



让建筑自然呼吸

# McQuay变频磁悬浮离心机技术介绍

Technical Introduction Of McQuay Magnetic Centrifugal Chiller

-- 叶奎/Ye Kui

**McQuay**<sup>®</sup>  
International



---

# Contents

- McQuay磁悬浮产品介绍
- 磁悬浮压缩机技术原理
- McQuay磁悬浮压缩机特征
- McQuay磁悬浮离心机特点
- 典型项目





# 01 磁悬浮产品介绍

# McQuay磁悬浮，从开创到领先

上世纪末到本世纪初，首台磁悬浮压缩机问世，麦克维尔率先使用此台压缩机应用于空调机组。  
2009年，麦克维尔又开发出具有自主知识产权及更大冷量的磁悬浮压缩机、磁悬浮机组，实现了从开创到领先。



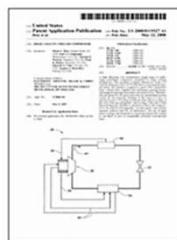
## 熔铸辉煌的历史见证



全球第一台磁悬浮空调诞生于麦克维尔，并被使用于武汉工厂



麦克维尔磁悬浮空调在中国的第一个用户



麦克维尔自主知识产权的磁悬浮压缩机取得美国专利



2018年，McQuay正式推出使用R1233zd(E)冷媒的磁悬浮双级离心压缩机的冷水机组

# McQuay磁悬浮，不断超越自我

## 产品阵容

100~1500RT

冷量全覆盖

400~900RT



COP 6.8~7.4

新冷媒应用

R1233zd



400~750RT



750~1500RT

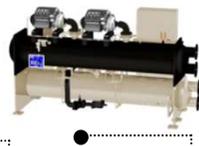
COP 6.1~6.7

常规空调应用

R134a



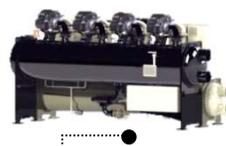
100~200RT



200~400RT



400~600RT



600~800RT



800~1200RT

COP 6.0~6.6

其它应用

R134a

0

200

400

600

800

1000

1200

1400

1600/RT

McQuay  
International

# McQuay磁悬浮，不断超越自我

## 产品特点

### 磁悬浮压缩机

无运转摩擦  
机组无需油路系统

### 高效蒸发器

内螺纹外翅片式  
高效换热管

### 高效冷凝器

专利斜入式设计  
停机可储存冷媒

### 双安全阀设计

双安全阀备用性  
检修无需停机

### 变频启动柜

启动电流更低  
部分负荷能效高

### 摇臂式操作屏

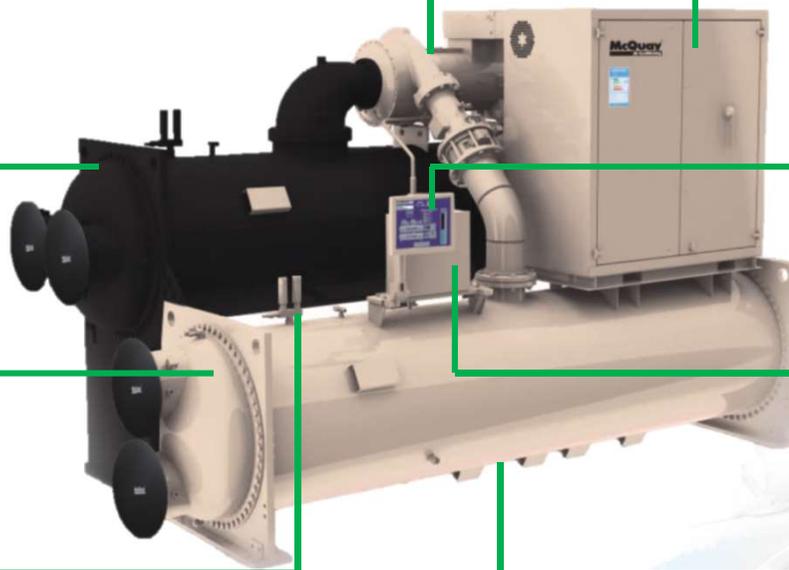
人性化界面  
工业级显示屏

### 机组控制柜

Siemens工业控制器  
低压供电，操作安全

### 电子膨胀阀

进口电子膨胀阀  
流量控制精确

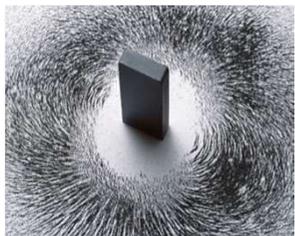




