

变频冷水机组在数据中心的应用

报告人：刘华



珠海格力电器股份有限公司

2017年5月19日

目录 Contents

1

公司简介

2

数据中心空调特点

3

数据中心用永磁同步变频离心机

4

数据中心用永磁同步变频螺杆机

5

格力远程智能服务中心

6

经典项目案例

1

公司简介

■ 公司规模

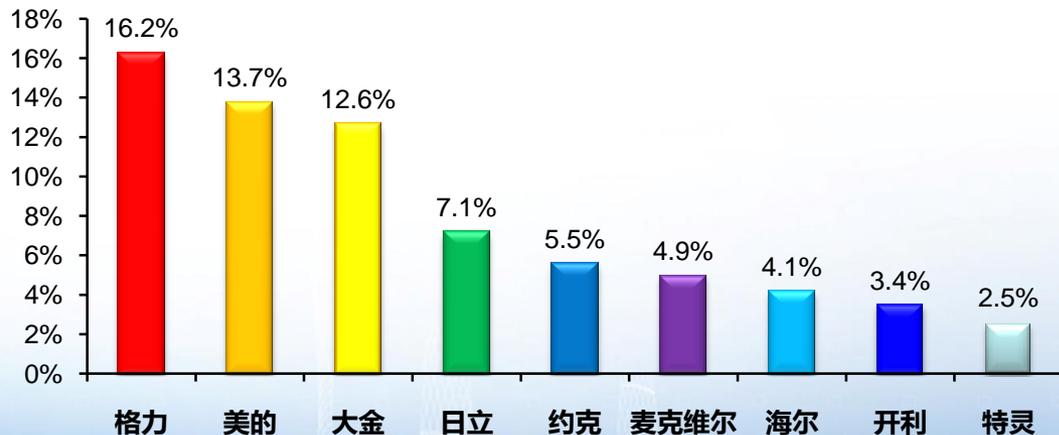
成立于1991年，世界最大的专业化空调企业；

2016年销售额**1100亿元**，自2005年起连续11年全球第一；

2016年中央空调市场占有率**16.2%**，连续5年位居中国第一；

- 10大生产基地
- 业务覆盖200多个国家和地区
- 7万名员工
- 服务用户超3亿

2016年中央空调品牌市场占有率



《暖通空调资讯》《2016年度中国中央空调市场发展报告》

掌握核心科技

■ 研发实力

获批1个**国家重点实验室**、1个国家级工程技术研究中心、1个国家级工业设计中心；

研发费用“不设上限”，年科研投入超过40亿元；

共有实验室632间，通过CRAA、AHRI、UL、TUV等认证；

研发人员7000多名；

设7大设计院、6大设计中心；

- 拥有技术专利27487项，其中发明专利10975项；
- 拥有15个经权威机构鉴定为“国际领先”的系列产品；
- 3次获得国家科技进步奖；



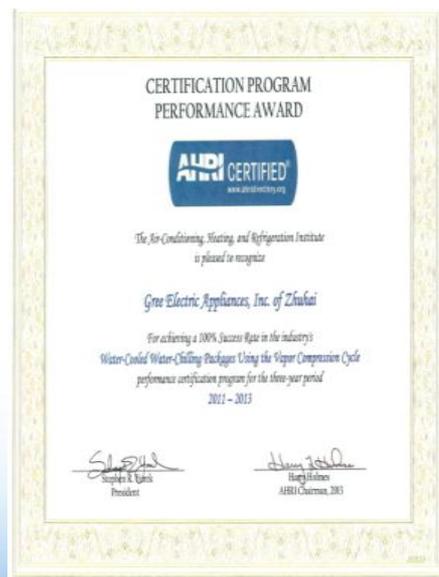
■ 冷水机组

离心压缩机、螺杆压缩机完全自主设计、生产；

规模：离心机500台/年，螺杆机2000台/年；

2011年跨入永磁同步变频时代；

- 国家重点节能技术推广目录
- 广东省科学技术奖一等奖
- 中国制冷学会科学技术进步奖一等奖
- 中国专利优秀奖、广东省专利金奖
- 英国HVR年度商用产品大奖
- 英国RAC国际成就大奖
- 美国AHRI认证杰出成就奖



美国AHRI认证杰出成就奖



英国RAC国际成就大奖



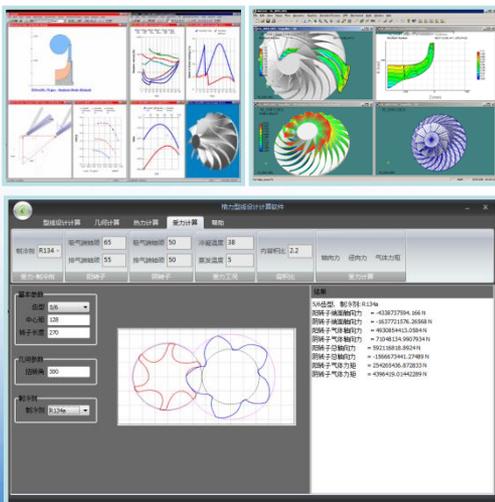
广东省科学技术一等奖

■ 冷水机组

设计

NREC离心机气动设计软件，共享航天设计技术；自主开发的螺杆机型线设计软件；

Ansys、DyRoBeS等模拟分析软件校核，保证可靠性



加工

五轴加工中心：5台
螺杆转子磨床：2台
大型卧式镗铣中心：12台
三坐标检测仪：4台
申克动平衡试验机：1台



测试

冷水机组实验台：11个
最大能力：3000RT
风冷冷水机组实验台：3个
最大能力：450RT
通过**国家认证**、**AHRI认证**
离心、螺压缩机实验台：4个



■ 地标项目



中国尊

SKL 空调设备及系统运行
节能国家重点实验室



人民大会堂



港珠澳大桥



毛主席纪念堂



CAP1400核电站 GREE 格力

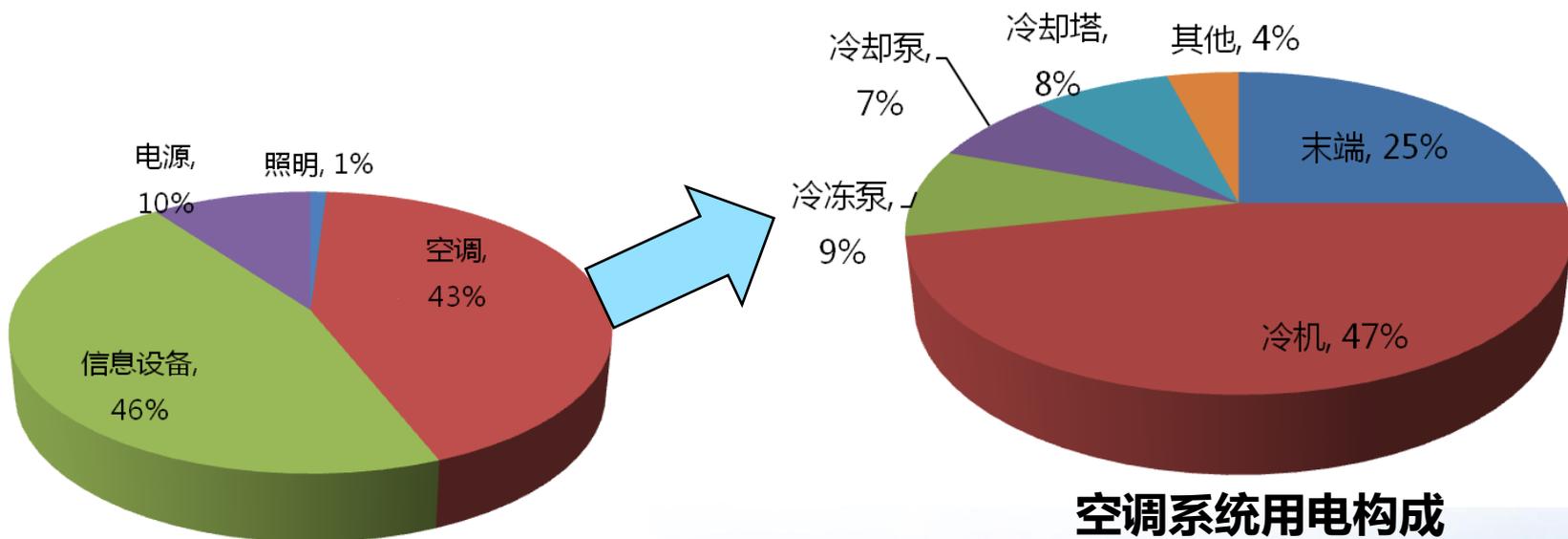
掌握核心科技

2

数据中心空调特点

■ 特点一：运行能耗高

- **用电密度大**：可达2000~10000kWh/（m².a），远超同体量普通公共建筑；
- **用电总量大**：用电总量约占中国当年全社会用电量**1.5%**，成为用能大户。
- 空调系统用电占比达**40%**以上；

