



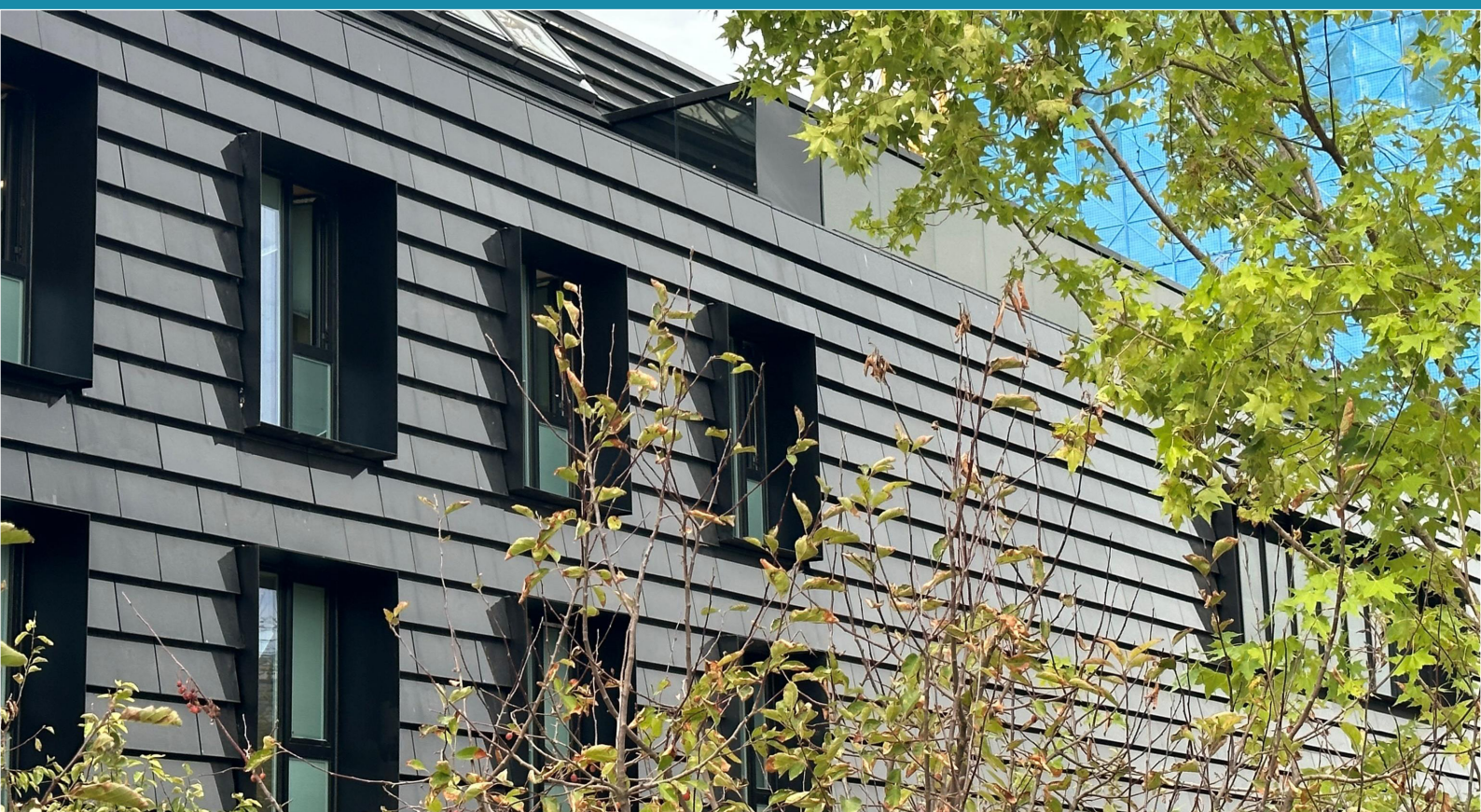
让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

中瑞零碳建筑项目

技术报告

楼宇自动化和智能控制

中文版



2024年7月



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep skat



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

本报告系在中瑞零碳建筑项目框架下编制。该项目由瑞士发展与合作署资助，并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作实施，旨在推动国际合作与交流。

作者:

Kamil Szostek、Simon Althaus、David Stamms | Willers

内容贡献与审阅人员:

Intep-Skat 联合团队

中国建筑科学研究院

浙江大学建筑科学研究院

绍兴示范工程项目团队

北京示范工程项目团队

设计与排版:

Intep-Skat 联合团队

WILLERS

引用格式:

Szostek, K., Althaus, S., Stamms, D. 楼宇自动化和智能控制:《中瑞零碳建筑项目技术报告》[R]. 苏黎世: Intep-Skat, 2024.

