

ICS 号  
CCS 号

# 团体标准

T/CABEE-JH2023043

## 公共建筑智慧运行调控技术标准

Technical standard for intelligent operation and control of public  
buildings  
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

## 前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法（试行）》（国建节协〔2017〕40号）及《关于印发〈2023年度第二批团体标准制修订计划〉的通知》（国建节协〔2023〕18号）的要求，由天津大学、中国建筑第八工程局有限公司会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认证总结实践经验，参考有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本标准。

本标准的主要内容包括：1 总则；2 术语；3 智能建筑基础设施与系统架构；4 运行调控技术；5 运行与维护。

标准由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811218，010-57811483，邮箱：biaoban@cabee.org），由天津大学负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至天津大学（地址：天津市津南区雅观路135号，邮编：300350）

本标准主编单位：天津大学

中国建筑第八工程局有限公司

本标准参编单位：住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

中建八局第二有限公司

国网冀北电力有限公司

廊坊供电公司

天津市城安热电有限公司

中建八局华南建设有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

华北电力大学

上海理工大学

中国建筑科学研究院天津分院

艾绿节能科技（北京）有限公司

天合光能股份有限公司

北京云栋科技有限公司

安创观达（天津）科技发展有限公司

西华大学

山东华宇工学院

本标准主要起草人员：丁 研 梁传志 刘魁星 马明磊 田 喆  
阴光华 房海波 杨晓冬 蒋绮琛 张立鹏  
王艳军 王翘楚 郭 强 郑国忠 陈永保  
杨彩霞 陈 晨 王永然 邓 鑫 李 爽  
王 皓 翟邦泰 郑梦彧 王鹏飞 吕大海  
林 磊 霍海娥 王雅静

本标准主要审查人员：

## 目 次

1 总 则 .....	1
2 术 语 .....	2
3 智能建筑基础设施与系统架构 .....	4
3.1 基础设施 .....	4
3.2 系统架构 .....	6
4 运行调控技术 .....	8
4.1 数据监测技术 .....	8
4.2 负荷管理技术 .....	9
4.3 用电设备控制技术 .....	10
4.4 可再生能源管理技术 .....	12
5 运行与维护 .....	13
本标准用词说明 .....	15
引用标准名录 .....	16
附：条文说明 .....	错误！未定义书签。

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范和指导公共建筑智慧运行调控技术的应用与管理,促进能源利用效率的提升,建立适应我国国情的各类公共建筑智慧运行调控技术标准,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建、扩建和改建的公共建筑及能源站智慧运行调控技术的设计、实施、运行和维护。

**1.0.3** 公共建筑智慧运行调控技术的设计、施工、运行和评价除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定和现行中国建筑节能协会有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 智能化决策 intelligent decision-making

利用机器学习等智能技术和工具，基于既定目标，对相关数据进行建模、分析，并自动实现最优决策的过程。

### 2.0.2 网络拓扑结构 network topology

网络中各个节点以及它们之间连接关系的几何或逻辑表示。

### 2.0.3 策略边缘服务器 policy edge server

一种结合策略管理和边缘计算功能的服务器。它在网络的边缘部署，负责实时执行策略规则并支持对边缘设备和管理与应用的控制。

### 2.0.4 负荷预测 load forecasting

利用历史数据、统计方法或模型来预测未来一段时间内的能源或电力需求，具体包括冷负荷、热负荷、电力负荷。

### 2.0.5 时间序列 time series

按照时间顺序排列的一组数据点或观测值，通常用于描述某一变量随时间的变化趋势。时间序列的核心特征是数据的时间依赖性，即相邻数据点之间的关系与其发生的时间次序密切相关。

### 2.0.6 训练数据集 training dataset

机器学习或统计模型训练过程中使用的数据集，用于调整模型参数以使其能够准确地预测或分类目标变量。

### 2.0.7 特征工程 feature engineering

数据预处理和机器学习中的关键步骤，指从原始数据中提取、转换或生成能够更好地代表问题特性的输入变量（特征），以提高机器学习模型的性能。

### 2.0.8 削峰 peak shaving

使用储能设备、负荷削减设备或分布式能源等，通过减少用电高峰时段的负荷，降低峰值需求。

### 2.0.9 填谷 valley filling

引导用户在低谷时段用电，如运行储能设备充电或生产设备，在用电低谷时段增加负荷。

#### **2.0.10 转移负荷 load shifting**

鼓励用电侧调整生产计划或储能设备在不同时段之间灵活响应以将高峰时段的用电需求转移到低谷时段。

#### **2.0.11 需求响应 demand response**

基于外部条件或内部需求变化，调整建筑系统运行以优化能源利用、提高效率或满足用户需求的能力，以满足电网供需平衡调度需求。

#### **2.0.12 多目标决策 multi-objective decision making**

存在两个或多个目标需要同时考虑和优化的情况下，选择最优方案或制定合理决策的过程。

#### **2.0.13 柔性负荷 flexible load**

可根据外部需求，例如电力供应情况、价格波动或碳排放目标等，进行调整、控制或优化的电力负荷。

#### **2.0.14 多能源互补集成 multi-energy complementary integration**

一种能源利用优化策略，通过将多种能源形式进行互补与协同集成，最大化能源利用效率，同时提高系统稳定性和灵活性。

#### **2.0.15 可再生能源微网系统 renewable energy microgrid system**

基于太阳能、风能等可再生能源的微型电力系统，通过本地化发电、蓄能和用能设备协同控制技术，实现对可再生能源的高效利用和就地消纳。

#### **2.0.16 系统鲁棒性 system robustness**

系统在面临不确定性、扰动或极端条件时仍能保持正常运行、性能不显著下降或快速恢复的能力。

### 3 智能建筑基础设施与系统架构

#### 3.1 基础设施

**3.1.1** 传感器宜按温度传感器、湿度传感器、室内空气质量传感器、光照度传感器、人体感应传感器、流量传感器进行分类。

**3.1.2** 智能建筑传感器网络应分为物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层。

**3.1.3** 智能建筑传感器网络数据采集频率不应低于 5min/次,并应定期进行抽检与复检。

**3.1.4** 智能建筑内温度、湿度传感器应符合下列规定:

- 1 温度、湿度传感器测量范围宜为测点要求范围的 1.2 倍~1.5 倍;
- 2 温度传感器不确定度的允许偏差应为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ;
- 3 湿度传感器不确定度的允许偏差应为 $\pm 5\%$ ;
- 4 固定式温湿度传感器应要求探头外置。

**3.1.5** 智能建筑内室内空气指令传感器应符合现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883、《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 的有关规定。

**3.1.6** 智能建筑内光照度传感器宜符合下列规定:

- 1 光照度传感器测量范围宜为:室内:  $0\text{lx}\sim 10000\text{lx}$ , 室外  $0\text{lx}\sim 200000\text{lx}$ , 分辨率宜为满量程的 1%, 准确度应控制在 $\pm 5\%$ 范围内。
- 2 工作环境宜为:室内温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ /相对湿度  $0\%\sim 100\%$ , 室外温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ /相对湿度  $0\%\sim 100\%$ 。

**3.1.7** 智能建筑内人体感应传感器宜符合下列规定:

- 1 可采用被动式红外传感器 (PIR)、毫米波雷达、热成像仪等设备;
- 2 采集区域宜覆盖空间内活动的全体人员;
- 3 延时时间宜为 0.3 秒~18 秒。

**3.1.8** 智能建筑内水流量传感器应符合下列规定:

- 1 额定工作电压应为 5V DC; 工作电压范围应为 5V~18V;
- 2 使用湿度范围应为 35% RH~100% RH (无结霜状态); 使用环境温度



范围应为 0℃~100℃（无结冰状态）；

3 传感器保存温度应为-25℃~100℃；保存湿度应为 25% RH~95% RH；

4 传感器测量精度应为±5%；

5 传感器响应时间应在 1 秒以内。

**3.1.9** 智能建筑内传感器应设置 RS232、RS422 或 RS485 通信接口，宜具有数据记录、存储、显示、输出、运算、设备预警功能。

**3.1.10** 智能建筑内传感器应具有兼容性、实时性、安全性、易维护性和节能环保性。

**3.1.11** 中央控制器应符合下列规定：

1 中央控制器应能集成、处理和管理各类传感器数据，执行智能化决策，并协调建筑内各个子系统的运行；

2 中央控制器应采用稳定的通信协议，包括 AMQP、JMS、REST、HTTP/HTTPS、CoAP、DDS、MQTT，通信协议的选择应基于行业标准，以实现数据互通性；

