

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2016.03.001



周边干扰对煤气柜表面风压的影响

李正农¹, 范涛¹, 康建彬², 程杰³, 吴涛³, 谢俊军⁴

(1. 湖南大学 建筑安全与节能教育部重点试验室, 长沙 410082; 2. 华阳国际设计集团长沙分公司, 长沙 410082; 3. 重庆赛迪冶炼装备系统集成工程技术研究中心有限公司, 重庆 401122; 4. 湖北省建筑设计院, 武汉 430212)

摘要:根据刚性模型风洞测压试验所得数据,研究了不同的周边干扰条件下柜体表面平均风压系数的变化规律,对比分析了不同柜体间距时干扰效应的变化情况。研究表明:干扰煤气柜位于柜体的正前方时,柜体迎风面平均风压系数显著减小;干扰煤气柜位于柜体的正后方时,柜体背风面平均风压系数会增大;两煤气柜相互平行时,柜体背风面平均风压系数会减小;柜体间距会对干扰效应产生影响,干扰效应随着柜体间距的变化而发生变化;在迎风面与侧风面,规范值有较高的安全储备;而在背风面,其安全储备略有不足。

关键词:煤气柜;干扰;风洞试验;平均风压;柜体间距

中图分类号:TU973 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2016)03-0001-11

Interference effect of mean wind pressure of gasholder

Li Zhengnong¹, Fan Tao¹, Kang Jianbin², Cheng Jie³, Wu Tao³, Xie Junjun⁴

(1. Key Laboratory of Building Safety and Energy Efficiency of Education, Hunan University, Changsha 410082, P. R. China; 2. Changsha Branch of Huayang International Design Group, Changsha 410082, P. R. China; 3. Chongqing CISDI Engineering Co, Ltd., Chongqing 401122, P. R. China; 4. Hubei Architectural Design Institute, Wuhan 401122, P. R. China)

Abstract: In order to study the variation regularity of mean wind pressure coefficients on gasholder with interference and the transformation of different distance of interference effect, pressure measurements were conducted in wind tunnel on a rigid structural model. Results showed that in the case the interferential gasholder was located in the front, the mean wind pressure coefficients of windward side would dramatically decrease; the interferential gasholder was located in the rear, the mean wind pressure coefficients of lee side would increase; two gasholder were parallel to each other, the mean wind pressure coefficients of windward side would decrease; distance had a influence on the interference effect, interference effect varied with changes of distance; the safety reserve of code values was sufficient on windward and crosswind side but slightly insufficient in windward side.

Keywords: gasholder; interference; wind tunnels; mean wind pressure; distance between gasholder

收稿日期:2016-01-10

基金项目:国家自然科学基金(91215302, 51478179, 51278190)

作者简介:李正农(1962-),男,教授,主要从事建筑及水工结构的抗风、抗震研究,(E-mail) zhn88@263.net.

Received:2016-01-10

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 91215302, 51478179, 51278190)

Author brief: Li Zhengnong(1962-), professor, main research interests: wind and earthquake resistance of construction and hydraulic structure, (E-mail) zhn88@263.net.

风压,测压信号采样频率为 333.33 Hz,每个测点采集 10 000 个数据。



图2 风洞试验模型图

Fig. 2 The wind tunnel tests model

试验对主煤气柜进行 B 类风场下有周边和无周边两种工况的模拟(有周边工况包括柜体中心间距 108 m 和 233.15 m 两种情况),两种工况下均以 1 号轴为正北方向。每种工况测量 32 个风向角下主煤气柜模型的风压分布,定义风从正北方向吹来时为 0° 风向角,风向角间隔为 11.25° ,按逆时针方向逐步增加。

1.3 风场调试

依据《建筑结构荷载规范》^[16],采用格栅、尖劈、挡板、粗糙元装置在风洞中模拟了 B 类风场,其风剖面及湍流度如图 3 所示。

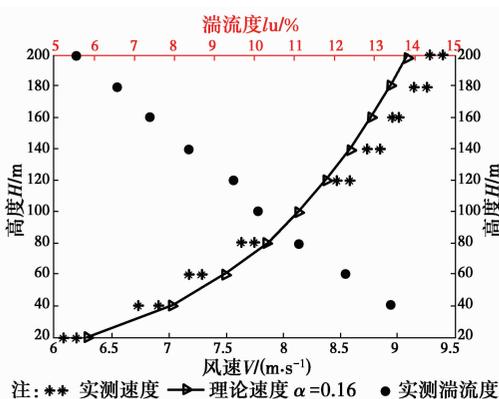


图3 B类风场风剖面及湍流度

Fig. 3 The wind profile and turbulence intensity of terrain categories B

1.4 数据处理

此次风洞试验中所涉及到的风压均是垂直于煤气柜表面的,风压值的符号约定为煤气柜的表面受压力为正,受吸力为负。试验取模型高度处参考风压对各测点的平均风压进行无量纲化^[17],将风压系数定义为

$$C_{pi}(t) = \frac{P_i(t) - P_H}{0.5\rho v_H^2} \quad (1)$$

式中: $C_{pi}(t)$ 为测点*i*在*t*时刻的风压系数; $P_i(t)$ 为

通过试验测得的某测点*i*在*t*时刻的风压值; P_H 为参考点高度(一般取模型顶端高度处,本次风洞试验参考高度为 0.6 m)的参考静压值; ρ 为空气密度; v_H 为模型前方来流未扰动区(相当于模型顶端高度处)的平均风速。

模型处在湍流中,各个测点的风压系数都可以看成是随机变量,为了描述煤气柜表面风压的分布特性,需要对所测得的数据进行统计分析,以获得各测点在 32 个风向角下以模型顶部风压为参考风压的平均风压系数。通常情况下将模型表面各个测点的平均风压系数定义为

$$C_{pi,mean} = \frac{\sum_{j=1}^N C_{pij}}{N} \quad (2)$$

式中: $C_{pi,mean}$ 为*i*测点的平均风压系数; C_{pij} 为*i*测点第*j*次采样时的风压系数; N 为测点风压数据的采样数目;对于本次试验 $N = 10\,000$ 。

