



Haier

家庭中央空调节能舒适技术

汇报人：王飞
青岛海尔空调器有限总公司

目录

- 1 行业背景
- 2 换热器提效-可变分流技术
- 3 变频控制提效-超宽频技术
- 4 节能舒适-超细微管地氟技术

目录

- 1 行业背景
- 2 换热器提效-可变分流技术
- 3 变频控制提效-超宽频技术
- 4 节能舒适-超细微管地氟技术

一、行业背景

绿色发展



低碳政策



节能减碳是全球性问题，空调行业需一马当先

- 中国在第75届联合国大会上正式提出**3060国家战略**实现碳达峰碳中和的目标
- 根据IEA数据，制冷空调在80种潜在减排路径独占**9%**，位列第一
- 我国空调用电量世界第一，占居民用电量的约**30%**，年产CO₂约**1.1亿吨**，家用空调是量大面广、能耗大的重点用能产品

- 中共中央、国务院2024年8月11日印发《**关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见**》：2030年经济社会发展全面绿色转型取得显著成效；2035年全面进入绿色低碳轨道，碳排放达峰后稳中有降

一、行业背景

全球能效持续提升

北美

DOE预计26年提升，变频有利；

产品需求：变频化发展、性价比、过负荷能力。

欧盟

33年 > 12KW分体式空调&热泵禁用GWP≥150

35年 ≤ 12KW分体式空调&热泵禁用F-gas

产品需求：R32/R290新冷媒

中国

中国发改委发布领先计划，有继续提效可能，预测提升20%；部分地区推出以旧换新政策促进产品销售

产品需求：超低速运转，高频能力，低速能效

日本

日本，27年APF预计提升13.8~34.7%

产品需求：中间工况占比大

东南亚

泰国2024.01生效，变频：SEER15→17，定速：SEER12.85→13.17；马来西亚2026年CSPF3.6→4.0

产品需求：产品高性价比

印度

印度新标准预计2026年实施

产品需求：单冷高能效，12/18K主流

中东

中东高负荷工况占30%

产品需求：性价比需求，有向变频转移的趋势

南美

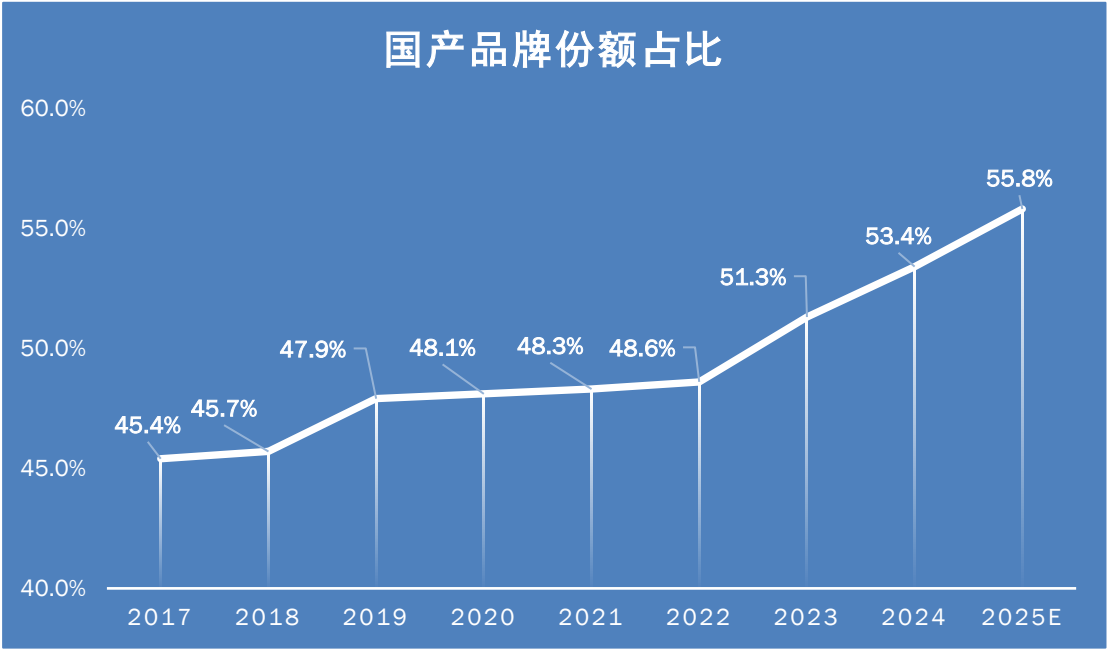
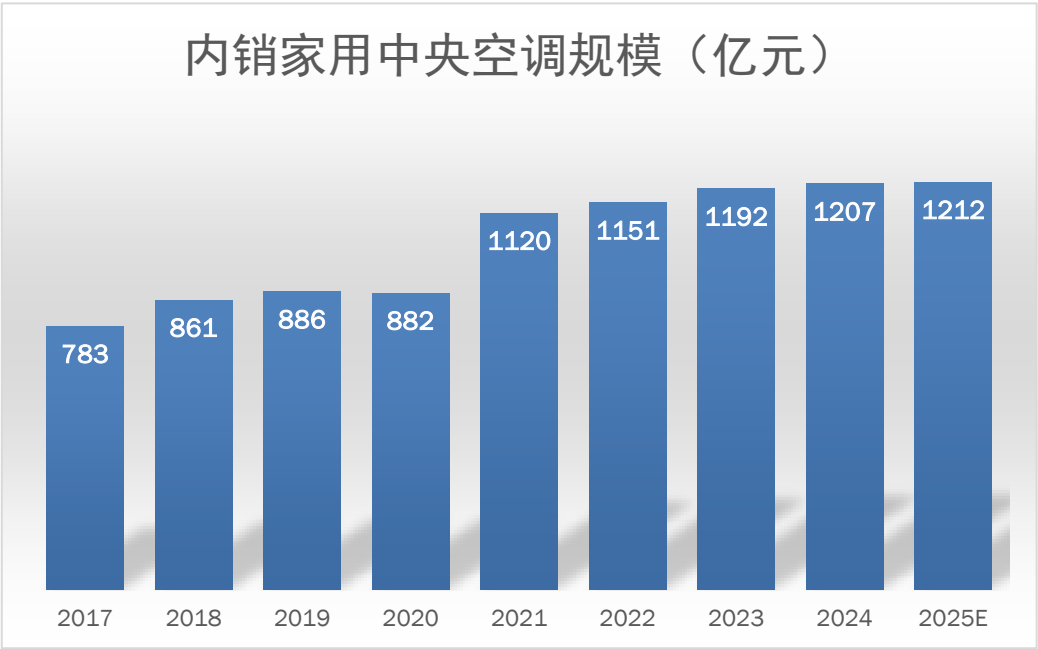
巴西在2023年以IDRS划分能效等级，对变频有利；2026年新能效最高提升27%。

产品需求：高能效，性价比产品。

高效、低碳是空调行业永恒主题

一、行业背景

家庭中央空调因美观、舒适等优势，加持消费升级、精房改善住房等推动下，近年稳定持续增长，且国产品牌占比持续升高



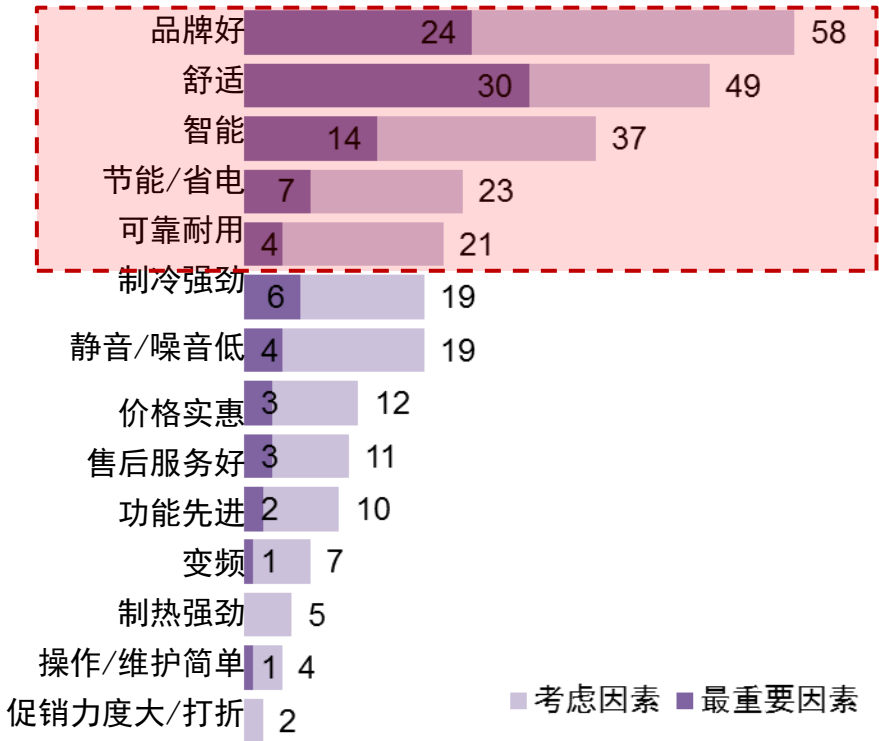
一、行业背景

家庭中央空调用户端需求

空调用户不满意点调查

	2022	2023	2024
部件坏	49	50	42
噪音	43	42	30
制热效果	23	16	24
制冷效果	21	21	12
售后服务	19	24	23
漏水	19	10	8
操作	5	3	6

