



Green
AI智慧控制在高效机房中的运用

—可孚医疗高效机房品鉴会—

南京天加环境科技有限公司
NANJING TICA CLIMATE SOLUTIONS CO.,LTD.



B1: 空面17400m²

B2: 空面39180m²

C1: 空面22000m²

D1: 空面20000m²

**冷热、源机房由
天加设计和建造**

项目需求及高效机房选型

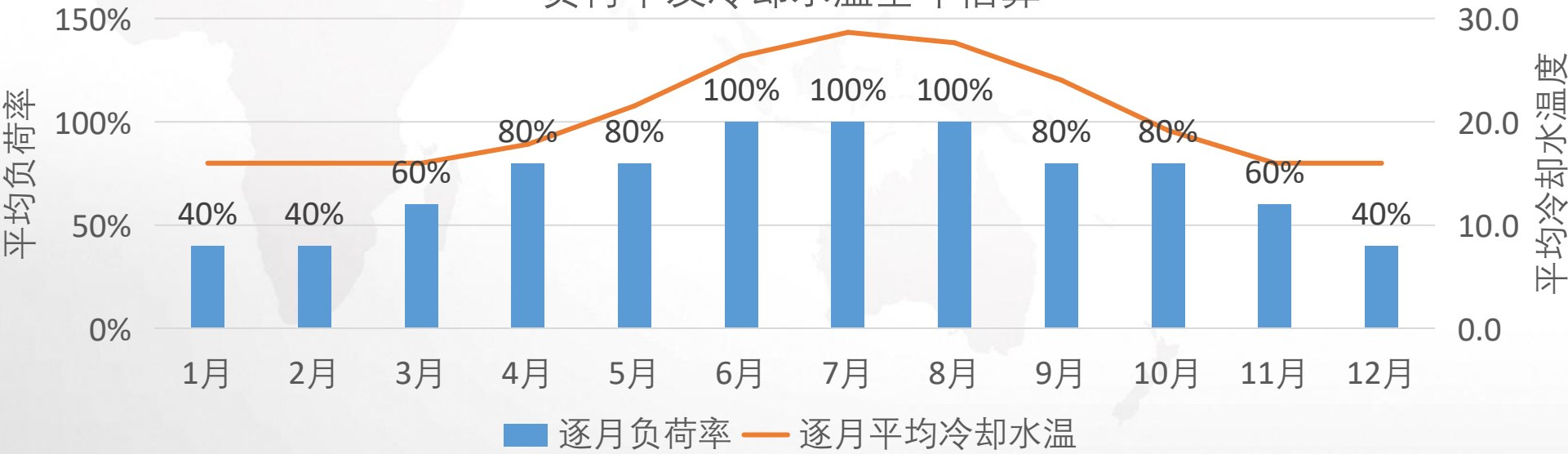
制冷主机							
设备类型	冷量需求 (RT)	数量	磁悬浮型号	GB COP	GB IPLV	备注	品牌
磁悬浮冷水机组	1800	3	WE600.4X	6.76	10.41	4台超高效VTX压缩机	SMARTD
输配系统							
设备类型	流量 (m³/h)	数量	扬程 (m)	功率 (kW)		备注	品牌
冷冻水泵	1217	3	37（原42）	160 （原220）		1机1泵	Xylem赛莱默
冷却水泵	1400	3	30	160 （原185）		1机1泵	Xylem赛莱默
冷却塔	1103（原704）	6	-	45		1机2塔	元亨
控制系统							
主动寻优高效机房控制 包含强弱电一体柜，传感器，阀门，能源管理平台，能效认证							

原设计与高效机房对比一览表

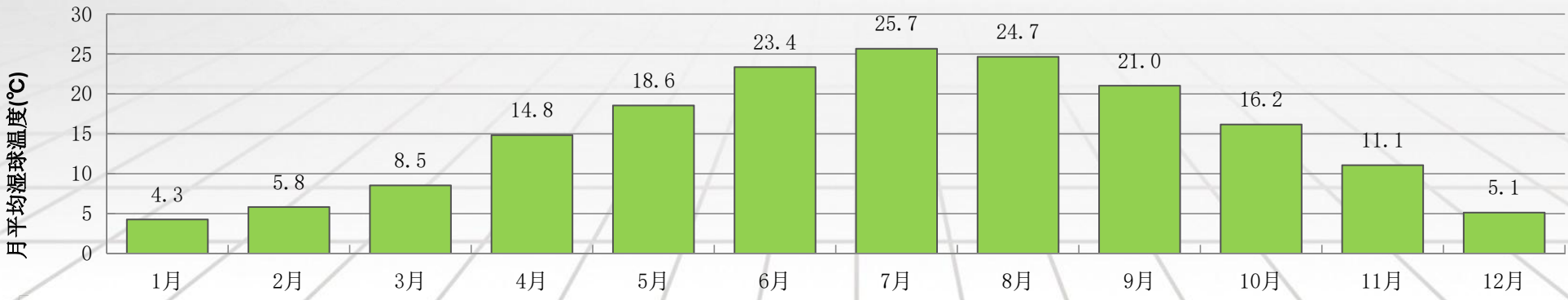
对比项	原设计	主动寻优高效机房
综合EER	4.5	5.7
主机控制	手动，台数控制	自动，寻优控制
冷冻水泵	手动变频节冗运行	温差/压差联控自动变频运行
冷却水泵	定频运行	温差变频运行，主动寻优控制
冷却塔	人工设定水温，台数控制	自动变频，湿球逼近控制
系统优化	无	温差/阻力/水塔优化
能管平台	监视功能，手动控制	全自动控制，全数据管理
数据验证	无	合肥所第三方验证

全年负荷率估算原则

负荷率及冷却水温全年估算



长沙地区典型气候年逐月平均湿球温度



1.本项目为全新
建项目，去年负
荷率估算采用同
行业已有数据推
算获得
(金赛药业&可
孚医疗)

2.冷却水平均进
水温度按照3°C逼
近度估算，实际
会更低

原机房全年运行能耗																					
主机能耗	开机月份	基本情况				磁悬浮机组1#					磁悬浮机组2#					磁悬浮机组3#					合计能耗
		总负荷率	运行小时数	冷却水温	实际制冷量	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	
		h	℃	kW	kW		kW	W/W	kWh	kW		kW	W/W	kWh	kW		kW	W/W	kWh	kWh	
	1月	40%	744	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	-	-	-	-	12465896
	2月	40%	696	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	171395	6329	60%	3797	15.42	171395	6329	-	-	-	-	
	3月	60%	744	16.0	11392	6329	90%	5696	11.98	353737	6329	90%	5696	11.98	353737	6329	-	-	-	-	
	4月	80%	720	17.8	15189	6329	80%	5063	12.18	299293	6329	80%	5063	12.18	299293	6329	80%	5063	12.18	299293	
	5月	80%	744	21.6	15189	6329	80%	5063	10.24	367862	6329	80%	5063	10.24	367862	6329	80%	5063	10.24	367862	
	6月	100%	720	26.4	18986	6329	100%	6329	7.48	609352	6329	100%	6329	7.48	609352	6329	100%	6329	7.48	609352	
	7月	100%	744	28.7	18986	6329	100%	6329	6.97	675169	6329	100%	6329	6.97	675169	6329	100%	6329	6.97	675169	
	8月	100%	744	27.7	18986	6329	100%	6329	7.19	655341	6329	100%	6329	7.19	655341	6329	100%	6329	7.19	655341	
	9月	80%	720	24.0	15189	6329	80%	5063	9.22	395550	6329	80%	5063	9.22	395550	6329	80%	5063	9.22	395550	
	10月	80%	744	19.2	15189	6329	80%	5063	11.41	330140	6329	80%	5063	11.41	330140	6329	80%	5063	11.41	330140	
	11月	60%	720	16.0	11392	6329	90%	5696	11.98	342326	6329	90%	5696	11.98	342326	6329	-	-	-	-	
12月	40%	744	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	-	-	-	-		
						小计:			4566594	小计:			4566594	小计:			3332707				
输配能耗	开机月份	基本情况				磁悬浮机组1#					磁悬浮机组2#					磁悬浮机组3#					合计能耗
		总负荷率	运行小时数	冷却水温	实际制冷量	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	
		h	℃	kW		kWh	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
	1月	40%	744	16.0	7595	60%	163680	137640	66960	368280	60%	163680	137640	66960	368280	-	-	-	-	-	11238480
	2月	40%	696	16.0	7595	60%	153120	128760	62640	344520	60%	153120	128760	62640	344520	-	-	-	-	-	
	3月	60%	744	16.0	11392	90%	163680	137640	66960	368280	90%	163680	137640	66960	368280	-	-	-	-	-	
	4月	80%	720	17.8	15189	80%	158400	133200	64800	356400	80%	158400	133200	64800	356400	80%	158400	133200	64800	356400	
	5月	80%	744	21.6	15189	80%	163680	137640	66960	368280	80%	163680	137640	66960	368280	80%	163680	137640	66960	368280	
	6月	100%	720	26.4	18986	100%	158400	133200	64800	356400	100%	158400	133200	64800	356400	100%	158400	133200	64800	356400	
	7月	100%	744																		