2 周边干扰煤气柜对柜体表面平均风压的影响

2.1 无周边干扰煤气柜时柜体表面平均风压系数的分布规律

选取了 B 类风场下无周边时 B、D、F、H 四层测点在 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 的 4 个风向角下的平均风压系数来进行分析,如图 4 所示。

由图 4 可以看出,4 个风向角下各层测点的平均风压系数分布规律大致相同,基本上呈对称分布。B、D、F 层在迎风面测点平均风压系数都为正值,在侧风面及背风面为负值;每层正迎风面测点平均风压系数都达到最大的正值,然后向两侧逐渐减小至零;而在侧风面,测点的平均风压系数绝对值先逐渐增大到最大值,然后逐渐减小;在背风面时,各层测点的平均风压系数变化比较平缓,基本上维持在一个负压常值。H 层测点位于煤气柜顶层边缘,边界层中的气流会在此处分离,因而其平均风压系数也会产生变化,迎风面测点的平均风压系数全部变为负值,侧风面的平均风压系数明显减小,背风面平均风压系数分布规律与其他各层基本一致。

综上所述,煤气柜表面风压以负压为主,无周边煤气柜时水平方向上各层测点的平均风压系数基本上是对称分布,且柜体顶层会存在比较强烈的气流分离现象,这些结论与陈寅等^[4]的研究结果基本一致。

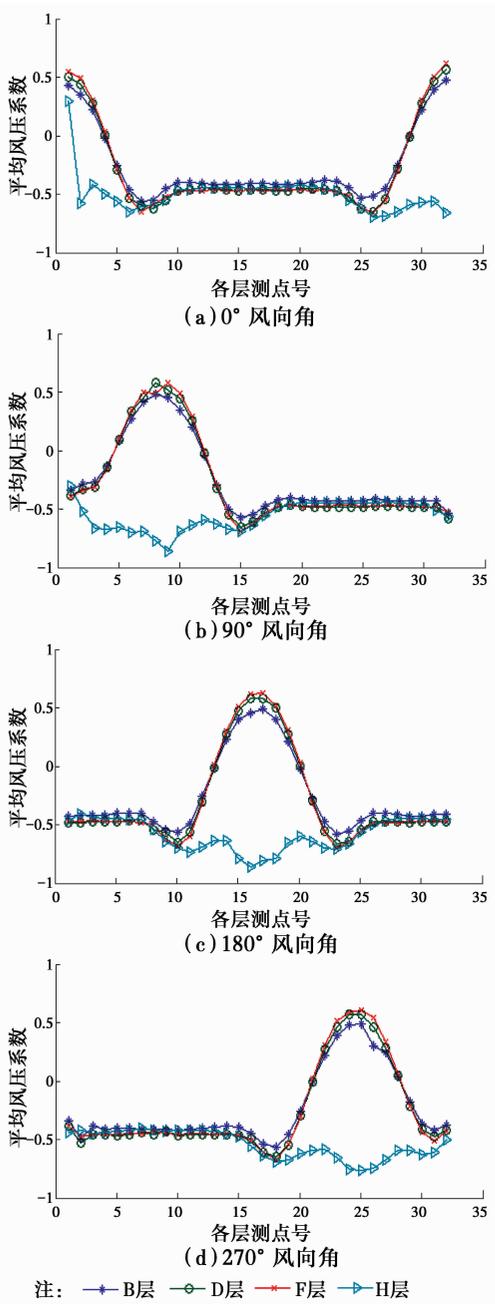


图 4 无周边干扰煤气柜时 B、D、F、H 4 层测点平均风压系数分布

Fig. 4 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of B. D. F. H layer without interferential gas tank

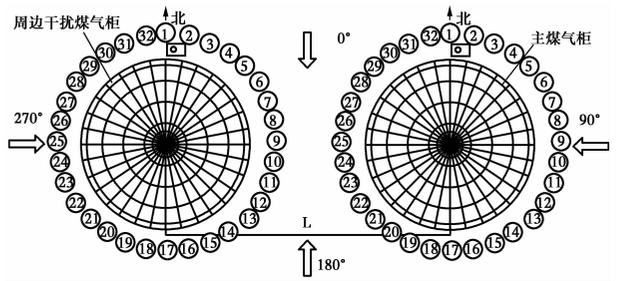


图 5 风向角示意图

Fig. 5 Wind direction illustration

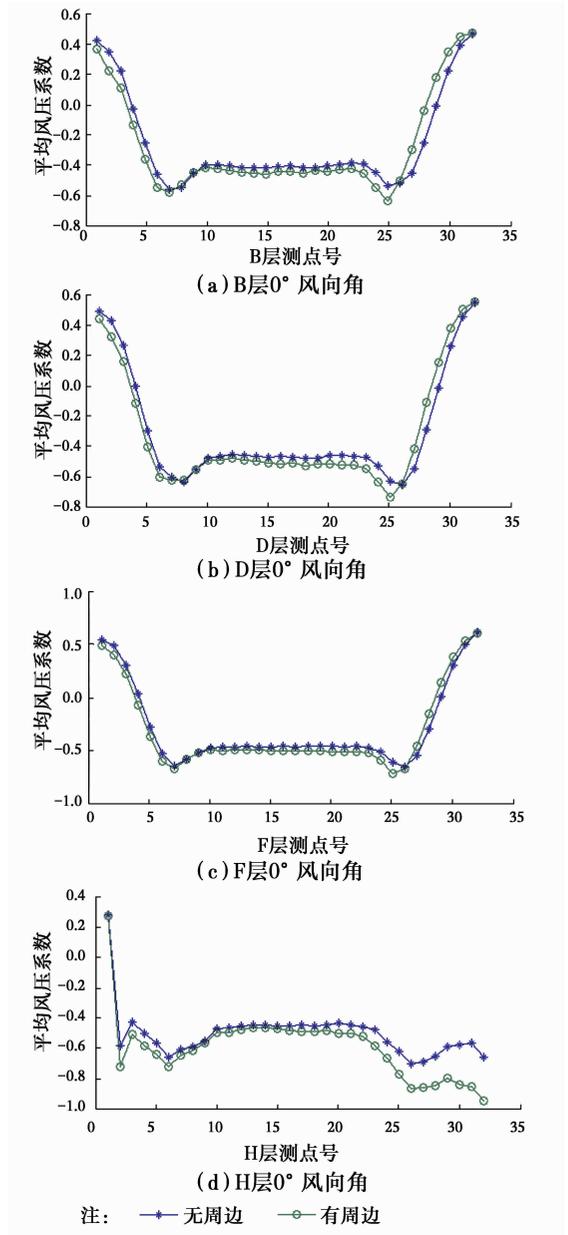


图 6 0° 风向角下各层测点在、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 6 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 0° wind direction

