

格力高效数据机房系统解决方案

李宏波

建筑环境与节能研究院
珠海格力电器股份有限公司



**数据中心
行业概述**



**数据中心冷却
系统解决方案**

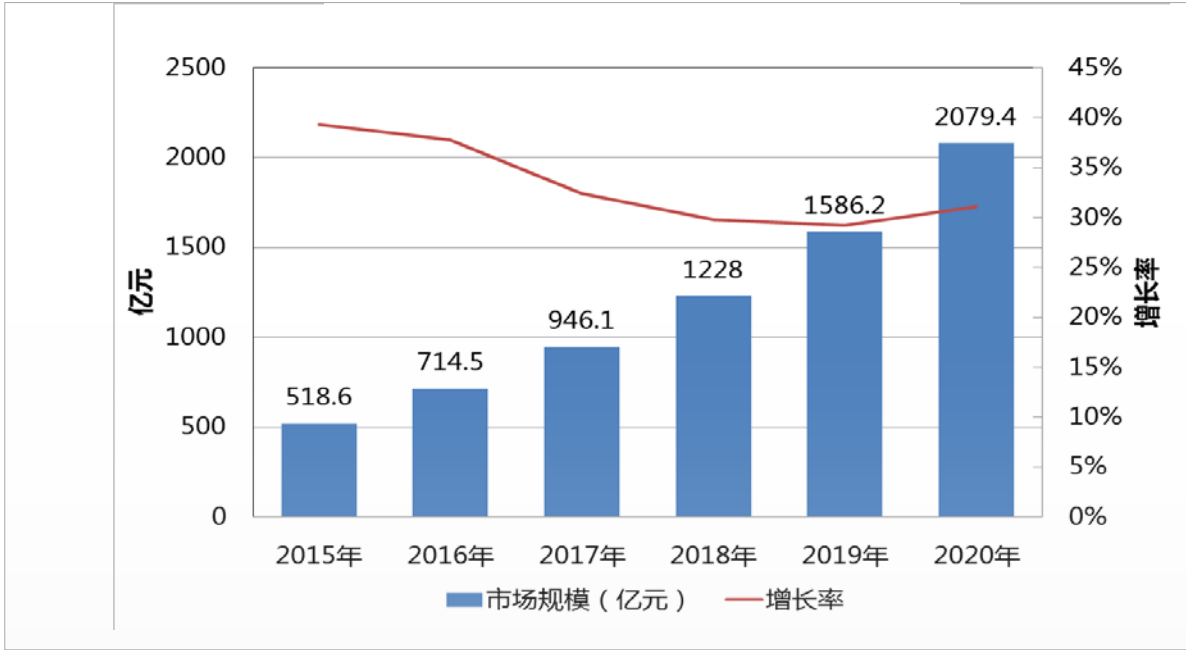


样板工程

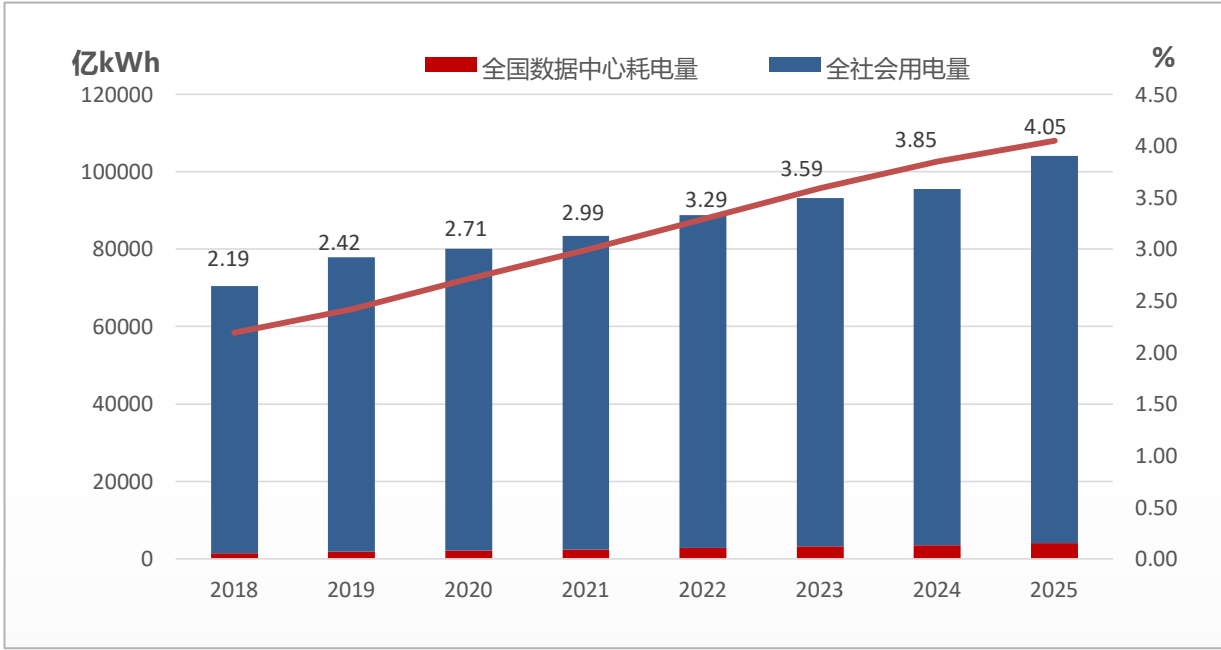


■ 数据中心建设及能耗现状

- **新基建**：5G通讯、云计算、大数据、物联网、人工智能爆炸式发展，数据中心建设将进入新一轮爆发期
- **用电总量大**：用电总量约占中国当年全社会用电量**2%**，成为用能大户



2015-2020年中国数据中心IDC市场规模



数据中心能耗占比预估

数据来源：公开资料收集；制图：中国IDC 圈

■ 数据中心空调特点

➤ 聚集了大量IT设备，是实现数据信息集中处理、存储、交换、管理等业务的基础设施和服务平台，其制冷系统区别于普通的建筑空调，具有以下五大特征

1. 服务器全年不间断运行，**冷负荷极大且稳定**

2. 设备**散热高度集中**，分布不均匀，散湿量小

3. 服务器多为电子元件，对温湿度变化敏感，**精度要求高**

4. 机房内各类设备均需要备份设计，对**可靠性**有较高要求

5. **空调设备耗电比重大**，对空调设备能效比有较高要求



■ 数据中心冷却需求：高效节能

- 冷却系统耗电量占数据中心总耗电量的**40%**左右，从节能、环保、运营成本角度都对空调系统节能性提出较高的要求
- **PUE高要求**：各地对新建、改造数据中心PUE提出明确要求，数据中心的冷却决定数据中心建设

