

# 单个周边建筑对工业厂房屋面平均风压的气动干扰效应

樊友川, 全涌, 顾明, 姜海鹏

(同济大学 土木工程防灾国家重点实验室, 上海 200092)

**摘要:** 工业厂房通常处于工业厂区内, 受周边建筑的干扰, 其表面风压分布与单个独立厂房不同, 相邻建筑会对风荷载产生影响。基于单个厂房与两个串列厂房刚性模型风洞试验, 给出了不同工况下屋面的平均风压, 分析了屋盖横向、纵向端部与中部测点的平均风压分布规律, 对比了不同串列距离条件下受扰厂房与独立厂房屋盖表面平均风压分布, 探讨了平均风压系数干扰因子随风向角及干扰距离的变化规律。试验结果表明: 不同风向角时, 干扰效应截然不同; 干扰效应存在临界风向角。临界风向角一般保持在  $30^\circ \sim 50^\circ$  范围内, 小于临界风向角时, 干扰起放大效应; 大于临界风向角时, 干扰为遮挡效应。此外, 运用最小二乘法拟合了干扰因子设计值实用计算式, 为受扰厂房建筑屋盖表面风压的修正提供依据。

**关键词:** 工业厂房; 风洞试验; 平均风压系数; 干扰因子; 实用计算式

中图分类号: TU312.1 文献标志码: A

## Aerodynamic interference effect of single surrounding building on mean wind pressures on industrial building roof

FAN Youchuan, QUAN Yong, GU Ming, JIANG Haipeng

(State Key Laboratory of Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Due to the aerodynamic interference effects, wind pressure distributions on roofs of industrial buildings surrounded by similar buildings are different from those of isolated buildings. Wind tunnel tests for an industrial building interfered by a similar building were carried out and the data of mean pressures on its roof were obtained. The mean wind pressures distributions on the roof were studied for different test cases. The mean wind pressures for the interference cases were compared with those for isolated conditions. Meanwhile, the relations of mean pressures interference factors ( $IF$ ) and wind direction and distance were explored. The results show that the interference effects vary with different wind directions. The critical wind angles are found to be about  $30^\circ \sim 50^\circ$ . The amplification effects are observed when the wind directions are less than critical wind angles; and the shielding effects are observed when the wind directions are larger than critical wind angles. Based on the test data, the formulae of design mean pressures interference factors ( $IF_d$ ) were established by fitting method of Levenberg-Marquart algorithm, which can provide references for the amendments to the loads on industrial buildings with interference.

**Keywords:** industrial building; wind tunnel test; mean wind pressure coefficient; interference factor; practical formulae

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAJ06B05, 2008BAJ08B14)。

作者简介: 樊友川(1981—)男, 湖北阳新人, 博士研究生。E-mail: douglasvan81@gmail.com

通讯作者: 全涌(1971—)男, 重庆人, 工学博士, 副教授。E-mail: quanyong@tongji.edu.cn

收稿日期: 2010年8月

## 0 引言

多次的风灾调查表明<sup>[1-2]</sup>,低矮建筑物破坏造成的损失超过总的建筑物破坏损失的半数,风灾中量大面广的低矮房屋的毁坏或倒塌及其带来的人员伤亡是造成风灾损失巨大的主要原因。风工程界针对单个低矮建筑的表面风荷载开展了大量研究<sup>[3-5]</sup>,许多成果已经编入各国荷载规范。但是,工业厂房常受厂区内周边建筑的干扰,表面风压分布与单个独立建筑有所不同,因此在结构抗风设计中应该考虑周边建筑的气动干扰效应。各国荷载规范均未考虑干扰效应,进行风洞模拟试验研究工业厂房致干扰效应是十分必要的。

低矮建筑干扰研究兴起于最近 20 年,Ahmad 与 Kumar<sup>[6]</sup>进行了单个与三个建筑施扰的四坡低矮建筑风洞试验,研究了屋盖不同区域平均、脉动、极值干扰因子。研究发现,单个干扰物处于不同位置时,表现出显著的干扰或者放大效应,最大放大因子为脉动干扰因子,可达 1.66,最大遮挡因子为平均干扰因子,可达 0.66; Surry 与 Lin<sup>[7]</sup>通过风洞试验研究了工业与商业区典型布置时,试验模型的极值风压变化情况,结果表明,建筑屋盖角部区域极值风压受到极大的干扰,极值最大遮挡效应可达 40%。Chang 与 Meroney<sup>[8]</sup>借助 CFD 方法与风洞试验研究了阵列建筑对试验模型表面风压的干扰特性,阵列建筑的流场与单个建筑周围流场完全不同,中心位置建筑常受到遮挡效应,数值模拟方法可以较好地反映流场的变化趋势。由于干扰工况过于复杂多变,所以干扰效应难以形成公式等供实践使用。

本文对无干扰独立厂房工况及单个干扰建筑工况进行了刚性模型测压风洞试验,对比研究了无干扰与有干扰条件下厂房屋盖表面平均风压分布变化。借鉴美国金属建筑结构手册(MBMA 2002)<sup>[9]</sup>的分区方法对屋面进行合理分区,重点研究了风向角以及建筑之间的相对距离对分区风压系数干扰因子的影响。

## 1 试验概况

风洞测压试验在同济大学土木工程防灾国家重点实验室风洞实验室的 TJ-2 大气边界层风洞中进行。该风洞是一座闭口回流式矩形截面风洞,试验段尺寸为宽 3m、高 2.5m、长 15m,试验风速范围从 0.5~68.0m/s 连续可调。

