



美的超高效智慧环控系统解决方案

高兵

美控智慧建筑有限公司
系统运维优化研究员

2021年04月

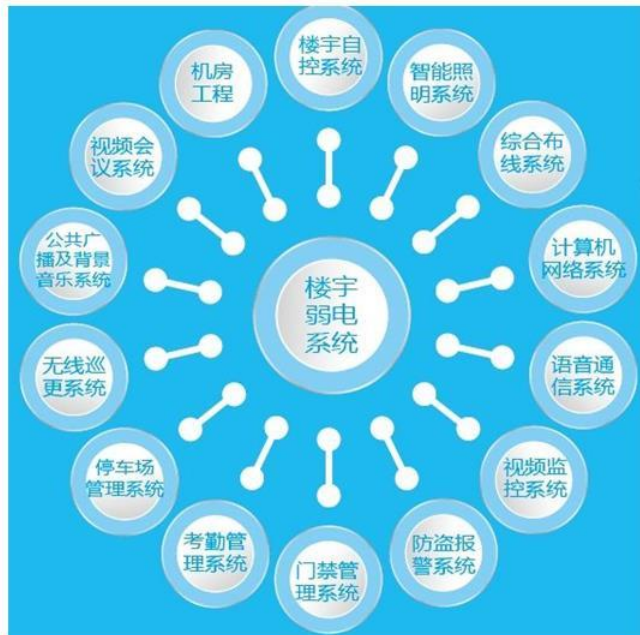
企业介绍及核心业务



智慧建筑综合解决方案-美控智慧建筑有限公司



美控智慧建筑有限公司隶属美的暖通与楼宇事业部，注册资金：5亿元，是一家涵盖方案设计、产品选型、工程施工，运营管理等，拥有从研发、设计、生产、销售、施工、售后以及运维的全链条式服务能力，为客户提供全生命周期的科技公司。



技术服务

- 1.基于BIM的BA楼宇自控咨询、设计与项目管理；
- 2.弱电智能化咨询、设计服务；
- 3.智慧运维平台研发与应用。

项目总承包

建筑弱电智能化、BA楼宇自控、机房改造项目工程等的项目管理与施工。

产品服务

智能集成装配式冷热站；楼宇自控，智能环控系统、弱电智能化系统

投资运营管理

投资+EPC建设+智慧能源运维（BIM+FM）的全程服务。



轨道交通行业应用场景



高铁、城际铁路			城市轨道交通			配套用房/系统附属产品		
大型车站	中型车站	小型车站	大空间	小空间	智慧环控	四电用房	热水需求	末端系统
								
高效变频直驱离心式冷水机组	高效降膜风冷螺杆机组	高效屋顶机	磁悬浮离心机变频水冷螺杆机组	智能多联机	冷源机房节能控制 A/B端控制 风水联动	精密机房空调	空气能热水机组	美的轨道专用组空

美的为轨道交通行业提供全方位的**绿色智慧空调系统**解决方案



美的轨道交通市场情况

美的中央空调在全国24个省份31个城市做有80个地铁项目

在已建和在建的**46**个地铁城市中覆盖率近**72%**



美的高铁领域市场情况

美的中央空调已为已建的骨干四纵四横铁路网、各支线高铁、客运专线、城际客专提供全方位的解决方案。

据统计，截止2019年12月全国美的服务过的高铁站

点占全国已有站点的**50%***以上

- 1、外资品牌彻底退出高铁中央空调领域，国产中央空调独占天下
- 2、美的中央空调在高铁领域，市场占比达到40%，成为高铁领域的领导品牌。

轨道交通能耗现状及痛点

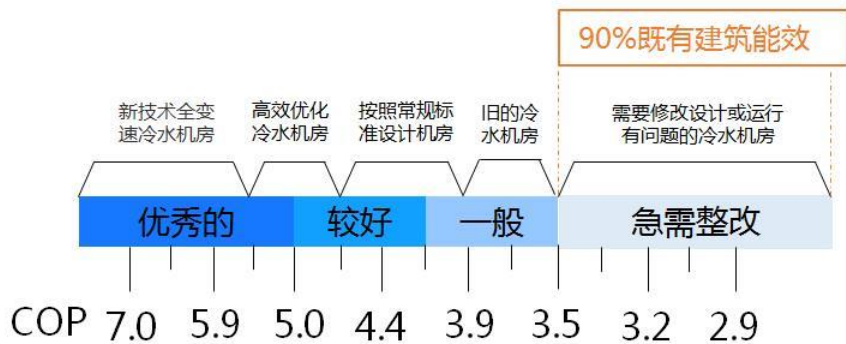


轨道交通空调系统能效低



根据《中国建筑节能年度发展研究报告2018》指出：我国城市轨道交通建设和运营快速发展，用电巨大地铁空调制冷机房能效普遍偏低，具有较大节能潜力。

- 地铁通风空调能耗占地铁运营总能耗约**30%**以上，制冷机房占通风能耗的**60%**以上
- 通过对40余座典型车站现场测试发现，多数冷机COP3~5，制冷站综合能效**EER<3.5**。



美国ASHRAE的制冷机房能效分级

GreenMark等级	峰值建筑冷负荷(RT)	
	< 500	≥ 500
	COP	
认证级	4.1	4.7
金奖	4.4	5.0
超金奖	4.7	5.2
白金奖	5.0	5.4



新加坡绿色建筑评定标准规定



轨道交通空调系统常见痛点



空调能耗高

- 地铁通风空调能耗占地铁运营总能耗**30%以上**；
- 通过对40余座典型车站现场测试发现，多数冷机COP3~5，制冷站综合能效EER<3.5。



机房占地面积大

- 地铁站大多数是地下车站，很多机房空间狭小，甚至没有机房空间；
- 而传统水系统，占用的空间较大，不仅仅浪费空间，同时造成**施工周期长**。



施工周期长

- 系统**配件多**，协调困难；
- 现场动焊，烟气排放困难，施工**环境差**；
- 工程质量不齐，**效果难评估**；
- 现场工种交叉作业，**施工周期难以把握**



责任单位多

- 水系统涉及产品**种类多**、采购工作量大；
- 系统调试**配合难度大**，系统出现问题，各厂家很容易找理由；
- **运维管理复杂**，运行效果很难保证；



轨道交通空调系统能效目标影响因素



轨道交通通风空调系统具有多变性、多耦合、非线性、时变性强等特点，因此影响系统能效的因素是多样的。

美的采用**能效解耦分析法**，通过对影响能效参数进行关联度分析和主成分分析，对影响参数进行级别排序，在设计阶段就可以对通风空调系统的能效进行预测评估，为后期节能运行目标护航。





智慧环控扁平化系统架构

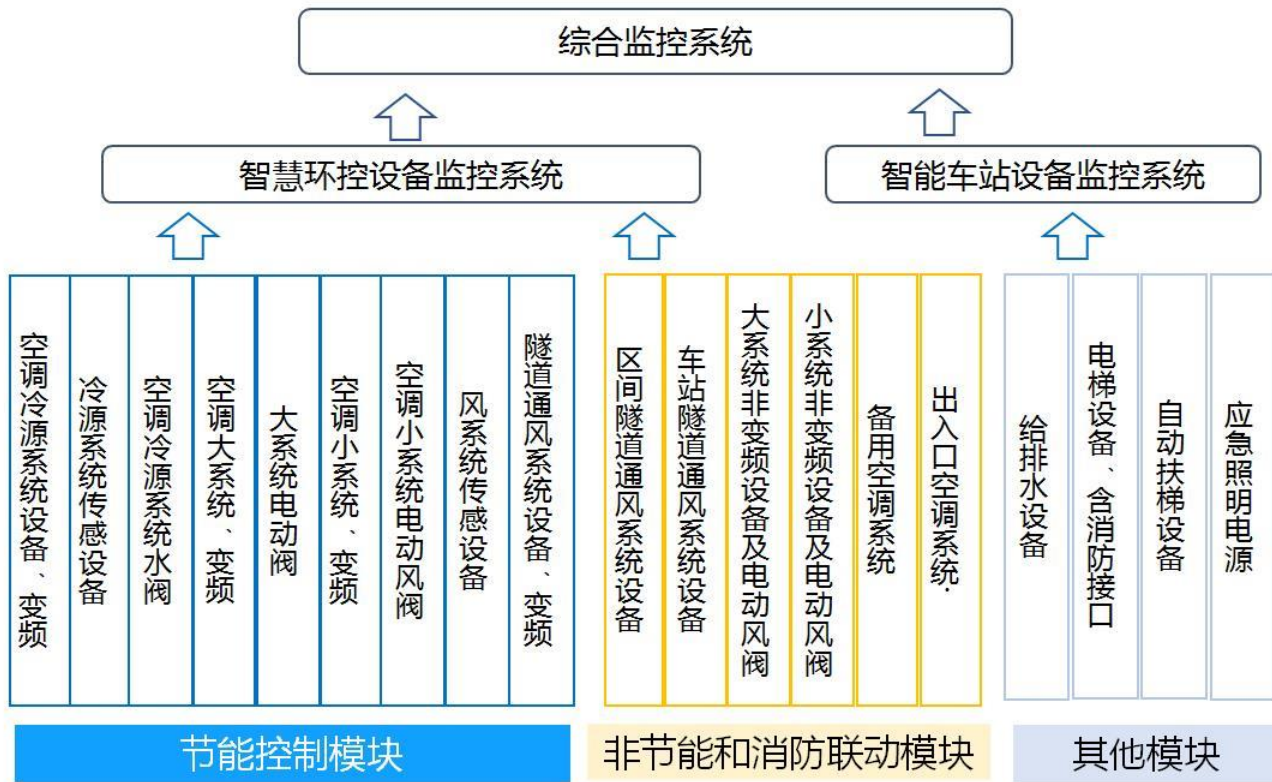


节能目标

能耗降低**40%**以上

水系统**COP > 5.0**

空调系统**COP > 3.5**



采用扁平化系统架构，优化系统层级，节能控制模块，责任主体清晰



美的超高效智慧环控系统解决方案



美的系列化超高效智慧环控系统解决方案



美的高效主机 (能效高、**低压降**)

