

# 新一代物联多联机节能关键技术研究

青岛海尔空调电子有限公司

2024年04月



01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望

01

双碳国家战略

多联机行业亟待解决的问题

节能关键技术路线

# 一、研究背景

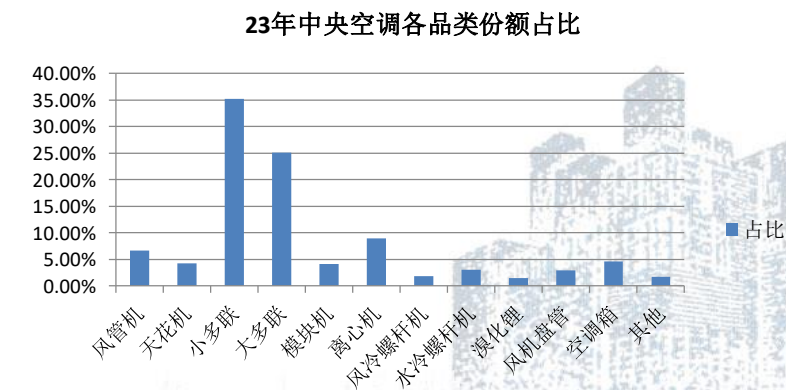
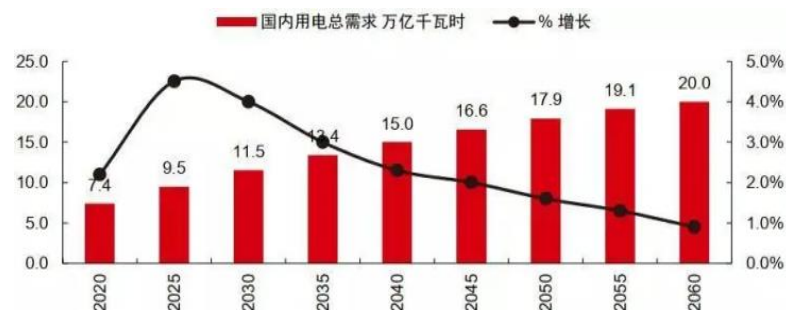
## ◆ 双碳国家战略

- 2020年中国在联合国大会提出，力争**2030年前碳达峰**，**2060年前碳中和**，将加快推动绿色低碳发展列入“十四五”规划



## ◆ 高效节能多联机是实现双碳的重要途径

- 2023年中国电力消费需求稳步上升，用电量达到9.22万亿千瓦时，增长了6.7%，达到了历史新高，国内用电总需求随时间渐增
- 据中国建筑节能协会统计，中国建筑建造和运行相关CO2排放占中国全社会排放量**约38%**，其中建筑运行占比为22%，而建筑运行中空调运行能耗约占**40%-55%**
- 目前多联机占据整个中央空调份额的**60%**，多联机在中央空调占据重要市场地位



## ◆多联机行业亟待解决的问题

### 1 紧凑型设计与大容量机组能效低的问题：

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》要求新建建筑应安装太阳能系统：同时越来越多的新建建筑屋顶用于绿化、健身等个性化需求；  
《绿色建筑评价标准》对空调的能效要求越来越高；

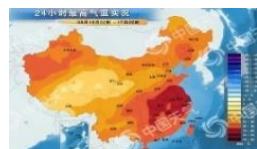


### 2 在多变环境下舒适与节能协同运行的问题：

如何区分重结霜区和轻结霜区提升非稳态制热量、降低室内温度波动  
如何区分室内高湿运行与低湿运行区避免用户为获取舒适环境设定温度过低造成的能源浪费

### 3 使用更宽运转范围边界工况下节能与可靠性运行的问题：

解决边界工况轻负荷运行效率低的问题  
解决多变工况全封闭箱体情况下可靠性与高温运行能力提升问题



高温



极寒



暴雨



暴雪



沙尘暴



台风



沿海高盐腐蚀



酸雨腐蚀

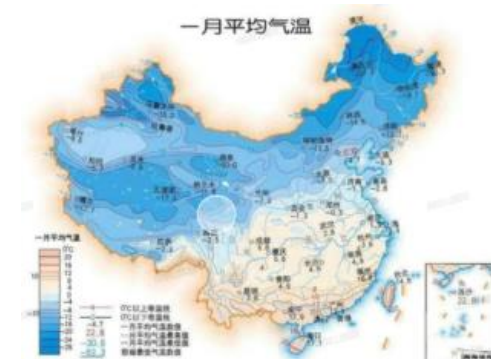
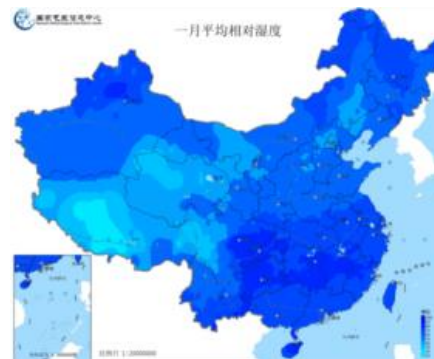
### 5 可再生能源建筑应用系统设计

#### 5.1 一般规定

- 5.1.1 可再生能源建筑应用系统设计时，应根据当地资源与适用条件统筹规划。
- 5.1.2 采用可再生能源时，应根据适用条件和投资规模确定该类能源可提供的用能比例或保证率，以及系统费效比，并根据项目负荷特点和当地资源条件进行适宜性分析。

