

家庭节能管理控制研究

周洪儒，石德刚，黄精，刘超
重庆轻工职业学院，重庆 400065

摘要： 文章是《基于智能化的家庭节能管理系统研究》项目的控制研究。文章从分析家庭能源消耗开始。采用ETA事件树分析法对家庭用电、用水设备进行逐一进行能耗分析。找出可以进行节能管理的设备和方法，以及控制设备的方法。搭建了一套设备管理控制系统的硬件部分。

关键词： 家庭节能；能耗分析；配电箱；电力载波通信；电器控制

Research on Household Energy-Saving Management Control

Zhou Hongru, Shi Degang, Huang Jing, Liu Chao
Chongqing Vocational College of Light Industry, Chongqing 400065

Abstract： This article is a control study for the project “Research on Intelligent-Based Household Energy-Saving Management System”. The article begins with an analysis of household energy consumption, employing the ETA (Event Tree Analysis) method to conduct an energy consumption analysis of household electricity and water-using equipment individually. It identifies equipment and methods that can be used for energy-saving management, as well as methods for controlling the equipment. The hardware component of a set of equipment management and control system has been established.

Keywords： household energy saving; energy consumption analysis; distribution box; power line carrier communication; electrical appliance control

引言

随着人民生活水平的不断提高，家用电器也越来越多，随之而来的就是家庭能源消耗的大幅度增加。

国家能源局2024年发布“2023年全年城乡居民生活用电量13524亿千瓦时，同比增长0.9%”^[1]。根据《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》要坚持“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”原则。

智能化的家庭节能管理系统（以下均称管理系统）就是基于“节约优先”这一原则，采用智能化的手段对家庭能源（电、水、气）进行智能化的管理。

一、家庭能耗分析和节能管理分析

（一）家庭能耗主要包括：

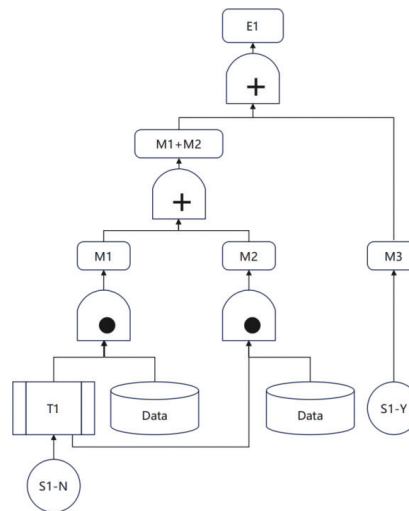
用电：电视、冰箱、空调、洗衣机、饮水机、电脑、油烟机、取暖器、照明等设备；用水：洗衣机用水、冲水箱（马桶）用水、其它用水；因为燃气是爆炸性危险气体，本文不做分析。

（二）能耗分析

能耗分采用ETA事件树分析法，找出各个设备在使用中的能源消耗过程。并对家庭的每一台设备进行分析，找出可以管理的设备和优化的方法。

顶事件 E1 是设备总能耗；M1 待机能耗，M2 忘记关闭无用能耗，M3 正常使用能耗；T1 事件触发延时器；D 历史数据；S1 事件传感器（Y 有，N 无）。

以二室一厅的户型进行能耗分析，详表 1^[2]。



> 图 1 能耗分析事件树

基金项目：重庆市教育委员会科学技术研究项目（KJQN202306401）资助。

表1^[2] 能耗分析表

用电设备	功率	待机功率	待机时间	忘记关闭时间	正常使用时间	设备数量	年使用天数	待机能耗	忘记关闭能耗	可节省能耗	总能耗
	(W)	(W)	(h/天)	(h/天)	(h/天)	(台)	(天/年)	(kW·h/年)	(kW·h/年)	(kW·h/年)	(kW·h/年)
								M1	M2	M1+M2	E1
电视	100	1	16.8	1.2	6	3	365	18.4	131.4	149.796	657.1
冰箱	150	1.5	0	1.2	22.8	1	365	0	65.7	65.7	1248.4
空调	1000	10	10.8	1.2	12	3	60	19.4	216	235.44	2160.2
洗衣机	650	6.5	23	0	1	1	365	54.6	0	54.5675	237.3
饮水机	1000	10	18.8	1.2	4	1	365	68.6	438	506.62	1460.5
电脑	400	4	10.8	1.2	12	1	365	15.8	175.2	190.968	1752.2
油烟机	200	2	21.8	1.2	1	1	365	15.9	87.6	103.514	73.1
取暖器	1000	10	21.8	1.2	1	1	60	13.1	72	85.08	60.1
照明	100	1	0	1.2	8	3	365	0	131.4	131.4	876.1

