

## 附件1

汕头市节能技术、设备（产品）推荐目录（2019第一批）汇总表

| 序号 | 技术名称                       | 适用范围            | 主要技术内容   | 目前推广比例 | 技术提供单位             | 备注   |
|----|----------------------------|-----------------|--|--------|--------------------|------|
| 1  | HOLDSTORM•AIE数据中心节能技术系列产品  | 数据中心            | 该系列产品包括HOLDSTORM•AIE标准单元、HOLDSTORM•AIE中密度单元、HOLDSTORM•AIE高密度单元和HOLDSTORM•AIE可移动蓝魔方智能高效整体机房等，采用全密闭冷热通道、二维动态负载均衡送冷、智能管控等技术解决了局部过热等问题，提高回风温度10度以上，实现节能35%以上，PUE值  | <1%    | 广州汇安科技有限公司         | 新增推荐 |
| 2  | 低浴比高温生态环保染色机高效节能低碳染整装备（技术） | 针织布的前处理、染色、后处理。 | 低浴比高温生态环保染色机高效节能低碳染整装备（技术），以高效、节能、环保为目标，自主研发设计六大核心技术：可调流调压智能喷嘴系统、快速匀色横向染液循环系统、防褶皱智能控制横向后摆布技术、低浴比环保染色工艺精准在线检测控制技术、SOR智能水洗系统、无损高效蒸汽直加热降噪防震预备缸系统。低浴比高温生态环保染色机浴比低至1:4~4.8，实现高效节能环保染色，节省水、电、蒸汽及助剂，减少污染物排放，解决了传统染色机浴比大、能耗高、排放大等问题。 | <1%    | 佛山市巴苏尼机械有限公司       | 新增推荐 |
| 3  | 万顺光控隔热膜                    | 既有建筑改造          | 在原有玻璃表面贴覆光控隔热膜   | <1%    | 汕头万顺包装材料股份有限公司光电薄膜 | 新增推荐 |
| 4  | 热电厂蒸汽余热在铅酸蓄电池生产设备中的高       | 蒸汽余热利用          | 利用蒸汽余热进行加热或利用减压蒸汽保湿  | ≤5%    | 肇庆理士电源技术有限公司       | 新增推荐 |
| 5  | 高效节能节材纵向流管壳式换热器            | 管壳式换热器          | 以达到国内领先水平的鉴定成果变流场变结构工艺核心技术为基础，三维变空间变流场设计理念，消灭了传统的折流板，设计开发高效节能节材纵向流管壳式换热器，致力于提高设备传热效率、降低运行阻力，提升企业的生产效率和市场竞争力。形成模块化、标准化的产品，实现综合节能 15-25%。在投资和运营成本等方面的综合效能优势明显，是传统设备最为理想的升级换代产品   | <1%    | 中国科学院广州能源研究所       | 新增推荐 |
| 6  | 新型三维整体隐形翅片换热器              | 高温烟气介质换热        | 通过高效传热机理，提高空气预热器的换热效率，降低锅炉排烟温度，提高锅炉热效率，减少燃料消耗量，间接减少碳排放量。所解决的关键技术：采用高效强化传热元件新型三维整体隐形翅片管；整体捆扎，防振动、防积灰、防磨损采用“都江堰”原理优化布管；采用“全逆流”结构，  | <1%    | 中国科学院广州能源研究所       | 新增推荐 |
| 7  | 新一代制冷用高效节能节材顺流换热器          | 制冷行业各类蒸发器和经济器   | 以强化传热三维变形管作为换热管，基于非对称传热与变空间纵向扰流设计理念，应用冷凝与沸腾多通道技术和上下管程自支撑无折流板设计方法   | <1%    | 中国科学院广州能源研究所       | 新增推荐 |

| 序号 | 技术名称                      | 适用范围                       | 主要技术内容  | 目前推广比例 | 技术提供单位            | 备注   |
|----|---------------------------|----------------------------|---|--------|-------------------|------|
| 8  | 博依特企业（区域）能源管理中心           | 工业企业能源系统的智慧管控              | 本技术采用云计算技术，工业数据采集技术、实时数据处理技术、大数据存储与分析技术等关键技术，通过实施生产、能耗、设备数据采集、数据驱动建模，对企业能量转换、利用和回收三环节实施动态监控、数据分析和预测，改进和优化以及能量平衡调配，实现能源管控的自动化和信息化，达到提高能效和节能的目的 | <1%    | 广州博依特智能科技有限公司     | 新增推荐 |
| 9  | Z-Save电机相控节电器             | 电机节能：三相异步电机                | Z-SAVE相控智能节电器采用相位角检测与调压控制的关键技术，以电动机的工作电流和电压作为取样对象，自动跟踪、监测电机负载的变化，动态调整电机的供电电压，使产生磁场的能量与转矩的需求精确匹配   | <1%    | 深圳市臻正志盟节能环保科技有限公司 | 新增推荐 |
| 10 | 水燃料技术与发电锅炉节能减排            | 适用于工业水处理、凝结水（除盐水）精处理领域     | 提供一种工业锅炉汽/水循环系统的凝结水能量共振场精处理节能设备—ZDZN锅炉纳米环保节能器，达到锅水质量、蒸汽质量提高、锅炉效率提高及发电机组系统节能、增效。   | <1%    | 广州市中南泵业有限公司       | 新增推荐 |
| 11 | 一体化太阳能路灯                  | 绿色环保照明领域                   | 采用太阳能最大功率跟踪的技术，以锂电池作为储能器件，通过智能算法对一体化太阳能路灯的电能消耗进行智能优化，提高了太阳能灯的充电效率和使用寿命，并通过市电补充技术，确保在任何工况全年不灭灯。  | <1%    | 广州普优照明科技有限公司      | 新增推荐 |
| 12 | SCB13干式变压器                | 广泛应用于10kv配电系统              | 环氧树脂浇注干式变压器具有防火防灾、免维护等优点，应用可减少涡流损耗更薄的、经激光处理改进晶粒结构降低磁滞损耗的新材料以及“单片5活7步进叠片”的新工艺，是一款低损耗   | <5%    | 惠州市变压器设备有限公司      | 新增推荐 |
| 13 | “节能岛”磁悬浮中央空调机房节能改造        | 建筑领域商用                     | 主要是集成高效磁悬浮冷水机技术、水泵变频技术、机房实时能效监测调控技术为一体，为中央空调机房冷源站COP的大幅度提升革命性的整体解   | <1%    | 广州市铭汉科技股份有限公司     | 新增推荐 |
| 14 | 能效监控云平台                   | 工厂、学校、医院                   | 对设备进行实时监测   | <1%    | 广州睿瞰能源技术有限公司      | 新增推荐 |
| 15 | 离心机能量回收装置                 | 使用离心机的工厂企业                 | 对离心机能量进行回收  | <5%    | 广州睿瞰能源技术有限公司      | 新增推荐 |
| 16 | 接点大数据智慧能源管控平台（BIMP-smart） | 工业企业 公共建筑                  | 建立大数据中心，对生产运行情况进行实时监控、预测与告警，并对数据进行分析与挖掘，实现管理节能减排，并通过系统发现改进机会，实施节  | <5%    | 广州接点智能科技有限公司      | 新增推荐 |
| 17 | 盘管蓄冰技术                    | 有峰谷电价的蓄冷中央空调系统             | 夜间利用电力低谷段蓄冰，在用电高峰时期少开甚至不开主机，利用峰谷电价政策，达到为用户节约电费和移峰填谷的目的。   | 5%     | 湛蓝（广州）能效科技有限公司    | 新增推荐 |
| 18 | 太阳空气能热泵热水器智能控制系统          | 城市热水供暖系统、大型酒店、宿舍楼、泳池、烘干场抽等 | 本技术在室外模块、室内模块及监控模块之间均采用无线通信方式，省去了安装布线的麻烦，减化了安装流程，对本发明的实现具有重要简化意义。   | 30%    | 珠海中瑞环保科技有限公司      | 新增推荐 |

| 序号 | 技术名称                  | 适用范围                         | 主要技术内容  | 目前推广比例 | 技术提供单位          | 备注   |
|----|-----------------------|------------------------------|---|--------|-----------------|------|
| 19 | 太阳空气能热水器智能远程监控系统      | 热水供暖系统、家用热水器、太阳能热水器、热泵热水系统等。 | 本技术实现了对水温、水温的连续测量与显示,上水与电辅热的自动控制。根据系统时钟分时段上水与电辅热,大大提高了太阳能的利用率,节约了电能。  | 30%    | 珠海中瑞环保科技有限公司    | 新增推荐 |
| 20 | 太阳空气能热水器智能远程监控系统及监控方法 | 热水供暖系统、家用热水器、太阳能热水器、热泵热水系统等。 | 本技术不仅可以对热水器的工作状态进行显示、监控,还可以及时调节以提高热水器的工作效率,且在热水器故障时,可有效排除故障,减少故障率。  | 30%    | 珠海中瑞环保科技有限公司    | 新增推荐 |
| 21 | 水冷直接制冷式空调机组           | 地铁车站用空调制冷系统                  | 1. 单机最高能效EER达到5.68, IPLV达到9.122. 首创“小流量小压比”100RT磁悬浮压缩机,运行范围10%-100%。3. 冷媒泄漏安全设计,全直流电控系统安全设计   | 1%     | 珠海格力电器股份有限公司    | 新增推荐 |
| 22 | 固体绝缘铜包铝管母线            | 输配电                          | 固体绝缘铜包铝管母线是利用集肤效应原理,以铜管在外、铝管在内的结构,增大了导体的有效通流截面,减小交流电阻,从而减少发热量,将导体温升降低至30K。主要内容如下:1、铜包铝管的特殊结构使导体温升由国标的50K降低至30K,从而降低线路电能损耗,比常规铜排母线,节约电能23.2%;2、解决了因常规铜排母线的高温运行导致绝缘材料碳化线路短路而引起的火灾事故;3、节省铜材70%。                                      | 5%     | 广东日昭电工有限公司      | 新增推荐 |
| 23 | 重型球磨机变频节能技术           | 陶瓷、水泥和采矿等行业球磨机               | 建立有数据库,使球磨机针对不同性质物料,不同的球磨阶段均保持最佳的球磨效率转速,从而节能降耗  | <5%    | 佛山市冠菱电子科技有限公司   | 新增推荐 |
| 24 | 磁悬浮鼓风机                | 通用机械,适用于气体输送或物料输送的行业。        | 磁悬浮鼓风机是在传统鼓风机基础上应用了主动式磁悬浮轴承技术与永磁同步高速电机技术,并进行一体化设计的新型高效节能环保产品。1. 内置电感式传感器检测出转轴位置。2. 位移信号通过磁悬浮轴承控制器的信号处理及运算转变为控制电流。3. 控制电流在磁悬浮轴承中形成相应的电磁场使转轴悬浮于稳定位置。4. 电机通过变频器产生的可控电流,对电机定子产生驱动磁场,使其高速旋转。5. 高速旋转的转轴带动叶轮从蜗壳进气口吸入空气。6. 从而实现洗定风量、风压输出。 | <5%    | 佛山格尼斯磁悬浮技术有限公司  | 新增推荐 |
| 25 | 永磁伺服电机节能动力系统          | 广泛用于工业,科研,高端设备领域             | 大功率永磁同步伺服电机的制造技术;p1c程序化控制技术;DCS联控技术;优化动力设备工艺流程技术  | 50%    | 欧佩德伺服电机节能系统有限公司 | 新增推荐 |

| 序号 | 技术名称              | 适用范围                      | 主要技术内容   | 目前推广比例 | 技术提供单位         | 备注   |
|----|-------------------|---------------------------|--|--------|----------------|------|
| 26 | 大功率永磁同步超高效电机      | 工业领域中建材、陶瓷、塑料、医药、化工、电器等   | 本电机采用稀土永磁同步转子代替鼠笼异步转子，无需励磁，转子无基波铁、无转子损耗和无功损耗，发热小，体积小，实现高效节能。永磁超高效电机与伺服控制和基于无线云端远程计量的控制集成，两步控制器配套集成CPU和GPRS无线通信技术，实现伺服驱动系统智能化和实时的能耗监控计量系统，在EPC节能改造工程，提供电机、控制、计量成套服务。                              | <5%    | 珠海市威望节能科技有限公司  | 新增推荐 |
| 27 | 冷热循环回收高效节能的空气除湿技术 | 电力、有色金属、石油石化、化工、食品、机械、纺织业 | 大型的空气干燥处理技术，采用制冷系统冷热搬运，通过处理空气除湿处理过程，将制冷余热回收双利用。技术1、制冷系统在蒸发器段吸收空气的热量，将空气冷却到露点以下，水蒸气冷凝释出，在冷凝器段放热将空气加热升温，空气处理过程冷、热直接双利用，能源百分百回收和利用。2、为了提高冷热利用率，本设备设置了一套等焓冷热循环回收系统（超导管），在空气冷冻段后设置冷能回收器，通过此系统空气冷冻除湿能力 | 1%     | 珠海市威望节能科技有限公司  | 新增推荐 |
| 28 | 锅炉综合智能服务能源管理平台    | 集中供热锅炉领域。                 | 利用先进的传感采集技术、物联网、云计算、大数据、移动互联网技术，实现对企业锅炉运行状态进行全面远程监控，做出预警，使运行管理人员能够根据实际运行情况及时做出反馈   | <5%    | 广东汇嵘绿色能源股份有限公司 | 新增推荐 |
| 29 | 低温空气源热泵技术         | 低温采暖                      | 技术原理：通过提取环境空气中的热量作为热源为房间供热，室内采暖末端多为散热器和地暖。关键技术：变频技术及喷气增焓技术   | 30%    | 广州市中誉电器有限公司    | 新增推荐 |
| 30 | 基于云控技术的包覆式节能辊道窑   | 建材行业，陶瓷工业窑炉领域             | 高稳高效高稳助燃风加热技术及相关配套烧嘴系统和管道系统，云控技术   | <5%    | 广东中鹏热能科技有限公司   | 新增推荐 |

附件 2

汕头市节能技术、设备（产品）  
推荐目录（2019年第一批）  
技术报告

汕头市工业和信息化局  
2019 年 1 月

# 目 录

|    |                                 |    |
|----|---------------------------------|----|
| 1  | 万顺光控隔热膜.....                    | 1  |
| 2  | 新型三维整体隐形翅片管换热器.....             | 4  |
| 3  | “节能岛”磁悬浮中央空调机房节能改造.....         | 7  |
| 4  | 地铁车站用水冷直接制冷式空调机组.....           | 12 |
| 5  | 重型球磨机变频节能技术.....                | 15 |
| 6  | 磁悬浮鼓风机.....                     | 19 |
| 7  | 低温空气源热泵技术.....                  | 22 |
| 8  | HOLDSTORM•AIE 数据中心节能技术系列产品..... | 24 |
| 9  | 低浴比高温生态环保染色机高效节能低碳染整装备.....     | 26 |
| 10 | 热电厂蒸汽余热在铅酸蓄电池生产设备中的高效利用.....    | 30 |
| 11 | 高效节能节材纵向流管壳式换热器.....            | 31 |
| 12 | 新一代制冷用高效节能节材顺紊流换热器.....         | 34 |
| 13 | 博依特企业（区域）能源管理中心.....            | 36 |
| 14 | Z-Save 电机相控节电器.....             | 40 |
| 15 | 水燃料技术与发电锅炉节能减排.....             | 42 |
| 16 | 一体化太阳能路灯.....                   | 49 |
| 17 | SCB13 型干式变压器.....               | 53 |
| 18 | 能效监控和分析云平台.....                 | 56 |
| 19 | 离心机能量回收装置.....                  | 60 |
| 20 | 接点大数据智慧能源管控平台.....              | 63 |

|    |                            |    |
|----|----------------------------|----|
| 21 | 盘管蓄冰技术.....                | 66 |
| 22 | 太阳空气能热泵热水器智能控制系统.....      | 70 |
| 23 | 太阳空气能热水器智能远程监控系统.....      | 72 |
| 24 | 太阳空气能热水器智能远程监控系统及监控方法..... | 74 |
| 25 | 固体绝缘铜包铝管母线.....            | 76 |
| 26 | 永磁伺服电机节能动力系统.....          | 88 |
| 27 | 大功率永磁同步超高效电机.....          | 90 |
| 28 | 冷热循环回收高效节能的空气除湿技术.....     | 92 |
| 29 | 锅炉综合智能服务能源管理平台.....        | 95 |
| 30 | 基于云控技术的包覆式节能辊道窑.....       | 98 |

# 1 万顺光控隔热膜

- 一、所属类别：重点节能技术
- 二、技术名称：智能光控隔热膜
- 三、适用范围：建筑门窗、户外天棚、汽车前挡、侧后挡，火车、飞机、游轮等交通工具窗户

## 四、技术内容：

### （一）基本原理

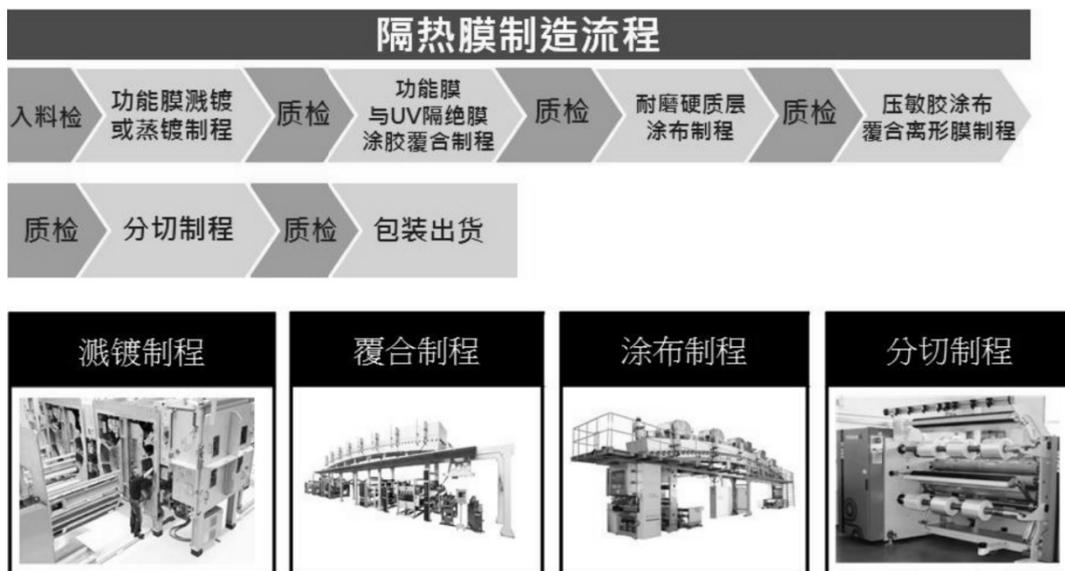
建筑及交通工具（如汽车、大巴等）等有大量普通玻璃只能遮挡风雨，但不能阻挡太阳光和室内热量扩散；在夏天白天太阳光能量辐射高达 500~1000W/m<sup>2</sup>，约有一半为不可见的紫外光和红外光，成为主要热量来源，极有必要加强建筑或交通工具（如汽车、大巴等）窗户玻璃隔热；冬天晚上扩散太快，使室内温度下降过快，隔热膜起到一定保温作用；另外万顺股份研发的智能光控隔热膜可随光变色，阳光过强时变暗，阳光过弱变亮，极大增强光线柔和度，可起到替代部分窗帘的作用。目前有国检集团（CTC）节能一级认证，两项实用新型专利，一份发明专利已授权。

### （二）关键技术：

万顺智能光控隔热膜主要的关键技术为产品结合真空磁控溅射以及精密纳米涂布技术，并加上自主开发的智能调光工艺制造而成；产品的特色与优势有：(1) 自动调节可见光舒适度(2) 高紫外光隔绝率>99%(3) 高红外线阻隔>80%(4) 安全防护玻璃飞溅。

### （三）工艺流程：

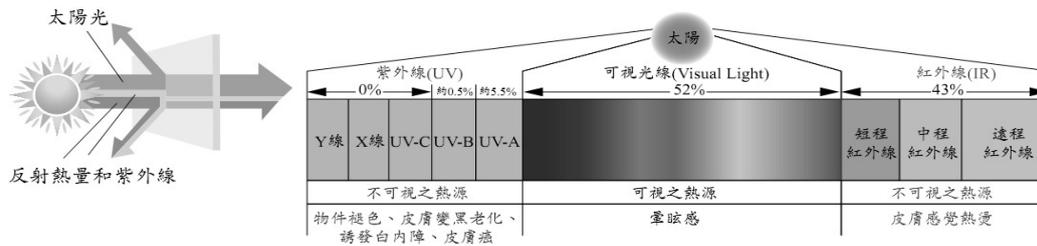
主要工艺流程：磁控溅射→精密涂布→涂胶覆合→抗刮层涂布→安装胶涂布上离形膜→分切→包装(如下图)。



## 五、主要技术指标：

日常生活中，太阳光谱含有紫外线(210nm—380nm)、可见光(380nm—780nm)、红外线(780nm—2800nm)三个部分，分别占有太阳能5%、43%、52%的比例，

其中紫外线最具杀伤力会使物件褪色、皮肤老化病变，红外线则为室内热的主要来源。



資料來源：3M公司網站

智能光控隔热膜的目的，就是要隔绝紫外线（防晒保护），最大限度的阻隔红外线（隔热），同时有别于其他厂家隔热膜，智能光控隔热膜赋予窗膜智慧，能随光线强弱改变可见光穿透率，使室内光线柔和(减少晕眩)；因此主要的技术参数指标比较就在于(1)智能调光功能的有无(2)紫外光透率(愈低愈好)(3)红外光透率(4)太阳能总透率(愈低愈好)。

在穿透率 75%左右，前挡玻璃应用与竞品比较：

| 制造厂商   | 用途 | 型号       | 智能调光功能 | 紫外透率  | 可见光透率  | 红外透率   | 太阳能总透率 |
|--------|----|----------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 万顺     | 前挡 | W7580B   | 有      | 0.21% | 71.18% | 19.01% | 43.08% |
| 进口 A品牌 | 前挡 | AIR75    | 无      | 0.12% | 76.98% | 42.03% | 55.23% |
|        | 前挡 | AIR80    | 无      | 0.16% | 78.32% | 19.45% | 45.41% |
|        | 前挡 | AVS70    | 无      | 0.12% | 70.90% | 17.35% | 41.92% |
| 进口 B品牌 | 前挡 | 极致风光8080 | 无      | 0.90% | 83.05% | 47.76% | 63.99% |
|        | 前挡 | 田园风光8686 | 无      | 3.01% | 68.56% | 40.73% | 52.80% |
|        | 前挡 | 卓逸风光6075 | 无      | 0.70% | 74.59% | 26.12% | 47.46% |

在前挡方面，目前功能指标与市场领先厂商比较，隔热性能指标已与进口 A 品牌系列 AVS70 以及进口 B 品牌系列卓逸风光 6075 等接近。

在穿透率 35%与 50%左右，侧、后档玻璃应用与竞品比较：

| 制造厂商   | 用途   | 型号       | 智能调光功能 | 紫外透过率 | 可见光透过率 | 红外透过率  | 太阳能总透过率 |
|--------|------|----------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 万顺     | 侧挡后档 | W3580B   | 有      | 0.23% | 35.99% | 18.47% | 26.42%  |
|        | 侧挡后档 | W5080B   | 有      | 0.18% | 51.57% | 16.61% | 32.75%  |
| 进口 A品牌 | 侧挡   | LAS35    | 无      | 0.04% | 39.98% | 47.88% | 42.14%  |
|        | 侧挡   | LAS50    | 无      | 0.06% | 13.25% | 37.30% | 23.67%  |
|        | 侧挡   | LATI15   | 无      | 0.13% | 19.68% | 44.34% | 30.19%  |
|        | 侧挡   | LATI35   | 无      | 0.21% | 40.62% | 46.16% | 40.74%  |
| 进口 B品牌 | 侧挡后档 | 幸运沙龙8904 | 无      | 1.15% | 52.28% | 48.59% | 48.71%  |
|        | 侧挡后档 | 灵动卓逸6050 | 无      | 0.56% | 53.22% | 37.22% | 43.36%  |
|        | 侧挡后档 | 瑞丽冰酷6015 | 无      | 0.23% | 17.17% | 20.91% | 18.84%  |
|        | 侧挡后档 | 经典至尊8205 | 无      | 0.06% | 27.30% | 30.75% | 27.90%  |
|        | 侧挡后档 | 蓝色魔力9902 | 无      | 3.87% | 48.10% | 48.73% | 46.98%  |
|        | 侧挡后档 | 超级沙龙8803 | 无      | 0.30% | 14.32% | 11.30% | 12.35%  |
|        | 侧挡后档 | 风彩卓逸6030 | 无      | 0.66% | 37.85% | 22.41% | 28.71%  |
|        | 侧挡后档 | 魅力沙龙8035 | 无      | 0.11% | 38.74% | 64.32% | 51.51%  |
|        | 侧挡后档 | 魔幻大师8702 | 无      | 0.63% | 37.96% | 33.52% | 34.46%  |
|        | 侧挡后档 | 魔幻至尊8305 | 无      | 0.07% | 38.88% | 42.29% | 39.04%  |
|        | 侧挡后档 | 魔幻贵都8808 | 无      | 2.47% | 43.94% | 54.85% | 48.17%  |
|        | 侧挡后档 | 黑衣骑士9920 | 无      | 0.06% | 17.82% | 47.34% | 33.01%  |
|        | 侧挡后档 | 黑马王子9921 | 无      | 0.03% | 7.66%  | 33.96% | 21.24%  |

在侧后档方面，目前试车样品防红外辐射功能指标与市场领先厂商比较，性能已与进口 A 品牌系列 LAS50、LATI15、LATI35 以及进口 B 品牌系列灵动卓逸 6050、经典至尊 8205、蓝色魔力 9902、魔幻贵都 8808、黑衣骑士 9920 等接近，产品阻隔红外线指标可达高档水平。

#### 六、技术应用情况：

上海市建筑科学研究院《窗膜节能效果评估报告》，节能率可达到 30%；目前有国检集团（CTC）节能一级认证，两项实用新型专利，一份发明专利已授权。

#### 七、典型用户及投资效益：

典型用户：汕头市社会体育指导中心网球场节能改造项目；北京顺力成电力设备安装维修有限公司节能改造项目。

根据住房和城乡建设部统计，目前每年新增房屋面积 20 亿平方米，其中超过 80%的房子为高能耗建筑；而在当前 400 亿平方米房屋面积当中，超过 95%属于高能耗建筑，其中超过 100 亿 m<sup>2</sup> 的玻璃节能改造市场，而且具有较大需求的玻璃节能改造市场超过 1 亿 m<sup>2</sup>。预计未来 3 年，隔热膜技术应用比例将达到每年 5%，累计面积 500 万 m<sup>2</sup>，每年可形成节能能力约 18 万 tce，年碳减排能力 43 万 tCO<sub>2</sub>。

## 2 新型三维整体隐形翅片管换热器

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：新型三维整体隐形翅片管换热器

三、适用范围：电站锅炉、工业锅炉、工业窑炉

四、技术内容：

（一）基本原理：

新型三维整体隐形翅片管是由普通圆管二次加工而成，管内外的热交换介质受到新型三维整体隐形翅片管内特殊的螺旋形结构的影响，使得垂直于主流方向的二次流的影响，破坏了热边界层，使得热边界层变薄，强化了冷热流体的热交换。正是由于二次流的存在，使得壁面流体和主流流体的质量和热量交换得到加强，管内流体的温度和速度分布更加均匀，流体流动的湍流程度进一步加大，新型三维整体隐形翅片管的总换热系数得以大幅度提高。另外，由于管束是相互支撑，并整体捆扎，使得换热器在很高流速的情况下都不会产生振动而导致换热器失效；换热管束的流场是三维空间变化，流场均匀，360°无死角，不易积灰结垢，不易产生涡流而导致磨损。新型三维整体隐形翅片管技术给空气预热器、烟气换热器等提供了技术支持，解决了电站锅炉、工业锅炉、工业窑炉、冶金冶炼炉等热效率低，烟囱冒白烟等问题，符合国家节能减排的环保政策。

（二）关键技术：

解决总换热系数低的关键技术。换热元件由于采用强化换热结构，它的总换热系数提高2~3倍左右，减少了换热器的耗材及体积，减少设备投资。（2）解决积灰结垢及腐蚀的关键技术。采用新型三维整体隐形翅片管作为空气预热器的高效换热元件，并优化布管原理，利用其优越的流场分布，提高靠近空气进口侧的管束壁温，减缓产生露点腐蚀；（3）解决流动阻力大的关键技术。新型三维整体隐形翅片管效率高，减少换热面积也就是减少了管排数，不但风侧流程少，而且烟气侧管排数也少。使得换热器的烟气侧和风侧的阻力大大减少，解决鼓风机引风机余量不足和运行费用的消耗的问题。（4）解决管束积灰结垢，维护成本高的关键技术。采用新型三维整体隐形翅片管的表面光滑，由于其沿着轴线是螺旋结构，气体沿着其表面流动死角少，涡流少，因此流场均匀，不易结垢，大大延长其结垢周期，降低维护成本。5）解决占换热器有空间大、运输、安装成本高的关键问题。三维变空间高效空预器比普通空预器所占空间小，重量轻使得运输费用低与安装简单。（6）解决换热器使用寿命短关键问题。换热元件特殊结构、优化布管，流场安全无振动，避免系统噪声和共振，提高壁温，降低低温腐蚀，提高使用寿命。

工艺流程：

本项目建立在项目组成员多年来从事高效传热与节能减排集成技术，对研发产品进行创新性的设计，采用理论分析、数值仿真模拟和实验研究三者相结合的方法，研发新型高效节能节材的新产品系列。

（1）理论分析：以有限元技术分析得到的流体在烟道变空间换热器内流体的流动特性为基础，利用相关流体力学流动模型如多孔介质模型、零剪切力模型等对换热器的壳程传热与压降特性进行理论分析，同时将其与实验数据和有限元分析结果相结合，拟合得到能准确反映废热高效回收用烟道变空间换热器传热与

压降特性的准则关系式。

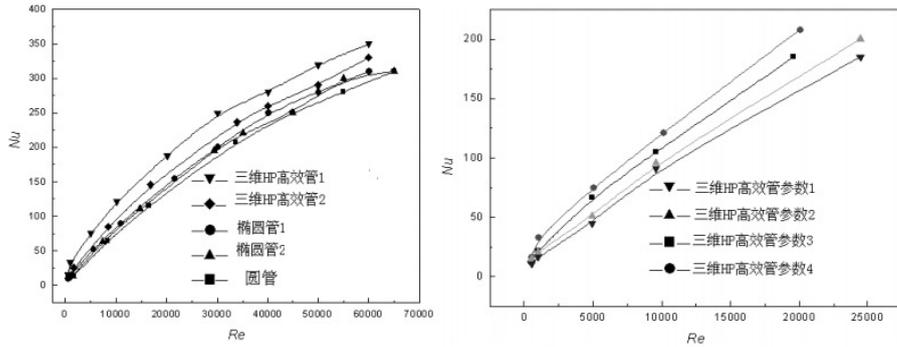


图 1 不同类型换热元件换热系数与雷诺数的曲线图

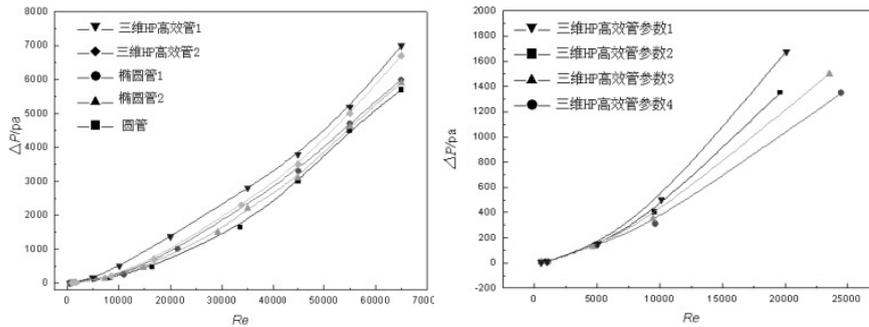
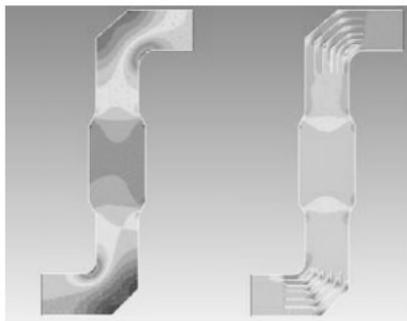


图 2 不同类型换热元件阻力损失与雷诺数的曲线图

(2) 数值模拟研究：利用有限元技术对烟道变空间换热器的壳程进行数值模拟和分析，主要分析不同换热管几何结构以及不同布管方式下壳程流体的速度场、温度场、压力场及其相互协同程度，分析烟道变空间换热器的壳程强化传热机理。并借助场协同原理等强化传热理论知识对壳程流体传热与压降特性进行定性的分析。



(a) 烟气换热器内部压力分布图



(b) 烟气换热器内部速度分布图

图 3 烟气换热器 CFD 流场数值模拟

(3) 工程现场研究：对中标实施的示范工程，采用多点测试和运行特性进行系统分析，将可测试结果与设计优化相结合，不断提升设计流场与有限元分析得到的流场结果进行对比，以指导烟气流动模型的建立和节能减排环保技术集成系统设计优化。

具体技术路线以及工艺流程如下：

- 第 1 步：新型三维整体隐形翅片管换热器（烟气-空气）的理论分析；
- 第 2 步：新型三维整体隐形翅片管换热器系统设计分析；

- 第 3 步：仿真模拟；
- 第 4 步：样机产业化工艺试验；
- 第 5 步：样机产业化工艺试制；
- 第 6 步：现场样机性能试验；
- 第 7 步：如有问题，返回第 3 步进行修正；
- 第 8 步：样机完善。

### 五、主要技术指标：

为了能更清楚了解两种换热器技术之间的技术特点，分别对光管空预器（烟气-空气）和新型三维整体隐形翅片管空气预热器的技术参数进行比较：

表 3-1 新型三维整体隐形翅片管空气预热器与光管式空气预热器的设备参数比较

| 项目     | 单位             | 三维整体隐形翅片管空预器 | 光管空预器        |
|--------|----------------|--------------|--------------|
| 换热管规格  | mm             | Φ27×1.5×2000 | φ40×1.5×2458 |
| 换热管数量  | 根              | 9109         | 5615         |
| 换热管面积  | m <sup>2</sup> | 1401         | 1729         |
| 换热管重量  | kg             | 17010        | 19656        |
| 管板重量   | kg             | 2895         | 4906         |
| 空预器总重量 | kg             | 21350        | 28161        |
| 空预器体积  | m <sup>3</sup> | 27.4         | 60           |

表 3-2 新型三维整体隐形翅片管空气预热器与光管式空气预热器性能参数比较

| 空气预热器类别   | 总换热系数 (W/m <sup>2</sup> .℃) | 烟气侧/空气侧阻力 (Pa) | 造价 (万元) | 积灰 | 吹扫 | 抗振动性 | 流场均匀性 | 空间体积 (m <sup>3</sup> ) | 防腐性能 | 重量 (kg) | 寿命 (a) | 检修费 (万元) |
|-----------|-----------------------------|----------------|---------|----|----|------|-------|------------------------|------|---------|--------|----------|
| 光管式       | 51                          | 600/500        | 30      | 易  | 易  | 差    | 差     | 60                     | 差    | 重       | 短      | 0.9      |
| 三维整体隐形翅片管 | 20                          | 500/400        | 20      | 易  | 易  | 好    | 好     | 27.4                   | 好    | 轻       | 长      | 0.1      |

从上面技术参数比较，可以看出，目标参数一致的情况下，新型三维整体隐形翅片管不仅在总换热系数是普通光管的 2 倍多，整体设备重量也大大减小。并且设备的阻力、维护、寿命都大大下降。

### 六、技术应用情况：

技术创新水平，特别是能效方面改进情况，可以分为国际领先、国内领先和国内先进水平。目前在电站锅炉、工业锅炉和工业窑炉等领域得到了很好的应用，产业化前景一片大好。

### 七、典型用户及投资效益：

典型用户：江联重工 130t/h 燃气锅炉新型空气预热器；江联重工 220t/h 燃气锅炉新型空气预热器。采用了新型三维整体隐形翅片管空预器预热器，可以提高锅炉热效率，节省燃料消耗量，每年可以节省 3000 吨标煤，假如标煤的单价为 800 元/吨，每年节省 240 万元。每年减少 CO<sub>2</sub> 排放量 7920 吨，按照 2018 年广东碳交易市场价格为 15 元/吨，则可以获得效益为 11.88 万元。220t/h 锅炉的新型三维整体隐形翅片管空气预热器的价格为 180 万/台，则静态投资回收期为 0.8 年。

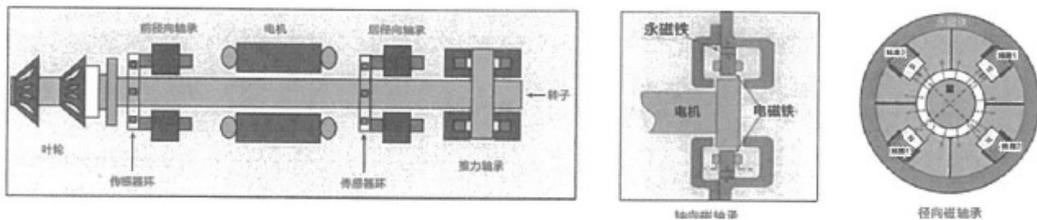
### 3 “节能岛”磁悬浮中央空调机房节能改造

- 一、所属类别：重点节能技术
- 二、技术名称：“节能岛”磁悬浮中央空调机房节能改造
- 三、适用范围：适用于建筑领域商用，主要客户群体为商场、酒店、医院、地铁站、数据中心、工业企业、机场候机厅、车站和码头等场所区域。
- 四、技术内容：
  - (一) 技术原理。

#### 按能效因子优选控制策略

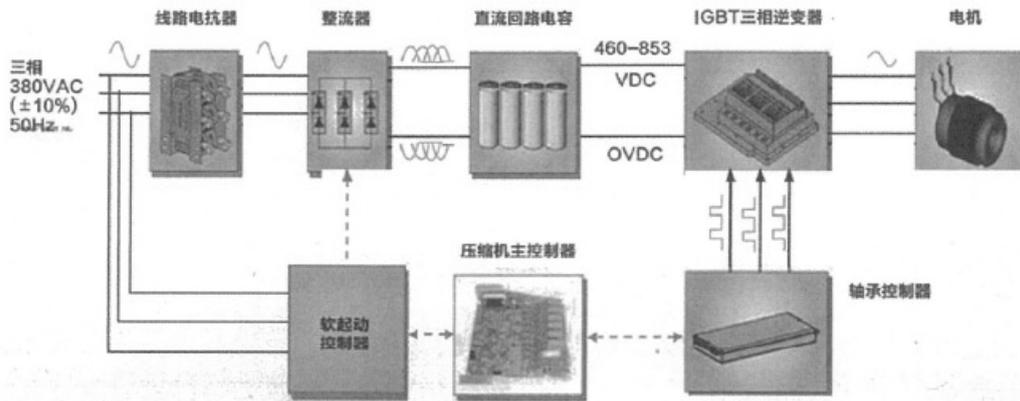
| 冷水机组节能   | 冷却水系统节能  | 冷冻水系统节能   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>◦非对称开启冷却塔风扇，冷却水回水温度降低，冷水机组能效提升。</li> <li>◦不同室外湿球温度&amp;不同冷机负荷比下，对应一个最优冷却水泵转速+冷却塔风机转速。</li> <li>◦均匀布水&amp; 同步变频，冷却塔水阀全开。</li> <li>◦水泵和主机台数向步一对一变频。</li> <li>◦冷却水根据主机流量变频。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦磁悬浮变频离心机、普通变频离心机根据各自能效因子确定开机台数。</li> <li>◦定频主机台数控制：冷机电流&gt;90%，同时保证冷冻水供水温度不高于设定值。</li> <li>◦根据节气确定不同气候环境下回水温度。</li> <li>◦根据重点控制区域典型温度进行回水温度修正。</li> <li>◦利用峰谷电价差提前开机进行预冷，降低开车负荷，节省运行费用。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◦末端多系统设置温差控制。</li> <li>◦水泵同步一对一变频。</li> <li>◦根据末端温差进行变频控制。</li> <li>◦流量变化速率低于30%/分钟。</li> <li>◦压差旁通控制保证冷冻水最低流量。</li> </ul> |