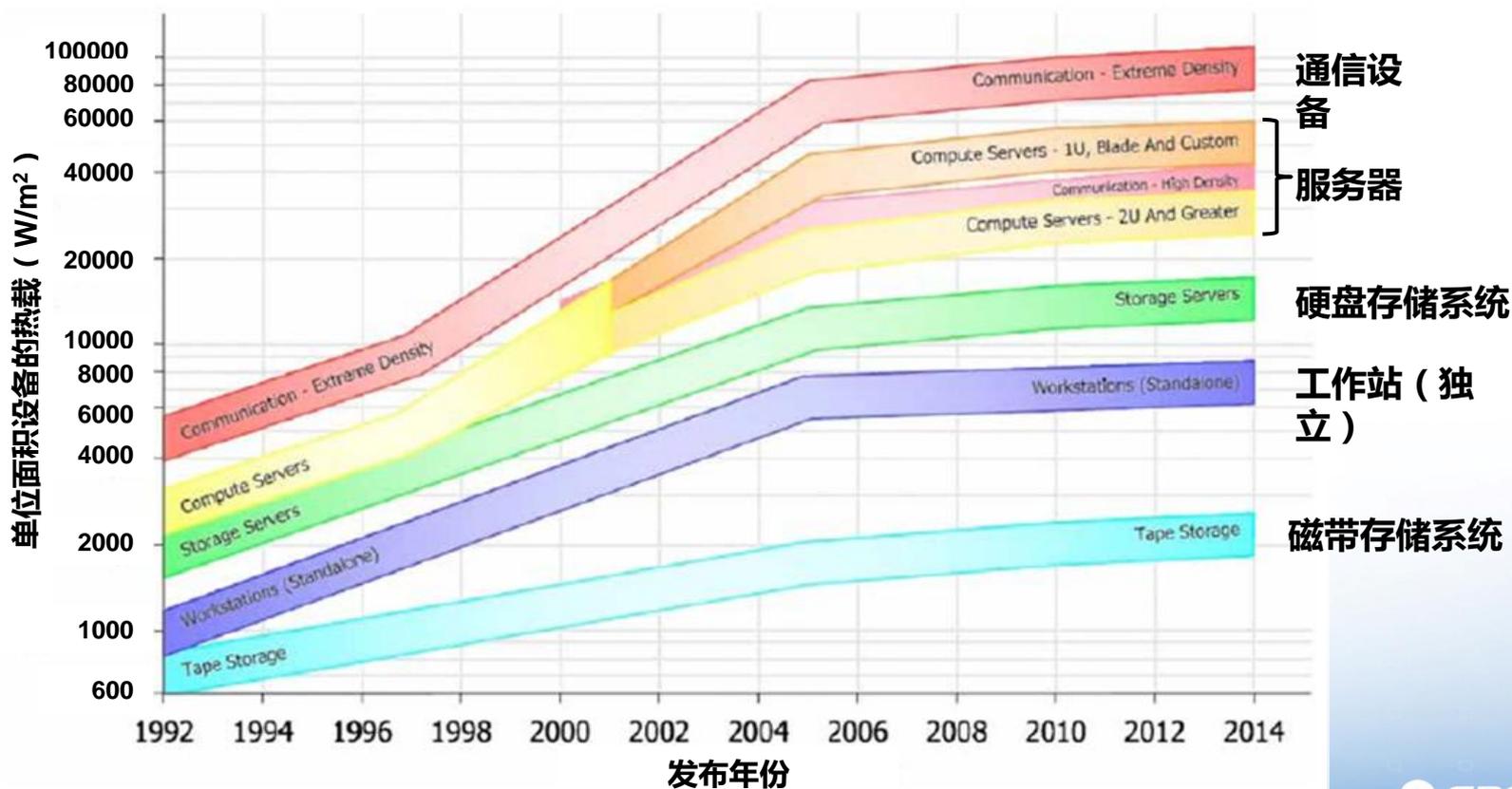


数据中心机房用电构成

典型数据中心（IDC）机房全年用电构成

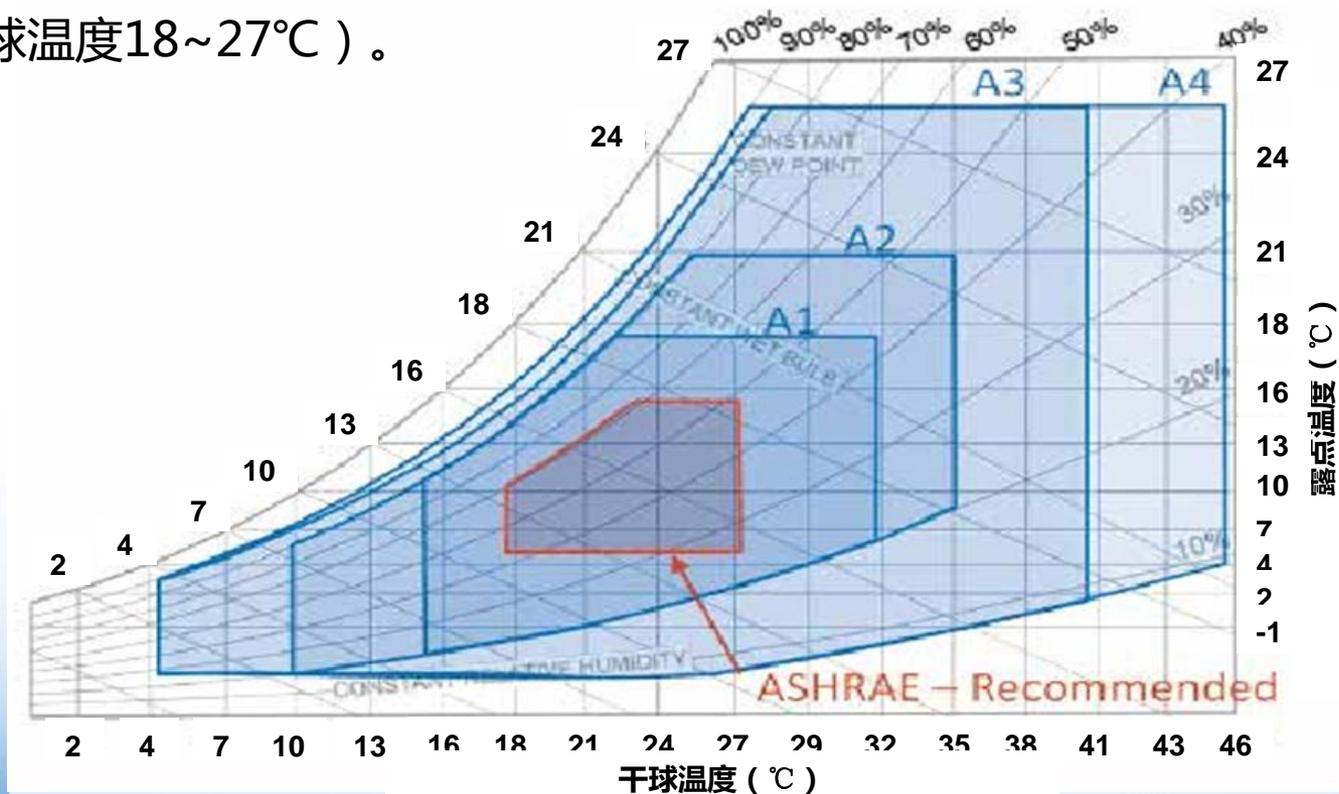
■ 特点二：显热负荷密度高

- 一般大型机房正常运行时显热散热密度为 $500\sim 2000\text{W}/\text{m}^2$ ；
- 显热散热密度远高于普通办公建筑（ $100\sim 200\text{W}/\text{m}^2$ ）；



■ 特点三：安全可靠要求高

- 最重要是保证IT设备的芯片工作在安全的热环境，防止芯片过热、静电和结露；
- ASHRAE针对不同类型机房IT设备规定了A1~A4等级，其中红色是推荐区间（干球温度18~27℃）。

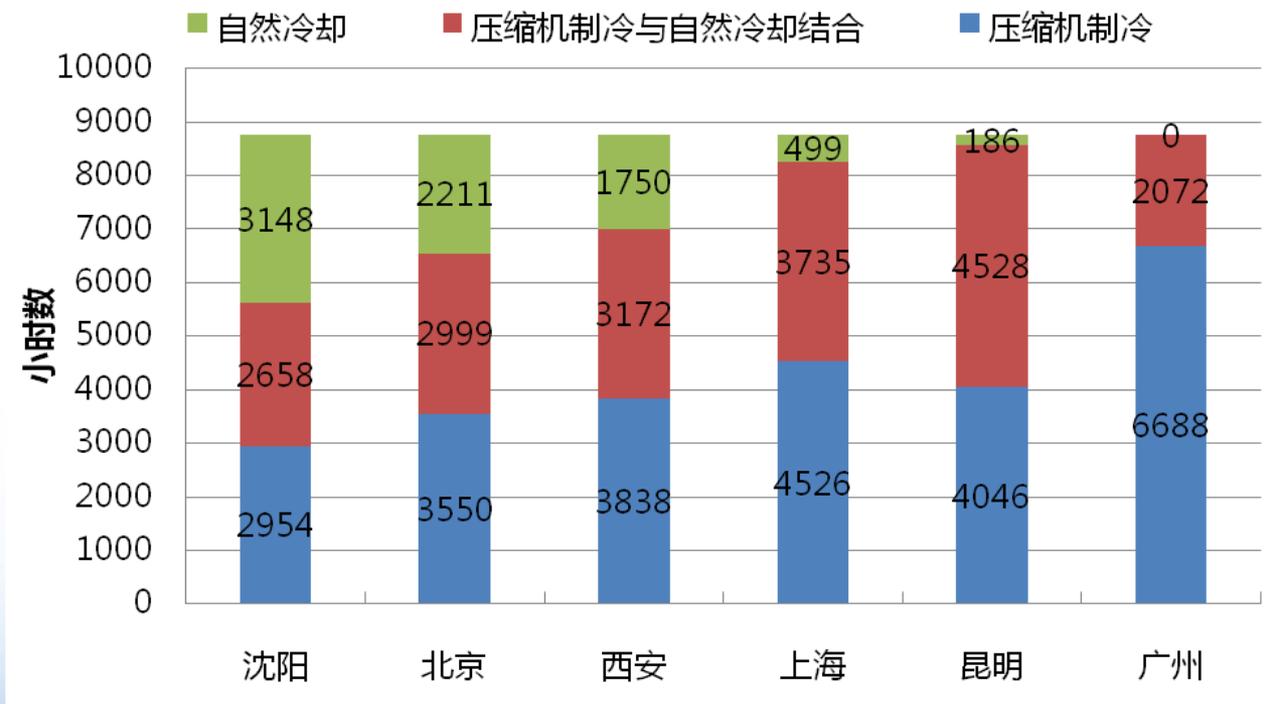


■ 特点四：谐波干扰要求高

- 数据机房对变频装置入网谐波提出严格要求，需符合国标《GB/T 14549-1993》和《GB/Z 17625.6-2003》
- 根据《GB/Z 17625.6-2003》中第二级和第三级规定的限值标准，短路比为66时，第二级规定THD限值为25%，第三级规定THD限值为16%