磁悬浮离心机、变频螺杆、变频直驱及降膜离心机



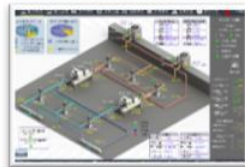
美的高效冷却塔

高效率、低逼近度、**低水耗**



美的水处理

除垢, 灭藻, 保持水质清洁



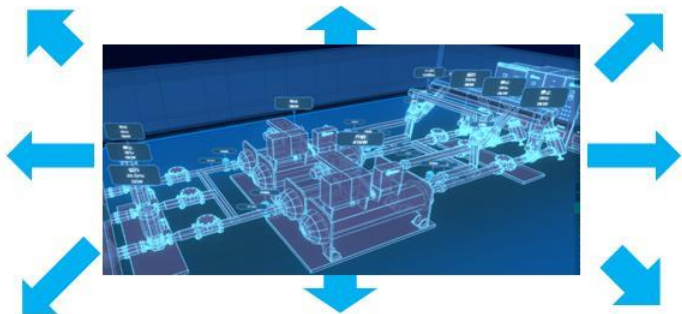
美的智能环控系统

风水联动, AI E+E算法



美的胶球清洗

自动处理软垢, 保证主机高效



美的高精度热量表

能效全面可视化, 保证系统平衡率检测



美的定制高效水泵

高效水泵、变频控制



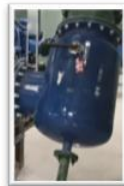
美的低阻止回阀

实现低阻力一对一控制



低阻管网

阀门、管件优化



美的直角弯头过滤器

实现过滤排污低阻化



美的智慧阀

水力平衡, 低能源浪费



美的超高效智慧环控系统解决方案



全系统美的产品解决方案

M-BMS+云能效

冷却塔智能节能控制系统



水泵智能节能控制系统



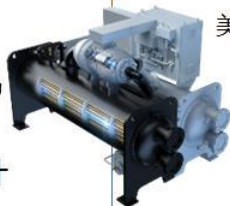
主机综合节能控制系统



水泵智能节能控制系统



末端智能节能控制系统



美的变频离心机

双1级能效
蒸发侧大温差低阻设计



美的定制高效变频泵



美的MEF电磁热量表



美的MEV智慧阀



美的高效变频冷却塔

设计参数下最大逼近度为3



美的定制高效变频泵



美的MEF电磁热量表



美的MEV智慧阀



美的中温大温差高效末端

增大换热器尺寸，风压降低



高效机房解决方案



一体式
高效
集成
冷站

一站式空调系统解决方案



高效

- 空调系统高效
- 机房高效



便捷

- 设计便捷
- 施工便捷
- 使用便捷



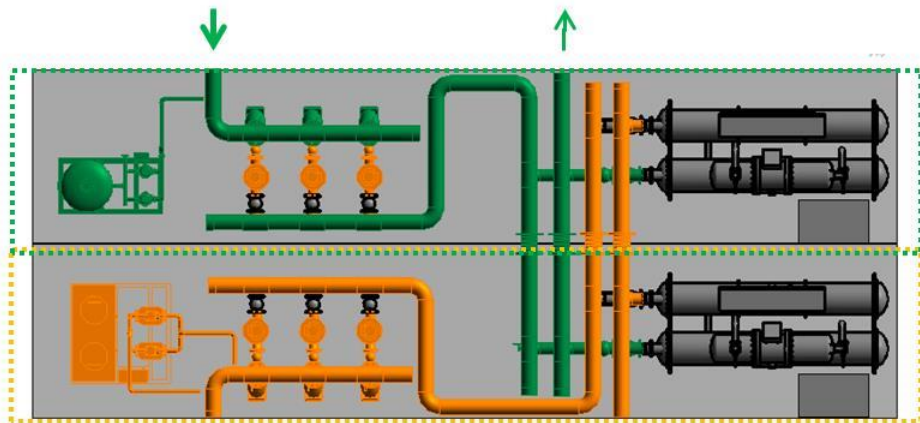
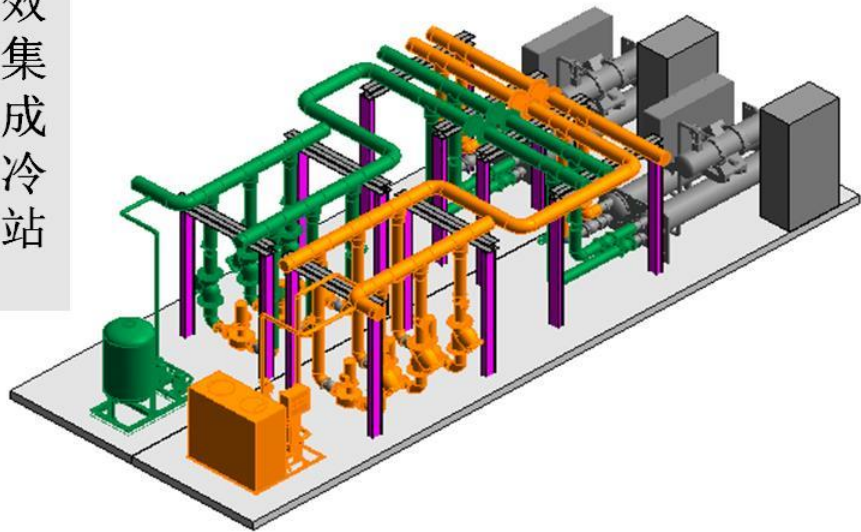
稳定

- 设备质量可靠稳定
- 系统匹配稳定



周期短

- 施工周期短
- 调试周期短





高效机房解决方案



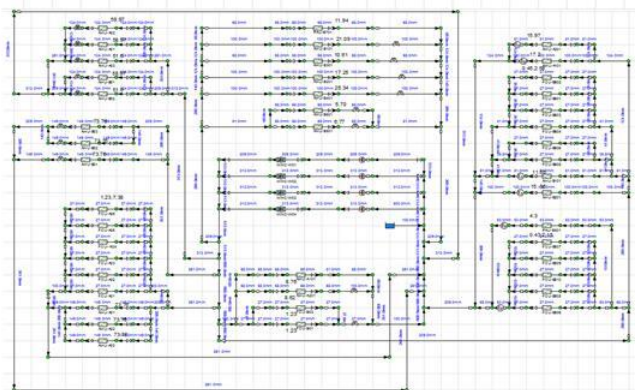
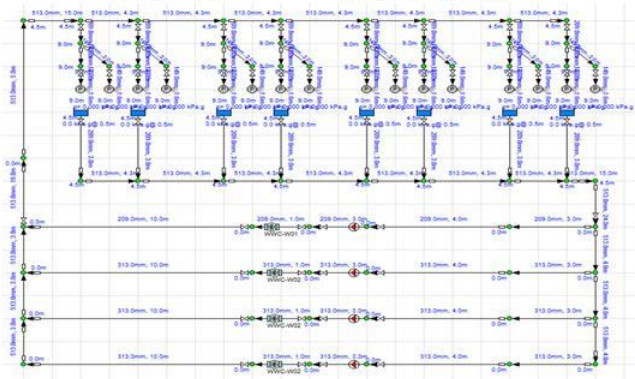
大型空调系统解决方案

