



中国科学院广州能源研究所 2018 技术成果汇编

2018 年 10 月



目录

第一部分 中国科学院广州能源研究所简介.....	1
第二部分 联系我们.....	2
第三部分 科技成果汇编.....	3
一. 生物质高值利用.....	3
1. 生物质气化热电气联供技术.....	3
2. 生物质气化燃气替代化石燃料技术.....	5
3. 秸秆制备生物燃气发电技术.....	6
4. 中等规模稻壳灰高值综合利用技术.....	8
5. 混合原料高浓度厌氧发酵制备生物燃气关键技术.....	9
6. 生物柴油.....	10
7. 生物汽油.....	12
8. 生物丁醇.....	13
9. 木质纤维素生物质原理合成生物航空燃料.....	15
10. 木质纤维素制备生物基多元醇.....	16
11. 生物质基合成气制备高碳醇.....	17
12. 有机废弃物热法制取低碳醇液体燃料.....	19
13. 微生物油脂.....	20
14. 环氧植物油油脂增塑剂.....	21
15. 糖酯表面活性剂.....	22
16. 细菌纤维素.....	23
17. 生物质气化和燃煤电厂耦合发电技术.....	24
18. 生物质成型燃料规模化生产技术.....	26
19. 利用废水生产能源微藻技术与产业化示范.....	28
20. 木质纤维素制备微生物油脂及生物基多元醇.....	30
21. 生物质基合成气制备高碳醇技术.....	32
22. 有机废弃物热法制取低碳醇液体燃料技术.....	33



23. 环氧植物油油脂增塑剂制备技术.....	34
24. 糖酯表面活性剂制备技术.....	35
25. 细菌纤维素制备技术.....	36
26. 木质纤维素生物质水相催化合成生物航空燃料.....	37
27. 木质素催化转化制备烃类液体燃料.....	38
28. 一步法催化生物质联产糠醛及纤维素技术.....	39
29. 两步法耦合催化生物质水解构建糖平台技术.....	40
30. 秸秆/餐厨垃圾等生物质制备生物燃气发电技术.....	41
31. 园林绿化垃圾高温好氧堆肥系统.....	43
32. 生物炭制备及碳基缓释肥制备技术.....	44
二. 非碳可再生能源利用.....	45
33. 水合冷冻法海水淡化系统.....	45
34. 风光互补发电-反渗透海水淡化系统.....	46
35. 千瓦-百千瓦级鹰式波浪能发电装置.....	47
36. BD102G 型航标灯用波力发电装置.....	48
37. 航标灯用机械式波力发电装置.....	49
38. 漂浮直驱式波力发电装置.....	50
39. 海岛可再生独立能源系统.....	50
40. 半潜式深远海旅游、科普、养殖一体化平台.....	52
41. 太阳能中温集热系统.....	54
42. 热管式真空集热器.....	55
43. 地源热泵供热供冷技术推广应用.....	55
44. 中低温地热双工质发电系统的应用.....	58
45. 地热综合利用.....	60
46. 新能源在建筑上的综合利用.....	61
47. 多能互补分布式微电网技术.....	64
48. 双向变流器技术.....	66
49. 高频并网光伏逆变器.....	67
50. 智能远程监控管理系统.....	68



51. 智能电网大规模电池储能技术.....	70
三. 新材料及产品.....	71
52. 高效杂元素碳-纳米硅复合锂离子电池负极材料.....	71
53. 自动调光高效节能镀膜玻璃.....	73
54. 智能隔热节能涂料和贴膜.....	74
55. 环保节能增透膜节能液.....	75
56. 利用工业废渣制取双面复合增强保温节能墙板.....	76
57. 凹凸棒土基石蜡相变复合材料.....	78
58. 非金属矿（凹凸棒土）的高值化利用.....	79
59. 粘土基有机废水脱色吸附剂.....	81
60. 锂离子电池隔膜用纳米杂化聚合物制备技术.....	83
61. 多功能智能型建筑隔热涂料的研发与小规模生产.....	84
62. 质子交换膜水电解制氢（PTH）储能关键技术.....	84
四. 节能环保低碳技术.....	87
63. 动态冰蓄冷技术.....	87
64. 工业制冰技术（铝制蒸发桶冰浆）.....	88
65. 新一代环保冷媒（NH ₃ /CO ₂ ）直接蒸发式冰浆机组.....	89
66. 潜热输送中央空调/区域供冷技术.....	89
67. 高效节能的潜热输送矿井空调技术.....	90
68. 燃气热泵（GHP 技术）.....	91
69. CO ₂ 热泵高效供暖技术.....	92
70. 电梯节能管理系统.....	93
71. 楼宇及工厂智慧能源管理系统 EMS.....	95
72. 锂电池能量状态 SOE 估算方法研究.....	96
73. 基于电热耦合特性的成组热管理技术.....	97
74. 废旧锂离子电池回收及修复/再生技术.....	98
75. 园区多能互补分布式系统的复合储能优化调控技术.....	99
76. 轨道交通及港口机械等的回馈电力回收利用技术.....	100
77. 电动汽车 Li 电池均衡修复技术.....	101



78. Li 电池+超级电容的功率动态分配控制技术.....	103
79. 基于压缩空气的大规模物理储能技术.....	104
80. 针对工业炉窑的自蓄热燃烧技术.....	106
81. 陶瓷炉窑余热综合利用技术.....	107
82. 有毒/恶臭浓液密封型热泵干燥技术.....	108
83. 基于蓄热燃烧技术的有机废气高温氧化技术 RTO.....	110
84. 新型 MVR 蒸发浓缩系统.....	111
85. 工厂能源管理系统.....	112
86. 中央空调系统分散水泵节能技术.....	113
87. 高耗能行业中低温余热发电.....	114
88. 可燃固体废弃物两段式热解旋流燃烧技术.....	116
89. 生活垃圾自动分选技术.....	117
90. 生活垃圾资源-能源化利用系统.....	117
91. 高可靠性热管换热器.....	118
92. 抗腐热管省煤器.....	119
93. 低热值燃气燃烧技术及烧嘴.....	120
94. 高碳燃料的天然气替代及清洁利用技术.....	121
95. 工业加热用天然气低 NO _x 燃烧器.....	122
96. 连续式蓄热燃烧技术.....	123
97. 企业能源管理系统.....	124
98. 基于燃料燃烧的微型能源动力系统.....	125
99. 连续式蓄热燃烧技术.....	126
100. 液排渣煤粉低尘燃烧技术及系统.....	127
101. 重质渣油的高效清洁燃烧利用.....	128
102. 大功率 LED 灯具高效散热技术.....	129
103. 大型数据中心冷却节能关键技术.....	130
104. MVR 蒸发浓缩技术.....	132
105. 废弃塑料热裂解制备润滑油基础油.....	135
106. 高浓度难降解有机废水处理技术.....	136



107. 废润滑油再生技术.....	137
108. 循环流化床污水处理技术.....	138
109. 烧结环冷机高效余热回收技术.....	140
110. 蒸汽压差发电技术.....	141
111. 安全无震动的高效管式换热器模块化节材智能制造集成技术...	143



第一部分 中国科学院广州能源研究所简介

中国科学院广州能源研究所（下称“广州能源所”）成立于 1978 年，前身为 1973 年成立的广东省地热研究室。2001 年作为高新技术研究与发展基地型研究所成为中国科学院知识创新工程试点单位。

广州能源所定位是新能源与可再生能源领域的研究与开发利用，主要从事清洁能源工程科学领域的高技术研究，并以后续能源中的新能源与可再生能源为主要研究方向，兼顾发展节能与能源环境技术，发挥能源战略的重要支撑作用。近期目标：在生物质能源高值化转化与规模化利用，分布式可再生能源独立系统应用示范，天然气水合物基础物性、成藏理论、开采及综合利用关键技术 3 个方向实现重大突破；在太阳能光热光电材料开发技术，先进能源材料开发技术，储能关键技术及应用示范，可再生能源利用过程节能环保关键技术，能源战略及低碳发展研究 5 个重点培育方向取得重大进展。

目前建有国家能源生物燃料研发中心、国家可再生能源综合技术国际研发中心等国家级研发平台，以及中国科学院可再生能源重点实验室、中国科学院天然气水合物重点实验室、中国科学院广州天然气水合物研究中心、广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室等重点研发平台。此外，广州能源所与美国、日本、意大利、韩国、瑞典、德国、丹麦、南非、澳大利亚、巴西等 20 余个国家和地区的知名高校及研究机构建立了良好的学术交流与合作关系。

研究所建有五山和黄花岗 2 个园区，与地方政府合作创建合肥能源研究院和三水能源环境技术创新与育成中心。现有在职职工 408 人，其中高级职称 141 人，中国工程院院士 1 名、国家万人计划 2 名、“973”计划首席科学家 2 名、国家杰出青年基金获得者 1 名、百人计划 12 名。设有博士生培养点 2 个、博士后流动站 1 个、硕士生培养点 7 个，主办《新能源进展》学术期刊。

建所以来已取得重要科研成果百余项，其中获得国家、省部级奖励 80 余项。累计申请国家专利 1453 件、PCT35 件，已授权专利 856 件。近年来在生物质能源、固体废弃物资源化利用、天然气水合物等方面成果突出，相关成果获国家科技进步二等奖 2 项、国家专利优秀奖 2 项、广东省科学奖一等奖 6 项等。



第二部分 联系我们

单位联系人	黄斐
部门	科技处
电话	020-87059561
邮箱	huangfei@ms.giec.ac.cn 372440754@qq.com
地址	广州市天河区五山能源路 2 号



第三部分 科技成果汇编

一. 生物质高值利用

1. 生物质气化热电联供技术

项目简介:

生物质气化发电、供气、供热，即热电联供，是以生物质气化产生的可燃气为燃料，一方面通过内燃机或燃气轮机等热工转换设备燃烧发电，同时利用烟气回收的余热向热用户供热，另一方面向燃气用户提供生产生活用气。生物质气化热电联供技术符合我国生物质能资源分布分散的特点，在生物质气化发电的同时可根据当地情况进行供热和供气的综合利用，有利于降低发电成本，提高生物质发电的综合效益，是一项充分利用生物质燃料潜在热能的技术。

“十二五”期间，在国家科技支撑计划的支持下，广州能源研究所围绕生物质能综合利用的目标，以木屑、秸秆、树皮等生物质为原料，以中小企业用电用热及居民生活用能为对象，研制开发出适合我国国情的先进生物质气化热电联供成套技术和设备，建成了 2MW 生物质气化发电及热气联供系统示范工程，包括 2.5t/h 的生物质气化系统、4500Nm³/h 的燃气净化系统、2MW 的燃气发电机组、1.5t/h 的余热设备、0.5t/h 的制冷系统、1000Nm³/h 的燃气燃烧试验窑炉等。生物质原料于混流式固定床气化炉内产生燃气，经净化系统除尘除焦和冷却后，再经储气柜及燃气管道输送至发电机组发电，电力除自用电外，多余电力上网或直接供给附近企业生产；燃气发电后产生的高温烟气通过余热锅炉产生蒸汽，对于北方地区可对外提供蒸汽供热，对于南方地区可用于溴化锂制冷提供冷气；燃气经管道输送至示范基地食堂或附近饭店，或为附近居民提供生活燃气。

主要技术性能与指标:

广州能源研究所已研制了不同规格的生物质气化发电系统，1-3 MWe 的气化炉-内燃机系统的发电效率为 17%-20%，4-6MWe 的内燃机-蒸汽轮机联合循环系统发电效率达到 28%，技术与国外先进的同类技术相当，而且设备全部实现国产化，在国内外应用了 20 多套，成为

国际上应用最多的中小型生物质气化发电系统。建成的 2MW 生物质气化发电及热气联供示范系统发电效率 25.5%，系统余热回收热效率 26.8%，示范系统热电联供综合热效率 52.3%。

经济效益:

在发展中小型生物质气化发电技术的同时，需发挥其灵活性好的特点，利用热电联供或气电联供的办法，提高综合利用率，降低发电成本，提高技术的市场竞争力。

在原料价格（500 元/吨）、电力（0.75 元/kWh）和燃气价格（0.48 元/m³，按天然气价格 3.5 元/m³时等热量计算）都不变的情况下，运行模式对生物质气化发电及热气联供系统经济性起决定性的作用：

（1）在纯发电而没有热气联供的情况下，2MW 生物质气化发电系统投资约 1500 万元，满负荷运行收益 990 万元/年，而运行成本（主要决定于生物质原料价格和运行负荷）1036 万元/年，此时没有投资价值；若原料降至 450 元/吨可实现盈亏平衡。

（2）增加余热利用的 2MW 气化发电及热电联供系统投资约 1700 万元，在平均运行负荷 1.5MW、用户蒸汽需求大于 15000 吨/年时盈亏平衡；在 2MW 满负荷运行下余热蒸汽供应量达到 20000 吨/年，毛利达到 500 万元/年左右，此时在不考虑税负的情况下，投资回收期约 4 年。因此，在有余热利用的条件下（如项目在工业园区、蒸汽用户附件等），生物质气化发电及余热利用系统具有一定的投资价值。

（3）将气化燃气全部用于供热或供气的情况下，如全部用于集中供气代替天然气，或集中供热（用于燃煤或天然气锅炉，供热蒸汽价格约 280 元/吨），2MW 气化供热/供气系统投资约 885 万元，毛利约为 400 万元/年（假设生物质燃气和天然气燃烧效率相同，则生物质燃气用于供气或供热的收益是等值的），项目投资回收期大约 3 年，经济效益显著。

可见，生物质气化发电系统投资较高（平均 7000-8000 元/kW 左右），发电的效益不明显；而余热系统投资不大，但效益明显（如 2MW 余热收入占总收入的 1/3）。所以在有条件时，利用生物质燃气用于供热/供气而不是发电，生物质气化项目的经济性将更有显著。

适用范围及应用条件:

- （1）简单的小规模气化发电无应用推广价值；
- （2）推广小型气化发电项目的前提是当地有供热需求（如供应



园区、采暖等);

(3) 气化供热供气系统比气化发电或热电联供系统具有更好经济性,目前在大部分地区已具备了推广生物质气化供热/供气的条件。

成果转化方式:

股权投资,技术转让,合作开发。

2. 生物质气化燃气替代化石燃料技术

项目简介:

随着社会对能源需求的日益增长,作为主要能源来源的化石燃料却迅速地减少。目前,我国工业锅炉主要使用燃煤或重油等化石能源作为燃料,能源成本占产品加工成本的比例较高,同时燃煤和重油等化石能源属高污染燃料,尾气含有较高比例硫的成分,采取简单的烟气脱硫设备已不能满足日益提高的环保要求。因此,寻找一种可再生的替代能源,成为社会普遍关注的焦点。

广州能源所集成生物燃气工业控制技术、工业生物燃气锅炉热力系统技术、生物燃料工程技术及工业生物燃气替代石化能源价值工程技术,形成系统、完整、高效的工业生物燃气系统,替代工业企业传统石化能源热力系统,实现工业节能减排,清洁生产,可大幅度降低工业的热力成本,并有效减轻温室效应。

生物质气化燃气锅炉新增与改造的系统由原料储存、上料设备、气化系统、灰渣处理装置、燃气输送、锅炉燃烧器、锅炉烟风系统及主辅设备控制系统构成,使生物质燃料在高温条件下发生链裂解变成 CO 、 H_2 、 CH_4 等可燃性气体,利用效率较高,用途广泛,具有可观的经济和社会效益。

主要技术性能及指标:

生物质成型燃料的平均热值为 $4000 \sim 4500 \text{ kCal/kg}$,在相同的条件下,每吨生物质成型燃料大约相当于 0.5 吨标煤、0.4 吨重油、0.3 吨柴油或天然气。生物质成型燃料系统的特点为:

- (1) 生物质气化炉流化性能好,运行工况稳定,气化效率高;
- (2) 有效解决生物质加料不稳定问题;
- (3) 燃气质量稳定,热值高;
- (4) 产能大,飞灰量小,焦油含量低;

(5) 原料来源广泛, 系统的应用范围广, 适用性强。

(6) 每替代 1 吨标准煤, 在不考虑脱硫设施的情况下, 可以实现 SO_2 减排量约 20 kg, 减排 CO_2 约 2.5 吨。

适用范围及应用条件:

(1) 作为燃油锅炉的燃料, 代替重油、柴油、煤、水煤浆、天然气等;

(2) 作为工业窑炉的燃料, 代替各种燃料。

成果转化方式:

工程承包、合同能源管理。

3. 秸秆制备生物燃气发电技术

项目简介:

利用农业废弃物等生物质产生能源已经有多年的研究, 秸秆厌氧发酵产沼气在我国应用较广泛, 农作物废弃物厌氧发酵产沼气具有清洁、实用性强、方便管理等诸多优势: 研究表明, 每千克农作物废弃物干物质可产沼气 $0.5 \sim 0.7 \text{ m}^3$ 。厌氧发酵产生的沼气是一种清洁的可再生资源, 不但可提供能源, 而且对保护森林资源、净化生态环境也有很大作用。厌氧发酵后的农作物还可做鱼饵料和牲畜饲料添加剂, 具有提高禽畜免疫力, 增加体重的功能。产气后的沼渣、沼液腐殖酸含量高, 氮、磷、钾和微量元素齐全, 是高效的有机肥料。

传统的厌氧微生物法虽然反应条件温和、设备简单, 但是由于微生物的木质纤维素降解能力较弱, 导致农作物废弃物的水解过程缓慢, 水解程度低, 使农作物废弃物的厌氧消化时间长、消化率低、产气量少、投入产出效益差等问题限制了农作物废弃物大规模应用于厌氧发酵。此外农作物废弃物不具有流动性, 密度小, 体积大, 进出料困难, 固体浓度高, 在消化开始阶段容易产生酸消耗不平衡, 引起酸积累, 造成酸中毒现象, 影响正常运行。此外, 由于固体浓度高, 反应器内传热传质不均匀, 物料与接种物接触不充分, 消化条件不易控制, 而且高固体浓度给搅拌装置的选择和动力的配置等带来了困难。

技术特点:

本技术通过采用能源化工实验室建立的农作物秸秆微分式渗滤



床低酸水解工艺和双循环高效厌氧反应器解决了上述技术难题，创新性地提出了农作物废弃物水解并厌氧发酵高效产沼气发电的新思路，即通过水解技术把固态的生物质转化为富含可发酵有机物的生物质水解液，进而利用厌氧活性污泥（富含产沼气细菌）高效发酵产沼气，最后利用沼气进行绿色发电。该工艺可同时处理大量的固体生物质，厌氧发酵后的醪液循环回到预处理系统，少量的残渣可以作为固体燃料或肥料，整个过程无废水排放。该技术设备占地少，同时发酵周期短、处理效率高，为大规模农作物废弃物制备生物燃气和生物燃气发电奠定了基础，具有巨大的产业化前景。

适用范围：

本技术应用范围广，根据用户不同需要，发电规模可大可小。根据地区产秸秆及生活垃圾等原料的数量建设 50 KW~1 MW 规模的发电厂，可用各种农作物秸秆或厨余、生活垃圾作为原料。同时，由于该项目属于环保技术，对减少秸秆焚烧污染，减少 CO₂ 排放有重要意义，可享受国家政府的相关优惠政策，有很好的市场前景和巨大的推广潜力。

已具备的推广应用条件：

本工程已建成一套 10 万 kWh/年的秸秆制备生物燃气发电中试装置，验证了秸秆等木质纤维素类生物质通过秸秆水解、水解液厌氧发酵产沼气及沼气发电的技术工艺路线以及技术装备。

达到以下经济指标：其投资仅为目前常规的秸秆直燃发电的 50% 以下。1 公斤秸秆可以产 0.5~0.7m³ 的沼气，可发电 1 kWh（目前市场上沼气发电机效率约为 1 m³ 的沼气发电 2.2-2.6 kWh），每 kWh 电成本仅约 0.40 元，按上网价 0.5 元/kWh，1 公斤秸秆通过生物方法制备生物燃气发电，每度电差价为 0.10 元，加上国家农作物废弃物发电 0.257 元的补贴，每度电毛利约 0.35 元。

成果转化方式：

技术服务，许可使用，合作开发。

4. 中等规模稻壳灰高值综合利用技术

项目简介:

我国是世界上最大的稻谷生产国,每年有数千万吨的稻壳需要被消化处理。稻壳是大米加工的主要副产物,约占稻谷重量的 20%。稻壳中含有 15%~20% 的无定形水合二氧化硅,其它成分主要为碳氢化合物,是一种量大面广的可再生资源。随着生物质综合利用技术的发展,燃烧产热及发电已成为我国常见的稻壳利用方式。但该技术在燃烧高灰分生物质获取洁净能源的同时,也会产生大量有毒的灰渣废弃物。这些灰渣废弃物大部分没有经任何处理就直接被丢弃,既没有得到有效治理和充分利用,又给周围环境造成一定污染。

近年来,随着生物质综合利用技术的发展,出现了利用稻壳灰制备活性炭材料和硅基化工品等高附加值产品的高效利用技术。在前人工作的基础上,本项目开发了一种稻壳灰高值清洁利用的新工艺,利用稻壳灰废弃物联产分子筛、活性炭和生物基钾肥。首先,在高温水热条件下,用较低浓度的碱液将灰渣中的 SiO_2 快速溶解出来,同时制备出较高品位的活性碳;其次,利用溶解出的硅溶胶制备不同型号的分子筛产品;最后,利用烟道气或无机酸中和剩余的碱性溶液,生产生物基钾肥。该生产工艺的特点是原料来源广泛,整个系统在一个闭循环下操作,几乎没有污染物和温室气体排放,产品种类丰富且灵活多变;工艺流程简便,整个生产过程安全无毒,在常压下进行,操作简单,适合工业化生产。

适用范围及应用条件:

稻壳灰高值综合利用技术应用范围广,灵活性好,根据用户不同需要,生产规模可选择稻壳灰处理量为 1000~10000 吨/年之间。原料既可以选用气化燃烧的稻壳灰,也可以选用直接燃烧的稻壳灰。对中型大型的稻谷加工企业,也可利用成熟的生物质气化技术(自有技术),先利用稻壳气化发电或供热,再将稻壳灰进行高值化综合利用。同时,由于该项目属于节能环保技术,对消除污染,减少 CO_2 的排放有重要的意义,有条件享受国家政府的相关优惠政策,有很好的市场前景和巨大的推广潜力。

主要技术性能及指标:

稻壳灰高值综合利用技术通过生物质废弃灰渣中碳源和硅源的



高效分离，把生物质灰渣废弃物（包括稻壳灰、麦壳灰、麦秆灰等含硅灰渣）中的碳源转换为不同品质的活性炭，硅源转化为不同型号的分子筛粉末或分子筛催化剂，残余废液可通过酸中和制备生物基钾肥或工业级纯碱，从而极大地提高了产品的附加值。

该技术主要特点如下：

（1）所用制备的活性炭产品，既可为比表面积 $\geq 650 \text{ m}^2/\text{g}$ 的工业级活性炭，也可为比表面积 $\geq 2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 的特种活性炭材料。

（2）所用制备的分子筛产品，既可为 ZSM-5、Beta 和 MCM-41 等高硅分子筛粉末，也可为以高硅分子筛为基体的各类分子筛催化剂。

（3）生产工艺灵活多变，适应性较强；既可采用 KOH 体系，副产生物基钾肥，也可采用 NaOH 体系，副产工业级纯碱。

这些特点保证了稻壳灰高值综合利用系统的综合性能稳定可靠，单位投资和运行成本都较低的特点，系统达到以下技术经济指标：

以气化稻壳灰联产工业级活性炭、ZSM-5 分子筛粉末和生物基钾肥的生产模式为例，按照原料价格 300 元/吨和年运转 6000 小时计，年处理稻壳灰 2200 吨，计算该技术的经济效益，结果如下：

单位投资：7000-8000 元/吨；每吨稻壳灰的产能约为：300 kg 工业级活性炭、450 kg 分子筛粉末、550 kg 生物基钾肥；系统运营成本：8600 元/吨；总产值：>16800 元/吨；年利润：>8200 元/吨。

已具备的推广应用条件：

- （1）已建成稻壳灰处理量为 100-150 吨/年的小型中试线一套；
- （2）具备全套的生物基材料各项指标分析设备；
- （3）可提供活性炭、分子筛催化剂和生物基肥料等产品的展示；
- （4）拥有全套独立的自主知识产权。

成果转化方式：

股权投资，技术转让，合作开发。

5. 混合原料高浓度厌氧发酵制备生物燃气关键技术

项目简介：

本技术重点利用易腐有机废弃物（如养殖场粪污、工业加工废弃物、生活垃圾、能源草等原料）制备生物燃气。采用的成套生物燃气制备工艺，具有较高的有机负荷和容积产气率，且运行稳定，有效减

少了设备投资和生产成本，生物燃气经净化提纯后形成高品质的能源产品，有效提高了产品的价值。

对于大型沼气工程，主要以热电联产、提纯制备天然气和制备车用压缩天然气形式运营。发酵容积 10000 立方米的热电联产工程，总投资大约为 2000-2500 万元；车用压缩燃气工程大约为 2200-2800 万元。目前生物质能源发电上网电价为 0.75 元/kw•h，提纯后的生物天然气与当地天然气价格相当，有机肥 100-300 元/吨，叶面肥 300 元/吨。热电联产投资回收期通常为 6-8 年，车用压缩燃气通常为 4-6 年。

对于中小型沼气工程，主要以发电自用或集中供气形式运营。发电自用型沼气工程主要是解决业主废弃物排放问题的同时节省电费；集中供气型主要是在小范围村落或集镇提供燃气。发酵容积为 2000 立方米的沼气工程，总投资约为 800-1000 万元。因此，与国内普遍采用的传统发酵相比，本技术在效益及市场竞争力方面均具有很大的优势。

已具备的推广应用条件：

通过技术应用及推广，已完成各类生物燃气示范工程 10 余项。建设了 50000m³/d 车用燃气示范工程和 70000m³/d 高品质生物燃气示范工程，推进沼气工程向多元化发展。经广东省科技厅组织的科技成果鉴定，由鉴定专家委员会一致审定为“国际先进”水平，获得广东省科技进步奖一等奖。

成果转化方式：

股权投资，技术转让，技术服务，合作开发。

6. 生物柴油

项目简介：

生物柴油，是由甲醇与动植物油脂中的游离脂肪酸、甘油三酯成分发生酯化、酯交换反应，生成的脂肪酸甲酯（主要成分是棕榈酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯和亚麻酸甲酯等），反应过程降低油料的粘度，改善油料流动性和汽化性能，达到作为燃料使用的要求。由于可再生，无污染，生物柴油是典型“绿色能源”。其性能与 0#柴油相近，可以替代 0#柴油，用于各种型号的拖拉机、内河船及车用柴油机。生物柴油的热值约 1 kcal · kg⁻¹，能直接使用或以任意比例与 0#



柴油混合，且无需对现有柴油机进行改动。

广州能源所自 2003 年开始进行生物柴油相关技术的研发，先后承担国家科技攻关项目、国家“863 项目”、中国科学院知识创新项目、广东省粤港招标项目等国家/省市项目 20 余项。研发了生物柴油固体酸催化剂，生物柴油静态混合活塞流反应器连续生产，甲醇/水高效分离膜，粗生物柴油干洗技术，模块化工工艺等技术的研发。取得生物柴油授权专利 16 件，其中发明 10 项，实用新型 5 项，外观设计 1 项，发表论文 70 余篇。在生物柴油技术领域积累了深厚的基础，在佛山三水建有年产 5000 吨生物柴油中试基地。鉴定“地沟油清洁生产生物柴油关键技术”及“年产 1 万吨生物柴油关键技术及示范”等成果 2 项，获得“生物柴油固体催化连续绿色生产关键技术与产业化应用”等省部级奖励 3 项，生物柴油整体研究和开发水平经 2011 年广东省科技厅鉴定已达国际先进水平。

技术特色：

（1）采用固体催化剂代替液体催化剂

研制和采用阳离子交换树脂固体酸催化剂及 CaO 基固体碱催化剂用于代替液体酸碱生产生物柴油，有效避免了液体酸碱对设备的腐蚀及后续工艺的分离等问题，且可提高产品收率及品质。

（2）生物柴油/甘油低能耗连续分离

设计了生物柴油/甘油波纹板连续分离装置，可低能耗、连续将粗产物生柴油/甘油分离，分离效率及纯度达到 95%以上。

（3）以干洗代替水洗实现生物柴油的净化

本项目开发出生物柴油干洗纯化工工艺代替传统水洗方式净化粗生物柴油产品，可以在除去极性物质的同时，有效改善生物柴油的外观品质。

（4）设备模块化

本系统将整个工艺流程分为不同模块，每个模块安装于 1-2 个货柜架上，每个货柜架与主管道通过物料管、冷热介质管、真空管等接驳。设备小巧，高效率，移动便捷，方便组装及运输。

主要技术性能及指标：

（1）反应器及连续化生产方面

该工艺采用固定床与静态混合活塞流反应器耦合工艺，实现连续化生产，为国内外较创

新应用。

(2) 催化剂

该工艺采用阳离子交换树脂固体酸催化剂, 及 CaO 基固体碱催化剂。

(3) 生物柴油净化

该工艺采用无水纯化技术对粗生物柴油进行净化处理。

(4) 产品质量

本项目采用甘油连续分离及干洗技术, 产品色泽浅, 质量高。对于废动植物油脂, 产品

质量可达到国家 BD100 标准。

(5) 甲醇回收利用率及纯度

甲醇回收采用无机/有机复合膜实时分离, 甲醇回收利用率及纯度>99%, 为同行业的最高水平。

(6) 生物柴油生产成本

生物柴油吨生产成本低于 1000 元, 低于国内外同行水平 10%左右。

适用范围及应用条件:

原料: 植物油及各种低品质、低价位的废油脂, 包括: 煎炸油、泔水油、地沟油及酸化油等。设备耐腐蚀要求低, 工艺简单可靠, 满足国家三废排放要求。

已具备的推广应用条件:

- (1) 具备全套的生物柴油各项指标分析仪器;
- (2) 已完成年产 5000-10000 吨模块化生物柴油生产线一条;
- (3) 已完成年产 1 万吨及年产 3 万吨生产线各一条。

成果转化方式:

技术服务、技术入股、合作开发等。

7. 生物汽油

项目简介:

生物质是可再生能源中唯一可以生产液体燃料的碳资源, 通过对



生物质进行高效水解和催化重整可以制取以 C5+ 烃类为主要成分的生物汽油，其性质与商用汽油相近，可以替代汽油或与汽油掺混用于汽车发动机。利用水相催化重整制取生物汽油的合成技术于 2006 年在国际上展开，但对生物质高效水解制取生物汽油的工艺目前尚未见报道。

广州能源所在世界上首先实现了在 150 吨/年生物汽油中试装置上水相催化重整生物质水解液合成生物汽油的连续运行。该项目以玉米芯、生物秸秆等木质纤维素生物质为原料，通过水解处理生物质形成含木糖和葡萄糖的水解液，对水解液中的糖进行低温加氢转变成相应多元醇，继而采用高性能的水相重整催化剂进行多元醇加氢-脱水-加氢-异构反应，生成以 C5+ 烃类为主的生物汽油。将该技术进行产业化推广可以解决缓解国家和广东省能源短缺的形势，且生物汽油是一种清洁燃料，不含硫分，生产过程 CO₂ 零排放，因此具有十分广阔的应用前景。

主要技术性能及指标:

每吨干基生物质生产 0.125 吨生物汽油；总碳转化率 $\geq 80\%$ ；C5+ 烃类选择性为 80-90%。

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，年产 150 吨生物汽油的木质纤维素生物质水相重整合成液体燃料系统已经在辽宁建成，中试系统采用玉米芯的水解液为原料，生成的生物汽油可与传统汽油以任意比例混合。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

8. 生物丁醇

项目简介:

丁醇是重要的化工原料，大量用于生产 PVC 增塑剂、丙烯酸丁酯、苯甲酸丁酯、乙酸丁酯等；丁醇也是重要的溶剂，大量用于脲醛树脂、

纤维素树脂、醇酸树脂和涂料等的生产中，还可作香料、萃取用溶剂、色素稀释剂；丁醇还是很有应用前景的醇类燃料，与源自石油炼制的运输燃料相比具有显著的环境效益，能减低碳温室气体的环境排放。生物丁醇的蒸汽压力低、热值高，与汽油以任意比例混合混合，适合在现有燃料供应和分销系统中使用。同时，丁醇燃烧后生成的 SO_2 和 NO_x 以及灰尘排放量比化石燃料要小得多，更具有显著的环境效益。

目前国内外丁醇价格比较高，其作为液体燃料的前景虽然光明，却因生产成本低而受到限制：传统发酵法生产的丁醇来源于粮食（如小麦、玉米等），原料成本约占发酵总成本的 60%，且存在着“与民争粮”的问题；采用化学法生产的丁醇来源于日益紧缺的石油资源，生产成本受制于飞速上涨的石油价格；我国丁醇市场长期存在供应缺口。经综合预测，到 2016 年我国正丁醇需求量为 100~110 万吨，生产能力为 85~90 万吨，供需缺口达 20 万吨。供需矛盾严重影响了下游产品发展。

本项目采用成本低廉的农林废弃物（玉米芯、秸秆、稻草、芦苇、麦秸和能源草等）为原料通过水解、脱毒、发酵、蒸馏生产生物丁醇，不仅会降低成本、缓和“与民争粮”的矛盾，而且原料均是可再生的，既解决了秸秆弃置、焚烧造成的环境污染问题，也可提高农民收入减少碳排放，同时也为生物质能源在化工品加工领域的应用开创了新途径，将在很大程度上缓解能源危机和环境污染。

主要技术性能与指标：

半纤维素水解率达 90%以上，纤维素水解率达 85%以上，丙酮丁醇梭菌糖-溶剂转化率大于 35%。

技术特点：

本技术以农林废弃物玉米芯、玉米杆、小麦秸秆等为原料，利用专利的微分式渗滤床稀酸水解技术将其中的纤维素、半纤维素水解成含可发酵性糖的水解液，经独有的水解液精制技术除去发酵抑制物后，经过配料、蒸煮、筛选驯化得到的高产溶剂的丙酮丁醇梭菌连续发酵、双粗塔差压蒸馏制得丁醇、丙酮、乙醇溶剂（比例为 62：33：5）。在主要工艺技术突破的基础上综合考虑三废综合利用，降低能耗，获得了完整的工艺。已获得 4 项发明专利及 1 项实用新型专利授权。



