

# 南开大学最新应用科技成果汇编

南开大学科学技术研究部

联系人：王冰 张博 温颢怡

电 话：(022)85358838

网 址：<http://std.nankai.edu.cn>

## 目录

一、 新材料及其应用.....	6
1. 富锂层状及三元锂电池正极材料.....	6
2. 尖晶石型锰系高比能锂电池正极材料.....	7
3. 新型电池材料绿色合成与高比能电池应用.....	8
4. 氢能源车用纳米结构镁基合金复合储氢材料.....	9
5. 三维石墨烯体相材料的制备及其性能研究.....	11
6. 硅基新一代锂电负极材料制备.....	12
7. 面向应用的高效有机太阳能电池关键材料与器件制备研究.....	14
8. 单壁碳纳米管和石墨烯的制备及其在能源、光电器件和复合材料等方面的应用.....	16
9. PVC 绿色无汞催化剂技术.....	18
10. PVC 低汞催化剂技术.....	20
11. 粒状壳聚糖改性介孔分子筛用于食品脱色.....	21
12. 一种锌配体修饰的聚合物基高效基因转染载体.....	22
13. 低密度 PVC 基多孔结构材料.....	24
14. 天然绿色环保植物木蜡油涂料项目.....	24
15. 室内车内除甲醛催化剂的研究及空气净化技术开发.....	26
16. 高性能印刷胶辊胶料.....	28
17. 高性能系列铈酸锂、钽酸锂晶体和光电器件.....	29
18. 三维细胞培养材料及服务.....	32
19. 应用于燃料电池的煤油超深度脱硫技术及重整技术的开发.....	36
20. 高选择性吸附树脂生产及其应用技术.....	39
21. 生物分子与多孔框架材料相结合制备新型分离介质.....	42
22. 二维 TiO <sub>2</sub> 基复合光催化材料的制备、固定化及应用研究.....	44
23. 高效无机非金属红外辐射材料的研发与应用.....	46
24. 有机光致变色材料产业化.....	47
25. 重金属的流动注射在线测定及高选择性吸附.....	48
26. 催化亚胺与一氧化碳交替共聚合成多肽类高分子材料.....	49
27. 用于生物气净化分离的新型分子筛的研发及制备.....	53
28. 大孔树脂“一步法”纯化中药皂苷类成分.....	54
29. 新型 N-P-S 膨胀型磷系阻燃剂.....	55
30. 单分散金属纳米颗粒自动化生产工艺与设备研发.....	57
31. 一种紫外线吸附材料 (THBP) 的制备.....	58

<b>二、 新能源与高效节能.....</b>	<b>60</b>
32. 蓖麻油基生物航煤及核心催化反应技术.....	60
33. 低成本制备高效硅薄膜太阳能电池关键技术研发.....	62
34. 高效率的分布式智能光伏云技术.....	63
35. 低成本非真空铜铟硒（CIGS）薄膜太阳能电池制造技术.....	66
36. 低温柔性大面积 CIGS（铜铟镓硒）太阳能电池.....	68
37. 锂空气电池及相关材料.....	69
38. 一种用于高电压（5V）锂离子电池的电解液.....	70
39. 锂离子动力电池正极材料.....	71
40. 基于时空多尺度联合学习模型的能源需求预测技术.....	72
41. 基于深度时空分析的综合能源数据挖掘与预测技术.....	73
42. 可远程控制的光网联合供电多路直流电源.....	75
<b>三、 电子信息.....</b>	<b>1</b>
43. 自主作业型旋翼飞行机械臂.....	1
44. 微创全膝关节置换手术机器人.....	2
45. 南开深海行业领域大数据智能分析平台.....	3
46. 安全高效自动操作桥式吊车系统.....	5
47. 欠驱动非线性桥式吊车自动控制系统设计.....	9
48. 面向生命科学的原位显微分析与微操作机器人.....	11
49. 智能步行辅助机器人.....	14
50. 铟化铟（InSb）薄膜型霍尔元件.....	16
51. 表面等离子共振（SPR）生物学检测系统.....	18
52. 面向多终端的电子商务平台.....	20
53. 高并发低功耗的信息感知系统.....	24
54. 三维真彩色喷绘机器人.....	26
55. 可配置的多机器人三维仿真系统.....	27
56. 广域动态环境下机器人智能监测.....	29
57. 基于串联弹性驱动单元的稳态系统.....	31
58. 多层折叠式柔性太阳能电池发电系统.....	32
59. 低成本床旁快速诊断系统.....	33
60. 肌电假手技术.....	35
61. EIS 型无标记病理芯片及其检测系统的研究.....	37
62. 数模混合集成电路、射频集成电路、SoC 系统集成等技术.....	39
63. 新型现场多组分有害气体检测仪.....	40
64. 基于 IEEE 802.15.6 的无线体域网及可穿戴设备.....	43
65. 人体三维测量与三维定制.....	44
66. 电网三相不平衡调节系统.....	46
67. 低功耗智能车位锁.....	47
68. 用于多参数水质检测的手持式智能设备.....	49
69. 基于 ISFET 传感器的智能传感系统.....	51
70. 低功耗、手持式塑料分类检测装置.....	53
71. 基于无线移动终端的快速应急救援系统（卫星通信与定位技术）.....	55
72. VHF/UHF 频段基于 OFDM 技术的高速数据通信系统.....	57
73. 一种基于软件无线电的新型 DTMB 和 CNSS 混合定位接收系统.....	59

74. 基于 RFID 新型安全公交 IC 卡消费系统.....	60
75. 基于新型 $\Sigma - \Delta$ 调制的多频带 UWB-OFDM 系统及关键技术研究.....	61
76. 正交多载波调制太赫兹宽带无线通信关键技术研究.....	63
77. 基于光纤光栅的油气管线腐蚀在线监测系统.....	64
78. 基于光纤的海洋水体放射性环境在线探测系统.....	68
79. 宇航级光纤激光器和放大器的研制.....	71
80. 基于光纤的长距离管线泄漏及周界安防预警系统.....	73
81. 高精度光纤时频传递（授时）系统.....	75
82. 基于激光散射的空气污染物微粒测量仪.....	77
83. 声表面波传感器及其应用.....	79
84. LCoS 微显示技术.....	81
85. 太阳能发电与电源设备的研发.....	82
86. 皮肤病无创检测的光学成像技术.....	83
<b>四、 环境保护与资源综合利用.....</b>	<b>85</b>
87. 生物质固废资源化技术研发及应用.....	85
88. 生物质固废生产肥料关键技术研发.....	86
89. 生物炭农田化肥减施与重金属修复技术.....	87
90. 小城镇分散型生活污水处理技术.....	88
91. 重金属低积累作物品种的筛选鉴定及产业化.....	90
92. 大气污染物来源解析技术.....	91
93. 流域（区域）控制断面污染物来源解析与决策支持服务.....	93
94. 流域（区域）水环境污染物空间分布评估与决策支持服务.....	95
95. 污水处理厂智能化控制系统和成套传感器研究转化示范.....	98
96. 挥发性有机污染物 VOCs 处理系列关键技术及设备.....	99
97. 节能与清洁生产.....	102
98. 城市污水处理智能化多目标优化控制成套技术与设备研制.....	104
99. 烧结工艺节能、低氮、低硫多目标智能控制技术与设备研制.....	106
100. 污染水体修复及全过程监控.....	107
101. 微生物——植物联合原位生态修复技术处理中低浓度石油污染土壤.....	108
102. 海洋环境中病原微生物的分子快速检测与评价技术.....	110
103. 基于“RO/SEDI”全膜法的超纯水成套技术产业化.....	112
104. 面向高含盐水体处理的节能型电渗析关键装备研发与产业化.....	114
105. 高端自洁净净水器.....	117
106. 高端住宅用中央净水技术与成套设备.....	118
107. 饮用水源地富营养化技术研究.....	120
108. 海洋保护区科学考察.....	120
109. 油品脱硫脱氮的清洁生产技术.....	120
110. 北方地区安全饮用水保障技术.....	121
111. 聚合物絮凝剂和螯合树脂去除水中重金属.....	122
112. 焚烧尾气二恶英污染控制技术.....	123
113. 厌氧同时脱氮除硫新工艺.....	124
114. 清洁低硫船舶燃料油制备及石油污染生物治理.....	126
115. 生态村污水和垃圾处理实用技术与示范工程.....	127
116. 废塑料制备清洁燃料油的技术.....	128

117. 科学制定地区及产业循环经济规划.....	129
118. 污染积物活性格栅原位修复集成技术水体.....	135
119. 餐厨垃圾资源化利用技术及方法.....	136
120. 智慧海绵城市决策平台.....	138
121. 应用于油水分离的新型超润湿性膜.....	140
122. 再生混凝土-建筑垃圾原位处理技术.....	141
123. 利用阳极修饰沉积型微生物燃料电池原位修复黑臭水体技术.....	143
<b>五、 生物.....</b>	<b>145</b>
124. 一种引导神经再生的仿生可降解人工神经导管.....	145
125. 取向微通道细胞外基质材料用于肌肉、神经、跟腱、血管等取向组织再生.....	147
126. 合成高分子与天然细胞外基质复合人工血管.....	148
127. 一氧化氮控制释放表面涂层技术.....	150
128. 生物复合驱油剂提高石油采收率.....	152
129. 干细胞来源的外泌体治疗角膜、皮肤损伤.....	153
130. 用于肿瘤免疫治疗和抗体制备的关键免疫活化技术.....	154
131. 近红外荧光肿瘤切除手术导航.....	156
132. 基于突变型半乳糖苷酶的化学发光型 ELISA 技术的开发.....	157
133. 抗菌 3D 打印骨支架材料用于根尖周炎骨缺损修复的研究.....	157
134. 以葡萄糖醛酸糖苷酶为 Biomarker 检测泌尿系统感染体外检测技术的开发与 应用.....	158
135. Fc $\gamma$ RIIB 高结合型 CD40 激动性抗体的研制.....	159
136. 抗体恒定区 (Fc) 工程化改造平台及 Fc 突变序列.....	160
137. 高性能血液净化医用吸附树脂的创制.....	161
138. 靶向肠道菌群的 II 型糖尿病治疗药物 (HMPA) 的开发.....	163
139. PD-1 抑制剂增敏药物 (升麻素昔) 开发.....	165
140. 聚合物纤维骨架与脱细胞基质构成的杂化血管材料.....	169
141. 聚合物纤维骨架增强型体内工程化血管.....	171
142. 新型多孔框架材料在生物医药方面的应用.....	173
143. 一种防治肺损伤的干细胞来源的外泌体制剂.....	175
144. 原创新型抗钙化耐久性介入主动脉瓣膜研发.....	176
145. 生物防治技术与京津地区放心蔬菜项目.....	178
146. 光动力治疗用的光敏药物的研究与开发.....	179
147. 基于液滴微流控构建重链、轻链匹配的抗体文库的技术体系.....	181
148. 武装化溶瘤疱疹病毒技术及基于人工智能患者分群方法的建立.....	181
149. 靶向药探针染色技术用于药物敏感性检测及病理诊断.....	183
150. 名贵中药铁皮石斛工厂化生产技术.....	184
151. 新型膜表面生物活性材料真菌疏水蛋白产业化及应用.....	186
152. 生长因子功能肽.....	188
153. 肿瘤转移基因芯片.....	190
154. 水体中主要病原微生物特异分子标识库的建立和快速检测技术.....	191
155. 创制转基因技术中带有安全筛选标记的安全转化载体.....	193
156. 微生物诊断血清试剂盒及免疫磁珠分离试剂盒.....	194
157. 玫瑰花提取物及其应用.....	195
158. 犬猫宠物食品配方技术.....	196

159. 一种抗逆融合基因 (WX02) 的创制及其在抗逆优质作物育种中的应用项目	197
160. 番茄红素产业化研发	199
161. 利用芽孢杆菌生产不同分子量的透明质酸	201
<b>六、 医药与医疗器械</b>	<b>203</b>
162. 钴离子介导的可促进皮肤损伤修复的多功能敷料	203
163. 多孔框架材料用于化妆品和医药敷剂的制备	205
164. 靶向治疗脑胶质瘤的药物	206
165. 治疗特发性肺纤维化 1 类创新药物 CP0116	209
166. 治疗结肠慢传输性便秘 1 类创新药物 CP0119 的开发	214
167. 中药及复方制剂的化学物质基础及作用机制研究	216
168. 治疗肺纤维化 1.6 类化药盐酸多西环素的临床研究	219
169. 靶向鞘氨醇转运受体 (SPNS2) 的抗肿瘤药物开发	222
170. 苯妥英银促伤口愈合的研究	225
171. 基于靶向分子探针的肿瘤精准给药筛查技术的产业化	227
172. 针对肥胖型的 II 型糖尿病药物 1.1 类化药新药分子 CP0269 的开发	230
173. 临床药物高三尖杉酯碱的合成工艺	232
174. 抗癫痫药伊莱西胺的新工艺	233
175. 恩翊平衡调理精粹液	234
176. 红景天牛磺酸泡腾片	235
177. 雾灵景天清新精华液	236
178. 高纯度银杏内酯的制备	237
179. 肝癌靶向纳米药物	240
180. 抗丙肝药物索非布韦关键含氟医药中间体材料的制备工艺研究及产业化	241
181. 索非布韦的合成方法及产业化	242
182. 一种抗疟剂药物中间体材料的制备及合成工艺	243
183. 医药中间体 3, 4, 5-三甲氧基苯甲醛(TMB)的制备	244
184. 降糖抗栓肽生物制备技术	245
<b>七、 农业</b>	<b>248</b>
185. 单噻磺隆和单噻磺酯合成工艺的绿色研究	248
186. “水肥一体化”高效多聚磷酸铵-硫酸钾肥料	249
187. 绿色高效鳞翅目杀虫剂创制品种-NKXU2014	252
188. 农用杀菌剂氟硅唑清洁生产技术	252
189. 杀菌剂-肟菌酯创新合成技术	254
190. 有机磷、磺酰脲类农药高效分子印迹材料的制备技术及其检测应用	255
191. 杀虫剂地亚农绿色生产工艺	256
192. 羟基嘧啶的绿色生产工艺	259
193. 禾本科杂草除草剂一拿捕净	260
194. 农药噻虫胺原料药清洁生产技术	261
195. 一个线虫孵化信息素分子的合成及产业化推广	262
196. 生物传感农药残留检测仪器研发技术	263
<b>八、 其他化学化工</b>	<b>266</b>
197. 手性醇的高效不对称催化氢化合成	266
198. 系列有机合成香料项目	267
199. 冷链物流项目	268

200. 食品冷链物流蓄冷剂研发.....	270
201. 固体催化剂制备碳酸丙烯酯工艺.....	271
202. 碳酸丙烯酯与甲醇的酯交换法生产碳酸二甲酯.....	275
203. 二氧化碳的捕集与转化技术.....	277
204. 开发的高效苯吸收液及分层技术.....	278
205. 蓖麻生物质产业链.....	280
206. 新型氢甲酰化双磷配体的产业化.....	283
207. 快速响应的水凝胶薄膜光学传感技术.....	285
208. 1, 3-环戊二酮的工业化生产技术.....	285
209. 反-2-己烯醛及反-2-己烯-1-醇情况简介.....	287
210. 香兰素为原料的系列香精生产技术.....	288
211. 苯乙烯阻聚剂 HPHA.....	289

## 一、 新材料及其应用

### 1. 富锂层状及三元锂电池正极材料

**项目负责人：陈 军**

**个人简介：**教授，中国科学院院士，南开大学化学学院院长。

**研究方向：**无机固体功能材料的合成化学、固体电极制备、新型电池电极材料开发研究。

**项目简介：**

富锂的层状结构 Mn 基氧化物及三元 (NCM) 材料具有高容量的特点，成本低廉，工作电压与现有电解液匹配，安全性好，考虑到振实密度，比容量等综合性能，其应用前景很好，适用于数码通讯类滇池、笔记本电脑、电动工具电池、汽车电池等。该项目具备产学研合作基础。

**项目特色：**

针对富锂锰基和三元正极材料首次充放电效率低，倍率性能交差，锂层中阳离子的混排、高电压下电极材料与电解液之间反应等问题，通过表面包覆、体相掺杂、颗粒微纳化和形貌控制等多种方法，以提高其电化学性能。

通过原位 XRD、XAS、EXAFS、电化学阻抗谱 (EIS)、原位扫描电镜与透射电镜、扫描隧道显微镜、原位核磁共振、同步辐射和中子衍射等技术，获得无机材料及相关体系的原位分析与诊断新方法。优化设计并研制新型电极，电池制备工艺技术，构筑高容量，长循环稳定性的新型锂电池。

### 市场应用前景：

扩大富锂层状与三元电极材料与新型锂电池技术成果的推广力度，促成成果转化和产业化，使中小型企业规模成长，提升电池行业研发水平和产业链结构优化，带动锂电池及储能产业发展。

## 2. 尖晶石型锰系高比能锂电池正极材料

项目负责人：陈 军

个人简介：教授，中国科学院院士，南开大学化学学院院长。

研究方向：无机固体功能材料的合成化学、固体电极制备、新型电池电极材料开发研究。

### 项目简介：

本项目开发出两类高性能尖晶石型锰系电池正极材料，包括多孔结构  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  和微纳结构  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 。对于  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  材料，利用“乳液沉淀—固相锂化”制备路径，获得了高纯度富锂尖晶石相，产物具有一维多孔结构，产物尺寸可在纳米，亚微米和微米尺度范围内调节，优化的产品具有非常好的高倍率性能和长周期循环性能。对于  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  材料，利用“碳酸盐一步共沉淀法”和“表面活性剂辅助草酸盐共沉淀法”两种制备技术路线，获得的产品具有晶相纯度高、颗粒规整、振实密度大、高电压区间容量高，倍率性能好等特点。

### 项目特色：

开发了“乳液沉淀—固相锂化”、“碳酸盐一步共沉淀法”和“表面活性剂辅助草酸盐共沉淀法”三条技术路线，用于多孔结构  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  电极材料和微纳结构  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  的制备，制备方法工艺简单，易于实施，有利于推广应用，制备的产品具有晶相纯度高、形貌规整、粒径可调、振实密度大、比容量高、倍率性能好、长周期循环性能突出等特点。

### 市场应用前景：

本项目社会贡献和经济效益在于使尖晶石型新型锰系锂电池正极材料形成自主知识产权，促进成果转化和产业化，提升电池行业的研发水平和产业链结构优化，带动锂电池新能源产业发展。

## 3. 新型电池材料绿色合成与高比能电池应用

课题负责人：陈军 院士

### 项目简介：

高比能电池面向国家重大需求，仅锂电池 2017 年市场规模已超过 1 亿 kWh，并且随着电动汽车、规模储能市场的迅速发展，电池需求快速增加，市场规模很快将超过 3000 亿元。

本项目为陈军教授团队十余年的研发成果，主要包含新型锂电池、钠电池、锌电池等新能源电池，可用于电动汽车、可再生能源风光发电储能等领域。

1. 开发了两类新型锂电池正极材料：取代型锰系尖晶石正极材料和掺杂型超高镍含量三元层状材料。这两种材料原料便宜、制备工艺（连续共沉淀与梯度加热）简单，成本优势明显，并且性能优异，产品晶相纯度高、形貌规整、振实密度大、长周期循环稳定性好。



2. 针对传统无机电极材料的不足，研发有机电极材料，它们由高丰度的 C、H、O、N 等元素组成，具有易合成、低成本、绿色环保等突出优点，并且由于可实现多电子反应，容量大、能量密度高，此外有机电极材料柔韧性强，在柔性可折叠等新颖结构电池体系中应用前景巨大。

部分有机电极材料在实验室中已实现公斤级制备，并组装 Ah 级软包全电池，经 18 所等权威机构检测鉴定，能量密度超过 300Wh/kg，通过安全性测试。计划 5 年内完成 1-2 种有机电极材料的中试，并实现部分电池产品的应用示范，具有清洁环保优势。

可合作宏量制备及大容量电池装配，推进中试和产业化，将产生显著经济效益、环境效益和社会效益。

#### 4. 氢能源车用纳米结构镁基合金复合储氢材料

项目负责人：陈 军

个人简介：教授，中国科学院院士，南开大学化学学院院长。

研究方向：无机固体功能材料的合成化学、固体电极制备、新型电池电极材料开发研究。

项目简介：

针对车载氢能源的难题，开展纳米结构镁基合金复合材料储氢研究，特别开展了 Mg 纳米线的储氢性能研究。

MgH<sub>2</sub> (7.6wt% H<sub>2</sub>) 是理想的轻质储氢材料之一，但其缓慢的吸放氢动力学和相对高的操作温度，限制了它的发展。为了改善镁基材料的储氢性能，通过气相传输的方法制备了不同形貌的 Mg 纳米线。结果表明，改变载气流速、传输温度和沉积基底，可以控制 Mg 纳米

线的长度和直径。测试结果显示，Mg 纳米线降低了脱附能垒，改善了热力学和动力学性能。实验结果显示，直径为 30-50nm 的 Mg 纳米线具有良好的可逆储放氢性能。

研究成果发表在 J. Am. Chem. Soc., J. Phys. Chem. C, J. Alloys Compds 等期刊上，授权发明专利 2 项。

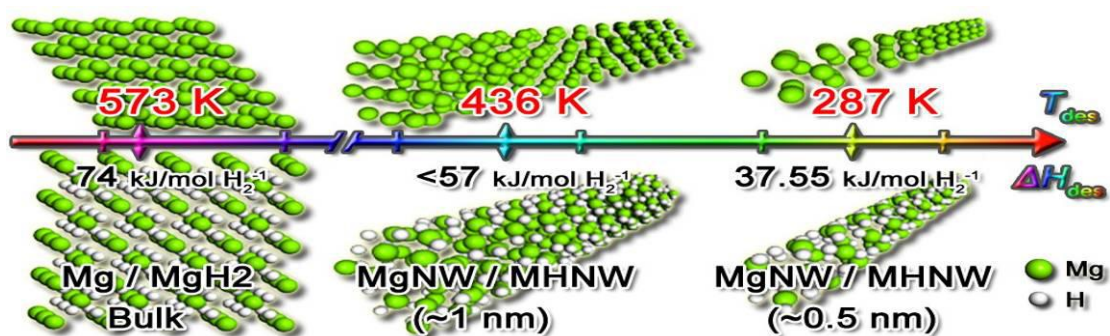


图 1：理论计算：MgH<sub>2</sub> 纳米线直径与放氢热力学性能

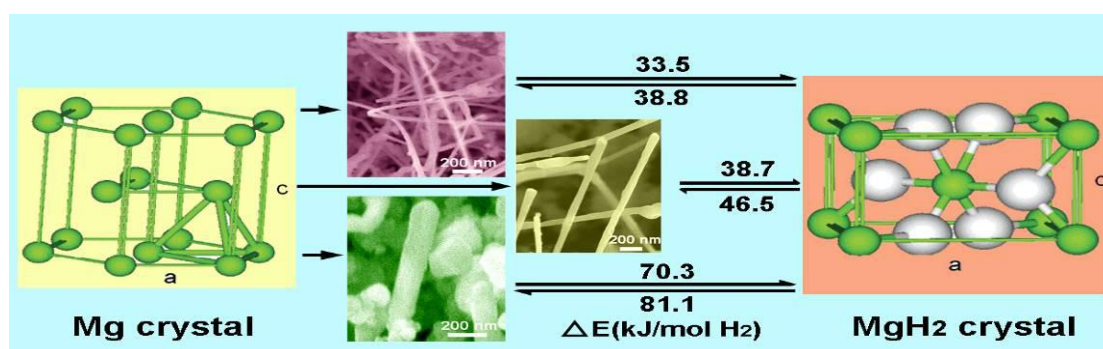
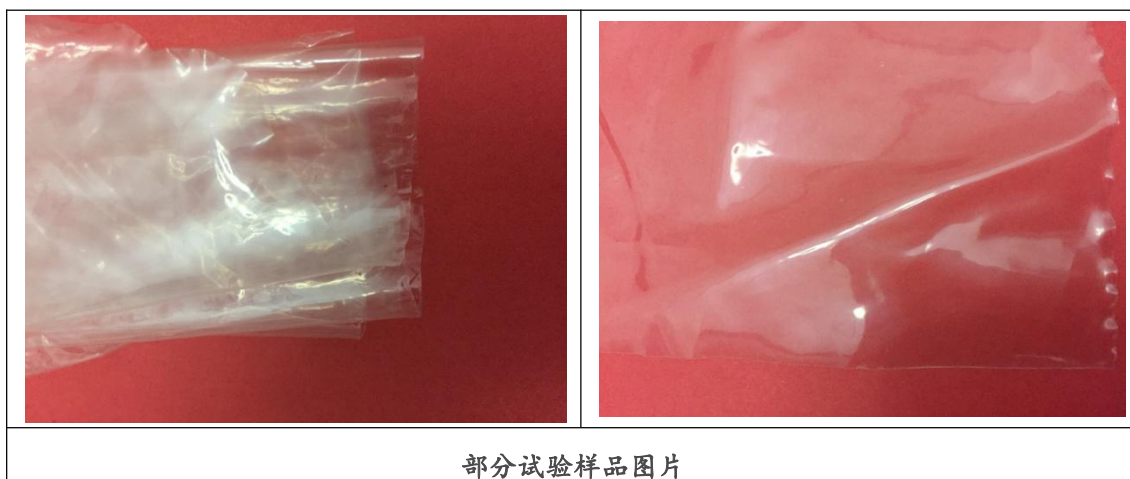


图 2：实验研究：Mg/MgH<sub>2</sub> 纳米线直径与其吸/放氢活化能



部分试验样品图片

## 5. 三维石墨烯体相材料的制备及其性能研究

项目负责人：陈永胜 教授

项目简介：

制备在宏观尺度上具备二维单片石墨烯的独特本征性质的石墨烯三维体相材料是材料学研究中兼具学术价值和实用意义的重大挑战。本项目制备得到了一种三维石墨烯宏观体相材料，其由大量独立且悬空的二维石墨烯单元通过片层边缘的化学键构筑而成。该材料具有良好的机械性能，在常温可见光下作用下具有电子发射能力，在瓦特功率级别的可见波段激光或聚焦的太阳光照射下，厘米尺寸的此石墨烯材料样品可以在真空条件下实现有效的直接光驱动，此现象为国内外所首次观察及报道，为石墨烯带来了一种激动人心的潜在应用价值。上述材料的制备及相关性能研究还可为石墨烯在催化，能源转换与存储等领域的应用提供材料支持与相关理论支撑。

项目特色：

1. 制备了基于二维石墨烯单元通过片层边缘的化学键构筑而成三维石墨烯体相材料，该材料不仅保留了二维石墨烯材料的本征性质，而且具备优良的机械及光电性能。

2. 在国内外首次观察到厘米级尺寸的肉眼可见的宏观石墨烯样品，只依靠瓦特级别的光作为单一驱动源，即可实现较大距离(数十厘米)的有效的运动，并提出了光致电子发射驱动的机理解释上述三维石墨烯体相材料独特的光驱动，

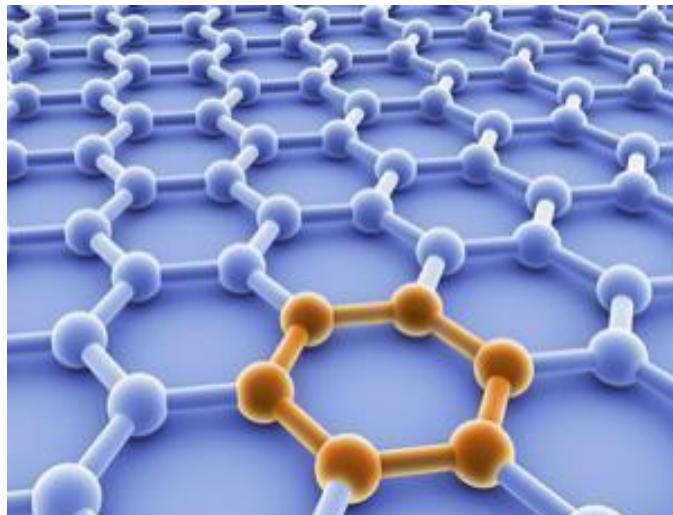
3. 上述材料的制备与性能研究揭示通过有效合理的结构构筑手段，能够得到以二维石墨烯作为构成单元，并有效保留其独特二维性质和兼具三维宏观形态的石墨烯体相材料，此项研究为其它二维材料的开展类似工作并拓展其应用提供了范例和思路。

### 已取得的成果:

项目的标志性研究结果于 2015 年 6 月在线发表于 Nature Photonics, 并于 2015 年 7 月正式发表 (Nature Photonics, 2015, 9, 471-476)。杂志同期以“Two-dimensional materials: Lift off for graphene”发表了专题评论。英国著名科普杂志 New Scientist 以“Spacecraft built from graphene could run on nothing but sunlight”为题报道了此研究, 指出该成果“再为石墨烯这种优良材料增添了一种惊人的性能”。国内主要媒体包括人民日报、光明日报、新华网以及多家门户网站等均对此研究进行了报道, 中央电视台《新闻联播》栏目于 2015 年 6 月 21 日也对此进行了报道。

### 市场应用前景:

空间飞行器是人类探索宇宙的重要工具, 而动力源问题一直羁绊着人类无法走得更远。目前几乎所有的航空、航天飞行均采用化学驱动, 即通过喷射燃烧的化学物质来获得驱动力, 光直接驱动飞行是科学界和航空界多年的梦想。



## 6. 硅基新一代锂电负极材料制备

项目负责人: 陈永胜 教授

## 项目简介：

目前锂离子电池的能量密度已经越来越不能满足其在电动汽车、智能手机和大规模储能方面的应用。锂离子电池的能量密度低主要是因为所采用的正负极材料的比容量较低，尤其是负极材料石墨，其理论比容量为 372 mAh/g。目前研究最多的、最具有商业化前景的负极材料为硅基负极材料，其理论比容量为 4200 mAh/g，是石墨的十倍以上。据招商证券预计，硅基负极材料在 2020 年的市场使用量接近于 5 万吨，销售额接近于 50 亿。

然而硅基材料在充放电过程中较大的体积变化率 (>300%) 限制了其商业化应用，较大的体积变化导致极片碎裂以及电解液在材料表面持续分解，从而造成其循环性能剧烈下降。另外，硅基材料为半导体，其导电性较差，从而导致硅基负极材料的倍率性能较差。如何解决硅基负极材料这两大缺点是普及硅基材料在锂离子电池应用的关键。

陈永胜教授课题组结合在纳米技术和石墨烯材料领域的专长，经过近 10 几年的研究，采用低成本的原材料、易工业化的工艺技术制备了石墨烯包覆的硅基负极材料，主要技术创新点包括：1) 采用独特的、具有自主知识产权的纳米技术将大粒径的硅粉进行纳米化处理，纳米化大大缓解了硅在充放电过程中体积变化的问题，从而从根本上解决了硅基负极材料循环性能差的问题；2) 石墨烯包覆则充分发挥了石墨烯导电导热性能好、机械性能优异、电化学性能稳定等特点，改善了材料的锂离子扩散性能和电子导电性，大大提高了功率特性；

隔绝了硅与电解液的直接接触，抑制副反应造成的电解液分解和材料侵蚀，提高了首次效率，延缓了使用过程中的寿命衰减；进一步减缓了充放电过程中硅的体积变化，维持材料结构的整体稳定性，极大地提升了循环特性。

#### **项目特色：**

陈永胜教授课题组发明的石墨烯包覆硅基负极材料，从制备过程上讲，具有工艺简单、成本低廉、易工业化的特点；从性能上讲，具有比容量高、稳定性好、压实密度大等优点，与高比容量正极组成的锂离子电池的能量密度是当前商业化锂离子电池能量密度的数倍以上。

## **7. 面向应用的高效有机太阳能电池关键材料与器件制备研究**

**项目负责人：陈永胜 教授**

#### **项目简介：**

作为一种新的太阳能电池技术，有机太阳能电池具有低成本、柔性、半透明、可大面积溶液印刷等优点；在应用方面，可与当前基于硅等的无机太阳能电池形成优势互补。特别指出的是，与钙钛矿太阳能电池相比，有机太阳能电池还具有环境友好的优点，在使用过程中以及使用后处理方面不会产生重金属污染，其所使用的少量有机材料都是可降解的有机染料类化合物。效率、成本和稳定性是所以太阳能电池能否应用的关键要素。有机太阳能的效率目前和其它最好的太阳能电池之间的差距正在迅速缩小，目前我们实验室已经获得超过

15%的效率，是有机太阳能电池领域世界最高效率；成本方面，OPV具有巨大优势，有机材料分子结构多样性，成本低廉；寿命方面，因成本低廉，产业界对有机太阳能电池寿命的要求不如无机太阳能电池，10年左右的寿命可以完全满足商业化应用，已有研究表明，OPV寿命达到5-7年没有问题，随着研究深入，提高的10年以上会很快实现。

本项目围绕有机太阳能电池的关键材料开展系统研究，1) 提出了新的材料设计理念，发展了系列具有自主知识产权的活性层材料；2) 发展了成熟的高效率有机太阳能电池制备工艺技术，制备了系列高效率有机太阳能电池光伏器件，不断刷新领域内最高太阳能电池光电转化效率；3) 制备了低成本、可溶液印刷柔性的透明电极，应用于有机太阳能电池，获得了与目前常规透明电极，如ITO，完全相当性能。

### **项目特色：**

1. 具有完全自主知识产权的高效有机太阳能电池活性层材料，且合成简单，成本低；
2. 具有成熟的高效有机太阳能电池制备工艺；
3. 具有自主知识产权的低成本、高性能柔性透明电极，不仅完全适用有机太阳能电池，亦可广泛应用了其它相关领域。

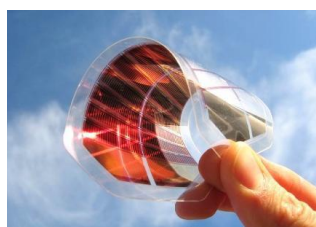
### **已取得的成果：**

项目发表包括 Nature Photonics (2篇), J Am Chem Soc (4篇), Adv Mater (5篇)等顶级水平国际期刊，申请获得授权专利5项，出版专著1部。项目成果 Nature Photonics 2017, 11, 85-90, 被评为2017

年中国光学 10 大科技进展之一，被科技日报在头版报眼位置报道 ([http://digitalpaper.stdaily.com/http\\_www.kjrb.com/kjrb/html/2016-12/15/node\\_2.htm](http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2016-12/15/node_2.htm))

### 市场应用前景：

目前有机太阳能电池正处在从实验室走向实际应用的黎明阶段，因其优点和特点，在可穿戴设备、建筑一体化等领域将会产生巨大的需求市场。当前国内外多家实验室已开展完全面向实际应用的研究开发，随着研究的不断深入，有机太阳能电池的商品化生产应用将会很快实现。



## 8. 单壁碳纳米管和石墨烯的制备及其在能源、光电器件和复合材料等方面的应用

项目负责人：陈永胜

个人简介：教授，天津市特聘教授，国家千人计划。

研究方向：高分子化学、有机化学。

项目简介：

1991 年发现的碳纳米管 (CNT) 以及 2004 年发现的石墨烯 (graphene)，分别是一维和二维纳米材料的典型代表，被认为是 21 世纪的战略材料。

本项目发明了一类新的催化剂和大量制备 SWNTs 的方法，实现了高质量单壁碳纳米管的宏量制备 (图 1)，纯度达 70% 以上，并达到了产业化规模 (达 200 公斤/年以上)。采用机械共混及“原位”聚合



等方法，使 SWNTs 有效地分散于高分子基质中，获得了以环氧树脂、ABS 及聚氨酯等为基质材料，电导率达 0.2 S/cm、导电临界含量仅为 0.06%、电磁屏蔽效果高达 49dB 的复合材料。

本项目首先发展了一种可大量制备的可溶性功能化石墨烯（SPFGraphene）的方法，实现了石墨烯的百克级制备（图 2）。通过透射电子显微镜（图 3）及原子力显微镜（图 4）确定了石墨烯的二维平面结构。



图 1：自制的 SWNTs 合成反应器



图 2：可溶性石墨烯的批量制备

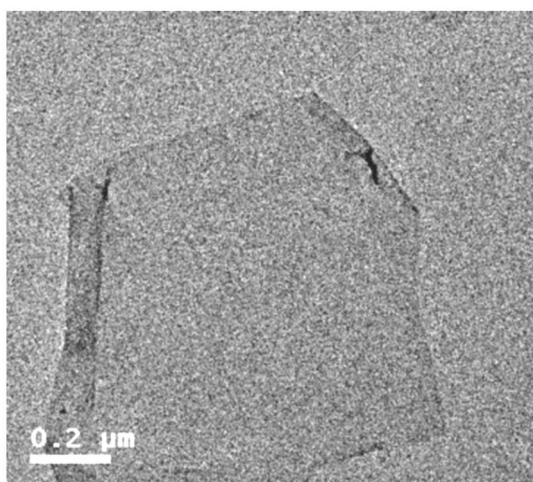


图 3、石墨烯的透射电镜照片

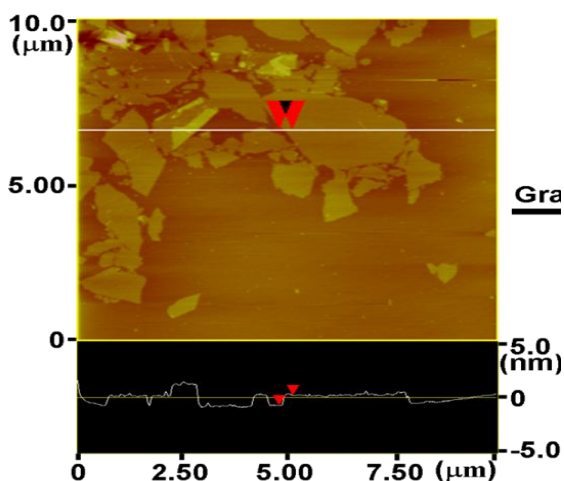


图 4、石墨烯的原子力显微镜照片

获得了可溶性石墨烯材料及柔性透明导电薄膜（图 5）；制备了基于石墨烯的高稳定性有机光伏电池及复合材料。



图 5、基于石墨烯的透明电极材料

所研制的单壁碳纳米管及石墨烯已用于数十家科研机构的研究和相关产品/样机的研制，包括应用于国家 863 重大汽车电池项目（中科院物理所）和军工卫星电池项目（中国电子科技集团公司第十八研究所）等。已研制出晶体管、锂离子电池、超级电容器（图 6）以及高性能复合材料等多种产品，具有广阔的应用前景。

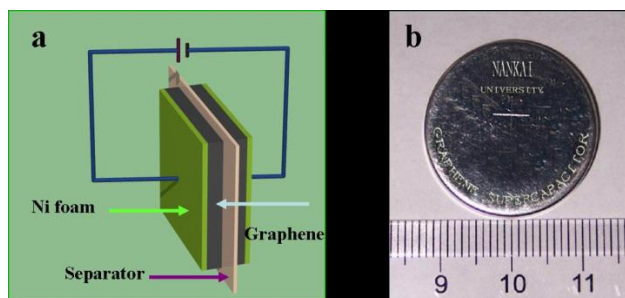


图 6、基于石墨烯的高性能超级电容器

本项目研究获得了国家 863 纳米专项、重大科学研究计划(973)、国家自然科学基金、教育部博士点基金和天津市重点基金等项目的支持，并获得 2010 年天津市自然科学一等奖。相关发明专利 10 余项。

### 市场应用前景：

南开大学在碳纳米材料的制备及应用研究方面取得了一批开创性成果，该项目技术的推广，将促进我国新材料、微电子、储能、资源保护等领域的技术进步和发展，为我国在这一新型纳米材料领域占据有利地位，提高国际竞争力，做出重要贡献。

## 9. PVC 绿色无汞催化剂技术

项目负责人：李 伟

**个人简介：**教授，教育部新世纪人才。

**研究方向：**纳米催化材料的制备和表型、新型催化反应及应用化研究、纳米涂料的制备与应用研究。

**项目简介：**

中国是聚氯乙烯产量最大的国家，占世界总产能 25%左右，2016 年我国 PVC 产能约 2250 万吨。生产中大多采用汞催化剂，但由于汞毒性大及国内资源枯竭等问题使该产业的持续发展受到了严重挑战。依靠科技的发展，创造出高效环保的无汞催化剂取代传统的氯化汞催化剂，以及创造出单位产品产污系数最低且能源消耗最少的现金工艺是聚氯乙烯发展的必然之路。

在此背景下，南开大学与新疆中泰集团合作开发的具有自主知识产权的新型绿色无汞催化剂技术实现对含汞有毒催化剂的彻底替代。经过多年的实验室研究及三年时间的中试侧线评价试验验证，该技术已经成熟，具备了大规模工业化推广的基础。与现用的汞催化剂相比具有无毒、环保、工艺先进等优点、与国、内外其它新型无汞催化剂相比具有活性高、稳定性好、成本低等优势。

**项目特色：**

本项目开发的绿色无汞催化剂在使用过程中反应转化率、选择性均达到 99%以上，单程使用寿命超过 8000 小时，并具备可再生潜力。在新疆中泰化学的 PVC 中试侧线评价装置中完成了三年三期中试评价试验，使用效果良好。

**市场应用前景：**

未来几年间，中国 PVC 产能将保持快速增长，电石法生产 PVC 催化剂需求量也将增加，实行 50%无汞催化剂替换，约有 43-68 亿市场空间。



图 1：无汞催化剂产品



图 2：专利证书

## 10. PVC 低汞催化剂技术

**项目负责人：李 伟**

**个人简介：**教授，教育部新世纪人才。

**研究方向：**纳米催化材料的制备和表型、新型催化反应及应用化研究、纳米涂料的制备与应用研究。

**项目简介：**

南开大学李伟课题组与宜宾天原集团股份有限公司、湖南新晃新中化工有限责任公司合作所开发的具有自主知识产权的新型低汞触媒各项性能指标完全符合低汞触媒行业标准 HG/T4192-2011 要求，工业运行情况稳定，在转化率、选择性及使用寿命上具有优势，且其制备方法创新，制备工艺简单，绿色环保，已通过中国石化联合会组织的技术鉴定，具备向行业内进一步扩大推广优势，在国内处于领先水平。

**项目特色：**

选择硅烷偶联剂作为表面活性剂以及特殊金属氯化物对煤质炭进行预处理，使活性炭表面羟基官能团转化为其他与特定金属离子有强结合力的官能团，大幅提升活性组分负载牢固度，提高触媒抗积碳

能力,同时也有效提高了活性组分的分散性,并有效做到降低汞用量,降低助剂金属用量,增强汞负载稳定性,提高低汞触媒活性及选择性,延长低汞触媒使用寿命。该制备方法简便易行,适合工业化大生产的需求。

#### **市场应用前景:**

本项目开发的低汞催化剂反应转化率,选择性均达到99%以上,使用寿命超过8000小时,活性组分氯化汞质量百分含量6%以下,在万吨级PVC工业装备上已装填催化剂100余吨,生产出合格产品10万余吨,创造产值近7亿元。该技术催化剂量产投资规模为5000万。

基于本技术的产品表观密度可达40-100Kg/m<sup>3</sup>,具有质轻、价廉,优良的保温隔热和隔音性能;优良的阻燃性能(可达A级或B1级)。本项目社会贡献和经济效益在于优质的保温材料是降低能耗改善大气环境的重要环节,可以为减少城市雾霾作贡献,需求量巨大,经济效益可观。

## **11. 粒状壳聚糖改性介孔分子筛用于食品脱色**

**项目负责人:** 关乃佳

**个人简介:** 教授,博导,学院党委书记(兼),曾任南开大学副校长。

**研究方向:** 石油化工催化材料、环境催化材料、纳米材料制备与表征。

**项目简介:**

脱色作为食品工业物质纯化的重要步骤,特别是在木糖醇、柠檬酸、味精等食品生产中都有重要应用。本项目以木糖醇脱色为突破口,通过系列对比和研究最终得到了粒状壳聚糖改性介孔分子筛。该材料具有壳聚糖大吸附量与介孔分子筛比表面积大(大于500m<sup>2</sup>/g)、吸附率快、结构稳定性好的特点,并可多次再生重复使用,提高了初次脱

色产品质量，避免了碳酸氢钙和活性炭的污染源，可将脱色液体的 pH 值提高，简化中和工序。利用此材料可将水解液直接脱色，大大提高了吸附效率。

#### **应用领域及能为产业解决的关键技术：**

该脱色分子筛现主要用于食品脱色领域，如木糖醇，柠檬酸，味精等的脱色处理，将该材料进一步改性，可应用于药品提纯，污水处理等行业，相关行业、跨行业扩散的能力也很强，市场前景十分广泛。

壳聚糖/介孔分子筛可代替碳酸氢钙和活性炭，无污染源，可再生利用，经济效益和社会效益显著。

#### **技术产业化条件：**

(一) 设备：1.用于填装壳聚糖介孔分子筛脱色剂交换柱，工作温度 30—100℃，设计处理糖汁能力 30m<sup>3</sup>/h，适应于年产 500 吨精制糖生产线使用。2. 再生装置，配套检测出料糖液色值及 SO<sub>2</sub> 含量，具有自动清洗交换树脂或脱色高分子材料的功能。3、用于糖汁暂存和保温的 10M<sup>3</sup> 储罐。2、液相色谱，用于测试糖含量及纯度。4、气相色谱及其自动进样器等。

(二) 材料：低黏度壳聚糖、高黏度壳聚糖、分子筛、各种烷基铵盐、戊二醛、环氧氯丙烷、聚乙烯亚胺、醋酸、酸碱度标准物质、其它标准物质、氮气、氢气、实验室及生产设备及耗材、常用试剂等。

按年产壳聚糖改性介孔分子筛脱色剂 1000 吨进行计算，项目建设周期 12 个月，除基建投资外，设备投资总额为 400 万元左右。

## **12. 一种锌配体修饰的聚合物基高效基因转染载体**

项目负责人：郭天瑛

**个人简介：** 研究员

**研究方向：** 高分子化学

**项目简介：**

基因治疗通过纠正患病细胞基因缺陷或者调控细胞内特定蛋白因子的表达，在攻克威胁人类健康的重大疾病（如癌症，帕金森等）方面展现出广阔的应用前景。但核酸分子在递送过程中非常容易被酶降解，因此缺乏高效的基因载体材料已成为基因治疗的最大障碍。本工作通过将廉价低分子量阳离子聚合物（如，聚乙烯亚胺和聚赖氨酸等）修饰上一种生物体内可还原的金属配位单元，得到一种高效安全的锌配体修饰阳离子聚合物基核酸载体材料。

**项目特色：**

本项目具有制备简单，生产成本低，基于该材料的基因载体复合物对多种细胞系具有极高的转染效率，且细胞毒性小，具有很强的抗血清能力。该产品对多种细胞系在转染性能上显著优于目前市场上商品化主流转染试剂。该项目技术已申请国家发明专利。



### 13. 低密度 PVC 基多孔结构材料

项目负责人：郭天璞

个人简介：研究员

研究方向：高分子化学

项目简介：

低密度 PVC 泡沫是一种闭孔材料，具有质轻，热导率低，隔热，隔音性好，缓冲性能优良和比强度高，耐多种化学物质腐蚀，具有阻燃性等特点。在常用保温隔热材料中，鉴于 PVC 高发泡材料较 PS 和 PU 泡沫塑料在阻燃性能，力学性能尤其是价格成本上的显著优势有望成为最具发展潜力的节能保温材料。

项目特色：

基于本技术的产品表观密度可达 40-100Kg/m<sup>3</sup>，具有质轻、价廉，优良的保温隔热和隔音性能；优良的阻燃性能（可达 A 级或 B1 级）。本项目社会贡献和经济效益在于优质的保温材料是降低能耗改善大气环境的重要环节，可以为减少城市雾霾作贡献，需求量巨大，经济效益可观。

### 14. 天然绿色环保植物木蜡油涂料项目

项目负责人：李伟、关庆鑫

项目简介：

木蜡油由植物油和植物蜡组成，能渗透进木材内部，对木材进行滋润保养，防止外来水和污渍；它的蜡能与木材纤维紧密结合，以增强木材表面硬度，这样的黄金配搭保证了木蜡油对木材具有出色的美化和保护功能。凸显木质纹理是木蜡油的特点之一，此外它不含甲醛、



苯、甲苯、二甲苯和 VOC，对人和动、植物的健康生长，安全无害。

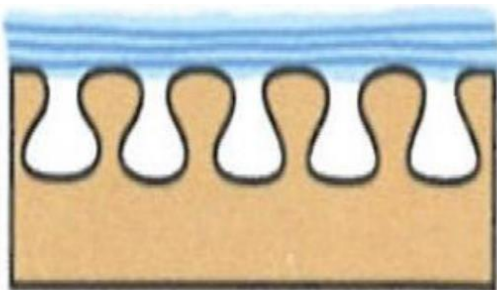
南开大学李伟教授课题组系统地研究了不同的动植物油、蜡、溶剂、催干剂与助催干剂、其他助剂等原料，经过实验不断调节木蜡油的合成工艺，优化木蜡油的合成配方，最终得到了理想的天然环保木蜡油自制品。目前该商品与国际知名品牌商品木蜡油性能相当，我们的产品价格占据巨大优势。

### 项目特色：

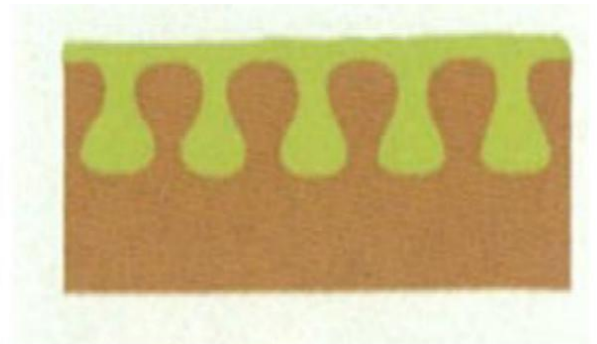
南开大学李伟教授科研团队目前已开发出具有完全自主知识产权的天然绿色环保植物木蜡油涂料关键技术。该产品绿色环保，性能与国际知名品牌商品木蜡油相当，远远好于目前市售其它品牌的木蜡油。所有测试性能全部达到行业相关标准所规定的技术指标。在涂布 8 h 后，可以达到 GB/T 50325-2010《民用建筑工程室内环境污染控制规范》中 I 类民用建筑工程的 TVOC 释放量标准 ( $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$ )。

### 应用范围：

该技术可应用于木材涂料领域。目前来说，木蜡油在国内木器家具涂装市场份额的占比只有 2%至 5%左右，现在国内市场中的木蜡油产品也是良莠不齐，高端木蜡油仍然被国外产品垄断。高品质木蜡油是未来的木器涂料的主要方向，有重大的市场和应用前景。



传统油漆与水性漆



木蜡油体系

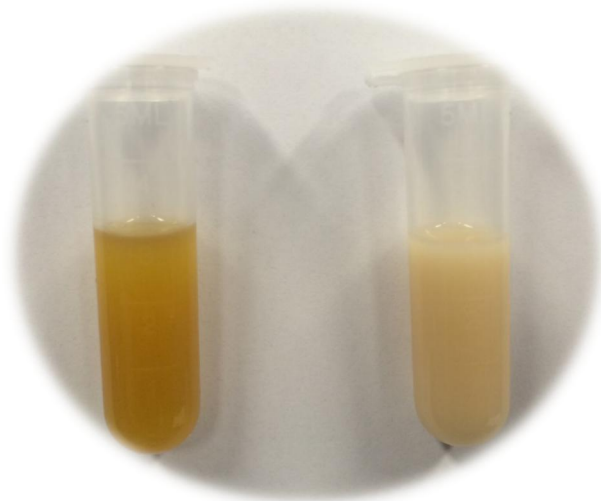


图 1 传统油漆和木蜡油的涂布原理，木蜡油成品图。

## 15. 室内车内除甲醛催化剂的研究及空气净化技术开发

项目负责人：李伟

项目简介：

甲醛是室内最严重的污染物之一，具有非常高的毒性，高居我国有毒化学品优先控制名单上的第二位，并且已经被世界卫生组织界定为致癌和致畸形物质，是日常起居中危害人们健康的一大杀手。

催化氧化技术是公认的比较理想的消除甲醛的方法，利用催化氧化反应可以在室温和常压下将甲醛转化为无毒的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。催化氧化技术的优点是：相对成本低、处理废气效率高、处理量大、处理完全、不存在吸附饱和以及没有二次污染等问题，对低浓度和高浓度甲醛的处理都特别有效，是一种最有应用前景的甲醛脱除技术。截止目前，课题组针对甲醛低温催化氧化项目的研究工作已经陆续开展了三年，在相关领域也取得了众多突破性的研究成果，已经能够实现在室温下对甲醛的完全催化氧化分解。相关研究内容已申请多项中国发明专利对知识产权进行了有效保护。

## 项目特色：

南开大学李伟教授科研团队目前已开发出具有完全自主知识产权的室温甲醛催化氧化关键技术。目前与相关企业正在合作，在空气净化器和车载空气滤网中加装除甲醛催化剂后，可以实现室内和车内甲醛和 VOC 气体的完全脱除。在国际上首次实现了室温催化氧化除甲醛催化剂的商品化生产和应用。

## 应用范围：

该技术可应用于室内、车内等密闭环境下空气净化领域。甲醛的广泛使用以及其毒性和挥发性，已成为建筑材料和气密性建筑中最常见的有害室内空气污染物之一。随着人们环保意识的增强，越来越多的商家看到了空气净化的商机，目前市面上有很多甲醛净化器在销售，很多商家宣称自己的净化器对甲醛的去除率达到了 99% 以上，然而上海市消保委对市面上的这些净化器调查的结果却发现多数声称具有除甲醛功能的产品都有功能夸大之嫌，即使产品有一定效果，也只是起到很弱的辅助作用。该项目催化剂在兼顾性能和成本的情况下，在国际上率先实现了真正的催化氧化消除甲醛，其应用前景非常广泛。

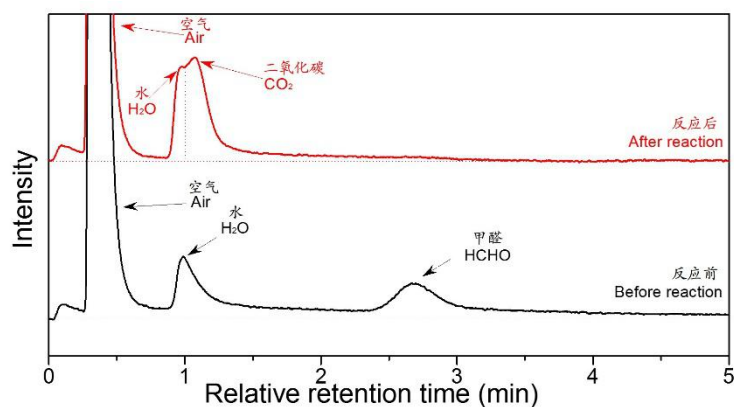


图 1 甲醛在催化氧化前后的色谱图

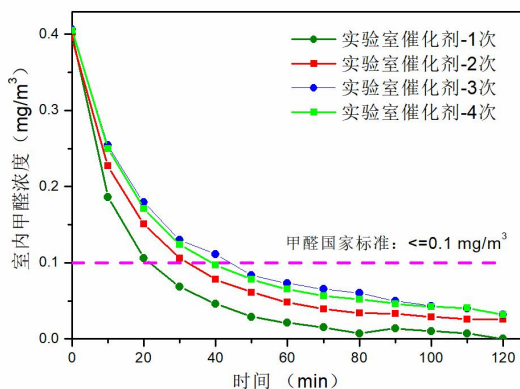


图 2 催化剂在 27m<sup>3</sup> 实验舱内除甲醛效果

## 16. 高性能印刷胶辊胶料

项目负责人：郭天璇

个人简介：研究员

研究方向：高分子化学

项目简介：

### (一) UV 胶辊胶料简介：

UV 胶辊胶料针对 UV 油墨与普通油墨的不同性质，设计和研制的 UV 油墨印刷专用胶辊胶料。

项目特色：硬度可根据印刷需求在 35-95（邵尔硬度）范围内调整；优良的耐 UV 油墨和清洗剂侵蚀能力；优良的耐酸、碱性化学物质能力；高弹性及良好的亲墨性满足油墨的有效传递；优良的耐臭氧破坏性；优良的力学性能；优良的尺寸稳定性，保证高精度，高品质印刷需要。

### (二) 酒精润板胶辊胶料简介：

酒精润板胶辊胶料针对印刷中水墨传递过程，专门设计和研制的适于普通油墨印刷的酒精润板专用胶辊胶料。

项目特色：硬度可根据印刷需求调整；高弹性及良好的亲水性满足水墨有效传递；优良的耐腐蚀和清洗剂侵蚀能力；优良的耐酸、碱性化学物质能力；优良的耐臭氧破坏性；优良的力学性能；优良尺寸稳定性。

### **（三）靠版胶辊胶料简介：**

靠版胶辊胶料针对普通油墨的性质，专门设计和研制的适于普通油墨印刷专用胶辊胶料。

项目特色：硬度可根据印刷需求在 30-60（邵尔硬度）范围内调整；优良的耐油墨和清洗剂侵蚀能力；优良的耐酸、碱性化学物质能力；高弹性及良好的亲墨性满足油墨的有效传递；优良的耐臭氧破坏性；优良的力学性能；优良尺寸稳定性。

### **市场应用前景：**

胶辊是印刷行业的易损件，消耗量很大，进口产品价格较贵，本技术产品在性能上可与国外同类产品相媲美，具有竞争优势。

## **17. 高性能系列铌酸锂、钽酸锂晶体和光电器件**

**项目负责人：孙军**

**个人简介：**研究员，博导，教育部新世纪优秀人才培养入选者。

**研究方向：**晶体生长技术及装备、电光晶体、电光器件、激光器件。

**项目简介：**

光电晶体及其器件作为激光技术的关键材料和器件，被诸多国家列为优先发展的技术领域。本项目在国家 863 计划、天津市重大科技攻关、国防科工局民口配套等项目支持下，瞄准国家需求，围绕产品化关键技术攻关，取得了以下主要科技创新：

(1) 自主设计基于经验数据库的智能计算机晶体生长自动控制系统，并开发了晶体生长成套装备，应用于多种晶体生长，得到批量推广应用。

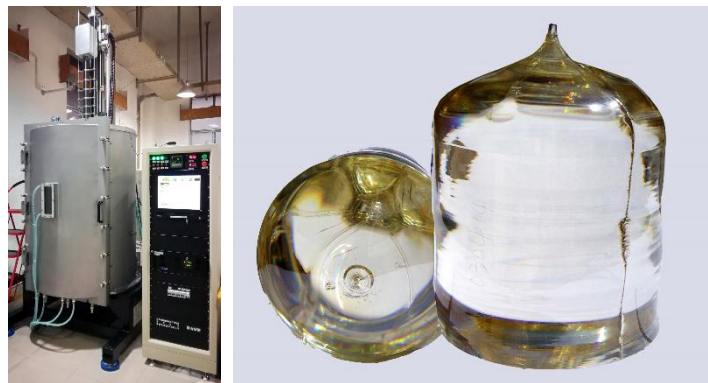
(2) 发展了两种非固液同成分共熔配比晶体的制备方法，实现了 SLN 晶体和 SLT 晶体的批量、廉价制备。

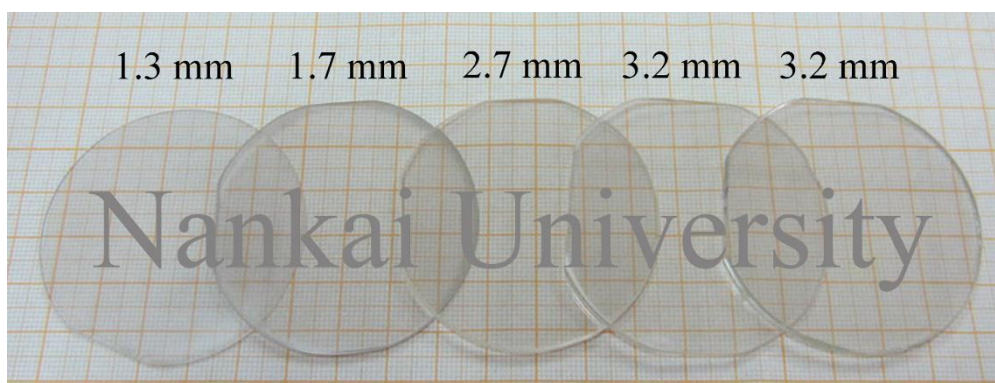
(3) 开发了宽温度范围工作铌酸锂电光调 Q 晶体及电光调 Q 开关，在  $-55^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$  温度区间稳定工作，大幅提高了军用激光系统的温度稳定性。

(4) 以高温稳定性电光调 Q 开关为核心技术自主研发的系列高温稳定性铌酸锂电光调 Q 激光系统，实现了批量生产和应用。

(5) 开发了满足激光雷达等长期在线工作的低内电场铌酸锂电光调 Q 晶体和电光调 Q 开关。

(6) 开发了高抗光损伤阈值的钽酸锂电光调 Q 晶体和电光调 Q 开关，典型 1064nm 波段的激光损伤阈值比铌酸锂晶体提高两个数量级以上，且能够满足军工宽温度范围要求。





### 项目成果展示

(上左起：成套装备、LN 晶体、电光调 Q 开关，下：光学级 SLN 晶体)

### 已取得的成果：

本项目获得授权专利 6 项，计算机软件著作权 1 项，获天津市科学技术进步一等奖和天津市技术发明二等奖各 1 项。

### 市场应用前景：

(1) 单晶成套装备可应用于铈酸锂、钽酸锂、钇铝石榴石、蓝宝石、氧化镓、铝酸铍、硅酸钇镧等高质量晶体的生长。

(2) 系列电光调 Q 晶体是纳秒、亚纳秒激光系统的核心部件，这些激光系统在医疗、美容、打标、测量、对抗等领域具有广泛应用。

(3) SLN、SLT 晶体是集成光学和铁电超晶格领域的基础材料，在光通讯、激光频率变换、太赫兹等领域具有较好的应用前景。

(4) 钽酸锂电光调 Q 开关可替代昂贵的磷酸钛氧铷 (RTP) 电光调 Q 开关，具有广阔的应用前景。

## 18. 三维细胞培养材料及服务

**项目负责人：**张拥军

**个人简介：**教授，2011 教育部“新世纪优秀人才支持计划”、2016 国家杰出青年科学基金。

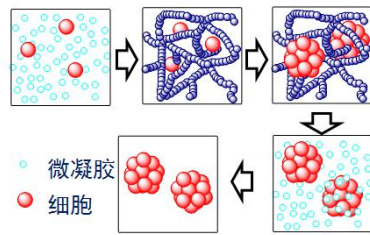
**研究方向：**葡萄糖敏感微凝胶、动态交联层层自组装薄膜、微凝胶胶体晶体、零级药物释放、快速光学水凝胶传感器、三维多细胞球制备。

**项目简介：**

体外细胞模型是生物医学研究领域必不可少的工具。众所周知，人体中的绝大多数细胞生活在三维的环境中，细胞必须通过细胞-细胞以及细胞-细胞外基质之间的相互作用，获得各种生化和机械信号，才能维持其正常的生理活动。大量研究表明，细胞与细胞外基质以及细胞与细胞之间的相互作用对于调控细胞的迁移、增殖和分化有重要的作用。一般使用的二维单层培养的细胞缺乏这样的信号传递，不能很好地模拟体内细胞的微环境。相反，在三维细胞培养体系中细胞与外部环境之间的相互作用大部分得到重建。因此，三维细胞体系可更好地模拟真实组织中细胞的行为。南开大学化学学院高分子所/药物化学生物学国家重点实验室张拥军教授课题组多年致力于三维细胞培养的研究，开发了多种三维细胞培养技术，可为从事生物医学研究的单位和课题组提供用于三维细胞培养材料和工具，或进行相关的技术服务。

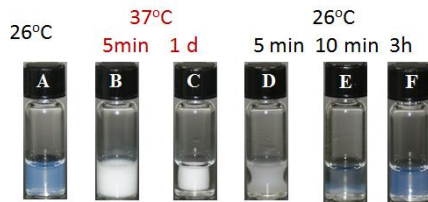


## 温敏可逆水凝胶支架材料

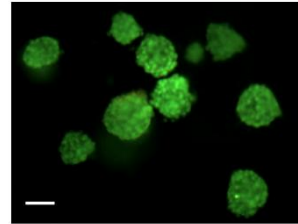


- 方便地接种细胞;
- 方便地收获多细胞球;
- 高通量制备。

温敏支架制备多细胞球示意图

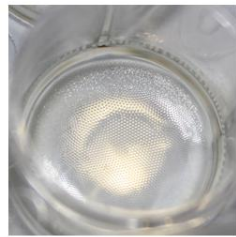


温敏支架的可逆凝胶化/液化

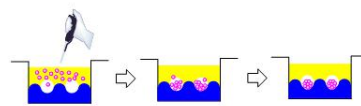


收获的HepG2多细胞球

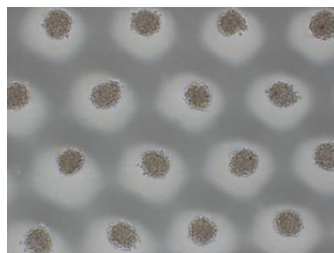
## 图案化水凝胶膜修饰的细胞培养板



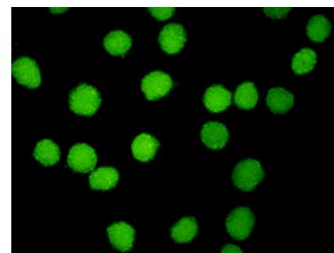
图案化水凝胶膜修饰的细胞培养板



三维多细胞球培养示意图



得到的多细胞球



活死染色证明多细胞球高活性

### 成果 1：用于三维细胞培养的温敏可逆水凝胶

与普通的水凝胶不同，本产品可通过温度的改变可逆地进行溶胶-凝胶转变，如图 1 所示。在室温时本产品处于溶胶状态，利用这一特点可方便地进行细胞的接种。升温到 37°C 后本产品迅速凝胶化形成固态的细胞/支架复合体。降温到室温本产品重新液化，细胞可离

心分离，方便细胞的进一步表征。

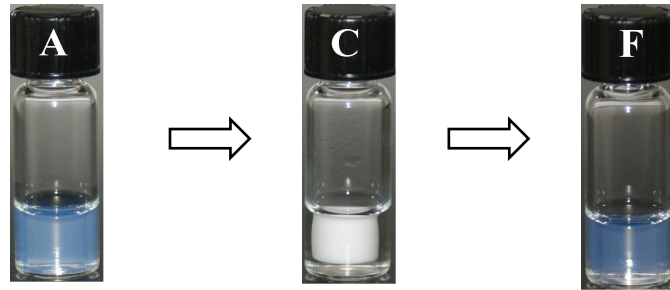


图 1. 温敏可逆水凝胶随温度变化发生可逆的溶胶-凝胶转变。

产品特色：细胞接种、分离等操作简单；无毒，生物相容性好；100%合成，无病原体。

应用：三维细胞培养；细胞移植；器官和组织再生；药物筛选；干细胞和多能干细胞培养，增殖和分化。

## 成果 2：用于三维多细胞球培养的细胞培养板

本产品特为三维多细胞球的大批量培养而设计，其结构如图 2 所示。与普通细胞培养板不同，本产品培养板底部修饰有一层水凝胶膜，这一水凝胶膜具有细胞不黏附性，并且具有规则的图案化微孔结构（如图 1 所示）。

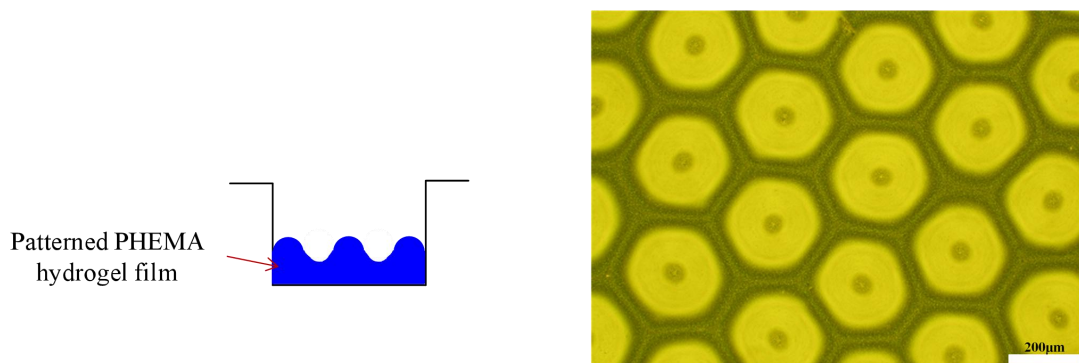


图 2. (左) 细胞培养板结构示意图。(右) P 水凝胶膜的显微照片。

如图 3 所示，当细胞悬液加入到细胞板中时，由于重力作用，细胞将均匀地聚集在微孔底部。由于水凝胶膜的细胞不黏附性，细胞将

逐步融合，最终形成尺寸均一的多细胞球。加入细胞悬液后，细胞逐渐在微孔中聚集的真实过程如图 4 所示。

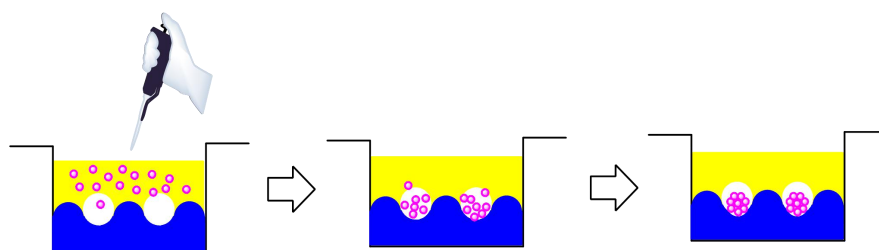


图 3. 利用本产品制备三维多细胞球示意图。(1) 加入细胞悬液。(2) 细胞在重力作用下沉降到微孔中。(3) 细胞聚集、自组织形成多细胞球。

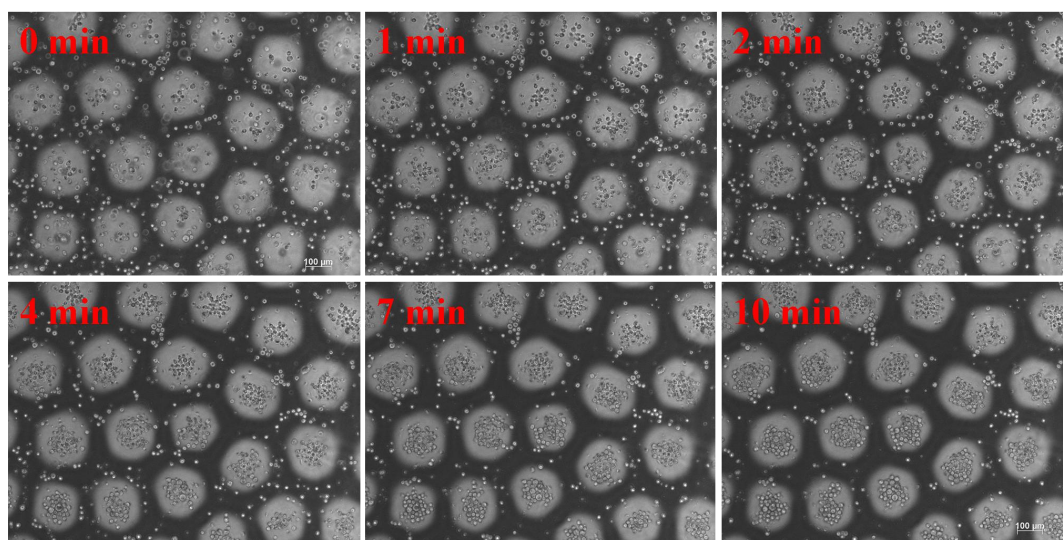


图 4. 实测的细胞逐渐在微孔中聚集、形成多细胞球的过程。

主要特点：

1. 不使用支架。
2. 得到的多细胞球单分散性好，如图 5 所示。

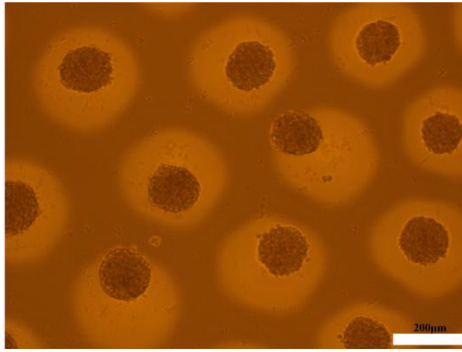


图 5. 用本产品制备的 NIH 3T3 细胞多细胞球。

3. 可在一定范围类控制多细胞球的大小。多细胞球的大小可以简单地通过控制加入细胞的量来进行控制。加入的细胞越多，最后得到的多细胞球就越大。
4. 操作简单、方便，与传统二维单层细胞培养方法兼容。
5. 可大批量制备。每个孔中可一次生成多达 4000 个左右的多细胞球。
6. 得到的多细胞球易于分离，方便进一步的生化分析和应用。
7. 可用于制备两种及两种以上细胞的混合多细胞球。

应用范围：适用于贴壁型人及动物细胞多细胞球的培养。

## 19. 应用于燃料电池的煤油超深度脱硫技术及重整技术的开发

项目负责人：王丹红

个人简介：副教授

研究方向：多相催化、燃料油脱硫

### 项目简介

燃料电池作为高节能性，环境负荷小的能源技术受到注目。燃料电池的氢气源现在主要利用天然气，甲醇，DME，轻质馏分，汽油和煤油等进行水蒸气重整开发。其中，煤油具有价格便宜，携带便利，

常温下稳定性高，供给系统完善等优点。可以广泛应用于家庭，汽车，野外或者是灾害时，成为非常方便的电力供给源。但是用于燃料电池的燃料油中的硫磺含有量必须从现在的数十 ppm 减少到 1ppm 以下。为了达到这种严格的超深度脱硫，在现在既存的石油加工厂通过加氢精制脱硫的话，需要十分巨大的设备投资，实际上对于燃料电池用燃料油的脱硫处于无法对应状态。另外利用化学吸附的吸附型硫磺脱除器正在开发中，但是吸附选择性低，使用了无法再生的高价吸附剂，处理能力也比较低。

## 项目特色

本技术采用和现在的研究完全不同的想法，利用常压低温下的氧化反应，将煤油中的硫磺化合物用油溶性氧化剂氧化，并通过常压常温下的选择吸附除去硫的氧化物，是一种新的低价脱硫法。无论在国内国外，像本技术一样利用固定床流通式反应装置除去燃料油中的硫磺化合物的研究很少有报告。这个超深度脱硫技术的反应条件非常温和，应用于燃料电池的燃料油重整器，可以很容易使燃料电池小型化，轻量化。和传统的高温高压下的加氢脱硫方法相比，本技术是在温和条件下的高效率脱硫法。和非氧化吸附式脱硫技术相比，脱硫效率高数十倍，对于硫氧化物的选择吸附性高，吸附剂可以再生，吸附剂的使用量减少，可以降低成本。本项目的目的是将这个新的低价脱硫法应用于燃料电池的重整系统，制造出氢气提供给燃料电池。

## 项目应用前景

### 1. 利用氧化吸附脱硫法开发煤油的超深度脱硫器

图 1 是氧化吸附脱硫法的原理及煤油超深度脱硫器的概念图。煤油中的难脱硫化合物 DBT 在催化剂及氧化剂存在下，在常压低温下很容易氧化，生成硫氧化物，然后通过常温常压下的吸附被除去。反

应容器里放入煤油及氧化剂，通过自然滴落在常压下送进填充了催化剂的固定床流通式氧化反应器，然后，常温常压下通过吸附器进行吸附，除掉氧化后的硫磺化合物。现在的研究结果是通过氧化吸附脱硫法可以将煤油中的硫磺含量减少到 0.5ppm。

## 2. 超深度脱硫煤油的重整反应

图 2 是利用 Ru 系催化剂对含不同浓度硫的煤油进行水蒸气重整反应的结果。其反应是煤油和水生成 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>。从结果来看，不含硫的煤油 750 度的重整反应活性达到 100%，氢气收率达到了 80%，而含硫磺煤油的催化反应表现出催化剂失活现象。

## 3. 项目计划

a. 建立一套连续的氧化吸附脱硫装置，改变催化剂，氧化条件及吸附剂，将煤油中的硫磺含量减少到 0.1ppm。

b. 试做一套小型化脱硫装置，进行 1000，2000，10000 小时长期试运转实验，对催化剂，吸附剂的寿命，再生的可能性，装置的长期稳定性进行考察。

c. 建立一套煤油的水蒸气重整反应装置，利用超深度脱硫煤油进行水蒸气重整，开发高活性，长寿命的重整催化剂。

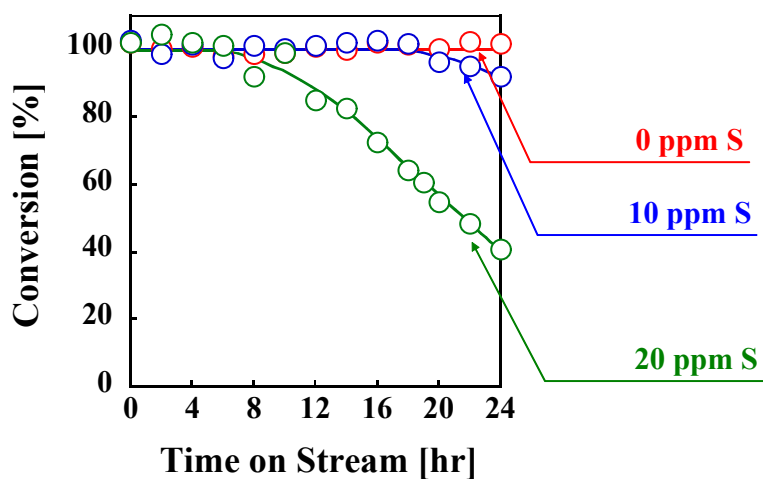
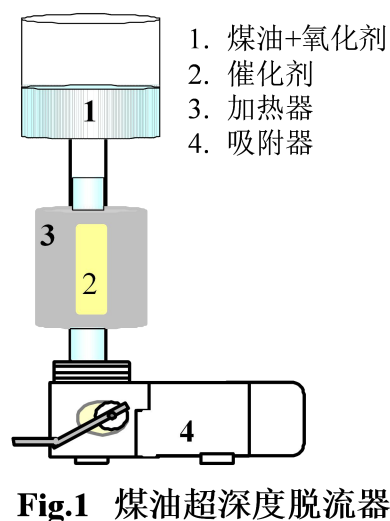
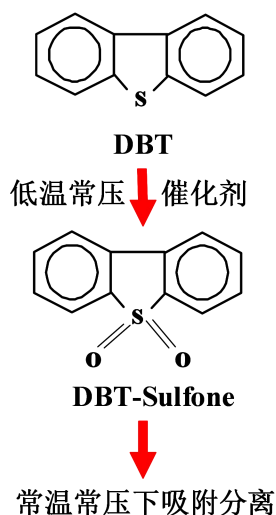
d. 将超深度脱硫器与重整反应系统组合成试验用别体型重整器，利用煤油制造氢气提供给燃料电池。

### e. 所需的仪器设备

硫磺化学发光检测器 (Sulfur Chemiluminescence Detector)，

氢火焰离子检测器气相色谱 (Gas Chromatography-Flame Ionization Detector)，

热导池检测器气相色谱 (Gas Chromatography-Thermal Conductivity Detector) 等



**Fig. 2 煤油中硫磺成分对水蒸气改质反应活性的影响**  
 (WHSV : 5h<sup>-1</sup>, S/C ratio : 4, Press. : 1 bar, Temp. : 750°C)

## 20. 高选择性吸附树脂生产及其应用技术

项目负责人：王春红

个人简介：副研究员

研究方向：高分子化学

项目简介：

吸附树脂是一类多孔性的高分子合成材料，由于合成过程中单体、交联剂、致孔剂等结构的变化以及合成控制方法的不同，使得吸附树

脂的孔结构可有目的的调控，可以适应很多方面的应用要求。

针对分离纯化的目标产物分子结构特点，设计合成高选择性大孔吸附树脂，弥补现有商品化树脂的不足，所制备的提取物纯度可控，且可以制备高纯度提取物。

来自天然植物且具有显著生理活性等有效成分，是目前药用研究和开发的重要原料来源，特别是对于结构复杂而精妙的天然产物活性成分，从天然植物提纯化仍是其唯一有效的途径。因此建立合适的分离纯化工艺、开发高效的分离材料就具有重要的意义。此研究成果不仅丰富了现有吸附树脂的品种，也为天然的药用研究提供了重要的实验样品，其具有广泛的社会价值和经济效益。

南开大学形成了可对吸附树脂的结构进行设计及合成高选择性吸附树脂生产的产业化技术和应用技术：

### **1) 天然植物有效成分及单体分离纯化产业化技术**

在树脂骨架上引入特殊的功能基团，对天然植物中不同结构的有效成分具有高的吸附选择性。

用于黄酮类、生物碱类、皂甙类、内酯类、多酚类等提取和纯化。

已工业化的有银杏叶黄酮、甜菊糖、人参皂甙、三七皂甙、长春碱等提取技术。

建立了银杏叶提取物中黄酮和内酯的树脂法分离工艺，并进行了银杏内酯冻干粉针剂的开发；

分离了汉防己总生物碱中的两种单体生物碱—汉防己甲素和汉防己乙素，开发了汉防己甲素冻干粉针剂，并已取得国家食品药品监督管理局颁发的生产批件。

### **2) 中药提取物农药残留及重金属的去除技术**

改变了树脂的传统致孔方法，合成了一类孔径较小且均匀的纳米



级孔结构吸附树脂，既保持传统吸附树脂高吸附容量，又具备按照分子尺寸进行精确筛分的能力，用于分子尺寸较大的天然产物有效成分中分子较小的农药或重金属去除。

### 3) 抗生素、维生素中间体的纯化技术

合成的高孔隙率、孔径均匀的高比表面聚苯乙烯吸附树脂，明显改善树脂的传质性能，吸附速度比现有的商品化树脂提高 2-3 倍，解吸率高于 90%，树脂寿命大大延长。

技术优点：纯化工艺简单、高效、环境友好，避免了大量有毒、低沸点有机溶剂的使用。

### 4) 新型脱色树脂技术

通过树脂孔结构、骨架结构、脱色基团等的调控，合成了一类脱色容量大、再生容易的新型脱色树脂，效果良好。

用于天然产物提取、抗生素、维生素等生产。

### 5) 载体树脂（固定化酶载体树脂、纳米簇金属催化剂载体树脂）生产技术

通过致孔剂、聚合单体、交联剂的调控，合成了一类高环氧基含量、高使用强度的固定化酶载体树脂。该技术的树脂生产成本远低于国外进口树脂。已完成了工业化放大和工艺优化。用于固载青霉素酰化酶，催化青霉素 G 和头孢菌素 G 水解，制备半合成 $\beta$ -内酰胺类抗生素所需的中间体 6-PAP 和 7-ADCA。

合成的一类大孔径、高比表面积的新型孔结构的聚苯乙烯吸附树脂，加载了纳米簇金属催化剂的载体树脂，用于负载纳米级的金属催化剂，在重氢提取及放射性废水处理中有重要的应用。

### 6) 大容量新型孔结构吸附树脂生产及其处理有机废水技术

具有超高吸附容量、良好的吸附动力学行为等特点。树脂的比表

面积达到 1000m<sup>2</sup>/g 以上。

用于废水中有机物的处理。

#### 7) 新型螯合型吸附树脂生产及其阴阳离子选择性吸附技术

对水中不同价态金属离子及阴离子酸根具有选择性吸附能力。

在高盐体系中可吸附水中的多种重金属，而对 Na、K 等离子没有结合能力，用于海水中重金属的富集或检测。

利用带有交换基团的吸附树脂与阴离子酸根（如 AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup>等）发生离子交换达到富集的目的。用于水中有害物质净化处理。

#### 8) 耐高温碱性离子交换树脂技术

改变季铵基与树脂骨架的连接方式，合成了耐高温的碱性离子交换树脂，可在较高的使用温度下稳定使用，大大拓展了碱树脂的应用范围。

## 21. 生物分子与多孔框架材料相结合制备新型分离介质

项目负责人：陈瑶

项目简介：

手性对映异构体的性质和活性常常存在显著差异，然而其结构高度相似性使分离具有很大难度。生物分子可进行高效手性识别，但其稳定性差，须固定到固体基质上。硅等传统基质较低的负载率和稳定性一直以来是困扰该领域的难题。我们的核心技术主要是利用生物分子与共价有机框架材料（COFs）相结合，所得到的新型复合材料继承了酶分子的手性和两亲性等特殊性，同时利用了 COFs 材料高稳定性、低密度和高分散性的优良性能，制备出具有极高分离效率、耐用