23704376

高效机房全年运行能耗																					
主机能耗	开机月份	基本情况				磁悬浮机组1#					磁悬浮机组2#					磁悬浮机组3#					合计能耗
		总负荷率	运行小时数	冷却水温	实际制冷量	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	主机冷量	平均负荷率	运行冷量	COP	运行能耗	
			h	℃	kW	kW		kW	W/W	kWh	kW		kW	W/W	kWh	kW		kW	W/W	kWh	kWh
	1月	40%	744	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	-	-	-	-	12465896
	2月	40%	696	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	171395	6329	60%	3797	15.42	171395	6329	-	-	-	-	
	3月	60%	744	16.0	11392	6329	90%	5696	11.98	353737	6329	90%	5696	11.98	353737	6329	-	-	-	-	
	4月	80%	720	17.8	15189	6329	80%	5063	12.18	299293	6329	80%	5063	12.18	299293	6329	80%	5063	12.18	299293	
	5月	80%	744	21.6	15189	6329	80%	5063	10.24	367862	6329	80%	5063	10.24	367862	6329	80%	5063	10.24	367862	
	6月	100%	720	26.4	18986	6329	100%	6329	7.48	609352	6329	100%	6329	7.48	609352	6329	100%	6329	7.48	609352	
	7月	100%	744	28.7	18986	6329	100%	6329	6.97	675169	6329	100%	6329	6.97	675169	6329	100%	6329	6.97	675169	
	8月	100%	744	27.7	18986	6329	100%	6329	7.19	655341	6329	100%	6329	7.19	655341	6329	100%	6329	7.19	655341	
	9月	80%	720	24.0	15189	6329	80%	5063	9.22	395550	6329	80%	5063	9.22	395550	6329	80%	5063	9.22	395550	
	10月	80%	744	19.2	15189	6329	80%	5063	11.41	330140	6329	80%	5063	11.41	330140	6329	80%	5063	11.41	330140	
	11月	60%	720	16.0	11392	6329	90%	5696	11.98	342326	6329	90%	5696	11.98	342326	6329	-	-	-	-	
12月	40%	744	16.0	7595	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	60%	3797	15.42	183215	6329	-	-	-	-		
						小计:				4566594	小计:				4566594	小计:				3332707	
输配能耗	开机月份	基本情况				磁悬浮机组1#					磁悬浮机组2#					磁悬浮机组3#					合计能耗
		总负荷率	运行小时数	冷却水温	实际制冷量	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	平均负荷率	冷冻水泵运行功率	冷却水泵运行功率	冷却塔运行功率	合计	
			h	℃	kW		kWh	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
	1月	40%	744	16.0	7595	60%	33195	68142	18672	120009	60%	33195	68142	18672	120009	-	-	-	-	-	6404485
	2月	40%	696	16.0	7595	60%	31053	63746	17467	112267	60%	31053	63746	17467	112267	-	-	-	-	-	
	3月	60%	744	16.0	11392	90%	91474	91474	51454	234403	90%	91474	91474	51454	234403	-	-	-	-	-	
	4月	80%	720	17.8	15189	80%	65944	65944	37094	168982	80%	65944	65944	37094	168982	80%	65944	65944	37094	168982	
	5月	80%	744	21.6	15189	80%	68142	68142	38330	174615	80%	68142	68142	38330	174615	80%	68142	68142	38330	174615	
	6月	100%	720	26.4	18986	100%	115200	115200	64800	295200	100%	115200	115200	64800	295200	100%	115200	115200	64800	295200	
	7月	100%	744	28.7	18986	100%															

18870381

整体能效对比

原方案	磁悬浮机组1#			磁悬浮机组2#			磁悬浮机组3#			全年合计总能耗 kWh	23704376
	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	全年合计总冷量 kW	119659887
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh		
	4566594	4348080	8914674	4566594	4348080	8914674	3332707	2542320	5875027	综合EER	4.5
高效机房	磁悬浮机组1#			磁悬浮机组2#			磁悬浮机组3#			全年合计总能耗 kWh	18870381
	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	主机运行能耗	输配运行能耗	合计运行能耗	全年合计总冷量 kW	119659887
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh		
	4566594	2406005	6972600	4566594	2406005	6972600	3332707	1592475	4925182	综合EER	5.7

高效机房年节能率**20.3%**，节电**4833995kWh**，节省电费**3238776元**

No: 2023LK730


230021349705




中国认可
国际互认
检测
TESTING
CNAS L1598

检 验 报 告
Inspection Report

检验对象:

可孚医疗智能装备总部基地项目
高效低碳智能环控系统

委托单位:

南京福加自动化科技有限公司/
湖南唯友环境科技有限公司

Client:

长沙可孚医疗科技股份有限公司

使用单位:

长沙可孚医疗科技股份有限公司

User:

长沙可孚医疗科技股份有限公司

检验类别:

委托检验

Inspection Type:

委托检验

合肥通用机电产品检测院有限公司

Hefei General Machinery & Electrical Products Inspection Institute

国家压缩机制冷设备质量检验检测中心

National Quality Inspection Center of Compressor and Refrigerator Products

合肥通用机电产品检测院有限公司
Hefei General Machinery & Electrical Products Inspection Institute
国家压缩机制冷设备质量检验检测中心
National Quality Inspection Center of Compressor and Refrigerator Products

检 验 报 告
Inspection Report

No: 2023LK730 共 8 页 第 8 页 Page 8 of 8 pages

可孚医疗智能装备总部基地项目高效低碳智能环控系统检验数据(附表)

序号	检验项目	单位	技术要求	检测数据	单项评价
1	空调制冷机房系统全年运行能效比	(kW·h)/(kW·h)	/	6.34	

备注:
1. 本报告数据采集于 2023 年 04 月 10 日 07:32 至 2023 年 11 月 20 日, 数据周期每 2 分钟采集一次。
2. 表中的空调制冷机房系统全年运行能效比的试验方法依据 T/CRAAS 1039-2023 (T/CECA 20026-2023) 的规定。
3. 表中制冷机房包含: 冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔等。
4. 本报告概况来源于南京福加自动化科技有限公司提供的《项目概况说明》。
三、检验结果
以下空白。