■ 特点五：全年运行

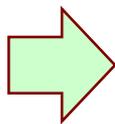
- 在我国北方地区，冬季及春秋过渡季节大部分时间室外气温低于20℃；
- 可以充分利用室外自然冷却对机房降温，减少压缩机开启时间，降低空调能耗。



各地标准气象年全年各级干球温度频数（低于3℃，自然冷却；3℃至17℃，压缩机制冷与自然冷却结合；高于17℃，压缩机制冷）

■ 数据中心空调方案

运行能耗高
显热负荷大
全年运行
安全可靠



高效永磁变频技术、运行策略；
12-16°C出水温度专用机组；
低冷却水运行技术、自由冷却技术；
快速启动功能、低谐波的变频器；

3

数据中心用永磁同步变频离心机

3.1 节能性

3.2 安全性

3.3 运行策略

永磁同步变频离心式冷水机组

冷量范围：250~3000RT

电源规格：380V，10kV

冷媒：R134a

通过AHRI认证、节能认证



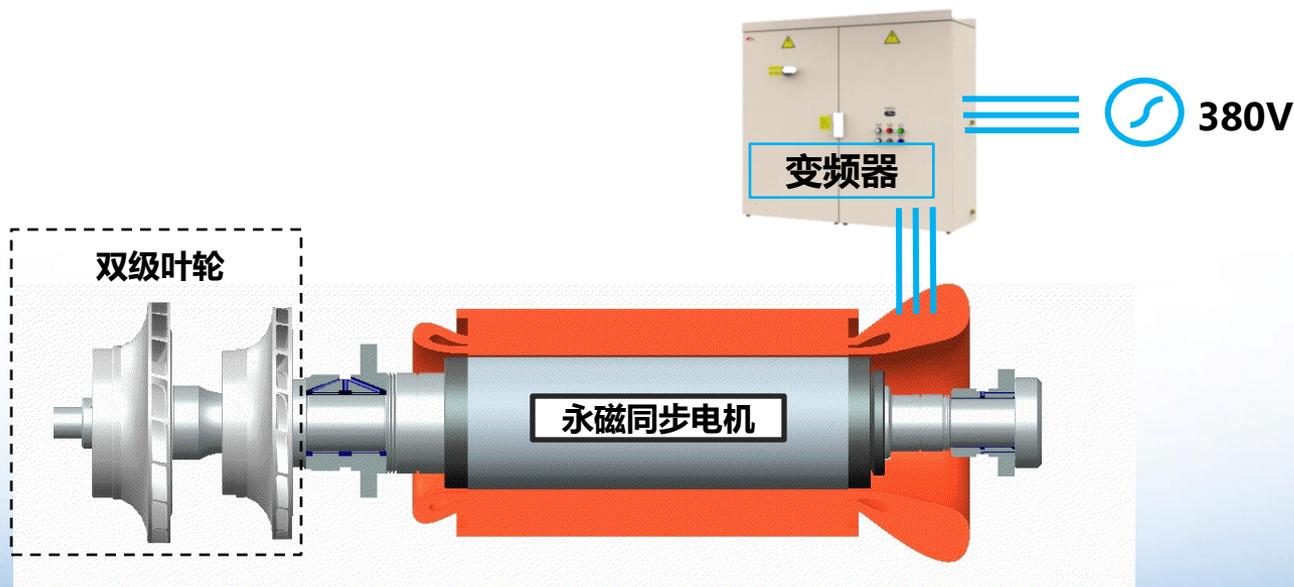
单机头 (250~2300RT)



双机头 (2400~3000RT)

■ 节能性：永磁变频离心压缩机

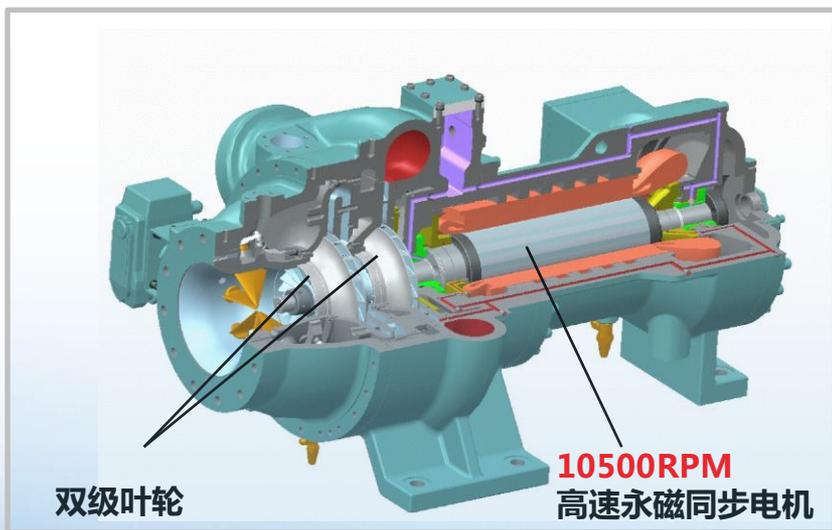
- 高速电机直驱技术，提升机械效率；
- 高速永磁同步变频电机，提升部分负荷效率；
- 双级压缩，提升循环效率；