管网水力建模仿真

动态水力平衡阀定位

水泵精准选型

避免大马拉小车

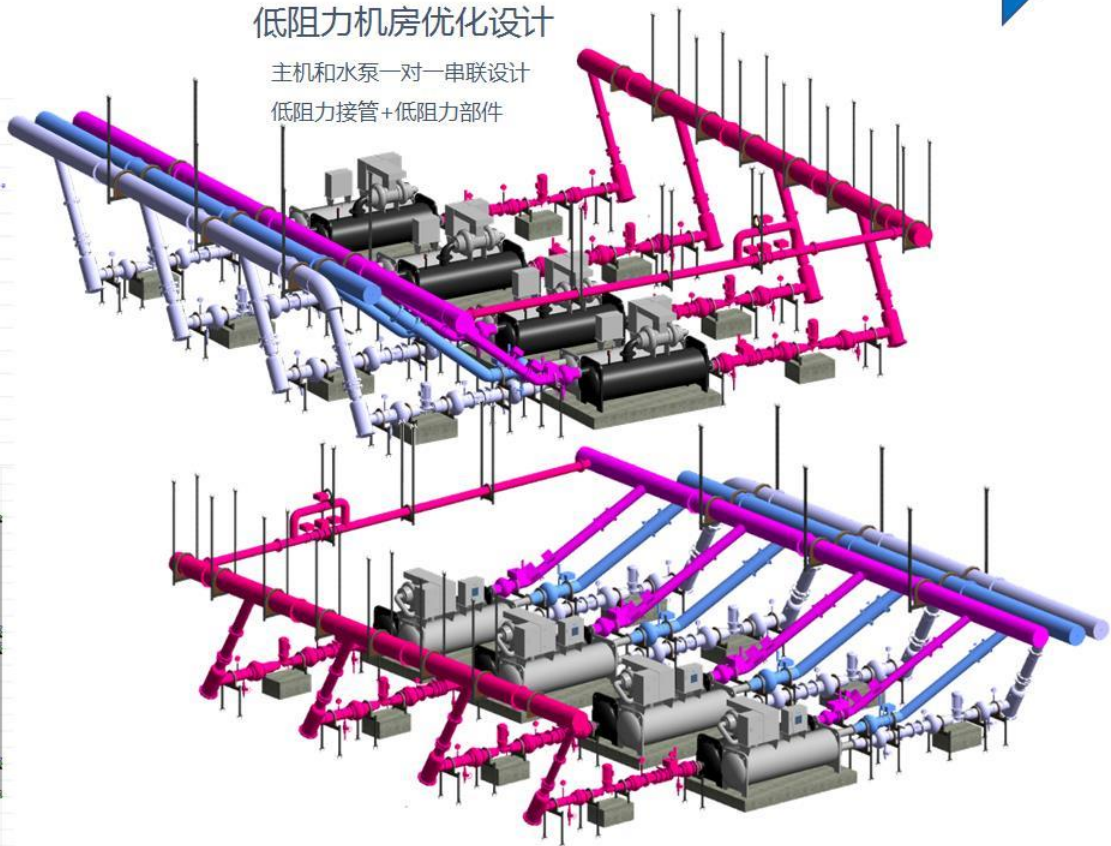


预制
组装式
高效
冷站

低阻力机房优化设计

主机和水泵一对一串联设计

低阻力接管+低阻力部件





1

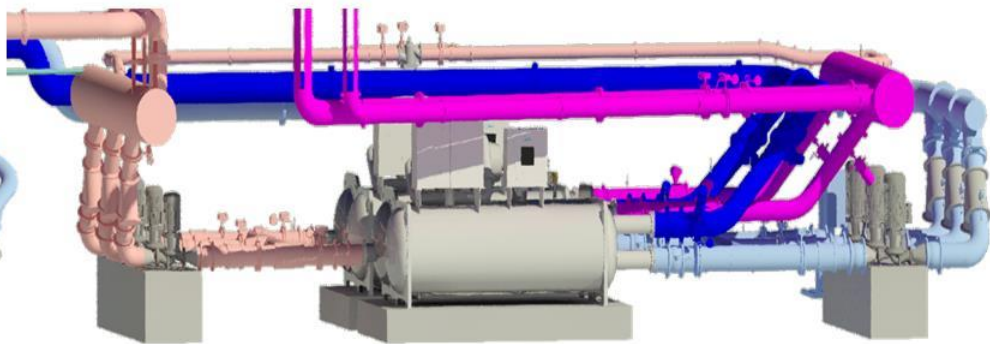
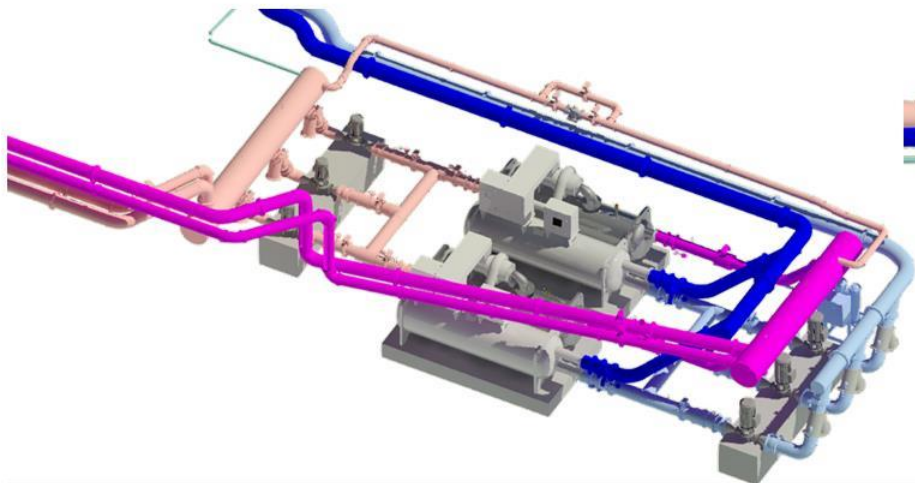
三维可视化及精确定位： BIM模型可以展现出二维施工图上看不到的问题，减少部分管线长度和弯头数量

2

碰撞检测： 将管线之间及管线结构之间碰撞问题尽早的反馈出来大幅度提高施工的生产效率

3

传感器提前定位： 提前判断安装空间及位置能否满足要求，保证自控传感器的顺利安装，为后续精确的数据采集提供保障



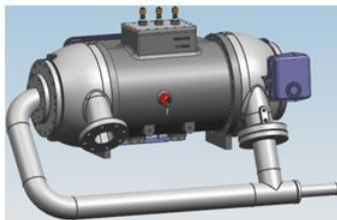


重点推荐：磁悬浮变频离心机组概述

自主知识产权:磁悬浮压缩机+冷媒冷却变频器



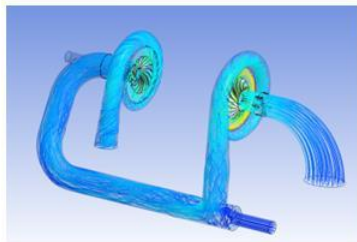
- 冷量范围：170RT~900RT
- COP：6.31~6.59（一级）
- IPLV：8.51~9.41
- 永磁同步电机，效率可达0.97
- 工业级磁轴承，无需润滑油，零摩擦，功耗低
- 长寿命备降轴承（大于10次），无限制备降
- **自主冷媒冷却变频器，应用微流道冷媒散热技术**
- 水平对置叶轮（170~250RT），减小轴向力
- 补气增焓双级压缩，效率提高6%
- 全降膜式蒸发器，低水阻，冷媒用量减少



高效磁悬浮压缩机



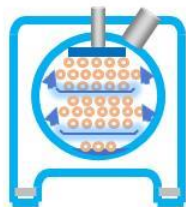
永磁同步电机



航天气动设计



工业级磁轴承



全降膜式蒸发器



自发电控制技术

（14年开始在地铁提供磁悬浮：拥有全线磁悬浮供货业绩，及三站以上磁悬浮运营业绩）



M-BMS智慧环控系统设备





智能环控系统网络架构



—— 通讯线
—— 硬线连接

M-BMS
智慧环控



DTU



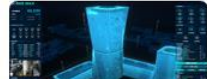
云能效



移动运维



AI大屏展示



以太网总线

Modbus TCP/IP

以太网总线

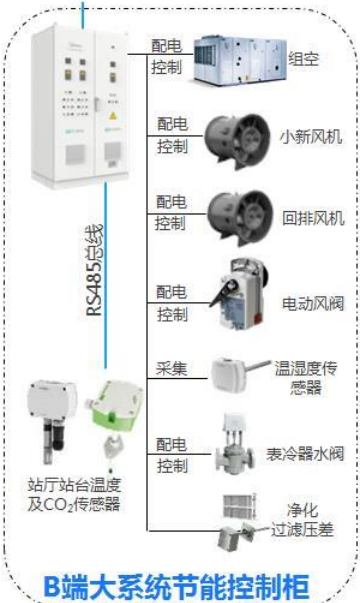
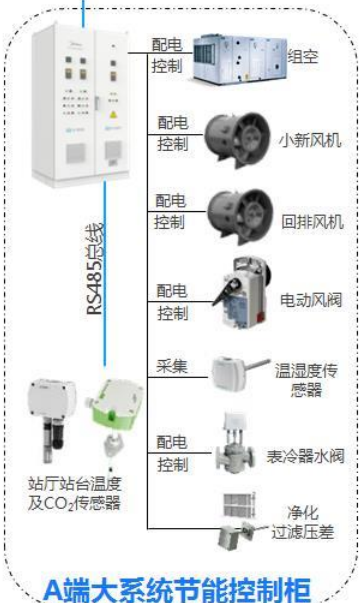
以太网总线

