



南京大學

NANJING UNIVERSITY

智能建筑

殷亚凤

智能软件与工程学院

苏州校区南雍楼东区225

yafeng@nju.edu.cn , <https://yafengnju.github.io/>



智能建筑

- 智能建筑概述
- 智能建筑应用
- 智能建筑的发展与展望



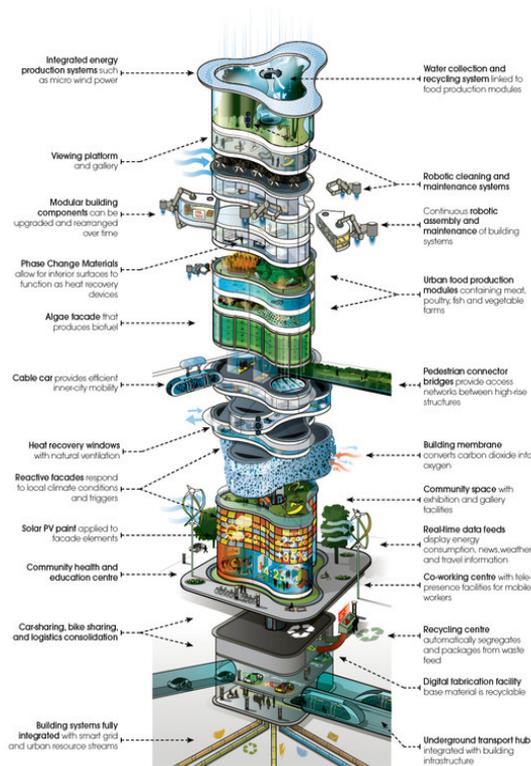


新型建筑

建筑的设计和使用情况直接影响着人们的生活质量、工作效率、身心健康以及生命财产的安全

新型建筑的新特点和新要求

- 层数明显增加
- 跨度规模庞大
- 建筑结构复杂
- 功能人员复杂
- 节能环保挑战
- 健康舒适需求





物联网技术+建筑

物联网的感知、计算和传输能力为建筑植入了丰富的“周围神经元”和强大的“中枢神经系统”

根据使用者的个性化需求智能化地提供服务，成为真正拥有智慧的建筑

让建筑像人体一样拥有感知、传导、思考和决策的能力，可以完成各项复杂功能

- 环境指标的细粒度感知
- 非接触式的室内监控
- 建筑智能控制系统
- 物联网安防和逃生系统





智能建筑概述

世界上公认的第一幢智能大厦是于1984年1月改造的都市大厦（CityPlace）

智慧建筑在世界各地蓬勃发展，成为 21 世纪建筑行业发展的主要方向



美国Connecticut州Hartford市
哈佛城广场大厦





我国的智能建筑

北京中国尊



上海陆家嘴



广州塔



香港环球
贸易广场



台北101大厦





智能建筑定义

智能建筑作为建筑艺术与先进信息技术的结合，目前还没有一个标准的定义

美国智能建筑学会(AIBI)：

将智能建筑定义为将建筑、设备、服务和经营四要素各自优化、互相联系、全面综合并达到最佳组合，以获得高效率、高功能、高舒适与高安全的建筑物

日本电机工业协会楼宇智能化分会：

综合计算机、信息通信等方面的最先进技术，使建筑物内的电力、空调、照明、防灾、防盗、运输设备等协调工作，实现建筑物自动化、通信自动化、办公自动化、安全保卫自动化系统和消防自动化系统，外加结构化综合布线系统，结构化综合网络系统，智能楼宇综合信息管理自动化系统

我国的《智能建筑设计标准》：

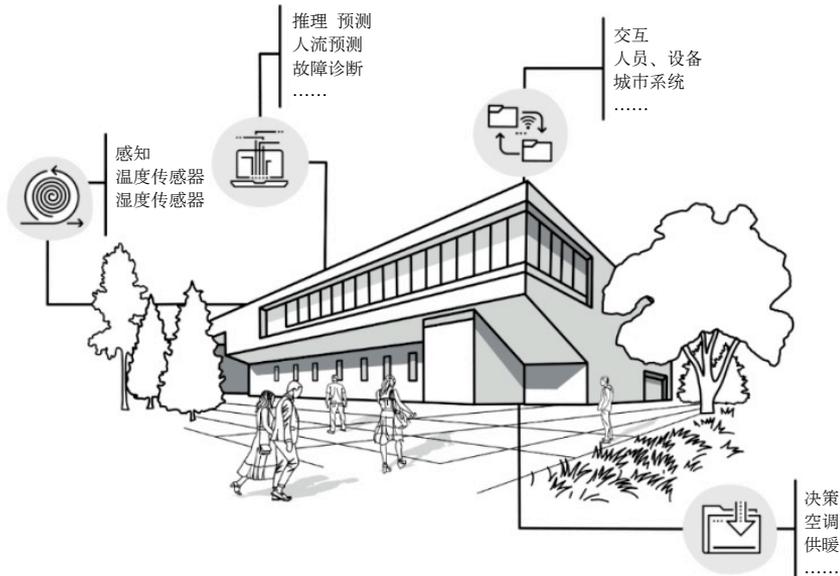
以建筑物为平台，兼备信息设施系统、信息化应用系统、建筑设备管理系统、公共安全系统等，集结构、系统、服务、管理及其优化组合为一体，向人们提供安全、高效、便捷、节能、环保、健康的建筑环境