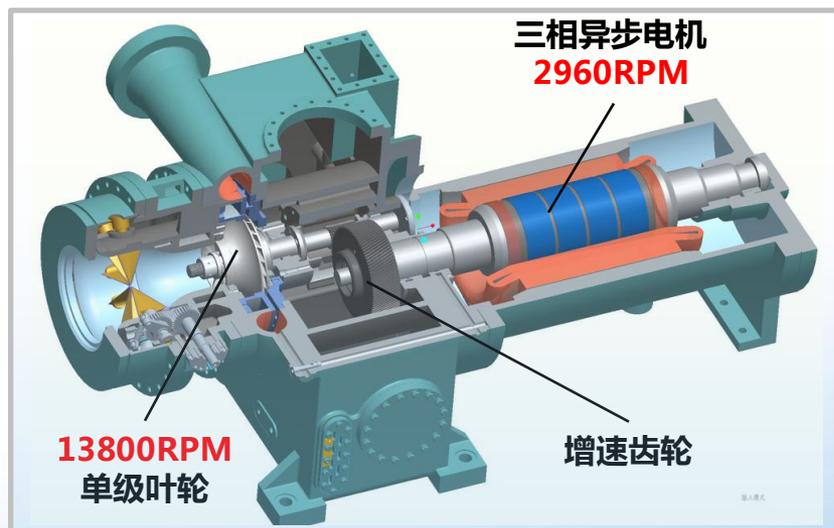
永磁同步变频离心机结构原理图

■ 节能性：高速电机直驱技术

- 高速永磁同步电机直驱双级叶轮，取消增速齿轮装置；
- 运动部件只有一个转子，结构简单，可靠性高；



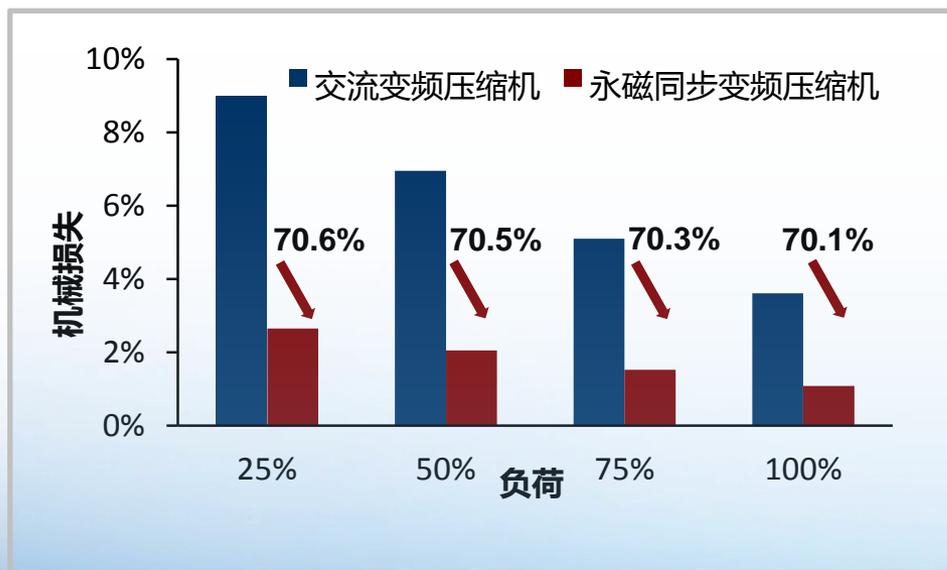
永磁同步变频离心压缩机结构



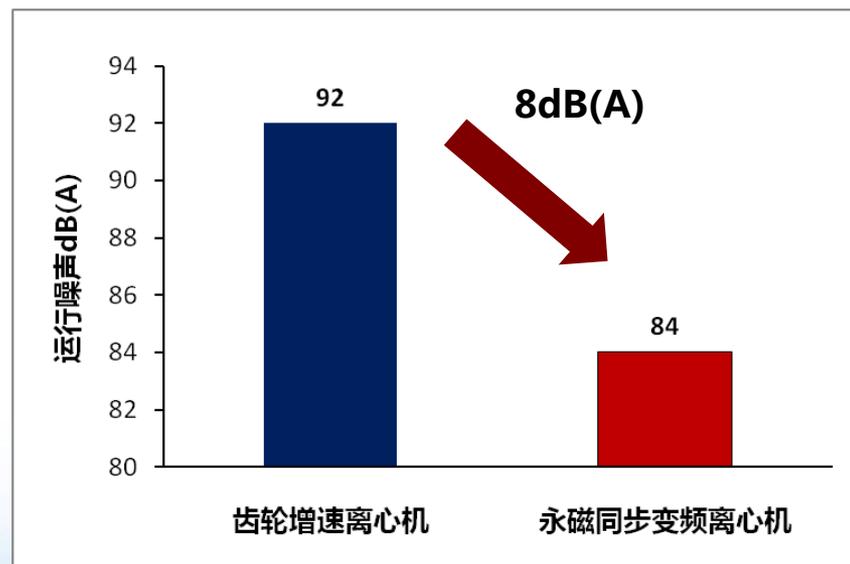
传统的离心压缩机

■ 节能性：高速电机直驱技术

- 相比传统齿轮增速离心压缩机，机械损失相比减少70%；
- 运行噪声降低8~10dB(A)；



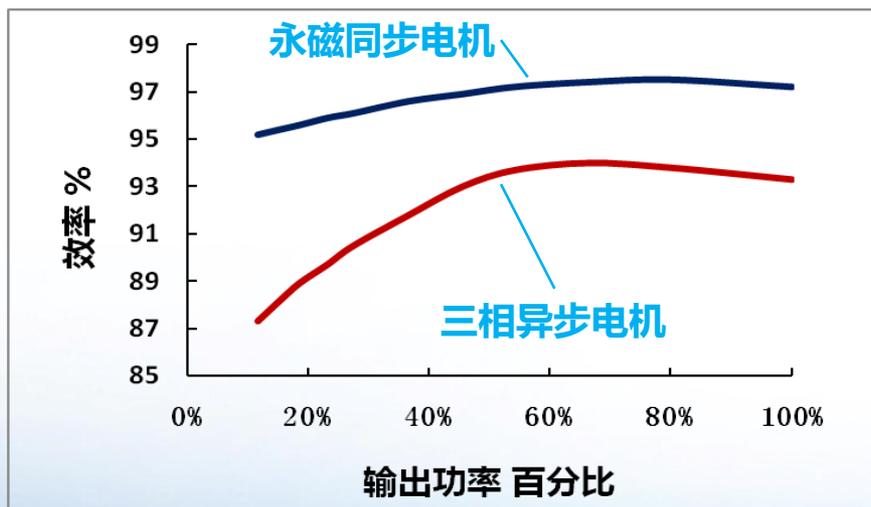
机械损失对比



运行噪声对比

■ 节能性：高速永磁同步电机

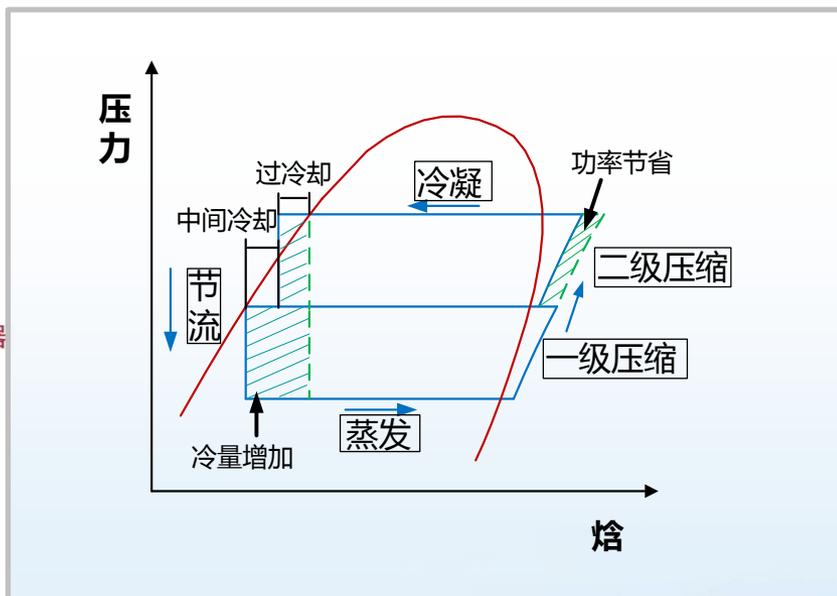
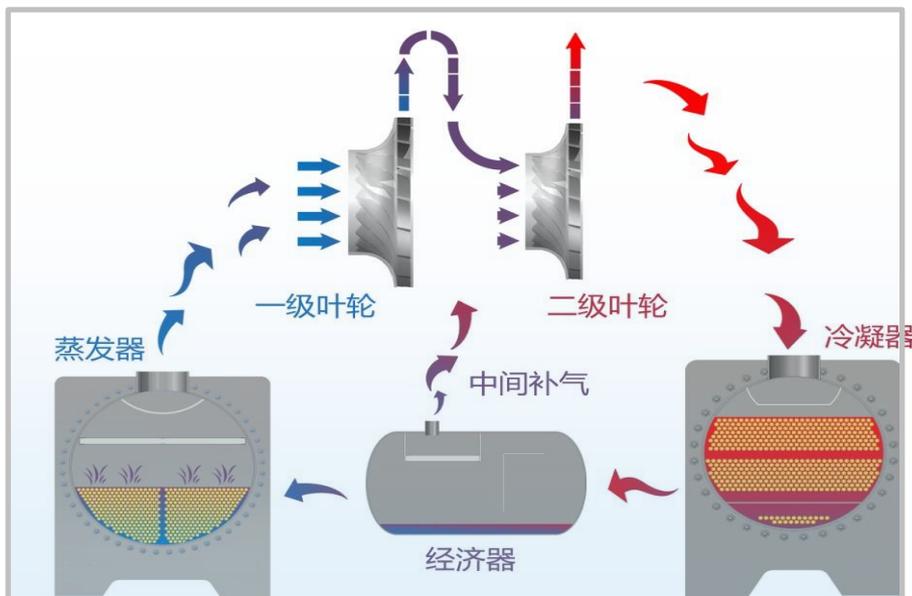
- 行业内首创大功率高速永磁同步电机；
- 永磁同步电机效率达97.5%，小功率时衰减小；
- H级电机，可靠性高；



电机效率对比



■ 节能性：双级压缩制冷循环



双级压缩中间补气制冷循环比单级制冷循环效率提高**5~6%**；

■ 节能性：“小压比”变频压缩机

数据机房为显热负荷，可提高冷冻水出水温度（为12-20°C），提高送风温度，减少不必要的除湿！

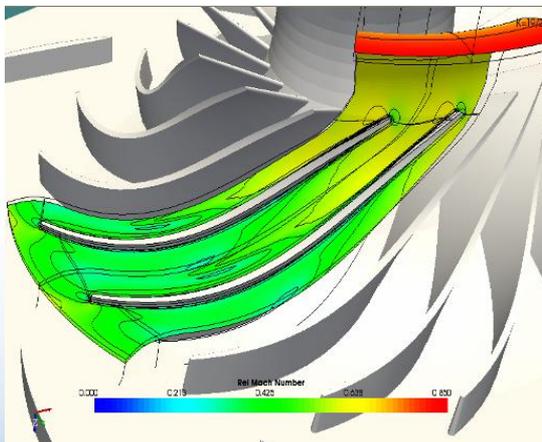
× 直接采用常规离心机，提升出水温度设置，可满足需求。但压缩机工作点偏离设计点，吸气状态差别大，效率低；

✓ 格力“小压比”离心式制冷压缩机，专为中温工况设计！

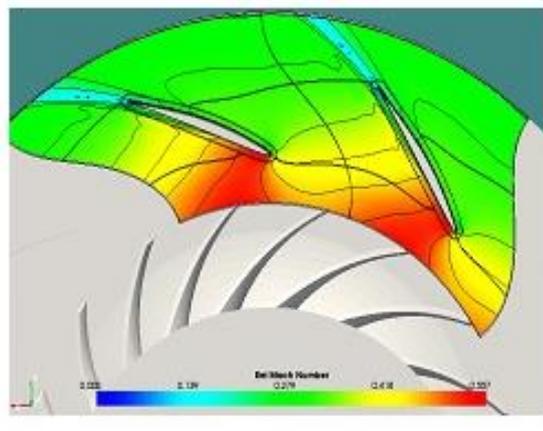
	吸气温度	吸气压力	吸气容积	压比
7°C 出水	5°C	345KPa	17.1kg/m ³	2.72
14°C 出水	12°C	443KPa	21.6kg/m ³	2.11

■ 节能性：“小压比”变频气动设计

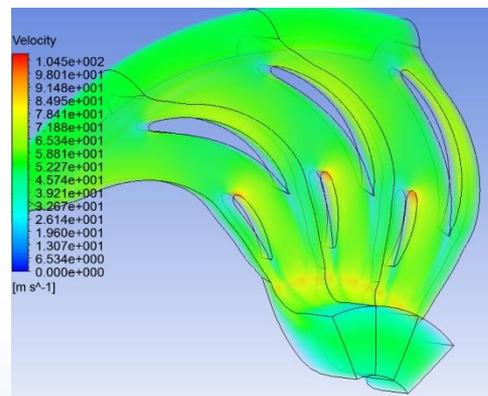
- 专为12~20℃出水“小压比”工况设计的三元闭式叶轮，避免该工况下吸气流量增大造成的流道阻塞、效率衰减，叶轮效率高达95%；
- 采用串列叶片回流器，改善二级叶轮入口气流；



