

## 南京地区既有住宅建筑节能改造技术研究\*

彭昌海 邵惠新 彭小云 王波

关键词:节能;隔热;建筑;改造

中图分类号:TU 201.5

文献标识码:B

文章编号:1000-4726(2002)10-0750-03

ENERGY SAVING TECHNOLOGY STUDY ON EXISTENT DWELLINGS IN NANJING AREA

PENG Changhai TAI Huixin PENG Xiaoyun WANG Bo

Key words:energy saving;heat insulation;building;transformation

我国的建筑节能工作自 20 世纪 80 年代开展以来,已经取得了实质性的进展。据统计,到目前为止,全国已建成节能型住宅建筑面积达 1 亿  $m^2$  以上。但与全国每年新建的住宅建筑面积相比,却相去甚远,还不足全国一年新建的住宅建筑面积;与量大面广的既有住宅建筑面积相比,悬殊更是巨大。所以非节能型既有住宅建筑的节能改造应是我国建筑节能的关键举措。

## 1 南京地区的气候特点

南京地处长江中下游,位于北纬  $32^{\circ}03'$ ,东经  $118^{\circ}47'$ ,属北亚热带季风气候,是我国气候特征十分典型的寒暑过渡带——冬季寒冷,夏季炎热,四季分明。根据江苏省气象局提供的资料,从 1978 年到 1987 年 10 年间,冬季 3 个月月平均气温达到  $5^{\circ}C$  的月份仅 1977 年 12 月、1978 年 12 月、1987 年 2 月;夏季 3 个月月平均气温超过  $27^{\circ}C$  的月份,则高达 13 个月。在我国《民用建筑热工设计规范》(GB50176-93)中,南京属于建筑热工设计的非采暖区,但由于东、西、南三面环山,导致东南沿海季风受阻,静风率高达 22%,使人在夏季觉得闷热难耐;冬季西北风长驱直入,加之空气相对湿度大,使人觉得又湿又冷,较之同纬度其他地区自然居住环境更为恶劣。

## 2 南京地区的建筑环境和能耗状况

南京地区既有住宅建筑绝大部分

彭昌海,1970 年 2 月生,广西南宁人,东南大学,博士研究生,210096,南京

\* 高校博士点资金资助项目,编号:1999028622

\* 江苏省建设委员会和江苏省墙体改革办公室资助项目,批文号:苏建科(1998)298 号

收稿日期:2002-06-10

为砖混结构建筑体系,外围护结构构造大都沿用老的处理方法:墙体用实心粘土砖砌筑 240 mm 厚,内外各抹 20 mm 厚混合砂浆,总传热系数  $K$  约为  $1.873 W/(m^2 \cdot K)$ ,屋顶不设保温层。所以房屋的隔热保温性能很差。冬季室内阴冷,气温只有  $4 \sim 5^{\circ}C$ ,远低于卫生标准的下限( $12^{\circ}C$ );夏季室内外几乎同温,远高于夏季室内舒适温度标准上限( $28^{\circ}C$ )<sup>[1]</sup>。该地区建筑,若完全不借助于采暖空调,冬夏季室内热环境根本达不到基本的居住条件,更谈不上热舒适。

南京房地产市场方兴未艾,新建商品房面积增长较快,但建筑热工性能较过去并没有明显改善。目前电暖气已普及,家庭空调器正在迅速普及之中,建筑热环境开始得到明显改善,采暖空调能耗急剧上升。居民生活用电量占当年全社会用电量由 1986 年的 2.61% 上升到 2000 年的 9.33%<sup>[2]</sup>。由此可见,对南京地区既有住宅建筑进行节能改造具有很大的经济和社会意义。

由于南京地区既有住宅建筑的布局、体形、朝向、构造等均是“既成事实”,大大地限制了建筑师、工程师的创造力,只能在原有基础上进行“改造”。因此,既有住宅建筑的节能改造要比新建建筑节能设计困难得多。由于该地区热比冷更令人难以忍受,所以住宅建筑节能改造时应侧重隔热,同时兼顾保温。

## 3 屋面节能改造

建筑屋面的渗漏是一个难题,一般住宅建筑所依靠的仅是材料防水,一旦产生细小裂缝,在水压力作用下就会出现渗漏,所以,屋面的节能改造技术必须同其防水修缮结合起来。一般有如下

几种作法。

## 3.1 坡屋顶

现在南京已大规模地开展这项工程,但有的只是在原平屋面上用轻钢龙骨撑起混凝土薄板,有的甚至仅用废铁皮做个形状蒙混过关。前者是有一定作用的,但并非真正热工意义上的坡屋顶;后者则几乎一点热工效果都没有。真正热工意义上的坡屋顶应该是通风的,这样才可以把热量及时送走。可以做成图 1 所示的屋顶檐口和屋脊通风,或老虎窗通风(冬天关闭风口,以达到保温目的)。

