

工业热泵市场应用

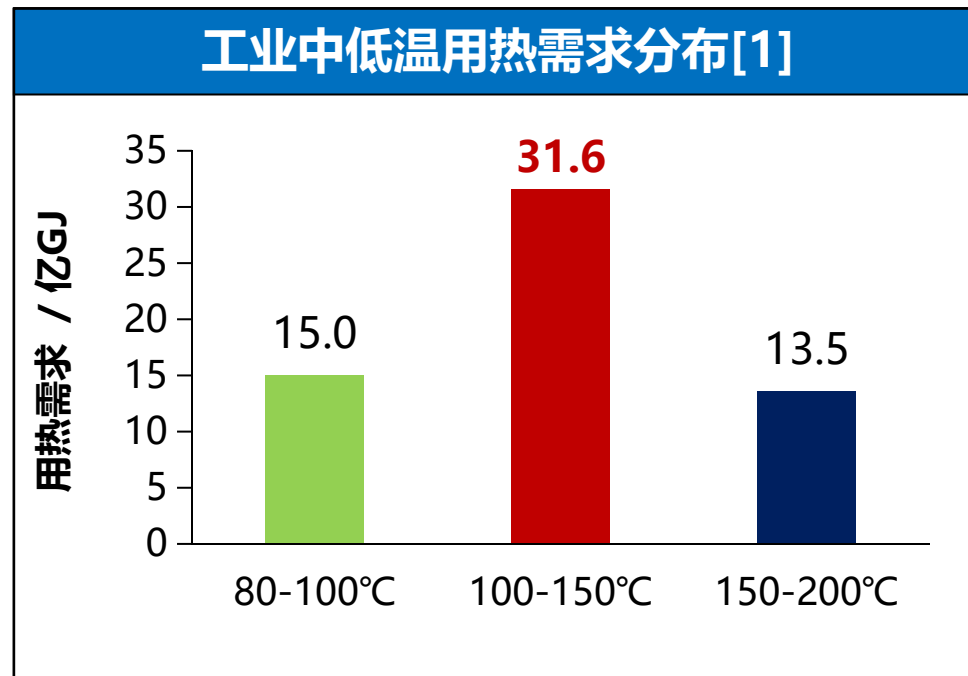
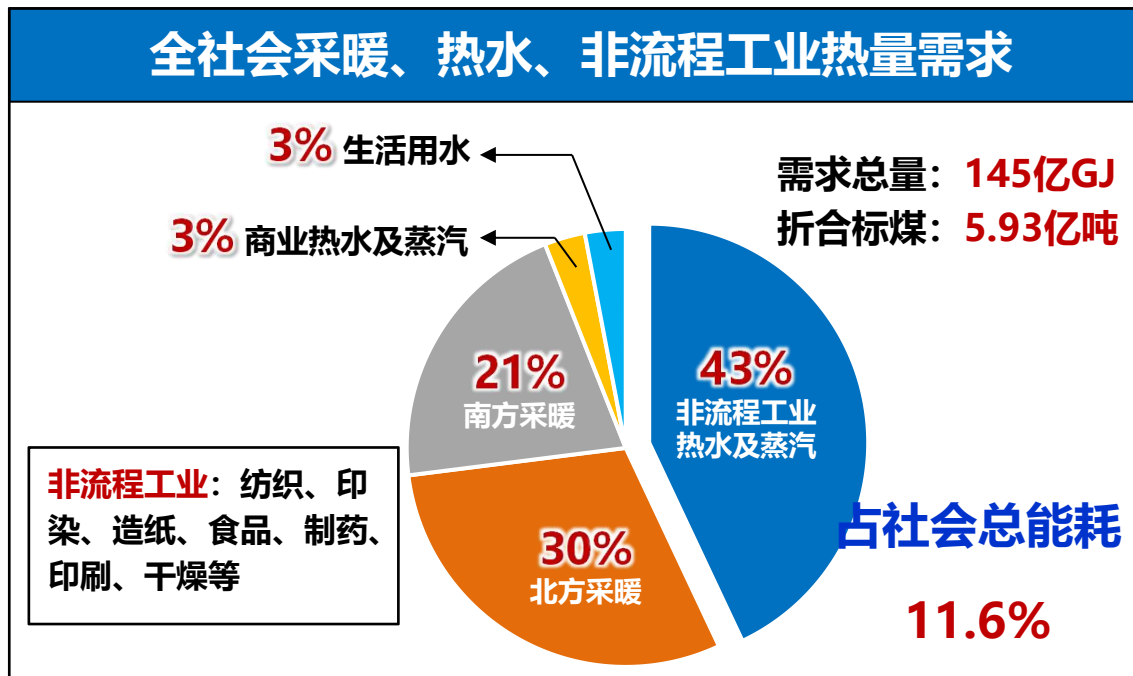
珠海格力电器股份有限公司

一、应用背景

1、市场体量巨大；2、现有主流热源效率低；3、政策机遇

1.1 市场体量巨大

- 热能是最大用能终端，采暖、非流程工业用热占社会**总能耗11.6%**[1]，折合耗电量**4.03万亿度**。
- 全社会采暖、热水、蒸汽等热量刚性需求达145亿GJ，目前主要通过**锅炉燃烧化石能源提供**。
- 工业用热占全社会热力消费总量**43%**，其中**中低温用热超60亿GJ**，**高温热泵替代**可行性强。



[1] 清华大学《城乡能源系统碳排放核算与减排路径》报告

[2] 中国节能协会热泵专业委员会《工业热泵发展白皮书(2023)》

1.2 锅炉的优劣势

■ 初投资低，运行费用高

- **电锅炉**：通过电能驱动，由电加热元件加热水或导热油，生产高温热水及蒸汽，环境友好但是**电热效率在90~99%**，单位制热费用约为**0.54元/KWh**，运行费用较高。
- **燃气锅炉**：以天然气作为原料，通过燃烧产生的烟气与换热片换热生产高温蒸汽，对环境不友好，**燃气热效率为70~92%**，转换单位制热费用约为**0.33元/KWh**，燃气使用费用仍较高。
- **热泵机组**：COP为4，电价0.6元/kWh，燃气价格3.8元/Nm³，是电锅炉的1/4，燃气锅炉的1/2。



电锅炉



燃气锅炉

1.3 热泵的优劣势

■ 初投资高，运行费用低

高温热泵系统1t/h蒸汽运行成本(元)

热水出水 热源出水	120	125	130	135	140	145	150
80	85	95	103	112	119	127	137
75	95	103	110	119	126	137	149
70	103	110	118	126	135	149	158
65	110	118	124	135	147	158	168
60	118	124	134	147	156	168	180
55	124	134	145	156	166	180	195
50	134	145	153	166	177	195	211

- 闪蒸罐出口饱和蒸汽温度=热水出水温度-5℃
- 运行成本按电价0.6元/kWh计算；对比燃气锅炉，按燃气标价3.8元/Nm³，锅炉效率0.95，运行成本292元/t*h。高温热泵为燃气锅炉的30~70%!