TR01-708B7-00-2021

■ 数据采集周期：2023年4月10日——2023年11月20日



高效制冷机房系统

证书编号: 202XIH001

使用单位: 长沙可孚医疗科技股份有限公司

系统名称: 长沙可孚医疗智能装备总部基地高效冷站

系统地点: 湖南省长沙市

制冷机房系统智慧运行能效比: $6.34 \text{ (kW} \cdot \text{h)} / (\text{kW} \cdot \text{h)}$

制冷机房系统能效等级: 领跑级

测试时间: 2023年04月10日至2023年11月20日

合肥通用机电产品检测院有限公司
国家压缩机制冷设备质量检验检测中心

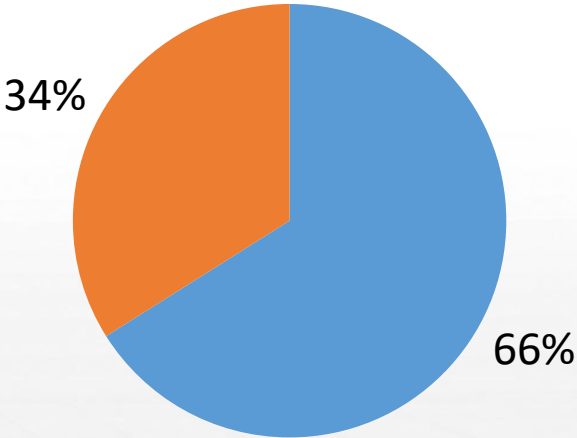
整体能效对比——输配系统能耗占比显著下降

原方案主机与输配能耗占比



■ 主机能耗 ■ 输配系统能耗

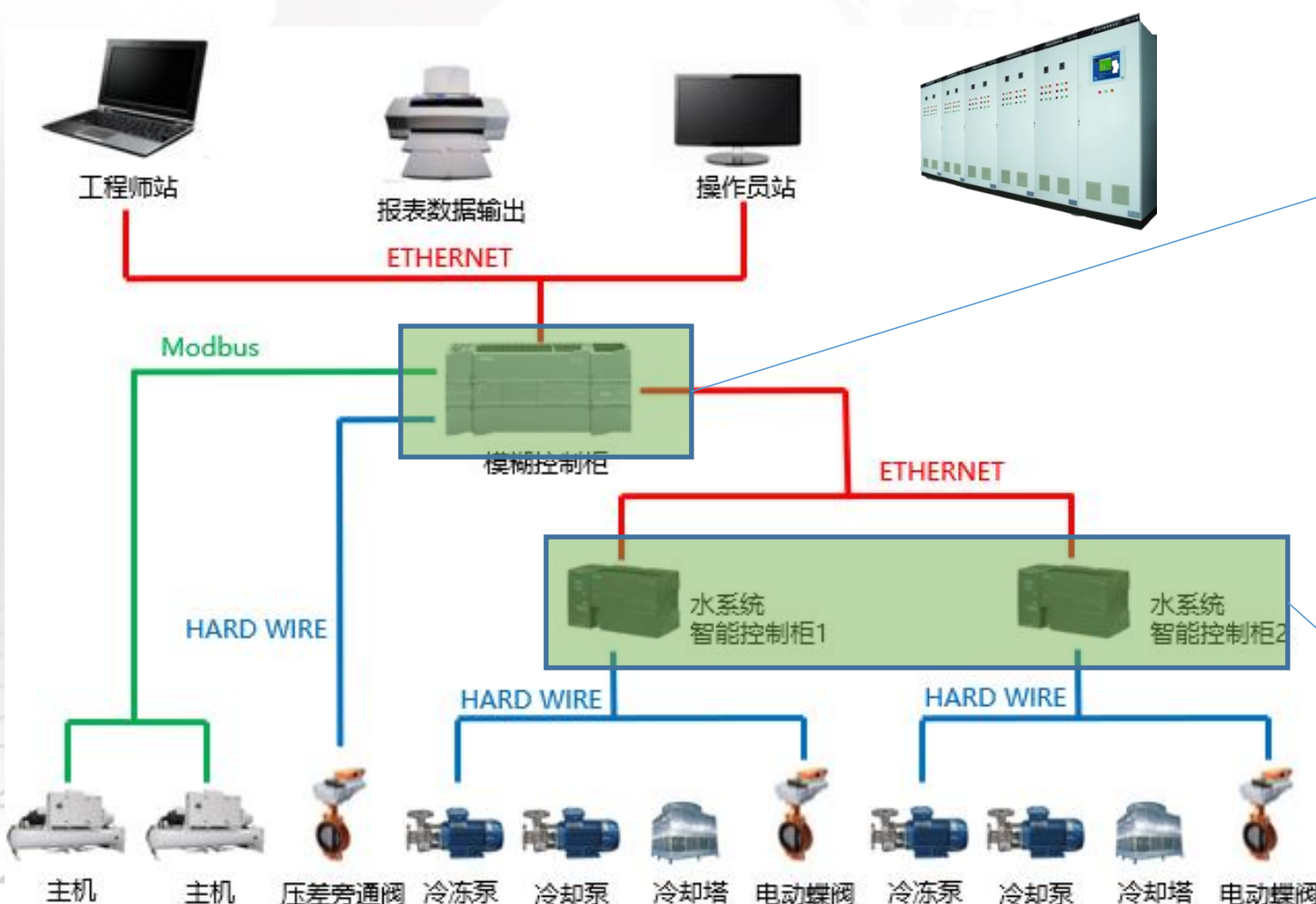
高效机房主机与输配能耗占比



■ 主机能耗 ■ 输配系统能耗

主动寻优控制基本逻辑

深度节能冷水机房自控系统拓扑图



模糊控制柜用于统筹所有子系统的控制逻辑

主动寻优策略，确保机房整体能效最优

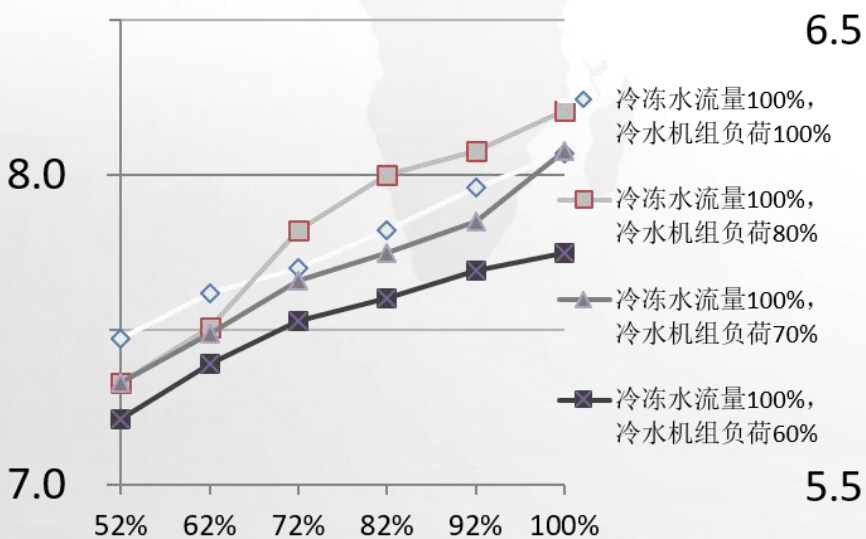
控制模型包括：

- 主机策略模型
- 水力平衡策略模型
- 水系统（输配系统）综合策略模型
- 主动寻优策略

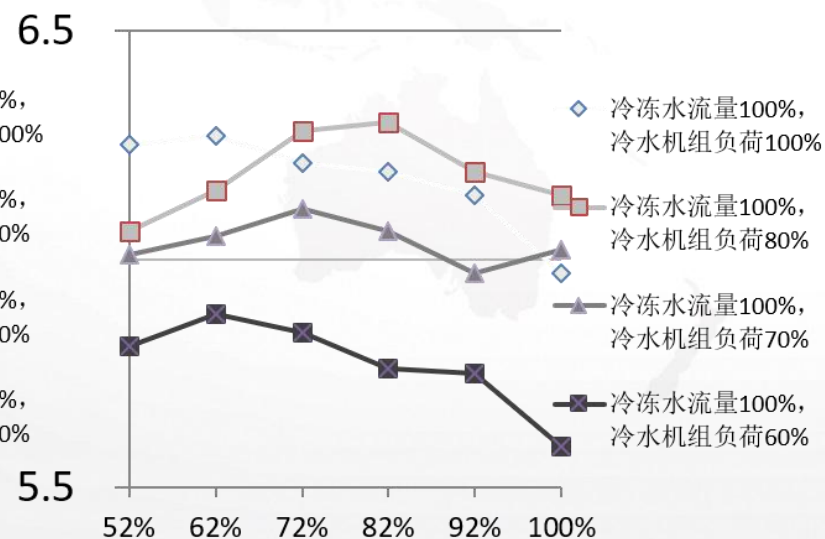
水系统智能控制柜用于控制输配系统内的所有水泵水塔及控制阀，控制模型包括：

- 冷冻泵温差压差联控
- 冷却泵温差控制
- 最小流量控制
- 冷却塔湿球逼近控制

主动寻优控制基本逻辑



冷却水变流量与冷水机组COP关系



冷却水变流量与冷冻机房COP关系

机房各能耗单元并非互不影响，而是存在耦合关系

主动寻优系统，可以准确分析各水泵水塔等运行频率对主机能效的影响，从而找到耦合点，使整体机房运行在能效最高处。

1. 专家运行数据库
2. 现场精细化调适
3. 数据收集与分析
4. 系统自学习

水泵变频控制原理及节能率



原设计	设备类型	流量 (m³/h)	数量	扬程 (m)	功率 (kW)	效率
	冷冻水泵	1217	3	42	220	75%
	冷却水泵	1400	3	30	185	75%
高效机房	设备类型	流量 (m³/h)	数量	扬程 (m)	功率 (kW)	效率
	冷冻水泵	1217	3	37 (机房阻力优化)	160	88% (二级能效)
	冷却水泵	1400	3	30	160	89% (二级能效)