1. 将传统的冷水机组更换为磁悬浮离心冷水机组
  - 1.1 磁悬浮无油变轨运转技术
    - (1) 电机转轴和叶轮组件通过数字控制的磁轴承系统在旋转过程中悬浮，完全消除金属与金属之间的接触，不会磨损表面。
    - (2) 通过 5 组定位传感器感应，轴承控制器调整电流，改变磁轴承磁场大小，将转子调整至运转中心位置，保证安全通行。
    - (3) 转轴转速为 48000rpm，定位信号相应频率 50kHz
    - (4) 三级变轨控制能够保证机组在正常轨道外也能安全地运行并停机，不会发生轴与其他零部件摩擦而烧毁的情况。



- 1.2 直流变频技术
 

机组采用直流变频技术，压缩机转速随着负荷的变化，可实现能力在 2-100% 内无级调节，优化机组能耗。



### 1.3 高速永磁同步电机

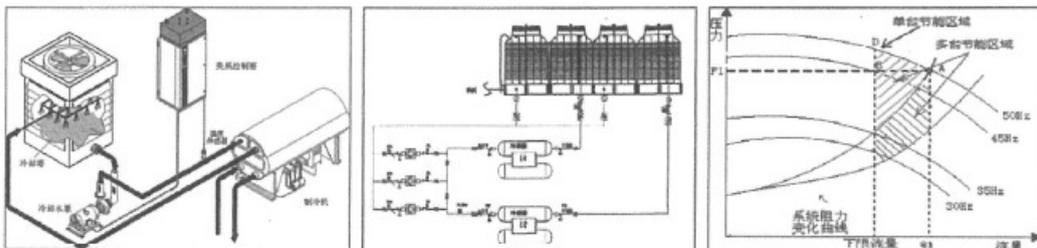
- (1) 电机功率密度小, 体积小, 重量轻, 结构紧凑
- (2) 电机效率高, 在机组运行范围内, 电机效率达 97%
- (3) 电机采用冷媒冷却, 电机温度场均匀, 可控制电机温度在 40℃ 左右, 保证电机安全高效运行
- (4) 根据美国空调制冷协会研究表明: 常规冷水机组冷媒内润滑油平均含量占到 9%—10%, 附着在换热器表面造成 15%—20% 的额外系统能耗, 而磁悬浮机组无润滑油, 不存在这样的问题。



2. 同时将冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔加装变频器, 并将磁悬浮冷水机和冷却水泵、冷却塔、冷冻水泵四个部分实现全变频联合控制(全柔性化系统)。

#### 2.1 冷却水变频系统

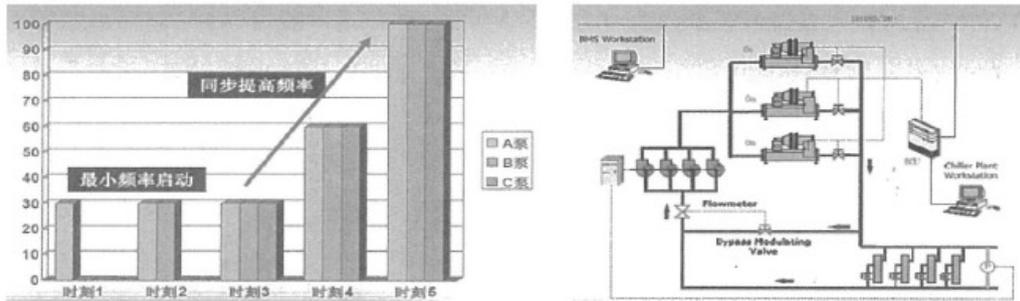
冷水机组对冷却水流量要求为定流量。冷却水系统大都来用多泵并联方式。中央空调系统 95% 以上时间泵不会全开, 大管道小流量工况将使管道阻力大幅度降低。冷却水泵频率变化大都在 35\_45Hz 区间, 所以冷却水泵使用变频控制也有不错的节能效果。



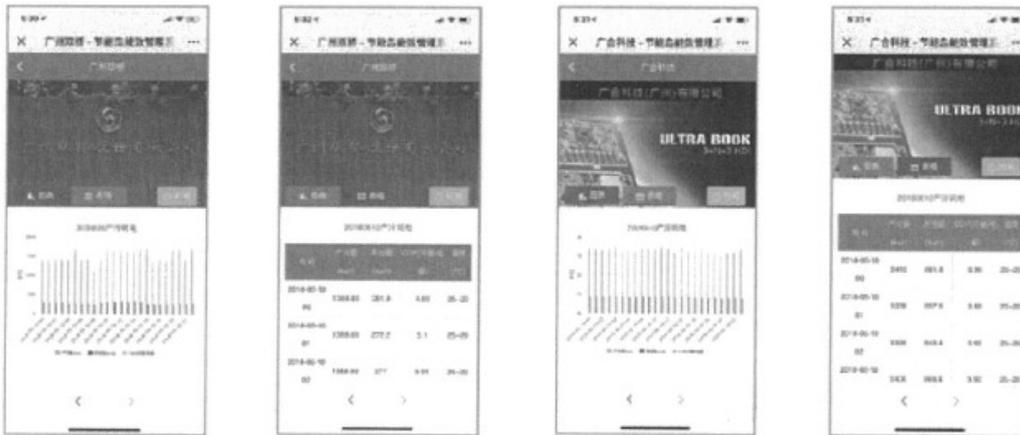
#### 2.2 冷冻水变频系统

变频器和冷冻水泵采用一对一同步变频, 设置电磁流量计准确测量冷冻水流量, 控制流量变化速率小于冷水机许可流量变化速率, 通常流量变化速率 < 30%/分钟。根据客户冷负载、环境温度湿度, 使用“大数据蛮力计算法”优化计算最佳控制频率参数。每十分钟采集计算更新一次运行参数, 将最佳控制频率发送给各

个变频控制器运行,确保机房整体设备能效持续保持最高效状态运行,从而实现高效冷源站的设计目标。



3. 为每个机房安装云能效监测智慧平台,随时随地查看机房各个末端数据



云能效监测智慧平台采用先进的物联网技术,通过物联网网关直接将数据由耗能设备上传至云端服务器,有效解决大数据传输可靠性、存储安全性、分析计算高效率三个核心问题,投资成本低,运维效率高。

(1)能效数据可视化:可视化管理设备能效数据,及时反馈改善运行工况,实时提升设备能源使用效率;

(2)设备通行参数可视化管理:确保设备处于最经济最优化状态运行,在降低能耗成本的同时,延长了设备寿命,降低运维成本;

(3)能效大数据挖掘价值:通过云端服务器对数据进行在线分析,精确锁定过程高能耗时刻,便于用户明确节能方向和潜力,降低能耗成本;

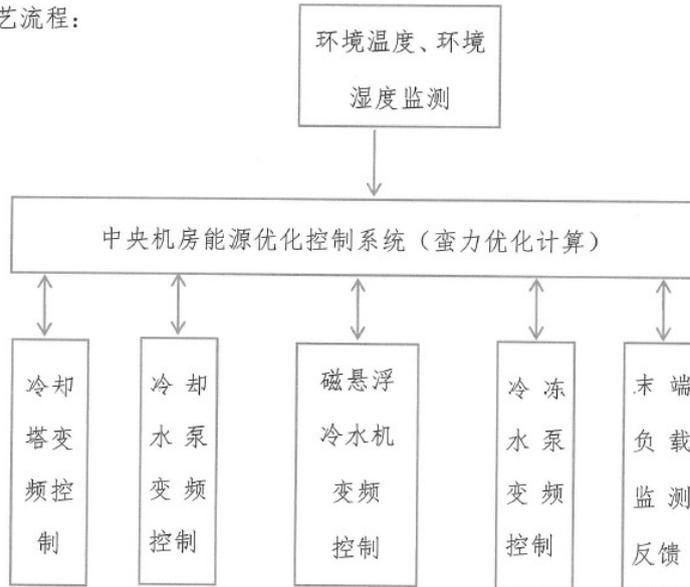
(4)内部大数据信息综合分析,全方位综合分析能耗信息、工艺信息、设备控制信息、产品单耗信息等,提升通用设备能源转化效率,辅助改善工艺流程,增强企业竞争力;

(二)关键技术,工艺流程。

关键技术:

- 1、磁悬浮冷水机节能技术;
- 2、能效大数据优化计算技术;
- 3、能效实时监测“节能岛”云能效技术。

工艺流程:

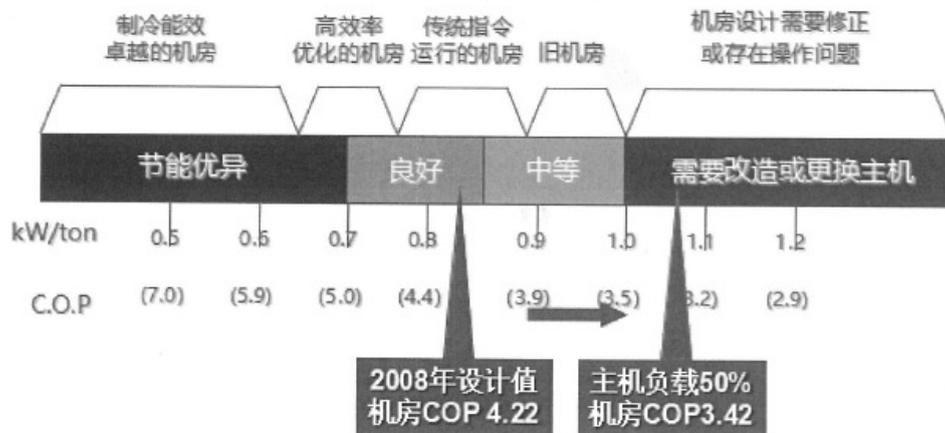


### 五、主要技术指标:

主要技术参数及其与替代的技术对比，特别是能效指标对比。

| 类型     | 改造前                      | 改造后                                  | 投入和节能率             |
|--------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 设备状况   | 螺杆或离心式冷水机组、工频离心式水泵、工频冷却塔 | 磁悬浮离心式冷水机、变频控制离心式水泵、变频控制冷却塔、能效控制优化系统 | 平均改造投资标准: 3860元/冷吨 |
| 主机 COP | 3.5-4.2                  | 7.0                                  | 44%—50%            |
| 机房 COP | 2.8-3.2                  | 5.6—6.0                              | 46%—50%            |

下表为指导“节能岛”高效冷源站机房改造的尺度。



传统中央空调在使用6年—10年以上的机房，均可以使用“节能岛”高效冷源站技术运用替代，主要商业模式可以分为EPC模式、EMC模式及BOT三种模式。

(1) EPC模式为能效改造工程总承包模式，我方负责方案设计、采购、施工和验收，最后将“节能岛”高效冷源站移交给业主，我方负责售后服务。

(2) EMC 模式为合同能源管理模式,即我司负责方案设计、投资、采购、工程、验收及合作期内的营运管理和结算。直到合作期结束将资产移交业主, 我司继续负责后期的技术服务。

(3) BOT 模式为新建项目,我司投资“节能岛”高效冷源站全部设备及工程负荷和运管服务,以买冷量的方式和用户结算。

#### **六、技术应用情况:**

“节能岛”磁悬浮中央空调机房节能改造技术现已稳定运用于铭汉股份所投资运营的十余个中央空调机房中,这些机房分布于广州、东莞、海南三亚等地。据客户反馈的信息表示,节能效果十分显著,所创造的经济效益不菲。

#### **七、典型用户及投资效益:**

案例应用单位:广合科技(广州)有限公司

广合科技空调机房中原有 3 台 400RT 和 1 台 500RT 的离心式冷机 400RT,用冷高峰期 5 月-11 月耗电达 470 万度。节能改造为 2 台 600RT 的 SMART 牌无油磁悬浮离心式冷水机组及配套的水泵等。项目节电量为 1,658,857 度,折算节约标准煤约 204 吨,节能 35%。项目投资额 491.73 万元,投资期 10 年,预计 4 年内可以本。

## 4 地铁车站用水冷直接制冷式空调机组

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：地铁车站用水冷直接制冷式空调机组

三、适用范围：地铁车站用空调等一体化直接供冷空调系统

四、技术内容：

1、技术原理。

地铁车站空调系统的高效水冷直接制冷式磁悬浮空调机组，由压缩冷凝段、过滤段、蒸发段、风机段、送风段等多种空气处理功能段组成。机组采用冷媒直接膨胀蒸发降温后送风，取消“冷冻水循环”，无需二次换热能耗，集成冷水机组和组合式空调箱功能。相较于常规的地铁空调系统，本项目研制的机组具有高效节能、调节范围广、低振、低噪、可靠性高、安装维护便捷的特点。

2、关键技术。

地铁车站空调系统的高效水冷直接制冷式空调机组有如下主要关键技术创新点：

1) 小流量小压比压缩机提效技术

发明了全球首款专用于地铁车站工况的“小流量小压比”磁悬浮无油离心压缩机，研究了一种“旋转降压”+梳齿密封复合密封结构，利用高速旋转的叶轮轮盖表面对气流摩擦产生的离心力，使气体在密封腔内形成径向压力梯度，降低梳齿密封前后压差，减少泄漏损失。建立了一种多参数耦合的设计方法，以雷诺数为目标函数，通过“低转速，强后弯”气动设计，优化叶轮转速、出口气流角、出口外径、出口宽度等参数，有效降低了摩擦损失。研制了一种地铁工况专用的小压比压缩机，解决了工况偏移效率衰减的问题，提升了全工况效率；采用“小压比”气动设计，能够保证压缩机在最高效率区运行。

2) DVDC 节能控制策略

发明了一种双流量解耦控制 DVDC ( Double Volume Decoupling Control) 节能策略；动态调节：室内温度控制风机流量，出风温度控制压缩机流量，目标单一，控制可靠；室内温度惯性较大，控制步长时间长，风量变化对冷量影响小，通过控制风机流量调节室内温度，调节步调一致，稳定性强；出风温度惯性较小，属于机组内部调节，控制步长时间短，对冷量影响大，需要通过控制压缩机流量快速响应，避免调节滞后。

稳态调节：自动寻优，寻找最佳能效点，微调压缩机流量和风机流量，提升整机能效。负荷稳定后，随着出风温度升高，压缩机功率降低，风机功率升高。通过自动寻优控制算法，满足出风除湿要求，微调压缩机和风机流量，使机组的总功率最低，能效最优。

3) 大风量蒸发器换热效率提升技术

提出了一种三级均液及集气结构，有效避免了分液不均，降低了压损，提高了蒸发温度；运用了一种风机矩阵布置结构，选取多个方案进行仿真分析，六个风机方案可以明显提升风场均匀性。实测翅片 80 个管温测点离散度由原一级均液蒸发器的 2.97 降低到 0.97，蒸发器断面风速测点均匀度由原单风机方案的 11.6%提升到 91.7%，蒸发温度提升了 1.1℃。

4) 空调设备的安全控制措施

整机采用冷媒三重隔离及检测技术，冷媒隔离区，采用高压聚氨酯密封结构，

将主机段与空气处理侧隔离，漏风率低至 0.6%；运用大数据监测，建立冷媒灌注量预测模型，及时预判冷媒泄漏风险；冷媒检测区，配备高精度冷媒检测模块，实时监测冷媒浓度。

采用全直流电控系统设计，宽电压设计，满足电压 310V-450V，适应性强；简化电源结构，减少内部电源转换装置；直流 24V 供电，低压对人身的安全有保障；全直流电控，减少谐波干扰，提升 EMC 性能。

### 五、主要技术指标：

常规方案：冷水机组+组合柜（100RT），按夏热冬冷地区工况计算，机组 IPLV=4.04（能效水平如下）：

| 进水温度 | 负荷点  | 制冷量   | 主机功率 | 冷冻水泵 | 组空风机  | 总功率  | 能效比  |
|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 32.0 | 100% | 342.9 | 58.0 | 7.5  | 15.64 | 81.1 | 4.23 |
| 27.7 | 75%  | 261.6 | 37.4 | 7.5  | 15.64 | 60.5 | 4.32 |
| 23.8 | 50%  | 177.5 | 24.5 | 7.5  | 15.64 | 47.6 | 3.73 |
| 20.7 | 25%  | 88.5  | 14.0 | 7.5  | 15.64 | 37.1 | 2.38 |

新技术方案：直接制冷式机组（变风量）（100RT）按夏热冬冷地区工况计算，机组 IPLV=8.66（能效水平如下）：

| 进水温度 | 负荷点  | 制冷量   | 主机功率 | 总功率  | 能效比   |
|------|------|-------|------|------|-------|
| 32.0 | 100% | 342.9 | 71.8 | 71.8 | 4.77  |
| 27.7 | 75%  | 261.6 | 35.9 | 35.9 | 7.29  |
| 23.8 | 50%  | 177.5 | 16.0 | 16.0 | 11.10 |
| 20.7 | 25%  | 88.55 | 5.3  | 5.3  | 16.63 |

100RT 机组：名义工况实测 EER=5.37，较常规地铁空调系统提升 24.2%；综合部分负荷性能系数 IPLV：夏热冬暖=7.79、夏热冬冷=8.66、寒冷地区=9.10，以夏热冬冷地区为例，较常规地铁空调系统能耗降低 53.3%。

### 六、技术应用情况：

本项目研制的产品可广泛应用于地铁车站、铁路客站、机场等需要直接蒸发式送风的大型公共交通场站场所，实现主机与组合式空调箱集成为一体机，系统设计简单可靠，高效节能，无需额外冷冻水循环，安装、维护便捷，同时节约安装空间，具有很大的应用前景。采用本项目研制的创新产品，就能够节约地铁整体能耗的 22.5%~27.5%，节能效果非常显著。通过对现有大型公共交通场站的节能改造实践和新建大型公共交通场站的应用，将使国内建筑空调节能的水平得到较大的提高。由于该产品的领先性，将在国际工程中得到一定的应用，走向国际市场。

### 七、典型用户及投资效益：

案例应用单位：珠海智能装备公司

1、节能改造前用能情况。

改造前用 350KW 冷水机组+组合柜的使用能耗如下：

|                |           |       |       |       |        |         |        |       |
|----------------|-----------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|-------|
| 室外温度(°C)       | 15~18     | 18~21 | 21~24 | 24~27 | 27~30  | 30~33.5 | >33.5  | 总耗电   |
| 中间温度           | 16.5      | 19.5  | 22.5  | 25.5  | 28.5   | 31.5    | 33.5   | /     |
| 温度频率           | 52        | 130   | 522   | 1625  | 1216   | 725     | 141    |       |
| 负荷率 $\epsilon$ | 10        | 24    | 41    | 57    | 73     | 89      | 100    |       |
| 负荷 (kW)        | 70        | 168   | 287   | 399   | 511    | 623     | 700    |       |
| 冷水机组+组合柜       | 机组功耗 (kW) | 4.1   | 70.6  | 84.7  | 102.0  | 119.1   | 143.2  |       |
|                | 部分负荷 COP  | 2.38  | 2.38  | 3.39  | 3.91   | 4.29    | 4.35   | 4.23  |
|                | 耗电量       | 1529  | 9176  | 44193 | 165825 | 144843  | 103833 | 23333 |

## 2、节能改造内容。

改造后用 350KW 水冷直接制冷式空调机组使用能耗如下：

|                |           |       |       |       |       |         |       |       |
|----------------|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 室外温度(°C)       | 15~18     | 18~21 | 21~24 | 24~27 | 27~30 | 30~33.5 | >33.5 | 总耗电   |
| 中间温度           | 16.5      | 19.5  | 22.5  | 25.5  | 28.5  | 31.5    | 33.5  | /     |
| 温度频率           | 52        | 130   | 522   | 1625  | 1216  | 725     | 141   |       |
| 负荷率 $\epsilon$ | 10        | 24    | 41    | 57    | 73    | 89      | 100   |       |
| 负荷 (kW)        | 70        | 168   | 287   | 399   | 511   | 623     | 700   |       |
| 水冷直接制冷式空调机组    | 机组功耗 (kW) | 4.1   | 10.1  | 20.8  | 40.0  | 68.1    | 109.3 |       |
|                | 部分负荷 COP  | 17.1  | 16.63 | 13.8  | 9.98  | 7.5     | 5.7   | 4.77  |
|                | 耗电量       | 213   | 1313  | 10856 | 64967 | 82850   | 79241 | 20692 |

## 3、节能改造产生的节能效果分析。

采用直接制冷式磁悬浮空调机组的新型节能方案，每年的空调系统电费运行成本明显降低，电费降低 47.2%，按 1 元/度计算，每年节约电费 23.26 万元。

## 5 重型球磨机变频节能技术

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：重型球磨机变频节能技术

三、适用范围：适用于陶瓷墙地砖生产企业原料生产球磨机技术改造

四、技术内容：

（一）技术原理

本技术应用于陶瓷、水泥、化工、矿业等重型球磨机领域。技术原理为：依据变频技术是以降低重型球磨机的运行电流（不增加球磨机研磨时间为前提）减少运行过程的功率消耗。其节能原理是利用电子控制技术，根据负荷变化调整电流的频率，降低电机瞬时功率，减少无用功损耗，从而达到节能的目的。因此，变频技术的应用有两个关键的前提条件，第一是负荷在运行过程中不同时期产生变化；第二是变频的规律符合负荷变化规律。

根据陶瓷行业球磨机在运行过程中，其负荷主要体现在物料（包括原料、水、研磨介质）在空间的偏心程度所造成的扭矩，与球磨机装载重量没有直接关系，偏心扭矩越大，负荷越大，反之越小。因此，当球磨机装载量一定的时候，负荷的大小主要取决于筒体内物料重心偏离距离。球磨机型号（筒体尺寸不同）、工作状态、工艺要求等因素对偏心距离均有影响。

由于球磨机的负荷变化很难通过温度、压力、重量等因素进行感知，只能根据物料的粉碎原理，以及运行电流的变化规律，判别球磨机的负荷变化，因此，掌握球磨机运行负荷变化规律，是重型球磨机变频节能技术的核心关键。

本项目技术提出了针对不同浆料种类，利用粉碎方式原理、物料细度变化规律，对研磨过程进行分段设定，以实现变频技术对陶瓷生产重型球磨机的有效节能。本项目技术的研究主要包括三方面内容，第一是确定各种重型球磨机研磨过程的负荷变化规律；第二是预设式 GLSAVER-AQM 变频器的研发；第三是适合 GLSAVER-AQM 变频器应用的数据库建立。

（二）关键技术、工艺流程

GLSAVER-AQM 型（系列）重型球磨机变频器的关键技术是克服现有技术的不足，设计与研制一种能够适应不同性质物料、不同粉末阶段对球磨机的最佳转速要求，从而提高湿法间歇式重型球磨机效率，达到节能降耗的目的。

本技术项目的研究主要包括三方面内容：第一是确定各种重型球磨机研磨过程的负荷变化规律；第二是预设式 GLSAVER-AQM 变频器的研发；第三是适合 GLSAVER-AQM 变频器应用的数据库建立。

在球磨开始阶段，由于物料较粗，主要依靠球石（研磨介质）碰击进行破碎为主，此时物料和球石呈沉积状态，重心偏移较大，运行电流较高；在研磨中期，主要依靠球石研磨进行粉碎，物料和球石充分混合均匀，此时物料和球石处于悬浮状态，重心偏移缩小，运行电流有所下降；在球磨末期，主要依靠振动使物料疲劳破坏而粉碎，此时物料与水完全胶融，形成泥浆，球石悬浮于泥浆之中，运行电流进一步下降，并逐渐趋于稳定（图 2—1、图 2—2），如果一直用工频运行，将造成电力浪费。

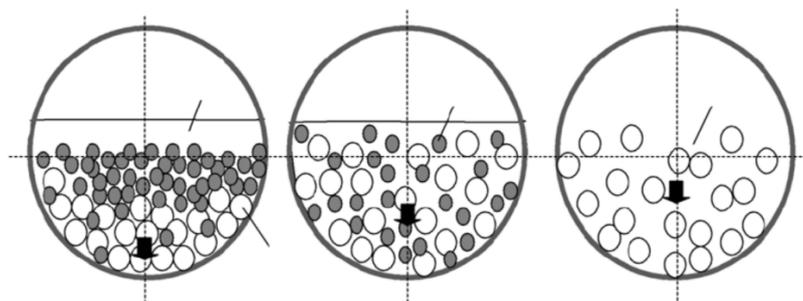


图 2—1 球磨机运行过程负荷（重心）变化原理图

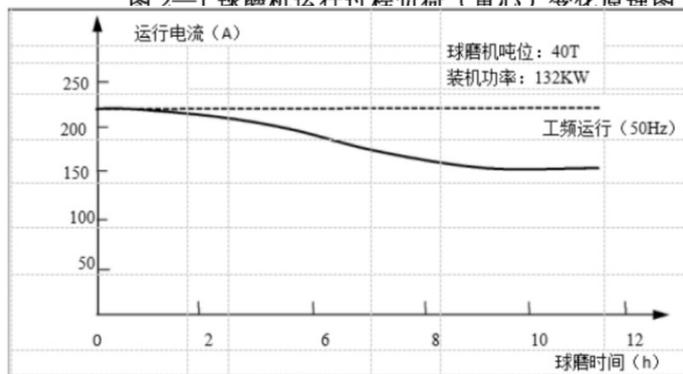


图2—2 球磨机运行电流随时间变化规律

球磨机在原料加工的时候，不同的原料，运行电流有所不同，比如抛光砖坯料、瓷质砖坯料、内墙砖坯料细度要求不同，球磨机运行电流也有所不同。

表2-1 各种（部份）坯料在球磨过程的变化规律

| 参数<br>坯料 | 球磨时间<br>(h) | 细度<br>(筛余%) | 初始运行<br>电流 (A) | 中期运行<br>电流 (A) | 末期运行<br>电流 (A) |
|----------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| 抛光砖坯料    | 13~15       | 0.6~0.8     | 210~220        | 200~210        | 150~160        |
| 瓷质砖坯料    | 10~12       | 1.2~1.5     | 210~220        | 205~210        | 155~165        |
| 内墙砖坯料    | 7~9         | 2.0~3.0     | 210~220        | —              | 175~185        |

注：上述数据以40吨球磨机为例。

本项目技术思路与路线图：由于原料加工的工艺要求，重型球磨机实现电力节能，不能通过减少研磨时间来实现。因此实现球磨机节能只能通过优化、降低运行电流，合理设定不同原料、不同时段运行电流。通过变频技术降低运行电流是实现球磨机节能的重要途径。技术路线见图 2-3。

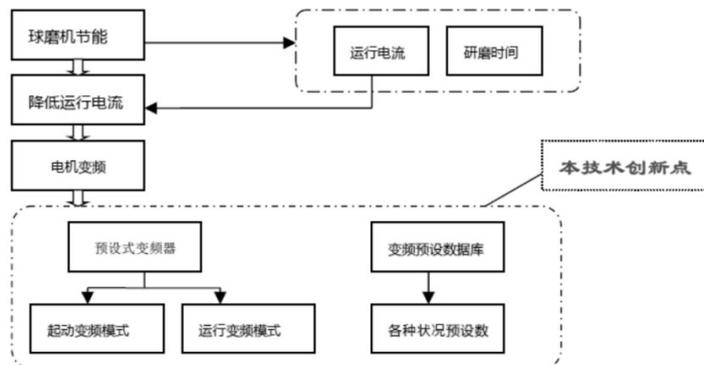


图 2—3 本项目技术创新路线图

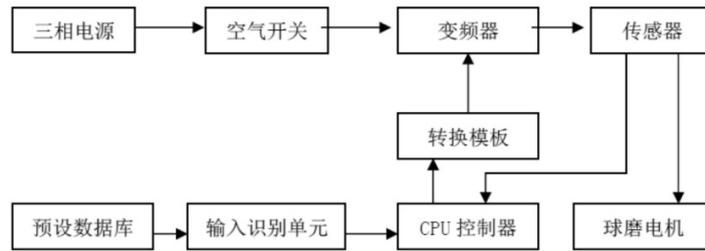


图 2-4 本项目变频调速控制装置原理图

变频调速原理：如图—4 所示，CPU 控制器发出的指令经转化模块转化后的控制信号输出至变频器输入端；从变频器输出端输入球磨机型号和工艺状态参量信号去搜索数据库的最佳球磨机电机的转速和转矩；球磨机的转速、加速度和状态信号由转换电子卡转化后输入 CPU 控制器输入端，CPU 控制器还接有用于监视被控参量信号和输入预设参数的输入与显示单元，预设参数信号直接输入 CPU 控制器输入端，经 CPU 控制器内部软件进行综合分析运算，所获得的球磨机电机实时转速指令经转化模板转化输出至变频器输入端，实现分段预设变频调速的目的。

根据球磨机的负荷变化规律，研制 GLSAVER-AQM 型预设式变频器是本项目的核心内容之一。其 GLSAVER-AQM 型变频器是本项目的成果产品，其创新核心内容是“起动变频模式”和“运行变频模式”的预设功能设计。

根据各种球磨机型号、坯料特性、工艺要求等参数，建立专门用于 GLSAVER-AQM 型变频器的预设变频数据库，最终实现在陶瓷生产企业推广应用。

### 五、主要技术指标：

本项目技术，建立了能适应不同球磨机型号、不同浆料、不同细度等工艺数据库，从而达到节能目的。技术性能指标与其他变频器的对比：本项目技术成果产品各项指标均能符合 CCECT16.1-2006《电力省电装置节能产品认证技术要求》指标要求。其中节能效果达到 15-18%。本项目技术成果与国内外同类技术比较主要有以下几方面：

- 1、抗高温跳闸温度：本项目为 85℃，普通为 70℃；
- 2、欠压跳闸电压值：本项目为三相 250（VAC），普通为三相 345（VAC）；
- 3、抗过载能力：本项目为 150%，普通为 120~50%；
- 4、是否对内部元器件进行防腐：本项目有，普通无；
- 5、控制方法：本项目为电流矢量控制，普通为电压矢量控制；
- 6、启动功率因数：本项目为电流矢量控制 97~100%，普通为 92~95%；
- 7、调速控制范围：本项目为 0.0~400.0Hz，普通为 10~200Hz；
- 8、节能效果：本项目为 15~18%，普通为 10~13%；

通过本项目技术研究和应用说明本项目各项技术指标均能优于国内外同类技术成果。

### 六、技术应用情况：

球磨机是一种广泛应用于水泥、陶瓷、化工、矿山、冶金等行业不可缺少的粉碎机械。其工作原理是利用惯性离心力作用，将研磨体带到一定高度，由其自身的重力作用抛下，对物料产生撞碎、研磨、振动，达到对物料粉碎的目的。

球磨机的型号较多，从物料粉碎形态来分，有湿式和干式两大类；从生产方式来分，有连续式和间歇式两大类。陶瓷生产的球磨机以湿式为主，为间歇式重型球磨机（吨位 8-100 吨）。

相比较其他的粉碎机械，球磨机的粉碎效率比较低、能耗高，以陶瓷墙地砖生产企业为例，球磨机的耗电量占全生产线 50-85%（其中抛光砖约为 50-60%，非抛光砖为 80-85%），能耗（综合）占陶瓷砖原料生产成本 50%以上（其中电耗占生产成本约 15%）。但是由于球磨机对物料的混合工艺性能很好，因此，目前球磨机仍广泛应用。

目前，在我国规模以上的建筑卫生企业约 1000 多家，墙地砖生产线约 2000 多条，具有各种规格的重型球磨机数量约 20000 多台，装机总功率超过 265 万千瓦安，每年消耗电量约 140 亿度电。因此，球磨机节能对行业发展影响重大，节能潜力也很大。

### 七、典型用户及投资效益：

案例一：广东爱和陶陶瓷有限公司球磨机节能改造项目

项目采用重型球磨机变频节能技术分别对一台 14 吨球磨机（110kW）和一台 40 吨球磨机（160kW）的配电系统增加安装冠菱球磨机专用起动节能控制器。项目投资额 7.1 万元，按该二台球磨机配电系统增加安装冠菱专用起动节能控制器后节电率达到 9%计算，设备年运行时间为 4500 小时，原电机基本为满负荷运行。则总节电量为：

$$(110+160) \times 15\% \times 4500 = 182250 \text{ kWh} = 18.225 \text{ 万 kWh/年}$$

$$\text{折算标准煤量为：} 18.225 \times 1.229 = 22.40 \text{ tce/年}$$

按企业用电价格：0.78 元/kWh 计，年节约电费 14.22 万元。

投资回收期 5 个月。

案例二：佛山市三水惠万家陶瓷有限公司球磨机节能改造项目

项目采用重型球磨机变频节能技术分别对 12 台 100 吨球磨机（315kW）的配电系统增加安装冠菱球磨机专用起动节能控制器。项目投资额 132 万元，按该 12 台球磨机配电系统增加安装冠菱专用起动节能控制器后节电率达到 18%计算，设备年运行时间为 4500 小时，原电机基本为满负荷运行。则总节电量为：

$$315 \times 12 \times 18\% \times 4500 = 3061800 \text{ kWh} = 306.18 \text{ 万 kWh/年}$$

$$\text{折算标准煤量为：} 306.18 \times 1.229 = 376.30 \text{ tce/年}$$

按企业用电价格：0.76 元/kWh 计，年节约电费 232.70 万元。

投资回收期 5 个多月。

## 6 磁悬浮鼓风机

一、所属类别：重点节能技术

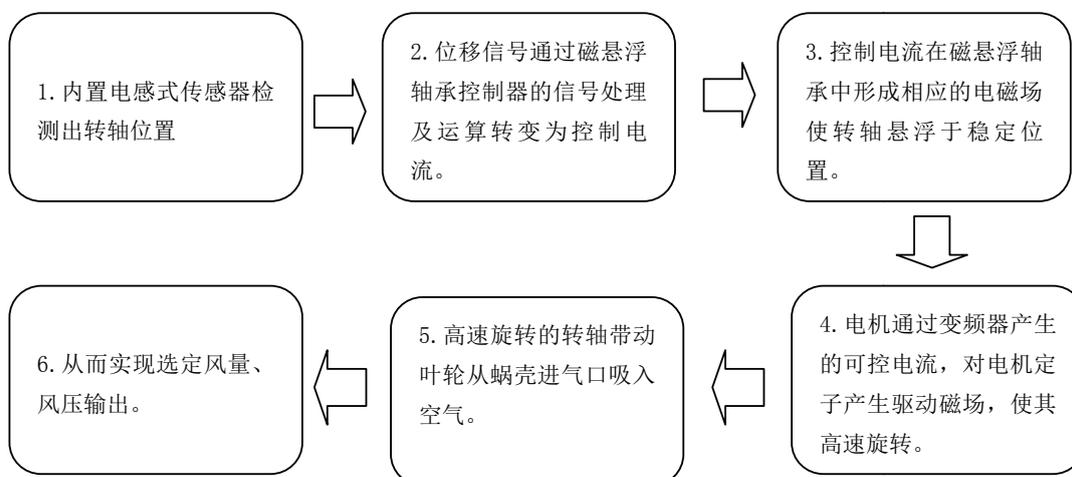
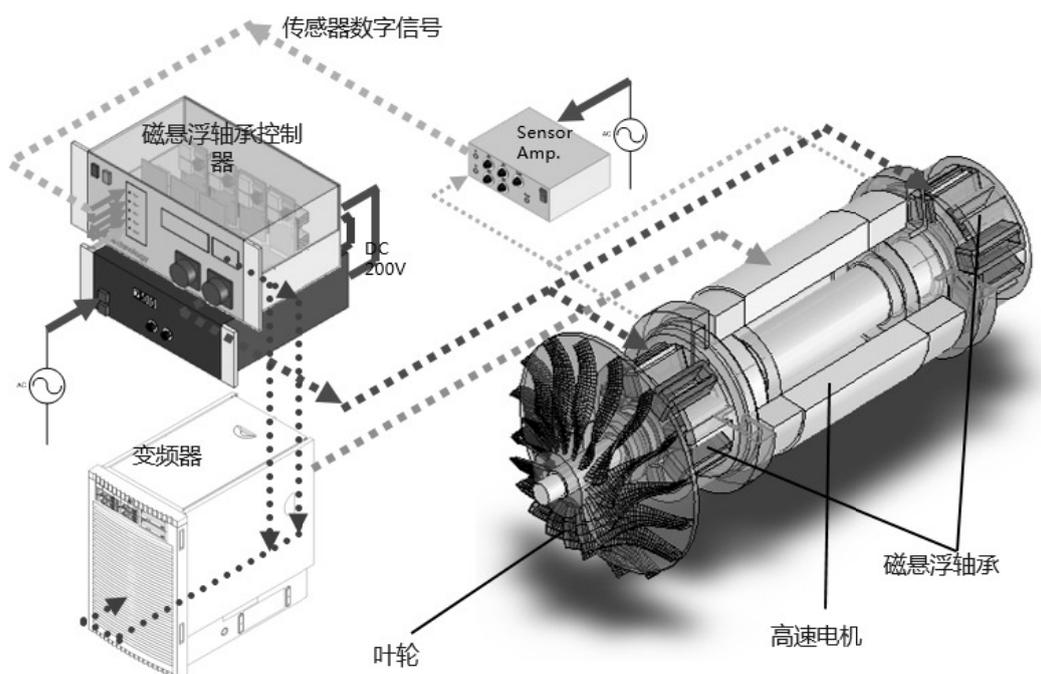
二、技术名称：磁悬浮鼓风机

三、适用范围：污水处理厂，水泥、化工、食品厂等需要气体输送或物料输送的行业。

四、技术内容：

1、技术原理。

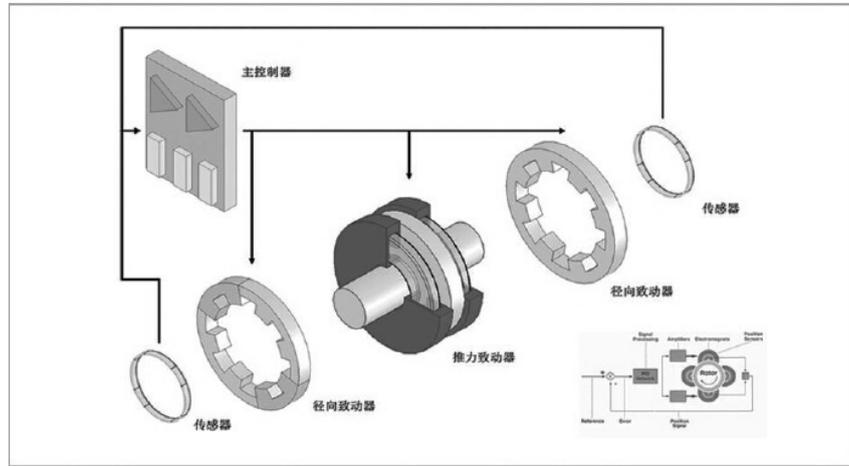
鼓风机是通过转子的离心运动来压缩气体，将压缩气体输送到所需地方的设备。磁悬浮鼓风机是在传统鼓风机基础上应用了主动式磁悬浮轴承技术与永磁同步高速电机技术，并进行一体化设计的新型高效节能环保产品。



