Midea 楼宇科技

多模态多模型协同智能体在暖通智能化领域的探索与实践

Exploration and Practice of Multimodal Multi-Model Collaborative Agents in Smart HVAC Intelligence

美的楼宇科技智能系统方案部长 张泽浩

目录

Content

01 世界变化的背景

02 生成式人工智能在设计阶段的实践

03 暖通智能化的一些新探索

政策引领高效制冷

Midea 楼宇科技

国家发改委、工信部等七部门联合印发《绿色高效制冷行动方案》

中华人民共和国国家发展和改革委员会
National Development and Reform Commission

热门搜索：油价 产业结构调整指导

请输入关键字

首页 | 机构设置 | 新闻动态 | 政务公开 | 政务服务

首页 > 政务公开 > 政策 > 通知

关于印发《绿色高效制冷行动方案》的通知

发改环资〔2019〕1054号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委、工业和信息化部主管部门、财政厅（局）、生态环境厅（局）、住房和城乡建设厅（局）、市场监管局（厅、委）、机关事务管理部门，各有关单位：

为贯彻落实今年《政府工作报告》、国务院《"十三五"节能减排综合工作方案》和中法《关于共同维护多边主义、完善全球治理的联合声明》等文件要求，加快生态文明建设，促进绿色消费，推动高质量发展，积极参与全球环境治理，我们研究制定了《绿色高效制冷行动方案》，现印送你们，请结合实际认真贯彻执行。

国家发展改革委
工业和信息化部
财　政　部
生 态 环 境 部
住房城乡建设部
市场监管总局
国　管　局
2019年6月13日

主要目标

到2022年，家用空调、多联机等制冷产品的市场能效水平提升30%以上绿色高效制冷产品市场占有率提高20%，**实现年节电约1000亿千万时**。

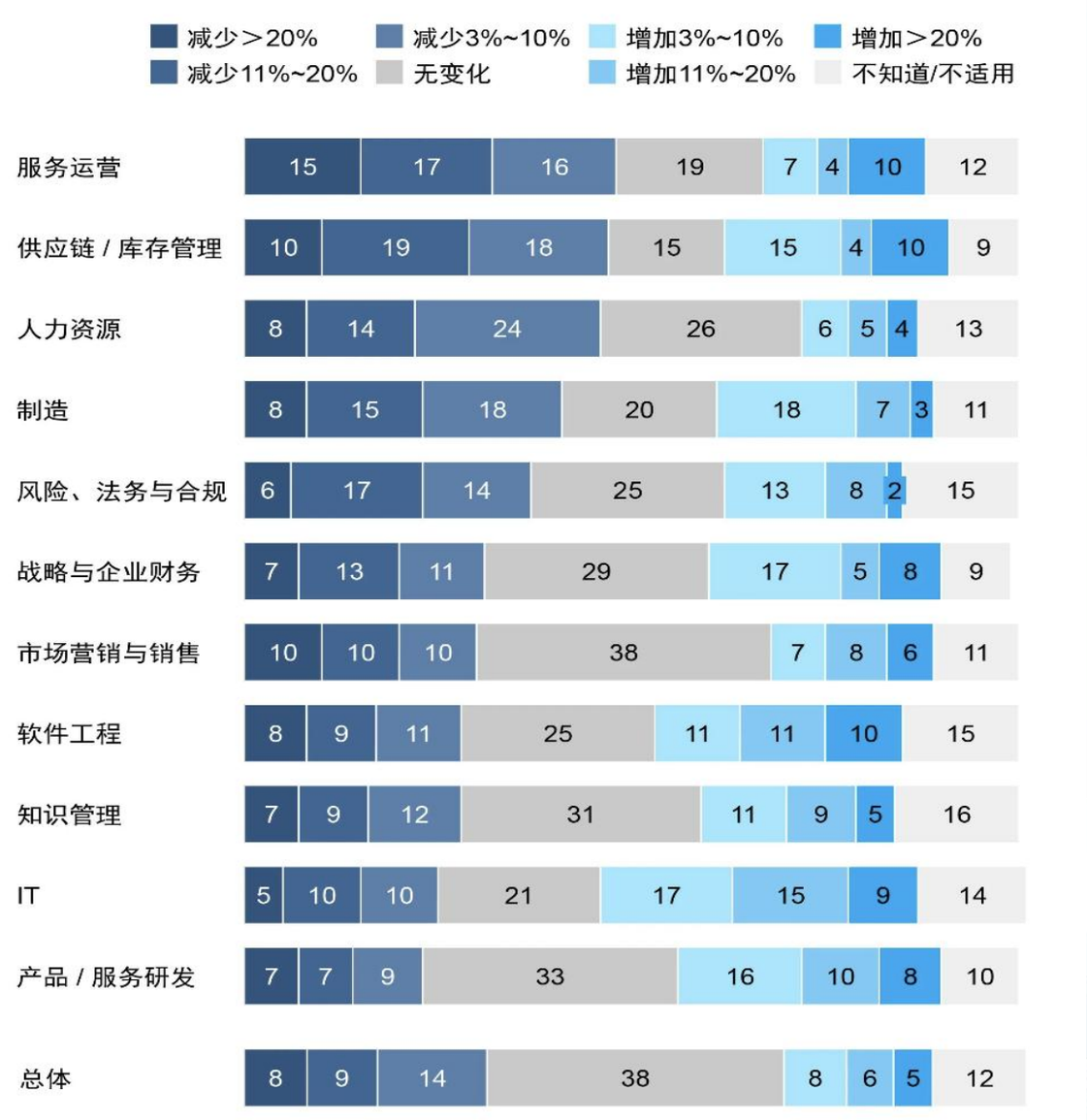
到2030年，大型公共建筑制冷能效提升30%，**制冷总体能效水平提升25%以上**，绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上，**实现年节电约4000亿千万时**。

主要任务

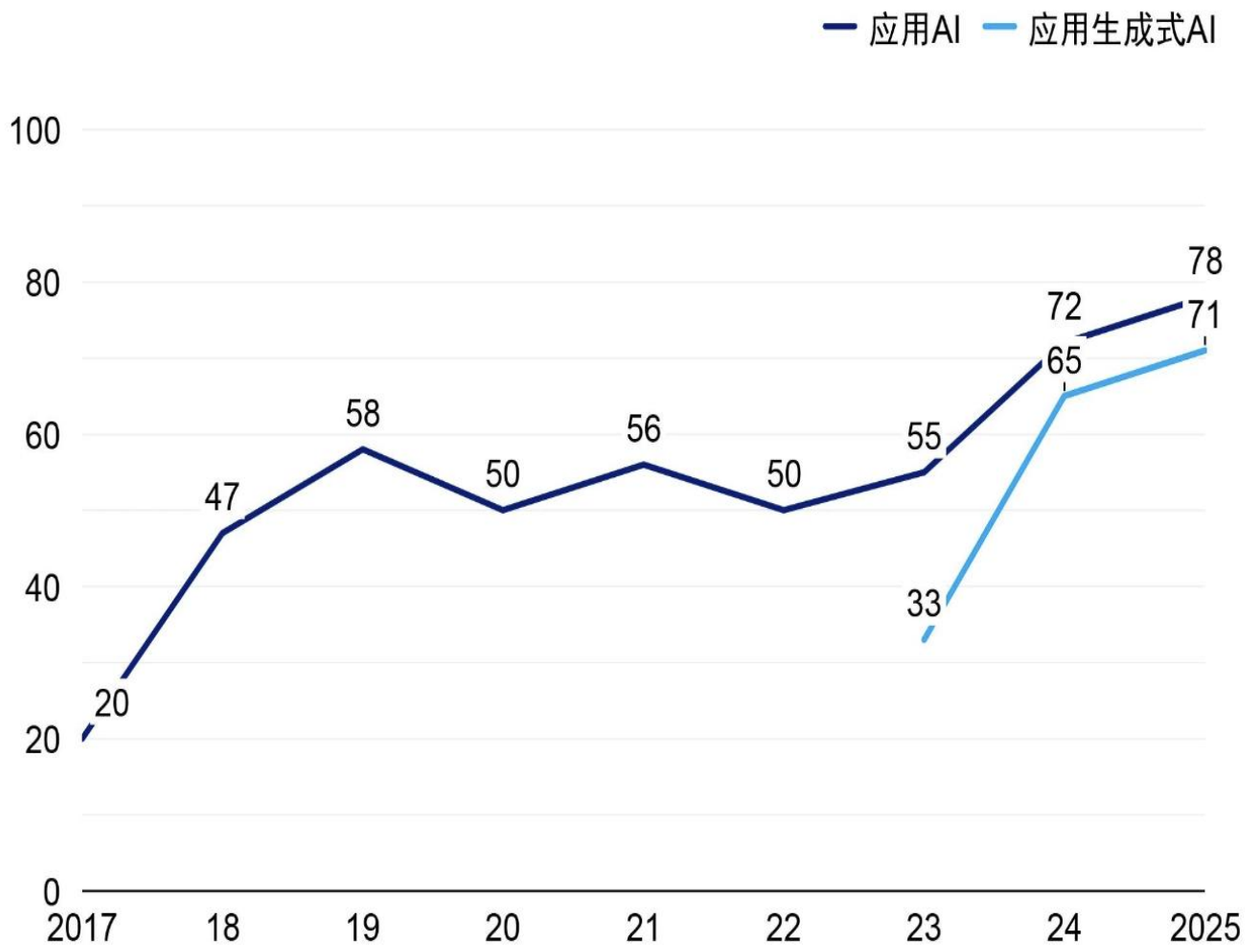
提升绿色高效制冷产品供给，鼓励企业大幅度提高变频、温湿度精准控制等绿色高端产品的供给比例。鼓励生产企业为工商业公户提供按需定制、**精准适配的绿色高效制冷系统，推动从“制造”向“产品/工程+服务”转变。**

推进技能改造，加强制冷领域节能改造，重点支持中央空调节能改造，数据中心制冷系统能效提升，园区制冷改造和冷链物流绿色改造等重点示范工程，更新升级制冷技术】设备，优化负荷供需匹配，实现系统经济运行大幅提升既有系统能效和绿色化水平

人工智能带来产业变化



在至少一项业务职能中应用AI的组织[1]，
（受访者百分比）



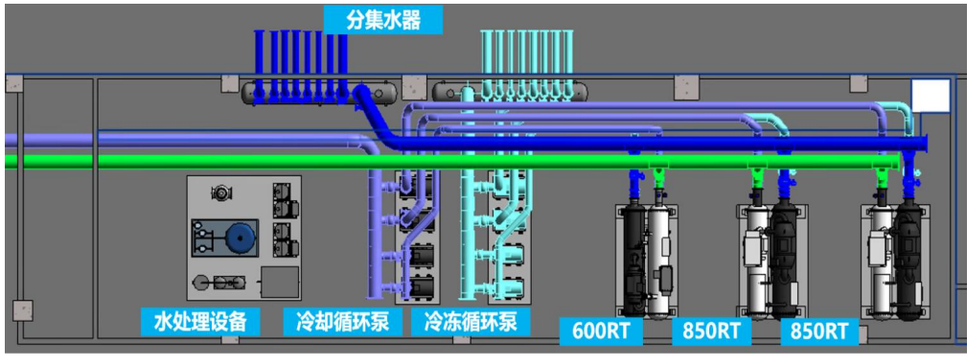
资料来源：麦肯锡全球人工智能现状调查

生成式人工智能带来一些变化

Midea 楼宇科技

【挑战】行业痛点倒逼变革

- 传统方案：设计复杂、交付周期长、成本高，难以规模化复制
- 需求升级：需更低门槛、更高复用性的解决方案

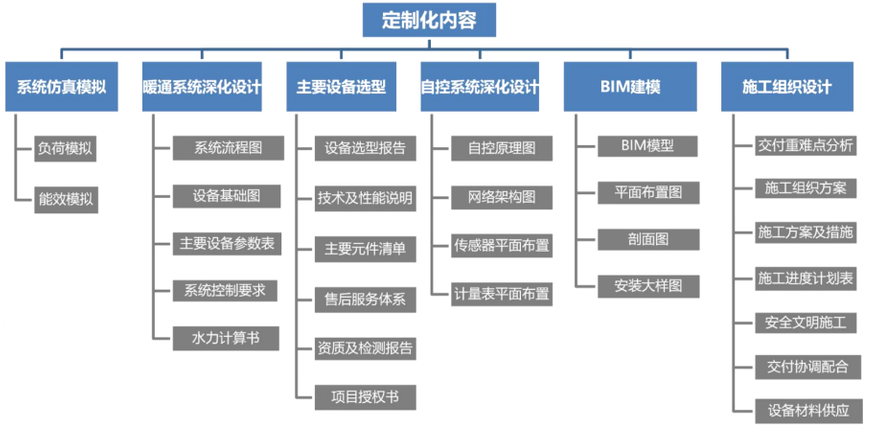


【机会】传统服务商如何转型做高效机房

- 暖通工业软件学习成本高，项目周期长
- 暖通相关组件繁杂，BIM和CAD库维护更新繁琐
- 用户协作困难，工程材料交接复杂，资料泄漏隐患
- 数字资产成本较高，但难以在项目后期发挥作用（组态系统重复定制）