阻力优化：主机—水泵一对一连接，节省弯头阻力，采用顺水三通及弯头，降低阻力，机房内扬程降低约30%（本方案按5m估算）

冷冻水泵：采用温差压差联动变频控制，保障用水侧供水前提下，根据水温差调节水泵频率，最大程度做到频率随负荷调节。

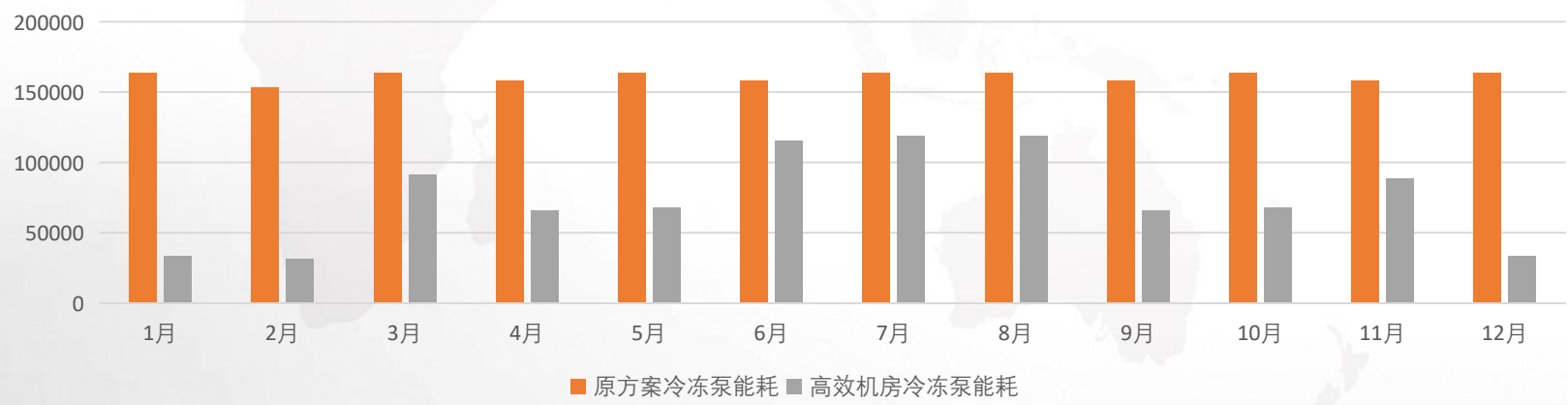
冷却水泵：采用温差控制+主机能效连锁，调节水泵频率同时会检测主机能效衰减情况，确保整体机房能效得到提升（基于主动寻优控制）

形式简图	流向	阻力系数
	2 → 3	1.5
	2 → 3	0.5

弯头类型	阻力系数
	ξ
	0.5ξ

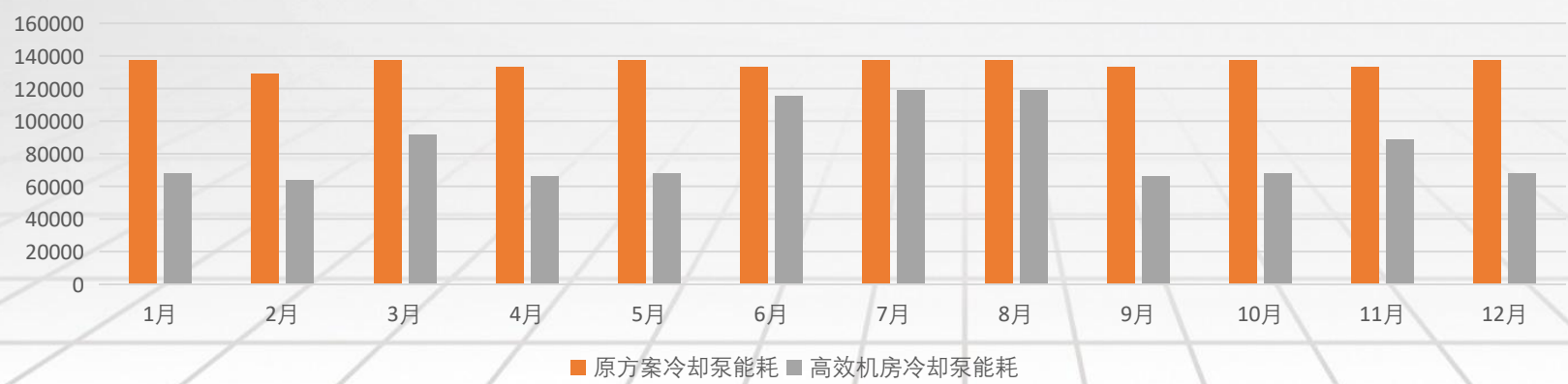
水泵变频控制原理及节能率

冷冻泵节能率 1#系统



1#系统冷冻泵节能率：
33.5%

冷却泵节能率 1#系统



1#系统冷却泵节能率：
38.4%

冷却塔优选及湿球逼近控制原理

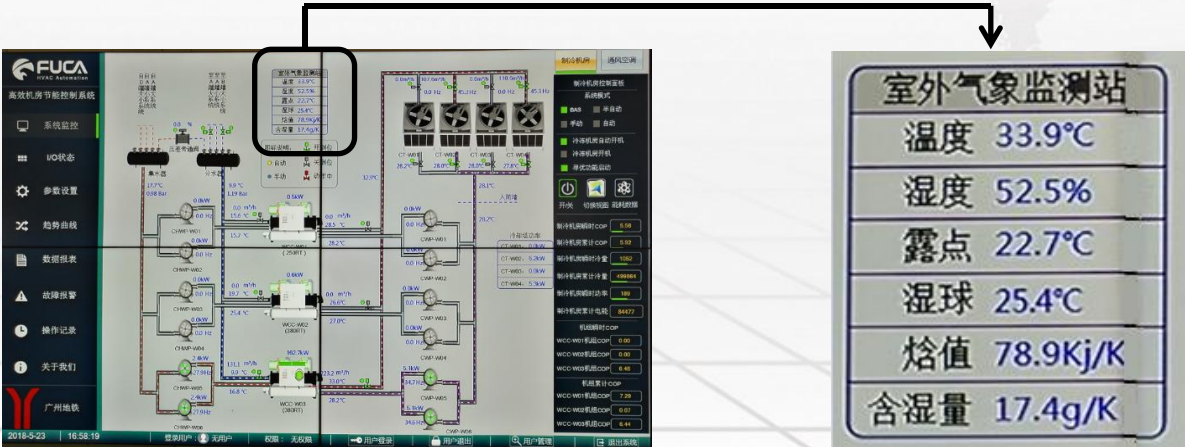


原设计	设备类型	流量 (m³/h)	数量	功率(kW)	趋近度℃	备注
	横流塔	700	2	30	3.5	定频
高效机房	设备类型	流量 (m³/h)	数量	功率(kW)	趋近度℃	备注
	横流塔	1104	2	45	2	变频