空调购买考虑因素



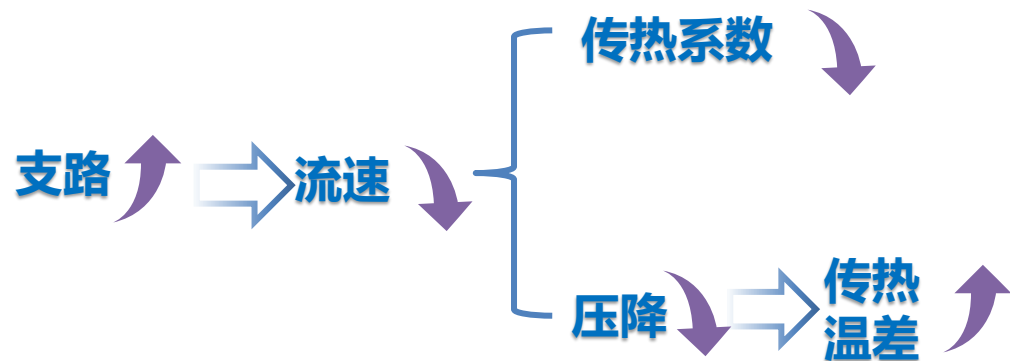
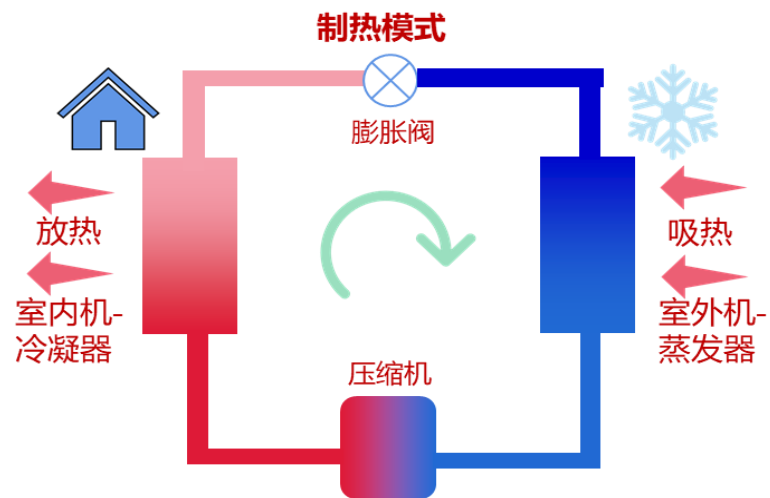
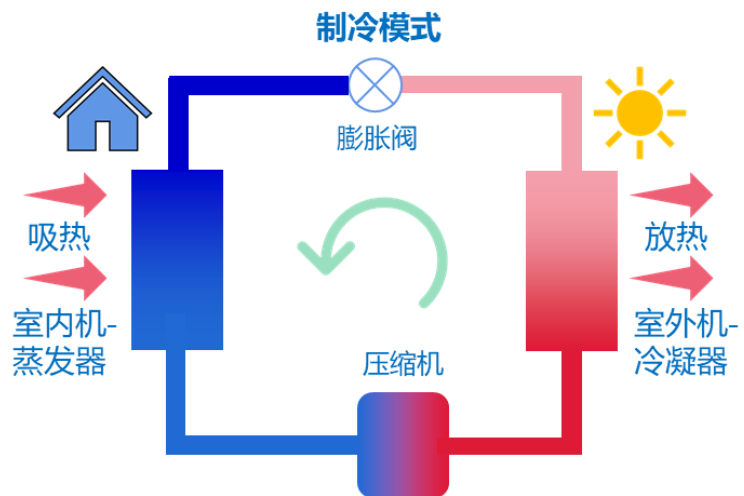
数据来源：TNS市场研究公司

目录

- 1 行业背景
- 2 换热器提效-可变分流技术
- 3 变频控制提效-超宽频技术
- 4 节能舒适-超细微管地氟技术

换热器提效

热泵空调：同一换热器，蒸发、冷凝状态对最佳支路数需求不统一

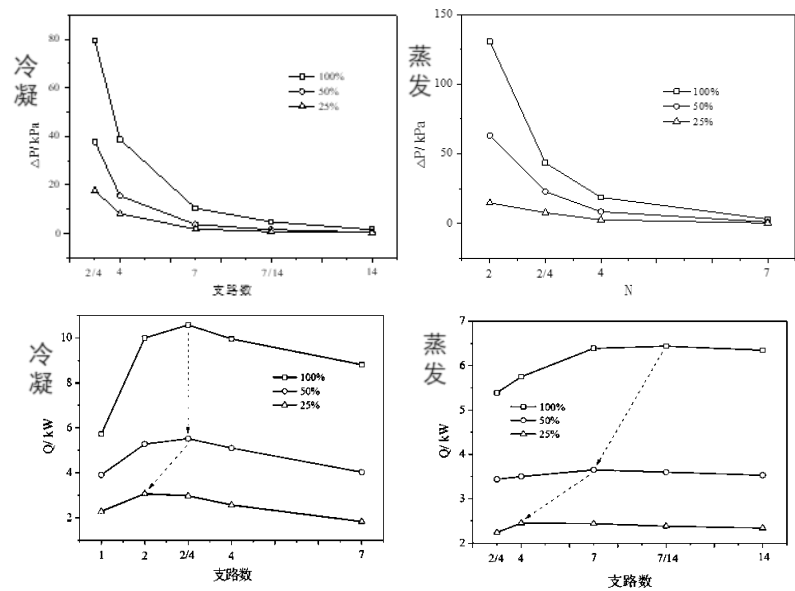


- 支路数对传热系数与传热温差的反向影响，换热量取决于二者博弈
- 蒸发器对压降敏感（绝对值大、 dT/dP 大），支路较大时换热量存在最优值
- 冷凝器对压降不敏感（绝对值小、 dT/dP 小），支路较小时传热系数大、换热量优

换热器提效

针对换热器单一固定流路无法兼顾蒸发、冷凝对流路布置的差异性，使两者都偏离最佳运行状态，通过引入机械式通断阀，利用蒸发、冷凝反向流的特点构建了换热器可变流路结构，实现了冷热不同模式下最优流路的柔性共存及效率的同步提升

换热器传统固定分流

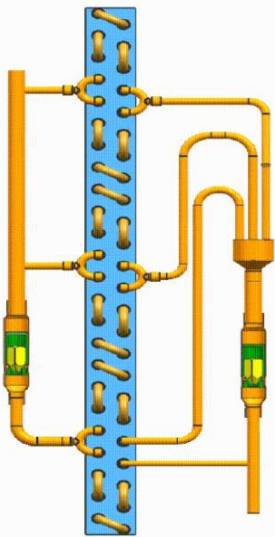


R32饱和温压比随压力变化	T/°C	P/MPa	dp/dT/(MPa·°C ⁻¹)
	50	3.1412	0.072432
	40	2.4783	0.060431
	30	1.9275	0.049966
	20	1.4746	0.040831
	10	1.1069	0.032891
	0	0.81310	0.026045
	-10	0.58263	0.020211
	-20	0.40575	0.015315

冷凝压降值小且高压下冷媒饱和温压比小，减小支路提流速提高传热系数 → 最优支路数小于蒸发

换热器可变分流示意图

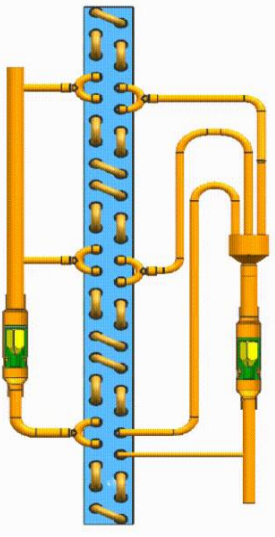
冷凝



少路进少路出：

对冷凝温度敏感，需要支路数少，以降低冷凝压力、增大流速和流程，来强化传热

蒸发

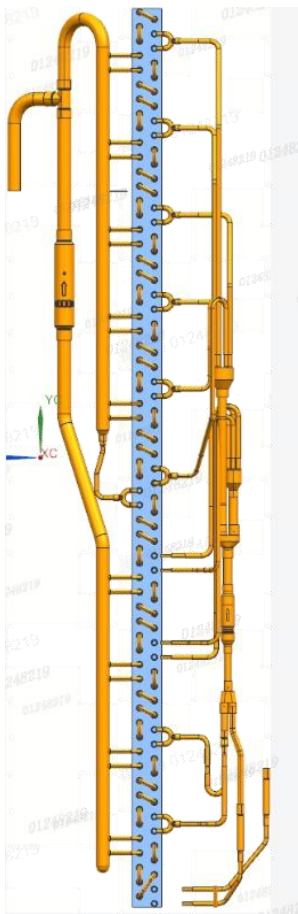


多路进多路出：

对压降敏感，需要支路数多，以减小沿程阻力和流程，来强化传热

换热器提效

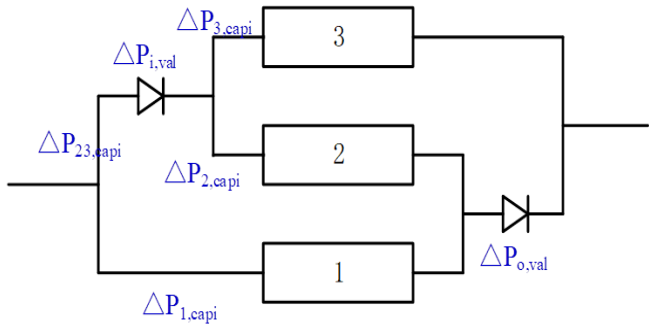
针对非对称的阶梯型交叉混联结构，流阻不相等，导致各支路冷媒均分难的问题，构建出多源异构体部件的压降模型，初步研究了分配管径比、气液离心转角和流量通径比等两相流计算关联式，实现了等流阻均液设计



