

武汉市某医院节能潜力分析

李忱阳, 刘冬华

武汉科技大学城市建设学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年2月17日; 录用日期: 2024年3月8日; 发布日期: 2024年4月24日

摘要

通过对武汉市某三甲医院的能耗现状进行统计分析, 总结了该医院的能耗特点。利用模拟软件分析影响武汉地区医院建筑能耗的主要因素。研究结果表明, 该医院主要能源消耗为电力、天然气和市政热力; 在节能潜力方面, 降低照明功率密度、降低外墙传热系数和外窗传热系数均可有效降低电力消耗, 其中照明功率变化对能耗变化的影响最明显。最后提出了针对医院建筑现状的节能建议。

关键词

医院, 能耗分析, 节能潜力, 节能建议

Analysis of Energy-Saving Potential of a Hospital in Wuhan

Chenyang Li, Donghua Liu

School of Urban Construction, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Received: Feb. 17th, 2024; accepted: Mar. 8th, 2024; published: Apr. 24th, 2024

Abstract

Through the statistical analysis of the energy consumption status of a tertiary hospital in Wuhan, the energy consumption characteristics of the hospital are summarized. The simulation software was used to analyze the main factors affecting the energy consumption of hospital buildings in Wuhan. The results of the study show that the main energy consumption of the hospital is electricity, natural gas and municipal heat; in terms of energy-saving potential, reducing the power density of lighting, reducing the heat transfer coefficient of exterior walls and external windows can effectively reduce power consumption, and the change of lighting power has the most obvious impact on the change of energy consumption. Finally, some energy-saving suggestions are put forward for the current situation of hospital buildings.

Keywords

Hospital, Energy Consumption Analysis, Energy Saving Potential, Energy Saving Suggestions

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

建筑作为我国的能源消耗三大领域之一, 据统计, 我国每年有 95% 的新建建筑属于高能耗建筑, 2019 年我国建筑占地面积约 400 亿平方米中, 仅有 5% 达到了国家节能标准[1]。可见我国虽然在节能工作上做出了极大努力, 但任重而道远。随着我国人民群众生活水平的日益提高, 人们对医疗保健工作提出了更高更严格的要求。医疗建筑具有人员密集、医疗设备均耗电量且长时间使用、新型医院通常对室内环境有超高要求等特点, 作为一种特殊的公共建筑, 在保证其正常运行的前提下, 对医疗建筑的节能改造和节能技术的应用、降低医疗建筑的能耗及运行成本, 已经成为我国大中型医院可持续发展的重要课题。目前我国部分学者对各省市三甲医院进行了能耗研究与分析, 并提出了节能改造建议。刘朝阳等对武汉 12 家三级甲等医院进行了能耗情况的调查, 结果显示其单位建筑面积综合能耗分布在 23~65.5 kgce/(m²·a) 之间[2]。胡攀等对某医院的节能方案进行模拟, 提出了改造围护结构和照明系统、排风热回收、机房群控、增设计量设备和过渡季节新风免费供应等改造措施[3]。本文通过对武汉市某三甲医院的能耗调研, 从围护结构和照明密度方面分析了节能潜力并提出节能改造意见, 为同类建筑的节能改造工作提供参考。

2. 我国医疗建筑能耗现状及分析

2.1. 医疗建筑能耗情况

近年来, 随着我国医疗水平的不断提升, 医疗建筑也在随之发展, 同时, 医疗建筑的高耗能问题也逐渐引起了人们的注意。自上世纪起, 研究人员开始对医疗建筑的节能问题展开研究并取得了相应的成果, 为后续研究提供了宝贵的经验以及丰富的资料。

数据显示, 在众多类型的建筑中, 医疗建筑的能源消耗水平最高可以达到一般公共建筑的 2 倍, 而空调通风系统相关的能耗约占医院总能耗的 67% [4]。因此, 医疗建筑的节能改造工程势在必行。

