

上海医院建筑用能状况 分析与节能诊断

中国建筑科学研究院 路宾[☆] 曹勇 宋业辉 周辉 王虹 罗涛

摘要 从调查统计数据 and 实际测试结果出发,总结了上海医院类建筑的能耗现状及用能特点,并结合围护结构、供暖空调系统、照明系统和楼宇自控系统的实际测试结果,对医院建筑存在的问题进行节能诊断和分析,提出了医院建筑的主要节能策略和改造方法。

关键词 医院建筑 能耗分析 建筑节能

Analysis on energy consumption status and diagnosis of energy efficiency of hospital buildings in Shanghai

By Lu Bin[★], Cao Yong, Song Yehui, Zhou Hui, Wang Hong and Luo Tao

Abstract Based on the survey data and testing result of energy consumption and system operation, summarizes the energy consumption status and characteristics of hospital buildings in Shanghai. According to the testing results of envelope, heating and air conditioning system, lighting system, and building management system, diagnoses and analyses the problems existed in hospital buildings, and puts forward the main energy saving measures and reforming methods.

Keywords hospital building, energy consumption analysis, building energy efficiency

★ China Academy of Building Research, Beijing, China

①

0 引言

医院建筑能耗偏大是普遍存在的问题,有关资料表明,医院空调系统的年一次能耗一般是办公建筑的 1.6~2.0 倍^[1]。医院建筑能耗构成复杂、能源形式复杂。笔者所在单位应上海医院方的委托,对上海的医院能耗进行了测试与诊断,依据实际测试的相关数据和结果,本文对医院能耗特点进行了分析,并根据建筑热工、供暖空调及生活热水系统、照明系统和楼宇自控系统的测试结果,结合诊断分析,提出了上海医院类建筑相关的节能策略和措施。

1 上海医院建筑能耗分析

1.1 总能耗分析

上海医院建筑消耗的能源形式主要是电能、燃气(油)和水,对上海 4 个医院的能耗调查结果见表 1。从表 1 可以看出,医院的耗能主要集中在耗电和耗燃气(油)方面,占医院总能耗的 95% 左右,因此,节电和减少燃气(油)消耗是医院节能的重点。各医院能耗差异较大,单位建筑面积能耗费用为 105~148 元/(m²·a),单位建筑面积全年总耗电

表 1 上海医院耗能统计

	医院 1	医院 2	医院 3	医院 4
单位面积年耗电量/ (kWh/(m ² ·a))	107.2	109.1	76.0	98.9
单位面积年耗 燃气(油)量 (m ³ ·a)	13.5 m ³ / (m ² ·a)	8.2 m ³ / (m ² ·a)	0.006 4 t/ (m ² ·a)	16.2 m ³ / (m ² ·a)
单位面积年用水量/ (m ³ /(m ² ·a))	3.52	1.45	3.0	4.1
单位面积年能耗费 用/(元/(m ² ·a))	148	121	105	137

量为 76.0~109.1 kWh/(m²·a),电耗高的医院的用电量约为电耗低的医院的 1.5 倍。上述差异表明上海医院建筑存在着巨大的节能潜力。

1.2 分项电耗分析

医院的用电主要由空调和供暖系统用电,办公设备用电,照明用电,食堂用电,动力及大型医疗设备用电和其他用电 6 部分构成。以某一医院用电

①☆ 路宾,男,1965 年 5 月生,硕士研究生,研究员,副院长
100013 北京市北三环东路 30 号中国建筑科学研究院建筑
环境与节能研究院
(010) 64517384
E-mail: lubin229@vip.sina.com
收稿日期:2008-04-02

情况为例,根据用电设备的配备情况和设备运行记录,上海医院建筑的各用电设备系统耗电量的份额如图 1 所示。其中,空调与供暖系统所占比例最大,达到 54%;其次为办公系统、动力和医疗设备耗电,达 25%,因此,空调与供暖系统的节电也是医院类建筑节能的重点。