非对称结构，沿程阻力不一，流量均分难

压损模型

支路等效流阻模型



分液管组 换热器管路 集气管组

螺纹管内压损

$$\Delta P = (0.3164 \cdot \text{Re}^{-0.25} + 0.03 \cdot \sigma^{0.5}) \cdot \frac{G^2 \cdot L}{2D \cdot \rho}$$

连接管内压损

$$\Delta P = (0.23 \cdot \text{Re}^{-0.216}) \cdot \frac{G^2 \cdot L}{2D \cdot \rho}$$

通断阀压损

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \lambda \text{取} 0.64$$

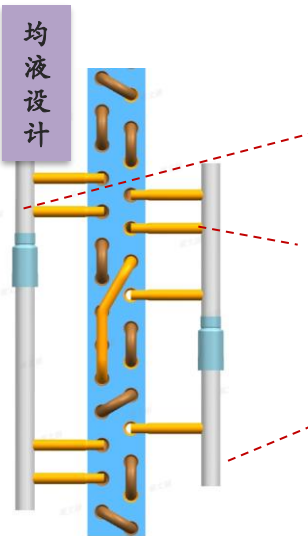
沿程阻力

$$h_L = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} \begin{cases} \text{层流:} & f = \frac{64}{\text{Re}} \\ \text{湍流:} & f = f(\text{Re}, \Delta / D) \end{cases}$$

局部阻力

$$h_j = \zeta \frac{V^2}{2g} \begin{cases} \text{变截面:} & \zeta = (1 - \frac{S_1}{S_2})^2 \\ \text{折弯:} & \zeta = 0.2 \sim 0.6 \end{cases}$$

均液设计



单气相流量通径比

$$q_r = \frac{10760 p_1}{\sqrt{T_1}} \sqrt{1 - \left(\frac{p_2 / p_1 - 0.505}{0.495} \right)^2}$$

气液两相流量通径比

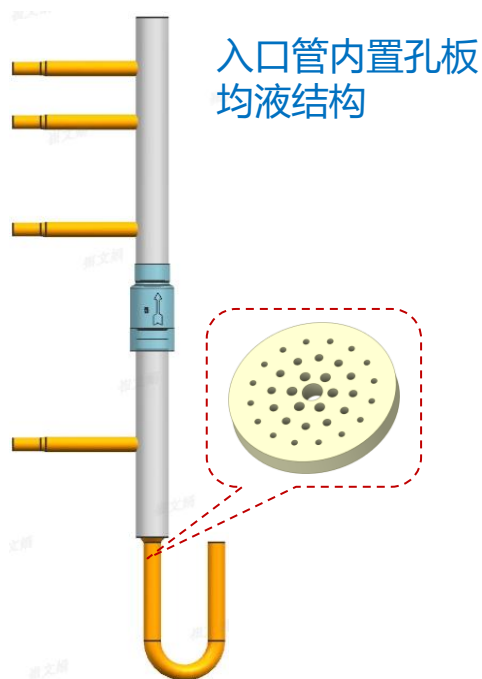
$$q_r = C_D \cdot A_U \cdot \sqrt{2 \Delta p / \rho}$$

分配管径比
气液离心转角

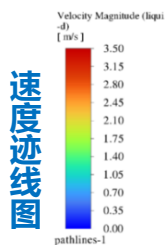
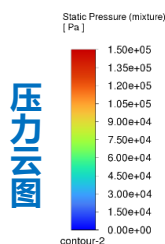
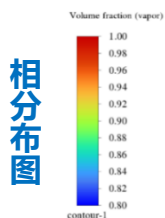
$$L^4 \cdot R \leq (c \cdot \lambda \cdot Q^2) / (\rho_{\text{剂}} \cdot \rho_{\text{芯}})$$

换热器提效

针对入口折向弯管造成的气液偏相、低压损大通径集管内气液分层等问题，研发了可变模组入口气液偏相再混合整流技术，设计了径向非均匀孔板，通过孔径“外小内大”产生“外大内小”的非均匀流阻，使转弯后偏置一侧贴壁的液体向中心与对面迁移，实现了转弯气液冷媒的均相调控、中心加速上冲给上部流路多供液且低压损的效果



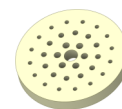
周向孔板



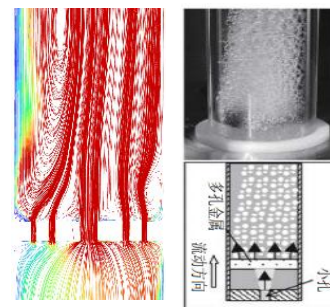
气液混合均匀

52kPa压降较小

混合流

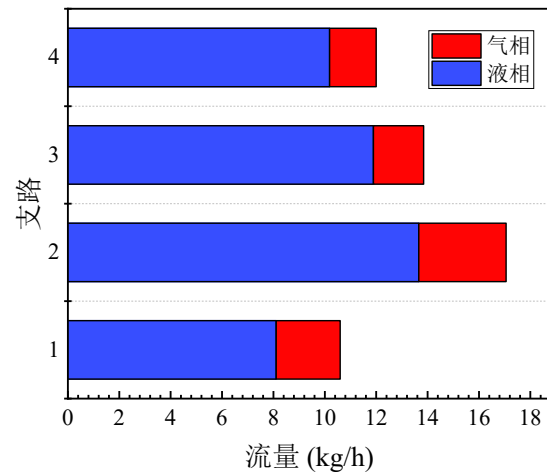
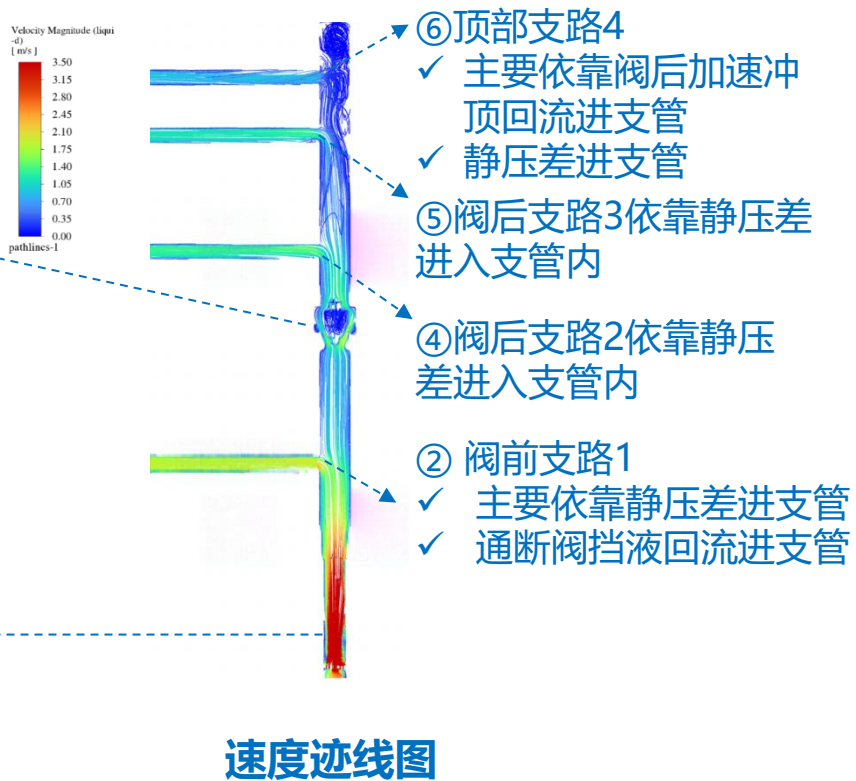
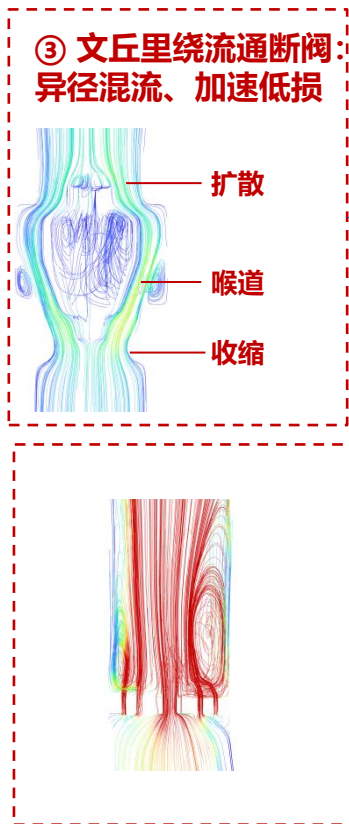


