

# 高效机房的建设与实践

国联江森自控绿色科技(无锡)有限公司

衡思泽/CEO

13908028367

[hendry.size.heng@gl-jci.com](mailto:hendry.size.heng@gl-jci.com)

# 目录

**01** 高效机房现状

**02** 更优高效机房建设路径

**03** 案例分享

# 目录

**01** 高效机房现状

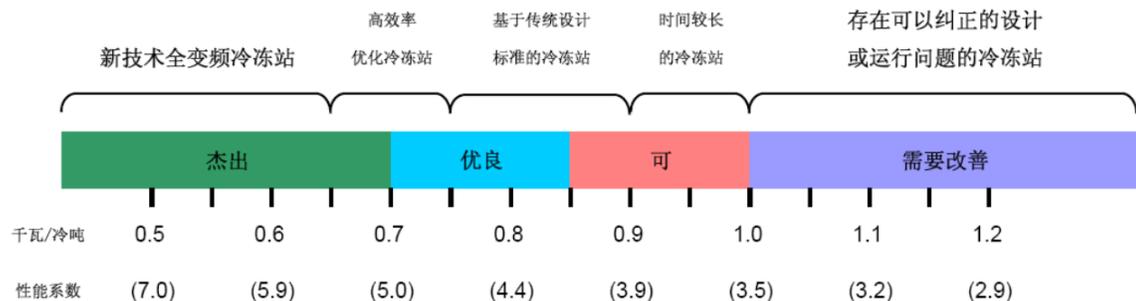
**02** 更优高效机房建设路径

**03** 案例分享

# 高效机房概念

高效机房：一般指制冷机房系统全年综合运行能效EER>5.0kW/kW的制冷机房。

## 美国能效指标-指引全球制冷机房能效



备注：来源于ASHRAE制冷机房能效分级

定义：**EER>5.0kW/kW(0.7kW/RT)**为高效制冷机房

**EER<3.5kW/kW(1.0kW/RT)**为需要改造的机房

## 新加坡能效指标-以立法形式规定高效制冷机房能效

铂金级	5.17	5.41
金+级	5.02	5.17
金级	4.40	5.17
总装机容量	<500RT	>500RT

备注：来源于新加坡BCA《空调系统设计运行规范》SS553:2016

## 中国能效指标-国内首部高效制冷机房规范能效指标

1级	4.6	5.0
2级	3.8	4.1
3级	3.2	3.5
总装机容量	<500RT	>500RT

备注：来源于广东省标准《集中空调制冷机房能效监测及评价标准》DBJ/T 15-129-2017 并于2018年4月1日起实施

### 高效制冷机房系统能效指标业内共识：

制冷机房系统全年综合运行能效**EER>5.0kW/kW**(或**<0.7kW/RT**)即为高效机房的最低标准

# 高效机房的常规做法

高效机房常规包含三大重要组成部分

高效机房的理念和常规做法

已成为行业的共识、并得到广泛推广

## 高效的制冷设备



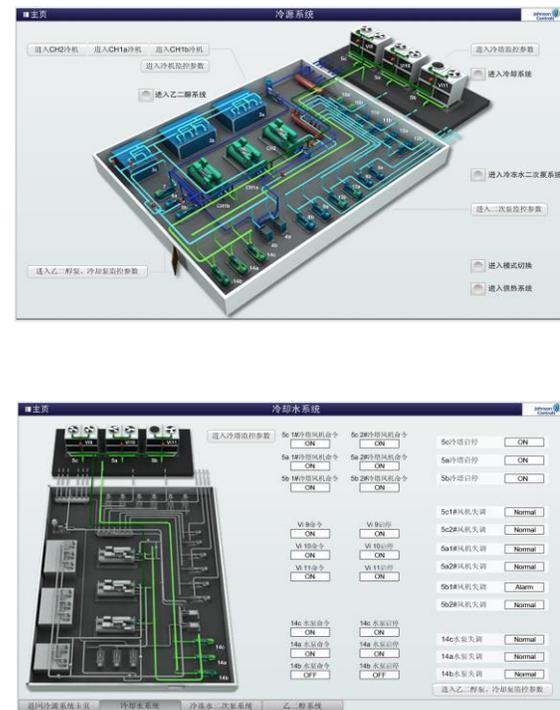
关键词：磁悬浮、变频、一级能效等

## 水路系统节能优化



关键词：低阻、45°弯头、同程、放大管径、预制化等

## 智能控制系统



关键词：模糊控制、寻优算法、等边际能效算法等

# 高效（制冷站）机房概念已广为接受

- ◆ 由厂家推动逐渐向用户推动转变
- ◆ 商业地产，新能源电池制造，半导体等行业已广为接受
- ◆ 更多强调制冷站高效运行
- ◆ 大多是依靠第三方的控制界面显示能效值
- ◆ 实施主体由厂家逐渐向工程商转变
- ◆ 能效指标越“唱”越高

# 高效机房推广中可能存在的问题

系统设计的高能效



系统实际运行的高能效



生命周期内的高能效

基于机组数据采集的能效指标



系统实际运行的能效指标

# 高效机房建设目标

◆ 系统运行高效、安全和稳定

◆ 其关键指标高效，客观考核指标为：

机房能效**EER**=全年实际对外供能量/机房全年耗电量

# 目录

01 高效机房现状

02 更优高效机房建设路径

03 案例分享

# 国联江森高效机房概述



## 空调负荷分析与系统构架

综合系统的冷热负荷需求特征，合理规划系统结构，进行综合能源利用

## 系统高效设计与配置

合理采用高效设备与节能措施

## 最优的控制策略

控制系统构架、能效模型建立与算法预设

## 项目实施与保障体系

包含采购管理、建设管理、调试管理等全建设过程管控

## 项目验收及运营调适

竣工验收、热力平衡&水平衡调试，系统调试

## 能效验证与持续优化

客户持续跟进、二次调试及生命周期内的持续优化

以系统运行最优能效为目标的全过程管理

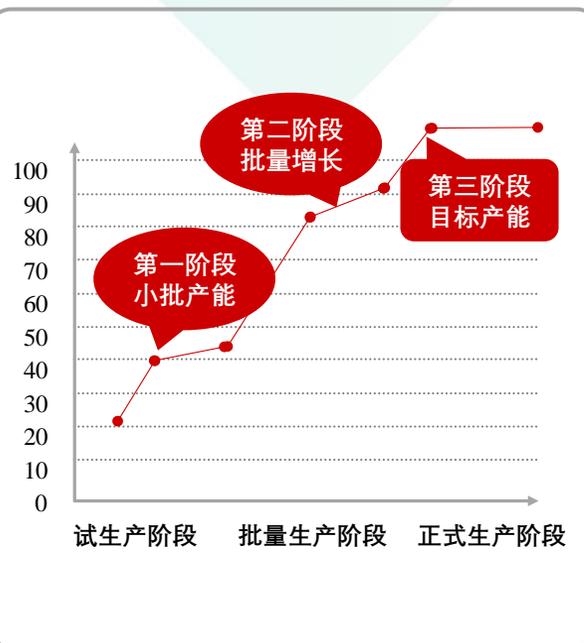
# 空调负荷分析与系统构架

行业数据调研  
(同行或类似)