经济效益:

每条万吨级生产线的生产成本约 6500 元/吨 (按原料 300 元/吨计算); 产品售价作为稀有的生物、医药用丁醇/丙酮/乙醇来说约 10000 元/吨。效益十分可观。

适用范围:

适用于玉芯、玉米杆、小麦秆资源丰富的地区, 能源草种植基地附近。

也可利用甘蔗渣等其他农林废弃物进行生物丁醇联产燃气工艺耦联生产。

已具备的推广应用条件:

已经完成了 1000 吨/年纤维素丁醇中试示范、万吨级纤维素丁醇初步设计, 正在进行产业化推广。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

新建 1.5 万吨/年总溶剂生产线, 包括土地、公用工程等配套设施, 预计建设投资约 1.25 亿元, 总建、构筑物面积 35000m², 投资回收期(所得税后)约 4.25 年, 所得税后财务内部收益率约 24%。

成果转化方式:

技术转让, 许可使用, 合作开发。

9. 木质纤维素生物质原理合成生物航空燃料

项目简介:

航空煤油是由直馏馏分、加氢裂化和加氢精制等组分及必要的添加剂调和而成的一种透明液体, 分子通式为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ (n 为 8-16), 主要应用于喷气式飞机或飞行器的燃油供给。全球航空运输业每年消耗的航空煤油约为 15-17 亿桶, 且主要来自石油炼制。由于原油资源的日益枯竭, 而生物质是最具前景的清洁液体燃料生产原料, 因此, 发展木质纤维素生物质水相合成生物航空燃油新生产工艺是技术发展的必然趋势, 可以缓解能源危机, 保障我国航空燃料安全。

本项目主要通过将木质纤维素类生物质高效催化转化成糠醛、HMF 及乙酰丙酸等平台化合物混合体系, 并在该体系中引入羟醛缩合

反应，通过低碳数的醛、乙酰丙酸物种在催化剂上的缩合，实现碳数在 8-15 之间的中间产物，经脱水-氢化-异构反应可生成以 C8-C15 正构及异构液体烷烃为主要成分的生物航空燃油，其组成与普通航空煤油相近，且在纯度、发热值、密度和低温性能等方面均高于普通航空煤油，可以直接用于喷气式飞机或飞行器的供给燃油。该工艺可显著提升生物液体燃料的品质，具有反应温和、效率高、工艺简单、清洁无污染等优点，可克服腐蚀性有害物质的去除工艺的技术障碍和工艺能耗太大的瓶颈问题，实现生物质原料的高端利用。

主要技术性能及指标:

每吨干基生物质生产 0.125 吨生物航空燃料(与生物质原料中纤维素、半纤维素含量正相关); C8-C15 正构及异构烷烃选择性达 85% 以上。

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，并完成了百吨级规模的生物航空燃料生产验证，航油产品质量达到 ASTM7566 国际标准。目前正在规划筹建年产千吨级规模的木质纤维素类生物质原料合成航空燃料中试示范系统。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

10. 木质纤维素制备生物基多元醇

项目简介:

多元醇是制备聚氨酯材料重要的原料之一，随着石油资源的日益枯竭，寻找能有效替代来源于石油的多元醇的低成本可再生新资源是关键，发展以木质纤维素为原料的生物基多元醇技术将是现实可行的最佳途径。

木质纤维素是地球上储量最大的可循环再生的有机资源，中国作为一个农业大国，农作物秸秆资源异常丰富。目前，大部分秸秆作为燃料直接燃烧掉，不仅利用效率很低，还会对环境造成污染。微生物



油脂是酵母、霉菌和藻类等产油微生物在一定条件下将碳水化合物转化并储存在菌体内的油脂，主要是由不饱和脂肪酸组成的甘油三酸酯，在脂肪酸组成上与植物油如菜籽油、棕榈油、大豆油等相似，是以 C16 和 C18 为主的脂肪酸。微生物油脂具有较高的不饱和度，通过对其中的不饱和双键和酯键进行改性，可将其转变为具有活性羟基的生物基多元醇。本项目主要以木质纤维素为原料，首先通过水解液化处理将其转变为含糖量较高的木质纤维素水解液；其次，以水解液为原料通过发酵制备微生物油脂；最后，利用化学改性方法对微生物油脂进行改性制备出适用于工业应用的生物基多元醇。该工艺原料来源丰富多样，可连续生产，可规模化利用自然界中丰富的木质纤维素资源，不存在传统植物油脂“与人争粮”的问题，不仅可以使大量的农业废弃物秸秆资源增值和高效利用，降低对环境的污染，而且可以减少对化石能源的消耗与依赖，节省大量的地球资源。

主要技术性能及指标:

半纤维素水解率达 90% 以上，纤维素水解率达 85% 以上，水解液中糖浓度达 30 ~ 60 g/L；油脂发酵总糖转化率 $\geq 85\%$ ；采用浸出法提取油脂，油脂提取率达到 85% 以上；微生物油脂化学改性后得到的生物基多元醇的羟值达 $85 \sim 300 \text{ mg KOH/g}$ 。

适用范围及应用条件:

适用于木质纤维素资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，目前已经完成年产千吨级木质纤维素类生物质水解、连续发酵制备微生物油脂、化学合成生物基多元醇示范系统。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

11. 生物质基合成气制备高碳醇

项目简介:

高碳醇指含有六个碳原子以上的一元醇。通常把 C6 ~ C10 醇称为增塑剂醇，C12+ 醇称为洗涤剂醇。它们是合成表面活性剂、洗涤剂、

增塑剂及其它多种精细化工产品的重要精细化工原料，具有重要的工业应用价值。依据生产原料的不同，高碳醇可分为天然醇和合成醇两大类。天然醇是以动、植物油脂为原料；合成醇按工艺路线的不同可分为以丙烯为原料生产的增塑剂醇，以乙烯为原料生产的齐格勒醇，高碳烯烃氢甲酰化制备的洗涤剂醇和以正构烷烃为原料的合成脂肪酸加氢醇等。

高碳烯烃氢甲酰化制高碳醇的工业生产主要分布在西欧、北美和日本，我国仅中国石油抚顺石化公司有一套以煤油脱氢的直链内烯烃为原料，用美国 Shell 公司的 Co/膦催化工艺合成 C12 ~ C14 表面活性剂醇的装置，而增塑剂醇仅有丙烯氢甲酰化制得的 2-乙基己醇一个品种，分布在齐鲁、大庆和北京等地。采用齐格勒法生产高碳醇，国内只有吉林石化公司 10 万吨/年的生产装置，主要生产 C2 ~ C20 或更高的偶数碳原子直链伯醇，产品醇分布宽、流程长、技术复杂、成本为合成醇中最高的，开发难度较大。南非 Sasol 化工公司采用 Davy 工艺技术公司的低压羰基合成工艺从费-托合成的 C11 ~ C13 烯烃经铑基催化剂生产 12 万吨/年的 C12 ~ C14 高碳醇装置已经开工，这是首次利用合成气通过费托合成和羰基合成技术采用两步法生产 C12 ~ C14 高碳醇。

我国现有的高碳醇工业基础薄弱，技术落后，产量低。但增塑剂醇、洗涤剂醇的市场需求量大，潜在用量更大，每年需耗大量外汇进口，仍然满足不了需求，严重影响相关工业的发展。目前，高碳醇主要以不可再生的石油为原料进行生产。随着石油资源的不断消耗、能源问题的日益加剧，研究和开发新的以可再生资源为原料通过改良 F-T 合成生产高附加值液体产品迫在眉睫。

本项目以成本低廉的农林废弃物（玉米芯、秸秆、稻草、木屑、树枝等）或它们热裂解得到的生物油为原料经气化得到合成气，合成气经净化、重整后压缩进入固定床反应器，在双功能催化剂作用下通过一步法合成高碳醇。

主要技术性能及指标:

采用一步法工艺合成，每吨干基生物质可生产高碳醇 0.25 吨；总醇选择性达到 40%以上，所得醇产物中高碳醇所占比例为 50%以上。



适用范围及应用条件:

适用于生物质资源丰富的地区。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

12. 有机废弃物热法制取低碳醇液体燃料

项目简介:

低碳混合醇(简称低碳醇)是指由 C1-C5 醇构成的液体混合物。低碳醇主要用途是作为洁净汽油添加剂,有望取代污染严重的甲基叔丁基醚(MTBE);其次,低碳醇可以替代石油单独用作发动机新一代低污染的清洁燃料,并且可以在不改变现有发动机结构的情况下使用。低碳醇已被证实是高辛烷值、低污染的车用燃料添加剂,可与汽油混合配成醇-油混合动力燃料,也可直接单独使用。另外,低碳醇还可以作为新的化工原料,经分离得到经济价值较高的乙醇、丙醇、丁醇和戊醇。目前,无论是能源工业还是化学工业的基本原料,都主要来自石油,为了改变这种状况,开发和生产来源于石油以外的基础化工原料具有重要意义,利用有机废弃物热法制备低碳醇便是其中很有价值的途径。

本项目以农林有机废弃物(包括各种农作物生产与加工废弃物、林业生产与加工废弃物、城市垃圾等)热裂解得到的生物油和废弃烃类液体燃料(包括废弃的煤油、汽油、柴油、润滑油、石脑油及液化石油气等液态燃料)为原料通过加入一定量的乳化剂和水进行乳化,并按一定比例混合后于固定床或流化床中进行非催化部分氧化气化得到由 H₂、CO、CO₂、CH₄ 等组分构成的合成气,经气体脱水、脱硫、干燥后压缩进入低碳醇合成反应器,在催化剂作用下合成低碳醇。该工艺通过生物油与乳化废弃烃类液体燃料的混合来改变气化原料组成,不必配置单独的气体重整反应器即可实现所得合成气中 H₂/CO 比的有效调节,减少合成气中的 CO₂ 含量,从而实现后续低碳醇的高效合成。

主要技术性能及指标:

通过生物油与废弃烃类液体燃料的混合气化,可实现所得合成气中 H₂/CO 高达 4.0,有机废弃物的总碳转化率达 99%以上;低碳醇选

择性达到 75%以上。

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源及废弃烃类液体燃料丰富的地区。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

13. 微生物油脂

项目简介:

微生物油脂是指由微生物在一定条件下合成并储存在菌体内的甘油脂, 其脂肪酸组成与一般的植物油脂相似。与植物产油脂相比, 微生物产油脂具有占地面积小, 不受场地限制, 不受气候、季节影响, 能连续大规模生产, 比农业生产油脂所需劳动力少的优势。作为食品的植物油脂市场价格较高, 而微生物油脂一般不饱和脂肪酸比例较高, 其食用与医疗保健价值比植物油脂更高。而且提取微生物油脂后, 微生物菌体内还残余富多糖等高附加值产品的微生物菌体, 其经济价值较高。目前限制微生物油脂产业化的瓶颈在于其培养基成本, 因而微生物油脂的产业化进程比较缓慢。

广州能源所能源化工实验室的授权专利技术微分式渗滤床稀酸水解液法可以提供高效油脂发酵所需的廉价底物, 从而大大降低微生物油脂的生产成本。目前能源化工实验室拥有能高效利用木质纤维素水解液生产微生物油脂的菌株 10 余株, 已完成油脂发酵的中试实验, 其糖油脂转化率处于国际领先水平, 所生产出来的微生物油脂结构与组成可以调控, 能满足食品轻工、医疗保健以及能源化工上的各类用途。

主要技术性能和指标:

(1) 中试规模发酵罐批次油脂发酵生物量大于 20 g/L, 油脂含量大于 50%, 单位糖油脂转化率大于 25%, 单位糖菌体转化率大于 45%; 非油菌体转化率多糖含量大于 60%;

(2) 木质纤维素原料半纤维素水解率达 85~90%, 纤维素水解率达 80%以上; 水解液中糖浓度达 30~60 g/L;

(3) 采用浸出法提取油脂, 油脂提取率达到 85%以上。



适用范围及应用条件:

适用于秸秆等生物质资源丰富地区;适用于植物油脂资源贫乏地区。设备耐腐蚀要求低,工艺简单可靠,满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

技术服务,合作开发。

14. 环氧植物油油脂增塑剂

项目简介:

环氧大豆油作为一种无毒、环保型增塑剂,在塑料、涂料、新型高分子材料、橡胶等工业领域中有广泛的应用。环氧大豆油产品具有相容性好、挥发性小、无毒,可赋予制品优良的光稳定性、热稳定性、耐水性、耐油性等许多特点,在许多国家被允许用于食品及医药的包装材料,是美国药物管理局批准的唯一可用于食品包装材料的环氧增塑剂。目前,合成环氧大豆油的方法通常分为有溶剂和无溶剂法。溶剂法由于工艺生产流程长且复杂,设备多,生产成本低,三废处理量大,因此基本上已被淘汰。无溶剂法可分为强酸催化和非强酸催化。强酸催化一般以硫酸、硝酸等作为催化剂,存在设备腐蚀和环境污染等问题,后处理工艺比较复杂,而且生成的过氧酸不稳定,容易发生爆炸。

为了发展绿色环氧化工工艺,单独以双氧水作为氧化剂,以固体酸为催化剂的环氧化工艺成为植物油脂环氧化的重要研究方向。该工艺具有无酸性水排放、固体酸可回收、重复利用等优点,环氧化反应时间更短,更加安全。

本项目通过合成一种高效的固体酸催化剂,然后将其用于大豆油等植物油脂的环氧化反应。该催化剂对大豆油等植物油脂具有较高的环氧化效率和选择性,反应完成后催化剂可利用简单的过滤方法进行回收,催化剂可反复使用仍能保持较高的催化性能。该工艺具有反应温和、环氧效率高、工艺简单、清洁无污染等优点,可克服传统强酸催化剂腐蚀性有害物质的去除工艺的技术障碍和工艺能耗太大的瓶颈问题,实现植物油脂的高端利用。

主要技术性能及指标:

- (1) 大豆油的转化率为 95.28%;
- (2) 环氧化收率为 85.15%
- (3) 催化剂的环氧化选择性达到 89.37%。
- (4) 环氧化大豆油的环氧化值为 6.45%，残留碘值<6%。

适用范围及应用条件:

适用于植物油脂资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，目前正在设计筹建年产千吨级植物油脂化学改性制备环氧化植物油脂中试系统。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

15. 糖酯表面活性剂

项目简介:

糖酯是由碳水化合物作为亲水基团，脂肪酸作为疏水基团的非离子表面活性剂，除具有优良的表面活性外，还具有良好的生物相容性、生物可降解性以及无毒、对环境友好等优点，这使得它们在去污剂、清洁剂和化妆品行业中的应用日益广泛，而且在食品、制药、生物化学和生物医学方面有着潜在的应用前景。糖酯的合成有生物法以及化学法两种，其各有优势：化学法步骤简单，周期较短，底物转化率高，但对于复杂的糖酯产品选择性不高，合成效率低；生物法周期较长、底物转化率较低，但通过生化转化，可以积累化学法不能合成的糖酯产品。单纯的生物法或者化学法合成糖酯表面活性剂均不能满足市场的要求。

广州能源所能源化工实验室以各类秸秆水解液为亲水性原料，微生物油脂或其它廉价油脂为疏水性原料，建立了生物法联合化学法制备糖酯表面活性剂的工艺路线，其所产糖酯表面活性剂结构与组成可以调控，可以满足工业上的不同需求。



主要技术性能和指标:

(1) 基于秸秆水解液以及微生物油脂生物发酵法产槐糖脂生产工艺, 槐糖脂产量达 40 g/L 以上, 糖/产物转化率达 50%以上;

(2) 基于秸秆水解液以及微生物油脂化学催化法产糖酯表面活性剂生产工艺, 其中底物转化率达 80%以上, 糖酯得率达 60 g/L 以上。

适用范围及应用条件:

适用于秸秆等生物质资源丰富地区, 设备耐腐蚀要求低, 工艺简单可靠, 满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

16. 细菌纤维素

项目简介:

细菌纤维素 (Bacterial cellulose, BC) 是由部分细菌合成的一类高分子化合物, 与植物纤维素不同, 细菌纤维素并非细胞壁的结构成分, 而是细菌分泌到胞外的产物, 属于菌表多糖的一种, 其呈独立的丝状纤维形态, 且不掺杂木质素、半纤维素等其它杂质。与植物纤维素相比, BC 具有许多独特的理化性质和机械性能, 包括了超细性 (纳米级)、高结晶度、高纯度; 具有非常一致的分子取向, 以单一纤维形式存在; 高抗张强度、高杨氏模量和极佳的形状维持能力; 极强的持水能力, 能吸收 50-700 倍其干重的水分; 较高的生物适应性; 形状及性能具有可调控性等。基于其独特的理化性质和机械性能, BC 在许多方面均有重要用途: 通过杂化细菌纤维素纳米纤维可以制备各类高性能催化剂, 各类功能性细菌纤维素膜可实现在医疗、音响、导电、渗透汽化上的多种功效, 此外, BC 还能作为硝化纤维素、吸附剂、增强材料、可降解塑料、纤维素纺丝、纤维素液晶材料、生物医学材料 (人造血管、人造皮肤、人造骨骼) 等被广泛应用于环保、造纸轻工、食品、高分子、医疗等领域。

广州能源所能源化工实验室的授权专利技术微分式渗滤床稀酸水解液法可以提供高效细菌纤维素发酵所需的廉价底物, 从而大大降低细菌纤维素的生产成本。除此之外, 我们也开发了利用水果原料、非金属矿土无机凝胶、有机废水产细菌纤维素的相关工艺, 可合成满

足食品、轻工、医疗、环境所需的各种细菌纤维素产品。

主要技术性能和指标:

- (1) 发酵醪液细菌纤维素大于 6 g/L;
- (2) BC 吸水率达 100 g/g 以上。

适用范围及应用条件:

适用于秸秆等生物质资源丰富、或者蔬果资源与非金属矿资源丰富地区,设备耐腐蚀要求低,工艺简单可靠,满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

技术服务,合作开发。

17. 生物质气化和燃煤电厂耦合发电技术

项目简介:

生物质气化与燃煤机组耦合发电技术是将生物质气化燃烧技术耦合在电站锅炉上的一种新的生物质发电形式。该技术利用生物质发电全额上网的政策优势,结合大型燃煤火力发电厂高效经济的优势,整合大型燃煤发电机组运行中富余的发电容量,形成一个独立的生物质发电项目。

该技术的基本原理是把生物质转化为可燃气,经过高温除尘,利用加压风机送入电站锅炉,替代部分燃煤产生蒸汽进行发电。它既能解决生物质难于燃用的缺点,又可以充分发挥大型燃煤发电机组的优势,所以是生物质最高效最洁净的利用方法之一。

该生物质气化发电过程包括四个方面:①生物质气化。把固体生物质转化为气体燃料;②燃气高温净化。气化出来的燃气都带有一定的飞灰杂质,需经过净化装置把杂质除去,但燃气中的焦油在高温状态下仍保持气态不析出,以保证燃气高热值;③高温燃气在电站锅炉内燃烧替代部分燃煤;④常规的蒸汽发电。

生物质气化与燃煤机组耦合发电是生物质能利用中有别于其他可再生能源的独特方式,具有以下特点:

1、工艺流程简单: 不改变燃煤机组有的发电工艺流程,生物质经过预处理后,送入固定床气化炉完成高效气化,产生的燃气经过除尘净化,以热燃气的方式送入电站锅炉与煤粉混合燃烧,其耦合点为



安装在燃煤锅炉上的生物质燃气燃烧器。

2、项目投资少：生物质气化与燃煤机组耦合形成的生物质发电项目，不需要投资相应的锅炉、汽轮机、发电机及输配电设备，相比传统的生物质发电厂，大幅度降低了工程造价。

3、效率高：气化炉气化热效率达 75%，结合高参数大容量燃煤发电机组，使得生物质发电效率提升到 30%以上，远高于现有的生物质直燃发电厂。

4、安全可靠、清洁环保：集成先进的生物质气化技术和生物质低热值燃气高效燃烧技术，生物质气化燃气热值高，气化产生的焦油在高温下保持为气态，过程中不需要处理焦油，不产生污水。生物质本身属于可再生能源，可以有效地减少 CO₂、SO₂ 等有害气体的排放。而气化过程一般温度较低（大约在 700 ~ 900℃），NO_x 的生成量很少，所以能有效控制 NO_x 的排放。

主要技术性能及指标：

序号	名称	单位	数值
1	生物质热值	kJ/kg	16200
2	气化热效率	%	85
3	燃煤机组发电效率	%	35
4	生物质发电热效率	%	30
5	生物质发电单耗	Kg/kWh	0.741
6	生物质发电综合厂用电率	%	5.1
7	生物质供电单耗	Kg/kWh	0.781
8	生物质气化炉处理量	t/h	16
9	额定发电输出	MW	21.6
10	年运行时数	h	5000
11	年发电量	MWh	1.08×10^5
12	年上网电量	MWh	1.025×10^5
13	年耗生物质原料	万吨	8.0

适用范围及应用条件：

依托现役煤电高效发电系统和污染物集中治理设施，规模化处理

秸秆等农林废弃物。

成果转化方式:

工程承包、技术转让, 合作开发。

18. 生物质成型燃料规模化生产技术

项目简介:

生物质成型燃料技术是指在一定的温度与压力作用下, 将各类原来分散的、没有一定形状の木屑、秸秆等农林加工剩余物压制成具有一定形状的、密度较大的各种成型燃料的技术。生物质成型燃料具有能量密度和质量密度较大、颗粒均匀、含水率稳定、燃烧性能良好、易于存储和运输等特点, 与传统化石燃料相比具有良好的政策优势、环保优势和价格优势等, 具有较好的前景。开发利用生物质成型燃料不仅能够使工业发展达到节约能源、减少污染、降低生产成本, 而且还有利于增强工业的竞争力实现可持续发展。此外, 还有利于提高资源利用率、实现能源供应多元化, 保障能源安全、减少温室气体的排放, 保护环境, 增加农民收入和新农村建设。

中国科学院广州能源研究所在生物质成型燃料技术方面拥有国内领先的技术, 研制出了具有高效低能耗的生物质成型 (HYJ) 系列设备以及万吨级规模化全自动生产线, 生物质成型 (HYJ) 系列设备具有以下特点:

- (1) 单机产量大: 可达 2t/h 以上
- (2) 运行稳定、连续化生产能力强: 设备本身结构合理, 实现稳定、连续化生产;
- (3) 易损件寿命长: 对压辊轴承和环模采用特殊结构, 使用寿命可达到 500h;
- (4) 原料适应性强: 针对不同原料的特性进行研究, 即能加工木质原料又可加工秸秆原料。

年生产规模为万吨的全自动生产线, 主要设备包括预处理系统、颗粒成型机、输送系统、冷却系统、除尘系统、筛分系统、成品仓、包装输送机等。

生产线具有以下特点:

- (1) 系统能耗低: 对生产线生产机电设备进行优化组合, 能耗



在 70kw/t 以下;

(2) 自动化程度高: 对生产线采用自动化控制系统, 实现生产过程全部自动化, 无需手工劳动;

(3) 规模化生产: 突破了单条生产线生产能力低的局限, 实现万吨级以上规模化生产。

主要技术性能及指标:

(1) 生物质成型燃料指标:

	生物质成型燃料	
种 类	HYJ-R1	HYJ-R2
热 值 (kcal/kg)	4100-4400	3600-3800
Vdaf (%)	70-75	60-70
Mad (%)	8-10	8 -10
Aar (%)	1.0-2.0	6.0-10.0
FC (%)	15-18	10-12
Sar (%)	-	0.30-0.35
密 度 (t/m ³)	1.2-1.5	1.0-1.2
形 状 (mm)	Φ6-12 × 20-30	Φ6-12 × 20-30

(2) HYJ 生产设备指标:

能耗: 55kWh/t

成型率: 95%

产量: 2205kg/h

密度: 1.3kg/m³

(3) 生产线指标:

(1) 系统能耗: ≤ 70 Kwh/t;

(2) 成型率: ≥ 95%;

(3) 单机产量 2-3t/h;

(4) 环模寿命 ≥ 700 小时;

(5) 成型燃料密度: 1000kg/m³

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

中国科学院广州能源研究所与多家公司合作, 设计建成并运行了

多处生物质成型燃料厂，年产生生物质成型燃料 15 万吨以上，规模处于国内首位。开发的生物质成型燃料测试结果显示，燃料产品性能良好，已达到欧美国家标准。

成果转化方式：

股权投资，技术转让，技术服务，合作开发。

19. 利用废水生产能源微藻技术与产业化示范

项目简介：

微藻作为生物柴油的理想原料，具有能量转化效率高，脂含量高且增殖速度快的优势。但是生产成本居高不下是制约该技术发展的主要限制因素。微藻培养成本占到微藻生物柴油生产总成本的 70% 以上，需要筛选出藻油含量高并能高效固定 CO_2 和适合当地环境培养的藻种。尤为重要的是为了获得较高的藻细胞生物量，微藻培养过程中需投加氮磷等大量无机营养盐。另一方面，水体中氮磷浓度升高导致的富营养化已经成为近年来地表水所面临的最大问题之一。农业生产过程氮磷等的排放，引起水体富营养化，对农村和城市用水构成极大威胁。利用农业富营养水体培养高产油微藻，可以实现富营养水体的脱氮除磷，实现污水净化，同时降低微藻油脂的生产成本，使微藻生物柴油成为我国广大农村地区经济可持续发展的新动力。

本项目结合传统和基因工程育种方法选育高产油微藻，将其通过光生物反应器进行废水培养并逐步放大培养，最终实现在跑道池规模化培养。同时解决了微藻收集、油脂提取、生物柴油生产中存在的问题，最后对藻渣进行发酵产沼气，实现微藻的综合利用，有效降低微藻生物柴油的生产成本，并实现微藻的低成本规模化培养。

主要技术性能与指标：

(1) 建立了富油微藻筛选和驯化的技术方法，并依据建立的方法筛选和驯化了 11 株油脂含量 40% 以上的藻株。通过基因工程手段，获得了油脂含量达 57% 的基因工程藻株。

(2) 进行了奶牛场和猪场养殖废水的净化（氮磷的去除）和资源化（生物质及油脂积累）的工艺优化，废水中氮磷的去除率均可达到 50-60% 以上，获得了 $0.45 \text{ g L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ 的生物质产率和 $51 \text{ g L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ 的油脂产率。



(3) 针对微藻破壁及油脂提取, 比较了不同的微藻细胞壁破碎方法, 优化确定有机溶剂提取微藻油脂的最适工艺参数, 进行了微藻油脂湿法提取工艺和干法提取工艺的经济性分析。

(4) 建立了密闭式和开放式光生物反应器相结合的共 2000 立方的微藻规模化培养示范工程。

(5) 建立了固体酸催化预处理、碱催化转酯化、甲醇回收和甘油分离、生物柴油连续纯化 4 个模块的生物柴油连续生产线, 微藻油脂转化率 95% 以上。

技术特点:

(1) 采用富含氮磷的农业废水作为微藻培养的培养基, 降低了对营养和淡水的需求, 因此降低了微藻培养成本, 同时实现了对废水的净化。

(2) 采用逐级放大的培养模式, 并结合密闭、开放的微藻规模化培养系统, 保证微藻培养的连续稳定性。

(3) 建立了生物柴油连续生产中试装置, 可以年产百吨微藻生物柴油。

经济效益:

本项目的实施, 可以促使农业废水由传统排放到微藻的处理方式的转变, 从而有效控制农业废水对环境的污染。由于微藻提取油脂后, 藻渣经沼气发酵处理, 产生的生物燃气作为能源利用, 产生的沼液可作为有机肥施用, 改善土壤结构、增加土壤肥力、提高农作物产量, 可形成“农业废水-能源-肥料-农业”的有益链条, 是一种环境友好、可持续发展模式。

适用范围:

适用于产生富含氮磷的废水的地区。

已具备的推广应用条件:

已经建成占地面积 3 万平方米, 总培养体积 2000 m³ 的微藻规模化养殖示范基地。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

20. 木质纤维素制备微生物油脂及生物基多元醇

项目简介:

微生物油脂是指由微生物在一定条件下合成并储存在菌体内的甘油酯，主要是由不饱和脂肪酸组成的甘油三酸酯，在脂肪酸组成上与植物油如菜籽油、棕榈油、大豆油等相似，是以 C16 和 C18 为主的脂肪酸。。与植物产油脂相比，微生物产油脂具有占地面积小，不受场地限制，不受气候、季节影响，能连续大规模生产，比农业生产油脂所需劳动力少的优势。作为食品的植物油脂市场价格较高，而微生物油脂一般不饱和脂肪酸比例较高，其食用与医疗保健价值比植物油脂更高。而且提取微生物油脂后，微生物菌体内还残余富多糖等高附加值产品的微生物菌体，其经济价值较高。目前限制微生物油脂产业化的瓶颈在于其培养基成本，因而微生物油脂的产业化进程比较缓慢。

多元醇是制备聚氨酯材料重要的原料之一，目前主要由石油制得，而通过对微生物油脂中的不饱和双键和酯键进行改性，可将其转变为具有活性羟基的生物基多元醇。发展以木质纤维素为原料的生物基多元醇制备技术将是实现石油的原料替代的最佳途径。

木质纤维素是地球上储量最大的可循环再生的有机资源，中国作为一个农业大国，农作物秸秆资源异常丰富。目前，大部分秸秆作为燃料直接燃烧掉，不仅利用效率很低，还会对环境造成污染。本项目主要以木质纤维素为原料，首先通过水解液化处理将其转变为含糖量较高的木质纤维素水解液；其次，以水解液为原料通过发酵制备微生物油脂；最后，利用化学改性方法对微生物油脂进行改性制备出适用于工业应用的生物基多元醇。该工艺原料来源丰富多样，可连续生产，可规模化利用自然界中丰富的木质纤维素资源，不存在传统植物油脂“与人争粮”的问题，不仅可以使大量的农业废弃物秸秆资源增值和高效利用，降低对环境的污染，而且可以减少对化石能源的消耗与依赖。

主要技术性能及指标:

半纤维素水解率达 90%以上，纤维素水解率达 85%以上，水解液中糖浓度达 30~60g/L；油脂发酵总糖转化率 $\geq 85\%$ ；采用浸出法提取油脂，油脂提取率达到 85%以上；微生物油脂化学改性后得到的生物基多元醇的羟值达 85~300 mg KOH/g。



技术特点:

能满足食品轻工、医疗保健以及能源化工上的各类用途。

本技术主要以纤维素类生物质为原料通过水解、发酵制备微生物油脂，然后再利用微生物油脂合成生物基多元醇。利用自主知识产权的专利技术微分式渗滤床稀酸水解法可以提供高效油脂发酵所需的廉价底物，从而大大降低微生物油脂的生产成本。目前能源化工实验室拥有能高效利用木质纤维素水解液生产微生物油脂的菌株 10 余株，已完成油脂发酵的中试实验，其糖油脂转化率处于国际领先水平，所生产出来的微生物油脂结构与组成可以调控，得到大量可用于制备生物基多元醇的不饱和度高的微生物油脂。在此基础上，建立微生物油脂化学改性制备生物基多元醇的改性工艺，获得能够用于合成聚氨酯材料所需的生物基多元醇，并选择合适的催化体系和合成工艺，利用生物基多元醇与异氰酸酯反应合成聚氨酯材料。

经济效益:

每 10 吨木质纤维素原料可获得 1 吨微生物油脂和 1 吨酵母多糖，生产成本（原料 300 元/吨）约 5800 元/吨，产品价值约 12000 元/吨，效益十分可观。

适用范围及应用条件:

适用于木质纤维素资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

目前已经完成年产千吨级木质纤维素类生物质水解、连续发酵制备微生物油脂、化学合成生物基多元醇示范系统。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

本项目由于效益较好，可根据投资制定建设规模，年 1000 吨以上的生产规模的投资回收期均在 5 年以内。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

21. 生物质基合成气制备高碳醇技术

项目简介:

高碳醇指含有六个碳原子以上的一元醇。通常把 C6 ~ C10 醇称为增塑剂醇, C12+醇称为洗涤剂醇。它们是合成表面活性剂、洗涤剂、增塑剂及其它多种精细化工产品的重要精细化工原料,具有重要的工业应用价值。依据生产原料的不同,高碳醇可分为天然醇和合成醇两大类。天然醇是以动、植物油脂为原料;合成醇按工艺路线的不同可分为以丙烯为原料生产的增塑剂醇,以乙烯为原料生产的齐格勒醇,高碳烯烃氢甲酰化制备的洗涤剂醇和以正构烷烃为原料的合成脂肪酸加氢醇等。

高碳烯烃氢甲酰化制高碳醇的工业生产主要分布在西欧、北美和日本,我国仅中国石油抚顺石化公司有一套以煤油脱氢的直链内烯烃为原料,用美国 Shell 公司的 Co/膦催化工艺合成 C12 ~ C14 表面活性剂醇的装置,而增塑剂醇仅有丙烯氢甲酰化制得的 2-乙基己醇一个品种,分布在齐鲁、大庆和北京等地。采用齐格勒法生产高碳醇,国内只有吉林石化公司 10 万吨/年的生产装置,主要生产 C2 ~ C20 或更高的偶数碳原子直链伯醇,产品醇分布宽、流程长、技术复杂、成本为合成醇中最高的,开发难度较大。南非 Sasol 化工公司采用 Davy 工艺技术公司的低压羰基合成工艺从费-托合成的 C11 ~ C13 烯烃经铑基催化剂生产 12 万吨/年的 C12 ~ C14 高碳醇装置已经开工,这是首次利用合成气通过费托合成和羰基合成技术采用两步法生产 C12 ~ C14 高碳醇。

我国现有的高碳醇工业基础薄弱,技术落后,产量低。但增塑剂醇、洗涤剂醇的市场需求量大,潜在用量更大,每年需耗大量外汇进口,仍然满足不了需求,严重影响相关工业的发展。目前,高碳醇主要以不可再生的石油为原料进行生产。随着石油资源的不断消耗、能源问题的日益加剧,研究和开发新的以可再生资源为原料通过改良 F-T 合成生产高附加值液体产品迫在眉睫。

本项目以成本低廉的农林废弃物(玉米芯、秸秆、稻草、木屑、树枝等)或它们热裂解得到的生物油为原料经气化得到合成气,合成气经净化、重整后压缩进入固定床反应器,在双功能催化剂作用下通过一步法合成高碳醇。



主要技术性能及指标:

采用一步法工艺合成, 每吨干基生物质可生产高碳醇 0.25 吨; 总醇选择性达到 40% 以上, 所得醇产物中高碳醇所占比例为 50% 以上。

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源丰富的地区。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