理想的智慧建筑

对智慧建筑的描述和定义显示出人们的美好愿望

理想的智慧建筑应该如同其他智慧体，具备四项核心能力，即感知、交互、推理、决策





理想的智慧建筑：感知

感知建筑的环境和运行

- 室内环境品质（温度、湿度、照度、CO₂、PM_{2.5}等）
- 建筑使用状态（如各建筑空间的人数）

感知信息实时反馈给室内环境控制系统提升品质；反馈给建筑设计师优化设计

物联网技术的发展为实现准确、实时的环境感知打下了基础



智慧建筑感知数据示意



理想的智慧建筑：交互

建筑与人员交互

通过收集人员的主观评价、了解个性化的需求，营造舒适、健康、高效的室内环境

建筑设备之间的交互

通过建筑自动控制系统将设备连接集成在一起，提升运行效率

建筑与城市能源系统的交互

随着电网可再生能源比例的增加，需求响应变得愈发重要



智慧建筑交互平台示范应用



理想的智慧建筑：预测推理

预测部分

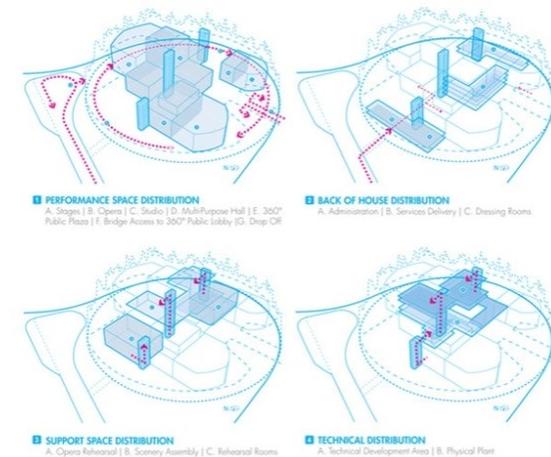
预测建筑负荷和人员需求的变化，更好地辅助决策

- 预测即将到来的高温和人流，提前开启制冷

推理部分

将当前的运行状况和历史数据进行对比，自动诊断建筑运行故障，提升建筑运行维护的自动化水平

机器学习和人工智能技术的发展为更精准的预测和推理提供了支持



智慧建筑人流预测





理想的智慧建筑：决策

传统的建筑控制采用基于作息的设定值追踪法

- 如根据人员作息确定不同时间的温度设定值
- 无法适应现代建筑系统的复杂化和运行目标的多样化

智慧建筑则采用模型预测控制、强化学习等

- 通过引入预测信息，基于建筑模型
- 实现动态实时的最优化控制，提升决策的科学性



智能调节室内温度

人工智能和先进控制理论的发展也能提供更优化的决策



建筑系统智能化

一个大型现代建筑是一个多层次协作的系统，它包括维持建筑各种功能正常运转的多个子系统

每个子系统的健康运行以及各子系统之间的良好协作是保证建筑正常运转的基础

- 采暖空调系统
- 给排水系统
- 采光、照明系统

智慧建筑系统





办公智能化

智能化办公系统借助先进的办公设备，最大限度地提高办公效率，改进办公质量，改善办公环境和条件

辅助决策，减少或避免各种差错和弊端，提高管理和决策的科学化水平

在写字楼、教学楼等智慧建筑系统中占有重要地位





通信智能化

智能通信系统保证建筑物内语音数据
图像的高效传输

保证建筑与外部网络流畅地互通信息

现代智慧建筑极大地丰富了通信方式

- 传统的电话系统、卫星通信系统和广播电视系统
- 大量引入物联网无线通信技术
- 并支持视频会议、视频点播等应用





安防和逃生智能化

安全防范和紧急逃生系统是智慧建筑保障其安全性和可靠性的重要组成部分

- 包括门禁控制、闭路电视监控、智能防盗、消防系统等
- 防止入侵、盗窃、抢劫等违法犯罪活动
- 在火灾、地震等重大紧急事件中保证人员及时安全逃生



安防逃生系统示意图





能耗监测和控制

智慧建筑在满足功能性需求的基础上，更需要解决节能、降耗、减排等问题