# 02 磁悬浮技术原理

## 磁悬浮的原理

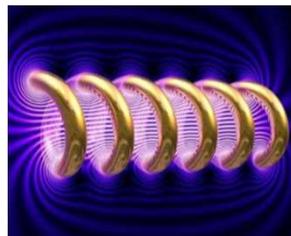
- 磁悬浮技术是利用磁力克服重力使物体悬浮的一种技术，已在众多领域得到应用。



### 磁体

能够产生磁场的物质或材料  
分为永磁体（能长期保持其磁性）  
和软磁体（易被磁化，也易消磁）

+



### 电磁

电荷运动产生波动，形成磁场  
因此所有的电磁现象都离不开电场  
如电磁感应、电磁波等等



磁悬浮列车

航空发动机



磁悬浮离心式冷水机组

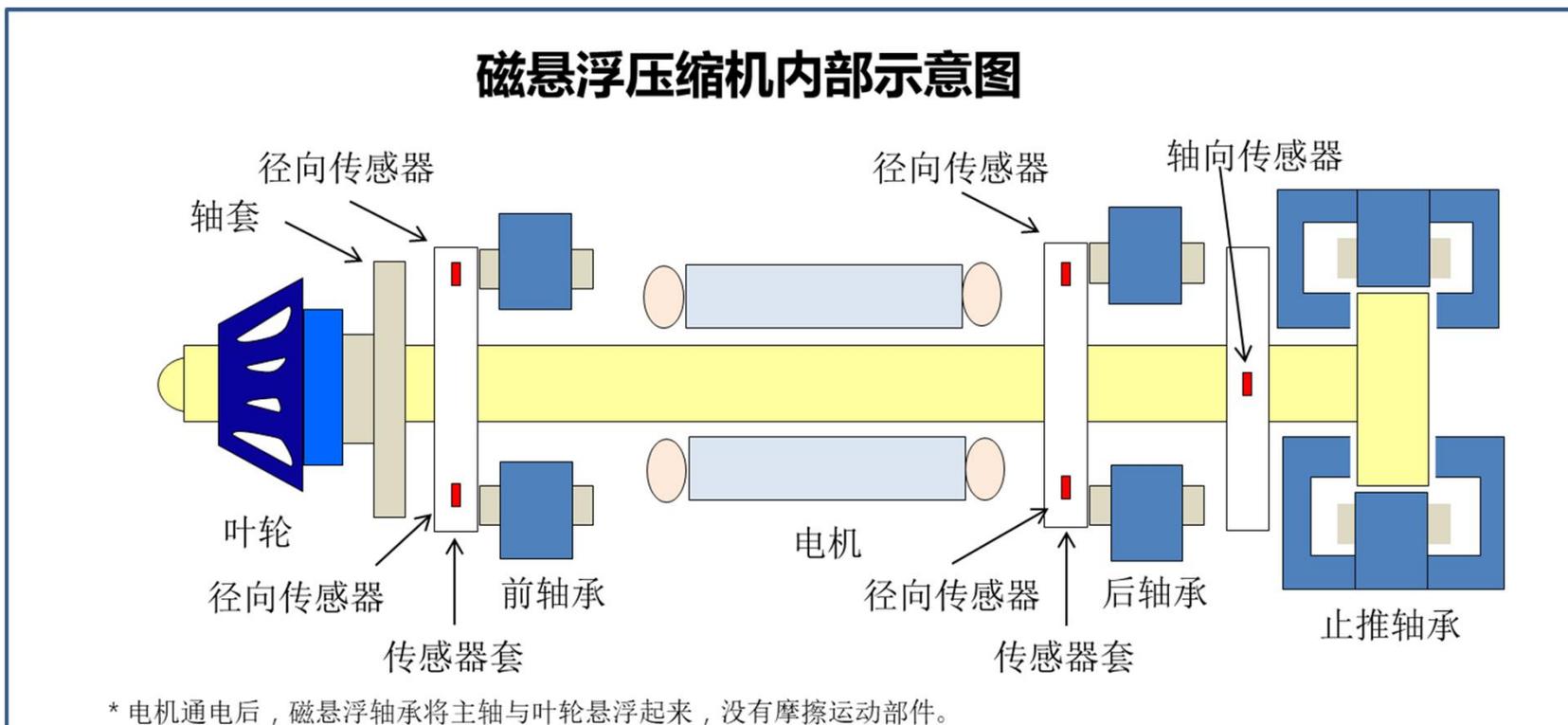
McQuay首台磁悬浮机组，已在武汉工厂办公楼稳定运行17个制冷季

## 中央空调

发展史上重大技术

## 革新

## 压缩机内部构造

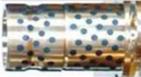


**轴悬浮，无摩擦，无需润滑油**

## 磁悬浮轴承

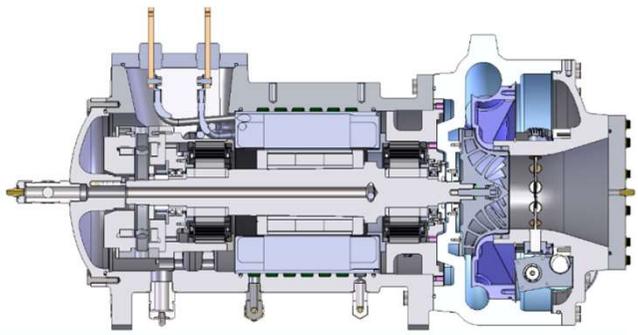
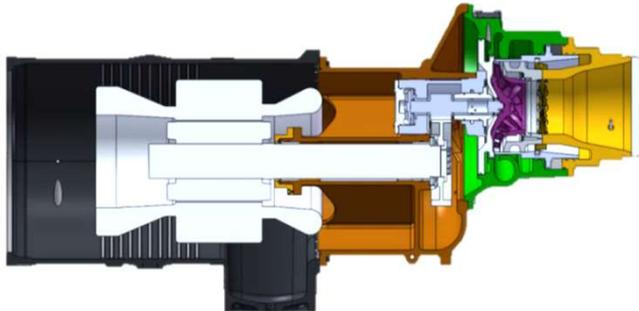
### ➤ 磁轴承系统，无摩擦、无机械损耗

磁悬浮的轴承摩擦远低于传统轴承，减小能耗损失，机组能效更高

轴承方案	适用范围	技术可靠性	示意图	需要润滑系统	润滑量 L/min	轴承摩擦 %	轴承径向游隙 $\mu\text{m}$	间隙损耗 %	热传递损失 %	总能耗损失 %
滑动轴承	低速齿轮驱动	成熟通用技术		Y	40	3.0	50	0.7	2.0	5.7
滚动轴承	低速齿轮驱动	成熟通用技术		Y	8	1.3	5	0.5	1.0	2.8
陶瓷轴承	高速直驱	新 SKF 专利		Y	8	0.3	5	0.5	0.0	0.8
<b>磁悬浮轴承</b>	<b>高速直驱</b>	<b>新通用技术</b>		<b>N</b>	<b>0</b>	<b>0.1</b>	<b>150</b>	<b>1.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>

注：陶瓷轴承需提供制冷剂润滑，润滑系统控制复杂、维护困难。

## 磁悬浮与传统离心压缩机的差异

类别	磁悬浮空调压缩机	传统空调压缩机
示意图		
轴承形式	<b>磁悬浮轴承:</b> 电磁线圈与转子上的永磁体相互作用, 产生斥力使轴悬浮	<b>滑动轴承/滚动轴承:</b> 需要提供润滑油进行润滑, 降低轴和轴承间的摩擦系数
电机形式	<b>永磁同步电机:</b> 转子上嵌有永磁体, 可建立转子磁场, 工作时转子与定子磁场同步运行, 转子中无感应电流, 不存在转子励磁损耗	<b>交流异步电机:</b> 转子绕组要从电网吸收部分电能励磁, 再以电流形式在转子绕组中发热消耗掉, 该损耗约占电机总损耗的20~30%, 使电机效率降低
驱动方式	<b>直接驱动</b>	<b>齿轮传动</b>



