



# 制冷节能改造项目和技术 调研报告

## Cooling Energy-saving Retrofit Projects and Technology Research Report

中国制冷空调工业协会

2021/5/31

China Refrigeration and Air-conditioning Industry Association  
May 31, 2021

## 关于作者

张朝晖 中国制冷空调工业协会 副理事长兼秘书长 [zzh@chinacraa.org](mailto:zzh@chinacraa.org)

教授级高级工程师,长期从事制冷空调行业技术开发、认证与标准化、制冷剂替代、行业规划与管理、国际交流合作等方面工作。兼任中国工商制冷空调行业 HCFCs 制冷剂替代技术专家委员会主任委员、全国冷冻空调设备标准化技术委员会副主任委员、中国能效标识专家委员会副主任委员、广东省冷冻空调标准化技术委员会主任委员等职务。先后获得全国机械工业先进工作者、中国机械工业科学技术奖一等奖、第八届绿色制造科学技术进步奖技术创新一等奖、职业教育国家级教学成果二等奖等奖项。

刘璐璐 中国制冷空调工业协会 技术与标准法规部 副主任 [lll@chinacraa.org](mailto:lll@chinacraa.org)

陈敬良 中国制冷空调工业协会 副秘书长 [cjl@chinacraa.org](mailto:cjl@chinacraa.org)

马广玉 中国制冷空调工业协会 副秘书长 [mgy@chinacraa.org](mailto:mgy@chinacraa.org)

王若楠 中国制冷空调工业协会 技术与标准法规部 副主任 [wrn@chinacraa.org](mailto:wrn@chinacraa.org)

高钰 中国制冷空调工业协会 技术与标准法规部 副主任 [gy@chinacraa.org](mailto:gy@chinacraa.org)

## 致谢

本研究由中国制冷空调工业协会统筹撰写,由能源基金会(美国)北京办事处提供资金支持。

本研究是能源基金会工业项目/工作组下的课题,项目名称是《绿色高效制冷行动方案》节能改造项目调研。

在本项目研究过程中,研究团队得到了中国标准化研究院资环分院的大力支持,包括:林翎院长、李鹏程主任、成建宏研究员等,在此向他们表示诚挚感谢。

研究团队同时感谢以下专家在项目研究过程中作出的贡献:

罗继杰 中国勘察设计协会建筑环境与能源应用分会

张 华 上海理工大学

石文星 清华大学

李红旗 北京工业大学  
潘云钢 中国建筑设计研究院  
张 杰 北京市建筑设计研究院有限公司  
张群力 北京建筑大学

## 目 录

|                  |   |
|------------------|---|
| 1 项目背景.....      | 0 |
| 2 工作路线.....      | 0 |
| 3 节能改造项目征集.....  | 1 |
| 3.1 项目征集情况 ..... | 1 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 3.2 项目宣传 .....                  | 3         |
| 3.3 基本项目信息汇总 .....              | 3         |
| 3.2 重点项目推荐 .....                | 9         |
| 3.3 重点项目方案及分析 .....             | 10        |
| <b>4 绿色高效制冷技术征集和技术发展分析.....</b> | <b>50</b> |
| 4.1 绿色高效制冷技术征集信息汇总 .....        | 50        |
| 4.2 绿色技术推荐 .....                | 63        |
| 4.3 绿色高效制冷技术发展分析 .....          | 64        |
| <b>5 项目运行模式及技术展望.....</b>       | <b>74</b> |
| 5.1 项目运行模式 .....                | 74        |
| 5.2 节能改造项目技术展望 .....            | 76        |

## 1 项目背景

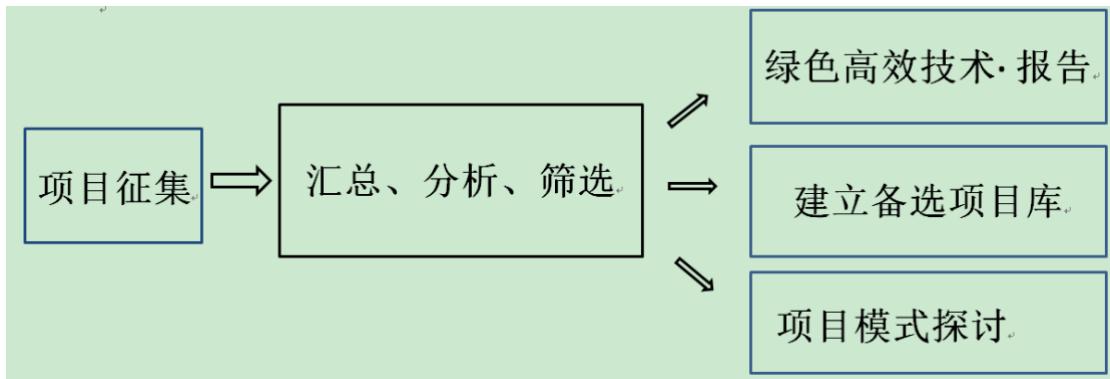
2019年6月国家发改委等七部委联合发布了《绿色高效制冷行动方案》。该行动对推动落实《联合国气候变化框架公约》、《巴黎协定》和《蒙特利尔议定书》等国际公约、深度参与全球环境治理具有重要意义。国家方案明确提出将加强制冷领域节能改造，政府和有关机构大力支持公共机构、大型公建、地铁、机场等中央空调节能改造以及数据中心制冷系统能效提升、园区制冷改造和冷链物流绿色改造等重点示范工程。

自2019年起，中央预算内投资生态文明建设专项资金增加支持“高效制冷节能改造项目”。2019年申报的2020年中央预算内投资生态文明建设专项资金主要支持：城镇污水垃圾处理设施建设项目、高效制冷节能改造项目、大宗固废资源综合利用、环保关键技术装备及重点行业清洁生产示范项目、农作物秸秆综合利用项目和重大节能工程。高效制冷节能改造项目支持以城市为单位开展公共机构、公共建筑、地铁、机场等重点集中领域的中央空调节能改造工程。支持大型数据中心的制冷系统能效提升工程。支持工业园区、商业聚集区、集中行政区、高校园区等制冷需求量大、负荷集中区域和园区实施整体制冷改造工程。支持冷链物流企业实施制冷设备和设施的全产业链绿色改造。

为了积极落实《绿色高效制冷行动方案》，配合政府在国家方案的框架下开展节能改造示范项目，拟开展《绿色高效制冷行动方案》节能改造项目调研方面的工作。以期为生态文明建设专项资金支持的高效制冷节能改造项目提供备选项目库，有助于实现《绿色高效制冷行动方案》提出的：到2030年，大型公共建筑制冷能效提升30%，制冷总体能效水平提升25%以上，绿色高效制冷产品市场占有率达到40%以上，实现年节电4000亿千瓦时左右的目标。

## 2 工作路线

通过向制冷空调行业内协会会员及相关单位，包括设备制造商、设计院、工程安装维修公司等，征集绿色高效制冷节能改造项目，发送调查表格，针对可跟踪的机场、地铁、公共机构、公共建筑、商业聚集区、集中行政区、数据中心、冷链、物流中心、园区等领域的节能改造项目进行调研。



征集到一批在各个应用场合的绿色高效制冷节能改造项目，列出项目的基本信息，内容不限于：项目名称、所属领域、地点、建筑规模、用途、在用系统设备类型和容量、在用设备使用年限、在用设备能效水平、计划改造的起止时间；分析汇总这些项目节能改造的潜力，并筛选出不少于 20 个重点项目，所选项目集中在 2-3 个省/市/地区，并收集进一步的详细信息，包括拟采用的节能改造技术和总体改造方案、预期能效提升比例、改造预测的费用规模等信息；为《绿色高效制冷行动方案》框架下实施绿色高效制冷节能改造提供备选项目库，针对重点项目，组织项目运行单位积极申报绿色高效制冷节能改造项目，争取获得财政资金的支持，更好的进行节能改造项目市场推广，从而为实现国家的节能减排目标做出贡献。

同时，通过调研收集目前行业的典型绿色高效制冷技术，对反馈的拟采用的节能改造技术和总体改造方案进行汇总分析，并组织专家研讨会，探索项目可能的运行模式。

调查表格设计：内容不限于项目名称、所属领域、地点、建筑规模、项目概况、预计投资规模、项目投资来源、是否列入国家或地方重大项目库、项目进度、计划改造的起止时间、改造前制冷空调系统概况、改造前主要设备主机类别、项目改造方案等。

### 3 节能改造项目征集

#### 3.1 项目征集情况

通过对制冷空调行业企业广泛调研，共有相关企业 44 家积极参与绿色高效制冷技术以及节能改造项目征集。其中，参与绿色高效制冷技术征集企业 18 家，完成绿色高效制冷技术征集 44 项；参与节能改造项目征集企业 26 家，完成节能

改造项目征集 53 项。

按项目所属领域统计，如下表 3-1。其中，其他 2 项（畜禽养殖场及一家医疗科技公司）冷链物流的项目都集中在 1-5 万平米以及 1 万平米以下。

表 3-1 项目所属领域统计表

| 所属类别 | 大型公建 | 工业园区 | 商业 | 数据中心 | 公共机构 | 冷链物流 | 地铁 | 其他 | 合计 |
|------|------|------|----|------|------|------|----|----|----|
| 项目数量 | 5    | 10   | 2  | 2    | 4    | 28   | 1  | 3  | 53 |

按建筑规模统计，如下表 3-2。其中，20 万 m<sup>2</sup> 以上的 5 个大项目是武汉格力的工业园区 2 项，深圳大型公建 1 项，成都数据中心 1 项，宁波的商业 1 项。

表 3-2 按建筑规模统计表

| 建筑规模 | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 (A) | 10-20 万 m <sup>2</sup> (B) | 5-10 万 m <sup>2</sup> (C) | 1-5 万 m <sup>2</sup> (D) | 1 万 m <sup>2</sup> 以下 (E) | 合计 |
|------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----|
| 项目数量 | 6                          | 1                          | 6                         | 23                       | 18                        | 53 |

按地域统计，如下表 3-3。另外，辽宁省沈阳市冷链物流项目 1 项，天津市冷链物流项目 1 项，陕西省西安市冷链物流项目 1 项，内蒙古包头市冷链物流项目 1 项，长沙市冷链物流项目 1 项，贵阳市冷链物流项目 1 项，河北省石家庄市清洁能源去年改造项目 1 项，总计 53 项。

表 3-3 按地域统计表

| 地域   | 湖北 (武汉) | 上海 | 广东   | 重庆 | 江苏   | 山东 | 成都 | 浙江   | 安徽 | 吉林 | 北京 | 其他  | 合计 |
|------|---------|----|------|----|------|----|----|------|----|----|----|-----|----|
| 建筑规模 | ADE     | D  | A DE | E  | CD E | CE | AE | A DE | D  | AB | DE | ADE |    |
| 项目数量 | 5       | 7  | 9    | 4  | 8    | 2  | 2  | 3    | 2  | 2  | 2  | 7   | 53 |

按投资规模统计，如下表 3-4。总统计项目数量为 47 项，其中宇培供应链管理集团有限公司的下属五个地方项目总投资金额为 1000 万以上。投资规模 100-500 万的项目，占统计项目的 57.4%，1000 万以上的项目占统计项目的 21%。500-1000 万的项目占统计项目的 14.8%，50-100 万的项目占统计项目的 6.3%。

表 3-4 投资规模统计表

| 投资规模 | 1000万以上 | 500-1000万 | 100-500万 | 50-100万 |
|------|---------|-----------|----------|---------|
| 项目数量 | 10      | 7         | 27       | 3       |

### 3.2 项目宣传

为了积极推进《绿色高效制冷行动方案》节能改造项目的征集，在 2020 年重庆制冷展期间，协会在 2020 臭氧气候技术路演——空调及热泵论坛中以“《绿色高效制冷行动方案》及节能改造项目征集”为题做报告进行宣传推广，介绍了该项目的背景、工作路线以及征集项目的具体情况等，并鼓励推动项目的积极申报。该论坛由联合国环境规划署（UNEP）、联合国开发计划署（UNDP）、生态环境部对外合作与交流中心（FECO）与中国制冷空调工业协会（CRAA）联合举办，已成功举办九届。生态环境部大气环境司一级巡视员李培参观了路演展区并参加了论坛活动。臭氧气候技术路演与论坛向社会各界全面宣传中国保护臭氧层、应对全球变暖的政策措施，向行业推介和宣传绿色及高能效产品与技术交流成功经验。



### 3.3 基本项目信息汇总

对征集到的绿色高效制冷节能改造项目，按照项目名称、所属领域、建筑规模、项目地址、项目运行单位、项目进度、项目投资来源、预计资金规模、调研单位等信息汇总如下表 3-5。

表 3-5 项目信息汇总表

| 序号 | 项目所属领域    | 建筑规模                   | 项目地址                | 项目投资来源 | 预计资金规模      |
|----|-----------|------------------------|---------------------|--------|-------------|
| 1  | 商业/住宅     | 10-20 万 m <sup>2</sup> | 吉林省图们市              | 自筹及其他  | 100 万-500 万 |
| 2  | 工业园区      | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 | 湖北武汉市               | 自筹及其他  | 1000 万以上    |
| 3  | 工业园区      | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 | 湖北武汉市               | 合同能源管理 | 500-1000 万  |
| 4  | 工业园区      | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 浙江省杭州市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 5  | 大型公建(办公)  | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 广东省珠海市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 6  | 其他(畜禽养殖场) | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 广东省云浮市              | 自筹及其他  | 50-100 万    |
| 7  | 工业园区      | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 广东省佛山市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 8  | 大型公建(酒店)  | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 广东省佛山市              | 自筹及其他  | 1000 万以上    |
| 9  | 大型公建(酒店)  | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 上海市                 | 合同能源管理 | 500-1000 万  |
| 10 | 工业园区      | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 上海市                 | 地方财政资金 | 500-1000 万  |
| 11 | 公共机构      | 1-5 万 m <sup>2</sup>   | 安徽省滁州市              | 地方财政资金 | 500-1000 万  |
| 12 | 工业园区      | 5-10 万 m <sup>2</sup>  | 山东省烟台市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 13 | 其他        | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 江苏武进经济开发区           | 自筹及其他  | 50-100 万    |
| 14 | 地铁        | 5-10 万 m <sup>2</sup>  | 江苏省南京市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 15 | 大型公建(办公)  | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 | 广东省深圳市              | 自筹及其他  | 500-1000 万  |
| 16 | 工业园区      | 5-10 万 m <sup>2</sup>  | 吉林省长春市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 17 | 大型公建/数据中心 | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 | 四川省成都市              | 自筹及其他  | 100-500 万   |
| 18 | 数据中心      | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 江苏省(南京、苏州、无锡、常州、扬州) | 自筹及其他  | 100 万-500 万 |

|    |      |                        |         |                          |             |
|----|------|------------------------|---------|--------------------------|-------------|
| 19 | 商业   | 20 万 m <sup>2</sup> 以上 | 浙江省宁波市  | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 20 | 公共机构 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 安徽省淮南市  | 合同能源管理                   | 100 万-500 万 |
| 21 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 江苏省连云港市 | 银行贷款                     | 100 万-500 万 |
| 22 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 四川省成都市  | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 23 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 武汉市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 24 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 北京市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 25 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 浙江省杭州市  | 自筹及其他                    | 50-100 万    |
| 26 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 上海市     | 自筹及其他                    | 1000 万以上    |
| 27 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 沈阳市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 28 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 重庆市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 29 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 上海市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 30 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 广州市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 31 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 深圳市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 32 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  |         | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 33 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 武汉市     | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 34 | 冷链物流 | 1 万 m <sup>2</sup> 以下  | 陕西省西安市  | 自筹及其他                    | 100 万-500 万 |
| 35 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   |         | 地方财政资金/银行贷款/合同能源管理/自筹及其他 |             |
| 36 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 北京市     | 自筹及其他                    | 1000 万以上    |
| 37 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 湖北省武汉市  | 银行贷款/自筹及其他               | 500-1000 万  |
| 38 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 上海市     | 自筹及其他                    | 500-1000 万  |
| 39 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 上海市     | 自筹及其他                    | 1000 万以上    |
| 40 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>   | 广州市     | 自筹及其他                    | 1000 万以上    |

|    |        |                   |            |        |                 |
|----|--------|-------------------|------------|--------|-----------------|
| 41 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 重庆         | 自筹及其他  |                 |
| 42 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 南京         | 自筹及其他  | 1000 万以上        |
| 43 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 长沙         | 自筹及其他  |                 |
| 44 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 贵阳         | 自筹及其他  |                 |
| 45 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 济南         | 自筹及其他  |                 |
| 46 | 冷链物流   | 1~5 万 $m^2$       | 上海         | 自筹及其他  | 1000 万以上        |
| 47 | 冷链物流   | 1 万 $m^2$ 以<br>下  | 重庆         | 自筹及其他  | 1000 万以上        |
| 48 | 冷链物流   | 1~5 万 $m^2$       | 重庆         | 自筹及其他  | 100 万-500<br>万  |
| 49 | 其他/热源站 | 20 万 $m^2$ 以<br>上 | 石家庄        | 合同能源管理 | 1000 万以上        |
| 50 | 公共机构   | 5~10 万 $m^2$      | 揭阳市        | 地方财政资金 | 500 万~1000<br>万 |
| 51 | 酒店     | 5~10 万 $m^2$      | 江苏省江阴<br>市 | 合同能源管理 | 100 万~500<br>万  |
| 52 | 公共机构   | 5~10 万 $m^2$      | 江苏省江阴<br>市 | 合同能源管理 | 100 万~500<br>万  |
| 53 | 酒店     | 1~5 万 $m^2$       | 江苏省无锡<br>市 | 合同能源管理 | 100 万~500<br>万  |

### 3.3.1 大型公建项目空调系统的改造特点

大型公共建筑一般指建筑面积 2 万平方米以上的办公建筑、商业建筑、旅游建筑、科教文卫建筑、通信建筑以及交通运输用房等。根据空调系统的通用性，按照前述“表 3-1 项目所属领域统计表”，将征集到的大型公建、商业、公共机构等项目的共性特点进行了合并汇总分析。

#### （一）改造前制冷空调系统的存在的共性特点

大部分项目的空调系统主要是水冷式集中空调系统，包括冷水机组，冷冻水泵，冷却水泵，冷却塔，空调末端等设备。冷源采用电压缩式制冷，空调末端系统采用风机盘管+新风组成或者全空气系统，空调水系统采用闭式一次泵或二次泵系统。原系统存在的问题包括：

1. 设计负荷与实际使用不一致，远低于实际使用需求。

2. 主机设备能效偏低，配套设备选型不合理，水泵、冷却塔能耗占比大。
3. 部分设备老化严重，损坏，能效衰减严重，影响正常的空调负荷需求。
4. 空调系统自动控制水平低。
5. 部分设备使用时间长，设备故障率高，维修保养费用高。

## （二）改造方案共性特点

节能改造，提高系统能效是一个多方面的系统工程，需要从设计、设备、管理、控制、维护保养等方面多管齐下，才能达到最优。针对以上问题，汇总了征集项目的改造方案普遍应用的思路。

1. 更换国家一级能效或以上的主机设备。
2. 根据负荷合理搭配大小主机。
3. 优化管路设计，对主机流量精准控制。
4. 优化控制系统，系统全面监测及精准控制，保持设备高效运行。
5. 末端设置智能启停控制系统，降低能耗。

### 3.3.2 工业园区项目空调系统的改造特点

按照前述“表 3-1 项目所属领域统计表”，将征集到的工业园区的项目进行了分析。

#### （一）改造前制冷空调系统的存在的特点

工业园区项目由于各个厂房的工艺不同，对空调系统的要求不同，因此改造前应用的空调系统形式比较多样。

1. 建筑面积较小的项目，空调冷源多采用风冷式的冷水（热泵）机组，在使用的过程中，也出现了能效降低的问题。
2. 对空气温湿度要求比较高的项目，改造前的空调系统出现硬件配置不合理导致能耗增加以及温湿度控制系统不完整的问题。
3. 老的设备不能满足新的工艺要求。
4. 设计负荷与实际使用不一致，远低于实际使用需求。
5. 主机设备能效偏低，配套设备选型不合理，水泵、冷却塔能耗占比大。
6. 部分设备老化严重，损坏，能效衰减严重，影响正常的空调负荷需求。
7. 空调系统自动控制水平低。
8. 部分设备使用时间长，设备故障率高，维修保养费用高。

#### （二）改造方案特点

1. 利用工业园区的大量工艺余热回收，运用余热制冷技术制冷。
2. 利用绿色清洁能源，建设光伏空调对系统进行节能改造，实现用电自发自用。结合群控一体化管理系统，达到节能减排效果。
3. 更换国家一级能效或以上的主机设备。
4. 根据负荷合理搭配大小主机。
5. 优化管路设计，对主机流量精准控制。
6. 优化控制系统，系统全面监测及精准控制，保持设备高效运行。
7. 末端设置智能启停控制系统，降低能耗。

### 3.33 公共机构项目空调系统的改造特点

按照前述“表 3-1 项目所属领域统计表”，将征集到的 4 个公共机构的项目进行了分析，其中 4 个项目有 2 个是医院项目，另外 2 个为办公楼。4 个项目改造前的最大共性的问题就是空调系统老旧，平均使用寿命达到 15 年。老旧设备能效衰减严重，影响正常的空调负荷需求，老旧空调系统自动控制水平低。老旧设备设备故障率高，维修保养费用高。

针对改造方案，基本应用了老设备换新增加及优化控制系统的方式。

### 3.34 冷链物流项目空调系统的改造特点

#### （一）改造前冷库系统的存在的特点

1. 设备运行时间久，设备老化，能耗增大。
2. 冷库库体破损，保温开裂漏冷现象严重。
3. 系统运行监控不到位。
4. 制冷设备故障或损坏，严重漏冷漏制冷剂。
5. 电气线路老化。
6. 不满足目前使用需求。
7. 冷库系统设计不合理。

#### （三）改造方案特点

1. 优化自动控制管理系统，云端监测，对故障及时处理，加强后期维护管理。
2. 更换优质保温材料。
3. 更换高能效及环保安全制冷剂主机设备以及节能的风机、配件更换。

目前我国冷链物流产业实现了较快发展，但由于起步较晚、基础薄弱，冷链物流产业的综合发展尚存在明显短板。从冷库的改造方案来看，技术方案成熟性

与中央空调系统改造方案比较，相对较弱。

### 3.4 重点项目推荐

通过汇总以上节能改造的信息，分析每一项项目节能改造的潜力，并按照2020年发改委征集节能改造项目的要求，从上述名单中选出21个重点项目，并收集进一步的详细信息，包括拟采用的节能改造技术和总体改造方案、预期能效提升比例、改造预测的费用规模等信息；2020年8月，根据发改委征集节能改造项目的信息，我协会积极联系以下项目到地方发改委进行项目申报。重点项目详细信息如下表3-2。