- 全面监测建筑的环境和能耗情况
- 将数据传输到智能中心进行综合分析决策
- 自动控制建筑中的各种系统（如空调、照明、通风、供水等）



能耗监测平台示范应用



智能综合管理

智慧建筑内部子系统独立运行、具有较好的封装性

智能综合管理系统是智慧建筑的“中枢神经系统”，它综合监测所有的子系统，并进行智能分析和决策，是整个建筑的控制核心



智能综合管理平台示意图





智能建筑

- 智能建筑概述
- **智能建筑应用**
- 智能建筑的发展与展望



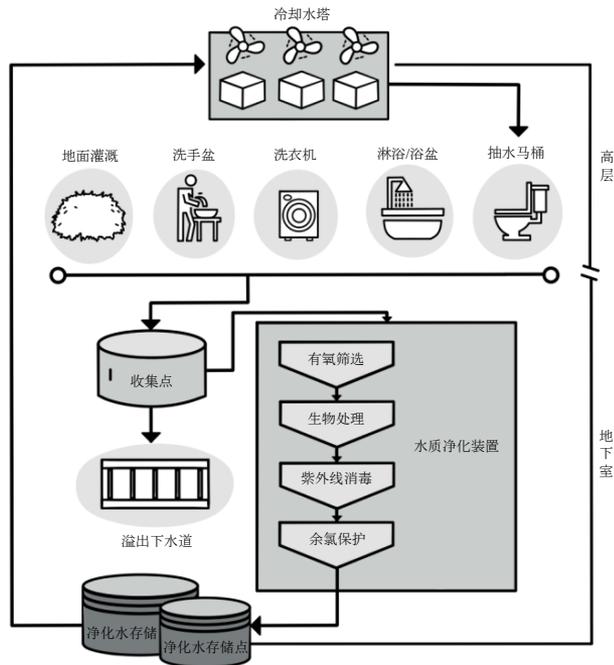


绿色建筑现状

核心：低能耗、低排放

水资源循环子系统：生活用水经过净化处理后进行存储和循环利用，实现资源效率最大化

如何降低建筑实际运行能耗、改善环境品质和提高使用者满意度





物联网技术+绿色建筑

借助边缘感知、无线组网、云计算等物联网技术，开发**新型建筑性能监测及反馈系统**，实现对建筑能耗、环境品质与用户行为的大规模、长期化的实时监测

利用性能监测信息，建立**描述建筑性能参数的数据库**，为项目评估和建筑横向对比提供高质量的数据

使用检测数据进行**深度数据挖掘与智慧决策**，进一步增强绿色建筑评估与诊断的科学性



新型建筑性能监测及反馈系统

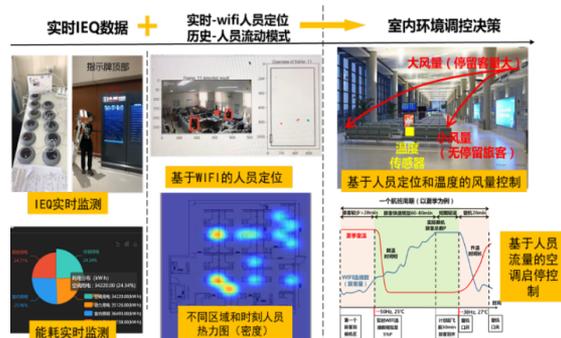


实际项目

清华大学研发了实时在线的室内环境监测及人员定位系统

采用集传感、无线通信和云平台技术于一体的非侵入式室内环境健康性能监测方法、设备和平台系统，实现了长周期、高频次、高密度、多参数的实时连续高精度监测

- 在中、美、英、新加坡等国内外31个城市的209个建筑应用
- 建立了数据长期监测有效性保障方法
- 把无须现场勘测的定位精度提升至厘米级
- 涵盖建筑类型包括大型购物商场、教学楼、机场车站等





项目成效

完成全国142个绿色建筑整体性能调研测试，
数据覆盖我国4个气候区20座城市

在国内外其他11个城市开展建筑性能监测系统部署

建立了国际领先的绿色建筑运行性能数据库

- 覆盖国内外31个城市的209个建筑案例
- 有效推动各类型建筑的信息化、智慧化管理
- 累计数据量总条数达30亿条，总容量达1.09T



数据库	国家	年份	案例数量	数据规模与质量
PROBE	英国	2002	23	涉及能耗和用户满意度调研数据，但 缺少客观环境参数
CBE	美国	2000	144	主要为用户满意度调研数据，仅有 少数案例 进行了客观环境参数的现场或短期测试，所有案例 缺少能耗数据
COPE	加拿大	2000	9	包含客观环境参数 现场或短期测试数据 ，以及用户满意度调研数据， 缺少能耗
HOPE	欧洲	2002	164	
BOSSA	澳洲	2011	不详	
NEAT	美国	2003	不详	包含能耗、室内环境参数与用户满意度，但环境参数均为 现场或短期测试
NBI	美国	2008	121	仅有能耗数据
本数据库	中国	2020	209	所有案例均包含能耗、室内环境参数与用户满意度数据，其中室内环境数据为 长周期、高频次、高密度的连续监测

