ECR 无中心冷热源机房群控系统
节能与提高能效指南

（征求意见稿）

支持单位：美国环保协会

中国低碳联盟

发布单位：中国节能协会节能服务产业委员会

起草单位：贵州汇通华城股份有限公司

2019 年 4 月

第一篇 基础篇

一、基础知识

冷热源系统：中央空调系统中以水（包括盐水、乙二醇等）为介质的冷热量输送和分配系统，一般包括冷冻水（热水）和冷却水。

系统节能率：在环境条件相近、运行工况和运行时间相同的情况下，统一空调系统应用节能控制装置所节约的能耗量与未应用节能控制装置的能耗量之比的百分数。

供冷/供热单元：以某台冷热源主机为主体，将与该冷热源主机相关的主机进出口阀门、一次冷冻水泵以及备用泵、一次冷却水泵以及备用泵、冷却塔及其进出口阀门等设备视为一个“供冷/供热单元”。

ECR：Easy Control Robot，易控机器人。

ECR 无中心冷热源机房群控系统：应用计算机技术、自动控制技术、变频调速技术、系统集成技术和人工智能技术等，对中央空调冷热源系统的运行进行优化控制以提高空调系统能源利用效率的自动化、智能化控制装置。

二、ECR 系统组成或工艺流程

ECR系统采用双通道网络架构。

ECR 系统组成

序号	组成部件	产品形态	型号	作用
1	视界		ECR-UI	用于显示受控设备、冷热源机组的运行过程参数以及与第三方系统（BAS、云端）通信
2	人工智能单元		ECR-AI	用于实现一套制冷/制热单元单元（包括制冷/制热主机、冷冻/热水泵、冷却水泵、冷却冷却塔、主机冷冻水/冷却水电动阀）的智能控制；多个人工智能单元可组群实现群控；具有制冷/制热主机能效检测功能。
3	气象站		ECR-WS	用于采集室外温湿度信号
4	设备智能接口箱		ECR-DIX	用于执行“人工智能单元”对现场控制柜的控制信号

5	功率柜		ECR-C	用于向受控设备（水泵、冷却塔）提供动力电源

三、主要用能设备

控制与冷热源相关的设备，包括：冷热源主机、冷冻水泵以及备用泵、冷却水泵以及备用泵、冷却塔。

第二篇 节能篇

一、ECR 系统评估和节能诊断

1、系统评估的范围

针对冷热源系统进行能效评估和诊断，主要量化的指标包括：

系统：系统效率（COPS）、系统能耗

冷水机组：机组效率（COP）、机组能耗

冷冻水：冷冻水输送系数（WTFchw）、冷冻水泵能耗

冷却水：冷却水输送系数（WTFcw）、冷却水泵能耗

冷却塔：冷幅、冷却塔能耗

2. 需要准备的资料

（1）冷热源系统图；

（2）冷热源系统设备清单；

（3）冷热系统设计说明（新建）

（4）系统运行记录每月随机抽取3-5日（改造）

具体见附件一《ECR项目前期勘查表》。

3. 评估的方法和内容

依据系统设计参数评估设计冗余；根据用能设备开机台时情况、天气状况和负荷变化情况对能够获得的节能收益进行评估。评估表见附件二《中央空调水系统节能控制装置技术规范》附录A。