3 中央控制器应具备智能决策的能力，能够根据传感器数据和预设策略，自主调整建筑内的环境参数和设备运行状态；

4 中央控制器应采用安全可靠的硬件和软件设计，并具备故障自动恢复机制。对于敏感数据的处理，应符合相关隐私和安全标准；

5 中央控制器的设计应具备良好的可扩展性，其架构应容易升级和扩展。

**3.1.12** 策略边缘服务器应符合下列规定：

1 策略边缘服务器应负责生成专用运行策略，在边缘侧搭载面向特定问题，如：负荷预测、温度预测等复杂智能算法。

2 策略边缘服务器宜使用基于低功耗架构的嵌入式软硬件方案，根据中央控制器执行特定的策略或任务。

## 3.2 系统架构

**3.2.1** 传感器分为设备传感器和环境传感器，传感器的安装应满足制造厂商的安装说明书要求，安装误差应控制在 $\pm 3^\circ$ 以内。

**3.2.2** 同一类型的智能环境传感器的设置宜按建筑布局进行，并宜符合下列规定：

- 1 室内面积不足  $50\text{m}^2$  时，宜设置 1 个传感器；
- 2 室内面积为  $50\text{m}^2 \sim 200\text{m}^2$  时，宜设置 2 个传感器；
- 3 室内面积大于  $200\text{m}^2$  时宜设置 3 个传感器，单位区域内各个传感器均匀分布。

**3.2.3** 智能传感器的安装宜选用防水、防尘等防护措施。

**3.2.4** 智能传感器的安装应避免电磁干扰和设备之间的物理冲突，确保数据的准确性。

**3.2.5** 室内空气温度、相对湿度、空气流速传感器的安装应符合下列规定：

- 1 不应安装在阳光直射的地方，应远离室内冷 / 热源，如暖气片、空调机出风口，远离窗、门直接通风的位置，如无法避开则与之距离不应小于 2 米；
- 2 安装要求美观，单位区域内同类型的多个传感器，安装距地高度应一致，高度差不应大于 1mm，同一区域内高度差不应大于 5mm；
- 3 连接线缆应满足设备说明书要求，无要求的应选用 RVV（铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软电线）或 RVVP（铜芯聚氯乙烯绝缘屏蔽聚氯乙烯护套软电缆） $2 \sim 4 \times 0.75$  线缆连接。

**3.2.6** 照度传感器宜在东西向或南北向分别选取两处靠窗、两处背窗的工作面，并在建筑内部中心处选取一处工作面进行布置。

**3.2.7** 二氧化碳传感器的安装应符合下列规定：

- 1 传感器应布设在能够代表整个空间二氧化碳浓度的位置，并应避免将传感器安装在可能直接受到呼吸影响的地方，如人群聚集区或通风不良的角落；
- 2 安装高度应在 1.2 米到 1.8 米之间；
- 3 应避免将传感器安装在靠近门窗、空调出风口、热源或其他可能引起空气流动和二氧化碳浓度异常的地方。

**3.2.8 人体感应传感器的安装应符合下列规定：**

- 1 安装高度应在 1.5 米至 2.5 米之间；
- 2 应该远离暖气、空调、冰箱、火炉等空气温度变化敏感的地方；
- 3 探测范围内不得有隔屏、家具、大型盆景或其他隔离物；
- 4 应避免直对窗口、门口和风道等有强气流活动的地方。

**3.2.9 通讯架构应符合下列规定：**

1 系统应采用标准通信协议或开放专用协议，并应符合现行国家标准《智能建筑设计标准》GB 50314、《控制网络 HBES 技术规范——住宅和楼宇控制系统》GB/T 20965 和《建筑自动化和控制系统》GB/T 28847 的有关规定；

2 系统的网络拓扑结构应合理规划，保证数据的高效传输；

3 通讯架构应采取加密、认证等安全技术手段，并应建立合理的权限管理机制；

4 在新建公共建筑运行调控系统中，宜优先采用有线网络；在既有公共建筑运行调控系统中，可同时采用无线物联网技术（如 Lora、Wi-Fi、4G 等）、云计算服务等技术手段进行系统升级。

## 4 运行调控技术

### 4.1 数据监测技术

**4.1.1** 数据监测技术应能采集室内外环境、设备运行、人员数量和人员行为等数据。

**4.1.2** 数据监测技术应能及时准确地获取数据，并应提供直接读数、动态曲线或综合表现曲线等显示方式。积累的数据应能反映用能设备使用周期内的运行效率。

**4.1.3** 空调设备的数据监测技术应合理选择测点位置，确保涵盖空调系统的关键节点。需要监测的数据包括但不限于电参数、运行状态参数，并应符合下列规定：

1 电参数监测技术功能要求如下：

1)采集数据项宜包括电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数等，误差应不高于 $\pm 1\%$ ；

2)采集间隔应根据需求设置，间隔时间不应少于 10s，不应大于 30min；

3)采集可采用以太网、BACnet 总线、LonWorks 控制网络、RS-485 总线或微功率无线通信网络等；

4)采集数据宜源于空调系统中冷水机组、热泵、冷(热)水泵、冷却塔、风机盘管等组成部件对应的电能表。

2 运行状态参数监测技术要求如下：

1)监测数据项宜包括启停状态、运行模式、冷(热)水出水温度、冷(热)水进水温度、冷(热)水流量、风量、风压、阀门开度、运行频率等数据；

2)监测间隔可需求设置，间隔时间不应少于 10s，不应大于 30min；

3)采集数据宜源于温度传感器、流量传感器或人工记录。

**4.1.4** 人员行为数据监测技术可采用接触式设备、非接触式设备、移动互联网大数据分析、问卷调查方式。监测过程中设备调控行为、环境参数、人员位移的采集时间和采集步长应保持一致。

**4.1.5** 照明数据监测技术应符合下列规定：

1 照明数据监测技术应能监测建筑内不同楼层和区域的照明回路开关状态；

2 监测数据应包括照明功率密度、照明耗电量、电源电压、工作电流、功

率、功率因数；

3 照明数据监测宜划分功能区监测或整户监测，如有需要也可以分室监测，最后算出总量。

4.1.6 用能监测应分房间或分区域统计建筑中的电器的功率，分为常用电器和不常用电器，同时统计常用人数。监测结果应得到建筑平均使用情况，包括运行时间、配置电器、设计和常用人数，其中配置电器和设计人数采用分房间或分区域的方式进行统计，地下车库等特殊用电宜独立计量。

4.1.7 基础数据的质量要求应符合下列规定：

1 应对所获取的基础数据进行质量控制。质量控制过程中应包含对数据的准确性、完整性和一致性三个要素的检验；

2 应根据基础数据的用途，从数据采集范围、周期以及采集频率三个层面分析并检验基础数据的完整性；

3 基础数据的准确性应根据所获取的数据类型，测量精度的检验应符合现行国家和行业相关标准的相关规定；

4 若采用不同方法采集数据，应根据采集数据之间的相关性，对数据进行一致性检验；

5 宜采用计算机自动处理和人工审核校验相结合的方法对基础数据进行质量控制。

4.1.8 基础数据预处理宜按照数据清洗、数据整合与转换与数据离散的基本步骤。

## 4.2 负荷管理技术

4.2.1 用于负荷预测的数据应符合下列规定：

1 用于负荷预测的数据应涵盖多种因素，包括但不限于气象数据、日期时间信息等；

2 对于历史负荷数据，时间序列应保持完整；

3 数据来源要可靠，应能体现负荷变化的特征。

4.2.2 负荷预测前应对用于预测的训练数据集质量进行判断，预测特征集应达到信息全面、冗余量少、有代表性的要求。当特征集中存在信息冗余时，应进行特征工程分析及选择。

**4.2.3** 负荷预测的方法包括但不限于时间序列法、回归分析法以及深度学习等算法。负荷预测使用的算法应符合下列规定：

- 1 算法应能够提供高精度的负荷预测结果；
- 2 在面对数据波动时，算法应保持稳定的预测性能；
- 3 算法宜具备实时更新能力，能根据获取的数据实时更新预测模型。