增大冷却塔选型，从原设计的1.0流量变更为1.6倍流量，趋近度由**3.5℃**提升至**2℃**，主机能效提升**5-7%**

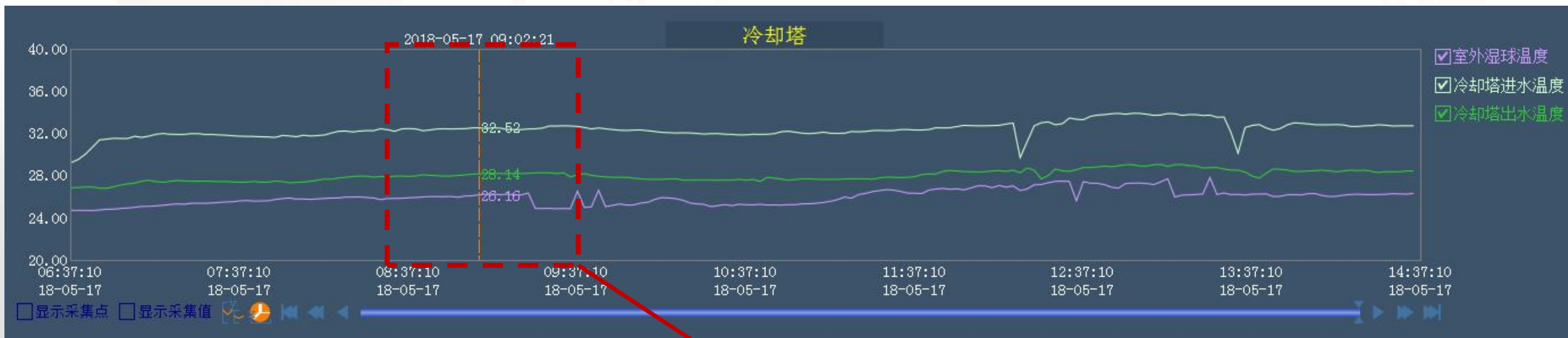
冷却塔选用高效冷却塔，带均匀布水，部分负荷可发挥全部填料换热性能

冷却塔控制：湿球逼近变频控制，严格贴合外界湿球温度，部分负荷逼近度控制在**2~3℃**，有效提升整体机房能效



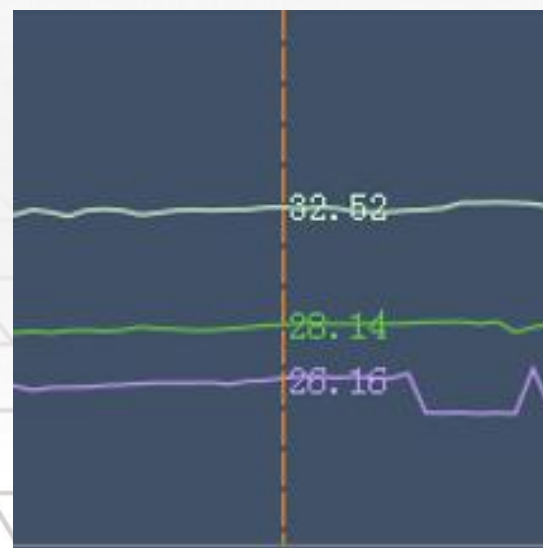
高效机房气象监控

冷却塔优选及湿球逼近控制原理

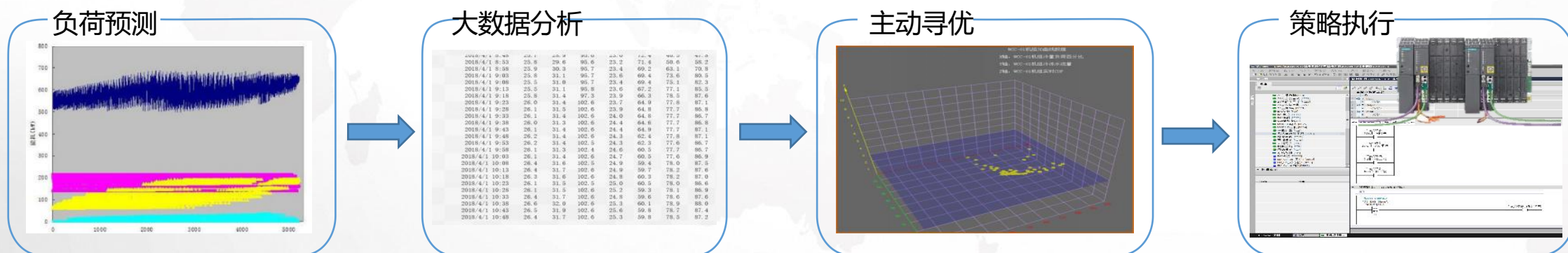


湿球逼近控制可时刻保持合理的冷却水温度，提升机房整体能效

逼近度控制在**2~3℃**内



精细化调试



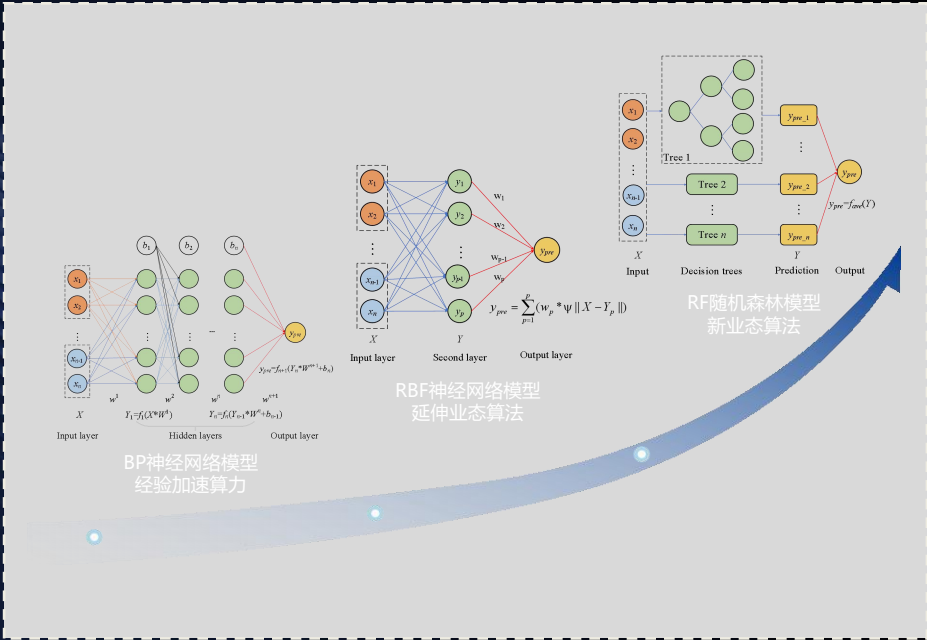
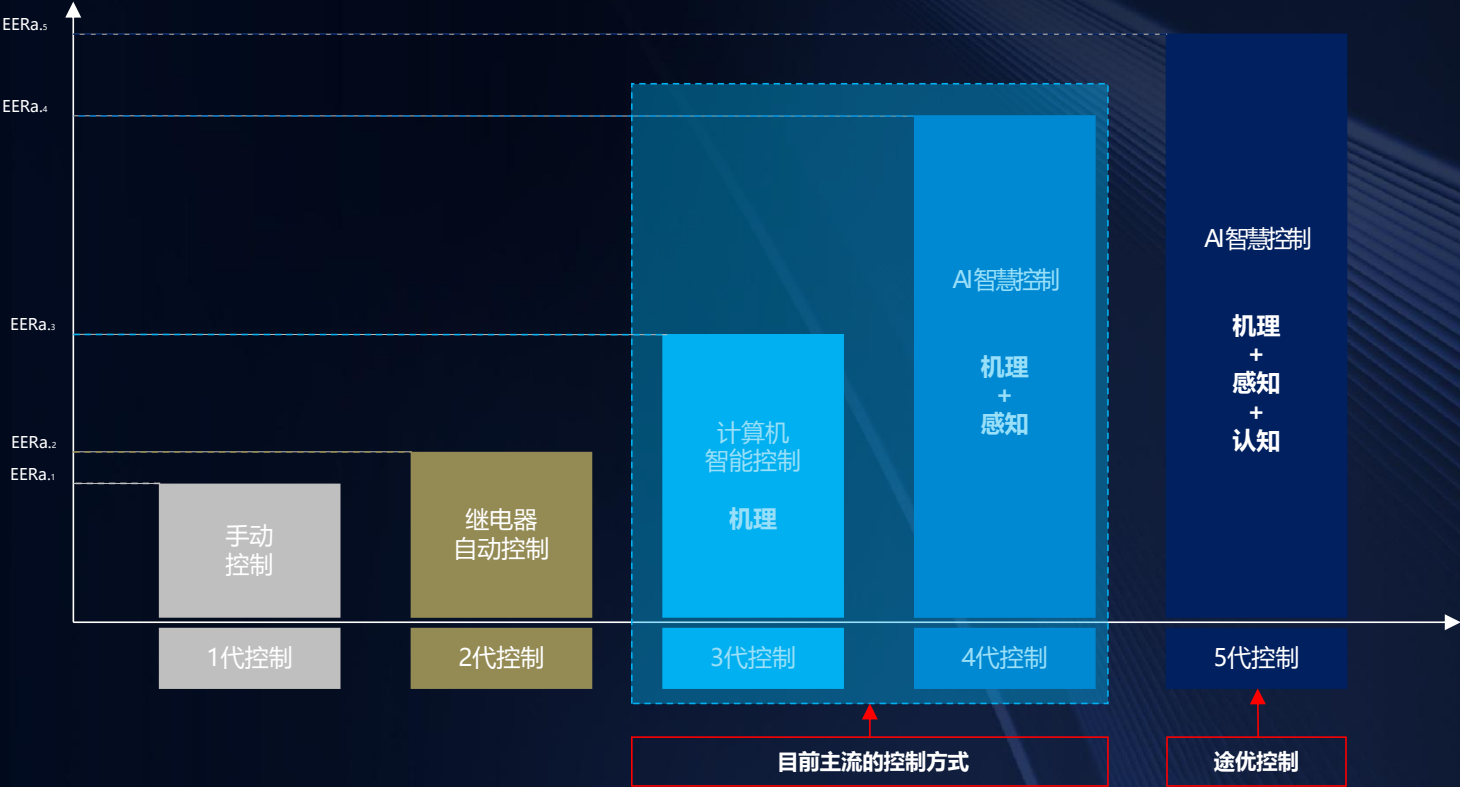
STP.1 精细化调适

