

清华大学科技成果重点推广项目

目 录

(能源 环境 化工 材料 生物)

垃圾清洁焚烧及综合利用	1
煤矿瓦斯突出动态预测和综合利用技术	9
煤矿安全生产综合信息系统的开发及产业化	11
含氨废水高效回收技术	16
常减压煤焦油初馏节能技术	17
高纯醋酸甲酯提纯技术	18
三氟甲基水杨酸生产技术	18
水热法制备氢氧化镁阻燃剂的研究与工业开发	19
水热法制备碱式硫酸镁晶须的研究与开发	21
片状微细碳酸钙的制备技术的工业开发	22
纳米活性碳酸钙制备技术的工业开发	23
气分 MTBE 先进控制系统的开发	24
生物发酵法生产 1, 3 - 丙二醇	25
生态工业园区和循环经济发展规划	27
气泡循环流动型污水处理与回用膜分离装置	29
全钒氧化还原液流电池开发研究	30
强化烧结助燃剂	32
热喷涂技术及其设备研究	33
电子废料再资源化工艺及装备研究	35
绿色高性能混凝土的制备及其应用技术	36
索膜结构体系开发	37
真空紫外光催化——吸附分解室内空气净化技术	39
小城镇生活污水处理实用技术	40
高硅耐磨铸钢	42
结构与功能一体化的轻质多孔铝合金及其制备技术	43
镁合金熔化保温系统及其关键技术	45
高效节能的空心轻体件加工新工艺?? 内高压成形	47
离子氮碳共渗和中温离子渗硫复合处理技术	48
钛合金表面改性技术	49

多元多层纳米膜技术	49
一种提高热锻模具使用寿命的表面处理技术	50
锂离子电池高密度球形系列正极材料	51
高分散性超细银粉制备技术	57
从电池生产废料中回收硫酸镍和硫酸钴	58
二氧化硒及精硒生产技术	60
特种金属及复合物粉体制备技术	62
胶管胶条生产及工艺	63
冷镀锌涂料	63
物理场水净化处理器	65
石脑油裂解炉在线仿真软件	69
聚丙烯熔融指数软测量	69
炼化企业生产车间信息集成平台软件	71
建筑环境设计及仿真软件	73
高温相变蓄热电暖器	74
纳米光催化空气净化器	75
定形相变材料蓄热采暖地板	76
大型居住区公共设施用地定位与规划研究	78
TFT - LCD 用液晶中间体	79
燃料电池发动机测试平台	80
我国循环经济发展战略研究	81
体育场馆和设施网上虚拟现项目推荐	82
体育产业专业智能搜索引擎	84
循环型先进水系统规划及构建技术	85
新型空冷贝氏体钢产品	87
非金属矿物超细与改性加工技术	89
废旧塑料和木粉生产木塑复合材料	90
粉体加工系统优化改造、过程自动控制	91
金属粉末微观颗粒形貌调控	92
矿渣等工业废弃物的综合利用	93
食品与农副产品超细加工技术	94
废轮胎制油和超细碳黑填料的无污染生产技术	94
高韧性物料常温超细加工技术	95
颗粒表面包覆改质复合化技术	96
石英矿超细提纯制备功能性粉体材料	97
水泥企业技改转产和多品种水泥生产	98
树脂填充改性以及功能性母粒生产技术	99
基于脑——机接口技术的控制装置	100

基于数字视频的人体运动分析	101
基于线阵 CCD 的三维定位系统	102
数字化彩色超声心肌成像技术	104
数字化超声弹性成像技术	105
数字化光子密度波乳腺成像仪	105
分布式远程会诊系统软件	106
贴心小护士监护系统	106
数字化多生理参数检测仪	107
藏红花的细胞培养与藏红花素抗癌物质生产	107
栝楼毛状根培养与抗艾滋病活性蛋白生产	109
肉苁蓉的细胞培养与抗癌和抗衰老活性物质生产	110
竹节人参的细胞培养与其活性成分生产	111
西藏雪莲的细胞培养与其活性成分生产	112
污水深度处理新技术	114
自热自疗贴	115
多元过程健康监控软件	117

垃圾清洁焚烧及综合利用

1 成果简介

随着经济的高速发展，人民的生活水平迅速提高，城市化进程不断加快，我国城市垃圾产生量急剧增加，且增长势头不减。目前，我国城市垃圾年产生量已达 1.4 亿吨，人均垃圾产生量在 450~500 公斤左右，还在以每年 8~10% 的增长率不断增加。目前，我国的城市生活垃圾进行无害化处理尚不足垃圾总量的一半，而且已经建成的垃圾处理设施有相当部分达不到国家环保标准。无论是在大城市还是小城镇，我们都能看到垃圾遍地的情况，有些城市已达到了垃圾围城的地步，这与我国经济蓬勃发展的大好形势是不相称的。

我国城市垃圾的处理处置水平一直很低，多年来，绝大部分城市采取露天堆放、自然填沟和填坑等原始方式消纳城市垃圾，河流沿岸甚至成了天然垃圾堆放场。这种处理方式对土壤、河流、地下水、大气等都造成了严重的影响和潜在的危害。我国城市垃圾无害化处理设施缺乏，大多数城市的垃圾对环境的污染日趋严重。

所有这一切，都表明对城市垃圾实施有效的处理，改善城市卫生环境已迫在眉睫，刻不容缓。近年来，世界上许多国家都在开发垃圾资源化技术，其中，垃圾焚烧处理及综合利用是实现垃圾无害化、减量化和资源化的最为有效的手段，具有良好的经济效益和社会效益。而我国目前垃圾焚烧仅占整个垃圾处理量的 2%，而且绝大多数焚烧设备都存在着处理规模小、技术落后、燃烧不完全、排放不达标等问题，国外垃圾焚烧技术较为成熟，但其焚烧设备价格非常昂贵，且由于我国的垃圾没有进行分类收集，垃圾的水分和无机物含量高，致使垃圾的热值及品质较低，从目前引进的国外焚烧设备看，运行效果并不理想，垃圾焚烧不充分，加入的辅助燃料较多，运营成本较高。根据我国的经济水平发展和我国垃圾品质，目前还不宜大规模引进国外的垃圾焚烧设备。因此，我国目前急需开发出适合中国国情、高效率、低成本且能达到工业化规模的垃圾焚烧技术和焚烧设备。

清华大学从 1994 年开始，对垃圾无害化处理及资源利用进行了深入细致的研究，结合热能系几十年的燃烧机理研究成果，在充分分析我国垃圾品质的基础上，成功研发出一套低成本、适合中国国情的城市生活垃圾清洁焚烧及综合利用专利技术，该项技术以循环流化床焚烧技术为核心，配以特殊的进料和排渣系统，并对排放物的污染进行了有效地控制。该项技

术拥有完全的自主知识产权，已获得的专利有六项。研究组应用该技术为北京市建成了一座日处理 300 吨生活垃圾的焚烧供热厂，该厂为北京市第一座大型垃圾焚烧厂，也是我国第一座全部采用自有技术和国产设备建成的大型垃圾焚烧厂。目前，研究组承担着长春垃圾焚烧发电厂的建设任务。

2 技术指标

我们开发出的城市垃圾清洁燃烧及综合利用技术，在技术上可以达到国内先进水平，排放指标可以达到或接近目前欧共体的水平。与其它焚烧系统相比，本技术的主要优点可概括为以下几个方面：

（1）特殊的进料系统

中国绝大多数城市中没有实行垃圾分类制度，因而垃圾焚烧厂收到的垃圾成分极为复杂。目前还没有充分有效的手段能够在炉前对垃圾进行分选和破碎。由于垃圾中含有一定数量的大尺寸垃圾（其中不排除金属、砖石等不可燃物），因而在垃圾焚烧过程中遇到的第一个问题是进料及排渣问题，即要求焚烧炉“吃得进、吐得出”。炉排炉的进料和排渣都不存在问题，但是流化床则存在一定的困难。清华大学设计的垃圾焚烧炉采用特殊结构的送料器来解决进料问题。

（2）合理的燃烧组织

该技术充分考虑到中国生活垃圾的特点，根据其燃烧特性安排炉膛结构，保证垃圾的烘干、燃烧、燃尽都在炉内完成；同时考虑到垃圾品质多变的情况，增加了煤助燃系统，在保证垃圾焚烧量的情况下，用给煤量和炉内物料循环控制炉内温度，使炉膛出口温度大于 800°C （通常在 850°C — 900°C 之间），总体上很好地实现了垃圾焚烧的“3T”原则，为垃圾处理的无害化和减量化奠定了基础。

（3）适宜的受热面防腐措施

垃圾焚烧在锅炉高温、中温及低温区都存在严重的腐蚀问题，高温区以碱金属液相腐蚀为主，中温段有氯化物腐蚀问题，低温段则存在酸性气体的结露腐蚀。腐蚀问题直接影响到焚烧设备运行的可靠性和运行经济性。该技术对锅炉受热面进行了特殊处理，空气预热器进行了特殊考虑，其他易腐蚀部位都采取了相应的措施，这对保证垃圾焚烧炉的安全及寿命均十分重要。

（4）有效的污染控制

流化床燃烧技术本身就可以实现炉内脱除氯化氢和脱硫，同时它还是一种实用的低 NO_x 燃烧技术。通过在炉内脱除污染成分，同时在焚烧装置

尾部采取一定的措施，可以有效地控制烟气污染物的排放浓度。通过在炉内合理组织燃烧，杂环类有机物在高温下充分分解，若在飞灰中存留少量有机类有害物质，将通过飞灰高温再燃处理，这样保证了其中的有机类有害物的排放达到相应的国际标准。

（5）变废为材的灰渣综合利用

对焚烧炉排放的灰渣经过磁选将其中的铁金属分离回收后，经简单破碎，可以成为水泥和制砖的原料。当然对焚烧后的灰渣成分要进行分析，对有害成分要先行分离。

（6）高标准的排放指标及有关设计参数

我们的技术不仅体现在焚烧炉上，而且体现在与之相匹配的一套完整的工艺系统。我们在开发垃圾焚烧及综合利用技术时，国内尚未制定生活垃圾焚烧污染控制标准，故参照欧洲的污染物排放标准进行技术开发和工程设计。2000年2月29日我国颁布了《生活垃圾焚烧污染控制标准》（该标准于2000年6月1日实施），经过对朝来农艺园垃圾焚烧厂排放物的验收测定，排放指标完全达到了国家标准，个别指标甚至低于欧洲标准。

3 效益分析

工业发达国家有着多年的焚烧垃圾的经验，无论是在技术上，还是在设备上都比较成熟。但是，其工程造价却很昂贵，引进一套（两台）日处理能力为600吨的垃圾焚烧发电厂，需投资约4.5亿元人民币，这对中国大部分城市来说都是难以接受的。而我们开发出的垃圾清洁焚烧及综合利用的工程成本仅为国外设备的50%左右，具体对比如下：

日处理能力 (吨)	规格	引入国外设备的 工程造价(亿元)	利用我们技术的 工程造价(亿元)
1000	3×350t/d 锅炉 2×6MW 发电机	6.5 ~ 7.0	3.3 ~ 3.8
600	2×300t/d 锅炉 2×4.5MW 发电机	4.5 ~ 5.0	1.8 ~ 2.0

由于我国此前缺乏垃圾焚烧的成套技术，加之国外设备的价格较高，使得垃圾焚烧在我国的推广一直很缓慢。我们技术的成功推出，将大大降低垃圾焚烧发电厂的造价，使得在我国大范围推广垃圾焚烧及综合处理成为可能，因而具有较强的市场竞争能力。

而我们在充分分析中国垃圾特性的基础上，经过多年的实践研究开发出的城市垃圾清洁焚烧及综合利用成套技术，突破流化床锅炉中的难点和

关键问题。从示范工程运行结果看，效果非常理想：垃圾只经过简单的预处理（将大块的不可燃垃圾分拣出去），可以直接投放到锅炉中燃烧；燃烧较为彻底，垃圾减容超过 90%，燃烧的残渣可以用来做建筑材料；各种排放物达到国家环保标准。由于燃烧组织合理，燃烧充分，加入的辅助燃料较少，因而相比国外设备，运营成本较低，利用我们技术建立的垃圾焚烧厂每处理 1 吨垃圾的成本为 60 元左右（不含折旧）。

进入 90 年代以来，我国城市垃圾无害化处理发展较快，但远远还不能满足要求。1996 年全国共建成各类城市垃圾处理处置设施 874 座，日处理能力约为 234791 吨，垃圾无害化处理仅为 49.1%。我国目前的城市垃圾处理处置技术最常用的是卫生填埋，其次是堆肥化，而焚烧所占的比例很低，其中，卫生填埋占总处理量的 79.2%，堆肥化占 18.8%，焚烧约占 2%。

近 20 年来，国外垃圾焚烧并回收热量发展最非常迅速，欧盟、日本、美国等国家已开始大量应用，并产生良好的经济效益和经济效益。焚烧在城市垃圾处置中的比例有了很大的提高，其中，瑞士的垃圾焚烧比例达到了 80%，日本达到了 74%，丹麦达到了 70%，法国达到了 42%，美国达到了 40%。垃圾焚烧处理及综合利用已成为实现垃圾无害化、减量化和资源化的最为有效的手段。而我国目前垃圾焚烧处理的比例很低，由于我国人多地少，对于这种垃圾处理方式的需求更为迫切。

城市垃圾焚烧处理及综合利用在我国已经受到越来越多的重视，并被国家有关部门明确为近期的产业化重点。

同时垃圾焚烧及综合利用也受到国家财政政策的支持，有关企业在增值税和所得税受到优惠。

根据我国政府制定的计划，到 2010 年所有城市都要建设符合环境要求的城市垃圾处置设施，使全部垃圾做到无害化处理。据预测，到 2010 年我国城市垃圾的年产生量将达到 2.9 亿吨，按处理比例卫生填埋 50%、焚烧 40%、堆肥 10% 计算，到 2010 年垃圾焚烧的处理能力将达到 11600 万吨/年，如果每个垃圾焚烧厂的日处理量为 1000 吨，则须在全国建设 320 座这种大型的垃圾焚烧厂，按每个垃圾焚烧厂造价 5 亿元人民币计算，这部分市场将达到 1600 亿元。由此可见，在未来的 10 年内，垃圾焚烧在我国具有很大的市场需求，其市场前景是相当可观的。

根据《国家环境保护“十五”计划》，“十五”期间，新增城市垃圾无害化处理能力 15 万吨/日（5475 吨/年）、危险废物安全处置 5000 吨/日、医疗废物安全处置 1650 吨/日，加上工业固体废物综合利用与处置等，共需投资

900 亿元。

为了解决政府环保资金紧张的局面，国家已号召社会资本投资环保产业，对环保产业实行市场化运营，国家给予政策性支持。目前不少国内外资本对投资垃圾处理工程产生了浓厚的兴趣，在建的长春垃圾焚烧发电厂和广州垃圾焚烧发电厂均为民间资本投入。

垃圾焚烧发电厂的投资和运行成本估算

1、1050t/d 垃圾焚烧发电厂的投资和运行成本估算

利用清华大学垃圾清洁燃烧及综合利用技术建造垃圾发电厂，可以做到初投资小、运行可靠、运营成本低、排放达标，因而具有很好的经济效益和社会效益。对于 1050t/d 垃圾焚烧发电厂（由 3 台 350t/d 循环流化床锅炉组成）的投资概算和运行成本（每年运行 333 天）估算如下：

表 1 1050t/d 垃圾焚烧发电厂投资概算汇总表（3×350t/d）

单位：万元

序号	项目名称	建筑工程费	设备购置费	安装工程费	其它费用	合计	占总项%
1	热力系统	3630	11400	5282		20312	60.3
2	燃料供应系统	1768	1536	565		3869	11.5
3	除灰系统	90	690	294		1074	3.2
4	水处理系统	80	249	118		447	1.3
5	供水系统	472	0	81		553	1.6
6	电气系统	20	654	935		1609	4.8
7	自动控制系统	170	1310	611		2091	6.2
8	附属工程	490	140	30		660	2.0
9	生活福利工程	200	20	10		230	0.7
10	小计	6920	15999	7926	0	30845	91.5
11	其它费用				1458	1458	4.3
12	合计	6920	15999	7926	1458	32303	95.8
13	总预备费	800		600	0	1400	4.2
13_1	基本预备费	800		600			0.0
13_2	材差预备费	0		0			0.0
14	总计	7720	15999	8526	1458	33703	100.0

15	各类费用单位 投资 (元/千瓦)	4288.9	8888.3	4736.7	81 0.0	18723.9	
	各类费用占总投资 (%)	22.9	47.5	25.3	4.3	100.0	
16	工程基础投资					33703	
17	建设期利息				0	0	
18	价差预备费				0	0	
19	工程总投资					33703	

表 2 1050t/d 垃圾焚烧发电厂年运行成本估算表 (3×350t/d)

序号	名 称	内 容	单位	数量	单价(元)	总价(万元)
1	辅助燃料					
	煤	按垃圾重量的 5%加煤	t	17483	200	350
	油		t	700	3000	210
2	化学药品					
	石灰		t	10000	200	200
	碱		t	100	1500	15
	盐		t	1000	800	80
3	电耗	从总发电量中扣除	kwh	0	0.4	
4	水耗	50×24×365	t	438000	0.8	35
5	劳动保护		...	...	.....	50
6	办公		...	...	.....	120
7	人工	120 人×1000 元×12 月	人	120	12000	144
8	维修费					700
9	小计					1904
10	折旧	按 20 年折旧				1685
11	财务费用					
12	合计					3589

1050t/d 垃圾发电厂配 1.8 万 kw 发电机组 如果上网电价按每度 0.6 元、垃圾处理费每吨 60 元、固定资产折旧按 20 年计算，则 1050t/d 垃圾发电厂的经济效益测算如下：

表 3 1050t/d 垃圾焚烧发电厂经济效益测算（3×350t/d）

	项目	金额（万元）
一	每年收入	8872
	其中：垃圾处理费	2098
	售电	6739
	废金属回收	35
三	每年支出	3589
	其中：运行成本	1904
	折旧	1685
	财务费用	0
四	每年利润	5283
五	投资收益率	15.7%
六	投资回收期（静态）	6.4 年

注：上述效益计算中，税收按免税计算。

2、1200t/d 垃圾焚烧发电厂的投资和运行成本估算

对于 1200t/d 垃圾焚烧发电厂（由 4 台 300t/d 循环流化床锅炉组成）的投资概算和运行成本（每年运行 333 天）估算如下：

表 4 1200t/d 垃圾发电厂投资概算汇总表（4×300t/d）

单位：万元

序号	项目名称	建筑 工程费	设备 购置费	安装 工程费	其它 费用	合计	占总项%
1	热力系统	4149	13029	6037		23214	60.3
2	燃料供应系统	2021	1755	646		4422	11.5
3	除灰系统	103	789	336		1227	3.2
4	水处理系统	91	285	135		511	1.3

5	供水系统	539	0	93		632	1.6
6	电气系统	23	747	1069		1839	4.8
7	自动控制系统	194	1497	698		2390	6.2
8	附属工程	560	160	34		754	2.0
9	生活福利工程	229	23	11		263	0.7
10	小计	7909	18285	9058		35251	91.5
11	其它费用				1666	1666	4.3
12	合计	7909	18285	9058	1666	36918	95.8
13	总预备费	914	0	686	0	1600	4.2
13_1	基本预备费	914	0	686	0	1600	0.0
13_2	材差预备费						
14	总计	8823	18285	9744	1666	38518	100.0

表 5 1200t/d 垃圾发电厂年运行成本估算表 (4×300t/d)

序号	名 称	内 容	单位	数量	单价 (元)	总价 (万元)
1	辅助燃料					
	煤	按垃圾重量的 5%加煤	t	19980	200	400
	油		t	800	3000	240
2	化学药品					
	石灰		t	12000	200	240
	碱		t	120	1500	18
	盐		t	1200	800	96
3	电耗	从总发电量中扣除	kwh	2997 万	0	0
4	水耗	60×24×365	t	525600	0.8	42
5	劳动保护		...	.....	.....	50
6	办公		...	.....	.....	120
7	人工	120 人×1000 元×12 月	人	120	12000	144
9	维修费					800
8	小计					2150
10	折旧	按 20 年折旧				1926

11	财务费用					
12	合计					4076

如果垃圾发电厂配 1.8 万 kw 发电机组，上网电价按每度 0.6 元、垃圾处理费每吨 60 元、固定资产折旧按 20 年计算，则 1200t/d 垃圾发电厂的经济效益测算如下：

表 6 1200t/d 垃圾焚烧发电厂经济效益测算（4×300t/d）

	项目	金额（万元）
一	每年收入	9179
	其中：垃圾处理费	2400
	售电	6739
	废金属回收	40
三	每年支出	4076
	其中：运行成本	2150
	折旧	1926
	财务费用	0
四	每年利润	5103
五	投资收益率	13.2%
六	投资回收期（静态）	7.5 年

注：上述效益计算中，税收按免税计算。

4 合作方式

面议。

煤矿瓦斯突出动态预测和综合利用技术

1 成果简介

防止煤矿瓦斯爆炸的关键技术包括：瓦斯抽放技术、矿井通风技术、煤与瓦斯突出防治技术、安全监测监控技术、煤矿火灾防治技术、煤矿粉尘防治技术等。从矿井抽放出来的瓦斯气体和通风出来的乏风气体含有不同成分的甲烷，它是一种可以充分利用的能源，如果排放到大气中则是巨大的环境污染源。

煤矿瓦斯突出动态预测与智能报警系统

煤与瓦斯突出的非接触式预测方法是通过对瓦斯或煤体本身的信号的

实时监测而进行的连续动态预测技术。因此，非接触式连续预测是目前瓦斯突出预测的主要研究方向。针对掘进工作面煤与瓦斯突出非接触动态预测预报的需要，分别研究基于动态瓦斯涌出规律和基于光线传感器的工作面突出危险性连续监测技术与装备。

通过分析瓦斯涌出动态变化规律与突出危险性的关系、实时监测瓦斯动态涌出特征波形、提取与突出危险性相关的特征指标，建立煤巷掘进炮后 30 分钟的吨煤瓦斯动态涌出量指标、瓦斯涌出变异系数指标、炮后瓦斯涌出最大速率指标等连续预测指标，然后研究确定这几种指标与炮掘工作面突出危险性的关系及指标临界值，最后应用目前国际上较为先进的基于人工智能的预测诊断技术来综合判断工作面所处地点的安全状况以及前方的潜在危险性，实现工作面瓦斯动态涌出预测，并开发出瓦斯的智能报警系统。

2 应用说明

我国是煤炭大国，具有丰富的瓦斯资源。然而由于种种原因，我国瓦斯的开发和利用规模普遍偏小。2004 年全国国有高瓦斯突出矿井平均煤层气的开发率仅 10% 左右。我国高瓦斯矿井多，目前全国共有高瓦斯矿井、煤与瓦斯突出矿井 9000 多处，占矿井总数的 30% 左右。其中国有重点煤矿 258 处，占重点煤矿矿井总数的 46%。瓦斯开发利用率低是造成瓦斯煤矿灾害事故居高不下的重要原因。

国家安全生产监督管理局提出的瓦斯治理原则是“先抽后采、监测监控、以风定产”，但目前我国煤矿的瓦斯利用率不高，经济效益不高，造成了煤矿对抽放设备和通风设备的投入不足，因此加强瓦斯的综合利用，是保证安全生产和提高煤矿经济效益的最重要的途径。

瓦斯的利用主要分为两大类，采矿过程中抽放的矿井煤层气（CMM）的利用和矿井通风系统中乏风（VAM）的利用。

（1）CMM 的综合利用

CMM 作为民用燃料的经济性评价。根据煤矿的地理位置和瓦斯的抽放产量，来评价管道运输、加压汽车运输等经济性。

CMM 发电技术的应用

利用 CMM 发电的主要设备有燃气内燃机（gas engine）、燃气轮机（gas turbine）、燃煤锅炉煤层气混合燃烧和蒸汽轮机，联合循环、热电联产。我国目前的发电设备大多不能解决煤层气浓度变化引起的工作稳定性问题，而且没有大功率的瓦斯发电设备，因此引进国外先进技术，开发大功率的

瓦斯发电设备，并且提高瓦斯发电的工作稳定性，就成为瓦斯发电研究中的重要问题。目前我们与日本三菱公司已展开合作，计划建立一个煤层气的示范电站，并可能通过技术转让的形式，提高国内同类设备的生产和设计技术。

（2）VAM 的综合利用

目前我国煤矿的矿井乏风排放量巨大，不仅污染环境，还浪费能源。如果能够充分利用矿井乏风，就可使安全生产走上良性循环轨道，极大地提高煤矿管理者改善矿井通风的意愿。VAM 的主要利用有热逆流反应器、催化热逆流反应器、锅炉辅助燃烧系统、稀薄气体燃烧的燃气轮机等多种方式，目前此方面国内还没有开展研究和利用，本项目计划首先进行利用乏风作为锅炉辅助进风系统的工程可行性研究，然后与国外公司开展技术合作，研究稀薄气体燃烧的燃气轮机技术，提高 VAM 的综合利用程度。

3 合作方式

面议。

煤矿安全生产综合信息系统的开发及产业化

1 成果简介

煤矿是安全事故多发的企业。我国有 26000 多个煤矿，其中乡镇煤矿约 23000 个，国有大中型煤矿约 3000 个，一半以上是高瓦斯矿。煤矿每年的死亡人数接近 6000 人。近两年，我国煤矿的重特大安全事故屡屡发生，死亡人员动辄超过百人，不但给国家和人民群众的生命财产造成重大损失，也给中国政府在国内外的形象造成了恶劣影响。据测算，我国每年仅生产事故所造成的直接经济损失就超过一千亿元人民币，加上间接损失，高达两千亿。我国政府非常重视煤矿安全，决定投资三十亿，加上地方配套资金总共一百五十亿，提高煤矿安全监测系统的技术水平。

据统计，我国煤矿的百万吨死亡率是美国的 160 倍，南非的 30 倍。究其原因，主要在于两个方面。一方面是各级领导对安全生产的重视不够，安全生产的措施落实不到位；另一方面是煤矿的安全监控手段技术落后，不能适应生产实际的需要。目前我国有些煤矿中安装了瓦斯探测与报警系统。一旦报警，井下的电源就自动切断，生产就被迫停止。由于这些系统技术落后，误报率高达百分之八九十，正常生产因为频繁的误报警而受到很大影响，给企业造成了很大的损失。

本项目采用先进的无线网络技术以及基于无线网络的话音通信专利技术，构建出一个集安全监控、事故分析预报、应急救援、生产调度、常规通信等诸多功能为一体的煤矿安全生产综合信息系统。本系统一旦投入使用，将从根本上改变目前我国煤矿中安全监测手段落后、通信手段空白的局面。本系统可以在保证漏警率足够低的前提下，大幅度降低误警率，最大程度地减小对正常生产的影响，同时能够对检测设备的运行情况进行监测，一旦受到人为破坏或影响，系统会立即发现。另外，本系统还为井下生产提供通信和调度手段，使得井上井下的信息沟通更加方便，井上管理人员能够及时了解井下的生产情况和需求，及时调整生产布署，合理组织生产资源，提高生产效率。也就是说，本系统为安全 and 生产提供了一种综合解决方案，消除了二者之间的矛盾。

本系统的另一个突出特点就是成本很低，这一点非常适合我国安全投入有限的实际情况。

显而易见，如果本系统得以广泛应用，我国煤矿的安全状况及粗放型经营状况将得以几大的改观，其经济效益和社会效益都是难以估量的。

本系统由八个分系统组成：

（一）矿井监测分系统

本分系统包括由信息采集和信息处理两部分。通过各种传感器，检测矿井内的瓦斯浓度、顶板压力、粉尘浓度、明火、暗火、过热点、风速、安全设备故障、生产设施故障等信息，转换成数字信号后，通过网络平台传到监控中心。井下也可以安装摄像头，将视频图像压缩后，通过网络平台传到监控中心。监控中心的信息处理部分对采集到的各种数据和图像进行前期处理，消除各种环境因素和人为因素的干扰，得到精确的结果。

现在的瓦斯探测器，都是通过电缆将模拟信号传输到一个集中点，再经过放大送到井上。模拟信号经过长距离的传输后，不可避免地混入很多干扰信号，这是造成误报的重要原因。本系统就近将模拟信号变换为数字信号，从根本上解决了上述问题。另外，瓦斯探测器输出信号的大小与环境温度和湿度有关，现有的系统无法消除温湿度的影响。本系统将瓦斯探测器、温度传感器、湿度传感器集成在一起，将三种传感器采集到的数据同时传到信息中心。经过软件分析，消除温湿度的影响，得到准确的瓦斯浓度数据。瓦斯探测器在使用中会老化，探测数据会改变。每隔一定时间，需要用标准气体对每个瓦斯探测器进行重新标定，人力和物力投入很大。本系统根据每个瓦斯探测器所使用的时间及环境，预测其探测数据的变化

规律，对数据进行校正。这样可以大大延长瓦斯探测器的重新标定周期，降低标定所需的人力和物力的消耗。

对瓦斯浓度与风速、暗火、过热点等信息进行联合分析，可以对瓦斯的积累过程和危害程度进行判断和预报。

通过摄像机，可以监测传感器的运行情况。如果传感器被人为遮盖，图像自动识别软件可以及时报警。摄像机采集的图像信息也可以用于对塌方、透水的事实的分析预报。

（二）事故分析预报分系统

在监控中心，建立一个事故分析专家系统。根据各种传感器发来的信息，结合每个矿井自身的特点和以往的经验，专家系统对每个矿井进行实时事故分析，一旦发现事故的可能性，就根据可能性的大小，及时发出不同级别的预警，使安全人员采取不同的措施进行处理。

与传统的方法相比，本分系统可以大大提高事故预报的准确率，在不漏报的前提下，大大降低误报率，减小对生产的影响。

（三）应急救灾分系统

本分系统由定位基站和定位终端组成。定位基站连接在宽带网络上，接收定位终端发出的无线信号，测定定位终端的大致位置，并上报给监控中心。定位终端很小，可以安装在安全帽内，周期性地发射无线信号。定位终端也可以发送简单的信息，帮助营救人员了解被困人员的基本情况。定位终端非常便宜，可以配备到每个矿工。

发生事故后，如果被困人员所在位置的通信网络还可以工作，监控中心就可以实时了解被困人员的大致位置，被困人员也可以与外界通信。万一通信系统被破坏，虽然被困人员无法与外界通信，但监控中心还保留着被困人员在发生事故前一刻所在的位置。

每个定位终端都有唯一的编号，监控中心保存着每个井下人员所携带的定位终端的编号信息。一旦发生事故，救灾人员可以及时了解每个井下人员的情况。

通过这一功能，抢险救灾指挥部可以及时了解哪些人员已经安全撤离，哪些人员被困，以及被困人员的位置，快速制定出高效合理的抢险方案。

（四）移动监控分系统

本分系统由移动监控服务器和移动监控终端组成。移动监控终端可以通过无线宽带通信网络向移动监控服务器申请查看任意一个传感器的测量数据或摄像机的图像。这样，持有移动监控终端的人员在任何地点（包括

在运动过程中)都可以实时察看矿井的情况。持有移动监控终端的人员还可以在任何地点接收系统发出的事故预报,与监控中心或其他人员进行通信。

有了这项功能,安全监察人员就可以随时随地掌握整个企业的安全状况,而不必坐在办公室里。在对瓦斯探测器进行标定时,可以立即得到标定结果,提高工作效率。在对事故预报进行处理的过程中,也可以及时了解处理的结果。

(五) 远程监控分系统

每个煤矿的网络通过公共网络或煤炭行业专网,连接成全地区、全省乃至全国的网络。授权用户在任何地方都可以通过网络,了解任何一个矿井的情况。

这一功能可以使上级安全管理部门实时了解每个矿井或企业的安全生产情况,督促企业及时处理安全隐患。一旦发生事故,上级主管部门也能及时了解情况,通过网络组织和指挥抢险救灾工作,把损失降到最低。另外,本分系统也能防止企业对事故隐瞒不报,或者大事小报。