工业和信息化部

2022年全国新建大型、超大型数据中心PUE需达到**1.4以下**

北京

禁止新建和扩建PUE值在**1.4以上**的数据中心

上海

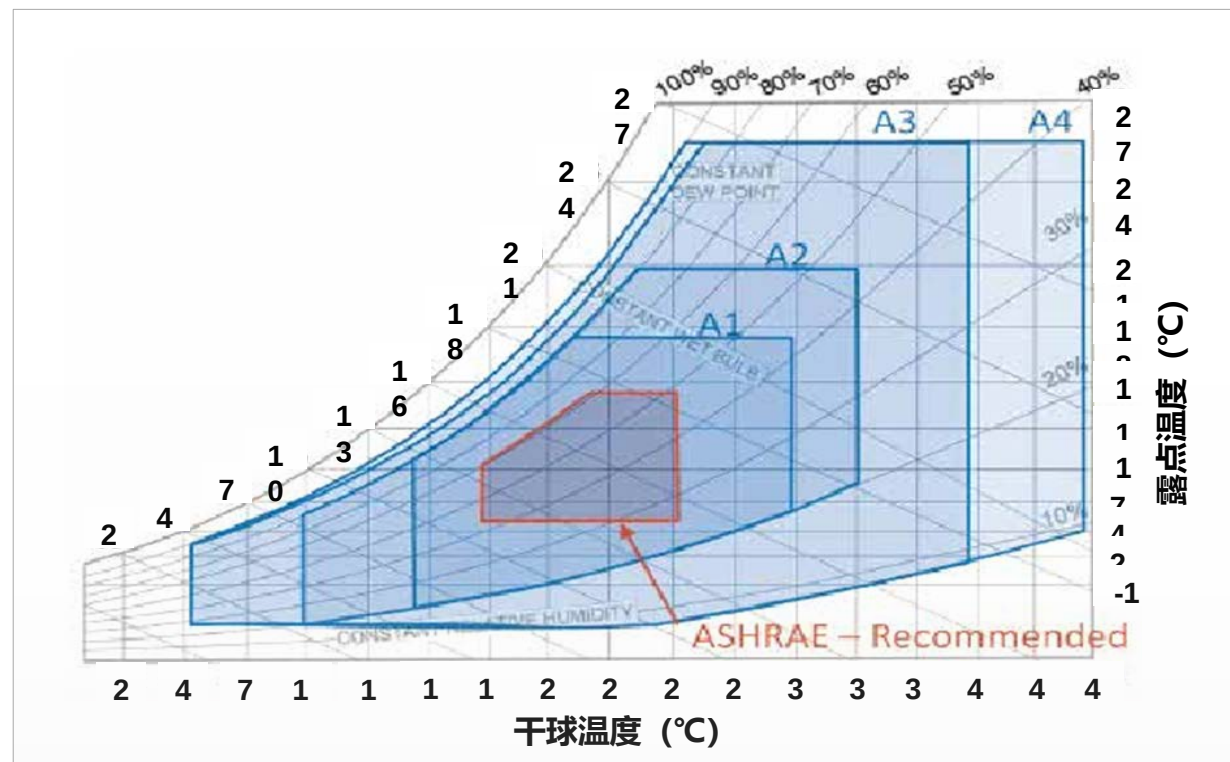
新建互联网数据中心PUE值控制在**1.3以下**，改建互联网数据中心PUE值控制在**1.4以下**

深圳

PUE1.4以上数据中心不享有能源消费支持而PUE**低于1.25**的数据中心可享有能源消费量40%以上支持

■ 数据中心冷却需求：安全可靠

- 数据中心机房内服务器全年365×24小时**不间断运行**，需保证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。空调设备供冷间断，机房内部**1min内升温最高可达10-20℃**
- 需满足断电自启、快速启动等功能，数据机房对**变频装置入网谐波**有严格的要求



ASHRAE数据中心热环境标准

■ 数据中心冷却需求：快速建设交付

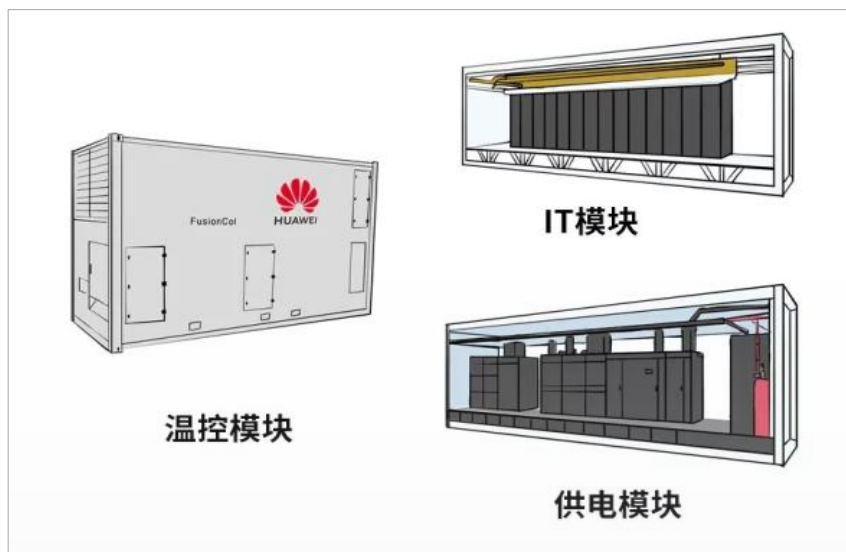
- 数据中心建设出现模块化、集成化、产品化趋势
- 工厂预制化，实现快速交互，满足数据中心快速建设的需求
- 按数据中心的区间功能，可分为温控模块、IT模块、供电模块等