4. 常用测试设备及测试方法

按照国标GB/T 26759-2011《中央空调水系统节能控制装置技术规范》附录A节能率测试方法执行。见附件二《中央空调水系统节能控制装置技术规范》。

二、ECR 系统节能原理

1. 技术原理

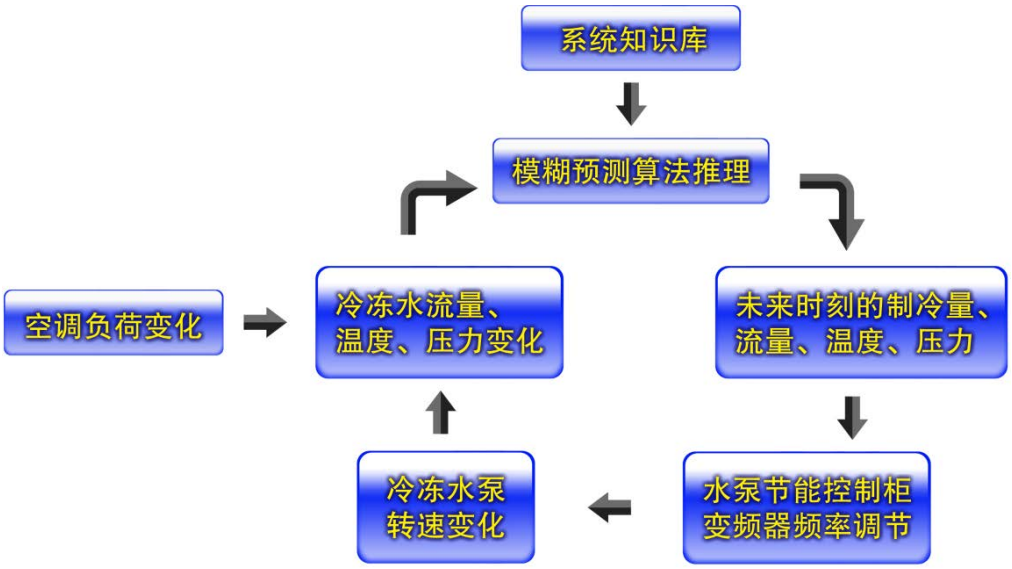


图 1 冷冻水控制模型

基于模糊控制的变频调速，实现中央空调水系统变温差、变压差、变流量运行，使控制系统具有高度的跟随性和应变能力，可根据对被控动态过程特征的识别，自适应地调整运行参数，以获得最佳的控制效果。

系统采用模糊预测算法对冷冻水系统进行控制。当环境温、湿度、空调末端负荷发生变化时，各路冷冻水供回水温度、温差、压差和流量亦随之变化，流量计、压差传感器和温度传感器将检测到的这些参数送至模糊控制器，模糊控制器依据所采集的实时数据及系统的大数

据历史运行数据库，实时预测计算出末端空调负荷所需的制冷量，以及各路冷冻水供回水温度、温差、压差和流量的最佳值，并以此调节各变频器输出频率，控制冷冻水泵的转速，改变其流量使冷冻水系统的供回水温度、温差、压差和流量运行在模糊控制器给出的最优值。

由于冷冻水系统采用了输出能量的动态控制，实现了空调主机冷媒流量跟随末端负荷的需求供应，使空调系统在各种负荷情况下，都能既保证末端用户的舒适性、工艺性，又最大限度地节省了系统的能量消耗。

系统对中央空调冷却水及主机系统采用系统自适应模糊优化的控制方法。当环境温、湿度、空调末端负荷发生变化时，中央空调主机的负荷率将随之变化，系统的最佳转换效率也随之变化。模糊控制器在动态预测控制冷媒循环的前提下，依据所采集的空调系统实时数据及系统的大数据历史运行数据库，计算出冷却水最佳进、出口温度，并与检测到的实际温度进行比较，根据其偏差值，动态调节冷却水的流量（和冷却塔风量），使系统转换效率逼进不同负荷状态下的最佳值，从而实现中央空调系统运载能耗最大限度的降低。