(六) 生产调度分系统

本分系统由调度服务器和调度终端组成,可实现井上井下的无线或有线调度。与摄像功能结合,可以使井上生产指挥调度人员实时了解井下的生产情况,及时地合理调配各种生产资源,提高生产率。

(七) 通信分系统

本分系统由通信服务器和通信终端组成,除可提供井上井下移动终端之间的通信外,还可以与公共电话网、GSM、CDMA 等互连互通,还可以与企业内部的有线电话交换机互连互通,实现免费的内部通话。通信终端与调度终端可以是同一个。

(八) 宽带网络

宽带网络是井上井下的信息传输平台,是实现本系统各项功能的基础。宽带网络由宽带传输网络、宽带无线接入网络和远距离供电网络组成。

宽带传输网络以光纤为骨干,超五类线为分支,无线接力为末端。提供标准的接口设备,使各种应用设备均可直接接入网络平台。

光纤和电缆尽可能沿矿井底部的角落铺设,各种接口设备全部进行密封处理,设备和电缆、光缆均采取阻燃措施,最大限度地提高通信网络在各种事故中的生存能力。同时,还考虑到一旦遭破坏后的快速修复能力。

宽带无线接入网络采用 WLAN 技术,通过多个 AP,实现工作区域的

全覆盖。平时，AP 连接在宽带传输网络上。万一宽带传输网络受到破坏，AP 就会进入无线组网模式，以接力的方式，接入最近的正常的宽带传输网络上。通信终端、调度终端和其它应用设备，都可以通过 AP 连接到宽带传输网络上。

(九) 远离供电网络

远距离供电网络为本网络中的各种设备供电。为了安全，井下都采用较低的电压。在长距离供电时，消耗在供电线路上的电压比较大。如果不采取措施，供电电压很快就会低到不能满足设备的要求。本系统采用分段升压加蓄电池的方法，解决长距离供电和临时停电所引起的问题。

2 技术指标

- (a) 瓦斯误报警率：不超过 30%
- (b) 井下定位精度：约 100 米
- (c) 定位终端：可安装在安全帽中
- (d) 移动监控终端：显示屏 3.5 英寸，重量不大于 400 克
- (e) 通信调度终端：发射功率 100mW，重量不大于 300 克
- (f) 传输带宽：传输网络 100M，接入网络 11M
- (g) 接入基站发射功率：500mW

3 效益分析

本系统投入商用后，每年可以安装 200 个系统，总产值约 20 亿元，利润约 10 亿元。我国有国有大中型煤矿约 3000 个，以平均每个煤矿投资 1000 万元计算，仅国有煤矿的市场潜力就达 300 亿。

本项目所需的总投资约为 3400 万元，其中系统开发及小试需要 1900 万，中试生产需要 1500 万。

系统开发及小试经费分解如下：

原材料费	200 万
仪器设备费	150 万
技术外协费	200 万
工时管理费	900 万
总体费	250 万
不可预见费	200 万
总计	1900 万

中试生产经费分解如下：

原材料费	500 万
------	-------

中试生产线改造费	150 万
专用测试仪器费	550 万
专用工装夹具	50 万
工时管理费	100 万
其它费用	150 万
总计	1500 万

4 合作方式

面议。

含氨废水高效回收技术

1 成果简介

含氨废水是煤加工过程中广泛存在的需要进行生化处理的液体污染物，一般浓度在 2~10g/L。由于氨氮对后续生化处理的菌群毒害较大，工业上采用先精馏回收降低废水氨含量，再进行生化降解的方法处理。目前工业生产中采用的氨水精馏过程主要存在以下问题：

（1）设备落后，目前多采用通量小和效率低的栅板或泡罩塔板作为塔内件，蒸汽消耗大，设备负荷强度低；

（2）产生废水量大，目前多采用直接蒸汽加热方式，蒸汽凝析水均混入塔釜排放水，增加了生化处理废水量。

鉴于目前国内氨水精馏的现状，本成果提出一种改进的高效蒸氨过程，其主要特点如下：

（1）以流程模拟软件作为工具，在对热力学方程参数修正的基础上，对氨水蒸馏整个流程及蒸氨塔进行了详细逐板模拟计算，与传统经验估算相比，大幅提高了整体设计精度；

（2）采用清华大学专利产品-斜孔塔板作为塔内传热、传质构件，提高了效率，降低了蒸汽消耗；

（3）采用导热油系统，将以往直接加热转换为间接加热，大幅降低了废水排出量。

2 应用说明

上述成果已在山东、四川等多家焦化厂、以及东北、西南数家煤气厂应用，并获得了山东省冶金公司一等奖、山东省科技进步一等奖。

3 效益分析

上述工艺应用后，可降低蒸汽消耗 20% 以上，降低废水排出量 15%，

根据用户济钢焦化厂的报告和鉴定材料，对于含氨废水每小时 45 吨，氨含量 4g/L 的情况，每年可创造效益 800 万元以上。

4 合作方式

面议。

常减压煤焦油初馏节能技术

1 成果简介

煤焦油含有大量可作为化工、医药和材料工业中间体的芳香族化合物，煤焦油通过初馏过程将进料切割成轻油、酚油、萘油、洗油和蒽油等馏分，作为深入加工的中间原料。目前工业生产中，煤焦油初馏过程通常采用一塔式精馏，主要存在以下问题

（1）设备落后，目前多采用通量小和阻力大的泡罩塔板或浮阀塔板作为塔内件，馏分塔塔压高，设备负荷强度低且塔釜易结焦。

（2）整个流程操作温度高，能耗大，蒸发器易结焦。

综合国外先进技术并结合前国内煤焦油初馏的现状，本成果提出一种新型的常减压初馏技术，其主要特点如下：

（1）以计算机仿真模拟和虚拟计算技术为基础，对热力学方程参数进行回归和修正，提出一种可准确模拟煤焦油精馏分离的数学模型，并进行了数值求解，对煤焦油整个流程进行了详细逐板模拟计算和工艺参数调优，大幅提高了整体设计精度。

（2）提出一种常减压煤焦油初馏结合换热网络的工艺流程，取代现有的一塔式常压工艺，降低了整个工艺的操作温度，降低了热量消耗，改善了蒸发器结焦状况；并提高了馏分的切割精度和酚、萘的集中度。

（3）采用清华大学专利产品-斜孔塔板作为塔内构件，提高了效率，降低了塔压，有效缓解了塔釜的结焦情况。

2 应用说明

上述成果已成功应用于焦化生产过程。

3 效益分析

上述工艺应用后，可降低热量消耗 20% 以上，提高酚、萘集中度 10% 以上，根据年处理量为 7 万吨的煤焦油装置，每年可创造效益 100 万元以上。

4 合作方式

面议。

高纯醋酸甲酯提纯技术

1 成果简介

维尼纶生产装置的回收系统存在大量含有甲醇和水的醋酸甲酯溶液，由于醋酸甲酯和水、甲醇存在共沸，因此上述溶液中醋酸甲酯的含量为 90% 左右，难以作为产品出售，通常作为循环料返回水解单元。鉴于醋酸甲酯具有良好的溶解性能，可广泛用于医药、涂料和粘结剂等化工领域，本技术开发了一种以维尼纶回收系统 90% 左右的粗醋酸甲酯为原料经纯化生产纯度大于 99% 的醋酸甲酯产品的技术，可大幅提高维尼纶装置的经济效益。

2 技术特点

（1）采用极性萃取剂脱除原料中的甲醇和水，破坏了醋酸甲酯、水和甲醇的共沸组成，得到纯度大于 98% 的粗甲酯；

（2）利用醋酸甲酯、水和甲醇的共沸对 98% 的粗甲酯进行深度纯化，得到纯度大于 99% 以上的醋酸甲酯产品。

本项目技术负责人集多年催化反应精馏和分离工程的研究经验，对醋酸酯体系的反应和提纯进行了系统研究，除上述醋酸甲酯技术外，目前已开发的醋酸乙酯、醋酸丙酯和醋酸丁酯反应与纯化技术均成功用于工业生产。

3 应用说明

上述成果已成功应用于山西三维集团。

4 效益分析

以维尼纶回收系统 90% 左右的粗醋酸甲酯为原料经纯化生产纯度大于 99% 的醋酸甲酯产品，蒸汽消耗为 1 吨/吨粗甲酯，以年处理 2 万吨醋酸甲酯溶液为例，年效益 200 万元以上。

5 合作方式

面议。

三氟甲基水杨酸生产技术

1 成果简介

三氟甲基水杨酸是农药和医药的关键原料和中间体。三氟甲基水杨酸系列产品用途非常广泛，以此为主体，研制出大量药物用于抗生素，抗惊厥及抑郁症等病症的治疗以及增加药物吸收的辅药，在农业化学上也可用作杀虫剂及抗菌（生）素等，还可用于治疗直肠癌等肿瘤病的药物及生产

高效、低毒农药等，具有广阔的市场前景。

近年来随着我国医药工业的发展，三氟甲基水杨酸的需求量增加；同时国际市场对三氟甲基水杨酸需求量很大，价格很高。三氟甲基水杨酸项目具有较好的社会效益和经济效益。三氟甲基水杨酸生产过程中的中间产物三氟甲基苯酚也是重要的医药中间体，同样具备较好的社会效益和经济效益。

本项目研发人员在借鉴国内外先进经验的基础上，提出一套先进的三氟甲基苯酚和三氟甲基水杨酸生产工艺，特点是一套生产设备，可以生产三氟甲基苯酚和三氟甲基水杨酸两种产品，设备利用率高，可根据市场情况决定生产品种。此生产工艺具备设备投资小、投资回收期短、收益高的先进性。

2 应用说明

该工艺已经通过工业中试，属成熟工艺。

3 效益分析

目前对三氟甲基水杨酸国内外产量很少，价格较高。投资兴建一套年产 15 吨的间三氟甲基苯酚和间三氟甲基水杨酸生产装置，所需主要设备投资约 40 万元，流动资金 70 万元。项目当年建设当年达产。生产三氟甲基水杨酸，年含税销售额可达 450 万元，年利税 118 万元，投资回收期 1 年，投资回报率大于 100%。

4 合作方式

面议。

水热法制备氢氧化镁阻燃剂的研究与工业开发

1 成果简介

长期以来我国制盐行业对资源的利用主要集中在制盐方面，而对于制盐副产物的综合利用及深加工方面重视不足。制盐中副产的苦卤(氯化镁含量高达10%以上)利用率小于20%，不但造成资源的严重浪费，而且破坏了周边地区的生态平衡。我国目前盐化工行业对镁资源利用十分薄弱，仅有少部分镁盐被用来生产廉价的六水氯化镁（300-400元/吨）和七水硫酸镁（500-600元/吨），其余大部分闲置在海盐区。因此镁资源的高度利用直接关系到含盐资源（海水、盐湖、地下卤水等）的可持续开发。

在镁系产品中，阻燃型氢氧化镁由于国内外市场潜力很大而独具魅力。随

着塑料工业的快速发展，对阻燃型热塑性高聚物的需求与日俱增，对阻燃剂的需求特别是对无毒、抑烟、热稳定性高的氢氧化镁阻燃剂的需求将更为迫切。氢氧化镁阻燃剂可用于各种复合材料如电线、电缆、家电、建材，尤其适合与加工温度较高的 PP、PA、POM 等聚合物配合使用。

我国从 80 年代后期开始进行氢氧化镁的研究与开发，1998 年不同规格氢氧化镁总生产能力约为 1.0—1.2 万吨/年，但绝大部分产品性能较差，表现为形状不规则，粒径分布宽，纯度低，比表面积偏大，团聚现象明显，限制了氢氧化镁阻燃剂的工业应用。

清华大学近年来一直致力于氢氧化镁阻燃剂的研究与开发，经过多年努力，现已开发出氢氧化镁阻燃剂的常温合成-水热改性技术，产品性能指标达到国际同类企业的标准。该项技术以制盐行业副产的氯化镁为主要原料，产品附加值高（保守售价10000元/吨）。现正联合国内外有关企业开展这方面的研究与工业开发，欢迎有关企业前来洽谈。

2 技术指标

采用该工艺生产的氢氧化镁阻燃剂为六方片状，粒径0.5-1.5微米，纯度97.5-99%(视原料纯度而定),比表面积小于 $15\text{m}^2/\text{g}$ 。

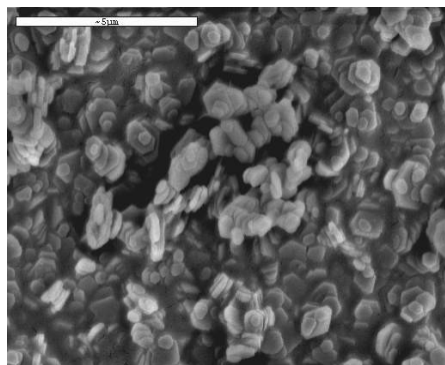


图 1. 我校研制的氢氧化镁阻燃剂产品

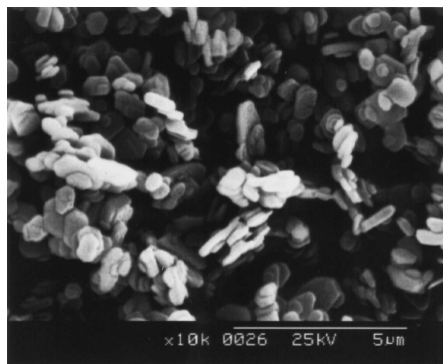


图 2. 日本的氢氧化镁阻燃剂产品(1.5-2 万元/吨)

3 效益分析

按年产1000吨规模计算，成本约4500元/吨,售价10000元/吨，年创产值（万元） $1000 \times 10000 \div 10000 = 1000$ ，年创利税（万元） $1000 \times (10000 - 4500) \div 10000 = 550$ 。技术开发及设备投资费（年产2000吨规模计）：技术开发费200万，水热釜加工费约200万(国产)，其它常规设备费（包括常温合成、过滤、干燥、粉碎、分级）约500万。

4 合作方式

技术转让或合作开发。

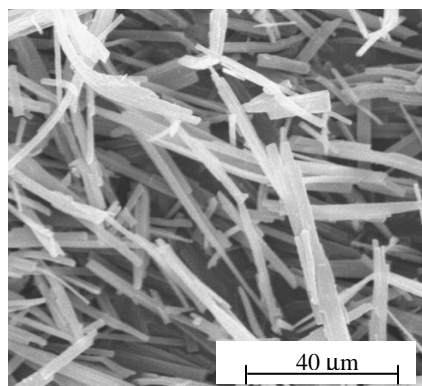
水热法制备碱式硫酸镁晶须的研究与开发

1 成果简介

利用我国丰富的镁资源,依托技术创新开发高附加值的功能性粉体材料是镁盐行业面临的一个共同课题。本项目通过制备塑料增强材料-碱式硫酸镁晶须为镁盐的高度利用提供一条有价值的处理途径。此外,我国是一个塑料生产大国,在塑料产品的深加工及增值方面有很大技术潜力和市场空间,制备晶须-塑料高性能复合材料是其中重要的发展方向之一。

晶须是指以单晶形式生长的形状类似短纤维,而尺寸远小于短纤维的针状单晶体,是一种力学性能十分优异的复合材料补强增韧剂。碱式硫酸镁晶须具有轻质、高韧、耐磨、耐腐蚀等特性,用其制备的复合材料具有强度高、比重小的特点,可用于制备高性能晶须-塑料复合工程材料如高强塑料容器、管材、板材、齿轮、刀具、轴承、滚压设备等,也可用于航空航天及汽车行业。目前日本类似产品(碱式硫酸镁晶须)的售价为40,000元/吨。

清华大学已于近期成功开发出水热合成碱式硫酸镁的实验室技术。该项技术的主要原料为硫酸镁(500-600元/吨),工艺简单,所需设备大多为常规设备,成本较低(约7000元/吨),具有较强的经济效益和社会效益。



碱式硫酸镁晶须形貌

2 效益分析

按年产1000吨中试规模计算,成本7000元/吨,保守售价20000元/吨,年创产值(万元) $1000 \times 20000 \div 10000 = 2000$,年创利税(万元) $1000 \times (20000 - 7000) \div 10000 = 1300$ 。技术开发及设备投资费(年产2000吨规模计):技术开发费300万,水热釜设计费20万,水热釜加工费200万,其它常规设备费(包括常温合成、过滤、干燥、粉碎、分级)约500万。

3 合作方式

技术转让或合作开发。

片状微细碳酸钙的制备技术的工业开发

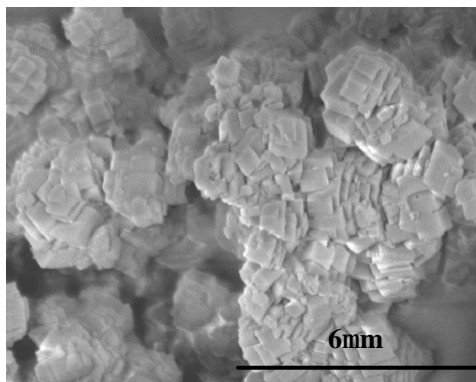
1 成果简介

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

在造纸工业中，随着传统酸性造纸工艺向碱性或中性造纸工艺的转化，碳酸钙的使用量急剧增加，不仅可以替代诸如无光泽的高岭土和价格高昂的二氧化钛等原料，还因其特殊的形貌特性对生产出的纸张产生良好的效果。与欧美等国相比，我国木材资源短缺，造纸用纤维原料以草类纤维原料为主，迫切需要采取碱性或中性新工艺提高纸品质量。据预测，该行业碳酸钙用量可达 200 万吨/年以上，潜在市场很大。

片状碳酸钙表面涂覆及遮盖力较强，易于分散，具有良好的光学性能及印刷性能，由此制成的纸品具有较高的白度、亮度及遮光性能，可节省纸浆用量，降低造纸成本。

清华大学经过多年的潜心研究，现已开发出一套全新的片状微细碳酸钙制备工艺。



片状碳酸钙形貌

2 效益分析

按年产 5000 吨规模计算，成本约 500 元/吨，售价 800-1500 元/吨，年创产值（万元） $10000 \times (800-1500) \div 10000 = 400-1500$ ，年创利税（万元） $5000 \times (300-1000) \div 10000 = 150-500$ 。技术开发及设备投资费（年产 5000 吨规模计）：技术开发费：100 万，核心设备设计及加工费 50 万，常规设备费（包括煅烧、合成、过滤、干燥、粉碎、分级等单元操作）约 700 万。

3 合作方式

技术转让或合作开发。

纳米活性碳酸钙制备技术的工业开发

1 成果简介

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

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

我国目前有轻质碳酸钙生产企业一百多家，总生产能力近 280 万吨，但工艺落后，品种单一，基本上采用简易的间歇鼓泡式炭化工艺，产品大多为售价低廉（400-500 元/吨）的大粒径（ $2\sim 5$ 微米）纺锤形产品（图 1），而附加值较高（售价 3000-6000 元/吨）、市场需求增长较快的粒径小于 100 纳米的纳米碳酸钙产量甚微，仅占轻质碳酸钙总产量的 2-5 % 左右。我国近年也有利用国内外技术进行纳米碳酸钙生产的报道，但生产成本较高（1500-2000 元/吨），且大多需 5 千万以上的巨额投资，中小企业难以适应。

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

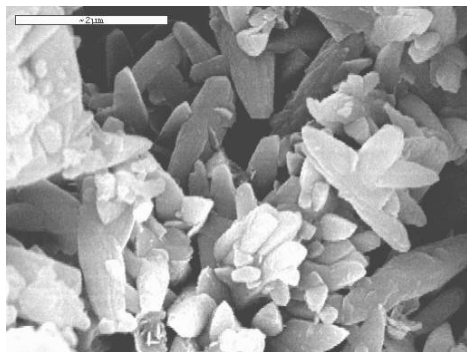


图 1. 普通纺锤型碳酸钙 (2-3 微米)

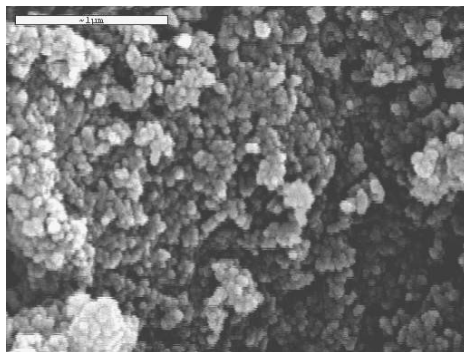


图 2. 纳米球型碳酸钙 (50-60 nm)

2 效益分析

按年产 10000 吨，每吨保守价 1500 元计算，年创产值（万元） $10000 \times 1500 = 15000$ ，年创利税（万元） $10000 \times (1500 - 1000) \div 10000 = 500$ 。技术开发及设备投资费（年产 10000 吨规模计）：技术转让（专利使用）费 100 万，碳化塔设计费 30 万，核心设备（气体分布器）设计及加工费 80 万，碳化塔加工及配套设备 300 万，其它常规设备费（包括气体净化、活化、过滤、干燥、粉碎、分级）约 300-400 万元，基建约 200 万，厂房面积约 10000 平方米。

3 合作方式

技术转让或合作开发。

气分 MTBE 先进控制系统的开发

1 成果简介

本系统是福建炼油化工有限公司 FR-CIMS 二期工程的子项目，由清华大学与福建炼化公司共同研究开发完成。该项目于 1996 年 8 月立项，1998 年 4 月试运行，1999 年 6 月正式交付使用。

该项目采用多项先进技术，在 FR-CIMS 实时数据库平台和 Honeywell TDC3000 系统的环境下，实现了气分和 MTBE 装置先进控制和在线优化。

- 开发了精馏塔非平衡级严格稳态和动态机理模型，可以对精馏塔装置进行详细分析，提出合理的控制方案；

- 采用了清华大学开发的预测 PID 控制算法，对两套装置精馏塔实施了先进控制；

- 采用多神经网络技术建立了丙烯塔产品质量的软测量模型，为实施质量闭环控制打下了基础；

- 采用工艺机理模型与多元回归技术相结合的方法，建立了 MTBE 装置进料醇烯比和反应器出口异丁烯转化率软测量系统，并实现了闭环控制。

采用清华大学自动化系开发的 Dolphin 软件实现了基于非平衡级模型的脱丙烷塔和丙烯塔的在线操作优化，具有模型精度高、实时性强的特点。在线优化系统用户界面友好，操作方便。

2 技术指标

项目实施之后，提高了气分和 MTBE 两套装置的自动化程度和操作稳定性，降低了生产成本，保证了产品质量，其中丙烯收率提高了 0.5%，异

丁烯转化率提高了 1.0% , MTBE 收率提高了 0.3% , 增加的利润总和达到了 209 万元/年。上述系统在气分和 MTBE 两套装置上的应用取得了较好的效果, 采用非平衡级严格机理模型在两套装置上的工业应用达到了国际先进水平。

3 合作方式

面议。

生物发酵法生产 1, 3 - 丙二醇

1 成果简介

1,3-丙二醇 (PDO) 是一种重要的化工原料, 最主要的用途是作为生产聚酯和某些有机化合物的中间体。PDO 可以替代 1,4- 丁二醇和新戊二醇等中间体用于生产聚酯。PDO 与对苯二甲酸(酯)合成的聚酯 PTT (聚对苯二甲酸丙二酯), 显示了比以 1,2-丙二醇、丁二醇、乙二醇为单体合成的聚合物更优良的性能。PTT 除具有聚酯 PET (聚对苯二甲酸乙二酯) 的化学稳定性外, 还具有良好的生物可降解性、耐污染性、尼龙的韧性和回弹性及抗紫外线等。PTT 不易褪色, 很容易加工成型, 制成的纤维可拉长 20%。此外 PTT 纤维还具有耐磨、低吸水性、低静电、易染色等优点, 可在地毯领域与尼龙竞争。它还可用于制造性能优良的无纺布、膜工程塑料、服装、家庭装饰料、垫衬料、织物等。PTT98 年被美国评为六大石化新产品之一。PDO 还可作为有机溶剂应用于油墨、印染、涂料、润滑剂、抗冻剂等行业。我们采用生物发酵法以甘油 (或来源于淀粉原料的葡萄糖) 为原料分别采用一步或两步发酵法来生产 1, 3 - 丙二醇, 该工艺得到国家“十五”攻关计划和国家高新技术产业化示范工程计划的支持并与黑龙江辰能生物工程有限公司合作进行生产性试验, 获得成功。

2 技术指标

采用本工艺所得发酵液中 PDO 浓度平均为 6.31% , 提取收率超过 80%。率先实现了发酵法生产 PDO , 填补了该领域的国内空白。产品纯度达到 99.92% , 超过了 Shell 和杜邦公司的产品。样品经仪征化纤、辽阳石化和黑龙江涤纶公司等用户试用, 可满足 PTT 聚合生产的要求, 所得 PTT 产品的特性粘度、色相等关键指标甚至超过了由国外 PDO 合成的 PTT。

3 应用说明

(1) 1, 3 - 丙二醇应用前景

由于聚酯 PTT 的巨大市场需求, 导致原料 PDO 市场需求也很大。据上海石化等预测, 我国近年的 PDO 需求在 2.5~3 万吨/年, 长远需求超过 10 万吨/年, 而国际市场需求量更加巨大。另一方面, Shell 和 Dupont 公司对我国实施 PDO 技术和产品封锁, 我国用户做出不用于生产 PTT 的承诺后方可购买 PDO, 且价格高达 5-10 万元/吨。PDO 的主要市场在于部分替代乙二醇、1,4-丁二醇生产高性能的纺织纤维和工程塑料。据统计, 2001 年我国乙二醇生产能力仅为 91.49 万吨, 只能满足国内消费市场的 1/3 左右, 其余全靠进口。2001 年我国乙二醇消费量为 240.32 万吨, 2002 年国内乙二醇消费量为 265 万吨, 其中进口达 150 万吨, 超过美国而成为世界最大的乙二醇消费国。尽管 2004 年至 2005 年国内将有两套主要装置投产, 2006 年我国乙二醇进口仍将增加到 220 万吨。据有关部门预测, 到 2006 年, 全球乙二醇需求年增长率为 5.7%, 北美需求年增长率仅为 2.8%, 而发展中的市场, 如东欧和非洲将以较快速度增长, 年增长率分别为 16.3% 和 14.5%。1995 年至 2001 年, 我国乙二醇消费年均增长率为 24%, 预计 2000 年至 2005 年需求增长率为 6%, 2005 年我国需求量约为 280 万吨, 届时国内仍有将近 1/3 的市场缺口。近年来, 聚酯行业的快速发展也极大地带动了乙二醇的发展, 国内生产的严重不足促使我国大量进口国外产品。1995 年, 我国进口乙二醇 20.54 万吨, 2001 年增至 159.71 万吨, 年增长率为 112.91%。

市场调查表明下游厂家对 PDO 有巨大的潜在需求, 在纺织纤维和工程塑料等新品种生产中的应用正在开发之中。特别是 PTT 生产工艺技术是成熟的, 只要对现有 PET 生产工艺设备略做调整和改造即可实现 PTT 产业化生产。PTT 作为高性能纺织纤维和工程塑料目前尚不能大规模生产的主要制约因素在于 PDO 价格偏高 (每吨不低于五万元人民币) 和现行市场可供量太小, 预计市场在条件成熟时会有大的需求量。

(2) 国内外技术发展现状及趋势

PTT 的优越性能及市场潜力早在 50 年前就被人们所认识, 只因原料 PDO 生产技术难度大、成本高而导致 PTT 迄今未能大规模产业化生产。过去几十年间, 人们着重研究 PDO 生产的化学合成工艺路线, 即环氧乙烷催化加氢再酰化法或者丙烯氧化成丙烯醛再水化法。目前只有英荷 Shell 公司、德国 Degussa 公司和美国杜邦公司 (购买 Degussa 技术) 分别采用这两条化学合成路线实现了商业化生产。它们的商业化生产装置也是近年才投产的, 而且目前的 PDO 成本偏高, Shell 和杜邦正在就 PTT 的合成及下游产品开发进行激烈的竞争, 另一方面, 它们对别的用户采取不约而同的垄断政策,

即只对客户销售 PTT ,严格禁止任何客户购买它们的 PDO 后用于 PTT 合成。

化学合成法的缺点是副产物多,选择性差,操作条件需高温高压,所利用的化学原料均为不可再生的石油或煤炭资源,且环氧乙烷和丙烯醛分别是易燃易爆或剧毒的危险品。资料表明,化学合成法在年产 50000 吨的规模上, PDO 的成本仍超过 2500 美元/吨。而生物发酵法选择性高,操作条件温和,原料是可再生的农产品——淀粉或植物油料,因此近年来受到特别的重视。德国国家生物技术研究中心(GBF)、美国 Dupont 和 Genencor 公司等投入大量人力物力研究 PDO 的发酵生产技术,特别是 Dupont 公司将其 1/3 的科研经费投在该项目上!