标准化 归纳投标文件中通用的、标准化的内容，如企业简介、资质文件、设备及系统功能介绍、应用案例调试服务流程等，提高文件编制效率。

定制化 针对具体项目特点和招标要求，梳理定制化的内容，如技术方案中的设备选型、系统配置等，以突显投标文件的针对性和专业性。



多模态多模型协同在设计阶段跨越虚拟与现实

Midea 楼宇科技

数字孪生范式

1）预测建模

2）决策制定

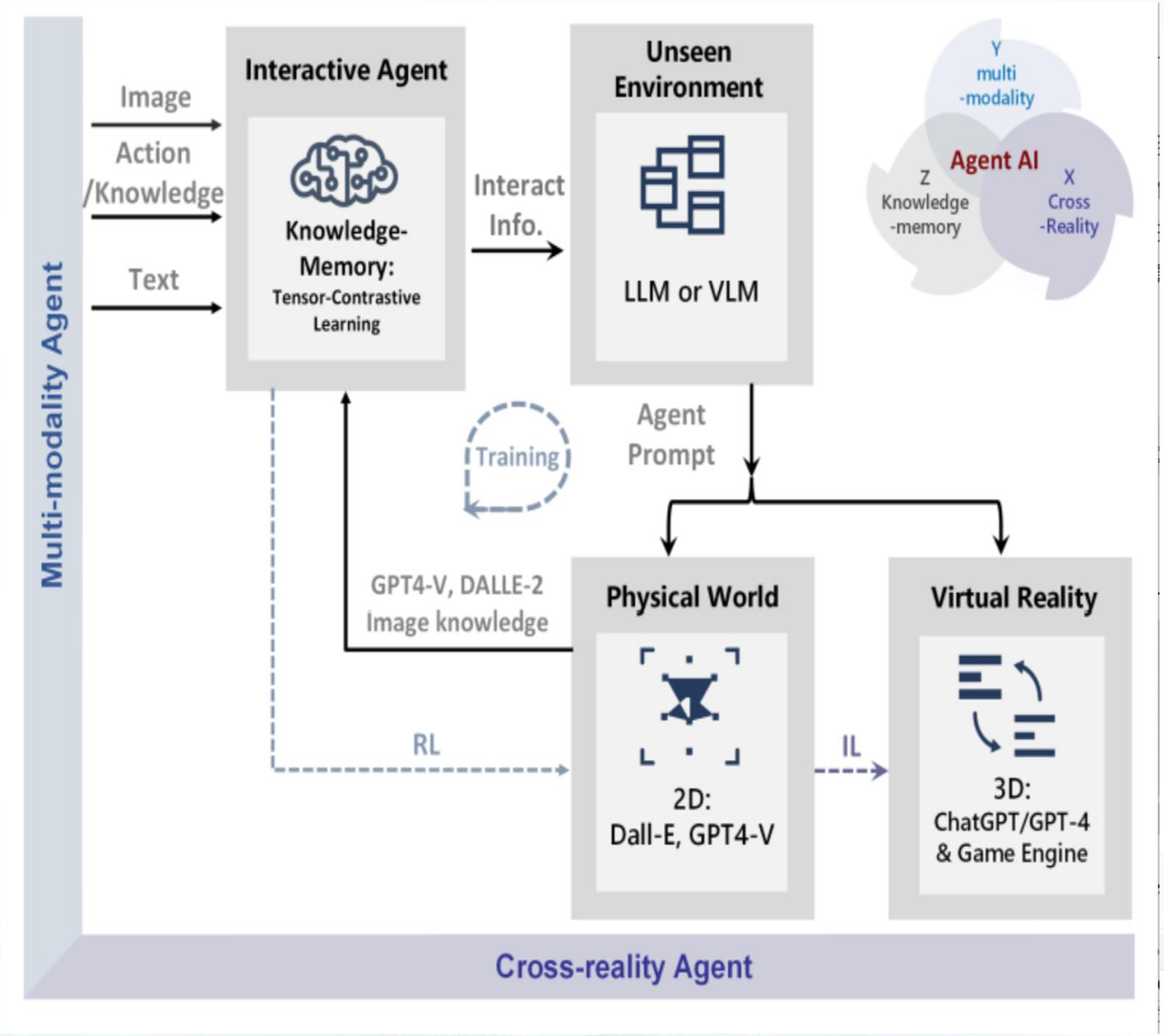
3）处理歧义

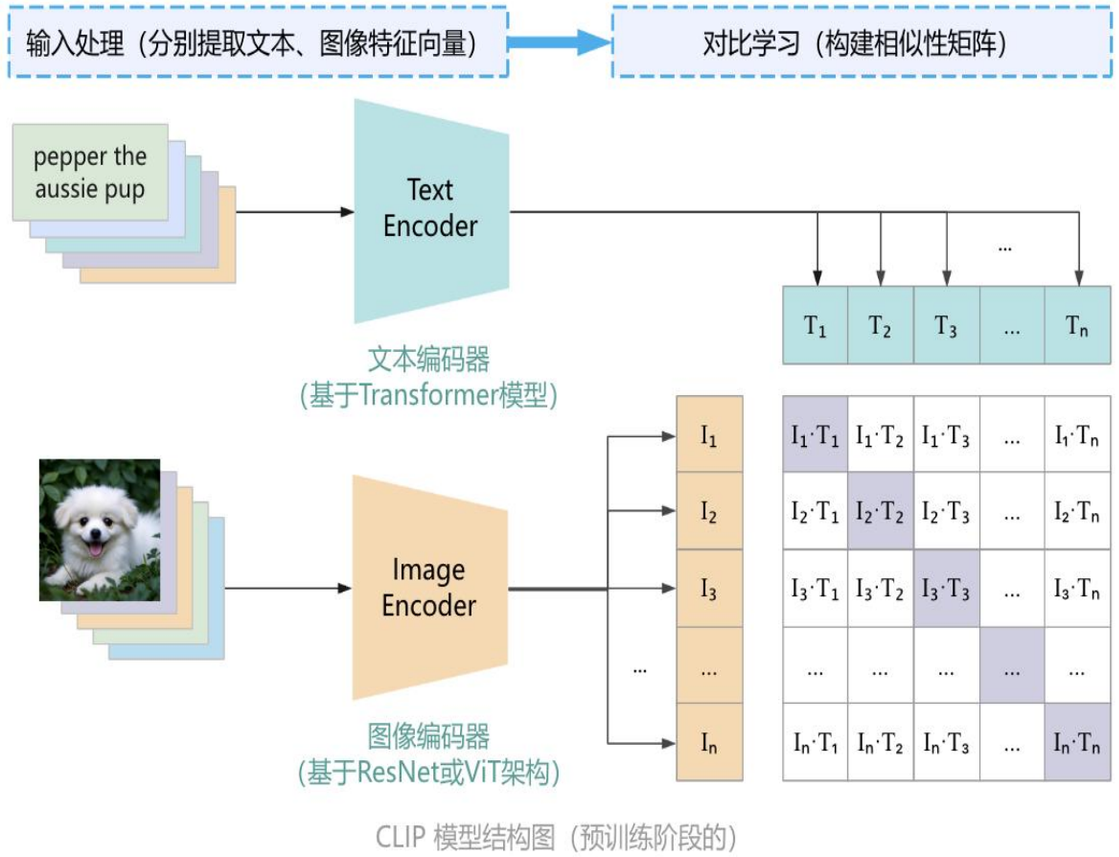
4）持续改进

源自：arxiv《AGENT AI: SURVEYING THE HORIZONS OF MULTIMODAL INTERACTION》

多模态多模型协同在设计阶段跨越虚拟与现实

Midea 楼宇科技





CLIP 模型结构图（预训练阶段的）

$$p(t \mid x) \propto \mathrm{CLIP}_v\left(k_t\right)^\top \mathrm{CLIP}_v\left(k_x\right)$$

基于编码相似性的记忆检索，构建成功经验推荐

iBUILDING高效机房AI全域生态平台介绍

Midea 楼宇科技

基于生成式AI与多模型引擎的AI全域生态平台，集成方案设计、能效仿真优化、组态设计运维，助力高效机房全链路高效设计、交付运维。

行业首个
高效机房全链路在线平台，随时随地编辑查看

行业首张
CQC首张政府采购需求标准认证

行业领先
国家标准+国家十四五课题

iBUILDING高效机房AI全域生态平台

全流程覆盖、全技术融合、全行业协同

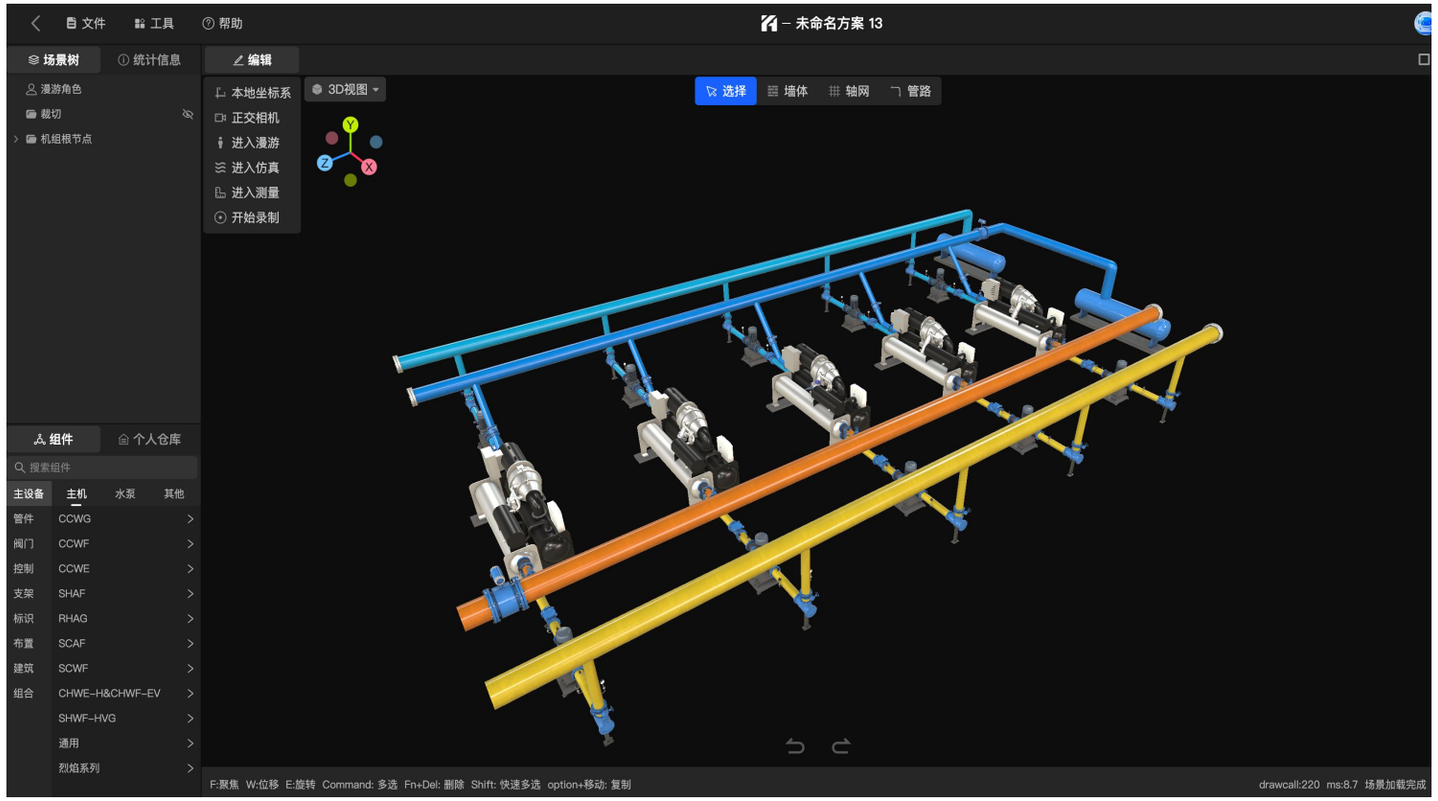
交互	可视化操作界面	CAD图纸预览生成	IOC预览生成	AI方案选型	AI智能助手	
服务	方案设计服务	2D组态服务	3D组态服务	能效仿真服务	水力计算服务	能效优化服务
处理	诊断算法	仿真算法	物模型	语义标准化		
引擎	AI引擎	数据引擎	3D渲染引擎	2D渲染引擎		
底座	iBUILDING数字化平台	iBUILDING智能体				

