

2024

# 零碳智慧家庭白皮书

EcoSmart Home White Paper



# 目录

前言	03
<b>01. 零碳智慧家庭系统概要</b>	<b>04</b>
<b>02. 场景及解决方案</b>	<b>06</b>
2.1 低碳节能	06
2.2 健康舒适	13
2.3 安全可靠	16
2.4 平台在线看护	19
<b>03. 案例研究</b>	<b>22</b>
3.1 基本情况	22
3.1.1 负载分析	23
3.1.2 用电量	25
3.2 零碳智慧家庭系统	26
3.2.1 光伏发电	26
3.2.2 智慧能源负载调节	30
3.3 收益	31
<b>04. 零碳智慧家庭系统的未来趋势</b>	<b>33</b>
附录	36
引用	37

# 前言

随着全球能源需求不断增长，对环境友好和可持续发展的呼声也日益高涨。在这个背景下，智能能源系统的崭新时代正加速到来，为我们提供了构建更加智慧、高效和可持续的家庭生活方式的机会。

关于智慧家庭能源系统，行业中已经出现了部分案例，如全屋智能解决方案系统，光储充用一体化家庭智慧能源解决方案，以及结合太阳光伏、储能产品、新能源车充放电系统、强弱电一体化（能源集控）系统的家庭能源智慧管理系统等。

本着合作共赢，协同创新的理念，固德威联合良信电器，集合光储充系统与智慧人居、智能配电的经验，针对家庭应用场景联合推出了零碳智慧家庭解决方案。本份白皮书涵盖了零碳智慧家庭系统的定义、解决方案介绍、实例研究、未来趋势及用户建议。这不仅是对当前不同领域技术的融合联动，也是对未来发展方向的前瞻性思考。

我们对所有为此次合作付出辛勤努力的团队成员表示衷心感谢，同时感激一直以来支持固德威与良信公司发展的合作伙伴和客户。在未来，我们将继续以务实的态度、专业的服务，继续深入拓展家庭、商业、工业等更多应用场景综合解决方案。助力智慧能源领域的创新和发展。



# 01. 零碳智慧家庭系统概要

零碳智慧家庭，在住宅太阳能光伏（PV）系统的背景下，是指集成先进技术和数据驱动的解决方案，以优化家庭层面的太阳能发电、分配和消耗。零碳智慧家庭系统包括多个必要成分，它们协同工作，以优化能源在家庭内的产生、分配和消耗。

数字家庭综合箱[1]，由配电单元、信息单元和智慧家居集控屏等功能模块组成，可分体或合并设置的模块化住宅户内箱设备。



零碳智慧家庭系统的优势涉及能源效率、成本节约和电网支撑三个方面。



## 能源效率

零碳智慧家庭系统整合了设备控制和信息技术。系统通过智能监测与控制实现对家庭能源消耗的实时监测和远程设备控制，使居民能够清晰了解并调整家庭能源的使用情况。此外，结合智能算法进行智能调度与能源整合，系统根据不同时间段的用能需求优化家庭设备运行，通过分析天气、时间、人员活动等因素预测并优化可再生能源的利用，降低对传统能源的依赖。智能设备管理方面，系统通过对设备运行状态的优化，减少能源浪费，并与智能家居设备结合，结合居民的行为与偏好提供个性化的能源使用方案。



### 成本节约

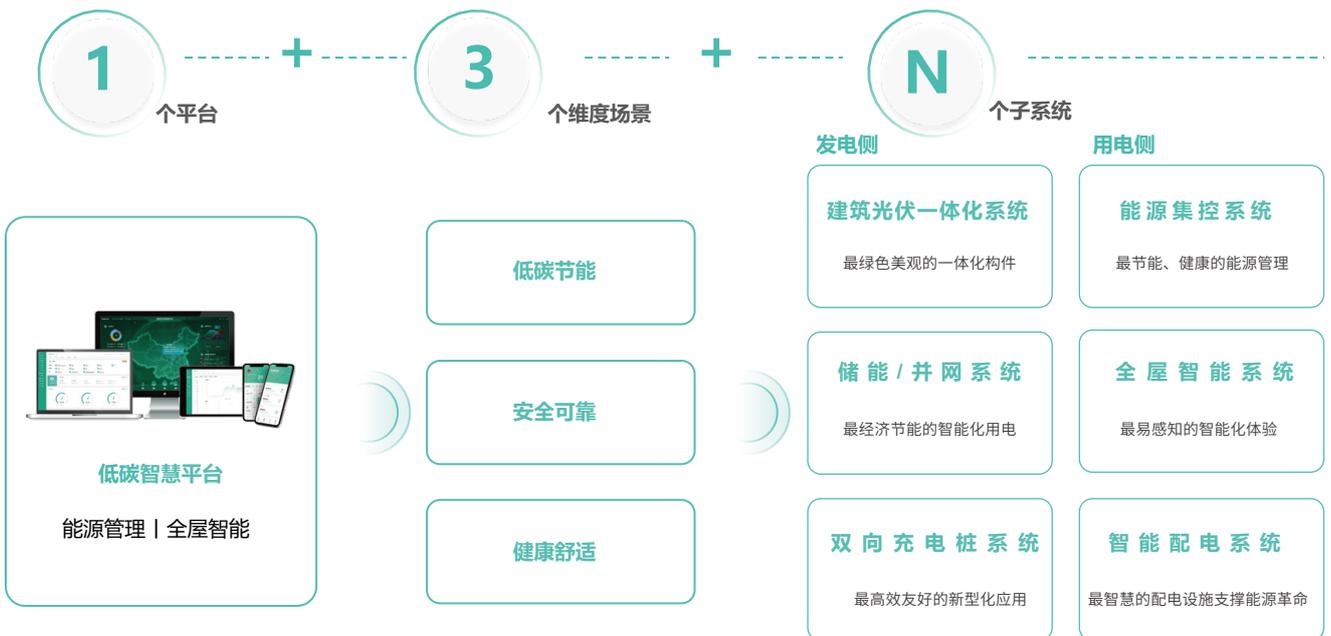
零碳智慧家庭解决方案提供了可量化的潜在成本节约。系统通过实时监测和分析能源使用情况，预测并降低峰值需求，帮助用户在能源成本较低时购买能源，减少相关费用。智能负荷管理系统能够自动调整设备的运行时间，使得能源需求更加均匀分布。预测性维护通过监测设备健康状况，提前发现潜在问题，降低维修和更换设备的紧急性，减少额外的修复成本。



### 电网支撑

零碳智慧家庭系统支持可再生能源整合，提高了电网的稳定性、灵活性、可靠性和可持续性。系统通过实时监测和预测，调整发电和能源储存的运营，适应可再生能源的波动性和不确定性。电能存储和调度使得更精细的负荷管理成为可能，降低供需不平衡带来的风险，提高电网稳定性。同时零碳家庭系统支持微电网和分布式能源的部署，降低对集中式发电站的依赖，提高电网系统的弹性和韧性。

## 1+3+N解决方案



# 02. 场景及解决方案

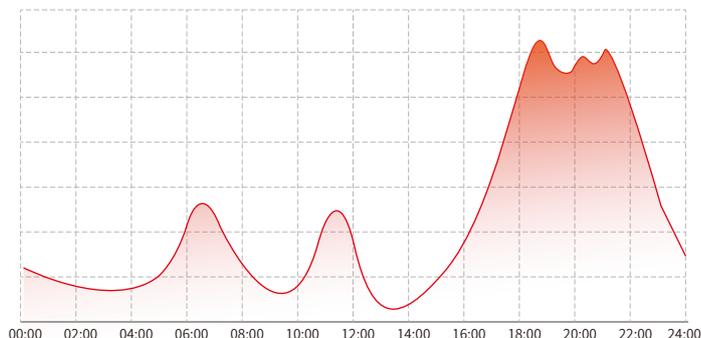


日常生活中，人们的使用情境可分为低碳节能、安全可靠、健康舒适及平台在线看护等具体应用场景。本章将深入探讨每个场景，分析各场景的需求，探讨解决方案所能提供的功能，并详细介绍系统的优势，旨在更全面地了解零碳智慧家庭系统在实际应用中的场景和优越性。

## 2.1 低碳节能

### ■ 场景需求

居民用电负荷通常呈现出一天内的周期性变化。白天和傍晚一般为波峰，而波谷出现在夜间。集中的用电高峰对电网压力较大，可能超过电网的基础负荷能力。电网需要有足够的传输和分布容量来满足需求，以避免过载。同时，电网还需保持稳定性，确保在负荷变化剧烈时不会出现电压不稳定或频率偏移等问题。需要投资更多的发电和传输设施。



同时，电网需要在短时间内实现供需的平衡。由于居民用电负荷存在明显的日常周期性变化，电网管理者需要调整发电和配电策略，以确保在高峰时段有足够的电力供应，而在低谷时段避免浪费。

对于用户来说，当前电器的负载调整通常依赖于用户手动干预，这使得电器系统难以实时、灵活的参与电网调控。手动操作不仅限制了调整的及时性，还在大多数情况下表现为机械性的变化，无法有效应对电网负荷的动态性和复杂性。

## ■ 产品功能

固德威与良信合作，提供产能与用能两侧的能源管理产品。产能侧由光伏、逆变器、储能、双向充电桩组成，实现削峰填谷、负载均衡等功能，进行需求响应。在用能侧，由搭载强弱电一体化（能源集控系统）的全屋智能家居系统进行负载控制，优化用电习惯，减少总体的电力消费。以家庭为单位与电网进行互动，减少电网的供电压力。

