

海尔静压气悬浮离心冷水机组与应用

海尔智慧楼宇方案研究院

朱连富

2023-04-25

18年 引领大型冷水机组进入新时代

海尔创造了中国磁悬浮中央空调历史

持续引领无油时代



无油技术创新路...

水冷、风冷、热泵、模块...

全降膜、自由冷、蒸发冷...

冷水、热水、直膨...

产品节能→系统节能...

100+ 专利

3项 国际领先科技成果

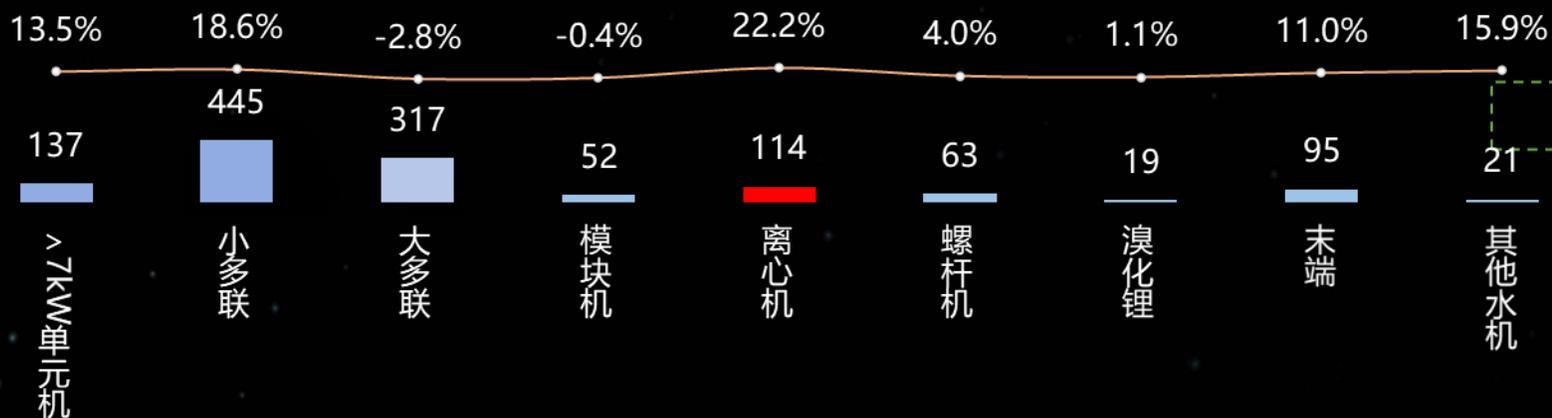
14家 认证机构认可

19项 行业领先认证

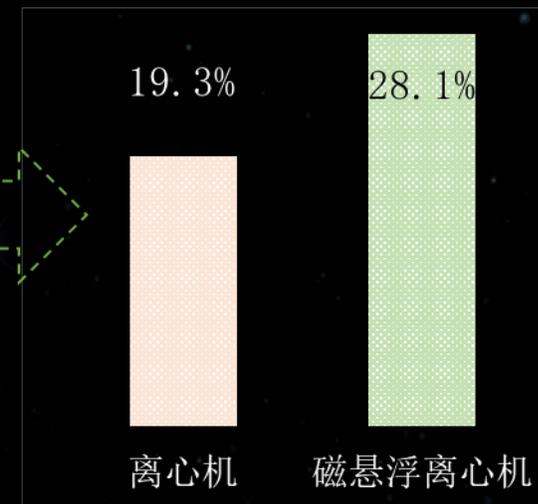
节能产品高增长，离心机一枝独秀磁悬浮领跑

- 2003年无油离心机组首次登上历史舞台，将中央空调从有油传统带入无油新时代；顺应国家19年提出《绿色高效制冷行动方案》的行业发展目标,无油高效离心机迎来发展契机
- 无油离心机占离心机总量的16.8%，500RT以下冷量段，无油离心机占比达58.8%。

2023年商用空调内销 (亿元)