工厂预制



模块化数据中心



功能模块化

■ 高效水冷系统解决方案

- 满足**超大型、大型**数据中心需求
- 运用**高效机房设计**原理，由高效冷源系统、低阻输配系统、高效散热系统、高效空气处理系统、智能控制系统组成

高效散热系统

- 降低冷却塔设计温度（如：35.5/30.5℃）

高效冷源系统

- 冷冻侧**中温大温差**设计（如：23/17℃）
- 冷机壳管低压降（40kPa）

智能控制系统

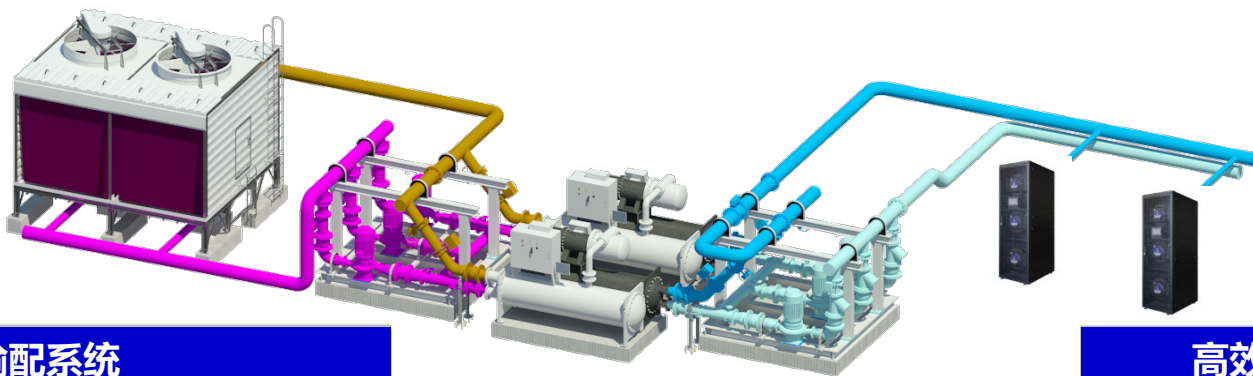
- 制冷功耗低
- 确保系统安全可靠运行

低阻输配系统

- 优化管路阻力，降低水泵扬程（200kPa）
- 选用高效水泵

高效空气处理系统

- 定制化高显热末端
- 送风温度18~27℃



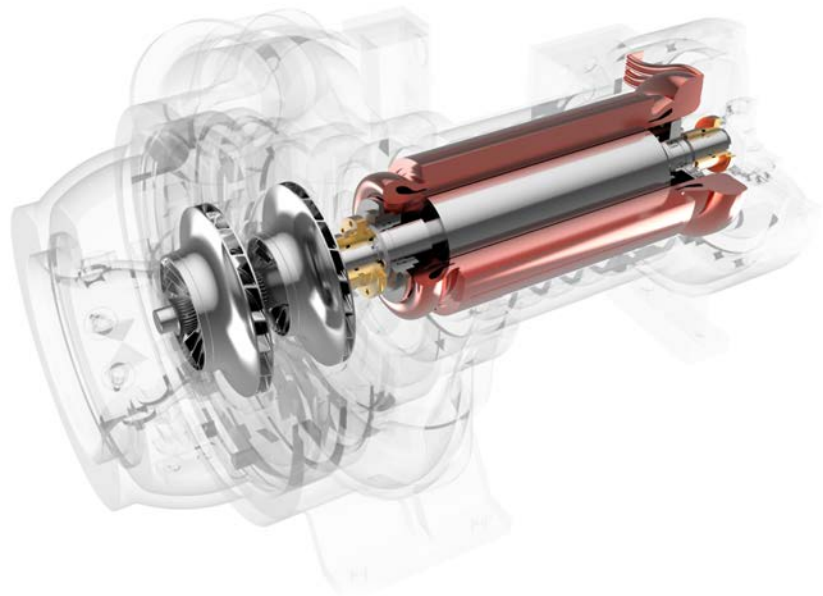
■ 高效水冷系统解决方案——高效冷源系统

- 根据数据中心应用场景开发，针对12—20℃出水工况优化设计
- 高速永磁同步变频电机，大幅提升部分负荷性能，满负荷与部分负荷双高效性能
- **COP达9.81，NPLV(HT)达16.98**



国家科技发明二等奖

国家十一五、十二五重点研发计划成果



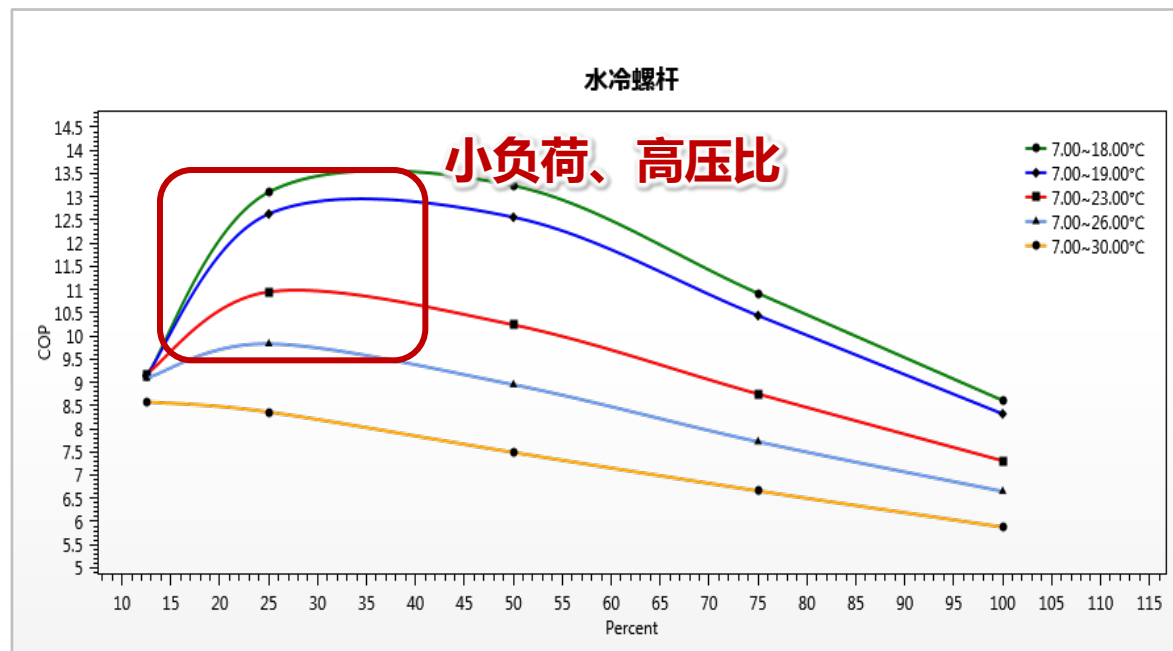
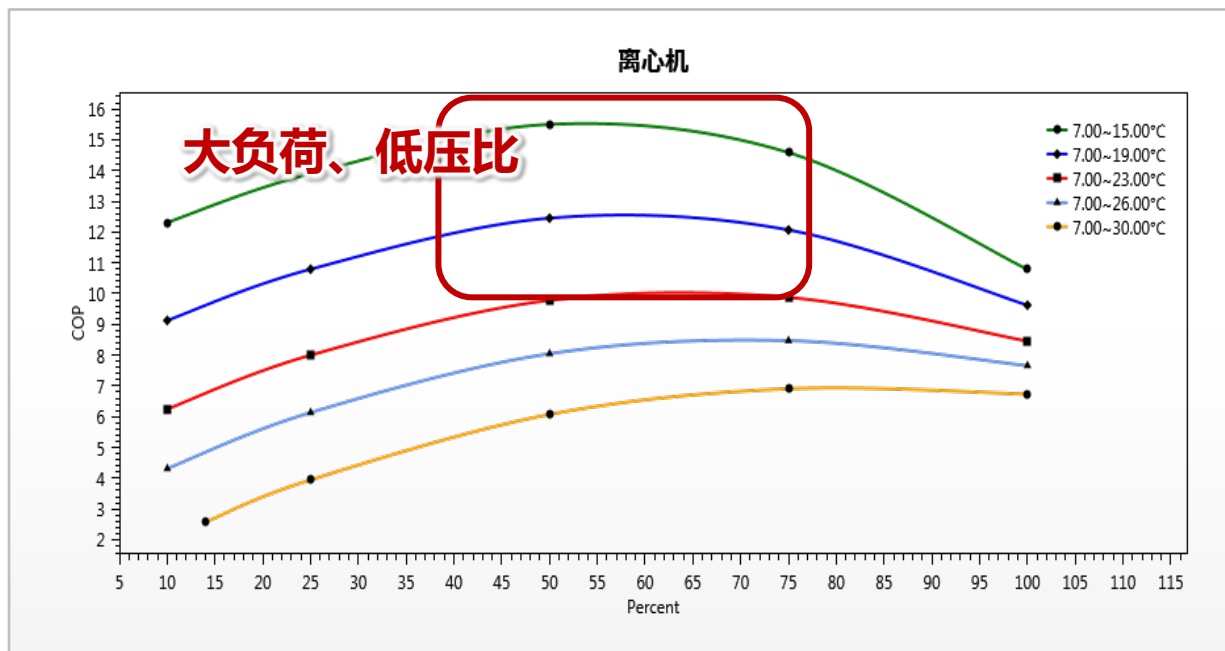
核心技术一：直驱结构，降低机械损失70%