2.2 双柜体间距 $L=108\text{ m}$ 时的干扰效应分析

周边煤气柜在主煤气柜 1 号轴北偏西 90 度方向,与主煤气柜的实际距离为 108 m,缩尺后的距离为 540 mm,风向角示意图见图 5。为分析其干扰效应,选取有周边和无周边两种工况下 B、D、F、H 四层测点在 0°、90°、270° 三个风向角时的平均风压系数来进行对比,具体如图 6、7、8 所示。

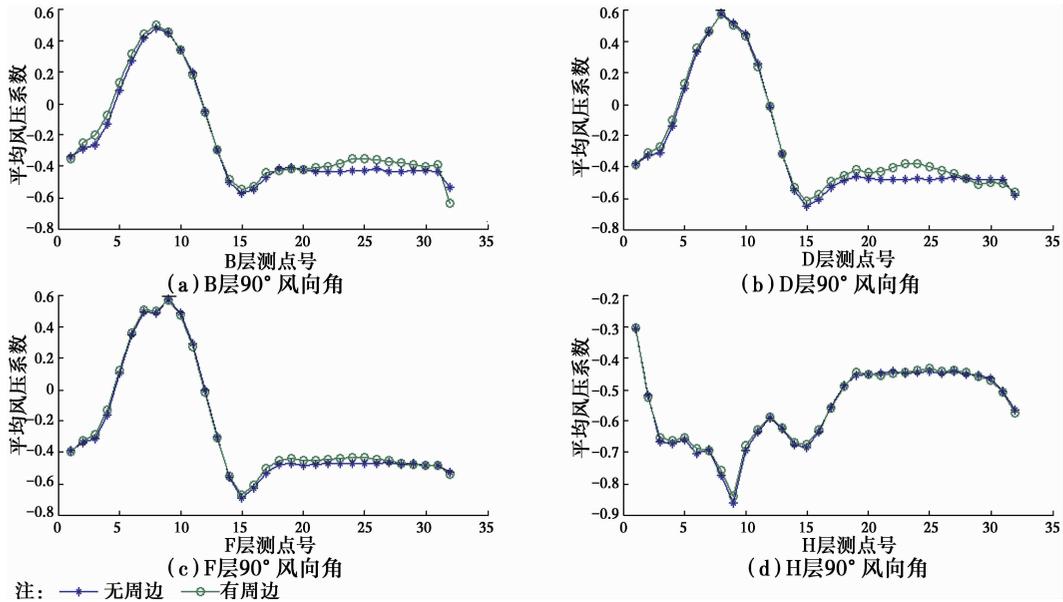


图 7 90°风向角下各层测点在有、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 7 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 90°wind direction

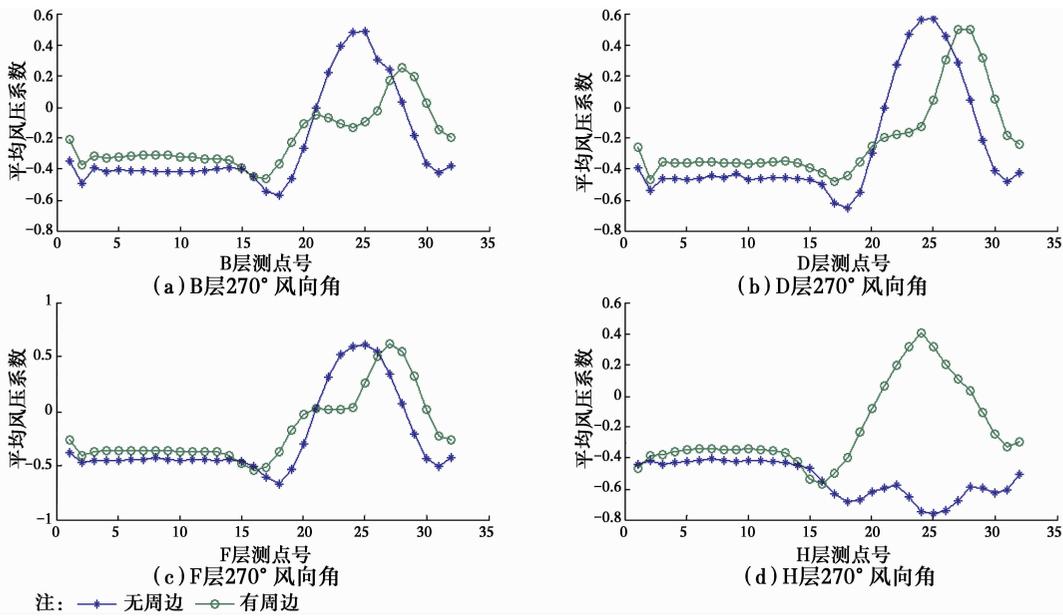


图 8 270°风向角下各层测点在有、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 8 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 270°wind direction

从图中可以看出,B类风场下,当存在周边干扰煤气柜时,各个风向角下测点的平均风压系数变化规律如下:

0°风向角时,周边干扰煤气柜与柜体相互平行,由于柜体间距较小,主要表现为对来流的阻挡作用,来流大多沿两柜体外侧绕流,狭缝作用要弱一些。两柜体内侧迎风面测点和侧风面部分测点的平均风压系数会增大,但平均风压系数最小值会降低且沿

逆时针方向移动了 11.25°,背风面平均风压系数减小约 3%~7%;两柜体外侧迎风面和侧风面测点的平均风压系数会减小,平均风压系数最小值会降低但没有移动,背风面平均风压系数减小约 2%~5%。柜顶边缘位置的 H 层测点的平均风压系数会减小,内侧迎风面与侧风面这种趋势更加明显,其中 32 号测点平均风压系数的差值可达 28%。综上所述,狭缝作用和阻挡作用会使内侧和外侧气流分离