测压试验厂房屋原型为附带女儿墙与均布小型通风器的典型单跨双坡钢结构工业厂房。厂房屋原型纵

墙长度  $L$  为 120m,跨度  $B$  为 42m,檐口高度  $H$  为 40m,屋盖坡角为  $3^\circ$ ,女儿墙高度为 1.7m。施扰厂房与试验厂房屋外型一致。试验模型与施扰模型均为刚性模型,试验模型用 3mm 厚的有机玻璃板制成,施扰模型用 3mm 厚的 ABS 塑料板制成,如图 1 所示。模型几何缩尺比为 1:150。图 2 为试验厂房测点布置及施扰厂房相对位置图。试验模型屋盖表面共布置有 160 个测点。在有干扰工况时,施扰厂房分别布置于 4 个位置,两个厂房的相对距离  $d/B$  分别为 2.0、2.5、3.0、3.5,分别定义为干扰工况 1~4,无干扰独立厂房定义为无干扰工况。风向角的定义如图 2 所示,以风垂直吹向山墙方向为  $0^\circ$  风向角,按逆时针方向增加风向角,取风向角间隔为  $15^\circ$ 。

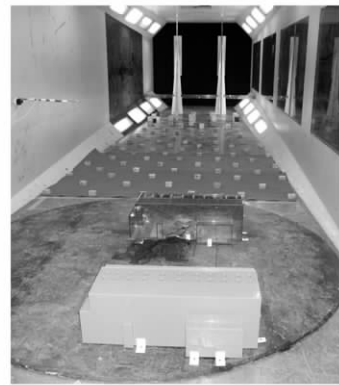


图 1 风洞测压试验

Fig. 1 Wind tunnel test for rigid model

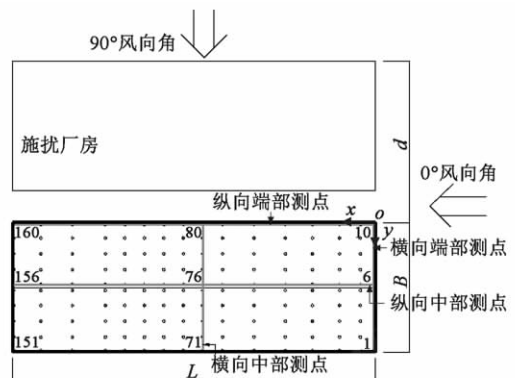


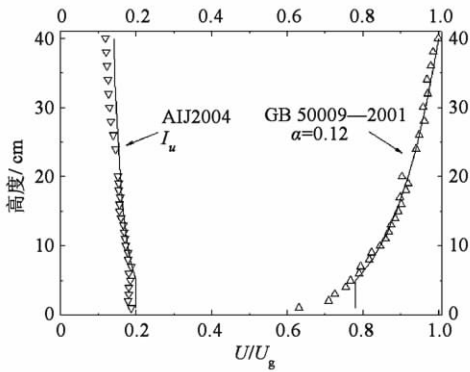
图 2 试验厂房测点布置及其与施扰厂房相对位置图

Fig. 2 Pressure taps layout and position of interference building

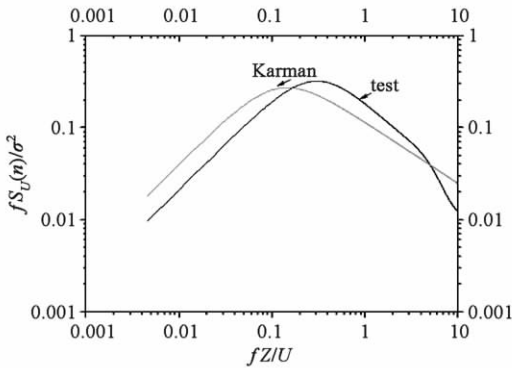
本次风洞试验的大气边界层流场为我国建筑荷载规范<sup>[10]</sup>中定义的 A 类风场,按照文献[11]的方法进行模拟。A 类风场平均风速剖面的地貌地面粗糙指数  $\alpha$  为 0.12。由于各类地貌的紊流度剖面我国规范尚未给出,且运用脉动系数计算得到的紊流度较其他国家的规范偏小许多,本次风洞试验采用的紊流度公式是日本建筑物荷重指针(AIJ 2004)<sup>[12]</sup>通过实测得到紊流度剖面并拟合得出的。图 3 给出了 A

类风场的模拟结果。

压力测量和数据采集采用 DSM3400 电子式压力扫描阀系统、PC 机以及自编的信号采集和数据处理软件 组成了风压测量、记录及数据处理系统。本次试验取屋盖平均高度作为参考高度,参考风速为 12m/s,试验风速比为 1:2,由于几何缩尺比为 1:150,则采样时间比为 1:75。采样频率为 312.5Hz,每个测点采样样本长度为 9000 个数据,共 28.8s,对应实际风场的采样时间为 0.6h。采用文献 [13] 的方法修正了测压管道对测量信号的影响。



(a) A 类模拟风场平均风速和紊流度剖面



(b) A 类模拟风场模型屋盖平均高度处纵向风速谱

图 3 A 类风场的模拟结果

Fig. 3 Simulation result of exposure A

## 2 数据处理

### (1) 风压系数

将试验测点的风压时程  $P_i(t)$  无量纲化后得到各个测点的风压系数时程  $C_{P_i}(t)$  表示为:

$$C_{P_i}(t) = \frac{P_i(t)}{(1/2)\rho V_H^2} \quad (1)$$

式中,  $C_{P_i}(t)$  为测点  $i$  的风压系数时程,  $P_i(t)$  为作用在测点  $i$  的压力时程  $\rho$  为试验空气密度  $H$  为屋盖平均高度,  $V_H$  为  $H$  高度处的参考风速,取屋盖平均高度处的风速。对  $C_{P_i}(t)$  进行统计分析,以获得各测点的平均风压系数  $\bar{C}_{P_i}$ 。