以太网总线

以太网总线

以太网总线

以太网总线





智能环控的组成：冷源机房



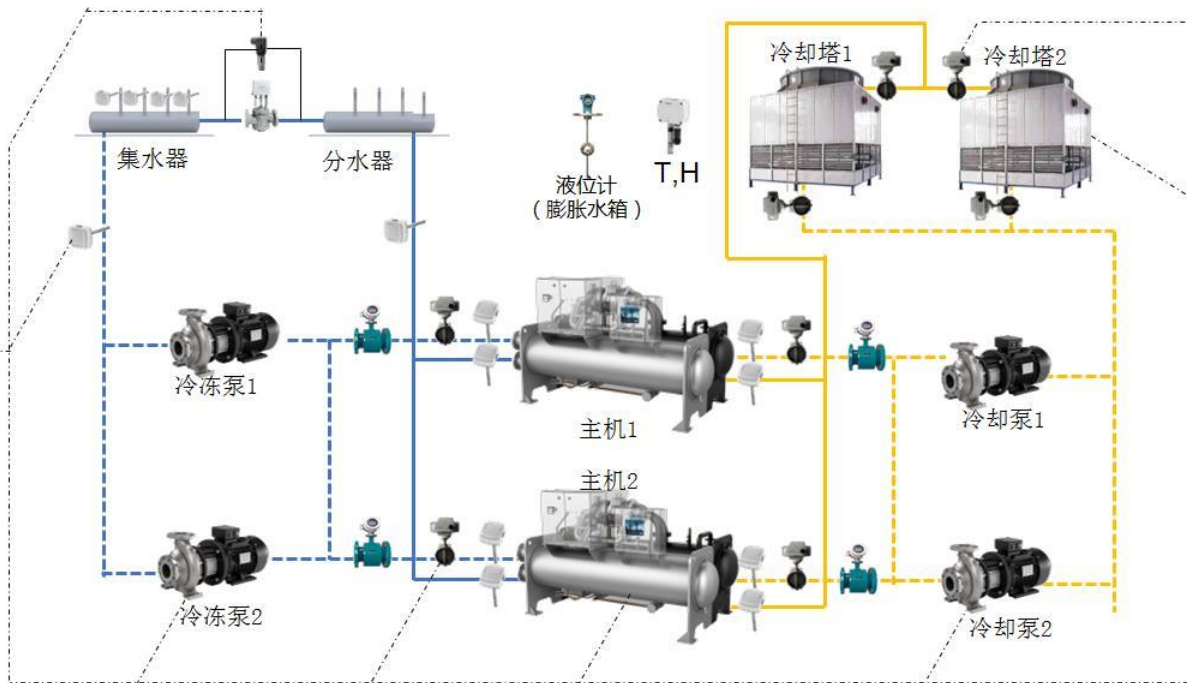
2台冷水主机，2台冷冻水泵，2台冷却水泵，2台冷却塔，8台电动蝶阀

14个温度传感器，1个压差传感器，4个流量计，1个室外温湿度传感器，1个液位计

-  温度传感器
-  热量表/流量传感器
-  室外温湿度传感器
-  压差传感器



冷源机房节能控制柜

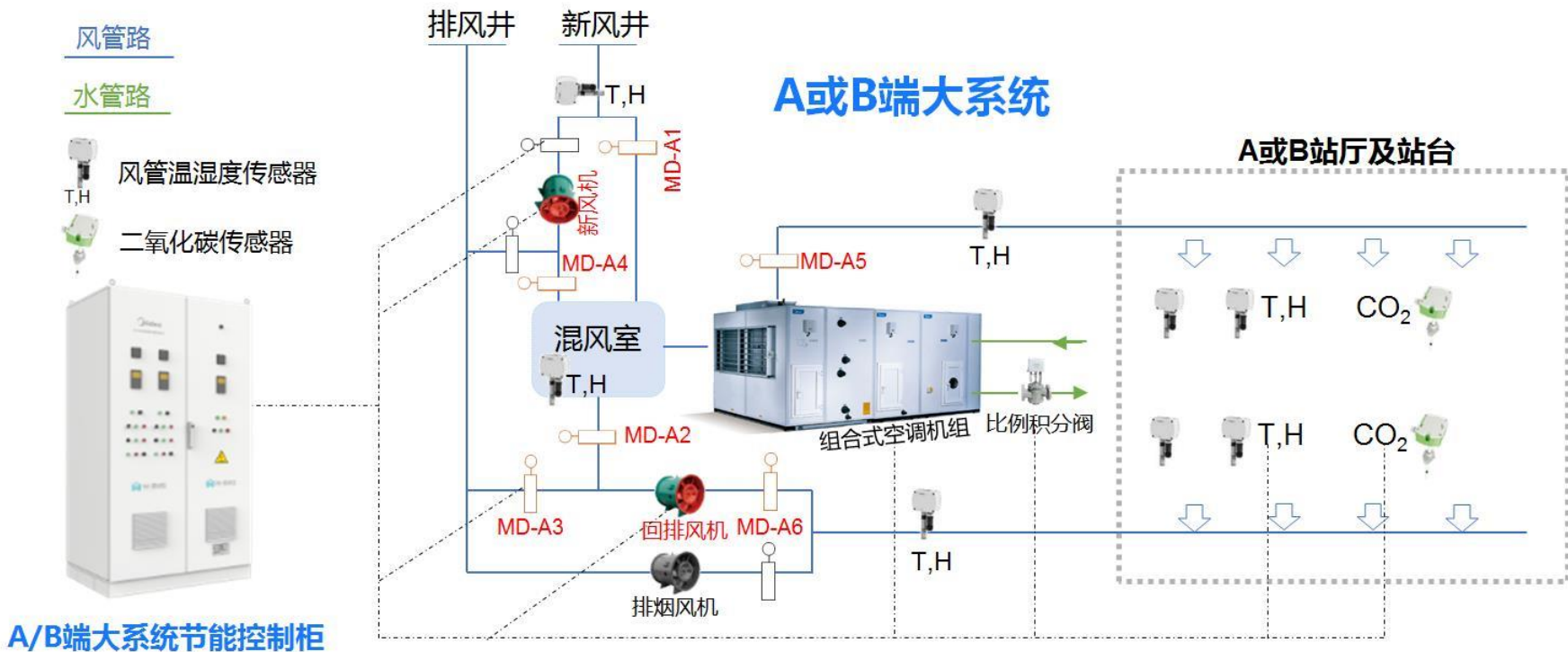


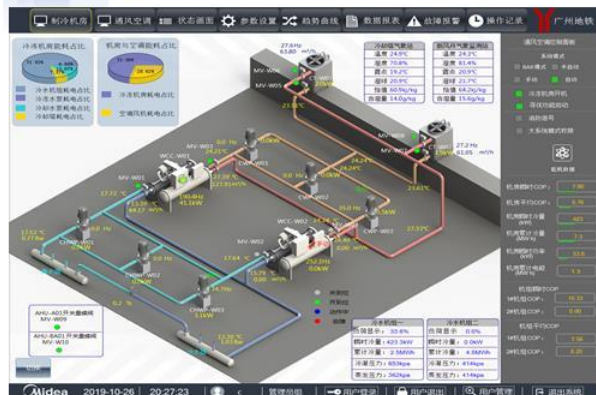


智能环控的组成：大系统

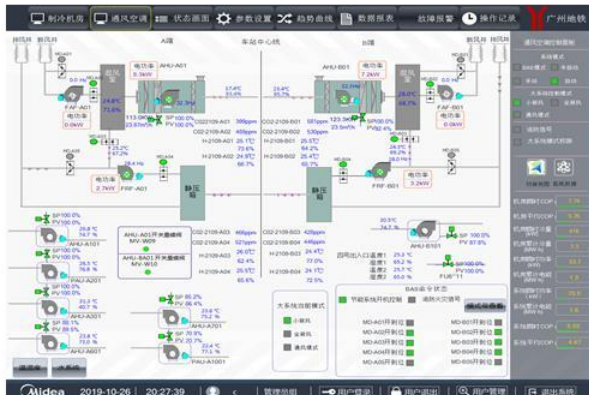


2 台 组合式空调，2 台 回排风机，2 台 小新风机，2 台 表冷器水阀，12 组 电动风阀
 16 个 温湿度传感器，4 个 CO₂ 传感器





机房状态监控



末端状态监控