叶轮内部流场仿真

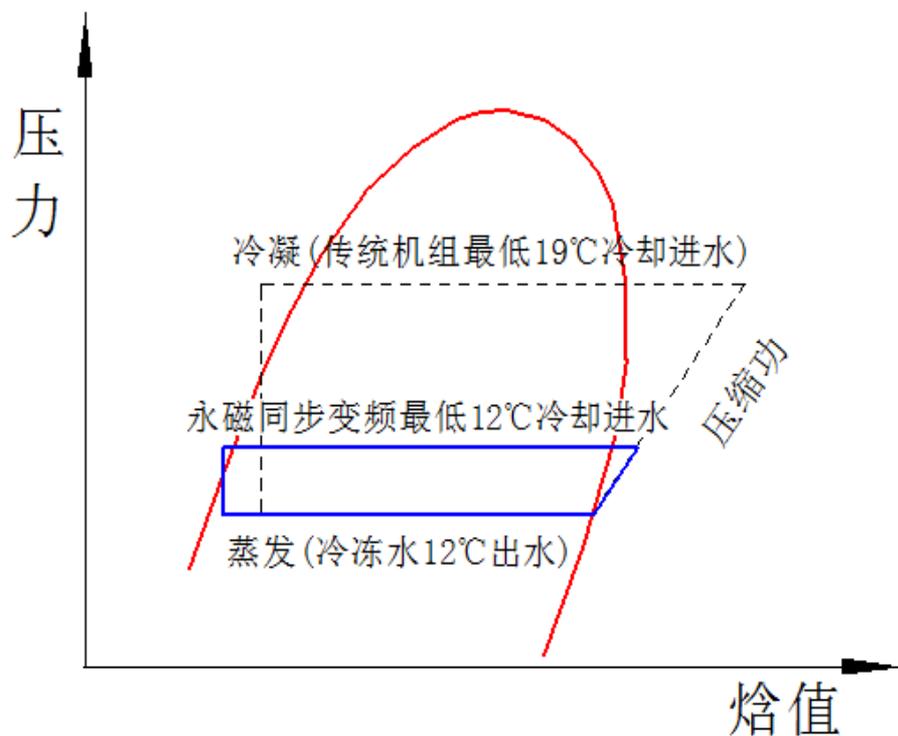


低稠度叶片扩压器流场仿真



串列回流器流场仿真

■ 节能性：低冷却水温运行



降低冷凝器水温



减小压头



减少压缩机做功

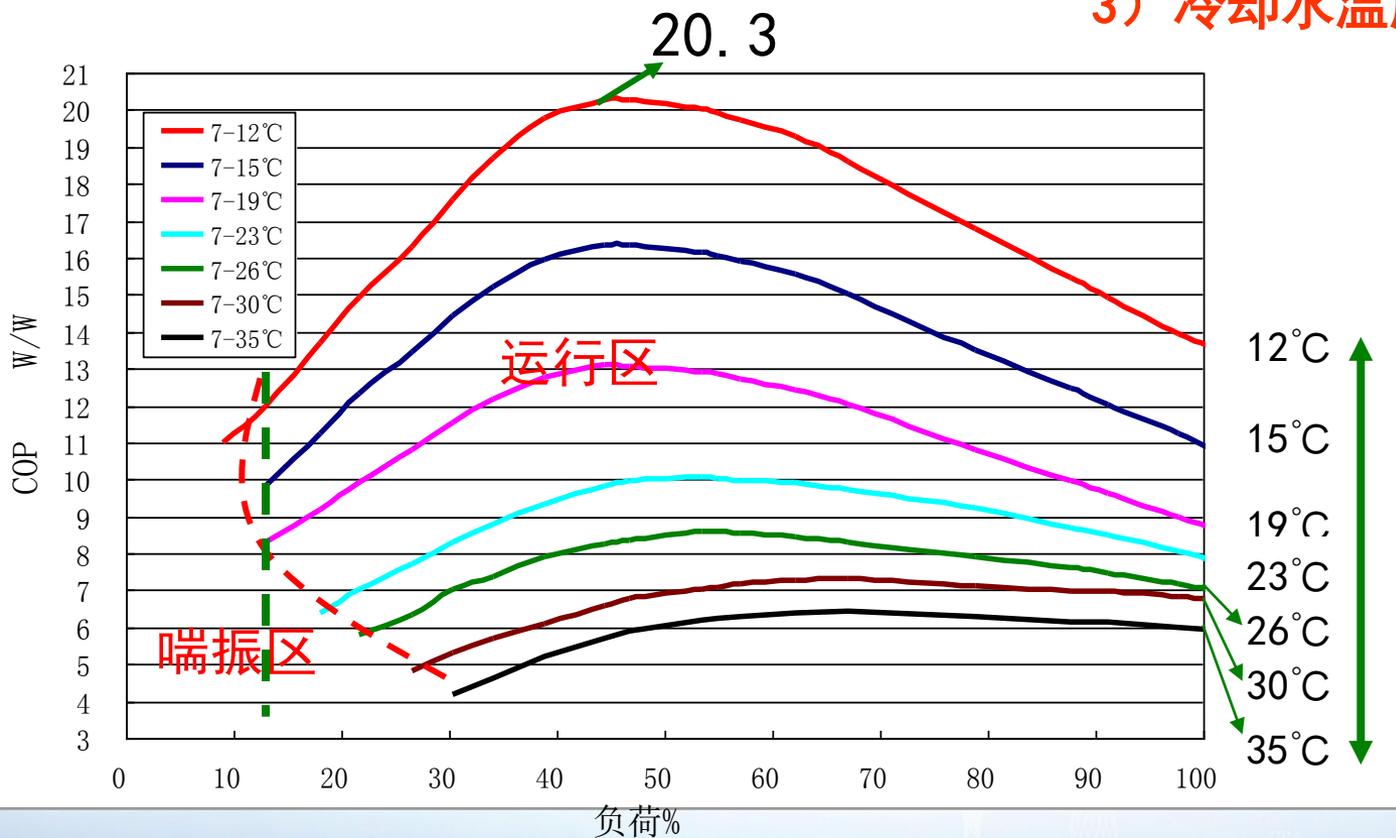


降低机组能耗

➤ 冷冻出水12°C、冷却进水12°C的“零温差”运行

■ 常规7°C出水机组全性能曲线

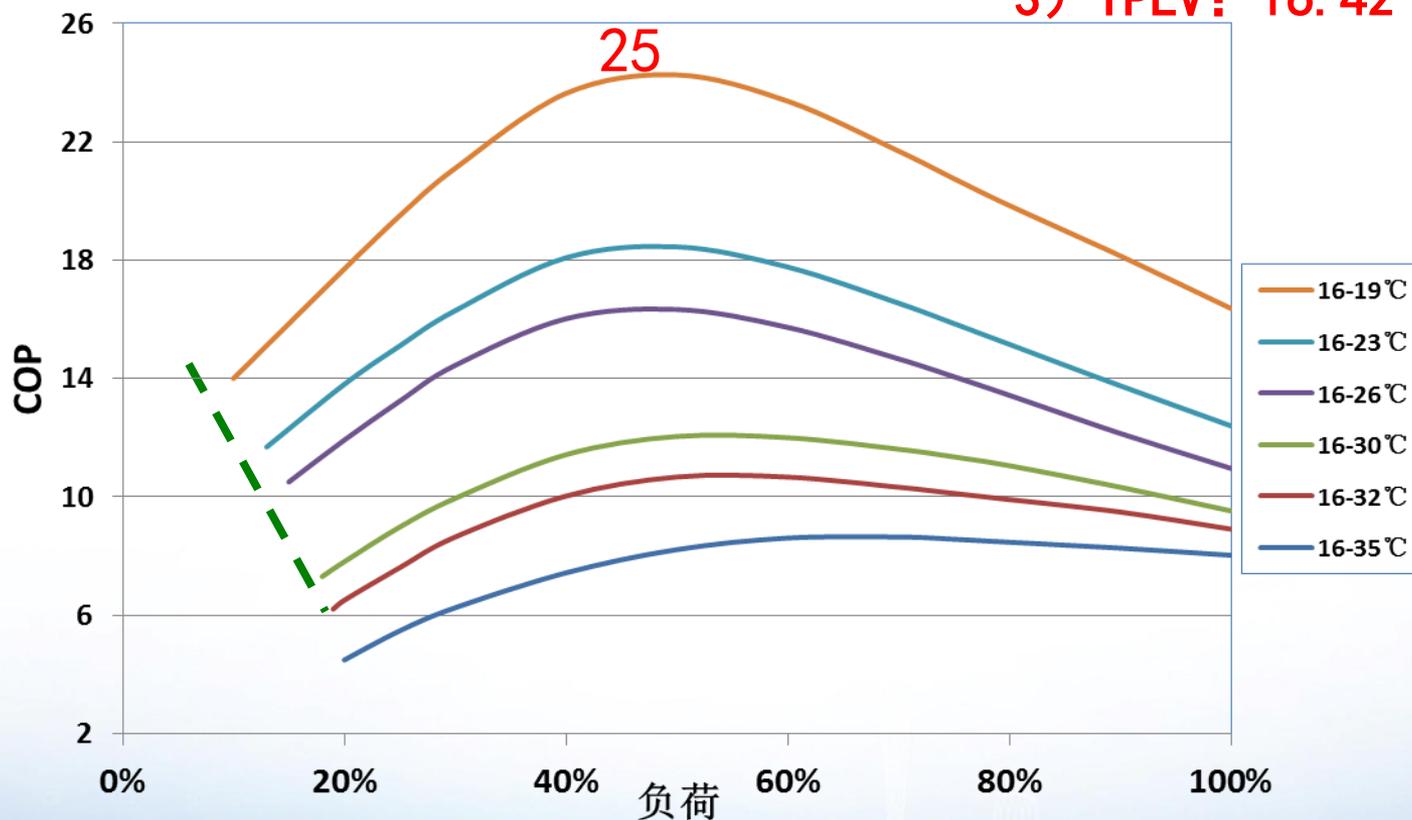
- 1) 全负荷变转速调节
- 2) 最高COP=20.3
- 3) 冷却水温度12~35°C



