

基于物联网技术的用户侧电力需求响应自动化解决方案

燕永乐

河南省洛宁县故县镇洛河发电有限公司 河南洛阳

【摘要】在智能电网加速发展的当下，用户侧电力需求响应自动化对优化电力资源配置至关重要。本方案以物联网技术为核心，通过智能电表、传感器等设备实时采集用户用电数据，运用智能算法精准预测用电需求，制定个性化响应策略。在保障电网稳定运行的帮助用户降低用电成本。经实践检验，该方案显著提升了电力需求响应的效率与可靠性，为智能电网建设提供有效支撑。

【关键词】物联网技术；用户侧；电力需求响应；自动化；智能电网

【收稿日期】2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jjea.20250083

Automated solution for user-side power demand response based on Internet of Things technology

Yongle Yan

Luohe Power Generation Co., Ltd., Guxian Town, Luoning County, Luoyang, Henan

【Abstract】In the current era of accelerating smart grid development, automated power demand response on the user side is crucial for optimizing power resource allocation. This solution centers on IoT technology, using smart meters and sensors to collect real-time electricity usage data from users. By employing intelligent algorithms, it accurately predicts electricity demand and formulates personalized response strategies. It helps users reduce their electricity costs while ensuring stable grid operation. Practical tests have shown that this solution significantly enhances the efficiency and reliability of power demand response, providing effective support for smart grid construction.

【Keywords】Internet of Things technology; User side; Power demand response; Automation; Smart grid

引言

随着能源转型和电力市场化改革推进，用户侧电力需求响应成为平衡电力供需、提升电网灵活性的关键途径。传统人工参与的需求响应模式存在响应滞后、效率低下等问题，难以满足现代智能电网的运行需求。物联网技术凭借实时感知、万物互联的特性，为用户侧电力需求响应自动化带来突破契机。探索如何利用物联网技术构建高效、精准的自动化解决方案，对推动电力系统智能化发展、实现能源可持续利用具有重要现实意义。

1 现存问题剖析

当前用户侧电力需求响应的执行面临着重重困境，亟待解决。在数据采集这一基础环节，传统监测设备采用的周期性数据传输模式存在严重不足。以某大型工业园区为例，其使用的传统电表每 15 分钟才采集一次数据。在高峰用电时段，这一时间间

隔导致电网难以捕捉到瞬时负荷的波动情况。当园区内众多企业同时启动大功率设备时，瞬时负荷会大幅上升，但由于电表数据采集的延迟，电网无法及时掌握这一变化，也就难以在第一时间调整供电策略，从而可能导致局部供电紧张甚至出现短暂的电力供应不稳定现象^[1]。传统设备的数据采集范围极为有限，仅仅能获取总用电量这一笼统的数据，无法细分到具体用电设备。这使得电力部门难以精准分析用户用电行为特征，无法得知企业中是哪类设备用电量、用电时间规律如何，也就难以制定针对性的节能或调控方案。

在响应策略方面，现有模式缺乏足够的针对性和灵活性。电网企业在下达负荷调控指令时，往往采用统一的标准，全然未考虑用户用电习惯和设备特性的千差万别。在居民用户群体中，空调、热水器等大功率设备的使用时间和频率因人而异。有些家

庭习惯在夜间使用热水器储水，而有些家庭则在傍晚下班后立即使用。若采用统一的限电策略，比如在傍晚时段统一限制大功率设备用电，那么对于那些正常在此时使用热水器的家庭而言，就会严重影响其正常生活，导致用户对需求响应政策产生抵触情绪，参与积极性受挫^[2]。现有模式缺乏动态调整机制，一旦遇到突发用电变化，如某区域突发大型活动导致用电量激增，系统无法及时优化响应策略，使得需求响应效果大打折扣，无法有效应对复杂多变的用电情况。

用户参与度低也是目前用户侧电力需求响应面临的一大难题。传统的需求响应多依赖行政通知或经济激励手段，却缺乏直观便捷的用户交互界面。用户难以实时了解自身用电情况，不清楚在不同时段、不同设备使用下的具体用电数据，也无法清晰知晓参与需求响应能获得的实际收益。这种信息的不透明导致用户难以形成主动参与的意识。而且部分用户即便有参与意愿，也会因为响应操作复杂、流程繁琐而中途放弃。