■ 热泵与碳中和

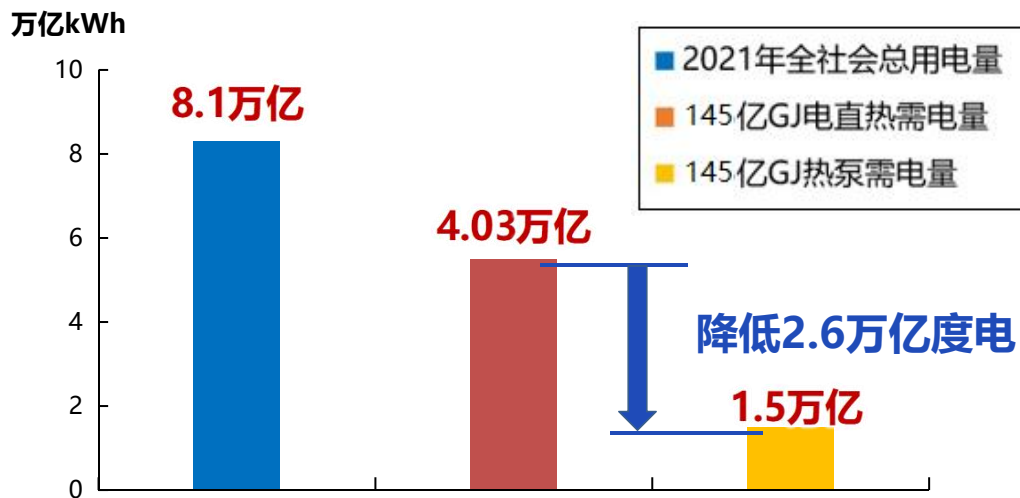
- 2020年9月，中国明确提出**2030年“碳达峰”**与**2060年“碳中和”**的目标。
- 2022年7月，由工信部等三部门联合印发的《工业领域碳达峰实施方案》中有提到要加快对**石化化工**等行业的**降碳改造升级**，其中也提到了**高效热泵**等技术的应用。



■ 热泵成为全球清洁高效供热的主要途径，迎来前所未有的发展机遇

- 热泵是热量供给**高效装置**：可降低用电**30%~85%**。全社会热量由**电直热**提供，需耗电**4.03万亿**度电，占总发电量**50%**，全面推广热泵可**降低2.6万亿**度电。
- 欧盟“REPowerEU能源重构”在热泵方向经费投入达560亿美元；美国能源部“能源攻关计划”提出通过热泵等技术，到2035年实现将工业供热的温室气体排放降低85%

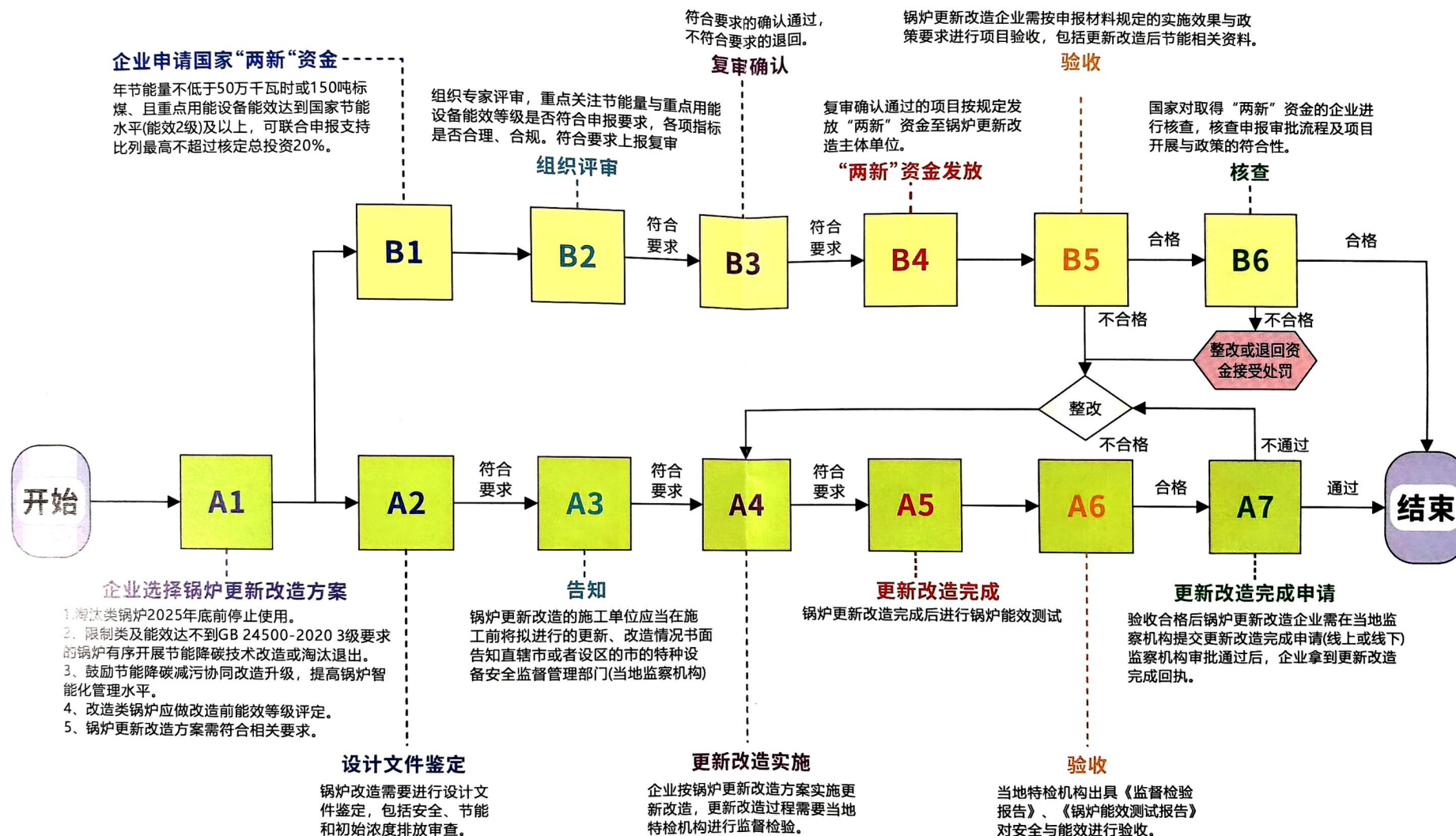
电热直接转化与热泵总耗电量对比



热泵技术全球战略指引和政策

- 2022年5月，欧盟“REPowerEU能源重构”
- 2022年9月，欧盟“能源系统数字化”
- 2022年9月，美国能源部“能源攻关计划”
- 2021年以来，国务院及部委累计**31份**文件
-