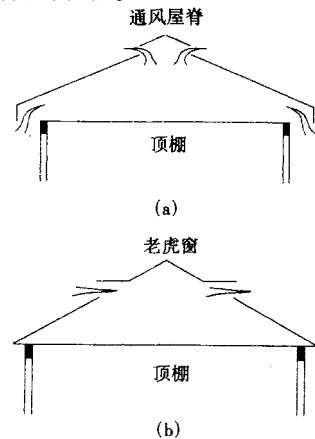


图 1 坡屋顶通风  
(a) 檐口与屋脊通风; (b) 老虎窗通风

3.2 XPS 塑料夹层整体架空屋面<sup>[3]</sup>

这种屋面(图 2)具有以下优点:

(1) 当建筑物产生微小变形时,不会直接影响架空屋面;

(2) 面层受温度变化产生膨胀收缩时,不会受到结构基层的制约,所以从受力原理上讲可以长期避免面层产生裂缝;

(3) 即使面层产生渗漏,少量的渗漏水在中空夹层的防水涂层上顺坡

排出,也不会积留,使其没有继续渗透的水压力;

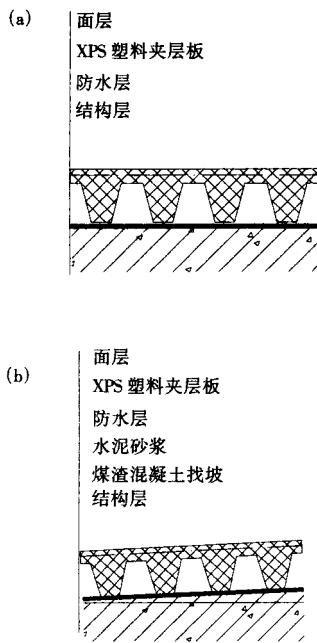


图2 XPS塑料夹层整体架空屋面板 (a)结构坡屋面;(b)找坡屋面

(4) 隔热与保温兼得,可以上人,也可以绿化。

### 3.3 种植屋面

在屋顶上种植植物,利用植物的光合作用,将热能转化为生化能;利用植物叶面的蒸腾作用增加蒸发散热量,均可大大降低屋顶的室外综合温度;利用植物培植基质材料的热阻与热惰性,降低内表面温度与温度振幅,见图3。资料<sup>[4]</sup>显示,种植屋面的内表面温度比其他屋面低2.8~7.7,温度振幅仅为无隔热层刚性防水屋顶的1/4。

### 3.4 吸湿散热屋面

因为蓄水屋面荷载太大,不妨用CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O等盐分介质做成吸湿散热屋面,以液、气两相的转换来达到散热目的。文献<sup>[5]</sup>表明,在同样的室外气候条件下,吸湿屋顶的内表面温度和室内空气温度均比憎水屋顶低1.24,延迟时间也比后者长5h左右。构造如图4所示。

### 4 墙体节能改造

建筑物外墙传热面占整个建筑物外围护结构总面积的66%左右,通过外墙传热所造成的能耗损失约占建筑的外围护结构总能耗损失的48%。通

常,减少外墙传热有两种方法:一是严格控制体型系数,以减少传热面积,所以,新国标<sup>[6]</sup>规定“条式建筑物的体型系数不应超过0.35,点式建筑物的体型系数不应超过0.40”,江苏省省标<sup>[7]</sup>则要求控制在0.32以下;二是增强外墙的保温、隔热性能。显然,对于既有住宅建筑节能改造来说则只有实施第二种方法了。目前,我国广泛采用内保温,国外则已风行外保温。相比之下,外保温比内保温更加合理(对于节能改造来说更是如此),前者可以弥补后者无法克服的危害。对于全天候空调房来说,仅做外保温就能满足节能要求,具体构造如图5所示。