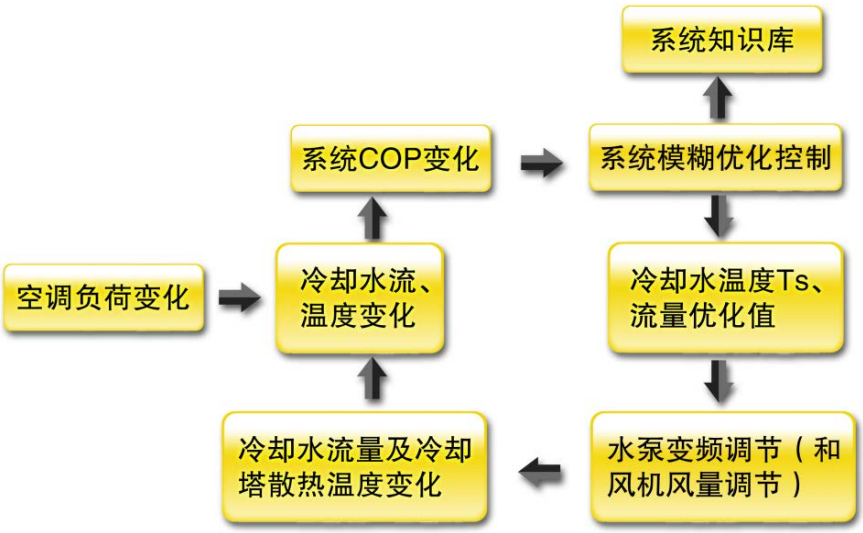


图 2 冷却水控制模型

2. 系统优点

（1） 实现动态负荷跟随，保障了末端的服务质量

（2） 具有自寻优、自适应、自进化的人工智能控制

（3） 优化了冷水机组的运行环境

3. 适用领域

ECR 系统可广泛用于办公楼、酒店、医院、商超、城市综合体等各类公共建筑中央空调冷热源站。

三、节能措施

1. 节能技术措施

由 ECR 系统提供完备的节能技术措施。

2. 管理措施

由于 ECR 系列产品对于操作者和维护者的要求较低，因此，安装此系统后，冷热源机房可实现无人值守，极大减轻管理者的工作。

四、节能成效

1. 节能率

根据项目的不同，可能实现的节能率为 20%~50%；由于节能量与项目运行时间有关，故不对节能量进行承诺。

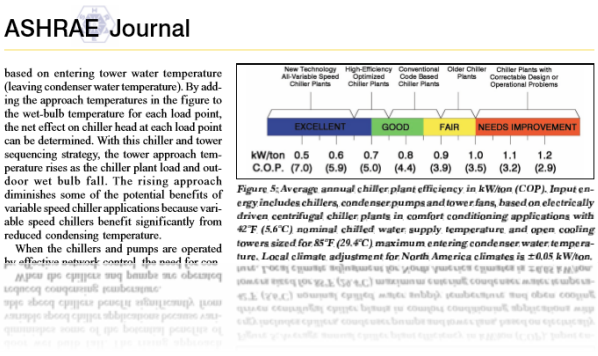
以已经实施并完成测试的某项目为例，该项目配置如下：

设备名称	配置
冷水机组	3 台离心式冷水机组，2 台螺杆式冷水机组
冷冻水泵	75kW*3 ，30kW*3
冷却水泵	55kW*3 ，30kW*3

该项目实测节能率为：

日期	运行方式	主机耗电量	辅机耗电量	合计
9 月 13 日	ECR 自动	10871.69	2726.35	13598.04
9 月 14 日	原系统	11253.48	6591.93	17845.41
9 月 15 日	原系统	10684.44	6549.9	17234.34
9 月 16 日	ECR 自动	10356.64	2534.39	12891.03
系统	群控自动运行总能耗量（kW·h）		26489.07	
	原系统模式运行总能耗量（kW·h）		35079.75	
	节能量（kW·h）		8590.68	
	节能率(α)		24.49%	

2. 验证手段


ASHRAE Journal

based on entering tower water temperature (leaving condenser water temperature). By adding the approach temperatures in the figure to the wet-bulb temperature for each load point, the net effect on chiller head at each load point can be determined. With this chiller and tower sequencing strategy, the tower approach temperature rises as the chiller plant load and outdoor wet bulb fall. The rising approach diminishes some of the potential benefits of variable speed chiller applications because variable speed chillers benefit significantly from reduced condensing temperature.

When the chillers and pumps are operated by effective network control, the need for con

Figure 5: Average annual chiller plant efficiency in kW/ton (COP). Input energy includes chillers, condenser pumps and tower fans, based on electrically driven centrifugal chiller plants in comfort conditioning applications with 42°F (5.6°C) nominal chilled water supply temperature and open cooling towers sized for 85°F (29.4°C) maximum entering condenser water temperature. Local climate adjustment for North America climates is ±0.05 kW/ton.