# 03 磁悬浮压缩机特征

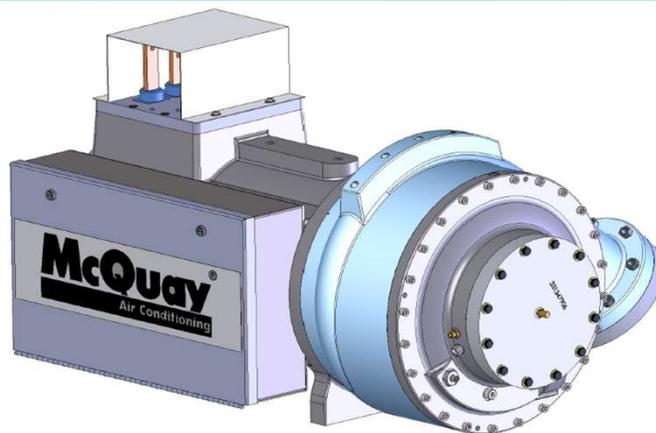
## McQuay磁悬浮压缩机

适用R134a和  
R1233zd(E)冷媒

高效单/双级  
全系列覆盖

电机多回路  
冷媒冷却

智能防喘振



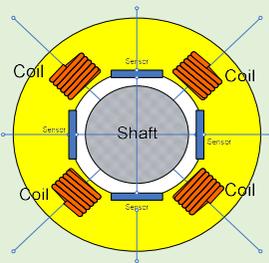
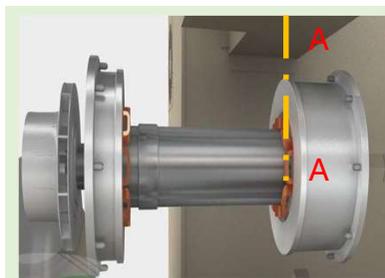
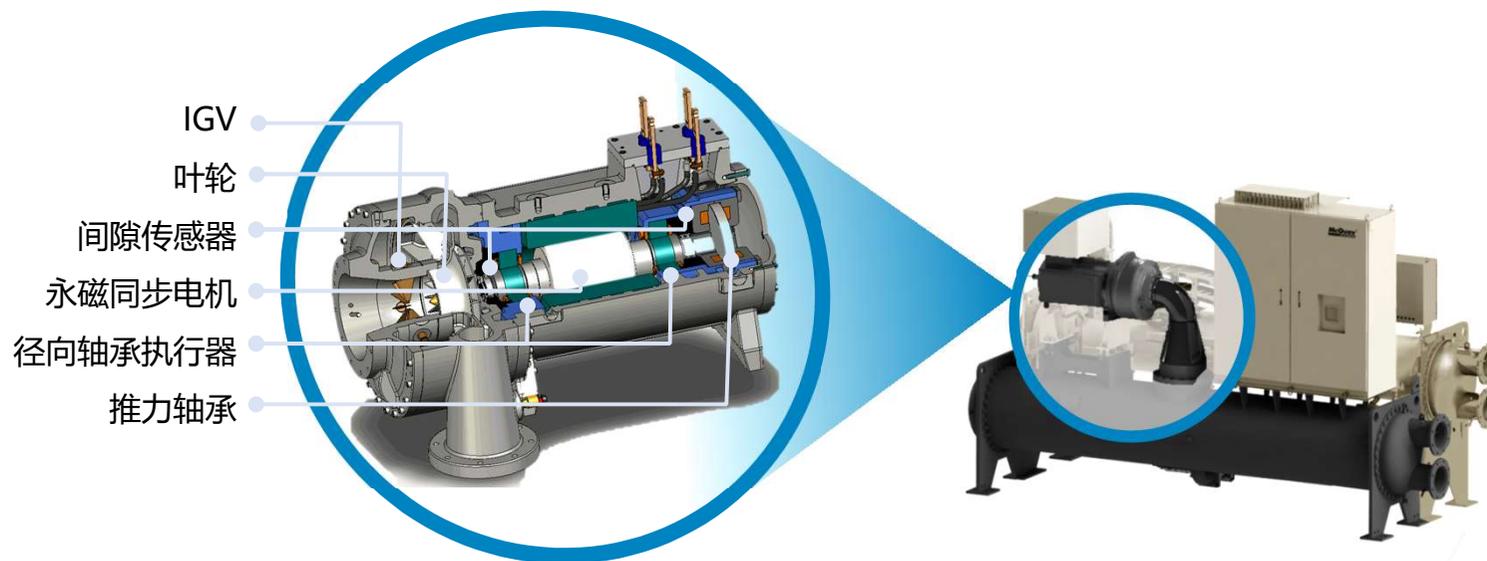
先进的磁轴承  
控制系统

超过12kHz  
传感器扫描频率

磁轴承+备降  
滚珠轴承

电机频谱  
高达722.5Hz

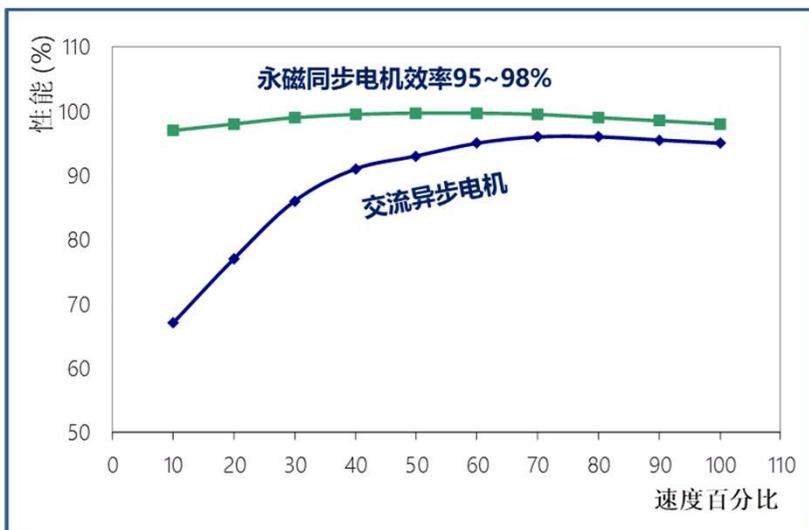
## 磁悬浮轴承



磁悬浮压缩机最大革新点：  
磁轴承系统，转轴悬浮，**无需润滑油**

# 永磁同步电机

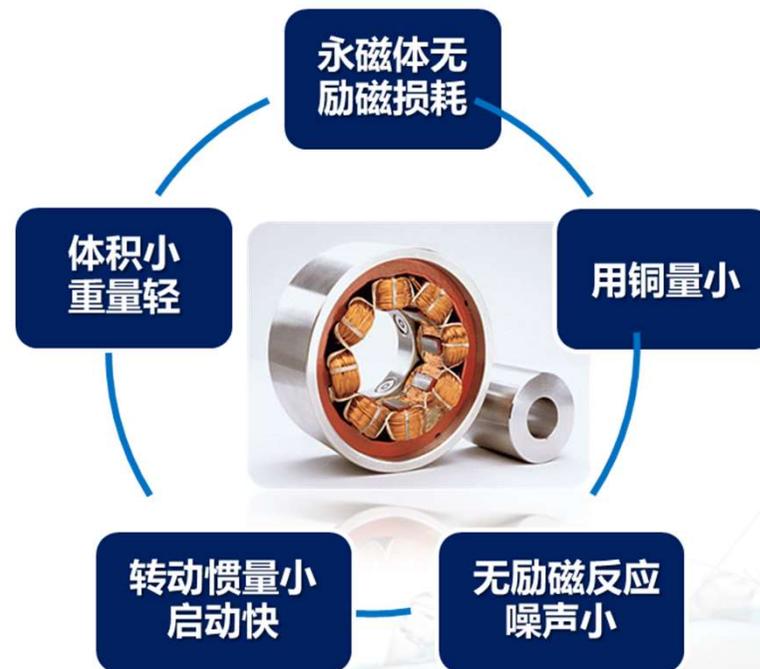
## ● 永磁直流电机的优势



永磁同步电机 VS 交流异步电机

满负荷效率高 **3-5%**

部分负荷效率高 **25-40%**



电机采用**变频**驱动，根据负荷和工况的变化，自动调节叶轮转速和导叶开度，使机组达到最佳运行状态，同时避免喘震。

## 无油设计

### ➤ 无油设计，消除了因润滑油混入换热器带来的效率衰减

#### 油对制冷剂传热影响的实验测定 — ASHRAE Research Project 751-RP

实验指出：  
导热比随油浓度稳定下降，在**10%**的油浓度下达到**0.65**（从1.0标准化）的值。

美国制冷协会网（[www.achrnews.com](http://www.achrnews.com)）  
也发布文章指出，润滑油对换热器带来效率衰减，衰减比例如下：

#### Oil Contamination

Oil In Evaporator	Performance Loss
1-2%	2-4%
3-4%	5-8%
5-6%	9-11%
7-8%	13-15%

来源: The News, 04/15/04, by Jack Sine

#### 《润滑油对冷水机组能量性能的影响》 — 清华大学

项目为期**2**年，数据收集时间超过**6**年，现场分析的**36**台冷水机组，由王宝龙副教授领导。

报告指出，冷水机组运行5年以上退化率超过**10%**，运行10年以上退化率超过**20%**，**其中因制冷剂侧油污导致的性能退化，占全部性能退化的30%**。

##### 第一阶段

加注油的冷水机组长期性能退化调查。

##### 第二阶段

识别影响蒸气压缩式冷水机组长期性能主要因素。

##### 第三阶段

了解新润滑油对新冷水机组能量性能的定量影响。



A photograph of a modern, multi-story building with a large glass facade. In the foreground, there is a paved area with a flagpole holding several flags. The building has a white facade and many windows. The sky is clear and blue. A green banner is overlaid on the image, containing the text '04 磁悬浮机组特点'.