■ 锅炉更新改造“两新”资金支持工作流程



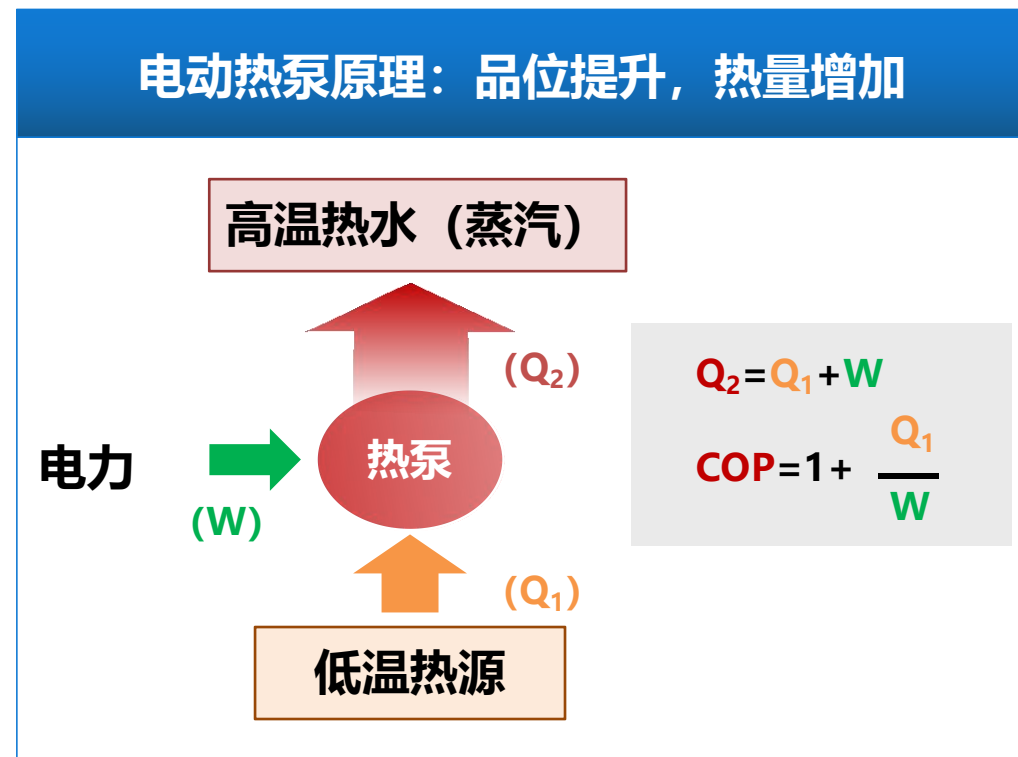
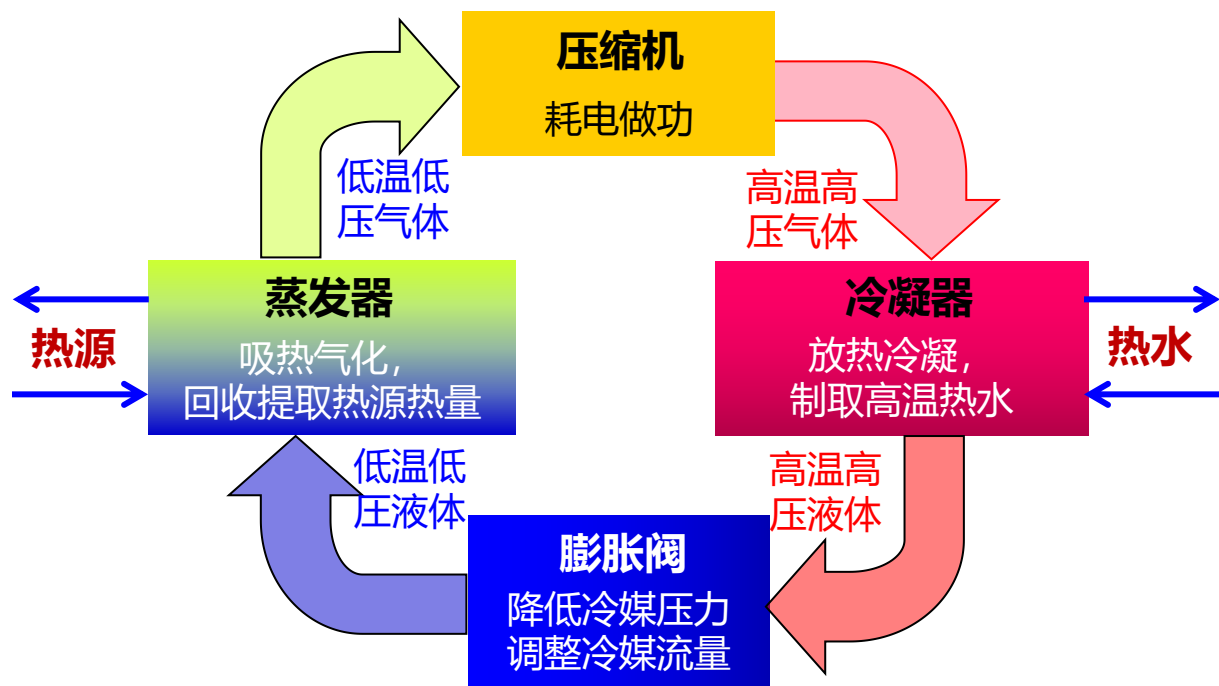
二、热泵是什么？

1、什么是热泵； 2、什么是工业热泵



2.1 热泵原理

- 热泵原理等同于制冷原理，差异在用户是需求冷还是热。



- 热泵是热量供给的**最高效装置**，在**少部分电能**的驱动下，将**低品位热源的热能**转移到**高品位热水（蒸汽）**的一种节能装置，从而实现低温热源热量的品位提升与再次利用。