平台能力–AI 方案生成

Midea 楼宇科技

招投标时间紧任务重/方案设计复杂/传统软件学习困难，难以快速上手

AI智能体根据需求一键创建3D高效机房

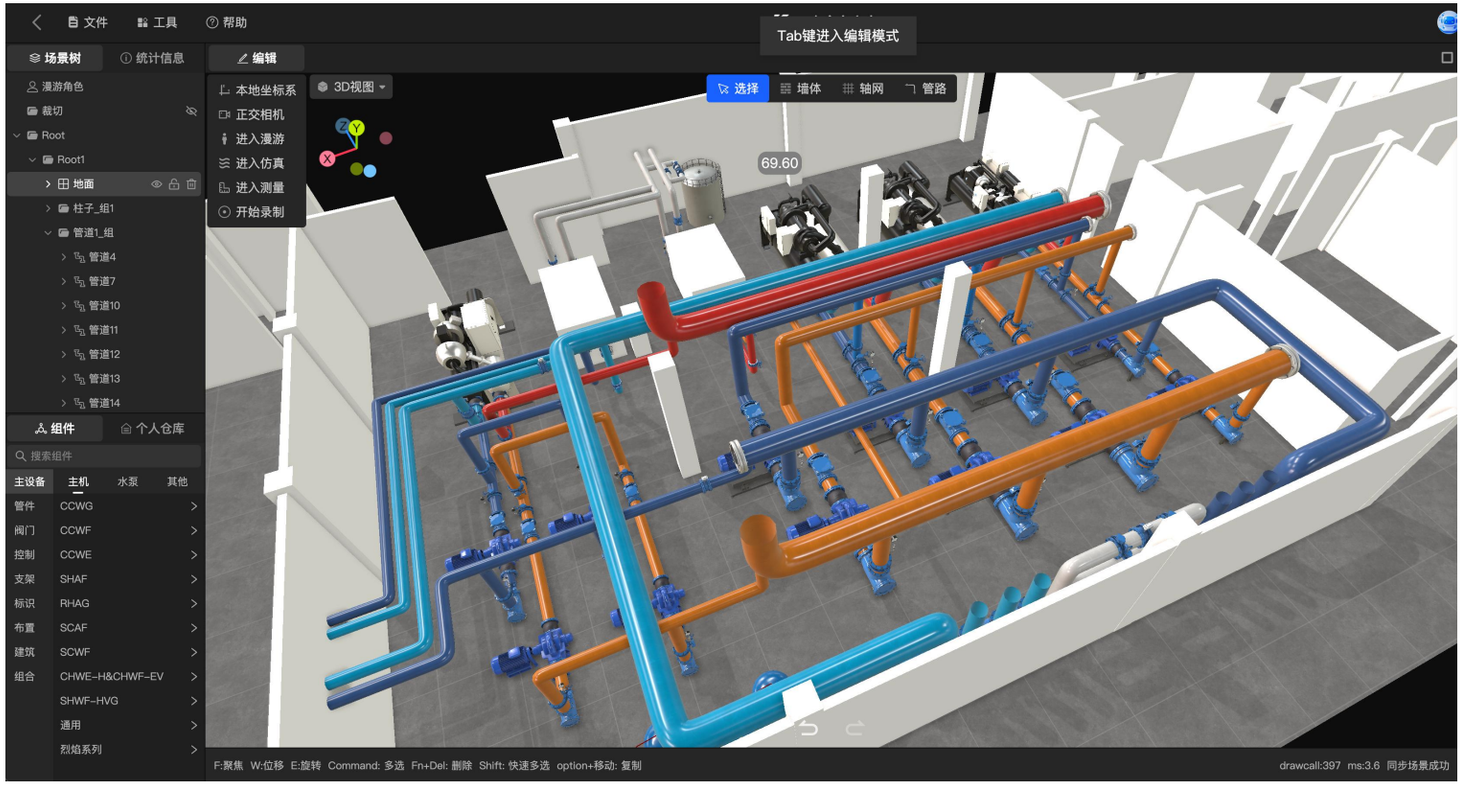


平台能力–AI 方案推荐

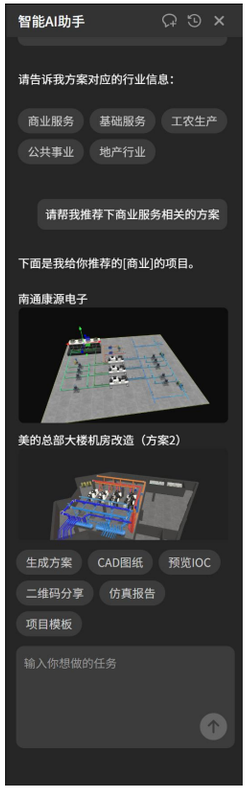
Midea 楼宇科技

平台沉淀了大量高效机房3D设计方案

AI智能体可自动推荐3D高效机房方案、直接导入修改，全面加速方案交付



1 → 2 → 3



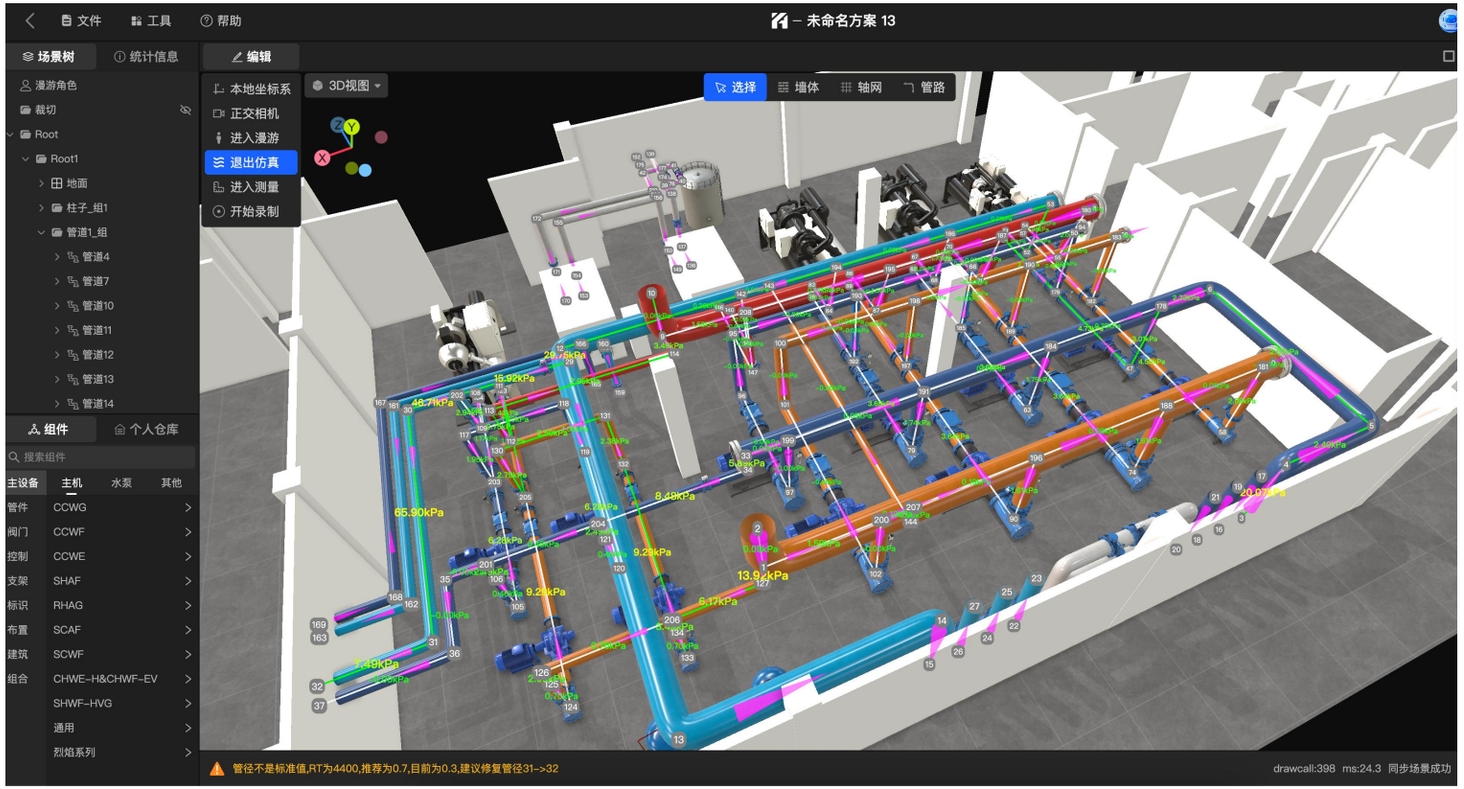
平台能力–AI 能效仿真优化

Midea 楼宇科技

AI智能体可自动完成水力计算、能效仿真，并支持实时可视化仿真

一键导出仿真能效报表，无需平台切换

1 → 2 → 3



平台能力–二维码、IOC、CAD生成

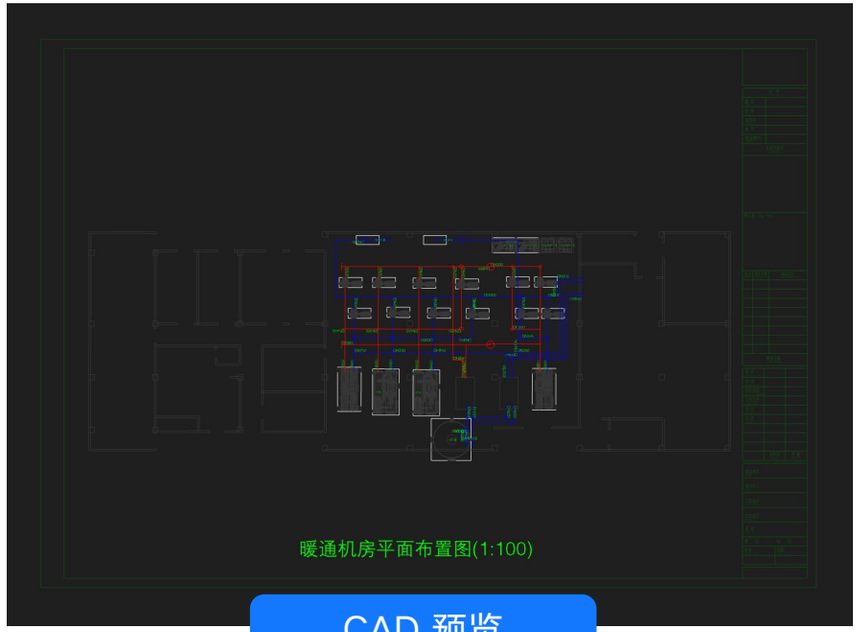
Midea 楼宇科技

AI 智能体自动生成预览二维码，扫码即可实时查看

IOC直接生成，CAD一键预览，告别高成本重复投入

1 → 2

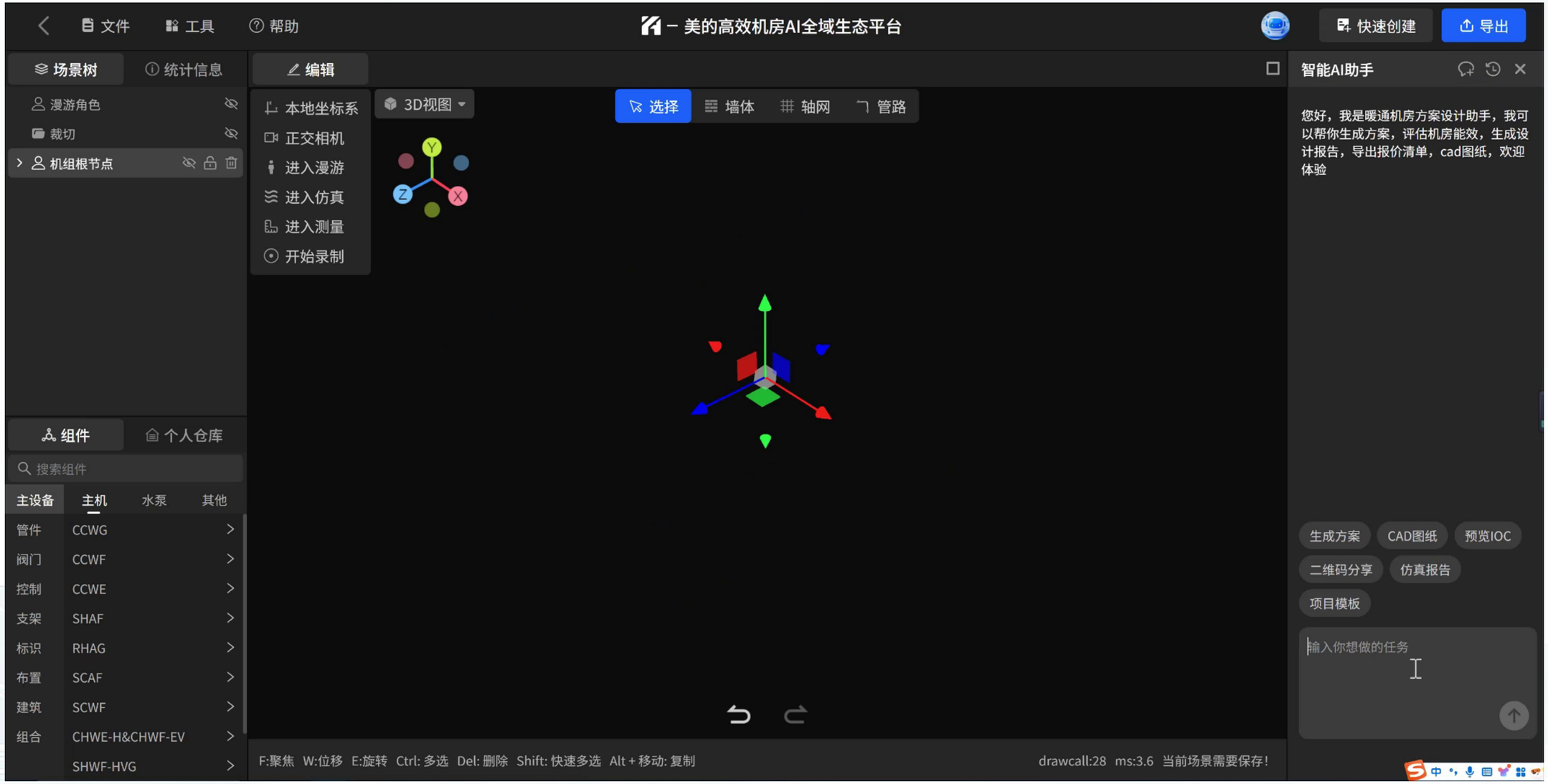
IOC 预览



CAD 预览

平台演示–AI 智能体演示

Midea 楼宇科技



暖通智能化一些新探索

Midea 楼宇科技

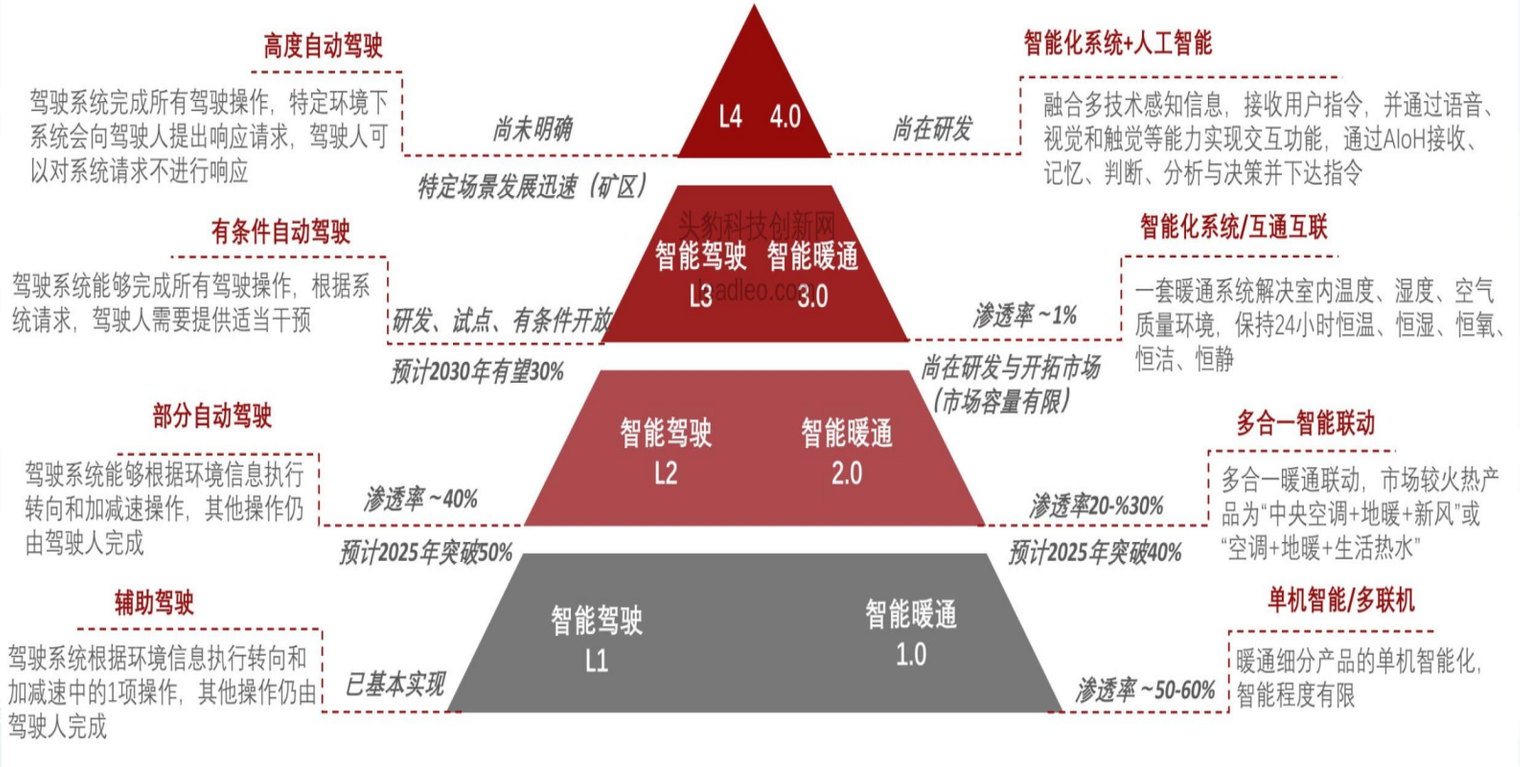
一台空调是否可以被称为人工智能？

- AI系统在1956年达特茅斯会议上被定义为能够从环境中收集信息并以有用的方式与之交互的人工生命形式

人工智能的核心特征：

- 学习能力：通过数据或经验改进自身行为。
- 自主决策：根据环境变化动态调整策略。
- 适应性：处理未预见的场景，而不仅仅是执行预设指令。

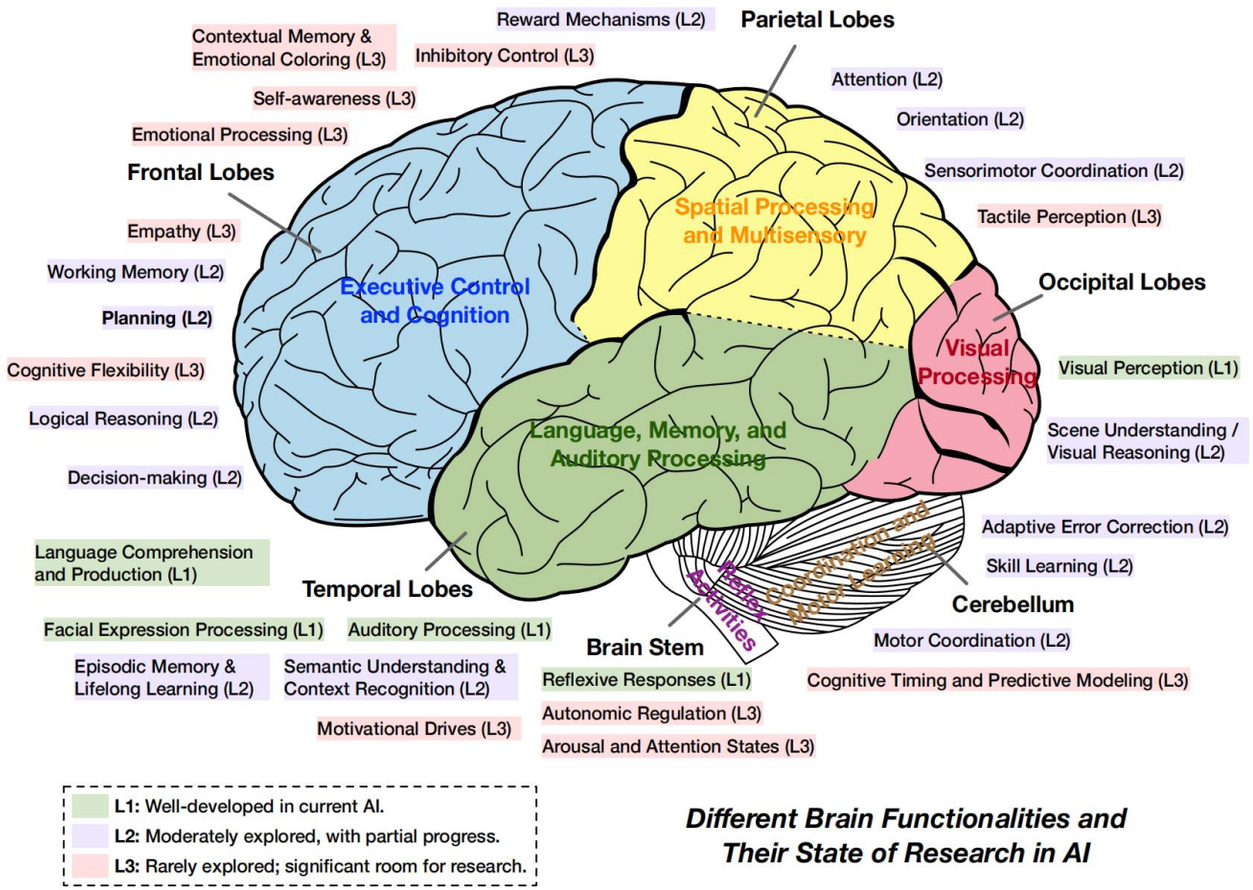
汽车智能驾驶分级与智能暖通分级对比



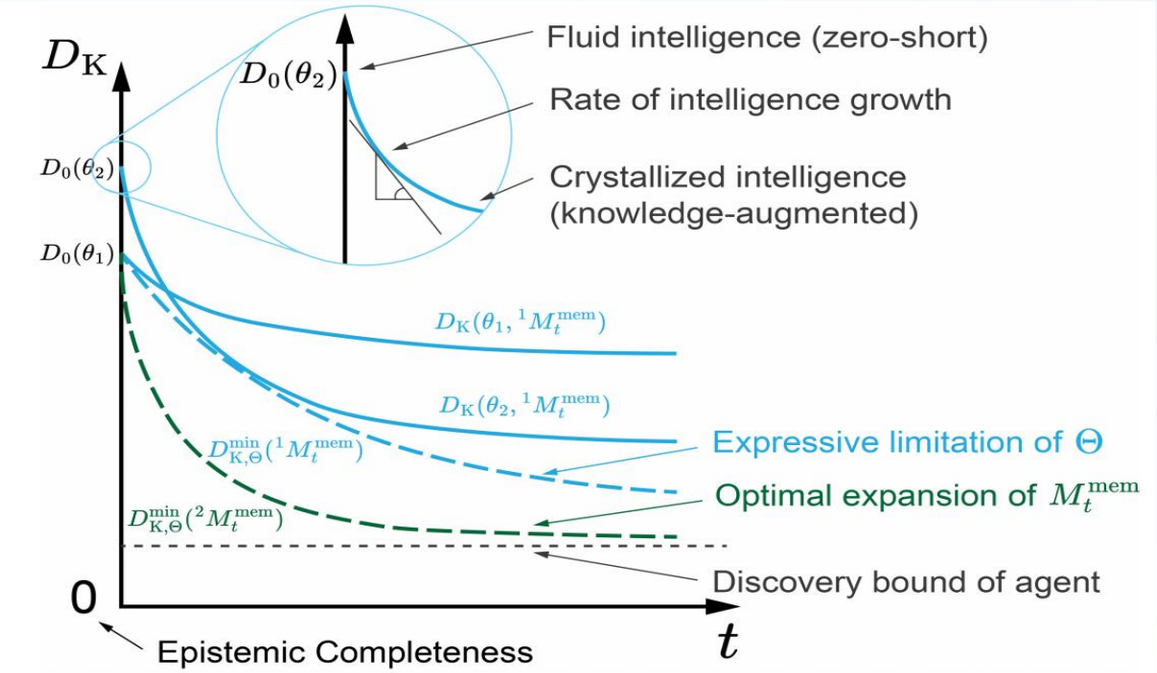
