

建筑围护结构节能设计在公共建筑中的应用

杨子江

(湖北工程学院新技术学院城市建设系,湖北 孝感 432000)

摘要:以孝感市公共建筑——天工楼为例,根据建筑功能要求和当地气候特点,在建筑单体设计中,合理地确定建筑的朝向、平面形状、外观体型,选用节能建筑材料对建筑围护结构的墙体、屋面、窗户进行节能设计的实践应用,使围护结构的热工参数达到了《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)的要求,改善了建筑室内热环境,实现了公共建筑减少建筑总能耗50%的目标。

关键词:公共建筑;建筑节能;可持续发展

中图分类号:TU24

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.05.008

0 引言

随着生活水平的提高,对能源的需求量也不断地增加。由于过度开采和不合理使用,生态环境日益恶化、自然资源的枯竭已严重威胁到人类的生存。因此节能环保成为当今社会的主题,受到世界各国的高度重视。我国是能耗大国,建筑能耗占社会总能耗的30%~40%,我国的建筑能耗与发达国家相比,建筑能耗单位水平远低于发达国家,仅为欧洲的1/5,美国的1/3^[1],有待努力实施建筑节能。目前,我国一般公共建筑总面积约55亿m²,用电量约占我国全年用电量的8%^[2]。这类建筑的能耗水平低于发达国家,加之公共建筑量大面广,人员流动频繁,活动集中,空间闲置多等特点,导致其能源消耗浪费很大,据专家研究,我国大型公共建筑单位建筑面积能耗大约是普通居住建筑的10~20倍^[3]。目前相当一部分普通办公建筑由于设计上的“先天不足”导致建筑能耗居高不下,而且很难在建成使用后通过调节或简单改造进行改善。由此可见,公共建筑节能潜力巨大。

2005年我国批准发布的第一部公共建筑节能设计的综合性国家标准《公共建筑节能设计标准》(GB50189—2005),要求公共建筑通过改善建筑围护结构保温、隔热性能,提供供暖、通风和空调设备、系统的能效比,采取增进照明设备效率等措施,在保证相同的室内热环境舒适参数条件下,实现减少建筑总能耗50%的目标。这对推进我国公共建筑的节能具有重大的意义。此外公共建筑节能当前面临着难得机遇,一是政府节能补贴增加,

二是地方政府有关优惠政策日益明确,三是可再生能源的利用,四是国际合作的蓬勃发展。

孝感市属于中小城市,地区经济的发展远比不上沿海城市,建筑节能工作的起步较晚,居住建筑的节能实践已经展开,但公共建筑的节能才刚起步。随着武汉城市圈“两型社会”的建设及建筑可持续性发展的要求,孝感地区的建设管理部门已经开始关注公共建筑的可持续发展问题了,建筑节能则是建筑可持续发展的核心内容。因此,孝感地区的公共建筑节能势在必行,本文以湖北工程学院天工楼为例,介绍了建筑节能技术在孝感地区公共建筑中的具体应用。

1 工程概况及设计总体构想

本工程为湖北工程学院城市建设学院的综合办公楼,楼高5层,最大建筑高度19.5m,总建筑面积7631.47m²,建筑体形系数0.183。主要由试验、教学、科研、会议、办公等多种功能组成。其标准层平面图、立面图见图1、图2。

孝感在我国属于夏热冬冷地区,天工楼的节能设计,夏季要考虑建筑的防热要求,冬季要考虑建筑的保温要求。天工楼的建筑设计空间丰富、立面变化多样,采用了玻璃幕墙,窗户面积较大,天工楼的采暖降温设计没有考虑中央空调,大部分空间只考虑了设置吊扇,这些对建筑节能提出了新的要求。因此,设计者对建筑进行热环境舒适性设计,使用生态设计软件Ecotect对孝感地区的风环境、日照、温湿度等气候特征进行了分析,同时也考虑了被动式节能设计的相关策略^[4]。确

收稿日期:2012-03-26

作者简介:杨子江(1974-),男,湖北应城人,副教授。研究方向:节能和结构理论研究。

定节能设计的总体思路是:在保证建筑使用功能和具有一定建筑造型美的前提下,尽可能控制建筑的体型系数,使该建筑的体型系数符合设计要求;合理地布置好绝大多数不设空调房间的建筑朝向,设计好活动遮阳和通风措施,使该空间的建筑热环境在夏季能得到有效改善;对将要安设空

调的一些办公空间做好夏季隔热和冬季保温的设计措施.该办公楼窗户面积较大,采用了大面积的玻璃幕墙,因此,窗户的节能设计中采用双层中空玻璃窗,此外还将采取遮阳措施来改善夏季窗户的热工性能.使整个建筑内部空间的保温与失热比重达到平衡.