2、关键技术、工艺流程。

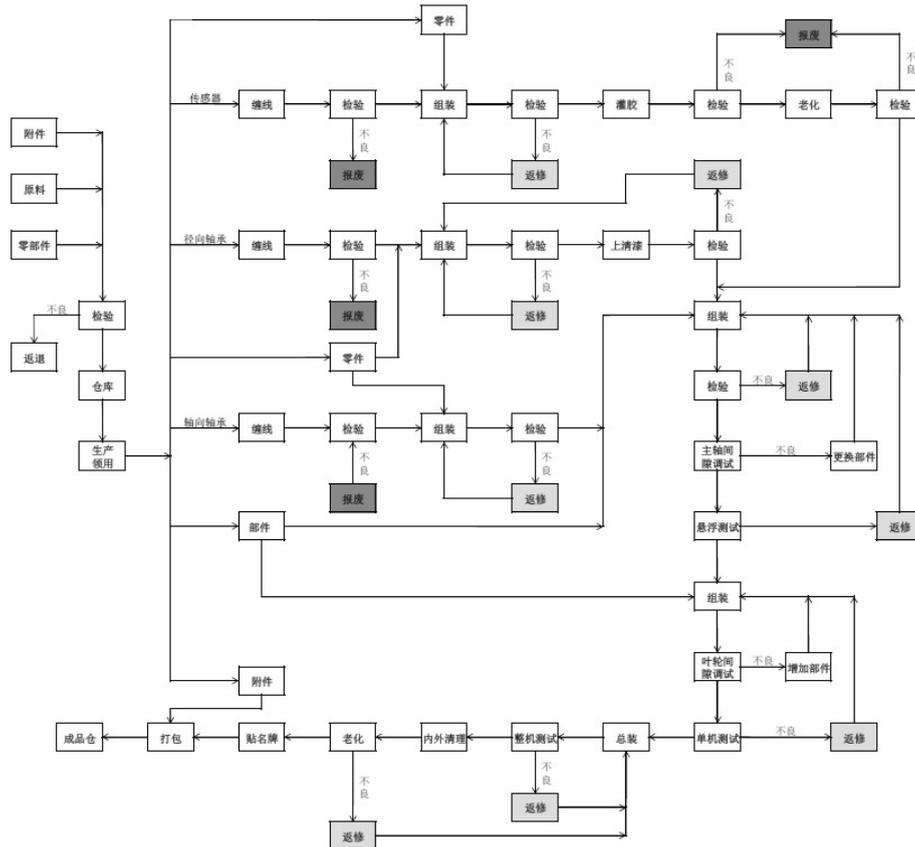
磁悬浮鼓风机关键为主动磁悬浮轴承系统技术，原理如下：

图示转子固定于两个径向致动器和两个推力致动器，转子的位置由传感器检测，实时反映到信号处理器，当转子位置偏移时，信号处理器根据转子位置偏移量调节磁悬浮轴承各自自由度上的磁力，使转子回到正确位置。|



采用主动磁悬浮轴承系统，无磨损，不需要润滑、维护；高强度铝合金离心风机叶轮采用三元流设计方法，经5轴精密机床一体化加工，离心叶轮效率达到最大化且寿命长；采用变频器对高速永磁电机进行调节频率实现风量的控制，且多种控制模式可以选择。采用先进的控制系统，运行状态可以实施监控和远程控制；采用全封闭水冷系统和风冷系统对电机散热，确保风机处于稳定高效的运行状态。

### 工艺流程



## 五、主要技术指标：

### (1) 效率对比

| 风机种类  | 罗茨鼓风机  | 磁悬浮鼓风机  |
|-------|--------|---------|
| 变频器损耗 | ——     | 5%      |
| 电机损耗  | 6-11%  | 5%      |
| 轴承损耗  | 11-13% | 1%      |
| 转轴损耗  | 1-2%   | ——      |
| 叶轮损耗  | 30-42% | 19%-22% |
| 总效率   | 32-62% | >86.7%  |

### (2) 性能对比

| 风机种类  | 罗茨鼓风机          | 磁悬浮鼓风机    |
|-------|----------------|-----------|
| 风量调节  | 不可调            | 30-100%   |
| 噪音    | 100dB 以上       | 75-85 dB  |
| 震动    | 非常大            | 非常小       |
| 润滑及维护 | 需要润滑           | 无需润滑      |
| 维护方式  | 定期维护           | 定期更换过滤器   |
| 使用寿命  | 1-5 年          | 20 年以上    |
| 尺寸    | 体积较大           | 体积小       |
| 安装及施工 | 需要固定于地面，需要隔音措施 | 无需固定及隔音措施 |
| 价格    | 低              | 较高        |

## 六、技术应用情况：

磁悬浮鼓风机于 2015 年完成开发，同年 12 月召开了磁悬浮鼓风机产品发布会。经过两年多的市场推广，并根据市场需求不断开发新型号的磁悬浮鼓风机，目前磁悬浮鼓风机已拥有 6 个系列，处于产业化阶段。

公司磁悬浮鼓风机绝热效率可达 86.7%。

## 七、典型用户及投资效益：

案例应用单位：中山高平织染水处理有限公司

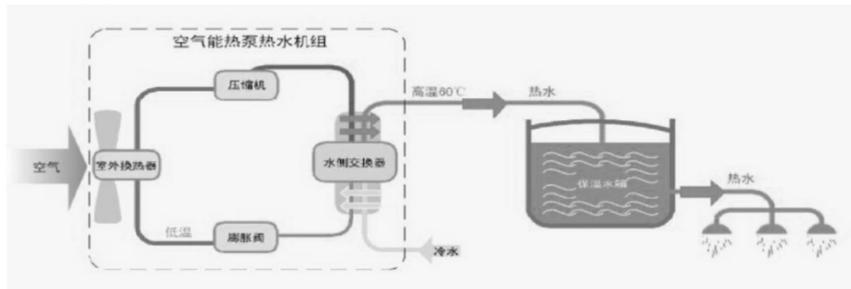
项目改造前使用罗茨鼓风机，罗茨鼓风机每天耗电 2053 KWh，年耗电 749345 KWh，将原使用的 1 台 110kW 罗茨鼓风机改造为 1 台 75kW 磁悬浮鼓风机，磁悬浮鼓风机与传统罗茨鼓风机相比，可节省电量 529KWh/天，每年（365 天）可节省电量 193085KWh，折算节省 66 吨标准煤/年，按项目地平均电费为 0.76 元/度，年节约电费 14.5 万元。设备成本 314000 元，磁悬浮鼓风机可用 20 年，则设备年平均成本为 15700 元/年，年维护费用 500 元/年。计算投资回收期约 2 年。

## 7 低温空气源热泵技术

- 一、所属类别：重点节能技术
- 二、技术名称：低温空气源热泵技术
- 三、适用范围：低温采暖，空气能热水器
- 四、技术内容：

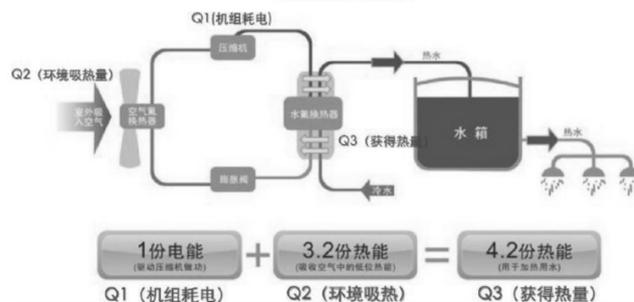
### 1、技术原理。

空气（源）能热水机（器）又称热泵热水机（器）。采用制冷原理将空气中的热量转移到被加热的水中。空气能热水机在这一加热热水的过程中扮演者“热量搬运工”的角色。



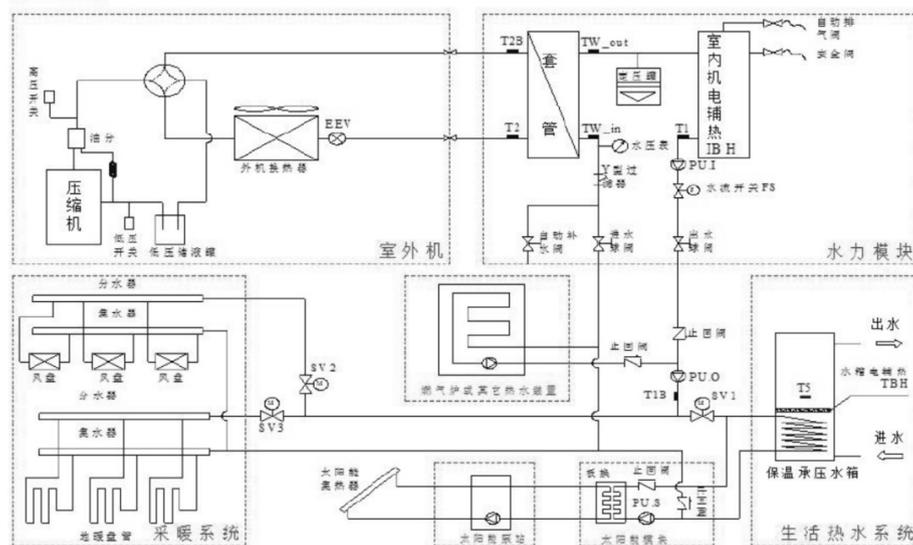
空气能热水机能效比在 3~5 之间不等，而电热水器的能效通常在 0.9 左右。即，空气能热水机的能效是电热水器的 3~5 倍。

### 节能原理



我司产品系统示意图如下：

### 系统连接图



## 2、关键技术、工艺流程。

关键技术：低压启动回油控制技术，启动和化霜时低压冷媒产生大量泡沫并和润滑油混合，压缩机运行声音低沉，有轻微的嗒嗒声音。有少量的回液现象，持续时间为 3 分钟左右，同时压缩机油位降到最低持续 5 分钟左右，油位在最低时，上面有油滴下，维持回油和吐油平衡，5 分钟后油位慢慢回升至满。

由于此压缩机为转子压缩机，抗液击能力差。长期在低温条件下工作时，如果压缩机一直处于高压比状态，同时吐油量又比较大的话，会大大降低压缩机可靠性，缩短压缩机使用寿命，而且有可能导致压缩机烧毁。因此在零下 20℃运行时，一定要控制好压缩比，提高过热度，防止液击，保证整机可靠运行。

工艺流程：机器组装-客路焊接-系统检漏-电控安装-抽真空-冲冷媒-试运行-包装。

## 五、主要技术指标：

空气源热水器与其它热水器技术，主要技术参数及其与替代的技术对比如下：  
国内现行热水加热设备产品效率对比说明表

| 供热方式        | 燃油热水器        | 燃气热水器                   | 电热水器        | 太阳能热水器 *    | 空气源热泵 **    |
|-------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 燃料种类        | 柴油           | 液化气                     | 电           | 太阳能/电       | 电           |
| 环境污染情况      | 比较严重         | 不严重                     | 无           | 无           | 无           |
| 安全性能比较      | 比较安全         | 不安全                     | 不安全         | 安全          | 安全          |
| 热值          | 10200kcal/kg | 9000kcal/m <sup>3</sup> | 860kcal/kWh | 860kcal/kWh | 860kcal/kWh |
| 热效率         | 93%          | 85%                     | 95%         | 300%        | 420%        |
| 燃料单价        | 4.2元/kg      | 2.2元/m <sup>3</sup>     | 0.6元/kWh    | 0.6元/kWh    | 0.6元/kWh    |
| 每1吨水需用燃料    | 5.19kg       | 6.17m <sup>3</sup>      | 55.1kWh     | 17.4kWh     | 12.8kWh     |
| 每1吨水需用费用(元) | 21.8         | 13.5                    | 33.1        | 10.4        | 7.8         |
| 设备使用年限      | 8年至10年       | 8年至10年                  | 8年至10年      | 8年至10年      | 10至15年      |

说明：\*太阳能热水器在阴天必须用电辅助加热器获取热水，该栏数据是按照假设一年中有1/3的时间是阴天来计算的。

\*\*该栏数据为热泵在国标工况下运行计算值，实际应用因气温变化，运行费用会产生一定偏差。

空气源热泵国标测试工况：室外干/湿球温度为20℃/15℃，自来水进水温度15℃，出水温度55℃；

## 六、技术应用情况：

在北方有大量使用。

## 七、典型用户及投资效益：

案例一：山东惠民县麻店镇分布式区域能源站 BOT 合同能源项目

本集中供暖项目是采用 BOT 合同能源管理的模式进行展开，改造前采用锅炉烧煤供暖，能耗大，空气污染严重。项目总面积约 40000 平方米，由大连东山热力集团投资资金，广州中誉提供 31 台 25P 的空气能采暖设备，然后收取 20 年的采暖费，按年收取。在当地政府的全力配合下，于 2017 年北方集中供暖开始前安装调试完毕，并投入使用。节能改造前期投资 300 万，约 3 年可收回。

## 8 HOLDSTORM•AIE 数据中心节能技术系列产品

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：HOLDSTORM•AIE 数据中心节能技术系列产品

三、适用范围：各类数据中心机房

四、技术内容：

(一) 基本原理：

通过全封闭冷热通道和分区域负载均衡二维动态控制技术，精确送风、按需送风，提高冷能利用率，达到节能高效的目标；配备智能化集中管控平台，实现精细化运行工况管控、故障风险预警和远端实时监控查询。

(二) 关键技术：

(1) 全封闭冷热通道隔离供冷技术：通过 HOLDSTORM•AIE 送、回风密闭导流系统与空调送、回风通道连接构成与外部空间隔离的全封闭送回风系统，实现物理冷热通道隔离。完全消除数据中心围护结构的热耗散，减小数据中心空调制冷的能耗。同时密闭通道循环气流避免外部对空气洁净度和温、湿度产生影响。

(2) 二维动态平衡变量导流送风技术：HOLDSTORM•AIE 二维动态平衡变量导流送风系统内部垂直方向配置多套变风量装置，机柜内部在水平截面方向实现高效冷却的平行流气流组织，在垂直截面方向实现分层变风量差异化供冷并通过自动调整风量，解决 IDC 整体送风压力差异，保持远近端风压稳定。应用自主研发的智能控制模型，智能管理平台调节变风量装置自动实现机柜二维空间的负荷与供冷的动态匹配。还可根据各机柜的不同温度要求，选择不同机柜的多温区差异化供冷，大幅提高冷量的利用效率。

(3) 系统控制技术：智能精确管控系统，通过嵌入式模块安装与机柜末端，对每台机柜实施监控，达到精细化运行工况管控、故障风险预警、远端实时监控查询。

(三) 工艺流程：

通过精确气流组织管理技术系统，提高末端冷热交换效能，降低精密风柜及前端冷机工作负载能耗，实现空调制冷系统高效节能。

### AIE技术系统

#### AIE安全节能系统柜间模块：

按需送冷、高效散热。  
安全、节能、节地。  
大容量、组合式、模块化设计。  
安装、维护方便。  
密闭，提高洁净度。  
延长设备使用寿命。

#### AIE管理平台：

管理平台运行于管理器或管理主机，通过RS485总线与单个单元进行联网，实现集中控制，统一管理。



#### AIE专用空调：

集成板管蒸发式冷凝、自然冷源等技术，能效比高；智能控制，安全可靠；安装简单，使用寿命长。

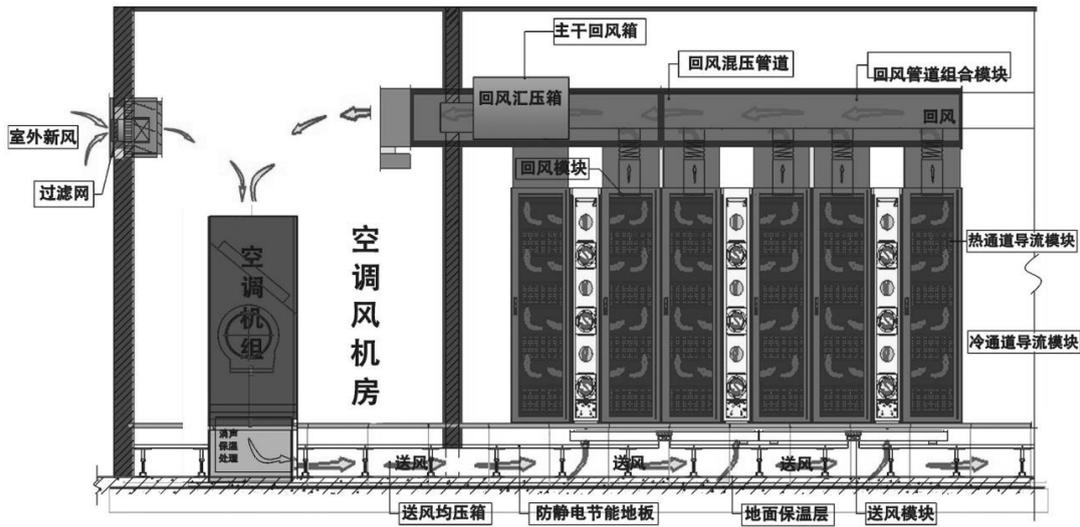
#### AIE防静电节能地板：

地板规格600\*600\*30mm，集中荷载23000N/m<sup>2</sup>，电阻10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup>Ω，挠度≤2mm，防火性能A级，地板热阻R值0.63m<sup>2</sup>.K/W。采用热容量小的材料和技术结构达到隔热功能，地板蓄热低，热耗散小。

#### AIE在线IDC节能改造模块：

按需送冷、高效散热。  
方便扩容、安全、节能。  
组合式、模块化设计。  
安装、维护方便。  
密闭，提高洁净度。  
延长设备使用寿命。

© 汇安科技 版权所有



### 五、主要技术参数：

HOLDSTORM•AIE 技术系统对制冷系统送出的冷风和数据机柜排出的热风集中处理，避免了冷量在数据机房大空间内的消耗和浪费，同时提高了制冷系统的回风温度，改善了制冷系统运行的能效，与其他机房常用的节能技术相比，HOLDSTORM•AIE 技术系统主要有如下特点：

- 不同负载与 HOLDSTORM•AIE 技术系统风量的关系；
- 不同静压与 HOLDSTORM•AIE 技术系统风量的关系；
- 不同负载与 HOLDSTORM•AIE 技术系统能耗的关系。

### 六、技术应用情况：

到 2020 年数据中心业务全年总耗电量为 5765 亿千瓦时，折算为 1.8 亿吨标准煤，CO<sub>2</sub> 排放量 4 亿吨。若 HOLDSTORM•AIE 数据中心节能技术系列产品推广至 5%（节能率按 35% 计算），全年可节约 100 亿度电、315 万吨标准煤、减少 CO<sub>2</sub> 排放量约 700 万吨。（所有数据参照中国产业竞争情报网数据中心用电量数据、换算系数按照经信委表格标注数值）

### 七、典型用户及投资效益：

典型用户：广州市公安局萝岗分局萝岗中心区治安视频系统补点租赁建设项目机房装修工程；广州市智能安防视频监控机房项目。一般情况下，每个数据中心使用周期为 15 年，相比传统数据中心，采用 HOLDSTORM•AIE 系统数据中心节能技术系列产品后，后期 13.5 年每年节约的电费 1682 万元为纯收益（HOLDSTORM•AIE 系统维护费用与传统数据中心产品相当），即后期 13.5 年每装机 1kW 每年可收益 0.42 万元。

## 9 低浴比高温生态环保染色机高效节能低碳染整装备（技术）

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：低浴比高温生态环保染色机高效节能低碳染整装备（技术）

三、适用范围：棉、化纤及其混纺等成分的针织布的前处理、染色及后处理。

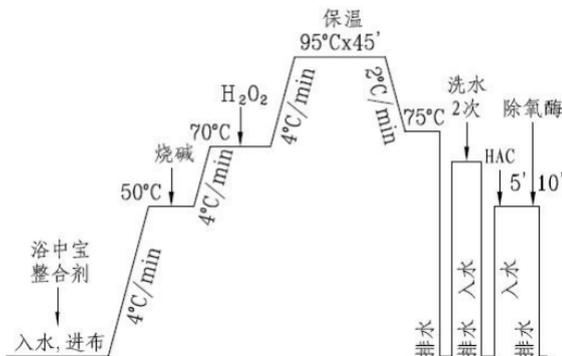
四、技术内容：

（一）基本原理：以高效、节能、环保为目标，自主研发设计六大核心技术：可调流调压智能喷嘴系统、快速匀色横向染液循环系统、防褶皱智能控制横向后摆布技术、低浴比环保染色工艺精准在线检测控制技术、SOR 智能水洗系统、无损高效蒸汽直加热降噪防震预备缸系统。低浴比高温生态环保染色机浴比低至 1:4~4.8，实现高效节能环保染色，节省水、电、蒸汽及助剂，减少污染物排放，解决了传统染色机浴比大、能耗高、排放大等问题。

（二）关键技术：1、可调流调压智能喷嘴系统；2、快速匀色横向染液循环系统；3、防褶皱智能控制横向后摆布技术；4、低浴比环保染色工艺精准在线检测控制技术；5、SOR 智能水洗系统；6、无损高效蒸汽直加热降噪防震预备缸系统。

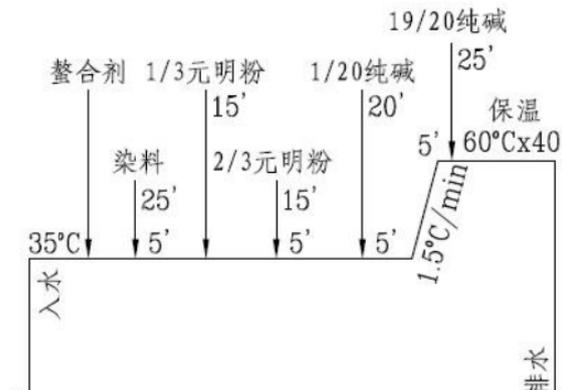
（三）工艺流程：

（1）前处理工艺



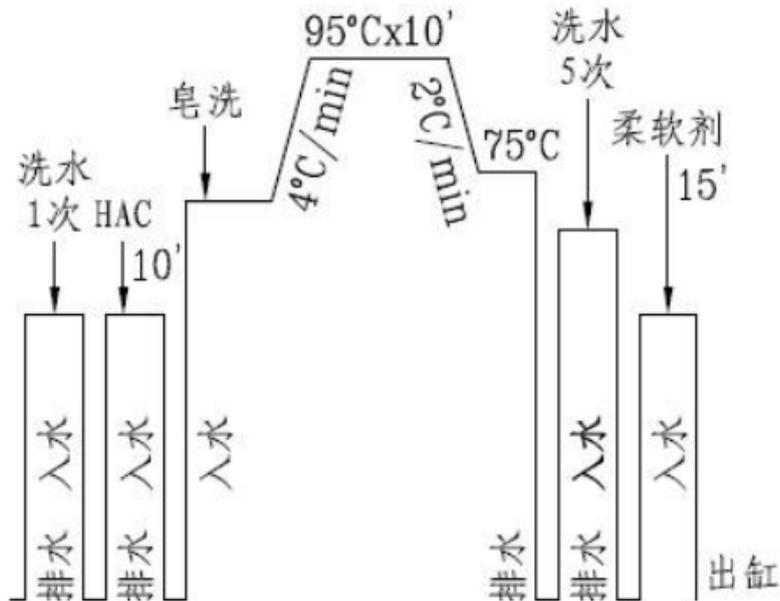
前处理工艺主要目的是去除布料油污、粘着物以确保后续染色工艺能保质保量，顺利实施，获得一次染整成功。这个过程包括所要染整织物进缸，注水，加枳油、氢氧化钠、双氧水等不同助剂，并按上述染整工艺曲线保温保压，使染整织物除油脱脂、精炼均匀，满足染色的上染要求，不造成吸附上染障碍。预处理除氧化处理，还包括清洗、除味等过程。

（2）染色工艺



染色工艺是染整技术的核心工艺，主要目的是均匀着色、固色，确保一次染整成功。喷涂、浸染、循环、清洗是其主要过程，包括染缸注水，加入染料与助剂，并按所设定的染色工艺曲线保温保压，在纤维表面将染料通过促染剂完成吸附上染，再经过碱固着色完成。

(2) 后处理工艺



后处理工艺图

经过染色、固色后的布料，需要进行后续处理和清洗，主要包括排除染液，注水，加入助剂并按上述工艺曲线进行保温保压，将所有固着色多余的浮色进行有效清洗干净，并保持一定的牢度和良好手感。

五、主要技术指标：

(1) 用水成本比较

| 序号 | 设备<br>耗水成本                                    | 低浴比高温生态环<br>保染色机 | 市场同类型溢流<br>染色机 |
|----|---|------------------|----------------|
| 1  | 浴比  | 1: 4~4.8         | 1: 8           |
| 2  | 每吨布用水量 (单位: 吨)                                | 32               | 64             |
| 3  | 每吨布用水成本 (单位: 元)<br>(水: 6 元/吨, 其中水价包括<br>排污部分) | 192              | 384            |
| 4  | 每吨布染色减少用水成本<br>(单位: 元)                        | 192              | /              |
| 5  | 每吨布染色用水减少                                     | 50%              | /              |

(2) 使用蒸汽本比较

| 序号 | 设备<br>耗蒸气成本                      | 低浴比高温生态环保染色机 | 市场同类型溢流染色机 |
|----|----------------------------------|--------------|------------|
| 1  | 每吨布耗蒸汽 (单位: 吨)                   | 2.5          | 4.9        |
| 2  | 每吨布蒸汽成本 (单位: 元)<br>(蒸汽: 220 元/吨) | 550          | 1078       |
| 3  | 每吨布染色减少蒸汽成本<br>(单位: 元)           | 528          | /          |
| 4  | 每吨布染色耗蒸汽减少                       | 48%以上        | /          |

3、助剂成本比较

| 序号 | 设备<br>耗助剂成本            | 低浴比高温生态环保染色机 | 市场同类型溢流染色机 |
|----|------------------------|--------------|------------|
| 1  | 每吨布助剂用量 (单位: kg)       | 445.2        | 663.4      |
| 2  | 每吨布染色助剂成本 (单位: 元)      | 469-536      | 700-800    |
| 3  | 每吨布染色减少助剂成本<br>(单位: 元) | 231-264      | /          |
| 4  | 每吨布染色助剂减少              | 32%以上        | /          |

4、用电成本比较

| 序号 | 设备<br>耗电成本                        | 低浴比高温生态环保染色机 | 市场同类型溢流染色机 |
|----|-----------------------------------|--------------|------------|
| 1  | 每吨布用电量 (单位: kWh)                  | 111.1        | 134.4      |
| 2  | 每吨布用电成本 (单位: 元)<br>(电: 1.2 元/kWh) | 133.32       | 161.28     |
| 3  | 每吨布染色减少用电成本                       | 27.96        | /          |
| 4  | 每吨布染色用电减少                         | 17%以上        | /          |

六、技术应用情况:

佛山市环境能源检测中心于 2018 年 7 月 5 日对佛山市巴苏尼机械有限公司生产的低浴比高温生态环保染色机 (型号: BSN-OE-4P) 进行《染色机能耗检测》, 报告编号: FHNJ11.01.003.2018。2、广东省先进清洁生产技术与装备证书, 证书

编号：粤清技 20180101。

**七、典型用户及投资效益：**

典型用户：诸城市亿华针织有限公司 15 台低浴比高温生态环保染色机项目；  
嘉兴市梦迪染整有限公司 9 台低浴比高温生态环保染色机节能改造项目。项目年  
节能能力：水 73.60 万立方米，电 53.59 万千瓦时，蒸汽 5.48 万吨；年减排能力：  
废水 73.60 万立方米，COD1472 吨。

## 10 热电厂蒸汽余热在铅酸蓄电池生产设备中的高效利用

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：热电厂蒸汽余热在铅酸蓄电池生产设备中的高效利用

三、适用范围：重点节能技术，电力替换应用方面

四、技术内容：

（一）基本原理：采用涡流热膜换热器和非紧凑式换热器两类，在高温时采用涡流热膜换热器起主要的加热作用，起到将热量快速利用的效果，在主要的功能部件上起到加热的作用，气压和温度降低后蒸汽则在非紧凑式不锈钢换热器进一步的热能交换，起到对介质进行预热的作用。部分压力降低和温度降低的蒸汽则被引出排放到设备内起到增加湿度的作用。

（二）关键技术：涡流热膜热交换器采用最新涡流热膜传热技术的不锈钢热交换器，通过改变流体的流动状态来增加传热效果，当介质经过涡流管表面时，强力冲刷管子表面，从而提高换热效率。这种结构实现了耐腐蚀、耐高温、耐高压、防结垢功能。涡流热膜热交换器最大特点在于经济性和安全性统一。由于考虑了换热管之间，换热管和壳体之间的流动关系，不再使用折流板强行阻挡的方式逼出流，而是靠换热管之间自然诱导形成交替漩涡流，并在保证换热管不互相摩擦的前提下保持应有的颤动力度。换热管的刚性和柔性配置良好，不会彼此碰撞，即克服了浮动盘管换热器之间相互碰撞造成的损伤问题，由避免了普通管式换热器易结垢的问题。非紧凑式换热器主要是高效利用的辅助设备，通过先对介质的预热来提高热量的利用效率，使得介质先达到一定的温度，然后再经过涡流热膜热交换器快速加热，达到所需要的温度要求。

（三）工艺流程：评估-改造-应用-确认-推广。

五、主要技术指标：技术创新水平，特别是能效方面改进情况，可以分为国际领先、国内领先和国内先进水平。通过多级的热交换器实现热电厂余热的高效利用，以及在固化工序直接采用蒸汽保湿技术属于国内先进水平。

1) 固化室改造后，每天等同于节约电费 168 元/台/天，等同于节约电 240 度/台/天，共 54 台设备。

2) 蒸发设备每天需蒸发掉约 7.5 吨水，每蒸发掉 1 吨水约需要 750 度电，1.5KG 蒸汽效能约等于 1 度电。

3) 以每年工作 330 天计，节约电力共 550 万度。

4) 节能能力 677tce/年，减排 1788tCO<sub>2</sub>/年

六、技术应用情况：技术投入应用的可靠性，主要提供权威检测机构出具的可靠性评价结论、实际应用案例的数量和使用年限情况。目前设备投入运行约 2.5 年，各项参数指标达到要求，部分性能则超出原设备水平，对于产品的生产则更为有利，其稳定性和可靠性合格，该系统的换热系统涡流热膜热交换器是其主要部分，该系统使用年限 20 年以上。

七、典型用户及投资效益：

典型用户：极板固化设备热电厂蒸汽余热加热高效利用及蒸汽减压后直接利用；热电厂蒸汽余热提供生产浓废水蒸发热能。节约电力约 550 万度/年，电均价 0.7 元，节约费用 385 万/年，投资 588 万，静态投资回收期 1.52 年。

## 11 高效节能节材纵向流管壳式换热器

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：高效节能节材纵向流管壳式换热器

三、适用范围：石油、化工、机械等领域各类管壳式换热器

四、技术内容：

（一）基本原理：采用高效三维变形管作为换热元件，消灭了传统换热器中的折流板，对管内外流体进行变空间变流场的特殊设计，使得管内外流体呈纵向螺旋流动，纯逆流换热，提高换热温差，破坏了近壁面的传热边界层，并且，依据强化传热原理，使得冷热流体的温度场、速度场、压力场达到最佳匹配，从而实现高效换热和节能减排。如图 1 所示。

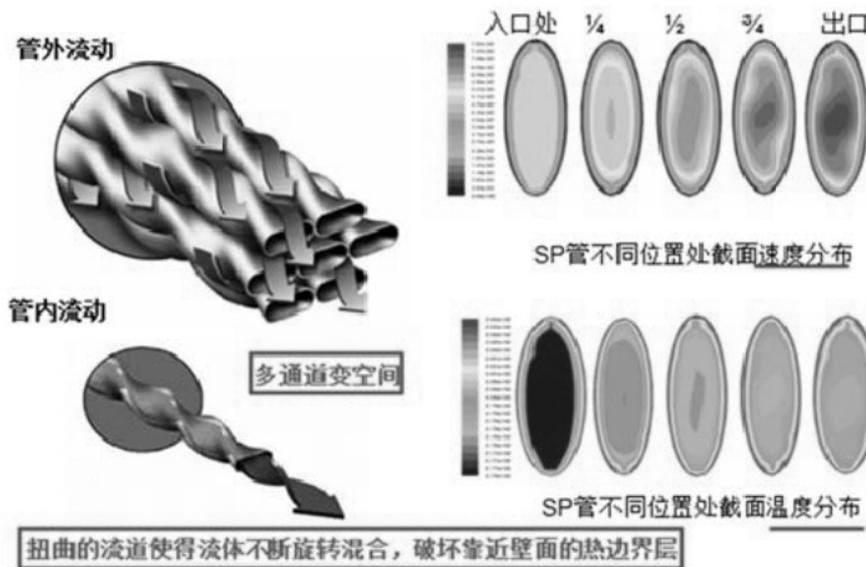


图 1 技术原理

（二）关键技术：

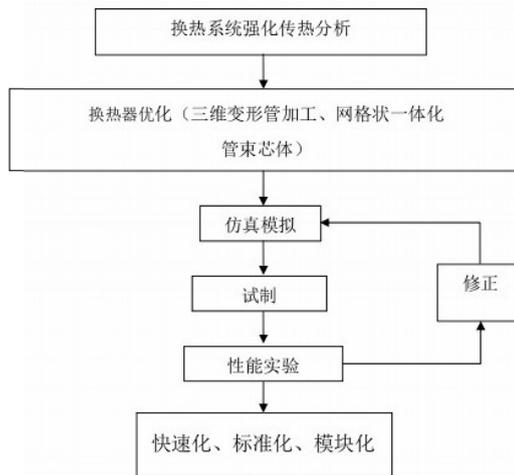
（1）三维变形管特殊加工工艺和设备，采用强化传热三维变形管作为换热管，其表面是一个曲面与平直截面的结合体，也称之为三维隐形肋化技术，既是一种新型加工技术，又是增加单位体积表面和湍流的强化换热的技术，可以精确控制传热管由圆形加工为非圆形的变形比例，优化壳程与管程空间比例，确保三维变形管换热器适用于各工艺条件下换热器的传热过程，实现强化传热。

（2）壳程流体纵向螺旋流动，取消传统弓形折流板，依靠三维变形管之间节点形成自支撑，构成的逆流强化传热效应；提高换热温差，同时在不提高压降的前提下，使得壳程流体实现纵向顺紊流的流动形态，利用管内外产生的二次流优化速度场、温度场、压力场之间的协同角度，达到流动减阻和强化传热双重目的。

（3）管束防振动固化设计，采用特殊的装配制造工艺，使得换热器管束形成网格状一体化结构，彻底消除换热管的位移，避免了换热管的振动。

（4）拥有快速设计和选型软件，建立了适用于流体在三维变形管束外纵向对流换热的理论模型，拟合了流体在三维变形管束外的传热与压降计算准则关系式，开发了一套可快速高效设计高效节能节材纵向流管壳式换热器的软件。

(三) 工艺流程:



五、主要技术指标:

表 1 中冷器部分参数对比

| 项目                    | 传统中冷器 | 新型中冷器 | 变化     |
|-----------------------|-------|-------|--------|
| 总换热系数 $W/m^2 \cdot K$ | 170.5 | 320.2 | +87.8% |
| 实际采用换热面积 $m^2$        | 265   | 166   | -37.4% |
| 气侧压降 $KPa$            | 42.3  | 26.7  | -36.9% |
| 管程数                   | 6     | 4     | —      |
| 壳程数                   | 1     | 2     | —      |

从表中的对比结果可以看出,改造后的中冷器相比改造前显著地减少了换热面积,相比于传统折流板中冷器,三维变形管中冷器提高了换热效率 87.8%,换热面积减少了 37.4%,壳程气体压降降低了 36.9%,三维变形管中冷器有效地减少了管材消耗量,降低了气侧的压损,表现出良好的换热性能。

表 2 MVR 蒸发部分参数对比

| 项目    | 单位                            | 传统蒸发器        | 新型蒸发器       |
|-------|-------------------------------|--------------|-------------|
| 换热面积  | $m^2$                         | 1269.1       | 888.7       |
| 总换热系数 | $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ | 754.8        | 1162.5      |
| 管壳程数  | -                             | 1/1          | 1/1         |
| 管子规格  | mm                            | 27x1.5x11000 | 27x1.5x8000 |
| 折流板间距 | mm                            | 1000         | -           |
| 外形尺寸  | mm (DxH)                      | φ1800x14000  | φ1600x10000 |

通过对比可以发现采用三维变形管新鲜 MVR 蒸发器换热效率提高 53.9%,换热面积减少 33.9%,体积缩小 43.6%,同时节约了运输成本和安装空间,表明采用三维变形管的 MVR 蒸发器具有良好的强化传热效果。

六、技术应用情况:

据相关资料可知,2016 年换热装备行业规模突破 1000 亿元,而且对高效、

环保、节能、大型化、新材料应用等方面提出了更高的要求。基于石油、化工、机械等行业对换热器稳定的需求增长,我国换热器产业在未来一段时期内将保持稳定增长。预计 2018 年至 2020 年期间,我国换热器产业将保持年均 10-15%左右的增长速度,到 2020 年我国换热器产业规模有望达到 1,500 亿元。在各种类型的换热器中,管壳式换热器约占整个换热器行业 54%左右的市场份额,其中,石油、化工、机械用换热器约占整个换热器市场份额的 40%。按照这样的市场份额进行估算,至 2020 年,这一数字将有望突破 320 亿元。换热器应用领域分布情况如下图 4,图 5 所示:

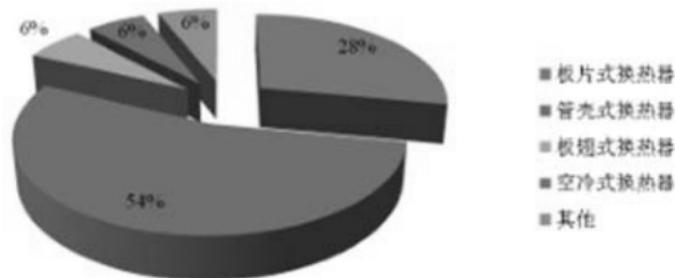


图 4 换热器应用领域



图 5 换热器市场份额

### 七、典型用户及投资效益:

典型用户: 广东中泽重工有限公司采购三维变形管; 广州市心德实业有限公司采购三维变形管。换热效率提高 87.8%, 换热面积减少了 37.4%, 壳程气体压降降低了 36.9%, 每年能为用户节约不少能耗费用。

## 12 新一代制冷用高效节能节材顺紊流换热器

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：新一代制冷用高效节能节材顺紊流换热器

三、适用范围：制冷行业各类蒸发器、冷凝器和经济器

四、技术内容：

（一）基本原理：是一种新型无折流板自支撑型管壳式换热器，其基本原理为：以强化传热三维变形管作为换热管，基于非对称传热与变空间纵向扰流设计理念，应用冷凝与沸腾多通道技术和上下管程自支撑无折流板设计方法。新一代制冷用高效节能节材顺紊流换热器是一种自支撑型管壳式换热器，其采用三维变形换热管作为换热管，舍弃了折流板，彻底改变了传统折流板管壳式换热器的流场，使得换热流体之间的流动由原来的汨流改变为逆流。自支撑型管壳式换热器用于制冷系统，是朱冬生研究员科研团队在潜心研究换热器几十年的基础上首次提出来的，具有传热系数高、体积小和结构紧凑的特点；主要适用于制冷空调领域。

（二）关键技术：（1）开发三维变形管的加工工艺和加工设备；（2）非对称传热与变空间纵向扰流设计理念；（3）上下管程自支撑无折流板设计；（4）冷凝与沸腾多通道技术。

（三）工艺流程：

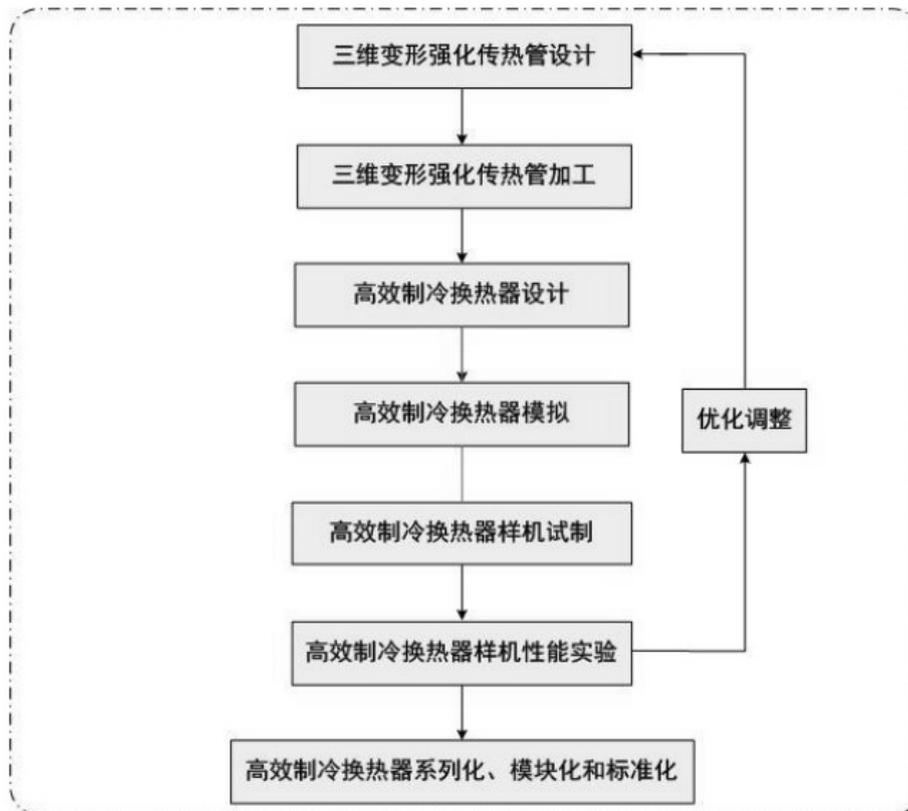


图 1 工艺流程图

## 五、主要技术指标：

表 2 制冷工况下 TDE 和 BDE 的总表面传热系数比较

| 项目  | 制冷剂 | 制冷量<br>/kW | 传热面积<br>/m <sup>2</sup> | 热流密度<br>/W·m <sup>-2</sup> | 总传热系数<br>/W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> |
|-----|-----|------------|-------------------------|----------------------------|--|
| BDE | R22 | 49.99      | 6.0                     | 8332                       | 1155.57                                      |
| TDE | R22 | 52.33      | 4.0                     | 13083                      | 1814.49                                      |