国外对发酵法生产 PDO 的研究主要集中在两个方向:其一是从工业甘油出发研究发酵生产 PDO;其二是运用现代基因工程手段改造菌种,试图将转化葡萄糖为甘油和将甘油转化为 PDO 的两组基因重组到同一细胞内,但困难是这两个基因亲源关系很远,基因重组困难,重组后基因的传代稳定性还有待长时间考验。Dupont 与 Genencor 合作构建的重组菌虽然能产生高浓度的 PDO,但该重组菌依赖维生素 B12 而导致生产成本太高。

我国中石化、中石油两大集团及上海焦化厂、黑龙江石化院等一直高度重视 PDO 生产项目,投入了大量的人力、财力研究 PDO 生产的化学合成技术路线,但目前达到的技术水平离产业化的要求还很远。与此同时,清华大学、抚顺石化研究院、大连理工大学等单位开展生物发酵法生产 PDO 的研究,虽然比德、美等国起步晚,但研究水平特别是中试水平已赶上甚至超过国际先进水平。

4 效益分析

该项目大规模产业化后,生产成本可控制在每吨 2 万元以内。目前 PDO 的市场价格约为 4~5 万元。

5 合作方式

面议。

生态工业园区和循环经济发展规划

1 成果简介

随着我国经济的高速发展和工业化进程的不断深入,日益严重的环境污染和资源能源危机已对人类的生存和社会的发展构成威胁。生态工业和循环经济成为综合解决资源、环境和经济发展的一条有效途径。清华大学

生态工业研究中心近年来在生态工业园区和循环经济的发展与规划方面进行了大量的理论研究和实践工作，取得了卓有成效的成果。

生态工业是从区域范围应用生态学和系统工程原理仿照自然界生态过程物质循环的方式对企业生产的原料、产品和废物进行统筹考虑，通过企业间的物质循环、能量利用和信息共享，使得现代工业实现可持续发展。生态工业追求的是系统内各生产过程从原料、中间产物、废物到产品的物质循环，达到资源、能源、投资的最优利用。生态工业倡导园内企业进行产品的耦合共生，大大提高资源利用率，同时通过副产物和废弃物的循环利用，既降低了园区的环境负荷，又减少了企业废物处理成本和部分原料成本，提高了企业的经济效益，改变了环境污染和经济发展的矛盾，达到资源、环境和经济发展的多赢。循环经济是在一个更广的社会经济层面，包括生产领域、消费领域及其支持保障体系，应用 3R 原则（减量化、再利用、资源化）实现社会、经济、生态环境的协调发展。循环经济可以在企业层次、城市层次和区域层次开展，生态工业是其核心环节。

2 应用说明

本成果可应用于现有企业和工业园区的改造、新建工业区的规划设计、城市和区域范围的循环经济发展近中远期规划。本中心几年来与国家环保总局和国家发改委就生态工业和循环经济研究开展了密切的合作，同时主持和开展了 12 个国家级和地方政府的生态工业园区和循环经济试点规划及研究工作，包括鲁北生态工业模式研究、抚顺矿业集团生态工业园区规划、贵阳磷化工生态工业园区规划、贵阳国华天成磷业有限公司建设循环型企业试点方案、贵阳市开阳磷煤化工生态工业示范基地规划、推进循环经济构建贵阳生态城市总体规划、衢州生态工业园区规划和研究、南海国家生态工业示范园区规划、泸州工业循环经济规划、锦天化生态科技园区规划等，其中十个已通过国家环保总局、发改委等组织的鉴定和评审，受到了各方面的高度评价。

3 效益分析

开展生态工业园区和循环经济建设将使企业和政府从三方面获得利益：经济效益，由于减少废物产生和物质循环，减少原料成本和废物处理成本，同时减少新鲜水用量和能源资源消耗，新鲜水消耗降低 20~30%，废物资源化率大于 65%，经济效益可提高 30~50%；环境效益，工业生态园区建设大大降低对自然资源的需求，减少了对自然的废物排放，有助于改善资源紧张和环境污染的现状，有良好的环境效益，如集中供热一项就可减

少粉尘排放 30%，节省占地 40~50%，降低能源消耗 25%；社会效益，将为企业和政府树立良好的社会形象，争取国家、国际和相关机构的政策、资金、项目的支持，提高企业和产品在市场竞争中的地位，为企业带来可观的效益。

本中心完成的 10 个已通过评审的规划，其中 6 个已成为环保总局国家级生态工业园区或循环经济城市试点，一个正在申报国家发改委循环经济试点，均具有巨大的规划效益，部分已取得了很好的经济、环境和社会效益。

4 合作方式

委托规划，技术咨询，合作建设。

气泡循环流动型污水处理与回用膜分离装置

1 成果简介

随着我国国民经济迅速发展和小城镇政策的实施，城镇人口迅速增加，工业生产用水量急剧膨胀，水资源已成为我国最严重的资源问题之一。与此同时，人类的生产活动又产生了大量污水，对整个地球生态体系的平衡构成巨大威胁，提供安全的生活用水问题日渐紧迫。在消除和减缓水质污染的同时，对污水深度处理变为可再生资源，成为实现我国经济可持续发展的重大技术产业。本项目提供一种新型膜分离装置的制造工艺，用于生产、生活污水处理与循环再利用，适合于每天 500~5000 吨处理规模的场合使用。

本项目研究将环流型生物反应器和膜分离过程相结合，形成气泡循环流动型膜生物反应器的新概念。由于该分离器完全使用物理方法进行分离，避免了常规水处理过程大量使用化学药剂带来的二次污染，明显降低运行成本；和现有的膜分离装置相比，使用压缩空气推动气液两相流循环和膜分离所需的压差，节省所需动力设备数量，降低分离过程能耗，提高水处理过程经济效益；与现有的膜生物反应器相比，提高设备处理能力和过程稳定性，显著降低过程能耗，进一步减少污水深度处理成本。

2 技术特点

- 工艺技术先进，处理过程成本低。
- 采用超滤、微滤膜分离技术保证水质稳定、洁净度高。
- 通过优化设计，适合不同规模和场合。

- 采用全自动化操作运行，系统稳定可靠、维护简单。

3 技术指标

本装置能够显著脱除水中的悬浮固体、细菌体、色度等污染物质，对于活性污泥的污水体系具有高效分离性能。

活性污泥—水体系出水水质评价表

项目	原料水	产水
pH 值	6.98	7.13
SS[mg/L]	20.5	0.2
COD _{Cr} [mg/L]	60.2	31.6
BOD ₅ [mg/L]	17.9	7.5
总氮[mg/L]	21.2	18.8
总磷[mg/L]	4.13	3.97
色度	33	22
浊度[NTU]	8.90	0.03
细菌总数[/mL]	3000	3

4 应用说明

该装置可以单台使用，或者数台并联使用，容易实现大规模水处理过程。可以用于地表水净化；污水处理厂中二次沉淀池后的深度水处理；居民小区、大型洗车场等多种场合，预计每年存在近亿元的市场需求。

5 合作方式

寻求合作伙伴进行工业放大研究和工业现场实验。

全钒氧化还原液流电池开发研究

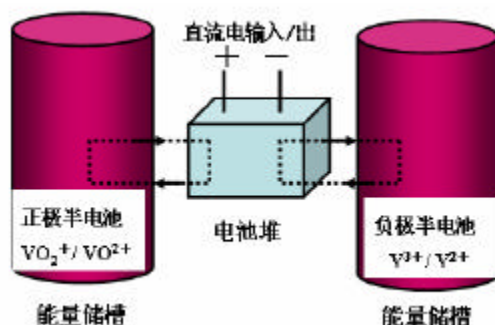
1 成果简介

我国地域辽阔，可用于发电的风能、太阳能资源十分丰富。国家气象资料显示，我国陆地可利用的风能资源为 2.53 亿千瓦，包括海上风能资源在内，可利用资源总量达到 7.5 亿千瓦。西部地区大气污染小，太阳光照时间长，光照强度可达 $1 \sim 1.2 \text{KW/m}^2$ 。近期通过的《中华人民共和国可再生能源法》，利用国家法律手段推进我国在利用风能、太阳能发电方面的科技创新和技术进步。尽管现存多种利用太阳能、风能的方法和途径，直接将其转换为电能进行利用，转化效率高，社会总体成本低，技术经济方面

占有优势，成为切实可行的技术路线。然而，由于风能、太阳能随着时间变化其能量密度发生显著变化，如昼夜温差造成风力大小差异，不同时间段太阳光照强度变化明显，引起发电装置的功率输出存在大幅度波动，难于满足社会对持续、稳定、可控的电力能源需求。本项目研究发展适合于大规模电能储存的全钒氧化还原液流电池系统，将不稳定的电能输入变为连续、安全可靠的电能输出，解决规模化利用风能、太阳能发电过程中的重大储能技术问题，将成为可持续发展战略的重要技术产业。

全钒氧化还原液流电池（VRB）通过不同价态的钒离子相互转化实现电能的储存与释放，是众多化学电源中唯一使用同种元素组成的电池系统，从原理上避免了正负半电池间不同种类活性物质相互渗透产成的交叉污染。全钒氧化还原液流电池原理如图所示，将一定数量单电池串联成电池组，可以输出额定功率的电流和电压。

当风能、太阳能发电装置的功率超过额定输出功率时，通过对全钒氧化还原液流电池的充电，将电能转化为化学能储存在不同价态的钒离子中；当发电装置不能满足额定输出功率时，液流电池开始放电，把储存的化学能转化为电能，保证稳定电功率输出。和其它种类的化学电源相比，全钒氧化还原液流电池系统具有明显优越性。



全钒氧化还原液流电池原理图

2 技术特点

■ **规模大**：通过改变储槽中电解液的量，能够满足太阳能、风能发电过程大规模储能容量需求；通过调整电池堆中正负半电池的对数和电极面积，满足额定放电功率。

■ **寿命长**：电池正负极反应均在液相中完成，充放电过程仅仅改变溶液中钒离子状态，没有外界离子参与电化学反应，理论上可以进行无限次任意程度的充放电循环，极大延长电池的使用寿命。国际上建成的 VRB 实验电堆，经过 13000 次循环充放电，验证系统的稳定性和技术可靠性，其寿命远高于现有的铅酸电池系统。

■ **成本低**：在电池关键材料制备与选取方面，立足国产化、规模化和低成本化的指导原则，所开发的 VRB 系统成本远远低于燃料电池等化学电

源，具有强有力的市场竞争能力。

■ **效率高**：由于正负半电池电解液中的活性物质分别储存在不同的储槽中，完全避免电解液保存过程的自放电消耗。VRB 系统可以对储能容量和放电功率分别进行独立设计，经过优化的电池系统充放电效率高达 80%。

3 应用说明

全钒氧化还原液流电池用于电能和化学能相互转化，适合用于大规模电能储存中；现有电网系统的“削峰填谷”，改善电网安全性和可靠性；通讯系统的应急电源等领域，存在广阔的应用空间。该项技术的开发利用，预计每年将存在数十亿元的市场需求。

4 合作方式

寻求合作伙伴进行工业化放大研究和 100KW 的现场中试。

强化烧结助燃剂

1 成果简介

本产品用于钢铁冶金企业的铁精矿烧结助燃剂，能增加铁精矿烧结产量和质量，又能够降低能耗、减少烧结废气 SO_2 等。

本产品生产工艺简单，在生产过程中不产生三废污染，不影响铁精矿烧结产品的进一步炼钢质量。

本产品对固体燃料的氧化燃烧起催化助燃作用，使煤粉的反应活性大大增强，改善烧结过程的传热传质条件，使烧结速度加快，烧结时间缩短，提高生产效率。在烧结混合料中加入本添加剂（0.4-0.6）%。可使混合料的熔融温度降低，点火条件得以改善，有利于提高烧结矿的表面强度，降低返矿量，提高成品率。

本产品具有催化助燃作用，特别使固体燃料中非碳可燃物质的催化能力更强，使烧结过程燃烧带温度提高，有利于矿化反应的进行，能产生较多的液相。由于控制粉化剂的存在，使烧结矿的自然粉化得以控制。

2 技术指标

用添加强化烧结助燃剂后的技术指标增量与基期技术指标的比值（%）计算，各技术指标变化范围如下：降低燃料比 5-15%，降低亚铁含量 2-8%，降低烧结废气中 SO_2 的生成量 5-15%，不同程度提高转鼓指数和降低粉化率。

3 应用说明

本产品已产业化，经推广应用的烧结矿生产厂家使用，效果良好。

接产单位条件：

- (1) 设备投资：5~10 万
- (2) 技术人员：冶金方面并懂机械的工程师 1 人
- (3) 铁精矿烧结生产厂优先

4 合作方式

面议。

热喷涂技术及其设备研究

1 成果简介

电弧喷涂技术就是通过专用电源，使带电的耐腐蚀金属丝材产生电弧熔化，在 1/1000—1/10000 秒内，熔融金属的高温液滴被压缩空气喷吹、雾化、喷涂至预先喷砂除锈的钢铁构件表面，形成纯度高、结合力强的机械—冶金结合喷涂层，它对活泼的钢铁基体具有阴极保护作用。然后在该喷涂层上均匀涂敷具有抑制腐蚀作用的专用封闭剂，它不仅能进一步隔绝腐蚀介质侵蚀基体钢铁，同时使电弧喷涂金属层与封闭涂层界面阻抗增大，耐腐蚀性能大为增强。

电弧喷涂防腐涂层的防腐原理为机械屏蔽和阴极保护联合作用。当涂层发生破损、腐蚀介质存在时，金属喷涂层能够牺牲自己，保护钢铁基体不发生腐蚀。

2 技术特点

(1) 防腐寿命长：根据不同的腐蚀环境和具体的工件特点，通过合理的涂层设计，目前电弧喷涂长效防腐涂层体系自身的耐蚀寿命达 50 年以上，是重防腐油漆的 4—5 倍，热浸镀锌的 2—3 倍，玻璃钢涂层的 2—3 倍。因此电弧喷涂防腐技术使钢结构件的使用寿命由 10~15 年提高到半个世纪以上。

(2) 与金属基体的结合力高：电弧喷涂层与基体以机械热镶嵌和微冶金结合共同作用，涂层表现出较高的结合力，是火焰喷涂的 3 倍，大大超过了国家标准，在所有防腐涂层里结合力最高。

(3) 生产效率高：电弧喷涂长效防腐技术同氧—乙炔火焰喷涂相比，电弧喷涂为双丝送入，单机生产效率提高了 3—4 倍。

(4) 涂层质量好：电弧喷涂加热丝材方式为电弧加热，丝材融化温度高，融化均匀，喷涂致密，涂层质量稳定，对工件的热应力没有影响，而氧—乙炔火焰喷涂为火焰加热，丝材融化温度低，存在氧化、碳化等隐患，影响涂层质量。

(5) 可修复性强：钢结构件在加工、起吊、运输、安装过程中，涂层易被碰坏、划伤，电弧喷涂技术可以进行修复，保证了防腐体系的完整性和有效性；而热浸锌及玻璃钢等防腐技术本身无法进行修补，只能用喷涂或其它方法修复，势必增加设备投资。

(6) 普遍适应性好：电弧喷涂技术可根据腐蚀环境不同选用相应的耐蚀材料，工艺系统具有普遍适应性；热浸锌只能制备锌涂层，对于复杂的腐蚀环境，单一的锌涂层往往又难以适应，因此热浸锌防腐方法适应性较差。

3 应用说明

以美、英、日、捷克等先进国家为代表，对金属进行中长效防腐的手段分别由电镀锌涂层、热浸锌涂层、氧—乙炔火焰喷锌涂层，发展到电弧喷锌（铝、合金）涂层。喷涂锌、铝涂层用于桥梁等钢结构件长效防腐蚀，世界各国都有很多成功应用经验和实例，目前已发展成为一项非常成熟可靠的技术，被各国共同接受并已被标准化，对涂层适用环境、设计、材料、施工、检查和验收等都做了详细的规定。

北美及欧洲 50 年代以后建造横跨大江、大河和跨越海峡的钢桥大多采用电弧喷涂技术防腐蚀，均取得了长效防腐蚀效果；英国的昆斯费里梅登里德第四公路大桥，在 70 年代是世界上最大的钢桥，耗钢材 2 万吨，喷涂耗锌丝一百万磅，防腐蚀效果很好，使用了二十多年无需维修。挪威全国有很长的海岸线，各地方公路局要求钢桥梁必须全部采用喷锌、铝防腐蚀。多年的使用已验证，热喷涂防腐蚀效果很好。挪威公路管理局的 R 国际热喷涂知名专家 Klinge 先生指出：喷锌、铝加封闭防腐蚀覆盖公路桥、铁路桥、海水码头钢桩等，证明了电弧喷涂层加封闭层的联合保护体系在严重腐蚀环境下具有最优良的防护能力。

4 效益分析

在国家实现工业化的过程中，港口工程、桥梁工程、海洋平台等钢结构的建设，正逐步采用该技术。

5 合作方式

面议。

电子废料再资源化工艺及装备研究

1 成果简介

如今电子产品已经成为了人们日常生活不可缺少的部分，小到手机、随身听、MP3 播放器、剃须刀，大到电视机、洗衣机、电冰箱、空调等，已经完全融入了我们的现代生活的各个角落。但是，随着电子技术和信息技术的飞速发展，以及人们追求时尚和潮流，电子产品的更新换代和淘汰速度加快了，导致大量的电子产品被淘汰和废弃，堆积如山的废旧电子产品，如电脑、电视机、电冰箱和空调等等，已经成为了社会一个很大的负担。一方面，由于这些电子产品中普遍含有多种重金属和有毒有害物质，如铅、镉、铬和汞等重金属，随意抛弃和处理，会对环境进而对人体和其它生物带来严重的危害；另一方面，废弃的电子产品中也含有大量可再生利用的资源，如贵金属（金、银、钯、铑等）、塑料等材料，通过合理的、有效的途径进行回收，可以节约大量宝贵的自然资源，产生客观的经济效益。

目前我国，大量废弃的电子产品亟待处理，但我国还没有建立完善健全的电子废料回收体系，相应的回收技术和设备也不成熟，国外虽然有专业的回收电子废料的设备，但因其费用昂贵和运作方式等原因，不适合我国国情。

在这样的情况下，清华大学在国家 863 项目的支持下，进行了电子废料的再资源化工艺和装备的研究。结合我国电子废料的处理现状，借鉴并吸收了国内外有关电子废料再资源化方面的经验和技術，通过选取电子产品的基础部件印刷电路板为研究对象，进行电子废料再资源化工艺和设备的研究工作，并取得了丰硕的研究成果。

成功开发了电子废料的物理再资源化工艺和相关的配套回收设备。该工艺已经获得了国家的发明专利授权书，配套设备也进入了工业化推广阶段。该再资源化工艺回收效率高，具有良好的环境性，其中的金属和非金属分离率达到了 95% 以上，整个工作过程封闭循环运行。

2 应用说明

清华大学开发的电子废料再资源化工艺和设备，因其工艺先进，处理和效率高，且对环境不产生二次污染，目前已经和多家国内外企业和公司进行了洽谈交流，商讨合作事宜，有的已经实现了合作或进入了正式合作程序。

3 效益分析

对于年处理量为 1000 吨废弃电路板的规划，主要设备投资约 70 万元，预计当年可回收成本并获得丰厚的利润。

目前，我国电子废料的工业化处理设施的建设还很薄弱，而日益严峻的电子废料污染问题迫切需要高效、无污染的处理工艺和设备。本研发中心开发的废弃电路板物理再资源化工艺和专门的处理设备，非常适合我国的国情，投资小且回收周期短，收益高，具有很好的应用和投资前景。

4 合作方式

面议。

绿色高性能混凝土的制备及其应用技术

1 成果简介

熟料水泥的生产过程要消耗大量资源和能源，而且排放出温室气体二氧化碳（生产 1 吨水泥大约要排放 1 吨），是现今公认的重要大气污染源；另一方面，大量工业副产品，尤其是电厂、热电厂（煤粉炉、旋风炉、循环流化床炉等）排放的粉煤灰渣等还远未得到充分地利用。本课题研究成果及其应用技术，是在借鉴了英国、美国、加拿大、澳大利亚等工业国的先进工程案例的基础上，经过多年来大量试验研究和国内一些工程应用积累的基础上逐渐发展形成的。

本课题组在承担“九五”科技攻关重点项目“重点工程混凝土安全性研究”的子专题《掺粉煤灰高性能混凝土综合研究与应用》工作中，用不同品种粉煤灰为原材料，以水泥 $150\text{kg}/\text{m}^3$ 、粉煤灰 $200\text{kg}/\text{m}^3$ 为胶凝材料，掺高效减水剂调节水胶比至 $0.30\sim 0.38$ ，配制出工作度满足泵送的混凝土，其 3 天抗压强度为 30MPa ；28 天抗压强度为 50MPa ；1 年龄期强度高达 80MPa 。以这种混凝土铺筑的重载道面（北京一混凝土公司近 3000 平米的厂内地坪）经过几年运行期证明其使用性能与耐久性良好。

在建筑工程领域，我们与北京城建集团总公司合作，在自密实混凝土中掺用 $30\sim 45\%$ 粉煤灰作为增粘剂，保证该混凝土有足够粘聚性，不致发生离析与渗水现象，而且可在数小时里几乎没有坍落度损失，满足长途运输后仍然能够自密实的效果。该成果《大掺量粉煤灰混凝土在建筑工程中的应用》曾获得北京市科技进步三等奖。

在公路工程建设领域，我们提供技术咨询服务，自 1994 年以来于广东深-汕等 5 条高速公路建设总长超过 120km 路段的路面混凝土中掺用粉煤灰 20~48%，取得明显提高路面板摊铺的质量（提高路面宏观平整度、明显减少开裂）、减小进口设备损耗并降低水泥用量等技术与经济综合效益；同时还曾为江苏盐城、河南三门峡等省市提供了技术服务，通过试验利用当地廉价的粉煤灰配制并修筑大掺量粉煤灰混凝土路面试验段，以获得良好技术与经济综合效益。

2 技术指标

在原材料和生产、施工条件满足基本要求的前提下，可以大掺量使用粉煤灰渣，配制出土木建筑工程中用量最大的 C30、C40 混凝土，也可配制出 7~28 天抗折强度 6MPa 的混凝土（强度发展速率与施工季节气温相关），用于铺筑公路、市政建设等（28 天）。采用这种技术配制的混凝土后期强度非常高（1 年龄期抗压强度 80 MPa），适用于耐冲磨性能要求高、造价要求低廉的混凝土工程。

3 应用说明

要求用于混凝土的粉煤灰来源质量比较稳定，但对级别没有限制；混凝土生产和施工工艺和设备，例如拌和需采用强制式，搅拌效果良好的搅拌机；混凝土浇注后需要及时以适宜的方式养护等。

4 效益分析

技术效益因工程要求和条件而异；经济效益与当地各种原材料比价密切相关。

5 合作方式

提供技术咨询、技术服务等。

索膜结构体系开发

1 成果简介

索膜结构是指由张力索、建筑膜材与支撑结构共同构成的结构体系，它属空间张力结构体系的分支。索膜结构近 20 年来在全球范围内发展迅速，它的自重轻、空间造型自然、简洁，适合建造各类需要有大空间的建筑与结构物。索膜结构在上个世纪的 90 年代中期进入我国，据统计，目前我国每年完成的索膜结构工程量近 50 万平米。

建设部与原国家经贸委在 2000 年度的“国家技术创新重点专项计划”的

新型建筑结构及住宅产业化相关产品开发项目中设立“膜结构体系开发”专项研究课题，并于同年经由建设部（建科函[2000]280号）与国家经贸委（国经贸技术[2000]490号）批复执行。课题的中心任务是借助国外成熟的索膜结构理论成果与建造经验，结合我国建设工程的需要，系统研究它的设计与结构分析理论、开发相应的计算机软件及成套的制造与施工安装技术。课题的研究项目分为：索膜结构的找形及裁剪软件包开发；索膜与支撑结构体系共同工作的整体结构性能分析；索膜结构施工安装成套技术及预应力控制及标准规范的编制三项内容。

清华大学结构工程研究所完成上述科研项目，科技成果如下：

- （1）探索国内外研究文献，将其转译并开发为国内可应用的技术资料；
- （2）对索膜结构体系的相关领域进行了探索性的理论研究，提出了索膜结构的找形、荷载分析和裁剪下料的简单实用的计算分析方法，编制完成了适合工程应用的专业软件；
- （3）利用现有的软件和计算工具，实现了张力索、膜面与支撑结构作为整体结构系统的较为精确的计算分析方法，消除了传统的索、膜面与支撑结构分体计算方法所引入误差；
- （4）探讨了在不同方向及不同动压风谱作用工况下，索膜结构体系的动力响应的计算分析方法；
- （5）结合国内外索膜建筑工程的设计与建造实践，对索膜结构的膜面预张应力的控制标准(包括预张应力的强度与在膜面上分布均匀度)与膜面预张应力无损检测方法进行了研究，提出了工程验收标准与方法；
- （6）主编完成了建设部标准化委员会的委托负责编制《索膜建筑制品》国家建筑工业行业标准。

2 应用说明

索膜结构是一种新型的空间结构形式，它属于张力结构体系的一个分支，具有柔性和大变形结构的诸多特点。索膜结构的设计与安装施工有别于传统的刚性结构，存在着独有的难点。为此，需要较强的科技实力的支撑，本研究所近年完成的理论与应用科研成果可以满足索膜结构体系开发与推广应用的要求。

3 效益分析

前期需要投资约 800 万，用于：建设生产厂房两个（ 2×1200 平方米）；建设设计开发与经营办公用房 600 平方米；购买加工机械、计算机、设计绘图等设备。对于已具备生产厂房及具有钢结构生产能力的企业，则可以

减少相应的投资。

若生产能力达到每年三万平方米的索膜结构制品（含支撑钢结构）与施工量的企业，工程款收入约为 3000 万，其中材料、人工和经营开支费约为 2400 万，年利润 600 万元，投资回收期约为 1.5 年。

4 合作方式

面议。

真空紫外光催化——吸附分解室内空气净化技术

1 成果简介

近年来室内空气质量已成为人们关注的热点。室内空气污染不仅见于普通百姓家庭，高档建筑、写字楼的污染也有过之而无不及。据检测，北京的一些标志性建筑或高档饭店，如东方广场、中银大厦、北京饭店等都不同程度地存在室内空气品质不佳的问题。在美国估计有 1500 万工作人员因室内环境而受到健康影响。

当前市场上的空气净化器种类繁多，根据处理技术的不同，可以大致分为过滤型、静电型、吸附型、分解型（如臭氧、光催化、等离子体）。室内空气净化目标是清除室内空气污染物：颗粒物、微生物、挥发性物质（有机物等）。光催化和低温等离子体是较新的室内空气净化技术，可以直接分解污染物，而不是象活性炭吸附污染物那样，存在去除效率低的缺点。

我们开发的真空紫外光催化—吸附分解方法，采用具有自主知识产权的国际最新的真空紫外光催化技术分解有机污染物，杀菌效率远远高于普通的光催化方法，然后利用真空紫外光阶段产生的臭氧进一步分解有害物质，同时把对人体有害的臭氧消除，这样总体上对室内空气中的有害气体具有很高的去除作用，而又不会产生二次污染物。光催化剂的寿命达到两年以上，已研制出空气净化器模型机。

2 应用说明

这一技术可以适用于室内空气处理、密闭空间空气改善。应用这一技术可以开发新型高效的室内空气净化器，也可以开发汽车车内空气净化器等。

3 效益分析

国内外室内空气净化器和车内空气净化器市场正处于形成和上升阶

段，发达国家对这种产品的需求十分庞大，国内众多居民百姓苦于无真正有效的空气净化产品，本技术的应用将带来巨大的利润。

4 合作方式

希望与有实力的在空气净化方面有较好基础的公司开展合作，合作方式面谈。

小城镇生活污水处理实用技术

1 成果简介

目前我国小城镇所修建的以及正在上马的污水处理厂规模大部分在 1 - 3 万吨/天，远期可达到 2 - 6 万吨/天。

小城镇的人口规模、自来水的普及率和工农业发展的结构与水平，决定了小城镇的污水排放量大都在 1 - 5 万吨/天的规模范围内，其中生活污水量占 50% 以上。

目前在我国城市污水处理中主要应用的工艺有：传统活性污泥法、SBR 法、氧化沟法等，而小城镇实际采用的工艺多为活性污泥法、氧化沟法及活性污泥法的变型，吨水投资都在 1000 元以上，平均投资达到 1500 元/吨水；运行费用平均为 0.50 元/吨水，这样的负担对于我国大部分中小城镇来说是不堪重负的。

清华大学在吸收、完善及创新的基础上，经过多年的研究提出了“复合水解 - 生物滤池”的处理工艺技术。该工艺基建投资省，运行成本较低，出水水质可满足排放要求，尤其适合于目前国情的小城镇污水处理。

本处理技术适用于小城镇的废水处理并具有以下特点：

（1）建设费用和运行费用低，易于管理，维护简便，与小城镇社会经济发展水平相适应；

（2）处理技术与工艺能综合吸收最新技术，体现高科技的成果，同时保持低费用、有效、经济适用；

（3）符合《城市污水处理及污染防治技术政策》，处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中的标准，并可根据实际情况进行工艺调整，进行污水回用。

该技术与其他工艺相比较，其基建投资、运行费用都相对较低：吨水投资 600 元，吨水直接运行费 0.25 元，适用于我国现阶段部分地区的中小城镇，对于采用 BOT 模式建设的污水处理厂尤为适宜。

2 技术指标

以处理规模 3 万吨/天的小城镇城市污水处理厂为例，采用复合水解池 - 生物滤池处理技术，出水达到二级排放标准后的主要技术经济指标为：

项 目	小城镇城市污水 处理厂	说 明
处理规模（吨/天）	30000	
总投资（万元）	1800	厂区建设且不含征地费
吨水投资（元）	600	
吨水运行成本（元）	0.28	人工、电费、药剂
吨水占地（m ² ）	0.76	

3 应用说明

工程应用实例与处理效果

山东滨州博兴县城市污水处理厂其处理规模为 3 万吨/天，以 BOT 方式建设，采用“复合水解生物反应池+高效高负荷生物滤池”工艺，设计进水水质为：COD_{Cr}：=450mg/l、BOD₅=200mg/l、SS：=300mg/l；设计出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中的二级排放标准：COD_{Cr}：=100mg/l；BOD₅=30mg/l；SS：=30mg/l。厂区建设投资 1800 万元（不含征地费），占地 36 亩。厂内共有建筑物、构筑物 20 座，设备 80 台套，装机功率为 480Kw。

该污水处理厂于 2002 年 3 月 1 日开始建设，工程总历时十个月，2003 年 3 月通过工程进水前验收。经过三个月的调试与试运行，各项技术指标均达到设计要求。2003 年 6 月 30 日通过山东省、滨州市环保局项目竣工环保验收，至今正常运营两年。

博兴县城市污水处理厂正式运营期间，省、市环保部门多次进行抽查监测，其处理效果均达到排放要求，受到省市主管部门的表彰，被列山东省示范工程，2004 年被国家环保总局授予全国优秀示范项目。

此外，该技术于 2004 年在内蒙古自治区赤峰地区得到推广，共有 5 个旗、县采用此工艺进行污水处理厂的建设。

4 合作方式

面议。

高硅耐磨铸钢

1 成果简介

在工程机械、矿石粉碎、火力发电、水泥建材、铁路等领域，大量应用易磨损件。目前广泛应用的耐磨材料是高锰钢和少量的低合金耐磨钢、奥 - 贝球铁（ADI）以及高铬铸铁。由于奥氏体高锰钢的初始硬度很低，其耐磨性完全依赖于使用过程中的加工硬化效应，耐磨特性只有在高冲击负荷的工作条件下才能表现出来，在实际应用条件下，其耐磨特性不能得到充分发挥，有时甚至低于普通碳钢。低合金耐磨钢生产工艺复杂、成本高，耐磨性能没有明显优势。奥 - 贝球铁韧性低，不适应于有较大冲击的磨损领域，同时石墨球在冲击磨损条件下不但不能起到自润滑作用，而且会成为影响其使用寿命的裂纹扩展源，耐磨性能受到了很大影响。高铬铸铁也存在韧性低，不适应于冲击磨损的缺点。

清华大学针对高硅铸钢的化学成分、热处理工艺以及显微组织与机械性能、耐磨性能间的关系进行了系统的研究，同时还研究了非金属夹杂物对高硅铸钢机械性能的影响，并在此基础上进行了工业应用试验和推广应用。高硅铸钢作为一种新型耐磨材料，其制造方法已于 2002 年获得了中国国家发明专利（ZL 99105704.X），并于 2002 年 5 月通过了国家教育部主持的科技成果鉴定，同年获得教育部推荐国家科学技术奖科技发明奖一等奖，2003 年获得第八届中国专利奖优秀奖。

2 技术指标

高硅铸钢的机械性能指标如下：

抗拉强度 $s_b = 1200 - 1800 \text{ MPa}$ ，屈服强度 $s_{0.2} = 1000 - 1600 \text{ MPa}$ ，

延伸率 $d_5 = 2 - 15\%$ ，冲击韧性 $A_{KV} = 10 - 40 \text{ J}$

硬度 $\text{HRC} = 35 - 48$ （初态） $50 - 58$ （冲击硬化后）

3 应用说明

我们研究结果和工业应用性试验表明，高硅铸钢的生产工艺简单、成本低廉；通过合理的化学成分设计和热处理规范选择，可以获得高强韧性和高耐磨性，作为耐磨材料可以应用于各种冲击磨料磨损场合。

该项技术不但已经实现产业化，而且已经获得多家耐磨铸件生产企业的实际使用认可，是成熟的大生产技术。

3 效益分析

高硅铸钢只是在普通碳素钢中添加定量的硅及少量其他元素（< 0.5%），经简单淬火处理而成，生产成本约 3 500~4 000 元/吨（按年产 1000 吨计），接近普通碳素钢。而这类耐磨铸钢产品的售价通常在 8 000 元/吨以上。

我国冶金、水泥，矿山、发电等行业大量使用中小型球磨机，仍在使用发达国家业已淘汰的高锰钢衬板，按年耗 30 万吨计，直接经济损失达 20 亿元。此外，破碎机锤头、牙板，挖掘机、推土机与拖拉机履带板等传统上采用高锰钢或低合金钢，也有低寿命问题，它们的年耗量也达几十亿元人民币。

使用新开发的高硅系列耐磨铸钢制造这些产品，可以在不提高生产成本的前提下使产品的使用寿命得以明显提高，或在不降低产品使用寿命的条件下明显降低生产成本，具有十分良好的市场前景。

4 合作方式

专利授权。

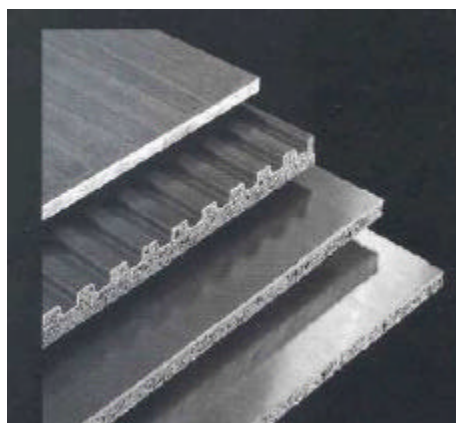
结构与功能一体化的轻质多孔铝合金及其制备技术

1 成果简介

“泡沫铝”是一种多功能多用途的新型材料，具有体积密度小、重量轻、隔音、吸音、减震、隔热、吸收冲击性能、屏蔽电磁波等特殊功能，同时还具有金属铝固有的防火、防潮、无毒、无味、耐蚀、抗老化等性能。泡沫铝材料应用范围广，主要应用于交通运输、建筑、环保、机械、军事、电子和通讯等行业。泡沫铝夹心板材料可以应用在飞机、坦克、装甲车、机动战车、舰船、地铁列车、高架列车、高速火车和小汽车上制作壳体及间隔墙，具有隔音、体积小、强度高、保温、自重轻等特点。