注：1.忘记关闭时间按总使用时间的5%计算；2.待机功率按设备功率的1%计算。

从表1中我们可以看出，电器设备浪费掉的能源是待机损耗和用户忘记关闭的损耗。这些浪费的能源可以被管理。按表1，我们很容易计算出加入管理系统后，住宅一年可节约用电约1523 (kW·h/年)，约852.88 (元/年)。

用水分析：水箱单次冲洗用水 $\leq 5\text{L/次}^{[3]}$ 。生活中，大便 (M1) 和小便 (M2) 的冲洗用水都是5L/次。加入管理系统后，可以把M2用水量控制在1L~2L左右。那么可以节约用水量约6570L/年，22.995元/年。(公 式： $E=T1\times M1\times P\times 365\text{天}+T2\times M2\times P\times 365\text{天}$ ； $E2=E-E1$)

P总人数 (3人)，T1大便次数每人，T2小便次数每人，M1大便用水量 (L/次)，M2小便用水量 (L/次)，E管理前总水量，E1管理后总用水量，E2管理后总节约用水量。

住宅加入管理系统后，每年共可节约875.875元。

(三) 家庭情况分析

家庭节能管理系统服务对象是家庭用户。因此必须分析家庭用户的特点。整理出适合不同用户的方案^[4]。

2023年中国城镇化率已经达到65.2%。2024年8月9日，国务院印发《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》提出未来五年中国城镇化率提升至70%。从中可以看出中国未来新增住房不高，大多数住房均已经完成了装修。因此我们“管理系统”的用户主要是已入住的居民。

(1) 对于已入住的用户。如果破坏原有装修。会造成用户的经济损失，也会影响用户生活。产品就不能被用户接受，影响产品推广和普及。因此，“管理系统”必须要满足，在不破坏或极少破坏原有装修。

(2) 对于新增住宅，设备安装比较容易。但是在实施过程中，工人和现场管理人员的水平不高，施工全凭个人经验。对于这种新型系统的施工，难以保证按要求完成。一旦出错，整改的成本也很高。

综上所述，“家庭节能管理系统”要满足：①要不破坏或极少破坏用户原有装修，能利用现有线路和设备；②要方便施工，复

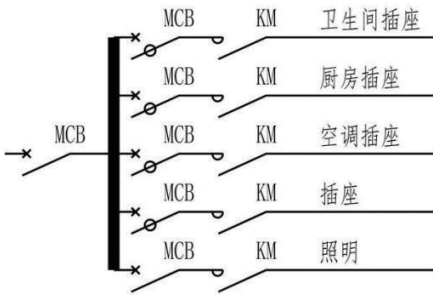
杂程度不能太高。

二、控制系统硬件构建

(一) 住户配电箱改造

住户配电箱一般有照明、插座、空调插座回路^[5]。

按“管理系统”需求进行改造。在配电箱的每一个出线回路增加1个单相交流接触器KM，作为回路控制的执行机构。当住户长期在外时 (如：旅游、工作)，可通过控制KM对屋内进行断电，既可以降低待机能耗，还能预防电气火灾。改造后的住户配电箱，如图2所示：