### (2) 分区平均风压系数

建筑表面分区  $zone(j)$  的分区平均风压系数  $C_{P_i}(j)$  的计算式为:

$$C_{P_i}(j) = \frac{\sum_{i=1}^{N(j)} C_{P_i} A_i(j)}{A(j)} \quad (2)$$

式中,  $j$  为分区序号 取值为  $[1, n]$ ,  $N(j)$  为  $zone(j)$  分区的测点数目,  $C_{P_i}$  为  $zone(j)$  分区测点  $i$  的点平均风压系数,  $A_i(j)$  为  $zone(j)$  分区测点  $i$  的从属面积,  $A(j)$  为  $zone(j)$  分区面积。

### (3) 平均风压系数干扰因子

$$IF(\theta) = \frac{C_{P_{in}}(\theta)}{C_{P_{is}}(\theta)} \quad (3)$$

式中,  $IF(\theta)$  为不同风向角下平均风压系数干扰因子,  $C_{P_{in}}(\theta)$  为不同风向角下受扰建筑屋盖平均风压系数,  $C_{P_{is}}(\theta)$  为不同风向角下独立建筑屋盖平均风压系数。

### (4) 平均风压系数干扰因子设计值

为了方便工程设计,考虑横向与纵向框架结构的设计方向。横向框架设计时,认为风垂直屋脊方向作用 横向分区各区域平均风压系数设计值取为各区域平均风压系数在  $45^\circ \sim 90^\circ$  风向角范围内的包络最小值;纵向框架设计时,认为风平行屋脊方向作用 纵向分区各区域平均风压系数设计值取为各区域平均风压系数在  $0^\circ \sim 45^\circ$  风向角范围内的包络最小值。

横向分区时平均风压系数干扰因子设计值为:

$$IF_d = \frac{\min_{\theta=45^\circ}^{90^\circ} C_{P_{in}}(\theta)}{\min_{\theta=45^\circ}^{90^\circ} C_{P_{is}}(\theta)} \quad (4)$$

纵向分区时平均风压系数干扰因子设计值为

$$IF_d = \frac{\min_{\theta=0^\circ}^{45^\circ} C_{P_{in}}(\theta)}{\min_{\theta=0^\circ}^{45^\circ} C_{P_{is}}(\theta)} \quad (5)$$

## 3 屋盖平均风压分布特性

不同风向角时来流风在结构表面不同区域的绕流流态以及特征湍流产生机理不尽相同,故本文分析屋盖表面风压分布特性时重点考察典型测点平均风压系数变化规律以及横向 ( $y$  方向) 端部与中部测点与纵向 ( $x$  方向) 端部与中部测点风压变化规律。典型测点与横向及纵向测点示意图见图 2。

### 3.1 典型测点平均风压系数随风向角的变化

选取屋面典型测点——角部测点 10、中部测点 76 以及边沿测点 6 与 80 等 4 个测点。不同工况下典型测点平均风压系数随风向角变化曲线如图 4 所

示。不同风向角时,施扰厂房与试验厂房相对位置不断变化,其施扰效应不同,屋盖表面不同位置受扰程度亦不尽相同。

随着风向角的增大,在 $0^\circ \sim 45^\circ$ 风向角区间时,各工况条件下,角部测点10平均风压系数绝对值不断增大,在 $45^\circ$ 风向角时达到最大值,仅干扰工况1的风压系数绝对值的最大值出现在 $60^\circ$ 风向角;风压系数绝对值达到最大值之后不断减小,在 $165^\circ$ 风向角时达到最小值。山墙上缘屋盖测点6的风压系数变化趋势与角部测点10类似,在 $45^\circ$ 风向附近平均风压系数绝对值最大。屋盖中部测点76、纵墙上缘屋盖测点80与角部测点10的风压系数变化趋势截然不同,其平均负风压系数在 $90^\circ$ 风向角前后的变化趋势基本对称。各工况平均风压系数绝对值基本在 $45^\circ$ 与 $135^\circ$ 风向角附近达到最大值,而在 $90^\circ$ 风向角附近达到最小值。

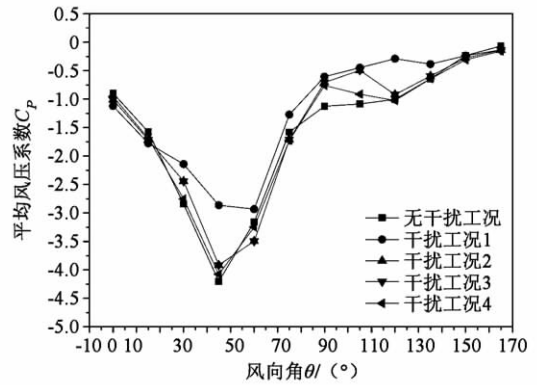
### 3.2 横向测点平均风压系数分布

#### (1) 端部测点

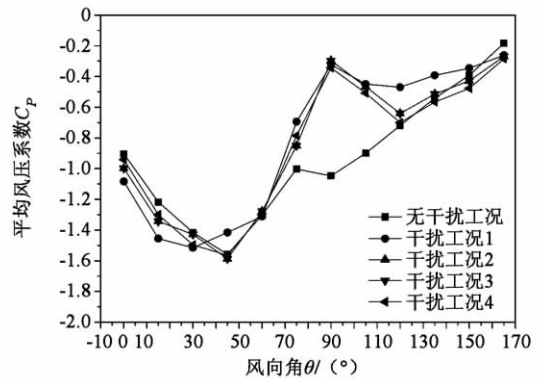
如图5所示 $0^\circ$ 风向角时,气流垂直吹向横向框架,其横向端部测点风压系数沿 $y$ 方向分布均匀,基本相等;施扰厂房的干扰为放大效应,随着干扰距离的减小,平均风压系数绝对值增大。 $45^\circ$ 风向角时,气流斜吹向横向框架,其端部测点风压系数绝对值沿 $y$ 方向不断减小,迎风上游测点风压系数绝对值较大,下游测点风压系数绝对值较小;对于平均风压系数,施扰厂房的干扰为遮挡效应,随着干扰距离的减小,平均风压系数绝对值减小,且上游测点受干扰程度较大。 $90^\circ$ 风向角时,气流平行吹向横向框架,无干扰工况时,相对跨度小于0.2时,端部测点平均风压系数绝对值不断增大,在相对跨度为0.2附近取得最大值,继而不断降低;有干扰工况时,端部测点风压系数沿 $y$ 方向变化趋势发生变化,平均风压系数绝对值不断减小,迎风上游测点风压较大,下游测点风压系数绝对值较小;对于平均风压系数,施扰厂房的干扰为遮挡效应,平均风压系数绝对值减小,遮挡效应与干扰距离几乎无关。