### 产能侧：

产能侧解决方案由光电建材、逆变器、储能系统、双向充电桩组成，实现电力由生产、存储到分发的全流程调控。逆变储能方案作为核心为系统提供可控且安全的坚实基础。光电建材生产的清洁可持续能源通过储能逆变器和双向充电桩供给家庭负载和电动汽车，实现绿色用电和零碳出行。多余的电力通过电池存储，实现绿色电力的最大化利用，助力零碳生活。



### 环境贡献



每5平米光伏，每年平均可发出约1200 kWh电，可减少标准煤使用量约370千克，减少二氧化碳排放约1吨

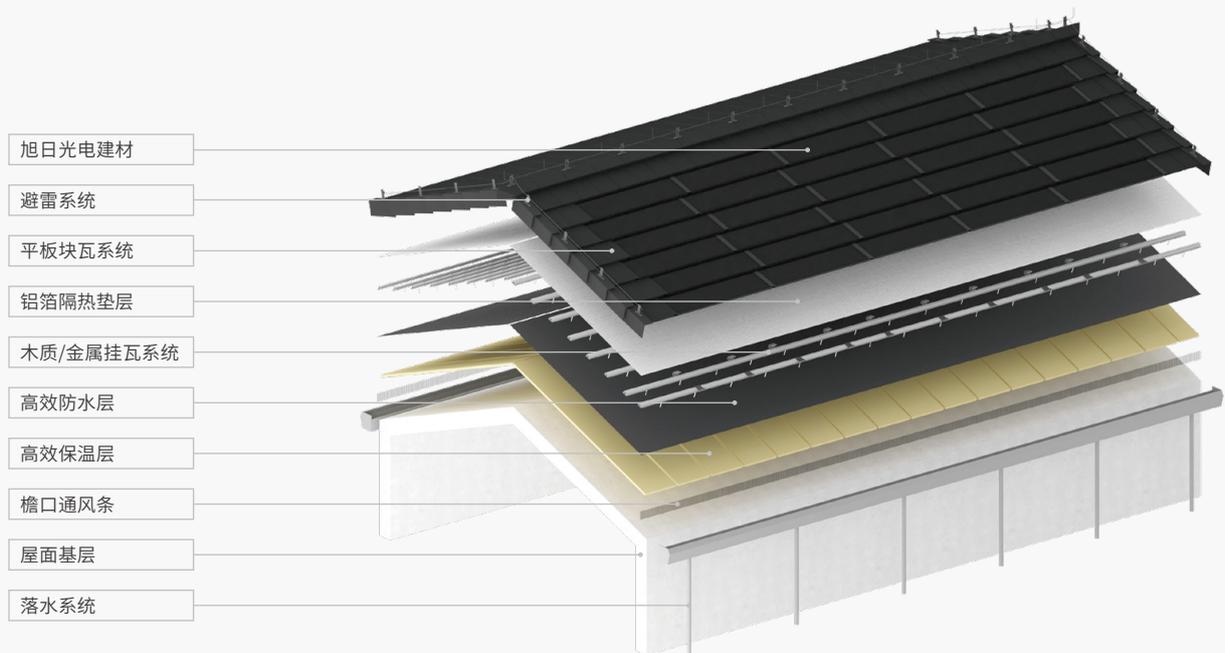


从减排角度，5平米光伏发电系统相当于植树造林500平米

\*世界自然基金会(WWF)研究结果

## 光电建材

固德威光电建材PVBM（Photovoltaic Building Material）通过将光伏产品与建筑元素相结合，使得建筑与光伏同步设计，同步运输，同步施工。产品设计兼顾建材的属性，与建筑同寿命，同时兼顾光伏发电属性，高效稳定发电。这免去了建材产品与光伏产品的二次制造、运输、及施工中的重复的碳排放。通过光伏与建材的深度融合，在满足建筑对减碳需求的同时，注重建筑对建材的功能性需求。



©固德威光电建材版权所有，未经允许，请勿用于任何用途。

## 储能逆变器

固德威户用储能逆变器关注安全技术，支持直流拉弧保护，交直流端标配浪涌二级保护，10ms无缝并离网切换为安全用电保驾护航。产品功率范围3-30kw，可适用于单相及三相电网，可以满足不同场景的户用储能需求，适用于室内和室外安装，IP66的防护等级使其环境耐受性能更优。并且其具备灵活扩展性，支持多机并联，可拓展储能机装机容量及电池容量。最后，储能机里内置能量管理系统，包含多种能量管理模式，可灵活实现能量的智能调度和调配。

## 户用储能解决方案



支持RSD  
快速关断



支持  
UPS功能



超宽电池  
电压范围



支持三相  
不平衡接入



小于10ms无缝  
启用备用电源



IP66防尘  
防水等级



**ES G2**

3-6kW / 1-2MPPT



**ET**

5-50kW / 2-3MPPT

## 储能电池

固德威户用储能系列产品采用的锂离子电池，具有能量密度高，电压平台高，循环性能好，环保无污染等优点。家电化的外观设计，美观大方，IP55的防护等级使其可安装在不同的场景中。该系列产品与固德威户用储能逆变器搭配使用，组成“光伏+储能”系统，电力自发自用，不仅可以节省电费，还可以在停电时对大多数负载可实现不间断供电，让家庭永不断电。

## 户用锂电池



模块自动化  
识别



支持远程诊断  
与软件升级



欠压自动重启



堆叠设计  
容量可扩展



安全可靠



IP65  
防尘防水等级



**Lynx Home U 系列**

5.4-32.4kWh



**Lynx Home F G2系列**

9.6-28.8kWh



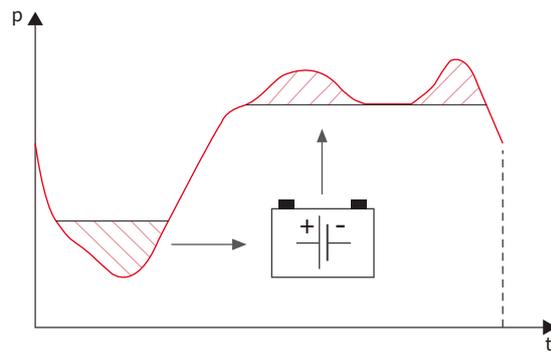
## 削峰填谷

利用电池，将电网电力或是光伏发电进行存储，并在用电需求达到峰值时提供额外电力。当光伏发电超过用电需求，或是电价较低时，能量可以储存在电池中。在电力需求高峰期，电池能够释放储存的电能，部分或完全覆盖高负载和峰值负载，从而减轻电网的负荷，平衡供需，防止电力系统超负荷运行。



## 应用场景

削峰填谷功能对于平衡电网负荷、提高电网稳定性和避免能源浪费非常重要。电池系统在需要时可以迅速投入运行，满足高峰时段的电力需求。并在低谷时存储多余电能，增加电网利用率。



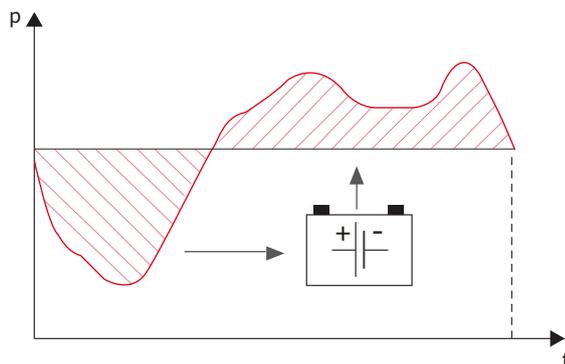
## 荷载均衡

荷载均衡是指智慧家庭能源系统通过在电网中吸收多余电力或释放储存的电能，以平衡电力系统的供需，保持电网的稳定性和可靠性。与削峰原理相类似，但削峰仅在峰值功率需求期间平衡负载，而荷载均衡则在整个负载过程中进行平衡任务。



## 应用场景

智慧家庭能源系统可以在电网中扮演调度者的角色，吸收低谷期间的多余电力，然后在高峰期释放电能，以确保电力系统保持平衡。





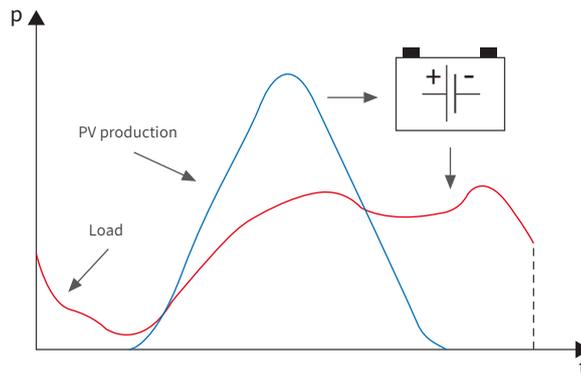
## 可再生能源整合

光伏发电具有一定波动性，逆变器能够对其产生的电能进行调节和优化，以确保系统的稳定运行。储能系统可以弥补可再生能源的间歇性和波动性，提高系统的韧性。充电桩可以直接利用可再生能源来为电动车充电，提高利用率，降低碳排放，促进能源转型。同时对于并网光伏系统来说，智慧家庭能源系统则有助于整合更多的分布式发电。



## 应用场景

在可再生能源波动性较大的情况下，电池系统可以平滑能源输出，提高可再生能源的可预测性和可控性。



## 用能侧：

国家高度重视电力需求侧管理工作，国务院、工业和信息化部等部门均出台了相关的计划和管理方法，如《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》、《工业领域电力需求侧管理专项行动计划（2016-2020年）》、《电力需求侧管理办法（2023年版）》等，鼓励和推动需求侧管理工作的开展。现有的政策大多是关于工业领域用电的，但由于居民用电的容量之大，其重要性及潜力也不可小觑。

