

医院改造项目中空调系统节能技术的应用

朱竑锦

(上海建筑设计研究院有限公司, 上海 200041)

Energy Saving Technology of Air Conditioning System in Application Area of Hospital Renovation Project

ZHU Hongjin

(Institute of Shanghai Architectural Design & Research (Co.,Ltd.),Shanghai 200041,China)

ABSTRACT: With the development of society,the amount of daily visitors in general hospitals are increasing, at the same time,new medical technology is emerging,both from medical technology and patient demands proposed new requirements in line with hospital expansion. This article analyzes and discusses the application of air conditioning energy of saving technology in the hospital renovation and expansion project through two examples of HVAC design.

KEY WORDS: hospital renovation and expansion; multi-use four pipe heat pump; temperature and humidity independent control system

摘要: 随着社会的发展,综合医院的日就诊量逐步提高,而医疗新技术不断涌现,又从病患需求和医疗工艺方面对医院改扩建提出了新的要求。通过介绍两个暖通设计的实例,分析探讨空调节能技术在医院改扩建中的应用。

关键词: 医院改扩建; 多功能四管制热泵; 温湿度独立控制系统

0 引言

医疗技术通过多年的发展,取得了喜人的成绩,然而许多老牌综合医院建造时间早,占地面积有限,经过多年的运营,硬件设施逐步老化,医院引入新的医疗设备后,对相应的场地、配套的机电设备有了新的要求,因此老的综合医院改扩建成为当今医院建设的新挑战。通过几个上海地区医院改扩建中应用的节能技术与大家探讨。

1 改扩建中的几个关键点

医院各科室,对于房间的温湿度、空气洁净度、压差等均有不同的要求。这些不同的使用需求催生了多样化的空调系统来保证实现不同的功能。

医院引入新的医疗设备和工艺后,对相应的场地、配套的机电设备都有了新的要求,从而促进了机电系统设计的进步和相应技术的升级换代。

空调系统在医院运行中往往是用能大户,一般占医院能耗比约50%,甚至更高。降低空调系统的能耗,是节能改造的永恒的课题,也是空调设计的关键,因此要时刻了解和掌握行业新技术和产品的情况,加以正确使用,确保改造后系统能耗降低。

上海地区多数市区老牌三甲医院场地空间非常有限,实施改扩建,好比在螺蛳壳中做道场,必须充分做好现场的勘察工作,充分利用已有的平面和空间实现精确设计,发挥新系统的最大效果。

尽可能少影响甚至不影响医院正常运行,对此工期和进度至关重要,这就要求参与工程的各个方面充分协商高度统一。

2 改造案例

2.1 上海复旦大学附属华山医院综合楼手术部改造概况

改造区域位于医院综合楼的六至八层及八层上

方的设备层。六至八层为净化手术室(共23间手术室,其中2间百级其余万级)及其辅房。此区域原空调水系统为四管制,冷源由大楼冷水机组和蒸汽双效溴化锂机组提供,冬季热源及净化空调箱再热由锅炉提供蒸汽经汽水换热后提供,在当时这套系统是医院设计的常规系统,此系统已经运行十多年(2002年投入运行),设备已经老化,漏风严重,影响洁净手术部正常运行,医院决定进行改造。

2.2 洁净手术部负荷特殊性

手术室(非百级)夏季采用空调箱一次回风,使用低温的冷冻水通过换热盘管将空气进行降温除湿,然后为保证送风温湿度,再加热到送风状态点。冬季,手术室使用前,室内需要进行供热,在正常手术时随着室内热量的增加,空调系统又需要切换到供冷、供热同时存在的工况并配置加湿系统,因此洁净手术部一年四季处于制冷、再加热、制热的特殊状况。

2.3 改造方案

对整栋大楼空调系统进行改造将会严重影响大楼的使用,对于正常运营的医院是不能接受的,且手术部相对重要,经过反复协商后决定设置独立的洁净手术部空调系统并和大楼原有系统设置可切换的方案,这样既能使用新系统,又有原系统作为备用,提高了手术部系统运行的安全性。