可以通过终端用户的实际用能情况，人为干预机塔泵及各类阀门的运作，优化原始控制方案。

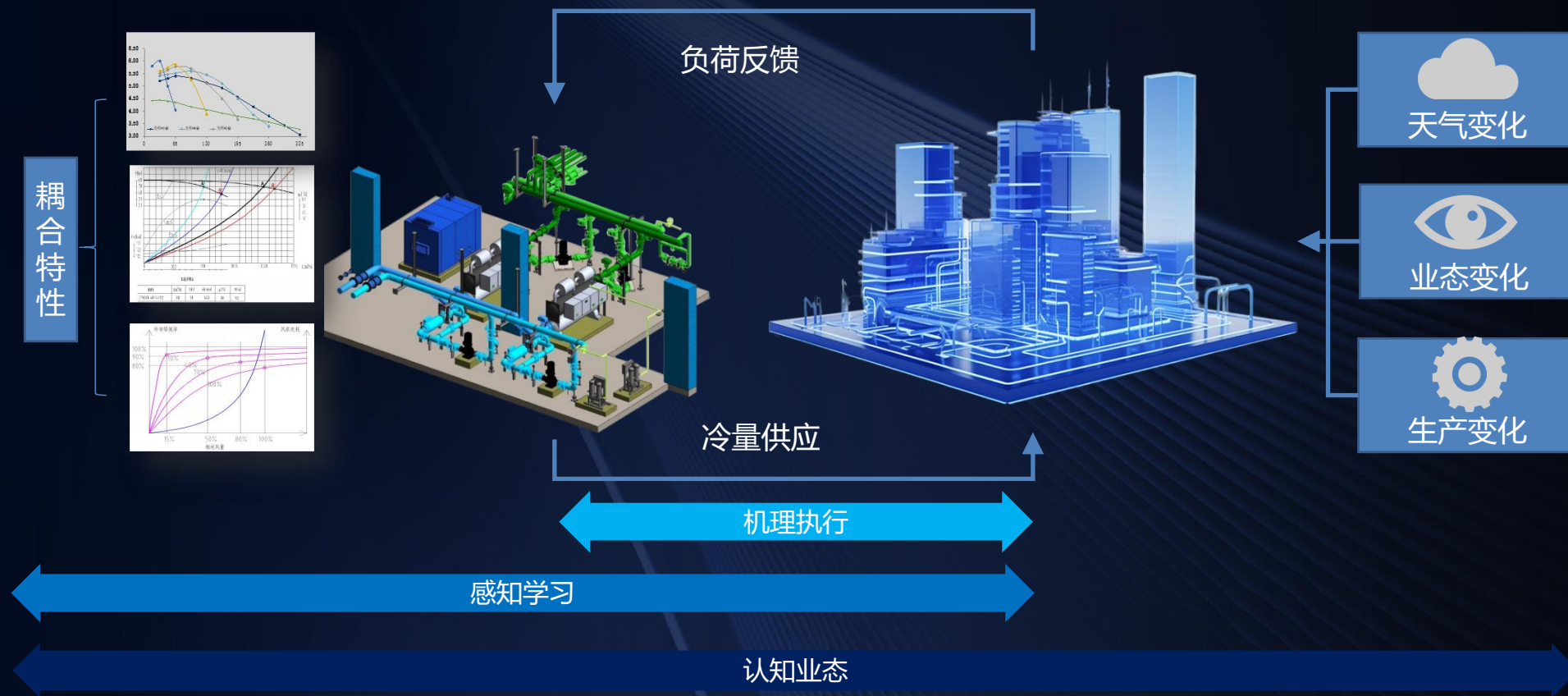
STP.2主动寻优技术

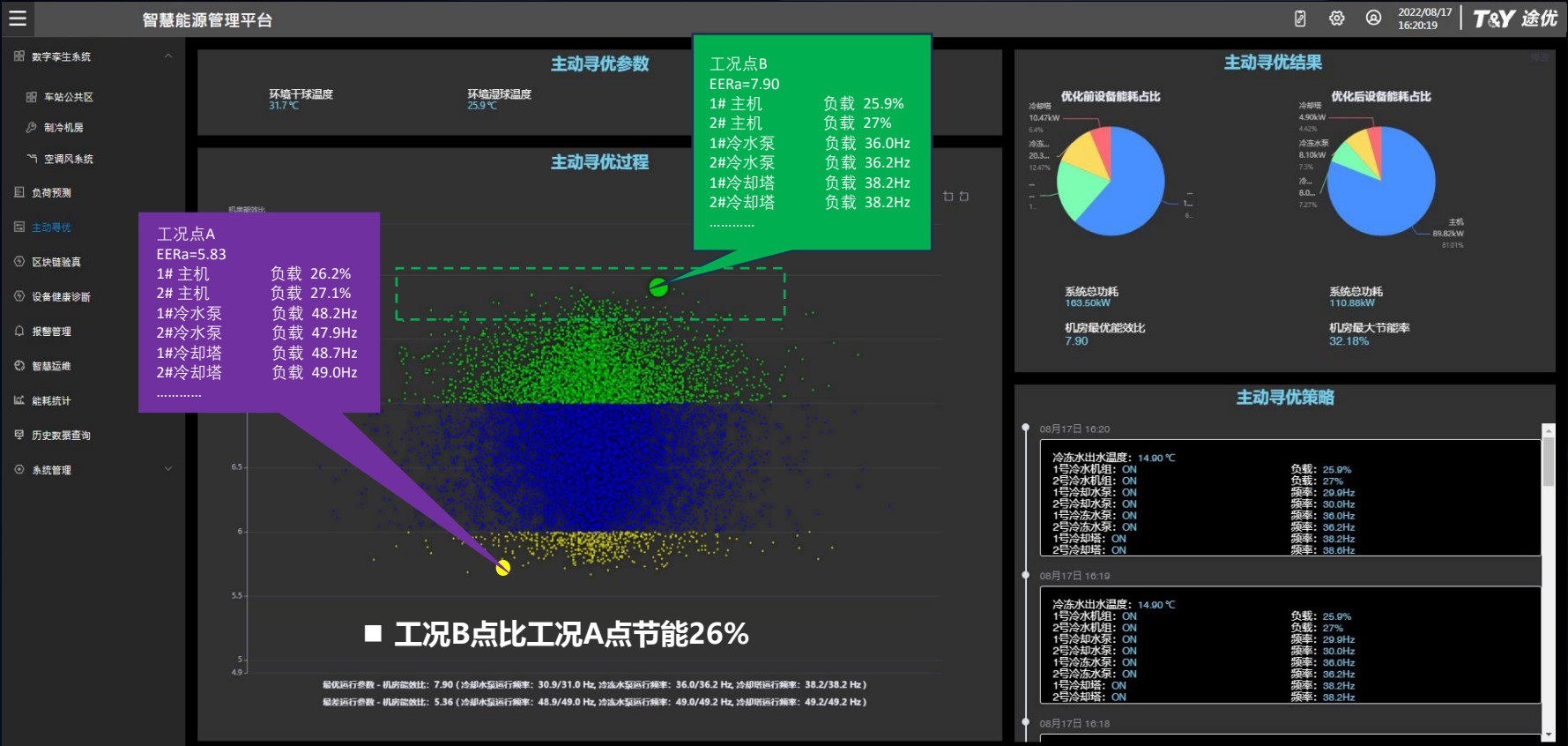
可以通过AI机器自学习，主动适应机房中各部件的复杂耦合关系，寻找最优运行点，使机房能效最高。