#### 5.2 太阳能系统

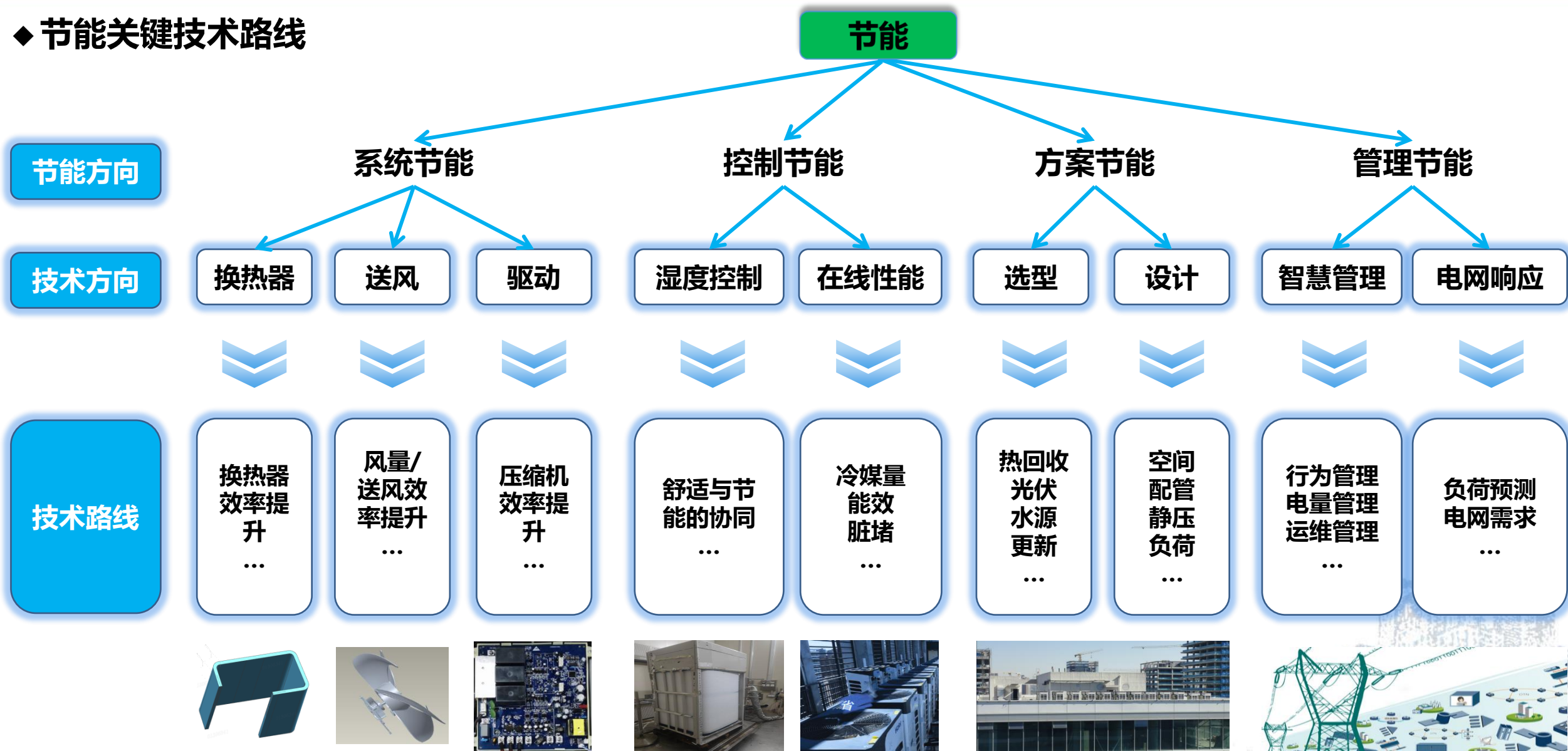
- 5.2.1 新建建筑应安装太阳能系统。
- 5.2.2 在既有建筑上增设或改造太阳能系统，必须经建筑结构安全复核，满足建筑结构的安全性要求。





# 一、研发背景

## ◆ 节能关键技术路线



01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望



# 02

技术1：梯级高效换热器

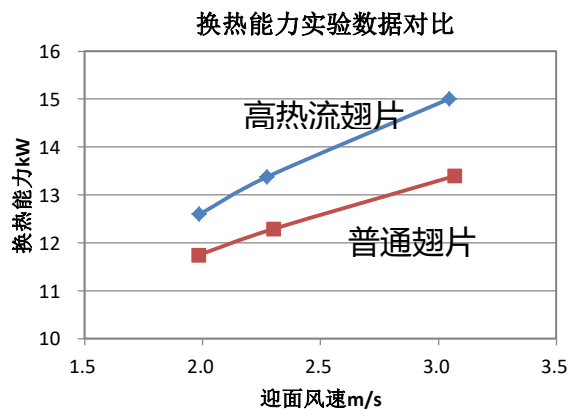
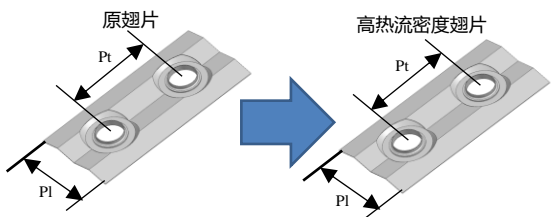
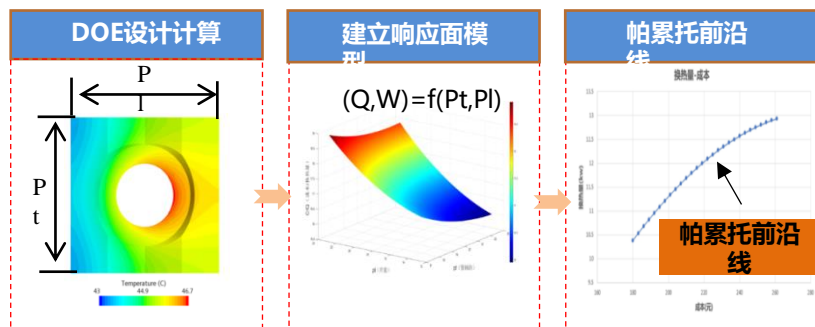
技术2：AFM高效风机