出水温度7°C不变，冷却水进水温度变化的全性能曲线

■ 16°C出水机组全性能曲线

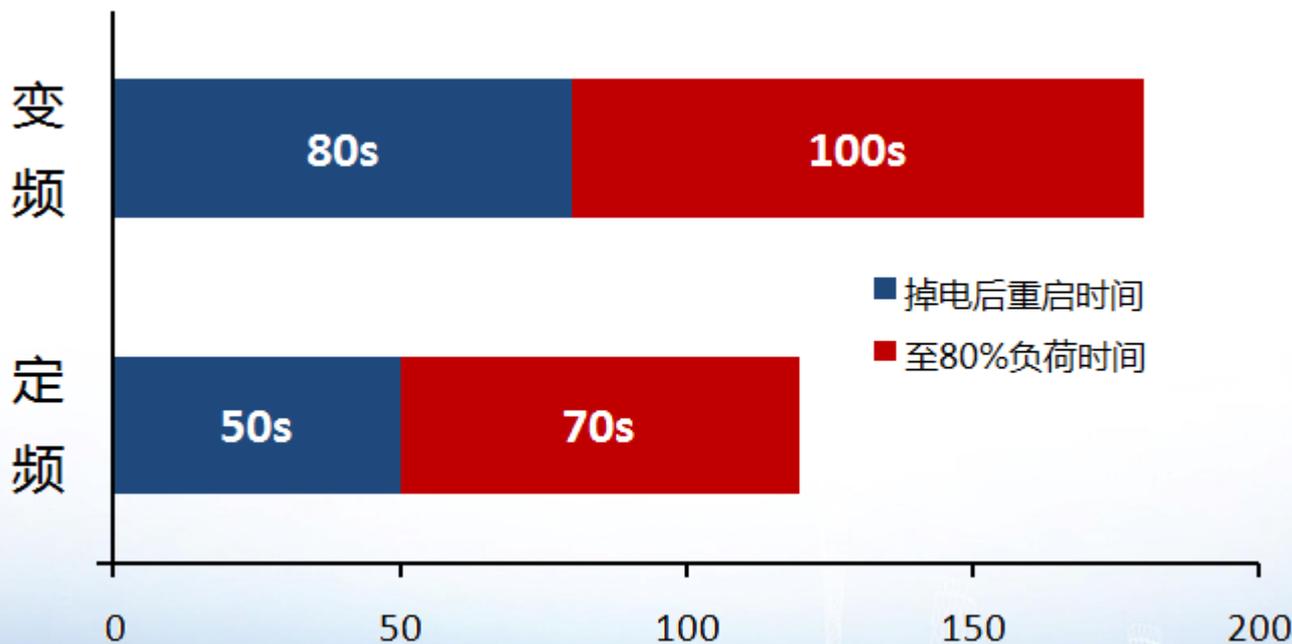
- 1) 全负荷变转速调节
- 2) 最高COP=25
- 3) IPLV: 16.42 (国标)



出水温度16°C不变，冷却水进水温度变化的全性能曲线

■ 安全性：掉电自启&快速启动

- **掉电自启**：记忆掉电前的开机运行状态，重新上电后，按原有状态启动机组；
- **快速启动**：满足通讯设备发热量迅速变化的需求，特别是掉电重启时；



■ 安全性：绿色变频器

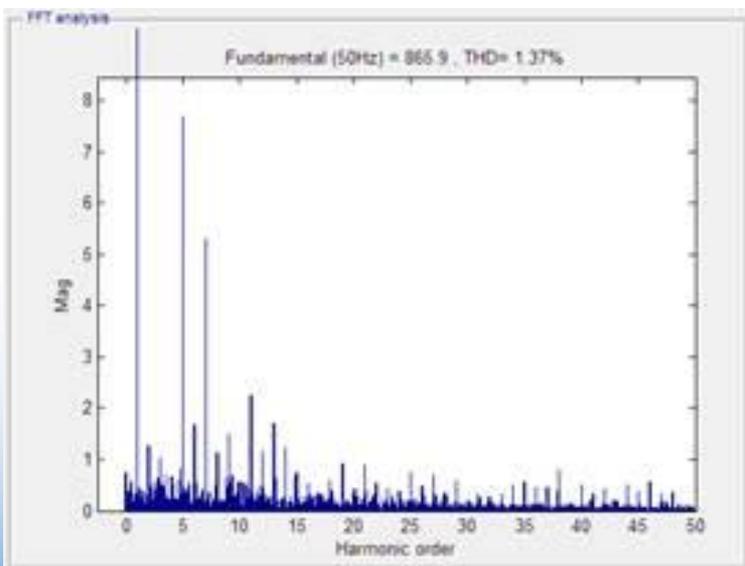
- 变频启动，启动电流小，小于额定电流；
- 功率因数高，最高可达0.998；
- 谐波干扰小，总谐波畸变率THD<5%；
- 无需额外安装功率补偿装置与谐波滤波器

	格力永磁同步变频	其他普通变频离心机
变频器类型	机载四象限变频器	交流变频器
变频技术	IGBT变频	二极管变频
功率因数	0.998	<0.95
总谐波畸变率THD	<5%	≥30%

■ 绿色变频器

采用四象限绿色变频器的入网谐波**电压THD : 0.34% , 电流THD : 1.37** ,
均满足上述标准谐波限值要求。

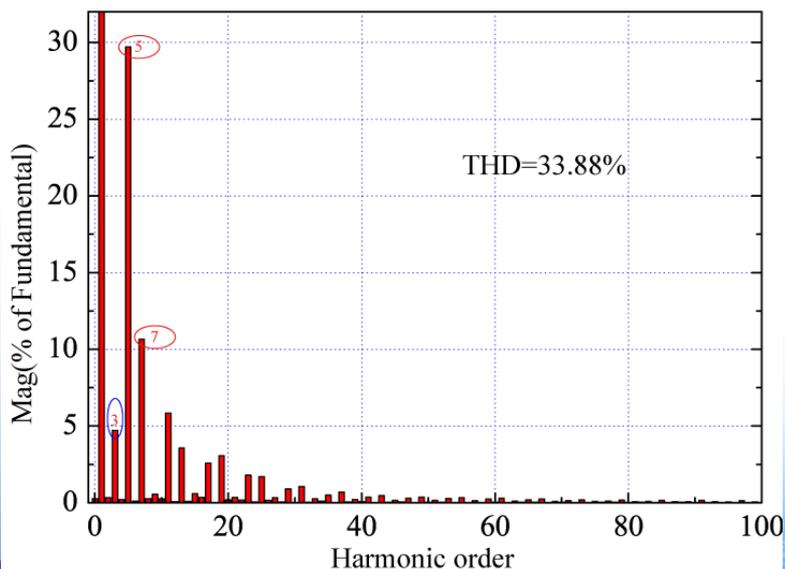
常规二极管整流变频器输入电流谐波总畸变率 > 30% ,



谐波次数	电流幅值 (A)						
1	865.92	2	1.27	21	0.9	22	0.54
3	1.03	4	0.65	23	0.43	24	0.37
5	7.69	6	1.68	25	0.74	26	0.48
7	5.32	8	1.13	27	0.68	28	0.36
9	1.48	10	0.55	29	0.58	30	0.2
11	2.24	12	1.15	31	0.21	32	0.14
13	1.71	14	1.23	33	0.32	34	0.5
15	0.74	16	0.52	35	0.55	36	0.44
17	0.34	18	0.4	37	0.46	38	0.79
19	0.92	20	0.31	39	0.02	40	0.51

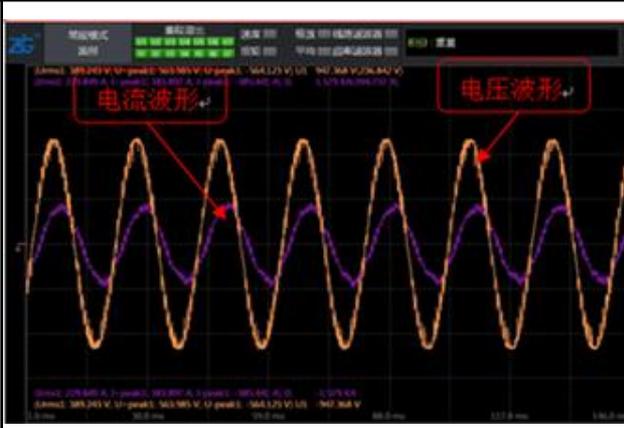
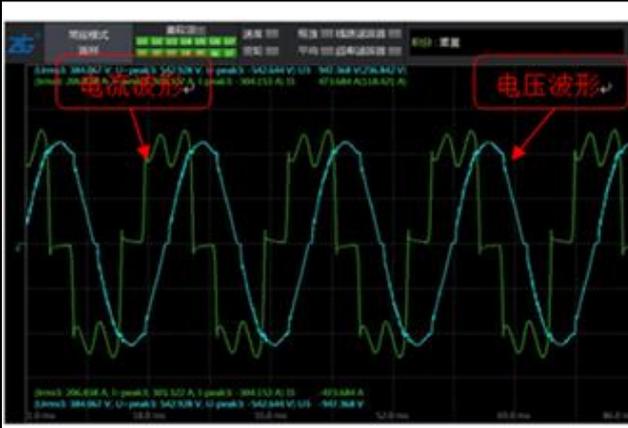
■ 绿色变频器

