

中国科学院 广州能源研究所

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 SO₂ 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，却因生产成本高而受到限制：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，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

适用于玉米芯、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

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

环氧植物油脂增塑剂

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，生产成本高，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

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。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≥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—300mg 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

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

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6g/L。
2. BC吸水率达100g/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

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45.8kJ/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

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、联产纤维素材料和有机肥料。

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

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

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 $100\text{m}^2/\text{g}$,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

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 1kW 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

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：750kW

制热功率：870kW

日供生活热水：80 吨

空调及采暖面积：8500m²

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°C

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

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 $<3.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$;

2. 太阳能辅助热泵系统在环境温度为 10℃, 输出 50℃热水时 $\text{COP} \geq 3.0$;

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理管换热器也会产生不利影响。为此, 工程勘察完成后, 应对地理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10m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—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

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°C 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°C）用来提供建筑夏季空调、兼顾冬季采暖；第二级地热（约 60–65°C）用来干燥农副产品、衣物等；第三级地热（约 45–50°C）用来提供周边宾馆酒店的洗浴热水；第四级地热（约 30–35°C）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

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m²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m²。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SO₂、CO₂、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

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8000m²;
2. 地源热泵制冷量391kW, 制热量448kW, 性能系数≥3.5;
3. 太阳能集热器≥1200m², 集热效率≥0.4;
4. 溴化锂制冷机200kW, 制冷系数≥0.65;
5. 外墙传热系数≤0.4W/(m²•℃), 外窗传热系数≤2W/(m²•℃);
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。

广东省粤港澳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≥50%, 热水温度55℃;
3. 太阳能光电转化效率≥12%, 发电功率2kW;
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≤1W/(m²•K), 屋面传热系数≤1W/(m²•K), 门窗传热系数≤2.5W/(m²•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,2002-2005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,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研究与示范”,2011BAG07B05,经费1385.7万,2011-2015。

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

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地得到应用，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

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

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±0.5Hz;
4. MPPT 电压: 150—450V;
5. 额定功率: 3000W;
6. 最大功率: 3200W;
7. 整机效率: ≥96.5%;
8. 电流畸变: 满载≤3%, 半载≤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

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

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：先进的电池管理技术；温度监控及管理技术；健康状态（SOH）监测技术；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

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0.5V)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

首次库伦效率: >85%;

循环性能: 1120mAh/g (105周, 400mA/g), 容量保持率为90%;

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

自动调光高效节能镀膜玻璃

项目简介

二氧化钒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钒材料。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》(GB50189-20015)新版明确规定：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

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》(GB50189-20015)新版明确规定：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

1. 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；
2. 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

1. 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。
2. 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

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

1. 具有自清洁性能,表面具有疏水形貌,接触角大于90°;
2. 水性增透液,主要溶剂为水,且可与水以任意比例相容;
3. 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;
4. 硬度达到8H,附着力达到5B;
5. 耐高温700℃,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

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CO₂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 1000N, 静置 24h, 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，是预制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

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—60℃）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—30℃；
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

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： $Mg_5[Al](Si_8O_{20})(OH)_2(OH_2)_4 \cdot H_2O$ 。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

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、50L 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

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，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 Celgard2325 基膜上的性能达到：膜厚： $20 - 30 \mu \text{m}$ ；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

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 TiO_2 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

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，可再生能源电解水制氢（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，负载混合价态的铱钉金属及氧化物($\text{IrO}_x(\text{OH})_y$)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技术工艺优化了传统喷涂法。

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铱氧化物。已将铱的质量比活性提高至 $1200\text{--}1500\text{A/g}$ @ $\eta = 0.37\text{V}$ 。
2. 有序铱氧化物催化剂。制备的中空氧化铱纳米棒阵列，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, $1\text{A}/\text{cm}^2$ 下连续运行 2500 小时, 电解单槽衰减率低于 $30\text{ }\mu\text{V}/\text{h}$, 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

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—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

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

新一代环保冷媒 (NH₃ /CO₂) 直接蒸发式冰浆机组

项目简介

采用环保冷媒 (NH₃ /CO₂) 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℃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 NH₃ 或 CO₂ 等环保冷媒。制冷剂蒸发温度恒定-3℃，过冷水温度-2℃。系统综合 COP≥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

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

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

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。

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。

燃气热泵采用多联机的形式，运行方便，无需专人看管。

一次能源利用率 $PL=R$ 。

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

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°C)、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

超低环境温度下(-10°C–20°C) CO₂热泵机组仍可正常运行，且无需电辅热；

设计工况下系统供热温度达到70°C–90°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CO₂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 will 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

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

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

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

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

单体电池模型:能够预测不同工况,电池的温度分布情况。

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

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：回收过程无害化处理技术；修复过程杂质的控制；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

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

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

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

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

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

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

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

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（Huntonf290MW）和美国（McIntosh110 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

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

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

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

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

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

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

1. 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%；
2. 对于 VOC 浓度达到 $1000\text{mg}/\text{m}^3$ 的有机废气，无需补燃，而且可以大量回收 RTO 热能；
3. 对于 VOC 浓超过 $4000\text{mg}/\text{m}^3$ 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；
4. 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；
5. 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、卷材涂膜、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

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

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

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。

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 m^3 ，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 500t/d 的浮法玻璃生产线的烟气余热一般可生产饱和蒸汽 7—8t/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。

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300kW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4MW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4.5MW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

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、半固态废弃物质。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—1300℃，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

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》(GB18485-2014);
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

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 170T/h 锅炉的热管空气预热器，陕西略阳电厂 130T/h 锅炉的空气预热器，宝鸡电厂 130T/h 锅炉的热管空气预热器，四川建峰热电厂 75T/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

回收期一般在一到八年。

成果转化方式

技术服务 合作开发

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 250mg/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 250mg/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

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

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。

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。

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。

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

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

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

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

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

1. 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；
2. 生物膜的良好维持性能，运行的稳定性也得到显著提升；
3. 循环流化床系统抗负荷及毒性物质冲击的性能更优异；
4. 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；
5. 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。

6. 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;
7. 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》（GB3838-2002）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》（GB18918-2002）一级 A 标准。

成果转化方式

技术服务 合作开发