**4.2.4** 公共建筑智慧运行系统应根据需求响应采取合适的负荷控制策略，包括但不限于削峰、填谷、转移负荷等策略。

**4.2.5** 实施负荷控制策略时，应符合下列规定：

- 1 应确保满足用户侧基本需求；
- 2 应确保控制设备和系统的安全性，避免过度控制导致设备、系统故障。

**4.2.6** 应根据负荷指令的类型来选择合适的通信方式，负荷指令的传递方式包括但不限于电力线载波通信、光纤通信、蓝牙通信、无线通信（Wi-Fi）、蜂窝通信等方式

**4.2.7** 负荷指令的传递应符合下列规定：

- 1 负荷指令的含义应清晰明确，避免模糊或有歧义的表述；
- 2 负荷指令应在规定的时间内传递到设备端；对于批量设备的指令传递，

指令应能够同时或在极短的时间间隔内到达各个设备；

- 3 负荷指令数据在传递过程中宜进行加密；
- 4 指令传递系统应具备一定的容错能力以及故障检测、诊断和自动恢复机制。

**4.2.8** 设备在响应负荷指令的过程中应符合下列规定：

- 1 设备应具备快速响应指令的能力，响应过程中应尽量减少延迟；
- 2 设备应能正确理解指令并精确执行指令；
- 3 设备在响应指令过程中不能超出自身的安全运行范围。

## **4.3 用电设备控制技术**

**4.3.1** 公共建筑智慧运行系统宜根据建筑的类型、使用规律、当地气候特点执行相应的运行控制策略。

**4.3.2** 公共建筑智慧运行系统应具备响应电网调控需求的能力，并应符合下列规

定：

1 智慧建筑应集成需求侧管理功能，通过智能系统实现负荷的监测和控制，以实时响应电网的调控信号；

2 智慧建筑应能与电网进行交互以调整内部负荷分配。

**4.3.3** 公共建筑智慧运行系统在多目标决策下应实现能源效率和成本效益的最优平衡，宜符合下列规定：

1 智慧建筑的能源管理系统宜采用多目标优化的算法，同时考虑能效、成本和用户舒适度，实现运行效益的权衡兼顾；

2 智慧建筑宜配备决策支持系统，利用大数据和人工智能技术，为管理者提供基于多目标决策的调控方案。

**4.3.4** 公共建筑智慧运行系统应能将电动汽车充放电负荷作为需求响应资源，宜考虑建立电动汽车与建筑能源协同调度机制，对电动汽车进行有序充放电调度。

**4.3.5** 室内光环境控制系统应符合下列规定：

1 照明系统应结合建筑的使用情况及天然采光状况进行分区、分组、分回路设置；

2 当公共区照明采用就地控制方式时，宜设置声/光控或延时等感应功能；当公共区照明采用集中监控系统时，宜根据照度要求自动控制照明；

3 大空间、多功能、多场景场所的照明，宜采用智能照明控制系统；

4 照明的自动启停功能应能按照预先设定的时间表控制相应回路的开关；

5 当设置电动遮阳装置时，宜能与照明控制联动；

6 走廊、楼梯间、门厅、电梯厅、卫生间、停车库等公共场所的照明，宜采用集中开关控制或就地感应控制。

**4.3.6** 建筑内自调节遮阳系统宜符合下列规定：

1 宜配置智能窗帘控制模块；

2 宜具备一键开关或自动调节窗帘和窗户百分比开合度的功能；

3 宜支持本地或远程对普通窗帘电机或智能窗帘电机的开启、关闭、暂停的控制；

4 宜支持异常天气自动关窗、定时通风、离家自动关窗等的功能。

**4.3.7** 智能建筑电梯控制系统应具备节能运行功能，两台及以上电梯集中排列时，应设置群控措施；无外部召唤且轿厢内一段时间无预设指令时，电梯应自动转为

节能运行模式。

**4.3.8** 智能建筑机械通风系统宜符合下列规定：

- 1 系统应能根据室内外环境参数自动调节通风量；
- 2 系统应配备高精度的空气质量传感器，并具备空气净化和过滤功能；
- 3 系统应内置安全保护机制，并具备故障诊断功能。

## **4.4 可再生能源管理技术**

**4.4.1** 可再生能源建筑应用系统设计时，应根据当地资源与适用条件统筹规划；采用可再生能源时，应根据使用条件与投资规模确定该能源可提供的用能比例、保证率以及系统费效比，并应根据项目的负荷特点和当地资源条件进行适应性分析。

**4.4.2** 智慧建筑应充分利用风光发电产生的柔性负荷，将风光发电产生的电力有效集成到建筑能源系统中，提高建筑的能源自给能力。

**4.4.3** 公共建筑智慧运行系统可采用多能源互补集成技术，包括但不限于太阳能与风能、太阳能与地热能等。

**4.4.4** 公共建筑可再生能源系统宜与储能系统集成应用，并应符合下列规定：

- 1 系统的储能形式可采用电化学储能、储热（冷）和压缩空气储能等一种或多种；
- 2 系统应能够根据自身运行状态、可再生能源产能预测数据和电网负荷等因素智能调度能量的存储和释放。

**4.4.5** 宜构建可再生能源微网系统，利用储能、用能和产能设备协同控制技术，并根据实际状况，制订适宜的运行策略。

**4.4.6** 可再生能源运行调控应符合下列规定：

- 1 应利用传感器和监测设备实时监测太阳能光伏、风力发电等系统的发电状况，包括发电量、光伏组件背板表面温度、室外温度和太阳辐射等，以及时响应能源波动；
- 2 宜通过智能控制系统调整建筑内部设备运行，以适应可再生能源的波动；
- 3 宜制定季节性运行调整计划，优化可再生能源系统性能。



## 5 运行与维护

**5.0.1** 公共建筑智慧运行系统的运行维护对象宜包括现场计量、监测、分析、调控的硬件和软件。建筑的运行与维护应建立节能管理制度及设备系统节能运行操作规程。

**5.0.2** 公共建筑智慧运行系统运行维护应建立完整的系统监测、计量、调控设备台账及技术档案。

**5.0.3** 公共建筑智慧运行系统运行记录应定期进行备份，且保存时间不应少于 5 年。

**5.0.4** 公共建筑智慧运行系统中的温度、压力、流量、冷热量、耗电量等监测和计量仪表，应定期检定和维护，且仪表应工作正常，对失效或缺少的仪表应进行更换或增设。

**5.0.5** 应对建筑智慧运行系统的监测计量、数据采集传输系统，数据服务器等软件和硬件进行定期日常维护、巡检、病毒防护、升级与管理。当发现系统异常时，应及时处理，并对运行维修情况进行记录。

**5.0.6** 公共建筑智慧运行系统故障排除应符合下列规定：

1 系统应具备完善的故障自检功能，当系统或设备出现问题时可以迅速识别并反馈问题；

2 系统的故障排除宜充分利用物联网技术，实现设备间的互联互通，并帮助系统在设备出现问题时迅速定位故障部分；

3 系统应建立完善的数据库长期记录其运行过程中所收集的参数，对参数进行不同层面的分析，如运行稳定度，用户舒适度，设备健康度等，并对每个发现的问题给予具体的问题描述和原因推断。

**5.0.7** 公共建筑智慧运行系统计算分析应符合下列规定：

1 公共建筑智慧运行系统数据接入方式应支持人工录入、自动采集。应支持实时数据、日数据、月数据的接入。实时数据的接入频率不应大于 15min/次；

2 公共建筑智慧运行系统性能评价指标宜包括故障发生率、响应速度、设备效率、系统鲁棒性等；

**3 公共建筑智慧运行系统可靠性指标应符合下列规定：**

- 1)系统年可用率应大于等于 99.9%；
- 2)系统故障恢复时间不应超过 2h。

**4 公共建筑智慧运行系统调控应符合下列规定：**

- 1)重要模拟量更新周期不应大于 15 秒，非重要模拟量更新周期不应大于 60 秒；
- 2)重要状态量响应时间不应大于 10 秒，非重要状态响应时间不应大于 30 秒；
- 3)控制操作响应时间（从发出指令到启动)不应大于 15 秒。

**5 新建公共建筑智慧运行系统性能评价可采用 A/B Test（对照实验）等方式；既有公共建筑智慧运行系统性能评价方式可采用数据库相似日能耗对比、过往同时间段能耗数据对比等方式。**

**5.0.8 公共建筑智慧运行系统技术经济评估应符合下列规定：**

- 1 公共建筑智慧运行系统应按需求响应项目中的响应有效性判定原则,以及需求响应计划实施过程中的用户用电负荷信息，判定用户响应的有效性；**
- 2 公共建筑智慧运行系统在节约电量和节约电费时，应符合下列主要规定：**
  - 1)系统设计、运行和维护应遵守国家 and 地方制定的节能政策、法规和标准；
  - 2)系统应实现高效的能源使用，通过智能控制和优化管理，确保建筑内的各项设施在满足使用需求的同时，尽可能降低能耗；
  - 3)系统应能够实时采集、存储和分析建筑内的能源使用数据，为制定节能措施和评估节能效果提供数据依据；
  - 4)系统应支持定期的能源审计和评估，以便及时发现并解决能源浪费问题，优化能源使用结构。
- 3 公共建筑智慧运行系统的环境效益应考虑两方面：**
  - 1)由于实施需求响应减少用电量产生的碳减排效益；
  - 2)减少矿物燃料的使用。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 2 《建筑照明设计标准》 GB 50034
- 3 《智能建筑设计标准》 GB 50314
- 4 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》 GB 50325  
《室内空气质量标准》 GB/T 18883
- 5 《控制网络 HBES 技术规范——住宅和楼宇控制系统》 GB/T 20965
- 6 《建筑自动化和控制系统》 GB/T 28847
- 7 《需求响应效果监测与综合效益评价导则》 GB/T 32127
- 8 《智能传感器 第 1 部分：总则》 GB/T33905.1
- 9 《公共建筑绿色节能工程智能化技术标准》 DGTJ 08-2040