随着科技的不断进步，人们的环境意识及对环境的要求也在不断地提高。由于泡沫铝材料具有非常好的隔音、吸音性能，泡沫铝材将在改善人类生存环境、降低噪音污染中起到日益突出的作用。用泡沫铝夹心板可以制作高架铁轨、高速公路和铁路的噪声隔离装置，制作地铁地道和车站的顶棚吸音板等，防止噪声对环境的污染。用在潜艇上，可以吸音和隔音，使潜艇运行时无声音，不易被对方发现。用泡沫铝材料制作轿车等车辆的前、后和侧部防冲挡（保险杠），可以吸收撞击力，当车受撞击时能够保护

人和车免遭伤害，从而提高安全性。另外，泡沫铝材料密度小、隔热性能好，使用泡沫铝材料可以减轻运载工具的自重和隔热，起到节能的作用，具有很好的市场前景。



多孔铝合金及多孔铝板

2 应用说明

我们在国内外是较早进行多孔铝合金研究的单位，自从上世纪 90 年代起，即与美国合作进行多孔铝合金的研究与开发。研究成果包括采用加压渗流铸造方法和熔体发泡法制备多孔铝合金，产品的尺寸依赖于用户的需求和所用设备的生产能力。现在我们正在致力于开发一种新型的多孔铝合金连续制备技术，可制备不同尺寸规格的多孔铝合金板材，以满足不同的需要。

3 效益分析

泡沫铝合金材料作为一种新型的具有隔音、降噪及保温等特点的材料，取代传统材料将是今后发展的必然趋势。根据调研，目前国内需求量大约为 5~10 万吨，预测几年后年需求量将达到 10 万吨以上。

基于连续制备技术，我们可以制备出大块的泡沫铝合金板。其尺寸可根据需要而定，主要取决于生产设备的能力。该生产技术简便易行，参数可控，成本低廉，具有良好的商业应用与推广前景。

4 合作方式

面议。

镁合金熔化保温系统及其关键技术

1 成果简介

镁合金熔化保温系统主要是为压铸机配套，是镁合金压铸加工过程的关键装备，其销售成本占整个压铸装备系统的 $1/3$ ，维修成本占压铸系统维修成本的 $1/2$ 。镁合金十分活泼，高温下极易燃烧，没有安全适用的镁合金熔炉系统，其后续的深加工无从谈起。在镁合金压铸过程中，与高温镁合金熔体直接接触的各种模具、压室、锤头和喷嘴等热作件也是与熔炉系统配套的关键零部件，它们的工作温度通常在 $680 \sim 700$ ，且长期浸泡在镁合金熔体中，承受着镁合金液对其严重的冲刷和侵蚀，锤头和压室之间还存在摩擦、磨损。由于这些热作件服役条件的特殊性，对其耐磨性、耐高温性能和耐腐蚀性能都有较高的要求。普通热作模具钢不能满足镁合金压铸工艺的要求。世界上，只有少数几个发达国家研究开发出安全适用的镁合金熔化保温装置及其配套的关键零部件，价格十分昂贵。

清华大学承担国家“十五”科技攻关项目，研制开发了具有气体保护和定量传输功能的镁合金压铸用的熔化保温系统。该系统在炉体结构、加热元件、坩埚材料、气体保护系统、控制系统和人机界面等方面有所创新，其技术性能具有国际先进水平，已申请国家专利 12 项，其中发明专利 7 项，已授权 4 项。系统特点和创新点如下：

国内首次采用轻质高温纤维板和纤维棉毯复合层作为镁合金熔炉的绝热层结构，使炉体具有保温、质轻、抗热震的特点；

本系统首次采用高温合金材料与陶瓷件组合加工成电热辐射管，形状结构为直线鼠笼状，单支功率可达 3kW ，加热丝表面温度可达 1200 ；

国内首次研制成功双金属复合的镁合金熔炼坩埚，其内层为低碳钢或低碳高钴（不含镍）的合金钢，外层为不锈钢，双层之间采用复合轧制工艺；

设计制造了国内首台镁合金保护气在线检测反馈混气、供气系统。采用质量流量控制仪、双极背压阀，气体内旋转混气罐等元件，实现流量和压力双重控制及计算机实时控制，根据炉内温度情况和工作状态进行定量供气，节约耗气量；

定量输液系统首次采用多头螺旋负压机构设计制造；定量技术同时考虑输液时间和坩埚中合金液面高度的影响，采用高精度变频仪，使定量误差减小至 3% ；

采用以 PLC 作下位机、工控平板电脑作上位机为一体的熔炉控制系统。开发了人机界面和数据存储功能。温度控制采用分段控制和智能模糊 PID 控制，两室实现双温双控。控制精度：保温室可达 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，熔化室 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

开发了镁合金压铸用热作件材料及其制备工艺，该材料为一种无镍、高钴稀土马氏体型耐热耐蚀合金钢。

2 应用说明

本项目开发的镁合金熔化保温系统基本实现了产品系列化、功能多样化、控制智能化，性能与国外同类产品相当，可为各种型号的镁合金压铸机配套，替代进口同类装备，而制造成本仅为国外同类产品的 $1/2 \sim 2/3$ 。国内外著名的镁合金压铸机生产厂商如德国富莱公司、香港力劲公司等已经确定采用清华大学的镁合金熔化保温系统为其压铸机的配套。

该熔化保温系统与国内外镁合金压铸机配套，进行了汽车方向盘、自行车三角架等镁合金压铸件的生产，用户反应良好，可明显节约贵重的保护气体，延长装备的寿命，减少环境污染，具有明显的经济和社会效益。热作件还分别应用于国内外镁合金热室压铸机上，使用寿命和性能与国外同类技术产品相当。

3 效益分析

随着镁合金新材料在汽车、电子、通讯等工业领域的应用快速增加，对镁合金成型装备及其关键零部件的需求也会愈来愈迫切。该项技术及其产品在国内外市场均具有非常大的发展空间。按照我国镁合金压铸机需求量 1000 台左右计算，镁合金熔化保温系统将达 20~30 亿的产值。如果国产装备占 50% 的市场份额，仅镁合金熔炉系统装备制造一项将为国家节约外汇上亿美元。

按 2003 年国际市场价格统计，镁合金压铸用热作件压室为 12~25 万元/个，定量泵 5~12 万元/只，坩埚 10~15 万元/只，输液管 2 万元/只。热作件属易损件，如果按每台压铸机消耗热作件费用为 35~50 万元/年计算，仅为镁合金压铸装备配套一项就可达 2~5 亿元，为国家节省外汇 1~2.5 亿元。

4 合作方式

面议。

高效节能的空心轻体件加工新工艺?? 内高压成形

1 成果简介

对于汽车以及航空航天等领域来说,减重以节约材料和运行能量是人们长期的追求目标。尤其是面对竞争日趋激烈的国际汽车市场,各国汽车制造厂商纷纷采取不同策略以应付挑战,例如减少进入市场时间,降低生产成本以及减轻整车重量以节约材料和燃料等,而减重是其中的一个重要热点问题。

对于承受弯曲和扭转载荷的构件,采用空心结构既可以减轻重量节省原材料又可以充分利用材料的强度和刚度,因此空心结构件在汽车以及航空航天领域的减重设计中得到了广泛的应用。

而内高压成形工艺正是针对空心结构件的加工制造的一种减重、高效、节材、节能,具有很高经济价值的新型柔性加工工艺。

与传统的工艺相比,内高压成形工艺具有许多优点:

1) 减轻重量,节约材料,降低生产成本。对于空心阶梯轴类件可以减轻 40~50%,有些零件甚至可达 75%;

2) 可减少后续机械加工和组装焊接量。以散热器支架为例,散热面积可增加 43%,焊点由过去的 174 个减少到 20 个,装备工序由 13 道次减少到 6 道次,生产率提高了 66%;

3) 减少零件和模具数量,缩短加工周期。内高压成形件通常仅需要一套模具,而冲压件大多需要多套模具。以美国通用汽车公司 97 CORVETTE 车底轨为例,该件长度 4876.8mm,原件由 14 个冲压件组焊而成,而内高压成形件仅为 1 件;

4) 充分利用材料加工硬化效应,提高零件强度与刚度。仍以散热器支架为例,垂直方向刚度可提高 39%;水平方向刚度提高 50%。

2 应用说明

内高压成形工艺适于各种管状空心零件的加工,其中尤其适合于生产飞机用各种空心轴,汽车用排气管、催化转化器、压力管尾、插接器、副车架、顶盖纵梁、仪表板支架、后桥车架、散热器支架、座椅骨架、减震机架以及民用厨房卫生用具等。

该工艺设备操作简单,易于掌握。投资小,风险低,市场前景广阔,资金回报周期短。不仅适合于投资办厂,而且适合于现有制造企业的转行生产。

清华大学的科研工程人员，经过对国外工艺及设备的深入研究，并结合自身在理论分析方面的特长，目前已掌握了该工艺设备及生产的全套关键技术，随时都可以投资生产。

3 效益分析

据资料显示，到 2008 年北美生产的汽车中，将有 40% 以上的构件采用内高压成形件。未来三年内仅北美汽车领域就将有 30 亿美元的市场前景。

4 合作方式

面议。

离子氮碳共渗和中温离子渗硫复合处理技术

1 成果简介

离子氮碳共渗和中温离子渗硫复合处理是一种金属材料减摩耐磨表面处理新技术。该技术的简要工艺过程为：将需要处理的工件置于离子轰击炉中，抽真空后通入特定介质，采用适当的工艺参数，进行离子氮碳共渗，根据渗层厚度要求共渗时间为 2~6 小时。然后通入渗硫介质，调整工艺参数，进行离子渗硫，时间为 0.5~2 小时。该技术可应用碳钢、合金钢、铸铁材料制成的各种零件、模具、刀具，能获得硫化物和氮碳化合物复合渗层，大大提高零件或工具的表面减摩耐磨性，因而延长零件或模具、刀具的使用寿命。

本技术已获得中国发明专利。

2 技术指标

氮碳共渗时间为 2~6 小时，离子渗硫时间为 0.5~2 小时，渗层厚度 5~200 μm （根据工件技术要求而定）。氮碳共渗层硬度 700~1000HV。

3 应用说明

该技术的应用领域为机械、交通、石油勘探部门等各种零件的表面强化、模具（冲模、热挤压模）、刀具（铣刀、钻头）等表面强化。在汽车、摩托车用汽油发动机、柴油发动机中有广阔的应用前景，如齿轮、曲轴、汽缸套、活塞环等零件的表面强化。

4 效益分析

零件、模具、刀具等经离子处理表面强化后，一般使用寿命可提高到原来的 1.3~1.5 倍，提高了产品的竞争力。该技术也可用于对外加工，每处理一炉，可获利润 1000~1500 元，具有很大的经济效益。

5 合作方式

技术转让。

钛合金表面改性技术

1 成果简介

利用低真空中稀薄气体辉光放电产生的离子轰击钛合金表面,使工件加热到所需温度,对钛合金进行时效。同时表面渗入合金元素,在整体时效强化的同时,获得表面耐磨层,以延长钛合金工件寿命。

该技术特点是:节约气源,无公害污染,成本低。不需外加热源,处理时间短,渗扩速度快,能源损耗小。处理工件变形极小,不用进行其它加工,可直接装机使用,省时省工。工件耐磨性提高显著。

2 技术指标

渗层厚度:50~200 μ m。

渗层硬度:400~800 HV

3 应用说明

该技术可应用于航空航天器、航海舰船上的钛合金零件,以及耐酸泵、耐酸阀钛合金部件,提高它们的表面耐磨性。

4 效益分析

钛合金零件通过离子轰击表面改性后,表面耐磨性提高,一般使用寿命可提高到原来的1.3~1.5倍,提高了产品的竞争力。该技术也可用于对外加工,每处理一炉,可获利润2000~3000元,具有很大的经济效益。

5 合作方式

技术转让

多元多层纳米膜技术

1 成果简介

该技术是在离子镀技术上发展起来的一项镀膜技术。在真空室内采用真空弧光放电方法激发阴极材料,形成原子和离子。在电场作用下,原子和离子束高速轰击作为阳极的工件表面。与此同时向真空室内通入反应气体,即可在工件表面形成镀层。交替激发不同阴极材料(如钛、铬等金属),可以获得多元多层纳米膜,如TiN/CrNTiN/CrN等。

2 技术指标

渗层厚度：2~5 μm 。

渗层硬度：1300~1800 HV

3 应用说明

(1) 刀具、模具等工具的表面强化。在高速钢、硬质合金制造的刀具（如钻头、铣刀、车刀）及模具表面获得超高硬度的多元多层纳米膜，提高刀具、模具的耐磨性。

(2) 机械零件的表面强化。如凸轮、叶片、气门、活塞环表面获得耐磨镀层，延长零件使用寿命。也可以用于铝合金、铜合金、钛合金的表面强化。

4 效益分析

工具或零件涂覆多元多层纳米膜后，表面耐磨性提高，一般使用寿命可提高到原来的 1.3~1.5 倍，提高了产品的竞争力。该技术也可用于对外加工，每处理一炉，可获利润 2000~3000 元，具有很大的经济效益。

5 合作方式

技术转让

一种提高热锻模具使用寿命的表面处理技术

1 成果简介

热锻模是机械制造业中的重要加工工具和易耗品，各相关企业每年都要消耗大量热锻模具。随着产品精度要求的不断提高，对模具的精度、表面光洁度、尺寸稳定性、模具性能等性能指标的要求也越来越高，使模具的成本不断提高。因此对提高模具的性能和使用寿命有显著意义和经济效益。我们开发出的一种热锻模具表面处理技术。

2 技术指标

该技术经过表面镀覆处理后，在模具表面形成几个至几十个微米的镀覆层，使模具表面硬度显著提高，表面摩擦系数降低，使锻件的表面质量提高，并能显著提高模具的使用寿命（根据模具材料、锻模尺寸、形状不同，模具使用寿命提高幅度不同，一般约为 30%~140%），因而能显著提高产品质量和经济效益。

3 合作方式

面议。

锂离子电池高密度球形系列正极材料

一、高密度球形钴酸锂 (LiCoO_2)

1 成果简介

锂离子电池是新一代的绿色高能电池，具有电压高、能量密度大、循环性能好、自放电小、无记忆效应、工作温度范围宽等众多优点，广泛应用于移动电话、笔记本电脑、UPS、摄录机、各种便携式电动工具、电子仪表、武器装备等，在电动汽车中也具有良好的应用前景，被认为是在二十一世纪对国民经济和人民生活具有重要意义的高新技术产品。

正极材料是锂离子电池的重要组成部分。 LiCoO_2 是目前唯一已经大规模产业化并广泛应用于商品锂离子电池的正极材料，预计在相当长一段时期内还将占统治地位。 LiCoO_2 的研究虽然相对比较成熟，但其综合性能仍有很大的改进余地。

锂离子电池不断向高能量密度的方向发展，要求 LiCoO_2 正极材料粉体不仅具有高的质量比容量，而且要求有高的体积比容量。实践证明，正极材料的松装密度和振实密度越大，则正极片中正极材料的实际堆积密度越大，单位体积的电池中可以装入的正极材料越多，电池的能量密度也越大。粉体材料的松装密度和振实密度与粉体颗粒的形貌、粒径及其分布密切相关。举例来说， Ni(OH)_2 是用于镍氢电池和镍镉电池的正极材料。以前，人们采用片状的 Ni(OH)_2 ，其振实密度只有 $1.5\text{--}1.6\text{g/cm}^3$ ；目前采用的球形 Ni(OH)_2 的振实密度可达 $2.2\text{--}2.3\text{g/cm}^3$ ；球形 Ni(OH)_2 已基本上取代了片状的 Ni(OH)_2 ，显著提高了镍氢电池和镍镉电池的能量密度。根据我们的分析，目前国内外已商品化的 LiCoO_2 正极材料都是由无规则的片状或粒状颗粒组成的，材料的松装密度一般仅为 1.0g/cm^3 ，振实密度一般仅为 $2.2\text{--}2.3\text{g/cm}^3$ 。根据球形 Ni(OH)_2 的先例，可以预计，由规则的球形颗粒组成的 LiCoO_2 材料具有更高的堆积密度，从而有利于提高锂离子电池的能量密度。不仅如此，球形产品还具有优异的流动性、分散性和可加工性能，十分有利于制作正极材料浆料和电极片的涂覆，提高电极片质量。此外，相对于无规则的颗粒，规则的球形颗粒表面比较容易包覆完整、均匀、牢固的修饰层，因此球形 LiCoO_2 更有希望通过表面修饰进一步改善综合性能。据此我们预计，球形化是 LiCoO_2 正极材料的重要发展方向。

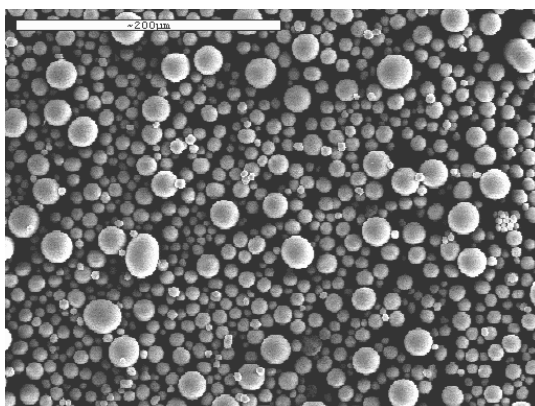
清华大学经过多年刻苦攻关，开发出新型的控制结晶 - 固相反应新工艺，合成高密度球形钴酸锂，为国际首创。该钴酸锂粉体材料由单分散球形颗粒组成、粒径分布可调（典型中位径 $D_{50}=8-9\mu\text{m}$ ）、堆积密度大（振实密度可达 $2.6-2.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，比商品钴酸锂提高 20-30%）、流动性好、可加工性能好；经权威机构和电池厂测试，各项理化指标和电化学性能指标均达到国际先进水平。产品的高密度、球形特色对改善锂离子电池正极片涂覆质量、提高电池能量密度、改善电池安全性具有重要意义。高密度球形钴酸锂正极材料在国际上为首创，代表了钴酸锂正极材料的发展方向。

采用该新技术生产高密度球形钴酸锂，彻底抛弃传统的以三氧化二钴为原料的高温固相法，而采用金属钴、硝酸钴或碳酸钴为原料，采用特殊的控制结晶技术预先合成高活性的球形氢氧化钴前驱体，再与锂源共混热处理的方法，一步煅烧合成高密度球形钴酸锂。

2 技术指标

外观：灰黑色粉末，无结块

微观形貌：由单分散球形颗粒组成（如下图）



粒度分布： $D_{50}=5\sim 15\mu\text{m}$ ， $2\sim 25\mu\text{m}$ 占 99% 以上，粒度呈正态分布，根据市场需要可适当调节

松装密度： $1.7\sim 1.9\text{g}/\text{cm}^3$

振实密度： $2.6\sim 2.9\text{g}/\text{cm}^3$

比表面积： $0.15\sim 0.30\text{m}^2/\text{g}$

pH: 9~10

电化学性能：0.2C 充放电时，首次放电比容量大于 $144\text{mAh}/\text{g}$ ，第 40 次放电比容量大于 $140\text{mAh}/\text{g}$ 。1C 充放电时，首次放电比容量大于 $136\text{mAh}/\text{g}$ ，第 40 次放电比容量大于 $133\text{mAh}/\text{g}$ 。

二．高密度球形镍钴锰酸锂($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$)

1 成果简介

正极材料是锂离子电池的重要组成部分。目前，研究最多的正极材料是 LiCoO_2 、 LiMn_2O_4 、 LiNiO_2 。 LiCoO_2 是唯一大规模商品化的正极材料，研究比较成熟，综合性能优良，但价格昂贵，容量较低，毒性较大，存在一定的安全性问题，预计将被高性能低成本的新型材料所取代。尖晶石 LiMn_2O_4 成本低，安全性好，但循环性能尤其是高温循环性能差，在电解液中有一定的溶解性，储存性能差。 LiNiO_2 成本较低，容量较高，但制备困难，材料性能的一致性和重现性差，存在较为严重的安全问题。 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 可看成 LiNiO_2 和 LiCoO_2 的固溶体，兼有 LiNiO_2 和 LiCoO_2 的优点，一度被人们认为是最有可能取代 LiCoO_2 的新型正极材料，但仍存在合成条件较为苛刻（需要氧气气氛）、安全性较差等缺点，综合性能有待改进。

近来，新型的三元复合氧化物镍钴锰酸锂($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$)日益受人瞩目。在该材料中，Ni 为+2 价，Co 为+3 价，Mn 为+4 价；充电时， Mn^{4+} 不变价， Ni^{2+} 变为 Ni^{4+} ， Co^{3+} 变为 Co^{4+} 。研究表明，该新型正极材料集中了 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 等材料的各自优点：成本比 LiCoO_2 大大降低，与 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 相当，甚至低于 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ ；电压平台高；可逆容量大（160 - 190mAh/g）；结构稳定，安全性好，优于 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ ，介于 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 和 LiMn_2O_4 之间；循环性能好；合成容易，只需在空气气氛中即能合成。

与钴酸锂一样，球形化是镍钴锰酸锂($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$)正极材料的重要发展方向，具有一系列突出的优点。清华大学核能与新能源技术研究院新型能源与材料化学研究室经过多年刻苦攻关，开发出新型的控制结晶-固相反应新工艺，合成高密度球形镍钴锰酸锂，为国际首创。该镍钴锰酸锂粉体材料由单分散球形颗粒组成、堆积密度大、流动性好、可加工性能好、比容量大、各项理化指标和电化学性能指标优良。

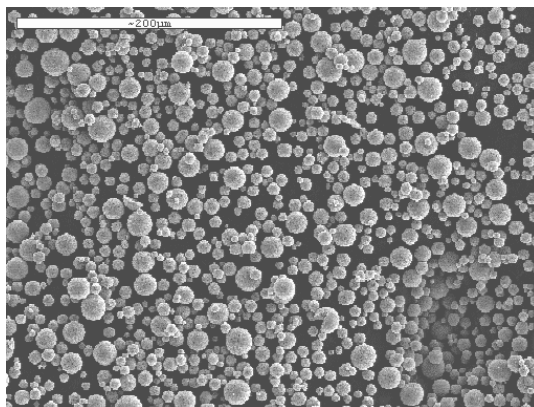
采用该新技术生产高密度球形镍钴锰酸锂，以金属镍、金属钴、镍盐、钴盐、锰盐为原料，采用特殊的控制结晶技术预先合成高活性的球形前驱体，再与锂源共混热处理的方法，一步煅烧合成高密度球形镍钴锰酸锂。

利用该技术制备所得球形镍钴锰酸锂不仅具有球形钴酸锂的突出优点，而且成本明显降低，容量明显增大，是最有可能取代钴酸锂的新一代正极材料。

2 技术指标

外观：黑色粉末，无结块

微观形貌：由单分散球形颗粒组成（如下图）



粒度分布： $D_{50}=5\sim 10\mu\text{m}$ ，粒度呈正态分布，根据市场需要可适当调节

松装密度： $\geq 1.4\text{g/cm}^3$

振实密度： $\geq 2.3\text{g/cm}^3$

比表面积： $0.15\sim 0.30\text{m}^2/\text{g}$

电化学性能：首次放电比容量大于 170mAh/g ，第 50 次放电比容量大于 160mAh/g

三．高密度球形磷酸铁锂（ LiFeP04 ）

1 成果简介

锂离子电池是新一代的绿色高能电池，具有电压高、能量密度大、循环性能好、自放电小、无记忆效应、工作温度范围宽等众多优点，广泛应用于移动电话、笔记本电脑、摄录机、电子仪表、武器装备等。近年来，锂离子电池的产量飞速增长，应用领域不断扩大，已成为在二十一世纪对国民经济和人民生活具有重要意义的高新技术产品。

然而，目前锂离子电池还是以小容量、低功率电池为主，中大容量、中高功率的锂离子电池尚未大规模生产，使得锂离子电池在中大容量 UPS、中大型储能电池、电动工具、电动汽车中尚未得到广泛应用。其中一个重要原因是锂离子电池正极材料尚未取得重大突破。

正极材料是锂离子电池的重要组成部分。迄今研究最多的正极材料是 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 及以上三种材料的衍生物，如 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 等。 LiCoO_2 是唯一大规模商品化的正极材料，目前 90%

以上的商品化锂离子电池采用 LiCoO_2 作为正极材料。 LiCoO_2 的研究比较成熟, 综合性能优良, 但价格昂贵, 容量较低, 毒性较大, 存在一定的安全性问题。 LiNiO_2 成本较低, 容量较高, 但制备困难, 材料性能的一致性和重现性差, 存在较为严重的安全问题。 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 可看成 LiNiO_2 和 LiCoO_2 的固溶体, 兼有 LiNiO_2 和 LiCoO_2 的优点, 一度被人们认为是最有可能取代 LiCoO_2 的新型正极材料, 但仍存在合成条件较为苛刻(需要氧气气氛)、安全性较差等缺点, 综合性能有待改进; 同时由于含较多昂贵的 Co, 成本也较高。尖晶石 LiMn_2O_4 成本低, 安全性好, 但循环性能尤其是高温循环性能差, 在电解液中有一定的溶解性, 储存性能差。新型的三元复合氧化物镍钴锰酸锂($\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$)材料集中了 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 等材料的各自优点: 成本与 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 相当, 可逆容量大, 结构稳定, 安全性较好, 介于 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 和 LiMn_2O_4 之间, 循环性能好, 合成容易; 但由于含较多昂贵的 Co, 成本也较高。

对中大容量、中高功率的锂离子电池来说, 正极材料的成本、高温性能、安全性十分重要。上述 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 及其衍生物正极材料尚不能满足要求。因此, 研究开发能用于中大容量、中高功率的锂离子电池的新型正极材料成为当前的热点。

正交橄榄石结构的 LiFePO_4 正极材料已逐渐成为国内外新的研究热点。初步研究表明, 该新型正极材料集中了 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 及其衍生物正极材料的各自优点: 不含贵重元素, 原料廉价, 资源极大丰富; 工作电压适中(3.4V); 平台特性好, 电压极平稳(可与稳压电源媲美); 理论容量大(170mAh/g); 结构稳定, 安全性能极佳(O与P以强共价键牢固结合, 使材料很难析氧分解); 高温性能和热稳定性明显优于已知的其它正极材料; 循环性能好; 充电时体积缩小, 与碳负极材料配合时的体积效应好; 与大多数电解液系统相容性好, 储存性能好; 无毒, 为真正的绿色材料。与 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 及其衍生物正极材料相比, LiFePO_4 正极材料在成本、高温性能、安全性方面具有突出的优势, 可望成为中大容量、中高功率锂离子电池首选的正极材料。该材料的产业化和普及应用对降低锂离子电池成本, 提高电池安全性, 扩大锂离子电池产业, 促进锂离子电池大型化、高功率化具有十分重大的意义, 将使锂离子电池在中大容量UPS、中大型储能电池、电动工具、电动汽车中的应用成为现实。

然而, 磷酸铁锂存在两个明显的缺点, 一是电导率低, 导致高倍率充放电性能差, 实际比容量低; 二是堆积密度低, 导致体积比容量低。这两

个缺点阻碍了该材料的实际应用。

当前，人们的研究注意力集中在解决磷酸铁锂电导率低这一领域，并取得了重大进展。采取的改进措施主要有：

(1) 往磷酸铁锂颗粒内部掺入导电碳材料或导电金属微粒，或者往磷酸铁锂颗粒表面包覆导电碳材料，提高材料的电子电导率。

(2) 往磷酸铁锂 (LiFePO_4) 晶格中掺入少量杂质金属离子，如 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ti^{4+} 、 Zr^{4+} 、 Nb^{5+} ，取代一部分 Li^+ 的位置，从而使磷酸铁锂本征半导体转变为 n 型或 p 型半导体，显著提高了材料的电子电导率。

(3) 往磷酸铁锂中掺入 Mn^{2+} 等杂质元素，取代一部分 Fe^{2+} 的位置，增大磷酸铁锂的晶胞参数，提高材料的锂离子电导率。

(4) 采用溶胶凝胶法、液相合成法等新工艺，减小磷酸铁锂晶粒的大小，甚至合成纳米磷酸铁锂，尽量缩短 Li^+ 的扩散距离，表观上提高了材料的锂离子电导率和材料利用率。

然而，磷酸铁锂堆积密度低的缺点一直受到人们的忽视和回避，尚未得到解决，阻碍了材料的实际应用。钴酸锂的理论密度为 5.1g/cm^3 ，商品钴酸锂的振实密度一般为 $2.0\text{--}2.4\text{g/cm}^3$ ；而磷酸铁锂的理论密度仅为 3.6g/cm^3 ，本身就比钴酸锂要低得多。为提高导电性，人们掺入导电碳材料，又显著降低了材料的堆积密度，使得一般掺碳磷酸铁锂的振实密度只有 $1.0\text{--}1.2\text{g/cm}^3$ 。如此低的堆积密度使得磷酸铁锂的体积比容量比钴酸锂低很多，制成的电池体积将十分庞大，不仅毫无优势可言，而且很难应用于实际。因此，提高磷酸铁锂的堆积密度和体积比容量对磷酸铁锂的实用化具有决定意义。

粉体材料的颗粒形貌、粒径及其分布直接影响材料的堆积密度。举例来说， Ni(OH)_2 是用于镍氢电池和镍镉电池的正极材料。以前，人们采用片状的 Ni(OH)_2 ，其振实密度只有 $1.5\text{--}1.6\text{g/cm}^3$ ；目前采用的球形 Ni(OH)_2 的振实密度可达 $2.2\text{--}2.3\text{g/cm}^3$ ；球形 Ni(OH)_2 已基本上取代了片状的 Ni(OH)_2 ，显著提高了镍氢电池和镍镉电池的能量密度。本实验室借鉴高密度球形 Ni(OH)_2 的研究成果，开发成功了锂离子电池高密度球形系列正极材料，包括 LiCoO_2 、 LiMn_2O_4 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 等。其中 LiCoO_2 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ 的振实密度已可达到 2.9g/cm^3 ，远高于商品化的同类材料。研究和实际应用表明，球形产品不仅具有堆积密度高、体积比容量大等突出优点，而且还具有优异的流动性、分散性和可加工性能，十分有利于制作正极材料浆料和电极片的涂覆，提高电极片质量；此外，相对于无规则的

颗粒，规则的球形颗粒表面比较容易包覆完整、均匀、牢固的修饰层，因此球形产品更有希望通过表面修饰进一步改善综合性能。在此基础上，我们提出：球形化是锂离子电池正极材料的发展方向。目前国内外报道的 LiFePO_4 正极材料都是由无规则的颗粒组成的，粉体材料的堆积密度和能量密度较低。因此，本项目致力于 LiFePO_4 材料颗粒的球形化，通过颗粒的球形化来提高材料的堆积密度和体积比容量；在此基础上，发挥球形材料易于表面包覆的优势，进一步通过球形颗粒的表面修饰提高材料的综合性能；在对 LiFePO_4 材料颗粒的球形化和表面修饰的过程中，充分借鉴、吸收、利用人们在提高磷酸铁锂的电导率方面已取得的优秀成果；最终制备出球形、高堆积密度、高体积比容量、高导电性的 LiFePO_4 正极材料，使之能应用于中大容量、中高功率的锂离子电池，促进该材料的产业化。