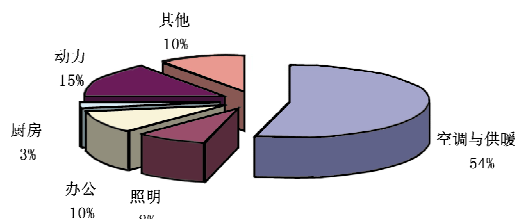


图 1 医院建筑用电构成

1.3 分项耗燃气(油)分析

医院燃气主要用于冬季供暖、常年生活热水和工艺以及厨房。以某一医院耗燃气情况为例,调查分析所得燃气消耗份额结果如图 2 所示。生活热水和工艺、冬季供暖所占比例最大,约为 96.40%;其中生活热水和工艺所消耗的燃气用量约为 54.80%,因此如何节约生活热水所消耗燃气用量,减少冬季用热负荷,提高运行效率是节省燃气量的主要途径。

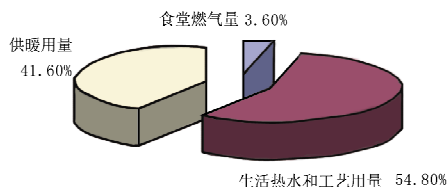


图 2 医院建筑燃气耗量构成

2 上海医院节能策略和手段

医院建筑节能涉及的环节和方面较多,问题较复杂。笔者分别从建筑热工、供暖空调及生活热水系统、照明系统和楼宇自控系统进行分析研究,以探讨医院节能的方式和方法。

2.1 建筑热工

上海某医院的门诊综合楼建筑面积约 6.4 万 m^2 ,采用大空间和玻璃幕墙,建筑的入口均设置了高大的门厅,过大的公共空间是能耗不合理增加的重要原因。如果按照《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)进行建筑设计,所建立的门诊综合楼计算模型如图 3 所示。门诊综合楼能耗模拟的计算结果见表 2,门诊急诊楼的逐月负荷分析

如图 4 所示。

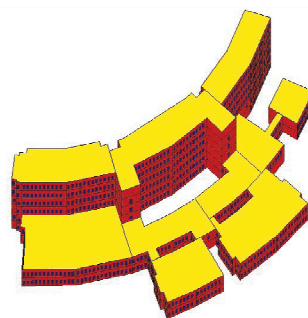


图 3 门诊综合楼计算模型简图

表 2 门诊综合楼能耗模拟的计算结果

计算取值依据	热指标/ (W/m^2)	供暖负荷/ (kWh/m^2)	冷指标/ (W/m^2)	供冷负荷/ (kWh/m^2)
按规范限值计算	38.07	11.36	58.90	105.95
按测试值计算	52.08	19.97	71.37	121.99
节能率/%	26.9	43.1	17.5	13.1

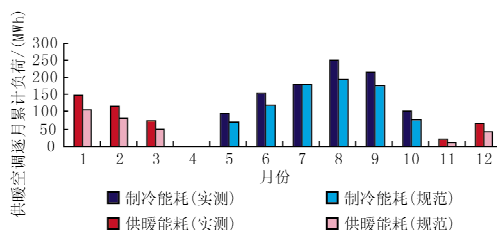


图 4 门诊急诊楼的逐月负荷分析图

通过上述分析可知,在保持原建筑设计参数不变的前提下,若该建筑外围护结构的传热系数值从现有值提高到规范规定值时,则该建筑的能耗将下降 10%~30%左右。由此可见,若能够按照现行节能设计规范进行设计,该建筑的能耗可以大幅下降,相应能源方面支出的费用也可大幅减少。因此,医院建筑设计不应盲目地追求外形的独特和视觉的冲击,应以医院的功能要求作为前提,综合考虑建筑节能。

2.2 供暖空调及生活热水系统

1) 冷水机组运行模式

对某医院往年的运行记录数据进行统计和计算,结果见表 3。其中 1#冷水机组铭牌制冷量为 1 800 kW;2#和 3#冷水机组铭牌制冷量为 3 200 kW。2#和 3#机组在低负荷的条件下,性能大幅度下降,应尽量使机组保持在 70%以上负荷率下运行,在低负荷的情况下应尽量多开 1#机组。根据统计计算结果,2#和 3#机组有 118 h 在低于 60%负荷率下运行,如果在这段时间用 1#机组替代 2#,3#机组运行,不但能满足大楼冷负荷的需要,而且能大大降低能耗。