#### (2) 中部测点

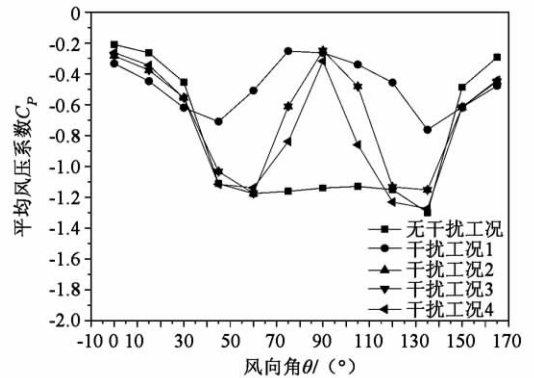
如图6所示 $0^\circ$ 风向角时,中部测点的风压变化规律与端部一致,干扰效应亦类似。但中部的平均风压系数绝对值较端部小。 $45^\circ$ 风向角时,中部测点的变化规律与端部不同。上游测点(相对跨度约小于0.2)平均风压系数绝对值沿 $y$ 方向增大,下游测点(相对跨度约小于0.2)平均风压系数绝对值沿 $y$ 方向减小,在相对跨度约为0.2时平均风压系数绝对值达到最大值。干扰表现为遮挡效应,受扰程度随干扰距离的减小而变大。上游测点受干扰影响强于下游测点。 $90^\circ$ 风向角时,中部测点平均风压系数分



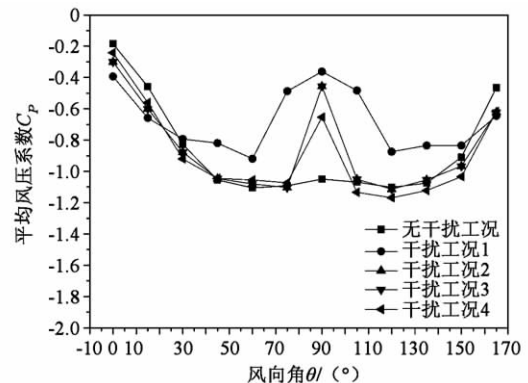
(a) 角部测点10



(b) 山墙上缘屋盖测点6



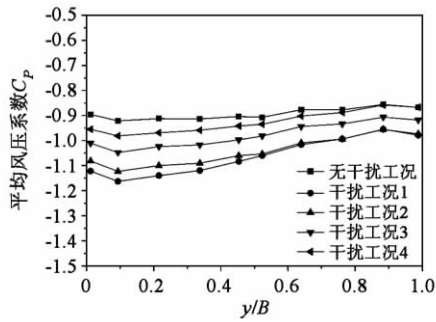
(c) 屋盖中部测点76



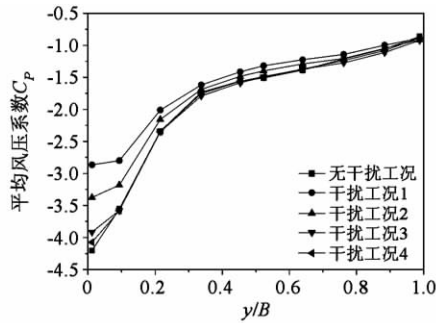
(d) 纵墙上缘屋盖测点80

图4 典型测点平均风压系数

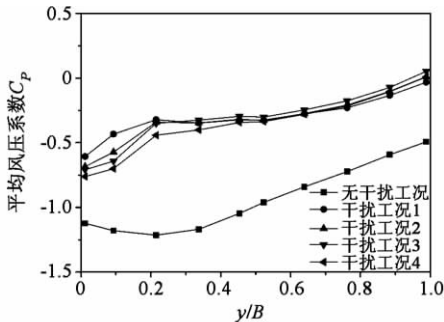
Fig. 4 Mean pressure coefficients of typical taps



(a) 0°风向角



(b) 45°风向角



(c) 90°风向角

图5 横向端部平均风压系数

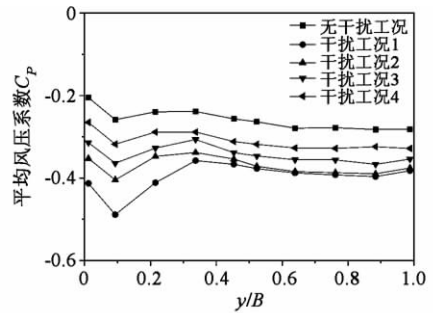
Fig. 5 Mean pressure coefficients of end lateral taps