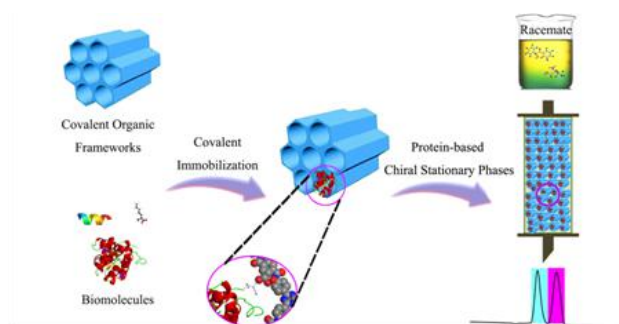
性和通用性的新型手性固定相。其可用于正相和反相高效液相色谱 (HPLC), 这种兼容性使得此新型分离介质可高效分离多种不同类型的手性物质和手性药物。同时, 我们也开发出相关高性能膜分离系统, 用于药物等物质的分离。

### 技术优势或技术水平:

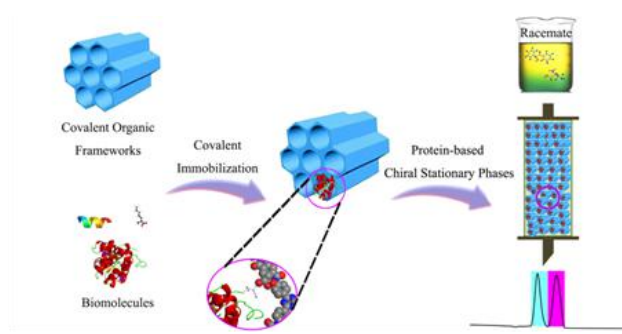
本项目所制备的手性色谱柱分离介质具有传统材料无法比拟的兼容性, 可同时用于正相和反相高效液相色谱 (HPLC), 这种兼容性使得此新型分离介质可高效分离多种不同类型的手性物质。另外, 我们所制备的手性柱成本大大低于市售的同类型手性柱(以  $4 \times 100$  mm 的蛋白类手性柱为例, 市售价格一般为 1-2 万元)。此项技术有望大幅度降低该类分离介质的制备成本, 提高我国手性分离技术水平。

### 市场应用前景:

产品形式多样(填充柱或毛细管柱等等)可广泛应用于科研、工业以及制药行业中手性物质等的高效分离与分析, 可以以各种分离柱或膜的形式针对高校、科研机构及工业的分离难点进行技术支撑。



手性柱的制备



可在多种分离模式下分离多种底物

## 22. 二维 TiO<sub>2</sub>基复合光催化材料的制备、固定化及应用研究

项目负责人：于宏兵

项目简介：

克服纳米光催化剂易团聚、易流失的弊端，开发出新型快速的光催化剂负载技术，能够大大推进光催化剂在废水、废气中的实际应用，负载材料廉价易得，加工方便，寿命长，具有巨大的比表面积，能够在吸附 VOCs 物质的同时，直接发生光催化反应，将 VOCs 物质完全矿化。

通过改进的光接枝方法，利用硅烷偶联剂将得到的复合光催化剂负载于聚酯纤维之上，得到具有光催化功能的聚酯纤维材料，已成功将该技术应用到 VOCs 处理，研发了一套基于二维 TiO<sub>2</sub> 基复合光催化剂材料的吸附/光催化氧化协同处理 VOCs 设备。

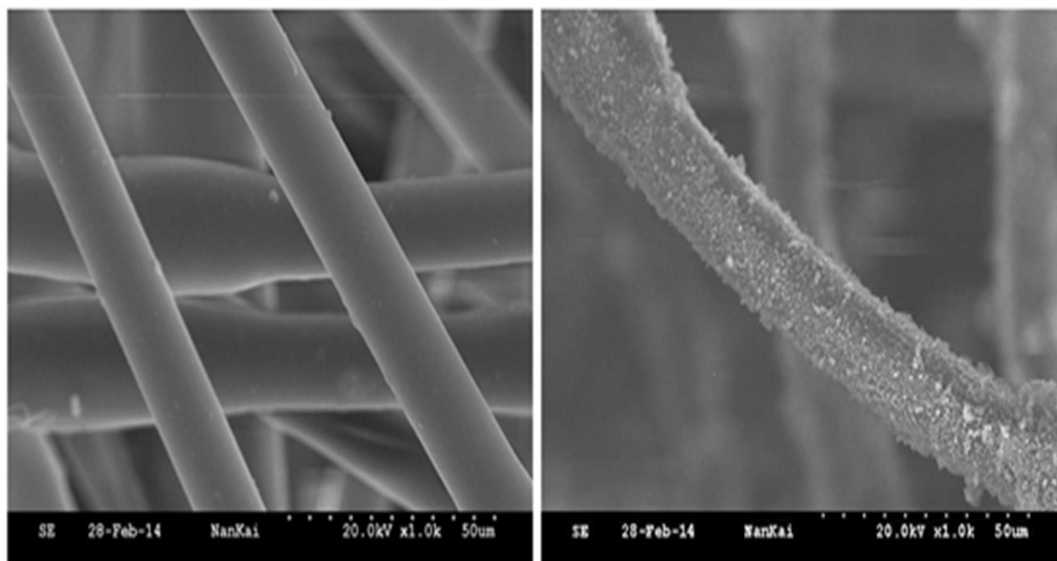


图 2：光催化剂表面附着技术

### 项目特色：

将科学研究与实际应用紧密结合，解决了诸多环保实际问题，饮食业油烟处理问题、废水中典型污染物甲基橙（MO）和对甲基苯磺酸（p-TSA）的降解等等。

此外，在环保材料制备方面，于宏兵团队具有完备的研究基础，《糠醇铜铬催化剂清洁生产工艺》曾获国家重点环境保护技术证书、部级科技进步三等奖。在实验条件和科研人员方面具有较强实力，实验室具有红外光谱仪、场发射扫描电子显微镜、高分辨投射电子显微镜、比表面积/孔径测试仪等仪器 11 台，可用于催化剂表征研究；科研团队配备材料方面专家一名，负责攻克技术难题。

### 市场应用前景：

环保问题日益严重，传统技术已无法满足现在的需求，而光催化氧化技术正在被广泛推广，并被应用于废气、废水处理，而其关键问题在于光催化剂和载体的选择和制备，目前纳米二氧化钛材料市场价格约为 800 元/kg，廉价易得的载体和催化剂将具有广阔的市场。

## 23. 高效无机非金属红外辐射材料的研发与应用

项目负责人：于宏兵

项目简介：

采用溶胶凝胶自蔓延燃烧法制备了  $Y^{3+}$  掺杂的钴铁氧体高红外辐射材料，避免了高温烧结的材料制备工艺，可将烧结温度由  $1000^{\circ}C$  以上降至  $600^{\circ}C$ ，实现高效节能的铁氧体材料制备；此外，该材料在  $8\sim 14\ \mu m$  波段的红外发射率为  $0.95\pm 0.01$ ，具有很好的红外辐射性能。目前已成功应用于天津三家企业，应用领域有罩式退火炉改造、锻造加热炉改造、生物质锅炉，可提高热效率  $5\%-13\%$ 。

项目特色

适用性强，该技术在粮食、塑料、油漆制品等多个产品干燥以及高温炉、金属炉、辐射加热器领域均适用。

高发射率红外辐射材料研究领域已积累了大量数据、技术方法。已发表相关学术论文 11 篇，其中 SCI 论文 3 篇，申请并授权发明专利 1 项。

应用市场前景

由于该技术适用范围较广，就工业炉应用来讲，工业炉遍及各行各业，能耗约占全国四分之一。以锻造为例，目前我国锻造行业各类加热炉约有 10 万余台。可见具有良好的应用前景。此外红外辐射材料具有保护炉衬作用，可显著提高工业炉炉衬的使用寿命。

## 24. 有机光致变色材料产业化

**项目负责人：**庞美丽

**个人简介：**副教授

**研究方向：**有机光电磁功能材料、绿色有机化学、药物合成。

**项目简介：**

南开大学孟继本、庞美丽课题组与天津孚信科技有限公司合作以产学研联合体的模式相结合，把光致变色材料推向军工和民生领域的应用开发和生产。2013年已建成我国第一条光致变色材料生产线和应用实验基地，具有生产5000KG光致变色MC粉的能力。可以生产十多个新品种，是世界上生产光致变色材料品种最多的基地。已在网上和实体店开始销售光致变色材料产品和制品。

**项目特色：**

1) 采用铜络合物作为中间体的新的合成工艺，合成了紫罗兰、兰、紫、第一代紫品到第四代紫红、粉红等十几种新品种，产率由20-30%提高到50-80%。

2) 提高了产品的耐疲劳度，采用微胶囊技术、高分子纳米颗粒技术、添加物技术等对光致变色材料进行保护，使耐疲劳度由3000次左右提高到1万次以上，产品性能和使用效果有显著变化。

3) 建立了光致变色材料相互之间或与其他彩色体系的配色方法，使眼色品种更加齐全，色彩更加丰富，总数量已超过100多种。

4) 分子结构创新：生产光致变色产品大部分都是首次合成的新化合物，并申请专利进行保护。

## 25. 重金属的流动注射在线测定及高选择性吸附

项目负责人：王春红

个人简介：副研究员

研究方向：高分子化学

项目简介：

本项目主要针对痕量重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、Fe、Mn、Cr、As 和有机物，合成三类萃取树脂：（1）螯合树脂（2）大孔吸附树脂（3）砷萃取树脂，为了实现在操作现场的痕量重金属元素和有机物的快速分析，我们将萃取树脂预富集和流动注射技术联合起来，建立一种在线分析方法，并对该方法的测定条件进行优化。

**解决的关键问题**

1、分离富集海水中痕量重金属元素和有机物所用的树脂是本项研究的关键。要求所合成的树脂在具有较适宜的螯合能力（和吸附能力）。

2、所合成的树脂要有很好的选择性，对于待富集的痕量物质具有良好的螯合（和吸附）能力，但是对于对分析有干扰的大量基体元素（如 K、Na 等）没有明显的作用，这样可以消除大量元素对分析的干扰，提高了分析的准确度和灵敏度。

3、树脂应有适宜的孔结构和表面结构，保证它的动力学性质良好，便于快速富集和快速洗脱，这样有利于在操作现场进行在线分析，大大缩短分析时间。

4、检测器的选择。为了满足流动注射（FI）在线分析的要求，分析方法不仅要对待测物质具有很低的检出限，同时还要求它对分析信号可以快速反应，实时监测，并且待测试样的用量很小。



## 26. 催化亚胺与一氧化碳交替共聚合成多肽类高分子材料

**项目负责人：**孙怀林

**个人简介：**教授

**研究方向：**合成有机化学、金属有机催化。

**项目简介：**

一种在金属催化下亚胺与一氧化碳共聚合成多肽类聚合物材料的新的、简捷的方法，不用氨基酸为原料，以廉价的亚胺和一氧化碳为单体，在金属催化下发生交替共聚，直接生成多肽，从而使合成多肽的成本大大降低。这一途径将可以避免繁杂的合成和活化氨基酸的步骤，使得多肽的合成和传统的方法(如开环聚合反应法)相比，被大大地简化。所得到的多肽类材料，在生物医学材料和制药等领域具有重要用途。

该方法是在高压釜中，以1,4-二氧六环为溶剂，在800psi压力的CO、50°C油浴以及在催化剂作用下，亚胺与CO共聚得到产物多肽。采用一种简单的金属钴化合物作催化剂，能有效地催化亚胺和一氧化碳的交替共聚，得到高分子量和低分散度的多肽类聚合物。方法简捷。

**已取得的知识产权：**

本项目是一项具有原始创新性的科研成果，已获得中国专利和美国专利(US 8815913B2)。

**应用前景分析及效益预测：**

应用行业：生物医学材料、制药、功能材料。该项目所提供的新型多肽类化合物，已经能够为生物医学工程领域提供一类新的重要的

可供选择的材料。从长远来看，开发出多个新的有效的催化剂体系，实现更多类亚胺与一氧化碳的共聚，最终使该方法成为一种广泛有效的多肽的合成方法，将具有重大的社会和经济效益。

### 应用领域及能为产业解决的关键技术：

作为新的生物医学材料可能具有更好的生物兼容性，因而代替现有材料用于人工血管等方面。此外，还可被用作药物的糖衣以及具有药物缓释等功能。如能实现一般肽类的合成，其低廉的成本将有潜力替代用任何其它合成方法得到的该类产品。不用氨基酸为原料，而是以廉价的亚胺和一氧化碳为单体，从而使合成多肽的成本大大降低、方法大大简化。

### 技术产业化条件：

投资规模约 1000 万元（不含基建投入）。

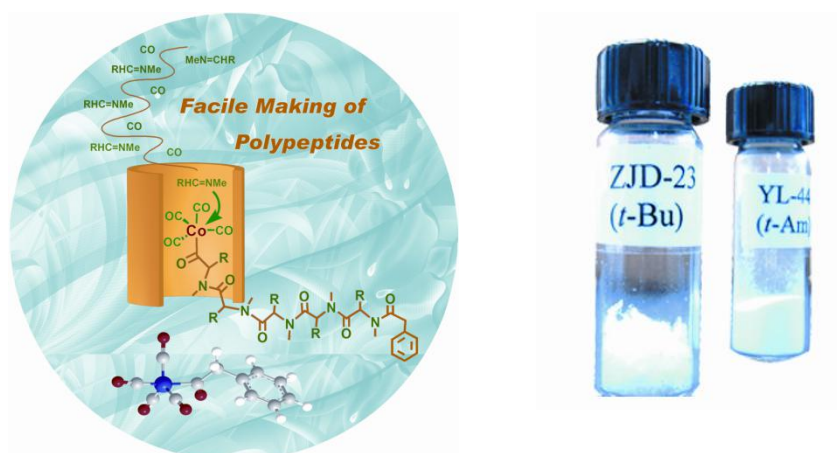
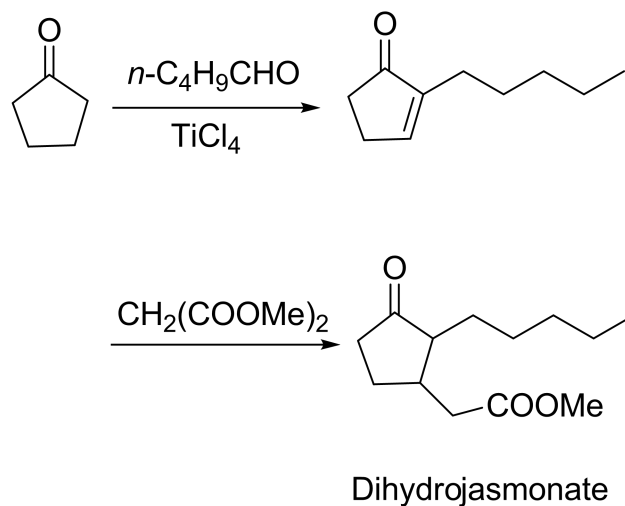


图 1：多肽结构式及样品

## 附：其它 4 项科技成果

### 1、二氢茉莉酮酸甲酯的合成

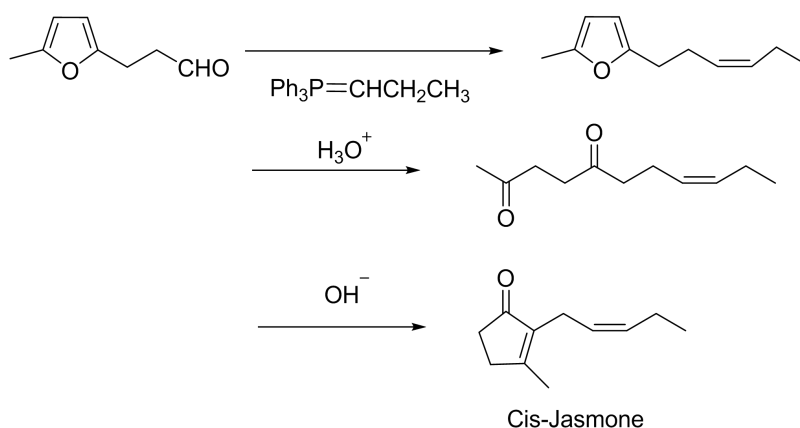
二氢茉莉酮酸甲酯是一种高贵的茉莉型香料，广泛用于各种香皂和化妆品行业，其生产工艺如下：



产品质量高、气味芬芳；生产工艺简单、成本低。

### 2、高顺式茉莉酮的合成

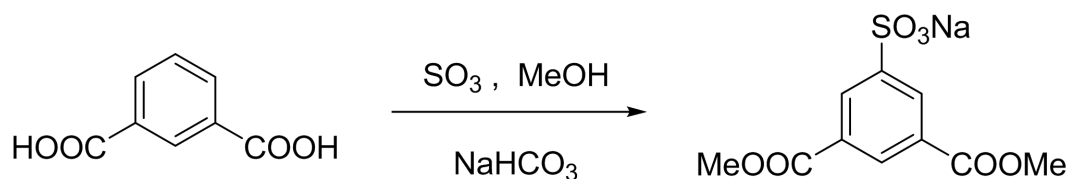
顺式茉莉酮是一种重要的茉莉型香料，广泛用于各种香皂和化妆品生产，其制造工艺如下：



该产品纯度高（顺式含量达到 97% 以上）、气味纯正；生产工艺简单、成本低。

### 3、涤纶工业“第三单体”的制造

用于可染性聚酯合成的第三单体，化学名称为间苯二甲酸二甲酯-5-磺酸钠，其合成方法如下：

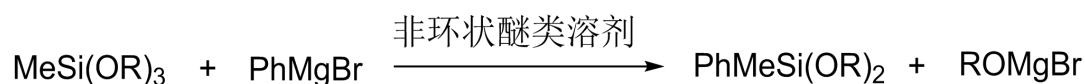


产品纯度高、性能好，生产工艺稳定、成本低，适合于大规模生成。

### 4、高选择性合成苯基甲基二烷氧基硅烷的方法

本技术涉及有机硅化学工业中一种硅烷单体，即苯基甲基二烷氧基硅烷的合成方法。这种单体在合成高性能的聚甲基苯基硅氧烷方面，具有特别重要用途。

本技术提供一种简单、实用，而且具有高选择性的合成苯基甲基二烷氧基硅烷的方法，其基本工艺流程如下：



本发明的合成方法，其突出优点在于大大提高了目标产物苯基甲基二烷氧基硅烷生成的选择性和收率。从成本方面来考虑，本发明使用溴苯格氏试剂作原料，与采用氯苯格氏试剂为原料的方法相比，因目标产物的收率大大提高，可以很好地弥补因使用溴苯所产生的成本，因而具有实用性。

## 27. 用于生物气净化分离的新型分子筛的研发及制备

**项目负责人：李 伟**

**个人简介：**教授，教育部新世纪人才。

**研究方向：**纳米催化材料的制备和表型、新型催化反应及应用化研究、纳米涂料的制备与应用研究。

**项目简介：**

SAPO-34 分子筛由于其特殊的孔结构和量子效应，使其在选择性吸附与分离、能源开发、石油炼制等方面有着广泛的应用前景，尤其对于垃圾生成的生物气中甲烷与二氧化碳的分离有着优异的性能。南开大学与有关单位形成产学研合作，共同开发 SAPO-34 分子筛的制备及在生物气净化分离中的重要应用。目前已完成实验室第一阶段研发及小规模中试生产，并实现部分销售。本项目开发出一种在碱性条件下超声波老化，程序升温晶化法合成 SAPO-34 分子筛新方法。可以有效地将老化时间降低 3/4，大大缩短工期，提高分子筛性能，将陶瓷膜分离与喷雾干燥相结合进行产品的干燥、成型，成功地解决 SAPO-34 分子筛晶粒较小（纳米级），分离困难等问题。采用电解与离子交换膜结合法处理工业废水技术，做到变废为宝，排放零污染。

已与国际著名生物气净化分离设备供应商 XEBEC 公司形成合作，在不断的交流与完善中，制备的 SAPO-34 应用于 XEBEC 研制的专利产品生物气净化处理器中，分离效果得到国外客户的充分肯定。我们有信心将自主研发、生产的具有民族品牌的 SAPO-34 新型分子筛产品，切实应用于“低碳经济”环节链中，充分利用废物资源，变废为宝。

## 28. 大孔树脂“一步法”纯化中药皂苷类成分

**项目负责人：王春红**

**个人简介：**副研究员

**研究方向：**高分子化学

**项目简介：**

皂苷类成分是中药中的一大类活性组分群，在中药中发挥着重要的药理作用，它的分离纯化也受到业界的广泛关注，传统的分离纯化方法（溶剂萃取法）不仅工艺复杂、投资大、过多使用毒性有机溶剂也给环境和人类的身体健康带来了潜在的威胁。因此寻求一种简单、绿色的（工艺过程中不使用毒性有机溶剂）工艺成为了业界共同的目标。

针对皂苷类成分的结构特点，我们合成了多效用吸附树脂，该树脂在用于各类中药（三七、人参、绞股蓝、柴胡、甘草等）皂苷类活性成分的分离纯化时，均可通过“一步法”简单的生产工艺，得到高纯度的皂苷类提取物。工艺简单、无三废排放。

本项目是得到国家自然科学基金支持的成熟技术，其中三七、人参的提取已经产业化生产，得到了完全符合要求的提取物产品。

用于皂苷提取时，一步即可得到以下规格的产品：

人参总皂苷 95%以上

三七总皂苷 95%以上

绞股蓝皂苷 90%以上

人参、三七茎叶总皂苷 90%以上

### 经济和社会效益分析

皂苷类中药在中药材中占有很大比重，皂苷类产品也多涉及到一些名贵的药材，因此对皂苷类的分离纯化也关系到中药现代化的未来。研究表明，在中药的提取过程中，每增加一步工艺，所提取目标成分的损失大约在5%左右，每项目中的“一步法”提取，有效减少了工艺中的损耗，降低了成本。更为重要的是，该方法可以通过简单的步骤，达到变废为宝的目的。经初步调查研究，云南省目前种植三七 $5.4 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>，每年采收三七茎叶大约1500吨，仅有5%的茎叶被利用，大部分的资源被丢弃，目前市场上三七茎叶的售价大约为1-2万元/吨。目前市场上以三七茎叶为原料生产的药品七叶安神和七叶安神片均为三七叶甙的初提物，茶冲剂、化妆品、保健品均为技术层次较低的产品，因此进一步开展对三七叶甙的提取研究具有较为广阔的应用前景，目前三七茎叶皂甙提取物的售价约在1500-2000元/公斤。因此，该项目的产业化，将具有重大的社会和经济效益。

### 成本及投资

该项目的工艺较为简单，200万元左右即可投资一条生产线。

## 29. 新型 N-P-S 膨胀型磷系阻燃剂

项目负责人：苗志伟

个人简介：教授

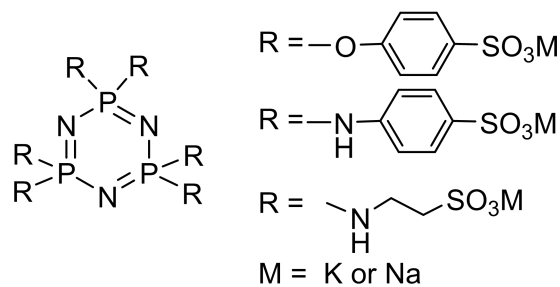
研究方向：具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

## 项目简介:

膨胀型阻燃剂(IFR)一般是以 P、N、C 为主要核心成分的复合阻燃剂(或单体阻燃剂), 可用于多种易燃聚合物的阻燃。膨胀型阻燃剂作为一类高效低毒的环保型阻燃剂, 被公认为是实现阻燃剂无卤化的有效途径之一, 因此在高分子材料阻燃领域中极具应用潜力。我们将 N、P、S 三种有效阻燃元素组装于单一分子内, 设计出一类新型分子内协效膨胀型阻燃剂。该类阻燃剂在 PC+ABS 工程塑料中少量添加即可以实现高效阻燃, 具有环保低毒, 阻燃效果好等优点。

## 项目特色:

利用有机合成的方法合成一系列适应市场需求的新型膨胀型 N-P-S 磷系阻燃剂, 目前已经研发成功的品种包括“六(4-甲氧基苯磺酸钠)环三磷腈”, “六(4-氨基苯磺酸钠)环三磷腈”, “六(2-氨基乙磺酸钠)环三磷腈”等, 生产工艺科学, 环保高效, 生产过程简单, 生产成本低。



新型膨胀型 N-P-S 磷系阻燃剂分子结构图



### 30. 单分散金属纳米颗粒自动化生产工艺与设备研发

项目负责人：谢 微

个人简介：研究员，国家青年千人。

研究方向：新型等离子体纳米材料的设计与制备、表面增强拉曼光谱的应用研究、表界面化学反应的原位表征、光能转化与储能。

项目简介：

金属纳米颗粒是重要的超材料 (Metamaterials) 物质，在化学化工 (如催化剂)、生物医药 (如医学成像与诊断试剂)、新能源 (如光能转化) 等领域中有着巨大的市场前景。以金纳米颗粒为例，目前国际市场基本被英国 BBI 等极少数公司所垄断 (<https://www.bbisolutions.com/products/gold-reagents/gold-nanoparticles.html>)。根据 BBI 公司统计，其产品在科研领域的使用频率超过 4 亿次/年，按照其售价约 2 英镑/毫升，每次测试使用 10 毫升计算，该公司仅纳米金销售年产值就超过 80 亿英镑。

金属纳米颗粒的原料成本并不高，仍以纳米金为例，1 克氯金酸 (人民币 200 元) 可生产纳米金 1 万毫升，按照 BBI 的售价价值约 2 万英镑。而且在国内购买 BBI 等公司的产品还需缴纳高额税费，供货期通常长达数月之久。国内金属纳米颗粒的生产有面临工艺不完善、无法自动化大规模合成等问题。实验室的小规模制备成本高，并且产品单分散性和颗粒尺寸重现性不好，无法同国外公司竞争。

我们经过多年的研究积累掌握了各种金属纳米颗粒的精准形貌和尺寸控制方法，结合微流控技术能够实现自动化合成，可以生产多种形状规则、尺寸均一的高质量产品，预期在国内和国际市场都有很强的竞争力。

### 31. 一种紫外线吸附材料（THBP）的制备

项目负责人：陈文彬

个人简介：副研究员

研究方向：具有医药或农业生物活性物质的设计合成、小分子的化学生物学研究、医药中间体或药物的工艺研究、光引发剂的设计合成与应用。

项目简介：

2,3,4,4'-四羟基二苯甲酮 (2,3,4,4'-Tetrahydroxybenzophenone, 简称 THBP) 是一种常用的紫外线吸收剂, 作为紫外线正型光刻胶的导入剂, 在 TFT-LCD 液晶显示器产业链生产中, 主要用于混配 PAC 感光剂生产高感光度高分辨率的高档光刻胶。由于 TFT-LCD 显示技术具有一系列突出的优点, 其产品几乎涵盖整个信息应用领域, 包括电视、台式计算机、笔记本电脑、手机、PDA、GPS、仪器仪表和公共显示等, 具有巨大的市场潜力。

本项目以五倍子生物资源为原料, 利用已有的焦性没食子酸生产工艺, 采用多级净化工艺及去离子技术, 开发一条年产 TFT-LCD 光刻胶用感光剂 2,3,4,4'-四羟基二苯甲酮 200 吨生产能力的工艺。该工艺的成功开发, 既可以促进国内五倍子的精深加工研究开发, 更重要的是可以打破发达国家对我国集成电路、平板显示产业上游原料感光材料的技术控制, 并促进我国集成电路与液晶显示高档光刻胶的生产, 减少光刻胶的依赖进口, 提高产业链关键配套材料的国产化率, 形成基于我国特色生物化工资源五倍子的感光材料产业分枝链, 解决我国 TFT-LCD 产业扩张急需的关键材料 PAC 感光剂生产。

该项目目前优化了反应条件，已完成了实验室的小试工艺，正在进行逐级放大，有望一年以内进行产业化。

## 二、 新能源与高效节能

### 32. 蓖麻油基生物航煤及核心催化反应技术

**项目负责人：李伟**

**个人简介：**教授，教育部新世纪人才。

**研究方向：**纳米催化材料的制备和表型、新型催化反应及应用化研究、纳米涂料的制备与应用研究。

**项目简介：**

南开大学蓖麻生物航油集成技术，是在“应对气候变化、绿色低碳发展”的前瞻理念下，集成南开十几年蓖麻产业链开发基础及化学化工科研优势，自主研发，现已取得阶段性成果：建立了“生物航油基础研发基地”，突破了催化剂关键技术，打通了工艺流程，产品全项达标，成本在目前所有生物质航油中最低，申请中国发明专利7项，列入国家发改委《战略新兴产业重点产品目录》、《国家重点推广的低碳技术项目指南》等，获第四届国家和天津市创新创业大赛奖项，具有拉动千亿元绿色低碳产业链的巨大发展潜力。

生物航空煤油（生物航煤）就是以动植物油脂或农林废弃物等生物质为原料生产的航空煤油，可在航空煤油中大比例的添加使用（50%），且不需要对发动机做任何改进。2012年开始的欧盟航空碳税之争已迫使各国争相开发生物航煤技术来实现航空业的碳减排。生物航煤的研发契合国家十三五发展战略规划，对我国航空业减排、根治雾霾、维护能源安全、以及拉动三农等都有重要作用，是国家大力支持的绿色低碳产业创新增长点，是当前国家急需解决的重大科学难题之一。目前，该项目的技术难题就是核心催化剂脱氧活性不佳、航煤选择性低、稳定性差。

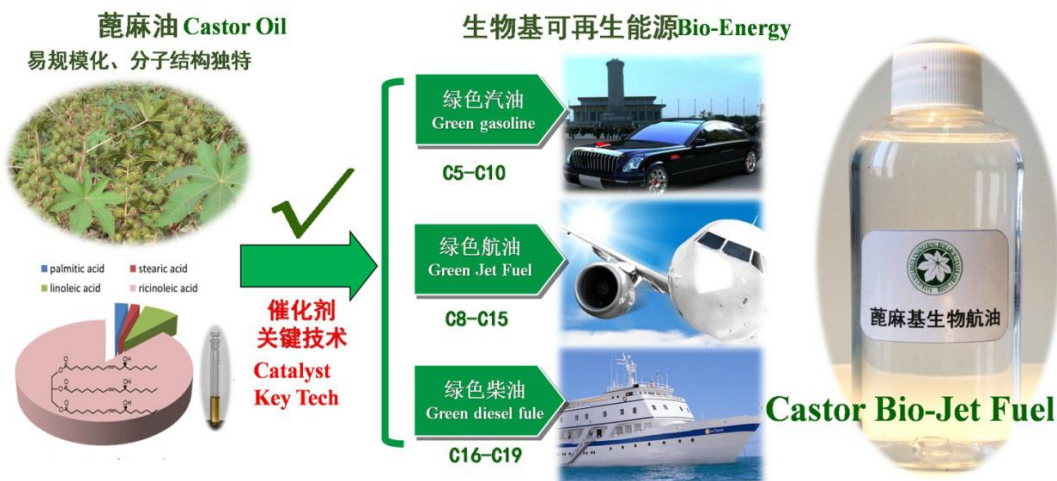
南开大学李伟教授科研团队目前已开发出具有完全自主知识产权的蓖麻航油制备及配套催化剂关键技术，使原料油转化率 $>99\%$ ，蓖麻生物航油产品收率 $>80\%$ ；经中石化石科院按国际生物航煤最高标准的 ASTM D7566 和国家喷气 3 号燃料（GB 6537-2006）等指标检测，全项达标。相关研究内容在《Bioresource Technology》发表论文 1 片、申报中国发明专利 7 项、国际发明专利 2 项。相关技术受到国内外高度重视及新闻媒体关注。在第四届中国创新创业大赛中以天津赛区第一名成绩进入全国总决赛，最终以第 6 名荣获“全国优秀团队”称号。

#### **市场应用前景：**

生物航油市场需求巨大，据国际民航组织规定，2020 年中国航空燃油的 30%（约 1200 万吨）要打上“生物质标签”，如果按“50% 生物质航油：50%化石航油”掺混，需要 600 万吨“纯”生物质航油，总产值达数千亿元。但 2014 年全国生物航油产量不足 100 吨，离规模化相差甚远。蓖麻航油具备占据 50%市场份额的可能性，按 5 年生产蓖麻生物航油 300 万吨计算，仅技术转让和催化剂销售利润就可达 5 亿元以上。同时，使用生物航油可降低 50%以上的污染物排放，可有效减排治霾，维护我们的环境安全。

#### **拟开展合作方式：**

现已申请中国发明专利 7 项，拟开展合作方式：建设年产万吨级生物航油及配套催化剂示范生产装置，采用股权合作或实施许可的方式合作。



### 33. 低成本制备高效硅薄膜太阳能电池关键技术研发

项目负责人：赵颖

个人简介：研究员，电子信息与光学工程学院院长，教育部新世纪人才计划入选者，“教育部薄膜光电子技术工程研究中心”主任。

研究方向：薄膜光电子材料与器件。

项目简介：

南开大学 1978 年在国内率先开展非晶硅材料及其电池的研究，该技术获得天津市技术发明二等奖。自“六五”至“九五”期间，连续 4 个五年国家科技攻关计划，获科技部重点攻关和天津市科委的支持，经过 20 余年潜心研发，硅基薄膜太阳能电池性能跻身世界先进行列。于 2003 年实现非晶硅电池产业化。

2000 年始，在国内率先开展新一代硅薄膜电池的研究。2007 年，该成果实现技术转移生产。

2009 年，研制成功我国首套基于自主专利技术的、衬底面积 0.79m<sup>2</sup>、线列式 5 室连续 VHF-PECVD 系统及相应中试生产线及其组件制造技术。成为国际上为数不多可开展大面积新一代硅基薄膜太阳

电池研究的单位。

2011年，开发出年产能2兆瓦、具有自主知识产权的、我国首条年产能2兆瓦的非晶硅/非晶硅锗/微晶硅叠层电池生产线及其组件生产技术。生产出的太阳能电池组件效率达9.59%，将新一代硅薄膜电池技术推向产业化。



图1：年产能2兆瓦的非晶硅/非晶硅锗/微晶硅三结叠层薄膜太阳能电池生产线的核心PECVD设备

## 34. 高效率的分布式智能光伏云技术

**项目负责人：**许盛之

**个人简介：**高级工程师，天津市科技进步二等奖2次。

**研究方向：**光伏系统与工程、硅薄膜太阳能电池材料与技术、等离子体诊断。

**研究背景：**

太阳能光伏发电绿色无污染，而且我国太阳能资源丰富，水平面总辐射约1680吉瓦（1吉瓦=1000兆瓦=10<sup>9</sup>瓦），大部分可以用于太阳能光伏发电。随着光伏材料以及相关技术的发展，光伏发电成本已经大幅度降低，光伏能源作为一种新型清洁能源在我国的应用规模迅速增长。光伏发电已经跨越了示范应用阶段，进入了大规模推广的阶

段。近年来，光伏发电产业规模迅速增长。截止到 2015 年 6 月底，中国光伏发电累计装机容量达到了 35.78 吉瓦，其中光伏电站 30.07 吉瓦，分布式光伏 5.71 吉瓦。根据美国 IHS 咨询公司预计，2015 年全球光伏装机量增长 16%~25%，达到 53-57 吉瓦之间。

### **项目特色和创新之处：**

分布式光伏系统便于实施，是受到各级政府鼓励的分布式电源模式，但是由于在设计、管理和评价机制等方面的制约，特别是过高的后期维护费用，使其推广过程遇到一些障碍。高效率的分布式光伏云基于物联网技术，对电站中光伏组件的输出性能进行实时的监测，并对形成的运行数据进行实时的大数据分析，从而获得电站运行的性能评价指标，以及可能影响电站性能的因素，并给出进行电站性能优化的建议，提高电站产出。由于采用了高可靠性的无线数据采集技术，可进行无人化的值守和远程监控，大大降低运维费用。

相比国内产品，具有通信速率高、系统可靠稳定等优势，达到国际先进水平。本项目方案综合成本低，有利于增加光伏电站的透明度。与国外同类产品相比，成本只有其 1/4 左右，具有很强的市场竞争力。

组件级的光伏电站数据采集模块。每块太阳能组件对应一个电压监测模块，方阵中每个组串串联电流监测模块都通过本地通讯链路将数据上报至数据中继模块，将数据通过电站路由器上传至云数据服务器，传输过程中进行了数据加密，保证数据的可靠性和安全性，所有的数据在云数据服务器内进行存储与处理，用户可通过 PC 或移动终端进行数据的调取和查看。

### **主要技术指标及条件**

组件级的电站数据采集系统具有速度快，可靠性高等特点，具体的技术指标如下：



最大采集频率：120 次/分钟

自身平均功耗：5mA

峰值功耗：150mW

环境温度：-20~80℃

最大电站规模：1GWp

### 应用前景及社会价值：

该技术可以在已建或新建光伏电站上应用，大幅提升光伏电站的运行质量和发电量，降低运维成本，最终实现光伏发电系统的智能管理、智能运维、智能监控，使得光伏电站也真正进入“智能化”时代。该项技术能够大幅提升国内光伏电站的技术水平，从而为节能降耗做贡献。



图 1：电站照片

# 总体目标 智能分布式光伏电站解决方案

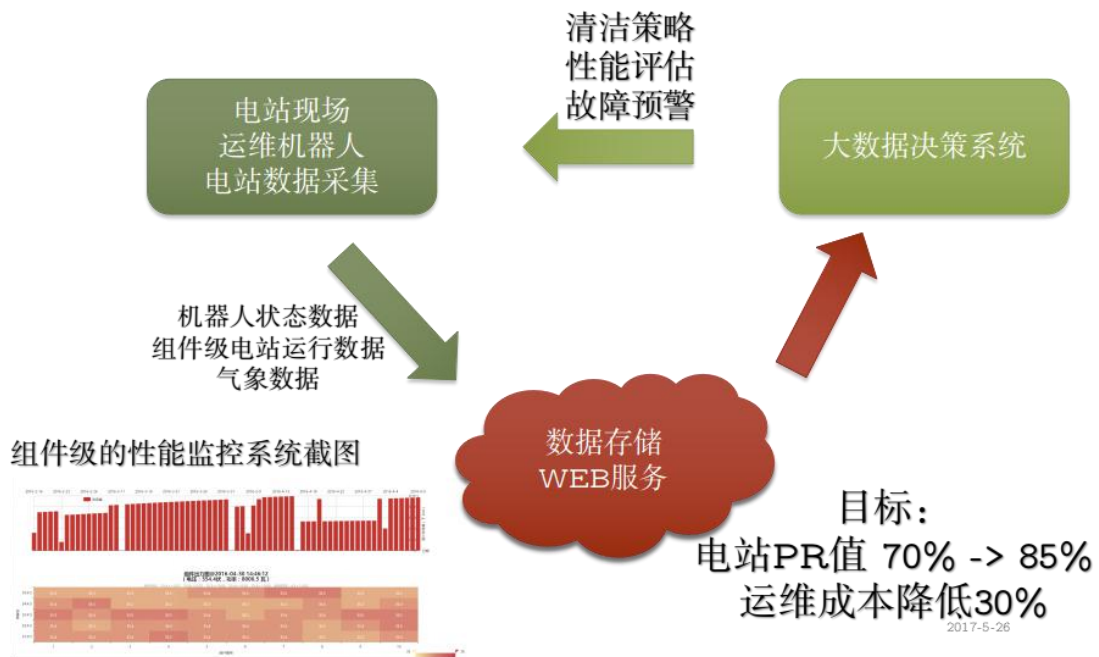


图 2：分布式系统监控原理



图 3：机器人样机



图 4：监控模块

## 35. 低成本非真空铜铟硒（CIGS）薄膜太阳能电池制造技术

项目负责人：敖建平

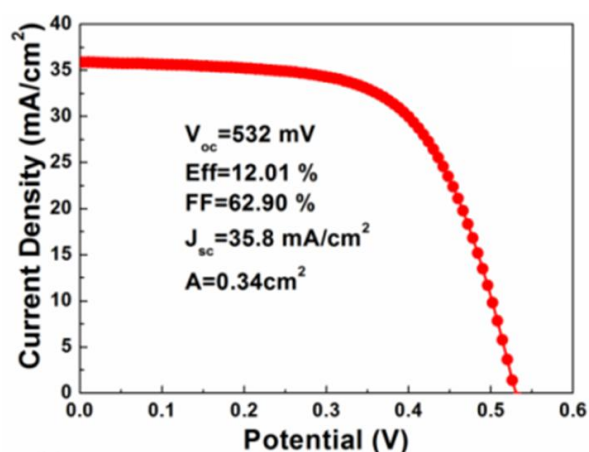
个人简介：教授，博士生导师，航空总公司部级科技进步三等奖，“航空工业十佳优秀教师”称号。

**研究方向：**化合物半导体薄膜材料与器件、能源材料物理与化学。

**项目简介：**

CIGS 薄膜太阳能电池具有效率高，无衰退、抗幅射、寿命长等特点，采用非真空技术可以进一步降低这种电池的成本，预计可达到 0.3\$/W。

本项目产品结构为：衬底/Mo/CIGS/CdS/i-ZnO/ZnO:Al/Ni-Al；其中光吸收层 CIGS 薄膜为 p 型半导体，其表面贫 Cu 呈 n 型与缓冲层 CdS 和 i-ZnO 共同成为 n 层，构成浅埋式 p-n 结。太阳光照射在电池上产生电子与空穴，被 p-n 结的自建电场分离，从而输出电能。工艺流程：普通钠钙玻璃清洗→Mo 的溅射沉积→非真空法分步电沉积 Cu-In-Ga 金属预置层→快速加热硒硫化处理 (RTP) →化学水浴法沉积 CdS 或 ZnS→本征 ZnO 溅射沉积→ZnO:Al 透明导电膜的溅射沉积→Ni/Al 电极沉积，等。



小面积电池指标：效率 12.01%(FF=0.63, Voc=532mV, Jsc=35.8 mA/cm<sup>2</sup>, 面积 0.34cm<sup>2</sup>)。

合作方式：技术咨询、企业产业化技术支持。

### 36. 低温柔性大面积 CIGS (铜铟镓硒) 太阳能电池

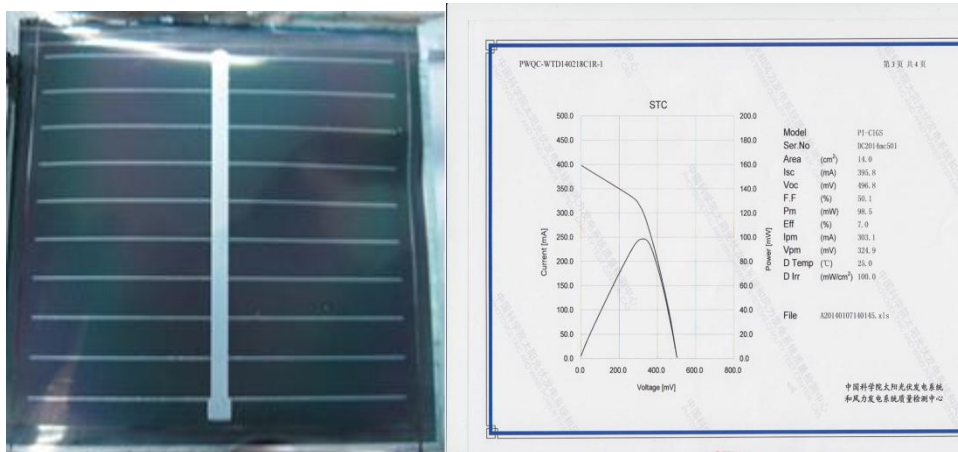
项目负责人：刘玮

个人简介：副教授

研究方向：化合物半导体薄膜/光伏材料研究、太阳能电池器件物理研究

项目简介：

以轻质高分子聚合物聚酰亚胺（简称 PI）为柔性衬底的 CIGS 电池不但保持着玻璃衬底太阳能电池的一些优良性能，同时还具备不怕摔碰、可卷曲折叠、在制作中可按要求剪裁等特点，具有更广阔的应用前景。PI 薄膜不吸水、绝缘性能好、重量轻（70g/m<sup>2</sup>）、厚度薄（仅为 0.05mm）、表面光滑及可弯曲等特点，是高功率重量比太阳能电池的首选衬底材料，其功率重量比可高达 2000W/Kg（未封装），并且由于 PI 衬底 CIGS 电池可实现大面积卷一卷(Roll-to-Roll)连续化生产，为进一步降低光伏电池成本开辟了有效途径。通过研究低温生长 CIGS 薄膜中 Na 掺杂对材料生长及器件复合机制的影响，改善了器件光电性能。柔性聚酰亚胺 (PI) CIGS 太阳能电池大面积单体电池 2cm × 2cm 与 4cm 4cm × 4cm 柔性大面积 PI 衬底 CIGS 太阳能电池效率分别达 8%与 7%(由中科院太阳光伏发电系统和风力发电系统质量检测中心鉴定)。



### 市场应用前景:

本项目不仅解决了低温制备柔性大面积单体聚酰亚胺衬底铜铟硒薄膜太阳电池的主要科学问题,还探索了大面积电池制备中的关键技术问题。对于大面积均匀性的蒸发源、柔性衬底的张紧力控制及样品架、及栅线掩膜设计等技术问题进行了研究,获得了较好器件输出结果。通过该项目的实施,实现了这种具有广阔的应用前景的柔性高质功比薄膜太阳电池,由小面积向大面积实用化技术发展迈出重要一步,不仅实现了自主创新,填补了国内相应研究的空白。

## 37. 锂空气电池及相关材料

项目负责人: 周 震

个人简介: 教授,博导,分子科学计算中心主任,新能源材料化学研究所所长,2014 天津市自然科学二等奖(第一完成人),2016 年天津市创新人才推进计划中青年科技创新领军人才。

研究方向: 新能源材料与器件、计算材料学与材料设计、纳米材料。

项目简介:

该项目涉及一种含新型催化剂的锂空气电池正极及其制备方法。锂空气电池正极材料的质量组成:催化剂为 5-30%,碳材料为 40-80%,

粘结剂为 5-30%。催化剂为金属纳米颗粒(20-60nm)高分散在微米级的碳片上的复合材料；所述金属纳米颗粒为钴、镍、铜、锌、锰、铬、钼、钒或钇。碳材料包括乙炔黑、超导炭黑、碳纤维、石墨烯、超导炭黑、科琴黑、聚苯胺、聚吡咯和聚噻吩一种或两种。粘结剂为聚四氟乙烯、聚偏二氟乙烯、羧甲基纤维素钠、聚乙二醇和丁苯树脂一种或两种以上。本发明的优点是：该催化剂可促进氧的还原，降低充电过电位，在锂空气电池中表现出优异的电催化性能；而且该催化剂工艺简单，采用环保无毒的试剂，在锂空气电池领域有广泛的应用前景。

专利号：201310524508.7

### **38. 一种用于高电压（5V）锂离子电池的电解液**

**项目负责人：**周 震

**个人简介：**教授，博导，分子科学计算中心主任，新能源材料化学研究所所长，2014 天津市自然科学二等奖(第一完成人)，2016 年天津市创新人才推进计划中青年科技创新领军人才。

**研究方向：**新能源材料与器件、计算材料学与材料设计、纳米材料。

**项目简介：**

锂离子动力电池在实际工作中需要很高的能量和功率密度，所以需要有些正极材料在高电压(4V 以上)还能进行锂离子的嵌入/脱出反应，而在这样高的电压下，现有的有机电解液体系不能满足要求。另外，锂离子动力电池的电解液还需要能满足大电流充放电和高温工作的要求。目前的电解液体系是把  $\text{LiPF}_6$  为电解质盐溶解于以环状碳酸酯[如碳酸乙烯酯(EC)或碳酸丙烯酯(PC)]和直链碳酸酯[如碳酸二甲

酯(DMC)或碳酸二乙酯(DEC)]混合溶剂中,不能满足锂离子动力电池的上述要求。我们近年来在对正极材料进行表面改性的基础上,进行了高电压新电解液体系的研究,可行的解决途径包括优化有机电解液体系、添加适当添加剂、选择新型锂盐以及使用离子液体等。

该电解液可以提高电解液与高电压正极的相容性,减少充电过程中电解液在高电压正极材料表面的分解,并可以在正负极表面形成稳定的 SEI 膜,使得正极材料的充放电容量及循环稳定性显著提高;而且工艺简单、易于实施、原料成本低廉、适于工业化生产,应用前景广阔。

专利号: 201010561063.6

### 39. 锂离子动力电池正极材料

项目负责人: 周 震

个人简介: 教授, 博导, 分子科学计算中心主任, 新能源材料化学研究所所长, 2014 天津市自然科学二等奖(第一完成人), 2016 年天津市创新人才推进计划中青年科技创新领军人才。

研究方向: 新能源材料与器件、计算材料学与材料设计、纳米材料。

项目简介:

目前商业化的锂离子电池主要是使用过渡金属氧化物  $\text{LiCoO}_2$  作正极和石墨基碳材料做负极。现在电动汽车对锂离子电池的综合性能提出了更高的要求, 所以近年来人们对用于锂离子电池的新型材料倾注了更多的研发热情。目前广泛认为比较有前景的锂离子电池正极材料主要有三元过渡金属氧化物  $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 、锰系层状固溶体  $x\text{Li}_2\text{MnO}_3 \cdot (1-x)\text{LiMO}_2$  ( $\text{M}=\text{Mn}, \text{Ni}, \text{Co}$  及其混合物) 以及  $\text{LiFePO}_4$  和  $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$  等。本课题组多年来在锂离子电池正极材料的

研究和开发中做了大量的工作，已经获得授权中国专利 3 项。

该方法工艺简单，原材料价格低廉、易得，生产成本低，复合材料特有的核壳结构抑制了活性物质的流失并提高了材料的导电性能，显著改善了电极的电化学性能。

## 40. 基于时空多尺度联合学习模型的能源需求预测技术

项目负责人：刘杰

个人简介：副教授

研究方向：机器学习、数据挖掘、大数据分析。

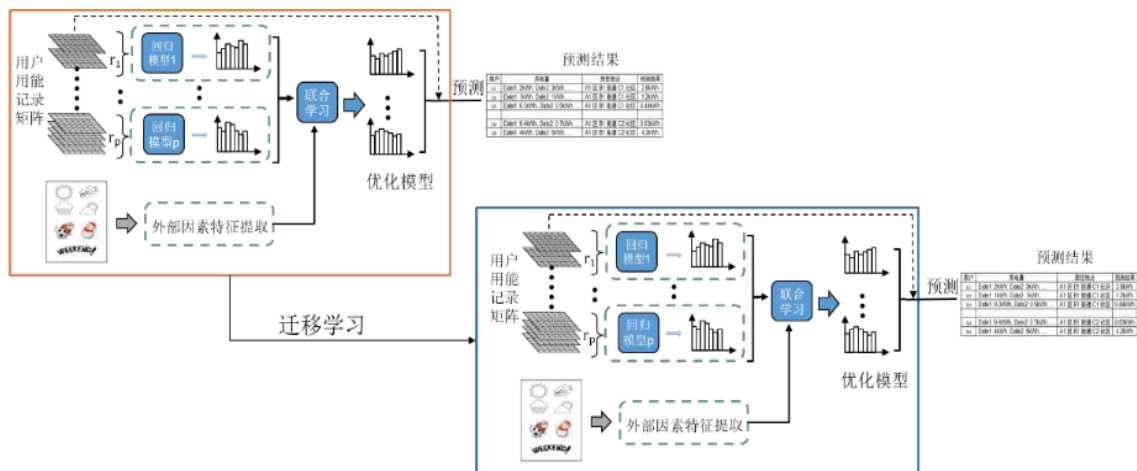
项目简介：

本项目提出了将时间维度与空间维度相结合的多尺度综合能源需求分析与预测模型，设计并实现了一种面向智慧城市的综合能源需求分析与预测的方法，提升能源供应规划和营销策略的优化与决策支持。

项目特色：

- 面向综合能源时空数据的需求分析和预测可以根据历史数据，结合地理区域的相互关系来预测给定时间范围和空间位置的能源需求。
- 针对综合能源的特性，项目提出了联合学习和迁移学习的思想对模型进行训练。同时优化不同区域中多种类型能源的联合预测模型，将已有模型的结果迁移到训练集数据不足的模型中，提高能源用量预测的准确率。
- 面向智慧城市的综合能源信息应用服务场景，并利用 GIS 技术实现配电网分析和用户用电特性分析的可视化。





时空多尺度综合能源联合学习预测模型

### 市场应用前景：

本成果提出的面向智慧城市的综合能源用能预测理论、方法，丰富和扩展了数据分析模型理论，基于本项目提出的多尺度综合能源需求分析与预测框架，可以实现不同时间空间维度的细粒度综合能源需求分析与预测。项目成果为能源峰谷政策的研究，能源阶梯价格政策的制定和进一步引导客户合理用电提供了科学准确的依据。成果已成功应用于包括中新天津生态城国家智慧城市试点建设项目在内的多个智慧城市实际工程项目，有广阔的市场前景。

## 41. 基于深度时空分析的综合能源数据挖掘与预测技术

项目负责人：许 静

个人简介：教授

研究方向：软件工程、软件测试、软件安全。

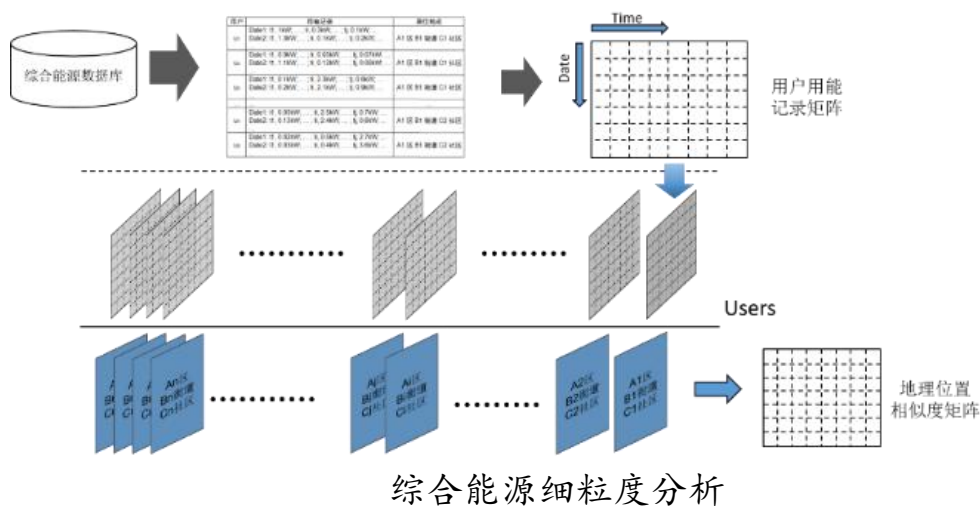
项目简介：

本成果针对城市水电气热等综合能源数据来源广泛，结构复杂，

且与用户、时间、空间信息关系紧密的特点，构建了高性能综合能源数据分析平台，提出了细粒度的能源数据分析理论框架及方法，并将其应用于智慧城市建设。

### 项目特色：

- 统一高效的综合能源数据存储与计算服务平台，实现数据共享和业务融合；
- 综合考虑用户的用电行为、用户间关联关系、时间、日期对用户能源需求的影响进行建模；
- 融合分析用户多类能源的综合用电需求，并采用基于隐变量的聚类算法在隐含用电需求空间中对用户进行聚类。



### 市场应用前景：

建成统一高效的综合能源数据存储与计算服务平台，实现天津市电网结构化数据、非结构化数据、采集量测数据的统一存储，提出的多因素能源使用特性细粒度分析框架，精细刻画用户的能源使用特性，比传统方法具有更加丰富的涵义和可解释性。成果有效支撑天津市电网“十三五”期间的存储需求。为我国智慧城市综合能源数据分析领域的技术进步发挥了巨大的推动作用。

## 42. 可远程控制的光网联合供电多路直流电源

**项目负责人：**张建军

**个人简介：**研究员，博导。

**研究方向：**薄膜光电子材料与器件、有机无机复合材料与器件、光伏系统应用。

**项目简介：**

目前光伏发电还存在输出不稳定，易受外部条件影响等缺点。在实际应用当中，通常需要增加储能装置来保证电路光伏发电系统输出的稳定性，这样必然会增加系统的成本；同时储能装置可能会引入一些重金属元素，对环境造成一定的影响。另外，传统的直流电源通常是由电网供能，并且很少具备远程控制功能，大大的限制了用户的使用范围。

本项目提出了一种新型多路直流电源的设计方法：采用光伏发电和电网联合供电策略，来减少电能的消耗；采用无线控制技术，来实现对电源的远程控制，为在有毒、封闭等特殊环境中应用电源提供了一条可行的途径。同时结合激光测距仪的应用背景，设计了一种可输出三路电压的小功率直流电源，其中高压支路可在输入为 5 V 到 30 V 时，输出 70 V 到 203 V 连续可调的直流高压，其驱动能力可满足一般的雪崩二极管工作需要。测试结果表明，该电源可通过手机实现远程控制，其输出端纹波电压较小，可以满足一般的应用需求。

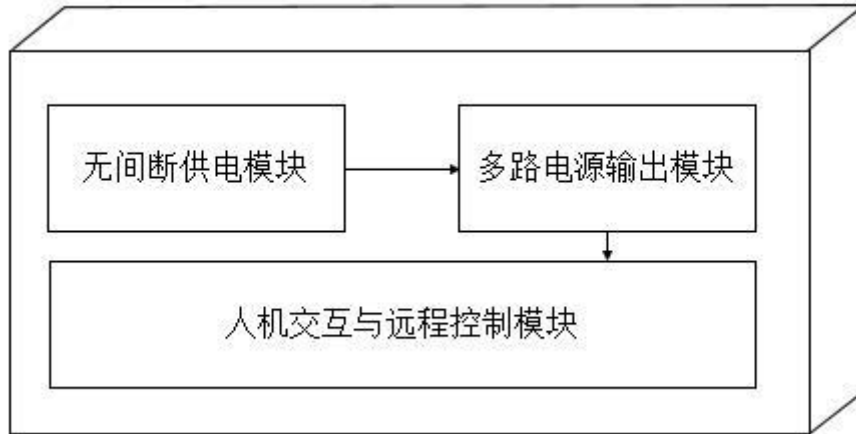


图 1: 可远程控制的光网联合供电多路输出电源基本结构示意图

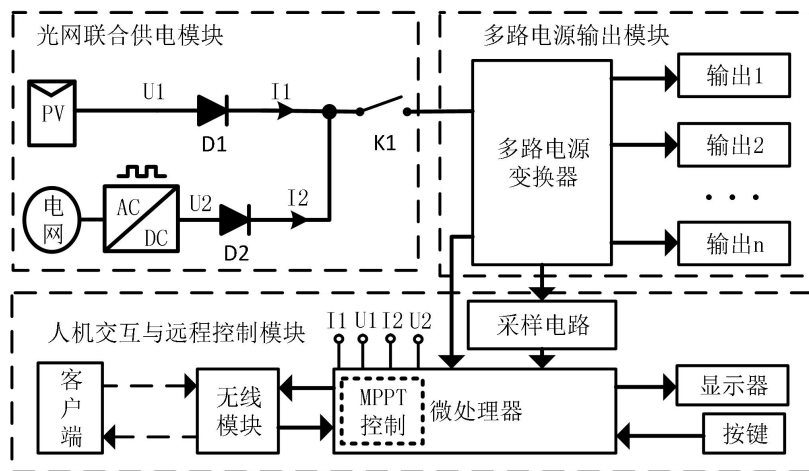


图 2 可远程控制的光网联合供电多路直流电源设计原理图

### 三、 电子信息

#### 43. 自主作业型旋翼飞行机械臂

项目负责人：韩建达 教授

##### 项目简介：

旋翼无人机成功实现了把“人的眼睛”带到空中，在民用消费等领域得到广泛应用。本项目突破了多关节机械臂与旋翼无人机集成技术，实现把“人的眼睛和手臂”带到空中，把无人机的能力从“非接触观测”提升到“接触作业”，从而极大地拓展无人机的应用领域。项目以人工智能技术为基础，将其与飞行机械臂系统相结合，重点突破模块化可重构超轻型机械臂设计、复杂耦合系统的稳定性、动态非结构环境感知与理解、自主作业技能学习与发育、协同优化行为决策与优化等核心技术，研制出多轴电动无人机+单机械臂、单旋翼带尾桨无人机+双机械臂两种产品样机，实现其自主作业，为后续产品、产业化奠定基础。本成果对于我国打造无人机新的产品形态、推进无人机产业的持续发展、进而抢占无人机技术产品产业的国际制高点具有重要意义；同时，作为典型军民两用产品，这种新技术具有巨大的军民融合发展前景。

##### 项目特色：

本项目最大特色在于将机械臂技术与飞行机器人技术相结合，实现了空中自主作业。完全突破了目前无人机只能完成非接触、观测类任务的局限，是无人机领域一种全新的产品形态、也非常有可能成为一种新业态。多自由度机械臂与无人机相集成（如下图所示），机械臂的运动、甚至和外界环境相杰出，都给飞行器的控制带来极大挑战；同时，要实现其对空中、地面的动目标进行识别、跟踪、捕获等作业，

都需要很高的自主行为能力；相关的控制技术是本项目的亮点。

### 已取得的成果：

已成功研制出样机系统、开展飞行试验



旋翼飞行机械臂及成功实现动目标跟踪抓取

## 44. 微创全膝关节置换手术机器人

项目负责人：韩建达 教授

### 项目简介：

项目针对术前、术中、术后全周期的 MIS-TKA 机器人综合解决方案，突破柔顺 7 自由度机械臂与精细操作 2 自由度末端执行器，个性化虚拟导板以及安全手术操控技术，基于图像配准的增强现实手术导航技术，术中下肢力线定量检测与修正、以及个性化术后评估技术；研制出具有术前规划、术中导航与机器人操控、术后评估、以及安全保障的专科型 MIS-TKA 机器人样机系统，建立 MIS-TKA 机器人手术流程规范与安全、有效性评估体系。

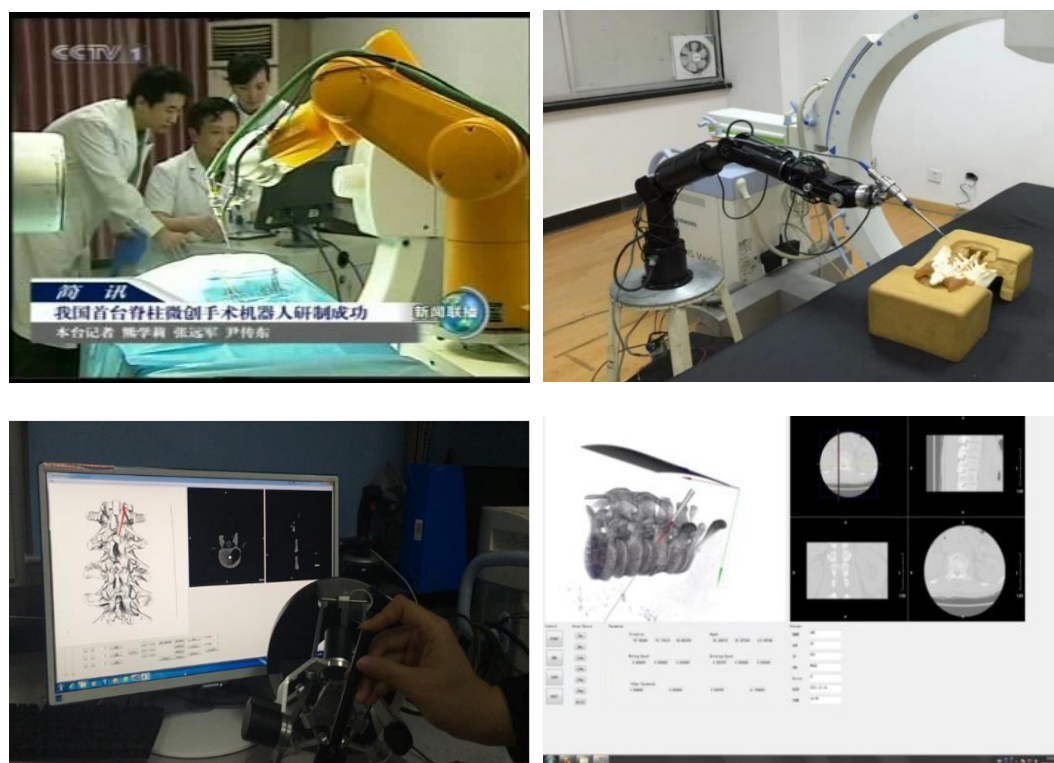
### 项目特色：

膝关节损伤是骨科学的主要组成部分，且由于其周围毗邻重要神经、血管，不恰当的手术操作往往会导致严重后果。微创全膝关节置换技术手术创伤小，术后恢复快，深受患者好评。但该技术严重限制

了手术切口，手术视野小、操作空间窄、骨性标志显露差对医生提出了更高的要求。本项目从微创全膝关节置换手术外科临床出发，针对术前、术中、术后三个阶段提出智能化、机器人化手术方案，将微创精准 TKA 手术提升到智能化水平，推动 TKA 机器人手术技术、TKA 导航技术、TKA 术前规划和术后评估技术、以及智能化手术系统集成技术的进一步发展，为后续临床验证、产品化奠定坚实的技术基础。

### 已取得的成果：

已成功研制出脊柱微创手术机器人系统，并开展临床试验（如下图）



## 45. 南开深海行业领域大数据智能分析平台

项目负责人：袁晓洁

个人简介：教授，博导，计算机与控制工程学院院长，天津市计算机学会副理事长，曾荣获天津市五一劳动奖章，教育部宝钢优秀教师奖，

2016 年国务院政府特殊津贴。

**研究方向：**数据库与数据仓库、数据挖掘、软件工程、信息系统集成、Web 检索与挖掘。

**项目简介：**

南开深海大数据智能分析平台，是面向公共安全、电子政务、医疗卫生、金融保险等行业领域的大数据智能分析平台。在处理多源异构大数据问题上，平台具有先进的信息融合与深度分析技术，其中包括异质多源行业领域大数据的融合处理、异构行业领域大数据的存储管理、面向行业领域大数据的深度分析等关键共性技术；此外，平台为行业领域大数据的智能分析提供支持，有效辅助管理部门感知、响应、追踪与处理各类事件。已申请相关软件著作权两项：《南开深海行业领域大数据智能辅助决策平台》、《大数据多任务调度计算平台》。以及相关专利一项：《一种多源异构行业领域大数据处理全链路解决方案》。

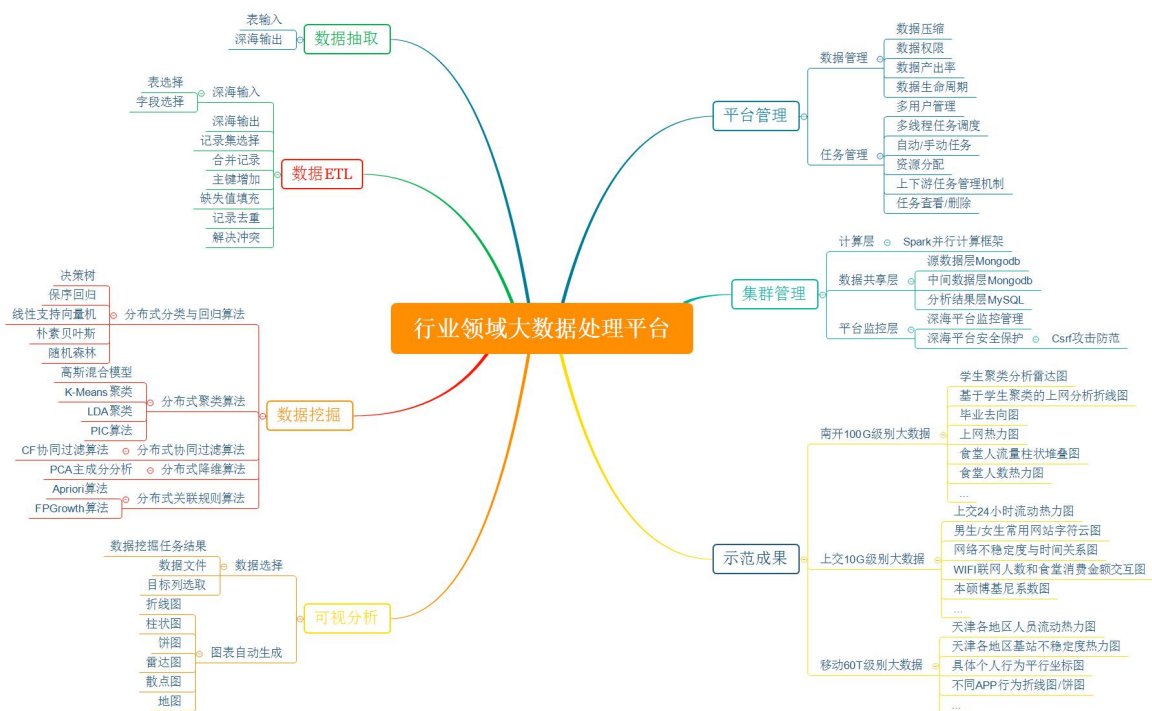
**项目特色：**

- 平台提供了多源异构行业领域大数据处理的全链路解决方案，覆盖了数据的全部生命周期，包括数据抽取、数据转换、数据加载、数据挖掘、数据存储、数据可视化等步骤。
- 平台提供了高性能的多源异构行业领域大数据的清洗集成方法以及特有的三层存储模型，实现了对行业领域信息的实时清洗、高度融合以及高效存储管理。
- 平台提供了适用于海量异构行业领域大数据的多层次多维度数据分析与知识发现方法，此外平台还支持自定义方法，具有很强的扩展性。
- 平台提供了集群管理及多任务调度管理的功能，适用于不同级别的用户群体的使用需求。

**市场应用前景：**



- 目前信息化发展不断深入，数据规模呈指数级增长，各行业领域急需通过有效手段整合零散数据，从中挖掘出重要知识。本平台的核心技术正是解决行业领域中的海量数据融合问题。
- 本平台可利用数据深度分析技术，通过数据可视化方法，提供数据分析结果以及辅助决策方案，创造良好的经济效益。
- 本平台针对行业领域提供了全链路解决方案，采用了一站式数据服务，避免了不同系统间交互、操作复杂繁琐等问题，满足当今行业内快捷、高效的大数据智能分析需求。
- 本平台在多个处理步骤中均考虑了针对不同行业领域的定制需求，通过可扩展功能，可根据用户需求，开发专用的智能分析平台。



## 46. 安全高效自动操作桥式吊车系统

项目负责人：方勇纯，孙宁，张雪波，张秀坤

项目简介：

本项目开发了一套 32 吨级工业自动吊车系统，相关技术处于国际领先地位。本展品可使吊车运送效率比当前主流方法提高 77% 以上，行程 6 米时，最大定位误差不超过 5 毫米，精度非常高。同时，本展品可确保事故率降低 50% 以上，使操作人员工作效率提高 2-3 倍。本展品已在天津起重设备有限公司生产的吊车上进行了大量的推广应用。

这项成果符合《中国制造 2025》的战略目标，具有非常显著的经济效益。它定位精度高，有助于实现核废料运送与处理等操作。无人式的操作方式可以使桥式吊车在各种危险环境下作业，从而进一步拓宽了其工作范围，在先进制造行业产生了非常积极的影响。

这项成果在创新性方面处国际领先水平。在吊车控制方面，国际上近 5 年来引用数排名前十名的论文中，这项成果占到 4 篇；成果第一完成人方勇纯教授应邀前往波兰华沙参加第 11 届机器人运动与控制研讨会并做大会报告（其他三位大会报告人分别来自美国，法国，葡萄牙）。2016 年，成果入选国家自然科学基金委资助项目优秀成果选编（六），信息科学部 5 年共入选成果 25 项，其它入选成果的第一完成人分别为高文院士，杨学军院士，钱锋院士，房建成院士，郝跃院士等著名专家。

### **项目特色：**

特色 1：本展品的自动化吊车包括机械部分与电气部分，还开发了吊车自动控制软件系统。具体而言，为了实现高性能自动控制，提高实时性，设计了基于 DSP 的多轴控制板。手/自动操作可由遥控器上三个按钮进行设置，DSP 可以实时监测对应的三路信号来判断吊车的手/自动状态，以便在变频器操作模式无变化的情况下，通过 PLC 实现吊车手/自动控制状态的平滑切换，自动模式由 DSP 提供控制信

号，手动模式由单片机提供。

特色 2：建模、轨迹规划、跟踪及自动快速消摆技术。提出了一种精确的多吊绳吊车模型与一种基于鱼群行为的 RNA 遗传算法的建模方法。可更为准确地刻画实际工业吊车特性，为后续控制方法设计与分析奠定坚实的基础。提出了多种便于台车跟踪的自动消摆轨迹，简单易行，效果良好。此外，提出了一种增强耦合非线性消摆控制技术、一种鲁棒滑模控制方法以及一种考虑轨道约束的自适应消摆控制技术，能充分考虑外界干扰与未建模动态的干扰，取得良好的防摆与定位控制效果。此外，考虑吊车执行器的饱和约束、部分信号不可测量等实际问题，还设计并提出了一系列行之有效的自动控制方法。

特色 3：运动体检测与三维场景重建技术。具体而言，项目组搭建了一种彩色点云获取设备，可以准确获取实际工况下带有颜色信息的三维点云。提出了一种三维的正态分布变换算法，在实际应用中取得了稳定有效的结果。为防止桥式吊车现场危险事故的发生，设计了一种智能监控系统来发现进入吊车操作现场的人，并在可能发生危险时进行警报。经大量测试，所提技术能很好地完成预定任务。

特色 4：持续扰动抑制。针对野外工作的吊车系统，设计了一种适用于持续扰动情况下的非线性复合消摆方法。除此之外，针对周期性干扰的不利影响，项目组还提出了一种重复学习与部分反馈相结合的控制方法。两种方法均可有效抑制持续干扰对吊车系统的影响。

特色 5：竖直起降技术。针对负载的起吊、落吊、水平传送过程，提出了一种非线性跟踪控制方法，该方法能保证台车及绳长变化的跟踪误差始终地保持在任意设定的范围内并收敛于零，同时能有效地消除负载的摆动，大幅提高系统的工作效率。

**已取得的成果：**

以本展品为核心技术的成果获得了天津市专利奖-金奖、吴文俊人工智能自然科学一等奖、教育部长江学者、国家杰出青年科学基金、全国高校自动化专业青年教师实验设备设计“创客大赛”银奖、中国自动化学会优秀博士学位论文奖、WCICA 最佳应用论文奖等，以本展品为核心的研究项目入选国家基金委网站发布的《国家基金资助项目优秀成果选编（六）》。

授权发明专利 10 多项，受理发明专利 10 多项。在自动化领域顶级期刊 Automatica、IEEE 汇刊上发表论文 20 多篇。

### 市场应用前景及效益预测：

吊车是应用领域最广的设备之一，我国在基础设施建设上的持续投入，为吊车类起重机械的蓬勃发展提供了非常好的机会。随着产业转型升级和战略性新兴产业发展，智能起重机是起重机行业的大势所趋，也是当前智能制造业的迫切需求。具体体现在：（1）新兴产业促使起重机趋向大吨位、高效率、自动化、智能化及多用途方向发展。

（2）用户对起重机性能的要求不断提高，为此必须借助于新兴的智能技术来研制智能型起重机。（3）随着全球经济一体化，制造企业需要借助于智能起重机来提升装配水平和生产效率，增强在国际市场的竞争力。

本自动化吊车可以为地方经济和社会发展注入活力，可望形成重要的产业基地。主要体现在：（1）本自动吊车科技水平高，可以提高相关制造业的技术水平和产品竞争力。（2）本自动吊车本身及衍生产业可以提供就业机会，缓解社会压力。（3）本自动吊车主要用于具有智能化生产流程的核电、码头、建筑行业等，可带动上下游企业的发展。（4）本自动吊车具有良好的市场前景，更便于带动产业的发展，在实施地区可形成重要的产业基地。

## 47. 欠驱动非线性桥式吊车自动控制系统设计

**项目负责人：**方勇纯

**个人简介：**教授，博导，国家杰出青年基金获得者（2013年）。

**研究方向：**机器人视觉控制、无人机、欠驱动吊车系统、微纳米操作。

**项目简介：**

桥式吊车是一种十分常见的装配运输工具，在港口、仓库、建筑工地等场所得到了广泛的应用，当前，对于桥式吊车主要还是通过有经验的工人来进行操纵的，存在着培训周期长，劳动强度大，工作效率低，安全性不高等缺点。为此，设计一套操作方便的吊车自动控制系统，可以提高吊车系统的工作效率与安全性能，并将工作人员从当前这种艰苦的工作环境中解放出来。

**项目特色：**

### (1) 桥式吊车自动控制系统设计

桥式吊车自动控制系统主要包括三个部分：吊车控制单元，工作空间监控单元，和操作单元。控制单元是整个系统的核心部分，它主要负责吊车的作业控制。该单元接收来自操作员的命令，还接收来自工作环境监测单元的环境信息，从而实现自动避障或紧急制动。监测单元主要由多个 CCD 摄像头和图像处理器构成，主要包括两方面功能：将采集到的环境图像实时地传输到操作单元；对环境信息进行处理，得到障碍位置信息传输给控制单元以实现自动避障。操作单元是桥式吊车自动控制系统的人机接口。

### (2) 桥式吊车实验平台

桥式吊车实验平台主要由机械主体，驱动装置，测量装置和控制系统四部分组成。机械主体是指桥式吊车的机械部分。驱动部分根据

控制量来为机械部分提供相应的力/力矩，从而实现对负载的安全、平稳运送。控制系统的控制命令是跟据吊车系统的动力学模型以及实时状态反馈来在线计算的，而实时状态的反馈则通过测量部分（主要包括编码器等传感元件）来完成。

### **市场应用前景：**

本项目的研究成果，可以有效地提高桥式吊车系统的装运效率，减小系统操作复杂度，降低劳动强度，增加系统的安全可靠性。从而将科学技术转化为生产力，创造出良好的经济效益。同时，随着素质教育的进一步深化，各大高校正不断地寻求良好的实验平台以提高学生的动手能力和学习兴趣，桥式吊车作为一种典型的欠驱动非线性系统是一个很好的研究对象，因此，项目组所设计开发的桥式吊车实验平台在教学、科研上也有广阔的应用前景。



## 48. 面向生命科学的原位显微分析与微操作机器人

项目负责人：赵 新 教授

项目简介：

本项目研究团队自主研发了面向生命科学的原位显微分析与操作仪。研究团队利用该仪器实现了机器人化的体细胞核移植，进而将该技术应用于猪克隆流程，成功获得了克隆猪仔。这是国际上首次利用机器人技术获得的克隆动物。

研究团队面向生命科学发展的迫切需求，研制出具有可视化、微创化、定点化、定量化功能的，集检测分析与操作于一体的原位显微分析与操作仪，利用该仪器实现了机器人化的细胞核移植流程，并通

通过分析微操作工具与细胞接触过程中的细胞受力情况,实现了基于最小力的细胞拨动与细胞抽核,保证了细胞核移植操作过程中细胞受力最小。实验结果表明,基于最小力的细胞拨动与细胞抽核方法,显著减少了细胞拨动过程对细胞的伤害;后续细胞培养实验表明,与人工操作相比,细胞后续发育率显著提高,标志克隆成功的体外囊胚率从10%提高到21%。2017年1月初,研究团队分四批完成了510例核移植操作,并将这510枚克隆胚胎移植到6头母猪体内,两头母猪顺利受孕;4月底,两头受孕母猪产下成活克隆猪17头。

上述研究第一次用后续细胞培养成功率作为评测依据,建立了操作过程细胞受力情况与后续细胞发育的联系,得出了操作过程细胞受力越小,则伤害越小,最终细胞发育成功率越高的结论。该研究对其它机器人化生物操作有借鉴意义。在深度信息提取、显微视野拓展、超声振动细胞穿入等方面拥有多项专利。

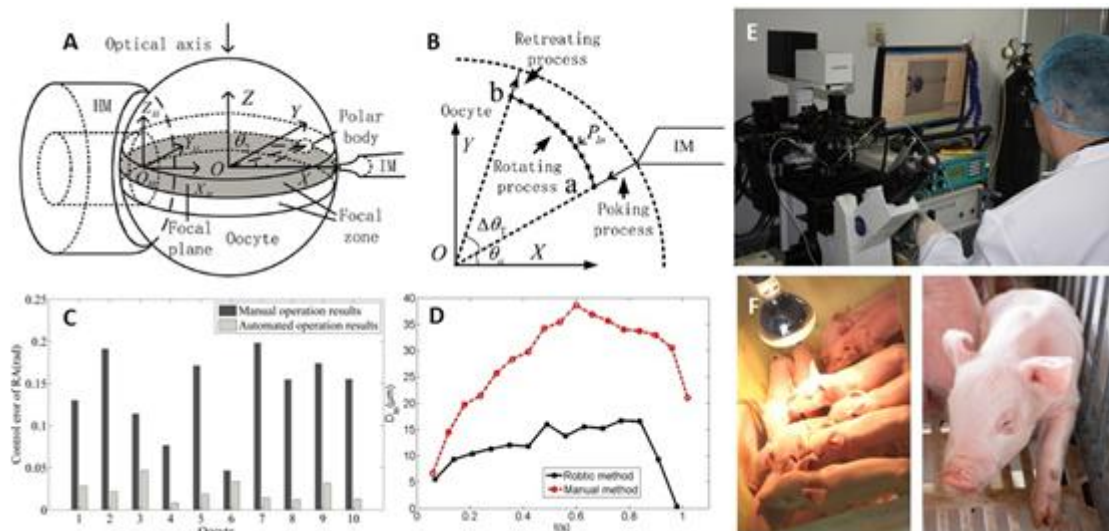


图1.基于最小力的机器人化体细胞核移植与克隆猪仔。(A) 卵母细胞受力分析;(B) 卵母细胞拨动轨迹规划结果;(C) 自动细胞拨动与手工拨动的控制误差对比;(D) 自动细胞拨动与手工拨动刺入细胞深度对比;(E) 机器人化的核移植过程;(F) 克隆猪仔。

### 市场应用前景:



近年来，微操作机器人系统已在天津市畜牧兽医研究所、军事医学科学院等多家单位进行了示范应用和推广，开展了绵羊体细胞克隆、斑马鱼胚胎注射、小鼠受精卵转基因注射等十余项示范应用，获得相关实验人员的广泛好评。

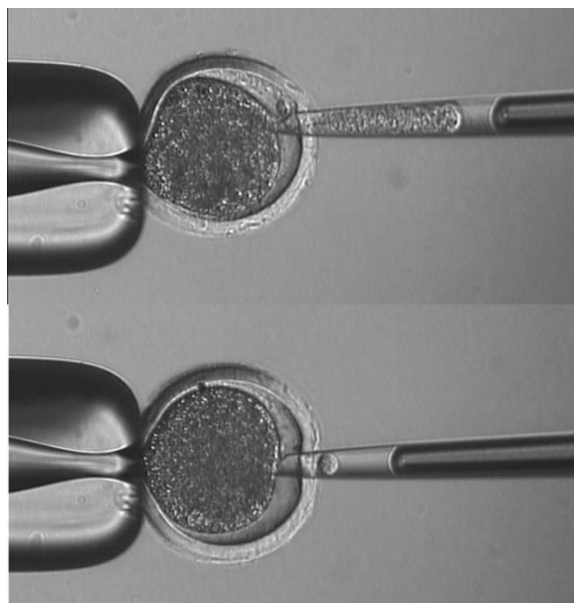


图 2. 细胞核移植过程（去核与注核）

## 49. 智能步行辅助机器人

**项目负责人：**段 峰

**个人简介：**教授，博士生导师，南开大学百名青年学科带头人。

**研究方向：**机器人技术、肌电假手、康复机器人、机器人视觉、家庭服务机器人、人体技能分析。

**项目简介：**

据 2010 年第六次人口普查结果可知，我国 60 岁及以上人口为 1.78 亿人，占总人口的 13.26%，且呈上升趋势。我国已经步入老龄化社会。如何照料老年人，提高老年人健康水平已成为亟待解决的社会难题。

