## 建筑空调节能运行控制策略

### 1、命题企业介绍

浙江中控信息产业股份公司（简称：中控信息）前身为浙江浙大中控信息技术有限公司，始创于1999年，于国内首创“ｅ城市·易生活”理念，主要业务为城市基础设施的自动化、信息化、数字化和智慧化建设，涵盖大交通、大环境、智慧应用等众多领域。建设项目遍及中国33个省份区域及海外，服务客户逾2600家，在关系社会民生、国家经济发展等重大标杆项目上都作出了重要贡献。

公司紧随国家战略，坚持自主新，已积累了134项专利、398项软件著作权和4800个项目丰富的行业经验，先后获得电子与智能化一级、CS4级、ITSS一级、CMMI5、鲁班奖、大禹奖、国家优质工程等一系列业内顶级资质与荣誉，多次获得省部级、市级科技进步奖项。中控信息将继续打造双业务驱动发展，面向基础设施数智化解决方案、数智化平台与装备两大业务方向，利用大数据、云计算、人工智能等新兴技术，致力于服务客户、赋能生态，成为领先的基础设施数智化平台与解决方案服务商。

### 2、命题背景说明

**【项目的行业背景】**

随着我国“双碳”战略的提出，节能减排已成为全社会关注的焦点。而建筑节能对于全社会的节能减排至关重要。据有关统计，建筑能耗在社会总能耗占比约为25%，且于其他耗能行业相比，建筑节能潜力巨大。如何充分发挥建筑节能潜力，助力我国“双碳”战略实施，已成为建筑能源行业关注的热点。

建筑能耗中占比最大者为暖通空调系统能耗，平均占比超过40%，部分建筑中可超过60%。空调系统运行能耗与运行工况直接相关，通过优化运行控制策略，使其运行在更优工况，可以产生巨大的节能效益。因此，研究建筑空调节能运行控制策略对全社会节能减排工作推进具有重要意义。

### 3、项目说明

**【问题说明】**

建筑空调节能控制主要面临以下难点：

1．设备高精度模型建立

建筑空调系统包括众多设备，主要包括：冷水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔、风机等耗能设备。不同设备具有不同的能效特性，建立各设备高精度能效模型，是建筑空调系统运行优化的基础。设备建模过程面临以下难点：采用何种建模手段才能更好拟合设备的高度非线性特性；在已有信息不完备条件下如何更加逼近设备特性。

2．运行工况的全域寻优算法

建筑空调中不同设备的能效特性具有差异，部分设备最优运行工况甚至存在互斥情况，需要从系统全局角度出发，寻求整体最优控制工况。工况寻优过程面临以下难点：如何结合建筑基本物理规律，建立准确可行的寻优搜索域；如何在众多寻优算法中选择最佳寻优算法；如何根据不同场景制定寻优过程的最佳目标函数。

3．并行设备间的最优协作理论

建筑空调系统中通常具有并行设备，如具有两台以上冷水机组、多台并行连接水泵、多台并行连接冷却塔等。在某些场景下，使用一台设备可以满足需求，而两台分担运行亦可满足需求，这时需要从能效角度寻求最佳协作方式。多设备协作面临以下难点：如何结合设备能效衰减等特性，理论分析出最佳能效下的设备协作方式；如何保证理论最佳协作方式不会与系统基本运行保护策略冲突。

4．基于现场反馈的实时调节策略

由于建模精度、局部最优等问题的存在，理论预测的最佳工况与实际情况可能存在出入，需要根据现场反馈信息对运行工况实施调节，以保证建筑环境控制的需求。实时调节过程面临以下难点：如何根据真实系统特性和实时反馈信息，确定可行的调节步长和调节频率；在调节范围过大时如何安全合理的大幅切换设备运行状态。

### 4、任务要求

**【输入参数】**

1.设备能效基础数据

用于设备能效建模的基础运行数据。如冷水机组的性能曲线——工况参数和系统能耗的映射曲线，用于高效拟合设备能效特性。

2.系统需要提供的冷量

这是系统的约束目标，需要在达到这一冷量的条件下实现工况最优。

**【功能内容】**

1．设备高精度建模

合理选择适用于各设备能效建模的深度学习模型结构，包括：卷积神经网络、循环神经网络、前馈神经网络、贝叶斯网络、预训练模型等。设计各设备模型的输入输出参数，需满足基本物理规律、现场可行性、计算实时性等原则。同时考虑适用于在线部署的模型保存与调用方式。

2．工况全域寻优算法

根据具体的建筑空调系统结构，构建出各参数变量的可行搜索域。变量通常包括：冷水机组冷冻水出水/回水温度、冷水机组冷却水出水/回水温度、冷水机组启动台数、冷冻水泵运行频率/启动台数、冷却水泵运行频率/启动台数、冷却塔风机频率/启动台数等，需构建出各变量的搜索范围以及变量间的约束关系。合理选择寻优算法，包括：遍历寻优、遗传算法、蚁群算法、鱼群算法、粒子群算法、强化学习等，并明确目标函数、约束函数以及寻优的具体参数。

3．并行设备协作理论

结合并行设备的能效模型，从节能角度设计满足工作目标条件下最优的协作模式。需从理论分析的层面论证不同协作方式间能效差异，同时保证最优协作方式满足系统运行基本保护策略。

4．现场实时调节策略

从控制论角度出发，以理论计算的最优工况为控制目标，当实际出现未能达到控制工况时，给出具体的反馈调节策略。包括不同情况下需调节的设备参数以及调节方式。调节方式可以包括：固定步长调节、PID调节、机器学习方法等。

**【输出结果】**

最终需在已知冷量需求条件下，给出最优工况控制目标的预测值，包括：冷水机组冷冻水出水/回水温度、冷水机组冷却水出水/回水温度、冷水机组启动台数、冷冻水泵运行频率/启动台数、冷却水泵运行频率/启动台数、冷却塔风机频率/启动台数。

**【技术方案及原型产品】**

1. 基于主流操作系统Windows、Linux、国产操作系统等。
2. 提供整体技术架构解决方案，方案应突出负荷预测模型中：物理模型+权重的神经网络预测算法原理。
3. 请设计产品推荐的智能预测算法
4. 请实现该预测算法的原型系统。