表 3 上海某医院 3 台冷水机组运行统计

1# 机组			2# 机组			3# 机组		
负荷率/%	平均 COP	运行时间/h	负荷率/%	平均 COP	运行时间/h	负荷率/%	平均 COP	运行时间/h
<50	3.23	14	<50	3.50	2	<50	3.62	30
50~60	3.35	142	50~60	3.65	50	50~60	3.80	36
60~70	3.93	240	60~70	3.90	100	60~70	4.01	56
70~80	4.50	524	70~80	4.20	48	70~80	4.72	132
80~90	4.79	394	80~90	4.50	62	80~90	4.96	360
>90	4.99	692	>90	4.65	216	>90	5.02	960

2) 冷水机组出水温度设定

被测试医院整个夏季冷水机组出水设定温度都为 7℃,相关资料表明,当蒸发器供水温度提高 1℃,冷水机组的效率会相应提高,大约可节能 2%~3%^[2]。虽然室内相对湿度会略有提高,但基本不影响人的舒适感觉,同时可大大减小新风除湿负荷。因此,结合医院冷负荷模拟数据和实际运行

负荷情况,对冷水机组出水温度设定,可以提高冷水机组的效率,降低冷水机组的耗电。

3) 污垢热阻的处理

冷水机组的蒸发器,尤其是冷凝器的污垢热阻对机组的性能系数有较大的影响,笔者对上海某医院冷水机组的污垢热阻进行了测试和分析,结果见表 4。

表 4 离心式冷水机组的污垢热阻分析

	蒸发器			冷凝器		
	额定值	实际计算值	$(K_{\text{额定}} - K_{\text{实际}})/K_{\text{额定}}/\%$	额定值	实际计算值	$(K_{\text{额定}} - K_{\text{实际}})/K_{\text{额定}}/\%$
Q/kW	2 461.2	2 292.9		2 921.0	2 758.9	
$\Delta t_m/^\circ\text{C}$	4.97	4.72		5.1	6.8	
$K \times F/(\text{kW/K})$	495.2	485.8	1.9	572.8	405.1	29.2

从表 4 可以看出,蒸发器的传热系数下降了 1.9%,蒸发器结垢现象不明显;而冷凝器的传热系数下降了 29.2%。这说明冷水机组冷凝器侧易结垢,如果对冷凝器侧的污垢热阻进行清洗,该医院每年可以节电 123 420 kWh,节省费用 99 900 元。

4) 采用变流量控制

在测试中发现,绝大多数机组水泵的输送能效比大于节能设计规范要求,供回水的末端温差都小于设计值 5℃,平均只有 2.4℃左右,最小温差仅为 1℃。流量相应地较设计值偏大,即典型的大流量小温差现象。这主要是由于水泵设计选型偏大,末端负荷随室外环境温度变化时,系统未进行变频调节,使得系统的水流量远远大于设计温差所需流量。变流量控制主要是针对变负荷系统设计,因此系统负荷变化较大时,采用变流量控制节能效果比较明显。

5) 凝结水回收

在实际调查过程中发现,医院锅炉房送出的蒸汽经末端使用后,蒸汽与板式换热器换热后或者剩余蒸汽成为凝结水后直接被排走。经调查统计,凝结水温度约 60~90℃。考虑到凝结水量占全年耗

水量的比例并不大,而燃气的消耗很大,建议采用凝结水热回收装置,回收凝结水的凝结热,以减少燃气的消耗量。

6) 生活热水系统

在医院建筑中,全年需要供给病房、手术室、食堂等功能建筑生活热水,医院生产生活热水耗能较大,占医院能耗费用的 15%~20%左右。医院一般由同一热水锅炉房供暖和供应生产生活热水,锅炉效率较低。如利用太阳能资源或利用机房排风热量设立热泵式热水器进行补充,不仅布置灵活,而且可减少大量燃气(油)消耗。经计算静态投资回收年限在 3~4 a 左右。

