

# 夏热冬冷地区办公建筑体形系数 对建筑能耗的影响分析

林美顺, 潘毅群, 龙惟定

(同济大学机械与能源工程学院, 上海 201804)

**摘要:** 建筑体形系数是体现建筑形态的重要指标,以上海地区的气候条件作为夏热冬冷地区的典型代表,采用动态能耗模拟软件 DeST-c 对办公类建筑进行能耗计算,引用被动容积率的概念,考虑建筑利用自然通风及日光照明的最大潜力,研究建筑体形系数与建筑能耗之间的关系。研究表明,夏热冬冷地区办公建筑体形系数越大,建筑的被动容积率越大,利用自然能源的潜力越大,建筑能耗越低,该结果为被动式建筑设计提供参考。

**关键词:** 办公建筑; 体形系数; 被动空间; 建筑能耗

**中图分类号:** TU243 ;TK01+8 ;TU201.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2015)10-0063-04

## Influence of Building Shape Coefficient on Energy Consumption of Office Buildings in Hot - Summer - and - Cold - Winter Area of China

LIN Mei-shun, PAN Yi-qun, LONG Wei-ding

(School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract :** Building shape coefficient is an important index in building energy efficiency design. This study is based on the concept of passive volume and assumed to fully use of passive energy, natural ventilation and daylighting, in the passive zones of a building. Taking a group of office buildings in Shanghai as an example, with the help of the dynamic simulation software DeST-c, the relationship between the building shape coefficient and building energy consumption is studied. It shows that in hot-summer-and-cold-winter area of China, the bigger shape coefficient, the bigger passive volume ratio, the more potential to use passive energy, the less building total energy demand. It provides a reference for passive building design.

**Key words :** office building; building shape coefficient; passive zones; building energy consumption

### 0 引言

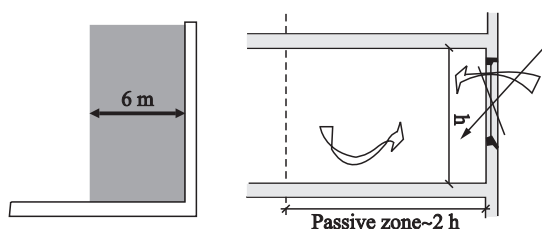
伴随着气候恶化及城市化的快速发展,能源资源被大量消耗,全球碳排放量逐年增加,建筑业作为能源消耗的主要方面,其节能减排工作已深入开展。近年来,人们对建筑节能的认识发生了转变,从抑制能源需求、减少耗能量,转变到在保证人们健康舒适的前提下,建筑能效的提升。与此同时,强调“天人合一”的被动式建筑设计重新受到了关注。通过建筑本体设计,利用被动式技术逐渐引起众多学者的重视并在实践中取得了很好的应用。被动式建筑设计就是利用自然界的能源,如阳光、风力等,尽量不依赖常规能源的消耗,通过规划、设计、环境配置的建筑手法来改善和

收稿日期 2015-04-10; 修回日期 2015-04-29

创造舒适的建筑环境。被动式建筑设计主要包括在建筑设计阶段的建筑朝向、建筑体形、建筑保温、窗墙比、建筑遮阳及自然通风方面的设计<sup>[1]</sup>。

建筑体形是建筑本体设计中影响能耗的重要方面,Ratti 等人<sup>[2]</sup>提出被动空间和被动容积率的概念,将其作为建筑概念设计阶段的重要指标,用于预测公共建筑建筑能耗。被动空间指从建筑外表面 6 m 或近似建筑净高 2 倍长度以内的建筑内部周边区域,在该空间内有利用自然能源(如日光照明)和自然通风的潜力(被动空间示意图见图 1)。被动容积率指建筑被动空间与建筑总空间的比值。Salat<sup>[3]</sup>采用被动容积率的概念,分析其与建筑能耗之间的关系,认为被动容积率越大,利用自然能源的潜力、可能性越大,建筑能耗越低。为

增加建筑被动容积率 提高利用日光照明和自然通风的能力,应提高建筑体形系数。这与我国现行节能标准中建议的体形系数应尽量小的观点相左。

图1 被动空间示意图<sup>[2]</sup>Fig.1 Diagram of passive zones<sup>[2]</sup>

从建筑传热角度分析,相同体积的建筑,体形系数越小,建筑接触室外的表面积越小,建筑传热损失也越小。但随着近些年对建筑碳排放的关注,我们更加意识到建筑的碳排放量取决于建筑的总能耗,其不仅包括弥补建筑围护结构传热损失的能源消耗,还包括照明、设备等方面的能耗。且随着围护结构的保温性能越来越好,通过围护结构的传热损失会越来越小,采暖空调的能耗比例也有降低趋势。