表 3 制热工况下 TDE 和 BDE 的总表面传热系数比较

| 项目  | 制冷剂 | 制冷量<br>/kW | 传热面积<br>/m <sup>2</sup> | 热流密度<br>/W·m <sup>-2</sup> | 总传热系数<br>/W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> |
|-----|-----|------------|-------------------------|----------------------------|--|
| BDE | R22 | 55.38      | 6.0                     | 9230                       | 1280.17                                      |
| TDE | R22 | 63.32      | 4.0                     | 15830                      | 2195.56                                      |

从上表中可以看，在制冷和制热工况下，新型无折流板自支撑顺紊流干式换热器（TDE）的总表面传热系数都高于传统折流板管壳式换热器（BDE）的总表面传热系数。同时，新型无折流板自支撑顺紊流干式换热器（TDE）的造价比传统折流板管壳式换热器（BDE）的造价低 10-20%，具有明显的高性价比优势。

## 六、技术应用情况：

预计 2010 年至 2020 年期间，我国换热器产业将保持年均 10-15% 左右的增长速度，到 2015 年，我国换热器产业规模将突破 880 亿元，到 2020 年我国换热器产业规模有望达到 1,500 亿元。在各种类型的换热器中，管壳式换热器约占整个换热器行业 54% 左右的市场份额，其中，制冷/热泵用管壳式换热器约占整个换热器市场份额的 5%。按照这样的市场份额进行估算，至 2020 年，这一数字将有望突破 40 亿元。

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：广州市嘉迪制冷设备制造有限公司采购 10 台 10HP 新型高效空调换热器；广州市嘉迪制冷设备制造有限公司采购 10 台 25HP 新型高效空调换热器。换热器本身价格降低 15%，空气源热泵（冷水）机组的制冷和制热性能系数较之以前的产品有所提高，节能率约为 15%。

## 13 博依特企业（区域）能源管理中心（POI-EMS）

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：博依特企业（区域）能源管理中心（POI-EMS）

三、适用范围：所属领域为软件和信息技术服务业、工业互联网，适用于造纸、陶瓷、玻璃、食品、电子等工业企业能源系统的智慧管控。

四、技术内容：

1、技术原理。

基于云计算、大数据等技术，通过实时生产、能耗、设备数据采集、数据驱动建模，对企业能量转换、利用和回收三环节实施动态监控、数据分析和预测，改进和优化以及能量平衡调配，实现能源管控的自动化和信息化，达到提高能效和节能的目的。

2、关键技术、工艺流程。

1) 采用的关键技术：

①云计算技术

该系统基于博依特云平台（POI-CLOUD）研发，POI-CLOUD 是针对用户生产、能源、设备管理需求，基于阿里云架构和自主研发的生产制造过程模型库，运用物联网、云计算和大数据技术，开发的具有数据采集转换传递、数据分析与挖掘、优化计算和信息化展示功能的智能信息云平台。

②工业数据采集技术

基于物联网技术的数据采集系统，具有自适应性、通用性、扩展性特点，支持超过 2000 种不同通信协议的数据传输，覆盖制造业大多数场景，能快速的与各种协议的设备进行通信，采集频率小于 5S。

③实时数据处理技术

设备、生产过程、能耗等实时数据源源不断进入云平台，并得到快速地处理，包括实时数据清洗、统计汇总、数据分析等，支持如设备实时状态监控、异常预警、实时数据统计等对时间响应要求很高的应用。

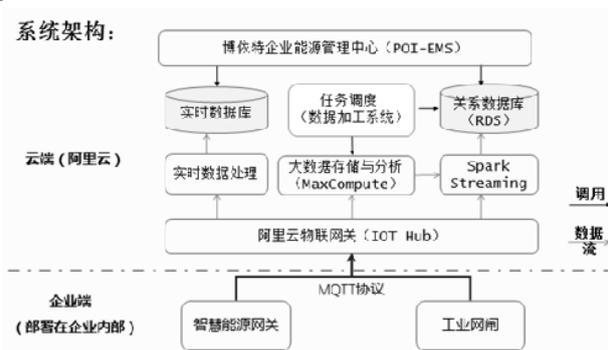
④大数据存储与分析技术

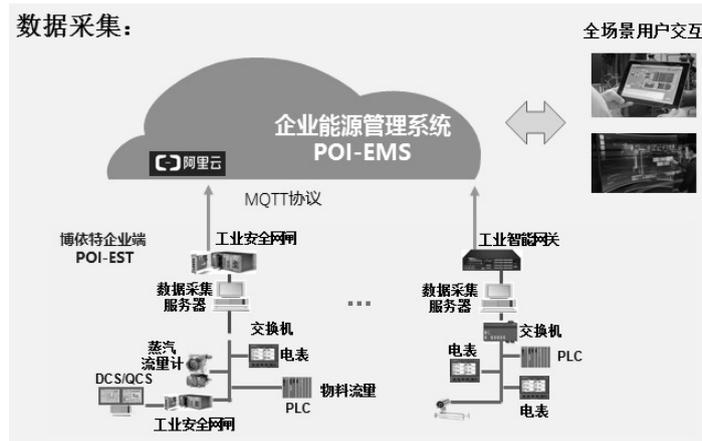
具备 PB 级数据存储能力，可存储海量的能源、生产、设备数据，通过对数据进行分析挖掘，建立数据驱动数学模型，如能量系统优化调度模型、预警预测模型。

⑤可视化与交互技术

由定制化模板创建可视化界面，按用户不同角色定制人机交互界面，可在移动终端和 PC 端直观展现，供用户随时随地接入云平台查询、分析。

2) 工艺流程





### ①企业端数据采集

企业现场的数据采集采用工业安全网关/网闸，确保数据采集的稳定性与可靠性，数据采集的接口无需开发。系统接收来自生产线 DCS、PLC、电力系统及能源计量仪表的模拟量和数字量数据，并转换为与现场一致格式的数据，发送到实时数据库，所有数据的刷新速度可达到秒级。

### ②实时数据处理

通过实时数据采集，设备、生产过程、能耗等数据源源不断的通过接收服务端进入到云平台，数据需要得到快速地分析和处理，支持如设备实时状态监控、异常预警、实时数据统计等对时间响应要求很高的应用。

系统实现基于阿里云的分布式流计算进行开发，该平台具有如下特性：支持 SQL 进行实时数据清洗、统计汇总、数据分析；作业可达百万吞吐，计算可达秒级延迟，让流计算真正规模化、实时化；计算可水平扩展，完全弹性伸缩扩展，让流计算真正弹性化、自动化；分布式集群计算无单点，故障无需人工干预自动恢复。

### ③大数据存储与分析

基于阿里云大数据计算产品（MaxCompute）进行开发，提供了 TB/PB 级数据仓库解决方案。MaxCompute 提供了完善的数据导入方案以及多种经典的分布式计算模型，能够更快速的解决海量数据计算问题，并保障数据安全。通过数据挖掘，采用基于时变延迟非线性动态数据驱动与机理相结合的在线建模方法来建模，建立能效与生产过程工艺被控变量的定量关系，如建立能量系统优化调度模型、预警预测模型等。

### ④数据流入关系数据库

关系数据库用于存储核心基础数据和大数据计算得到的结果数据，直接用于前端各类数据应用，包括能源监测、告警预测、优化调度等等。

### ⑤任务调度

调度各类数据加工任务完成对数据的处理流程，数据加工任务包括：数据清洗任务、数据转换任务、数据质量分析、模型训练任务等等。数据的加工处理流程发布为工作流，然后交给任务调度模块执行。

### ⑥权限管理

权限管理模块负责用户与权限的管理，所有的请求都会被鉴权，保证每个用户只能用到系统中的被允许的功能和数据。系统提供多重防护保障云端安全，包括：设备认证保障设备安全与唯一性；传输加密保障数据不被篡改；权限校验保障云端安全等。

⑦交互可视化设计与开发

根据不同用户需求，定制面向能源管理的预警预测、能效对标、节能目标、优化调度等画面，供用户查询、分析。

**五、主要技术指标：**

1) 与传统能源管理技术对比

**表 2-1 POI-EMS 与传统能源管理技术对比表**

| 对比项目        | 博依特能源管理中心 (POI-EMS) | 传统能源管理技术       |
|-------------|---------------------|----------------|
| 管理方式        | 信息化、动态、精细化管理        | 人为控制、固定、粗化管理   |
| 数据采集        | 实时数据采集、实时监测         | 不定时人工抄表、数据缺失   |
| 数据分析        | 智能统计分析预测，各类指标计算更精准  | 人为统计预测、分析数据不准确 |
| 抄表          | 自动抄表，有效降低抄表人员工作强度   | 人工抄表           |
| 工况、环境参数设定依据 | 历史运行数据，实时环境变化       | 凭经验操作，被动滞后反映调整 |
| 告警          | 实时监测、快速报警，及时应对不良状况  | 无告警，发现问题滞后     |
| 节能率         | 3%~10%              | 3%~5%          |

2) 与本地化能源管理中心对比

**表 2-2 POI-EMS 与本地化能源管理中心对比表**

| 对比项目 | 博依特能源管理中心 (POI-EMS)  | 本地化能源管理中心   |
|------|--|---|
| 应用系统 | POI-EMS 在云平台 (POI-CLOUD) 上构建，确保数据的安全性及开放性，登录便捷，不受时间、地点限制；<br>无需采购服务器，部署成本低。  | 需安装本地客户端，登录受本地局域网限制；<br>需采购额外的服务器，部署成本高。                                  |
| 数据采集 | 采用基于物联网技术的实时数据采集系统，支持超过 2000 种不同通信协议的数据传输，通信快速稳定。<br>秒级数据采集，无点数限制，并提供数据预清洗技术，避免统计数据出现突变。   | 数据采集周期长、传输不稳定、不准确，BUG 多。  |
| 数据存储 | PB 级数据存储，历史数据永久保留，数据采用分布式三副本机制，提供 99.999999% 的数据可靠性。   | 受本地服务器容量限制；<br>数据备份成本高。   |
| 数据分析 | 支持海量实时数据统计分析、模型预测、流程优化，数据分析分钟级，数据告警秒级  | 难以分析和利用海量数据   |
| 维护方式 | 无需更换应用服务器，专业团队前后端远程维护，响应快、成本低。   | 需现场维护，服务器需定期更换，成本高。   |
| 系统功能 | 功能丰富、支持个性化配置及定制，包括在线监测、告警追溯、能效分析、能效对标、能耗预测、节能目标、能源报表、数据管理等；<br>特色功能：设备监测运行分析、节能量在线核算、智能抄表、灵活组合分析、看板配置；<br>首创能源管理中心健康运行指数，可对能管系统使用情况进行综合评价。 | 传统 EMS 主要还是信息的查询管理，缺少智能化的数据分析，无法自定义告警规则、自定义抄表计划、自定义对标对象等，无法对设备进行监测及开工率分析。 |
| 交互方式 | PC、移动 APP、短信、E-mail。   | PC  |
| 售后服务 | 基于 POI-EMS 的线上用能数据，及团队二十多年知识库、模型库、专家库的积淀，可提供线下的定制化服务：节能潜力诊断、能源托管、用能系统优化咨询，定期推送周、月报等服务。   | 无   |
| 节能率  | 3%~10%   | 3%~8%   |

## 六、技术应用情况：

本技术已应用于约 60 家单位，最长使用年限接近 3 年。通过信息处理产品标准符合性检测中心的软件产品登记测试；获 2017 中国智慧能源产业年度优秀项目；纳入广州市节能减排技术及成果推广目录。本技术已交付多个用户在实际生产中实际使用，满足实际生产的性能、可靠性、安全性等指标要求，满足大规模应用，已确定销售方式、产品价格、营销方式，系统的安装、部署、维护等技术支撑和体系完善，并已建立售后支持系统，用户体验良好，故技术成熟度处于第 9 级。

## 七、典型用户及投资效益：

案例应用单位：广东理文造纸有限公司

广东理文造纸有限公司于 2016 年 5 月委托广州博依特智能信息科技有限公司建设企业能源管理中心（POI-EMS），该项目建设内容包括软硬件采购、现场安装、数据采集、系统设计与开发、系统测试、上线调试等。项目于 2016 年 8 月完工并投入运行。

表 4-1-5 项目实施前后实际能耗统计数据

| 改造前             |            |           |                 |           | 改造后             |           |                 |           |
|-----------------|------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| 统计月份            | 产量(t)      | 综合能耗(tce) | 单位产品综合能耗(tce/t) | 月均产量(t)   | 统计月份            | 综合能耗(tce) | 单位产品综合能耗(tce/t) | 月均产量(t)   |
| 2015年9月-2016年8月 | 2083990.29 | 715694.60 | 0.3434          | 173665.86 | 2016年9月-2017年8月 | 733337.88 | 0.3358          | 181994.40 |

本项目投资额为 194 万元，完成实际节能量为 16597.89 吨标准煤，项目实施前主要消耗的能源种类为原煤，原煤的折标系数取 0.6959tce/t，以 500 元/吨的原煤单价计算（具体以市价为准），节能效益为 1193 万元。

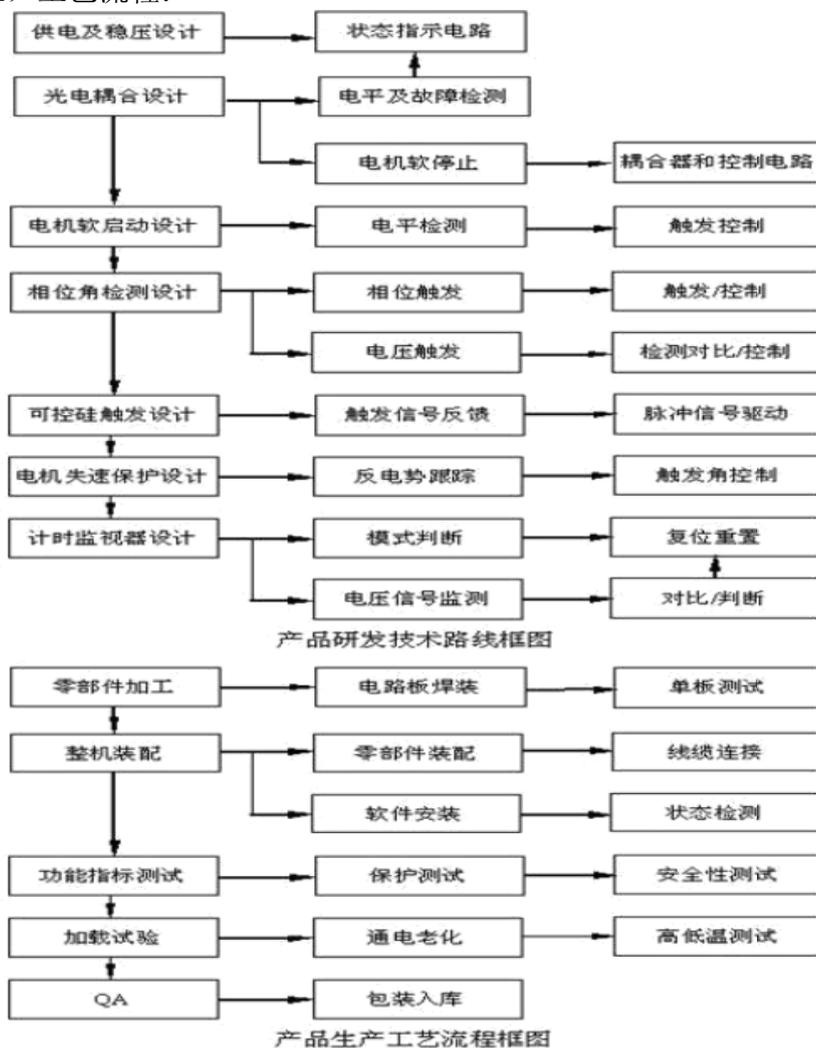
## 14 Z-Save 电机相控节电器

- 一、所属类别：重点节能技术
- 二、技术名称：Z-Save 电机相控节电器
- 三、适用范围：适用于三相异步电机
- 四、技术内容：

(一) 基本原理：Z-SAVE 相控技术采用闭环反馈系统进行优化控制，通过实时测量电动机的电压与电流波形（由于电动机为感性负载，其电流与电压波形通常存在相位差，该相位差的大小与其负载的大小有关），相控器将实际相位差与依据电动机特性的理想相位差进行比较，并依此来控制 SCR 可控硅触发角以给电动机提供优化的电流和电压，以便及时调整输入电机的功率，实现“所供即所需”。相控技术采用了可控硅半导体与集成芯片检测与控制触发系统来实现无触点开关功能，其检测和控制集成芯片的高速处理特性和 SCR 的快速反应特点，使得 Z-SAVE 相控节电器能自动处理各种工况下的电动机动态特性，具有软启动、节能、优化运行及电机保护等特性。

(二) 关键技术：相位角检测、调压控制

(三) 工艺流程：



## 五、主要技术指标：

- (1) 应用功率范围可覆盖 2.2KW-630KW，填补了国内空白；
- (2) 该产品在设计上完全不同于传统的变频器调速节能产品，采用了电压、电流矢量传感动态监控的相控技术与及脉宽调制（PWM）有机结合的独特控制技术，能即时调整电动机最合适的电压和电流；
- (3) 具有软起动(软停止)、过载、缺相、过流、欠压等保护功能于一体，节能和安全保护效果显著；
- (4) 克服了一般常用电机启动困难和电机保护功能迟钝的缺陷，采用无触点电子模块取代了降压起动柜和接触器及保护器，降低了用户一次性投资和日常维护费用；
- (5) 可以应用于商业中央空调主机节能，是国内目前唯一可以安装在中央空调主机的节能产品。

## 六、技术应用指标：

节能减碳能力（注明相关数据来源及测算过程，下同）。预计至 2020 年推广能形成的节能量、减碳量及相应的节能能力、减碳能力（建筑、交通等不适用节能量指标的行业主要参考节能率指标）。

预计至 2020 年可形成的节能能力：

节电量：66000 万度电/年

节约标准煤=节约用电量×0.32kgce/kWh=211200tce/a

减排 CO<sub>2</sub> 量=节约用电量×0.75kgCO<sub>2</sub>/kWh=495000tCO<sub>2</sub>/a

## 七、典型用户及投资效益：

典型用户：深圳市水立方水疗酒店中央空调主机节能改造。平均节电率为 27.9%，改造后每年节省电费 4 万元，投资回收期为 8 个月，节能效果显著。

## 15 水燃料技术与发电锅炉节能减排

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：水燃料技术与发电锅炉节能减排

三、适用范围：工业水处理、凝结水（除盐水）精处理领域，适用于发电（工业）锅炉的汽/水系统中给水系统精处理。

四、技术内容：

1、技术原理

1.1、水分子构象浅释

(1)水的结构特征与水分子构象关系

水分子为 $H_2O$ ，是三原子分子，两个氢氧键的键长 $0.0984nm$ ，两个氢键间距离为 $0.154nm$ ，两个氢键与氧键的夹角约为 $104^{\circ}58'$ ，如图1-A所示。在 $H_2O$ 分子中，三个原子核以氢核为底，氧核为顶呈等腰三角形的方式排列，并在氧核一端裸露出来形成两个带负电荷的极，在氢核一端裸露出来形成两个带正电荷的极，这四个极不在一个平面上，它们的相对位路类似于一个楔形四面体，如图1-B所示，从而构成了一个极性很强的分子。

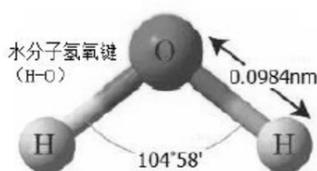


图 1-A 水分子

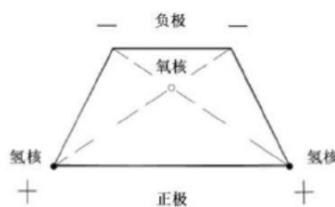


图 1-B 水分子极性

由于 $H_2O$ 在正极一方有两个裸露的氢键，在负极一方有氧的两对孤对电子，这样就使每一个 $H_2O$ 都可以把自己的两个氢键核交出与其它两个水分子共有，构成水分子间氢键( $H:O-H$ )，同时带负电极的氧核两对孤对电子又可以接受第三、第四个氢键，也以氢键相连。在聚集体中，单个水分子会和最多达四个其它水分子通过氢键相结合，称为水分子构象，如图1-C所示。

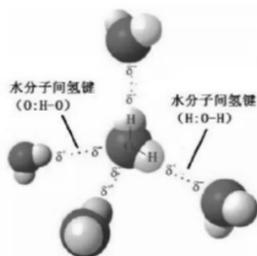


图 1-C 水分子构象

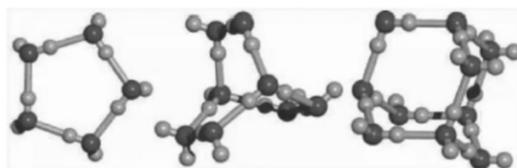
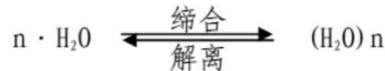


图 1-D 几种水分子团簇 $[(H_2O)_n \cdot n]$ 的构型

被 $H_2O$ 极性相连的四个其它水分子的外围正、负极同样又再与另外的水分子继续生成独对水分子间氢键( $H:O-H$ )，这种现象称为水分子的缔合现象，如图1-D所示。所以，水是单个 $H_2O$ 和 $(H_2O)_n$ 的混合物， $(H_2O)_n$ 称为水分子构象， $[(H_2O)_n \cdot n]$ 称为水分子团簇的构型。这些团簇是动态的，在皮秒( $1ps=10^{-12}s$ )量放的时间尺度上不断地分裂、重组。水分子中 $H-O$ 键的键长和键角，以及水分子间氢键( $H:O-H$ )的键长与取向，都可以在较大的范围内灵活地调节。

(2)温度与水分子构象关系

由于氢键(H:O-H)的作用，水分子间极容易发生缔合或解离。



缔合是放热过程，温度降低，水的缔合程度就增高，缔合水分子数量变大(n 增大)；解离是吸热过程，温度升高，水的缔合作用降低(n 减少)。在固体冰的结构中，缔合的水分子间氢键(H:O-H)数目达到最高饱和值，每个水分子可形成四个氢键，但每两个分子之间只存在一个氢键，形成了稳定的六方晶系，在分子间保持较大的空隙。当冰受热融化水时，分子热运动增强，使一部分水分子间氢键(H:O-H)被削弱以致解离；由 0℃的冰转化为 1℃水时，大约有 15%的水分子间氢键(H:O-H)解离；在 20~40℃的范围，大约有一半左右的水分子间氢键(H:O-H)解离；即使达到 100℃时，也仍然有一部分水分子间氢键(H:O-H)存在；只有在水蒸汽中，分子间缔合的氢键(H:O-H)才完全消失，呈单个气态水分子(H<sub>2</sub>O)存在，如图 2 所示。

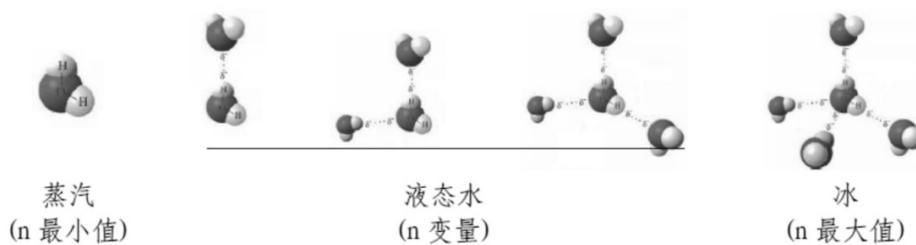


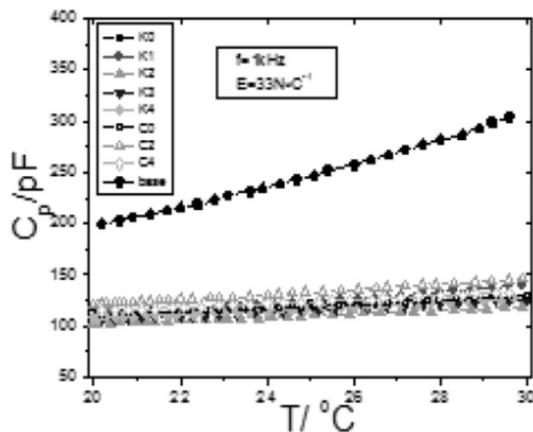
图 2 不同温度下的水分子构象 (H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>

因此水分子构象中缔合氢键(H:O-H)的数目和水分子团簇构型中[(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>n</sup>的 n 值是主要由温度决定的，在某个热工况条件下，相同温度的液态水(除盐水)的水分子构象(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> 和水分子团簇构型[(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>n</sup>的 n 值是常数。

当水在热力系统流动受热时，热量一方面消耗在水体的温度升高上，另一方面消耗在缔合分子的解离上。例如，锅炉给水在蒸发过程中，汽化热一方面消耗在锅炉水体的升温上，另一方面消耗在温度变化过程锅水的水分子构象(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>、水分子团簇构型[(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>n</sup>的解离上。

### 1.2、节能原理

中山大学著名物理学家张进修教授(附件 11)提出了“水分子构象重组节能理论”：液态(水)比汽化热指一定压强下，单位质量物质由液相变为同温度的汽相所需的热量称为汽化热(heat of vaporization)，又称汽化焓(enthalpy of vaporization)、蒸发热。由于汽化热只用于改变物质的相而不改变物质的温度，所以又称汽化潜热(latent heat of vaporization)。



介电常数检测曲线  
图中看出未经处理的除盐水(上方)和经过处理的除盐水(下方)介电常数(电容)值随温度的变化，可见处理后的水电容值有明显下降，说明其中的电偶极矩的运动变得更困难。

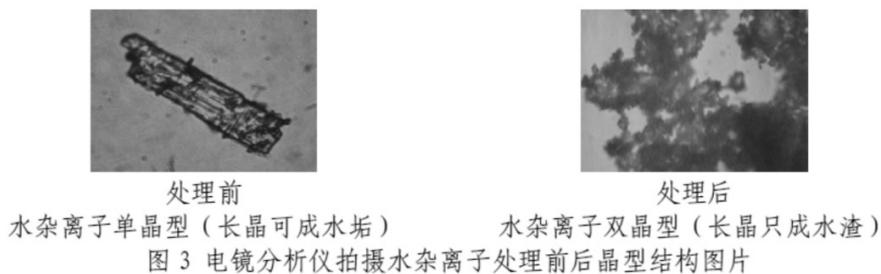
由于水在汽化时，体积和位形的变化很大，在液态时，水的位形（即水分子的整体排列分布）主要由水分子间的氢键作用性质\强度及数量所确定；而汽化后，大部份氢键会断裂。因此，将由汽化热来提供氢键断裂所需的能量和汽体分子的动能。当液态水的位形（水分子间的氢键作用性质\强度及数量）发生变化时，就会改变水的汽化热。

电厂锅炉除盐水从液态→汽态→液态（凝结水）循环过程其水的位形（水分子间的氢键作用性质\强度及数量）均为常数，当液态水（除盐水、凝结水）吸收同步共振频率（外力）后水的位形（水分子间的氢键性质\强度及数量）就会发生变化，表现在表面张力、粘度、介电常数、介电损耗（能量）和汽化热等物理量的变化，汽化热值越小，表示由液相变为汽相所需的热量越少，说明节能。

### 1.3、减排原理

发表在中国特种设备安全杂志的《水的结构、杂质与锅炉节能减排》论文指出：水（锅炉给水）中结成配合物的离子具有双重性质，第一，它们仍然是属于溶于水中的溶质，计算在溶解度内；第二，由于它们已经是整个配合物的一个部份，已不再是自由离子，它们不再像那些仍然未结成配合物的离子，具有可以自由地参加有关反应的性质。

锅炉给水（除盐水、软化水）残存杂质离子，当水杂离子（阴离子、阳离子）吸收同步共振频率（外力）后成为水合离子，因阴、阳离子电位相吸而配位成离子对晶核（人工合成的纳米级配合物），在液态→汽态的蒸发过程，配合物虽然被计算在溶解固形物（TDS）含量中，但它却不能自由地参加有关积聚成水垢的反应，只能不断吸收其它不自由离子长晶成水渣，从而降低了锅中溶解固形物的数量，因此，锅内水质工况更趋稳定，锅水排污量则明显减少。



### 1.4、工作原理

ZDZN 顺磁共振场水处理工作原理：研究水中物质（水分子、水杂离子）不同工况条件下的分子振波数学模型，掌握共振场力学动态分布软件，计算力场与分子振波同步的共振频率，设计出具有释放特定共振能量协同效应作用力的水处理装路（专利技术）。通过工作区的水分子受外加能量作用力产生共振内能，水分子间相互运动速度增加，水分子团簇构型中的弱氢键在激发能量场的切割作用下瞬间弯曲、断裂，而交错磁场的极化作用又抑制了小团簇构型之间的再度结合。其改变水分子构象及除垢节能功能是由于其中痕量放射性核素和磁场对纳米材料产生诱导与激发的直接结果。水分子构象重组的这种称之“水”的变化，而水分子构象重组引起的水杂离子配位现象称之“质”的变化，纳米技术水处理工艺将同时具有“水”与“质”变化的电厂锅炉和工业锅炉介质水称为工业纳米水（专利技术）。

锅炉纳米环保节能器是一个针对某一水质工况而设计的自激发式能量力输出装路，实践发现：预先给“锅水”外加一个能量协同效应作用力，在恒压、恒温的条件下，单位质量的“锅水”从液态→汽态蒸发过程所需的能量（汽化热）相对减少（即蒸发过程所需的燃料热量相对减少）。当锅炉输出的蒸汽压力、温

度（热值）不变时，其蒸汽焓值亦不变。

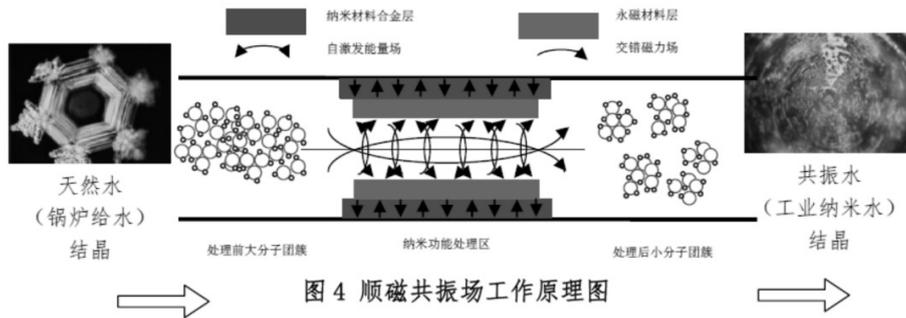


图 4 顺磁共振场工作原理图

## 2、关键技术

### 2.1、“水燃料”技术概述

在发电锅炉汽/水系统中，锅炉给水作为载体，输送着汽/水循环系统额定的动能及热能（见图 5）

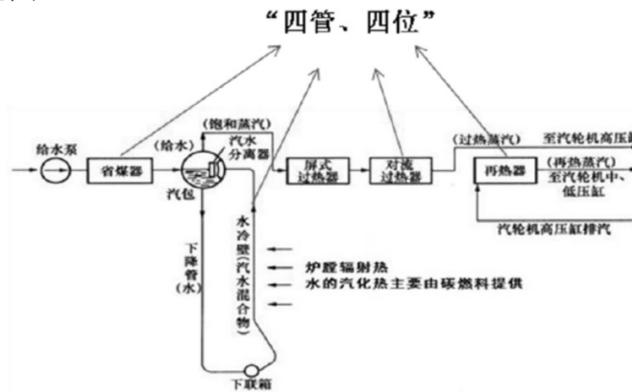


图 5 发电锅炉汽/水流程图

此工况条件下，ZDZN 锅炉纳米环保节能器水处理设备采用外力的方式，使给水吸收一种新的能量（激发能），经过管道的转载，并在锅炉蒸发过程中释放。转载表现在给水的水分子构象  $(H_2O)_n$  的  $n$  值变小，释放表现在从液态水分子构象  $(H_2O)_n$  解离至气态水分子构象  $(H_2O)$  的汽化过程所需的汽化热相对减少，即由碳燃料提供所需的热值相对下降或蒸发速率相对提高，完成了“外力→水构象→解离→汽化热→节能”的能量转换与集成过程，表现在水冷壁换热效率的提高而节能。“水”这种新的能量转换与集成形式具备了“燃料”的某些基本特征，故称为“水燃料”技术（见图 6）。

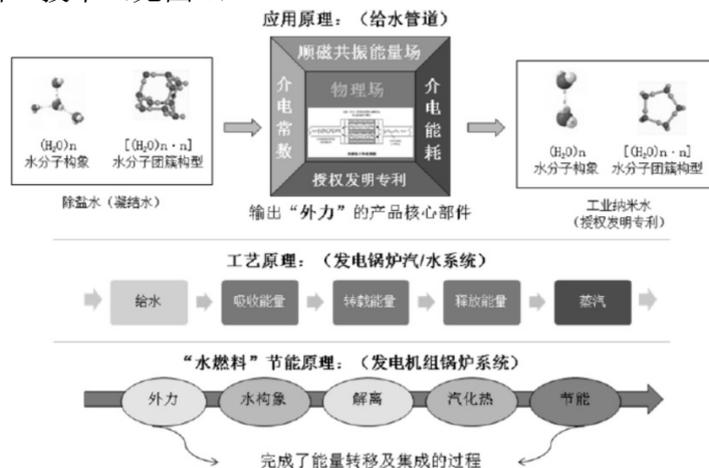


图 6

实践证明：在相对工况条件下，发电锅炉汽/水循环系统中的给水(凝结水、补充除盐水)在系统的某个位路点上的温度相对稳定，给水的水分子构象和汽化热都是一个相对稳定的常数。此时，若再提高给水的温度，可降低给水的汽化热(如省煤器原理)；若解离了给水的水分子构象(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>，同样亦可以降低给水的汽化热，二者都能达到发电锅炉节能增效的目的。

### 2.2、安装工艺流程

在发电锅炉给水系统的低压管道(见图7)以旁路方式加装一台ZDZN锅炉纳米环保节能器水处理设备，让给水流程设备进出水端便完成水质精处理过程达到锅水质量，蒸汽质量、锅炉效率提高及发电机组系统节能、增效。

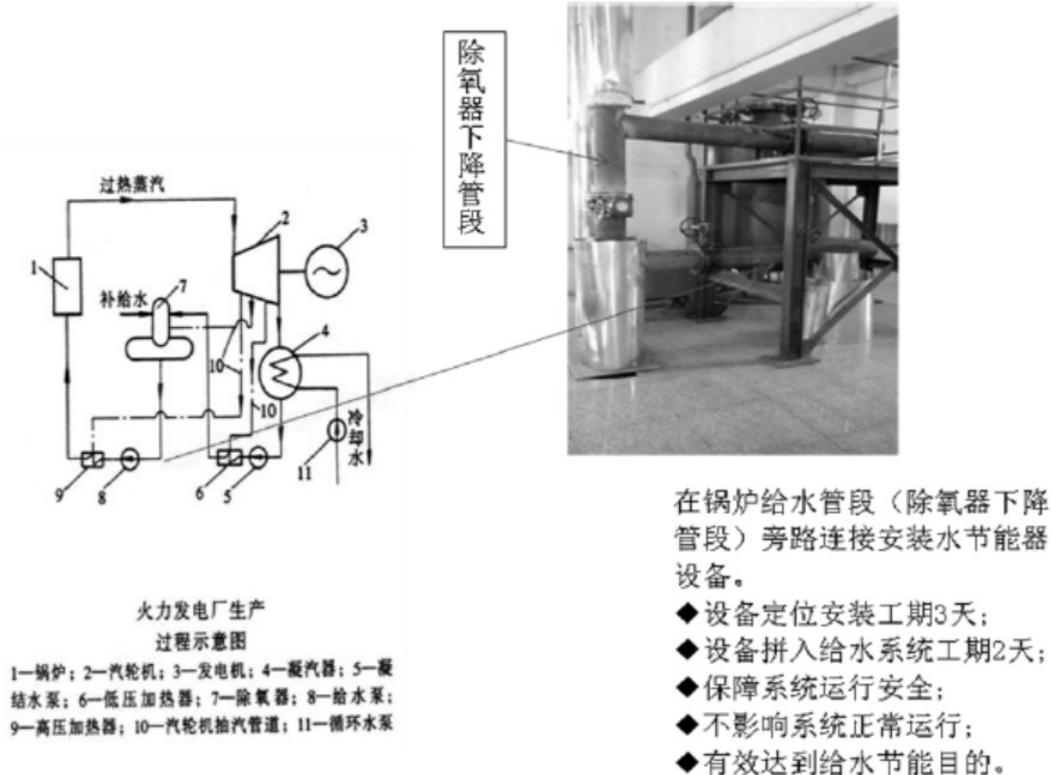


图 7

### 2.3、节能减排作用

除盐水应用于中、高压锅炉给水系统或循环系统，中、高压锅炉结构上多属于水管锅炉，锅水(除盐水)在受热的长管内流动有沿程阻力损失，引起长管两端存在压差，压差大小与能耗有关。例如，在用锅炉钢管内壁受热面因给水的原因积聚铁垢，必然影响管内壁光洁度和截面尺度，使锅水在长管内流动时沿程阻力损失增加，反映在给水管压力升高，即长管两端压差增大而多耗能。

锅炉运行工艺上给水母管压力实测值 $\geq$ 规定的设计值，其一说明了锅炉给水泵出口压力的工况范围；其二指出了该型锅炉长管的沿程阻力损失系数。在相同蒸汽压力与蒸汽流量的工况条件下，同型锅炉实测的给水母管压力越小、给水泵出口压力越小，说明锅水在长管内所产生的沿程阻力损失越小，长管两端压差越小，所损耗的能量越小，即汽化热值越小。

因此在水管锅炉运行的水质有两种工况下可产生节能效果：

①运行中锅水自然清除钢管内壁受热面上的垢(铁垢、水垢)，保证过流截面符合设计要求。

②锅炉给水的水质具有不同的理化性质，如表面张力、介电常数、介电能量损耗等指标比常用达标的除盐水呈现更低值，足以在长管内获得更小的沿程阻力损失系数，引起给水母管压力和长管两端压差下降。

经过节能器处理后的除盐水或凝结水有如下的作用：

①处理后锅炉给水的表面张力、粘度、汽化热变化导致锅管沿程阻力减少，反映在给水管进口至过热蒸汽出口之间的锅管段实测压差，在稳定蒸汽量、蒸汽压的工况条件下，非常接近设计值，说明能耗最低。

②在稳定蒸汽量、蒸汽压工况下，给水母管压力偏高运行自然增加给水泵的功率负载，影响泵运行寿命。所以给水母管压力越接近设计值运行，不但给水泵功率负载降低，而且引风机、送风机的功率负载也相应降低，辅机负载越低，越节约电能。