智慧控制：冷水机房控制技术的发展历程



智慧控制：冷水机房控制技术的发展历程



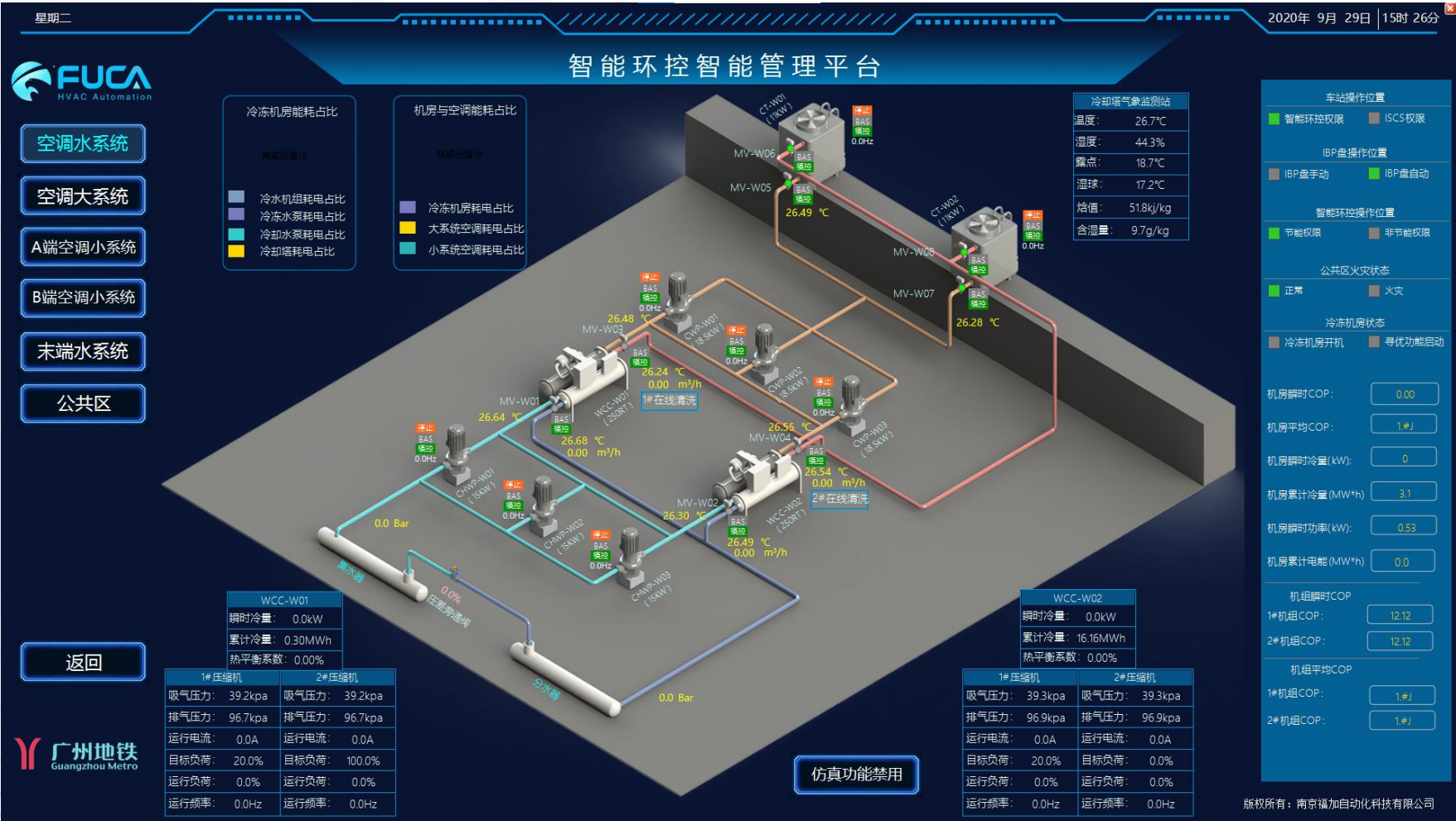


■ 通过计算机(或云端)模拟各种可能的运行数组，进行快速迭代计算筛选出最优运行工况区域

Optseek 5+1 物联数智平台



能管平台功能展示



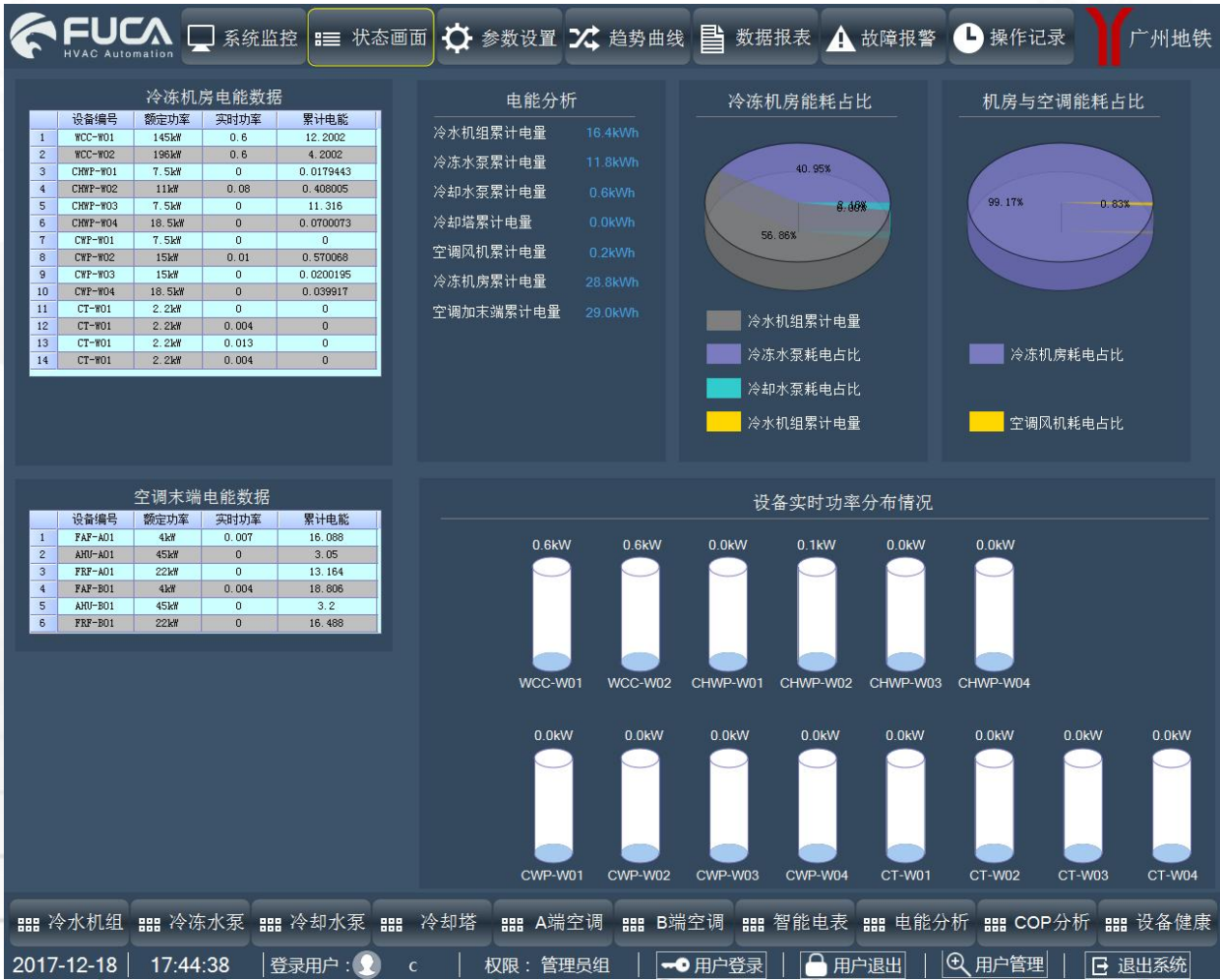
能管平台功能展示

能耗可视化 管理更高效

- 能耗可视化，打破“能耗信息孤岛”
- 及时掌握能耗异常、设备异常
- 构建能源基线，全面提升能源管理能力

按设备分类分项精确计量

- 系统整合，风水电全能耗接入
- 方便构建能源成本核算体系，有效管控成本



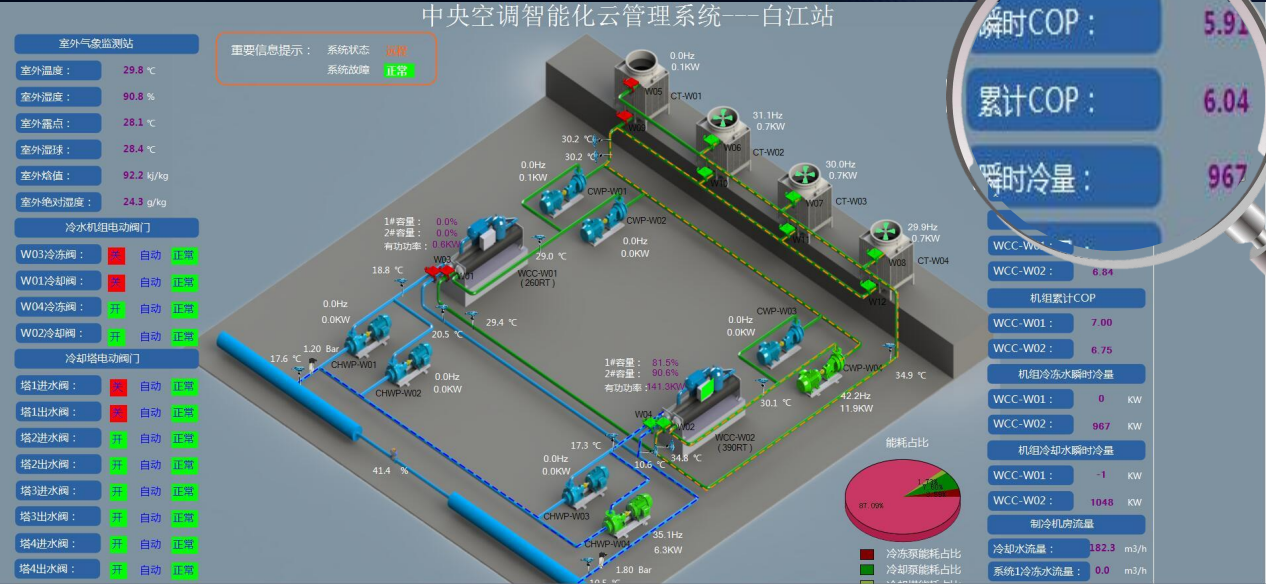
能管平台功能展示

- 故障预警及主动干预
- 换季开机（过渡季低温启动）
- 保养提醒
- 冷却塔健康预警



设备健康性能分析

广州地铁白江站（新建）



2018年7月13日，广州轨道交通地下车站高效制冷系统鉴定会在广州举行。本次鉴定会由中国制冷空调工业协会组织，鉴定委员会由包括1名院士在内的9名权威专家组成。



- 高效机房全年能效 6.04
- 较相邻车站节能超 50%
- 具有可复制性并已推广至其它地铁车站

鉴定委员会一致认定：研究成果达到国际先进水平，为国内首创

宁波地铁兴庄路站（新建）



2022年8月19日，宁波地铁轨道交通地下车站超高效低碳智能环控系统鉴定会在宁波举行。本次鉴定会由中国制冷空调工业协会组织，鉴定委员会由包括1名院士在内的10名权威专家组成。



鉴定委员会一致认定：项目成果达到国际领先水平