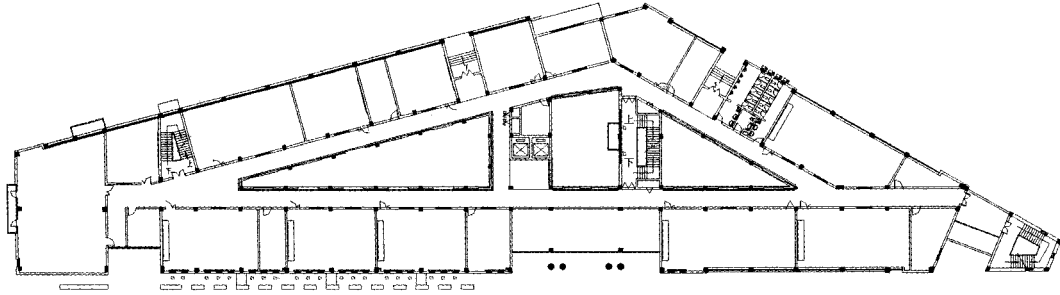


图 1 标准层平面图

Fig. 1 Standard floor plan

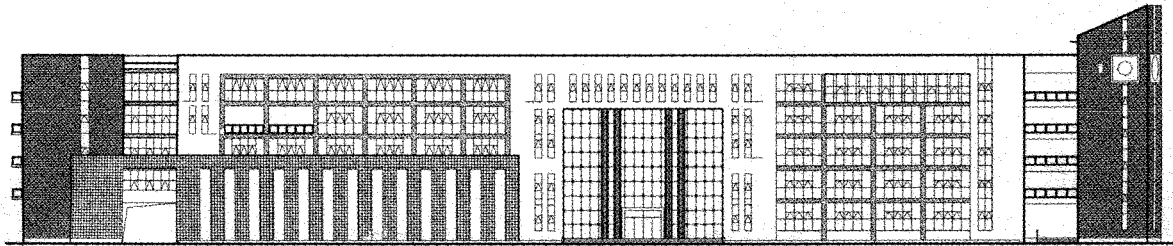


图 2 正立面图

Fig. 2 Front elevation

2 工程中的节能设计措施

孝感市传统的办公楼围护结构的构造为:墙体无保温措施,构造措施一般为 20 mm 厚石灰砂浆内抹灰,240 mm 厚的粘土砖墙,30 mm 厚的水泥砂浆外抹灰.其墙体传热系数为 $2.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 左右,是现行节能标准的 3 倍多.屋面构造措施一般为二毡三油防水层,20 mm 厚的水泥砂浆找平层,100 mm 厚的炉渣找坡层,120 mm 厚的预制空心板,其传热系数为 $1.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 左右,是现行节能标准 2.1 倍.窗体为塑钢单玻窗、铝合金单玻窗、单玻璃钢窗.窗体材料年老化,缝隙大,空气渗透严重,保温隔热性能差,耗热量大.实测外窗传热系数:塑钢单玻窗为 $4.90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,是现行节能标准 1.2 倍.铝合金单玻窗和单玻璃钢窗为 $6.80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,是现行节能标准 1.7 倍.

为了突出生态节能的主题,充分利用低成本的节能技术改善建筑室内的热环境,办公楼采用三角形平面形式,呈南北向布置,外表面积较少,体型系数较小,能有效地减少建筑能耗.南立面采用玻璃幕墙,以增加采光面积,北立面由于不能直接获得阳光而只采用矩形窗.