# 04 磁悬浮机组特点

## McQuay磁悬浮产品特点



### 性能卓越

专利技术，更短的投资回报期



### 品质可靠

更完善的保护功能和服务响应



### 控制先进

智能多机联控，系统节能运行



### 经验丰富

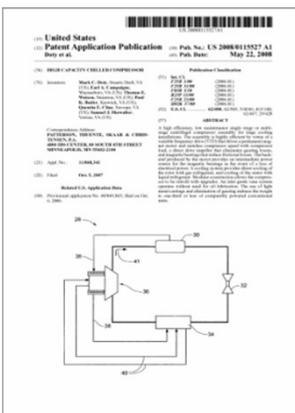
2003年全球首台，16年专注研究



**McQuay**  
International

# 性能卓越

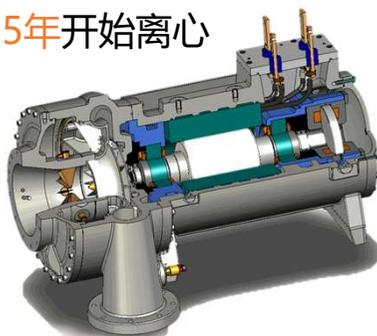
## 自主压缩机及变频技术，机组能效更高、运行费用更低



专利号：US 20080115527A1

### 自主专利压缩机：

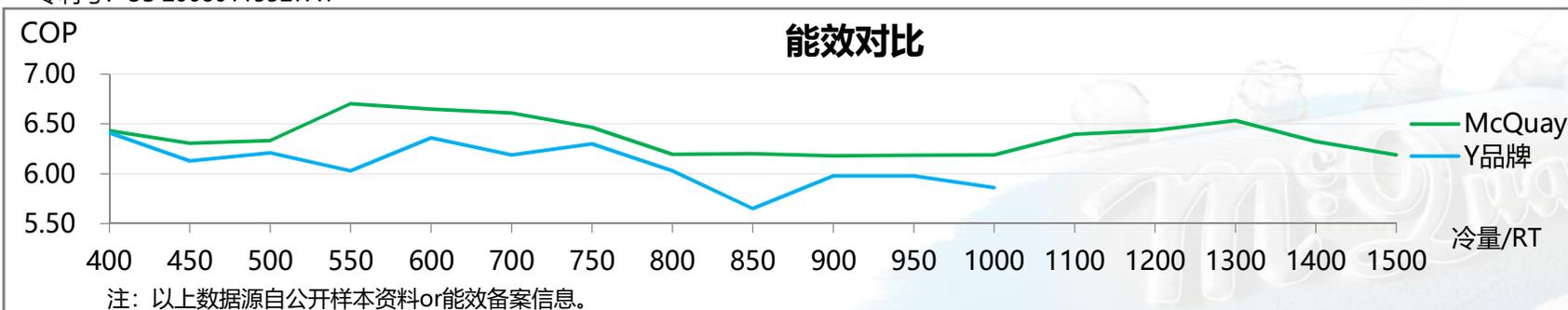
McQuay自1935年开始离心压缩机的开发，2009年推出自主磁悬浮压缩机，拥有丰富的高效压缩机开发经验。



### 专利设计的变频控制：

McQuay的PWM调制技术只需载波比在10左右即可保证电机高效运行，使变频器的效率提高约2%。

常规变频器控制方式采用空间矢量脉冲宽度调制技术（SVPWM），要求20以上的载波比（开关频率/输出频率）。应用于高频输出时（600Hz以上）时，会导致变频器开关频率极高，导致变频器效率大幅衰减。



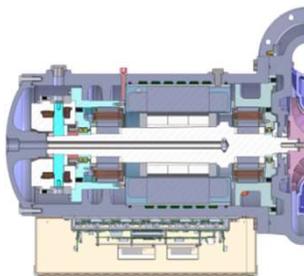
## 性能卓越

### 全方位高效设计，机组能效更高、运行费用更低

#### 永磁同步电机：

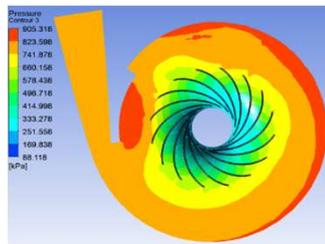
McQuay磁悬浮压缩机采用**稀土永磁同步电机**。

永磁体无励磁损耗。具有结构简单，损耗小、效率高、功率因数高等优点。电机效率比异步电机高1%~10%。



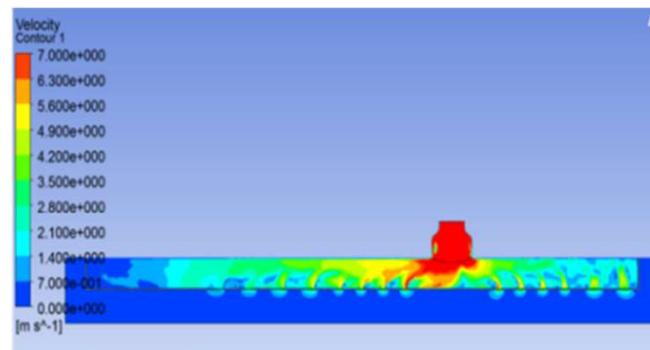
#### 高效3D叶轮：

McQuay拥有先进的**3D叶片**设计能力，叶轮也采用了磨粒流的表面处理技术，达到更好的表面粗糙度，减少损失，提高叶轮效率。



#### 专利换热器：

McQuay磁悬浮采用**专利设计**的换热器，独有的液体和气体分配设计，采用高效换热管和特殊的换热管布置方式，使得冷媒分配均匀，换热充分实现高效。

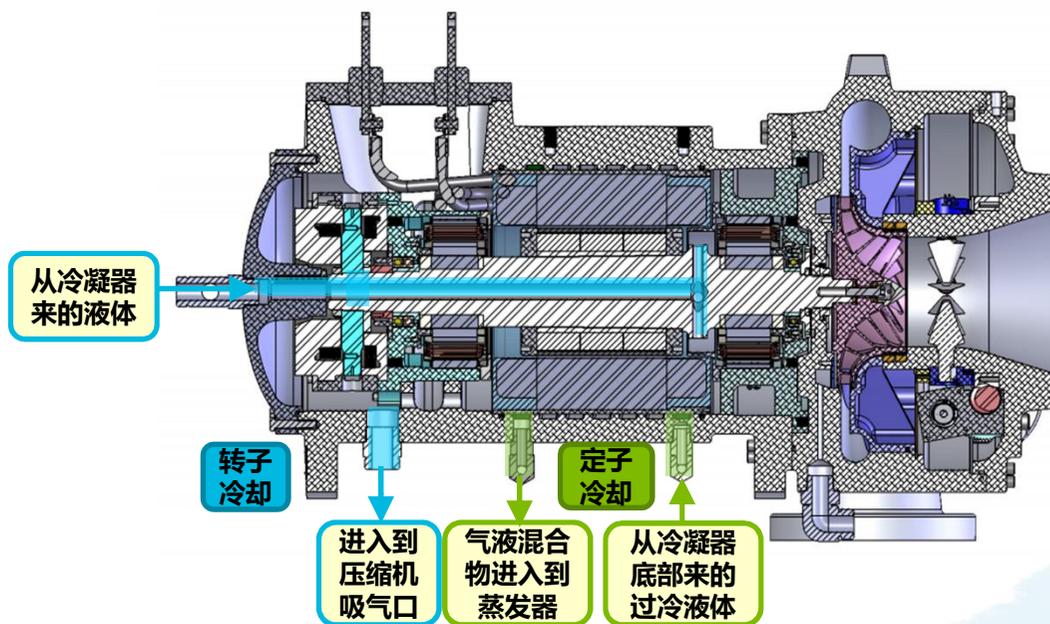


蒸发器 专利号：ZL201510257600.0  
冷凝器 专利号：ZL201510179343.3

## 品质可靠

### 可靠的磁轴承冷却系统，避免温升过高导致消磁

压缩机内定子、转子均有独立的冷却系统，确保工作温度适宜，避免轴承温度过高导致的消磁并具备完善的温度保护功能：电机减载温度保护、电机停机温度保护、电机间隙温度保护等



