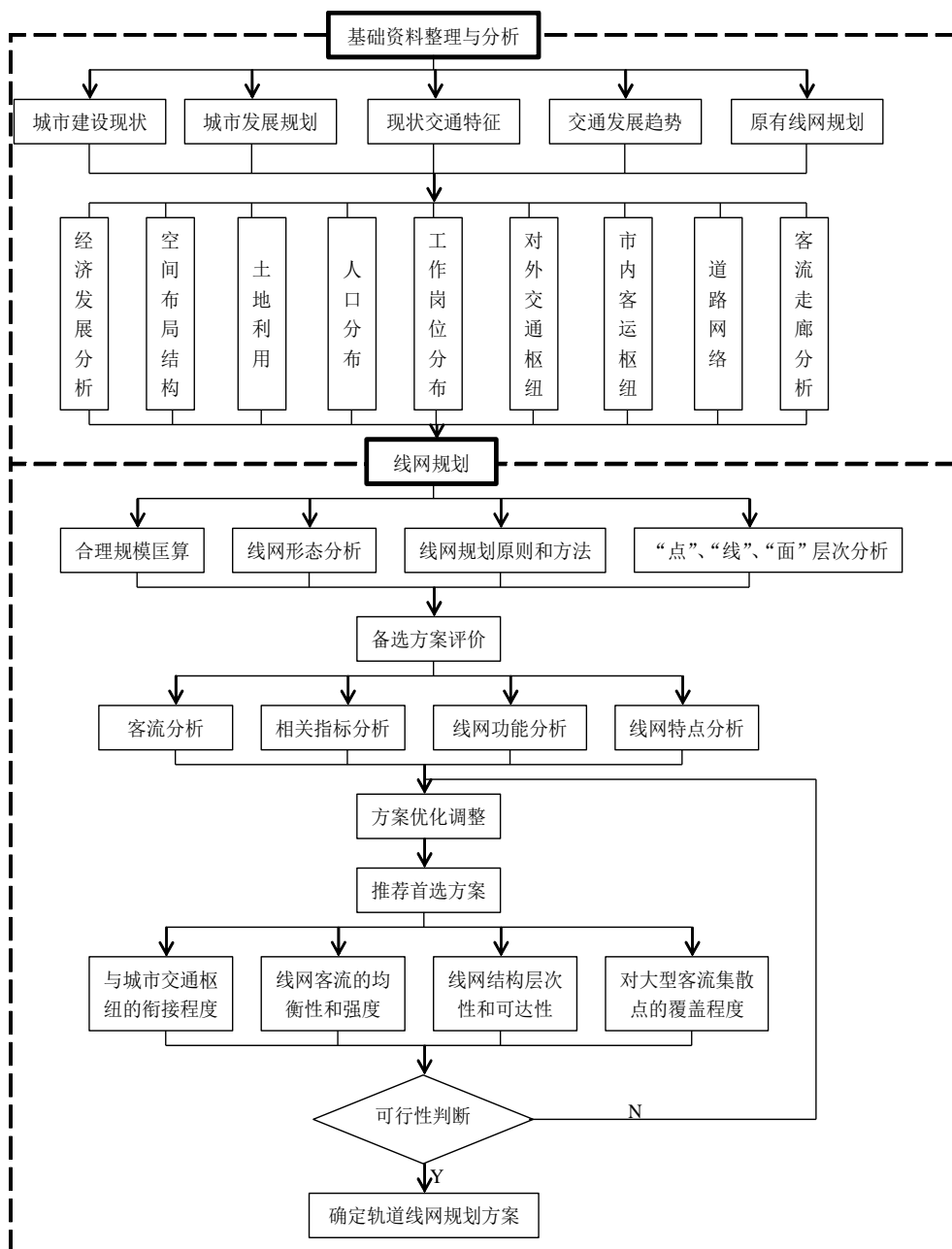
### (1) 轨道交通线网规划

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与定量分析,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,则确定轨道交通线网规划方案,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。

## 交通影响分析（交评）与道路交通管理规划

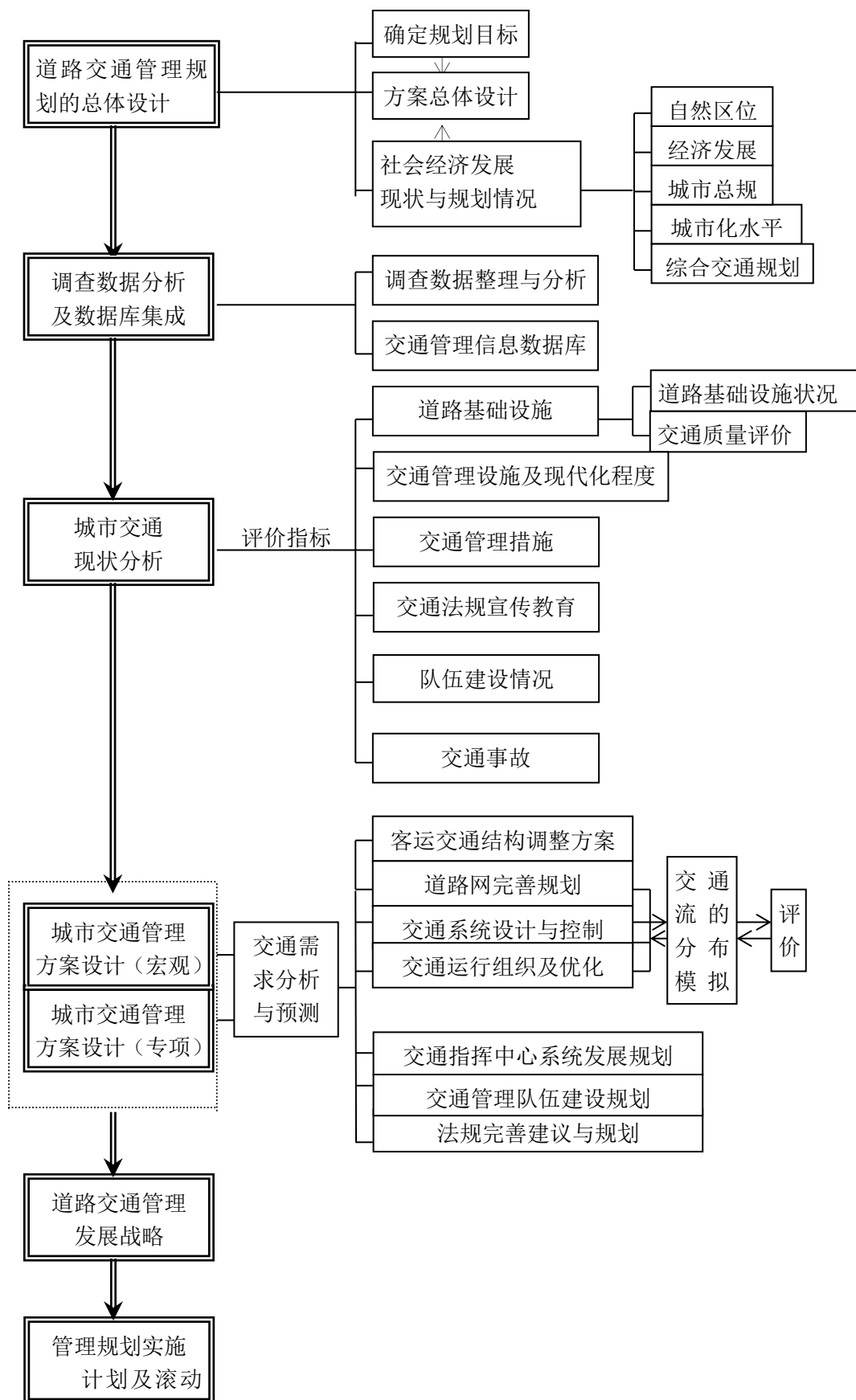
## 1 成果简介

## （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。

# 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。

# 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。

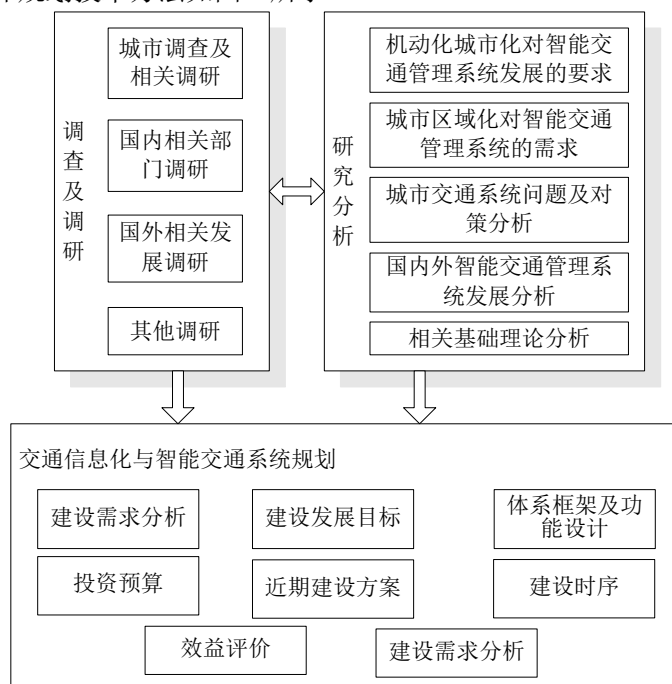


图 1 城市交通信息化与智能交通系统规划技术路线

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。

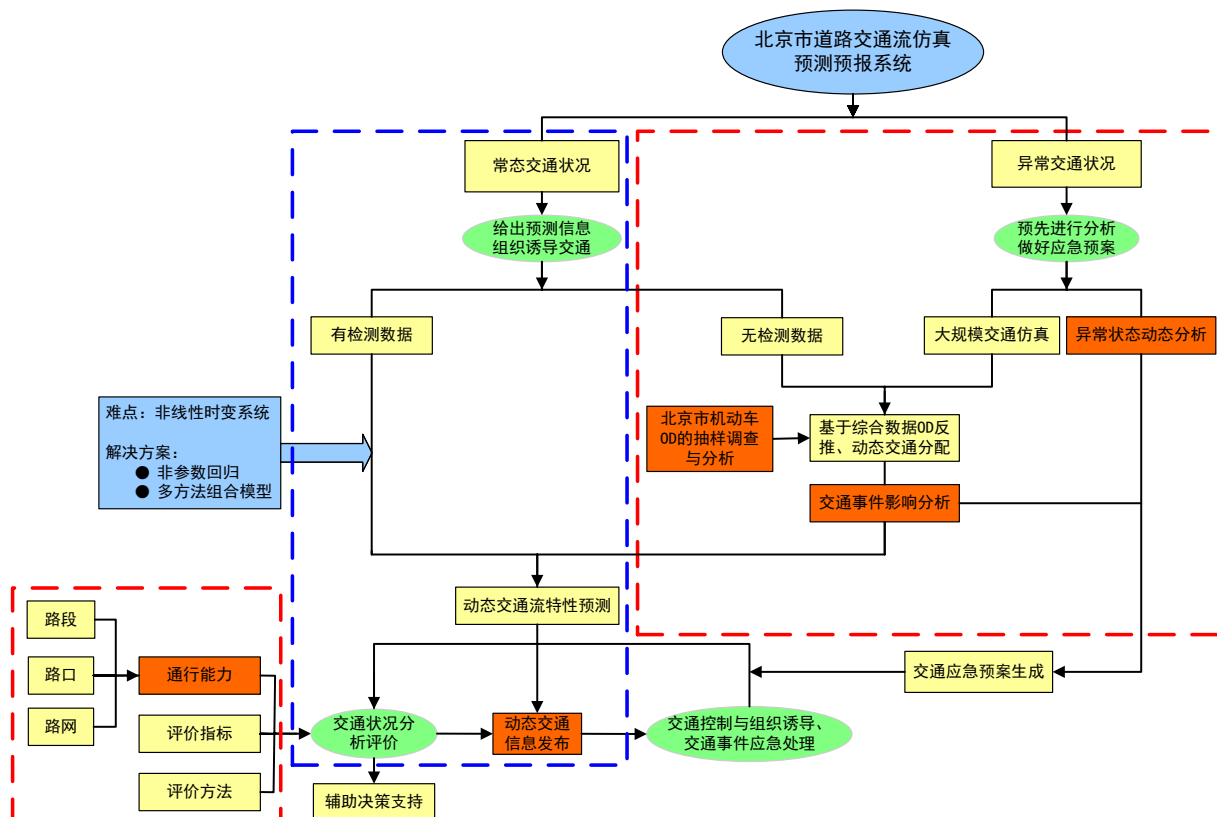


图2 北京道路交通流预测预报系统及开发技术流流程图

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。

## 【能源环境领域】

### 新型防火排烟技术与装备

#### 1 成果简介

火灾丧生人中，大部分是因为火灾前期烟雾窒息；本排烟装置能把火灾时产生的烟雾就地快速清除，避免烟雾在天花板处堆积后再下压至呼吸带，能给人员逃生和消防员处置带来更多的宝贵时间；同时也由于消防员能更接近火源、尽快彻底灭火，可避免由于起火后自动升温自动喷水、导致更大的财产损失。