22. 有机废弃物热法制取低碳醇液体燃料技术

项目简介:

低碳混合醇(简称低碳醇)是指由 C1-C5 醇构成的液体混合物。低碳醇主要用途是作为洁净汽油添加剂, 有望取代污染严重的甲基叔丁基醚(MTBE); 其次, 低碳醇可以替代石油单独用作发动机新一代低污染的清洁燃料, 并且可以在不改变现有发动机结构的情况下使用。低碳醇已被证实是高辛烷值、低污染的车用燃料添加剂, 可与汽油混合配成醇-油混合动力燃料, 也可直接单独使用。另外, 低碳醇还可以作为新的化工原料, 经分离得到经济价值较高的乙醇、丙醇、丁醇和戊醇。目前, 无论是能源工业还是化学工业的基本原料, 都主要来自石油, 为了改变这种状况, 开发和生产来源于石油以外的基础化工原料具有重要意义, 利用有机废弃物热法制备低碳醇便是其中很有价值的途径。

本项目以农林有机废弃物(包括各种农作物生产与加工废弃物、林业生产与加工废弃物、城市垃圾等)热裂解得到的生物油和废弃烃类液体燃料(包括废弃的煤油、汽油、柴油、润滑油、石脑油及液化石油气等液态燃料)为原料通过加入一定量的乳化剂和水进行乳化, 并按一定比例混合后于固定床或流化床中进行非催化部分氧化气化得到由 H_2 、CO、 CO_2 、 CH_4 等组分构成的合成气, 经气体脱水、脱硫、干燥后压缩进入低碳醇合成反应器, 在催化剂作用下合成低碳醇。该工艺通过生物油与乳化废弃烃类液体燃料的混合来改变气化原料组成, 不必配置单独的气体重整反应器即可实现所得合成气中 H_2/CO 比的有效调节, 减少合成气中的 CO_2 含量, 从而实现后续低碳醇的高效合成。

主要技术性能及指标:

通过生物油与废弃烃类液体燃料的混合气化,可实现所得合成气中 H_2/CO 高达 4.0, 有机废弃物的总碳转化率达 99%以上; 低碳醇选择性达到 75%以上。

适用范围及应用条件:

适用于生物质资源及废弃烃类液体燃料丰富的地区。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

23. 环氧植物油油脂增塑剂制备技术

项目简介:

环氧大豆油作为一种无毒、环保型增塑剂, 在塑料、涂料、新型高分子材料、橡胶等工业领域中有广泛的应用。环氧大豆油产品具有相容性好、挥发性小、无毒, 可赋予制品优良的光稳定性、热稳定性、耐水性、耐油性等许多特点, 在许多国家被允许用于食品及医药的包装材料, 是美国药物管理局批准的唯一可用于食品包装材料的环氧增塑剂。目前, 合成环氧大豆油的方法通常分为有溶剂和无溶剂法。溶剂法由于工艺生产流程长且复杂, 设备多, 生产成本低, 三废处理量大, 因此基本上已被淘汰。无溶剂法可分为强酸催化和非强酸催化。强酸催化一般以硫酸、硝酸等作为催化剂, 存在设备腐蚀和环境污染等问题, 后处理工艺比较复杂, 而且生成的过氧酸不稳定, 容易发生爆炸。

为了发展绿色环氧化工工艺, 单独以双氧水作为氧化剂, 以固体酸为催化剂的环氧化工工艺成为植物油脂环氧化的重要研究方向。该工艺具有无酸性水排放、固体酸可回收、重复利用等优点, 环氧化反应时间更短, 更加安全。

本项目通过合成一种高效的固体酸催化剂, 然后将其用于大豆油等植物油脂的环氧化反应。该催化剂对大豆油等植物油脂具有较高的环氧化效率和选择性, 反应完成后催化剂可利用简单的过滤方法进行回收, 催化剂可反复使用仍能保持较高的催化性能。该工艺具有反应温和、环氧效率高、工艺简单、清洁无污染等优点, 可克服传统强酸催化剂腐蚀性有害物质的去除工艺的技术障碍和工艺能耗太大的瓶颈问题, 实现植物油脂的高端利用。



主要技术性能及指标:

- (1) 大豆油的转化率为 95.28%;
- (2) 环氧化收率为 85.15%
- (3) 催化剂的环氧化选择性达到 89.37%。
- (4) 环氧大豆油的环氧值为 6.45%，残留碘值<6%。

适用范围及应用条件:

适用于植物油脂资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

小型中试（50L）已经完成，目前正在设计筹建百吨级植物油脂化学改性制备环氧化植物油脂中试系统。

成果转化方式:

合作开发。

24. 糖酯表面活性剂制备技术

项目简介:

糖酯是由碳水化合物作为亲水基团，脂肪酸作为疏水基团的非离子表面活性剂，除具有优良的表面活性外，还具有良好的生物相容性、生物可降解性以及无毒、对环境友好等优点，这使得它们在去污剂、清洁剂和化妆品行业中的应用日益广泛，而且在食品、制药、生物化学和生物医学方面有着潜在的应用前景。糖酯的合成有生物法以及化学法两种，其各有优势：化学法步骤简单，周期较短，底物转化率高，但对于复杂的糖酯产品选择性不高，合成效率低；生物法周期较长、底物转化率较低，但通过生化转化，可以积累化学法不能合成的糖酯产品。单纯的生物法或者化学法合成糖酯表面活性剂均不能满足市场的要求。

广州能源所能源化工实验室以各类秸秆水解液为亲水性原料，微生物油脂或其它廉价油脂为疏水性原料，建立了生物法联合化学法制备糖酯表面活性剂的工艺路线，其所产糖酯表面活性剂结构与组成可以调控，可以满足工业上的不同需求。

主要技术性能和指标:

(1) 基于秸秆水解液以及微生物油脂生物发酵法产槐糖脂生产工艺, 槐糖脂产量达 40 g/L 以上, 糖/产物转化率达 50%以上;

(2) 基于秸秆水解液以及微生物油脂化学催化法产糖酯表面活性剂生产工艺, 其中底物转化率达 80%以上, 糖酯得率达 60 g/L 以上。

适用范围及应用条件:

适用于秸秆等生物质资源丰富地区, 设备耐腐蚀要求低, 工艺简单可靠, 满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

合作开发。

25. 细菌纤维素制备技术

项目简介:

细菌纤维素 (Bacterial cellulose, BC) 是由部分细菌合成的一类高分子化合物, 与植物纤维素不同, 细菌纤维素并非细胞壁的结构成分, 而是细菌分泌到胞外的产物, 属于菌表多糖的一种, 其呈独立的丝状纤维形态, 且不掺杂木质素、半纤维素等其它杂质。与植物纤维素相比, BC 具有许多独特的理化性质和机械性能, 包括了超细性 (纳米级)、高结晶度、高纯度; 具有非常一致的分子取向, 以单一纤维形式存在; 高抗张强度、高杨氏模量和极佳的形状维持能力; 极强的持水能力, 能吸收 50-700 倍其干重的水分; 较高的生物适应性; 形状及性能具有可调控性等。基于其独特的理化性质和机械性能, BC 在许多方面均有重要用途: 通过杂化细菌纤维素纳米纤维可以制备各类高性能催化剂, 各类功能性细菌纤维素膜可实现在医疗、音响、导电、渗透汽化上的多种功效, 此外, BC 还能作为硝化纤维素、吸附剂、增强材料、可降解塑料、纤维素纺丝、纤维素液晶材料、生物医学材料 (人造血管、人造皮肤、人造骨骼) 等被广泛应用于环保、造纸轻工、食品、高分子、医疗等领域。

技术特点:

专利技术微分式渗滤床稀酸水解液法可以提供高效细菌纤维素发酵所需的廉价底物, 从而大大降低细菌纤维素的生产成本。除此之



外,还开发了利用水果原料、非金属矿土无机凝胶、有机废水产细菌纤维素的相关工艺,可合成满足食品、轻工、医疗、环境所需的各种细菌纤维素产品。

已有相关授权发明专利 3 项。

主要技术性能和指标:

- (1) 发酵醪液细菌纤维素大于 6 g/L;
- (2) BC 吸水率达 100 g/g 以上。

适用范围及应用条件:

适用于秸秆等生物质资源丰富、或者蔬果资源与非金属矿资源丰富地区,设备耐腐蚀要求低,工艺简单可靠,满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

技术服务,合作开发。

26. 木质纤维素生物质水相催化合成生物航空燃料

项目简介:

航空煤油是由直馏馏分、加氢裂化和加氢精制等组分及必要的添加剂调和而成的一种透明液体,分子通式为 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ (n 为 8-16),主要应用于喷气式飞机或飞行器的燃油供给。全球航空运输业每年消耗的航空煤油约为 15-17 亿桶,且主要来自石油炼制。由于原油资源的日益枯竭,而生物质是最具前景的清洁液体燃料生产原料,因此,发展木质纤维素生物质水相合成生物航空燃油新生产工艺是技术发展的必然趋势,可以缓解能源危机,保障我国航空燃料安全。

本项目主要通过将木质纤维素类生物质高效催化转化成糠醛、HMF 及乙酰丙酸等平台化合物混合体系,并在该体系中引入羟醛缩合反应,通过低碳数的醛、乙酰丙酸物种在催化剂上的缩合,实现碳数在 8-15 之间的中间产物,经脱水-氢化-异构反应可生成以 C8-C15 正构及异构液体烷烃为主要成分的生物航空燃油,其组成与普通航空煤油相近,且在纯度、发热值、密度和低温性能等方面均高于普通航空煤油,可以直接用于喷气式飞机或飞行器的供给燃油。该工艺可显著提升生物液体燃料的品质,具有反应温和、效率高、工艺简单、清洁无污染等优点,可克服腐蚀性有害物质的去除工艺的技术障碍和工艺

能耗太大的瓶颈问题，实现生物质原料的高端利用。

主要技术性能与指标：

每吨干基生物质生产 0.125 吨生物航空燃料（与生物质原料中纤维素、半纤维素含量正相关）；C8-C15 正构及异构烷烃选择性达 85% 以上。

技术特点： 反应条件温和、效率高、工艺简单、清洁无污染，生物航油产品中异构烃含量高、燃料品质高、碳减排明显。

经济效益：

生产成本低于 8000 元，低于油脂生物航油成本的 50%。

适用范围：

适用于生物质资源丰富的地区，农林废弃物，各类秸秆、甘蔗渣等。

已具备的推广应用条件：

小试技术已经成熟，并完成了百吨级规模的生物航空燃料生产验证，航油产品质量达到 ASTM7566 国际标准。目前正在规划筹建年产千吨级规模的木质纤维素类生物质原料合成航空燃料中试示范系统。

成果转化方式：

技术服务、技术入股、合作开发。

27. 木质素催化转化制备烃类液体燃料

项目简介：

生物质能是一种清洁的可再生能源，木质素是一种主要存在于生物质植物木质部分的复杂高分子化合物，与纤维素和半纤维素一起构成了生物质的三大组分。虽然它的干重只占生物质的 10%-35%，但蕴含的能量却占到 40% 以上，因此木质素的转化和利用直接影响生物质的能量利用效率。尤其木质素是一种由三种苯丙烷结构单元（即愈创木基结构、紫丁香基结构和对羟基苯基结构）随机键合而成的无定型空间网状聚合物，是自然界中唯一能直接提供芳环的可再生资源。

本技术突破木质素定向解聚、木质素解聚产物加氢脱氧制备芳烃



及环烷烃类燃料选择性调控的关键技术，攻克了木质素解聚产物中酚类化合物的提取，建立百吨级示范工程。该系统包括木质素定向解聚系统、解聚产物提取分离系统、木质素解聚酚类产物的预加氢与加氢脱氧系统等多套系统设备；烃类燃料产品经第三方检测结果显示产物几乎不含氧，热值达到 45.8 KJ/Kg。固体床中试试验系统可连续稳定运行 7 天，催化剂活性无明显下降。整体技术达到国际先进水平。该百吨级中试示范系统在国内外均未见报道。课题的研究成果被广东科技报、中国科学报等多家媒体报道。

主要技术性能与指标：

每 6 吨干基木质素生产 1 吨生物液体燃料；C8-C15 正构及异构烷烃选择性达 85%以上。

适用范围：

适用于生物质资源丰富的地区，可作为生物质发酵、生物质航空燃油等技术的支持。

已具备的推广应用条件：

小试技术已经成熟，并完成了百吨级规模的生物质水解残渣木质素制备烃类液体燃料系统。

成果转化方式：

技术服务，合作开发。

28. 一步法催化生物质联产糠醛及纤维素技术

项目简介：

糠醛是关系到国计民生的一个重要化工品，主要以生物质为原料经过强酸水解制备。目前企业所使用的技术较老旧，存在生产效率较低、设备腐蚀严重、水解渣料处理和利用困难等问题。

本技术针对生物质原料的特点，开发了混合溶剂体系中生物质水解技术，通过一步法反应，实现高产糠醛的同时实现了生物质原料的组分分离，反应后的附属产物可用于制备有机肥料、纤维素材料和固体燃料。

主要技术性能与指标:

以甘蔗渣为例,反应后:糠醛收率 45.8%,木质素去除率 89.8%,纤维素保留率 72.9%,水解渣中纤维素含量 92.5%。

技术特点:

生产效率高、设备腐蚀性小、联产纤维材料和有机肥料。

经济效益:

按照实验室小试研究结果,可提高反应效率 2 倍以上,节约能耗 2-3 倍。

适用范围:

现有需要技术升级的糠醛企业。

已具备的推广应用条件:

完成实验室小试及产品规划。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

目前已完成实验室小试和技术规划,如技术需求方提供资金和场地便可进行放大验证。

成果转化方式:

技术服务,合作开发。

29. 两步法耦合催化生物质水解构建糖平台技术

项目简介:

将生物质原料中的半纤维素和纤维素成分水解制备五碳糖和六碳糖,是制备燃料乙醇、燃料丁醇和平台化合物的第一步反应,也是最难控制及能耗较高的反应步骤。液态无机酸具有较高的催化反应效率,但容易造成糖进一步降解并复试反应设备;高温液态水预处理过程绿色环保,但产出的糖以聚糖形式存在且聚合度不一;碱催化剂对于木质素有较好的溶解作用,但黑液处理难度较大。

秉承酸的高效催化作用,本技术对生物质原料进行两步耦合水解:第一步,采用开发的碳基固体酸催化剂对生物质原料进行预处理,产



出木糖产品；第二步，利用纤维素酶对预处理残渣进行酶水解，产出葡萄糖产品。

第一步预处理反应后，对水解残渣和催化剂进行筛分分离，催化剂回收再次使用。同时，还开发了磁性碳基固体酸催化剂，反应后可利用外加磁场进行分离。

主要技术性能与指标：

以玉米芯为例，第一步，木糖收率 78.1%，葡萄糖收率 7.4%；第二步，木糖收率 86.6%，葡萄糖收率 96.0%。两步耦合，总糖摩尔收率达 97.4%。

经济效益：

按照实验室小试研究结果，可提高反应效率 2 倍以上，节约能耗 2-3 倍。

适用范围：

现有粮食乙醇企业以及有意从事纤维素燃料乙醇的企业。

已具备的推广应用条件：

完成实验室小试及产品规划。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期)：

目前已完成实验室小试和技术规划，如技术需求方提供资金和场地便可进行放大验证。

成果转化方式：

技术服务，合作开发。

30. 秸秆/餐厨垃圾等生物质制备生物燃气发电技术

项目简介：

本技术首先通过水解技术将原料（禽畜粪便、餐厨垃圾、秸秆类生物质等）中的固体有机组分如淀粉、纤维素、半纤维素及部分木质素水解为可溶于水的小分子有机物，经过固液分离后，将含有大量有机物的液体送入双循环高效厌氧反应器进行发酵，生产生物燃气。

传统的厌氧微生物法虽然反应条件温和、设备简单，但是由于微

生物的固体降解能力较弱，导致水解过程（固体液化的过程）缓慢，水解程度低，厌氧消化时间长、消化率低、产气量少、投入产出效益差等问题限制了其大规模应用于厌氧发酵。此外固体废弃物流动性差，密度小，体积大，进出料困难，固体浓度高，在消化开始阶段容易产生酸消耗不平衡，引起酸积累，造成酸中毒现象，影响正常运行。固体浓度高还会导致反应器内传热传质不均匀，物料与接种物接触不充分，消化条件不易控制，而且高固体浓度给搅拌装置的选择和动力的配置等带来了困难。因此本研究室开发了新型快速、高效、高产生物燃气技术。

主要技术性能与指标:

原料纤维素和半纤维素的利用率达到 80%以上，1kg 稻草可得到 0.41Nm³ 生物燃气（60%以上甲烷）。

经济效益:

其投资仅为目前常规的秸秆直燃发电的 50%以下。1 公斤秸秆可以产 0.4 ~ 0.7m³ 的生物燃气，可发电 1 kWh（目前市场上沼气发电机效率约为 1 m³ 的燃气发电至少 2.0 kWh），每 kWh 电成本仅约 0.40 元，按上网价 0.5 元/kWh，1 公斤秸秆通过生物方法制备生物燃气发电，每度电差价为 0.10 元，加上国家农作物废弃物发电 0.257 元的补贴，每度电毛利约 0.35 元。

技术特点:

本技术通过微分式渗滤床低酸水解工艺和双循环高效厌氧反应器解决了上述问题，创新性地提出了有机固体废弃物水解并厌氧发酵高效产生物燃气的新思路，即通过水解技术把固态的有机废弃物转化为富含可发酵有机物的水解液，进而利用厌氧活性污泥（富含产沼气细菌）高效发酵产生物燃气（甲烷含量大于 60%），经过脱碳提纯即可获得生物天然气（甲烷含量 94%），也可进一步压缩获得车用 CNG。该工艺可短时间处理大量有机固体废弃物，厌氧发酵后的醪液循环回到预处理系统，少量的残渣可以作为固体燃料或肥料，整个过程基本无废水排放。

占地面积较传统制沼减少约 50%，同时发酵周期短、处理效率高（投料至产气周期控制在 24h 以内），为大规模有机固体废弃物制备生物燃气奠定了基础，具有巨大的产业化前景。



已有授权专利:

“一种利用木质纤维素原料生产生物燃气的方法”
ZL201310179765.1;

“一种以糖蜜为底物生产生物燃气的方法” ZL201410016962.6;

“一种纤维素废弃物微分式渗滤床低酸水解成可发酵性糖的方法” ZL201110169958.x。

适用范围:

本技术应用范围广,根据用户不同需要,规模可大可小。原料来源广泛,各种农作物秸秆、禽畜粪便或厨余、生活垃圾均可作为原料。约 2.4kg 稻草(玉米杆、小麦杆单耗更低)可获得 1Nm³ 生物燃气(甲烷 60%以上)。一般根据原料规模制定建设规模。

已具备的推广应用条件:

本工程已建成一套 10 万 kWh/年的秸秆制备生物燃气发电中试装置,验证了秸秆等木质纤维素类生物质通过秸秆水解、水解液厌氧发酵产沼气及沼气发电的技术工艺路线以及技术装备。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

以年处理秸秆量为 3.65 万吨规模为例,建设投资 2900 万元(含土地 100 万元),销售收入约 2900 万元,成本约 2150 万元,税前利润约 750 万元,占地面积 10 亩。

成果转化方式:

技术服务,许可使用。

31. 园林绿化垃圾高温好氧堆肥系统

项目简介:

随着城镇化的发展,园林绿化面积不断地增加,城市绿化覆盖率已达 39%左右,随之而来的是园林垃圾也越来越多。目前,园林垃圾主要是混入市政生活垃圾,一同进入垃圾焚烧厂或填埋场,给市政清运和处理终端造成了较大的压力,造成了资源的浪费和二次污染问题。园林垃圾具有养分含量高,有害成分低的特点,是“城乡矿山”中优

质的有机营养元素，通过高温好氧堆肥系统制取生物有机肥，取得了良好的资源化利用效果，尤其是就地资源化利用模式，具有更高的综合效益。

园林垃圾简单分类后，较大的枝块作为生物质燃料原料，小枝条与叶片类经过粉碎、调节 C/N、水分含量等前处理之后，通过高温好氧堆肥系统采用舱体式工艺或槽体式工艺，必要时通过太阳能等节能手段辅助加热，在控制温度、氧气、水分等条件下，利用好氧微生物的代谢活动，产生高温并快速降解有机质、纤维素和木质素等，降解成生物有机肥。

主要技术指标：

发酵高温期温度 55°C ~ 65°C ；

高温期时间 ≥ 5 天；

产品剂型：粉状；

产肥率约 38%；

有机质含量 $\geq 40\%$ ；

蛔虫卵死亡率 $\geq 95\%$ ；

pH 值： 6.0 ~ 8.0 。

应用领域：

城区，高校校园，乡镇，农场，林场等

已具备的推广应用条件：

技术成熟，具有相关专利；系统集成度与自动化程度高，占地小；系统建设造价与运行成本较低；堆肥产品有巨大的市场需求；500 吨/年项目已在佛山投产，效果良好。

成果转化方式：

股权投资，技术服务，合作开发。

32. 生物炭制备及碳基缓释肥制备技术

项目简介：

生物炭是指各类生物质及其衍生物热解过程的固相产物，由于在土壤改良以及碳减排方面的显著作用，生物炭是近年来农业、环境及



能源诸多研究领域关注的焦点。生物炭自身具有呈碱性、多孔性、丰富的碳含量、养分含量、稳定性良好的特点，因此生物炭可长期稳定存在于土壤环境，并具有改善土壤透气性、水分养分吸持能力、提高土壤有机质含量、养分含量、促进作物生长的作用。在科技部、省科技项目的支持下，课题组开发了热解气、热解油及生物炭联产技术，并开发了以生物炭为主要产物的专用热解设备（专利号：ZL2013102829039，2013102711408），该设备以热解副产物热解气和热解油为主要热源，实现了生物炭的高效连续生产。在此基础上，以生物炭为基体，通过共热解、浸泡、包裹等方法实现养分元素在生物炭空隙中的吸持富集，制备为各种缓释肥。该技术以各种农林废弃物为生物炭制备原料，并进一步转化为各种高效缓释肥，实现了废弃物的高效资源化利用，具有良好的环境社会经济效益。

主要技术指标：

- (1) 生物炭产率为 30%-75%，生物炭中碳含量为 20%-70%；
- (2) 生物炭比表面积不小于 100m²/g，N 富集系数不小于 0.3，P、K 富集系数在不小于 1.1 之间；
- (3) 碳基缓释肥总养分不低于 30%，初期养分释放率不高于 15%，28 天累计释放率不高于 80%。

适用范围及应用条件：

本技术适用于秸秆、稻壳、园林废弃物、以及市政污泥、畜禽粪便等各类有机固体废弃物。

成果转化方式：

股权投资，合作开发。

二. 非碳可再生能源利用

33. 水合冷冻法海水淡化系统

项目简介：

水合冷冻法海水淡化主要利用较易生成水合物的小分子物质与海水中的水生成水合物晶体，固液分离后，分解水合物即可得到淡水。水合冷冻法海水淡化技术的最大优点是能耗低、设备简单、紧凑；在

水或盐水中溶解度低；无毒，价廉易得，无爆炸危险。水合冷冻法海水淡化的基本流程是水合物在一个反应器中生成水合物浆，经过浓缩，然后用淡水冲洗，洗净后再进行分解得到淡水，海水淡化过程需要一定的冷能，但由于水合物可以在 0°C 以上生成，因此能耗低于制冰的冷冻法海水淡化工艺。广州能源所开发的水合冷冻法海水淡化技术不需要分离水合物和浓盐水，能量效率较高，如果能够利用 LNG 冷能，则可实现 LNG 冷能综合利用，如果直接提取低温海水则不需要冷能，经济性较好。

主要技术性能及指标：

海水利用率 50% 以上，海水淡化能耗（电力）小于 8 kWh/m^3 ，若抽取低于 5°C 的低温海水则能耗（电力）小于 8 kWh/m^3 。

适用范围及应用条件：

可适用于船只、钻井平台、海岛、滨海城乡，LNG 接收站或北方海滨城乡更好。

市场前景：

全球海水淡化市场正以 10%-30% 的速度快速发展，每年海水淡化市场成交数十亿美元。全世界有 130 多个国家在进行海水淡化，淡化能力一半以上集中在中东海湾国家。世界淡化海水 80% 用于饮用水，解决了世界 1/50 人口的供水问题。我国目前建成淡化能力合计 3.1 万吨/日，仅占世界 0.1%，但在建待建规模快速增长。我国幅员辽阔，北方冬天如果直接利用低温海水来生成水合物，则不需要冷能，仅需提供工质循环泵的能量，则可以大幅降低能耗。另外，水合冷冻法海水淡化技术也可为 LNG 冷能提供一条新的利用途径。因此，水合物海水淡化技术的推广应用可改善我国的海水淡化领域对国外技术的依赖和减少 LNG 等利用过程中的能量浪费，将为我国传统的海水淡化产业带来新的变革。

成果转化方式：

合作研发、技术转让、联合共建示范基地等。

34. 风光互补发电-反渗透海水淡化系统

项目简介：

海岛生活的居民由于远离大陆，只能靠动力柴油发电机满足生活



用电，利用简易的池子收集雨水作为生活用淡水。广州能源研究所太阳能实验室制造并成功稳定运行的一种风光互补发电-反渗透海水淡化系统，该系统利用海岛上丰富的太阳能和风能发电，所发的电给反渗透海水淡化设备提供动力，该系统一次性投入，长期免费得到生活淡水，还能提供生活用电。中国海岸线长，岛屿众多，此系统具有广阔的应用前景。

主要技术性能及指标:

淡化海水成本: 5-6 元/吨;

反渗透海水淡化系统无故障率达 5000 小时以上;

风光互补发电系统使用寿命 20 年以上。

适用范围及应用条件:

太阳能和风能资源较为丰富的海岛地区。

成果转化方式:

产品销售，技术转让，技术入股，合作开发。

35. 千瓦-百千瓦级鹰式波浪能发电装置

项目简介:

中国科学院广州能源研究所于 2012 年成功研制出“一种具有半潜船特征的新型漂浮鹰式波浪能发电装置”，并在中、美、英、澳四国申请发明专利，已获中国和澳大利亚发明专利授权。鹰式波浪能发电装置巧妙地将半潜驳船与波浪能发电设备结合起来，形成了具有船舶特性的波浪能发电装置。装置吸波浮体外形经过特殊设计，可最大程度的吸收入射波和减小向后造波。波浪能吸收浮体和相关转换设备安装在半潜船上，该船一体多用，装置投放和回收时为拖行载体，工作时船体下潜到设定深度成为稳定装置的水下附体。鹰式波浪能转换技术在高效率、高可靠性、低成本方面优势明显。2012-2015 年广州能源所连续研制出 10kW、50kW、100kW 三种型号的鹰式装置。其中 100kW 鹰式装置“万山号”配备了大容量蓄电池、逆变器、数据采集与监控设备、卫星传输设备，即可通过海底电缆向海岛供电，也可为搭载在其平台上的各种海上测量设备供电，并且可通过卫星天线实现海上设备与陆上控制中心的双向数据传输。欢迎有关涉海单位在鹰式装置“万山号”上搭载测量设备进行科学实验或工作。

主要技术性能及指标:

(1) PCT 国际检索报告显示“一种具有半潜船特征的新型漂浮鹰式波浪能发电装置”具有新颖性、创造性和工业实用性;

(2) 在中国海域可满足单机装机 1KW—200kW; 在欧洲海域可满足单机装机 100kW—1MW;

(3) 实海况条件下波浪能转换效率不低于 15%;

(4) 漂浮式装置投放与回收只需拖轮配合, 不需要动用浮吊等大型海工船舶;

(5) 即可设计为漂浮式装置, 也可设计为固定式装置。

已具备的推广应用条件:

2012 年 12 月 28 日 10kW 波浪能发电装置“鹰式一号”成功投放运行, 装置单次无故障连续运行超过 6 个月, 并经历了 201330 号台风“海燕”, 装置在风暴中正常发电。“鹰式一号”的成功运行初步验证了鹰式波浪能发电技术具有良好的环境适应性、较高的效率和良好的稳定性。2014 年广州能源所建造了 50kW 波浪能发电装置“鹰式二号”, 2015 年广州能源所建造了 100kW 鹰式装置“万山号”。

鹰式波浪能技术即可为海岛供电, 也可向海上仪器、设施供电。鹰式装置可在洋面上提供电力、淡水和人类生活空间。

成果转化方式:

技术服务, 股权投资。

36. BD102G 型航标灯用波力发电装置

项目简介:

该装置是广州能源所在 BD102B 型装置的基础上, 进一步优化设计, 专门为沿海航道导航灯浮标研制的新一代波力发电装置。它就地取能, 以波浪为动力, 发电供航标灯用, 是一种理想的航标长效电源。采用该装置可使航标灯灯光明亮稳定, 大大改善助航条件, 节省维修保养费用, 降低航标工劳动强度, 具有明显的经济效益和社会效益。

主要技术性能及指标:

该装置采用可在双向交变气流作用下单向旋转作功的新型对称翼空气透平, 无气流整流阀门, 结构简单。转轮用 30%玻璃纤维增强



的高强度聚碳酸脂模压一次成型，形状准确，效率高，耐腐蚀。采用锗铁氧体永磁平式发电机，无铁耗，效率高。轴承用全不锈钢轴承或陶瓷球轴承，抗海水腐蚀。轴封为界面式立轴密封，非接触式密封，无功耗。外壳采用玻璃钢制成，抗腐蚀，耐侯性好。帽上有 6 只 $\varnothing 30$ 气眼，气流更畅顺，检查转轮更方便，外型更生动。控制器采用新型优质电子元件、多层结构布置，大大缩小了体积，改善散热条件，提高了密封安全性。该装置外型美观，颜色大红。体积小，仅 $\varnothing 285 \times 190$ (mm) 比 BD102B 减少 45 %；重量轻，仅 7 kg，比 BD102B 下降 36 %；可靠性高；性能好，波高 0.25 m 即可发电满足航标灯用电需求，达到国际先进水平。

成果转化方式:

技术合作、技术转让。

37. 航标灯用机械式波力发电装置

项目简介:

航标灯用机械式波力发电装置可将波浪能转换成电能，为航标灯内的电池充电。机械式波力发电装置的原理是通过机械，将波浪的上下升沉运动转换成单向旋转运动，再驱动电机发电。航标灯用机械式波力发电装置转换效率高、工作时间长、可靠性好、免维护，可为位于珠江口及以外水域航标灯提供充足的电力。

主要技术性能及指标

适用于波高 0.2 m 至 1 m 的小浪，其机械能-电能的总转换效率达到 90% 左右。装置的额定功率为 100 W。

推广应用范围和前景:

小浪下的机械式波力发电装置可以为航标灯、军用浮标、潜标等小功率的军用和民用设施提供充足电力，因而具有较为广阔的应用前景。技术成熟后，该产品可以推广到亚洲、欧洲，占领国际市场。

成果转化方式:

技术合作、技术转让。

38. 漂浮直驱式波力发电装置

项目简介:

漂浮直驱式波力发电装置主要由振荡浮子、水下阻尼板、直线发电机和锚泊系统等构成,是一个钢结构体。该装置采用了直线发电技术、能量储存技术、电源整流技术、下潜抗浪技术、自振频率调节技术等,是转换环节最少的波力发电装置。采用直线发电方式转换环节少,结构简单,可靠性高,维护成本低,可工厂模块化生产;采用漂浮结构,可适应潮位变化,提高适应能力;采用下潜上浮,增强抗台风能力;采用点吸收,可适应来波方向的变化,提高有效工作时间。

主要技术性能及指标:

装机容量可从 1 kW 到 100 kW 不等,其最大俘获宽度比可达到 70%,直线发电机转换效率可达到 75%,可依据不同海况设计不同规格的装置。

推广应用范围和前景:

装机容量小的发电装置可以为航标灯、浮标、潜标等小功率的军用和民用海洋仪器提供充足电力;装机容量大的发电装置可形成发电装置群,为海上用电大户(海岛或工作平台)提供电能,特别是特有的稳定结构可把供电装置和稳定性要求高的测试仪器结合为一体。因而具有较为广阔的应用前景。技术成熟后,该产品可以推广到亚洲、欧洲,占领国际市场。

成果转化方式:

技术服务,股权投资。

39. 海岛可再生独立能源系统

项目简介:

我国海岛普遍存在用电用水困难,而海岛上具有较丰富的太阳能、风能和波浪能,充分利用这些可再生能源,为海岛用户提供清洁的电力,并利用多余的电力进行海水淡化,是解决海岛用电用水问题的有效方法。

本系统由发电部分、储能部分、耗能部分、控制部分组成。其中



发电部分由风能、波浪能和太阳能发电装置以及备用柴油发电机组组成；储能部分由蓄电池组和蓄能稳压系统组成：前者储存电能，是主要的储能手段，目的是解决发电与用电功率上的不平衡，后者储存液压能，目的是为了平稳波浪能输出；耗能部分由用户耗电和海水淡化耗电组成，前者是日常耗电量，后者是调节耗电量，专用于消耗多余能量；控制部分由最大功率跟踪系统和能量管理系统组成，前者是波浪能、风能、太阳能发电装置高效转换的基础，后者是系统安全、提高系统产出的重要保障。

本系统根据海岛的特殊条件设计，其风机和光伏发电装置具有强防腐性和抗台风的特点；波浪能发电装置具有高效率 and 可靠性，既能在小浪中正常发电，又能抗台风。

主要技术与经济指标：

- (1) 总装机容量 30 kW 至 1 MW；
- (2) 风力发电装置单机容量 10 kW 至 200 kW，波浪能发电单机容量 10 kW 至 100 kW；
- (3) 蓄电池总容量 200 kWh 至 6000 kWh；
- (4) 可再生能源年发电量达到 5 万至 150 万 kWh；
- (5) 日产淡水量 60-200 吨。

推广应用范围和前景：

适用于日用电量 100 kWh 至 3000 kWh 的海岛用户，无须电网支持便可独立运行，发电质量达到市电标准，对解决边远海岛的电力和淡水供应具有重要意义，有利于我国海洋开发和海岛建设。

项目实例：

广州能源所承担的 863 项目“海岛可再生独立能源系统研建”于 2009 年在珠海市担杆岛开始发电，系统中 9 台 10 kW 风机全部并网，实现全天 24 小时供电，解决了岛上居民用电难的问题。