表3-6 重点项目汇总表

| 序号 | 项目所属领域    | 建筑规模                 | 项目地址   | 项目投资来源 | 预计资金规模    |
|----|-----------|----------------------|--------|--------|-----------|
| 1  | 工业园区      | 20万m <sup>2</sup> 以上 | 湖北武汉市  | 自筹及其他  | 1000万以上   |
| 2  | 工业园区      | 20万m <sup>2</sup> 以上 | 湖北武汉市  | 合同能源管理 | 500-1000万 |
| 3  | 工业园区      | 1-5万m <sup>2</sup>   | 浙江省杭州市 | 自筹及其他  | 100-500万  |
| 4  | 大型公建(办公)  | 1-5万m <sup>2</sup>   | 广东省珠海市 | 自筹及其他  | 100-500万  |
| 5  | 其他(畜禽养殖场) | 1万m <sup>2</sup> 以下  | 广东省云浮市 | 自筹及其他  | 50-100万   |
| 6  | 大型公建(酒店)  | 1-5万m <sup>2</sup>   | 广东省佛山市 | 自筹及其他  | 1000万以上   |
| 7  | 工业园区      | 1-5万m <sup>2</sup>   | 上海市    | 地方财政资金 | 500-1000万 |
| 8  | 公共机构      | 1-5万m <sup>2</sup>   | 安徽省滁州市 | 地方财政资金 | 500-1000万 |
| 9  | 工业园区      | 5-10万m <sup>2</sup>  | 山东省烟台市 | 自筹及其他  | 100-500万  |
| 10 | 大型公建(办公)  | 20万m <sup>2</sup> 以上 | 广东省深圳市 | 自筹及其他  | 500-1000万 |
| 11 | 大型公建/数据中心 | 20万m <sup>2</sup> 以上 | 四川省成都市 | 自筹及其他  | 100-500万  |
| 12 | 公共机构      | 1~5万m <sup>2</sup>   | 安徽省淮南市 | 合同能源管理 | 100万-500万 |

|    |      |                       |        |            |              |
|----|------|-----------------------|--------|------------|--------------|
| 13 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 上海市    | 自筹及其他      | 1000 万以上     |
| 14 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 湖北省武汉市 | 银行贷款/自筹及其他 | 500-1000 万   |
| 15 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 上海市    | 自筹及其他      | 500-1000 万   |
| 16 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 上海市    | 自筹及其他      | 1000 万以上     |
| 17 | 冷链物流 | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 上海     | 自筹及其他      | 1000 万以上     |
| 18 | 公共机构 | 5~10 万 m <sup>2</sup> | 揭阳市    | 地方财政资金     | 500 万~1000 万 |
| 19 | 酒店   | 5~10 万 m <sup>2</sup> | 江苏省江阴市 | 合同能源管理     | 100 万~500 万  |
| 20 | 公共机构 | 5~10 万 m <sup>2</sup> | 江苏省江阴市 | 合同能源管理     | 100 万~500 万  |
| 21 | 酒店   | 1~5 万 m <sup>2</sup>  | 江苏省无锡市 | 合同能源管理     | 100 万~500 万  |

### 3.5 重点项目方案及分析

#### 项目 1

**项目概况：**项目装机容量约 3MW，结合水冷空调机组的分布，重点能耗车间及新能源整体规划，计划在总装一车间、总装二车间、停车场铺设光伏。将注塑、总装、控制器车间的现有水冷机组改造成光伏直流变频螺杆机组。

改造前，控制器、总装、注塑车间共有螺杆制冷机组 9 台，主要用于控制器车间降温，总装、注塑岗位送风，注塑模具冷却，每年耗电约 280 万度电。日常螺杆机组开启的数量和时间无法人为判断，也未做到精细控制，且螺杆机功率高，耗电量巨大，为减少消耗标煤及碳排放量，决定通过建设光伏空调对系统进行节能改造，为系统提供绿色清洁能源，实现用电自发自用。

| 改造前主要设备<br>主机类别  |     | 台数 | 额定制冷<br>量/制热量<br>(kW) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW·h) | 执行能效标准<br>及性能系数     | 开始<br>使用<br>年份 | 制冷<br>剂 |
|------------------|-----|----|-----------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|---------|
| 水冷式<br>冷水<br>(热泵 | 螺杆式 | 4  | 898                   | 3600           | 140 万              | 2 级能效，性<br>能系数 5.69 | 2012           | R134a   |
|                  | 螺杆式 | 2  | 500                   | 305            | 15 万               | 2 级能效，性             | 2012           | R22     |

|     |     |   |     |      |      |                  |      |       |
|-----|-----|---|-----|------|------|------------------|------|-------|
| 机组) |     |   |     |      |      | 能系数 6.10         |      |       |
|     | 螺杆式 | 1 | 871 | 2760 | 55 万 | 2 级能效, 性能系数 5.34 | 2012 | R134a |
|     | 螺杆式 | 2 | 900 | 2500 | 70 万 | 2 级能效, 性能系数 7.5  | 2012 | R22   |

**项目改造方案:** 总装岗位送风空调、注塑螺杆机房、控制器螺杆机房使用的空调机组都是螺杆机组，耗电量大。通过在总装车间、总装二车间、停车场建设光伏系统，将光伏发的直流电通过直流汇流后供给原螺杆机机组使用，多余的电通过逆变后，供给厂区大工业用电。光伏装机总容量约 3MW，采用 310wp 光伏组件 9677 块，20kW 三相智能变流器 90 台，年发电量约 300 万千瓦时。

1. 改造思路：利用绿色清洁能源，从源头上降低能耗，并通过自主研制的光伏微网及暖通群控发用电一体化管理系统，实现发用电一体化智能管理，达到智能管理和最优化运营目标，通过分析太阳辐照度和光伏发电量关系以及空调负载和太阳辐照度的匹配关系，自动调整运行控制策略，调度光伏发电与螺杆机组耗电联动运行，提高自发自用匹配度及光伏能直驱利用率，减少电能的浪费，达到了节能减排的效果。分布式光伏发电技术应用已相当成熟，较传统分布式光伏武汉项目增加了光伏直驱空调系统，整个系统安全保护具有极性反接保护、短路保护、孤岛效应保护、过温保护、交流过流及直流过流保护、直流母线过电压保护、电网断电、电网过欠压、电网过欠频、光伏阵列及智能变流器本身的接地检测及保护功能等。

2. 改造计划：2020 年 10 月光伏项目建设启动，12 月 30 日完成光伏系统建设，完成光伏空调改造第一阶段；2021 年 1 月 1 日启动直驱变频螺杆机组的联网集中控制，2 月 10 日完成螺杆机组的联网集中控制，完成光伏空调改造的第二阶段。

3. 运维情况：光伏空调系统建设完成后，运行维护费用较少，主要是对损坏的光伏组件、逆变器进行更换，每年对光伏组件进行两三次清洁、清理。

预期达到系统能效水平和节能减排效果测算：该项目实施后装机容量约 3MW，根据武汉光照辐射情况，年平均发电有限时间为 1000 小时，年发电量约为 300 万度，基本可供公司生产用电，注塑、总装光伏空调使用。年节电量为 300 万度，年减少二氧化碳排放约 2808 吨，二氧化硫排放约 23.76 吨，粉尘排放约 18.36 吨，氮氧化物排放约 10.8 吨。注：按 1 度电=936g 二氧化碳=7.92g 二氧化硫=6.12g

粉尘=3.6g 氮化物折算。

**预期年节能量(吨标准煤):** 915 吨标准煤。注: 年预计可发电 300 万度, 按 1 度电=305g 标准煤折算。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算:** 该项目预计投资约 1500 万元, 年节省电费 240 万元, 投资回收年限约为 6 年。注: 项目建成后年发电量约 300 万度, 电费单价按 0.80 元 / 度, 每年电费收益为  $300 \text{ 万度} \times 0.80 \text{ 元 / 度} = 240 \text{ 万元}$ , 回收成本周期为  $1500 \text{ 万元} / 240 \text{ 万元 / 年} = 6.25 \text{ 年}$ 。

**项目方案分析:** 该项目利用企业自主研发的光伏空调技术, 对已经投入使用 8 年的螺杆冷水机组进行更换, 对空调系统进行改造, 实现了较好的节能减排效果。投资回收期稍长。

## 项目 2

**项目概况:** 现控制器车间使用 4 台水冷螺杆机组制冷, 每年夏天制冷用电 140 万度左右; 使用 6 套多联式空调热泵系统制热, 每年冬天制热用电 120 万度左右。利用空压机余热夏天供冷冬天供热, 大量节省制冷、制热用电。控制器生产车间对温度要求严格, 常年要求温度保持在 22-26°C 之间。夏天使用 4 台螺杆制冷机组制冷, 年制冷用电量在 140 万度左右; 冬天使用 6 套多联式空调热泵系统制热, 年制热用电量 120 万度左右。空调系统制冷制热能耗高, 每年仅电费就高达 180 余万元, 且由于设备使用年限的增长、冷却系统易结垢等问题, 空调系统能耗呈逐年上升趋势。厂区空压站离心式空压机在运行过程中会产生大量的压缩热, 这部分热量目前没有进行回收利用只能排放到环境中, 不仅对环境造成热污染还产生能源浪费, 且由于散热量巨大, 空压冷却系统每年所需的运行维护费用较高。如果将这部分热量回收利用起来, 不仅减少对环境的热污染, 还能降低其他工序的能耗。

| 改造前主要设备<br>主机类别     |         | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW·h) | 执行能效标<br>准及性能系<br>数    | 开始<br>使用<br>年份 | 制<br>冷<br>剂 |
|---------------------|---------|----|-------------------------------|----------------|--------------------|------------------------|----------------|-------------|
| 水冷式<br>冷水(热<br>泵)机组 | 螺杆<br>式 | 4  | 898                           | 3600           | 140 万              | 2 级能效,<br>性能系数<br>5.69 | 2012           | R134a       |

|               |   |     |      |       |                        |      |     |
|---------------|---|-----|------|-------|------------------------|------|-----|
| 多联式空调热泵<br>机组 | 6 | 870 | 2160 | 120 万 | 2 级能效，<br>性能系数<br>3.13 | 2012 | R22 |
|---------------|---|-----|------|-------|------------------------|------|-----|

**项目改造方案：**空压站房位于钣金车间二楼，有 4 台 C700 离心式空压机，2 台 C400 离心式空压机。机组一级排气温度为 127°C，二级排气温度为 120°C，为保证每一级进气温度在 35-40°C，热量需要通过离心机冷却器冷却后，由冷却水系统带走。在这个流程中，离心机产生的大量压缩热被冷却水系统带走，不但冷却水维护成本高，还造成环境热污染。现对空压机余热进行利用，对控制器生产车间进行节能改造，余热完全可满足制冷制热需求，原螺杆机组和热泵空调系统可停用。

1、改造思路：通过余热制冷技术利用离心式空压机在运行时产生的压缩热制冷，夏天时将该冷量供给控制器车间降温使用，解决了螺杆机夏天制冷电耗高的问题。冬天将离心式空压机压缩余热直接供给控制器车间供暖，解决了冬天制热电耗高的问题。且由于离心机压缩热被回收利用，冷却系统散热压力降低，运维费用减少 80% 以上，同时解决热量对环境的热污染。

技术原理：将来自发生器的高压水蒸气在冷凝器中被冷却为高压液态水，通过膨胀阀后成为低压水蒸气进入蒸发器。在蒸发器中，冷媒水与冷冻水进行热交换发生汽化。带走冷冻水的热量后成为低压冷媒饱和蒸汽进入吸收器，被吸收器中的溶液吸收，吸收的过程中产生的热量由送入吸收器中冷却水带走，吸收后的水溶液有溶液泵送至发生器，通过与送入发生器中的热源进行热交换而使其中的水发生汽化，重新产生高压蒸汽。同时由于水溶液的蒸发温度较高，稀溶液汽化后，吸收剂则成为浓溶液重新回到吸收器中。在这一过程中包含两个循环，即制冷剂的循环和吸收剂的循环。余热制冷机组的一个主要特点是节省电力，从其制冷循环中可以看出，它的用电设备主要是溶液泵，这与压缩式制冷机组相比是微不足道的。主要部件及功能：1) 蒸发器：利用负压方式，形成低温汽化，并产生冷剂蒸汽。2) 冷凝器：一方面将来自低发的冷剂蒸汽变成冷剂水，另一方面将来自高发的一次冷剂水降温。产生的热量由冷却水带走。3) 蒸发器：利用冷剂水的蒸发使空调冷水降温。4) 吸收器：浓溶液吸收来自蒸发器的冷剂蒸汽，并将吸收热由冷却水带走。5) 热交换器：回收发生器浓溶液的热量，提高机组热力系数。6) 自动抽气装置：组成机组的抽气系统，用以抽除系统中的不凝气体。

7)冷剂泵；用来输送冷剂水。8)溶液泵；用来输送溶液实现机组内溶液循环。9)控制柜：整个系统的控制单元。

2、改造计划：2020年8月空压机余热制冷项目启动，9月20日完成离心机热交换系统改造，完成改造第一阶段：10月20日完成余热制冷机安装，11月20日完成管道敷设，12月20日完成设备、管道对接，调试运行。

3、运维情况：空压机余热制冷项目完成后，运行维护主要有两个方面：1)系统维护：换热系统内循环使用纯水换热，可有效解决一系统结垢问题，仅需每2-3年补充1次纯水。2)配件更换：为增加换热面积、提高换热效率，换热器需选用板式换热器，5年左右需要更换第一次密封。

**预期年节能量(吨标准煤)：**年节能701.5吨标准煤，注：年预计可节省用电230万度，按1度电=305g标准煤折算。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**该项目预计投资约600万元，年电费节省约184万元，投资回收周期约为3年。注：项目建成后年节省电量约230万度，电费单价按0.8元/度，每年电费收益为 $230 \text{ 万度} \times 0.80 \text{ 元/度} = 184 \text{ 万元}$ ，回收成本周期为 $600 \text{ 万元} / 184 \text{ 万元/年} = 3.26 \text{ 年}$ 。

**项目方案分析：**这个项目主要利用了厂房的空压站，在保证厂房工艺正常进行的同时，因地制宜，将余热回收利用。利用空压机余热进行冬季供暖，投资少，并大大降低了冬季供暖的费用。回收期短，节电节能效益显著。

### 项目3

**项目概况：**该车间主要是生产空调器电子元器件，为恒温恒湿车间，温度要求 $24+2^{\circ}\text{C}$ ，温度要求40%~70%，暖通系统配置2台变频离心冷水机组，装机容量为750RT，及6台组合风柜，车间建筑面积 $17069.84\text{m}^2$ ；杭州控制器车间全年车间要求恒温恒湿，暖通系统改造前配置1台400RT定频机组和1台350RT变频机组，两台机组本身能效偏低。存在问题如下：

1、硬件配置不合理：机组运行冷却水需求量为 $567\text{m}^3/\text{h}$ ，冷却水塔配置处理量为 $600\text{m}^3/\text{h}$ ，不满足暖通机组高效运行需求；配置二台冷冻水水泵二用一备，改造前单台水泵额定功率37kW，扬程28米，机组与冷却水塔相距较近，水泵配置偏大，运行能效较高；管阀系统管线采用较普通的Y型过滤器、闭式回止阀系统运行水阻偏大，增加系统运行能耗。

2、控制系统不完整：暖通送风设备配置 6 台组合式风柜，车间末端及设备配置有传感器，运行采用 DDC 系统控制送风系统，而冷冻站未配置控制系统，两系统无法形成联动孤立运行，控制系统不完整，可进一步联动优化降低系统运行能耗。

| 改造前主要设备<br>主机类别         |     | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗电<br>量<br>(kW·h) | 执行能效标<br>准及性能系<br>数  | 开始<br>使用<br>年份 | 制冷<br>剂 |
|-------------------------|-----|----|-------------------------------|----------------|--------------------|--|----------------|---------|
| 水冷式<br>冷水<br>(热泵<br>机)组 | 离心式 | 2  | 2637                          | 7200           | 82 万               | GB19577-<br>2015 冷水机<br>组能效限定<br>值及能效等<br>级性能系<br>数：6.11 和<br>6.29 | 2018           | R134a   |

**项目改造方案：**以中央空调机房的整体 EER 效率为目标重新对系统整体进行设计优化，包括能源模拟、管路优化、设备选型、全生命周期实际运行成本经济效益分析等。

1、系统硬件方面：经对整体系统运行模拟，对配置不合理的硬件配置进行优化调整，提高运行能效，具体：对所有水泵、风机增加变频控制，将 2 台离心式空调机组更换为运行效率较高新机组，将冷却水塔处理量增大到机组运行需求的 1.5 倍进一步提高机组运行效率，对配置偏大的冷却泵更换可提效约 40%，对过滤器、阀门等调整阻力小的配置，并管道系统进行部分优化。

2、控制联动方面：采用高效制冷机房群控系统，对整个制冷机房系统内的制冷主机、冷却塔等机电设备进行监测和智能控制，实现自动化控制，减少人为失误，在末端负荷和室外气象条件变化时，系统投入匹配的设备台数、设定合适运行参数等，使系统高效运行。对送风 DDC 控制系统数据点位进行优化，通过末端传感器监测参数，DDC 控制冷冻管道和送风系统阀门开度，调整冷冻水、风量，冷战控制系统通过精确冷量计量，历史运行数据建模，通过实际负荷需求智能选择开机顺序，系统运行效率寻优，使得系统能效达到最高。

3、能耗监测方面：通过配置高精准智能网关、精准冷量计量单元、流量传

传感器、温度传感器和熟悉电表等搭建精准的能效监测系统，实现对室内指标的实时监控，动态调节系统能耗。

4、运行维护方面：系统设备硬件参照《中央空调保养手册》自主定期对水塔水质处理检测，主机通过过滤器、压缩机油过滤器、压缩机轴承、壳管等更改、清洗除垢；对通讯测检系统通讯线检测、传感器、电动阀等定期校定，对系统整体通行能效定期核定。

**预期年节能量（吨标准煤）：年节能量：**

1、系统能效：实施前系统全年运行能效在 1.25kW/RT 左右，优化后模拟全年运行能效在 0.583kW/RT 左右，系统能效 EER 在 6.03 左右。

2、节能减排：通过优化后系统能效提升 50%以上，按全年运行 300 天计算，年预计可节省电量约 54.38 万度，年减少二氧化碳排放约 509 吨，二氧化硫排放约 4.31 吨，粉尘排放约 3.33 吨，氮氧化物排放约 1.96 吨。注：按 1 度电=936g 二氧化碳=7.92g 二氧化硫=6.12g 粉尘=3.6g 氮化物折算。注：按全年运行 300 天计算，年预计约电耗 54.38 万度，按 1 度电=305g 标准煤折算。

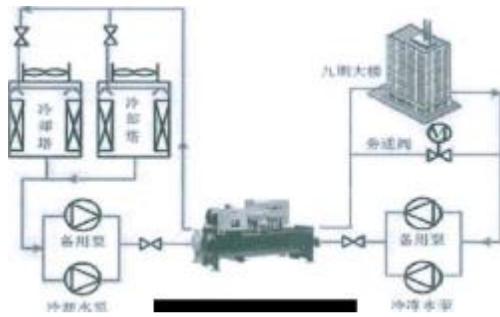
**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**总投入约 128.58 万元，年预计可节省电费约 43.51 万元，投资回收周期约 3 年。

注：根据项目技改规划，主要投入为：2 台新离心式制冷机组、智能群控系统、基建施工投入合计约 128.58 万元，系统优化后年可节约电量约 54.38 万度，按每度电综合电价 0.8 元计算。

**项目方案分析：**改造前，主机设备能效较低，系统匹配不合理。改造主要是通过系统群控，更换主机以及运维手段进行。改造思路适用于目前市面上大部分的民用公共建筑的节能改造。改造投入不多，节能节电效果显著，投资回收期较短，改造方案较容易实现，具有很好的推广价值。

## 项目 4

**项目概况：**本工程总建筑面积为 42779.13m<sup>2</sup>，地下室总建筑面积 4882.55m<sup>2</sup>，人防面积约 3968.24m<sup>2</sup>，高度 48.1m。本工程火灾危险性分类为戊类，耐火等级二级。空调系统均采用干式盘管加新风除湿机组组成的空调系统，空调水系统为闭式一次泵变水量双管制系统。新风机组置于新风机房内，新风由新风机房外墙百叶窗进入新风机房，再由新风机处理后送入室内。改造前系统整体结构如下：



办公室内设计参数夏季: 温度 26°C, 湿度 60%, 新风量不小于 30 时 / h\*人。

车间及辅房空调夏季总冷负荷为 2790kW, 潜热 905kW, 显热: 1885kW。原系统存在问题包括:

(1) 设计与实际使用不一致: 系统实际供应人数过多 (2733 人), 远大于原设计人数 (2132 人), 共计超出 601 人; 原系统供应区域有增减, 系统减少 1 楼夹层区域供冷, 增加 5 楼、7 楼共计 11 个办公室供冷。

供热人数统计:

| 楼层  | 原设计人数 | 实际统计人数 |
|-----|-------|--------|
| 4 楼 | 533   | 725    |
| 5 楼 | 533   | 713    |
| 6 楼 | 533   | 733    |
| 7 楼 | 533   | 562    |
| 合计  | 2132  | 2733   |

制冷供应增减区域情况:

| 增减情况 | 具体        |         | 机型种类                         | 数量 (台) |
|------|-----------|---------|------------------------------|--------|
| 增加   | 5 楼       | 风冷螺杆室   | 风机盘管                         | 4      |
|      |           | 显示交互设计室 |                              | 4      |
|      | 7 楼       | 701     |                              | 4      |
|      |           | 702     |                              | 4      |
|      |           | 703     |                              | 2      |
|      |           | 704     |                              | 2      |
|      |           | 706B    |                              | 6      |
|      |           | 707     |                              | 4      |
|      |           | 708     |                              | 4      |
|      |           | 设计室     |                              | 2      |
|      | 冷冻冷藏技术研究院 |         |                              | 6      |
| 减少   | 1 楼       | 一楼夹层    | 由楼层 2 台 80、1 台 65 模块机组组成集中供冷 |        |

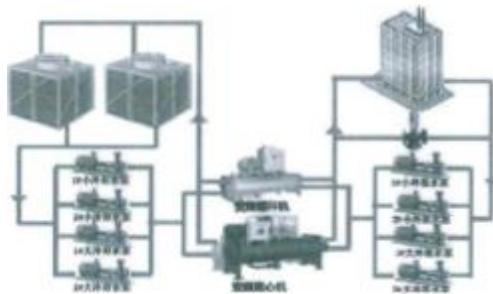
(2) 系统运行状态不佳：冷机全年负荷率长期运行低于 50%，并集中在 20%-40%；系统整体负荷率偏低，主机能效偏低：设备选型不合理，泵、塔设备能耗占比较大：机房 EERs 为 3.3，冷机年平均 COP 为 4.6。机组全年小于 50% 的占比达 80%，50%-75% 之间的占比为 17%，75%-100% 之间的占比为 3%。主机能效偏低以及设备选型不合理，泵、塔设备能耗占比较大，导致系统整体负荷率偏低，全年平均 COP 3.38。

4-11 月制冷量、机组耗电量、机组 COP、系统 COP 如下：

| 月份   | 月制冷量<br>(kW·h) | 系统 COP | 机组月耗电量<br>(kW·h) | 冷机 COP |
|------|----------------|--------|------------------|--------|
| 4 月  | 128610.5       | 3.32   | 23629.3          | 5.44   |
| 5 月  | 239057.0       | 3.35   | 49411.4          | 4.84   |
| 6 月  | 312887.3       | 3.22   | 75344.5          | 4.15   |
| 7 月  | 415374.4       | 4.09   | 79227.7          | 5.24   |
| 8 月  | 324680.9       | 3.34   | 73966.2          | 4.39   |
| 9 月  | 290856.2       | 3.14   | 67118.2          | 4.33   |
| 10 月 | 244230.4       | 3.12   | 55805.5          | 4.38   |
| 11 月 | 96809.0        | 3.17   | 17692.7          | 5.47   |
| 全年   | 2052495.6      | 3.38   | 442195.7         | 4.64   |

| 改造前主要设备<br>主机类别         |         | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW·h<br>) | 执行能效标<br>准及性能系<br>数     | 开始<br>使用<br>年份 | 制<br>冷<br>剂 |
|-------------------------|---------|----|-------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------|-------------|
| 水冷式<br>冷水<br>(热泵<br>机组) | 离心<br>式 | 1  | 2813.6                        | 2440           | 44 万                   | AHRI 标准<br>设备<br>COP4.6 | 2013           | R134a       |