该技术因利用了“颗粒汇”效应及热烟气密度轻自动上浮的特性，无需风机及管道、无需气流输送等，能在近乎静止状态排烟，避免了传统抽风机排烟等措施可能导致“风助火势”的危险。

#### 2 应用说明

该装置安装在房间或走廊的天花板处，与烟感器联动。当烟感器感知烟雾时自动启动，静静排烟。装置下表面设计成与天花板匹配的色调和外形，其它面藏于吊顶中。其供电可利用消防系统的供电线路，也可利用普通供电线路、必要时配备蓄电池。

该装置平时亦可用于室内空气净化。

#### 3 效益分析

目前的抽风机排烟等措施往往是在火灾已经形成之后，喷雾、活塞流等排烟措施只能针对重点防火部门、难以大范围使用。本装置投资很低、效果立竿见影，把火灾前期人员逃生的时间从 90 秒延长到数分钟。不仅可以使更多人员逃离火灾现场，还能因方便处置、减少很多起火喷水的可能，大大降低因着火而损失的财物量，相信会受到相关部门的关注，使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

能源环境领域。

### 大气除霾技术及装备

#### 1 成果简介

目前 PM2.5 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 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。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

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浴盆曲线的盆底，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。

利用射流循环方式做成特种除霾车，或简单把除霾屏风安装在机动车上，可以实现一种类似环卫清扫车的除霾方式。

## 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

能源环境领域

# 除霾纱窗

## 1 成果简介

目前市场上的除霾纱窗，一类是采用更致密的纱窗材料，以阻挡更细微粉尘，但净化效率高时，纱窗容尘量极易饱和；另一类是采用特殊材料，当空气流过时会因摩擦起电，增加一定的静电吸附能力，但难以解决风速（风压）与效率之间的矛盾。

本装置是一种真正意义的除霾纱窗，利用“颗粒汇”效应及室内外压差、无风机工作。玻璃窗开启时，当室外空气流进室内时，其中的细微颗粒物，包括细菌病毒等被吸附清除，起到室内新风系统的作用。当玻璃窗关闭时，其作用相对于一台室内空气净化器。

## 2 应用说明

将该除霾纱窗替代现有普通纱窗，通常有四扇纱窗的窗户，其中一扇替换就可以。一段时间后，用吸尘器吸走阻留在丝网表面的粉尘等或取下用水冲洗，即可恢复初始效率。

## 3 效益分析

从目前人们对普通除霾纱窗的需求分析，开发出新型除霾纱窗，应该很有市场前景。

## 4 合作方式

联合开发。

## 5 项目所属行业领域

能源环境领域。

# 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难点。窑炉口、高温物料转运点、轧钢等工作点，产生的烟雾具有一定的上升能力，尚未有效利用。由于雾霾影响，室内训练的几率明显增大，然而室内空气品质也会变得越来越坏。

基于细微颗粒存在很强浓度梯度扩散机制、可使无规则布朗运动变为定向迁移，改变传统污染空气收集、管道输送、风机加压再到净化单元的方式、使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，形成的相对于污染“源”的除霾除雾屏风的颗粒物收集“汇”技术和空中扫掠的除霾除雾网技术，可以更有效地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，使室内空气品质明显提高。

## 2 应用说明

### (1) 除霾屏风或除霾网

根据车间或场馆结构，基于污染空气源的分布和特点，选择净化装置“汇”的布置位置及形式。净化装置（除霾屏风）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、展位屏风等等形式，其单独或辅助上不时天车悬吊或车载的扫掠除霾网，可实现污染空气的有效净化。

### (2) 炉窑口、卸料点或加工点等消烟消雾罩

改变传统的把烟气通过集尘罩（消烟罩）收集后，通过管道送到车间外面除尘器净化后，再通过风机加压送入烟囱排空，而是将除霾除雾屏风与挡板结合围成新型集尘罩，无需管道风机等，当烟气上升后反转向下、动压变成静压后，低速透过除霾除雾屏风时，烟雾颗粒及雾滴被阻留。通过转笼钢刷机构、振打机构或冲水清灰，实现连续工作。

## 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，大型空间或场馆的室内空气净化，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“汇聚扫掠”净化技术，应该备受欢迎。

## 4 合作方式

联合开发。

## 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。

## 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。

## 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。



## 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 PM<sub>2.5</sub> 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。

## 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、养殖场、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

能源环境领域。

# 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。

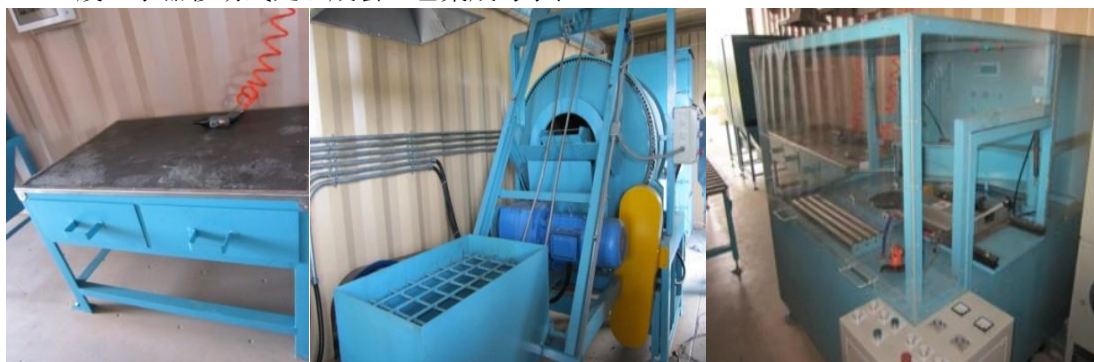
本研究成果包括废显示器移动处理设备和废线路板移动式处理设备，该设备是基于实验室研究成果及示范工程项目应用而建立的集显示器及主机拆解、CRT 屏玻璃与锥玻璃分离、破碎及锥玻璃清洗于一体的高效集成成套系统。

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標。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



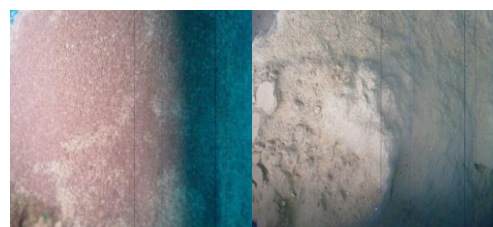
废电路板处理设备外观



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。

## 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

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。

## 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。



上图 有机污染预警溯源仪

# 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。

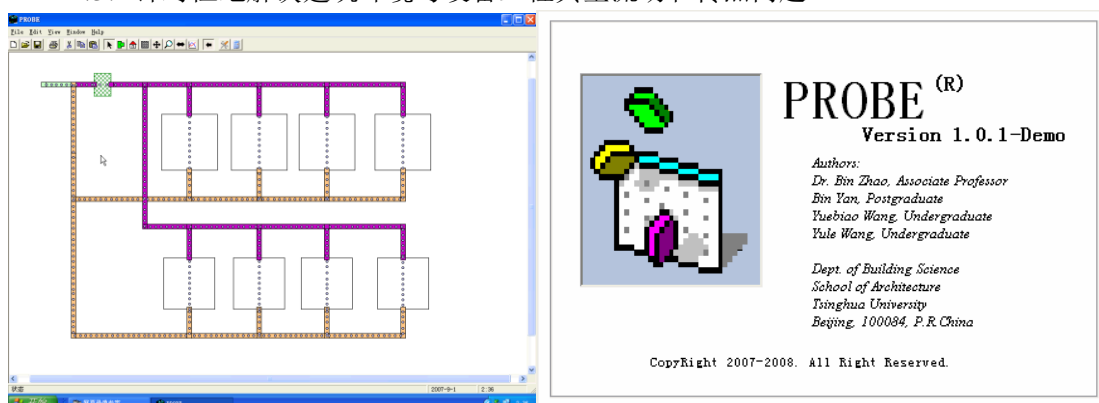


图 1 通风空调系统气溶胶污染物传播模拟软件 PROBE-PM

## 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、医疗环境中传染病控制不利、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：