搭载强弱电一体化的全屋智能家居系统可以实现负载控制，包括使用时间优化、需求响应等。负载控制策略也称为需求侧管理（DSM），是通过调整或控制负载（即连接到电源的设备和装置），而非电站输出，来平衡网络上的电力供应与电力负荷的过程。是一种管理电力系统或能源系统中设备和电器负载的方法，旨在优化能源使用、提高效率、降低成本以及实现可持续能源目标。

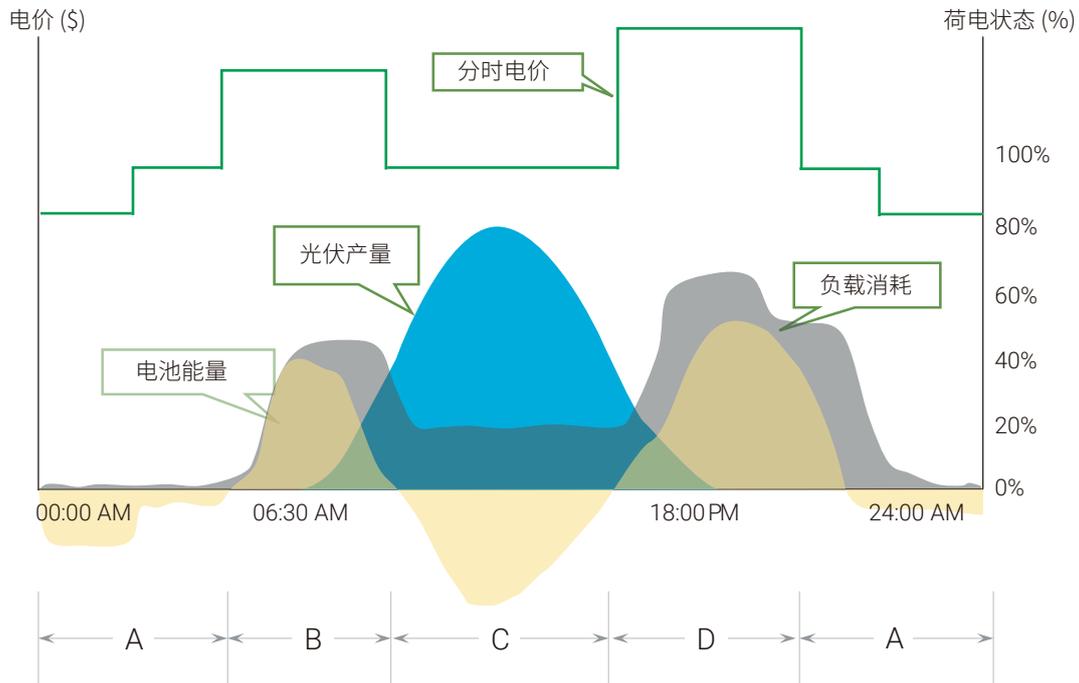
负载控制的范围包括：

- 为设备分配不同的优先级，确保关键负载在需要时获得足够的电力支持
- 进行电力调度，将电力分配给不同的负载
- 调节设备的运行模式，例如空调温度、照明系统亮度，以降低能效或配合电网要求
- 调整设备的开关时间、运行状态

零碳智慧家庭系统可对可平移负荷进行使用时间的转移，利用电力需求较低的非尖峰时段（例如夜间或清晨）或是可再生能源生成高峰（例如白天和正午）执行电力密集型任务。一方面，分布式时间优化策略有助于减缓电网的尖峰负载，降低对电力系统的压力，提高整体电网效率。用户也能避免尖峰时段的高电价，从而最大程度地受益于低成本电力。另一方面，时间优化可以用于适应可再生能源的波动性，有助于能源利用最大化。

## ■ 解决方案系统优势

通过分析电费结构和不同时段电价，系统可以优化负载使用与购电策略，在满足用户日常需求的前提下对负载进行智能调节。用户得以在电费较低的时段使用、购买和存储电力，在电费较高时放电使用，从而降低总体的电力消耗和能源成本。系统能够更准确地预测用电峰值和负荷变化，帮助用户更好地规划能源使用。同时，解决方案系统能够结合功率与电力的限制进行调配，以智能设计最有效的发电和储能计划，以确保系统在各种条件下稳定运行。



- A: 电池以较低电费的电力充电，为峰值需求时间做准备。充电功率根据分时电价进行智能调整。
- B: 在日间峰值需求时间段，由电池而不是电网来供给负载。
- C: 白天日照充足时，光伏发电优先供给负载，多余的给电池充电，最后余电上网。
- D: 晚间峰时段，由电池优先放电给负载使用，减少电网购电量。

## 2.2 健康舒适

### ■ 场景需求

室内环境主要指空气环境与光环境，空气环境包括温湿度、PM2.5、二氧化碳含量等，光环境包括照度、色温等，关联着生活的舒适性与健康性。在常规家庭生活场景中，室内环境调节往往显得缺乏效率。

首先，温度调节通常是繁琐的手动操作，难以根据不同时间、季节或家庭成员的需求进行个性化调整，导致室内温度的不适和能源的浪费。使用者只能根据自身体验进行调节，对于环境的变化有一定响应时间与加热制冷时间。这不仅影响了生活的舒适性，还增加了家庭的能源开支。

其次，遮阳与照明系统一般是独立调节的，例如手动开关窗帘或是照明灯具。一些区域可能会过度明亮或昏暗，影响了家庭成员在不同区域的视觉体验，同时也浪费了电能。这种不协调可能会降低居住环境的质量，使得家庭生活的质量受到一定的影响。

此外，室内空气质量通常难以实时监测，缺乏智能调节手段，可能导致在空气质量下降时无法及时采取有效措施。这对家庭成员的健康构成一定潜在威胁，特别是在现代城市环境中，室内空气质量问题越发受到关注。

## ■ 产品功能

针对以上的场景需求，良信与固德威提供全屋智能系统，包括智能探测设备、传感系统、智能调节系统与感应设备，实现数据采集、分析和控制操作的全流程室内环境调节，达到健康舒适的效果。

通过整合智能感应技术与设备，该系统能够感知家庭成员的活动和环境变化，实现智能调节。尤其在智能温控方面，系统不仅具备精准的温湿度调节功能，还通过优化电器用电习惯和自动冷暖新风调节，实现了对整个居室氛围的智能管理。此外，良信与固德威的全屋智能系统支持自动化场景设置，用户可以一键触达预设模式，向相关设备发送指令，实现协同工作，创造出符合个性化需求的智能家居场景。

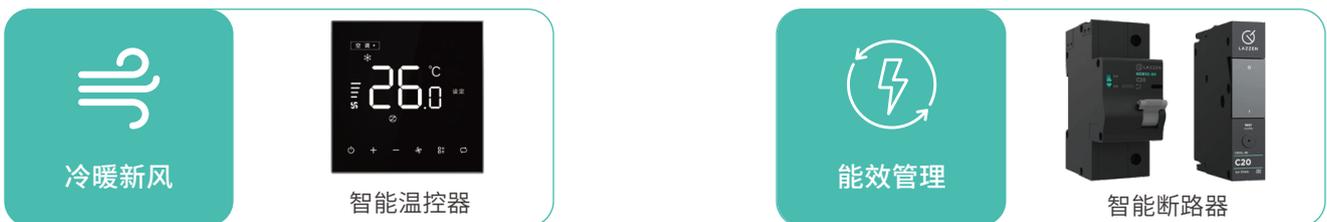


## 暖通方面：

**感应设备数据收集：**智能温控系统通过感应设备对当前室内环境数据进行采集。空气质量探测器（又称空气盒子）可以探测温湿度、PM2.5、二氧化碳含量等参数，良信与复旦大学已合作研究，将以上多个参数经过算法转化为一个以0~100分评价宜居性的“健康舒适指数”。同时，智能断路器的电能监测功能对电网使用数据进行收集，并由系统进行统计分析，以学习和理解家庭成员的用电习惯和电器的使用模式。



**自动冷暖新风调节：**结合空气环境“健康舒适指数”输入以及智能设备的控制输出，系统能够自动调节暖通和其他用电设备，实现室内温湿度等智能控制。室内湿度控制在40-60%之间，温度控制在18-26度之间，以维持最舒适的室内体感，同时减少细菌、霉菌与病毒的繁衍。这有助于提供一个持续健康舒适的居住环境，同时优化用电习惯，减少能源的浪费。



## 照明方面：

**朝暮节律照明：**零碳智慧家庭系统基于视觉人因工程研究平台，探究、定义、构建健康光照的机理、场景定义、产品定义、算法定义、智能控制策略定义等。系统可以根据一天的时间周期，模仿朝暮节律调整照明系统，创造更加自然的光照环境。同时，通过监测分析家庭成员的活动和生理作息，系统可以自主调节照明的色温和亮度，以满足不同时间段的需求。

**照明与遮阳系统联动：**零碳智慧家庭系统采用智能窗帘电机、照明驱动与智能调光灯等设备，实现照明和遮阳系统的协同工作，智能调节室内不同区域照度。照明效果更为智能、个性化。





## ■ 解决方案系统优势

整体解决方案系统创造了一个更加健康舒适且智能的室内环境。通过智能温控、照明和空气管理，系统不仅满足基本的温湿度需求，更根据人体健康舒适度曲线智能调整照明和温度，使室内环境更加贴合个体的生理作息，提高了生活质量。

同时，通过深入了解家庭成员的生活与用电习惯，智能调控和学习算法能够提供个性化的用电建议，并通过不断学习逐步优化用电方案，确保电器设备的高效运行，减少不必要的能源浪费。

