

# 不规则外型高耸建筑物的体型系数研究\*

张亮亮<sup>1</sup>, 宋小斌<sup>1</sup>, 吴云芳<sup>1</sup>  
朱正刚<sup>1</sup>, 肖克艰<sup>2</sup>, 林官明<sup>3</sup>, 林荣生<sup>3</sup>

(1. 重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045; 2. 西南建筑设计院, 成都 610031; 3. 北京大学, 北京 100871)

**摘要:**对于外型不规则的高耸建筑结构,特别是存在相邻建筑物干扰时,其体型系数值将会发生显著变化,导致所得到的风荷载误差很大。为了研究这一问题,在北京大学环境学院国家重点实验室2号环境风洞中,对缩尺比为1:300的英利大厦模型进行了风洞试验,获得了作用于该建筑物上的静、动态风压,通过对试验结果进行分析、计算,直接求出了该建筑物的体型系数值。

**关键词:**高耸建筑物; 风荷载; 体型系数; 风洞实验

中图分类号: TU973+.32 文献标识码: A 文章编号: 1006-7329(2005)04-0052-03

## Research on the Body Coefficient of Complicated Tall Buildings

ZHANG Liang-liang<sup>1</sup>, SONG Xiao-bin<sup>1</sup>, WU Yun-fang<sup>1</sup>

ZHU Zheng-gang<sup>1</sup>, XIAO Ke-jian<sup>2</sup>, LIN Guan-ming<sup>3</sup>, LIN Rong-sheng<sup>3</sup>

(1. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. China Southwest Architectural Design & Research Institute, Chengdu 610031, P. R. China; 3. Beijing University, Beijing 100871, P. R. China)

**Abstract:** Considering the complication of the coefficient of wind-induced vibration for tall buildings, the scale 1:300 model test of Ying Li Building is completed in the second wind tunnel of Beijing University. Based on the calculation and analysis of the test results, the static and dynamic wind pressure acting on the building can be obtained and the value of the coefficient of wind-induced vibration for this tall building can be solved directly, thus a new way is laid for the research of complicated tall buildings.

**Keywords:** tall building; wind load; body coefficient; wind tunnel test

目前我国建筑结构设计采用的风荷载是根据现行的《建筑结构荷载规范》<sup>[1]</sup>中给出的,即:

$$w_z = \beta_z \mu_s(z) \mu_z(z) w_0 \quad (1)$$

式中:  $w_z$  为高度  $z$  处的风压,单位为  $\text{kN}/\text{m}^2$ ;  $\beta_z$  为风振系数;  $\mu_s(z)$  为体型系数;  $\mu_z(z)$  为风压沿高度变化系数;  $w_0$  为基本风压。

规范中只给出了外型规则且没有相邻建筑物干扰情况下的体型系数取值,而对于外型不规则的高耸建筑结构,特别是当存在相邻建筑物干扰时,其体型系数值将会发生显著变化,导致所得到的风荷载误差很大。

以兴建于重庆市江北区观音桥的英利大厦为对象,在北京大学环境学院国家重点实验室2号环境风洞中,对缩尺比为1:300的英利大厦模型进行了风洞试验,获得了作用于该建筑物上的静、动态风压,通过对试验结果进行分析、计算,直接求出了该建筑物的体型系数值。

如图1所示,英利大厦造型奇特,高度超群,是一幢有核心作用的标志性大型建筑,风荷载是结构设计中的控制荷载。该建筑物北端高220m,东及南部是低矮的裙楼。从东或西的方向看,塔楼是一个高

\* 收稿日期:2005-04-05

作者简介:张亮亮(1956-),男,湖南人,教授,博士生导师,主要从事土木工程结构抗风研究。

高的尖塔,在150 m以上随高度的增加,横向尺寸逐步收缩,屋脊插入云间;从北端方向看,塔楼西高东低,似一把利刃。英利大厦附近的高楼密集,相互干扰产生的动力风荷载显著,导致体型系数值发生了根本变化。

## 1 体型系数的定义

建筑物表面某测点的压力系数  $C_{pi}$  可表示为:

$$C_{pi} = \frac{P_i - P_\infty}{\frac{1}{2}\rho\bar{v}(z)} \quad (2)$$

式中:  $p_i$  为测点静压;  $p_\infty$  为来流静压;  $\rho$  为空气密度, 图1 安装在风洞中的英利大厦及周边环境建筑物模型  $\bar{v}(z)$  为测点处平均风速。

在得到建(构)筑物某一面各点的压力系数值后,对其进行加权平均,可以得到该表面的风载体型系数  $\mu_{si}(z)$ , 即:

$$\mu_{si}(z) = \frac{\sum_{i=1}^n C_{pi} A_i}{A_i(z)} \quad (3)$$

式中:  $\mu_{si}(z)$  为建筑物截面  $i$  的风载体型系数;  $A_i$  为压力系数  $C_{pi}$  的测点所代表的表面积;  $A_i(z)$  为建筑物截面  $i$  的面积。

由于沿建(构)筑物高度方向各点的压力系数值不同,因此,实际计算时可沿高度分区域进行,在每个区域内可认为其风载体型系数和风压高度变化系数均为常值。从上述公式可以看出,当建筑物外型复杂,特别是存在邻近建筑物的干扰时,建筑物表面的压力系数值会发生根本变化,从而导致风载体型系数产生很大差异。

## 2 建筑物表面风荷载的获取

为了得到英利大厦表面的静、动态风荷载,在北京大学环境学院国家重点实验室2号环境风洞内进行了测压模型试验。模型的几何缩尺比定为1:300。为了考虑邻近建筑物的干扰影响,试验中还模拟了该建筑物周围半径300 m的其它邻近建筑物,如图1所示。

为了测量不同高度和不同位置处的风压分布特点,沿英利大厦模型的不同高度布置了241个测压点。试验中使用美国Scanivalve传感器公司生产的电子扫描阀压力测量系统来测量模型表面的压力分布,得到作用于该建筑物上的静动态风荷载。

## 3 体型系数计算及结果分析

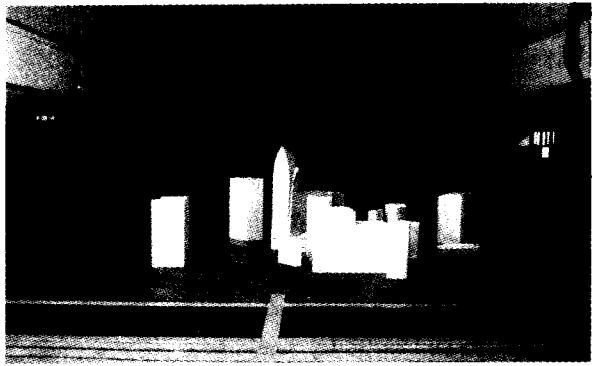
### 3.1 风向角的定义

我们定义正对塔楼北立面的北风风向角为 $0^\circ$ ,顺时针偏 $90^\circ$ 为东风风向角,顺时针偏转 $180^\circ$ 为南风风向角,顺时针偏转 $270^\circ$ 为西风风向角。这里定义的风向角与气象学上的风向角差 $9^\circ$ (或本文定义的风向角加减 $9^\circ$ 即气象学上的风向角)。风向的模拟通过风洞底板上的转盘实现。

### 3.2 测点的极值风压与脉动风压

3.2.1 塔楼北立面 最大平均压力系数出现在风向角 $\theta=0^\circ$ 的测点13和17的 $\bar{C}_p=0.55$ ,处于迎风面的塔楼中上部位正压均比较大。最大脉动压力系数出现在 $\theta=0^\circ$ 的测点34的 $C_{pd}=0.38$ ,处于塔楼中下部位的两端,气流方向改变过程中,脉动压力系数较大。最小平均压力系数出现在风向角 $\theta=90^\circ$ 的测点7的 $\bar{C}_p=-0.95$ ,处于塔楼的东上端,位于其上方的测点6的 $\bar{C}_p=-0.9$ ,也是比较小的,此外东端的测点11,15和19也同受红鼎大厦的影响,有较小的压力。

3.2.2 塔楼南立面 最大平均压力系数是 $\theta=202.5^\circ$ 的测点66的 $\bar{C}_p=0.53$ ,处于塔楼中上部的中间。



$\theta = 180^\circ$ , 正值迎风面情况, 测点 61、62、66 和 67 均有较大正压。高度  $H < 150$  mc 以下的正压较小。最大脉动压力系数出现在  $\theta = 112.5^\circ$  位于东端最高测点 60 的  $C_{pd} = 0.2$  最小平均压力系数是  $\theta = 90^\circ$  测点 60 的  $\bar{C}_p = -0.96$ 。

3.2.3 塔楼西立面 最大平均压力系数出现在  $\theta = 247.5^\circ$  的点 158 的  $\bar{C}_p = 0.57$ 。塔楼中上部中间部位的测点 158、161、166 在  $\theta = 247.5^\circ$  和  $270^\circ$  时都有较大正压。最大脉动压力系数是  $\theta = 202.5^\circ$  的测点 158 的  $C_{pd} = 0.37$  最小平均压力系数是  $\theta = 0^\circ$  的测点 175 的  $\bar{C}_p = -0.89$ 。

3.2.4 塔楼东立面 最大平均压力系数是  $\theta = 90^\circ$  的测点 109 的  $\bar{C}_p = 0.55$ 。测点 105、106、107 和 108 也有较大正压出现。最大脉压力系数是测点 120 在  $\theta = 90^\circ$  的  $C_{pd} = 0.43$ 。最小平均压力系数是  $\theta = 337.5^\circ$  的测点 115 的  $\bar{C}_p = -0.83$ 。

根据风洞试验结果, 按式(3) 计算分析得塔楼各表面的总体体型系数见表 2, 其面划分以及具体测点位置见图 2。

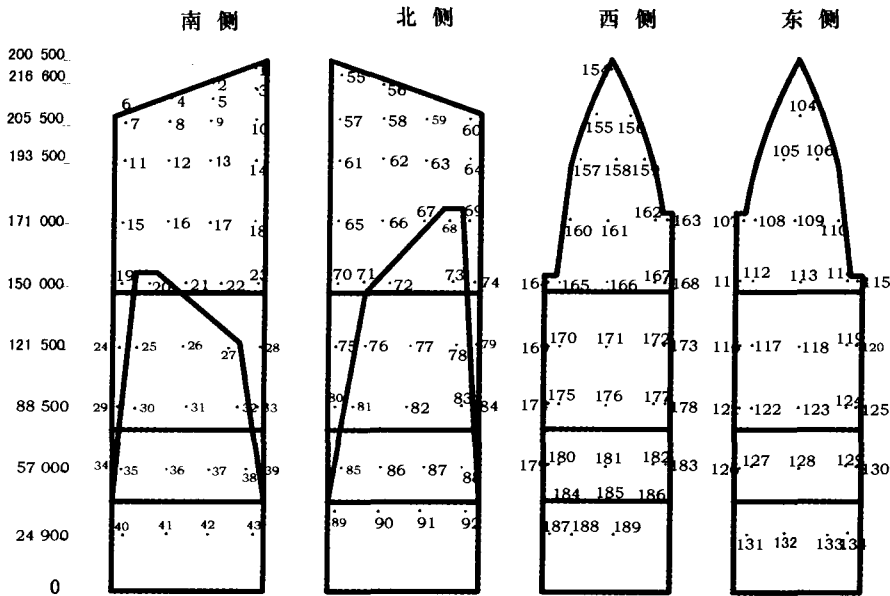


图 2 塔楼各立面测点布置

表 2 各迎风角下的总体体型系数

角度( $^\circ$ )	迎风面顶部(I)	迎风面中部(II)	迎风面底部(III)	背风面顶部(I)	背风面中部(II)	背风面底部(III)
0	0.47	0.56	0.37	-0.54	-0.75	-1.02
22.5	0.45	0.48	0.36	-0.44	-0.65	-0.88
45	0.41	0.55	0.47	-0.38	-0.48	-1.11
67.5	0.38	0.56	0.52	-0.38	-0.46	-1.18
90	0.42	0.54	0.38	-0.38	-0.63	-0.87
112.5	0.33	0.53	0.31	-0.43	-0.71	-1.16
135	0.37	0.58	0.34	-0.52	-0.77	-1.19
157.5	0.42	0.53	0.36	-0.54	-0.78	-0.88
180	0.44	0.55	0.32	-0.52	-0.75	-0.82
202.5	0.43	0.55	0.44	-0.48	-0.73	-0.79
225	0.46	0.54	0.32	-0.48	-0.69	-0.81
247.5	0.45	0.58	0.39	-0.43	-0.58	-0.47
270	0.44	0.57	0.52	-0.47	-0.54	-0.56
292.5	0.46	0.47	0.26	-0.58	-0.76	-1.05
315	0.41	0.51	0.43	-0.54	-0.77	-1.15
337.5	0.42	0.52	0.69	-0.58	-0.92	-1.02

字签名发送给信息接受者,信息接受者用发送方的公共密钥对数字签名进行解密。这就保证了信息是发送方发送的且中途没有被泄露或篡改。这可以有效遏制恶意发布不实信息的行为。

2.5.4 支付系统 企业的交易行为离不开债权和债务的产生。金融学认为,结清债权和债务关系的经济行为即为结算。也就是说,结算是指经济活动中的收支行为。一般意义上的结算包括货币即时结算和支付结算两种。其中,支付结算以银行为中介,是电子商务结算的主要形式。作为电子商务系统的基本组成部分,支付系统的实现方式和安全性、方便性直接影响消费者与企业交易行为的实现以及消费者、企业和银行的安全和利益。安全性和方便性是衡量一个支付系统是否优良的重要标准。目前支付系统常用的安全交易技术有 SSL 技术和 SET 技术。

### 3 结论

本文探讨了一种新型的由政府、大型房地产开发商和小型经纪企业共建共用的房地产电子商务模式。可以看到,电子商务为经纪组织的网络化发展奠定了基础,但是千篇一律的运营模式将制约中国中小型房产经纪公司的发展,利用电子商务发展独具特色的针对性服务才是这些企业应当认真思考的问题。而政府部门则应当着力于营造良好的电子商务应用环境。

#### 参考文献:

- [1] 梁成华,张义刚. 电子商务技术[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [2] 吕廷杰. 电子商务教程[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [3] 葛颂茂. 房地产交易入门[M]. 上海:上海社会科学院出版社,1998.
- [4] 高展军. 电子商务时代的房地产网络营销[J]. 中外房地产导报,2000,(9):23-25.
- [5] 李德建. 电子商务在房地产中介行业的应用[J]. 贵州财经学院学报,2001,(6):81-85.

---

(上接第54页)

结果表明,由于邻近建筑物的干扰影响,使该建筑物表面的风荷载发生了显著变化,特别是背风面底部和建筑物两侧,其局部负压绝对值增大了100%,个别点甚至增大了200%,从而使建筑物底部的体型系数明显大于规范值,结构设计时要特别注意由于负压过大可能造成大楼外表面玻璃幕墙脱落。大楼顶部的收缩明显降低了迎风面压力,背风面负压也有所降低,从而使顶部总体体型系数值大大降低,其值仅为规范规定值的60%~80%左右。

### 4 结论

- 1) 通过对风洞试验结果进行分析、计算后得到的体型系数可直接用于风荷载计算。
- 2) 邻近建筑物的存在使英利大厦底部产生了较大的干扰荷载,特别是负压,从而使建筑物底部的体型系数值明显大于规范值,结构设计时要特别注意由于负压过大可能造成大楼外表面玻璃幕墙脱落。
- 3) 大楼顶部的收缩明显降低了迎风面压力,背风面负压也有所降低。

#### 参考文献:

- [1] GB50009-2001, 建筑结构荷载规范[S].
- [2] 张亮亮. 绵阳南郊机场航站楼风压分布研究[J]. 重庆建筑大学学报,2004,26(1):5-9.
- [3] 张亮亮. 建筑物表面脉动压力测量与分析[J]. 空气动力学学报,1996,14(3):288-293.
- [4] 张亮亮. 高层建筑风荷载及其动态响应研究[D]. 成都:西南交通大学,1994.
- [5] 张相庭. 高层建筑抗风抗震设计计算[M]. 上海:同济大学出版社,1997.