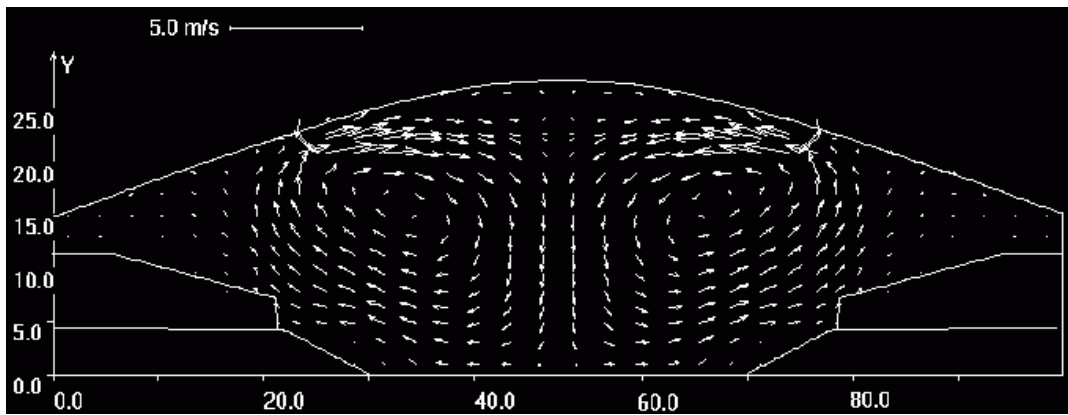


图 2 高大空间建筑环境设计

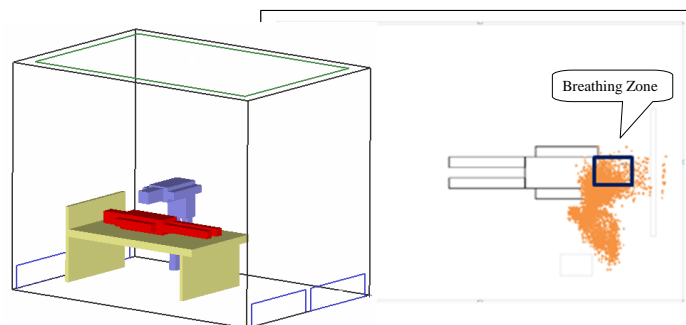


图 3 医疗环境内传染病控制环境设计

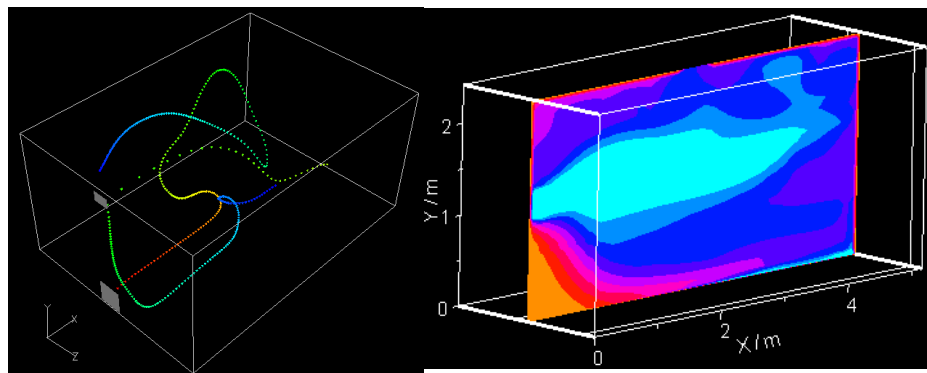


图 4 室内空气品质设计

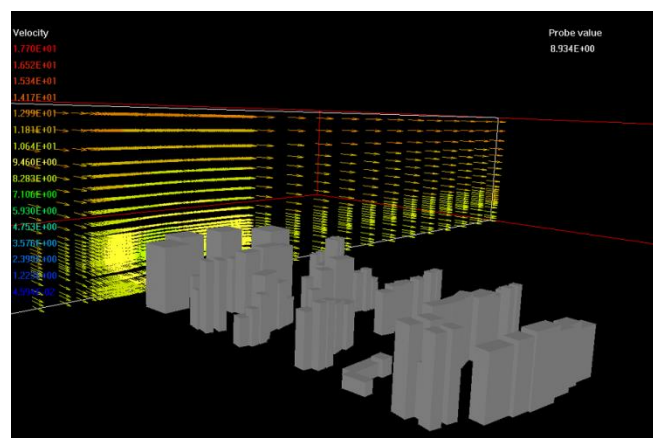


图 5 建筑外环境设计

### 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。

## 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。

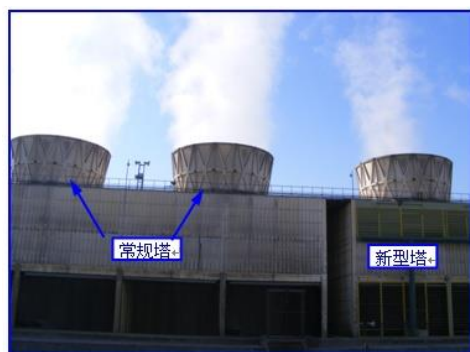


图1 吉化工程新型塔及常规塔运行外观



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。

# 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。

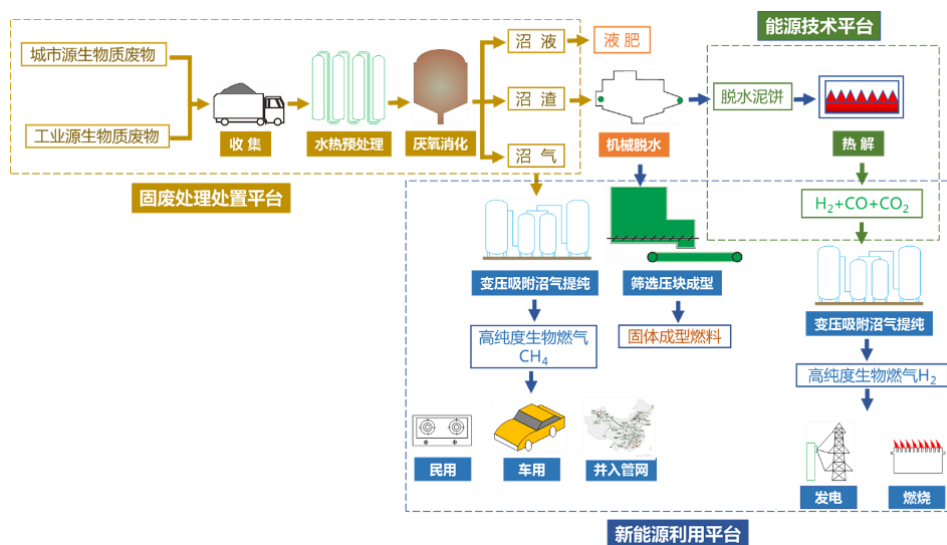


图 1 生物质废物清洁燃气工艺流程图

## 2 应用说明

本技术在北京、上海、深圳、广州、杭州、南京、无锡、丽江、淄博、南阳、常州、泸州、甘肃、赤峰等地建设生物质废物清洁燃气化示范工程近百座，产品用途包括车用、工业用、民用管网等，形成了年产 4.2 亿  $m^3$  高品位生物天然气的生产加工能力，极大的推动了生物质燃气产业的发展。

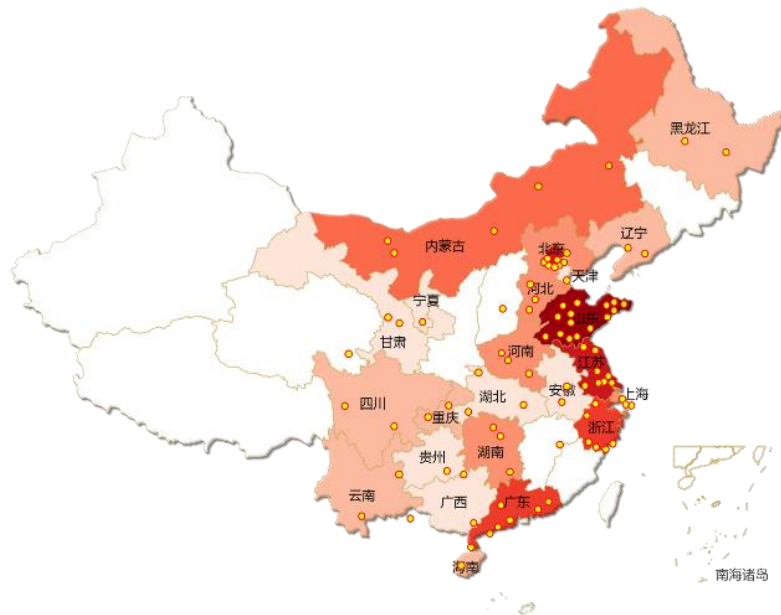


图 2 我国生物质废物清洁燃气工程分布图



图 3 生物质废物清洁燃气化示范工程现场图

### 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 万吨/年，年产生生物天然气 2.25 亿  $m^3$ ，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。

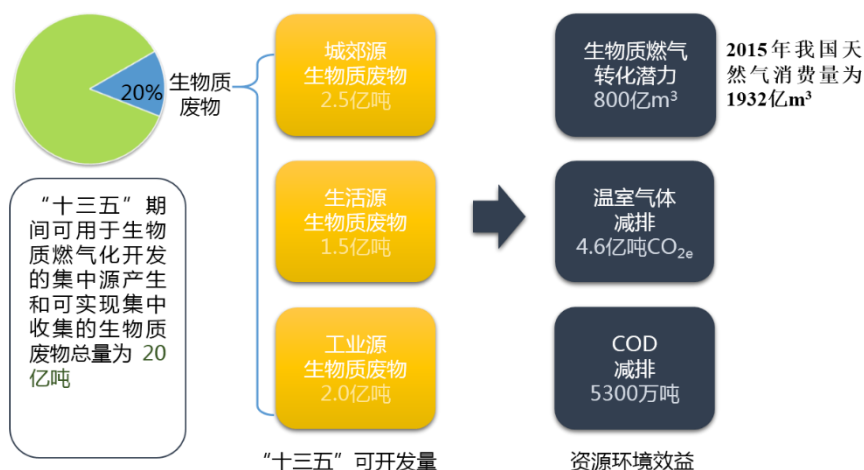


图 4 生物质废物清洁燃气化工程经济与资源环境效益

#### 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。

## 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：通过对一种特别藻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：

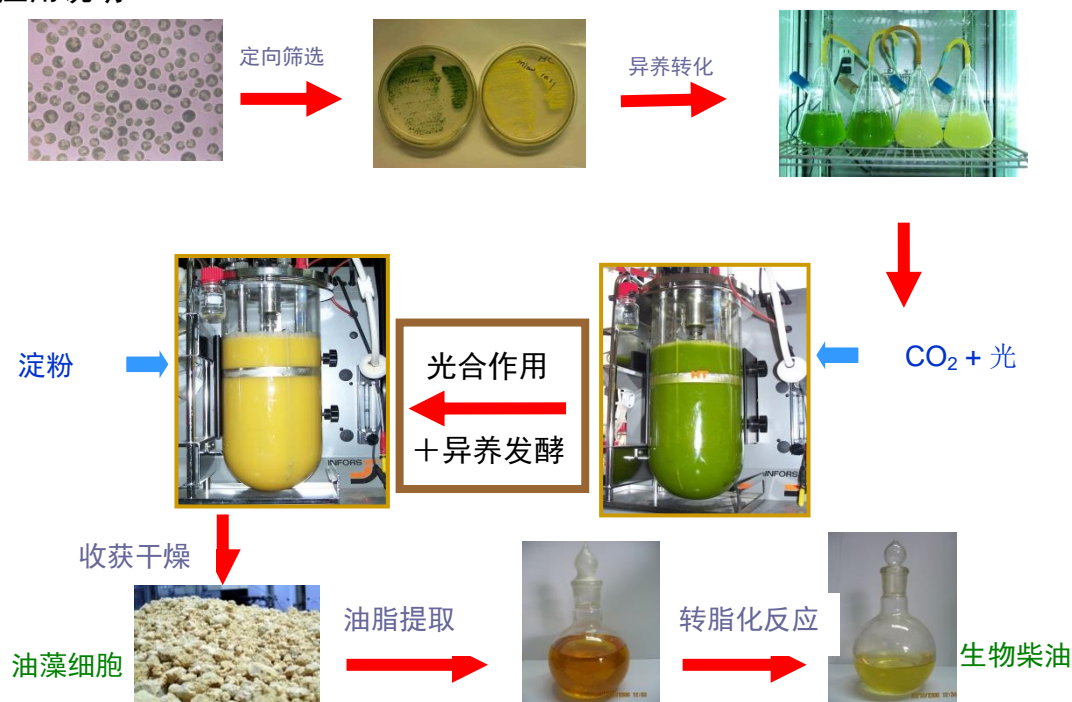
(1) 发明了微藻异养发酵生产生物柴油新技术，打通了以糖、淀粉、有机废水、二氧化碳等为原料，工业自动化条件下高效生产生物柴油的新途径；