## 2.3 安全可靠

### ■ 场景需求

在常规家庭中，存在多种潜在风险，这些风险在缺乏安防与监控系统的情况下可能更加难以管理。未经验证的访客经常进出家门，增加了家庭的入侵和盗窃风险。外部威胁如陌生人和小偷可能难以察觉，使家庭成为潜在目标，可能导致财产损失和威胁家庭成员的安全。

此外，突发事件如火灾或漏水在没有监控系统的情况下可能无法及时察觉，进而引发严重的财产损失和安全问题。家用电器设备漏电、高温、打火、过欠压、短路过载等用电安全隐患，在没有超过警戒阈值之前没有任何预警或定期检查，在发生事故时往往为时已晚。新能源发电设备的故障或异常运行也可能在没有监控的情况下难以及时发现，增加了电力供应中断和设备维修的风险。

夜间安全问题以及未经验证的访客可能带来的身份欺骗问题，都为家庭成员的安全增加了不确定性。此外，数字化时代的智能设备涉及到数据和隐私风险，缺乏监控可能导致数据泄露和网络攻击的威胁。

### ■ 产品功能

零碳智慧家庭系统引入的安全可靠场景，不仅包括对家庭访客、外部威胁和内部设备的监测，同时也涵盖了对新能源发电设备的实时监控。

## 家居侧：

良信配备有智能安防系统，包括智能门锁、智能摄像头、烟雾探测器、水浸探测器、智能断路器等设备，可实现燃气报警、漏水报警、烟雾报警、红外入侵报警、用电安全报警等功能。

### 外部入侵防护：

**红外幕帘技术：**作为第一道防线，红外幕帘技术能够有效检测外部入侵。当有人或物体进入幕帘区域时，系统会立即发出预警，同时联动网络摄像机，实时向用户同步当前环境画面。这提供了对潜在威胁的早期感知，帮助居民及早采取必要的安全措施。

### 室内安全监测：

**燃气泄漏和烟雾检测：**良信的系统能够感知室内燃气泄漏和烟雾缭绕。一旦检测到危险信号，系统会立即发出警报，提醒居民迅速采取安全措施，如关闭燃气阀门或撤离房屋。

**水浸检测：**当家中发生不明原因的溢水情况时，系统能够及时感知。可能的原因包括儿童戏水、水管老化或忘记关水龙头等。通过联动电动机械水阀，系统可以提前避免水漫金山，减少水灾风险。



智能安防



智能门锁



智能摄像头



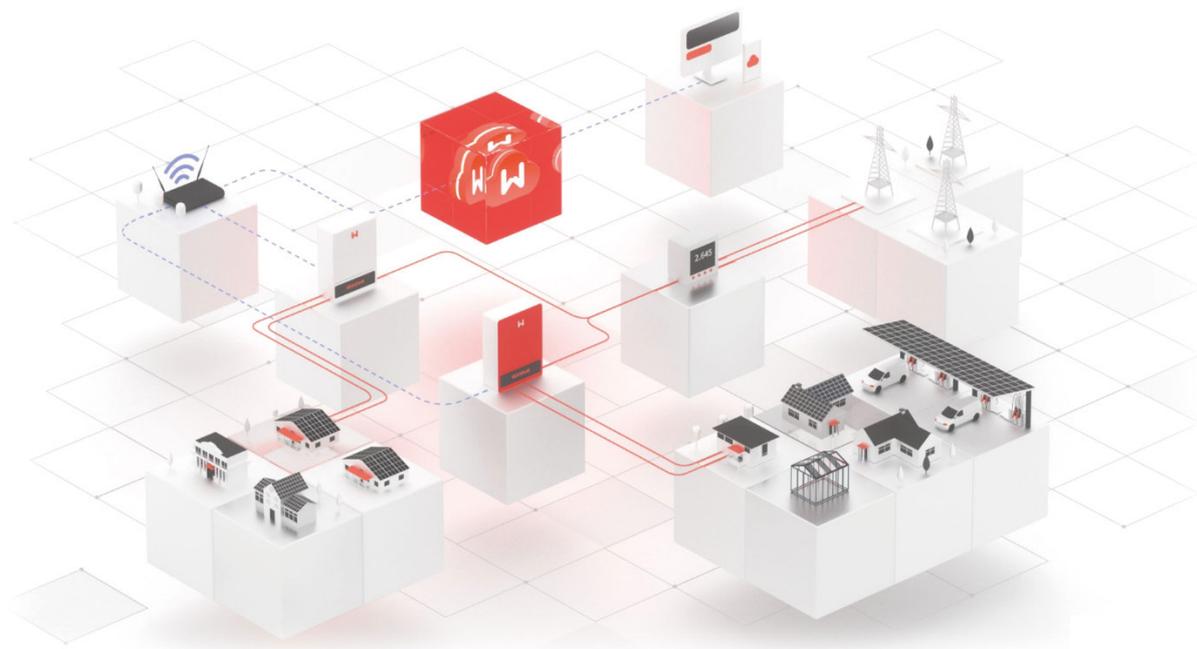
烟雾探测器

## 组件侧：

“智慧能源管理WE平台”为固德威自研系统，数字化集成固德威各业务板块产品和服务。通过对能源资产的采集、分析、挖掘、调控、响应、交易，为用户提供低碳、经济、高效的全景式智慧能源服务，提升能源利用效率，促进节能降本增收。其中逆变器维护功能，运维可根据实际组串接入情况进行配置线上的维护，实现远程开关机，线上更改逆变器错误参数（如出现电网电压过高等问题），可对软件实时更新升级，保证运维的时效性，节省运维成本，削减电站运维过程中的碳排放量。

电站监控页面提供电站发电量、发电收益、实时功率的统计和展示，基于现场安装的并网电表和关口电表，统计出电站的发电量、上网电量，并可以计算出自发自用率数据，也可以展示当地天气信息，便于用户对电站发电情况有较为合理的心理预期。用户可以按照时间区间和具体设备，查询该时间区间内设备的状态明细，并显示不同的状态明细下的首发故障、发电量、损失电量等业务数据的统计情况。

平台会对故障信息发布智能预警，帮助用户快速发现及定位电站故障，杜绝电站长期处于“亚健康”状态运行，保证电站高效率发电，为用户提供充足绿色能源。



固德威储能逆变解决方案关注安全技术，可选配直流拉弧检测AFCI和快速关断RSD两大功能，确保人身安全。并且储能产品的防尘防水等级达到IP66，适用于室内和室外安装，高级别防护使其环境耐受性能更优。最后，储能机里内置EMS，包含多种能量管理模式，可灵活实现能量的智能调度和调配。

## ■ 解决方案系统优势

零碳智慧家庭系统在安全可靠场景下，能为用户提供全面的安全保护。首先由红外幕帘、智能摄像头、电站监控等设备感知家庭内外部情况，采集数据，提供最初的实时监控、风险评估；当系统检测到异常情况时，触发警报并采取事先设定的响应措施，向用户发送提醒程序；关闭可联动的设备，将危险降到最低。系统也可以根据采集的数据，对设备进行故障分析与调优，以达到更高的使用效率并预防危机的发生。

## 2.4 平台在线看护

### ■ 场景需求

传统的家庭场景中，经常面临一些能源管理方面的挑战。能源报表颗粒度较大，时段较长，家庭成员通常难以实时监控电器和设备的用电情况，导致潜在的能源浪费。未关闭的电器、不合理的设备设置以及缺乏实时反馈可能会导致不必要的能源开支。此外，安全隐患和设备故障问题可能因缺乏及时的监测和管理而被忽视，进而影响生活质量和家庭安全。家庭成员需要亲自操作和调整设备，尤其是在离家时无法对设备进行管理，生活较为不便和繁琐。

### ■ 产品功能

**报表记录：**良信与固德威的零碳智慧家庭系统提供了能源管理平台，能够对各个设备的用电情况与光伏设备的发电情况进行实时记录。设备用电透明化，能源消耗数字化，成为可管理的数字资产。这个系统主要由智能电表/断路器、通讯系统、分析管理平台组成。



#### 01 智能电表/断路器 (Smart Metering/Circuit Breaker)

智能电表是一种先进的电力测量设备，其主要功能包括实时监测能耗、跟踪和控制能源消耗，从而节约能源和金钱[2]。除了基本的使用情况测量外，智能电表还记录了多种消耗数据点，包括资源使用的时间、数量以及资源流向的信息。通过对各用电回路、区域、空间的用电数据检测，实现能耗数据的呈现。

良信智能断路器是集电动、通讯、微机处理、AI算法及过载、短路、剩余电流保护等技术于一体的用电保护设备。实际应用中将助力日常运维及紧急事件远端控制分合。通过对关键电气参数如：电压、电流、剩余电流、功率、能耗等监测，实现快速设备定位及故障预判，全面提升电网运行健康度、安全性及可靠性。

**02 通讯系统：**结合智能网关中的无线通信Zigbee或KNX总线等物联网通讯技术，智能电表/断路器将采集处理的数据传输至能源管理平台，实现数据的实时传送和监测。远程服务器或系统负责接收并处理智能电表/断路器发送的数据。用户可以在其中详细查看数据的分解情况，进行能源管理和实时监测[3]。

**03 分析管理平台：**实时监测系统可以对光伏生产和能源消耗数据进行实时采集、处理和分析，提供各种形式的能源消耗信息和报表，帮助用户了解能源使用情况、及时发现问题并提供相应的解决方案。同时，也能监测和评估光伏系统的性能，跟踪各种发电指数和故障发生，确保其可靠性和稳定运行。