径向外小内大的结构设计使得流动阻力径向非均匀，冷媒更易流向中心，于中心孔处进行充分混合，多孔结构增大流通面积，减小压降



换热器提效

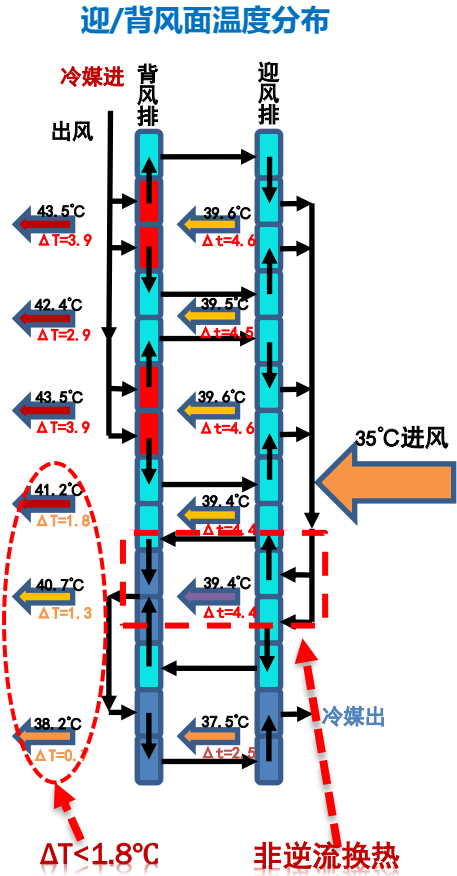
针对大内径低阻集管导致冷媒降速、冲顶要对抗强重力等问题，通过支路管集中结构、文丘里绕流阀体设计，以及孔板与阀双级加速再整流技术，实现了集管内低压损又保障了上下各支路均液的效果



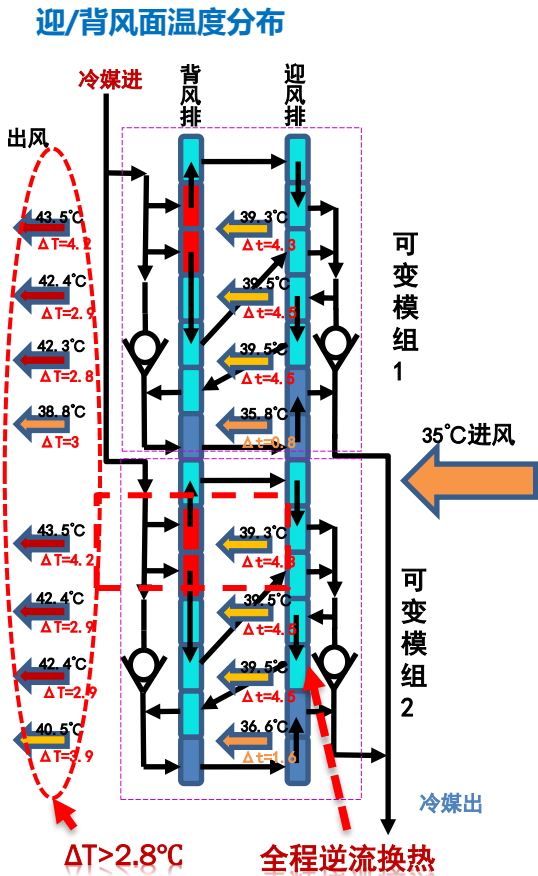
换热器提效

效果：可变模组式分流在冷凝态“少路串程”加流速、蒸发态“多路短程”降流阻，实现同步提效

固定式分流-冷凝



可变模组式分流-冷凝



整机测试对比

制冷	固定式分流	可变模组	提升
能力-W	18125	18883	4.18%
功率-W	7498	7334	-2.19%
COP	2.42	2.57	6.51%

制热	固定式分流	可变模组	提升
能力-W	21712	22659	4.36%
功率-W	6816	6793	-0.34%
COP	3.19	3.34	4.71%

目录

- 1 行业背景
- 2 换热器提效-可变分流技术
- 3 变频控制提效-超宽频技术
- 4 节能舒适-超细微管地氟技术

变频控制提效

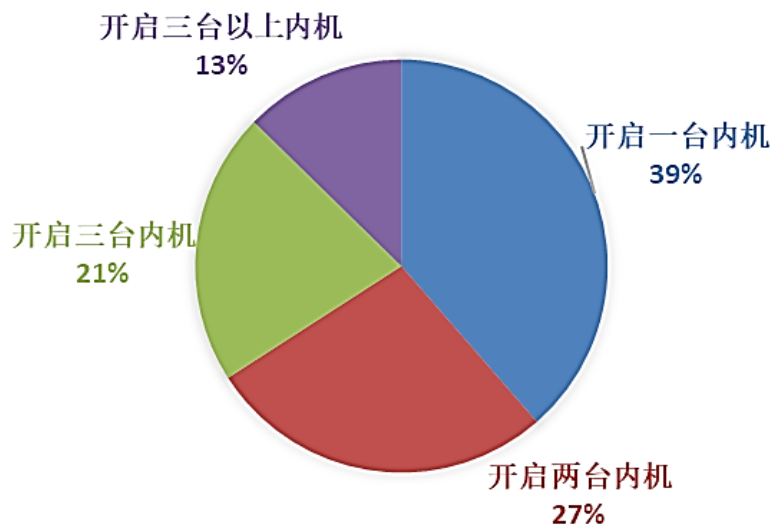
绿色建筑：GB50189-2015版，其中寒冷地区外墙传热系数从 $\leq 0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 要求提高到 $0.38\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，保温性提升36.7%

用户数据：制冷模式下开单机、双机时长占比超65%，开机时长却逐年升高

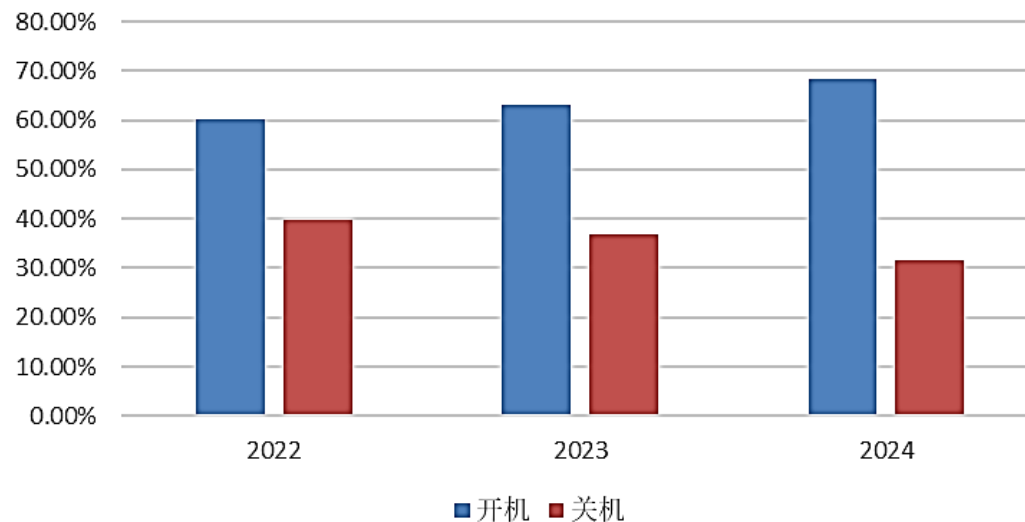
→要求低负荷下提升能效、运行时节能

2022-2024年8、9月制冷季节大数据统计，32.11万家庭数据

制冷模式下开机时长占比



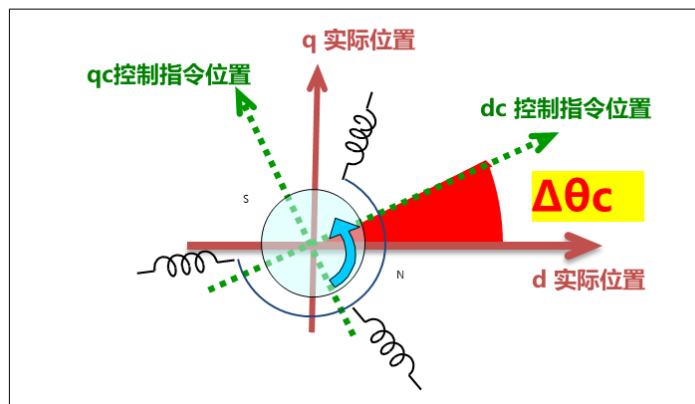
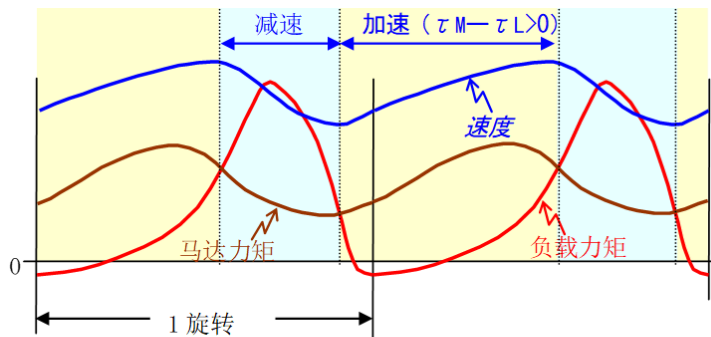
8-9月数据统计