核心技术二：高速永磁电机，电机效率达98.2%

核心技术三：双级压缩，提升级效率5%以上

■ 高效水冷系统解决方案——高效冷源系统

- 优化配置：多台大冷量永磁变频离心机+1台小冷量永磁变频变容螺杆机
- 该配置结合了变频离心机在大负荷、低压比区域效率高，与变频螺杆在高压比小负荷运行稳定、能效高的优势在全工况内，能力、压比更适配，运行高效



■ 高效水冷系统解决方案——**高效冷源系统**

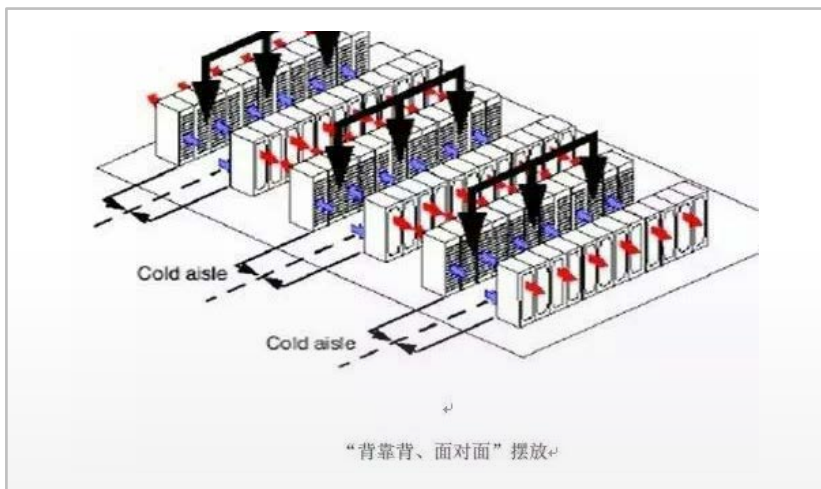
- **全球首创**10kV永磁变频电机，高电压直接驱动，进一步提高机组能效
- 制冷量范围：900RT~3000RT，可满足大型冷源站需求



- 变频启动，对电网无冲击
- 功率因数 > 0.95，无需功率补偿
- 谐波 < 5%，无需安装谐波治理装置

■ 高效水冷系统解决方案——**空气处理系统**

- **合理气流组织**——封闭冷或热通道模式设计，合理组织气流，可节省制冷系统能耗**5%-10%**
- **高显热末端**——**换热器优化**：匹配不同回风方式，搭载V型，G型等多种换热形式；**风机优化**：风机采用内置控制器的EC离心风机，高效输送



数据中心冷热通道隔离设计系统图



JKC系列冷冻水式机房空调

冷量范围：40kW~140kW 载冷剂：水

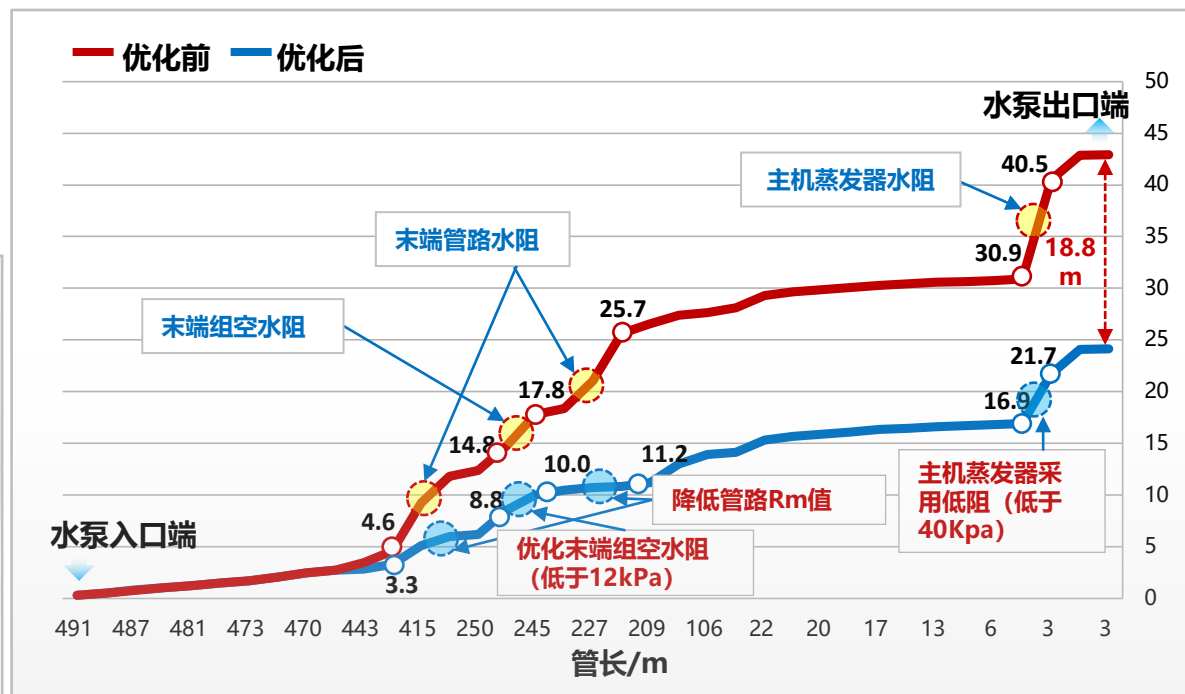


JKLC系列冷冻水式列间机房空调

冷量范围：20kW~60kW 载冷剂：水

■ 高效水冷系统解决方案——输配系统

- 输配系统水力优化可降低水泵输配能耗，系统主要通过管路、阀件降阻实现
- 在满足水系统最不利输配端要求的情况下，应尽可能选用整体能效更高水泵，水泵整体效率应在**80%以上**