> 图2 住户配电箱改造后系统图

(二) 控制系统

(1) 通信方式

管理系统为符合前边分析的要求^[6]。系统可以采用WIFI无线通信或有线通信。

① WIFI无线通信方式：我们生活的空间，电磁环境非常复杂。如果采用WIFI通信方式，可能存在信号不稳定、泄露隐私等情况。参考工业领域，几乎不使用无线通信。

② 有线通信方式：如果采用标准的RS485或RS232等信号，就需要对每一个设备单独布置通信电缆，并且不能和电力线缆同管道敷设，施工复杂。因此管理系统采用电力载波通信技术，利用电力线缆作通信介质。不需要单独布线^[7]，极大的降低了

成本。

综上所述，管理系统通信采用电力载波通信技术。

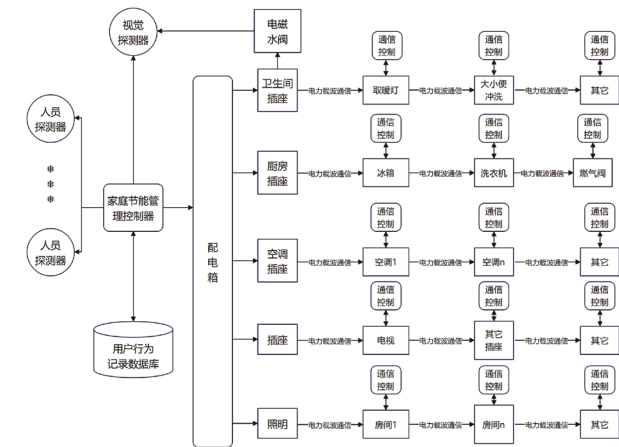
(2) 电器设备控制

因电视、冰箱、空调、洗衣机、饮水机、电脑、油烟机等电器都是通过插座接上电，所以采用具有电力载波通信功能的可控电插座。只需将现有的插座更换为带通信的可控电插座。通过对每个插座的控制起到降低待机损耗和遗忘关闭的损耗。

对于照明，加装具有电力载波通信功能的可控模块^[8]。解决忘记关灯损耗。

(3) 对冲水马桶水箱增加1个电磁阀水阀和1个带通信的电插座^[9]。只需要控制插座的通电和断电时间，就能控制冲洗用水量，起到节水的作用。

控制系统框图，如图3所示：



> 图3 控制系统框图

三、结束语

文章以家庭用电、用水为研究对象。针对如何搭建家庭用电、用水设备的节能管理系统进行研究。采用 ETA 事件树分析法，分别找出家用电器的能耗组成和用水情况^[10]。首先完成硬件的构建，为后期算法的研究和嵌入式系统的开发、程序设计提供依据。为进一步完善《基于智能化的家庭节能管理系统研究》项目的研究提供支撑。

参考文献

[1] 国家能源局. 2023 年全社会用电量 92241 亿千瓦时同比增长 6.7% [J]. 2024-01-26.

[2] 李俊民, 陈琪, 孙兰等. 建筑电气常用数据法 [J]. 中国计划出版社. 19DX101-1.

[3] 孙双良. 基于电力载波通信技术的低压电能计量数据搜集方法 [J]. 信息与电脑 (理论版). 2023, 35(24).

[4] 孙兰, 李雪佩, 李立晓等. 住宅建筑电气设计规范 [J]. 中国建筑工业出版社, 2011.

[5] 段先湖, 刘幼红, 刘继武等. 节水型卫生洁具 [J]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2015.

[6] 约翰·埃里克森, 贝诺伊特·福廷, 珍-盖伊·加涅, 雷内·帕尔多. 使用电插座以用于集成式电力控制、通信和监视的系统和方法. CN 109792125 A

[7] 李冰, 曾裕玲, 葛春玉, 叶向东等. 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准 [J]. 中国计划出版社, GB50493-2019.

[8] 徐继荣, 马恒平, 高生军, 何蓉等. 信号报警及联锁系统设计规范 [J]. 中华人民共和国工业和信息化部, HG/T20511-2014.

[9] 徐继荣, 马恒平, 高生军, 何蓉等. 分散型控制系统工程设计规范 [J]. 中国计划出版社, HG/T20573-2012.

[10] 徐凤, 张森, 冯旭东, 刘振印等. 建筑给水排水设计标准 [J]. 中国计划出版社, GB50015-2019.