中瑞零碳建筑项目是由瑞士发展与合作署资助，并与中华人民共和国住房和城乡建设部合作开展的国际合作项目。该项目旨在通过分享瑞士在可持续及零碳建筑领域的先进经验，推动减少温室气体排放，助力中国建筑行业实现碳中和发展。

项目实施团队:

瑞士茵态 (intep) 综合规划咨询有限公司

瑞士Skat 咨询公司

中国建筑科学研究院

微信公众号:

SinoSwissZEB



网站:

zeb-china.org



封面图片:中瑞零碳建筑项目北京示范工程-北京市房山区拱辰社区中心 (图片来源: 清华大学建筑设计研究院有限公司素朴工作室)



目录

1. 引言	2
2. 楼宇自动化和智能控制	3
3. 示范工程案例研究	9



1. 引言

本手册详细介绍了楼宇自动化系统 (BAS) 或楼宇管理系统 (BMS) 的核心概念, 通过精准优化能源消耗与提升运营效率, 它们在推动零碳筑进程中发挥了关键作用。根据美国能源部 (DOE) 的一项研究成果, BMS 的节能潜力巨大, 能够显著降低商业建筑能耗达30%。本手册以中瑞零碳建筑项目北京示范工程和绍兴示范工程为例, 不仅展示了部署先进BMS系统所面临的挑战与巨大潜力, 还强调了系统集成与持续创新的重要性, 为楼宇运营的可持续发展与能效提升铺设了坚实的基石。

BMS在统筹管理楼宇内的暖通空调、照明、遮阳、能耗监控、安保及消防安全等多元化子系统方面发挥着重要作用。本手册从管理策略、控制机制及现场执行三个层面, 系统剖析了这些子系统的运作逻辑与协同方式。同时, 本手册探讨了瑞士标准SIA 386.110 (与欧洲标准EN 15232:2012等效), 将BMS效率划分为A至D四个等级, A级代表最高能效水平, 这一分级体系为评估BMS节能成效提供了权威参考, 并指出节能效果受建筑特性和实施细节的双重影响。

此外, 手册还强调了标准化通信协议 (如BACnet IP与OPC UA) 在促进不同系统间无缝集成与高效互动中的关键作用, 这对于提升楼宇整体能效至关重要。本手册还探讨了人工智能、云和物联网设备等下一代技术, 展示了它们进一步增强 BMS 功能的潜力。

针对北京与绍兴示范工程, 手册深入剖析了先进BMS系统的实际应用与潜在优势。针对当前系统独立运行导致的效率瓶颈, 提出了整合空气质量监测、部署自动热回收系统、安装窗户传感器及加强能源监测等一系列优化策略, 旨在充分挖掘BMS在推动零排放建筑目标实现中的巨大潜力, 为构建绿色、可持续的楼宇未来奠定坚实的基础。

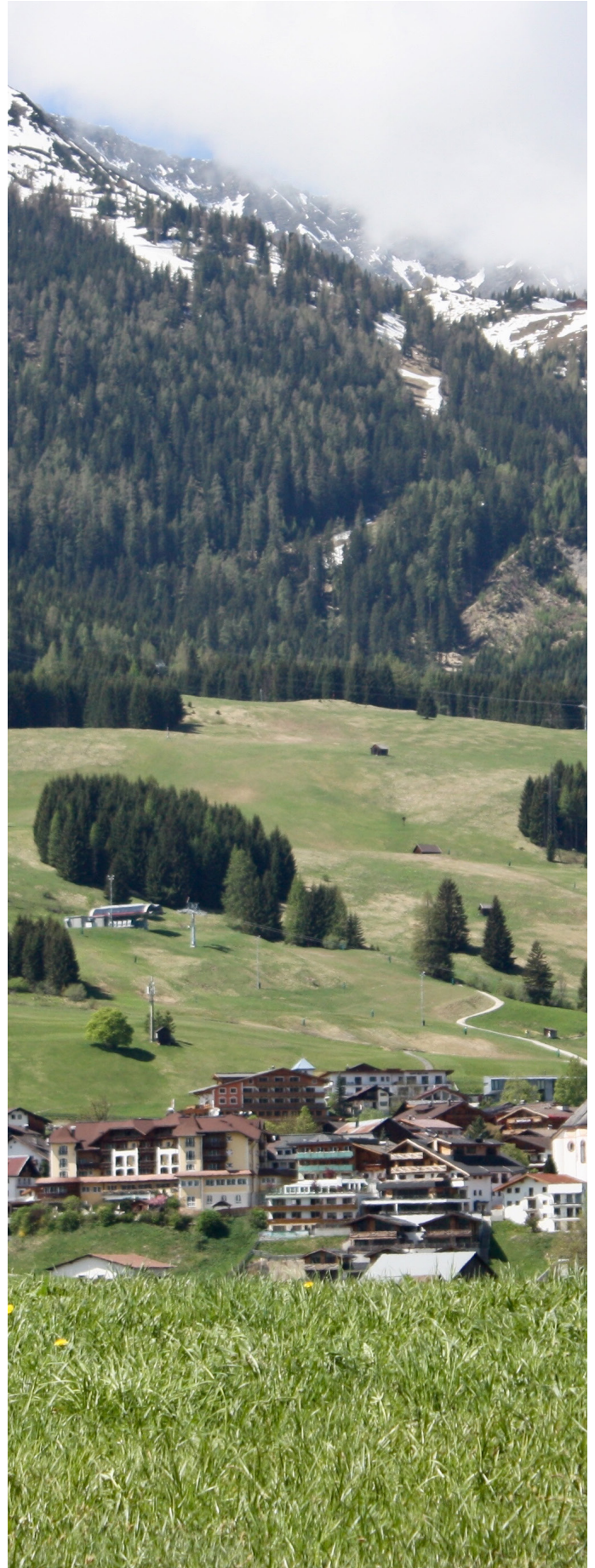


图 瑞士风景 (图片来源:

2. 楼宇自动化和智能控制

2.1 概念

楼宇自动化系统 (BAS) 或楼宇管理系统 (BMS) 通常被视为一个综合性系统, 其核心功能在于对楼宇内所有关键系统的全面控制与监控, 涵盖暖通空调、照明、遮阳系统、能源消耗管理, 以及安保与消防安全等多个方面。

该系统架构通常划分为三个主要层级, 以确保高效运作与精细管理:

- **管理机制层:** 此层级构成了系统的核心大脑, 主要由BMS软件驱动。它不仅能在直观的图形界面上展示所有系统的实时状态与测量数据, 还为楼宇操作员及最终用户提供了主要交互平台 (在授权访问的前提下)。此外, 该层级还负责数据的记录、存档, 并集成了系统运行所必需的全部IT基础设施, 确保系统的稳定运行与数据的安全管理。
- **控制层:** 作为连接上下层级的桥梁, 控制层包含一个或多个可编程逻辑控制器 (PLC), 它们作为传感器与系统组件之间的交互枢纽, 负责执行控制逻辑。PLC根据预设的程序逻辑处理来自各类传感器的输入数据, 并通过精确的输出指令驱动执行器完成必要的操作, 如调节温度、控制照明等。

- **现场设备层:** 这一层级直接面向物理环境, 由众多传感器和执行器组成, 它们负责采集现场数据 (如温度、湿度等) 并接收来自控制层的指令执行相应操作 (如开启/关闭阀门、调节百叶窗角度等)。这些现场设备种类繁多, 广泛分布于楼宇各处, 并通过有线或无线方式与PLC建立连接, 确保数据的实时传输与指令的准确执行。

如图1所示, 在瑞士, BMS系统广泛应用于统一管理供暖、制冷、通风、照明及遮阳等系统, 作为中央控制单元, 它实现了这些系统的无缝集成与高效协同工作, 从而在保障舒适环境的同时, 最大限度地降低了能源消耗。

BMS所能实现的节能效果会根据具体建筑物的特性而有所不同。在这方面, 瑞士标准SIA 386.110与欧洲标准EN 15232:2012保持一致, 共同为评估BMS实施后建筑物的能效提供了指导框架。该标准体系内详细定义了BMS的能效等级, 具体划分为A至D四个级别, 这些等级基于BMS的实际应用情况和其对建筑能效提升的贡献来界定:

此外, 该标准进一步依据能效等级, 为特定建筑类型设定了热能及电能能效系数, 具体数值详列于下表

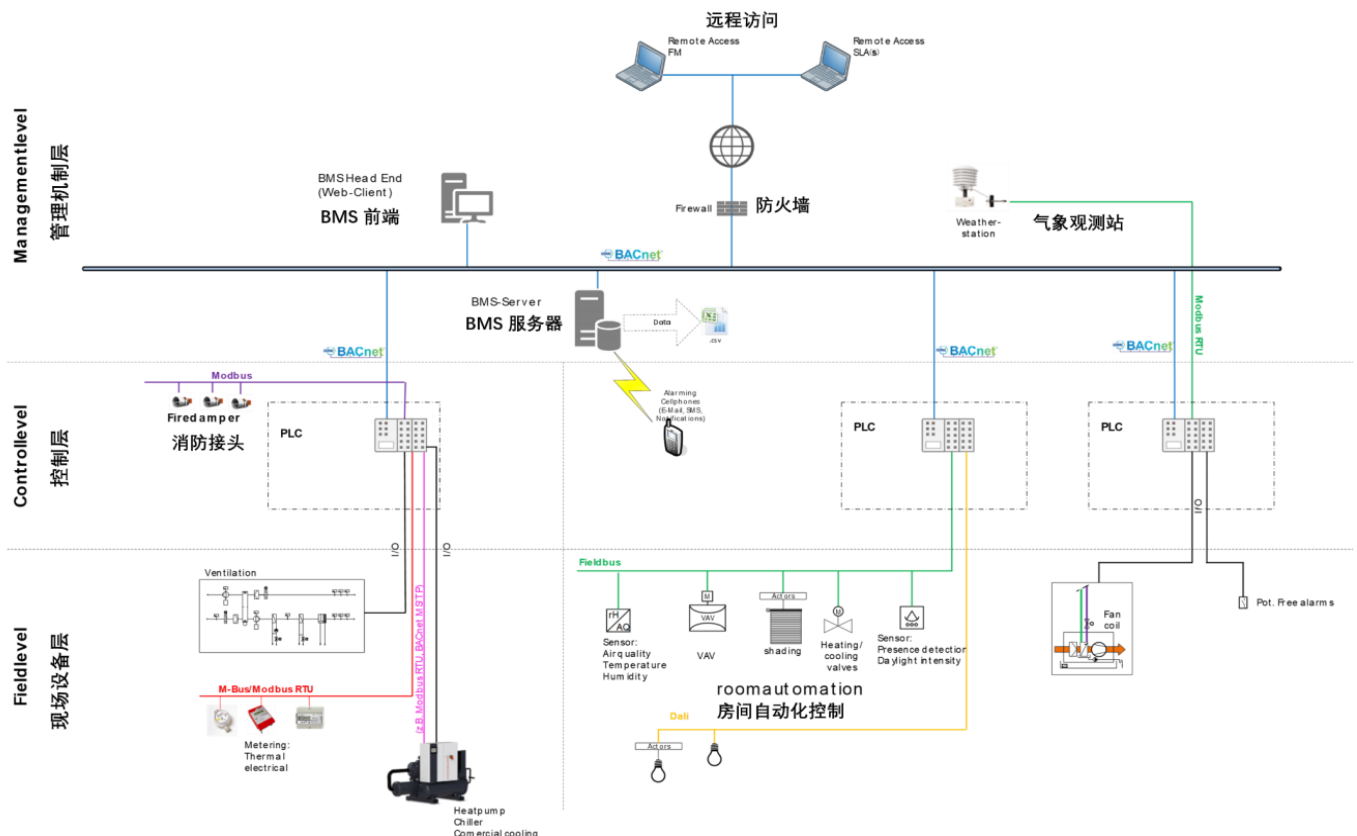


图1 典型的BMS系统结构 (图片来源:Willers)



之中。此表格基于所有建筑均采用C级BMS标准的假设进行制定。值得注意的是，虽然瑞士的情况可能符合这一假设，但在中国，建筑的实际状况与能效表现则可能因多种因素而异。不过，一个无可争辩的事实是，采用更高效的BMS系统确实能够显著提升建筑的能效表现。

2.2 系统连接

如前一章所阐述，BMS的核心功能在于将楼宇内多样化的系统进行有效集成与连接。具体连接的系统数量则依据不同楼宇的实际需求与配置而异，但通常涵盖以下关键系统：

- 通风
- 制冷
- 商业制冷
- 供暖
- 卫生
- 生活热水

等级	说明
A	BMS 系统高效模式 ▪ 实现互联房间的自动化控制，集成自动需求控制系统 ▪ 定期维护的系统 ▪ 建立能源监控系统 ▪ 优化能源消耗
B	BMS 系统较高级模式 ▪ 互联房间的自动化控制 ▪ 建立能源监控
C	BMS 系统标准模式 ▪ 已连接的主系统 ▪ 没有房间自动化控制 ▪ 未建立能源监控
D	无 BMS 系统 ▪ 没有连接系统 ▪ 没有房间自动化控制 ▪ 未建立能源监控

表1 BMS 的四个能效 A-D (图片来源:SIA 386.110386.110)

能效级别	D	C	B	A
建筑类型				
办公建筑	1.51	1	0.80	0.70
演讲厅	1.24	1	0.75	0.5
学校	1.2	1	0.88	0.80
医院	1.31	1	0.91	0.86
酒店	1.31	1	0.85	0.68
餐厅	1.23	1	0.77	0.68
商业建筑	1.56	1	0.73	0.60
居民建筑	1.1	1	0.88	0.81

表2 热效率系数 (图片来源:SIA 386.110 SIA 386.110)

能效级别	D	C	B	A
建筑类型				
办公建筑	1.10	1	0.93	0.87
演讲厅	1.06	1	0.94	0.89
学校	1.07	1	0.93	0.86
医院	1.05	1	0.98	0.96
酒店	1.07	1	0.95	0.90
餐厅	1.04	1	0.96	0.92
商业建筑	1.08	1	0.95	0.91
居民建筑	1.08	1	0.30	0.92

表3 电能效率系数 (图片来源:SIA 386.110 SIA 386.110)

图 苏黎世 (图片来源: Freepik)



- 配电装置
- 遮阳
- 窗帘
- 照明
- 计量
- 漏水检测
- 门窗检测

此外, BMS还具有以下功能, 可增强其功能以实现其目的:

- 报警
- 监控
- 日程安排
- 日历
- 可视化
- 集中指令

系统间的互联互通带来了诸多显著优势。例如, 它能有效避免同一空间内制冷与供暖的同时进行, 实现制冷与遮阳的协同工作, 以及机械通风与自然通风的智能切换, 还包括对照明的集中管理。这些及更多功能均可通过PLC控制器上精心设计的控制回路轻松实现, 确保楼宇管理的高效与节能。

2.3 标准化

为了确保各种系统之间的有效连接, 通信的标准化变得尤为关键。在系统与可编程逻辑控制器 (PLC) 之间, 最基本的数据交换手段依赖于硬件信号, 如模拟量信号 (0-10V、0-20mA) 或电位器信号, 以及自由触点等直接物理连接方式。然而, 即便是在这种简单模式下, 也需要明确界定信号是在哪一侧产生以及在哪一侧接收, 以确保通信的顺畅进行。

当需要深化信息交换的层次与复杂度时, 采用基于串行总线或IP网络的通信协议成为必然选择。此时, 遵循标准化的通信协议变得至关重要, 因为它们为不同系统间的高效、可靠通信提供了坚实基础。例如, 可以选用多种标准化的通信协议, 包括但不限于以下广泛认可的工业协议, 以满足特定应用场景下的通信需求:

- BACnet IP
- OPC UA
- Modbus TCP

- LoRa WAN
- MQTT
- Modbus RTU
- BACnet MS/TP
- KNX
- DALI
- ASI-Bus
- MP-Bus
- M-Bus