中国建筑节能协会团体标准

公共建筑智慧运行调控技术标准

T/CABEE-JH2023043

条文说明

## 目 次

1 总 则 .....	19
3 智能建筑系统架构与基础设施 .....	20
3.1 基础设施 .....	20
3.2 系统架构 .....	24
4 运行调控技术 .....	27
4.1 数据监测技术 .....	27
4.2 负荷管理技术 .....	29
4.3 用电设备控制技术 .....	32
4.4 可再生能源管理技术 .....	33
5 运行与维护 .....	35

# 1 总 则

**1.0.1** 本条文阐述了制定本标准的背景和目的。随着信息化、智能化技术的快速发展，公共建筑智慧运行调控技术得到了广泛应用。因此，本标准根据我国国情和最新科研成果，参考国内外相关标准，规范建筑智慧运行调控行为，确保有效性、可靠性和可持续性。同时，进一步推动基于数字化、网络化、智能化的新型城市基础设施建设，推动建筑事业绿色可持续发展。

**1.0.2** 本条文明确了本标准的适用范围。本标准适用于各类公共建筑的智慧运行调控技术，公共建筑是指供公众使用或服务于社会公共利益的建筑物，包括但不限于政府办公楼、医院、学校、图书馆等公共场所以及各类公共建筑。这些场所具有人员流动大、使用功能多样、运行管理复杂等特点，对智慧运行调控技术的需求尤为迫切。通过采用智慧运行调控技术，可以有效提升公共建筑的运行效率、降低能耗、优化资源利用，同时提升用户的舒适度和满意度。因此，制定并推广适用于各类公共建筑的智慧运行调控技术标准，对于推动公共建筑的智能化发展、提高社会整体效益具有重要意义。本标准用于指导公共建筑智慧运行调控技术应用过程中的设计、实施、运行和维护，保证了技术应用的安全、高效、可靠。

### 3 智能建筑系统架构与基础设施

#### 3.1 基础设施

**3.1.1** 传感器按照不同的功能进行分类,旨在提高传感器的标准化程度和可比性。

**3.1.2** 在公共建筑智慧运行调控中,传感器网络是指将无线传感器网络与物联网(IoT)云平台相连接,以实现对建筑内部运行的智能化调控,包括通过物联网连接传感器网络,以监控、管理建筑内的各项运行参数,并通过物联网云平台进行扩展和开放相关服务,传感器网络应包括物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层,对各层级的说明如下:

- 1 物理层:通过编码/调制/扩频和其他无线通信模块将数据转换为无线信号。
- 2 数据链路层:负责数据帧封装、帧检测、介质访问和差错控制等。
- 3 网络层:负责数据的路由转发、节点间通信、支持多传感器协作完成大型感知任务。
- 4 传输层:负责端到端的数据流传输,具有可靠传输和拥塞控制机制。
- 5 应用层:负责任务调度和数据分发等具体业务,使得底层硬件和软件对传感应用是透明的。

**3.1.3** 智能建筑传感器网络的数据采集必须达到一定要求以保证其能够满足公共建筑智慧运行调控的数据需求。同时为满足公共建筑智慧运行调控系统长期的数据质量要求,需要定期对传感器精度进行校核,防止其采集的数据存在偏差,确保数据满足特定功能模块的需求,具体时间和频度应根据系统情况和用户使用情况逐项明确,工作前根据系统使用对所处恶劣环境中的传感器的校验周期应适当缩短。

**3.1.4** 温度、湿度传感器测量范围应确保传感器能够覆盖建筑内可能出现的各种温度和湿度情况,从而提供全面的环境监测。固定式温湿度传感器必须要求探头外置,或者设置独立的空间结构辅助风扇主动进气,以保证温湿度数据长期稳定,减少设备自身持续发热对数据的影响。



**3.1.6** 光照度传感器的测量范围应根据室内和室外的不同环境需求而设定。在自然光照下，夏季在室外阳光直接照射下，光照强度可达 60000lux~100000lux；室外无阳光照射下，光照强度可达 1000lux~10000lux；夏天明朗的室内光照强度可达 100lux~550lux，夜里 0.3lux~0.03 lux（明亮月光下），0.003lux~0.0007 lux（阴暗的夜晚）。确保光照度传感器能够覆盖建筑内可能出现的各种光照强度情况。在高温高压环境下，使用光照度传感器会导致性能下降或损坏。由于光照度传感器通常用于一般的室内或室外环境，在高温高压环境下，传感器的内部元件可能会受到过度热量和压力的影响，进而影响其准确性和稳定性。因此，为了确保传感器的可靠性和长期性能，应当避免将其应用于高温高压的工作环境中，而应选择适合该环境条件的传感器或采取必要的保护措施。

**3.1.7** 本条文对于智能建筑内人体感应传感器进行了规定：

1 被动式红外传感器（PIR）与主动式红外传感器不同，它不依靠发射辐射能量来检测物体的存在，而是通过检测人或动物身体发射的红外辐射输出电信号，宜采集运动的人体数据，对于静止的人员检测精度较低，主要用于检测是否有人活动。毫米波雷达能够在复杂多变的环境中正常工作，如在光线不足、环境中烟尘较大等视线不良的环境中仍能保持较好的检测能力。可实时采集到人员轨迹、生命体征、行为（手势和动作）、数目等数据，对人体的检测局限于外部轮廓，宜用于保护人员隐私的场所。热成像仪主要由红外探测器、光学成像物镜、光机扫描系统三大部分构成，可识别图像的温度分布情况，实时跟踪人员轨迹并采集人数，宜用于保护人员隐私的场所。热成像仪与计算机的深度学习算法（例如：卷积神经网络算法）结合，可进一步分析得到人员姿态。

2 传感器的有效感知区域宜覆盖人员活动的主要区域，有利于提高检测精度；同时，宜在房间入口处增设传感器，可辨别人员运动方向，同时实现人员数量的数据采集。

3 传感器应确保在检测到人体活动后，系统能够在合适的时间内做出响应，同时适宜的响应时间可以避免误触和能源浪费。

**3.1.8** 基于建筑系统中常见的电源供应情况设定额定工作电压，以确保传感器在不同建筑环境下都能够稳定运行。此外，限定工作电压范围有助于防止传感器因电压波动而受损。监测建筑内水流量传感器的实际工作环境，确保传感器在常见

的湿度和温度条件下能够准确可靠地运行，从而提供准确的水流量数据。保护传感器在存储和运输过程中不受极端温度和湿度的影响，以确保其性能和精度不受损害。这能够延长传感器的使用寿命，并保证其在安装前的质量不受影响。

**3.1.9** RS232、RS485 和 RS422 是常见的串口通信标准，它们各自适用于不同的场合和需求。RS232 适用于短距离、单设备通信；RS485 适用于多设备、远距离通信；RS422 适用于高速、稳定的数据传输。在选择串口通信方式时，需根据实际需求和环境条件进行合理选择。

**3.1.10** 智能建筑内传感器应具有以下特性：

**1 兼容性：**传感器应具有兼容性，能够与建筑内部的其他设备和系统无缝集成。这样的要求是为了确保传感器能够与不同厂家、不同协议的设备进行有效通信和数据交换，实现建筑内部各个智能系统的协同运行，提高整体系统的稳定性和可靠性。

**2 实时性：**传感器应具有实时性，能够及时准确地采集、处理和传输数据。这能够确保建筑内部的监测和控制系统及时响应各种环境变化和用户需求，提高建筑运行的效率 and 安全性。

**3 安全性：**传感器应具有安全性，能够保护用户数据和系统信息不受到未经授权的访问和篡改。这样的要求是为了保障建筑内部数据的机密性和完整性，防止因数据泄露或篡改而导致的安全风险和损失。

**4 易维护性：**传感器应具有易维护性，方便进行故障排除、维修和升级。这样的设计能够降低系统维护成本和工作量，保证建筑内部智能系统的持续稳定运行。

**5 节能环保性：**传感器应具有节能环保性，能够有效利用能源并减少对环境的影响。这样的要求是为了符合建筑节能环保的发展趋势，降低建筑运行成本，减少能源消耗和碳排放，实现可持续发展的目标。

**3.1.11** 本条文对于基础设施中的中央控制器进行了规定，对于中央控制器的核心功能、通信协议适配、智能决策机制、数据安全规范及技术扩展性要求分项说明如下：

**1** 中央控制器作为公共建筑智慧运行调控系统的核心组件，承担着集成、

处理和管理各类传感器数据、执行智能化决策，并协调建筑内各个子系统运行的重要职责。其定位于核心组件是为了确保系统能够全面了解建筑内部环境和运行状态，通过高效的数据处理和智能化决策执行，实现建筑运行的优化和智能化，同时通过协调各个子系统的运行，提高系统的整体运行效率和稳定性。