**项目改造方案：**首次应用泵机一体化高效机房系统，通过更换离心机组、增加变频变容螺杆机组适应低负荷、使用永磁同步变频水泵进行水泵替换，对管路进行直联改造，优化管路系统，接入高效机房控制及数据管理平台，实现项目全过程管理和制冷机房主要设备及整体系统的自制应用，完成泵机一体化高效机房系统在九期办公楼的设计改造。整体结构如下：



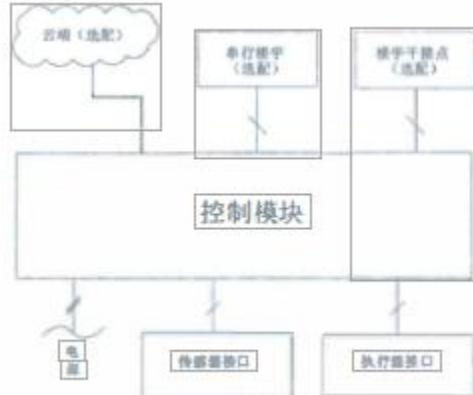
该项目主要研究办公建筑节能改造的关键技术，主要创新点：

1、基于人流量、天气的负荷变化，通过一种高效节能中央空调机房及节能方法（专利），解决了机房粗放式管理机房整体能效低问题，大大提高中央空调系统的能效。改造思路：1)选用国家级能效或以上的制冷主机，主机能耗占比达 60%以上；2)合理采用大、小主机搭配，以满足负荷变化的需求，使单台主机在全负荷段都能有高效区间运行；3)主机、水泵采用一一对应的管路设计，以便实现对主机流量的精确控制，便于调节主机的运行区间；4)采用低流速、低阻力管道设计，降低水泵功率；5)精细化调试，系统全面、准确的监测及控制，可及时发现并解决不良问题，健康的系统自然比带病运行节能，精确可靠的检测带来优秀的控制，使设备保持高效运行。具体过程：制定大变频离心机+小变频螺杆机多种组合方案，进行能耗仿真计算，冷冻水供回水温度：10/15°C，冷却水供回水温度 30/35°C，结合负荷占比、室外气象参数，方案选型，选取三个占比较多的典型工况点，按照小机单独运行、大机单独运行，大小机联合运行的三种方式进行逐时，逐日，逐月能耗仿真计算分析，结果为 600+450RT 的选型最为节能，系统 EERs 为 5.95，冷机年均 COP 为 7.28。

2、利用一种整装式集成高效串联中央空调（专利）解决了现有中央空调系统能耗高，系统监测差，并且计管路差，水阻大，设备效果低，运行成本高的问题。

改造思路：1) 智能输配系统处理来自整装集成冷水机组主机的信号并发送至冷冻水泵模块、冷却水泵模块、冷却塔模块以及其他模块，驱动各个部件快速响应并实现对各终端的油度调配；2) 配备控制模块和关联控制系统，使得中央空调具有多种控制模式按需控制、系统关联控制、模型预测控制、滚动优化控制、最佳效率曲线控制、基于系统建模的仿真测试，使得本实用新型的控制系统可普遍适用于冷冻机房的节能控制，对系统进行整体能耗优化，并通过对中央空调水系统末端负荷数据的建模仿真计算，预测出下一时段中央空调系统

的冷量需求，对系统进行主动前馈控制，实现系统的高效稳定运行，达到系统整体最大化节能的目的。



**改造计划：**通过 BIM 设计机房机组布置及管路走向，模块化装配，制定设备进场路线。于 7 月 31 日前完成风盘控制异常主板更换、各层水路主管阀门排查更换、离心机机房改造施工；于 8 月 31 日前完成螺杆机机房改造施工；于 10 月 31 日前完成排查确认现存新风系统问题并恢复新风系统。

**预期年节能量（吨标准煤）：**年节省 110.56 吨标准煤

注：年节电量 36.24 万度，按 1 度电=305g 标准煤折算

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**合计投入经费约 102.43 万元，泵机一体化应用施工成本降低约 3 万元，系统能效比同比上升 32.69%，以现系统制冷量计，年电费可节省 29 万元，投资回收周期约为 3 年。注：系统制冷量增大。原系统年制冷量约  $2052495.6\text{ kW}\cdot\text{h}$ ，年耗电量  $607512.6\text{ kW}\cdot\text{h}$ ，系统  $\text{COP} = \text{制冷量} / \text{耗电量} = 2052495.6\text{ kW}\cdot\text{h} / 607512.6\text{ kW}\cdot\text{h} = 3.38$ ，能效比 = 耗电量 / 制冷量 =  $607512.6\text{ kW}\cdot\text{h} / (2052495.6\text{ kW}\cdot\text{h} / 3.517)$ ， $\text{RT} = 1.04\text{ kW/RT}$ ；现系统年制冷量：约  $3781444\text{ kW}\cdot\text{h}$ ，系统  $\text{COP} = \text{制冷量} / \text{耗电量} \sim 5.0$ ，年耗电量约  $= 3781444\text{ kW}\cdot\text{h} / 5.0 = 756288.8\text{ kW}\cdot\text{h}$ ，系统能效比 = 耗电量 / 制冷量 =  $756288.8\text{ kW}\cdot\text{h} / (3781444\text{ kW}\cdot\text{h} / 3.517)$ ， $\text{RT} = 0.70\text{ kW/RT}$ ，系统能效比同比上升 32.69%，以现系统制冷量计，电费节省  $= (3781444\text{ kW}\cdot\text{h} / 3.38 - 756288.8\text{ kW}\cdot\text{h}) * 0.8 = 29$  万元（电费按 0.8 元 / 度计）。

**项目方案分析：**作为办公建筑，实际使用过程中人员数远远超过设计人数，导致新风量不足是一个普遍存在的问题，该项目改造应用了 2 项自主专利的技术，先后解决了解决了机房粗放式管理机房整体能效低以及中央空调系统能耗高，系统监测差，并且计管路差，水阻大，设备效果低，运行成本高的问题。大大提

高中央空调系统的能效。但由于是专利技术，在技术推广实施上有一定的问题。

## 项目 5

**项目概况：**该改造项目鸡舍建筑面积 1520m<sup>2</sup>，檐高 3.8 米，顶高 5.3 米，采用 4 层笼养方式。养殖对象为 " 817 小白鸡"。制冷量 1200kW，制热量 127kW。根据鸡生长周期，室内制热温湿度分别为 35°C、60%，需随鸡长大温湿度动态变化逐渐降低到 19°C、60%。改造前系统主机采用屋顶机组，末端采用组合式空调机组，系统能效为 2.66。由于末端采用风管送风，无法做到精确送风，并且为了保持室内空调系统温湿度均匀，只能采取全室降温的制冷模式，导致制冷负荷过大，能耗较高。全室制冷负荷为 1200kW，增加了 34.5% 的年总负荷，年消耗总功率为 84.67 万度。

| 改造前主要设备<br>主机类别 |                         | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗电<br>量<br>(kW·h<br>) | 执行能效标<br>准及性能系<br>数          | 开始<br>使用<br>年份 | 制<br>冷<br>剂 |
|-----------------|-------------------------|----|-------------------------------|----------------|------------------------|------------------------------|----------------|-------------|
| 单元式<br>空调机      | 风管送<br>风式空<br>调热泵<br>机组 | 4  | 280                           | 4763           | 82 万                   | GB/T19576<br>-2004<br>EER2.7 | 2014           | R410a       |

**项目改造方案：**该项目属于农业养殖板块项目，不同于常规舒适性空调，单位面积产值越高越好，与数据机房类似。由于笼养鸡密度大，鸡发热量新风负荷高，常规的风管末端并不合理，因此将末端改造为直驱送风和系统，采用格力自主研发养鸡场专用群控系统，使设计工况室内冷负荷降低到 640kW，相比改造前常规系统负荷 1200kW 降低 46.7% 的设计日冷负荷，年耗电量降低 32 万度，节能率 38.46%，同时新系统可以减小鸡舍送风温差，提高送风均匀性，优先保证鸡生长环境体感。

### 1、改造思路：

采用末端直驱精准送风系统，直接将冷空气送到鸡笼附近，优先满足鸡周围空气的体感舒适性，部分区域降温，大幅降低制冷、制热负荷，节能降耗；直驱送风系统风速均匀，温差波动小，室内气流流向相比改造前系统合理，有效排除 CO<sub>2</sub>，氨气等有害气体，节能环保；末端采用特殊材料送风，安装快捷，相比改

造前系统节省人工 80%。且系统杀菌、消毒、清洗、维护方便，可每养殖周期空档期清洗，环保卫士，减少鸡生病风险。系统新增键启停功能，便于管理；室内设计 25°C，相比要求 19°C，节省电量；室内均匀分布多个温湿度传感器，CO2 传感器，互为备用，保证可靠性，安全性；

## 2、后期运行维护：

对机组状态、运行效果等每日检查，以保证机组长期稳定运行。设备投入使用初期（调试完成后 15 天），日常检查由格力技术人员执行，后续由格力技术人员指导甲方设备维护人员执行。针对该项目，特增加项常规定期检查，每个饲养周期对机组，管路，过滤器进行一次清洗，消杀。同时对所供机组提供保修期内定期设备点检（点检频率根据实际使用情况、运行数据来定），包括现场实时观测运行数据、末端运行效果、机组零部件失效情况等，对有可能出现的零部件损坏进行更换或维修处理，对不合理的机组安装等问题提醒甲方并协助整改。在征得甲方同意后，免费提供机组远程智能服务，在线解决异常。

**预期年节能量(吨标准煤):** 年省 99.31 吨标准煤。注：年节电量 32.56 万度，按 1 度电=305g 标准煤折算。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：** 该改造方案投资 86 万，年节省电费 26.05 万，投资回收期约为 3.3 年。

注：项目建成后年节省电量约 32.56 万度，电费单价按 0.8 元 / 度，每年电费收益为  $32.56 \text{ 万度} \times 0.80 \text{ 元 / 度} = 26.05 \text{ 万元}$ ，回收成本周期为  $86 \text{ 万元} / 26.05 \text{ 万元 / 年} = 3.3 \text{ 年}$ 。

**项目方案分析：** 本项目属于工艺性空调，具有一定的特殊性，在满足工艺要求的前提下，年节省电费 26 万多，投资回收期比较短，可行性高。

## 项目 6

**项目概况：** 该酒店主要提供住宿服务，餐饮服务，商务会议接待服务，展览展示服务。原设备老化严重，其中一台螺杆机组已损坏不能用，严重影响酒店大楼的空调负荷需求，其它栋的冷媒系统是早期分体机，运年 15 年以上，部分已不能使用，经酒店方评估后，拟于 2020 年 6 月对酒店整体进行改造项目。主楼更换一台主机，采用悬浮变频离心机组 450RT 主机，其它楼原分体机改造为三

管制多联机系统，满足冷量并考虑系统节能省电，原主机房增加智能群控系统打造高端酒店样板，节能高效机房。

| 改造前主要设备<br>主机类别     |                   | 台数     | 额定制<br>冷量 /<br>制热量<br>(kW) | 年运行<br>小时数 | 年耗电<br>量 (kW<br>·h) | 执行能效标准<br>及性能系数   | 开始使用<br>年份 | 制冷剂 |
|---------------------|-------------------|--------|----------------------------|------------|---------------------|-------------------|------------|-----|
| 水冷式<br>冷水(热泵<br>机组) | 螺杆式               | 3      | 703                        | 72000      | 15120<br>00         | GB19577-<br>2004  | 2004       | R22 |
| 单元式<br>空调机          | 一般式<br>单元式<br>空调机 | 1<br>批 | 12000                      | /          | /                   | GB/T7725-<br>2004 | 2004       | R22 |

**项目改造方案：**主楼更变一台主机，采用悬浮变频离心机组 450RT 主机，末端采用风机盘管，新风采用空调箱，对原管网重新改造。其它楼原分体机改造为三管制多联机系统，满足冷量并考虑系统节能省电，原主机房增加智能群控系统打造高端酒店样板，节能高效机房。

**预期达到系统能效水平和节能减排效果测算：**高效主机+中央智能管理系统，预估可以节省 30% 左右。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**预计 2.5 左右可以回收多投资成本

**项目方案分析：**该项目系统运行已 15 年，设备老旧，运行情况不好，原始情况是比较适宜进行改造的。改造方案只是更换主机和末端设备，利用多联机系统替换原分体空调，满足了不同负荷需求下的供冷供暖要求，并补充群控系统，进行高效制冷机房的改造。改造方案欠详实，如果能将水泵、风机与系统进行重新匹配，节能效果应该更好。投资回收期也比较短，利于改造。

## 项目 7

**项目概况：**总建筑面积 59538 平方米，其中地上面积 59538 平方米，地下面积 0 平方米。通用仓库、一个垃圾房、一个门卫室。地点：东至 5-2、5-6 地块，西至华东路，南至申东路，北至明港路。原设计 6 台风冷螺杆机组，供应全年冷热。外高桥物流园区二期 5-3 地块（二期）仓库项目概况：工程总投资：21869 万元人民币，原设计方案制冷机组为风冷型螺杆式热泵，国家一级能效机组在设计工况下 COP 为 3.44，另有系统水泵输送能耗，系统制冷能效 COP 会低于 3.0。

同时未设置负荷优化智能控制系统，在人工控制及管理的情况下，系统制冷效率相对较低。

| 原方案制冷设备情况 |           |  |  |  |    |    |
|-----------|-----------|--|--|--|----|----|
| 序号        | 设备        | 参数   |  |  | 单位 | 数量 |
| 1         | 风冷螺杆式热泵机组 | 制冷量 798kW(227RT), 7-12°C, 功率 232kW, COP=3.44 |  |  | 台  | 6  |
| 2         | 冷冻水泵      | L=300m³/h, H=28m, N=30kW, 变频                 |  |  | 台  | 4  |
| 3         | 末端空气处理机组  | 正常温差 7-12°C                                  |  |  | 项  | 1  |

| 改造前主要设备<br>主机类别 |     | 台数 | 额定制冷量 /<br>制热量<br>(kW) | 年运行小时数 | 年耗电量<br>(kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份 | 制冷剂   |
|-----------------|-----|----|------------------------|--------|----------------|-------------|--------|-------|
| 水冷式冷水(热泵)机组     | 螺杆式 | 6  | 798                    | 3352   | 233            | 一级 3.4      | 2020   | R410A |

**项目改造方案：**优化方案在尽量减少改动原方案的前提下，通过优化冷源配置，提高末端换热性能，优化控制逻辑，智能控温+智能控载+风水联动，从而提高整个系统能效。

| 高效机房方案 |               |  |  |  |    |    |
|--------|---------------|--|--|--|----|----|
| 序号     | 设备            | 参数   |  |  | 单位 | 数量 |
| 1      | 风冷螺杆式热泵机组     | 制冷量 798kW(227RT), 7-14°C, 功率 232kW, COP=3.44   |  |  | 台  | 5  |
| 2      | 冷冻水泵          | L=330m³/h, H=28m, N=37kW, 变频                   |  |  | 台  | 3  |
| 3      | 末端空气处理机组      | 大温差, 7-14°C                                    |  |  | 项  | 1  |
| 4      | 高效变频直驱离心式制冷机组 | 制冷量 1934kW(550RT), 7-14°C, 功率 304.3kW, COP6.35 |  |  | 台  | 1  |
| 5      | 高效机房冷冻水泵      | L=240m³/h, H=22m, 效率≥80%, N=22kW, 中开立式泵        |  |  | 台  | 3  |
| 6      | 高效机房冷却水泵      | L=390m³/h, H=16m, 效率≥80%, N=30kW, 中开立式泵        |  |  | 台  | 2  |
| 7      | 高效机房冷却塔       | 单台 175m³/h, 30/35°C, 5.5kW                     |  |  | 台  | 3  |
| 8      | BMS 节能控制系统    | 集风水联动、节能控制, 实现高效运行                             |  |  | 项  | 1  |

**预期达到系统能效水平和节能减排效果测算:**项目严格按照图纸参数采购设备及按图规范施工的前提下,运行费用及 COP 预测如下:

| 项目     | 制冷系统平均 COP<br>(不含末端) | 年运行能耗<br>kW·h | 电价<br>元/kW·h | 年运行费用(元)  | 年节省电费<br>(元) | 节电率   |
|--------|----------------------|---------------|--------------|-----------|--------------|-------|
| 原方案    | 2.61                 | 2330954       | 0.8          | 1864764.0 | -            | -     |
| 高效机房方案 | 5.12                 | 1190086       |              | 952069.0  | 912695.0     | 48.9% |

原方案:制冷系统(不含末端)平均 COP 为 2.61,年运行耗电量 233 万 kW·h;高效机房方案: 制冷系统 (不含末端) 平均 COP 为 5.12, 年运行耗电量 119 万 kW·h; 高效机房方案年节省电费 91.3 万元, 节电率 48.9%。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算:** 3 年

**项目方案分析:** 改造后填补了改造前只设置风冷冷水机组, 机组能效比较低的情况。新增水冷冷水机组, 大大提高了系统能效, 投资回收期短, 节省电费可观。

## 项目 8

**项目概况:** 办公大楼建筑面积 3 万平, 原来使用多联机空调作为建筑使用中央空调系统, 经过 12 年的运行之后, 产品寿命到期寻求换新解决方案。使用多联机作为设备选型, 绿色施工, 施工过程中甲方单位不停业。产品选用全直流变频技术, 可以达到建筑节能的目的, 同时应用最新开发技术, 可以达到稳定运行的目的。原空调采用数码涡旋式多联机空调机组, 运行时间 12 年。匹数: 1500 匹, 使用面积: 3 万平方米。

| 改造前主要设备<br>主机类别 | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW<br>·h) | 执行能效标准<br>及性能系数  | 开始<br>使用<br>年份 | 制冷<br>剂   |
|-----------------|----|-------------------------------|----------------|------------------------|------------------|----------------|-----------|
| 多联式空调热泵<br>机组   | 90 | 4200                          | 1600           | 约<br>157<br>万度         | GB21454-<br>2008 | 2008           | R410<br>A |

**项目改造方案:**

1. 通过重新对室内进行设计，调整区域负荷，优化系统配置方案。
2. 原内机送风形式保留不变，外机系统调整后增加 30 匹配置。
3. 原系统钢管及配线保持不变，不进行更换。
4. 绿色施工保障方案，不拆装装修吊顶，科学制定施工方案，对施工现场进行质量品控管理，保障施工无废弃物丢弃，无化学制剂污染环境。

**预期年节能量（吨标准煤）：预计年节省 52.16 吨标准煤**

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**较传统改造方案初投资降低，施工周期更短。

**项目方案分析：**改造后仍然使用多联机系统，系统形式没有改变，钢管、配线、风口等均未调整，只是更换了多联机的主机及室内机的布置，因此初投资的费用会比较低。针对普通的办公建筑，根据新的办公需求进行以上改造调整，是一种满足基本需求的改造方案。

## 项目 9

**项目概况：**原空调系统采用两台 380RT 螺杆机配置冰蓄冷系统，夏季为该项目供冷；冬季采用市政供暖；于 2001 年投入运行，截止目前已运行 18 年。

| 改造前主要设备<br>主机类别         |     | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW<br>·h)                  | 执行能效标准<br>及性能系数   | 开始<br>使用<br>年份 | 制冷<br>剂 |
|-------------------------|-----|----|-------------------------------|----------------|---|---|----------------|---------|
| 水冷式<br>冷水<br>(热泵<br>机组) | 螺杆式 | 2  | 1336k<br>W/-                  | 1900           | 近 3<br>年 耗<br>电 量<br>15221<br>8kW<br>□h | GBT 18430.1-<br>2007 蒸气压<br>缩循环冷水<br>(热泵)机组第<br>1 部分:工业或<br>商业用及类似<br>用途的冷水<br>(热泵)机组 | 2001<br>年      | R22     |

## 项目改造方案：

### 1. 冷热源机房控制方案

冷热源机房选用磁悬浮离心机组、高效水泵等高效设备，优化水系统管路设计，并配置节能智能控制系统。该节能智能控制系统解决方案包含节能智能控制、机房安全环境监控、健康环境监控三部分。

#### 1) 节能智能控制

节能智能控制为冷热源机房控制的核心，重点打造一个以智能控制为基础、节能控制为核心、融合系统能耗监测，并将三者进行有机结合，为用户提供系统全面的节能增效和能源管理一体化解决方案。实现整个系统运行数据的实时采集，智能分析系统需求负荷，控制主机开启台数及出水温度，并根据建筑负荷、主机及末端最小流量需求、散热负荷等参数智能调节冷冻水泵、冷却水泵、冷却风机的运行，通过各设备间的匹配、耦合运行实现中央空调系统整体运行能耗最低。

#### 2) 机房安全环境监控

机房安全环境重点关注机房内重点设备及环境的监控。针对每台水泵、主机增加振动传感器，用于监测设备的振动情况，当设备振动异常时，第一时间进行报警，从而降低因长时间振动导致的设备损坏；机房的异常漏水、火灾等情况，其危害性更大，因此对机房、配电室各增加一个水浸传感器，对配电室增加烟感报警传感器；机房用水量的异常也是判断系统是否出现问题的重要依据，在系统补水管道、泄压管道、冷却塔补水管道增加智能水表，用于系统整体用水量的监测，同时对异常用水进行报警。

#### 3) 机房健康环境监控

为更好的展示机房在噪音降低方面的成果，将对监控室、配电室、机房分别增加噪音传感器，对三个工作区的噪音进行实时监测。

### 2. 组合式空调机组控制方案

对附楼 19 台组空机组增加机组节能控制单元，并配置电动调节阀、相应管道温度传感器，智能调节风机频率及水阀开度，实现末端舒适性的同时，完成机组的节能智能控制及集中监控管理。

### 3. 风机盘管联网控制方案

采用联网型温控器替代原有手动三速开关，每两层楼配套一个无线 AP 路由及 4G 智能网关，进行楼层温控器数据通讯，实现风机盘管的远程监控及设定。

#### 4.室内微环境监测方案

对一楼北侧接待会议室、7楼三个会议室、9楼会议室、10楼会议室、11楼会议室、12楼大会议室，八个会议室增加七合一型室内微环境监测终端，对房间内的温度、湿度、甲醛、PM2.5、PM10、TVOC、CO2进行监测，相关参数直接通过GPRS网络直接上传至云平台。

#### 5.运行维护方案

水冷机（冷水机）的维护与保养：

- 1) 定期清洗冷凝器、蒸发器，使整机保持良好运转；
- 2) 保持冷却塔清洁干净，定期清洗，冷却塔内不得有杂物及其它障碍物，以免造成伤害；

水冷机（冷水机）操作注意事项：

- 1) 冷冻水泵不可在水箱内无水运转；
- 2) 操作开关请尽量避免连续切换；
- 3) 冻水温度达到设定温度时，压缩机会自动停止运行，此属正常现象；
- 4) 温度开关应避免设定在5°C以下，防止蒸发器结冰；（低温冷冻机除外）。
- 5) 为确保水冷机（冷水机）制冷效果，保持最佳状态，请定期清洗冷凝器及蒸发器和水过滤器。

**预期年节能量（吨标准煤）：年节能量：**预计年节省20吨标准煤

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**采用物联高效机房方案较传统改造方案成本增加42万，年节电预计163003kW·h，电价1元/kW·h，年节约费用16.3万，投资回收年限为2.58年。

**项目方案分析：**原项目运行18年，符合改造需求。采用物联高效制冷机房技术，磁悬浮离心机组、高效水泵等高效设备，优化水系统管路设计，并配置节能智能控制系统。和传统改造相比，成本略有增加，但长远来看，应用最前沿的节能技术，节能效果可观。在改造过程中，增设对用水量的监控手段，节水效益显著。

