

基于空调集群的AI智控节能技术

一、技术名称

基于空调集群的AI智控节能技术

二、所属技术类型

绿色高效制冷技术

三、技术/产品简述

（一）技术概述

1. 技术原理

本项目以自成体系的物联网硬件产品为物理基础，分体空调群为研究应用对象，以物联网和云计算为技术平台，将大数据和人工智能技术与行业领域知识相结合，开发“端、边、云”架构的空调智能管控平台，构建公建空调数字虚拟模型，依据虚拟模型对物理实体的运行状态进行监控，为公建空调管控系统提供仿真分析和自主决策机制。

2. 主要解决的问题

公共建筑中分体空调数量多、能耗占比高，缺少管理，本方案将原先分散、难以集中管控的分体空调加入物联网，为分体空调提供节能降耗、故障早期预警、资产管理等全生命周期智慧服务。

（1）管理方面，可对每台空调进行专项用电计量及远程遥控，

并提供多种控制策略，包括一键开关机、定时开关机、温度范围限制、强制禁用、授权额度控制等。

(2) 大数据驱动、可自学习的舒适性节能控制技术，针对舒适性要求高的应用场合，在满足用户个性化舒适度要求的前提下，降低能耗20%+。

(3) 基于AI的非侵入式空调故障诊断技术，及时诊断出影响空调运行效率的典型故障例如缺氟、室外机脏堵、外风机启动故障，压缩机回气故障、压缩机启动故障等。

(4) 公共建筑智能化的需求响应控制，可有效削峰30%+。

(二) 技术参数

1. 自适应的个性化舒适节能控制技术

根据室内体验处温度、室外气象条件、围护结构保温性能、用户设定、作息规律等，通过自学习算法进行自动调节，在保证合理且个性化的舒适度前提下，节省空调耗电，实现人性化的节能管理。

2. 非侵入式故障诊断及维保质量监控

空调常见故障包括缺氟、冷凝器堵塞、室内风机故障、室外风扇异常、室内滤网脏堵、毛细管或过滤器堵塞等。这些隐性故障由于难以察觉，等问题严重到空调不能正常工作时，通常会以突发的方式暴露出来，影响正常的办公或运营。通过故障早期预警，可以从容安排集中维保，避免零散的分次维修造成整体费用上升，最大限度减少紧急维修的概率；同时可对维保质量和效果进行自动确认，避免虚假维修或二次维修，从总体上显著降低维保成本。

3. 大数据驱动的空调健康度评估技术

利用空调运行过程累积的大数据，对每台空调进行针对性的健康度评估，科学的评价设备的残值，为维修/更换提供科学的决策依据，打破以前根据设备使用年数进行折旧计算的简单办法造成的不可避免的浪费。同时通过大数据统计，为设备购置选型提供数据支持和建议。

4. 大数据舒适度建模方法

针对影响空调热舒适性的各项因素及用户使用行为，通过大数据分析进行特征提取，并进行机器学习，快速建立不同场景类型下的个性化舒适度模型，克服小样本统计模型的先天不足，使得实际控制效果能够更加贴合用户的差异化偏好。

四、适用条件与限制条件

（一）适用条件

建筑使用分体空调场所，新建、改造。

（二）限制条件

不支持红外遥控分体空调设备

五、节能效果

以北京师范大学-香港浸会大学联合国际学院空调节能项目为例，项目把二千多台分体空调接入平台统一管理，对学生不合理的使用行为进行控制，并在保证室内学生舒适的前提下进行节能控制，预计年综合节能率达到22%以上，每年节约电能达到152.75万千瓦时。

六、同类产品比较

（一）优点

与市面上同类产品对比，该产品在无线通讯，红外控制，数据采集和存储，产品应用范围等方面在国内处于领先水平，尽管通讯方式不如广州派谷多样化，但该产品选用的Lora通讯方式是美国Semtech公司推广的一种基于扩频技术的超远距离无线传输方案，具有覆盖距离远、穿透能力强、成本低、稳定性强等特定，近年来已逐渐成为国内外主流无线通讯选用方式，而且该产品采用的Lora双模通信方式，解决了同频干扰问题，更进一步保证了数据传输的稳定性。