技术3：VPC高效驱动

# 二、系统节能关键技术：梯级高效换热器

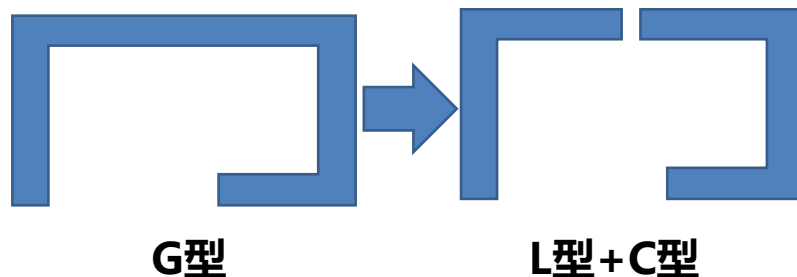
## 高热流密度翅片

使用CFD+全局寻优算法对翅片的片宽以及管间距进行了优化，开发了高热流密度翅片，**换热性能提升10%**

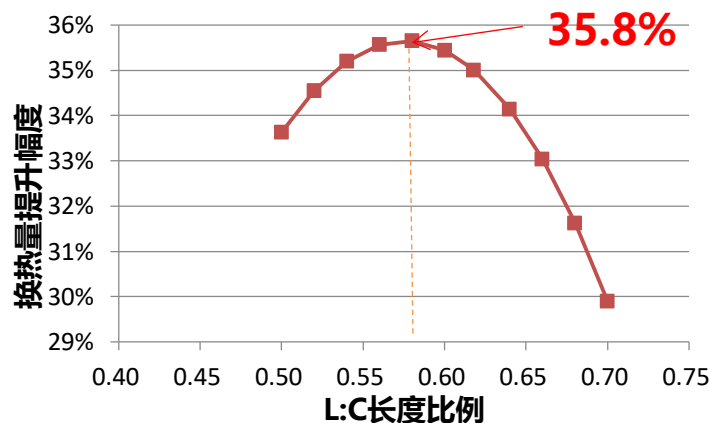


## 黄金分割换热器

根据换热器最佳流路长度将传统的G型换热器拆分成L型+C型两部分，得出最佳能力分割比例，**换热性能提升35.8%**



不同换热器分割比例能力提升比例

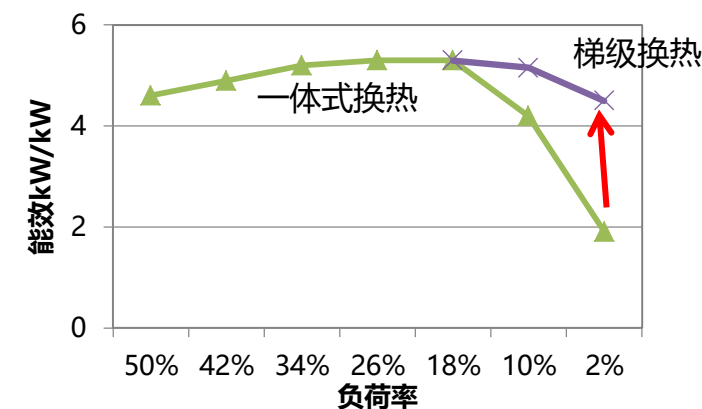
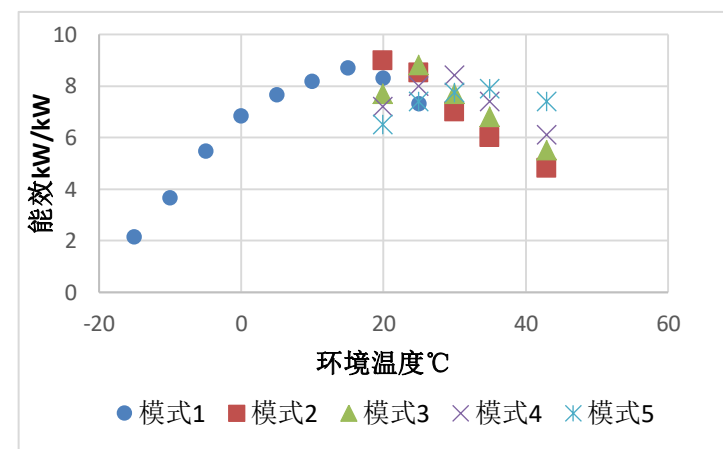