### 项目 10

**项目概况：**建筑面积约25万m<sup>2</sup>，标准层高3米，总楼层24层，是真正的5A级智能化甲级写字楼，全面链接数字化国际商务平台，构架高技术平台上的通讯

网络、办公自动、楼宇管理等服务系统，为现代企业办公提供超一流的服务。该改造项目空调面积约为 22 万 $m^2$ ，空调冷负荷指标约为 200W/ $m^2$ ，冷源形式为电压缩式制冷，部分区域为全空气一次回风系统，部分区域为风机盘管+新风系统。由于制冷主机使用时间较长，制冷效率衰减比较严重；机房内的水泵由于叶轮的磨损与老化，它的效率也出现了衰减的现象；楼顶的冷却塔由于内部填料的结垢与老化，导致热交换性能变差；再者，受限于当时的制冷机房管理水平，机房的控制技术并未发展起来，正常的使用过程都是通过现场的工程师手动调节来实现控制目标，导致机房内各设备无法同时处于高效区内运行。因此，需要更换高效的制冷主机及辅助设备，并增加一套节能控制系统来提升机房的综合能效。

| 改造前主要设备主机类别 | 台数  | 额定制冷量/制热量(kW) | 年运行小时数 | 年耗电量(kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份       | 制冷剂  |     |
|-------------|-----|---------------|--------|------------|-------------|--------------|------|-----|
| 水冷式冷水(热泵机组) | 离心式 | 3             | 1407   | 2760       | 130 万       | GB19577-2015 | 2002 | R22 |

**项目改造方案：**此改造项目拟将旧的 3 台 400 冷吨普通低效率的离心机更换为 2 台 600 冷吨高效的 SMARDT 磁悬浮制冷主机，提升制冷机组的整体能效；更换三套变频水泵、增加多台内置变频器的智能水泵控制器，降低水泵的电机能耗；在水系统关键部位增加必要的传感器，实现数据实时监测的目的；在水系统中增加部分电动阀门，实现对应设备自动启停的功能；增加冷却塔的智能控制器，降低冷却塔风机的耗能；增加一套空调机房主动寻优的节能群控系统，实现受控设备自动控制及机房综合能效最低的目标；末端设备更换电动二通阀，并接入节能控制系统，保证末端设备在高效区运行；更换 SMARDT 磁悬浮冷水机组后，机组无需再做油路维护保养等项目，后期运行维护只需每季进行例行保养检查即可。

该项目的制冷系统改造前，单台制冷主机的 IPLV 值约为 5.68，改造后单台制冷主机的 IPLV 值约为 10.755，机组的部分负荷能效提升约 90%；改造前，冷冻水

泵与冷却水泵及冷却塔风机均为工频运行，无法调节频率，能源损失巨大，改造后，通过变频控制柜调节水泵和冷却塔风机的频率，使其在满足使用的情况下，降低设备的能耗；改造前，机房的设备是通过现场工程师手动调节控制的，而空调系统主要由冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔等构成，其整体能耗受到多种因素的影响，在实际运行时，这些设备的工况一般不会恰好同时运行在各自的峰值效率点上，因此即使更换了高效的设备，机房的能效仍然有提升的空间，所以通过增加一套智能的深度节能控制系统，对全部设备包括冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔，在不同季节与不同时间使用段的情况下，建立能量平衡性能模型，并应用计算机联合计算求解出最低的总能耗，然后进行控制寻优找出各设备实现最低能耗的运行工况，并对其进行主动式控制，找出能够满足此制冷负荷的、且整个机房总能耗最低（即整体效率最高）的工作状态；该项目原中央空调系统每年运行耗电量约为 130 万 kW·h，改造后中央空调系统预计每年运行耗电量约为 52 万 kW·h，全年节省运行耗电量约 78 万 kW·h，节能比例约为 60%，预计制冷机房 COP 达到 6.0。

**预期年节能量（吨标准煤）：** 95.94 吨

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**该项目原中央空调系统每年运行耗电量约为 130 万 kW·h，改造后中央空调系统预计每年运行耗电量约为 52 万 kW·h，全年节省运行耗电量约 78 万 kW·h，节能比例约为 60%，考虑机组后期运行节省的电费和节省的维保费用，投资回收期约为 5 年。

**项目方案分析：**本项目在更换老旧设备的同时，更新高效冷机、水泵等设备，并采用冷机群控，达到了很好的节能效果。节点节能效果可观。

## 项目 11

**项目概况：**共有 11 层机房配置 57 台机房专用空调，均为双系统机房专用空调合计共有 114 个制冷系统，累计制冷量达到 3.84MW。由于前期规划原因，现存空调有如下严重问题：

- 1、室外机安装密集，普遍散热不良；
- 2、日常运行能耗高，空调用电量耗损严重，夏季易产生高压保护；
- 3、噪音严重，已多次引发噪音纠纷。中国电信成都分公司新华路机楼共有 11 层机房配置 57 台机房专用空调，均为双系统机房专用空调合计共有 114 个制冷系

统，累计制冷量达到 3.84MW，均采用风冷室外机散热模式，在楼层小阳台密集安装：

- 1、室外机安装密集，普遍出现散热不良现象，温度稍高就频发空调自保护停机现象；
- 2、风冷空调安装局限性大，部分空调由于超限安装导致运行参数不良；
- 3、由于常年高负荷运行，且年限较久，空调设备普遍出现老化情况，运行健康数据不理想，空调用电量耗损情况严重；
- 4、由于空调室外机需要大风量散热，产生严重的室外噪音表现，已多次引发噪音纠纷；
- 5、因为楼层室外平台条件限制导致新增空调无法安装，部分楼层的机房已无法扩容。

| 改造前主要设备主机类别 |          | 台数  | 额定制冷量/<br>制热量<br>(k·W<br>) | 年运行小时数 | 年耗电量<br>(kW<br>·h) | 执行能效<br>标准及性<br>能系数 | 开始使<br>用年份           | 制冷<br>剂 |
|-------------|----------|-----|----------------------------|--------|--------------------|---------------------|----------------------|---------|
| 单元式<br>空调机  | 机房<br>空调 | 114 | 35(平均<br>值)                | 8760   | 约 800<br>万         | COP: 2.8            | 2008 至<br>今 轮流<br>更迭 | R22     |

**项目改造方案：**采用分布式水冷散热改造解决方案进行室外机改造，最终将所有风冷室外机改造成水冷模式，以解决目前遇到的空调运行诸多问题。现有风冷室外机保留作为水冷系统的备份解决措施，如果出现水冷系统检修或异常极端天气下，风冷模式自动工作，确保空调运行万无一失。

本次改造方案通过分布式水冷散热改造解决方案进行室外机改造，最终将所有风冷室外机改造成水冷模式，以解决目前空调运行遇到的诸多问题：

**主机：**秉承水冷系统不进机房原则，空调主机不需要进行改造，但通过室外机改造，可有效降低压缩机运行功率从而产生电量的节约，并可延长空调的使用寿命。

**末端：**采用分布式水冷室外机替代原有风冷室外机，保留风冷室外机作为水系统检修备份，顶楼搭配超高效静音闭式冷却塔进行水系统冷却。由于闭式冷却塔不

受管程限制，且楼层室外平台安装空间局限，水冷室外机以管路串联模式在同层楼层阳台挂墙安装，有效节省安装空间。水冷室外机结构因无大功率震动组件，运行时安静稳定，解决噪音扰民情况。

**控制系统：**单台水冷室外机搭配独有控制逻辑，通过调节控制制冷系统压力和温度，从而主导制冷系统的散热模式。水冷室外机采用高效换热器+变频水泵组成，可根据制冷系统的流体温度变速运行水泵，提供冷凝所需的换热水流。

**后期运行维护方案：**改造前由于风冷冷凝器安装过于密集，散热不良导致高压告警频繁，维护人员在夏季维修量约为每周三次；接入分布式水冷散热解决方案后，即使是高温季节，通过水冷系统的散热即可使空调系统压力维持在 15bar 左右，空调高压故障告警消除，即使在炎热夏季维护人员每月只需巡检两次即可。

另外，水冷室外机采用的高效换热器、变频水泵均为稳定组件，质量可靠，巡检中发现故障仅需进行单一替换即可；搭配使用的闭式冷却塔正常投入使用年限超 10 年，后期维护仅需定期（约一年一次）对水系统进行加药清洗即可。

**预期年节能量（吨标准煤）：**单台空调可节电约 30%，一台 80kW 制冷量（两个制冷系统）的机房空调改造后当年可节省约 2.5 万度电。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**采用分布式水冷改造解决方案后，单台空调可节电约 30%，以一台 80kW 制冷量（两个制冷系统）的机房空调改造为例，当年可节省约 2.5 万度电，假设当地电费为 0.8 元/度电，则当年该台空调可节省约 2 万元电费。

本次改造项目分为一期和二期共 57 台双系统机房空调（114 个制冷系统），两期改造总投资约为 455 万，每个制冷系统改造约投资 4 万元。以单台 80kW 制冷量（两个制冷系统）的机房空调改造后当年可节省约 2 万元电费为例，本项目投资可在 2 年内收回成本。

**项目方案分析：**原项目大面积使用单元式空调机组对数据机房进行冷却，布置在屋顶，噪音比较大，随着模块增加，气流组织不合理导致散热不畅。改造后，因地制宜，最大限度减少了初投资费用，将风冷改造成分布式水冷换热器，大大提高了系统能效。早期的数据机房应用风冷冷却方式比较多，随着大数据的发展，机房的扩容，对制冷设备也有了更高的要求，大型的数据中心目前应用水冷的冷却方式比较常见，冷却效果也比较好。本项目的改造方案适用于普遍早期建设的数据机房的改造，尤其是在投资成本有限的情况下。回收期也比较短。

## 项目 12

**项目概况：**主楼 12 层、门诊楼 4 层、住院楼 10 层，总建筑面积 4.4 万平方米，采用 EMC 模式对中央空调系统改造和运营托管。

- 1、机房环境不达标，影响机组设备使用，无智能化控制系统，水泵、主机、冷却塔全部人工控制操作，无联动控制；
- 2、冷却水泵、冷冻泵选型偏大且自动变频调节，水系统沿程阻力大；
- 3、中央空调冷却塔结垢、冷却效果较差、缺少水质管理；
- 4、中央空调主机设备陈旧，且疏于维保，管式换热器能效低，换热器结垢严重；
- 5、手术室配置的单独空调效率低，能耗高，室内末端系统出风温度相差较大，缺乏维护保养；
- 6、能耗记录数据少，医院无计量表，或者记录数据不准确，多联机的运行监控与维护，建议纳入能耗监管平台。

| 改造前主要设备<br>主机类别     |         | 台数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运行小<br>时数 | 年耗电<br>量<br>(kW·<br>h) | 执行能<br>效标准<br>及性能<br>系数 | 开始使用<br>年份 | 制冷剂        |
|---------------------|---------|----|-------------------------------|------------|------------------------|-------------------------|------------|------------|
| 水冷式冷<br>水(热泵)<br>机组 | 螺杆<br>式 | 2  | 460                           |            |                        |                         | 2018 年     | R134a      |
| 溴化锂吸收式<br>冷水机组      |         | 2  | 3733                          |            |                        |                         | 2013 年     | 溴化锂<br>水溶液 |

### 项目改造方案：

| 序号 | 原方案                   | 改造方案                      |
|----|-----------------------|---------------------------|
| 1  | 溴化锂机组 (制冷量<br>1160kW) | 替换<br>增加超高效变频离心机组(1758kW) |
| 2  | 冷温水泵                  | 替换<br>增加高效变频泵组            |

|    |           |                        |
|----|-----------|------------------------|
| 3  | 冷却水泵      | 替换<br>增加高效变频泵组         |
| 4  | 冷却塔       | 替换<br>增加低噪开式横流冷却塔      |
| 5  | 集分水器      | 替换<br>增加全新设备           |
| 6  | 分汽缸       | 替换<br>增加全新设备           |
| 7  | 汽水换热器     | 替换一台<br>增加高效型汽水换热器     |
| 8  | 水质管理      | 增加对冷却水水质管理及机组换热管在线清洗装置 |
| 9  | 机房管理系统    | 增加智能化空调控制系统及能源管理平台     |
| 10 | 末端水力平衡    | 系统优化                   |
| 11 | 末端设备      | 滤网及换热盘管清洗              |
| 1  | 螺杆机组      | 清洗冷凝器、蒸发器, 维护保养        |
| 2  | 冷温水泵、冷却水泵 | 维护保养                   |
| 3  | 冷却塔       | 清洗维护保养                 |
| 4  | 汽水换热器     | 清洗维护保养                 |
| 5  | 水质管理      | 增加对冷却水水质管理             |
| 6  | 机房管理系统    | 增加智能化空调控制系统及能源管理平台     |
| 7  | 末端设备      | 滤网及换热盘管清洗              |

预期年节能量 (吨标准煤): 295.5t/年

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算:** 投资金额 380.00 万元, 按年节能量节能量量 135.3 万元计算, 投资回收期为 2.8 年。

**项目方案分析:** 本项目有比较详实完善的改造方案, 对老旧设备和管理系统进行更换, 并选用高效的设备, 节能量可观, 回收期较短。

## 项目 13

**项目概况:** 使用液氨制冷设备系统。共计: 11 套制冷设备机组。

| 改造前主要设备<br>主机类别           |         | 台数      | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW<br>□·h) | 执行能效<br>标准及性<br>能系数 | 开始使<br>用年份 | 制冷剂 |
|---------------------------|---------|---------|-------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|------------|-----|
| 冷冻冷藏<br>设备和压<br>缩冷凝机<br>组 | 活塞<br>式 | 11<br>套 | 4400                          | 72270          | 94314<br>50             | 1.8                 | 2010 年     | 液氨  |

**项目改造方案:** 取消原来制冷设备（液氨），改造成氟利昂制冷设备。

一. 1 期 AB 库，温度-18°C，采用 4-75Y 制冷机组，冷库内用冷风机\*16 台，用风冷的方式制冷，蒸发式冷凝器安置在机房顶部，机组安置在 1 期机房内。4-75Y 机组制冷量达到 387kW。

二. 期 CD 库，温度-25°C，采用 3-75Y 制冷机组，冷库内用冷风机\*8 台，用风冷方式制冷，蒸发式冷凝器安置在 2 期机房顶部，机组安置在 2 期机房内。

3-75Y 机组制冷量 220kW。注：C 库为单独的一个库。而 D 库和边上的墙在这次改造中打通，形成了 1 个库，现为 D 库。

三. 2 期 E、F、G 库温度-18°C 和部分的 D 库-25°C。采用 5-75Y 制冷机组，冷库内用冷风机\*24 台，制冷量 484kW。其他设备同 3-75Y 安置一致。

四. 2 期地下室 JKLM 库与 2 期 1.5 层的冷库，温度为冷藏。采用 5-30Y 机组，冷库内用冷风机\*16 台，制冷量 288kW。蒸发式冷凝器安置在 2 期机房顶部，机组安置在 2 期机房内。

五. 1 期和 2 期的穿堂，温度随环境的变化而变化，可设定温度 0-15°C。采用 6-40Y 制冷机组，穿堂内吸顶式冷风机\*16 台，制冷量 523kW。蒸发式冷凝器安置在 1 期机房顶部，机组安置在 1 期机房。

**预期年节能量（吨标准煤）:** 约 232.051 吨

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算:** 按照现有的改造方案和改造前的制冷设备用电量。预计回报年限 7-8 年。

**项目方案分析:** 本项目回报年限略长，给投资方带来一定的压力。几个冷库

主要都是靠更换设备进行改造，在更换设备时应选取能效高的主机设备，对控制精度要求比较高的库体应该增加节能控制策略，尽可能提高系统能效，实现一定效果的节能节电。制冷剂的更换有效的提高了冷库的安全性能。

## 项目 14

**项目概况：**冷库建筑面积 20460 平方米，共有两座冷库，立体冷冻 1 号库和立体冷藏 2 号库，总容量近 3 万吨。提供多温层仓储服务（速冻  $-45^{\circ}\text{C} \sim -28^{\circ}\text{C}$ ，冷冻  $-22^{\circ}\text{C} \sim -18^{\circ}\text{C}$ ，冷藏  $-5^{\circ}\text{C} \sim 7^{\circ}\text{C}$ ，常温  $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ）。配有气调冷藏保鲜库、低温速冻库、预冷库、低温包装车间及制冰车间等。制冷媒介为氨。项目原制冷媒介为氨，氨作为危化品具有易燃、易爆、有毒等特性，且氨制冷系统复杂，操作难度大，操作准确率要求高，同时整个氨制冷系统属于高压运行，一旦操作失误将会带来氨的严重泄漏甚至氨爆炸的重大危害。同时氨作为一种有毒化工产品也不符合环保要求。国家有关部门技术监督局、安监局、环保等部门已经把氨制冷系统列为重大安全隐患源进行监控、监管。

| 改造前主要设备<br>主机类别     |         | 台数 | 额定制冷量/<br>制热量<br>(kW)   | 年运行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW<br>·h) | 执行能<br>效标准<br>及性能<br>系数 | 开始使<br>用年份 | 制冷<br>剂 |
|---------------------|---------|----|---|------------|------------------------|-------------------------|------------|---------|
| 风冷式冷<br>水(热泵)<br>机组 | 螺杆<br>式 | 8  | 工况-<br>15/30:2147.7<br>kW;工况-<br>10/35:375.3k<br>W;工况-<br>35/35:793.8k<br>W;工况-40/-<br>10:216.5kW | 8670       | 99650<br>00            |                         | 2006.9     | R717    |

**项目改造方案：**采用“螺杆式中低温制冷机组+中冷液（低温载冷剂）”的间接冷却方式，整个制冷系统彻底不再用氨。最大程度的对现有系统给予简化。极大的提高系统安全性、自动化程度。新型低温载冷剂具有无毒、不燃、不爆、不腐蚀、不挥发，冰点为  $-73^{\circ}\text{C}$ ，完全适合于各类食品冷藏及冷冻行业。

- 采用螺杆压缩机并联机组；
- 采用 R507A 制冷，低温载冷剂或  $\text{CO}_2$  载冷剂；
- 采用全自动智能控制系统控制；

- 末端采用现有空气冷却器，冷凝采用蒸发式冷凝器（这两项尽可能利旧）；
- 减少安全风险，维修难度小，易维护。

**预期年节能量（吨标准煤）：**根据改造前后能耗数据对比表，采用新的配置系统设备改造后耗电量较原系统仅增加 3.63%，与原有氨制冷系统耗电量相当。

#### 改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：

通过测算，改造后每年可为企业节省成本费用 131 万元，其中：

- 1、新制冷系统完全可以实现无人值守，人员成本减少 126 万元；
- 2、制冷机组维护保养费用节省 2.5 万元；
- 3、系统改造完毕后无需报检节省费用 12.5 万元；
- 4、系统改造后企业每年电费增加 10 万元。

**项目方案分析：**项目改造初衷是为了增强冷库的安全环保性能。在节能节电方面考虑的比较少，但由于新制冷系统的自动化程度较高，无形中也减少了一定的运行成本。

#### 项目 15

**项目概况：**约 1.5 万 m<sup>2</sup> 仓库改造升级冷库，机组优化，冷库增容，智能化货架增加。机组制冷效果有所欠缺，库容不够用，比较耗电，冷库智能化设计欠缺。

| 改造前主要设备主机类别   |     | 台数 | 额定制冷量/制热量 (kW) | 年运行小时数 | 年耗电量 (kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份 | 制冷剂 |
|---------------|-----|----|----------------|--------|-------------|-------------|--------|-----|
| 冷冻冷藏设备和压缩冷凝机组 | 螺杆式 | 4  | 366            | 5110   | 838040      |             | 2015   | 氟利昂 |
|               | 活塞式 | 4  | 32             | 5110   | 91980       |             | 2020   | 氟利昂 |

**项目改造方案：**末端:电热除霜改为热气冲霜，电热除霜，每年节约电费成本 20%。使用年限已久的冷风机更换低功率大冷量冷风机。

**主机：**制冷主机改为变频螺杆压缩机，每年节约电费 30% 左右。压缩机更换

活塞环，避免压缩机制冷能力下降。

**控制系统：**云端监测，只能联网，有故障及时发现处理。

**后期维护：**每日日常巡检，每半年进行日常保养（更换过滤芯、冷冻油、过滤器），让设备的性能达到最佳状态。避免发生空转。

**预期年节能量（吨标准煤）：**预期每年能节约 1250,000kW·h

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**本改造方案使用年限：10 年，预计投资 860 万，每年节约电费 87.5 万，10 年共节约 875 万，每年收益预计增加 200 万，10 年累计收益增加减去投资成本约 2000 万。

**项目方案分析：**该项目改造进行了主机更换，在控制系统上增设了云端控制，加强运行维护。每年节能费用可观。

## 项目 16

**项目概况：**10 万方冷库分 6 个温区，可自动调节，可独立控制。改之前是普通仓库，且是 2 个仓库，和一栋办公楼。

| 改造前主要设备主机类别 | 台数  | 额定制冷量 / 制热量 (kW) | 年运行小时数 | 年耗电量 (kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份 | 制冷剂  |
|-------------|-----|------------------|--------|-------------|-------------|--------|------|
| 水冷式冷水(热泵)机组 | 螺杆式 | 4                | 1560   | 3650        | 675.25 万    | 2016   | R507 |

**项目改造方案：**冷库共分 6 个温区，两个机房控制，其中一栋 8 万吨，分 5 间库区，均为低温冷冻库，高度 14 米，采用高位货架。另一栋 2 万吨，2 个温区，高低温两用库，高度 14 米，均配有恒温月台，载冷剂制冷，末端采用冷风机，后期维护费用节能，简单，易排放。

**预期达到系统能效水平和节能减排效果测算：**载冷剂制冷具有蓄冷功能，配有 250 吨蓄冷池，完成，可达到节能效果。

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**改造方案投资相对偏高，但运作安全，节能角度考虑非常划算，预计 5 年方可收回投资成本。

**项目方案分析：**改造方案的内容欠详实。投资成本略高，5 年回收期尚可。

## 项目 17

**项目概况：**建筑面积约 1.3 万平米，库容 10 万立方米。自 2006 年投入使用至今已运营 12 年，因使用年限较久，现库体、库内设施等均存在不同程度的破损、老化、损坏，出现库内冷气泄漏，导致制冷效果下降，具体情况如下：

### 1、库体破损，开裂、渗水漏水严重

因使用年限较长，常年叉车等摩擦，库内地面磨损、开裂等情况严重破损、货架根部固定处混凝土面层松动，已无法固定货架；仓库屋面防水卷材已老化开裂、屋面彩钢板锈蚀严重致使机房、库内、办公室、走廊不同程度地漏水；外墙砂浆面层开裂、空鼓严重，涂料脱皮掉落并渗水等土建问题严重。

### 2、制冷系统故障或损坏，严重逃冷漏氟

目前制冷机机组控制系统损坏，过滤器泄漏；吊顶冷风机电加热部位、电机、冷风机外壳等不同程度损坏；冷凝器电机、水箱外壳、水泵等均出现老化及冷凝水泄漏，风机管道焊接处出现多处漏点，导致氟利昂泄漏。制冷机组、冷风机、蒸发冷凝器等需部分更换或维护改造，管道、阀件及保温需重新更换，原有管道、冷风机吊架和固定架需进行加固。从节能环保角度考虑将原氟 R22 制冷剂（是环保部门决定取消产品）更换为氟 R507A。