2.2. 医疗建筑高能耗原因

2.2.1. 特殊用能特点

医疗建筑是集医务工作者和患者等人群于一体的一个复杂环境, 人员密集且流动性大[5]。且医疗设备和设施由于特殊的工作环境, 需要大量的电力供应, 如手术室、实验室等。这些设备使用频率高工作时长且耗电量大, 使整体能耗增加。

2.2.2. 国家政策方面

目前, 我国医疗建筑能耗监管和政策支持相对薄弱。缺乏相关的法律法规和标准, 以及缺乏监督机制, 使得医疗建筑节能减排工作没有得到足够的重视和推动。

2.2.3. 设计和建筑标准

一些老旧医疗建筑在设计和建设时缺乏节能意识, 没有采用先进的节能技术和材料, 缺乏相关政策

指导, 导致能源消耗较高。

2.2.4. 节能措施缺乏

首先, 我国的大型公共建筑能源监测平台在兴起阶段, 但应用依然不够广泛, 且由于是新兴技术, 平台运行也容易产生如计量系统、存储系统、监管终端等诸多问题。

2.2.5. 运营管理问题

不合理的运营管理也是能耗高的原因之一。一些医疗机构在能源管理方面缺乏科学规划和有效措施, 如不合理的用电、用水、用气等, 导致能源浪费。

其次, 在缺乏节能措施及激励政策的前提下, 群众的节能意识不高, 公共建筑的能耗管理效率地低下。

3. 项目概况

3.1. 工程概况

本文所研究的医院位于湖北省武汉市, 是一家大型的三级甲等公立医院, 由四个院区组成, 含编制床位 6000 张, 设 49 个临床和医技科室。主院区总建筑面积约 36 m², 建于 1950 年至 2013 年不等, 是以医疗、保健、门诊、行政等为主要使用功能的综合性建筑。

3.2. 能耗分析

课题组收集了该医院 2015~2019 年的能耗数据, 以及图纸、围护结构设计参数、供配电系统、空调系统等信息。根据调查结果将原始数据整理如表 1、表 2 所示。

Table 1. Statistics of hospital energy consumption results

表 1. 医院能耗结果统计

年度	耗电量(万 kWh)	耗气量(万 m ³)	耗水量(万 t)	折标准煤(tce)	折等效电(万 kWh)
2015	4485.51	390.35	173.70	10,253.96	7268.42
2016	4648.43	478.11	228.30	11,519.11	8057.65
2017	4498.30	366.90	258.65	9984.00	7114.50
2018	5183.37	470.01	255.95	12,078.42	8534.79
2019	5919.20	533.83	254.99	13,758.28	9725.66

注: 各能源折标准煤系数: 电力 0.1229 kgce/kW·h; 天然气 1.3300 kgce/m³; 热力 34.2 kgce/GJ。

根据表 1 可知, 除 2017 年外能耗有逐年增加趋势, 年均增长率约 1.2%。分析原因有: 设备能效的降低; 医院医疗业务量的增加; 医院新增用电设备等原因。

Table 2. Statistics of hospital energy consumption costs

表 2. 医院能耗费用结果统计

费用(万元)	2015	2016	2017	2018	2019
水	624.17	726.21	815.88	799.51	782.29
电	4085.88	3999.91	3765.17	4120.39	4178.80
气	1694.88	1889.87	1262.88	1607.88	1956.06
合计	6404.93	6615.99	5843.93	6527.78	6917.15

根据调研的医院 2015~2019 年能耗数据, 计算并绘制医院能耗占比, 见图 1。

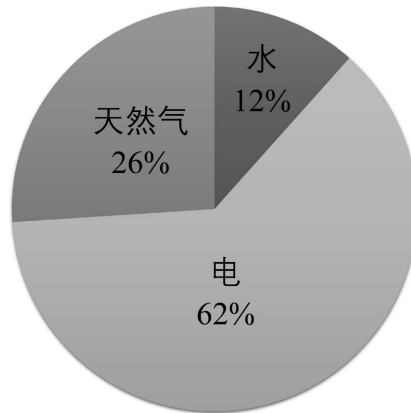


Figure 1. The proportion of hospital energy consumption
图 1. 医院能耗占比

根据调研医院所得的各用能系统消耗量可知, 空调通风系统相关的能耗约占医院电力能耗的 67%, 因此本文重点考虑医院空调、照明及围护结构的节能潜力。

4. 基准模型建立及模拟有效性验证

调研的医院中, 建筑 x (后文统称该建筑) 综合了医疗、住院等功能, 且各围护结构热工性能接近调研建筑的平均值, 因此选取建筑 x (见图 2) 作为基准模型。通过模拟软件对该建筑构建三维模型, 得出模拟数据并分析。