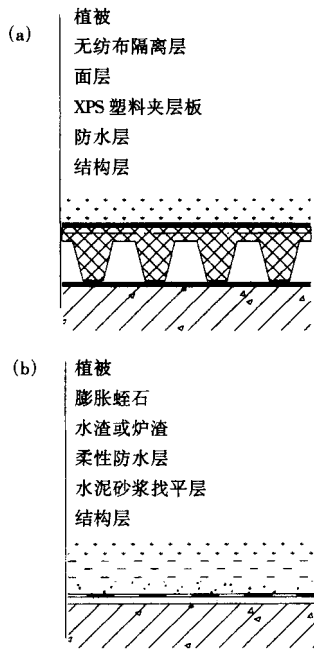


图3 种植屋面

(a) XPS夹层板种植屋面;(b)普通种植屋面

但对于南京地区住宅建筑来说,最合理也是最有效的保温、隔热构造是设置空气层。只有设置空气层,才能真正让保温层起到衣服的作用。当然,空气层必须设置能自由开、关的通风口,这样才是积极意义上的保温、隔热措施。空气层的作法有很多,欧洲大量采用预制板外挂法,这种作法可将水蒸气通过空气层排到室外,防止内部结露。文献<sup>[8]</sup>根据这一原理,充分利用GRC材料轻质高强的特性,借鉴幕墙板构造作法设计了幕墙式外保温体系,实践证明其热工性能、施工工艺与技术经济都是合理可行的。但我们认为,在南京地区将

保温层置于空气层外边对于隔热更加合理,为此我们根据通风散热原理对这一体系进行了改进(图6)。从实测结果来看,改进后的体系比原来体系散热要快得多,内表面温度低1左右;比无保温、隔热措施的住宅建筑低3~4,而成本并没有增加。

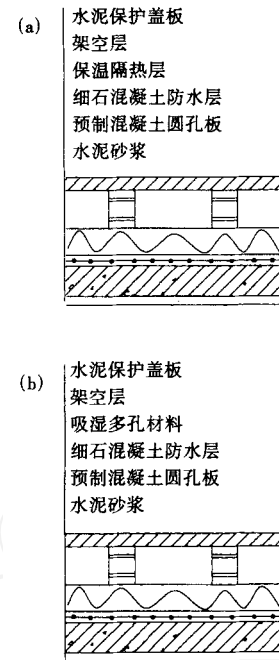


图4 两种架空屋顶比较 (a)憎水屋顶;(b)吸湿屋顶

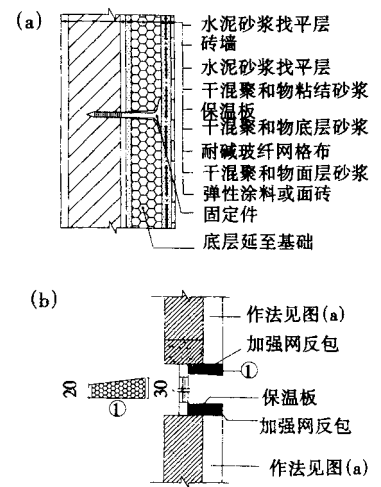


图5 外墙外保温构造 (a)外墙外保温基本构造;(b)窗口处理

### 5 窗户节能改造

窗户是建筑围护结构的重要组成部分,是建筑物热交换最活跃、最敏感的部位,其热损失是墙体的5~6倍。窗户能耗约占建筑能耗的40%,其重要性

(下转第757页)

要求,在选料、配合比设计、理论验算、施工方法、测温、控温、养护等方面,采取了一系列综合措施,有效地控制了混凝土裂缝,承台板大体积混凝土一次性连续浇筑取得成功,未出现施工缝、裂缝,且无大体积混凝土施工常见的泌水现象。现总结经验如下。

(1) 选用矿渣硅酸盐水泥,水化热相对较低,耐蚀性好,但早期强度较低,应认真养护。

(2) 以粉煤灰取代部分水泥,其后期强度与基准混凝土相等或略高,能减少水泥用量,降低水化热,改善混凝土的密实性和抗渗性,提高混凝土在施工中的可泵性和保水性。

(3) 使用缓凝型减水剂木质素磺酸钙,减少水用量,提高混凝土的密实性和抗渗性,增加混凝土在施工中的可泵性。

(4) 加入 UEA 型膨胀剂,制成补

(上接第 751 页)

不言而喻。目前,南京地区既有住宅建筑的窗户一般为单层钢窗,总传热系数  $K$  在  $6.40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  左右,为实心墙体的 4 倍;气密性  $> 2.0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ ,所以窗户的节能改造势在必行。作法如下。

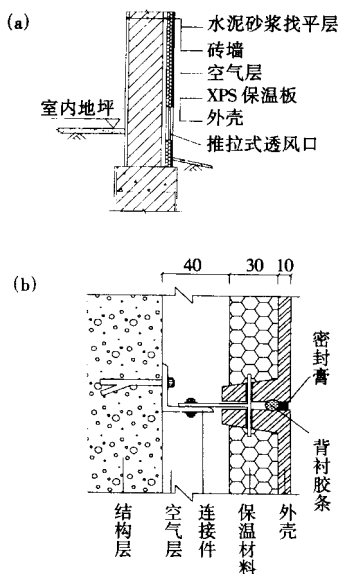


图 6 设置空气层的外墙外保温构造  
(a) 外墙构造; (b) 细部构造

### 5.1 采用节能型窗

新标准要求: 传热系数  $K$ , 朝北  $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , 其他朝向  $4.70$