步行是人在日常生活中最基本的运动，老年人自主步行不但可以减缓身体各器官的衰老，而且可以消除孤独、厌世等悲观情绪。老年人在步行过程当中，容易发生跌倒，跌倒造成的骨折、外伤会引起肢体及关节活动受限，进而引发肌肉萎缩等问题，严重影响老年人的身体健康。老年人身体机能的老化、认知能力的衰退是造成跌倒的两个主要原因。

本项目团队研发步行辅助机器人，使机器人能够根据老年人的意图及步行特点提供辅助，有助于提高老年人健康水平，解决老龄化社会助老助残方面的需求。

本项目课题组研发的技术：“稳定识别人意图的新一代人机交互式系统”获得了 2011 年中国科技部举办的首届中国天津技术创业大赛初创组一等奖（省部级奖项）。

**项目特色：**

使用脑电、肌电方式识别人的意图，实现主动助力；

使用普通轮胎实现全方位移动，零转弯半径(可以应用在工业上)；

使用力导纳技术，根据人的意图助力（可以应用在工业上）。

### 市场应用前景：

1) 步行助力康复机器人（医院、疗养院、敬老院）

具有助力、电刺激治疗功能的步行助力康复机器人

2) 智能移动商务机器人（高端服务市场）

高档宾馆酒店：具有助力、导引功能的行李推车

机场：具有助力、导航功能的行李推车

大型超市：具有助力、导购功能的购物推车

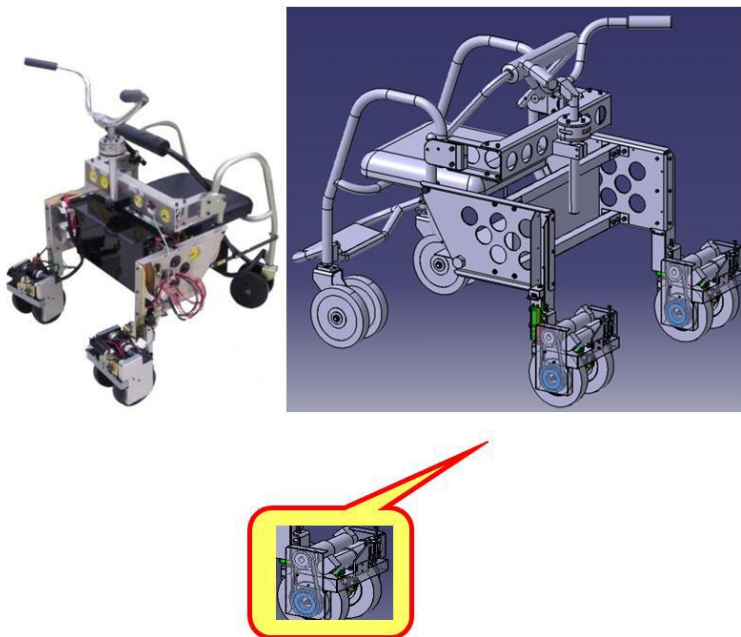


图 1：轮椅设计图



图 2：轮椅正面、背后照

## 50. 铟化钢（InSb）薄膜型霍尔元件

**项目负责人：**王广才

**个人简介：**高级工程师

**研究方向：**薄膜光电子材料与器件、太阳能电池、光伏能源器件及材料测试。

**项目简介：**

铟化钢薄膜型霍尔元件主要用于直流无刷电机，大量应用于电脑的电源风扇，CPU 风扇，打印机，电动自行车等所用的微型直流无刷马达。具有灵敏度高，使用寿命长，可靠性高，体积小，重量轻，功耗小，频率高，耐震动，耐灰尘、油污、水汽和盐雾等各种污染或腐蚀的优点。

**项目特色：**

制备温度低，能源消耗低，环境污染极小，易于大规模生产，制造成本低，投资小的优点。

**市场应用前景：**

目前只有日本旭化成和韩国三星可以生产薄膜型铽化铟霍尔元件芯片，国内无芯片生产技术。国内市场约 50 亿人民币，具有市场广，竞争少的优点。

南开大学开发的芯片制造技术，原材料成本便宜 30% 左右，具有很强的市场竞争力和投资价值。

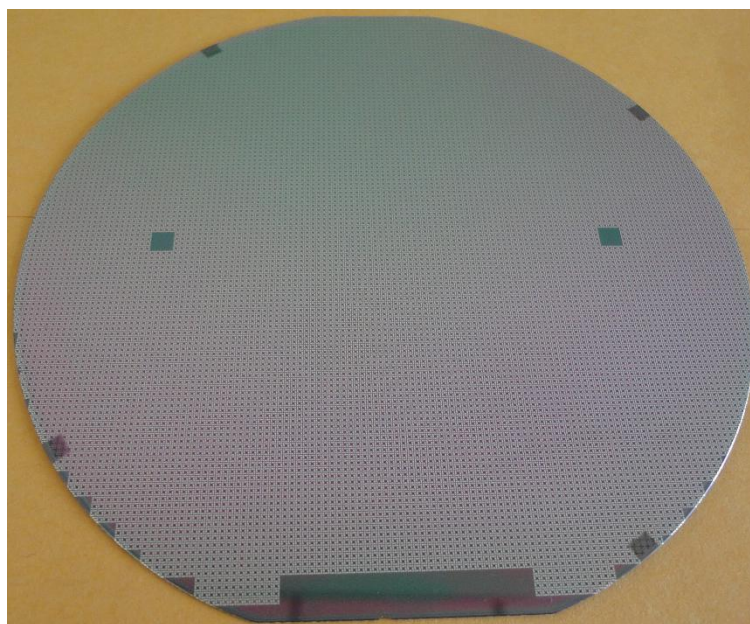


图 1：南开大学研制的铽化铟薄膜型霍尔元件晶圆照片  
(引线电极均为铝材料，4 英寸圆片上约有 11,000 只芯片)

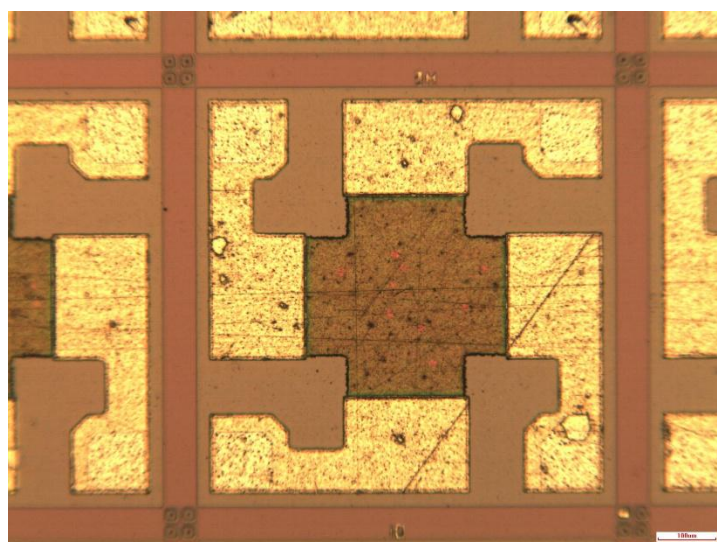


图 2：南开大学研制的铽化铟薄膜型霍尔元件芯片显微放大照片

## 51. 表面等离子共振 (SPR) 生物医学检测系统

**项目负责人：**刘国华

**个人简介：**教授，教代会工会主席。

**研究方向：**传感器技术与智能系统、生物芯片、传感网络等。研究工作涵盖多方面的技术，包括材料、器件、电路、软件、信号处理、通信以及相关技术在生物医学检测领域的应用。

**项目简介：**

表面等离子共振 (SPR) 生物传感技术是近年来迅速发展起来的用于分析生物分子相互作用的一项技术。这种检测手段与传统方法比较，具有样品不需要纯化、标记，并且可以实时、动态、高灵敏检测等优点，因此 SPR 传感器在很多领域具有广阔的应用前景，如疫苗研制、疾病诊断、疾病治疗、药物靶标、药物开发、基因测序、案件侦破、环境检测、食品安检以及兴奋剂检测等。本项目的目的是研制一种基于 SPR 技术的光机电一体化系统。

我校于 1999 年开始从事有关方面的研究，2004 年底研制完成了第一套单通道 SPR 生物医学检测试验系统。最近几年中，我们针对被广泛采用的棱镜耦合结构 SPR 传感器存在的不足，课题组在天津市科技攻关培育项目、国家基金及天津市科技支撑计划重点项目的支持下，研制成功基于传感芯片的多通道 SPR 生物医学检测实验系统。这种新颖的集成化结构具有明显的技术优势，而且符合 SPR 传感系统小型化、仪器化的发展趋势，为系统最终产品化奠定了基础。目前已经完成仪器化，结构设计及操作便利方面还需进一步完善，以便使非专业人员能够完成操作；数据分析算法及软件需要进一步开发，以达到实用化。

## 技术水平及应用前景

所开发的试验系统已经达到了国际先进水平，申请专利两项。产品化后，可以用于疫苗研制、疾病诊断、疾病治疗、药物靶标、药物开发、基因测序、案件侦破、环境检测、食品安检以及兴奋剂检测等，具有很好的应用及市场前景。

首先，一套智能化的 SPR 生物学检测分析系统的批量生产成本预计为 10 万元人民币左右，而国际上同类产品（瑞典 BIAcore 公司生产）的最低售价为 10 万美元左右。可见，SPR 生物学检测分析系统是一种高技术含量、高附加值的产品。

其次，SPR 生物学检测分析系统中的传感耦合部件因其进口成本很高，目前还是一种半消耗品，即每完成一次测试后需作再生处理，这样可重复使用几次，然后予以更换；即使这样，单次检测成本也在 200 元人民币以上。本项研究可以将传感耦合部件集成为便于批量生产的传感芯片，可大幅降低成本。再生技术的研究成功，可以进一步降低使用成本；若能大批量生产，在成本很低的情况下，也可实现一次性使用。预计每个芯片的批量生产成本不到 50 元人民币，售价如果为 100 元人民币，单次检测的成本将大幅降低。这样，一方面便于系统的推广应用，另一方面传感芯片作为一次性消耗品，需求量极大，由耗材产生的利润也是非常可观的。

另外，我们还可以在此项研究的基础上，进一步开发适合于药物靶标、药物开发、案件侦破、环境监测、食品安全检验以及兴奋剂检测等其它众多领域进行检测分析的系列产品，其巨大的经济效益和社会效益是不言而喻的。

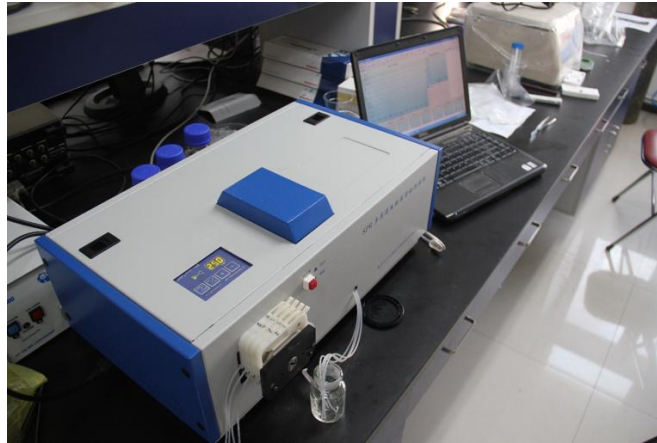


图 1：样机

## 52. 面向多终端的电子商务平台

**项目负责人：**孙桂玲

**个人简介：**教授，副院长；国家科学进步奖、国家长江学者等评审专家。

**研究方向：**无线传感器网络、信号与信息处理、信息检测与智能控制系统。

**项目简介：**

农产品电商系统可分别在 Web 端、Android 端和 IOS 端三个平台上部署。电商系统后台具有充分的数据共享、便捷的功能互操作以及良好的可扩展和可维护性等特点，后台采用 SOA 的架构，电商平台后台可保证与系统各部分的通信模块之间具有良好的通信接口并可保证系统各平台通信的一致性与稳定性。平台采取分层构建的方式，应用层作为顶层提供统一信息门户，为客户提供服务的窗口，同时也是平台管理的入口。

支撑层提供搜索服务，对商品销售、评论等其他若干保存的数据资源进行挖掘分析，以获得平台发展、支持、服务的可靠的决策依据，为客户、平台管理者提供统一消息、邮件服务、文档管理等协同工作



支撑的功能。资源层提供为客户服务、管理者分析的最基础的数据资源，与基础层一起作为平台的基本构架环境，包括数据库服务器、应用服务器/Web 服务器、交换机、存储设备、计算机网络、呼叫中心接入、有无线通讯服务等。

电商平台后台的实现主要分为信息采集、数据融合、模型研发和平台构建四个步骤。具体的技术路线结构如图 1 所示。

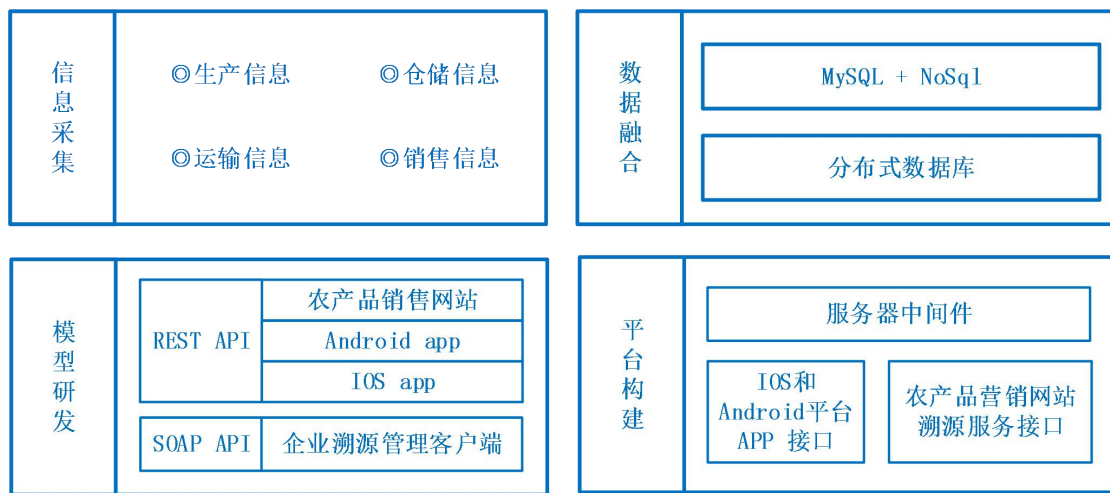


图 1 电商平台后台技术路线结构图

### 1. 信息采集

信息采集阶段主要实现自动化采集或手动输入蔬菜的生产信息、仓储信息、运输信息和销售信息，信息采集采用手工录入与自动搜索填充相结合的方式，在数据收集阶段提高效率，为平台的后续完善农产品信息的开发采集、加工整理、分析预测和播报发布工作提供数据基础和保障，建立规范的农产品信息存储格式。

### 2. 数据融合

数据融合把采集到的各种相关信息进行梳理与分析，数据库建模并搭建数据中心，本系统采用传统关系型数据库加非关系型数据相结合的模式来存储各类信息，在数据平台端分类汇总，并将数据最终同步至到分布式数据库中。

### 3. 模型研发

网站溯源服务和移动平台溯源服务使用 REST API，加强系统的一致性、可靠性、可扩展性，使系统结构层次更为清晰，并且有利于系统的横向功能添加，将系统底层调用与上层功能性 API 隔离，使得不同客户端可以在不了解服务端实现的情况下完成调用，整个系统的对外服务实现了透明化、模块化。

### 4、平台构建

在 Linux 平台上部署服务器中间件，为各个子系统提供数据交互服务,各类客户端平台通过接口调用完成本地功能；在 IOS 和 Android 平台部署电商系统，为消费者提供在购买农产品后通过扫描二维码查询质量安全信息的服务；在 Web 平台部署电商系统，为消费者在网购农产品时提供实时查询产品质量安全信息的服务。

电商系统的功能主要包括用户管理功能、商品搜索功能、商品浏览功能和商品追溯功能等等。手机端 APP 如图 2 所示。



(a)



(b)



(c)



(d)

图 2 手机端 APP 展示图

## 53. 高并发低功耗的信息感知系统

项目负责人：孙桂玲

个人简介：教授，副院长；国家科学进步奖、国家长江学者等评审专家。

研究方向：无线传感器网络、信号与信息处理、信息检测与智能控制系统。

项目简介：

建立具有高并发数据处理能力和低功耗双重要求的信息感知系统，相对于其他的监测方案具有低功耗、大范围、易部署等优势。信息感知系统见图 3-5。

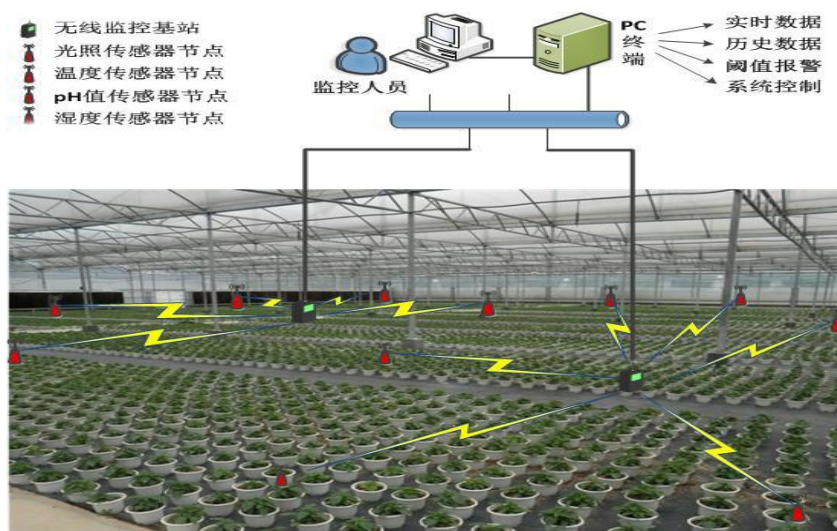


图 3 信息感知系统

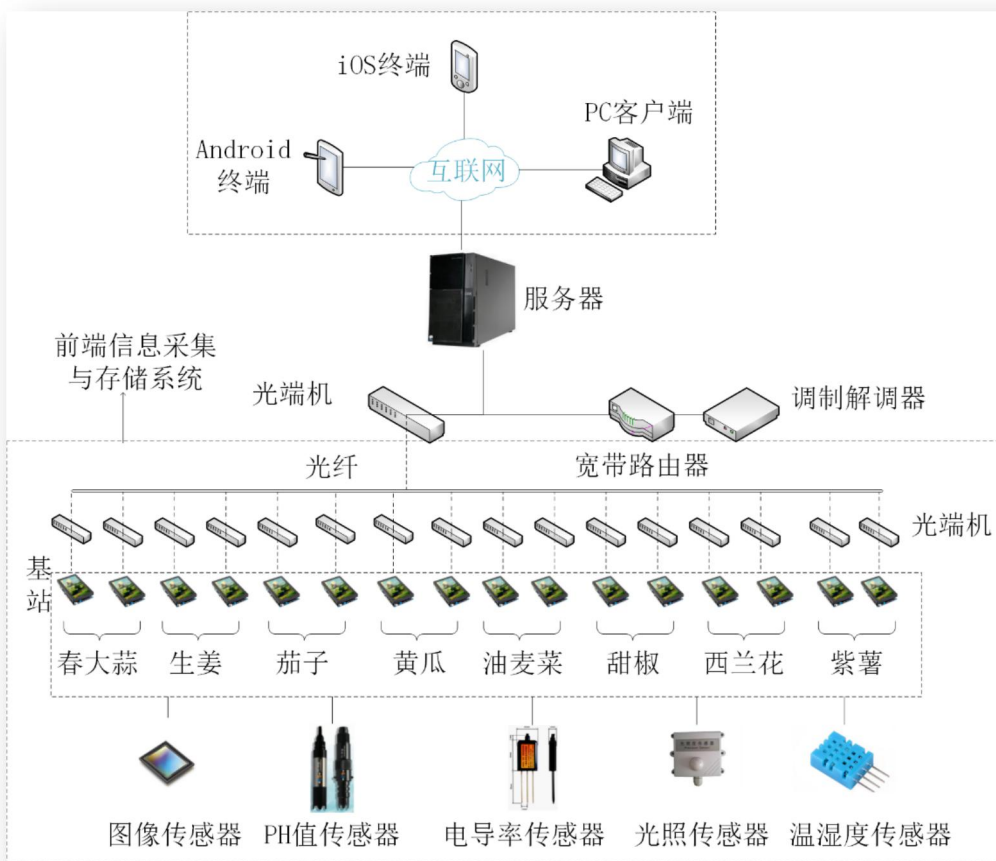


图 4 系统组网图



图 5 系统人机交互界面图

## 54. 三维真彩色喷绘机器人

项目负责人：刘景泰

个人简介：教授，博导，机器人与信息自动化研究所所长。

研究方向：机器人技术、计算机应用与信息自动化系统、智能科学与技术。

项目简介：

本项目设计了三维真彩色喷绘机器人，实现了全真地形模块加工和喷墨全过程的整套核心技术，为大幅面三维真彩色喷绘系统产品化提供了有力支撑。

技术指标：

系统参数	参数值
系统外形尺寸	3000mm×2000mm×1800mm
系统最大加工面积（XY平面）	2500mm×1200mm
系统最大加工落差（Z轴方向）	250mm
模型匹配精度	< 0.1mm
色彩分辨率	180dpi
系统重量	2000kg
最大面积加工耗时	< 4h
最大模型喷绘耗时	< 4h
系统控制周期	200μs
供墨系统负压路数	4路
供墨系统体积	300mm*200mm*200mm

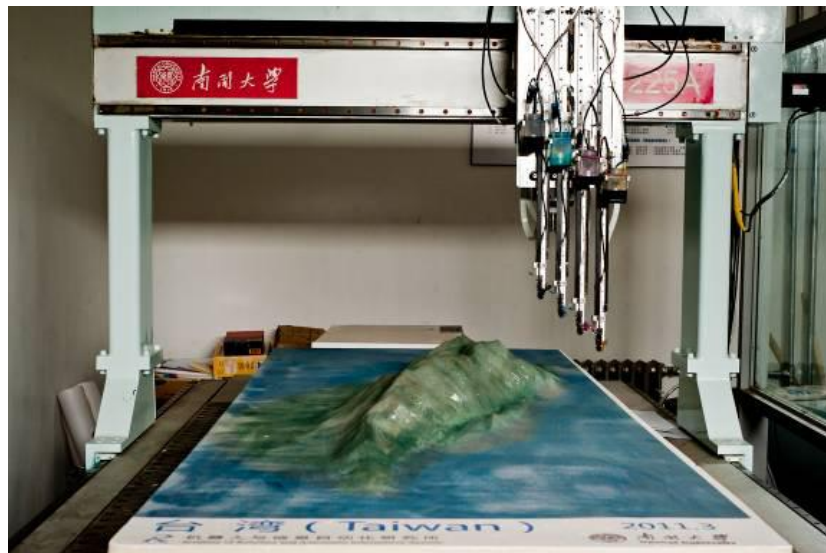


图 1：三维真彩色喷绘机器人



图 2：三维地理模型（上：钓鱼岛，下：深圳局部海湾）

### 市场应用前景：

通过计算机强大的数据处理能力，利用机器人的柔性加工将虚拟三维场景如实地在复杂三维模型上进行喷绘，从根本上改变目前喷绘行业仅限于二维彩色喷绘的局限性。由于三维真彩色喷绘机器人机械结构设计要求复杂，同时三维模型的复杂性也对运动控制系统高速运动条件下的稳定性和准确性要求很高，国际上只有少数公司和研究机构进行原理性的研究和小规模试验，尚未形成生产力和产业链。

本三维真彩色喷绘机器人可广泛运用于生产加工中，极大地提高三维真彩色喷绘的加工速度，真正实现三维真彩色模型的批量化生产，从而奠定我国在国际三维喷绘领域的领先地位。

## 55. 可配置的多机器人三维仿真系统

项目负责人：刘景泰

**个人简介：**教授，博导，机器人与信息自动化研究所所长。

**研究方向：**机器人技术、计算机应用与信息自动化系统、智能科学与技术。

**项目简介：**

作为机器人研究中的重要方面，机器人仿真技术始终是机器人领域的热点之一。将计算机仿真技术的优势引入到机器人的研究中，使实验者更加逼真地感受到机器人的空间三维环境。机器人仿真系统为机器人系统的前期设计、后期验证提供了平台，利用机器人仿真实验替代实体机器人实验，能够有效避免机器人可能出现的硬件损伤，并提高工作效率。同时，可用于机器人学的教学中，丰富教学的内容。

**项目特色：**

1. 对机器人的三维仿真实现。根据真实机器人的几何尺寸，利用 AutoCAD 和 3dsMax 进行机器人建模，最终通过 Managed Direct3D 实现高仿真度的仿真机器人场景，并允许用户以各种方式控制仿真场景的平移、旋转、缩放操作。
2. 根据“可配置”的设计目标，采用模块化的设计思路，实现与真实网络多机器人系统相同的架构，保证仿真系统与真实系统各个模块之间的相互替代，允许用户在仿真模块与真实模块间的自由切换。
3. 通过对机器人学中 正逆运动学、雅克比矩阵、轨迹规划等基础知识的研究，依据 .Net 开发平台，采用 C# 语言实现了三维仿真系统的整体架构，利用 Managed Direct3D 实现了仿真场景，并利用计算机强大的图形显示优势实现了可扩展功能，例如：机器人末端点标记，机器人数据文件的记录回放功能等。

**主要技术性能指标：**

1. 万次无故障运行，运行过程中内存占用为 55M。
2. 可运行于不同的操作系统中，包括：Windows 2000，Windows



xp 及 Windows Vista。

3. 仿真场景可以实现 60fps 的刷新率。
4. 可通过 Internet 实现与真实网络多机器人系统的连接。

### 应用前景分析及效益预测

应用行业：1.教育 2.工业 3.制造业。

1. 将可配置的多机器人三维仿真系统应用于各种进行机器人相关技术研究的科研院所，可以辅助对机器人控制算法的预设计，并且可将仿真系统的一个或多个模块组合嵌入到实际机器人系统中，辅助相关实验的开展，进行后期算法的分析和验证。
2. 将可配置的多机器人三维仿真系统应用到机器人学教学中，可以提高机器人学在中小学中的普及教育，并且针对各高等院校的机器人教学内容，以其三维仿真演示功能为教师提供更丰富的教学手段。

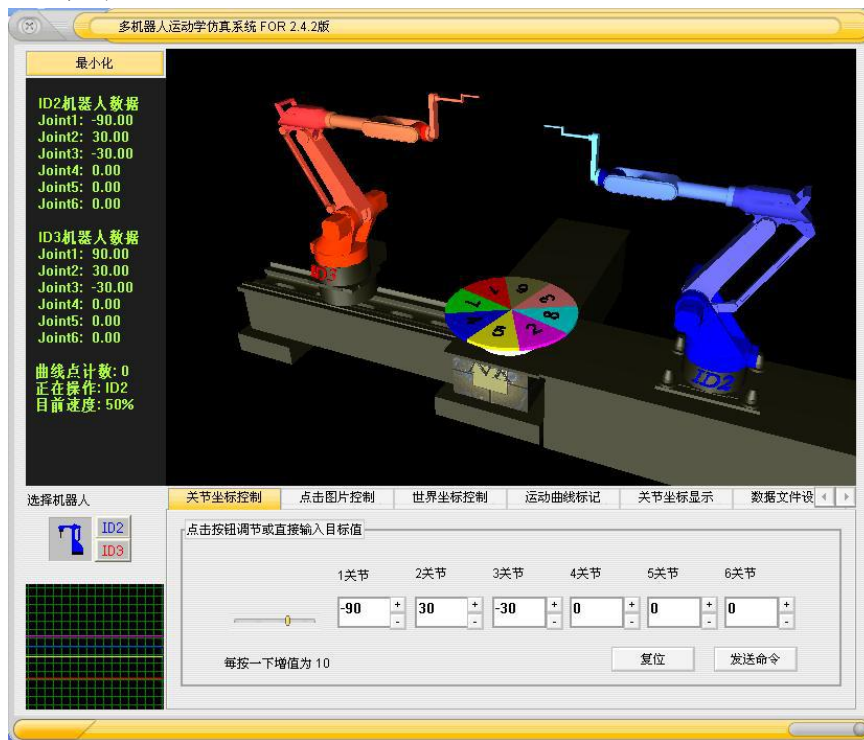


图 1：系统操作页面

## 56. 广域动态环境下机器人智能监测

项目负责人：刘景泰

**个人简介：**教授，博导，机器人与信息自动化研究所所长。

**研究方向：**机器人技术、计算机应用与信息自动化系统、智能科学与技术。

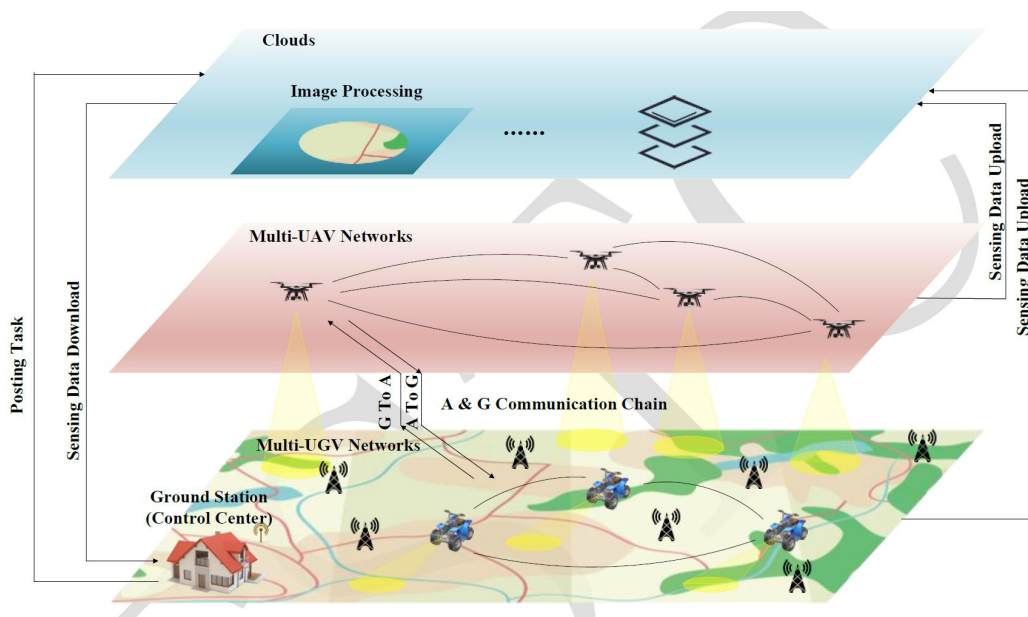
**项目简介：**

当前，我们面临资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，将新一代信息技术，包括云计算、物联网、人工智能、机器人、虚拟现实与可视化等技术应用于生态与自然环境智能监测，对于建设生态文明，保护生态环境具有重要的意义。

以多旋翼无人机、自主全地形车、遥观测机器人生态智能监测站等机器人平台为载体，针对野外广域动态环境下大气、土壤、水资源、生物多样性等生态与自然环境要素，进行立体化、网格化、智能化实时监测技术研究。本报告将介绍基于信息物理系统的智能化立体生态监测体系设计，智能无人平台环境感知、覆盖、更新与重建，基于视觉的动态目标检测、跟踪与识别技术。

**应用前景分析**

通过该项研究成果转化与推广，可有效提升生态系统监测数据采集及分析标校能力，逐步实现长期稳定的自主化、网络化业务运行，为我国进行生态系统立体综合监测提供技术支撑。



图：广域动态环境下机器人智能巡测体系设计图

## 57. 基于串联弹性驱动单元的稳定系统

**项目负责人：刘景泰**

**个人简介：**教授，博导，机器人与信息自动化研究所所长。

**研究方向：**机器人技术、机器人控制与规划技术、智能科学与技术。

**项目简介：**

作为新一代机器人的核心部件，串联弹性驱动单元通过模拟生物运动特性，进而能够实现精确的力控制，因而被广泛使用于机器人与环境、人类等频繁交互的场景。本成果从串联弹性单元的特性出发，将串联弹性驱动单元替换传统稳定平台驱动单元，利用弹性元件将载体扰动的瞬变力通过弹性单元转化为渐变力，有效降低平台受到的外界扰动。

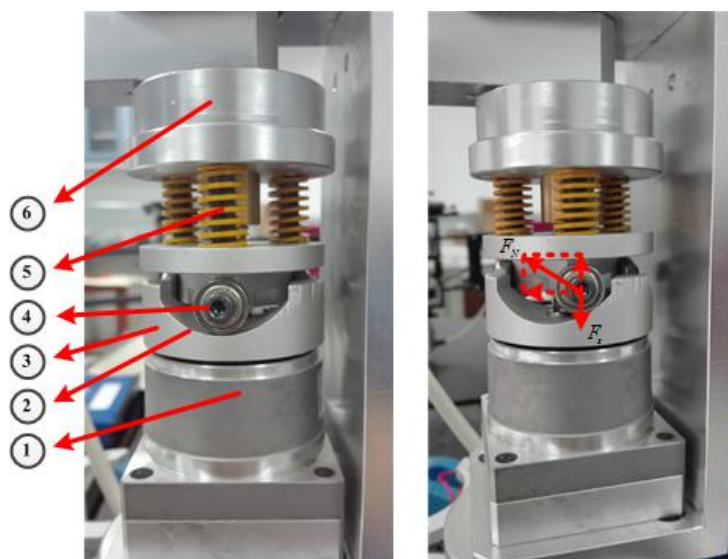


图 1：串联弹性驱动单元

### 市场应用前景：

无人机在这些年风靡一时，几乎无处不在，专业的无人机航拍公司层出不穷，而很多传统影视公司也已经采购无人机并把航拍作为一项业务。毫无疑问，航拍无人机提供了一个以往难以的拍摄角度，同时还非常经济。艾瑞咨询预测到 2025 年，专业航拍及娱乐行业市场空间将达 300 亿。目前传统的稳定平台受制于工作原理，采集回来的图像需要事后通过软件编辑处理才能进一步去除画面抖动，造成图像失真，通过使用本成果可以大大降低无人机飞行过程中的震动对航拍摄像机的影响，大大提升拍摄质量。

## 58. 多层折叠式柔性太阳能电池发电系统

项目负责人：林列

个人简介：研究员

研究方向：生物医学光子学，光电材料、器件与光学传感。

## 项目简介：

便携、可折叠式柔性太阳能电池发电系统由 12 块柔性太阳能电池组成，其中 6 块电池串联为一组，然后两组并联固定在挂胶防水的维尼龙纺织布上，使得该发电系统可以折叠成平常的书本一样，容易携带、储存和转移。由于该发电系统采用柔性衬底太阳能电池组成，所以在连续发电的过程中可以被摔、被踩，特别适合部队和野外作业单位的长途跋涉、登山以及职业摄影师使用，还可以进行野外通讯、应急电源以及蓄电池维护。

### 功能：

1.使用时放在帐篷顶或地上，也可挂在高处或树上，接上负载即可使用。

2. 由于该发电系统的每个子电池封装内含有旁路二极管，所以该太阳能电池发电系统在部分电池被遮挡、甚至被子弹穿透的情况下也能提供电力（即使某个子电池损坏或不发电，也可继续通过二极管提供电能）。

3. 每块子电池电压 $\geq 2V$  功率 2.5W，工作电压 12V，整体输出功率 30W。

4. 用该发电系统给蓄电池充电时，需配用光电子所专门研制的充电控制器，该控制器可控制蓄电池欠电自动充电，充满自停。同时该控制器还可控制蓄电池过放电。

5. 蓄电池过充电压：14V

蓄电池过放电压：10.5V

## 59. 低成本床旁快速诊断系统

项目负责人：田建国

**个人简介：**教授，博导，杰青，跨世纪优秀人才。

**研究方向：**光子学

**项目简介：**

本项目的目的在于通过开发优质廉价的小型临床定量光学检测仪器和其配套试剂，为社区和农村基层医疗单位甚至家庭提供更加快速、准确、低成本的定量检测技术，充分发挥其在疾病防控中的作用，避免误诊、降低用药费用、减少医疗费，尽可能的提高基层医疗单位的效率。本项目的实施可以加速我国基层医疗服务体系建设，健全基层医疗卫生机构的功能，解决基层医疗卫生机构目前存在的迫切问题，全面提升基层医疗机构的服务水平。

本项目的实施可以填补低成本、低操作要求的医学定量检测系统的技术空白，解决重要疾病和常见病在基层医院难以得到准确诊治等迫切的问题。

目前诊断试剂行业并非没有好的技术，而是相关产品的核心技术往往受控于国外大公司手中，导致检测价格过高，影响诊断技术的推广。以肿瘤标志物的检测为例，目前某国外品牌的 11 项肿瘤标志物使用化学发光方法进行筛查，某三级甲等医院的除了需要引进上千万元的检测设备外，每次检查的收费都在上千元。这无形中加重了患者看病的负担，而同样的检测在基层医院根本没有办法开展。应用本研究的成果，在保证检测质量的前提下可以使设备的费用控制在 5 万元以内，每次检测的费用在 100 元左右，这样可以在各级医院中广泛的开展肿瘤标志物的检测，扩大市场，突破诊断试剂行业发展的瓶颈。

本项目实施的必要性体现在以下方面：

(1) 可以为基层医疗单位提供快速、廉价、简便的诊断仪器和相关的试剂盒，进而从根本上提高基层医疗单位的诊疗水平，实现重

大疾病的准确诊断，及时治疗或转院；

(2) 在基层医疗机构的应用可以充分提高基层医疗卫生系统的工作效率，发挥其作用，进而从基层全面提升我市对重大疾病的防治水平，促进社会发展；

(3) 可以催生诊断试剂和仪器共同开发的新模式，形成我市在相关科研领域的特色；推动天津作为新一代高灵敏度低成本定量医学检测技术的创新基地的建设；逐渐使我市成为我国北方重要的临床阶段技术研究中心。

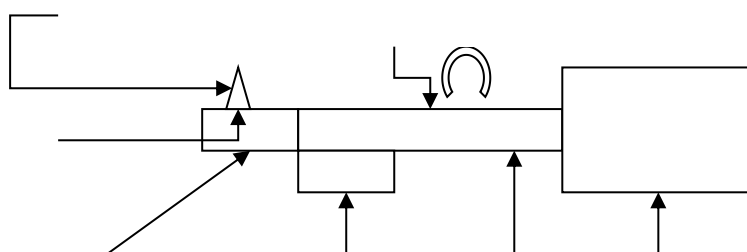


图 1:样机

## 60. 肌电假手技术

项目负责人：段 峰

**个人简介：**教授，博士生导师，南开大学百名青年学科带头人。

**研究方向：**机器人技术、肌电假手、康复机器人、机器人视觉、家庭服务机器人、人体技能分析。

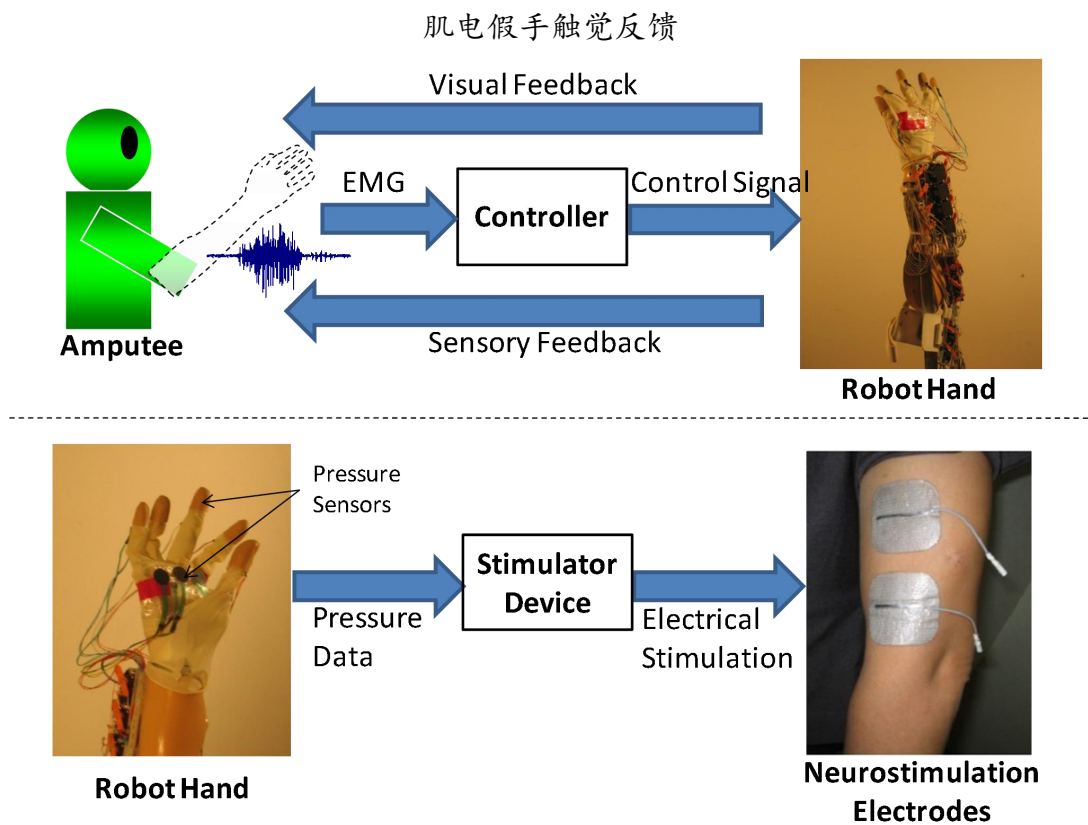
**项目简介：**

肌电假手的主要特点是手指灵活、手腕可动、稳定识别、电刺激反馈感觉、成本低廉、自主知识产权。

**项目特色：**

**物理支持：**机械手臂，识别工件并搬运工件，抓取工件并根据作业步骤改变工件位置；支持工人作业，降低工人体力消耗，提高生产效率。

**模拟仿真：**使用 ROBOGUIDE 和 OpenGL 建立模拟系统，优化机械手臂运动轨迹，模拟人机碰撞，缩短设计周期，降低设计成本。





**市场应用前景：**

- 肌电信号识别技术
  - 与三维动作分析仪相结合分析人体运动技能
  - 与机械相结合研制助力装置：如外骨骼机器人、老年人助力机器人
  - 与虚拟现实相结合开发肌肉控制装置：如游戏控制器
- 表面电刺激技术
  - 与传统中医学针灸相结合，开发电针：治疗幻肢痛

## **61. EIS 型无标记病理芯片及其检测系统的研究**

**项目负责人：贾芸芳**

**个人简介：**教授，天津市科技进步奖一等奖，天津市科技特派员。

**研究方向：**生物医学电子工程、敏感电子学、互联网+健康监测。

**项目简介：**

本成果提供了一种以光寻址电位传感器（LAPS）为核心、基于现代电子学的光电化学型生化分析平台，具有阵列式、光可寻址、无标记等优点。同时，该成果作为一个测试平台，可将多种生物化学响应过程移植于其上，具有应用灵活的优势，例如，与噬菌体展示技术结合，将特异于转移肿瘤细胞的噬菌体固定于芯片表面，实现了对转移乳腺癌肿瘤细胞（MDAMB231）无标记检测，如图 1 所示；与基于左旋多巴（L-dopa）的表面仿生活化策略相结合，对免疫球蛋白（IgG）探针固定、免疫响应进行了全程监测，并将其推广至甲胎蛋白（AFP）、癌胚抗原（CEA199）、铁蛋白（Ferritin）等四种原发性肝癌相关肿瘤标志物的联合检测，如图 2 所示；利用新材料——氧化石墨烯（GO, graphene oxide），构建了 GO 功能化光电化学型 DNA 检测体系，实

现对 ssDNA 探针固定、及其与三种不同长度 ssDNA 杂交的无标记检测，如图 3 所示。

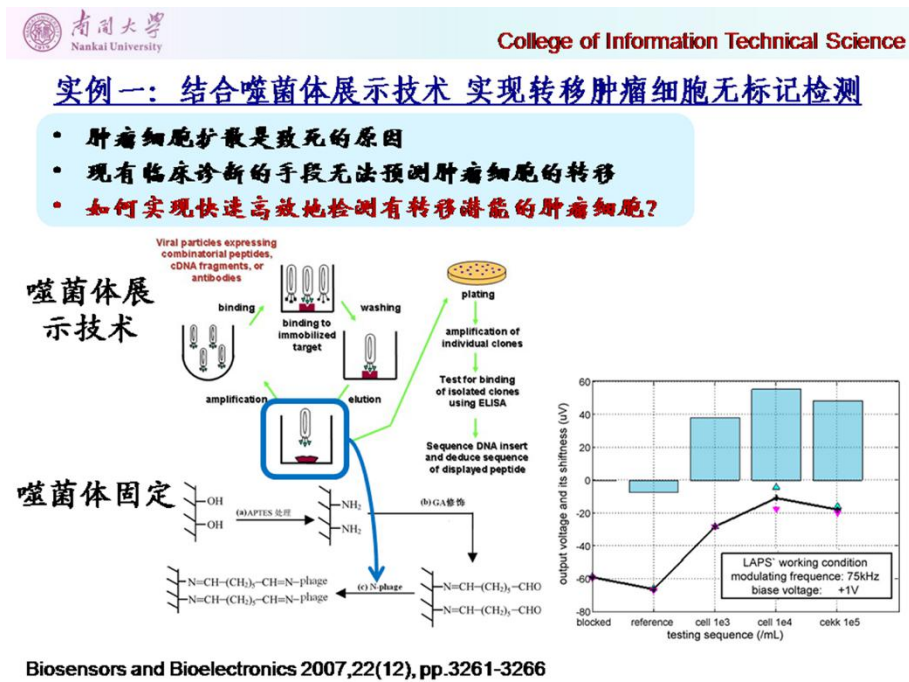


图 1. 实例一

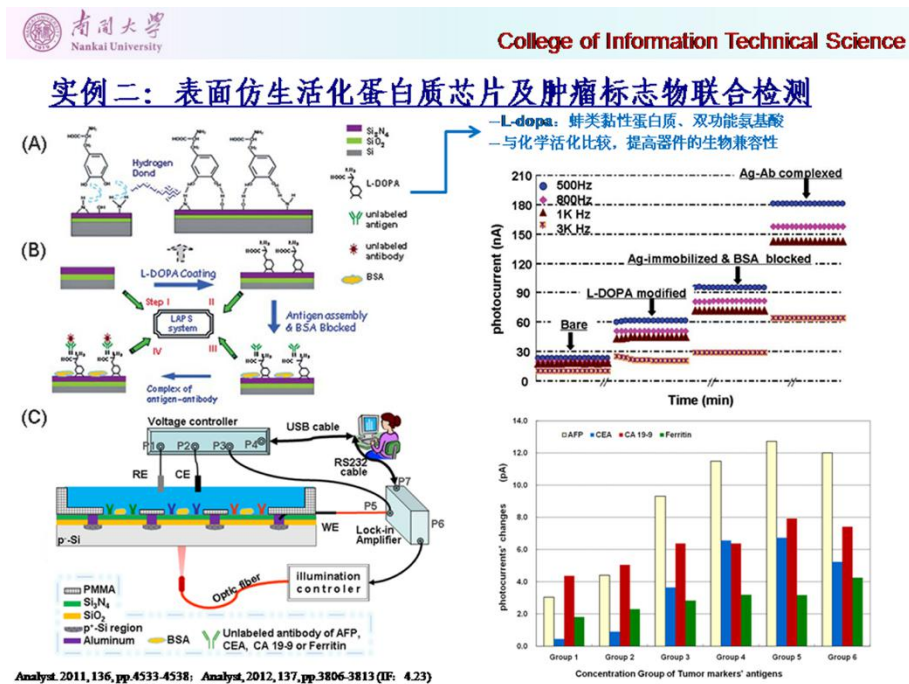


图 2. 实例二

实例三：氧化石墨烯功能化光电化学型DNA检测体系

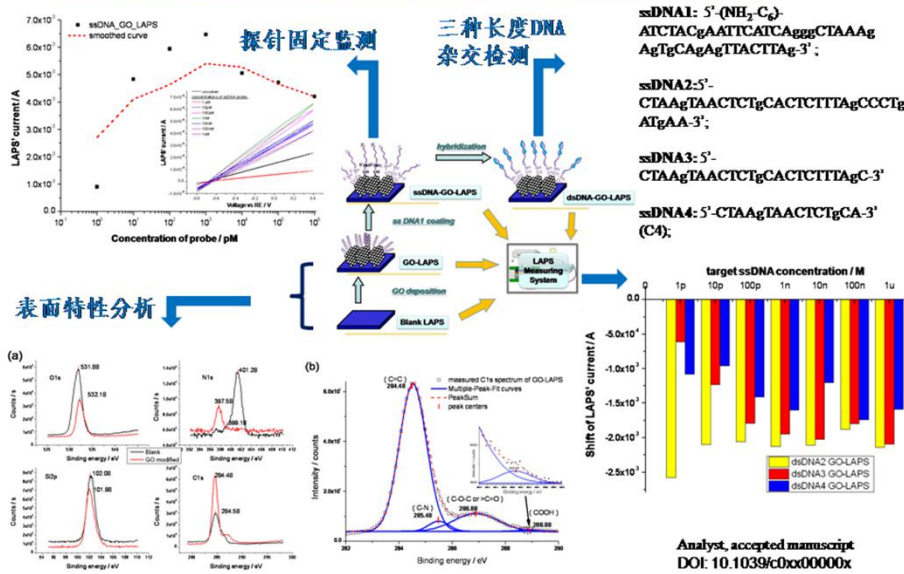


图 3. 实例三

62. 数模混合集成电路、射频集成电路、SoC 系统集成等技术

项目负责人：刘会刚

个人简介：副教授

研究方向：硅基等离子天线、硅基传感器、集成电路设计、硅基光子学。

项目简介：

南开大学微电子专业以集成电路设计为主要发展目标，现有一批集成电路设计的师资力量，具有现成的教学体系，能够在数模混合集成电路、射频集成电路、SoC 系统集成设计等方面提供技术服务。

具有 10 余批次集成电路流片的经验，具有集成电路设计与实践的软硬件条件，支持设立集成电路设计实验基地，支持集成电路设计

的小微企业的创立和发展，提供技术培训、设计实验和合作开发等。

目前具备的工作条件如下：



SUN 880 等服务器 3 台；SUN B2000 2 台； PC 工作站 40 台

### 63. 新型现场多组分有害气体检测仪

项目负责人：刘伟伟

个人简介：教授，现代光学研究所所长，科学中国人（2015）年度人物杰出青年科学家，2017 年获天津市自然科学一等奖（第一完成人），2017 年天津市五一劳动奖章。

研究方向：超快激光科学、太赫兹科学与技术。

项目简介：

有害气体遍布于生活的各个领域，有害气体的检测需要现场、便





携、多组分、实时等要求，现有的常用的检测技术多采用电子学、电化学和光学等方法。本项目研发的新型现场多组分有害气体检测仪满足了上述要求，同时还解决了小空间内实现大光程的难题。



图 1:样机

**技术指标：**

气体名称	国标要求浓度 (ppm)	测量最低浓度(ppm)
甲醇	21	3
乙醇	200	3
三氯乙烯	20	5
二氯甲烷	50	6
甲苯	20	6
丙酮	120	18
甲烷	5586	70
二氧化碳	40000	900

氨气	30	14
----	----	----

### 市场应用前景：

目前已应用于天宫一号有害气体检测，具有以下主要性能：

- 多组分、高灵敏度的在线测量性能；
- 体积小、重量轻、功耗低的航天任务要求；
- 利用空芯光子晶体光纤作为光通道的吸收光谱测量方法；
- 实现小空间大光程，提高多组分测量的灵敏度；
- 研究成果满足天宫一号性能需求，在轨运行状态稳定良好。

### 应用优势：

- 面向环境监测需求；
- 检测性能满足国家标准；
- 已经应用于航天科技；
- 申请专利:一种基于宽光谱分析技术的多组分气体检测装置，201010051236.X（2010）。



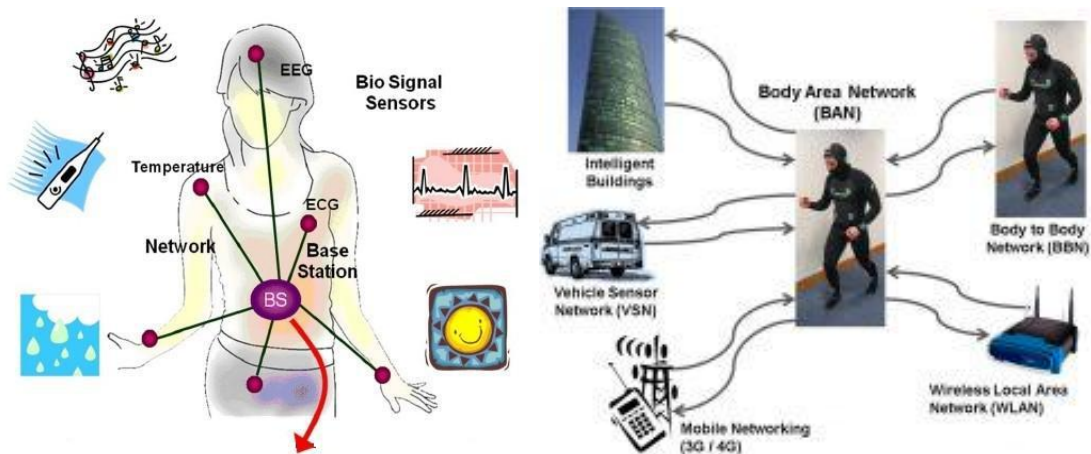
## 64. 基于 IEEE 802.15.6 的无线体域网及可穿戴设备

项目负责人：刘国华

个人简介：教授，教代会工会主席。

研究方向：传感器技术与智能系统、生物芯片、传感网络等。研究工作涵盖多方面的技术，包括材料、器件、电路、软件、信号处理、通信以及相关技术在生物医学检测领域的应用。

项目简介：



应用：远程精确监控、可穿戴设备；老年健康监控、运动员体能检测、军队个人保障系统等。

特点：符合世界公认的最新体域网协议；极低功耗、极低辐射、极高的传输效率。

## 65. 人体三维测量与三维定制

项目负责人：刘维一

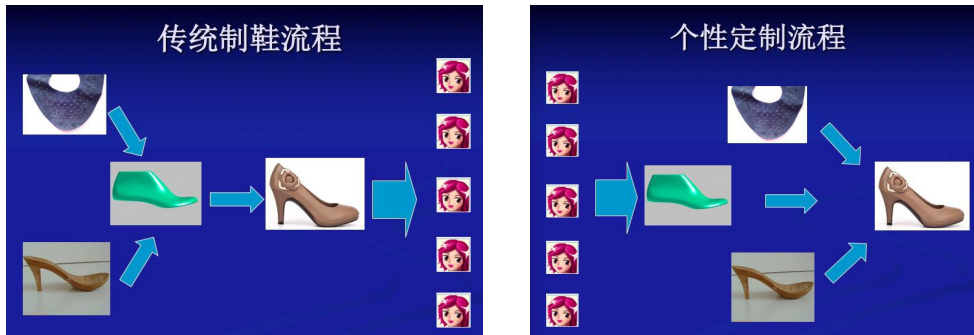
个人简介：教授

研究方向：光学测量、数字图象信息处理。

项目简介：

目前，针对衣服和鞋子都推出个性定制，高端时尚领域也为之疯狂。量体裁衣的难题在于设备昂贵、精确的测量与裁缝的经验不衔接、服装放宽量大，需要更多的经验、服装式样起主导作用，尺寸的误差对舒适度影响不大等等；量足制履的难题在于设备比较简单、脚与鞋贴合紧密和高跟鞋型与脚型不匹配直接影响舒适度和足部健康等等。





本项目采用彩色编码光栅三维测量技术，用单幅照片完成三维测量，适用于人体测量。



图 1: 彩色编码光栅三维测量技术

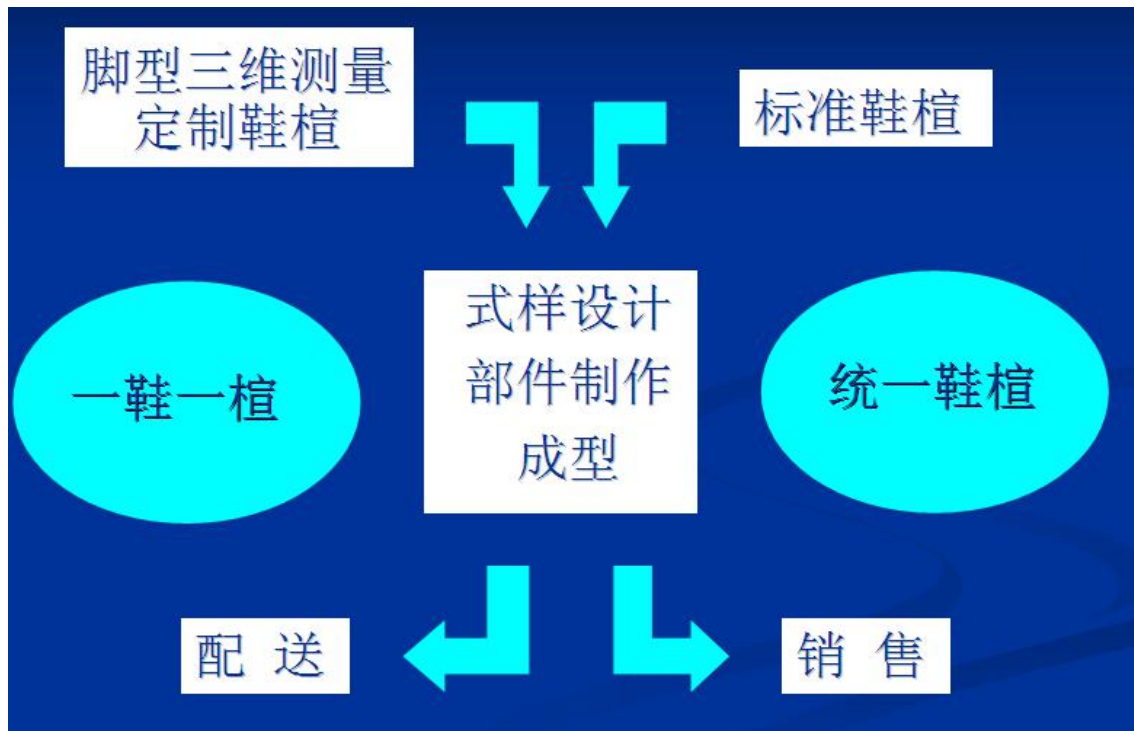


图 2: 产业化流程

可行性与风险:

- 完备的制鞋工业
- 成熟的测量技术
- 全新的生产理念
- 广阔的新兴市场

## 66. 电网三相不平衡调节系统

项目负责人：张建军

个人简介：研究员，博导。

研究方向：薄膜光电子材料与器件、有机无机复合材料与器件、光伏系统应用。

项目简介：

由于在电网中会出现三相不平衡现象，通常需要运用多种补偿技术进行调节。其中一种可行的方法，便是在三相电系统中加入负荷平衡器，进行动态相间补偿，这种补偿的目的是在不影响负载工作（即负载不断电）的情况下进行自动换相，其核心技术是逆变和变频。本系统借助能源互联网这一新概念，搭建新型能源局域网（子单元），从而实现三相电的平衡。

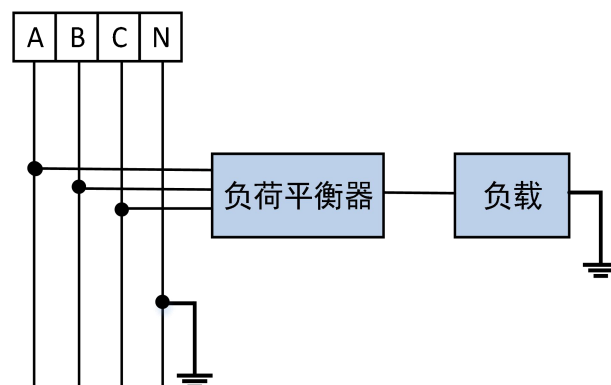


图 1: 负荷平衡器的一般用法

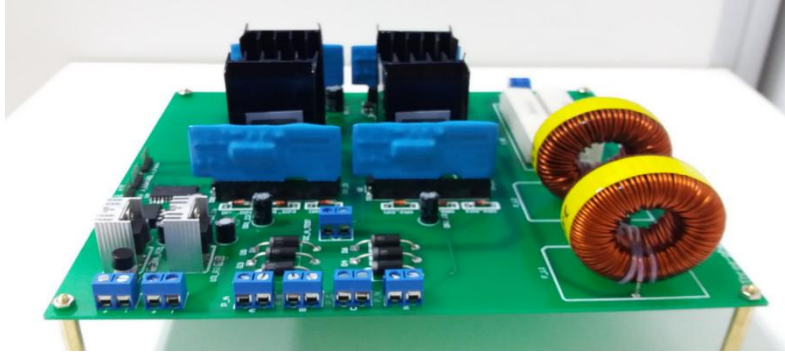


图 2: 负荷平衡器基本模型

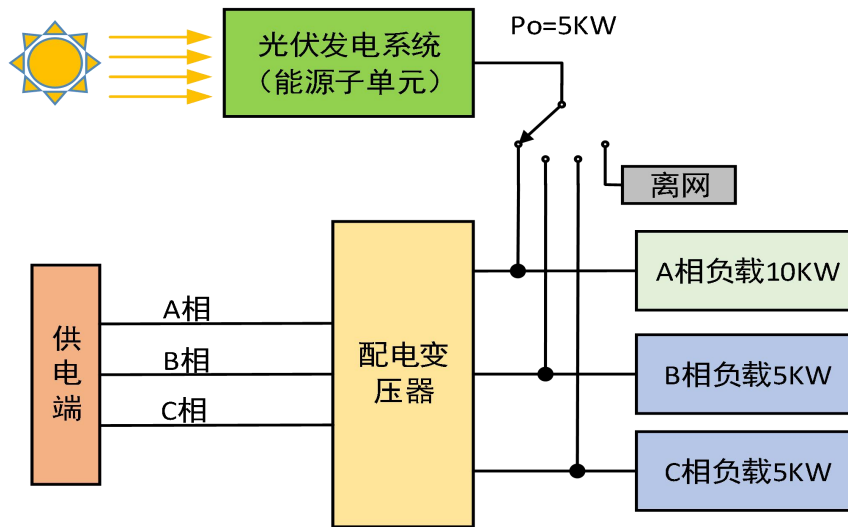


图 3: 能源互联网中本系统的应用示意图

## 67. 低功耗智能车位锁

**项目负责人:** 岳 钊

**个人简介:** 副教授，2015 天津市创新人才推进计划“青年科技优秀人才”。

**研究方向:** 微/纳传感器及其集成化与智能化系统。

**项目简介:**

目前我国大城市汽车与停车位的平均比例是 1:0.8，中小城市约为 1:0.5，而发达国家标准为 1:1.3。如果按照 2015 年 1.72 亿的小汽车保有量计算，则全国实际车位供应量缺口高达 8600 万个。

一方面，民众停车的缺口巨大；另一方面，专业功能的停车位（如充电桩停车位）因为资源的稀缺，也很容易被占据。

因此，我们研发了一种低功耗智能车位锁，可以完成多种智能功能。一方面，在不产生增量的情况下，可以通过提高现有车位的使用效率来解决目前民众停车难的问题；另一方面，可以对专业功能的车位（如充电桩车位）进行有效的智能控制。

### **项目特色：**

低功耗智能车位锁主要包括硬件和软件两个部分：

硬件方面，自主研发感应式互动车位锁，以创新的功能设计、独家硬件及算法设计，支持用户完全免操作控制车位锁，同时支持用户通过主流移动设备（如手机等）控制车位锁。硬件设备在功能体验、实用性、工业设计及性价比方面均具备明显优势。

软件方面，一是研发面向用户的 APP，支持用户管理自己的车位闲置时段，支持车主查找并租用附近可用的闲置车位，提高车位的使用效率，解决停车难问题；二是基于 485 总线研发了面向充电桩车位的控制软件，用于充电桩车位的智能控制。

锁研发的低功耗智能车位锁具有四大核心技术及五大工艺流程。

### **四大核心技术：**

1. 纯感应式控制界面，无需多余动作。
2. 超低功耗设计。选取了常见的 1 号电池作为电源，一次更换可连续使用 18 个月。
3. 闲时车位的实时共享。
4. 充电桩车位的充停一体化控制。

### **五大工艺流程：**

1. 车位锁搭建的离合结构使得车位锁的支架摆臂可前后 180°防

撞防压，实现有效的自我保护。

2. IP67 级防尘防水。
3. 可有效抵抗 7 吨汽车碾压 300 次不变形。
4. 优秀的工业设计和可视性设计。
5. 非同一般的稳定性。经过了 25000 小时的连续稳定运行验证。



低功耗智能车位锁

### 市场应用前景：

所设计的低功耗智能车锁搭载的软硬件平台在国际范围内处于领先水平，填补了相关领域的空白，具备极大的应用潜力。所研发的车位锁硬件不仅具有低功耗、免操作、智能化等优点，同时结合 APP 程序可完成私人车位共享平台的功能。而且在即将来临的新能源汽车普及时代，低功耗智能车位锁配合基于 485 通信协议开发的程序可为充电桩提供智能的车位控制功能，适配于各种类型的充电或新能源补给设备。

## 68. 用于多参数水质检测的手持式智能设备

项目负责人：岳钊

个人简介：副教授，2015 天津市创新人才推进计划“青年科技优秀

人才”。

**研究方向：**微/纳传感器及其集成化与智能化系统。

**项目简介：**

水安全是一个国家社会与经济基本保障。水资源的管理和使用需要精确和及时的监测。现有的水质检测技术需要不断提高其便携性、降低成本、提高测量灵敏度，用来实现野外的实时水质监测。

本项目以 pH、pO<sub>2</sub>、温度等水质参数为出发点，通过小型化相关传感器和检测设备，研发出可用于多参数水质检测的手持式设备。

**项目特色：**

用于水质多参数检测的手持式设备包括多个传感器、传感器信号采集电路、低功耗蓝牙（BLE）和窄带物联网（NB-IoT）等通讯电路以及多传感器融合算法等软硬件模块。

一般商用的 pH、pO<sub>2</sub>、温度等水质测量设备，需要使用市电供电，只能在室内使用或者工作环境必须有市电的接入口。使得水质测量范围受限。并且多数水质检测设备体积较大，难以携带。少数可手持的设备，成本高昂，功能单一，难以适应室外多参数水质检测的需求。



基于 BLE 和 NB-IoT 的多参数水质检测智能设备

如上图所示，基于精密运算放大器、精密数据转换器等电子器件的传感器电路与多种传感器结合后可构成多参数水质传感设备，具有测量精度高、测量功耗低、系统体积小、成本低廉等优势。

前端测量电路结合 BLE 通讯电路，适合与手机等移动设备结合，成为智能硬件系统，可与设备进行通讯，完成系统的标定等功能。前端电路也可结合 NB-IoT 通讯电路，与远程服务器配合，完成大区域范围的远程传感测量任务。

所设计的用于多参数水质监测的手持式系统整体具有低功耗、便携、低成本、多传感器融合等特点，适合于野外水质检测的需求。

#### **市场应用前景：**

通过低功耗手持式多参数水质检测设备的研发，可完成野外各种水质参数的连续监测。结合 BLE 通讯电路，可与手机进行协作，完成传感器标定等智能硬件功能；可与 NB-IoT 通讯电路结合，与 Internet 的远端服务器协作，完成水质的远程数据采集与参数监控等功能。

与传统的水质参数监测设备相比，我们设计的监测设备，具有智能化、低功耗、便携、设备成本和检测价格低廉等优势。

## **69. 基于 ISFET 传感器的智能传感系统**

**项目负责人：岳 钊**

**个人简介：**副教授，2015 天津市创新人才推进计划“青年科技优秀人才”。

**研究方向：**微/纳传感器及其集成化与智能化系统。

**项目简介：**

随着生物、医疗、药物以及环境等领域水平的不断提高，对各种生化传感器的需求也在不断提高。不仅要求传感器能够完成准确的快

速检测，而且希望传感器具有低功耗、便携等特点，能够随时随地的完成检测功能。

ISFET (Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) 是一种类似于 MOSFET 结构的转换器，可通过 MOS 工艺来制作完成。基于 ISFET 转换器及不同的敏感膜可研制成低功耗的生化传感器，用于测量多种生物化学量 (如 pH, 氧气, 臭氧, 二氧化碳, 葡萄糖, Con A 蛋白等)。之后将传感器与测量电路、通讯电路集成, 可构成低功耗的手持智能设备, 与手机直接通讯, 也可与低功耗传感网络结合进行组网检测。

### 项目特色:

如下图所示, 基于 ISFET 传感器的智能系统包括 ISFET 转换器、敏感膜、ISFET 测量电路、通讯电路等内容。

基于 ISFET 传感器的智能系统, 具有尺寸小、速度快、功耗低、集成度高 (可与后端电路集成在一起, 也可多个传感器集成在一起来测量多个参数) 等优势。



基于 ISFET 传感电路和 BLE 通讯电路的低功耗智能硬件系统

整个系统的低功耗包括两个方面, 一是 ISFET 传感器的功耗较低。例如, 一般的商用气体传感器在进行气体检测时, 需要加热, 而利用 ISFET 制成的气体传感器, 可在室温下完成检测, 具有低功耗



的特点。二是 ISFET 测量电路和通讯电路功耗较低，适合作为手机等移动设备的附件。使用 ISFET 传感电路结合低功耗蓝牙 (BLE) 电路，配合移动设备端对应的 APP，可完成智能硬件的功能。传感数据可在手机上直接进行显示与处理。除此之外，也适合与低功耗传感网络相结合，进行大规模铺设，结合太阳能和充电电池完成较大区域（尤其是偏远地区）的野外传感测量任务，无需经常更换电源。

### **市场应用前景：**

目前，所研制的基于 ISFET 的低功耗智能传感系统的性能和工艺处于国际领先水平，已发表多篇 SCI 文章，申请了相关专利。基础性的研发工作已经完成，处于向产业化转型的阶段。基于 ISFET 的低功耗智能传感系统作为手持式设备，可与手机进行协作，完成智能硬件的功能；或作为传感网络的节点，与 Internet 的远端服务器协作，完成远程数据采集功能。未来可用于医疗康复、环境检测、食品安全、生物传感等多个领域。具有功耗低、设备价格低廉、检测成本低、尺寸小、便携、智能化等优势。

## **70. 低功耗、手持式塑料分类检测装置**

**项目负责人：岳 钊**

**个人简介：**副教授，2015 天津市创新人才推进计划“青年科技优秀人才”。

**研究方向：**微/纳传感器及其集成化与智能化系统。

**项目简介：**

市场上的塑料制品应用十分广泛。塑料的废弃物由于自然降解困难，对环境污染较大。同时，塑料原料的价格较高，大约 7000-13000 元/吨，其回收价格大约在 5000 元/吨左右。对塑料制品进行回收利用

具有较高的环境保护意义和经济价值。

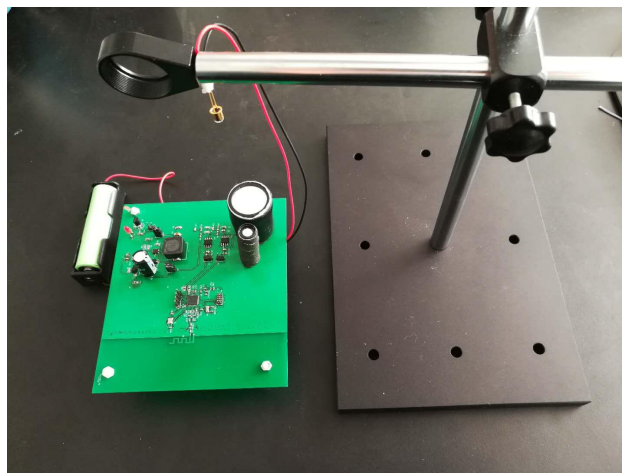
在塑料制品的回收利用中，如何对塑料进行分类是一个重要的过程。不同的塑料、不同的颜色和品质都具有不同的价格，回收后用于生产的产品范围也不同。

本项目基于近红外传感技术和颜色传感识别，设计了一种便携式低功耗塑料分选设备，可针对饮料瓶中的 PET 和 HDPE 两种塑料制品进行分选。

### 项目特色：

低功耗手持式垃圾分类检测装置包括红外光源、红外传感器、颜色传感器、传感器检测电路以及 BLE 通信电路等。可以识别分选饮料瓶片中的 PET 和 HDPE 塑料，并对 PET 的颜色进行识别。

识别检测装置的模型如下图所示。其中的锂电池长度为 65 mm，布局优化后整个装置所占空间会进一步缩小。



低功耗、手持式塑料分类检测装置

研发的手持式垃圾分类检测装置具有以下特点：

一、低功耗。检测装置使用一节 18650 锂电池供电，光源额定功率 5mW，BLE 通信电路功率 3.3mW，电路整体功耗小于 10mW。市面上塑料光电分选机大多使用的是全光谱光源，仅光源功率就有几十

瓦到一百瓦以上。

二、手持便携。检测装置体积大小在 10cm\*10cm\*10cm 以内，重量小于 500g。体积小，质量轻，适合手持，便于携带。

三、智能功能。检测结果可以通过 BLE 通讯电路发送到手机上进行显示，并通过手机内置算法进行数据处理与模式识别，实现智能化分类。

四、价格低廉。利用 PET/HDPE 近红外光谱的差异，针对性的选择特定波长进行检测，实现分选的目的，尽可能的减少了昂贵的近红外传感器的使用数量，降低了检测装置的成本。

#### **市场应用前景：**

塑料饮料瓶的回收价格高且回收量大，具有广阔的市场。根据性能不同，用于分选饮料瓶中 PET/HDPE 两种不同塑料的光电分选机目前价格在二十万到一百多万不等，价格昂贵、成本较高，限制了其在中小企业的应用。研制相关设备的国内厂家也较少。现阶段国内塑料分选企业主要还是靠人工识别对塑料瓶进行分选。分选的正确率依赖于工人的经验和熟练度，受人为因素影响较大。

我们所设计的低功耗、手持式塑料分类检测装置具有低功耗、手持便携、智能、价格低廉的特点，使分选准确率最大限度的脱离了对人为因素的依赖，可随时随地进行 PET 和 HDPE 塑料的简易分类；对传统的分选设备进行改造后，也可以应用到企业的塑料分选线上，可大量节省人力资源，更大限度的提升企业利润。

## **71. 基于无线移动终端的快速应急救援系统 (卫星通信与定位技术)**

**项目负责人：赵迎新**

**个人简介：**讲师，天津市科技特派员。

**研究方向：**高速无线通信技术、压缩感知及其应用。

**项目简介：**

快速应急救援关键：第一时间获得灾区的实时信息。利用现有移动互联网技术，系统可在灾后获得授权情况下迅速激活客户端获取其位置信息，并将信息上传至后台服务器。根据人员分布配合 GIS 地理信息系统统筹调度，做出合理救援策略。

该系统可以有效弥补应急救援系统的不足，为消防、公安、地震、水利等部门提供广泛的地震、洪灾应急救援支持、日常紧急求助、失踪人员定位等服务。该系统可以满足目前社会和市场对应急救援系统的强烈需求，应用前景十分广阔。该项目是一项极具应用前景和良好的产业化前景的研究课题，将会产生明显的经济效益和社会效益。

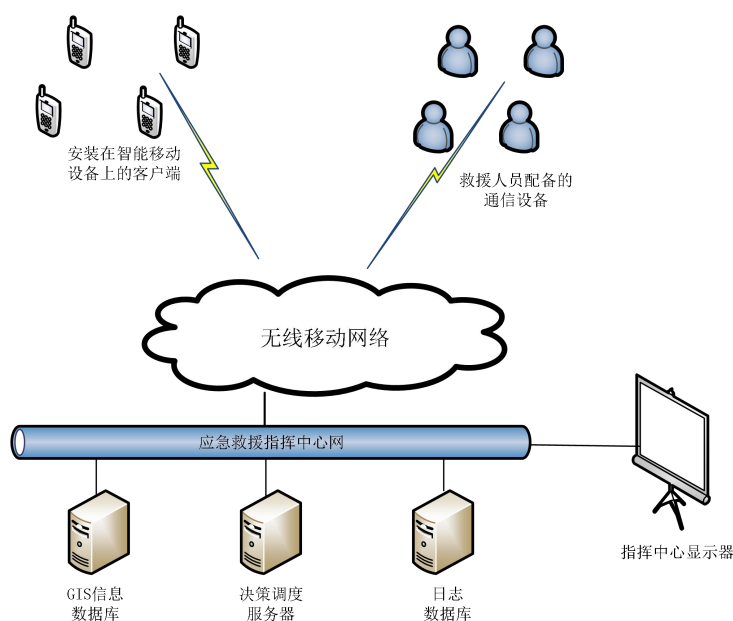


图 1 系统示意图



图 2 利用 USRP 搭建的移动基站

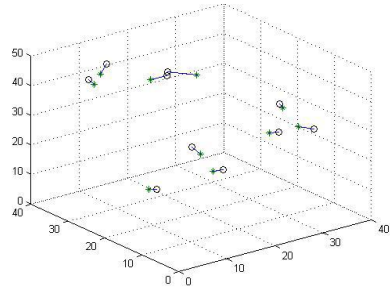


图 3 定位算法仿真结果

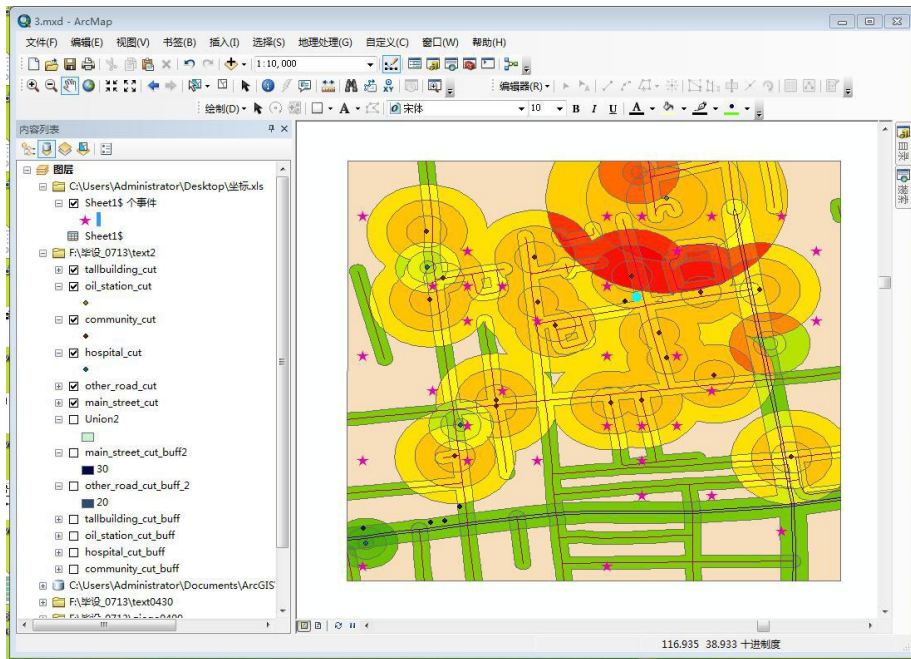


图 4 小比例尺危险化制图以及被困人员分布

## 72. VHF/UHF 频段基于 OFDM 技术的高速数据通信系统

项目负责人：吴 虹

个人简介：教授，博导。

研究方向：无线通信技术。

项目简介：

无线通信的突出问题：频率资源严重不足。

我国无管会允许在这一频段进行数据的传输,如地质矿产、水利、

能源、国家地震局、建设部、气象局、军队等部门的专用无线通信系统。

调研发现，目前这些部门迫切需要系统能够同时传送数据、语音和图象。现有无线数据通信系统：小于 0.5bps/Hz 。

本项目提出的解决方案是采用 OFDM 及自适应变速率 MQAM 技术，建立一个多载波无线通信系统。这一系统可以在 25KHz 带宽内，有效频带利用率达到 3.2 - 6.4bps /Hz；而且具有结构简单、成本低的特点，可以很好地解决频带资源不足的问题,具有广阔的应用前景。

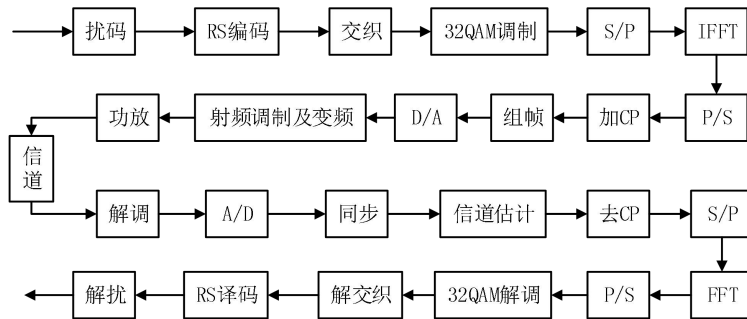


图 1 VHF/UHF 频段 OFDM 系统框图

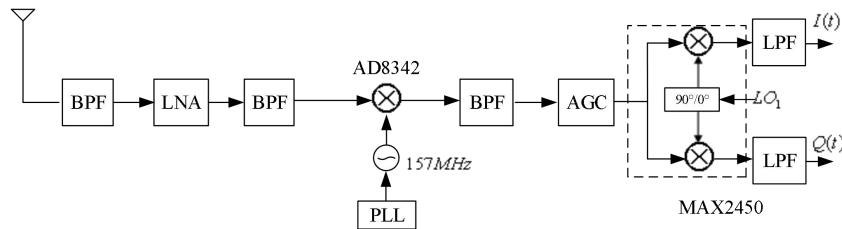


图 2 232MHz 接收机射频电路框图

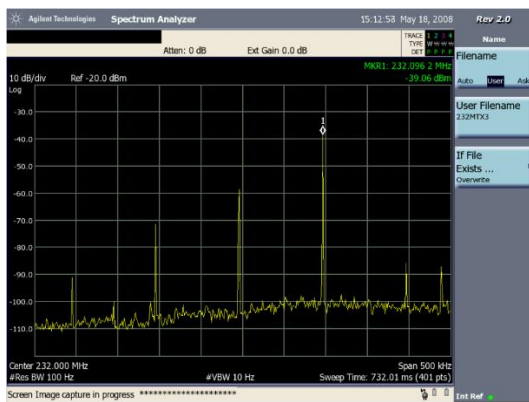


图 3 MAX2371 输入前端 232MHz 接收信号

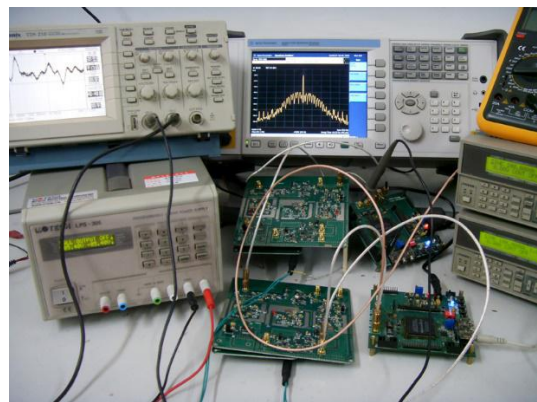


图 4 系统整体连接图

## 73. 一种基于软件无线电的新型 DTMB 和 CNSS 混合定位接收系统

项目负责人：吴 虹

个人简介：教授，博导。

研究方向：无线通信技术。

项目简介：

针对北斗卫星导航系统（CNSS）等卫星定位系统在高楼林立的城市和室内难以定位的问题，提出将地面数字电视广播（DTMB）信号与 CNSS 或调频广播（FM）信号相结合，研究一种适用于城市及室内环境的高精度混合定位系统。项目研究成果可用于：提高可接收 CNSS 卫星数目不足的城市楼宇地区定位精度；实现多径信道复杂的室内环境下高精度定位；为室内外无缝定位技术产品化奠定基础。