冷却方式	气冷		液冷	
	空气	冷媒气体	水	冷媒液体
介质	空气	冷媒气体	水	冷媒液体
冷却效果	差	较差	较好	较好
工作范围	小	较小	较大	较大
安全性	高	较低	较低	较高
密度 kg/m <sup>3</sup>	1.2	512.0	998.3	1207.0
比热容 kJ/kg-°C	1.0	0.9	4.2	1.4
粘度 N-S/m <sup>2</sup>	1.81×10 <sup>-5</sup>	6.18×10 <sup>-7</sup>	1.00×10 <sup>-4</sup>	1.92×10 <sup>-7</sup>
导热系数 W/m-k	2.59	0.01	0.60	0.09
使用场所	需常更换电机的场所，例：化工厂	中小功率制冷压缩机，多为螺杆机	中小型电机	大功率制冷压缩机，多为离心机

## 品质可靠

### ➤ 宽广的运行范围

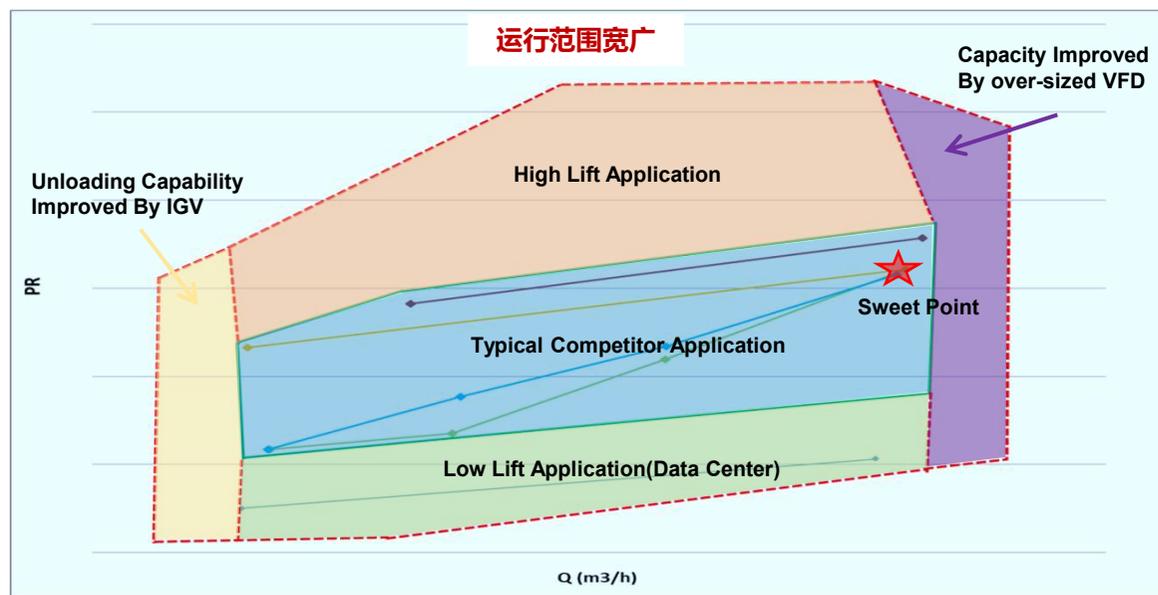
PM变频直驱，转速调节范围55%~125%；电机多回路冷却，变频器风冷却，满足低提升温度运行。

运行范围大，适应多工况匹配

IGV+VFD调节实现超强减载

应用范围宽：

- 1.适用超低压比数据中心应用
- 2.适用超过35°C大温差应用

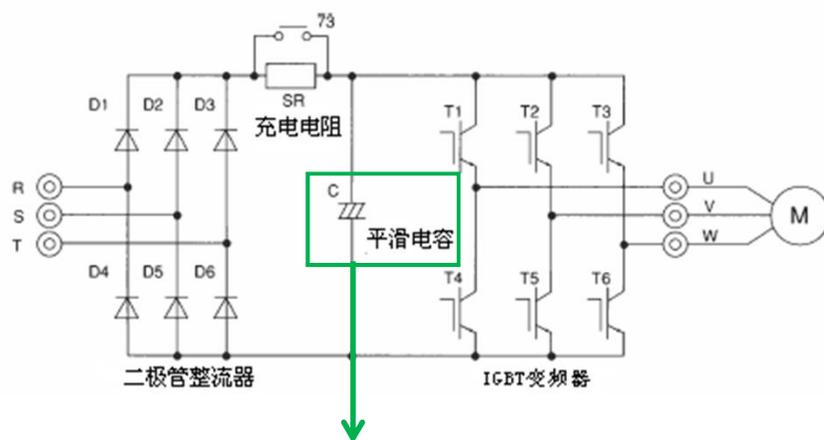


## 品质可靠

### 完善的失电保护功能

#### 机组自带IPS电容：

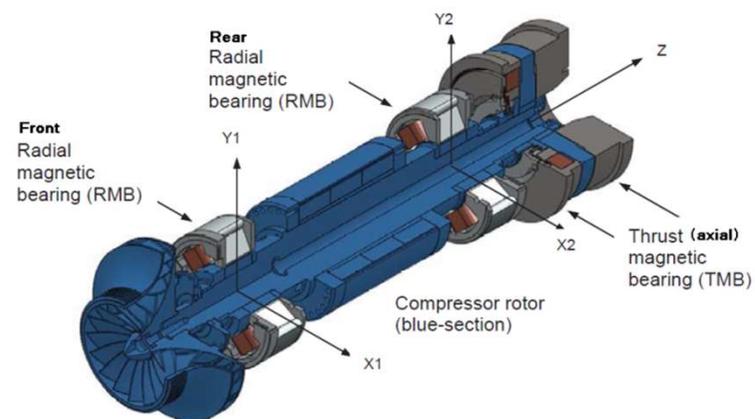
压缩机突然断电停机后，电机高速运转，此时会产生交流感应电流回馈到供电IPS，IPS将交流电转换为直流最后供电给磁轴承