本论文以上海地区的气候条件作为夏热冬冷地区的典型代表,采用动态能耗模拟软件 DeST-c 对办公类建筑进行负荷和能耗计算,从被动空间利用自然通风及日光照明的角度,研究建筑体形系数、被动容积率与建筑总能耗之间的关系,探讨体形系数对被动式建筑设计的影响。

### 1 研究方法

目前,较为常见的办公建筑造型主要有多层板式办公楼和高层筒式写字楼两类(见图 2、3)。本文以这两种类型分别构造多层板式模型组和高层筒式模型组。采用动态能耗模拟软件 DeST-c 计算负荷和能耗,假设建筑能够充分利用自然采光及自然通风,分析体形系数与被动容积率、建筑能耗之间的关系。



图2 多层板式办公楼图

Fig.2 Slab-building



图3 高层筒式写字楼

Fig.3 High-rise tower building

DeST-c 是清华大学自主开发的、专用于采用中央空调的商业建筑空调系统方案辅助设计与分析的计算软件,它以自然室温为桥梁,联系建筑物和环境控制系统,继承并扩充了 DOE-2、ESP-2、TRNSYS 等软件在建筑物描述与模拟分析等方面的各种优越性<sup>[4]</sup>。此外,它可以计算考虑自然通风影响后的建筑负荷、暖通能耗,及自然采光满足室内照度要求时,通过减少照明开启累计小时数来计算照明能耗。

本研究中建筑体形以矩形为例,且假设建筑各楼层层高相等,体形系数  $T$  与被动容积率  $R$  的公式如下。

(1)体形系数:

$$T = \frac{F}{V} = \frac{2nh(b+L)+S}{nhS} = 2\left(\frac{1}{L} + \frac{1}{b}\right) + \frac{1}{nh} \quad (1)$$

式中  $T$  为建筑体形系数  $m^{-1}$ ;

$F$  为建筑的外表面积  $m^2$ ;

$V$  为建筑体积  $m^3$ ;

$n$  为建筑层数;

$h$  为建筑层高  $m$ ;

$b$  为建筑底面宽度  $m$ ;

$L$  为建筑底面长度  $m$ ;

$S$  为建筑底面面积  $m^2$ 。

(2)被动容积率:

$$R = \frac{\text{被动空间体积}}{\text{建筑总体积}} = \frac{S-(b-12)\times(L-12)}{S} \quad (2)$$

式中  $R$  为被动容积率;

$b$  为建筑底面宽度  $m$ ;

$L$  为建筑底面长度  $m$ ;

$S$  为建筑底面面积  $m^2$ 。

以建筑体形系数为单一变量,建筑朝向、窗墙比、围护结构热工性能、气候条件、使用时间表、空调系统形式及效率等参数均假定为定量。

### 2 模型设置

多层板式模型组建筑层数均为 6 层,高层筒式模

型组建筑层数为 12 层,层高均为 4 m,建筑朝向定为建筑长边朝南北,各朝向窗墙比均为 0.5,从建筑外表

面 6 m 以内的建筑周边区为被动空间,其他建筑模型的基本参数见表 1、表 2。

表 1 多层板式建筑模型基本参数  
Table 1 Parameters of slab building models

建筑名称	建筑长度 /m	建筑宽度 /m	建筑外表面积 /m <sup>2</sup>	建筑体积 /m <sup>3</sup>	建筑总面积 /m <sup>2</sup>	体形系数 /m <sup>-1</sup>	被动容积率
多 1	15	12	1 476	4 320	1 080	0.342	1
多 2	30	12	2 376	8 640	2 160	0.275	1
多 3	60	12	4 176	17 280	4 320	0.242	1
多 4	90	12	5 976	25 920	6 480	0.231	1
多 5	120	12	7 776	34 560	8 640	0.225	1
多 6	60	40	7 200	57 600	14 400	0.125	0.44
多 7	90	40	9 840	86 400	21 600	0.114	0.39
多 8	120	40	12 480	115 200	28 800	0.108	0.37

表 2 高层筒式建筑模型基本参数  
Table 2 Parameters of high-rise tower building models

建筑名称	建筑长度 /m	建筑宽度 /m	建筑外表面积 /m <sup>2</sup>	建筑体积 /m <sup>3</sup>	建筑总面积 /m <sup>2</sup>	体形系数 /m <sup>-1</sup>	被动容积率
高 1	12	12	2 448	6 912	1 728	0.354	1
高 2	24	12	3 744	13 824	3 456	0.271	1
高 3	24	24	5 184	27 648	6 912	0.188	0.75
高 4	36	24	6 240	41 472	10 368	0.160	0.67
高 5	36	36	8 208	62 208	15 552	0.132	0.56
高 6	48	36	9 792	82 944	20 736	0.118	0.50
高 7	48	48	11 520	110 592	27 648	0.104	0.44
高 8	60	60	15 120	172 800	43 200	0.088	0.36

模拟气象参数采用上海市标准典型气象年参数。

围护结构热工参数的设置参照 DGJ 08—107—2012《上海市公共建筑节能设计标准》。建筑围护结构热工参数见表 3。建筑无遮阳措施。

表 3 建筑围护结构热工参数

Table 3 Thermotechnical parameters of building envelope

围护结构名称	传热系数 /[W/(m <sup>2</sup> ·K)]
外墙	0.712
屋顶	0.437
外窗	2.2
外窗遮阳系数	SC=0.3

夏季室内设计温度为 24~26 °C,冬季室内温度为 20~22 °C,相对湿度为 50%~60%,室内人均新风量为 30 m<sup>3</sup>/(h·p)。建筑内部热扰设置,人员密度为 0.2 p/m<sup>2</sup>,灯光负荷为 11 W/m<sup>2</sup>,设备负荷为 11 W/m<sup>2</sup>。房间功能为密集办公室,房间设定的最低照度为 300 Lx。负荷计算考虑自然通风的影响,自然通风设定的最高温度为 26 °C,最低温度为 18 °C,最高湿度为 60%。系统选择风机盘管加新风系统,冷源为离心式制冷机组,额定 COP 为 5,热源为燃气热水锅炉,额定热效率为

95%。人员、灯光、设备的作息设置见图 4。

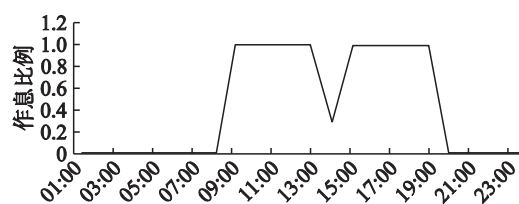


图 4 办公人员、灯光、设备作息比例

Fig.4 The schedule of people, lighting and equipment

### 3 结果讨论

统计建筑总能耗时常需将不同种类的能源消耗量进行合计,目前,我国常用的方法是当量热值法和等价值法,但这两种方法均不能反映不同能源品位的差异,鉴于这个问题,笔者采用清华大学提出的“等效电法”<sup>[9]</sup>,该计算方法将能源的“质”、“量”结合起来考虑等效电,在能耗统计方面更加科学合理。本研究中建筑消耗的能源是电力和天然气,采用综合能源数量和品位的“等效电法”进行建筑总能耗计算,其中,天然气的等效电法转换系数为 7.133 kW·h/m<sup>3</sup>。模拟计算结果如图 5~8 所示。



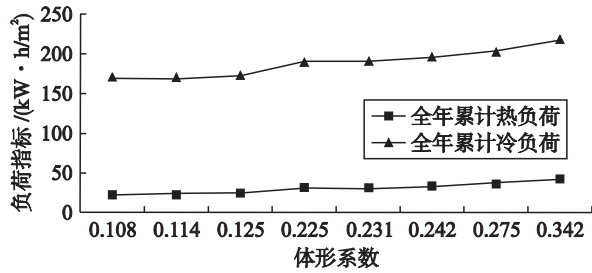


图5 多层板式模型组负荷模拟结果

Fig.5 Building load outputs of slab buildings

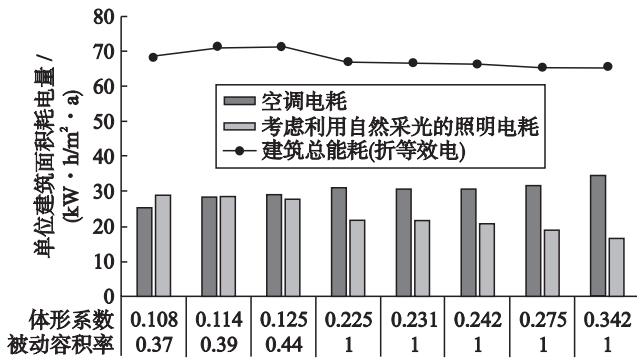


图6 多层板式模型组能耗模拟结果

Fig.6 Building consumption outputs of slab buildings

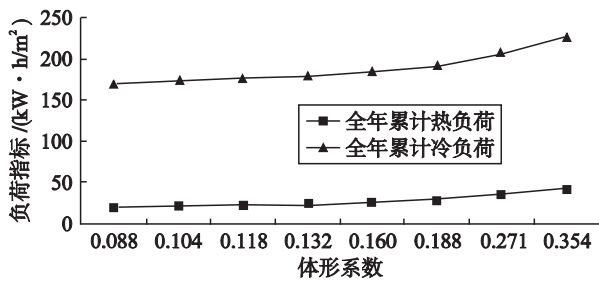


图7 高层筒式模型组负荷模拟结果

Fig.7 Building load outputs of high-rise tower buildings

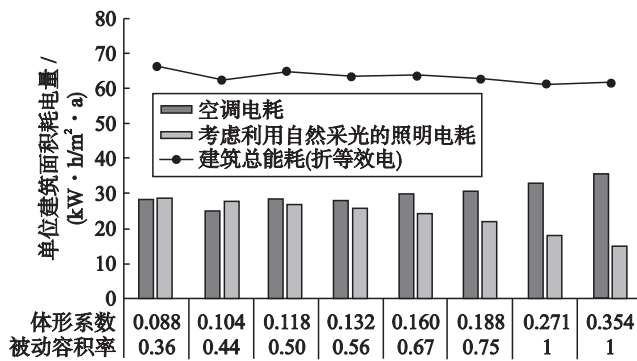


图8 高层筒式模型组能耗模拟结果

Fig.8 Energy consumption simulation of high-rise tower buildings

分析负荷和能耗结果可发现,不论是多层板式还

是高层筒式办公楼,体形系数越大,建筑负荷越大,空调能耗呈递增趋势,但考虑利用自然采光后的照明电耗随着体形系数的增加而减少,且建筑总能耗呈递减趋势。分析其原因是,体形系数越大,通过围护结构的得(失)热量越大,但是体形系数大,被动容积率越大,利用自然采光和自然通风的潜力越大,自然通风及照明负荷又影响着建筑负荷,当自然采光满足室内照度需求时,关闭照明设备,单位面积照明电耗减少,当自然通风满足室内得热/排热需求时,关闭机械空调系统,利用自然冷/热源,经全年能耗计算,综合考虑自然通风及自然采光对建筑总能耗的影响发现,随着体形系数的增加,总能耗有减少趋势。

#### 4 结论

体形系数越大,建筑负荷越大,但是弥补建筑围护结构传热损失的能源消耗只是建筑总能耗的一部分。综合考虑利用自然通风、自然采光后的建筑总能耗随着体形系数的增加而减少。被动式建筑要充分利用自然通风及自然采光,不应该拘泥于体形系数的限制,甚至可以增加体形系数,提高被动容积率,以充分利用被动能源。建议在以上海为典型代表的夏热冬冷气候区,对于办公类建筑等室内负荷影响较大的建筑,增加体形系数以充分利用自然能源减少对一次能源的需求。但被动式建筑设计与当地的气候条件、空气质量等实际情况密切相关,建筑体形设计应以建筑总能耗为评价目标,充分考虑当地实际条件,做到因地制宜。

#### 参考文献:

- [1]林宪德.建筑风土与建筑节能设计[M].台北:詹氏书局,1997.
- [2]Ratti C,Baker N,Stemers K.Energy consumption and urban texture[J].Energy and buildings,2005,37(7):762-776.
- [3]Salat S.Energy loads,CO<sub>2</sub> emissions and building stocks:morphologies, typologies,energy systems and behaviour[J].Building Research & Information,2009,37(5-6):598-609.
- [4]燕达,谢晓娜,宋芳婷,等.建筑环境设计模拟分析软件 DeST 第一讲建筑模拟技术与 DeST 发展简介[J].暖通空调,2004,(7):48-56.
- [5]江亿,杨秀.在能源分析中采用等效电方法[J].中国能源,2010,(5):5-11.

作者简介:林美顺(1990),女,朝鲜族,黑龙江人,供热、供燃气、通风与空调工程专业,研究生,主要从事建筑节能、建筑模拟方向的研究(lynnfuture@hotmail.com)。

指导教师:潘毅群,同济大学教授,博士生导师,主要从事建筑模拟与仿真、绿色建筑技术方向的研究(yiqunpan@tongji.edu.cn)。