而相同输入条件，常规二极管整流变频器输入电流谐波总畸变率 $>30\%$ ，不满足《GB/Z 17625.6-2003》中第二级和第三级规定的限值标准（短路比为66时，第二级规定THD限值为25%，第三级规定THD限值为16%），其中5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31次谐波电流达不到第一级规定的限值标准。所以输入侧必须增加滤波装置。



Uover: [green]				PLL Src: U1			
Iover: [green]							
	Or.	I[A]	Hdf [%]		Or.	I[A]	Hdf [%]
PLL	U1	286.94		dc	0.67	0.25	
Freq	49.978 Hz	1	272.43	100.00	2	0.91	0.33
		3	12.84	4.71	4	0.55	0.20
U1	483.16 V	5	80.94	29.71	6	0.30	0.11
I1	286.94 A	7	29.08	10.67	8	0.71	0.26
P1	83.82kW	9	1.51	0.55	10	0.70	0.26
S1	108.54kVar	11	15.93	5.85	12	0.22	0.08
Q1	68.96kvar	13	9.73	3.57	14	0.25	0.09
A1	0.7723	15	1.60	0.59	16	0.96	0.35
phi	39.44 °	17	7.03	2.58	18	0.07	0.02
Uthd1	4.93 %	19	8.35	3.06	20	0.53	0.19
Ithd1	33.06 %	21	0.97	0.35	22	0.46	0.17
Pthd1	0.66 %	23	4.87	1.79	24	0.13	0.05
Uthf1	4.02 %	25	4.63	1.70	26	0.37	0.14
Ithf1	8.03 %	27	0.91	0.33	28	0.17	0.06
Uthf1	160.36	29	2.45	0.90	30	0.01	0.00
Ithf1	288.57	31	2.90	1.06	32	0.08	0.03
hvf1	1.71 %	33	0.68	0.25	34	0.31	0.11
hcf1	13.62 %	35	1.33	0.49	36	0.04	0.01
F1		37	1.89	0.69	38	0.15	0.05
F2		39	0.53	0.20	40	0.21	0.08
F3		41	0.98	0.36	42	0.03	0.01
F4		43	1.22	0.45	44	0.08	0.03
phiU1-U2	299.75 °	45	0.40	0.15	46	0.13	0.05

绿色变频器

		
整流类型	四象限整流波形	二极管整流波形（无滤波）
波形	正弦波平滑	波形畸变明显
输入电流THD	$\leq 5\%$	$> 30\%$
输入电压THD	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$
功率因数	≥ 0.996	≤ 0.92
滤波器	无需	必须

相比二极管变频器，四象限变频的谐波含量更小、功率因数更高，且无需配置额外的滤波装置。

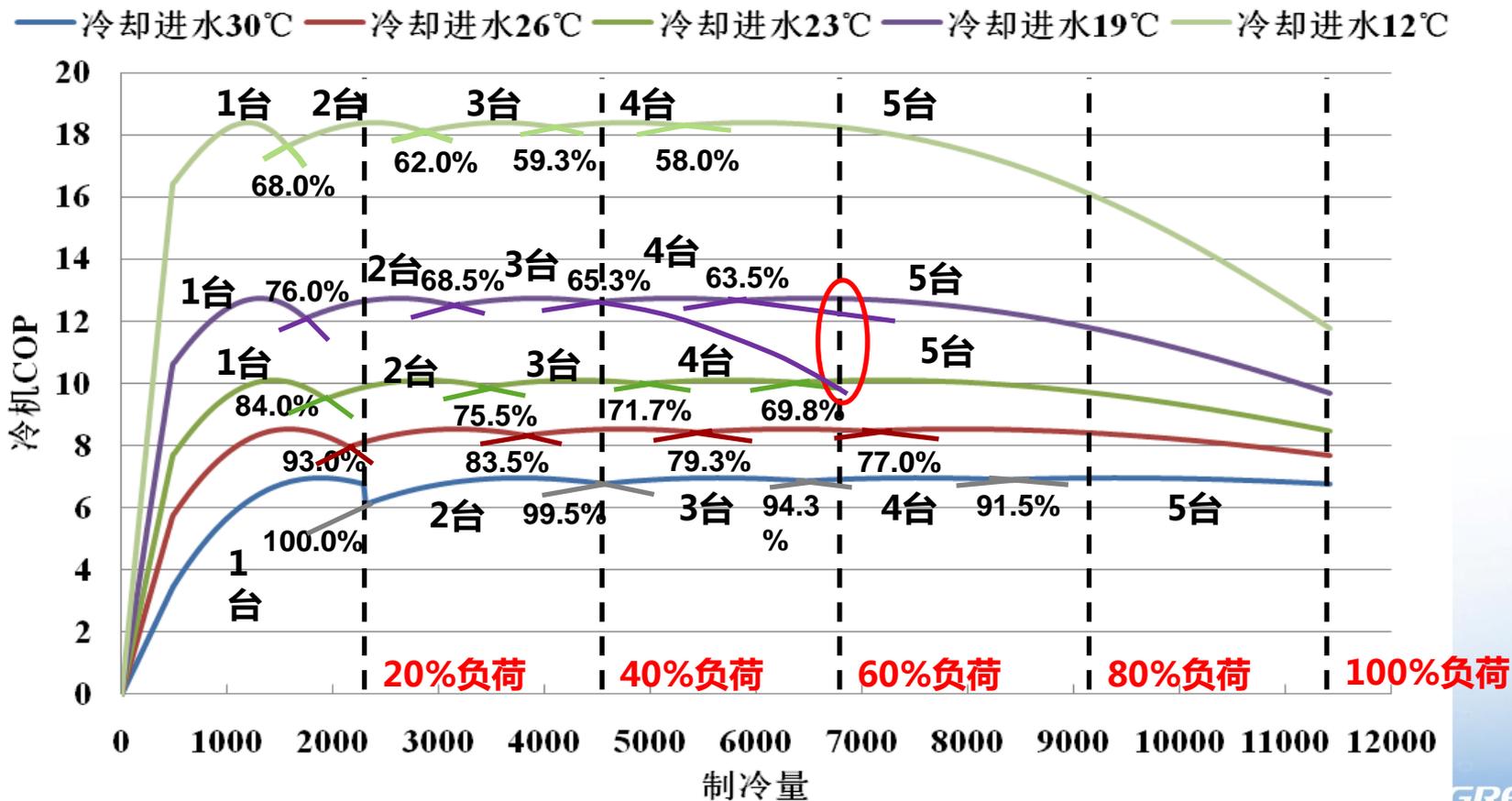
■ 运行策略

设备	设计方案	单台设备参数
冷机	5台变频离心机组	制冷量650RT；功率331kW
冷冻泵	一机对一泵，定频、变频 (5°C温差)	水量109L/s；扬程314kPa；功率 38.5kW
冷却泵	一机对一泵，定频	水量137L/s；扬程245kPa；功率 42.3kW
冷却塔	一机对一塔，定频	水量141L/s；功率17.4kW

参数	模拟范围
总制冷量范围kW	0~12000kW
冷却水进水温度°C	12°C，19°C，23°C，26°C，30°C

运行策略

冷水机组运行COP最优时，台数控制



4

数据中心用永磁同步变频螺杆机

永磁同步变频风冷冷水机组(带自然冷却)

冷量范围：300kw~1500kw

电源规格：380V，3N~50Hz

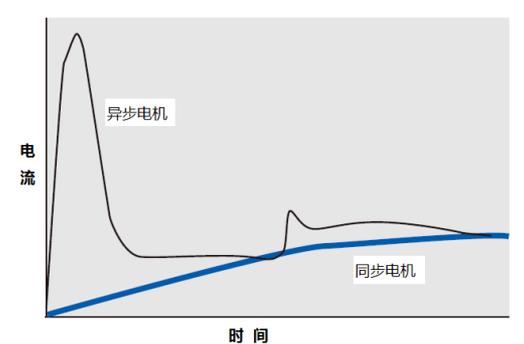
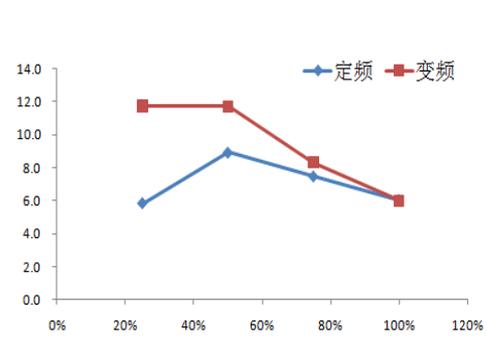
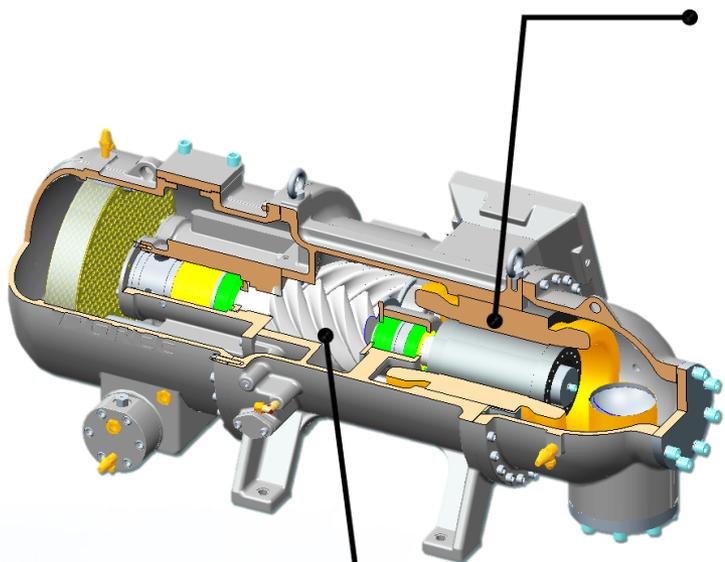
冷媒：R134a