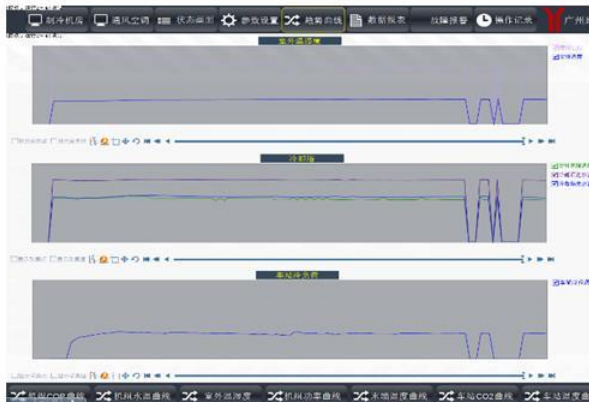
能耗统计分析



机房参数设置



末端参数设置



曲线图



节能控制算法策略库

主机负荷调节与群控无缝控制

智能加减机及前瞻性控制

基于最优效率的多机组负荷优化分配

基于负荷巡航的出水温度自适应调节

基于负荷预测的冷冻流量最佳控制

水泵最优效率优选组合控制

冷却塔最低出水温度趋近控制

冷却水系统最佳效率寻优节能控制

AHU节能优化控制

基于能量平衡的水阀水力平衡控制

智能风水联动控制提高系统整体能效

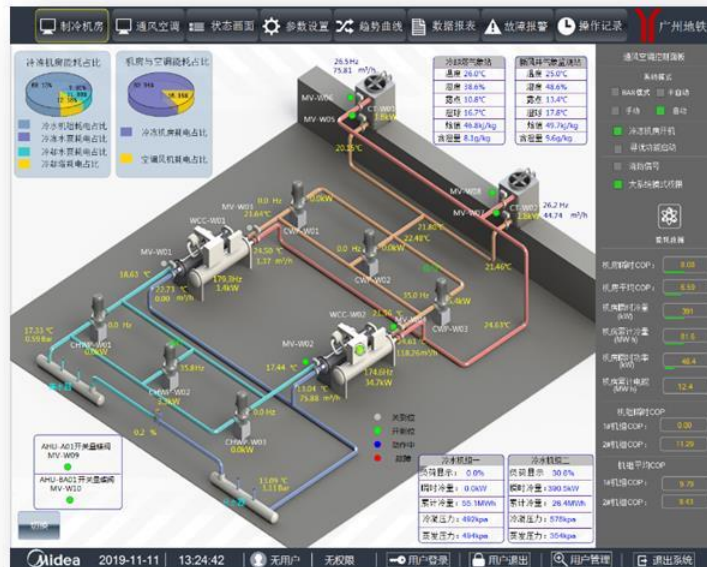
系统低负荷智能控制

日程设定及SSTO最佳启停控制

过渡季节节能优化控制

...

深入到暖通物理逻辑的全局动态优化



精准测量 -- 能效诊断

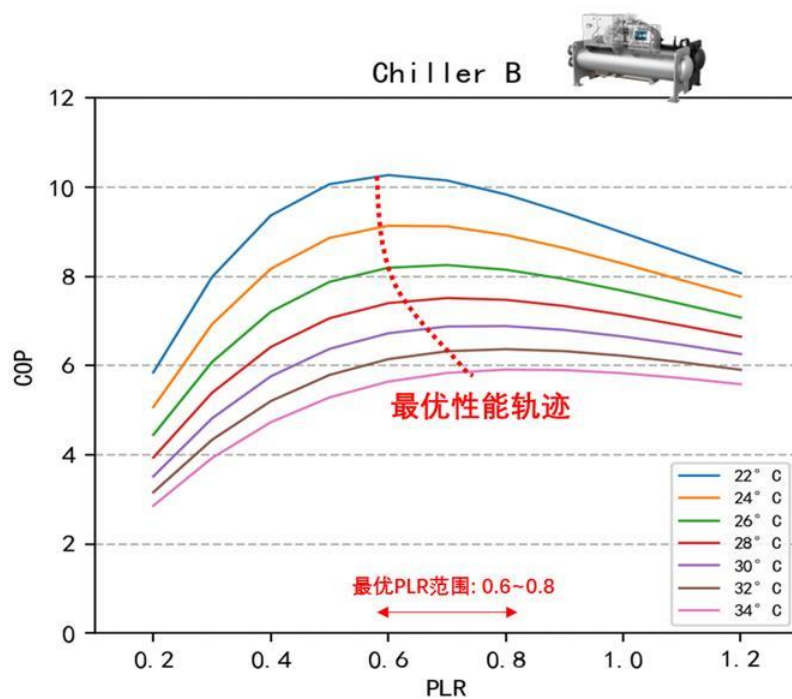
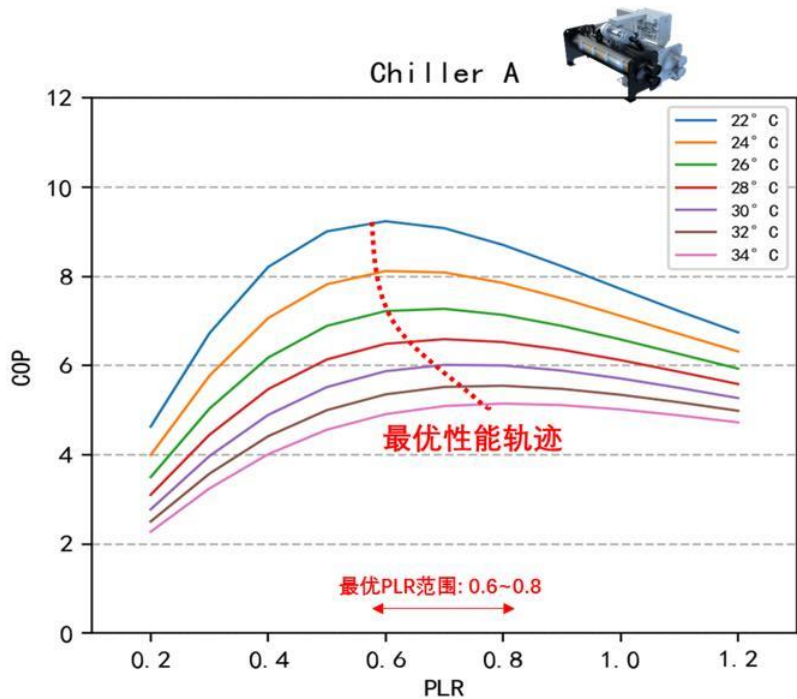
智能控制 -- 无人值守