这份清单虽非完全列出相关工业协议, 但代表了瑞士常用的标准化、开放式通信协议的一个精选样本。值得注意的是, 市场上还广泛存在着众多供应商的专有协议。然而, 为了促进系统间的高效与无缝通信, 强烈推荐采用开放式协议。

在选择通信标准之后, 建议在每个项目中精心编制并确立一套明确的技术通信概念框架。随后, 所有供应商都应严格遵循这一既定标准, 以确保其系统能够顺利集成至BMS系统中, 实现无缝连接与协同工作。

2.4 智能控制

本章节将全面概述连接系统所具备的各种可能功能, 并通过具体实例加以阐述。

照明控制中存在的检测功能:

- 调整专用VAV (变风量空调系统) 的送风量,
- 根据房间是否长时间无人 (如周末及夜间时段) 自动调整室温设定点, 以实现能源的有效利用。

使用房间内的测量值 (温度、湿度、二氧化碳浓度) 可实现:

- 调节供暖或制冷系统功率
- 调整冷水供应温度, 防止管道凝结。
- 生成供热或冷水供应的需求信号, 以调整生产或优化存储管理。

运用遮阳系统的状态可实现:

- 在夏季允许或阻止制冷需求, 冬季则允许或阻止供暖需求, 以调节室内温度。
- 优化日光的采集, 减少人工照明需求, 从而降低照明系统的能耗和强度。

利用变风量空调系统可实现:

- 优化AHU (空气处理机组) 的风扇速度, 确保空气流量满足实际需求, 同时减少整个系统的压力损



失, 提高能效。

可在室外条件下使用以实现:

- 以防止在季节过渡时期不必要地制冷或供暖
- 根据室外温度防止制冷或制热
- 可根据以下情况调整室内和供暖温度设定点

集中指令可实现:

- 关闭整栋楼的照明设备
- 在冬季夜间关闭百叶
- 防止同时制冷或供暖

2.4.1 案例1: 室温控制以及加热和制冷

当前室温由墙壁上的室内传感器测量, 并由一个控制回路持续监控供暖/制冷阀门以维持室温。该控制回路可根据时间安排和房间存在检测, 在环保模式与正常模式间切换运行。

阀门控制: 阀门只有一个控制信号, 即0-100%百分比:

只有当室外空气温度低于或高于规定限值时, 才会启用供热功能。

为了防止湿气的形成, 当室内相对湿度大于75%时, 冷却阀关闭; 而当相对湿度小于 65% 时, 冷却阀会重新启动。

2.4.2 案例2: 室内空气质量控制

目前, 空气质量通过墙壁上的挥发性有机化合物 (VOC) 传感器进行监测, 而二氧化碳浓度则是基于 VOC 值计算得出的一个估算值, 通常称为二氧化碳当量值。这一空气质量参数由专门的控制器持续监控, 并据此调节 VAV 系统的供气量, 以确保室内空气质量维持在适宜水平。

每个楼层及通风系统的所有排风均归属于一个统一的系统, 并由该系统进行同步控制。这一排风系统的运行依赖于一个或多个集中排风 VAV 设备, 这些 VAV 的设定值是根据各送风量总和自动调整得出的, 以确保整个系统中排风量与送风量之间达到精确平衡。

2.4.3 案例 3: 窗户控制

清洁模式

窗户的清洁功能通过楼宇管理系统实现楼层或门面部级别的精确操作。一旦启动窗户清洁功能, 系统会自动取消所选区域内所有窗户的遮阳设置, 并同时禁用这些窗户的自动及本地操作功能, 以确保清洁作业的顺利进行与安全完成。

按钮式手动操作

本地手动控制 (如按钮操作或多媒体触摸屏) 具备优先权, 能够覆盖自动模式, 但系统内的安全功能将始终保持激活状态, 以确保操作安全。若房间在连续30分钟内未被检测到有人居住, 系统会自动从手动模式切换回自动模式, 以恢复预设的自动化管理。此外, 若存在更高优先级的功能处于激活状态, 手动控制按钮将