的速度增大,导致背风面平均风压系数降低。

90°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正后方,主要表现为尾流的扰动效应。迎风面及侧风面几乎未受干扰柜体的影响,两种工况下平均风压系数变化很小;背风面受到柜体后方尾流旋涡的影响,在有周边干扰煤气柜时测点的平均风压系数值增大,其中 24 号测点的平均风压系数最大增幅可达 10%。综上所述,周边干扰煤气柜在柜体的正后方时,其阻挡作用一定程度上减缓了尾流风速,使柜体背风面的平均风压系数变大。

270°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正前方,遮挡效应明显,干扰柜体后方产生不规则的尾流旋涡,平均风压系数出现不对称的情况。迎风面干扰效应十分显著,在有周边煤气柜时测点的平均风压系数明显减小甚至变为负值,D 层 24 号测点变化最明显,平均风压系数由 0.57 减小为-0.12;侧风面与背风面的变化规律相似,在有周边煤气柜时测点平均风压系数绝对值减小,其中,背风面测点平均风压系数差值基本稳定在 7%~12%之间,侧风面

平均风压系数差值稳定在 20%~53%之间。位于柜顶边缘位置的 H 层受到尾流旋涡的影响,在有周边煤气柜时测点的平均风压系数值增大,其迎风面变化最明显,平均风压系数基本上变为正值且最大达到 0.39。综上所述,当周边干扰煤气柜在柜体的正前方时,其阻挡作用在一定程度上减弱了来流风速,可减小柜体的平均风压系数的绝对值。

此外,需要特别说明的是,由于 H 层位于球形悬挑顶盖与主柜体的交界处,来流在此处产生比较强烈的分离现象,而 B、D、F 层位于主柜体上,不会产生 H 层那样强烈的气流分离现象,因此 H 层的风压分布会与 B、D、F 层不同。

2.3 双柜体间距 $L=233.15\text{ m}$ 时的干扰效应分析

周边煤气柜与主煤气柜的实际距离为 233.15 m,缩尺后的距离为 1 165.75 mm,风向角示意图见图 4。为分析其干扰效应,选取有周边和无周边两种工况下 B、D、F、H 层测点在 0°、90°、270°三个风向角时的平均风压系数来进行对比,如图 9~11 所示。

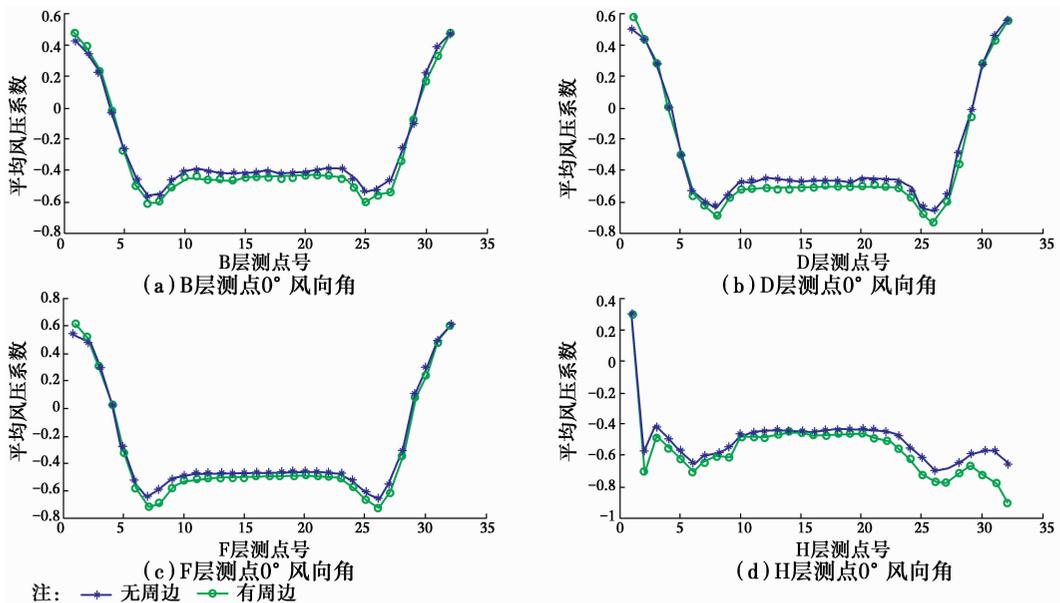


图 9 0°风向角下各层测点在有、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 9 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 0° wind direction

从图中可以看出,B类风场下,当存在周边干扰煤气柜时,各个风向角下测点的平均风压系数变化规律如下:

0°风向角时,周边干扰煤气柜与柜体相互平行,由于柜体间距变大,阻挡作用与狭缝作用减弱。柜体迎风面测点几乎未受干扰煤气柜的影响,两种工

况下平均风压系数的差值在 8%以内。侧风面与背风面的平均风压系数会减小,但最小值未移动,两种工况下平均风压系数的差值在 4%~10%之间。柜顶边缘位置的 H 层干扰效应明显一些,在有周边干扰煤气柜时测点的平均风压系数会减小,两种工况下其迎风面与侧风面平均风压系数的差值在 15%~