布与端部类似。

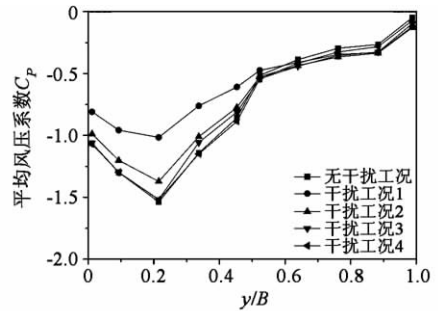
### 3.3 纵向测点平均风压系数分布

#### (1) 端部测点

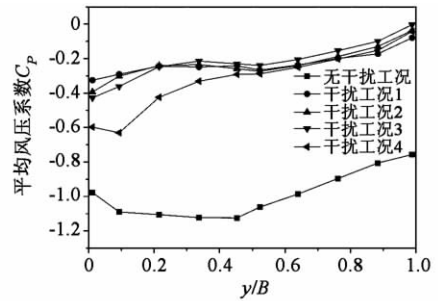
如图7所示 $0^\circ$ 风向角时,气流平行吹向纵向框架,在 $x/L = 0.05$ 左右,端部测点平均风压系数绝对值达到最大值,沿 $x$ 方向测点平均风压系数绝对值不断减小;对于平均风压系数,施扰厂房的干扰为遮挡效应,平均风压系数绝对值随干扰距离的减小而减小。 $45^\circ$ 风向角时,端部测点的平均风压系数绝对值沿 $x$ 方向不断减小;干扰表现为遮挡效应,受扰程度随干扰距离的减小而变大,上游测点受干扰影响强于下游测点。 $90^\circ$ 风向角时,气流垂直吹向纵向框架,其端部测点风压系数沿 $x$ 方向分布均匀基本不变,仅前后边缘测点风压系数有所变化;施扰厂房的干扰为遮挡效应,随着干扰距离的减小,平均风压系数绝对值减小。



(a) 0°风向角



(b) 45°风向角



(c) 90°风向角

图6 横向中部平均风压系数

Fig. 6 Mean pressure coefficients of center lateral taps

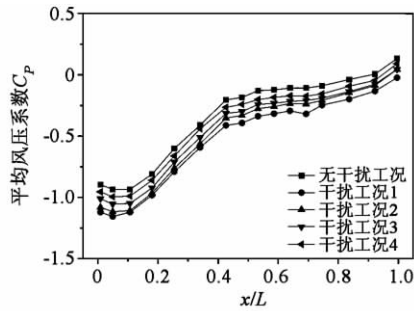
#### (2) 中部测点

如图8所示 $0^\circ$ 风向角时,中部测点风压分布与端部测点类似。在 $x/L = 0.1$ 左右,端部测点平均风压系数绝对值达到最大值,沿 $x$ 方向测点平均风压系数绝对值不断减小。对于平均风压系数,施扰厂房的干扰为遮挡效应,平均风压系数绝对值随干扰距离的减小而减小。 $45^\circ$ 风向角时,中部测点的平均风压系数绝对值沿 $x$ 方向减小,在 $x/L = 0.3$ 左右达到最小值;干扰表现为遮挡效应,受扰程度随干扰距离的减小而变大。 $90^\circ$ 风向角时,中部测点风压系数与端部类似,沿 $x$ 方向分布均匀基本不变;施扰厂房的干扰为遮挡效应,遮挡程度与干扰距离基本无关。

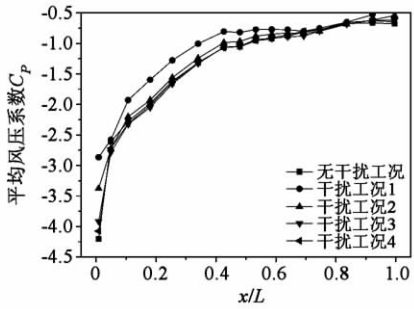
## 4 屋盖分区平均风压系数干扰因子

### 4.1 屋盖表面分区方法

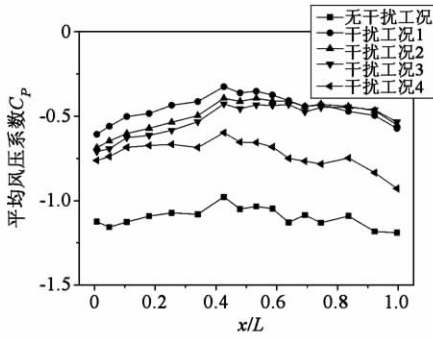
厂房表面各区域风压特性不同,风压系数分布不同。进行结构设计时,既要考虑结构的受力与传



(a) 0°风向角



(b) 45°风向角



(c) 90°风向角

图7 纵向端部平均风压系数

Fig. 7 Mean pressure coefficients of end longitudinal taps

力特性,也要考虑风压系数的分布状况。所以必须针对结构不同分区给出风压系数。端部、中部横向与纵向测点的平均风压分布规律及其受干扰效应影响不尽相同,且屋盖边沿区域与中部区域风压形成机理亦不相同,故借鉴美国金属建筑结构手册(MBMA 2002)<sup>[9]</sup>端部区域与中部区域的定义,如图9所示。屋盖表面共划分4个区域,划分为端部区域与中部区域。迎风屋盖中部与端部区域区号为 zone1 与 zone1e;背风屋盖中部与端部区域区号为 zone2 与 zone2e。 $a$  为分区参数,其取值为:

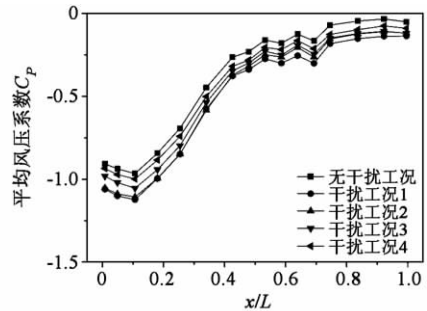
$$a = \min(0.1 \times \min(L, B), 0.4H) \quad (6)$$