变频螺杆压缩机技术

永磁同步电机：

- 1、综合能效比优于定频机组35%以上。
- 2、实现快速增减载，快速启动。
- 3、启动电流小，平稳启动。



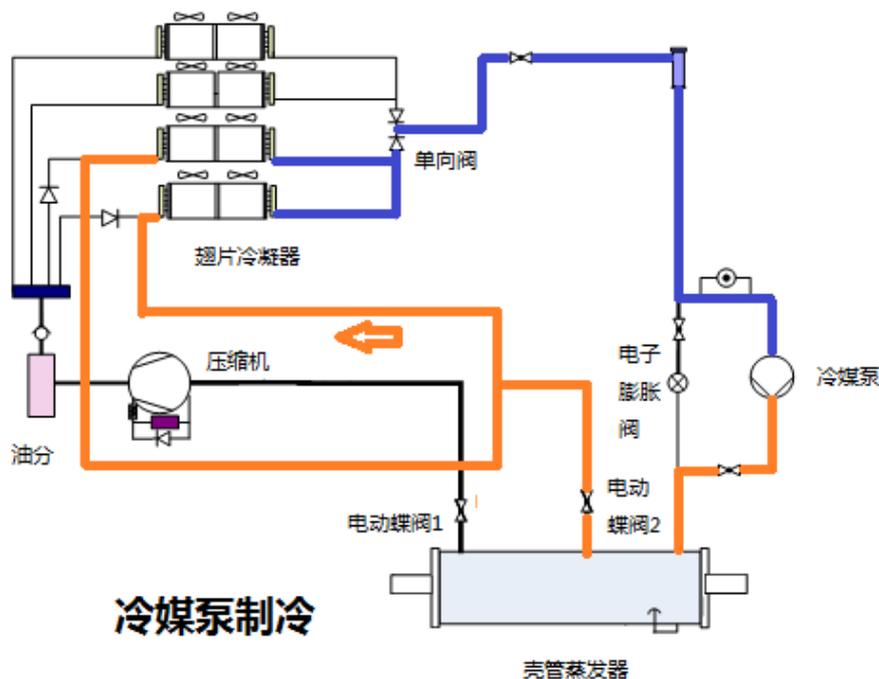
变容积比运行：

- 1、变频调节能力：通过转速调节能力，
- 2、滑块调节容积比：依据运行工况调节压缩机最佳运行内容积比。实现机组高效运行。

■ 双模式制冷运行技术

采用压缩机制冷、冷媒泵制冷相结合设计，实现全环境工况范围

-40~48℃制冷。



自然冷却循环-
20℃环境下能效
比**达40以上**

- 高环温运行压缩机制冷
- 低环温运行自然冷却制冷
- 两种模式根据环境温度判断自动切换，以实现全年制冷。

■ 全年制冷运行策略

	运行模式
夏季：环境 $> 15^{\circ}\text{C}$ 	①室外环境温度高，运行压缩机制冷循环 ②压缩机和风机开启 ③制冷剂泵不运行 ④能效比3~4W/W
过渡季节：环境 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 	①当输出负荷满足用户需求时，运行自然冷却循环，此时开制冷剂泵和风机 ②当自然冷却制冷循环输出负荷不满足用户需求时，运行压缩机制冷，从而满足用户使用。 ③能效比4~5W/W
冬季：环境 $< 5^{\circ}\text{C}$ 	①室外环境温度低，运行自然冷却循环 ②制冷剂泵、风机开启（压缩机不做功） ③压缩机不运行（无功耗） ④能下比5~70W/W

5

格力远程智能服务中心



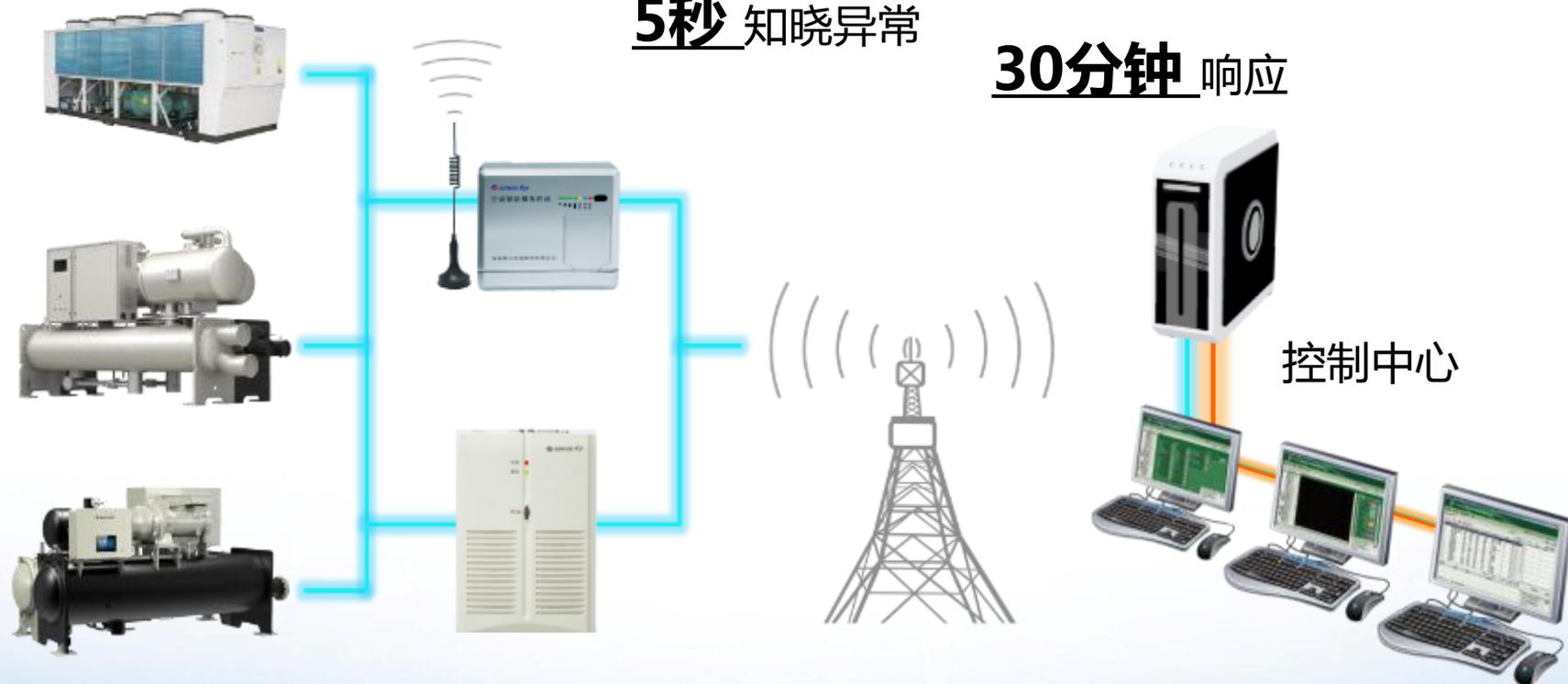
2013/05/10 11:12

■ 格力远程智能服务中心

24小时 监控

5秒 知晓异常

30分钟 响应



格力智能服务中心**免费**提供**管家式**的服务，是中央空调的守护神！

6

经典项目案例

■ 东莞联通数据中心

➤ 型号及数量：1100RT *4台 永磁同步变频离心式冷水机组



■ 中国移动大白楼

➤ 型号及数量：900RT *2台 永磁同步变频离心式冷水机组



■ 中国电信互联网国际出入口局

➤ 型号及数量：800RT *4台 永磁同步变频离心式冷水机组



■ 中国联通哈尔滨数据中心

➤ 型号及数量：1100RT *4台 永磁同步变频离心式冷水机组



■ 数据中心案例

- **中国联通华南（东莞）数据中心，东莞**
 - 4x CVE变频离心机组
 - GIMS远程智能服务系统
- **中国移动大白楼空调冷源工程，北京**
 - 2x CVE变频离心机组
 - 1x 水源热泵螺杆机机组
- **中国电信互联网国际出入口局，东莞**
 - 4x CVE变频离心机组
- **中国联通哈尔滨数据中心项目一期，哈尔滨**
 - 4x CVE变频离心机组
- **深圳电信龙华中央空调改造项目，深圳**
 - 2x C系列离心机组
- **中国移动广东公司2016年中央空调项目，东莞**
 - 4x CE系列离心机组
- **光环新网云谷燕郊绿色云计算基地，北京**
 - 49x风冷式机房专用空调, 74x基站空调
- **国家超级计算深圳中心，深圳**
 - 20x风冷式机房专用空调
- **中国移动国际信息港二期工程，北京**
 - 2x CE系列离心机组
 - 1x 地源热泵螺杆机机组
- **深圳电信亚森工业园IDC项目，深圳**
 - 3x CE系列离心机组
- **深圳福永IDC机房项目，深圳**
 - 3x C系列离心机组
 - 1x LHE高效水冷螺杆机组



让世界爱上中国造

Made in China, Loved by the World