来源：头豹研究院

多模态多模型协同构建暖通智能化L4.0

Midea 楼宇科技



Different Brain Functionalities and Their State of Research in AI



$$IQ_t^{\mathrm{agent}} \equiv -D_{\mathrm{K}}(\theta, M_t^{\mathrm{mem}}) = -\sum_{\mathbf{x}\subseteq\mathcal{U}} P_{\mathcal{W}}\left(\mathbf{x}|M_t^{\mathrm{mem}}\right) \log \frac{P_{\mathcal{W}}\left(\mathbf{x}|M_t^{\mathrm{mem}}\right)}{P_\theta\left(\mathbf{x}|M_t^{\mathrm{mem}}\right)}$$

来源：arxiv《ADVANCES AND CHALLENGES IN FOUNDATION AGENTS》

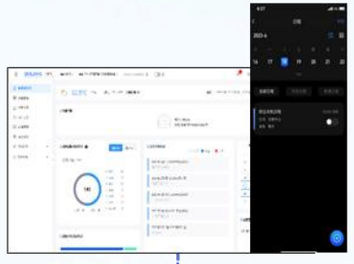
基础设施：美的楼宇科技数字化平台

Midea 楼宇科技

CLOUD

i管家 Cloud（Web、PAD、App）

- **定位：**功能最丰富、产品形态最全
- **核心功能：**多项目管理、节能算法、云端远程监管、无忧售后
- **用户价值：**为用户提供更便捷的空调管理方式，同时通过专业算法和售后帮助用户更好的运维空调



Interne
t

iBUILDING
Midea Intelligent Building Platform

阿里云 国内 | aws 欧洲 | aws 北美

云云对接

HTTP
API
SDK

三方云

边缘

i管家 Station

- **定位** 本地项目级空调管理软件
- **核心功能：**本地运行、丰富的三方接口、本地化集控、日程和设备监管、电量划分
- **用户价值：**为用户提供完全数据本地化的空调智能化运营能力