**2** AMQP、JMS、REST、HTTP/HTTPS、CoAP、DDS、MQTT 这几种协议都已被广泛应用，并且每种协议都有至少 10 种以上的代码实现，都支持实时的物联网协议，但是在智能建筑内具体物联网系统架构设计时，需考虑实际场景的通信需求，选择合适的协议，通信协议应符合现行国家标准《智能建筑设计标准》GB 50314、《控制网络 HBES 技术规范——住宅和楼宇控制系统》GB/T 20965 和《建筑自动化和控制系统》GB/T 28847 的有关规定，以确保与建筑内各子系统、传感器以及外部服务的稳定通信。

**3** 通过中央控制器的智能决策能力，系统能够实时响应建筑内部环境变化和用户需求，及时调整空调、照明等设备的运行状态，从而优化能源利用和提升舒适度，提升智能建筑系统的自主性和效率。此外，中央控制器的智能决策能力也有助于降低人工干预的需求，减轻管理人员的工作负担，提高建筑运行的自动化程度和智能化水平。

**4** 中央控制器应采用安全可靠的硬件和软件设计，以确保系统的稳定运行，中央控制器对于敏感数据的处理，智能建筑系统必须符合相关的隐私和安全标准。这涉及保护用户的个人隐私信息，确保其不会被未经授权的访问、使用或泄露。采用适当的隐私和安全措施，如数据加密、访问控制和备份策略，能够确保敏感数据不受到不当处理或非法访问的威胁。这样的措施不仅保护了用户的个人权益，也有助于维护智能建筑系统的声誉和信任。

**5** 此条文规定中央控制器应为未来的技术发展留出空间，使得系统能够跟随行业和市场变化而不断更新和升级，以适应未来技术的发展和建筑功能的变化。中央控制器的架构应容易升级和扩展，这样可以降低系统更新和维护的成本和复杂度。当新的传感器类型或智能化功能需要集成到系统中时，通过简单的升级或扩展操作，就能够实现系统的功能增强，而无需进行大规模的重建或更换。

**3.1.12** 策略边缘服务器是在公共建筑智慧运行调控系统中，在传统楼宇控制器之上面向建筑性能与运维效果做出决策的组件，使用算法出具运行策略，替代传统物业依赖经验人工运行。其与云技术、末端传感器组合，可快速、有效完成决策工作。目前主要应用的是 ARM 架构，该架构是一种低功耗架构，广泛用于移动设备、嵌入式系统和一些服务器，其相比传统 X86 架构的服务器更稳定，功耗更低，并具有被动式散热，维护简单方便，对运行环境要求较低等特点。随着国产芯片的崛起，未来边缘服务器的架构（如 RISC-V）会呈现多样化。

## 3.2 系统架构

**3.2.1** 物理架构主要包括四个部分，分别是传感器、控制器、执行器、通信设备。其中传感器分为设备传感器和环境传感器，设备传感器用于采集设备运行参数，环境传感器用于采集房间内的环境数据，如温湿度、噪音、烟尘等。传感器的安装角度偏差过大可能会导致数据采集不准确或功能异常，进而影响系统的整体性能。因此，将安装允差限制在 $\pm 3^\circ$ 以内可以有效地保证传感器安装的准确性，保证数据的可靠性和一致性。

**3.2.2** 根据室内面积设置不同数量的传感器是基于对数据采集的需求考虑。面积较小的空间相对较简单，只需要少量传感器即可满足监测要求，而面积较大的空间则需要更多的传感器来覆盖更广泛的区域，以确保数据采集的全面性和准确性。

**3.2.3** 特殊环境包括高湿度、高温、强光、尘埃等因素，这些环境可能对传感器的性能和稳定性造成影响，甚至导致传感器损坏或数据失真。

**3.2.4** 电磁干扰可以来自周围的电气设备、无线信号设备或其他电子设备，这些干扰会导致传感器产生误差或偏差，影响数据的真实性和可信度。在安装过程中，如果传感器与其他设备过近或结构发生物理冲突，可能导致传感器的机械部件损坏或位置偏移，进而影响其正常运行和数据准确性。

**3.2.5** 本条文对室内空气温度、相对湿度、空气流速传感器的安装进行了规定：

**1** 该条文旨在确保传感器受到外部环境的最小干扰，参考现行国家标准《公共场所空气温度测定方法》GB/T 18204.13、《公共场所空气湿度测定方法》GB/T

18204.14 和《公共场所风速测定方法》GB/T 18204.15）。

2 保持传感器安装高度一致有助于确保数据采集的一致性和准确性，避免因高度差异而导致数据误差。

3 线缆具有良好的柔软性、耐折性和较高的电气安全性，能够有效地减少外部电磁干扰对传感器数据的影响，从而保证数据采集的准确性和可靠性。RVV 电缆的性能指标应符合现行国家标准《额定电压 450/750V 及以下聚氯乙烯绝缘电线电缆》GB/T 5023.5 和行业标准《额定电压 450/750V 及以下聚氯乙烯绝缘软电线》JB/T 8734 的相关规定。

**3.2.6** 该条文旨在覆盖建筑内不同方向的照度变化情况，遵循《公共场所照度测定方法》GB/T 18204.21。

**3.2.7** 本条文对于二氧化碳传感器的安装进行了规定：

在餐厅、客厅等较大的区域，应安装在通风系统的地方。对于一般面积的房间，在墙上安传感器宜安装在墙上。二氧化碳通常会在较低的空间中逐渐积聚，而较高的位置通常受到更好的通风效果，二氧化碳浓度相对较低。避开通风口、通风道等风速高的区域可以防止外部气流对传感器测量的干扰。二氧化碳在空气中大致均匀分布，但建议将传感器安装在呼吸区附近，故选择 1.5~1.8 米。

**3.2.8** 本条文对于人体感应传感器的安装进行了规定：

1 安装高度低于 1.5 米会导致水平方向的探测范围变小，高于 2.5 米会导致传感器下方盲区过大。

2 温度变化会误触发人体感应传感器，导致错误的检测结果，从而影响到相关设备的控制和运行。

3 如果有隔断，建议将人体传感器安装在隔断上方，探测面倾斜向下，并垂直于隔断的平面，以此减小影响。

4 避免正对门口是为了防止热气流扰动和人员走动引起误报。

**3.2.9** 智能建筑系统的通信协议是确保各个子系统之间能够有效地通信和协作的基础，现对核心协议选型、网络架构设计及数据安全传输要求进行分项规定：

1 采用标准通信协议或开放专用协议有助于实现系统的互操作性，促进不同厂家的设备和系统之间的兼容性和互联互通。通过遵循国家标准，可以确保智

能建筑系统的设计、实施和运行符合国家规定的技术标准和质量要求，提高系统的可靠性。

**2** 合理的网络拓扑架构的设计、物理和逻辑划分以及传输带宽的设置等是满足建筑项目的通信需求和数据传输需求的前提，可采用星型、总线型、树型等拓扑结构，具体选择应结合建筑的结构、用途和功能需求。应明确网络设备和节点之间的连接关系和布局，确保网络布局合理、稳定和高效。

**3** 考虑到系统的安全性，系统宜支持数据存储、数据传输、密钥管理等方面的安全功能，确保数据的机密性和完整性，并应建立合理的权限管理机制，限制不同用户对系统的访问和操作权限。系统与其他系统间的数据交互，采用数据接口文件方式进行，系统之间数据库不互相开放，传输过程中建议对数据进行压缩、加密，实现数据安全可靠传输。为实现物联网设备的开放联接和数据共享，应根据传输距离、接入容量、传输速率、网络时延等要素，结合不同功能与应用场景需求，选择适宜的数据接入与共享技术。