担杆岛上居民约 300 人。夏季日用电量约 700 kWh，其余季节约 400 kWh。日用电功率变化较大，在居民煮饭、或渔船起吊上岸时达到高峰，可超过 120 kW；而其它时间的功率约 20 kW。岛上原有柴油供电系统一套，每天供电 14 小时。因负载不均匀，油耗非常大。

本系统利用海岛的风能、波浪能、太阳能发电，为海岛居民供电，多余的电力用于海水淡化。该系统的可再生能源总发电容量为 105 kW，

其中风能总装机容量 90 kW，波浪能 10 kW，太阳能 5 kW，备用柴油发电机 100 kW；海水淡化装置日产淡水 60 t。

从系统运行情况表明，该系统可以满足秋、冬、春三季担杆岛的用电；在夏季需要柴油机补充能源。系统年均发电量约 15 万 kWh。根据系统运行前后耗油量对比，该系统每年可以减少柴油消耗 42 吨，减少二氧化碳排放 130 吨，对海岛环境经济的发展和环境的改善起很大的作用。

成果转化方式：

技术服务，合作开发。

40. 半潜式深远海旅游、科普、养殖一体化平台

项目简介：

为解决统网箱抗风浪能力差、物资运输困难和能源供给短缺、现代化渔业机械无法搭载等问题，采用鹰式波浪能发电技术和钢结构定型网箱技术，进行波浪发电与深水养殖一体化平台设计建设。平台其构件主要是钢材，框架式主体结构，节约用材，制造简单。使用寿命由传统网箱的 3-5 年增加到 25 年。抗风浪波浪能深水养殖平台可以向船舶一样转移，若来台风等自然灾害可以转场躲避。平台可集成波浪能发电和太阳能发电于一身，就地取能就地使用，满足远海网箱使用清洁电力，彻底解决了深海网箱无法实现能源供应的问题，同时波浪能发电时起到了消波减浪的作用，有利于提高本发明的可靠性和稳定性。抗风浪波浪能深水养殖平台浮起来是一条船，可拖航、可检修、可保养，可清理平台网箱内的垃圾，进行消毒等工作，下潜后成为一台深海养殖平台，其工程的便利性和可维护性大幅提高。

本项目研建的南海抗风浪波浪能深水养殖平台不同于传统养殖平台的设计、建造和使用模式，可实现深海网箱在船舶制造企业批量快速建造、快速投放、快速转移，利用海上可再生能源发电供给养殖平台生产和生活使用，搭载各类海洋养殖、投饵、收鱼等机械化设备，自成功能齐全的深海养殖工场，并且可将多台网箱组成一个大型的规模化的深海养殖场。其成功开发和应用将强力推动海上养殖业的发展，有望开创深海养殖新模式，具有巨大的经济效益和社会效益。合作方拟共同建立专业化生产、销售公司，开展波浪能养殖平台及其发电平台的生产、销售。波浪能给深海养殖平台供电符合波浪能装备向高值



方向发展的趋势。项目实施可产生的重大经济、社会效益。

主要技术性能与指标:

平台养殖水体不低于 9000m³, 并具备养殖饲料、人员生活仓储空间;

可提供不少于 4 人的居住空间;

利用波浪能和太阳能实现平台能源自给自足, 应急柴油发电机月启动数不超过 3 次;

漂浮式半潜镂空结构, 可下潜 8m, 适应水深 15m - 100m;

整机设计寿命 15 年;

平均无故障运行时间 5000 小时;

在 12 级台风下可保证生存。

技术特点:

半潜式网箱; 镂空钢结构; 利用海洋可再生能源实现能量自给自足; 提供生活、生产空间, 可搭载现代化养殖设备; 移动性强, 可躲避自然灾害。

经济效益:

利用海上可再生能源发电供给养殖平台生产和生活使用, 搭载各类海洋养殖、投饵、收鱼等机械化设备, 自成功能齐全的深海养殖工场。其成功开发和应用将强力推动海上养殖业的发展, 有望开创深海养殖新模式, 并带动相关现代化养殖设备产业, 具有巨大的经济效益和社会效益。

适用范围:

渔业养殖、旅游观光、科普教育、船舶租赁等。

已具备的推广应用条件:

已具备经过法国船级社认证的成套图纸, 具备批量化生产条件。已获得国家海洋局立项支持, 即将形成示范效果。并与养殖企业进行多轮对接, 项目落地条件成熟, 市场前景极好。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

本项目采用投资企业、研发机构及大型海上养殖企业进行强强联

合的发展思路，投资企业进行战略规划和投资，研发机构负责技术改进与新品研发，海上养殖企业负责应用、改进并推广。前期需引进社会资金进行示范平台建设、运营和产业化推广，预计 4-5 年即可实现成本回收和盈利。

成果转化方式：

技术服务，股权投资。

41. 太阳能中温集热系统

项目简介：

普通的太阳能集热器采用平板型吸热面，这种集热器由于吸热面与外界存在热对流等损失，难以满足 150℃ 以上中高温范围热利用要求。广州能源研究所太阳能实验室研制成功一种聚光真空管型新型太阳能集热器，该集热器采用非成像低倍率聚光镜、高反射比反光材料和高效集热管，构成一个中高温集热系统。该系统集热效率高，工质温度可达 150~200℃，而且制造、安装和运行管理都很方便，造价低于其他集热器，属国内首创。这一研究成果在工农业领域具有广阔的应用前景。

主要技术性能及指标：

- (1) 工作温度：真空管集热器最大 160℃；
- (2) 吸热翅片镀层：“蓝膜”；
- (3) 太阳吸收比 α (AM1.5)：0.96；
- (4) 空晒性能参数 Y ($m \cdot ^\circ C / kW$)：320；
- (5) 平均热损系数 ULT ($W / (m \cdot ^\circ C)$)：≤ 0.51。

适用范围及应用条件：

太阳能中温热利用技术是太阳能光热利用技术的发展趋势，太阳能中温热利用广泛地应用于日常饮水，蒸汽，采暖，空调，发电，纺织，印染，造纸，橡胶，海水淡化，畜牧养殖，食品加工等各种需要热水和热蒸汽的生产和生活领域。

成果转化方式：

产品销售，技术转让，技术入股，合作开发。



42. 热管式真空集热器

项目简介:

热管式真空集热管太阳能热水器主要由热管、吸热板、玻璃管、金属端盖和消气剂等部件组成,使用不受安装条件的限制,无论是在对于平房用户还是高层楼房用户,均可安装使用。采用玻璃与金属熔封技术,使管内不走水,并处于完全真空状态,依靠管内的铜铝复合条带与热水器的水箱相连接,从而达到热能传导的目的。

热管式真空管综合应用了真空技术、热管技术、玻璃-金属熔封技术和磁控溅射涂层技术,不仅使太阳能集热器能够全年运行,而且提高了工作温度、承压能力和系统可靠性,使太阳能热利用进入中高温领域。

主要技术性能及指标:

- (1) 热管式真空集热管尺寸: 总长度 1885mm, 玻璃管直径 70mm, 热管冷凝段直径 14mm;
- (2) 吸热翅片: 吸收率大于 0.93, 发射率小于 0.08;
- (3) 1000w/m² 光照强度下空晒最高温度: 260℃。

适用范围及应用条件:

热管式真空集热管太阳能热水器的使用广泛,不受安装条件的限制,无论是在对于平房用户还是高层楼房用户,均可安装使用。逐步成为太阳能行业的主打品牌。

成果转化方式:

产品销售,技术转让,技术入股,合作开发。

43. 地源热泵供热供冷技术推广应用

项目简介:

地源热泵系统是以岩土体、地下水或地表水为低温热源,由水源热泵机组、地热能交换系统、建筑物内系统组成的供热空调系统。地源热泵系统是利用浅层地能进行供热制冷的新型能源利用技术的环保能源利用系统。地源热泵系统通常是转移地下土壤中热量或者冷量到所需要的地方,还利用了地下土壤巨大的蓄热蓄冷能力,冬季地源

把热量从地下土壤中转移到建筑物内,夏季再把地下的冷量转移到建筑物内,一个年度形成一个冷热循环系统,实现节能减排的功能。

地源热泵三联供是一种利用地源能(包括土壤、地下水、地表水、河水、海水、湖水等),同时实现建筑采暖、制冷和全年供应生活热水三联供的高效节能空调技术。地源热泵三联供通过输入少量的高品位能源(如电能),系统以水为载体,夏季制冷季时从室内吸收热量通过载体将热量释放到地下土壤中储存起来,同时载体得到冷却,从而实现对室内进行降温、除湿,该系统每消耗 1 kW 的电能,可以得到 4-5 kW 的冷量,同时所得生活热水为完全免费获得;冬季采暖时系统从地下土壤中吸收热量通过载体将热量释放到室内,满足室内供热与采暖的需求;系统进行能量的转换利用,节能环保,所利用的是地球所储藏的太阳能资源作为冷热源,是清洁的可再生能源,取之不尽、用之不竭。

本项目采用高效环保的热泵机组,全年提供生活热水和全年空调、采暖负荷,夏天制热水的同时能提供免费冷冻水,综合能效比可到达 3.5,比常规锅炉系统节能 50%以上。在岭南地区酒店推广应用,具有良好的市场前景和经济环保效益。

项目实例性能及指标:

一、国家科技攻关项目:高温地源热泵采暖、空调、热水联供示范系统

(1)地源综合利用系统示范项目:

制冷功率: 750 kW

制热功率: 870 kW

日供生活热水: 80 吨

空调及采暖面积: 8500 m²

全年节约运行费用: >35% (与制冷机+燃油锅炉系统比较)

(2)地源热泵性能指标:

地热(源)温度: 15-40℃

制冷温度: 7℃

制热温度: 70℃ (用于采暖或供热,与室内暖气设备配套)

制冷、制热效率: ≥ 3.2

二、奥运科技项目:奥运村及奥运场馆太阳能热泵中央热水系统示范研究

(1)太阳能直流式真空管集热器效率: 截距 > 0.72, 斜率 < 3.2



$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

(2) 太阳能辅助热泵系统的环境温度为 $10^\circ C$, 输出 $50^\circ C$ 热水时 $COP \geq 3.0$;

(3) 热水能源消耗中太阳能 (含空气热能) 占 90%, 电能消耗 10%。

适用范围及应用条件:

地源热泵系统可供暖、空调, 还可供生活热水, 一机多用, 一套系统可以替换原来的锅炉加空调的两套装置或系统。地源热泵系统的能量来源于自然能源, 它不向外界排放任何废气、废水、废渣, 是一种理想的“绿色空调”, 被认为是目前可使用的对环境最友好和最有效的供热、供冷系统; 该系统无论严寒地区或热带地区均可应用, 可广阔应用在办公楼、宾馆、学校、宿舍、医院、饭店、商场、别墅、住宅等领域。

(1) 埋管式土壤源热泵系统

地下埋管的地源热泵系统: 对于垂直式埋管系统, 其优点有: 较小的土地占用, 管路及水泵用电少, 其缺点是钻井费用较高; 对于水平式埋管系统, 其优点有: 安装费用比垂直式埋管系统低, 应用广泛, 使用者易于掌握, 其缺点有: 占地面积大, 受地面温度影响大, 水泵耗电量大。另外, 除了要有足够埋管区域, 还要有比较适合的岩土体特性。坚硬的岩土体将增加施工难度及初投资, 而松软岩土体的地质变形对地埋管换热器也会产生不利影响。为此, 工程勘察完成后, 应对地埋管换热系统实施的可行性及经济性进行评估。

(2) 地下水热泵系统

直接利用地下水式的地源热泵系统: 其最大优点是非常经济, 占地面积小, 但要注意必须符合下列条件: 水质良好; 水量丰富; 符合标准。此外, 要有持续水源的保证, 同时还要具备可靠的回灌能力。

《地源热泵系统工程技术规范》GB50366-2005 中强制规定“地下水换热系统应根据水文地质勘察资料进行设计, 并必须采取可靠回灌措施, 确保置换冷量或热量后的地下水全部回灌到同一含水层, 不得对地下水资源造成浪费及污染。系统投入运行后, 应对抽水量、回灌量及其水质进行监测。

(3) 地表水热泵系统

对地表水系统, 设计前应对地表水系统运行对水环境的影响进行评估; 地表水换热系统设计方案应根据水面用途, 地表水深度、面积,

地表水水质、水位、水温情况综合确定。

地表水式其优点有：在 10 m 或更深的湖中，可提供 10 ℃ 的直接制冷，比地下埋管系统投资要小，水泵能耗较低，可靠性高，维修要求低、运行费用少，在温暖地区，湖水可做热源，其缺点有：在浅水湖中，盘管容易被破坏，由于水温变化较大，会降低机组的效率。

已应用案例：

广州能源所于 2001 年对中科院外国专家公寓原“锅炉 + 制冷机”系统进行了改造，于 2002 年承担了国家“十五”重点攻关项目一高温地源热泵与采暖、空调、热水联供示范系统，取得了很好的经济效益。此外，在北京，先后在中科院研究生院研究生宿舍楼、中国科学出版社、天普新能源示范楼等地建立了地源热泵示范工程；在广东地区，先后在广州能源所、肇庆皇朝酒店、珠海农业科学院、广东外商活动中心等地建立了地源热泵示范工程。目前在全国一些大城市共完成地源热泵工程已达到 50 项左右。

- (1) 2003 年，外商活动中心热泵空调热水系统；
- (2) 2003 年，肇庆皇朝酒店地源热泵供热供冷系统；
- (3) 2004 年，珠海农科所太阳能地源热泵蓄能制冷、采暖、供热系统，太阳能热泵冷热联供系统；
- (4) 2005 年，奥运村及奥运场馆太阳能热泵中央热水系统；
- (5) 2005 年，五华县华城转水镇汤湖热矿泥山地源热泵空调系统；
- (6) 2008 年，阳江市交通局大楼冷却塔地源热泵复合系统空调项目；
- (7) 2012 年，东莞常平粮库地源复合冷却塔高效粮库降温空调系统。

成果转化方式：

技术服务、合作开发、股权投资。

44. 中低温地热双工质发电系统的应用

项目简介：

我国地热资源发电潜力巨大，其中常规地热资源发电潜力在 6700 MW，为世界第 3 位；油田伴生的地热资源发电潜力不低于 10000 MW；



深层地热资源潜力更为巨大。而我国地热发电现状不容乐观,近 20 年几乎处于停滞,地热发电装机由上世纪 90 年代的 32 MW 减到目前的 24 MW,居世界第 18 位;而国际上地热发电装机每年均保持 10% 的增长,目前已达到 10 GW。我国在地热发电成套设备、规模化系统建设等关键技术研究相对薄弱,技术水平远远落后于世界先进国家。

开发利用地热资源,可有效地实现节能减排、节约资源和保护环境。据世界能源署(WEA)联合国世界能源评价报告统计,地热发电的世界平均利用效率可达 72%,地热资源的直接利用的利用效率为 27%。相比风能、太阳能等其他可再生能源,地热发电具有很高的利用效率。增加我国地热发电的额装机容量,既可以改善人民生活水平,促进经济发展,又可以在减排的国际谈判中争取话语权。

本项目结合我国中低温地热资源特点,开展中低温地热双工质发电系统及关键技术的研究,研制开发新型结构紧凑的发生器和冷凝器换热设备,自主研制开发 350 kW 级径向轴流涡轮膨胀机以及 350 kW 中低温地热双工质发电一体化机组,形成具有自主知识产权的中低温地热双工质发电新技术,为我国中低温地热发电系统的研制开发提供理论基础和技术支持。

主要技术性能及指标:

(1) 热源温度为 100℃,冷源温度为 25℃,每吨地热水发电量不低于 2 kWh/t;

(2) 净输出功率 300 kW,输出电压 380 V, 3Ø, 50 Hz;

(3) 采用永磁发电机和径向轴流式涡轮膨胀机,额定转速 8000 r/min,能量转换效率高,变工况适应能力强,能在 10%-120%设计工况下稳定运行;

(4) 涡轮膨胀机和发电机同轴,即直连,没有减速此轮;

(5) 采用 R245fa 工质,全封闭循环,没有泄漏,真正实现零排放;

(6) 变速变载发电,不论热源温度流量如何变化,设备可以自行调节到稳定运行状态,总能输出 380 V, 50 HZ 的工频电;

(7) 模块化设计,体积小,安装和操作使用简单,设备实现全自动化,无人值守,整体撬装平台设计,移动和运输方便。

适用范围及应用条件:

适用于各种低品位能源领域如地热能、工业余热等,中低温地热双工质发电系统全年运行时间不低于 7000 小时,同时中低温地热资

源的开发将带动温泉旅游、房地产、农产品加工、养殖等产业，实现显著的社会经济效益。

已具备的推广应用条件:

我国能源利用率仅为 33% 左右，比发达国家低约 10%。我国地热资源总量十分丰富。目前高温地热已有成熟技术加以利用，但是中低温地热和余热还没有得到有效利用，目前正处于技术发展阶段。我国地热资源除滇藏及台湾地区外，其余大部分地区为 60-120℃ 的对流型和传导型中低温地热资源，我国工业余热资源广泛存在于工业各行业生产过程中，余热资源约占其燃料消耗总量的 17%-67%，其中可回收率达 60%，余热利用率提升空间大，节能潜力巨大，中低温余热约占总余热量比例中的 40%-50% 左右。如果能够充分利用这些中低温地热和余热资源，将为当地带来巨大的社会和经济效益。本项目的实施，将形成新的经济增长点，并可在科技课题与市场接轨方面起到示范和桥梁作用。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、股权投资、风险投资、技术转让。

45. 地热综合利用

项目简介:

地热资源具有热流密度大、容易收集和输送、参数稳定（流量、温度）、使用方便等优点，而且它是一种清洁可再生能源，不像化石燃料在获取能源和产生电力的同时，向环境排放 CO_2 、 SO_2 和 NO_x 等有害气体。我国具有丰富的地热资源，全国主要地热盆地地热资源储量折合标准煤 8530 亿吨，在现有技术经济条件下，每年可利用热量相当于 6.4 亿吨标准煤，可减少排放二氧化碳等 13 亿吨。因此合理开发地热资源将丰富我国未来能源的保障手段，同时为节能减排做出突出贡献。

地热资源综合利用技术是广州能源所最早开展的新能源开发研究项目之一。通过多年研究成果的积累，形成“地热制冷—地热干燥—地热洗浴—地热热泵”为核心的四级梯级利用工艺流程的技术规范，掌握了相关关键装备的核心技术。通过四级梯级利用技术，可建立一套高效、实用的地热资源综合梯级利用技术集成系统，减少环境三废



排放，改善大气环境。此外，本项目还可以促使旅游、房地产、农副产品加工、养殖等相关产业的发展，产生的社会经济价值更为可观。同时通过示范工程的带动效应，向全国进行推广，进而推动地热高效利用装备产业化和地热温泉旅游产业的高端化发展。

主要技术性能及指标:

- (1) 地热制冷效率 COP: 0.38-0.45;
- (2) 地热能综合利用率: $\geq 70\%$;
- (3) 系统使用寿命: 15 年。

项目实例:

广州能源所地热能研究中心在国家科技支撑计划项目基金的资助下，利用广东省梅州市丰顺县 70-80℃ 的地热水资源，结合温泉旅游业，建立了一套高效的地热综合梯级利用技术集成系统。该系统第一级地热（约 70-80℃）用来提供建筑夏季空调、兼顾冬季采暖；第二级地热（约 60-65℃）用来干燥农副产品、衣物等；第三级地热（约 45-50℃）用来提供周边宾馆酒店的洗浴热水；第四级地热（约 30-35℃）通过采用热泵技术提升温度返回到第三级，扩大供热需求；通过上述四级梯级利用，实现地热资源综合利用率达到 70% 以上。通过该实用型技术集成系统的示范运行，展示了地热能综合高效利用的相关新技术体系和应用范例，建立 70-80℃ 地热资源高效利用模式，推动了地热高效利用装备产业化和节能模式的地热温泉旅游产业的发展。

适用范围及应用条件:

本项目研究的科研成果适用于具有良好地热资源的地区，对于地热温度高于 70℃ 的温泉度假村，利用本技术综合规划，可以大大提高地热综合利用效率，有效节约自然资源。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、股权投资。

46. 新能源在建筑上的综合利用

项目简介:

目前，全球建筑能耗约是工业能耗的 1.5 倍，占能源消耗总量的

32.9%左右，欧洲、北美等发达国家建筑能耗接近 40%，到 2050 年，使建筑物的能耗减少 60%是实现全球气候目标的关键所在。我国每年大约 20 亿 m^2 的新建建筑面积，接近全球每年建筑总量的一半，但我国既有建筑中节能建筑不到 1%。预计到 2020 年底，全国房屋建筑面积将新增 250 至 300 亿 m^2 。如果延续目前的建筑能耗状况，每年将消耗 1.2 万亿度电和 4.1 亿吨标煤，接近目前全国建筑能耗的 3 倍。加之建材的生产能耗 16.7%，约占全社会总能耗的 46.7%。在“十二五”这一关键时间段内，我国建筑能耗急速增长的趋势将非常明显，该领域能耗势必会成为我国经济发展的重大制约因素。

本项目将太阳能光热、太阳能空调、地源热泵空调技术等技术成果与建筑有机结合、融为一体，建成一个综合利用新能源的新颖建筑。通过降低建筑的耗能指标，采用太阳能蓄热与地源热泵的联用技术实现采暖；采用太阳能吸收式制冷技术与地源热泵联合实现制冷；并集成其它新能源和节能技术。系统可大量节约电力和常规能源，减少 SO_2 、 CO_2 、 NO_x 及粉尘的排放，对改善城市大气环境有十分明显的效果，因此有很好的社会环境效益。此外，本项目还可以促使相关产业如建筑材料、热泵、太阳能设备等的发展，对于促进社会经济增长具有重要意义。

项目实例性能及指标：

一、国家科技攻关奥运科技专项：新能源综合利用建筑研究与示范

- (1) 新能源节能建筑，面积 8000 m^2 ；
- (2) 地源热泵制冷量 391 kW，制热量 448 kW，性能系数 ≥ 3.5 ；
- (3) 太阳能集热器 $\geq 1200 \text{ m}^2$ ，集热效率 ≥ 0.4 ；
- (4) 溴化锂制冷机 200 kW，制冷系数 ≥ 0.65 ；
- (5) 外墙传热系数 $\leq 0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，外窗传热系数 $\leq 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ；
- (6) 建筑用能 80%由太阳能和地能等可再生能源提供，其余 20%由电能供应。

二、广东省粤港关键领域重点突破项目：南方建筑节能技术集成系统示范

- (1) 应用节能集成技术后建筑物节能 65%；
- (2) 太阳能光热转化效率 $\geq 50\%$ ，热水温度 55°C ；
- (3) 太阳能光电转化效率 $\geq 12\%$ ，发电功率 2 kW；
- (4) 地源热泵制冷性能系数 ≥ 3 ，供热性能系数 ≥ 3 ；



(5) 围护结构: 外墙传热系数 $\leq 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 屋面传热系数 $\leq 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 门窗传热系数 $\leq 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 遮阳系数 ≤ 0.4 。

适用范围及应用条件:

该技术的应用不受地域的限制, 适用于各类新建建筑, 既适用于办公楼等大型公共建筑, 也适用于办公建筑, 能有效降低建筑物的能源消耗, 显著改善建筑环境质量, 提高建筑品位。

已应用情况:

(1) 国家科技攻关项目: “高温地源热泵与采暖、空调、热水联供示范系统”, 2002BA405B04, 经费 100 万元, 200-2005 年, 完成验收;

(2) 国家科技攻关奥运科技专项: “新能源综合利用建筑与示范”, 2002BA904B08, 经费 200 万元, 2002-2005 年, 完成验收;

(3) 广东省粤港关键领域重点突破项目: “南方建筑节能技术集成系统示范”, 20042C04, 经费 150 万元, 2005-2007, 完成验收、鉴定;

(4) 广东省科技计划项目: “地源热泵技术推广”, 2006B40101012, 经费 10 万元, 2006-2007, 完成验收;

(5) 广东省科技计划项目: “循环经济型种植园新能源与环保技术的应用示范研究”, 2006A37002002, 经费 40 万元, 2006-2007, 完成验收;

(6) 广东省科技计划项目: “融合动态能耗模拟技术的南方建筑节能应用”, 2009b050600007, 经费 20 万, 2009-2012, 完成验收;

(7) 国家科技支撑计划项目: “港珠澳大桥跨海集群工程建设关键技术与示范”, 2011BAG07B05, 经费 1385.7 万, 2011-2015, 正在进行。

已具备的推广应用条件:

(1) 建筑节能研究领域: 承担了国家科技攻关奥运科技专项 “新能源综合利用建筑研究与示范” (2002-2005)、广东省粤港关键领域重点突破项目 “南方建筑节能技术集成系统示范” (2005-2007), 建筑采用包括地源热泵、太阳能空调、太阳能采暖、太阳能光伏发电、地下蓄热、围护结构隔热保温等技术在内的节能集成系统, 新能源利用率达到 80% 以上。开展的建筑节能技术为上述地源热泵技术和太阳能技术的在建筑应用的集成技术, 技术水平达到国内领先, 获得 2 项省部级奖励和 10 余项专利技术;

(2) 热泵技术研究领域：承担了国家科技攻关计划课题“高温地源热泵采暖、空调、热水联供示范系统”（2002-2005）和广东省科技计划成果推广项目“地源热泵技术推广”（2006-2007），系统采用地源热泵技术对原系统（制冷机+城市热网+燃油锅炉）进行改造，全面解决公寓的采暖、制冷空调及生活热水，每年节约公寓的能源费用40%以上。地源热泵技术已实现产业化，近5年来承接相关工程达60项，工程总费用达5000万元。

成果转化方式：

技术服务、合作开发、股权投资。

47. 多能互补分布式微电网技术

项目简介：

利用太阳能、风能等可再生能源进行发电，是最具发展前景的可再生能源发电技术。但这类可再生能源具有间歇性、随机性、发电输出不可控的特点，在中国现有的电力网架结构下，其大规模应用受到较大限制。而采用分布式发电供能技术能够有效缓解可再生能源发电大规模集中应用的困难，能够因地制宜充分利用各地丰富的清洁与可再生能源，提高能源利用效率。基于可再生能源分布式发电技术的微电网由可再生能源微电源、负荷、储能系统和控制装置构成，它可以为用户提供清洁的电力、提供高品质的电能、带来可观的**经济效益**，并且能够节省电力基础设施投资，降低能耗，提高可再生能源结构比重，解决无电地区人口供电问题。

广州能源所紧密围绕分布式发电微电网供能系统安全高效运行的科学问题，开展基础理论与应用技术研究，开发的基于可再生能源的分布式发电的微电网技术（10kW~5MW）可以有效整合太阳能光伏、风能、海洋能、生物质能等可再生能源分布式发电、柴油发电、铅酸/锂电池储能装置、负荷等。该技术集成了监控和能量管理功能从而构成安全、可靠、经济高效的小型发电系统。该技术共申请国家发明专利11项，达到了同类技术的先进水平，已在多个示范应用项目和工程实际案例中得到应用。

主要技术性能及指标：

本技术为充分利用太阳能、风能等可再生能源，根据各地可再生



能源资源情况合理配置可再生能源发电比例,根据用户负荷特点和电能质量要求进行个性化设计,采用分布式发电技术为用户提供稳定、可靠、经济、清洁的电力。涉及到的技术包括微电网规划设计技术、大功率电力电子变流技术、储能技术、监控技术以及能量管理技术。

技术主要特点:

(1) 微电网规划设计技术

微电网规划设计包括微电网的网架结构设计、微电源匹配设计、微电源选址及其与建筑结合设计、运行模式设计、电能质量分析等。进行这些设计充分考虑微电源特点、当地用电需求、负荷特点、可再生能源发电建设利用地点和面积等因素,使可再生能源发电效率得到优化,实现负荷电能质量个性化定制,系统扩展能力强,与现有电力系统的兼容性强。

(2) 分布式微电网用百千瓦级双向变流器

研制的 100kVA 和 500kVA 双向变流器用于储能装置与电网能量双向交换,采用 DSP 数字控制技术、三相三桥臂 6 支管的主电路拓扑结构,可实现单机及多机并联运行,能够适应多种负荷情况,在平衡负载、不平衡负载、非线性负载下均能实现三相电压平衡输出。双向变流器控制输出电流电压波形好、谐波少、容易实现,最大效率可达 95%以上,综合指标国内先进,指标符合国家标准 GB/T20321.2-2006,并具有接受集控系统远程调度控制的功能。

(3) 分布式发电微电网调度控制、能量管理系统

研究开发的 ZK2012 微电网智能调度集控系统具有监测计量、调度控制、电源保护、发电与负荷预测、潮流计算、储能装置管理、能量管理、历史数据处理等功能,能够实现微电网的安全、可靠、稳定、自动化运行。ZK2012 采用以太网、GPRS 无线通讯等网络实时监测各组件的运行状态,能对关键参量实时监控,对微电网的运行状态进行在线分析,具有故障诊断、预警、紧急情况处理功能。所有模块均用面向对象的程序设计方法,系统易于维护,扩展方便,支持 WINDOWSNT/2000/XP/2003 等多种操作平台,配置方便灵活。

适用范围及应用条件:

该技术应用范围广,可应用于无电网覆盖的海岛、偏远山区,以及城镇生态住宅小区、学校、大型公共建筑、企业厂区、农村等,能够为缺电地区供电、为有条件的城镇农村地区提供绿色电力。根据当

地资源特点和用户不同需求，发电模式和规模（10kW~5MW）可灵活选择。该技术不单适用于多种可再生能源互补组成的微电网，还适用于仅具有单一可再生能源组成的微电网。同时，由于该项目属于环保技术，对消除污染、减少 CO₂ 的排放有重要意义，有条件享受国家的相关优惠补贴政策，有很好的市场前景和巨大的推广潜力。

已具备的推广应用条件：

在全面分析市场需求的情况下，成功开发了适用于海岛、工业厂房、城镇住宅小区、大型公共建筑的分布式发电微电网技术，提高了整个技术的成套性和实用性，为推广应用奠定了良好的基础。该技术已在珠海东澳岛、大万山岛、广州能源研究所佛山三水能源环境技术创新与育成中心等得到应用，建成了国内第一个 MW 级以多种可再生能源发电综合利用为主的分布式发电微电网和百千瓦级微电网实验平台。此外，该技术还在河源 10MW 光伏电站、广州美术馆光伏建筑一体化等项目中得到了应用。

该技术的推广应用对可再生能源发电利用具有重要的促进作用，也是分布式光伏发电的主要应用方式之一。当前，国家大力扶持发展太阳能光伏发电和风力发电，出台了众多政策支持其发展。以分布式光伏发电为例，当前光伏发电成本越来越低，光伏发电上网享有国家补贴（0.42 元/度），同时很多地方出台了当地的额外补贴政策，因此光伏发电投资回收年限不断下降，生命周期产生效益上升，市场潜力巨大。因此，基于太阳能光伏发电、风力发电的微电网技术具有很好的应用前景。

成果转化方式：

技术服务、合作开发、技术入股、技术转让。

48. 双向变流器技术

项目简介：

微电网中微电源、储能装置、配电网的电压类型和电压等级均存在差异，作为它们互联的接口，双向变流器技术是微电网中各组成相互连接、能量相互交换的关键技术。

广州能源所研制了 100kVA 和 500kVA 两种功率等级的双向变流器，适用于储能装置与电网交换能量和微电源组网、并网等场合。根据应



用场合不同,开发的变流器样机在主电路拓扑结构上分别采用三相三桥臂两电平拓扑和 I 型三电平拓扑,在控制上基于 DSP 数字控制采用包含输出电流环、输出功率环、均流环的多环控制技术,在保护上充分设置了完善的各种保护功能,保证了变流器的单机及多机并联可靠、稳定地运行。变流器样机可工作在并网模式或离网模式,并具有接受集控系统远程调度控制的功能。

主要技术性能及指标:

在离网模式下控制算法的优化设计使变流器样机能够适应多种负荷情况,变流器样机在平衡/不平衡的线性/非线性负载下均能实现三相电压平衡输出,输出电压 THD 小于 5%、最大效率达 95%。

在并网模式下,变流器样机的输出功率因数达 0.99 以上、输出电流 THD 达 3%、谐波含量少、最大效率达 95%以上。

变流器样机综合指标达国内先进水平,经质量计量部门检验符合国家标准 GB/T20321.2-2006。

适用范围及应用条件:

该技术可应用在百千瓦级或兆瓦级分布式光伏发电微电网的独立组网或并网。采用双向变流器技术可提高微电网组网的灵活性,作为接口装置,将蓄电池储能与光伏微源发电相结合,平衡微网的功率波动,提高光伏微网并网发电时的电能质量,提高光伏微电网的适用性。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、技术入股、技术转让。

49. 高频并网光伏逆变器

项目简介:

高频并网光伏逆变器是光伏并网发电系统的核心设备,主要作用是将光伏组件方阵输出的直流电能转化为与公共电网同频同相并且符合电压以及电能质量标准的交流电能,并能够实现光伏组件的最大功率输出,以及一些保护功能,如过压、过流、短路保护、防孤岛效应等。

并网逆变器按功率等级一般分为集中式逆变器、组串式逆变器、

微型逆变器。组串式逆变器对光伏组件的选型要求不严格，安装维护简单，在分布式光伏发电系统中得到广泛的应用。本技术研究对象为组串型单相光伏并网逆变器，硬件上采取了高频非隔离型双级功率电路结构。逆变器根据日照条件自动启停，能对光伏的最大功率点进行快速的跟踪，具备孤岛保护等功能。通过快速高效的控制算法设计，使并网电流谐波满足相关的标准。

主要技术性能及指标:

已完成的 3kW 单相高频并网光伏逆变器样机测试性能指标:

- (1) 直流输入电压: 150~500V;
- (2) 电网电压: 220V (180~276V);
- (3) 电网频率: 50 ± 0.5 Hz;
- (4) MPPT 电压: 150~450V;
- (5) 额定功率: 3000W;
- (6) 最大功率: 3200W;
- (7) 整机效率: $\geq 96.5\%$;
- (8) 电流畸变: 满载 $\leq 3\%$, 半载 $\leq 5\%$;
- (9) 功率因数: ≥ 0.99 ;
- (10) 过压、过流、短路保护、防孤岛保护。

适用范围及应用条件:

适用于户用光伏并网系统、光伏农业并网系统、光伏建筑并网系统等中小功率并网光伏发电系统。

已具备的推广应用条件:

目前我们已经与相关企业建立起技术合作关系，针对 3kW 的光伏逆变器已完成了 50 台规模的小试生产，逐步形成产品的系列化和规模化。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、技术入股、技术转让。

50. 智能远程监控管理系统

项目简介:

智能远程监控管理技术是采用先进计算机技术、现代通信技术和



测控技术,实现对电力系统、工业生产、生活等相关终端设备的“云”端智能化保护、监测和控制。它集智能化、信息化、现代化于一体,除了先进的设备保护、监控功能,还提供设备维护和运行的记录、故障记录以及额定参数等重要信息,能实现系统设备的集中管理。

广州能源所研制的智能远程监控管理系统由远程监控中心和远程监控终端构成,远程监控中心可以与互联网相连,可以使用 PC 端和手机端实现随时随地的监控管理,具有主动问询、数据显示、数据存储、数据查询、报警显示、生成曲线报表等多项功能;远程监控终端则通过通信网络,上传下达监控中心的指令,实现对设备数据检测、故障检测与智能控制等。本技术还包括集成先进的优化调度算法,能够实现设备的优化调度运行。智能远程监控管理系统具有良好的人机界面,它的使用可以显著提高系统设备的运行质量和效率,节省电能,降低运行成本和维护费用。

主要技术性能及指标:

- (1) 数据远程自动采集功能;
- (2) 数据处理功能:包括数据过滤、数据异常辨识、数据规整、数据修补;
- (3) 设备运行状态监测与报警功能,报警手段包括声音、图像、短消息等;
- (4) 基于大数据的数据挖掘与数据分析功能,使设备管理更加精准、高效、便利;
- (5) 丰富的曲线、图形和报表管理功能;
- (6) 基于 Web 的应用功能,实现 PC 端和手机端随时随地的监控管理。

适用范围及应用条件:

适用于电力系统(如发电厂、变电站、配电网、可再生能源分布式发电系统、微电网系统)、电力设备远程监控、大型工矿企业(如钢铁、冶金、化工)、大型机房动力环境监控等。

已具备的推广应用条件:

已完成多个系统的开发和应用,如分布式微电网调度控制和能量管理系统、智能光伏电站监控系统、电力 UPS 远程监控系统。其中微电网调度控制和能量管理技术在 MW 级海岛微电网、广州能源研究所

佛山三水能源环境技术创新与育成中心等地得到应用，该系统具有监测计量、调度控制、电源保护、发电与负荷预测、潮流计算、储能装置管理、能量管理、历史数据处理等功能，能够实现微电网的安全、可靠、稳定、自动化运行。UPS 远程监控数据中心将全国范围的 UPS 设备运行数据采集至设备生产公司，进行统一管理，实现数据“云”存储，能够对这些设备进行有效管理，及时准确地监测设备的运行状态，当设备出现故障时，做到比客户更早发现，更快速响应。以此提升客户体验、增强公司在行业中的竞争力，也可以通过云计算、进行数据深度挖掘，优化设备运行，为客户提供增值服务，提高设备附加值。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、技术入股、技术转让。

51. 智能电网大规模电池储能技术

项目简介:

大规模储电技术是智能电网、新能源发电及并网、电力负荷移峰填谷的关键技术。锂离子电池由于其具有能量密度高、自放电率低、放电电压平稳、循环寿命长等优点在多个领域得到了广泛的应用，在大规模储电系统中的应用锂电池将成为技术发展的必然趋势。如何确保锂离子储能系统（Battery Energy Storage System, BESS）的高效、安全应用，必须对系统的各个组成部分进行集成和优化，并加以合理有效的管理和控制。

大规模储电电池体系的直流母线电压通常在 300V~900V，需要由上百个单体电池串并联组成，通常将单体电池先制作成标准的电池模块，然后多个模块串联扩展至所需的额定电压。

通过对 BESS 系统的电池管理技术及系统集成技术进行研发，可以提高电池体系的安全性、可靠性及使用寿命，推动大规模储电的推广应用。关键技术包括：（1）先进的电池管理技术；（2）温度监控及管理技术；（3）健康状态（SOH）监测技术；（4）系统集成技术。

技术优势:

- （1）采用先进的电池管理技术，实现电池系统的高效运行；
- （2）对电池体系的温度进行管理，保障储电系统的安全运行；



(3) 采用功能完善的统监控平台管理软件, 实现储能系统的稳定运行。

适用范围及应用条件:

对智能电网、调节电力负荷峰谷差、移动通信基站储电、防灾减灾储电, 以及风能、太阳能、海洋能等新能源发电和并网的发展产生巨大的带动及支撑作用。

示范案例:

(1) 珠海担杆岛独立能源发电系统(运行中), 风能 90KW, 太阳能 5KW, 蓄电池 440kwh, 柴油发电机作为后备电源。

(2) 珠海大万山岛新能源独立电网示范工程(在建), 太阳能 1000kW, 波浪能 300kW, 风能 200kW, 蓄电池 1000kwh, 柴油发电机 600kW 作为后备电源。

(3) 佛山三水育成中心微网系统(运行中), 风能 30kW, 太阳能 20kW, 蓄电池 100kwh, 柴油发电机 100kW 作为后备电源。

成果转化方式:

股权投资, 风险投资, 技术转让。

三. 新材料及产品

52. 高效杂元素碳-纳米硅复合锂离子电池负极材料

项目简介:

随着化石能源的日益枯竭以及地球气候的日趋恶化, 开发新型清洁能源和加强节能减排成为世界各国的重点发展方向。近年来随着混合动力汽车和纯电动汽车以及新能源(太阳能、风电)并网发电站项目建设步伐加快, 高性能动力(储能)电池成为大力发展的核心技术之一, 目前锂离子电池因其高电压、大容量、循环性能佳、低污染等优点成为最有竞争力的电源解决方案。研发性能优异的负极材料是提高锂离子电池性能的关键之一。碳材料是最早在商业锂电池中得到广泛应用的负极材料, 但是, 电容量密度低、不可逆损失大、高温时安全性低、过充电时容易短路等缺点限制了碳负极材料的发展。因此,

开发容量密度高、循环性能优良和安全性能优异的新型锂离子电池负极材料迫在眉睫。

在众多新型锂离子电池负极材料中，硅基负极材料具有其它负极材料无法匹敌的高容量优势（ $\text{Li}_{22}\text{Si}_5$ ，理论储锂容量 4200 mAh/g），是目前商业碳负极材料理论容量的 11 倍。锂嵌入硅的电位（低于 0.5 V）低于一般溶剂分子的共嵌入电压，高于锂的析出电位。因此，硅基负极材料可以解决溶剂分子嵌入以及锂枝晶析出的问题。但是，硅基材料导电性差，同时其在嵌脱锂过程中存在严重的体积效应，体积变化率约为 400%，会造成电极材料粉化以及电极材料与集流体分离。硅基材料的上述缺陷严重限制了其商业化的应用。为克服硅的体积效应，人们多采用制备纳米结构的硅基材料，硅薄膜材料，多孔硅材料和硅基复合材料来提高硅负极材料的循环性能，但是此类复合材料中的硅会裸露于电解液中，由于充放电过程中的体积效应，硅负极材料不断形成新鲜表面，因此持续消耗电解液以生成 SEI 膜，降低了电极材料的循环性能。因此，本项目通过研发导电性能优异的弹性载体（S 掺杂 C 材料包覆 Si 纳米颗粒、S 掺杂 C 材料纳米线三维导电网络、多孔碳包覆 Si 纳米颗粒）和寻找新型负载方式提高硅基材料的电化学性能，进而开发出高比容量、高充放电效率、长循环寿命的新型锂离子电池，推动锂离子电池产业的技术升级和新能源产业、电动汽车及混合电动车产业的发展。

主要技术性能及指标:

- (1) 首次库伦效率: >85%;
- (2) 循环性能: 1120mAh/g (105 周, 400mA/g), 容量保持率为 90%;
- (3) 倍率性能: 537mAh/g (10A/g), 库伦效率>99%。

适用范围及应用条件:

该技术适用于锂离子电池领域，包括 3C、动力电池和储能电池方面的负极材料，能大幅提高电池的能量密度，同时显著改善锂离子电池的安全性，具有良好的经济社会效益。

已具备的推广应用条件:

国内已经涌现出多家在电极材料和电池生产方面的优秀企业，产业化基础十分雄厚。目前我国锂离子电池产量占全球的四分之一到三



分之一，与日韩两国平分市场份额，但是在前沿的材料研发和技术工艺方面弱于这两个国家，目前随着电动汽车以及大规模储能应用的快速发展，对锂离子电池材料性能的要求越来越高。本项目技术申请发明专利 4 项（1 项授权）和美国专利 1 项，鉴于上述背景和项目已有的技术条件，具备了应用推广的基础。

成果转化方式：

技术服务，合作开发，股权投资，技术转让。

53. 自动调光高效节能镀膜玻璃

项目简介：

二氧化钼调光玻璃是一种能随环境温度变化自动改变遮阳系数的高效节能镀膜玻璃，该镀膜玻璃主要功能材料是接近于室温条件具有相变特性的二氧化钼材料。经过光学优化设计，表现出优良的光学性能和节能效果。因自动调光特性使得它能够达到和超越 LOW-E 玻璃的节能效果。在冬天，全波段的太阳辐射（包括可见和红外）能够进入室内营造温暖的室内环境；在夏天，具有热效应的红外辐射波段被反射，从而遮挡太阳热辐射营造凉爽的室内环境。该镀膜玻璃可兼具多种功能，包含绝对的紫外阻隔、高的隔热保温特性、防静电和光触媒等等。

建筑节能目前是国家发改委启动的十大重点节能工程之一，国家正加大力度支持和推广建筑节能新技术和新产品。我国新出台的《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）明确规定：玻璃幕墙不能使用普通玻璃，必须使用节能玻璃。该镀膜玻璃属于建筑节能技术领域，市场前景十分巨大。

主要技术性能及指标：

该镀膜玻璃总体性能：随室温自动调光、隔热保温、多功能一体化；光学性能指标达到：冬夏日射得热调节率不低于 30%，可视透过率高于 50%，热反射率高于 80%，透射太阳能调节率高于 15%，该镀膜玻璃无光污染、可调制多种外观反射颜色，如中性灰、蓝灰、天蓝色、金黄色、茶色等，能够满足幕墙玻璃节能与装饰性要求。

适用范围及应用条件:

可应用于建筑节能门窗、汽车节能窗、高速列车门窗等,尤其适用于高性能的节能玻璃幕墙、低能耗或零能耗的绿色建筑物。二氧化钒自动调光玻璃可以制备成夹层安全玻璃、单腔或多腔中空安全玻璃或复合型夹层中空玻璃。

已具备的推广应用条件:

二氧化钒自动调光玻璃可以制备成夹层安全玻璃、单腔或多腔中空安全玻璃或复合型夹层中空玻璃。可应用于建筑节能门窗、汽车节能窗、高速列车门窗等,尤其适用于高性能的节能玻璃幕墙、低能耗或零能耗的绿色建筑物。目前,此自动调光玻璃的研发已处于中试生产后端并迈向商业化生产。相关成果已建立相应的知识产权保护,其中申请国家发明专利 20 多件,其已获授权 10 件,同时获得行业相关节能产品认证评估。

经济效益分析:

(1) 该镀膜玻璃不含金属膜层,耐久、抗氧化、不含毒性成分,膜材丰富、低廉,成品价格预期在 180 元/平方米以下,批量生产性价比优势更为明显;(2) 全世界建筑节能门窗市场巨大,仅中国每年的新增建筑节能门窗或旧楼节能改造门窗不少于数亿平米的市场容量,其中高性能镀膜节能玻璃不少于 5000 万平米/年;(3) 因 LOW-E 镀膜玻璃同质化竞争加剧,尤其镀膜产能已相对性严重过剩,开发和生产二氧化钒自动调光玻璃实现产品升级,可提升企业市场竞争力和发挥生产产能,从而获得更大利润空间。

成果转化方式:

风险投资,合作开发。

54. 智能隔热节能涂料和贴膜

项目简介:

一种能随环境温度自动改变遮阳系数的智能隔热节能贴膜,通过对智能隔热粉体的尺寸优化,分散和涂覆,制备出光学性能优良,节能效果良好,价格低廉的智能隔热节能贴膜。在冬天,性能上接近 Low-E 玻璃,全波段的太阳辐射(包括可见和红外)能够进入室内;



在夏天，性能接近阳光控制玻璃，中等透明，红外高反射，能遮挡太阳热辐射。智能隔热节能贴膜不仅可以用于新建建筑的门窗，也可以用于已有建筑门窗的节能改造，此外，智能隔热节能涂料可以涂覆在任意需要涂覆之处，起到隔热保温作用，用途十分广泛。建筑节能目前是国家发改委启动的十大重点节能工程之一，国家正加大力度支持和推广建筑节能新技术和新产品。我国新出台的《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)明确规定：玻璃幕墙不能使用普通玻璃，必须使用节能玻璃。该智能隔热节能贴膜属于建筑节能技术领域，市场前景十分看好。

主要技术性能及指标：

该镀膜玻璃总体性能：随室温自动调光、隔热保温、多功能一体化；

光学性能指标达到：冬夏日射得热调节率不低于 30%，可视透过率高于 50%，遮阳系数在 0.24-0.88 之间可调。反射颜色可为天蓝色、金黄色、茶色等等，无光害。

适用范围及应用条件：

可应用于建筑物和车船的门窗等，特别适用于高性能的节能玻璃幕墙。

该智能隔热节能贴膜和涂料不含金属粒子，耐久、抗氧化、不含毒性成分，成品价格预期在 50 元/平方米以下。

成果转化方式：

风险投资，合作开发。

55. 环保节能增透膜节能液

项目简介：

随着社会进步，环保能源问题显得日益突出，因而对太阳能的利用与依赖也日渐加深。光伏和光热等太阳能系统的封盖材料都存在反射太阳光和积尘等缺点，降低了其效率。以封盖材料为基底沉积一层具有自清洁功能的减反射涂层（增透膜）对提高太阳能系统的性能和经济效益尤为重要。

减反增透技术得到了国家自然科学基金，珠江科技新星专项和

广东省战略性新兴产业关键技术公关等国家和省部级项目，课题的支持。目前，太阳能行业对增透涂膜液需求量很大。针对常用的增透膜涂膜液是以有机溶剂或有机-水体系为分散介质，有机溶剂的存在会带来高成本、易挥发、易燃易爆致生产过程危险、对人体有害和对环境造成污染等缺点，本研究采用水作为分散介质，很好地克服了上述缺点，以简单易于控制的工艺制备出具有廉价、无毒、环保等优点的增透膜涂膜液。该项技术已经成功应用于生产真空集热管的玻璃外管上和涂覆平板玻璃上。

主要技术性能与指标:

具有自清洁性能，表面具有疏水形貌，接触角大于 90° ；

水性增透液，主要溶剂为水，且可与水以任意比例相容；

对透过率只有 90% 左右的普通玻璃进行双面涂覆，其透过率可提高到 98.5% 以上，若进行单面涂覆，其透过率可达到 93.5% 以上；

硬度达到 8H，附着力达到 5B；

耐高温 700°C ，耐酸碱 PH: 1-10；

适用范围及应用条件:

适用于各类太阳能器件的封盖玻璃

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，中试正在进行，并取得了初步成果。

成果转化方式:

技术开发应用、股权投资、技术服务。

56. 利用工业废渣制取双面复合增强保温节能墙板

项目简介:

目前，我国 60% 的墙体采用粘土砖，砖瓦企业 12 万个，年产实心砖 5200 多亿块，相当于毁坏耕地 120 万亩，直接和间接耗能约占全国总耗能的 15% 以上，同时生产实心砖污染严重，仅烧砖一项，每年 CO_2 排放量达到 1.7 亿吨。轻质保温节能墙板是一种新型节能墙体材料，它是由无害化磷石膏、轻质钢渣、粉煤灰等多种工业废渣组成，经蒸汽加压养护而成，具有节能降耗，绿色环保等特点。为了提高经



济效益、节约合理利用资源、保护生态环境,走循环经济可持续发展产业化道路,近年来,政府高度重视轻质保温节能墙体材料革新工作,一直在努力倡导使用新型墙体材料,出台了一系列墙体材料革新政策,建设节约型社会和发展循环经济,生态建材必将成为建材的主导方向。轻质保温节能墙板墙体材料以其安全、舒适的优越性能正被人们逐渐接受,被认为是最好的墙体材料之一。

广州能源所开发的利用粉煤灰等工业废渣制取双面复合增强型保温节能墙板技术,采用合理的配方和先进工艺技术生产优质实心的墙体材料,为环保无公害新材料,具备重量轻、墙体薄、隔音、保暖、节能、抗震、利废、防火防潮、安装简便快捷等优点,解决了建筑业的一大难题——肥梁胖柱深基础湿作业的局面,从而大大节省了工程造价。

主要技术性能及指标:

(1) 产品规格尺寸 (GB/T23450-2009)

项目	80 系列	100 系列	120 系列	允许偏差
参 考 重 量	85	102	123	
厚度 (mm)	80	100	120	±1.5
宽度 (mm)	600	600	600	±2
长度 (mm)	2400-3200	2400-3200	2400-3200	±5
平整度				±1.2

(2) 物理力学性能 (GB/T23450-2009)

序号	项目	检验指标
		100 系列
1	抗冲击性能	经 8 次抗冲击试验合后,板面无裂纹
2	抗弯承载(板自重倍数)	6.9
3	抗压强度(MPa)	8.5
4	软化系数	0.85
5	面密度(kg/m ²)	
6	含水率(%)	8
7	干燥收缩值(mm/m)	0.36

8	吊挂力	荷载 1000 N, 静置 24 h, 板面无裂缝
9	空气声计权隔声量 (dB)	45
10	耐火极限 (h)	3
11	燃烧性能	A1
12	传热系数 ① (W/m ² · k)	1.87

(3) 放射性核素检测 (GB/T23450-2009)

项目	检测指标
I_{Ra} (内照射指数)	0.1
I_v (外照射指数)	0.3

适用范围及应用条件:

广泛适用于商住楼、办公楼、学校、医院、工业厂房等工业与民用建筑建设用内隔墙板,是预租房企业首选内墙墙体材料。

已具备的推广应用条件:

已完成双面复合增强型保温节能墙板生产工艺设计,关键生产装备开发,试制出系列产品;完成了年产 12 万平方产品的试制生产线。

成果转化方式:

技术转让、合作开发。

57. 凹凸棒土基石蜡相变复合材料

项目简介:

随着我国经济的高速发展,能源供需矛盾越来越突出。在大规模地开发常规能源以及寻找新型替代能源的同时,节能技术的研究势在必行。利用相变材料的相变潜热来储存热能在诸多领域具有广阔的应用前景。将相变材料引入到建筑围护结构中,可以降低建筑室内温度波动,使室内温度控制在人体舒适温度范围内,从而降低建筑能耗,实现建筑节能。

相变材料 (PCMs) 是指在一定温度范围内物理状态或分子结构发生转变的一类材料。它们在物理状态或分子结构转变过程中保持温度



不变,同时伴随着大量热量吸收或释放,是一种理想的能量储存和时空转移材料。石蜡作为提炼石油的副产品之一,具有可调的相变温度、较高的相变潜热、无过冷及析出现象、性能稳定、无毒无腐蚀性、价格便宜等优点。凹凸棒土是一种多孔性链层状含水富镁铝硅酸盐矿物,其比表面积 $> 150 \text{ m}^2/\text{g}$,孔体积 $> 0.3 \text{ cm}^3/\text{g}$,远远大于高岭石、蒙脱土等矿物,因此,通过物理吸附作用,就可以使一定尺寸的有机分子直接被吸附进凹土的孔隙中。石蜡的相变温度范围($5\text{--}60^\circ\text{C}$)和人们实际生产生活的温度范围十分吻合,有利于其在生产生活中的推广应用。

本项目结合凹凸棒土对有机物的良好吸附性能,开展以凹凸棒土为吸附介质、相变蜡为吸附对象,研制开发储能性能良好的凹凸棒土基石蜡建筑节能复合相变储能材料。自主开发高效、廉价、持续、稳定的可用于制备凹凸棒土基复合相变材料的生产工艺,开辟凹土在建筑保温材料领域新的应用范围,加快凹凸棒土产业的转型升级,具有较好的**经济效益**与社会环境效益。

主要技术性能和指标:

- (1) 凹凸棒土对相变蜡的吸附率 $>120 \text{ wt } \%$;
- (2) 导热系数 $>0.20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{k})$;
- (3) 相变潜热 $>110 \text{ J/g}$;
- (4) 相变温度为 $15\text{--}30^\circ\text{C}$;
- (5) 经过 50 次凝固-熔化循环后质量损失率小于 10%。

适用范围及应用条件:

可广泛应用于建筑围护结构、调温涂料、聚氨酯保温材料等领域。设备耐腐蚀要求低,工艺简单可靠, 满足国家三废排放要求。

成果转化方式:

技术服务,合作开发。

58. 非金属矿(凹凸棒土)的高值化利用

项目简介:

凹凸棒土(简称凹土)是一种多孔性链层状含水富镁铝硅酸盐矿物,其理想化学分子式为: $\text{Mg}_5[\text{Al}](\text{Si}_8\text{O}_{20})(\text{OH})_2(\text{OH}_2)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。我国的

凹凸棒土资源丰富，主要分布在江苏、安徽、甘肃等地，其中江苏省盱眙县的凹凸棒土储量高达 2.72×10^8 吨，占全球凹凸棒土总储量的近 50%。凹凸棒土的主要成份是二氧化硅、氧化镁和三氧化二铝，在矿物学上隶属于海泡石族，具有较大的比表面积、较强的吸附性能、良好的流变性能及催化负载性能等。

该技术以产自江苏省盱眙县的凹凸棒石黏土为原料，通过对其进行活化处理和有机改性处理等系列的工艺路线，开发出不同的凹凸棒土基产品，主要有：（1）用于润滑油基础油精制的凹凸棒土基复合吸附剂：主要用于吸附润滑油基础油的中含氮化合物、含硫化合物等影定润滑油基础油安定性的杂质；（2）用于大豆油绿色环氧化工艺的凹凸棒土基固体酸催化剂：将固体酸负载在凹凸棒土中，用于大豆油的环氧化催化反应，催化剂可重复使用；（3）凹凸棒土基有机无机聚合高分子材料：主要有凹凸棒土改性的纤维素类阳离子絮凝剂，用于废水的絮凝处理，可对废水中固体絮凝的同时吸附废水中的有机污染物。

主要技术性能及指标：

（1）用于润滑油基础油精制的凹凸棒土基复合吸附剂：建立了一整套低成本的凹凸棒土提纯、活化、有机改性工艺及以凹凸棒土吸附剂的润滑油基础油吸附精制工艺。精制后润滑基础油的质量达到国家规定的润滑油基础油质量标准的要求，油品得率 > 90%；

（2）用于大豆油绿色环氧化工艺的凹凸棒土基固体酸催化剂：催化剂对大豆油的转化率 > 90%，环氧化收率大于 80%，催化剂的环氧化选择性 > 85%。反应得到的环氧大豆油的环氧值 > 6%，残留碘值 < 6%；

（3）凹凸棒土基有机无机聚合高分子材料：建立了一整套以秸秆为原料，通过酸水解制备细菌纤维素、以分子设计思想合成具有反应活性的凹土功能性单体及以凹土功能性单体、丙烯酰胺和纤维素共聚制备一种环境友好型纤维素基阳离子絮凝剂的技术工艺路线；所得到的阳离子絮凝剂对 1% 高岭土模拟废水溶液处理后达到透光率 $\geq 70\%$ ，浊度去除率 $\geq 70\%$ ，沉降率 $\geq 85\%$ 。

适用范围及应用条件：

适用于石化、城市废水处理、植物油脂环氧化等领域。

已具备的推广应用条件：



已经完成年产 500 吨凹凸棒石黏土改性制备润滑油基础油精制剂示范系统。

已经完成了百吨级凹凸棒石改性阳离子絮凝剂中试试验。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

59. 粘土基有机废水脱色吸附剂

项目简介:

活性白土是用粘土（主要是膨润土）为原料，经无机酸化处理，再经水漂洗、干燥制成的吸附剂，外观为乳白色粉末。活性白土是无毒、无臭、无味的多孔性物质，具有脱色、吸附、催化等功能，是一种重要的石油化工、日用化工原料。由于活性白土具有优良的脱色、吸附、催化及离子交换等性质，适用于油脂、脂肪酸的脱色、脱毒；能够脱掉花生油中的黄曲霉毒素等，在石油精炼过程中起脱色净化、催化裂变、脱除芳烃等作用，又是医药、化肥、塑料、橡胶、油漆、涂料、酿造及无碳复写纸的主要填料及载体，应用非常广泛。颗粒白土是以活性白土为主要原料，经科学配方，化学处理而成的，它比活性白土有更高的比表面积，具有很高的吸附能力，广泛用于石化行业芳烃提纯，航空煤油精炼，也用于润滑油、基础油、柴油等油品的精制，脱除油品中残余的烯烃、胶质、沥青、碱性氮化物等杂质。

我国活性白土 2000 年产销量已达到 24.5 万吨。2004 年，较具规模的活性白土生产厂家约有 40 家，年产销量约 42 万吨。活性白土的产地主要集中在东北、华北、华东等地区，产量占全国的 70% 以上。目前国内活性白土行业生产工艺落后，环保设施不配套，每年向外排放的污水中不仅含酸量较高而且带走大量的白土悬浮颗粒，造成了大量浪费，而且我国活性白土企业较小，不仅难以形成规模效益，而且产品品种单一，质量不佳，脱色力低，过滤速度慢且带油率高，市场竞争力差。国内颗粒白土主要是替代美国 TONSIL 颗粒白土，用于芳烃联合装置中的烯烃脱除，航空煤油、溶剂油精炼等，纯苯精制，起到脱除少量氮化物、胶质、色素等作用。颗粒白土有时也叫滤油硅胶，使用滤油硅胶可以很好去除酸质和油泥、生物胶体、绝缘材料的浸出物，可除去水份、杂质和色谱分析烃类气体，可用于污水处理和有毒气体的过滤及石化油工业催化裂化，但其脱色率明显不如活性白土高。

目前，活性白土和颗粒白土主要应用于油性体系的脱色，而水性体系脱色主要以活性炭作为脱色剂，但其成本较高，再生困难。本项目技术针对当前活性白土和颗粒白土产品单一，质量不佳，脱色力低等问题，分别以活性白土和颗粒白土为原料，经水漂洗、酸化、单一或复配有机改性等过程制备成本低、脱色率高的粘土基有机废水脱色吸附剂，使其能广泛应用于工业有色废水的脱色处理。并通过循环有机改性使该技术的生产成本大大降低，同时有效减少废水排放对环境的影响。

主要技术性能及指标:

有机活性白土		有机颗粒白土	
项目	指标	项目	指标
脱色率	≥ 90%	脱色率	≥ 80%
脱色力	≥ 150	含水量	≤ 4%
颜色	灰白色	颜色	浅粉色、灰白色
游离酸 硫酸	≤ 0.2%	游离酸 硫酸	≤ 0.2%
粒度	10-200 目	粒度	40-100 目
水份	≤ 9	堆密度 g/cm ³	0.5 ± 1
机械杂质	无	机械杂质	≤ 0.2%
		抗压碎强度 (牛顿/颗)	≥ 0.5

适用范围及应用条件:

适用于凹凸棒土、澎润土等粘土资源丰富的地区。

已具备的推广应用条件:

已完成实验室 500mL 小试、50 L 和 500L 反应釜中试放大试验研究。采用制备的有机活性白土为原料，对 1000 吨生物丁醇工艺的秸秆木质纤维素水解液进行脱色处理，其脱色率高达 90%。此外，该产品对磺化废水、焦油废水、染料废水等均表现出较好的脱色能力。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。



60. 锂离子电池隔膜用纳米杂化聚合物制备技术

项目简介:

锂离子电池主要由正极、负极、隔膜、电解液等几部分构成。隔膜主要用于阻止正负极直接接触短路、允许电解液中锂离子自由通过的作用，对于电池的安全运行十分重要。市场上商业化的锂电池隔膜主要是以聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）为主的微孔聚烯烃隔膜，但微孔聚烯烃隔膜在电池内部温度升高时可能会收缩或软化从而导致电池内部短路，引发起火或者爆炸等安全事故、且导电性能和亲液性能较差，需要对其进行改性以改善其性能。目前最普遍的做法是聚烯烃基膜上涂覆一层无机纳米颗粒以提高其热稳定性。但是无机纳米颗粒易团聚，分布不均，且对电解液的润湿性较差导致复合膜的离子电导率较差。

本技术制备了有机/无机杂化聚合物，实现了无机纳米粒子和聚合物在分子尺度的复合，有效地解决了无机纳米粒子的团聚问题，可明显的改善基膜的热稳定性能，提高其对电解液的润湿性，也促进了离子电导率的增加。

主要技术性能与指标:

外观：白色粉末（可与电解液复配成不同粘度的白色浆料）

吸液率： $>260\%$ ；电导率： $>2.5 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ ；电化学稳定窗口： $>4.5 \text{ V}$

涂覆在 Celgard 2325 基膜上的性能达到：膜厚： $20 \sim 30 \mu\text{m}$ ；拉伸强度： $>180\text{Mpa}$ ；伸长率： $>40\%$ ；吸液率： $>200\%$ ；电导率： $>2 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ ；电化学稳定窗口： $>4.5 \text{ V}$ 。

技术特点:

利用凹凸棒石黏土改性后的优良特性，与有机物进行聚合，制备纳米杂化聚合物，聚合物经过合适的配方溶解后可直接成膜制备锂离子电池隔膜，也可溶解后涂覆于 PE/PP 基膜以提高隔膜性能。经过涂覆后的复合膜以及单独成膜各项性能均优于市面上的商业化隔膜。

适用范围:

锂离子电池隔膜制备领域。

已具备的推广应用条件:

已经完成了 50L 中试试验, 正在进行 2m³中试筹备。

成果转化方式:

合作开发、合同管理。

61. 多功能智能型建筑隔热涂料的研发与小规模生产

项目简介:

项目根据我国夏热冬暖地区建筑节能需要, 针对目前建筑隔热涂料存在的技术问题, 开发了集反射、辐射、阻隔等功能为一体的多功能智能反射型建筑隔热涂料, 并实现了其规模化生产与批量化工程应用。

主要技术性能与指标:

①涂层太阳能反射比达到 88%; 涂层半球发射率达到 88%;

②涂层的应用可使建筑表面温度降低 12 °C;

③经过 500h 人工加速老化实验, 涂层的太阳能反射比保持在 86%, 半球发射率保持在 87%;

技术特点:

项目利用具有近红外反射功能的纳米 TiO₂ 粉体结合相变胶囊的相变特性, 提高了涂层对近红外辐射的反射率, 并实现涂层的智能温度控制。

适用范围:

建筑外墙

已具备的推广应用条件:

已经突破关键核心技术。

成果转化方式:

技术转让。

62. 质子交换膜水电解制氢 (PTH) 储能关键技术

项目简介:

随着可再生能源发电的快速发展, 弃电量将持续大幅增长, 为了



减少可再生能源发电系统随机性、间歇性、波动性等非稳定性特点对电网的冲击，可再生能电力电解水制氢（PTH）及其绿色转换利用为可再生能源电力储能提供了前景广阔的解决途径，氢气可经燃料电池发电回馈电网，或绿色转换为合成燃料和化学品。开发新型催化剂和质子交换膜等材料，降低贵金属消耗量及其成本是可再生能源电解制氢技术的工程化、商业化的关键。

近年来广州能源所在国家、广东省科技项目的支持下，针对水电解器的关键核心部件催化剂与膜电极的效率、成本和批量制备技术进行了攻关。1）阳极催化剂以掺杂型过渡金属氧化物为载体，负载混合价态的铈钨金属及氧化物（ $\text{IrO}_x(\text{OH})_y$ ）构建复合催化剂，获得高活性、高稳定性的析氧催化剂并降低了贵金属用量及其成本。在合成过程中采用湿化学法及热处理工艺，因此具备批量生产的优势。2）针对聚合物膜的化学稳定性这一严重制约水电解器的耐久性的难题，采用新型的非碳析氢催化电极取代原有的碳载铂阴极，大幅降低膜的化学降解速率；采用膜内氢氧复合技术减少膜内气体互窜，降低电极中羟基自由基生成量，协同提升膜的化学稳定性。同时质子交换膜改性工艺针对成品膜材料通过浸渍还原路线进行合成，操作温度低于膜的玻璃态转变温度，其基本物理性质得以保留。3）膜电极的溶胀喷涂制备工艺技术优化了传统喷涂法。

利用该技术为可再生能源电力提供了高效、稳定的多元化转换与利用途径，具有可观的经济和社会效益。

主要技术性能与指标：

（1）掺杂型过渡金属氧化物负载铈氧化物。已将铈的质量比活性提高至 $1200\text{--}1500\text{A/g}$ @ $\eta=0.37\text{V}$ 。

（2）有序铈氧化物催化剂。制备的中空氧化铈纳米棒阵列，实现阵列长度（0.4–2 微米）与管径（30–200 纳米）可调，质量比活性为传统 CCM 电极的 20 倍。

（3）聚合物膜化学降解研究。开发的非碳析氢电极活性与碳载铂电极相当，但膜降解速率降至 1/18。

（4）膜电极制备及电堆。开发的溶胀喷涂技术反应界面增大 10% 以上，在 80°C 时， 1A/cm^2 下连续运行 2500 小时，电解单槽衰减率低于 $30\mu\text{V/h}$ ，氢气、氧气纯度均可达到 99.99% 以上。

（5）太阳能光伏直接耦合水电解器制氢系统。从实际太阳光到氢气的系统实验效率已达 9%，近期可望达到 15。

技术特点:

(1) 高效率、成本下降。本项目开发的催化剂大大降低了贵金属用量,在保持高活性的同时降低了成本;

(2) 长寿命与高稳定性。新型的非碳析氢催化电极取代原有的碳载铂阴极以及膜内氢氧复合技术协同提升聚合物膜的化学稳定性;

(3) 氢气、氧气纯度高。氢气、氧气纯度均可达到 99.99%以上;

(4) 所开发的催化剂、膜电极生产技术适合批量生产。在实验室研究和制备基础上,可轻松实现工艺的放大和批量制备,满足工业化生产的需要。

适用范围:

本技术应用范围广,根据用户不同需要可提供:

(1) 小型水电解装置,为实验室、医院、电子等行业提供高纯度氢气、氧气;