i管家 Lite

- **定位：**轻量化管理软件
- **核心功能：**可视化控制、监管
- **用户价值：**中小项目低成本智能化方案

工控机

脑机

M0
MO Lite

7/10寸屏

4寸屏

4G算力
网关

多合一
转换Kit

本地对接

Open Api

Modbus
Bacnet
Matter

三方系统
BA/BMS/IBMS

设备

- 多联机

- 热泵

- 大水机

- 商用热泵

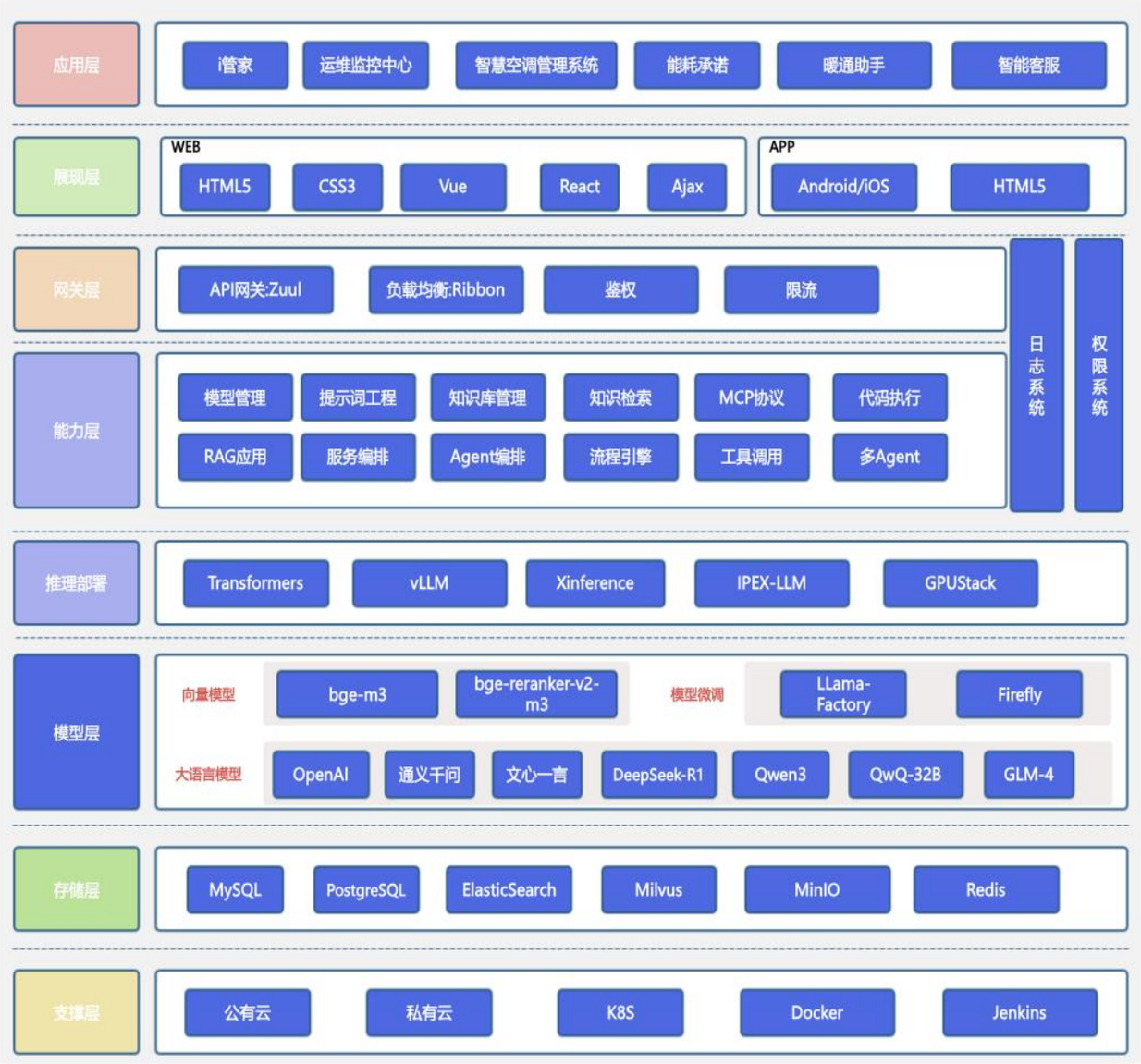
- 电梯

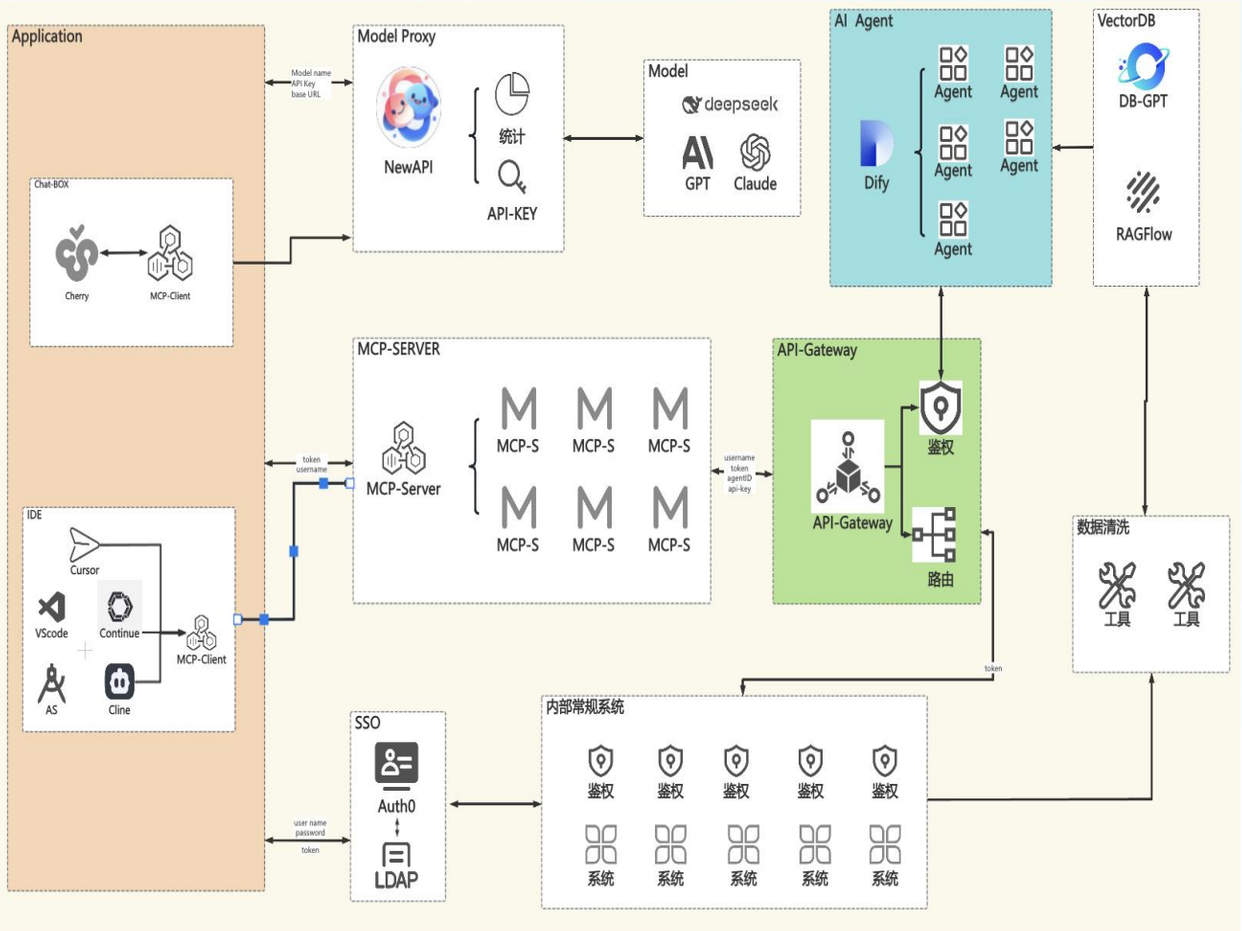
- 能源

- 其他三方设备

基础设施：美的楼宇科技AI基座

Midea 楼宇科技





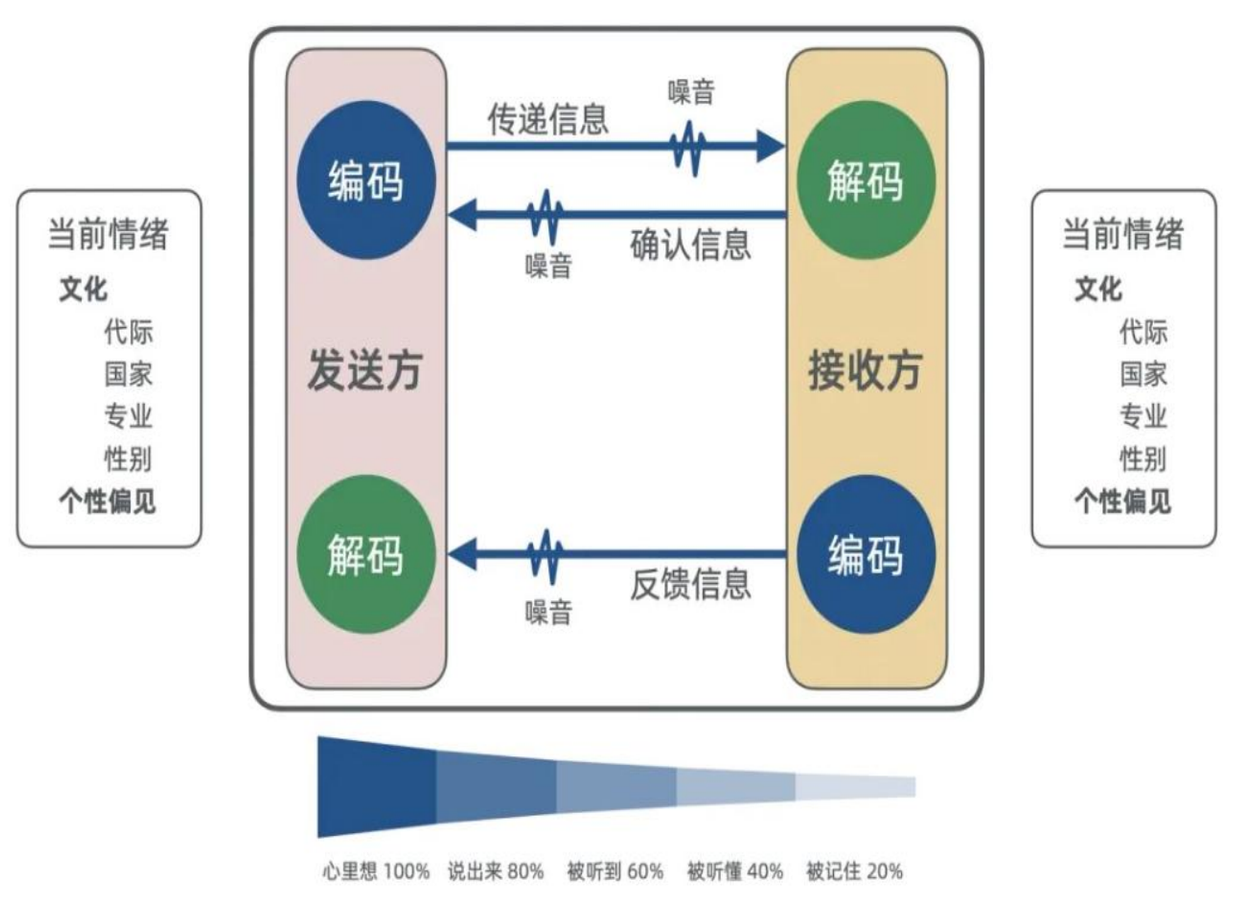
通用企业级架构

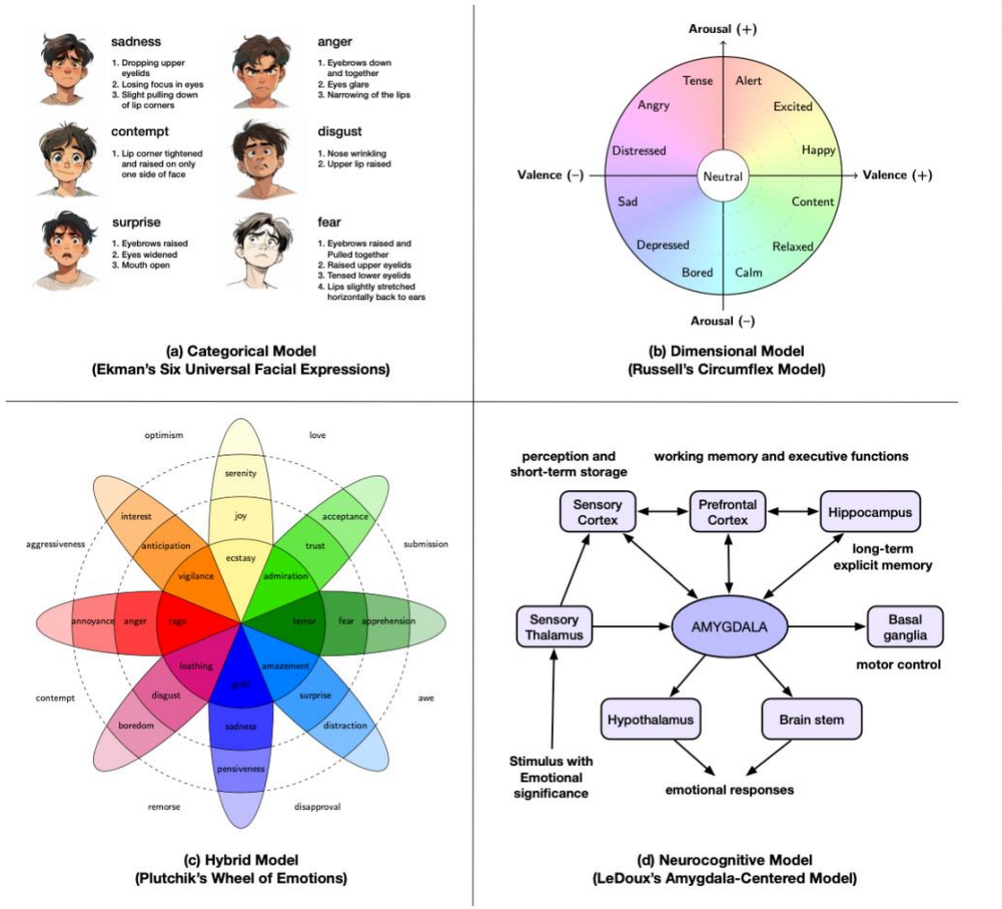
多模态多模型协同构建暖通智能化L4.0