2.2热泵表现形象

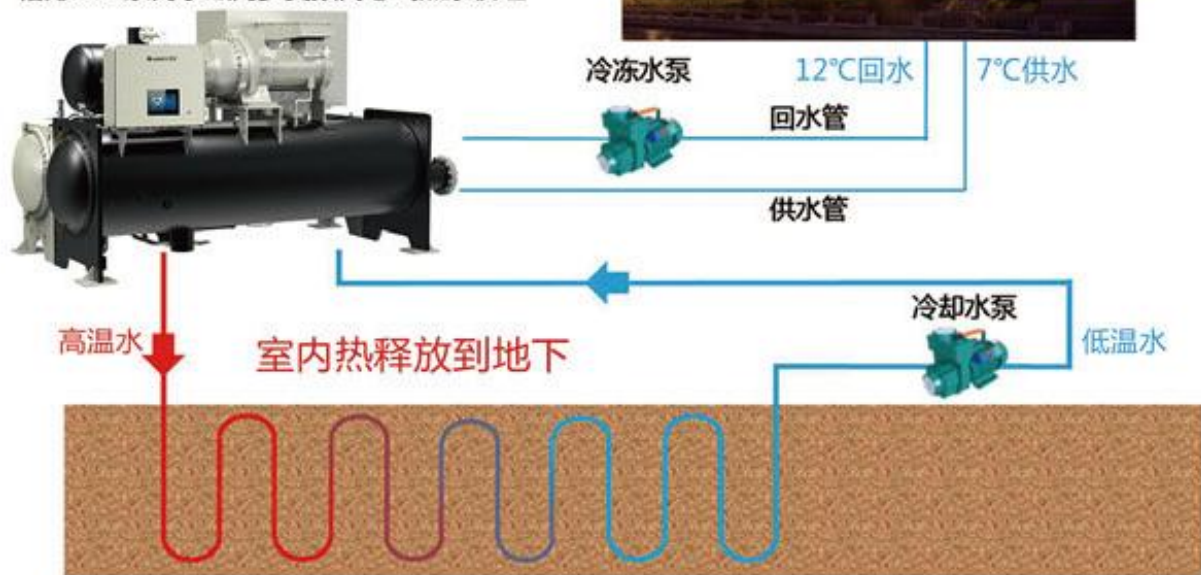
夏季集中供冷：

夏季

制冷



格力CVP系列永磁同步变频离心式热泵机组



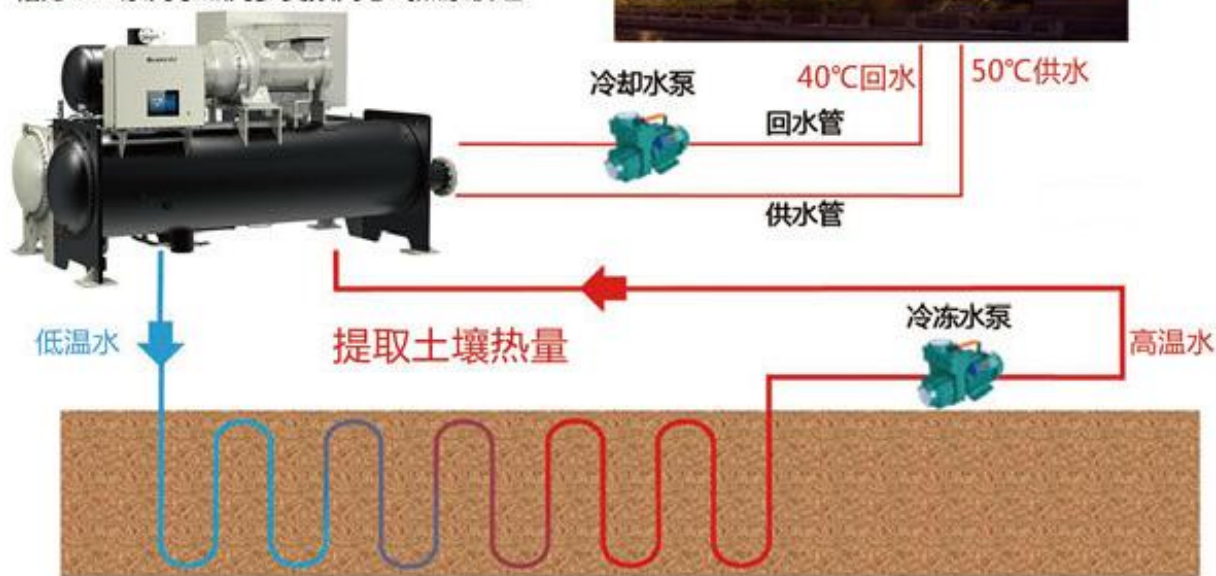
冬季集中供热：

冬季

制热

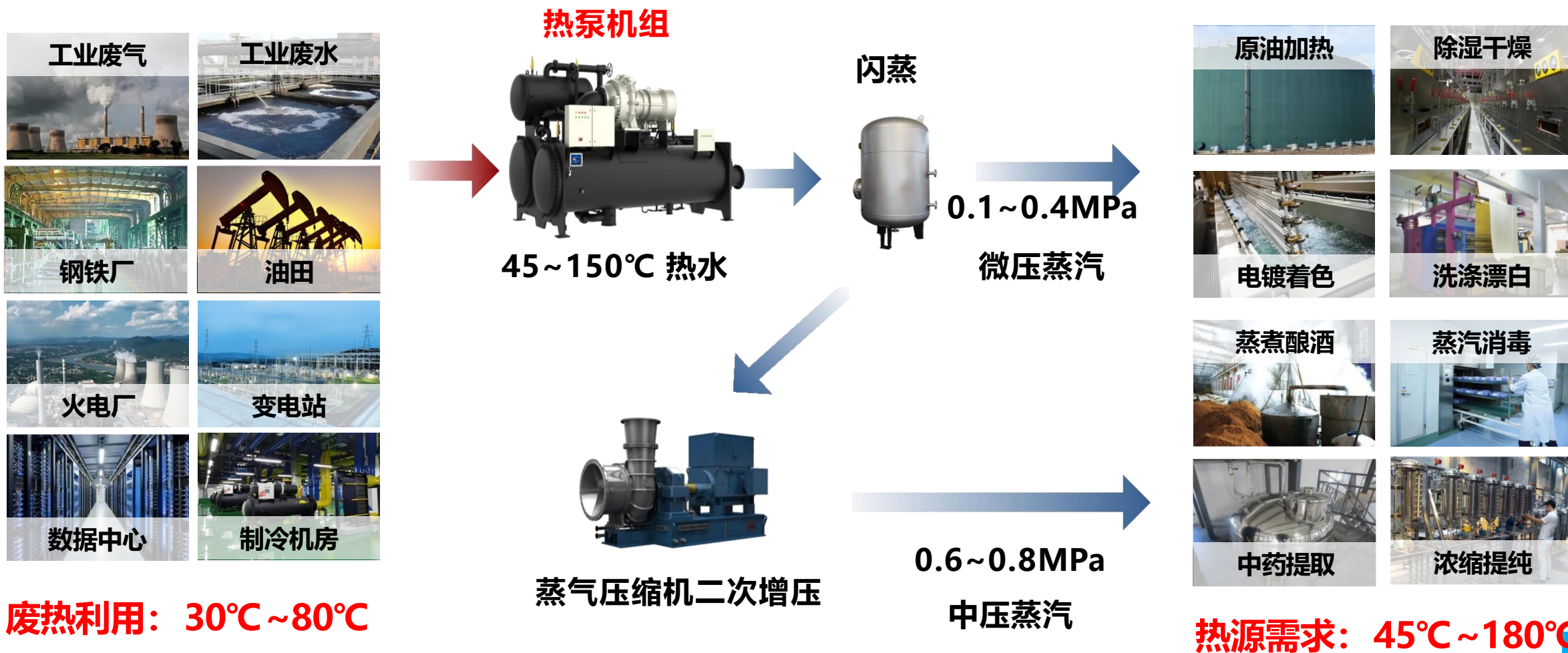


格力CVP系列永磁同步变频离心式热泵机组



2.3 工业热泵

- 工业生产中存在需要大量热能的环节，同时又有许多工艺或者设备产生许多废热需要**高效利用**。

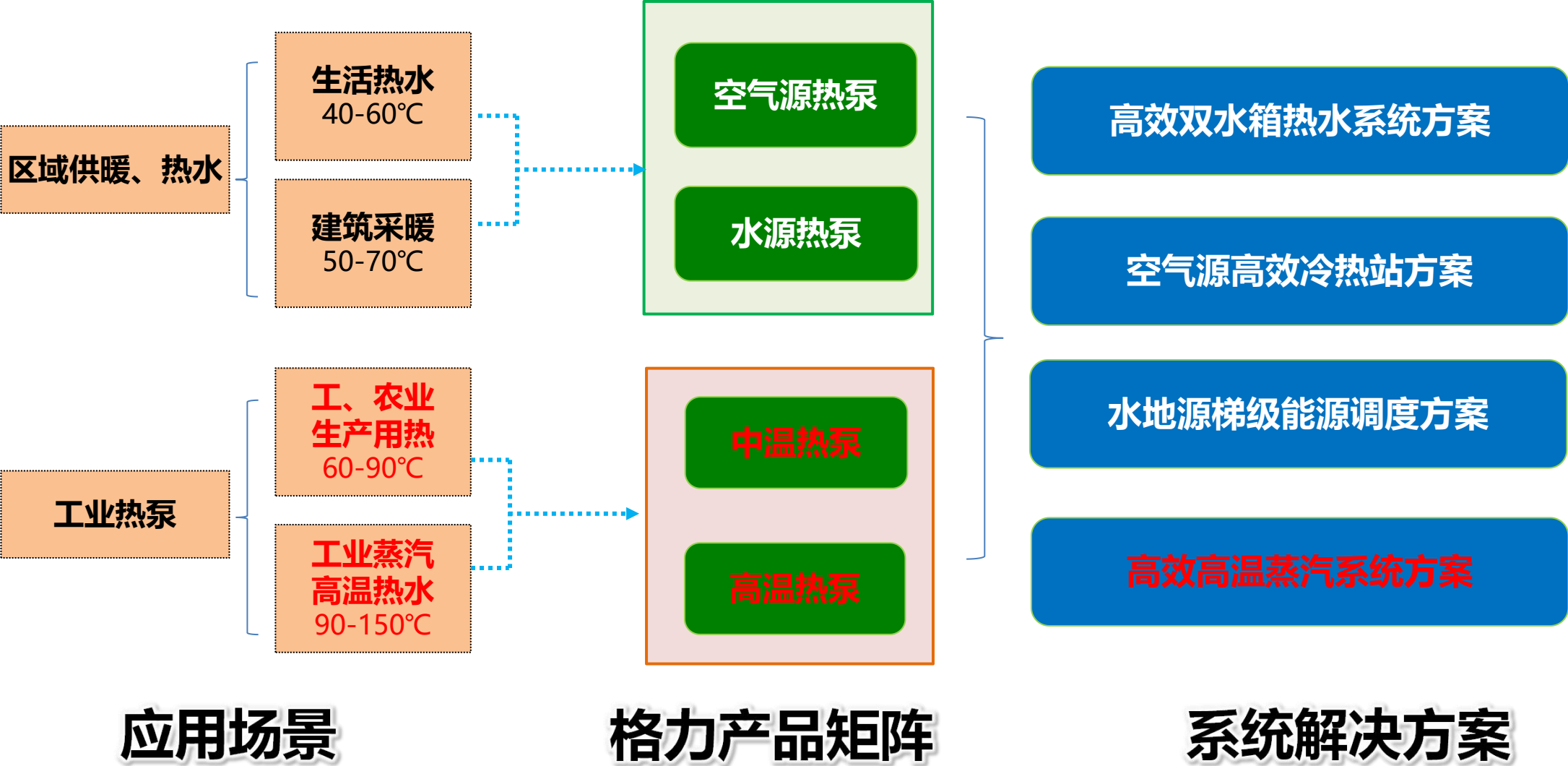


三、应用方案

1、产品解决方案； 2、聚焦； 3、二八法则

3.1 格力热泵产品方案体系

■ 构建先进热泵体系满足全社会高效清洁供热需求



3.2工业大容量高温热泵离心机

■ 产品细分

- 构建**双压缩机串联、多级压缩**的高温热泵技术平台
- 打造覆盖**60~150°C**工业热水及蒸汽需求的**全套工业热泵产品体系**

工业大容量高温热泵离心机



~80°C(热水)