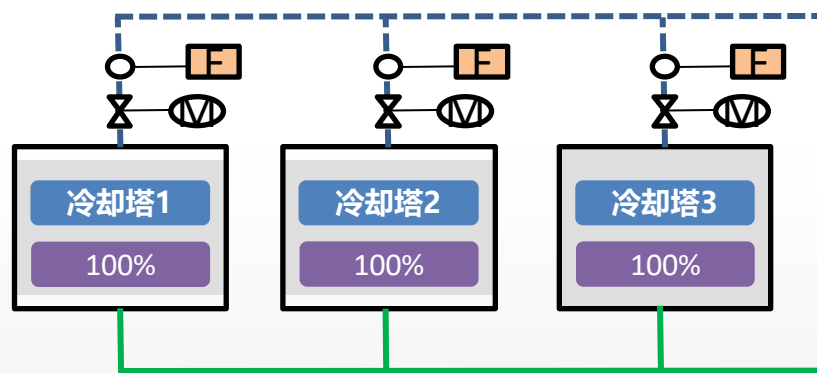
冷冻水侧沿程阻力优化

■ 高效水冷系统解决方案——散热系统

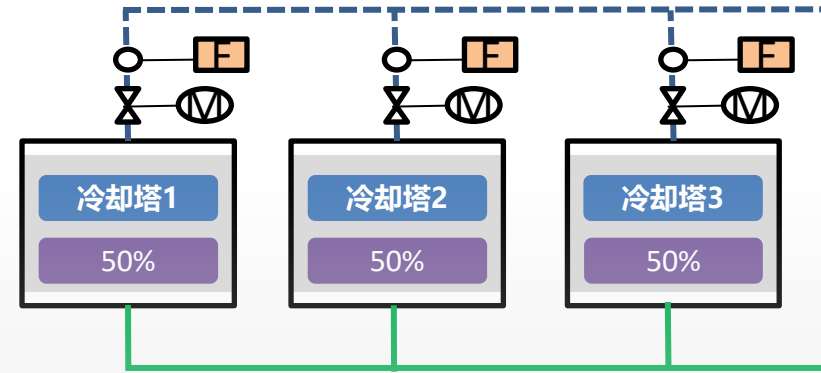
- 在空间允许的情况下，选择散热能力更强的冷却塔；选型逼近度尽可能控制在 3°C
- 均匀布水调节：冷却塔电动调节均匀布水、冷却塔喷淋调节均匀布水