- 高效机房全年能效比 6.93
- 具有可复制性并已推广至其它地铁车站



■ 解决方案

- 采用一台SMARDT磁悬浮、三台变频离心机组
- 总装机容量6800RT
- 搭载Opt-seeker®主动寻优深度节能控制系统
- 配置自然冷却系统

■ 亮点及收益

- 系统能效7.11
- 年节电876万kWh、节能率44%
- 年节省标煤2784t，降低CO₂排放7866t



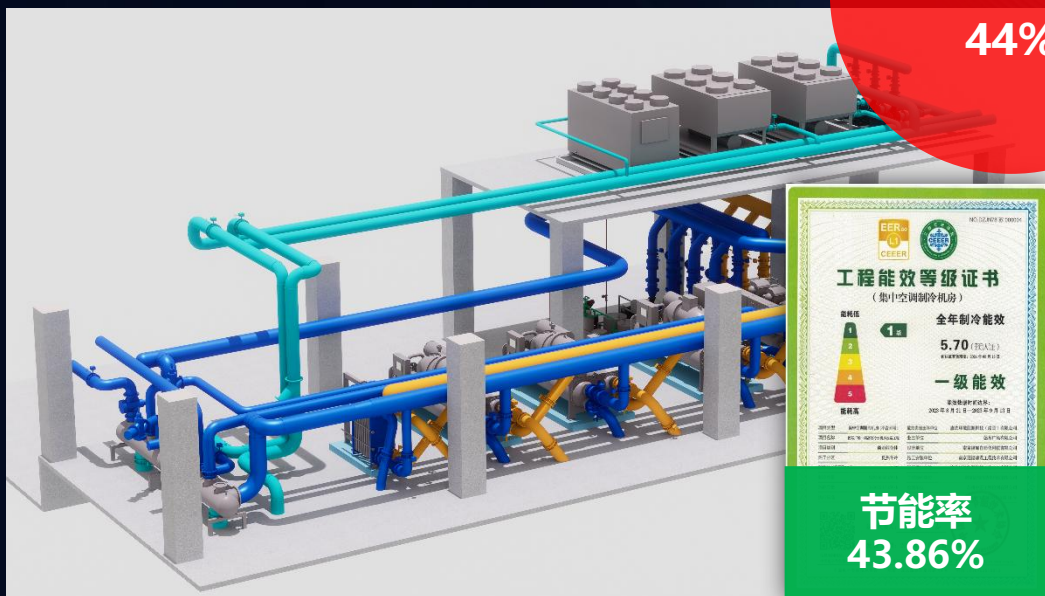
■ 解决方案

- 一期节能改造
- 二期采用SMARDT磁悬浮机组共9200RT
- 搭载Opt-seeker®主动寻优深度节能控制系统

■ 亮点及收益

- 一期节能率44%
- 二期系统全年能效比EERa \geq 6.0
- 二期年节电681万kWh
- 年节省标煤2179t，降低CO₂排放5666t

节能率达到
44%



■ 解决方案

- 采用SMARDT磁悬浮+变频离心机组
- 采用BIM预制建造，现场“0”焊接
- 搭载Opt-seeker®主动寻优深度节能控制系统
- 配置自然冷却系统

■ 亮点及收益

- BIM建模与撬装化装配
- 改造过程中不中断制冷
- 全年能效比大于5.7，节能率44%
- 年节电万192万kWh
- 年节省标煤611t，降低CO₂排放1549t



节省人力成本

60%

节省电力消耗

35%

机房综合能效

≥6.0

无人值守

平台监测

主动寻优

智能运维

完成**26座**金鹰高效机房建设及节能改造

南京、上海、苏州、南通、扬州、马鞍山、盐城、昆山、芜湖、泰州、徐州等地共计26座

T ↗ ∠ ∅ ∩ Y □ —