产品安全性获得了国家质量认证中心3C认证，产品功能和性能获得中国合格评定国家认可委员会CNAS认证；该产品集成了光感、电信号、红外收发控制模块等并开发了无线温、湿度传感器等，为空调数字孪生建模提供了重要的数据支撑。

在数字孪生模型基础上独创的空调柔性控制、需求响应控制，故障诊断，运营维保、资产管理等，经科学技术部西南信息中心查新中心认证属于国际创新水平，节能控制效果获中国建筑科学研究院及其它多家节能认证公司认定平均节能率达20%以上，使用效果也得到用户认可。

与其他专注于软件或硬件产品的公司相比，派诺科技是集软硬件为一体的公司，具备十多年的研发经验且拥有自己的生产线，为空调云服务管理系统的底层硬件产品安全性、稳定性提供了保证。

（二）缺点

公司专注于分体空调的专业节能管理，硬件产品针对性开发，在中央空调、多联机空调等项目上，仅做系统集成和平台的软件开发，没有自行生产硬件产品。

七、典型应用案例一

（一）案例名称

北京师范大学—香港浸会大学联合国际学院学生宿舍空调节能控制改造

（二）案例时间及实施地点

2018年9月，北京师范大学—香港浸会大学联合国际学院学生宿舍。

（三）用能人数及建筑面积

建筑面积：65000m²

（四）改造情况

北京师范大学-香港浸会大学联合国际学院（中文简称“北师大港浸大”，英文简称“UIC”）由北京师范大学和香港浸会大学于广东省珠海市携手创立，是首家中国内地与香港高等教育界合作创办的大学，获得国家教育部特批。

1. 改造前情况

UIC现有统招全日制本科在校生约5000人，宿舍楼14栋。共有分体式壁挂机2540台，规格多为一匹和1.5匹的格力空调。作为珠海市重点耗能单位，已逐步建立起空调节能管理机制，原有管理模

式主要采取人工管理空调的方式进行。一方面管理方式具有局限性，难以详细掌握空调实际使用情况，另一方面由于空调数字化程度低、数据分析工具缺乏，无法实现多维度多层次空调数据分析及有效KPI管理，迫切需要完善空调节能管理，进一步提高空调管理水平，建立学院空调节能管控中心。

2. 改造过程

将传统方式难以管控的分体空调通过物联网技术进行联网集成，用户可使用终端登陆系统，方便查看和展示空调的实时使用情况，并支持多种远程控制方式，包括但不限于分区一键开关机、温度范围限制、强制禁用等。

对占建筑总体耗电量最大比例的空调用电实现专项计量，并实现分区、分时等不同维度的横向和纵向比较分析，深挖节能空间，并为以后的节能改造和审计提供数据支持。

从空调设备的运行管理、自动优化控制、设备故障诊断、维保管理等方面全方位着手，实现空调设备全生命周期的精细化管理，显著提升管理效益，降低用能、维保及折旧等综合成本。

3. 改造后情况

(1) 为管理者、空调使用者、设备维护者提供极大的方便性，用物联网和大数据技术彻底改变传统的使用和管理模式。

(2) 节能效果：全方位降低学生宿舍空调能耗成本20%+。

(3) 提高管理效率，改善设备使用品质，在空调的购置、运营、维护上让每一分钱都物尽所值，同时保障空调系统的高可用性，

实现可计量、可感知、可控制、可管理。

(4) 创造健康舒适的室内环境，改善工作和生活品质。

4. 节能改造投资额、效益和投资回收期分析

项目总投资127万元，年节约量需达20%以上，按每宿舍300元/年进行结算，运维期为3年，现年节约 76.2万元电费，投资回收期为21个月。

(五) 节能效果



图 1 UIC实际效果

该项目的依附主体是2540台挂机空调，分别对应2540个宿舍，每个宿舍分别安装单独的电能表计算用电量。项目改造的边界的宿舍内分体式空调，对能耗影响的因素为宿舍建筑面积，由于项目改造前后，宿舍数量不变，均为14栋宿舍楼，2540个房间，因此改造前后宿舍建筑面积不变。

UIC大同邮宿舍现址于2017年11月正式投入使用，前期宿舍计量电表一直处于和施工用电分离状态，2018年4月份才做区分，而

每年的6-8月是学校的放假期间，为保证可比性，因此项目实施前后的前创源消费情况统计取实施前后的的5月和9月，统计范围为UIC大同邮宿舍【V15-Y22栋宿舍楼，占项目总装机功率的54.3%），具体见下图。