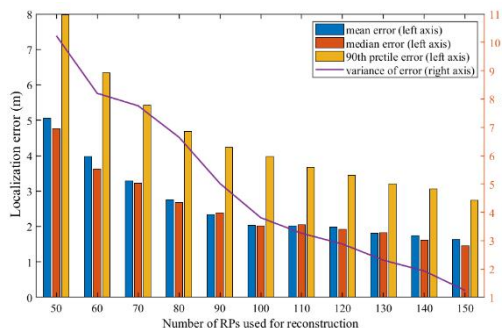


图 1 FM 与 DTMB 信号室内定位精度

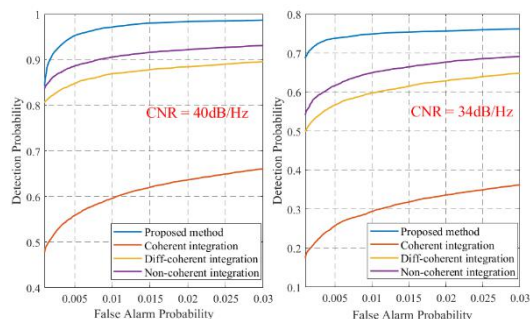


图 2 弱 CNSS 信号捕获性能

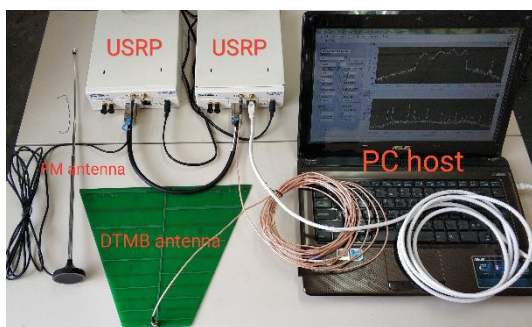


图 3 FM 与 DTMB 信号接收系统

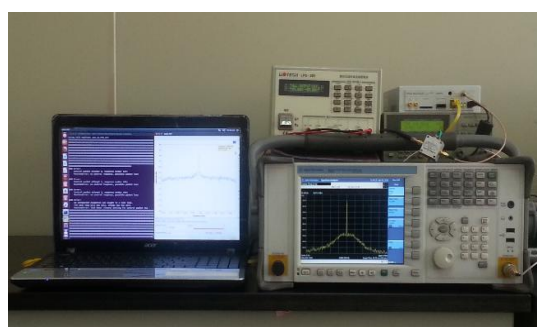


图 4 CNSS 导航信号接收设备室内端

## 74. 基于 RFID 新型安全公交 IC 卡消费系统

项目负责人：吴 虹

个人简介：教授，博导。

研究方向：无线通信技术。

项目简介：

针对问题：当前公交 IC 卡均为不记名、离线消费方式，一旦卡片丢失，拾卡者可继续持此卡消费，即使挂失，卡内余额无法追回。

解决方案：增加可随身携带的小型射频身份识别（RFID）标签，与公交 IC 卡绑定，刷卡时两卡必须同时被识别，才能消费，因此提高了安全性。

特色：该模式亦思路新颖，结构简单，可推广到其它小额、快捷的消费场合，安全性好，成本可控，具有很广阔的应用前景。此技术还可以根据需要设计应用于智能暖气系统和智能家居、智能节能系统。



图 1 系统软件体系结构图



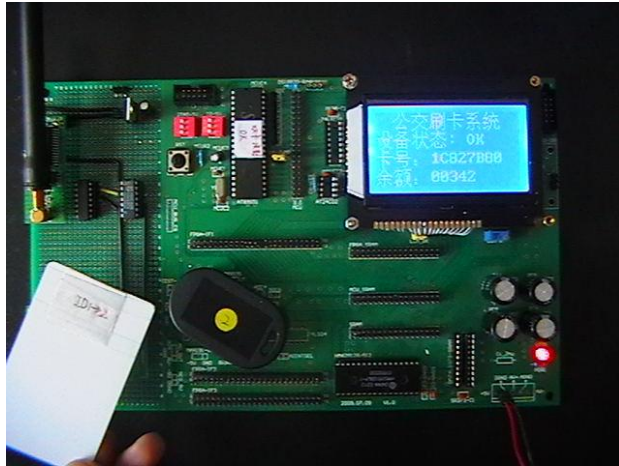


图 2 系统测试图

## 75. 基于新型 $\Sigma - \Delta$ 调制的多频带 UWB-OFDM 系统及关键技术研究

项目负责人：吴 虹

个人简介：教授，博导。

研究方向：无线通信技术。

项目简介：

针对多频带 OFDM-UWB 无线通信系统中的关键技术问题，研究一种全新的高性能量化噪声整形技术，设计完成无过采样结构的新型  $\Sigma - \Delta$  调制器，并将其用于多频带 OFDM-UWB 系统的 A/D 和 D/A 转换；这种调制器可以满足超宽带系统通信速率不断提高的要求，同时还可以解决 OFDM 信号峰均比较高的问题，并可以使系统的差错性能得到明显改善，而且具有低功耗、低成本、易实现及便于集成为芯片等特点。此外，研究适合多频带 OFDM-UWB 系统的快速同步捕获与跟踪技术，设计帧同步、符号定时同步、载波同步、采样频率同步及信道估计和均衡等技术方案，以减小运算量，简化软硬件实现，并提高系统的频带利用率。该项目给出了一套完整的 UWB-OFDM 基带系统技术方案，并进行了仿真与硬件验证。该项研究不仅可为多频带

OFDM-UWB 无线通信技术提供新的解决方案，也能为其它超宽带无线通信技术提供一种有效方法，产业化后必将产生较大的经济效益和社会效益。

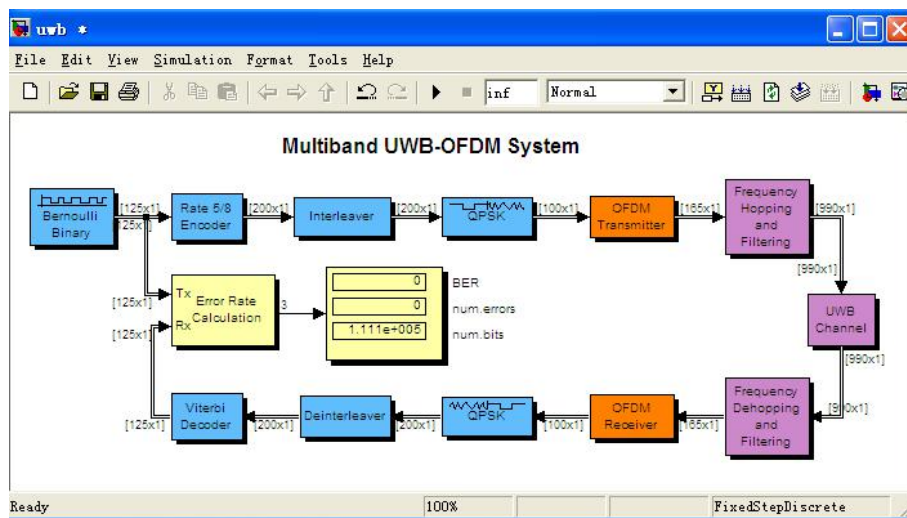


图 1 在 MATLAB/SIMULINK 平台上构建的多频带 OFDM-UWB 基带系统

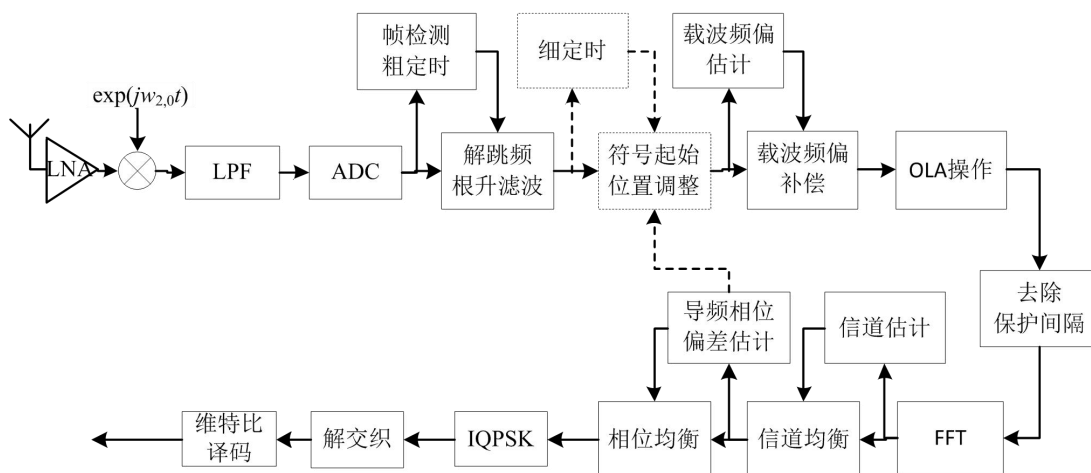


图 2 多频带 OFDM-UWB 系统同步方案实现框图

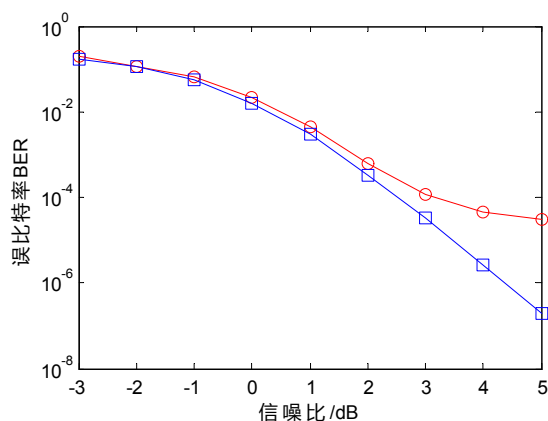


图 3 系统差错性能曲线



图 4 FPGA 在线仿真实物图

## 76. 正交多载波调制太赫兹宽带无线通信关键技术研究

项目负责人：吴 虹

个人简介：教授，博导。

研究方向：无线通信技术。

项目简介：

研究太赫兹宽带无线通信系统中基于小波包变换的正交多载波调制、峰均比抑制、信道编码以及利用压缩感知和凸优化的新型信道估计等关键技术。构建太赫兹宽带无线通信系统基带处理实验平台，用 FPGA 硬件验证具有上述关键技术的基带系统，并对其性能做出评估。探索出一种更加适合于太赫兹通信系统的新理论和新方法，不仅为具有全新通信方式和频谱管理模式的太赫兹无线通信技术提供新的解决方案，也能为其它宽带高速无线通信技术提供有效的方法。

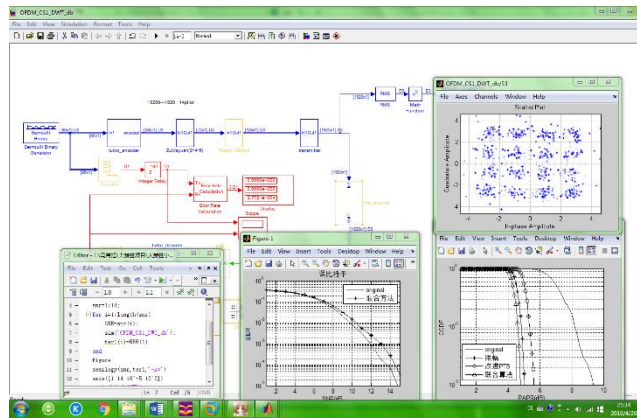


图 1. 太赫兹基带系统 MATLAB 仿真图



图 2 基带试验系统 FPGA 在线仿真图

## 77. 基于光纤光栅的油气管线腐蚀在线监测系统

**项目负责人：刘 波**

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

**项目简介：**

油气管道安全关乎国家能源安全，一旦发生泄露或爆炸会给国家带来严重的经济损失和环境污染，同时也严重威胁到人民的生命安全。截止目前，据统计全国油气管线铺设总长 12 万公里以上，并存在大约 29000 个隐患甚至是重大隐患，严重威胁到国家能源大动脉的安全运行。石油产业对于实时、高效、安全的监测需求不断扩大，同时对于监测手段也要求更高，包括监测过程的安全性、期间对于腐蚀环境的耐受性、寿命、监测范围等等。

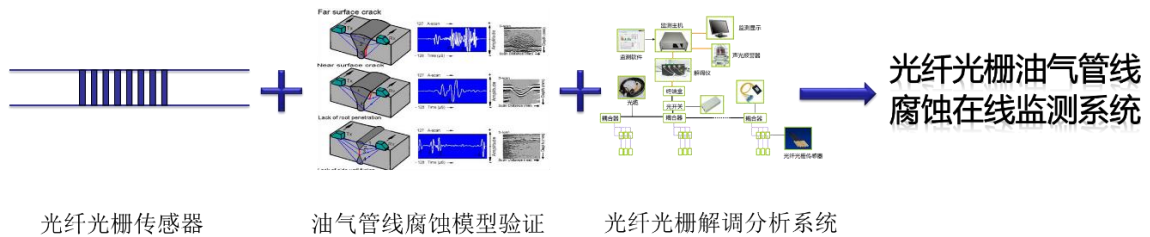
针对油气管线特殊的应用场合，基于短栅区光纤光栅传感器设计了一种油气管线腐蚀在线监测系统。该系统可通过监测管线表面应力

变化对油气管线腐蚀缺陷进行在线监测，保障管线安全运行。结合波分复用、时分复用技术及光纤光栅解调系统开发了基于光纤光栅的管线腐蚀在线监测系统，并将该系统应用于中海油渤南龙口天然气终端处理厂。

**项目特色：**

基于光纤光栅的油气管线腐蚀在线监测系统的研究目标：

- 1) 建立油气管线腐蚀至失效过程中应力变化模型，及时有效分析管线安全状况
- 2) 设计适用于油气管线的光纤光栅传感器件及安装工艺，提高监测灵敏度
- 3) 完成适用管线腐蚀监测的光纤光栅在线实时监测专家预警系统，保障管线安全运行。



本项目研究目标是在不影响生产作业的前提下，以保证生产安全、环保为核心标准，利用光纤传感技术作为管线腐蚀失效监测手段，通过监测并分析管线表面的微应变，实时、在线、准确地对管线失效情况进行监测和预警管理，保证油气管道的安全运行和维护。

**光纤光栅传感器优势特色：**

- ◆ 抗电磁干扰
- ◆ 电绝缘性能好
- ◆ 防爆，安全可靠
- ◆ 耐腐蚀，化学性能稳定
- ◆ 体积小、重量轻
- ◆ 传输损耗小
- ◆ 传输容量大
- ◆ 测量范围广

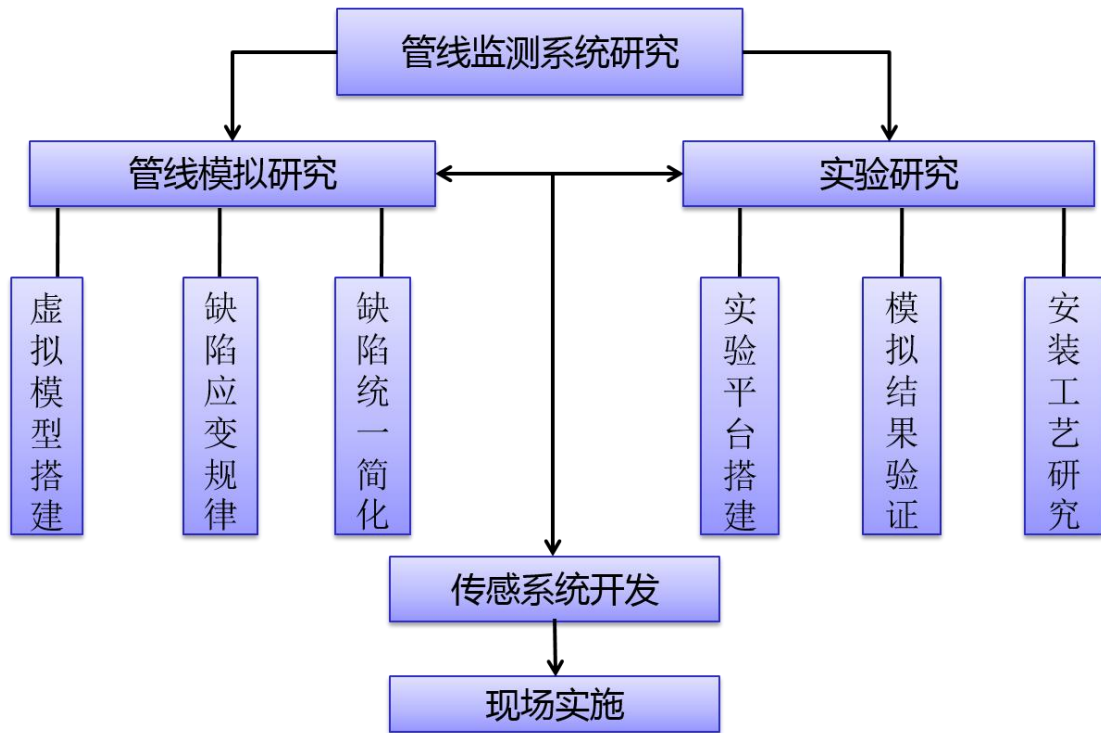


图 1：项目研究流程

实验室构造实物图

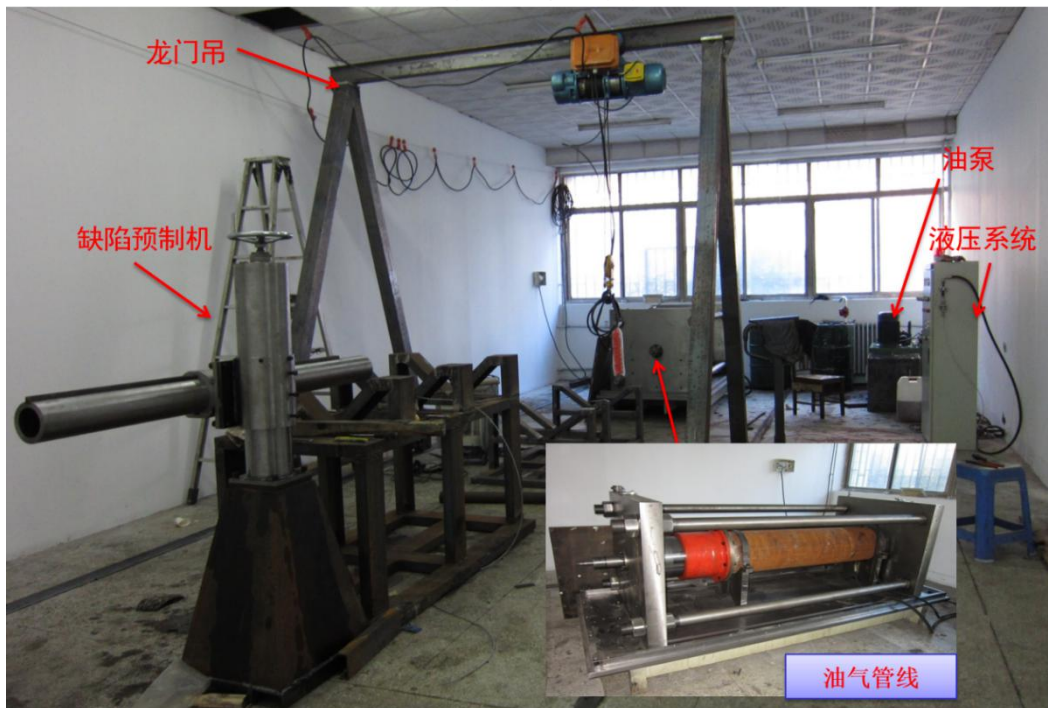


图 2：实验室论证



图 3: 中海油渤南龙口天然气终端处理厂现场实施图

#### 监测结果与结论:

本项目结合油气管线腐蚀缺陷周向应变特性和光纤光栅应变传感特性建立理论模型, 设计了 3mm 短栅区光纤光栅应变传感器阵列, 在实验室模拟搭建的油气管线上验证光纤光栅测量缺陷表面周向应变特性的可行性。结合波分复用、时分复用及光纤光栅解调系统组成在线监测系统, 将光纤光栅传感技术成功应用到中海油渤南龙口天然气终端处理厂。运行结果表明该系统稳定可靠性较好, 是监测油气管线腐蚀状况, 保障管线安全运行的一种有效可靠方法和手段。

#### 市场应用前景:

南开大学现代光学研究所光电子课题组, 在光纤光栅传感研究及应用领域有诸多的创新性成果, 具备雄厚的研究开发能力。其中“多维多参量光纤光栅无线传感器网络系统”在 2011 年获得了“天津市科学技术发明二等奖”。结合国家能源安全的需求, 课题组成功研制出基于光纤光栅传感器的油气管线腐蚀在线监测系统一套, 所研制的系统已经应用于中海油渤南龙口天然气终端处理厂, 运行结果表明该

系统稳定可靠性好，是监测油气管线腐蚀状况，保障管线安全运行的一种有效可靠方法和手段，具有良好的经济和社会效益，目前正积极推进产业化。

## 78. 基于光纤的海洋水体放射性环境在线探测系统

**项目负责人：刘 波**

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

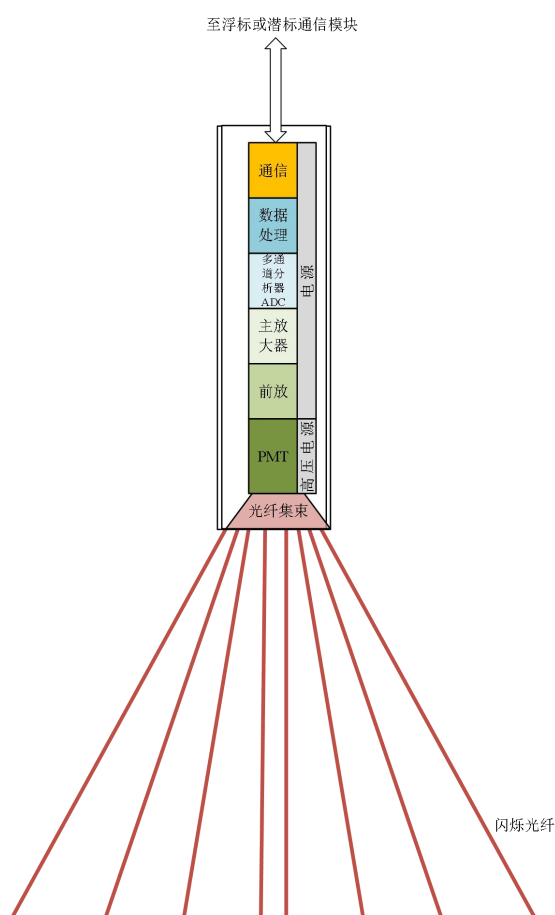
**项目简介：**

海洋是新世纪人类社会赖以发展新的资源空间，21 世纪也被公认为是海洋的世纪。党的十八大报告明确指出：“提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护海洋生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国。”国家在对海洋的管控、开发、利用进入更深层次，海洋服务国民经济发展进入更高水平的同时，对治理海洋环境污染，有效保护海洋环境也提出了更高的要求。近些年，在大力发展核电的同时，不能忽略的是核能也是把“双刃剑”。核电站一旦发生事故，将带来巨大的灾难，2011 年 3 月，日本福岛核泄漏事故的发生震惊全世界，核泄漏事故给日本周边海洋环境造成了巨大的灾难。随着我们国家核电站的增多，对核辐射监测也提出了更为迫切的需求。

传统的海洋放射性监测方式主要包括在目的海域海水抽样测量与闪烁晶体类探测，探测具有滞后性、取样成本高、探测范围有限等



缺点。本课题组针对以上问题，将先进的光纤传感技术应用于海洋放射性探测需求中，利用特种闪烁光纤的放射性探测能力和普通光纤的低损特性实现长距离、分布式放射性信号的测量。进而通过光纤传感复用技术，实现多束光纤构成的广域放射信息获取与探测。系统框图如图所示：



### 项目特点：

- **独特的广域水体放射性检测能力：**基于光纤传感技术所特有的敏感与低损特性，本项目所研制的高灵敏度广域水体放射性检测仪可以实现感测半径达数十至数百米范围的水体放射性感测。克服了传统技术测量上的局限，解决了海洋广域水

体放射性核素迁移的重大问题。

- **首次利用（特种）光纤作为专用海洋放射性监测的探测器的辐射感知关键部件。**首次将光纤作为放射性探测器同时也作为光信息传导器件使用，目前尚未在国际上有相关文献报道。充分发挥光纤的线状特性在广域范围内使用的独特优势，首次将提出利用线性探测器（光纤）测量海洋放射性，实现了同时测量大范围水体的可能，突破了广域高密度物体放射性单机测量受到闪烁晶体（目前主要使用的探测器辐射感知关键部件）尺寸的限制。

#### **市场应用前景：**

本项目所开发的产品是目前已知唯一专门为广域水体放射性探测及预警的技术方案。本项目的合作单位国家海洋技术中心是国家海洋局委派承担此任务的单位之一，是专业国家海洋专用探测设备的研发单位，开发并利用好此产品服务于我国海洋的放射性探测预警是他们的重要工作。为达到充分监测，预计每个核电站需在不同的位置放置3至5套系统。未来我国内陆核电站政策能够放开（世界上目前约一半的核电站建设在内陆，主要依靠江河湖水的径流进行余热冷却），该系统的市场需求将会更大。

另外，本产品属于环境监测的终端产品，为国家监管部门或核电单位客户自行直接使用，可以达到对广域水体（如江河湖海等）放射性的监测及报警的功能。是潜在核电事故后水体放射性影响监测评估及后处理决策的重要技术支持手段。目前该产品在产业链中是处于需

求强烈但传统供给无法满足实际要求的状态，亟待该产品大量推广以满足需求。这是一种关系老百姓民生，对放射环境安全的刚性需求。

## 79. 宇航级光纤激光器和放大器的研制

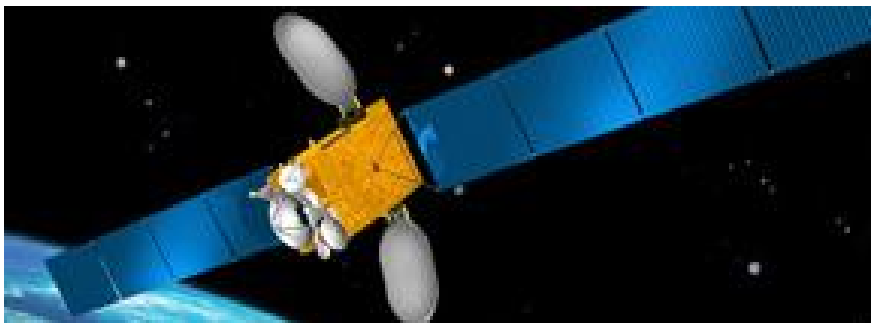
**项目负责人：**刘 波

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

**项目简介：**

光纤激光器和放大器是当前国际上激光领域的研究热点，光纤激光器和放大器是现代光通信的产物，是随着光纤及通信技术的发展而崛起的一门崭新技术。由于光纤激光器件与传统的固体激光器件相比，具有低阈值、高效率，稳定性和耐热性能好，结构简单紧凑、重量轻，容易实现、性能价格比高，易于小型化、易于维护等明显优势，它已广泛应用于光通信、工业加工、军事和国防、激光医疗、光纤传感、微波产生等诸多领域。



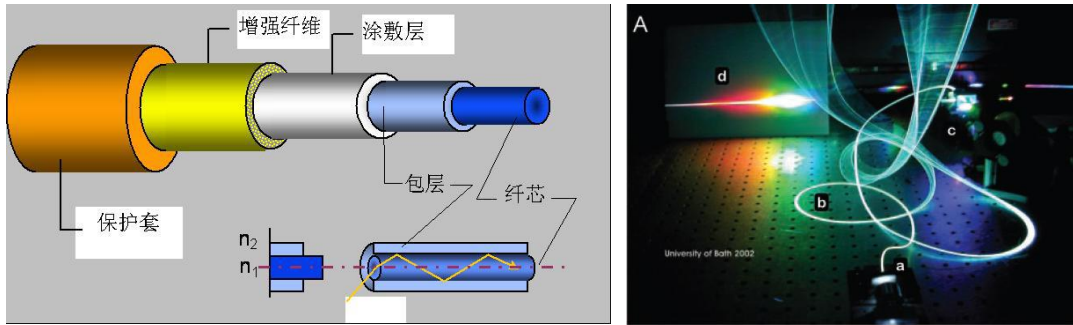


图 1:光纤激光器的应用

瓦量级输出的高输出功率的光纤放大器在飞速发展的密集波分复用 (DWDM)、光纤入户中有线电视 (CATV) 网络以及卫星和空间光通信等领域有着非常迫切的需要。本产品采用  $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$  共掺双包层光纤、两级放大、双向泵浦结构实现 1550nm 波段高功率放大器，针对空间环境的采用抗辐照增益光纤、优化设计真空热传导结构和防辐射机壳设计等技术研制而成。。

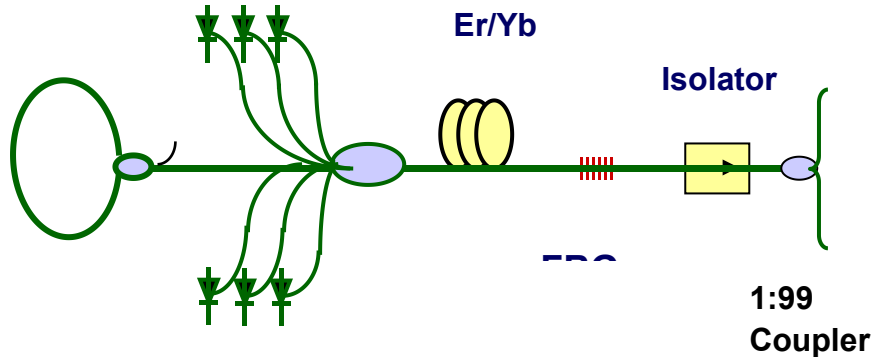


图 2:铒镱共掺双包层光纤激光器示意图

**技术指标:**

- 信号光波长：1550 波段
- 最小输入光功率：-70dBm
- 最高输出光功率： $\geq 40\text{dBm}$
- 噪声系数： $\leq 5.5\text{dB}$
- 偏振类型：保偏或非保偏

- 适用通信调制类型：OOK/PPM/BPSK/DPSK/QPSK 等
- 在轨寿命： $\geq 10$  年@总剂量 150krad

## 80. 基于光纤的长距离管线泄漏及周界安防预警系统

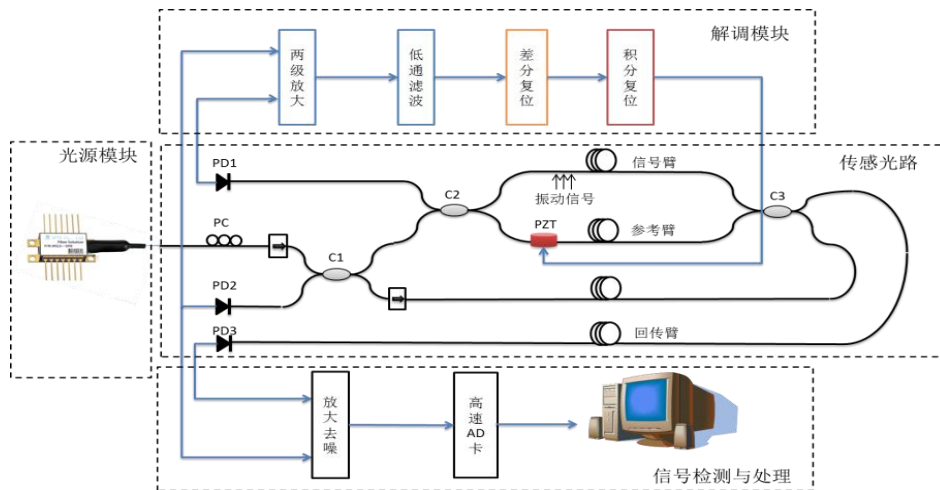
项目负责人：刘 波

个人简介：教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

研究方向：现代光通信，光电子，光纤传感。

项目简介：

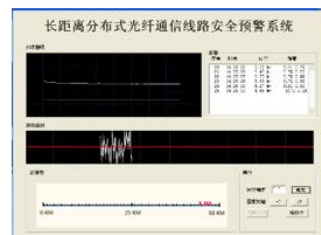
分布式光纤传感技术是目前传感领域的研究热点之一，它不仅具有光纤传感的抗电磁干扰、精度高、化学稳定性好等优点，而且充分利用了光纤沿轴向一维空间连续分布的特点，可以实现沿光纤长度方向物理场的连续分布式测量。基于分布干涉原理的光纤振动传感系统可以用于油气管线的泄露检测和通信线路的安全监测：当油气泄漏或盗挖等外界振动信号引起的干扰传到光纤时，光纤中传输光的相位会被调制，通过光学干涉技术就可以把光的相位变化监测出来，从而实现高灵敏度的信号感测与定位。此外，分布干涉式光纤振动传感系统还可以应用于光缆沿线、边境线、银行金库、弹药库等军事及重要安全设施的安全预警，因而具有较大的研究价值。



课题组针对目前的应用需求，结合光纤传感的优点，基于长距离分布干涉式振动传感开发设计了如上图所示的一整套成本低廉、稳定性好、智能化的周界警戒防务系统。并将该系统应用于通信光缆的线路安全监测。



测试地点：中国联通天津分公司王顶堤局  
测试对端：中国联通天津分公司芥园道局



### 项目特点：

灵敏度高、探测距离长 (>50km)、成本较低、智能时间识别、易于定制开发。

### 市场应用前景：

目前该系统在军工国防和国民经济都有较大的市场应用前景：  
国防军工领域的防卫需求：易部署高效率的电子哨兵；国土边境、

海防前沿、军事禁区低能耗高精度的安防系统；要害部门、高危地带、后勤保障等部门周界安防。

**国民经济生产领域的应用需求：**用于通信线路周围环境感知与安全预警；煤矿安全生产、油气管线安全保障、自来水主干线安全预警；用于灾难处置的辅助救援与环境监测；生产事故、自然灾害后的幸存者定位与救助。

## 81. 高精度光纤时频传递（授时）系统

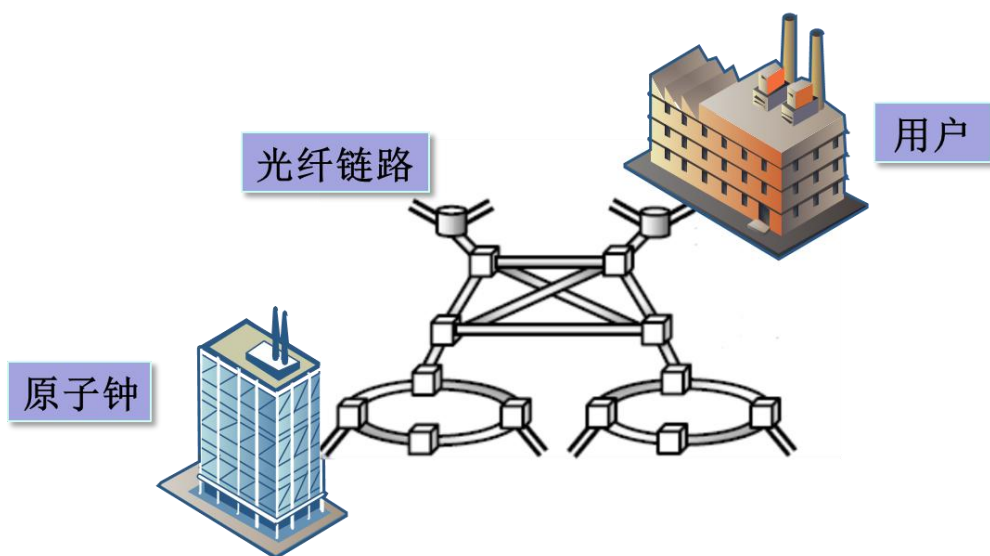
**项目负责人：**刘 波

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

**项目简介：**

授时技术"time service"是指采用微波等技术在两地之间进行高精度的时间和频率信号的传递,可广泛应用于导航、雷达等多领域。在导航系统中,其时间传递精度决定了空间位置精度,因此需要在跨域数千公里的基站间完成  $10^{-20}$  量级极高精度的时间和频率传递。



本课题组合作研究了基于通信光纤链路的高精度光纤时频传递系统，采用“激光器频率锁定”、“频率传递”“频率补偿”和“时间同步”等关键技术，实现了对氢原子钟频率基准源的数百公里距离的高精度时频传递。频率传递和时间同步补偿用户端频率稳定度在2000s 时达到  $6.18 \times 10^{-20}$ ，达到甚至更优于最年来国内外相关领域的的数据研究结果。

Organization	Carrier	Fiber length (km)	Fractional frequency stability		Time jitter (TDEV)		Year
			1 s	1000 s	100s	1000 s	
UP13/SYRTE	Optical frequency	540	$\sim 2 \times 10^{-14}$	$\sim 3 \times 10^{-17}$	$\sim 7$ ps	$\sim 6$ ps	2013
MPQ/PTB	Optical frequency	1840	$2.7 \times 10^{-15}$	—	—	—	2013
NPL	Comb	86	$5 \times 10^{-15}$	$\sim 6 \times 10^{-17}$	—	—	2011
AGH Univ. Sci. & Techno.	Radio frequency	60	$\sim 6 \times 10^{-14}$	$\sim 9 \times 10^{-16}$	$\sim 1.6$ ps	$\sim 0.7$ ps	2012
<b>Our work</b>	<b>Comb</b>	<b>120</b>	<b><math>8.21 \times 10^{-16}</math></b>	<b><math>1.48 \times 10^{-19}</math></b>	<b>1.6 ps</b>	<b>0.7 ps</b>	<b>2015</b>

### 项目特色：

- 采用飞秒锁模激光器锁定氢钟的方式作为系统频率源，具有高信噪比、低占空比、直接探测微波等优点。



- 采用基于 FLOM-PD 的极高精度同步锁定技术。
- 通过多路波分复用器分开双向传递的信号，以防止交叉干扰。
- 采用独创的相位补偿和时间同步技术。

#### **市场应用前景：**

近几年来，光钟的产生，也必将对传递手段提出更高的要求。利用光纤进行光频标的高精度传递，是追求更高精度的必然趋势。于此同时，基于卫星的导航定位精度已然受到其同步精度的限制，而利用高精度光纤时频同步网的思想，可构建新一代地面导航基准站，发播导航定位信息。此外，依托光纤时频传递的方法，星间链路通过光载波伪码调制的方式，替代现有微波方法，提高卫星间的定位精度和同步精度。与地面时频同步网结合，可进一步构建空地一体化的时频同步网络。

## **82. 基于激光散射的空气污染物微粒测量仪**

**项目负责人：刘 波**

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

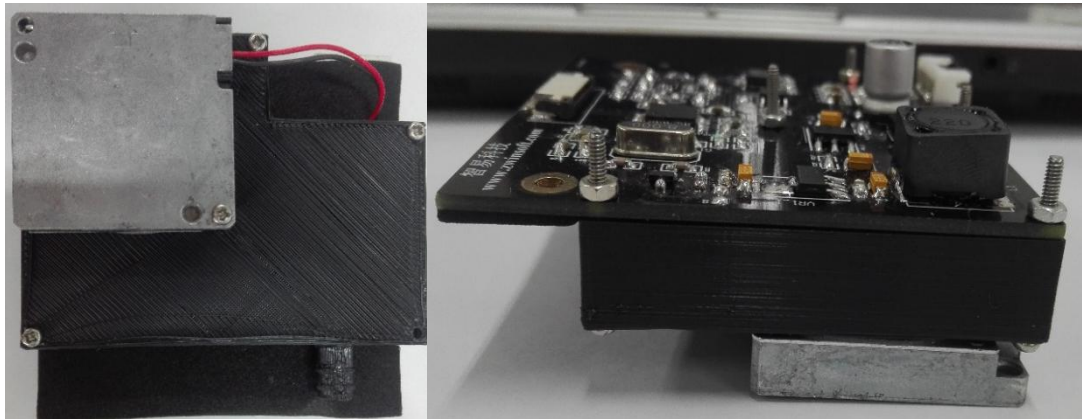
**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

**项目简介：**

近些年，工业发展导致环境污染越来越严重，其中粉尘作为环境恶化的重要污染源，严重危害着我们的生活环境和人们的身心健康。因此，采取及时有效的措施对环境中的粉尘浓度进行检测，然后进行除尘降尘，可有效提高人生安全系数和环境质量。

目前，现有的粉尘检测设备中，所用的传感器稳定性差，致使测量

精度不够高,且校准调节难度大,这也对产品的推广和后期维护带来不便。课题组采用激光散射法在线监测粉尘浓度,并采用 3D 打印技术设计系统总体及光路结构,采用串口通讯模块对系统进行了数据校准及稳定性分析,测量精准度高。



#### 项目特色:

激光散射法、测量精准度高、成本低、体积小、可定制,易于大规模生产和应用。

#### 市场应用前景:

可应用于微粒检测、空气污染物检测。在空气污染物检测具有巨大的应用市场。2013 年 1 月份以来华北地区的雾霾天气,PM2.5 连续四次爆表,似乎让华北居民特别是北京居民回到了曾经的“雾都”伦敦。这次事件充分说明我国经济快速发展三十年之后,已经为环境付出了高昂的代价。这次事件之后,前瞻认为中央乃至各个地区都将加大环保建设的投入,这必将有利于环保行业的发展,环保监测仪器行业也必然在这轮建设中受益。其中 2014 年我国环境监测专用仪器仪表产量 49.95 万台,比 2013 年同比增长 81.6%。

## 83. 声表面波传感器及其应用

**项目负责人：刘 波**

**个人简介：**教授，院长助理，2011 天津市技术发明二等奖，2014 年天津市自然科学二等奖。

**研究方向：**现代光通信，光电子，光纤传感。

**项目简介：**

声表面波（SAW）器件由压电材料、叉指换能器（IDT）和振荡电路构成。SAW 器件已经广泛地应用于通信、雷达、电子对抗、广播电视等民用和军用领域中。

由 SAW 器件可以构成的多种传感器，其原理是器件周围物理量、化学量和生物量的变化引起 SAW 器件振荡频率的偏移，通过检测频率的变化来监测加速度、温度、湿度、压力、剪切、弯曲等参量。

SAW 传感器具有独特的优点。与常用的半导体气敏传感器相比，它不受温度影响，灵敏度高，稳定性好；设计结构灵活，对电、热、力、声、光、化学及生物等多种因素敏感；采用 SAW 技术其输出信号为振荡器频率的变化，无需经过 A/D 转换，易于与计算机接口；抗干扰能力强，灵敏度高，检测范围线性度好，测量重复性好，适合远距离传输和实现遥测遥控。其采用集成电路中的平面工艺制作，可实现集成化、智能化，使得 SAW 传感器体积小、重量轻，携带方便。更重要的是，SAW 传感器件的成本低，能够进行大批量生产，更符合产业化要求。

SAW 化学传感器是继半导体传感器和光纤传感器之后的新秀。SAW 化学传感器依据不同的基底材料、不同化学薄膜可以检测 SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S、NO<sub>2</sub>、丙酮、甲醇、水蒸气、等多种化学成分。因

此可广泛用于大气环境监测、化工过程控制、汽车排放尾气控制、毒品检测、临床分析等领域。这种传感器还可以检测破坏人体神经、血液的毒气，包括 Sarin（沙林）、Soman（梭曼）、VX、Mustard（芥子气）、Nitrogen Mustard（氮芥）、Hydrogen Cyanide（氰化氢）、Cyanogen Chloride（氯化氰）、Lewisite（刘易士毒气）、有机磷、有机硫等化学战剂。化学战剂检测问题受到各国高度重视。化学战剂的检测设备种类繁多，声表面波化学传感器具有独特的优点，更符合实战要求。

### 市场应用前景：

近年来，一些国家（美国、荷兰、英国、日本、德国、意大利等）投入了大量的人力和物力开发  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、水蒸气、丙酮、甲醇、氢气、硫化氢等 SAW 化学传感器，已经达到实用化水平。目前美国等国家已经将 SAW 技术运用到化学战剂的检测中，其联合化学剂探测器 JCAD（Joint Chemical Agent Detector）能够自动检测，识别，量化待测参量。可装备到舰船、飞机、装甲车辆和单兵。

SAW 传感测量系统具有极高的灵敏度，应用前景广阔。专家预测，在军事、环保、医学以及工业应用的声表面波传感器需求将逐渐超过 SAW 滤波器在移动通信领域中的需求，具有广阔的市场前景。

南开大学研制的多通道 SAW 气体传感器可以检测外界气体成分，应用于环境保护、安全监测、化学战剂检测、临床分析等多种民用、军用领域。经科技检索部门查新，国内外未见相关的报道，本项目研究具有创新性。

SAW 传感探测器可以发展为网络探测器，我们已完成传感信号的无线网络传输，实现了多路传感信号实时远程自动监测。采用 SAW 传感器可以进行多个传感信号的同时检测，实现实时远程自动监测。

## 84. LCoS 微显示技术

**项目负责人：**耿卫东

**个人简介：**研究员，博导。

**研究方向：**信息显示技术、微显示器件与系统、数模混合集成电路设计。

**项目简介：**

LCoS 是利用微电子集成电路技术，在硅衬底上制作显示像素矩阵和驱动电路，可以实现高画质和轻型化的新型液晶显示器。LCoS 主要用于大屏幕投影显示和近眼微型显示，包括数字电视、立体电视、便携式电视、计算机显示器、移动通讯设备、军事领域的头盔显示器等等。

南开大学在 LCoS 微显示芯片、模块、控制电路等方面取得了较好的进展，做出了国内首例具有完全自主知识产权的 LCoS 显示芯片和显示屏。获得相关专利 10 余项。

**市场应用前景：**

虚拟现实微显示器

**项目基础：**

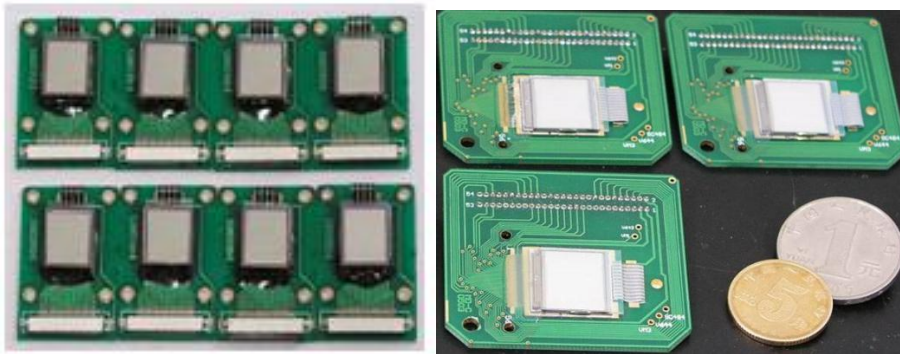


图 1 开发的 LCoS 模块

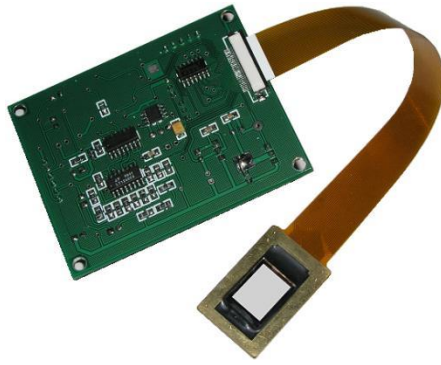


图 2 研发的 LCoS 模块



图 3 近眼视频显示效果

## 85. 太阳能发电与电源设备的研发

**项目负责人：**耿卫东

**个人简介：**研究员，博导。

**研究方向：**信息显示技术、微显示器件与系统、数模混合集成电路设计。

**项目简介：**

南开大学具有长期开展太阳能电池及其应用技术的研究积累，在目前新能源发展的新形势下面，开展应用层面的新能源技术具有前瞻性和重要意义。本项目意向寻求合作伙伴，联合研发太阳能电力电子设备的系列产品。

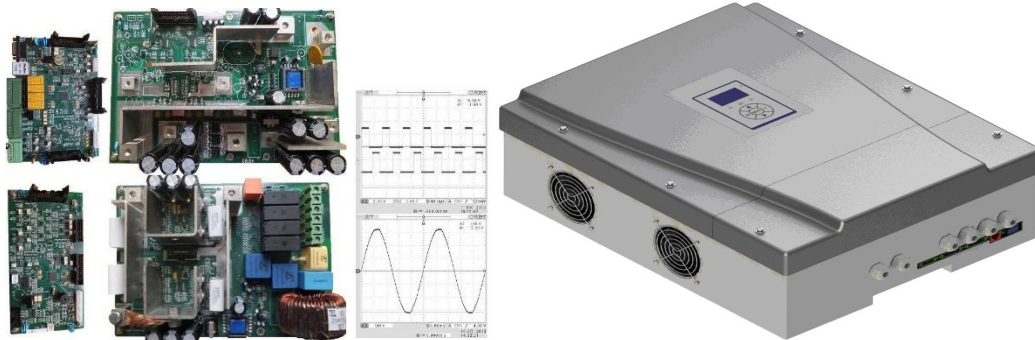


图 1:企业委托开发的 3-5KW 光伏控制逆变一体机

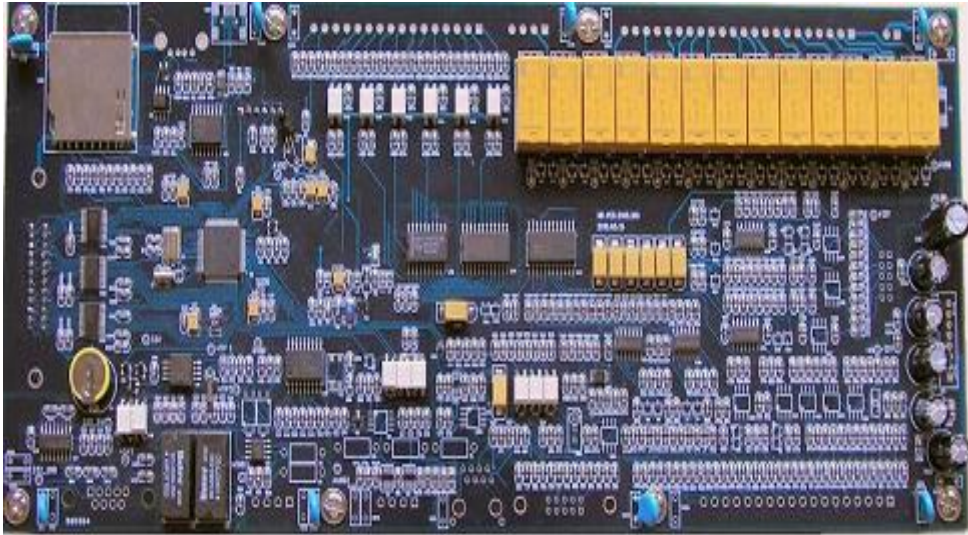


图 2: 企业委托开发的 10KW 风光柴协同发电控制电路

## 86. 皮肤病无创检测的光学成像技术

项目负责人：梁艳梅

个人简介：教授，博士生导师。

研究方向：光学信息处理、光学成像及探测技术。

项目简介：

光学相干层析术 (Optical Coherence Tomography, 简称 OCT) 利用宽带光波场的低相干性来探测被测组织内部不同深度处的散射光信号，是继超声波、X-CT、MRI 技术之后的一种全新的医疗检测和成像技术，并被证实在临床医学中有着巨大的应用前景，已成为现代生物医疗仪器领域的一个极其重要的研究热点，在眼科、耳鼻喉科、胃肠病、妇科、牙科等等医学领域有广泛的应用价值。

OCT 技术可非接触、无创、原位及实时地诊断表皮、上真皮及皮肤附属器的一些病变特性，如活动性炎症、坏死和角化过度、角化不全、真皮内空洞形成、大疱性疾病、恶性黑色素瘤、湿疹、疥螨及银屑病等皮肤疾病，可精确给出病灶或可疑病灶区域的大小、形状和

所在位置。

OCT 技术涉及光、机、电、控制、图像处理、信号处理、光生物学及生物医学诊断等多个学科的知识。本项目课题组十几年来一直从事光学相干层析术的研究及系统开发，完成了多个国家和天津市科研课题，开发了时域 OCT、谱域 OCT 及扫频光源 OCT 系统样机。目前系统的分辨率可达到 10 微米，扫描深度 2 毫米。课题组在不断优化系统各项技术指标的同时，开展了大量的实验和理论研究工作，包括系统的噪声分析、图像处理及信号处理等，为皮肤病无创检测系统的实用化打下了良好的基础。

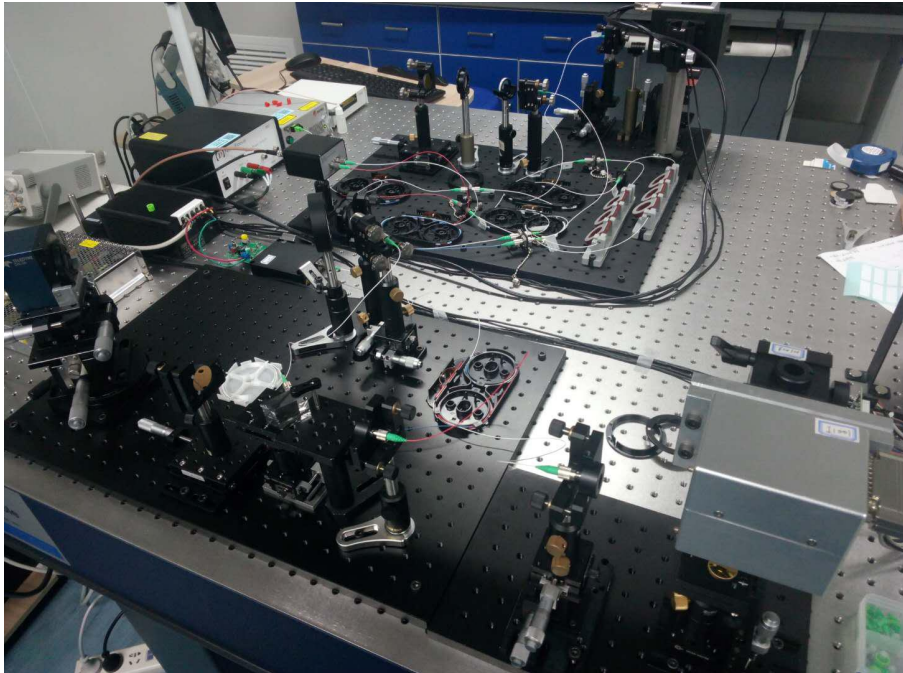


图 1: 谱域 OCT 和扫描光源 OCT 两套系统的样机照片



## 四、 环境保护与资源综合利用

### 87. 生物质固废资源化技术研发及应用

**项目负责人：**鞠美庭、李维尊

**个人简介：**教授、博导；高级工程师。

**研究方向：**生物质固废资源化方法和技术研究、产业生态学研究、环境规划与管理研究。

**项目简介：**

本项目以生物质固废为原料，开发了有机肥生产技术、饲料生产技术、高效纤维素提取技术、绿色 5-羟甲基糠醛合成技术。构建了可降解生物质固废的微生物菌群，可将生物质固废降解为有机肥和饲料，有效地解决了生物质固废难于处理的问题。根据微生物降解菌群及酵母菌群的生长、代谢特征，开发了基于太阳能技术的生物反应装置，大幅提升了资源利用效率。设计功能化离子液体用于提取秸秆、园林绿化垃圾等生物质固废中纤维素，以及离子液体催化水解纤维素生产化工基础原料 5-羟甲基糠醛。

**已获得的成果：**

南开大学（天津市生物质类固废资源化技术工程中心）的“生物质固废资源化技术研发及应用”项目属于生物质固体废弃物处理处置领域（环境保护专业）。经天津市科学技术评价中心组织专家鉴定，认为达到国际领先水平，获天津科技进步一等奖。

本项目的核心技术已被天津、山东、江苏、深圳等省市 14 家企业应用，产生了显著的经济、社会和环境效益。对区域的循环经济产业示范和节能减排起到了积极的推动作用。



## 88. 生物质固废生产肥料关键技术研发

**项目负责人:** 鞠美庭

**个人简介:** 教授、博导，南开大学环境科学与工程学院党委书记。

**研究方向:** 生物质固废资源化方法和技术研究、产业生态学研究、环境规划与管理研究。

**项目简介:**

我国每年农林固废、城市厨余垃圾等生物质固废中近 60% 被焚烧或随意处置，严重污染环境，也是造成雾霾的重要原因之一。南开大学生物质资源化工程中心多年来致力于以生物质固废为原料生产有机肥系列技术的研究应用，获得了高效降解木质纤维素、淀粉、蛋白质、油脂等的细菌、放线菌和真菌，构建了微生物菌种库和系列化菌剂；开发了可在 5-15 天内将生物质固废转化为有机肥料和富含有益微生物的生物有机肥生产工艺及系列化产品；自主设计研发了以布尔

玛金式搅拌装置为基础的微生物发酵装置，开发了系列化的微生物好氧/厌氧发酵装置。

本项目已申请国家专利 50 项，其中授权发明专利 10 项、实用新型专利 5 项；代表性 SCI 论文 5 篇，出版专译著 7 部；本项目有关技术已被深圳芭田公司、天津百利阳光公司应用，近三年产生了显著的经济、社会和环境效益；本项目已获得 2017 年中国产学研合作创新成果一等奖。

### 成果照片



## 89. 生物炭农田化肥减施与重金属修复技术

项目负责人：孙红文

个人简介：教授（博士生导师），教育部长江学者特聘教授，国家杰

出青年基金获得者，百千万工程国家级人选，环境科学与工程学院院长。

**研究方向：**环境化学、人体暴露与生态修复。

**项目简介：**

利用农业废弃物秸秆生产生物炭，返施农田，并辅助其它技术，可以达到固定重金属污染农田，在微污染农田中生产出合格产品，挽救因重金属污染造成的农田损失；同时可以减少化肥施用量，达到减施以保护地表环境免受富营养化污染。目前重金属造成农田的污染修复以及化肥减施大部分属于国家公益项目。

农田重金属固定技术已经在天津东丽区示范运行3年，运行效果好，蔬菜重金属达到标准，增加农作物产量，减少化肥施用，因此，广受农民欢迎。

#### 天津市东丽区农业技术推广中心

##### 技术应用证明

“土壤重金属修复技术服务项目—微生物修复”（TGPC-2014-F-0307）自2014年在我区开展技术与示范。该项目使用南开大学课题组自主研发的对重金属具有高效固定能力的活性工程微生物菌株，并与环境友好材料（生物炭与电气石等）组成复合微生物制剂，遵循边修复边生产理念，建立示范区35亩。示范区经过修复后，土壤中重金属有效态含量显著降低，降低率达到10-68%，蔬菜对重金属的吸收大幅降低，降低率达到20-80%，符合国家食品卫生标准，修复效果较好。而且，该微生物制剂有利于农业生产，蔬菜增产10-30%，广受农民欢迎，社会效益和经济效益显著。

特此证明！

天津市东丽区农业技术推广中心

2015年3月6日



## 90. 小城镇分散型生活污水处理技术

**项目负责人：**孙红文

**个人简介：**教授（博士生导师），教育部长江学者特聘教授，国家杰

出青年基金获得者，百千万工程国家级人选，环境科学与工程学院院长。

**研究方向：**环境化学、人体暴露与生态修复。

**项目简介：**

构建地下渗滤系统，通过物理化学吸附与微生物降解综合技术处理生活污水，使其达到二级排放标准。日处理量 20-100 吨。

目前国家日益重视环境保护，而随着城镇化进程加进，人民生活水平提高。农村和小城镇生活污水对水环境造成的符合，不容忽视，是亟待解决的问题。而集中处理系统不能迅速覆盖每一个地区，因此急需合适北方地区的分散型生活污水处理技术。

地下处理系统已经在天津武清区示范运行 5 年，运行稳定，出水达标，对当地的景观和地表水质有很大改观，适合在河北气候条件下运行。

本项目具有巨大社会效益和市场需求。投资估计：200 万。

天津市武清区水利技术推广中心  
地址：武清区新华北道西里 电话：8211888

#### 技术应用证明

由天津市水利局牵头，南开大学孙红文教授为技术负责人的天津市农委批准的科技成果转化示范项目——农村生活污水的土地渗滤处理技术示范推广项目，由我单位具体实施，项目地点在武清区梅厂镇灰锅口村。项目处理对象为该村的生活污水，日处理量为 50 吨，出水水质达到国家 I 级 A 标准。该系统具有费用低，效率高，不占地，并在冬天可以运行的特点。目前，该系统已经运行两年，系统保持稳定的状态。

我单位已将该技术作为武清区农村分散型生活污水处理的优选技术，并在武清区推广应用。

  
天津市武清区水利技术推广中心  
2011 年 7 月 11 日

## 91. 重金属低积累作物品种的筛选鉴定及产业化

**项目负责人：** 周启星

**个人简介：** 教授，博导，曾任环境科学与工程学院院长。

**研究方向：** 环境科学（土壤环境与污染生态化学；环境地球化学与健康风险；环境基准与标准制修订）、环境技术与工程（污染土-水环境修复技术；污染控制生态工程与城镇环境工程）、生态学/地学（污染生态与分子毒理；毒理生态；生态地学；生态地球化学）。

**项目简介：**

近年来，随着我国工农业生产的迅速发展，我国土壤环境中的重金属（尤其镉和铅）污染日益严重。传统的重金属污染土壤治理存在着以下缺点：(1)成本高；(2)破坏土壤生态环境；(3)可能造成二次污染。因此，一般很难在大面积中-轻程度污染的污染土壤修复治理中实际推广应用。

本成果已获得授权国家发明专利（周启星，刘维涛，魏树和. 一种筛选重金属低积累作物品种的方法，授权日期：2012年12月12日，专利号：ZL200810229329.X），通过筛选和培育排异和低积累土壤镉、铅、砷等有害元素的农作物品种，提供了一种在重金属中-轻程度土壤进行农业安全生产的技术方法，是一种成本低、操作简单、对土壤干扰小，原位绿色和安全高效的技术途径，利用本方法可以达到边安全生产边修复土壤污染之目的。

本项目初步制定了低积累品种筛选标准(1)该植物的地上部和根部的污染物含量都很低或者可食部位低于有关标准，尽管其它部位可能污染物含量较高；(2)该植物的富集系数(BFs)小于1.0，即植物体内

污染物浓度低于土壤中污染物浓度；(3)该植物的转运系数(TFs)小于1.0，即植物吸收的污染物主要累积在根部，向地上部转运较少；(4)该植物对污染物具有较高的耐性，在污染环境中能够正常生长且生物量无显著下降。

该方法与传统的污染土壤治理方法相比，具有投资少、工作量小、技术要求不高等优点，具有一定的创新性和实用性；而且作为一种污染土壤的安全生产技术，所收获作物地上部重金属含量低于国家相关标准，食用该作物不会对人体产生危害，可以通过出售该作物获得较高的经济效益；对作物根进行集中处理，不会造成二次污染，同时固定修复进程不仅不会破坏土壤生态环境，还有助于改善因重金属污染而引起的土壤退化和生产力下降，恢复并提高其生物多样性。因此，在重金属中-轻度污染土壤种植低积累作物具有良好的经济、环境和生态效益。

## 92. 大气污染物来源解析技术

**项目负责人：**冯银厂

**个人简介：**教授，博士研究生导师，国家环境保护城市环境颗粒物污染防治重点实验室主任，环境科学与工程学院副院长。

**研究方向：**环境空气污染防治技术，大气颗粒物源解析技术，大气污染物总量控制。

**项目简介：**

大气颗粒物源解析技术可定性定量解析环境受体中大气污染来源，为制定有针对性的大气污染防治政策，实现精准治污及重污染实时成因分析提供科学依据。

国家环境保护城市空气颗粒物污染防治重点实验室是环保部重

点实验室，多年从事颗粒物防治领域相关工作，拥有国内首个大气颗粒物源和受体样品库，积累 40 余个城市的大气颗粒物源与受体成分谱，保存 5000 余个颗粒物源与受体的样品及成分数据。

实验室拥有完备的颗粒物样品采集及化学分析系统。目前，大气颗粒物源解析技术已在全国 40 余个城市推广应用。其中，自主研发的二重源解析技术、因子分析-CMB 复合受体模型和 CMB-Iteration 模型等新型源解析技术被《大气颗粒物来源解析技术指南（试行）》列为推荐使用模型。同时，因子分析-CMB 复合受体模型被写入美国 EPA 官方公布的《EPAPMF5.0 使用指南》，相关论文被列为“关键文献”。实验室建有大气环境超级观测站，并研发了大气多组分在线源解析系统。

#### **市场应用前景：**

技术主要用于城市或区域大气颗粒物来源解析，大气污染成因分析及环境空气质量达标或改善规划，重污染成因分析及应急预案，大气污染防治决策管理支撑等。

#### **已获得的成果：**

省部级科技进步二等奖 5 项、三等奖 5 项及中华环境奖提名奖。近 5 年发表论文 200 多篇，其中 SCI 论文 90 余篇，专著 2 部，专利 15 项，为国家及地方大气污染防治决策提供了有力的科技支撑。





图 1：南开大学国家环境保护城市空气颗粒物污染防治重点实验室“颗粒物来源解析及污染防治技术研究与应用”城市分布图

### 93. 流域（区域）控制断面污染物来源解析与决策支持服务

项目负责人：王玉秋

个人简介：教授，博士生导师，环境科学系系主任。

研究方向：流域水环境管理模型研究、水质与水动力模型应用研究、水环境质量与生态安全、流域（区域）水环境评估与管理决策支持。

项目简介：

流域模型 GWLF 平台介绍：通用流域污染负荷模型（简称 GWLF 模型）是 1987 年由美国康奈尔大学提出的一种半分布式、半经验式流域模型算法，主要用于在中尺度流域(几百~万 km<sup>2</sup> 左右)模拟水文及污染物负荷通量，可以提供逐月的模拟结果并对关键断面（如国家、省级考核断面，跨区域（跨行政区）分界断面，生态补偿断面）污染源构成进行来源解析。其所需数据类型及数据量与我国的水环境、水资源管理部门所能提供的数据类型相匹配，保证了该模型在我国流域管理中的适用性和可达性，为流域尺度或区域尺度（一般市级行政区域大小为几百~万 km<sup>2</sup>）水环境及水资源规划、决策与管理提供可靠支持。该模型为美国 TMDL 计划实施推荐流域模型之一。利用该模

型所得结论可以进一步加工分析并结合 GIS 等空间分析软件,得出时空差异分析结果,为区域或城市水环境管理急需的决策提供支持与建议。

### **项目特色:**

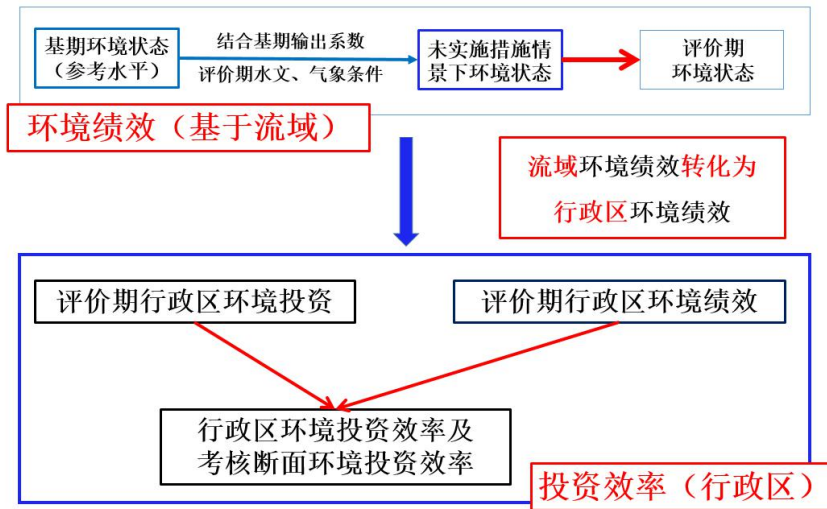
经过近十年的努力,利用 GWLF 公开算法,已经开发了基于 windows 平台 Java 语言编写的具有独立自主知识产权的 CN-GWLF 模型(Java 语言便于跨平台开发,比如可以开发手机平台 app 等)。该模型在原有的 GWLF 模型算法基础上进一步完善了地下水算法,使之对我国干旱、半干旱地区枯水期地下水模拟更加精确,同时添加了贝叶斯全自动校准算法,参数校准更加简洁,更加精确。目前可以同时提供管理版和技术版两个版本,以方便管理者或技术人员使用,同时还可以针对具体服务对象提供定制版本,使模型更有针对性地为当地管理部门提供决策支持。

### **市场应用前景:**

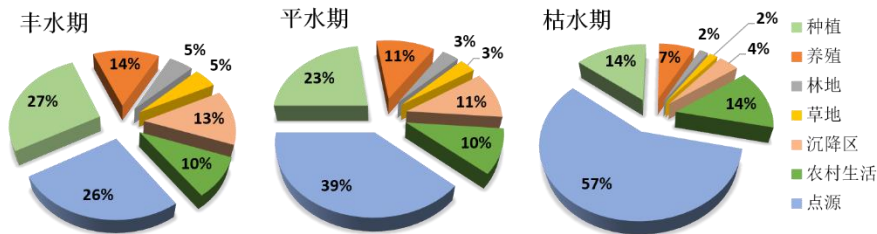
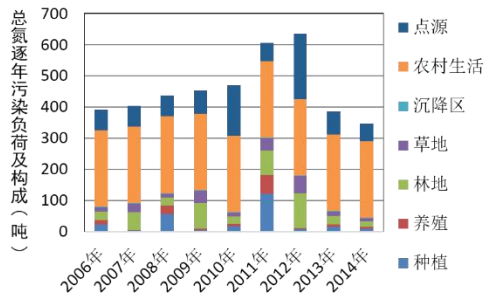
为了落实十三五《水污染防治行动计划》及“水十条”相关要求,环保部于 2016 年初遴选了 4 个水环境相关模型以指导、支持地方管理工作,其中 GWLF 成为唯一流域模型入选推荐名录。

本模型平台已在长春市石头口门水库(应对饮用水水源地富营养化问题),广西河池洪水河流域(城市空间发展规划决策支持),安徽新安江流域(首个国家级跨省界生态补偿评估及对策建议),滦河流域(潘家口水库、大黑汀水库空间规划),天津于桥水库上游(饮用水水源地保护策略支持),青海湟水河流域(城市空间发展评估与支持)得到了应用,并取得了良好的效果,得到了当地相关部门的一致认可,并为流域(区域)的水环境、水资源管理决策提供了有力的技术支持。

## 流域及行政区域水生态环境投资绩效评估



技术应用分布图



## 94. 流域（区域）水环境污染物空间分布评估与决策支持服务

项目负责人：王玉秋

个人简介：教授，博士生导师，环境科学系系主任。

研究方向：流域水环境管理模型研究、水质与水动力模型应用研究、水环境质量与生态安全、流域（区域）水环境评估与管理决策支持。

项目简介：

本服务体系主要依托 SPARROW 模型，它是一款由美国国家地质调查局（USGS）开发的非线性流域污染物评估模型，其介于传统统计学模型与机理模型之间，用于估计流域地表水体中污染物负荷与污染源之间的关系。是美国 TMDL 计划推荐流域模型方法之一。

原始 SPARROW 模型基于 SAS（统计分析系统）平台运行，使用 IML 语言编写，其嵌套的统计模块可以轻松调用非线性加权最小二乘法（NWLS）进行方程的求解，完成所需参数的估计，虽然 SPARROW 本身可以免费使用，但是 SAS 平台购买费用不菲，为此我们基于 SPARROW 模型的原理，使用 FORTRAN 语言开发了面向我国特点的具有空间响应特性的水环境管理模型，简化了原 SPARROW 模型中不适用于中国的模块，并增加 jackknife 不确定性分析模块，按照中国水环境管理需求补充可能实现的模块，优化模型功能，改善人机交互形式，使数据输入及模型运行更加方便易学并符合中国的数据特点。利用 ArcGIS 生成河网、划分子流域等，提取与整合必要的与流域河流属性相关的输入数据，并利用该平台将模拟结果进行可视化表达。

#### 项目特色：

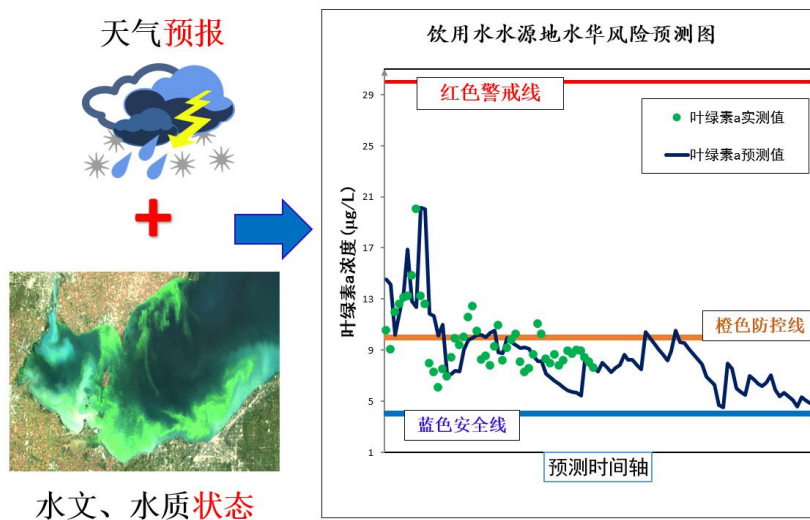
- (1) 污染源空间解析：进行各子流域污染源组成比例分布预测以及各子流域的污染来源追溯等，由于监测站点只能评价静态的理化指标，SPARROW 模型则综合考虑流域内的地质地貌、气象要素等，通过监测数据追溯污染来源，分析来自不同污染源的污染量和比例，有针对性地对水质进行控制和管理，找出污染贡献最大的区域加以治理，实现投入产出的效益最大化；
- (2) 面向水质达标的监测站点空间布局优化与设计：利用有限水质监测站点过去一段时间的监测数据外推流域内其他未监测河段

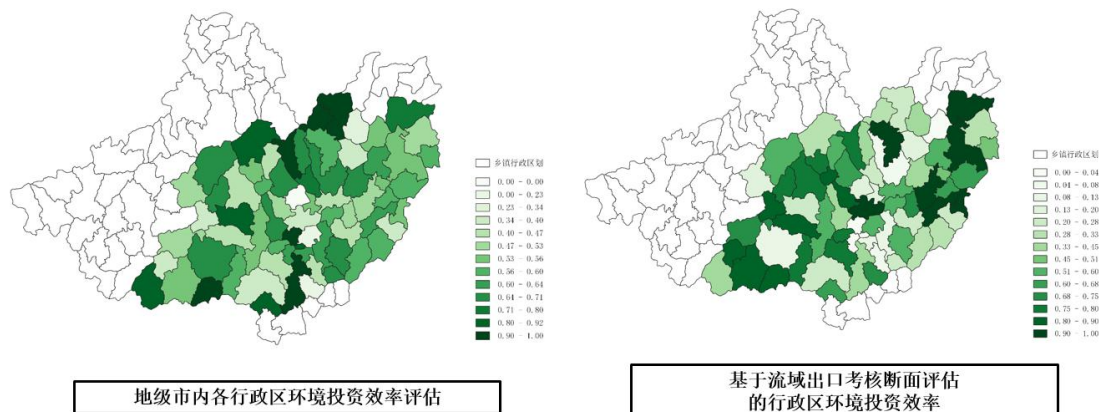
的水质情况，有效解决布设监测站点成本高、监测网络点位数量少、代表性差的问题，通过对流域整体水质状况的预测分析，找出水质较差河段，进而有效优化监测站点的空间设置，为水环境质量达标提供支持。

- (3) 面向敏感区（达标断面）的削减措施优化：例如海岸带、湖库、饮用水取水区、达标考核断面等，作为考核或评估断面进行污染物传输分析，分析上游各子流域对其污染贡献大小，甄别污染贡献最大的区域，优化管理措施的设置。

### 市场应用前景：

模型已应用于东北松花江流域、黄山新安江流域，成功完成对这些地区 N、P、COD 等污染负荷的空间解析，并设置敏感断面（松花江流域的同江断面，新安江流域的跨省断面--街口断面）进行溯源分析，能够为流域（区域）水环境管理决策的制定与实施提供技术支持。





## 95. 污水处理厂智能化控制系统和成套传感器研究转化示范

**项目负责人：**于宏兵

**项目简介：**

本项目以污水处理厂存在能源消耗高，二次污染等问题，针对污水水量庞大，复杂多变量，多相体系的数据信息滞后，强耦合，非线性等问题，采取学科交叉方式与物理学院、智能学院合作开发新型水质传感器，开发信息处理系统，多变量耦合神经网络系统，深度学习和算法，构建污水处理智能控制关键技术，仪器和设备。为污水厂的智能节能减排创造提供技术支持。

**技术优势：**

项目的研究已经进行了多年，2017年投资1500万元在南开大学津南校区建立了1000吨/日污水处理厂，为传感器的应用和示范创造十分有利的条件。

**应用范围：**

该技术主要应用于给水处理系统和污水处理系统的智能控制。



## 96. 挥发性有机污染物 VOCs 处理系列关键技术 与设备

**项目负责人：**于宏兵

**个人简介：**教授，博导，南开大学节能与清洁生产中心主任。

**研究方向：**清洁生产、循环经济关键技术、水土污染治理与控制。

**项目简介：**

本项目包括三大核心技术：

1、强制冷凝 VOCs 废气处理设备，创造性地将强制换热技术改造后应用于 VOCs 强制冷凝处理工艺中，针对高浓度有机废气，回收经冷凝的 VOCs 物质，同时回收废气中的温度生产热水。设备内表面均采用实验室自行研发的特殊拒油涂层处理，以防止有机物质对冷凝器的污染，提高冷凝装置稳定运行效率并降低设备维护成本。



图 1：强制冷凝 VOCs 废气处理设备

## 2、开发的光催化氧化剂和附着技术

克服纳米光催化剂易团聚、易流失的弊端，开发出新型快速的光催化剂负载技术，能够大大推进光催化剂在废水、废气中的实际应用，负载材料廉价易得，加工方便，寿命长，具有巨大的比表面积，能够在吸附 VOCs 物质的同时，直接发生光催化反应，将 VOCs 物质完全矿化。

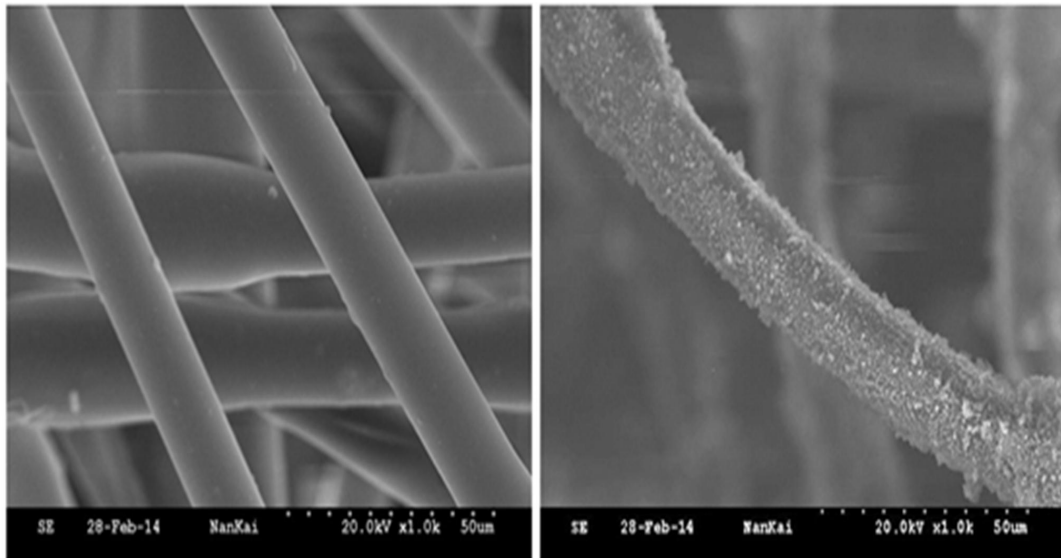


图 2：光催化剂表面附着技术

## 3、开发的高效苯吸收液及分层技术

采用特殊吸收液配方制备能够分层的高效苯吸收液，能够有效地



吸收废气中的苯、甲苯、二甲苯等有毒有害物质，净化 VOCs 废气。吸收的 VOCs 物质能够静置分层，从而能够更快速地富集，方便下一步的回收分离，吸收液可以重复使用。

三大技术可以互相结合为工艺组合，在高浓度有机废气的净化与有价值物质的回收、油烟净化、企业 VOCs 治理等方面具有广阔地应用前景。已成功解决了河北省三家企业的 VOCs 处理与排放问题。

### **项目特色：**

自 2005 年企业进行 VOCs 产生全过程分析，积累了大量第一手资料，2013 年于宏兵承担了环保部大气污染治理应急项目 VOCs 污染控制核算方法研究项目，对工业企业 VOCs 排放特征、排放量核算技术方法和 VOCs 处理技术绩效进行评估，建立了天津的 VOCs 污染控制体系。在 VOCs 污染前端预防、后端治理技术研究中积累了丰富的经验。

南开大学清洁生产研究中心以南开大学科研平台为依托，自身拥有 XRD、同步热重分析仪、便携式气相色谱仪、液相色谱仪等大中型仪器共计 25 台，价值合计 300 余万元，拥有非常雄厚的技术力量支撑科研工作。

### **市场应用前景：**

VOCs 治理工况复杂、技术路线众多也决定了这一行业的发展特点：市场分散，需求多样化，企业要想把规模做大很困难。正因为市场分散，VOCs 治理行业要垄断也不容易，市场完全开放，各家企业凭借自身的技术、策略来获得竞争优势，这个市场在未来几年将以 30% 的速度增长。

VOCs 污染治理正在起步，有望撬动近 700 亿产值。目前，国内 VOCs 污染平均治理成本约 500-600 万元，按每座工业园 5 家企业参

与治理，省均 150 个工业园区，全国 20 个省保守估算，市场空间将达到 625~750 亿元。未来，随国内 VOCs 排放标准有望提高，VOCs 治理投资有望进一步增加。

投资估计：投资 500 万元，

经济和社会效益：利润率 20-30%，经济效益显著，污染物减排效果显著。

## 97. 节能与清洁生产

项目负责人：于宏兵

个人简介：教授，博导，南开大学节能与清洁生产中心主任。

研究方向：清洁生产、循环经济关键技术、水土污染治理与控制。

项目简介：

### 一、清洁生产审核项目

南开大学清洁生产研究中心自 2005 年成立以来，进行各类审核 60 余项，包括化工、电力、石油天然气、电镀、冶金、食品饮料、建材、服务等多个行业，审核企业除了天津本地企业之外，还包括河北、山东、上海、重庆、内蒙、吉林等遍布全国多个省份。其中化工类审核 14 项，石油、天然气及石油化工类审核 11 项，电力审核 11 项。同时深入开展清洁生产工艺与技术的研发，着重于清洁生产工艺技术改造提高生产效率，达到节能降耗，减污增效的目的。

在进行清洁生产审核的同时，通过现场考察和实测，审核数据和生产工艺，查阅大量的国内外技术资料，深入研究各行业的理论和技术工艺，细致地查找问题，科学地分析原因，通过翔实的物料衡算，经科学理论论证，查找清洁生产机会、污染物去向及产生的原因；通过大量的实验和理论研究，制定一些解决问题的清洁生产方案；并通

过论证推荐可行方案。企业通过推荐方案的实施，使企业实现技术进步，获得显著的经济效益和环境效益。

近几年主要承担的清洁生产审核项目遍布全国各地达 60 余项。

## **二、能源审计项目**

多年来该中心一直从事节能减排技术、节能审计和能源评估工作研究，培养了一批节能与清洁生产专业技术人员，积累一些节能减排的研究成果，2009 年由天津市节能推荐为天津市节能审计单位之一。

几年来，承担国家和地方以及企业项目 14 项；承担能源审计和用能评估项目 20 余项；涉及重点行业有石油化工、电镀、冶金、煤炭、电力、建筑、与机械设备等行业，根据审核出的技术难题，深入开展技术研发，达到节能、降耗、减污、增效的目的。

近几年主要承担的能源审计项目达 20 余项

## **三、合理用能评估项目**

2010 年，本中心在全国 120 家申报单位中脱颖而出获得了国家节能中心成员单位资格，被国家节能中心列为推荐合理用能评估单位，多次参加评审国家的能评报告。

近几年主要承担的合理用能评估项目 10 余项。

## **四、能源评估项目**

该中心将能源评估、能源审计与节能技术研发相结合，能源管理制度与循环经济、清洁生产相结合，通过清洁生产审核发现的问题，为企业解决节能减排技术难题，开发节能减排技术，形成了具有综合创新能力节能与清洁生产研究的综合平台。