数据库效果展示



南京大學
NANJING UNIVERSITY



项目主要技术

建立了基于机理驱动与数据挖掘的绿色建筑运行性能诊断模型和新算法，为建筑智慧运维提供了有效工具

提出了兼顾数据价值与物理意义的异常值检测、信息增益敏感性分析、频繁模式挖掘等能耗挖掘、诊断与预测模型，在最大化利用数据的基础上大幅提升数据挖掘模型的物理意义，实现了能耗的深度诊断和优化

基于大数据计算与可视化技术，研发建筑室内环境场动态识别与诊断方法，实现对室内环境参数时空分布特征与演变规律的科学再现，实现室内环境的靶向精准诊断



智能家居

采用物联网的传感器、短距离通信及智能决策技术，并结合系统集成技术将家居设备有机互联、统一管理

一个典型的智能家居系统通常包括一个家庭无线网关，以及若干个分布在各种设备上的无线通信子节点



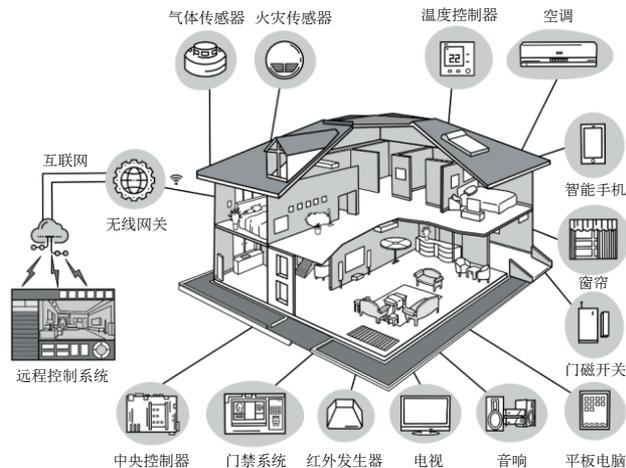


智能家居系统

包括温度控制、气体传感、门禁系统等子节点，每个子节点都能够通过无线通信模块与无线网关进行数据传输

家庭智能网关可以看作家庭的智能化控制中心

无线通信子节点包括信息采集节点和设备控制节点



智能家居系统示意图



室内环境监控

现代智慧建筑急需对室内环境质量进行监控

典型室内微环境监测系统在住房内部署环境传感器，通过ZigBee将感知数据实时传回数据中心，进行建模分析

用户可以通过计算机或者智能手机，查看指定房间的各项环境参数，并对不同房间的环境进行比较



室内微环境监测软件



智能建筑

- 智能建筑概述
- 智能建筑应用
- **智能建筑的发展与展望**





智慧建筑的需求

广泛而迫切

安全

各类建筑都需要安装智能、可靠的安防系统

生产效率

各类高科技公司修建现代化建筑，并提供相应的智能化办公环境

提升生活品质和舒适程度

大量普通住宅投入智能家居、智慧社区的建设，并得到政府的充分重视和鼓励



能耗



热环境

室内环境品质



空气品质



光环境



主观评价



南京大學

NANJING UNIVERSITY



智慧建筑的趋势

可持续发展：智慧城市将是减少能源消耗，气候变化影响的重要途径

物联网、人工智能、数字孪生、建筑信息模拟（BIM）等技术的发展有望成为智慧建筑落地的重要抓手

2021年，清华大学、万科和微软中国共同主编了《智慧办公建筑评价标准》





智慧建筑的壁垒和挑战

缺乏整体规划和行业规范，质量良莠不齐

规划设计和施工队伍技术能力不强，相关人才极度匮乏

原创性成果和国产化的集成产品缺乏

- 国外少数几家公司的产品主导，缺乏主动权
 - 国外产品成本较高，不适合中国实情
-

强调通过建筑本身的智能化设计实现建筑对气候变化和用户需求的动态匹配





提问

Q & A

殷亚凤

智能软件与工程学院

苏州校区南雍楼东区225

yafeng@nju.edu.cn , <https://yafengnju.github.io/>



南京大學
NANJING UNIVERSITY