R134a

单机制热量**1~10MW**



~120°C(热水)

R515B/R1233zd(E)

单机制热量**1~10MW**

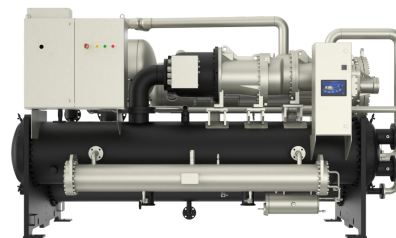


~150°C(热水)

R1233zd(E)

单机制热量**1~8MW**

蒸汽发生器



≥120°C(蒸汽)

R515B/R1233zd(E)

单机蒸汽流量**1~2t/h**

水蒸气压缩机



≥150°C(蒸汽)

单机蒸汽流量**2~4t/h**

3.2工业大容量高温热泵离心机

■ 高温热水/蒸汽 (60~150℃)

- 120℃+大容量高温热泵经科技成果鉴定，整体技术达到国际领先水平。目前已进一步提升供热能力至**150℃**，更全面覆盖工业用热需求，此温区超R134a临界温度，**R1233zd(E)**为优选方案
- 该技术在纺织、印染、食品等需要大量高温热水的工业场合有极高推广应用价值。



鉴定意见
<p>2024年1月27日，中国机械工业联合会在珠海市组织召开了由珠海格力电器股份有限公司、上海交通大学和空调设备及系统运行节能国家重点实验室共同完成的“120℃工业大容量高效高温离心式热泵”科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了完成单位技术总结报告，考察了产品测试现场和生产现场，审查了相关技术资料，经质询和讨论，形成意见如下：</p> <p>一、提供的技术文件和资料规范、齐全，符合鉴定要求。</p> <p>二、项目成果具有以下创新点：</p> <p>1. 发明了具有固流多材质隔热结构的转子、前置大过冷的冷却系统、多联强收效油楔滑动轴承，解决了离心压缩机120℃排气温度的材料失效、稳定性差的问题，提升了120℃高速直驱高温热泵离心压缩机的运行可靠性。</p> <p>2. 构建了双压缩机串联、多级压缩离心式热泵系统，发明了适用于低GWP工质的前倾后弯三元高效叶轮和基于压缩机能量模型的高效协同控制方法，解决了大温升工况下同轴多级压缩效率低、多参数协同控制难度大的难题，实现了60K大温升工业热泵的高效运行。</p> <p>3. 发明了适用于低GWP工质的倾斜Γ型高温蒸发管与直角翅翅高温冷凝管，提出了分区差异布管的流路优化设计方法，解决了高温工况下低GWP工质蒸发、冷凝传热恶化问题，有效提升了蒸发器、冷凝器换热效率。</p> <p>三、产品经国家压缩机制冷设备质量检验检测中心按GB/T 18430.1-2007标准测试，在60K温升、120℃冷凝温度下，制热量为9114kW，制热COP为4.36W/W；65K温升下冷凝温度最高达到130℃，制热COP为4.01W/W；65℃热源、热水出水最高达到125℃，制热COP为3.92W/W。</p> <p>鉴定委员会认为，该项目技术难度大、创新性强，具有完全自主知识产权，整体技术达到国际领先水平，一致同意通过鉴定。</p>
鉴定委员会主任：陈学东
副主任：江化、孙强
2024年1月27日