$$\text{换热能力提升比例} = \frac{\text{分割后换热量}}{\text{分割前换热量}}$$

## 梯级换热

根据内外换热比例，将传统的一体式热交进行分区梯级控制，**换热性能提升36%**

制热能效随外环温变化

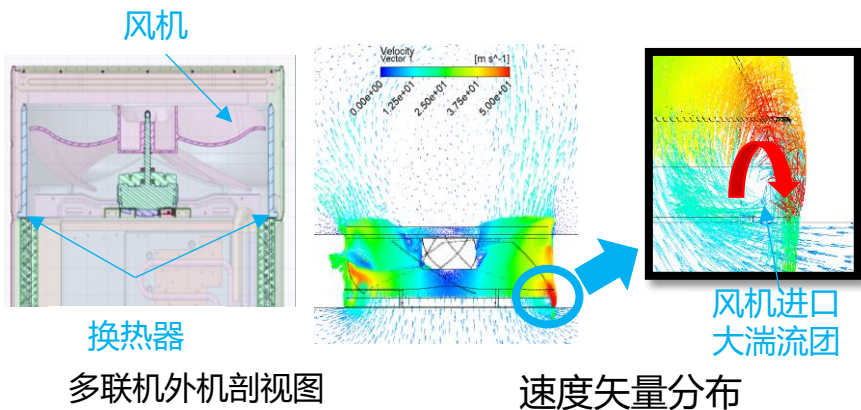




## 二、系统节能关键技术：AFM高效风机

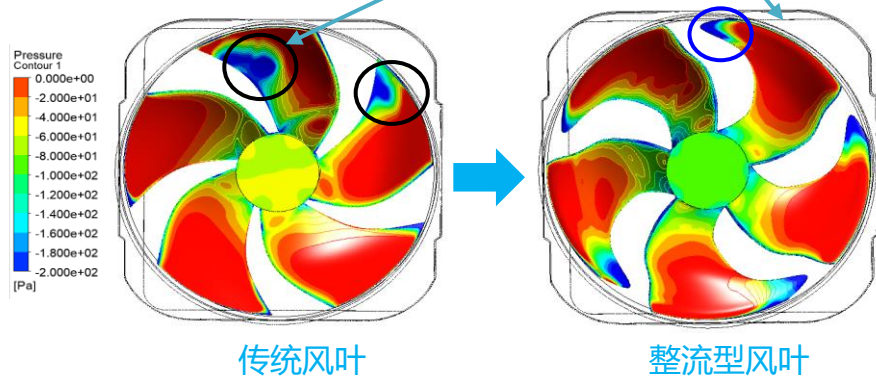
### ➤ 整流型高前掠高效风扇

最大风扇直径820mm，整流型高前掠风叶设计 低压区域仅在叶尖，减小未完全整流的湍流团对叶片中部表面压力的干扰，提高对大湍流团的整流能力，送风效率提升5%



低压区域分布在叶片中部

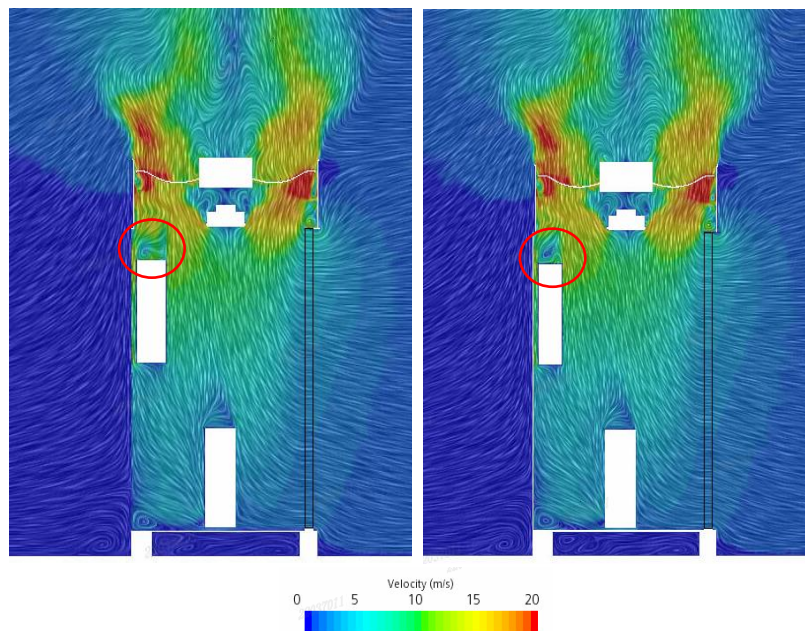
低压区域仅在叶尖



风叶表面压力分布

### ➤ 低阻型高效风道

最薄箱体厚度110mm，气流的流通面积增加，有利于气流流动及风场分布，送风效率提升1.05%

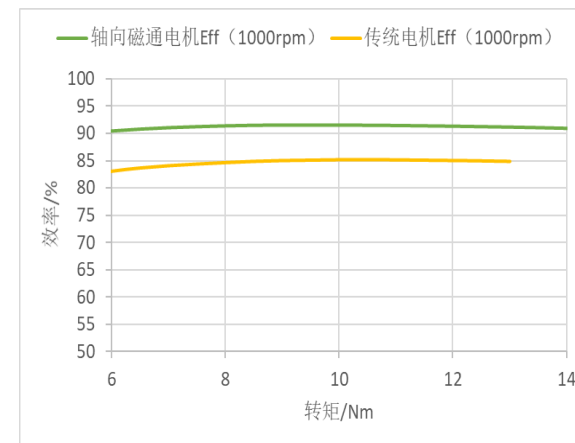


电控盒厚度135mm风场云图

电控盒厚度110mm风场云图

### ➤ AFM高效电机

行业首次应用轴向磁通AFM电机，尺寸减少28%，效率提升5%



轴向磁通电机

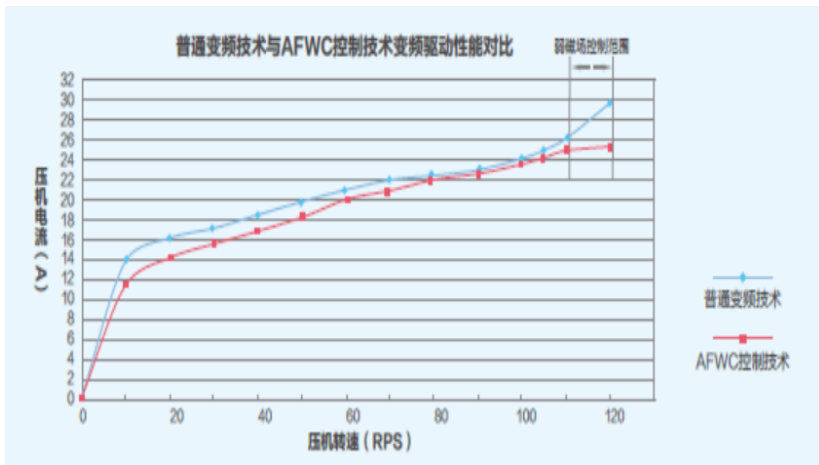
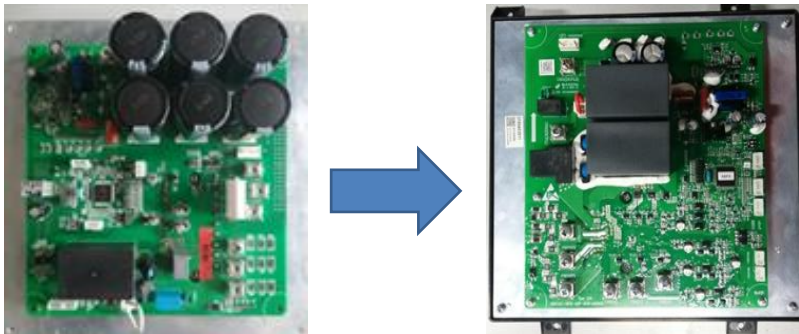
轴向磁通电机主磁场沿转轴方向，定子铁芯和转子永磁体呈圆盘阵列；转矩密度提升30%以上，即相同负载下相电流更小，热损耗更低



## 二、系统节能关键技术：VPC高效驱动

### ➤ VPC变频驱动

全系列机组应用全新VPC变频驱动，采用DC-LINK薄膜电容替代传统电解电容，应用AFWC控制技术，使压缩机全频段运行电流更低，**工作效率提升10%以上**，驱动可靠性提升3倍



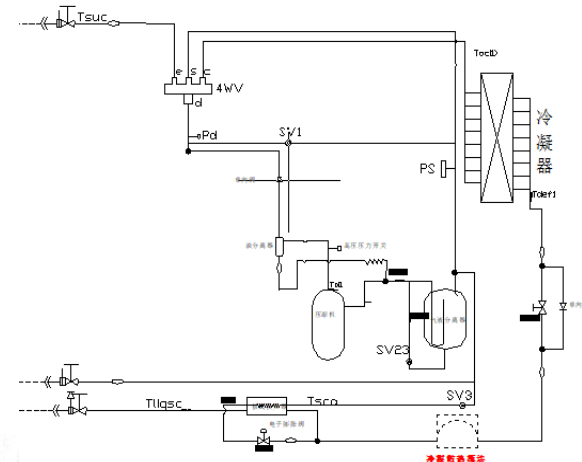
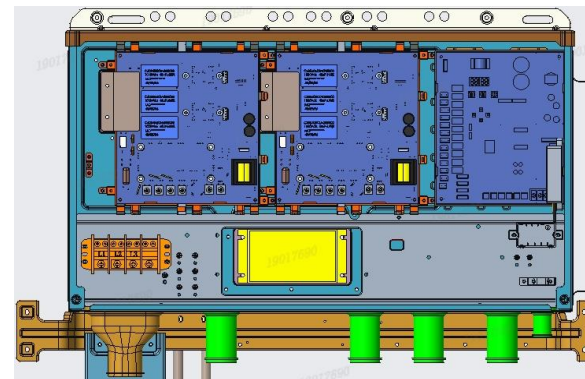
### ➤ 无源直冷导热桥热管理系统

冷媒散热器与箱体完全隔离，通过导热桥将电器器件发热量传递到直冷冷媒散热器，达到**水氟电分离**的目的，为低GWP可燃新冷媒的应用提供了一种全新的解决方案：该方案**无需强制对流风扇，无凝露风险，无冷媒泄露风险**