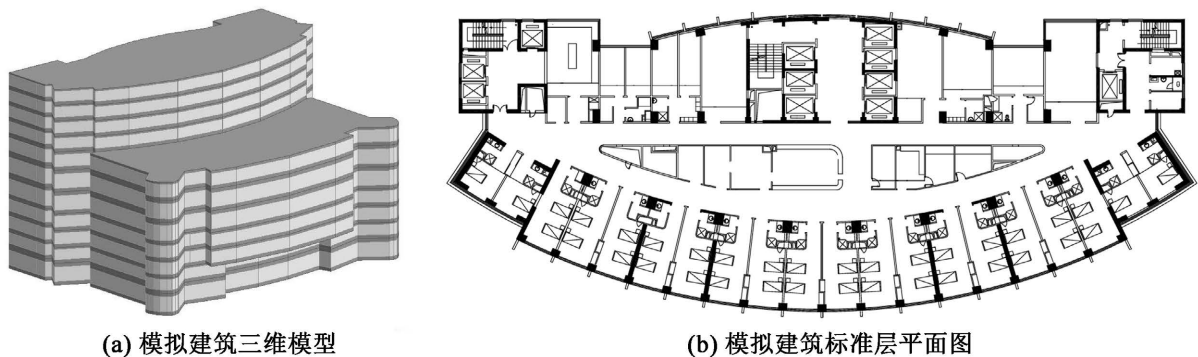


Figure 2. Simulated building
图 2. 模拟建筑

模拟采用武汉市典型年气象数据, 内外部结构均按照调研的实际参数设置。模拟该建筑的逐月能耗 (见图 3), 基准建筑全年模拟能耗为 $3094.094 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 实际能耗为 $3371.520 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 。相对误差 8.23%, 逐月能耗变化如图 3 所示, 误差范围在 0.30%~15.53%之间。

5. 节能潜力分析及建议

建筑的节能设计可以从建筑物围护结构的传热损失入手, 在建筑中, 可以通过提高建筑围护结构的保温性能来减少建筑的热损失, 从而降低建筑的能耗[6], 而在建筑围护结构中外墙的占比最高, 因此外

墙传热系数在传热过程中所造成的影响也是最大的。其次是外窗, 门窗的能耗约占建筑围护结构总耗能的一半左右[7], 因此外窗的传热系数也会很大程度影响建筑的能耗。还有一项占比较大的能耗来自于照明, 照明功率密度是一项用来评价照明节能的重要指标[8]。因此, 本文从围护结构中的外墙传热系数和外窗传热系数以及照明功率密度方面分析医院目前的能耗损失原因和改进措施, 以此来推断医院的节能潜力, 并针对其能源损耗提出节能建议。