失电时进入Regen模式吸收压缩机惯性势能向磁轴承供电。

#### 压缩机备降轴承系统：

带滚珠轴承的备降轴承系统，保障主轴停机后可以自由转动，并最终平稳地停在轴承上，从而实现顺利停机



磁轴承供电停止后由备降轴承实现自由停车。



## 品质可靠

### ➤ 更加宽广的运行区间

#### 磁轴承喘振保护

径向、轴向间隙传感器实时监测轴的位置，并反馈信号至控制器，避免叶轮失速。

#### 吸气过热度保护

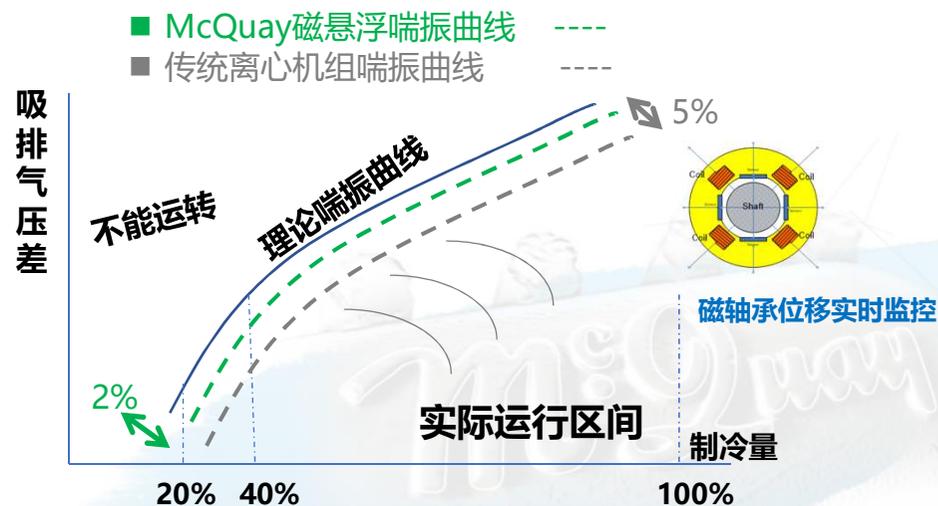
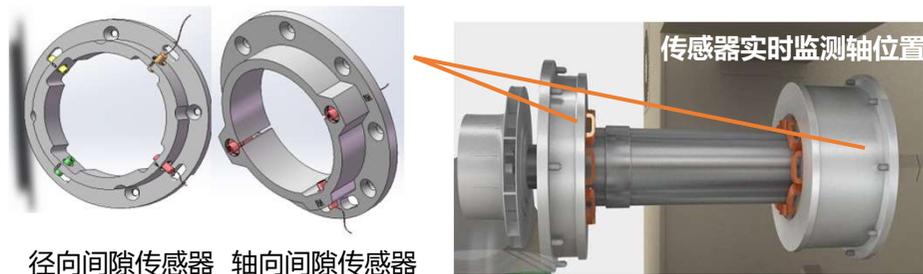
压缩机温度传感器实时监测吸气过热度，发现异常时，反馈信号至控制器。

#### 磁悬浮离心机

- 实时寻找喘振速度
- 实时监控压缩机状态
- 主动规避喘振
- 更佳性能，喘振余量2%

#### 传统离心机

- 温度或压力波动探测，喘振探测滞后
- 性能非最优，喘振余量 > 5%



# 品质可靠

## 通过专业的服务监测技术，确保压缩机始终高效运行

### ● 压缩机轴承校验服务

长期停机后的检测可以帮助轴承的定位和校准，让压缩机运行更高效，碰撞的几率更小。

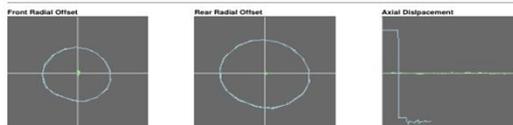


通过专用软件检测偏差值进行校准

Service Monitoring Tools - Calibration Report

Page 1

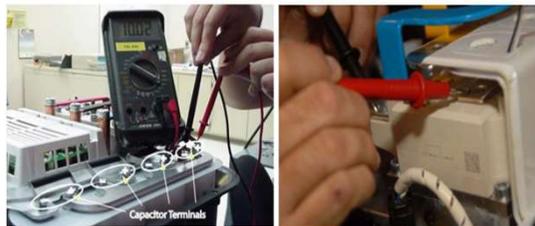
DSP Serial Number	12380-45592-0	Housing #	1-1-160
Software Part Number	196240	Configuration Revision	248
BMC Version	2.2.2838	C.C. Version	3.0.0
Access Level	OEM		



检测报告模板

### ● 压缩机电路检测服务

通过测量值进行检查，通过记录发现器件衰败的迹象，提前更换部件，减少故障率。



电容检测服务

整流桥检测服务



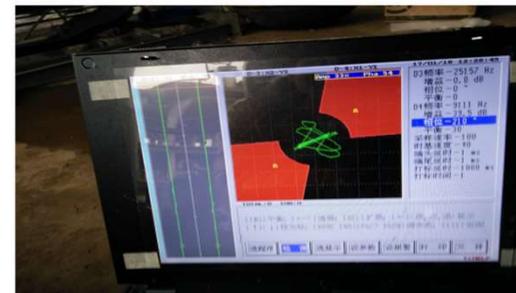
IGBT 检测

DC-DC板检测

### ● 涡流探伤服务

通过涡流探伤检测即将损坏的换热管，为预防性维修提供可靠的依据。

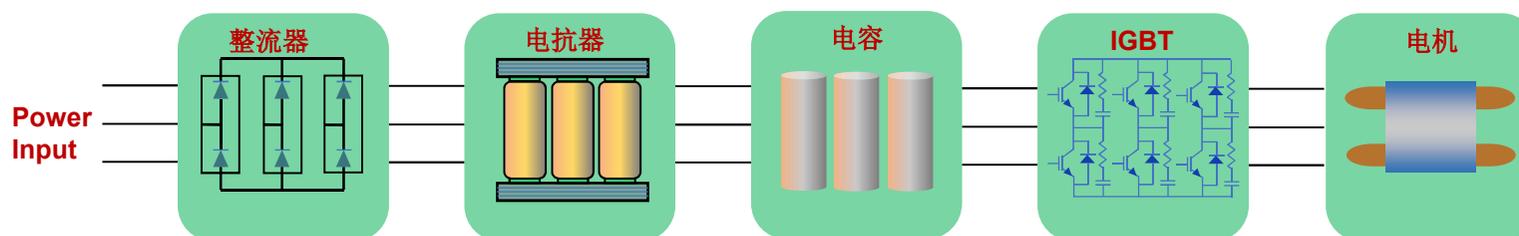
正常铜管图例



涡流探伤仪

## 控制先进-高效变频柜

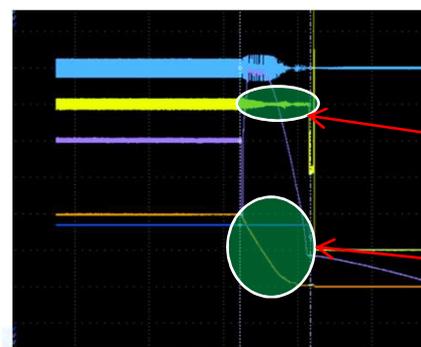
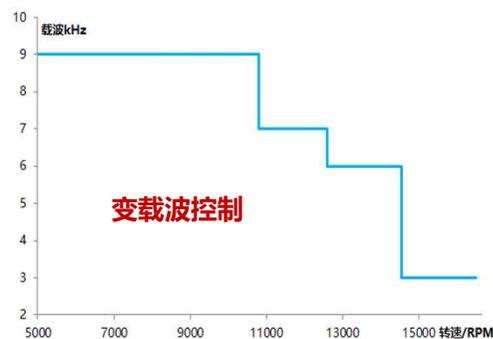
➤ 匹配直驱PM电机的高效变频柜，提供全负荷区域内超高效率