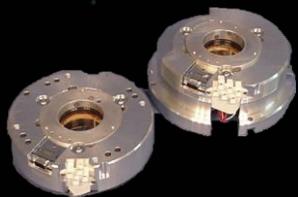


5年CAGR



离心制冷压缩机无油技术的路径

磁悬浮轴承



2003年 dtc
~1350Rt

陶瓷轴承

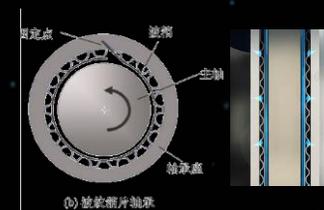


2013年 trane

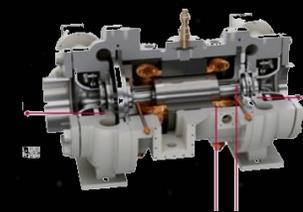


2016年 carrier
~700Rt

气悬浮轴承



2016年 wc
~500Rt

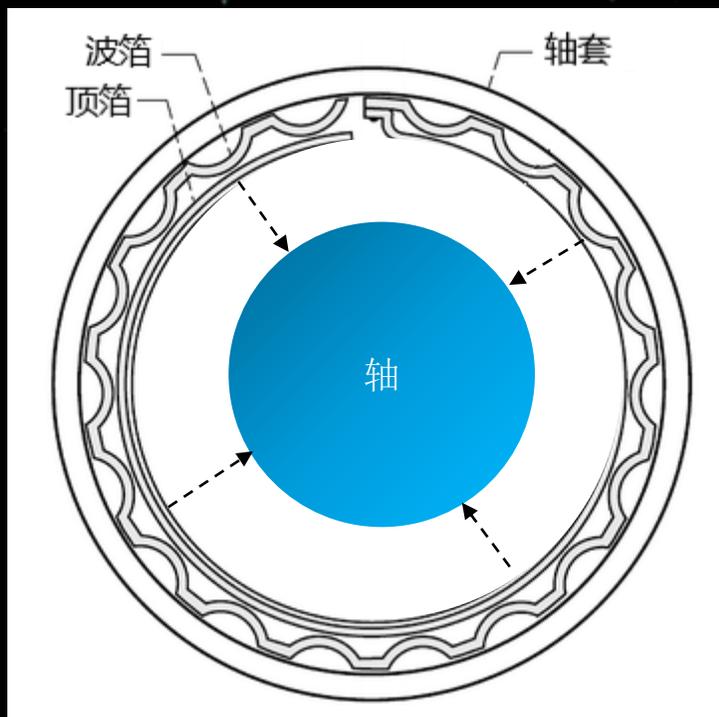


2017年 lg
~150Rt

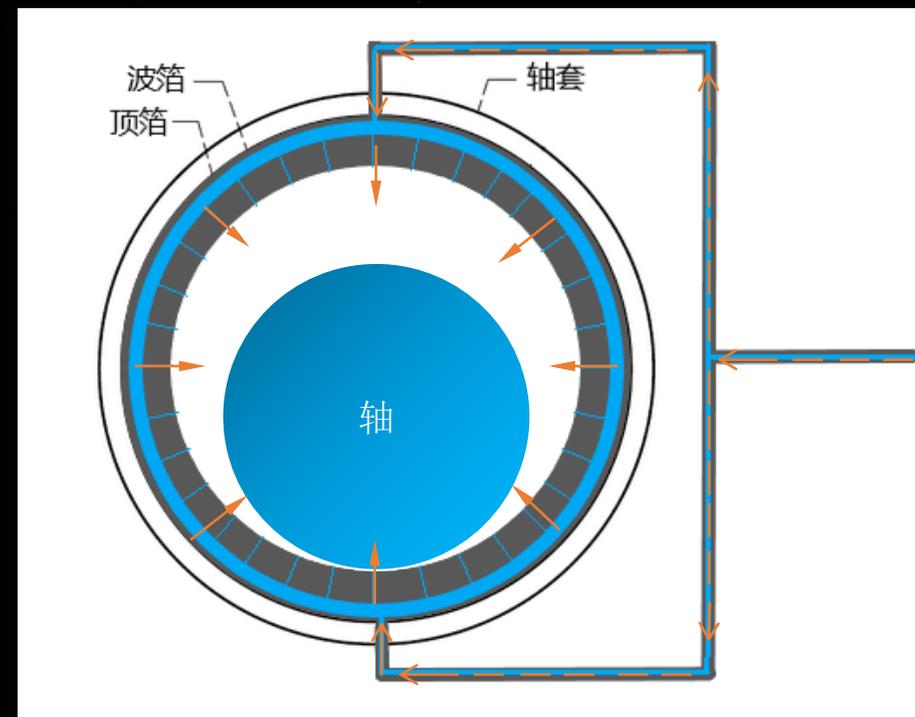


静压气悬浮原理与动压气悬浮原理对比

动压气悬浮



静压气悬浮



- 始终悬浮，无摩擦
- 无限启停次数
- 无惧反转
- 更大的单机冷量