2 物联网技术赋能

物联网技术的兴起，为用户侧电力需求响应自动化提供了强有力的技术支撑。在数据采集环节，智能电表和传感器的广泛应用彻底改变了传统的采集模式，实现了用电数据的高精度实时采集。智能电表相较于传统电表，有着质的飞跃，它能够精确到秒级采集数据，并借助先进的无线通信网络，迅速将数据上传至云端平台。这使得电力部门能够实时掌握用户每一秒的用电变化情况。各类传感器的加入，进一步丰富了数据采集的维度。它们能监测设备运行状态，判断设备是否正常运转、是否处于高能耗状态；还能监测环境温度等信息，为全面深入的用电行为分析提供多维度数据^[3]。以商业建筑为例，温湿度传感器与空调运行数据相结合，通过精确计算，能够清晰地得出空调能耗与室内舒适度之间的关系，为后续的节能调控提供科学准确的依据，从而在保障舒适度的前提下实现最大程度的节能。

数据分析与预测在物联网技术体系中依靠边缘计算和云计算技术的协同合作得以高效完成。边缘设备在数据采集的前端，对采集到的原始数据进行初步处理。这一操作大大减少了数据传输的压力，避免了大量原始数据在网络中传输可能造成的拥堵。

边缘设备利用本地智能算法进行实时分析，能够对一些简单且紧急的用电情况做出快速响应^[4]。而对于复杂的用电需求预测，则由功能更为强大的云计算平台来完成。云计算平台通过机器学习算法，对海量的历史数据和实时数据进行深度挖掘。

基于准确的预测结果，系统能够制定出差异化的需求响应策略。针对不同用户类型的特点，精心设计多样化的响应方案。对于工业用户，由于其生产设备众多且用电量大，系统可通过优化生产设备的启停时间，实现错峰用电。在不影响生产进度的前提下，避开用电高峰时段启动高能耗设备，从而降低企业用电成本，同时也减轻了电网高峰时段的供电压力。对于居民用户，系统则通过智能插座来控制非必要电器的使用。在用户外出上班时，自动关闭家中的非必要电器，在不影响用户正常生活的前提下实现负荷调节。这些精心制定的策略通过手机 APP、智能音箱等终端及时推送给用户。用户在了解具体方案后，只需轻松确认，系统便能自动控制用电设备执行响应操作，实现全流程自动化，极大地提升了需求响应的及时性和精准度，让电力资源得到更合理的调配。

3 方案实践成效

该自动化解决方案在实际应用中展现出了令人瞩目的显著成效。在某城市试点项目中，其覆盖范围广泛，涵盖了 2 万户居民和 100 家工商业用户。方案实施后，用户侧电力需求响应速度得到了极大提升。以往，从电网发出负荷调整指令到用户侧做出有效响应，平均需要 30 分钟，而现在这一时间大幅缩短至 5 分钟以内。这意味着电网在面对负荷变化时，能够更快地得到用户侧的配合，迅速调整电力供需平衡^[5]。响应准确率也从以往的 70% 显著提升至 95%，有效保障了电网的稳定运行。通过精准的负荷调控，试点区域电网高峰负荷降低了 12%。这一成果不仅缓解了高峰时段电网的供电压力，还减少了新建发电设施的投资压力，为城市的电力基础设施建设节省了大量资金。

从用户层面来看，方案为用户带来了实实在在的经济收益。居民用户通过积极参与需求响应，平均每月电费支出降低了 15%。用户可在专门的 APP 上实时查看用电数据和响应收益，这种直观的展示方式让用户能够清晰地感受到节能带来的实惠。以往用户对自身用电情况缺乏了解，也不清楚如何节

能,现在通过 APP 的引导,能够主动调整用电习惯,参与积极性大幅提高。项目初期,参与率仅为 40%,而随着方案的推进和用户体验的提升,参与率逐渐提升至 85%。对于工商业用户而言,通过优化用电策略,生产设备的运行效率得到提高^[6]。工业企业通过合理安排设备启停时间,减少了设备空转带来的能耗,降低了生产成本,实现了经济效益和社会效益的双赢,为企业的可持续发展注入了新动力。