(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 应用范围

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

能源环境领域。



## 原位微型化快速水质监测仪与高密度水质监测网络

### 1 成果简介

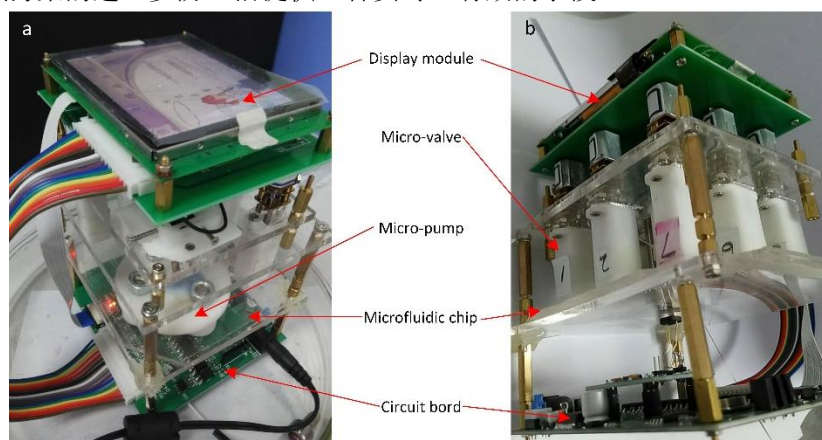
水是一切生物赖以生存的基础。水的污染严重影响了人类的生活和生产；造成了淡水资源的进一步短缺。我国面临的问题尤为突出。据统计，在我国有 46.5% 的河长受到污染，水质只达到四、五类；10.6% 的河长严重污染，水质为超五类，水体已丧失使用价值；90% 以上的城市水域污染严重；全国十大水系、62 个主要湖泊分别有 31% 和 39% 的淡水水质达不到饮用水要求。随着问题的不断恶化，政府对水污染也开始越来越重视：2015 年，国务院印发《水污染防治行动计划》；2016 年，环保部印发《“十三五”国家地表水环境质量监测网设置方案》等等。而水质监测技术在水污染的防、治方面都具有很重要的意义。

目前水质指标的监测依赖于大型的水质监测站，其占地面积大、建设成本高。监测周期长、消耗样品量大，大大限制水质监测点的数量，从而限制了监测的实时性和监测范围。研制成本低、体积小、精度高、监测速度快、试剂消耗量小、性能稳定、可靠性高的原位水质监测系统，将会减少水质监测中的人力物力的消耗，提高水质监测布点的密度，更好的为预防和治理提供有效的、实时的数据。因此，提出了应用微流体技术的原位微型水质监测仪高密度水质监测网络的项目。

国外目前已经对原位微型水质监测仪器进行了研究，2012 年英国的 Beaton 教授，利用片上微流控技术与光电检测技术结合的方法，实现水中硝酸盐和亚硝酸盐的原位水质监测系统。2013 年英国南安普敦大学 Legiret 教授研制出基于微流控光电检测技术的原位微型水质监测系统，用于水中磷酸盐的监测。以意大利水质监测公司希思迪为代表的环流分析技术，由于结构简洁、能够进行完全的化学反应等特点，取得了很大的进步。但是其共同特点是未采用微流体技术，试剂损耗量仍然较大(数毫升级别)，维护周期短，成本高。

研发一种体积小，维护周期长，成本低的水质监测仪并且形成监测网络是十分必要的。

本项目研发一种基于国际先进的微环流分析技术的原位水质监测系统，体积小，成本低，试剂损耗量较小，维护周期长。基于此仪器进行高密度水质监测网络的搭建，并通过无线技术将水质监测网络的数据上传到服务器，通过算法对数据进行分析，完成快速、准确的污染溯源，为水域污染的进一步防、治提供一种实时、有效的手段。



上图 产品样机内部结构

仪器的特点如下：

- 与国内外已有的微流体原位检测系统相比，本项目研究的系统集成先进的环流分

析技术，能够使得试剂的反应完全，提高检测的精度。

- 与国内外已有的环流原位检测系统相比，本项目集成了用液量小、检测速度快的微流体技术，节省试剂使用量、减少废液的排出，使得检测更为绿色环保（绿色监测）。

- 本项目应用集成度高的微流体技术及微泵阀设计方法，实现了小体积，低成本的仪器系统，具有显著的特色及创新性。

- 本项目应用微型水质监测仪实现了高密度水质监测网络，并通过算法能够快速、准确的实现污染的溯源。水纹采集仪性能稳定，使用、维护简便，当仪器光源老化时，自动提示更换等。

性能参数：

- 维护周期可以达到一年以上；
- 完成一次测量和溯源任务不足 10 分钟，测量时间短，重现性好；
- 体积小，仅为 10cm×10cm×30cm；
- 功耗低，1 天工作状态耗电仅为 0.2 度。

## 2 应用说明

目前在模拟环境下进行了测试。正在应用示范区的建立。

## 3 效益分析

目前，此仪器达到了世界先进水平，具有明显的优势，市场需求巨大，市场规模可以达到千亿规模。本项目初步计划在前三年内可以实现销售额 10 亿规模。

## 4 合作方式

联合推广。

## 6 所属行业领域

能源环境领域。

# 大规模盐碱地改良和综合利用

## 1 成果简介

盐碱地是宝贵的耕地后备资源，我国目前具备农业利用前景的盐碱地约为 1.85 亿亩，主要分布在东北（6600 万亩）、西北（5400 万亩）、中北（2300 万亩）、华北（2100 万亩）和滨海地区（2200 万亩）。大规模改良盐碱地并加以综合利用具有重要意义。

清华大学 1995 年开始盐碱地改良和利用的试验示范工作，在“十一五”国家科技支撑计划（2007BAC08B01），“十二五”国家科技支撑计划（2013BAC02B03，2013BAC02B06）等课题的资助下，研究运用土壤学、生态学、农学及其他相关学科的基本原理，采用室内模拟实验和室外大田试验相结合的方法，围绕脱硫石膏改良盐碱地核心技术，系统研究了不同地域、盐碱类型、盐碱程度和土地利用方式下脱硫石膏改良剂施用量、施用时期、施用方法等技术体系；以消钠降碱为基础、改盐培肥为支撑，研制了多种复合高效型脱硫石膏改良剂；采用现场快速检测与实验室精准测试相结合技术手段，建立了盐碱地测土配方改良技术；结合盐碱地规模化和工程化改良需求，研制了脱硫石膏改良剂专用抛撒机；针对盐碱地改良效果无标准现状，提出了盐碱地工程化改良验收标准；基于长期多点监测系统，从土壤、水体、

植物体等多角度系统评价了脱硫石膏改良盐碱技术的生态安全性。本成果国内外首创，思路独特，方法新颖，实用性强。累计获得授权发明专利 12 项（美国 1 项），发表学术论文 75 篇，制定地方规程和企业标准 16 项。

截止 2017 年底，项目团队已在我国北方 10 个省区的 30 多个项目点开展盐碱地改良试验，累计面积逾 18 万亩。改良后的盐碱地当年即可进行种植，三年后粮食亩产可达当地高产农田生产水平。截至目前，首批盐碱地改良效果已持续 22 年。已在东北（吉林大安市）、西北（新疆阿拉尔市）、中北（内蒙古准格尔旗）和华北（河北张北县）建立盐碱地改良示范基地超过 7 万亩，盐碱地改良后生产的绿色蔬菜和有机大米进入高端商超销售。

## 2 应用说明

大规模盐碱地改良和综合利用包括如几个步骤：

（1）通过现场勘查、科学取样、指标检测和专家会商提出改良和综合利用的技术集成方案；

（2）根据技术集成方案，开展包括农田基础设施、盐碱改良、地力提升和作物种植的工程设计与预算；

（3）根据设计与预算，实施项目经理负责制管理下的工程施工；

（4）利用改良后盐碱地因地制宜实现“三产融合”的高效发展。

## 3 效益分析

大规模改良盐碱地并加以综合利用，对于改善盐碱地区生态环境、增加耕地、粮食安全、脱贫攻坚和乡村振兴具有重大的战略意义。

以吉林省大安市叉干镇民乐村盐碱地改良项目为例：团队 2017 年在该项目中实现了盐碱地当年改良、当年种植和当年收获。国土资源部土地整理中心组织现场测产，水稻每公顷产量超过 7500 公斤。该项目实施面积 1136 公顷，改良成功后每位村民分配 1 公顷水田作为承包地，其余 470 公顷水田通过公开方式对外发包获取土地流转收益。民乐村 2016 年人均年收入不足 3500 元，通过该项目的实施，2017 年人均增收超过 12000 元，随着土地的逐渐熟化该部分人均增收预计在 2019 年到达 17000 元并长期稳定。民乐村的贫困户不仅一次性脱了贫，而且直接走上了奔小康的快速路。

## 4 合作方式

以促进区域协调发展、促进生态经济区建设为宗旨，提供大规模盐碱地改良和综合利用服务，推进弱碱食品产业园“三产融合”的建设和运营。

## 5 所属行业领域

能源环境领域。

# 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，具有沼液量小、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

能源环境领域。

# 【生物医药医疗领域】

## 新型长效干扰素

### 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。将蛋白质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。

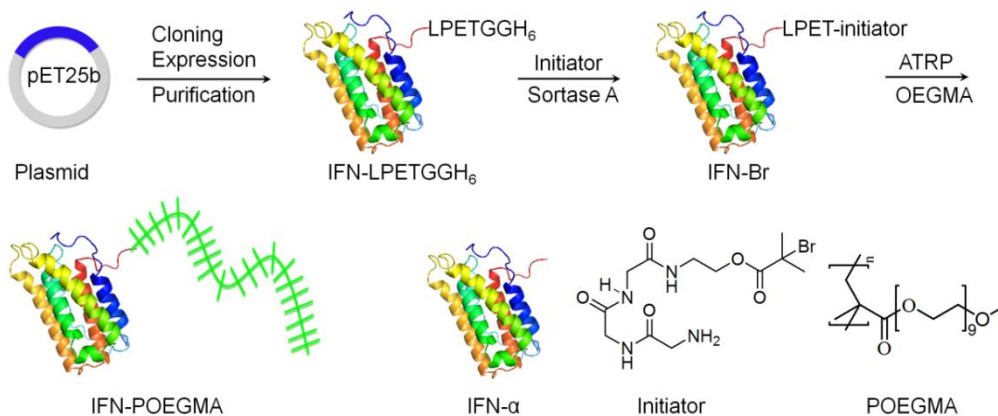


图 1 定点原位生长干扰素-高分子偶联物 (IFN-POEGMA)

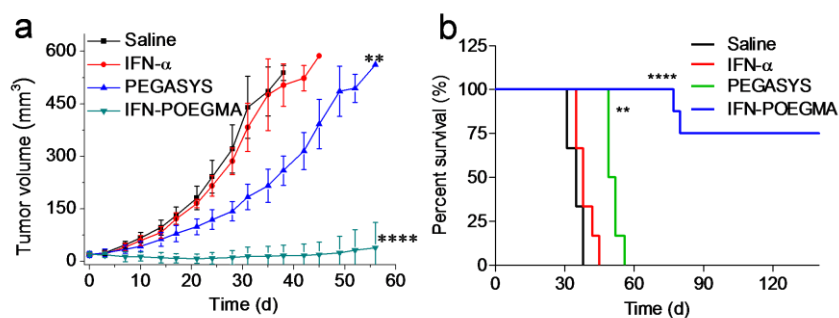


图 2 (a) 肿瘤生长抑制情况; (b) 小鼠存活率

## 2 应用说明

IFN-POEGMA 的体内循环半衰期约 54h,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。长效干扰素对应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