图 3 评价标尺

通过采用美国制冷协会 ASHE 提出的冷热源机房评价指标方法，系统记录系统运行效率（COPs），对应其标尺进行系统能效状况评价。

五、投资情况

由于项目冷热源系统的配置不同，故投资额不尽相同。按照统计数据，华东和华南区域空调系统日开机 10 小时项目，投资回收期均约 18 个月。

图 4 以某实施完成的项目为例制作的投资收益曲线。

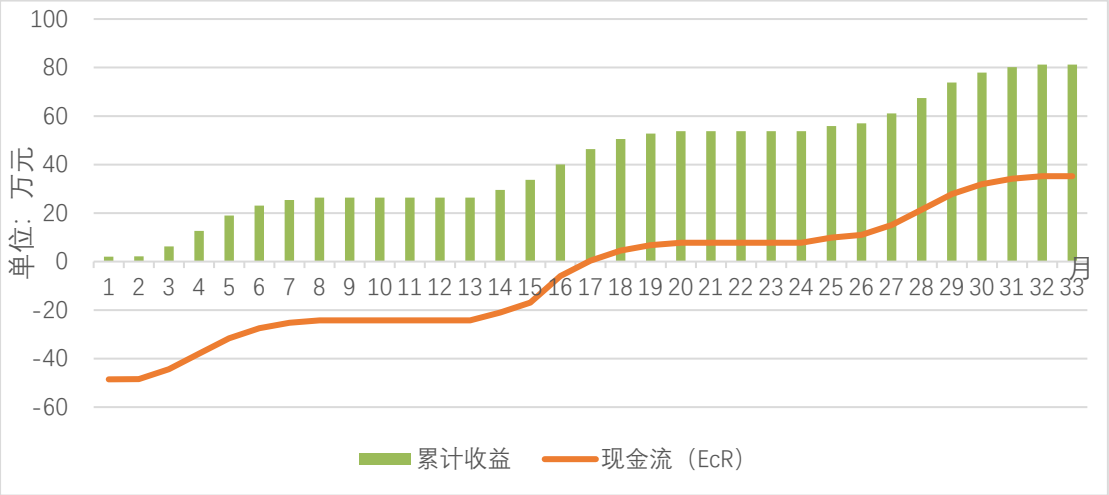


图 4 投资收益曲线示例

六、应用实例

图 5 南昌万达茂海洋公园

图 6　陕煤地质草滩生活基地中深层对接井地热能项目

广东省中医院

中天精密

海航（海口）希尔顿酒店

上海虹桥火车站

无锡梁鸿湿地丽笙度假酒店

合肥离子医院

……

第三篇 选购篇

一、选购原则

参照附件三《产品选型手册》。

二、选购时需考虑的因素

1. 冷热源系统当前的运行状况（是否有机房无人值守需求，是否有节能空间）；

2. 投资回收期。

三、各种设备优缺点比较

智能模糊控制、BAS 控制和简易变频控制方式的技术性能比较如下表：

控制模式 比较内容	BAS 控制	简易变频控制	人工智能模糊控制
采用技术	DDC（或 UC）+ PID 调节 + 变频调速	PLC + PID 调节 + 变频调速	工业控制计算机 + 智能模糊控制 + 变频调速+人工智能技术
控制参量	单参量（压差或温差）	单参量（压差或温差）	多参量（温度、流量、压力、负荷）
算法	PID（或 PI）运算	PID（或 PI）运算	预期流量控制、自进化优化控制
保护	压力或温度下限	压力或温度下限	温度下限、压力下限、流量下限
节能	空调系统综合 8%左右	空调系统综合 10%左右	空调系统综合 20%以上
稳定性	容易振荡，不易进入稳定状态	容易振荡，不易进入稳定状态	很快达到稳定状态，运行安

			全可靠
结构	简单	简单	较复杂
造价	较低	较低	偏高
适应性	需要 2 次编程	单系统运用	仿真系统，量身订做。
安全性	需要多专业配合	关键是系统整体匹配	专业成套产品

第四篇 安装篇

一、安装方法

1. AI 单元/接口箱安装

（1）安装要求

- AI 单元/接口箱应在工程施工图指定的地点安装，若在工程施工图指定的地点不能安装时，在征得用户同意后，可在原安装地点附近更换安装点。若安装地点变动过大，则应征得主管设计师的同意后方可变更。
- AI 单元/接口箱必须在开箱检验合格后方可安装，未得到检验认可不得安装。
- 墙的强度低于 C15 砼强度时，不允许安装 AI 单元/接口箱。
- 在空心砖建筑物墙面上，不允许安装 AI 单元/接口箱。
- AI 单元/接口箱的挂墙安装必须端正牢固。
- 安装过程中不得对 AI 单元/接口箱表面造成任何损伤，安装完成后必须交项目经理（或项目负责人）检验认可并做相关文字记录。