暖通技术经过多年的发展,现今多功能四管制热泵即可通过热回收技术实现同时制冷和制热。其制热是热回收再利用,热源相当于免费供应,即仅消耗一份制冷的能量可得到同时冷、热两份能量的效果。

设计之初院方对采用多功能四管制风冷热泵提出几个问题:

1)风冷热泵的运行随着室外环境温度波动而波动,特别是冬季机组融霜时能否保证室内温度是一大疑问。

2)医院场地有限很难找出热泵机组及其配套水泵等的摆放位置。

3)手术部的负荷特点对于多功能四管制热泵机组的性能要求很高,需满足单独制冷、制热;同时制冷、制热;当冷热负荷不平衡时也能满足同时制冷和制热。

针对上述问题,我们进行了技术分析,对于夏热冬冷地区,冬季热负荷比夏季冷负荷小,选择主机时以冷负荷为标准,对应的机组热负荷会比计算热负荷大,机组容霜衰减修正后满足所需热负荷。且上海冬季室外空调计算温度 -2.2°C ,在机组合理室外温度运行范围内。

经多次实地考察,手术室八层设备层平台刚好能够放置风冷热泵机组,其配套水泵等通过对设备层布置改动实现。表1为这次改造的冷热源配置情况。

表1 大楼原冷热源系统与改造冷热源系统配置情况

Tab.1 The situation of the original cooling and heating source system and current cooling/heating system in the building

六至八层洁净室负荷		原系统		改造系统		备注
		冷水机组	双效溴化锂机组	多功能四管制风冷热泵		
夏季制冷	752kW	698kW 2台	1744kW 1台	制冷量425kW 制热量398kW 2台		多功能热泵应能满足:单独制冷、制热;同时制冷、制热;当冷热不平衡时也能满足同时制冷和制热
冬季制热/夏季再热	539kW	蒸汽锅炉蒸汽换热,蒸汽量0.3MPa, 920kg/h				

注:原系统手术部冷热源由大楼总的能源中心供应,手术部负荷约占总负荷的24%。

从设计图纸与实际竣工照片看出,设备放置“非常困难”,屋面放置好机组及水管后已“无从下脚”,只能在水管上架钢平台过人通道(如图1~图2所示)。

2.4 系统运行情况

独立的多功能四管制风冷热泵机组在手术部应

用的好坏还是得用数据“说话”。

系统自2014年10月投入使用至2016年3月的一年多时间,手术部运营正常,医生对手术部内湿度的感受反应良好。恰逢2016年1月24日至25日上海遇到罕见的寒潮,最低温度达到 -7°C ,随机选择调出两台手术部空调箱(一台 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 及一台 $4000\text{m}^3/\text{h}$)夏季(2015年8月)及冬季(2016年