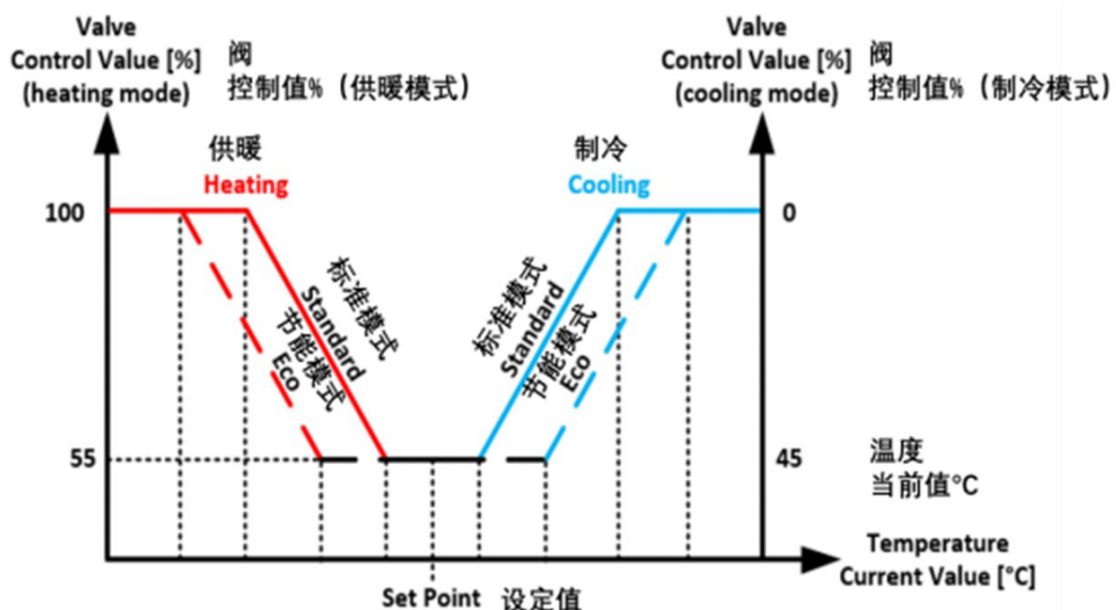


图2 供暖和制冷的阀门控制 (图片来源:Willers)

被自动禁用,并通过明显的方式(如在按钮上点亮红色LED灯)向用户发出明确信号,提示当前无法进行手动操作。

能量控制

当外墙受到阳光直射时,百叶帘的控制会根据室内的制冷需求进行智能调节。具体而言,在制冷模式下,系统会监测辐射值,一旦该值超过 250 W/m^2 的阈值,就会自动启动遮阳功能,通过调整百叶帘的角度或位置,有效阻挡外部热量进入室内,从而降低室内制冷负荷,提升能源利用效率。

须遵循以下滞后原则

- 如果某一外墙后 ≥ 4 个房间处于制冷模式,则启动该立面的遮光功能
- 如果某一外墙后 ≤ 2 个房间处于制冷模式,则取消该侧外墙的遮光功能

时间安排

- 定时器程序可用于将百叶帘按时间移动到每个建筑物、外墙或楼层的预定位置。自动模式被覆盖后,安全功能和手动操作仍然有效。可实现以下切换功能
- 取消遮光

控制百分比	功能
100%	最大加热量
55%	最小加热量
45%	最小制冷量
0%	最大制冷量

表4 阀门控制值及其功(图片来源:Willers)

参数名称	值
冬季设置值	21°C
夏季设置值	26°C
零能效段标准	$1\text{K} (+/- 0.5\text{K})$
零能效段节能	$2\text{K} (+/- 1\text{K})$
启动供热	室外温度 $< 16^{\circ}\text{C}$
启动制冷	室外温度 $> 18^{\circ}\text{C}$

表5 参数说明(图片来源:Willers)

- 开始遮光

程序定时器有以下设置选项:

- 每日和每周计划(可通过日历限制有效期范围)
- 灵活的多年日历功能
- 夏季/冬季自动转换
- 特殊日期(固定日期)和节假日
- 开启和关闭遮阳程序
- 日出日落时间自动切换调整(天文功能)

自动化功能

- 无安全或定时器命令激活,且未从BMS或本地进行手动干预
- 若辐射值超过设定阈值,系统将根据遮阳图像自动启动遮阳。

基本功能

重新启动遮光时间:在自动移动百叶帘(启动或取消遮光)后,必须至少经过 20 分钟以尽量减少运行,然后才能执行下一个自动移动指令。

2.4.4 案例 4: 送风优化

为了确保送风VAV系统始终维持在最佳运行范围

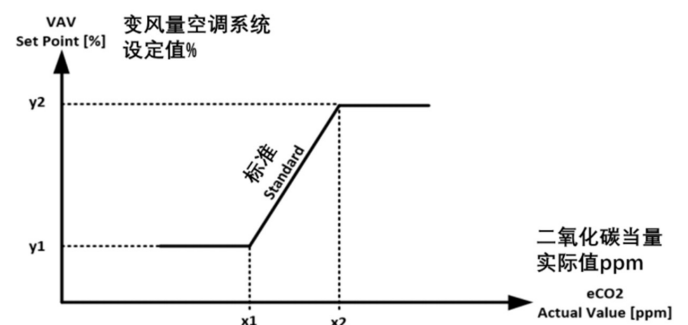


图3 变风量和空气质量(二氧化碳当量值) (图片来源:Willers)

参数名称	值
x1	750ppm
x2	1200ppm
y1	最小值 (约 $20\% / V_{nen}$)
y2	100%

表6 参数说明(图片来源:Willers)



内,空气处理机组的送风机被设计为能够灵活地增大或减小压力输出。在这一过程中,特别值得注意的是,挡板开启角度达到最大的VAV单元,其状态对整体系统的调节起着至关重要的决定性作用。

2.4.5 案例 5:带热回收空气阀的送风温度控制装置

送风温度由精确安装在管道上的温度传感器进行实时监测。为了维持送风温度在预设的范围内,温度控制回路会智能地协调热回收系统(包括旁路风门的开闭)、空气加热器以及空气冷却器的工作状态。

2.5 智能建筑应用案例

新技术如人工智能、云技术及物联网设备等,为楼宇运行效率的显著提升开辟了广阔的潜力空间。尽管当前提及的使用案例尚处于个案研究阶段,尚未成为广泛验证的解决方案,但利用这些技术提升能效的潜力已经得到了充分证实,预示着未来楼宇管理将迎来革命性的变革。