同类业主一期或相似建筑能  
源站数据分析

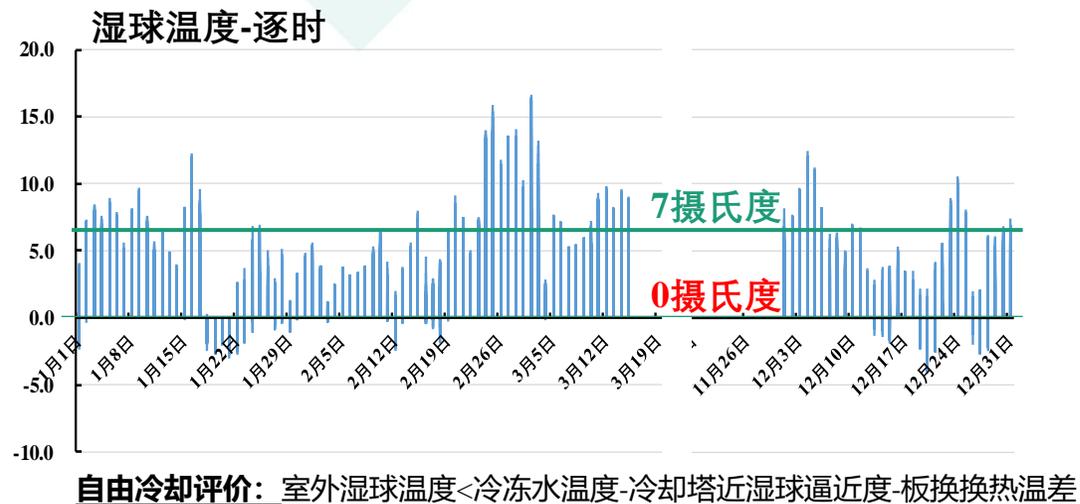
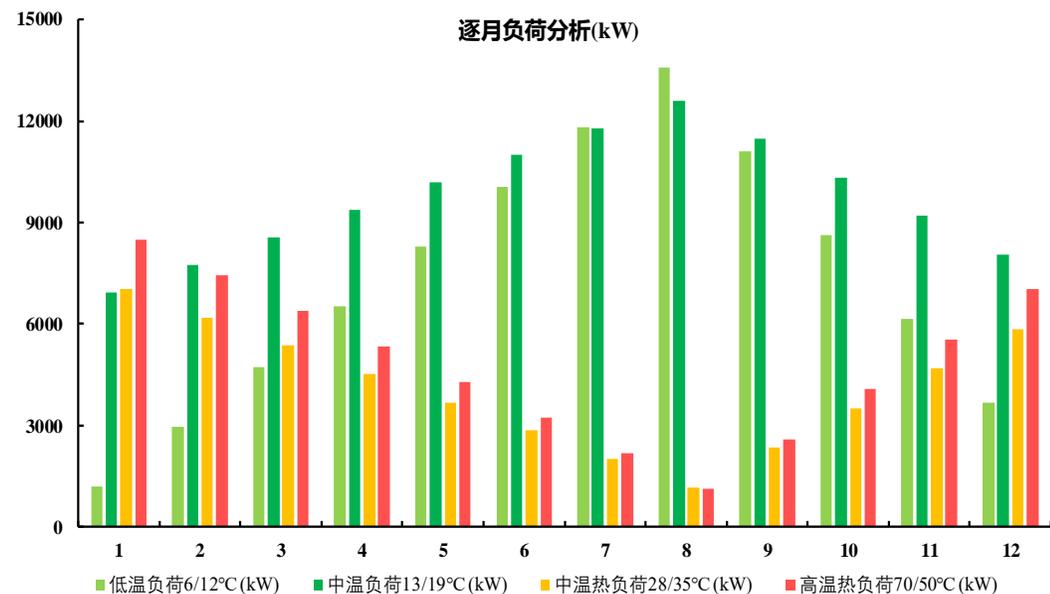
基于已运营项目的实际数据  
分析

历史数据的调研和分析  
为新建项目提供经验支持，  
辅助新建优化设计



产能增长分析  
(入住率增长分析)  
增长负荷与达产负荷兼顾

# 空调负荷分析与系统构架



关注全年负荷分布, 各系统的最大、最小需求负荷  
作为高效设备运行调节、台数、性能的重要依据

关注当地气象条件、冷热负荷特征  
进行如自由冷却、冷热回收等专项节能技术的判断

# 系统高效设计与配置-概述

## 超高效主机



非标主机的选型  
-以项目负荷特性为匹配



合理使用变频机组  
-关注部分负荷的高效

多台机组的搭配  
-易于负荷分配及备用冗余

低冷却水温度的适用  
-大幅度提高过度季能效

**热回收机组的使用**

高效变频机组的使用

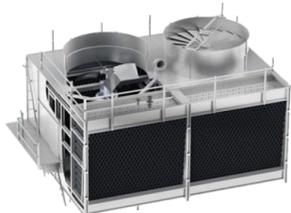
## 冷热源系统控制系统



## 高效输配



高效水泵的适配  
-关注水泵的高效区间



高效冷却系统  
-主机良好运行工况的基础

**水泵变频调节及群组控制技术(最佳效率点)**

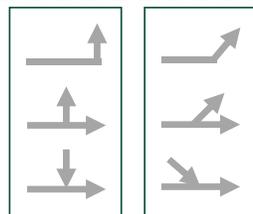
分区二次泵的利用  
-水泵功率的降低措施

流量、扬程等精细校核  
-避免设计浪费

## 低阻系统



低阻过滤器+低阻力偏心球形止回阀



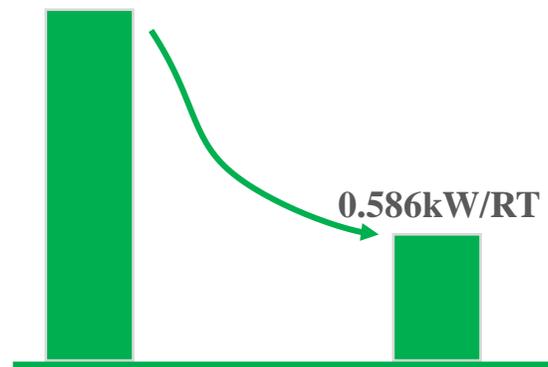
合理使用45°、30°弯头，  
降低阻力30%~60%

取消分集水器结构

提高水泵安装基础，与主机直联或斜接管

管径、流速全校核  
-适当放大管径，降低水阻

0.703kW/RT



典型

高效

制冷系统全年能效设计目标-示例

# 控制策略-概述

负荷判断条件



系统供能量检测  
(高精度测量仪器)