①压机风机模块直接与冷媒散热器直接建立散热通道

②通过导热桥，建立滤波、PCB继电器等不规则发热部件到冷媒板的散热通道

③冷媒散热器采用高压中温液态冷媒直冷方式，提高散热效率，保持箱体内电器件温度不高于露点温度



01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望



# 03

技术1：舒适控湿节能

技术2：恒温抑霜节能



# 三、控制节能关键技术：舒适控湿节能

## 制冷运行实测节能效果：

1、干球控制：34.6 °C/70%→23.4 °C /66%

- (1) 降温耗电：9.92 kWh
- (2) 温度保持功率：3.4 kW

2、温湿度节能控制：34.6 °C/70%→26.8 °C /54%

- (1) 降温耗电：8.26 kWh
- (2) 温度保持功率：1.6 kW

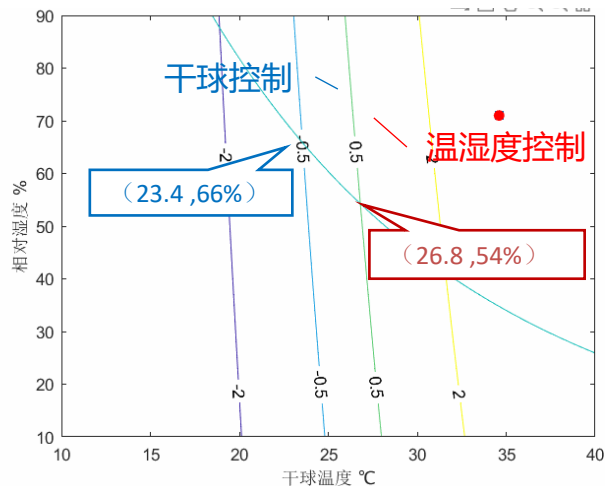
3、节能效果：

- (1) 降温节能：16.7%
- (2) 温度保持节能：52.9%

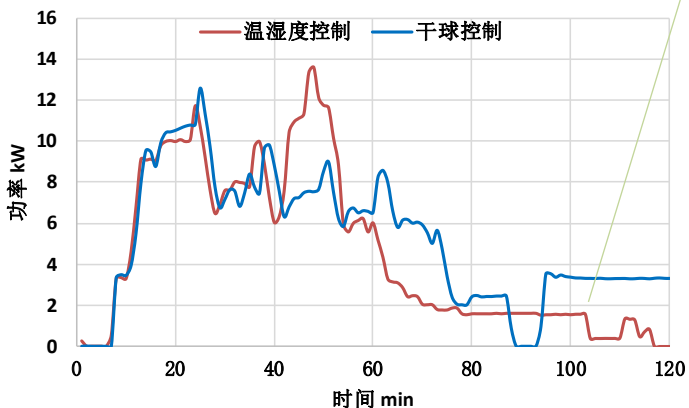
高温高湿：

室外：34.6/70% 室内初始：34.6/70%

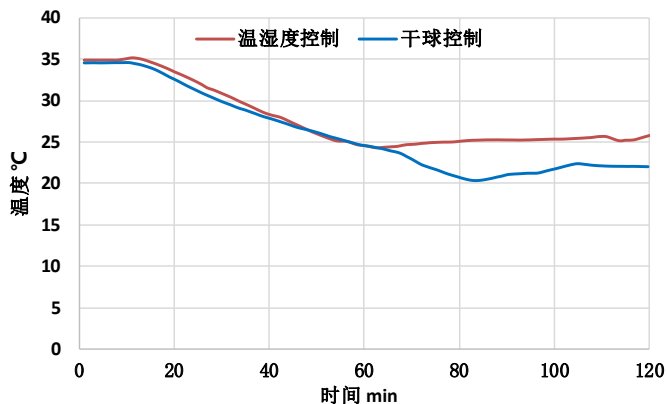
干球控制：设定温度24°C 温湿度控制：PMV自动调节



\*温度保持功率：室内温度达到目标温度后，维持室内温度消耗的多联机功率



干球控制VS温湿度控制功率对比



干球控制VS温湿度控制温度变化

高温低湿：

室外：34.6/58% 室内初始：34.6/58%

1、干球控制：34.6 °C/58%→25 °C /48%

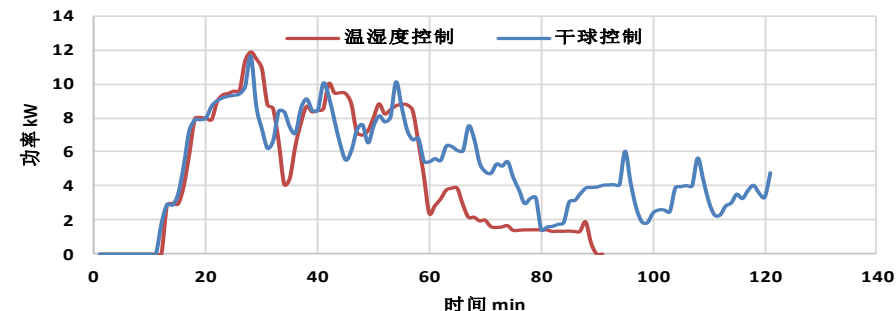
- (1) 降温耗电：7.75 kWh ; (2) 温度保持功率：3.3 kW

2、温湿度节能控制：34.6 °C /58%→26 °C /50%

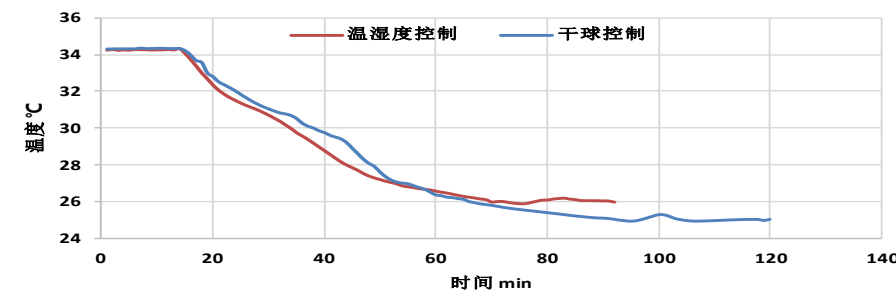
- (1) 降温耗电：6.98 kWh; (2) 温度保持功率：1.7 kW

3、节能效果：

- (1) 降温节能：10.0%
- (2) 温度保持节能：48.5%



干球控制VS温湿度控制功率对比



干球控制VS温湿度控制温度变化

# 三、控制节能关键技术：恒温抑霜节能

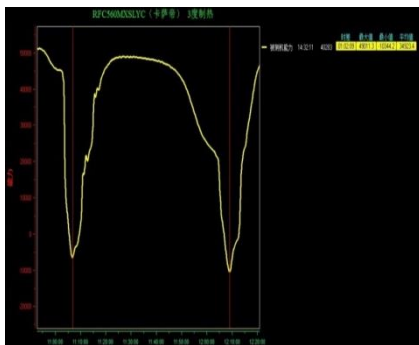
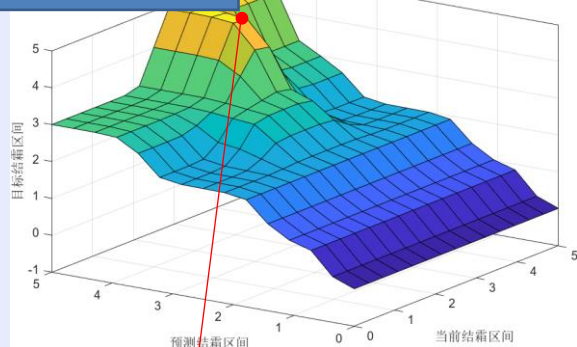
1、制热高湿运行，3°C/85%，变Pd运行非稳态**制热量8.3%↑，COP7.5%↑**

2、制热低湿运行，3°C/59%，变Pd运行周期制热能力持平情况下，**除霜周期延长32.5%，COP提升18.9%**

高结霜区：

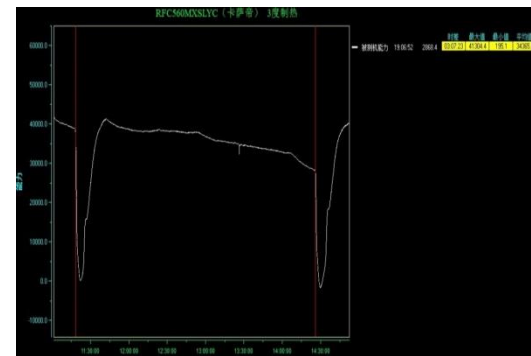
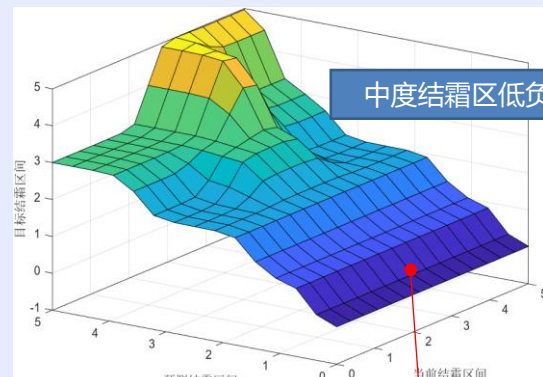
低结霜区：

中度结霜区高负荷



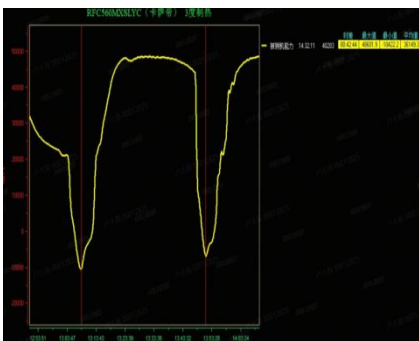
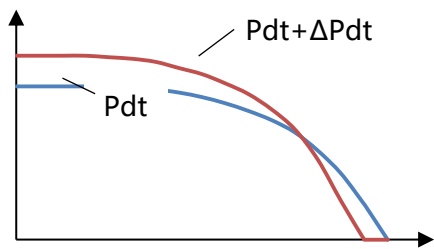
定Pd运行除霜周期62分