全局优化 -- 能耗最低



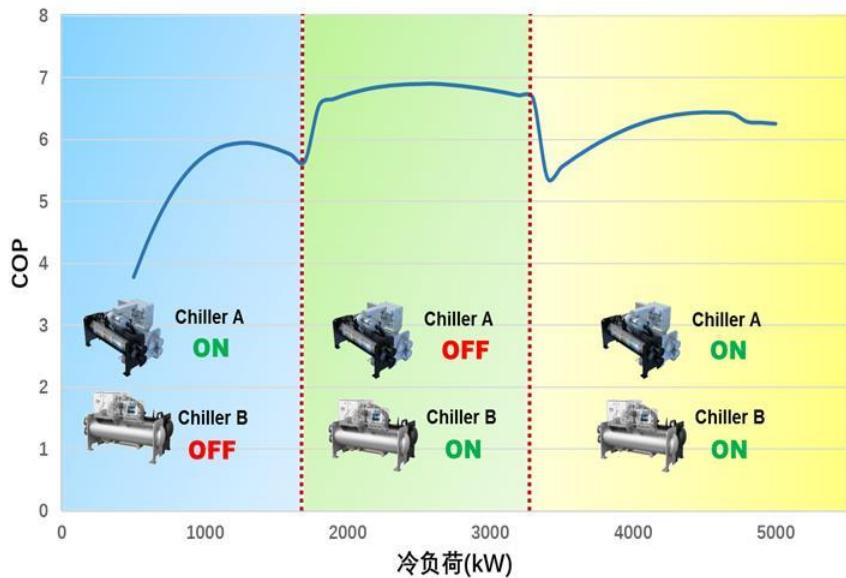
◆ 冷水机组

负荷优化分配控制

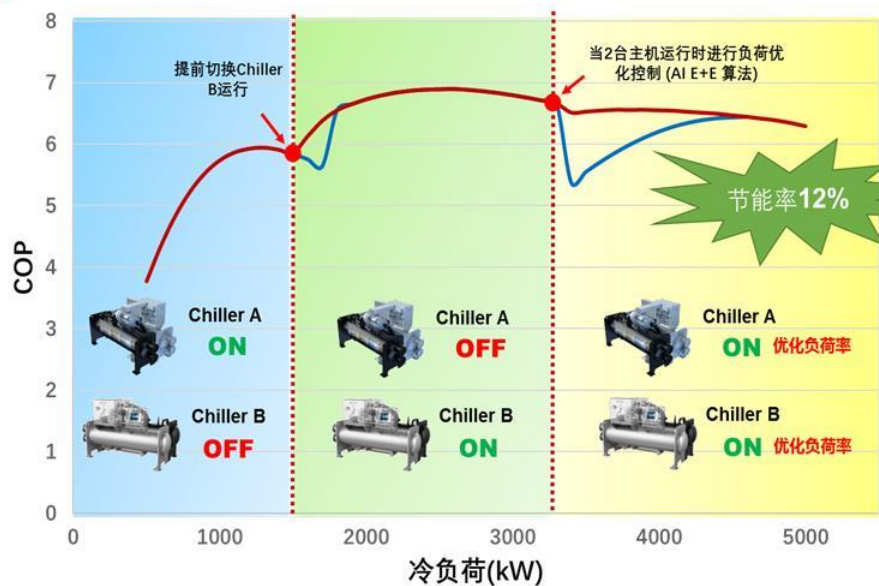


◆ 冷水机组

传统BMS: 顺序启停控制



M-BMS: 负荷优化分配控制

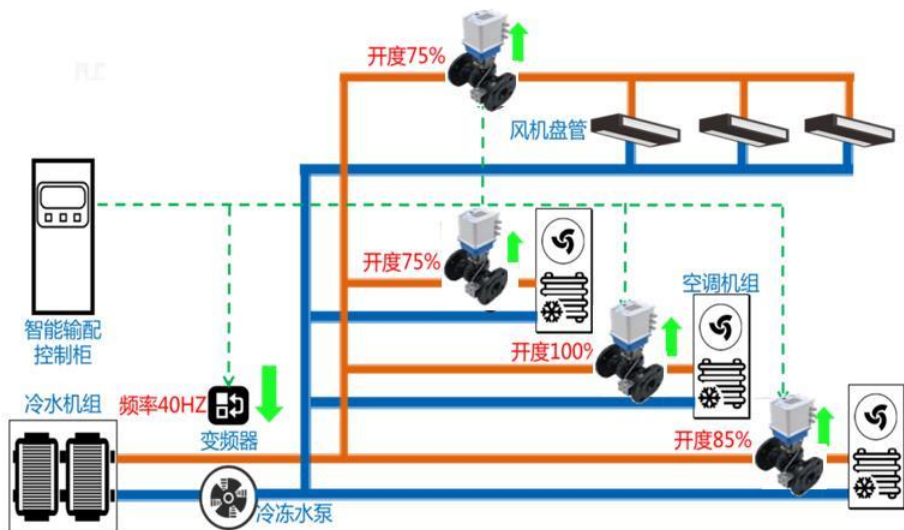




◆ 冷冻水侧

全局流量平衡控制

采用全局流量平衡控制使空调系统的所有末端设备均能达到最佳流量。在部分负荷状态下每个末端设备也能按需输配到最佳流量。输配系统的动力水泵以最小工作压差实现最优运行，可以降低能耗。



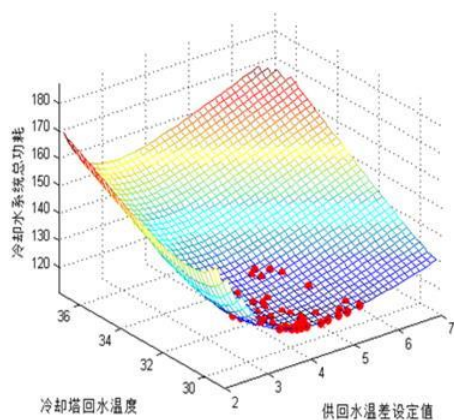
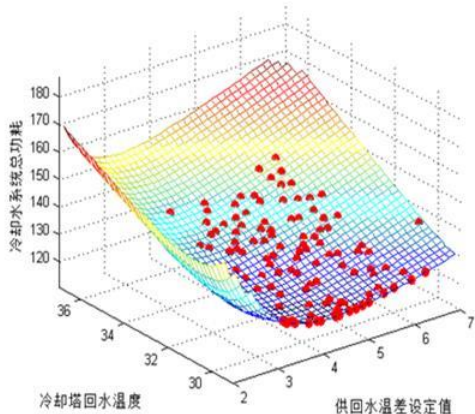
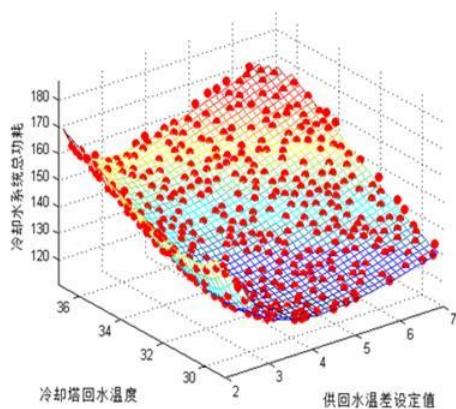
(DN65≤口径≤DN150)

标配：新执行器+调节球阀阀体+压差传感器+1个温度传感器



◆ 冷却水侧

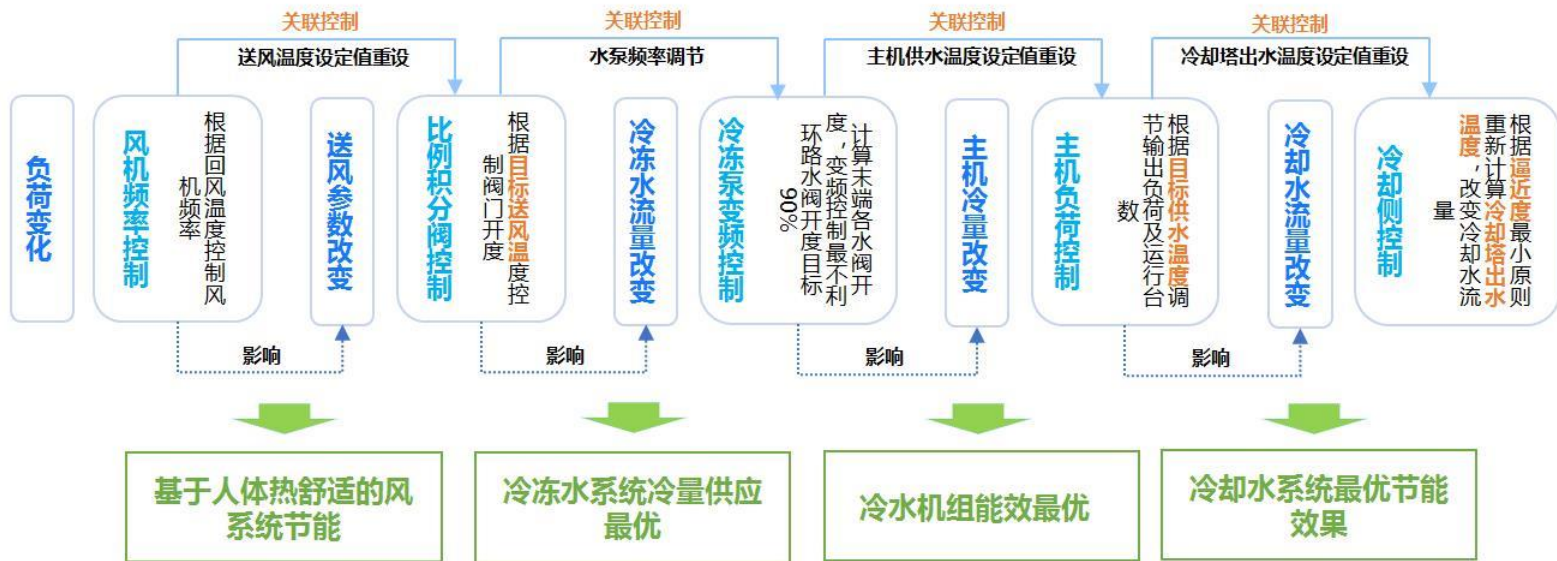
建立冷却水系统自适应模糊优化模型，通过对冷却塔回水温度、供回水温差设定值进行多目标寻优，找出使得冷却水系统能耗最低的冷却塔回水温度、供回水温差设定值组合，可实现冷却水系统（主机、冷却塔、冷却水泵）的整体节能，即获取较高的机房COP。





◆ 风水联动策略

传统空调控制技术，空调水阀控制和空调风量控制相互独立，空调控制和冷水机房的控制相互独立。风水联动节能控制技术消除了空调控制的孤岛，根据空调运行状况**预测负荷变化趋势**，并同步调节空调末端的风量、冷源系统的冷冻水流量及冷水机组的负荷，**降低系统的综合能耗，减小系统的控制波动。**





节能控制策略



车站环境数据

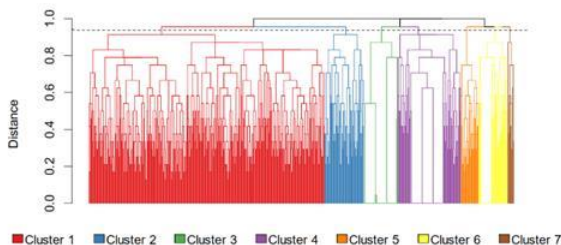
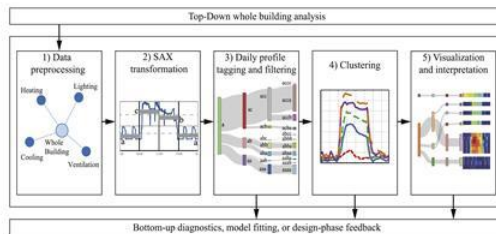
客流量数据