③锅内的水质工况更易稳定，反映在控制 pH 值的外加投药量减少；锅水电导率下降；沸腾物沉降成双晶型水渣，被定期排污有效清除，直接导致连排污量减少而节约热能。

④高温锅水排放量的减少不但节约了锅水的补给量，而且节省了补给部分除盐水或软化水的制水成本和制水能耗。

## 五、主要技术指标：

(1) 技术评价指标：

相同锅炉运行工况和燃料配比工况的条件下：

- 锅炉效率（同比）提高 1.0~5.5%（其中电厂锅炉效率提高 1.0~3.0%）。

(2) 经济考核指标

相同锅炉运行工况和燃料配比工况的条件下：

- 供电煤耗（同比）下降 3.0~5.0gce/kWh；
- 供电综合能耗（同比）下降 4.0~8.0gce/kWh；
- 供热能耗（同比）下降 1.5%以上（能耗指煤耗、气耗、油耗）；
- 供热综合能耗（同比）下降 2%以上（包括能耗、电耗、水耗）；
- 产汽率（同比）提高 2~4%；
- 发电率（同比）提高 2~4%。

(3) 汽/水质量指标

- 额定蒸汽压力  $p < 3.8\text{Mpa}$  的水质工况执行下表水质标准（见附件 15）；
- 额定蒸汽压力  $p \geq 3.8\text{Mpa}$  的水质工况执行相应的国家水质标准；
- 蒸汽品质率提高 10~20%。

## 六、技术应用情况：

在发电机组锅炉节能相关技术中，多从碳燃料、燃烧工艺调整、结构改造及系统调控等方面研究，而针对锅炉给水及其蒸发传热效率改变而提高锅炉效率，提高蒸汽品质的基本没有；通过改变水中杂质离子的结晶属性而达到阻垢/除垢节能的基本没有。

能量共振场水处理节能设备通过改变给水的水分子构象，介电能量损耗、表面张力、溶解氧属性、垢(铁垢)结构等指标，一方面实现锅炉给水汽化热下降，蒸发速率提高；另一方面促进锅炉及汽/水管线系统阻垢缓蚀。上述两个途径均可实现锅炉节能，前者能使锅炉节能 1.5%~3.0%，后者的节能效率因水质情况和锅炉结垢情况而异，最高甚至可达 8%。这可能是目前唯一通过改变锅水特性而实现锅炉节能的水燃料技术，适用于所有蒸汽锅炉使用。目前已完成了工程应用的中试，有运行 3 年、5 年、8 年的案例。

## 七、典型用户及投资效益：

案例应用单位：凌源钢铁集团动力厂 52m<sup>2</sup> 烧结机改造余热利用节能工程，新建两台 2x25t/h 余热发电锅炉向一台 9MW 补汽凝汽式汽轮发电机组提供发电用蒸汽。锅炉水/汽/水系统设计时选择配套一台额定水处理流量为 60t/h 的 ZDZN 锅炉纳米环保节能器，拟对锅炉给水进行“改变水分子构象降低汽化热而节能”的水质处理。

“给水处理节能”项目指在发电锅炉给水系统的除氧器出口至给水泵进口之间的给水管段，在合适的管段位路以旁路连接的方式安装一台 ZDZN 锅炉纳米环保节能器设备，当凝结水/除盐水全流量流经设备便完成水质处理过程。

预期在烧结机同比余热工况条件下：

- (1) 提高余热利用率，提高锅炉热效率，增加锅炉出力；
- (2) 减少投药、减少排污、稳定锅炉水质，提高蒸汽质量；
- (3) 增加发电量，获得可观的经济效益。

凌钢动力厂新建烧结合余热锅炉发电机组系统于 2012 年 2 月安装及调试完毕，系统同期设计安装的一台水节能器设备可同时满足 180 m<sup>2</sup> 锅炉及 240 m<sup>2</sup> 锅炉满负载运行，向发电机组提供优质蒸汽。

根据凌钢动力厂 2012 年度至 2013 年度“烧结合余热发电电量记录本”统计该年度平均发电量约 39822192kwh/年。根据第三方能效检测报告显示项目改造后，余热利用率提高 1.57%、锅炉热效率提高 3.75%、产汽量提高 1.98%。根据收益及设备成本、工程成本、综合检测成本计算，项目改造投资回报期为 1.5~3.0 年。

## 16 一体化太阳能路灯

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：一体化太阳能路灯

三、适用范围：公路、景区、公园、学校、乡村、停车场、运动场

四、技术内容：

1、技术原理。

白天利用太阳能光伏发电，太阳能光伏电池产生的电能采用锂电池储存电能，夜晚再将锂电池储存的太阳能转化为照明的光能。为了确保产品在连续的阴雨天气、太阳能板遮挡或者太多树阴导致太阳能路灯会出现不亮灯的情况，我们采用智能算法对一体化太阳能路灯的电能消耗进行智能优化。对于极端的使用环境一体化太阳能路灯也准备了采用市电对锂电池补充充电的备用接口和风机发电接口对锂电池充电补充。确保一体化太阳能路灯在任何工况工作下全年不灭灯。

2、关键技术

(1) 采用太阳能最大功率跟踪的技术，解决了太阳能充电效率低的问题。

(2) 运用锂电池作为储能器件，解决了胶体电池能量密度低，电能过早放完长期阴雨天不亮灯和电池寿命短的问题。

(3) 对储能元件过充过放和过温保护，产品达到了超长的使用寿命。

(4) 采用智能化管理控制技术，可实现无人值守，并根据场景调整对照明条件进行设置和调整。

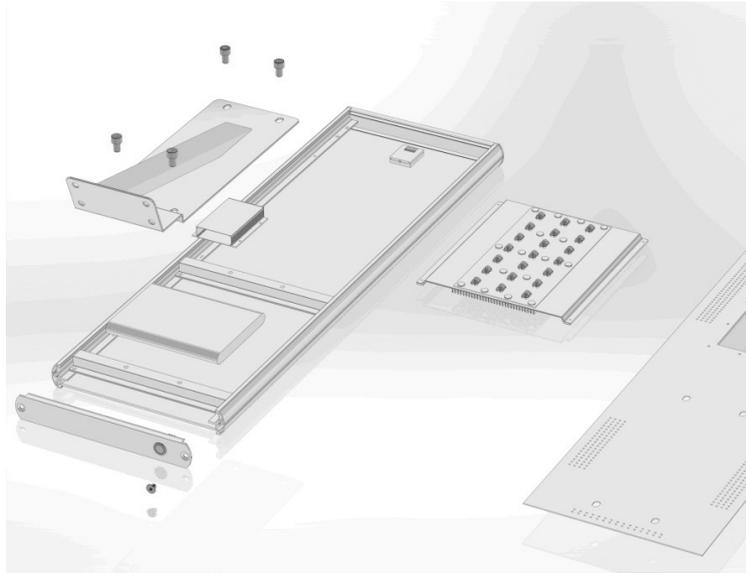
(5) LED 照明模块采用磁压合技术，导热效率更高，有效延长灯具模块寿命，并且在生产和维护更方便快捷。

(6) 一体化设计，产品整体外形流畅，美观，安装使用方便。

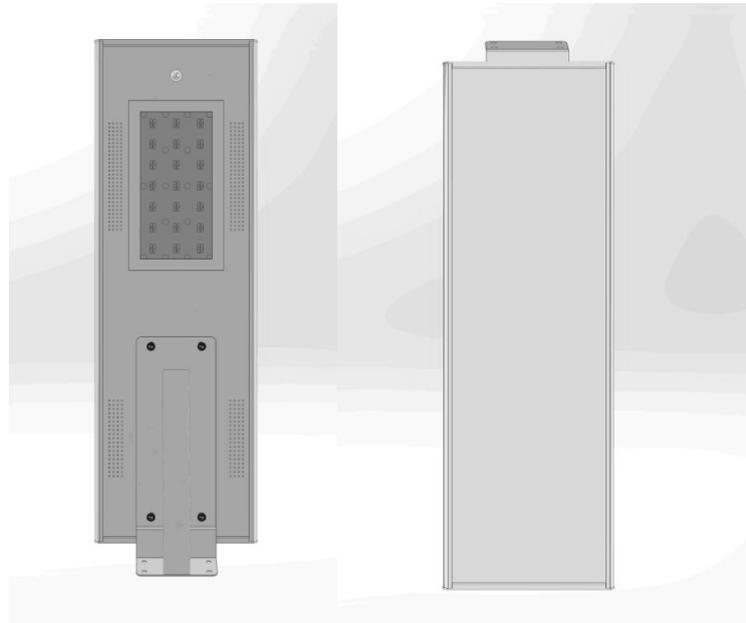
(7) 连续阴雨天或者太阳能路灯部分遮挡时太阳能光照不足导致的充不满的状态，锂电池能根据锂电池电压智能节电技术管理锂电池，锂电池电压比较高时，当处于傍晚时到凌晨的时间段路灯工作在满功率状态（全亮），当 12 点后人流和车流少时，灯具会检测是否有人和车辆逐渐将灯具调整为半功率或者四分之一功率，以减轻对锂电池能的消耗从延长灯具的工作时间，当天快亮时灯具根据人流量和车流量的较大又将灯具调整为满功率的状态。通过智能调节，有效的节约了锂电池能量的消耗，从确保灯具处于长时间阴雨天不灭灯的状态。当智能系统检测到锂电池电压比较低时，既处于傍晚时分，灯具也会根据电压调整灯具的功率为满功率的三分之一，满足最基础的照明，确保灯具具有较长的工作时间。

(8) 太阳能路灯对于极限的工况，比如较少光照射或者几乎全被树阴遮蔽，一体化太阳能路灯也有市电补充充电接口和风能发电机充电接口，当在极限工况下在两种充电方式中任意选择一种充电接口补充充电就可以确保一体化太阳能路灯长极不灭灯。

3、工艺流程



产品爆炸图



上视图

下视图



右视图



右视等轴侧图

### 五、主要技术指标：

主要技术参数及其与替代的技术对比，特别是能效指标对比。

|                           | 项目技术应用     | 太阳能路灯 30W                    | 金属钠灯 150W |
|---------------------------|------------|------------------------------|-----------|
| 运行五年项目经济、环境及社会效益（以石安小区为例） | 施工材料施工总成本  | 4.1 万元                       | 3.6 万元    |
|                           | 节能年收益      | 648 千瓦时*26 台*1.1 元=18532.8 元 | 0 元       |
|                           | 五年收益       | 18532.8 元*5 年=92664.00 元     | 0 元       |
|                           | 五年节约标准煤    | 92664*0.4 千克/1000=37.06 吨    | 0 吨       |
|                           | 五年减排       | 92664*0.997 千克/1000=92.38 吨  | 0 吨       |
|                           | 五年减排的碳粉尘   | 92664*0.272 千克/1000=25.20 吨  | 0 吨       |
|                           | 五年减排的 SO2  | 92664*0.03/1000=2.77 吨       | 0 吨       |
|                           | 五年减排的氮氧化合物 | 92664*0.015/1000=1.38 吨      | 0 吨       |

（注：用 30W 一体化太阳能路灯替代金属钠灯 150W，每天工作时间 12 小时）

从以上数据不难看出，安装一体化太阳能路灯的经济效益是非常可观的，更可观的主要是太阳能路灯大大减轻了社会的排放污染。对环境保护的效益是相当可观的。

本项目中的一体化太阳能路灯，充分发挥其零电费、零接线、零维修、零能耗、零危险、零污染、零碳排和零管理的优势。项目符合我国创建“资源节约型社会”的战略目标，并且符合我国环保产业政策。因此，本项目产品无疑将成为未来几年路灯的新亮点，带动整个行业的发展。

### 六、典型用户及投资效益：

- 1、案例应用单位：阳山县七拱镇
- 2、案例应用节能技术情况

阳山县七拱镇某美丽乡村建设，因建成时间较早，路灯损坏，老化较多，节能改造前路灯均是 200W 的金属钠灯。为了满足必要的基础照明，准备对乡村道路照明公共区域新增 60 盏太阳能一体化路灯，光照效果较好，灯具采光效果很好，没有树阴遮蔽，60 盏灯具全部采用全太阳能供电，不配市电接口和风机补

充充电。采用一体化太阳能路灯是理想的项目方案。

### 3、节能改造产生的节能效果分析。

| 阳山县七拱镇运行五年项目经济、环境及社会效益<br>(用 50w 一体化太阳能路灯替代金属钠灯 200w, 每天工作时间 12 小时) | 项目技术应用                | 太阳能路灯 50W                     | 金属钠灯 200W |
|---|-----------------------|-------------------------------|-----------|
|   | 施工材料施工总成本             | 20.75 万元                      | 10 万元     |
|   | 节能年收益                 | 864 千瓦时*60 台*1.1 元=57024 元    | 0 元       |
|   | 五年收益                  | 57024 元*5 年=285120 元          | 0 元       |
|   | 五年节约标准煤               | 285120*0.4 千克/1000=114.04 吨   | 0 吨       |
|   | 五年减排                  | 285120*0.997 千克/1000=284.26 吨 | 0 吨       |
|   | 五年减排的碳粉尘              | 285120*0.272 千克/1000=77.55 吨  | 0 吨       |
|   | 五年减排的 SO <sub>2</sub> | 285120*0.03/1000=8.55 吨       | 0 吨       |
|   | 五年减排的氮氧化物             | 285120*0.015/1000=4.27 吨      | 0 吨       |

### 4、节能改造投资额、效益和投资回收期分析。

该案例中节能改造投资额为 20.75 万元，具体效益如上表所示，对比传统的金属钠灯，每年对比增加 57024 元的节能年收益，同时五年下来项目减排碳粉尘达 77.55 吨、减排的二氧化硫达 8.55 吨和五年减排的氮氧化物达 4.27 吨等等。而投资回收期为 3.6 年。

## 17 SCB13 型干式变压器

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：SCB13 型干式变压器

三、适用范围：广泛应用于 10KV 配电系统

四、技术内容：

环氧树脂浇注干式变压器具有防火防灾、免维护等优点，在新建厂房、住宅楼宇和各种特殊场合有着广泛的应用。除了以上的优点外，是否低损耗节能产品也是用户重要参考因素。SCB13 干式变压器相较于上一代 SCB10 干式变压器就有不俗的表现，应用新技术、如使用可减少涡流损耗更薄的、经激光处理改进晶粒结构降低磁滞损耗的新材料，新工艺如“单片 5 或 7 步进叠片”方式。空载损耗比 SCB10 系列产品下降 30%、负载损耗降低 10%，是一款节能型产品。

(一) 关键技术

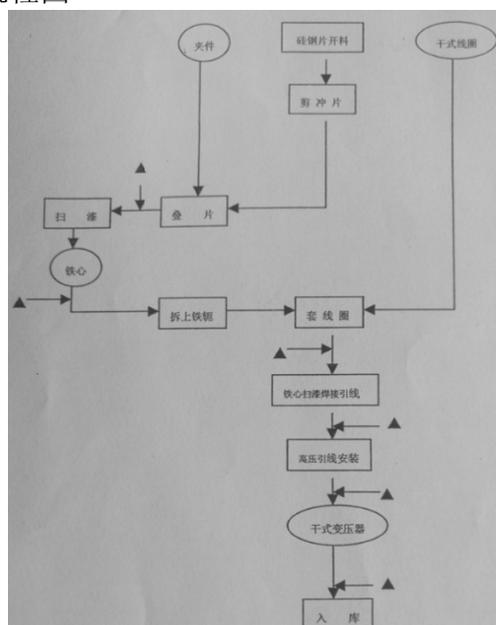
1、铁心

变压器发展一百多年，其基本原理和总体结构变化不大，促使其继续向前发展的原动力在于材料的发展和改进，生产装备和工艺的更新。目前国内变压器厂家普遍采用两片一叠的横向三级交替叠片方式，而现在我公司铁心工艺采用“单片 5 或 7 步进叠片”的结构，铁心材料采用 23R85 高磁通、低损耗激光刻痕硅钢片，辅以先进的 XBJ32B-60 型数控变压器铁心横剪生产线的裁剪，结合以降低插叠区内磁通出现磁饱和状态的“5 或 7 步进单片”叠片方式等先工艺材料制造，改变的铁心叠片结构有效地降低了变压器空载电流、空载损耗及噪音，并提高工作效益。

2、线圈

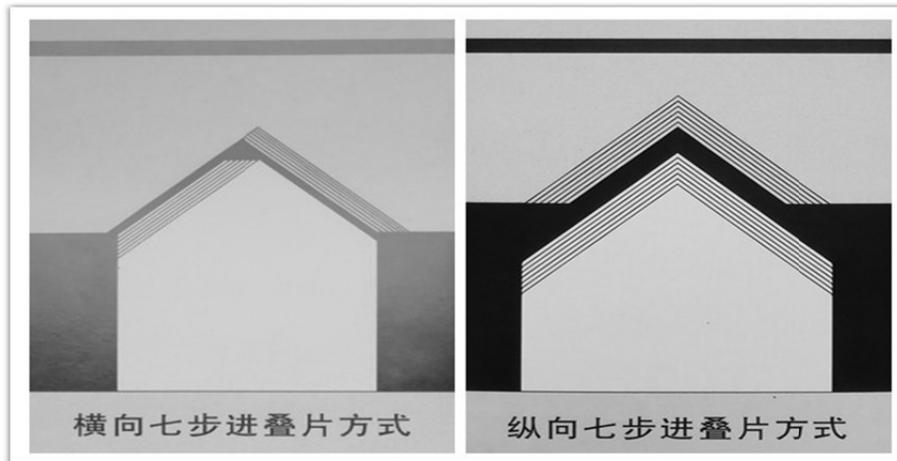
根据容量及各线圈电压的不同，合理选择线圈结构形式及电磁线规格，是确保线圈散热性能、抗短路能力以及降损的关键。SCB13 干式变压器低压采用箔式绕制，具有良好的安匝平衡及提高抗突发短路能力。高压采用无纺布及树脂薄膜混合绝缘电磁线紧密绕制，经加热烘干，真空树脂浇注和固化等程序制造。

3. 工艺流程图



注：1) □表示工序操作位；  
2) ○表示产品；  
3) ▲表示检验点

## (二) 步进叠片



### 五、主要技术指标：

SCB13 系列产品的技术性能指标。

6kV、10kV 级 13 型干式无励磁调压配电变压器空载损耗和负载损耗

| 额定容量<br>kVA | 空载损耗<br>kW | F 绝缘系统温度下的负载损耗<br>kW |        | 短路阻抗<br>% |
|-------------|------------|----------------------|--------|-----------|
|             |            | 155℃ (F)             | (120℃) |           |
| 30          | 0.135      | 0.640                |        | 4.0       |
| 50          | 0.195      | 0.900                |        |           |
| 80          | 0.265      | 1.24                 |        |           |
| 100         | 0.290      | 1.41                 |        |           |
| 125         | 0.340      | 1.66                 |        |           |
| 160         | 0.385      | 1.91                 |        |           |
| 200         | 0.445      | 2.27                 |        |           |
| 250         | 0.515      | 2.48                 |        |           |
| 315         | 0.635      | 3.12                 |        |           |
| 400         | 0.705      | 3.59                 |        |           |
| 500         | 0.835      | 4.39                 |        |           |
| 630         | 0.935      | 5.36                 |        |           |
| 800         | 1.09       | 6.26                 |        |           |
| 1000        | 1.27       | 7.31                 |        |           |
| 1250        | 1.50       | 8.72                 |        |           |
| 1600        | 1.76       | 10.5                 |        |           |
| 2000        | 2.19       | 13.0                 |        |           |
| 2500        | 2.59       | 15.4                 |        |           |

符合 GB20052-2013 能效等级 1 级标准。

### 六、技术应用情况：

全国目前仍有数百万台 SCB7 及以上高损耗变压器在网运行，超设计寿命、超期运行的变压器是电网安全运行的杀手。随着国家对产业结构的调整和资源节约型社会的推进，节能产品惠民工程政策实施，节能型电力变压器将会更快得到推广。

### 七、典型用户及投资效益：

案例：惠州黄沙洞温泉度假区对外温泉接待中心项目永久用电改造工程

用户原来是用一台 SCB8-1600/10/0.4 配电变压器，因用户自身要求：提倡及履行节能减排经营理念，对该项目进行升级改造：将一台 SCB10-1600/10/0.4 配电变压器更换一台达到 1 级能效 SCB13-1600/10/0.4 变压器。

该项目是永久用电改造工程，置换 SCB10-1600 变压器的费共用 16 万元，每年节约电费 1.2 万元，预计投资回收期 13 年，每年减排 12.8 吨 CO<sub>2</sub>，每年节约标准煤 4.865 吨。

## 18 能效监控和分析云平台

一、**所属类别：**重点节能技术

二、**技术名称：**能效监控和分析云平台

三、**适用范围：**工厂、学校、医院、商业大楼等

四、**技术内容：**

1、**技术原理：**

- 通过物联网技术和自动化技术对工厂的配电系统、锅炉系统、空压系统、制冷系统、水管网系统、蒸汽管网系统、压缩空气管网系统等进行实时监测，并将运行数据上传云平台；
- 通过对设备原理深入掌握，并结合节能技术和云计算技术，对上传的设备运行数据进行分析，发现设备运行存在的节能改善的机会点；
- 通过数据挖掘技术，对于同类设备运行数据进行分析，发现能效高的设备的运行模式；
- 通过综合以上的分析，让客户知道其关键能耗设备的能效，和行业对比结果，可以改善能效的机会点，同类设备高能效的运行模式，从而帮助客户提升其关键设备的能效，从而降低成本。

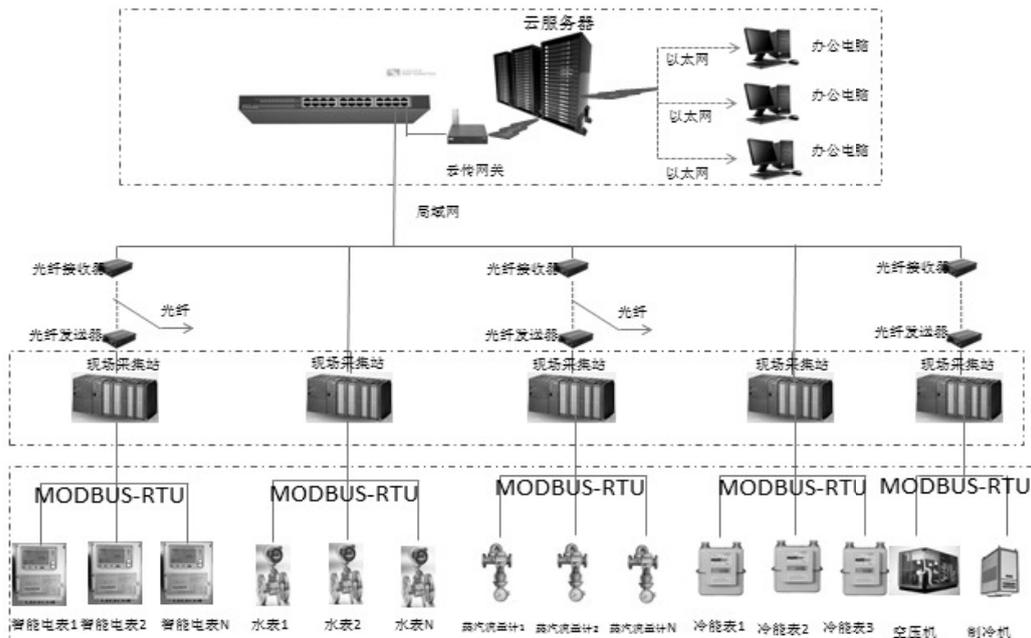
2、**关键技术，工业流程**

关键技术包含以下几个方面：

- 自定义硬件协议，统一数据上传的标准，使得平台不受接入设备的协议影响；
- 自主开发可以远程编程的网关，使得后续新增设备数据可以方便接入，不需要人员到现场服务，极大减少成本；
- 由于对设备运行的深入了解，使得我们可以根据实际设备情况，通过增加相关仪表或传感器，计算出设备的能效；
- 将设备能效和国家标准或行业标准进行对标，计算出可以节能的机会点，使得企业可以清楚了解到其节能的空间；
- 由于对设备运行的深入了解，使得我们可以根据实际设备情况，通过增加相关通讯卡，将设备运行数据上传到云服务器；
- 通过设备运行数据和能效数据的对比，进行正相关或负相关分析，发现节能机会点，提高设备能效；
- 通过对设备运行数据的大数据挖掘，自主研发数据算法，精准分析设备能效改善机会点；
- 通过数据挖掘技术，对于同类设备运行数据进行分析，发现能效高的设备的运行模式；

自主研发的报警系统，使得客户可以任意自定义参数的报警，通过短信和邮箱发送到客户指定的人员。

下面是数据网络结构图：



在终端设备上安装通讯卡，通过适配器和控制器采集设备数据，传送到网关，再由网关发送到云服务器上进行数据的分析处理。

系统主要包括现场能源数据采集系统、工业网络系统、实时数据库系统、历史数据库系统、基础能源管理系统、应用发布系统(WEB)、调度监控系统以及与企业其他信息化系统接口等部分。

能源管理系统服务器和调度终端系统主要包括 I/O 服务器、EMS 应用服务器和实时/历史数据库服务器、WEB 服务器以及调度终端等。

数据监控云平台的技术将基于 PHP 语言进行应用开发。平台后端基于 PHP 语言使用 MVC 的模式进行功能开发，前端采用 HTML5 进行开发，实现功能，满足实际应用需求。设计上考虑多种联网设备接入的扩展性。数据支撑平台和业务应用低耦合。

数据支撑平台采用分布式架构，使用消息队列，访问性能上满足多个客户同时在线的使用要求。同时，数据支撑平台提供业务服务接口。业务应用层包括 PC 端业务应用。

系统的软件架构图如下：



整个系统分为三个层面：数据集成层、应用服务层、可视化层及信息集成层。

#### (1) 数据集成层

能源管理系统数据层负责所有数据采集、处理、通讯和计算功能。数据层的  
核心服务是整个系统的基石，其主要功能包括：

- 能源计量装置和设备的通讯接口
- 能源数据采集和存储
- 能源数据处理和计算
- 能源运行实时监控，报警信息的发布
- 能源信息以及管理功能的数据交换

#### (2) 应用服务层

能源管理系统应用服务层包含各项能源管理应用功能模块，以及实现其功能的  
应用服务和存储其应用信息的不同功能数据库。其主要功能包括：

- 各种系统应用模块包括能耗监视、能源调度、用能分析、能源报告、能耗指标绩效分析、能耗设备分析等；
- 应用模块和客户端交互 WEB 服务，操作员终端和客户端以及报表查询客户端在后台的数据操作均可以通过标准的系统服务 WEBSERVICE 进行；
- 存储应用模块信息的数据库，包含三个功能不同的数据库：存储应用模型的数据库、存储能源消耗记录的数据库、存储用户定制信息的数据库。

#### (3) 可视化层

能源管理系统可视化层负责整个能源管理信息展现，支持各种类型客户端界面。客户界面程序按照类型可以分为调度客户端、系统管理员客户端和组态建模工具客户端：

- 组态建模客户端：上述的应用模型和系统的组态界面；
- 调度员客户端：可内置于 IE 浏览器中的具备常规信息分析管理工具、图表的客户端，日常的分析和信息查询工作均通过该调度员客户端进行；
- 系统管理员客户端：系统管理人员使用的界面，可以通过其进行系统服务的管理、诊断、配置等工作。

#### (4) 信息集成层

能源管理系统的信息集成层管理能源信息与其他信息系统数据交互，如 SAP、能源计量网、LIMS 等。

信息集成层集成各类管理系统信息如 SAP、LIMS、OSIPI、环保系统等，确保能源管控中心信息完整化、实时化、可视化。

信息集成层支持各类工业 MES 作业排产计划，系统接口标准如 ISA-95, B2MML 和 ESB。实现对生产指挥调度的主数据管理与其他管理系统保持一致。

### 五、主要技术指标：

空压机/制冷机/锅炉的能效提升 5%~20%

### 六、技术应用情况：

达成合作的云化企业有 21 家，（广州美赞臣、佛山三水健力宝、重庆啤酒集团、长沙可口可乐、长沙百事可乐、长沙怡宝、深圳维他奶、佛山维他奶、坪山比亚迪、长沙比亚迪、陕西航天动力、太仓和路雪、北京和路雪、南京纳尔科、广州艺康集团、合肥联合利华、成都联合利华、惠州德赛电子、中国黄金集团、江西宜昌南玻集团、山西道尔铝业）

### 七、典型用户及投资效益：

项目名称：广州美赞臣能效监测系统项目

项目建设 3 台空压机、6 台制冷机和 63 块智能电表安装设备仪表，上传数据，进行能效监控分析。每年按 300 天计算，通过能效分析，节能改造后可换成标煤计算，可节省 1664 吨标准燃煤，按标煤 530 元/吨计算，每年可为企业节省 88 万元人民币。

## 19 离心机能量回收装置

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：离心机能量回收装置

三、适用范围：使用离心机的工厂企业等

四、技术内容：

1、技术原理：经压缩机头压缩形成的高温高压油气混合物分离器中被分离，通过对出油管路进行改造，将高温油引入一换热器，热交换器盘通阀实时对进入热交换器和盘油管的油量进行分配，保证回油温度不低于空压机回油保护温度，热交换器水侧的冷水与高温油进行热交换。

2、关键技术，工业流程。

1) 新型高效 AIQS 换热器：

需要一台精准的换热器将压缩热一次性带走，过大或过小都会直接影响压缩机运行温度波动范围。压缩机过频繁的温度变化将导致压缩性能的改变，增加维护成本。

2) 传感器调节技术：

调节与监控也是余热回收不可或缺的重要组成，它需要完成的使命是实时反馈压缩机运行状态，并迅速反应执行调节。压缩机根据负荷、压力的改变，所需要排放的热量也随之改变，BESTDE-IV 控制器 100%确保实时回收压缩机允许排放的这部分热量，并始终让压缩机运行时保持在微小的温度波动、平稳运行，最终实现帮助压缩机提升运行能效。

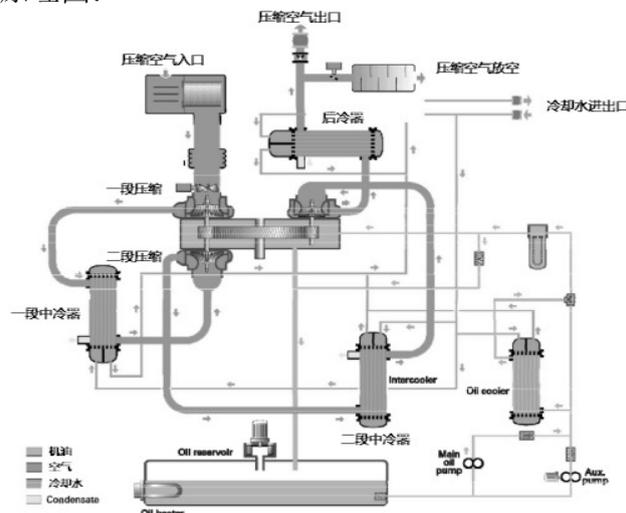
3) 阻垢防腐技术：

阻垢防腐是水的加热过程和热水输送过程中最重要的组成，他将直接决定换热器的运行效率和使用寿命。BESTDE 于 2011 年引进德国 SILIPHOS 技术，开发出 FG 阻垢防腐过滤器，并作为 BESTDE 能量回收机组标准配置的重要组成部分，这也是在其他的余热回收机组里无法找到的。

4) 系统优化：

我们只是一台设备，其安装、运行、维护过程非常简单，不需要复杂的连接，也不要求操作人员具备深厚的技术知识。只需将能量回收设备放在平地上，连接电源和管道接口，然后按下起动按钮，便可开始运行。

下面是工作原理图：



离心式空压机系统由室外空气经吸风塔和空气过滤器接入空压机一段进气口,通过空压机内部高速旋转的叶轮对空气做功,使空气压力、温度、流速提高,然后流入扩压器,再使空气流速降低,压力进一步提高,并经导向装置使空气流入下一级叶轮继续压缩。由于空气经逐级压缩后的温度不断升高,而在下一级中压缩温度高的空气则需多耗电,为了降低空气温度,减少压缩功耗,在多级离心式空气压缩机的空气系统中,往往采用分段中间冷却的结构。因此在本工程中,空气经一段压缩至 0.241MPa, 151℃(一段可以包括几个级,也可仅有一个级),由一段排气口排出空压机本体,并引入中间冷却器与循环水进行一次换热,冷却后的压缩空气接入空压机二段进气口继续压缩至 0.379MPa, 99℃,由二段排气口排出空压机本体,并引入末级冷却器与循环水进行二次换热,冷却后的压缩空气经空气加热器干燥后由管道输送至各用气点。

### 五、主要技术指标:

| 对比项目       | 其他             |                             | 本技术         |                        |
|------------|----------------|-----------------------------|-------------|------------------------|
| 换热器        | SUS316         | 备注                          | SUS316      | 备注                     |
| 压缩空气热量回收   | 无法回收           | 循环过程中进水温度将达到空气温度            | 回收          |                        |
| 加热水温度      | 50-70℃         |                             | 55-95℃      |                        |
| 热量回收率      | 60%            |                             | 80.2%       | SA 系列 86.6%            |
| 出水量        | 1161L          | 温升 40℃                      | 1552L       | 温升 40℃                 |
| 回收效率比      | 1              | 系数                          | 1.35        | 系数                     |
| 运行时空压机油温度  | 不可控制           | 运行后空压机温度提升 8-20℃            | 可控制         | 运行时保证空压机运行温度在 75-85℃   |
| 运行时空压机排气温度 | 不可控制           | 无法降低                        | 可控制         | 降至常温                   |
| 空压机散热系统    | 不可控制           |                             | 可控制         | 运行过程中散热系统将停止工作         |
| 系统能耗       | 0.75+2.5+3kw/h | 循环泵+热水泵+散热系统 合计能耗: 6.25kw/h | 0.025-3kw/h | 散热系统节省负能耗,节省 2.975kw/h |
| 冷干机        | 效率无改变          |                             | 提高效率        | 压缩空气已被降至常温             |
| 空气干燥       | 无改变            |                             | 提高效率        | 自带除水系统                 |
| 联控         | 无              |                             | 配置(可选)      | 实时监控空压机运行状态            |

### 六、技术应用情况:

目前市场上普遍认为压缩机用于生产压缩空气只消耗了一部分电能,绝大部分电能被转换成热能排放到大气中。当压缩空气在用气端被使用时(例如用在气动工具上),它膨胀并从环境中吸收热量,这个过程会使得周边范围内的环境温度降低。所以能量回收系统事实上从环境中得到了能量,可以看作是 100%回收电能,而得到免费的压缩空气。

### 七、典型用户及投资效益:

项目名称: 陕西航天动力离心机余热机热水项目

项目建设规模 2 台英格索兰 C55MX3 离心式空压机回收余热, 24 小时可提供

37814kw 热量供员工洗浴采暖。每年按 300 天计算，回收的热量转换成标煤，可节省 2601 吨标准燃煤，按标煤 1000 元/吨计算（含场地堆放、人工等费用），每年可为企业节省 260 万元人民币。

## 20 接点大数据智慧能源管控平台( BIMP-smart)

一、所属类别：重点节能技术

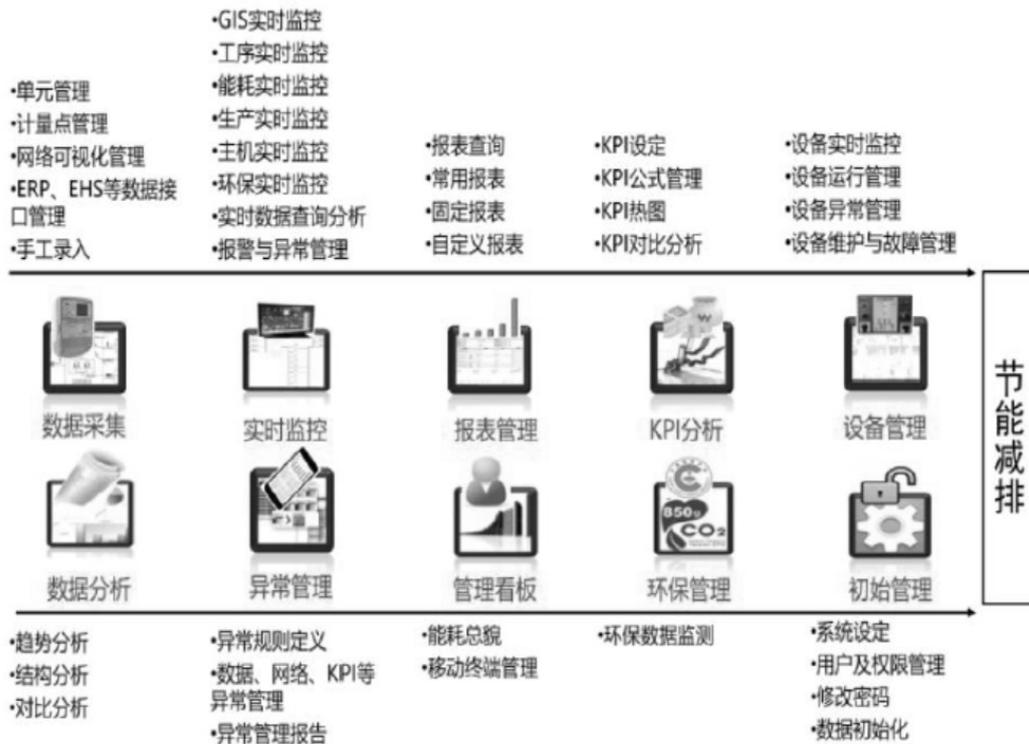
二、技术名称：接点大数据智慧能源管控平台 BIMP-smart

三、适用范围：工业企业、公共建筑

四、技术内容：

1、技术原理。

建立工业大数据中心，对生产运行情况进行实时监控、预测与告警，并对数据进行分析与挖掘，实现管理节能，并通过系统发现改进机会，实施节能减排技术改造。详细如下图：



2、关键技术：

实时数据库、物联网平台及协议、自定义的生产智能管理平台及大数据分析平台。

3、工艺流程：

建立工业大数据中心实现可视化数字工厂——建立智能管控平台实现能源管理信息化与能耗数据对标分析——集成系统应用实现能源综合管控与大数据分析挖掘。通过以上三步实现节能减排与降本增效。

接点智能管理平台由三层系统架构组成：基于物联网的工业大数据中心、集成管理应用的生产智能管控平台、以及移动协同的云综合服务平台。

基于物联网的工业大数据中心包括实时数据库、采集协议包与组态发布软件，以及各种物联网及组网硬件，能与生产现场所有计量仪表、设备、PLC 及 DCS 等系统的互连互通，建立整体物联网络，实现采集、监视与集中管控功能。

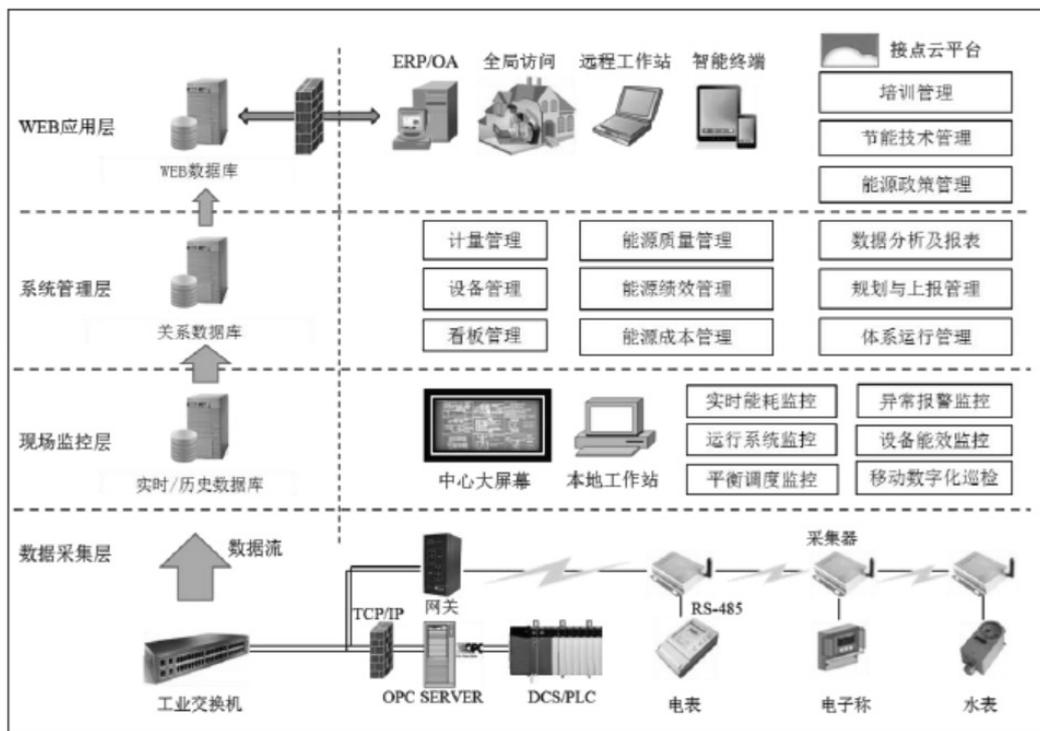
集成管理应用的生产智能管控平台包括智能管理平台、数据分析平台与持续改进平台。通过可视化平台对数据进行管理与呈现，自定义管理单元、KPI 与计