目前，本研究室采用二价铁盐或三价铁盐、磷酸或磷酸盐、氨水为原料，通过控制结晶技术合成高密度球形磷酸铁前驱体，再与锂源、碳源共混热处理，通过碳热还原法合成掺碳的高密度球形磷酸铁锂。该磷酸铁锂粉体材料由单分散球形颗粒组成、粒径 5-10 μm 、堆积密度大（振实密度可达 1.6-1.8 g/cm^3 ）、流动性好、可加工性能好，可逆容量 140 mAh/g 。

2 合作方式

该技术尚处于实验室研制阶段，但已取得决定性突破。热忱欢迎各界朋友与我们合作，进行中试放大和进一步研究开发直至产业化。

高分散性超细银粉制备技术

1 成果简介

超细银粉在电子工业中具有广泛的应用，如生产各种导电浆料，用于印刷电路及电子元件的内外电极。随着微电子技术的发展，印刷电路及电子元件的精密化和小型化要求银粉向高纯、高分散和超细方向发展。

近年来，我国已引进电子元器件生产线 76 条，每年所用的电子浆料超过 2000 吨，并随着我国电子工业的迅速发展，对超细银粉等原材料的需求量将急剧增加，仅纳米银粉的市场容量估计就达 50 吨/年，并有继续扩大的趋势。然而，由于我国的超细银粉制备技术起步较晚，整体水平比较低，迄今仍缺乏上规模的超细银粉生产企业。故国内生产高档电子元件所需要的超细银粉目前仍主要依赖进口。因此，超细银粉等原材料的尽早国产化已成为电子元件企业降低生产成本、提高出口竞争力的关键因素之一。

清华大学开发成功了“液相化学还原法生产高分散性超细银粉的新工艺”，该法具有产品纯度高、颗粒均匀，粒径在 50 - 500 纳米内可控、工艺流程短、设备简单、反应容易控制、试剂来源广泛、易于实现工业化大生产等优点。

2 应用说明

我国是世界上的白银生产大国之一，目前国内有色企业每年可生产白银几千吨，但由于我国的超细银粉制备技术起步晚且研发投入不足，导致超细银粉整体生产水平比较低，如我国的大中型有色冶炼企业所生产的白银仍主要以银锭形式销售，未能进一步深加工成超细银粉、硝酸银等高附加值产品。

鉴于电子行业对超细银粉等原料的需求急剧增加，目前国内已有一些非国有企业开始生产超细银粉，个别企业已有一定规模，但仍然存在颗粒团聚、分散性差等问题。因此，介入超细银粉的生产领域不仅具有良好的市场前景，并可产生显著的经济效益。

此外，该技术已拓广至银包覆铜粉、银包覆镍粉等复合金属粉末、银包覆玻璃微珠等电子屏蔽材料研究领域。

3 效益分析

项目的固定投资包括厂房、设备及技术转让费等，需 200 ~ 500 万元不等，视生产规模大小而定。

按目前的实际生产情况计算，每千克超细银粉的纯利约 300 元，该项目一旦成功并投入实际生产，以年产 30 吨球形超细银粉为例，每年可产生的经济效益为：

$$\text{年经济效益} = 30 \text{ 吨} \times 1000 \text{ 千克/吨} \times 300 \text{ 元/千克} = 9,000,000 \text{ 元}$$

4 合作方式

可采用技术转让、技术开发或技术服务等合作方式，技术费用另行商议。

从电池生产废料中回收硫酸镍和硫酸钴

1 成果简介

我国已经成为电池生产与消费大国，每年产生的废旧氢镍、镉镍、锂离子电池在十五亿支左右，且增长速度很快。另外，在电池生产过程中会产生一定量的废料，其产生量随电池产量的增加而增加。据估计，目前仅广东省内电池厂家产生的废料就超过 300 吨/月。氢镍、镉镍电池及其生产

废料属于危险废物的范畴，其中含有重金属镍、镉、钴、稀土金属等，若不加以回收处理，不仅对环境造成极大的污染，而且浪费了国家战略性的金属资源。同时，随着 ISO14000 环境管理认证体系的逐步推行，以及中国加入 WTO 后经济全球化影响，电池销售市场要求电池生产厂家将其产生的废旧电池交由环保部门认定的具有处理危险废物资质的单位进行处理，以确保避免二次污染的产生，作为电池厂家进入国际市场的一条准入原则。因此，建设专业化的、符合环保规范要求的废旧电池及其生产废料的回收处理机构，对于促进我国电池产品进入国际市场，保证我国电池企业的可持续发展具有非常重要的意义。

清华大学核研院 203 室利用在镍钴分离等湿法冶金领域的技术优势，在核研院基础研究基金和江门市芳源环保科技开发有限公司项目等课题的资助下，完成了从电池废料中回收硫酸镍和硫酸钴的工艺研究，并已投入工业生产。

2 应用说明

目前国内镉镍、氢镍、锂离子电池年消耗能力以 AA 规格计算约为 15 亿支，总重量可达 1.5 万吨，再加上电池生产过程产生的废料，可以看出其中蕴含的金属资源量是相当大的且废旧电池中有价金属含量远高于矿山的可开采品位。如氢镍电池中含镍量在 20% 以上，钴 3% 左右，轻稀土金属 5% 左右；镉镍电池中含镍在 20% 以上，钴 1% 左右，镉 16%；锂离子电池含钴 15% 左右，铜 7%，锂 3%；而我国的铜、钴、镍资源短缺，如铜矿的工业品位为 0.5%，镍矿的工业品位为 0.3%，钴不能形成单独矿床，一般与镍、铜共生，需综合回收利用。显然，采用先进技术处理电池废料回收硫酸镍和硫酸钴是利国利民。

清华大学采用易于实现连续化操作的溶剂萃取技术处理废旧二次电池及其生产废料，具有工艺成熟且镍、钴分离彻底，硫酸镍和硫酸钴产品纯度高等一系列优点。此外，通过前处理工艺的优化，该生产线可以同时处理三类电池废料，也适合处理解体后的废旧电池。合作基地——江门市芳源环境科技公司目前已成为持有广东省环保局核发的“危险固体废物经营许可证”的废旧电池及其生产废料处理企业，其处理工艺曾获得广东省环保局科技进步三等奖，现又有了重要改进，基本消除了二次污染。

3 效益分析

按每年处理 500 吨镍金属量、20 吨钴的生产废料计算，项目的年销售产值约 8000 万元，不仅能产生可观的经济效益，而且能产生巨大的环境效

益。

4 合作方式

技术转让、技术服务，其技术费用一般在 100 ~ 150 万元，视技术受让方的规模而定。

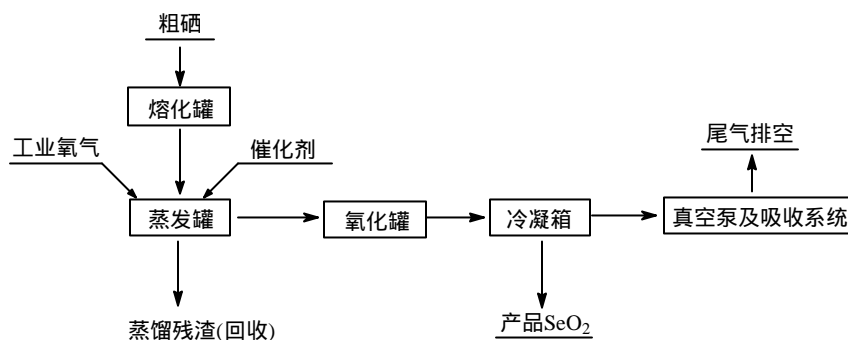
二氧化硒及精硒生产技术

1 成果简介

硒是一种半导体元素，主要从铜有色冶炼厂的阳极泥等综合回收。二氧化硒是最重要的硒化合物之一，在制药、化工、冶金等许多领域有广泛应用。其中主要用途之一就是作电解金属锰的添加剂。尽管其作用机理仍众说纷纭，但大家公认硒化合物提高了氢的超电压，从而使电解过程的电流效率从极低跃升到 80%~90% 以上，而且对金属锰的晶体结构及沉积形态产生好的影响，并降低了对电解液的净化要求。随着国民经济的飞速发展，人们对钢铁的需求日益增长，特别是对低合金钢（如锰钢）的需求大大地带动了对金属锰工业的发展，从而导致对二氧化硒的需求猛增，致使其价格大幅上涨。由于理论上 1 吨硒可生产 1.4 吨以上二氧化硒，且二氧化硒的价格还高于精硒。因此，利用粗硒生产二氧化硒或进一步精制成纯硒具有重要的经济意义。

人们最初采用硝酸氧化粗硒——氨水中和 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 除 Pb、Cu 和 Zn 等——用伊氏盐除 Hg——滤液用 SO_2 还原制得精硒——由精硒生产氧化硒。该法的优点是能从低品味(70%Se)粗硒中生产精硒和纯氧化硒，但是其缺点是流程长，硝酸氧化排出大量氮氧化物，劳动条件恶劣，因而已为氧气氧化法所取代。

氧气氧化法的工艺流程如附图所示。其原理是利用硒的氧化物与杂质氧化物的挥发性不同，实现硒与大多数杂质的分离。粉状粗硒先在熔化罐中熔化、流入蒸发罐，挥发出的硒在氧化流中氧化、并以 SeO_2 的形式挥发出来，最后在冷凝罐中凝结成雪白的 SeO_2 粉末，定期出料，而粗硒中的大部分杂质则生成难挥发的氧化物等残留在中，从而达到硒的分离与提纯的目的。整个氧化炉中为半连续装置，视粗硒品位的高低，一般 5 ~ 6 天停炉清理蒸馏渣一次。



附图 由粗硒氧气氧化法生产 SeO_2 流程图

此二氧化硒产品能符合湘 Q/YB862-84 质量标准($\text{SeO}_2=99.5\%$) ,完全满足电解锰及金属表面处理剂等方面要求,不需要进一步处理。而生产精硒则只需要添置溶解、除杂和还原等一套湿法冶金装置,即可生产高等级的精硒。

正如前叙,氧气既是氧化剂,又是 SeO_2 的载运物,因此,氧气耗量是影响生产成本的重要因素之一。

清华大学在已获奖(原中国有色金属工业总公司科技进步三等奖)内容的基础上有所改进,通过改变炉型和引入催化剂,从而明显地改善产品的品质、降低了氧气量,使加工成本降至国内先进水平。

2 应用说明

以年处理 40 吨粗硒为例,需要厂房面积约 120~150 平方米左右,包括原料存放间、氧化炉生产间、氧化硒成品存放间、氧气瓶堆放处和换衣间兼浴室。其中由于二氧化硒属于有毒性的无机化学品,国家对生产车间有较严格的卫生标准。因此,氧化炉生产车间需要有良好的抽风系统,而原料库、产品库等则需保证防湿和防盗安全设施。

该工艺需要的配电系统及控制系统、真空系统、标准设备、氧气瓶及微型车投资、异型(定制)耐火砖等固定资产投资约 25~30 万元。而流动资金主要用于粗硒原料的购进,根据进料批次的不同,而有所不同,建议按季度进粗硒原料,按 7 万元/t(95%Se),则每次需要的流动资金约 70~80 万元。需要员工不超过 6~10 人。

3 效益分析

按每吨粗硒 7~8 万元、二氧化硒 13 万元计算(目前国内二氧化硒的市场报价为 60~80 万元/吨,供不应求,波动很大),每年处理含 $\text{Se}>95\%$ 的进口(或国产)粗硒 40 吨时,项目年利润 250 万元,特别适合有闲置厂房、

有冶金、化工经验的企业投资开发。如每年需要 60 吨 SeO_2 的电解生产金属锰的企业，以市场价 68 万元/吨为例：若自己生产，即使是零利润的条件下，每年还可减少税收成本数百万元。

4 合作方式

技术转让，其转让费一般在 30 ~ 50 万元左右，视技术受让方的规模而定。

特种金属及复合物粉体制备技术

1 成果简介

特种金属粉体是指经过精细加工的超细金属粉或金属复合粉，如超细锌粉、铜金粉、超细银粉、贵金属包覆粉（覆银铜粉、覆银镍粉等）等。它们分别在金属防腐、装饰、电子浆料、电子屏蔽材料等领域得到了广泛应用。此外，纳米二氧化钛、纳米氧化锌、超细氧化铁以及纳米氢氧化镁等功能性粉体也具有广阔的应用前景。

清华大学根据市场的需要，近年来对特种金属及其复合物粉体的制备技术进行了研究，相继开发了“蒸馏法生产超细锌粉”，“液相还原法制备超细银粉技术”及“液相还原法制备贵金属包覆粉体技术”，其中超细锌粉和超细银粉制备技术可投入工业生产或半工业规模试验。

此外，在国家自然科学基金等项目的资助，开展了纳米二氧化钛磁性光催化剂、微纳米氧化铁、稀土掺杂氧化物气敏传感材料的研究，已完成实验室规模的实验研究。

2 应用说明

中国是世界上主要的锌生产及消费大国。特别是近年来，作为能源金属的无汞锌粉生产受到格外重视，迄今已有多家有色企业的超细锌粉和无汞锌粉厂投产，但目前国内的无汞锌粉质量仍不如比利时五矿公司的产品；富锌油漆用普通超细锌粉仍有较大的市场缺口，而国外已开发成功的片状锌粉具有用量少、防腐性能好等优点，但国内仅有小试报道，未见工业产品。清华大学与其他单位合作共同改进了传统的“蒸馏法”锌粉生产工艺，可采用隔焰炉法或碳热电阻炉法生产出合格超细锌粉产品。

此外，“液相还原法制备超细银粉技术”已经开始进入工业化实施阶段，而“液相还原法制备贵金属包覆粉体技术”、“片状锌粉的研发”、“纳米二氧化钛磁性光催化剂及其产业化”等还有待于进一步完善，希望有兴趣的企业

进行投资开发并实现产业化。

3 效益分析

年产 5000 吨超细锌粉项目的设备投资约 250~300 万元，年销售收入约 6000 万元，按 10% 的利润计算，达产后的利润约 600 万元。

年产 30 吨球形超细银粉项目的设备投资约 200~500 万元（包括纯水系统），按目前的实际生产情况计算：每千克超细银粉的纯利为 300 元以上，该项目一旦成功并投入实际生产，每年可产生的经济效益为 900 万元。

4 合作方式

可采用技术转让、技术开发或技术服务等合作方式，技术费用另行商议。

胶管胶条生产及工艺

1 成果简介

从 1987 年开始从事橡胶管生产技术与设备的研究与开发，已经研制开发了各种胶管的连续压出生产线，曾为 50 余家各类胶管生产企业提供了优质服务，包括提供生产工艺技术，出售专业生产设备以及建立合资胶管生产企业等。各种生产线都利用了国际最先进的技术，主要电控单元采用进口产品，生产线自动化程度高。

在几年的开发研究中已有几十条各种不同的生产线成功的投入了生产，尤其在汽车行业，全国很多汽车胶管配套厂家都有我们研制的设备，生产出的胶管达到国际先进水平，为各种车辆配套（如：奥迪、富康、桑塔纳、捷达等）。

2 合作方式

面议。

冷镀锌涂料

1 成果简介

冷镀锌涂料又称导电涂料。其特点是防静电、附着力强、防腐性好，他是由多种原材料配方研磨搅拌而成，其主要技术是配方和其中主要材料锌粉的制造。

可用于高速公路、电力铁塔、油罐、化工厂等工作环境比较差的场合。

该项目是清华大学与相关单位分析了国外同类产品后，合作开发成功的，已经有小批量生产，并有一些用户，用户使用后反映很好。

2 技术指标

物理化学性能：

冷镀锌特种涂料主要性能指标

序号	项 目	性能指标	测试标准
1	涂膜颜色	灰 色	GB1729--86
2	固体含量%	> 80	GB1725--89
3	干燥时间表干 min	30	GB1728--89
	实干 h	48	
4	附着力（划圈法，级）	1 ~ 2	GB1720--79
5	冲击强度（J）	5	GB1732--93
6	柔韧性（mm）	1	GB1731--93
7	体积电阻率（ $\Omega \cdot m$ ）	3.6×10^{-2}	GB1410--89
8	耐温（150℃）	200 小时，涂层完好	GB1735--89
9	使用量（约 40 μm ）	4m ² /Kg	GB1758--93

冷镀锌与热镀锌耐化学介质侵蚀性能比较

化学介质	条件	涂层状态	
		冷镀锌	热镀锌
自来水	常温一年	涂层完好	水中部分变黑
0.1N 盐酸	常温一年	涂层完好	水中部分变黑
甲醇	常温一年	涂层完好	涂层完好
机油	常温一年	涂层完好	涂层完好
模拟海水	常温一年	出现小鼓包，无白锈	有一半面积露铁
洗涤剂(0.5%)	常温一年	出现小鼓包，无白锈	厚厚一层白锈

3 应用说明

“冷镀锌”是一种由新型高分子树脂、经特殊处理的锌粉、特种助剂及复合溶剂组成的高固体组份特种涂料。它是集阴极保护作用和导电性能于一身的新型高富锌涂料，乃国内首创，属专利产品。其性能达到国际同类产品的水平。

特性:

- 1、既具有一般涂料的“钝性”保护作用，又具有独特的阴极保护作用，防腐性能优越，可代替热镀锌；
- 2、涂层相融性好，可在旧“冷镀锌”涂层上涂刷一层新的“冷镀锌”，层间无间隔，省去了一般旧涂层的清除费用，还可单独修复损坏部分；
- 3、涂层具有良好的导电性能和防静电性能，可作电力铁塔、油品储罐外的涂层；
- 4、该涂料具有良好的附着力和耐水性，耐候性能优越，尤其是对钢铁基材有着极好的电化学保护作用。既可单独涂刷在金属表面，又是一种性能良好的底漆，可以和各种面漆配合使用；
- 5、在湿度大的场所（如海边或车间里）涂刷，只需把钢铁上的水珠擦掉即可涂刷，涂层质量不会降低；
- 6、防腐寿命可达 10 年。

可作为各种用途的防护底漆，也可独立作为永久性防护涂层，如：石油和石油产品的储罐外涂层、压力泵的管道、民用自来水管和储罐、内河水下设施及船身、桥梁和建筑结构、道路护栏、输电线路的铁塔和其他设施、钢制品和零件，其中包括汽车零件，铁路运输，集装箱等。

4 效益分析

初期投入技术转让费 50 ~ 70 万元，设备投资 100 万元，流动资金 100 万元（按年产值 400 万元计）。

该项目初期需一定的投入，但是社会效益和经济效益非常可观。国内的潜在产值就有几亿人民币。而且这类产品是高附加值的产品。按每吨售价 40000 元，原材料费、加工费 18000 元计，毛利可达 50% 以上。

5 合作方式

转让使用权，合作开发。

物理场水净化处理器**1 成果介绍**

随着社会的发展和城市规模的不断扩大，住房基本建设不得不向空间扩展，使得城镇楼房越来越高，占地面积越来越大，从而造成城市集中生活供水系统运转困难，为解决这一实际问题，各种方案应运而生，其总体设计思想是设法将集中供水环节分散到各居民小区，使整个城市形成多级供水的局面，从而大大减轻了自来水公司单独供水的压力。当楼房规模较

大时，可以独立设计该楼房自己的供水系统，以确保该楼居民的正常生活用水供应。

为保证楼内各住户均能得到供水，必须提供一定的水压，目前得到水压的方案大体有两种，第一种是用机械水泵强迫加压，为此需对一部分楼群设立集中的加压站，加压站可以就近建设，没有高度要求，加压方式可以手动也可以自动，需要在地面或地下设置大容量的蓄水池。第二种方案是在每一个需要供水的楼顶设置高位水箱，为满足全楼供水需要，水箱的容积必须足够大，这就带来一系列其他问题。最主要的是水质净化问题，蓄水池或高位水箱常年连续储水，必然要孳生各种微生物和致病细菌，甚至孳生寄生虫，必须采取必要措施对其净化，否则要发生严重问题，中央电视台等新闻机构曾对某地二次加压供水储水罐中寄生大量红线虫的情况集中给以现场报道，这种危害广大人民群众切身健康的问题必须引起足够重视。

目前的方案主要有以下几种：

1. 对储水罐定期进行人工清洗，这种方法费工费时，成本高昂，主要目的是清除看得见的寄生虫，效果很差，不仅无法消灭各种微生物和致病细菌，甚至可能带来新的微生物和致病细菌，但看得见的寄生虫必须清除。目前全国大量楼群仍在采用这种方法对储水罐“消毒”，这种方法还必须在“消毒”期间停水。

2. 定期撒药，主要是撒漂白粉，利用药粉产生的游离氧原子对微生物和致病细菌进行杀灭，这种方法撒药期间浓度有害人身健康，时间久远又要孳生新菌，且撒药对寄生虫效果较差，久而久之，失效以后的药末沉于罐底，更容易形成微生物和致病细菌的孳生基地，并容易造成新的污染。

3. 紫外线灯杀毒，利用紫外线对生物的杀灭作用对水净化，但有些储水罐面积很大，水又深，紫外线灯杀毒效果不好，且紫外线灯对寄生于深水区的微生物和致病细菌无能为力，对寄生虫杀灭效果较差。

4. 臭氧灭菌，臭氧在还原成氧分子时形成游离氧原子，利用它强烈的氧化作用对活的生物体产生破坏作用，从而达到灭活的目的。这种方法必须设法使臭氧尽可能多的溶于水，尽量均匀地溶解于整个储水罐的存水中，因而实现困难。

国外针对这一问题采取的传统方法主要有：水箱采用不锈钢等高材质配合臭氧、紫外线、同位素结合自动混药等；其实用效果好，但成本高、占地大，如使用不当，有可能造成新的污染源，不适于我国国情。

在加拿大、德国等一些发达国家,90 年代开始尝试用高压静电场对工业循环水进行处理。一些科技杂志曾对加拿大的静电水处理设备应用于我国宝山钢铁厂的工业循环水情况进行报道,其主要效果在于灭菌和除垢,据报道,用这种方式对工业循环水处理取得了较好的效果。

2 技术指标

在整个研制过程中主要完成了以下几个方面的工作:

1. 高压静电场产生电路设计的成功与否,不仅直接关系到系统的稳定、安全运行,而且决定了系统工作特性的好坏。本系统电路的设计采用了逆程脉冲斩波技术,并设计了可靠性高、工作稳定的高压调制、产生电路,输出直流高压可达 26KV。并在 DC3KV~DC26KV 的范围内连续可调;带载能力可达 1000 μ A。保证了系统正常、稳定、安全的工作。

2. 高压设备的设计中,安全性是一个十分关键的问题。在该系统电路的设计中,充分考虑了装置的安全性,并根据对各类故障及事故隐患的分析,设计了综合保护电路,分别进行了测试实验并应用于工业现场,实用效果良好。

3. 为保证电场作用的均匀、稳定,使水质达到理想的处理效果。经反复实验,成功设计出由特殊材料制成的、结构具有鲜明特色的能量输出装置静电离子棒,充分保证了系统各项功能的发挥。

4. 样机设计完成后,首先在石家庄铁道学院电子工程研究所进行了实验室实验,在实验水箱内,分别采取经该装置处理前后的水样进行化验、比较,证实该设备具有杀灭有害菌、灭藻、去除重金属离子、除垢、缓蚀等功能,使水质活化变清。检验数据说明,该设备的灭藻率和杀菌率均超过 94%,且该设备具有明显的缓蚀、阻垢能力。

在进行充分实验的基础上,在石家庄市 22 中宿舍区供水站、北焦村二次加压供水站等处进行了用户现场实验。

3 应用说明

本项目的研制目的是利用高压静电设备对生活用水进行处理,用专门设计的高压静电电极在楼宇供水的储水罐中产生合理的静电场分布,使水分子按静电场呈链状分布,合理分布的高压静电场还可以破坏微生物细胞膜的正常生成,从而达到杀灭微生物和致病细菌的目的,高压静电场可以在储水罐中形成一定浓度的氧离子和臭氧,只要合理布置电极位置便可以使氧离子更均匀地溶解于储水罐中,从而达到进一步灭活的目的。经高压静电场处理过的生活用水还可以减轻锅炉水垢的生成,节省除垢费用,从

而更适合于锅炉供水系统。

系统的简化运行原理图如 1。

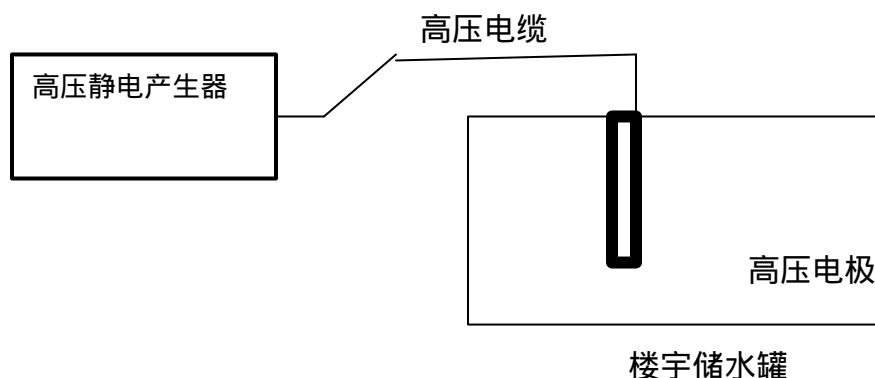


图 1 系统的简化运行原理图

该项目主要用于生活、生产储水罐的杀菌、灭藻、去垢处理。其主要技术是通过电子技术发出的微功耗高电压脉冲在水罐中产生物理电场，使生物细胞无法生活而死亡达到杀菌灭藻的作用。同时电场也对水中的杂质起分解作用，从而起到去垢的效果。

4 效益分析

项目开支预算

费用名称	2005 年	2006 年	经费小计
设备：	50	50	100
材料：	50	50	100
人工；	20	20	40
测试：	10	20	30
出差费外协：	5	5	10
会议资料费：	4	6	10
总计	139	151	290

该系统技术上有一定的难度，但是社会效益和经济效益非常可观。国内的潜在产值就有几亿人民币。而且这类产品是高附加值的产品。按每套售价 18000 元，原材料费、加工费 6000 元计，毛利可达 60% 以上。

5 合作方式

面议。

石脑油裂解炉在线仿真软件

1 成果简介

石脑油裂解炉辐射段的稳态工艺模型已经得到了成熟的研究，可以实现离线仿真和操作指导。当裂解装置的进料负荷、进料温度、炉膛温度等随着运转时间变化时，可以通过不断调整稳态模型输入数据进行仿真模拟，来表征此时裂解炉的裂解特性。但是，如果石脑油进料的油品特性也发生了变化，以前的稳态模型就无能为力了，但本项目突破了稳态机理模型的上述局限，解决了石脑油油品特性变化时模型的参数调整问题。利用本模型，可以实现以下功能：

(1) 根据裂解工况预测主要裂解产物收率；

(2) 模型可在线应用，连续预测裂解产物收率，可以克服工业色谱仪测量不准确的缺陷，可以在一定时间内用该模型的预测值代替在线色谱仪的数据。

2 应用说明

该软件只需定期输入石脑油的常规物性参数（如恩氏蒸馏温度、族组成和密度等）即可实现石脑油详细组成的估算；输入一组裂解气产物分析值即可自动实现反应模型的参数调整；根据实时数据库的裂解操作参数对裂解炉进行在线仿真，进而可以对操作进行优化。

3 效益分析

对 30 万吨/年规模的乙烯厂家，以石脑油原料占三分之一计算，通过本系统使乙烯收率绝对值提高 0.1%，预计经济效益即可达百万元/年以上。

4 合作方式

转让使用权，合作开发。

聚丙烯熔融指数软测量

1 成果简介

聚丙烯（PP）是五大通用塑料之一，用途十分广泛，可采用注塑、挤塑、吹塑等成型加工工艺，产品主要用于生产机械零件、汽车零部件、家具、玩具、丙纶纤维、医疗器械及包装材料等。对于丙烯聚合工业，熔融指数（MI 或 MFR）是决定聚丙烯产品牌号，衡量产品合格程度的重要质量指标。虽然已有熔融指数的在线分析仪，但价格昂贵，且在聚合釜高粘度高温高压的环境下，仪器无法保证正常工作。为控制聚丙烯的熔融指数，

目前工厂主要根据实验室的熔融指数离线分析值对工况进行调整。由于样本熔融指数的离线分析过程一般需要两小时，造成了控制滞后，产品质量不稳定。特别是在产品牌号切换过程中会产生大量的不合格料，带来了经济上的损失。因而建立聚丙烯熔融指数软测量模型，对熔融指数进行实时在线估计，作为生产控制的参考依据，将有利于产品质量的提高。

我国目前实际生产的聚丙烯牌号，产量较大的均是低档的产品，没有完全发挥引进装置的生产能力，树脂加工工业所需的一些高档料却需大量进口。从国外发展经验来看，聚丙烯的发展趋势是走向高档次的品种和牌号，丙烯-乙烯嵌段共聚物等在产品中所占的比例在快速提高，美国公司生产的共聚物占整个聚丙烯产量的 30%，日本则更是达到了 40%。按目前的发展趋势，预计到 2010 年，我国聚丙烯的生产能力将达到 430 万吨/年，从数量上看产量和需求基本持平，但如果还主要生产低档的产品，那么低档料将供过于求，而高档料仍将依赖进口，这对我国聚丙烯工业发展极为不利。因此为了提高产品的质量，建立聚丙烯熔融指数软测量模型是当务之急。同时，市场对聚丙烯的需求趋于多样化，这就要求企业必须能够根据市场需求快速作出反应，相应的转换生产牌号，从过去的单一化大批量生产转向多样化的少量快捷生产。因此，牌号切换技术的研究和开发也势在必行。

2 应用说明

在借鉴国外先进经验的基础上，结合国内聚丙烯生产装置的实际情况，采用了机理和统计两种技术路线对多种牌号的聚丙烯熔融指数进行软测量。机理模型依据聚合反应机理和反应动力学；统计模型则根据采集到的现场运行数据，采用神经网络/部分最小二乘（NNPLS）方法，实现丙烯聚合过程在线运行的熔融指数预报。同时还根据聚合反应机理和反应动力学，建立了聚丙烯的牌号切换模型，给牌号切换过程提供指导，为今后的优化控制奠定了基础。

上述建立的熔融指数机理、统计软测量模型及牌号切换技术，已经投入 Hypol 工艺聚丙烯生产装置的连续在线运行，运行结果显示，模型计算结果较好地符合化验分析数据，熔融指数的平均预报误差在 10% 以内，对稳定生产、指导操作、提高产品的优品率有很大帮助。同时通过实施该模型，产品牌号切换时间减少 25% 以上。

该项技术已经实现产业化，而且已经获得厂家的实际使用认可，是成熟的生产技术。

3 效益分析

该软件投运后可以在线指导操作，提高了聚丙烯产品的质量，减少了过渡料，为今后的优化控制奠定了基础。同时可以使操作人员和维护人员对工艺过程、聚合机理有深入的了解，提高操作管理人员的科技素质。对于年产 22 万吨聚丙烯的塑料厂，通过实施该软件，每年可以增加经济效益 180 万元左右。

4 合作方式

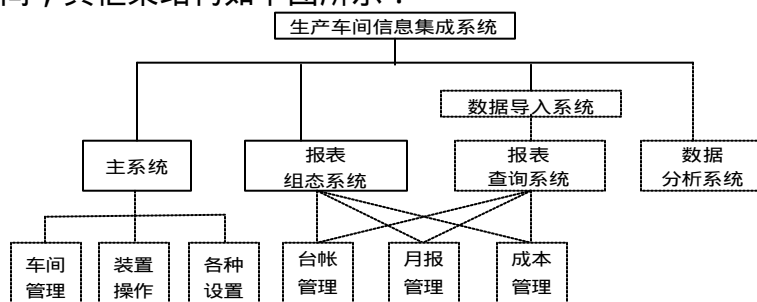
商谈、转让使用权、合作开发等。

炼化企业生产车间信息集成平台软件

1 成果简介

本软件适用于炼化企业生产车间或有类似管理方式的流程工业生产车间。

应用本软件构成的信息集成系统可以组态生成车间、组态生成装置、组态生成台帐、月报和成本报表等，功能完整，组态灵活，一套系统可用于多个车间，其框架结构如下图所示：



炼化企业生产车间信息集成系统功能的框架结构

？ 主系统

组态生成车间、装置以及进行各种相关设置，包括修改、删除、建立用户、设置权限等。

？ 报表组态系统

报表组态系统以车间、装置为单位进行报表的组态工作。

报表分为三类：台帐类、月报类和成本类。

每一类报表的组态包括“新建”报表、“修改”报表、“保存”报表、“删除”报表、定义“计算列计算公式”等功能。

？ 报表查询系统

报表查询系统以车间、装置为单位进行报表的查询工作。

报表分为三类：台帐类、月报类和成本类。

每一类报表的查询态包括“查询”报表、“保存”报表、“另存”报表、“打印”报表等功能。

？ 数据分析系统（根据需求开发）

对生产装置的操作参数进行统计分析，可以对操作平稳率进行统计分析，也可以对成本进行统计分析，从而对班组或个人进行绩效考核，提高管理水平，提高工作效率，提高经济效益。