且同时需要满足

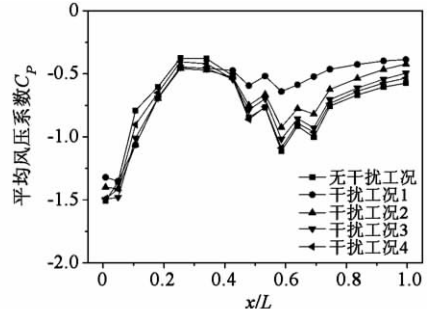
$$a \geq 0.04 \times \min(L, B) \text{ 及 } a \geq 0.9m \quad (7)$$

#### 4.2 分区平均风压系数干扰因子影响分析

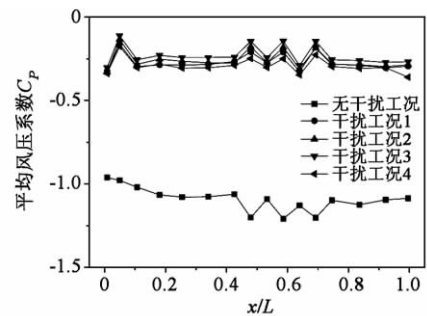
图10与图11分别为不同风向角时纵向、横向分区平均风压系数干扰因子。由图可知,干扰效应存



(a) 0°风向角



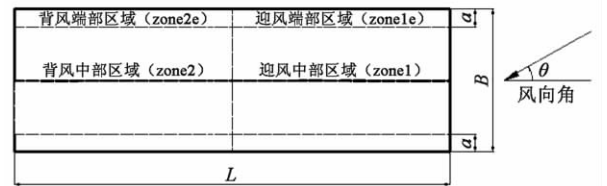
(b) 45°风向角



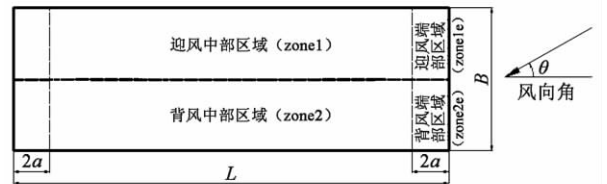
(c) 90°风向角

图8 纵向中部平均风压系数

Fig. 8 Mean pressure coefficients of center longitudinal taps



(a) 纵向分区

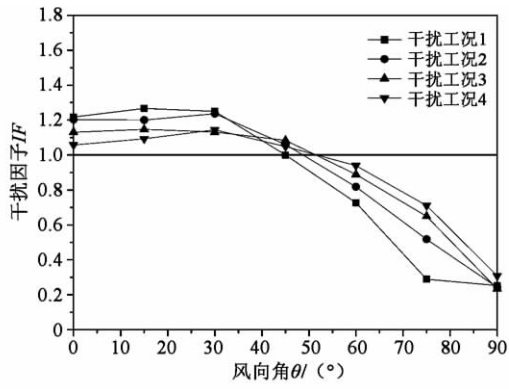


(b) 横向分区

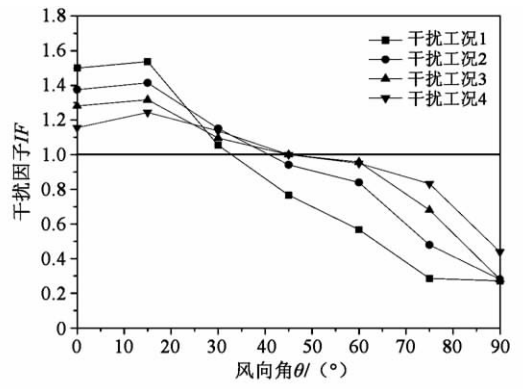
图9 屋盖表面分区示意图

Fig. 9 Schematic diagrams of roof surface partition

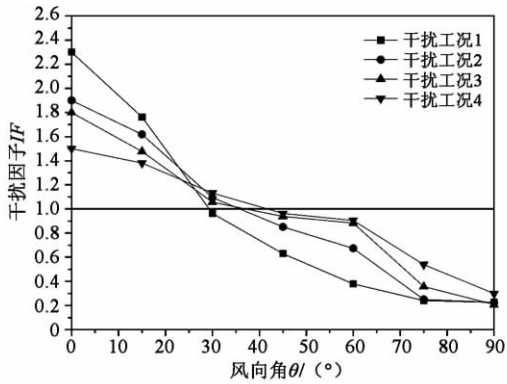
在临界风向角。当风向角小于临界风向角时,各分区干扰因子大于1,主要表现为放大效应;当风向角大于临界风向角时,干扰因子小于1,主要表现为遮