（2）安装方法

AI 单元/接口箱的安装按照下图并遵循以下步骤：

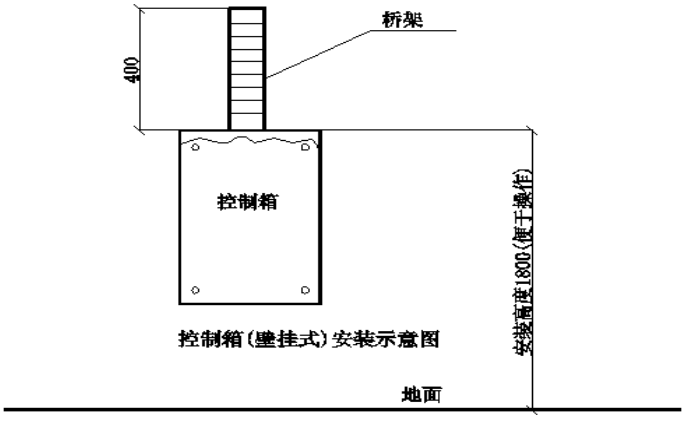


图 7 AI 单元/接口箱安装示意图

- 确定 AI 单元/接口箱在墙面上的具体安装位置，划出安装 AI 单元/接口箱的两条互为垂直的基准线。
- 将 AI 单元/接口箱置于墙上并对齐安装基准线，配划 4 个安装孔中心线。或直接量取 AI 单元/接口箱的 4 组孔距（a、b），以两条已划好的 AI 单元/接口箱安装基准线为基准，在墙上划出 4 孔中心线。
- 开孔并安装 4 个膨胀螺钉（膨胀螺钉规格：M8×65），挂上 AI 单元/接口箱并安装弹、平垫圈（φ8）及螺母（M8），调整好 AI 单元/接口箱后拧紧螺母。

2. 驱动柜安装

（1）底座安装要求

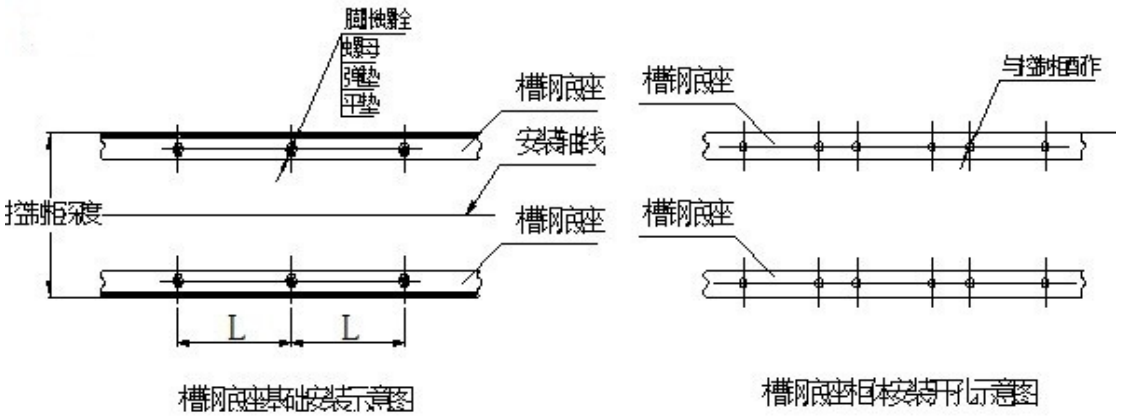
- 独立控制柜底座采用槽钢型材，槽钢型号必须符合工程设计文件的规定。

- 槽钢必须安装在混凝土地面或硬度及致密度高于混凝土地面的基础上。若无此条件，则需用混凝土浇制安装基础。
- 槽钢的支撑平面应与大地平行。两条槽钢应平行，两条槽钢的支撑面应位于同一平面内。基础槽钢安装的不直度、水平度及不平行度的允许偏差应符合《基础槽钢安装允许偏差表》规定：

基础槽钢安装　允许偏差表

项目	允许偏差	
	（mm/m）	（mm /全长）
不直度	1	5
水平度	1	5
不平行度	/	5

- 槽钢底座的安装跨距 L 应满足：L=600mm（控制柜宽度为 800mm）；L=500mm（控制柜宽度为 600mm）。
- 为防止老鼠、昆虫等进入控制柜，造成电器短路事故，槽钢底座两端必须焊接盖板。盖板应与槽钢底座端面尺寸相匹配，并要求焊接牢固、焊缝均匀平整。
- 槽钢底座应进行表面防锈处理，处理方式和颜色可与工程现场其他设备相同。



槽钢底座基础安装示意图　　槽钢底座相对安装平行示意图

图 8 槽钢底座安装示意图

（2）柜体安装要求

- 系统的驱动控制柜，应严格按照设计图纸、有关电气施工规范和安装说明书进行安装。设备安装必须仔细核对设备装箱清单，认真阅读安装说明及相关图纸资料，做到准确、无误。
- 设备安装完毕后，应对现场和设备进行清洁整理，防止螺钉等金属杂物遗落在机柜或设备内。
- 控制柜安装的垂直度、水平偏差、柜面偏差、柜间接缝的允许偏差应符合规范的要求。