末端压力需求

当时气象参数

历史运行数据库

冷热负荷需求

负荷趋势

湿球温度

冷却水温度

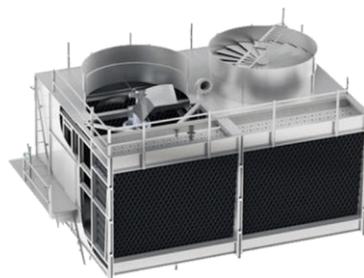
基于预设的以需求为依据  
的能效最优控制逻辑



机组负载区间分析  
机组开启台数分析  
主机COP计算  
冷冻水温重置分析  
机组运行总功率计算



压力/流量需求分析  
运行流量分析  
运行台数/频率分析  
运行总功率计算



冷却水出水温度设定  
冷却水温逼近度分析  
冷却塔热负荷计算  
流量、台数、频率分析  
运行总功率计算

系统控制反馈

逻辑要点：全工况负荷需求下的设备运行特性曲线的复合模拟与运行策略判断-机房系统功率最低

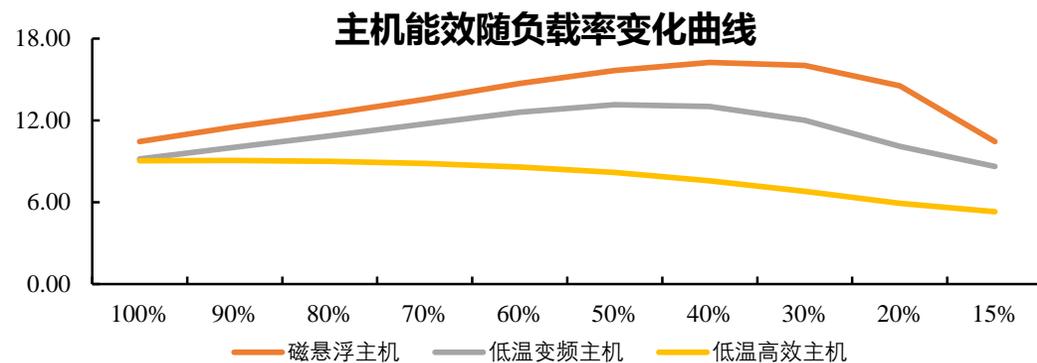
# 控制策略-工况模拟

以某项目低温系统某需求负荷下的运行工况模拟为例，寻找最优开机规律，作为实时最优策略

系统需求负荷	湿球温度	冷却水温度	磁悬浮主机	变频主机	高效主机	主机负载率	磁悬浮主机 COP	变频主机 COP	高效主机 COP	主机功率	冷冻一次泵	冷却泵	冷冻二次泵	冷却塔	系统功率	系统能效	备注
			开启台数	开启台数	开启台数												
kW		degC	台	台	台		kW/kW	kW/kW	kW/kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW/kW	
8896	11	14	1	2		91%	11.5	10.0		853.2	86.9	171.3	134.8	53.9	1300.0	6.8	二次泵开启5台，冷却塔5台
													161.7	56.6	1329.6	6.7	二次泵开启6台，冷却塔4台
													188.7	64.7	1364.7	6.5	二次泵开启7台，冷却塔6台
													215.6	75.5	1402.4	6.3	二次泵开启8台，冷却塔7台
			1	3		67%	13.9	12.0		719.3	69.1	137.2	134.8	53.9	1114.3	8.0	二次泵开启5台，冷却塔5台
				2	1	86%		10.5	9.0	895.7	81.5	165.2	134.8	53.9	1331.0	6.7	二次泵开启5台，冷却塔5台
				3	1	64%		12.2	8.7	803.0	72.5	147.0	134.8	53.9	1211.1	7.3	二次泵开启5台，冷却塔5台

主机能效与负载率关系模拟值(冷却水温度14摄氏度下，选型报告值)

主机负载率	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	15%
磁悬浮主机	10.45	11.52	12.48	13.55	14.71	15.65	16.25	16.03	14.54	10.44
低温变频主机	9.17	10.04	10.87	11.75	12.61	13.16	13.01	12.00	10.09	8.62
低温高效主机	9.03	9.06	9.00	8.84	8.59	8.19	7.57	6.81	5.93	5.32



# 项目实施与保障体系

□ 设备采购管理-强调性能指标的技术细节管理，避免低价采购策略的影响，示例



主设备优化选型及全工况测试  
(如主机一级能效、低阻)



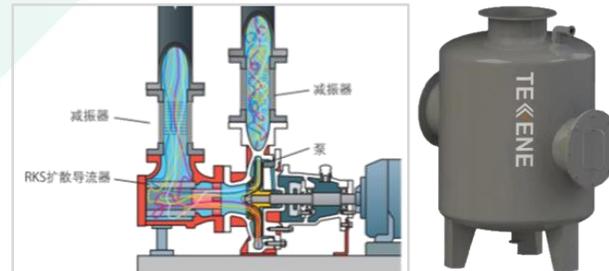
高精度的测量与验证元器件选择  
(0.5级管道式能量计、 $\pm 0.05\text{degC}$ 温度传感器)  
保障 测量误差不超过5%

## 高效制冷机房装置 技术规格说明书

制定高效机房产品技术需求  
(额定性能、运行变工况性能)



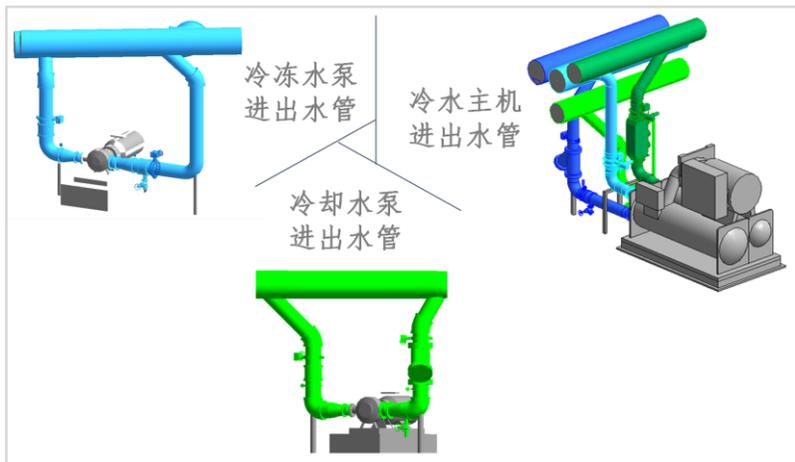
产品大数据库的建立与评比  
(历史采购产品实际性能数据库，指导后续采购)



低阻过滤器、单向阀的对比与选用  
(最大程度降低系统局部阻力)