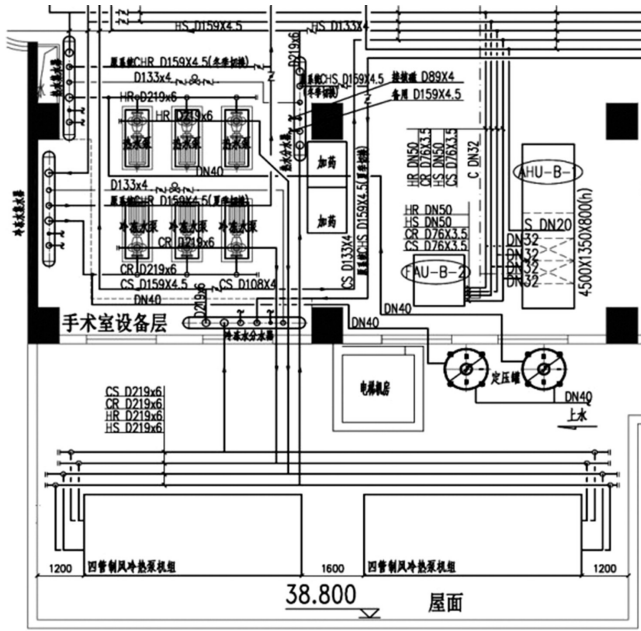


图1 冷热源布置图

Fig.1 Arrangement of cooling and heating course



图2 屋面平台多功能风冷热泵机组放置

Fig.2 Layout of multi-use four pipe heat pump unit on roof platform

1月)的数据对其进行分析探讨(如图3~图6所示)。

通过纪录的数据可以看到,在夏季(8月)手术室内温度维持在22~23℃的线性平均线上下波动,室内湿度在50%~60%范围波动,而观察风量20000m³/h的百级手术室时,可以发现夏季室内温度偶尔会波动至16~17℃,通过对医院运行管理人员及手术部医生的访问得知,手术部设备运行人员设置的基础温度为22℃,而实际手术过程中,医生可以通过手术室内的控制面板对室内温度人为进行调节,某些特殊手术是需要低温的(如心脏手术等)。因此并无医生反映温度有不正常情况发生。