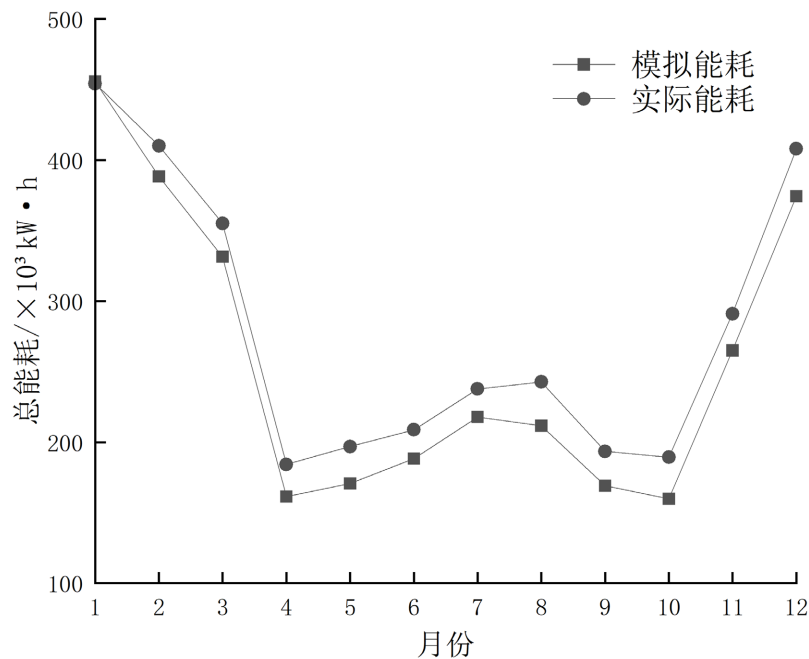


Figure 3. Simulated and actual monthly energy consumption

图3. 模拟与实际逐月能耗

5.1. 外墙传热系数

结合调研, 选取 4 种不同的外墙传热系数进行模拟, 得到外墙传热系数对能耗的影响如图 4 所示。可以看出总能耗随着外墙传热系数的增加而增加, 且这种影响在冬季更为明显。在夏季不同传热系数的影响差异并不明显, 说明武汉地区医院建筑冷负荷对外墙的传热系数的变化更敏感。当外墙传热系数由 $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 增加到 $1.91 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 时, 制热能耗由 $1404.78 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增加到 $1577.64 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长了 12.30%, 制冷能耗由 $4885.07 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增加至 $4951.83 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 仅增长了 1.37%, 远小于制热能耗的增加幅度。照明能耗并不随着外墙传热系数的改变而改变。总能耗由 $3094.94 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增加至 $3283.41 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长率 6.12%。因此, 适当降低外墙传热系数对制热能耗的降低效果明显, 对制冷能耗和照明能耗基本无影响。

5.2. 外窗传热系数

结合调研, 选取 4 种不同的外窗传热系数进行模拟, 结果如图 5 所示。总能耗随着外窗传热系数的增加而增加, 且冬季的变化明显大于夏季。如图 5 所示, 随着外窗传热系数由 $1.96 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 增加到 $3.84 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, 制热能耗由 $1404.78 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增加到 $1717.73 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长了 22.34%, 制冷能耗由 $4885.07 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 减少至 $4842.65 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 仅减少了 0.88%, 照明能耗不变。总能耗由 $3094.09 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增加至 $3403.80 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长率为 10.01%。