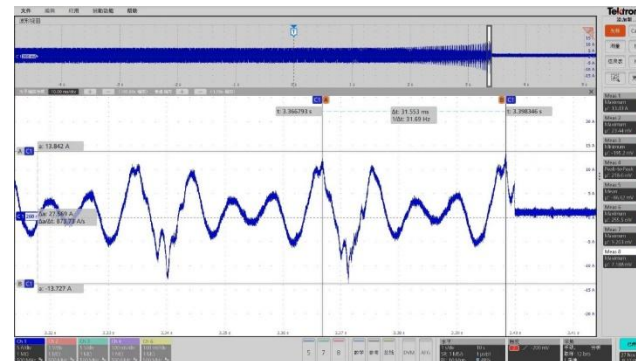
变频控制提效

低频下不来：单转子压缩机在低速运行马达力矩跟不上负载力矩，转速波动大，无位置检测算法检测精度差，力矩补偿算法存在延迟，难以实现低速稳定运转

马达力矩与负载力矩不均衡



低速运行控制不稳定，导致停机

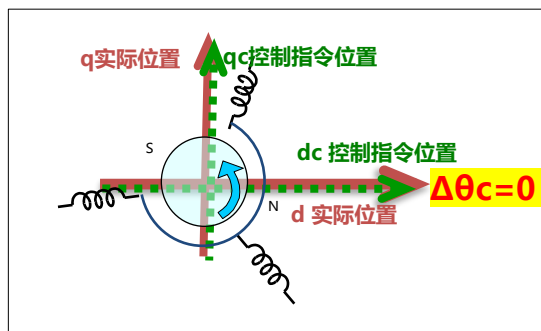
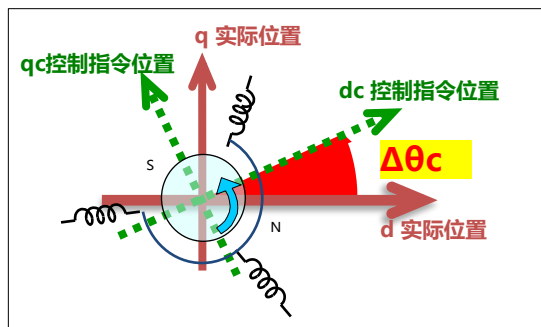


低速震动大，导致管路裂

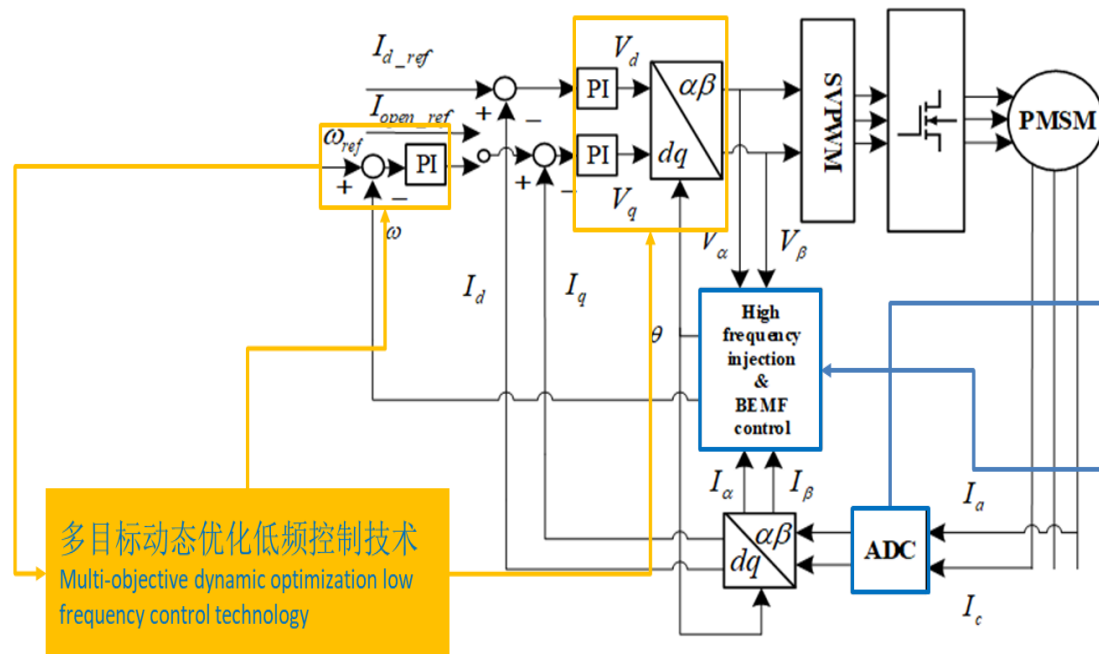


变频控制提效

针对单转子压缩机低频运行难的问题，发明了低频多目标转矩动态补偿控制技术，解决了单转子压缩机低速运行控制不稳定易停机、低频转矩补偿功耗高的问题，实现了超低频4Hz稳定运行和低频段运转功率较常规控制下降2%



轴误差角 $\Delta\theta_c$ 近0



控制框架图

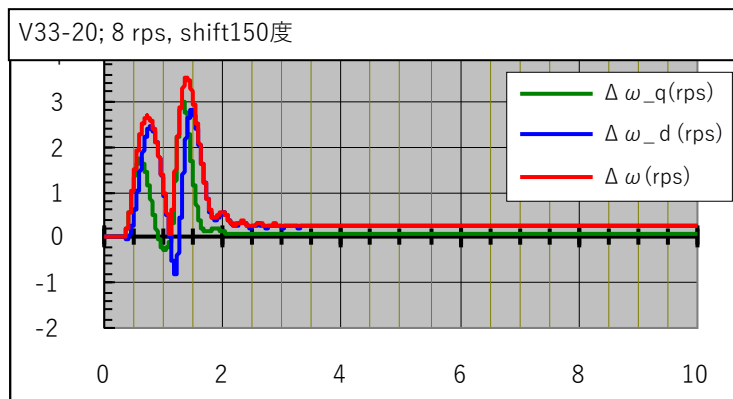
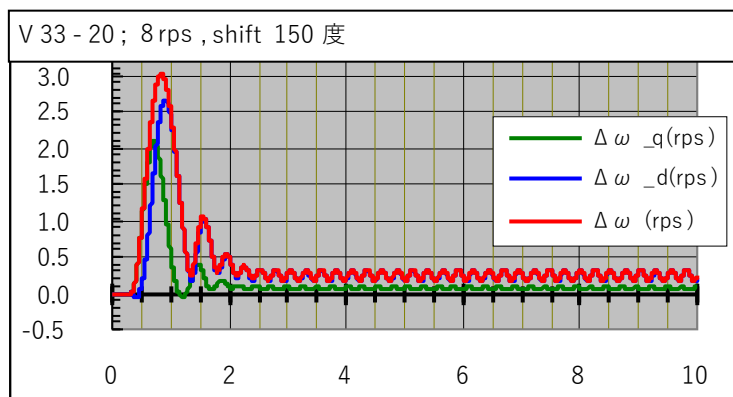
基于位置观测器优化的转矩动态补偿控制技术
Torque dynamic compensation control technology based on position observer optimization

多目标动态优化低频控制技术
Multi-objective dynamic optimization low frequency control technology