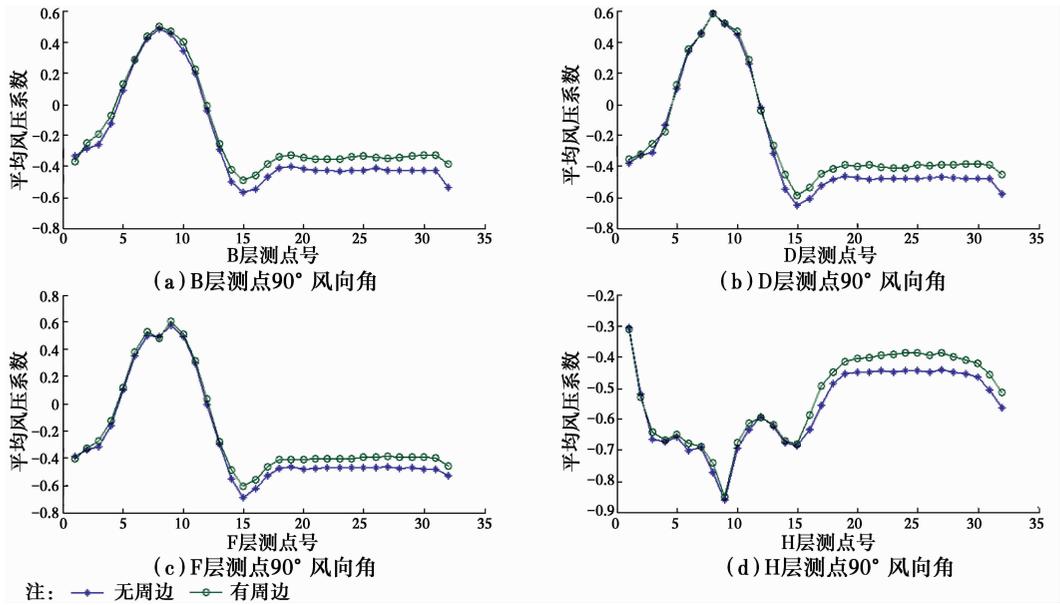


图 10 90°风向角下各层测点在有、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 10 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 90°wind direction

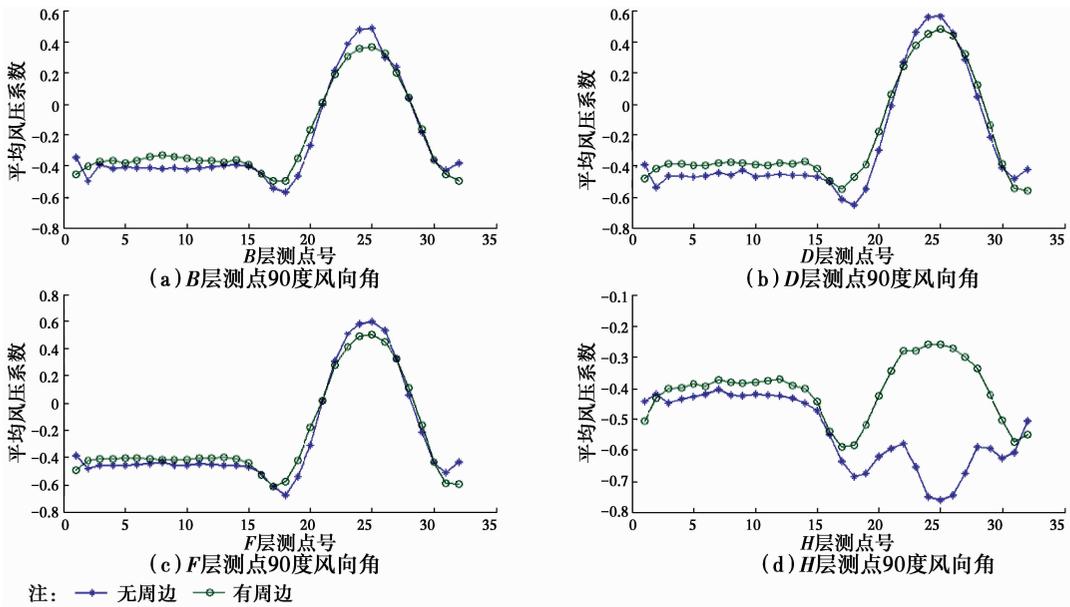


图 11 270°风向角下各层测点在有、无周边干扰煤气柜时平均风压系数分布

Fig. 11 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with interferential gasholder and without interferential gasholder at 270°wind direction

25%之间,背风面平均风压系数的差值稳定在4%~10%之间。综上所述,狭缝作用和阻挡作用会使内侧和外侧气流分离区的风速增大,导致侧风面与背风面平均风压系数减小。

90°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正后方,主要表现为尾流的扰动效应。柜体迎风面与侧风面测点几乎未受干扰煤气柜的影响,两种工况下平均风压系数变化很小;背风面受到柜体后方尾流

旋涡的影响,在有周边干扰煤气柜时测点的平均风压系数值增大,两种工况下平均风压系数的差值基本在2%~10%之间。综上所述,周边干扰煤气柜在柜体的正后方时,其阻挡作用一定程度上减缓了尾流风速,使柜体背风面的平均风压系数变大。

270°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正前方,相对于前述工况遮挡效应减弱,尾流效应增强。在有周边干扰煤气柜时迎风面测点的平均风压系数

会变小但仍为正值,20 号测点变化最明显,平均风压系数的差值达到 12%;侧风面与背风面的平均风压系数绝对值减小,其中,背风面平均风压系数差值基本稳定在 3%~7%之间,侧风面平均风压系数差值基本稳定在 5%~14%之间。位于柜顶边缘位置的 H 层测点受到尾流旋涡的影响,在有周边干扰时测点的平均风压系数值增大,其迎风面变化最明显,平均风压系数差值稳定在 20%~50%之间。综上所述,当周边干扰煤气柜在柜体的正前方时,其阻挡

作用在一定程度上减弱了来流风速,可减小柜体的平均风压系数的绝对值。

2.4 不同双柜体间距干扰效应的对比分析

为了比较 108 m 间距和 233.15 m 间距的干扰效应,将无周边、108 m 周边和 233.15 m 周边 3 种工况下 B、D、F、H4 层测点在 0°、90°、270°三个风向角时的平均风压系数来进行对比,如图 12~14 所示。