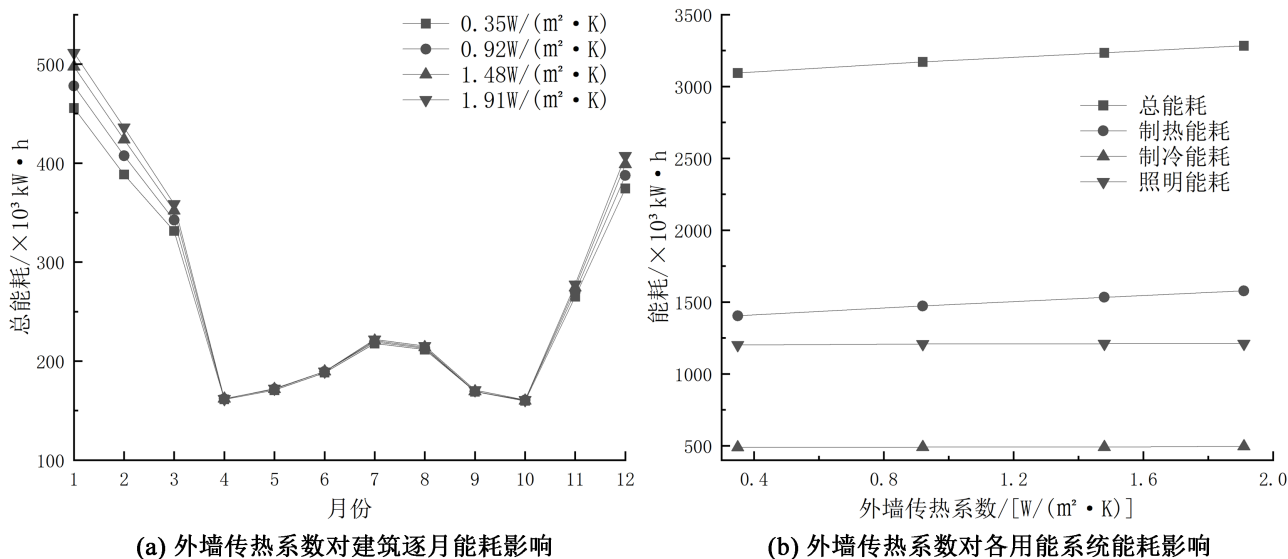


Figure 4. The impact of external wall heat transfer coefficient on building energy consumption

图 4. 外墙传热系数对建筑能耗影响

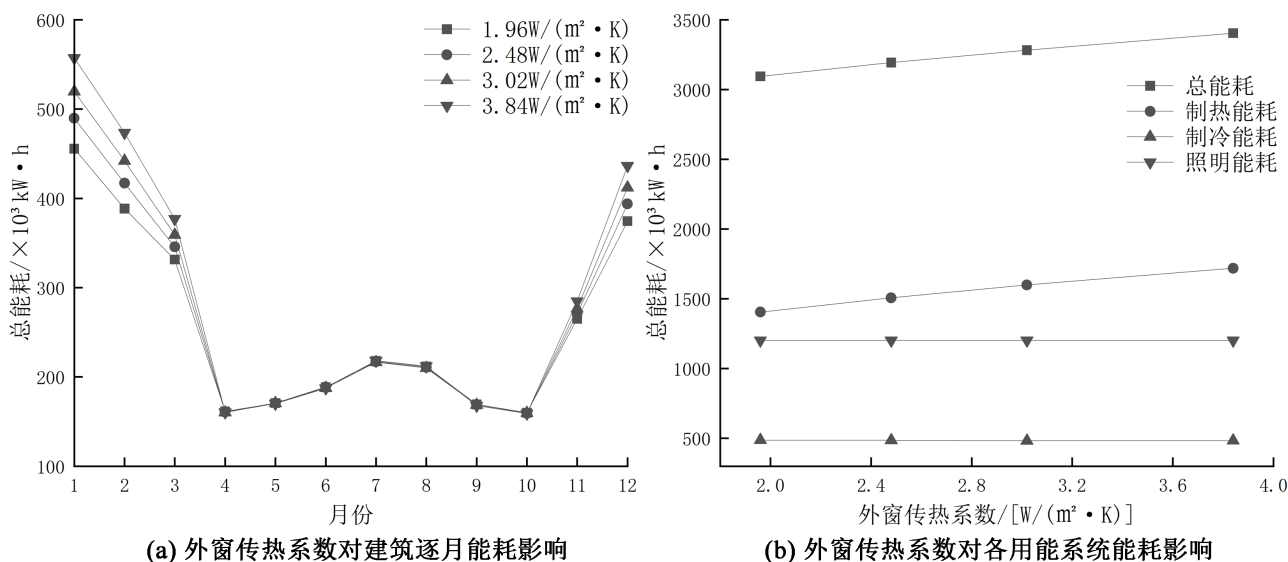


Figure 5. Impact of heat transfer coefficient of external windows on building energy consumption