# 项目实施与保障体系

□ 工程建设及调试管理-标准化的高效机房建设实施标准、流程及管理团队，确保建设以“能效优先”为目标



BIM的全过程管理与指导



标准化的施工技术交底及管控



关键安装确认及单机性能调试



控制系统搭建及系统平衡调试

# 运营调适、能效验证与持续优化

## □ 首个运营期持续优化与系统二次调试

完整一个供能周期的客户拜访与跟进，将系统实际运行数据与预设数据进行对比，寻找差异点并进行必要的控制策略调整

## □ 精细化的运维管理

本地控制系统与远程能源管理平台结合，对机房进行实时监控，提供预测性维护、远程诊断和能效监控等智慧运维服务

## □ 高效机房专家诊断服务，确保系统健康运行

能效核查

系统能效健康诊断、识别节能改造潜力



涡流探伤

换热管健康诊断、预知换热管状态



振动分析

电机压缩机健康诊断、预测运动部件状态



红外热成像

发热部件健康诊断、预测发热部件隐患



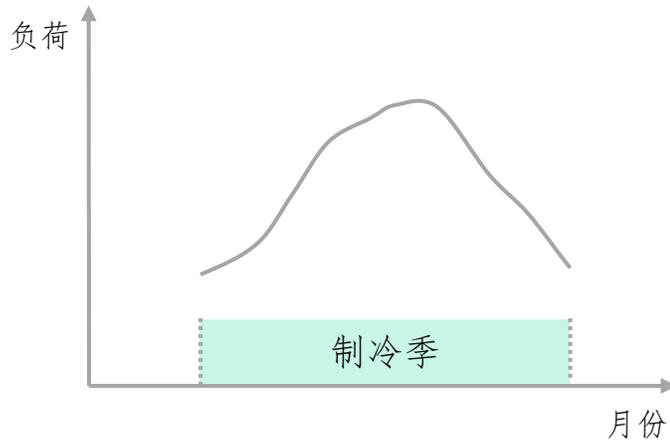
E-Cloud

远程检测及诊断、及时诊断故障和能耗分析



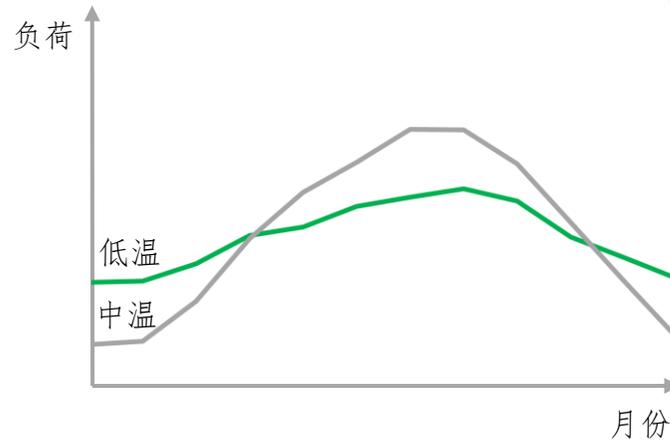
# 高效机房建设需考虑行业特征

因空调系统用能末端的不同，高效机房的建设策略具有典型的行业特征，如同一地区不同业态



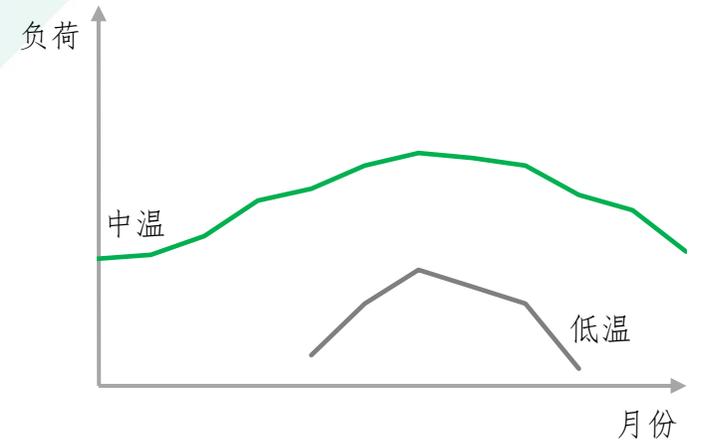
示例一：某公共建筑

**一般特征：**单一制冷温度需求、空气处理(温度控制)、具有明显季节性(室内外温度)



示例二：某锂电池工厂

**一般特征：**不同制冷温度需求、负荷多样性(空气处理、二级转轮除湿、工艺冷却、原水冷却等)、具有一定的基础负荷，且全年基本恒定(工艺冷却)



示例三：某晶圆工厂

**一般特征：**不同制冷温度需求、负荷多样性(空气处理、空气除湿、工艺冷却、原水冷却等)、具有一定的基础负荷，且全年基本恒定(工艺冷却)

不同行业的用能特性，对高效机房的建设的**技术选择、设备选型、能效指标设定、高效措施的投资回收期**等具有决定性影响，高效机房的设计与建设需兼顾各方条件。

# 高效机房建设形式下的模式思考

建设期间明确的  
成本支出

工程初始  
投资上升  
20%~30%

- | 施工图纸的优化设计
- | 更加适合、更加高效的设备选型
- | 主要耗能设备的出厂试验及见证
- | 更优性能、更小阻力的构件选择
- | 控制系统的优化设计、工业级传感器的采用
- | 符合使用侧需求的节能策略及精细的系统调适
- | 更加细致的现场安装
- | 全过程的技术服务、监理服务

如何确保运行生命  
周期内的切实实现?

- 系统能效上升带来配电容量投入的减少
- 减少机房设备空间(常规情况)
- 减少运行管理成本支出
- 减少维护成本的支出
- 机房能效提升25%~40%
- 机房运行成本下降25%~40%
- 产品能源单耗下降、市场竞争提升
- 其它收益