算公式，生成所需要的报表，并通过能耗分析、KPI 分析、对比分析、相关性分析及关联多维分析、专业分析平台，以及单点、系统自动告警功能，寻找改进机会，实现报表、分析、节能与持续改进的功能。

移动协同的云综合服务平台包括上报管理平台、对标管理平台、技术服务平台、政策信息平台、碳电交易平台、金融服务平台、以及 APP 移动平台。通过信息集成服务，成为企业对接信息与技术及外部支持的交易平台，并拓展至移动应用，实现数据、信息、技术与金融的综合服务。

大数据能源智能管理平台将以基于物联网的工业大数据中心为基础，提供数据采集、现场管控、报表分析、绩效管理、成本控制、能效监控、用能优化等系统功能，并结合 JOINTTEM-cloud 接点能源管理云平台，通过数据共享、行业对标、技术分享、培训、宣传等方式提高企业员工的节能意识。

接点大数据智慧能源功能构架设计如下图：



大数据能源智能管理平台将分为四层级功能：数据采集层、现场监控层、系统管理层与 WEB 应用层，各层的主要功能如下：

**数据采集层：**主要是通过无线与有线网络组成数据采集通讯系统，数据采集器通过接口通讯协议与智能电表、水表、电子秤、PLC/DCS 等相连，将相关能耗与生产数据通过通讯网络采集到实时数据库服务器中，实现数据的自动采集功能。

**现场监控层：**利用自动采集回来的数据对用能与生产现场进行实时监控，数据采集频率由管理监控需求决定。系统将根据预先设定的异常报警值对现场用能与生产异常情况进行实时报警，结合现场数字化巡检技术及工艺、生产、现场管理人员对实时数据的分析判断，及时解决与完善现场管理漏洞，确保生产与用能稳定，优化生产方案，实现管理节能。

**系统管理层：**根据管理需求将实时数据库的数据保存在历史数据库中，以数据为依据实现全面的能源管理：生成管理报表、能耗数据分析及报告、能源绩效管理、能耗水平对标管理、能源成本控制、能源利用效率监控、用能优化、节能项目管理、节能规划与上报管理、能源管理体系运行管理等。

WEB 应用层：主要实现内部数据共享与远程终端访问功能，通过 WEB 服务器与防火墙，授权用户可以远程登录系统，实时了解能源管理信息及异常报警事件，为高层管理的远程决策提供实时数据依据。结合接点能源管理云平台 JOINTTEM-cloud 形成一个内外信息共享的能源管理资讯平台与管理支撑平台。接点能源管理云平台 JOINTT EM-cloud 可为企业的能源管理提供管理、培训、咨询、节能技术及政策信息等能力建设支持。

#### **五、主要技术指标：**

实时数据采集 $\leq 1S$ ；

有损及无损的高效二次压缩技术

计量仪表及设备驱动协议 $\geq 300$  种

矢量可视化组态监控，页面加载速度 $\leq 1S$ ；

故障容错与断点续传功能

自定义管理对象单元及 KPI 计算公式及报表

系统自动告警及数据自动修复

OLAP 多维数据分析技术

多系统的互连互通，支持多数据库：SQLServer、Oracle、mysql/MariaDB、PostgreSQL

跨浏览器访问

#### **六、技术应用情况：**

该技术现已广泛应用于政府监管、行业协会、城市管理、水泥行业、陶瓷行业、玻璃行业、石化行业、造纸行业、有色行业的节能减排、智能制造等。

#### **七、典型用户及投资效益：**

项目名称：华润水泥控股广东大区--接点大数据智慧能源管控平台

项目实施后年合计节能量 34104.44 吨标准煤，项目实施节能率达到 2.04%，节能效果显著。按节约 1 吨标准煤减少 CO<sub>2</sub> 2620kg，SO<sub>2</sub> 8.5kg，NO<sub>x</sub> 7.4kg 计，每年将减少 CO<sub>2</sub> 8.93 万吨，SO<sub>2</sub> 290 吨，NO<sub>x</sub> 252 吨，社会效益明显。每吨标煤成本约为 1300 元，每年共计节约能源成本 4433 万元，经济效益显著。

## 21 盘管蓄冰技术

一、所属类别：重点节能技术

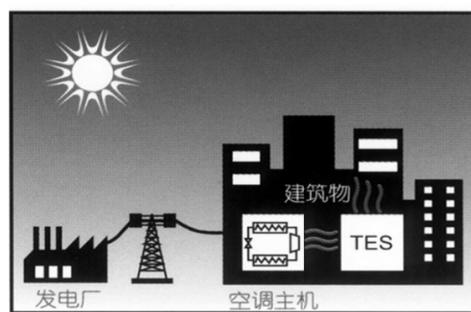
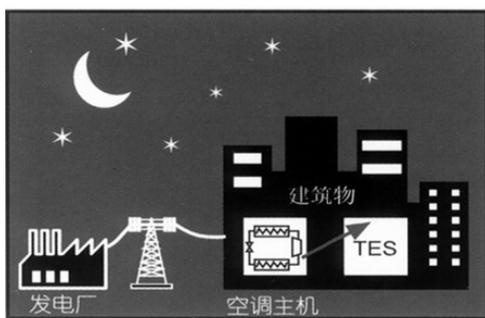
二、技术名称：盘管蓄冰技术

三、适用范围：各种利用峰谷电价具有移峰填谷作用的蓄冷中央空调系统、蓄冷区域集中供冷系统等

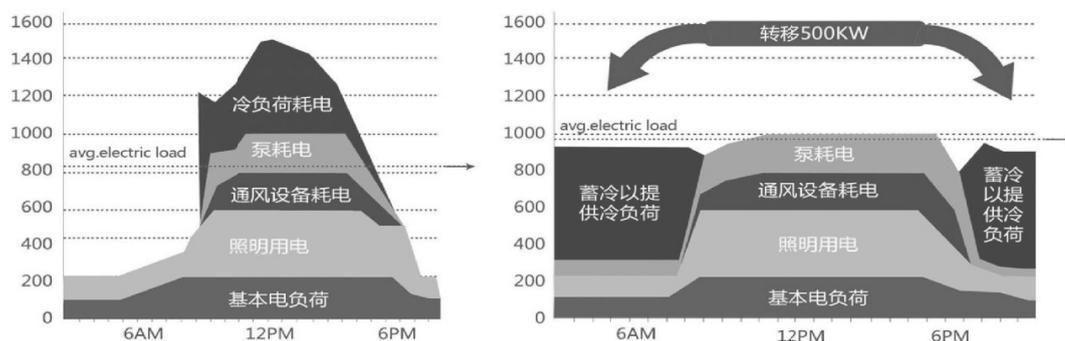
四、技术内容：

1、技术原理。

冰蓄冷中央空调是在夜间电价低谷段利用制冷主机制冰，将冷量以冰的形式蓄存起来，白天根据空调负荷要求释放冷量，在用电高峰时期可以少开甚至不开主机，将电网高峰段的空调用电量转移至电网低谷段使用，利用峰谷电价政策，达到为用户节约电费的目的。



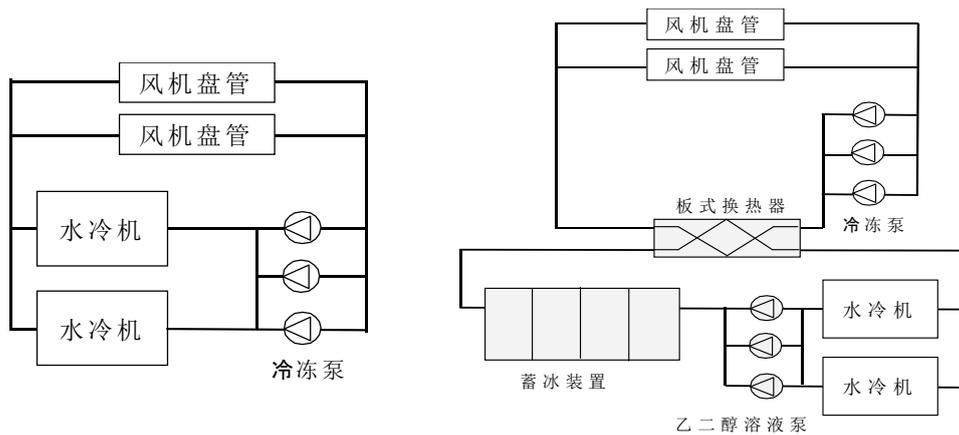
空调负荷的分布在一年之内极不均衡，尖峰负荷约占总运行时间的 6%~8%，空调主机的利用率低，配电设施及其他相关投资过高。采用冰蓄冷中央空调后，可以选择相对较小的主机，夜间主机蓄冰，白天主机与蓄冰装置一起工作满足空调负荷，极大提高主机利用率，均衡用电负荷，降低配电设施及其他设备投资，达到移峰填谷的目的。



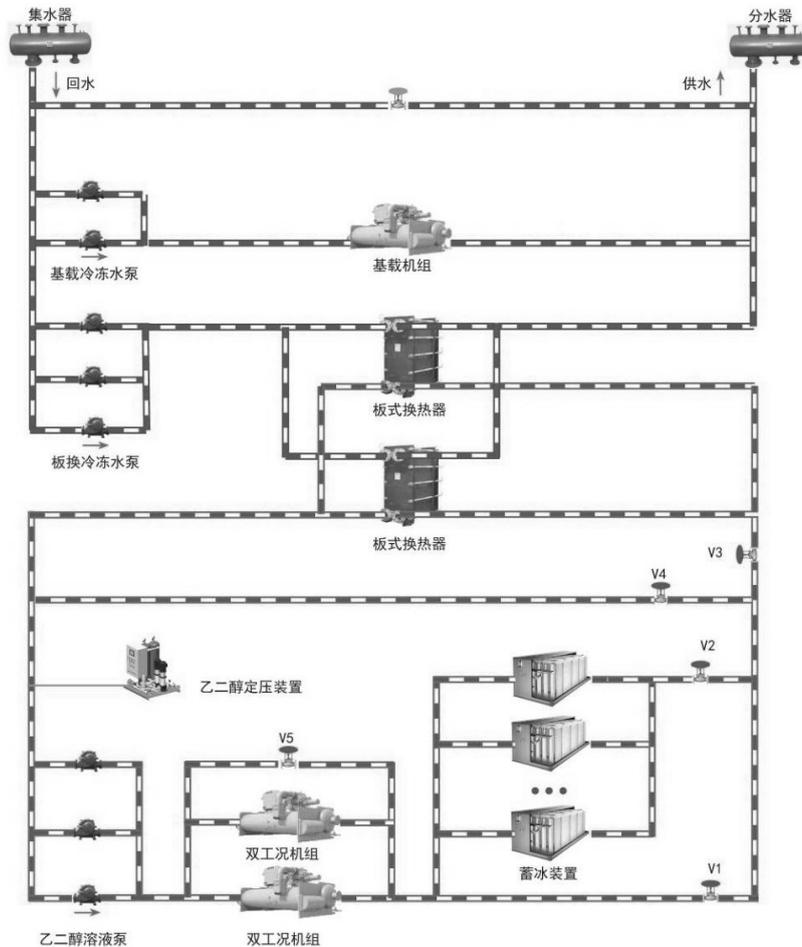
2、关键技术、工艺流程。

冰蓄冷从系统构成上来说只是在常规空调系统的基础上增加了一套蓄冰装置、板式换热器、和一套乙二醇溶液泵，其它各部分在结构上与常规空调并无不同，它在遵循的技术规范方面也与常规空调基本一致。

冰蓄冷系统常见的系统流程有并联流程和制冷机组位于蓄冷装置上游或下游的串联流程。在制冷机组位于蓄冷装置上游的串联系统中，制冷主机位于蓄冰装置上游，此时，制冷主机出水温度较高，蓄冰装置进出水温度较低，因此，制冷主机效率高、电耗较小，故一般冰蓄冷系统多采用“主机上游”布置。



由于制冷机组位于蓄冷装置上游的串联流程冰蓄冷系统比其他两种流程形式，具有投资少、运行平稳等优点，所以本工程选用制冷机组位于蓄冷装置上游的串联流程系统。其系统原理图如下：



蓄冷系统采用主机上游的串联循环系统，同时应考虑夜间可能有小部分冷负荷的需求，系统应具备下列工况：

- 制冷主机蓄冰+基载主机供冷模式
- 制冷主机与蓄冷装置联合供冷模式
- 融冰单独供冷模式
- 主机单独供冷模式

## 五、主要技术指标：

以海棠湾酒店冰蓄冷工程为例：

### 1. 年运行费用

| 序号 | 负荷日      | 天数  | 冰蓄冷方案（元） |          | 常规电制冷方案（元） |          |
|----|----------|-----|----------|----------|------------|----------|
|    |          | 天   | 日运行费用    | 年运行费用    | 日运行费用      | 年运行费用    |
| 1  | 100%设计负荷 | 45  | 70603    | 3177141  | 72664      | 3269862  |
| 2  | 75%设计负荷  | 120 | 48296    | 5795462  | 55049      | 6605939  |
| 3  | 50%设计负荷  | 115 | 30607    | 3519817  | 37498      | 4312274  |
| 4  | 25%设计负荷  | 80  | 15384    | 1230741  | 19877      | 1590141  |
|    | 合计       | 360 |          | 13723161 |            | 15778216 |

年节省运行电费 205.5 万元。

### 2. 常规空调投资概算

| 序号        | 名称         | 规格                              | 单位 | 数量 | 功率   | 总功率  | 单价   | 总价   | 备注 |
|-----------|------------|---------------------------------|----|----|------|------|------|------|----|
|           |            |                                 |    |    | (kW) | (kW) | (万元) | (万元) |    |
| 1         | 制冷主机       | 制冷量 1100RT                      | 台  | 5  | 656  | 3280 | 220  | 1100 |    |
| 2         | 冷却塔        | 流量 1000m <sup>3</sup> /h        | 台  | 5  | 37   | 185  | 36   | 180  |    |
| 3         | 冷却水泵       | 流量 850m <sup>3</sup> /h, 扬程 51m | 台  | 6  | 160  | 800  | 12   | 72   |    |
| 4         | 冷冻水泵       | 流量 695m <sup>3</sup> /h, 扬程 36m | 台  | 6  | 160  | 800  | 12   | 72   |    |
| 5         | 自动控制<br>系统 | PLC+触摸屏+上位机                     | 套  | 1  | /    | /    | 150  | 150  |    |
| 设备功率及价格合计 |            |                                 |    |    |      | 5065 |      | 1574 |    |

### 3. 冰蓄冷空调投资概算

| 序号 | 名称      | 规格                              | 单位 | 数量 | 功率   | 总功率  | 单价   | 总价   | 备注 |
|----|---------|---------------------------------|----|----|------|------|------|------|----|
|    |         |                                 |    |    | (kW) | (kW) | (万元) | (万元) |    |
| 1  | 基载主机    | 制冷量 1100RT                      | 台  | 2  | 656  | 1312 | 220  | 440  |    |
| 2  | 双工况机组   | 空调工况制冷量 900RT；制冰工况制冷量 595RT。    | 台  | 3  | 671  | 2013 | 180  | 540  |    |
| 3  | 基载冷却塔   | 700m <sup>3</sup> /h            | 台  | 3  | 22   | 66   | 25   | 75   |    |
| 4  | 双工况冷却塔  | 900m <sup>3</sup> /h            | 台  | 3  | 22   | 66   | 33   | 99   |    |
| 5  | 基载冷却水泵  | 流量 850m <sup>3</sup> /h, 扬程 51m | 台  | 3  | 160  | 320  | 12   | 36   |    |
| 6  | 双工况冷却水泵 | 流量 720m <sup>3</sup> /h, 扬程 28m | 台  | 4  | 132  | 396  | 11   | 44   |    |

|           |        |                                |   |    |     |     |     |      |  |
|-----------|--------|--------------------------------|---|----|-----|-----|-----|------|--|
| 7         | 基载冷冻水泵 | 流量 695m <sup>3</sup> /h,扬程 36m | 台 | 3  | 160 | 320 | 12  | 36   |  |
| 8         | 板换冷冻水泵 | 流量 695m <sup>3</sup> /h,扬程 36m | 台 | 4  | 160 | 480 | 12  | 48   |  |
| 9         | 乙二醇泵   | 流量 670m <sup>3</sup> /h,扬程 50m | 台 | 4  | 160 | 480 | 15  | 60   |  |
| 10        | 板式换热器  | 换热量 1985kw                     | 台 | 3  | /   | /   | 15  | 45   |  |
| 11        | 蓄冰装置   | 蓄冰量 385RTH                     | 台 | 44 | /   | /   | 10  | 440  |  |
| 12        | 乙二醇    | 25%涤纶级                         | 吨 | 58 | /   | /   | 1.5 | 87   |  |
| 13        | 自动控制系统 | PLC+触摸屏+上位机                    | 套 | 1  | /   | /   | 150 | 150  |  |
| 设备功率及价格合计 |        |                                |   |    |     |     |     | 2100 |  |

#### 4. 投资回收期汇总表

|                |       | 常规<br>空调方案 | 蓄冰盘管<br>空调方案 | 增减量    | 备注              |
|----------------|-------|------------|--------------|--------|-----------------|
| 尖峰冷负荷 (RT)     |       | 4940       |              |        |                 |
| 全日总冷负荷 (RTH)   |       | 90195      |              |        |                 |
| 装机容量 (RT)      |       | 5500       | 4900         | -600   | 降低主机投资          |
| 额定蓄冷量 (RTH)    |       |            | 11803        |        |                 |
| 机房设备电功率 (kW)   |       | 5065       | 5453         | 388    | 功率因数取 0.85      |
| 机房设备配电容量 (kVA) |       | 5959       | 6415         | 456    | 配电费按 800 元/ kVA |
| 机房设备配电费 (万元)   |       | 476.7      | 513.2        | 36.5   |                 |
| 机房设备初投资 (万元)   |       | 1574.0     | 2100.0       | 526.0  |                 |
| 机房综合初投资 (万元)   |       | 2050.7     | 2613.2       | 562.5  |                 |
| 年运行费<br>(万元)   | 自动化程度 | 低          | 高            |        | 可实现无人值守         |
|                | 机房耗电费 | 1577.8     | 1372.3       | -205.5 | 按每年 360 天计算     |
| 综合设备初投资增加(万元)  |       |            | 562.5        |        |                 |
| 相对运行费用节省(万元)   |       |            | 205.5        |        |                 |
| 投资回收年限         |       |            | 2.7 年        |        |                 |

#### 六、技术应用情况：

盘管蓄冰技术已经成熟，但市场应用占比较少。

#### 七、典型用户及投资效益：

项目名称：华为荔科技园员工宿舍项目之蓄冰冷冻站供应及安装分包工程

本项目总建筑面积 437492 平方米，包括 26 栋员工宿舍和 1 栋会所建筑、配套商业等。建设内容包括冷冻站内、冷却塔站内的空调系统设备、管道的采购、安装。采用冰蓄冷空调系统，充分利用夜间廉价的低谷电力储存能量，满足在电力高峰期的空调冷负荷需要，以缓解电网昼夜不平衡运行的压力，控制用户在电力高峰期的用电量，节约系统运行成本。项目节能量 221.22tce，碳减排量 1350 tCO<sub>2</sub>。

## 22 太阳空气能热泵热水器智能控制系统

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：太阳空气能热泵热水器智能控制系统

三、适用范围：城市热水供暖系统、大型酒店、宿舍楼、泳池、烘干场地等

四、技术内容：

1、技术原理：太空能智能控制芯片，包括有单片机控制电路、水位及温度检测电路、压力检测电路、驱动电路、键盘及显示电路、用于控制热水器水箱进水的电磁阀。

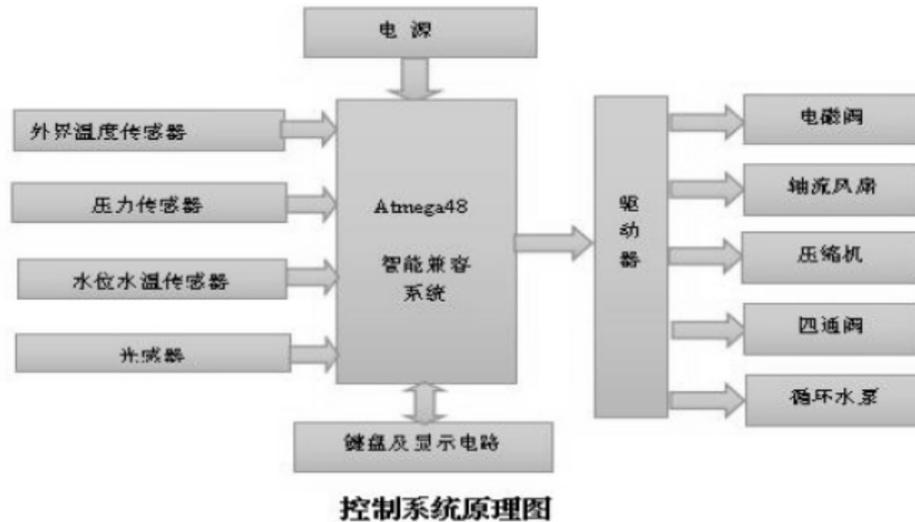
2、关键技术：

1)保证室外模块下室内模块的可靠通信,两个模块均采用 ZIGBEE 通信单元。

2)室外控制器与室内控制器均采用 ATMEGA8, 以确保数据处理的及时性。

3)工作率为 12MHz, 指令执行速度达 12 MIPS, 工作电压为 5V, 程序空间达 8K 字节, 数据空间达 1K 字节, 还有 ADC 接口, 定时器, 丰富的 GPIO 口。

3、工艺流程：



五、主要技术指标：

(一) 主要技术参数：

1、本项目实现智能环境变温运算，根据环境温度智能调整热水系统加热温度，恒温按人体可承受温度出水；

2、适用于任何恶劣环境下的供热供暖系统，占地面积微小，密封式制以 LED 呈现数据。

3、本发明在室外模块、室内模块及监控模块之间均采用无线通信方式，省去了安装布线的麻烦，减化了安装流程，实现具有重要简化意义。

(二) 与替代的技术对比：

近年来本土企业在太阳能、空气能热水器产品的研发中取得了一定的进步，但 95%企业的控制系统仍为单一模式，俗称“温控模式”，而且大多只能单独支持太阳能热水器或空气能热水器，因此在很大程度上限制了节能总效果。

现有的热水器在使用时，大部份热水是在晚上 18:00 到 23:00 使用的，热水被大量使用后，现在市面上所有的热水系统都会首先将大量的冷水补充进来，然后再启动空气能热水器将水箱内的水加热至设定温度。

这会产生三个问题：1. 水泵上水和空气能加热水都将产生噪音，导致下面居住的人无法正常睡觉，然而晚上 12:00 正是睡觉时间。

夜晚用空气能热水器将热水加热将导致整箱热水摆在那里散热，而且这个时段也没必要储存大量的热水摆在那里散热。

如果第二天阳光充足，太阳能将被白白的浪费掉，因为在晚上，水箱里的水已经用空气能加热了，导致免费的热能被浪费。

我们中瑞的太阳空气能智能控制系统是将太阳能热水器和空气能热泵热水器有效结合，从太阳能中提取尽可能多的热量，同时相对于单一的太阳能热水器又减少了其受时间和天气影响的不足和安装使用的局限性。合理地控制太阳能加热与空气能加热，提高节能效率。

#### **六、技术应用情况：**

现在市面上所谓的太阳空气能系统其实就是将太阳能和空气能热水器简单的拼装在一起，使用最基础的温控系统，当水温达不到设定温度时，同时启动用到太阳能是完全免费的，在有太阳的情况下，最好的方法是单独使用太阳能为水箱里的水加热，在没有太阳的情况下才单独启动空气能热水器：然而，中瑞的智能控制系统正是针对这两种热水器而研发的，更主要中瑞的智能控制系统能使这两种热水系统并联使用，从而进一步的达到节能、环保。其中，中瑞的 IIHSCS (智能热水器启动控制装置) 就能有效解决以上所述的同时启动太阳能和空气能的问题。并根据以上信号选择以太阳能加热或空气能加热，并控制驱动器驱动操控设备控制水箱的水位、水温。水位测量电路包括分档水位传感器，分档水位传感器电信号输出接至电子开关 CD4069，经过电子开关 CD4069 反向并经 74LS244 驱动器后分别接入 STM32 的输入引脚。同时，如果客户已经拥有了单独的太阳能或空气能热水系统时，因想进一步节能、省电而想改装为太阳空气能热水器时；原来的控制器是无法同时兼容两个热水系统的，必须加装一套控制系统和一个水箱，或者将原来的系统废除，造成资金的浪费，且不利于环保。然而，中瑞公司以客户要求为己任，研发出的太阳空气能智能控制系统：它独有的智能兼容系统，在原有的太阳能或空气能热水系统中，只需简单的增加所需要的空气能或太阳能热水器连接上中瑞的“太阳空气能智能控制系统”，就能使用户顺利的实现产品升级，从而节省资金。

#### **七、典型用户及投资效益：**

案例应用单位：东莞市众力新能源设备有限公司

本产品属于绿色能源产品，寿命周期内(寿命 15 年)可生产空气太阳能热泵热水器智能控制芯片 37.5 万元套。本产品有效的结合了市面上最环保的太阳能和空气能热水器，使电费降至原来的 5% 都不到。同时，因为这两种热水器的有效结合，导致 CO2 的排放减少了 80% 以上。

## 23 太阳空气能热水器智能远程监控系统

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：太阳空气能热水器智能远程监控系统

三、适用范围：城市热水供暖系统、大型酒店、宿舍楼、泳池、烘干场地等

四、技术内容：

1、技术原理。

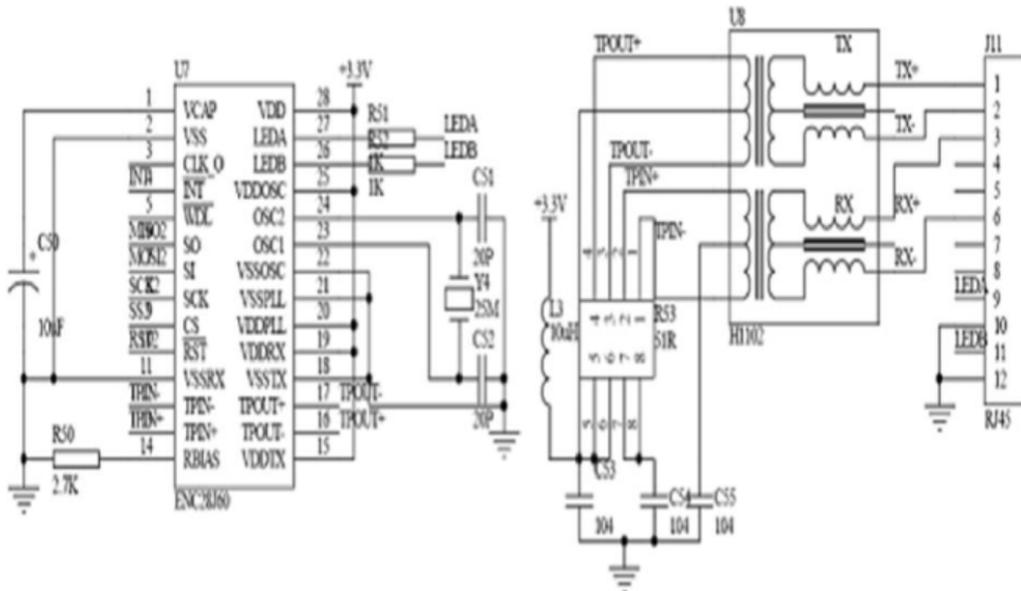
监控系统采用 STM32 处理器单片机与以太网控制器芯片 ENC28J60 实现以太网接口电路的设计与编程方法。以太网控制芯片 ENC28J60 则符合 IEEE802.3 协议,可通过 SPI 接口与主控制器通讯,因而可大大简化相关设计,减小占板空间,从而可为嵌入式应用提供低引脚数、低成本且高效易用的远程通讯解决方案。

2、关键技术、工艺流程。

关键技术：ENC28J60 则符合 IEEE802.3 协议,可通过 SPI 接口与主控制器通讯;所述 ENC28J60 是 MicrochipTechnology 公司推出的 10Mbps 以太网控制芯片;

所述以太网控制芯片符合 IEEE802.3 协议,内置 10Mbps 以太网物理层器件 (PHY) 及媒介接入控制器 (MAC),可按行业标准以太网协议收发信息包数据;10MbpsSPI 接口为行业标准的串行通讯端口,它可使低引脚数的 8 位单片机具有网络连接功能;ENC28J60 内置的 10Mbps 以太网物理层器件 (PHY) 只要外接网络变压器即可。

工艺流程：



五、主要技术指标：

主要技术参数：太阳空气能热水器智能远程监控系统，包括热水器控制器、以太网模块、和监控计算，控制器由中央控制单元即 STM32 处理器、水位检测电路、水温检测电路、触摸屏、驱动电路，实现了温度、水位两种参数的实时显示功能，而且具有温度设定与控制功能。其中：

所述以太网控制芯片 ENC28J60 则符合 IEEE 802.3 协议,可通过 SPI 接口与主控制器通讯;

所述 ENC28J60 是 Microchip Technology 公司推出的 10Mbps 以太网控制芯

片；

所述以太网控制芯片符合 IEEE 802.3 协议，内置 10 Mbps 以太网物理层器件 (PHY) 及媒介接入控制器 (MAC)，可按行业标准以太网协议收发信息包数据；10Mbps SPI 接口为行业标准的串行通讯端口，它可使低引脚数的 8 位单片机具有网络连接功能；ENC28J60 内置的 10Mbps 以太网物理层器件 (PHY) 只要外接网络变压器即可。

与替代的技术对比：目前，能源短缺已经成为一个全球性问题，寻找和开发新型能源已经成为当务之急。在国家大力倡导建设节约型社会的今天，热水工程中采用太阳能热水器，结合空气源热泵辅助能源，采用集中采暖，分散供水的方式可以全天候的提供温度恒定的热水。但通常控制器安装在屋顶，要对热水器进行检查和维护都要到现场，操作较为麻烦。随着太阳能热利用产业的迅猛发展，太阳能热水工程的规模也越来越大，人们对太阳热水器智能化控制的要求越来越高，在以信息化、数字化、网络化为基础的新经济条件下，太阳热水器的网络化终将成为一个科技发展的必然趋势。远程控制技术进入太阳能行业以计算机技术、现代通讯技术、自动控制技术和 NTERNET 等技术为前提，这些技术的综合运用可以实现对现场物理量的实时监测和访问及对各种参数和受控设备的远程监控，对热水系统进行统一的、系统性的控制、保护及管理。

为了克服现有技术的不足，本技术提供功能完善、适用范围广的太阳空气能热水器智能远程监控系统。

#### **六、技术应用情况：**

太阳空气能热水器智能远程监控系统，实现了对水温、水量的连续测量与显示，上水与电辅热的自动控制。根据系统时钟分时段上水与电辅热，大大提高了太阳能的利用率，节约了电能。STM32 处理器通过以太网通信模块和网线与监控室的计算机通信上。监控计算机可对工程现场的水位、水温、冷、热水流量信号进行实时监测、实时显示，可对现场的电加热、电磁阀和水泵等进行自动控制；还可对以上各种参数和控制设备进行远程监控及自动故障诊断；广泛应用于企事业单位、工农业、学校、医院、酒店、房地产、运动场馆等集体供热水系统。随着国家节能减排措施力度不断加大，该系统在太阳能热水的开发利用在社会经济发展具有越来越广阔的前景。

#### **七、典型用户及投资效益：**

案例应用：珠海知零电子科技有限公司宿舍太空能智能热水系统

项目共使用 60 平方 2000mm×1000mm 高效太阳能集热器；空气能加热系统采用了中瑞 ZR-030H（循环机）2 台与中瑞多能源控制系统。热水储存装置使用了 6m<sup>3</sup> 水箱，水箱材质采用 304/2B 日本不锈钢，里层岩棉板，中层 EPS 泡沫保温，外层反光不锈钢板储热水箱保温效果好。项目投资额 9.3 万元，项目节能量 80352tce。



完成 Socket 的程序编写。

3、技术为国内首创根据人数智能调整用水量，节能之比例比不用此系统的设备节能 35%。

与替代技术对比：

目前，对太阳空气能热水器的智能化远程监控仅仅局限于对对热水器设备上的出水温度测量以及水箱水位的测量以及显示功能。显然，这种简单的功能无法满足现有社会对智能化监控的需求。

热水器在使用过程中，因为使用不同部件使用期限的限制，或者突发的意外状况，均有可能导致太阳空气能热水器出现不同的故障。而实时监控热水器，知晓热水器的当前状态，从而为快速解决故障提供了保障。

除此之外，远程监控还可以随时调节热水器的工作模式，实现热水器的监护与控制，极大限度地提高热水器的工作效率，达到高效、安全、节能、舒适的目的。

#### **六、技术应用情况：**

技术应用现状：热水器在使用过程中，因为使用不同部件使用期限的限制，或者突发的意外状况，均有可能导致太阳空气能热水器出现不同的故障。而实时监控热水器，知晓热水器的当前状态，从而为快速解决故障提供了保障。除此之外，远程监控还可以随时调节热水器的工作模式，实现热水器的监护与控制，极大限度地提高热水器的工作效率，达到高效、安全、节能、舒适的目的。

#### **七、典型用户及投资效益：**

案例应用：珠海知零电子科技有限公司宿舍太空能智能热水系统

项目共使用 60 平方 2000mm×1000mm 高效太阳能集热器；空气能加热系统采用了中瑞 ZR-030H（循环机）2 台与中瑞多能源控制系统。热水储存装置使用了 6m<sup>3</sup> 水箱，水箱材质采用 304/2B 日本不锈钢，里层岩棉板，中层 EPS 泡沫保温，外层反光不锈钢板储热水箱保温效果好。项目投资额 9.3 万元，项目节能量 80352tce。

## 25 固体绝缘铜包铝管母线

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：固体绝缘铜包铝管母线

三、适用范围：本产品适用于电压 220kV 及以下、电流 40000A 及以下、频率 50Hz（或 60Hz）的母线,电网、发电、石油、化工、矿山、冶炼、钢铁、水泥、造船、造纸及房地产等所有需要电能的用户。

四、技术内容：

（一）技术原理

母线是汇集、分配和传送电能的极为重要电力系统的元件。目前，国内外大都采用常规铜排母线。由于导体的集肤效应原因，实芯导体电流密度不均匀系数大，热损耗严重，导体通流的利用率低，耗费大量铜资源，温升高于 50K，安全性差。

目前，主流技术是常规铜排母线，采用《金属封闭母线》标准，其额定电流的导体温升 50K，夏季运行时，环境温度可能会达到 60℃，则母线导体的运行温度将达到 110℃，此时，导体非常容易氧化，极易引发短路事故，影响整个供电系统可靠性。可见，导体温升 50K 的规定实际不能满足安全与节能的要求。

电缆标准（GB/T12706.2）的 4.2 条表 3 规定“绝缘混合料最大正常运行温度为 90℃考虑”和电缆标准（GB/T12706.2）中 4.2 条的表 3 “各种绝缘混合料的导体最高温度”中要求正常运行时导体最高温度为 90℃，设定环境温度为 60℃时，导体的温升为 30K。

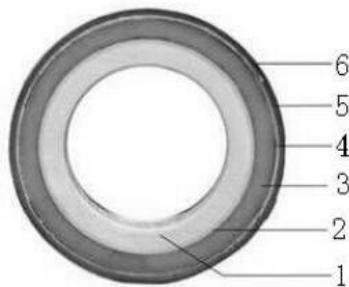
因此，广东日昭电工有限公司固体绝缘铜包铝管母线的额定电流下导体温升定为 30K。

固体绝缘铜包铝管母线的温升能降低至 30K，是利用铜和铝的不同集肤效应性能，合理搭配铜、铝管的厚度，取得大幅降低额定电流温升、减小线路损耗、提高输电安全性、节省铜材的优异效果。

技术原理：铜包铝管的结构，一方面使铜管与铝管的集肤效应，内外呼应，增大了整体通流的有效截面，从而降低了交流电阻；另一方面此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，抵消了单一管导体的较大的集肤效应，增大了整体的集肤深度，增加了导体载流量，提高了材料的利用效率，母线温升由国标的 50K 降低至 30K。

温升降低可以提高载流量，保证母线供电可靠性，节省铜材，并达到降低线损、节约能源的目的。温升降低，使绝缘不碳化，保证母线的绝缘寿命满足 30 年免维护的要求。

（二）关键技术、工艺流程



a) 产品结构：1-铝管、2-铜管、3-主绝缘层、4-半导体层、5-屏蔽层、6-

绝缘护套层构成。

b) 制造方法：根据铜和铝合金的特性，采用特定的工艺使铜、铝合金两种金属管的界面之间紧密结合，形成紧密的机械搭接结构，成为双金属的复合导体，作为载流导体。（机械搭接，不同金属材料在不发生电化学反应条件下，通过非冶金结合方式，实现金属材料间紧密结合的连接型式。）

### 1、节材

#### 1) 铜包铝管的材质如下：

铜管：银铜合金，牌号 T2，导电率大于 100%IACS，Cu+Ag 的含量为 99.95%。按 GB/T5231 的要求执行。

铝管：铝合金，牌号 6063，导电率为 58.1%IACS；AL 的含量为 98.9%，Mg 的含量为 0.2%，Si 的含量为 0.22%。

#### 2) 固体绝缘铜包铝管母线的结构

固体绝缘铜包铝管母线由铜包铝管、主绝缘层、半导体层、接地屏蔽层、绝缘护套管构成（见图 1）。主要绝缘材料中密度聚乙烯，绝缘表层电位为零。

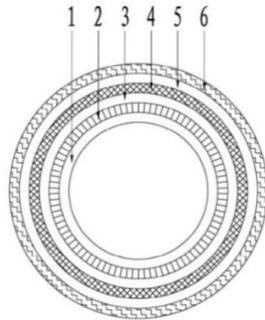


图 1-固体绝缘铜包铝管母线结构示意图

1-铝管；2-铜管；3-主绝缘层；4-半导体层；5-屏蔽层；6-绝缘护套

#### 3) 节铜能力

经试验（见试验报告 2~5）得出，相比常规铜排母线，铜包铝管节省铜材情况如下：

表 1-额定电流 2000A 下铜包铝管与铜排节省铜材对照表

| 导体   | 规格 (mm)   | 重量 (kg/m) | 单价 (元/kg) | 价格 (元/m) | 合计 (元/m) | 备注                    |
|------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------------------|
| 铜包铝管 | 铜管：80×1.5 | 3.29      | 60        | 197.4    | 295.68   | 节铜 69.2%<br>成本降 51.4% |
|      | 铝管：77×8   | 4.68      | 21        | 98.28    |          |                       |
| 铜排   | 120×10    | 10.68     | 57        | 608.76   | 608.76   |                       |

表 2-额定电流 4000A 下铜包铝管与铜排节省铜材对照表

| 导体   | 规格 (mm)    | 重量 (kg/m) | 单价 (元/kg) | 价格 (元/m) | 合计 (元/m) | 备注                  |
|------|------------|-----------|-----------|----------|----------|---------------------|
| 铜包铝管 | 铜管：150×1.5 | 6.23      | 60        | 373.80   | 617.82   | 节铜 70.8%<br>成本降 50% |
|      | 铝管：147×10  | 11.62     | 21        | 244.02   |          |                     |
| 铜排   | 2 片 120×10 | 21.36     | 57        | 1217.52  | 1217.52  |                     |