平台也考虑了用户体验感，因此在交互方面进行了人性化升级与个性化配置，以方便用户对数字资产进行管理。

## 远程配置：

零碳智慧家庭系统使用无线Zigbee或KNX总线等物联网通讯技术，与全屋智能家居进行通讯，可以远程对设备进行调控。

智慧人居“云居平台”为良信自研系统，牵涉到能源生产、储存、分配和使用的各个环节，多元化的设备、传感器和软件系统之间存在技术兼容性的挑战。而良信和固德威提供的零碳智慧家庭系统采用互联互通的数据格式和通信接口，确保设备之间能及时准确地理解指令和信息。

控制功能允许用户通过远程控制或基于规则的控制来操作设备，包括家用设备与光伏设备。系统远程发送指令，包括远程关闭逆变器、远程设置电网与储能运行模式、远程开关家电设备等。除此之外，系统配备对于一些常见场景设置有预设模式，方便调用。例如，在零碳模式下，除了手动配置保留的用电设备，其余设备均关闭，仅使用光伏及储能电池。

### 低碳云居平台 一键场景选择

离家场景	回家场景	舒适场景	家政场景	睡眠场景
 关	 关	 节律	 开	 关
 关	 15°-18° 25°-28°	 24°	 22°-25°	 24°
 开	 开	 开	 开	 关
 充电	 充电	 放电	 放电	 放电
			 充电	 充电

## ■ 解决方案系统优势

在发电侧，通过数据采集和远程配置，用户可以随时监测光伏系统的性能，及时发现问题并远程采取措施修复。报表、统计与分析可以给用户各种粒度层级下的分析，方便调整发电与储能策略。

在用能侧，通过能耗集控系统，优化光储、用电，节能减排，可清晰看到每天较少的碳排放以及经济效益。监控记录每条支路用电情况，并使用负荷节能算法进行调节。用户也可以使用预设模式对设备进行切换，减少操作步骤。功率密集型负载得到更好的控制，同时用户可以根据个人需求定制功耗。设备用电、电费及收益得以可视化管理，成为数字资产。家庭得以更有效地管理能源消耗，增强对电力消耗的可见性。



# 03. 案例研究

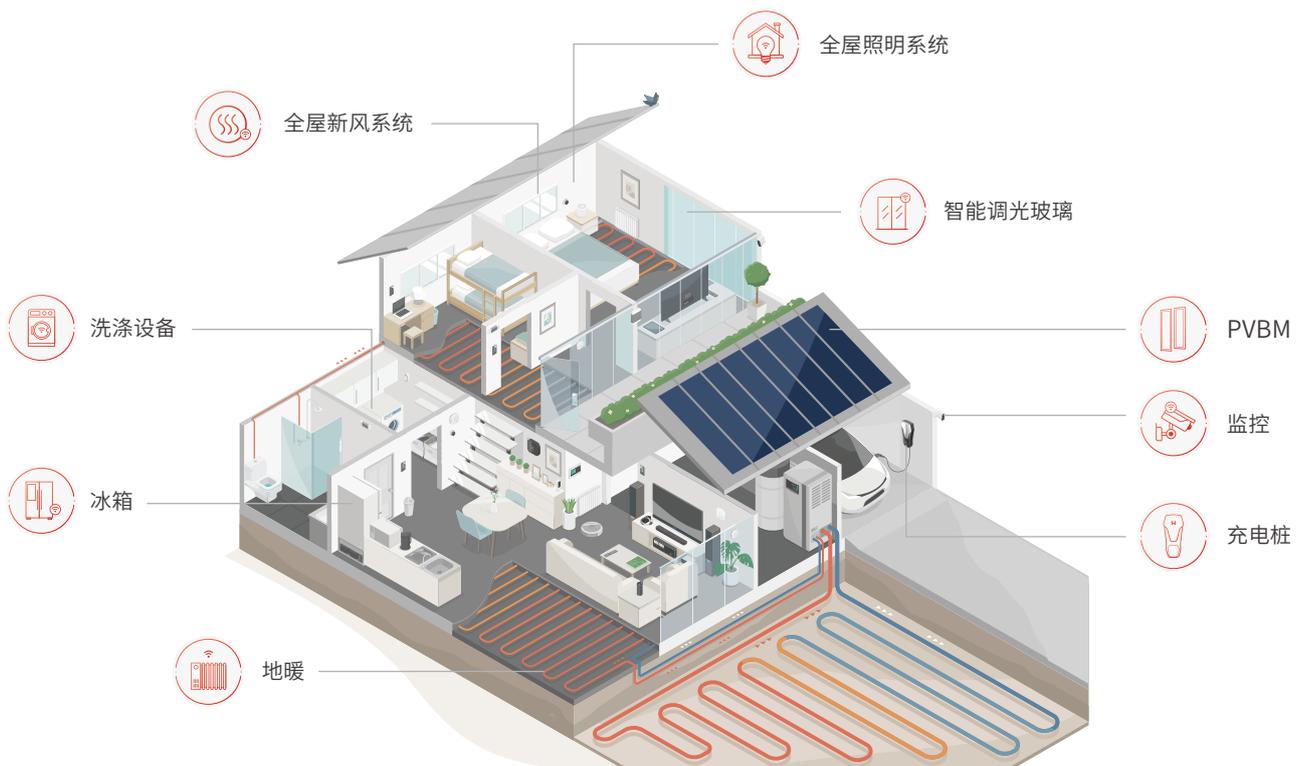
系统效益测算是确保系统设计的合理性的重要手段。对于家庭用途，由于系统容量有限、应用场景复杂等原因，一般情况下无需进行过于严格的测算。

本章将以智能家庭系统为例，提供一个粗略的核算模型和流程，主要旨在展示零碳智慧家庭系统在家庭场景中的实际运作。值得注意的是，本章经济核算所展示的逻辑供参考，非标准逻辑。其中的可视化数据仅作为案例应用，而非实际数据。

## 3.1 基本情况

项目位于上海郊区，面积约190平方米，采用现代节能建筑设计，设有3间卧室、客厅、厨房和2个卫生间。在室内供暖、空气通风和热水方面，均采用电力能源，体现了先进的能源利用策略。

业主为一家三口，父母为日常上班族，孩子则是小学生。他们对于家庭舒适度和能源使用的可持续性有着较高的关切。此项目以满足业主对健康舒适生活的期望为目标，同时注重在能源使用方面的可持续性。通过零碳智慧家庭技术，在为业主提供高效、智能的居住环境，降低能源成本，创造更高的社会效益。



### 3.1.1 负载分析



家庭常用负荷可以按照重要负荷，可平移负荷，可调整负荷进行分类，以更好地了解零碳智慧家庭系统如何进行负载控制策略，以实现用电成本优化。



#### 重要负荷

- 安全设备：安全系统，包括防盗报警系统、监控摄像头等。
- 医疗设备：呼吸机、心脏监测器等。
- 其他：冰箱、冷藏柜等。

这些设备需要保证运转的连续性，对使用时间有要求，需要稳定的电力供应，否则可能威胁到住户的生命财产安全。



### 可平移负荷

- 洗涤设备：洗衣机、烘干机等。
- 厨房设备：洗碗机、电饭煲等。
- 出行设备：电动车等。

他们对使用时间没有特殊要求，在一天中的各个时段均可灵活安排。即使住户离家，也可以自行运行。因此只要将需要将家电运作所需的材料提前备好，选取合适的时间进行运转即可。



### 可调整负荷

- 暖通系统
- 热水器
- 部分照明设备

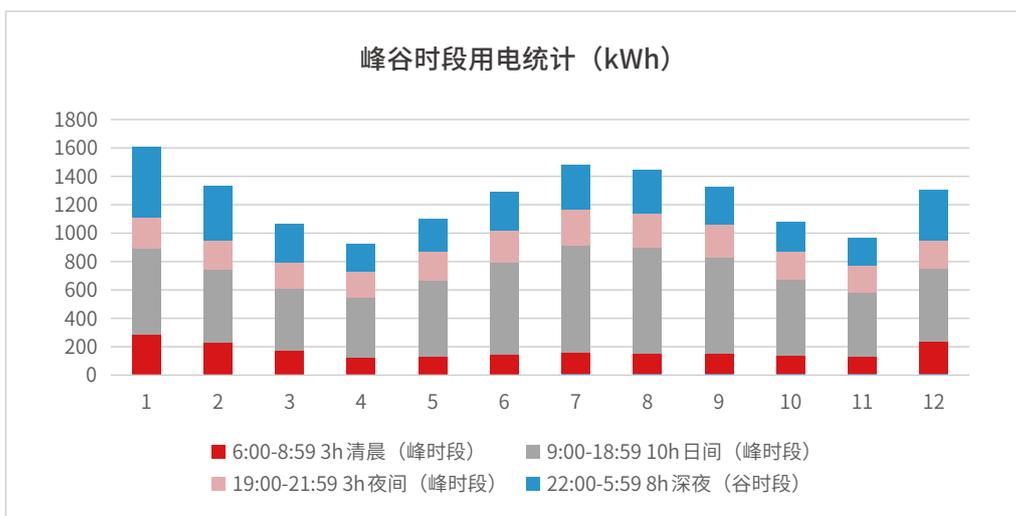
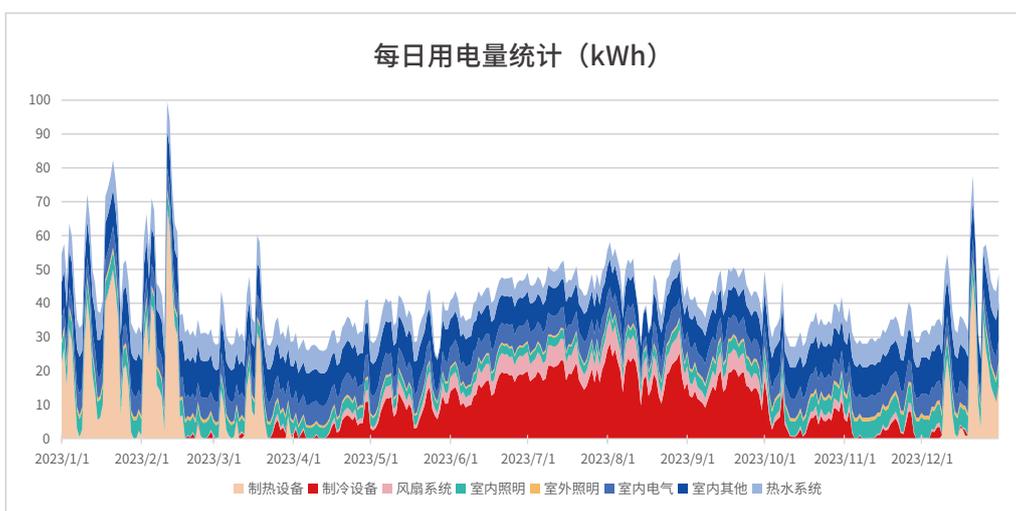
这些系统可以根据时间、使用场景、需求量以及设定来调节温度、亮度，从而影响能耗水平和用电量。



### 3.1.2 用电量

用电量分析是指家庭用电情况，需要尽量细化。安装智能电表/断路器的家庭能够从中读取出具体的数据，按照精度不同可能以小时、15分钟、5分钟为间隔进行数据采集。据统计，该家庭总用电量为14833.58度。

用电量分析不仅仅是看总用电量，可以根据需求对其进行分类。若需要分析电器用电情况，则可以按照能源消耗类型来分类，如供暖、照明、通风、设备用电等；也可以根据主流应用场景进行细分，如在分时电价场景中，可根据峰谷电价时间段的用电量进行细分；电源备用时需要根据往年经常停电的时段，分析最大、最小以及常时用电功率等。



家庭发电量的分析不仅有助于光伏和储能系统的设计，同时在实际的效益预测分析中扮演着至关重要的角色。具体而言，可以通过结合发电量曲线和用电量曲线来计算电池的利用率，并推算出大致的光伏自发自用比率。此外，还可以综合考虑电池的利用率和峰谷电价，预测电费支出的变化。

## 3.2 零碳智慧家庭系统

本部分将在住宅基本情况的基础上引入光伏发电与智慧能源负载调节系统，分别分析每一步引入对住宅用电情况的影响。

### 3.2.1 光伏发电



#### 发电量

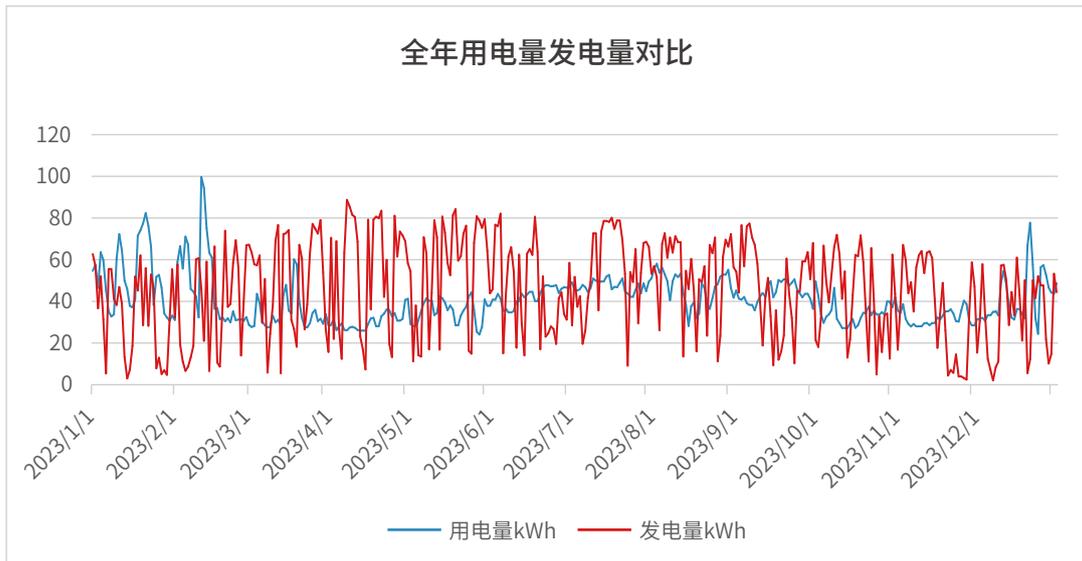
将光伏组件数量、当地气候数据、屋面朝向等信息输入PVSystem、SAM等光伏系统专业设计软件，便可以进行模拟，得到每小时的发电量预测数据。在实际安装情况下，可以使用监控平台对运行中的项目进行监测，得到更加准确的实际发电量。

为了实现零碳目标，系统将根据家庭用电量来配备光储系统。该家庭年度总用电量为14833.58度，平均到每日为40.64度。上海的有效利用小时数为1179.35小时，平均下来需要配12.58kW的光伏。由于光伏系统的实际输出通常会受到多种因素的影响，为了确保系统能够在各种情况下提供足够的电力，我们为案例增加了10%的容量。结合实际产品功率，系统共安装150片光电建材旭日瓦，总装机量13.8kW。

在储能配置方面，为了尽可能地实现自发自用，储能系统应能涵盖光伏休眠时段的用电量。案例家庭19时至次日6时的每日平均用电量为16.5度，结合GoodWe产品属性，建议配备Lynx Home F G2系列电池，容量为19.2kWh。

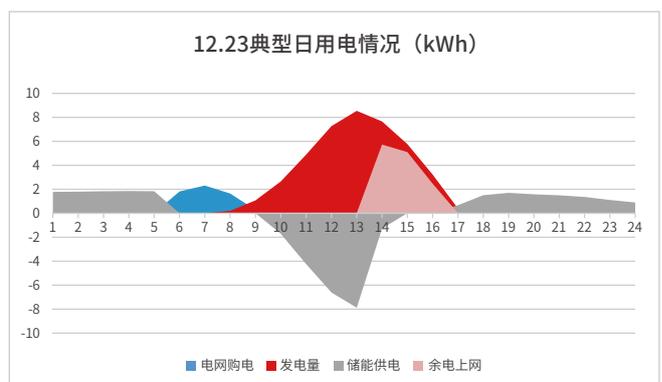
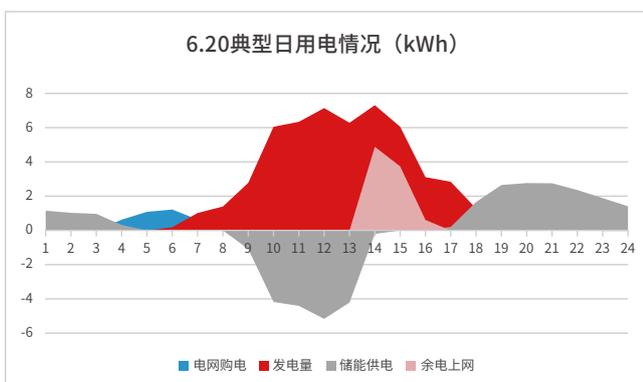
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.43	4.10	5.20	5.78	5.77	4.52	3.24	2.03	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Feb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	2.06	3.55	4.89	5.62	5.81	5.45	4.24	3.34	1.32	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.82	3.79	5.65	6.64	7.33	7.64	6.56	4.97	3.48	1.84	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	3.00	4.86	6.24	7.66	7.40	7.37	6.50	5.63	4.06	2.43	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
May	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	1.28	2.92	4.42	5.58	6.60	7.16	7.02	6.48	5.78	4.41	2.61	0.87	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jun	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	1.18	2.57	3.71	5.05	5.47	5.96	6.04	5.31	4.31	3.32	2.00	0.75	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	1.24	3.14	4.47	5.94	6.80	7.00	6.67	6.40	5.67	4.45	2.86	1.14	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aug	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.01	2.96	4.63	5.59	6.01	6.31	6.72	6.32	5.69	4.54	2.76	0.82	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sep	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	2.39	4.44	5.63	6.11	6.32	6.43	5.65	4.23	3.07	1.39	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oct	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	2.17	3.76	4.86	6.09	5.87	5.87	5.60	4.01	2.44	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nov	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.44	3.51	4.68	5.12	5.75	5.52	4.58	3.22	1.98	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dec	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	2.23	3.65	4.88	5.38	5.54	5.13	3.60	1.78	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Year	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.60	2.03	3.69	5.04	5.96	6.32	6.37	5.71	4.55	3.24	1.59	0.40	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

每月每小时的平均发电量kW



结合日发电量和用电量行为预测等，可以测算固定周期（如月份或季节）每日光伏的自发自用率、买卖电量、电费节省以及并网收益等数据。具体数据可根据家庭作息习惯、工作日和周末的用电习惯等进行区分。

本节选取了6.20与12.23两个典型日，分析安装光伏和储逆系统带来的影响。使用零碳智慧家庭系统之后，6月20日电网买电量由46.57度变为向电网卖电4.22度，而12月23日电网买电量由31.89度变为向电网卖电7.25度（数据仅展示估算逻辑，具体数据见表1、2）。图表表现了光储系统的运作逻辑。可以看出，使用光储逆系统之后，用户向电网的购电量显著降低。白天是阳光充足、光伏发电最充裕的时段，同时也是居民外出、负载较小的时候。因此，白天的光伏发电主要用于自发自用，满足家庭的电力需求，有效降低对电网系统的负担；多余的电为储能系统充电，最后多余的电量进行余电上网。相对而言，夜间则是光伏系统休眠期，不产生发电，同时也是家庭用电的高峰时段。在这个时候，通常需要借助储能系统或者从电网购电以满足家庭的电力需求，确保负载得到稳定供应。虽然夜间的部分负载需要从电网购电，但同时日间余电上网的收益能与之抵消，达到总体平衡的效果。



	用电量	电网购电	发电量	储能供电	余电上网
1	1.16	0.00	0.00	1.16	0.00
2	1.03	0.00	0.00	1.03	0.00
3	0.97	0.00	0.00	0.97	0.00
4	0.96	0.63	0.00	0.33	0.00
5	1.09	1.09	0.00	0.00	0.00
6	1.42	1.22	0.19	0.00	0.00
7	1.66	0.64	1.02	0.00	0.00
8	1.65	0.25	1.40	0.00	0.00
9	1.70	0.00	2.78	-1.07	0.00
10	1.88	0.00	6.05	-4.17	0.00
11	1.94	0.00	6.34	-4.40	0.00
12	1.99	0.00	7.14	-5.16	0.00
13	2.08	0.00	6.29	-4.21	0.00
14	2.23	0.00	7.31	-0.20	4.88
15	2.31	0.00	6.06	0.00	3.74
16	2.49	0.00	3.11	0.00	0.62
17	3.05	0.00	2.84	0.21	0.00
18	2.95	0.00	1.29	1.66	0.00
19	2.82	0.00	0.17	2.65	0.00
20	2.77	0.00	0.00	2.77	0.00
21	2.76	0.00	0.00	2.76	0.00
22	2.36	0.00	0.00	2.36	0.00
23	1.89	0.00	0.00	1.89	0.00
24	1.41	0.00	0.00	1.41	0.00
电网买电量	46.57	-5.41			

6.20典型日用电情况（表1）

	用电量	电网购电	发电量	储能供电	余电上网
1	1.78	0.00	0.00	1.78	0.00
2	1.79	0.00	0.00	1.79	0.00
3	1.82	0.00	0.00	1.82	0.00
4	1.85	0.00	0.00	1.85	0.00
5	1.83	0.00	0.00	1.83	0.00
6	1.81	1.81	0.00	0.00	0.00
7	2.30	2.30	0.00	0.00	0.00
8	1.83	1.64	0.19	0.00	0.00
9	1.34	0.28	1.06	0.00	0.00
10	0.92	0.00	2.64	-1.72	0.00
11	0.63	0.00	4.88	-4.25	0.00
12	0.64	0.00	7.26	-6.62	0.00
13	0.64	0.00	8.54	-7.90	0.00
14	0.64	0.00	7.66	-1.29	5.73
15	0.67	0.00	5.77	0.00	5.10
16	0.76	0.00	3.22	0.00	2.46
17	1.04	0.00	0.39	0.66	0.00
18	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00
19	1.69	0.00	0.00	1.69	0.00
20	1.57	0.00	0.00	1.57	0.00
21	1.49	0.00	0.00	1.49	0.00
22	1.35	0.00	0.00	1.35	0.00
23	1.10	0.00	0.00	1.10	0.00
24	0.89	0.00	0.00	0.89	0.00
电网买电量	31.89	-7.25			

12.23典型日用电情况（表2）

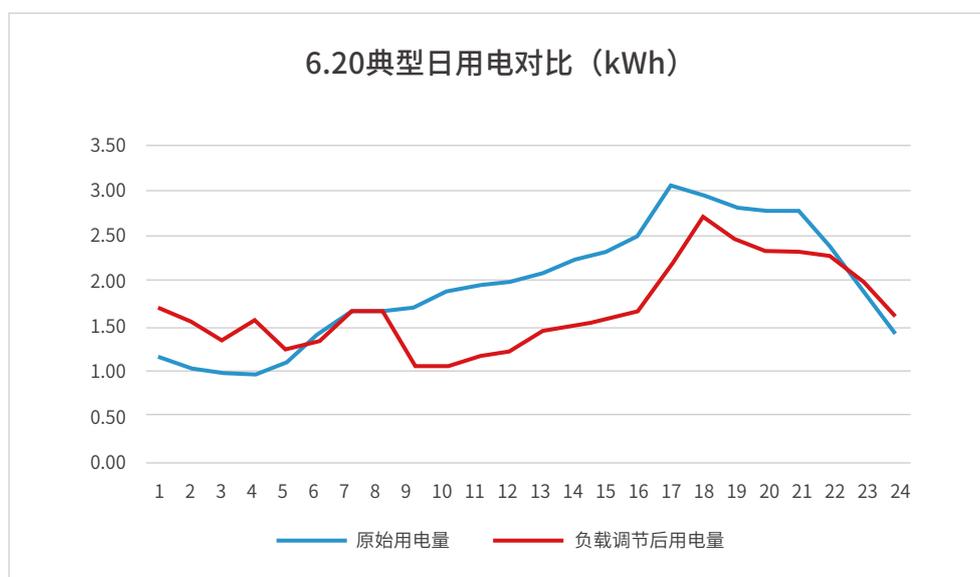
## 3.2.2 智慧能源负载调节



结合智慧能源负载调节系统，可以对负载的使用时间与功率进行调整。

- 01 将可平移负荷移到光伏发电量与用电量相差较大的时段，或是低电价时段，以时间优化来降低成本。对设备进行定时，或是设定启动时间例如负载较低及低电价时段，到时自动开启，无需人为手动操作。
- 02 结合外界温度和光照调节，对可调整负荷进行调节。在白天调低照明亮度，并智能关断未使用的设备，以降低用电量。在家中无人使用时，自动关闭照明及暖通系统，仅保留对温度需求较高的设备如恒温箱等。结合外界环境，照明系统和温控系统进行智能调节，以适应人体工作所需照度，提供满足健康舒适度的环境温湿度。

荷载曲线能够更加贴合光伏系统的发电行为，并根据电价策略，调整用电和买电习惯，高效设计发电和存储计划。



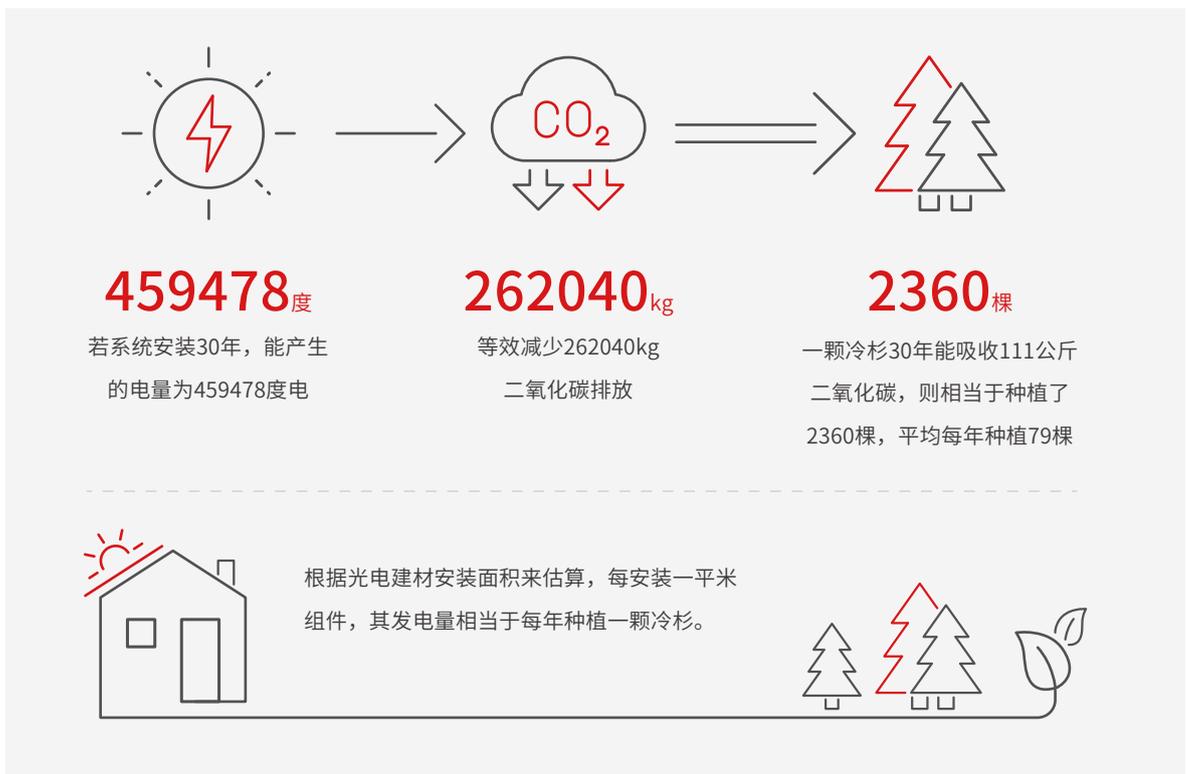
### 3.3 收益

效益分析是为零碳智慧家庭系统的建设提供投资参考，包括环境效益、经济效益与能源效益，有助于全面了解系统对家庭和社会的价值。



#### 社会效益

根据项目案例计算，在安装零碳智慧家庭系统前，该家庭年购电量为14833.58度。而在安装后，光伏年发电量为16652度，结合储能系统与负载调节，系统能够覆盖大部分家庭用电。



通过采用可再生能源，减少能源浪费，零碳智慧家庭系统可以减少家庭碳排放，促进可持续发展，保护生态环境，为子孙后代留下更美好的生活空间。



### 经济效益

对于房屋新建或翻新而言，光电建材产品可以直接充当屋顶瓦片，节省瓦片的材料成本和施工成本。光电建材产品与屋面系统相互融合，既美观，也易于维护，降低工人学习时间。

对于房屋自身来说，安装零碳智慧家庭系统通常会因为其高效节能、环保特性而受到更多买家的青睐，进而提升房产的价值和吸引力，带来长期的经济效益。



对于能源成本来说，零碳智慧家庭系统能够调节负载，及时关闭无人使用区域的灯具。同时，通过智能开关，将可平移负载由峰时调节到谷时，以更低的费率用电。通过优化能源使用和管理，系统能够减少能源消耗，降低账单与成本。



### 能源效益

零碳智慧家庭系统提升了能源独立性，降低对电网的依赖。常规家庭电力系统无法保证24小时监控和应急照明供电，存在断电风险。而零碳智慧家庭系统能够保证如监控、应急照明和冰箱等重要负载在停电时能够维持运行，即使在长时间停电的情况下，离网端负载的低功率需求也能够得到满足。同时，由于系统安装后对于电网的依赖减少，买电量降低，也使得高负荷用电造成的停电风险减小。



# 04. 零碳智慧家庭系统的未来趋势

全球科技革命与能源领域深度融合，推动着智慧能源应用迎来全新的发展时代。住宅太阳能光伏系统作为清洁能源的代表，面临着日益增长的需求和技术变革的双重挑战。未来的趋势表明，信息技术的集成将深刻影响住宅太阳能系统，提高其智能化和可持续性。

## 区块链:对等能源交易

在新一轮科技革命中，区块链通过去中心化、不可篡改的特性，实现了能源交易的透明性和可追溯性。未来，随着区块链技术的进一步成熟，零碳智慧家庭系统有望融入这一分布式账本技术，促进居民之间的对等能源交易，打破传统能源交易的壁垒，提高能源市场的灵活性和效率[4]。



## 人工智能:预测能源管理

人工智能可以通过数据、分析、维护、存储、分配、微电网管理和去中心化来支持可再生能源转型，将深刻改变住宅太阳能系统的能源管理。未来，人工智能将辅助智慧家庭系统，实现实时监测、智能控制、设备健康监测等功能，提高整体能源利用效率[5]。



借助人工智能算法，能源管理系统能够分析历史和实时数据，预测未来发电模式、能源需求和天气状况，从而平衡供需、优化分配。结合气象数据和人工智能分析，准确预测风能和太阳能产生，支持规划和调整能源生产。实时监测能源使用并应用机器学习算法，优化能源系统，提高整体效率。人工智能在电力分配方面实现动态管理，推动智能电网适应不断变化的能源生产和需求，构建全面智能能源管理体系，支持可持续能源发展。

## VPP:能源整合

VPP (Virtual Power Plant, 虚拟电厂) 是一种通过整合分布式能源资源并以虚拟形式进行协调控制的能源系统。它利用先进的技术, 如智能监控、通信和协同控制, 将多个分散的能源资产集成为一个集中管理的虚拟实体, 以实现高的能源生产、分配和消耗。



固德威智慧能源We平台——虚拟电厂运营管理中心界面

采用智能监控、通信和协同控制技术, VPP能实时响应电力需求变化, 优化能源的生产、分配和消耗, 提高系统的稳定性和可靠性。具备灵活调整能源分配的能力, 适应不同时间段的能源生产和消耗模式, 为用户提供可持续而稳定的电力供应。此外, VPP与智能电网技术结合, 支持系统参与能源市场, 使用户能够更灵活地选择、购买和销售电力, 实现经济和可持续性的能源选择。

诸多的新兴科技在为用户带来更加高效体验的同时, 也带来了一定技术门槛。因此, 专业能源审计与系统评估应运而生。用户可以根据自身需求进行选择, 以了解适合自身的解决方案。具体介绍详见附录。

随着电力改革的推进，能源结构将迎来巨大的转型与变革。更多的可再生能源将得到利用，以减少对传统化石燃料的依赖，应对气候变化和减少碳排放。能源市场将更加开放和竞争，吸引更多的私人投资者进入该领域，推动创新和技术进步。

目前，零碳智慧家庭主要应用于高端住宅、别墅等高档居住场所。未来，随着其技术不断创新，成本不断降低，零碳智慧家庭概念及技术原则将更加普及和可负担，将在更广泛的应用场景中得到应用，如公寓、学校、商业办公楼等。随着技术的不断成熟，零碳智慧家庭将有更加完善的技术体系，这不仅仅包括更加高效的光伏建筑一体化系统，也包括更加智能家居管理系统、更加安全的智能安防系统等，来更好地满足人们对各种场景的能源与智能化需求。未来，零碳智慧家庭将会有更加严格的信息安全保护措施，如加密技术的应用、数据隐私的保护等，保障家庭成员的信息安全。并可以倡导更加深入的环保理念，包括更加高效的能源利用、更加严格的碳排放减少等，为环保事业做出更大的贡献。

随着技术的不断发展和社会的不断进步，零碳智慧家庭应用范围将越来越广泛，功能和安全性也将得到进一步提高，为人们提供更加低碳节能、安全可靠、健康舒适的智慧人居生活体验。



# 附录

## 专业能源审计与系统评估

为了满足日益增长的能源效率、经济合理性和环境可持续性的需求，部分能源市场上出现了专业能源审计和系统评估。这是一种系统性的方法，旨在深入了解和评估组织或建筑能源使用情况，并提供有针对性的建议，以提高能源效率和降低能源成本。

### 专业能源审计

专业能源审计是由经过培训和认证的专业人员执行的一项详尽的能源系统评估。他们使用数据记录和分析软件、传感器、测量设备，以及对建筑、设备和系统的工程知识，以全面的方式检查组织或建筑的能源使用和能源系统，包括数据收集、分析历史能源使用情况、检查能源设备的性能、定位潜在的能源浪费点，以及提供改进建议。

### 系统评估

能源系统评估是对整个能源系统进行综合评估，包括建筑表皮、采暖、通风、空调系统（HVAC系统）、照明、能源控制系统等多个方面，以确定潜在的改进点。目标是优化整个系统，确保其在提供适当的服务水平的同时，以最有效和经济的方式使用能源。

## 选择专业能源审计和系统评估的好处

- 通过系统评估建筑能源系统和能源使用情况，用户可以识别潜在的能源浪费和效率低下，获得关于如何提高建筑能源效率的具体建议，例如更新绝缘材料、采用更有效的照明和采暖系统等。个人用户的环保意识将提升，以更好地理解和管理能源使用习惯。
- 同时，拥有更高能源效率的建筑也会具有更高市场价值，因为运行成本较低，投资回报率更高。通过审计和评估的建筑也将符合当地法规与标准，避免可能的罚款和法律责任。

用户可以结合自身需求选择专业能源审计和系统评估，专业人员将提供个性化的改进建议，根据建筑的特定情况进行定制，实现整体性能优化。

## 引用

[1]中国建筑学会 (2023) 智慧住宅设计标准.北京: 中国建筑工业出版社.

[2]ScienceDirect (2016) Smart metering, Smart Metering - an overview | ScienceDirect Topics. Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/smart-metering> (Accessed: 27 March 2024).

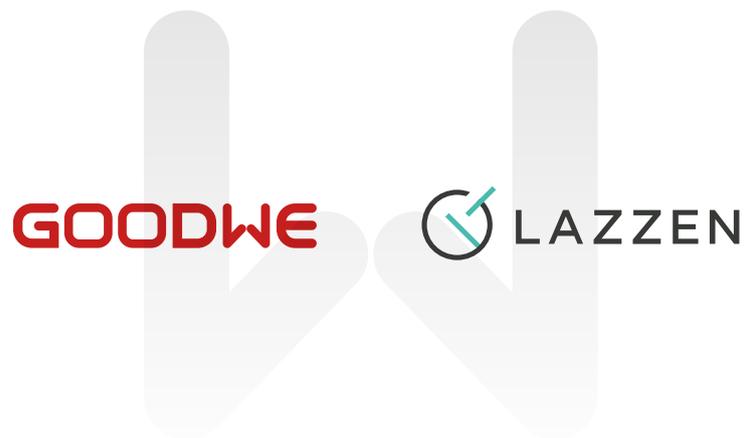
[3]Stout, D. (2023) What is a smart meter and how do they work?, Family Handyman. Available at: <https://www.familyhandyman.com/article/smart-meter/> (Accessed: 27 March 2024).

[4]Pandiyani, P. et al. (2023) ‘Technological advancements toward smart energy management in Smart Cities’ , Energy Reports, 10, pp. 648–677. doi:10.1016/j.egy.2023.07.021.

[5]InsightsCB (2018) 人工智能在能源行业的5个应用-CSDN博客. Available at: <https://blog.csdn.net/cf2SudS8x8F0v/article/details/79830903> (Accessed: 27 March 2024).

[6]曾鸣, 张硕 和 许彦斌 (2022) ‘区块链+能源’ 的五大主要应用场景-北极星火力发电网. Available at: <https://news.bjx.com.cn/html/20220727/1244197.shtml> (Accessed: 27 March 2024).

[7]国家发展改革委、国家能源局、工信部 (2021) 2021年中国智慧能源市场分析报告-市场规模现状与发展趋势分析. 无出版地: 国家发展改革委、国家能源局、工信部.



固德威技术股份有限公司  
GOODWE TECHNOLOGIES CO., LTD.

邮箱: [academy@goodwe.com](mailto:academy@goodwe.com)

网址: [www.goodwe.com](http://www.goodwe.com)

地址: 江苏省苏州市高新区紫金路90号



扫码回复[白皮书] 获取电子版