运营维护  
成本下降  
25%~35%

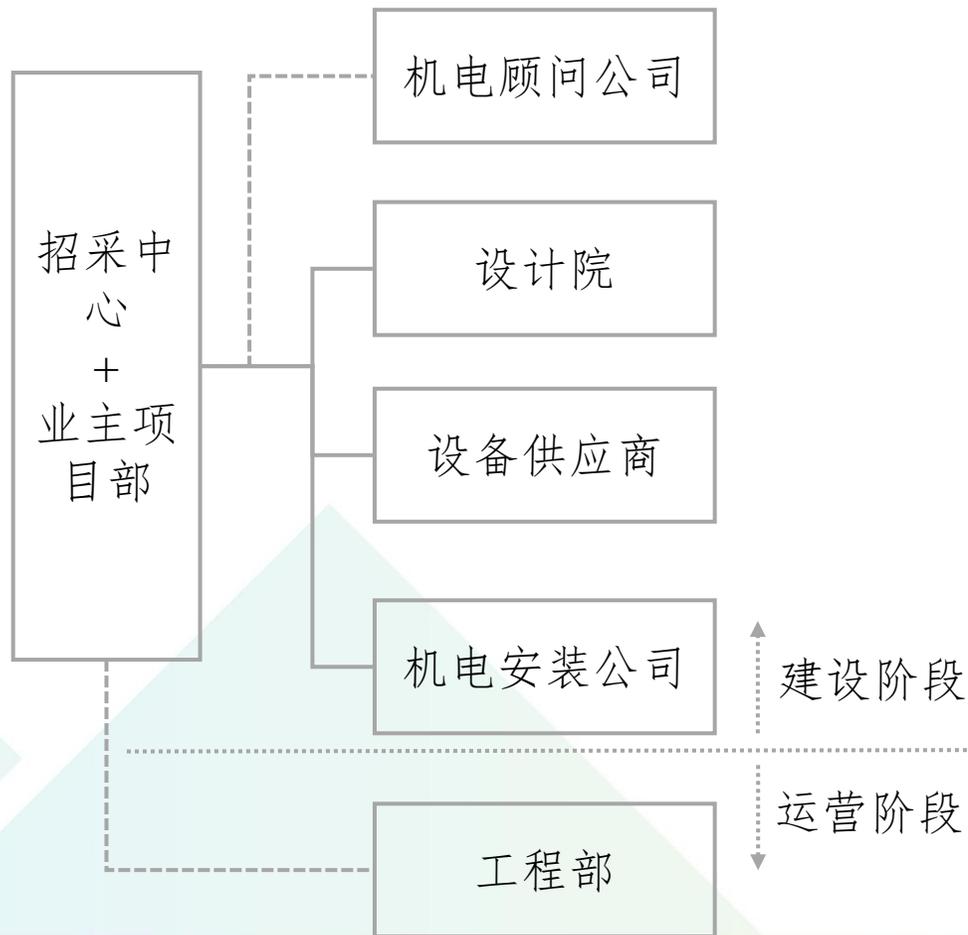
# 高效机房工程模式与EMC模式

## 工程模式-建设期间/验证期间的高能效考核

常规模式：工程建设模式+自我运营

运行生命周期的高能效的不确定性

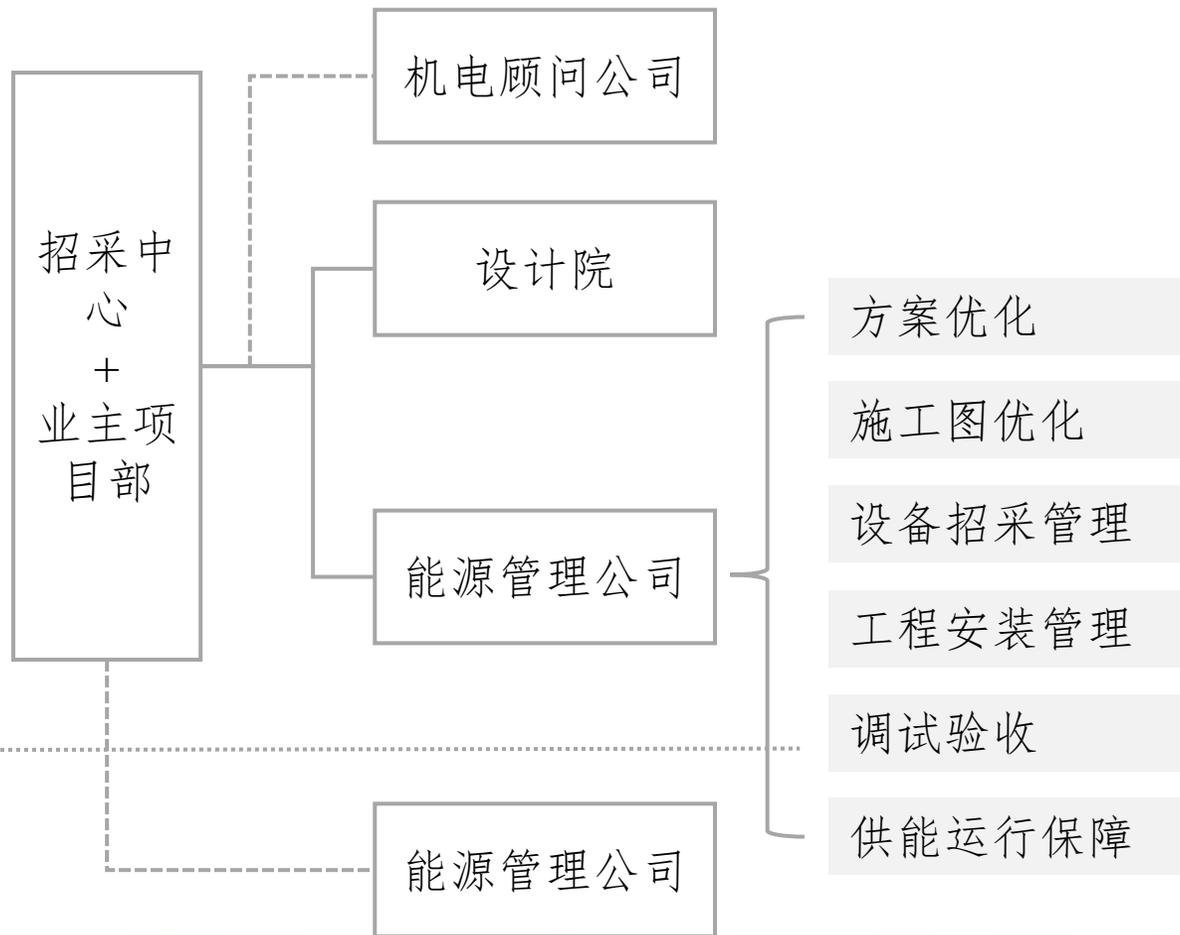
关键控制：考核周期内的能效指标考核



## 高效机房建设与运营模式-全生命周期的能效保证

推荐模式：能源供应模式，确定能源单价，进行第三方全生命周期服务  
确保用户生命周期的能源成本下降

关键控制：全生命周期内的冷量/电量的实际计量，全年成本包干



# 目录

01 高效机房现状

02 更优高效机房建设路径

03 部分案例分享

# 半导体行业高效机房建设案例



**某晶圆工厂**

**项目背景：** 本项目位于杭州，生产成品为半导体硅抛光片(8英寸、12英寸)。

**空调系统概述：** 制冷包含低温冷冻系统、中温冷冻系统；制热包含中温热水系统及高温热水系统；

**技术解决方案：** 采用高效设备(磁悬浮冷水机组、变频离心冷水机组、中温热回收机组)+节能系统(梯级热回收系统及大温差串联水蓄冷系统)+采智慧能源管理系统，打造高效冷热源系统。

**能效指标：** 空调制冷系统综合能效不低于 **6.0kW/kW**  
水蓄冷节约运行成本不低于266万元/年。



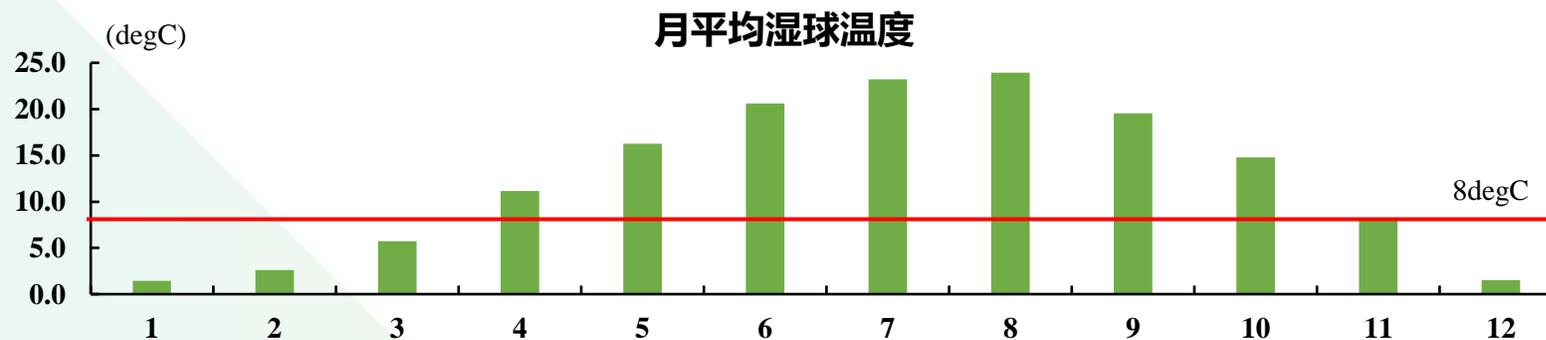
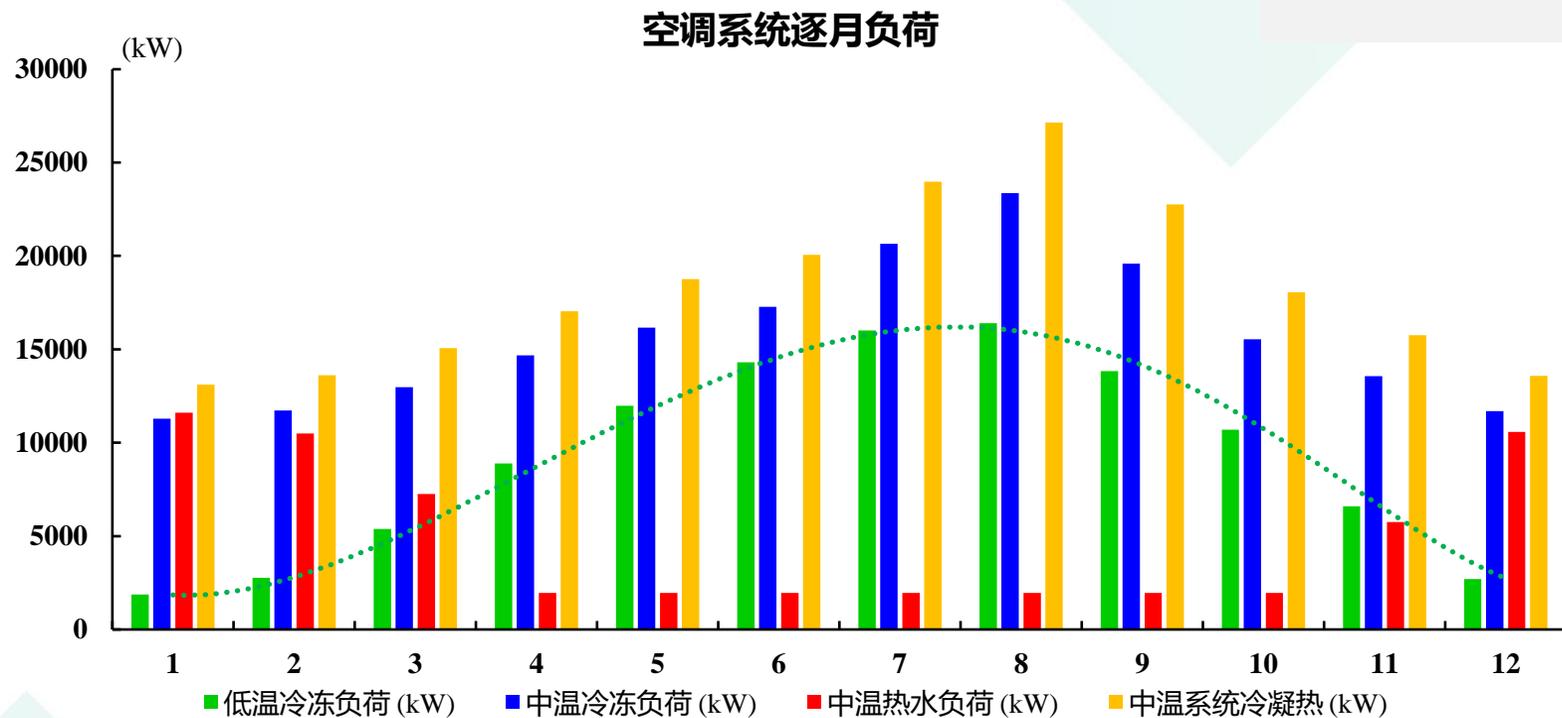
# 空调负荷分析与系统构架

用途			夏季				冬季			
			6/12degC	13/19degC	35/28degC	70/50degC	6/12degC	13/19degC	35/28degC	70/50degC
一期	暖通	(kW)	13000	11520	880		607	6539	2255	9224
	工艺冷却水	(kW)	595	1800			595	2125		
	工艺纯废水	(kW)		2443	581	1394			6540	1394
	一期合计	(kW)	13595	15763	1461	1394	1202	8664	8795	10618
	同时使用系数		100%	80%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
	一期综合总计	(kW)	<b>13595</b>	<b>12610</b>	<b>1169</b>	<b>1115</b>	<b>1202</b>	<b>6931</b>	<b>7036</b>	<b>8494</b>
		(RT)	<b>3866</b>	<b>3586</b>			<b>342</b>	<b>1971</b>		
二期	暖通	(kW)	2148	7596	520			3494	520	2550
	工艺冷却水	(kW)	660	1950			660	1950		
	工艺纯废水	(kW)		3908	460	1400			5200	1400
	二期合计	(kW)	2808	13454	980	1400	660	5444	5720	3950
全期合计		(kW)	16403	29217	2441	2794	1862	14108	14515	14568
同时使用系数			100%	80%	80%	80%	100%	80%	80%	80%
全期综合总计		(kW)	<b>16403</b>	<b>23374</b>	<b>1953</b>	<b>2235</b>	<b>1862</b>	<b>11286</b>	<b>11612</b>	<b>11654</b>
		(RT)	<b>4664</b>	<b>6646</b>			<b>529</b>	<b>3209</b>		

备注：某晶圆厂空调系统负荷需求

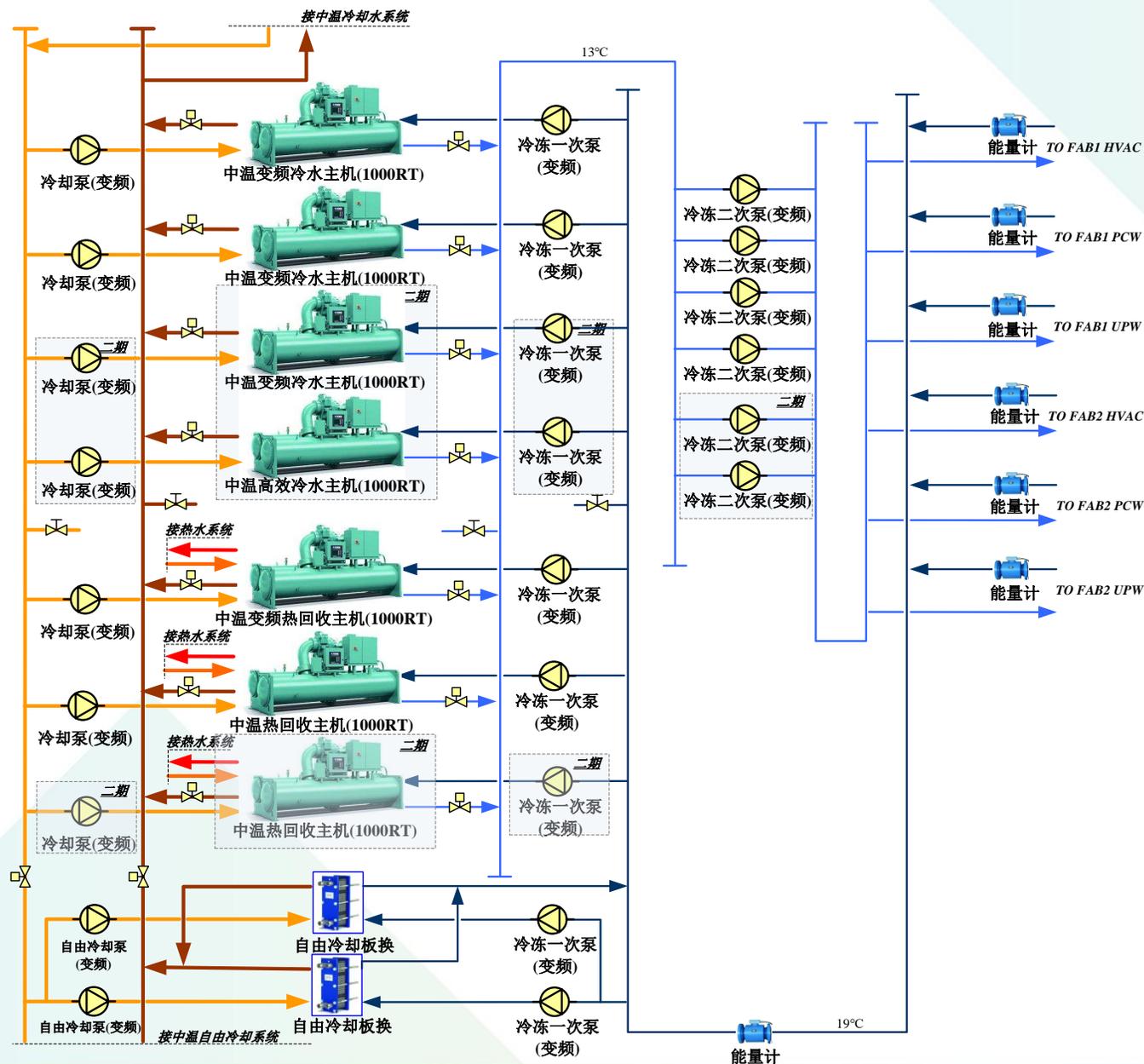
# 空调负荷分析与系统构架

就对低温冷冻、中温冷冻及中温热水负荷模拟及高效设计分析：





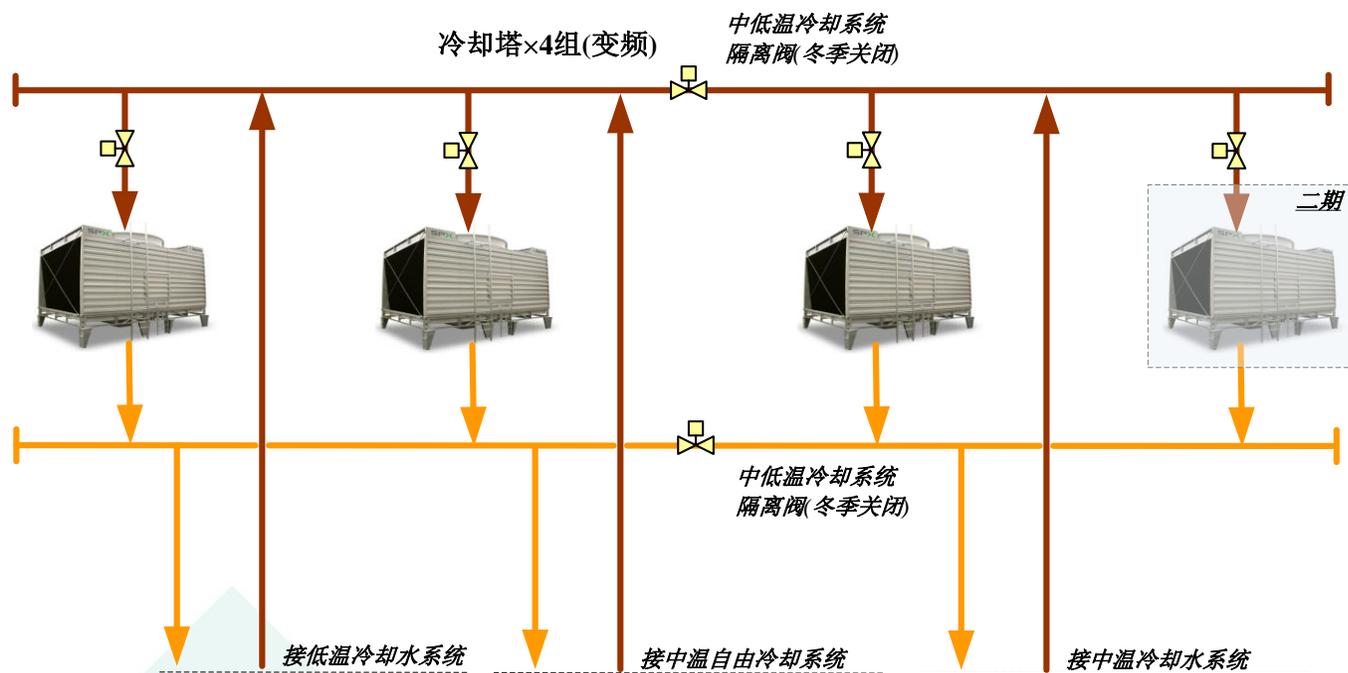
# 系统高效设计与配置-中温系统设计方案



## 关键词:

- 自由冷却-冬季低冷却水适用
- 高效变频机组搭配
- 全变频辅机系统
- 低水阻选型及水路优化
- 中温热回收机组-免费热源的利用

# 系统高效设计与配置-冷却水系统设计方案



关键词:

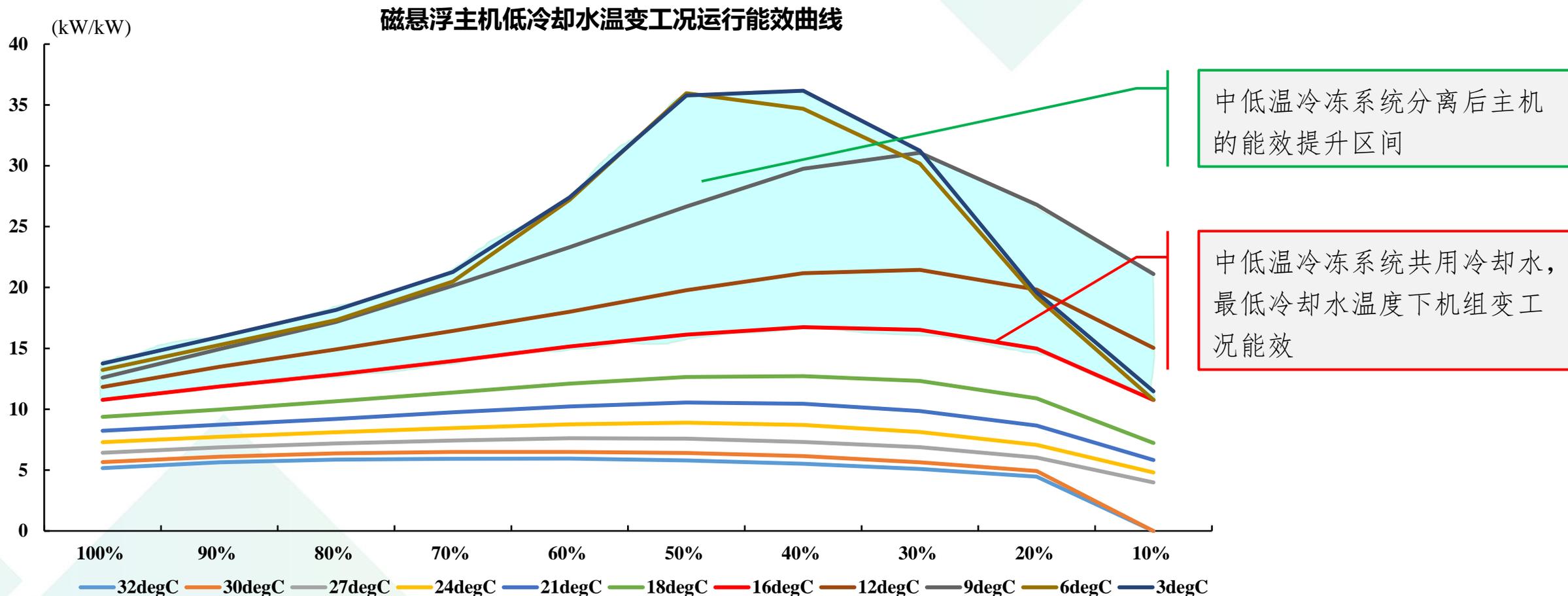
中低温冷却水分离设计

全变频

缩小近湿球温度温度选型

# 系统高效设计与配置-冷却水系统设计方案

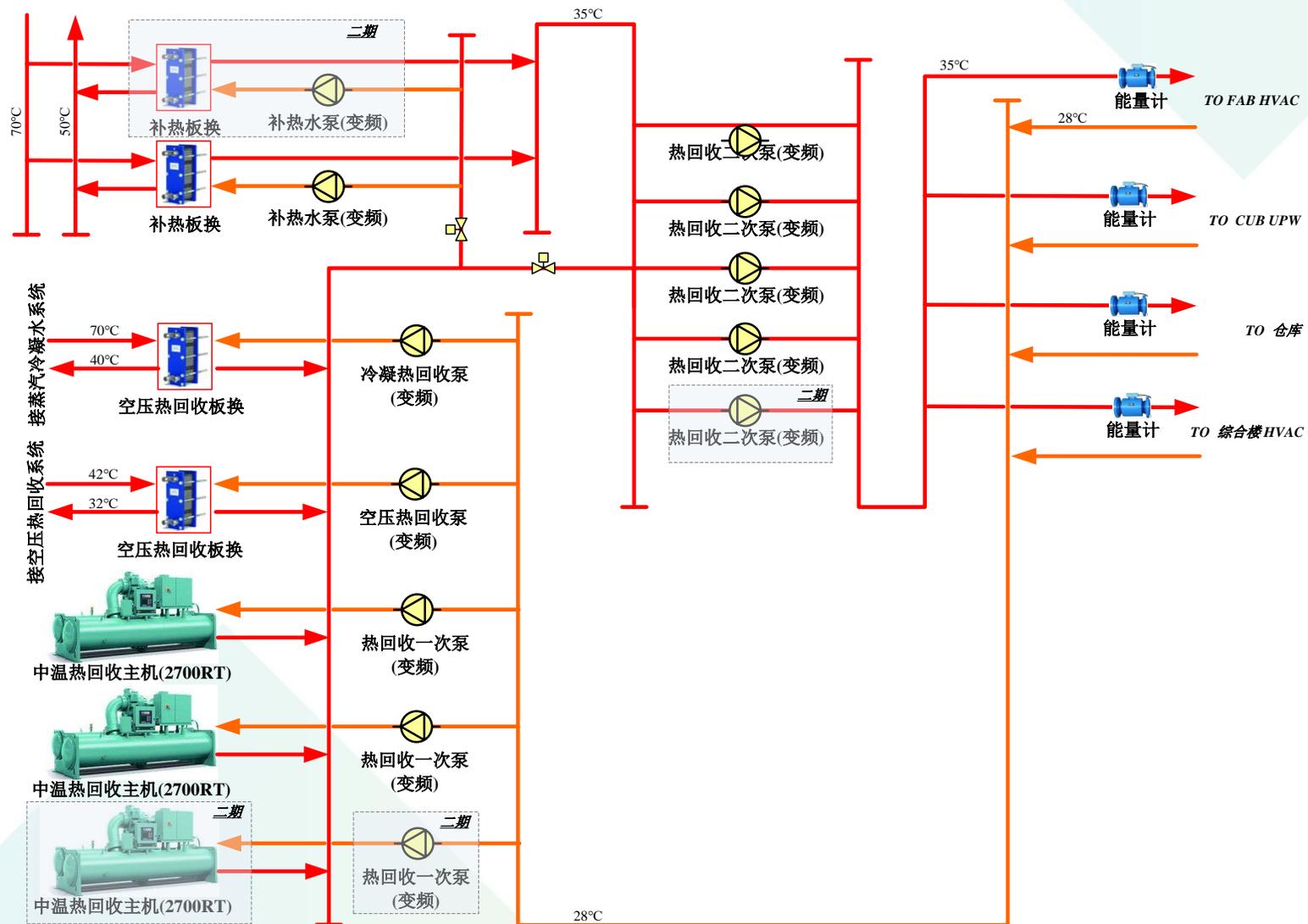
中低温冷却水冬季分离设计后冬季低温主机运行能效提升对比



备注：常规机组运行最低冷却水温度=冷冻水出水温度+3摄氏度，故本案中温最低冷却水为16摄氏度，低温为9摄氏度；磁悬浮冷水机组因其结构的差异性，可运行至低于冷冻水出水温度。

# 系统高效设计与配置-中温热水系统设计成果

接锅炉热水系统



关键词：  
余热利用  
梯级热回收

# 全年能效预测

按照上述方法，模拟低温系统全年典型工况，系统能效预测：全年综合制冷能效为6.0kW/kW

月份	室外温度	湿球温度	冷却水温度	运行天数	需求负荷	磁悬浮主机	变频主机	高效主机	主机负载率	磁悬浮主机COP	变频主机COP	高效主机COP	主机功率	冷冻一次泵	冷却泵	冷冻二次泵	冷却塔	系统功率	总供冷量	总用电量	系统能效	
						开启台数	开启台数	开启台数														
	degC	degC	degC	n.d	kW	台	台	台		kW/kW	kW/kW	kW/kW										kW
1	5.2	1.4	8.0	31	1862	1			66%	17.2			108.3	14.7	27.0	53.9	32.3	236.1	138.5	17.6	7.9	
2	6.6	2.6	8.0	28	2760	1	1		44%	20.8	14.9		161.7	32.8	63.7	53.9	32.3	344.4	185.4	23.1	8.0	
3	10.8	5.7	12.0	31	5373	1	2		55%	18.9	15.1		335.2	51.0	100.5	80.9	32.3	599.8	399.8	44.6	9.0	
4	16.3	11.2	14.2	30	8896	1	3		67%	13.9	12.0		719.3	69.1	137.2	134.8	53.9	1114.3	640.5	80.2	8.0	
5	21.2	16.3	19.3	31	11975	1	3	1	72%	10.6	9.6	8.0	1277.6	87.2	174.0	161.7	69.2	1769.7	890.9	131.7	6.8	
6	24.9	20.6	23.6	30	14299	1	3	2	71%	8.4	7.8	7.1	1877.1	147.4	294.9	210.2	84.8	2614.4	1029.5	188.2	5.5	
7	27.6	23.2	26.2	31	16009	1	3	2	80%	7.4	6.7	6.6	2370.1	184.8	369.7	232.2	93.0	3249.8	1191.1	241.8	4.9	
8	28.2	24.0	27.0	31	16403	1	3	2	82%	7.2	6.5	6.6	2476.1	194.0	388.1	239.7	97.7	3395.6	1220.4	252.6	4.8	
9	24.1	19.6	22.6	30	13832	1	3	2	69%	8.4	7.6	7.1	1844.1	138.0	275.9	211.8	79.4	2549.1	995.9	183.5	5.4	
10	19.2	14.8	17.8	31	10694	1	3	1	64%	11.5	10.3	8.1	1078.5	87.2	174.0	166.4	64.7	1570.8	795.6	116.9	6.8	
11	12.7	8.1	12.0	30	6587	1	3		50%	19.7	15.3		410.0	69.1	137.2	96.0	53.9	766.3	474.2	55.2	8.6	
12	6.5	1.5	8.0	31	2694	1	1		43%	20.3	14.9		159.3	32.8	63.7	53.9	32.3	342.0	200.4	25.4	7.9	
合计				365															8162.3	1360.9	6.0	

# 全年能效预测

模拟中温系统全年典型工况，系统能效预测：全年综合制冷能效为6.1kW/kW，因热回收的设置，对制冷系统能效具有一定下降的影响，但全年获得免费制热供应，综合制热/制冷能效为8.0kW/kW

月份	冷却水温度	运行天数	制热负荷	需求负荷	热回收开启台数	变频主机开启台数	制冷主机开启台数	制冷主机负载率	热回收主机COP	变频主机COP	高效主机COP	主机功率	冷冻一次泵	冷却泵	冷冻二次泵	热回收一次泵	冷却塔	系统功率	总供冷量	总供热量	总用电量	系统能效
	degC	n.d	kW	kW					kW/kW	kW/kW	kW/kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	万kWh	万kWh	万kWh	kW/kW
1	8.0	31	11612	11286	3			Free Cooling	6.6			1529	97	96	259	82	43	2105	840	864	157	5.4
2	8.0	28	10497	11719	3			Free Cooling	6.6			1382	86	104	259	67	43	1941	788	705	130	6.0
3	18.0	31	7251	12978	2	3		65%	6.6	15.7		1389	92	184	294	48	54	2062	966	539	153	6.3
4	18.0	30	1953	14675	1	4		83%	6.6	14.1		1277	105	261	323	15	65	2046	1057	141	147	7.2
5	19.3	31	1953	16159	1	4	1	77%	6.6	12.7	9.2	1549	106	264	365	15	75	2374	1202	145	177	6.8
6	23.6	30	1953	17279	1	4	1	82%	6.6	10.5	8.2	1885	121	302	417	15	75	2815	1244	141	203	6.1
7	26.2	31	1953	20643	1	4	2	84%	6.6	8.9	7.7	2538	148	369	496	15	95	3661	1536	145	272	5.6
8	27.0	31	1953	23374	1	4	2	95%	6.6	8.4	7.7	2963	189	473	636	15	122	4399	1739	145	327	5.3
9	22.6	30	1953	19594	1	4	2	80%	6.6	10.7	8.3	2145	133	333	447	15	86	3159	1411	141	227	6.2
10	18.0	31	1953	15542	1	4	1	74%	6.6	14.6	9.5	1375	98	244	338	15	75	2145	1156	145	160	7.2
11	18.0	30	5744	13563	2	4		62%	6.6	16.1		1296	89	221	321	30	65	2022	977	414	146	6.7
12	8.0	31	10579	11687	3			Free Cooling	6.6			1393	86	102	259	68	43	1950	870	787	145	6.0
合计																			<b>13784</b>	<b>4312</b>	<b>2244</b>	<b>6.1</b>

# THANKS

---

谢谢观看

国联江森自控绿色科技(无锡)有限公司



地址：江苏省无锡市新吴区龙山路融智大厦E座18楼

电话：0510-68510018

网址：[www.gl-jci.com](http://www.gl-jci.com)

邮箱：[hendry.size.heng@gl-jci.com](mailto:hendry.size.heng@gl-jci.com)