工况一：满负荷运行

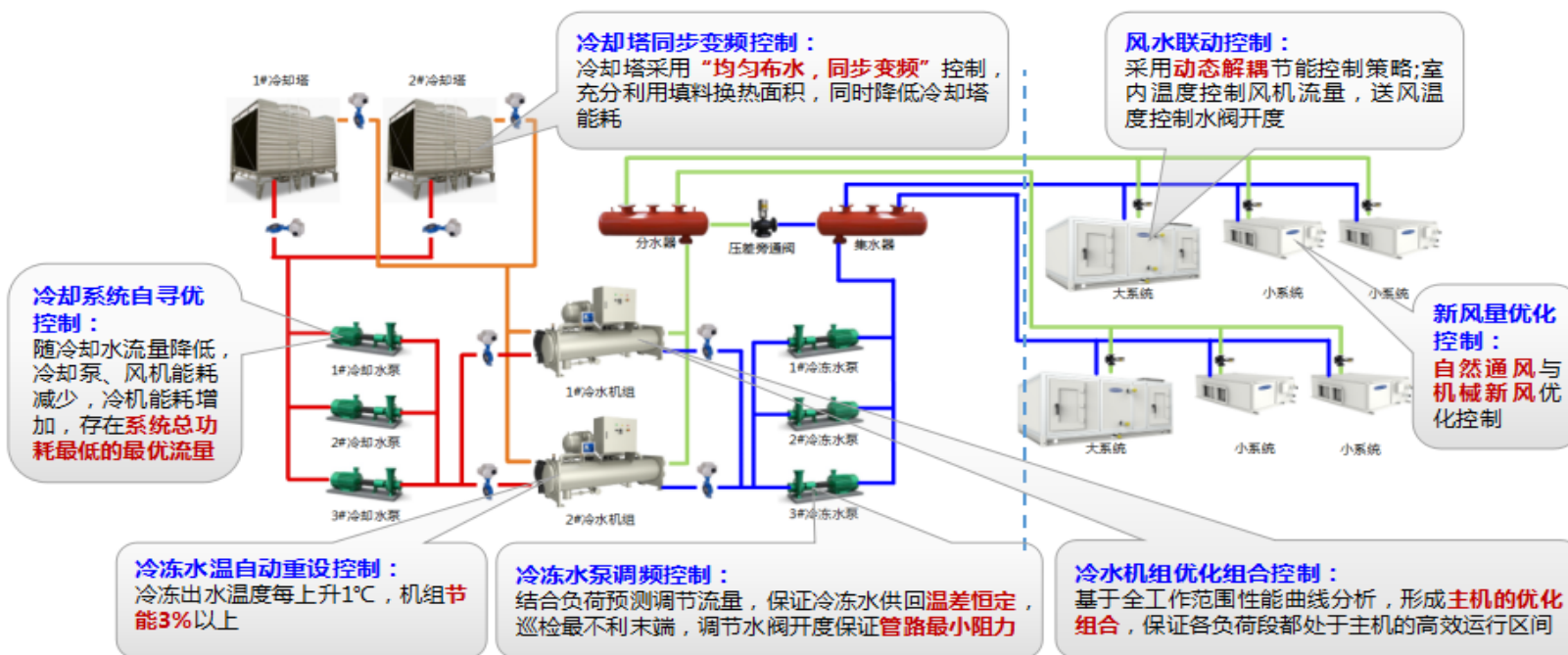


工况二：部分负荷运行



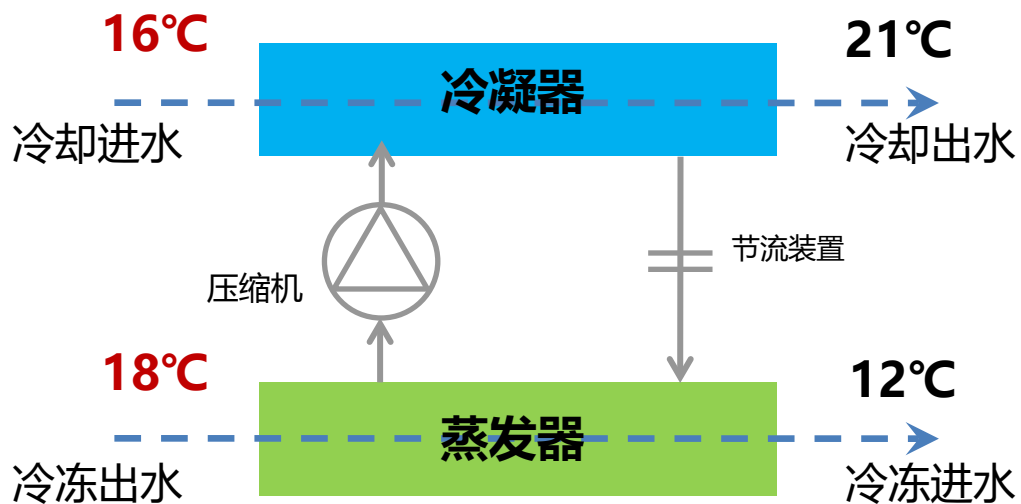
■ 高效水冷系统解决方案——智能控制

- 主要实施手段：冷水机组优化组合相比满载加减机能效提升**15%~20%**，水泵优化变频控制相比定频控制能效提升**10%~15%**，“均匀布水，同步变频”相比一对一启停控制能效提升**10%~15%**

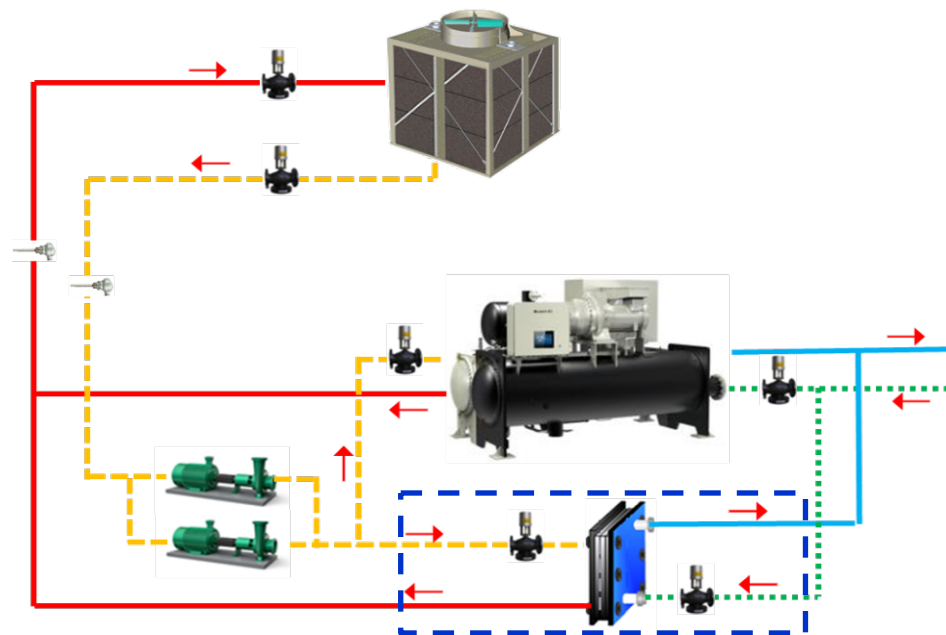


■ 高效水冷系统解决方案——系统优势

- 核心技术一：“小压比”离心压缩机，**COP达9.81，NPLV(HT)达16.98@16℃**
- 核心技术二：“零”温差运行技术，过渡季节可替代自然冷却系统，运行稳定可靠



零温差运行系统图



替代自然冷却模块



■ 高效水冷系统解决方案——系统优势

- 零温差下稳定运行，50%负荷下能效比均超过29，10%负荷下能效比达到45
- 机组满负荷COP达到8.03，NPLV达到19.32

工况	冷冻水出水 ℃	冷却水进水 ℃	制冷量 kW	功率 kW	性能系数 W/W
额定工况	15	32	3530.5	439.8	8.03
NPLV75%	15	21	2631.3	154.7	17.01
NPLV50%	15	20	1785.0	84.9	21.03
NPLV25%	15	19	863.6	36.7	23.53
零温差50%负荷	12	12	1693.2	57.971	29.21
零温差50%负荷	13	13	1681.5	56.608	29.71
零温差50%负荷	14	14	1703.2	57.975	29.38
零温差10%负荷	15	15	377.3	8.383	45.01

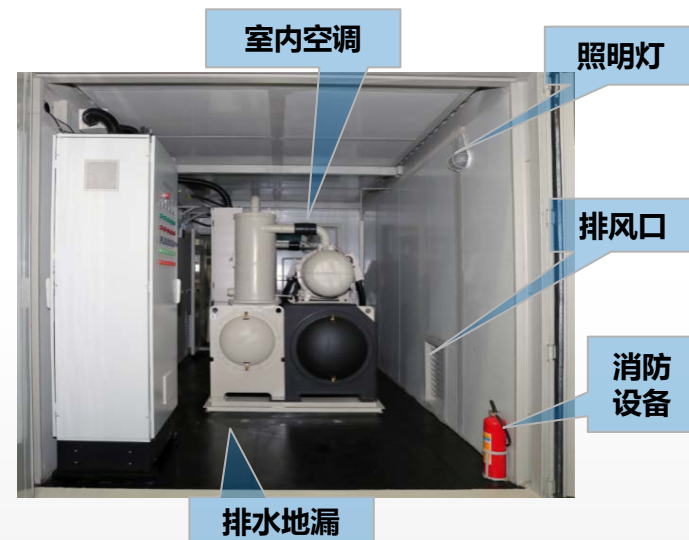
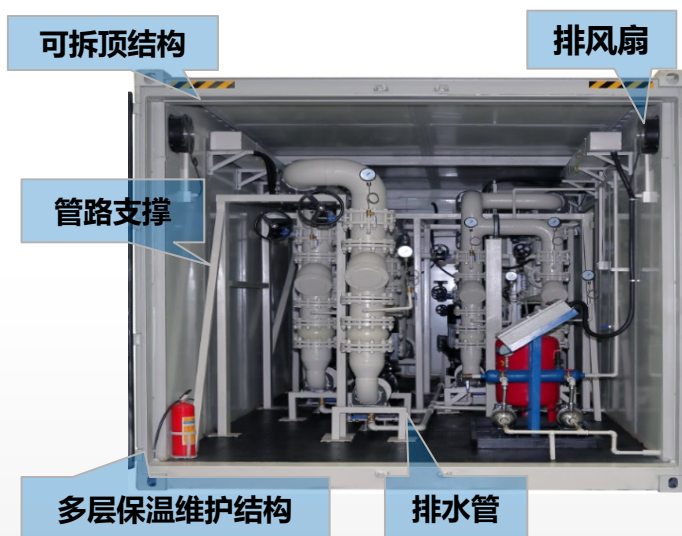
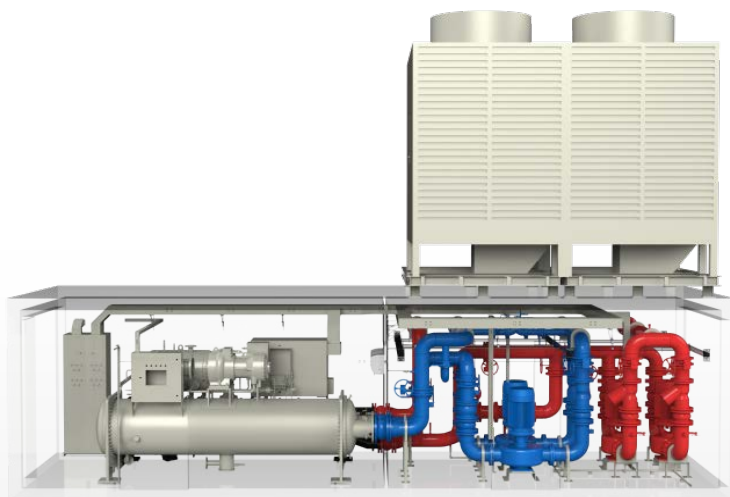
某数据中心1000RT专用变频离心机第三方测试数据

格力CVT产品评估模型						
维度&得分					考察团队结论	
序号	评估维度	权重值	CVT得分	Y品牌	C品牌	日期：2019 年 4 月 18 日
D01	研发/设计/生产/制造实力（20%）	20	19	16	17	大国重器 事不宜迟 时不我待 强烈推荐
D02	安全/可靠/稳定表现（15%）	15	14	12	13	
D03	能效（COP/IPLV/NPLV）验证结论（15%）	15	15	12	13	
D04	商务合约/售价（20%）	20				
D05	运维/维保/售后实力调研（10%）	10	9	7	6	
D06	工程交付/调试测试验证效率（5%）	5	4	4	4	
D07	替换运行省电收益测算（0%）	0	0	0	0	
D08	CVT离心机 vs 磁悬浮（5%）	5	4	4	4	
D09	国计民生行业客户覆盖（3%）	3	3	3	3	
D10	增加IT产出贡献（7%）	7	7	5	5	
总得分：		100	75	63	65	

甲方考察团队评估结果

■ 高效水冷系统解决方案——系统优势

- 提供一体式、模块式、自然冷却等全系列集成冷站产品，整体在厂内模块预制及测试，现场接管即用，现场施工调试时间缩短**80%以上**
- 集成高效冷水机组、变频水泵、能源管理系统等设备，冷站能效达**5.5以上**
- 采用保温防水集装箱结构，无需专用机房，可安装于屋顶、室外地面等地方



一体式集成冷站

■ 蒸发冷却系统解决方案

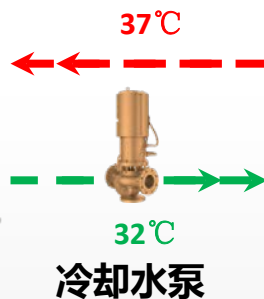
在水系统解决方案上，对冷却系统进行深化设计

冷却循环



冷却塔

冷却水循环

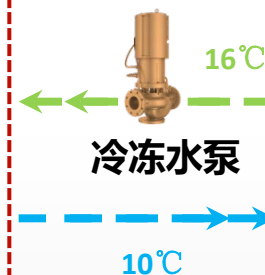


制冷循环



冷水机组

冷冻水循环



送风循环



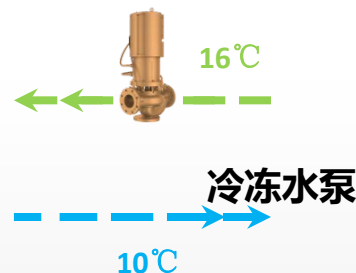
格力JKC/JKLC系列冷冻水式机房空调

冷却循环+制冷循环



蒸发冷冷水机组

冷冻水循环



送风循环



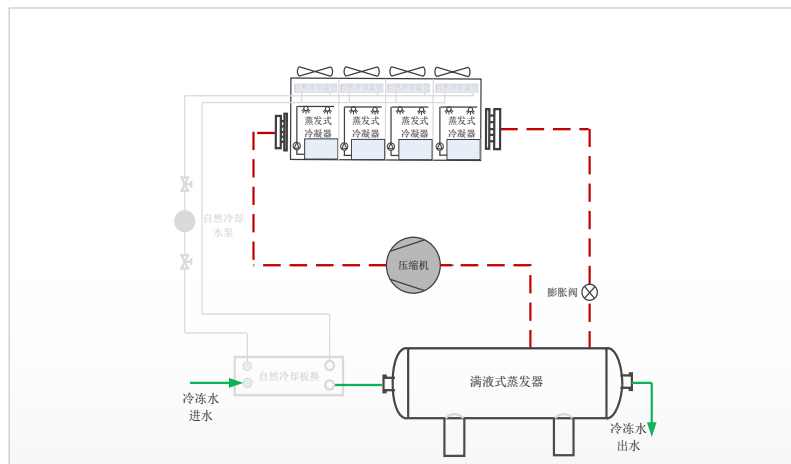
格力JKC/JKLC系列冷冻水式机房空调

■ 蒸发冷却系统解决方案

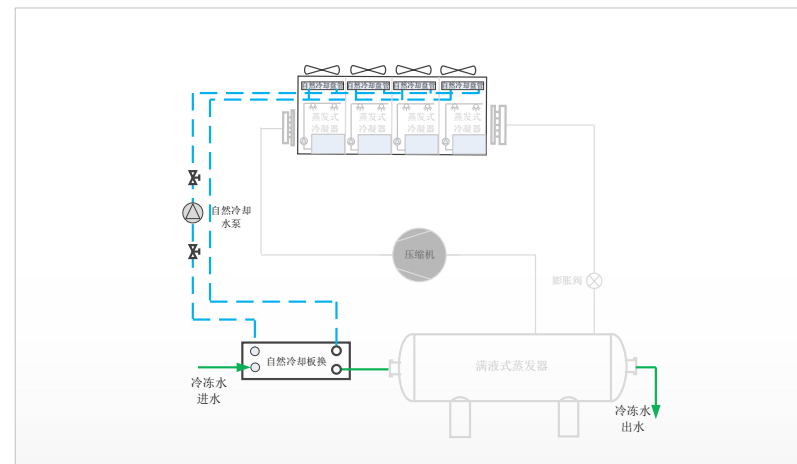
- 风冷式机组设计节省了**冷却塔、冷却水泵**，充分利用自然冷源，降低数据中心能耗
- 夏季温度较高时，水冷式换热效率达到极限，采用蒸发冷技术，提高换热效率
- 风冷式使用免费冷源时不受室外空气质量影响，省去常规自然冷却过滤器更换费用
- 常规机组综合能效比在**4.0~4.5**之间



蒸发冷却冷水机组



制冷模式



自然冷却模式

■ 风冷系统解决方案

- 机组模块化设计，拆装灵活方便，便于扩容，单模块冷量范围5-100kw，建设周期短，满足机房改造需求
- 采用高效EC无蜗壳后向离心风机
- U 型换热器结构布置紧凑，回风面积大、风阻小、风速低、显热比高
- 风冷机组无需冷却塔，对水源无要求，机房无进水风险，适宜水源匮乏地区



风冷模块式机组



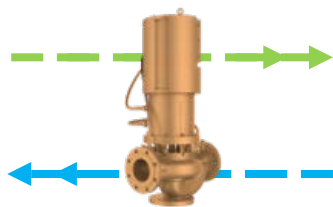
风冷式变频精密空调

■ 高温冷水型液冷系统解决方案

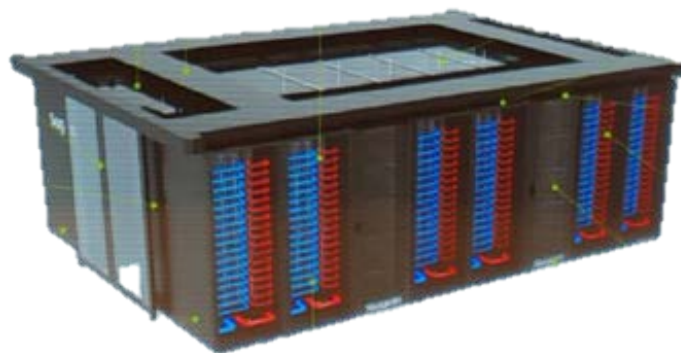
- 该型自然冷源数据中心PUE可低至1.15
- 集成度高，设计紧凑，适用于采用冷板、风液换热等形式高温冷水散热的液冷机柜
- 20-32℃出水，冷量范围80-500RT
- 系统洁净度食品级，交钥匙工程产品，现场接管接线即可使用
- 系统、电气、控制全备份设计，可靠性高



冷站



冷冻水泵



冷板机柜

■ 样板工程

京东云（华东）数据中心二、三、四期项目



使用机组：永磁同步变频离心机700RT（12台）

配套机房能源管理系统（3套）

IDC规模：T4级别建设 5800个机架

用户使用证明

用户名称	江苏利昇信息科技有限公司		
用户地址	江苏省宿迁市江苏省宿迁市宿豫区晓店镇青铜路与发展大道交口		
联系人	陈海超	联系电话	13951378366
应用起止时间	2017-2018 年		

项目应用情况

京东华东数据中心采用 12 台 700RT 格力数据中心用永磁同步变频离心式冷水机组，型号为 LSBLX700SVT，总制冷量约 29534kW。机组采用了全工况气动设计、高速永磁直驱、双级压缩、大功率高速永磁电机等先进技术，满足数据中心全年运行、显热负荷大、快速启动、可靠性高等要求。

机组投入使用以来，输出平稳，控制精确；运行稳定可靠，未发生运行故障，安全性高，冷却进水温度低至 10℃仍可正常运行，为华东数据中心正常运行提供有力保障。

总体使用体验卓越！

江苏利昇信息科技有限公司（公章）

2018 年 12 月 7 日

■ 样板工程

华为东莞松山湖团泊洼云数据中心项目



使用机组：永磁同步变频离心式高水温机（12台）
10KV自耦降压离心式冷水机组（18台）
模块化集成冷站（72套）
IDC规模：8000个机柜

华为乌兰察布云数据中心项目



使用机组：液冷一体式冷站 14套
IDC规模：T3+标准建设 1600个机柜

■ 样板工程

阿里巴巴江苏云计算数据中心项目



使用机组：永磁同步变频离心式高水温机（6台）

IDC规模：30万平方米

万国数据北京大兴2#机楼数据中心项目



使用机组：永磁同步变频离心式高水温机（2台）

IDC规模：6200个机架

■ 样板工程

中国移动2020年低压变频冷水机组集采项目



使用机组：永磁同步变频离心机（19台）
永磁同步变频螺杆机（5台）

中国电信云计算贵州信息园IDC项目



使用机组：永磁同步变频离心式冷水机组（8台）
IDC规模：34万平方米

■ 样板工程

华录天津数据湖产业园项目



使用机组:

永磁同步变频离心机 (4台)
冷冻水机房空调 (128套)

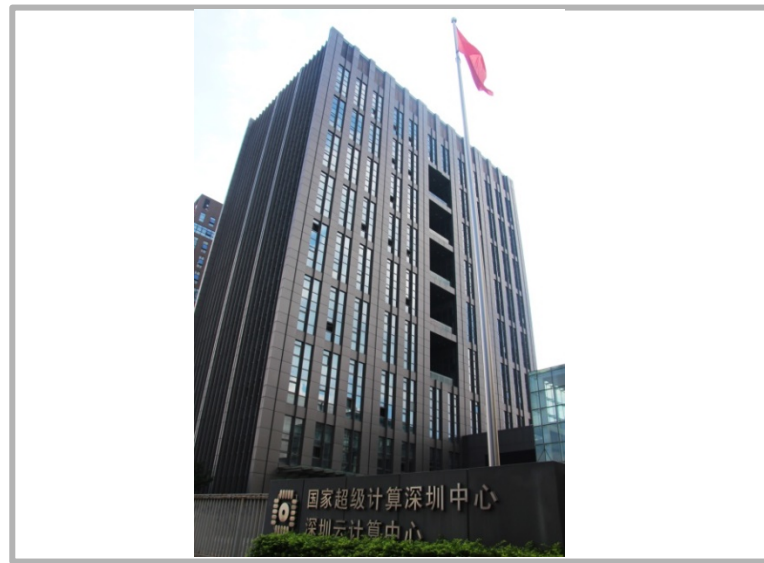
港珠澳大桥人工岛机房空调项目



使用机组:

永磁同步变频离心式冷水机组 (3台)
高效离心式冷水机组 (2台)
风冷式机房空调 (131套)
IDC规模: 1100个机架

国家超级计算 (深圳) 中心项目



使用机组:

风冷式机房空调 (20台)

**携手创新
打造绿色高效数据中心！**