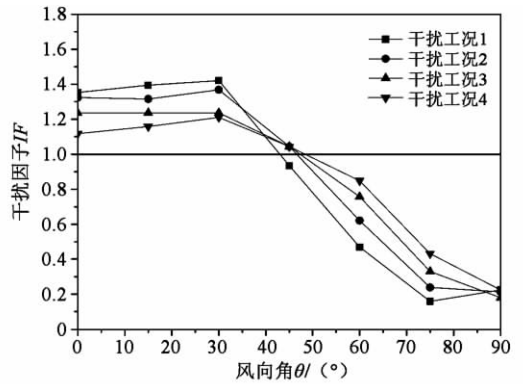
(a) zone1 分区



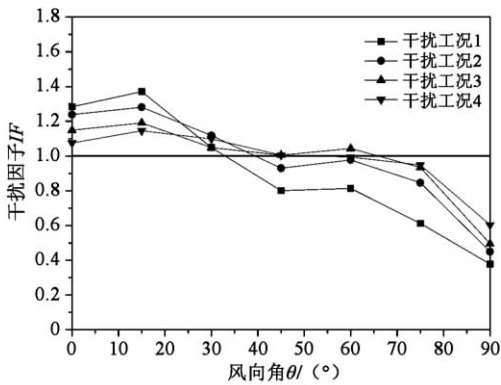
(a) zone1 分区



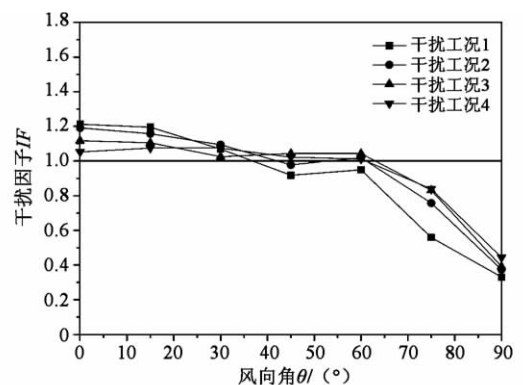
(b) zone2 分区



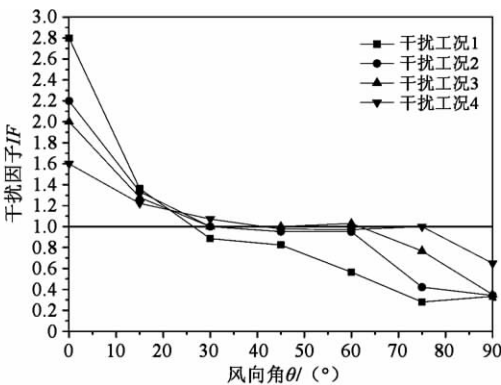
(b) zone2 分区



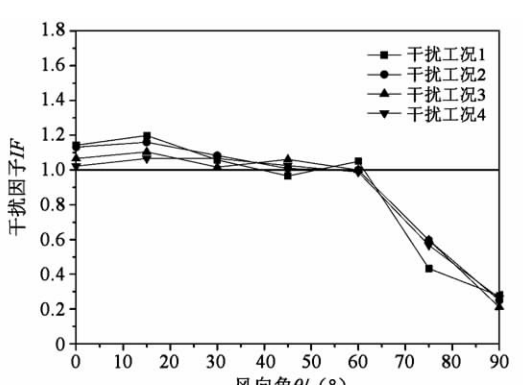
(c) zone1e 分区



(c) zone1e 分区



(d) zone2e 分区



(d) zone2e 分区

图 10 纵向分区平均风压系数干扰因子

Fig. 10  $IF$  for mean pressure coefficients of longitudinal zones

图 11 横向分区平均风压系数干扰因子

Fig. 11  $IF$  for mean pressure coefficients of lateral zones

挡效应。不同工况时,各分区的干扰临界风向角各不相同,但是基本保持在  $30^\circ \sim 50^\circ$  范围内。

不同分区的最不利放大效应风向角不尽相同。横向、纵向分区 zone1 与 zone1e 的最不利放大效应风向角约为  $15^\circ$ ,纵向分区 zone2 与 zone2e 则为  $0^\circ$ ,横向分区 zone2 为  $30^\circ$ 。当来流垂直吹向干扰厂房屋脊方向时,受扰厂房的各分区均处于最有利遮挡效应。

干扰距离对干扰因子影响较大。干扰距离越小,来流受阻塞或加速的干扰越大,不确定性越强,经过干扰物的气流产生的特征湍流越大,对于受扰厂房的干扰效应越大。

#### 4.3 分区平均风压系数干扰因子设计值

为了工程实践使用方便,由式(4)~(5)的定义,根据最小二乘法拟合出不同分区在不同干扰距离条件下的平均风压干扰因子设计值实用计算式。

常见的非线性最小二乘法有3种:无约束优化的梯度方法、高斯-牛顿法(Gauss-Newton法)和阻尼最小二乘法(Levenberg-Marquart法)。无约束优化的梯度方法收敛速度较慢,而高斯-牛顿法虽然收敛速度快,但对参数初值有严格的要求,故本文拟合方法采用阻尼最小二乘法。

各分区平均风压系数干扰因子设计值为:

$$IF_d = p_{j1} + p_{j2}\lambda^2 + p_{j3}\lambda^3 \quad (8)$$

式中, $j$ 为分区序号, $1 \leq j \leq 8$ , $j \in N(N$ 为整数), $\lambda = d/B$ 为相对干扰距离, $2 \leq \lambda \leq 3.5$ 。

表1 屋面分区拟合计算式参数及误差表

Table 1  $IF_d$  Equation parameters and fitting errors of roof zones

分区区域	参数取值					
	横向区域			纵向区域		
zone1	$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$	$p_{51}$	$p_{52}$	$p_{53}$
	0.11	0.23	-0.05	1.21	-0.02	0.002
zone1e	$p_{21}$	$p_{22}$	$p_{23}$	$p_{61}$	$p_{62}$	$p_{63}$
	0.66	0.10	-0.02	0.40	0.17	-0.03
zone2	$p_{31}$	$p_{32}$	$p_{33}$	$p_{71}$	$p_{72}$	$p_{73}$
	0.39	0.03	-0.004	0.03	0.25	-0.05
zone2e	$p_{41}$	$p_{42}$	$p_{43}$	$p_{81}$	$p_{82}$	$p_{83}$
	0.76	0.09	-0.02	0.44	0.16	-0.03
均方根误差	0.006			0.008		
相关系数	0.98			0.99		

由表1可知,经验计算式均方根误差值均在0.008以下,经验计算式与试验数据的相关系数为0.98以上。图12为干扰因子试验值与经验计算式计算值对比图。经验计算式计算值与试验值几乎相等,误差远小于两倍的均方根值。图13为横向各分区在不同干扰距离条件下的干扰因子设计值。由图可知,实用计算式能很好地反映干扰因子随相对干扰距离的变化趋势,计算值与试验值非常接近。综