生物医药医疗。

# 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。

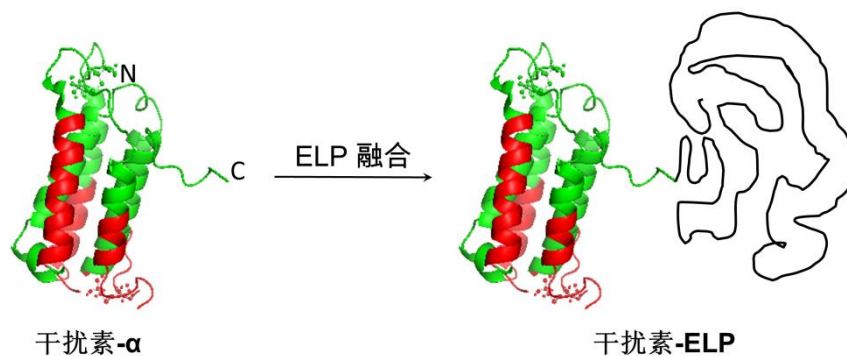


图 1 干扰素-ELP 设计示意图

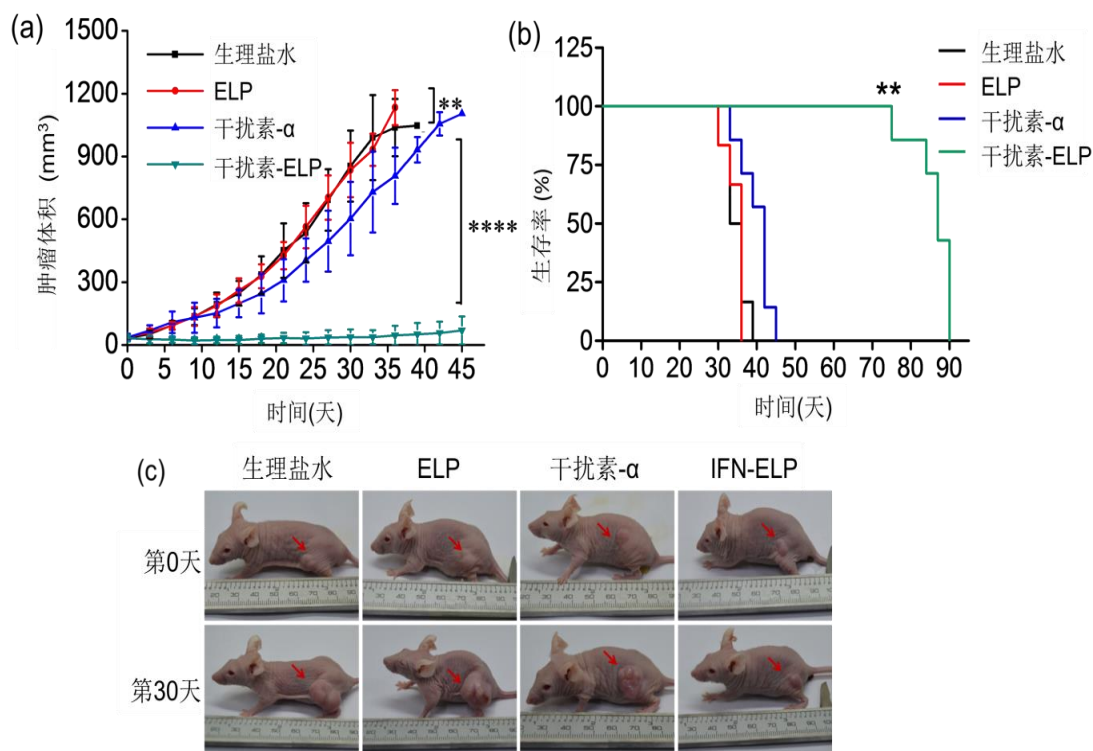


图 2 (a) IFN-ELP 抑制肿瘤生长 (b) 治疗后小鼠的生存情况 (c) 小鼠肿瘤抑制情况

## 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

生物医药医疗。

# 可注射干细胞 3D 微组织治疗实现微创高效再生医学

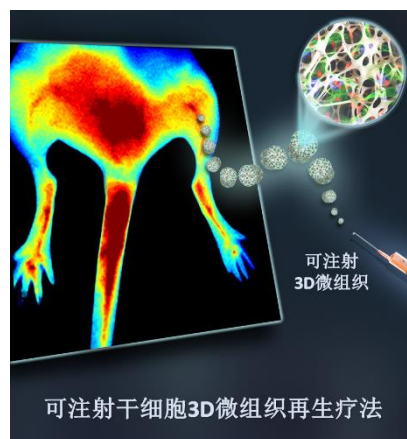
## 1 成果简介

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

2011-2015 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

生物医药医疗。

## 基于刺激频率耳声发射的听觉灵敏度综合检测系统

### 1 成果简介

目前临床上对听觉阈值强度测试采用主观行为反应测听的方法，例如：纯音测听，这种需要主观配合的方法无法对婴幼儿进行客观测试。而临床上采用的瞬态诱发耳声发射（TEOAEs）和畸变产物耳声发射（DPOAEs）的测试只能进行定性筛查，给出听觉外周功能正常与否的筛查结果，缺乏对听觉系统强度灵敏度（听阈值）的定量检测结果。即，目前临床上缺乏对听觉系统的强度灵敏度进行定量、客观、综合的检测方法。另外，临床上还没有对听觉系统的频率灵敏度的客观、定量、综合的检测方法。

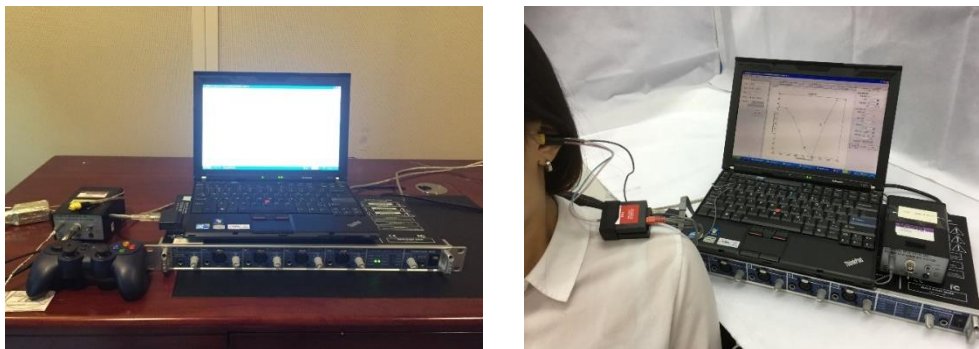


图 1 听觉系统综合检测系统及检测方法

### 系统特点如下：

本成果是对听觉系统的强度灵敏度和频率分辨灵敏度进行定量、客观、综合检测的系统。

(1) 采用刺激频率耳声发射（SFOAEs）的客观检测弥补了目前临床对听觉阈值强度进行主观行为反应测听的缺陷（如：纯音测听，无法对婴幼儿进行测试）。

(2) 通过 SFOAEs 的定量检测弥补了目前临床采用瞬态诱发耳声发射（TEOAEs）和畸变产物耳声发射（DPOAEs）只能进行定性筛查的不足。

(3) 通过刺激频率耳声发射抑制调谐曲线（SFOAE STCs）对听觉系统频率分辨灵敏度的客观检测，弥补了临床上尚无对频率分辨能力的检测缺陷，为助听器的准确验配提供客观针对性的指导方案，并且帮助临床对声敏症等病症的客观检测。

(4) 另外，本成果综合了多项检测功能，增加了与客观检测可对比的主观行为检测方法，如纯音测听（与采用 SFOAEs 进行强度灵敏度的测试进行对比）、心理物理调谐曲线（与采用 SFOAE STCs 进行频率灵敏度的测试进行对比）；另外综合了辅助研究的检测功能，如：自发耳声发射、刺激频率耳声发射（SFOAEs）的精细结构和 SFOAEs 输入输出功能，以进一步满足对听觉系统基础研究的测试功能需求。

### 性能参数：

- (1) 客观检测，适用各种人群；
- (2) 完成一次测试时间不足 10 分钟，测量时间短，稳定性好；
- (3) 准确度高。

### 创新点：

(1) 对听觉系统的强度听敏度和频率分辨灵敏度的客观、综合检测，弥补了目前听觉临床检测只进行强度灵敏度测试的局限。

(2) 分别通过刺激频率耳声发射 (SFOAE)、刺激频率耳声发射抑制调谐曲线 (SFOAE STCs) 对听敏度和频率分辨灵敏度的客观检测, 弥补了主观行为反应测听的不足。

(3) 多种听觉检测功能的集成, 如: SFOAE、纯音测听 (PT)、SFOAE STCs、心理物理调谐曲线 (PTCs)、自发耳声发射 (SOAEs)、SFOAE 的精细结构和 SFOAE 输入输出功能等, 实现对听觉系统进行综合客观检测的临床功能, 满足进行听觉机制研究的需求。

## 2 应用说明

本成果对人耳听力阈值的客观定量检测及对听觉系统频率灵敏度的定量检测有重要的临床应用价值, 如: 新生儿听力定量检测 (目前新生儿听力筛查是必检项目), 不同年龄段的听觉功能的检测 (超过 60 岁的人耳均有不同程度的听力衰退)、助听器验配。本项目正在与北京同仁医院合作进行数据采集和验证工作。正在准备医疗器械生产许可证的申办, 本成果具有广泛的临床应用前景。

### 应用领域:

(1) 应用于临床医院或体检中心: 对听觉系统的强度听敏度进行客观、综合检测。目前临床对强度灵敏度的测试有: 主观测试 (纯音测听), 不能应用于 3 岁以下婴幼儿及不配合人群。DPOAE 和 TEOAE 仅给出定性指标, 不能给出定量指标。

(2) 应用于助听器验配: 对听觉系统的频率灵敏度进行客观评估, 在助听器验配中给出针对性的验配方案。目前临床上尚无对频率灵敏度的客观和主观测试, 本发明综合了听觉系统的频率灵敏度的客观和主观测试功能。

(3) 应用于大学和研究机构: 通过频率灵敏度和强度听敏度的客观测试与主观行为测试的对比研究, 如: SFOAE STCs 与 PTCs, SFOAE 与纯音测听 (PT), 以及辅助的检测功能: 自发耳声发射 (SOAEs)、SFOAE 的精细结构和 SFOAE 输入输出功能等, 实现对听觉系统机制的深入探究。

(4) 应用于音乐潜能评测机构: 对有志于从事音乐职业的青少年, 对其听觉系统的频率灵敏度和音乐潜能给予客观评估。

## 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品, 而对听觉系统的强度和频率灵敏度的客观检测的需求比较迫切, 因此本仪器具有较大的推广空间。目前听觉筛查仪器价格每台约 20 万元。而本系统进行客观定量检测, 精度高, 可靠性稳定, 带有自动校准设备。总体上, 系统成本低, 需求量大, 明显的经济和技术优势, 临床应用前景广泛。

### 目前市场概况:

(1) 目前国外进口的听力筛查设备在临床医院占据 80% 市场份额。主要三家为: 丹麦: 尔听美 60%, 德国麦科: Maico, 丹麦国际听力: Otoread,

(2) 截止 2016 年, 全国 2780 万聋人, 每年 3 万新生聋儿, 超过 60% 的需要进行助听器的验配。

(3) 老年聋 (60 岁后, 人耳均开始不同程度听力衰退)。我国 60 岁老人超过 2 亿。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。



## 5 所属行业领域

生物医药医疗。

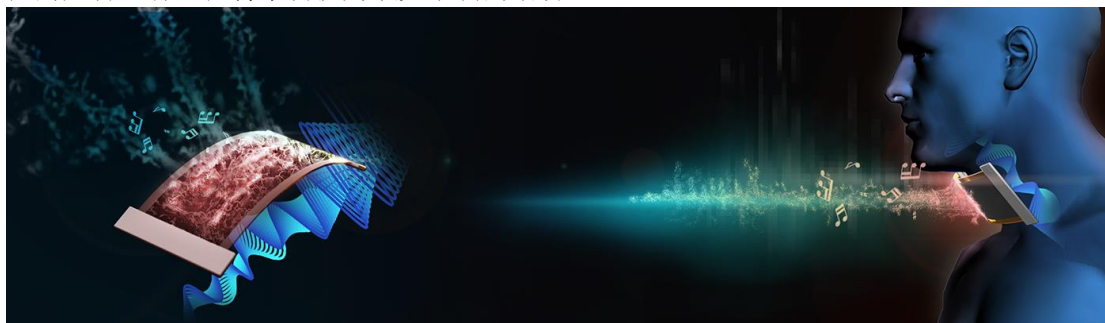
# 人工智能喉

## 1 成果简介

据不完全统计，我国听力语言残疾居视力残疾、肢残、智残等五大残疾之首。目前我国聋哑人数已经达到 2057 万人，占中国人口总数的 1.67%。因此，如何帮助聋哑人发声，让聋哑人和正常人一样说话，成为了一个具有挑战性的课题。