- 调节范围更宽或者能效更高

海尔自主知识产权 静压气悬浮压缩机

- 制冷剂R134a, 额定电压380V/3N~/50Hz, **超宽电压范围310~515V**
- 额定转速13800-33000rpm, 最高转速36500rpm
- 应用于水冷、蒸发冷、直膨式



HT50
(50Rt)



HT100
(75Rt-100Rt)



HT225
(150Rt-225Rt)



HT350
(250Rt-350Rt)



HT500
(400Rt-500Rt)



气悬浮冷水机组更宽冷量范围 拓宽适用领域

- 压机冷量范围：海尔50-500Rt
- 主机冷量范围：海尔50-1400Rt

单压缩机系列



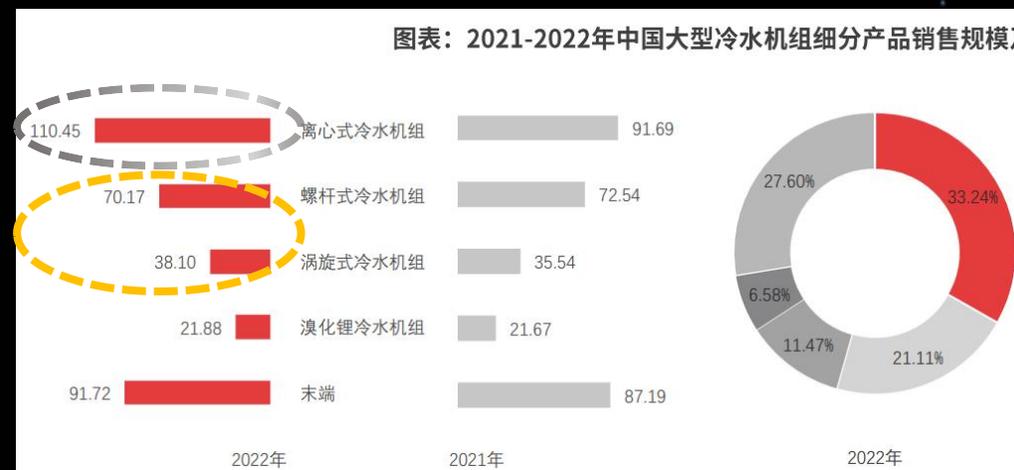
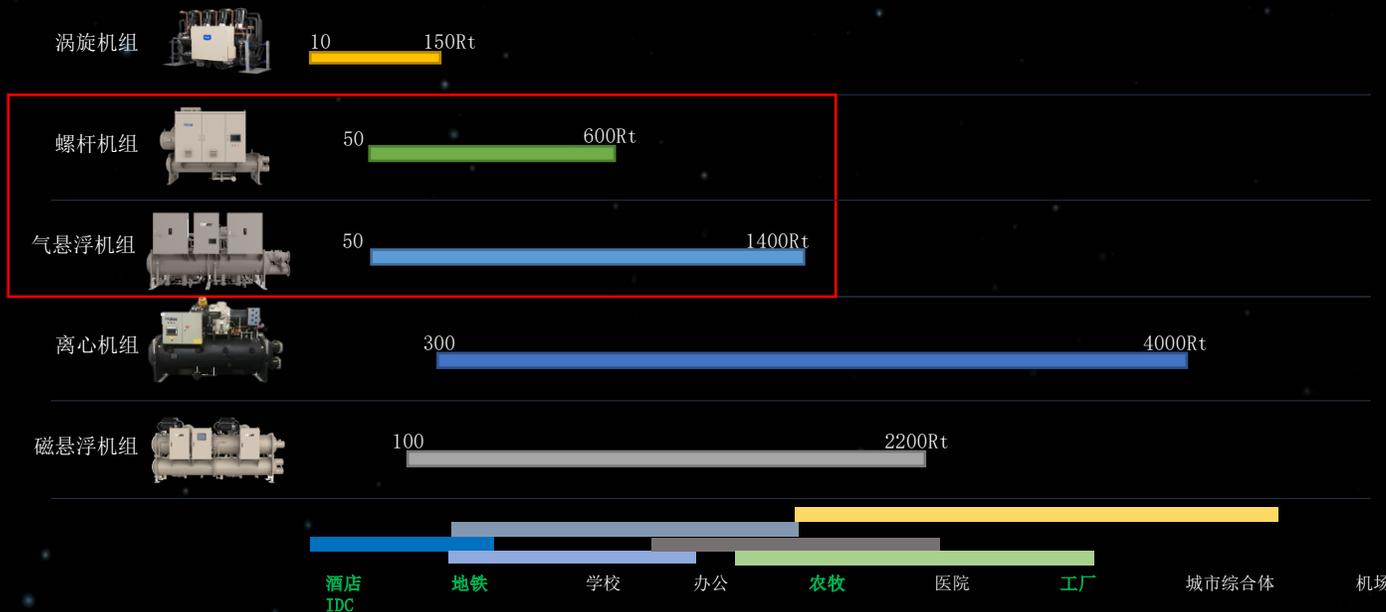
50Rt 75Rt 100Rt 225Rt 350Rt 500Rt