本办公楼改善建筑室内热环境的主要措施是合理地改善围护结构的保温性能.建筑外墙采用 250 mm 厚 B05 级加气混凝土砌块,内抹 3 mm 厚的水泥砂浆,外抹 20 mm 厚的水泥砂浆,外墙传热系数为 $0.80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.在节能设计中除了建筑墙体,屋面也是天工楼建筑围护结构中所占比例较大的一部分,该部分的节能设计也是很重要的.天工楼的屋面构造依次为 10 mm 厚地面砖、波形装饰瓦、平瓦,25 mm 厚水泥砂浆,35 mm 厚绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板,20 mm 厚水泥砂浆,20 mm 厚乳化沥青膨胀珍珠岩,150 mm 厚钢筋混凝土,传热系数为 $0.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.屋面的找坡层采用了当地廉价材料乳化沥青膨胀珍珠岩,施工比较方便,同时还可兼作屋面保温材料.为了满足屋面冬季的保温和夏季的隔热以及屋面上人的要求,在找坡层上铺设了 35 mm 厚聚苯乙烯挤塑板,上面再做屋面防水层和刚性层,就可以很好地保证上人屋面的强度要求了.为了可以减少该办公楼屋面角部部位产生“热桥”,在屋面周边的檐沟处将屋面的保温层材料改为了价格相对便宜的普通聚苯乙烯板材.

在建筑围护结构中,门窗是影响建筑室内热

环境和节约建筑能耗的主要因素。根据检测,门窗能耗约为建筑墙体的4倍,建筑屋面的5倍,约占建筑围护结构总能耗的40%~50%。因此增强门窗的保温隔热性能,减少门窗能耗是提高建筑节能水平的重要环节。本办公楼的玻璃幕墙外窗均采用铝合金中空玻璃断热型材平开(6Low-E+12A+6),自身遮阳系数0.49,传热系数为 $3.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。控制玻璃幕墙的开启部分面积并采用上悬式结构,内外双层胶条密封,以加强气密性,降低幕墙的热传导作用。

地板和地面的保温是容易被人们忽视的问题,实践证明楼地板如不加保温处理,则不仅增加采暖能耗,而且冬季会因地面温度过低,严重影响人们的身体健康。本工程楼地面构造依次为20 mm厚花岗石,30 mm厚水泥砂浆,150 mm厚钢筋混凝土,30 mm厚绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板,7 mm厚水泥砂浆,传热系数为 $0.83 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

在室内设置了生态中庭,中庭范围内采光充足,中庭中精心挑选一些适合室内生长的花木品种,利用植物的蒸发作用,可以降低室内温度,并且能增加空气湿度、净化空气。中庭花园不仅用来休息,缓解学习工作的精神紧张,放松情绪,还是一个温度缓冲层,能够调节整个办公楼建筑的室内微循环。

3 围护结构的热工参数计算

根据上述墙体、屋面、窗户等围护结构的节能构造措施,以及建筑的平面尺寸,按照《民用建筑热工设计规范》(GB50176-93)中的相关计算公式^[5],以孝感市具有代表性气象年的气象参数作为气象参数计算的依据,运用PKPM结构设计软件进行了计算。该办公楼建筑围护结构各部分的主要热工性能参数计算结果见表1~表5。

表1 外墙传热系数

Table 1 Heat transfer coefficient of outer wall

每层材料名称	厚度/ mm	导热系数/ [W/(m·K)]	蓄热系数/ [W/(m ² ·K)]	热阻值/ [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 D=R·S	导热系数 修正系数
水泥砂浆	3	0.930	11.37	—	0.04	1.00
B05级加气混凝土墙体	250	0.236	3.06	1.06	3.24	1.00
水泥砂浆	20	0.930	11.37	0.02	0.24	1.00
墙体各层之和	273			1.08	3.52	

墙体热阻 $R_0 = R_i + \sum R + R_e = 1.24 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$

墙体传热系数 $K = 1/R_0 = 0.80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

太阳辐射吸收系数 $\rho = 0.70$

表2 屋面传热系数

Table 2 Heat transfer coefficient of roofing

屋顶类型每层材料名称	厚度/ mm	导热系数/ [W/(m·K)]	蓄热系数/ [W/(m ² ·K)]	热阻值/ [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 D=R·S	导热系数 修正系数
地面砖、波形装饰瓦、平瓦	10	1.100	12.72	0.01	0.12	1.00
水泥砂浆	25	0.930	11.37	0.03	0.31	1.00
绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板	35	0.030	0.29	1.17	0.34	1.00
水泥砂浆	20	0.930	11.37	0.02	0.24	1.00
乳化沥青膨胀珍珠岩	20	0.120	2.28	0.15	0.35	1.10
钢筋混凝土	150	1.740	17.20	0.09	1.48	1.00
屋顶各层之和	260			1.46	2.83	