Midea 楼宇科技

多模态多模型协同构建暖通智能化L4.0

Midea 楼宇科技





多模态多模型协同构建暖通智能化L4.0

Midea 楼宇科技

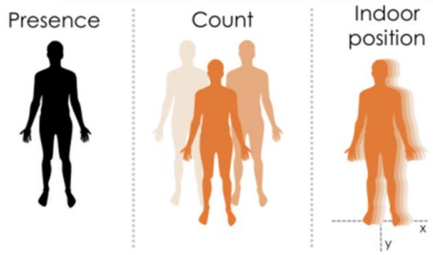
➢ 热舒适温度存在一定区间，既是柔性用能确保目标也是柔性用能的来源之一

热舒适模型	PMV= $f(T, V, v_a, t_r, M, f_d)$	风速、湿度和辐射温度环境参数，代谢与做功、穿衣量用户信息
热生理模型	$S=(M-W)-(E+C+R+B)$	代谢与做功情况、皮肤表面蒸发、对流与热辐射换热、呼吸热损失
热感觉模型	$T \rightarrow$ TSV(+1,0,-1)	某温度的热感觉主观投票TSV（偏冷-1、舒适0、偏热等+1）

➢ 现有热舒适模型主要问题

- 热舒适和热生理等客观模型部分输入参数需要额外传感器，难以获取和控制
- 主观的热感觉模型的投票对用户行为造成干扰，难以实时进行
- 热舒适存在较大个体差异，多关注单人情况，多用户场景难以处理