多压缩机系列



450Rt 650Rt 700Rt 850Rt 1000Rt 1200Rt 1400Rt

小冷量更优的性能，为更多用户场景提供减碳方案



气悬浮离心机适用场景

气悬浮离心机
全球首创静压气悬浮压缩机



水冷

蒸发冷

直膨式



50-750RT



工厂



地铁



数据中心



办公



酒店



医院



全球首创 静压气悬浮变频离心式冷水机组

0 摩擦

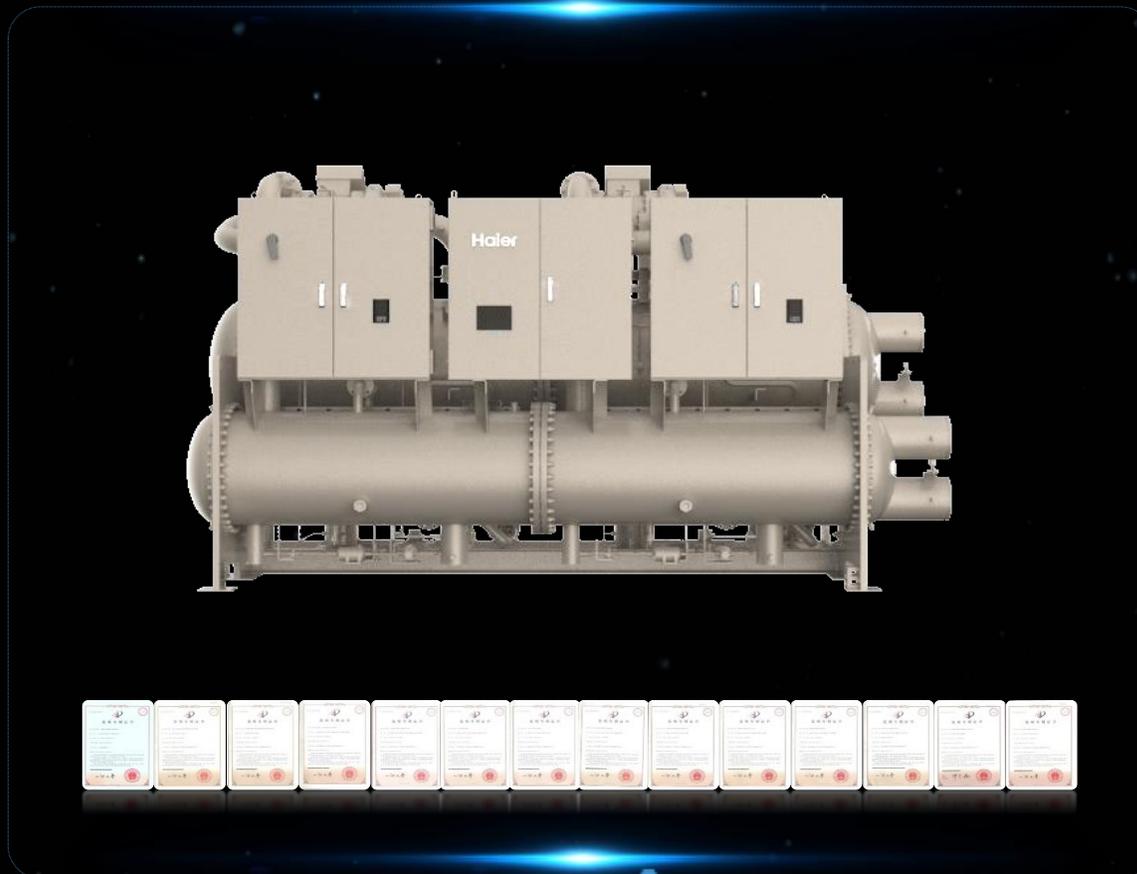
50% 节能

3 年保修

2 安培启动

30 年寿命

70dB 静音



气液两相静压气悬浮技术

温压双控轴承控制技术

对称叶轮静压平衡技术

复叠过冷技术

永磁变频直驱电机技术

AI物联技术

共获授权专利**63**项，其中发明专利授权**50**项，其它专利授权**13**项。静压气悬浮压缩机拥有自主知识产权

应用技术1：气液两相静压气浮技术

运行无磨擦

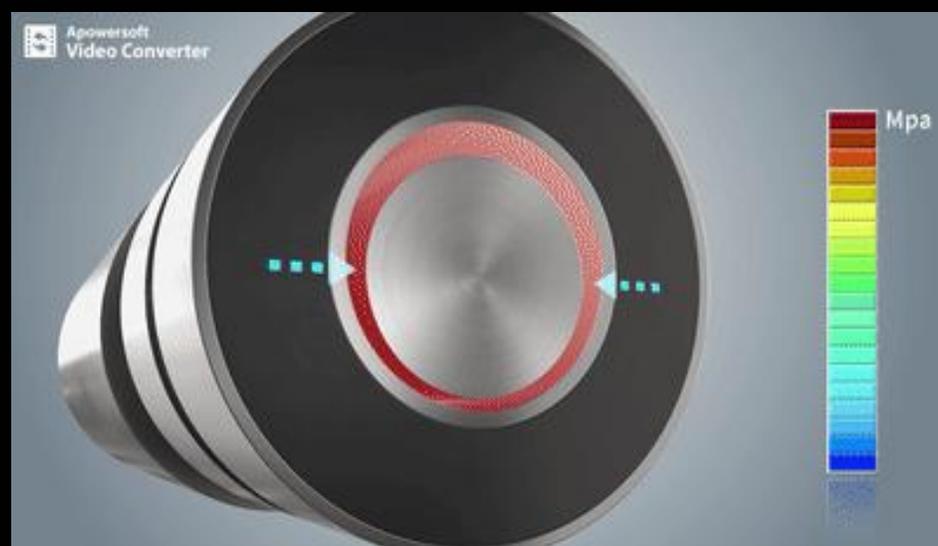
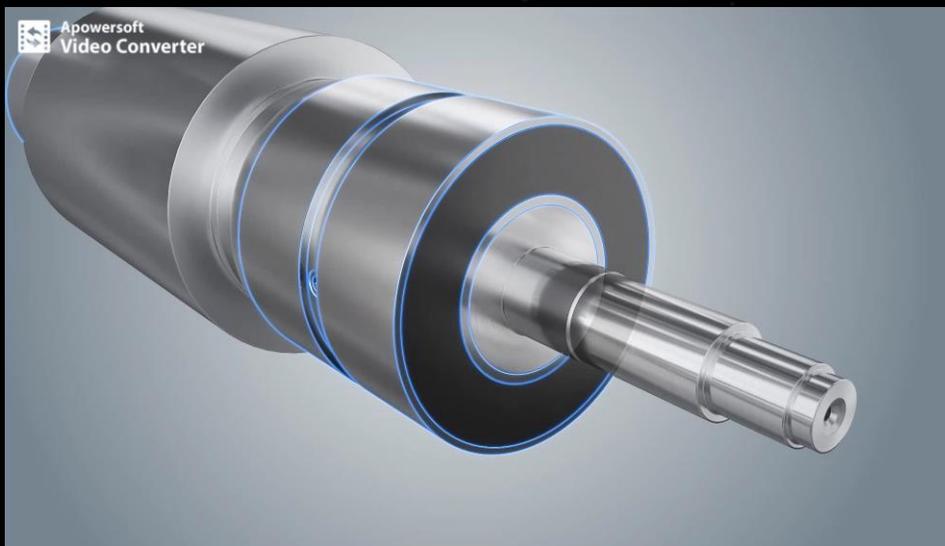
悬浮轴承，无机械摩擦

断电无磨擦

供气稳定，断电仍悬浮

30万次启停

远高于行业10-13万次



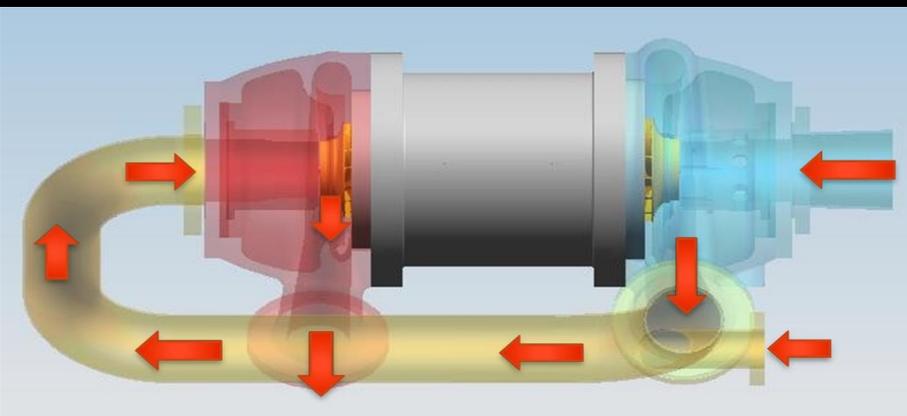
工作介质：制冷剂、空气、氮气等各种洁净气态和液态介质

气膜厚度：10um

轴承压差：0.4MPa

工作温度：-20°C~100°C

应用技术2：低噪高效压缩机经济器一体化设计

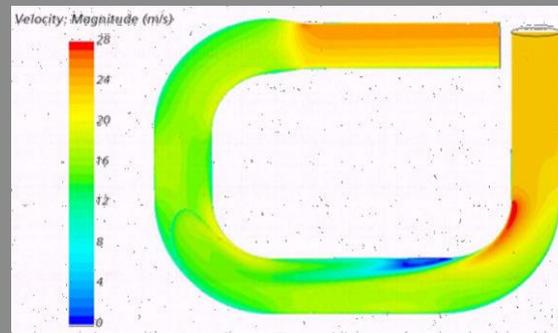


传统方案**存在如下问题**：

- ①级间管的存在造成压缩机整机成本上升，且增大了压缩机的**体积**
- ②冗长的管路和三个弯头造成阻力损失增大，影响机组**能效**
- ③弯头处气流扰动，造成大的**气噪声**