课题组从 2004 年开始从事石墨烯新型传感器的研究工作，在清华大学基础研究基金，教育部科技重点项目，教育部清华大学自主研究项目等项目的资助下，掌握了多种传感器的制备工艺，创新性开发出石墨烯人工智能喉，利用多孔石墨烯的优势，制造出一种收发同体，适合穿戴的集成声学器件，有望在未来解决聋哑人的说话难题。

这种集成声学器件，利用石墨烯的热声效应来发射声音，利用石墨烯的压阻效应来接收声音，实现了单器件的声音收发同体。器件使用的多孔石墨烯材料具有高热导率和低热容率的特点，能够通过热声效应发出 100 Hz-40 kHz 的宽频谱声音。其多孔结构对压力也极为敏感，能够感知发声时喉咙处的微弱振动，可以通过压阻效应接收声音信号。因此，这种器件能够准确感知聋哑人低吟、尖叫等特殊声音，并将这种“无含义声音”转换为频率、强度可控的声音，有望在将来转换为预先录制的语言。



上图 工作示意图

## 2 应用说明

当人工喉佩戴者大声发出低吟时，人工喉会感知喉咙振动状态并发出预先设定的声音，当佩戴者变换低吟的长短、声调时，人工喉发出的声音也会随之对应发生明显变化。

“解码”之前，需要聋哑人根据自己的发声特点，将不同强度和不同频率的低吟、尖叫音进行排列组合，形成聋哑人的“语言编码”。“‘编码’后的每个聋哑人发音，就像键盘上的字母键，只需要用不同排列组合，就能表达出聋哑人连续的、完整的语义。这就把我们常人听不懂的聋哑人低吟音转化成为正常的语言，并且可以连续表达。”

智能石墨烯人工喉除了能够辨别不同音调，还能根据声音强弱、尖叫、咳嗽等声音震动，“解码”出不同种类的聋哑人“语言”，同时能够实现音节和音调的排列组合，让聋哑人说出现更丰富的句子。

## 3 效益分析

目前，市场上的帮助聋哑人发声的产品尚不成熟，产品的质量差异太大，而目前聋哑人

人数比较多，市场需求量大。石墨烯人工智能喉因为其成本低，灵敏度高等优点，具有较大的推广空间和推广优势。本产品成本低，灵敏度高，生产快速，与人体的贴合性好，无污染，无危害，可以长期稳定使用，具有明显的经济和技术优势。

#### 4 合作方式

联合推广。

#### 5 所属行业领域

生物医药医疗。

## 用于癌症基因检测的新型体液 exRNA 生物标志物的发现和应用

### 1 成果简介

生物标志物是指“一种可客观检测和评价的特性，可作为正常生物学过程、病理过程或治疗干预药理学反应的指示因子”。常见的生物标志物大多是蛋白质分子或者特定序列的 DNA，而 RNA 分子由于其在中心法则中所处的特殊地位，越来越多的研究发现在疾病发生发展中的可以起到标志物的作用。

首先，我们从上海东方肝胆医院收集到 20 个肝癌病人的肝癌组织、癌旁组织和癌栓组织样品进行深度测序，接下来对 total RNA-seq 数据进行分析，重新拼接转录组，并对得到的转录组与已有注释比较评估。然后，我们对以上经算法预测得到 ncRNA 和经 RNAseq 数据分析得到的 ncRNA 进行重叠筛选，留下在 RNAseq 数据中有表达并且经算法预测分值较高的转录本。我们对其长度、编码能力、表达水平设置严格的参数进行过滤，得到长链非编码 RNA 集合。过滤掉已知 lncRNA 的转录本，已在 pfam 有结构域注释或与已知蛋白有重叠的转录本；进而使用我们实验室前期开发的 RNAfinder 中的 RNAfeature，COME 等方法评价转录本编码蛋白的能力等步骤。经上述分析，得到与癌症发生和迁移相关的 lncRNA 数量有上千个，并且用 qPCR 等方法验证了其表达特征。另外，我们通过对和肿瘤迁移相关的 10 个 lncRNA 进行了 RNAi 和 transwell 实验以研究 lncRNA 在肝癌细胞的生长调控中所发挥的作用，其中有至少 7 条得到了很好的表型。

同时，我们开发了一套构建高通量测序文库的方法，搭配使用现有的试剂盒，针对病人血液中的 RNA (exRNA)，并针对这些数据开发基于机器学习的最新人工智能方法，用来做更精准的基因诊断。目前，我们与北京大学第一医院、北京天坛医院、北京佑安医院、天津肿瘤医院、青海人民医院等单位合作，在临床样本保存和处理上建立了良好的合作机制，已经开始在肝癌、脑癌等病症上开始开展合作研究。我们已基本建立稳定的实验体系来对人类外周血中微量游离 RNA (exRNA) 进行分离、建库和高通量测序，并应用在个别肝癌患者样本中，通过数据分析我们得到了大量可能与肝癌相关的 lncRNA、cirRNA 以及 miRNA 等。以国内高发肝癌为例，目前的检测方法主要以核磁共振技术、定向立体穿刺与组织活检为主，为患者带来的创伤较大。针对癌症组织开发的生物标志物主要用于组织活检，发展基于血液的检测手段，将极大程度的降低患者痛苦，简化检验流程，缩短检测周期。

## 2 应用说明

本项目所涉及方法已在大量临床样本上进行验证，测序数据质量均优于已公开内容，这为之后的临床应用奠定了扎实的基础，我们将利用这些前期基础和技术优势，在上述组织样本研究的基础上，追加临床血液样本，测序病人血液中的 RNA (exRNA)，并针对这些数据开发基于机器学习的最新人工智能方法，用来做更精准的基因诊断。

## 3 效益分析

由于目前国内外尚无同类产品，而对于肿瘤早筛的检测需求巨大，预期将会产生很大的经济效益和社会效益。

## 4 合作方式

专利授权或者联合推广。

## 5 所属行业领域

生物医药医疗。

# 临床长时程心电智能诊断平台

## 1 成果简介

心血管疾病是威胁人类健康的重要杀手。我国心血管病患者已达到 2.9 亿人，心血管病死亡占城乡居民总死亡原因的首位。中国已步入老龄化社会，2050 年，老龄化水平将达到 30% 以上。老年人群体作为心血管疾病的多发群体，面向老年人的心血管病管理和治疗已成为不可避免的一个重要社会问题。实现老年人群体等重点人群心血管健康的长时程监护，从而早预防、早发现、早治疗，已经成为医疗服务的重点。

基于长时程医疗数据的临床心电智能检测平台是推动心血管疾病科学防治和管理升级的关键技术。近年来，众多医疗设备厂商在可穿戴设备领域大力投入，所研发可穿戴设备可实现用户心电图等生理健康数据的长时程监测，弥补了医院测量心电图的短时性。本课题中，基于人工智能算法研发心血管疾病智能诊断系统，将可穿戴设备、移动终端、云端服务器所实现自动诊断结果与专家诊断结果有机结合起来，实现心电疾病诊断智能化。长时程临床心电智能检测平台的建立，利用可穿戴设备实现了对用户身体状况的长时程监测和异常筛查，可有效推动心血管疾病健康管理模式建立。

北京清华长庚医院心内科张萍教授团队在正常和疾病心电数据库有长期的积累，曾负责十二五国家科技支撑计划《基层心电监护产品应用评价研究》，在心电监护产品评价和推广应用方面积累了丰富的经验，在本项目中提供了医疗级心电测试数据库，与清华大学王贵锦副教授一起搭建了医生在环并不断反馈的心电智能检测平台，同时，北京清华长庚医院作为北京市昌平区远程诊断管理中心，为未来心电产品的推广应用和心电智能诊断的评测提供了良好的平台。清华大学电子工程系王贵锦老师团队在低功耗硬件设计、生理大数据分析、心电智能算法研究领域有着长期的积累。团队在国内外顶级期刊会议上发表文章百余篇，其中 SCI 文章 40 余篇，发明专利授权近 20 项。团队基于人工智能算法开展心血管疾病智能诊断研究，在多种心电疾病诊断中达到世界先进水平。

团队所研发临床长时程心电智能检测平台特点如下：

- 实现长时程心电数据的展示、查询、关键指标计算等功能；
- 基于医疗大数据和人工智能技术，实现室性早搏、房性早搏、T 波改变、ST 段改变、早复极图形改变、心房颤动等 10 余种常见心电术语的智能诊断，准确度高；
- 建立心电诊断术语工程化分级体系，实现医学和工程科学高效结合；
- 建立心电图规范化数据库，为医学研究创造基础。

## 2 应用说明

2017 年 7~12 月，所研发长时程临床心电智能检测平台在北京清华长庚医院和中关村医院开展测试。测试结果证明，所研发检测平台可基于长时程心电图等数据实现较高准确度的室性早搏、房性早搏、心房颤动等多种心电术语诊断。

## 3 效益分析

目前，长时程临床心电智能检测平台需求迫切，国内外涌现出多种心电图检测系统。然而，已有系统在心电图数据规范化和智能诊断算法准确度等方面仍无法满足需求。本平台克服了已有系统的不足之处，有着广阔的推广空间。

## 4 合作方式

联合推广。

## 5 所属行业领域

生物医药医疗。

# 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 IncRNA 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医学的发展，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

生物医药医疗。

## 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 胰岛素注射笔用微型阵列式注射针头与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

生物医药医疗。

## 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

生物医药医疗。

## 食药真菌产物库构建及在慢性病干预中的应用

### 1 成果简介

真菌属于“创造系数”很高的生物资源，可以产生结构多样、新颖，活性广泛的次生代谢产物，对药物和功能食品的研发都至关重要。抗生素类药物青霉素和先锋霉素、降血脂类药物洛伐他汀，以及免疫抑制剂环孢菌素的发现，都显示出真菌资源在药物研发中的优越性。真菌作为食用、药用或保健品，在我国有悠久的历史。我国真菌资源丰富多样，已报道近 1000 种食药真菌，已探明药效的真菌 400 余种，可用于开发功能食品的真菌也很多。本



项目通过独特的真菌混合发酵技术，产生新结构的活性产物几率远高于单独菌种发酵，目前已经构建包含 5000 个样品的真菌代谢产物库，建立了免疫增强、抗炎和降三高模型，高通量筛选发现了多个具有增强调节和抗炎组分，具有很好的慢性病干预应用潜力。



上图 食药真菌产物库

## 2 应用说明

(1) 运用标准化混合发酵工艺，构建包含粗提物库、馏分库、化合物库、大分子库的真菌产物库，可用于药物、功能食品、快消品的上游来源，提供 CRO 服务；

(2) 利用高通量筛选模型，多层次、多靶标广泛筛选，快速发现具有应用价值的组方或先导物，直接开发功能食品或药品；

## 3 效益分析

(1) 本项目通过低成本投入，构建有商业应用价值的真菌代谢产物库，通过提供 CRO 服务或直接开发产品，将产生明显的经济效益；

(2) 对发现的微生物代谢产物功能活性组分通过不同层次的评价体系验证其功能/活性，可以加快从微生物资源到功能活性物质开发利用的进程，提升和增强企业在产品更新迭代原始创新能力和市场竞争力。