(2) 分布式制氢装置,可以满足未来燃料电池汽车的加氢站等;

(3) 氢储能系统。针对我国大量过剩的电量或不能上网的电力问题,将其转化氢气储存可经燃料电池发电回馈电网,或绿色转换为合成燃料和化学品,是一种非常有前景的氢储能技术,本技术可为该系统提供全套技术解决方案。

已具备的推广应用条件:

(1) 已建成多套 10W 和 200W 小型电堆集成;

(2) 具备拥有了完整的 PEM 水电解器制造与测试平台及电化学综合测试系统;

(3) 可提供催化剂、聚合物膜和电极等产品的展示及测试数据;

(4) 拥有全套独立的自主知识产权。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

面议。

成果转化方式:

股权投资,技术服务,许可使用,合作开发。



四. 节能环保低碳技术

63. 动态冰蓄冷技术

项目简介:

制冷主机提供冷量将普通水冷却至过冷状态（零度以下的过冷水），过冷水通过促晶器解除过冷状态，形成零度的冰水混合物（冰浆），冰浆储存于蓄冰槽中，用于中央空调的冰蓄冷及各种用冰的场合。

主要技术性能与指标:

技术特点：运行费用低

制冰效率高 制冰工况时，制冷剂的蒸发温度比冰球和盘管技术提高 5-7℃，使主机 COP 提高 20%以上，制冰过程的耗电量比现有冰蓄冷技术减少 20%以上。

融冰效率高 融冰过程中，回水与冰浆直接混合进行热量和质量交换，无需二次热交换环节，热交换损失大幅度减小。

运行费用低 由于制冰蒸发温度的提高、融冰效率的提高、以及结晶效率的提高，使得动态冰蓄冷的整体能效远高于冰球和盘管，耗电量减少 20%以上。

蓄冰槽占地面积减少 30-40%，可直接使用各种水槽

蓄冰槽体积小，冰槽中无冰球和盘管等制冷部件，冰槽体积仅为现有冰球和盘管蓄冰槽的 $3/4 \sim 1/2$ ，大大节约安装空间。而且，蓄冰槽可以设置于屋顶。

场地适应性强 由于采用独特的流态冰，可以适应各种形状的蓄冰槽，因此可充分利用建筑物闲置空间（比如消防水槽、地下室等）。

负荷适应性强

冰浆的比表面积是冰球和盘管的 100 倍以上。融冰速度快、负荷响应灵敏，可以满足任何建筑的负荷变动需求。

经济效益:

利用峰谷电价差，可以大大减少设备的运行的费用。

适用范围:

中央空调冰蓄冷工程、海洋渔业、水产品加工、工业厂冰蓄冷工程、混凝土工程、区域供冷工程、化工颜料行业、食品加工与保鲜、生物制药、人工造雪等。

已具备的推广应用条件:

技术成熟，可以大批量推广使用。

成果转化方式:

股权投资、风险投资、技术转让，许可技术等。

64. 工业制冰技术（铝制蒸发桶冰浆）

项目简介:

冰浆机组研发，为了提高换热系数，提高系统能效，采用铝制蒸发器代替片冰机碳钢蒸发器，并可实现连续稳定的冰浆制取，通过调节水流量获得不同浓度的冰浆，冰晶形貌接近过冷水冰浆，可实现管道输送。

主要技术性能与指标:

机组实现“常温进水、直接出冰”的设计目标，冰刀采用螺旋式顶刀设计（同片冰机）。机组设计进水温度为 25℃，制冰机出口冰浆含冰率 10%~20%可调。

技术特点:

采用铝制材料制作制冰桶，大幅度提高换热效率。

经济效益:

可直接管道输送，降温速度快，保鲜时间久

适用范围:

冰浆对果蔬保鲜及水产品保鲜冷却。

已具备的推广应用条件:

样机制作调试运行较稳定。

成果转化方式:

合作开发，技术转让，股权投资。



65. 新一代环保冷媒 (NH_3/CO_2) 直接蒸发式冰浆机组

项目简介:

采用环保冷媒 (NH_3/CO_2) 直接蒸发式过冷水动态冰浆制取工艺, 制冷系统冷媒通过激光半焊板式换热器直接与冰水进行高效换热制取 -2°C 过冷水, 过冷水通过超声波促晶技术高效转变为流态化冰浆。本技术和设备制取的冰浆为清水冰浆。

主要技术性能与指标:

制冷系统与冰浆生成系统实现一体化设计, 制冷剂采用 NH_3 或 CO_2 等环保冷媒。制冷剂蒸发温度恒定 -3°C , 过冷水温度 -2°C 。系统综合 $\text{COP} \geq 4.0$ 。

技术特点:

制冷剂直接蒸发与冰水换热, 大幅提高制冰机组的综合运行能效比, 通过满液式蒸发设计方案, 精确控制蒸发温度, 确保过冷水的连续、稳定和可靠制取技术。

经济效益:

大幅提高制冰机组的综合运行能效。

适用范围:

乳品加工工艺冷源, 果蔬保鲜及水产品保鲜冷却, 冰蓄冷中央空调系统应用等。

已具备的推广应用条件:

初步实现商业化应用。

成果转化方式:

合作开发, 技术转让, 股权投资。

66. 潜热输送中央空调/区域供冷技术

项目简介:

传统的区域供冷几乎都以冷水或不冻液为载冷剂。由于输送的为显热, 热流密度很低, 导致输送管网庞大、泵功消耗过高。因此, 国际上众多科研机构及公司都在积极研发潜热输送技术, 有些已成功应

用于工程实际中，取得了良好的节能效果。与现有技术相比，潜热输送单位体积中携带的冷量大幅度提高，所需的输送管道及泵功消耗大大减小。

本项目以 TBAB 包络化合物为介质，研究开发高密度潜热输送技术，并在此基础上建设一套区域供冷中试系统，通过长期运行试验，解决区域供冷中输送管道庞大、冷水输送量过多、泵功消耗过高的技术难题，最终，获得潜热输送系统的关键技术及最佳设计准则和潜热输送的成套技术，为该技术的产业化奠定基础。

主要技术性能与指标:

1、采用 7℃ 潜热材料输送、12℃ 溶液回水时，单位体积的冷量输送密度达到 65kJ/kg 以上（同样条件下，单位体积水的冷量输送量为 21kJ/kg）。

2、单位时间内，输送同样冷量的功耗比现有冷水系统降低 60% 以上。

3、潜热输送材料的相变温度在 5-12 度之间可调，由此可以应用于不同温度的潜热输送需求。

适用范围:

区域供冷；适用中央空调的集中供冷。

已具备的推广应用条件:

广州能源所研究团队在国家高技术研发计划（863 计划）专项经费的支持下，完成对不同潜热输送材料的筛选，开发了应用于潜热输送材料的超声波促晶技术和高效的 TBAB 包络化合物的连续生成热交换器，以及整套系统的综合控制技术，并成功建立和长期运行了一套潜热输送（TBAB）中试系统，运行稳定可靠，完成可以进入市场化推广。

成果转化方式:

股权投资，风险投资，技术转让。

67. 高效节能的潜热输送矿井空调技术

项目简介:

目前采用的矿井空调系统一次侧载冷剂为普通水或乙二醇溶液。



由于输送的冷量为显热，载冷密度低，所需的流量非常大，这不但需要庞大的管道尺寸，而且消耗大量的输送泵功。据统计，流体循环消耗的电能耗约占整个空调系统动力消耗的 40-55%。尤其随着井深的增加，井下热负荷越来越大，采用普通冷水式矿井空调已无法有效解决井下热害。

本项目将在中科院现有潜热输送的研究基础上，进一步开展典型冰浆浓度下的管道水利计算公式及图表研究，研发了新型冰浆浓缩器，提高冰浆的输送浓度，并完成冰浆潜热输送矿井空调系统的集成及设计研究，建成中试系统。

主要技术性能与指标:

1、针对深层矿井的热害问题，提出采用冰浆潜热输送方式，解决现有风冷技术和水冷技术的输送能耗高、初投资大等问题。

2、输送能耗降低 50-70%。

3、采用冰浆潜热输送有利于矿井利用峰谷电价，夜间低谷电时制备冰浆蓄冷，白天高峰电时利用冰浆供冷，从而大大减小系统的运行费用。

适用范围:

矿井空调；潜热输送空调系统。

已具备的推广应用条件:

广州能源所研究团队在院地合作专项计划专项经费的支持下，系统地解决了动态冰浆的制备、冰浆的存贮、冰浆的输送等关键技术，开发了新型冰浆浓缩器，采用冰浆潜热输送的方式，来解决矿井的热害问题，同时夜间低谷电时制备冰浆蓄冷，白天高峰电时利用冰浆供冷，大大减少了系统的运行费用。并成功建立中试系统，运行稳定，具备推广应用条件。

成果转化方式:

股权投资，风险投资，技术转让。

68. 燃气热泵（GHP 技术）

项目简介:

燃气热泵（简称 GHP）是以液化石油气或管道天然气为燃料、利

用燃气发动机驱动的蒸汽压缩式热泵空调。与现有的电驱动空调机组相比，GHP 主要以天然气为能源，由此大幅度降低了夏季空调产生的高峰用电负荷。从 2004 年起，本项目的合作单位中科院广州能源研究所在中科院“百人计划”引进国外杰出人才基金、国家 863 计划项目、以及省科技计划项目的支持下，全面开展了 GHP 技术的研究开发。经过将近 4 年的科技攻关，实现了众多关键技术的突破，研制出我国第一台拥有自主知识产权的燃气热泵机组，打破了我国 GHP 技术全部依赖进口的现状。

主要技术性能与指标：

1. 燃气热泵在制热模式工作时可以回收内燃机尾气的余热，从而使其制热量远大于普通空调，这对北方寒冷地区有着特殊的优势。
2. 由于燃气热泵可以利用发动机余热除霜，由此使除霜运转时的能效大大提高，无需逆运转除霜，能效高于电空调。
3. 燃气热泵采用多联机的形式，运行方便，无需专人看管。
4. 一次能源利用率 $COP \geq 1.33$ 。

经济效益：

在合理的电价和燃气价格比值下，可以大大减少设备的运行的费用。

适用范围：

学校、宾馆、医院、别墅、油气资源相对丰富、或寒冷区域。

已具备的推广应用条件：

技术成熟，可以大批量推广使用。

成果转化方式：

股权投资，技术转让，合作开发。

69. CO₂ 热泵高效供暖技术

项目简介：

跨临界循环的 CO₂ 热泵系统具有出水温度高（60-90℃）、能效高的突出优势，是锅炉替代和“煤改电”的关键技术。超临界状态的 CO₂ 工质在气体冷却器中实现等压传热，此过程存在明显的温度变化，很适合将低温水加热到高温状态。但如果冷却过程中热水回水温度过



高,将会严重影响蒸发器的吸热能力,导致系统供热量下降、能效降低。

本项目通过采用高效的喷射技术,通过喷射器部分回收高压气体冷却器压力,从而有效提高压缩机入口压力,由此降低压缩机的耗功、提高系统能效。

主要技术性能与指标:

- 1、超低环境温度下 ($-10 - -20^{\circ}\text{C}$) CO_2 热泵机组仍可正常运行,且无需电辅热;
- 2、设计工况下系统供热温度达到 $70-90^{\circ}\text{C}$, 且 COP 高于 3.0。

技术特点:

本项目采用高效的喷射技术,有效提升 CO_2 压缩机入口压力,从而降低压缩机功耗、提高系统 COP。

经济效益:

北方供暖能耗占社会总能耗的近 30%,随着清洁供暖政策的实施,该技术预计将实现每年超过 100 亿元的销售额。

适用范围:

集中供暖、酒店、泳池、洗浴中心、电镀、纺织、化工等工业用水等。

已具备的推广应用条件:

该技术已具备相对完善的技术条件,可以实现产业化。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

投入设备生产所需的资金;建设生产加工流水线的工厂和资金;投入产品宣传推广方面的资金。预计回收期为 1-2 年。

成果转化方式:

股权投资,技术转让,合作开发。

70. 电梯节能管理系统

项目简介:

电梯重载下行、轻载上行时可回馈大量电能至直流供电网,采用储能系统回收电梯回馈电能进行再利用,一方面可有效抑制直流母线

电压的上升，保障供电系统安全稳定运行，另一方面也实现了电梯的高效节能。本项目通过直流母线电压动态变化特性的分析，研究基于差值比例的充放电参考电压基准确定方法，获得电梯储能系统的动态优化控制策略；同时，通过分析直流供电网、大功率电梯、储能系统等的外部特性，研究电梯和储能系统各部分的实物模拟以及连接设计方法，获得电梯直流供电系统物理仿真平台以实现储能系统控制性能、容量配比等的实验验证。

主要技术性能与指标:

提高了电梯直流母线电压的稳定性；减少电梯再生电能浪费，节能率达 30% 以上；减少了电池储能系统的充放电倍率，基本控制在 1C 以内。

技术特点:

本技术采用钛酸锂电池储能系统实现电梯再生电能的回收利用，根据电梯直流母线电压的动态变化特性，提出了基于差值比例的双向 DC/DC 变换器控制策略。通过动态改变逆变器开关状态切换的参考电压基准，研究储能系统吸收释放再生电能的优化控制方式，可以有效抑制母线电压的波动并提高再生电能的回收利用率。

经济效益:

该技术可有效降低电梯的运行费用，节能率达 30% 以上，具有较大的经济意义。目前大部分应用中的电梯已采用了变频装置，或者已完成变频改造，而新投入应用的电梯则均采用了变频传动系统，按照目前变频电梯保有量 300 万台、年增长 30 万台计，其市场规模较大，项目研究成果具有较大的市场应用前景。

适用范围:

可应用于目前所有住宅、商业楼宇等场所的变频传动电梯，用以代替制动电阻实现电梯制动能量回收利用。

已具备的推广应用条件:

该技术由电池储能系统及变换装置组成，目前该类产品开发已比较成熟，为技术的推广应用奠定了基本条件。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):



所有采用变频传动装置的电梯均为潜在应用对象，对应的投资资金与楼层、电梯容量、电梯减速度等相关，约为 8000-20000RMB，按目前电池价格，投资回收期约为 4 年。

成果转化方式：

产品开发、技术服务。

71. 楼宇及工厂智慧能源管理系统 EMS

项目简介：

能源管理系统（EMS）是采用自动化、信息化技术和集中管理模式，对企业能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化的动态监控和数字化管理，改进和优化能源平衡，实现系统性节能降耗的管控一体化系统。其主要功能包括：自动监视企业关键设备运行状况，实时掌握能耗情况；提供各种能耗指标，对能耗数据进行计算，分析工艺流程的能耗水平；对生产过程能源用量、能耗成本进行分摊，实现需求侧管理；发现生产过程的能源浪费，为进一步实施节能工程提供数据支撑；利用能源管理系统进行绩效考核。

主要技术性能与指标：

监控中心的软件采用 B/S（浏览器和服务端）的架构；软件包括通信服务器部分、数据处理部分、和 Web 管理网站部分；通信服务器可以处理大量的并发连接；数据处理对电能数据和用户信息进行关联和处理；用户可以方便快速的获取想要的信息和处理管理事务。

技术特点：

由前端水、电、气等数字采集仪器将采集信号以有线或者无线的方式，通过通讯网关将数据传输至服务器，上层监控管理系统获取各类能源参数，对数据进行计算分析，及时发现能耗异常，减少能源浪费，从而实现生产过程的能源管理和优化调度，提高企业的能源管理水平和能源使用效率。

经济效益：

可优先排产高能效设备，提高制造能效，节省能源成本 10% 以上。

适用范围：

制造企业（电化电镀、钢铁、车辆生产线、造纸厂、轮胎厂等

高能耗生产企业)、大型园区(工业园区、高新技术开发区等大型园区重点能耗企业)、楼宇建筑(政府办公楼、大型写字楼、商场等建筑)。

已具备的推广应用条件:

末端测量和控制设备、现场通信终端、PDA 手持终端、监控中心的通信设备、数据设备和软件等软硬件设备均已成熟,技术需求方具有节能效益和节能资质的需求。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

技术需求方一般为制造企业、大型园区、楼宇建筑等大型设备的场地,系统投资一般在 200 万 RMB 以上,投资回收期 3 年左右。

成果转化方式:

能源系统优化咨询、软件开发、工程建设与改造等。

72. 锂电池能量状态 SOE 估算方法研究

项目简介:

剩余电量的准确预测是动力锂电池安全可靠使用的重要保障,能量状态 SOE 是一种较好的表征方式。本项目通过探索电池电热耦合特性,分析内部热量形式及其表达式,研究温度、倍率参数对可用总能量的修正影响,建立完善的 SOE 数学模型;通过模拟电池非均匀非稳态模型下的温度场分布,探索温度(热量)与输出能量之间的耦合关系,研究温度分布特性对 SOE 的动态影响并建立反馈状态方程;结合上述研究建立估算模型的输入输出方程,基于粒子群算法开发 SOE 智能估算方法,从而提高锂电池 SOE 的估算精度。

主要技术性能与指标:

建立了基于电热耦合的能量状态估算模型,可应用于多种类型电池;SOE 估算误差小于 4.6%,具有较高的估算精度。

技术特点:

针对锂电池剩余电量的预测问题,以能量代替传统的容量估算方法,通过研究电池内部电热耦合情况,建立包含多种热能形式的 SOE 数学模型,充分考虑了温度场分布及其对能量状态的反馈影响,同时



以粒子群智能算法为基础对 SOE 进行优化求解,实现 SOE 的高精度估算。

经济效益:

该技术可有效提高电池剩余电量的估算精度,可应用于当前所有 BMS 管理系统的电池状态估算;预计至 2020 年 BMS 整体市场规模将达到 280 亿元以上,复合增长率为 20%。因此该技术具有较大的**经济效益**。

适用范围:

本项目成果将为电动汽车、微电网等电池储能应用领域提供剩余能量精确估算的指导方法。

已具备的推广应用条件:

目前 BMS 采集参数以及采集速度、精度均已达到较高的技术水平,本技术 SOE 智能估算方法也已完成开发验证,两者结合可有效推进本技术的应用。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期): 本技术主要为目前 BMS 系统提供高精度的剩余电量估算方法,技术需求方需要配套电压、电流、温度等采集量的 BMS,且具有快速计算功能的主芯片。

成果转化方式:

技术转让、产品开发。

73. 基于电热耦合特性的成组热管理技术

项目简介:

锂离子电池温度过高,会加速电池老化,而且容易引发热失控等热安全问题;温度过低,锂离子电池内阻过大,而且可用容量迅速下降,严重影响电池的使用性能。另外,随着电池向着大容量、高能量密度、快速充放电的方向发展,这将给电池热管理技术提出了挑战。因此,需要采用高性能的成组电池热管理技术,在保证电池安全性的同时,又保证电池在合适的温度范围内工作(20℃-45℃)。

对电池热管理的研究,对于电池的生热特性,通常比较粗糙地认为是均一的发热体,然而实际上电池发热是不均匀的,这对于电池的最高温度以及温度均匀性的估算预测,都会带来很大的偏差,尤其时

在高倍率的充放电过程中，这种偏差更加明显。因此，本项目基于电池的热-电耦合特性，获得电池的不均匀分布热源，进行成组结构的优化设计，获得高性能的电池热管理技术。

主要技术性能与指标：

- 1、单体电池模型：能够预测不同工况，电池的温度分布情况。
- 2、电池组模型：电池温度差在 5℃ 以内，最高温度不超过 40℃。

技术特点：

利用电池的电热耦合特性，建立电池热管理系统，可以较为准确地预测判断电池不同工况下的温度分布以及能量消耗等，同时也可以为特定的车用电池组进行结构优化设计，控制电池的温度差以及最高温度在合理的范围内。

经济效益：

可以节省电池热管理系统的研发成本，具备较多的电池热管理方案。

适用范围：

适用于电动车的动力电池包，所用的动力电池为软包电池。

已具备的推广应用条件：

单体电池温度分布预测较为吻合，并进行多个电池组方案的优化设计，目前在进行电池包的试制阶段。

成果转化方式：

技术服务、合作开发、技术入股、技术转让。

74. 废旧锂离子电池回收及修复/再生技术

项目简介：

随着近年来电动汽车及电池储能的发展，我国即将进入电池淘汰/报废的第一个高峰期。对电池进行回收及循环应用不仅能满足政策的强制性要求，同时将产生**经济效益**。该项目分别开发了锂离子电池材料高温固相直接修复及高温固相再生技术，从电池制造、消费、回收整个流通环节产生的边角料、报废不合格品以及废旧电池进行回收、材料修复及再生，关键技术包括：（1）回收过程无害化处理技术；（2）修复过程杂质的控制；（3）再生前驱体及再生过程调控。



主要技术性能与指标:

修复及再生材料基本达到商业化电池材料的电化学性能。

技术特点:

本技术具有工艺流程短、不产生废酸废碱、回收成本低等特点。

经济效益:

材料有价金属回收率达到 95%以上。

适用范围:

电池生产企业生产过程中产生的边角料、不合格产品以及废旧锂离子电池。

已具备的推广应用条件:

本项目已完成了实验室小型化试验及测试,结果达到了较为满意的技术指标,修复/再生材料基本达到商业化材料的电化学性能,已具备推广应用的基础。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

回收过程废气处理装置、建设电池材料生产线所需要的设备及场所等。

成果转化方式:

股权投资,风险投资,技术转让。

75. 园区多能互补分布式系统的复合储能优化调控技术

项目简介:

目前产业园区普遍存在“重供给轻需求、重建设轻管理”的问题,表现在:可再生能源规模小且利用形式单一、资源利用率较低;园区“源-荷”时空分布不均衡,存在短期峰谷波动大和长时间尺度下供能、用能差异性大。因此,提出采用电冷热复合储能技术,通过能量优化调控技术,在满足产业园区冷热电多种负荷需求的前提下,高比例使用可再生能源、优化集中供热输出效率、提高关键设备电能质量,最终实现产业园区能效最大化以及经济运行的目标。

主要技术性能与指标:

采用储电、储冷/储热的复合储能方式, 电池储能系统容量不低于 50kW/100kWh, 使分布式光伏发电利用率提高 5%。

技术特点:

通过储电、储冷/热相结合的方式改进传统以热定电和热电定热的控制策略, 实现系统优化运行。

经济效益:

提高产业园区分布式能源利用效率 5%以上, 据统计, 目前全国产业园区多达 22000 个, 从市场规模看具有较大的经济效益。

适用范围:

工业园区、科技园区、物流园区等大型园区。

已具备的推广应用条件:

结合目前园区的能源管理系统以及传统热电定热和以热定电的控制策略, 通过数据分析实现控制方法改进。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

园区具备一定的可再生能源发电系统和分布式联供系统, 系统投资分为储电和储冷/热两部分, 投资额在几百万区间内, 一般回收期约为 3 年。

成果转化方式: 技术服务、合作开发

76. 轨道交通及港口机械等的回馈电力回收利用技术

项目简介:

轨道车辆、港口机械等在制动时会回馈电能至牵引电网, 采用储能系统回收利用再生电能, 可以在稳定牵引网电压的同时实现再生电能的回收利用, 从而减少供电系统的用电费用。以轨道交通为例: 轨道车辆制动时, 储能系统将回馈的制动能量进行存储; 轨道车辆启动、加速或者无电网供电时, 储能系统将存储的能量释放出去。

主要技术性能与指标:

采用锂电池、超级电容或者两者混合储能的方式, 实现再生电能



的回收利用，可实现供电系统 30%以上的节能效果。

技术特点：

抑制母线电压上升，提高牵引电网的安全性和稳定性；减少或消除耗散在制动电阻上的再生电能，实现系统节能，降低运营费用；可作为应急电源。

经济效益：

节能率高达 30%以上，以地铁为例一年节约电能费用约 40 万，具有较高的经济效益。

适用范围：

轨道交通（地铁、高铁等）、港口机械。

已具备的推广应用条件：

该技术由电池储能系统及变换装置组成，目前该类产品开发已比较成熟，为技术的推广应用奠定了基本条件。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期)：

根据再生电能大小对储能系统的要求，一套储能系统约为 200 万 RMB，投资回收期一般为 4~5 年。

成果转化方式：

技术服务，技术应用开发。

77. 电动汽车 Li 电池均衡修复技术

项目简介：

发展电动汽车对降低我国能源消耗、缓解雾霾环境污染具有重要意义。通常将锂电池串并联以获得较大的储能容量及较高的功率输出。由于电池制造工艺、运行环境及化学特性存在差异，导致电池之间的不一致性逐渐突出，不一致性造成其无法充满电和充分放电，严重影响电池组最佳性能的发挥和整车工作效率。电池之间的差异使得电池组性能迅速恶化，电池产生的热量将导致其燃烧甚至爆炸，而频繁更换电池将增加商业应用成本。车载电池管理系统（BMS）能够缩小电池在使用过程中出现的不一致性。现有的 BMS 模块体积大、效率低、价格昂贵，与减小电池仓容积和降低商业成本要求相悖。为提高电池

组性能和经济性，减小电池包体积，必须开发一套离线式地面修复系统，对电池组进行定期维护。针对上述技术瓶颈，研究混合式锂电池组修复物理平台、锂电池组修复控制策略优化方法和系统集成技术。获得功能完善，适用于纯电动汽车和混合动力汽车锂电池模组的离线式地面修复系统。本系统亦可用于电动汽车动力电池梯次利用。

主要技术性能与指标：

实现电池组中单体电池之间最大容量差控制在 4% 以内，提高电池组充放电性能，提高电池组可用容量。

技术特点：

以单体电池为修复对象，将能量转移和能量耗散修复方式有效结合，在循环充放电过程中完成对电池的修复操作，使电池之间的最大压差和最大荷电状态（SOC）差值保持在最小范围。

在物理平台基础上，根据对电池组中各电池在不同充放电倍率、荷电状态水平、修复电流下的性能差异对比分析，优化修复控制策略。选取修复阈值和修复时段，明确主动与被动修复切换方式以及修复电流与总线电流最佳比例范围。根据充放电倍率变化及循环充放电工况切换时电池性能差异的变化情况，选取最适宜的充放电修复工况，使修复效果达到最理想水平。

经济效益：

随着广东省新能源汽车产业规模化迅速发展，独立外接式锂电池组修复关键技术的突破和装置的研发，对促进我省汽车工业健康可持续发展，并带动相关产业升级扩张，强化产业集群，具有重大现实意义。通过去除车载均衡模块，实现新能源汽车电池仓小型化和轻型化，减小整车成本，提升新能源汽车的价格竞争力。4S 店和汽车维修门市通过提供动力电池修复服务新概念实现营收，并以较短的销售渠道、较宽的销售网络从侧翼迅速介入市场，形成良性增长的盈利模式。动力电池修复关键技术的突破，能够实现修复装置研发和生产企业稳步攀升的产业扩张，提升自主创新能力，服务产业结构调整和技术升级，同时推动电子制造加工、机械加工等行业的发展，打造新的经济增长点。用户在减小初期购买车辆成本的同时，通过定期对新能源汽车动力电池进行维护，能够极大的延长车辆的使用寿命，降低车辆使用成本支出。另外，电动汽车动力电池可用容量下降至 80% 时需要更换，大量废旧电池仍可梯次利用，需要对废旧电池进行评估和修复，本技



术具有广泛应用前景。

适用范围:

新能源汽车、新能源汽车废旧电池梯次利用

已具备的推广应用条件:

自主研发, 掌握核心技术, 具有授权专利和软件著作权。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

可根据需求开发多种规格电池修复系统, 对电池模组、电池包进行修复。投入和回收期根据实际情况调整。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发, 技术入股, 股权投资, 风险投资, 技术转让。

78. Li 电池+超级电容的功率动态分配控制技术

项目简介:

轨道交通再生制动、电动汽车、新能源并网等新能源应用普遍具有大功率大能量并存的特点, 单一元件储能难以同时满足功率和容量的需求, 造成能源利用率低下, 且极易降低储能系统的使用寿命。本实验室研发的轨道交通混合储能技术, 采用双 DC/DC 架构, 结合了电池的高性价比和超容的大功率特性, 以超级电容承担功率频繁波动的再生能量、锂电池承担功率平滑部分的再生能量, 对再生电能进行协调分配, 优化了储能系统的控制性能, 并减少了储能系统的配置, 降低了系统成本。

主要技术性能与指标:

可实现轨道交通牵引系统节能 30%以上; 可有效保证直流牵引网处于 1800V 的安全电压范围内; 可减少储能系统 50%以上的容量冗余, 降低系统成本。

技术特点:

采用动态滤波策略实现功率/能量在锂电池组和超级电容器组之间的优化分配, 提升储能系统性能并降低系统价格。

经济效益:

可减少储能系统 50%左右的容量配置，具有较高的经济效益。

适用范围:

轨道交通再生制动、电动汽车、新能源并网等领域。

已具备的推广应用条件:

该技术由电池储能系统、超级电容器储能系统及双向 DC/DC 变换装置组成，目前该类产品开发已比较成熟，为技术的推广应用奠定了基本条件。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

根据再生电能大小对储能系统的要求，一套储能系统约为百万 RMB 级别，投资回收期一般为 3 年。

成果转化方式:

技术服务，技术应用开发。

79. 基于压缩空气的大规模物理储能技术

项目简介:

储能技术是可再生能源大规模利用的迫切需要，也是提高常规电力系统效率、安全性和经济性，以及智能电网和分布式能源系统的必备关键技术，被称为能源革命的支撑技术。压缩空气储能（CAES）具有储能容量大、周期长、单位投资小等优点，被认为是目前最具发展潜力的大规模储能技术之一。目前传统 CAES 已在德国（Huntorf 290MW）和美国（McIntosh 110 MW）得到了商业应用。但传统 CAES 存在依赖化石燃料、依赖大型储气室、效率较低等技术瓶颈，限制了其规模应用。国内提出了先进 CAES 系统，虽然解决了传统 CAES 的主要技术瓶颈，已完成了 1.5MW 系统的研发与示范，但尚不能满足国家对储能规模的迫切要求，同时，大规模化也是 CAES 降低成本和提高效率等性能的主要途径。

本项目可在基础理论、关键技术等层面取得创新性成果。揭示系统关键部件内部流动、传热特性，以及系统过程能量耦合机制，完善 CAES 理论体系；突破大规模先进 CAES 的优化设计技术、系统集成与控制技术。项目成果可在可再生能源、常规电力系统和智能电网等



领域推广应用，可带来巨大经济、社会和生态效益。为满足我国能源领域对储能的重大的需求，解决弃风、弃光等重大能源问题提供技术方案。

主要技术性能与指标:

储能系统输入和输出功率 $\geq 10\text{MW}$

系统容量 $\geq 100\text{MWh}$

蓄热装置效率 $\geq 95\%$

蓄冷装置效率 $\geq 90\%$

变工况运行范围 $\geq 40\%-110\%$ 。

技术特点:

突破大规模先进压缩空气储能系统设计技术、高效紧凑式超临界空气蓄冷(热)/换热器、储能系统与电力系统的耦合与控制等技术。

经济效益:

通过本项目的研发，可使先进压缩空气储能技术的规模、成本、效率等性能得到大幅提升，大幅加快压缩空气储能系统产业化进程，并带动压缩机、换热器、透平膨胀机等相关产业的升级与发展。通过本项目成果的产业化，可形成电力系统发展的新增长点。预计到 2020 年，我国电力储能装机容量需要达到 60GW 以上，市场规模达 6000 亿元以上。到 2050 年，我国电力储能系统的容量将达到 200GW，市场规模将达 2 万亿以上。压缩空气储能系统具有巨大的市场需求，项目成果可形成战略性新兴产业集群，带来巨大经济效益。

适用范围:

可与常规电厂和燃气轮机系统结合，推广应用于可再生能源、微电网和分布式供能领域，与压缩机、换热器、透平膨胀机等相关产业协同发展。

已具备的推广应用条件:

国内现有 CAES 技术通过回收压缩热解决了对化石燃料的依赖；通过空气的液态储存，解决了对大型储气洞穴的依赖问题；通过采用蓄热/冷、超临界过程换热等提高系统的效率；从而同时解决 CAES 的主要技术瓶颈，已完成了 1.5MW 系统的研发与示范，系统效率达到 52.1%。已研发的系统规模偏小 (MW 级)，尚不能满足国家对储能规模的迫切要求。同时，大规模化也是 CAES 降低成本和提高效率等性

能的主要途径。在现有技术水平的基础上，使规模提高 1 个数量级，成本下降约 30%，效率提高约 10%，可为满足我国能源领域对储能的重大需求，解决弃风、弃光等重大能源问题提供技术方案。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

技术需求方前期需要具备充足的经费用于购买和管理压缩空气储能系统相关设备，需要有足够的场地安置压缩空气储能系统装置。压缩空气储能技术规模为 MW 级以上，规模越大，成本下降越多，系统效率越高。初期投入资本较多，根据具体建设规模，经过 2-15 年可回本。

成果转化方式:

技术服务，技术入股，合作开发。

80. 针对工业炉窑的自蓄热燃烧技术

项目简介:

连续式蓄热燃烧技术 (Continuous Regenerative Heat Combustion 简称 CRHC) 技术是一种先进的燃烧技术，该技术通过高效蓄热体“极限”回收烟气中的余热用于加热助燃空气 (其温度仅比高温烟气低 80℃ 左右)，极大地提高了燃料的热利用率，同时克服了火焰切换时造成的温度、压力的波动，优化了炉内温度场与压力场，提高了产品质量，并利用高温空气燃烧技术 (HTAC) 降低氮氧化物的排放浓度。连续式蓄热燃烧技术的实现方式有以下两种：双阀体切换式连续蓄热燃烧系统和中央旋转式连续蓄热燃烧系统。核心技术团队经过对以上两种系统的多年深入研究，先后承担了连续式蓄热燃烧方面的省院合作项目 2 项、院市合作项目 3 项、省重大科技项目 1 项、企业委托项目多项，并申请专利 6 项 (已授权 3 项)、发表学术论文 18 篇，在关键技术上取得较大突破，逐步实现了产业化，获得了良好的节能效果。

主要技术性能及指标:

(1) 采用金属蜂窝陶瓷作为蓄热材料，温度效率高，换热快，寿命长；

(2) 采用分级燃烧方式，可实现单台燃烧器蓄热状态下连续燃烧，



炉膛内温度与压力波动小，适合更多加热工艺；

(3) 燃烧过程中，燃气或燃油连续供给，不会出现燃料管堵塞、结焦、断火等现象；

(4) 可以实现冷态开始蓄热，空气与燃气调节容易，适合多种炉型。

经济效益：

可以实现节能 20-35%。

适用范围及应用条件：

适用于冶金行业的各种热处理炉，熔铝炉、玻璃炉窑、梭式窑等各种燃气和燃油的工业炉窑，既可应用于新炉窑的设计，也可应用于旧炉窑的改造。

已应用情况：

目前，连续式蓄热燃烧技术已在日本、德国等成功应用，取得良好节能效果。在国内，该技术为空白。因此具有良好的推广应用前景。

已具备的推广应用条件：

广州能源所在“引进国外杰出人才”资金、所长创新基金、广东省重大节能专项资金的支持下，对连续式蓄热燃烧技术进行了 5 年的科技攻关，目前已成功解决了换向装置、燃烧器结构、蓄热材料等核心技术，并建设了小型示范系统，在梭式窑上进行了中试，效果很好，在熔铝炉、搪胶炉等高中低温炉窑进行了试用，节能效果明显，完全可以进入市场化推广。

技术需求方需要提供推广应用条件：

200 万元，厂房 500 平方米。

成果转化方式：

股权投资，风险投资，技术转让。

81. 陶瓷炉窑余热综合利用技术

项目简介：

陶瓷炉窑的余热包括冷却带余热、窑头烟气余热等。这两部分余热带走的能量占热损失的 50% 以上。对不同窑型和不同余热采用不同的方法进行回收和利用。对于窑头的烟气余热，因其中含有粉尘和有

害气体，因此，通过分区域换热的方式回收余热，余热回收手用于加热助燃空气。冷却带的余热利用热水或蒸汽作为热载体，实现热能的输送与交换，功率消耗小，效率高。在烧成段部分采用连续蓄热燃烧方式，有效改善截面温差。提高产品质量。

主要技术性能及指标:

- 1、提高了炉窑内温度均匀性。
- 2、改善了炉窑内的温度场。
- 3、提高了炉的热效率 15%以上。

经济效益:

可以实现节能 15%左右。

适用范围及应用条件:

适用于陶瓷行业的各种炉窑，如梭式窑、隧道窑和辊道窑。

已应用情况:

目前，对于陶瓷炉窑的余热利用方式很多，但不同方法对余热的利用效率不同。本技术中，综合了多种余热回收利用技术，结合具体的加热工艺，可以实现最佳的回收利用效果。因此具有良好的推广应用前景。

已具备的推广应用条件:

广州能源所在“引进国外杰出人才”资金、所长创新基金、广东省重大节能专项资金的支持下，对梭式窑，隧道窑和辊道窑的余热利用技术进行了科技攻关，目前已成功在不同的炉窑上进行示范系统的建设，节能效果明显。

技术需求方需要提供推广应用条件:

300 万元，厂房 1000 平方米。

成果转化方式:

股权投资，风险投资，技术转让。

82. 有毒/恶臭浓液密封型热泵干燥技术

项目简介:

由于河道水量和污染物浓度时空分布不均，单用生态手段调控净



化黑臭水体很难保证水质达标,而且周期很长、易受季节天气(多雨、高温以及河道的汛期等)影响。本项目可采用物理、生物净化相互结合的综合工艺,既保证净化措施对环境的抗冲击能力,扩大净化系统的**适用范围**,同时延长净化链条,提高出水水质,保证修复效果达标。

本项目为解决黑臭水体处理效率和伴生污泥处理问题,通过研究典型黑臭河道环境条件,研发一套移动式一体化水体综合处理系统,同时通过对处理过程中产生的固废污染物进行无害化减量化处理研究,研制出国内先进的新型节能热泵系统。两大系统的融合可实现高效节能地综合处理污水污泥,最终达到改善水体环境的目标。

主要技术性能与指标:

- 1、综合净化系统处理后的黑臭河道水体主要污染物(CODCr、氨氮)可削减 50%以上。
- 2、本研发装置热泵干燥系统污泥处理能力达到 20 吨/年以上,能效比(COP)可达到 3.5。
- 3、干燥装置采用闭式循环系统,实现污染物内部固化和除臭效果。

适用范围:

主要针对河道、湖泊黑臭水体,也可用于工业污水处理。

已具备的推广应用条件:

广州能源所研究团队在广州市科技项目专项资金的支持下,从全流域的视野出发,系统思考,集成优化河湖水体治理技术及研发生产核心产品,通过物理过滤氧化、生化净化等方法使净化系统同时具备稳定性及深度净化能力,解决单一水生态构建方式运行空间限制多、进水水质阈值低、抗冲击能力差、系统持续运行不稳定的问题,同时针对处理过程产生的恶臭污水污泥,开发节能型热泵干燥技术,最终获得一套移动式一体化综合净化系统,并成功通过广州市生产力促进中心验收和科技成果登记。已具备进入市场化推广的能力

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

预计总投资额 1500 万元:生产线建立及配套设施采购、研究技术及管理人员投入、办公场地及加工车间租赁、能源及材料消耗品周转费用等,预期回收期为 3-5 年。

成果转化方式:

股权投资, 风险投资, 技术转让。

83. 基于蓄热燃烧技术的有机废气高温氧化技术 RTO

项目简介:

基于蓄热燃烧技术的 RTO 技术, 对通过先浓缩, 后氧化再处理的方式, 不但可以有效处理挥发性有机废气 (VOC), 而且可以对浓缩后的 VOC 氧化过程中的热量加以利用, 生产热水、蒸汽或热空气, 真正实现变废为宝, 达到资源化利用的目的。工业生产中产生的挥发性有机废气, 大部分情况下, 浓度很低, 都在 1% 以下, 有些还不到 0.1%。不处理, 就会污染环境, 处理了就要把这些气体加热到 700 度以上进行氧化, 需要消耗不少的能源。采用 RTO 技术后, 在浓度 0.2% 以上时, 就不需要额外的能源来加热就可以自行燃烧, 可节约大量能源。如果废气浓度较高, 还可以做热能回收, 创造**经济效益**。

主要技术性能及指标:

对于低浓度 VOC 废气, 采用高效催化剂, 大幅度降低氧化温度, 运行费用降低 30-40%;

对于 VOC 浓度达到 1000mg/m³ 的有机废气, 无需补燃, 而且可以大量回收 RTO 热能;

对于 VOC 浓度超过 4000mg/m³ 的有机废气, 通过 RTO 热量的有效利用, 2-3 年即可回收设备投资成本;

对于超低浓度大风量的有机废气, 采用先浓缩后燃烧的技术, 设备初投资大幅度降低;

采用独有的切换技术, 排气温度降低到 70℃ 以下, 热量损失小, RTO 补燃的燃料消耗降低 30-40%;

经济效益:

减少污染物排放, 在 VOC 浓度较高时, 可实现余热回收, 减少燃料消耗。

适用范围及应用条件:

适用于处理各种常温、大风量、中低浓度、易挥发的有机废气, 包括苯类、酮类、酯类、醛类、醚类、烷类及其混合类等。广泛用于汽车、化工、制药、造船、摩托车、喷涂、塑料、印刷、油墨、电缆、漆包线、电子、石化、医药、皮革、造纸、家具、建材、印铁制



罐、车辆制造、卷才涂膜、服装鞋帽、食品饮料、钢铁冶炼等生产线配套。

已应用情况:

目前,对于不同 VOC 的需求,我们有针对性的开发相应的技术,基本蓄热燃烧技术基础上,通过 VOC 浓缩或催化,实现最佳的处理效果。随着环保要求的严格,RTO 技术的需求越来越迫切,因此具有良好的推广应用前景。

已具备的推广应用条件:

在蓄热燃烧的基础上,完成了中试。

技术需求方需要提供推广应用条件:

300 万元,厂房 500 平方米。

成果转化方式:

股权投资,风险投资,技术转让。

84. 新型 MVR 蒸发浓缩系统

项目简介:

机械蒸汽再压缩(MVR)技术,可实现二次蒸汽的循环利用,具有节能、节水、易操作、占地面积小等优点,逐步受到市场认可与青睐。但该技术目前仍存在体积大、成本高、换热效率低、易结垢、易腐蚀等问题,严重制约了其大范围推广。

本项目针对现有机械蒸汽再压缩(简称 MVR)系统体积大、成本高、换热效率低、易结垢和腐蚀等问题,结合板式换热器最新技术手段,通过换热板片两侧流体发生相变的耦合匹配设计,最优流道和进出口布置,研发出一种新型 MVR 专用的两侧相变的高效板式换热蒸发器,并研发出一种新型 MVR 专用的高效低能耗高频振荡电磁波除垢、防垢、防锈设备,使换热蒸发器及其管路系不易结垢,从而减小 MVR 系统体积、降低成本,实现其高效稳定工作。

主要技术性能与指标:

1、节能节水:不消耗新鲜蒸汽,不采用冷却塔,无冷却水消耗,运行过程中只消耗电能。运行费用相对传统三效蒸发节约 30%以上。

2、低温蒸发:MVR 系统配合使用真空泵,可以做到在接近绝压

的真空下进行，从而实现低温蒸发，最低可以达到 30 度蒸发。

3、结构紧凑、占地面积小：MVR 系统取消了冷却塔、生蒸汽发生器（燃煤、燃油锅炉、电锅炉），装置简单、紧凑

4、易操作、运行平稳：MVR 系统无压力容器，不需要设立司炉工等，节约成本，采用电力作为唯一热源输入，易操作，运行平稳，自动化程度高。

适用范围：

化工废水、制药废水、高盐废水、染料废水、电镀废水等；果汁、牛奶、蔗糖蒸发浓缩等；中药浓缩、维生素、氨基酸蒸发浓缩等。

已具备的推广应用条件：

广州能源所研究团队在广东省重大科技项目专项资金的支持下，对换热板片两侧流体发生相变的耦合设计及高频振荡电磁波除垢机理研究等进行了 3 年的科技攻关，目前已有效解决 MVR 系统中热效率低、易结垢等问题，最终得到了一套体积小、成本低、换热效率高的 MVR 中试系统，运行稳定可靠，节能节水效果明显，完成可以进入市场化推广。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期)：

预计总投资额 1000 万元：生产线建立及配套设施采购、研究技术及管理人员投入、办公场地及加工车间租赁、能源及材料消耗品周转费用等，预期回收期为 2-3 年。

成果转化方式：

股权投资，风险投资，技术转让。

85. 工厂能源管理系统

项目简介：

能源管理系统（EMS）是采用自动化、信息化技术和集中管理模式，对企业能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化的动态监控和数字化管理，改进和优化能源平衡，实现系统性节能降耗的管控一体化系统。其主要功能包括：

（1）自动监视企业关键设备运行状况，实时掌握能耗情况；

（2）提供各种能耗指标，对能耗数据进行计算，分析工艺流程



的能耗水平;

(3) 对生产过程能源用量、能耗成本进行分摊, 实现需求侧管理;

(4) 发现生产过程的能源浪费, 为进一步实施节能工程提供数据支撑;

(5) 利用能源管理系统进行绩效考核。

由前端水、电、气等数字采集仪器将采集信号以有线或者无线的方式, 通过通讯网关将数据传输至服务器, 上层监控管理系统获取各类能源参数, 对数据进行计算分析, 从而实现生产过程的能源管理和优化调度, 提高企业的能源管理水平和能源使用效率。

应用领域:

(1) 制造企业: 电化学电镀、钢铁、车辆生产线、造纸厂、轮胎厂等高能耗生产企业的能源监控管理;

(2) 大型园区: 工业园区、高新技术开发区等大型园区重点能耗企业的能源监控管理; (3) 楼宇建筑: 政府办公楼、大型写字楼、商场等建筑的能源监控管理。

成果转化方式:

技术服务。

86. 中央空调系统分散水泵节能技术

项目简介:

根据负荷集中程度进行分区处理; 根据负荷要求提供最适合的流量和扬程; 确保变负荷情况下, 没有多余扬程。把原来集中泵组的设计思路改为分区分散配置水泵, 有效降低中央空调冷冻水输送能耗。主要技术优势有:

(1) 节能效果显著: 比多泵并联系统节能 50-80%。

(2) 成本低。水泵单机容量小很多, 泵、变频器、阀规格均缩小, 供应量大, 可选择余地大, 成本低。

(3) 配电容量减少。

应用领域:

(1) 区域供冷。例如广州大学城集中供冷、珠江新城集中供冷。

(2) 大规模公共建筑。例如机场、火车站。

(3) 具有明确分区的商业建筑、工业建筑。

87. 高耗能行业中低温余热发电

项目简介:

在钢铁、石油化工、水泥、玻璃、陶瓷、制糖等行业中,生产过程中产生大量的低品位余热,包括低品位烟气、蒸汽和热水等,这些热量品位低、数量大、分布散,基本不能为生产再利用。广州能源所在低温余热回收发电领域持续不断地进行积极的探索、研究,相继开发出了纯低温余热发电技术及相配套的汽轮机研发、设计、应用技术,可使发电机增加 25% 的发电量。该技术能够将企业中大量的低品位废热集中发电,进一步提高企业能源的利用率,为各种类型企业节能环保开辟了一条新路。

主要技术性能及指标:

(1) 新型干法水泥窑无补燃锅炉的余热发电技术

新型干法水泥转窑生产过程中排放大量热烟气。一座日产 5000 吨熟料的转窑每小时排放 300℃ 以上的热空气与烟气超过 40 万 m³, 这些热量发电装机容量可达 6000~7500 kW。水泥窑余热发电装置利用水泥窑烟气与空气余热,发电时不影响水泥熟料的生产,也不需要额外的补燃燃料,是可靠的余热发电技术。

(2) 热水发电技术

石化企业或钢铁企业的生产过程中常有 70℃ 以上的热水生产,比如高炉的冲渣水温度可达 80~90℃,重油催化装置中有大流量的 120℃ 的热水产生。利用热水发电,取决于热水的温度,大约每吨热水可发电 1.5~4 度电。发电后降温的热水又可以回到生产流程中吸热,循环使用。热水发电技术对热水的水质要求不高,水中的硬度和杂质不影响发电装置的运行,安全可靠,运行操作简单方便。

(3) 浮法玻璃线余热发电技术

目前,国内的平板玻璃行业大多采用浮法玻璃生产技术,一条 500 t/d 的浮法玻璃生产线的烟气余热一般可生产饱和蒸汽 7~8 t/h,目前这些余热蒸汽主要用于冬季采暖,除极少量蒸汽用来加热重油外,大量蒸汽直接对空排放,为此,广州能源所在多年研发饱和蒸汽发电技术的基础上,开发出适合浮法玻璃生产线用的余热发电技术,其经



济效益和社会效益十分显著。

(4) 转炉电炉余热发电技术

转炉和电炉炼钢时产生大量余热蒸汽,但由于转炉和电炉是间歇生产,因而产生的蒸汽是不连续的,压力、温度和流量波动很大,利用难度大。针对这种情况,中国科学院广州能源所开发出转炉和电炉余热蒸汽发电技术。该发电装置投资约 5000~7000 元/kW。投资回收期约 2 年,经济效益和社会效益均十分好。

(5) 烧结矿显热回收技术

炼铁烧结机排出的废气温度可达 300~400℃,这部分废气所含显热占总热耗的 20%左右。从烧结机尾部卸出的烧结矿温度平均为 500~800℃,其显热占总热耗的 35%~45%,热烧结矿在冷却过程中其显热变为冷却废气显热。热烧结矿的显热和废气带走的显热约占总支出的 60%。因此,冷却机废气和机尾风箱废气是烧结合余热回收的重点,烧结矿携带显热采用热交换技术,产生蒸汽发电,扣除设备运行耗能,可以降低烧结工序能耗 10Kgce/t。

适用范围及应用条件:

可在高耗能工业余热利用领域上推广应用,如建材(陶瓷、玻璃、水泥)、钢铁、有色金属、煤炭、电力、石油石化、化工、纺织及造纸等行业,具有良好的推广应用价值。

已应用情况:

(1) 丰顺 300 kW 地热试验电站,是中国第一座热水型地热发电试验电站,利用 90℃左右的地热水发电,已经成功运行 20 多年,是低温余热发电技术的保证和示范;

(2) 中国石油锦州石化分公司 4 MW 余热发电站,该装置是国内第一套同时利用热水及低压蒸汽两股热源发电的电站,该电站于 2005 年 10 月一次性开机调试运行成功;

(3) 济南钢铁集团总公司一炼钢转炉 4.5 MW 余热发电站,是中国第一座转炉烟道饱和蒸汽余热发电站,利用转炉汽化冷却产生蒸汽发电。

投资情况与社会经济效益分析:

本项目投资和经济社会效益根据余热资源的品位和规模确定,通常投资回收期为 2~3 年。

成果转化方式:

技术开发应用、股权投资、合同能源管理。

88. 可燃固体废弃物两段式热解旋流燃烧技术

项目简介:

固体废弃物是指人类在生产、消费、生活和其他活动中产生的固态、半固态废弃物。固体废弃物不仅污染环境，还危害人类健康，已发展成为一个全球性问题。传统的固体废弃物处理技术主要有填埋、堆肥以及焚烧。焚烧已成为目前固体废弃物处理与处置的主要手段，但还存在许多问题。

针对可燃固体废弃物直接焚烧存在燃烧不充分、温度分布不均、易产生二次污染等问题，本项目开发了可燃固体废弃物两段式热解旋流燃烧技术，其原理是在无氧或缺氧条件下先将可燃固废中主要能量元素 C/H/O 转化为小分子可燃气，再将可燃气完全燃烧生成 H_2O 和 CO_2 ，并产生热能。该技术集成了热解气化技术和燃烧技术的特点，有效提高了可燃固体废弃物的利用效率、利用范围和经济性，有效阻止二次污染的生成，实现了可燃固体废弃物的无害化处置，并可以将其转化为热等清洁能源，可持续解决可燃固体废弃物出路问题，有效的改善环境。

主要技术性能及指标:

(1) 可燃固体废弃物热解气化过程是在贫氧或缺氧气氛下进行，从原理上减少了二噁英的生成，同时大部分的重金属等有害物质溶入灰渣，减少了粉尘的排放量；

(2) 在气相燃烧过程中，可燃固体废弃物生成的可燃气经内构件强制形成旋流燃烧，使得烟气停留时间 $>3s$ ，很大程度上抑制了二噁英等污染物的生成；

(3) 旋流燃烧的温度 $950\sim 1300^{\circ}C$ ，燃烧更充分，并产生大量的热能，可采用废热锅炉回收余热，具有较高的热效率。

适用范围及应用条件:

本技术适用于城市生活垃圾、可燃工业废弃物、医疗废物等有机固体废弃物的无害化处理。可燃固体废弃物两段式热解旋流燃烧技术结合车载技术，可实现随时随地进行可燃固体废弃物无害化处理并将其转化为热能等清洁能源，商业应用模式灵活。



成果转化方式:

股权投资, 合作开发。

89. 生活垃圾自动分选技术

项目简介:

我国生活垃圾具有区域变化大、混杂程度高、尺度跨度大、季节性变化强等特征, 直接利用十分困难。通过将破袋、磁选、风选、钩选等相关技术有机结合, 采用钟摆式辊轮破袋分选技术, 可实现垃圾复杂组分的有效及时分选。将城市生活垃圾分为可燃物, 可腐物和玻璃, 金属, 轻质塑料等可回收物, 为资源化利用提供支撑。

主要技术性能及指标:

- (1) 处理量 10-15 吨/小时;
- (2) 耗电量小于 10kwh/吨;
- (3) 无缠绕, 无堵塞。

适用范围及应用条件:

本技术可广泛应用于我国混杂生活垃圾的分选。

已应用情况:

已完成中试, 效果良好, 即将在广东省及全国各地推广。

成果转化方式:

股权投资, 合作开发。

90. 生活垃圾资源-能源化利用系统

项目简介:

据统计, 2014 年我国城市生活垃圾的年清运量约为 1.91 亿吨, 并以每年 8%-10% 的速度增长, 全国 667 座城市中, 有近三分之一的城市遭遇“垃圾包围城市”的局面, 全国城市生活垃圾的处理问题已成为影响我国城市化进程和可持续发展的重要因素之一。针对目前垃圾填埋场选址难, 垃圾焚烧厂受到民众抵制的现状, 开发生活垃圾资源-能源化利用系统。其具体过程是将生活垃圾通过自动分选设备分为可燃物, 可腐物与可回收物三类, 将可燃物制成垃圾衍生燃料(RDF)或压制成建筑用模板, 可腐物通过干式发酵转化为沼气和有机肥, 可

回收物中玻璃，金属回收，轻质塑料用于炼制燃料油，可在实现生活垃圾资源-能源化利用的同时达到“近零排放”。

主要技术性能及指标:

- (1) 吨投资成本 20-25 万元 (不含征地, 三通一平);
- (2) 无害化处理率 100%;
- (3) 减容、减重率 > 95%;
- (4) 干式发酵产气率达到 $0.3\text{m}^3/\text{kgTS}$;
- (5) 有机肥符合国家标准, 可长期使用;
- (6) RDF 热值高于 2800kcal/kg , 燃烧达到《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014) 与《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014);
- (7) 建筑用模板不开裂, 不变形, 可反复使用;
- (8) 燃料油质量达到国家标准。

适用范围及应用条件:

本技术针对我国生活垃圾的特点开发, 可广泛应用于生活垃圾的处理。

已应用情况:

正在清远、南京等地建设示范工程, 并正与国内多地洽谈合作。

成果转化方式:

股权投资, 合作开发。

91. 高可靠性热管换热器

项目简介:

本技术发明的氧化除氢热管技术, 可有效克服热管的钢水化学不相容现象, 大大提高钢水热管工作可靠性。使用本技术可以制出世界上工作寿命最长, 性能最稳定的钢水热管, 目前已成功应用于六十多个项目上, 并得到了用户的广泛好评。

主要技术性能与指标:

长寿命和高稳定性, 安全性好。

技术特点:

热管的工作寿命比普通热管延长一至二倍, 耐磨寿命提高接近一



倍。维护简单，装拆方便，易于更换。

适用范围:

可应用于各种工业炉窑和电站锅炉的尾气利用、余热回收，节能降耗上，主要应用于空气预热器等设备上。

已具备的推广应用条件:

目前使用我们的氧化除氢技术的热管空气预热器已成功地应用于工业窑炉和电站锅炉上。如广州钢铁厂热风炉的热管空气预热器，海南木棉糖厂 20 T/h 锅炉的热管空气预热器，陕西户县电厂 170 T/h 锅炉的热管空气预热器，陕西略阳电厂 130 T/h 锅炉的空气预热器，宝鸡电厂 130 T/h 锅炉的热管空气预热器，四川建峰热电厂 75 T/h 的热管空气预热器等已经有六十多项。多年的实践证明，使用我们发明的氧化除氢技术的热管空气预热器具有最稳定的性能和最长的工作寿命，受到用户广泛赞扬和欢迎。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

回收期一般在一到八年。

成果转化方式:

技术服务、合作开发。

92. 抗腐热管省煤器

项目简介:

针对高腐蚀、气液换热的场合，如化工、硫酸等行业高腐蚀性条件下换热。

主要技术性能与指标:

能长时间耐硫酸腐蚀

技术特点:

(1) 耐硫酸的高腐蚀换热条件；(2) 具有较高传热系数；(3) 壳侧流阻较小；不易垢；(4) 减少维修费用。

适用范围:

化工、硫酸等行业高腐蚀环境

经济效益:

在原来难以回收热量的腐蚀条件下回收了这部分热量,大大降低能源消耗量。

已具备的推广应用条件:

目前已经成功地应用于多个硫酸企业。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

回收期一般在一到八年。

成果转化方式:

技术服务、合作开发。

93. 低热值燃气燃烧技术及烧嘴

项目简介:

本项目发明了一种结构简单、适用于多种类低热值燃气的自回热型旋流燃烧装置,有效克服了低热值燃气难以稳定燃烧的问题,减少了高热值辅助燃料的消耗,具有结构简单,燃烧效率高,NO_x及CO排放浓度低等特点,对改善我国低热值燃气利用效率低,污染排放严重的现状有积极的意义。该技术可以应用于锅炉及各种热利用设备中。

主要技术性能与指标:

- (1) 适用燃气热值: 4 MJ/m³ 以上;
- (2) 燃烧效率: 大于 99%;
- (3) NO_x 排放浓度: 小于 5 mg/m³。

技术特点:

处理低热值燃料, 污染物排放低。

适用范围:

可以充分利用冶金、石油化工、生物质热解、垃圾气化处理等工业过程中产生的多种类燃气,有助于实现工业节能和扩大燃料利用范围。

已具备的推广应用条件:

本项目完成了处理量为 50 m³/h 的小型试验研究, 燃烧装置可以



充分燃烧热值 4 MJ/m³ 以上的多种低热值燃气，燃烧效率大于 99%，NO_x 排放均值小于 5 mg/m³，已具备推广应用的基础。

技术需求方需要提供推广应用条件(建设规模及其对应的资金及回收期):

目前该技术已经完成小型示范装置。

成果转化方式:

合作开发。

94. 高碳燃料的天然气替代及清洁利用技术

项目简介:

燃用液化气、煤气等高碳燃料会造成二氧化碳排放量高、颗粒物多的问题，从二氧化碳减排、减少碳烟等颗粒物排放的角度出发，开发能显著降低二氧化碳排放和清洁燃烧的天然气来替代及清洁利用技术，改善目前国内天然气利用氮氧化物高、传热效率低的利用现状，通过在钢铁、陶瓷、建材、有色金属冶炼等热加工重点行业的技术改造和提升，提高我国天然气的应用规模和技术水准，增加能源利用效率，降低能耗和减少二氧化碳、氮氧化物、碳烟等污染物的排放。

主要技术性能与指标:

天然气替代原高碳燃料燃烧形成示范生产线后，同等热负荷下单位产品的 CO₂ 减排量大于 30%；系统 NO_x 排放低于 100ppm，颗粒物排放低于 10mg/m³。

技术特点:

- (1) 天然气的高效燃烧组织技术；
- (2) 天然气燃烧中 NO_x 的抑制技术；
- (3) 天然气燃烧中“自增碳”式强化传热技术；
- (4) 天然气燃烧系统的优化设计技术。

适用范围:

燃用煤气、液化气等高碳燃料的不锈钢退火炉、镀锌板退火炉、工业窑炉、工业和民用锅炉、金属熔融炉等皆可应用。

已具备的推广应用条件:

项目开发的天然气低碳燃料替代的减排燃烧技术和成套设备已经在 40 万吨镀锌冷轧钢板退火炉辐射管式燃烧系统进行了应用,项目采用天然气替代原有的 LPG 退火炉系统后,年减排二氧化碳 2294 吨,经过企业测算,每年可为企业节约燃料成本约 3000 万元,取得了明显的经济和环境效益,同时为镀锌板退火炉高碳燃料改造起到了示范作用,相关技术已经申请国内发明专利多项,具备推广应用的基础。

成果转化方式:

- 技术服务及合作开发

95. 工业加热用天然气低 NO_x 燃烧器

项目简介:

项目以开发天然气低 NO_x 燃烧技术为目的,研制了一套集成旋流、浓淡与分级燃烧相结合的天然气燃烧烧嘴系统,能实现在工业加热用燃气燃烧中抑制 NO_x 的生成,在陶瓷、冶金、钢材等行业有着广泛的用途。

主要技术性能与指标:

- (1) NO_x 排放浓度: 低于 100ppm, 最低可达 40ppm;
- (2) 燃烧效率: 99%以上;
- (3) 热负荷: 连续可调。

技术特点:

天然气的低 NO_x 燃烧,可直接排放减少烟气后处理。

适用范围:

本项目燃烧器典型应用配合辐射管可用于钢板连续生产线的退火和镀锌工艺,以及在特殊钢连续生产的退火工艺。通过配合加热炉条件进行燃烧器结构参数相应调整,可以推广应用于陶瓷窑炉加热和燃气锅炉改造等。

已具备的推广应用条件:

目前已经完成实验室原理验证,并进行了工业级中试验证。已完成甲烷和丙烷燃料燃烧对比中试,在燃烧天然气时,NO_x 排放低于



100ppm, 最低可达 40ppm。

成果转化方式:

合作开发。

96. 连续式蓄热燃烧技术

项目简介:

该项目针对陶瓷隧道窑、钢铁烧结矿环形冷却机等复杂工业系统开发三维模型仿真平台,对系统的燃烧特性参数、流动特性参数、污染物排放等进行仿真模拟研究,为工业窑炉、环冷机等复杂系统的结构设计、工况优化提供数据支持,对相关企业的节能减排工作具有重要的实际操作价值和意义。

主要技术性能与指标:

- (1) 大型复杂系统的三维模型构建及平台开发;
- (2) 系统参数调节对温度、流速、压力、污染物等影响的数值模拟;
- (3) 结构改进对系统温度、流速、压力、污染物等影响的数值模拟。

技术特点:

建立了分结构耦合的模拟方法,对复杂系统整体上进行三维模型开发,有效节约了计算时间,减少了物理模型的网格数量和对计算机硬件的要求。

经济效益:

可广泛为企业工业炉窑结构设计、燃烧器选型、工况调节提供数据支持,降低企业改造和设计成本。

适用范围:

各种复杂工业加热系统,包括热处理、建材、陶瓷、玻璃、铝型材、有色金属、石油化工、机械、轻工等行业用的工业炉窑、燃烧器、烟气余热利用系统,均有广阔的市场。

已具备的推广应用条件:

目前正在超大截面宽体隧道窑系统、钢铁烧结矿环形冷却机、兆瓦级工业低氮燃烧器的结构优化和开发中进行了应用,建立了复杂

系统三维仿真平台，拥有多台高性能计算服务器，已具备坚实的推广应用基础。

成果转化方式：

技术服务及合作开发。

97. 企业能源管理系统

项目简介：

该系统最主要的功能模块包括能源流程网络、能量平衡分析、能耗趋势分析等，管理员通过查看不同统计期的能源流程网络、能量平衡、能耗趋势，可以非常直观地详细地了解各种能源的流向、各个部门或各个使用终端（用能设备）的能源消耗状况。

主要功能模块包括：

（1）系统用户管理；（2）用能企业管理；（3）能源类型管理；（4）物料类型管理；（5）企业部门管理；（6）能源计量设备管理；（7）物料计量设备管理；（8）能源流程网络设置；（9）能源计量器具汇总；（10）能源数据录入；（11）能源数据审核；（12）物料数据录入；（13）物料数据审核；（14）能源流程网络；（15）能源费用分析；（16）能源消费结构分析；（17）能量平衡分析；（18）能源收支平衡分析；（19）能源消费汇总；（20）部门能耗汇总；（21）部门能耗分析；（22）综合能耗趋势；（23）部门能耗趋势；（24）报表管理；（25）能源台帐管理；（26）物料台帐管理；（27）能源计量设备台帐；（28）物料计量设备台帐；（29）数据维护管理；等。（由于篇幅有限，需更详细的了解可按联系方式索取资料）

技术特点：

能源流程网络除了按照国家标准 GB/T 16616《企业能源网络绘制方法》设计外，还在其基础上考虑了售出能源、回收利用能源，并将能源损失细分为贮存损失、转换损失、输送损失、回收损失和最终损失。在国家标准 GB/T 16616 中，最终使用环节中只是按主要生产、辅助生产、其它等来分类，而未细分到使用终端或车间部门。在本系统中，用户则可以根据自己的需求分别选择三种不同方式（三种方式分别为使用终端、主要辅助、车间部门）来显示能源流程网络。在该模块中，用户也可以调整各个单元的位置，美观网络画面。能源流程



网络统计完成后，用户可以点击“复制图片”，将整个完整的能源流程网络图片复制到剪切板，然后粘贴至画图板或其它图片处理程序进行编辑。

能耗趋势分析，用户可以分析整个企业和每个用能单位的在不同时期的总能耗、产品总产量、产品总产值以及产品单耗、万元产值能耗等，并根据需要按班趋势、日趋势、月趋势和年趋势分别以柱状图显示出来。

经济效益：

可在线监测企业的生产能耗动态信息，使用户实时了解生产环节和重点耗能设备的单位能效及变化趋势，并生成各种能耗与能效曲线、报表，如：单位能耗、班耗、重点设备能耗等，为实施节能考核、能耗统计、能效评估等提供准确、可靠的数据，使企业准确合理地分析、评价自身的能源利用状况，是实现对能源消耗情况及监督管理的有效手段，从而降低单位产品的能源消耗、提高能源的利用效率，降低生产成本，提高**经济效益**。同时，依靠技术进步、制度创新、管理水平的提高来推动企业节能管理工作。

适应范围：

工业企业

已具备的推广应用条件：

已完成系统的开发。

成果转化方式：

技术服务。

98. 基于燃料燃烧的微型能源动力系统

项目简介：

项目开发的基于燃料燃烧的瓦级微型能源动力系统，具有体积小、能量密度高、续能方便的特性，直接输出电能，能满足微/小型便携仪器、机电产品持续供能需求，在科研、医疗和国防等方面有着广泛用途，如为野外数据采集仪器、无人动力装置提供不间断供能。

主要技术性能与指标：

(1) 输出电能：瓦量级；(2) 燃用燃料：碳氢燃料；(3) 发电模式：

电热温差发电

技术特点:

低热损失燃烧器保障燃烧稳定性, 水冷温差发电保障工作温差。

适用范围:

基于燃料燃烧微型能源动力系统, 可以为各种便携设备、微小机电系统产品、日常生活小型设备提供不间断、高能量密度的能源, 可以在野外作业仪器设备、无人机、特殊条件下机器人、医疗器械等诸多产品中应用。

已具备的推广应用条件:

目前已经完成实验室原理验证。已完成甲烷和二甲醚燃料发电系统的实验室测试, 输出电能可在 2W 以上, 系统效率 1.2%。

成果转化方式:

合作开发。

99. 连续式蓄热燃烧技术

项目简介:

连续式蓄热燃烧技术 (Continuous Regenerative Heat Combustion 简称 CRHC) 技术是一种先进的燃烧技术, 该技术通过高效蓄热体“极限”回收烟气中的余热用于加热助燃空气, 利用 HTAC 技术, 克服了火焰切换时造成的温度、压力的波动, 使燃烧效率显著提高, 并能降低氮氧化物的排放浓度。核心技术团队先后承担了省院合作项目 1 项, 省重大科技项目 1 项, 企业委托项目多项, 在关键技术突破的基础上实现了良好的节能效果。

主要技术性能及指标:

(1) 采用金属蜂窝陶瓷作为蓄热材料, 温度效率高, 换热快, 寿命长;