智能变载波控制

Regen能量回收控制

电机参数自学习功能

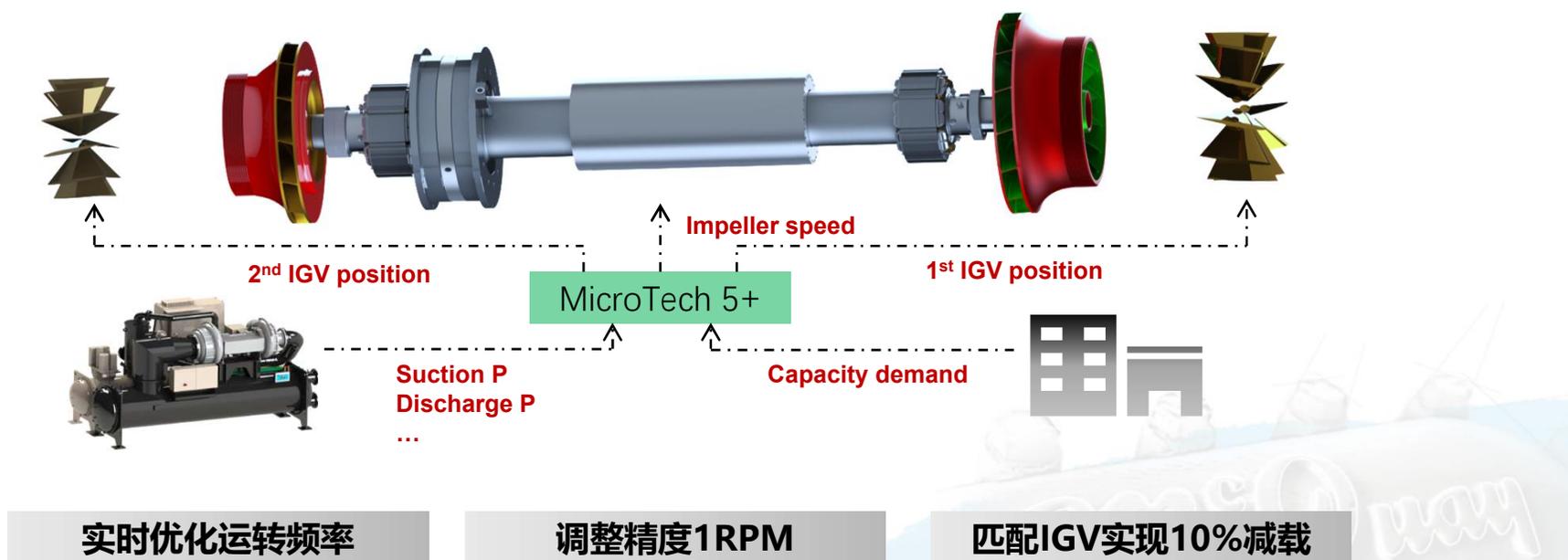


Regen触发后保持  
轴承悬浮

压缩机降至安全转速  
后解除悬浮

## 控制先进-智能转速控制

➤ 实时精准控制IGV/VFD，使压缩机始终运行于高效区间

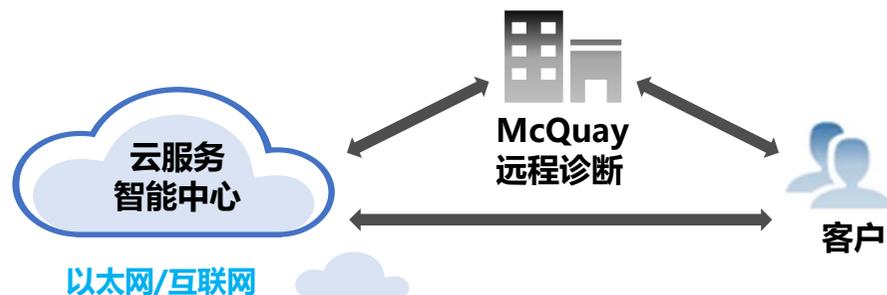


## 控制先进-无人机房

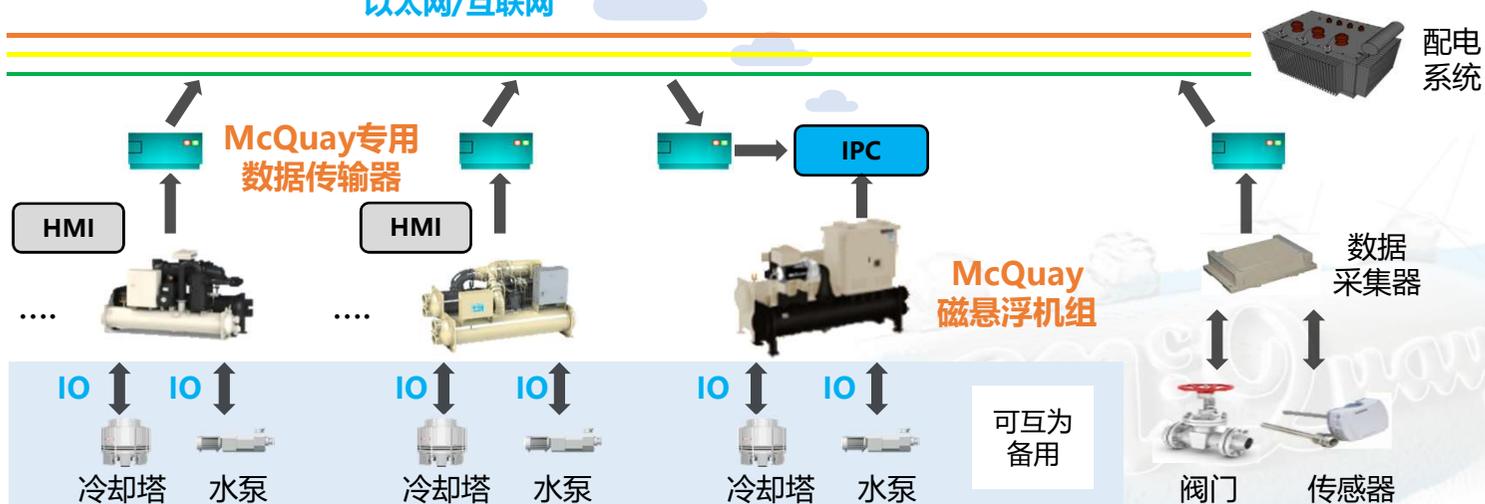
### ➤ 磁悬浮机组可实现“无人值守”的机房节能控制，并实现远程诊断

终端  
管理

- 远程数据监控
- 故障预报警
- 自我诊断



通讯  
传输

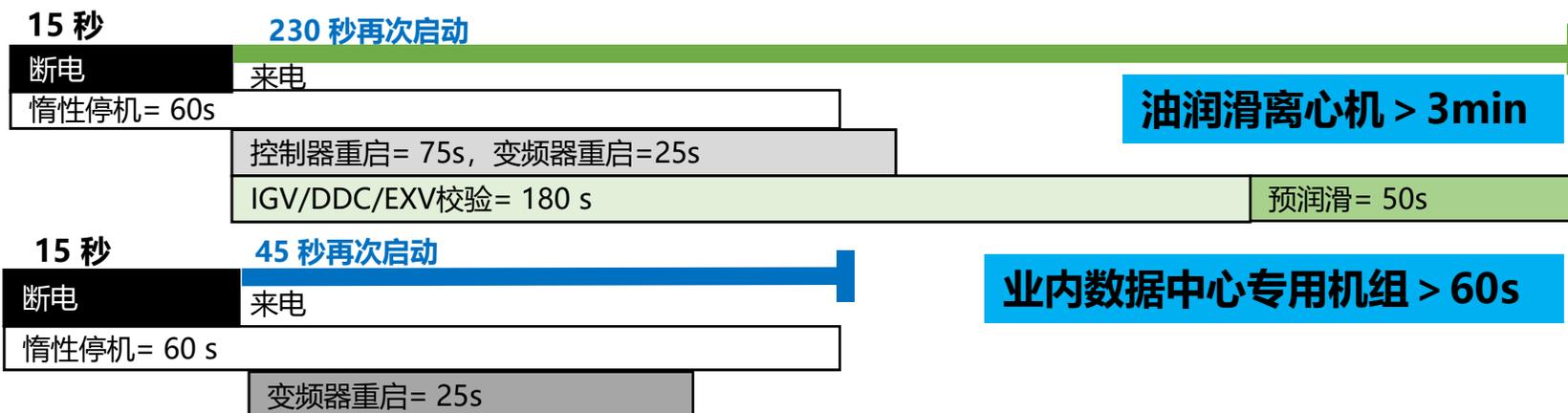


数据  
收集

## 控制先进-快速启机

### MQ磁悬浮具有业内最优的断电快速重启功能

此外，磁悬浮机组无润滑油系统，可进一步节省快启过程中的预润滑、后润滑时间



麦克维尔磁悬浮：来电后+20s机组运行

拥有业内最小叶轮的设计，可以大幅缩短惰性停机的时间

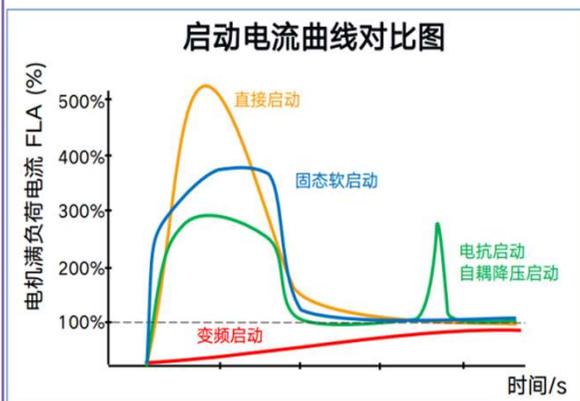
快增中加入防喘振及防止带液设计，保证快速增载至100%≤5min

\*注：机组必须配置UPS，等待来电时间≤25s，每小时快启时间不超过3次

# 控制先进-高用电质量

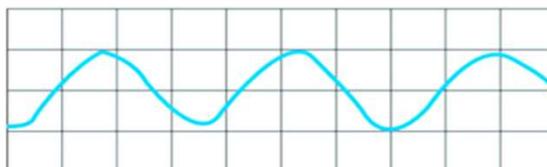
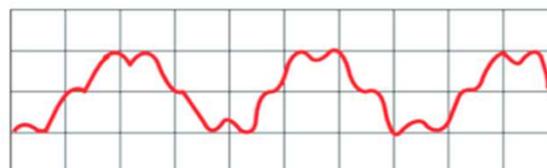
➤ 麦克维尔磁悬浮机组具备低启动电流、低谐波畸变率、高功率因数等特点，用电质量更高

## ● 低启动电流



真正的软启动：启动电流 $\leq$ RLA  
启动更平稳，减少磨损，  
压缩机使用寿命更长

## ● 低谐波畸变率



低谐波畸变率\*：THDi $\leq$ 5%  
避免谐波对电子设备造成干扰  
电能产生、传输和利用率更高

## ● 高功率因数

功率因数	0.95 ~1.0	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85
月电费%	-	-	-	-	-	0	+	+	+	+	+
	0.75	0.60	0.45	0.30	0.15		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

← 电费支出减少      电费支出增加 →

两部制电价的缴费标准：

$$\text{电费} = \text{基本电费} + \text{电度电费} + \text{力率调整电费}$$

↓  
变压器容量或  
最大需求量

↓  
用户用  
电度数

↓  
根据月平均功率  
因数调整月电费

高功率因数\*：位移功率因数 $\geq$ 0.97  
输入功率因数 $\geq$ 0.95  
提高用电质量，减少电费支出

\*注：谐波畸变率 $\leq$ 5%、位移功率因数 $\geq$ 0.97、输入功率因数 $\geq$ 0.95的实现，需选配有源滤波装置。

# 经验丰富



# 6000+

## McQuay磁悬浮，全球五大洲用户的信赖

截止2020年，麦克维尔磁悬浮空调全球销量突破6000台，且有100台机组已稳定运行10年以上。  
凭借极佳的可配置性与超高能效覆盖亚洲、欧洲、北美洲、南美洲及大洋洲，在不同地域、不同行业、不同建筑空间大放异彩。