进入除霜前结霜状态



定Pd运行除霜周期181分

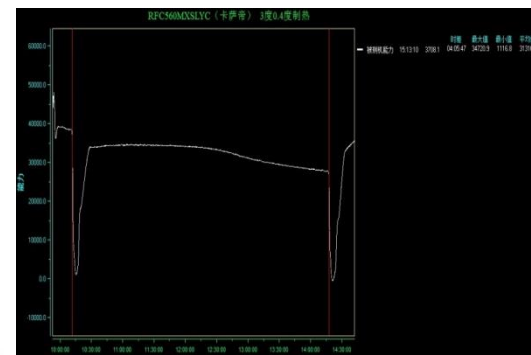
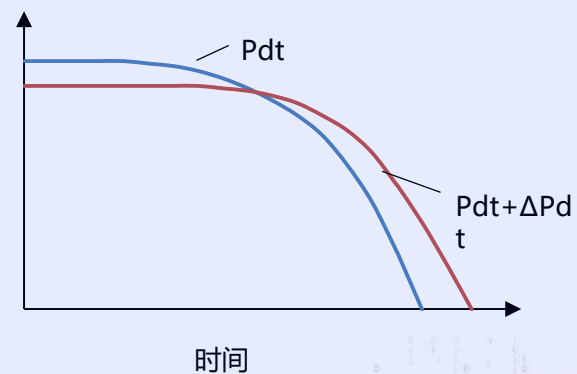
$\Delta Pdt > 0$ ，瞬时制热↑，结霜周期↓



变Pd运行除霜周期42分

进入除霜前结霜状态

$\Delta Pdt < 0$ ，瞬时制热↓，结霜周期↑



变Pd运行除霜周期240分



01 研究背景

02 设备节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望



# 04

技术1：改造换新方案

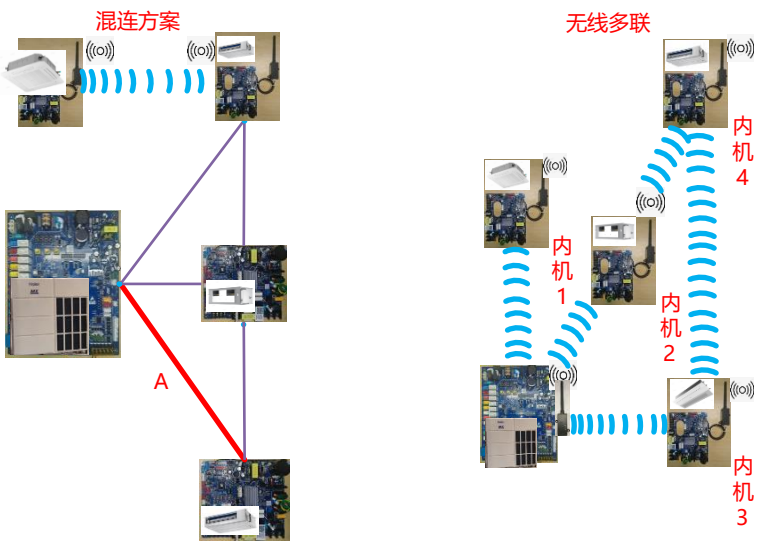
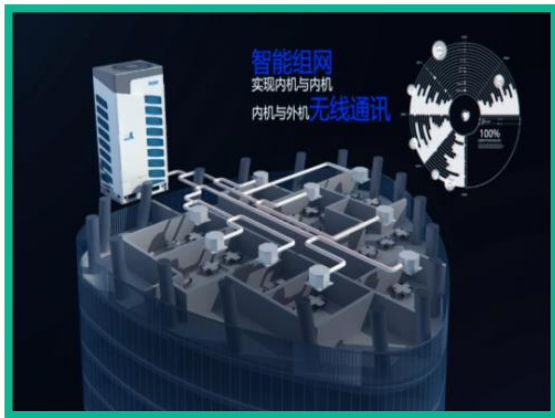
技术2：同层安装方案