屋顶热阻 $R_0 = R_i + \sum R + R_e = 1.62 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$

屋顶传热系数 $K = 1/R_0 = 0.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

太阳辐射吸收系数 $\rho = 0.50$

表 3 架空楼板传热系数

Table 3 Heat transfer coefficient of overhead floor

架空楼板类型	厚度/ mm	导热系数/ [W/(m·K)]	蓄热系数/ [W/(m ² ·K)]	热阻值/ [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 $D = R \cdot S$	导热系数 修正系数
花岗石	20	3.490	25.49	0.01	0.15	1.00
水泥砂浆	30	0.930	11.37	0.03	0.37	1.00
钢筋混凝土	150	1.740	17.20	0.09	1.48	1.00
水泥砂浆	7	0.930	11.37	0.01	0.09	1.00
绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板	30	0.030	0.29	0.91	0.26	1.10
楼板各层之和	237			1.04	2.34	

楼板热阻 $R_0 = R_i + \sum R + R_e = 1.20 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$

楼板传热系数 $K = 1/R_0 = 0.83 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

表 4 地面热阻

Table 4 Ground resistance

地面类型每层材料名称	厚度/ mm	导热系数/ [W/(m·K)]	蓄热系数/ [W/(m ² ·K)]	热阻值/ [(m ² ·K)/W]	热惰性指标 $D = R \cdot S$	导热系数 修正系数
花岗石	20	3.490	25.49	0.01	0.15	1.00
水泥砂浆	30	0.930	11.37	0.03	0.37	1.00
水泥砂浆	0	0.930	11.37	0.02	0.24	1.00
混凝土部分	100	1.510	15.36	0.07	1.02	1.00
夯实粘土	1300	1.160	12.99	1.12	14.56	1.00
地面各层之和	1470			1.25	16.33	

地面热阻 $R_0 = 1.25 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$

表 5 外窗传热系数

Table 5 Heat transfer coefficient of external window

窗框	玻璃	窗墙比(包括 玻璃幕墙)	朝向	传热系数 $K/[W/(m^2 \cdot K)]$	遮阳系 数 SC	窗墙比 限值	K 限值	SC 限值
铝合金中空玻璃 断热型材平开窗	6Low-E + 12A/氩气+6	0.04	东	3.00 (3.00~3.20)	0.49	≤0.7	≤4.7	≤1
铝合金中空玻璃 断热型材平开窗	6Low-E + 12A/氩气+6	0.37	南	3.00 (3.00~3.20)	0.49	≤0.7	≤3	≤0.5
铝合金中空玻璃 断热型材平开窗	6Low-E + 12A/氩气+6	0.30	西	3.00 (3.00~3.20)	0.49	≤0.7	≤3.5	≤1
铝合金中空玻璃 断热型材平开窗	6Low-E + 12A/氩气+6	0.37	北	3.00 (3.00~3.20)	0.49	≤0.7	≤3	≤0.6

由理论计算结果可知,本办公楼工程围护结构的外墙传热系数 $K = 0.87 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < 1.0$, 屋面传热系数 $K = 0.62 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < 0.7$, 架空楼板传热系数 $K = 0.62 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < 1.0$, 地面热阻 $R_0 = 1.25 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W} > 1.20$, 以及窗户的窗墙面积比、传热系数、遮阳系数等均满足《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)第 4.2.2 条标准的要求。

4 结 语

本研究探讨了夏热冬冷地区办公建筑充分发

挥自然采光、通风、保温隔热等优势的设计策略。通过一年多的使用证明,该办公楼建筑内部空间设计合理,立面丰富多变,建筑造型美观,改变了学校已有办公楼、教学楼建筑的呆板形象。通过使用后的实际热工检测,外墙传热系数 $K = 0.91 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, 屋面传热系数 $K = 0.67 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, 窗户的传热系数为 3.08, 遮阳系数为 0.51, 基本达到《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)标准的要求。该工程造价虽然较高,但其节能技术效果良好。

(下转第 41 页)