### 3、电气线路老化，安全隐患严重

月台等区域电线出现不同程度老化，部分老化严重，已出现过两次短路导致产生明火，存在较大安全隐患，须重新铺设新电缆，更换节能照明灯具。

一期冷库共拥有冷藏、冷冻间共 6 间，制冷系统采用蒸发式，由 7 套制冷机组提供冷库及月台所需冷量，其中 6 套螺杆并联制冷机组（2 套中温及 4 套低温），1 套中低温活塞并联制冷机组，常年 24 小时供冷，根据客户需求，提供相应冷却物、冻结物适宜储藏温度。

| 改造前主要设备主机类别 | 台数 | 额定制冷量/制热量(kW) | 年运行小时数 | 年耗电量(kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份 | 制冷剂 |
|-------------|----|---------------|--------|------------|-------------|--------|-----|
|             | 6  | 264           | 8760   | 151        |             | 2006   | R22 |

|               |   |     |      |           |  |           |     |   |
|---------------|---|-----|------|-----------|--|-----------|-----|---|
| 冷冻冷藏设备和压缩冷凝机组 |   |     |      | 万         |  | 年         |     |   |
|               | 1 | 554 | 8760 | 24.5<br>万 |  | 2006<br>年 | R22 | 1 |

**项目改造方案：**一期冷库改造项目冷藏间共分为 6 间，其中冷却物冷藏间 2 间，即原 1#冷库、6#冷库，位于一期冷库南北两侧，双温冷藏间 1 间，即原 3#冷库，冻结物冷藏间 3 间，即原 2#、4#、5#冷库。由于冷库长度较大，制冷机房两间，1#、2#机房分为南北两间布局，以便节能。

南区 1#制冷机房:-8°C系统包含冷却物冷藏间 1 (原 1#冷库)、双温库 (原 3#冷库) 作为冷却物冷藏间使用，系统机械负荷为 284kW。该系统配 1 台中温单级变频螺杆并联制冷机组 (75HP×2)。在 35°C/-8°C下总制冷量为≥290kW，总输入功率≤100kW，系统配 1 台 SPL--960 蒸发式冷凝器 (在湿球温度 28°C，冷凝温度 35°C下实际排热量≥470kW)。

-33°C系统包含冻结物冷藏间 1 (原 2#冷库)、双温库 (原 3#冷库) 作为冻结物冷藏间使用，系统机械负荷为 320kW。该系统配 1 台多机头并联单机双级变频低温螺杆制冷机组 (120HP×2)。在 35°C/-33°C下总制冷量为 343kW，总输入功率 194.4kW。系统配 2 台 SPL-670 蒸发式冷凝器 (要求在湿球温度 28°C，冷凝温度 35°C下的实际排热量≥325kW/台)。

0°C系统：包含低温穿堂 1~2，系统机械负荷为 269kW。该系统配 1 台中温单级变频螺杆制冷机组 (100HP)。该机组在 35°C/0°C工况下，总制冷量为 315kW，总输入功率 73kW。系统配 1 台 SPL-870B 蒸发式冷凝器 (在湿球温度 28°C，冷凝温度 35°C下实际排热量≥465kW)。

北区 2#制冷机房:-8°C系统包含冷却物冷藏间 2 (原 6#冷库)，系统机械负荷为 184kW。该系统配 1 台中温单级变频螺杆制冷机组 (100HP)。该机组在 35°C/-8°C工况下，总制冷量为 261kW，总输入功率 73kW。系统配 1 台 SPL-780 蒸发式冷凝器 (在湿球温度 28°C，冷凝温度 35°C下的实际排热量≥400kW)。

-33°C系统包含冻结物冷藏间 3、4(原 4#、5#冷库)，系统机械负荷为 341kW。该系统配 1 台多机头并联单机双级变频低温螺杆制冷机组 (120HP×2)。该机组在 35°C/-33°C工况时，总制冷量为 343kW，总输入功率 194.4kW。系统配 2 台 SPL-670 蒸发式冷凝器 (在湿球温度 28°C，冷凝温度 35°C下的实际排热量

≥325kW/台)。

冷间内采用吊顶式冷风机做蒸发器，共配置吊顶式冷风机 48 台，整个制冷系统设有自动控制管理系统，连接工业用计算机，对主要设备运行情况进行模拟显示，实现对制冷系统实时运行状态监测、控制和管理，能够实现无人操作。制冷压缩机组根据设定的低、中压压力自动启闭压缩机的台数进行能量调节，并设有吸气压力过低、排气压力过高、油压差及电机过载保护等安全保护。冷风机可根据蒸发器结霜情况，周期性自动或手指令热氟融霜，并提前自动启闭对应排水管内电加热器，其中 1 台冷风机在融霜时要保证 3 台以上(含)冷风机在制冷。

**本项目后期维护：**正常运转时，制冷系统需要有资质人员定时巡查，故障报警时可在主机和远程终端显示，单个设备均可在故障时独立到系统之外，维修过程中不影响其它设备运转。

**预期年节能量(吨标准煤)：**48696.7 吨标准煤

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**原制冷系统已使用 10 年以上，大部分设备老化、阀件泄漏造成制冷系统能耗增加，加上 10 年来制冷系统发展，新技术、新设备、新材料的应用，使同样库容库温的情况下，制冷系统能耗也有较大幅度下降，因此本项目制冷系统改造经济性较好。本项目总投资 2000 万元，其中制冷系统部分改造投资约 850 万元，按照节能 15%，每度电 1.2 元计算，年节电约 39.59 万度，节省电费 47.508 万元，投资回收年限约 17.89 年。

**项目方案分析：**本项目原始系统设备老旧，改造方案比较详细合理，投资回收年限略长，对投资方有一定的经济压力，有一定的节能节电效果。

## 项目 18

**项目概况：**建筑面积 7.7 万平方米，是集医疗、教学、科研、保健、康复、急救一体的三级甲等综合性医院。中央空调设备系统位于新建综合大楼的西南，制冷主机位于地下一层中央空调机房内，地面标高为-6.8m。原冷冻站安装有螺杆式水冷机组：2 台 LS320Z 及 2 台 LS2210Z，总制冷量为 5066kW。据现场了解到，在夏季最热气候条件下，4 台冷水机组满负荷运行。为满足使用需要以及未来可能增加的需要的冷量，现对其冷冻站进行更换和改造，并对行政楼楼层风机盘管配电及控制系统进行更换。原制冷系统：选用二台 LS320Z 和二台 LS2210Z

冷水机组，总制冷量为：5066KW；机组夏季提供 7°C/12°C 冷冻水。据现场了解到，在夏季最热气候条件下，四台制冷机组基本接近满负荷运行。

| 改造前主要设备主机类别 |     | 台数 | 额定制冷量/制热量(kW) | 年运行小时数 | 年耗电量(kW·h) | 执行能效标准及性能系数                  | 开始使用年份 | 制冷剂 |
|-------------|-----|----|---------------|--------|------------|------------------------------|--------|-----|
| 水冷式冷水(热泵)机组 | 螺杆式 | 4  | 5066          | 7200   | 6161400.00 | 能效标准：3 级/4 级<br>性能系数：4.8/3.8 | 2010 年 | R22 |

**项目改造方案：**原冷冻站总制冷量为 5066kW，在原制冷系统制冷量的基础上，考虑 15%的预留量，更新原制冷系统，选用高效节能的环保型制冷设备。改造后的总制冷量为：5978kW，本项目设计选用 2 台水冷离心式冷水机组，每台制冷机组制冷量为 2989kW，机组提供 7/12°C 冷冻水，为便于负荷调节，一台变频，一台定频。选用 2 台冷水机组的优点是：在现有 3 栋老楼末端使用情况下，1 台制冷主机可以满负荷运行，运行效率最高，节省运行成本，另 1 台制冷主机可以作为变频运行，并可以满足未来增加其它用户时的运行。

**控制系统：**采用 PLC 控制器进行控制，主要传感器和阀门均选用优质产品。空调 PLC 自控系统设置于地下室机房内，在水管路上安装各种自控元件，通过控制电缆连接至中控中心。

**后期运行维护：**质保期内免费提供设备维修服务，免费提供保养服务，属于产品质量问题，采用与原合同中相同标准的零部件免费更换。负责建立完备的保养计划及保养档案，对每次联系、服务、回访、质量反馈等资料记录备案，并做质量分析，由用户监督。例行设备巡查制度，维保工程师每月回访一次，主动上门服务，及时了解设备运行情况，作好维护保养工作和记录，并由用户监督。在质保期结束时，由专业维护工程师和买方代表对整套设备进行一次全面检查，发现任何缺陷和问题将由投标人责任修理或更换。在质保期外，继续提供技术支持服务，同时对设备提供终身维修服务，只收取更换零部件的材料费。

**预期年节能量（吨标准煤）：**工况 2 比工况 1 预期年节能量（吨标准煤）：  
 $(6161400.00 - 3392475.59) * 1.2303 * 10 - 4 = 340.66$

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**改造方案设计选取的总制冷量除满足已在用的三栋老楼的空调系统的制冷量，还要考虑未来可能增加的需要的冷量，考虑足够的余量；充分考虑安全性、可靠性因素，冷冻站主要设备采用进口品牌，确保设备长期可靠运行，本项目在正常使用和维护条件下保证连续使用 20 年以上；主设备采用模块化结构设计，便于故障的维护处理，设备间的位置要便于设备维护保养；制冷系统方案运行安全可靠、高效节能；系统整体设计，可合理设计设备容量，减少设备成本。

**投资回收年限测算：**除去维护人员日常开支和机组日常运行产生的其他费用，每年可以节省电费  $5545260.00 - 3053228.03 = 2492031.97$  元，如果只从节省的电费来看，此改造项目总投资 8920668.00 元，投资回收年限大约为 3.6 年。

**项目方案分析：**本项目改造方案详实，对主机设备、控制系统、运行维护等方面都做了比较可靠的方案。投资回收期较短，有比较大的节能节电效果。

## 项目 19

**项目概况：**四星级饭店，高 99.8 米，共 28 层。酒店开业时间 1997 年，最近装修时间 2017 年。酒店营业占地面积 65000 m<sup>2</sup>，酒店拥有标准客房、商务用房、豪华套房和总统套间共计 251 套。

| 建筑功能分区            | 餐饮    | 会议   | 住宿    | 休闲娱乐  | 办公   | 员工宿舍 |
|-------------------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 面积 m <sup>2</sup> | 15000 | 3200 | 25000 | 10000 | 6000 | 4000 |

改造前制冷空调系统概况：

|        |  |
|--------|--|
| 空调（制冷） | 3 台 1490kW 特灵离心式电制冷机组，电气人员采用巡视方法，人为判断并开启 |
|        | 3 台 75kW 冷却泵                             |
|        | 3 台 45kW 冷冻泵                             |
|        | 3 台 11kW 冷却塔                             |

|         |               |
|---------|---------------|
| 采暖      | 蒸汽板换          |
| 生活热水    | 蒸汽板换          |
| 洗衣房     | 蒸汽板换          |
| 空调末端    | /             |
| 自动化控制平台 | 无自控, 需要大量人力成本 |
| 水质管理    | 人工加药水处理       |
| 系统管路    | /             |

| 2013-2015 年年均能耗数据统计 |            |             |           |
|---------------------|------------|-------------|-----------|
| 能耗项                 | 数值         | 能源单价        | 小计        |
| 制冷耗电量               | 288 万 kW·h | 0.83 元/kW·h | 239.04 万元 |
| 制热耗电量               | 36 万 kW·h  | 0.83 元/kW·h | 29.88 万元  |
| 制热耗蒸汽量              | 19192 吨    | 186 元/吨     | 356.97 万元 |
| 合计                  |            |             | 625.89 万元 |

| 改造前主要设备主机<br>类别 |     | 台<br>数 | 额定制<br>冷量/<br>制热量<br>(kW<br>) | 年运<br>行小<br>时数 | 年耗<br>电量<br>(kW<br>·h) | 执行能效标<br>准及性能系<br>数 | 开始<br>使用<br>年份 | 制<br>冷<br>剂 |
|-----------------|-----|--------|-------------------------------|----------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------|
| 水冷式冷水<br>(热泵)机组 | 离心式 | 3      | 1744.5                        | 122<br>万       | 额定<br>COP5             | 1997                | 离心<br>式        |             |

**项目改造方案:** 1、主机: 主机采用智能分析控制技术, 通过安装主机能效策略控制柜, 可根据末端生产负荷需求, 实现调整机组间开启台数或开哪台, 并

在上述冷却能力提升的基础上，达到节能效果，并考虑再添置一台磁悬浮机组。

2、在汽水换热器高温管道一次侧管道上安装电动调节阀和二次供水水管上安装温度传感器，并把数据接入双良云平台管理系统，使得采暖系统一次侧阀门开度根据二次侧（设定）温度和室内/外温度进行调节，达到节约蒸汽的目的。

3、冷冻水泵和热水泵：通过安装冷冻水泵能效控制柜，实现主机定流量安全运行、末端变流量节能运行，达到降低能耗的效果。

1. 冷却塔：冷却塔采用联合变频技术，通过冷却塔安装能效控制柜，在冷却塔变流量的基础上，实现所有风机同时变频开启，达到用最小功率实现最大风量的效果。

4、冷却水泵：冷却水泵采用节能控制技术，通过安装冷却水泵能效控制柜，在上述冷却塔高效冷却能力的基础上，实现流量降低并满足主机流量需求，并考虑更换高效水泵。

5、将原有的部分过滤器更换为双良零阻力过滤器。

6、增加双良胶球在线清洗装置和自动加药装置。

7、末端：安装末端感知的新风机变风量及智能启停控制系统，实现控制风机的开启或关闭，达到降低能耗的效果。

8、自动化控制平台：通过对上述机房设备安装能效控制柜，采用自动化控制平台连接所有设备，实现自动化控制，达到一键全自动运行、定时记录数据、统计机房能耗等效果。

9、根据国家机关办公建筑和大型公共建筑消耗的主要能源按种类划分进行采集和统计整理能耗数据：对冷冻站（包括主机、冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔）与采暖泵、组合式空调机组的电量进行采集；对空调机房用水量（冷水、热水）进行采集；对机房蒸汽量进行采集。通过分项用量（其中包括水、电、汽）进行数据汇总，做出上期总值、本期总值、变化率和变化曲线，以及能耗同比分析或环比分析；查询日期可精确到日、周、月、年或自定义；实时了解和掌握空调任意时间或时间段的耗能情况。

**预期年节能量（吨标准煤）：** 283tce

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**

EMC 部分：改造预计总投资 128 万元，年节约能源费 32 万元，静态投资回收期为  $128 \div 32 = 4$  年；

EPC 部分：空调机房添置及安装部分（289 万）+分项计量投资部分（95 万元）

**项目方案分析：**本项目采用合同能源管理的方式，在高能效设备更新的基础上，完善系统智能控制，并利用合理的管理模式，使项目达到比较好的节能目的。

## 项目 20

**项目概况：**大楼现有建筑面积 6 万多 $m^2$ 。改造前制冷空调系统概况：大楼中央空调于 1997 年启动运行，空调机组设计使用寿命 15 年，现已使用 20 年，2#、3#设备已到报废年限，有必要更换，目前 2#机组制冷效果大幅下降，3#机组已无法使用，设备故障频出，能耗大幅上升，制冷效果下降，不能确保正常运转，各种配套设备、系统、管道均存安全隐患。能耗经装表统计测算，年耗蒸汽 7126 吨，年耗电 37.819 万  $kW\cdot h$ ，年维护费 53.95 万元，合计能耗费用 252.24 万元，与同等政府办公建筑类型项目相比能耗费用偏大。

| 改造前主要设备主机类别 | 台数 | 额定制冷量 /制热量 (kW) | 年运行小时数               | 年耗电量 (kW·h) | 执行能效标准及性能系数 | 开始使用年份 | 制冷剂 |
|-------------|----|-----------------|----------------------|-------------|-------------|--------|-----|
| 溴化锂吸收式冷水机组  | 2  | 2330            | 制冷 2900t<br>采暖 3200t | 1 级能效       | 1997        | 水      | 2   |
|             | 1  | 1150            |                      | 1 级能效       | 1997        | 水      | 1   |

**项目改造方案：**1、拆除两台制冷量 200 万大卡蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组，拆除两台壳管式采暖汽水换热器；  
2、新增一台制冷量 200 万大卡磁悬浮冷水机组，一台制冷量 200 万大卡的蒸汽型溴化锂吸收式冷水机组，新增 2 台换热量为 2600kW 的汽水板式换热器以及相关附属管道安装工程；  
3、新增 2 套胶球在线清洗装置、2 套在线监测自动加药系统、2 套零阻力水力止回系统、2 套节电降压水力系统和 1 套水质远程监控系统以及相关附属管道安装工程；  
4、原机房保留管道除锈刷漆工程，原管道保温及外装饰拆除更换工程；

5、新增 1 套 SL6000 节能管理系统以及云平台接入服务；

6、新增 1 套双良智慧能效云平台。

预期年节能量（吨标准煤）：376.2tce

改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：EMC 部分：改造预计总投资 459 万元，年节约能源费 75 万元，静态投资回收期为  $459 \div 75 = 6.1$  年

**项目方案分析：**项目原始系统老旧，符合改造需求。更换高效冷机，增设智能控制系统平台。办公建筑的通病就是在运行维护方面管理不严格，造成了一些浪费现场。如果在这方面加强，节能效益会更好。

## 项目 21

**项目概况：**饭店于 1997 年开业，2003 年重新装修，楼高 30 层，总面积 5 万平方米。饭店由主楼和附楼两部分组成，主楼高 28 层，客房设施齐全、宽敞舒适，拥有总统套房、普通套房、标准房、商务房共 380 间。饭店低区冷源由位于地下室的 1 台制冷量 1758kW 溴化锂机组提供。饭店 5-30 层的冷源由位于 5 楼的 375kW 和 500kW 各 1 台风冷热泵以及 24 楼的 3 台 321kW 风冷热泵机组提供。原卫生热水由外网蒸汽通过 3 台 6m<sup>3</sup>汽-水容积式换热后提供。

改造前制冷空调系统概况：

**低区：**饭店低区冷源由位于地下室的 1 台制冷量 1758kW 溴化锂机组提供，机组目前存在使用年限久、制冷逐年衰减、效果差、故障频发、维修维保费用高等问题，夏季制冷运行 1 台，平均每年运行 5 个月，运行时间视天气而定，7 月、8 月几乎是 16h/天。

| 项目         | 消耗量                 | 单价          | 小计       |
|------------|---------------------|-------------|----------|
| 制冷机蒸汽费用    | 5040 吨              | 156~196 元/吨 | 78.62 万元 |
| 空调年维护及年维修费 | /                   | /           | 6 万元     |
| 合计         | 饭店低区空调能耗合计 84.62 万元 |             |          |
| 使用面积       | 合计约 0.72 万平方米       |             |          |

**高区：**饭店 5-30 层的冷源由位于 5 楼的 375kW 和 500kW 各 1 台风冷热泵以及 24 楼的 3 台 321kW 风冷热泵机组提供，机组运行近 20 年，压缩机频繁损坏更换，且更换的压缩机已不是原配压缩机，导致实际制冷效率 COP 在 2.5 以下，制冷设备在当前效率已经极其低下。夏季制冷运行 2 台，平均每年运行 6 个月，运行时间视天气而定，7 月、8 月几乎是 24h/天。

| 项目               | 消耗量                               | 单价          | 小计       |
|------------------|-----------------------------------|-------------|----------|
| 24 层 3 台风冷热泵电费   | 73.87 万 kW·h                      | 0.87 元/kW·h | 64.27 万元 |
| 5 层 2 台风冷热泵电费    | 59.09 万 kW·h                      | 0.87 元/kW·h | 51.4 万元  |
| 5 层、24 层风冷热泵年维保费 | /                                 | /           | 合计 10 万元 |
| 合计               | 1 年 24 层、5 层制冷机电费及维修费合计 125.67 万元 |             |          |
| 使用面积             | 约 2.35 万平方米                       |             |          |

卫生热水：原卫生热水由外网蒸汽通过 3 台 6m<sup>3</sup>汽-水容积式换热后提供，全年 360 天提供卫生热水。目前存在蒸汽管网热损失、外购蒸汽价格昂贵、汽-水换热损失等劣势。

| 项目         | 参数        |
|------------|-----------|
| 日用水量       | 80 吨/天    |
| 年用热水量      | 28800 吨/年 |
| 蒸汽用量       | 4015 吨    |
| 卫生热水单价     | 25 元/吨    |
| 卫生热水全年费用合计 | 72 万元     |

| 改造前主要设备主机类别 | 台数 | 额定制冷量/制热量 (kW) | 年耗电量 (kW·h) | 执行能效标准及性能系数             | 开始使用年份 | 制冷剂   |
|-------------|----|----------------|-------------|-------------------------|--------|-------|
| 风冷式冷水(热泵)机组 | 1  | 500            | 59.09 万     | 额定 COP3.5 ,实际 COP2.5 不到 | 1998   | R410A |
|             | 1  | 375            |             |                         | 1998   | R410A |
|             | 3  | 321            | 73.87 万     |                         | 1998   | R410A |
| 溴化锂吸收式冷水机组  | 1  | 1758           | 蒸汽 5040t    | 2 级能效标准; COP1.1 左右      | 1997   | 水     |

## 项目改造方案:

### 1、饭店低区中央空调改造:

(1) 先进的 1 台双良高效磁悬浮制冷机组, 制冷量 725kW, 它拥有卓越的运行效率和可靠性, 可以通过变频调节来满足不同冷量需求, 在 5%-100%范围内实现无级变频调节, 其中在满负荷运行下制冷效率 5.97; 在 75%负荷下制冷效率 8.56; 在 50%负荷下制冷效率 12.61; 在 25%负荷下制冷效率 13.37。

(2) 先进的一体化泵组系统, 它配置的”0”阻力过滤器截面比传统大 10 多倍, 阻力几乎为零; 由于止回阀为薄钢板自落式, 阻力几乎为零; 由于接管直径大, 弯道少且是喇叭口, 阻力极小。与主机、带模块化的冷却水泵、冷冻水泵配合使用, 可随运行负荷变化自动调节频率。实际运行电耗仅为配电功率的 30%~50%。另外过滤器维护保养方便: 由于容积极大, 过滤器清理周期比传统延长 10 倍以上。

### 2、饭店高区中央空调改造:

(1) 先进的 2 台双良高效节能岛(模块式磁悬浮制冷机+水泵+冷却塔一体化机组), 制冷量 450kW, 额定功率为 80kW, 它拥有卓越的运行效率和可靠性, 可以通过变频调节来满足不同冷量需求, 在 5%-100%范围内实现无级变频调节, 综合 COP 达到 4.8~6.5, 远高于一般机房综合 COP3.5~4.5

(2) 与空调主机相匹配新增高效冷却水泵 2 台, 冷冻水泵 2 台及配套的 100t 高效冷却塔。

### 3、卫生热水系统改造

(1) 在充分考虑饭店中央空调系统稳定运行的前提下, 结合节能管理要求, 对现有的蒸汽+板换系统进行改造新增总计 80 匹空气源循环式热水机组, 输入功率为 68.4kW, 输出热量 288kW。

(2) 系统设有两个 30 吨保温水箱及 1 个 24 吨恒温水箱, 合计 84 吨, 以及相应的加压泵以保证全天候的热水供应。

### 4、建筑能耗监测系统

引领行业智能化趋势的双良能效智慧云平台管理系统, 它融合了计算机信息处理、模糊控制、网络云平台等先进技术, 全面检测系统运行参数和监控设备的运行状态, 综合系统冷(热)量需求, 分析出系统优化运行参数, 自动控制水泵

或风机的运行频率和设备启停数量，调节系统冷（热）水、冷却水流量，跟踪空调主机工况变化，保证系统在各种负荷条件下处于最佳工作状态，从而降低整个空调系统的综合能耗，达到高效节能的目的。