上所述,屋盖表面分区平均风压系数干扰因子设计值实用计算式能有效预测干扰因子设计值。

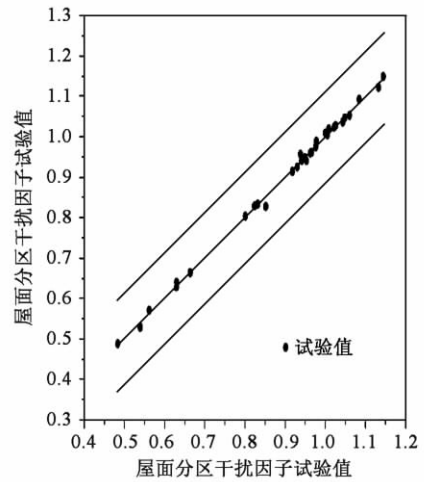


图12 屋面分区干扰因子设计值的试验值与计算值对比

Fig. 12 Test and formula  $IF$  for mean pressure coefficients of roof zones

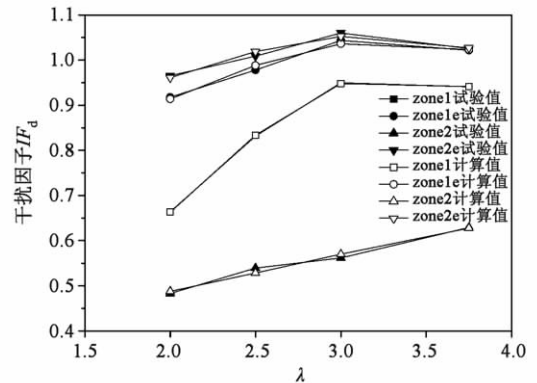


图13 横向分区干扰因子设计值

Fig. 13 Test and formula  $IF$  for mean pressure coefficients of lateral zones

## 5 结论

通过无干扰单个厂房与典型干扰工况的刚性模型风洞试验,分析了不同工况时的屋盖纵横向端部与中部的测点风压分布规律,对比了无干扰工况与干扰工况下的屋盖表面风压分布;分析了平均风压系数干扰因子随风向角及干扰距离的变化规律。并利用阻尼最小二乘法拟合了风压系数实用计算式,得到如下结论:

(1) 屋盖表面不同区域的测点风压分布规律及其受扰效应各不相同。纵、横向测点平均风压系数绝对值一般在  $45^\circ$  风向角时为最大。迎风上游平均风压系数绝对值较大,下游较小。干扰效应可改变测点风压分布规律。上游测点受干扰影响较下游测



点严重。

(2) 干扰效应存在临界风向角。当风向角小于临界风向角时,干扰主要表现为放大效应;当风向角大于临界风向角时,主要表现为遮挡效应。

(3) 屋盖表面分区平均风压系数干扰因子受风向角与相对干扰距离影响较大。最不利放大效应风向角各工况不尽相同,而最有利遮挡效应均出现在 $90^\circ$ 风向角。

(4) 分区平均风压系数干扰因子设计值实用计算式适用于施扰建筑与受扰建筑外形及其尺寸近似的工况,对于施扰建筑与受扰建筑外形及其尺寸相差较大的工况计算式可能失效。

(5) 分区平均风压系数干扰因子设计值实用计算式具有较高的精度,可以用于工程实践,为受扰厂房建筑屋盖表面风压的修正提供依据。

#### 参 考 文 献

- [1] U. S. Department of Housing and Urban Development. Assessment of damage to single-family homes caused by Hurricanes Andrew and Iniki [M]. Washington, DC: Economic Development Publication, 1993.
- [2] Mitigation Assessment Team. Hurricane Katrina in the gulf coast [M]. Washington DC: U. S. Department of Homeland Security, FEMA, 2006.
- [3] Davenport A G, Surry D, Stathopoulos T. Wind loads on low-rise buildings: final report of phases I and II: boundary layer wind tunnel report [R]. BLWT-SS8-1977. London: University of Western Ontario, 1977.
- [4] Eaton K J, Mayne J R, Cook N J. Wind loads on low-rise buildings: effects of roof geometry [C]// Fourth International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. London: Cambridge University Press, 1997.
- [5] Ginger J D, Holmes J D. Effect of building length on wind loads on low-rise buildings with a steep roof pitch [J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2003, 91(11): 1377-1400.
- [6] Ahmad S, Kumar K. Interference effects on wind loads on low-rise hip roof buildings [J]. Engineering Structures, 2001, 23(12): 1577-1589.
- [7] Surry D, Lin J X. The effect of surroundings and roof corner geometric modifications on roof pressures on low-rise buildings [J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 1995, 58(1): 113-138.
- [8] Chang C H, Meroney R N. The effect of surroundings with different separation distances on surface pressures on low-rise buildings [J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2003, 91(8): 1039-1050.
- [9] MBMA 2002 Metal building systems manual [S].
- [10] GB 50009—2001 建筑结构荷载规范 [S]. (GB 50009—2001 Load code for the design of building structures [S]. (in Chinese))
- [11] 黄鹏, 全涌, 顾明. TJ-2 风洞大气边界层被动模拟方法的研究 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1999, 27(2): 136-140. (Huang Peng, Quan Yong, Gu Ming. Research of passive simulation method of atmospheric boundary layer in TJ-2 wind tunnel [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 1999, 27(2): 136-140. (in Chinese))
- [12] AIJ recommendations for loads on buildings [S]. English Version. Tokyo: Architectural Institute of Japan, 2004.
- [13] 周晷毅. 大跨度屋盖结构风荷载及风致响应研究 [D]. 上海: 同济大学, 2004. (Zhou Xuanyi. Research on wind load and wind-induced response of structure of long span roof [D]. Shanghai: Tongji University 2004. (in Chinese))