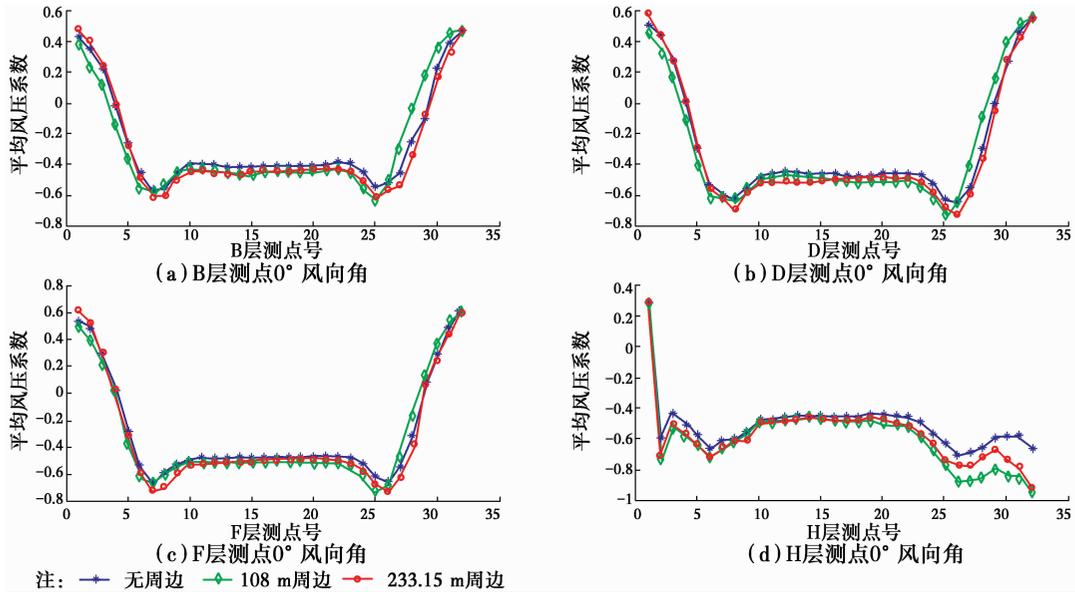


图 12 0°风向角下各层测点在不同工况时的平均风压系数分布

Fig. 12 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with different surrounding conditions at 0°wind direction

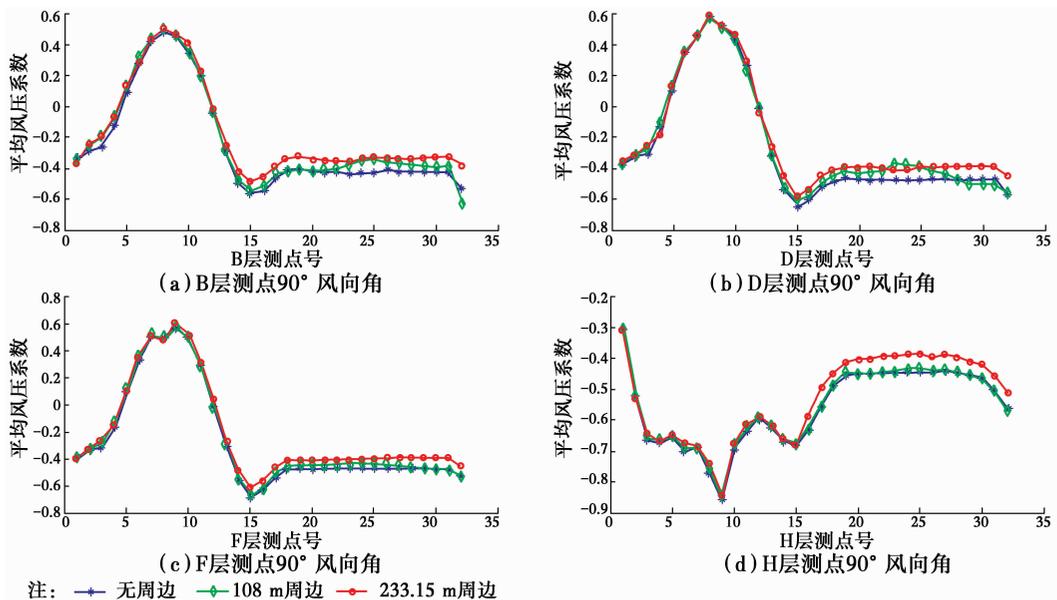


图 13 90°风向角下各层测点在不同工况时的平均风压系数分布

Fig. 13 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with different surrounding conditions at 90°wind direction

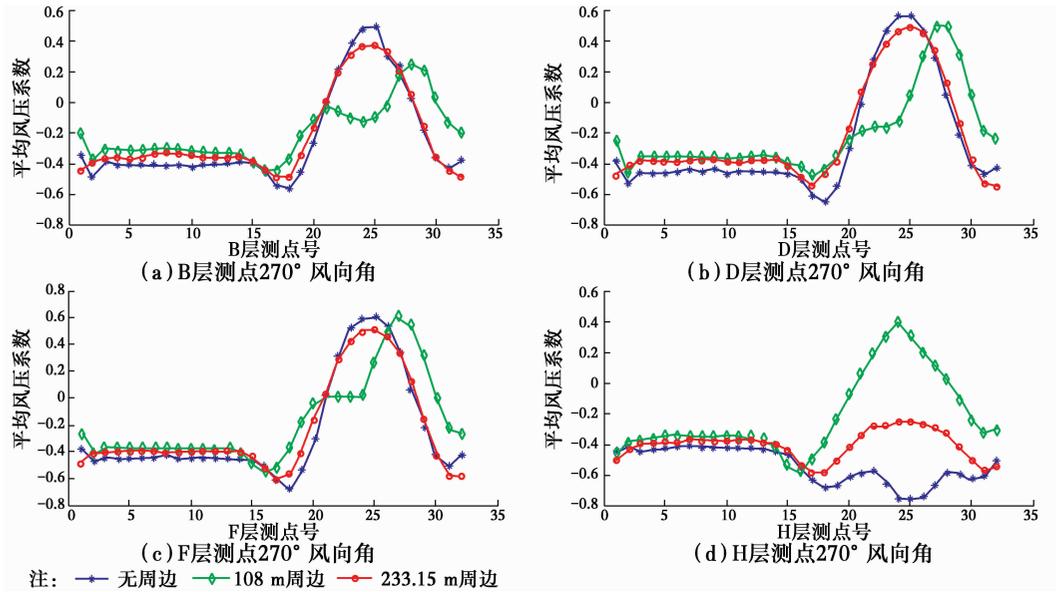


图 14 270°风向角下各层测点在不同工况时的平均风压系数分布

Fig. 14 The mean wind pressure coefficient distribution chart of testing points of each layer with different surrounding conditions at 270°wind direction