3.3工业大容量高温热泵离心机优劣势

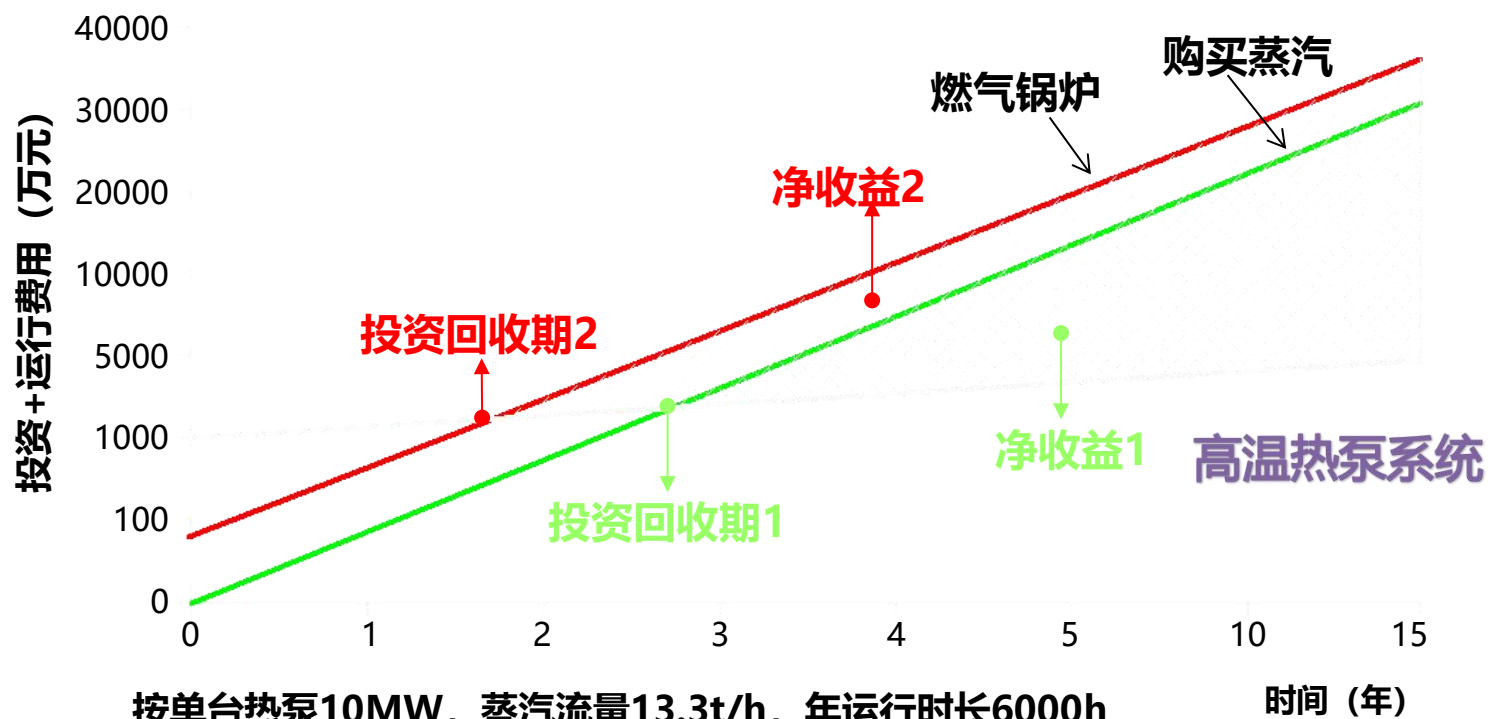
■ 初投资高，运行费用低

COP=3.93，热力学完善度达0.6

相比购买蒸汽，投资回收期 < 3年，15年运行净收益4600万元



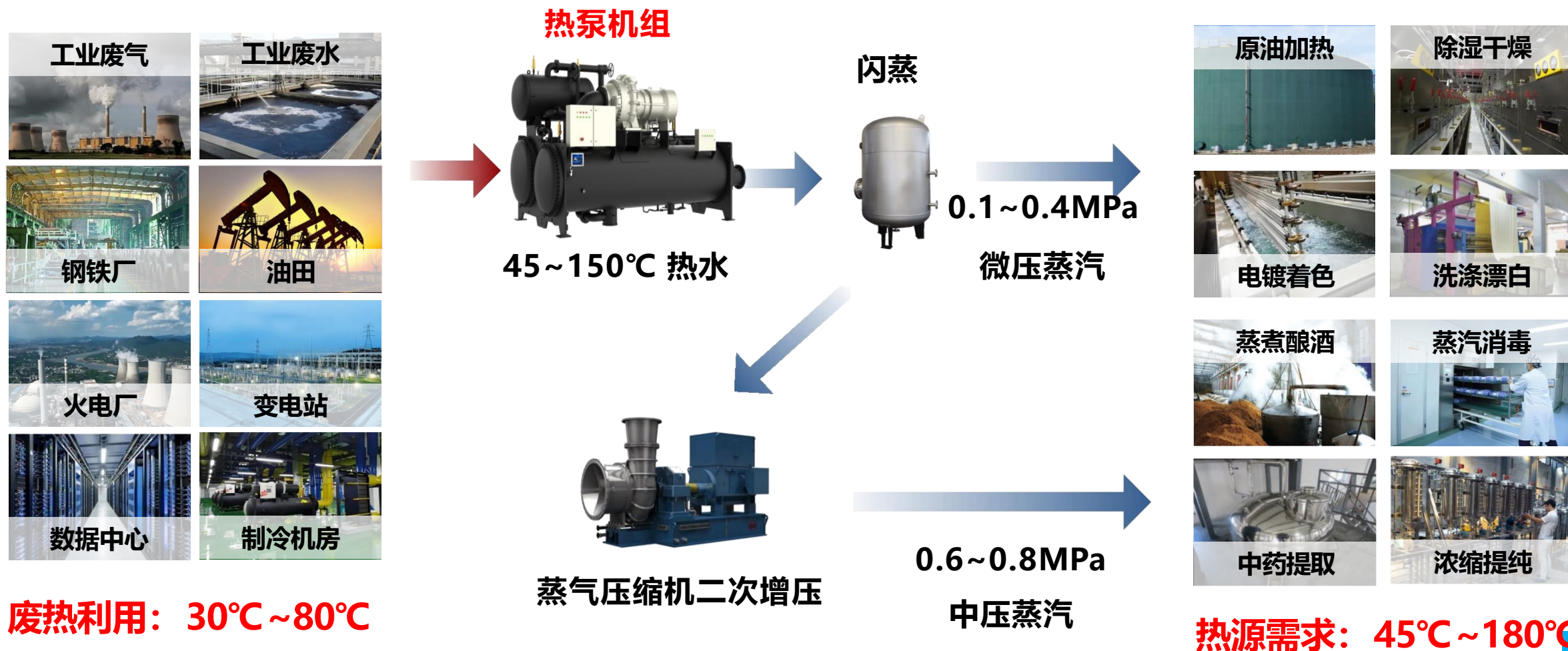
注：120°C出水，60°C温升设计工况



按单台热泵10MW，蒸汽流量13.3t/h，年运行时长6000h
电厂蒸汽280元/t，燃气3.8元/m³，工业电价0.8元/kwh

3.4工业大容量高温热泵离心机应用场景

■ $\leq 120^{\circ}\text{C}$ 经济性最佳, $\leq 80^{\circ}\text{C}$ 成熟应用, 热水/蒸汽消耗量巨大



3.4工业大容量高温热泵离心机应用场景



有余热且有120℃蒸汽需求的行业场所					
序号	行业	应用场景	蒸汽需求	余热利用方式	技术优势
1	印染纺织行业	丝绸煮炼、漂白、高温定型、烘干工艺	需持续供应110–120℃蒸汽，传统依赖燃气/燃煤锅炉	回收染色废水余热（40–60℃），通过高温热泵提至120℃蒸汽； 如浙江某印染厂，用碧涑高温热泵机组将240吨/日自来水加热至110℃产蒸汽，替代锅炉后节能超50%。D5	钛管换热器抗腐蚀，直接处理废水，省去二次换热成本。
2	酿酒与食品加工	发酵控温、蒸馏杀菌、容器消毒	120℃蒸汽满足30分钟湿热灭菌标准（如医疗级洁净要求）	酒厂蒸馏工序产生80–90℃废热水/汽，经特种热泵升级为120℃蒸汽循环利用； 某酒业集团改造后，同步实现烟气减排和能耗下降，符合“双碳”目标。	
3	化工与石化园区	反应釜加热、管道伴热、原料提纯	低品位余热丰富（如循环冷却水50–60℃、废气80–100℃）； 烟台万华化学项目通过吸收式热泵回收化工余热，为园区提供高品位热源及市政供暖。		石家庄炼油厂余热项目供热2115万m³，年节煤54.9万吨，减碳143.8万吨。
4	污水处理厂	污泥干化、厌氧消化加热、冬季防冻		直接提取污水中的热量（15–25℃），用高温热泵输出120℃蒸汽； 内蒙古腾格里污水厂采用10台RB-204K热泵机组，替代燃煤锅炉处理10万m³污水，设备耐腐蚀且免二次加热。	
5	医疗灭菌与制药	120℃维持30分钟湿热灭菌（手术器械、药品包装）		回收制药发酵罐冷却水（60–70℃）或空压机废热； - 碧涑热泵配置5G物联网系统，实现蒸汽温度精准控制及能耗云端管理。	
6	淀粉糖及生物化工	液化、糖化环节需稳定高温蒸汽		乐陵中谷淀粉厂回收54℃冷却水余热，经溴化锂机组升温供暖，年节煤1.84万吨； 若改用高温热泵，可直接产出工艺蒸汽，进一步替代锅炉。	
7	集中供暖与农业温室	工业余热→城市供暖：济南CBD利用电厂余热供冷500万m³，烟台项目覆盖6700万m³； 农业供暖：寿光大棚用热电余热替代燃煤，保障夜间温度。		蒸汽转换角色：120℃蒸汽可作为区域能源站的高品位热源，驱动吸收式制冷或梯级供热。	