## 4 合作方式

转让或者联合推广。

## 5 所属行业领域

生物医药医疗。

## 【先进制造领域】

### 电路板绿色拆解及焊锡高效回收技术

#### 1 成果简介

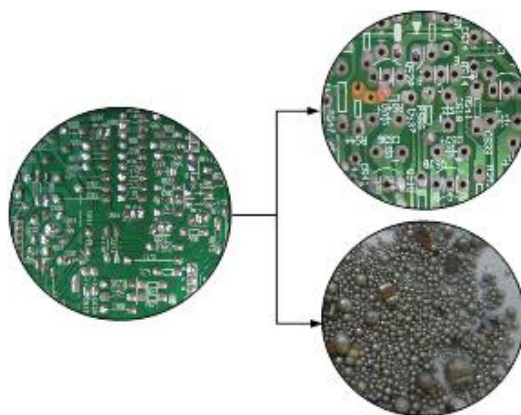
近年来，废旧家电拆解产生大量的废电路板，由于其含有丰富的铜、锡、金、银等贵金属，电路板的回收成为目前的电子废物循环产业领域关注的重点。对于废电路板的无害化及资源化研究，废电子元器件的高效剥离、焊锡的回收是当前产业面临的瓶颈之一。尽管目前存在针对废电子元器件的手工拆解、机械拆解、甚至高温焊锡拆解，但存在焊锡得不到回收、拆解效率低、二次污染大等问题。因此亟待筛选高度稳定性的加热介质，满足高温下不易发生氧化反应，也不易于金属发生化学反应，沸点高，高温不挥发且无毒等条件，同时重点考虑加热介质的循环利用特征。

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

先进制造领域。

# 电磁超声导波缺陷检测仪器

## 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。

## 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。

## 选择性固固分离平台技术

### 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，大多需细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”。有以下特点：

- （1）化学法高效解离，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。

## 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，在钢渣分离、工业石膏（磷石膏、脱硫石膏）全面除杂、尾矿稀贵资源回收、电池级碳酸锂制备等方面取得突破，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

钢渣项目（以 10-30 万吨/年计）总投资：2500-5000 万元。

处理成本：130-150 元/吨，产品收入：3000-10000 万元/年，年利润：1000-3500 万元。

工业石膏项目：（以 10-30 万吨/年计）总投资：2000-4000 万元。

处理成本：120-150 元/吨，产品收入：4000-12000 万元/年，年利润：1200-4000 万元。

## 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

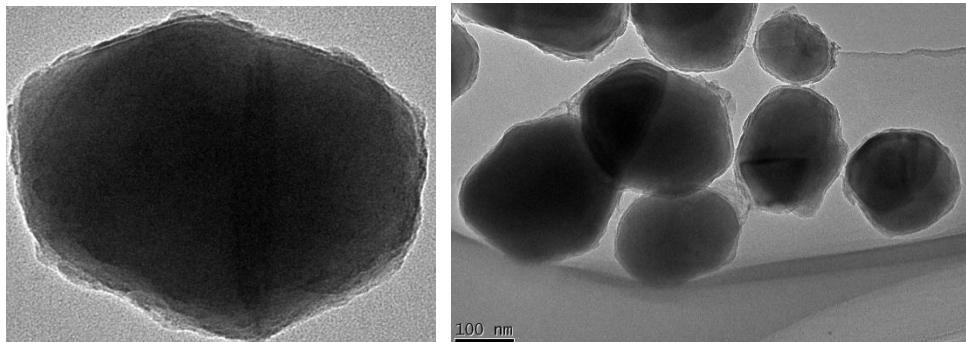
## 1 成果简介

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。

# 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钨金属的回收；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。

## 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。

## 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。

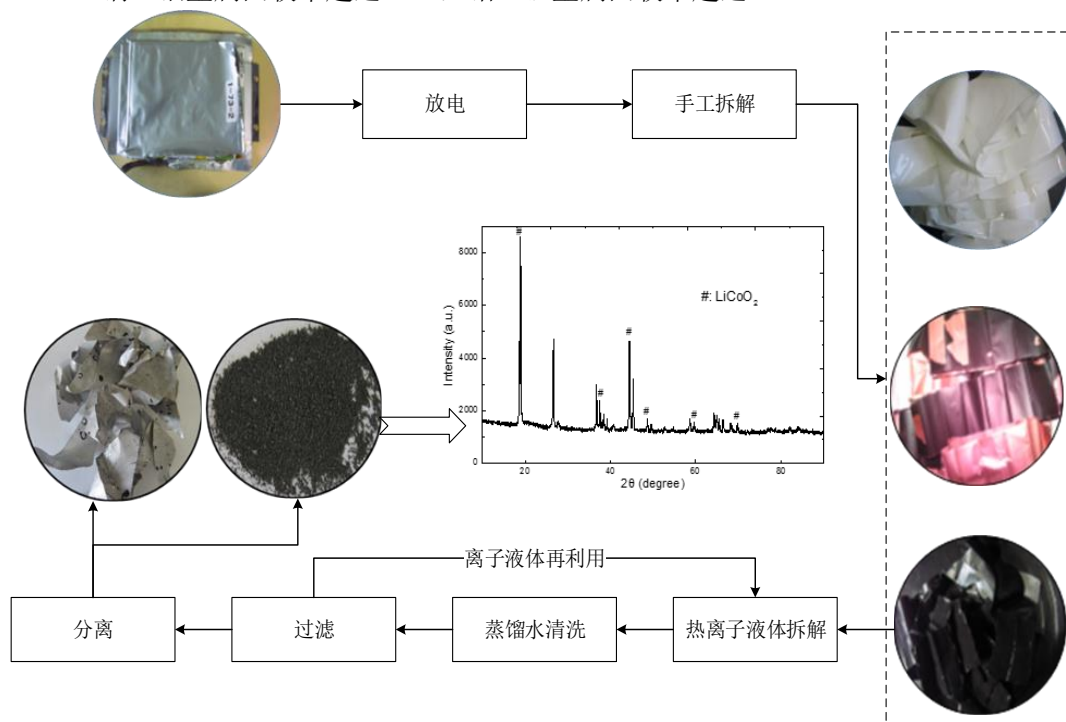
离子液体自产生以来，由于其显著的物理性能和化学性能就在许多领域得到了广泛的应用。本研究将水溶性离子液体引入到废锂离子电池预处理过程，将拆解得到阴极部分置于加热的离子液体中，可不必破碎废锂离子电池（尤其针对动力锂离子电池），减少手工拆解剥离、破碎超声分离、或者破碎 NMP 分离等处理环节，实现了铝箔和正负极材料高效分离。

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

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 μm）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 μm）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%；

- 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%；

- 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；

- 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。

## 激光远程清楚电网异物技术

### 1 成果简介

应用背景：缠绕、悬挂电网异物，会导致线路绝缘性能大大降低，易引发短路安全事。



应用领域：输配电网、地铁与城铁供电网、高铁与铁路供电网等。

技术优势：目前异物清楚主要还是人工高空作业，安全性差、费时、费力。激光远程清楚电网异物技术可以实现不停电、非接触远程作业。安全、高效、方便且成本低等优势势。

研究积累：课题组从 2008 年开始，历经 10 年积累，已取得 10 项专利、一项软件著作，获得科技奖励 2 项，在国家电网及南方电网、铁路系统得到了广泛应用，获得央视及新华社的专题报道。技术鉴定为“国际领先”置，此项技术填补了激光融冰领域的空白。

◆ 核心产品：LRC-B200型，射程达260m

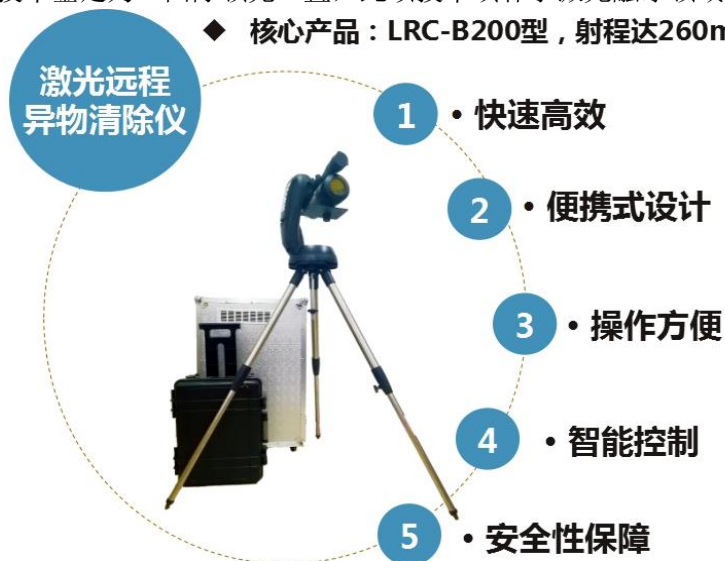


图 1 便携式激光除电网异物装置

产品特点：

- 世界第一台，10 项专利及软著；
- 便携性好；
- 操作简便及智能化控制；
- 双供电模式。

## 2 应用说明

- 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；
- 国网 1000kV 走廊，成功清除异物，效果非常明显，获得央视报道到；
- 在江苏、浙江、河南、河北、黑龙江、吉林、辽宁、广东、广西等电网系统成功应用，在陕西和长春铁路系统应用测试，获得好评。