**4** 优先采用有线网络，以确保系统的稳定性。

## 4 运行调控技术

### 4.1 数据监测技术

**4.1.1** 室外环境类数据主要包括温湿度、风速、颗粒物浓度（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>）等，室内环境类数据主要包括温湿度、二氧化碳浓度、颗粒物浓度（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>）、一氧化碳浓度、甲醛浓度、挥发性有机物浓度等；设备运行类数据主要包括各类机电设备（如冷热源机组、空调机、新风机、电梯、照明回路等）的运行/停止状态、正常/故障状态、能耗等；人员数量包括入口、不同空间和楼层的人数数据，人员行为包括定位数据、视频跟踪轨迹、其他定位数据等

**4.1.2** 为了适应不同用户的需求，数据监测技术应提供包括直接读数、动态曲线以及综合表现曲线在内的多种数据显示方式。直接读数允许用户快速获取当前数据点的信息；动态曲线能够展示数据随时间变化的趋势，帮助用户理解设备的运行模式；综合表现曲线则整合长期数据，分析设备的整体运行效率。这些显示方式应易于理解 and 操作，以支持用户做出及时且有效的决策。

**4.1.3** 空调系统作为建筑物的重要组成部分，其运行状态直接关系到建筑物的舒适性和能源消耗。通过对监测数据的实时监测和定期分析，可以及时发现空调系统的运行问题和对电网进行需求响应，为空调系统的运行优化、设备更新以及节能改进提供决策支持，确保空调系统的长期稳定、高效运行，本条目对其关键参数采集精度、运行状态监测机制等核心要素进行分项规定：

1 电参数误差需要控制在 $\pm 1\%$ 以内确保数据的准确性，从而为能耗分析和优化提供可靠基础。采集间隔的设置需实现对系统电能使用情况的及时监测和分析，有助于发现能源浪费和优化空调系统的运行模式。

2 运行状态参数监测技术需要能够准确获取系统的运行状态和关键参数，为评估系统运行状况提供重要依据。通过监测系统的启停状态、运行模式以及关键参数，可以及时发现异常情况并进行调整，提高系统的稳定性和效率。合理设置监测间隔，并采用多种监测手段，可以确保数据的全面性和准确性，从而为系统的运行管理和优化提供可靠支持。

**4.1.4** 人员行为数据监测需要监测包括人员移动数据和人员动作数据。人员移动

数据包括人员是否在室、人员密度、人员在不同房间的位移等，可根据需要测试的人员移动数据类型，选取不同的测试设备和测试方式。人员动作数据包括人员对房间内设备开关、调控行为以及产生该行为时室内的环境参数状态，可根据需要测试的设备调控行为类型，监测该设备的运行状态，选取适合的环境参数测试装置。监测过程中应定期对各测试设备的时间进行同步，宜使用具备通信功能的测试设备进行内置时钟校正；各测试设备宜采用相同的测试起始时间和采样时间步长，方便数据汇总和提高数据分析效率。

**4.1.5** 可使用电量记录仪测量照明设备的开关及档位情况，电量记录仪应具有实时测量功率和累计耗电量的功能，宜具有本地自动记录或网络远程上传到云端的功能。

**4.1.6** 在建筑能耗监测中，将用电器区分为常用电器和不常用电器是为了更好地进行能源管理和节能分析。通常，常用电器和不常用电器可以根据使用频率、使用时长和功能性和用途来区分。特殊用电是指不属于建筑物常规功能的用电设备的耗电量。特殊用电包括能耗密度高、占总电耗比重大的用电区域及设备，如电子信息系统机房、洗衣房、厨房餐厅、办事大厅等。此外，地下车库相较于建筑物的主要功能区域，具有占地面积大、用电负荷密度小的特点，如计入建筑总能耗则明显拉低整个建筑物实际用电负荷密度。因此地下室中的地下车库作为一个特殊区域独立进行电耗计量。

**4.1.7** 数据质量的准确性、完整性和一致性的基本要素应符合现行国家标准《信息技术数据质量评价指标》GB/T 33850 和《工业数据质量通用技术规范》GB/T 39400 等的有关规定。通过检验准确性要素能够确定获取的人行为基础数据是否存在冗余、重复和异常数据。完整性要素用于确定所获数据的完整程度以及是否存在缺失数据。测量范围宜根据建筑功能、地域特征、模拟应用场景和具体行为类别进行确定。由于公共建筑智慧运行存在一定周期性，如工作日与非工作日、冬季与夏季等，因此其测量周期应根据实际包含公共建筑智慧运行的一整个完整周期。采集频率决定了所获取的数据的精细程度，宜根据目的进行确定。在条件允许的情况下，宜增大采集频率以获取更多相关信息。

应根据不同数据源的相关性变化规律检验数据的一致性，对相关性异常的数据应进一步进行人工校核，确定数据符合其基本特征。可利用计算机软件进行数据的质量控制，判断正确数据和可疑数据，并对可疑数据进行提取、显示或标识。



在部分情况下可通过人工审核最终确定数据的正确性。

**4.1.8** 数据清洗主要是删除原始数据集中无关数据、重复数据、平滑噪声数据，筛选掉与挖掘主题无关的数据，处理缺失值、异常值等。数据整合与转换是将表达形式不一样的来自多个数据源的数据在最低层上加以转换、提炼和集成。主要是对数据进行规范化处理，将数据转换成适当的形式，以适用于挖掘任务以及算法的需要。数据离散是指将连续的数据进行分段，使其变为一段段离散化的区间，离散化的方法可以分为两大类，一种是无监督学习的方式，另一种是有监督学习的方式，分段的原则有基于等距离、等频率、聚类或优化的方法。

## 4.2 负荷管理技术

**4.2.1** 完整的负荷预测数据应包含与负荷变化有关的各种因素。除了历史负荷数据外，还应包括气象数据（如温度、湿度、风速等）、日期时间信息（是否为工作日、节假日、季节等）、经济数据（如当地的经济增长指标、工业生产指数等）以及可能影响负荷的特殊事件信息。

负荷预测方法多是基于时间序列分析的，数据的缺失可能会破坏时间序列的连续性，影响预测模型对负荷变化规律的学习。数据必须真实地反映负荷相关的实际情况，不能包含虚假信息或人为篡改的内容。数据来源要可靠，要经过严格的检验和验证程序，确保其能够如实地体现负荷变化的特征。

**4.2.2** 可利用相关指标判断训练集数据相对于预测日的信息完整性，如人员在室率、室外干球温度、太阳辐射强度与室外环境湿度等。在评估训练数据的信息完整性时，应该选取能够全面反映环境变化和负荷影响因素的相关指标。信息完整性判断方法可将数据集分为高质量与低质量两聚类。

若训练集数据信息完整性较高，可采用基于数据驱动模型的方法进行调控，如神经网络、支持向量机等，来构建负荷预测模型。在模型选择过程中，需要考虑模型的复杂度、训练效率和泛化能力，并通过交叉验证等方法进行模型参数的优化，以获得更好的预测性能。

若训练集数据信息完整性较低，宜通过相似建筑补充同源数据，提高负荷预测精度。在实施该策略时，应注意选择与目标建筑具有相似环境特征和负荷特性的同源数据，并通过数据清洗和预处理来确保数据的质量和可用性。此外，还可

以利用数据融合和特征提取等方法，将同源数据与目标数据进行有效整合，以增强模型的泛化能力和适应性。

特征选择的方法包括但不限于过滤法、包装法和嵌入法。过滤法通过对特征进行评估和排序来选择子集，例如基于相关性或信息增益的方法；包装法则将特征选择视为搜索问题，并使用模型性能作为评估准则，例如递归特征消除；嵌入法将特征选择嵌入到模型训练过程中，例如基于正则化的方法或决策树的特征重要性。

针对不同的预测算法，需要选择合适规模的数据集进行训练和验证。可根据 DKDE-mRMR 的特征选择结果，采用增量搜索的方式构建出包含不同特征变量的特征集，在 LightGMB、ANN、SVR、MNR、CatBoost 和 LSTM 为代表的模型预测算法所建立的预测模型中比较预测精度，确定不同预测模型的最小特征集。

#### **4.2.3 本条文对于负荷预测所使用的算法进行了规定：**

1 进行负荷预测时，预测值与实际负荷值之间的误差要尽可能小，宜使用均方根误差（RMSE）、平均绝对误差（MAE）等指标来衡量预测精度。

2 实际的负荷数据可能会因为天气突变、突发事件而出现波动，算法不能因为这种异常情况而出现无法预测或预测不精确等状况。

3 当有新的气象数据或其他相关信息传入时，算法要能够及时利用这些数据对预测模型进行更新，以提高预测结果的时效性和准确性。。

**4.2.4 负荷控制策略**是指为了实现能源系统（如电力系统、供水系统、供气系统等）的供需平衡、提高能源利用效率、保障系统安全稳定运行等目标，而对用户端或系统中的负荷进行调节、管理和控制的一系列方法、措施和规则，对于削峰、填谷、转移负荷的说明如下：