近几年通过清洁生产审核进行的能源评估项目达 20 余项。

## **五、节能与清洁生产技术研发成果（举例）**

### **1、过程节能—碱性玫瑰精染料节能型清洁生产新工艺**

针对产品收率低，碳利用率低的问题，我们提出了新工艺进行生产性试验，用 98%间氨基苯磺酸替代 58%间氨基苯磺酸钠溶液，通过新工艺改造产品收率提高到 77%，（改造前为 67.1%）。

针对废渣问题，我们研制了两段和两相式热裂解工艺技术及设备，将气化可燃气体回用于生产锅炉替代煤炭使用。

节能效果与经济效益分析：以该行业中等规模公司为例，公司产品产量为碱性玫瑰精等产品 700 吨/年计算，玫瑰精产品收率提高 10%，每年增加 70 吨产量，每吨按 3 万元/吨计算，新创产值 210 万元；按现有 1 吨产品产生 1 吨废渣计算，每吨废渣处理费用 3500 元/吨计算，废渣减量至原来总量的 10%左右，每年减少处理费用 231.5 万元；废渣热值为 29KJ/Kg,与标煤热值相当，年节约标煤 449t 吨，按 700 元/吨计，节约燃料费用 31.43 万元。两项合计 262.93 万元。年节约煤，减少废渣的产生排放量 662 吨/年，废水排放减少 18793 吨/年，碳排放 762 吨/年。每年增加经济效益 472.93 万元。

## 98. 城市污水处理智能化多目标优化控制成套技术与设备研制

项目负责人：于宏兵

项目简介：

为解决污水处理厂曝气系统能耗高及加药工艺药剂浪费问题，研究开发一套智能化优化控制成套技术及设备，该系统以进、出水多个指标为研究对象，综合考虑各个指标对处理系统的影响并进行精准检测，结合人工智能等多种控制策略，完成对曝气量和加药量的智能化控制。

该技术可节约能源、资源，降低运行成本、减轻二次污染、改善处理效果，实现设备和工艺双重节能以及污水处理厂的数字化、信息

化、智能化、绿色化，具有良好的社会、经济以及环境效益。

### 项目特色

自 2000 年于宏兵完成各类污水处理厂设计、施工项目 30 余项，并多次承担国家重大水专项课题，在城市污水处理和工业废水处理技术方面积累了大量实际工程经验。

近年来，负责并主持建立日处理量为 1000 吨的南开大学污水处理厂及配套实验室，实验室面积约为 200 平方米，为开展污水处理智能化控制技术研究提供了坚实的保障。

### 市场应用前景

目前我国污水排放量逐年增加，对污水厂的需要也越来越大。截至 2015 年 12 月底，全国设市城市、县建成运行污水处理厂 6910 座，污水处理能力达 1.9 亿立方米/日。全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划中指出在“十三五”期间，新增污水处理设施规模要达到 5022 万立方米/日。

根据《2013 中国环境统计年报》，我国城镇污水治理的总成本约为 571.7 亿元，污水处理厂运行成本约为 1.25 元/吨污水。该技术可实现月均单耗降低 10%左右。目前我国部分地区已提高污水处理排放标准，污水处理厂实施提标改造是必然趋势，使得该技术推广有良好的市场前景。

投资估计：500 万元。

经济和社会效益：利润率 7-10%；社会效益显著，节能与处理效果双重提高。

## 99. 烧结工艺节能、低氮、低硫多目标智能控制技术与设备研制

项目负责人：于宏兵

### 项目简介：

烧结工序是钢铁企业中最大的排污大户和仅次于炼铁的耗能大户，该研究从源头控制和过程优化入手，源头控制主要以开发清洁替代燃料为主，清洁燃料可使烟气中污染物浓度远低于《钢铁工业污染物排放标准》规定的浓度，可望达到超净排放标准；过程优化采用先进的 ADRC 控制策略，与成熟的集散型控制系统（DCS）构架结合，进行控制算法，运行管理，人机交互，数据存储、传输和分析、控制任务分配与驱动，实现烧结过程配风和温度精细化耦合控制，相比于定频系统，电耗可减少近 30%。

### 项目特色

近年来，依托京津冀钢铁行业节能减排技术创新联盟、天津市钢铁冶金及制品清洁技术工程中心、南开大学清洁生产研究中心完成钢铁行业清洁审核及能源审计 10 余项，并与多家企业建立长期合作关系，多次展开技术研讨会，为钢铁企业环保问题提供技术方案。

2016 年投资 100 多万元，与天津天钢联合特钢有限公司共建“产、学、研、用”创新基地——天津天钢联合特钢有限公司烧结厂烧结杯实验室（南开大学工作站），实验室面积约 300m<sup>2</sup>，该实验室集集混料、烧结、废气检测、烧结矿质量检测多功能于一体，为开展科学研究提供了硬件条件。

### 市场应用前景

2018 年初的全国环境保护工作会议提出今年将启动钢铁行业超

低排放改造,并争取在 2020 年,完成京津冀及周边、长三角、汾渭平原超低排放改造;2022 年底,完成珠三角、成渝、辽宁中部、武汉及周边、长株潭、乌昌等区域超低排放改造;2025 年力争实现全国具备改造条件的钢铁企业超低排放。超净排放排放标准中,颗粒物/SO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 标准为 10/35/50mg/Nm<sup>3</sup>。

用 2017 年的生铁的产量推算烧结机的总量,假设平均每 1.6 吨铁矿生产一吨生铁,而铁矿中仅有 75%是烧结矿,而 1 平米烧结机大概年产 1.1 万吨烧结矿,产能利用率为 90%测算,按照 55 万元/平米的烧结机超净改造投入计算。我们预计整体市场空间为 474 亿元,2020/2022/2025 年分别要完成 315/113/46 亿元。

投资估计:900 万元。

经济和社会效益:利润率 10-20%;社会效益方面,可明显改善居民居住生活条件,提升生活幸福度。

## 100. 污染水体修复及全过程监控

项目负责人:黄津辉 教授

项目简介:

已研发成功的新型污染水体修复、运行、监测技术及平台,集成了污染水体修复技术包括人工湿地与尾矿污水处理技术,和基于物联网的实时监测及数字模拟技术,实现了污染水体修复的全过程管理。

现在已应用此技术,在加拿大、非洲、中国的天津实施了多个污染水体处理及修复项目。其中,天津两个人工湿地项目面积均超过 4 万平方米,日处理量可达 8000 吨。

### 项目特色：

- 解决了高浓度污水的处理问题（例如，进水总磷 5.5mg/L 可处理至 0.4mg/L）；
- 解决了冬季低温运行问题；
- 全过程监控和数字模拟平台实现了污染水体修复的全过程闭环管理。通过优化运行，既可以确保处理目标的实现，又可以节省总体运行费用。

### 市场应用前景：

随着 2015 年财政部、环境保护部联合印发《关于推进水污染防治领域政府和社会资本合作的实施意见》，针对水污染防治领域的 PPP 项目呈现指数规模的增长，这为水污染防治和社会资本都带来了市场机遇，同时也给新型污染水体修复及全过程监控平台的应用提供了巨大的市场契机。PPP 项目更关注的是后期的运行管理，该平台的闭环管理可助力运行优化，进而节约大量的运行费用。

投资估计：污染水体的修复属于基础建设项目，主要根据项目的大小和污染程度等具体情况而定。

经济和社会效益：中国北方是污染水体比较集中，同时干旱缺水比较严重的地方。对污染水体的修复，不仅仅是改善了生态环境，人居环境，同时可以实现洪水资源化，污水资源化，其经济和社会效益均非常显著。

## 101. 微生物——植物联合原位生态修复技术处理中低浓度石油污染土壤

项目负责人：陈 威

个人简介：教授、博士生导师，国家杰出青年基金获得者，科技部“中



青年科技创新领军人才”(2015), 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(2005), 教育部自然科学一等奖(2015), 天津市科学技术进步奖二等奖(2014, 2015)。

**研究方向:** 环境纳米技术, 土壤与地下水污染和修复。

**项目简介:**

针对我国油田区域土壤不同浓度、不同原油物性、不同土壤环境的石油污染, 开发物理化学—生物耦合技术以及微生物—植物联合生态修复的分类集成技术, 并建立相应的示范工程。在着重开展技术创新与集成的同时, 尝试建立油田区污染土壤的修复理论体系、技术规范 and 评价体系, 建设油田区典型石油污染土壤生态修复集成技术的示范工程, 同时为在我国大面积开展石油污染土壤修复工作建立一个具有国际先进水平和引领作用的技术研发平台, 为我国油田区污染土壤生态功能恢复和环境质量改善提供技术支撑。



图 1: 油田石油污染现场

工艺流程及主要技术指标:

- 1、筛选出的高效石油降解菌与筛选到的修复植物能够形成稳定的协同共生关系;



图 2：固态发酵条件优化

图 3：菌剂生产

2、研制出适合胜利油田生态环境特点的石油污染土壤修复菌剂，对石油的降解率三个月达到 50%以上；

3、筛选出了适合胜利油田不同油区的耐油污、耐盐碱修复植物；

4、开发出了针对中低浓度石油污染土壤的植物-微生物联合修复成套技术，使石油污染物年降解效率达到 50%-70%。



现场施工



现场盐碱水洗



植物修复



微生物修复

## 102. 海洋环境中病原微生物的分子快速检测与评价技术

项目负责人：朱琳

个人简介：教授，博导。

研究方向：生态毒理学，海洋生物学，生态风险评价。



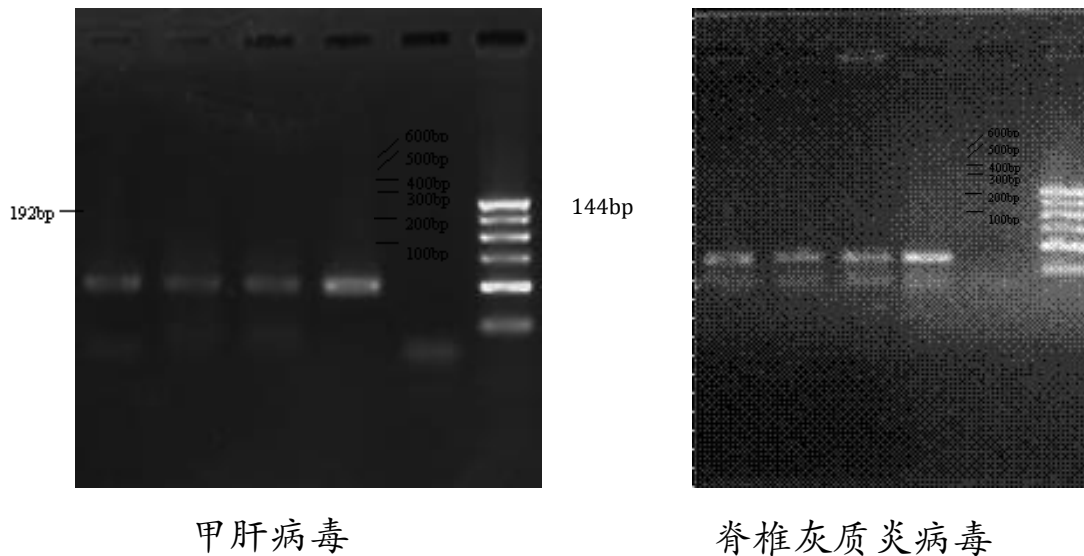


图 2：海水中人类病毒 RT-PCR 检测

### 103. 基于“RO/SEDI”全膜法的超纯水成套技术产业化

**项目负责人：王建友**

**个人简介：**教授，博导。

**研究方向：**电膜分离过程在水质净化、纯化、废水深度处理和特种化工分离中的应用；膜法清洁生产技术；新型集成膜过程的开发及应用（纯水与超纯水制备，水深度软化，海水及苦咸水淡化，浓海水、高盐水再浓缩及近零排放，双极膜电渗析成套技术与设备）

**项目简介：**

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

制水量无限制。

### 项目特色：

摒弃传统的基于离子交换树脂的化学制水工艺的巨量酸碱消耗、环境污染问题，实现清洁生产，杜绝二次污染，减少巨量水资源消耗。

积累近 20 年 EDI 技术持续研发经历，为国产 EDI 技术的主要推动者之一，在该领域的论文与专利位列国内第一。持续将 EDI 的应用领域拓展到海水与苦咸水淡化、重金属废水处理、水深度软化、初级纯水制备、新颖化学反应等领域，为中国膜工业协会电膜专委会委员。

具备自主知识产权的新一代工业纯水清洁生产核心技术



0.5 m<sup>3</sup>/h “UF/RO/RO/EDI”  
超纯水站(中国海洋大学)



全规格的 EDI 模块产品



20 m<sup>3</sup>/h “UF/RO/RO/EDI”  
锅炉补给水工程  
(银川哈纳斯天然气发电厂)



6 m<sup>3</sup>/h “UF/ROEDI” 集成一体式设备  
(河北衡水某玻璃镀膜企业)

### 市场应用前景：

主要面向发电锅炉补给水、电子工业超纯水、生物制药工业纯化水、钢铁、冶金等工业纯水，在汽车、化工、核能、医疗、检测检疫、尖端实验室等领域均有广泛应用。

现有主流超纯水技术是第三代的““RO/IE”，即末端采用传统的离子交换工艺，占到整个纯水技术市场的90%以上。限于苛刻的进水水质要求，常规EDI无法直接替代IE这一化学制水工艺，而SEDI则可直接对“RO/IE”进行升级改造，从而推动整个纯水技术市场的革新。

投资估计：仅生产SEDI系列产品：直接资金需求500万元（不计无形资产）；具备全膜法超纯水产品和工程实施能力：直接资金需求1500-2000万元（不计无形资产）

经济和社会效益：5年内进入国内EDI领域前3名，成为膜法水处理主流企业之一，技术国际领先；年产值过亿，年利税超过3000万元。

## 104. 面向高含盐水体处理的节能型电渗析关键装备研发与产业化

项目负责人：王建友

个人简介：教授，博导。

研究方向：电膜分离过程在水质净化、纯化、废水深度处理和特种化工分离中的应用；膜法清洁生产技术；新型集成膜过程的开发及应用（纯水与超纯水制备，水深度软化，海水及苦咸水淡化，浓海水、高盐水再浓缩及近零排放，双极膜电渗析成套技术与设备）

项目简介：

近年来，在海水淡化、苦卤水和众多工业废水处理领域，高含盐水体的处理正迅速成为相关行业发展的制约瓶颈。诸如浓海水的减量化再浓缩、苦卤水浓缩、高含盐工业废水脱盐或盐浓缩等，在操作压力、防腐、安全性、经济型、技术指标等方面均已超出了常规反渗透技术的能力。即使采用代价高昂的高压反渗透技术，其所获得的浓缩液质量浓度一般也低于 8-10%，对浓缩液减量化的作用有限。

本项目针对高压反渗透难以处理高含盐水体的固有缺陷，以及常规电渗析（ED）技术在处理高含盐水体时难以克服的电流泄露、高电耗、异相离子膜电阻较高、电极室电压降大等不足，在多年电驱动膜技术及设备研发、应用的成果基础上，开发节能型、高可靠、高电流效率的新型超能电渗析（SED）成套技术与关键装备，采用 100% 国产化材料实现批量生产，浓缩液质量浓度达到 20% 水平，总体达到国际先进水平。

### 项目特色：

- 水室隔板结构设计，有效膜面积和树脂填充密度更高；
- 最高可耐受 5-10mg/L 的进水硬度而不结垢，国际领先水平；
- 0.08-0.15Mpa 的超低进水压力，显著低于进口同类产品，本体耗电量不超过 0.2KWh/m<sup>3</sup>，运行能耗更节省；
- 膜堆内部水流实现了再混合与再分配，运行过程更稳定，可耐受大原水水质波动；
- 完全独立的电极水管路，有效保证长期运行的稳定性和安全性；
- 南开大学 EDI 系列膜技术获得 2016 年天津市技术发明一等奖；
- 应用领域：发电厂、生物制药、电子元器件、化工、汽车、尖端实验室。

### 技术参数：

淡水进水压力：	浓水进水压力：
---------	---------

<b>0.05-0.15MPa</b>	<b>0.02-0.10Ma</b>
纯水出水压力: <b>0.02-0.08MPa</b>	浓水出水压力: <b>0.01-0.05MPa</b>
产水量: <b>0.5-5m<sup>3</sup>/h</b>	产品水电阻率: <b>15-18MΩ·cm</b>
浓水电导率: <b>&lt;100μS/cm</b>	电源: <b>220VAC</b>
最高工作电压: <b>500VDC</b>	最高工作水温: <b>35°C</b>



### 市场应用前景:

主要针对高含盐的矿井水、煤化工废水、苦卤水精制、海水与浓海水浓缩、高含盐工业废水高效浓缩等工业水处理领域，提供全面的“预处理-超能电渗析 SED”高效浓缩成套技术，提供高浓缩浓缩液，利于产品回用或后续固化等工艺，属于循环经济和清洁生产的典型案例。该领域国内竞争者较少，而由于国内各行业环保标准日趋严格，微排放、零排放的压力巨大，市场前景十分广阔。

积累近 20 年 ED 及 EDI 技术持续研发经历，为国产 EDI 技术的主要推动者之一，在该领域的论文与专利位列国内第一。持续将 EDI 的应用领域拓展到海水与苦咸水淡化、重金属废水处理、水深度软化、初级纯水制备、新颖化学反应等领域，为中国膜工业协会电膜专委会委员。

投资估计：固定资金投入：200 万元；流动资金投入：500-1000 万元。



经济和社会效益：3年内企业年产值达到4000万元，利税1000万元以上；推动煤化工、矿产、海水与苦卤水以及其他工业废水的微排放和零排放，社会、环境效益十分显著。

## 105. 高端自洁净净水器

**项目负责人：**王建友

**个人简介：**教授，博导。

**研究方向：**电膜分离过程在水质净化、纯化、废水深度处理和特种化工分离中的应用；膜法清洁生产技术；新型集成膜过程的开发及应用（纯水与超纯水制备，水深度软化，海水及苦咸水淡化，浓海水、高盐水再浓缩及近零排放，双极膜电渗析成套技术与设备）

**项目简介：**

安全饮水正在成为国内局部乃至全局性的严峻挑战，相应地，近年来净水器领域呈爆发性增长，年市场总额已超过100亿元，长三角地区部分城市家庭普及率已超过三成。然而，目前国内外商品净水器均存在一些关键的难以克服的共性缺陷。一是二次污染问题，或来自于一定时间的设备停用而导致的内部微生物滋生，或来自于部分滤芯的未及时更换；二是基于吸附或释放原理的滤芯与基于膜过滤的滤芯的功能不匹配问题，如所制水并没有足够的水力停留时间。这均使得净水器的产水安全性仍难以保证。

本项目针对上述2个关键行业共性问题，开发新型高端自洁净净水器，彻底杜绝二次污染的可能，同时使得水力停留时间较现有水平延长80-100倍，由此开发面向家用、商用和集团用的各系列安全饮水设备和服务，以创新技术保证饮水安全。

### **市场应用前景：**

此项目产品市场属于消费市场，目前已迅速发展壮大。本项目产品定位于单机价格 5000 元以上的高端市场，在基于创新技术和创新营销模式的核心竞争力基础上，年营业额有望快速突破亿元大关，在 3-5 年内达到 5 亿元以上。

投资估计：固定资金投入：1000 万元；流动资金投入：2000 万元。

经济和社会效益：企业年产值迅速上亿；提供充分安全保证的净水、饮水技术与产品。

## **106. 高端住宅用中央净水技术与成套设备**

**项目负责人：**王建友

**个人简介：**教授，博导。

**研究方向：**电膜分离过程在水质净化、纯化、废水深度处理和特种化工分离中的应用；膜法清洁生产技术；新型集成膜过程的开发及应用（纯水与超纯水制备，水深度软化，海水及苦咸水淡化，浓海水、高盐水再浓缩及近零排放，双极膜电渗析成套技术与设备）

**项目简介：**

本项目为针对高端住宅、机关集团、学校、医院、居民小区、集中居住区等安全饮水而提供的成套中央净水技术与设备。整个系统采用分质供水设计，能够提供净化水、软化水、直饮水和生活杂用水，满足家庭、集团及社区的多种用水需求，最大程度利用水资源。

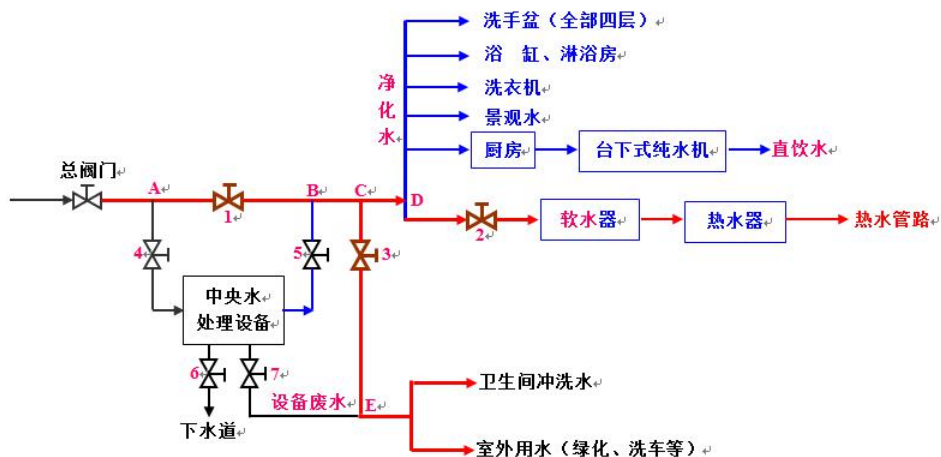
**项目特色：**

**日常工作状态：**

- ▶ 关闭阀门 1 和 3，打开阀门 4、5 和 7，中央水处理设备正常工作，净化水供洗手盆、洗浴、洗衣和景观用水；经厨房水槽下增设纯水单机，在净化水的基础上提供纯净直饮水。
- ▶ 净化水进入大型软水器，为热水器提供软化水，保护热水设备。
- ▶ 设备废水接卫生间马桶、小便池和室外绿化用水等杂用水，日和中央水处理设备直接连通，利用原水压力冲厕或外送。

设备检修、停机期间：

关闭阀门 4、5、7，打开阀门 1、2、3，可以确保在设备检修、停电停机时，仍可直接使用市政自来水。



## 107. 饮用水源地富营养化技术研究

项目负责人：楚春礼

个人简介：讲师

项目简介：

通过对于桥水库饮用水源地浮游生物、大型维管束植物采样分析，通过浮游生物和水中植物指标对饮用水源地富营养化状态进行评价，科学反映于桥水库富营养化状态，为饮用水源地氮磷营养盐控制规划及管理提供基础支持。

应用领域：海洋生态环境监测。

## 108. 海洋保护区科学考察

项目负责人：楚春礼

个人简介：讲师

项目简介：

对海洋自然保护区、特别保护区水环境质量、植被覆盖、水生生物、鸟类进行全面科学考察，应用遥感技术进行自然保护区土地利用类型划分、特别保护区不同功能区勘界，全面获取保护区资源环境特征，为自然保护区保护、规划、拟建特别保护区申建提供技术支持。

应用领域：海洋生态环境监测。

## 109. 油品脱硫脱氮的清洁生产技术

项目负责人：王胜强

个人简介：讲师

研究方向：环保与催化材料的合成与应用、节能评估、能源审计、清

洁生产审核、三废处理与资源化关键技术。

#### **项目简介：**

油品质量的好坏已成为城市大气环境污染的重要源头之一，已经引起社会广泛关注。控制油品的杂质含量，提高燃油质量是降低燃大气污染物排放的重要措施。本技术采用特征反应和吸附剂的吸附作用耦合，利用化学反应提高对杂质化合物的选择性，通过控制吸附剂结构来强化反应速度。通过改善吸附剂表面催化剂分子的分布，提高催化剂催化能力，反应产物被吸附在吸附剂孔内，得到深度除杂清洁燃油。

#### **项目特色：**

本技术克服了杂质反应活性低，难以脱除的难题。吸附剂经多次使用后，仍具有很高的反应活性和吸附容量。燃油中的其它组分，例如芳烃，烷烃和烯烃以及水分对反应过程没有影响。本技术已经获得发明专利授权 2 项，发表 SCI 论文 9 篇。本技术的授权专利已经进行了工业初步转化，为今后进一步深入研究和大规模推广应用提供了基础。

#### **市场应用前景：**

本技术可以应用于各类型油品的除杂净化生产过程，例如：催化裂化汽、柴油，焦化燃油(轻、重柴油)，各类型塑料热解油(脱氮)，生物燃油，高含硫量的废旧轮胎热解油等。预计单套设备正常投产后可年新增销售利润 300 多万元。

## **110. 北方地区安全饮用水保障技术**

**项目负责人：吴立波**

**个人简介：副教授**

**研究方向：**水资源与水污染控制工程与技术、研究方向包括高浓度有机废水和难降解有机物废水、含高氮高硫废水的厌氧和/或好氧生物处理、膜生物反应器、水中营养物氮、磷等的处理、微污染水源的生态修复及微污染水源的饮用水处理。

**项目简介：**

该课题完成了国家高技术发展计划（863 计划）的北方地区安全饮用水保障技术课题中的分项课题“去除微量有机物、氨氮、藻和藻毒素的技术与工艺”及“水蚤、红虫等水生动物的灭活及去除技术”研究工作。

本项目的创新点在于采用强化气浮工艺，研究了颗粒物—混凝剂—气泡—水的相互作用机理，明确了决定因素，优化了工艺参数，建立了高效气浮系统，满足高藻水、低温低浊水处理的要求，该工艺已成功用于天津芥园水厂改造。对自来水中出现的红虫进行了培育、繁殖和杀灭实验，明确鉴定该红虫为颤蚓类并提出杀灭红虫的工艺技术。

该项技术对北方地区自来水厂工艺改造，提高自来水水质，保障人民身体健康有重要的经济价值和社会价值。

## **111. 聚合物絮凝剂和螯合树脂去除水中重金属**

**项目负责人：**王春红

**个人简介：**副研究员

**研究方向：**高分子化学

**项目简介：**

现代工业高速发展的同时也对环境造成了污染，重金属对水体的污染极大程度地损害了农、林、牧、渔等产业的发展，同时也对人民

的健康和生命造成威胁。因此有必要对被重金属污染的水体进行综合性治理。

本项目提出联合使用聚合物絮凝剂和螯合树脂（包括螯合纤维）对水中重金属的去除提出治理方案。

1. 使用天然壳聚糖作絮凝剂对重金属污水进行预处理
2. 使用氨基磷酸螯合树脂对预处理后等重金属超标废水精制可达到国家排放标准
3. 使用辐照接枝制备功能化离子交换纤维实现对重金属废水的处理

综合使用壳聚糖、氨基磷酸树脂、接枝纤维可以使重金属污水的处理技术提升一个新的台阶。在实现重金属废水治理的同时建立环保产业链。一方面利用甲壳素原料方面的优势，建立生产壳聚糖的工厂。另一方面扩大氨基磷酸树脂的产量和使用范围。此外还可以解决辐照站资源浪费问题。达到一举多得的目的。

## 112. 焚烧尾气二恶英污染控制技术

**项目负责人：**马小东

**个人简介：**教授，博导，2012 教育部“新世纪优秀人才支持计划”，2014 天津市科技进步二等奖（排名第 4）。

**研究方向：**环境催化、大气污染控制技术。

**项目简介：**

近年来，因垃圾焚烧引发的二恶英 (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, Polychlorinated dibenzofurans, PCDD/Fs) 污染问题已引起了全球范围的广泛关注。由于二恶英难于生物降解，对热、强酸、强碱、氧化剂都相当稳定，是典型的持久性有机污染物

(Persistent Organic Pollutants, POPs), 对人类健康和环境具有严重的危害, 各国政府都加大了对二恶英主要产生源—垃圾焚烧厂的监控力度, 制定了更为严格的废气排放标准, 欧盟提出 PCDD/Fs 以毒性当量 (Toxicity Equivalency Quantity, TEQ) 计应低于  $0.1\text{ng}/\text{m}^3$ 。目前, 对垃圾焚烧尾气中二恶英的削减、控制已成为焚烧行业亟待解决的难题之一。

本项目设计了一整套负载型纳米金属氧化物催化剂催化降解焚烧尾气中二恶英的新方法, 所研制的催化剂高效、安全、无毒、廉价, 可在较低的温度 (实验室温度  $300^\circ\text{C}$ ) 下, 使二恶英矿化、分解。对比研究表明, 所采用的催化剂具有极高的性价比。

本项目具有自主知识产权 (专利申请号: 200810152831.5), 期待进行技术合作。

### 113. 厌氧同时脱氮除硫新工艺

**项目负责人:** 吴立波

**个人简介:** 副教授

**研究方向:** 水资源与水污染控制工程与技术、研究方向包括高浓度有机废水和难降解有机物废水、含高氮高硫废水的厌氧和/或好氧生物处理、膜生物反应器、水中营养物氮、磷等的处理、微污染水源的生态修复及微污染水源的饮用水处理。

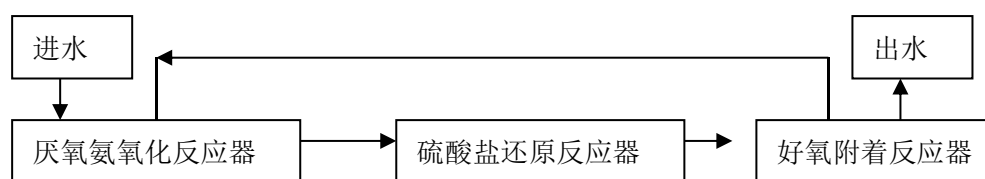
**项目简介:**

很多高浓度有机废水 (如糖蜜酒精废水、味精废水、抗生素废水、磺胺制药废水等) 同时含有高浓度硫酸盐和高浓度还原性氮 (有机氮和/或氨氮), 使得厌氧生物处理复杂化: ①硫酸盐还原菌与产甲烷菌竞争基质 (乙酸、 $\text{H}_2$  等), ②硫酸盐还原作用的产物硫化氢浓度很高



时，会引起产甲烷菌活性的降低，③有机氮氨化后产生大量氨氮，抑制厌氧细菌活性，并给后续处理工艺带来脱氮要求。厌氧同时脱氮除硫新工艺的提出目的就是在厌氧处理同时含高硫酸盐和高还原性氮有机废水（简称高氮高硫废水）时创造适当条件，在厌氧处理阶段，把有机氮和氨氮转化为氮气，把硫酸盐转化为单质硫，同时降解部分有机物。这种新工艺能够消除硫化氢对厌氧工艺的影响，同时免除后续工艺脱氮的负担，从而为高氮高硫废水的处理开辟高效低耗的新途径。

利用厌氧氨氧化菌与硫酸盐还原菌之间的耦合作用处理高氮高硫废水。



### 主要技术性能指标

氨氮去除率 90%，总氮去除率 70%，硫酸盐去除率 70%，有机物去除率 90%。

**技术水平：**处理高氮高硫废水达到国内领先水平。

### 应用前景分析及效益预测

同时含有高浓度硫酸盐和高浓度还原性氮（有机氮和/或氨氮）高浓度有机废水（如糖蜜酒精废水、味精废水、抗生素废水、磺胺制药废水等）来源广泛，处理难度大，该工艺的开发利用可产生重大的经济和社会效益。

## 114. 清洁低硫船舶燃料油制备及石油污染生物治理

项目负责人：王 威

个人简介：研究员，博导。

研究方向：微生物基因组学和功能基因组学、极端微生物和工业（环境）微生物学。

项目简介：

我国的清洁船舶燃料油（重油型）缺口巨大，每年进口 1000 万吨以上。目前，国内外均采用调和技术生产船舶燃料油，国内大部分产品均为中高硫燃料油（硫含量约为 1.0~3.5%）。传统调和技术技术含量低、生产成本低，且无法实现对劣质原料的有效利用，造成清洁型燃料油产能的严重不足。以欧盟标准的低硫（硫含量<0.1%）清洁船舶燃料油为例，其需求量大且价格昂贵，当前国内无生产企业，全部依靠进口。2020 年，船燃硫含量标准将在全球范围内由现行<3.5% 大幅提升至<0.5%。与此同时，国内石油炼化每年产出约 2500 万吨油浆或渣油，大部分作为劣质锅炉燃料低价销售，与清洁船舶燃料油之间存在巨大价差。因此，将劣质重油转变为清洁船舶燃料油具有十分重要的应用价值，潜在的市场价差每年可达 2000 亿人民币以上。

我课题组开发的生物炼化技术可弥补加氢法等重油脱硫脱氮应用上的缺陷和弊端（如：粘度降低、催化剂中毒等），可重点去除高硫原油、渣油和油浆等劣质油品中的有机硫氮以及重金属等其它有害固杂成分，且保证油品的高粘度。已与多家企业合作完成 800 余次生物脱硫技术测试，脱硫效率可达 30~60%，并初步建立 1~5 吨的

中试装置。试制的清洁型 180#和 380#船舶燃料油产品经国家权威检测机构鉴定优于国际标准。该项技术实现突破,可替代传统调和技术,为石化企业、船舶燃料油经销企业提供高品质清洁燃料油的生产 and 油品升级服务。仅需约 200~300 元/吨成本即可实现劣质油浆转化为优质清洁船舶燃料油(价差大于 1000 元/吨),具显著的经济、社会和环保效益。

我课题组基于生物炼化核心技术(8 项专利)已开发以下四项技术,均有较好应用效果,可实现工业化。包括:

- 1) 清洁船舶燃料油制备技术(中试)
- 2) 油浆的生物清洗技术(中试)
- 3) 生物乳化油制备技术(中试)
- 4) 石油污染生物修复剂(产品成熟)

## 115. 生态村污水和垃圾处理实用技术与示范工程

**项目负责人:** 刘东方

**个人简介:** 教授,博导。

**研究方向:** 再生水处理、废水处理及回用、给水处理,污泥处理与处置,恶臭及废气处理。

**项目简介:**

国家环境保护部颁布的《国家级生态村创建标准》(试行)中规定了十五项考核指标,15 个指标中 8 个指标都直接或间接与污水和垃圾处理有关。

南开大学可根据不同地区文明生态村建设的实际情况制定污水处理技术规范和垃圾处理技术规范,推广与当地经济技术水平相适应、现实可行的文明生态村最佳污染防治技术和生态保护技术。

生态城镇建设的重点和难点是农村生态环境建设中的垃圾处理问题。农村生态环境建设的基础是自然村生态环境建设。随着城乡一体化建设的深入开展,作为生态城镇建设的重要组成部分—污水及垃圾处理工程建设,是能否建设成为生态城镇的重要内容。

目前,农村采用的小型污水处理工艺主要有:活性污泥法、化粪池、污水的土地处理、分离膜法和生物膜法等,但在推广应用方面仍然存在许多要解决的技术问题。

农村垃圾主要来源于居民生活、家庭畜禽养殖垃圾、规模化养殖业固体废物、乡镇工业废弃物及少量危险废弃物。这些都为目前农村垃圾的集中整治处理提出了新的挑战。

本项目工作目标:

- (一) 符合国家产业政策、技术政策;
- (二) 工艺成熟、技术先进、经济合理;
- (三) 已有两个以上应用实例;
- (四) 技术适应性强,覆盖面广,可广泛应用;
- (五) 对防治环境污染、改善环境质量和保护生态环境具有重要作用;
- (六) 专有技术权属明确。

## 116. 废塑料制备清洁燃料油的技术

项目负责人:于宏兵

个人简介:教授,博导。

**研究方向：**清洁生产、循环经济关键技术，水土污染治理与控制。

**项目简介：**

**项目内容及规模：**

本项目将废塑料进行热解得到燃油然后脱除杂质，油品质量得到了明显改善，达到燃料油的质量标准。初步实施预计年生产规模2000-5000吨。

**市场分析：**

本项目解决了废塑料处理过程的困难，燃烧后严重污染大气环境的问题，能够产生显著的经济效益和社会效益，具有广泛的应用前景。

**投资估计：**

预计投资100万。

**经济和社会效益：**

预计年销售额1000万，年产生效益200万。

**科研技术优势：**

本项目具有投资少，操作成本低的特点，还可以应用于其它有机固废回收利用，制备燃料油和可燃气的各个领域。

## 117. 科学制定地区及产业循环经济规划

**项目负责人：**王军锋

**个人简介：**副教授

**项目简介：**

南开大学循环经济与低碳发展研究中心

(一) 机构背景

南开大学创建于1919年，是国家教育部直属重点综合性大学，

是国内学科门类齐全的综合性和研究型大学之一。近年来，南开大学围绕绿色发展、循环发展、低碳发展的国家重大战略，在推进学科建设过程中，注重绿色循环低碳经济与管理研究的文理工交叉特点，形成了文理并重、多学科交叉的循环经济与低碳发展研究平台，取得了突破性进展。

南开大学循环经济与低碳发展研究中心是在国家推动循环发展、低碳发展的绿色发展战略的背景下，国内最早开展循环经济研究与低碳发展的研究基地之一。该基地是通过环境学科、企业管理、环境管理、资源经济学、环境法、公共管理等学科的文理工整合，组建的文、理、工交叉绿色循环低碳多学科创新研究机构，建有国家级的信息资源共享平台和国内唯一的具有动态全文检索功能的公益性专题网站，在国内逐步形成了独具特色的绿色循环经济与低碳发展研究。本中心还获批建设省部级循环经济与低碳发展人文社科重点研究基地。

研究中心通过发挥南开大学环境、经济、管理学科的管理技术优势，围绕国家重大战略需求，致力于建设国家和地方政府的重要绿色循环低碳发展思想智库；为区域推动全面推动绿色发展、循环发展、低碳发展提供强有力的决策管理支撑；建设国家绿色循环低碳决策发展与绿色供应链管理技术支撑平台；建立区域、园区、企业绿色供应链产业体系与绿色供应链产品的分析、评价、预测、调控、管理的关键管理技术支撑平台，分析总结区域绿色低碳循环发展道路与绿色供应链创新实践案例与模式的科研平台，开展绿色循环低碳与绿色供应链的国际合作交流。

## （二）咨询服务内容

中心主要开展国家和地方、产业园区循环经济研究与规划实施方案编制等咨询服务。包括区域和产业园区能源资源、工业固体废弃物

利用分析与评价；区域循环发展的产业体系设计；省市循环经济发展规划与实施方案编制；电子产业、汽车工业等制造行业资源循环利用效率分析与技术开发方案等。

中心还开展国家、地方与产业园区应对气候变化与低碳发展研究与规划实施方案编制等咨询服务。包括区域或产业园区能源系统的碳排放水平分析与预测；区域与产业园区温室气体排放清单编制；主要工业行业碳排放总量估算与减排潜力分析；电力、钢铁、汽车等行业企业碳排放报告的编制；碳排放权交易与管理体制设计与研究；区域或者产业园区应对气候变化与低碳发展规划与实施方案编制等。

中心还开展产业园区绿色供应链体系设计与评价研究与咨询服务工作。包括产业园区绿色供应链规划与实施方案编制研究；绿色供应链产业体系与产品的资源利用效率分析与评价；绿色供应链产业体系与产品的能源高效利用与碳排放水平分析与评价；绿色供应链产业体系的生态环境效应分析与评价；产业园区绿色供应链产业体系与管理体制设计与规划编制；绿色供应链产品标准与评估研究；产业园区绿色供应链产品采购体系与平台建设研究；绿色供应链政策体系研究与设计，区域绿色供应链实践模式与评估研究。

中心还开展国家与地方生态文明与可持续发展相关研究与咨询服务工作。

### （三）工作业绩

研究中心先后承担了循环经济、低碳发展与绿色供应链等国家及地方重要课题 30 余项，直接为国家发改委、国家环保部、天津、山东、云南、广西、吉林等部委与省市等相关领域的决策提供咨询服务。

- ◆ 产业园区低碳发展：我国低碳产业园区建设与发展模式研究，国家发改委气候司咨询项目

- ◆ 产业园区循环与低碳发展：乌鲁木齐经济技术开发区十三五循环经济与低碳发展规划，乌鲁木齐经济技术开发区管委会咨询课题
- ◆ 产业园区循环与低碳发展：天津临港工业区循环经济示范试点实施方案，国家发改委循环经济示范试点项目
- ◆ 产业园区低碳发展：天津滨海新区推进低碳发展指导意见，天津市滨海新区政府咨询项目
- ◆ 产业园区低碳发展：天津滨海新区应对气候变化，推进低碳发展研究，天津滨海新区发改委咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津滨海新区循环经济发展研究，国家级研究课题
- ◆ 产业园区低碳发展：天津滨海新区十二五低碳发展规划，天津滨海新区政府咨询项目
- ◆ 产业园区低碳发展：天津滨海新区低碳产业园区模式研究，天津滨海新区政府咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津经济技术开发区一般工业固废管理联单实验项目评估研究，天津经济技术开发区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津泰达循环化改造信息管理系统建设可行性研究，天津经济技术开发区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环与低碳发展：天津空港经济区节能减排与循环经济发展规划，天津空港经济区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津临港工业区十二五循环经济发展规划，天津临港经济区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津临港经济区生态造陆的关键技术、评价指标与实施指南研究，天津临港经济区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津临港经济区生态湿地工程项目评估研究，天津临港经济区管委会咨询项目



- ◆ 产业园区循环与低碳发展：天津未来科技城循环低碳发展规划研究，天津市未来科技城管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环与低碳发展：天津市子牙循环经济园区循环经济数据库开发与建设，天津市子牙循环经济开发区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环经济发展：关于天津子牙循环经济产业园区政策法规问题的研究，提交天津市市委研究室咨询报告
- ◆ 产业园区循环发展：天津西青汽车工业园区循环经济示范试点实施方案，天津西青汽车工业园区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津医疗医药产业园区循环经济示范试点实施方案，天津医疗医药产业园区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津风电产业园区循环经济示范试点实施方案，天津风电产业园区管委会咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：天津市苗木中心循环经济示范试点实施方案，天津市苗木中心咨询项目
- ◆ 产业园区循环发展：白山市经济开发区循环经济试点实施方案，白山开发区管委会咨询方案
- ◆ 绿色供应链：丝绸之路经济带绿色供应链中心建设方案，乌鲁木齐经济技术开发区课题。
- ◆ 绿色供应链：绿色供应链管理体系及评价指标研究，国家级重大项目子课题
- ◆ 绿色供应链：京津冀协同发展战略实施中若干重大问题研究，国家级重大课题子课题
- ◆ 绿色供应链：绿色供应链制度体系建设与评估研究，国家级研究项目子课题
- ◆ 绿色供应链：APEC 绿色供应链合作的进展及我国的策略选择，南开大学 APEC 研究咨询项目

- ◆ 绿色供应链：中国绿色供应链实践模式与整体体系研究，南开大学 APEC 研究咨询项目
- ◆ 绿色供应链：绿色采购工具的 KPI 的应用模式研究，APEC 绿色供应链合作网络天津示范中心咨询课题
- ◆ 国家生态工业园：天津临港工业区国家生态工业园区建设规划，天津临港经济区管委会咨询项目
- ◆ 区域循环经济：物质经济代谢分析与调控管理研究，国家级课题
- ◆ 区域循环经济：十二五时期发展循环经济的关键政策研究，国家级课题
- ◆ 区域循环经济：经济发展与生态环境保护双赢的循环经济深入发展研究，国家级重大项目
- ◆ 区域循环经济：天津市十二五深入发展循环经济、转变经济发展方式的关键政策研究，天津市发改委咨询项目
- ◆ 区域循环经济：十二五循环型企业评价指标体系及示范行动计划研究，国家发改委环资司咨询项目
- ◆ 区域循环经济：天津市循环经济示范试点城市实施方案，国家发改委循环经济示范试点项目，
- ◆ 区域循环经济：白山市循环经济示范试点城市实施方案，国家发改委循环经济示范试点项目，
- ◆ 国家碳交易：国家碳排放权交易试点项目：建立天津市碳排放权交易的监管体系，天津市咨询项目
- ◆ 国家碳交易：天津市开展碳交易试点的可行性研究，天津市发改委咨询项目
- ◆ 区域循环与低碳经济：昆明市生态经济规划，昆明市政府咨询项目
- ◆ 国家生态文明：我国生态文明发展战略研究，国家级重大项目
- ◆ 再生资源产业与园区：再生资源国际大循环研究，国家级科技重大

攻关项目

- ◆ **再生资源产业与园区**：促进我国再生资源产业发展的政策研究，教育部课题
- ◆ **再生资源产业与园区**：再生资源顶层设计发展体系研究，天津市重大项目
- ◆ **循环与低碳经济**：钦州港工业区循环经济发展战略研究，广西钦州港工业区管委会咨询项目，
- ◆ **循环与低碳经济**：基于循环经济理念的北部沿海产业发展战略研究，潍坊市政府咨询项目
- ◆ **循环与低碳经济**：北京昌平区循环经济分析与评价，北京市环科院咨询项目
- ◆ **资源能源环境政策**：完善重点生态功能区市场化生态补偿机制研究，国家级重点课题
- ◆ **资源能源环境政策**：基于空间差异性的环境规制行为影响机制与政策工具研究，国家级研究项目

**资源能源环境政策**：面向十三五的环境政策评估机制研究，国家十三五环境规划咨询项目

## 118. 污染积物活性格栅原位修复集成技术水体

项目负责人：祝凌燕

个人简介：教授，博导，国家杰出青年基金获得者，教育部长江学者特聘教授。

研究方向：污染生态化学、环境分析与监测、污染控制与生态修复、纳米材料环境行为、纳米光催化氧化。

项目简介：

沉积物的污染修复是彻底改善水体环境质量，整治流域水污染的

前提和关键。项目根据相平衡分配理论，利用沉积物污染仿真模拟装置，建立并优化能够模拟不同水文特征的可准确量化沉积物中污染物释放规律的数学模型，用于后续项目的原位修复关键技术材料筛选、修复工程实施及修复效果评估。筛选经济可行的强化降解沉积物中典型污染物的活性格栅材料；筛选对沉积物中污染物具有强吸附和络合等作用的固化覆盖材料，在此基础上开发出沉积物中典型污染物的原位活性覆盖技术，用于受污染的湖泊和河流沉积物的原位修复。

该成果已成功助力天津市新生态城汉沽污水库和天津大沽排污河先锋河段等污染治理工程的成功实施。

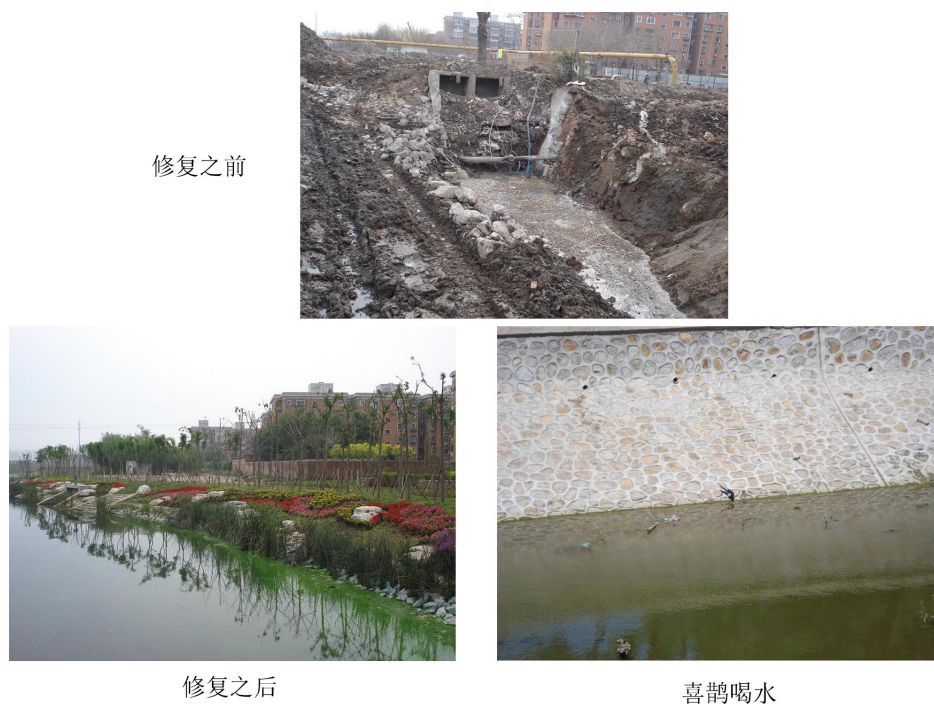


图 1 大沽河治理现场部分照片

## 119. 餐厨垃圾资源化利用技术及方法

项目负责人：李维尊

个人简介：高级工程师

研究方向：生物质固废资源化方法和技术研究

## 项目简介：

餐厨垃圾等生物质废弃物易腐败、滋生蚊蝇，不但产生恶臭气体、滤出液等污染环境，而且已成为传播疾病的因素之一，同时餐厨垃圾的不当使用也威胁人身健康，因此餐厨垃圾的减量化、无害化和资源化处理已是国家的重大需要之一。本项目通过筛选、驯化获得能够高效降解木质纤维素、淀粉、蛋白质、油脂等的微生物菌株 20 余株，构建了系列微生物菌剂 5 种，研发了系列化的餐厨垃圾资源化装置。利用上述菌剂在自主研发的装置中能在 6 小时内实现餐厨垃圾的资源化。作为土壤基质的产出物中有机质含量超过 80%，氮磷钾总量不低于 5%，其各项指标均符合或超过农业部有机肥相关标准（NY525-2012 和 NY884-2012）。

该土壤基质可有效改良当前的盐碱地和沙漠化土壤，恢复土壤的生态功能，其社会意义、环境意义重大。

上述相关技术成果在应用过程中具有能耗低，处理效果好的特点。相关技术成果获得 2015 年天津市专利金奖，2016 年中国专利优秀奖。



## 120. 智慧海绵城市决策平台

项目负责人：黄津辉 教授

### 项目简介：

海绵城市建设旨在综合解决城市内涝、城市黑臭水体和城市热岛等一系列由城市建设引发的生态水文环境问题。

立足于本中心、南开大学和加拿大水技术交流中心强大的专家团队，针对中国海绵城市建设特点及环保监测业务，研发了各种分析预测模型与低成本设备，并整合到智慧海绵城市平台上，作为服务提供给使用者，从规划、监测与分析的角度，助力中国海绵城市建设和环保监测。

目前已成功研发了以下三大模块，后续模块还在不断完善研发中。

- 基于大数据和数据挖掘的降雨研究/水质研究、
- 人工智能模拟与评估、
- 支持集群分布式/高频率的低成本感知

本平台一方面整合了水文水力学的数值模拟技术，可以辅助设计人员进行海绵城市规划、LID 设计优化、提升设计质量；另一方面，与在线监测系统结合可以助力“河长制”进行水质管理，了解设施运行状态；为海绵城市建设运行、考核评估、防汛应急、溢流管理提供数据支持，为城市的水安全、水资源和水环境综合管理评估提供依据。

该平台已部分应用于河南鹤壁和广西遵义海绵城市建设规划的大学科研项目，尚未实际项目的使用案例。

### 项目特色：

第一个面向环保领域的、基于服务的、即插即用的云平台。支持 Web 网页端和安卓手机客户端访问。

- 整合了加拿大水技术交流中心、南开大学及本中心的专业

## 智慧

- 研发了满足中国特色的海绵城市建设及智慧水务的分析模型、算法和低成本监测设备
- 提供基于互联网的模型、数据及低成本设备的服务，而非安装在用户端计算机里的软硬件产品，大幅降低用户的总体使用成本
- 新研发服务可以即插即用，无需用户系统软硬件升级，满足 AI 背景下的快速迭代需求。
- 可在办公室或外地用电脑和手机随时访问的服务云平台，稳定可靠，性能灵活。

## 市场应用前景：

随着 2015 年 10 月国务院下发印发《关于推进海绵城市建设的指导意见》，以及 30 个海绵城市建设试点城市的选择，中国海绵城市建设开始蓬勃开展。据测算，到 2020 年，中国海绵城市建设投资规模将达到 2.4 万亿人民币。

目前中国海绵城市建设的相关模型和分析算法比较欠缺，传统分析工具多为安装在用户电脑里的软硬件系统，难以升级，费用高，无法满足全新的海绵城市建设的规划与分析需求。

投资估计：根据用户特定需求进行模型、设备和平台的定制开发。

目前 1.0 版本业已研发完毕。在此基础上，继续完善开发各种分析模型、低成本监测设备及平台。

## 经济和社会效益：

本平台尚未制定服务计价表。

- 通过模型、数据和设备服务取得经济收益

- 云平台收集到的数据将助力未来的大数据分析
- 为中国海绵城市建设的规划，提供了低成本的分析预测模型、算法和监测设备
- 为中国的环保监测，提供了低成本的分析预测模型、算法和监测设备

## 121. 应用于油水分离的新型超润湿性膜

项目负责人：黄津辉 教授/廖园副教授

### 项目简介：

由于人类对石油的开采、运输以及使用，石油泄漏事件在世界各地时有发生。油污染对环境生态平衡以及人类自身的健康都有极大危害，无论是从环境治理或油和水的回用的角度出发，都急需有效技术对含油污水进行分离。

目前油水分离的传统技术主要有气浮、吸附等。大部分传统的分离技术只对于高粘度油的油水混合物以及油水的稳定混合物(浮油)效果明显，但存在耗时长、操作复杂、需特殊设备、分离效率低等问题。

而我们研发的新型超润湿性膜具有特殊浸润性、油水两亲性、水下超疏水和水下超疏油特性，可用于浮油溶液的油水分离以及稳定油水乳液的油水分离。

### 项目特色：

该膜材料可用于石油、化妆品等行业含油废水的处理，在不外加压力或极低的外加压力下(0.1-0.3bar)下可获得高分离效率，最高超过99%，并且成本远远低于当前膜技术(陶瓷膜材料约为1000元每平方米，超润湿性膜为50元每平方米，但寿命低于陶瓷膜)。



对于实际废水（华北油田废水,入水水质>40mg/L），0.1bar，下通量可达 200 LMH，出水水质<5mg/L。

该膜材料适用于：

- 不稳定的浮油
- 不含表面活性剂的油水乳液
- 含表面活性剂的稳定微乳液

### 市场应用前景：

随着我国针对污水排放的环保执法力度逐步加大，油水分离应用也越来越广泛。截止 2014 年，国内油水分离器行业市场需求规模达到 250 多亿元，其中工业用含油污水处理占主要市场，规模达 200 多亿元。

投资估计：工业油水分离单靠膜本身不能完全处理，还需要根据实际情况进行预处理和工艺流程设计改造。投资估计需要根据项目的具体情况而定。

经济和社会效益：

- 大幅减少了采购膜的投资。在预处理和工艺不变的前提下，减少了油水分离项目的总体投资
- 降低了石化和化妆品行业的环保项目成本，助力该行业污水治理的全面实施

## 122. 再生混凝土-建筑垃圾原位处理技术

项目负责人：黄津辉 教授/Ghani Razaqpur 教授

项目简介：

混凝土是仅次于水的世界上使用最多的建筑材料，中国就使用了

世界上 50% 以上的混凝土。中国快速的城市化建设和旧城改造，带来了大量的建筑垃圾，约占城市垃圾总量的 30~40%。这些建筑垃圾的处置常常要占用大量土地，造成环境和生态问题；同时也增加了运输处置成本和碱性废渣污染等二次污染问题。

安全及经济地处理废旧建筑垃圾是非常重要的环保课题。理想处理方式是將废旧建筑垃圾变成一种增值产品，而不是仅仅作为废物进行处理；

而建筑用混凝土是用水泥制造的，每生产一吨水泥将产生一吨以上的二氧化碳，会造成大量的温室气体排放。所有减少混凝土及水泥的使用，也可对环保做出贡献。

本中心研制的再生混凝土-建筑垃圾原位处理技术，可以对废旧混凝土进行再回收利用，减少建筑用混凝土及水泥的需求。

### 项目特色：

本中心的加拿大工程院院士 Ghani Razaqpur 教授研发了一种先进的新技术 EMV 配方法来设计混凝土混合料，该方法可将建筑垃圾制作成混凝土骨料来生产高质量的混凝土；其蠕变、收缩性能、抗剪抗压等性能均高于普通混凝土。

- 废旧混凝土可以从垃圾填埋场转移走并作为新混凝土中的骨料进行回收；
- 通过使用再生混凝土骨料，可以将混凝土的水泥需求至少降低 10%，而不会对其短期和长期的性能产生负面影响；
- 可以实现建筑垃圾的原位处置，减少大量温室气体排放和扬尘，为节能减排和循环经济做贡献。
- 该方法还可利用数值模拟技术预测混凝土的短期和长期性能。

### 市场应用前景：

我国混凝土年产量约为 13 亿立方米，目前正在开始建筑垃圾资源化的研究。

据国家统计局了解，2017 上半年全国混凝土市场行情缓慢上行，下半年行情突飞猛涨，最高 C30 报价涨到 570 元/方。2018 年全国混凝土价格在 2017 年基础上仍有小幅上行空间。

所以，除了环保效益，废弃混凝土的回收利用也存在大量的经济利益。

投资估计：再生混凝土的利用，所需设备比较简单，处理费用低。但目前需要政府政策支持，和相关技术标准的确定。投资无法估计。

经济和社会效益：

- 如上海市规定对 10 万立方米废弃混凝土进行处置的费用为 1485 万元，若加工成再生骨料仅为 800 万元。如果将一部分处置费补贴给生产商，则再生骨料成本将更加低廉
- 尚未统计再生混凝土所节省的填埋场地费用、运输和二次污染费用，以及所替代混凝土生产过程中所造成的环境污染
- 若将再生混凝土厂址靠近废弃混凝土存放处，可进一步降低生产成本
- 实现废弃混凝土的资源化、无害化

### **123. 利用阳极修饰沉积型微生物燃料电池原位修复黑臭水体技术**

项目负责人：黄津辉

项目简介：

随着经济的迅速发展，大量有机污染物聚集在水体中，造成了严重的水生态环境问题，如黑臭水体和水体富营养化。要想彻底治理水

体污染，必须对沉积物中的有机物污染进行治理。然而传统的沉积物修复技术均存在一定的局限性；疏浚是一种常见的异位修复方式并被广泛使用，但是疏浚成本高且会带来一系列环境问题。天然水体沉积物中有机污染物的原位修复技术以其成本低、不易造成二次污染等特点成为了研究热点，其中化学法和生物法是常见的原位修复技术，但是由于外源化学物质的添加和生物的引入在治理过程中会带来生态风险，因此寻找一种有前景的原位修复新技术十分必要。沉积型微生物燃料电池（Sediment microbial fuel cell, SMFC）是一种能降解底泥有机物又能同时产电的一种新型技术。该技术是一种可以应用于降解沉积物中有机物污染物的环境友好型技术，但对有机物的去除率较低是制约其应用的一个主要限制因素。本项目通过以啤酒厂厌氧污泥中的有机物为底物构建 SMFC，然后通过用纳米氧化铁修饰阳极，构建新型 SMFC 反应器。该反应器对有机物的降解性能良好，运行 50 天，修饰阳极 SMFC 的 TOC 和 DOC 的去除率分别达到 55.90 % 和 82.86 %。

### 项目特色：

1. 底泥原位修复，不会对环境造成二次污染；
2. 纳米氧化铁修饰阳极显著提高了 SMFC 对底泥的降解。

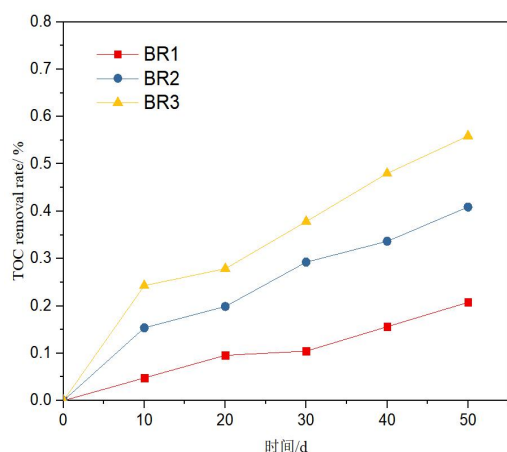


图 1. 运行 50 天沉积物中 TOC 的去除率

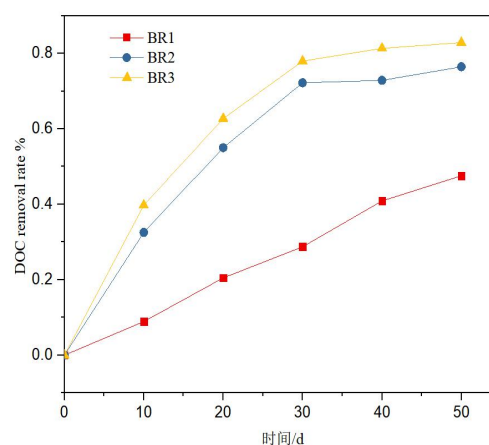


图 2. 运行 50 天沉积物中的 DOC 去除率

## 五、 生物

### 124. 一种引导神经再生的仿生可降解人工神经导管

**项目负责人：孔德领**

**项目简介：**

本项目设计了一种新型的组织工程外周神经导管，通过拓扑引导结构来实现神经的拟天然再生。导管外壳采用无规则纤维结构，可构成类似神经外膜的相对致密的细胞外基质结构，且降解速度较慢，能有效防止周围组织的浸润，防止瘢痕组织的形成，还具有良好的力学性质，便于手术缝合，可防止植入后的管型塌陷；导管内纤维为高度取向拓扑结构，能够引导神经细胞的生长，调控巨噬细胞极化为促组织再生的 M2 表型，降解速度与神经组织再生速度相匹配，有助于加快神经组织的功能性再生。

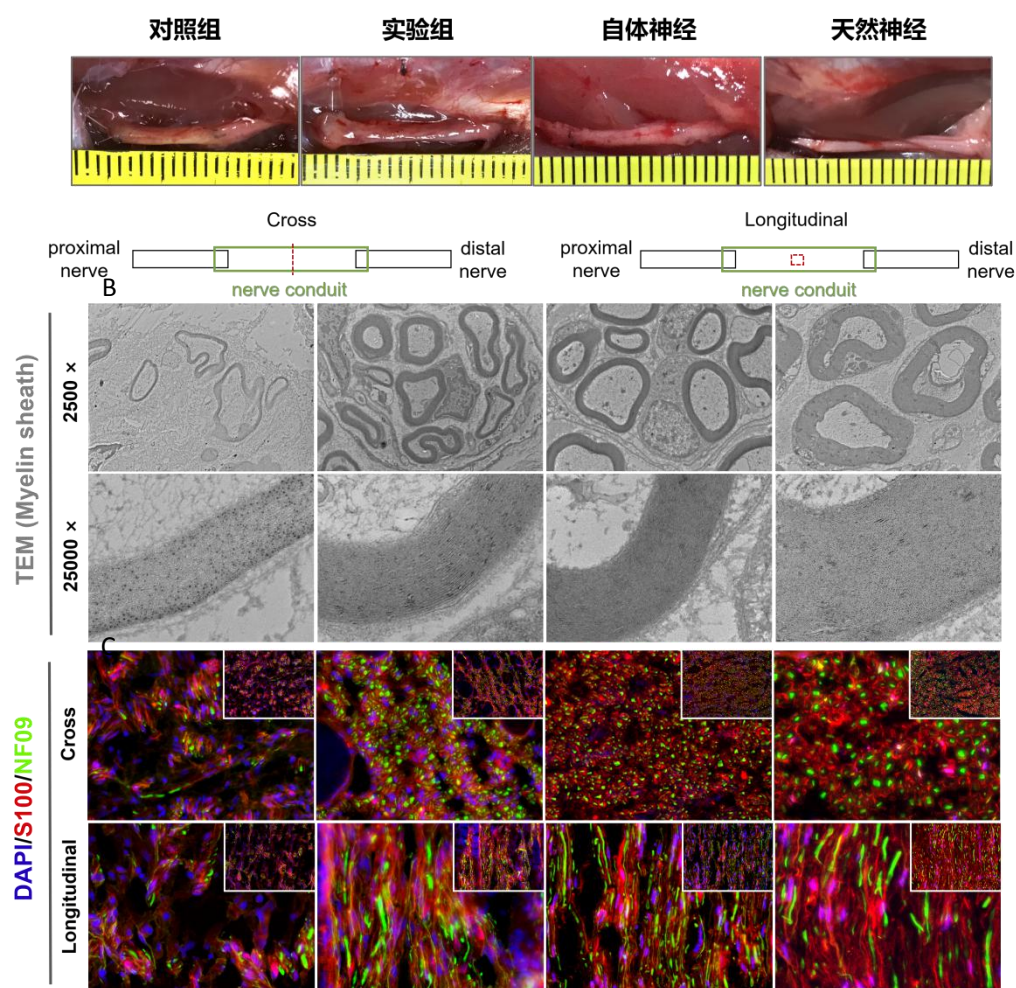
**技术优势或技术水平：**

本项目已经建立了神经支架结构设计、加工和生物功能评价的技术体系。相比于现有神经导管产品，本项技术具有以下几个技术突破和优势：仿生的拓扑引导结构、适宜的材料降解速率以及激活宿主自身修复潜能的特性，受损神经实现了拟天然再生，治疗效果远超现有产品，具有国际领先水平。

**市场应用前景：**

本技术主要应用于外周神经创伤和退变损伤后的治疗，在临床中经常用病人自体的神经组织来桥接神经断裂或缺损，给病人带来二次

损伤。本项目的技术可替代自体神经移植物，制备工艺简单、可控加工性强，能根据医生及患者的需求定制特定长度和形状的神经导管，满足临床上各种神经导管移植物的需求。此技术还可延伸制造其它具有取向拓扑结构的再生材料，用于肌肉、肌腱等组织创伤的修复与再生。



神经导管大鼠体内移植3个月实验结果。实验组的轴突再髓鞘化增强，达到了与自体神经类似的效果（B）；雪旺细胞和神经纤维的再生情况比对照组更好，且呈取向排布，与自体神经和天然神经的结构相似（C）。A，取材前的明场照片；B，取材后的透射电子显微镜（TEM）图片；C，取材后的横切和纵切免疫荧光染色结果。

**合作方式：寻找合作企业进行技术转让或合作开发。**

## 125. 取向微通道细胞外基质材料用于肌肉、神经、跟腱、血管等取向组织再生

项目负责人：孔德领

项目简介：

本项目利用聚合物模板沥滤技术，结合细胞化技术构建了具有可控孔结构的膜状或管状细胞外基质支架材料。该材料组织相容性好，同时具有特殊的孔结构设计，能够引导组织快速生长和重塑。

技术优势或技术水平：

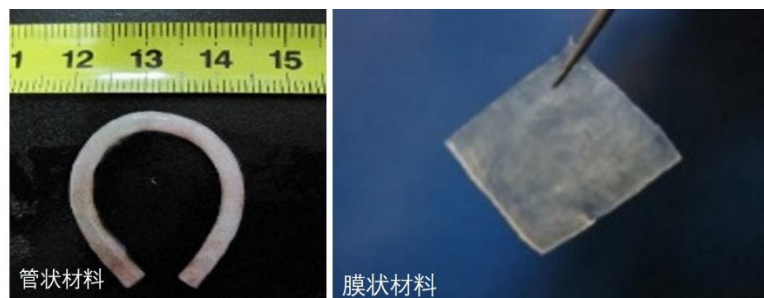
1、可制备具有可控孔结构的细胞外基质材料，进而引导取向组织原位快速生长；

2、可制备成为膜片状或管状等多种形状材料，用于不同体积大小的组织缺损修复；

3、制备的支架材料生物相容性好，不引起排斥反应，能够促进组织生理性重塑。

市场应用前景：

本技术可应用于临床上常见的软组织，尤其是取向组织包括肌肉、神经、跟腱和血管等缺损组织的修复与再生，也可应用于干细胞治疗的载体材料。实验室阶段技术，满足中试制备要求。



## 126. 合成高分子与天然细胞外基质复合人工血管

项目负责人：孔德领

项目简介：

本项目提供了一种可降解合成高分子与天然细胞外基质复合材料人工血管及其制备方法。可降解合成高分子可选择一种或多种，天然细胞外基质可选择不同种动物来源的血管组织(如猪或牛的动脉静脉)，优化高分子种类及含量比例。将细胞外基质在 高分子溶液中分散均匀后，通过纺丝、3D 打印、浇筑、相分离等技术制备成具有不同纤维直径、不同取向、不同孔径的血管材料，内径在 0.5-20mm 范围内。本技术结合了合成材料与天然细胞外基质的优点，既具有良好的力学性能、可控的空间结构及适宜的降解速度，又具有极佳的生物相容性与组织再生活性。本项目的制备工艺简单，条件温和，适合规模化生产。

技术优势或技术水平：

本项目所提供的复合材料可解决当前人工血管材料或产品的不足：合成高分子材料生物相容性差，易引发炎症反应，不利于快速再生；天然细胞外基质力学性能差、可加工性差。本研究的复合血管材料兼具良好的力学性能和生物相容性，能使用多种加工方法制备出不同尺寸与形貌的人工血管，材料可降解，具有再生性和生长性，提高血管通畅率。本技术可制备各种结构和形貌可控的仿生人工血管，直径可调，应用范围很广。在小口径人工血管材料的性能、活性、制备



方法多样性以及可应用范围等方面都处于国际领先水平。

### 市场应用前景：

本技术提供的可降解合成高分子与天然细胞外基质复合材料可使用多种加工方法得到所需结构与所需物理化学性质的人工血管，主要用于血管性疾病的治疗，包括心脏搭桥、血液透析动静脉瘘、外周动脉疾病和小儿先心病等，代替现有不可降解移植物及患者自体血管移植物。

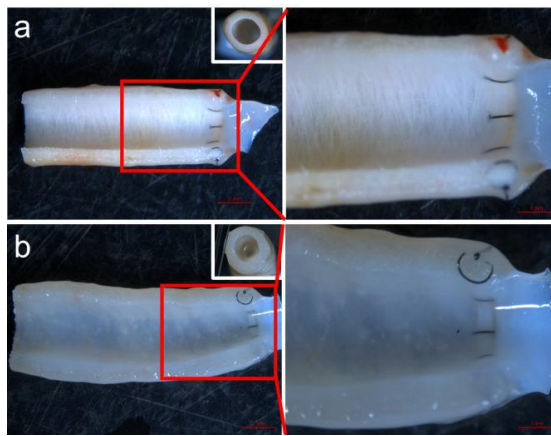


图 1. 人工血管进行大鼠腹主动脉移植，四周后取材体式显微镜图片。细胞外基质-高分子复合人工血管可极大程度加速血管再生进程。A, 纯高分子材料人工血管；b, 细胞外基质-高分子复合人工血管。

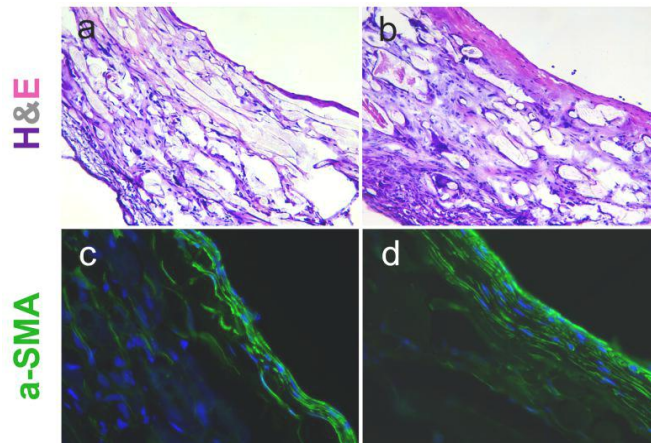


图 2. 人工血管进行大鼠腹主动脉移植，四周后取材的组织切片染色结果。纯高分子材料人工血管新生内膜再生较差，细胞外基质-高分子材料复合人工血管表现出更好的细胞化与内膜新生。a, c, 纯高分子材料人工血管；b, d, 细胞外基质-高分子材料复合人工血管)

## 127. 一氧化氮控制释放表面涂层技术

项目负责人：赵强，孔德领，沈杰

### 项目简介：

一氧化氮（NO）控制释放表面涂层技术具有广泛的医疗用途。通过这种功能涂层，使材料和产品控制释放 NO，产生抗菌、抗凝血、抗血栓、保护血管内皮、促进组织再生等生物活性和功能。对众多现有的心血管植入介入材料和器件进行涂层，可显著改善产品的血液相容性和血液相容性，尤其是血液接触产品，如体内应用的血管支架和介入导管，体外应用的血液透析器、输血管路和血袋等。

简单的涂层技术是将小分子 NO 供体化合物混合到高分子基质材料中，在材料或器械表面形成高分子涂层，被包埋的 NO 供体化合物扩散出涂层，分解并释放 NO。这种涂层单纯依靠扩散作用，且 NO 供体化合物的分解反应在氧气和水的存在下自然发生，因此 NO 的释放不可控制，涂层的功效时间短。此外，亲水性 NO 供体化合物在高分子基质中分散性较差，局部容易产生 NO 毒性。

我们的 NO 释放体系与常见的完全不同，将 NO 供体化合物与材料或器械表面共价结合，因此非常稳定，只有在特定酶的存在下催化释放 NO，具有按需、可控释放一氧化氮的优点，安全性好。

### 项目特色：

我们通过多步化学反应将不稳定的 NO 供体化合物进行糖基修饰，并引入连接基团，可通过化学反应与材料共价结合。糖基化 NO 供体化合物具有较高稳定性，只有在外源性酶的催化下，可控分解产生一氧化氮。NO 供体化合物可通过化学键固定到材料或产品的表面，也可进一步合成可控释放 NO 的大分子化合物，进行表面自组装涂层。总之，可以根据应用需求，实现 NO 的按需和定量释放。

我们的 NO 控制释放体系是国际上独有的，获得了中国发明专利授权。

### **已取得的成果：**

NO 控制释放的研究得到国家自然科学基金重点项目、面上项目和青年项目的资助，经过 10 余年的研究，形成了我们“心血管组织工程”教育部创新团队的特色研究方向。制备的各种 NO 释放活性材料分别应用于人工血管、糖尿病皮肤敷料、心肌缺血治疗、下肢缺血治疗、肾缺血治疗和干细胞诱导分化等，表现出了优良的抑制血栓形成和组织再生活性。发表了大批高水平研究论文，包括 J Am Soc Nephrol 和多篇 Biomaterials 论文，申请和授权发明专利多项，获得天津市科技进步二等奖。

NO 供体化合物可大量制备，化合物在材料表面的固定工艺已经成熟，NO 释放活性材料可批量制备。其中可释放 NO 的活性皮肤敷料即将开始产品研发。

### **市场应用前景：**

血液肾透析相关产品是一个巨大的医疗器械行业。为了避免透析过程中形成血栓，使用大量的肝素类抗凝剂，存在一定的副作用。如果对透析器进行 NO 涂层，可产生极佳的抗凝血效果，大大减少抗凝剂的用量，市场巨大。介入治疗中使用大量介入导管，与血液接触，并可能损伤血管内皮。如果对介入导管进行 NO 涂层，可显著改善血液相容性，同时保护受损的血管内皮。此外，血袋和输血管路都需要抗凝处理，我们的技术可在较宽的时限内控制 NO 的释放，可应用于长期的血袋抗凝血修饰和短期的血液管路抗凝血修饰。还有各种损伤修复材料，经过 NO 供体修饰，可显著提高材料的组织再生活性。

以上方面都有极其广泛的应用，市场规模都非常大。

## 128. 生物复合驱油剂提高石油采收率

项目负责人：马挺

个人简介：研究员，博导。

研究方向：资源微生物学、石油微生物学。

项目简介：

石油作为一种非再生的化石资源和能源，世界范围内采收率在30%~60%之间。为提高油藏中的石油采出率，目前我国多数油田主要经历的依靠天然能量采油、注水注气保持地层压力采油和强化采油等技术无法满足日益增长的石油需求，残留在地层中的石油资源占到了50%以上，需要更有效和环保的采收方法。微生物提高石油采收率技术（Microbial Enhanced Oil Recovery, MEOR）是目前公认的开采油藏中剩余油和开发利用稠油油藏的最有效的采油方法之一，具有成本低、污染小、开发效率高、过程控制简单、代谢产物不残留等优点，逐渐成为世界各国研究进一步开采剩余油藏的技术手段。表面活性物质对原油进行降解和分散乳化，最终使固态石油变为液态而被开采，是MEOR技术最重要的作用机理之一，但目前工业化应用很少，主要原因在于我国油藏及储集层类型多，原油性质变化大，地质条件复杂，没有环境适应能力强的菌株应用于石油生产，因而对内源微生物激活剂和生物乳化剂复配驱油剂研究是工业化应用技术开发的热点。

本项目的生物复配驱油剂在环境适应性方面具有无可比拟的优势，该复配驱油剂具有一定的黏度，可定向激活油藏内源采油功能菌，在温度（20~100℃）、盐度（1~20%）、乳化稳定性等方面，展现了较强的工业化应用潜力，可望能大幅度提高水驱后剩余油的采收率（5~30%）。

### **市场应用前景：**

从我国的石油市场需求来看，2012年，我国成品油消费1.5亿吨以上，石油消费超过2.3亿吨，目前原油价格在5000~5500元/吨，国内化学驱油成本在3000~5000元/吨不等，而MEOR平均在1200元/吨以下，还具有无污染，能耗低等优势。目前，该技术已达到中试阶段，成功应用于多个油田区块，投入产出比大于1:5。

## **129. 干细胞来源的外泌体治疗角膜、皮肤损伤**

**项目负责人：李宗金**

### **项目简介：**

间充质干细胞来源的外泌体作为治疗介质，与生物材料结合，促进角膜损伤修复。通过超速离心的方式，我们收集间充质干细胞上清中的外泌体，以壳聚糖为载体，在体内和体外实验中，均证明了干细胞来源外泌体的促增殖、促修复作用。同时，炎症反应和病理性血管新生被明显抑制，证明了外泌体在眼科应用的可能。此外，生物材料壳聚糖的应用延长了外泌体的驻留时间，与普通盐溶液相比，治疗效果更好且能够更加精准的控制给药剂量，减少给药次数，避免了患者依从性不好导致的治疗效果下降。

### **技术优势或技术水平：**

干细胞治疗在安全性上一直受到广泛关注，有部分临床报告提示干细胞直接移植存在风险，寻求一个更加安全有效的干细胞应用方式依然成为当务之急。干细胞分泌的外泌体拥有双层膜，结构相对稳定，且通过一定改造可以成为药物载体，使之成为损伤修复中的重要载体。

外泌体治疗充分利用了干细胞治疗的优势，又避免了干细胞治疗的潜在风险。

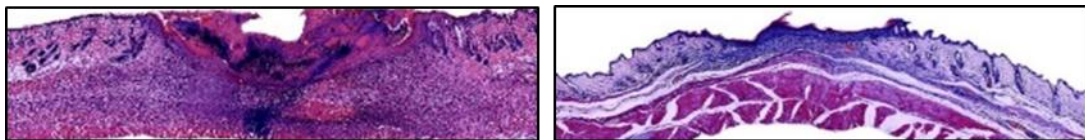
易于产业化—不含细胞成份，易于审批，又节约了生产成本。

工艺优势—壳聚糖水凝胶具有良好的温度稳定性和生物相容性

高生物学活性—抑制损伤部位炎症，增强损伤部位血管新生因子表达，改善损伤局部血管新生，并促进损伤修复。

### 市场应用前景：

应用到组织损伤包括角膜损伤，皮肤损伤等的治疗。传统药物治疗角膜及皮肤损伤效果不理想，存在瘢痕形成，本项目是一项较好的替代治疗方法，依据“中国褥疮圈行业市场调查研究报告（2017年）”，褥疮和糖尿病足外用药物市场约100亿元；角膜损伤药物市场也有上百亿的市场。保守估计，1-2个产品获得审批后，5年预计每年销售额1-3亿元。



右图显示外泌体治疗皮肤损伤有较好的效果。

## 130. 用于肿瘤免疫治疗和抗体制备的关键免疫活化技术

项目负责人：洪章勇

项目简介：

本实验室发展了一类新型的完全具有自主知识产权的疫苗载体。

本类载体完全创新，能够诱导机体产生高滴度的特异性抗体，同时与常规载体不同，我们载体还能诱导机体产生高效的特异性的细胞免疫反应。所使用的抗原可以是大的蛋白类的抗原，也可以是各种小的多肽类的抗原及各类小分子的抗原。为此我们的载体可以在各种需要诱导机体产生高滴度的抗体反应的领域有重要应用，同时在很多需要细胞免疫反应的疫苗领域也具有重大应用潜力。很多的疫苗，比如说针对癌症治疗的疫苗，细胞内感染的疫苗等，都需要不仅仅是抗体反应，还需要诱导机体产生强烈的细胞免疫反应才行，所以我们的疫苗载体能弥补这方面的不足。同时，与常规的佐剂或疫苗载体仅仅能够诱导机体产生针对蛋白等大分子抗原的免疫反应不同，我们的载体可以针对蛋白和小的多肽分子都能产生极强的免疫反应，具有常规技术不能实现的功能。

#### **技术优势或技术水平：**

- 1.不仅仅产生抗体免疫反应，还能产生特异性的细胞免疫反应
- 2.不仅仅用于蛋白类抗原，还能用于各类多肽类抗原，如磷酸化多肽，糖基化多肽等。
- 3.制备成本非常低，工艺稳定，成分相对干净容易表征。

#### **市场应用前景：**

- 1.可以用于各种抗体的制备，比如各种生产单克隆或多克隆抗体的研发和生产，本载体可以快速高效产生高滴度的特异性抗体，当前国内外有大量的为科研单位提供各类抗体试剂服务的公司，都需要抗体的免疫技术。

2.为各类疫苗,尤其是动物的疫苗提供技术。本载体效果强,成本低,非常适合动物免疫。

3.肿瘤治疗型疫苗载体。肿瘤治疗性疫苗作为肿瘤免疫治疗的一个重要手段,近年来有望在临床获得重要应用,但缺乏针对肿瘤抗原(短肽)的高效免疫技术成为当前应用的最大障碍。本载体能产生针对多肽抗原的高效抗体反应和T细胞免疫反应。

### 131. 近红外荧光肿瘤切除手术导航

项目负责人: 丁丹

项目简介:

通过有机合成了一些列近红外发射的具有聚集诱导发光性质的荧光分子,使用生物相容性良好的 DSPE-PEG2000 制备成纳米荧光探针,在小鼠腹腔转移肿瘤模型中实现了肿瘤边缘阳性的精准判断和小于 1mm 肿瘤的有效识别。

**技术优势或技术水平:**

近红外发光分子克服了传统荧光分子聚集淬灭的问题,提高信号稳定性,准确性,制备成的纳米探针具有优异的抗光漂白能力,良好的生物安全性,较高的荧光量子产率,在体内肿瘤成像检测当中具有优异的成像信噪比和灵敏度,能够检测出更多更微小的转移肿瘤组织,最大程度减少对正常组织的损伤。



## 132. 基于突变型半乳糖苷酶的化学发光型 ELISA 技术的开发

项目负责人：丁丹

项目简介：

本项目经实验室前期研究，突变得一新型半乳糖苷酶，该酶可专一性水解 6-甲基半乳糖；该酶和 6-甲基半乳糖形成了特异性“反应对”，这一特性可以有效排除背景干扰。

技术优势或技术水平：

本项目采用化学发光型荧光底物作为荧光信号源。荧光检测相比于紫外检测具有灵敏度高、背景弱、检测限低等优点，化学发光型荧光相比普通荧光具有背景更弱的优势。

将突变型半乳糖苷酶标记一系列二抗，以此作为信号放大源；辅以化学发光型荧光底物能够有效降低背景干扰的特点；将上述两种优势进行有机结合，开发出新型 ELISA 检测方法。

市场应用前景：

半乳糖苷酶标记的二抗和荧光底物作为 ELISA 技术通用的试剂，将普适于大部分 ELISA 技术。ELISA 技术作为实验室和临床重要的检测手段，具有广阔的应用前景。

## 133. 抗菌 3D 打印骨支架材料用于根尖周炎骨缺损修复的研究

项目负责人：丁丹

项目简介：

本项目课题组前期用静电纺丝法成功制备出载抗菌肽（KSL-W）的 PLGA 缓释微球，同时通过低温 3D 打印技术制备了多种复合支架材料，并进行了相关细胞和动物实验，结果表明材料具有良好的成骨生物活性。