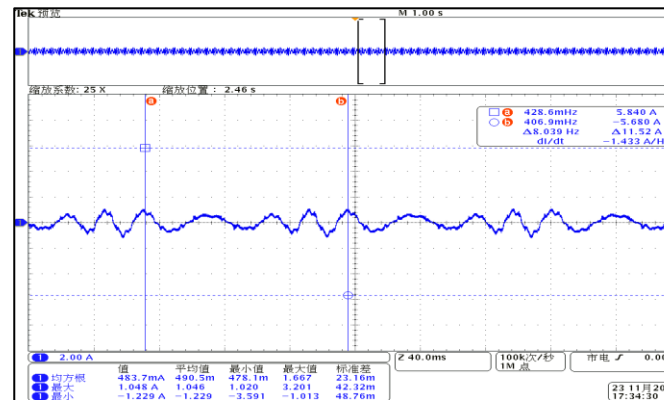
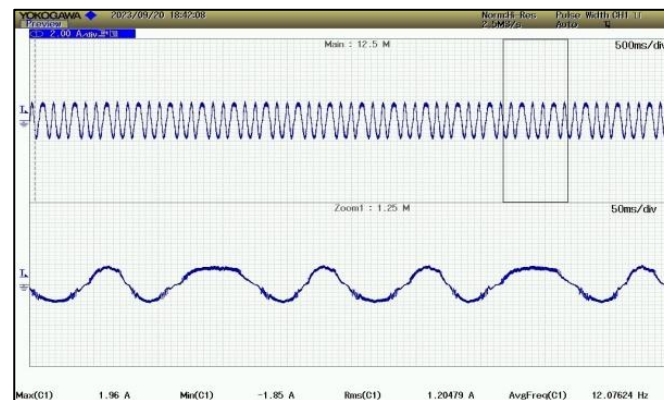
变频控制提效

效果：实现双转子压缩机4Hz、单转子压缩机6Hz稳定运行，且转速波动降低10%，有效降低了小惯量压缩机低速振动

仿真结果新功能转速波动改善明显

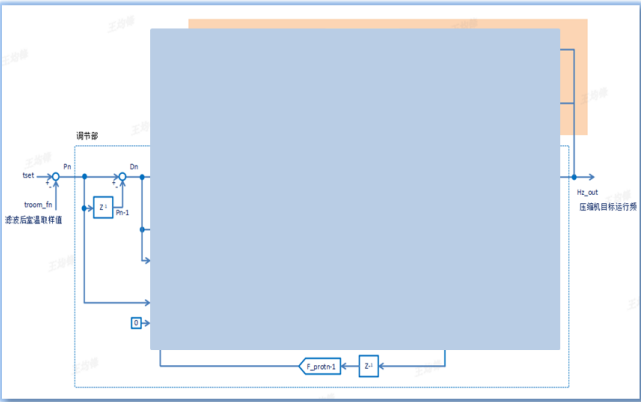


压缩机4Hz/6Hz稳定运行

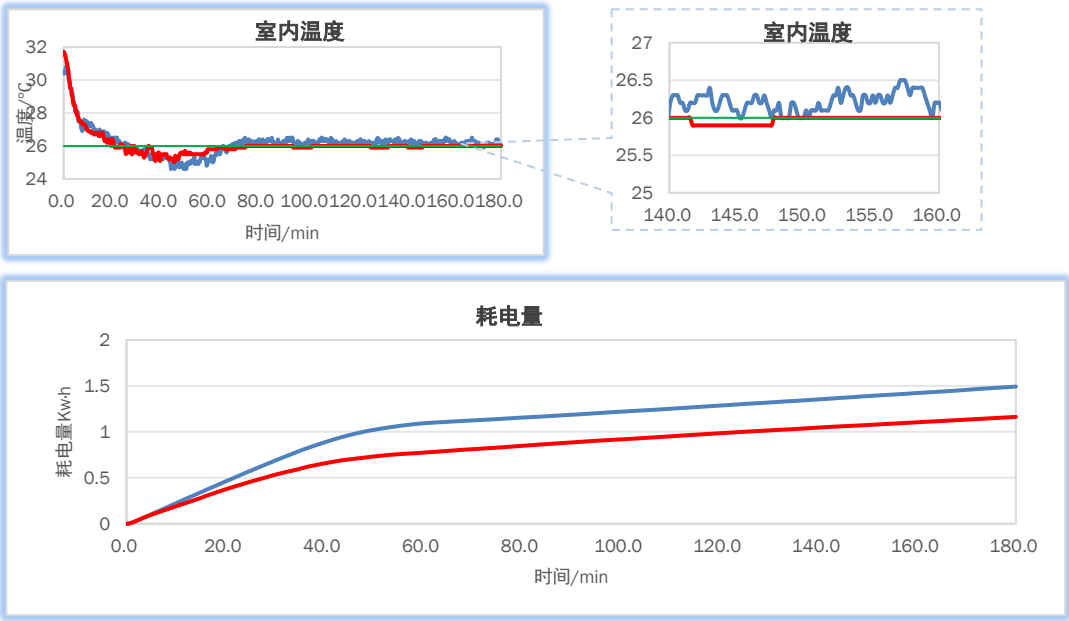


变频控制提效

运行不节能：针对传统控制方案（分段式控制、模糊控制、PID）的超调、波动大及控温不稳的问题，研发了全程增量式动态可变增益算法，将环温传感滤波前置，并在不同运行阶段， K_p 、 K_i 、 K_d 增益系数与运行频率关联进行动态调整，实现了精确控温以及节能稳定运行



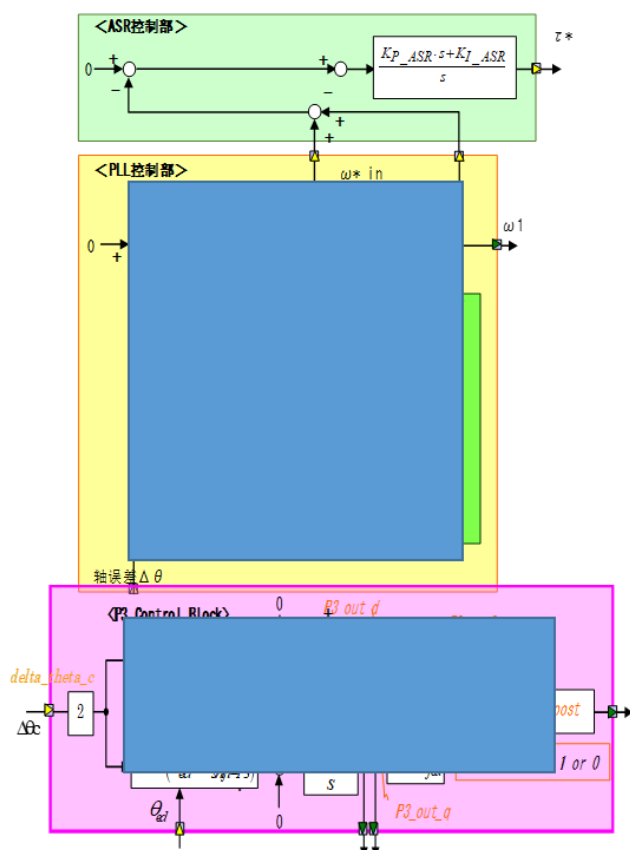
控制框架图



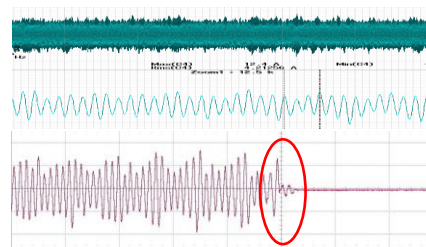
开机前1h-单机对比维度	超调量/ $^{\circ}\text{C}$	控温精度/ $^{\circ}\text{C}$	耗电量/ $\text{Kw}\cdot\text{h}$
行业先进控制	1	± 0.5	1.43
可变增益控制	0.5	± 0.2	1.66
相较百分比	50%	60%	13.9%

变频控制提效

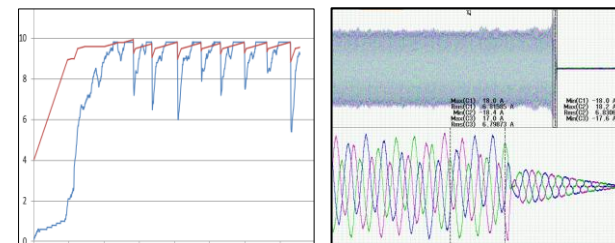
高频上不去：针对变频压缩机在超告诉下直流电压脉动大和弱磁频繁饱和等问题，研发了P3相位环脉动抑制算法、C3电流环高速稳流算法，抑制因母线电压波动导致的压机相电流波动，实现深度弱磁下的160Hz的高频稳定运行，拓展了热泵空调的超低温适用范围