1 削峰是指在高峰时段减少电力需求，通过技术手段或经济激励措施来鼓励用户在高峰时段减少用电量。

2 填谷是在低谷时段鼓励用户增加用电量，通过经济激励措施来刺激用户在低谷时段使用更多的电力。

3 转移负荷是通过调整用户的用电时间，将高峰时段的用电需求转移到低谷时段，以达到均衡用电的目的。

**4.2.5 实施负荷控制策略时**，任何控制措施都不应导致系统出现故障，必须考虑设备安全，不能超出设备安全运行范围，避免过度控制导致系统出现故障。

**4.2.6** 电力线载波通信是利用电力线作为传输媒介来传递控制指令；光纤通信具有传输速度快、抗干扰能力强等特点；蓝牙通信主要用于短距离的设备连接和指令传递；Wi-Fi 通信主要用于较远的传输距离，能够提供较高的速率；蜂窝通信适用于广域范围内的指令传递，特别是对于分布范围广、距离远的负荷控制设备；对于实时性较高的指令，宜采用光纤通信或 Wi-Fi 通信；对于数据量较大的指令，宜采用光纤通信；对于数据采集指令，宜采用蜂窝通信；电力系统中，宜采用电力载波通信。

**4.2.7** 负荷指令的传递应符合下列规定：

1 指令的含义必须清晰明确，避免模糊或有歧义的表述，可以通过标准化的指令代码和详细的指令文档来实现，确保设备能够正确理解并执行指令；

2 指令传递延迟会导致严重的后果，特别是实时性要求高的指令，必须在规定时间内传递到设备端，可采用光纤通信、Wi-Fi 通信等方式进行传递，时间宜控制在 100ms 以内；

3 负荷指令数据在传递过程中要进行加密，防止数据被窃取或泄露。宜采用对称加密算法或非对称加密算法对指令数据进行加密；

4 指令传递系统应具备一定的容错能力，能够在出现部分故障（如数据错误、通信中断等）的情况下，尽可能保证指令的正确传递；当系统出现故障后，要能够快速恢复指令传递功能。

**4.2.8** 设备在响应符合指令的过程中应符合下列规定：

1 不同的指令具有不同的操作要求，设备需要根据指令的类型做出正确的响应；设备应在接收到指令后的极短时间内做出响应，避免造成事故；

2 不同的指令可能具有不同的操作要求，设备需要根据指令的类型做出正确的响应，并精确地按照接收到的指令参数进行响应；

3 设备在响应指令过程中不能超出自身的安全运行范围，设备内部的保护机制（如过载保护、过热保护等）应实时监测设备的运行状态，在接近或超过安全极限时，采取适当的措施（如自动降低功率、停止运行并发出警报），以确保设备的安全。

## 4.3 用电设备控制技术

**4.3.1** 建筑的使用规律和节能需求不断变化，例如，在工作日与非工作日、白天与夜晚、高峰与低谷时段，宜采取不同的策略以适应不同的能源需求和舒适度要求。如启停机时间控制策略、冷却/冷冻水供水温度控制策略和变流量运行控制策略等。建筑宜具备连续执行需求响应策略的能力，即能够快速根据用户的需求实时调整运行状态，包括温度、风速、湿度等参数的调整。智能建筑空调控制系统需要对建筑内部的负荷需求进行实时监测和分析，系统可以定期或实时生成负荷调整需求信息。

**4.3.2** 需求侧管理功能的集成能够通过对用电设备的实时监控和智能化调控，有效调整用电需求曲线以响应电网负载的动态变化，根据电网的需求响应信号进行相应的调控可通过减少或延迟非关键负荷来实现，如调整照明、空调和其他电气设备的运行。

智慧运行系统应能够与电网进行互动，通过调整内部负荷分配来支持电网的稳定性和可靠性，例如管理电动汽车充电站的充放电过程，在电网负荷高峰时，可以减少或暂停充电，而在电网负荷低谷时增加充电；在电力价格低时利用储能系统储存能量，在价格高时释放能量，智慧运行系统应能够优化储能系统的充放电计划，以实现成本效益最大化和电网负荷平衡。

**4.3.3** 智能系统应通过实时监测与调控建筑的各类用电设备，权衡不同目标之间的冲突，找到最优解，减少不必要的能耗。例如，动态优化暖通空调系统（HVAC）的运行模式或照明系统的使用方案，将电价信号、峰谷电力负荷等因素纳入管理，在确保用户舒适度的基础上实现低耗运行。

智慧建筑应建立决策支持系统（Decision Support System, DSS），其目标是通过数据驱动的方式，辅助管理者制定高效且可持续的运行策略，通过优化能耗结构，最大限度利用建筑内部储能设备和可再生能源，避免能源浪费。

**4.3.4** 公共建筑智慧运行系统将电动汽车充放电负荷作为需求响应资源，可考虑对建筑能源系统和电动汽车进行日前联合调度，以降低总用电方差，提高电网友好性，具体措施包括对建筑空调系统进行预冷预热调度，如在夏季用电高峰时期提前降低室内温度提前储存部分冷量；对电动车进行有序充放电调度，安排电动

车充电起止时间，降低用电高峰时间充电车数。

同时，电动汽车的充放电行为应与风电和光伏发电出力相结合，通过优化调度，提高电力系统的灵活性和可靠性。电动汽车用户应能根据电网的需求和自身的用电需求，参与到电网的负荷调节中，实现电动汽车与可再生能源的有效协同。

**4.3.5** 照明系统应能够根据照度需求与遮阳系统实现联动，可根据监测参数联动遮阳设备控制器调节遮阳设备状态或根据用户的主动反馈自动调整遮阳设备状态，实现对室内光环境的联动控制。

**4.3.6** 本条所述的自调节遮阳设施包括活动外遮阳设施、固定外遮阳、可调内遮阳设施（如电动窗帘）等具备自动调节功能的可调节遮阳设施，能通过感知室内外光照等条件的变化自动调整遮光程度。

**4.3.7** 电梯控制系统应具有节能模式，当电梯在无外部召唤且轿厢内一段时间无预设指令时，系统应自动切换至节能运行模式，例如减速运行、进入待机状态、关闭部分照明及通风设备等，以降低电梯的待机能耗。当两台及以上电梯集中排列时，应设置群控系统，智能分配电梯响应召唤请求，避免多台电梯同时响应同一层的呼叫，减少不必要的运行次数。群控系统应根据乘客流量、楼层分布、时间段等信息智能调度电梯，优化电梯运行效率。

**4.3.8** 智能建筑机械通风系统应根据建筑功能和设计需要，集成相关设备及部件组成系统，实现智能化控制管理；通过监测室内空气质量、温湿度、压力等环境参数，实时进行风量调节。

智能建筑机械通风系统应配备高精度的空气质量传感器，能够实时、准确地监测多种污染物浓度，精度应符合现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883、《环境空气质量标准》GB 3095 的相关规定；根据建筑的功能和对空气质量的要求，系统应采用不同等级的过滤设备。

智能化通风系统应具备出色的安全性能。系统内置的多重安全保护机制，能够在出现异常情况时迅速响应，自动调整通风策略，及时发出警报；系统应具备故障诊断功能，通过内置故障诊断模块，实时检测设备故障并定位故障点。

## **4.4 可再生能源管理技术**

**4.4.1** 可再生能源的利用，其具体形式的选用，要充分依据当地资源条件和系统

末端需求，进行适宜性分析，当技术可行性和经济合理性同时满足时，方可采用。太阳能、地热能、风能和潮汐能的应用与项目所在地的资源条件和气候特点密切相关，应根据资源禀赋和气候特点，以可再生能源的高效利用为目标，选择经济适用的技术方式和系统形式；应对实施项目进行负荷分析、系统能效比较，明确其具有技术可行、经济合理的应用前景时，才能确保实现节能环保的运行效果。

**4.4.2** 在公共建筑智慧运行系统中，多能源互补集成技术是实现可再生能源利用的关键之一。太阳能和风能等可再生能源具有周期性和季节性变化的特点，而地热能等能源在合理设计的情况下，则具有相对稳定的特性。通过将不同的可再生能源相互集成，可以实现能源供给的平衡和稳定，提高系统的运行效率和经济性。