月份	改造前（2018年）	改造后（2019年）
5月	677352.11	514797.27
9月	827007.29	579594.9
合计	1504359.4	1094392.17
节电率	27%	

图 2 项目实施前后的用电情况汇总表（单位：kWh）

预计年综合节能率达到27%，每年节约电能达到82.68万千瓦时，折算前能耗 334 吨标准煤，减少二氧化碳排放824.31吨。

（六）经济效益及社会效益

1. 经济效益

投资额：329.86 万

资金来源：乙方自筹

投资回收期：21个月

项目把二千多台分体空调接入平台统一管理，对学生不合理的使用行为进行控制，并在保证室内学生舒适的前提下进行节能控制，预计年综合节能率达到22%以上，每年节约电能达到152.75万千瓦时。

2. 社会效益

项目建成后对学院宿舍楼的能源管理工作起到了巨大作用，加

强了节能考核效果，杜绝了原有的很多浪费现象，按照每年节约电能152.75万千瓦时，折算能耗617吨标准煤，减少二氧化碳排放1522.94吨。

（七）主要经验

2019年系统在UIC14栋宿舍楼2540个房间实现综合节能率达到27%，年节电量达到133.53万千瓦时，折算能耗539.4吨标准煤，减少二氧化碳排放1331.3吨。

采用“独创的基于人工智能非侵入式的故障诊断技术”，在物联网应用基础上，利用大数据分析的方法，及时诊断出影响空调运行效率的典型故障并进行报警，方便安排人工维修，恢复空调高效运行，避免大量的隐形能源浪费。

系统应用前往往是空调故障发展到严重程度，空调完全无法制冷导致学生投诉，后勤管理部门仓促安排维修；系统应用后后勤管理人员通过系统早期预警信息及故障等级，从容安排维修进程，例如2019年暑假期间根据系统的报警室外机脏堵，安排空调深度清洗，极大方便了后勤管理工作。

八、典型应用案例二

（一）案例名称

北京理工大学珠海学院空调智慧服务及管理系统

（二）案例时间及实施地点

2019年9月，北京理工大学珠海学院

（三）用能人数及建筑面积

建筑面积：20万m²

（四）改造情况

北京理工大学珠海学院是经中华人民共和国教育部批准，于2004年5月8日正式成立的普通高等学校。

1. 改造前情况

现有统招全日制本科在校生 2.6 万余人，宿舍楼47栋。共有分体式壁挂机 6229 台，规格多为一匹和 1.5 匹的格力空调。目前空调使用率高，大部分时间都在使用，但由于空调分布较为广泛，管理难度较大，存在“人走不关机”、“开门开窗使用空调”等浪费能耗的现象。改造前空调为工频空调，制冷温度由学生根据使用习惯自行设定，空调控制方式单一，现需建设空调智能管理系统，为用户提供专业化的一站式托管服务，全面解决与空调相关的能耗和运维问题。

2. 改造过程

项目充分利用物联网和云计算技术，并将其与建筑智能节能技术有机结合，安装设备实时采集用户行为及空调的实时运行数据，进行实时的分析计算，根据建筑维护结构信息、空调运行参数、实时气象数据，通过自学习算法，自动优化调整空调运行，用户可使用电脑等终端登陆系统浏览空调设备使用状况，并支持多种控制策略方式。

针对教学课室等对舒适度要求较高的场合，实现在保证舒适度前提下降低空调能耗，在绿色节能的同时实现人性化管理。

3. 改造后情况

(1) 实现智能化的需求控制

项目开发数据驱动的需求控制策略，在满足用户舒适度要求的前提下，从源头上减少能源的浪费。同时算法具备良好的自适应特性，能够满足不同用户的特定偏好，而非简单粗暴的一刀切。

(2) 解决空调运行中的故障问题

项目在物联网应用基础上，利用大数据分析的方法，针对分体式空调开发故障诊断技术，及时诊断出影响空调运行效率的典型故障并进行报警，方便安排人工维修，恢复空调高效运行，避免大量的隐形能源浪费。