将卫生热水的能耗数据也输入到双良能效智慧云平台，对能耗进行监控。能根据系统在不同地区季节变化，智能预测系统负荷变化趋势，实时地整体调配设备运行参数，自动跟踪系统负荷，适应系统负荷变化，确保卫生热水系统的高效节能运行。它还配备特有的数据记录功能，可以将设备运行周期内的所有设备数据备份到云端，任何时间均可从云端了解设备运行历史，对大量数据可进行分析，了解设备运行情况。

**预期年节能量（吨标准煤）：**949.13tce

**改造方案的经济性分析和投资回收年限测算：**改造预计总投资 472.2 万元，扣除补助资金 100 万元，年节约能源费 80.8 万元，静态投资回收期为  $372.2 \div 80.8 \approx 4.6$  年

**项目方案分析：**项目改造方案详细，有一定的补助资金，分别对酒店高地区进行改造，并增设建筑能耗监测系统，回收期较短，有一定的节能效果。

## 4 绿色高效制冷技术征集和技术发展分析

绿色高效的制冷技术是进行系统节能改造的重要依托，《绿色高效制冷行动方案》中提出，落实《绿色产业指导目录》，推动政策、资金向绿色产业倾斜。将先进适用的绿色高效制冷技术及时纳入《国家绿色技术推广目录》和《产业结构调整指导目录》鼓励类项目，推动绿色技术与资本、产业的对接。

### 4.1 绿色高效制冷技术征集信息汇总

对绿色高效制冷技术，按照单元机、离心式冷水（热泵）机组、螺杆式冷水（热泵）机组、末端设备、热泵热水机、吸收式冷水（热泵）机组、压缩机、制冷剂、多联机、其他、换热器（技术）、控制系统进行等分类。绿色高效制冷技术一共征集到 44 项。分类如下表 4-1：

表 4-1 绿色高效制冷技术分类统计表

| 序号 | 技术类型 | 数量（项） |
|----|------|-------|
| 1  | 单元机  | 1     |
| 2  | 多联机  | 1     |

|    |               |    |
|----|---------------|----|
| 3  | 离心式冷水（热泵）机组   | 12 |
| 4  | 螺杆式冷水（热泵）机组   | 6  |
| 5  | 吸收式冷水（热泵）机组   | 2  |
| 6  | 末端设备          | 6  |
| 7  | 蒸发式冷却空调（热泵）机组 | 3  |
| 8  | 热泵热水机         | 1  |
| 9  | 压缩机           | 3  |
| 10 | 制冷剂           | 1  |
| 11 | 换热器（技术）       | 3  |
| 12 | 控制系统          | 3  |
| 13 | 其他            | 2  |
| 合计 |               | 44 |

依据《绿色高效制冷行动方案》，收集目前行业的典型绿色高效制冷技术，并结合节能改造技术和总体改造方案，汇总如下表 4-2。

表 4-2 征集技术信息汇总表

| 序号 | 单位名称             | 技术/产品名称                       | 适用领域  | 节能环保效果  |
|----|------------------|-------------------------------|---|---|
| 1  | 株洲变流技术国家工程中心有限公司 | 中央空调永磁直驱变频传动系统                | 适用于离心式、螺杆式中央空调冷水机组  | 助力冷水机组能效远超双一级能效标准，较异步变频系统节能 40%   |
| 2  | 重庆通用工业（集团）有限责任公司 | 双级高效离心式冷水机组                   | 产品可广泛应用于新能源绿色节能系统、数据中心、商场、酒店、写字楼、影剧院、医院、化工工业领域等。  | 超过国家一级能效标准水平  |
| 3  | 浙江盾安机电科技有限公司     | 盾安安焱 i-Glow 系列 CO2 热泵热水机组     | 广泛应用于高档酒店、学校、医院、部队、食堂、洗浴等生活场所，也可应用于纺织、屠宰、电镀、杀菌等工业领域，能够满足用户不同温度的热水需求。                              | CO2 热泵热水机具有高效能和高出水(最高 90°C)的特点，可以替代大部分燃煤锅炉、燃油锅炉和电锅炉进行高温热水供应，具有其他热水机所不能比拟的环保、节能和经济优势。  |
| 4  | 浙江盾安机电科技有限公司     | 盾安安澜 i-Legend 系列变频直驱离心式冷水机组   | 无论是在新建工程还是节能改造项目上，既能为宾馆、医院、药厂、影剧院、体育馆、娱乐中心、商业大厦、写字楼、工矿企业等场所的中央空调系统提供冷水，也可以为纺织、化工食品、电子科研等部门提供工艺冷水。 | 盾安安澜 i-Legend 系列变频直驱离心式冷水机组，技术水平达国际领先；COP7.19,IPLV11.02，高效节能达 40%；永磁变频，功率因数高达 99%。  |
| 5  | 浙江盾安机电科技有限公司     | 盾安安润 i-Dream 系列水冷高能效降膜螺杆式冷水机组 | 高能效水冷螺杆式冷水机组以其可靠稳定、节能环保等优点而深受市场青睐。广泛用于宾馆、医院、影剧院、体育馆、娱乐中心、商业大厦、写字楼、工矿企业等场所，为中央空调系统提供冷水。            | 冷水机组的能效直接影响整个空调系统的运行效率，选择高能效的冷水机组能够大幅削减空调系统的运行费用，在提高能源利用效率的基础上，还能减少碳排放、降低对环境的影响。本册产品全部达到国家一级能效要求，定频系列 COP 最高可达 6.62、变频系列 IPLV 最高可达 9.0。 |

|    |              |                                 |  |  |
|----|--------------|---------------------------------|--|--|
| 6  | 浙江盾安机电科技有限公司 | 椭圆管换热器技术                        | 适用于有低风阻、低能耗及高效换热需求的系统。   | 盾安高效椭圆管换热器，通过换热器空气阻力对比分析，能有效满足高效过滤送风系统低风阻、低能耗的要求；椭圆管换热器的空气阻力约为同规格圆管换热器的 50%；相同迎风面积下，椭圆管换热器净流通面积比同规格圆管换热器的管间净流通面积大 17%~22%； |
| 7  | 浙江盾安机电科技有限公司 | 盾安安铂 i-Power 系列直流变频全新风（热泵）恒温恒湿机 | 该设备适用实验室、检验室、医药、电子、等高精度恒温恒湿行业的工艺性空调系统，同时适用于商用/公用建筑、体育馆、球场等舒适性场所。           | 机组具有控制精度高、适用范围广、处理焓差大、出风露点低等特点，同时可配置比例型冷凝热回收技术，替代传统的电辅热，系统综合能耗降低 45% 以上。   |
| 8  | 珠海格力电器股份有限公司 | 永磁同步变频离心式冷水机组                   | 制冷量范围 350-10500kW, 可广泛应用于大型公建、数据中心、区域能源、北方采暖、工业制冷等领域                       | 满负荷性能系数 COP 实测最高可达 7.12, IPLV 最高可达 12.05, 能效大大由于竞争对手产品，全年节能达 40%。机组广泛应用于人民大会堂、港珠澳大桥、北京大兴国际机场等重大项目，为期环境营造、设备安全提供保障，节能效果显著。  |
| 9  | 珠海格力电器股份有限公司 | 高效磁悬浮直接制冷式空调机组                  | 大型轨道交通场站制冷系统   | 高效直接制冷式空调机组满负荷 EER 最高达到 5.68, IPLV 最高达到 9.12, 较常规地铁空调系统节能 53.3%。   |
| 10 | 珠海格力电器股份有限公司 | 磁悬浮变频离心式冷水机组                    | 该机组课广泛应用于大型公建、数据中心、公共交通等领域，适用于大型冷水机组的节能改造项目                                | 满负荷性能系数 COP 实测最高可达 7.19, IPLV 最高可达 12.06, 能效大大由于竞争对手产品.  |
| 11 | 珠海格力电器股份有限公司 | 光储空调直流化关键技术                     | 有暖通空调需求的场所建设有分布式光伏系统或者可建设分布式光伏系统即可实现应用。                                    | 提高光伏可再生能源消纳能力，助力电网销峰。系统能效提升，通过该技术的应用，利用极简的光伏直驱系统拓普，实现光伏直驱利用率高达 99.04%，电能转化效率提升 6-8%。                                       |
| 12 | 青岛海尔空调电子有限公司 | 磁悬浮直流变频技术/海尔磁悬浮冷水机组             | 海尔磁悬浮中央空调广泛适用酒店、商场、办公楼、公共建筑等楼宇中央空调系统，并能满足医院、制药、工厂、数据中心、轨道交通、养殖等行业的工艺性空调需求。 | 制冷量 3516KW, 能效比 6.58, 综合能效比 IPLV12.58, 噪声 70dB (A) , 出水温度调整范围 3~20 度, 能力调节范围 2%~100%, 云端监控节能功能配备远程云服务监控模块                  |

|    |                  |                       |  |   |
|----|------------------|-----------------------|--|---|
| 13 | 广东美的暖通设备有限公司     | 宽温域热回收多联机空调绿色技术       | 技术应用范围热回收多联机及多联机空调，热回收运行温度范围为-25°C~48°C。可广泛应用于学校、办公楼、医院、商场、酒店等公共及民用建筑当中，实现同时空调供冷、供热、供热水。 | 1、实现了-25°C~48°C 宽范围内热回收多联机的可靠运行；<br>2、15°C~35°C 环境工况冷媒泄露达初始充注量 5% 可预警；<br>3、实现制冷工况节能 21%，有效提升了多联机变频节能效果。  |
| 14 | 麦克维尔空调制冷(武汉)有限公司 | WSC/WCC 单级压缩变频离心式冷水机组 | 可广泛应用于各类中大型建筑，如：政府公建、工业厂房、高层建筑、商业综合体、高端酒店等领域。  | <b>COP:</b> 在规定的工况下，机组以同一单位表示的制冷（热）量除以总输入电功率得出的比值。麦克维尔单级压缩变频离心产品 COP 水平：5.60~6.30。<br><b>IPLV/NPLV:</b> 用一个单一数值表示的空气调节用水冷机组的部分负荷效率指标，基于规定的工况下机组部分负荷的性能系数值，按机组在特定负荷下运行时间的加权因素，通过公式 $IPLV$ (或 $NPLV$ ) = $2.3\% \times A + 41.5\% \times B + 46.1\% \times C + 10.1\% \times D$ 获得。麦克维尔单级压缩离心产品 IPLV 水平：5.60~9.00。            |
| 15 | 麦克维尔空调制冷(武汉)有限公司 | PFSV 变频单螺杆式冷水机组       | 可广泛应用于负荷波动大，对能效有要求的各类中小型建筑，如：高端酒店、政府公建、轨道交通等领域。  | 麦克维尔变频单螺杆式冷水机组全系 IPLV 可满足 GB19577-2015 《冷水机组能效限定值及能效等级》中的一级能效，部分机型可同时满足 IPLV 和 COP 一级能效。相比相同冷量的定频螺杆产品，年运行费用可节省 20%~30%。   |
| 16 | 麦克维尔空调制冷(武汉)有限公司 | WXE 磁悬浮变频离心式冷水机组      | 可广泛应用于各类中大型建筑，如：政府公建、工业厂房、高层建筑、商业综合体、高端酒店等领域。  | <b>COP:</b> 在规定的工况下，机组以同一单位表示的制冷量除以总输入电功率得出的比值。 <b>IPLV/NPLV:</b> 用一个单一数值表示的空气调节用水冷机组的部分负荷效率指标，基于规定的工况下机组部分负荷的性能系数值，按机组在特定负荷下运行时间的加权因素，通过公式 $IPLV$ (或 $NPLV$ ) = $2.3\% \times A + 41.5\% \times B + 46.1\% \times C + 10.1\% \times D$ 获得。（A、B、C、D 分别为 100%、75%、50%、25% 负荷下的 COP）<br>WXE 磁悬浮变频离心机 COP 最高 7.081，IPLV 10.46。 |

|    |                    |                        |  |  |
|----|--------------------|------------------------|--|--|
| 17 | 南京天加环境科技有限公司       | 轨道交通高效制冷系统             | 暖通空调制冷机房   | 该项目通过行业权威专家鉴定委员会一致认定：本项目技术先进、研究成果达到国际先进水平，制冷机房综合能效比达到 6.0 以上，为国内首创。  |
| 18 | 南京福加自动化科技有限公司      | FEC 中央空调深度节能控制系统       | 公共建筑、工业建筑、民用建筑   | 该项目通过行业权威专家鉴定委员会一致认定：本项目技术先进、研究成果达到国际先进水平，制冷机房综合能效比达到 6.0 以上，为国内首创。  |
| 19 | 南京天加热能技术有限公司       | PureCycle-ORC 低温余热发电机组 | 可再生清洁能源、高效节能技术   | 1、天加目前研制的透平 ORC 低温余热发电系统针对中低温余热（80-300°C）进行回收发电，具有高可靠性、高发电效率、可自动并网及高度集成等一系列优点，能将低温余热（80-150°C）的热电效率从国内目前水平的 5-9% 提升至 8-12%，达到国际先进水平。<br>2、美国 Omart 发电系统，120°C 热电效率 10%，工质年泄漏率 <5%，运行噪声 <92dBA(1m)；天加研制透平 ORC 低温余热发电系统，120°C 热电效率 10.5%，工质年泄漏率 <3%，运行噪声 <88dBA(1m)，优于美国产品指标。  |
| 20 | 克莱门特捷联制冷设备（上海）有限公司 | 模块式水冷磁悬浮变频离心式冷水机组      | 酒店改造、医院改造限制、地铁改造限制、超高层建筑改造限制，以及其他使用年限过长、运行能耗过高、存在安全隐患的老旧机组改造、运输通道狭窄以及机房空间紧张的场合 | 克莱门特模块式水冷磁悬浮变频离心式冷水机组，采用磁悬浮变频压缩技术，变频变速，优化调节控制负荷需求，无润滑油系统，和常规离心或螺杆机组相比：机组在保持高负荷高效率优势的同时，机组综合能效显著提升 60%，同时省去更换润滑油等维护保养费用。多模块单元组合，压缩机多运行在部分负荷状态，。模块化冷水机组通过改变模块单元的运行数量来调整制冷量输出，迅速响应建筑物的负荷需求。每个运行的模块单元总是保持在峰值效率，避免传统整体型冷水机组部分负荷能耗高的难题，大大提升机组的全年运行效率。采用 HFC-134a 环保冷媒，对大气臭氧层无破坏作用，ODP 值为 0 优异的制冷性能，节省电源消耗，降低 CO2 的排放，提高机组能效比 |

|    |             |                            |   |   |
|----|-------------|----------------------------|---|---|
| 21 | 北京海悟技术有限公司  | 分布式水冷散热改造解决方案              | <p>运营商：中型机楼、中小型机房<br/>会议室、办公场所、食堂等地用的 5 匹以上的风冷商用空调</p> <p>行业外：银行、医院、高校、政府机关、工厂等地用的中小型机房<br/>中小型商超用的空调和冷柜<br/>会议、餐饮、中小型办公场所或其他商用空调场景</p> | <p>1、通过独有控制逻辑和水冷系统的散热，可消除空调频繁高压告警，尤其在夏季故障高发期能大幅度减少维护成本达 40%；</p> <p>2、分布式水冷室外机安装灵活，场景多变，闭式水系统内任意布局安装，有效解决安装局限性问题；</p> <p>3、结构简单无大功率震动组件，运行时安静稳定，噪音表现约为 50dB，相比风冷室外机的平均噪音 70dB，能有效消除噪音扰民的现象；</p> <p>4、优化空调运行参数，缓解空调运行能效衰减斜率，增加制冷量的同时降低空调功耗，接入分布式水冷系统后，压缩机因运行功率降低导致使用电量减少，单台空调可节电约 30%。</p> |
| 22 | 广州市华德工业有限公司 | 数据中心专用板管蒸发冷却式自然冷源磁悬浮离心冷水机组 | 可广泛适用于云计算、大数据产业，通信产业等的数据中心机房、基站   | <p>节电：整机能效比高，与水冷冷水机组比较，年制冷节能率为 15%以上，比风冷冷水机组节能 30%以上。</p> <p>节水：机组完全杜绝冷却水塔“飞水”现象，消除设备对于周围环境的影响，与传统的水冷机组相比，可节水 50%以上。</p> <p>节地：一体化设计，内置冷却水泵，无需冷却水塔，结构更紧凑，安装更便利，可节约占地面积。同等冷量占地面积与风冷相比仅占 50%~70%，与水冷相比仅占 60%。</p>   |

|    |                |                    |  |   |
|----|----------------|--------------------|--|---|
| 23 | 广州市华德工业有限公司    | 数据中心专用间接蒸发冷却制冷机组   | 可广泛适用于云计算、大数据产业，通信产业等的数据中心机房、基站  | <p>高效节能：间接蒸发冷却制冷机组的换热过程为气--液--气交换换热，换热模块采用蒸发冷却式换热技术，换热效率高；换热模块的换热芯体易清洗，结垢不影响传热性能，不易导致制冷量的衰减。</p> <p>无渗漏设计：间接蒸发冷却制冷机组在结构上将外侧风系统与机房空气处理系统各自形成独立空间，实现100%无漏水，杜绝了外侧蒸发水通过换热芯体渗漏至机房空气处理系统而影响机房洁净度和湿度的现象。</p> <p>节地：间接蒸发冷却机组整机体积比常规间接蒸发冷机组小1/2以上，占地面积约为常规间接蒸发冷机组的50%~60%。</p> <p>维护简单、便捷，成本低：间接蒸发冷却制冷机组结构设计简单，换热模块体积小，拆装简易，清洗维护便捷，运维难度低；换热模块设有自清洗，智能集污、排污功能，维护间隔周期长，运维成本低。</p> |
| 24 | 北京工大智源科技发展有限公司 | 数据中心用高效泵驱动热管自然冷却技术 | 本技术属于国家重点支持的绿色数据中心节能技术领域。  | 应用于多个北京市公共机构数据中心节能低碳示范改造工程中，经第三方认证，项目实测机组COP可达11.88，年节电率可达50%以上。已完成的62个数据中心CO <sub>2</sub> 总减排量1364.62吨/年，折合757.64吨标煤/年。  |
| 25 | 上海与进智能科技有限公司   | 临界相变的冷热源节能装备       | 蒸发式冷凝器与热泵机组结合，可实现制冷、制热双功能，不仅能解决空气源热泵在冬季运行出现的运行性能不稳定的问题，还节水、节能、无垢、无菌、环保高效。可广泛应用于学校、医院、居住区、办公及工业厂房等各种空调系统。 | <p>应用蒸发冷冷热源技术的空调热泵机组</p> <p>(1)与风冷机组比较：A.夏季节能40%以上；B.冬季节能10%以上。</p> <p>(2)与水冷机组比较：A.夏季节能25%以上；B.冬季可制热运行；C.环保，无军团菌滋生与传播；</p> <p>(3)此外，应用临界相变冷热源技术的空调热泵机组，总投资低、维护费用低；安装简便，实施周期短。</p>  |

|    |                  |                             |                                   |   |
|----|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| 26 | 宁波东源节能科技有限公司     | 智慧能源管控平台                    | 办公、医院、学校等公共建筑                     | 通常可实现建筑整体节能 30%以上，节约管理人员 2 名。   |
| 27 | 安徽工业大学           | 基于 CO <sub>2</sub> 组分的共沸制冷剂 | 小型制冷装置，包括：冷柜、热泵、热泵热水器、家用空调、汽车空调等。 | <p>评价制冷剂对温室效应的贡献大小一般用 GWP 值（温室效应潜能值）来表示，以现今广泛应用的 R134a 为例，其 GWP=1300，而本项目所述 CO<sub>2</sub>/R170 共沸混合工质的 GWP=5；本项目所述 CO<sub>2</sub>/R41 共沸混合工质的 GWP=49；</p> <p>蒸发温度在-10℃~5℃时，CO<sub>2</sub>/R170 系统及 CO<sub>2</sub>/R41 系统比 R134a 系统具有更高的 COP，提升幅度分别可达 30% 及 38% 左右。</p> <p>蒸发温度在-10℃~5℃时，CO<sub>2</sub>/R170 系统及 CO<sub>2</sub>/R41 系统比 R134a 系统具有更高的熵效率，提升幅度分别可达 27% 及 35% 左右。</p> |
| 28 | 约克广州空调冷冻设备有限公司   | YAH 吊顶式空气处理机组               | 暖通空调/商业办公大楼或工业应用                  | <p>1. YE3 超高效节能电机比 YX3 高效电机的平均功耗降低近 20%。</p> <p>2. YE3 系列电机属于超高效 2 级能耗电动机。</p> <p>3. 铭牌及能效标识：</p>   |
| 29 | 约克广州空调冷冻设备有限公司   | YBAH 吊顶式空气处理机组              | 暖通空调/商业办公大楼或工业应用                  | <p>1. YE3 超高效节能电机比 YX3 高效电机的平均功耗降低近 20%。</p> <p>2. YE3 系列电机属于超高效 2 级能耗电动机。</p> <p>3. 铭牌及能效标识：</p>   |
| 30 | 约克（广州）空调冷冻设备有限公司 | YGFC 风机盘管机组                 | 轻商                                | <p>1. 直流无刷电机效率比传统交流电机提升近一倍，平均功耗仅为交流电机功耗的 50%~70%。</p> <p>2. 直流无刷电机自动运行模式下采用无极调节，在房间低负荷时采用低转速运营，进一步降低能耗。</p> <p>3. 交流/直流功耗比较数据如下：</p>  |

|    |                  |                  |                                 |   |
|----|------------------|------------------|---------------------------------|---|
| 31 | 约克(广州)空调冷冻设备有限公司 | YJFC 风机盘管机组      | 轻商                              | 配置的微静电除尘器, PM2.5 一次通过净化效率高达 97%, 微生物一次通过净化效率高达 94.6%  |
| 32 | 约克广州空调冷冻设备有限公司   | YSM 组合式空气处理机组    | 烟草/电子/医院/酒店/学校/医院等大型公用场合        | 冷桥因子: YSM25/ YSM50 机组箱体分别满足 EN1886 TB3/TB2 等级<br>EC 风机功能段: EC 风机自身具有高效率损耗小的特点, 并且调速性能好, 控制简单  |
| 33 | 约克(广州)空调冷冻设备有限公司 | YVAH 全变频吊顶式新风室内机 | 家用、轻商                           | YVAH 所配的 BLDC 电机比常见的 AC 电机, 节能效率可达 50% 左右。且无级调速, 节能高效。  |
| 34 | 约克广州空调冷冻设备有限公司   | 变频风冷螺杆冷水机组       | 商场、酒店等普通商用场合以及数据中心、工艺制冷等工业应用场合。 | 以某数据中心项目为例, 采用 YVAA0343 变频风冷螺杆冷水机组 14 台, 单台设计冷量 1350kW, 根据年运行负荷率和运行工况估算, 与采用相同冷量的普通风冷定频冷水机组对比, 每年可节约电能 510 万千瓦时, 折合节约标准煤约 1784 吨, 折合减少碳排放量 3822 吨。14 台机组每年节约运行费用约为 143 万元(电费按 0.28 元/(kW•h)), 按设备投资总额 1059 万元计算, 投资回收期为 1.48 年。   |
| 35 | 约克广州空调冷冻设备有限公司   | 变频风冷螺杆自然冷却冷水机组   | 数据中心                            | 以兰州某数据中心项目为例, 建筑面积 12 万平方米, 为新建项目, 项目投资总额 11 亿元人民币。该项目采购 YVFA0359 变频风冷螺杆自然冷却冷水机组 14 台, 单台设计冷量 1350kW, 至今设备运行 1 年, 运行状况良好。根据实际的年运行负荷率和运行工况估算, 与采用相同冷量的普通风冷变频冷水机组对比, 每年可节约电能 1914 万千瓦时, 折合节约标准煤约 6699 吨, 折合减少碳排放量 14355 吨。14 台机组每年节约运行费用约为 536 万元(电费按 0.28 元/(kW•h)), 按设备投资总额 1922 万元计算, 投资回收期为 1.61 年。 |