# 四、方案节能关键技术：改造换新方案

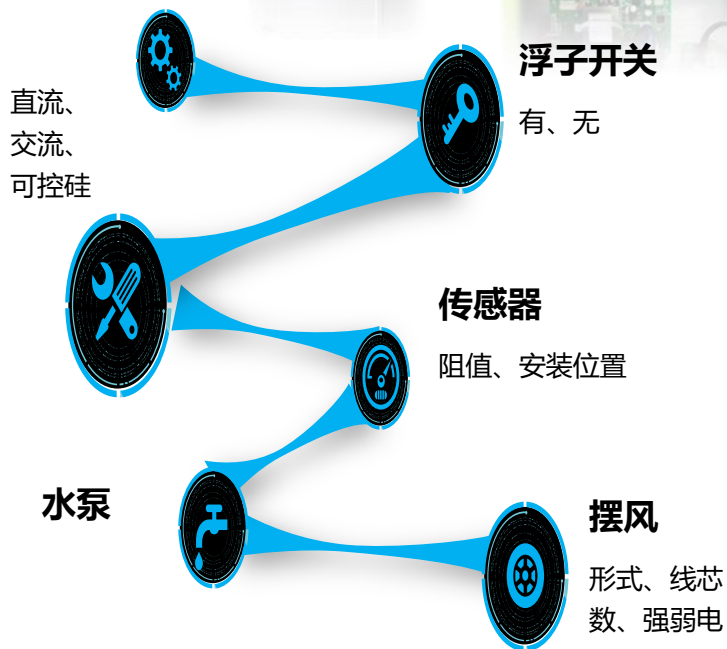
## ➤ 无线通讯技术

无线自动组网技术，通过搜索，内机与外机进行组网，实现连接并进行通讯。并可实现有线与无线混连通讯



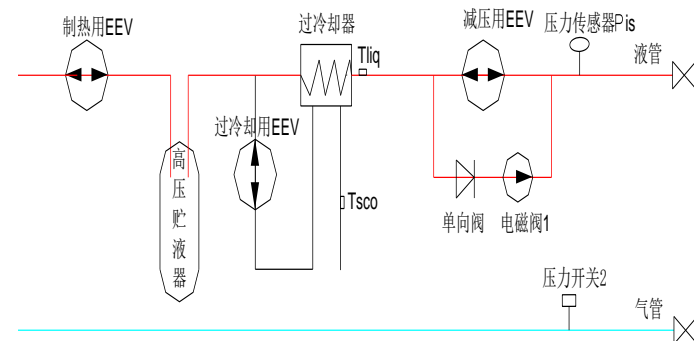
## ➤ E-Chang电控

E-Change智能控制技术使得既有内机可充分再利用，无需重新更换



## ➤ 配管自适应

采用压力自适应模块和冷冻油分离装置，使得既有配管的再利用



# 四、方案节能关键技术：同层安装方案

## 同层安装技术方案

行业最大同层安装侧出风多联机组，8-26匹模块，最大组合104匹。

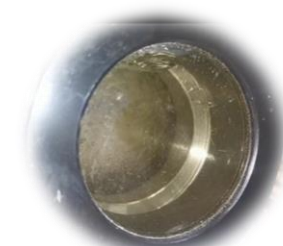
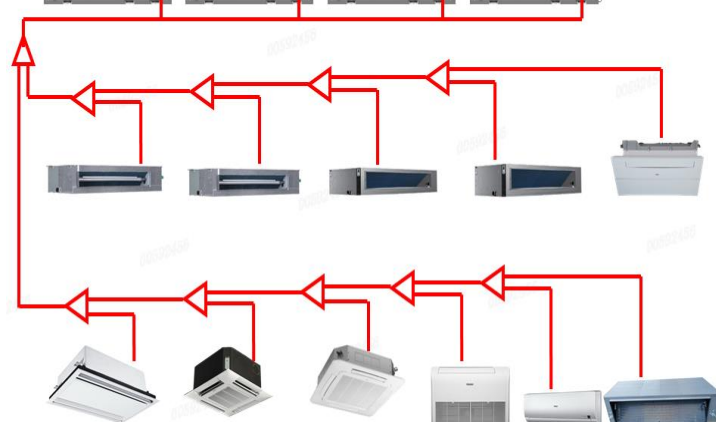
- 同层安装，降低配管安装长度和落差，减少因配管和落差造成的能力损失，提高机组运行效率8%以上
- 智能风量，同层安装不需要导流罩，减少送风阻力，提高机组送风效率
- 高效抑霜换热器，大幅降低除霜工况结霜量，同工况制热性能提升21%
- 全周期过热度控制，降低冷媒充注量，提高机组运行能效



## 超低油循环技术方案

降低冷冻油充注量，减少系统冷冻油对系统的影响，提高机组运行效率。

- 双油分三级油气分离技术，降低系统冷冻油循环量，系统冷冻油充注量比普通多联机组降低30%
- 变负荷连续回油技术，减少独立回油运转时间，提高冷热运行效率
- 多模块并联快速油平衡技术，无需独立均油运转时间，提高油平衡运行效率



01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望

# 05

技术1：智慧管理

技术2：电网响应

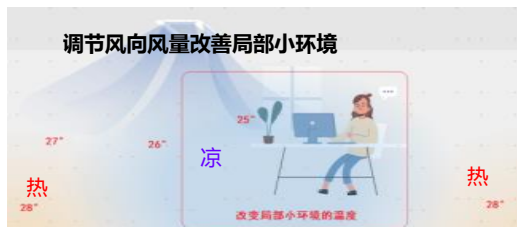
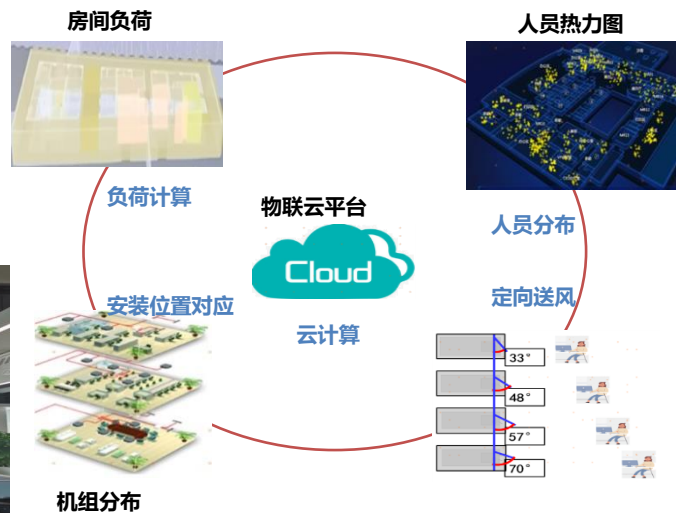




# 五、管理节能关键技术

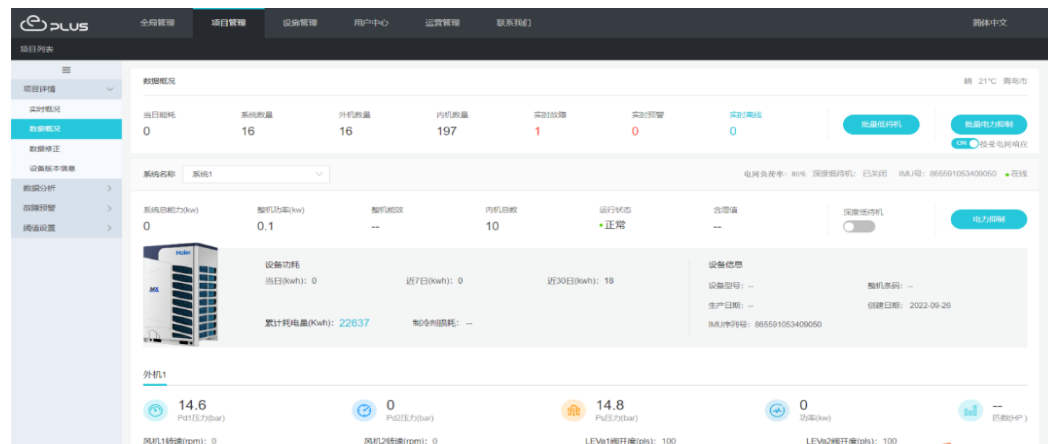
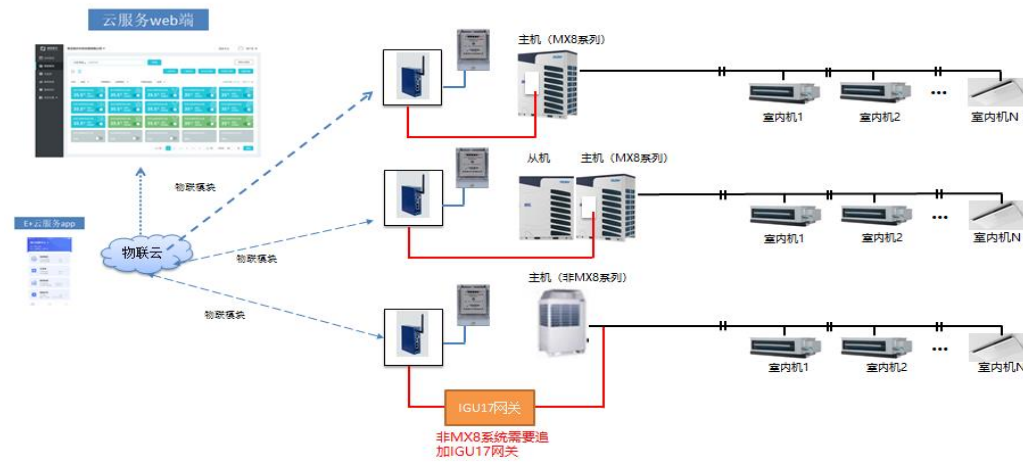
## 基于人员热力分布的负荷动态调整

采用毫米波雷达人感技术，首先可以准确识别人员热力分布的负荷情况，尽可能降低机组的能力输出，以降低运行能耗。



## 多场景电网需求响应柔性控制技术

通过建立通用模型框架，并进行多场景知识适配和继承进化学习，将模型迁移应用，相对于传统模型，**对新工况模型预测准确率可提升20%**。通过电网需求响应控制算法，**提供最优化的柔性控制策略**。