2 应用说明

本软件是一个信息集成软件，一般需要有数据采集系统、相关的管理系统，即生产数据和有关的管理数据进入实时数据库和关系数据库系统。

硬件环境：

客户端程序应运行在 P3-450 或塞扬 550 之上、内存 128M、显示器分辨率 1024*728；运行的最低要求为 P2-250、内存 64M、显示器分辨率 800*600，低于此标准的配置，系统不能提供可接受的响应速度。

服务器端要求运行在中、高档服务器上，硬件要求与 SYBASE SQL SERVER12 相当。

后台程序端，可以运行在中、低档服务器上，但是要求服务器负担分配在留给后台程序服务的 2 个工作小时里，其他服务器处于低优先级别。

软件环境：

客户端可以运行在 WINDOWS98、WINDOWS ME、WINDOWS2000 等平台上。软件支持需要 SYBASE SQL SERVER 11 客户端联接程序，即安装 SYBASE OPENCLNT、SYBASE ODBC DRIVER，TCP/IP 协议，开放 SOCKET 连接口 21。

服务器端需要运行 SYBASE SQL SERVER 11-12 之间的版本；数据库名称为 SHOP，连接用户为 SHOP，口令为 SHOP00。数据表格除 T_SYSTEM、T_WORKSHOP、T_DEVICE、T_GROUP、T_GROUPDETAIL 等表格外，其他涉及车间、装置等的表都可以在程序运行过程中创建。系统的服务端开放 ftp 服务，为本系统提供相应目录下读、写、创建目录等权限，端口为 21。

后台程序端需要的软件运行环境与本系统的客户端基本相同，增加 PB6.5 运行环境。建议运行在 WINDOWS NT、WINDOWS2000SERVER 等平台上，需要设置一个操作系统计划任务：在确定的时刻，如每天 2：00

运行后台转换程序 BACKPROGRESS.EXE；配置后台程序端时一次性启动 READFLAG.EXE 文件，并确保 C:\SIGN 文件初始内容为 idle。

3 效益分析

成果软件已经成功应用于某炼油化工有限公司的 5 大生产车间和 1 个分厂，取得了显著的经济效益和社会效益。

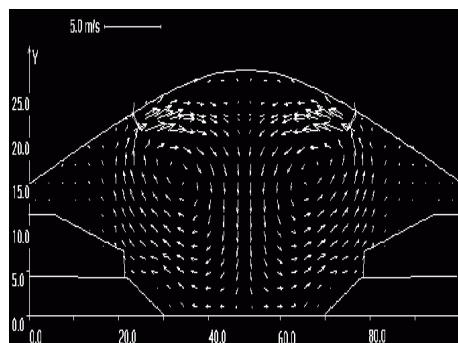
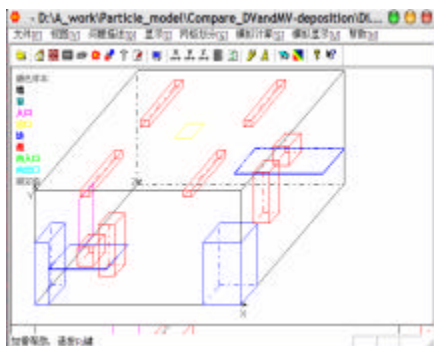
4 合作方式

转让使用权、合作开发等。

建筑环境设计及仿真软件

1 成果简介

- (1) 教育部鉴定：国际先进，部分国际领先；
- (2) 采用先进的模型和算法和环境评价指标；
- (3) 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；
- (4) 针对性地解决建筑环境与设备工程典型流动和传热问题。



示例 1：高大空间建筑环境设计

2 应用说明

应用领域：建筑（尤其是高大空间建筑如体育馆、剧场等）通风设计；紧急事故通风（如工业通风、反恐通风、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；室内空气品质预测和设计；建筑外环境设计（如住宅小区风环境设计、自然通风设计等）；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）；各类建筑设备性能仿真和设计（如冷藏柜、蓄热罐等）。

直接效应：缩短设计周期；大大节省设计费用；节省建筑能耗；提高建筑环境质量；改善居者生活质量，创造节能、健康、舒适的建筑环境。

3 效益分析

1.当前的建筑趋于复杂化、大型化、多功能化，设计环境复杂，设计难度很大；

2.现有的设计、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。

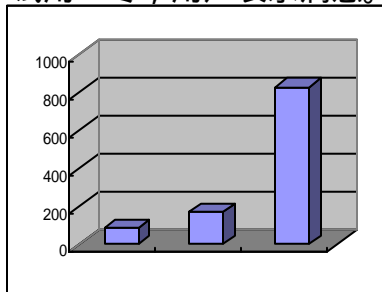
4 合作方式

面议。

高温相变蓄热电暖器

1 成果简介

本产品系清华大学最新研究成果，取得多项专利，结合高性能蓄热材料和热调控技术，充分利用峰谷电价政策，夜间利用高温相变材料蓄热，白天放热满足用户采暖之需，既可缓解电网峰谷差，又克服了普通电暖器没有蓄热功能、运行费用高的缺点，已在北京华亭小区和安宁里小区用户家中试用一冬，用户表示满意。



不同材料单位质量蓄热量(kJ/kg)



高温相变蓄热电暖器

(注: 从左到右依次为 H₂O、Fe₃O₄ 和 TH576，温度计算区间分别为 70 ~ 90 °C, 300 ~ 576 °C and 300 ~ 576 °C)

2 技术说明

本产品具有以下独特性能：

高温相变蓄热材料（TH576）潜热蓄热密度高，单位质量的蓄热密度是四氧化三铁的 5 倍（计算温度区间为 300 ~ 576 °C，见图 1）；

蓄热效率高达 67%，热性能比同类显热蓄热电暖器（蓄热效率约为 36%）有明显优势；

相变温度恒定，热舒适性能明显优于同类产品；

采用合适的保温和强化换热形式，既保证散热时散热表面温度不过高（ <80 ），又保证较大的散热速率；

采用单元组装式设计，使用灵活；

无运动部件，无噪音运行；

采用时控和温控双重控制，调节简单方便，安全可靠；

经济性好，可大大节约运行费用，4~5 年可回收（根据实际情况确定）。

3 效益分析

所用相变材料原料充足、成本低廉、加工方便，可实现大批量生产。预计整机生产成本在 1000~1300 元之间，可提供 15~20 平方米的房间供暖。按照目前北京市电采暖优惠政策，以二期节能建筑（ $20.6\text{W}/\text{m}^2$ ）为例，一个冬季的采暖电费约为 $17\text{元}/\text{m}^2$ ，仅为普通电暖器的 60%。由此可以看出，高温相变蓄热电暖器运行费用远低于普通电暖器，在经济上切实可行。

4 合作方式

有意转让给相关厂家，转让具体事宜面议。

纳米光催化空气净化器

1 成果简介

大量调查表明，室内空气品质（IAQ）不佳不仅会引起病态建筑综合症，而且会降低人们的工作效率。挥发性有机化合物（VOCs）会对人体的呼吸系统、心血管系统及神经系统产生较大危害，甚至还会致癌。它是造成病态建筑综合症的主要原因。建筑物中的 VOCs 主要由建筑装修过程中使用的粘结剂、涂料和油漆等释放。近年来随着人民生活水平的提高，中国住房改革带来的购房、室内装修热潮，使得 IAQ 问题在我国尤为突出。

使用纳米光催化材料消除 VOCs 是近年来兴起的一项新技术，与传统的活性碳吸附处理 VOCs 相比，由于它具有能耗低、操作简便、反应条件温和、可减少二次污染以及可连续工作等优点，日益受到人们的重视。此项技术在国外（尤其是日本）应用十分广泛，近年来日本已有多家公司研制出不同空气净化产品。1996 年大金工业公司开发了新型空气净化除臭机，该机具有抗菌除臭能力。与该公司同类原产品相比，价格高出约 10%，抗菌效率提高 10%，达到 99.9%。除臭能力为原产品的 13 倍，为活性炭的 130 倍。目前虽然一些厂家生产所谓的光催化空气净化产品，但我们测试发现

其中大多鱼目混珠，主要还是利用活性碳吸附来消除 VOCs，真正利用光催化反应的却没有。我们研发出的新型光催化空气净化技术可有效消除空气中的常见污染物甲醛，可开发出名副其实的光催化空气净化产品。

2 性能说明

我们研制出结构紧凑、性能高效的新型光催化空气净化关键部件，并申请相关的发明专利 3 项和实用新型专利 4 项。图 1 所示为实验室样机消除甲醛的效果曲线，可以看到即使在较低甲醛浓度下，其净化效果依然很好。

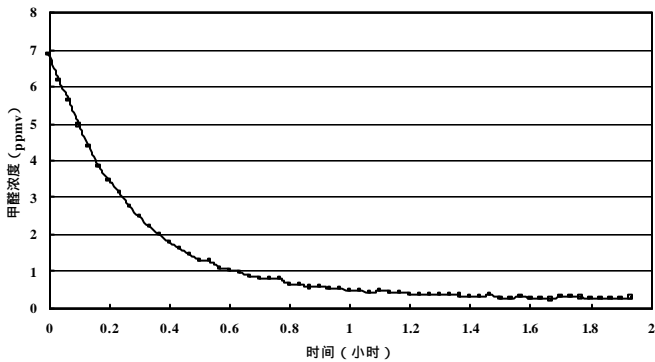


图 1 实验室样机降解甲醛曲线

3 效益分析

表 1 该产品的使用可能及其经济效益指标：

使用场合	成本 (元)	售价 (元)	预计销售 台数(万台)	预计总利润 (万元)	利润率 (%)
空气净化器	1000	1500	20	10000	50
空调器附件	100	150	100	5000	50
集中空调附件	2000	3000	1	1000	50

4 合作方式

技术转让。

定形相变材料蓄热电采暖地板

1 成果简介

本产品系清华大学最新研究成果，包括被动式和送风式地板电采暖两种形式，取得多项专利（专利号：02104340.X，02104341.8，02204909.6，03137556.1），结合了高性能蓄热材料和地板电采暖技术，充分利用峰谷电

价政策，夜间利用定形相变材料蓄热，白天放热满足用户采暖之需，既可缓解电网峰谷差，又克服了普通电采暖地板蓄热密度小、运行费用高的缺点，现已完成了房间采暖实验。

2 技术指标

此定形相变材料蓄热电采暖地板具有以下独特性能：

- (1) 定形相变材料潜热蓄热密度高，单位质量的蓄热密度是混凝土的 17 倍，单位体积的蓄热密度是混凝土的 6 倍（计算温度范围为 10℃）；
- (2) 相变材料发生相变时不会流出，复合材料能保持形状不变并具有一定强度，不需封装、无泄漏，因此使用安全方便（见图 1）；
- (3) 相变温度恒定，热舒适性能明显优于其它显热蓄热产品；
- (4) 使用寿命长，经过多次蓄放热后热性能变化不大；
- (5) 能够根据房间热负荷需求选择适量的定形相变材料，使用灵活；
- (6) 被动式的地板电采暖感觉舒适，无噪音（见图 2）；送风式的地板电采暖控制方便，节省电能；
- (7) 采用时控和温控双重控制，调节简单方便，安全可靠；
- (8) 经济性好，可大大节约运行费用，5~7 年可回收初投资（根据实际情况而定）。

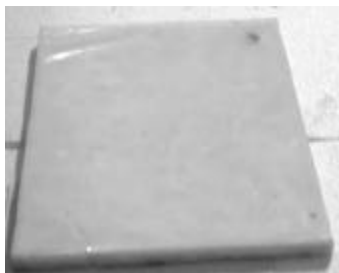


图 1 定形相变材料板照片



图 2 蓄热电采暖地板照片

3 效益分析

所用相变材料原料充足、成本低廉、加工方便，可实现大批量生产。例如，对采暖耗热量为 $50\text{W}/\text{m}^2$ 的房间，预计定形相变材料生产成本在 120~150 元/ m^2 之间。按照目前北京市电采暖优惠政策，一个冬季的采暖电费大约可节省 23 元/ m^2 。由此可见，定形相变材料蓄热电采暖地板的运行费用比普通电采暖地板低很多，在经济上切实可行。

总而言之，我们开发的具有自主知识产权的定形相变采暖蓄热电采暖地板，随着我国电采暖市场的不断扩大，将具有广阔的市场前景。

4 合作方式

有意转让给相关厂家，转让具体事宜面议。

大型居住区公共设施用地定位与规划研究

1 成果简介

我国的大型居住区规划都是在特定历史时期制订的。这些规划在社会环境快速变化发展的情况下，无法充分实现与现实条件的有机协调，集中表现为公共服务设施的规划和建设无法满足居民当前的要求，无法满足居住区进一步发展的需要，从而制约着项目的经济和社会效益的充分发挥。研究对大型居住区的开发情况进行全面的回顾和总结，特别是其中公共服务设施的开发、建设和利用情况，以发现其中问题的症结所在，并在此基础上从功能选择、市场定位、规划布局、开发模式等方面对项目未开发的公共设施用地的后期开发建设方案提出全方位的建议，以实现项目的开发目标，保证开发商的收益。同时，也为政府部门制定相应的管理措施提出政策性建议，并为政府部门进行必要的规划变更提供依据，从而更好的发挥该项目的社会效益，提高居住区居民的生活水平和居住水平。

2 应用说明

研究主要采用城市功能定位分析和房地产市场分析相结合的分析框架。一方面，根据总体规划布局和大型居住区的自身条件，从总体规划的角度上对居住区的城市功能定位提出建议，并在此框架内对未开发的公共设施用地的功能选择和市场定位进行分析。另一方面，根据项目的开发现状和未开发公共设施用地的特征，重点选取商业物业的市场分析方法，从市场供给、需求两方面分析居住区公共服务设施的现状，并结合原有规划条件确定问题的症结所在。其中，在市场需求即居民需求特征部分采用了聚类分析的方法，按照家庭年收入对公共服务设施的市场需求主体进行分析，以便清晰界定不同消费群体的消费倾向和需求偏好。

3 效益分析

研究结果提出了大型居住区的城市功能定位建议和未开发公共设施用地功能选择及市场定位的建议，提出居住区内公共设施用地整体规划布局的建议方案，在此基础上针对每一个功能组团式地块群提出功能选择、市场定位、规划布局、开发顺序和开发模式等方面的具体开发建议，并对建议的开发方案进行了经济指标的测算。

4 合作方式

面议。

TFT - LCD 用液晶中间体

1 成果简介

有源矩阵液晶显示发明于七十年代末，但真正应用化是在八十年代中期；目前主要是薄膜晶体管液晶显示（TFT - LCD），利用这种技术实现了视频图象显示，主要应用于电视、便携式计算机、桌面电脑、摄像机、手机和各种终端显示器；由于其响应速度快；彩色画面显示质量高，已成为今后 LCD 发展的主要方向之一。随着 TFT-LCD 技术的高速发展，TFT-LCD 对高性能液晶材料的要求越来越迫切，因此研制对热、化学、电、光稳定性好，电荷保持率高，粘度低，电阻率高（ $\rho=1.0 \times 10^{13} \text{Ocm}$ ）的高性能液晶材料是 TFT 用液晶材料的今后的研究方向。

当前，TFT - LCD 用液晶材料的市场主要被德国 Merck 公司和日本 Chisso 公司所垄断。2005 年，市场总需求将达到 300 ~ 400 吨。由此拓展到液晶中间体市场，市场总需求将达到 400 ~ 500 吨。因此，研发高附加值、高技术含量的中间体将具有极高的市场价值和社会效益。

清华大学从 20 世纪 70 年代开始就从事液晶中间体和单体液晶的开发研究，到目前为止在下列几种 TFT - LCD 用液晶中间体的研究方面取得了重大进展：

1. 3, 4, 5 - 3 氟苯酚
2. 环己基乙基环己基甲酸
3. 环己基乙基溴苯

2 技术指标

目标产品为纯度 99.5% 以上的 TFT - LCD 用液晶中间体

3 效益分析

上述几类产品的市场价格如下：

1) 各种含氟化合物目前的市场价格较低，生产厂家集中于浙江和江苏等地。但其中，3, 4, 5 - 3 氟苯酚技术含量较高，售价在 6000 元/KG，市场需求约 2 吨/年，目前国内还没能形成规模生产；

2) 环己基乙基环己基甲酸，售价在 6000 元/KG 以上，市场的需求量为 10 吨左右，目前国内还没有批量生产的技术；

3) 环己基乙基溴苯, 售价在 7000 元/KG, 市场需求量在 500KG 左右, 目前国内还没有批量生产的技术。

可见, 生产上述三类液晶中间体是国内单体生产厂家切入市场的最好机会。

4 合作方式

成果转让或者双方共同开发生产。

燃料电池发动机测试平台

1 成果简介

燃料电池发动机测试平台的研发, 任务来源于国家“863”重大专项电动汽车项目“燃料电池城市客车整车技术的开发和研究”(2002AA501100)和北京市配套研究项目。

该测试平台专用于对车用燃料电池发动机的性能测试, 由氢气供给系统、负载系统、电机驱动系统、控制系统、安全系统等组成。高压氢气系统为燃料电池发动机供给氢气, 发动机输出电能, 经 DC/DC 转换器和电机转换为旋转式机械能, 带动测功机运转。测功机既是负载又是动力性能测量装置。

项目要求利用该测试平台完成对“863”燃料电池发动机的性能测试和评价。该测试平台负载系统可吸收功率 130kW, 燃料供给能力 80kg/h, 能测试发动机电池堆性能和发动机总成的性能, 满足“863”电动汽车重大专项对燃料电池发动机性能测试的需求。利用该测试平台, 顺利完成了“863”项目 2002 年 4 台 50kW 燃料电池发动机的性能测试和验收、2003 年 1 台 60kW 发动机和 3 台 70kW 发动机的性能测试和验收、2004 年 2 台 120kW 发动机的性能测试和验收。该平台在国家“863”电动汽车重大专项“燃料电池城市客车”项目中发挥了重大作用。

国内外用于测试燃料电池或燃料电池发动机的设备, 都是用电子负载或阻性负载吸收燃料电池的输出功率, 如加拿大 Hydrogenics 的 Greenlight 的 FCATS、Arbin 公司的 FCTS、大化所研制的燃料电池测试台等。与国内外同类测试设备相比, 本测试平台的最大优点是: 1) 用测功机做主负载, 更接近汽车阻力特性; 2) 测试环境更接近整车电磁环境, 发动机的电磁兼容性可以在实验室阶段得到考验, 为发动机装车调试做更充分的准备; 3) 在测试发动机性能的同时, 可以获得燃料电池堆性能、辅助系统功耗、燃

料电池发动机性能以及氢气利用率等性能指标。

2 技术指标

- 最大测试功率 130kW;
- 最大可测电流 600A, 精度 0.4%;
- 最大可测电压 800V, 精度 0.5% ;
- 最高转速 6000r/min;
- 最大转矩 400N.m;
- 最大氢气流量 80kg/h, 精度 0.2%。

3 合作方式

面议。

我国循环经济发展战略研究

1 成果简介

党的十六大提出了全面建设小康社会的目标和任务。要实现社会的可持续发展,减缓社会经济发展与资源能源短缺之间的矛盾,按照科学发展观的要求,大力发展循环经济,就显得尤为重要和迫切。针对这种迫切需求,本课题从以下几个方面开展研究:

(1) 有关循环经济的基本概念及理论基础研究

明确我国发展循环经济的战略地位;从循环经济的定义、内涵、基本特征入手,研究循环经济的理论基础;用 MFA 方法发展循环经济的量化表征和评价指标。

(2) 有关循环经济的重点领域研究

应用循环经济的减量化、资源化、再利用原则,对社会生产层面、社会消费层面、区域性的循环经济进行重点研究。

(3) 循环经济政策措施研究

明确我国发展循环经济的总体思路;确定应遵循的基本原则;探索我国发展循环经济的促进机制,包括法律法规、技术体系、激励政策、管理体制和机制、公众参与和宣传等方面。

本课题在充分探讨循环经济理论的基础上,大量调研国内外发展循环经济的理论和实践经验,从社会发展的企业生产层面、社会消费层面和区域发展层面分别入手,探索我国发展循环经济的促进机制、重点领域。首次较为系统地对我国循环经济发展进行了研究,全面系统地提出了我国发

展循环经济的战略。研究成果为我国循环经济的法律和法规框架体系的建立了提供政策建议；为我国确定发展循环经济的优先领域及重点区域提供依据；为有关部门确定试点方案提供指导；为政府及有关部门制定循环经济的发展规划、政策、试点方案等提供具体的思路和建议，研究成果对政府决策过程起到了重要的参考作用。为政府出台《关于加快发展循环经济的指导意见》提供了重要依据。

研究成果产出列表

主要研究报告：

国家循环经济发展战略

分报告之一：社会生产领域循环经济发展研究

分报告之二：社会消费层面的循环经济发展研究

分报告之三：区域循环经济发展研究

分报告之四：循环经济的国外实践经验

分报告之五：国内循环经济的初步实践

分报告之六：生态工业园区案例

分报告之七：国家资源物流核算与循环经济指标体系建立研究

分报告之八：扩大生产者责任--欧盟的行动指南

2 合作方式

面议。

体育场馆和设施网上虚拟现实项目推荐

1 成果简介

本方案可以使体育场馆和设施的图形、图象镶嵌到网页上因特网用户在点击网页时，可使这些图形、图象产生互动。场景的互动包括通过拉动鼠标模拟人走进场景；物体的互动包括物体的旋转、平移等等。

2 技术说明

核心软件：清华网上三维引擎

辅助软件：3DSMax 或 AUTODESK

网上三维引擎是由清华大学开发，拥有完全的知识产权。

主要功能是：

1、给静止的计算机三维图像添加各种互动效果，包括沿柱面轨迹旋转、沿球面轨迹旋转、沿一定轨迹运动等等，并可模拟人物在场景中沿任意路

径漫游，如行走、转弯、飞行等，使人有身临其境的感受；

2、给静止物体增加动画效果（播放功能），即使物体按照设定的轨迹和时间进行运动；

3、支持 HTML，可以将三维互动图像以任何大小内嵌在网页上的任何位置，并且大大优化了数据，使得在较低带宽的网络中可以快速实时浏览三维互动图像。最终用户只需点击鼠标即可在网页上使三维图像进行相应运动。

3 应用说明

用户要想把一个三维互动图象镶嵌到网页上，或制作一个单独而完整的三维互动图象的网页，首先要用 3D Max 或 CAD 文件导出为 WRL 格式。本软件将对 3D Max 或 CAD 导出的 WRL 格式文件进行编辑。

用户可对场景进行各种编辑，如添加背景，添加背景颜色，添加音乐，添加光源、改变光源的亮度、环境照明系数、颜色，调整视点位置、朝向。

用户可对场景的浏览方式进行调整，可以调整浏览者在场景中漫游的速度，切换视点等。可以调整浏览者在场景中漫游方式是步行还是环视。这种效果使最终用户虚拟走进场景之中，有沉浸感、参与感。

用户可对物体进行编辑。如添加物体，可以把家具添加到房间，可以把楼房添加到街道，等等。可以删除、复制一个物体。可以给物体指定贴图。

用户可对物体材质进行编辑，如对材质参数----混色、高光色、自发光、受环境光的影响程度、高光范围、透明度进行调整。

可以对物体进行缩放，将物体在位置上平移、旋转。

可以给物体添加互动效果，如给指定物体添加球面旋转传感器、柱面旋转传感器、平移传感器、触摸传感器等，并能自动生成脚本实现相当复杂的互动效果。最终用户在因特网上用户点击这些带有传感器的物体时，这些物体会相应的运动，沿球心进行球面轨迹旋转、沿中心线进行柱面轨迹旋转、平移等运动。

可以给物体设置动画效果（播放功能）。

用户对光源、视点、物体位置和大小调整均可在用户设置的坐标下进行调整。坐标系是三维坐标，可以单独显现（单独渲染）。物体也可以局部（单独渲染）或全部显示，以方便用户中间过程的操作。

导出的文件可以设定为计算机屏幕窗口所能容纳的任何大小。

本软件提供了误操作预防机制。选中某个物体后，只有与它有关的功

能被允许使用，其余功能被禁用。

本软件创新之处在于，它是在国际上首次通过可视化界面方式进行网上三维互动图象编辑的软件。它使得用户非常方便地将三维图象变成网页上互动的图象。它在中国首先使虚拟现实技术应用于因特网的三维图象制作工具，它使虚拟现实在中国进入网络时代。

4 合作方式

面议。

体育产业专业智能搜索引擎

1 成果简介

体育专业搜索引擎与因特网上普通的搜索引擎相比，特点和作用有两个：第一，它是智能化的，对于体育领域信息搜索的效率和相关性大大提高，特别是针对体育科研的搜索效率会大大提高；它能够按照用户的偏好，跟踪、和定位并定期搜集前沿体育科研文献和信息；第二，它是专业化的，面向体育的生产、服务单位的信息服务企业可以购买本搜索引擎进行体育信息服务。使用本搜索引擎的机构可以通过为体育设施、设备生产商和体育场馆开放服务发布信息而赢利，而本搜索引擎的开发商可以通过销售本搜索引擎软件而盈利并扩大影响。

2 应用说明

体育专业因特网智能搜索引擎在现存的搜索引擎系统增加基于知识表示的语义网络——知识库，通过系统与用户交互（人机交互），对用户最初输入的查询词进行精确定义，并给出基于知识的相关语义的词汇作为搜索输入词精确定义后的补充，从而使搜索在精确定义的基础上，按照知识的内容关联（基于知识相关性的语义网）进行全面搜索，并将搜索后的阶段性结果与知识库相对照进行筛选，最终给出以知识特征识别的搜索结果。系统还将专业的检索方法首次应用于搜索引擎，将搜索领域扩大到文本检索以外，进行文献目录检索，包括专利、国家标准、图书馆图书的检索，在用户选定文献目录种类后，经由搜索引擎的知识库判别，再由搜索引擎直接完成目录搜索（用户不必经过搜索引擎之后再访问专利、国家标准、图书馆等体育专业文献的检索系统，而由搜索引擎一次完成）。

目前，搜索引擎的流程和体系结构设计已经完成。

3 合作方式

面议。

循环型先进水系统规划及构建技术

1 成果简介

水不仅为人们所必需，更可能成为一个园区的点睛之笔，俗话说“有水则灵”，因此水系统应成为体育产业园规划的一个重要组成部分，既要用水造景，又要考虑到北京缺水的实情，所构建的水系统应该是优美的，同时又是循环节水型的，这就需要利用现代先进实用的水净化技术。

体育产业园区水系统的构建主要考虑四个方面：一是水景的布置及其循环利用，二是水上项目用水的高效利用，三是公共饮用水供给，四是污水的净化回用。这四个方面要进行统一的规划，筛选采用合适的优质饮用水供给技术和污水处理回用技术。

2 应用说明

（一）景观水体的净化技术

以北京为例，北京因为降水量小、水资源缺乏，景观水体的自然更新周期很长，或几乎不能自我更新，所以很多的水体均处于富营养化状态，水体中藻类的含量很高，可观赏性很差，有时甚至散发腥味。为使水景真正让人们喜爱、所亲近戏耍，应该对水进行必要的净化处理。

可供选择的景观水体净化技术很多，例如采用湿地净化技术，即采用水生植物来净化水，而水生植物又具有观赏性，湿地本身可以作为景观的一部分与一起设计，两者融为一体。水生植物如芦苇、荷花等具有吸收氮磷、富集重金属、为微生物提供适宜的微环境从而促进微生物代谢等功能，这些功能决定了它们具有净化自然水体和处理污水的潜力。这一技术可以单独使用，在景观水体设计时，将湿地景观作为整个景观的一部分同时设计，湿地设计时搭配不同的植物，形成一个可以休息、嬉戏的环境。湿地技术也可以与污水回用技术结合，例如将膜—生物反应器处理后的水作为景观用水，用湿地技术进一步净化，构成一个污水处理、循环使用的系统。此外，为防止水中藻类大量繁殖，也可以采用定期的紫外光控藻技术。对于小型的水景，例如瀑布，还可以采用先进的二氧化钛超亲水性水幕墙技术，除作为景观外，还具有降低温度的作用，同时用水本身一直得到净化处理，免去水被污染而更换的麻烦。

（二）水上项目用水的净化回用

游泳等水上项目的用水量十分巨大的，传统的采用氯消毒或臭氧消毒方法，氯消毒的危害已经为人们所熟知，而臭氧消毒同样存在危害，如臭氧投加量过量不仅损害皮肤，还损害人体呼吸系统。目前可以采用的更新技术包括紫外光催化消毒、电子消毒等，除保证水可以净化回用外，对人更为安全。

（三）优质饮用水供给技术

体育活动或其他休闲活动人体耗水量很大，因此应该在整个体育产业园区设置方便的优质供水系统，可直接饮水的龙头遍布整个园区。既可以免费提供，也可以考虑收费式，如 IC 卡控制式，设定每张卡的可饮用次数。

管道直饮水的生产方法很多。因为通常的自来水中尚含有微量的/痕量的有机污染物质，而矿物质的含量一般是适合人体需要的，优质饮用水生产实际上是要将自来水进一步净化，去除那些对人体有害的有机污染物。当前生产管道直饮水的方法主要是反渗透与纳滤为主体的技术，反渗透—纳滤技术在去除水中有机污染物的同时也去除了水中有益的或人体必需的矿物质，这一技术的得水率也不高，有不少比例的源水被浪费，生产成本也很高。

清华大学开发的高级氧化—生物活性炭—光催化消毒技术可以避免反渗透—纳滤技术的缺点，成为新一代优质饮用水的生产技术。这一技术在去除水中有害的有机污染物的同时而保留有益的矿物质，得水率大大高于低渗透—纳滤技术，而处理成本则远低于反渗透—纳滤技术。

（四）生活污水处理回用技术

生活污水的处理回用已经成为新型园区建设的潮流，现代各种先进的水处理技术得到应用。根据不同的回用目的，可以采用不同的处理方式，例如对于一般的回用目标，如补充景观用水、绿地灌溉等，可以采用膜-生物反应器技术，这是一种将膜分离技术与生物处理单元相组合的新型高效污水处理与回用工艺。该工艺由于采用高效的膜分离替代传统活性污泥工艺中的二沉池，固液分离效率高，处理出水好，可直接回用，具有运行稳定、占地省、操作管理方便和自动化程度高等优点。清华大学环境科学与工程系自 90 年代初开始有关膜-生物反应器技术的研究。在国家“九五”科技攻关的支持下，在膜-生物反应器技术的应用研究方面取得了显著的成果，已建立了多个实际应用工程。如果需要达到更好的水质，特别是考虑到人可能亲近的情况，则还可以采用微滤—反渗透组合工艺、高级氧化—曝气

