

建筑环境设计模拟分析软件 DeST

第 13 讲、住宅模拟优化实例

清华大学 张晓亮 重庆科技学院 朱光俊 清华大学 江亿

摘要 建筑环境模拟软件是住宅建筑节能设计的一个有力的辅助工具，通过对住宅建筑模拟计算方法进行了研究，说明合理的、有代表性计算输入参数是进行模拟计算的重要前提，并提出了一套较为合理的计算输入参数。本文利用模拟软件 DeST-h，通过对位于上海、北京的两栋住宅建筑进行优化设计，介绍了利用模拟手段辅助设计的方法，并指出在不同的气候地区，相同节能措施的节能效果差别很大，需要利用模拟软件进行详细分析。

关键词 住宅建筑节能设计 计算输入参数 辅助设计

Building environment design simulation software DeST (13): The Examples of aid design for residential building

By Zhang Xiaoliang , Zhu Guangjun , and Jiang Yi

Abstract Building environment simulation software is a powerful tool for energy-saving design of residential building. Research on simulation method for residential building in this paper shows that reasonable, representative input data is important precondition of simulation, one series reasonable input data is given. Design process of two residential buildings in Shanghai and Beijing by DeST-h is given in this paper to illustrate the method of design with simulation and point out that in different climate area, the effects of same energy-saving way are different, which should be analyzed by simulation software.

Keyword Energy-saving design of residential building Input data Aided design

张晓亮，男，1981 年 7 月生，在读博士研究生
100084 北京清华大学建筑学院建筑技术科学系
(010) 62789761

E-mail: zhangxl02@mails.tsinghua.edu.cn

朱光俊，女，1965 年 11 月生，副教授

Email: zhugjun@163.com

一、引言

住宅类建筑相对于公共类建筑，其采暖空调系统一般为暖气片、家用空调器、燃气炉等

等,这些设备形式较为简单,产品技术、性能检测方法等都比较成熟完善,因此,不同住宅建筑间能耗的差异主要是由围护结构方案的不同引起的,另外,在进行建筑设计时,一般也不考虑采暖空调系统的具体形式,所以,住宅建筑的节能优化设计主要指围护结构的优化设计,包括建筑几何结构的设计和建筑构件材料的选择。

在设计一栋建筑时,要了解建筑的热性能,即无法进行测试,简单的理论计算也无法对复杂的建筑进行有效的分析,所以最有效的手段就是采用建筑环境模拟软件进行模拟计算。设计人员首先提出几种不同的方案,然后利用模拟软件分别计算得到其热性能指标,如全年能耗等,根据此指标选择节能效果较好的方案,这样结合设计人员的专业知识和计算机的计算能力,使得设计出的建筑在满足人的舒适度要求的情况下,能够尽可能地作到节省能源。

在对住宅建筑进行模拟计算时,如图1所示,需要将建筑的围护结构信息和气象参数、住户居住行为参数(包括室内发热量、室内外通风量、空调设备使用方式等用户对建筑的使用方式)输入到模拟软件中,得到建筑的热性能指标。因此,统一的,有代表性的气象参数和住户居住行为参数(本文统称为计算输入参数)是对不同的围护结构方案进行评价对比时,所必需的计算平台。

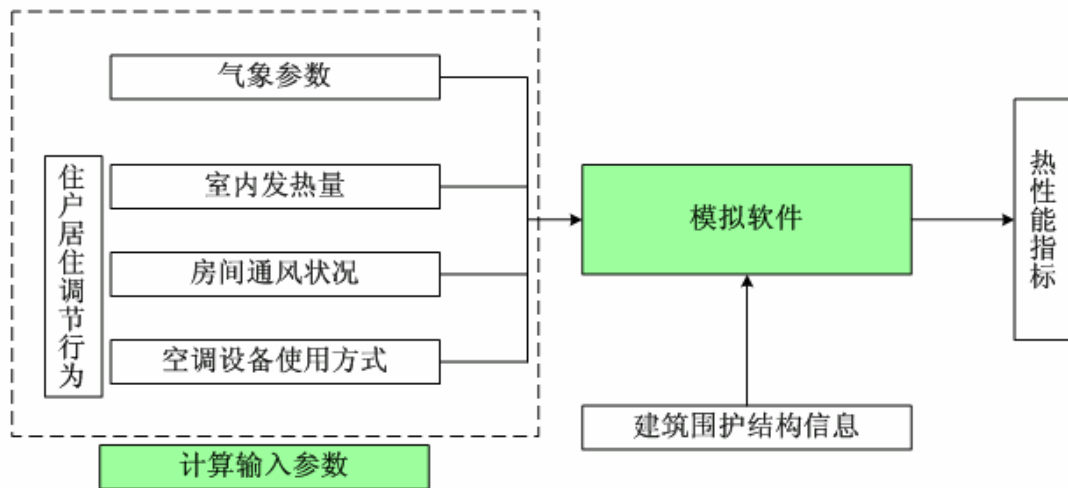


图1 住宅建筑能耗模拟方法

本文首先对利用建筑模拟软件对住宅建筑围护结构进行优化设计的方法进行了探讨,然后根据两个实例具体说明如何采用模拟计算方法来优化住宅设计。

二、计算方法的研究

2.1 概述

前文提到,设计人员通过模拟计算得到不同设计方案下住宅建筑的采暖空调能耗,比较选择节能效果较好的方案,在模拟计算中,一个重要的前提就是确定合适的计算输入参数,本节对这一问题进行探讨。

气象参数一般采用典型气象年的数据,即根据多年的实测数据通过数学方法处理得到具有代表性的一年的逐时数据,这也是目前国际上通行的做法。2005年4月出版的《中国建筑热环境分析专用气象数据集》^[1]就是采用了这种方法,根据中国气象局提供的实测数据,整理得到了可用于建筑能耗模拟的全年逐时数据,其数据可以满足住宅建筑能耗模拟的需要。

住户居住调节行为对住宅的能耗指标会有很大的影响。住户居住行为对住宅室内热环境的直接影响是产生室内发热量;同时,住户开窗、关窗的调节行为会改变房间的自然通风状况,相应导致房间室温的变化;此外,采暖空调设备的开启运行同样影响住宅室内热环境的

状况。这些参数都在很大程度上影响着住宅的能耗，但不同住户的居住调节方式是不同的，在设计阶段进行模拟计算时，只能设定一个具有代表性的居住调节方式，作为计算用的标准工况，得到该建筑的能耗情况。

目前国内现行的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》中提出了一套住宅建筑模拟计算用的输入参数（表 1 中的计算模式 1）^[2]，清华大学的简毅文博士^[3]在对大量住宅进行实测的基础上，提出了一套新的计算输入参数设定方法，另外笔者在上海调研了 96 户住宅的住户居住调节行为，在文献 3 的基础上作了一定的修正，给出了一套计算输入参数（表 1 中的计算模式 2）。文献 3 中还提出，采用不同的计算输入参数，在对住宅建筑的节能效果进行评价时，会得到不一致的结论，因此，本文利用模拟软件 DeST-h，分别采用两种计算输入参数，对同一栋住宅建筑进行模拟，并对其结果作了分析。

表1 两种不同的计算输入参数

项目		计算模式 1	计算模式 2
气象参数		典型气象年	典型气象年
室内发热量		室内照明：0.0141kWh/m ² .d 室内人员、设备：4.3 W/m ²	按不同房间类型给出动态变化数据
室内外通风模式		1 次/小时	根据室内外热状况变通风量
空调设备使用方式	空调控制温度	18 ~26	18 ~26
	空调容忍温度	18 ~26	15 ~29
	空调运行模式	连续运行	间歇运行
其他		空调能效比：2.3； 采暖能效比：1.9； 厨卫不控制温度。	空调能效比：2.3； 采暖能效比：1.9； 厨卫不控制温度。

计算模式 2 中室内发热量的数据参加文献 3。

在研究及测试中发现，以夏季为例，一般用户会在室温较高（称为“容忍温度”）时开启空调，而当空调开启后，房间温度会保持在一个较低的温度水平（称为“设定温度”）。换句话说，用户并非在室内温度超出设定温度时就会开启空调，而是会有一定的忍受范围，超出该容忍范围才会开启空调，而当开启空调后，房间温度就会保持在设定温度的范围内。以夏季为例，设定温度为 26℃，容忍温度为 29℃，即当房间温度低于 29℃ 时，空调不开启，当高于 29℃ 时，空调开启，并将房间温度控制在 26℃ 以下。根据调研及测试的结果，在模式 2 中，将房间的设定温度定为 18 ~26℃，容忍温度定为 15 ~29℃。

调研中发现，在过渡季和夏季，住户往往倾向于首先通过开门、开窗等调节行为实现房间的自然通风、尤其是夜间通风以改善住宅室内热环境；只有在外温较高的条件下，住户才关闭门窗、运行空调设备以降低室温、满足自身的热舒适要求。为了反映住户开关窗的行为，模式 2 设定了如下的通风换气模式：在夏季夜间及过渡季，设定一个风量的变化范围（关窗风量（渗透风量）~ 开窗风量），当外温低于室内温度，适于开窗通风时，认为用户开窗，室内外通风换气量为开窗风量，当外温高于室内温度，不适合开窗时，认为用户关窗，风量为关窗风量；在用户肯定不开窗的其他时间段内，风量为关窗风量，这种根据室内外温度来确定通风量的方法，在一定程度上反应了用户通过开门窗来调节室内热环境的行为。

关窗风量和开窗风量的大小与当地的气象条件、建筑周围的地形及建筑本身的结构密切相关，难以给出确定的数值。文献[3][4]中通过测试和调研得出，住宅的关窗风量可取为 0.5 次/小时，开窗风量可取为 10 次/小时。文献[5]中也指出，上海市一般气密性为 3 级的住宅

平均换气次数为 0.35 次/小时，而上海市有 62% 的住宅的气密性比 3 级的差，所以在模式 2 中，关窗风量取为 0.5 次/小时，开窗风量取为 10 次/小时。

另外，一般住户都不会一直保持空调开启，在模式 2 中，空调开启的时间段如表 2：

表2 各房间空调的开启时段

房间类型	开启时间段（工作日）	开启时间段（周末）
客厅、书房	18 : 00-24 : 00	8 : 00-24 : 00
卧室	22 : 00-次日 7 : 00	全开
厨卫	无	无

2.2 计算模型

以上海地区某住宅楼为计算对象，该住宅楼共 8 层，一层为商场，二层及以上为住宅，每层 4 户，一层空房间层高 3.6m，住宅层高 2.8 m。该住宅有两种户型：三室一厅一厨一卫，建筑面积 89.99 m²；二室一厅一厨一卫，建筑面积 69.86 m²，住宅层平面图如图 2 所示，其建筑围护结构参数如表 3。

表3 模拟建筑围护结构参数

围护结构名称	围护结构材料	传热系数 (W/m ² .K)
外墙	混凝土墙+聚苯板外保温	1.4
屋面	加气混凝土保温屋面	0.8
分户墙	混凝土空心砌块	2.7
楼板	钢筋混凝土	3.0
外窗	断热中空玻璃窗	3.1

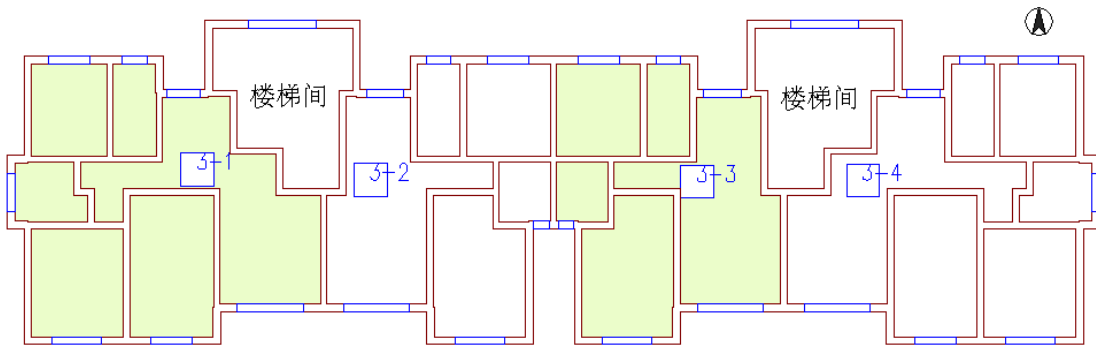


图 2 模拟住宅建筑平面图

2.3 计算结果分析

2.3.1 计算结果比较

针对此建筑，分别采用表 1 给出的两种计算模式，采用 DeST-h 进行模拟计算，其计算结果如下。

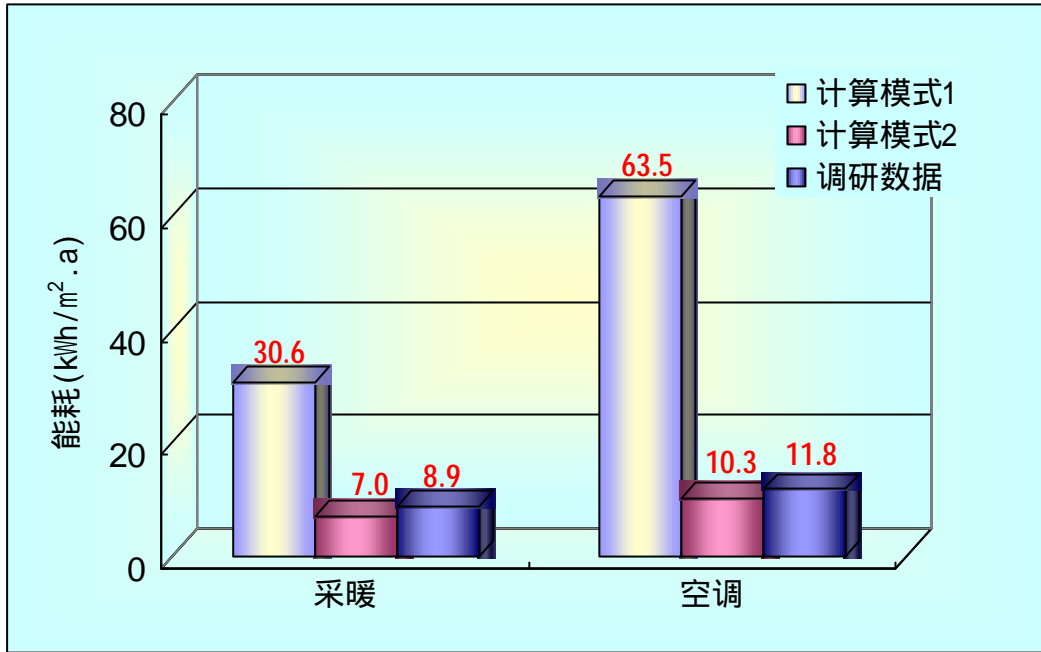


图 3 模拟结果与调研数据的比较

图 3 中给出了计算模式 1、2 的计算结果和实际调研数据的比较。结果给出的是该建筑平均每平米的年采暖耗热量和空调耗冷量，其中面积按空调面积计算，不计入厨房、卫生间和楼梯间等非空调区域，调研结果是根据实测的上海地区 200 户住宅的逐月耗电量整理出来的（制冷能效比取 2.3，供热能效比取 1.9）。

从图中可以看出，根据模式 1 计算得到的结果是调研数据的 4~6 倍，造成这种差异的原因有以下几个：

- 在模式 1 的设定中，室内外换气为 1 次/小时，仅相当于从门窗缝隙中渗透进来的风量，没有考虑人通过开窗换气调节室内热环境的行为，增加了空调的运行能耗；
- 空调设备为 24 小时连续运行，房间温度始终控制在 18 ~26 的范围内，而在实际住宅中，一方面空调都是间歇运行的，人不在房间内时不开空调，另一方面，根据测试的结果来看，房间内的温度控制范围比上述范围要大的多，夏天在 29 左右，甚至更高，模拟 1 中的设定会大大增加空调运行能耗。

从计算模式 1 的实际设定参数和计算结果来看，与实际住宅的情况相差较大，不具有代表性，而模式 2 从实测数据中提取设定参数，计算结果与实际数据较为接近，更能够代表实际住宅的使用状况，更适用于住宅能耗的模拟。

2.3.2 住宅建筑评价结果比较

两种模式的计算结果大小差距很大，但在优化设计的模拟过程中，设计人员更多的是关心对不同方案的评价比较结果是否可信。接下来本文就采用两种计算模式，分别对不同的设计方案进行比较。

仍采用图 2 所示的建筑，要求比较单、双层窗对建筑夏季空调能耗的影响，两种窗的参数如表 4，其它参数均相同。

表4 单、双层窗传热系数

围护结构材料	传热系数 (W/ m².K)
--------	----------------

单层窗	普通 6mm 玻璃	5.7
双层窗	断热中空玻璃	3.1

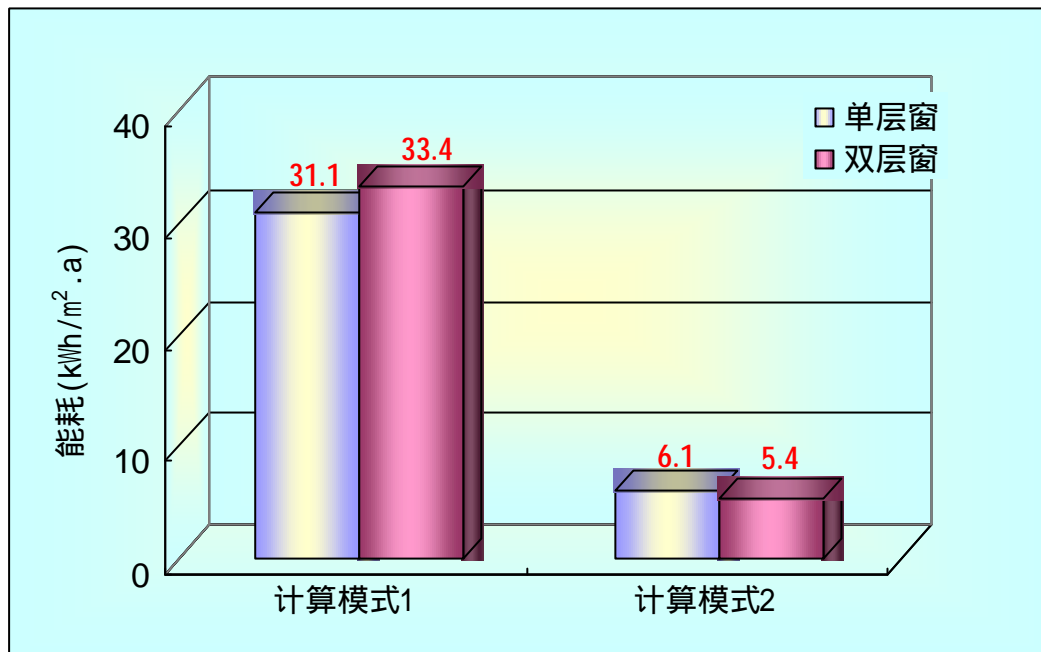


图 4 两种计算模式下单、双层窗对夏季空调能耗的影响

图 4 给出了两种计算模式下，分别采用单、双层窗后，建筑的夏季空调能耗的结果，从图中可以看出，两种计算模式给出了不同的评价结果。在模式 1 中，采用双层窗后，空调能耗提高了 8%，而在模式 2 中，采用双层窗会使能耗降低 10% 左右。根据模式 1 的计算结果，采用双层窗并不是一种节能的措施，模式 2 则正相反，究竟哪一个结论更可信，需要对计算结果进行深入的分析。

从传热过程来看，相对于单层窗，双层窗的传热系数要小，因此在夏季外温较高时，有利于隔绝室外的热量向室内传递，起到隔热的作用，但在夏季夜间或过渡季，外温相对室温较低时，双层窗反而不利于室内向室外传热。

图 5 中给出了计算模式 1 中，9 月 4 日单双层窗的逐时负荷差和逐时外温曲线，其中：

$$\text{逐时冷负荷差} = \text{单层窗建筑逐时冷负荷} - \text{双层窗建筑逐时冷负荷}, W$$

从图中可以看出，在 12:00 - 18:00 之间，外温高于 26（房间温度），负荷差为正数，双层窗建筑负荷较小，说明双层窗起到了隔热效果，降低了负荷；在其余时刻，外温低于 26（房间温度）时，负荷差为负数，双层窗建筑的逐时负荷较大，说明双层窗阻碍了房间向室外散热，反而增加了空调负荷，这说明双层窗是否有利于降低空调负荷取决于外温状况。

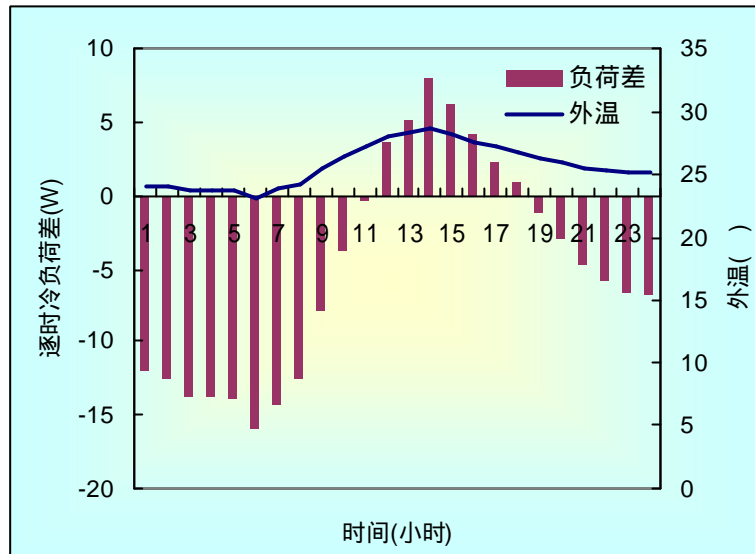


图 5 计算模式 1 中，单、双层窗建筑的逐时冷负荷之差（单层窗 - 双层窗）及逐时外温
 从图 6 中也可以看出，在 7、8 月份外温较高时，双层窗建筑的累计空调能耗较低，说明双层窗起到了较好的隔热的作用，而在 5、6、9、10 月份，平均外温较低，双层窗建筑能耗则较高，而从累计能耗来看，就造成了双层窗建筑的能耗较高。

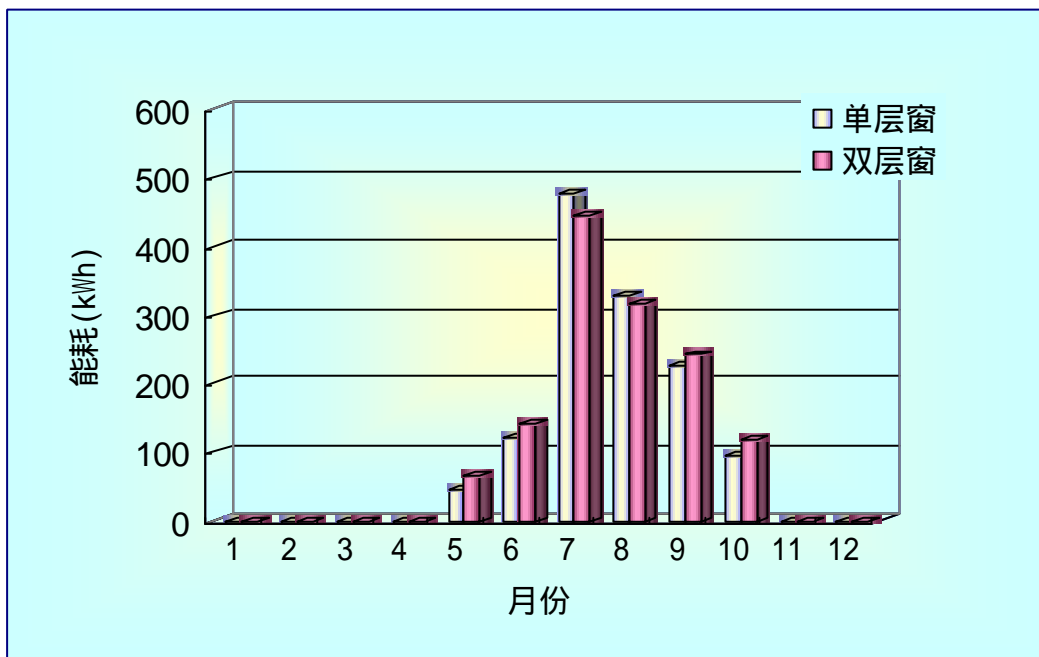


图 6 计算模式 1 中单、双层窗对逐月累计制冷能耗比较

而在计算模式 2 中，双层窗建筑的能耗却要小一些，这主要是因为采用了可变通风的设置，在外温高时它又能起到隔热作用，当外温较低时，可以通过增加通风量来降低室内温度，相对于通过窗的传导热量，直接的通风换气所带来的换热效果显然要强很多，双层窗在外温低时对负荷的不利影响也就可以忽略了，所以双层窗有利于降低空调能耗，从图 7 中可以看出来，低温时通过开窗换气使得室内空调负荷很小。而计算模式 1 中，由于采用全年固定 1 次换气/小时的设定（相当于门窗关闭时的室内外换气量），导致在外温较低时，无法通过开窗增加通风量来降低负荷。

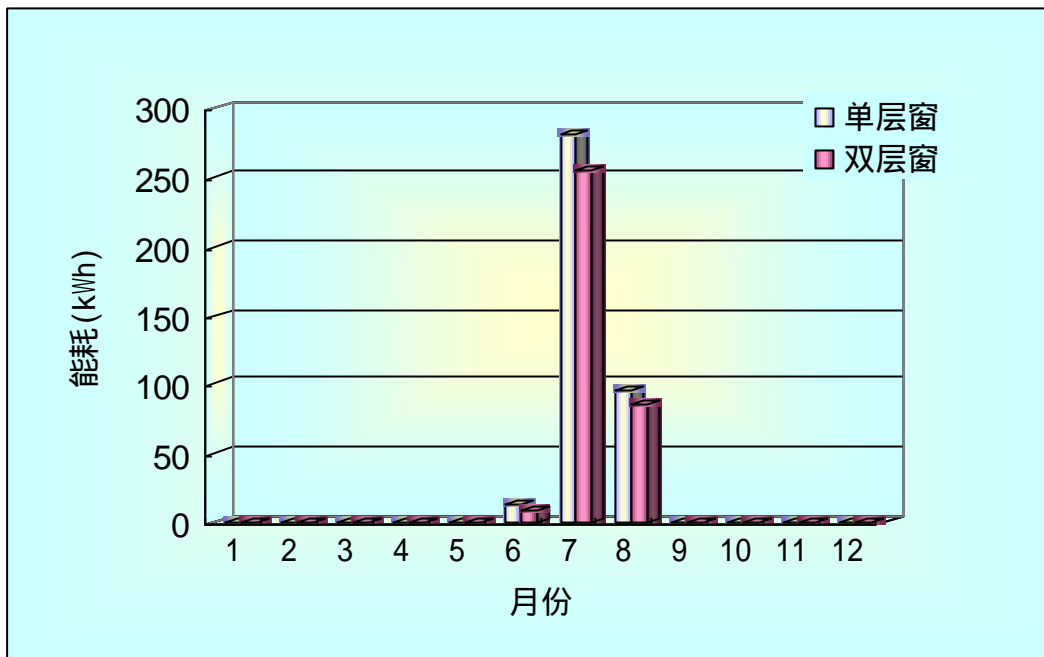


图7 计算模式2中单、双层窗对逐月累计供冷能耗比较

以上就是如图4所示的两种不同评价结论的产生原因,其关键因素就是室内外换气量的设定,从实际情况来看,夜间开窗通风是大多数人都会采用的一种室温调节手段,所以模式2中可变通风的设定更能够反应实际住宅的使用状况,其评价结果也更为可信。

从上面这个例子中可以看出,不同的计算模式对设计方案的评价有十分大的影响,甚至会产生截然相反的结论,所以在利用模拟手段来辅助设计时,需要首先确定一个合理的计算模式,即能够反映实际建筑使用状况的计算输入参数,模拟分析的结果才可信。根据前面的分析可以看到,相对于计算模式1,模式2的相关参数与实际情况更为相符,更适于作为模拟分析的输入参数,作为建筑优化设计的计算平台。

接下来,本文利用模拟软件 DeST-h,采用计算模式2,分别对位于上海、北京的两栋住宅楼进行优化设计。

三、计算实例

3.1 上海地区

3.1.1 设计思路

根据一个确定的原始建筑设计方案,提出一系列的节能改进措施,如增加保温、遮阳等等。每提出一项节能措施,都利用模拟软件进行模拟计算,了解其节能效果,或者根据能耗计算结果在几个不同的方案间进行选择。

3.1.2 初始方案

建筑位于上海,南北朝向,共6层,层高2.8m,每层4户,边户为三居室,面积约为90m²,中间两户为两居室,面积约为70m²,建筑平面如图8所示,围护结构参数如表5所示:

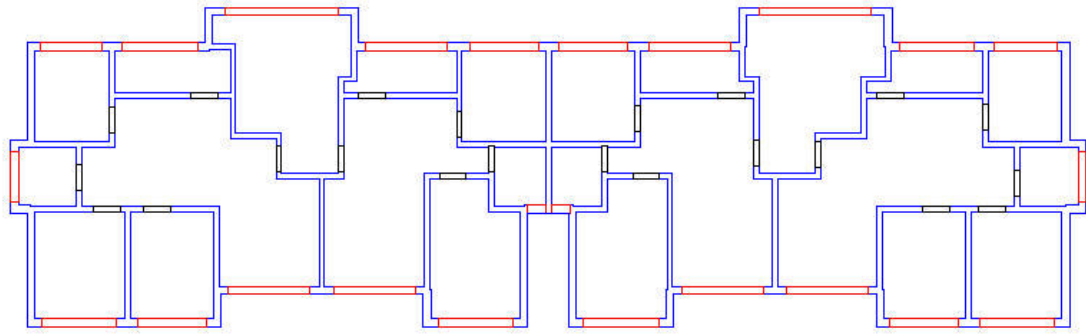


图 8 建筑平面示意图

表5 模拟建筑围护结构参数

围护结构名称	围护结构材料	传热系数 (W/m ² .K)
外墙	混凝土墙	2.9
屋面	混凝土屋面	2.7
分户墙	混凝土空心砌块	2.7
楼板	钢筋混凝土	2.9
外窗	普通 6mm 单玻	5.7 (Sc=0.85)

该设计方案没有采取任何保温、遮阳措施,本文通过模拟分析,研究怎样采取节能措施,以降低能耗。

3.1.3 节能措施一：增加保温层

在建筑的外墙和屋面增加保温层能够有效地隔绝室外热量向室内传递,是被广泛采用的一种节能措施,目前常用的保温层材料有膨胀聚苯板和挤塑聚苯板,增加保温层需要确定保温层的厚度,本文提出三种厚度方案,用 DeST-h 分别模拟得到其能耗进行比较,三种方案如表 6 所示:

表6 三种保温层厚度方案

围护结构名称	围护结构名称	保温层构造	传热系数 (W/m ² .K)
方案 1	外墙	20mm 膨胀聚苯板	1.4
	屋面	20mm 挤塑聚苯板	1.0
方案 2	外墙	40mm 膨胀聚苯板	0.93
	屋面	40mm 挤塑聚苯板	0.63
方案 3	外墙	80mm 膨胀聚苯板	0.55
	屋面	80mm 挤塑聚苯板	0.36

三种方案与初始方案的能耗模拟结果如图 9 所示:

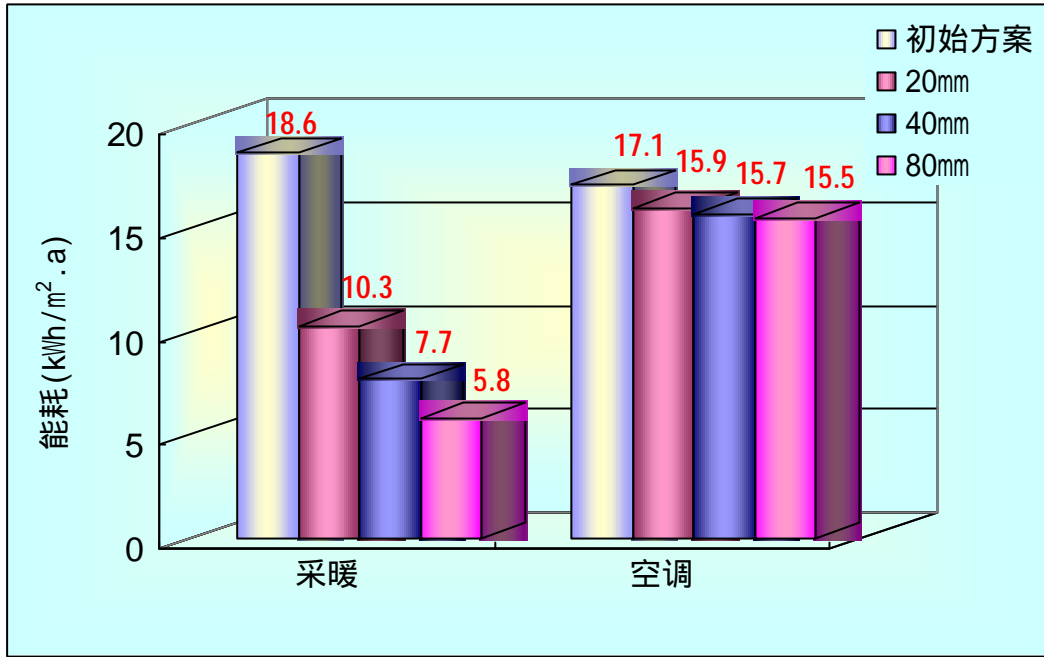


图 9 不同保温方案能耗模拟结果

从图中看出，增加保温层对降低采暖能耗的效果非常明显，但对空调能耗的影响较小，这是因为上海地区冬季（1 月份平均温度为 6.0℃）室内外温差较大，增加保温层能有效地起到减小室内外热流的作用，但夏季室内外温差（7 月份平均温度为 29.2℃）很小，保温的效果不是很明显。

从保温层的效果来看，保温层厚度 20mm、40mm 和 80mm 对采暖能耗的节能率分别为 45%、59%和 69%，结合经济性考虑，选择方案 2：40mm 厚保温层较为合理。

3.1.4 节能措施二：增加自然通风

在外温适宜时开窗换气，利用自然通风降低室内温度，可以降低空调能耗，所以提高建筑自然通风的能力也是一个有效的节能措施。下面本文在外围护结构增加 40mm 厚保温层的基础上，来研究如何改善建筑的通风能力，从图 8 所示的建筑平面来看，虽然该建筑是板式建筑，但由于内墙的隔断，使得开窗时通风不够顺畅，不容易形成“过堂风”，所以可以在保持外围护结构不变的情况下，适当改变内墙的布局，使建筑的自然通风能力有所提高，新的建筑平面如图 10 所示。

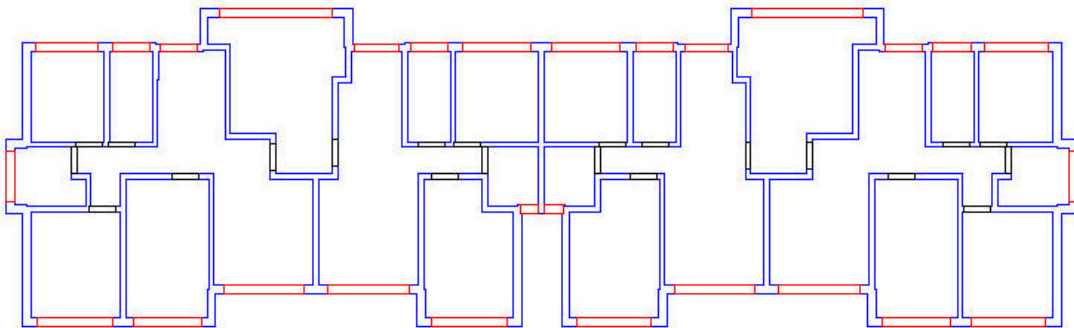


图 10 调整后的建筑平面

在具体的计算过程中，将开窗时的室内外换气量由原来的 5 次/小时提高到 10 次/小时，计算结果如图 11 所示：

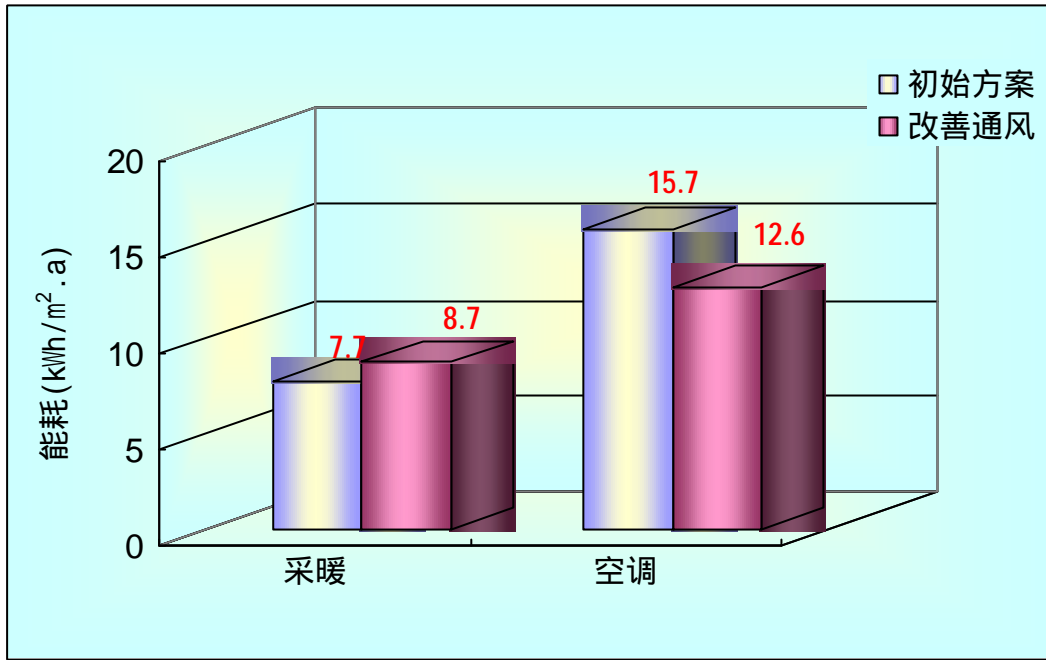


图 11 增强自然通风后的能耗结果

改变布局后，自然通风能力有所提高，在夏季夜间和过渡季外温较低时，有更多的室外空气进入室内，降低了室内温度，并通过围护结构的蓄热使得室内温度维持在一个相对较低的水平，通过利用这部分“免费冷源”，使得空调能耗下降了 20%，但同时，由于改变布局后，没有了厨房的缓冲作用，使得采暖能耗有所增加，但综合来看，还有有利于建筑节能的，应该采用这项措施。

3.1.5 节能措施三：选用 Low-e 镀膜双层窗

相对于普通的单玻窗，Low-e 镀膜双层窗在保温性能和遮阳性能上都有所提高，具体参数如表 7 所示，对降低能耗也有较好的效果。

表7 单层窗与Low-e双层窗参数比较

	传热系数 (W/m ² .K)	遮阳系数 Sc
单层窗	5.7	0.85
双层窗	3.1	0.71

在增加保温和改善自然通风的基础上，采用双层窗后的节能效果如图 12 所示：

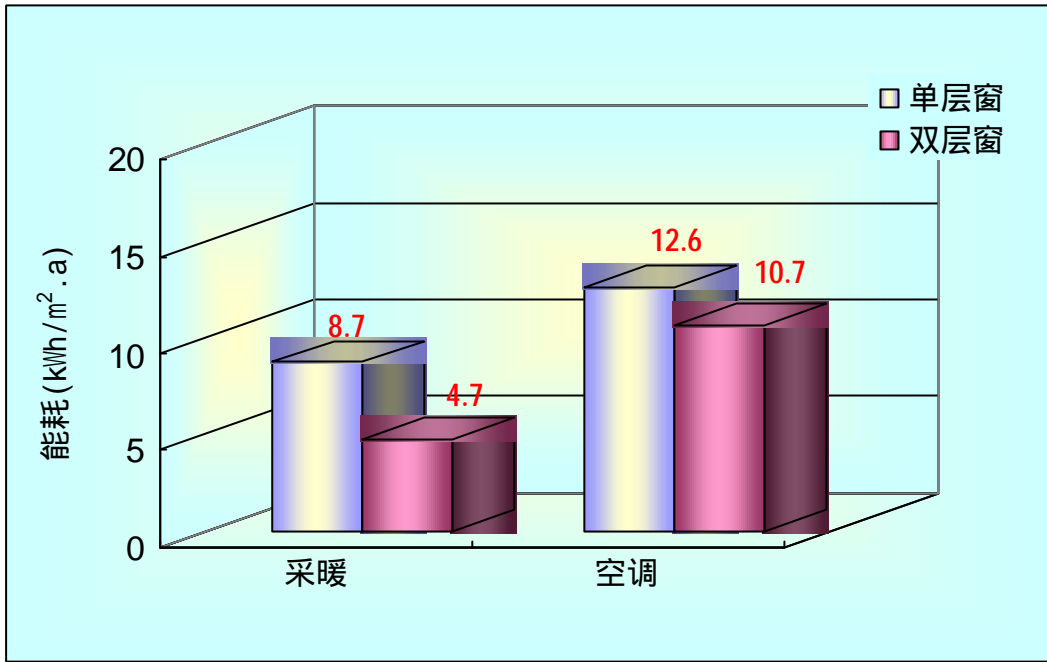


图 12 采用双层窗后的能耗结果

由于本建筑的外窗面积较大(南、北向窗墙比均为 0.6),所以提高窗的性能参数后,节能效果非常明显,较低的遮阳系数使得进入室内的太阳辐射热量减小,降低了空调能耗,虽然同时会使采暖能耗会有所增加,但由于其传热系数很小,使得通过窗损失的热量大大减少,所以综合来看,也降低了采暖能耗,应该采用双层窗。

3.1.6 节能措施四：减小外窗面积

一般来说,相对于墙,窗的保温性能要差一些,因此减小窗的面积也是一种节能的措施,下面提出了三种方案,分别单独减小和同时减小南、北窗的面积,如表 8 所示:

表8 减小外窗面积的方案

	南窗窗墙比	北窗窗墙比
初始方案	0.6	0.6
方案 1	0.6	0.4
方案 2	0.4	0.6
方案 3	0.4	0.4

在前三项节能措施基础上,三种方案与初始方案的模拟结果如图 13 所示:

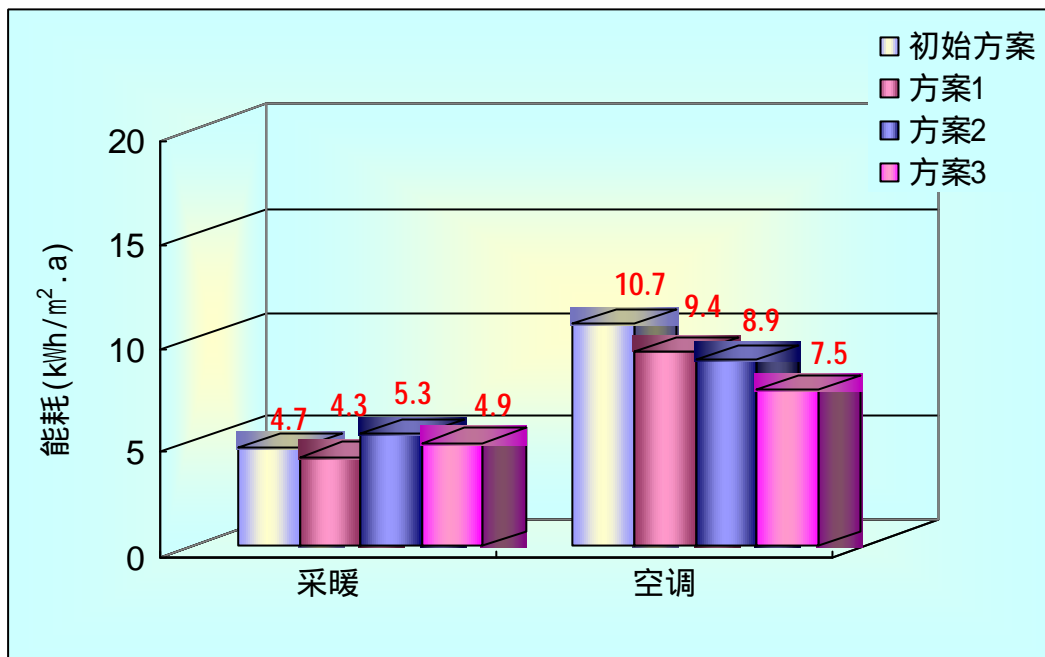


图 13 减小外窗面积后的能耗结果

从能耗结果来看，只减小北窗的面积时，减小了冬季的热损失，也使得进入室内的散射辐射量有所降低，所以采暖空调能耗均有所下降；只减小南窗的面积，虽然减少了热损失，但使得进入室内的太阳辐射量也有所减少，综合起来使采暖能耗有所增加，空调能耗降低；同时减小南北窗的面积，从计算结果看，也使采暖能耗增加，空调能耗减少。从建筑的整体节能效果来看，应该采用方案 3：同时减小南北窗面积。

3.1.7 节能措施五：增设水平遮阳板

夏季太阳高度角较高，水平遮阳板可以遮挡相当一部分的太阳辐射，有利于降低空调能耗；冬季太阳高度角较低，遮阳板遮挡的辐射量比夏季要少，对采暖能耗的增加不多。在南窗上分别增加一块 1m 宽的遮阳板，其能耗模拟结果如图 14 所示：

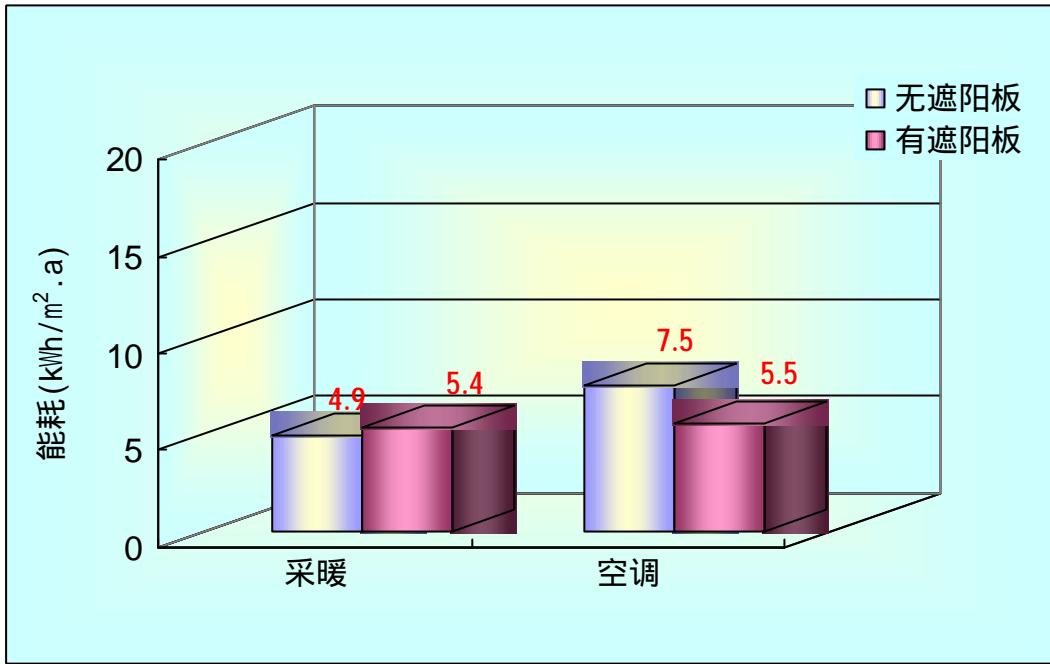


图 14 增加水平遮阳板后的能耗结果

增加水平遮阳板后，每平米的年采暖能耗增加了约 0.5kWh，年空调能耗下降了 2.0kWh，而且增加遮阳板有利于减少太阳辐射造成的烘烤感，所以增加水平遮阳板是可以采取的一项节能措施。

综上，通过增加保温、改善自然通风、选用双层窗、增加遮阳板等节能措施，大大降低了建筑的能耗，如图 15 所示：

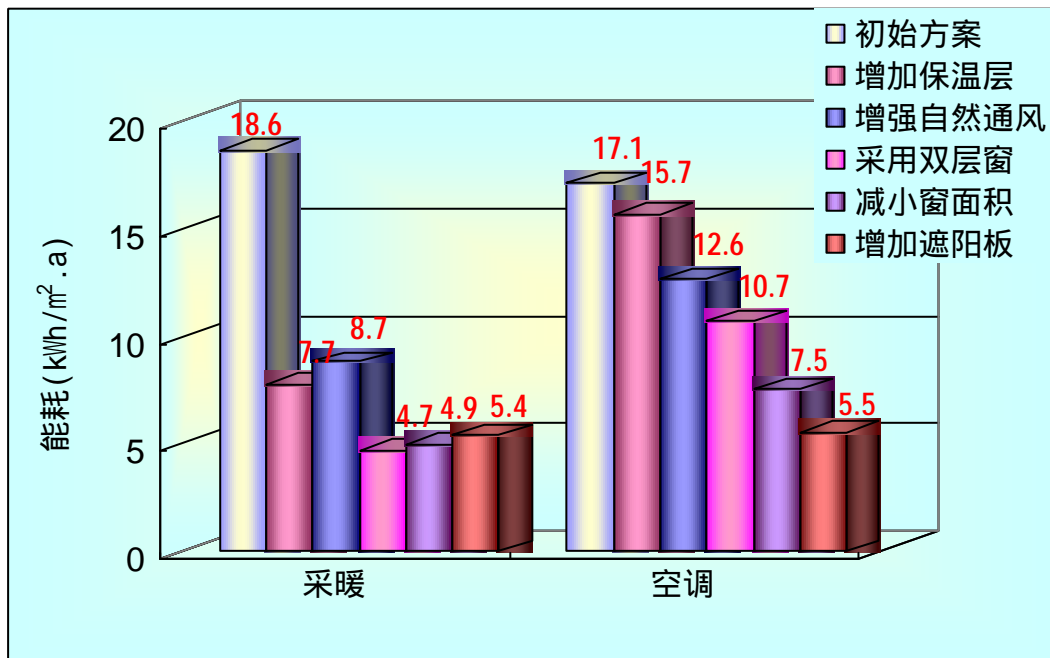


图 15 采用各种节能措施后的节能效果

在整个设计过程中，模拟计算起到了十分重要的作用，可以将设计人员各种创意的节能效果量化出来，为其提供依据，从而使设计尽可能地达到最优。

3.2 北京地区

在北京地区，可以采用类似的方法，在初始方案的基础上，逐步增加各种节能措施，利用模拟软件进行计算校核。但在不同的地区，由于气象条件不同，所选取的节能措施也应有所不同，本文采用位于北京地区的同样建筑（图 8 所示）进行优化设计，对此进行分析。

3.2.1 节能措施一：增加保温层

初始方案同前述建筑，保温层厚度采用 4 种方案比较，如表 9 所示：

表9 四种保温层厚度方案

围护结构名称	围护结构名称	保温层构造	传热系数 (W/m ² .K)
方案 1	外墙	20mm 膨胀聚苯板	1.4
	屋面	20mm 挤塑聚苯板	1.0
方案 2	外墙	40mm 膨胀聚苯板	0.93
	屋面	40mm 挤塑聚苯板	0.63
方案 3	外墙	60mm 膨胀聚苯板	0.70
	屋面	60mm 挤塑聚苯板	0.46
方案 4	外墙	60mm 膨胀聚苯板	0.55
	屋面	60mm 挤塑聚苯板	0.36

四种方案与初始方案的能耗模拟结果如图 16 所示：

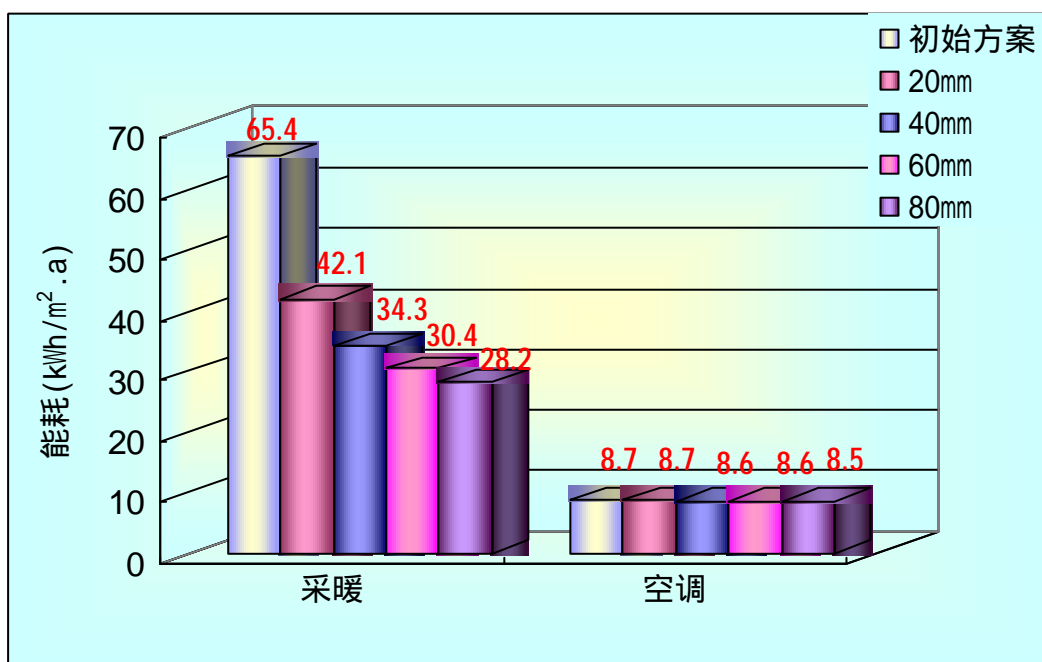


图 16 不同保温方案能耗模拟结果

由于北京处于寒冷地区，采暖能耗是建筑能耗的主要部分，保温层的作用非常明显，从保温层的效果来看，选择方案 3：60mm 厚保温层较为合理。

3.2.2 节能措施二：增加自然通风

和上海地区建筑一样，改变房间内部布局如图 10，得到的计算结果如图 17 所示：

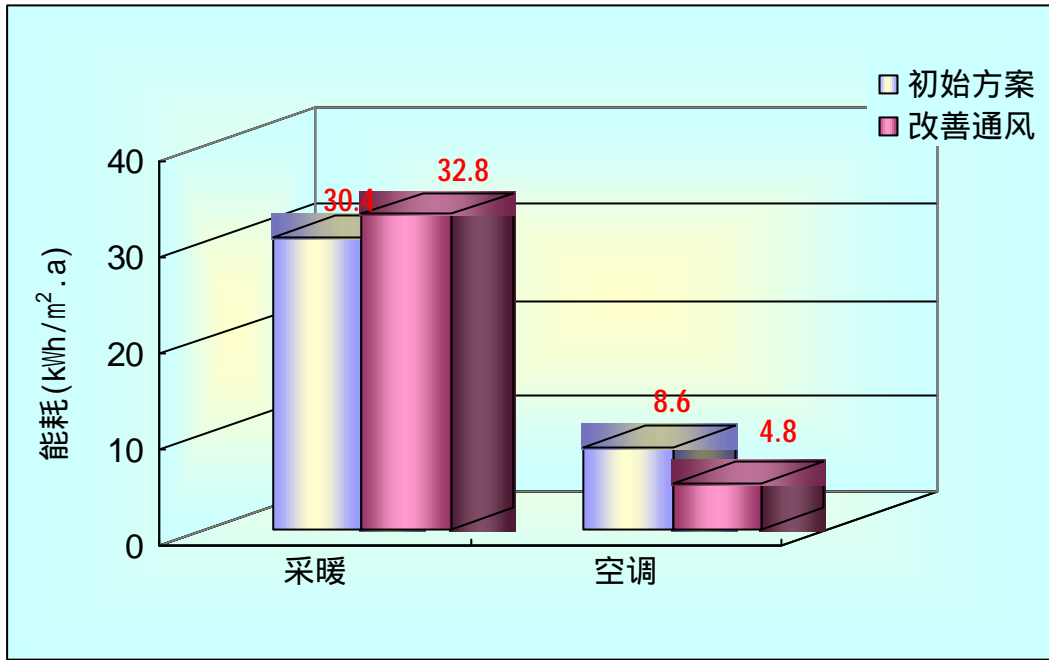


图 17 增强自然通风后的能耗结果

与上海住宅类似的，采暖能耗有所增加，但与其不同的是，空调能耗下降的比例很高，节能率超过了 54%，这是因为北京昼夜温差大，夜间温度很低，可利用的冷量也非常大，因此，在北京地区，通风良好的住宅在夏季能耗会非常低，所以应该加强自然通风，采用图 10 所示的结构布局。

3.2.3 节能措施三：选用 Low-e 镀膜双层窗

采用如表 7 所述的双层窗后，节能效果如图 18 所示：

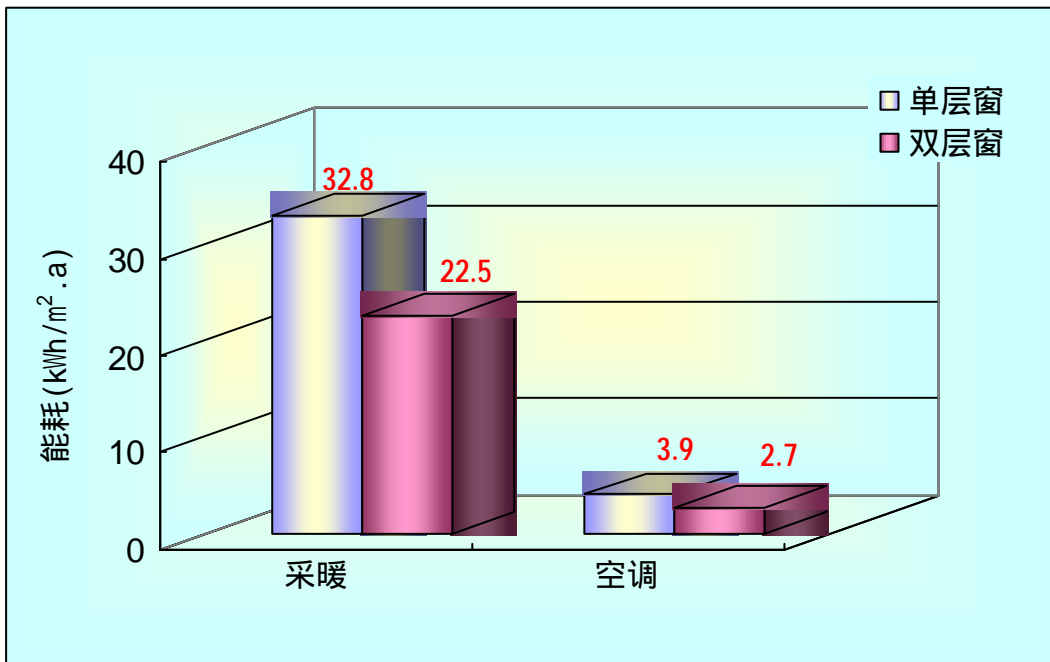


图 18 采用双层窗后的能耗结果

采用双层窗后，节能效果非常明显，空调能耗和采暖能耗也都有所降低，应该予以采用。

3.2.4 节能措施四：减小外窗面积

同样按照表 8 所示的三种方案减小外窗面积，与初始方案的模拟结果如图 19 所示：

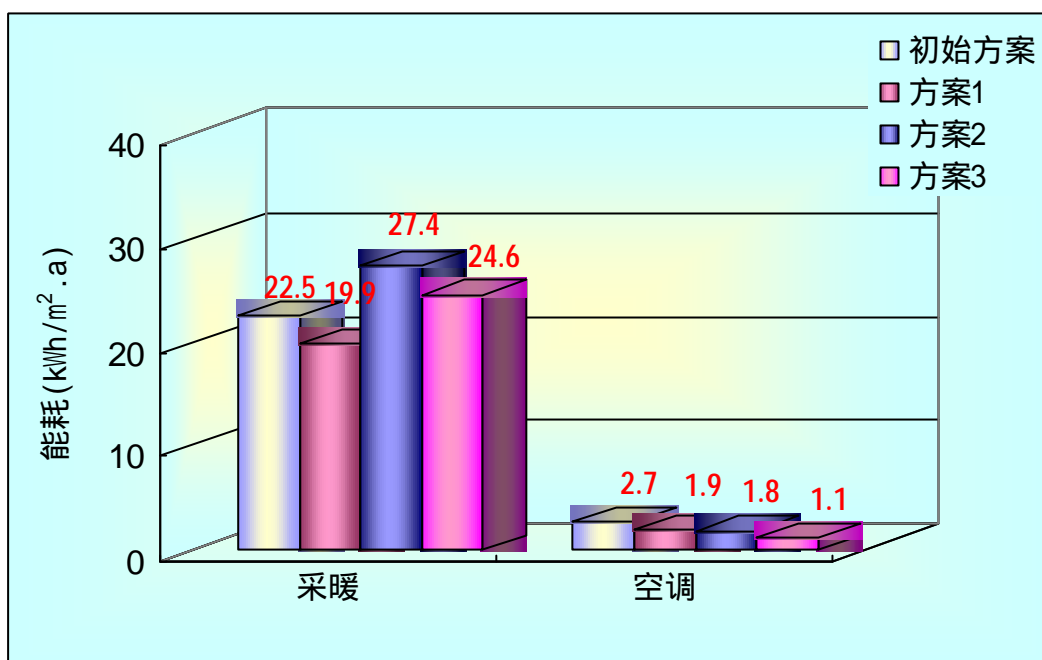


图 19 减小外窗面积后的能耗结果

从能耗结果来看，能耗变化的趋势与上海住宅是相同的，但由于北京地区采暖能耗所占的比例非常大，减小南窗面积后会大幅增加采暖能耗，所以不能像上海住宅那样，同时减小南北窗的面积，而应该采取方案 1：只减小北窗面积。

3.2.5 节能措施五：增设水平遮阳板

在北京住宅的南窗上增加 1m 宽的遮阳板的能耗模拟结果如图 20 所示：

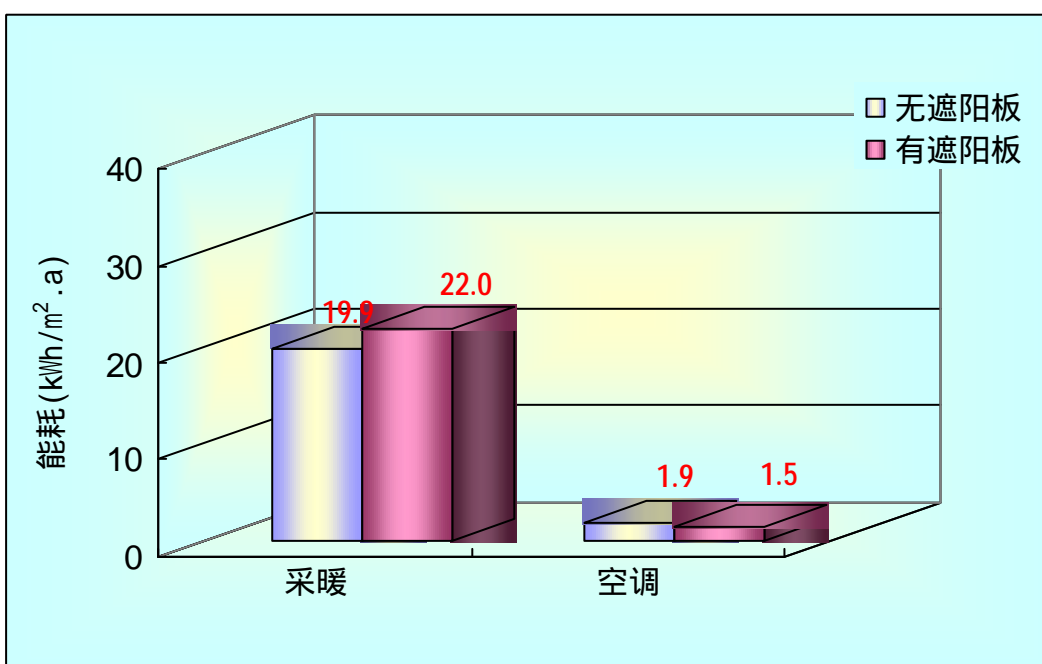


图 20 增加水平遮阳板后的能耗结果

增加水平遮阳板后，空调能耗降低了 $0.4\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ ，但由于遮挡了一部分的太阳辐射热

量,使采暖能耗有所增加,从累计能耗来看,反而会增加能耗,所以不应该安装水平遮阳板,可以考虑安装活动遮阳板,以保证冬季采暖能耗不会增加。

逐步采用上述各项节能措施的效果如图 21 所示：

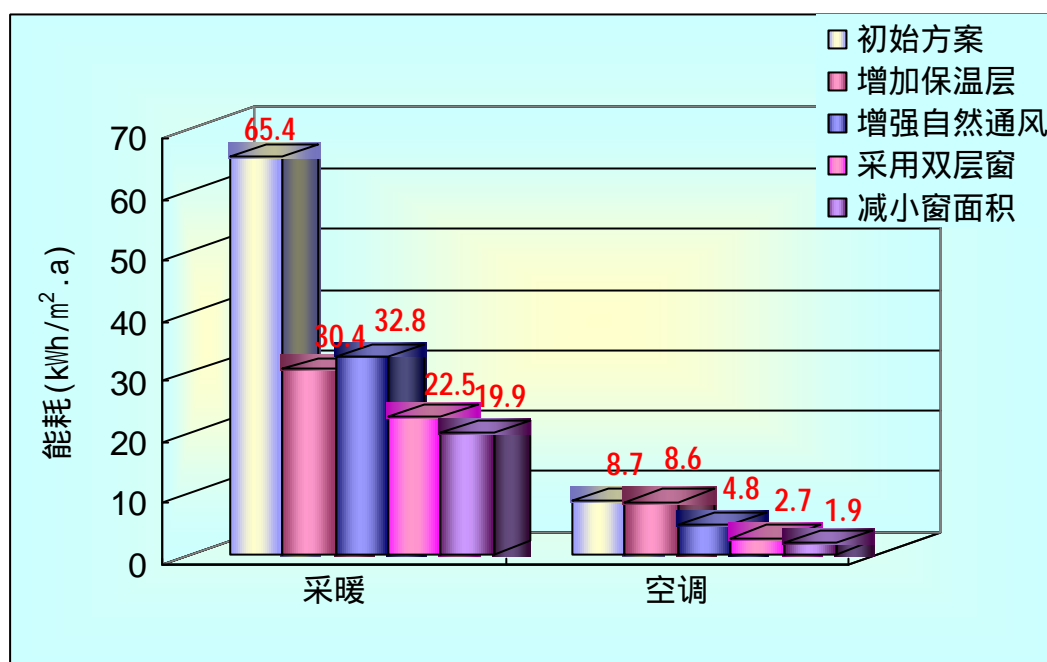


图 21 采用各种节能措施后的节能效果

从这个例子同样可以看出,利用模拟方法可以有效的辅助住宅建筑的节能设计。需要特别说明的时,对于北京地区的住宅建筑而言,与上海地区不同,采暖能耗占了整个能耗的绝大部分,所以节能措施应该更着眼于降低采暖能耗,增强保温,在上海地区非常有效的一些节能措施,如增加水平遮阳板,减小南窗面积等,在北京地区效果并不好,所以在实际的设计过程中,不能简单的照搬,需要仔细地进行分析。

四、总结

模拟计算是优化设计的一个有效手段,但一个重要的前提就是应该采用合理的计算输入参数,只有这样才能保证计算结果的可靠性,根据这些结果所做出的选择才是正确的。在 DeST 系列软件中,DeST-h 是专门用于住宅建筑模拟的版本,软件中根据住宅建筑的特点,简化了空调系统部分的计算,包含有根据调研、测试数据整理得来的计算输入参数,能够很好地对住宅建筑的能耗进行模拟,辅助住宅建筑的节能设计。

另外,通过对上海、北京两栋住宅的模拟计算可以发现,在不同的气候地区,所应该采用的节能措施是不同的,不能简单的照搬,而应该通过模拟计算等方法,对某项节能措施在当地的适用性进行深入的研究,才能使其真正起到节能效果。

参考文献：

- 1、 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- 2、 中华人民共和国建设部. JGJ 134-2001. 中华人民共和国行业标准 - 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
- 3、 简毅文. 住宅热性能评价方法的研究:[博士学位论文]. 北京: 清华大学, 2003

- 4、 李晓锋, 朱颖心. 示踪气体浓度衰减法在民用建筑自然通风研究中的应用. 暖通空调, 1997, No4: 7~10
- 5、 张才才, 李振海. 上海市集合住宅气密性能实测及换气性能分析. 节能, 2005, 2: 35~37