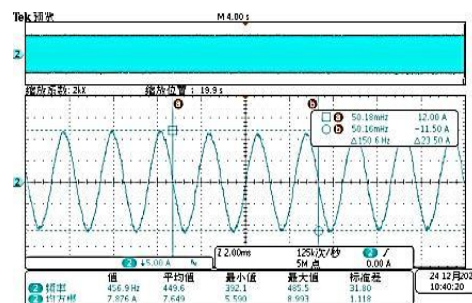
控制框架图



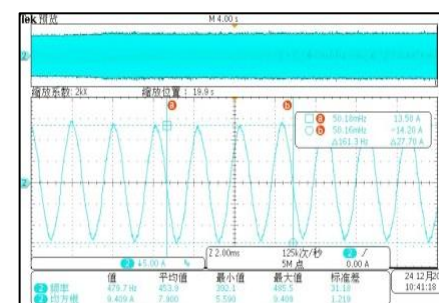
脉动大 易停机



频繁饱和 易停机



稳定正弦波



160Hz稳定运行

目录

- 1 行业背景
- 2 换热器提效-可变分流技术
- 3 变频控制提效-超宽频技术
- 4 节能舒适-超细微管地氟技术

天氟地氟节能舒适

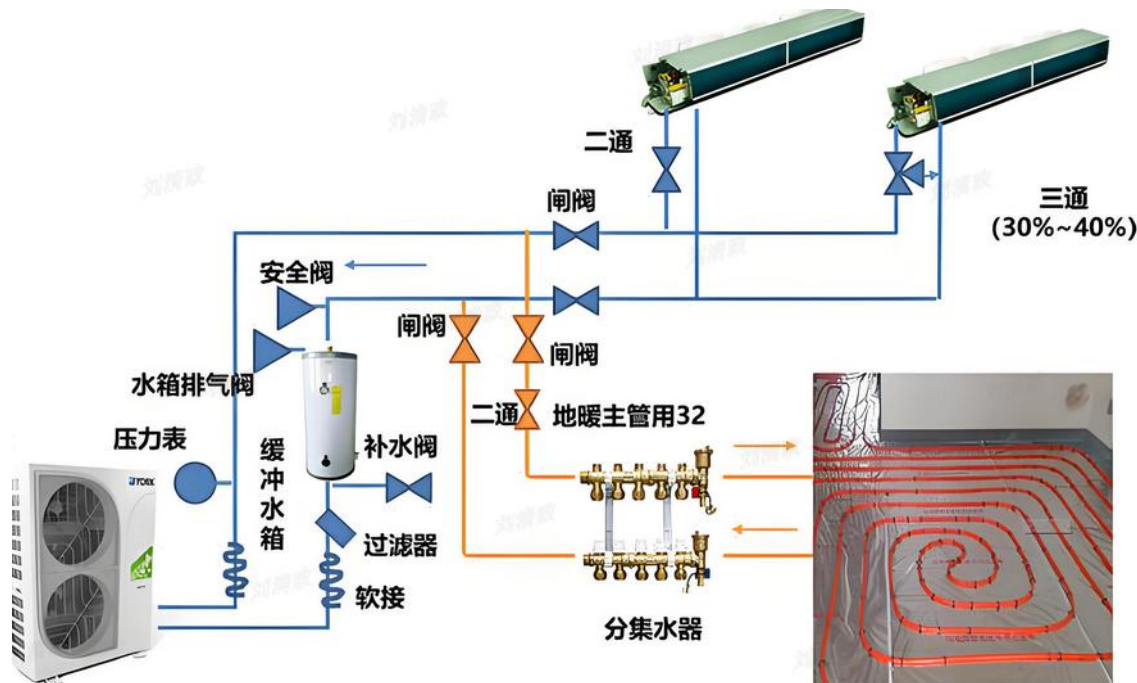
氟机吹风制热:

受安装位置影响，导致制热暖风滞留天花板，头热脚冷，舒适性差的同时耗电量大，制热吹风容易引起干燥，且吹风感舒适性差；



水地暖:

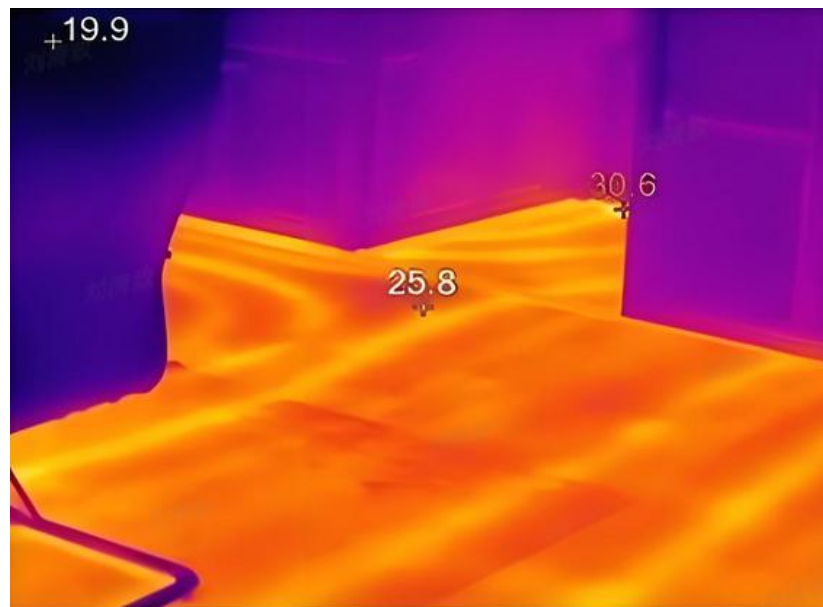
升温慢，不能即开即用，浪费能源，属于二次换热耗能大，部件多易损坏，且水路需要防冻；



天氟地氟节能舒适

传统地氟(毛细管)采暖:

管径大 (4mm) 流程长、压降大, 但受微径生产工艺限制, 难以做出多支路并联微径毛细末端, 安装繁琐施工耗时, 且管间距大导致热量不均



天氟地氟节能舒适

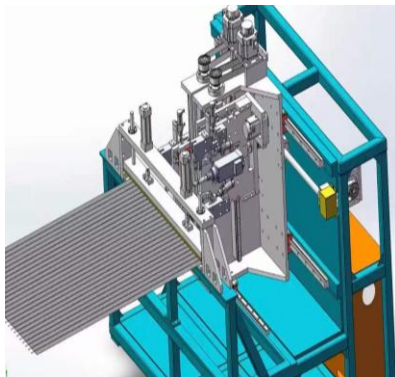
针对上述行业难题，研制了低阻柔性微径地氟换热器

- 管径可低至1.5mm、管壁可薄至0.2mm的细径薄壁换热管规模化生产
- 柔性卷包可方便运输，现场可整张铺设，极大提升了安装的效率

涂覆工艺



贴敷工艺



焊接工艺



卷包运输



整张铺设

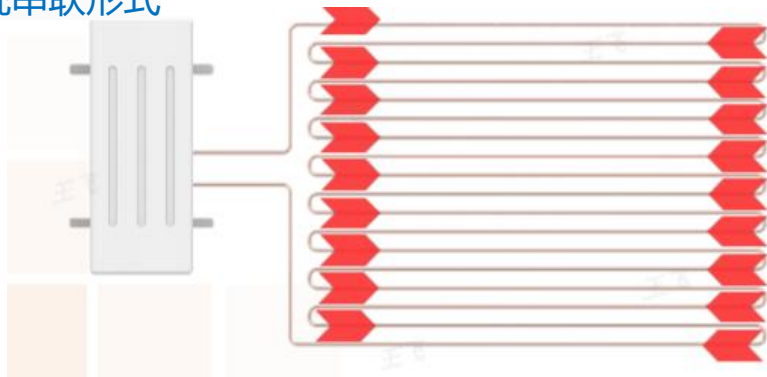


天氟地氟节能舒适

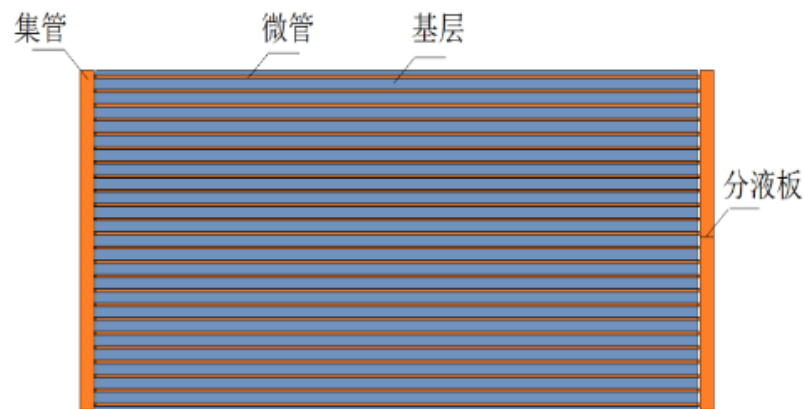
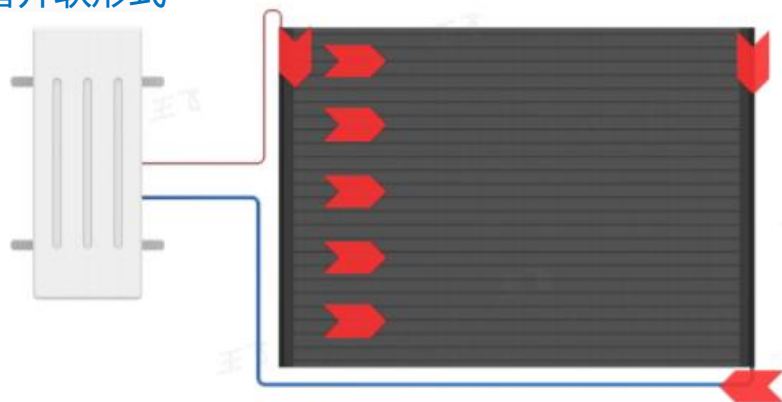
针对上述行业难题，研制了低阻柔性微径地氟换热器