气象数据

系统运行数据

能耗预测模型

环境舒适性需求



智能启停

智能控载

智能控温

智能优化

智能联动

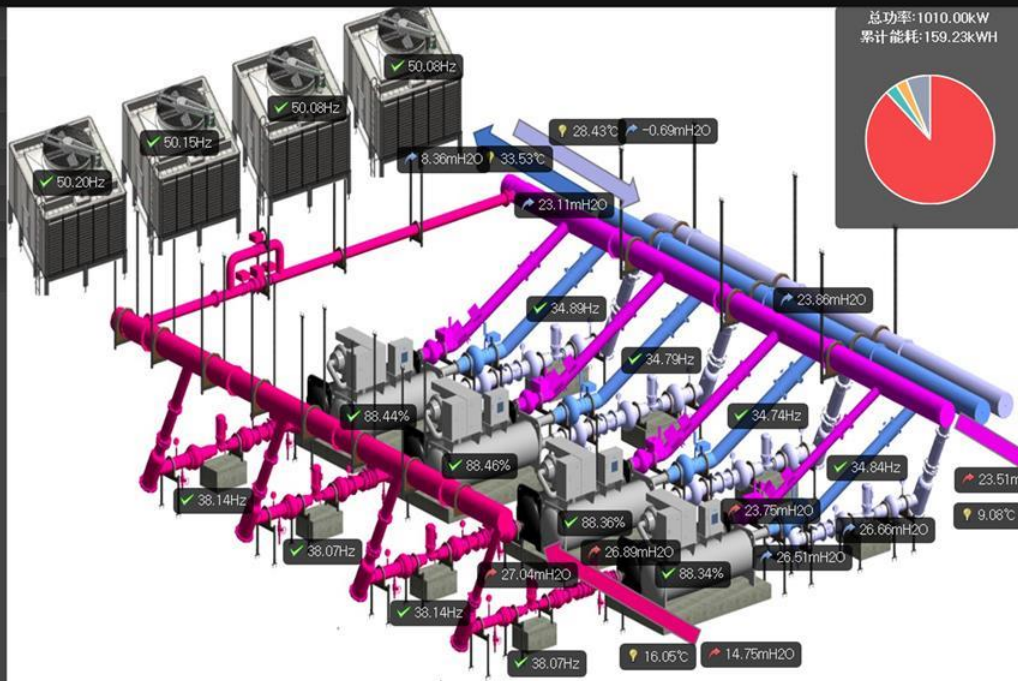
智能诊断

控制算法仿真系统


Midea M-BMS中央空调节能控制系统仿真平台

系统总览

- 气象参数 3
- 冷冻泵状态 7
- 冷机状态 7
- 冷却塔状态 1
- 冷却泵状态 1
- 冷却塔状态 1
- 总能耗分析 1
- 系统能效参数 1



总功率: 1010.00kW
累计能耗: 159.23kWh



运行状态列表

开始采集	点我开班!
室外温度/℃	25.52
冷冻水温度设定	7.00
冷却水温度设定	5.00
冷机负荷率%	88.24
冷机运行台数	4.00
冷冻泵运行台数	4.00
冷却泵运行台数	4.00
冷冻泵转速比/Hz	37.92
冷却泵转速比/Hz	34.69
冷冻泵运行台数	4.00
冷却泵运行台数	4.00
冷冻泵风机转速/Hz	59.00
冷冻水供水温度/℃	9.00
冷冻水回水温度/℃	15.90
冷却水供水温度/℃	33.51
冷却水回水温度/℃	28.28
冷冻水流量/m³/h	670.00
冷却水流量/m³/h	1017.72
冷冻水供水压力/mH2O	23.41
冷冻水回水压力/mH2O	14.60
冷却水供水压力/mH2O	23.11
冷却水回水压力/mH2O	8.21
白天负荷/kW	5394.97
夜间负荷/kW	0.00
冷冻泵总功率/kW	23.56
冷却泵总功率/kW	28.69
冷冻泵总功率/kW	60.00
冷却泵总功率/kW	889.07
累计能耗/kWh	159.23
EERs	3.83
EERr	5.36
SCOP	5.52
COP	6.07
进程内存占用/MB	80328.00
平均EERs	3.99
平均EERr	5.59
平均SCOP	5.77
平均COP	6.43

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

软件名称: 智慧能源中央空調系统节能控制软件
(简称: 中央空調系统节能控制软件)
V1.0

著作权人: 广东美的暖通设备有限公司

开发完成日期: 2019年01月10日
首次发表日期: 2019年01月10日
权利取得方式: 原始取得

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

软件名称: Midea中央空調节能控制系统仿真平台软件
(简称: Midea中央空調仿真平台)
V1.0

著作权人: 广东美的暖通设备有限公司

开发完成日期: 2019年01月10日
首次发表日期: 2019年01月10日
权利取得方式: 原始取得

权利范围: 全部权利
登记号: 2019SR09307139

根据《计算机软件著作权保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定, 经中国版权保护中心审查, 对上述事项予以登记。

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

No. 2019SR09307139
2019年01月10日

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

No. 2019SR09307139
2019年01月10日

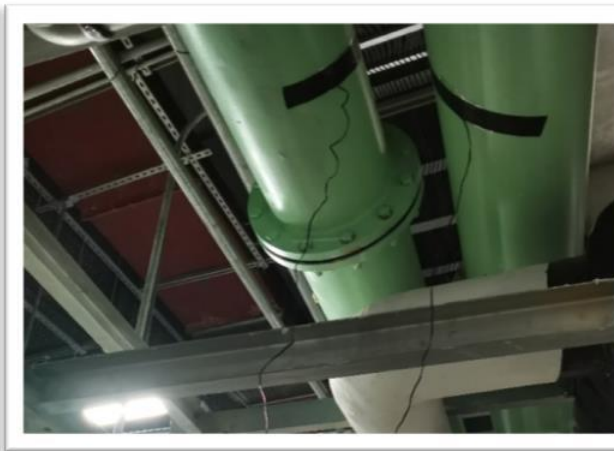


◆ 温度传感器校核

- 用管道温度自记仪，安装于冷却水及冷冻水管壁
- 分别记录冷冻及冷却水温度
- 对比系统传感器数值进行校核



管道温度自记仪



冷却水温度测试



冷冻水温度测试



◆ 流量计校核

- 用超声波流量计现场测试总管流量
- 分别测试冷却塔支管流量
- 对比流量数值差异，校核流量计数值。



超声波流量计



总管流量



支管流量1



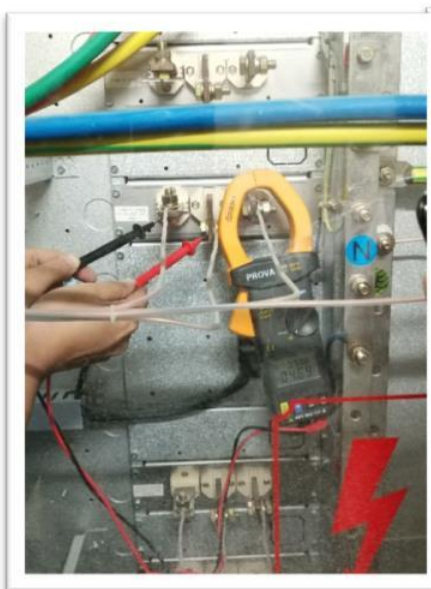
支管流量2



- ◆ **智能电表参数校核**
 - 用电能分析仪测主机电流，钳形表测主机电流，校核主机电表
 - 用钳形表测各设备的功率，校核设备电表
 - 对于数据异常的电表进行参数重设



