

医院冷热源及其系统设计浅谈

同济大学 沈晋明[☆] 俞卫刚

摘要 分析了医院的用能特点及传统的集中冷热源存在的问题,认为只有改变医院传统的集中冷热源及其系统,以整栋建筑为目标综合平衡冷热量,才能有效节能,提出了适用于医院用能特点的冷热源和相应的技术措施。

关键词 医院建筑 用能特点 冷热源 冷热量平衡 节能措施

Discussion on cold and heat sources and their systems in hospital buildings

By Shen Jinming[★] and Yu Weigang

Abstract Analyses the feature of energy usage in hospital buildings and some problems with traditional central cold and heat sources. Suggests changing traditional central cold and heat sources and their system and balancing cooling and heating from whole hospital building for effective energy saving. Presents new concept for cold and heat sources and some energy conservation methods suited in hospital.

Keywords hospital building, energy usage feature, cold and heat source, cooling and heating balance, energy conservation method

★ Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

如今节能减排的重要性已是家喻户晓,成为我国长期的重要国策。医院建筑节能将成为下一个关注的热点,医院建筑节能的前提是保证医疗需求与控制院内感染^[1]。随着医疗技术进步、诊疗设备发展,医院建筑规模扩大,各科室环境的控制标准提高,在未来一段时间内,医院建筑能耗绝对值仍可能有所上升。如果单纯地降低能耗、提高能源使用效率是不可能有效解决医院节能问题的,必须从源头治起,找出不合理耗能的症结。即将颁布的《综合医院建筑技术规范》第 7.1.9 条明确规定:“医院冷热源选择应根据医院用能的特点、合理利用能源、提高能源利用率和节约能源。冷热源设备及其系统应考虑到不同科室环境控制要求、运行的特点和减少环境负荷,应具有可靠性、安全性、经济性和方便维护、管理”^[2]。这涉及到两个问题,一个是冷热源选择,另一个是系统配置。解决这两个问题的依据是医院的用能特点。

那么我国医院及其用能有什么特点呢?笔者在 2007 年对“十五”期间上海申康医院发展中心所辖 14 家市级三级甲等医院(16 个院区)近 5 年来

的新、改、扩建医疗建筑从设计、建造到运行管理的全过程进行了系统的调查统计、实地测试和分析诊断,运用医疗建筑综合评价体系对统计总体和主体医疗建筑进行了综合评价。国内医院的面积大、人数多(就诊人数、手术人数、看望陪同人员等)、人流路线混杂(主因是病患自我服务),是世界上无论哪个国家都难以比拟的,加大了医疗环境控制的难度。近年来医院建设由单体建筑组合群趋向于向大体量的综合楼发展,趋向于采用全空调环境、先进的医疗设备与设施系统。如将医疗环境控制分类,一类是量大面广的一般科室,如普通病房等,只需季节性舒适空调;另一类是数量相对较少的有无菌控制要求的关键科室(部),如手术室等,需全年空调,特别是湿度控制是保障无菌环境的关键因素。医院能耗中院内环境控制(空调、通风)与供热(热水、蒸汽)耗能占有最大份额。近年来空调能耗

①[☆] 沈晋明,男,1946 年 10 月生,博士,教授,博士生导师
200092 同济大学机械工程学院
(021) 65988388
E-mail: jinming_shen@163.com
收稿日期:2008-12-25
修回日期:2009-03-04

占总能耗的比例从 32% 提高到 39%，而热水能耗占总能耗比例提高得更多，从 15% 提高到 30%，有的医院不得不靠计费洗浴来控制热水消耗。热水耗量与医护人员感染控制和患者康复有着密切的关系。单纯抑制需求，不是医院节能之路。总而言之，两类不同控制要求的科室和日益增多的热水耗量，是医院用能的最显著特点。

1 传统冷热源与节能

1.1 传统冷热源配置与思路

目前医院传统冷热源及其配置与医院用能特点不符。医院传统冷热源大多为冷水机组(多为压缩式)与锅炉(多为蒸汽)组合，并由冷热源集中供给大楼中各功能空间所需的冷媒与热媒。这种集中式冷源、热源供给系统的媒介与温度是根据要求最高的空间的控制参数设定的，常常采用 7℃ 冷水冷媒和高压蒸汽热媒，对于要求较低的空间则可采用调质(如将蒸汽变为不同温度的热水)或调量(如改变冷水流量)等措施进行运行调节，使得医院建筑各功能空间得到有效的控制。这种传统冷热源及其配置理念其实来自于公共建筑。公共建筑各功能空间均为舒适性空调，差异不大，而医院却有

两类不同控制要求的科室。

医院传统集中热源的配置源自燃煤锅炉的概念。过去，在我国燃料结构中以燃煤为主，为提高燃烧和除尘效率，要求尽可能地使用大型锅炉。因为燃煤锅炉越大，其效率越高、节能效果越显著，产生的污染也就相对越小，也容易消除。而且蒸汽热值高、压力大、输送距离远，在院内设置庞大高压蒸汽供热网，用户侧就地安装汽水换热器成为传统设计。

多年来医院这种传统冷热源及其配置似乎行之有效，从来没有受到过挑战。

1.2 传统冷热源配置的弊病

在这次大规模调研中发现，这种传统冷热源及其配置正是医院节能的症结所在，庞大的集中供冷、供热系统限制了节能运行。在供冷系统运行中往往会出现如下一些问题：

1) 为了保证关键科室湿度控制要求，在空调供冷工况下必须始终供给 7℃ (甚至更低) 的冷水。过去为了保证关键科室温、湿度要求常常采用传统的一次回风再加热，如今为了节能又不得不采用二次回风。由于这些科室热湿比较小，使得空调机组所需控制的机器露点温度更低。

2) 空调期间随室外气温下降，为保证绝大多数一般科室的空调要求与节能需要，常常提高集中供给冷水的水温，客观上造成关键科室湿度超标。

3) 大型医院的关键科室(部)常常会处于空调内区，当全年空调水系统转为供热工况时，关键科室(部)或部分房间仍需供冷。即使完全关闭供热水系统，房间温度仍偏高。为此需采用四管制空调水系统，但不符合空调节能要求，现又不得不采用两管制系统。

4) 根据调查，大多数医院由于种种原因在供冷季节系统实际运行中，无法保证 7℃ 供水温度，关键科室温、湿度难以保证。尤其是采用溴化锂吸收式冷源的场合。

同样，在供热系统运行中也出现如下一些问题：

1) 医院常年供热的部门有的需要蒸汽、有的需要热水。负荷很大、对供热的要求不一，系统整合难度较大。这些部门位置分散、相隔较远，难以有效进行冷凝水热回收。

2) 供热系统需敷设庞大蒸汽管网，供热平衡性差，调节困难，对负荷扰动的反应滞后；使用灵活性较差，需要以较大的代价来满足个别部门的特殊要求，很多情况下甚至无法满足这些特殊要求。

3) 热媒输送过程中动力损失和热力损失较大，普遍存在滴、冒、漏现象，这部分能耗不容忽视。不但需要大量的初投资和维护费用，也给医院带来噪声、视觉和环境污染，不利于病人的生理和心理健康。

1.3 传统冷热源设计不适合现代医院

由于环保的要求，现代医院基本不再用燃煤锅炉，改为燃气、燃油锅炉，特别是燃气锅炉，其容量大小与燃烧效率和污染控制关系不太大，因此没有必要再采用集中锅炉或蒸汽供热网的传统设计。目前医院一次性物品种类与使用量大大增加，真正用于消毒的蒸汽量已很小，由于对消毒蒸汽品质的要求提高，往往就地产生蒸汽。而医院热水用量却日益增加，且供热点分散，完全可采用分散式供热系统。现代医院用能特点是供冷量、供热量大，冷热源供给介质主要是冷水和热水(水温不高)。用户侧分散且有两类不同控制要求、差异大。

由于医院建筑传统冷源、热源分置，一方面制冷机组产生非常可观的废热量，另一方面又使用大量

能源提供蒸汽。而且集中式供冷、供热系统对于两类不同控制要求的科室,难以提高系统能源利用效率。尽管人们千方百计提高制冷机组和锅炉的效率,并回收废热,取得了瞩目的成就,但是并没有解决医院能耗的根本问题。因此医院节能的关键应是冷热源的合理匹配、提高能源利用效率,而不是抑制需求,尤其不能降低环境控制质量,否则后患无穷。

目前医院设施系统的设计理念是院内各种功能科室(部)分别设计。以各种功能科室(部)特定空间为控制目标,由冷源、热源向控制目标输入适量的冷、热媒(如空气、冷热水、蒸汽等)来实现,同时也产生废热、废水、废气(见图 1)。冷媒主要供夏季医疗科室空调使用,热媒主要为蒸汽和热水,用于消毒、生活热水、医疗供热、冬季供暖和食堂炊饮等。在冷源供冷和热源产热的同时,消耗了电或气等能源,并相应产生废热(冷),以排风、冷凝水或生活污水的形式排放到外环境中。

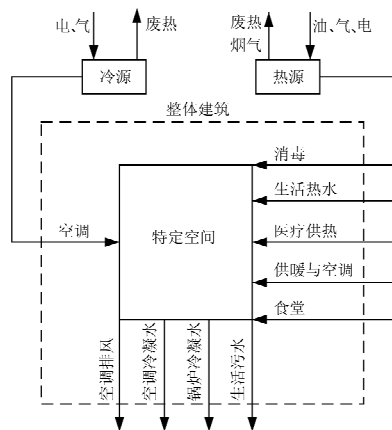


图 1 医院传统冷热源设计理念

传统节能的理念又是各个专业(建筑、动力、暖通、给排水等)从各自角度提出的节能措施,无法形成综合措施。即使采用最先进的技术、使用最高效的设备,再提高系统用能效率,最终降低的能耗、减少的废热排放还是有限的。这就是目前医院节能的症结。

2 传统冷热源思路的突破

如上所述要达到真正节能这一目的,必须治本,必须改变传统冷热源形式与设施系统的设计理念。如从可持续发展的定义出发,认为节能问题不是简单地提高效率,抑制需求,降低能耗,而是合理利用能量,降低的仅仅是不可再生能源消耗,同时将对环境的影响降低到最小。

2.1 改变传统冷热源配置

如何改变传统冷热源?设想有两股自来水,如果能源源不断地将一股水的热量移到另一股水去,则一股水变为冷水,另一股水则成为热水,供给整幢大楼^[3],同时成为整幢大楼的冷源、热源,所耗的电量仅仅是两股水之间的热能搬运能量,没有废热排出(见图 2)。由于这一装置将冷热源组合在一起,称之为冷热源一体机。这不再是传统的冷源、热源概念,不专门消耗能量,而是各自产生冷量或热量,所消耗的能量只是转移热能。冷热源一体机两端同时供热、供冷,实现四管制水系统十分方便。

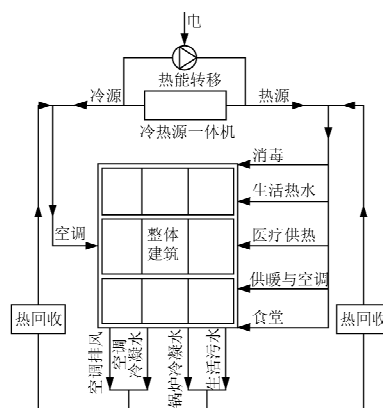


图 2 冷热源一体机设计理念

冷热源一体机不同于热泵,热泵有一个服务对象,当季节转换服务对象需求变化时,需要设置四通阀进行转换,但总是一侧向服务对象供热或供冷,另一侧向室外排出废热,而冷热源一体机没有四通转换阀,两侧同时为对象服务,没有废热排出。

冷热源一体机也不同于热回收机组,全年从两端同时制冷和供热,因为没有废热产生,也就不存在热回收。热回收机组与室外温度有关,冷热源一体机全年都能用。

类似冷热源一体机理念的产品已有不少。当然任何一项技术都有其优势,也有其制约条件。冷热源一体机的最大制约条件是两侧水温不可能很低或很高,或两侧水温差不能很大。如果一侧产生 7℃ 的冷水,另一侧产生 55℃ 的热水,正是它较为理想的运行范围,完全适合空调使用^[3]。冷热源一体机完全能满足空调需要产生 7℃ 的冷水,而且同时可提供大量 55℃ 的生活热水,完全消除了因烧锅炉所产生的大量烟气排放。

冷热源一体机的另一个制约条件是两端制冷量和供热量必须是匹配的。如果不平衡,不平衡一

端必须向外排热(冷)以保持两端平衡。因此冷热源一体机使用的关键是在综合考虑室内外环境的“最佳能量调节”的运行原则下,在任何不同运行工况下简便、高效、自动地保持两端的平衡。

2.2 改变传统冷热源设计理念

冷热源一体机完全改变了传统设计理念,将原先以特定空间为控制目标,转变成整幢大楼为控制目标。综合规划整幢大楼的能源(冷、热媒)供给,使之冷热量平衡(见图 2),减少废热(冷)排放,从而将不可再生能源消耗降到最低,这也许是今后冷热源设计的新理念。因此不仅仅要求从暖通空调专业自身的角度,而是从所有需热、需冷的各专业角度出发,计算向大楼各种功能科室(部)输入的总冷量与总热量,并设法夏天多用热(或减少用冷),冬季多用冷(或减少用热),创造条件均衡冷量与热量。

这种理念对医院建筑特别适合。现代医院建筑全年用水量大,即使在夏季也需消耗大量热水,是对这种理念的最大支撑。加大空调系统的热水用量也是一条途径,如推荐四管制空调系统和一次回风再加热处理方式。这对医院关键科室更为适宜,因为医疗科室热湿比小,关键科室往往处于内区,一次回风再加热处理方式不仅控制可靠而且提高机器露点,消耗多余的热水,并提升室内环境控制质量。这些措施原先被节能相关规范定义为耗能的措施,现在却因冷热源一体机成为节能减排的控制模式。

在冬季室内有供暖热负荷,同时有需供热水的场所,像中心供应室、餐厨等场所,冬季热负荷与夏季冷负荷相比往往要小,病房需用大量热水(如洗澡)是短时的,这时可以暂停供暖,利用建筑本体蓄热维持室内温度,用完热水后再恢复供暖,这样不仅节能而且提高了设备利用率,降低了造价,更关键的是降低了用热量。

除湿后再加热方式对沿海地区过渡季节空调也尤为重要。我国东南部过渡季节甚至初冬(因为湿度高,气温也偏高)的湿度控制一直是个大问题,利用冷热源一体机有助于采用一次回风再加热空调系统,加大冷水的耗量,提高室内控制质量。湿度控制必将是今后提高室内空气质量的关键。这样不仅充分利用了冷热能量,也减少了因两端不平衡而排放废热,既节能又环保,实现了医院建筑与

自然环境的和谐统一。

冷热源一体机是以整幢大楼保持冷热量平衡为目标,可实施综合考虑室内外环境的最佳能量调节策略。根据设计项目的具体情况,选择不同容量的冷热源一体机组合方式,或选择单冷冷水机组与冷热源一体机组合方式,或选择分散式热源与冷热源一体机组合方式等,进行调节。依据不同气候状态下不同冷热源的能源利用效率,实施最佳能量调节(也可实施供冷优先控制或供热优先控制),尽可能减少排放量,但不禁止任何场合下向室外排放废热。如在冬季,室外气温合适,冷热源一体机利用空气源供热仍是合算的,可以向外排冷,保持平衡。只有在严寒或供热量不足时,才采用分散式热源(如燃气小锅炉)作补充。

2.3 改变冷热源水系统设计

如上所述,必须改变全院集中供冷供热的传统模式,将有湿度控制的关键科室与一般科室分成两个系统。单独确保关键科室供给 7℃ 冷水(甚至更低),以便控制关键科室医疗环境,提高系统能源利用效率。在新建医院设计时就做好系统分区,在平面布局上将关键科室适当集中,与一般科室分离。再根据不同功能科室的室内环境控制参数,如温湿度控制要求、无菌水平、洁净度级别、换气次数等,以及运行时间,将系统合理分区。如关键科室较大或者较为独立,在设计时可为其设置独立系统或者配置独立小型冷热源(往往供过渡季节用)。在我国洁净手术部的长期实践中,证明独立冷热源对医疗环境控制、降低造价与运行能耗十分有效^[4]。对于一般科室,可根据不同气候条件采用分阶段调整冷水机组的设定温度,适当提高供水温度,一般情况下供水温度不超过 12℃。

但是对于既有医院建筑,采用系统分离的技术来改造原有系统花费的财力、物力、人力太大,花费时间太多。大多医院要么统一供给 7℃ 冷水,使能耗增大;要么不得不牺牲关键科室环境控制以维持系统原状。为了使既有医院关键科室原有空调机组能采用水温较高的供冷系统,又要保证其医疗环境控制,推荐使用新风预处理方法^[5],即采用湿度优先处理的机组^[6]或采用双冷源双盘管机组^[7]进行深度冷却除湿,将关键科室新风预处理到更低的露点,消除新风湿负荷,甚至承担室内湿负荷。如关键科室已设置供过渡季节用的独立冷源,新风机

组内也可设置两级水冷盘管,第一级是水冷盘管利用大系统的冷水,第二级来源于为关键科室设置的独立冷源。这一方案改造量最小,同样可达到较好效果。

在新建医院应大力推广分散式热水锅炉,特别是燃气热水锅炉,既然燃气有压力,能靠自身压力输送到医院任何科室,就没有必要集中设置大型热水锅炉,靠水泵将热水输送到用户侧。这种分散式供热系统可根据不同部门对供热的不同要求进行灵活设置,各系统相互独立,单个系统容量较小,启停及调节便利、及时,且不会对其他系统产生不利影响,还省却了大型热媒管网的敷设、热媒转换和维护费用及减少了由此带来的各种污染问题。可在用热负荷大的用户侧(如中心供应、住院病房、食堂等),甚至考虑以楼层为单位,设置一台或几台小型燃气热水锅炉(或大型燃气热水器)。在冬季系统热水用量不够时作辅助供热。

3 结语

综上所述,医院建筑冷热源以及系统设计必须符合医院用能特点。医院用能的最显著特点是日益增多的热水耗量和存在两类不同控制要求的科室。本文提出的节能新理念不是抑制需求,而是从源头治起,只有改变医院传统的冷热源,才能有效节能。必须改变以各种功能科室(部)特定空间为控制目标的传统设计,而是将整幢医院建筑作为控制目标,综合规划整幢大楼的能源(冷、热媒)供给,

使之能量平衡。从建筑实体着手减小建筑负荷,综合各环节的节能措施,全面、有机地统筹安排,采用高效末端装置或设备(如制冷空调设备),提高输送系统(风系统、水系统)的效率^[8]。最后采用各种热回收装置,对排放到环境中的废热(冷)进行回收,才能保证建筑物整体的能源利用效率最佳,将废热排放量减到最小。而所消耗的能量仅仅用于热量转移。这种冷热源及其系统的新理念将彻底改变医院建筑传统设计,大大提高医疗环境控制质量,减少院内感染,真正有效地降低医院能耗。

参考文献:

- [1] 沈晋明,马晓琼. 医院建筑特点与节能[J]. 暖通空调,2007,37(8):33-38
- [2] 沈晋明. 综合医院建筑污染控制思路与暖通空调系统——简介修订后《综合医院建筑技术规范》的特点[J]. 洁净与空调技术,2005(2):45-48
- [3] 罗伟涛,沈晋明. 医院节能与冷热源新技术[J]. 中国医院建筑与装备,2007(7):26-29
- [4] Shen Jinming. Controlled clean operating room area [G]//ASHRAE Trans,2004,110(2):776-780
- [5] 李芄,沈晋明. 新风预冷处理概念、系统与应用[J]. 暖通空调,2002,32(6):104-107
- [6] 沈晋明,聂一新. 洁净手术室控制新技术——湿度优先控制[J]. 洁净与空调技术,2007(3):17-20
- [7] 朱青青,沈晋明,陆文. 用于湿度优先控制的新型新风机组[J]. 制冷技术,2008(3):36-40
- [8] 马晓琼,沈晋明. 浅谈既有医院系统节能改造措施及其应用[J]. 暖通空调,2008,38(8):47-51

(上接第 46 页)

3 结语

在华北、东北、华中以及华南的十几家医院和数十间手术室的设计过程中,根据《手规》的要求及综合手术室使用者反馈的意见,不断探索和改进后,笔者总结以下几条经验和同行分享。

1) 洁净手术室新风系统的设计成败是手术室设计需要重点关注的方面,决不容忽视。

2) 在设计洁净手术室新风系统时应针对医院当地的气候条件、医院类别、管理使用要求等因素进行考量,寻找最佳解决方案,不能一刀切。

3) 洁净空调系统是洁净手术部洁净效果的保障系统之一,其洁净效果应由各专业共同保证;合理布置建筑平面及流程,进行人流、污物、洁净器具分区;洁净手术部要远离污染环境,尤其是手术室新风吸入口应设在大气含尘浓度低的区域,远离地面,远离锅炉房、垃圾站、污水站以及医院

放射科等产生有毒、有害、有强烈气味气体的地方;手术部的排风组织应有序,排风口的设置应避免短路现象。

4) 在进行洁净手术部空调设计时,应充分认识到房间相对湿度控制的重要性,加强夏季除湿和冬季加湿的控制,控制策略应采用相对湿度优于温度的控制方式。

参考文献:

- [1] 中国卫生经济学会医疗卫生建筑专业委员会. GB 50333 2002 医院洁净手术部建筑技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2002
- [2] 许钟麟. 空气洁净技术原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1983
- [3] 梅自力. 医院建筑空调设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1991
- [4] 于玺华. 现代空气微生物学[M]. 北京:人民军医出版社,2002
- [5] 胡吉士. 医院洁净空调设计与运行管理[M]. 北京:机械工业出版社,2004