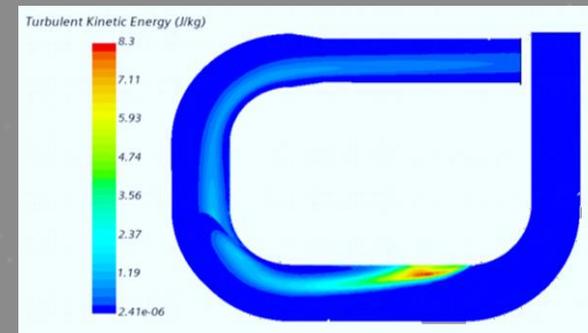
问题分析

流场仿真



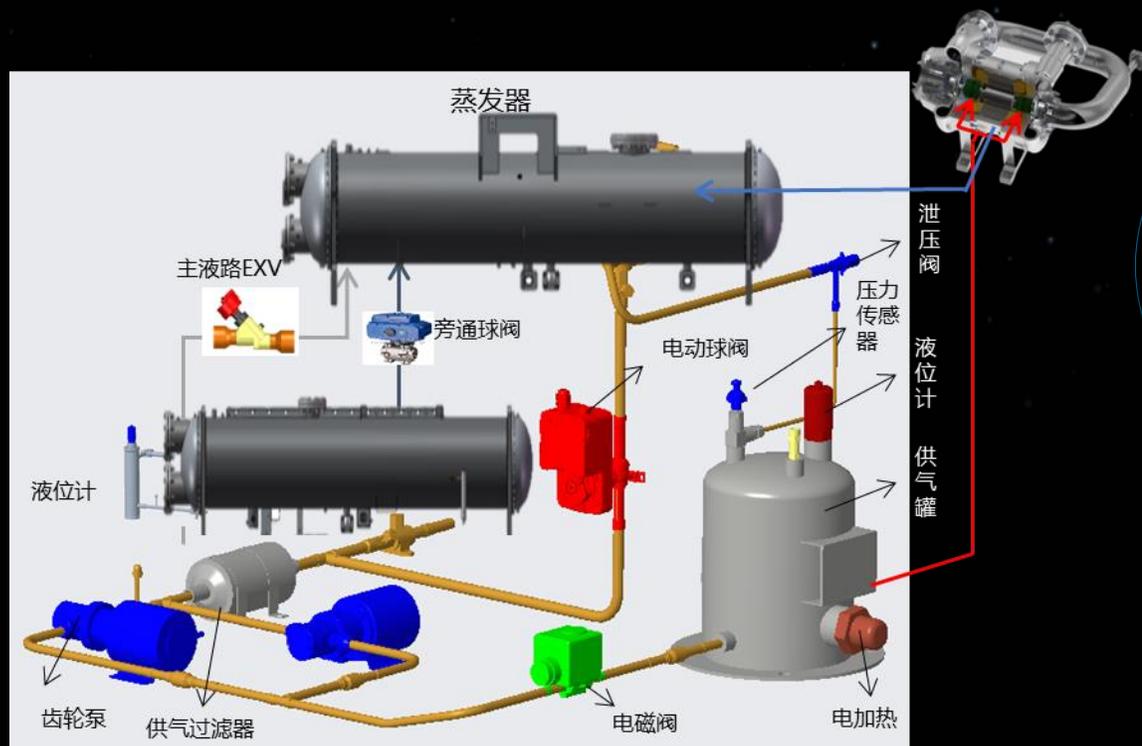
显示管内冷媒流速较大，最大可达28m/s，较大的流速导致较高的流动噪音

湍动能仿真



管内存在湍动能较大区域，湍动能大噪音大，级间管折弯地方存在流动分离，引起的涡流会带来严重的流动噪音

应用技术3：温压双控轴承控制技术



一体式供气稳压技术

轴承压力控制

压力传感器实时测量供气压力，通过齿轮泵及电加热协同配合，控制轴承悬浮无摩擦

轴承温度控制

气液两相降低轴承温度，并起到润滑作用，同步启动冷媒冷却系统，控制电机温度，控制轴承悬浮无摩擦

断电保护机制

压缩机在突然断电失压情况下，供气系统的压力持续存在，轴承可持续悬浮7分钟，最终保证转子平稳降落

其他领先技术

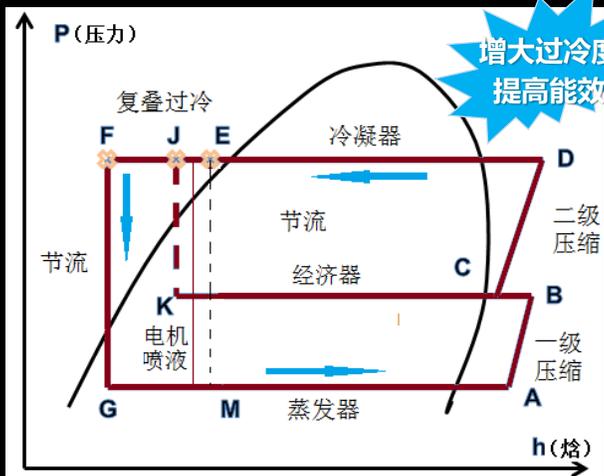
应用技术4 复叠过冷技术

• 标配经济器

→过冷度可增大10°C以上，名义工况能效最大可提升10%

• 单独过冷管

→在冷凝器的底部增设一组单独的过冷管群与对应的迷宫式折流板，提高制冷剂过冷度4°C，能效提升2%

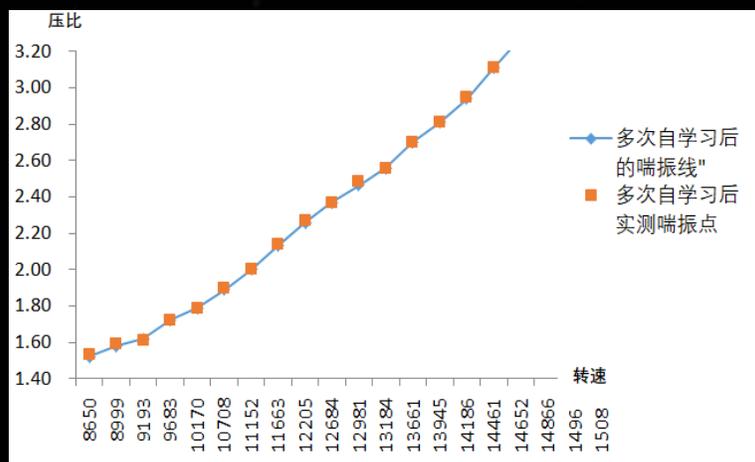


应用技术5 智能喘振检测及预防技术

• 自学习优化喘振:

• 根据喘振发生原理，海尔通过喘振公式自学习功能，优化喘振线，使喘振线更加准确。喘振拟合公式如下

• $V_{喘} = f(\text{导叶阀开度}, \text{压缩比})$ $V_{喘}$: 喘振转速;



多次自学习后的喘振线和自学习后测试的喘振点

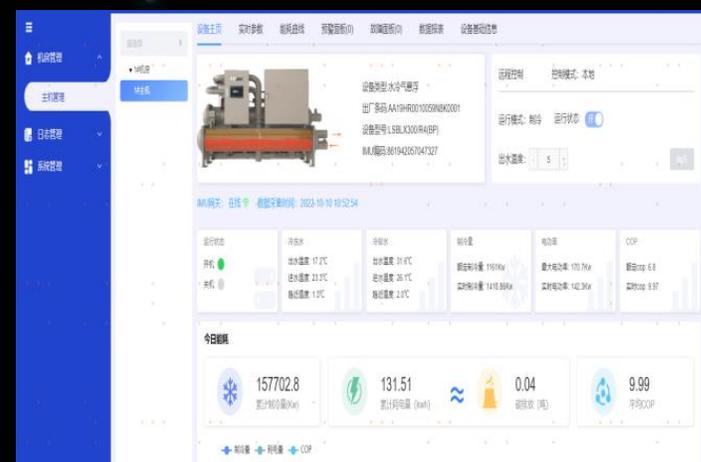
应用技术6 智能云服务技术

• **远程调试** → 缩短调试周期，调试过程报告可查

• **远程监测** → 无需奔波 实时监控

• **故障预警** → 避免机器故障

• **能耗分析** → 机组效率报告



青岛新都电子科技有限公司项目

项目概况

(改造项目)

公司简介: 青岛新都电子科技有限公司是一家专注于生产办公自动化设备的跨国公司。

地理位置: 青岛经济技术开发区

供冷建筑面积: 10000m²

使用场景: 生产车间制冷, 夏季24-26°C, 24小时运行

解决方案: 1台 LSBLX350R4 (BP)-气悬浮冷水机组



项目需求及方案

用户需求

原螺杆机组运行年久且性能衰减，工厂空调能耗大，对新机组节能提出较高需求。

高效节能

智慧运营

冷源自动化程度高，减少人工成本。

稳定运行

每天24小时制冷需求、高负荷运行，机组稳定性要求高。

解决方案

用相同冷量的LSBLX350R4(BP)气悬浮机组替换原有的一台螺杆机组并进行能效对比测试。



替换后的气悬浮机
组

原螺杆机
组

能效测试



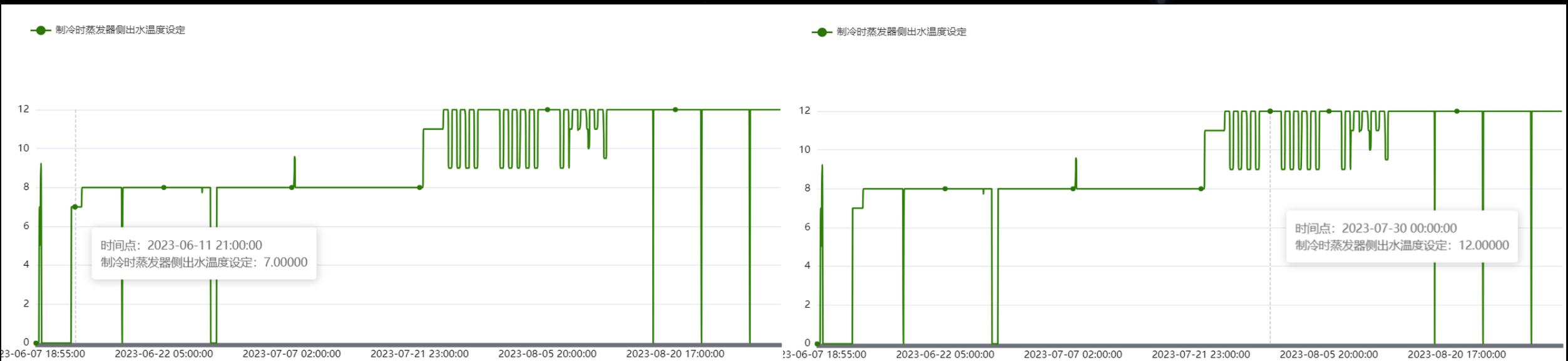
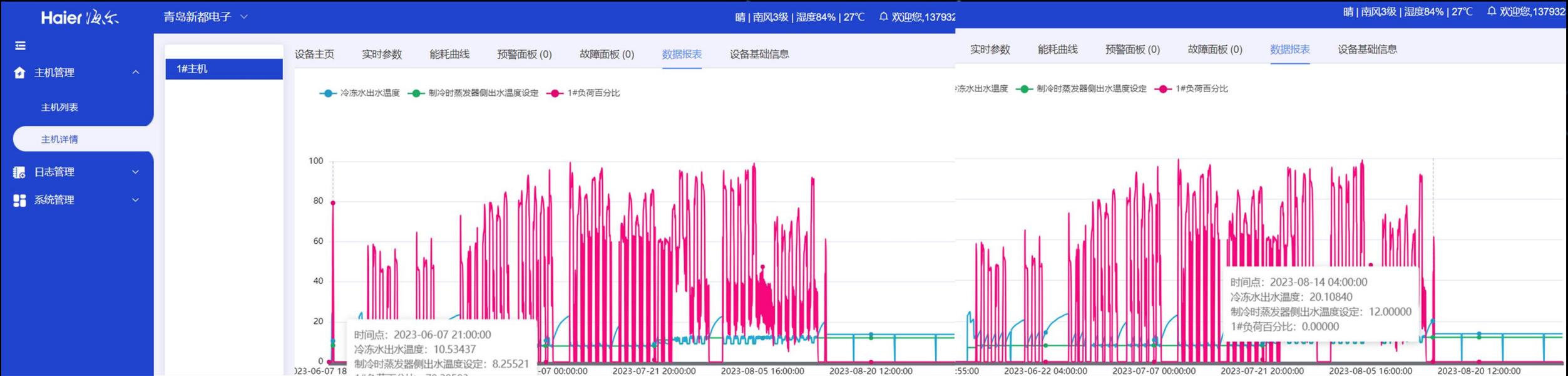
节能效果