生物滤池工艺等。

3 合作方式

面议。

新型空冷贝氏体钢产品

1 成果简介

空冷贝氏体钢是《国家级科技成果重点推广计划》，国家科技部在清华大学成立了“贝氏体钢研究及推广中心”。贝氏体钢热成形后空冷自硬，可免除淬火或淬回工序，节约能源，节约热处理费用，降低成本，应用量大面广，并能减少环境污染，改善劳动条件，贝钢产品性能优异，具有显著的经济及社会效益。近年来该中心在贝氏体钢的研究开发及推广应用方面不断取得新的进展，多品种的贝氏体钢产品已经大量应用于工业实际，创造了客观的经济和社会效益。以下介绍清华大学贝氏体钢研究及推广中心除以前开发出并发布的大量贝氏体钢产品以外，现发布近期开发出的贝氏体钢产品。

2 技术指标

2.1 高强高韧贝氏体中厚钢板

规格及性能：厚度：8~60mm， s_b ：800~1000MPa，常温 $A_{kv}=40J$ ，-40 $A_{kv}=27J$ ；

主要特点：轧后空冷，不热处理，焊接性能优良，与同类产品相比，不进行热处理，性能优良、大幅度降低成本，焊接性能优异；技术面向大中型钢铁企业，中厚板产品应用于高性能工程机械、建筑、军工等行业。

2.2 大型曲轴、凸轮轴，半轴等轴类用钢

规格及性能： $s_b=880MPa$ ， $s_{0.2}=680MPa$ ， $d_5=12\%$ ， $\varphi=40\%$ ， $a_{KU}=50J$

主要特点：全面变革并简化原工艺，其新工序为：锻造—冷却—回火—精加工（可进行表面淬火处理）。与同类产品相比，免除专门淬火，综合性能优良，韧性高，大幅度降低成本。

2.3 高强弹簧用钢

规格及性能： $s_b=1900MPa$ ， $s_{0.2}=1700MPa$ ， $d_5=8\%$ ， $\varphi=30\%$ ；

主要特点：简化工艺，其工序为：加热—冷却（可空冷或油冷）--回火，例如对于板弹簧，可将多项热加工工序（打中心孔、切八字、卷耳、成型等）均在加热后冷却中完成，大幅度提高强度及综合性能，减轻自重，降

低成本；可应用于汽车的板弹簧，变截面弹簧及圆弹簧等。

2.4 高强螺栓用钢

规格及性能：14.9 级： $s_b=1400\text{MPa}$ ；

12.9 级： $s_b=1200\text{MPa}$ ， $s_{0.2}=1080\text{MPa}$ ， $d_5=8\%$ ；

10.9 级： $s_b=1000\text{MPa}$ ， $s_{0.2}=900\text{MPa}$ ， $d_5=9\%$

主要特点：可用于制造大直径螺栓，应用于机械、工程、铁路、码头等。材料强韧性综合性能好，抗应力腐蚀性能具有显著优势。

2.5 锚链用钢

规格及性能： $s_b=860\text{MPa}$ ， $s_{0.2}=580\text{MPa}$ ， $d_5=12\%$ ， $\delta=50\%$ ， $A_{kv}=100\text{J}$ ， $s_{0.2}/s_b=0.92$ ；

主要特点：适用于大规格（f160、f120、f80mm）锚链制造。应用于船舶、运输、矿山等。与同类产品相比，成本显著降低，性能优良。

2.6 高强钢轨用钢

规格及性能： $s_b=1300\text{MPa}$ ， $s_{0.2}=1000\text{MPa}$ ， $d_5=12\%$ ， $\delta=35\%$ ，HRC38 以上， $A_{kv}=40\text{J}$ ；

主要特点：适用于高速重载铁路正线钢轨、弯道钢轨、尖轨等，显著提高使用寿命和耐磨性。

2.7 石油抽油杆用钢

规格及性能：满足 D、HY、HL 等不同级别抽油杆性能国家标准；

主要特点：热加工后空冷，非调质；应用于石油工业。

2.8 高强度无缝钢管

规格及性能：各种高强度级别， s_b ：700～1600MPa，

例 1：混凝土输送用耐磨无缝钢管， $s_b \sim 1600\text{MPa}$ ，输送混凝土超过 2.5 万方；

例 2：N80 钢级无缝套管，屈服强度 552～758MPa，抗拉强度=689MPa，延伸率=18%， $A_{KV}=22\text{J}$ ；

主要特点：轧后空冷，不需要热处理，即可达到性能指标，成本大幅度降低。

2.9 耐磨铸件用钢

规格及性能：HRC=45， $a_{KU}=60\text{J}/\text{cm}^2$ ；

主要特点：耐磨性能好，工艺简单；应用于水泥、矿山、发电机械的耐磨零件及耐磨管等。

2.10 工程机械用履带板

规格及性能： $s_b=1430\text{MPa}$ ， $s_{0.2}=1100\text{MPa}$ ， $d_5=10\%$ ， $\alpha=30\%$ ，HRC45以上， $A_{kv}=30\text{J}$ ；

主要特点：直接轧制后回火，免除淬火，耐磨、强韧性优良，适合大、中型钢铁企业批量生产。

2.11 各种规格高强度高速线材

例如：不经特殊处理，性能达到 $s_b=1400\text{MPa}$ ， $\alpha=30\%$ 。

3 合作方式

联合开发。

非金属矿物超细与改性加工技术

1 成果简介

非金属矿物资源是重要的工业原料，经过超细与改性处理后可以大大提高其附加值而用于塑料、橡胶、涂料、胶粘剂等高分子复合材料领域。在上述领域中，方解石、滑石、硅灰石、高岭土等非金属矿物粉体作为填充材料对降低材料成本改善性能具有重要的意义。

由于矿物粉体填料与高分子聚合物之间的相容性决定了复合材料的性能，需对无机矿物进行超细及表面改性处理，以改善其表面物理化学特性和分散度，从而达到提高制品性能和通过填充来达到降低制品成本的目的。目前市场对细度在 400-2500 目的非金属矿微粉的需求量较大，随着复合材料工业的发展，对各类工业矿物填料的需求将会继续增加。

我们在结合多年来从事粉体加工经验，吸收国外先进技术的基础上，研制开发了非金属矿（碳酸钙、滑石、云母、重晶石、硅灰石等）超细加工及改性功能性填料系统。这些技术和设备多数都获得国家专利，并实现产业化应用在国内和东南亚地区得到推广。

其特点是：

粉磨系统：采用国产高细球磨机、雷蒙磨、冲击磨或湿法搅拌磨，充分发挥粉磨系统效率，提高粉体细度。采用合金耐磨或高技术陶瓷材料做研磨介质，防止对产品的污染。

分级系统：根据产品细度的要求，可配置不同规格、不同型号的国产或进口分级设备。分级精度高，细度调节方便。

收集系统：采用国内最先进的脉冲布袋收集器。经过特殊处理的过滤材料保证了细微颗粒的回收，收集效率高，排放浓度低。

改性系统：根据物料细度的不同，采用不同形式的改性组合。在保证改性效果的同时，进行系统优化，节省投资。

2 应用说明

根据被加工矿物种类和面对市场需求的不同，我们将进行优化设计，做出最佳流程。

我们可提供各种规模大小的非金属矿的超细、改性加工工艺设计。具体投资大小和生产规模，将根据工艺流程来定。

3 合作方式

面议。

废旧塑料和木粉生产木塑复合材料

1 成果简介

随着石油化工、塑料工业的飞速发展，工业塑料垃圾、民用塑料废弃物的大量产生。这些废弃物在严重威胁着人们的生活环境，俗称的白污染也在严重威胁着河流和海洋。林业和农村的纤维类的废弃物也在大量产生，如锯末、树枝、稻草、稻糠、玉米杆、竹子等，大多数被抛弃或焚烧，也构成环境污染的因素。另一方面，随着生活水平的改善，我国木材需求量剧增。2003 年中国的木材需求量达 12290 万立方米，国内林业远远不能满足。以塑代木，特别是以废塑料和废植物为原料，制备替代木材的木塑复合材料是解决环保和木材紧张的重要途径。

我们在废旧塑料和植物类物料微细粉碎和表面改性处理成果的基础上，实现了高木粉填充量木塑复合材料的生产，达到了环境保护和变废为宝的双重目的。该技术已经在张家港等地建成工业化生产线，生产公园景观、庭院装饰、道路护栏等各类木塑材料。

制成品的物理机械性能与木制品相媲美，具有良好的木质感，并有许多木材材料所没有的特性，克服了木质材料吸水率高，易形变开裂，易被虫蛀霉变的缺点。由于生产原料中废弃资源的利用比例高达 95% 以上，因此本项目可大大提高废弃资源的综合利用率。大大降低因废弃资源处理不当给环境造成的严重损害、对环境综合整治工程具有十分明显的促进作用。具体工艺是：聚烯烃废弃塑料经洗涤、破碎、造粒，再与粉碎干燥后的木粉混合、表面处理，最后通过捏合、密炼、塑化由模头挤出成型。

2 应用说明

根据具体的原料和生产对象的不同，具有不同的配方和工艺流程。我们可以针对客户的具体情况，做出工艺试验并提供相关的项目经济效益分析和工程成套服务。

3 合作方式

面议。

粉体加工系统优化改造、过程自动控制

1 成果简介

粉体加工系统的优化和自动控制是降低成本提高和稳定质量的关键，与工厂经济效益密切相关。系统优化涉及到的影响因素多且相互关联。如：物料特性、工艺流程、外加剂、系统结构和工作参数的选定等等。

由于市场的变化、产品指标的提高、加工成本的增加，必须靠不断的进步来适应与调整加工系统。在众多的粉体加工厂中，广泛存在没有过程自动控制手段，工艺设计不合理造成成本偏高、不能适应市场的变化等特点。

我们在多年的技术研究开发过程中掌握了多种粉体加工设备结构特点和工艺参数调整技巧，从系统工程的角度，对系统进行优化改造。

2 应用说明

可提供的技术服务内容如下：

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

3 合作方式

面议。

金属粉末微观颗粒形貌调控

1 成果简介

金属粉末广泛地应用与粉末冶金、化工、复合材料以及焊接等领域。粉末的微观颗粒形貌是关系到其宏观使用效果的许多因素：如比表面积、流动性、填充性、附着力、摩擦学特征、化学活性、粉体层透过阻力及颗粒在流体中的运动阻力等。颗粒的微观形貌从两个方面来考察：一是整体上的球形化程度，二是表面的结构状态与物质组成。

一般说来，球形颗粒具有最佳的上述特性：球形粉因其表面积小、表面光洁，颗粒具有良好的充填性和流动性，导致球形粉堆积密实均匀，制备出零件具有极好的尺寸重复性，产品质量稳定。球形粉各向同性好、应力应变均匀、颗粒强度高。球形粉摩擦系数小，成模流动性好，对模具的磨损小。因此，微观上球形化的金属粉末是理想金属粉体材料。

颗粒表面的结构状态与物质组成，决定了颗粒与其他材料复合时的界面状态。根据具体的需要，可能希望它具有粗燥或光滑的结构，也可能希望它具有另外一种物质的紧密包覆从而形成与周边材料过渡的理想界面。

经过多年研究，消化吸收国外先进的颗粒整形技术，研制了一套适合金属粉末球形化处理 and 表面包覆其他材料的装置。

在这套系统中我们完成了多种金属粉末颗粒的处理，例如：

1、雾化锡粉的球形化处理。印刷线路板的高速自动焊接用焊锡膏的主要成分是雾化锡粉，若颗粒不均匀、形状不规则会引起焊锡膏通道堵塞，造成大量线路板因漏焊而成为废品。将雾化锡粉进行球化处理，消除了雨滴状和葫芦状连生体，获得完整圆滑的颗粒。

2、钛粉的球形化处理。氢还原钛粉与雾化钛粉相比价格低廉，但是颗粒形状不好，难于用于注射成型制备粉末冶金制品。将氢还原钛粉进行整形处理，获得流动性极好的钛粉。

3、电解铜粉多成树枝状结构，在准备铜基复合金属材料时难于实现较高的致密度。采用球形化处理技术后，颗粒均形成致密的微球，堆积密度由 1.5 提高到 4.5，为高致密度制品的形成奠定了基础。

4、铜粉表面包覆纳米二氧化硅或氧化铝，改善铜基材料在高温下的强度。

5、铁粉表面包覆纳米碳管，形成增强型铁基材料。

目前已经开发出工业化处理系统，每小时处理能力可以达到 100 公斤。欢迎有兴趣的单位与个人前来合作开发更多的优质和功能性金属粉末。

2 合作方式

面议。

矿渣等工业废弃物的综合利用

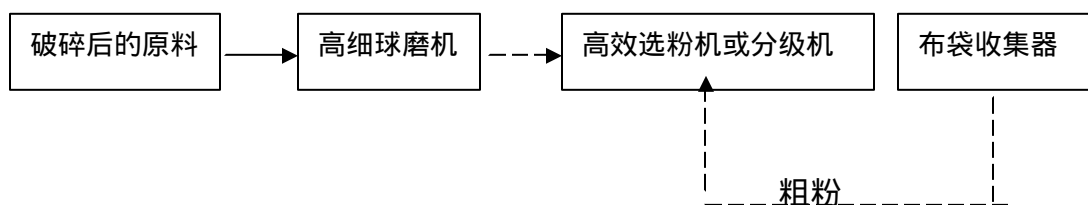
1 成果简介

水淬高炉矿渣是钢铁厂生产中产生的废弃物,很早就被人们作为水泥混合材原料而广泛采用。在传统的水泥厂中矿渣与熟料一起球磨,导致矿渣颗粒较粗,其颗粒活性没有得到发挥,仅起微集料作用。细磨矿渣,不同于颗粒较粗的矿渣混合材,它是将细度很高的的矿渣微粉作为混凝土的掺合料直接使用或掺入水泥中作为复合水泥的混合材。由于磨细的矿渣的细度很高,其活性在碱性条件下得到充分激发,使混凝土和水泥的多项性能得到了极大的提高和改善。

2 技术特色

生产细磨矿渣微粉的工艺方案随着生产条件、规模等不同可有不同的选择。根据对多种粉磨方式的比较,我们认为采用球磨机方案更为合理。对磨机的选用:一是对现有磨机进行磨内改造,更换研磨介质;二是直接选用高细、高产的筛分磨,直接可生产出比表面积 $600 \sim 800 \text{m}^2/\text{kg}$ 的超细矿渣。若需生产更高细度的矿渣微粉,可在磨机后面配置高效选粉机或分级机。本方案特别适宜于老厂的改造、转产或新建粉磨站,具有投资省、见效快、产量高、易于管理等优点。岗位工人均可利用原有人员即可进行正常生产,且适用于不同的生产规模。

工艺流程



3 效益分析

以一台 $2.2 \times 11 \text{m}$ 磨机为例,改造一台磨机所需投入为十几万元,可生产矿渣微粉 15t/h ,产品 0.08mm 筛余 1.5% 。不仅产品粒度细,且具有较高的产量。

4 合作方式

面议。

食品与农副产品超细加工技术

1 成果简介

植物类农副产品是农业可开发利用的重要资源之一，它的开发应用涉及食品、保健品、生物化工等领域。微细化处理是提高植物可用性和生物利用度的新技术，也是提高工业利用价值的有效手段之一。中国地大物博，可食性植物种类繁多，但大量富有有效成份的植物茎秆和果实难于直接利用，传统加工方法难于使其充分发挥效用。微细化加工技术突破了传统“牙可咬、胃可消化”的食品传统观念，满足了人们生活消费习惯。

该技术的推广有利于提高农副产品的附加值，改善农村产业结构。目前通过对灵芝、绞股蓝、罗汉果、红枣、南瓜、食用菌、竹叶、谷糠、香料等植物种类微细化处理，使其在保健食品、保健浴用品、居室环境香料用品、复合材料产品中得到应用。

已在广西、云南和福建等地建厂生产。

2 技术指标

将低温脱水干燥、超微粉碎、混合、表面处理、灭菌、微粒化和包装等系列技术用于植物类农副产品的深加工，形成独特的植物超细粉生产工艺。

技术参数及要求：系统的参数、性能指标和投资规模随着不同的植物物料特性和市场对产品的具体要求而定。

3 合作方式

面议。

废轮胎制油和超细碳黑填料的无污染生产技术

1 成果简介

废旧轮胎是现代化社会的公害，如何使日益俱增的废旧轮胎资源得到绿色循环利用，一直是世界各国共同努力的问题。我们结合国内外先进技术，在清华大学多学科优势的基础上，与企业合作开发了新型的工艺技术，并实现废轮胎制备燃油和超细碳黑填料无二次污染加工技术的工业化。

裂解橡胶后生成炭黑主要用于汽车轮胎、制鞋和橡胶杂件等制品，用途广泛，用量很大。但该炭黑填料是通用炭黑价格的一半以下，可达到半补强碳黑的效果。因此，可大大降低橡胶制品的成本，能够占领较大的市场份额。

橡胶裂解后生成的燃油，可作陶瓷、化工等工厂的窑炉燃料，精制分馏后产品可达到精炼油国标，使用范围更广泛。在目前国际市场燃油价格居高不下，而各行各业对燃油需求又很大的情况下，这种燃油有广阔的市场前景。

2 技术指标

整个加工过程无污染排放，废物全价利用。功能性碳黑填料细度控制严格，干法加工可高达 1000 目以上，产品活化率 90% 以上，能够在橡胶制品中使用。

原料要求：各种废轮胎、废橡胶、橡胶制品生产边角料。

3 效益分析

每吨废旧轮胎油品得率 35% 以上，平均售价 1800 元/吨；功能性超细碳黑填料得率在 40% 以上，平均售价 2000 元/吨。废钢丝得率在 15% 左右，平均售价 400 元/吨。处理吨废轮胎的成本控制在 880 元以内，吨产值 1490 元，吨利税 610 元以上。

建设 1 万吨/年废橡胶处理厂需投资 960 万元：基建费 110 万元，设备费 750 万元，流动资金 100 万元，可实现年税利 610 万元。

4 合作方式

面议。

高韧性物料常温超细加工技术

1 成果简介

在工业生产中经常需要对具有高韧物料进行微细加工，如对高分子聚合物、天然高分子聚合物魔芋精粉等物料的粉碎加工，目前通用粉碎设备难于在常温下使之粉碎。我们开发的新工艺是采用对物料进行高压预处理，然后经多次撞击、剪切研磨的方式对其进行微细粉碎。最后采用分级机对已微细化物料进行分选处理，粗大的颗粒再次返回粉碎，合格粉做为产品收集。采用负压风力输送系统，工艺简单，操作方便。产品细度可根据用户要求在 100 目-300 目范围设置或更细，也可设置同时生产两种细度产品。

该系统是一种新型的高韧常温干法微粉生产设备，填补我国在该领域

的技术空白。2002 年通过山东省科委的技术鉴定。

2 技术指标

以天然聚合物魔芋为例：

生产能力	100-200 kg/h	产品细度	100-300 目
原料粒度	< 5mm	物料水份	< 10 %
粉碎温度	< 常温+10	主机转速	400 r/min
生产形式	连续	系统功率	56kw

3 应用说明

设备配置：专用粉碎机 2 台，筛分机 2 台，收尘输送装置等；也可根据用户对产量或细度的要求专门配置；系统占地面积约 40 m²，高 8 m，根据用户厂房情况合理布置；钢结构框架，分层布置。

4 合作方式

面议。

颗粒表面包覆改质复合化技术

1 成果简介

随着科学技术日新月异的发展，纳米技术在新材料工业的应用带来了一个新的时代。纳米与微米粉体作为材料原始的基本存在状态，人们对它的处理技术提出了一系列更高的要求，其中最引人注目的是“微观颗粒设计”的概念。它不但激发了粉体技术界的极大兴趣，甚至吸引了电子、生物工程、材料、医药、涂料、冶金、化妆品等行业的技术人员投身于这项新课题之中。“新材料的开发将从新的粉体材料乃至新颗粒的复合开始”逐渐成为大家的共识。颗粒设计的基本思路是由母粒子和子粒子复合构成的“粉体表面改质”，而不单单是“粉体表面改性”。

这一新技术领域的开创，表面改质设备是工艺的关键。我们与日本企业合作，引进消化吸收了相关的技术和设备。该系统可对各类有机物、无机物、金属等进行广泛组合，通用性强。随着对功能性复合粉体的需求不断增加，该技术的应用还将进一步扩大。

2 技术指标

采用物理或化学方法对粉体颗粒进行表面处理，有目的地改变其物理化学特征、表面结构和颗粒的形貌等工艺，称为粉体表面改质。这种质的

变化可显著改善或提高粉体的应用性能以满足当今新材料、新技术的要求。通过改变填料表面的物理化学性质或增加新的物质，可提高其在树脂和有机聚合物中的分散性，以增强填料与树脂基体的界面相容性，提高塑料、橡胶等复合材料的力学性能。这种粒子加工的主要目的是：(1) 创造具有某种新特性的复合材料；(2) 节约贵重原料；(3) 生产工艺合理化；(4) 改善、提高粉体的性质。

复合粉体材料生产最重要的思想是以颗粒的组合达到物质的组合。从目的、用途和成本来决定颗粒的组合是非常重要的。原则上认为各类有机物、无机物和金属材料可无限组合，但实际上选用多种颗粒进行恰当组合应考虑以下条件：(1) 母粒子和子粒子的大小与比例；(2) 母粒子和子粒子的形状；(3) 进行成膜化处理时，子粒子的软化转变点；(4) 混合比一般由处理(加工)目的、用途来确定。

我们可以提供上述颗粒复合的委托实验和技术服务。

3 合作方式

面议。

石英矿超细提纯制备功能性粉体材料

1 成果简介

高纯度石英作为重要的无机化工原料，应用到碳化硅、工业硅的制取以及电子元器件的封装、石英玻璃、耐火材料原料、抛光剂、塑料、橡胶、粘结剂和涂料填料等领域。随着我国工业技术的进步，其应用领域不断扩大。

高纯超细硅微粉是大规模集成电路基板和电子封装材料的重要原料，它与环氧树脂结合在一起，完成芯片或元器件的粘接封固。同时也大量应用于普通电器元件的封装。随着 IT 产业的发展，世界年需求量呈快速增长趋势。

由于其耐候性和耐磨性好，现在大量应用于内外墙涂料。年需求量达 10 万吨以上。

超细石英粉作为白碳黑的一种替代品，逐渐在塑料、橡胶和粘接剂使用，它改变制品的力学性能、提高制品的耐用度、大大降低制品的成本。

2 技术指标

超细高纯硅微粉和填料级超细石英粉生产线已经分别在南京和连云港

建立了两条生产线，通过江苏省科委和经贸委组织的技术鉴定，与会专家一致认为该系统的设计达到国内一流水平，产品指标能够与国外同行相竞争。

耐火材料用超细石英粉生产线已经在河南建厂投产，满足硅质耐火材料提高档次和无定型耐火材料的需要。

在生产技术方面，具有干法、湿法等多种粉磨手段和物理、化学提纯等不同的工艺，从而达到不同产品档次和成本控制的目的。

原料要求：不同档次产品的要求都有所不同。

3 效益分析

根据不同产品，其投资规模和经济效益有所不同。可提供相应的可行性分析报告。

4 合作方式

面议。

水泥企业技改转产和多品种水泥生产

1 成果简介

随着国家产业结构调整和产品标准与国外接轨，部分中小水泥企业在现有技术水平上难以达到新的质量标准。除通过技改达标之外，转产或部分转产、增加水泥品种也是摆脱困境的一条出路。利用现有的生产系统进行技改可以生产下列市场广泛的产品。

超细高强水泥：它具有优良的抗渗透和高强性能，也用于水利或地下工程的岩基灌浆处理及油田采油作业中的堵水材料，应用前景广阔。

用于混凝土的超细活性矿渣、沸石：这两种超细活性材料是制备高性能混凝土的掺和料，可提高混凝土的标号和耐久性。

用于环保脱硫的重质碳酸钙微粉：主要用于处理大型燃煤锅炉燃烧排出的废气，随着环保要求的提高，这类超细粉的市场需求逐渐增加。

用于塑料、橡胶、造纸、涂料等行业的粉体填料：该类产品的市场面广，需求量大，原料也容易获得。产品细度要求通常在 600-1200 目左右，需对原球磨机进行改造并配合超细分级机生产出合格的产品。

立窑厂转产轻质碳酸钙。

2 技术指标

利用原生产设备进行技术改造，与建设新厂相比具有工期短、投资小、

见效快、成本低廉等优点。

原料要求：原有生产水泥的熟料、沸石、方解石、滑石、高岭土、工业矿渣、粉煤灰、石灰石等。

3 效益分析

本技术为中小水泥企业提供一条新的生存途径，以较小的投资转产高附加值的超细非矿产品，经济效益与社会效益均十分显著。技改投入改造费用根据不同企业特点和转产产品的种类有所差异。

4 合作方式

面议。

树脂填充改性以及功能性母粒生产技术

1 成果简介

随着复合材料的应用发展，各种树脂的用量越来越大，人们对制品的性能和成本也提出越来越苛刻的要求。如何改善树脂基复合材料的性能、降低树脂用量一直是复合材料工业苦苦追求的目标。

填充改性是改善树脂基复合材料性能，增加其功能性的重要途径。各种矿物粉体填料和复合功能粉体填料在经过适当的表面处理、配合、共混后可以显著降低成本，提高塑料基体材料的刚性和耐热性等多种性能。

近年来，我们与高分子材料研究单位合作，将粉体加工制备过程的研究向复合材料方面进行了延伸。从粉体在复合材料中应用的角度考虑，对滑石、碳酸钙、木粉、硅灰石、纳米包覆碳酸钙、膨润土、硅微粉、硫酸钡等多种填充材料在热固性（环氧、酚醛等）和热塑性（PVC、PP、ABS等）两类树脂中的填充改性进行了研究与开发。填充改性塑料广泛应用于汽车、家电零部件、音像器材以及生活日用品方面，不仅力学性能好，刚性显著提高，耐热性好，可以在更高的温度下长时间工作，而且尺寸稳定性好，二次加工性能好，抗化学药品性能也很好。

针对滑石、重钙等大宗粉体填料，我们开发了高填充母粒。针对纳米碳酸钙、纳米包覆碳酸钙、硅灰石、云母、水镁石等特殊结构和性质的粉体填料，我们开发了功能性填充母粒。该技术投资小，进入市场快，特别适合原来仅仅生产粉体的厂家向下游市场开拓，是实现资源产业化，提高矿产品附加值，增加经济效益的重要举措。

2 合作方式

可为企业提供功能性粉体填料生产、树脂填充改性和功能性母粒生产线的设计服务。

基于脑——机接口技术的控制装置

1 项目简介

脑 - 机接口 (Brain-Computer Interface , 简记 BCI) 是在人脑与计算机或其它电子设备之间建立的直接的交流和控制通道。通过这种通道, 人就可以直接通过大脑来表达想法或操纵设备, 而不需要通过语言或肢体的动作。基于脑 - 机接口技术开发的医疗仪器和产品可以为存在运动障碍的残疾人提供一种全新的手段来实现对外界环境的控制, 也可以为一些特殊应用场合提供一种辅助的控制方式。

当人体受到某种外界刺激 (如视觉刺激) 或进行某种心理作业 (如想象某种运动或心算数学题) 时, 其脑电活动将表现出不同的模式。如果我们在受试者头部相应部位的头皮上贴上若干电极, 就可以完全无创地测得这种脑电活动信息。进一步, 我们可以将测得的脑电信息解读成相应的控制命令, 用来实现对外部设备的控制。此类控制装置就是所谓的“ 基于脑——机接口技术的控制装置 ”。

2 应用说明

对于存在运动障碍的残疾人, 可以用此类装置实现对家用电器或对护理机器人的控制; 还可以用同样的方法操作计算机的鼠标等。

在某些特殊场合, 例如航天员在太空飞行的过程中, 传统的按键控制方式就显得不方便。于是, 基于脑——机接口技术的控制装置有可能可以帮助航天员完成某些辅助操作。

此外, 基于脑——机交互的原理, 还可以设计出一种全新的智能游戏, 此类游戏不仅具有极强的趣味性, 还可以为某些精神或心理疾病的纠正治疗提供一种全新的方法。

3 效益分析

本项目的潜在应用是 : (1) 存在运动障碍残疾人的环境控制 ; (2) 在特殊环境下 (如航天员在太空仓中) 的控制 ; (3) 智能游戏。

智能游戏无疑是一个巨大的市场, 何况目前还基本上处于空白状态, 抢

先占领这一个市场无疑是一个极好的商机。

汽车是现代社会的标志物。但随着大量非专业驾驶员上路，也造成了不少交通事故。在汽车交通事故中，脊髓损伤造成运动障碍是常见的恶果。在现实生活中，此类事故又多半发生在年青人身上。基于脑——机接口技术的控制装置为提高这部分人群的生活自理能力并尽可能改善他们的生活质量提供了一种全新的解决方案。相信随着人们生活水平的提高，此类需求必定会同步增长。

4 合作方式

- (1) 寻求风险投资；
- (2) 转让专利使用权；
- (3) 以技术入股的方式合作。

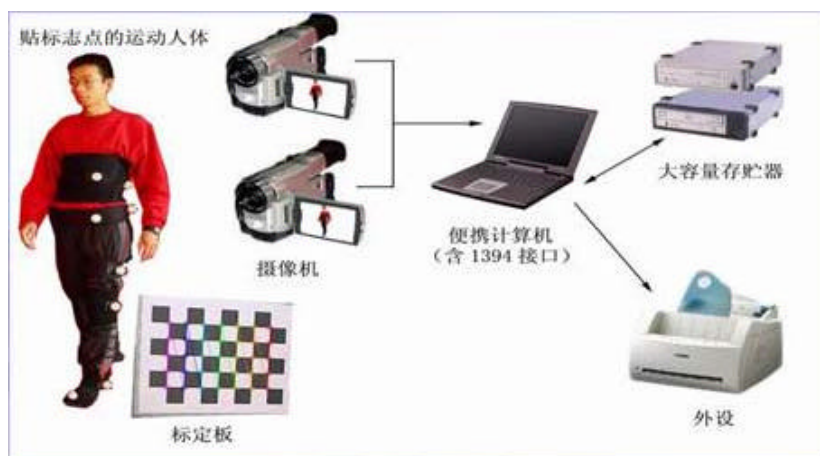
基于数字视频的人体运动分析

1 项目简介

本系统为基于数字视频采集和动态图像处理技术，建立了二维/三维的人体运动分析系统，其特点是应用简便，可同时对视频图像和关节角度及运动棍图等分析数据进行对比。系统已应用于多个研究项目。

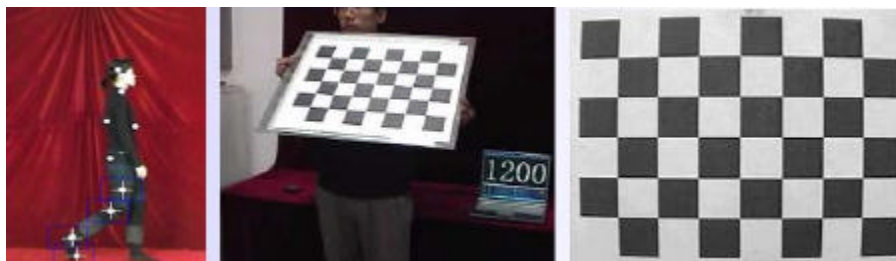
基本原理

利用数字摄像机对运动对象进行拍摄，并无损地采集为序列数字图像，利用数字图像处理技术对序列运动图像进行切分和标志点识别，计算其空间位置，并跟踪其运动，由此计算人体运动中关节位置和角度。



关键技术

全数字的视频图像采集分析
亚像素的标志点识别
无校准的三维空间位置解算
结合临床的分析方法和软件
镜头畸变的校正技术



2 应用说明

可应用于：

- (1) 脑瘫患者穿戴矫形器的步态测量；
- (2) 假肢佩戴效果的评定；
- (3) 共济失调患者穿戴矫形患者的步态测量。

3 合作方式

面议。

基于线阵 CCD 的三维定位系统

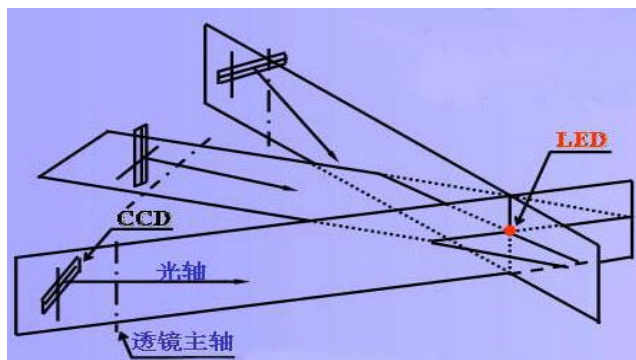
1 成果简介

本成果基于线阵 CCD 和柱面成像透镜建立了高精度三维定位系统，其特点是测量精度高，采样率高，可同时对多目标的空间位置进行跟踪测量。

2 技术特点

基本原理

利用柱面透镜，将红外 LBD 变换为焦平面上的影像线并由 CCD 俘获其位置，利用该位置与透镜主轴构成成像平面，并利用多平面相交，实时求解 LED 的空间位置，对多点目标进行跟踪。