冬季(1月)数据温度维持在21~22℃的线性

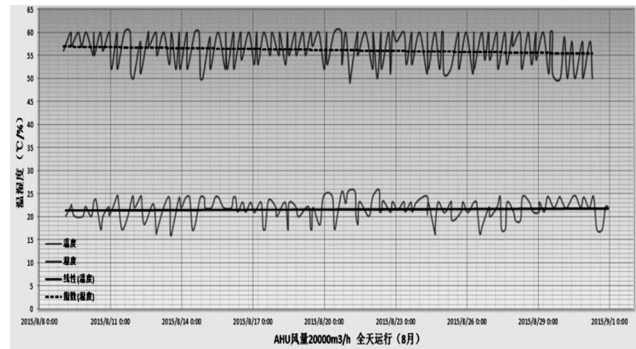


图3 风量20000m³/h空调箱8月全天运行记录

Fig.3 All day running records of the AHU on August of the air volume 20000m³/h

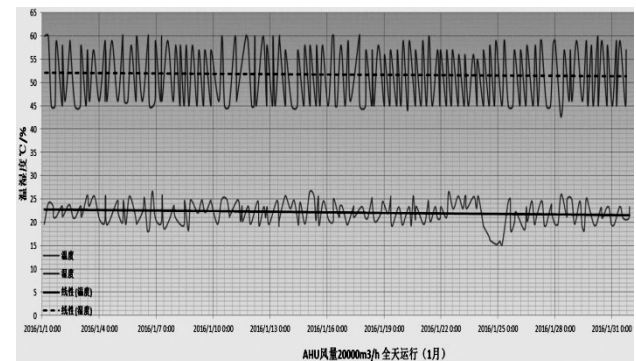


图4 风量20000m³/h空调箱1月全天运行记录

Fig.4 All day running records of the AHU on January of the air volume 20000m³/h

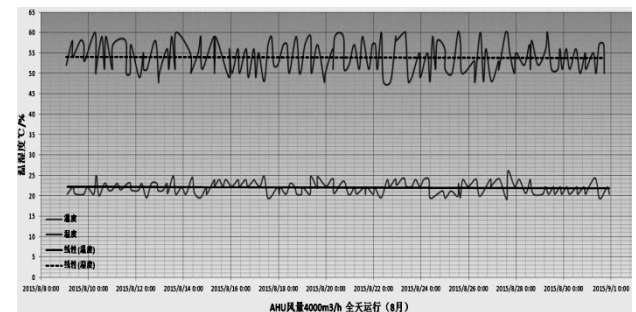


图5 风量4000m³/h空调箱8月全天运行记录

Fig.5 All day running records of the AHU on August of the air volume 4000m³/h

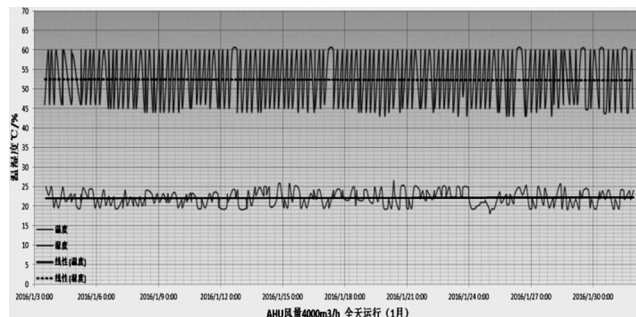


图6 风量4000m³/h空调箱1月全天运行记录

Fig.6 All day running records of the AHU on January of the air volume 4000m³/h

平均线上下波动,湿度在45%~60%范围波动,而在极端天气1月24日至25日室外温度-7℃时,热泵机组受到频繁融霜的影响,可明显看到4000m³/h空调箱的室内温度在18~21℃间波动,比平时运行温度偏低些,而20000m³/h空调箱的室内温度则在15~21℃之间波动,但是根据记录的数据,室内的低温(15~18℃)基本都是出现在凌晨,也就是机组夜间值班状态,通过对医院运行管理人员及手术部医生的访问,极端天气这两天白天手术室内无明显温度下降的感觉。

从机组的运行记录看出,多功能风冷热泵机组的运行相对可靠,基本都能保持室内的温湿度在合理范围,而室内极端的温度也都出现在非运行时的值班时段。

2.5 节能与经济性

多功能四管制风冷热泵,相对于原系统,控制方便,设备的运维管理更加简易,更重要的是对于原系统减少了蒸汽-水换热的环节,大大减少碳排放量。实现绿色改造的目的。经过初步的运行估算做出比较(见表2)。

表2 与原系统经济性对比

Tab.2 Comparison for the economical efficiency of the original system

能耗/ 经济参数	系统配置	冷水机组+ 溴化锂机组+蒸 汽锅炉(原系统)	多功能四 管制风冷热泵 系统
冷水机组年耗电量		746352kWh	1702944kWh
溴化锂制冷耗天然气量		63431.4m ³ /h	-
蒸汽锅炉年耗气量		333650.9m ³ /h	-
上海参考电价		1.07元/kWh	
上海参考天然气价		3.79元/m ³	
运行费用小计		230.35万元	182.2万元
年运行费用节省			21%
折合标准煤		596021.19kgce	209291.82kgce
年节约煤炭能源			64.9%

- 注:1.两个系统均按照全年24小时运行,平均60%负荷计算,其中仅溴化锂制冷机组按照夏季100天运行,平均60%负荷计算;
2.原系统的计算结果由手术部负荷占比整个系统24%计算得出;
3.由于两个系统每日运行时间相同,故参考电价不分峰、谷时段计价,计算结果对两系统对比无影响;
4.电量标准煤折算系数0.1229kgce/kWh;天然气(热值8900kJ/m³)标准煤折算系数1.27kgce/m³。

由表中运行数据统计和能耗计算对比可以看出,多功能四管制风冷热泵经过一年多的运行,能够满足医患对手术部的工艺要求,相对于原系统不仅节约了21%的运行成本,在减少煤炭能源方面更加突出,相对于原系统减少了64.9%的碳能源消耗。

3 扩建案例

3.1 工程概况

上海华山医院DSA(数字血管造影)扩建工程总建筑面积约450m²,共三层,一层为血管造影设备室、控制室及操作室,二、三层为DSA医疗辅助用房及空调设备平台。空调系统需满足一层DSA净化区域对空调工艺的需求及满足二、三层辅助用房间舒适性空调的需求。

3.2 设计思路

项目在方案时提出希望采用一些非传统暖通系统,来达到改善空气品质和节能的目的。经过多次讨论,比选出了溶液调湿温湿度独立控制系统的方案,项目设计时间为2009年,当时在医院几乎没有该系统的应用实例,也没有相关运行数据的支持,仅依靠理论的支持提出了这个方案,因此受到医院与专家的质疑,如初投资增加,能否带来可靠的工艺效果;除湿能力是否真的如理论般可靠;溶液除湿的“溶液”是否有害等。通过多次与专家和院方沟通,经过详细的负荷计算对比,方案才最终得以落实,本项目主要保障对象为一层DSA手术室洁净区域,因此主要以此块区域做分析比较。

由于溶液调湿系统经过深度除降温除湿的新风与回风混合减小了空调箱的制冷量,同时也解决了常规空调系统混风冷冻除湿后需要再热的问题,可避免常规系统中热湿联合处理带来的能耗损失;由溶液调湿系统处理湿负荷,这样可以采用取高温冷水的冷机,蒸发温度提高,冷机COP可提高,高温冷机承担复核减少,冷冻水流量随之减少,降低了水系统输配能耗(见表3)。