#### **技术优势或技术水平：**

本项目特色和创新之处在于将抗菌肽（KSL-W）PLGA 缓释微球与低温 3D 打印相结合，制备既有成骨活性又具有抗感染能力的新型骨支架材料，探讨将其用于根尖周炎骨缺损修复的可行性，为根尖周炎骨缺损的临床治疗提供一种可靠思路。

#### **市场应用前景：**

本技术载抗菌肽（KSL-W）的 PLGA 缓释微球与低温 3D 打印材料制备而成的新型骨支架材料将普适于大部分的骨缺损治疗修复，具有广阔的临床应用前景。

### **134. 以葡萄糖醛酸糖苷酶为 Biomarker 检测泌尿系统感染体外检测技术的开发与应用**

**项目负责人：丁丹**

#### **项目简介：**

泌尿系统感染是临床常见疾病，感染发生时会有很多生物标志物的改变，其中葡萄糖醛酸糖苷酶就是其中重要的一个生物标志物，监测它的改变可预测疾病状态和严重程度；因此开发灵敏的检测手段，对临床监测疾病是至关重要的。

荧光检测相比于紫外检测具有灵敏度高、背景弱、检测限低等优

点，化学发光型荧光相比普通荧光具有背景更弱的优势。虽然荧光技术手段具有组织穿透能力弱的缺点，但是体外检测将完全可以规避这一劣势，只需尽量降低背景干扰即可有效提高检测的灵敏度。

本技术采用化学发光型荧光底物作为荧光信号源，将极大的降低背景干扰且提高检测灵敏度。

#### **技术优势或技术水平：**

该技术具有灵敏度高、背景干扰小、检测限低的优势。以化学发光型近红外荧光分子作为发光底物，可有效降低激发光带来的背景，同时近红外可以有效避开生物样本自身荧光。

**市场应用前景：**该技术主要应用于泌尿系统的感染。

### **135. Fc $\gamma$ RIIB 高结合型 CD40 激动性抗体的研制**

**项目负责人：**张宏恺

#### **项目简介：**

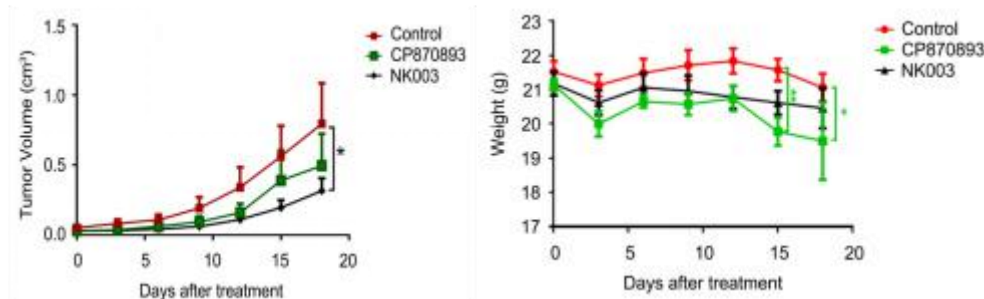
本项目从噬菌体展示人源抗体库中筛选到一个具有强活性的 CD40 激动剂抗体 NK003。我们对该抗体检测了生物物理性质、报告细胞系水平的激活、种属特异性、基于人外周血细胞的一系列激活实验以及开展小鼠模型的药效和药理研究。CD40 人源化小鼠模型中，NK003 抑制肿瘤生长同时体重降低的情况有所缓解其安全性和有效性要优于对照药物 CP870893。替换我们筛选到的 Fc $\gamma$ RIIb 结合增强型 Fc 的 NK003 比野生型 NK003 具有更高的活性，体外活性与目前认为最好的 CD40 抗体 APX005M 相似。目前正在对抗体进一步改造。

### 技术优势或技术水平:

本项目采用全人源抗体，激动剂活性依赖于 FcγRIIb 交联，安全性更好。

FcγRIIb 结合增强型 Fc 的 NK003 体外活性与目前认为最好的 CD40 抗体 APX005M 相似。进一步优化后我们有望获得活性显著优于 APX005M 的 CD40 激动型抗体药物候选物。

### 市场应用前景：肿瘤免疫抗体药物



## 136. 抗体恒定区 (Fc) 工程化改造平台及 Fc 突变序列

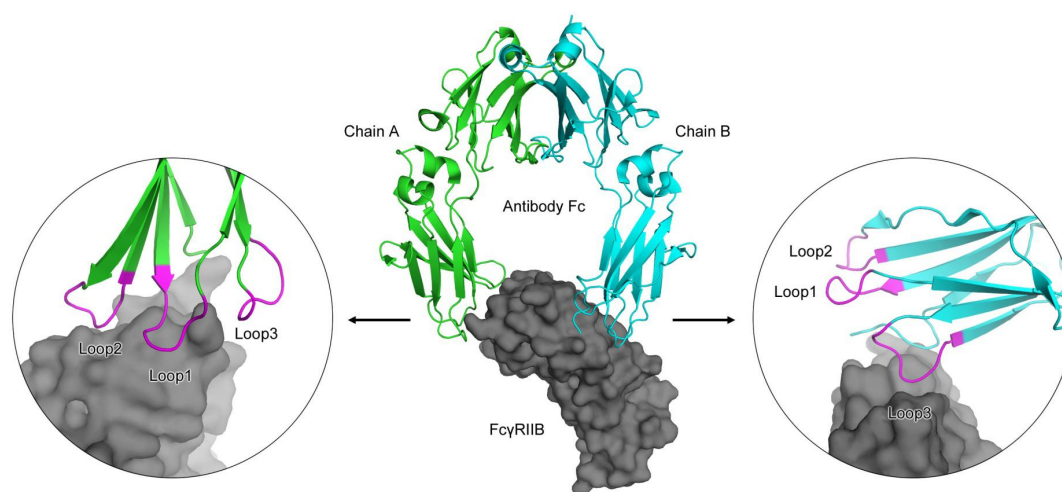
项目负责人：张宏恺

### 项目简介:

随着对单抗药效要求不断提高，Fc 区域改造是当今单抗研发的一个热点。我们开发了创新的 Fc 改造技术平台，可以高效发现具有任何结合特性的 Fc 突变体。我们找到了一系列与 FcγRIIIa 结合增强（ADCC 增强）和 FcγRIIb 结合增强（激活型抗体交联增强）的 Fc 突变体，并在 SPR、报告细胞系以及人 PBMC 血样上证明了 Fc 突变体的生物学活性。利用该方法我们一名博士生加一名硕士生就发现了 Xencor 公司的专利中报道的所有 Fc 突变体。

使用 Fc 突变体有望增加各种产品的疗效。

**市场应用前景：**FcγRIIIa 结合增强型 Fc 突变体（ADCC 增强）可以改造直接肿瘤杀伤的抗体，如 Her2 抗体；FcγRIIb 结合增强型 Fc 突变体（激活型抗体交联增强）可以改造激活型抗体，如 CD40。对标纳斯达克上市公司 Xencor 技术平台，但是我们的方法更加准确。



## 137. 高性能血液净化医用吸附树脂的创制

**项目负责人：**欧来良

**个人简介：**教授，博导，国家十三五重点研发计划首席科学家，天津市千人计划专家。

**研究方向：**血液净化、干细胞与组织工程。

**项目简介：**

针对医学中疑难性自身免疫疾病、器官衰竭、肿瘤、病毒性疾病（如艾滋病、乙肝等）治疗的迫切需要，南开大学经三十余年潜心研究，承担了国家“863”、“973”和十三五国家重点研发计划等重大项

目的额支持，成功解决了制备树脂的核心问题，创制十余种性能优良的吸附树脂。如计算机模拟小分子配基设计、细胞或分子表面抗原决定簇分子印迹技术、纳米材料等与生物材料的融合，一系列针对肾病、肝病肿瘤和病毒的高性能全血灌流吸附树脂被开发。其中针对肾衰患者血液中分子毒素 $\beta 2$ 微球蛋白的模拟小分子多肽配基吸附剂，性能优于日本临床用同类产品；用于脓毒血症患者炎症因子清除的纳米复合结构吸附树脂的性能优于美国的 Cytosorb 产品。针对肝衰患者高胆红素血症清除的 NKU-9 树脂（均分布介孔吸附剂），对患者血浆中胆红素的清除率明显优于日本可乐丽公司的 BL-300 和旭化成公司的 BR-350 树脂，且不会存在电解质紊乱等缺陷。针对肿瘤和病毒的吸附剂也取得了重要进展。申报和获得国家发明专利 20 项。获得国家科技进步二等奖等 7 项奖励，发表论文 138 篇，SCI 收录 69 篇，成果总体达到国际先进水平。其中一专利技术的转化，已经造就了一个百亿市值的企业。

### 市场应用前景：

我国慢性肾病患者已近 5000 万，其中慢性肾功能衰竭（尿毒症）患者约有 100 多万，并且正以每年 12%~15% 的速度增长。在肾病患者中，约有 900 万最后会发展为尿毒症，需要灌流患者高达数百万，市场份额在 50 亿元左右。约有 3000 万肝病患者，严重者约有 100 万需要血液灌流，按目前产品市场价估算，市场份额约为 25~30 亿元。以系统性红斑狼疮（91 万）和类风湿性关节炎（1326 万）为主的自身免疫性疾病近 1500 万人；加上数百万严重脓毒血症和高脂血症患者，可以开展血液净化治疗的潜在患者将达到两千万人次以上。肿瘤

用血液灌流器的市场前景方面，我国每年有 400 万左右新发病例，1000 万人有预防癌症需求，肿瘤血液净化吸附装置的市场容量大约在 1300 万人次，将有数百亿元的市场。

### 138. 靶向肠道菌群的 II 型糖尿病治疗药物（HMPA）的开发

项目负责人：孙涛

项目简介：

目前全球约有 4.25 亿 II 型糖尿病患者，中国的患者人数更是高达 1.14 亿。本项目通过前期的药物筛选工作发现了潜在的 II 型糖尿病（T2DM）治疗药物 HMPA，其可以显著降低 T2DM 模型大鼠的空腹血糖，改善糖耐量并且对甘油三酯及胆固醇也具有很好的调节作用；安全性评价结果显示该药物具有良好的安全性，并且对正常大鼠的血糖无影响；此外，该药物的药学研究也已经完成，该药物合成步骤少，产率高。进一步的药理机制研究显示，HMPA 主要通过调节肠道菌群发挥作用，其可以通过靶向 GlnR 促进肠道菌群对碳源的利用，提高肠道中短链脂肪酸的含量，从而发挥调节血糖血脂的作用。综上所述，该药物成药性好，药理机制新颖，有望开发为治疗 T2DM 及代谢综合征的首创型 1.1 类新药。

技术优势或技术水平：

1. 该药物成药性评价工作已经完成，成药性好；

2.该药物安全性良好;

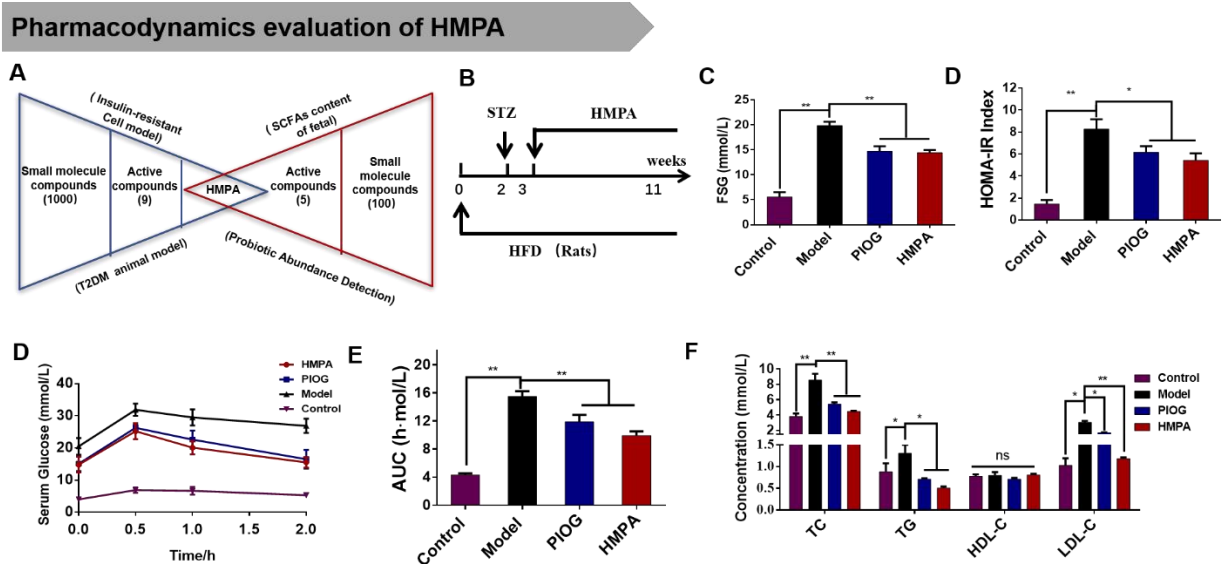
3.该药物药理机制新颖; 为自主研发的 1.1 类新药。

### 市场应用前景:

生物医药领域,该药物可以开发为治疗 II 型糖尿病或代谢综合征的药物,服务于临床,缓解患者的痛苦。此外,由于糖尿病发病率高,且需要终身服药,亦具有较好的市场前景。

II 型糖尿病发病人数高,仅中国就高达 1.14 亿人口,每年全球糖尿病市场规模高达 400 亿美元,市场巨大。

该药物成药性评价等预实验均已完成,即将进入正式临床前研究阶段,完成相关研究后申报临床试验批件,该阶段需要的预算约为 800 万元。



HMPA显著改善II型糖尿病大鼠的血糖, IR指数, 血脂参数及糖耐量

图 1. HMPA 的药效研究





步以关键蛋白为靶点含有 20000 个中药单体的单体库中高通量筛选出 PMN-MDSCs 抑制剂升麻素苷，最后利用蛋白质组学、代谢组学、分子实验以及一系列功能实验证明其作用机制以及与 PD-1/PD-L1 抑制剂的协同抗肿瘤效果。可以开发为 PD-1 抑制剂增敏药物。

#### **市场应用前景：**

本技术证明升麻素苷可以特异性剂量依赖性地抑制 PMN-MDSCs 的增殖、代谢和免疫抑制能力，并且可以剂量依赖性地改善 PD-1/PD-L1 抑制剂在黑色素瘤和小鼠乳腺癌中的抗肿瘤效果，该项目为临床上解决 PD-1/PD-L1 抑制剂的耐受提供了新的选择。

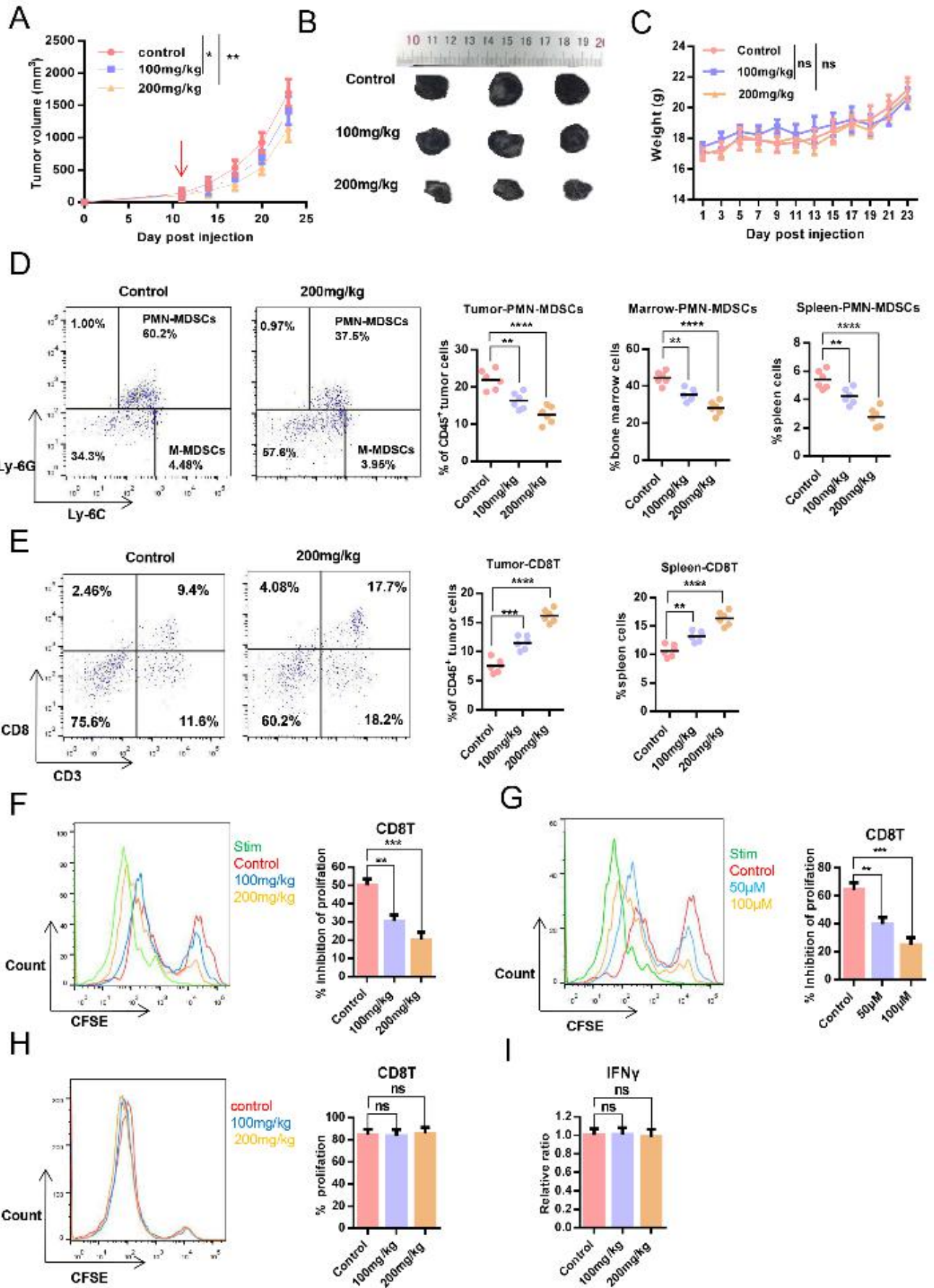


图 1. 升麻素苷可以降低 MDSC 的含量

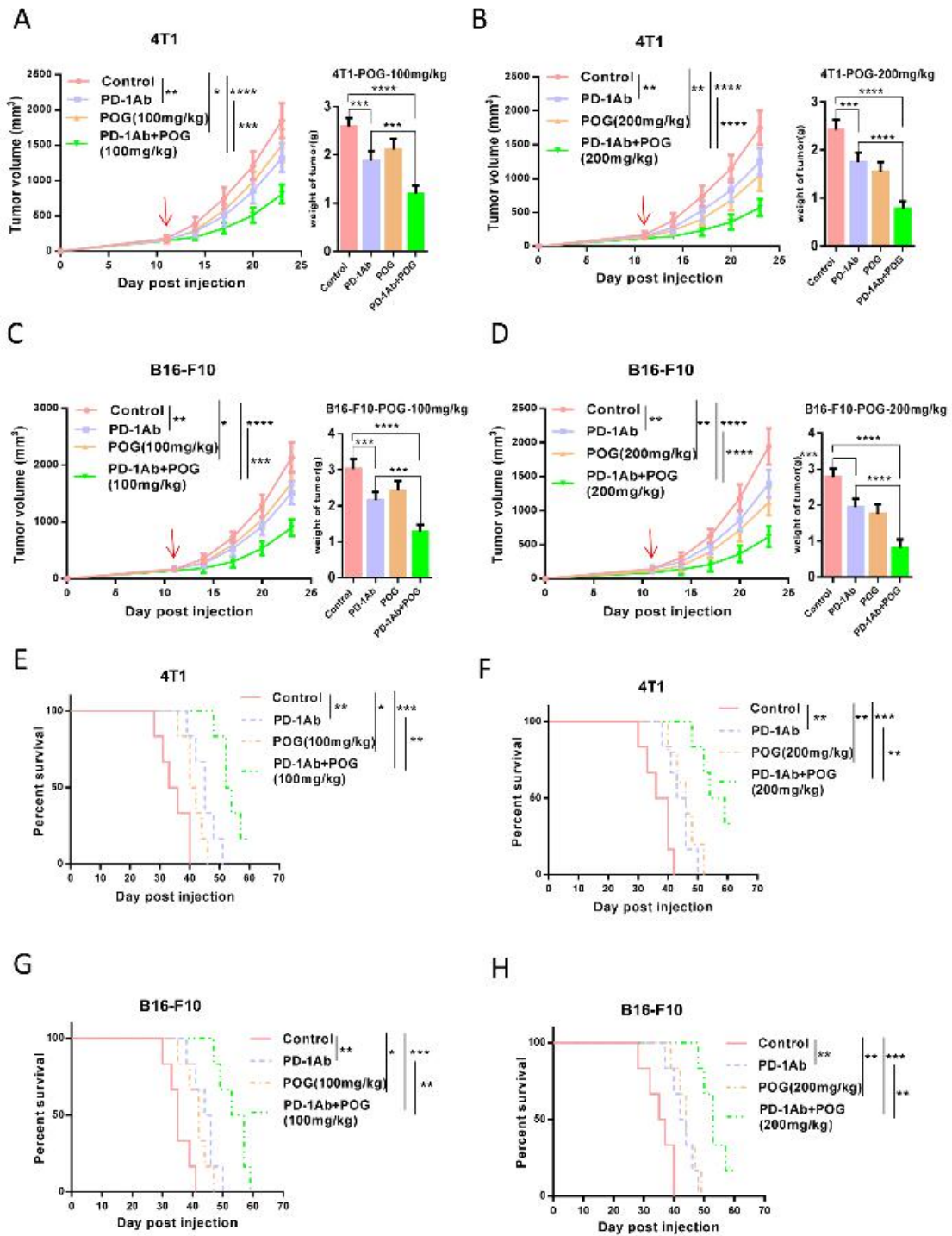


图 2. 升麻素苷增强 PD-1 抑制剂的疗效（黑色素瘤，乳腺癌）

## 140. 聚合物纤维骨架与脱细胞基质构成的杂化血管材料

项目负责人：孔德领

项目简介：

本项目通过独特的聚合物加工技术在圆柱形接收器上制备生物可降解聚合物纤维骨架，利用体内工程化技术，对聚合物骨架形成组织包裹，后经脱细胞与肝素交联处理，即可获得聚合物纤维骨架与脱细胞基质构成的杂化血管材料，用于外周动脉移植、脑内动脉移植、动静脉造瘘和心脏搭桥。本项目创新性地将聚合物良好的力学特性、脱细胞基质良好的生物相容和肝素优越的抗凝血性能进行了有效整合，使制备的血管材料兼具抗凝、促再生、力学匹配性、可缝合性和生物可降解性，而且能够在任意弯曲角度下，保证血流通畅，不打死折。此外，该血管材料还可根据植入的模板制备具有特殊形状的血管材料，满足复杂部位血管移植的需求。

技术优势或技术水平：

本项目通过体内工程化技术和脱细胞技术将聚合物纤维骨架和脱细胞基质进行了有效整合，通过骨架结构的设计可以使制备的杂化血管材料具有良好的顺应性，并且能够在任意弯曲角度下保持血管通畅。与天然动脉脱细胞血管相比，本项目制备的杂化血管材料长度、口径可控，无瓣膜、无分支，使用更加方便、安全。此外，本项目制备的杂化血管材料中的脱细胞基质结构较为疏松，与脱细胞动脉血管的致密细胞外基质相比，能够有效促进细胞迁移。

该项目处于实验室技术研究阶段，但是本项目已经完成了聚合物纤维骨架与脱细胞基质构成的杂化血管材料在兔颈动脉移植方面的研究，结果显示该血管通畅性良好，无急性凝血发生，并展示了良好的血管平滑肌细胞和血管内皮细胞的再生。在此基础上，已经开始了大动物犬颈动脉移植实验，初步的结果显示该血管材料在大动物体内仍然具有良好的通畅性和可再生性。此外，猪心脏搭桥实验也在进行中，结果显示该血管具有作为心脏搭桥人工血管的潜力。

### 市场应用前景：

本技术可用于构建外周动脉替换、脑内动脉替换、动静脉造瘘、心脏搭桥和主动脉血管替换所需的不同口径的人工血管材料。此外，该技术还有望应用于构建人工尿道、疝气补片、神经导管等材料。

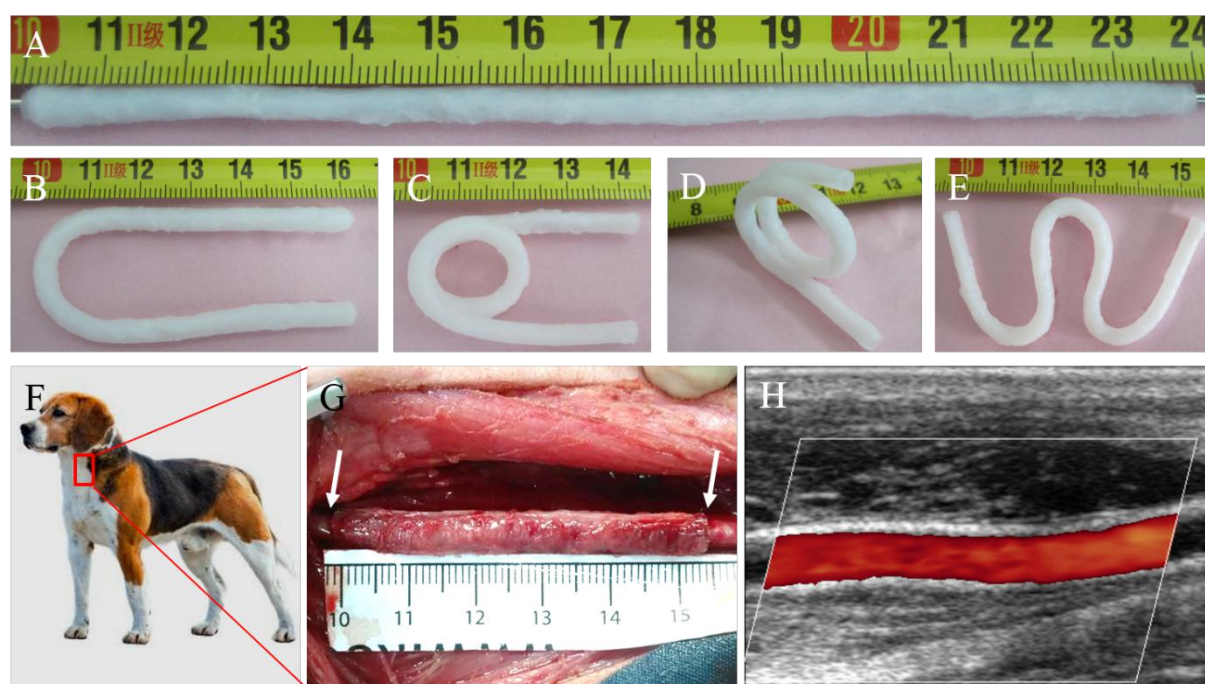


图 1. 杂化血管材料的犬颈动脉移植。A: 所制备的杂化血管材料可达 10cm 以上，能够满足临床使用需求；B, C, D 和 E: 杂化血管材料可任意弯曲，不打死折，保证血流通畅；F: 颈动脉移植使用比格犬；G: 5.5cm 长的杂化血管材料植入犬

颈动脉后无缝合端和管体渗血情况发生;H:植入1个月后的彩色多普勒超声检测显示血管通畅, 无内膜增生和血管膨胀情况发生。

## 141. 聚合物纤维骨架增强型体内工程化血管

项目负责人: 孔德领、王恺

项目简介:

本项目通过独特的聚合物加工技术在圆柱形材料上缠绕聚合物纤维, 然后植入宿主皮下, 利用宿主对外源物的免疫包裹反应对聚合物纤维形成组织包裹, 取出包裹材料, 移除圆柱形材料后即可获得聚合物纤维骨架增强的体内工程化小口径人工血管, 用于外周动脉移植和动静脉造瘘。由于聚合物纤维的结构对宿主的免疫包裹反应有调控作用, 因此本项目的技术创新点在于聚合物纤维骨架结构的设计与优化, 以制备出性能优良的血管支架材料。此外, 该聚合物纤维骨架的特殊结构经透析针穿刺后可迅速回复原貌, 使聚合物纤维骨架增强型体内工程化血管具有良好的耐穿刺性, 适用于血液透析治疗中的动静脉血管造瘘。

技术优势或技术水平:

常规方法构建的体内工程化小口径人工血管力学性能不佳, 限制了其临床应用的可行性。国内外的研究多通过增强免疫包裹反应来提高体内工程化血管的力学强度, 但是不能对所制备血管的各向力学特性进行有效调控。本项目将聚合物纤维骨架整合进包裹组织中, 通过骨架的结构设计能够有效调控所制备的工程化血管的机械性能和包裹组织的组成, 能够构建出各向力学特性和组织再生性更优异的血管

材料，这是本项目的优势。

该项目目前处于实验室技术研究阶段，但是已经完成了聚合物纤维骨架结构的优化，并通过大鼠腹主动脉移植证实了结构优化后的聚合物纤维骨架增强型体内工程化人工血管具有良好的通畅性和再生性能。该血管材料进行了犬颈动脉移植7个月的体内研究，保持良好的通畅性，且再生的血管组织具有良好的顺应性和生理功能。

### 市场应用前景：

该技术主要用于构建病人自体外周动脉替换、脑动脉替换或动静脉造楼所需的小口径（口径 $<6\text{mm}$ ）人工血管，也可用于构建主动脉血管替换所需的大口径（口径 $>6\text{mm}$ ）人工血管。此外，基于该技术还能制备用于疝气补片材料。

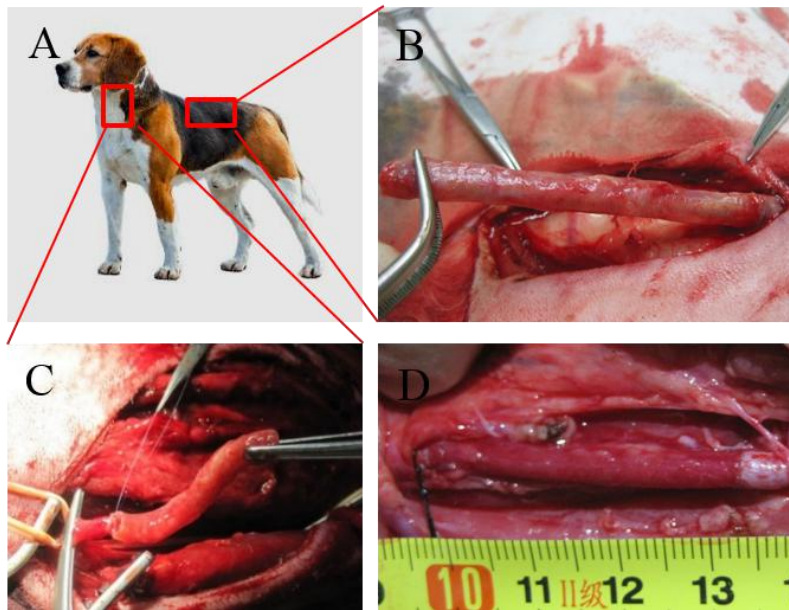


图 1. PCL 纤维骨架增强型体内工程化血管的构建与犬颈动脉移植。A: 实验用比格犬；B: 犬背部埋植聚合物纤维骨架 4 周后形成了良好的组织包裹；C: 分离包裹组织后移除硅胶管得到的聚合物纤维增强型体内工程化血管在犬颈动脉移植过程中展现了良好的可缝合性，术中针感良好；D: 端端缝合完毕恢复血流后无缝合端漏血和管体渗血情况发生。



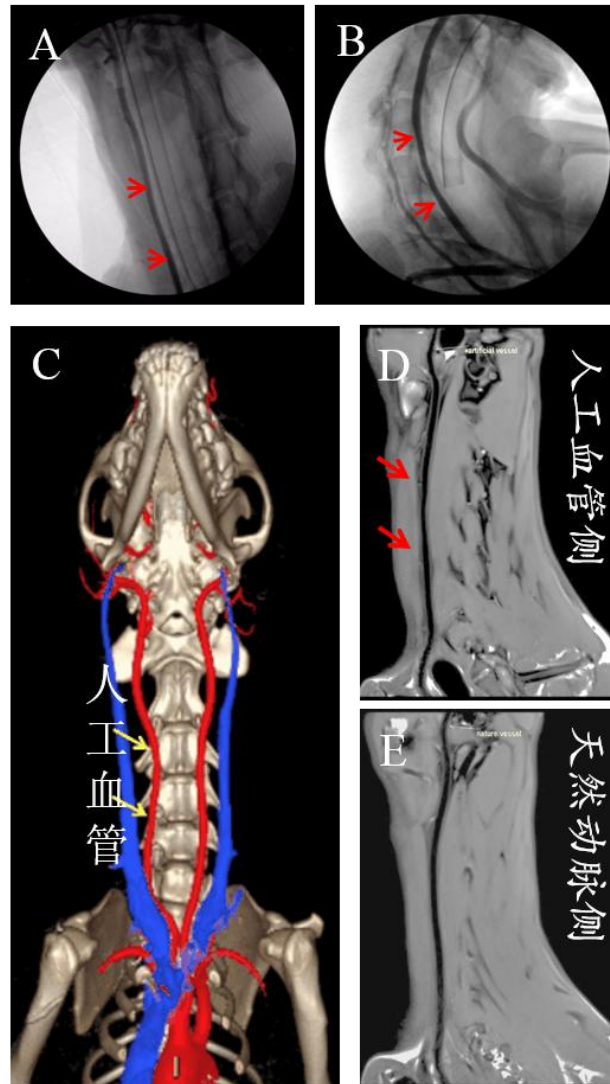


图 2. 聚合物纤维增强型体内工程化血管犬颈动脉移植 7 个月后的影像学检测。  
 A: SA 造影显示血管通畅; B: DSA 造影显示移植血管能够随着颈部弯曲而弯曲; C: 移植血管的 CT 三位重建图像显示植入血管展现了良好的曲度, 体内形态和对侧天然动脉基本一致; D 和 E: MRI 图像显示移植血管无内膜增生, 且内膜厚度与天然动脉基本相当。箭头指示部分为植入血管。

验用比格犬; B: 背部埋植 PCL 纤维骨架 4 周后形成了良好的组织包裹; C: 离包裹组织后移除硅胶管得到的 PCL 纤维骨架增强型体内工程化血管在犬颈动脉移植过程中展现了良好的可缝合性, 术中针感良好; D: 端端缝合完毕恢复血流后无缝合端漏血和管体渗血情况发生。

## 142. 新型多孔框架材料在生物医药方面的应用

项目负责人: 陈瑶

项目简介:

抗体、疫苗、激素、酶等生物制剂 (生物药) 广泛应用于预防、

诊断和治疗多种疾病，在医药领域和科研中发挥着日益重要的作用。但其易受环境影响发生降解、聚集，导致性能下降甚至发生副作用。我们首创基于新型材料的的全新生物制剂——“分子盔甲”，大大提高生物药的稳定性和可加工性。制备方法简单。此新型制剂手段对抗体或酶的活性无影响，并使其热、化学及机械稳定性大大提高。另外，材料保护层可在 10 秒内完全去除，释放出所保护的抗体、酶（效率达 99% 以上），因此材料无需进入抗体、酶等的后续（体内）使用过程，有效避免材料可能引发的生物安全等问题。

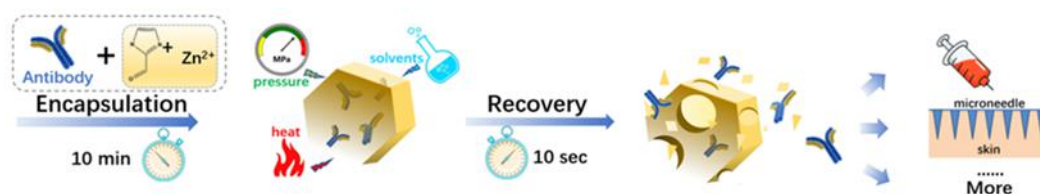
#### **技术优势或技术水平：**

本项目可以简便快速的实现对抗体和酶等生物分子的高效包裹（99% 以上）和快速释放（10s 内），此新型制剂手段对多种生物分子的活性无影响，并且使其热、化学及机械稳定性得到大幅度提高，使得抗体和酶等具备机械加工性能。此外，这一保护层可快速（10 秒内）完全去除，因此无需进入后续使用过程，因而与传统添加剂和其他制剂策略相比，可大大降低生物安全性风险和对催化和药物效果的影响。

#### **市场应用前景：**

此技术应用范围广泛。可应用于生物药和酶制剂的制备、保藏、储运和使用。例如服务于药物研发、制药行业、医疗机构、生物化工企业、生物制药、酶制剂产品等等，以及新型生物药品等的研发。本技术具有成本低、方便高效、安全性高等优势，有望使得生物药和酶制剂等的生产、储运和使用摆脱冷链，大大降低成本，提高安全性。

还可用于相关领域便携剂型等的研发制备。



抗体包裹及释放过程

### 143. 一种防治肺损伤的干细胞来源的外泌体制剂

项目负责人：李宗金

项目简介：

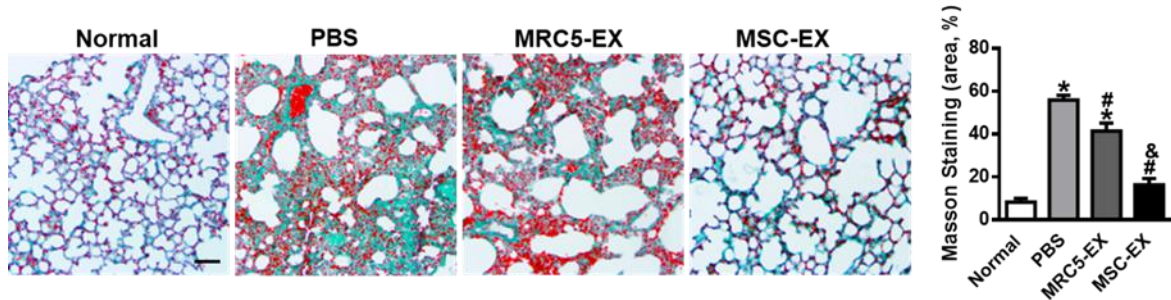
本项目是一种防治肺损伤的干细胞来源的外泌体制剂。干细胞来源的外泌体制剂,通过超速离心的方法提取,通过静脉或气管插管注射到肺部来改善肺损伤;该外泌体制剂可以释放蛋白质和 microRNA 来改善损伤部位的微环境,从而抑制肺部细胞的损伤、抑制炎症反应和肺纤维化的形成。该外泌体制剂为通过非细胞制剂,组织改善显著,具有很好的应用价值。

技术优势或技术水平：

- 1.间充质干细胞来源的外泌体：含有大量的蛋白质和 RNA；具有促进再生的作用；可以长期稳定保存，便于运输；生物安全性高，避免了干细胞使用的各种繁琐程序，同时又具有间充质干细胞类似的功能。
- 2.肿瘤放化疗引起的肺损伤：目前这些肺损伤的发病率非常高，严重影响肿瘤的治疗效果与预后，常规疗法效果不明显。
- 3.易于产业化—不含细胞成份，易于审批，又节约了生产成本。

### 市场应用前景：

本技术应用到放射、化疗等引起的肺组织损伤的治疗，降低炎症及预防、治疗肺纤维化。



图片显示外泌体治疗组有较好的效果（MSC-EX），肺部的纤维化得到了较好的改善

## 144. 原创新型抗钙化耐久性介入主动脉瓣膜研发

项目负责人：冷希岗，王志红，刘婧，孔德领

### 项目简介：

本项目针对“介入主动脉瓣膜置换手术（TAVI）技术临床应用中面临的耐久性核心问题”，我们围绕“抗钙化瓣膜新技术”研发，从组织免疫原性与交联剂双因素引发钙化发生机制入手，通过联合脱细胞方法改进与应用新型天然交联剂的优势，开发获得2项抗钙化瓣膜材料制备新技术，已申请中国专利，正在进行PCT申请。

利用细胞学实验与动物实验，验证了所制备的瓣叶材料抗钙化性、力学性能以及细胞相容性，均显著优于现市售产品。

### 技术优势或技术水平：

本技术所制备的瓣叶材料与现有国内市售产品相比；

1. 抗钙化性能低于  $1 \mu\text{g}/\text{mg}$ 。与传统戊二醛交联相比，抗钙化性能降

低数十倍，远低于现有市售产品。

2.细胞毒性大大降低（细胞在材料上生长良好，而市售产品细胞几乎不生长）；

3.力学性能相当；

4.血液相容性良好。

**市场应用前景：**植介入人工心脏瓣膜以及生物补片。据有关机构调查显示，2016年全球假体心脏瓣膜市场价值达38.74亿美元，到2023年有望增长至83.92亿美元，同比增长11.4%。而其中生物心脏瓣膜市场份额增长迅速。从国内市场的情况来看，随着我国经济发展，居民消费观念转变，心脏瓣膜疾病人数增加，以及人口老龄化趋势加剧的影响，我国人工瓣膜市场预计未来几年的增长率将在10%-15%之间。介入人工心脏瓣膜在美国的市场占有率已经超过75%，而在国内还不到5%，也就是说美国大多数的瓣膜病人会选择介入人工心脏瓣膜，而我国则截然相反。此外，当发达国家机械瓣膜占有率快速下降的时候，我国的生物瓣膜市场却发展缓慢。



新型抗钙化介入主动脉瓣膜产品雏形

## 145. 生物防治技术与京津地区放心蔬菜项目

**项目负责人：**阮维斌

**个人简介：**研究员

**研究方向：**生物防治与土壤生物功能

**项目简介：**

当前我国食品安全形势令人担忧。在种植过程中会使用除草剂、化学杀虫剂。存在低毒农药的过量反复使用以及高毒农药的非法使用问题。以韭菜为例，农户每收获一次，通常会使用一次农药提前预防韭菜地下害虫韭蛆的危害。低毒农药长期使用，会造成害虫抗药性增加，农药的使用频次及单次用量不断增加，造成农药的不规范使用问题。同时，为了保证产量，有的种植户会非法使用3911、敌敌畏、涕灭威等在蔬菜上禁用的剧毒农药。经过前期积累，目前实验室建立了有害昆虫天敌—昆虫病原线虫研发应用平台。实验室分别从天津、云南、宁夏、江苏、山东等地采取土壤样品，分离到昆虫病原线虫品系四十余株，均表现出具有很好的防虫效果。项目先后在天津各区县、北京、河北秦皇岛、河北张家口、山东莱西、山东平度山东寿光、江苏泰州等地开展推广应用。我们将建立全国性的昆虫病原线虫资源库，并发展相关应用技术。

**技术创新点：**

在放心蔬菜生产过程中，我们会在防虫网、黄板等物理措施的基础上，采用以虫治虫技术（昆虫病原线虫、捕食螨、蚜茧蜂）对地下害虫和地面害虫进行综合防治。同时，在蔬菜反季节种植过程中，我们会采用熊蜂授粉，机械振动授粉，保障蔬菜产量，承诺做到整个生产过程中不使用一滴化学农药。此外，采用人工除草和生物除草等措

施，禁止使用任何化学除草剂，保障土壤质量和蔬菜质量安全。

### **市场应用前景：**

采用“以虫治虫”技术生产的韭菜，农药残留未检出。已经通过淘宝网在全国进行销售。主要在天津地区销售，每斤售价达 15 元。2016 年春节，放心韭菜一度供不应求。一方面说明韭菜质量的可靠性，另一方面说明了大家对放心蔬菜的强大需求。自 2016 年 6 月，我们已经着手展开家庭配菜。在以虫治虫的基础上，结合物理防治，推广自然农法，让作物按照自然方式生长。种植过程中，杜绝使用化学农药。目前已经给将近七十多个家庭和两个幼儿园配菜，反馈效果相当好。

近期我们将在中粮我买网、京东和其他一些网站，销售我们的蔬菜。当前我们主要以天津基地为主，辐射京津冀，预期能够达到两千会员，争取五年内年销售额达到 2000 万到 3000 万。另外，当前情况下以下蔬菜农药残留问题突出。首先是韭菜，其次圆白菜，然后是叶菜类。基于此，我们还将推出几个蔬菜单品。

## **146. 光动力治疗用的光敏药物的研究与开发**

**项目负责人：洪章勇**

**个人简介：**教授，博导，生物化学与分子生物学系主任。

**研究方向：**生物化学、化学生物学、生物医药。

**项目简介：**

光动力治疗是一种相对无损的副作用极低的肿瘤治疗新方法，有重大临床应用价值。本实验室多年来一直致力于发展新型的高肿瘤靶向性的光敏剂，提高对肿瘤的杀伤能力和进一步降低对周边组织的副作用，当前建有非常完备的光敏药物的研究和开发的技术平台。在此

技术平台上, 我们已发展了多个具有非常重要临床应用潜力的候选分子, 在低功率近红外光的照射下, 对细胞的杀伤力接近 1-10 nM (EC50), 在动物肿瘤模型上一两次的光动力治疗实现肿瘤的完全清除, 并不会复发。可以用于包括喉癌, 食管癌, 头颈部癌, 胃癌, 肠癌等很多肿瘤的治疗。本技术具有完全的知识产权。

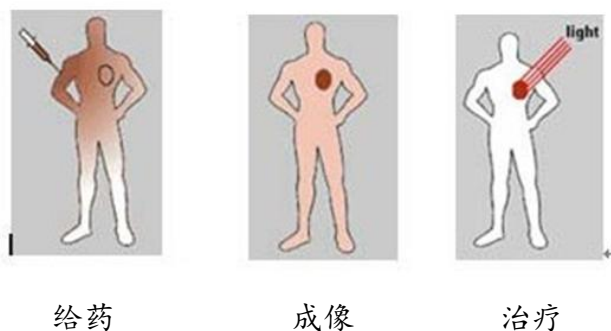


图 1. 肿瘤光动力治疗示意图。

#### 技术创新点和阶段性成果:

药物在中路部位高度富集, 对周边组织副作用大大降低。

常规光敏药物仅能用于 0.5cm 直径大小的肿瘤的治疗, 我们的化合物能用于接近 1.5 cm 大小的肿瘤的治疗。

常规光敏药物在体内滞留 50 天, 导致比较强的光毒性, 我们的化合物在体内几天就完全清除, 光毒性显著降低。

#### 合作方式:

我们希望借助本项目的支助, 一方面多我们现有的几个高效的肿瘤特异性的光敏药物进行进一步的临床开发, 完成它们的临床前的评价实验, 包括药物的中试放大合成, 药物在各种动物模型上的全面的正式的治疗效果评价, 药物的安全性评价, 及药物的代谢评价等, 以期能尽快申报国家的临床评价, 早日进入临床造福人类。另一方面我们进一步优化我们的技术, 提高药物在肿瘤富集的效率 and 提升光敏部分对光的敏感能力及对肿瘤的杀伤能力, 并进一步将我们的技术扩展



到更多种类的肿瘤治疗上面，开发更多种类肿瘤的光动力治疗药物。

### **147. 基于液滴微流控构建重链、轻链匹配的抗体文库的技术体系**

**项目负责人：张宏恺**

**项目简介：**

目前我们利用小鼠 B 细胞初步建成了利用微流控滴系统建立重链、轻链天然配对抗体库的技术体系。自 2018 年欧美三家研究机构和制药公司报道了利用类似技术筛选病毒中和性抗体的工作。该平台不仅极大促进病毒中和性抗体的开发，而且使其他疾病病人（例如自身免疫性疾病或癌症）免疫库组成（抗体或 TCR）分析成为可能。

**技术优势或技术水平：**

本项目技术需要优化参数多，技术门槛高。已知目前国内唯一同类平台。

**市场应用前景：**

用于从康复患者血液中直接分离病毒中和性抗体，可拓展到天然抗体和 TCR 序列的分离。

### **148. 武装化溶瘤疱疹病毒技术及基于人工智能患者分群方法的建立**

**项目负责人：张宏恺**

**项目简介：**

溶瘤病毒正成为免疫检查点拮抗剂之后又一个肿瘤免疫疗法的重要领域，单纯疱疹病毒（HSV-1）是最为有效和开展临床实验最多的溶瘤病毒之一。

#### 技术优势或技术水平：

建立了完整的溶瘤病毒实验室研发体系，可高效的改造和测试病毒体外、体内活性。实验室、临床和人工智能的紧密合作，合作三方为南开大学及附属医院。

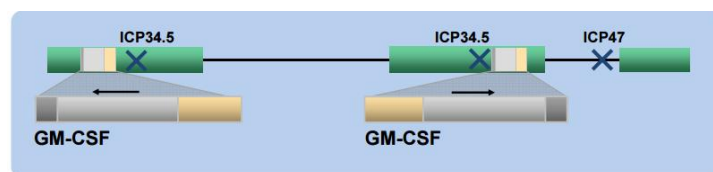
#### 技术创新点：

1、我们建立了可被溶瘤病毒感染的免疫完整小鼠胰腺癌模型用于评估下一代溶瘤病毒。

2、我们建立了改造 HSV-1 基因组、实验室生产、纯化及质量控制的体系。

3、在口腔癌或癌前病变临床样品上检测溶瘤病毒效果，并通过对有效/无效病人样品进行深度学习等人工智能方法分析建立适合使用溶瘤病毒治疗的患者模型。

**市场应用前景：**选择口腔癌领域作为第一个适应症，之后可以拓展到各种实体瘤类型。



## 149. 靶向药探针染色技术用于药物敏感性检测及病理诊断

项目负责人：孙涛

项目简介：

多靶点激酶抑制剂已被用于多种恶性肿瘤，但在临床应用中的疗效因人而异，且缺乏用药前的预测手段。本技术将化学生物学中的药物探针与荧光素利用“点击化学”相偶联，从而实现药物“可视化”。利用该技术处理患者的病理切片（诊断时即已获得），在4h之内即可通过染色强度来预测该靶向药是否对该患者有效，从而提升患者用药的精准性。该方法对新药临床试验中的患者入组也有重要指导意义。某些靶向药探针（如索拉非尼探针）的染色结果还可用于辅助病理诊断。

技术优势或技术水平：

目前学术界尚无将药物探针应用于组织染色的报道，本技术属首创。

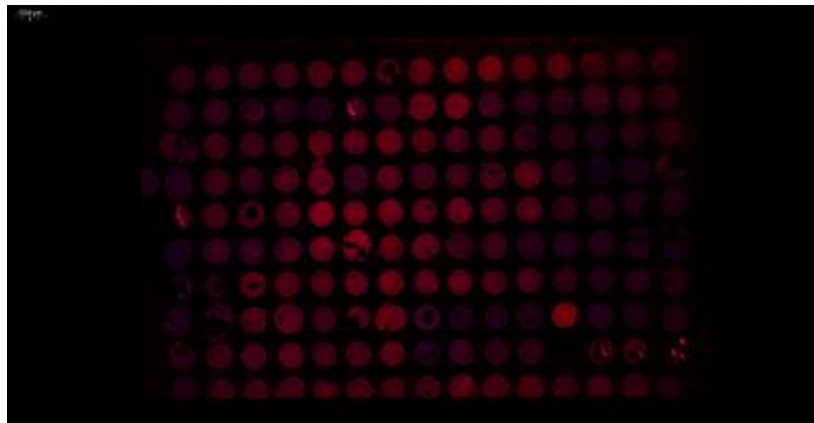
与目前进行药敏检测的方法——二代测序与PDX相比，本技术比二代测序精准（本技术为直接检测靶点表达量，而目前用于检测药敏的二代测序仅获得基因突变信息），成本极低（约为二代测序的千分之一、PDX的万分之一），用时短（染色用时约4小时，当天即可得到结果），所需样本为容易获得的病理切片，无需新鲜样本。

市场应用前景：

1. 检测肿瘤患者对靶向药的敏感性，指导患者用药，提升患者生

存机会和生活质量；

2. 新药临床试验前，用于确定合适的病例群入组；
3. 用于研究药物定位、组织分布、毒副作用等；
4. 应用于病理学的诊断和预测。



图为利用索拉非尼探针对 150 例肝癌制成的组织芯片染色后得到的结果

## 150. 名贵中药铁皮石斛工厂化生产技术

项目负责人：李秀兰

个人简介：教授级高级工程师

研究方向：遗传学

项目简介：

铁皮石斛（*Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl）又称黑节草，它是一种附生、多年生草本兰科植物。主要分布在我国云南、贵州、广西、浙江、安徽、湖北、台湾等地。年平均气温 12-18 度，相对湿度 60-75%，林间透光度 60%左右，年降雨量 1100-1500mm。生长在常绿阔叶林中，附生于树干上或石灰岩上。近代药理药化研究表明，铁皮石斛药物化学成分主要是多糖类、生物碱和抗肿瘤活性物质。多糖含量达 18.2%-22.27%，这些多糖类是免疫增强剂，具有增强 T 细

胞及巨噬细胞免疫活性作用。铁皮石斛含有两种抗癌菲类化合物，具有对肝癌和艾氏腹水癌细胞的抑制作用。铁皮石斛具有滋阴、清热、生津作用，主要与-ATP 酶活性有关。现代临床应用和药理研究证实，铁皮石斛除具有滋阴润肺、养胃生津等功效外，还对慢性疲劳综合征、糖尿病、肾病有确切疗效和调理康复作用。

铁皮石斛自然生长十分缓慢，生境奇特，产量低。目前市场上铁皮石斛鲜品的价格 400~600 元/kg，按平均亩产 300 kg 计算，亩产值可达近 12 万元以上。据最新统计，目前全国铁皮石斛鲜条年产量还未达到 200 吨，远远满足不了市场需求。铁皮石斛种植产业处于起步阶段，利润可观，市场前景广阔，有望发展成为新兴的生物产业。

#### **项目特色：**

铁皮石斛与其它兰科植物一样，种子非常小，只有几十个尚未分化的细胞组成，没有胚乳，种子在自然界基本上是不能萌发的，因而使铁皮石斛资源濒临灭绝，加之铁皮石斛的药用价值是众所周知的，因此目前在自然界很难找到它的野生资源。我们课题组经过几年的研究，建立了铁皮石斛种苗工厂化生产技术，目前可达到年产铁皮石斛种苗在百万级以上的生产规模。

具有自主知识产权的铁皮石斛多倍体种苗生产方法和一套完整的铁皮石斛简易化种苗生产方法，目前已获得 3 项发明专利。

#### **市场应用前景：**

随着人们生活水平的不断提高，健康、长寿是社会的共同认识，人们对铁皮石斛产品的需求也日渐成熟，而且铁皮石斛在市场上具有较高的知名度，无论是鲜条还是枫斗都具有广阔的市场前景。利用现有优势和技术平台，开发铁皮石斛系列产品，将来的社会效益与经济效益都是不可估量的。

应用组织培养技术建立的铁皮石斛种苗工厂化生产技术：



铁皮石斛花



铁皮石斛蒴果



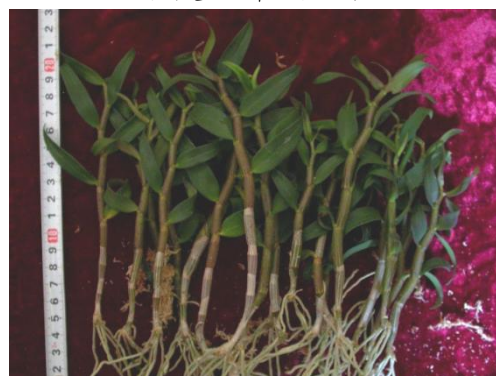
铁皮石斛瓶苗



铁皮石斛出瓶苗



铁皮石斛移栽苗



铁皮石斛成品植株

## 151. 新型膜表面生物活性材料真菌疏水蛋白产业化及应用

项目负责人：乔明强

个人简介：教授，博导，2006 教育部新世纪优秀人才。

研究方向：病原细菌功能基因组学研究、生物源性多肽抑制病原菌机理与产业化、真菌疏水蛋白性质、功能与应用研发、合成生物学。

项目简介：

真菌疏水蛋白具有自我装配成膜的性质，因此

(1) 疏水蛋白可作为蛋白和细胞固定化的媒介，可用于生物传感器和生物芯片，作为引发层，交联上配体或形成融合蛋白，能使特定分子固定化到特定表面。

(2) 它能改变表面的属性，保护表面。可用于提高医学器官移植生物相容性和防止微生物细胞粘附；可应用于医药行业中烧伤、创伤的创面保护，为临床病人创面保护和恢复提供一种安全无毒、操作简便、高效低耗的新手段。

(3) 作为一种生物表面活性剂，疏水蛋白还可以用于促进土壤中的污染物的降解和应用在石油泄漏后回收石油的过程中。

(4) 疏水蛋白具有表面活性，可用于食品对抗相变能力并形成稳定泡沫，使其在密封食品生产上发挥重要作用；

(5) 也可用于日用化妆品生产中，因疏水蛋白可以作为洗洁产品的成分，根据其疏水、亲水两相间的转变，可通过自我装配而将面部的油脂等疏水的成分包裹起来，再用水清洗将其除去，也可以作为保护秀发的天然膜，使发部维持清洁并保持一定水分；将它运用到面部的美容护理，由于它的特性，能使皮肤表面形成一层天然生物活性保护膜，起到皮肤保湿、免受外界空气中污浊物的侵害，从而达到护肤美容之功效。

(6) 疏水蛋白直接包裹药物以改变药物溶解性并实现控、缓释。通过真菌疏水蛋白与难溶于水的药物混合，可以达到良好的分散效果，并延长了两种药物的药效持续时间。

(7) 真菌疏水蛋白与其他的功能性蛋白或小肽组成融合蛋白，同时发挥疏水蛋白的稳定吸附材料表面的特性和功能性蛋白或小肽的特异性功能，如在组织工程、抗炎抗菌材料等。

### **项目特色：**

纯天然生物制品，无毒害，无污染。耐酸碱，抗相变能力强。自我装配形成有活性的蛋白膜。具有良好的热稳定性和透气不透水性。由于它的特性，使得它具有：(1) 自动成膜，无需贴敷，使用便利；(2) 透气性优良；(3) 纯天然无化学添加成分，瑞氏木霉已被证明是安全的菌种；(4) 组织相容性好，避免了严重的排异反应；(5) 耐高温（100 摄氏度仍保持活性），易于消毒；(6) 稳定不降解，便于产品的长期保存；(7) 用表面活性剂就可以很容易地清洗 (8) 延展性好，1 毫克的疏水蛋白在液面就可以展开 1 平方米的薄膜 (9) 透明，可直接透过成膜观察 (10) 性价比高。

### **市场应用前景：**

目前国际上尚未实现疏水蛋白的工业化生产，其相关应用产品的开发更为滞后。我们在已实现疏水蛋白中试研发的基础上，扩大发酵规模，进行后续产品的开发，我们的技术和工艺现居国际领先地位，无疑会占有宝贵的先机。

疏水蛋白产品将作为新一代膜生物活性材料进入市场，它的出现将会革命性地取代现有化学产品，这无疑给人类的健康带来了很大的益处，消除人类在预防和治疗疾病、食品加工、以及医学检测、食物保鲜方面为健康做出努力的同时给自身带来的潜在危害，而且价格更为低廉。因此，本项目大规模生产疏水蛋白及其应用开发是有非常广阔的市场前景的，并且我们的技术在国际和国内市场处于领先地位。这些产品都将在国际市场上处于最优竞争状态。

## **152. 生长因子功能肽**

**项目负责人：杨志谋 教授**



### **项目简介：**

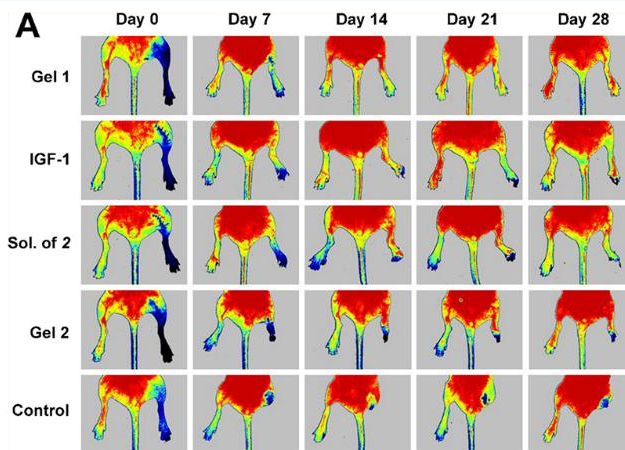
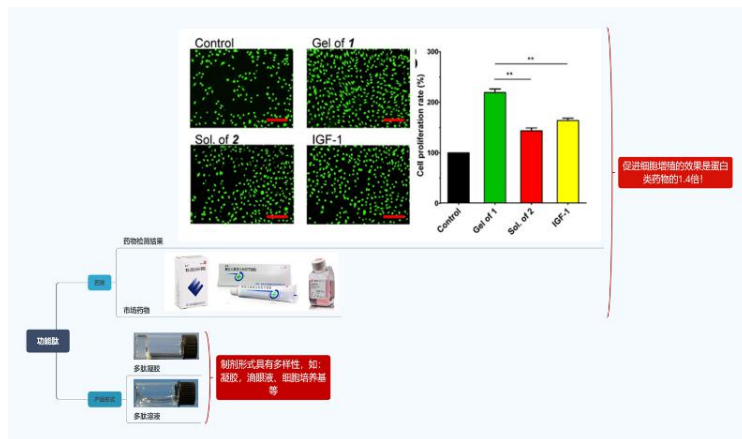
生长因子是一类功能性蛋白质，广泛应用于细胞增殖、损伤修复、疾病治疗等方面。然而其具有蛋白质药物的先天不足：价格高、保存条件苛刻、体内半衰期短、无法透皮和口服给药给药方式受限等。我们的核心技术主要是分子自组装的技术，将生长因子与受体结合的多肽可控组装成活性二级结构，达到模拟生长因子的目的。在细胞增殖的研究中，我们功能肽促进细胞增殖的效果是市售蛋白的 1.4 倍，成本仅为蛋白的五百分之一以下。

### **技术优势或技术水平：**

我们可以简便的化学合成出多肽功能片段，从而降低生产成本，而我们的超分子自组装与路径调控策略有能够有效的使其发挥功效并且提高其分子稳定性，通过效价换算，10 nmol 多肽成本 0.1 元，同样活性的蛋白需要 14 nmol，成本是 60 元，我们的成本是市售蛋白的 1/600！技术具有普适性，能够治疗多种疾病，包括糖尿病足、急性肾损伤、肌肉萎缩和动脉粥样硬化等。

### **应用范围：**

在生长因子药物方面，我们的目标客户主要是医院等医疗机构和生物制药产品的厂家，用于新型药品和医疗器械的研发。在细胞培养方面，主要希望能够与培养基生产厂家进行合作，发展系列用于细胞扩增的高效培养基。



## 153. 肿瘤转移基因芯片

项目负责人：张晓东

个人简介：教授，博导，中组部国家“千人计划”入选者。

研究方向：肿瘤分子生物学、探讨乙肝病毒致癌分子机制和乳腺癌转移分子机制、筛选抗肿瘤药物。

项目简介：

南开大学在天津市科技发展计划科技攻关项目《建立和应用肿瘤转移相关基因生物芯片筛选抗肿瘤转移药物的研究》的资助下，进行了肿瘤转移相关基因生物芯片的研究，在设计探针后，完成制备了含有 213 个肿瘤转移相关基因的基因芯片。

应用上述基因芯片所进行的大量的研究工作，表明该基因芯片有

很好的应用前景。由于该基因芯片的成本低于全基因组芯片，有利于大量推广使用。与科研机构、医院和药厂等相关企业合作，大量制备该基因芯片，实现产业化，投放市场使用，可实现良好的社会和经济效益。

#### **应用价值：**

**基础研究：**可应用该基因芯片进行肿瘤转移分子机制的基础研究，筛选与肿瘤转移相关的信号传导途径。

**应用研究：**可应用该基因芯片筛选抗肿瘤转移的药物；在临床上对切除的肿瘤组织进行检测，进行原代细胞培养的基础上检测对不同化疗药物的敏感性，为临床治疗方案提供依据。

### **154. 水体中主要病原微生物特异分子标识库的建立和快速检测技术**

**项目负责人：曹勃阳**

**个人简介：**教授，博导，2010 天津市科技进步一等奖。

**研究方向：**微生物基因组学和功能基因组学、病原微生物的遗传进化和致病机理研究、重要病原微生物的特异分子标识的筛选、生物芯片技术研究与应用。

#### **项目简介：**

水是生命得以存在的必要条件，它使我们人类得以繁衍生息，人类的生活、生产、娱乐都离不开水。它同时也是许多病原微生物滋生、传播的场所和载体，这些病原微生物一旦进入人体则将可能使人患病、甚至导致死亡，严重威胁着人类健康。随着社会的发展和水平的提高，人们越来越关心自身的健康问题，而各种水体（包括生活饮用

水, 江河湖泊, 游泳场馆等) 的安全问题也日益成为人们关注的热点。因此, 为了保护人们的身体健康, 对各种水体尤其是饮用水中病原微生物的检测是十分必要和亟需的。本项目旨在建立水体中主要病原微生物特异分子标识库, 并以此为基础建立快速检测技术, 以实现包括生活饮用水在内的各种水体中主要病原微生物(致病性细菌和原生动物等) 的迅速、准确的检测, 为人们的用水安全和水质状况的评估提供依据。

**应用价值:**

根据我国现行饮用水水质标准及 WHO、USEPA 和欧盟的相关规定, 确定芯片的检测范围为 12 种细菌、1 种钩端螺旋体和 2 种原生虫: 金黄色葡萄球菌, 嗜肺军团菌, 粪肠球菌, 屎肠球菌, 肺炎克雷伯氏菌, 铜绿假单胞菌, 亲水气单胞, 大肠杆菌/志贺氏菌, 小肠结肠炎耶尔森氏菌, 霍乱弧菌, 副溶血弧菌, 沙门氏菌, 钩端螺旋体, 贾第鞭毛虫, 隐孢子虫。

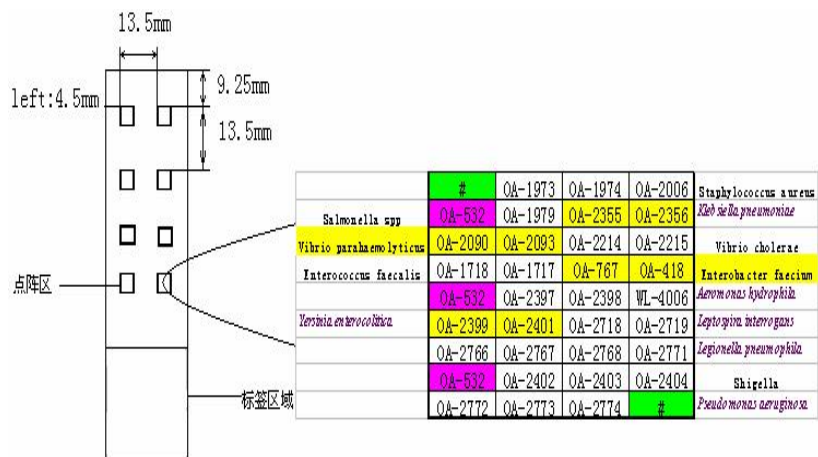


图 1: 芯片点阵排布图

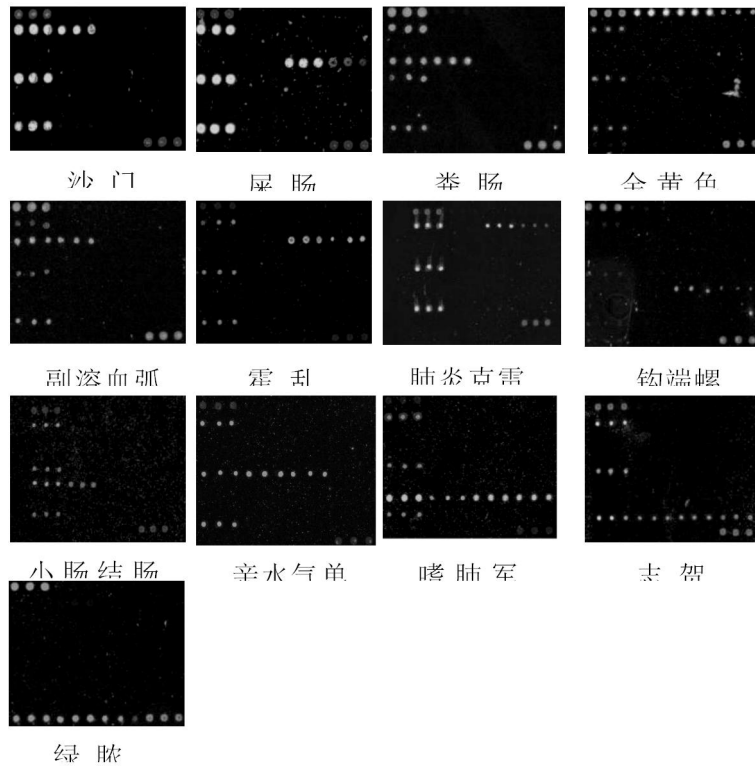


图 2：芯片杂交图

## 155. 创制转基因技术中带有安全筛选标记的安全转化载体

项目负责人：王宁宁

个人简介：教授，博导，教育部“新世界优秀人才”。

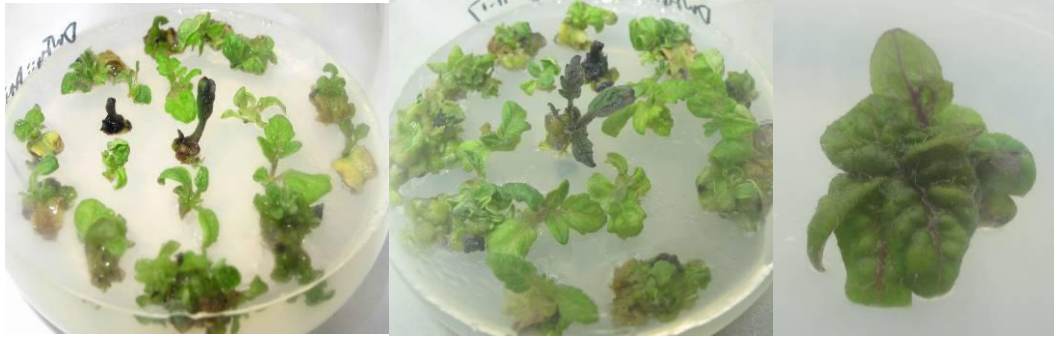
研究方向：植物分子生物学。

项目简介：

选择标记转基因作物已成为近年来植物基因工程技术研究的重点之一，随着转基因作物产品的商品化，转基因植物的生物安全性受到公众越来越多的关注，尤其是目前抗生素标记基因在植物遗传转化过程中的广泛应用，使人们对这些标记基因可能带来的潜在危害性心存疑虑，抗性标记基因的存在严重地阻碍了转基因植物的商品化进程和转化技术本身的有效性。

本项目培育的无抗生素标记基因(可视化标记基因)在建立高效、

安全、规模化的转基因作物技术体系方面取得突破，以紫色幼芽作为可视筛选标记代替抗生素筛选标记，构建了新型转化载体并应用于作物，已申请2项发明专利。



如图：我们构建的新型筛选标记使转基因植株在组培诱导生芽的特殊阶段幼芽或叶脉呈紫色，可以根据颜色差异筛选出转基因植株。

## 156. 微生物诊断血清试剂盒及免疫磁珠分离试剂盒

项目负责人：刘 斌

个人简介：研究员，2007 天津市自然科学一等奖（第三完成人）。

研究方向：微生物学、生化与分子生物学。

项目简介：

利用现代分子生物学方法对传统抗血清制备技术进行改造，突破了过去抗血清生产经验为主造成的不确定性和不系统性，提高了抗血清制备的技术含量和生产效率。有效去除抗血清中的非特异性抗体，从而实现抗体制备的标准化和规模化生产，同时也降低了生产成本。

免疫磁珠分离技术的最突出的优点是特异性强，可以明显提高检测的灵敏性，缩短病原体的检测时间一至数天，并且可从复杂的样品中直接分离病原体，降低标本中抑制物的干扰，提高灵敏度。

已生产出 3 种诊断血清产品，包括“致病性大肠杆菌 O 抗原诊断血清试剂盒”、“大肠杆菌 H 抗原全套诊断血清试剂盒”和“志贺氏菌 O 抗原全套诊断血清试剂盒”，共计 147 种高特异性抗体。经中国 CDC 使用证实，该血清具有反应速度快、特异性强的特点，与日本生研同类血清质量相当，远优于国内同类产品。

继续市场调研的基础上，再进行 11 种改类试剂盒的研发和生产，填补国内外市场空白。

本项目完成后，实施单位将可生产 12 种诊断血清试剂盒（包括前期已完成开发的 3 种），按每个疾控中心每年需求每种试剂盒一套计算，总需求量约 1200 套。此外，进出口检验检疫单位对某些种类的血清亦有一定需求，约为 300 套。按每套试剂盒平均 1 万元的售价计算，每年的市场可达 1500 万元。

免疫磁珠分离试剂盒可广泛应用于临床检验，食品检验，水质 / 环境检验，兽药检验等，市场非常之大，现主要的生产商为国外的 Dynal 和 Matrix 公司，以 Dynal 公司为例，其每年可创造数十亿美元的销售额。由于依赖进口，国内多家疾病预防控制和出入境检验检疫单位已经向项目实施单位提出了产品的开发意向。该产品研发成本约为每毫升 600 元，销售价格在每毫升 2000 元左右，显示了良好的市场前景。

## 157. 玫瑰花提取物及其应用

项目负责人：刘 方

个人简介：教授，博导。

研究方向：微生物学、分子生物学和生物化学。

项目简介：

目前研究结果显示，氧自由基不仅与衰老有关，而且与人类大多数疾病也有一定的关系。比如从人类死亡率最高的心脑血管疾病到人类最可怕的癌症以及艾滋病，无一不和自由基有着密切的关系。因此科研人员试图通过防治自由基产生或清除过量自由基而达到防病治病的目的。目前人工合成的抗氧化剂，具有一定的毒性和诱变性，在使用上受到很大程度的限制，所以国内外研究人员一直试图从植物中寻找安全、有效的天然抗氧化剂。如茶叶中的茶多酚、银杏叶提取物中的黄酮类和萜类等。本研究项目是从玫瑰花中提取抗氧化活性物质，并对其提取方法和抗氧化活性成分的应用进行探索。

本项目涉及天然植物玫瑰花的提取，该提取物包括多糖类、蛋白类和有机酸类，总有效成分占提取物总量的 30%，其中主要包括含多糖 84.74%，蛋白 8.57%，没食子酸衍生物 6.69%。得到的玫瑰花提取物不仅对机体红细胞溶血有显著抑制作用，而且对组织脂质过氧化有很强的抑制作用，同时具有高效清除超氧阴离子的活性，是一种高效潜在的天然抗氧化剂。

玫瑰花提取物通过防止机体的自由基产生和清除自由基，提高机体抗病能力，从而预防与自由基有关的各种疾病的发生达到延缓衰老的作用，可以用于天然保健品开发。该植物资源丰富，提取容易，安全无毒。

## 158. 犬猫宠物食品配方技术

**项目负责人：刘燕强**

**个人简介：**教授，博导。

**研究方向：**营养生理生化、神经功能的营养调控。

**项目简介：**



根据犬和猫营养学和动物行为学的特点，依据最新美国 NRC 标准，经过 6 年与相关企业的产学研合作，现已开发出适合犬和猫不同生长发育阶段的犬和猫的一系列配方。

#### **项目特色：**

满足犬和猫不同生长发育阶段营养需求，同时适应其行为特点的健脑型配方；从营养需求和行为特点出发设计配方；现已形成有一定市场影响力的市场化产品，获得用户很好的评价。饲喂该产品后，犬和猫发育良好、毛发光亮、健壮活泼，且与人有很好的互动。

#### **市场应用前景：**

投入市场后已经产生约 3000 万元的产值，创造利税约 500 万元。如果能进一步扩大生产和销售规模，将产生巨大的经济效益，目前经营该类产品规模大的企业产值已达 2000 多亿，因此宠物食品市场的天花板很高。如能最大程度规模化，也将产生巨大的社会效益，首先可以让大量的劳动力就业，同时因为宠物犬和猫是人类的朋友，宠物犬和猫的适度饲养可以解决许多人类的问题包括缓解老人孤独、缓解人类压力、防治抑郁等身心疾病等。

另外该实验室还拥有成熟经过市场检验具有很好市场竞争力的猪禽饲料配方，欢迎垂询！

### **159. 一种抗逆融合基因（WX02）的创制及其在抗逆优质作物育种中的应用项目**

**项目负责人：**王宁宁

**个人简介：**教授，博导，教育部“新世界优秀人才”。

**研究方向：**植物分子生物学。

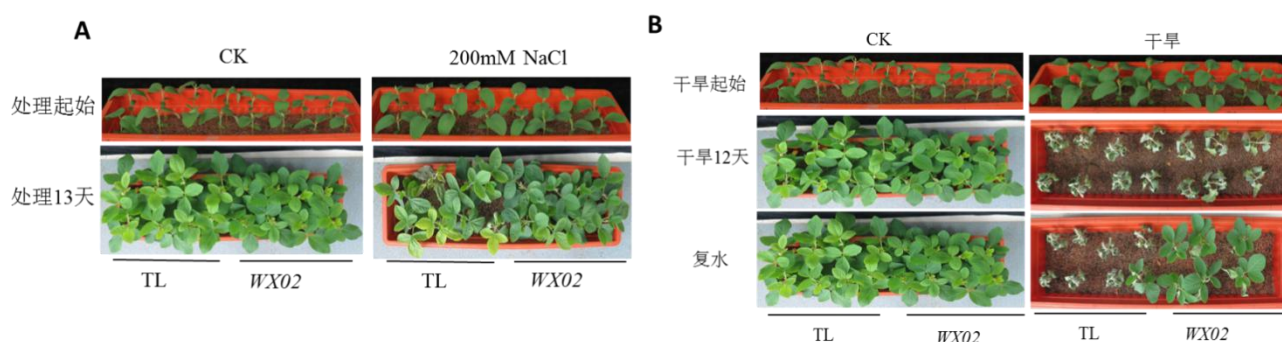
**项目介绍：**

盐碱、干旱、高温、冻害和洪涝等逆境胁迫严重影响作物的正常生长发育，是造成农作物减产和品质下降的主要原因之一，严重影响农业的可持续发展。另一方面，对于粮食作物和多数经济作物来说，其功能叶片中的同化产物和衰老叶片中的营养物质不断向产量器官的转运，对作物产量和品质性状的形成具有重要的作用，作物的过早衰老不仅直接影响粮食作物的产量和品质等要素，对于绿叶类作物和观赏花卉还会影响到其货架寿命以及观赏价值等。

克隆叶片衰老和逆境抗性相关基因，并利用生物工程技术调控其在主要经济作物中的表达方式和表达水平，是提高和稳定作物产量、改善作物品质性状的有效手段，具有重大的经济效益和社会效益。然而，很多衰老或逆境抗性相关基因在植物细胞中高表达后，在增强转基因植株对特定胁迫的抗性、延缓植株衰老的同时，往往伴随着对植株正常生长和发育的不利影响，如导致植株矮小、生长迟缓或产量下降等，导致该基因无法直接应用于抗逆作物的培育。如果可以特异性地表达这些基因，让它们在特定的发育阶段或胁迫条件下高表达，而在正常的生长过程中维持在较低的基础水平，可以大大提高它们在基因工程中的应用性。

课题组前期克隆了一个植物叶片衰老的负调控因子。在转基因植物中过表达该基因可以显著延缓植物的衰老，并赋予植物对高盐、干旱等胁迫的抗性，但是，转基因植物的生长发育受到明显抑制，导致该基因无法被直接应用于抗逆作物的育种工作。课题组前期还分离鉴定了一段含有 14 个氨基酸的多肽序列，命名为 WX01。我们对 WX01

的功能研究发现其包含独特的蛋白降解信号，能够响应发育与环境信号，在转录后水平调控与它融合的目的蛋白的稳定性，从而使目的蛋白在光下正常旺盛生长的植株中降解、但在启动衰老或者高盐、高温和失水等多种逆境胁迫条件下特异积累。我们利用 WX01 与前述衰老负调节因子构建了融合基因 WX02，并转入模式植物拟南芥中，发现该融合基因可以恢复衰老负调节因子积累造成的植株矮小、生长抑制的表型，但是保留了其延缓衰老、促进光合和提高转基因植物对高盐、干旱等逆境胁迫的抗性的功能。课题组进一步将 WX02 融合基因转入经济作物大豆中进行功能验证，获得了可稳定遗传的多个株系单拷贝纯合转基因大豆材料。对转基因大豆的表型分析同样证明，WX02 转基因大豆对高盐、干旱胁迫的抗性显著提高。上述研究结果表明 WX02 融合基因在抗逆转基因作物新品种培育中具有重要的应用价值。围绕该项目已经申请了 2 项国家发明专利，1 项国际 PCT 专利，其中 1 项国家发明专利已经获得授权。



如图，WX02 转基因大豆较对照表现出对高盐 (A)、干旱 (B) 胁迫更强的抗性

## 160. 番茄红素产业化研发

项目负责人：陈德富

**个人简介：**教授，博导。

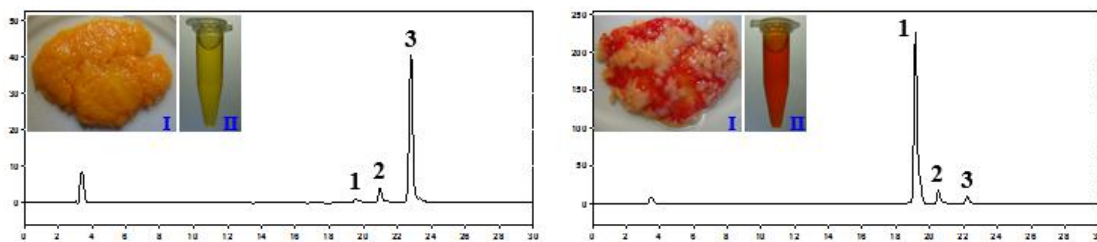
**研究方向：**分子遗传学。

**项目简介：**

番茄红素是类胡萝卜素家族中的一种，具有很强的抗氧化性，被广泛应用于医药和食品行业。三孢布拉氏霉作为一种丝状好氧真菌，是目前番茄红素工业化生产的主要微生物。在三孢布拉氏霉的类胡萝卜素代谢过程中，carRA 编码的蛋白对菌体的番茄红素、 $\gamma$ -胡萝卜素及 $\beta$ -胡萝卜素的含量起着至关重要的作用。

为了提高菌体的番茄红素含量，本研究获得了 carR 和 carRA 同源敲除菌株及 carA 过表达菌株。对正负菌混合发酵培养 6 天后的类胡萝卜素含量及所占比例的分析发现，carR 敲除株的番茄红素含量和占比分别增至野生型的 2.99 倍和 16.10 倍。表明，敲除 carR 或者过表达 carA 均可以提高三孢布拉氏霉的番茄红素含量。为了进一步提高三孢布拉氏霉的番茄红素含量，本项目对一系列化合物也进行了筛选，发现某化合物的番茄红素提高效果最佳，2 天后的番茄红素占比由 1.7% 提高至 90.1%，番茄红素含量分别升高至 83.2 mg/gDW，为未处理对照的 315.8 倍。对 carR 和 carRA 敲除菌株及 carA 过表达菌株也进行同一化合物处理，发现 carA 过表达菌株的番茄红素含量和占比达到 103.6 mg/gDW 和 89%。

**我们的技术优势：**本项目使用的特殊菌株是我们自己构建的，具有完全的自主知识产权；本项目添加的小分子化合物无毒、用量少、效果好，我们具有完全的自主知识产权；应用三孢布拉氏霉生产番茄红素的传统技术成熟、稳定、投资小，本项目除菌株和添加的小分子化合物与之不同外，其他均完全相同。



本项目构建的 *carA* 过表达菌株的番茄红素含量和占比达到 103.6 mg/gDW 和 89% (左图), 远高于目前使用的技术 (右图)。

## 161. 利用芽孢杆菌生产不同分子量的透明质酸

项目负责人: 马挺

项目简介:

透明质酸 (Hyaluronic Acid, HA) 是由交替的  $\beta$ -1,4 和  $\beta$ -1,3 糖苷键连接在一起的 N-乙酰葡萄糖胺 (GlcNAc) 和葡萄糖醛酸 (GlcUA) 的重复二糖单位组成的未硫酸化的高粘性糖胺聚糖, 最早分离自牛眼玻璃体, 透明质酸以其独特的分子结构和理化性质在机体内显示出多种重要的生理功能, 由于 HA 具有良好的保湿性、粘弹性、渗透性和延展性, 同时无任何免疫原性和毒性, 被广泛应用于化妆品、食品和医药等行业领域。分子量大小对 HA 的生物活性影响较大, 不同分子量范围的 HA 表现出截然不同的生理学功能。高分子量的 HA ( $M_r > 2 \times 10^6$ ) 由于具有较好的粘弹性、保湿性、抑制炎症反应、润滑等功能, 可应用于高端化妆品行业、眼科手术粘弹剂和关节腔内注射治疗。中等分子量的 HA ( $M_r = 10^5 \sim 10^6$ ) 具有良好的保湿、润滑和药物缓释作用, 可用于化妆品、滴眼液、皮肤烧伤愈合及术后防粘连。低分子量的 HA ( $M_r < 1 \times 10^4$  Da) 和寡聚透明质酸, 表现出非常强的生物活性, 具有抑制肿瘤扩散、促进创伤愈合、促进骨和血管生成、免疫调节等作用, 且易渗透到真皮中, 免疫细胞、细胞因子的激活剂。此外, HA 寡糖容易被人体吸收而用于人体自身 HA 等多糖合成的前

体，因此，HA 寡糖在食品保健以及医药领域具有重要的应用前景。

### **项目特色：**

1、该项目敲除了芽孢杆菌的芽孢形成和分泌蛋白相关基因，形成的芽孢杆菌背景生长快、无杂蛋白；在此基础上，利用代谢工程手段以温度控制不同透明质酸合酶基因的表达，以达到生产不同分子量透明质酸的目的；此外，建立的旋转膜分离后提取工艺，可大大提高透明质酸的纯度 (>99%)，使之具有制备医药级透明质酸的水平。

2、该系统可同时调控表达透明质酸酶，在分泌透明质酸的同时，表达透明质酸酶将其降解为低分子量寡糖，透明质酸寡糖分子量低于 $10^4$ 。

### **已取得的成果：**

建立了医药级透明质酸的相应小试及中试生产工艺和后提取工艺，分子量大于 $10^5$ 的透明质酸产量大于10g/L，纯度大于99%。

### **应用前景：**

医药（制剂）、化妆品（辅料）、保健品

## 六、 医药与医疗器械

### 162. 钴离子介导的可促进皮肤损伤修复的多功能敷料

项目负责人：王恺

项目简介：

本项目首先将医用纱布裁剪成所需大小与形状并制备不同浓度的  $\text{Ca}^{2+}/\text{Co}^{2+}$  离子混合溶液，之后将不同浓度的  $\text{Ca}^{2+}/\text{Co}^{2+}$  离子混合溶液浸泡纱布得到离子化纱布，待其干燥后，在离子化纱布上加入海藻酸钠溶液，从而获得多功能性  $\text{Co}^{2+}-\text{Ca}^{2+}/$  纱布/海藻酸钠敷料。本项目的技术创新点在于将四种广泛使用的材料（纱布、海藻酸钠、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Co}^{2+}$ ）整合起来，通过一种简单易行的制备方法制成了一种多功能敷料，即减少了皮肤敷料的制备复杂性，又实现皮肤敷料的多功能性，有利于实现批量化生产且成本较低。

技术优势或技术水平：

目前对于多功能性皮肤敷料的研究较少，仅有的几例多功能性皮肤敷料的报道中，其敷料制备方法复杂，限制了其批量化生产的可行性。而本项目中的优势是将四种广泛使用的材料（纱布、海藻酸钠、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Co}^{2+}$ ）整合起来，通过一种简单易行的制备方法制成了一种多功能性的敷料。

该项目目前处于实验室技术研究阶段，已经成功制备了该敷料，体外实验证实了该敷料具有良好的机械强度、细胞相容性、吸收伤口

渗出液、保湿、止血、菌和诱导 HIF-1  $\alpha$  表达等功能性。小鼠皮肤损伤感染模型的实验证实，该敷料可促进巨噬细胞向 M2 型极化，促进损伤部位 HIF-1  $\alpha$  的表达和血管再生，加速致密胶原沉积，加快伤口愈合。

### 市场应用前景：

本技术主要可用于烧伤、烫伤、手术或慢性皮肤创面等，也可应用于遭受感染后的伤口。特别是由于敷料中  $\text{Co}^{2+}$  的生物活性，该敷料在糖尿病皮肤溃疡中的应用将具有很大潜力。

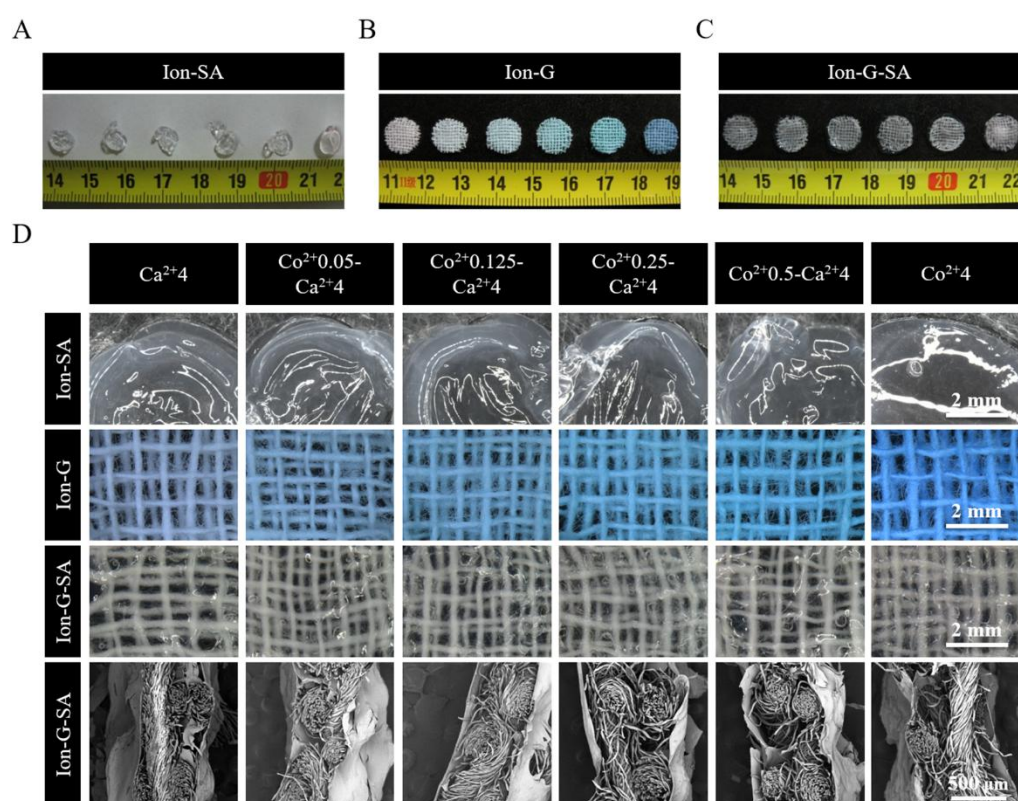


图 1.  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Ca}^{2+}$ /纱布/海藻酸钠敷料的构建与表征 A: 传统的海藻酸钠水凝胶表现出形状不可控的特点 B: 将  $\text{Ca}^{2+}$ / $\text{Co}^{2+}$  离子混合溶液浸泡纱布得到的离子化的纱布 (Ion-G) C:  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Ca}^{2+}$ /纱布/海藻酸钠复合敷料 (Ion-G-SA) D: (A-C) 的放大图像及 Ion-G-SA 敷料的 SEM 图像, 显示出 Ion-G-SA 复合敷料形状可控且两侧均被海藻酸钠水凝胶层均匀而完全覆盖



## 163. 多孔框架材料用于化妆品和医药敷剂的制备

**项目负责人：陈瑶**

**项目简介：**

本项目针对传统面膜、敷剂基质刺激性强、清洁能力一般、添加的均相防腐剂易导致皮肤过敏发炎、活性物质利用不充分等问题，我们利用新型材料的抗菌性、促渗透、强吸附性、选择性吸附性能以及优良的缓控释性能解决了现有化妆品和敷剂材料中的挑战和难题。开发了多功能、高性能、高生物兼容性的新型材料，其既可以作为基质，也可以作为活性材料或添加剂，或作为复合功能材料应用于多种体系。并建立了用作不同化妆品以及敷剂用途的多孔框架材料的筛选标准，全面检测和评估了各项性能，实现了非常好的技术效果。

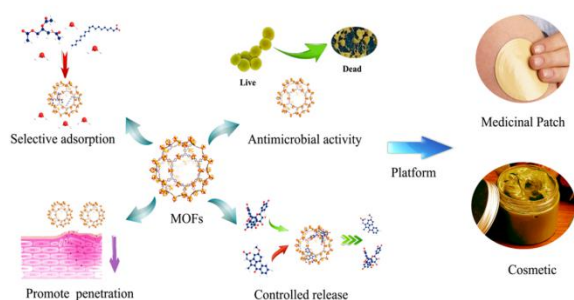
**技术优势或技术水平：**

本项目区别于成分复杂、孔道等结构未知、刺激性强的传统多孔材料（如活性炭、硅藻土、火山泥等），我们所选的多孔框架材料具有抗菌性、促渗透、选择性吸附性能以及优良的缓控释性能，并具有很好的结晶性、确定的空间结构和孔道环境，可以通过调控和选择不同多孔框架材料的使用，得到不同功能的化妆品或医药敷剂。另外，我们所筛选的多孔框架材料具有成本低、安全性高等优势。

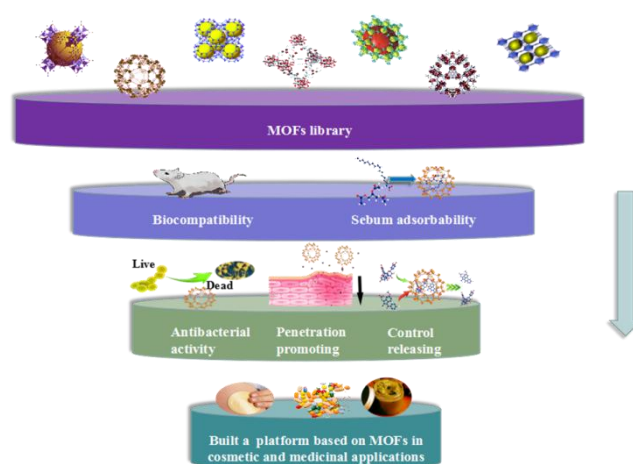
**市场应用前景：**

本技术在化妆品方面，我们的目标客户主要是化妆品厂家，用于新型的多功能的面膜的研发。在敷剂方面，主要希望能够与医院和生

物医药研发公司合作，已开发多性能的生物医药敷剂，可用于各类体表和局部治疗。



集合 MOFs 材料的性能，开发其在化妆品、医药敷剂方面的应用



MOFs 材料的筛选策略

## 164. 靶向治疗脑胶质癌的药物

项目负责人：陈悦

个人简介：教授，博导，国家千人计划获得者，国家杰出青年科学基金获得者，教育部新世纪优秀人才获得者。

研究方向：药物化学、有机全合成。

项目简介：

脑胶质母细胞瘤是世界性的医学难题，存在迫切的临床需求，申请人发明的新药 ACT001 能够穿过血脑屏障，可在脑原位胶质母细胞瘤动物模型上抑制 87% 的肿瘤生长，并延长生存期 172%。其口服胶

囊制剂已进入澳洲临床 I 期试验，在已服药的多位病人中没有观察到副作用，药代数据支持足够的安全性与疗效。因此，ACT001 有望成为中国创造的“First-in-Class”胶质瘤孤儿药海内外上市，有望为脑胶质母细胞瘤这一世界性的医学难题提供新的治疗手段，并且为靶向癌症干细胞的药物研究提供新的探索内容。

### 项目特色：

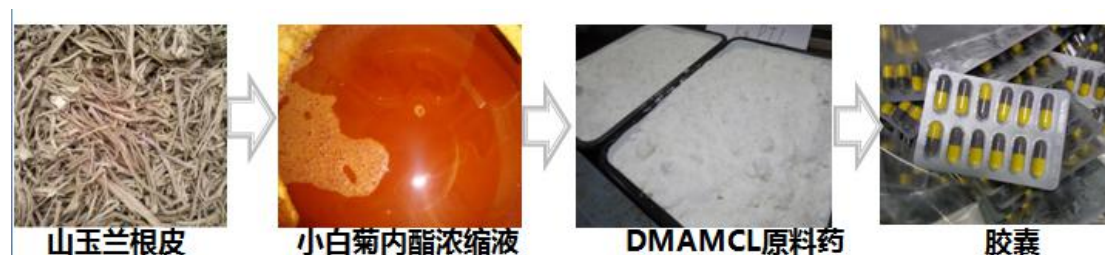
发明的新药 ACT001（即 DMAMCL）可选择性杀灭癌症干细胞，且可以透过血脑屏障，在脑部中的浓度达到血液中的 1.8 倍。临床前动物试验显示其对脑胶质瘤动物的生存延长期为 172%，由于 ACT001 优异的安全性和治疗效果以及临床上的迫切需求，ACT001 只用了 3 个月获准进入发达国家临床 I 期试验。创新点如下：

1. ACT001 是采用“双缓”策略的药物，口服后缓慢吸收，体内缓慢释放药物，推荐剂量下，无毒副作用。

2. ACT001 正在进行澳洲临床 I 期试验，目前已有多位患者服用，没有药物相关的毒副作用，PK 数据优于临床前的动物试验。

3. ACT001 的可从天然产物小白菊内酯制备而来，而小白菊内酯在西方传统草药小白菊中的含量很低（0.1%）。我们发现我国特有的中药山玉兰根皮中，小白菊内酯的含量高达 9.6%，从而实现 ACT001 的大量生产。

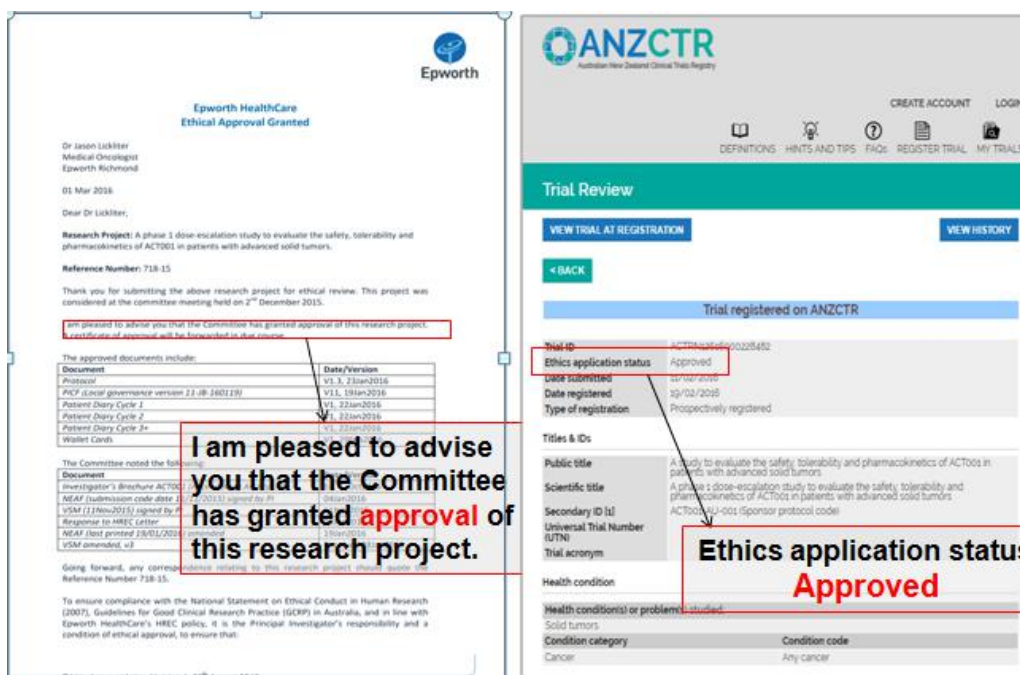
4. ACT001 是以癌症干细胞为靶点筛选和开发的药物，其在临床上的试用，将为探索靶向癌症干细胞的新药提供重要参考价值。





### 已获得的知识产权：

1. 倍半萜内酯类化合物及其衍生物在制备药物中的用途（专利号：201210151077X）
2. Micheliolided derivatives, Medicinal composition, producing method and usage thereof （2016 年美国专利（该专利获 20 个国家的授权），专利号：US 9,255,078 B2 ）
3. 含笑内酯的制备方法（专利号：2010101536855）
4. 含笑内酯衍生物其药物组合物及其制备方法和用途（专利号：2010101537010）
5. 含笑内酯及其衍生物用于治疗癌症的用途（专利号：2010105107261）
6. 含笑内酯二甲基胺富马酸盐的晶型及制备方法（专利号：2012103854847）
7. 澳大利亚临床许可证明：2016 年 3 月



## 165. 治疗特发性肺纤维化 1 类创新药物 CP0116

项目负责人： 杨诚 教授

### 项目背景

间质性肺疾病（ILD）是常见的呼吸系统疾病，特发性肺纤维化（IPF）是ILD中最常见也最为严重的疾病类型。IPF是一种进行性发展、致死性、病因及发病机制未明的间质性肺疾病。该疾病多发于老年人，患者从诊断建立到死亡的中位生存时间仅为2~3年，5年病死率为70%~80%。随着老龄化社会的进展与环境的持续恶化，IPF患病人群呈不断上升趋势。截止到2017年，国内外批准上市的IPF药物仅有吡非尼酮和尼达尼布，可以延缓肺功能下降速度，但是无法逆转病情进展，且用药过程伴随较严重的皮疹、腹泻、肝功能下降等副作用，限制了临床应用窗口。因此，开发更为安全可靠、疗效确切、价格合理的特发性肺纤维化新药，需求迫切。

### 项目研究基础

1. 研发平台：依托南开大学药学院和药物化学生物学国家重点

实验室，已建设完成天津市首个肺纤维化药物研发平台。该平台拥有完备的器官纤维化新药开发所需的各种大型仪器和检测设备，标准的细胞间和动物房。完善的硬件设施有利于进行新药的开发研究。

2. 临床批件申报经验：项目组在国家重大专项十二五平台和肺纤维化药物研发平台支持下申报并获批南开大学首个新药临床批件：多西环素治疗继发性肺纤维的临床批件（化药原 1.6 类），批件号为 2017L01323。具有新药开发的临床前研究以及申报经验。

3. IPF 药物研发梯队级候选化合物：项目组已建立完善的肺纤维化药物细胞筛选体系和动物药效评估体系，拥有具有自主知识产权的多个天然产物衍生物化合物库，目前已筛选多达 500 个化合物，有一系列化合物显示出良好药效，且已申报相关专利。

4. 新药创制重大专项支持：本课题组持续获得过国家“十一五”和“十二五”“新药创制重大专项的支持；本项目 CP0116 已获批 2018 年国家科技重大专项（“十三五”）支持 240 万元，课题编号：SQ2018ZX090201。

### 项目优势

南开大学药学院项目组基于关键促肺纤维化通路 TGF- $\beta$  建立了 TGF- $\beta$  1 / Smad3- luciferase 高通量药物筛选——细胞药效评价——动物药效评价体系，对拥有自主知识产权的天然产物衍生物库进行筛选评价，一共得到 15 个活性化合物，其中包括先导化合物 CP0116，并已申请相关专利 3 项。

1. 药学研究：CP0116 结构稳定、收率稳定、纯度可达 98% 以上，已完成小试工艺、化合物验证、晶型和初步质量研究，并通过工艺优化解决了中试放大中的杂质、原料药成本问题。

2. 药效学研究：在早、中、中晚期纤维化模型中，CP0116

(100mg/kg)给药组小鼠的纤维化面积、胶原含量、用力肺活量(FVC)均显著改善，药效优于阳性药吡非尼酮及尼达尼布。

3. 毒理学研究：急毒试验结果显示，小鼠 CP0116 (5g/kg) 灌胃无死亡，小鼠状态无异常，解剖后内脏与正常小鼠相比无异常，均未见明显毒性。长毒试验结果显示，对小鼠分别灌胃给药 1 g/kg、2 g/kg 和 3 g/kg 的 CP0116，连续给药 7 天，给药组小鼠无死亡；大鼠给药 1 g/kg，连续给药 30 天，给药组大鼠无死亡；经观察大小鼠状态及解剖后与对照组对比内脏，未见明显毒性。

4. 药物动力学研究：CP0116 经口服吸收迅速，生物利用度为 76.9%，与血浆蛋白结合率低（小于 1%），血浆半衰期约为 2 小时，药物分子 12 小时清除干净。主要经肝，肾代谢，由胃吸收，在肺部药物分布较多，与肺纤维化适应症相匹配，且无器官蓄积的性质。

## 市场分析

GlobalData 数据预测 2025 年特发性肺纤维化市场将达到 32 亿美元。截止到现在，全球仅有的两个上市药物，即吡非尼酮和尼达尼布，2017 年全球销售额均突破 10 亿美金。目前这两个上市药物临床反馈并未延长患者寿命，同时临床中的二期和三期新药大部分处于中止状态，因此在市场驱动下，IPF 新药开发必会成为研发热点。Promedior 公司的抗纤维化药物 PRM-151 即于 2015 年 8 月被百时美施贵宝斥资 12.5 亿美金收购。我国目前东阳光集团和众生药业 2017 年获得临床批件，目前正在临床一期招募中。

本项目规划最先开发的适应症为特发性肺纤维化，属于孤儿药，可以享受开发的各种优先政策。后续根据 CP0116 的机制机理，以特发性肺纤维化为突破口，持续开发针对肝肾纤维化、皮肤纤维化、骨髓纤维化、肝细胞癌、肾细胞癌、非小细胞肺癌、糖尿病性肾病、红

狼斑疮和炎性肠病等其他新适应症，以保证持续的市场潜力。

附件

### CP0116 药效实验结果

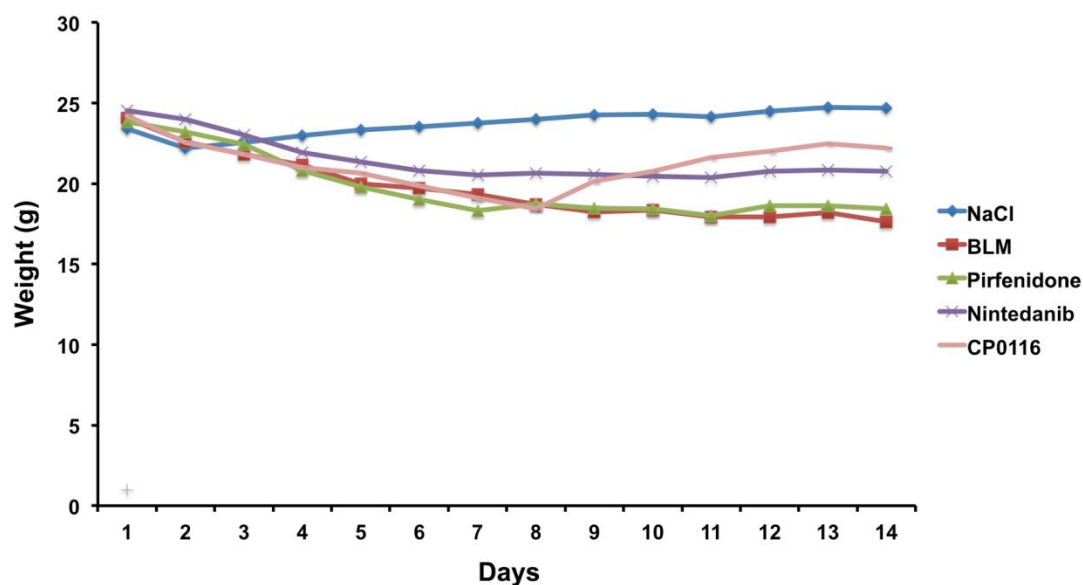


图 1. 小鼠体重变化统计图

CP0116 自第七天开始给药后可使小鼠体重有较高程度恢复，恢复效果优于博莱霉素对照组、吡非尼酮和尼达尼布阳性药组

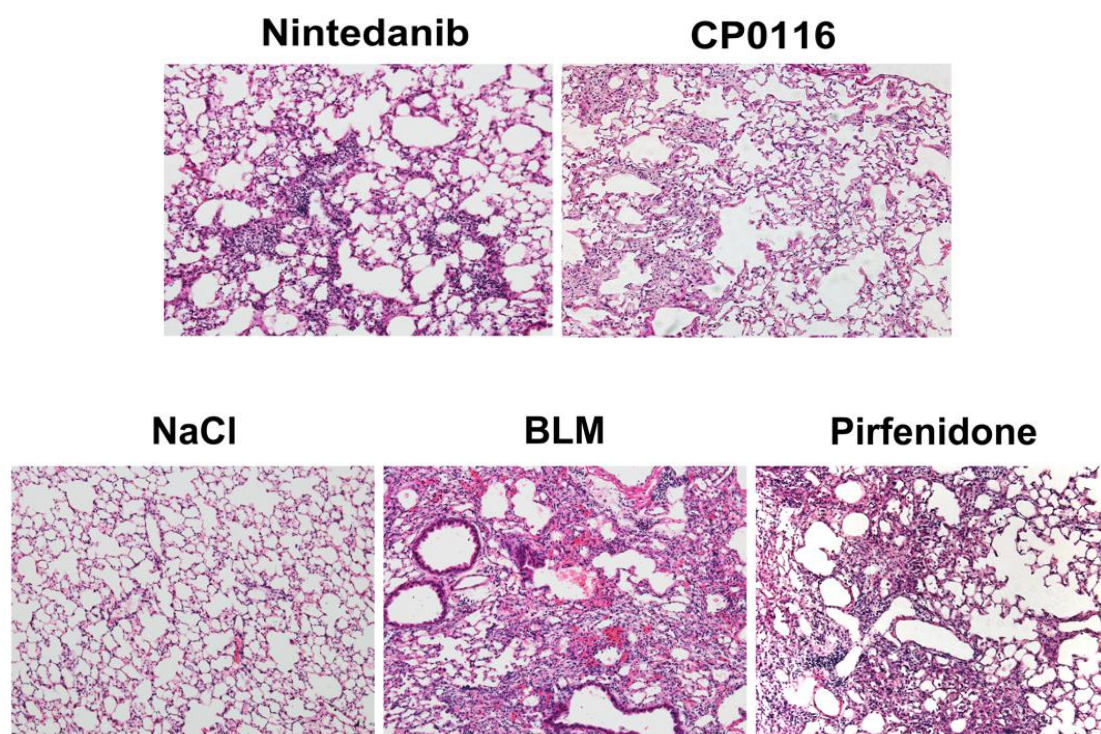




图 2. 小鼠肺组织病理切片 HE 染色  
 CP0116 给药组小鼠纤维化面积明显少于博莱霉素对照组、吡非尼酮和尼达尼布阳性药组

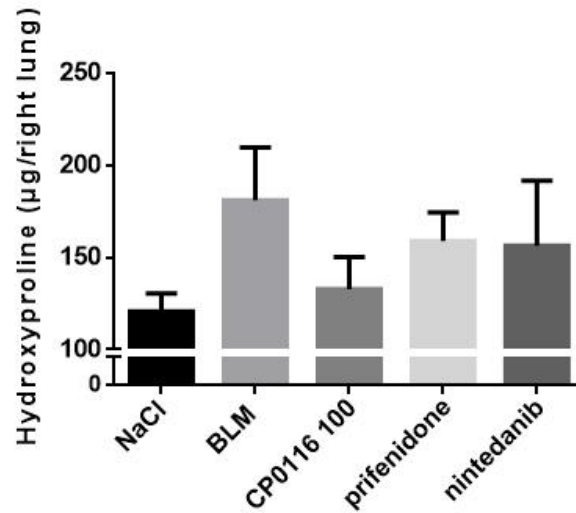


图 3. 肺组织羟脯氨酸含量测定  
 CP0116 组小鼠肺组织羟脯氨酸含量显著低于博莱霉素组，阳性药吡非尼酮及尼达尼布组

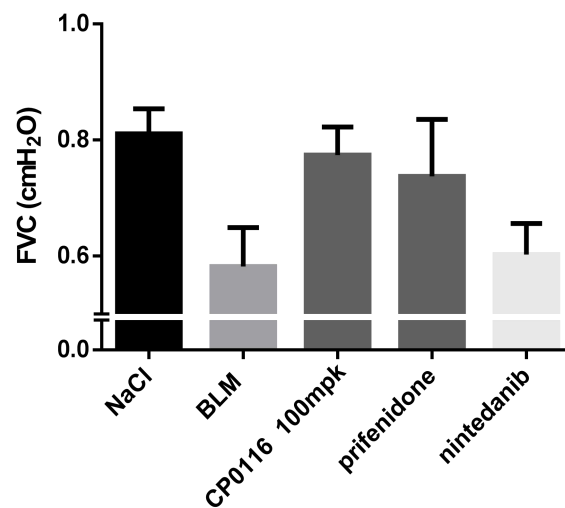


图 4. 小鼠用力肺活量 (FVC) 检测  
 CP0116 显著改善小鼠肺功能，药效优于阳性药吡非尼酮及尼达尼布

## 166. 治疗结肠慢传输性便秘 1 类创新药物 CP0119 的开发

项目负责人：杨诚 教授

### 研究内容：

我国功能性便秘患者有将近 7000 万，且患病率明显呈增加趋势。课题组研究发现，化合物 CP0119 是一种大环内酯类衍生物，可以改善便秘的效果。已开展的实验结果表明其具有成药性价值，拟开发适应证为结肠慢传输性便秘。

本项目拟将该化合物开发成化学药品 1 类新药。涉及到药学研究、药效学研究、安全性评价和药代动力学研究等。完成临床前研究并提交 IND。

### 技术创新点和阶段性成果：

1. 化合物 CP0119 在阿托品便秘模型和硫酸铝便秘模型上均具有很好的促肠蠕动能力，药效优于阳性药西沙必利。

2. 通过初步药效药代安全性研究，最终确定化合物 CP0119 可以通过促进肠道中肠肌细胞中 transgelin 与 actin 蛋白相互作用，进而促进肠平滑肌细胞收缩，使肠道蠕动增加，从根本上治疗与缓解便秘。

3. 此化合物工艺稳定，重现性好，并且已经建立了 CP0119 体内分析检测方法，完成了基本的理化性质表征，研究显示稳定性良好，半衰期合理，生物利用度较好。已完成成药性评价。

### 市场应用情况，项目投资及预期产生的经济效益和社会效益：

目前国内治疗功能性便秘的药物主要有中药和西药两种，但据调查患者满意度并不高，平均满意度只有 4.8 分，68% 的患者在两年内尝试过新的便秘药物。

根据国家食药总局南方医药经济研究所的研究资料显示，2012-2016 年度，我国便秘用药化学药医院市场销售额由 10.45 亿元增长到 20.58 亿元，年均复合增长率为 18.46%。从总体市场增长速度来看，市场增长率在 10%以上，市场前景良好。

CP0119 作为小分子化合物改构后得到的化合物，不直接刺激肠粘膜，动物实验表明喂食 CP0119 后，排便量增加，但为软便，没有水样便产生。本药主要通过促进肠道蠕动进行排便，非刺激性泻剂，药性温和，副作用小，代谢快，基本不存在变成顽固性便秘的风险。

同时在孕鼠和幼鼠给药实验中也可以证明，CP0119 不仅能够应用于成人，也可以应用于孕妇，儿童，安全性非常好，适用人群广泛。

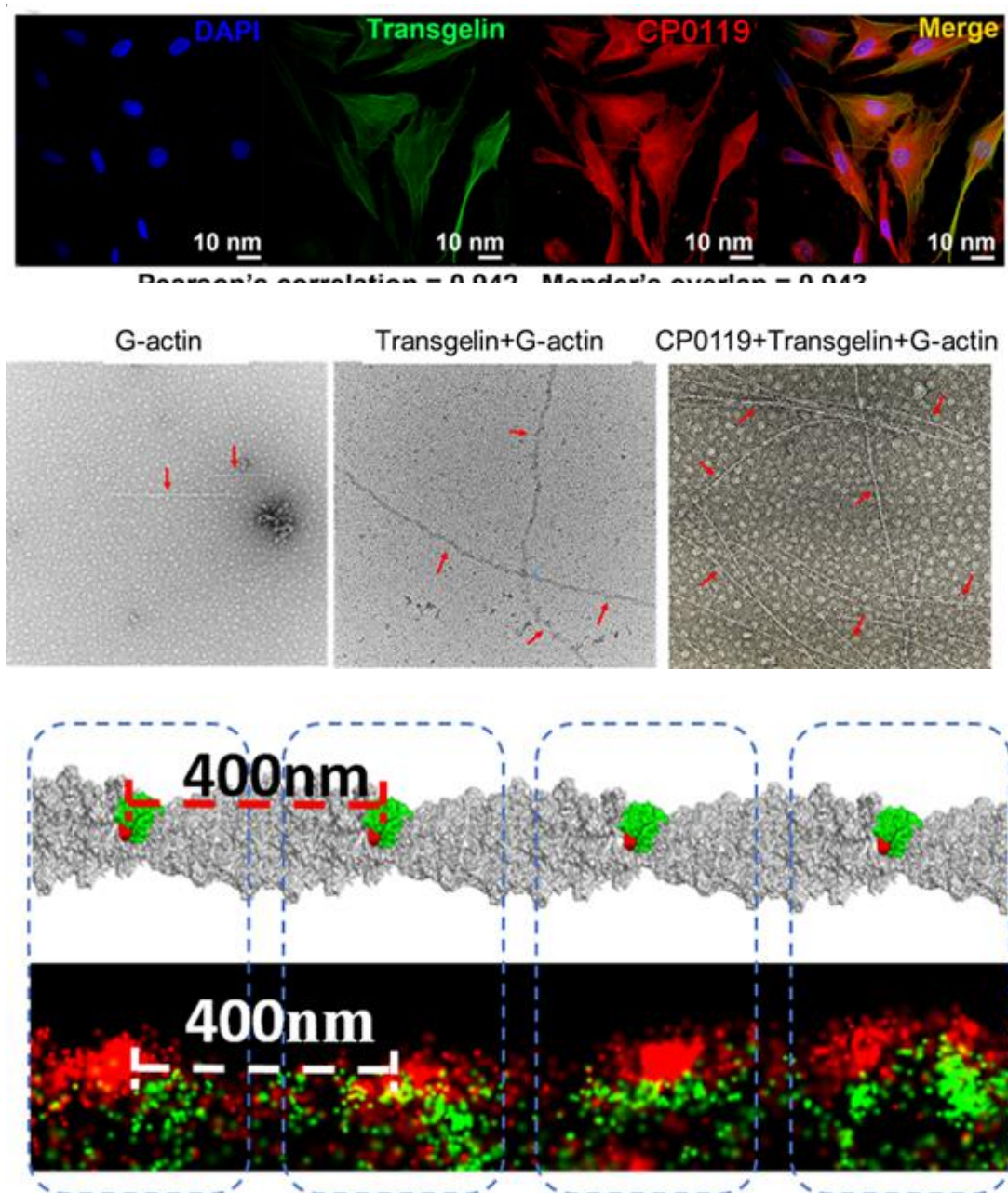
该药物的开发不仅为功能性肠蠕动乏力的靶向治疗提供了先导化合物，具有潜在的再开发价值，而且将降低患者用药费用，对功能性便秘患者的根治与缓解治疗，及对整个医药卫生保障的减负将具有非常重要的意义。

#### **合作模式：**

本项目预计需要 1000 万完成临床前正式研究，临床费用需要 3500 万。课题组接受任何形式的合作，可临床前单独合作，转让等等。

#### **CP0119 相关专利：**

1. 大环内酯衍生物及其用途，201610901006.5，南开大学
2. 一种大环内酯类衍生物盐、其制备方法及其用途，201610903152.1，南开大学
3. 阿奇霉素和类似物作为治疗功能性肠蠕动乏力药物的应用，201510061302.4，天津国际生物医药联合研究院、南开大学
4. 大环内酯类衍生物及其制备方法和用途，201510212413.0，天



## 167. 中药及复方制剂的化学物质基础及作用机制研究

项目负责人：白 钢

个人简介：教授，博导，教育部新世纪优秀人才。

研究方向：中医药的系统生物学与化学生物学。

## 项目简介：

白钢教授领导的“复方药物与系统生物学实验室”主要从事中药及复方制剂的化学物质基础及作用机制等方面的研究。以中药复方的系统生物学和化学生物学为研究主线，在基于靶点的药效成分的筛选、活性指导的分离鉴定、天然产物的蛋白靶点确证、以及方剂配伍关系和中药质量控制研究等方面开展工作。实验室的研究成果服务于多家药品企业，为新产品的开发和上市产品的二次开发提供技术支持，同时多项授权专利成功转让，开发的多项生物医药制品实现了产业化。

## 已开展的服务项目：

1. 复方中药的网络药理学及作用机制研究：已服务的品种有：速效救心丸、清肺消炎丸、治咳川贝枇杷滴丸、舒脑欣滴丸等；
2. 中药复方的物质基础及活性成分研究：已服务的品种有：益气复脉注射液粉末、血必净注射液、速效救心丸、清肺消炎丸、舒脑欣滴丸等；
3. 药材品质分析：已建立了贝母、金银花、菊花、莲子心等多种常用中药材的分析鉴别系统，特别是建立了近红外的快速分析方法，为药材的选购和生产过程中的实时监控提供技术支持；
4. 药材与复方制剂的指标成分筛选和指纹图谱的制定，为药物质量标准的制订提供理论参考。

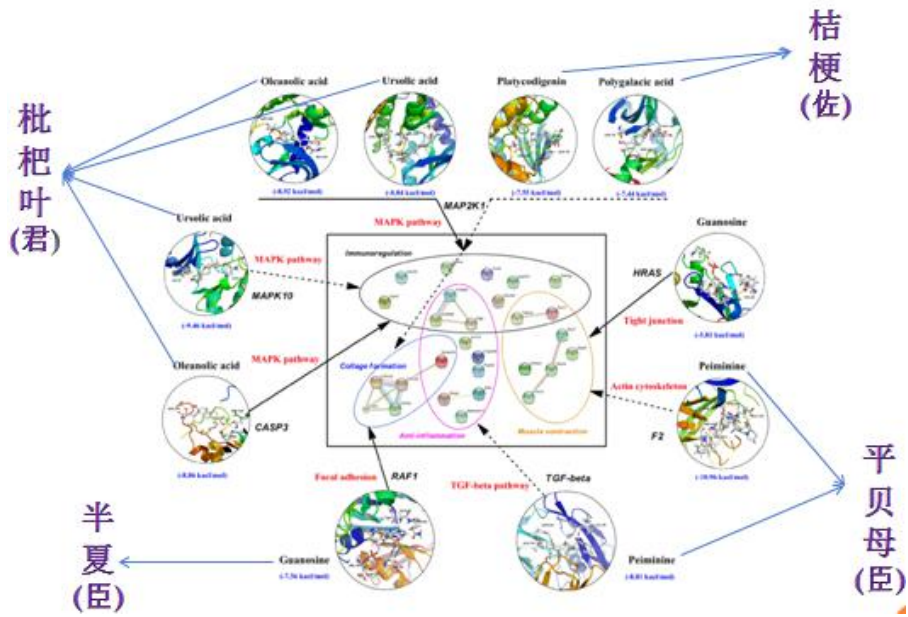


图 1: 治咳川贝枇杷滴丸网络协同作用机制

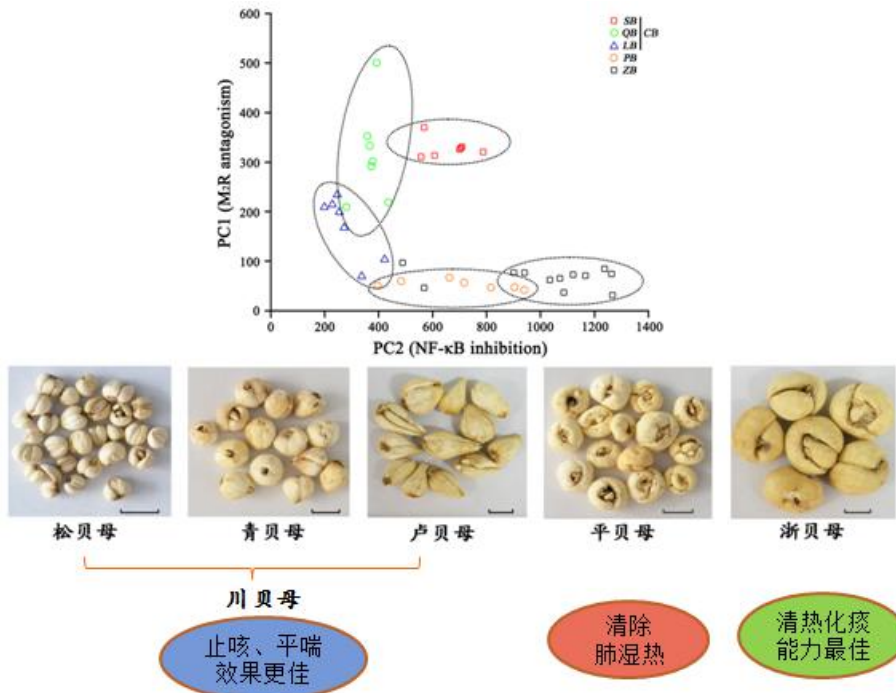


图 2: 不同品种贝母的药效差异

## 168. 治疗肺纤维化 1.6 类化药盐酸多西环素的临床研究

项目负责人：周红刚

个人简介：副教授

研究方向：分子生物学、结构生物学、药物筛选与设计、药理学。

项目简介：

该项目通过建立四种不同致病因素（包括博来霉素、百草枯、二氧化硅和脂多糖加香烟提取物）诱导的肺纤维化动物模型，实验结果表明多西环素可明显降低肺纤维化模型动物的肺系数，改善肺组织纤维化程度，降低肺纤维化病理评分及肺组织中胶原的含量，降低慢性炎症介导的肺纤维化模型小鼠血清中炎症因子 TNF- $\alpha$ 、TGF- $\beta$  1、IL-4 的含量，增加 IFN- $\gamma$  的含量。除此之外，多西环素还可以增加肺纤维化模型小鼠的体重，改善模型小鼠的生存状态，显示出多西环素对肺纤维化具有很好的治疗效果，且毒性和副作用均较低。

课题组研究发现多西环素可通过抑制气道和肺上皮细胞转录因子 Twist1, Snail, Slug 和间质细胞标记物 Vimentin 的表达，并增加 E-cadherin 的表达，从而使上皮细胞维持其原有极性和紧密连接，抑制细胞骨架重塑，从而抑制其向肌成纤维细胞的转变和活化，减少细胞外基质的分泌及其在肺间质的过度沉积，进而抑制肺纤维化的病理过程。本项目药理机制有一定的深入研究，已申请了专利（专利号 201410514986.4）并完成临床前实验，获得了临床试验批件（批件号：2017L01323）

技术创新点：

1) 目前肺纤维化上市药物疗效不甚理想，急需开发新型有效药物，多西环素在临床前研究中表现出良好的抗肺纤维化效果，开发

潜力很大。

2) 多西环素本身即为抗生素，可达到抗感染、抗炎与抗组织纤维化的多重功效。

3) 与其他治疗肺纤维化药物相比，多西环素毒副作用低，患者依从性好。

4) 该类化合物合成方便，生产工艺成熟，可快速的投入生产并获得高效制剂。

### **市场应用前景：**

近年来肺纤维化的发病率不高（8/10 万人），但一直呈现上升趋势。肺纤维化患者从出现呼吸道症状到呼吸窘迫死亡的中位生存时间仅为 28.2 个月，从诊断建立到死亡的平均生存时间为 3.2~5 年，肺纤维化 5 年病死率超过 40%，其自然缓解相当罕见(<1%)，甚至比某些恶性肿瘤死亡率还高。从这些数据可以看出，肺纤维化已经给我国人民的生命健康造成严重的不良影响。目前治疗肺纤维化的上市药物仅有吡非尼酮和尼达尼布两种，吡非尼酮 2015 年全球销售额为 5.63 亿美元，2016 年第一季度该药销售额为 1.78 亿美元。尼达尼布于 2015 年被纳入 ATS/ERS/JRS/ALAT 特发性肺纤维化诊治国际循证指南的推荐用药，当年销售额达 3 亿欧元，2016 年尼达尼布的销售额翻倍达到 6.13 亿欧元，2017 年上半年达到 4.29 亿欧元。这两种药物都是由国外研发销售，目前国内临床上需要开发疗效佳、安全性较好、自主知识产权的治疗肺纤维化药物，因此盐酸多西环素市场前景良好。

### **合作方式及条件：**

希望进行专利转让，或者与投资者共同开发，申报临床试验批件，并进行临床研究。



已获得的知识产权：

多西环素的应用（治疗肺纤维化）（专利号：201410514986.4）

本项目已获得新药临床批件，批件号码为 2017L01323。

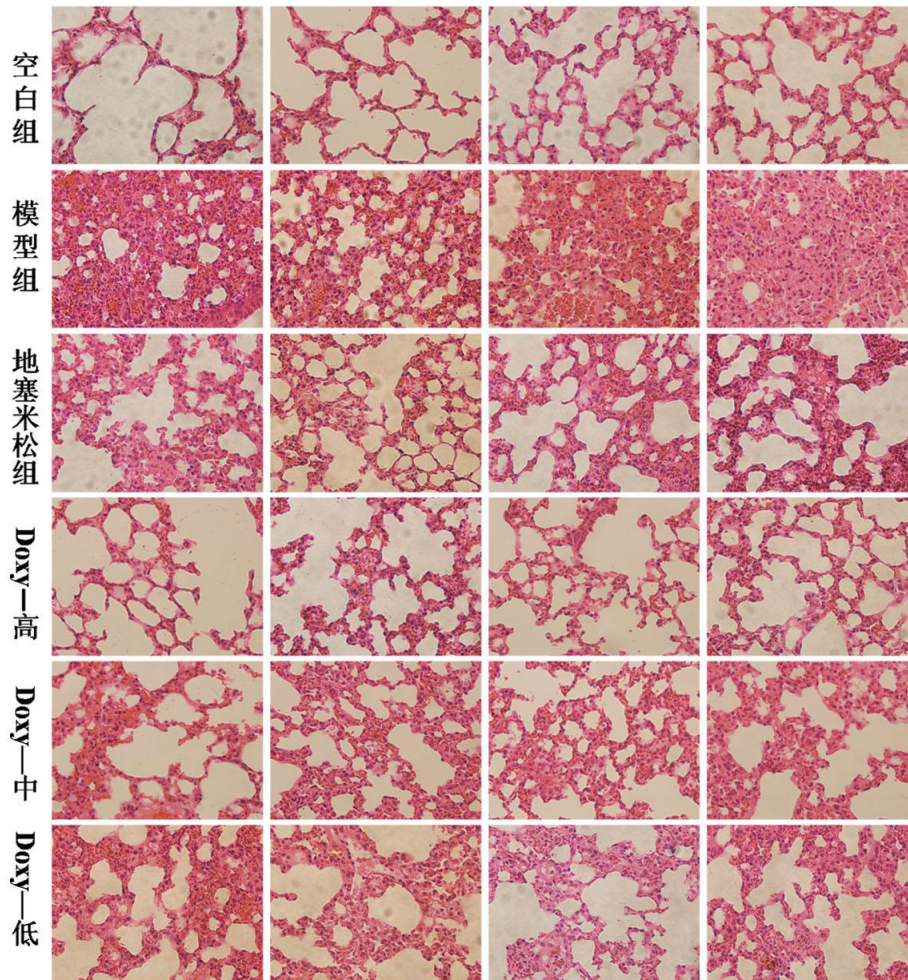


图1百草枯诱导的肺纤维化模型肺组织病理切片HE染色结果（400 ×）

多西环素各剂量组与百草枯模型组相比，小鼠的肺组织炎性细胞浸润区域较模型组明显减少，肺组织结构较模型组明显完整，成纤维细胞增殖减轻，肺泡炎程度和肺纤维化程度较模型组有不同程度的降低，其中，多西环素高剂量组效果最明显

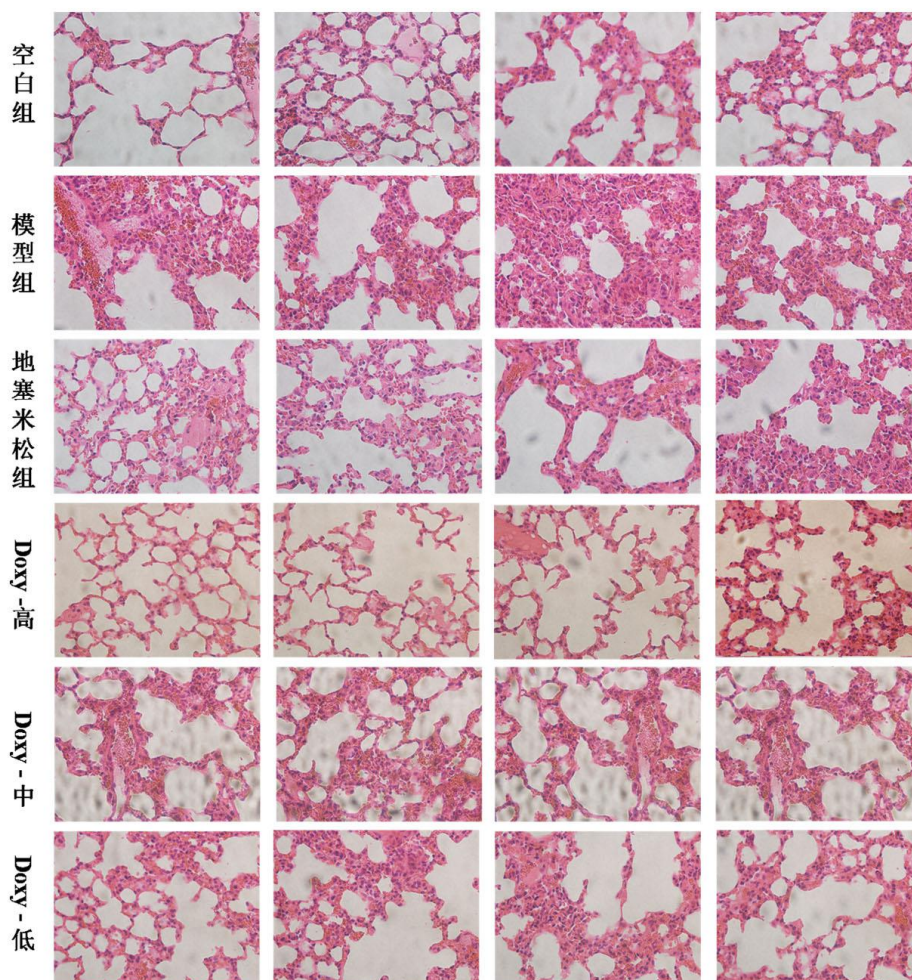


图2博来霉素诱导肺纤维化模型肺组织病理切片HE染色结果（400×）

与模型组相比多西环素各剂量组小鼠的肺组织炎性细胞浸润区域较模型组明显减少，肺组织结构较模型组明显完整，成纤维细胞增殖减轻，肺泡炎程度和肺纤维化程度较模型组有不同程度的降低，其中，多西环素高剂量组效果最明显

## 169. 靶向鞘氨醇转运受体（SPNS2）的抗肿瘤药物开发

项目负责人：孙 涛

个人简介：副教授

研究方向：抗肿瘤药物筛选与靶点验证

项目简介：

磷酸鞘氨醇转运蛋白（Spns2）是磷酸鞘氨醇转运过程中的关键蛋白，多项研究表明，Spns2在肿瘤转移过程中发挥着重要作用，是抗肿瘤转移药物开发的新型靶点，国内外尚未有以该靶点开发的药物

上市。具有较大的市场机遇。

本项目组前期研究中筛选出了一系列 Spns2 抑制剂，发现候选药物 SIP-A1 对肿瘤转移具有很好的抑制作用。体外研究结果显示其对乳腺癌，结肠癌等肿瘤细胞的转移具有很好的抑制作用，对部分细胞的 IC50 小于 1 $\mu$ M，体内实验结果显示其对黑色素瘤、乳腺癌、肝癌的肺转移抑制率可达 90%以上，显著延长模型小鼠的生存期，有望开发为抗肿瘤转移的 1 类化药新药。

目前该药的成药性评价工作已经基本完成，该药成药性良好。药学研究工作包括药物的结构确证、质量研究、加速稳定性及长期稳定性研究工作已经完成；药代动力学研究已经完成，初步获得了药物的药-时曲线，达峰时间及达峰浓度；药物制剂研究工作基本完成，药物可以制备成口服片剂、胶囊剂、散剂、注射剂等；药物的安全性评价预实验已经完成，该药对成年大鼠无明显毒性。该项目后期将进一步对候选药物 SIP-A1 进行临床前研究，按照 CFDA 的要求，完成正式的药效学实验及药学研究，药代研究和安全性评价试验，最终申报临床试验批件。

#### **预期产生的经济效益：**

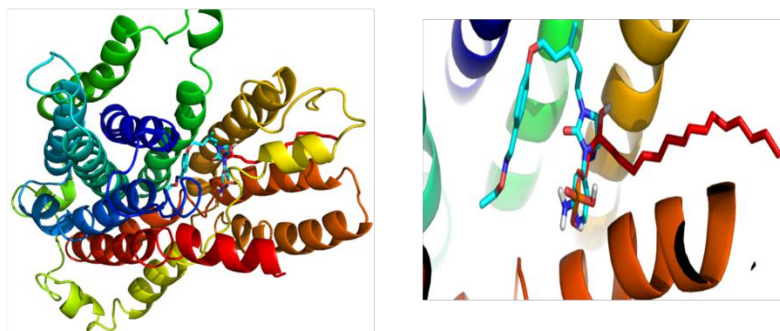
临床肿瘤病人的死亡 90%是由于肿瘤转移引起的，肿瘤的术后转移亦是临床常见现象。目前抗肿瘤转移药物疗效并不理想，而且毒副作用较大。抗肿瘤转移药物的市场潜力巨大，该药若能开发成功将可以填补抗肿瘤转移药物缺乏的市场空白。

#### **合作方式及条件：**

希望进行专利转让，或者与投资者共同开发，申报临床试验批件，并进行临床研究。

## 以SPNS2为靶点的药物发现

1. 通过计算机模拟筛选化合物库中鞘氨醇类似物，其中评分较高的化合物为**S1P-A1**；
2. 分子对接及动力学模拟检测结果显示:与天然配体S1P相比，S1P-A1与SPNS2蛋白具有更好的结合活性。



	docking	自由能
SPNS2-S1P	-6.015	-9.202
SPNS2-S1PA	-6.069	-28.062

图 1: 药物发现

## 药效学实验结果---In Vivo

自发性肺转移药物筛选模型（黑色素瘤）

S1P-A1: 在研药物代号

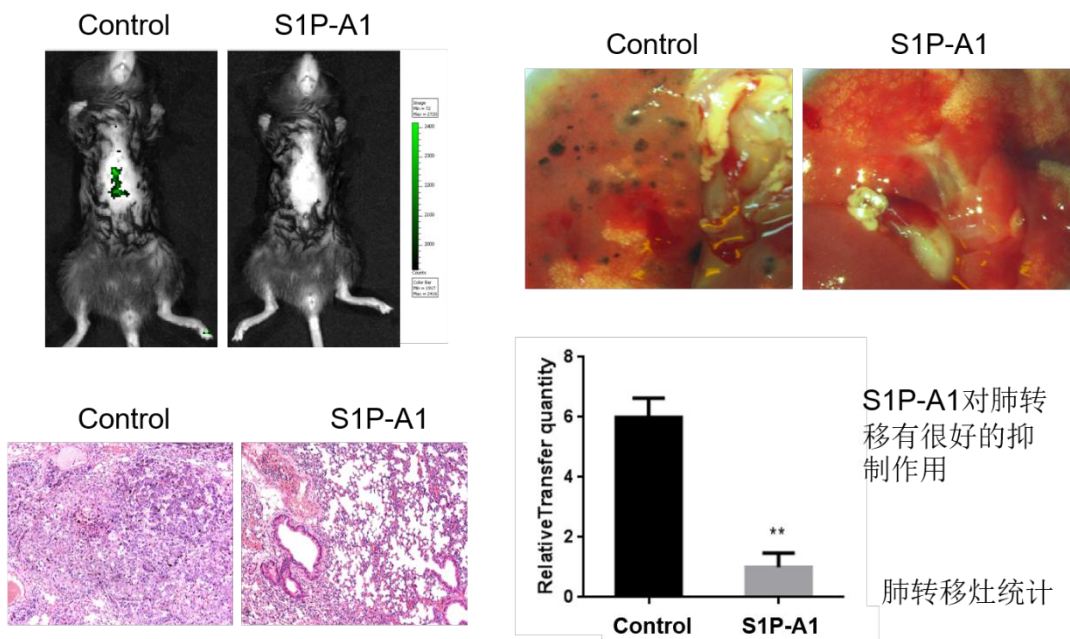


图 2: 体内药效

## 170. 苯妥英银促伤口愈合的研究

**项目负责人：**艾笑羽

**个人简介：**讲师

**研究方向：**药物制剂

**项目简介：**

本研究通过化学合成得到兼备杀菌、消炎抗感染、促进伤口愈合特点的新化合物苯妥英银。大鼠及广西巴马小香猪体外实验证实，苯妥英银的促伤口愈合效果优于市售壳聚糖成膜喷剂，且治疗过程中伤口未出现化脓、红肿、隆起及深度感染（疔痈）现象，对皮肤无明显刺激性。体外抗菌实验证实，苯妥英银对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、铜绿假单胞菌均具有抗性。急毒及药代动力学实验已证实，苯妥英银入血浓度低，对机体的毒性小。

**技术创新点：**

本项目的创新点在于将具有促伤口愈合作用的苯妥英和具有抗菌作用的 Ag 巧妙地结合在一起，得到既能抗菌又能促愈合作用的苯妥英银。该化合物溶解性较低，涂于伤口上，可使其在伤口结构面不断地向外缓慢释放苯妥英和银，然后形成一个屏障，保护伤口的同时，加快愈合。

**市场应用前景：**

临床上传统用于治疗伤口的药物只能抑制伤口感染或只能促进伤口愈合。但促伤口愈合效果较好的药物常表现出一些毒副作用，所以对于促进伤口愈合的整体效果并不理想。对于一些大的伤口，由于创面愈合时间长，很容易造成感染，将严重影响患者的工作及生活。因此开发一种既能抗感染，又能快速地促进伤口愈合且毒副作用较小

的药物尤为重要。本研究目的在于合成一种新的化合物，既能杀菌消炎抗感染，又能促进伤口愈合且具低毒副作用。这一药物研发成功，将会填补兼具杀菌促愈合外用药物的市场空白，具有广阔的市场前景。据预测，全球高级伤口护理市场在 2023 年将达到 163 亿美元。

### 合作方式及条件：

本项目可采取多种方式进行合作，既可与企业联合研发后续工作，也可通过技术转让方式进行合作，还可通过其他形式进行合作。

### 已获得的知识产权

苯妥英衍生物及其制备方法和用途（专利号：CN 104016923B）

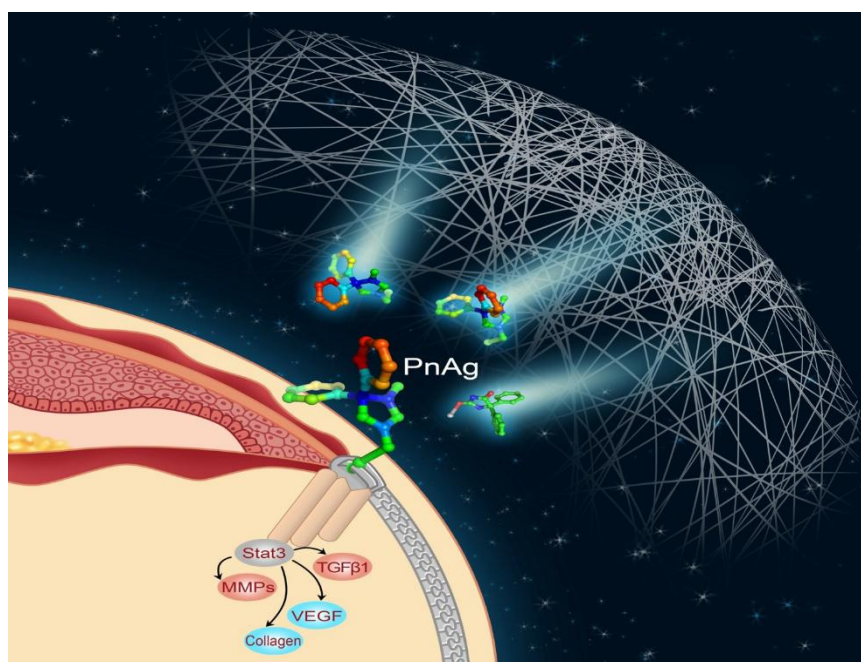


图 1：苯妥英银纳米纤维促伤口愈合示意图

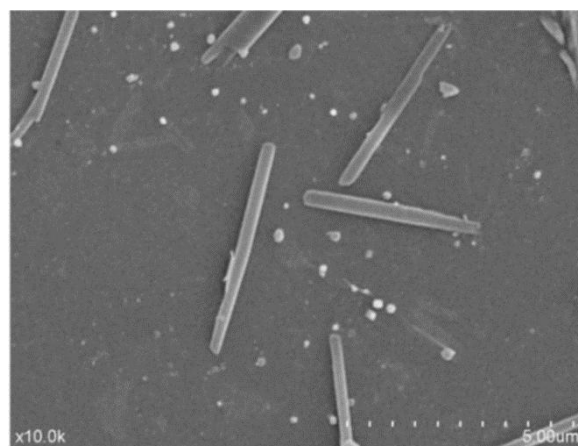


图 2: 苯妥英银纳米纤维电镜图

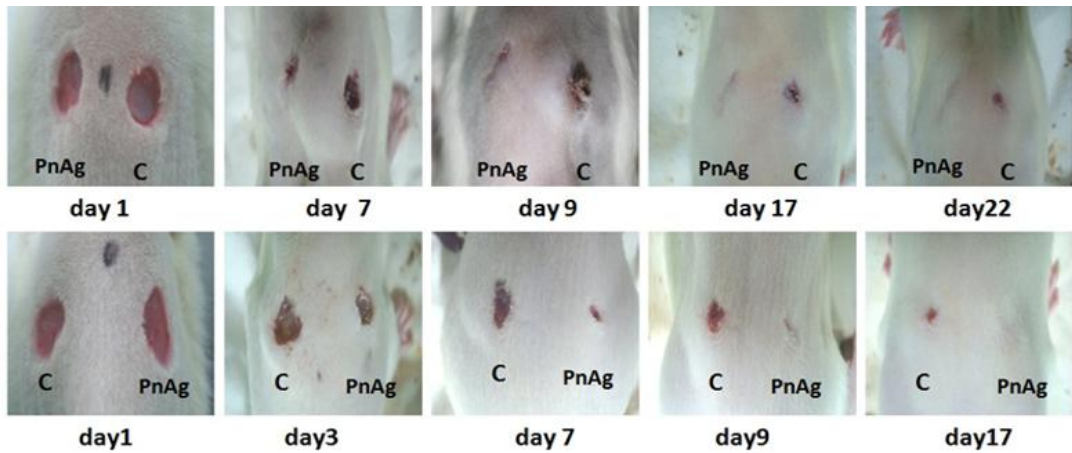


图 3: 苯妥英银促伤口愈合效果图

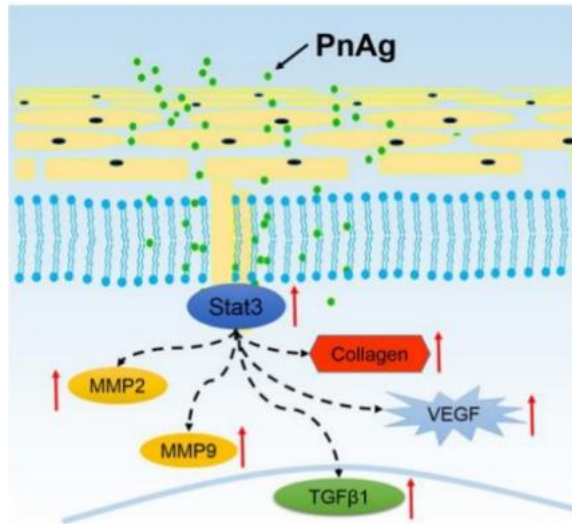


图 4: 苯妥英银促伤口愈合机制研究

## 171. 基于靶向分子探针的肿瘤精准给药筛查技术的产业化

项目负责人：周红刚

个人简介：副教授

研究方向：分子生物学、结构生物学、药物筛选与设计、药理学。

项目简介：

本项目属于肿瘤靶向药物的体外药敏检测，是基于化学靶向药与

其靶蛋白在细胞死亡时也可结合的特性，设计并合成特异性发光基因与靶向药连接，得到一系列候选探针，经细胞筛选、裸鼠荷瘤切片共定位、人源病理样本孵育验证，筛选获得靶向药探针。将探针与患者活检样本共孵育后，通过检测其荧光分布及强度即可直接得知患者对该靶向药的敏感程度，从而给予患者更加精准的给药建议。该技术检测耗时短、结果准确、方法便捷、易于推广，能够与基于大数据的基因检测技术形成很好的互补融合，帮助临床医生为患者制定出更加精准的诊疗方案。

### **技术创新点：**

该探针能够实现将靶向药与患者活检样本的结合情况进行原位显色并相对定量，其荧光的分布及强度直接提示患者对该靶向药的敏感程度，目前国内尚无其他技术能够实现。该技术能够弥补基因检测只能从基因水平间接预测药物敏感度的不足，给出的结果更为准确和个性化。目前我们已合成并检测了包括3种肺癌靶向药探针在内的6种探针，项目一期预计合成国内已上市的6种肺癌化学靶向药的全部探针。

### **市场应用前景：**

近年来精准医疗行业的发展愈发蓬勃，2016年其国内市场估值已达百亿。精准医疗大致分为精准诊断和精准治疗两大板块，目前精准诊断一般依靠间接法或直接法。间接法主要通过基因及表观遗传学检测和大数据分析，对同一亚型的患者给出相同的诊疗方案，其准确性强烈依赖于基因检测的准确性及大数据库的完善程度。一代 Sanger 测序虽成本较低易于普及，但只能检测单基因突变，且灵敏度较低、检测耗时长、工作量大，无法满足庞大的测序需求；二代测序 NGS 具有通量高、敏感度高、能够获得未知突变信息等优势，但其仪器和



试剂要求极高价格昂贵，且能够准确解读数据的科研人员十分稀缺。同时，基因检测不能检出基因表达过程中旁路对于待测基因表达的影响，将直接导致给药建议有误差。直接法主要是肿瘤药敏技术，如MTT比色法、ATP荧光检测法等，需要依托原代肿瘤细胞培养技术，该技术由于巨大的个体化差异，成功率很不稳定，使得该类技术普及困难。基于以上情况，开发一种更加精准敏锐且操作便捷、易于推广的肿瘤精准给药筛查技术，是十分有必要的。该技术能够与现有的精准诊断技术形成强有力的互补，能够帮助临床医生更好地为患者制定治疗方案，为患者争取更大的生存机会，为国内精准医疗行业的发展提供一个全新的思路。

#### 合作方式：

融资共同开发，优先与第三方检测机构进行合作。

鉴于技术保密性，暂未申请专利。

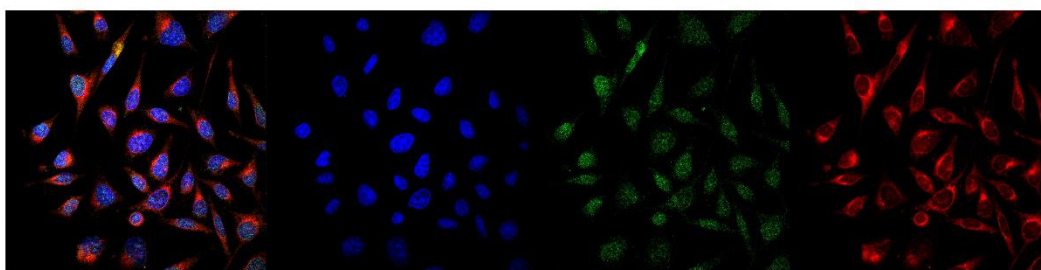


图1 GIST-882细胞上伊马替尼探针与靶点共定位实验

伊马替尼探针染色结果与其靶点CD117的免疫荧光染色结果重叠程度极高，经计算皮尔森系数高达0.96以上。从左至右：细胞核染色与探针染色叠加，可以看出伊马替尼探针结合在细胞膜上，其靶蛋白CD117也确实为膜蛋白；细胞核DAPI染色；CD117抗体免疫荧光染色；伊马替尼探针染色

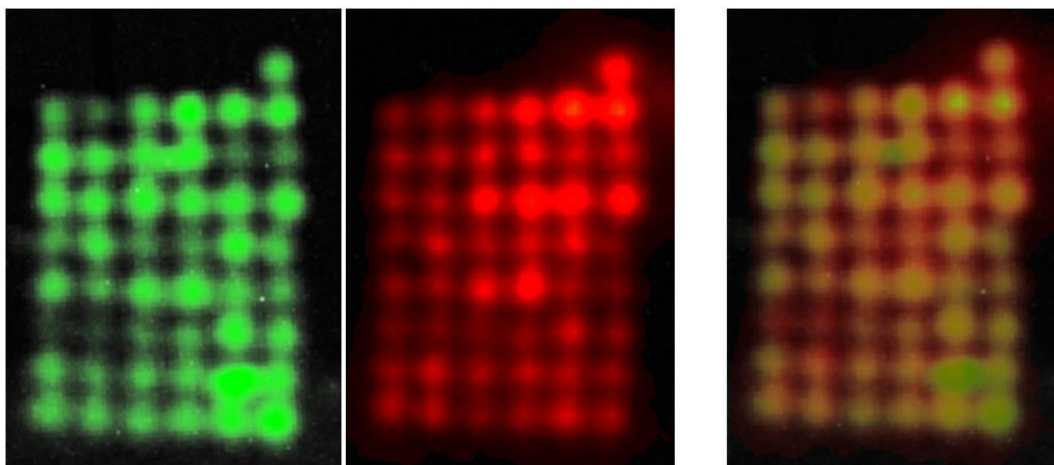


图2 胃癌患者组织芯片双染色

CD117抗体免疫荧光染色与伊马替尼探针的染色结果大部分吻合，但探针染色指示出了免疫荧光染色中出现的假阳性情况。从左至右：CD117抗体免疫荧光染色；伊马替尼探针染色；两种染色结果叠加

## 172. 针对肥胖型的II型糖尿病药物1.1类化药 新药分子 CP0269 的开发

项目负责人：杨 光

个人简介：讲师

研究方向：药物化学、有机合成、化学生物学。

项目简介：

本项目基于II型糖尿病热门研究靶点C-Jun NH<sub>2</sub>-Terminal Kinase (JNK)的蛋白活性口袋的结构为基础，设计与合成了超过60个化合物的类似物，通过细胞试验筛选和II型糖尿病大鼠动物模型验证，筛选得到候选药物分子CP0269。该分子与模型对照组和阳性药物二甲双胍给药组相比，显示出来良好的降血糖，降血脂，保护胰岛B细胞的药效。通过成药性评价预实验显示CP0269具有良好的成药性：CP0269合成与纯化工艺简单，能得到大量，质量可控的原料药；药物灌胃口服，吸收与起效迅速，长期毒性预实验显示了该化合物具有良好的安全性。

### 技术创新点:

CP0269 是以 JNK 为靶点设计的抗 II 型糖尿病的药物分子, 一旦开发成功, 将成为首次以 JNK 为靶点的抗 II 性糖尿病的药物分子。属于 First in Class。

### 市场应用前景:

在当今社会, II 型糖尿病的发病率依然在增长。饮食结构的变化造成了肥胖人数的增加, 肥胖可能导致机体炎症, 从而影响胰岛 B 细胞的存活于机体的胰岛素抵抗。因此, 肥胖已经慢慢成为 II 性糖尿病的发生进展的主要因素之一。针对这种肥胖型 II 型糖尿病的药物, 在临床上一般采取联合用药的治疗方案。CP0269 一旦开发成功, 将会针对这一日益增长的适应症占据市场, 表现出良好的开发前景。

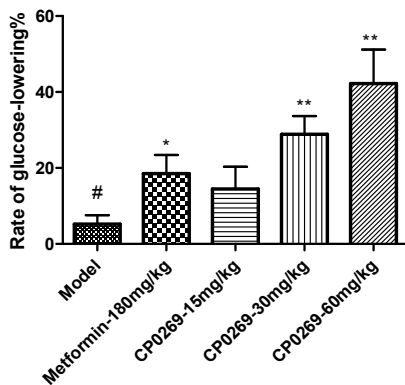
### 合作方式:

可采用多种方式进行合作, 既可与企业联合研发后续工作, 也可通过技术转让方式进行合作, 或是其他方式均可。

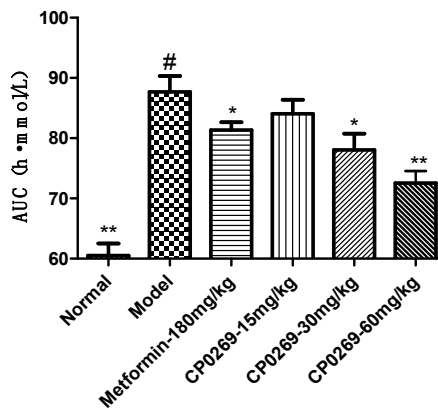
### 已获得的知识产权:

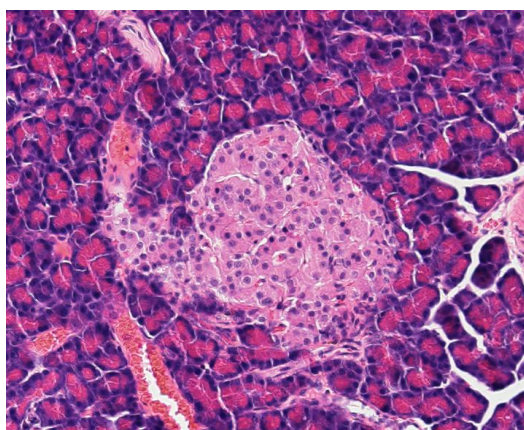
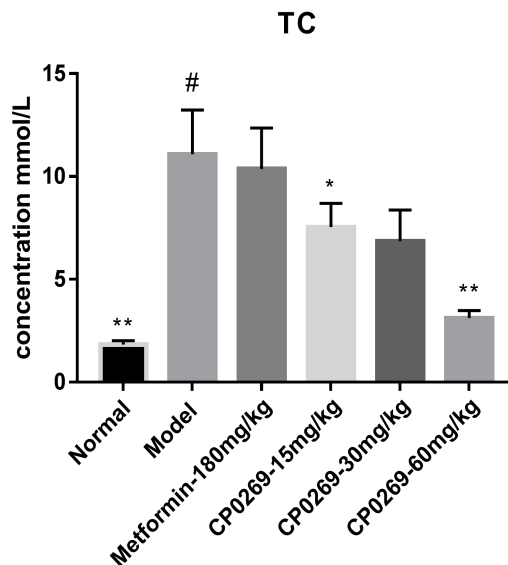
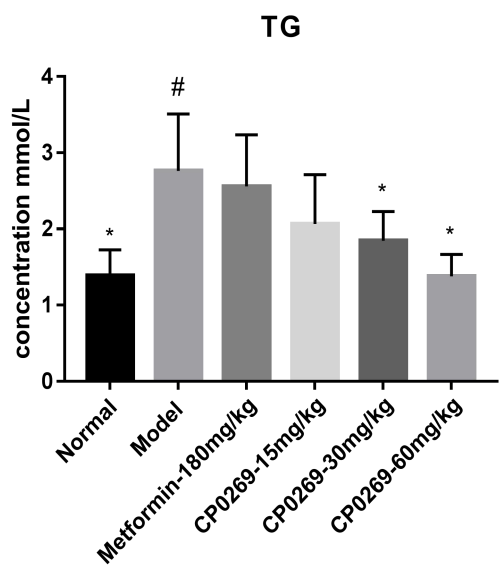
一种化合物及其用于制备 II 型糖尿病治疗药物的应用 (专利号: 201710941613.9)

大鼠模型给药 40 天后空腹血糖变

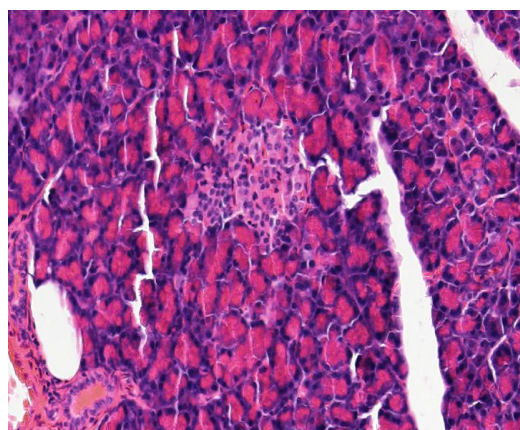


大鼠模型给药 40 天后糖耐量实

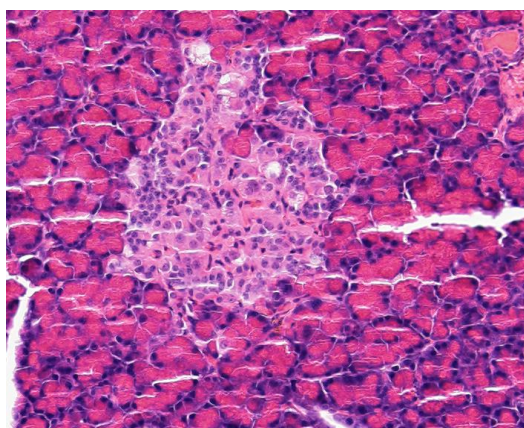




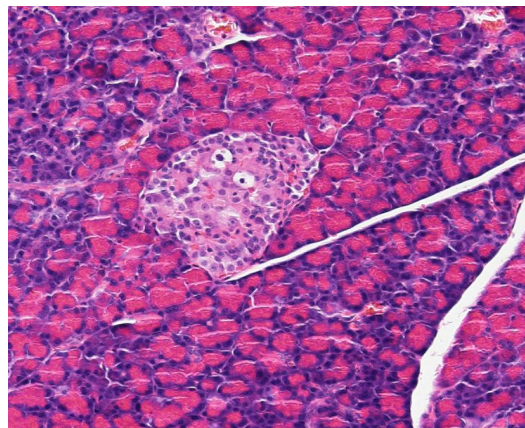
Control



Model



CP0269 (15 mg/Kg)



Metfomin (180 mg/Kg)

### 173. 临床药物高三尖杉酯碱的合成工艺

项目负责人：陈莉

**个人简介：** 副研究员

**研究方向：** 有机合成方法学研究、具有重要生理活性的天然产物及其类似物的设计合成及药物活性和构效关系研究。

**项目简介：**

高三尖杉酯碱是从我国三尖杉属植物中分离出的抗肿瘤生物碱之一，属细胞周期特异性药物，对 G1 和 G2 期细胞杀伤作用最强，而对 S 期细胞作用较小。用于急性非淋巴细胞白血病，如急性粒细胞白血病、急性早幼粒细胞白血病、急性单核细胞白血病等疾病的临床治疗，完全缓解率较 HRT 高。2012 年 10 月 26 日，美国食品与药物管理局 (FDA) 通过加速审批程序批准了高三尖杉酯碱 (omacetaxine mepesuccinate) 用于治疗成人慢性髓性白血病 (CML)。

**项目特色和创新之处：**

以天然植物中大量存在的三尖杉碱自身为手性源，通过化学合成的方法，高效高选择性地完成了高三尖杉酯碱的合成。研发小试工艺成熟，合成线路短、步骤少、立体选择性好、收率高、重现性好，可进行放大试验。并建立了成熟的分析方法和结晶方法。产品用于急性非淋巴细胞白血病和成人慢性髓性白血病 (CML) 的临床治疗。

## 174. 抗癫痫药伊莱西胺的新工艺

**项目负责人：** 胡方中

**个人简介：** 副教授

**研究方向：** 合成有机化学、有机材料、农药化学。

**项目简介：**

胡椒碱对抗大鼠具有明显的惊厥作用、电惊厥作用以及“听源性

发作”作用。胡椒碱稳定性差，我国科学家对胡椒碱及其衍生物的构效关系进行了深入研究，先后合成了多个桂皮酰胺类化合物，于1974年首次成功合成了伊莱西胺（原名抗痫灵，Antiepilepsine）

#### **项目特色：**

采用胡椒醛与N-乙酰基哌啶直接反应，一步合成了伊莱西胺，收率90%。该工艺原子利用率高，反应副产物为水。整个工艺绿色环保，反应溶剂及催化剂可循环套用。预计利用该工艺投产后，将会是工艺成本大大降低，同时大大减少三废的排量。另外，在研究N-乙酰基哌啶的合成方法过程中，利用本技术从哌啶出发，可定量得到N-乙酰基哌啶（产率>99.9%）。

#### **市场应用前景：**

以生产一公斤抗痫灵计算，原有工艺需要原料成本477元，我们的工艺原料成本316元，降低了34%。该工艺具有很强的市场竞争能力，具有很好的商业化前景。

## **175. 恩翊平衡调理精粹液**

**项目负责人：周红刚**

**个人简介：副教授**

**研究方向：分子生物学、结构生物学、药物筛选与设计、药理学。**

#### **项目简介：**

本项目由南开大学科研团队研发，采用全新的护肤理念，通过添加天然植物提取物选择性刺激皮肤表面有益菌生长，从而改善肌肤菌群的状态，平衡肌肤微生态环境而达到改善皮肤状况的目的。

#### **项目特色：**

恩翊平衡调理精粹液以低聚果糖为主要原料，辅以珍贵的七参提

取液、洋甘菊、金盏花、薏仁等植物精粹，无激素、不含酒精、温和无刺激。可提升肌肤自我修复力，加强肌肤自美能力，通过对肌肤表层生态的双向调节，保护肌肤的同时恢复基底细胞活力，促进表皮细胞生长。改善如痤疮、黄褐斑、敏感、干燥等与肌肤生态失调相关的肌肤问题。

#### 市场应用前景：

目前，该项目已完成全部研发及生产工作，产品已上市销售。

## 176. 红景天牛磺酸泡腾片

项目负责人：艾笑羽

个人简介：讲师

研究方向：药物制剂

#### 项目简介：

现代药理学研究发现，红景天具有抗衰老、抗缺氧、抗肿瘤、抗病毒、抗疲劳、增强免疫及提高学习记忆能力等许多新的作用机理。近期的研究结果显示，红景天能够有效改善肿瘤细胞的缺氧状态，抑制肿瘤细胞的侵袭转移，还能够促进肿瘤细胞分化，达到抗肿瘤的效果。

本项目组通过建立肿瘤细胞缺氧模型评价红景天提高肿瘤细胞的抗缺氧功效，结果显示，红景天能够明显抑制缺氧诱导因子 HIF-1 $\alpha$  的水平。红景天联用化疗剂奥沙利铂能够明显增强奥沙利铂的抗肿瘤作用，表明红景天可作为化疗增敏剂，提高化疗药的作用效果。红景天的动物实验表明，红景天能够增强化疗药奥沙利铂的抑制小鼠肿瘤生长和肝转移的作用。另外，红景天能够显著延长小鼠的生存期。

### 项目特色：

本项目立足红景天高浓缩提取物，以原料药材经 1：20 浓缩，将 20g 药材浓缩为 1g 总提物，采用二氧化碳超临界萃取法并结合特殊的层析工艺，可以获得富含红景天单体 A 的高浓缩总提物，配以牛磺酸为主料，采用泡腾片的生产工艺，制作了具有很好冲泡口感的红景天提取物泡腾片，该泡腾片在水中可快速完全溶解，溶液澄清无渣，气味香甜，口感微酸清爽，具有快速提高血氧含量、抗疲劳及增强免疫力等功效。