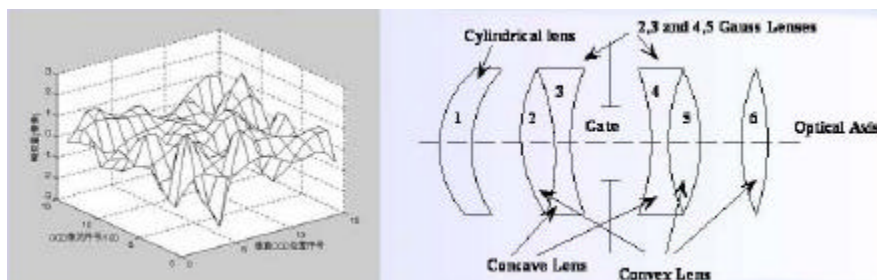
关键技术

组合柱面透镜的设计制造

透镜像差和畸变的矫正

基于 CPLD 的 CCD 控制与采集

三维空间位置的快速解算

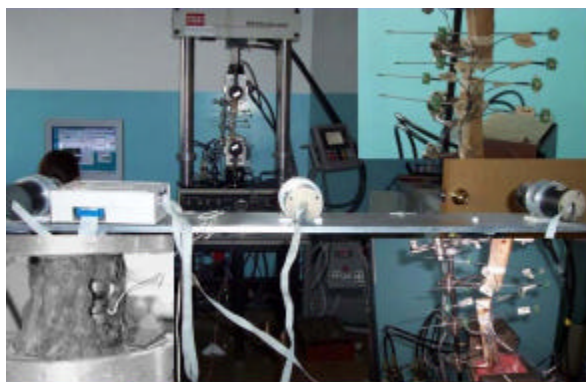


3 应用说明

高精度快速三维定位测量系统广泛应用于生物力学测试、外科手术导航中的定位、人体步态分析、机械运动的位置姿态测量、机器人操作的动态跟踪、制造业的点位测量等多种场合。本系统研制过程中已经在一些领域得到实际应用。

用于骨科生物力学研究

在与 301 医院、清华大学深圳研究院合作开展的夹钳式外固定架和脊柱前路钢板固定等骨科生物力学研究中，本系统成为必不可少的三维测量系统。



用于 FAST 项目预研

FAST (Five hundred meter aperture spherical telescope) 项目是国际大射电望远镜阵列计划的先导项目，由中科院北京天文台负责项目预研，清华大学在缩比模型上进行了悬索移动小车式无馈源支撑方案的研究，利用本系统进行动态三维定位测试。

4 合作方式

面议。

数字化彩色超声心肌成像技术

1 项目简介

大量研究发现心肌背向散射积分(IB)会随心动周期呈周期性起伏，而在缺血的情况下这种起伏的幅度(CVIB)会变弱，这使得基于背向散射积分的心肌超声组织定症可望成为一种检测心肌缺血的有效方法，进一步实现心肌缺血定位。我们提出了一种新的成像方法，以 CVIB 为成像因子，构造与超声图象融合的二维 CVIB 图像用于心肌缺血部位的判定。动物实验和人体实验结果证实了这种方法的有效性。

相关专利

在 PC 机控制下用于超声射频信号分析的网络信息采集器
(200310121705.0)

心肌背向散射积分起伏 B 超融合成像方法 (00109015.1)

用于二维超声射频信号采集的数据采集器 (ZL98203234.X)

2 合作方式

面议。

数字化超声弹性成像技术

1 成果简介

生物组织弹性模量的变化通常与其病理现象有关,弹性模量信息对于疾病的诊断过程具有重要的参考价值,然而传统医学成像不能提供生物组织弹性模量这一基本的力学信息。数字化超声弹性成像通过在分析生物组织时施加一个小压缩前、后的数字化射频信号,得到组织内部的位移分布,从而计算出其应变分布情况,用以间接描述组织内部的弹性模量分布。目前,超声弹性成像已经成为医学超声成像的一个研究热点,广泛应用于乳房、前列腺、动脉粥样斑块、心肌动力学以及高强度聚焦超声与射频消融引起的损害的检测与评估。

2 合作方式

面议。

数字化光子密度波乳腺成像仪

1 成果简介

乳腺癌的早期诊断能有效地降低妇女死亡率。我们研究的数字化光子密度波乳腺成像法,采用高频近红外激光作为探测光源,通过接收透过人体的散射光子对乳腺等生理组织进行成像,并可实现异物的三维定位。该方法具有无创、分辨率高的特点,可用于乳腺癌早期普查和筛查。仿体和临床实验结果证实了该方法的有效性。

相关专利

数字化近红外光医学成像及异物定位装置(ZL99110835.3)

近红外光医学成像装置的单发射双接收探头(ZL00105918.1)

数字化近红外光医学成像的数据采样方法及数据处理方法(03145957.9)

数字化近红外光漫射断层成像系统(200410030792.3)

2 合作方式

面议。

分布式远程会诊系统软件

1 项目简介

远程会诊系统 Teleconsult 基于桌面 PC，适应于各种 IP 网络，完全支持 H.323 协议，为两地医生提供了语音/视频交流和文本/图像同步操作等功能强大的远程会诊平台。该软件支持 DICOM 3.0 协议，可以从 DICOM 设备直接获取影像数据并保存为 DICOM 文件。它针对当前远程会诊材料主要是医学影像的事实，对会诊过程中医学影像即时处理提供了特别支持，极大地协助了医生的会诊。它是一个计算机辅助协同工作下的分布式多媒体系统，功能可扩展性强。Teleconsult 会诊系统在临床使用中得到了医生的好评。

2 合作方式

面议。

贴心小护士监护系统

1 项目简介

贴心小护士系统采用现代通信（程控电话/无线通讯/计算机网络）和计算机技术，以用户重要生理参数测量为基础，形成以心电、血压等重要生理参数为主的监护网系统，实现众多病人在家庭、单位等不同场合能及时得到中心医院的监护和急救处理、病情分析、统计、病例管理等多项医疗功能。具体监护仪器包括：

- 基于 PDA 的远程心电图、血压监护仪
- 具有 GPRS/GPS 传输功能的心电图监护仪
- 基于 DSP 的远程心电图监护仪等

相关专利

具有 GSM/GPRS 通讯及 GPS 功能的心电监护仪（200320129672.X）

基于数字信号处理器的便携式心电监护仪（ZL02209381.8）

基于掌上电脑的远程医疗系统前端（ZL 02291537.0）

具有远程传输能力多功能长时间心电记录仪 (ZL99248612.2)

用于远程医疗系统前端的多通道信息采集器 (ZL97248967.3)

微型数字式心电遥测监护仪 (ZL95208884)

家庭健康监护报警装置 (ZL94223038)

2 合作方式

面议。

数字化多生理参数检测仪

1 项目简介

多生理参数检测仪是用于社区医院的测量设备，可实现对 、 、 导标准肢体导联心电图、脉搏波及呼吸波形的实时监测，同时能够测量瞬时心率、呼吸率、血压、血氧饱和度和体温等一系列生理参数。所有测量结果通过数据采集接口板送入社区医院的客户端微机，实时显示波形和测量值，并将测量结果存入健康档案，实现社区居民医疗信息的数字化管理。

2 合作方式

面议。

藏红花的细胞培养与藏红花素抗癌物质生产

1 成果简介

藏红花(*Crocus sativus* L)是一种珍贵的中草药，原产于南欧诸国和伊朗等地。由于它对生长环境要求较高，在我国只有新疆、西藏等地有少量栽培。自古以来，在我国就使用藏红花医治跌打损伤、伤寒、散郁开结、咳血吐血等疾病。由于藏红花具有非常强的活血化淤功能，也是治疗心脑血管疾病以及坐骨神经痛等疑难杂症的良药，在我国传统的中药和藏药中都是不可缺少的珍贵药材之一。近年来，科学家发现藏红花的花蕊中含有的藏红花酸 (Crocitin)、藏红花醛(safranal)、藏红花素(Crocin)和藏红花苦素(Protocrocin)等都具有较强的抗癌活性。特别对于血癌细胞、乳头癌、扁平细胞瘤和软组织肉瘤等都具有较强的抑制作用。其抗癌机制是抑制癌细胞的 DNA 和 RNA 合成，抑制细胞蛋白激酶的活性和原癌基因的表达，抑制苯并芘和 12-O-14 酰基磷酮-13 乙酸盐 (TPA) 等致癌物质的毒性，从分子

水平抑制肿瘤的形成。其癌细胞的半致死量为 $0.8 \sim 2 \mu\text{M}$ ，毒性远远小于维甲酸，因此，藏红花素等抗癌活性物质将成为 21 世纪最理想的抗癌药物之一。藏红花的应用前景及其经济价值将更加引人注目。

藏红花的药用成分主要存在于花冠的雌蕊(柱头)中，经过干燥制备以后就成为中药中的干红花。由于干燥柱头的产量极低(亩产 0.5 公斤左右)，大量生产时不但需要大面积耕地，而且也要花费大量劳力。特别困难的是藏红花种子的繁殖周期很长，通常采用球茎进行无性繁殖，而其球茎的繁殖率很低，如果进行大面积栽培，其种球来源非常困难。藏红花的生长发育需要较冷凉的高原气候，在我国的大多数地区很难进行栽培，特别是其种球繁殖更加困难。因此，干红花的销售价格居高不下，长此以往，不但限制了其销售市场的发展，也严重影响了其应用领域的开发与扩大。如果从藏红花中分离出藏红花素等抗癌或预防癌症的医疗或保健药品，不但可以扩大其应用范围，也会增加其经济价值和社会价值。目前，世界的主要藏红花产地在西班牙和希腊等国，其主要应用领域是作为天然食品色素或提取香精。西班牙的干红花售价为每公斤 2000 美元，希腊的售价为每公斤 900 美元左右。在我国的售价为每公斤 1~2 万元人民币。由于其价格非常昂贵，其应用范围异常狭窄，在我国的中药中则很少有人使用。

2 技术指标

清华大学采取固液两步新工艺培养藏红花细胞，合理的解决了细胞生长与产物合成的相互矛盾，可以在 4 周内获得 $500 \sim 800 \text{g/L}$ 活细胞，并且利用活细胞作为微反应器或催化剂，在 1 周内将细胞中的藏红花素类物质的含量提高到 10% 左右。也就是说 1kg 干细胞含有 100g 左右的藏红花素类物质，即使收率为 50%，也能够获得 50g 左右的藏红花素。

3 效益分析

建设一个细胞培养工厂的建筑投资为 2000 元/平方米，1000 平方米的厂房投资为 200 万元，设备投资 400 万元，这样规模的细胞工厂每年可以生产干细胞 30~40 吨，可以分离到藏红花素类活性物质 1.5~2 吨。即使按照每公斤细胞 2000 元计算，年产值也可以达到 6000~8000 万元人民币。除掉厂房设备投资、技术转让费、经营成本、流动资金（职工工资等）以及利税等，仍然可以获得非常高的回报率。

4 合作方式

面议。

栝楼毛状根培养与抗艾滋病活性蛋白生产

1 成果简介

栝楼 (*Trichosanthes Kirilowii*) 是一种多年生攀缘性植物, 其果实、种子、根均可入药。其地下块根俗称天花粉, 含淀粉、皂苷、TCN、多种氨基酸及多糖类。自古以来栝楼就作为一种中药被广泛利用, 是一种生津止渴、排脓消肿、堕胎的良药。在本世纪七十年代, 人们发现它具有抗病毒、抗肿瘤、治疗糖尿病和免疫调节等功能。尤其是发现它具有抗世纪瘟疫---艾滋病病毒的功效之后, 更加激发了人们的兴趣。TCN 的纯药剂制品 (GLQ223) 是从栝楼的块根中提取出来一种蛋白质 (RIPs, 27kDa), 90 年代初美国已进入了二期临床阶段, 遗憾的是因其细胞毒性较大, 没能作为新药上市, 目前正在研究其改性或解除细胞毒性的问题。可喜的是人们又发现了 TAP29 (*Trichosanthes Anti-HIV Protein*, 29kDa)。它不但具有与 GLQ223 同样的功能, 而且其医疗指标比 GLQ223 高出 2~3 个数量级。因此, 不久的将来 TAP29 将作为治疗艾滋病和肿瘤的良药投放市场。

核酸抑制蛋白是一种单链核酸抑制蛋白(RIPs), 其分子量为 24~29KD, 它能够使核糖体 RNA 失活。目前, 除了用于中期流产、宫外孕和营养性肿瘤的治疗以外, 在体外能够抑制 HIV 病毒型在人类淋巴细胞和巨噬细胞中的反转录, 在治疗艾滋病方面具有良好的应用前景。特别是 TAP29, 不但可以有效地抑制艾滋病病毒的感染, 而且对于正常细胞没有毒害作用。因此, 是一种非常有应用前景的抗艾滋病药物。TCN 具有相当高的经济价值, 试剂纯 TCN 的售价为 153 美元/mg(Sigma1998 年价格)。为了追求其巨大的商业价值和社会效益, 世界各国的科学家对于 TCN 的研究非常深入, 已经将 TCN 的基因分离克隆, 并且将其转入酵母等菌体内, 试图利用发酵培养实现大量生产 TCN 的目的, 但是, 由于 TCN 具有抑制核糖体功能的活性, 对于微生物的繁殖有抑制作用, 而且 TCN 基因的表达水平也很低。因此, 只有通过植物生产才更有竞争力。

2 技术指标

我们利用发根农杆菌 (*Agrobacterium Rhizogenes*) 感染植物伤口, 将其 Ri (Root inducing) 质粒上的 T-DNA (Transferred DNA) 转化到植物细胞, 并且插入到植物基因组中的功能, 成功地将 LBA9402 的 T-DNA 转入栝楼的细胞, 由于其 T-DNA 携带的基因正常表达, 合成植物生长素。这样就破坏了原植物细胞的激素平衡, 促使细胞形成了毛状根。

利用毛状根生产植物代谢产物是植物基因工程和细胞工程相结合的一项新技术,它具有生物量增殖快,生产性能稳定等优良特性。还可以通过添加诱导子或代谢前体的方法调控毛状根有效成分的合成,使毛状根内的活性成分在短时间内大幅度提高。

本项研究已经完成小试实验,毛状根在4周内可以生长70~100倍,TAP29的含量可以达到0.1%左右。该项研究已经申请了国家发明专利,希望能够开发成抗艾滋病新药。

3 合作方式

面议。

肉苁蓉的细胞培养与抗癌和抗衰老活性物质生产

1 成果简介

肉苁蓉 (*Cistanche salsa* G.Beck) 是列当科多年生寄生草本植物,原生于我国的内蒙古、陕西、甘肃、宁夏和新疆等地区的盐碱地、干河沟或戈壁滩上。主要寄生在红沙、盐爪爪、着叶盐爪、珍珠和西伯利亚刺等植物的根上。由于其栖息地的环境恶劣其生长速度缓慢,生产量非常有限。肉苁蓉是一味传统中草药,具有补肾、益精、强筋健髓之功效,主治下部虚损、高年血液枯槁。久服可以强身壮体,近年来常被作为抗衰老和抗癌药物使用。特别是在保健药品当中大都添加肉苁蓉提取物。据报道我国每年消耗肉苁蓉 1500 吨,而我国自己的产量不足 300 吨。

近年,人们发现肉苁蓉诱人的医疗价值以后,开始研究其活性成分,目前只分离出十种左右的糖苷类活性成分,有一些未知的活性成分还没有被发现。已知的成分正在进行其药理和毒理方面的实验研究,相信在不久的将来一定会开发出多种抗癌和抗衰老新药。

由于肉苁蓉很难进行人工栽培,野生资源又非常短缺,特别是近些年的狂采乱挖,现有的资源已经遭到严重破坏,肉苁蓉的产量已经日益下降。长此以往,肉苁蓉完全有灭绝的危险。为了拯救肉苁蓉资源,维持生态平衡,我们必须从现在起找到代用资源。其最有效的方法就是通过细胞培养来生产有用代谢产物,用工业化生产的方式取代野外采挖。这样既能扩大其使用范围为人造福,又能够保护野生资源。

2 技术指标

我们已经开发出肉苁蓉细胞固液两步培养生产苯乙醇甙类活性成分的新工艺，并且实现了利用基因调控技术快速促进细胞合成苯乙醇苷类物质。目前的细胞产量为 300 ~ 400g/L 鲜细胞（干物质量为 18 ~ 25g/L），苯乙醇甙类化合物的含量达到 15 ~ 20% 之间。如果收率为 50% 计算，培养出 1 公斤干细胞可以分离到 75 ~ 100g 苯乙醇苷类化合物。

3 效益分析

由于肉苁蓉甙类活性成分还没有被开发成单分子化合物药物，所以其价格不明朗。但是肉苁蓉的市场价格为 150 元/kg 左右。建设一个细胞培养工厂的建筑投资为 2000 元/平方米，1000 平方米的厂房投资为 200 万元，设备投资 400 万元，这样规模的细胞工厂可生产肉苁蓉干细胞 20 ~ 30 吨，可以分离到苯乙醇甙类化合物 1 ~ 1.5 吨，假如按照每公斤 2 万元计算，年产值可以达到 2~3 千万元人民币。除掉厂房设备投资折旧费、经营成本、技术转让费、流动资金（经营费用和职工工资等）以及利税等，也可以获得非常高的回报率。

4 合作方式

面议。

竹节人参的细胞培养与其活性成分生产

1 成果简介

竹节人参（*Panax japonicus* C.A.Mey）是五加科植物。分布于我国江西、湖北、广西、四川、贵州、云南、西藏等省区的高山灌木丛下，阴湿地或岩石沟涧旁边。它有许多的异名，《中药大辞典》上就说：不同的书籍中有不同的称谓，如：土参、土精、血参（《花镜》），甜七、竹节七（《草本便方》），竹节参（《科学的民间药草》），竹鞭三七、罗汉三七（《中国药植志》），竹节七、竹七（《中药形性经验鉴别法》），萝卜七、白三七（《中药材品种论述》），水三七（《贵州草药》），明七、野三七、鸡头七（《云南经济植物》），这种种纷杂的异称，足见竹节人参在中药药用中的历史和地位了。民间用于滋补强壮，散瘀止痛，止血等。对于竹节人参的作用早有记载，如：《草本便方》中有云：“散血活血破血，治痈肿，疗犬伤，金刀，跌扑……”近年来又由于有报道证实竹节人参皂大甙具有扩张冠状动脉、降低心肌氧耗

作用。同时发现竹节参皂甙能使小鼠心肌细胞内 CAMP/CGMP 比值明显升高，此作用与其增强心力，扩张冠状动脉有关，其药用价值潜力巨大，成为一个研究热点。

竹节人参的生长缓慢，每年生一节，生物量极为有限，作为药用的野生竹节人参一般在十年至数十年生不等。据统计我国的竹节人参储量只有两吨左右，属于珍稀名贵药材，目前只是在湖北山区和川西南山区被当地医生有条件使用，在各大城市医院和药店不见销售。因此，利用生物技术大规模生产其替代产品，并且开发成治疗心脑血管疾病的特效新药非常有价值。

2 技术指标

本课题组从 2001 年开始研究培养竹节人参的细胞培养。经过 3 年多的努力，已经完成竹节人参细胞的固液两步培养的小试研究。生物量积累达到 20g/L，细胞中皂苷类物质含量超过野生药材的 2~3 倍。

3 效益分析

竹节人参的销售价格虽然定为 2000 元/kg，但是处于有价没货的现状。建设一个细胞培养工厂的建筑投资为 2000 元/平方米，1000 平方米的厂房投资为 200 万元，设备投资 400 万元，这样规模的细胞工厂可生产肉苁蓉干细胞 15~20 吨，假如按照每公斤 1000 元计算，年产值可以达到 1.5~2 千万元人民币。如果将其中的活性成分分离出来，并且开发成治疗新脑血管疾病的新药其附加值将不可估量。因此利用细胞培养法生产竹节人参以及其活性成分具有非常高的回报率。

4 合作方式

面议。

西藏雪莲的细胞培养与其活性成分生产

1 成果简介

雪莲属菊科 (Compositae) 菜蓟族 (Trib Cynareae Less) 凤毛菊属 (Saussurea D C) 植物，是高寒地区民间常用的一类名贵中草药。含黄酮，生物碱，多糖等多种有效成分。早在八世纪藏族古代药物文献《月王药珍》就有雪莲的记载，后来在《西部医典》、《西北域记》、《兰琉璃》、《晶珠本草》以及清代《本草纲目拾遗》中均有记载。民间多用于风湿性关节炎、妇女

小腹冷痛、闭经、胎衣不下、麻疹不透肺寒咳嗽、阳萎、散热除湿，活血通络，抗疲劳等症的治疗，其中 4, 5, 7-三羟基-3, 6-二甲氧基 (Jaceosidin) 和 4, 5, 7-三羟基-6-甲氧基 (Hispidulin) 黄酮对治疗腹水型肝癌具有良好的作用。对雪莲药材的化学成分和药理作用已有不少报道。此外，由于雪莲生长在空气稀薄的高海拔地区，在氧气稀薄、紫外线极强的条件下能够正常生长，说明其具有抗缺氧和抗紫外线能力，也就是说其体内一定存在相关的化学成分。

我国雪莲主要分布在 4000 米以上的高原寒带山区，其生境特异，生长缓慢，人工栽培困难，加上长期以来对雪莲的粗放型和掠夺性使用，使雪莲资源严重匮乏，如新疆雪莲已处于濒危的境地，自然资源难以满足临床日益增长的需要。应用现代生物技术即植物细胞培养技术进行雪莲的细胞大规模培养以获得医疗、化妆品等所需要的活性成分，满足日益增长的市场需求。既可保护自然资源，维护生态环境，又能解决雪莲资源短缺等问题。

2 技术指标

我们从 2000 年开始研究西藏雪莲的植物细胞大规模培养，已经完成雪莲细胞固液两步培养小试研究。解决了雪莲细胞培养中雪莲黄酮含量不稳定等问题。目前生物量积累达到 20 ~ 30g/L 干细胞，雪莲黄酮的含量达到 10% 左右。

3 效益分析

建设一个细胞培养工厂的建筑投资为 2000 元/平方米，1000 平方米的厂房投资为 200 万元，设备投资 400 万元，这样规模的细胞工厂每年可以生产干细胞 15 ~ 20 吨，如果收率为 50%，可以分离到雪莲黄酮 0.75 ~ 1.0 吨。即使按照每公斤雪莲黄酮 2 万元计算，年产值也可以达到 1.5 ~ 2 千万元人民币。除掉厂房设备投资、经营成本、流动资金（职工工资等）以及利税等，仍然可以获得非常高的回报率。

4 合作方式

面议。

污水深度处理新技术

1 成果简介

目前全国各地普遍面临水污染，饮用水源遭到污染、自来水水质不佳，需要高效经济的优质饮用水制备技术；同时由于水资源短缺，水价大幅度上涨，尤其是服务行业水价高得惊人，因此各地正在纷纷开展污水处理回用。

针对不同的进水水质以及处理目标，清华大学开发了系列高级氧化——生物活性炭处理工艺，对有毒有害有机污染物的去除效率高，出水水质生物稳定性和安全度高，可以放心地使用。

臭氧光催化——生物活性炭技术可以用于优质饮用水的制备，源水可以是受有机污染的地表水、地下水，也可以是受有机污染或二次污染的自来水，这些水经过处理后，水中有害有机物彻底清除，有机物的相关指标完全满足我国卫生部于 2001 年 6 月 7 日颁布的《生活饮用水卫生规范》的要求；如以一般的自来水为工艺进水，出水作为可直接饮用的管道直饮水，其有机物的相关指标完全达到我国建设部于 1999 年 8 月 5 日颁布的《饮用净水水质标准》的要求。投资低于 1000 元/吨·日，运行成本低于 5 元/吨（达到直饮水水质标准）。与目前采用的基于反渗透膜上的纯净水生产工艺相比，本工艺具有投资和运行费用低的优点，并且水中保留了对人体有益的矿物质，人们长期饮用而无不良反应；产水率高，没有废水排放，是真正洁净的高技术。

活性炭催化臭氧氧化——生物活性炭技术可用于污水深度处理回用，源水可以是经过生物处理的二级出水或杂用水等。这些水经该工艺处理后，水质稳定性大大提高，在管道中远距离输送或长时间停留均不会产生二次污染；出水中不含有微生物——细菌、病毒和有毒有害有机物，使回用水成为安全可靠的水源，免除人们对污水回用的担忧和不安。投资低于 500 元/吨·日，运行费低于 0.50 元/吨。

清华大学完全拥有以上技术的知识产权（申请中国发明专利 7 项，已获授权 3 项）。

2 应用说明

微量有毒有害有机污染物以及细菌、病毒是当前影响饮用水水质的主要因素。由于水源的污染，传统的混凝 沉淀 过滤 消毒四段水处理工艺

仅能去除水中有机物的 20 - 30%，其出水水质已经很难达到新的饮用水水质规范的要求。可以采用臭氧光催化——生物活性炭这一国际最新技术用于生产优质饮用水，目前可以用于大中型建筑物群，如宾馆、写字楼、小区的直饮水生产和供应。

活性炭催化臭氧氧化——生物活性炭技术可以用于污水深度处理回用，例如杂用水深度处理、医院污水深度处理、洗浴水处理回用等等；也可用于受污染水源水的深度处理，处理出水可以达到国家饮水水质标准。

3 效益分析

与反渗透工艺相比，臭氧光催化——生物活性炭技术具有投资低、运行费用低的优点，同时水中仍保留有益的矿物质，采用此工艺可以大大降低项目初期投资。

活性炭催化臭氧氧化——生物活性炭工艺的出水具有安全、无毒的特点，可以适合多种场合的使用需要，处理费用远远低于自来水价格，可以为用户节省大量的水费。

4 合作方式

希望与有实力的水处理公司、自来水厂或最终用户开展合作，联合开发优质饮用水生产设备，可直接进行工程应用。

自热自疗贴

1 成果简介

我国人口众多，广大劳动群体有很多普通常见的慢性疾病（如胃寒疼、腰腿疼、月经疼、风寒感冒初期）或长期在低温或潮湿场所工作和长期在高山冰雪哨所作业引起的职业病……可以采取简便的自热自疗温经活血的自我保护方法缓解或解除病痛或将职业病拒之门外。本产品使用简便，疗效好。

2 技术指标

本产品用无毒、无害、无污染安全可靠的绿色环保自热热源，对人体需要保暖或病痛的部位进行加温保暖、温经活血、消炎止痛。指标：

- （1）开外包装，10-15 分钟之内达到 40℃。
- （2）持续保持亚恒温发热状态（40~60℃）。

(3) 平均温度 50℃, 40℃ 以上保持时间 10 小时以上。

(4) 生产过程无毒、无味、环保生产。

(5) 使用过程无毒、无味、无污染, 绿色产品。

(6) 保质期 2-3 年。

3 应用说明

冬天无暖气地区(江浙、四川一带)室外工作群体(司机、交警、值勤.....);

老人、小孩群体; 煤矿等潮湿地下作业群体, 野外考察、作业的群体, 登山、钓鱼、寒冷地区旅游、出差群体; 大型广场文艺会演及体育活动; 部分人群胃寒疼、腿疼、腰疼、经疼等自我保护用品; 女士苗条飘逸打扮群体(放在胸口, 腰, 腿, 背) 等等。

4 效益分析

该项目已初步达到了产业化的开发程度。生产能力与机械包装设备大小无关, 如需扩展生产能力时, 只须增添一台同样设备即可。

一. 企业具备的条件(按年产量为 300-600 万贴计算)

(1) 厂房: 150-300m²

(2) 设备: 30-50 万元

(3) 产品质量及原材料性能初步检测实验室: 面积: 15~30 m²

(4) 其辅助条件:

电力: 15 千瓦, 水源: 50 吨/月, 三废排放: 无三废, 绿色生产

(5) 技术人员要求:

化学工程师 大学程度以上, 化学的任何专业均可, 细心踏实高分子塑料专业, 熟悉计算机应用为好, 1 人。

机械包装工程师 大学程度, 有无无纺布包装经验, 并胜任简单的机械设计和维修, 有实际机械工作经验的, 30~40 岁为佳, 1 人。

技术工人 长期从事机械、维修、包装的技术工人, 1 人。

(6) 市场营销能力:

国内已有一定数量的销售网点, 有广告能力和有一定知名度的企业优先。

二. 生产能力和生产环境

(1) 生产能力: 一台联合包装机: 500-600 万贴/年。

(2) 生产环境: 所有原材料为绿色天然物品所制, 无毒无污染, 生产过程中无三废排放(废气、废水、废物)的绿色环保生产。

三. 生产成本及效益估算(一台联合包装机: 500-600 万贴/年)

原材料(每袋内外包装 + 发热剂) 0.5 ~ 0.6 元

年产量 600 万贴, 出厂价 2.5—3.5 元, 年产值 1500--2100 万。

5 合作方式

面议。

多元过程健康监控软件

1 成果简介

现代工业过程中, 往往需要测量很多过程变量, 用以对过程进行监测和控制, 这样摆在操作人员面前的画面, 是很多变量在同时错综复杂地变化着。在这种情况下, 操作人员往往很难对变化的真正原因及时地做出正确的判断。如能将很多相关的过程变量压缩为少量的独立的变量, 那么操作人员就有可能从少数几个独立变量的变化中, 较容易地找出引起过程变量变化的真正原因, 在发生异常时, 能及时输出报警和发生故障的位号, 提示操作人员进一步分析故障原因。

健康监控技术基于多元统计分析, 根据对大量实时运行数据的在线统计分析, 挖掘出表征生产过程状态的有用信息, 为操作人员提供对生产过程或设备异常的预警、异常原因分析和故障诊断, 为保证装置安全运行、提高产品质量水平提供了新的工具。由于多元统计分析提供了分析复杂事件及因果关系的方法, 已成为控制领域近年来的学术前沿课题与研究热点, 它作为一种新兴的应用技术, 尽管在国际学术界的研究成果不少, 但在连续过程工业生产中的应用实例却很少, 因而开发该项技术具有重要意义。

2 应用说明

本系统通过简单的人机交互界面, 可以方便地在一个多元统计量的趋势图上对多个变量所综合决定的生产工况进行监控。当发现有异常情况时, 利用故障分析图可以辅助分析有可能是哪个过程变量发生了异常情况, 还

可以在界面上选取单个过程变量进行观察。此外，本系统还增加了针对装置操作和管理人员不同的操作界面功能。

该健康监控软件的基本功能为：

- 1) 同时对多个监控目标进行监控；
- 2) 具有位号集的增删功能；
- 3) 具有位号集内位号的增删功能；
- 4) 在线应用时，可同时观察整个位号集统计量的控制图、位号集中各位号的单变量控制图和贡献图的时序记录；
- 5) 针对装置操作和管理人员不同的操作界面。

该系统对出现异常和由于正常操作调整引起的操作参数变动均可及时检测到并输出报警。此外，该监控系统还可根据裂解炉的各种运行工况进行自适应调整。

3 效益分析

连续过程从某处发生故障到系统整体发生故障一般需要经过一段时间，在这段时间内能否发现故障并予以排除，是决定系统最终是否发生整体故障的关键。利用本系统，操作人员可以提前发现故障，并通过系统分析确定故障原因，避免生产损失。

4 合作方式

转让使用权。