7) 手术室运行方式控制

由于手术室对温湿度要求非常高,手术室是医院建筑耗能大户。在对某医院测试过程中发现,空气处理机组在加湿过程中耗电量较大,如 4# 机组在加湿过程耗功率为 9.7 kW,占总耗功率的 75%。6# 机组在加湿过程耗功率为 15.1 kW,占总耗功率的 52%。应对开启手术室和未开启手术室进行不同湿度控制,以便节能。

为保证能随时进行手术,医院手术中心的空调需 24 h 运行,这会造成很大的能耗。由于手术

中心空调自控系统具备风量调节手段,因此空调系统的运行工况应分为手术运行状态和值班运行状态。在等待手术期间,可以按值班工况运行,降低房间送排风量,这样既保证房间洁净度和手术中心各部分的压力梯度,保证手术室一直处于待用状态,又减小了风量和冷量,降低了风机和制冷机的功耗。

2.3 照明采光系统

就医院的室内照明水平来看,测试房间中大约有 64.7% 没有达到《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)相应要求。通过测试发现,诊室、化验室、手术室及护士站中多数未达到标准规定值;在某些测试场所,特别是一些通道等公共区域却存在着由于布灯过于密集(如图 5 所示)、过度照明的情况,其照明水平为国家标准相应规定值的 5~6 倍,从而造成了大量的能源浪费。



图 5 走廊区域布灯情况

2.4 楼宇自控系统

多数医院的楼宇自控系统没有发挥其应有的先进管理功能,应对系统重新进行完整的调试和试运行,使楼宇自控系统发挥其应有的作用。

楼宇自控系统节能监控功能不完善,尤其是冷、热源系统没有充分发挥出应有的控制功能,虽然水泵都加装了变频器,但仍全部运行在工频下,基本没有制定有效的节能运行策略,应该重点对其进行改造。空调机组和新风机组应增加节能控制程序。

温度传感器和压力传感器数据明显不合理,应对控制系统的所有传感器选型、安装位置、参数校准等进行检查,发现问题并进行整改,确保测量数值的准确性,然后运行自动控制程序,从而保证系统节能的可靠性和可行性。

2.5 行为节能措施

行为节能是指在工作环境中的人应具备节能

的意识,并通过自身的行为达到节能的目的。调查结果显示,医院开窗通风换气现象是比较普遍的,而且冬季和夏季开窗的比例都很高。新风量测试结果表明,除局部区域和局部房间外,室内新风量基本能够满足人体舒适性的要求。因此应尽量减少开窗通风换气现象。另外,在新风机组运行过程中,应在上班前 1 h 开启新风机组,这样可以使工作人员在进入室内时,感觉办公室空气新鲜,也可以减少开窗的次数。

在测试过程中还发现,有些房间的空调温度设置过低,而且有些房间下班后风机盘管没有关。应加强工作人员的行为节能意识。

3 结语

上海医院建筑能耗整体水平较高,各医院间差别较大,有较大节能潜力。医院建筑设计不应盲目地追求外形的独特和视觉的冲击,应以医院的功能要求作为前提,那种采用大面积玻璃幕墙、大面积透明屋面的做法,使窗墙面积比非常大,直接导致了制冷能耗的增加。合理科学地选择冷水机组的运行策略,运行参数要随负荷变化进行调整。应根据负荷情况选择冷水机组开启台数,根据不同的制冷阶段选择冷水机组的设置温度;注意冷水机组冷凝器侧的污垢热阻,应考虑按时对其进行清洗;对蒸汽供热的凝结水进行热回收;考虑用太阳能等其他方式进行生活热水的补充;注意和强化楼宇自控系统调试和验收过程,保证实际运行时可以按照楼宇自控的方式进行。加强工作人员和运行管理人员的节能意识,并通过自身的行为,达到节能的目的。

4 致谢

本次调查与测试工作得到了上海申康公司的领导和上海各医院院领导以及后勤保障处和物业部门的大力支持与协助,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 王江标,涂光备,光俊杰,等. 医院空调系统的节能措施[J]. 煤气与热力, 2006, 26(3): 69-72
- [2] 彦启森. 空气调节用制冷技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985
- [3] 中国建筑科学研究院, 中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005