从图 14 中可以看出,柜体间距会对于干扰效应产生影响,干扰效应随着柜体间距的变化而变化。0°风向角时,周边干扰煤气柜与柜体相互平行,干扰效应的差异主要体现在迎风面与侧风面。柜体间距为 233.15 m 时,主煤气柜迎风面与侧风面平均风压系数变化不大;柜体间距为 108 m 时,阻挡作用与狭缝作用更强,主煤气柜迎风面与侧风面平均风压系数变化的趋势更加明显。90°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正后方,干扰效应的差异主要体现在背风面。柜体间距为 108 m 时,主煤气柜背风面平均风压系数会增大;柜体间距为 233.15 m 时,干扰煤气柜对尾流的扰动效应更强,主煤气柜背风面平均风压系数增大的趋势更加明显。270°风向角时,周边干扰煤气柜在柜体的正前方,干扰效应的差异主要体现在迎风面与侧风面。柜体间距为 233.15 m 时,主煤气柜迎风面平均风压系数虽变小但仍为正值,侧风面平均风压系数略有增大,顶层迎风面与侧风面的平均风压系数虽增大但仍为负值;柜体间距为 108 m 时,干扰煤气柜对来流的阻挡作用更强,主煤气柜迎风面平均风压系数明显减小甚至变为负值,侧风面平均风压系数增大的趋势更加明显,顶层迎风面与侧风面的平均风压系数明显增大甚至变为正值。

2.5 与荷载规范的对比分析

由《建筑结构荷载规范》可知,圆截面构筑物(图 15)的体型系数如表 1 所示。

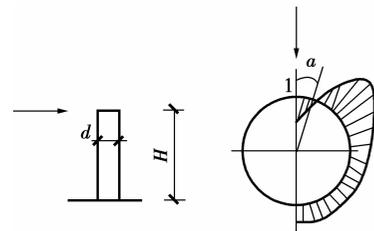


图 15 圆截面构筑物

Fig. 15 Structures of circular cross-section

表 1 圆截面构筑物的体型系数

Table 1 shape coefficients of structure with circular section

0°	+1.0
15°	+0.8
30°	+0.1
45°	-0.717
60°	-1.283
75°	-1.617
90°	-1.783
105°	-1.283
120°	-0.717
135°	-0.517
150°	-0.417
165°	-0.417
180°	-0.417

煤气柜的高宽比,以 1 号测点为基准点,取为 0°、45°、90°、135°、180°时的规范值与风洞值(无周边、108 m 周边以及 233.15 m 周边 3 种情况下 B、D、F、H 四层的体型系数)对比,见图 16。

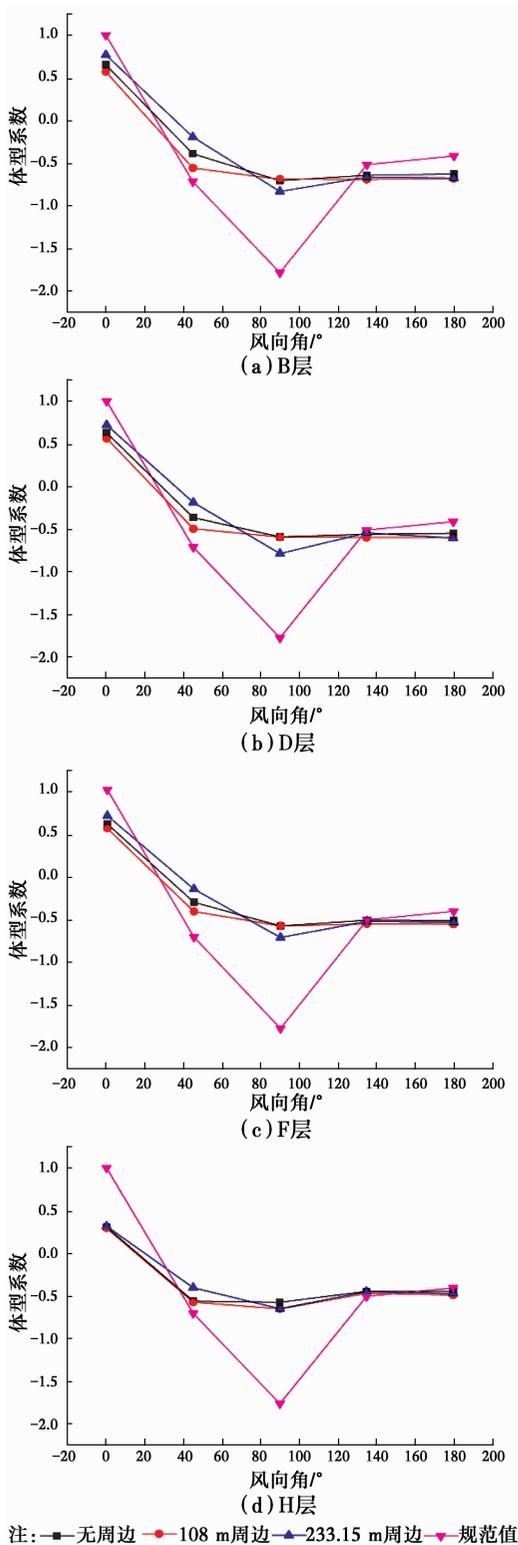


图 16 体型系数对比图

Fig. 16 Comparison diagram of profile coefficient

由图 16 可知,风洞值与规范值的变化规律基本一致,但数值大小有一定差别。在迎风面与侧风面,规范值有较高的安全储备,其绝对值远大于风洞实验得到的结果;而在背风面,规范值安全储备不足,其绝对值要略小于风洞实验得到的结果,这一点需

要引起结构设计人员的注意。

3 结 论

以某大型煤气柜为工程背景,根据刚性模型风洞测压试验所得数据,研究了不同的周边干扰条件下柜体表面平均风压系数的变化规律,对比分析了不同柜体间距时干扰效应的变化情况。

1) 柜体间距为 108 m 时,若干扰煤气柜在柜体正前方,柜体迎风面平均风压系数明显减小甚至变为负值,侧风面与背风面平均风压系数则会增大;顶层迎风面与侧风面平均风压系数明显增大。干扰煤气柜在柜体正后方时,柜体迎风面及侧风面几乎不受影响,背风面平均风压系数绝对值减小。若两煤气柜平行,两柜体内侧迎风面测点和侧风面部分测点的平均风压系数会增大,两柜体外侧迎风面和侧风面平均风压系数会减小,背风面平均风压系数绝对值会增大;顶层平均风压系数绝对值会增大。

