

后勤数字化管理下的能耗影响因素分析及对策

肖礼花

(江门市中心医院 总务科, 广东 江门 529000)

摘要: **目的** 了解医院能源管理状况及用能特点, 分析影响医院能源消耗的因素并提出相应的对策。**方法** 通过能耗在线监测系统收集 2019 年 1 月至 2022 年 12 月的能源消耗数据, 采用相关分析和多元线性回归分析能源消耗的影响因素。**结果** 单位综合能耗呈逐年下降趋势, 平均增长速度为 -2.24%, 其中电能的下降速度较快, 用电量与门诊人次、出院人次、手术人次、实际占用总床日、月平均高温均呈正相关关系 ($P < 0.05$), 天然气与急诊人次、出院人次、实际占用总床日、月平均低温均呈正相关关系 ($P < 0.05$), 多元线性回归分析结果显示出院人次、实际占用总床日和气温是影响用电量的因素, 出院人次和手术人次是影响天然气的因素。**结论** 医院通过数字化和智能化的手段, 构建能耗在线监测系统, 提高资源利用效率, 加强节能宣传工作, 降低能源消耗。

关键词: 后勤数字化; 能源消耗; 节能; 管理

中图分类号: R197

Analysis and countermeasure of influence factors of energy consumption under digital management of logistics

XIAO Lihua

(General Affairs Department, Jiangmen Central Hospital, Jiangmen, Guangdong 529000, China)

Abstract: **[Objective]** To understand the status and characteristics of hospital energy management, analyze the factors that affect hospital energy consumption, and propose corresponding countermeasures. **[Methods]** Energy consumption data from January 2019 to December 2022 were collected through an online energy consumption monitoring system, and the influencing factors of energy consumption were analyzed using correlation analysis and multiple linear regression analysis. **[Results]** The comprehensive energy consumption per unit shows a decreasing trend year by year, with an average growth rate of -2.24%, with a faster decline in electrical energy, there is a positive correlation between electricity consumption and outpatient visits, discharges, surgeries, actual total bed occupancy, and monthly average high temperature ($P < 0.05$), natural gas is positively correlated with the number of emergency visits, number of discharges, actual total bed days occupied, and monthly average low temperature ($P < 0.05$). Multiple linear regression analysis shows that discharge visits, actual total bed days occupied, and temperature are factors that affect electricity consumption, while discharge visits and surgical visits are factors that affect natural gas consumption **[Conclusion]** Hospitals use digital and intelligent methods to build online energy consumption monitoring systems, improve resource utilization efficiency, strengthen energy-saving publicity work, and reduce energy consumption.

Keywords: logistics digitization; energy consumption; energy conservation; manage

三级综合医院是集医疗、预防、保健、科研、教学与康复于一体的公共场所, 建筑结构具有其多样性和复杂性, 各类建筑修建时间跨度大, 相较于其他公共建筑能耗更高, 同时存在缺乏系统的管理和有效的节约措施等问题, 医院能耗管理

一直是我国节能减排工作中的重点^[1-2]。2017 年, 国务院办公厅分别印发《关于建立现代医院管理制度的指导意见》和《国务院办公厅关于推动公立医院高质量发展的意见》, 明确提出健全后勤管理制度, 建设智慧医疗、智慧服务、智慧管理管

理“三位一体”的智慧医院，推进医院后勤服务社会化，全面提升后勤数字化、精细化管理，进一步推进医院节能降耗工作^[3]。2019 年，国务院发布了《关于加强三级公立医院绩效考核工作的意见》（国办发〔2019〕4 号），将医院能源消耗纳入到绩效考核当中^[4]。本研究将对广东省某三级公立医院能耗在线监测系统管理能耗数据进行探索，并对相关影响因素进行详细分析，以期为同类医院开展节能管理工作提供一定的借鉴。

1 背景与方法

1.1 系统构建

随着科技的发展，医院可以通过数字化管理，应用先进的信息技术和数字化手段，实现后勤管理的智能化和高效化^[3]。通过搭建后勤能耗在线监测系统，对能源设备进行远程监控，突破节能“瓶颈”，减少能源浪费，使资源最大利用化。能耗在线监测系统是用于医院建筑能耗监测的系统平台，包含对建筑用电、用水、用冷量、用热量、用气量等能源介质的计量，以及水压、温度、电流、电压等与设备运行相关的参数的采集和监控。平台建设统一的权限管理体系和统一数据标准，将包括用电监测、用水监测、能耗分析、设备监测、能耗报告、告警管理、设备管理、设备运维、信息管理、系统管理等在内的功能整合为一个平台，通过不同的用户身份登录即可实现不同的业

务需求^[5]。本次研究主要通过能耗监测系统收集 2019 年 1 月至 2022 年 12 月的能耗数据如用电量、用水量和天然气用量等。

1.2 统计学方法

采用 Excel 2010 进行数据采集并建立数据库，应用 SPSS 26.0 进行统计分析。使用均数、标准差、中位数和构成比等对基本信息进行统计描述；符合正态分布的计量资料采用 *t* 检验或方差分析，不符合正态分布的采用秩和检验进行组间比较。采用相关分析对影响能耗的不同因素进行相关分析，采用多元线性回归分析进行多因素分析。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 医院能耗现状分析

结果可见，医院主要消耗方式为电能、天然气和水，其中电能和天然气约占总体的 90%。2019 年 1 月至 2022 年 12 月单位综合能耗呈逐年下降趋势，从 382.7×10⁴ kgce 下降到 340.3×10⁴ kgce，平均增长速度为-2.24%，其中电能的下降速度较快，从 2019 年的 261.2×10⁴ kgce 下降到 228.7×10⁴ kgce，见表 1。随着总能耗的总体下降，相应的能源支出也随着下降，从 2019 年的 2 754.4 万元下降到 2 441.4 万元，年平均增长速度为-3.94%，见表 2。

表 1 医院能耗情况

项目	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
水/(×10 ⁴ kgce)	17.9	12.2	17.2	14.8
电/(×10 ⁴ kgce)	261.2	158.4	263.3	228.7
天然气/(×10 ⁴ kgce)	103.6	84.6	91.3	96.8
总能耗/(×10 ⁴ kgce)	382.7	255.2	371.8	340.3
总建筑面积/(×10 ⁴ m ²)	16.3	16.6	17.3	17.5
单位综合能耗/(×10 ⁴ kgce)	23.48	15.37	21.49	19.45

注：用水年平均增幅为-6.14%，用电年平均增幅为-4.33%，天然气年平均增幅为-2.24%，总能耗年平均增幅为-3.84%，总建筑面积年平均增幅为 2.40%，单位综合能耗年平均增幅为-6.09%。

表 2 医院能耗费用情况

项目	支出/万元				年平均增幅/%
	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	
水费	293.2	195.1	216.7	243.2	-6.04
电费	1 978.1	1 153.2	1 949.1	1 768.5	-3.66
天然气	483.1	336.2	406.7	429.7	-3.83
能源总费用	2 754.4	1 684.5	2 636.8	2 441.4	-3.94

2.2 医院能耗影响因素分析

2.2.1 简单相关分析 通过阅读相关文献和结合日常工作需求^[6-7]，筛选出对医院能耗产生影响的因素，本文收集 2019 年 1 月至 2022 年 12 月每月的能耗数据和影响因素指标见表 3，并对能耗和各变量之间进行相关分析。用电量与门诊人次、出院人次、手术人次、实际占用总床日、月平均高温均呈正相关关系（*P*<0.05），相关系数分别为

0.591、0.765、0.776 和 0.481，见表 4。天然气与急诊人次、出院人次、实际占用总床日、月平均低温均呈正相关关系（ $P<0.05$ ），相关系数分别为 0.572、0.619、0.415 和 0.605，与月平均高温呈负相关关系（ $P<0.05$ ），见表 5。