表 6 混凝土理论温度与实测温度值比较

	混凝土中心最高温度( $T_{\max}$ )	混凝土表面温度( $T_{\text{表}}$ )	$T_{\max} - T_{\text{表}}$
计算值	48.14	24.60	23.54
实测值	50.3	24.0	26.3

偿收缩混凝土,它自身适度膨胀能抵消收缩应力,相当于提高了混凝土的抗拉强度,改善了混凝土内部的应力状态,从而减少和防止裂缝出现。

(5) 掺入一定量(不大于混凝土总量的 20%)毛石,减少水泥用量,降低混凝土温度,减小温度应力。

(6) 进行第二次振捣,以排除粗骨料、水平钢筋下部的空隙,增加混凝土的密实度,提高抗裂能力。

(7) 通过施工结构验算掌握拟用施工工艺对混凝土内温度应力的影响情况,进而作出适当调整,增强对施工质量预测和控制能力。

(8) 本文热工计算混凝土龄期为 3 d 时所得理论温度值与实测温度值比较如表 6 所示。

由表 6 可以看出,计算值和实测值最大偏差在 3 左右,文中理论计算还较为符合施工实际。还需说明一点,本工程混凝土中心最高温度与混凝土表面温度之差实测值为 26.3,略微超过了规范规定的 25,但混凝土并未出现裂缝,证明规范规定的 25 有一定的安全储备,按照此值进行施工设计是可行的。

### 参考文献

- 1 建筑工程冬期施工规程 (JBJ 104-97). 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- 2 高勋华. 高层建筑施工手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992
- 3 高勋华, 赵志缙. 高层建筑施工手册 (第二版). 上海: 同济大学出版社, 1997
- 4 崔静忠, 李启隶. 冬期施工手册 (第二版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1998

$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , 气密性  $< 1.50 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$ , 所以, 北向窗户应更换为双层塑钢窗或塑料单框双玻窗。其他朝向则换为单层塑钢窗即可。在框与扇、扇与扇之间须设密封条, 以防渗水、透气。在推拉窗的轨道处, 须增加密封处理。

### 5.2 增设有效遮阳

实测表明, 暴露于炎炎烈日之下的外墙 (尤其西墙) 的外表面温度可达 50 以上, 而当采用高效、可调的遮阳措施之后, 可降低到与室外空气温度相当的水平, 甚至更低。由此可见, 遮阳是非常适合南京地区气候条件的夏季节能措施。

### 5.3 设置节能窗帘

将纺织物的多孔绝热特点与金属的优良反光特性结合起来, 可以制成绝热性能良好的复合材料。实测表明, 利用这些材料做成的锦辉缎、红平绒尼龙绸窗帘的绝热效率比单层玻璃提高 44.1% ~ 47.5%, 节能效果非常显著。

一般采用上述 3 项措施后, 已能确保窗户节能 50% 的要求。

## 6 外部环境

实测表明, 不管房间的节能措施做得如何好, 只要打开门窗, 外墙的内表

面温度和室内空气温度马上飙升。究其原因, 主要是室外太阳辐射太强烈和室外空气温度过高, 所以改善住宅建筑热环境和建筑节能最有效也是最合理的方法是改善外部环境。由于既有住宅建筑是“既成事实”, 一般很难从大的方面进行规划、设计, 因此在住宅建筑周围栽种或移植大的落叶乔木将是最佳选择, 同时可种些攀缘植物, 以降低外围护结构的外表面温度。

### 参考文献

- 1 江苏省建设厅. 江苏省建筑节能“十五”发展计划, 2001
- 2 南京统计局. 南京统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1987-2001
- 3 邹新建. 建筑夹层塑料成型板的应用新工艺. 建筑学报, 2001(3)
- 4 柳孝图. 建筑物理. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- 5 刘才丰, 冯雅, 陈启高. 吸湿被动蒸发冷却通风屋顶构造方案与隔热性能实测研究. 中国建筑学会建筑物理分会第八届年会学术论文集, 2000
- 6 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准. 中华人民共和国建设部, 2001
- 7 江苏省民用建筑热环境与节能设计标准. 江苏省建设厅, 江苏省质量技术监督局, 2001
- 8 宋冶. 幕墙式外墙外保温板节能体系. 墙体革新与建筑节能, 1998(3)