图 5. 外窗传热系数对建筑能耗影响

5.3. 照明功率

在调研的医院建筑中, 照明功率密度普遍为 $6\sim 8 \text{ W}/\text{m}^2$, GB 50034-2013《建筑照明设计标准》[9]中规定病房照明功率密度目标值 $\leq 4.50 \text{ W}/\text{m}^2$, 因此结合现状及标准选取 4 种不同的照明功率密度进行模拟, 结果如图 6 所示。可以看出建筑能耗随着照明功率密度的增加而增加, 而随着照明功率密度的变化, 夏季总能耗的变化明显大于冬季, 这主要是因为较高的照明功率密度会释放更多的热量, 减少了冬季的制热需求, 而在夏季会增加更多的空调能耗, 增加了制冷需求。如图 6(b)所示, 当照明功率密度由 $4.50 \text{ W}/\text{m}^2$ 上升到 $6.00 \text{ W}/\text{m}^2$ 时, 制热能耗由 $1441.07 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 降至 $1404.78 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 降低了 2.58%, 制冷能耗由 $4843.79 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增长至 $4885.06 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长了 0.85%, 照明能耗由 $9006.03 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 增长至

$12,008.05 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增长了 25.00%, 建筑总能耗由 $2826.06 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 上升至 $3094.09 \times 10^3 \text{ kW}\cdot\text{h}$, 增加了 8.66%。总的来说, 建筑总能耗随着照明功率密度的增加而增加。

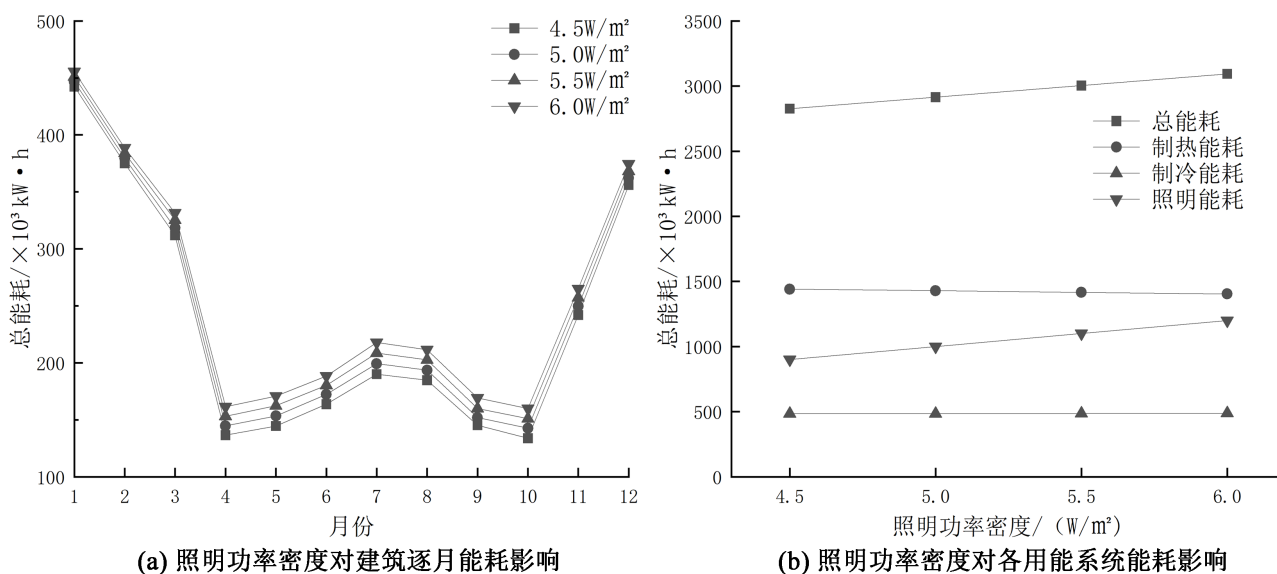


Figure 6. Impact of lighting power density on building energy consumption

图 6. 照明功率密度对建筑能耗影响

5.4. 节能建议

根据以上分析, 本文对武汉地区医院建筑提出以下节能建议。

1) 外墙和外窗传热系数的适当降低对降低医院制热能耗有显著影响, 因此可以通过优化建筑围护结构的保温措施来降低能耗, 加强医院外墙和屋顶的保温, 选择高效保温材料, 降低外墙传热系数, 减少能量流失[10]; 将单层玻璃更换为双层真空或双层中空玻璃窗, 降低外窗传热系数, 提升外窗保温性能, 以此减少能耗损失。