表 3 2019 年至 2022 年部分月份医院能耗数据及影响因素

时间	能耗数据		影响因素								
	电/($\times 10^4$ kgce)	天然气/($\times 10^4$ kgce)	门诊人次	急诊人次	出院人次	手术人次	实际占用总床日/d	实际开放床位数	CMI	月平均高温/℃	月平均低温/℃
2019 年 1 月	11.3	7.1	15.46	2.18	0.86	0.29	6.23	2 072	1.16	26	11
2019 年 2 月	9.2	5.4	15.19	2.06	0.60	0.17	4.45	2 072	1.10	24	10
2020 年 6 月	10.1	6.3	18.86	2.38	0.79	0.28	5.68	2 197	1.21	34	22
2021 年 7 月	12.4	8.8	21.24	2.12	0.93	0.34	6.96	2 244	1.22	35	22
2022 年 12 月	9.9	6.1	17.18	14.25	0.77	0.27	5.12	2 296	1.30	29	15

注：CME——病例组合指数。

表 4 48 个月用电量与各变量相关分析

变量	<i>r</i>	<i>P</i>
门诊人次	0.591	<0.001
急诊人次	0.471	0.673
出院人次	0.765	<0.001
手术人次	0.648	0.032
实际占用总床日	0.776	<0.001
实际开放床位数	0.583	0.501
CMI	0.544	0.491
月平均高温	0.481	0.012
月平均低温	0.544	0.491

表 5 48 个月天然气与各变量相关分析

变量	<i>r</i>	<i>P</i>
门诊人次	0.357	0.831
急诊人次	0.572	<0.001
出院人次	0.619	0.023
手术人次	0.188	0.197
实际占用总床日	0.415	0.001
实际开放床位数	0.418	0.109
CMI	0.125	0.814
月平均高温	-0.246	<0.001
月平均低温	0.605	<0.001

2.2.2 多元线性回归 将用电量作为应变量，门诊人次、急诊人次、出院人次、手术人次、实际占用总床日、实际开放床位、CMI、气温作为自变量，进行多元线性回归分析。出院人次、实际占用总床日和气温是影响用电量的因素，见表 6。将用天然气作为应变量，门诊人次、急诊人次、出院人次、手术人次、实际占用总床日、实际开放床位、CMI、气温作为自变量，进行多元线性回归分析。出院人次和手术人次是影响天然气的因素，见表 7。

表 6 用电量影响因素的多元线性回归分析

影响因素	回归系数	标准化回归系数	<i>t</i>	<i>P</i>	95%CI
出院人次	238.12	0.017	3.52	0.001	95.12~338.29
实际占用总床日	197.64	0.029	3.32	0.001	34.16~243.18
气温	84.64	0.037	5.14	0.001	19.63~117.84

表 7 天然气使用影响因素的多元线性回归分析

影响因素	回归系数	标准化回归系数	<i>t</i>	<i>P</i>	95%CI
出院人次	254.42	0.675	8.25	<0.001	124.63~284.21
手术人次	197.97	0.165	8.39	<0.001	176.95~218.01

3 讨论

医院在 2019 年引进能耗系统后，能够实时为管理人员提供能耗数据，管理人员通过数据分析和能源消耗的规律，找到能源消耗管理的重点部位。根据 2019 年至 2022 年的结果反馈来看，医院的能耗总量呈总体下降趋势，从 382.7×10^4 kgce 下降到 340.3×10^4 kgce，主要是由于受三年疫情影响，总体业务量较 2019 年有所下降，能耗也随之下降。天然气和用电量约占总能耗的 90%，提示天然气和电是能源消费的重要影响因素，提高天然气使用率，管控医院电能消费水平，是医院能耗管理的关键。

研究结果显示，用电量、天然气均与出院人次、手术人次呈正相关关系，与相关研究^[8-9]一致，随着医院业务量的提升，医院相关设备的使用量也相应地提高，净化系统主要应用于手术室，随着手术人次的增多，净化系统用电量也随之增加。用电量与天然气用量与气温均存在相关性，随着全球气温的上升，用电量和天然气量有明显