由表 1~表 2 可知，铜包铝管比同额定电流的铜排母线，节铜 70%，成本降 50%，而且，载流量越大，节铜

效果越明显。

按典型项目，额定电流 2000A，建设规模 2900 米，则铜排所需的铜重为  $10.68\text{kg/m} \times 2900\text{m} = 30.97\text{t}$ ，成本为  $608.76 \text{元/m} \times 2900\text{m} = 176.54 \text{万元}$ 。

铜包铝管所需的铜重为  $3.29\text{kg/m} \times 2900\text{m} = 9.54\text{t}$ ，成本为  $197.4 \text{元/m} \times 2900\text{m} = 57.2 \text{万元}$ ；节能铜量为  $30.97 - 9.54 = 21.43\text{t}$ ，节约成本为  $176.54 - 57.2 = 119.34 \text{万元}$ 。

可见，铜包铝管母线的节铜量是相当显著的。

#### 4) 铜包铝管母线中铜管和铝管各分配 50% 电流

根据集肤效应理论，分别对壁厚 1mm 至 30mm 的铜管进行 30K 温升试验对比，最后优选 1.5mm 厚薄壁铜管的电流密度即可达  $3 \text{A/mm}^2$ ，但薄壁铜管的机械强度不够，铜包铝管采用内置铝合金管作薄壁铜管支撑。6063 型铝合金亦是优良导体。通过多次截流量试验，铜包铝管导体中 1.5mm 厚的铜管和铝合金管各分配约 50% 电流，此种结构配合，额定电流导体温升可降低至 30K，载流量可提高 100%，大大减少电能损耗。

表 3-壁厚 1.5mm 的铜管在  $\Phi 80$  铜包铝管中分配 50% 电流

| 导体    | 规格<br>(mm)           | 截面积<br>( $\text{mm}^2$ ) | 电流密度<br>( $\text{A/mm}^2$ ) | 载流量<br>(A) | 温升<br>(K) |
|-------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|-----------|
| 铜包铝管  | 铜管：80×1.5<br>铝管：77×8 | 2104                     | 0.974                       | 2050       | 30        |
| 其中：铜管 | 80×1.5               | 370                      | 3.162                       | 1170       |           |
| 铜包铝管  | 铜管：80×1.5<br>铝管：77×8 | 2104                     | 1.426                       | 3000       | 50        |
| 其中：铜管 | 80×1.5               | 370                      | 4.514                       | 1670       |           |

表 4-壁厚 1.5mm 的铜管在  $\Phi 150$  铜包铝管中分配 50% 电流

| 导体    | 规格<br>(mm)              | 截面积<br>( $\text{mm}^2$ ) | 电流密度<br>( $\text{A/mm}^2$ ) | 载流量<br>(A) | 温升<br>(K) |
|-------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|-----------|
| 铜包铝管  | 铜管：150×1.5<br>铝管：147×10 | 5004                     | 0.839                       | 4200       | 30        |
| 其中：铜管 | 150×1.5                 | 700                      | 3.071                       | 2150       |           |
| 铜包铝管  | 铜管：150×1.5<br>铝管：147×10 | 5004                     | 1.119                       | 5600       | 50        |
| 其中：铜管 | 150×1.5                 | 700                      | 4.214                       | 2950       |           |

注：上表中，铝管的壁厚为 8mm 即可满足额定电流 4000A 的要求，此处壁厚取 10mm 是考虑了弯管的因素。

表 5-30K 温升载流量为 2300A 及 4500A 铜包铝管中铜管载流量

| 导体            | 规格                   | 截面积<br>( $\text{mm}^2$ ) | 载流量<br>(A) | 电流密度<br>( $\text{A/mm}^2$ ) | 温升<br>(K) |
|---------------|----------------------|--------------------------|------------|-----------------------------|-----------|
| 铜包铝管<br>2300A | 铜 80×1.5<br>铝 77×8   | 2100                     | 2300       | 1.1                         | 30        |
| 其中：铜管         | 80×1.5               | 370                      | 1200       | 3.24                        |           |
| 铜包铝管 4500A    | 铜 150×1.5<br>铝 147×8 | 4151                     | 4500       | 0.90                        |           |
| 其中：铜管         | 150×1.5              | 700                      | 2150       | 3.07                        |           |

以上参数是在中国电力科学研究院电力工业电气设备质量检验测试中心检测结果。

2000A 的铜包铝管母线，铜导体过电流集中在表面，集肤深度浅， $\Phi 80$  的铜

管，均壁厚 1.5mm 为最佳，能够分配 50% 电流；铝导体集肤深度比铜大，在铜包铝管母中， $\Phi 77 \times 8$  的铝管也能分配 50% 电流。铜包铝管的结构是将铝管扩径与铜管进行机械搭接，铜管与铝管是两个相对独立的导体，形成分层的两个导体，增大了铜包铝管通流的有效截面，此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，温升降低至 30K。

#### 5) 铜包铝管和铜管的电阻与损耗的比较

表 6-额定电流 3150A 时，铜管和铜包铝管的损耗对比表

|                               | 铜包铝管 $\Phi 110 \times (1.5 \text{ 铜厚} + 8.5 \text{ 铝厚})$ | 铜管 $\Phi 100 \times 5$ |
|-------------------------------|--|------------------------|
| 直流电阻 ( $\mu\Omega/\text{m}$ ) | 6.15   | 8.43                   |
| 交流电阻 ( $\mu\Omega/\text{m}$ ) | 7.18   | 8.65                   |
| 温升 (K)                        | 30   | 50                     |
| 功率损耗 (W/m)                    | 73.54; 节能 16.9%  | 88.54                  |

由表 6 可见，铜包铝管的交流电阻与直流电阻均小于铜管，铜包铝管的温升大幅降低，并节能。

#### 6) 铜包铝管中的铜与铝无电化学反应的说明

(1) 铜包铝管的制作方法是在铜管中先内置铝管，再通过铝管扩径，使铝管外壁与铜管内壁紧压在一起机械搭接，铜管与铝管是两个相对独立的、分层的两个导体。

(2) T2 银铜合金有良好的抗腐蚀性。6063 铝合金中的硅和镁形成有益的 Mg<sub>2</sub>Si 强化相，保证镁、硅比例在 1.3~1.7 范围内，并且对各工序的参数进行严格控制，避免硅产生偏析和游离。

(3) 铜包包管的结构是电气并联，母线防潮效果好，即无电解液，无电化学反应条件。

(4) 固体绝缘铜包铝管母线应用至今，无腐蚀现象。从 2006 年开始，铜铝的机械搭接的母线在本公司变电房投入使用至 2008 年没有发现电化学反应。铜包铝母线于 2008 年开始陆续在重庆玖龙、川维化工、国家中低压输变电设备监督检验中心、淮化化工运行至今并未发现电化学反应，各公司给出了使用情况证明。

### 2、节能

母线是汇集、分配和传送电能的极为重要电力系统的元件。目前，主流技术是常规铜排母线，其采用《金属封闭母线》标准，额定电流的导体温升 50K。由于导体的集肤效应原因，实芯导体电流密度不均匀系数大，热损耗严重，导体通流的利用率低，耗费大量铜资源，温升高于 50K，安全性差。夏季运行时，环境温度可能会达到 60℃，则母线导体的运行温度将达到 110℃，此时，导体非常容易氧化，极易引发短路事故，影响整个供电系统可靠性。可见，导体温升 50K 的规定实际不能满足安全与节能的要求。

固体绝缘铜包铝管母线的温升能降低至 30K，是利用铜和铝的不同集肤效应性能，合理搭配铜、铝管的厚度，取得大幅降低额定电流温升、减小线路损耗、提高输电安全性、节省铜材的优异效果。

技术原理：对于一定截面的导体，交流电流在截面上的分布是不均匀的，即外表面的电流密度大，内部电流密度小，并且电功率损耗与电流的平方成正比，因此，对于一定幅值的电流，电流密度分布越均匀，损耗越小。

表 7-铜管与铝管电流密度不均匀系数的比较

|    | 电阻率                 | 直流电阻   | 交流电阻   | 比值   | 热损耗          | 不均匀系数         |
|----|---------------------|--------|--------|------|--------------|---------------|
| 铜管 | 1.7240e-8           | 2.61μΩ | 6.48μΩ | 2.48 | 32.14        | 1590/185=8.6  |
| 铝管 | 2.6178e-8<br>(1.52) | 3.97μΩ | 8.10μΩ | 2.04 | 40.18 (1.25) | 1310/271=4.82 |

固体绝缘铜包铝管母线可以将温升降低至 30K 的技术是利用集肤效应原理，铜的电流密度不均匀系数是 8.6，铝的电流密度不均匀系数是 4.82。铜包铝管的结构是先在铜管内部内置铝管，再将铝管扩径与铜管进行机械搭接。一方面，铜管与铝管是两个相对独立的导体，形成分层的两个导体，流经交流电时，外部铜管和内部铝管均发生集肤效应，内外相互呼应，增大了整体通流的有效截面，减小了交流电阻，温升降低至 30K，大大减少了导体发热量；另一方面，此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，抵消了单一管导体的较大的集肤效应，增大了整体的集肤深度，增加了导体载流量，提高了材料的利用效率。因此，铜包铝管可将母线温升降低至 30K。

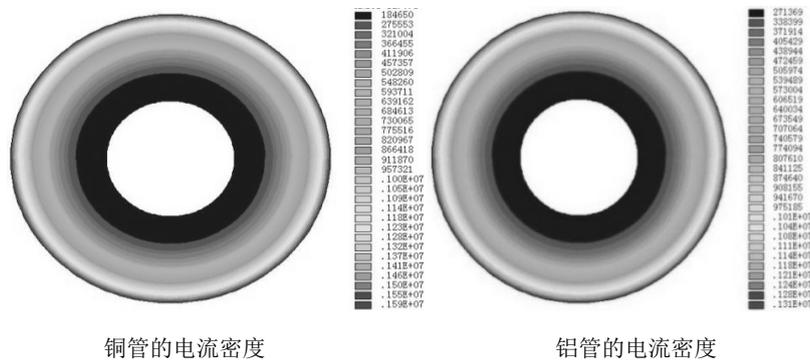


图 2-铜管和铝管的电流密度

表 8-额定电流为 3150A，铜管和铜包铝管的损耗对比表

|             | 铜管<br>Φ100×5 | 铜包铝管<br>Φ110×(1.5 铜厚+8.5 铝厚) |
|-------------|--------------|------------------------------|
| 直流电阻 (μΩ/m) | 8.43         | 6.15                         |
| 交流电阻 (μΩ/m) | 8.65         | 7.18                         |
| 温升 (K)      | 50           | 30                           |
| 功率损耗 (W/m)  | 88.54        | 73.54; 节能 16.9%              |

由上述数据可得，在同等条件下，铜包铝管的交流电阻与直流电阻的均小于铜管，并且，铜包铝管比铜管节能 16.9%。因此，铜包铝管比铜管降低了导体阻抗，降低导体温升至 30K，提高了材料的利用效率，并节能降损。

铜包铝管母线经过反复分组 30K 的温升试验，从壁厚 0.5mm 至 5mm 的铜管中选出壁厚 1.5mm 的铜管做铜包铝管的主材，壁厚 1.5mm 的铜管能分配 50% 的电流，余下 50% 的电流由铝管分摊。此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，提高了

铜的利用率，铜包铝管的结构是将铝管扩径与铜管进行机械搭接，铜管与铝管是两个相对独立的导体，形成分层的两个导体，增大了铜包铝管通流的有效截面。

### 3、安全

#### 1) 全绝缘管母线应取代传统铜排母线

由于变电站主变容量的不断加大，变压器各侧出线电流变得越来越大；变压器低压出线侧母线额定电流不断增加（超过 3000A）；尤其在日照强烈地区，矩形母线载流量的修正系数更低；主变容量、额定电流以及短路电流在系统中的比重都增大，在以往工程中采用多片传统矩形母线已不适应工作电流大的回路，而且矩形母线在技术和结构上都越来越难满足母线发热和短路电力的要求。

全绝缘管型母线技术应用近十几年来，得到了广泛的应用，正在逐渐取代传统矩形母线。

全绝缘管型母线相比矩形母线的优点如下：

a) 载流量大。

b) 集肤效应低、功率损失小。

全绝缘管型母线的集肤效应低、功率损失小。若采用多片矩形导体，随着片数的增加，集肤效应系数不断加大，单位截面的有效载流量下降，片与片之间电流分布不均匀，附加损耗加大，散热条件差。

c) 允许应力大，机械强度高。

全绝缘管型母线的允许应力为矩形母线的 4 倍，可承受的短路电流大，机械强度高，使得母线支撑跨距加大。

d) 电气绝缘性能强。

e) 抗震能力强。

全绝缘管型母线直接固定在土建支架上，取消支柱绝缘子和穿墙套管，具有很强的抗震能力。

f) 不受环境干扰，可靠性高。

全绝缘管型母线每相都是全封闭屏蔽绝缘，内部无凝露产生，且消除了外界潮气、灰尘以及外物所引起的接地和相间短路故障，运行具有高度的可靠性。相比之下，矩形母线暴露在环境中，容易受人、动物（如老鼠等）以及其他物体偶然接触而发生接地和短路，不利于安全运行。

g) 安装维护方便。

全绝缘管型母线架构简明、布置清晰、安装方便、维护工作量少。

h) 安全系数高。

为了提高母线的运行可靠性，全绝缘管型母线取代传统矩形母线是大势所趋。全绝缘管型母线包括固体绝缘铜包铝管母线和绝缘铜管母线。

#### 2) 大多数绝缘铜管母线的缺陷分析

##### (1) 大多数绝缘铜管母线的引用标准缺陷

目前，全绝缘管型母线行业中已有数十家企业，行业规模不断扩大，已广泛应用于电气相关的各领域。

但是，由于绝缘铜管母线至今没有国家标准和行业标准，大多数绝缘铜管母线引用《金属封闭母线》 GB/T 8349 或《高压套管技术条件》 GB/T 4109，这两个标准。

上述两个标准的缺陷如下：

a) 导体温升高（50K）

导体温升 50K。夏季，发电厂和变电站的环境温度达 60℃，导体温升 50K，

母线的运行温度为 110℃，绝缘材料易老化，导体易氧化，电阻增大，产生高温，造成恶性循环，引发短路事故。

b) 绝缘水平低，工频耐压时间短（1min）

工频耐压时间短，耐压值低（例：10kV 母线工频耐压 42kV/min，35KV 母线工频耐压 100kV/min），出厂试验和交接试验都不能检测出母线在生产和安装过程中可能存在的绝缘缺陷，导致带缺陷的绝缘管母线投入运行，以致在运行中绝缘击穿、爆炸。

c) 导体没有密封固体绝缘

标准为空气绝缘，与绝缘管母线的固体绝缘不符合。

因此，《金属封闭母线》标准已经不能满足绝缘管母线安全与节能的要求。

(2) 电容式绝缘管母线的缺陷

大多数企业的绝缘管母线采用电容式绝缘方式，其缺陷：

a) 结构缺陷

结构：电容式管母线的绝缘由多个电容屏组成（1 屏、2 屏……等至地屏）。

缺陷：主要其中一个电容屏绝缘受损，都会形成骨牌效应，至绝缘击穿、烧毁。

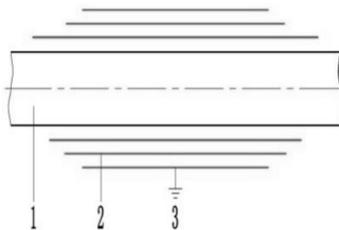


图 3-电容式绝缘管母线结构

1-管导体，2-电容屏，3-接地屏

b) 母线端部结构不合理

电容式绝缘母线对分散与吸收端部电场能量的能力较弱，端部结构不合理，电容芯子在运行中长期储能，不足以分散吸收端部的电场电位，在长时间运行中外护套表面长期积污，形成导电通道，当绝缘表面湿度加大时会产生爬电或形成树枝状放电，从而导致绝缘烧损。

以上系列缺陷导致绝缘管母线运行安全事故频发。

3) 固体绝缘铜包铝管母线的安全性能

石油化工、电网、发电、钢铁等企业是国民经济重要的支柱产业，资源、资金、技术密集，产业关联度高，经济总量大，产品应用范围广，在国民经济中占有十分重要的地位。因此石油化工企业采用的绝缘管母线，必须具备更高的安全电气性能及节能环保，以确保 100%安全运行。

固体绝缘铜包铝管母线的标准高于现行国家标准，性能指标高于国内、外同类产品，导体温升由 50K 降至 30K，工频耐压由 1min 提高至 5min，比传统母线节约电能可达 64.2%，产品寿命 30 年。这些指标均高于绝缘管母线原先引用的现行国家标准，高于国内、外同类产品，可以安全可靠运行。

具体说明如下：

(1) 降低母线温升

固体绝缘铜包铝管母线在额定电流下导体温升由国标 50K 降至 30K，在环境温度达到 60℃时，满足绝缘材料运行温度 90℃的安全要求（此条参见电缆标准

GB/T12706.3)。

固体绝缘铜包铝管母线可以达到导体温升 30K 的性能。

铜包铝管的制作方法是在铜管中先内置铝管，再通过铝管扩径，使铝管外壁与铜管内壁紧压在一起机械搭接，铜管与铝管是两个相对独立的、分层的两个导电体。

铜包铝管由 T2（银铜合金）材质的铜管与 6063 铝合金材质的铝管组成，经过多年运行，从未发生过电腐蚀现象。

铜包铝管结构降低铜管与铝管的集肤效应，增大了导体的整体通流有效截面，从而降低了交流电阻。同时，此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，抵消了单一管导体的较大的集肤效应，增大了整体的集肤深度，增加了导体载流量，提高了材料的利用效率。

温升降低至 30K，可以提高载流量，保证母线供电可靠性，并达到降低线损、节约能源的目的。温升降低，使绝缘不碳化，保证母线的绝缘寿命满足 30 年免维护的要求。

#### (2) 提高绝缘水平

##### a) 提高工频耐压时间，由 1min 至 5min（提高 500%）

提高工频耐压时间，使绝缘管母线在生产、安装过程中可能存在的缺陷突显出来，避免带缺陷的母线投入运行，预防事故发生，确保免维护运行。

表 9-不同标准的工频耐压时间

| 标准     | 金属封闭母线 | 电缆   | 固体绝缘铜包铝管母线 |
|--------|--------|------|------------|
| 工频耐压时间 | 1min   | 5min | 5min       |

##### b) 提高工频耐压值

绝缘管母线导体外径比电缆大数倍，电场强度亦大数倍，重量亦大数倍，在运输、安装、运行中受损的机会亦大数倍，必须提高工频试验电压值，使绝缘的隐患突显出来，避免带缺陷的母线投入运行，预防事故发生。

表 10-不同标准的工频耐压值

| 电压 (kV) | 工频耐压值 (kV) |             |             |
|---------|------------|-------------|-------------|
|         | 金属封闭母线标准   | 电缆标准        | 固体绝缘铜包铝管母线  |
| 6       | 32 kV/min  | 27 kV/5min  | 45 kV/5min  |
| 10      | 42 kV/min  | 39 kV/5min  | 60 kV/5min  |
| 35      | 100 kV/min | 117 kV/5min | 120 kV/5min |

##### c) 绝缘管母线绝缘 1:1 试验（论证《金属封闭母线》标准不适用于绝缘管母线）

日昭公司对绝缘管母线的绝缘研究十多年，变压器油、SF6 的微水可以检测，但固体绝缘微水不能检测。固体绝缘的好坏，关键因素在于绝缘材料是否含有微水，现有《金属封闭母线》标准的试验要求不足将微水突变，无法检测出绝缘的缺陷；采用日昭标准的绝缘水平可使微水突变，可以完全检测出绝缘缺陷。6~35kV 绝缘母线试验方法：

(a) 电压等级：6kV、10kV 和 35kV

(b) 研究试品：不同的电压等级，额定电流下导体温升 30K，分两种母线试品：

①正常试品：绝缘内部无杂质的试品

②缺陷试品：绝缘内部预置存有带水小绵团的试品。

以上两种试品，在额定电流下导体温升均为 30K，绝缘采用相同的材料、结构、厚度（6kV：3mm，10kV：4.5mm，35kV：8mm）。

表 11-6kV 试验方法及试验结果

| 试验电压     | 32kV/min | 32kV/5min | 45kV/5min |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 正常试品（结果） | 无击穿      | 无击穿       | 无击穿       |
| 缺陷试品（结果） | 无击穿      | 无击穿       | 击穿        |

表 12-10kV 试验方法及试验结果

| 试验电压     | 42kV/min | 42kV/5min | 60kV/5min |
|----------|----------|-----------|-----------|
| 正常试品（结果） | 无击穿      | 无击穿       | 无击穿       |
| 缺陷试品（结果） | 无击穿      | 无击穿       | 击穿        |

表 13-35kV 试验方法及试验结果

| 试验电压     | 100kV/min | 100kV/5min | 120kV/5min |
|----------|-----------|------------|------------|
| 正常试品（结果） | 无击穿       | 无击穿        | 无击穿        |
| 缺陷试品（结果） | 无击穿       | 无击穿        | 击穿         |

e) 采用电缆结构，没有电容式母线的缺陷见图 1。

f) 固体绝缘铜包铝管母线先进的端部电场分散处理技术

例 10kV 母线：在已有绝缘（60kV/5min）的母线端部上，做三个阶梯式电场分散应力处理，每一个应力层都有独立绝缘，最后为接地屏。此结构对分散足以分散衰减端部的电场电位，使母线端部表面电位减小，绝缘水平大幅提高。该结构母线在极恶劣的污秽条件下，在 2U<sub>0</sub> 时均无闪络击穿、爆炸（电缆标准中潮湿试验和盐雾试验的电压为 1.25U<sub>0</sub>）。（见绝缘母线端部高压电场分散技术示意图）

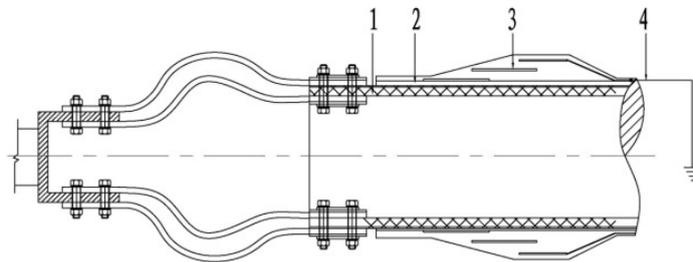


图 4-固体绝缘铜包铝管母线端部电场分散处理图

1-主绝缘；2-铜包铝管；3-应力层；4-屏蔽接地层

固体绝缘铜包铝管母线自 2006 年至今已在石油化工企业的 166 项目中，运行 43 万米。在石油化工企业的运行过程中，固体绝缘铜包铝管母线的优势得到了实践证明，同时，也获了石油化工企业各方面的肯定。至今，产品还广泛应用于国家电网、南方电网、发电、钢铁、煤炭、多晶硅等领域的重大工程项目。

#### 4、自动化生产

固体绝缘铜包铝管母线采用日昭公司自主研发的自动化生产线。以

10kV, 2000A 的铜包铝管母线为例, 工艺流程如下:

原材料铜带(厚度 1.5mm, 宽度 25.5mm)放入放料机→在铜管成型平台(铜管直径  $\Phi$ 80mm)→管缝焊接(氩弧焊机)→铜管外半导体层绕包(半导体层绕包机)→主绝缘挤出(绝缘层挤出机)→主绝缘外半导体层和屏蔽层绕包(绕包机)→外护套挤出(挤出机)→检验→铝管扩径(再往铜管里套铝管(铝管直径  $\Phi$ 75\*8mm), 采用机械原理抽芯扩张, 使铜管和铝管之间紧密衔接, 不存在缝隙, 达到增加载电流量和增强机械强度)→入库。

#### 5、优质绝缘

固体绝缘铜包铝管母线的主绝缘材料为中密度聚乙烯(MDPE), 它是乙烯经聚合制得的一种热塑性树脂。在工业上, 也包括乙烯与少量  $\alpha$ -烯烃的共聚物。聚乙烯具有优良的耐低温性能, 化学稳定性好, 能耐大多数酸碱的侵蚀。常温下不溶于一般溶剂, 吸水性小, 电绝缘性能优良。能通过 135℃、168h 老化试验合格的聚乙烯, 绝缘寿命能满足 30 年。通过塑料绝缘密封, 母线的金属导体不存在氧化及腐蚀。

屏蔽材料为半导体材料、铜带和铝膜。

### 五、主要技术指标:

1、固体绝缘铜包铝管母线的额定电流下导体温升  $\leq 30K$

2、固体绝缘铜包铝管母线的电压等级规格

产品电压等级规格分为 1kV、3.15kV、6.3kV、10.5kV、13.8kV、15.75kV、18kV、20kV、24kV、35kV、66kV、110kV、220kV 等。

3、固体绝缘铜包铝管母线的各规格载流量(额定电流的导体温升不大于 30K):

300A、400A、500A、630A、800A、1000A、1250A、1600A、2000A、2500A、3150A、4000A、5000A、6300A、8000A、10000A、12500A、16000A、20000A。

4、固体绝缘铜包铝管母线的绝缘水平(高于国标)

表 14-1~35kV 电压等级的绝缘水平表

|                     |            |               |              |            |               |
|---------------------|------------|---------------|--------------|------------|---------------|
| 额定电压 $U_0/U$ / (kV) | 0.6/1      | 3.6/6         | 8.7/15       | 12/20      | 26/35         |
| 5min 工频耐压值/ (kV)    | 6/10 $U_0$ | 45/12.5 $U_0$ | 60/6.9 $U_0$ | 84/7 $U_0$ | 120/4.6 $U_0$ |

表 15-66kV 电压等级的绝缘水平表

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| 额定电压 $U_0/U$ (kV) | 38/6          |
| 30min 工频耐压值 (kV)  | 103/2.7 $U_0$ |

表 16-110kV 电压等级的绝缘水平表

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| 额定电压 $U_0/U$ (kV) | 64/110        |
| 30min 工频耐压值 (kV)  | 173/2.7 $U_0$ |

表 17-220kV 电压等级的绝缘水平表

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| 额定电压 $U_0/U$ (kV) | 127/220        |
| 30min 工频耐压值 (kV)  | 337/2.65 $U_0$ |

5、固体绝缘铜包铝管母线的节能指标(相比传统铜排母线)

1) 节铜: 70%;

2) 节能

2000A 固体绝缘铜包铝管母线的节能能力: 相对传统铜排母线, 节能率为 23.2%, 年节电能量 1077kWh/m、年节煤量 0.132tce/m、年碳减 0.346tCO<sub>2</sub>/m。

4000A 固体绝缘铜包铝管母线的节能能力：相对传统铜排母线，节能率为 64.2%，年节电能量 4818kWh/m、年节煤量 0.592tce/m、年碳减 1.551tCO<sub>2</sub>/m。

#### 6、固体绝缘铜包铝管母线与替代的主流技术对比

传统主流技术是常规铜排母线。由于导体的集肤效应原因，实芯导体电流密度不均匀系数大，热损耗严重，导体通流的利用率低，耗费大量铜资源，温升高于 50K，安全性差。

常规铜排母线引用《金属封闭母线》标准，其额定电流的导体温升为 50K，电厂和电站在夏季运行时环境温度可能会达到 60℃，进而，铜排母线的运行温度将达到 110℃，此时的导体非常容易氧化，在高温运行下，极易引发短路事故，使发电机或变压器回路跳闸，影响整个供电系统可靠性。可见，目前主流技术——常规铜排母线在，实际运行中，不能具备安全与节能的条件，更不能满足 30 年免维护的要求。

下面，固体绝缘铜包铝管母线与主流传统铜排母线技术进行同等运行条件（额定电压为 10kV，额定电流为 4000A）的对比，如下：

表 18-10kV, 4000A 的固体绝缘铜包铝管母线与铜排母线的性能对比表

| 项目     |        | 固体绝缘铜包铝管母线   | 铜排母线  |
|--------|--------|--|---|
| 内容     | 规格     | 铜管：Φ150×1.5mm<br>铝管：Φ147×10mm  | 3 片 125×10 mm   |
|        | 绝缘     | 固体绝缘   | 空气绝缘  |
| 成本     |        | 含导体固体绝缘、端部电缆头应力处理及所有附件。包含设计、生产、运输、安装、维护等费用，综合成本低   | 不含热缩绝缘管、附件（需外购绝缘子、钢构架）。不包含设计、运输、安装、维护等费用，综合成本高                  |
| 技术性能对比 | 温升     | 30K  | 50K   |
|        | 连接部位温升 | 低于导体   | 高于导体  |
|        | 载流量    | 单根铜包铝管导体载流量大   | 多分裂导体，电流分布不均，载流量小，发热严重  |
|        | 绝缘水平   | 6kV 工频耐压：36kV/5min<br>10kV 工频耐压：60kV/5min<br>35kV 工频耐压：120kV/5min  | 6kV 工频耐压：32kV/min<br>10kV 工频耐压：42kV/min<br>35kV 工频耐压：100kV/min  |
|        | 端部处理   | 母线端部采用专利技术，在有污垢或受潮后，不会放电，无闪络   | 铜排母线外敷热缩套和支持绝缘子有污垢或受潮后，经常有放电，闪络的现象                              |
|        | 防水处理   | 采用憎水性强的绝缘和密封材料，在绝缘缝隙处采用多重密封防护，彻底解决母线绝缘入水发潮的问题  | 在铜排母线外敷热缩套，无其他防水措施，水气或潮气易由热缩套缝隙侵入，久之，腐蚀绝缘，造成闪络，因此，铜排母线的热缩套需经常更换 |
|        | 绝缘寿命   | 中密度聚乙烯（MDPE）材料具有优良的耐低温性能，化学稳定性好，能耐大多数酸碱的侵蚀。常温下不溶于一般溶剂，吸水性很小，电绝缘性能优良。能通过 135℃、168h 老化试验合格的聚乙烯，绝缘寿命能满足 30 年。通过塑料绝缘密封，母线的金属导体不存在氧化及腐蚀 | 现行国标要求绝缘内导体的运行温度不高于 90℃，当导体温度达到 90℃时，管外热缩绝缘套寿命小于 1 年            |
|        | 运行维护   | 温升高，绝缘水平高，免维护  | 偶有放电，闪络的现象，维护工作量大，经常停电清洗绝缘子，热缩绝缘套管需经常检查                         |
|        | 安装条件   | 母线架构简明、布置清晰、安装方便   | 布置结构复杂、安装不便   |

#### 六、典型用户及投资效益：

1、应用单位：安徽淮化股份公司发电厂项目，建设规模为固体绝缘铜包铝管母线 2900 米（2000A）。

2、节能改造情况：固体绝缘铜包铝管母线替代常规实心导体铜排母线进行改造，提高母线的安全性能和节约输变电母线的线损，达到节能效果。固体绝缘铜包铝管母线改变了化工行业传统铜排母线的绝缘方式，取消支柱绝缘子，直接用金属架作为支撑，节省了变电安装的人力物力，节约了工程建设时间，降低了企业的投入成本，带来了直接的经济效益。

### 3、节能效果和经济效益：

本项目投入资金 960 万元， 2900 米额定电流为 2000A 的固体绝缘铜包铝管母线计算：

年节约电力  $1077\text{kWh}/\text{m} \times 2900\text{m} = 312.33$  万 kWh，即节煤量为 312.33 万 kWh  $\times 0.123\text{kgce}/\text{kWh} = 384\text{tce}$ 。按安徽 2011 年大工业用电价 0.675 元/kWh 计算，年节约电费  $312.33$  万 kWh  $\times 0.675$  元/kwh = 210 万元。

年碳减约  $0.346$  tCO<sub>2</sub>/m  $\times 2900\text{m} = 1003\text{tCO}_2$ 。

节铜计算（见表 1）：额定电流 2000A，建设规模 2900 米，则铜排所需的铜重为  $10.68\text{kg}/\text{m} \times 2900\text{m} = 30.97\text{t}$ ，成本为  $608.76$  元/m  $\times 2900\text{m} = 176.54$  万元。铜包铝管所需的铜重为  $3.29\text{kg}/\text{m} \times 2900\text{m} = 9.54\text{t}$ ，成本为  $295.68$  元/m  $\times 2900\text{m} = 85.75$  万元；节能铜量为  $30.97 - 9.54 = 21.43\text{t}$ ，节约成本为  $176.54 - 85.75 = 90.79$  万元。

本项目单位节能量投资额为： $960$  万元  $\div 384\text{tce} = 2.5$  万元/tce；投资回收期为  $960$  万元  $\div 210$  万元/年 = 4.5 年，约 4 年零 6 个月。

## 26 永磁伺服电机节能动力系统

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：永磁伺服电机节能动力系统

三、适用范围：可广泛应用于工业领域、科研领域、高端设备。

四、技术内容：

1、技术原理

技术原理：永磁同步伺服电机采用永磁体生成电机的磁场，无需励磁线圈也无需励磁电流，效率高结构简单，是很好的节能电机。与变频异步电机相比，它由于不需要无功励磁电流，因而效率高，功率因数高，力矩惯量比大，定子电流和定子电阻损耗减小，且转子参数可测、控制性能好；与变频电机最主要的另一个区别是自身带有编码器，然后将其传输到伺服电机驱动器里面，再利用控制理论，比如增益，调节时间，简单的说伺服电机所构成的是一闭环控制系统，还有启动快，停止快，带负载能力也较变频电机好，有了这些特性，也就造就了速度，转矩，位置三种控制方式，对于要求较高的场合，应用较多。而伺服电机的驱动器具有智能控制的特点，根据工况自动调节转速与设备需求相适用，保证设备需要。伺服电机带有编码器，实时检测电机的转速，保证电机转速精准，绝不会产生一点浪费，从而实现电机节能。

2、关键技术、工艺流程。

关键技术：

大功率永磁同步伺服电机的制造技术；

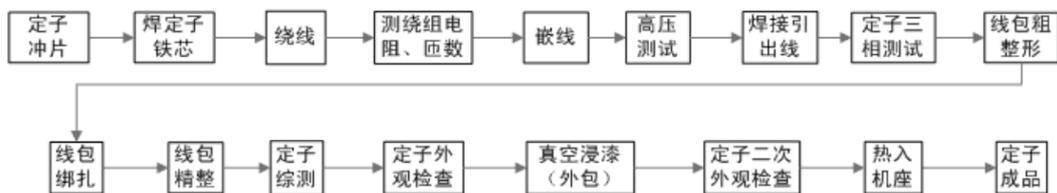
PLC 程序化控制技术；

DCS 联控技术；

优化动力设备工艺流程技术。

工艺流程：

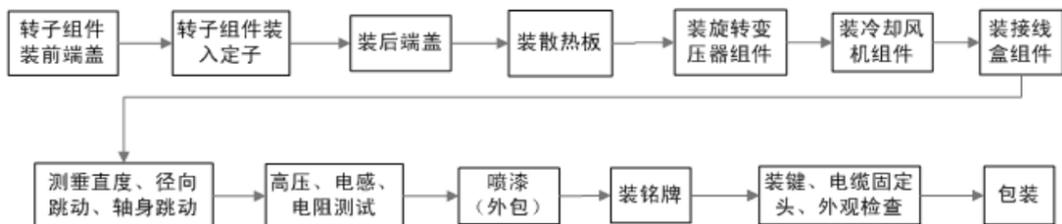
定子工艺流程图



转子工艺流程图

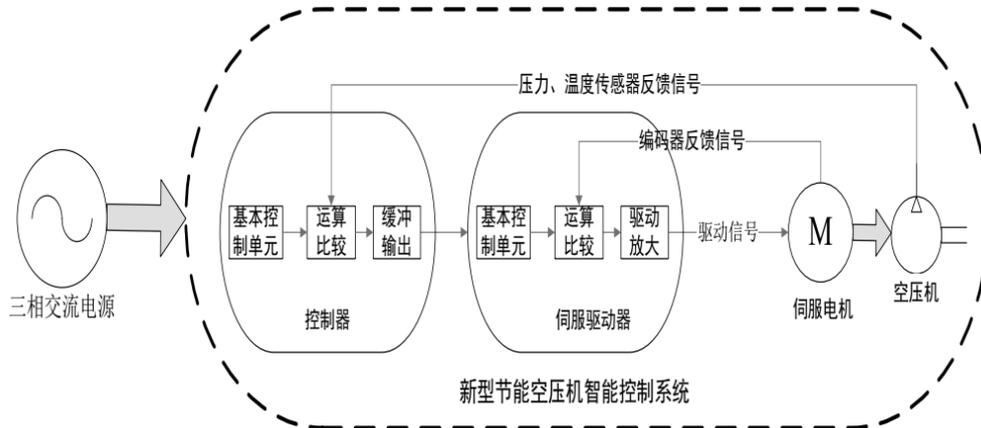


电机总装工艺流程图



工艺流程：项目开展前对设备进行全方位检测评估—项目开展中提供节能方

案，配套伺服电机整套系统--系统完成后在同样工况下再次进行电量勘测。  
**节能工作流程图（以伺服电机应用于空压机的节能工作为例）**



### 五、主要技术指标：

伺服电机相对传统电机的节能优势明显，根据通过合同能源管理节能改造系统实际数据统计，伺服电机的节能率达到 15%-35%。

### 六、技术应用情况：

已成功为全国 500 多家企业进行节能改造服务，最早节能改造工程从 2014 年开始，稳定运行多年。

### 七、典型用户及投资效益：

项目名称：番禺珠江钢管（珠海）伺服液压系统节能改造

原设备采用工频电机驱动，与永磁伺服电机节能动力系统相比效率低、控制精度差，有较好的节能改造空间。项目投资建设规模达 205 万，更换原有工频电机 2324.5KW 为永磁伺服电机节能动力系统，打造成广东地区乃至全国最大的智能伺服液压节能系统。项目节能量 296.17tce，年节约电费 67.7 万元，折合碳减排量 63.465t。

## 27 大功率永磁同步超高效电机

一、**所属类别：**重点节能技术

二、**技术名称：**大功率永磁同步超高效电机

三、**适用范围：**工业领域中建材、陶瓷、塑料、医药、化工、电器等多生产企业普遍使用球磨机、注塑机、压力机、专用数控机床。

四、**技术内容：**

1、**技术原理**

本电机采用稀土永磁同步转子代替鼠笼异步转子，无需励磁，转子无基波铁、无转子损耗和无功损耗，发热小，体积小，实现高效节能。

永磁超高效电机与伺服控制和基于无线云端远程计量的控制集成，两步控制器配套集成 CPU 和 GPRS 无线通信技术，实现伺服驱动系统智能化和实时的能耗监控计量系统，在 EPC 节能改造工程，提供电机、控制、计量成套服务。

2、**关键技术、工艺流程。**

独特的电磁方案使永磁同步电动机达到高效率及高起动转矩时的优化转子磁路结构；永磁电动机实现高牵入转矩的凸极率、转子电阻和定子绕组匝数的最佳设计方法；永磁电动机定转子装配工艺及装备，电机温升对永磁体影响等。

电机与控制器一体化设计，伺服单元内部包括电机矢量 FOC 控制器、电流 PI 调节器、速度 PI 调节器、SVPWM 调制器、传感器接口、SPI 和并行通信接口等，允许用户对多种参数进行实时和初始化给定。

伺服控制方面实现 FOC 控制器、电流 PI 调节器、速度 PI 调节器、位置 PID 调节器、速度前馈控制器、IIR 滤波器、SVPWM 调制器、梯形速度轨迹生成器、位置指令处理器、监控与保护环节、通讯模块、寄存器堆等模块化集成。

伺服驱动方面智能化，集成 CPU，以 GPRS 无线通信技术，实现控制系统与电表间的数据通讯，带有互联网云端+终端闭环响应速度高效精准控制和能耗监控系统。

专利的产品结构和安装方式，可以标准的异步同功率的机座号匹配，解决永磁电机代替传统异步电机的机座号、安装尺寸问题，为淘汰电机更换提供极大的方便。

生产工艺以组装为主，电机外壳、冲磁钢片以外购或外加工，定子绕组、绝缘漆、稀土永磁转子、总装和性能测试、出厂质检在本厂完成。

五、**主要技术指标：**

产品有 Z 自启动、S 伺服(变频)、P 盘式新能源汽车轮谷电机 3 个系列产品，产品取得“节”字节能认证，国家二级能效认证， $\eta\%$ ：96.3%，达到二级能效。

六、**技术应用情况：**

针对国内或广东省工业领域中建材、陶瓷、塑料、医药、化工、电器等多生产企业普遍使用球磨机、注塑机、压力机等设备，利用稀土永磁电机具备高效率、高功率因数的特点，研制节能型永磁超高效电动机，该种电机具有多倍过载能力；与大转动惯量或带载起动设备、频繁起停设备、变负荷运行或经常处于轻载运行设备匹配；在伺服驱动方面智能化，集成 CPU、多种控制器与调节器，以 GPRS 无线通信技术，带有互联网云端+终端，实现电机控制、能耗计量与威望公司总部数据监控中心间的数据通讯，形成闭环的响应速度快、精准高效和能耗计量等监控系统，为合同能源管理商业模式节能改造推广高效电机应用提供可靠解决方

案。

由于目前的工业企业的电机一般为工频供电，电机往往过大配置，使用时靠阀门调节，达到生产工艺的压力和调流量或卸载，这种传统的动力供给方式造成能耗浪费严重。本司通过变频伺服控制技术使电机功率与设备的功耗匹配，实现节能 5-30%之间。

永磁同步电机主要的材料为永磁体和高性能磁钢，按目前的价格水平计算，电机出厂价每千瓦大约在 300 元左右，控制系统在每千瓦 200 元左右。电机施工改造成本在每千瓦 50 元左右

#### **七、典型用户及投资效益：**

项目名称：广东省云浮市新兴县宝雅陶瓷有限公司永磁电机与伺服改造

用户主要产品为彩油面墙砖，年产 450 万平方，年消耗电量约 1900 万度。用户有一组辊道窑炉生产线，此线 2009 年投产，由于当时的电机技术落后，约 2500KW 的电机列入政府淘汰低效电机范围，为落实企业节能淘汰低效能电机更换任务，降低企业生产成本，委托乙方以合同能源管理模式全资投入对《淘汰低效电机范围清单》内的电机更换为 IE3 级别以上的高效节能电机，根据设备的需要配套伺服控制系统和智能控制节能改造，更换改造后的电机使用性能必须能满足甲方生产要求（达到或高于原生产产量和产品质量），项目总投资为 156 万元，节能量 1230 千瓦，平均节约 17%，年运行 6000 小时年节能 125.4 万千瓦，折算标准煤 401tce，折算碳减排量为 940t。

## 28 冷热循环回收高效节能的空气除湿技术(湿热地区新风空气除湿系统)

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：热冷循环回收高效节能的空气除湿技术(湿热地区新风空气除湿系统)

三、适用范围：技术应用在湿热地区新风除湿干燥处理技术，广泛适用于电力、有色金属、石油石化、化工、食品、机械、纺织等工业领域。

四、技术内容：

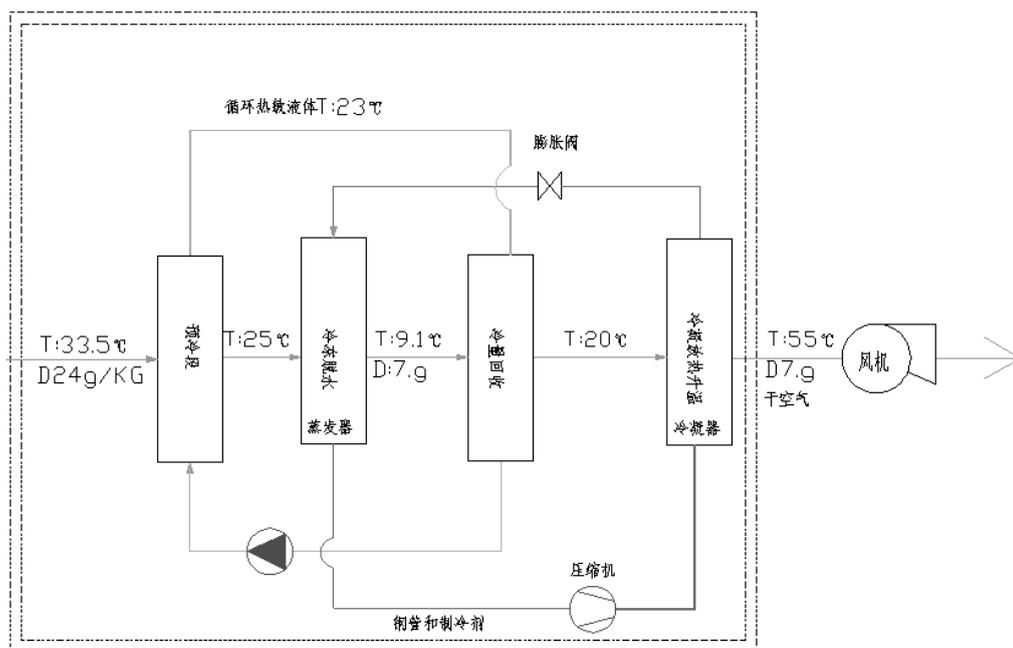
(一) 技术原理：

干燥处理的空气通过制冷系统的蒸发器吸收空气的热量，空气被冷却到露点以下，水蒸气冷凝析出，空气绝对温度降低，空气再通过制冷系统冷凝器吸热升温，相对湿度降低，为了提高制冷系统的冷热利用率，本系统设置了一套等焓能量回收系统，在蒸发器段和冷凝器段之后设置回收器，连接循环管路，注入热敏感溶液，通过循环泵循环，在蒸发器后段回收空气冷冻后的冷量，用来预冷蒸发器前段入口空气，换热吸收空气入口的热量后又反过来预热冷冻后的空气。通过此冷热交换系统制冷机的冷热效率提高了 20-30%。实现冷、热利用的空气等焓除湿处理，系统吸热、放热和机械能转换成热能全过程效能全部利用到空气的冷冻脱水和升温干燥系统中，没有能量输送载体的中间环节，没有载体设备本身的能源消耗，能源百分百回收和利用。

(二) 关键技术、工艺流程。

关键技术：采用专利技术，蒸发器和冷凝器，双重交换等焓除湿。

工艺流程：系统在新风动态变化冷热负荷变化情况下保持换热动态平衡，防止系统冷凝不超负荷，制冷不过度，保持系统稳定可靠



等焓全热回收利用干燥系统-流程示意图



### 五、主要技术指标:

比传统的中央冷水系统表冷器冷冻除湿,蒸汽或电加热升温除湿系统节能率80%。处理后空气含水量6克/公斤(空气),相对湿度 $<1\%$ ,空气温度 $55^{\circ}\text{C}$ (可调节),本系统 $\text{EER}=5$ ,热能利用 $\text{COP}5.5$ ,综合 $\text{COP}10.5$ ,除水能耗 $0.19\text{KW/KG}$ ,能耗比传统的低温介质除湿系统节能78%。

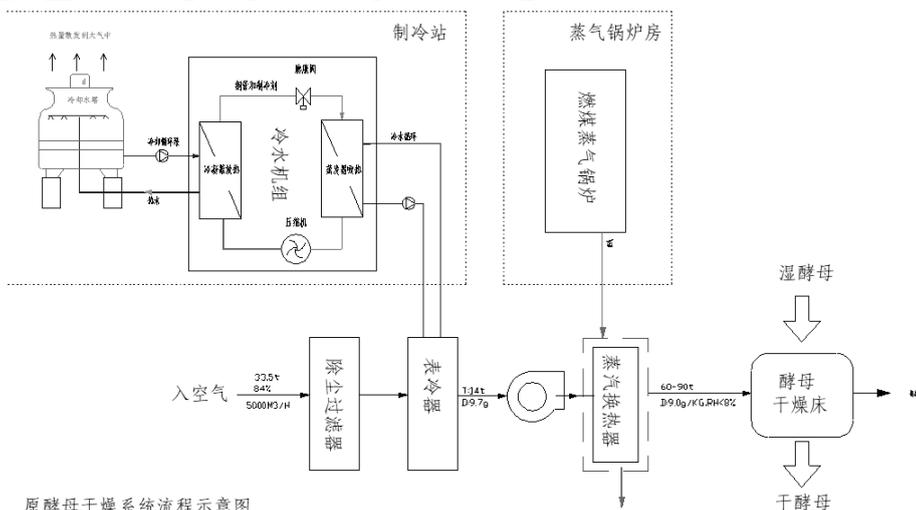
### 六、技术应用情况:

公司对本技术研究十多年,到现在为止在投产使用有12条生产,发生稳定、节能效果良好,目前已经中标安琪酵母集团80多台酵母干燥包装线,现在珠海洲区本公司生产基地建设组装生产线,到2019年形成年产量50台套的生产量。

### 七、典型用户及投资效益:

项目名称:广西湘桂酵母公司(法国企业)酵母工厂

本项目为酵母有限公司活酵母干燥包装生产线空气脱水系统节能技术改造工程,目前崇左工厂活酵母干燥有6条生产线,空气脱水处理系统,每小时处理风量 $45000\text{C}-50000\text{MH}$ ,使用中央冷冻站 $2^{\circ}\text{C}$ 冰水作为前级冷冻,将温度降到 $T:12^{\circ}\text{C}$ ,含水量为 $9.0\text{克/KG}$ ,再由转轮除湿机组二次除湿,由于制冷冷却系统低温机组,制冷效率低 $\text{COP}2.5$ ,水循环系统庞大,技术设备落后,空气脱水干燥效果不能满工艺要求,另一方面,原干燥系统采用中央冷水机制冷,水为载冷体,表冷器换热,蒸汽加热升温干燥方法,单向能源使用,造成能源浪费,为了提高产品质量数量,节约能源现对此系统作技术改造。



原酵母干燥系统流程示意图

冷热回收系统由冷量回收器、空气预冷却器、循环泵和管管组成的冷量回收循环水系统，吸收制冷蒸发器冷冻空气后的低温冷量，反过来冷却制冷器入口前的空气，将温度冷却到 26.1℃，本系统回收冷量 15-20%；

直冷式制冷系统使用高效率螺杆压缩机，制冷系统蒸发器通过制冷剂蒸发吸热直接将空气冷冻至露点以下，空气水蒸汽饱和析出冷凝水，降低空气含湿量，制冷机冷凝器高温高压状态的制冷剂冷凝直接向空气放热，空气被加热升温 45-70℃，从而降低相对湿度；制冷系统吸热、放热和机械能变热能大部分利用到空气的冷冻脱水和升温中，没有能量载体的中间环节，更没有载体设备本身的能源消耗，能源得到回收和利用。本直冷空气等焓干燥系统，冷效比达（EER）达 1:5.5, 综合能效比（COP）达 1:10，提高能源利用率，比传统的空气干燥系统节能 76%以上。

## 29 锅炉综合智能服务能源管理平台

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：锅炉综合智能服务能源管理平台

三、适用范围：食品、饲料、制药、建材、印染、火力发电等工业生产蒸汽应用、工业园区集中供热锅炉领域。

四、技术内容：

1. 技术原理。

目前工业锅炉运行管理在数据采集和传输上依然采用传统的手动录入和计算的方式，信息化程度低，本管理系统根据工业锅炉运营管理的特点，利用先进的传感采集技术、物联网、云计算、大数据、移动互联网技术，建立集数据采集、分析、诊断、建议、显示为一体的智能锅炉服务系统。实现对企业锅炉运行状态进行全面远程监控，远程故障告警、自动统计报表、分析生成报表、工单管理、全生命周期管理等，系统通过预设好锅炉热效率、吨蒸汽耗电，吨蒸汽耗水、吨蒸汽耗燃料等经济指标，对各项指标进行实时监测，做出预警，使运行管理人员能够根据实际运行情况及时做出反馈，为进一步优化或整改提供有力的数据依据，辅助管理人员快速、准确决策，以达到提高运营效率、降低锅炉能耗、杜绝安全事故的目的。

2. 关键技术、工艺流程。

系统涉及的关键技术包括：同步无线传输通讯技术；分散设备时钟同步技术；海量数据云存储、云计算技术；基于 FIDIS 应用系统的数据处理智能应用技术；监测数据传感采集技术；数据动态监测预警技术；远程视频安监技术。

平台系统支持全工业设备接入，且可实现设备间协同控制。系统采用分层设计，共分为三层：数据采集层（适配器），数据支持层（GARDS 云平台）、应用层（FIDIS 应用系统）。

平台采用云平台+本地部署的方式提供工业物联网方案，将商业数据和设备原始数据分离存储，既实现了系统对大数据的高效处理，又从根本上保护了数据安全。

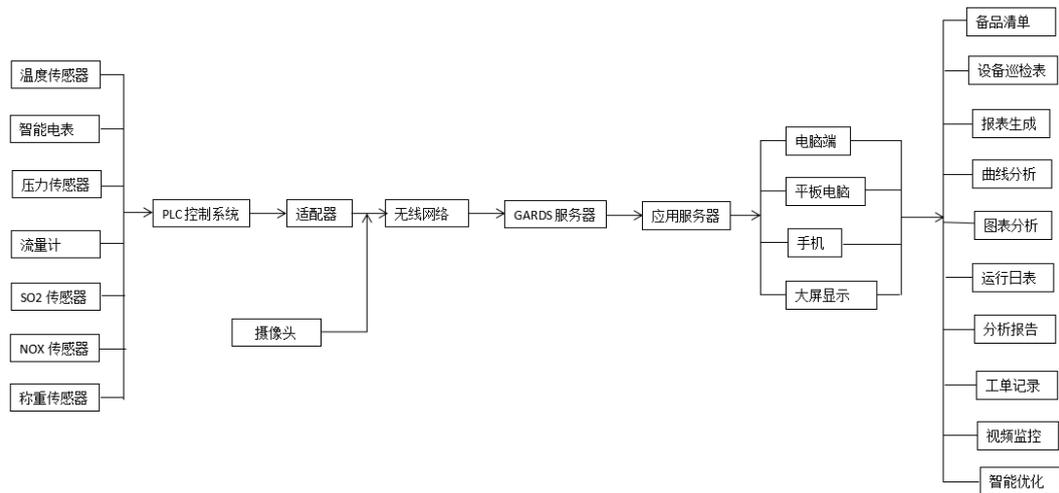
平台系统的工作流程如下：

①来自温度传感器、压力传感器、称重传感器、氮氧传感器、二氧化硫传感器、智能电表与流量计等传感器和仪表的信号，直接传输至控制系统；

②传感器与测量表采集到的实时模拟信号经由控制系统转换成数字信号，并经由适配器传输给数据支持层；

③数据支持层中的 GARDS 平台将接收到的实时数据进行组织、储存与管理，同时将数据进行备份，存放在 GARDS 平台中，通过应用层的终端设备能随时调用备份数据；

④当应用层的终端设备发出数据请求信号时，GARDS 平台做出实时响应，数据支持层中的 GARDS 平台将数据发送到服务器中，并在服务器中进行管理与分析后，展现在终端设备中。



平台系统流程图



平台系统架构图

### 五、主要技术指标:

- ①数据综合误差:  $\leq 5\%$ ;
- ②系统数据采集频率: 5 秒/点;
- ③全系统实时数据扫描周期:  $\leq 5$  秒;
- ④画面实时调用响应时间: 实时画面  $\leq 2$  秒, 其它画面  $\leq 3$  秒;
- ⑤画面实时刷新周期: 2-3 秒, 可调;
- ⑥打印报表输出周期: 自定义选择;
- ⑦数据展现形式: 表格、饼状图、条形图;
- ⑧系统可用率:  $\geq 99.99\%$ ;
- ⑨系统平均无故障时间 MTBF:  $>30000$  小时;
- ⑩系统告警通知形式: 短信、app、电话。

### 六、技术应用情况:

本技术主要替代现有低端的就地显示和人工抄录管理系统，实现实时实地在线显示，监视重要运行参数和指标，从而达到降低人员劳动力成本，提高管理效率、经济效益和设备安全性的目的。

### **七、典型用户及投资效益：**

应用单位：长沙三和管桩有限公司

项目总投资 50 万，建设 1 台 15t/h 生物质锅炉，年产混凝土管桩 130 万米。系统上线前，项目现场人工抄录反馈锅炉热效率及水、电消耗情况。系统上线后根据实时措施调整后，锅炉热效率 88.19% 相对于之前 80.94%，提升 7.25%，此外，吨蒸汽耗电也从 11.43 度降为 9.64 度。年节约燃料(生物质)1563.569(吨)，折合 826.458tce，年碳减排量约 2150tCO<sub>2</sub>，降低运营成本约 92 万元，投资回收期 6.5 个月。

## 30 基于云控技术的包覆式节能辊道窑

一、所属类别：重点节能技术

二、技术名称：基于云控技术的包覆式节能辊道窑

三、适用范围：陶瓷工业窑炉领域

四、技术内容：

1、技术原理。

本项目是多技术综合体，包含：传热学中的热辐射、热对流及热传导、机械设计、流体力学、电气和信息技术等内容。核心技术主要如下三个方向：

(1) 本项目完全采用窑内回收废热对助燃空气进行再加热，无需增加其他额外热源加热，能节省大量燃气费用。

空气或燃料，或空气和燃料利用烟气余热预热能增加带入燃烧反应过程中的物理热对于低热值燃料尤为重要。另外它明显降低了排烟的热损失。

空气预热的经济效益表现在以下方面：

①节约能源，提高热效率。

一般在窑炉温度为 1000℃时，预热空气可达 350~400℃，可节能 15%以上；当炉温为 1400℃时，相应预热温度为 600℃，节能 30%，一般空气预热温度每提高 100℃，可节约燃料 5%<sup>[喷嘴技术手册]</sup>。

空气预热的燃料节约率  $S_p$  可用下式计算：

$$S_p = \frac{p}{p+H} \times 100\%$$

式中  $p$ ——预热空气带入热量， $p = \alpha \cdot L_0 \cdot C_p \cdot t_g$ ， $\text{kJ}/\text{Nm}^3(\text{kg})$ ；

$t_g$ ——空气预热温度，℃；

$H$ ——燃料的发热量与烟气损失热量之差，即被炉膛利用的有效热， $\text{kJ}/\text{Nm}^3(\text{kg})$ 。

$$\Delta b = \frac{Q_{ah} + Q_m}{Q_{dw} + Q_{ah} + Q_m - Q_{ex}\%}$$

或者按下式也可以计算燃料节约率

式中  $Q_{ah}$ 、 $Q_m$ ——空气、燃料预热带入的热量， $\text{kJ}/\text{Nm}^3(\text{kg})$ ；

$Q_{dw}$ ——燃料低发热量， $\text{kJ}/\text{m}^3(\text{kg})$ ；

$Q_{ex}$ ——烟气带走的热量， $\text{kJ}/\text{m}^3(\text{kg})$ 。

②强化燃烧，提高燃烧效率。

预热的空气和燃料，体积膨胀，流速加大，混合增强，活性增强，有利于低氧情况下燃烧，烟气中  $O_2$  量减少，也可以减少对加热料的氧化。

③节约燃料，减少污染物的排放量。因此，空气预热是一种最有效、最简单和最经济的节能环保措施。

(2) 中鹏云控监控系统

中鹏云控系统软件系统架构

在本项目关于中鹏云控系统，主要由以下四大部分组成：

第一部分：数据采集系统

第二部分：窑炉 UI 交互系统

第三部分：手持移动设备及 ZigBee 无线通讯系统  
 第四部分：网络通讯管理

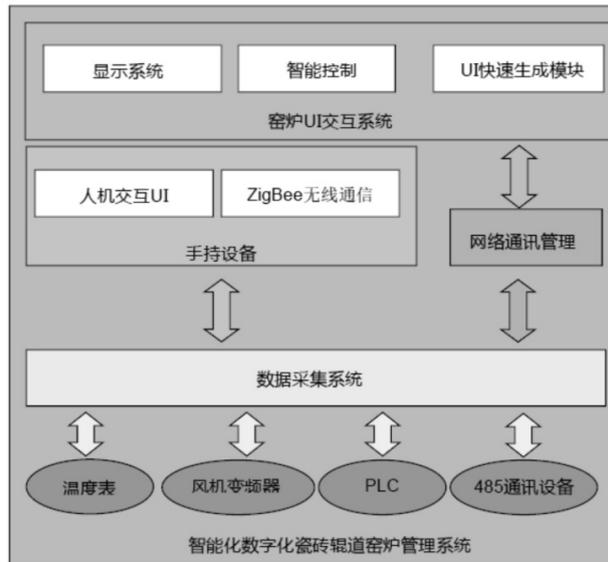


图 1 软件系统架构图

这四大部分，涉及了传感设备的模块化数据采集、ZigBee 无线通信的研究、组态监控软件、网络化管理的研发、嵌入式设备与软件的研发、以及智能化控制的研究。每个部分之间的协助，如图 5 所示。

手持移动设备及 ZigBee 无线通讯系统，它的作用是可以让管理人员在窑炉边上，直接使用手持移动设备进行远程监控和设备参数的修改。解决了原先必须到指定地点去监视数据和修改设备参数的方式，极大的方便了窑炉的管理。手持移动设备内置 ZigBee 无线通信，可以无缝的与数据采集系统进行通信，而且无线信号的覆盖范围大。可以适用于 500 米以内的各种规格窑炉。



图 2 使用手持移动设备远程修改温度表参数

| 名称   | 实际温度    | 设定温度    | 输出百分比  | P      | I | D |
|------|---------|---------|--------|--------|---|---|
| T1   | 493.00  | -       | -      | -      | - | - |
| 前段气压 | 56.00   | 60.00   | 103.70 | 200.00 | - | - |
| 后段气压 | 36.00   | 25.36   | 0.00   | 0.00   | - | - |
| T2   | 536.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T3   | 558.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T4   | 569.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T5   | 640.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T6   | 669.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T7   | 687.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T8   | 550.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T9   | 201.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T10  | 208.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T11  | 219.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T12  | 220.00  | -       | -      | -      | - | - |
| T13  | 826.00  | 830.00  | 110.00 | 265.00 | - | - |
| T14  | 819.00  | 920.00  | 49.30  | 210.00 | - | - |
| T15  | 860.00  | 870.00  | 108.60 | 132.00 | - | - |
| T16  | 877.00  | 930.00  | 40.60  | 200.00 | - | - |
| T17  | 881.00  | 900.00  | 12.10  | 200.00 | - | - |
| T18  | 993.00  | 1010.00 | 101.60 | 200.00 | - | - |
| T19  | 912.00  | 930.00  | 10.30  | 200.00 | - | - |
| T20  | 1026.00 | 1020.00 | 80.00  | 200.00 | - | - |
| T21  | 988.00  | 995.00  | 16.80  | 202.00 | - | - |
| T22  | 1004.00 | 1030.00 | 93.60  | 204.00 | - | - |

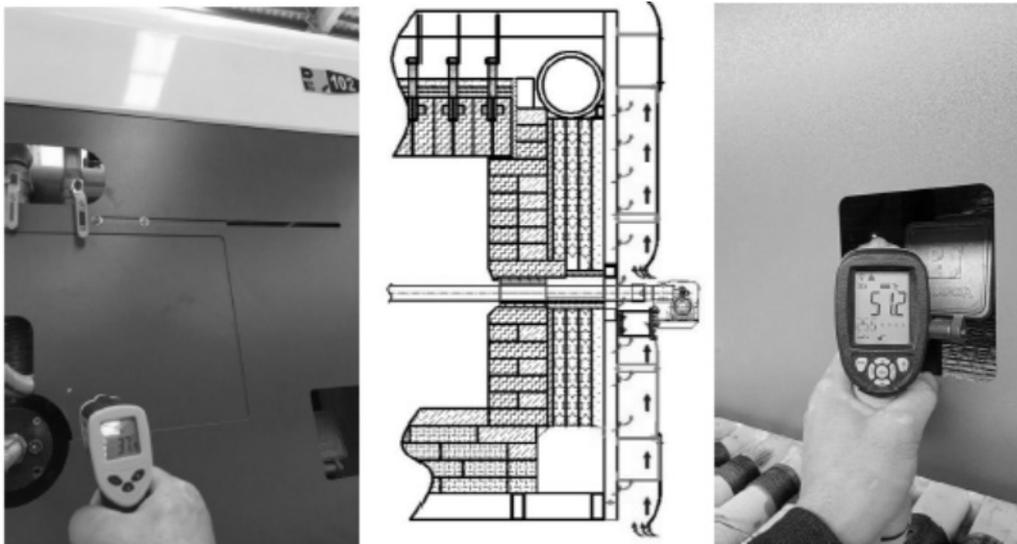
图 3 通过微信监控温度表数据

网络通讯管理，它封装窑炉 UI 交互系统与数据采集系统之间的网络通信，并达到数据实时传送与设置动作优先执行的目的。这一点，对应实时性很强的窑炉管理尤其重要，让管理人员对所有交互操作可以达到所点即所得的效果，优于传统组态监控中设备的操作反馈信息滞后于操作很久的现状。

通过以上四个部分的相互协同工作，可让管理人员轻松的进行管理窑炉，无论是远程，还是定点。目前这套系统，已经逐步推广，获得用户很高的评价。

### (3) C 型包覆带来的隔热效果

“传导”的概念轻易被关注，而如果我们着眼于热传递的物理机理，便很容易通过这层金属板对“热辐射”的遮断和“对流”的影响来改变系统的热传递效果。三条热传递途径利用了两条，让操作区域的环境温度大幅下降，并有效疏导了漏烟，让面板历久如新。窑炉外侧温度同比下降 20-30 度以上。(如下图所示)



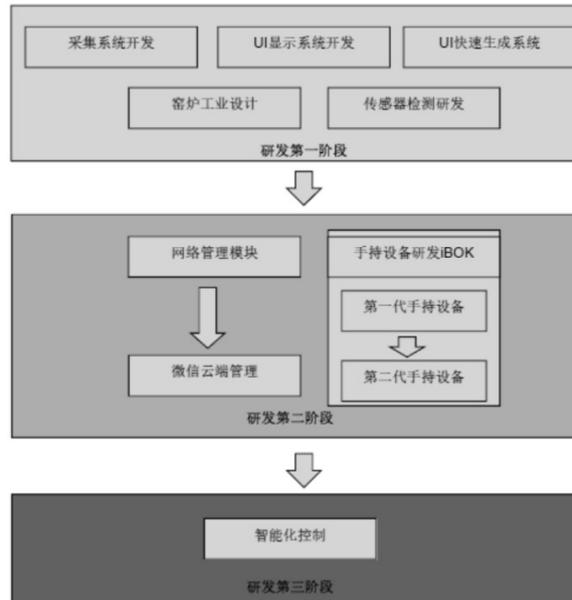
这一组照片是在一个项目现场实际拍摄到的，窑炉环境温度（地面温度）为 30℃时，窑炉工作时高温区内部工作温度超过 1200℃，而该处喷枪附近外侧板温度只有 37℃，在观察孔打开封盖的情况下，外侧板附近温度也只有 50℃，温升都不超过 10℃，大大低于行业标准规定的 35℃环境温升值，而且测量点在窑炉靠车间内部一侧，处高火保温区位置，这在以前的辊道窑中是不可想象的。

《传热学》的基本原理告诉我们，任何材料的导热系数是衡量物质导热能力的一个指标，一般来说导热系数越小，材料的隔热性能越好。高铁时代系列窑炉的最高温段侧墙使用进口纳米微孔板，作为一种基于纳米微孔原理的绝热材料，纳米微孔材料是传统陶瓷纤维类保温隔热材料的 1/10 左右。其主要优点表现在低热导率(在 800℃时，导热系数为 0.025W/(m.k))左右，低热容量，抗热震和热稳定性好，外形规整，砌筑后缝隙小，减少热量损失。

在固体，液体和气体中的传导是材料的分子级的一种热运动，这种热运动通过原子和分子之间的动能碰撞来传递。在纳米微孔材料中气体分子平均自由行程典型的尺寸大约是 90nm，微孔材料具有的气孔包含在微小的单元或者是孔隙中，它们的平均尺寸比空气分子的平均自由行程还要小。因此气体分子碰撞被阻隔了，能量在气体间的传导急剧减小。

基于云技术的流线包覆式节能辊道窑主要由三大研发板块构成，集成了云技术、节能减排技术和工业设计为一体的核心设计，以下分三个主要板块依次说明：

#### (一)“云控”部分的研发过程



第一阶段：开发出基础版 C/S 结构的数据采集系统与 UI 显示系统，实现窑炉的本地化监控。同时与窑炉的工业设计进行配合，相互促进。

同时在这一个阶段，积极探寻新的窑炉数据的检测手段，让窑炉是生产能够更加数据化、可视化。

第二阶段：实现网络化管理与开发 ZigBee 手持移动设备。实现系统控制的远程化、移动化。

网络化管理这一模块，本项目在互联网云端创建云端服务器，连接数据采集系统，获取窑炉生产信息。使用 B/S 架构，与微信以及微信公众号关联，把微信作为数据分发的桥梁，将当前窑炉的报警、生产状态实时推送的用户终端。窑炉的用户直接与微信账户绑定，用户可以自己通过微信公众号就能查询到窑炉的生产信息，在移动互联网快速发展的今天，深受用户欢迎。

ZigBee 手持移动设备是本项目的重要组成部分，是窑炉现场实现“移动管理”的必要构件。经过第一阶段，基础数据的准备，在这一阶段主要实现手持移动设备的研发以及商用。为克服第一代手持设备存在的不足，项目组进行了第二代 ZigBee 手持移动设备研发，并最后成功将该手持移动设备投入到商用环境中。

项目组成员还积极探索了将无线通讯技术用于如光伏等其他行业的可能性并发表论文《基于无线通信和 Android 手机的光伏监控系统的实现》。



图 4 第二代手持移动设备



图 5 第二代投入实际商用的手持移动设备

### 第三阶段：实现智能化控制

实现智能化控制是窑炉工艺生产的需要，也是本项目面向未来发展的需求。在实现智能化控制过程中，需要根据不同的工艺或者生产要求，从历史生产信息中提取出对应的特征，然后建立不同的模型，根据这些模型，系统自动去修改相关设备的参数，以达到满足不同工艺或生产的要求。

例如实现空窑自动降温这一功能，如果窑炉长时间没有产品进入，就会导致窑炉内部气氛发生变化，当再次进入产品烧制时，会导致烧制出来的产品不符合要求。本项目就是通过自动调整窑炉内的温度，以达到稳定窑炉的气氛这一目的。

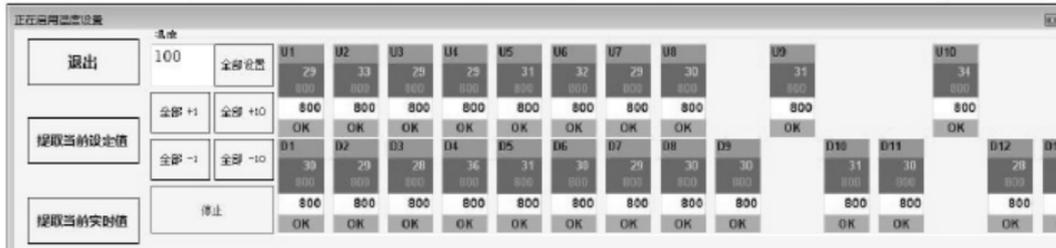
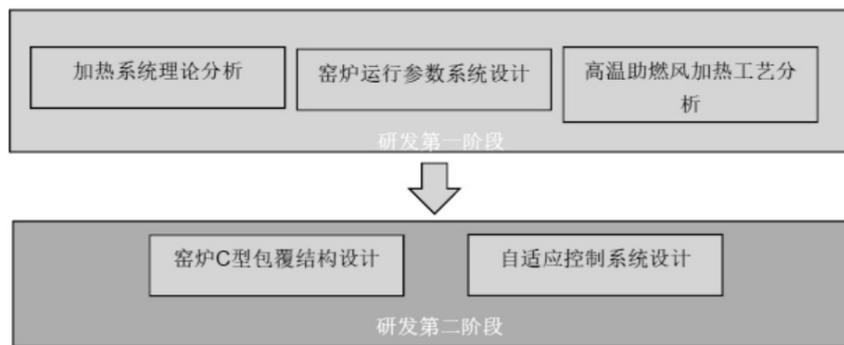


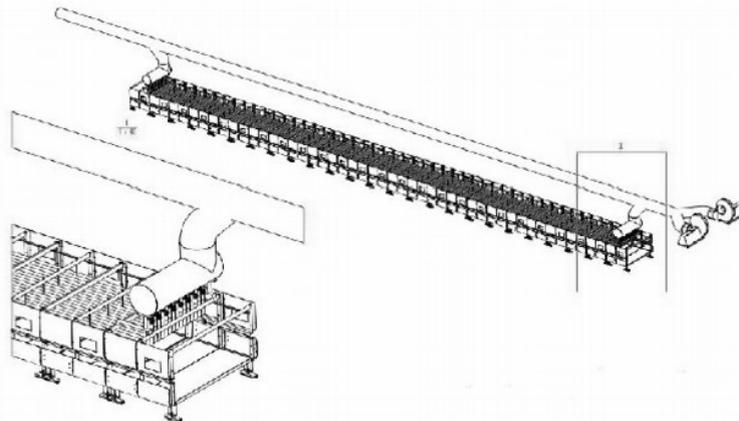
图6 在长时间空窑后，降低窑炉内的烧成温度

### (二) 助燃风加热等节能技术研发过程



第一阶段：分析当前常温助燃风辊道窑，并对助燃风加热可行性分析，对相关区段功能结构和工艺进行分析，设计出助燃风加热系统结构。

第二阶段：在常温助燃风窑炉基础上的高温、高效、高温助燃风加热节能系统，沿袭一贯的设计理念，在缓冷段（甚至终冷段）到急冷段窑顶内布局不锈钢换热管将助燃风逐步加热至 200℃ 以上，对设计出的助燃风加热结构和流线包覆式窑炉设计框架相适配，流线包覆式外侧板的设置在侧板内部形成一套自冷却循环系统，充分改善了炉体表面的热对流情况，并对这些热辐射起到有效的隔离作用，操作环境温度大幅度降低，设计出相应的控制系统，进行中试达到节能效果。



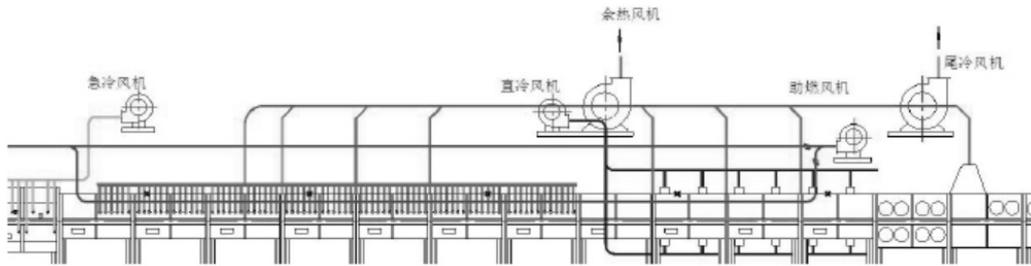
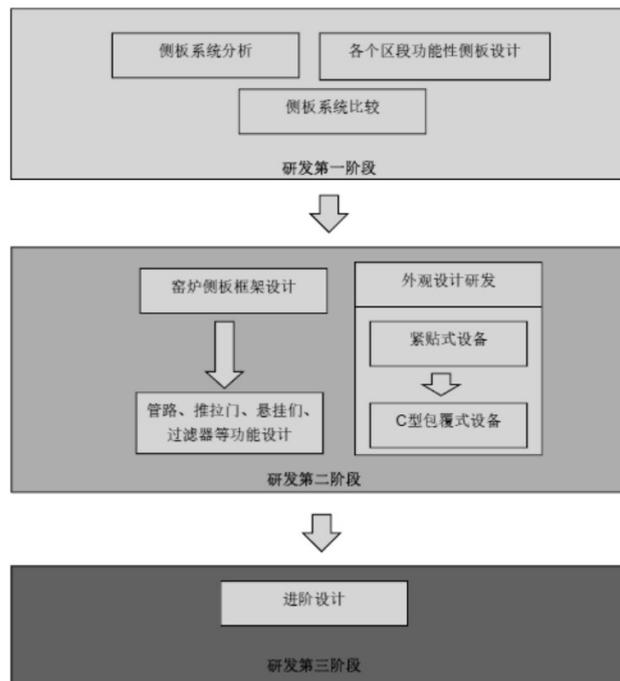


图 7 助燃风加热系统

基于高稳高效高温助燃风加热的系统，能够有效降低辊道窑能耗，提升其绿色能力。天然气的窑炉可以降低能耗 10%。高稳、高效、高温助燃风加热系统具有综合优势：（专利技术：一种窑炉助燃加热节能装置 ZL201520779625.2）

- 高稳：冷却带均衡取热，局部影响小，不怕空窑；
- 高效：窑内直接热交换，外露热管少，效率高，损失小；
- 高温：逆流式热交换，获得高温助燃风空间大。

### （三）C 型包覆带来的隔热效果



本项目“外观”研发之路主要分三个阶段：

第一阶段：包括侧板系统的分析，对比国内外绝大部分外观形态，以及中鹏前几代侧板系统，提出“苹果风格”、“弓箭风格”、“C 型包覆式”侧板模型，根据窑炉各个功能区段设计出相应侧板形状并使用三维软件设计外观对比效果。

第二阶段：根据研发第一阶段设计对比后，并使用流体热力学分析原理得出结论“包覆式”侧板的引流作用能极大的降低侧板温度并改善操作环境，其原理在于在上升浮力的带动下侧板从外界吸入冷空气并在侧板内部形成一套自冷却循环系统。使侧板不易被烟熏或高温烤坏，优化了操作环境和人机关系。从工业美学配色角度结合热辐射最优、工艺条件吻合的白色和蓝色作为主色调。并最终确定将“贴合式”侧板改头换面为使用“包覆式”，确定侧板方案后，根据窑炉的不同功能区段设计出相应的管路和侧板等系统，并开发出相适应的过滤器、悬挂门、推拉门结构。流线包覆式外侧板的设置，充分改善了炉体表面的热对流情

况，并对这些热辐射起到有效的隔离作用，操作环境温度大幅度降低。

第三阶段：根据研发的流线包覆式节能辊道窑外观，对一些细节再做优化处理，如配色、电柜、衍生推广至不同类型的流线包覆式节能辊道窑窑炉组合设计并逐步推广到水煤气辊道窑、隧道窑以及配套的各种卧式干燥窑、电柜等。

#### 五、主要技术指标：

| 项目   | 改造前  | 改造后  | 效益        |
|--|------|------|-----------|
| 三高助燃加热系统 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) | 1.85 | 1.65 | 节约 10.8%  |
| 耗电量 (kw. h/m <sup>2</sup> )                | 0.55 | 0.31 | 节约 43.6%  |
| 云控系统节省人力 (天/人)                             | 6~8  | 3~5  | 节约 30~50% |
| 外侧板温度 (零压面) (°C)                           | 85°C | 45°C | 降温 47%    |

#### 六、技术应用情况：

本技术基于云控技术的包覆式节能辊道窑：获得由德国红点组织的中国好设计奖，2017 年通过中国建材联合会组织的国家级行业鉴定，鉴定结果：国际先进水平。有十多项专利和著作权保护。中鹏公司从 2015 年 6 月到 2017 年 6 月，基于云技术的流线包覆式节能辊道窑项目从研发推向市场至今，实现商业化合作项目合同 44 个，签订并形成生效合同总额 40388 万元。

#### 七、典型用户及投资效益：

应用单位：顺昌企业

生产线日产量 28000 平方规格为 800\*800 的抛釉砖，旧窑生产每平方砖消耗天然气 1.85 m<sup>3</sup>，节能改造后生产每平方砖消耗天然气 1.65m<sup>3</sup>，相当于生产每平方砖节能 0.2m<sup>3</sup> 天然气。

(1) 一年 (按 330 天) 能耗：28000m<sup>2</sup>/Day \*0.2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*330 天=1848000m<sup>3</sup> 天然气，按照天然气热值 8100Kcal/m<sup>3</sup>，折合成标煤为 2138 吨标准煤 (7000Kcal/kg)。

(2) 一年 (330 天) 可节省费用：按照当地天然气费用价格：3.5 元/m<sup>3</sup>，则一年可省化石燃料投入费用：28000m<sup>2</sup>/Day\*0.2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*3.5 元\*330 天=647 万元。

(3) 每年可减少化石燃料燃烧产生的碳排放量：2138 吨标准煤 \*1.63tCO<sub>2</sub>/tce=3485tCO<sub>2</sub>/tce。