对于医院项目,能够满足空气品质较高的要求,可精确控制温湿度,避免出现室内湿度过高或

表3 常规空调系统与溶液调湿系统主机配置对比
Tab.3 Comparison of conventional air conditioning system and temperature and humidity independent control system

负荷与配置		常规空调系统 主机配置		溶液调湿空调系统 主机配置	
夏季 制冷	90kW	四管 制热泵	备注	高温两管 制热泵	备注
		新风机组 31kW		溶液调湿新风 机组 35kW	
冬季 制热	68.2kW	105kW 1台	空调箱 25kW 其余区域 48kW	87kW 1台	空调箱 4kW 其余区域 48kW

过低现象。常规系统难以同时满足温、湿度参数的

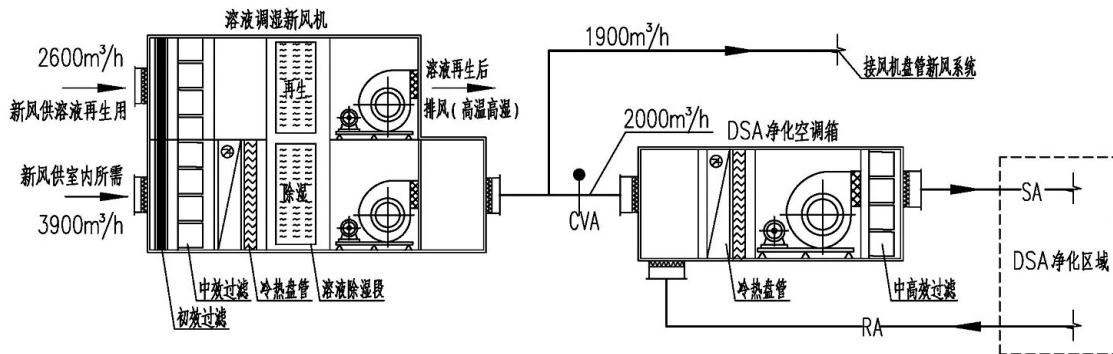


图7 溶液调湿空调系统示意

Fig.7 Schematic diagram of solution humidity control air conditioning system

水系统：采用高温风冷热泵机组，夏季供回水温为14/19℃、冬季供回水温为40/35℃。末端风机盘管实现干工况运行，解决了常规空调系统风机盘管集水盘容易积水，滋生细菌导致室内空气污染的问题。

一层大部分区域为净化区域，DSA室洁净度为十万级，其他区域洁净度为三十万级。净化区域采用低速风道全空气空调系统，末端采用亚高效过滤风口和高效过滤风口。其余办公、会议、医疗房间末端均采用干式风机盘管加独立新风系统。空调机房设置在三层，机房内放置高温风冷热泵、水泵、膨胀管罐、溶液调湿机组及净化空调箱（如图8所示）。

3.4 系统运行情况

项目于2010年投入使用，干式风机盘管加新风在办公等房间，夏季室内温度在25~26℃之间，湿度40%~55%之间，室内露点温度始终都低于冷冻

缺点得以解决，也可以满足不同房间热湿比不断变化的要求。室内显热可用高温冷源承担，空调末端可实现干工况运行，没有冷凝水产生，杜绝房间里的潮湿面。

3.3 系统简介

风系统：由溶液调湿新风机组处理新风后，一路为风机盘管加新风系统，送至医疗办公用房内承担室内潜热负荷，一路送入净化空调箱，与净化区域回风混合后处理至送风状态点，送入一层DSA净化区域，如图7所示。