四、格力热泵应用案例及样板

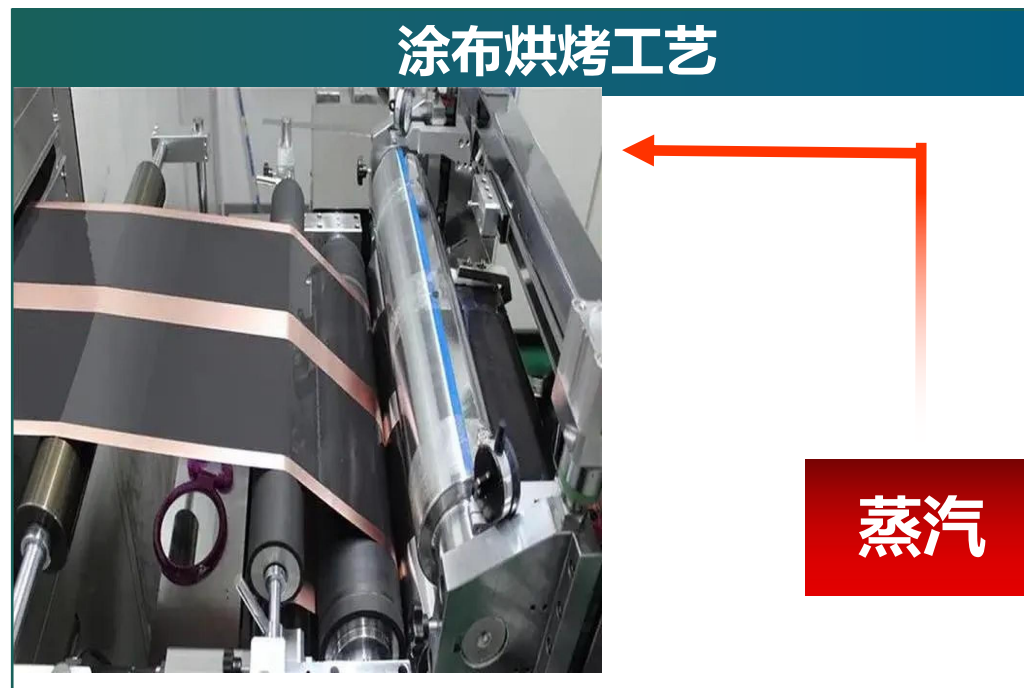
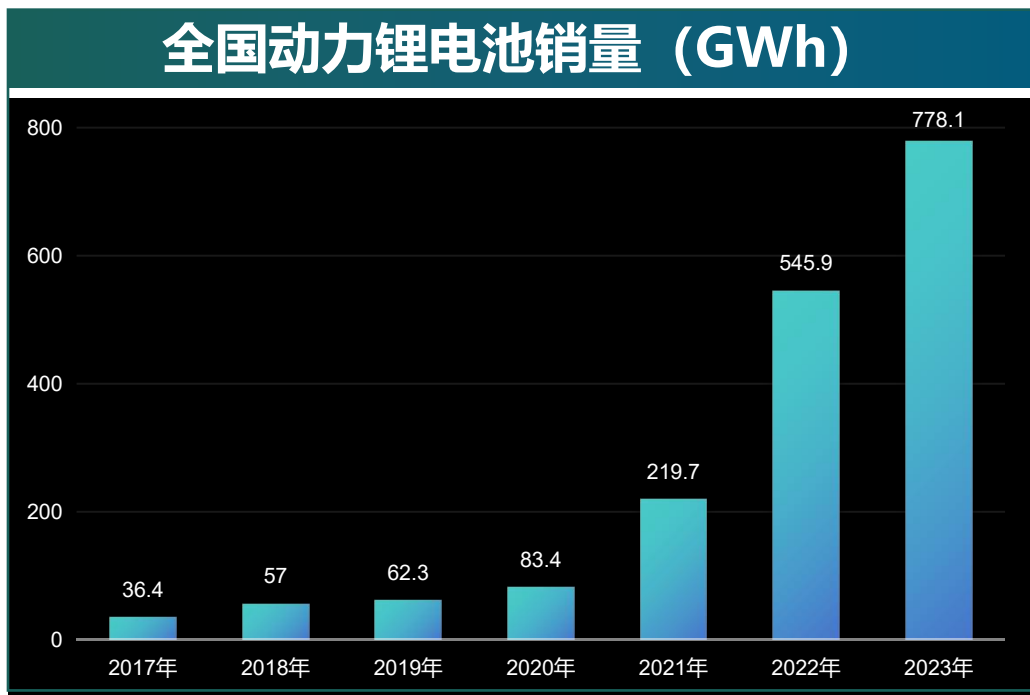
1、45~130℃； 2、离心、螺杆机组； 3、全行业



4.1 高温蒸汽 (130°C)

■ 应用案例-合肥某电池厂制冷蒸汽联供项目

- 随着电池行业迅速发展，全国已有1500家电池制造企业，近5年锂电池销量增长**11.5倍**
- 电池制造中涂布烘烤工艺是重要环节，需要蒸汽产生120°C~140°C热风



4.1高温蒸汽（130℃）

应用案例-合肥某电池厂制冷蒸汽联供项目

- 采用7℃/130℃螺杆式制冷蒸汽联供机组，120K+ 大温跨制冷蒸汽联供
- 单台机组的制热量为750kW，制冷量可达到400kW，综合性能系数COP达到3.2，相较传统方案节能60%



方案对比		
	传统工业制冷制热方案	7℃/130℃螺杆式制冷蒸汽联供机组
制冷/制热	冷水机组+锅炉	R515B/R1233zd(E) 半封闭螺杆
130℃热水/7℃冷水产出 (t/h)	64 /69	64 /69
制冷量(kW)	400	400
制热量(kW)	750	750
耗电量(kW)	914.5	359
综合能效比	1.26	3.2

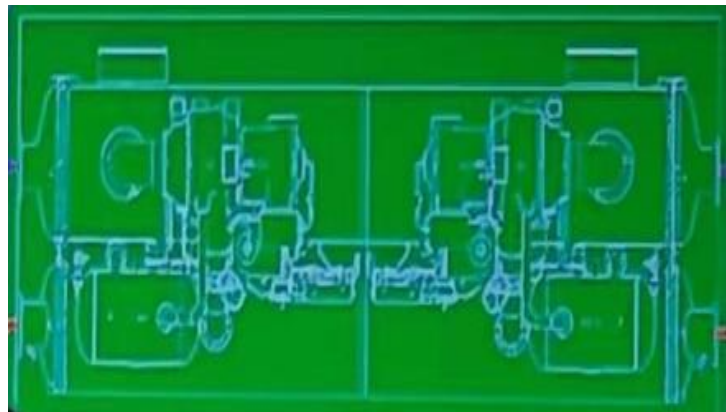
4.2高温热水（85℃）

■ 应用案例——喀什库尔干县集中供暖升级改造建设项目

- 格力电器设计制造 **4台 10MW** 高温离心热泵机组。组成国内单机最高制热量，总制热量 40MW，满足100 万m²的供暖需求。机组出水温度最高达到**85℃**，标准工况**COP 达到 5.6**，相比电锅炉实现**节能 70%** 以上,年CO₂减排达 115500吨



高温热泵离心机



系统设计图



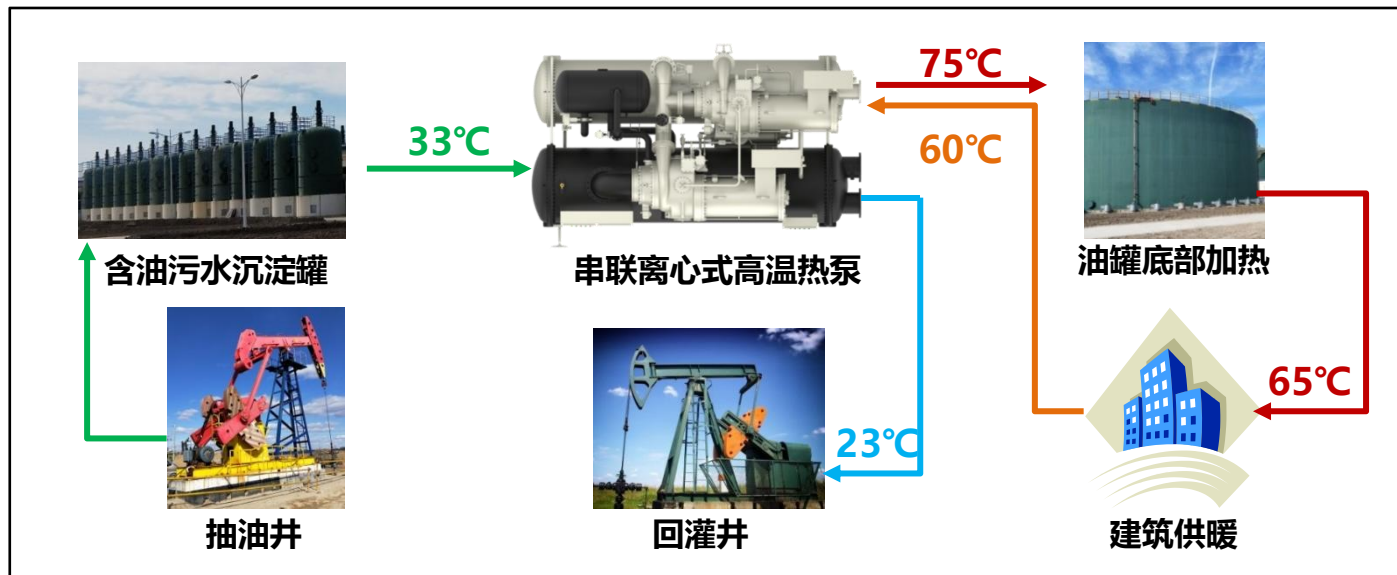
4.3高温热水（75℃）

■ 应用案例——大庆油田污水站地热利用示范工程

- 将石油开采过程中产生的含油污水余热回收，实现油罐底部加热和厂房供暖，减少工业废水热污染，解决小区供暖热源问题，提高整体能源利用率
- 共采用3台串联高温热泵离心机，设计热源进水33℃，热水出水75℃以上，单机制热量**4.8MW**的离心式热泵机组，平均**COP达3.82**