01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望

06

产品阵容  
产品特点



## 多联机全产品阵容

### 室外机



Max多联



焕新多联



同时冷暖



Super多联



Fast多联



水源多联

### 室内机



直流低静压风管机



自由静压风管机



高静压风管机



层流风嵌入式



Mini嵌入式



两面嵌入式



一面嵌入式



壁挂机



直流吊落机



新风机



全效多联

### 控制



HYR-E60AC(商用)



HYR-E70H(商用)



HYR-H10(商用)



REJ-02(商用)



IGU02



YCZ-A004



HCM 01



HCM 03



HCM 05



IMU-VRF-23XP



IMU-BD/IEPRO



# 六、海尔Max介绍：产品特点

## ➤ 大容量，宽温域运行

**单机48HP 组合192HP 行业最大**

48HP  
↑  
42HP  
1785mm 825mm  
相同面积  
能力较上一代提升14.3%

24HP+24HP组合  
→  
单机48HP  
相同能力  
占地面积较上一代节约30.4%，最小占地面积仅0.03m<sup>2</sup>/HP

### 宽温域运行 - 零下30度~58度

#### 室外：高温制冷

##### □ 58°C制冷不停机

- 高温制冷性能提升：55°C→58°C  
应对中午楼顶太阳暴晒造成短时高温

#### 室外：低温制冷

##### □ -15°C制冷

- 低温制冷范围扩展：-5°C→-15°C  
响应冬季制冷需求，适用精密场景设备降温

#### 室外：低温制热

##### □ -30°C制热

- 低温制热可靠运行：26°C→-30°C  
从容应对极端降温，机组不宕机

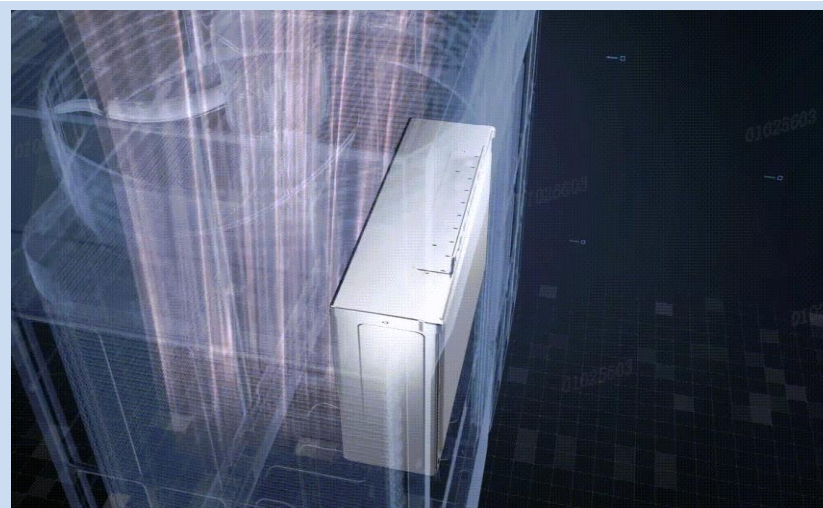
#### 室内：低温制冷

##### □ 5~16°C制冷

- 仓储场景扩展：16°C→5°C  
用于阴凉库场景，适用于药品等仓储

## ➤ 水氟电分离热管理系统

### “冷静芯” 电控箱体



#### •冷:

发热部件少，散热效率高，箱体内部温度较传统箱体低10度，电器件更安全

#### •静:

箱体无需引风机进行辅助散热，无噪音来源，更安静

#### □ 冷静芯技术:

- 高集成，发热部件少。箱体内部发热部件数量由9个集成到4个，热量少，（箱体内部温度低），无需内部散热风机强制对流，降低硬件故障

#### □ VPC2.0变频技术:

- 单驱（三芯片做三驱动）→三驱（单芯片做三驱动），大脑集成管理，控制最优协同，可靠稳定，降低功耗，搭载固态电容，寿命↑4倍

#### □ 直冷冷媒散热技术:

- 冷媒直接带走热量，无需经过铜管二次换热，散热效率更高，模块温度较间冷↓8°C，更好的应对高温制冷



# 六、海尔Max介绍：产品特点

## 星联拓扑

### 内机独立供电：

- Max多联内机可就近独立取电，灵活应对分区域能源管理及分区出租等管理需求，实现部分区域断电、限电等模式



### 内机断电控阀：

- Max多联系统中，即使出现部分内机掉电，依然可以通过通讯线为电脑板及阀体供电，保障通讯不中断，根据需求进行调节，避免回液导致故障，保障系统稳定运行

### 通讯线任意拓扑：

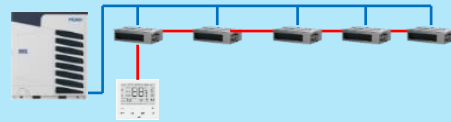
- 可实现通讯线任意拓扑，无需重复走线，降低安装施工难度，安装时间节省50%。不同楼层的内机安装接线可同步进行，安装时长节省10%。
- 可实现无线通讯、混连通讯、有线通讯等多种通讯方式



## 多联互控

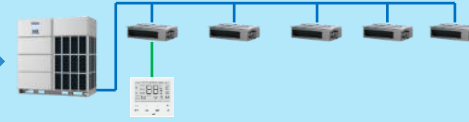
多维控制一触即达、一键自由互控、线控多控多、就近安装、适配多联场景、跨系统二控多

### 传统多联单系统，以1控5为例



- E60AC线控器，三芯有极性（ABC必须按顺序——对应）
- 如果一控多，需要所有内机间接线（红线示意）
- 一控多时，只能同时控制多台（设定状态必须保持一致）

### Max多联单系统，以1控5为例



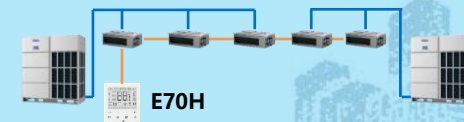
- E70H线控器，两芯无极性（XY随意连，无顺序要求）
- 如果一控多，线控器只需要连接其中任意一台内机（绿线示意）
- 一控多时，可同时控制多台（如同开同关等），也可单独控制某一台（可选择机号进入该内机的控制）

### 传统多联双系统，以1控5为例



- E60AC线控器，三芯有极性（ABC必须按顺序——对应）
- 无法跨系统连接

### Max多联双系统，以1控5为例



- E70H线控器，两芯无极性（XY随意连，无顺序要求）
- 可以跨系统连接

01 研究背景

02 系统节能关键技术

03 控制节能关键技术

04 方案节能关键技术

05 管理节能关键技术

06 海尔Max介绍

07 总结与展望

07

总结与展望



## 设备节能

通过全直流部件的选型、梯级高效换热器、AFM送风系统、VPC变频驱动的应用以及节能控制策略的优化，提升了机组的运行效率。

## 管理节能

通过物联云服务平台，集成物联集控、物联计费、物联运维功能的智慧管理系统，实现对电量预测管理和电网节能响应，提升了机组的管理节能水平

## 总结

## 展望

## 产品节能

- ①低GWP新冷媒多联机的迭代，减少冷媒充注量，提高APF
- ②高换热能力换热器
- ③机组融霜、部分负荷性能提升

## 方案节能

多联方案仍以风冷冷暖多联机为主，热回收型、水源、光伏直联、更新改造多联机逐步上量，通过能源的综合梯级利用，的设计方案提升多联机节能

# THANKS

智慧物联网的节能技术赋能全球多联机行业发展