|    |                  |                   |                        |   |
|----|------------------|-------------------|------------------------|---|
| 36 | 约克(无锡)空调冷冻设备有限公司 | YK 变频离心式冷水组       | 商业楼宇, 数据中心, 工艺冷却等      | <p>南京某数据中心项目, 建筑面积约 3 万平方米, 该项目采用 5 台变频 YK 离心式冷水机组, 单台设计冷量 1000TR, 至今设备运行 6 年, 运行状况良好。</p> <p>根据当地气候条件, 实际运行负荷率及运行工况估算, 与采用相同冷量的定频离心式冷水机组相比, 每年可节约电能 161 万千瓦时, 折合节约标准煤 565 吨, 折合减少碳排放量 1211 吨。5 台机组每年节约运行费用约为 161 万元(电费按 1 元/(kW•h), 投资回报期为 0.62 年。</p>   |
| 37 | 约克(无锡)空调冷冻设备有限公司 | YMC2 磁悬浮变频离心式冷水机组 | 数据中心、高级写字楼、酒店、医院和工厂等场合 | <p>以江苏某数据中心项目为例, 该建筑面积约 3 万平方米, 该项目采用 5 台离心式冷水机组, 单台设计冷量 1000TR。</p> <p>根据当地气候条件, 按照实际运行负荷率及运行工况估算, 使用相同冷量的 YMC2 磁悬浮离心式冷水机组(与使用传统定频离心式冷水机组相比), 每年可节约电能 452 万千瓦时, 折合节约标准煤 1581 吨, 折合减少碳排放量 3389 吨。5 台机组每年节约运行费用约为 452 万元(电费按 1 元/(kW•h), 投资回报期为 1.1 年。</p> |
| 38 | 约克(无锡)空调冷冻设备有限公司 | YZ 磁悬浮变频离心式冷水机组   | 数据中心、高级写字楼、酒店、医院和工厂等场合 | <p>以南京某数据中心项目为例, 建筑面积约 3 万平方米, 该项目采用了 5 台离心式冷水机组, 单台设计冷量 1000TR。</p> <p>根据当地气候条件, 按照实际运行负荷率及运行工况估算, 使用相同冷量的 YZ 磁悬浮离心式冷水机组(与使用传统定频离心式冷水机组相比), 每年可节约电能 619 万千瓦时, 折合节约标准煤 2166 吨, 折合减少碳排放量 4641 吨。5 台机组每年节约运行费用约为 619 万元(电费按 1 元/(kW•h), 投资回报期为 1.06 年。</p>  |

|    |                  |                       |                                       |  |
|----|------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|
| 39 | 约克(无锡)空调冷冻设备有限公司 | 约克 YVWH 超磁系列高效变频水冷水机组 | 数据中心、高级写字楼、酒店、医院和工厂等场合                | 以厦门的气候条件为例,一年 8760 小时运行时间,使用 YVWH 超高效变频机组,300 冷吨的制冷量下,将比市面上普通定频螺杆冷水机组每年节约 20 万度电,相当于节约了 31% 的电费。电费以 1 元/度计算,节省电费约 20 万元。相比于普通定频水冷螺杆机,使用 YVWH 变频机组后,可在 1 年内收回多投资的成本。此外根据每节约 1 度电,相当于节约 0.997 千克二氧化碳。使用 YVWH 变频螺杆机组,相比于普通定频螺杆机组,在上述条件下,一年将节省约 20 万千克二氧化碳的排放。 |
| 40 | 上海汉钟精机股份有限公司     | LT-S-H 系列单机双级热泵压缩机    | 集中供暖、工业用热等高温热泵应用                      | 低环温工况下,较普通单级螺杆压缩机能效提升 30% 以上热泵工况下,较普通单级螺杆压缩机能效提升 15%   |
| 41 | 上海汉钟精机股份有限公司     | LT-S-V 系列双级变频冷冻压缩机    | 低温冷藏、速冻库、单冻机                          | 低温工况下,双级变频压缩机部分负载性能提升 25%~98% 以上,整体综合能效提升 20% 以上,并且双级变频机器具有能量调节精度高的特点,可对输出冷量实现线性能量调节,便于库温控制,减小库温波动范围。  |
| 42 | 上海汉钟精机股份有限公司     | RE 系列高效空调螺杆压缩机        | 空调和制冷系统应用                             | RE 系列采用专用齿形搭配内部结构优化,压缩机单机 COP 可满足 GB-19577 与 ASHRAE90.1 各冷量段一级能效   |
| 43 | 北京华源泰盟节能设备有限公司   | 超低压驱动型吸收式热泵           | 热电联产、集中供热、热电厂、热力公司、钢铁厂、焦化厂、石油化工厂等耗能企业 | 实施该技术改造后,将电厂的冷端损失回收利用,相当于在不增加电厂容量,不增加当地污染物排放、耗煤量和发电量都不变的情况下,增大了热源的供热能力 30% 以上,提高了电厂的综合能源利用效率。同时,可以深度回收电厂循环水、乏汽及烟气余热,降低热电联产供热能耗 40% 以上,减少污染物排放,对治理城市大气污染、改善城市宜居水平、提升  |

|    |                |            |                                       |   |
|----|----------------|------------|---------------------------------------|---|
|    |                |            |                                       | 城市形象具有积极的作用。  |
| 44 | 北京华源泰盟节能设备有限公司 | 烟气余热深度回收机组 | 热电联产、集中供热、热电厂、热力公司、钢铁厂、焦化厂、石油化工厂等耗能企业 | 本项技术结合了直接接触式喷淋换热以及吸收式热泵技术，能够将湿法脱硫后的烟气温度由 50℃降低到 20℃，提高锅炉整体热效率 7%。回收后的冷凝水可作为脱硫塔补水使用，减少湿法脱硫的失水量；通过对排烟进行再次洗涤处理，减少约 55%以上的 SO <sub>2</sub> ，8%以上的 NO <sub>x</sub> 排放，并显著降低排烟粉尘含量；且烟气冷凝后，烟气中水蒸气含量大大降低，从而大大缓解烟囱“冒白烟”现象，最终达到节能、节水、减排、消白的多重目的，具有极佳的经济效益及环保效益。 |

## 4.2 绿色技术推荐

绿色高效制冷技术的调研在初期就是一项设计在项目内的工作，通过对行业广泛征集的绿色高效制冷技术，并根据发改办环资〔2020〕493号《关于组织推荐绿色技术的通知》，认真组织、筛选、审查，向绿色技术征集办公室推荐报送三项绿色技术：

1. 推荐技术一：光储空调直流水关键技术。申报书所填写材料内容属实、完整；通过科技成果鉴定，达到国际领先水平。属于拥有知识产权的原创性绿色技术。
2. 推荐技术二：宽温域热回收多联机空调绿色技术。申报书所填写材料内容属实、完整；通过科技成果鉴定，该成果创新显著，地域适用性强，节能减排效果显著，对促进我国多联机技术发展具有重大意义。
3. 推荐技术三：轨道交通高效制冷机房。申报书所填写材料内容属实、完整；通过科技成果鉴定，技术先进，研究成果达到国际先进水平，制冷机房综合能效比达到6.0以上为国内首创。

表4-3 绿色技术推荐表

| 序号 | 技术名称            | 所属领域       | 申报单位         |
|----|-----------------|------------|--------------|
| 1  | 轨道交通高效制冷机房      | 绿色交通       | 南京天加环境科技有限公司 |
| 2  | 光储空调直流水关键技术     | 高效节能商用电器制造 | 珠海格力电器股份有限公司 |
| 3  | 宽温域热回收多联机空调绿色技术 | 高效节能商用电器制造 | 广东美的暖通设备有限公司 |

2021年1月8日，国家发展与改革委员会网站公布了由国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、自然资源部组织编制的《绿色技术推广目录(2020年)》。由中国制冷空调工业协会推荐的“光储空调直流水关键技术”入选《绿色技术推广目录(2020年)》(珠海格力电器股份有限公司报送)。

## 4.3 绿色高效制冷技术发展分析

### 4.3.1 绿色高效制冷技术的实现途径

综合以上对技术汇总的情况，绿色高效制冷技术的实现途径如下可知。

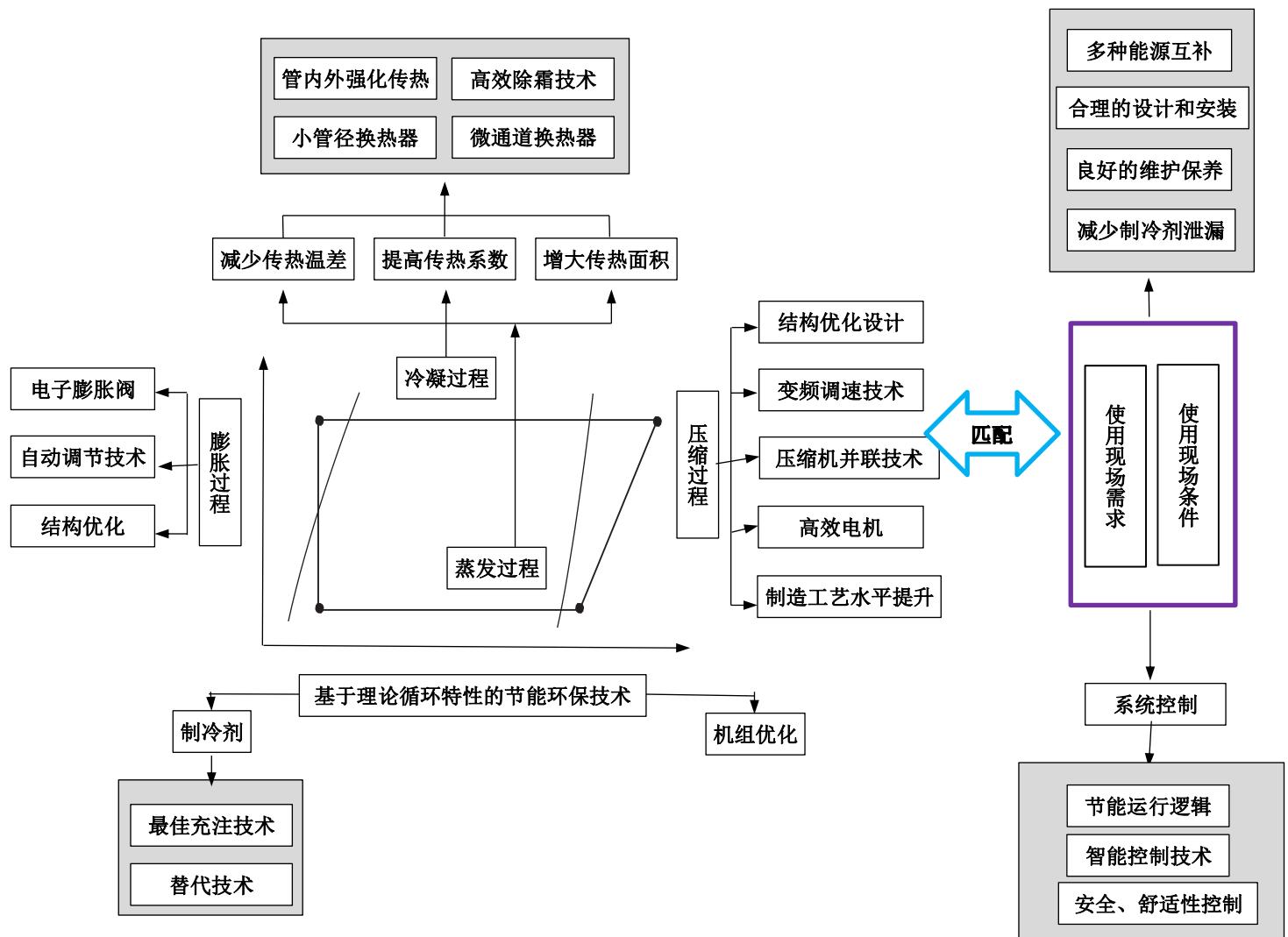


图 4-1 绿色高效制冷技术的实现途径

### 4.3.2 低 GWP 制冷剂替代技术

制冷剂如同人体中的血液，在制冷系统循环中发挥着重要的作用。从目前的技术发展状况看，在全球范围内都还没有找到符合零 ODP、低 GWP、安全、高能效的完全理想的替代制冷剂，未来几乎不存在像过去 R11、R12 或 R22 那样用一种制冷剂全面满足各种不同领域使用要求的可能性，今后的趋势是在不同的产

品领域使用不同的制冷剂进行替代,从目前全球技术的发展趋势下,零ODP值、低GWP值的替代品,如CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、R290、R32、HFOs及其混合物等逐步走入了我们的视野,也成为未来新一代的替代技术的主要选择方向。

在替代制冷剂选择过程中,由于着重的考虑了环保性,新一代制冷剂与上一代的HCFCs制冷剂相比,或多或少存在着不足和缺陷,如压力过高、可燃、易爆或具有毒性等。因此未来的新型替代制冷剂的选择,将是一种各方面因素统筹考虑和综合平衡的结果。在未来的推广应用中,需要针对替代制冷剂存在的各种缺陷组织开展技术研究,开发适用的技术和装备,通过对不同制冷剂进行“缺陷管理”的模式保证新制冷剂的安全推广使用。另外,减少系统中制冷剂的充注量,逐步完善制造、运输、存储、使用和维护过程中的安全设置和防护措施,制修订相关的法规、标准,加强培训等等,也是保证这些替代技术成熟应用所必不可少的环节和手段。

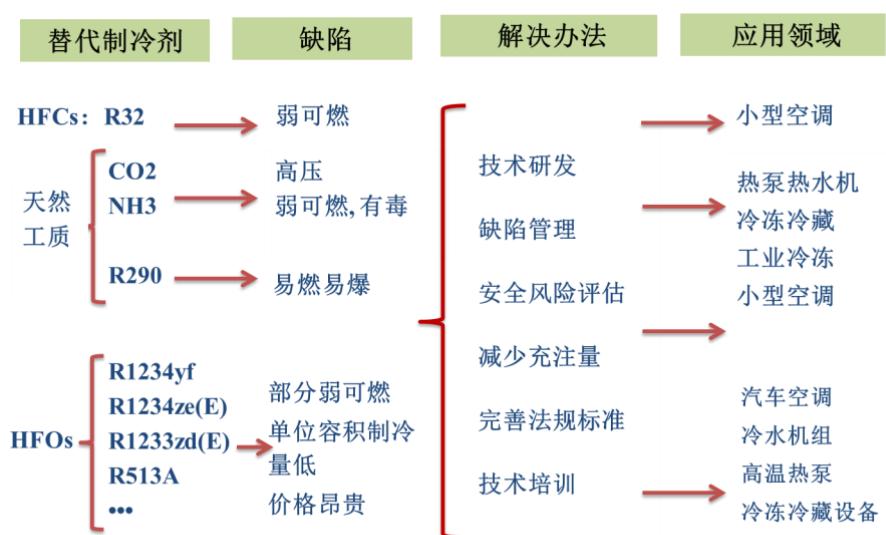


图 4-2 主要环保替代技术及应用

表 4-4 各种替代制冷剂的 ODP 和 GWP

| 序号 | 名称       | ODP | GWP  | 安全分类 |
|----|----------|-----|------|------|
| 1  | HFC-134a | 0   | 1430 | A1   |
| 2  | R410A    | 0   | 2100 | A1   |
| 3  | R407C    | 0   | 1800 | A1   |
| 4  | R404A    | 0   | 3900 | A1   |
| 5  | R507A    | 0   | 4000 | A1   |
| 6  | HFC-32   | 0   | 675  | A2L  |

|    |                 |         |     |     |
|----|-----------------|---------|-----|-----|
| 7  | NH <sub>3</sub> | 0       | <1  | B2L |
| 8  | CO <sub>2</sub> | 0       | 1   | A1  |
| 9  | HC-290          | 0       | 3   | A3  |
| 10 | HFO-1234yf      | 0       | 1   | A2L |
| 11 | HFO-1234ze(E)   | 0       | 1   | A2L |
| 12 | HCFO-1233zd(E)  | 0.00034 | 1   | A1  |
| 13 | R513A           | 0       | 630 | A1  |
| 14 | R514A           | 0       | 2   | B1  |
| 15 | R515A           | 0       | 400 | A1  |

### 4.3.3 压缩机技术发展

压缩机是制冷空调系统的“心脏”，是系统循环动力的来源，也是系统的最为关键部件之一。近年来，压缩机技术发展很快，应用范围也缘于用户市场的需求而不断变化和扩展。

压缩机的新型应用：

- ✓ 永磁直驱离心式压缩机
- ✓ 磁悬浮离心式压缩机
- ✓ 直线压缩机
- ✓ 永磁直驱螺杆式压缩机

压缩机结构改进：

- ✓ 补气增焓/喷液结构
- ✓ 带膨胀机的 CO<sub>2</sub> 压缩机
- ✓ 三缸双级变容积比压缩机

新型替代制冷剂的应用，如采用 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、R290、R32、HFOs 等，需要压缩机针对每种新制冷剂的特性改进设计或重新开发，保证产品的性能和可靠性，这方面的工作任务量大，也存在很多的技术难点。比如跨临界系统中，CO<sub>2</sub> 压缩机的工作压力可能超过 10 MPa，该压力是常规 R22 压缩机工作压力的 3~5 倍，对压缩机的材料、设计、制造、加工工艺都提出了很高的要求；针对 CO<sub>2</sub> 跨临界循环存在过热损失和节流损失比较大的问题，开发带膨胀机的 CO<sub>2</sub> 压缩机，采用膨胀机代替节流阀，回收膨胀过程中的可用能以此保证具有良好的循环效率。对于 R290 等易燃可爆的制冷剂，需要采取防爆设计，尽可能地减少系统制冷剂的充注量，降低制冷剂的泄漏率等安全防护措施，并在安装使用服务等环节采取一系列的安全保障措施，并强化用户端的安全意识，方能保证其使用的安全性。

采用 R32 作为替代制冷剂的压缩机，存在排气温度比较高的问题，可以通过吸气干度控制、带补气增焓/喷液结构等方法有效降低排气温度，保证压缩机的运行可靠性。另外带补气增焓/喷液结构的压缩机还可以提高压缩机的效率，改善压缩机的低温适应性。目前带补气增焓的空调用涡旋压缩机的开发有效推动了热泵产品在低环境温度地区的应用拓展，为国家“煤改电”工程的成功实施提供了重要的支撑和保障。为了低温热泵在低温运行时的性能，有公司开发了三缸双级变容积比压缩机，该压缩机首次在单台压缩机上实现了可变容积比的双级压缩，根据工况调整容积比，使压缩机在各工况下效率最大化，搭载该压缩机的空气源热泵可实现-35°C~54°C宽温范围稳定运行，在室外环境温度低至-25°C时热泵制热量仍不衰减，取消了其它辅助加热手段。该压缩机的开发难度高，制造成本也有一定的增加。

随着技术的进步，一些新型压缩机也不断涌现，比如永磁直驱离心式压缩机/螺杆式压缩机、磁悬浮离心式压缩机、直线压缩机等。永磁直驱离心式压缩机，采用高速永磁电机直接驱动叶轮工作，取代了原来的增速齿轮结构，具有高效率、低谐波、体积小等优势。磁悬浮压缩机采用磁悬浮轴承，可实现无油运转，与直流驱动和控制技术相结合，压缩机结构紧凑、体积小、摩擦小、震动小、效率高、运行噪音低。直线压缩机，采用直线电机驱动，将传统往复式压缩机的旋转运动转换为直线往复运动，减少了摩擦功耗和磨损，效率高、结构简单、体积小，采用直线压缩机的冰箱已实现小批量生产和销售。

#### 4.3.4 高效换热技术

使用空间与外界环境之间的热量是通过换热设备进行交换，针对不同的应用场合、不同环境条件和用户需求，需要采用不同的结构；制冷空调设备常见的换热设备包括蒸发器、冷凝器、过冷器、中间冷却器、蒸发冷凝器、回热器等。换热设备的传热特性对制冷空调设备的性能具有重要的影响，涉及到节能性、经济性、安全性、可靠性等。国内外对制冷换热器研究总的的趋势是：通过传热机理及强化传热的研究，开发高效、紧凑、重量轻、可靠性高的新型换热器。

通过传热机理及强化传热的研究，开发高效、紧凑、轻质、经济性好的新型换热器，当前的主流趋势是：

- ✓ 小管径/微通道换热器

- ✓ 降膜式换热器
- ✓ 椭圆管换热器
- ✓ 非均匀结构强化换热（异形翅片、非对称管型、变形螺旋线...）

小管径换热器可有效提升换热效率，降低材料成本，减少系统的制冷剂充灌量，耐压性能提高。换热器换热管的管径不断减小，进而向微通道方向发展。采用全铝的微通道换热器在国内外汽车空调上获得了广泛的应用，目前正在向各类制冷空调产品生产领域逐步拓展。采用小管径换热器后，将明显降低系统的制冷剂充注量，这对推动可燃性制冷剂的应用具有重要的意义。换热器采用小管径钢管后，也导致翅片间距变小，其主要的传热和压降性能也随之发生变化，存在空气侧阻力增大、容易积灰、不易排水化霜以及各管之间流量分配不均匀等问题需要解决。同时管径缩小后，由于加工工艺的限制，也对小管径的应用带来了新的挑战，这些都需要通过相应的技术开发研究加以解决。

降膜式换热器是从蒸发器顶部流下的制冷剂液体冲刷换热管，在其外部绕流成膜，形成降膜蒸发表达到充分冷却管内热流体的目的；在液固、气液界面上都可能发生相变，所以降膜蒸发表现出较高的换热性能；降膜结构在提高效率的同时，还可有效减少系统的制冷剂充灌量；但使用端的良好安装质量是降膜换热器推广应用取得好的节能效果的关键所在。

圆管换热管存在低速的回流尾迹死区即热屏蔽区，热屏蔽区的存在阻碍了钢管中部分区域、部分翅片和空气相互之间充分的热交换，对管外换热系数的下降影响相当突出。采用异型管的换热器可以减少热屏蔽区。考虑到加工制作的困难，异型管的发展仍受到一定程度的限制。目前国内已经成功开发出椭圆管换热器。采用椭圆管的换热器和圆管换热器比较，扰流小，温度场更均匀，有效换热面积更大，换热器风侧阻力降低 40%-50%，换热性能提高 10~15%。

#### 4.3.5 变容量控制技术

制冷空调设备用户端的负荷是随着时间 and 环境条件而不断改变的，为了满足用户的需求，制冷空调设备需要具备相应的容量调节手段。直流调速是一种近年来取得迅猛发展的新型调节控制技术，在方便容量调节的同时还能够充分提高机组的运行效率；

- ✓ 空调用直流调速滚动活塞和涡旋压缩机已广泛应用

- ✓ 冰箱用直流调速活塞压缩机产量在逐渐扩大；
- ✓ 直流调速离心式冷水机组已实现商业化

各种交、直流转速可控型/调速技术及其它类型的变容量控制技术的不断发展完善，为机组的变工况运行提供了可靠保障，也有效提高了产品的季节能效比和实际运行效率。

#### 4.3.6 循环利用技术

中国已成为全球最大的制冷空调设备生产国和消费国，同时也是废弃品大国。对废弃制冷空调设备的回收处理，在实现对紧缺资源循环利用的同时，也可大大减少对环境的污染和破坏。中国政府近年来先后颁布了《循环经济促进法》、《废弃电器电子产品回收处理管理条例》、《生产者责任延伸制度推行方案》、《中国制造 2025》、《绿色制造工程实施指南（2016-2020 年）》、《消耗臭氧层物质管理条例》等法规和政策文件，规范和引导资源的循环利用，促进行业的可持续发展。