➢ 大空间多人舒适温度区间的实时获取



室内大空间
（多用户、不同位置）

中央空调系统
（多室内机风口、单独调节）

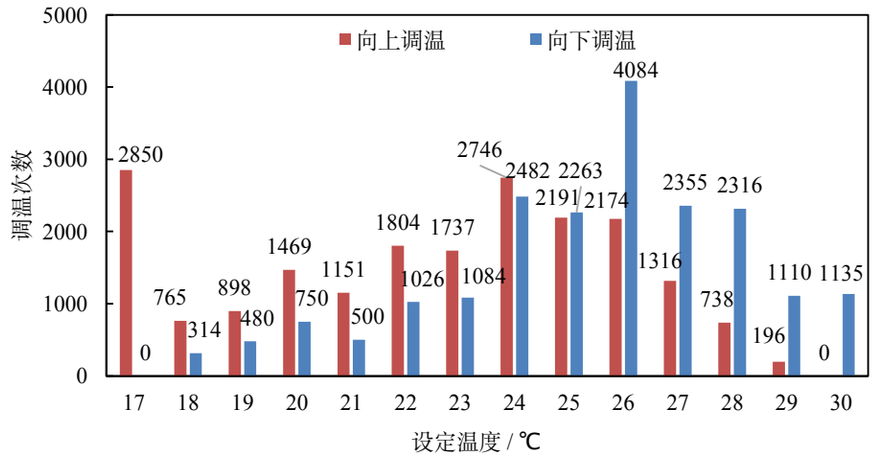
从实际应用角度出发→关注阈值/区间

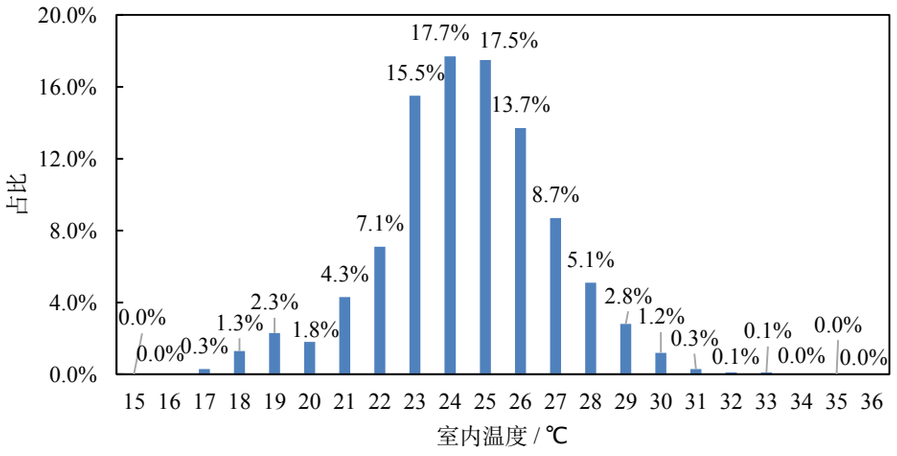
单人热舒适区间 → 群体热舒适区间

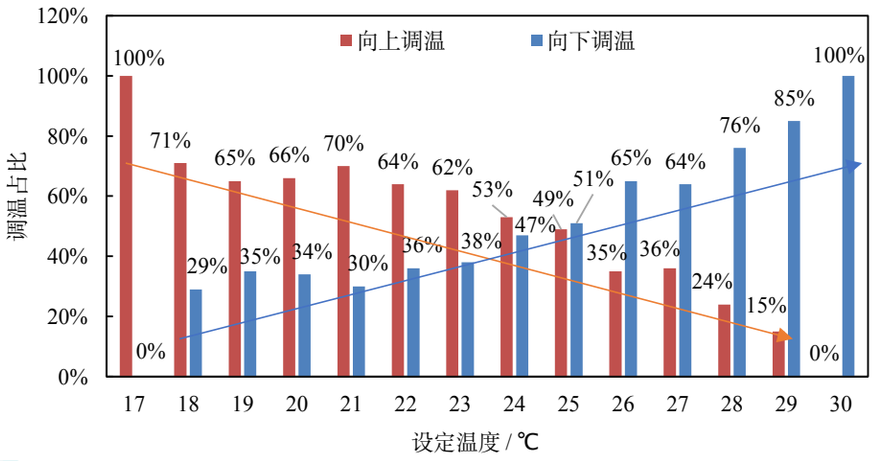
多模态多模型协同构建AI 节能

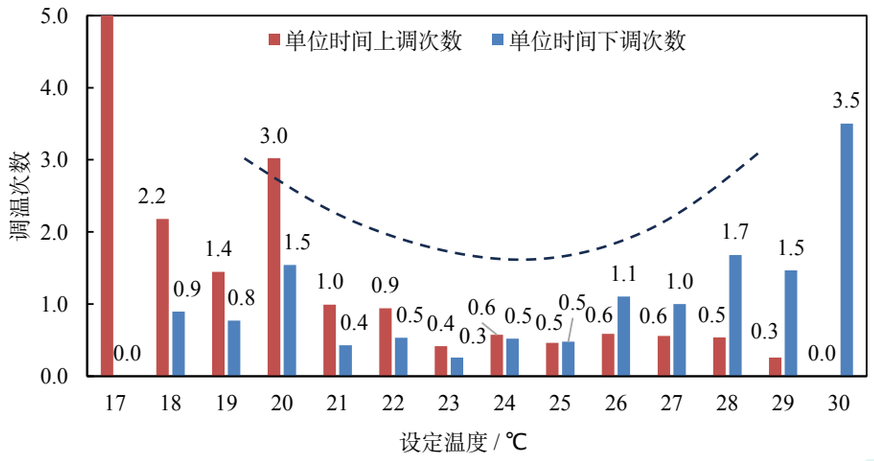
Midea 楼宇科技

➢ 针对空调用户行为观察：温度高调低，温度低调高





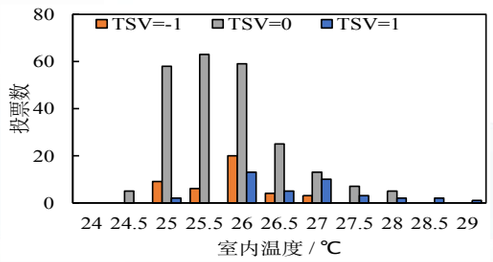




行为等效为其对该温度的热感觉投票

↓ 自适应模型

↓ 群体舒适性区间

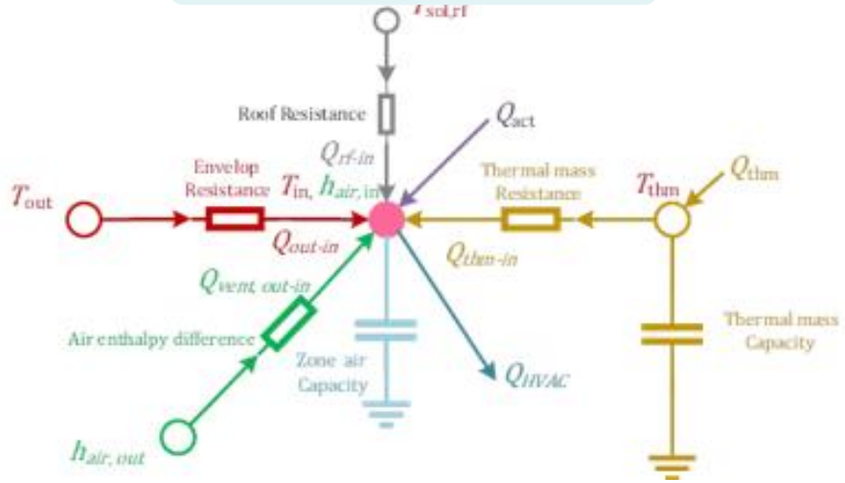


多模态多模型协同构建AI 节能

Midea 楼宇科技

➢ 假定建筑热工特性在识别周期内不变，基于空调的能力输出，构建不同工况开展建筑热工特性参数辨识

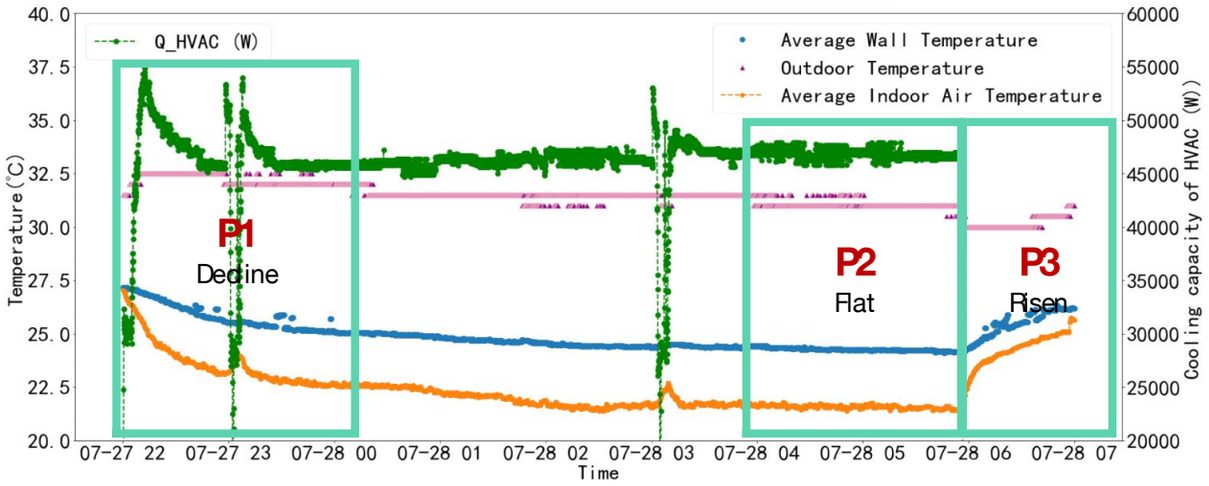
建筑传热节点模型



$$C_{air}\frac{dT_{in}}{d\tau} = Q_{HVAC} + \mathrm{KA}_{\mathrm{total}}(T_{out} - T_{in}) + \frac{\rho F(h_{out} - h_{in})}{3600} + Q_{other}$$

蓄热项	围护结构传热项	新风负荷	人员设备辐照
C_{air}	$\mathrm{KA}_{\mathrm{total}}$	F
空间空气热容	围护结构传热系数	换气特性

典型空调系统运行动态

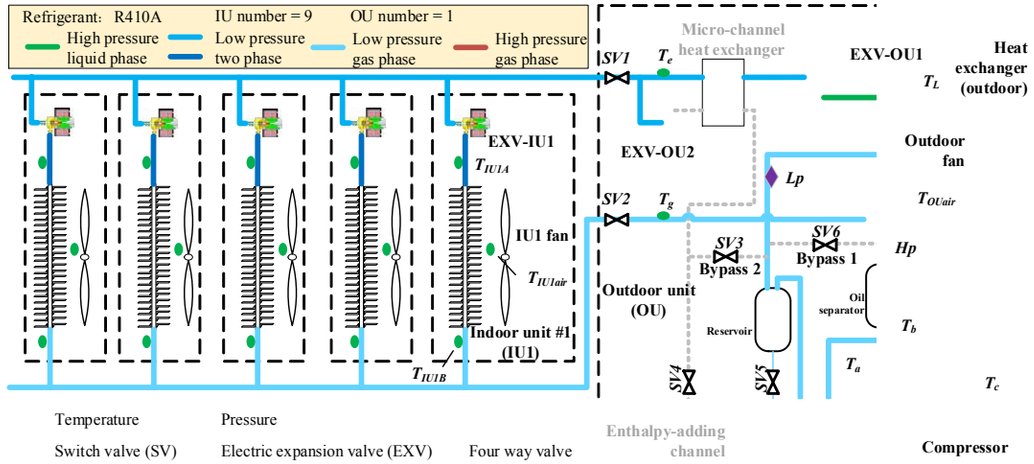


多模态多模型协同构建AI 节能

Midea 楼宇科技

➢ 基于历史用电数据、设备运行信息以及气象参数，通过机器学习的方法预测用电负荷

传统方法建模计算困难



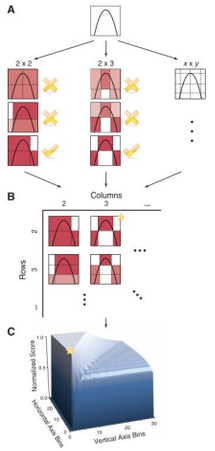
$$P = f(Ta, Ti, hp_idu_on, flow_idu_on, RH)$$

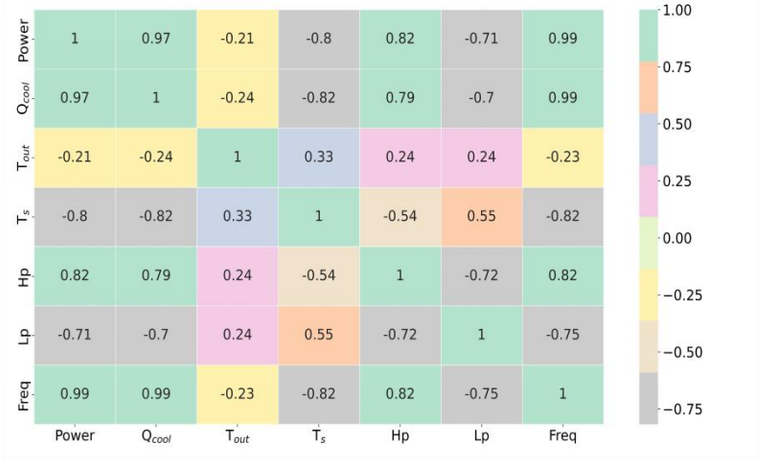
运行功率影响因素（功率=能力输出（负荷）/系统能效）：

- 室外温度
- 室内温度
- 渗透得热
- 其他得热等（内部得热/太阳辐射得热等）
- 室内温度舒适区间
- 房间热容大小
- 开机率/风量/湿度等

影响因子多，作用复杂且较多参数不好获取

通过AI建立机器学习模型

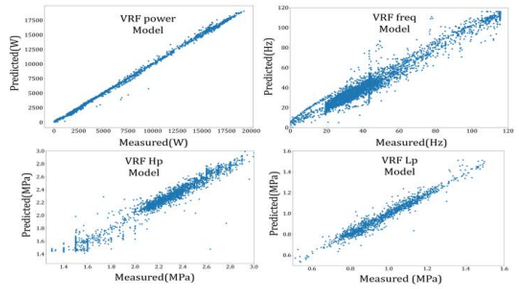




多元线性回归 $\hat{y} = a_1 x_1^{k_{11}} x_2^{k_{12}} \ldots x_n^{k_{1n}} + a_2 x_1^{k_{21}} x_2^{k_{22}} \ldots x_n^{k_{2n}} + \ldots + a_s x_1^{k_{s1}} x_2^{k_{s2}} \ldots x_n^{k_{sn}}$

多层感知机 $\hat{y} = g\left(\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}\mathbf{x} + \mathbf{b}\right)$