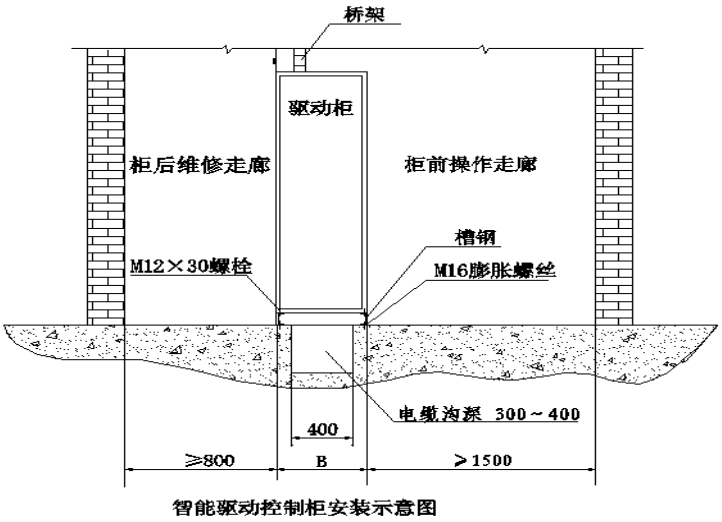


图 9 驱动柜安装示意图

3. 传感器安装（FM2200）

（1）安装配件

- FM2200 传感器(标准的 DN15 外螺纹接口)一个，出厂标配；
- 焊接底座 2 个（与 TM2000 底座同型号），出厂标配；
- DN20 球阀 2 个；按需自行配备；

- DN20 转 DN15，外螺纹转接头 2 个（由于 FM2200 是 DN15 外螺纹接口），自行配备；
- DN15 三通若干，按实际需要配备；
- DN15 弯头若干，按实际需要配备；
- 排气阀一个，自行配备；
- 生料带若干，按需自行配备；
- 金属软管或铜管若干，长度根据现场环境配备。

（2）安装注意事项

FM2200的安装必须注意以下事项：

- 必须安装于冷热水机组的冷水（或热水、或冷却水）进出口管路上；
- 传感器取源位置与冷热水机组之间不能有节流部件(如阀门、过滤器等）；
- 冷热水机组内部不能有可变动的节流部件。

FM2200的安装位置示意图如下图所示。

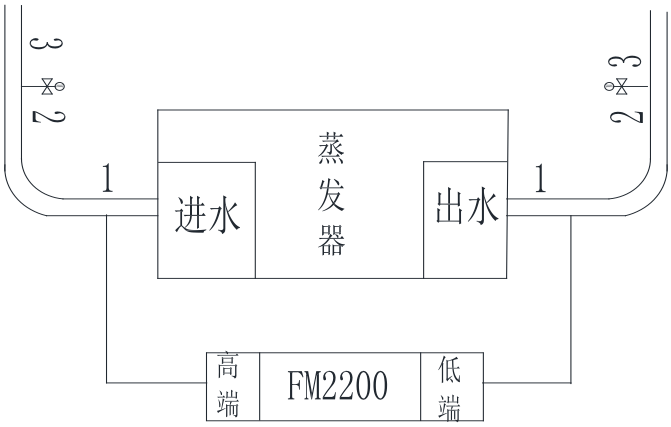


图 10 FM2200 安装位置示意图

- FM2200 优先安装于 1 处，其次安装于 2 处，不能安装于 3 处。
- FM2200 安装完后需手动排气；排气方法，是将传感器连接端出适当拧松，等待有水溢出再拧紧。
- FM2200 与主机的连接可选用 DN15 的金属软管或铜管，耐压等级需根据被测介质的最大工作压力情况进行选择。