在工厂使用场景下进行7次性能测试，气悬浮平均负荷78%，平均制冷量为1122kw，功率为126kw，COP均值为8.86
较原有螺杆机组节能51.1%，每月节省56000元电费。全年节约16.8万



合肥通用机电产品检测有限公司 Haier General Electric Product Testing Co., Ltd. 检测报告 Inspection Report											
日期	地点	设备	型号	规格	数量	品牌	产地	用途	检测项目	检测结果	备注
2023.08.15	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.16	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.17	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.18	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.19	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.20	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.21	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.22	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.23	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.24	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.25	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.26	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.27	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.28	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.29	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.30	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	
2023.08.31	安徽合肥	螺杆式冷水机组	LSBLX350R4(BP)	350RT	1	海尔	中国	工业制冷	能效测试	合格	

实际运行情况



实际运行情况

🕒 2023-07-31 00:00:00 到 2023-08-02 00:00:00

🔍 查询

● 制冷时蒸发器侧出水温度设定



环驰轴承集团

项目概况

公司简介: 环驰轴承集团, 公司专注于设计和制造各种高精度高质量的轴承

地理位置: 浙江省慈溪市横河镇横彭公路12号

供冷建筑面积: 13600m²

使用场景: 生产车间制冷, 夏季24-26℃, 10小时运行

解决方案: 1台 LSBLX350R4 (BP)-气悬浮冷水机组



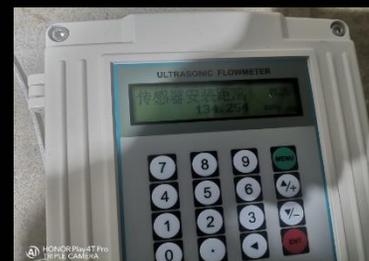
机房情况与测试



机房内安装



机房加隔雨罩



传感器位置计算



管道打磨



流量探头安装



探头信号检测



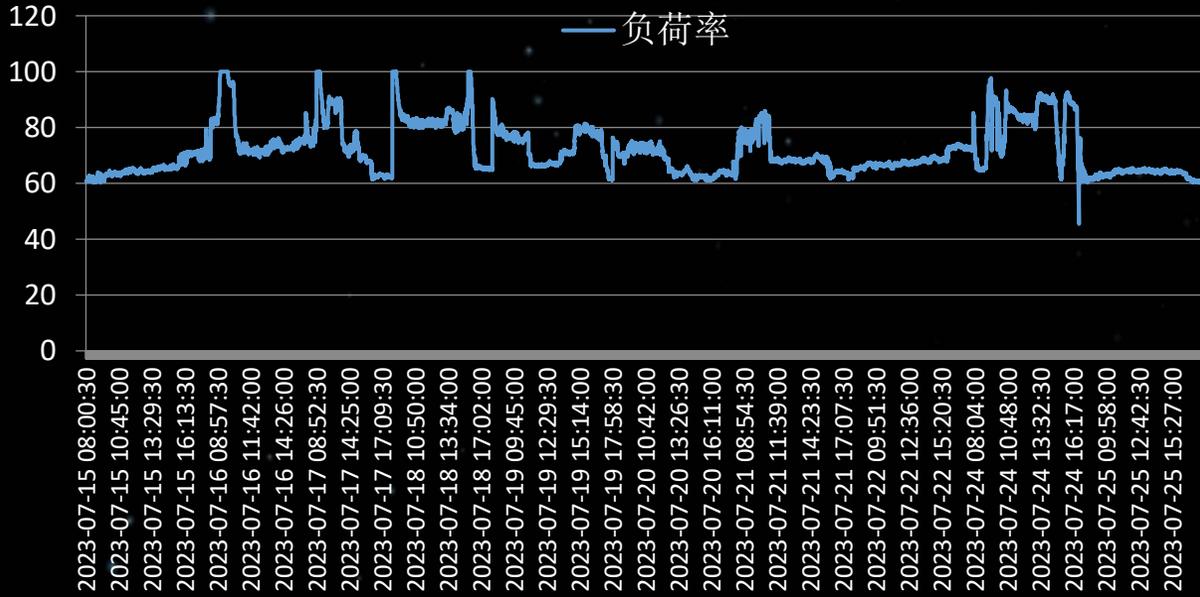
流量测试



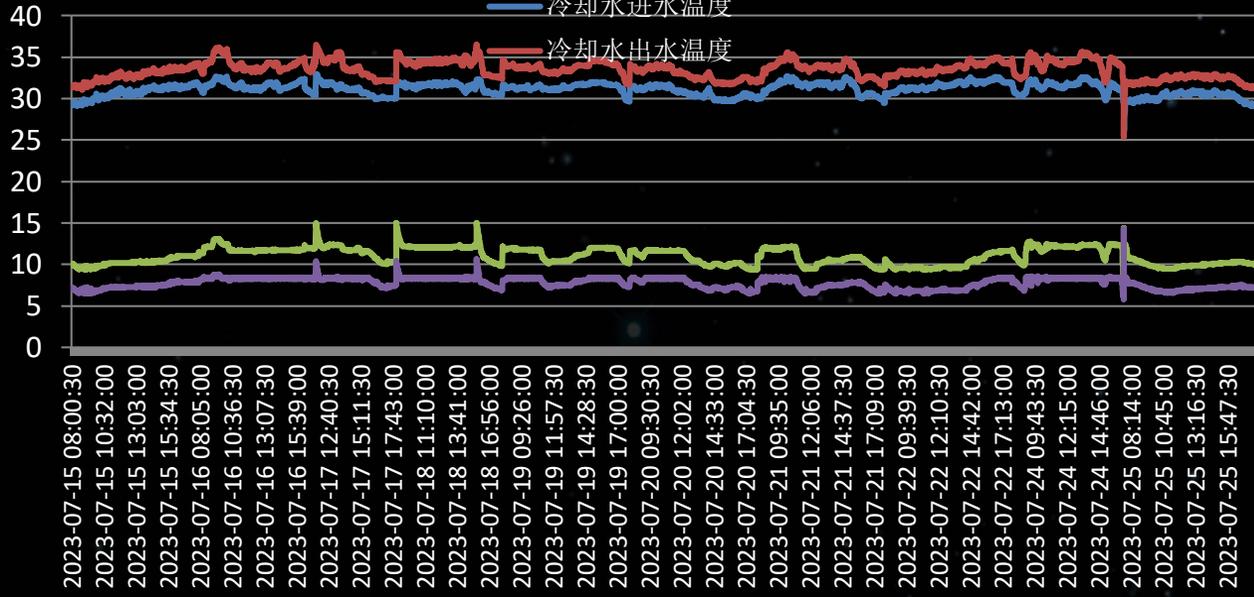
温度测试

测试结果

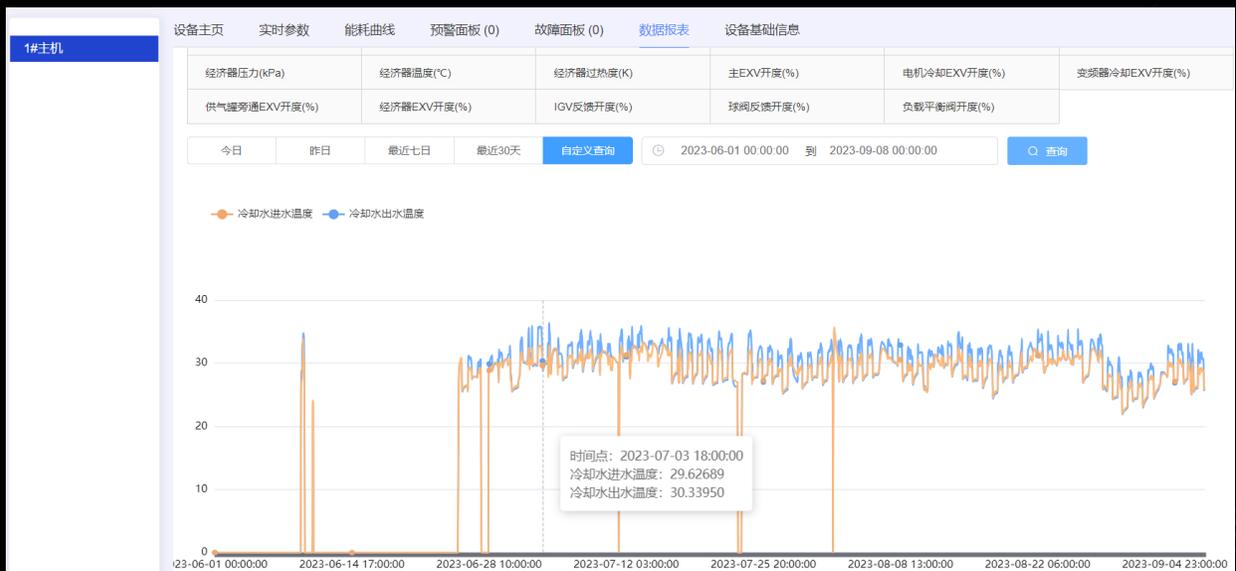
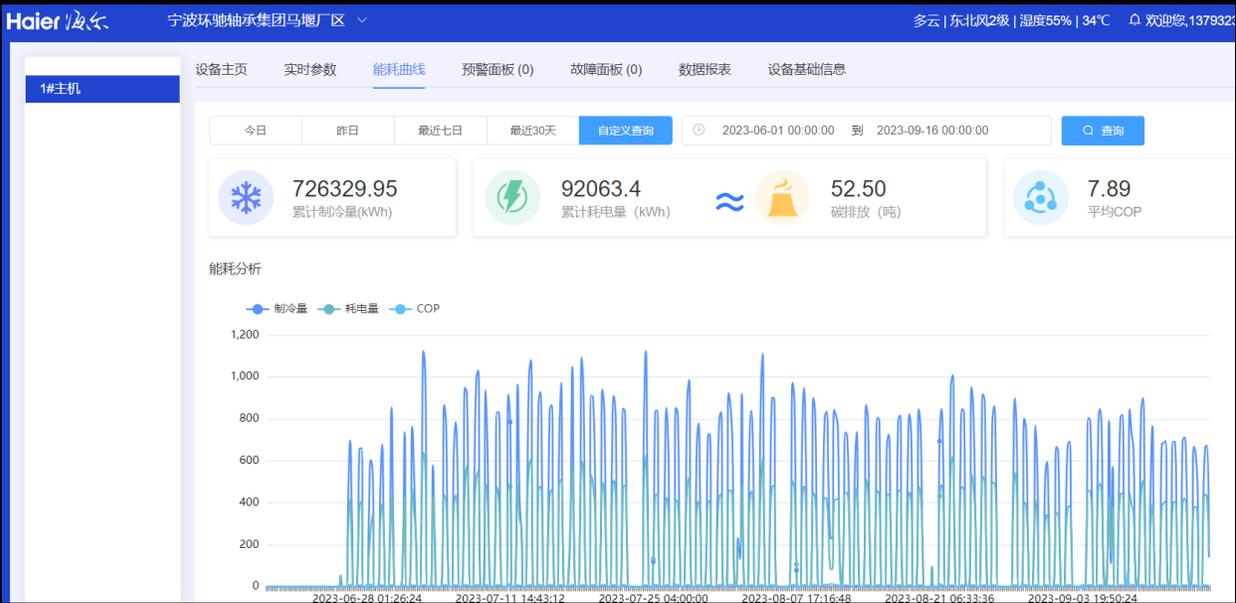
截取7.15~7.25日运行记录，机组平均负荷率为71%。



7.15~7.25日，冷却水平均进水温度31℃，出水温度33.5℃；冷冻水平均进水温度10℃，出水温度7.5℃。



运行情况



已运行于众多行业项目

海尔智慧楼宇
Haier MetaBuilding



开平依利安达



超声印刷



厦门希尔顿酒店



南昌华尔顿酒店



石家庄宝龙仓商业综合体



杭州睿升半导体科技有限公司



比亚迪一期C9厂房改造



重庆地铁4号线



三台县人民医院



北京中医医院



Haier

海尔智慧楼宇
Haier MetaBuilding

有建筑的地方 就有海尔智慧