### 市场应用前景：

适合于工作压力大的易疲劳人群、备考学生、手术后患者以及老年人用于提高免疫力，改善身体和精神状态。目前已完成第一批样品生产，正在进行保健品资质申报工作。

## 177. 雾灵景天清新精华液

项目负责人：周红刚

个人简介：副教授

研究方向：分子生物学、结构生物学、药物筛选与设计、药理学。

### 背景简介：

现代药理学研究表明红景天具有抗菌消炎、止咳祛痰、增强肺血管收缩反应，加快血液循环，改善机体供氧等作用。近期的研究结果显示，红景天可通过干扰肿瘤细胞 DNA 合成、抑制肿瘤新生血管、诱导肿瘤细胞凋亡等方式达到抗癌的效果。

### 项目特色：

本项目根据药物筛选过程中发现红景天提取物具有增加体内“清道夫”细胞活性的作用，经动物实验及已有文献证实后开发。以高纯



度红景天精华萃取物为原料，通过微孔雾化技术将红景天精华成分雾化成纳米颗粒均匀分布于等渗的平衡液中，以与呼吸间隔脉冲的频率，经鼻、咽喉、气管进入肺，在肺泡表面形成保护层，同时快速浸润到肺间质，进入血液，提高血红蛋白的携氧能力，增加血氧饱和度，提高机体免疫力，修复肺泡上皮细胞并加强吞噬细胞净化清理活性，减少有害颗粒在体内的积累，从而达到净化呼吸道和润肺的双重效果。适用于遭受雾霾侵袭的大众、长期吸烟者、经常处于缺氧环境人群等。

该项目已完成研发及生产，产品已上市销售。



产品图片

## 178. 高纯度银杏内酯的制备

项目负责人：王春红

个人简介：副研究员

研究方向：高分子化学

项目简介：

## 成果与项目的背景及主要用途

在天然植物药的开发中，银杏叶的现代药用研究无疑是热点之一。七十年代初，德国首先用溶剂萃取的方法大规模生产具有明确质量标准的银杏叶提取物 EGb761，为黄酮甙（含量在 24% 以上）和萜内酯（银杏内酯和白果内酯的总和，含量在 6% 以上）的混合物，并以此开发成了疗效显著、稳定的治疗心脑血管疾病的单方植物药，成为欧洲最为畅销的药品，引起了国际医药界极大的关注。

目前国内外上市的银杏制剂所用原料均符合 EGb761 的质量标准。但是，随着研究的深入，大量的药理和临床实验都证明了银杏叶提取物中的主要药效成分黄酮甙和萜内酯的药理作用并不完全相同，因此，单一有效成分新药成为近十年来欧美发达国家竞相开发的目标。八十年代初，法国科学家 P. Braquet 领导的研究小组对银杏内酯的药理活性进行了研究，首次发现银杏内酯是一类非常有效的血小板活化因子（PAF）天然拮抗剂，血小板活化因子 PAF 是由血小板和多种炎症细胞产生和分泌的一种内源性磷脂，是迄今发现的最有效的血小板聚集诱导剂，具有广泛的生物学活性，它除导致血栓形成及参与心血管疾病的发生和发展以外，还与其它多种疾病的发生密切相关，如哮喘、休克、炎症、器官移植时的排斥反应等，因此 PAF 拮抗剂的研究一直是八十年代以来寻找上述疾病的特效和高效治疗药物的热点。另外，近年来的研究发现，除银杏内酯外，银杏萜内酯还包括另一类化合物，即白果内酯，它能有效抵抗神经末梢的衰老，对器质性神经系统疾病有明显的疗效，尤其对抑郁症的治疗极为有效，且无毒副作用。银杏内酯口服，生物利用率很高，并能在 1—2 小时内迅速进入血液，这对一般疾病的治疗已不成问题，但用于急救，药效的发挥显得速度较慢，因此近年来国际上热衷于银杏内酯针剂的开发，这对于银杏内酯

的制备提出了很高的要求。

为此，我们根据黄酮和萜内酯的结构特点，设计合成了一类兼具氢键、疏水、筛分多种作用的协同效应的吸附树脂，成功地将黄酮和内酯分离，可经吸附、洗脱一步制备含量高于 90% 的银杏内酯提取物。

### **技术原理与工艺流程简介**

通过改变反应单体和交联剂，使得所需的功能基团在树脂聚合过程中即被引入到树脂骨架上，通过含有所需功能基的反应单体投料量的变化，控制树脂上功能基含量，使其与银杏黄酮类化合物可发生特异性吸附。由于避免苯环的引入，树脂的极性较大，对银杏内酯的吸附能力大大减弱，所以银杏内酯和黄酮得到有效分离。在此基础上，制备一类孔径均匀的具有筛分能力的吸附树脂，通过改变树脂初始交联度，使其在不同溶胀程度下发生后交联反应，可制备一系列孔径尺寸可调的树脂，通过吸附实验筛选，得到适宜孔径的树脂，用于银杏内酯粗提物中未知杂质的去除，使得银杏内酯含量达到 90%。

详细考察吸附溶液浓度、吸附速度、洗脱液浓度、洗脱速度等操作条件对纯化效果的影响，建立最佳提取工艺。

### **应用领域、技术水平及能为产业解决的关键技术、专利**

应用领域为医药、材料行业，可提供低成本、高纯度的银杏内酯提取物（总内酯纯度高于 90%），可进一步研究开发银杏内酯冻干粉针剂，用于脑梗塞（脑血栓形成、脑栓塞）中风中经络的痰瘀阻络症的临床治疗。专利（申请）号：200710057753.6。

### **应用前景分析及效益预测**

利用此种新型吸附树脂制备银杏内酯提取物，工艺简单，可直接用于工业化生产，且与溶剂萃取法相比，该法生产成本大大降低，因

此在价格上这种提取物本身已极具市场竞争力，由此开发出的银杏内酯针剂，无疑应具有更强的竞争力和更广泛的应用前景。

## 179. 肝癌靶向纳米药物

**项目负责人：袁直**

**个人简介：**教授，博导，跨世纪人才。

**研究方向：**生物医用高分子材料研究，主要集中在智能靶向药物传递系统；高选择性吸附分离功能高分子材料研究。

**项目简介：**

本项目提供了一种靶向肝癌细胞的纳米药物 (LTAG-NPs)。该药物以天然多糖搭载临床广泛使用的铂类抗癌药物，具有合成简便，成分友好的特点，通过与肝（癌）细胞发生特异性结合，实现肝癌靶向效果。药物在肝部高效富集并在肿瘤细胞中释药。因此，LTAG-NPs 在有效抑制肿瘤生长的同时，明显降低传统化疗药物强烈的毒副作用，提高患者顺从度和安全性。具有较高临床应用价值和转化前景。

体外释药实验表明，在肿瘤细胞环境下，LTAG-NPs 4 小时释放药物超过 20%，6 天药物全部释放，既在 6 天内缓慢持续释药；药物代谢实验证明，LTAG-NPs 在注射小鼠体内 24 h 后仍保持较高药物浓度，具有血液长循环效果；生物分布实验证明，纳米药物在肝部的富集是传统化疗药物的 5-6 倍，明显降低了在肾脏的积累；对于同时种有肝异位瘤和肺异位瘤的小鼠，LTAG-NPs 在肝异位瘤的富集量为肺异位瘤的 2.5 倍，说明具有优异的肝肿瘤靶向能力。体内抑瘤实验证明，纳米药物具有与传统化疗药物相当的抑瘤效果但毒副作用明显降低，尤其是明显降低了肾毒性。大剂量注射传统化疗药物的小鼠在 5 天内全部死亡，而纳米药物组则保持存活率 100%，且小鼠体重稳

步上升，体征良好。

以上动物实验全部由医院完成并进行相关评价。

## 180. 抗丙肝药物索非布韦关键含氟医药中间体 材料的制备工艺研究及产业化

**项目负责人：汤平平**

**个人简介：**教授，博导，国家青年千人、天津市青年千人、国家优秀青年基金。

**研究方向：**对具有生物活性天然产物的全合成以及方法学研究、氟化学研究。

**项目简介：**

索非布韦（又译为索氟布韦，英文名 Sofosbuvir，CAS：1190307-88-0）是全球首个丙型肝炎病毒(HCV)NS5B 聚合酶核苷酸类似物抑制剂，用于治疗慢性丙型肝炎，目前国外已有产品在销售，且利润可观。国内还没有此类药物，本项目具有重大的发展前景。

采用本课题组开发的新型氟取代反应，设计和开发了一条经济、绿色和环保的具有巨大临床价值和市场价值抗丙肝药物索非布韦及其关键含氟医药中间体的制备工艺。本项目的目的是对本课题组开发的新颖制备工艺进行中试放大研究，进而实现商业化规模制备，从而产生良好的社会效益和经济效益。

依托南开大学化学学院良好的科研平台，以及本课题组多年积累的有机氟化学及合成有机化学的基础研究成果，我们对具有巨大临床价值和市场价值的抗丙肝新药索非布韦及其关键含氟中间体的制备工艺进行优化。小试规模研究结果表明，本制备工艺能以良好的经济性、兼顾环保、安全等考量获得预期质量要求的目标产品。后期通过小试

放大研究、中试研究和商业化生产确认等产业化开发程序。

## 181. 索非布韦的合成方法及产业化

项目负责人：苗志伟

个人简介：教授

研究方向：具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

项目简介：

索非布韦（商品名：Sovaldi，通用名：Sofosbuvir，结构如图 1 所示）是吉利德科学公司（Gilead Sciences）于 2013 年 12 月 6 日获得美国食品药品监督管理局（FDA）批准的用于基因 1 型，2 型，3 型以及 4 型慢性丙型肝炎（HCV）成人患者的有效治疗药物。

目前索非布韦 28 片/瓶在美国的销售价格为 2.8 万美元，即每片 1000 美元，而大多数患者需要治疗 12 周，总费用将达 8.4 万美元，分析认为索非布韦会成为一款超级重磅炸弹药物。2014 年在美国的销售额将达到 19 亿美元，到 2016 年其销售额将达 66 亿美元。

本项目将研究索非布韦的合成方法和产业化工工艺条件，通过设计和改进现有的索非布韦合成方法，获得索非布韦的生产技术，项目的考核指标是实现索非布韦的产业化生产。

本项目索非布韦合成方法具有以下优点：

- 1) 操作步骤简单，每一步重要中间体的纯化均采用重结晶或非常普通的纯化方法，不需要进行硅胶柱层析等繁琐的纯化方式；
- 2) 每一步的合成反应收率较高，进行产业化生产的装置简单，没有特殊的化工装置要求；

- 3) 整个工艺路线设计合理，溶剂回收方便，三废产生量很少，属于环境友好型绿色合成生产工艺；
- 4) 顺利实现的所有重要反应中间体和最终索非布韦产品的立体选择性控制，通过  $^{31}\text{P}$  NMR 谱以及  $^1\text{H}$  NMR 谱检测结果表明，该生产工艺得到了单一立体构型的索非布韦目标化合物。

## 182. 一种抗疟剂药物中间体材料的制备及合成工艺

项目负责人：张明慧

个人简介：教授

研究方向：多相催化、催化新材料、生物质催化转化。

项目简介：

青蒿素是目前为止最热门的抗疟疾特效药，由于它速效和低毒的用药特点，现已作为世界卫生组织推荐的药品。青蒿素从植物的花蕾和叶子中分离提取，但近来因为青蒿素的大肆提取，生态平衡遭到破坏，资源枯竭，所以不宜长久提取；此外，由于患者大多为贫苦地区的人民，购买力低下，承受不起青蒿素高昂的价格。对此，科学家们开始研究新的药物，希望能降低治疗的成本，也可以减少青蒿素的用量，保护生态环境。

在研发新药物的过程中，研究工作者发现一类含 trioxolane 单元的分子药物对于疟疾的抗击有着很好的效果。通过对药物进行改造研究，研究人员得到了药物性能优异的类似物 OZ439。通过口服，OZ439 能完全消灭人体当中的寄生虫，现如今 OZ439 的合成已在瑞士进行了中试生产。

本项目是通过廉价的反应材料，经过催化转化制备合成 OZ439

的所需重要中间体 HPCH。目前实验室已完成了催化剂的筛选和合成工作，所制备的催化剂在温和的反应条件下可以获得较高收率的 HPCH，其生产成本低于国外药企的要求。

开发计划：催化剂的放大制备及反应工艺的放大研究及优化，催化剂的循环利用和产品的分离及纯化。本项目初期一直与国外药企进行沟通合作，工艺优化后即可进入产业化阶段。

所需条件支持：希望能获得 100 万经费支持与 100m<sup>2</sup> 实验室支持，用于购置反应评价及催化剂放大制备设备。

### 183. 医药中间体 3, 4, 5-三甲氧基苯甲醛 (TMB) 的制备

项目负责人：陈文彬

个人简介：副研究员

研究方向：具有医药或农业生物活性物质的设计合成、小分子的化学生物学研究、医药中间体或药物的工艺研究、光引发剂的设计合成与应用。

项目简介：

3, 4, 5-三甲氧基苯甲醛(简称 TMB)，外观为白色至浅黄色结晶，易溶于乙醇、乙酸乙酯和氯仿等有机溶剂中。是一种重要的医药中间体，是合成磺胺类增效剂三甲氧基苄胺嘧啶 (TMP) 的重要中间体。目前市场销售量每年数千吨，单价在 15 万元/吨左右。目前 TMB 的合成方法主要有三条，一是以五倍子酸为原料，经甲基化、酯化、还原等步骤合成；二是以香草醛为原料，经溴代、甲氧基化、甲基化等步骤合成；三是对羟基苯甲醛为原料，经溴代、甲氧基化、甲基化等步骤合成。以对羟基苯甲醛为原料是目前工业化的主要途径，但该



方法中也存在致命的不足，如甲氧基化步骤中，以 DMF 作溶剂，甲基化原料为甲醇钠/甲醇溶液，但 DMF 在碱性中容易分解，产生二甲胺，造成 DMF 回收困难，使用成本过高；甲基化使用剧毒的硫酸二甲酯，对操作人员和环境产生强烈的影响。虽然文献中也报道了避免使用 DMF 为溶剂的工艺，但还存在操作复杂、反应体系压力过大等缺陷。甲基化步骤中尚没有合适的硫酸二甲酯替代物。

本项目旨在优化对羟基苯甲醛的工艺，主要改进点是甲氧基化和甲基化方法，甲氧基化以价格便宜且广泛使用的碳酸二甲酯（DMC）作为辅助催化剂，甲醇/甲醇钠为溶剂和甲氧基化原料，避免使用容易分解的 DMF，且反应后产物无需进行酸化；甲基化以价格便宜且毒性小的氯甲烷气体代替剧毒的硫酸二甲酯。该项目目前已经完成实验室的小试工艺，通过优化的实验条件，以三步总收率约 70% 合成 TMB，正在进行中试放大。

## 184. 降糖抗栓肽生物制备技术

**项目负责人：** 李明刚

**个人简介：** 教授，博导。

**研究方向：** 生物技术与新药、遗传学、微生物学。

**项目简介：**

糖尿病已成为威胁人类健康的重要慢性流行疾病。本课题组研发的“降糖抗栓肽口服液”能显著改善糖尿病模型小鼠的“三多一少”症状、血糖浓度、胰岛素抵抗和口服糖耐量，恢复脏器损伤，减少细胞凋亡；改善血流变特性，防治血栓形成和发展；长期高剂量口服无毒无害，是一种安全长效的口服降糖抗栓双功能制剂。

本技术提供了完善的“降糖抗栓肽口服液”（有效成分为长效促胰岛素-水蛭素）高效生产菌株、中试发酵和纯化制备技术生产工艺。

### **项目特色：**

首次采用无缝串联融合技术克隆了长效促胰岛素-水蛭素基因，创制了其高效生产菌株、中试发酵工艺和纯化制备技术。相关内容已获 2 项国家发明专利、发表多篇 SCI 论文，并通过天津市科技支持重点项目验收鉴定(成果编号 14ZCZDSY00013/170800)。

完成了降糖抗栓肽的药理、药代和毒理学实验研究，证明其能显著改善糖尿病模型鼠的“三多一少”症状、血糖浓度、胰岛素抵抗和口服糖耐量，恢复其脏器损伤，阻止细胞凋亡；改善血栓模型小鼠的血液特性，延缓尾部血栓的形成和发展；口服降糖抗栓肽以快速吸收和缓慢消除的形式发挥降糖和防栓功能；长期高剂量口服降糖抗栓肽未发现明显的急性、慢性、生殖和遗传毒性，可以作为一种安全长效的口服降糖防栓双功能药物。

“降糖抗栓肽口服液”具有显著的“降糖抗栓”功效，其应用将使数以亿计的糖尿病患者摆脱“久病缠身”和长期“打针注药”的痛苦，并可为企业带来巨大商机、经济效益和社会效益。

### **市场应用前景：**

目前我国有糖尿病患者超 1.2 亿，全世界糖尿病患者约 4.5 亿人，预计到 2040 年将超过 6.5 亿，糖尿病已成为威胁人类健康的重要慢性流行疾病，足见其需求迫切、应用前景广阔和市场潜力巨大。

“降糖抗栓肽口服液”具有显著的“降糖抗栓”功效，其应用

将使数以亿计的糖尿病患者摆脱“久病缠身”和长期“打针注药”的痛苦。目前我国糖尿病患者比例已接近总人口的10%，且仍在逐年上升，若“降糖抗栓肽口服液”能获批上市，将给企业带来数以亿计的经济效益和巨大的社会效益。

## 七、 农业

### 185. 单嘧磺隆和单嘧磺酯合成工艺的绿色研究

**项目负责人：李正名**

**个人简介：**教授，中国工程院院士。

**研究方向：**有机化学、农药学。

**项目简介：**

单嘧磺隆和单嘧磺酯是超高效、广谱、安全的绿色化农药品种，分别于2007、2013年通过农业部审核，获得农业部正式登记证。其中单嘧磺隆适用于小麦、谷子、玉米等主要作物，尤其是作为谷子除草剂，它的作用无可替代，我国玉米种植面积为5.1亿亩，小麦4.5亿亩，谷子3000万亩，因而市场相当广阔。目前单嘧磺隆、单嘧磺酯原药生产废水量较大，亟需对它们的合成工艺进行更深入的研究，以实现合成工艺绿色化，使整个工艺废水达到“零排放”。

**项目特色：**

设计单嘧磺隆生产工艺路线时，对氨解工段反应进行改进，用水代替有机溶剂作为反应溶剂，使生产工艺更为绿色化；对氨基酯工段后处理进行了改进，通过蒸馏回收了丙酮；对关环工段后处理进行了改进，在近回流情况下通过水萃取除掉无机盐，水可以通过蒸发回用，既保证了中间体的纯度，又减少了废水排放。设计废水处理方案时，采用了“生产工艺废水套用—蒸发回用—结晶”这样的一个内循环过程，不仅大大降低了生产工艺废水的处理成本，而且回收绝大部分的水以及无机盐。可以实现水回用，基本达到废液“零排放”，满足了节能环保的要求。该方法不仅操作简便，不需要增加额外的设备，运行成本低。

本项目先后承担国家“十五”科技攻关3项，“十一五”科技支

撑 1 项、科技部推广 1 项，农业部成果转化 1 项、天津市重点攻关 1 项和天津市成果转化 1 项；曾获国家技术发明二等奖、国家发明创业奖，教育部科技进步二等奖、天津市科技发明一等奖、天津市发明专利金奖，天津市最有价值发明专利称号，天津科技重大成就奖等。

#### **社会贡献和经济效益：**

可降低单啮磺隆生产工艺废水的处理成本，而且回收绝大部分的水、无机盐以及部分原料，能基本达到废液“零排放”。同时，可能该方法应用于同类产品单啮磺酯等的生产工艺废水处理中。该项目不仅节约成本，更重要的是它基本实现生产工艺“绿色化”，这对单啮磺隆、单啮磺酯的推广具有非常重要的意义。

### **186. “水肥一体化” 高效多聚磷酸铵-硫酸钾肥料**

**项目负责人：**苗志伟

**个人简介：**教授

**研究方向：**具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

**项目简介：**

多聚磷酸铵（APP）在农业上是配制高浓度液体多功能复合肥料的一种非常重要的原料，并具有一定的缓释与螯合作用，符合当前复合肥料高效化、液体化、缓效化、专用化、多成分化和多功能化的发展趋势。

由于短链聚磷酸铵溶解度高，比一般磷肥可提高液体肥料中磷的含量；可配置磷含量较高的液体肥料，pH 值近中性，作物使用安全

系数高；结晶温度较低，生产使用方便。利用聚磷酸铵原料作为无机螯合剂，较有机螯合剂便宜，同时又能提供氮磷养分。另外聚磷酸盐不被植物直接吸收，而是在土壤中逐步水解成正磷酸被植物利用，因而是一种缓溶性长效磷肥。

### 项目特色：

本项目开发了以磷酸和尿素为原料制备多聚磷酸铵的方法并顺利实现了“水肥一体化”高效多聚磷酸铵-硫酸钾肥料的产业化生产。

开发的“水肥一体化”高效多聚磷酸铵-硫酸钾肥料，提高肥料利用率 20-40%以上，平均增产 15%以上，节水同比提高 30%以上。



图 1：田间溶解硫酸钾场面



## 三级过滤系统

某含17%水不溶物的硝基  
复合肥料先溶解后过滤，  
上清液用于滴灌

试用地点：海南万钟公司



图 2：三级过滤系统



## 187. 绿色高效鳞翅目杀虫剂创制品种 -NKXU2014

**项目负责人：**徐凤波

**个人简介：**研究员，2001 天津市自然科学一等奖、2002 天津市科技进步二等奖。

**研究方向：**超分子化学分支领域分子识别与分子开关研究、超高效绿色农兽药技术研究。

**项目简介：**

绿色高效鳞翅目杀虫剂具有全新的作用机理，对小菜蛾等鳞翅目害虫具有较高的防效，且不易与已有杀虫剂产生交互抗性，对鱼、蜂、水生生物及哺乳动物毒性较低，对环境十分友好。

对其杀虫的广谱性田间效果进行试验(在越南田间对稻纵卷叶螟、玉米螟、黏虫和斜纹夜蛾进行了杀虫试验)，结果表明对于供试害虫建议使用剂量是每亩 4-6 克有效成分，效正有效杀虫率比氯虫苯甲酰胺高 10%左右，效果明显。

**市场应用前景：**

此类产品是氯虫苯甲酰胺的替代品种，属于自主创制，可以解决农业界关键问题，打破国际大公司专利垄断，如能产业化可以为中国农业界做出重大贡献，给企业带来巨大的经济效益和社会效益。

## 188. 农用杀菌剂氟硅唑清洁生产技术

**项目负责人：**徐凤波

**个人简介：**研究员，2001 天津市自然科学一等奖、2002 天津市科技



进步二等奖。

**研究方向：**超分子化学分支领域分子识别与分子开关研究、超高效绿色农兽药技术研究。

**项目简介：**

此产品可用于内吸性杀菌，抑制甾醇脱甲基化，用于防治子囊菌纲，担子菌纲和半知菌类真菌（如苹果黑星菌、白粉病菌、禾谷类的麦类核腔菌、壳针孢属菌、钩丝壳菌等，球座菌及甜菜上的各种病原菌，花生叶斑病）。三唑类杀菌剂破坏和阻止麦角甾醇的生物合成，导致细胞膜不能形成，使病菌死亡，对子囊菌、担子菌和半知菌所致病害有效，对卵菌无效，对梨黑星病有特效

**项目特色：**

利用氯甲基二氯甲硅烷在低温下与溴氟苯、金属镁反应，制得双(4-氟苯基)甲基氯代甲基硅烷，再在极性溶剂中与1,24-三唑钠反应，制得氟硅唑。采用自主创新的催化剂使反应可以采用较高沸点溶剂，不增加成本同时提高反应效率，省略了原有工艺的萃取水洗过程，直接得到理想的第一步中间体，生产过程中原有工艺的每吨5吨废水变为没有废水，成为清洁生产工艺。第一步收效达到90%以上。

原有工艺中粗产物需要高真空、高温、高塔板数的减压精馏得到含量在95%以上最终产品，改进工艺后由于合成效率大幅度提高，粗产品略作简单溶剂处理就达到95%以上的白色粉状固体。

**市场应用前景：**

目前国内只有3家生产，市场处于不饱和状态，2010年一度出现供不应求局面，原料成本在每吨15万左右，生产成本在每吨17万左右，市场售价在每吨30万左右，具有良好的利润空间。年产百吨

可获得 800-1000 万税前利润。

## 189. 杀菌剂-肟菌酯创新合成技术

**项目负责人：**徐凤波

**个人简介：**研究员，2001 天津市自然科学一等奖、2002 天津市科技进步二等奖。

**研究方向：**超分子化学分支领域分子识别与分子开关研究、超高效绿色农兽药技术研究。

**项目简介：**

肟菌酯为含氟杀菌剂，具有高效、广谱、保护、治疗、渗透内吸活性、2 冲刷、持效期长等特性。对作物安全，因其在土壤、水中可快速降解，故对环境安全。是目前在农药界备受关注的新型杀菌剂。

**项目特色：**

1) 甲基溴化反应：文献最高达到 78%，二溴化的副产物很难控制。我们通过自主创新的催化剂增加反应选择性，提高反应效率，使 2-溴甲基- $\alpha$ -甲氧亚胺基苯乙酸甲酯 B 收率达到 90%，含量达到 96%。

2) 间三氟甲基苯乙酮肟的合成：间三氟甲基苯基重氮硫酸盐与乙醛肟生成间三氟甲基苯乙酮肟，收率达到 85%左右，达到文献水平。

3) 肟菌酯产品的合成：从 2-溴甲基- $\alpha$ -甲氧亚胺基苯乙酸甲酯与间三氟甲基苯乙酮肟缩合得到肟菌酯，含量达 96%，收率达 78%。(文献是 56-70%)。

**市场应用前景：**

肟菌酯目前市场价格在 60-68 万/吨，以采购甲基- $\alpha$ -甲氧亚胺基苯乙酸甲酯目前一吨肟菌酯原药成本价在 26-30 万/吨，如果自己合成

上述原料，每吨原料成本还可以降低5万元左右，脲菌酯项目具有很好的产业化前景。在厂房和生产公用平台具备条件下，投资500万元，可以达到年产100吨规模。

## 190. 有机磷、磺酰脲类农药高效分子印迹材料的制备技术及其检测应用

**项目负责人：** 陈朗星

**个人简介：** 教授，1994 中国科学院科技进步二等奖，2006 年获天津市自然科学奖二等奖。

**研究方向：** 分子印迹技术、化学传感器、纳米分析化学、先进功能材料。

**项目简介：**

针对我国茶叶、粮谷、蔬菜、水果等具有复杂基质的农产品中有机磷和磺酰脲类农药残留，发展新型预处理方法和材料。应用组合分子印迹技术和溶胶-凝胶分子印迹技术，制备并筛选出高吸附容量、高选择性的分子印迹聚合物材料，包括固相萃取吸附剂和分子印迹整体柱。建立快速、灵敏、准确地从复杂基质茶叶、粮谷、蔬菜、水果中测定有机磷和磺酰脲类农药残留的新方法、新体系。有利于提高我国食品安全检测技术，更好地促进经济发展。

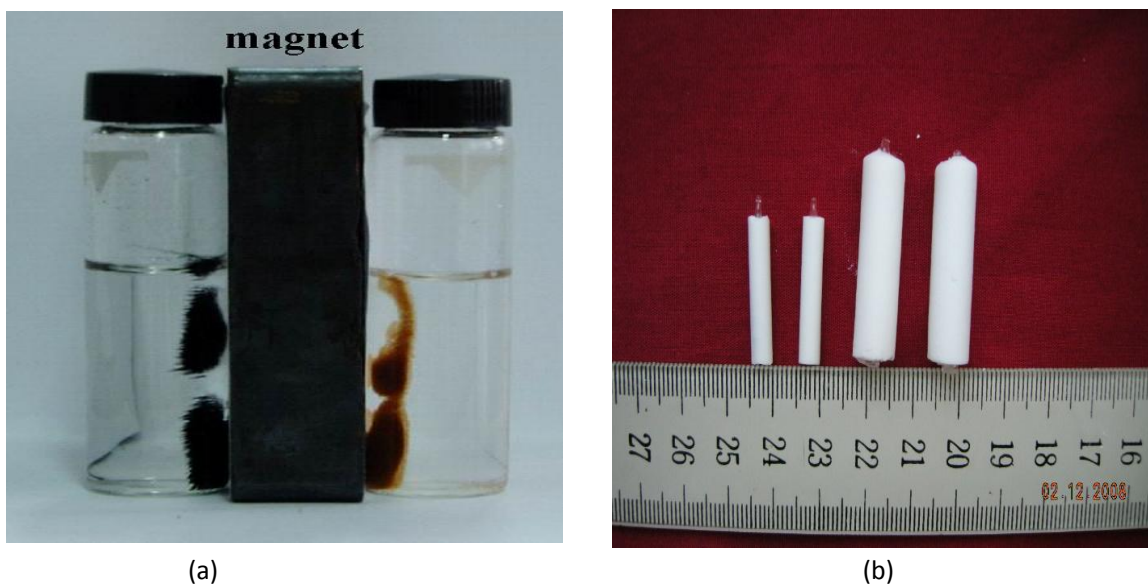


图 1: 磁性分子印迹纳米球(a)和分子印迹固相微萃取搅拌棒(b)。

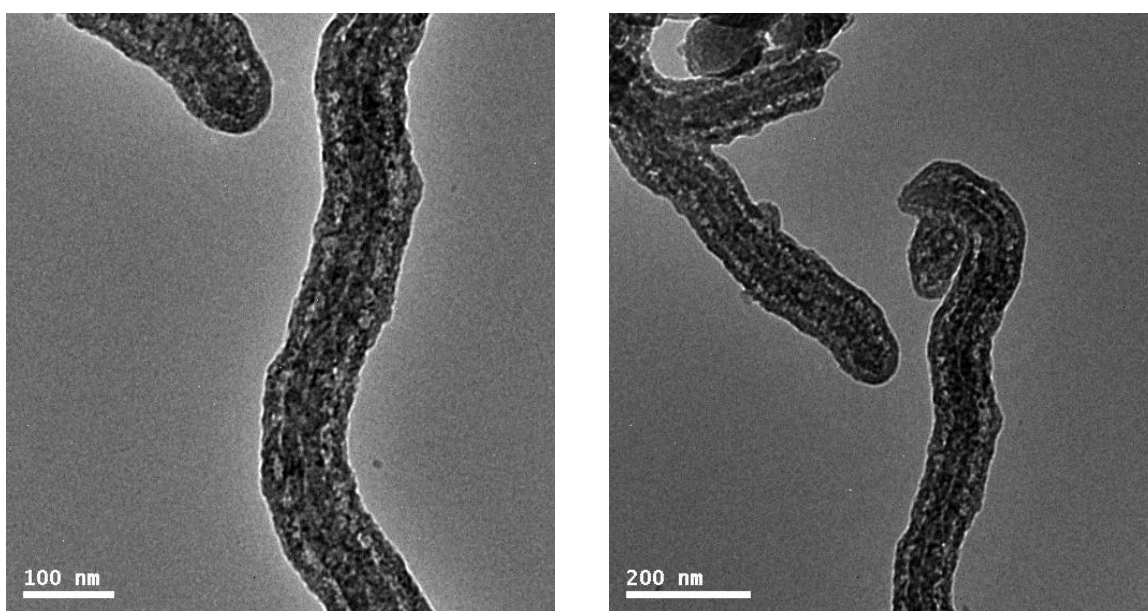


图 2: 溶胶-凝胶法制备的碳纳米管为基质的农药分子印迹聚合物。

## 191. 杀虫剂地农绿色生产工艺

项目负责人： 邹小毛

个人简介： 研究员

研究方向：植物光合作用除草剂创制研究，新型水油兼容绿色环保直用型农药分子创制研究，重大药物及农药品种绿色清洁化、实用性全合成路线的设计、创新及产业化开发。

## 项目简介:

二嗪磷即地亚农,是一种广谱、高效、中低毒有机磷杀虫杀螨剂,还广泛应用于兽药和卫生用杀虫喷雾剂,是替代高毒杀虫剂的主要品种之一。目前世界产量约2-3万吨/年,中国市场刚起步。

南开大学实现了原料异丁腈的国产化,在二嗪磷生产技术上取得突破性成果,异丁腈经甲氧基化、氨化、中和、环化制得羟基嘧啶,总收率达95%以上,羟基嘧啶与O,O-二乙基硫代磷酸氯合成二嗪磷的收率达到95%以上,原药含量达95%以上;生产工艺达到国际先进水平,特点是:乙酰乙酸乙酯或甲酯消耗低;合成采用连续自动化控制;以异丁腈合成羟基嘧啶的过程基本无三废;二嗪磷原药中S-TEPP的含量低于0.2%,达到国际标准。所得二嗪磷原药不需加任何稳定剂就能稳定存在;生产成本低,设备投资少,生产效率高。已获发明专利授权。可提供中试生产技术。

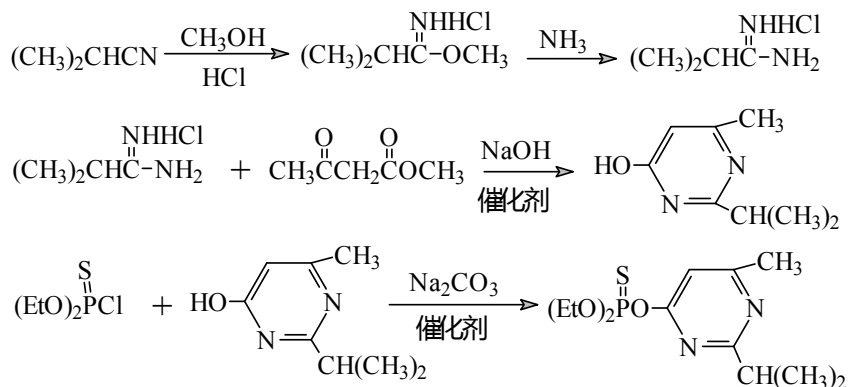
地亚农主要用于水稻、棉花、果树、蔬菜、甘蔗、玉米、烟草、马铃薯等作物,防治刺吸式口器害虫和食叶害虫(如鳞翅目、双翅目幼虫、蚜虫、叶蝉、飞虱、蓟马、介壳虫、十二星瓢虫等),对螨卵也有一定杀伤效果。小麦、玉米、高粱、花生等作拌种,可防治蝼蛄、蛴螬等土壤害虫。颗粒剂灌心叶,可防治玉米螟。

## 工艺技术特点

南开大学元素所对地亚农的制备进行了深入细致的研究,首先,对异丁腈的合成进行了研究,并已实现了异丁腈的国产化,解决了异丁腈依赖进口,价格昂贵的问题,为地亚农生产奠定基础;其次,从理论基础出发,对合成地亚农的各步反应进行了反应机理及动力学的研究。近来,我们在地亚农的生产技术上取得突破性的成果,同样以异丁腈为起始原料,经脘化、环化、缩合三步反应合成地亚农,生产

工艺平均总收率达到 85%（以异丁腈计）以上，原药平均含量达 95% 以上。这一技术达到国际领先水平。

合成具体工艺如下：



该合成工艺具有如下特点：

以异丁腈为原料经脎化、关环合成羟基嘧啶总收率达 92%（以异丁腈计）；

乙酰乙酸乙酯或甲酯消耗低；

合成工艺采用连续自动化控制，设备利用率高，生产效率高；

三废较少，在以异丁腈合成羟基嘧啶的过程中基本无三废；

合成的二嗪磷原药中 S-TEPP 的含量低于 0.3%，达到国际标准。

采用该工艺合成的二嗪磷原药不需要加任何稳定剂就能稳定存在。

总之，该合成工艺生产成本低，设备投资少，生产效率高，连续自动化生产。该工艺水平达到国际先进水平。该生产技术已申请中国发明专利，并获得国家“十五”科技攻关项目经费的资助。

**技术成熟程度：中试生产技术**

**投资估算：**

按年产 3000 吨二嗪磷原药，建成一条现代化自动控制生产线（包括厂房、公用工程），大约需要投资 3000 万元。

## 192. 羟基嘧啶的绿色生产工艺

项目负责人：邹小毛

个人简介：研究员

研究方向：植物光合作用除草剂创制研究，新型水油兼容绿色环保直用型农药分子创制研究，重大药物及农药品种绿色清洁化、实用性全合成路线的设计、创新及产业化开发。

项目简介：

羟基嘧啶是生产大吨位杀虫剂地亚农的关键中间体。地亚农是由瑞士汽巴—嘉基公司于1956年合成，是一种广谱、高效、中低毒有机磷杀虫杀螨剂。广泛用于水稻、棉花、果树、蔬菜、甘蔗、玉米、烟草、马铃薯等作物，防治刺吸式口器害虫和食叶害虫，如磷翅目、双翅目幼虫、蚜虫、叶蝉、飞虱、蓟马、介壳虫、十二星瓢虫等，对螨卵也有一定杀伤效果。小麦、玉米、高粱、花生等作拌种，可防治蝼蛄、蛴螬等土壤害虫。颗粒剂灌心叶，可防治玉米螟。地亚农还广泛应用于兽药领域和用于卫生用杀虫喷雾剂，应用前景十分广阔，具有显著的社会效益、经济效益。目前地亚农的总产量为2-3万吨/年（不包含中国市场），需要羟基嘧啶的总量为1.5-2万吨/年。国内地亚农的生产才刚刚起步，随着国内高毒农药的淘汰，地亚农的产量可能达到1-2万吨/年，则需要羟基嘧啶的总量为1万吨/年。

南开大学元素所研制的羟基嘧啶小试工艺是以异丁腈为起始原料，经醚化、脒化、环化连续化制备中间体羟基嘧啶，三步总收率达到92%（以异丁腈计）以上，羟基嘧啶的含量达到98%。这一技术达到国际先进水平，该工艺的创新点在于：发现了高效催化剂（用量：1/1500-1/3000），找到了一条高收率、高质量、低成本、连续化生产

地亚农的主要中间体羟基嘧啶的生产方法;采用了先进的自动化控制设备;基本实现了羟基嘧啶生产过程中的原子经济性及过程清洁化,即投料比基本接近理论投料量,生产过程基本无废气排放,废水大部分可循环使用。

### 193. 禾本科杂草除草剂—拿捕净

项目负责人: 邹小毛

个人简介: 研究员

研究方向: 植物光合作用除草剂创制研究, 新型水油兼溶绿色环保直用型农药分子创制研究, 重大药物及农药品种绿色清洁化、实用性全合成路线的设计、创新及产业化开发。

项目简介:

拿捕净的化学名称为 2-[(1-乙氧基亚氨基)丁基]-5-[2-(乙硫基)丙基]-3-羟基-2-环己烯-1-酮, 是一种具有内吸传导性的茎叶处理除草剂, 对禾本科杂草的杀伤力很强。可用于大豆、棉花、花生、甜菜、亚麻、油菜、苜蓿、蔬菜、水果及许多其它双子叶作物, 防除一年生及多年生禾本科杂草。敏感的杂草有鼠尾看麦娘、野燕麦、雀麦草、马唐、稗、蟋蟀草、黑麦草、藜、狗尾草、葡萄冰草、狗牙根、白茅、石茅等; 具有抗性的杂草有紫羊茅及早熟禾; 对阔叶作物极为安全, 是阔叶作物田中难得的苗后应用除草剂。

拿捕净由禾本科杂草的叶面迅速吸收, 并转移到分生组织中, 在土壤中的残留期短; 鉴于这类除草剂具有选择性高、防效高、不用芳烃原料等特点, 近年来世界各国对这类环己二酮类除草剂的研制仍十分活跃。

我国具有拿捕净所需原料的生产能力, 有条件实现拿捕净的国产



化以满足农业的大量需求。

南开大学拿捕净小试合成技术已通过省级技术鉴定。

## 194. 农药噻虫胺原料药清洁生产技术

**项目负责人：**苗志伟

**个人简介：**教授

**研究方向：**具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

**项目简介：**

新烟碱类杀虫剂是继有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类杀虫剂之后的第四代杀虫剂。由于其具有低毒、靶标独特、应用方法多样等特点使得它们成为农业生产中具有广泛用途的一类杀虫剂，引起了农药研究者的广泛关注。

噻虫胺是新烟碱类杀虫剂中的重要品种，其具有广谱杀虫活性，活性与吡虫啉相似，使用方法灵活，既可用于茎叶处理，也可用于土壤种子处理，可有效防治半翅目、鞘翅目和某些鳞翅目害虫，适用于水稻、果树、棉花、茶叶、草皮和观赏植物等。此外，噻虫胺比噻虫嗪具有更高的杀虫活性以及较低的耐药性。具有取代噻虫嗪的趋势。

**项目特色：**

本项目以氯甲基噻唑和三嗪为起始原料，经过两步转化，以75%的总收率得到噻虫胺，产品纯度大于99%，各项指标符合噻虫胺原料药的企业标准，产品外观呈白色或略带淡黄色，目前已经过数次公斤级放大，生产投料以及后处理简单，不涉及柱层析等复杂后处理，目前已经过数次公斤级放大，产率稳定，具有较大的成本优势。

## 市场应用前景:

目前国内只有3家生产,市场处于不饱和状态,2015年一度出现供不应求局面,年产百吨可获得800-1000万税前利润。

## 195. 一个线虫孵化信息素分子的合成及产业化推广

项目负责人:梁广鑫

个人简介:教授,博导。

研究方向:天然产物全合成、化学生物学。

### 项目简介:

线虫是危害大豆和土豆等诸多重要农作物的一类主要害虫。目前杀灭线虫的主要方式是化学农药法和基因改造法。化学农药法的作用因为线虫快速产生的抗药性以及线虫卵壳强大的保护作用而收效甚微;而基因改造的大豆或土豆只能抗拒若干种属线虫的危害,对于无法选择性抗拒的种属则无计可施,而且基因改造法显然无法满足消费者对高端非转基因绿色农产品的消费需求。

在人们对线虫的治理乏力的时候,Glycinoeclepine A,一种线虫孵化信息素的发现使人类看到了对抗线虫的曙光。这种新的杀灭线虫的方式为大豆,土豆等深受线虫危害的植物提供了新的保护机制。目前的几个化学合成的解决方案路线冗长,仅仅证明了该化合物是可以人工合成的,无法真正的攻克对该化合物大量制备的要求,因而极大的限制了它的应有推广。

本项目在前期工作的基础上,发展了高效的快速合成该信息素关键六五并环体系的方法,一步构筑了其核心骨架结构,并精准的控制了若干手性中心的生成。为该化合物的实用性合成打下了坚实的应有

基础。在该项目中，我们拟完成对该化合物的高效合成并进行产业化推广。因为该化合物的活性达到非常高效的皮摩尔/L 的活性，对该化合物的百毫克级的合成就可以支撑起大面积的推广实验。由于起始原料便宜（200 元/公斤），且路线设计巧妙，所用试剂易得，符合农药分子的低成本要求。我们相信在两年内可以达到几十克级别的生成水平，完成对该信息素的产业化推广。

## 196. 生物传感农药残留检测仪器研发技术

**项目负责人：**陈 强

**个人简介：**教授，博导。

**研究方向：**生物电分析化学、生物医学传感技术、中药药理及药物分析。

**项目介绍：**

农药残留问题是关系到国计民生和环境可持续发展的重大问题，当前更成为全社会关注的焦点之一。加强、加快开发食品和饮用水安全保障技术以及生态和环境监测与预警技术，大幅度提高改善环境、食品质量的科技支撑能力不仅重要，也极为紧迫。本项目基于生物传感器分析技术，在前期研究的基础上，利用目前已有的发明专利及取得的科研成果，重点解决我国食品安全和环境保护中存在的检测、控制和监测技术难点，创新性研发用于农药残留监测的生物传感快速筛查装置及系统，并建立示范基地进行推广示范。

本项目基于南开大学分子识别与生物传感实验室在农残检测生物传感器方面的研究基础和开发经验，综合科研合作院校、研究单位

以及企事业单位在相关技术领域的研发优势，将基础与应用基础研究、仪器研制、样机生产和应用示范推广有机结合在一起，设计构建性价比高、操作简便、耐久性强的性能生物传感检测系列装置以用于农药残留检测，并进行样机试制（便携式和台式）；与常规农残检测技术和设备进行对比实验，优化所研发装置的各项性能指标；进一步将该生物传感检测装置用于水体、土壤以及农作物中农药残留量的实际检测，共同探讨生物传感器在环境污染防治、农药残留污染物监测评价体系中的应用，真正做到“产学研”相结合，为高新科学技术有效服务于民生领域起到示范推广作用。

本项目以市场需求为导向，在现有科研成果与专利基础上，以纳米生物传感器技术为基础的新型农药残留量传感检测器，技术上要求高度保持生物活性物质的活性，不易脱落，提高电极使用寿命，这对实现农残生物传感检测有着十分重要的意义。将纳米生物传感器技术创新性地应用于农药残留量检测领域，在充分发挥纳米生物传感器特异性强、灵敏度高、一般无需进行样品预处理等技术优势的同时，进一步将生物活性材料、纳米材料、表面修饰技术等多项最新研究成果有机结合，弥补了传统检测分析方法的局限与不足，可实现对农残检测的实时化、动态化、直观化与可视化，在国内外均处于领先水平。目前国内外研制成功的可实际应用的农药残留传感检测仪器鲜有报道。

技术优势和特点：

- 1) 灵敏度高，针对有机磷类和氨基甲酸酯类农药的最低检测限

可达到 10<sup>-9</sup> mg/kg, 接近常规分析仪器的最低检测限;

2) 检测迅速, 2 分钟之内可以完成农残检测, 可实现大批量样品的快速筛查;

3) 特异性好, 检测结果不受果蔬中色素、土壤、微尘等杂质的干扰, 检测准确度高;

4) 操作简便, 一般不需对果蔬样品进行复杂的预处理, 可将样品中待测成分的分离与检测合二为一, 使整个检测过程简便迅速, 容易实现自动分析;

5) 成本低廉, 台式农药残留传感检测仪器的生产成本远低于大型分析仪器, 便于推广普及;

6) 稳定性好, 相对标准偏差  $RSD \leq 2.18\%$ 。



## 八、 其他化学化工

### 197. 手性醇的高效不对称催化氢化合成

**项目负责人：**周其林

**个人简介：**教授，中国科学院院士。

**研究方向：**不对称催化、新的合成方法的发展、生物活性天然和非天然产物的合成。

**项目简介：**

手性醇是有机合成化学中非常重要的手性化合物，它是合成手性药物、天然有机化合物等的重要手性中间体。目前已有很多手性醇的不对称合成方法。其中，酮的不对称催化氢化是合成手性醇最高效、最原子经济且环境友好的方法之一。本项目可依据需要提供多种类型手性醇合成的新技术，特别是光学活性手性芳基烷基醇等公斤级以上合成工艺技术。

**项目特色：**

利用具有自主知识产权的手性合成核心技术，为医药企业等提供各种类型的光学活性芳基烷基醇等多样性手性醇的不对称氢化合成工艺技术。相应的合成工艺技术操作简单、条件温和、安全、环保，能给企业带来效益。

提供的光学活性手性醇合成技术，具有原子经济、环境友好、效率高、选择性好的特点，不会给环境带来污染。相应的手性醇合成新工艺技术面向医药企业，在能给企业带来效益的同时，可促进人类的健康和社会的可持续发展。

## 198. 系列有机合成香料项目

**项目负责人：**苗志伟

**个人简介：**教授

**研究方向：**具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

**项目简介：**

合成香料也称人工合成香料，是利用有机合成方法合成的天然香料或者天然香料类似物。运用不同的原料，经过化学或生物合成的途径制备或创造出的某一“单一体”香料。目前世界上合成香料已达 5000 多种，属于常用的产品有 400 多种。合成香料工业已成为精细有机化工的重要组成部分。

合成香料如按其化学结构官能团来区分，由烃类、醇类、酸类、酯类、内酯类、醛类、酮类、酚类、醚类、缩醛类、缩酮类、大环类、多环类、杂环类（吡嗪、吡啶、咪唑、噻唑等），硫化物类，卤化物类等。

**项目特色：**

利用有机合成的方法合成一系列市场紧缺的合成香料，目前已经研发成功的品种包括“12-甲基-十三醛”，“ $\beta$ -大马烯酮”，“反-2-戊烯醛”，“反，反-2,4-己二烯醛”，“1-辛烯-三酮”等项目，生产工艺科学，环保高效，生产过程简单，成产成本低。



## 199. 冷链物流项目

**项目负责人：** 徐凤波

**个人简介：** 研究员，2001 天津市自然科学一等奖、2002 天津市科技进步二等奖。

**研究方向：** 超分子化学分支领域分子识别与分子开关研究、超高效绿色农兽药技术研究。

**项目简介：**

南开大学化学学院元素所科研团队为本项目提供全程技术支持。该系列产品填补了国内生鲜冻品冷链物流行业中食品冷链蓄冷剂的空白，在国际上也处于领先水平。

**项目特色：**

食品冷链蓄冷系列产品具有以下主要特点：

1. 生产原材料全部采用食品级，无毒、无害、无污染，废弃的产品可直接排放。
2. 对标准配方的蓄冷剂母液进行调整，可应用于保鲜配送、生鲜配送和冰鲜配送。
3. 相变温度可达到 $-15^{\circ}\text{C}$ ，蓄冷时长可达 6 小时。
4. 该产品在物流运输过程中能够很好的减轻因碰撞造成的货损。



5. 自粘设计避免了胶带污染。

### 项目进展：

该项目于 2015 年 7 月在南开大学津南研究院注册成立天津冰利蓄冷科技有限公司。目前，公司通过了 ISO9001:2015 质量管理体系认证、ISO14001:2015 环境管理体系认证、SGS 产品菌群和毒性检测、DGM 航空运输条件鉴定，从配方到生产工艺到生产设备均有专利保护。

公司目前年产食品冷链蓄冷剂 1.5 万吨，拥有自动化制剂生产线一条、自动化冰利膜灌装生产线四条以及自动化冰利包生产线两条。已与阿里巴巴集团盒马鲜生、大润发集团、顺丰集团、复华集团签订了长期供货协议。



图 1：新型食品冷链蓄冷剂，特点是无毒、无害、无污染，食品级原材料生产。



图 2：新型食品冷链蓄冷包，无毒、无害、无污染、可重复使用，适用于生鲜物流两小时配送。



图 3 制备车间，全部采用 316L 不锈钢制造，确保达到食品级要求，制造过程采用信息化管理

## 200. 食品冷链物流蓄冷剂研发

项目负责人：李庆山

个人简介：副教授

研究方向：金属有机化学与催化、超分子化学。

项目简介：

近年来随着电商发展，冷链物流行业发展迅猛。但是和冷链物流相配套的相关材料和装备发展严重滞后。本项目利用食品级原料研制了一系列冷流物流配套的相变蓄冷剂及其产品蓄冷软包材、蓄冷包、蓄冷板等，已经在天津天乐研究院（南开大学津南研究院）试生产，产品得到了冷链物流行业内高度关注。

技术特点：冷链物流蓄冷剂及其蓄冷软包材等产品采用食品级原料，一系列配方，无毒、无害、无污染、可循环多次使用。

进一步的研究集中在蓄冷剂的原材料研究，提高配方蓄冷剂的相变潜热、降低成本，优化生产工艺等方面。

该项目于2015年7月在南开大学津南研究院注册成立天津冰利蓄冷科技有限公司。目前，公司通过了ISO9001:2015质量管理体系认证、ISO14001:2015环境管理体系认证、SGS产品菌群和毒性检测、DGM航空运输条件鉴定，从配方到生产工艺到生产设备均有专利保护。

公司目前年产食品冷链蓄冷剂1.5万吨，拥有自动化制剂生产线一条、自动化冰利膜灌装生产线四条以及自动化冰利包生产线两条。已与阿里巴巴集团盒马鲜生、大润发集团、顺丰集团、复华集团签订了长期供货协议。

所需条件支持：本项目拟在长三角地区建立分厂，需要厂房及资金支持。

## 201. 固体催化剂制备碳酸丙烯酯工艺

**项目负责人：何良年**

**个人简介：**教授，楚天学者特聘教授，2014 天津市自然科学三等奖，2011 英国皇家化学会 fellow（会士）。

**研究方向：**绿色化学、催化和二氧化碳化学。

**项目简介：**

碳酸丙烯酯高能电池电解液、高效溶剂仅用作高能电池及电容器的优良介质，世界市场所需碳酸丙烯酯 200-300 万吨。酯交换法生产碳酸二甲酯的所需配套原料碳酸丙烯酯达数十万吨。而目前国内生产量在 1000-2000 吨，供不应求，市场前景十分广阔。随着社会对绿色环保的重视，许多工艺会被清洁、环境友好工艺所代替，必然进一步加大碳酸丙烯酯的市场需求。因其下游产品如碳酸二甲酯、聚碳酸酯、聚氨酯的不断推广应用，其市场需求量还要不断增加。本产品碳酸丙烯酯是一种高效溶剂和优良抽提剂，性质稳定、无毒、纯的溶剂对碳钢设备没有腐蚀，它对高分子化合物具有良好的溶解能力。目前最受人重视的是用来脱除天然气、石油裂解气、油田气、合成氨变换气中的二氧化碳和硫化氢，效果显著。在电子工业上可作高能电池及电容器的优良介质，在分子工业上可作聚合物的溶剂和增塑剂等。也可以作油性溶剂以及烯烃和芳烃的萃取剂。在纺织工业上可用作合成纤维的助剂和固定剂、纺丝溶剂或水溶剂染料颜料分散剂；此外，它还是一种用途极其广泛的有机合成原料和中间体，如酯交换法生产碳酸二甲酯的原料。

**产品市场分析**

仅用作高能电池及电容器的优良介质，世界市场所需碳酸丙烯酯 200-300 万吨。酯交换法生产碳酸二甲酯的所需配套原料：碳酸丙烯

酯达数十万吨。而目前国内生产量在 1000-2000 吨，供不应求，市场前景十分广阔。随着社会对绿色环保的重视，许多工艺会被清洁、环境友好工艺所代替，必然进一步加大碳酸丙烯酯的市场需求。因其下游产品如碳酸二甲酯、聚碳酸酯、聚氨酯的不断推广应用，其市场需求量还要不断增加。现国内市场价格为 7000-8000 元/吨。相关原料价格：环氧丙烷 7500 元/吨和二氧化碳 300--700 元/吨。

### 现有技术情况

利用二氧化碳与环氧化物加成反应合成环状碳酸酯早已实现了工业化，目前的研究主要集中在寻找高效均相催化剂以及非均相催化剂。现行工艺大多采用均相催化过程，存在着催化剂的回收、循环使用上的困难；且产物必需经过多步蒸馏等过程分离提纯，既耗时、耗能，又增加设备的投资。此外，为制得高质量的产品和提高环氧化物的转化率，许多工艺还得使用挥发性的有机溶剂。这一反应的非均相催化过程尚未实现产业化，主要受非均相催化剂的活性和稳定性（即催化剂的使用寿命）所限。

**所属技术领域：**一碳化学与化工及绿色催化技术，可再生资源的化学转化利用。

**选题依据：**基于人们对资源和环境问题的关注及实现可持续发展的社会需求，以消除污染、合理利用资源、实现可持续发展为目标的绿色化学已成为当前化学研究的热点和前沿。二氧化碳作为一种典型的可再生资源，具有无毒、无腐蚀性、阻燃、化学惰性，大量存在于自然界中等特点，无溶剂残留而且对环境友好等优点；同时它也是一种温室气体，对它的资源化利用，还可以减轻环境负荷。回收再利用的二氧化碳主要用于生产基本化工原料及具有应用价值的绿色化工产品。目前，每年大约有 110 MT(百万吨) 的二氧化碳用于化工产品

的合成，如碳酸酯、酰胺、氨基甲酸酯等，具有很高的应用价值和广阔的市场前景。基于资源和环境因素考虑，二氧化碳的化学转化与利用吸引着越来越多研究者的兴趣，具有很高的应用价值和理论研究意义。

### 本工艺的目的

针对固体催化剂活性不高、稳定性不好的问题，设计与筛选高活性、高稳定性固体催化剂，解决催化剂的回收使用问题和简化产品的分离、纯化过程，以降低生产成本；用超临界二氧化碳替代有机溶剂，实现无有机溶剂、对环境友好的清洁工艺过程，即工艺过程的绿色化。

### 技术内容

高活性、高稳定性固体催化剂的筛选：侧链带有铵盐、胺基等功能基团的聚苯乙烯树脂能高效、高选择性地催化环氧化物与二氧化碳反应制备环状碳酸酯。

催化剂的种类：苯乙烯系极性大孔吸附树脂、强碱性苯乙烯系阴离子交换树脂、大孔弱碱性苯乙烯系阴离子交换树脂、大孔苯乙烯系螯合性树脂、大孔弱酸丙烯酸系阳离子交换树脂、大孔强酸丙烯酸系阳离子交换树脂。

上述高活性固体催化剂的回收、再利用。

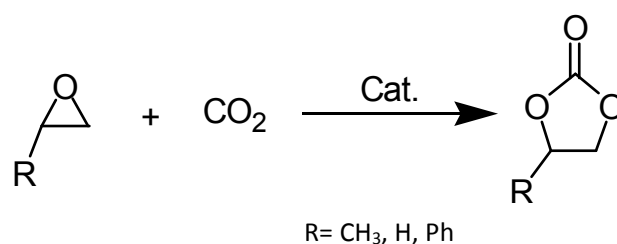
应用于间歇式反应器，反应完成后只需用简单的过滤便可实现催化剂与产品的分离；应用于固定床式反应过程，可实现连续生产。

工艺过程中，超临界二氧化碳作为反应溶剂替代传统有机溶剂，不仅能实现清洁生产，而且能简化产品分离、纯化过程。

### 技术方案

二氧化碳与环氧化物加成反应（反应式 1）合成环状碳酸酯工艺的绿色化研究。设计并筛选非均相（固体）催化剂，用超临界二氧化

碳作为溶剂，实现催化剂与产物的直接分离并循环使用。



反应式 1 二氧化碳与环氧化物加成反应

催化剂的设计意图是结合非均相催化与均相催化过程的优点，其结构以聚苯乙烯为载体，磷盐为活性部位，二者通过醚链连结。一方面，通过调节醚链的性质和长度，增加活性部位在二氧化碳中的溶解，以提高催化活性，使反应能在更加温和的条件下进行；另一方面，通过改变载体的性质，减少催化剂的损失，达到提高催化剂的稳定性。非均相催化工艺过程以超临界二氧化碳替代挥发性有机溶剂作为介质，以期实现环境友好的化学合成。有关非均相催化过程的研究，主要目的是解决催化剂的活性不高、稳定性不足的问题和实现工艺过程的绿色化。

## 工艺技术

采用本催化合成技术由环氧丙烷与二氧化碳在一定压力下直接合成。产品为无色透明液体，易溶于苯、醇、醋酸和丙酮，微溶于水。

高活性催化剂的成功开发大大提高了反应效率，环氧丙烷的转化率达到 99.0%；选择性 99.2%。

## 原料和能量消耗

生产 1 吨产品所需原材料：环氧丙烷 0.69 吨，二氧化碳 0.5 吨；催化剂 4 千克。所需能耗：电力 650 度，水 100 吨，蒸汽 2 吨(9~10 公斤压力)。基于 95-97.5% 的反应釜系数和 90.0-95.0% 的放大系数和可信度。

## 投资效益分析

所需设备：高压反应器、高压热交换器、压缩机、循环泵等；无需特殊设备，反应所需的压力为 10 至 20 大气压，所需温度 50 至 80 度。所需场地面积：室内和室外各 300 平方米。总投资额：设备费和流动资金各 100 万元。环保情况：符合排放标准。年生产能力：1500~3000 吨；年产值：1500~3000 万元，纯利润：300~500 万元（30%的产值）。

## 202. 碳酸丙烯酯与甲醇的酯交换法生产碳酸二甲酯

项目负责人：何良年

个人简介：教授，楚天学者特聘教授，2014 天津市自然科学三等奖，2011 英国皇家化学会 fellow（会士）。

研究方向：绿色化学、催化和二氧化碳化学。

项目简介：

碳酸二甲酯(DMC)是近年来受到国内外广泛关注的绿色化工产品。1992 年在欧洲通过了非毒性化学品(Non toxic substance)的注册登记，属于无毒或微毒化工产品。由于其分子中含有多种官能团，因而具有良好的反应活性；一方面碳酸二甲酯有望在诸多领域替代光气、硫酸二甲酯(DMS)、氯甲烷及氯甲酸甲酯等剧毒或致癌物进行羰基化、甲基化、甲酯化及酯交换等反应生成多种重要化工产品；另一方面，以它为原料可以开发、制备多种高附加值的精细化学品，在医药、农药、合成材料、染料、润滑油添加剂、食品增香剂、电子化学品等领域获得广泛应用；如用于合成环丙沙星、碳酸二苯酯（DPC）、甲基二异氰酸酯（TDI）、二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）、MPAN、苯甲

醚、聚碳酸酯 (PC)、聚碳酸酯二醇 (PCD)、ADC 透明树脂、甲胺基甲酸钠酯 (西维因)、四甲基醇铵 (TMAH)。第三, 其非反应性用途: 溶剂、溶媒和汽油添加剂。如作药物制备的溶媒介质, 特种快干油漆的溶剂、喷雾剂的溶剂等。所以, 碳酸二甲酯被誉为 21 世纪有机合成的一个“新基块”, 其发展将对我国的煤化工、石油化工、甲醇化工、C1 化工起到巨大的推动作用。

DMC 是性能优良的溶剂、溶媒, 具有如下优点: (1) 与其他有机物相溶性好; (2) 微毒且蒸发速度快; (3) 脱酯能力比较高。所以有可能在下述领域得到广泛应用: (a) 是半导体工业使用的对大气臭氧层有破坏作用的清洗剂 CFC 和三氯乙烷的替代品之一; (b) 在清洗剂和特殊涂料(油漆、油墨)、医药化学品等的生产中用作溶剂、溶媒; (c) 作为 CO<sub>2</sub> 的载体, 应用于喷雾方面。

### 产品市场分析:

碳酸二甲酯及其相关的丙二醇等产品, 被中国列入“九五”重点开发的 50 个精细化工品种范围。为了防止大气污染, 提高汽油的含氧率, 国外用甲基叔丁醚取代四乙基铅作石油添加剂, 实现汽油无铅化, 但汽油含氧率仍不理想, DMC 除了分子含氧率高达 53%, 具有提高汽油辛烷值的功能, 因此可作添加剂, 提高汽油的含氧率, 如能实用化, 汽油将成为 DMC 的最大用户, 其市场前景更加宽阔。据了解, 在国际市场, 碳酸二甲酯的年需求量约 15 万~20 万吨。特别是近几年来, 由于下游产品聚碳酸酯、聚氨酯、汽车添加剂、高能电池电解液等市场发展迅速, 国际市场对碳酸二甲酯的需求更是与日俱增, 市场容量将达到 30 万吨左右。远远大于国际市场的供应能力。目前, 国际上碳酸二甲酯年产能力仅 6 万~8.6 万吨。在国际市场上, 欧盟每年需进口 1 万吨以上, 印度也需进口 5000 吨以上。



目前，我国的碳酸二甲酯生产能力有限，与市场之间缺口很大，生产工艺也较为落后，产品含量低，质量不稳定。目前国内年需求量达数万吨，生产能力仅数千吨，预计到 2005 年需求量将高达 10 万吨。

本工艺所得另一产物丙二醇，用作不饱和聚酯树脂的原料，也是增塑剂、表面活性剂、乳化剂和破乳剂的原料，可用作防腐剂、水果催熟剂、防霉剂、防冻剂及烟草保温剂，是大宗化工原料，国内年需求量在 10 万吨以上。

#### **工艺技术：**

反应原料：碳酸丙烯酯 和 甲醇；产物：碳酸二甲酯和 1，2-丙二醇；反应所需压力：10 至 30 大气压。碳酸丙烯酯的转化率 58.5%，对碳酸二甲酯的选择性 96.9%，对 1，2-丙二醇的选择性 99.9%；甲醇的转化率为 29.5%。固定床流程碳酸二甲酯的收率 20.0%，原料循环使用。

本合成碳酸二甲酯的技术，原料易得，操作安全，不存在剧毒、易燃、易爆等危险。催化剂制造方便，稳定性好，生产成本低。反应所需压力：10 至 30 大气压。无需特殊设备。

#### **产品成本分析：**

碳酸二甲酯 1.0~1.2 万/吨，1，2-丙二醇 0.8 万 / 吨。原料：碳酸丙烯酯 0.8 万 / 吨，甲醇 0.23 万元 / 吨。原料成本 4.34 元/千克。

#### **特点：**

高活性催化剂的成功开发；碳酸丙烯酯、碳酸二甲酯和与之配套的下游产品如碳酸二苯酯、聚碳酸酯的应用开发研究以及理论研究。

## **203. 二氧化碳的捕集与转化技术**

项目负责人：何良年

**个人简介：**教授，楚天学者特聘教授，2014 天津市自然科学三等奖，2011 英国皇家化学会 fellow（会士）。

**研究方向：**绿色化学、催化和二氧化碳化学。

**项目简介：**

针对现有碳收集、储存（CCS）方法中二氧化碳的压缩、脱附过程的高能耗问题，我们采用碳收集与利用（CCU）的策略，将二氧化碳的捕集、活化与转化利用相结合，为碳收集、储存及其活化利用提供新方法。设计并合成高效、可活化二氧化碳的吸附材料，以利于在捕集时活化二氧化碳分子，将二氧化碳的分离技术与二氧化碳（即活化的二氧化碳分子）的转化反应相耦合，避免能耗高的脱附过程，从而实现低压、温和条件下将捕集的二氧化碳的原位催化氢化反应，以制备能源类产品甲酸、甲醇。

## 204. 开发的高效苯吸收液及分层技术

**项目负责人：**于宏兵

**项目简介：**

采用特殊吸收液配方制备能够分层的高效苯吸收液，能够有效地吸收废气中的苯、甲苯、二甲苯等有毒有害物质，净化 VOCs 废气。吸收的 VOCs 物质能够静置分层，从而能够更快速地富集，方便下一步的回收分离，吸收液可以重复使用。

三大技术可以互相结合为工艺组合，在高浓度有机废气的净化与有价值物质的回收、油烟净化、企业 VOCs 治理等方面具有广阔地应用前景。已成功解决了河北省三家企业的 VOCs 处理与排放问题。

**项目特色：**

自 2005 年对企业进行 VOCs 产生全过程分析，积累了大量第一

手资料，2013年于宏兵承担了环保部大气污染治理应急项目 VOCs 污染控制核算方法研究项目，对工业企业 VOCs 排放特征、排放量核算技术方法和 VOCs 处理技术绩效进行评估，建立了天津的 VOCs 污染控制体系。在 VOCs 污染前端预防、后端治理技术研究中积累了丰富的经验。

南开大学清洁生产研究中心以南开大学科研平台为依托，自身拥有 XRD、同步热重分析仪、便携式气相色谱仪、液相色谱仪等大中型仪器共计 25 台，价值合计 300 余万元，拥有非常雄厚的技术力量支撑科研工作。

#### **市场应用前景：**

VOCs 治理工况复杂、技术路线众多也决定了这一行业的发展特点：市场分散，需求多样化，企业要想把规模做大很困难。正因为市场分散，VOCs 治理行业要垄断也不容易，市场完全开放，各家企业凭借自身的技术、策略来获得竞争优势，这个市场在未来几年将以 30% 的速度增长。

VOCs 污染治理正在起步，有望撬动近 700 亿产值。目前，国内 VOCs 污染平均治理成本约 500-600 万元，按每座工业园 5 家企业参与治理，省均 150 个工业园区，全国 20 个省保守估算，市场空间将达到 625~750 亿元。未来，随国内 VOCs 排放标准有望提高，VOCs 治理投资有望进一步增加。

投资估计：投资 500 万元。

经济和社会效益：利润率 20-30%，经济效益显著，污染物减排效果显著。

## 205. 蓖麻生物质产业链

项目负责人：叶 峰

个人简介：南开大学蓖麻工程研究中心总经理，执行董事。

项目简介：

南开大学瞄准气候变化大课题，开发“蓖麻生物质产业链”十几年，组建了南开大学蓖麻国家级工程中心平台，已形成“生物基航油、生物基滑油、生物基材料、育种种植”全产业链四个板块产业化成果，2015年国家发改委把“基于能源作物蓖麻的全产业链高值化利用技术”列入《国家重点推广的低碳技术实施指南》首批23个项目之一，2016年又推荐列入了亚太地区重点投资的47项优秀低碳技术之一。

### ●小蓖麻、大产业

蓖麻种植耐旱耐盐碱、适应性强、管理相对简单，蓖麻油原料分子结构独特、下游产品丰富，涉及新能源、新材料、精细化工、医药农药等多领域，产品深加工增值层次高，经济效益巨大。



### ●全产业链产品

南开大学蓖麻工程中心经十余年发展，已开发蓖麻生物质全产业

链高值化产品，成果获 2014 年国家科技进步二等奖、美国农业部生物基产品认证、军队总后科技进步三等奖等。



## “生物基航油” 板块——天津蓖能科技有限公司

生物航油是我国航空减排、应对气候变化和欧盟碳税引发的全球性“碳对抗”所急需，能够拉动生物质产业链规模化发展、形成绿色低碳新增长点，对国民经济和区域发展有重要意义。

天津蓖能科技有限公司作为“蓖麻生物航油”板块的技术成果放大和产业化运营平台，由南开大学蓖麻工程中心、南开大学津南研究院和北闸口镇等共同发起成立，注册资本 5000 万元人民币。团队集聚了南开大学蓖麻产业链专家、绿色化学和催化剂专家、空军油品应用开发专家、及工程化专家，目前已获得国内外专利 7 项，完成了技术中试放大，产品全项达标，具有成本低、品质好、容易推广等特点，下一步正联合行业伙伴，积极开展工业化生产示范和推广应用。



## “生物基滑油” 板块——天津丹弗中绿科技股份有限公司

天津丹弗中绿科技股份有限公司是由南开大学蓖麻工程中心以“生物基润滑”技术引资浙江王力集团，在南开大学津南研究院成立，一期注册资本 3000 万元人民币，专业从事生物基润滑油成果产业化运营，目标是创业板上市，打造“中绿”品牌，抢占全球绿色润滑领先地位。

现有生物基发动机油、齿轮油、轧制油、空压机油、链条油等 40 余规格产品，其中高性能生物基汽机油适合-50~50℃大跨度温度范围，同等速度负荷下节省燃料 8%以上，获美国农业部生物基产品认证（全球同行业独家）、国家环保部节油减排测试认证、中石化发动机油节能台架认证（行业独家）等，列入天津市政府采购，是“治霾、减排、节能”亟需的绿色低碳产品。



## 206. 新型氢甲酰化双磷配体的产业化

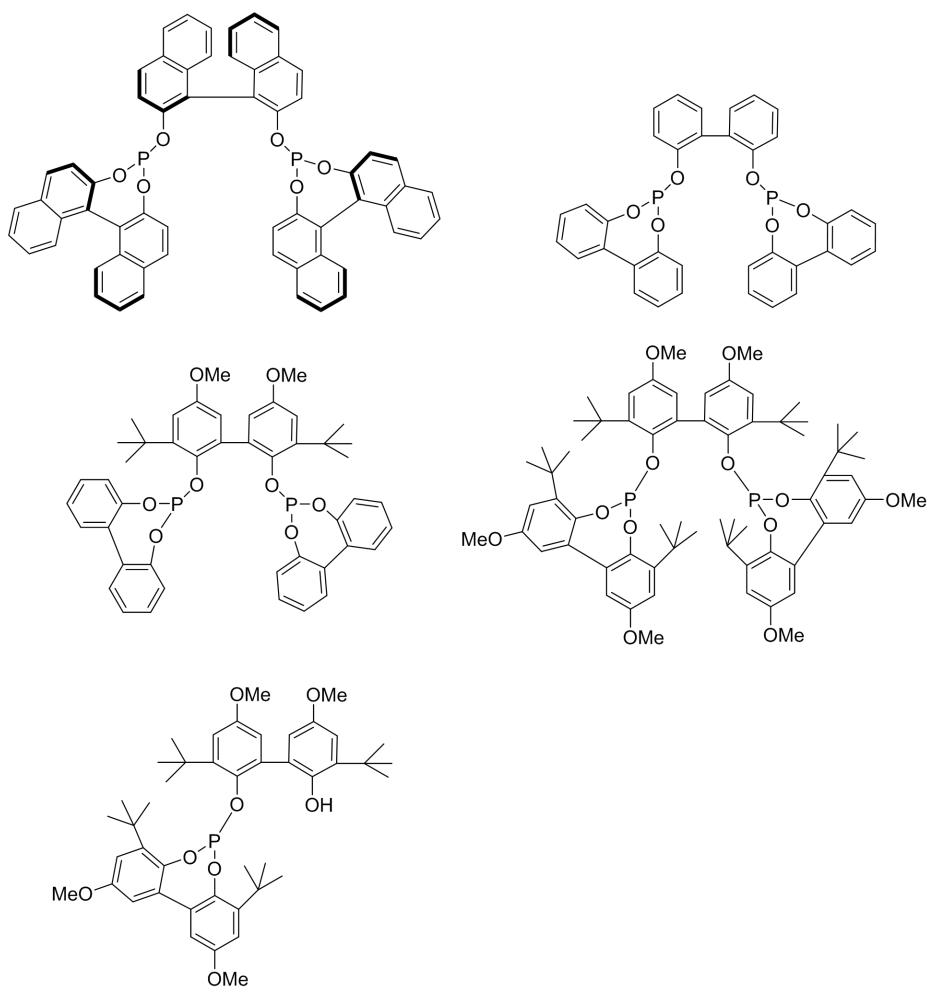
项目负责人：苗志伟

个人简介：教授

研究方向：具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

项目简介：

烯烃的氢甲酰化反应可以将廉价易得的基本化工原料如烯烃类物质方便有效地转化为醇等多种重要的化学化工产品，是到目前为止生产规模最大的均相催化过程。在过去几十年的发展过程中，所用催化剂的发展经历了几个更新换代的过程，到目前为止，一共开发出了四类工业催化剂，即羰基钴催化剂、叔磷修饰的羰基钴催化剂、羰基铑磷催化剂以及目前正在开发的双亚磷酸酯/铑催化剂体系。



双亚磷酸酯配体分子结构

### 项目特色和创新之处:

在烯烃的氢甲酰化反应过程中，新一代的双亚磷酸酯/铑催化剂体系与其它三类催化体系相比，反应条件更加温和，活性金属用量以及压力和温度都趋于降低，而且在能耗、反应活性以及反应的选择性或所用贵金属催化剂的回收上，都有了很大的改进。因此，在能源短缺以及生产费用上升的国际大环境下，用于烯烃氢甲酰化反应的新型双磷配体的使用可以迎合工业生产发展的需要。

经过修饰的双磷配体/铑催化体系可以显著增加体系对商业价值高的正构醛的选择性，而且反应液中使用的催化剂浓度较低，都在很大程度上使得高昂的催化剂价格支出得到补偿，因此，对于各种修饰的新型双磷配体/铑催化体系的研究将成为今后烯烃氢甲酰化反应研



究中的主导方向。目前，我们已开发出 3 类效果很好的用于烯烃的氢甲酰化反应双磷配体，同时优化了其制备工艺，进行了中试级别的制备。

## 207. 快速响应的水凝胶薄膜光学传感技术

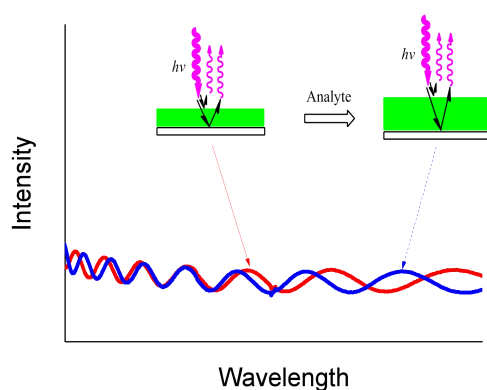
项目负责人：张拥军

个人简介：教授，2011 教育部“新世纪优秀人才支持计划”、2016 国家杰出青年科学基金。

研究方向：葡萄糖敏感微凝胶、动态交联层层自组装薄膜、微凝胶胶体晶体、零级药物释放、快速光学水凝胶传感器、三维多细胞球制备。

项目简介：

本技术是利用智能水凝胶的刺激响应性，结合 Fabry-Perot 薄膜干涉现象提出的新型光学传感方法。本技术使用的水凝胶薄膜厚度仅数微米，因此具有响应速度快速的特点。可检测的项目包括温度、pH 值、葡萄糖等。可与光纤传感技术相结合，实现远程传感。



## 208. 1, 3-环戊二酮的工业化生产技术

项目负责人：苗志伟

**个人简介：**教授

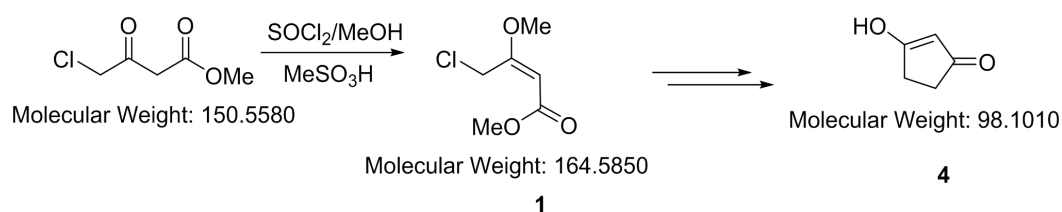
**研究方向：**具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

**项目简介：**

1, 3-环戊二酮是一种重要的应用十分广泛的中间体，在抗生素、除草剂以及香料的制备中有着重要的应用，是一种重要的精细有机合成中间体。由于其制备方法较少，合成难度较大而使得其目前在市场上较为紧缺，特别是百公斤以上的供货非常难得，且售价很高。

**项目特色：**

本课题组发展了一类易于大规模生产 1, 3-环戊二酮的合成方法，以 4-氯乙酰乙酸甲酯为起始原料，经过四步反应，以 30% 的总收率得到 1, 3-环戊二酮，产品纯度大于 98%，产品外观成淡黄色，符合目前市场要求，整个生产工艺投料简单，后处理不涉及硅胶柱层析等复杂操作，目前以进行多次公斤级投料，产率稳定，三废较少，且易于处理。





产品外观

### 市场应用前景：

目前国内没有规模化生产供货公司，市场缺口很大，原料成本在每公斤 1850 元左右，市场售价在每公斤 8700 元左右，具有良好的利润空间。

## 209. 反-2-己烯醛及反-2-己烯-1-醇情况简介

项目负责人：苗志伟

个人简介：教授

研究方向：具有生物活性含磷化合物合成方法研究、糖手性诱导不对称合成、有机小分子催化剂催化不对称合成、金属-配体络合物催化不对称合成。

项目简介：

反式-2-己烯醛 (*trans*-2-Hexenal)，俗称叶醛 (leaf aldehyde)，检索美国合成香料手册：其香气为特有的青叶子气味，独特的新鲜感，俗称青苹果。

反式-2-己烯醛自然界主要存在于西方的鹅耳枥 (*carpinus betulus*)，东方的茶叶油中。由于其独特的香气，常为调香师们爱用的增香剂。另外，由于其特有的化学结构，它又是合成多种香料必用

的原料。如合成反-2-己烯醇，3-甲巯基己醛，3-巯基己醛等至少不下六种香料，故市场用量较大。据2011年统计，欧美，亚洲市场每年至少需要800—1000吨，国内年需求50-60吨。目前市场价160—180元/千克，零售价格约240元/千克；年产600吨反-2-己烯醛，每年产值不少于14400万元，加上200吨反-2-己烯醇，每千克价500—600元/千克，产值又增10000万元，这些数据为最保守的数据。

查得的原料价格计算生产1千克反-2-己烯醛的原料成本约为58元/千克，卖价160—180元/千克，利润空间相当大。另外由醛还原成醇（即反-2-己烯醇）原料成本约120元/千克，卖价500—600元/千克，同样也有利润可赚。

年产600吨反-2-己烯醛，需5000升反应釜六个，10000升釜四个，精馏塔四个，水循环泵四台，50M<sup>3</sup>冷凝器三到四个，估算设备费约500—600万元（水、电、气、冷需齐全，未计在内）流动资金500万，厂房面积2000—3000M<sup>2</sup>，操作10—20人。

生产规模：年产600吨反-2-己烯醛，200吨反-2-己烯醇，投资额：400万元。

## 210. 香兰素为原料的系列香精生产技术

项目负责人：李庆山

个人简介：副教授

研究方向：金属有机化学与催化、超分子化学。

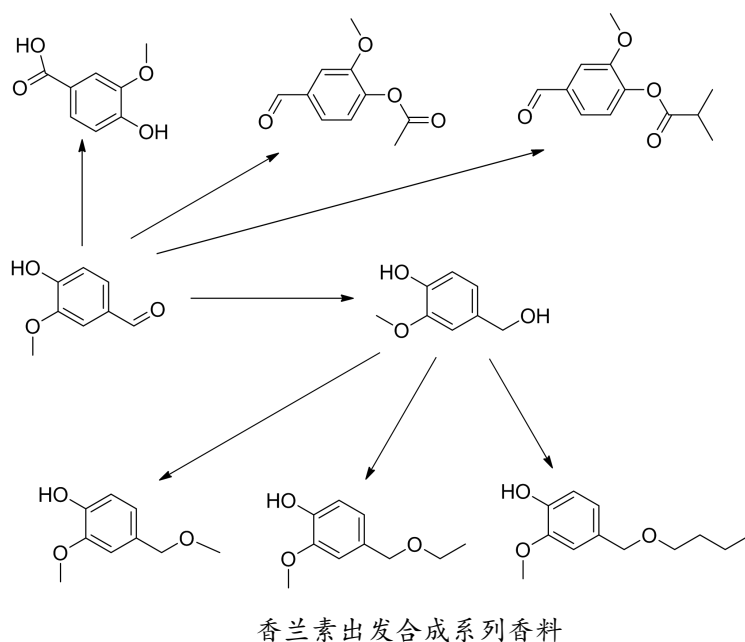
项目简介：

香兰素是人类所合成的第一种香精，具有香荚兰香气及浓郁的奶香，为香料工业中最大的品种，是人们普遍喜爱的奶油香草香精的主要成份。其用途十分广泛。以香兰素为原料合成出香草醇、香草醇乙

醚、香草醇丁醚、香草酸、香草酸乙酸酯、香草酸异丁酸酯等一系列新型香精。这些香精可以作为食品添加剂、化妆品添加剂广泛使用。

这些产品属于精细化学品，规模小，附加值高，纯度高，可以作为添加剂在食品行业和化妆品中使用。目前已经有几个成熟产品在其他工厂生产，进一步的研究集中在（1）香精香料新品种的开发（2）清洁生产工艺和三废的控制方面。

本项目部分品种已经在其他企业生产，可以迅速产业化。



## 211. 苯乙烯阻聚剂 HPHA

项目负责人：陈莉

项目简介：苯乙烯阻聚剂 HPHA 是用于不饱和烯烃单体体系中的真阻聚剂，其作用机制为抑制链的引发，可以单独使用，也可以与其它阻聚剂复配使用。美国 80% 以上的苯乙烯生产装置均使用 HPHA 阻聚剂。我国很多苯乙烯生产企业也于 2007 年以后开始使用该阻聚剂。虽然阻聚剂 HPHA 在苯乙烯业内广泛使用，但国内无该产品的生产厂家。我国苯乙烯产量居世界之首，苯乙烯生产企业使用的阻聚剂 HPHA 却完全依赖于进口。

### 项目特色：

我们研发了阻聚剂 HPHA 成熟的合成线路，该工艺简单、绿色环保，各项指标及实验室进行的阻聚性能测试均达到或者高于国外同类产品的水平。产品质量详见下表：

编号	测试项目	市售商品	文献数据	研发数据
1	密度 g/cm <sup>3</sup>	1.04	1.036	1.035
2	pH 值	约 9.9	8-9	9
3	外观	无色至黄色	无色至黄色	无色
4	物态	透明液体	透明液体	透明液体
5	溶质含量	30		30
6	有效成分含量	90	90	90
7	水中溶解性	100	100	100

### 市场应用前景：

根据 2012 年的统计数据，全国苯乙烯产量达到 655.6 万吨，预计 2018 年将达到 1340 万吨。按照每万吨苯乙烯消耗 3.6 吨阻聚剂的用量，国内 HPHA 的需要量超 4000 吨。其生产成本约为市场价的二分之一（根据化工市场原材料行情会有波动），即使不考虑阻聚剂的其它用途，其市场前景也相当可观。