水供回水温度，保持室内干工况状态，无结露产生。净化区域温湿度也能达到设计标准，温度22~

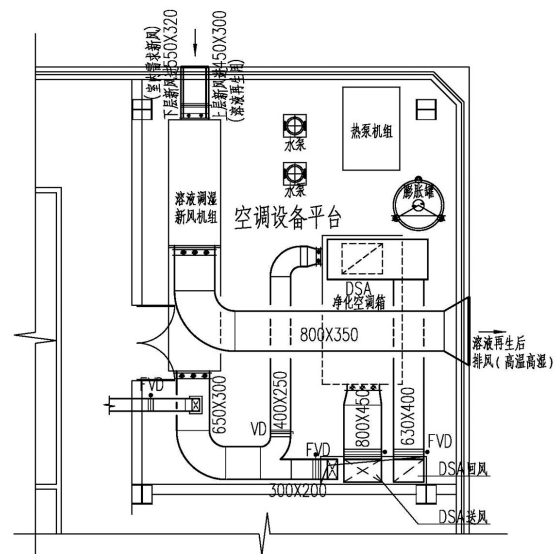


图8 溶液调湿机组布置图

Fig.8 Layout of solution humidity control air conditioning system

25℃, 湿度 35% ~ 60%, 净化区域运行也很稳定, 尘菌检测等各项参数指标也都达标。

机组记录图可以看出, 机组送风温度一般在 20~21℃ (如图 9 所示), 送风含湿量在 8~9g/g_{干空气} 之间 (如图 10 所示), 系统运行很稳定, 在送风温度与湿度的控制上“把握”得非常到位。说明溶液调湿系统能够满足房间舒适性功能要求, 同时该系统对于医院的工艺性要求也能够胜任。

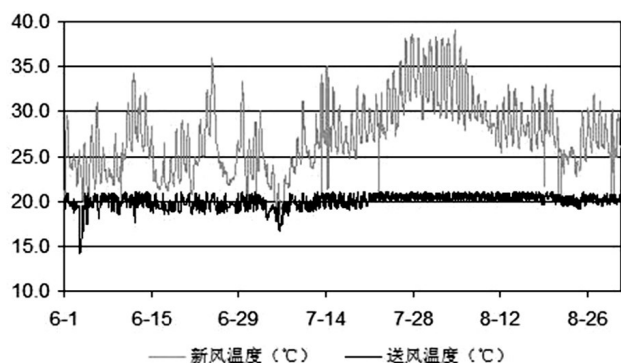


图9 6~8月机组新风、送风温度

Fig.9 The fresh air and the supply air temperature of unit from June to August

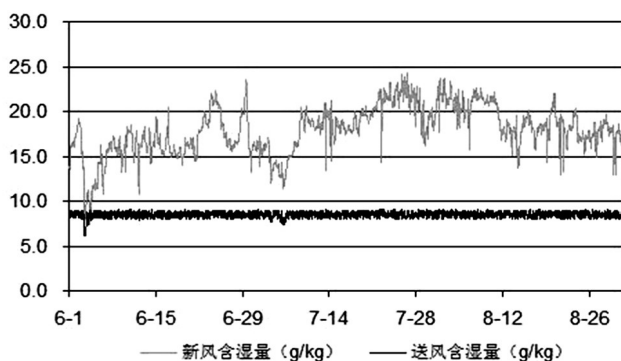


图10 6~8月机组新风、送风含湿量

Fig.10 The moisture content of the fresh air and the supply air of unit from June to August

3.5 节能与经济性

下表为常规系统与溶液调湿系统的设备投资成本比对, 溶液调湿新风机组相对于常规机组在初投资价格上并不占优势 (见表4), 需要由全年运行能耗对比来检验该系统投资是否可行 (见表5)。

能耗分析: 由于 DSA 手术室全年运行, 其夏季运行模式按 150d, 平均负荷按照 80% 计算, 冬季运行模式按 90d, 平均负荷按照 80% 计算, 其余天数为过渡季运行模式, 平均负荷按照 50% 计算, 平均

表4 两系统主要设备初投资比对
Tab.4 Initial investment comparison of two system starring devices

溶液调湿系统				常规系统			
设备	台数	电量 kW	单价 万元	设备	台数	电量 kW	单价 万元
风冷热泵 制冷量 87kW	1	26	10.5	风冷热泵 制冷量 105kW	1	38.5	18
冷冻水泵 15m ³ /h	2	3	1.8	冷冻水泵 18m ³ /h	2	4	2.1
溶液调湿新风 机组 4000m ³ /h	1	15	30	新风机组 4000m ³ /h	1	3	4
净化空调箱 (无加湿段、再 热段) 8000m ³ /h	1	3	6.9	净化空调箱 (电加湿、电再 热) 8000m ³ /h	1	22	8.5
总计			49.2	总计			32.6
初投资增加 万元							16.6