空调用电负荷分步预测方法



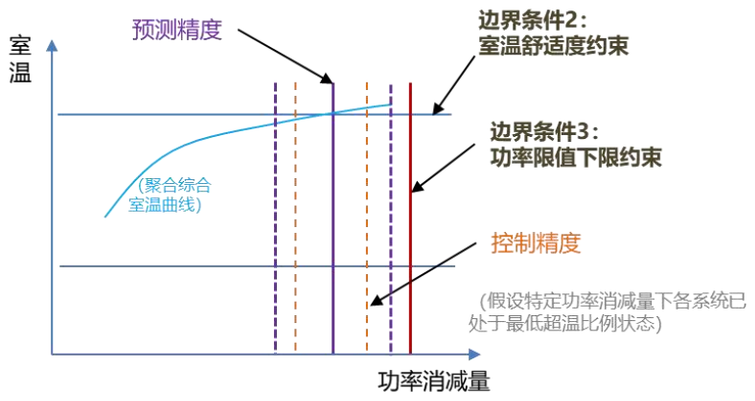
多模态多模型协同构建AI 节能

Midea 楼宇科技

➢ 基于响应过程中效果评估利用AI技术自动对各系统目标响应负荷及控制动作进行实时调度

系统功率消减量与室温舒适度矛盾

✓ 自动对系统运行功率进行控制调整，确保响应过程中系统温度舒适度



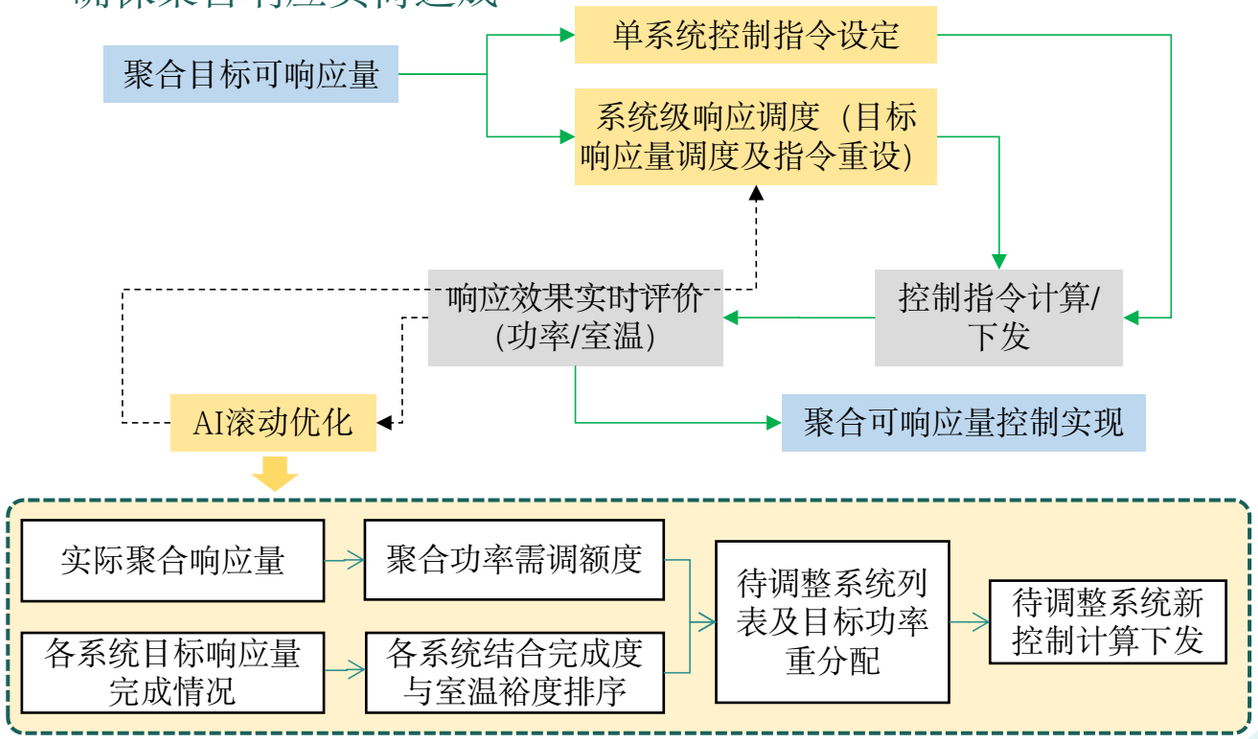
功率消减量越大，室温越偏离舒适限值

室温舒适裕度 → 较大 → 降低运行功率

室温舒适裕度 → 较小/超限 → 增大运行功率

响应过程中用户调节行为及指令下发链路等不确定性影响控制精度

✓ AI实时调度实现系统间目标响应量的重分配及控制参数调整，确保聚合响应负荷达成



节能潜力报告

Energy Analysis Report

能耗统计

电表能耗预估统计，输出项目总能耗，辅助物业做节能策略

智能分析

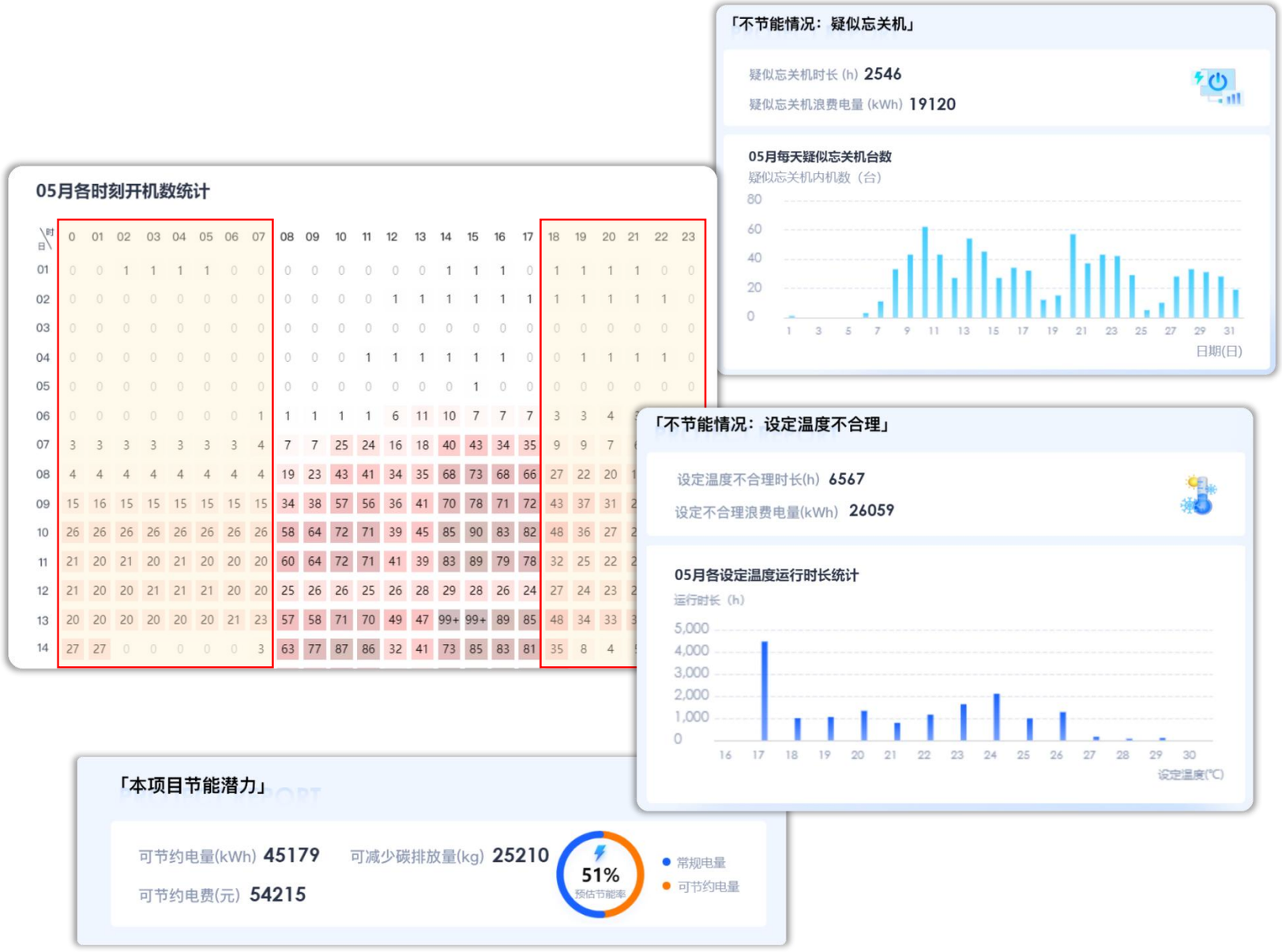
通过AI算法，自动分析高能耗设备和不合理设置，输出节能潜力电量

定时推送

月度和半年度定时生成分析报告，推送消息

一键下载

一键下载节能潜力报告，轻松掌握设备运行状况和能耗水平



i管家为您全年综合节能5~20%

半年度分析报告

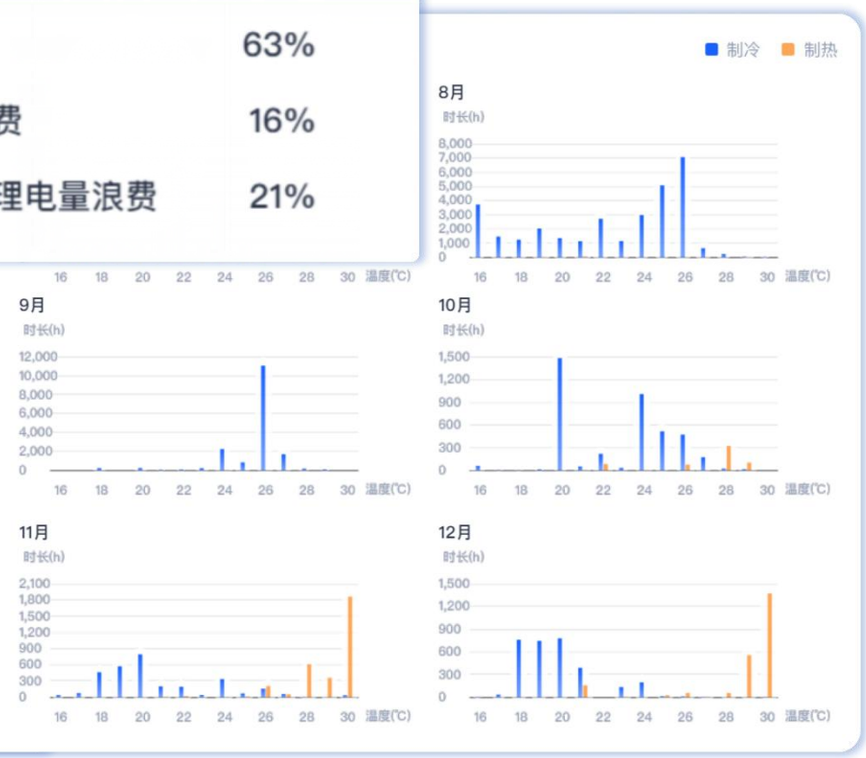
Half-Yearly Analysis Report

能耗维度分析

正常用电量	63%
疑似忘关机电量浪费	16%
疑似温度设定不合理电量浪费	21%

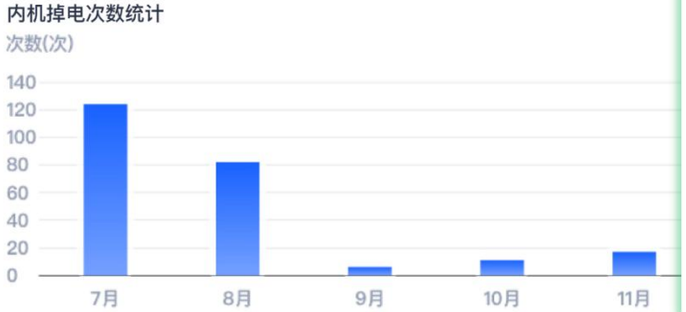
空调运行情况小结

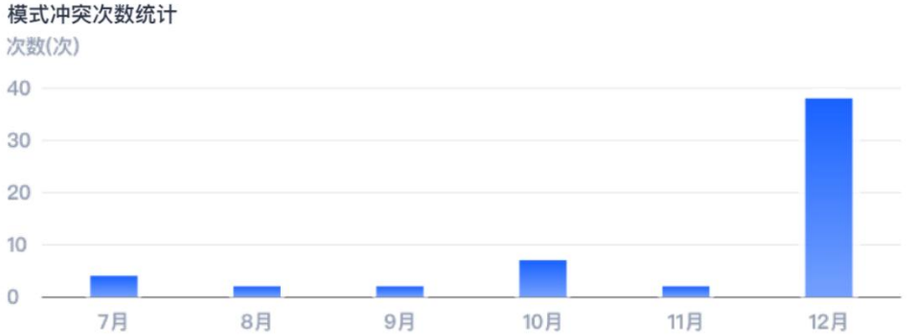
系统数量	9	外机数量	12	内机数量	90
总耗电量(kWh)	128072	总运行时长(h)	68014		
耗电量最大系统	VRF-00159-00	耗电量最大月份	8		
疑似电量浪费(kWh)	47395				
疑似忘关机浪费(kWh)	20522	涉及内机台数	90		
疑似温度设定不合理浪费(kWh)	26873	涉及内机台数	90		



健康维度分析

正常内机	128
脏堵内机	204





Midea 楼宇科技

把复杂留给美的
让用户更简单