的季节周期特性,华南地区夏季炎热,住院部及门诊区域都需要通过空调降温来维持环境的就医舒适度,同时夏季降雨较多湿度高,手术室与重症医学科等需要控制一定的湿度,用电量也随之增加,冬季温度下降,需要一定的天然气进行供暖来维持环境的温和状态,导致天然气量大幅攀升^[10]。通过分析用电量和天气量的影响因素,医院通过更换智能电表和气表,将数据关联至能耗在线监测系统,能耗系统能够根据积累的能耗数据结合临床工作量、气温变化和业务用地面积等计算出各时段各区域的单位能耗指标,实地进行监测,并将相关的数据反馈给业务科室,对于异常数据可以早发现早处理,同时通过积累的数据建立时间序列模型预测数据,制订相关的阈值,当用电量或者天然气量达到一定的阈值时候就会预先报警,为调整节能措施提供一定的依据。

在医院节能工作中,如何利用能耗在线监测系统准确掌握能耗数据是医院节能工作中的关键。首先,做好能源类型和用途分析,查找重点用能区域的能耗异常点,比对不同区域的用能情况,做好前期计量点位和分级设计。第二,参照国家考核标准,将能耗数据转变为多种用能监控指标,可以有效引导临床科室能耗管理工作的调整。第三,温度湿度对中央空调、锅炉等调温系统的耗能情况影响较大,通过比对不同的天气状况,结合动力运营维护系统调整不同设备的参数^[11],同时合理淘汰老旧设备,引进新的智能节能设备,降低能源的消耗。

节能不仅需要技术的改造,还需要院内人员

的全体参与,做好节能宣传工作,提高节能意识。医院需要不断完善节能管理制度,下发至各科室,作为节能管理的措施,同时根据能耗监测系统制订节能调整方案,做好设备系统的运营维护管理,按时对相关的设备措施进行维护保护,使机组处于合理运行状态中,同时加强日常的巡视和检查,将问题扼杀于萌芽状态中^[12]。

参 考 文 献

- [1] 田思源,王金良,邓超,等. 某三甲医院建筑能耗影响因素分析及对策研究[J]. 医院管理论坛, 2023, 40(4): 83-87.
- [2] 李杏,赵亮,闫晓丽. 节能降耗推动降本增效: 现代医院能源管理创新探索[J]. 中国总会计师, 2022(2): 176-179.
- [3] 谭子豪,刘泽华,王凤予,等. 医院建筑病房科室能耗影响因素分析[J]. 建筑热能通风空调, 2021, 40(7): 82-84.
- [4] 赵韵文. 大型综合医院节能降耗的探讨与实践[J]. 中国医院建筑与装备, 2021, 22(7): 77-78.
- [5] 赵丽娜,刘勇,许壮莹. 基于能耗分析的医院节能管理与实践[J]. 能源研究与管理, 2021(1): 132-138.
- [6] 吴永仁,管德赛,韩伟,等. 医院能耗管理信息系统建设制约因素及完善对策[J]. 江苏卫生事业管理, 2020, 31(2): 221-223, 229.
- [7] 杨文博,张忠远,林锡德,等. 某三甲综合医院能耗分析及节能管理对策研究[J]. 医院管理论坛, 2019, 36(10): 20-22, 19.
- [8] 赵琨浩,武盼,李树勋,等. 医院发展期能耗分析及节能措施[J]. 建筑节能, 2019, 47(2): 32-35.
- [9] 魏泽元,杨杰,唐晓薇. 基于能耗监管平台的医院节能管理方法探讨[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(10): 173-177.
- [10] 王耀炜,李刚,冯彬,等. 医院能耗监管优化管理系统的设计和实现[J]. 中国数字医学, 2018, 13(6): 58-59, 63.
- [11] 何晓燕. 上海市市级医院建筑能耗评价指标及影响因素研究[J]. 上海节能, 2020(4): 319-323.
- [12] 李振全,雷亚平,马思聪,等. 苏州市三级甲等医院建筑能耗现状与影响因素分析[J]. 暖通空调, 2018, 48(4): 31-34.

(张咏 编辑)