从电网运营角度分析,该方案成功实现了电力负荷的削峰填谷。在夏季用电高峰时段,系统通过自动化响应策略,将部分可调节负荷巧妙地转移至低谷时段。当大量居民同时使用空调导致用电高峰出现时,系统自动调整居民家中非必要电器的用电时间,或者引导工业用户在低谷时段增加生产负荷,从而有效缓解了电网供电压力。由于负荷波动得到有效控制,减少了因负荷剧烈变化导致的设备损耗,延长了电网设备的使用寿命。这不仅提升了电网运行的经济性,降低了设备维护成本,还增强了电网运行的可靠性,为智能电网的可持续发展提供了坚实有力的保障,为未来城市电力系统的高效稳定运行奠定了良好基础。

4 成果总结展望

基于物联网技术的用户侧电力需求响应自动化解决方案,犹如一把利剑,有效解决了传统模式下的诸多棘手问题,显著提升了需求响应的效率与质量。在实际应用过程中,实现了电网与用户的双向受益,为电力资源的优化配置开辟了全新的路径^[7]。从电网角度,保障了供电的稳定性与可靠性,降低了运营成本;从用户角度,使用户获得了经济实惠,提高了节能意识和参与积极性。

展望未来,随着物联网、人工智能技术的持续创新发展,该方案有着广阔的优化空间。一方面,可进一步优化算法模型。通过引入更先进的人工智能算法,对更多复杂因素进行综合考量,如用户的生活习惯变化、社会活动趋势等,从而不断提升预测精度,使需求响应策略更加贴合实际用电情况。提升响应灵活性,能够在更短时间内对各种突发用电变化做出精准响应。另一方面,拓展应用场景是未来发展的重要方向^[8]。目前方案已在居民和部分工商业用户中取得成效,未来可覆盖更多行业和领域,如农业生产用电、公共设施用电等。在数字化时代,数据安全至关重要。要加强数据安全防护体系建设,

运用先进的加密技术、访问控制技术等,保障用户隐私和电网运行安全,全方位推动用户侧电力需求响应向更高水平发展,为构建更加智能、高效、安全的电力系统贡献力量。

5 结语

该方案借助物联网技术,创新性地实现用户侧电力需求响应自动化。它成功克服传统模式中响应迟缓、人工干预多等弊端,通过智能设备实时采集与分析数据,显著提升响应效率与质量,达成电网稳定运行与用户降本的双赢局面。未来,伴随物联网、人工智能技术持续进步,可优化算法进一步提升预测与响应能力,拓展至更多复杂应用场景。需强化数据安全防护体系,全方位保障用户隐私,持续推动用户侧电力需求响应迈向智能化、高效化的新高度。

参考文献

- [1] 励凯宏,牛亚平,王宏奋.物联网技术在瓶装燃气充装站的应用研究[J].化工机械,2025,52(02):295-300.
- [2] 《物联网技术》简介[J].现代电子技术,2025,48(08):187.
- [3] 董极慧,臧腾飞,李宪利,等.基于物联网技术的新能源场站机电设备运行状态自动监测方法[J].自动化应用,2025,66(07):154-155+160.
- [4] 石广.物联网技术在制冷设备远程监控中的应用研究[J].模具制造,2025,25(04):204-206.
- [5] 张少迪.电力需求响应管理平台接入测试系统建设实践[J].现代建筑电气,2022,13(07):44-48.
- [6] 赵晓东,王娟,周伏秋,等.构建新型电力系统亟待全面推行电力需求响应——基于 11 省市电力需求响应实践的调研[J].宏观经济管理,2022,(06):52-60+73.
- [7] 王宝,叶斌,朱刘柱,等.市场环境下我国电力需求响应实践与探索[J].电力需求侧管理,2021,23(05):91-95.
- [8] 胡波,王建红.基于移动边缘计算的电力需求响应业务分配研究[J].电力大数据,2020,23(10):42-48.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS