

建筑物空调节能与建筑设计的研究

李百战 田胜元 束传浩

(城建系)

摘要 作者在参加制定“旅游旅馆设计节能标准”的工作中,对位于北京、上海、广州三城市的六座著名的旅馆(饭店、宾馆)进行了建筑热工特性研究和全年空调(采暖)能耗动态模拟。本文侧重分析建筑设计和热工特性(包括建筑方位、建筑平面、墙体构造、外窗面积及构造等建筑形态)对空调负荷及空调(采暖)能耗的影响。为了减少空调冷、热负荷及建筑能耗,作者对空调建筑物的建筑设计提出了几点看法和建议。

关键词 建筑节能,建筑设计,热工特性,空调能耗标准,空调负荷

前言

建筑是时代的记录。现代建筑是现代生活的标志之一。自从人类进入二十世纪,由于高层建筑的出现,使建筑设计和建筑设备进入了一个新时代。现代高层建筑标准高,功能完备,一般装有全年性舒适空调。在我国大陆,这类高层空调建筑开始于1979年,已有十年历史了。

本文将要讨论的空调建筑,主要是高层宾馆、饭店、办公楼、住宅或由上述几种用途构成的综合楼和建筑群。对这类建筑的使用功能总要求是:舒适、安静、卫生、安全。这类建筑造价高、耗电量大。每平方米建筑面积的造价在700~1150美元之间,约为普通住宅的4倍,其每平方米的电耗水平为普通住宅的30~50倍,单项工程基建投资总额相当可观,少者3000~4000万美元,多者上亿美元。这类建筑是我国民用建筑中已达到现代化水准的部分^[2]。

目前,这类空调建筑已成为城市民用能耗大户,尤其是因为这类建筑集中于大城市,增长速度快。(截止1986年建成的建筑总面积估计已达230万平方米,约占新建高层建筑的19%)。

美国、日本等发达国家在建筑节能领域已作了大量工作^[1],许多经验可供借鉴。但是,由于世界各国、各地区经济发展现状不同,能源供给及价格条件、居住形态、生活方式、环

境特性、气候条件、建筑材料及科技能力等因素互不相同，因此，各国、各地区对建筑节能的作法不尽相同。

我国大陆的调查统计表明：在空调建筑全年总能耗中，大约50~60%消耗在空调制冷系统。而在这部分空调能耗中，大约40~50%由外围结构传热所消耗，30~40%为处理新风所消耗，25~30%为空气，水输配所消耗^[2]。

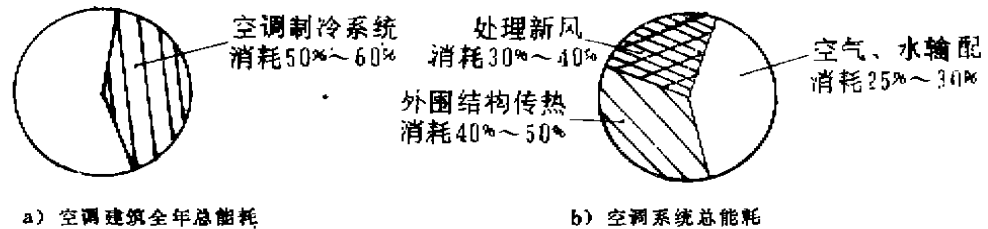


图 1 空调建筑物能耗分配图

1988年，作者参加了国家计委下达的制定“旅游旅馆设计节能标准”，负责对位于北京、上海、广州三城市的六座著名宾馆、饭店的全年空调（采暖）能耗进行动态模拟，重点分析高层空调建筑的热工特性对建筑能耗及建筑室内热环境的影响^[3]。下面将对这些分析结果进行归纳，并据此对空调建筑物的建筑设计提出若干建议。

1 最佳节能建筑形态

空调建筑的节能，技术上讲主要从下述三方面进行：一是减少建筑围护结构的冷、热负荷；二是提高空调设备的效率及改进运行管理方式；三是采用能量回收技术。

本节将重点讨论影响建筑围护结构冷、热负荷的因素。

1.1 建筑方位

图2是广州某宾馆主楼四种不同方位的平面图。该建筑主楼高126m，共38层，标准层空调面积690m²；外墙为250mm混凝土，大玻璃窗，单框、5mm吸热玻璃；窗、墙面积比为36%。图3、图4为建筑方位对空调能耗的影响。由图3可知，对于(1974年~1983年)

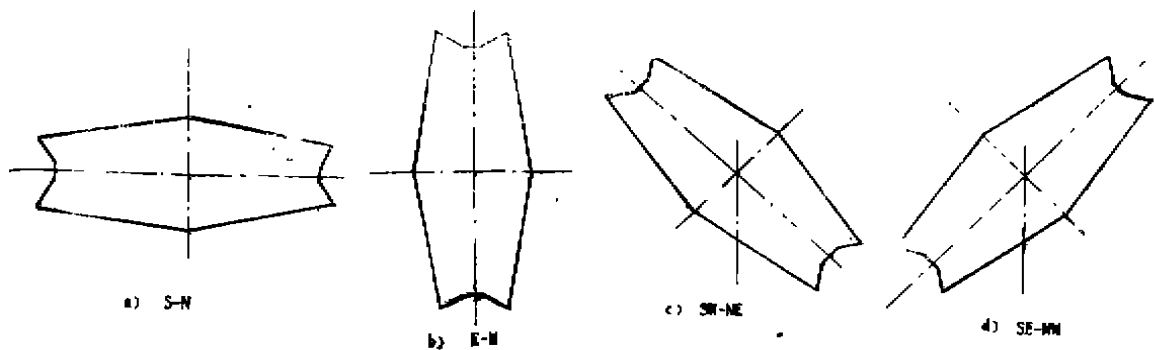


图 2 广州某宾馆主楼四种不同方位的标准层平面图

十年的七月和八月的空调能耗尽管历年数额不同，S-N（南-北）朝向的建筑最节能，而E-W（东-西）朝向的建筑能耗最大，比S-N朝向大5~8%。

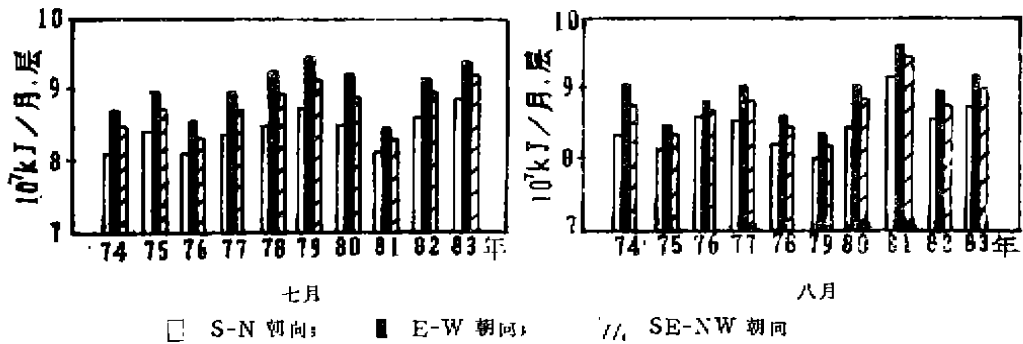


图3 建筑方位对夏季空调能耗的影响

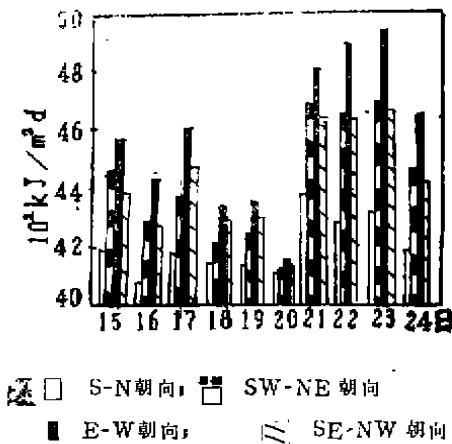


图4 建筑方位对夏季逐日空调能耗的影响

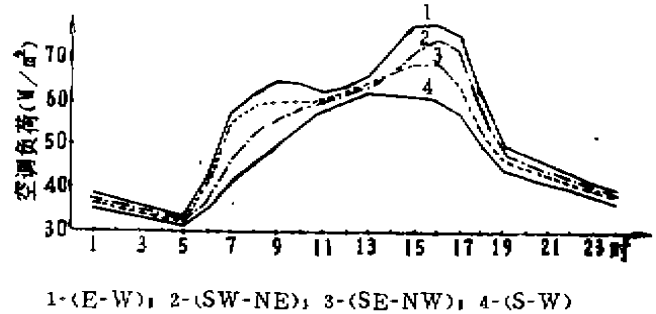


图5 建筑方位对逐时空调冷负荷的影响

图4表示四种不同方位建筑主楼标准层在1979年7月的逐日空调能耗。比较图3和图4，方位对逐日能耗的影响比逐月累计能耗的影响更大，7月23日，最不利朝向比S-N朝向约大15%。

方位不同，除了影响空调能耗外，它对空调冷、热负荷的影响更大。根据资料[4]，空调设计负荷可由动态负荷计算确定：

$$CL_{\text{设}} = m_{\text{动}} \{ \kappa_r \cdot \bar{CL}_r \}$$

式中： κ_r ——负荷比例系数 无因次

\bar{CL}_r ——动态负荷平均值 W/m^2

$CL_{\text{设}}$ ——设计冷负荷 W/m^2

由于建筑物朝向不同，不仅空调负荷平均值不同（显然接受太阳辐射最多的朝向，平均负荷也越大），而且逐时空调负荷波动的离散程度也有差异。因透过玻璃的太阳辐射受随机因素影响较大，故反映在负荷比例系数 κ_r 上是接受太阳辐射最多的朝向(E-W) κ_r 最大，因

而空调设计冷负荷 $CL_{\text{设}}$ 就更大了。空调设计冷负荷是确定设备装机容量的依据,一般说来,设计负荷越大,则需要设备容量也越大,从而投资费用和占地面积随之增加。

图5表示建筑方位对设计天逐时空调冷负荷的影响。对S-N朝向,该建筑主楼标准层空调冷负荷为 $62\text{W}/\text{m}^2$,而E-W朝向冷负荷达到 $78\text{W}/\text{m}^2$,比S-N朝向大26%,即使是SE-NW(东南-西北)或SW-NE(东西-南北)朝向,也分别比S-N朝向大19.9%和10.7%。

表1中数字为其它方位建筑空调能耗及冷负荷比S-N朝向增大的百分数,由此看出建筑朝向对空调设备大小及空调能耗的影响不可忽视。合理地选择建筑方位,在建筑设计中是很重要的,它可以节能,同时可以减少设备投资和设备占地。

表1 建筑方位与空调能耗及冷负荷关系

项 目	建 筑 方 位		
	SW-NE	SE-NW	E-W
设备装机容量	10.7	19.9	25.9
标准层日累计能耗	4.9	7.3	9.7
标准层七月份空调能耗	3.1	4.9	6.1

注:表中数字为(与S-N朝向比较)增大值%

1.2 建筑平面

七十年代末和八十年代初,我国高层建筑的形式比较简单,平面形状大多如图6中矩形、方形、多边形或圆形。近几年来高层建筑朝复杂体型发展。平面形状有图6所示Y形,(或称为星形),椭圆形,双菱形,S形, Δ 形等,以及由一些简单几何形状组合而成的复杂形状^[5]。

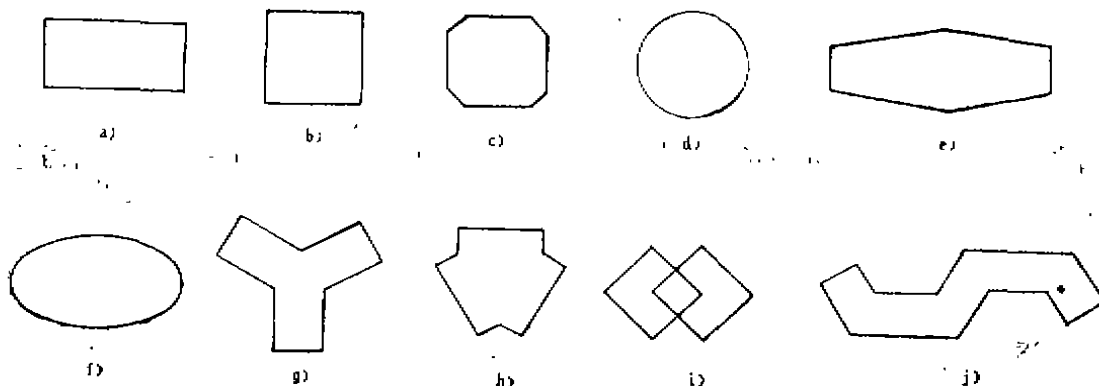


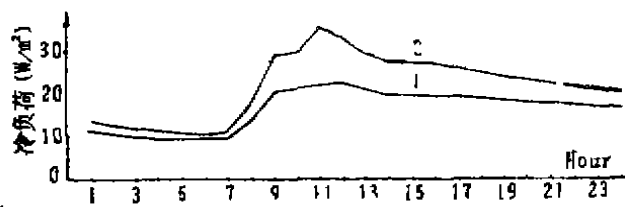
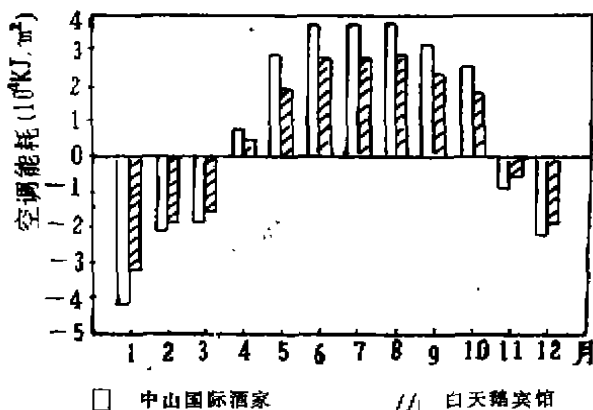
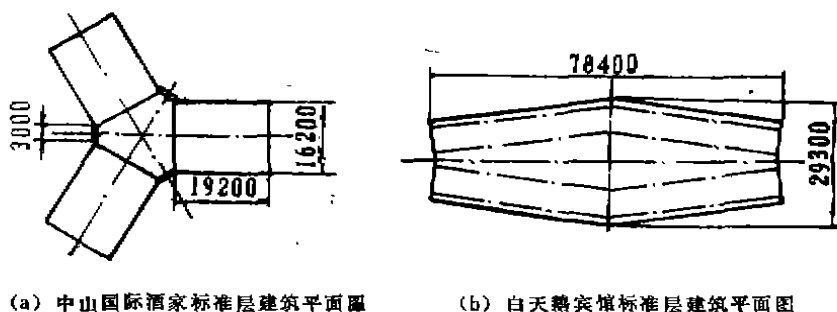
图6 几种常见建筑平面形状

图7(a)是广州中山国际酒家的标准层建筑平面图,主楼高74m,20层。标准层空调面积 740m^2 ,外墙为180mm砖墙,铝框单层玻璃窗(6mm吸热玻璃),窗、墙面积比为30%。

图7(b)是广州白天鹅宾馆的标准层建筑平面图。宾馆主楼97m,21层标准层空调面积 850m^2 ,外墙为180mm砖墙,铝框双层玻璃拉门,窗、墙面积比为30%。

两建筑功能及外围结构基本接近。但平面布置差别大,广州白天鹅宾馆呈橄榄型平面,S-N朝向,而中山国际酒家平面呈星形,外露面积大,夏天外窗透过日射负荷大,冬天外围结构热损失大。经过对两建筑全年空调能耗动态模拟发现,中山国际酒家夏季单位面积空调能耗比白天鹅宾馆大35%,冬季采暖能耗大24%。如图7(c)所示。更进一步的研究发现:

中山国际酒家空调冷负荷比白天鹅宾馆大38.5%，采暖热负荷大35.3%，见图7(d)所示。由于中山国际酒家单位空调面积的设备安装容量需比白天鹅宾馆大30%左右，基建费用和设
备占地也需相应增加。



(c) 不同建筑平面空调能耗分析
(d) 不同建筑平面设计天空调冷负荷对照图
1-白天鹅宾馆 2-中山国际酒家
图 7 广州地区建筑平面对空调能耗和冷负荷的影响 (不计室内负荷)

1.3 外窗构造

为了分析外窗构造对建筑空调(采暖)能耗的影响,以上海新苑饭店为计算对象,该建筑外墙为240mm砖墙(热阻 $R=0.604\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$),铝框单层玻璃(6mm吸热玻璃),窗、墙面积比为31%。

1.3.1 单层窗与双层窗比较

由于单层窗热阻较小($R_0=0.211\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$),在冬季通过窗的热损失在总的热损失中占的比例较大,改为双层玻璃后,传热热阻增加近一倍,($R=0.415\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$),隔热性能改进很大,节能效果明显。如图8所示,在最冷月,双层玻璃较单层玻璃可减少采暖负荷达30%,特别是双层玻璃,可使渗透风热损失大为减少。因此,建议在我国北方采暖地区宜采用双层窗代替单层窗,以减少采暖热负荷,节省采暖费用。

但是,在夏季,空调负荷主要是由透过窗玻璃的日射得热引起的,而双层玻璃对透过日射的阻拦作用比单层窗改进不大,因此,节能效果不明显。

1.3.2 不同窗墙面积比对照比较

如果将窗面积增大,在夏季,通过窗的传热和透过窗的日射都将增大空调负荷,如图8(b)所示。当窗、墙面积比由31%提高到35%时,最热日空调能耗将增加10%以上。另

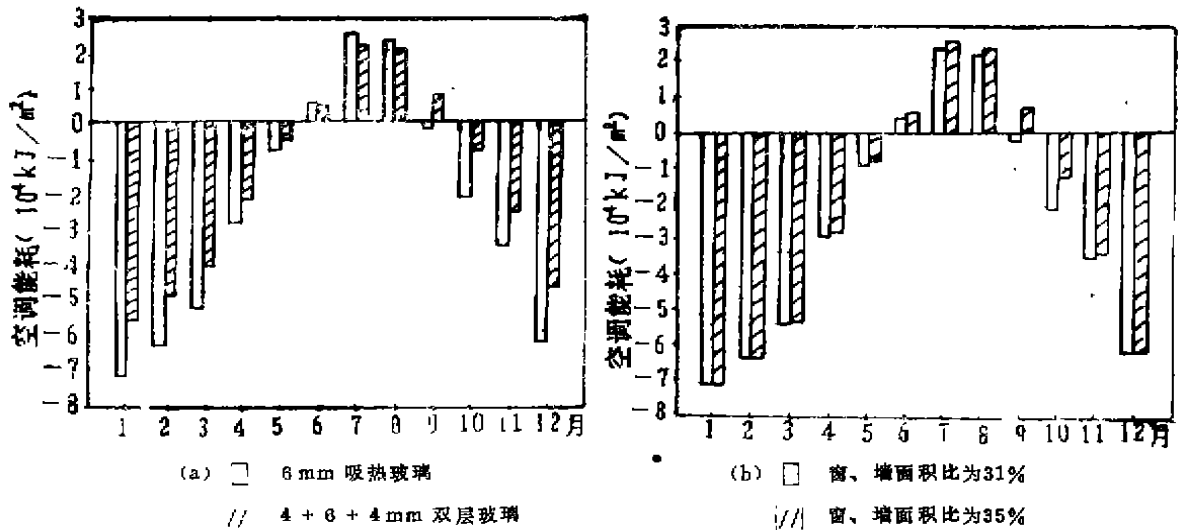


图 8 建筑外窗构造对能耗的影响 (不计室内负荷)

一方面,在冬季,通过窗的传热热损失可由透过窗玻璃的日射得热而加以补偿,尤其是南向窗,一般净得热总是大于零。对上海新苑饭店的计算分析表明:当窗墙面积由31%增加到35%时,冬季采暖能耗基本保持不变。

1.4 墙体热阻

对一般旅馆建筑,单靠增加墙体热阻来减少空调能耗收效不大。不过,增加墙体热阻对降低采暖能耗却有较好的效果。

如北京昆仑饭店,当外墙保温层岩棉厚度由设计的50mm增加到60mm时,空调能耗降低不到1%,但采暖能耗可减少5%。

因此,对南方空调为主的建筑,只要墙体热阻满足设计规范的要求就行了,过份提高墙体热阻对空调整能意义不大。但对采暖建筑,提高墙体热阻具有可观的经济效益。尤其在寒冷地区,经济效益将会更加明显。

2 对空调建筑物热工特性的要求

建筑热工特性研究是建筑节能和改善建筑气候条件的必然途径。影响建筑热工特性的因素除了前述四种外,还有建筑环境条件,建筑层数,立面装饰、窗的遮阳形态,房间高度及进深等因素。

对诸因素的全面分析表明,影响空调建筑物能耗的主要热工因素是建筑方位、建筑平面、窗的构造及窗面积的大小。为此,作者建议:

- 1) 在地理条件允许的情况下,建筑方位优先选取S-N朝向,尽可能避免E-W朝向,如不能做到,则尽可能在E-W朝向减少外窗面积。
- 2) 建筑平面布置应尽可能减少建筑外围面积,尤其对寒冷地区的采暖建筑,应尽量缩小周边区,以减少热损失。
- 3) 对温热地区的空调建筑,缩小窗面积对节能和减少空调设备装机容量有明显效果。

而对寒冷地区以采暖为主的建筑，改单层窗为双层窗，提高窗的传热热阻，比缩小窗面积效果更好。

4) 提高墙体热阻对降低建筑采暖能耗有一定作用，但对空调节能作用不大。因此，在温热地区，对空调建筑要求过高的墙体热阻经济效益不大。

5) 渗透风对冷、热负荷影响很大，建筑设计中应加强门、窗的密封性能。

6) 由于顶层房间通过屋面传热量大，因此，一般不宜作为空调房间使用，否则应有良好的隔热措施。

本研究得到国家自然科学基金和国家计委节能局的财政支助，并得到“旅游旅馆设计节能标准”课题组、建研院空调所、北京市建筑设计院、华东建筑设计院、广州市建筑设计院、国家气象局，以及重庆建筑工程学院计算中心的大力支持。在此，作者表示衷心地感谢。

参 考 资 料

- 1 Dyury B. Crawley, Research for Development of Whole-Building Energy performance Targets, H&V Engineering Vol. 61, No. 690
- 2 汪训昌等. 高层建筑空调现状调查及解决存在问题的途径研究, 建筑科学研究报 1988, No. 5.3
- 3 李百战, 田胜元. 旅游旅馆设计节能标准. 空调全年能耗动态计算及定量分析, 1990
- 4 田胜元, 李百战. 空调负荷动态分析与设计负荷. 重庆建筑工程学院学报, 1988, (3)
- 5 沈满生. 我国高层建筑的发展概况及前景展望. 湖南大学学报, 1990, No. 1

(编辑: 刘家凯)

A RESEARCH ON THE ARCHITECTURE DESIGN AND BUILDINGS' AIR- CONDITIONING ENERGY SAVING

Li Baizhan Tian Shengyuan Shu Chuanhao

(Department of Urban Construction)

ABSTRACT Taking part in the formulation of "the Standard for Chinese Hotel Air-Conditioning Energy Consumption," the authors study the thermal characteristics and carry out dynamic simulation of annual air-conditioning (heating) energy consumption of six well-known hotels located in Beijing, Shanghai and Guangzhou. This paper particularly analyses how the architectural design and the thermal characteristics (including building orientation, building plane, wall structure, window

area and structure) effect air-conditioning load and air-conditioning energy consumption. Some views and suggestions on methods of architectural design are put forward, which aim to reduce energy costs, capital costs, and space requirement.

KEY WORDS the architectural design, the building energy saving, the thermal characteristics, the air-conditioning load, the standard of air-conditioning energy consumption