表5 全年运行能耗对比

Tab.5 Comparison of energy consumption in full operation situation

项目	溶液调湿系统			常规空调系统		
	夏季 能耗	冬季 能耗	过渡季 能耗	夏季 能耗	冬季 能耗	过渡季 能耗
耗电量 kWh	67680	40608	35250	91440	48384	47625
上海参考电价	1.07元/kWh					
运行费用 小计万元	7.24	4.34	3.77	9.78	5.18	5.1
总计		15.35			20.06	
节省运行费用	23.50%					

注: 由于两个系统每日运行时间相同, 故参考电价不分峰、谷时段计价, 计算结果对两系统比对无影响。

每天运行 12h; 上海市电价按 1.07 元/kWh 计算。空调系统经济性综合比较见表 4 和表 5, 采用温湿度独立控制空调系统, 初步估算每年可节约运行费用约 4.71 万元, 其运行费用约为常规空调系统的 76.5%, 考虑初投资增加 16.6 万元, 3.5a 即可收回初投资, 该系统在带来高品质空调环境的同时, 经济效益比较明显。

(下转第 89 页)

建了三个测试场景,考虑了多种设定温度和家居场景。结果表明,夏季家用空调负荷的特性与居民活动密切相关。经场景分析和计算,将空调由28℃降至26℃,调低2℃,居民日耗电量降低3.09%。表明夏季适量降低空调温度有利于节能。

灵敏度分析表明,设定温度 T_s 在26~28℃内既能响应国家温控要求,也使得空调耗电量随设定温度的调节反应较灵敏,适合作为夏季家用空调温控范围。

参考文献:

- [1] 贺永冰.节能减排评价方法在火电厂凝结水泵变频改造中的应用[J].中国电力,2010,19(7):27-29.
He Yongbing.Application of energy saving and emission reduction evaluation method in frequency conversion reconstruction of condensate pump in thermal power plant [J]. China electric power, 2010, 19(7): 27-29.
- [2] 周勇,朱彦鹏.黄土地区框架预应力锚杆支护结构设计参数的灵敏度分析[J].岩石力学与工程学报,2006,25

(S1): 3115~3122.

Zhou Yong,Zhu Yanpeng.Sensitivity analysis of design parameters of frame prestressed anchor support structure in loess area [J]. proceedings of the Chinese Academy of rock mechanics and engineering, 2006, 25(S1): 3115-3122.

- [3] 何荣誉.基于模糊PID的电热炉温度智能控制系统[D].湖南大学,2014.
- [4] 南宁市统计局.2010年南宁市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].2011[2014-05-22].<http://www.nanning.gov.cn/n722103/n722150/n722931/n723668/10169908.html>.
- [5] 魏一然,吴金顺,张伟捷.办公写字楼建筑空调系统能耗与环境负荷研究[J].建筑科学,2007,23(1):14-17.

收稿日期:2017-10-09

作者简介:

梁捷(1987-),男,广西南宁人,工学硕士,工程师,主要从事电能计量管理方面的工作;
黄柯颖(1993-),男,广西南宁人,大学本科,工程师,主要从事电能计量管理方面的工作。

(上接第79页)

4 结语

医院的建设是社会同病患的福音,随着时代的进步,已建成的医院同样要跟上步伐,合理改扩建使其能够更好地服务于社会,服务于病患。本文通过介绍暖通专业在医院改扩建中实际案例,从方案到其竣工后的运行数据,我们认识到,任何医院的改扩建必须根据实际情况因地制宜,尽可能地应用绿色、节能的技术使其在为广大病患提供更加优质服务的同时实现节能减排。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50333-2013.医院洁净手术部建筑技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 陆耀庆主编.实用供热空调设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 郭玫.温湿度独立控制系统在医用空调领域中的应用研究[J].中国医院建筑与装备,2011,7:76-82.

收稿日期:2017-10-14

作者简介:

朱竑锦(1986-),男,工程师,从事民用建筑暖通设计与研究工作。