(3) 改善非优化运行状态造成的能源浪费

项目通过增加温度传感点的方式，探测出此类非优化运行问题，通过主动调整空调运行状态，达到无需人工干预即可动态修复的方式，既能改善室内舒适度，又能有效降低整体能耗水平。

4. 节能改造投资额、效益和投资回收期分析

项目年节约量需达20%以上，按每宿舍300元/年进行结算，运维期为3年，现年节约 186.87万元电费，投资回收期为20月。

(五) 节能效果

北理珠实际效果

运行期间诊断出空调故障84台，平均节能率20%以上



图 3 北理珠实际效果

审核小组要求单位选取两个日平均气温相差不大的区间短进行测试，第一组为空调智慧服务及管理系统不介入原来的宿舍空调系统，测算该周期试区域的用电量；第二组为空调智慧服务及管理系统介入原来的宿舍空调系统，采取温度信号反馈，智能算法技术，对原宿舍空调系统进行节能控制，测算该周期测试区域的用电量。

楼名	系统介入前 (2019-10-22)		系统介入后 (2019-10-23)	
	用电量	运行时长	用电量	运行时长
13 栋宿舍楼	146.62	256.824	137.83	323.07
14 栋宿舍楼	409.4	901.393	377.76	912.90
17 栋宿舍楼	309.52	701.52	235.16	587.49
18 栋宿舍楼	450.1	927.844	309.18	909.31
19 栋宿舍楼	482.16	1008.03	380.37	1075.02
1 栋宿舍楼	388.26	784.16	271.52	762.80
21 栋宿舍楼	440.86	1250.49	321.29	1248.11
27 栋宿舍楼	497.99	1535.03	355.15	1521.81
2 栋宿舍楼	501.39	939.307	361.78	897.15
3 栋宿舍楼	234.99	524.381	202.14	534.48
4 栋宿舍楼	221.72	475.931	192.24	500.81
8 栋宿舍楼	326.01	471.067	178.14	421.38
T4 栋宿舍楼	96.58	320.982	87.77	367.56
合计	4505.6	10096.959	3410.33	10061.89
平均负荷 (kW)	0.446		0.339	

图 4 项目实施前后空调用电测试汇总表

根据上表数据，计算项目节电率如下：

项目节电率 = (实施前平均负荷-实施后平均负荷) ÷ 实施前平均负荷

$$= (0.446 - 0.339) \div 0.446$$

$$= 24.0\%$$

预计年综合节能率达到24%，每年节约电能达到130.5万千瓦时，折算能耗527.5 吨标准煤，减少二氧化碳排放1301.9吨。

(六) 经济效益及社会效益

1. 经济效益

项目把六千多台分体空调接入平台统一管理，对学生不合理的使用行为进行控制，并在保证室内学生舒适的前提下进行节能控制，预计年综合节能率达到24%以上，每年节约电能达到130.5万千瓦时。

2. 社会效益

项目建成后对学院宿舍楼的能源管理工作起到了作用，加强了节能考核效果，杜绝了原有的浪费现象，按照每年节约电能130.5万千瓦时，折算能耗527.5吨标准煤，减少二氧化碳排放1301.9吨。

（七）主要经验

该案例应用前，学校的空调维修响应速度慢、投诉多，由空调使用不合理造成电量浪费的现象十分严重。自系统运行以来，学生普遍接受了系统控制管理策略以及舒适度管理。学生将空调故障状况都上传到平台上，便于学校安排统筹维修，极大地提高了维修的响应速度，获得了同学们的好评。

以舒适度 PMV 指标为控制对象，基于深度学习的需求控制策略，结合气候、天气、建筑模型、房间模型等数据的节能控制技术。

利用空调大数据分析，结合历史故障信息和维保情况，对空调综合健康度做出动态评估，科学估算资产折旧，并对修/换进行经济比对后做出科学决策，为智能化的资产管理赋能。

北京理工大学珠海学院上系统运营半年后，经平台诊断存在一些影响使用的一级故障，经过工作人员现场确认，一级故障的诊断正确率达100%，得到了客户信任，之后校园后勤部门根据平台诊断的故障安排维保，并使用系统进行维保监督。项目验收前诊断空调故障395例，其中缺氟占72%，故障诊断结果皆与客户进行双方确认。