- 超多支路并联，流通低压损
- 管间距可以低至5mm，地暖温度更均匀

传统串联形式



微管并联形式



压损远远低于行业水平，只有行业的8%

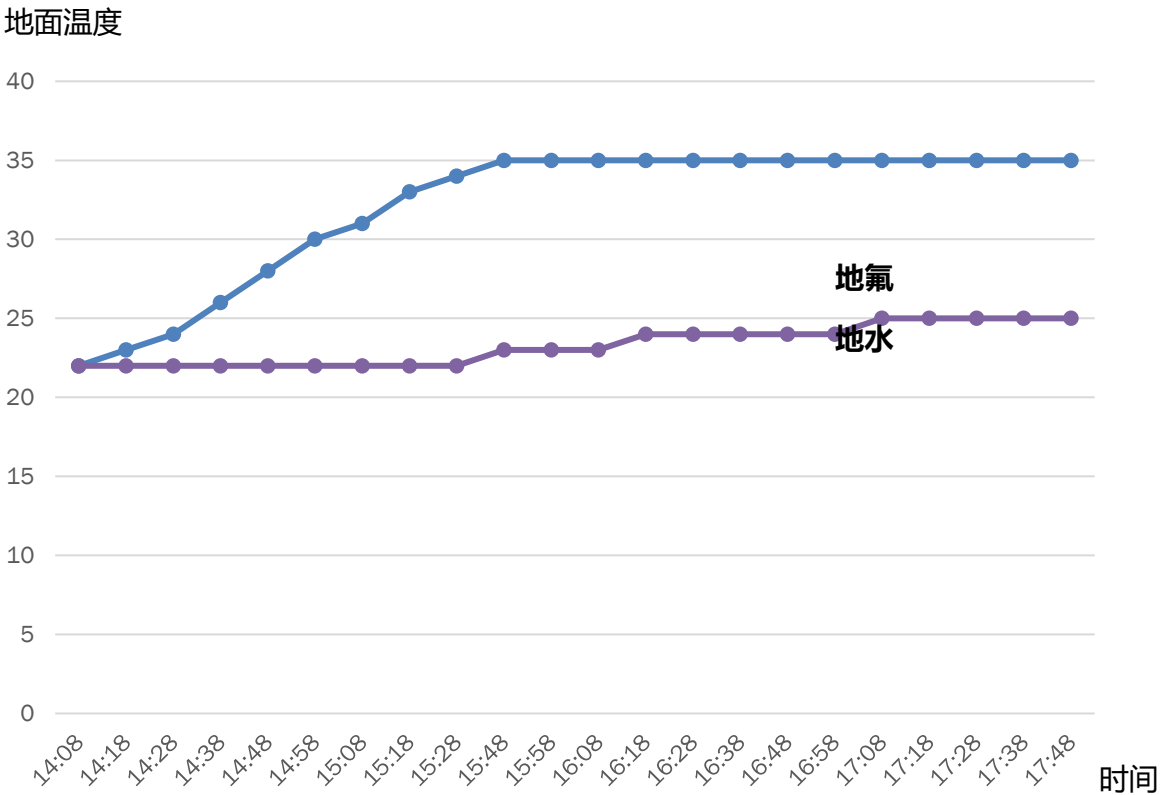
对比	进口压力/bar	出口压力/bar	压损/bar
行业	25.44	23.01	2.43
海尔	25.7	25.5	0.2

天氣地氟节能舒适

效果：
开机运行1h，室温10℃升温至20℃，可基本实现即开即用、人离可关，较水地暖需要开机10h以上才能达温，可大量节约无人时无效能耗

地氟地面	
时间	温度
14:08	22
14:18	23
14:28	24
14:38	26
14:48	28
14:58	30
15:08	31
15:18	33
15:28	34
15:48	35
15:58	35
16:08	35
16:18	35
16:28	35
16:38	35
16:48	35
16:58	35
17:08	35
17:18	35
17:28	35
17:38	35
17:48	35

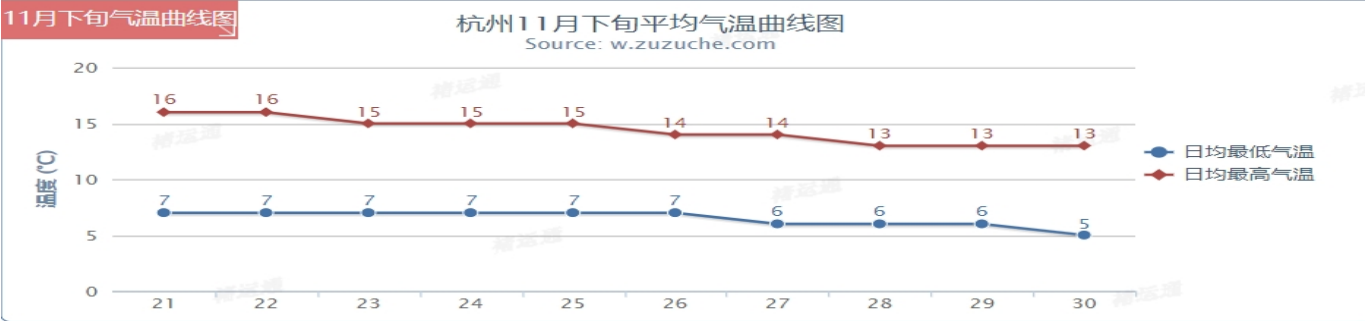
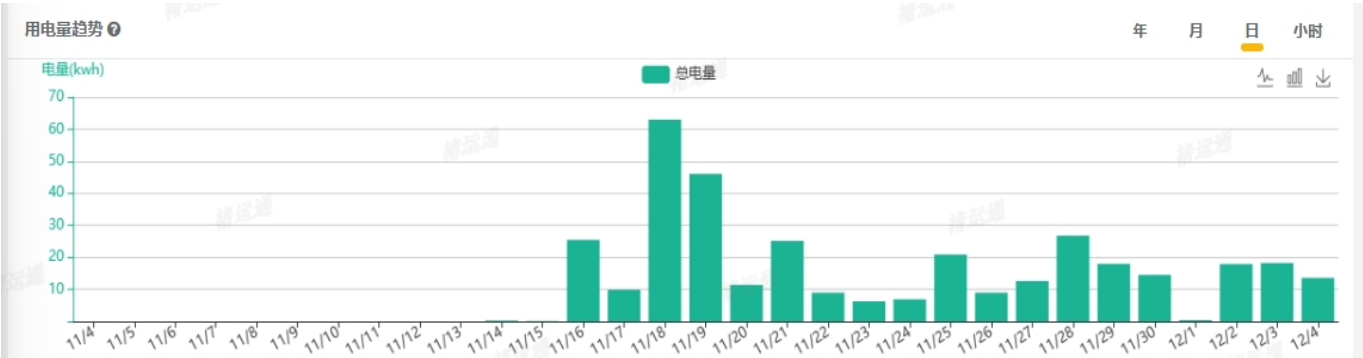
地水地面	
时间	温度
14:08	22
14:18	22
14:28	22
14:38	22
14:48	22
14:58	22
15:08	22
15:18	22
15:28	22
15:48	23
15:58	23
16:08	23
16:18	24
16:28	24
16:38	24
16:48	24
16:58	24
17:08	25
17:18	25
17:28	25
17:38	25
17:48	25



天氟地氟节能舒适

效果：
案例一，杭州绿城样板房140m2，11月每24h电费9.18元

地点	房地产	项目名称	总建筑面积	户型面积	所选品牌	主机型号	地氟模式	供货时间	项目进展	24小时耗电情况/(kW·h/h)	备注（项目介绍）
杭州市余杭区	绿城	绿城兰颂苑天氟地氟样板房	/	140m²	卡萨帝	RFC180CXSV C(YH)	制热	2024年10月16日	已安装完成，测试中。	18.275	绿城：兰颂苑项目，为绿城甲方领导自己的住宅，用作样板间对外界宣传推介。



- 实测数据：
- ① 兰颂苑上下两层楼，户型面积140m²。
 - ② 11月调试加运行，一共运行15天，总计耗电305.86kWh，平均每天耗电20.39kWh，24小时电费：9.18元。
 - ③ 12月运行3天，12月2号和3号平均耗电18.275kWh。24小时电费：8.22元。

天氟地氟节能舒适

效果：
案例二，保定雄安200m2样板房，11月每24h电费5.6元.

地点	房地产	项目名称	总建筑面积	户型面积	所选品牌	主机型号	地氟模式	供货时间	项目进展	24小时耗电情况/ (kW·h/h)	备注（项目介绍）
保定市 雄安区	中交	雄安首批A-13-01地块6层天氟地氟样板房	80-130万m²	201m²	卡萨帝	RFC335CXSJY A(云雾白)	制热	11月10安装完成	已安装完成，使用中。	11.25 (相比绿城项目，建筑保温优，能耗更低)	中交:雄安项目，目前仅做了200平的样板间，调试验证项目方案无问题后，大区推广，大区的面积为80-130万方。



Haier

谢谢!