数据预测控制

该应用程序巧妙融合了人工智能、天气预报以及建筑管理系统(BMS)的丰富历史数据,能够精准预测房间未来所需的能源输入量。这一预测机制兼顾了未来的天气变化(基于天气预报)与过去的能耗模式(依托历史数据),从而确保在最佳时机调整能源供应,以迅速且准确地达到预设的温度目标。

预测性维护

通过持续监控运行时间,并综合考量其他关键指标及产品具体信息,能够有效地规划针对特定部件(例如泵和阀门)的维护策略。这一举措旨在优化维护流程,进而显著延长这些部件的使用寿命周期。

室内空调系统状态预测

若能将现有系统如房间预订工具与建筑管理系统有效集成,将极大释放其潜在价值。例如,系统能自动检测房间预订状态,在房间空置时自动调低供暖温度以节能,而一旦房间即将被预订,则提前提升温度以确保入住舒适度。更进一步,若系统监测到房间内无人,还能智能取消不必要的房间预订,提升资源利用效率。

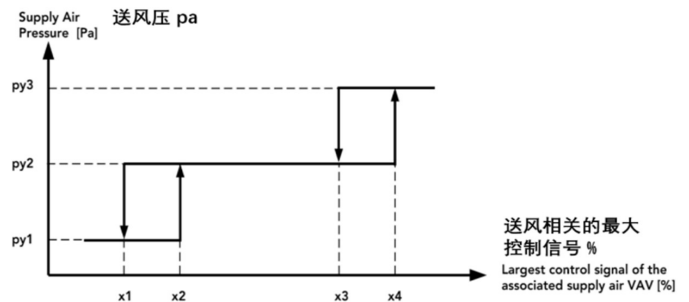


图4 送风压力和 VAV (图片来源:Willers)

参数名称	值
x1	30% (或最小值)
x2	35%
x3	75%
x4	80%
py1	有待确定
py2	有待确定
py3	有待确定

表7 参数说明 (图片来源:Willers)

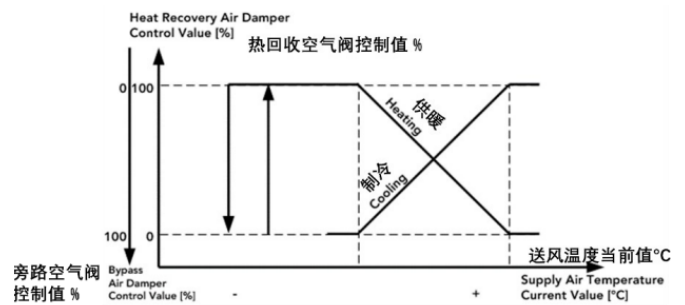


图5 带热回收风门的送风温度控制装置 (图片来源:Willers)

参数名称	值
V1	5%
时间延迟	10 分钟

表8 参数说明 (图片来源:Willers)

3. 示范工程案例研究

3.1 北京示范工程

2022年3月，北京市房山区拱辰社区中心项目入选首批“中瑞零碳建筑项目示范工程”。该建筑作为社区中心，设有多功能展览厅和养老居所及其配套设施。北京示范工程于2021年5月启动，经过中瑞团队两年多的共同努力，于2023年9月27日正式落成，成为中瑞零碳建筑项目首个竣工的示范工程，并实现零碳建筑目标。

项目概况

- 业主：中建智地
- 主导设计团队：清华大学建筑设计研究院有限公司素朴工作室
- 能源顾问：中国建筑科学研究院建筑环境与能源研究院
- 地点：北京市房山区（寒冷气候区；太阳能资源区II）
- 总建筑面积1557平方米（最终减至1200平方米），地上3层，地下1层
- 能源参考面积1262平方米（最终减至838平方米）

能源方案亮点

- 立面光伏建筑一体化 (BIPV) 和屋顶光伏发电
- 空气源热泵/制冷机用于室内供暖和制冷
- 带热回收的机械通风装置（此外也可通过屋顶天窗进行自然通风）
- 高性能门窗系统

总体而言，该示范工程项目中的各个系统之间似乎缺乏明显的相互关联，均呈现出独立运行的状态。

- 空气处理装置（通风）
- 每个房间的供暖和制冷
- 遮阳
- 窗户
- 照明
- 计量（电气）

这将降低楼宇运行的效率。如果采用 BMS 系统，建议使用以下功能。

- 将室内空气质量测量仪与AHU相连接，根据实时空气质量数据自动调整AHU的风量，确保室内空气质量维持在最佳水平。

- 自动化AHU的热回收功能，并将其集成至空气加热控制回路中（参照第3.4.5章），以提升能源利用效率。为此，需连接热泵系统以及安装专用室温测量仪，确保温度调节的精确性与能效性。
- 在窗户上安装可监控开/关状态的触点传感器，并将其连接至自动空调机组。当窗户打开时，自动调整空调机组的风量输出，减少不必要的能耗，同时保持室内环境的舒适度。
- 引入自动化控制机制，实现屋顶窗户的自动开启与关闭，以最大化自然通风效果，减少机械通风的依赖。摒弃低效的手动操作方式，通过智能控制提升通风效率与室内环境品质。
- 在建筑内进一步增设能源计量表，覆盖更多关键能源使用区域。
- 将所有能源计量表连接至BMS系统，构建全面的能源监控与分析平台，为能效优化提供数据支持。