电能分析仪



万用钳形表



校核前



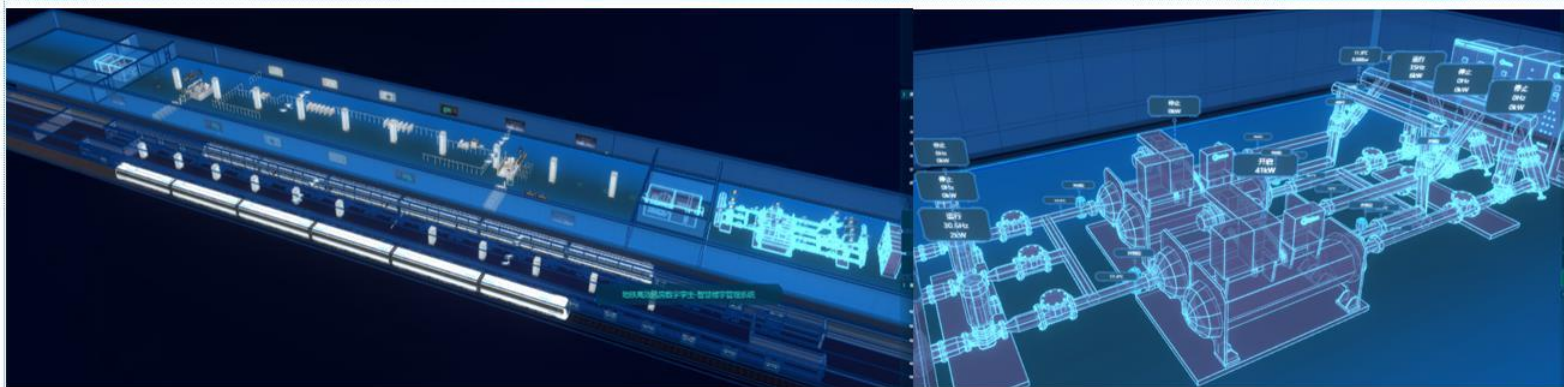
校核后：修改变比



智慧地铁运营管理平台框架



智慧车站
运营平台



多维监控

安全管控

高效运营

深度节能

智慧运维

智慧管理

智慧服务

智慧
核心

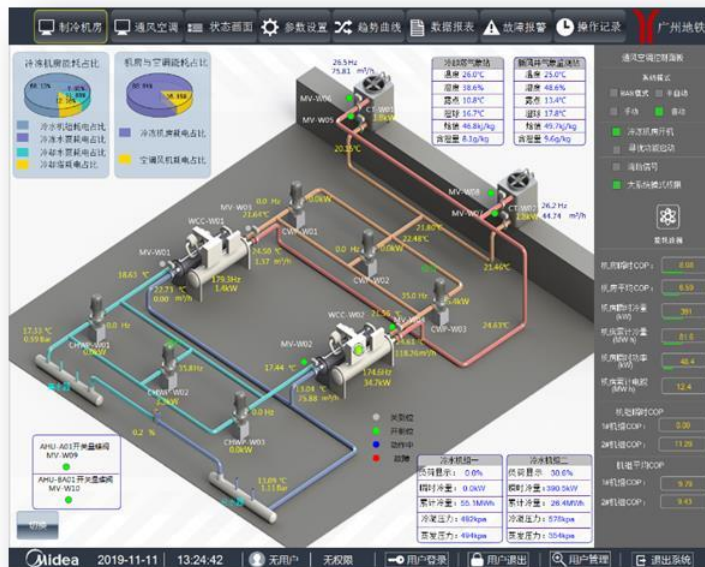
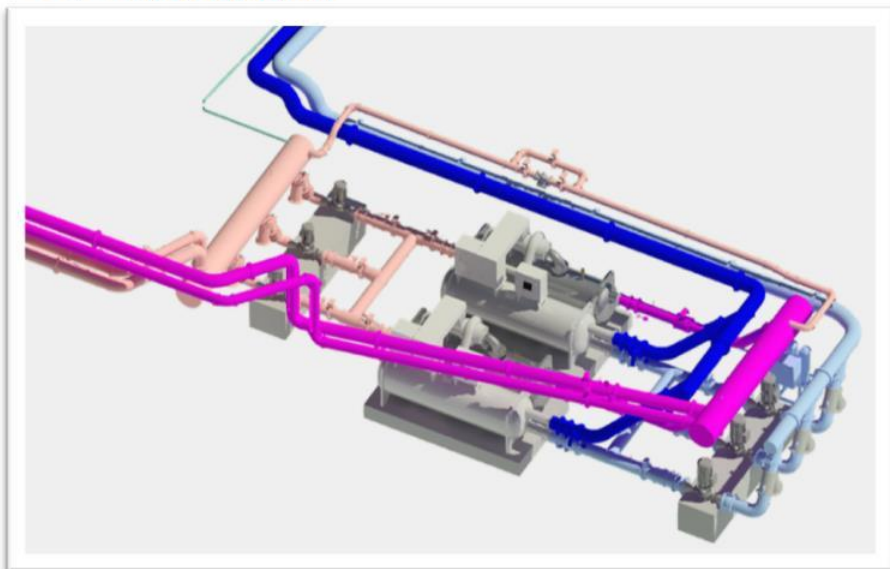


部分案例介绍

- 苏元地铁站
- 天河公园地铁站
- 其他地铁项目



◆ 广州地铁苏元站



苏元站是广州21号线第9个车站，采用2台250RT冷量变频直驱高效离心机，3台冷冻水泵、3台冷却水泵和2台冷却塔，冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机均采用变频调节。控制系统采用美的BMS系统，经第三方检测机构检验，空调冷源系统全年能效系数为**6.04**，达到广州地铁对于机房能效>5.0的要求。

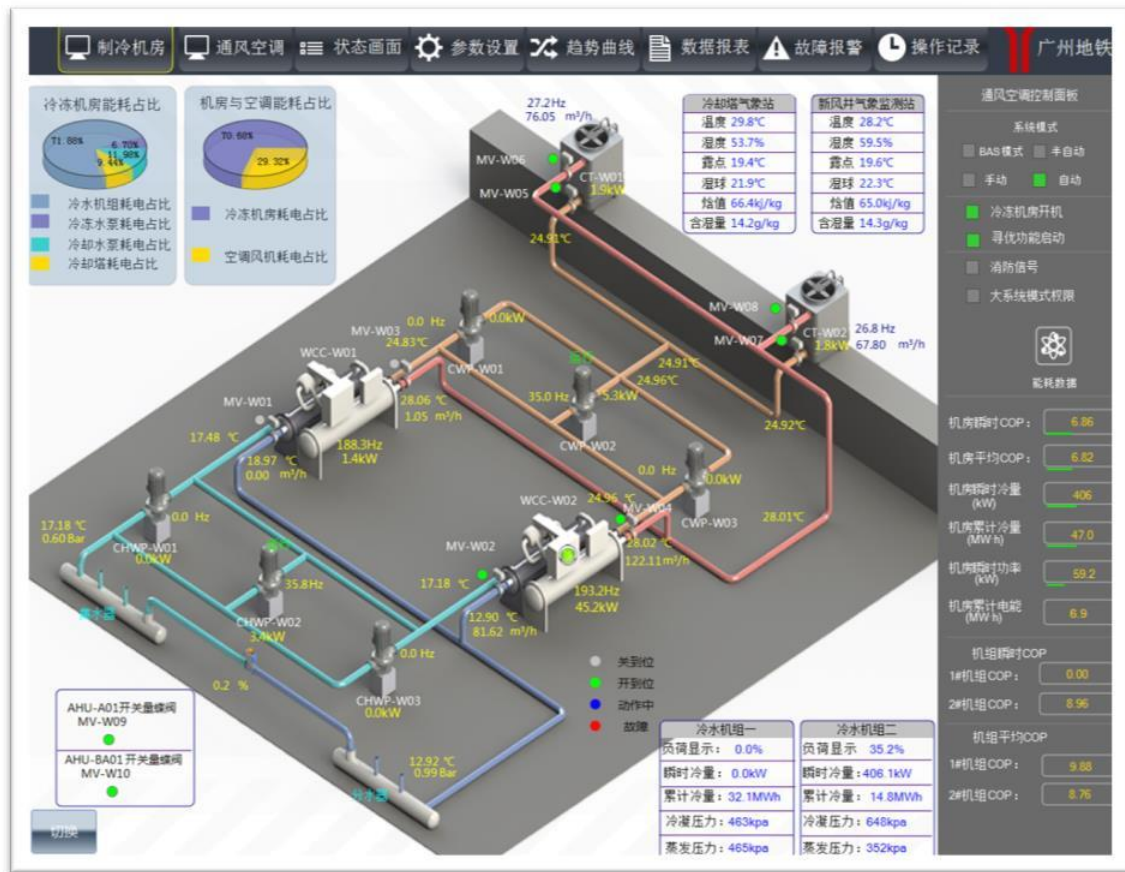


部分案例介绍



◆ 广州地铁苏元站

- NPLV提升**35~40%**
- 主机运行费用降低**35%**，投资回收期小于**三年**
- 高效机房空间减小约**25%**
- 维保费用降低**40%**
- 机房COP **6.04**





部分案例介绍



◆ 广州地铁天河公园站

本项目包含空调冷源、末端、新排风、隧道风机等设备监控



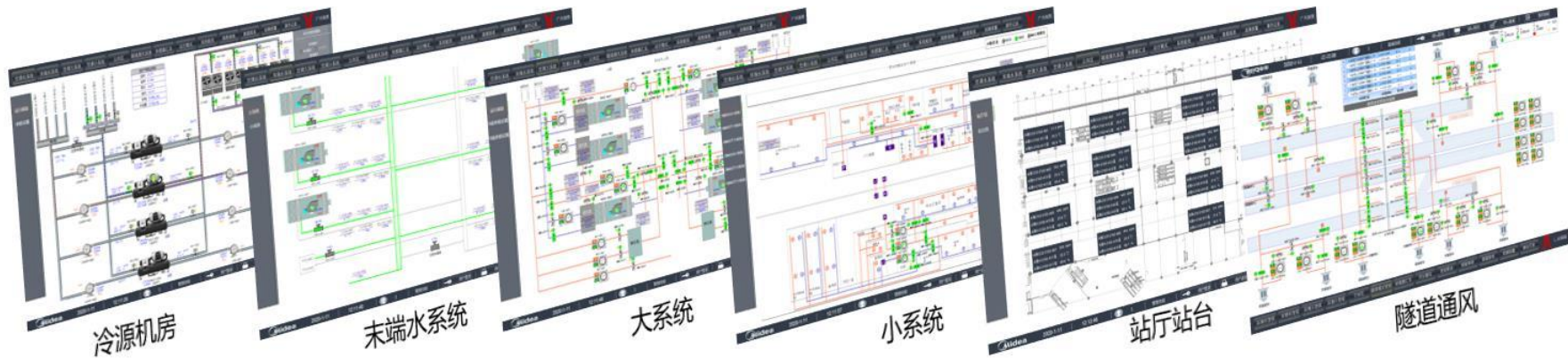
环控电控室



节能控制柜



主机房



谢谢！

Midea

A stylized blue cityscape illustration on a blue background. The central focus is a tall, curved skyscraper with the 'Midea' logo at its top. The building is composed of horizontal lines and small square windows. To the left and right of this central tower are several shorter, rectangular buildings of varying heights, also rendered in a similar blue, stylized manner with horizontal lines and small square windows.