## 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 万元，年销售指标 100 台，共产生年销售额 5000 万元。

## 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。

# 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。

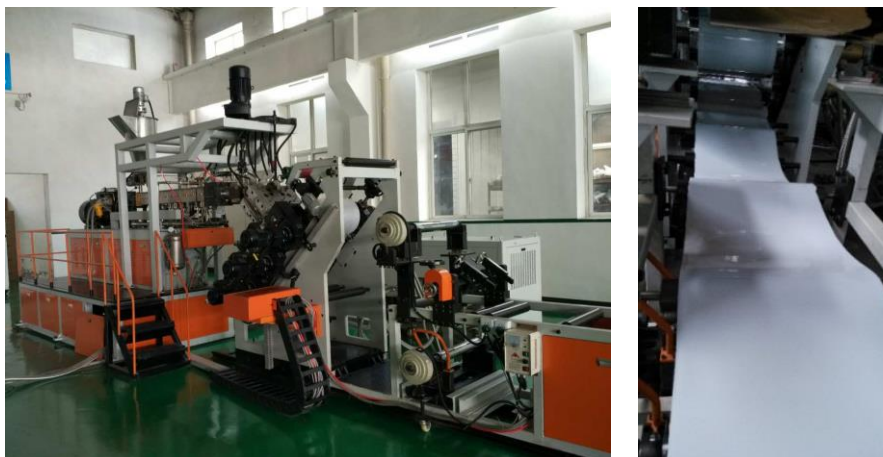


图 1 自行设计加工的智能调温材料板材示范生产线

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

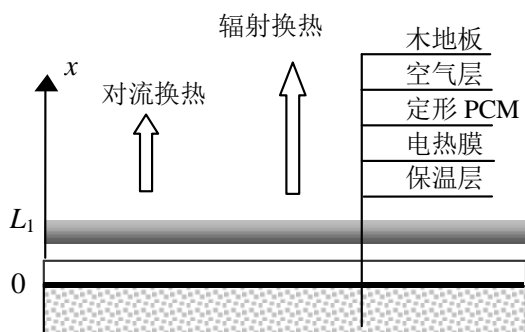


图 2 相变蓄能电采暖地板结构图

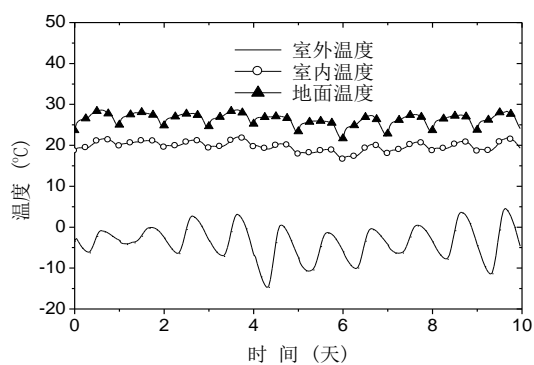


图 3 相变蓄能地板采暖效果图

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

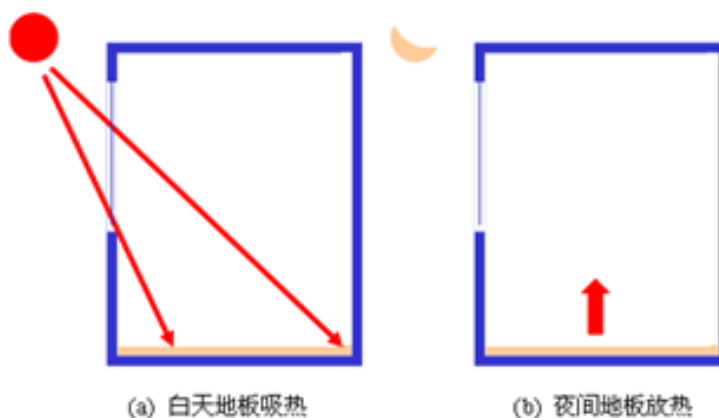


图 4 相变蓄能地板在太阳房中的应用原理

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°C 以上。

(2) 结合主动式太阳能采暖的相变蓄能地板

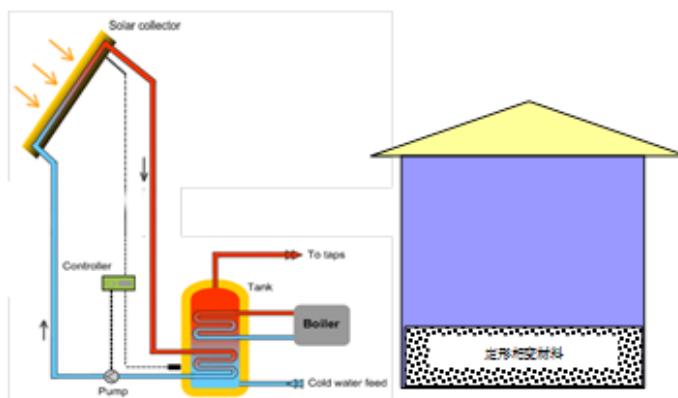


图 5 相变蓄能地板在主动式太阳能采暖中的应用原理

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 2-3°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 7.5m<sup>3</sup> 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

先进制造领域。

## 【新材料领域】

### 涂料用高性能水性树脂

#### 1 成果简介

水性涂料是由水性树脂、颜填料和助剂共同配制而成，由于以水作为分散介质，水性涂料具有施工安全、低 VOC 等优点。研究和开发水性涂料具有很高的经济效益和社会效益。2013~2016 年水性涂料的市场份额保持增速，随着环保政策的出台，预计到 2020 年市场水性涂料占比将达到 54%。在水性涂料中，水性丙烯酸树脂涂料使用量最大，占有水性涂料 70% 以上，其主要应用领域包括建筑装修和工业涂料等方面。

水性树脂对于水性涂料性能起着关键作用。我国水性树脂的年消耗量达数百万吨，但大多数为中低档产品，高档水性树脂基本依赖进口或依赖国外技术。本项目采用预乳化核壳乳液聚合技术制备了单组份、室温固化聚合物乳胶，成膜性能优良，安全环保，技术成熟，可用于配制各种水性涂料，符合目前越来越苛刻的环保要求，市场前景看好。

主要性能指标：

- (1) 乳胶外观：淡蓝色乳状液；
- (2) 固含量： $\geq 40\%$ ；
- (3) 干燥时间（25℃）：表干 30 分钟，干透 7 天；
- (4) 25℃ 下成膜，可不加成膜助剂；
- (5) 铅笔硬度：1H~2H；
- (6) 柔韧性：通过 1 mm 弯曲测试；
- (7) 耐水性：泡水 72 小时，无发白现象，吸水率 5% 左右；
- (8) 耐酸碱、调味剂、洗涤剂：数小时不起泡、不变色。

#### 2 应用说明

该产品可用于配制多种环境友好型涂料品种，例如水性木器漆、建筑涂料（内外墙涂料、弹性乳胶漆、真石漆等）、防腐蚀涂料等。

#### 3 效益分析

以丙烯酸酯等为主要原材料，主要设备是聚合釜、乳化罐等。产品综合成本 0.7~0.9 万元/吨，售价 1.2~1.5 万元/吨，经济效益显著。

#### 4 合作方式

技术转让、联合开发均可。

#### 5 所属行业领域

新材料领域。

### 黑磷-碳布复合材料制备技术

#### 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、光电子学、生物医药、电化学和储能等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。碳布（石墨化碳纤维布）是一种拥有独特功能性质的、可用于支撑功能型材料的三维空间构型的材料。目前，碳布主要用作电沉积的基底材料，以与其它功能材料复合形成新的复合材料，所得的复合材料在电化学和储能方面有着广泛的应用前景。我们发明了一种黑磷-碳布复合新材料，制备方法简单、温和且高效，所制得的黑磷-碳布复合材料表现出优异的电化学性能，特别是在电化学析氧反应中表现优异，能为电化学反应分解水提供新的材料选择。

## 2 应用说明

本技术以单质锡、碘、磷以及碳布作为原料，制备了一种新型的黑磷-碳布复合材料（图1）。所得的黑磷-碳布复合材料表现出优异的电化学性能，特别是在电化学析氧反应中表现优异（图2），能为电化学反应分解水提供新的催化剂选择。

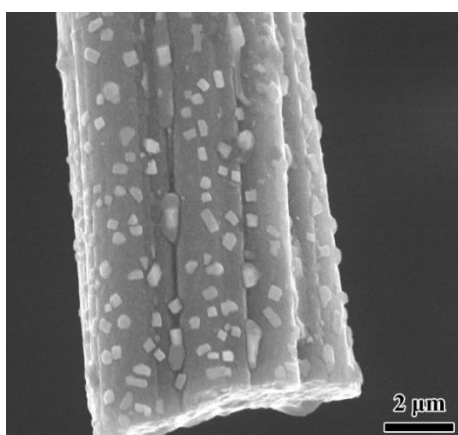


图1 黑磷-碳布复合材料

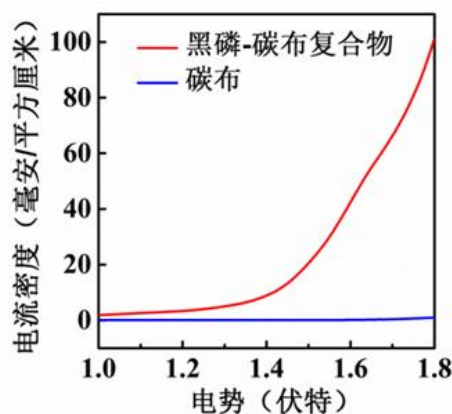


图2 电化学析氧反应特性

## 3 效益分析

随着人类对能源的需求以及环境意识的不断提高，可持续、环境友好的能源成为人们梦寐以求的发展对象。水分解反应可以提供最理想的能源--氢气，因而一直具有巨大的吸引力。水分解反应可以分为两个半反应：析氧反应和析氢反应，其中析氧反应在本质上更复杂，具有缓慢的析氧动力学，从而导致需要高的过电位来促进反应效率。此外，析氧反应在金属-空气电池和再生燃料电池中也是一个重要的半反应，但在阴极上发生的析氧反应存在慢动力学的特征。因此，迫切地需要发展有效而稳定的析氧反应催化剂来促进反应和动力学的进行，从而提高能量转换效率。到目前为止，一些贵金属及其氧化物，例如 Ru, Ir,  $\text{RuO}_2$  和  $\text{IrO}_2$  被公认是最好的析氧反应催化剂。然而，由于其丰度低、成本高，他们广泛的商业应用受到很大的限制。

根据 2015 年美国地质调查局公布的数据显示，中国磷矿资源比较丰富，已探明资源总量仅次于摩洛哥，位居世界第二位。国内的数据显示，截止 2012 年底，我国已查明磷矿资源储量 203.1 亿吨，仅仅贵州、云南、湖北和四川四省的磷矿储量占全国的近 75%，产量则占全国近 99%。如果将磷矿石（360 元/吨）经由红磷（80 元/克）转化为黑磷（5000 元/克），可以大幅度地提升原料的附加值。

碳纤维是一种含碳量在 95% 以上的高强度、高模量纤维的新型纤维材料。它是由片状

石墨微晶等有机纤维沿纤维轴向方向堆砌而成，经碳化及石墨化处理而得到的微晶石墨材料。碳纤维“外柔内刚”，质量比金属铝轻，但强度却高于钢铁，并且具有耐腐蚀、高模量的特性，在国防军工和民用方面都是重要材料。它不仅具有碳材料的固有无定形特性，又兼备纺织纤维的柔软可加工性，是新一代增强纤维。当前，我国碳纤维企业约有 30 多家，规模整体较小，与年产 3 万吨的国际龙头企业无法竞争。如果可以在现有的石墨化碳纤维布基础上发展出新型功能材料，一方面可以大幅提升石墨化碳纤维布的附加值，也可以在某些应用领域实现赶超国际龙头企业。

本项目携手磷矿或者碳纤维相关企业，瞄准黑磷-碳布复合新材料的国内外市场需求，将这一低成本制备技术产业化，力争成为国内首家黑磷-碳布复合新材料的专业制造商。

#### 4 合作方式

发明专利及技术转让或合作开发，商谈。

#### 5 所属行业领域

新材料领域。

## 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。

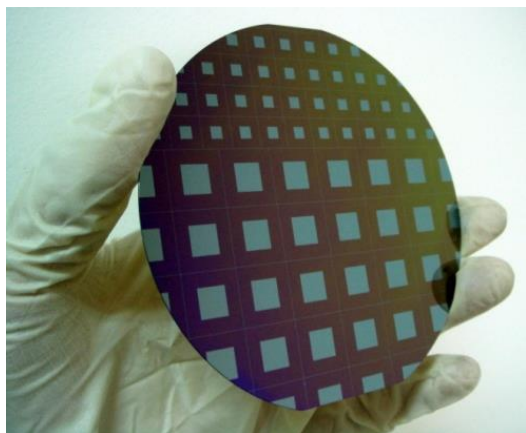


图 1 石墨烯光电器件

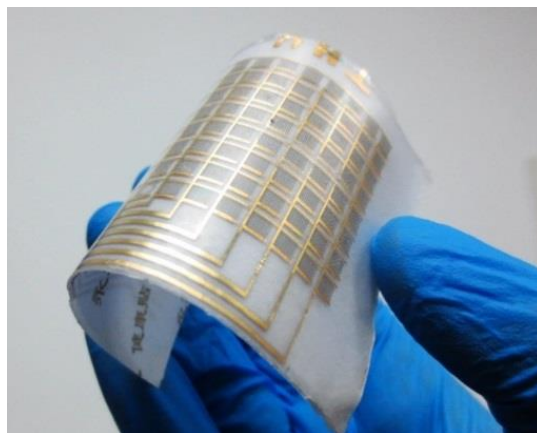


图 2 石墨烯柔性传感器

### 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

新材料领域。