国际上普遍形成了在资源循环利用过程中实施生产者责任延伸制度（Extended Producer Responsibility，简称 EPR）的共识，即明确产品生产者承担产品废弃后的回收和资源化利用责任，引导企业构建产品绿色设计、绿色生产、绿色消费、绿色物流以及绿色回收和处理的全生命周期绿色供应链的责任，激励生产者推行产品源头控制，采用市场化的原则建立起废弃产品的循环利用体系，在产品全生命周期中最大限度提升资源利用效率。针对与老百姓生活密切的电器电子产品，《电器电子产品有害物质限制使用管理办法》对其回收再利用做出了明确的规定：1）在设计电器电子产品时采用无害或低害、易于降解、便于回收利用等方案；2）在生产电器电子产品时采用资源利用率高、易回收处理、有利于环境保护的材料、技术和工艺；3）对其投放市场的电器电子产品中含有的有害物质进行标注，标明有害物质的名称、含量、所在部件及其产品可否回收利用。

我国废弃制冷空调产品处理以手工拆解与机械处理相结合的方式，机械化、自动化水平正在逐步提升。我国处理行业总体资源化利用水平不高，但越来越多的处理企业开始关注拆解产物的深加工，尤其是废塑料的深加工和资源化利用。我国废弃制冷空调产品处理技术和设备以国产和自主研发为主。拆解工艺、制冷剂等回收流程和处理技术向高效化发展。随着处理企业的发展，处理产品品种和

产能的扩大，拆解工艺和设备的柔性设计和高效利用空间设计成为行业新的需求，处理企业逐步开始技术和装备的升级改造。

近年来，我国废弃产品的回收模式也不断创新，包括互联网+回收、两网融合发展、新型交易平台、智能回收模式等。大量创新回收公司涌现，利用“互联网+”、大数据等现代信息手段，推动再生资源回收模式创新，完善废弃产品回收体系。越来越多的生产和处理企业建立了废弃产品信息化管理系统，对废弃产品的入库、贮存、拆解、销售等进行信息化管理。

目前制冷空调产品中普遍采用的 HCFCs 和 HFCs 制冷剂，排放后将破坏臭氧层或者带来温室效应，受到《蒙特利尔议定书》的管控正在或即将逐步淘汰或削减。对制冷剂的回收再利用将减少新制冷剂的使用，同时也减少对环境的破坏性影响。国家大力鼓励制冷剂的回收、循环再利用技术，包括：鼓励回收制冷剂的净化技术的研究和开发，提高回收制冷剂的再循环使用；鼓励回收制冷剂的再生技术的研究和开发，降低回收制冷剂的再生成本并提高其效率；针对回收后无法再应用的废旧制冷剂其处理成本高昂的特点，鼓励资源化利用技术的开发，将回收的制冷剂转化为其他高附加值的产品，实现资源的高效利用和节能减排。

#### 4.3.7 互联网、大数据及人工智能

近年来，随着“大数据”和“互联网+”的概念提出以及“中国制造 2025”的深入实施，制冷空调企业推进制造业与互联网、大数据、人工智能的融合发展，这给制冷空调行业带来了新的发展机遇和新的经济增长点。

##### **互联网应用：**

- ✓ 互联网销售：
- ✓ 公共电商平台
- ✓ 互联网直卖
- ✓ 互联网自动化工厂

##### **大数据应用：**

- ✓ 大数据研发
- ✓ 大数据运行监测与优化控制
- ✓ 大数据系统故障诊断

##### **人工智能应用：**

- ✓ 产品本身的智能化
- ✓ 制造智能化
- ✓ 运行维护智能化

大数据是人工智能发展的基础和催化剂,而人工智能是大数据的一种终极表现形式,两者都体现了对于以互联网为基础平台的海量信息数据的处理和利用。

#### 4.3.8 制冷空调设备和系统清洗技术

随着人民生活水平的提高,老百姓对空调的要求从基础的制冷制热转变为健康、节能和舒适。空调使用一段时间以后,换热器普遍存在不同程度的堵塞和结垢的现象,降低换热器的传热效果,从而增加了空调的使用能耗;空调通风系统的新风、回风也携带有各种污染物(如灰尘、细菌、病毒等),在进入系统内时如未被及时净化处理干净,空调系统反而会成为传播病毒和扩散污染的媒介,使得室内空气受到污染,严重影响人们的健康。

##### 1) 风冷换热器的清洗

对于空调的室外换热器,一些具有长效亲水性和自清洁能力的新型纳米复合材料可应用于换热器的翅片上,与普通空调亲水翅片相比,能持续保持冷凝器表面不积累水珠和不易附着尘埃等成霜凝结核,并且能缩短化霜时间;较大的光活性材料,在可见光区域具有较强的有机物分解能力,在一定程度上能起到分解换热器污垢和自清洁灰尘的作用。室外换热器可以采用水冲洗;也有工程采用室外风机反转法清除风冷冷凝器翅片上的灰尘、柳絮等大面积附着物。

对于空调的室内蒸发器,可以在过滤网上方安装刷头,定时清洁过滤网上的灰尘,同时在过滤网上凝结水珠,将灰尘溶入水中,再冲洗进入排水管,将灰尘排到室外后自动烘干蒸发器,防止细菌滋生。

近年来,利用空调器自身的制冷循环系统来实现换热器的清洁技术逐步发展和完善。该技术先快速制冷利用空气中的水蒸气快速在室内蒸发器表面结霜或结冰;然后快速制热,使蒸发器表面霜或冰受热后变成水带走表面的灰尘或其它细小杂物,然后烘干蒸发器并保持较高的温度,实现空调室内换热器的清洗同时达到高温杀菌的目的。该技术还可以通过切换制冷和制热模式,对室内换热器和室外换热器轮流实现清洁,形成室外清洁与室内干燥杀菌的同步进行。

##### 2) 水冷换热器的清洗

水冷换热器在长时间使用后产生水垢，热阻增大，水冷换热器的清洗也得到了广泛的关注，可以通过在管路上安装对污垢热阻的监测装置，实现对换热器换热性能的评估，并根据需要进行清洗处理。目前已经有胶球清洗、化学清洗、电磁处理、水处理药剂等技术。对换热器应根据需要设定清洗周期，使得换热管内壁保持干净。另外，安装高效的过滤器或净水装置也是保持水冷换热器换热性能的有效措施。

### 3) 风道的清洗

目前，空调通风风道的清洗越来越多的由自动清洗机器人进行作业，但在设计阶段，要预留空调清洗的操作口，风管设计要尽量标准化，便于自动清洗机器人作业；还需要加强集中空调清洗技术和自动清洗机器人等设备的研发，促进风道清洗的高效、经济和智能化。

## 4.3.9 多种能源综合利用

空气源、污水/海水/江湖水源、余热和废热、太阳能等各种能源的综合利用，不仅取得巨大的节能效益，还可充分提高供冷供热系统的综合能效水平：

- ✓ 热泵技术应用
- ✓ 余热废热回收利用
- ✓ 太阳能利用
- ✓ 蒸发冷却空调技术推广
- ✓ 自然冷源利用

## 4.3.10 系统节能

### 1) 产品综合性能考核

制冷空调设备在实际使用过程中，运行工况经常会随着室外温度、房间负荷的变化而不断变化，满足额定工况的时间很少，大部分时间都是偏离额定工况的，因此用额定工况的性能系数 COP 和 EER 并不能充分显示设备实际使用过程中能源使用效率。随着节能减排工作的深入开展和全社会对设备运行实际耗能情况的关注，推动制冷空调产品能效的评价方法和评价指标发生了变化。另外，随着国家“煤改电”政策的推进，热泵产品应用越来越广泛，制冷空调产品的制热运行比重也在不断加大。因此在能效评价标准体系中，制热性能的考核也越来越受到重视。产品能效评价指标的改变体现在由满负荷评价逐步过渡到综合性能评价指标，

包括综合部分负荷性能系数 (IPLV)、全年性能系数 (APF)、全年综合性能系数 (ACOP) 和全年能效比 (AEER) 等。由满负荷名义工况能效指标考核转变为对设备实际运行时综合性能系数的考核,体现了行业对产品实际应用时的节能效果的关注,也更切合当前政府所倡导的节能减排的政策方向。

能效指标考核体系的转变促使产业界对各类不同的制冷空调设备的设计准则与开发思路发生了根本性的变化,实现更大节能效果的各种新产品的推广应用对缓解制冷空调产品大量使用所带来的能源紧张局面产生积极的作用。

## 2) 系统集成化

在国家政策的指引下,近年来许多企业积极转变经营思路,探索为用户提供系统集成化服务的模式,一方面积极开发综合性能系数更高的设备,另一方面在设备的整个寿命期内为用户提供整体的系统解决方案,包括从前期咨询、工程设计、安装调试、运行维护、维修保养、人员培训等;通过提供系统化的节能服务,形成了一整条服务于用户市场的完整产业链。

通过产品能效考核指标的改变和系统化的集成服务,不仅为用户提供了更优质的产品,同时全面的解决方案也为用户带来了更好的节能效果和体验,这不仅给企业带来了发展的新机遇,也体现出了产业结构调整和转型升级发展的新思路、新方向。

### 4.3.11 运行管理

制冷空调设备应用十分广泛,在用产品市场容量非常巨大,也是国家能源消耗的大户。制冷空调行业在节能减排中责任重大,而制冷空调系统的运行管理作为应用中的重要一环,对设备的正常运行和用户的需求保障有着重要的意义。

从技术层面上来说,空调系统由冷热源、空气处理机组、风管风口、风机、水泵、控制系统等组成。空调系统的运行管理就是在空调运行过程中监测各设备的运行状态,获取运行参数以便即时调节、调整设备运行状态及参数,保持空调系统的各设备处在安全、可靠的运行状态,从而实现降低整个系统能耗,减少污染,延长各设备的使用寿命的目标,达到节能经济运行。

空调系统的运行是一个动态的过程,当发生冷热源负荷变化或出现某一台故障停机时,固定的运行策略就很难覆盖这种情况,就需要在实际运行中,结合负荷变化特点,观察监测数据变化,及时调整设备参数,保障设备的高效稳定运行。

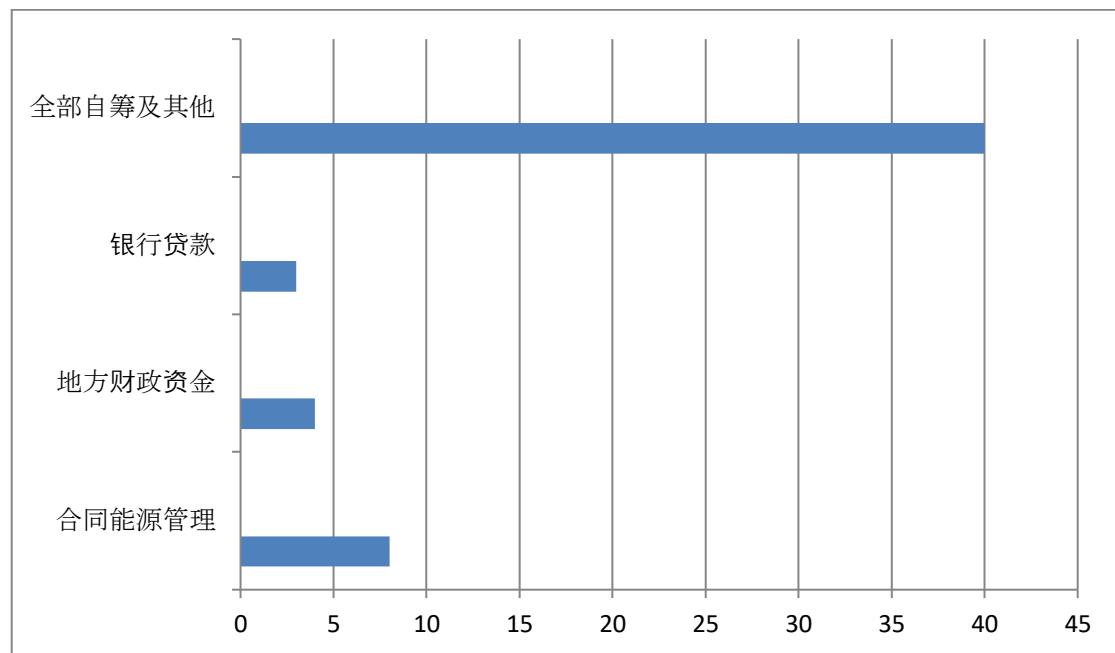
智慧运维是未来的趋势，精细化的运行管理需要大数据提供良好的基础支持，同时又可以通过对数据进行测评，快速发现问题，实现故障预防、快速维修，这对提高运行管理水平，实现节能减排十分重要。

## 5 项目运行模式及技术展望

### 5.1 项目运行模式

从行业内征集到的节能改造项目来看，项目资金模式有以下几种情况，合同能源管理，地方财政资金，银行贷款，全部自筹及其他。其中，全部自筹及其他占绝大多数，为 40 项，约占总项目数 79%；合同能源管理为 8 项，占总项目数 15%；地方财政资金为 4 项，约占总项目数 7.5%；银行贷款为 3 项，约占总项目数 5.6%。如下图。

图 5-1 项目资金模式分配图



从项目所属领域来看，工业园区类的项目，采用合同能源管理投资方式有一项，资金规模在 500-1000 万元。采用地方财政资金投资方式的有一项，资金规模在 500-1000 万元。以上两种投资方式投资金额较大，其余中小规模投资项目大部分都是自筹。

大型公建类项目，采用合同能源管理投资方式有三项，一项资金规模在 500-1000 万元。另外两项资金规模在 100-500 万元。其余中小规模投资项目大部分都是自筹。

公共机构类项目，50%的项目采用地方财政资金，50%的项目采用合同能源管理，投资规模都属于中大型投资，两项资金规模在100-500万元，两项资金规模在500-1000万元。

冷链物流类项目共28项，其中两项银行贷款，其中一项投资规模为100-500万，另一项投资规模在500-1000万。其余大型及中小型项目均为自筹。

由此可见，对于大多数的节能改造项目，都是由业主自发进行，项目资金也多为自筹。投资金额从50-100万到1000万以上不等。公共机构类的项目，通常有政策补贴支持，对于房地产开发商及私人业主的项目，大型项目少数会使用银行贷款等方式，其余大部分都是自筹经费。尤其投资金额比较大的项目，单一靠业主自筹经费的压力比较大，投资回收期也会比较长，不利于业主进行节能改造项目的积极性。可以通过合同能源管理、绿色金融贷款等多种方式组合进行，减轻业主进行节能改造的压力。

### 5.1.1 合同能源管理

合同能源管理是节能服务公司与用能单位以契约形式约定节能项目的节能目标，节能服务公司为实现节能目标向用能单位提供必要的服务，用能单位以节能效益支付节能服务公司的投入及其合理利润的节能服务机制。其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式。

合同能源管理在中国已推广和实施多年，目前在节能改造项目中应用得并不广泛，分析可能的原因如下：

- 1) 项目节能量评价标准和测量不完善
- 2) 中国信用体系不完善，效益分享模式执行困难
- 3) 节能服务公司的资金成本比较高，节能效益难以覆盖节能服务公司的成本。

### 5.1.2 财政资金

一方面，财政资金的管控越来越严格，如果项目完成后达不到申请时的目标，财政资金面临退回的风险，导致部分用户不愿意申请财政补贴资金。另一方面，由于受到新冠疫情的影响，用在抗疫的财政资金增加，与民生关系不紧密的财政资金（如节能改造项目的财政资金）等面临着缩减。

### 5.1.3 绿色金融贷款

绿色金融是指为支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动所提供的优惠金融服务。目前涉及制冷空调的绝大部分绿色金融贷款需要客户申请，金融贷款机构层层审批，也没有统一的绿色金融贷款标准，最后批准的项目很少，导致制冷空调行业的客户申请绿色金融贷款不积极。制冷空调项目的贷款资金规模比较小，项目还比较复杂，对于银行等金融机构面临较大的风险，金融机构对制冷空调项目的贷款也没有高的积极性。

目前，清华大学绿色金融发展研究中心（清华大学五道口金融学院）与中国兴业银行合作，配合国家金融管理机构做制冷空调行业的绿色金融示范项目，制定针对制冷空调行业没有统一的绿色贷款标准，逐步制定好统一的绿色贷款的政策和标准，并开展绿色贷款示范项目。该项目如果能够获得成功，将大大简化制冷空调行业申请绿色金融贷款的手续，同时也扩大了行业绿色金融贷款的资金规模，将推动行业绿色金融贷款模式的发展。

### 5.1.4 其他模式的探讨

目前已有的商业模式、政府激励措施等，经过多年的实践，实施效果并不好。目前需要探索一些新的实施机制，比如直接补贴用户等措施；节能服务公司提供改造的技术咨询和服务过程中，相应收取一定的费用，而不能完全依靠项目未来的节能收益来覆盖节能改造的成本。同时吸引相关的政府、非政府组织、银行、设计院、高校、制冷空调设备制造商、工程公司、节能服务公司等相关利益方充分参与。

## 5.2 节能改造项目技术展望

制冷领域节能改造，涉及公共机构、大型公建、地铁、机场、数据中心、工业园区等中央空调节能改造和冷链物流绿色改造，由于各类建筑的功能性不同，空调设备的能耗又占整个建筑的能耗比重很大，当前各类机组、设备品种繁多，各具特色，势必造成空调系统形式也复杂多样。因此，要针对不同项目的具体特点，制定合理的改造方案。

首先，冷热源的选择应根据建筑规模、使用特征，结合当地能源结构及其价格政策、环保规定等按下列原则经综合论证后确定。例如，项目所在地区具有城市、区域供热或工厂余热时，宜作为采暖或空调的热源。具有热电厂的地区，已

推广利用电厂预热的供热、制冷技术。具有充足的天然气供应的地区，宜推广应用分布式热电冷联供和燃气空气调节技术，实现电力和天然气的雪峰天谷，提高能源的综合利用率。具有多种能源（热、电、燃气等）的地区，宜采用复合式能源制冷、供热技术。具有水源资源丰富或地热源可供利用时，宜采用水（地）源热泵制冷、供热技术。因此，冷热源的选择要因地制宜，从源头上节约能源，做好开源节流。如发展蓄冷技术、发展利用天然气的燃气空调、发展热电冷联供技术和分布式能源技术，同时积极研究开发利用可再生能源和其他未利用能源的制冷空调技术。

对于公共建筑，人员密集，工作时间集中，采用集中空调，选用高效率的大型水冷机组，可提高综合能效。另一方面，目前应用变制冷剂流量的多联机组也比较多，多联机组有使用灵活方便、便于单独计量，可以实现个性化使用。但是多联机的能效小于水冷冷水机组的集中空调系统，对于同样的制冷量需要更多的电耗。对空调面积较大，同时使用系数较高的公共机构，单位自用办公楼等，全年电耗会增加较多，同时空调系统的电器安装容量则有较大的提高，变配电设备的年平均效率下降。对于有大面积内区的公共建筑或者数据中心，冬季和过渡季存在供冷需求的建筑，在技术经济分析合理的情况下，应利用冷却塔的自然冷却为空调系统提供冷水。

近年来，空气源热泵在推进北方地区冬季清洁取暖中发挥了积极的作用。但在室外温度较低的情况下，制热 COP 的衰减比较严重，应在充分考虑机组经济性和可靠性的情况下使用。空气源热泵与冷水机组相比，由于其供热功能，对不具备集中热源的长江中下游地区的中小型公共建筑较为合适，冬季运行效率较高。

其次，进一步改进提升设备的能效，使用高能效的冷热源设备。作为大型公共建筑节能改造项目，在选取冷热源设备时，对风冷型的机组应有所限制，不宜采用小型的空气源（风冷）热泵机组和变制冷剂流量的多联机组。建议在一定规模以上的公共建筑的空调冷（热）源采用能效二级以上的水冷机组。因条件限制而必须使用风冷机组或多联机时，应对其进一步提出提高能效的要求。

另外，空调系统的自动控制系统，也是提高能效，保证能源按需分配、减少不必要的能耗的重要措施之一。合理的自控系统及运行管理，会带来更好的经济效益。制冷空调系统的自控系统是基于空调系统设计的基础之上的，只有空调系统设计合理了，才能有助于自控系统的合理设计和实现预期的功能。制冷机房（机

组)群控方式是能源综合管理、提高能源利用率的有效方式之一,对总装机容量较大、数量较多的大型工程冷、热源机房,宜采用机组群控的方式。针对改造项目的不同情况,应根据负荷特性、设备容量、设备的部分负荷效率、自控系统功能及投资等多方面因素,结合冷水机组、水泵、冷却塔、空气处理机组等末端设备综合考虑,进行经济技术分析后确定群控的方案。

此外,制冷空调系统中的计量手段也是一项重要的系统节能措施。设置能量计量装置不仅有利于管理和收费,用户也能及时了解和分析用能情况,加强管理,提高节能意识和节能的积极性,自觉采取节能措施。通过合理的能量计量,利用管理的手段降低空调系统运行能耗,有效提高公共建筑的能源管理水平。

## 关于项目单位

中国制冷空调工业协会是工商制冷空调领域权威的行业组织,涵盖制冷空调领域的制造企业、安装维修企业、科研院校、设计院等企事业单位和团体,以自愿参加为原则组成的非营利性的全国性工业行业组织。制冷协会成立于1989年,会址设在北京。制冷协会接受业务主管单位国务院国有资产监督管理委员会和社团登记管理机关民政部的业务指导和监督管理。协会目前会员数量超过500家,是联系行业主管部门和企业的桥梁。荣获民政部社会组织评估5A级称号。

协会秉承“务实创新,和谐发展”的理念,充分发挥政府企业间的桥梁纽带作用;维护会员合法权益及全行业共同利益;反映会员企业诉求和行业情况;为政府、行业、会员单位服务;自律行业行为,维护行业公平竞争,增强行业凝聚力;推动行业生产与技术进步,促进中国制冷空调行业创新发展。

## 关于能源基金会

能源基金会是在美国加利福尼亚州注册的专业性非营利公益慈善组织，于 1999 年开始在中国开展工作，致力于中国可持续能源发展。基金会在北京依法登记设立代表机构，由北京市公安局颁发登记证书，业务主管单位为国家发展和改革委员会。

能源基金会的愿景是通过推进可持续能源促进中国和世界的繁荣发展和气候安全。我们的使命是通过推动能源转型和优化经济结构，促进中国和世界完成气候中和，达到世界领先标准的空气质量，落实人人享有能权利，实现绿色经济增长。我们致力于打造一个具有战略眼光的专业基金会，作为再捐资者、协调推进者和战略建议者，高效推进使命的达成。

能源基金会的项目资助领域包括电力、工业、交通、城市、环境管理、低碳转型、策略传播七个方面。通过资助中国的相关机构开展政策和标准研究，推动能力建设并促进国际合作，助力中国应对发展、能源、环境与气候变化挑战。除上述七个领域的工作，我们还致力于支持对中国低碳发展有重要影响的综合性议题的研究和实践，并成立了六个综合工作组：中国中长期低碳发展战略、一带一路、二轨合作、空气质量、城镇化以及电气化。

截至 2020 年底，能源基金会在中国资助的项目已达到 3113 个，赠款金额累计已超过 3 亿 5 千 9 百万美元。受资助单位累计超过 796 家，其中包括国内外一流的政策研究机构、高等院校、行业协会、地方节能机构和非政府组织等，例如国务院发展研究中心、国家发改委能源研究所、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、生态环境部环境规划院、中国科学院、中国社会科学院、清华大学、公众环境研究中心、能源与交通创新中心等。

## 免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

中国制冷空调工业协会

2021/5/31

**China Refrigeration and Air-conditioning Industry  
Association  
May 31, 2021**