### 世界的建筑选择麦克维尔磁悬浮

#### 公共建筑

美国·哈佛德郡公立学校  
美国·哈佛镇行政办公楼  
美国·UNR医学院  
美国·约翰霍普金斯大学  
新加坡·French School  
新加坡·义安理工学院  
新加坡·Tanglin寄宿学校

#### 工业建筑

美国·通用GE医疗集团  
美国·CATO卡托公司  
美国·RPI CCNI数据中心  
德国·博世  
新加坡·JTC化学中心  
新加坡·IBM数据中心  
泰国·FAXLITE数据中心

#### 商业建筑

美国·Crystal City万豪  
美国·WEB-TOWER II  
美国·Salem会议中心  
新加坡·Octagen俱乐部  
新加坡·SBF商业广场  
马来西亚·檳城CG公司  
泰国·SHINAWATRA塔

### 中国的建筑选择麦克维尔磁悬浮

#### 公共建筑

武汉·辛亥革命纪念馆  
北京·昌平地铁城南站  
常德·湘雅医院  
西安·西安交大一附院  
上海·上海大学图书馆  
香港·香港政府物流中心  
香港·西九龙法院

#### 工业建筑

武汉·McQuay武汉工厂  
青岛·青岛海化  
泰州·华为GSP仓库  
东莞·讯信电子科技  
宁波·双菱新能源厂房  
惠州·天宝电子  
东莞·名气通数据中心

#### 商业建筑

北京·北京国际大厦  
深圳·宝丽酒店  
新疆·吐鲁番太阳大酒店  
佛山·雄威大酒店  
郑州·中石化金桥宾馆  
济南·绿都生物科技大酒店  
泰国·澳门帝濠酒店



## 典型项目集锦 (涵盖商业、酒店、医院、工业、数据中心等)



**山东 (青岛) 国际航运中心**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 500RT/5台



**新加坡地铁Thompson Line 2**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 65台



**汕头帝豪大酒店**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 700RT/1台



**齐鲁交通威海蓝海酒店**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 600RT/2台, 300RT/1台



**常德湘雅医院**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 700RT/2台



**临沂市人民医院北城新区医院**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 700RT/3台



**东聚电子厂**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 600RT/1台, 500RT/1台



**步步高电子厂**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 400RT/1台, 300RT/1台



**山东鲁能联通数据中心**  
采用麦克维尔磁悬浮机组 796RT/4台

# 磁悬浮无油,节能更可靠

百年科技, 铸就麦克维尔磁悬浮的专业口碑

麦克维尔愿与您继续携手, 关注每一位用户的需求,  
用更多人性化的产品及提案提升用户的使用感受。



谢谢!