**4.4.4** 储能技术的应用能够弥补可再生能源波动性带来的不稳定性，提高系统的自给自足能力。通过储能技术，可以将可再生能源产生的多余能量存储起来，在能源需求或价格高峰时段释放出来，实现能源供需、碳排放和经济性上的平衡。这不仅提高了能源利用效率，还降低了成本，减少了能源消耗和环境污染。

**4.4.5** 制定运行方案应基于充分的数据支持，这包括历史能源消耗数据、可再生能源的潜在产能数据、能源需求预测数据等。可基于历史数据和趋势分析建立能源需求预测模型，预测未来能源需求量和可再生能源的产能。可利用优化算法如线性规划、动态规划等，优化能源资源的分配与利用。

具体策略可以包括：最大化可再生能源的利用率；最低能源费用；最小变压器容量或最大限度满足电网高度等。

可再生能源系统的需求响控制技术宜以运行成本最低、控制温度偏差最小为目标。运行成本最低包括但不限于降低能源消耗、减少设备维护成本、提高系统运行效率等方面。需求响控制技术应以控制温度偏差最小为目标，针对不同的系统部件，如发电设备、储能设备、传输线路采用智能化的控制策略，如基于人工智能、机器学习、模糊逻辑等技术的控制算法。可再生能源系统也可结合预测模型和历史数据分析，提前进行控制决策，最大程度地减少对系统的干预和调整，提高系统稳定性和效率。

**4.4.6** 监测设备的选择和布局需要综合考虑到系统的特点和运行环境。针对太阳能光伏系统，应设置太阳能辐射传感器以监测太阳能辐射，温度传感器以监测组件背板表面温度变化等；对于风力发电系统，则需要设置风速传感器以监测风速变化等。

在适应可再生能源波动性方面，智能控制系统可以采取多种策略。例如，在可再生能源供应充足时，可以增加建筑设备的运行时间或增大能耗水平，以提高可再生能源的利用率；而在可再生能源供应不足时，则可以降低设备运行时间或降低能耗水平，以减少能源浪费和成本支出。

制定季节性运行调整计划需要考虑多种因素，包括但不限于气候变化、日照时数、风速、温度等。不同季节可再生能源的供应情况存在明显差异，因此需要针对性地制定相应的运行调整计划，以确保系统在各个季节都能够高效运行。

## 5 运行与维护

**5.0.2** 本条规定了建立建筑智慧运行系统的监测计量台账和技术档案要求。由于智慧运行系统复杂，需要有完整的技术资料来提高运行维护安全性和准确性，通过制定相关技术档案，可保证智慧运行系统的正常使用，也利于后期了解设备运行状态，分析设备运行情况，制定预防性维护计划。

**5.0.3** 建筑智慧运行系统运行记录是对设备运行和维护情况的有效检验，也是对设备保养和节能优化控制的基础资料，需定期备份以便于进行统计分析和问题处理。保存时间按现行国家标准《建筑电气与智能化通用规范》GB55024 中动态管理资料的保存时间要求执行，即不少于 5 年。

**5.0.4** 监测和计量仪表通过定期的检验和维护，重点检查仪表的显示数值、连接和工作状况是否正常，保证其正常使用，现行行业标准《建筑设备监控系统工程技术规范》JGJ/T 334 规定了传感器的维护保养周期，可参照执行。同时，仪表在检定合格期内的测量精度才有保障，通常监测和计量仪表的检定周期为 1 年。如实际工程中缺少必要的仪器仪表，运行管理者应予以增设。

**5.0.5** 应建立完善的建筑智慧运行系统管理制度，明确系统的使用、维护、巡检等责任。对系统软件和硬件的维护、巡检、病毒防护、升级与管理，是确保系统稳定运行、数据准确可靠以及提升系统性能的关键环节，可以确保建筑智慧运行系统的稳定、高效运行，为建筑管理提供有力支持。

**5.0.6** 当公共建筑智慧运行系统产生设备问题或运转超出常规逻辑时，需要短时间内发现问题并智能分析产生问题的原因，让运维工作人员及早干预并多方位配合，将损害降低到最小。如果系统产生问题或出现异常，务必快速精确的判定产

生位置、因素。同时，系统在运转过程中应尽可能地具有预防性，即尽量提早判定出可能产生的问题，以减少问题发生率或快速排除故障。

物联网技术可以协助收集各设备的运行参数，帮助系统进行故障分析，对设备运行进行长期监控并在出现异常时迅速发现并反馈。

建立完善数据库并对其中的运行参数进行分析可以极大减少运维人员维修故障时的工作量，帮助系统快速恢复稳定运行状态，减少故障损失。而且长期的数据分析也可以帮助运维人员制定、改进系统的运行策略，优化运行模式。

#### **5.0.7 本条文对数据管理、系统可靠性、能效验证等核心指标进行分级规定：**

**1** 系统应当支持实时数据、日数据和月数据的接入，以满足用户对不同时间粒度数据的需求。

**2** 本条文对故障发生率、响应速度进行说明：

**1)故障发生率：**衡量系统在特定时间段内出现故障的频率，反映系统的稳定性和可靠性。

**2)响应速度：**衡量系统对于各类请求的响应速度，包括故障处理、服务请求等方面，要求系统能够在用户需求产生时快速响应并及时处理，提高用户体验度和系统效率。

**3** 规定故障恢复时间不超过 2 小时，旨在确保系统发生故障后能够及时得到处理和修复，减少系统停机时间，保障系统的连续运行和服务可用性。

**4** 智慧建筑系统中的模拟量是指传感器采集的数据，如温度、湿度等。更新周期是指系统从传感器获取数据并更新到监控系统或控制器的时间间隔。规定重要模拟量的更新周期可确保及时获取关键数据，以便系统进行准确的监控和调节。

**5** 新建建筑的智慧运行系统尚无历史能耗数据可供对比，因此可采用 A/B Test（对照实验）等方式进行性能评价。在此方法中，通过同时运行智慧控制与传统控制系统，比较两者在相同条件下的能耗和运行效果，以量化智慧系统的节能性能。A/B Test 需要注意实验设计的严谨性，如确保实验条件一致、测试周期足够长等，以获得可靠的评价结果。

对于既有建筑的智慧运行系统，由于已积累了大量历史能耗数据，可采用以



下两种对比方式：

- 1)数据库相似日能耗对比：通过智慧系统与历史相似日（如温度、湿度、使用负荷相近的日子）的能耗数据进行对比，评估智慧控制系统的节能效果。
- 2)过往同时间段能耗数据对比：将智慧系统运行期的能耗数据与过往相同时间段（如上年同期、上月同期）的能耗数据进行对比，分析智慧系统的节能效率和优化效果。

**5.0.8** 本条文对于公共建筑智慧运行系统的技术经济评估标准进行了规定：

1 需求响应项目是需求响应服务管理者为引导用户参与需求响应，根据年度电力供需情况、需求响应运行机制、需求响应资源库运行情况等信息定制的。

2 在追求节能的同时，系统应确保建筑内的设施运行安全、可靠，避免因节能措施不当而导致的安全事故；系统应建立定期维护和更新机制，确保各项功能正常运行，并及时修复存在的漏洞和问题，提高系统的稳定性和安全性；在实施节能措施时，应充分考虑经济性和合理性，避免盲目追求节能效果而导致投资成本过高或节能效益不明显；系统应充分考虑环保和可持续性要求，采用环保材料和节能技术，降低对环境的影响，促进可持续发展。

3 由于实施需求响应减少用电量产生的碳减排效益和减少矿物燃料的使用计算方法说明如下：

1)碳减排效益

$$B_1 = \Delta E \cdot EF_{\text{电}} \cdot V_{\text{CO}_2} = \int_0^T \Delta P(t) dt \cdot EF_{\text{电}} \cdot V_{\text{CO}_2} \quad (1)$$

式中：

$\Delta E$ —实施需求响应减少的用电量；

$EF_{\text{电}}$ —全国电网平均排放因子；

$V_{\text{CO}_2}$ —碳减排价值，取全国碳交易市场前 30 个交易日的加权平均碳配额

成交价格；

$T$ —实施需求响应持续的时间；

$\Delta P$ —实施需求响应的负荷调整量。

## 2) 二氧化硫、氮氧化物减排效益

$$B_2 = N_{SO_2} \cdot V_{SO_2} + N_{NOx} \cdot V_{NOx} \quad (2)$$

式中：

$N_{SO_2}$ 、 $N_{NOx}$ ——二氧化硫、氮氧化物减排量；

$V_{SO_2}$ 、 $V_{NOx}$ ——二氧化硫、氮氧化物减排价值。

总环境效益

$$B = B_1 + B_2 \quad (3)$$