3.2 绍兴示范工程

2022年3月，“绍兴龙山书院培训中心”入选首批“中瑞零碳建筑项目示范工程”。该示范工程于2021年5月开工，经过中瑞团队两年多的共同努力，预计于2024年正式竣工。该建筑是一个集教室、实验室和办公室于一体的培训中心。

项目概况

- 业主：绍兴市未来社区开发建设有限公司
- 主导设计团队：中国建筑科学研究院有限公司
- 能源顾问：北京康居认证中心有限公司，住房和城乡建设部科技与产业化发展中心
- 地点：浙江省绍兴市
- 气候区：夏热冬冷
- 建筑面积：5697 平方米（地上 4 层）

能源方案亮点

- 用于空间供暖和制冷的空气源可变制冷剂流量 (VRF) 多联机组
- 带热回收功能的机械通风系统，带风量调节功能的变频风机
- 无生活热水系统
- 照明采用高效 LED 光源，具有自动调节功能
- 屋顶光伏系统

总体而言，该示范工程项目中的各个系统之间似



图6 规划阶段效果图与竣工图 (图片来源:素朴工作室)

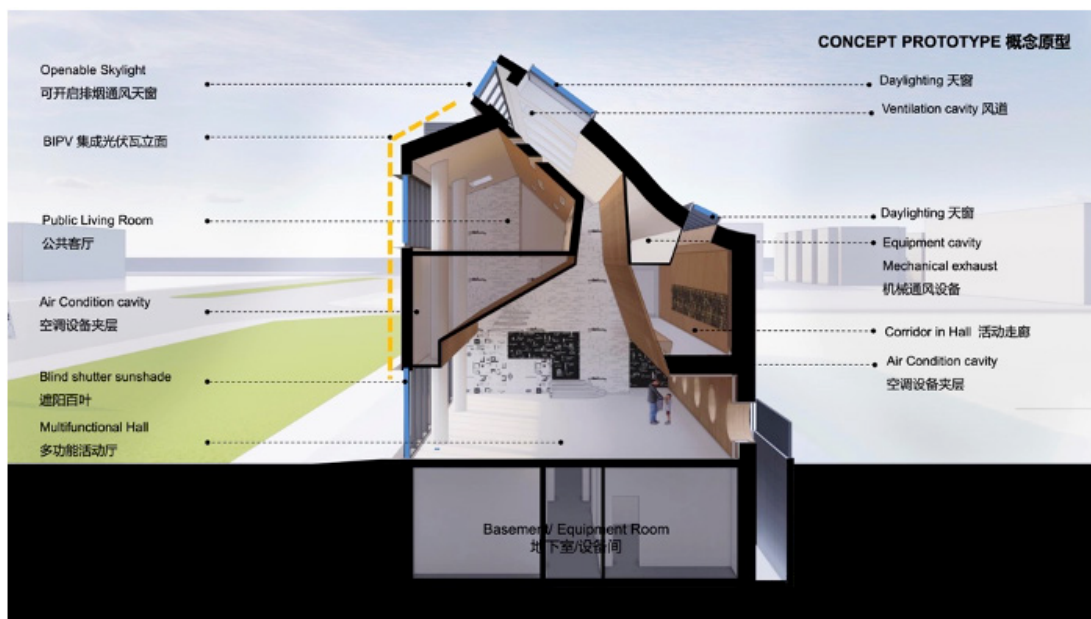


图7 北京示范工程能源方案亮点 (图片来源:素朴工作室)

乎缺乏明显的相互关联,均呈现出独立运行的状态。

- 空气处理装置(通风)
- 每个房间的供暖和制冷
- 遮阳
- 窗户
- 照明
- 计量(电气)

这将降低楼宇的运行效率。与北京示范工程类似,如果采用 BMS 系统,建议使用以下功能:

- 将室内空气质量测量仪与AHU相连接,根据实时空气质量数据自动调整AHU的风量,确保室内空气质量维持在最佳水平。
- 自动化AHU的热回收功能,并将其集成至空气加热控制回路中(参照第3.4.5章),以提升能源利用效率。为此,需连接热泵系统以及安装专用室温测量仪,确保温度调节的精确性与能效性。
- 在窗户上安装可监控开/关状态的触点传感器,并将其连接至自动空调机组。当窗户打开时,自动调整空调机组的风量输出,减少不必要的能耗,同时保持室内环境的舒适度。
- 引入自动化控制机制,实现屋顶窗户的自动开启与关闭,以最大化自然通风效果,减少机械通风的依赖。摒弃低效的手动操作方式,通过智能控制提升通风效率与室内环境品质。
- 在建筑内进一步增设能源计量表,覆盖更多关键能源使用区域。
- 将所有能源计量表连接至BMS系统,构建全面的能源监控与分析平台,为能效优化提供数据支持。



图8 规划阶段效果图 (图片来源:中国建筑科学研究院2022年6月22日报告)



图9 绍兴示范工程项目效果图 (图片来源:中国建筑科学研究院2022年6月22日报告)



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC

IBEE 环能科技

intep

skat