FM2200 安装后示意图如下图所示。

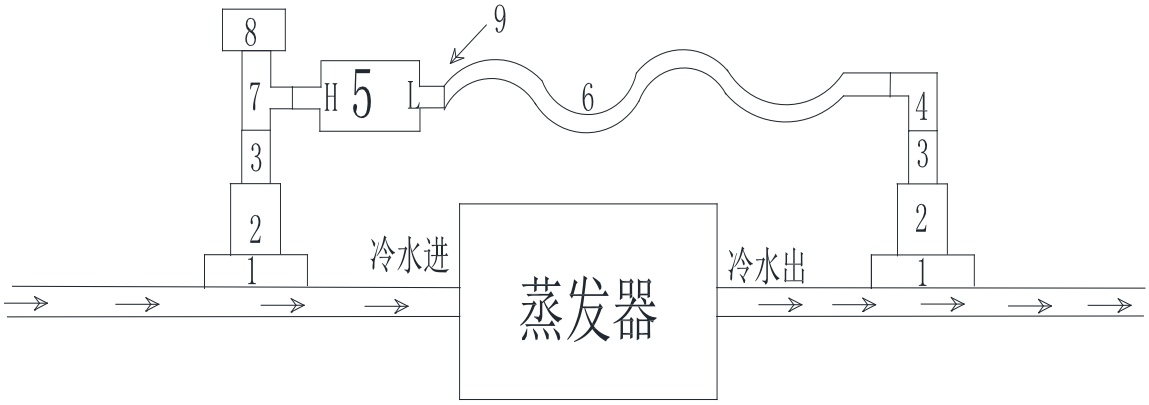


图 12 FM2200 安装示意图

其中：

1：焊接底座；

2：大通径DN20球阀；

3：DN20转DN15外螺纹转接头；

4：DN15弯头；

5：FM2200传感器；其中H(高端)装在冷水进口侧，L(低端)装在冷水出口侧；

6：金属软管或者铜管；

7：三通阀；

8：排气阀；

9：该处拧松开可以排6中的气体。

4. 传感器安装（TM2000）

（1）安装配件

TM2000 的安装配件如下：

- 传感器一只，出厂标配；
- 焊接底座一个，出厂标配；
- 固定螺母一个，内含两个密封圈，出厂标配；
- DN20 球阀一个，需自行配备；
- 生料带若干，按需配备。

（2）安装步骤

温度传感器的安装较为简单，具体分为以下几个步骤：

- 安装固定母。安装固定螺母前先确保固定螺母内部的密封圈是否配备，若没有配备则不能进行温度传感器的安装。
- 在温度传感器的螺纹缠上生料带；
- 插入温度传感器，并打开球阀，并将温度传感器插入到底；
- 通过安装底座的螺纹与温度传感器的螺纹固定温度传感器。

二、注意事项

无。

第五篇 运维篇

一、适用范围

ECR 产品主要适用中小型机房（6 台制冷/热机组）的智能群控；适合的暖通工艺有：串联结构，并联结构，先串后并，先并后串等结构。包含“人工智能单元（ECR-AI）”“设备智能接口箱（ECR-DIX）”“智能驱动变频柜（ECR-C）”“气象站（ECR-WS）”“视界（ECR-UI）”。

二、操作时间

该产品可以通过“时间表”、“第三方（操作工）”、“远程”三种操作模式进行操作；

- 时间表：按照时间表自动启停群组，在该群工作方式下需要设置以下参数；
- 第三方（操作工）：该方式下在时间表自动无效，必须通过人为操作才能启停冷/热源群；
- 远程：可以通过手机 App，可随时随地对冷/热源发出投运和停止命令。

三、职责分工

该产品有二级访问权限：“普通用户”、“管理员用户”。

普通用户：仅能查看参数，不能设置参数、操作设备。

管理员用户：可参考参数、设置参数、操作设备。

一般情况该产品无需进行操作，可以由产品进行智能的群控制，特殊情况下，可以在“管理员用户”权限下，进行控制时间表设置以及“强制启动”、“强制停机”等功能。

四、操作内容

时间表：根据实际应用情况来设置系统投运和停运时间。

强制启动：表示强制启动该冷/热源。

强制停机：表示强制停止该冷/热源。

智慧运行：表示通过 ECR 系统进行智能控制。

群启动：点击将（立刻）启动该群。

群停止：点击将（立刻）停止该群。

五、各设备操作维护程序

（一）人工智能单元

1. 开机前准备

A. 检查内部连接线，应无松动、无破损。

B. 检查内部接地，应为接地良好。

C. 检查内部供电开关（阀门供电、控制单元供电）必须接通。

D. 通电时必须检测控制器不能有结露受潮等现象。

2. 操作注意事项

A. 操作者务必熟知产品使用说明书及维护说明书各章节中所述注意事项，确保人身和机器的安全。

B. 禁止受控设备（主机、水泵、塔风机）运行时，直接断电操作；维修线路要采取必要的措施，在开关手把上或线路上悬挂“禁止合闸”的警告牌，防止他人中途送电。

C. 验电时应戴绝缘手套，按电压等级使用验电器，在设备两侧各相或线路各相分别验电。

D. 禁止直接用手或者尖锐利器触摸内部控制器，以免发生设备故障。

E. 禁止设备长时间断电，以免发生控制器受潮损坏。

F. 定期紧固螺栓、螺母，避免部件松动、振动、滑动、脱落而造成的故障。

G. 操作者在对机器设备进行维护的过程中，不得随意拆卸本机的零部件。

3. 具体操作过程

A. 给人工智能单元正确送电。

B. 观察人工智能单元与受控设备通信必须正常。

C. 按需对冷热源的投运和停运设置时间表。

D. 将人机交互界面下“本机界面”下的控制旋钮选择为“智慧运行”，则该产品将进行智能群控。

4. 维护保养

A. 定期对温度传感器进行校准。

B. 定期对流量传感器进行校准。

C. 定期检查各接插件的接插情况，各线路和接头，外露的接插

件是否松动，是否有锈蚀、接触不良或脱落、断线等现象发生。若遇有异常情况，应做及时的修理维护。

（二）设备智能接口箱

1. 开机前准备

A. 检查内部连接线，应无松动、无破损。

B. 检查内部接地，应为接地良好。

C. 通电时必须检测控制器不能有结露受潮等现象。

2. 操作注意事项

A. 操作者务必熟知产品使用说明书及维护说明书各章节中所述注意事项，确保人身和机器的安全。

B. 禁止受控设备（主机、水泵、塔风机）运行时，直接断电操作；维修线路要采取必要的措施，在开关手把上或线路上悬挂“禁止合闸”的警告牌，防止他人中途送电.

C. 验电时应戴绝缘手套，按电压等级使用验电器，在设备两侧各相或线路各相分别验电。

D. 禁止直接用手或者尖锐利器触摸内部控制器，以免发生设备故障。

E. 禁止设备长时间断电，以免发生控制器受潮损坏。

F. 操作者在对机器设备进行维护的过程中，不得随意拆卸本机的零部件。

3. 具体操作过程

给设备智能接口箱正确上电。即可完成，无需其他操作。

4. 维护保养

定期检查各接插件的接插情况，各线路和接头，外露的接插件是否松动，是否有锈蚀、接触不良或脱落、断线等现象发生。若遇有异常情况，应做及时的修理维护。

（三）智能驱动变频器柜

1. 开机前准备

A. 检查内部连接线，应无松动、无破损。

B. 检查内部接地，应为接地良好。

C. 通电时必须检测控制器不能有结露受潮等现象。

2. 操作注意事项

A. 操作者务必熟知产品使用说明书及维护说明书各章节中所述注意事项，确保人身和机器的安全。

B. 禁止受控设备（主机、水泵、塔风机）运行时，直接断电操作；维修线路要采取必要的措施，在开关手把上或线路上悬挂“禁止合闸”的警告牌，防止他人中途送电.

C. 验电时应戴绝缘手套，按电压等级使用验电器，在设备两侧各相或线路各相分别验电。

D. 禁止直接用手或者尖锐利器触摸内部控制器，以免发生设备故障。

E. 禁止设备长时间断电，以免发生控制器受潮损坏。

F. 变频工作时，排热风扇必须运行。

G. 定期紧固螺栓、螺母，避免部件松动、振动、滑动、脱落而

造成的故障。

H. 操作者在对机器设备进行维护的过程中，不得随意拆卸本机的零部件；

3. 具体操作过程

A. 给智能驱动变频柜正确上电。即可完成，无需其他操作。

B. 若遇设备（控制器）故障，可选变频器为“Local”模式，可实现本地的变频启停功能。

4. 维护保养

A. 定期检查各接插件的接插情况，各线路和接头，外露的接插件是否松动，是否有锈蚀、接触不良或脱落、断线等现象发生。若遇有异常情况，应做及时的修理维护。

B. 定期清理换排热风扇中堆积的灰尘与污垢,检查线路是否运转正常，保证风扇工作正常；

（四）气象站

1. 开机前准备

检查设备安装位置应防雨林、防晒，并安置与冷却塔进风口处。

2. 操作注意事项

不得随意拆卸本机的零部件。

3. 具体操作过程

无。

4. 维护保养

定期校准温、湿度传感器。

（五）视界

1. 开机前准备

无

2. 操作注意事项

A. 操作者务必熟知产品使用说明书及维护说明书各章节中所述注意事项，确保人身和机器的安全。

B. 禁止设备长时间断电，以免发生控制器受潮损坏。

C. 定期紧固螺栓、螺母，避免部件松动、振动、滑动、脱落而造成的故障。

D. 操作者在对机器设备进行维护的过程中，不得随意拆卸本机的零部件。

3. 具体操作过程

无。

4. 维护保养

A. 定期清理系统的插件，提升系统运行效率。

B. 定期重启设备，提升系统运行效率。

附　件

附件一《ECR 项目前期勘查表》

附件二《中央空调水系统节能控制装置技术规范》

附件三　ECON ROBOT 产品选型手册

附件四　ECON ROBOT 产品手册