2) 与 108 m 间距相比,柜体间距为 233.15 m 时,平均风压系数变化规律变化较大。干扰煤气柜在柜体正前方时,柜体迎风面平均风压系数虽变小但仍为正值,侧风面与背风面平均风压系数增大趋势减弱;顶层迎风面与侧风面平均风压系数虽增大但仍为负值。干扰煤气柜在柜体正后方时,柜体迎风面及侧风面平均风压系数变化很小,背风面平均风压系数绝对值减小的趋势更明显。两煤气柜平行时,柜体迎风面与侧风面平均风压系数变化很小,背风面平均风压系数绝对值会增大;顶层平均风压系数绝对值增大趋势减弱。

3) 柜体间距会对干扰效应产生影响,干扰效应随着柜体间距的变化而发生变化。干扰煤气柜在主煤气柜的正前方时,干扰效应的差异主要体现在迎风面与侧风面,迎风面与侧风面在 108 m 间距时干扰效应更明显。干扰煤气柜在主煤气柜的正后方时,干扰效应的差异主要表现在背风面,背风面在 233.15 m 间距时平均风压系数增大趋势更明显。两柜体相互平行时,干扰效应的差异主要表现在迎风面与侧风面,迎风面与侧风面在 108 m 间距时干扰效应更加明显。

4) 实验值与规范值的变化规律基本一致,但数值大小有一定差别。在迎风面与侧风面,规范值有较高的安全储备,其绝对值远大于风洞实验得到的结果;而在背风面,规范值安全储备不足,其绝对值要略小于风洞实验得到的结果,这一点要引起结构设计人员的注意。

参考文献:

- [1] 张冬兵,梁枢果,陈寅,等.大型煤气柜风荷载的风洞试验及数值模拟[J].实验流体力学,2010,24(6):47-51.
ZHANG D B, LIANG S G, CHEN Y, et al. Wind tunnel test and numerical simulation of wind loads on huge gas tank[J]. Journal of Experiments in Fluid Mechanics, 2010,24(6): 47-51. (in Chinese)
- [2] NISHIMURA H, TANIKE Y. Aerodynamic characteristics of fluctuating forces on a circular cylinder [J]. Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics, 2001, 89 (7-8) : 713-723.
- [3] RUSCHEWEYH H, GALEMANN T. Full-scale measurements of wind-induced oscillations of chimneys [J]. Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics, 1996,65: 55-62.
- [4] 陈寅,梁枢果,杨彪.大型储气罐风洞试验研究[J].华中科技大学学报(城市科学版),2010,27(4):53-58.
CHEN Y, LIANG S G, YANG B. Wind tunnel test of the large gas tank [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Urban Science Edition), 2010,27(4): 53-58. (in Chinese)
- [5] 郑史雄.大型储气结构设计风荷载的确定[J].福州大学学报(自然科学版),2005,33(10):91-94.
ZHENG S X. Study on the wind load for huge gas tank [J]. Journal of Fuzhou University (Natural Science), 2005,33(10): 91-94.
- [6] 邹良浩,梁枢果,徐金虎,等.大型煤气柜风振响应与抗风性能分析[J].振动、测试与诊断,2011,31(1):41-44.
ZOU L H, LIANG S G, XU J H, et al. Analysis of wind-Induced displacement response and wind-resistant capability of huge gas tank [J]. Vibration Measurement & Diagnosis, 2011, 31(1): 41-44. (in Chinese)
- [7] MARA T G, TERRY B K, HO T C E. Aerodynamic and peak response interference factors for an upstream square building of identical height [J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2014, 133 (10):200-210.
- [8] GU M, XIE Z N. Interference effects of two and three super-tall buildings under wind action [J]. Journal of Acta Mechanica Sinica,2011, 27(5):687-696.
- [9] ALOK J,GAURAV S,SUMBUL S. Interference effect on wind loads on gable roof building [J]. Journal of Procedia Engineering ,2011, 7(14): 1776-1783.
- [10] WANG F, YUKIOT T, AKIHITO Y. Interference effects of a neighboring building on wind loads on scaffolding [J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2014, 125(2):1-12.
- [11] LI Y, LI Q S, JU K L. Experimental investigation of the wind pressure distribution and wind interference effects on a typical tall building[J]. Advanced Materials Research, 2013, 2195 (63):444-451.
- [12] SANTIAGO P, JOSE M, SEBASTIAN F. Influence of an upstream building on the wind-induced mean suction on the flat roof of a low-rise building [J]. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 2011, 99 (8):889-893.
- [13] 韩宁,顾明.两串列方形高层建筑局部风压干扰特性分析[J].土木建筑与环境工程,2011,33(5):13-22.
HAN N, GU M. Characteristics of interference effects on local pressure of two square tall buildings in tandem arrangement [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2011, 33 (5): 13-22. (in Chinese)
- [14] 韩宁,顾明.两并列方形高层建筑局部风压干扰特性 [J]. 同济大学学报(自然科学版),2011,33(10):1441-1446.
HAN N, GU M. Interference effects on wind pressure of two square tall buildings in side-by-side arrangement [J]. Journal of Tongji(Natural Science),2011,33(10): 1441-1446. (in Chinese)
- [15] 李波,杨庆山.周边建筑对大跨屋盖风荷载的干扰效应研究[J].实验流体力学,2012,26(5):27-31.
LI B, YANG Q S. Research on the interference effect of surrounding buildings on the wind load of long-span roof [J]. Journal of Experiments in Fluid Mechanics, 2012, 26(5):27-31. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国建设部.建筑结构荷载规范:GB 50009—2001[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
Ministry of Construction of the P R China. Load code for the design of building structures:GB 50009—2001 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002. (in Chinese)
- [17] 谢壮宁,朱剑波.群体高层建筑的平均风压分布特征 [J]. 华南理工大学学报,2011,39(4):128-134.
XIE Z N, ZHU J B. Distribution characteristics of mean wind pressure on tall buildings [J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science, 2011,39(4):128-134. (in Chinese)