油田余热回收高温热泵



供热系统流程图

4.4高温热水（60~80℃）

■ 应用案例——吉林中石油热泵改造项目

- 吉林油田、大港油田采用格力热泵机组，热负荷达到**9200RT（共计供货热泵离心机、螺杆机13台）**。
- 采用格力自主研发高效热泵离心式机组替代高温锅炉，通过双级压缩机串联、双补气系统结构技术，COP最高可以达到**6.14**。



4.4高温热水（60~80℃）



序号	项目名称	项目所在地	中标设备	离心机			中标年份
				热量(RT)	中标数量	总热量 (RT)	
1	大庆油田新中一污水站地热利用项目	大庆	CP6A0FTKNTRKN-C	1365	3	4095	2020年
2	吉林油田离心压缩式热泵项目-6KV设备采购	吉林	CVPH762TSERSE-2-G	1500	2	3000	2023年
3	吉林油田离心压缩式热泵项目-站9设备采购	吉林	CVP652RKCNKCD-2	1000	1	1000	2023年
4	吉林油田共享服务中心离心、压缩热泵项目	吉林	CVP311HG4GGFD	350	1	350	2023年
5	吉林油田离心压缩式热泵系统及附属设备物资采购标包—	吉林	CVP422NI1JI1D-2 CVP421NI1JI1D-2 CVP412MI2JI2D-2 CVP411MI2JI2D-2	600 550 500 410	4	2060	2023年
6	吉林油田站点11/12	吉林	CVP542QJCKJCD-2	750	1	750	2024年
7	大庆油田工程建设有限公司采油三厂项目	大庆	CP4A0FPK4TMKB-2-G	900	3	2700	2024年
8	吉林油田共享服务中心离心、压缩热泵项目	吉林	LHVP540HIPJIP-2/Nb	845	2	1690	2023年
9	吉林油田螺杆压缩式热泵采购	吉林	LHVP740FE6FEB/Nb LHVP540DD2ED3/Nb	730 450	2	1180	2023年
10	吉林油田共享服务中心离心、压缩热泵项目	吉林	LHVP540HIPJIP-2/Nb	845	2	1690	2023年
11	吉林油田螺杆压缩式热泵采购	吉林	LHVP740FE6FEB/Nb LHVP540DD2ED3/Nb	730 450	2	1180	2023年
合计	11				23	19695	4

4.5高温热水（65℃）



■ 应用案例——鞍山钢铁集团公司低品位余能回收示范项目

- 采用2台**10MW**永磁同步变频离心式热泵机组，回收钢铁厂加热炉工艺流程中净环水产生的30℃废热，提升至65℃，满足厂区18万m²冬季供暖需求，替代原有市政集中供暖系统
- 机组2017年投入使用，制热COP达**6.67**，较市政供暖节省费用**250万元/年**



	2017采暖季	2018采暖季
消耗电能 (万度)	242.9	296.8
电费 (万元)	145.7	178.1
年节省运行费用 (万元)	250	218
节省标煤 (吨)	3500	4200
减排二氧化碳 (吨)	9450	11500
注：2017采暖季运行时间17.12.15-18.03.15 2018采暖季运行时间18.11.15-19.03.15		

串联逆流双系统离心式高温热泵

4.6电子行业热泵样板



三安光电股份有限公司

- 高效离心式冷水机组48台
- 组合柜72台
- **总冷量96,850RT**
- 项目简介：三安光电为我国光电行业的龙头企业之一，截至目前，三安与我司已达成厦门、泉州、安徽、湖北、湖南基地共计18个项目合作。包括高端氮化镓LED衬底、外延、芯片的研发与制造产业化项目，高端砷化镓LED外延、芯片的研发与制造产业化项目等七大产业集群，格力冷水机组为其部分生产车间稳定提供集中冷源。

序号	项目名称	时间	地点	中标机组	总冷量
1	泉州三安半导体产业化项目（一期）	2019	泉州	1250RT 定频离心机 1台 2250RT 定频离心机 1台 2500RT 定频离心机 1台 1250RT 热回收离心机 2台	8500
2	安徽三安动力站1#冷水机组置换项目	2020	芜湖	2100RT 定频离心机 1台	2100
3	湖北三安Mini/Micro LED显示产业化项目	2020	鄂州	1250RT 定频离心机 2台 1250RT 变频离心机 2台 2500RT 定频离心机 2台 500RT 定频热泵螺杆机	11000
4	泉州三安半导体产业化项目东地块扩容	2021	泉州	2250RT 定频离心机 3台 2500RT 热回收离心机 1台	9250
5	湖南三安半导体一期空调机组	2021	长沙	1250RT 定频离心机 1台 2500RT 定频离心机 5台 1250RT 变频离心机 1台 1250RT 热回收离心机 4台	20000
6	厦门三安集成冰机项目	2021	厦门	1250RT 定频离心机 2台	2500
7	泉州三安集成板块冷水机组	2021	泉州	1250RT 定频离心机 1台 1250RT 热回收离心机 1台 2500RT 热回收离心机 2台 2250RT 定频离心机 2台	12000
8	泉州三安-1#~2#动力站二期低温中温冷水机组	2021	泉州	2250RT 定频离心机 4台 2500RT 定频离心机 3台	16500
9	湖北三安1#动力站扩增冷水机组项目	2022	鄂州	1800RT 热泵离心机 2台 2500RT 定频中温热回收机 2台 2500低温离心机 2台	13600
10	湖南三安半导体二期空调机组	2023	长沙	2500RT 热回收离心机 1台 2500RT 定频离心机2台	7500

4.9食品行业热泵样板



佛山市海天调味食品股份有限公司

- 高效离心式冷水机组7台
- 永磁同步变频离心机组13台
- 永磁同步变频热泵离心5台
- 永磁同步变频螺杆机组2台
- 总冷量22900RT

序号	项目名称	项目时间	项目地点	中标设备	总冷量
1	海天味业	2016	佛山	450RT变频离心机1台 1000RT 变频离心机1台 2000RT定频离心机2台	5450
2	佛山市海天调味食品股份有限公司	2020	佛山	2000RT 高压直接启动机组 2台 1000RT 变频离心机 2台	6000
3	海天味业	2021	佛山	1000RT 变频离心机 1台	1000
4	海天调味阳西项目	2021	阳西	1000RT变频离心机1台 500RT变频离心机1台	1500
5	海天调味广西项目	2022	广西	2000RT变频离心机1台 1000RT变频螺杆机2台	3000
6	海天调味宿迁	2023	宿迁	400RT 变频离心机1台 400RT 变频螺杆1台	800
7	海天醋业武汉	2023	武汉	600RT 变频螺杆机1台	600
8	海天高明热泵离心机	2023	佛山	500RT 变频离心热泵 1台	500
9	海天总部大楼	2023	佛山	600RT 变频离心热泵 1台 950RT 变频离心热泵 3台	3450
10	海天调味武汉	2023	武汉	600RT 变频离心机1台	600

项目描述：中国最大的专业调味品生产企业之一,其酱油的加工工艺更加复杂，有前期蒸煮、制曲、发酵；中期调配；后期包装。格力的机组成功解决了酱油前期蒸煮、制曲过程中温湿度难以控制的问题

降本节能 格力工业热泵助力“双碳”