2) 采取措施来降低医院照明能耗和提高可持续性是非常重要和有效的。以下是一些建议: 使用 LED 灯具替代传统荧光灯或白炽灯可以显著减少能源消耗, 因为 LED 灯具具有更高的发光效率、更长的寿命和更低的能耗[11]; 在不需要连续照明的区域安装感应开关, 这样当无人到场时, 灯具会自动关闭, 避免造成不必要的能源浪费; 智能照明系统可以根据环境条件和实际需求自动调整光亮度 and 照明时间, 通过限制时间和强度来降低能源消耗; 定期检查和清洁灯具以确保其正常工作并保持最佳性能, 因为脏污的灯具会导致光线衰减, 使得相同照明强度的条件下所需求的能耗增加。通过采取这些措施, 我们可以降低建筑的照明能耗以及制冷能耗, 从而大大减少电力的消耗。

6. 结论

本文通过调研武汉地区某三甲医院能耗现状, 总结了其能耗种类、占比, 分析了外墙传热系数、外窗传热系数和照明功率密度对能耗的影响, 得出以下结论。

1) 调研建筑的能源消耗主要包括电力、天然气和市政热力, 其中电力消耗达到了总能耗的 62%。因此, 减少电耗是医院节能的重点, 即减少空调制热、制冷、通风和照明灯具的能耗。

2) 通过对调研医院的模拟分析可以总结概括武汉市其他医院建筑的节能潜力, 即照明功率密度对建筑能耗的影响最大, 其次为外墙传热系数以及外窗传热系数。由此提出相应的节能建议: 首先, 对室内

照明灯具进行改造, 如将传统荧光灯或白炽灯替换为 LED 灯; 安装感应开关; 使用智能照明系统等。其次, 建议医院在外墙加设保温层, 将普通单层玻璃窗更换为双层玻璃窗。通过选取良好的保温材料、对建筑设施进行节能设计, 可以有效地减少能源的需求和损失, 对医院的节能发展, 乃至能源的储存和环境的保护可以起到重要的作用。

3) 本文通过对医院能耗进行分析, 并提出节能建议, 旨在提高同类型建筑的节能效率, 减少能源损耗, 且调研及模拟数据可以作为其他同类型建筑能耗分析的参考依据。同时也希望通过医院节能措施的宣传, 来提高公众的节能意识, 主动响应节能号召, 群策群力, 为国家的节能减排项目做出贡献。

参考文献

- [1] 曹扬, 严志权, 陈子尧, 戴超, 严鹏飞, 郑心源. 建筑能耗现状及节能潜力[J]. 现代物业(中旬刊), 2017(5): 66-73.
- [2] 刘朝阳, 卢洲, 胡平放, 雷飞, 朱娜, 江章宁. 武汉市部分三甲医院建筑能耗分析[J]. 建筑节能, 2017, 45(9): 110-113+117.
- [3] 胡攀. 湖南省某医疗建筑能耗分析及节能改造[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2018.
- [4] 董家男, 杨谨瑞. 浅谈既有医院建筑集中空调系统节能难点及运行节能措施[J]. 中国医院建筑与装备, 2018, 19(8): 99-100.
- [5] 王珊. 我国大型医院床位发展成因与适宜模式研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京协和医学院, 2015.
- [6] 江向阳. 外墙传热系数对公共建筑能耗的影响分析[J]. 建筑热能通风空调, 2018, 37(7): 12-20.
- [7] 孙建平, 徐冬梅. 建筑节能窗技术进展[J]. 工业建筑, 2004(7): 97-98.
- [8] 任元会. 照明功率密度(LPD)限值及对照明节能的意义[J]. 电气工程应用, 2008(2): 38-41.
- [9] 赵建平, 汪猛, 袁颖, 等. GB 50034-2013. 建筑照明设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [10] 顾天舒, 谢连玉, 陈革. 建筑节能与墙体保温[J]. 工程力学, 2006(S2): 167-184.
- [11] 杨福志. 浅谈某医院 LED 照明灯具节能改造方法[J]. 河北企业, 2016(3): 129-130.