(2) 采用分级燃烧方式, 可实现单台燃烧器蓄热状态下连续燃烧, 炉膛内温度与压力波动小, 适合更多加热工艺;

(3) 燃烧过程中, 燃气或燃油连续供给, 不会出现燃料管堵塞、结焦、断火等现象;

(4) 可以实现冷态开始蓄热, 空气与燃气调节容易, 适合多种炉



型。

适用范围及应用条件:

适用于冶金行业的各种热处理炉,熔铝炉、玻璃炉窑、梭式窑等各种燃气和燃油的工业炉窑,既可应用于新炉窑的设计,也可应用于旧炉窑的改造。

已应用情况:

目前,连续式蓄热燃烧技术已在日本、德国等成功应用,取得良好节能效果。在国内,该技术为空白。因此具有良好的推广应用前景。

已具备的推广应用条件:

广州能源所在“引进国外杰出人才”资金、所长创新基金、广东省重大节能专项资金的支持下,对连续式蓄热燃烧技术进行了 3 年的科技攻关,目前已成功解决了换向装置、燃烧器结构、蓄热材料等核心技术,并建设了小型示范系统,在梭式窑上进行了中试,效果很好,在熔铝炉、搪胶炉等高中低温炉窑进行了试用,节能效果明显,完全可以进入市场化推广。

成果转化方式:

股权投资,风险投资,技术转让。

100. 液排渣煤粉低尘燃烧技术及系统

项目简介:

该项目开发的煤粉低尘燃烧技术是在液态旋风排渣燃烧技术上发展的一项清洁燃烧技术,具有燃烧效率高,灰渣易于捕获,系统简单,NO_x 排放浓度低等特点,对改善我国燃煤窑炉热效率低,污染严重的现状,实现工业窑炉的现代化生产有积极的意义。同时可在燃油气窑炉上实现以煤代油、气,缓解石油资源紧缺的状况。

主要技术性能与指标:

- (1) 燃烧效率: 大于 99%;
- (2) 捕渣率: 90%左右;
- (3) NO_x 排放浓度: 小于 250 mg/m³;
- (4) 实现两吨煤替代一吨重油。

技术特点:

采用独特的头部旋流进风技术,使燃烧器内温度分布呈现沿中心轴线对称分布的特点;可拆卸结构的煤粉点火结构保证了系统的稳定性和灵活性,采用新型高强度的耐火材料和燃烧室壁冷却结构,保证了燃烧室的工作寿命。

适用范围:

煤粉低尘燃烧器的主要用户为各种工业加热炉窑,在电炉炼钢、锻造、热处理、建材、陶瓷、玻璃、铝型材、有色金属、石油化工、机械、轻工以至酒店餐饮等行业,煤粉低尘燃烧技术均有广阔的市场。

已具备的推广应用条件:

目前已经建立工业中试示范装置,正在实施陶瓷行业、耐火材料行业的窑炉改造。本项目完成了煤粉低尘清洁燃烧技术的工业化实验研究,通过示范性煤粉低尘工业窑炉的研建,研制商业化实用型低尘燃烧器,进行连续、可调节煤粉输送技术改进研究,进一步改进燃烧器的负荷调节性能,燃烧器达到 90%捕渣率,实现高效低尘稳定燃烧,燃烧效率大于 99%;分级燃烧技术实现 NO_x 排放的可调控制,NO_x 排放均值小于 250 mg/m³,均达到了预定的技术指标,相关技术已经申请国内发明专利多项,具备推广应用的基础。

成果转化方式:

技术服务及合作开发。

101. 重质渣油的高效清洁燃烧利用

项目简介:

铝、铜、锌等金属熔炼炉多采用劣质渣油作为加热燃料,针对金属熔炼炉存在的燃料冷点火和严重冒黑烟现象、能源利用效率低等问题,开发以重油空气泡雾化技术和烟气换热技术相结合的重质渣油高效燃烧技术,明显改善劣质重油的雾化效果,使燃料颗粒和助燃空气充分接触,提高燃料的燃烧效率;并对烟气余热进行有效回收利用,可有效提高金属熔炼炉的能源利用效率,降低熔炼金属的单位燃料消耗量。

主要技术性能与指标:

(1) 重油燃烧效率>98%; (2) 烟气余热回收率>60%, 排烟温度/℃ <



200; (3) 熔炼金属单位油耗降低 25%–30%。

技术特点:

采用高效空气泡雾化方式改善劣质油的雾化效果, 烟气余热回收提高助燃风温度, 能使燃料颗粒和助燃空气充分接触, 促进提前着火, 改善劣质重油的燃烧效率。

经济效益:

采用劣质重油高效节能燃烧技术后, 能源利用效率可提高 25% 左右; 对于年熔铝 10 万吨的企业, 按照吨铝单位油耗 75Kg, 油价 6000 元/吨计算, 年节能量: $10 \times 10000 \text{ t} \times (75-60) \times 10^{-3} \text{ t} \cdot (\text{t 铝}) = 1500 \text{ t}$ 油, 折合 2185 吨标煤; 年节约燃料成本: $1500 \text{ t} \times 6000 \text{ 元/t} = 900 \text{ 万元}$, 经济效益非常可观。

适用范围:

铝型材加工企业、炼铜、炼锌等金属熔炼行业燃用重质渣油的工业加热系统。

已具备的推广应用条件:

目前已经在燃用重质渣油的 20 吨铝熔炼炉燃烧系统上进行了应用改造, 第三方的能耗检测表明, 系统改造后熔铝炉能耗由改造前的 75Kg/(吨铝) 下降到 61.88 Kg/(吨铝), 折算为标煤的单位能耗为 76.32 kgce/t, 吨铝的单位能耗较技改前下降 13.6%, 相关技术已经申请国内专利, 具备推广应用的基础。

成果转化方式:

技术服务及合作开发

102. 大功率 LED 灯具高效散热技术

项目简介:

该项目开发的体式热管散热技术和灯杆散热技术利用了热管的高效散热原理, 又摒弃了传统热管结构的束缚, 特别适用于大功率 LED 灯具的散热, 具有成本低、散热效率高等优点。能够大幅度提高大功率 LED 灯具的使用寿命, 对半导体照明起到很好的推动作用。

主要技术性能及指标:

(1) LED 结温温升不超过 30℃;

(2) LED 灯具能够在 50℃ 高温下连续正常工作;

(3) 灯具寿命大于 5 万小时。

适用范围及应用条件:

LED 路灯、隧道灯、广场灯、投光灯、射灯、工矿灯等等。

已具备的推广应用条件:

本项目完成了原理实验测试和几种样灯的设计,证实了散热原理的可行性,样灯经过反复测试和改进,均达到了满意的技术指标,已具备推广应用的基础。

成果转化方式:

合作开发。

103. 大型数据中心冷却节能关键技术

项目简介:

大型数据中心冷却节能关键技术是基于高密度蓄冷条件下实现自然冷源和电制冷冷源的互补供冷,本技术适用于数据中心全年全天的供冷需求。在自然环境温度无法直接利用时,采用自然冷源一次冷却,电制冷二次冷却,实现自然冷源梯级利用,通过自然冷源梯级利用提高自然冷源利用率;在冬季和过渡季节,充分利用自然冷却直接供冷;夜间在自然冷源满足直接供冷需求情况下对富余冷量进行蓄存,并于白天进行放冷,实现自然冷源深度利用;夏季充分利用高密度蓄冷实现移峰填谷,提升电网效率。本技术提供多种运行控制模式实现自然冷源的深度、平稳利用,大幅延长全年自然冷源利用时间,显著降低冷却系统运行费用,具有良好的节能效果。

大型数据中心冷却节能关键技术充分发挥自然冷却节能优势和高密度蓄冷技术的移峰填谷、经济效益优势。在不同应用场景和气候条件下,显著提高自然冷源利用温度阈值和利用时长。自然冷源的间接利用和高密度蓄冷的集成优化,实现了自然冷源深度、平稳、洁净利用,解决目前数据中心冷却中自然冷源利用不充分,能耗和运行费用过高的问题。

主要技术性能与指标:

(1) 该技术将冷冻水供冷温度由 7℃ 提高至 10℃ (或更高),制冷机组直供状态下机组能效比 COP 提高 8% 以上。



(2) 在自然冷源供冷(蓄冷)工况下,全年综合 COP 最高可达 9.0。

(3) 大温差蓄冷,将蓄冷温差由 4/11℃提高至 4/15℃,实现蓄冷水池高密度蓄冷,可降低蓄冷容积 30%以上。

(4) 与传统制冷系统相比节能量 10%~30%左右,节省运行费用 20%~35%。

技术特点:

(1) 双源互补自然冷源梯级利用技术。自然冷源与电制冷冷源双源互补供冷,当自然环境温度无法直接利用时,利用自然冷源一次冷却,电制冷二次冷却,实现自然冷源梯级利用,显著提高自然冷源利用温度阈值,大幅延长自然冷源利用时间。

(2) 自然冷源深度利用技术。在冬季和过渡季节,充分利用自然冷源供冷,并在夜间自然冷源高于供冷需求情况下对富余冷量进行蓄存,并于白天进行放冷供冷,实现自然冷源深度利用,有效降低运行费用。自然冷源是不稳定冷源,通过蓄冷系统冷量缓冲作用,实现自然冷源平稳、洁净利用。

(3) 基于高温供冷的大温差高密度蓄冷技术。目前大多数数据中心的实际供冷工况为制冷机组标准工况(7/12℃),显著低于数据中心冷却本身需求供冷温度,造成能源极大浪费。本技术采用与数据中心冷却相匹配的中高温供冷温度,实现高温供冷设计与运行控制。采用高温冷水供冷,直供制冷机组 COP 可显著提高,同时提高自然冷源利用温度阈值和蓄冷密度,实现自然冷源深度利用和大温差、高密度蓄冷。

(4) 自然冷却、高密度蓄冷集成及运行控制技术。自然冷却、电制冷和高密度蓄冷技术的集成优化,可根据室外温度实现自然冷源单独供冷、自然冷源联合冷水机组供冷、自然冷源联合冷水机组蓄冷、冷水机组单独供冷、蓄冷水池供冷、冷水机组蓄冷、自然冷源单独蓄冷等多种运行模式的灵活切换,与传统电制冷相比节能量 10%~30%左右(与应用地域相关),节省运行费用 20%~35%。

适用范围:

可在大型数据中心冷却领域推广应用,也适用于冶金矿产行业、建筑行业、食品行业等工艺性冷却。

已具备的推广应用条件:

已完成高密度蓄冷技术, 自然冷源梯级利用技术, 高温冷冻水技术以及集成控制系统的研发, 在中国联通华南(东莞)数据中心上进行了节能示范应用。

成果转化方式:

技术开发应用、股权投资、合同能源管理。

104. MVR 蒸发浓缩技术

项目简介:

MVR 蒸发器(mechanical vapor recompression)的中文意义是机械式二次蒸汽再压缩蒸发器, 是利用蒸发系统自身产生的二次蒸汽及其能量, 经蒸汽压缩机压缩做功, 提升二次蒸汽的热焓, 用来为蒸发浓缩提供热量。与传统多效蒸发相比, 该技术避免了蒸汽冷凝热的浪费, 蒸发过程无需鲜蒸汽, 仅需消耗部分电能转化为压缩机功, 提升蒸汽焓。

MVR 蒸发器是新一代蒸发器技术, 作为一种节能环保的高新技术连续被选入国家“十二五”和“十三五”技术应用推广目录。MVR 蒸发器与传统蒸发器相比, 不但具有极大的节能环保优势, 而且降低了运营成本, 是传统多效蒸发器的最好的升级换代蒸发浓缩系统。

MVR 技术由于蒸发器换热温差小、热流密度大, 客观上对换热器性能提出了更高的要求。本项目以高比表面管作为换热元件的高效 MVR 蒸发器, 降低了换热器表面热阻, 提高了湍流强度, 提高了大型蒸发设备的运行稳定性和可靠性。中科院广州能源所研究团队开发的高效 MVR 蒸发器较普通 MVR 蒸发器换热面积节省 25%~35%, 体积降低 30%以上, 重量降低 25%以上, 运行电耗降低 10%以上, 且设备可靠性得到进一步提高。可广泛应用于制药、轻工食品、石油化工、生物工程、废水处理等行业

技术特点:

- 1) 低能耗、低运行费用, 能效相当于多效蒸发的 8-10 效;
- 2) 占地面积小;
- 3) 公用工程配套少, 工程总投资少;
- 4) 运行平稳, 自动化程度高;
- 5) 无需原生蒸汽;



- 6) 可以在 40℃ 下蒸发而无需冷冻设备, 特别适合热敏性物料;
 7) 换热器较普通 MVR 蒸发器体积降低 30%, 重量降低 25%, 且可靠性得到进一步提高。

项目实例性能及指标:

1) 电镀废水处理零排放系统

电镀废水含氯化钠、硫酸钠、硝酸钠、其它锌、铜、镍盐溶液(浓度 5%) 进料 10-11t/h。

采用立式强制循环蒸发器

蒸发器管程介质: 硫酸镍, 温度 90-100℃

蒸发器壳程介质: 蒸汽, 温度 100-110℃, PH=4-5

处理量: 11t/h, 通过进料电磁流量计监控, 进料温度 32-42℃

蒸发量 10t/h, 通过冷凝水流量计监控

出料量: 1.0t/h, 通过密度计监控

蒸发器与传统 MVR 蒸发器传热传质性能比较:

	传统 MVR 降膜蒸发器	高比表面 MVR 蒸发器	比较 (传统 / 高比)
管子规格	Φ 32*1.5*10000	Φ 32*1.5*8000	
管子数	1132	1078	
换热面积	1138	867	31.26%
传热系数 $w/m^2 \cdot ^\circ C$	732.3	961.2	-23.81%

2) 硫酸镍 MVR 蒸发浓缩系统:

降膜式蒸发器

蒸发器管程介质: 电镀废水, 温度 98-99℃

蒸发器壳程介质: 蒸汽, 温度 99-107℃, PH=4-5

处理量: 10t/h, 通过进料电磁流量计监控, 进料温度 35-45℃

蒸发量 2.2t/h, 通过冷凝水流量计监控

出料量: 1.3t/h, 波美度 1.51, 通过密度计监控

	传统 MVR 降膜蒸发器	高比表面 MVR 蒸发器	比较 (传统 / 高比)
管子规格	Φ 32*1.5*5000	Φ 27*1.5*5000	
管子数	492	384	
换热面积	224	142	36.61%
传热系数 w/m^2	124.0	195.7	-57.7%

适用范围及应用条件:

MVR 的应用领域非常广,可以说传统多效蒸发器应用的地方,MVR 蒸发器也完全可以取而代之。目前已广泛应用于制药、轻工食品、石油化工、生物工程、环保废水治理等行业。

已具备的推广应用条件:

广州能源所自 2013 年起就与企业一起合作开发 MVR 蒸发浓缩技术,利用能源所研究团队掌握的高效换热核心技术和合作企业在机械蒸汽再压缩技术的相关研发、生产、销售方面的经验,已开发出系列 MVR 蒸发设备,并应用于工业废水的处理和重金属物质的回收利用、食品行业、中药收膏、印染行业、垃圾渗滤液的处理等行业,目前已有成功应用案例十几个,采用能源所开发的高效 MVR 蒸发换热设备近二十台。

已具备的推广应用条件:

MVR 蒸发器从 2007 年起开始从北美和欧洲进入中国市场,主要应用在食品深加工、奶制品行业、工业废水处理和饮料等行业。与此同时,中国也有为数极少的公司开发了国产 MVR 蒸发器产品,并开始在市场上推广。但所占市场份额分很少。依然以进口为主。因此,中国蒸发器市场的结构依然是以传统多效蒸发器为主和部分 MVR 蒸发器为辅的格局。其主要的原因是,MVR 蒸发器是新产品,人们对 MVR 蒸发器的应用不甚了解,其次是进口 MVR 蒸发器的价格十分昂贵。但国内外蒸发器市场的发展趋势一定是 MVR 蒸发器逐渐取代传统的多效蒸发器,而且 MVR 蒸发器是传统多效蒸发器的升级换代的必然产品。近年来,MVR 技术在我国应用领域越来越广,技术应用也越来越成熟,市场占比每年以两位数增长,市场前景广阔。

广州能源所开发的高效 MVR 蒸发换热设备已经在工业废水的处理和重金属物质的回收利用领域得到成功应用,积累了多年的运行经验,实践证明可有效降低 MVR 蒸发器综合成本,已具备良好的推广应用条件。

成果转化方式:

技术服务、合作开发、股权投资。



105. 废弃塑料热裂解制备润滑油基础油

项目简介:

由于塑料具有质轻、价廉强度高和容易加工等优良性能，在生产生活中得到了非常广泛的应用。然而由于塑料的使用周期较短且在自然条件下难以降解，对环境的污染也日益严重，对人们的生产生活带来了严重的影响。此外，塑料是以石油等不可再生资源为原料合成的，在自然资源匮乏的今天，大量废旧塑料的遗弃，无疑是对地球资源的极大浪费。因此，废弃塑料的合理处理不仅是保持环境的需要，同时也是资源合理再利用的迫切要求。

常用的废弃塑料处理方法有填埋法和焚烧法。这两种方法不能从根本上来解决废弃塑料的污染问题，处理过程中易产生二次污染。从化学结构上来说，塑料是一种具有较高聚合度的高分子材料，其中的化学键在热能的作用下能够发生断裂，生成链长、结构无一定规律的低分子化合物，在适当的温度、压力和催化剂等条件下，可以使用其中特定数目链长的产物的生成量大大增加，从而可以获得具有较高附加值的化工产品。

本项目以聚乙烯、聚丙烯以及混合聚烯烃为原料，首先通过反应釜的低温热裂解制备了一系列的裂解蜡；其次，以长链烯烃和裂解蜡为原料，利用能源化工实验室自行研制的催化剂对其进行催化加氢异构反应，得到具有较高附加值的石油化工产品。

主要技术性能及指标:

反应温度小于 500℃，产物组成为：汽油 27.1%，柴油 23.5%，润滑油 15.3%。柴油的凝点和润滑油的倾点分别为-31 和 14℃，润滑油的粘度指数为 167，达到 API III 类润滑油基础油的粘度指数要求。

已具备的推广应用条件:

小试技术已经成熟，目前正在设计筹建年处理千吨级废弃塑料热裂解生物高附加值石油产品中试系统。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

成果转化方式:

技术服务，合作开发。

106. 高浓度难降解有机废水处理技术

项目简介:

目前能源和环境问题已成为了影响我国国民经济能否可持续发展的重大问题。高浓度难降解有机废水所含有机物浓度高、难以生物降解、水质条件复杂,在进行生化处理之前,如何去除或者降低废水毒性、改变水质条件使其能被后续生物降解代谢是直接影响废水处理效果的关键因素。本项目开发的铁碳微电解填料可以有效的氧化降解有机物质,有效提高污水的生化比,使生化法难以直接降解的物质通过改性得以去除,从而能在生化处理后达标排放,为化工、制药、印染、焦化等行业解决废水出口问题,对我国的“绿水工程”有重要的经济及社会意义。

本技术开发了廉价的纳米铁碳微电解填料,同时结合芬顿处理技术突破了高浓度难降解有机废水的处理技术。

主要技术性能与指标:

该产品及相关处理工艺已经以印染纺织废水、皮革厂废水、松节油废水、电镀废水为对象进行了前期研究,松节油废水 COD 去除率可达到 20%以上持续十天,结合芬顿处理 COD 去除率可达 50%以上;印染废水、皮革废水也有接近的 COD 处理效果,色度可从 500 倍降低到 20 倍,重金属离子去除率基本在 80%以上。

技术特点:

本技术成果开发的纳米铁碳微电解填料以石墨、活性炭、还原铁粉、黏土为原料进行制备,形成一系列产品,能根据实际废水情况量身定做,使处理效果和成本得到最优化。生产工艺简单、产品性能好,价格低廉。针对不同种类的有机废水,在铁碳-芬顿联用的基础上进行技术研究,能有针对性地进行废水处理工艺设计优化,提供可靠的产品及配套技术服务。

适用范围:

工业污水处理,具体包括印染废水、精细化工废水、合成化工废水、制药废水、皮革废水、电镀废水等。也可用于 COD300mg/L 以下的废水处理至达标排放。



已具备的推广应用条件:

该产品生产装置完成了吨级示范以及千吨级工程示范, 纳米铁碳微电解填料对松节油废水的 COD 去除率 $\geq 20\%$ 。

成果转化方式:

技术服务。

107. 废润滑油再生技术

项目简介:

润滑油是从石油中提炼出来且具有高附加值的产品, 我国润滑油产量占石油产品总量的百分之二左右。在使用过程中, 润滑油高温下自身氧化和添加剂消耗会产生大量的氧化物、胶质、沥青质等, 机械磨损产生金属粉末, 环境中带来灰尘、水份等杂质, 从而使润滑油降低甚至失去了减少摩擦、冷却降温、密封隔离、减轻振动等功效。所以润滑油在用过一定时间, 变质达到一定程度之后, 必须更换。由于人们对废润滑油缺乏正确的认识, 废润滑油被用为燃料直接燃烧或直接丢弃到环境中, 这样不但浪费了宝贵的能源且将造成严重的环境污染, 而回收再生废润滑油则能带来巨大的**经济效益**。国内外对废润滑油再生方法进行了大量的研究, 国外废润滑油再生方法主要是加氢精制技术, 其再生的处理条件比较苛刻; 而我国废润滑油再生方法仍处于相对落后状态, 以传统技术路线为主, 但该再生方法腐蚀设备、污染环境。目前, 国内对废润滑油传统技术进行改进的再生方法主要包括沉降 - 蒸馏 - 酸洗 - 钙土精制、白土高温接触无酸再生、蒸馏 - 乙醇抽提 - 白土精制、蒸馏 - 糠醛精制 - 白土精制工艺、沉降 - 絮凝 - 白土精制等, 各再生方法均有其优势和不足之处。在节约资源以及人们对环保要求日益严格的条件下, 如何得到高效率、低成本、少污染的废润滑油再生方法已受到广泛的重视, 其对社会的经济和社会的可持续发展亦具有其重要的意义。

技术特点:

本技术于克服现有技术存在的问题, 开发了廉价的脱色剂, 得到了一种适合于所有类型废润滑油的再生方法, 其主要步骤: 氧化漂白、酸中和氧化、絮凝、破乳、沉降、过滤、减压蒸馏、白土精制和过滤。

适用范围及应用条件:

作为润滑油的再生基础油，可代替天然基础油。

主要技术性能及指标:

再生设备投资少、再生方法简单、再生周期短、运行成本低、操作方便安全，具有经济效益和社会效益。

已具备的推广应用条件:

脱色剂已经完成了中试，正在进行扩大生产，已经为河南、江苏两家企业提供了技术升级改造服务。

成果转化方式:

技术服务。

108. 循环流化床污水处理技术

项目简介:

循环流化床技术起源于加拿大两院院士（加拿大皇家学院、加拿大工程院）、广东省领军人才祝京旭教授科研团队研发的一体化气液固循环流化床技术。一体化气液固循环流化床由两个流化床组成的，一个是液体和床料并流向上流动的快速流化床（简称为上行床），另一个是气体、液体向上流动，床料向下流动的慢速流化床（简称为下行床）。反应器中上行床和下行床提供两个完全不同的反应环境，但两个反应区之间又存在部分的固体床料交换。流化床反应器内，床料处于流化状态，具有切割、分散气泡的作用，使布气趋于均匀。产生的气液固三相充分接触、混合和碰撞，增大传质面积，提高传质速率，强化传质过程，具有非常良好的界面接触和传质特性。

循环流化床技术通过采用复合颗粒作为床料，在复合颗粒表面负载生物膜，将厌氧、缺氧和好氧生化反应与液固流化床运行过程相结合，进行污水营养物生物去除（BNR）。废水先进入上行床，在生物复合颗粒催化作用下，先在缺氧区进行脱销，然后在厌氧区进行磷释放和挥发性脂肪酸的降解。厌氧排放液进入下行床进一步降解，同时进行磷摄取和硝化过程，部分好氧排放液进入上行床进行反硝化。



循环流化床技术将“一体化气液固循环流化床”与“生物膜法”有机结合，既具有流化床传质效率高的优点，又具有生物浓度高的特征，克服了传统生物膜法中操作存在的易堵塞、生物活性低的问题，形成一种高效的废水处理工艺，是生物膜法的重要突破，在污水处理中完全达到排放标准的要求，应用前景广阔。

主要技术性能与指标:

反应器中传质效率和生物质密度的显著提高，是普通活性污泥法的 10 倍以上，循环流化床系统设备更加紧凑，占地面积仅为传统工艺的 1/10。

生物膜的良好维持性能，运行的稳定性也得到显著提升。

循环流化床系统抗负荷及毒性物质冲击的性能更优异。

循环流化床工艺将缺氧、厌氧、好氧集成到同一个反应过程中，可以实现碳、氮、磷的协同脱除。

循环流化床工艺污泥产生量更低，只有传统活性污泥法的 1/5-1/3。

循环流化床工艺可用于低碳氮比污水的处理，碳氮比可低至 3:1。

采用自动化控制，免除了大量的例行操作，劳动强度大大降低。

适用范围:

1. 分散式生活污水处理

针对农村、酒店、老旧小区等管网未覆盖区域，污水排放具有时间段集中、污水污染浓度高、负荷变化大等特点，基于循环流化床技术开发了适应分散式生活污水的分散式小型化污水处理成套设备。该设备具有投入少、占地小、运行费用低、自动化程度高、管理方便、耐负荷冲击等特点。该装置能够适应分散式污水水量、水质变化较大的特点，不仅满足治污要求，保持生态平衡，还能实现水资源充分利用。

2. 污水处理设施提标改造

针对污水处理厂提标改造要求，对现有污水处理设施进行提标改造，提高现有设施对 COD、氨氮、总氮、总磷等处理能力。我们基于循环流化床技术开发了适应生活污水厂提标改造的方案及设备。该技术具有投资小，改动少的优点，可提升污水处理容量，提高污水排放标准，改造后出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放

标准》(GB 18918-2002)一级 A 标准或《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)地表水 IV 类标准。

已具备的推广应用条件:

广州某生活小区 30t/d 楼宇生活污水处理, 处理后水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级 A 标准。

成果转化方式:

技术服务, 合作开发。

109. 烧结环冷机高效余热回收技术

项目简介:

我国自上世纪 90 年代末由国外引进烧结冷却机余热发电技术以来, 经过 10 多年的发展, 目前国内已经建成多座烧结冷却机余热电站。但到目前为止, 大部分电站都远远未能达到预期的性能指标。究其根源, 最大的技术难点就在于烧结冷却机其冷却机热风罩与台车之间的漏风处理以及热风罩内高温烟气的流场控制。基于冷却机热风罩与台车一动一静的特性, 烟罩与台车之间留有 5cm~10cm 的间隙, 在余热电站锅炉引风机开启后, 热风罩外部的大量冷空气由此间隙被吸入热风罩, 从而大幅降低了余热烟气的品质, 严重影响到余热电站的效能。同时由于冷却机可利用余热各段温度逐步由 500℃ 下降到 200℃ 左右, 这一段的热风罩长宽比过大, 这样在余热锅炉引风机的抽吸作用下, 整个热风罩内的烟气流场处于紊流状态并局部产生漩涡, 大量的高温烟气无法通过热风抽口进入余热锅炉而得到回收利用。

目前国内针对热风罩与环冷机台车间隙密封的主要方式有柔性钢丝密封、玻璃纤维毡密封等, 但这几种方式都存在严重的磨损现象, 密封效果不持久。同时, 采用这几种密封方式大约半年必须更换一次密封件, 每年需投入较高的运行维护费用。

我公司经过对多座烧结冷却机余热电站进行长期深入研究, 同时结合实际工程经验, 研制出烧结环冷机专用免维护密封系统(专利号: ZL201410264795.7)。通过对热风罩内的流场进行模拟计算, 在不影响现有生产工艺的前提下, 对热风罩进行改造, 实现热风烟罩的密封。本系统包括锁风装置、免维护密封装置、烟温与流量平



衡器等。本系统能确保环冷机余热烟气品质不会被漏风降低，使余热锅炉获取最大化的余热资源。运用本技术可以使余热锅炉进口烟温提升 60°C 左右，余热锅炉进口烟温达到 $380^{\circ}\text{C}\sim 420^{\circ}\text{C}$ 之间。应用本技术，可提高普通烧结冷却机余热电站发电量 20% 以上。

使用范围及应用条件:

本技术针对钢铁企业烧结工序环冷机或带冷机余热回收新建或改造项目，能有效提高余热回收效率。对已建余热电站可有效增加余热电站发电量。

主要技术性能及指标:

本技术旨在通过流场控制消除烧结冷却机烟罩及台车之间缝隙的漏风，通过科学有效的疏导而非围堵实现内外部的隔绝。运用本技术，可有效增加余热回收量 $20\%\sim 30\%$ ，大幅度增加余热电站发电量。

已应用情况:

广东韶钢松山股份有限公司 2×360 烧结合余热发电改造

合作方式:

项目总承包 (EPC)

组合式技术服务模式

能源合同管理 (EMC)

客户需求的其他服务模式

110. 蒸汽压差发电技术

项目简介:

厂区的供汽压力 (锅炉直接供汽或购入汽源) 与生产工艺存在压差，生产中通常使用减温减压设备将蒸汽参数减温适合工艺要求使用，减温减压设备浪费蒸汽的压能，降低蒸汽使用品质，蒸汽压差发电技术通过使用先进的背压式汽轮机回收蒸汽的压差能，背压式汽轮机与减温减压设备并联安装，正常情况下利用背压式汽轮机发电使蒸汽减温减压，汽轮机检修或停运时，蒸汽走原减温减压设备，不影响生产。

发电规模根据用户蒸汽参数确定，以热定电。同时，由于该项目属于节能技术，对消除污染、减少 CO_2 的排放有重要意义，有条

件享受国家的相关优惠政策，有很好的市场前景和巨大的推广潜力。

适用范围及应用条件:

该技术应用范围广泛，可用于钢铁、有色、建材、化工以及食品等行业。特别适合于非标参数，以及高背压参数。

厂区锅炉直接供汽压力与生产工艺用汽压力一般存在压差，生产中通常使用减温减压设备将蒸汽参数减温适合工艺要求使用，这样明显降低了蒸汽的品质，存在较大的能量损失，蒸汽压差发电技术通过回收利用该部分的能量用于发电，在保证后续蒸汽参数的情况下确保能量的高效合理利用，将大大降低能耗，节约能源。

集中供热是工业园区热利用的一种趋势，既是节能减排的需求，也是国家政策的要求要求。而在集中供热的过程中，由于集中供应蒸汽压力和企业实际需求压力存在压差，这种压差会显著降低热能的效率，因此，采用蒸汽压差发电技术可以回收利用蒸汽压降过程的可用能量损失，为企业提供清洁的电力。

主要技术性能及指标:

本技术采用精心打造的具有极高效率的 6000kW 以下高转速背压汽轮机技术进行发电（发明专利号：201710598829.X），该技术的主要技术优点如下：

- 1、本技术小型汽轮机的设计是按照客户的实际蒸汽参数和要求，量体裁衣，优化出最佳的蒸汽通流方式，使汽轮机的效率达到最高；
- 2、内效率比老式汽轮机高 20%左右；
- 3、使用整锻转子，可靠性高，大修期长达 8 年，年运行时间 8000 小时以上，运行维护成本低；
- 4、高转速设计，机组外形尺寸小，重量轻；
- 5、公共底盘快装式结构，集中式油站、安装费用低；
- 6、可选择向上排汽单层布置结构，节省土建费用；
- 7、配置电液调节系统，自动化程度高，可实现全自动控制和远程 DCS 控制。

已应用情况:

- 1、江西省萍锋纸业余热电站，装机容量 1MW
- 2、河南省天冠工业沼气余热电站，装机容量 1.5MW
- 3、广东汕头市茂兴洗染余热电站，装机容量 2MW



合作方式:

项目总承包(EPC)、组合式技术服务模式、能源合同管理(EMC)、客户需求的其他服务模式

111. 安全无震动的高效管式换热器模块化节材智能制造集成技术

原理:

本项目应用三维变空间、变流场、安全无震动的高效强化传热的集成技术设计,以三维变形强化传热管作为换热管,以三维变空间、变流场高效传热机理为基础,研究得到轴向多通道、纵向全空间和变空间、可控顺紊流高效传热节能换热器设计方法,发明了新一代安全无震动模块化高效节能换热器。通过模块化设计、三维变空间自支撑结构优化设计,即可提升管式换热器的防振动和安全可靠性,也提高了产品寿命和质量,同时节材 30-70%,体积减少 40-60%,以实现节省成本和提高产品的竞争力。

本项目开发的高效管式换热器具有以下优点:

(1) 结构设计合理:采用都江堰原理进行结构和流道设计,以满足变工况的运行需求。

(2) 传热性能优异:采用三维变形强化传热管,提高换热效率高效达 15-40%,阻力减少 20-50%,体积减少 40-60%,节材重量减少 30-40%。

(3) 抗结垢、抗磨损、清垢方便:三维变形强化传热管特殊的结构形式,三维变空间没有死角,表面光滑,使得管内外不易结垢;即使进入通道的杂质也不会滞留形成污垢,具有超强自清洁能力;可对换热管进行清洗,一般使用压缩空气、高压水枪冲洗方式;蒸汽清灰或高压水枪冲洗;优越的防磨特性:消除 60° 磨损角。

(4) 模块化设计:将传统的摩擦流改为碰撞流,可实现标准化、模块化设计。

(5) 材料广泛:三维变形强化传热管材料可根据需求,用 20G、ND、304、316L、914L、321、310S、2205 等合金材料,也可选用钛材、铜材、哈氏合金等特殊耐腐蚀合金材料。

(6) 适用性广泛:三维变形强化传热管内可以流通液体和气体,例如:水、蒸汽、制冷剂、烟气含有粉尘流体;同样,三维变形强

化传热管外可以流通液体和气体，例如：水、蒸汽、制冷剂、烟气含有粉尘流体。

采用本项目核心技术开发出来的管式换热器产品主要有：

- (1) 空气预热器
- (2) 低低压省煤器、中间热媒烟气换热器 (MGGH)
- (3) 余热锅炉
- (4) 油冷却器
- (5) 凝汽器
- (6) 蒸发式冷凝器
- (7) 高效脱尘废热热回收设备
- (8) 制冷行业设备换热器 (蒸发器、冷凝器)