

国外高层建筑抗风译文集

上海科学技术文献出版社

前 言

为适应新形势的要求，我国的一些大城市正在逐步地、有计划地兴建一批高层建筑。高层建筑在结构设计上的显著特点之一是侧向荷载在总荷载中占有相当大的比重。除了地震荷载以外，主要的侧向荷载是风荷载。因此，为了使结构设计做到合理和经济，正确地确定风对高层建筑的作用是十分有意义的。

近年来，我国工人、技术人员在兴建高层建筑的同时，逐步地对风力作用下建筑物的性质这一课题开展了初步的研究。根据毛主席“**洋为中用**”的教导，我们和国家建委建研院朱振德总工程师、建委建研院建筑结构研究所以及上海同济大学、上海工业建筑设计院、上海建筑科学研究所、上海民用建筑设计院、上海市气象局一起选译了一些文献资料，介绍国外这方面工作的部分成果，供参考。由于我们水平有限，不当之处，请指正。

上海科学技术情报研究所

一九七八年八月

目 录

一、理 论 分 析

1. 建筑物的风力振动问题·····	1
2. 高层建筑风荷载的分析·····	33
3. 结构物对阵风的反映·····	57
4. 高层混凝土框架建筑在风作用下的位移·····	71
5. 阵风因子及顺风压力相关性·····	85
6. 风和高层建筑·····	93
7. 风载和风效应(国际高层建筑规划与设计会议第七技术委员会主题报告)···	100
8. 风载和风效应(国际高层建筑规划与设计会议第七技术委员会总结报告)···	114
9. 高层建筑在风作为随机过程作用下的多自由度的动力分析···	121
10. 受台风地区内高层建筑上风压估计的基础·····	129
11. 结构物对自然风的动力反应·····	133

二、试 验 实 测

1. 高层建筑上阵风荷载的特性·····	149
2. 都市环境中高层建筑的风荷载——足尺测试 与风洞试验之比较·····	166
3. 实际建筑物风压测量的经验·····	174
4. 关于在强风中高层建筑物的振动(京王广场旅馆的情形)·····	184
5. 强风中霞关大厦的位移分析·····	197
6. 关于建筑物周围气流的实验(I),关于外墙面附近平均风速 分布的风洞模型实验报告之一·····	208

7. 关于建筑物周围气流的实验(Ⅱ),关于外墙面附近平均风速 分布的风洞模型实验报告之二.....	215
8. 关于建筑物周围气流的实验(Ⅲ),关于外墙面附近平均风速 分布的风洞模型实验报告之三.....	229
9. 关于建筑物周围气流的实验(Ⅳ),有关外墙面突出物周围 气流状态的风洞实验.....	244
10. 论高层建筑周围的风压和气流.....	257

三、抗风设计

超高层建筑的抗风设计.....	266
-----------------	-----

四、仪器仪表

一个小型阵风风速表的研制.....	278
-------------------	-----

建筑物的风力振动问题

一、概 述

为适应新形势的要求,我国的一些大城市正在逐步、有计划地兴建一批高层建筑。高层建筑在结构设计上的显著特点之一是:侧向荷载在总荷载中占有相当大的比重。除了地震荷载以外,主要的侧向荷载是风荷载。因此,为了使结构设计做到合理和经济,正确地确定风对高层建筑的作用是十分有意义的。

风是大范围内的空气运动形成的,与建筑物有关的是靠近地面的流动风(叫做近地面层风,简称近地风),它与气象台站观测的低空或高空风有一定的关系,但又不相同。影响近地风的因素甚多,当气流穿过不同的地区和地形带(如海洋、陆地、平原、山地、森林、城市等)时,其本身的结构(如湍流度、旋涡尺寸等)就发生变化;不同的时间和空间,风速、风向也不相同。因此近地风具有明显的紊乱性和随机性,其性质至今还不完全清楚。

处于风流场中的建筑物,在迎风面受到一定的压力,并且建筑物是非流线型的,在背风面形成一定的旋涡而产生吸力。此外还有建筑物表面与空气流的摩擦力,不过,它的数值一般很小。这些压力和吸力在整个建筑物表面并不是均匀分布的,它随着建筑物体型,面积和高度的不同、风速、风向及风的紊流结构的变化而不停地改变着。由于建筑物在风中的运动,一定程度上也引起压力分布的变化。

在风力作用下,建筑物将产生一定的运动,通常把它分成缓慢的偏移及围绕偏移位置的摆动两个部分。由于建筑物的振动会引起建筑物表面风压的变化,而它又反过来影响了建筑物的振动。再加上邻近建筑物之间的相互影响,大大增加了问题的复杂性。至今,要确切地叙述风力和建筑物运动之间的关系还有相当的困难。

诚然,直到目前为止,高层建筑几乎还没有被风吹垮的例子,但在大风中,塔桅、烟囱、悬桥之类的构筑物遭到破坏却不少。随着高强轻质材料的应用,新的建筑型式和结构体系的发展,在风力的作用下,有可能产生新的问题。国外认为,在风力作用下高层建筑可能出现的问题是:

- (1) 主体结构(包括隔墙等)开裂;
- (2) 装饰物及玻璃等损坏;
- (3) 由于振动,材料发生疲劳、失稳而破坏;

还由于建筑物不停的大幅度摆动,使居住者感到不舒服。

过去设计高层建筑时,总是把风荷载作为一种静载处理,采用“平均风压”和“风压系数”的方法,这个“风压系数”是用小尺寸的模型在均匀风洞中试验测得的。这个方法是方便的,然而它是不大符合实际的。要使高层建筑的设计做到既经济又安全,这个近似方法已经愈来愈不能满足设计的要求了。现在,自动化电子仪器、大型附面层流风洞等测试技术的发展,以及电子计算机在计算和分析中的应用,为进一步研究风对建筑物的作用问题创造了十分有利的条件。

研究风力作用下建筑物的性质是五十年代后期逐渐形成的一门新学科。最初由于悬桥,

电缆、烟囱、高塔、桅杆等在大风中遭到破坏而引起人们的重视。在高层建筑风压、风振的实验研究,主要有下列几个方面:

(1) 关于 500 米以下阵风特性的观测研究。包括瞬时风速、平均风速、风向、紊流的构造、风的功率谱、侧向与竖向相关性,以及自相关系数等等。

(2) 建筑物表面的风速压、风力的观测分析,包括在均匀恒速风洞、附面层风洞中的模型实验及实际建筑物上的现场测试。

(3) 建筑物对风的动力反应及抗风设计的分析研究,包括建筑物的偏移和摆动,建筑物构件的内力确定的较合理的近似方法等。

(4) 风速、风向、风压、位移的各种观测仪器设备的研制和测试分析技术的研究。

国际上先后在 1963 年(英国)、1967 年(渥太华)、1971 年(东京)、1975 年(伦敦)召开了四次会议,讨论了“风对建筑物和结构物的影响”。1971 年还在芝加哥召开了“风对高层建筑的影响”的讨论会,交流了研究成果,对这门学科的发展起了一定的作用。

近年来,我国工人技术人员在兴建高层建筑的同时,逐步地对风力作用下建筑物的性质这一课题开展了初步的研究,根据毛主席“独立自主、自力更生”、“古为今用、洋为中用”的伟大教导,我们阅读了一些文献资料,介绍了国外这方面工作的部分成果,供参考。限于篇幅,本资料内容仅限于高层建筑方面,对塔桅、烟囱、悬桥等构筑物方面的有关问题,未予编入。

二、近地面层风的特性及观测

风是大气中气团运动形成的,受到地面上各种障碍物(山、河、湖、海、树木、房屋、构筑物)的影响,邻近地表一定高度内的流动风(近地风)就显得格外紊乱。为了比较有效地描述近地风的性质,一般采用统计学的方法来处理大量的多种多样条件下获得的观测数值^[4]。

1. 强风观测

气象台站所观测的风大多是低空或高空的风,得到的主要是各地区长时期内(如几十年、甚至百年内)的平均风速和风向的资料。这些资料对确定建筑物设计所需的风速、风压有一定的价值,但没有解决与建筑物密切相关的近地风的性质问题。为此,需要对近地风进行专门的观测。

国外对近地风的观测已有相当长的历史。近十几年,比较典型的观测有:

(1) 梯度风观测,如英国在 G. P. O 塔上 0~300 呎的高度范围内不等距地布置了七个风速表(见图 1),用来测定风速沿高度的变化(即风速剖面或梯度风)及风的竖向相关性^[9]。

(2) 风的侧向构造观测。如英国 Cranfield 建造了与主风向垂直排列的 6 个 10 米高的桅杆,彼此间距为 45 呎的 1、3、6、5、2 倍(图 2),得到相隔为 45 呎的 1 到 17 倍(除 8 与 12 倍外)的两点间风的相关性^[9]。又如日本在四国东北海岸建造了一道高 5 米长 190 米的钢筋混凝土墙,墙上不等距地竖立了

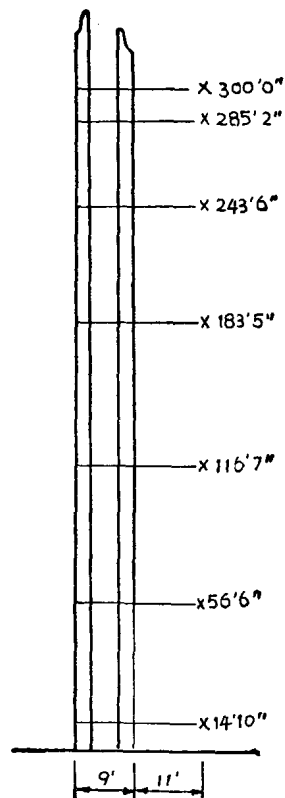


图 1. 英国 G. P. O 塔上风速表布置示意图

40 米高的观测塔, 对台风进行观测, 获得了不同间距的侧向相关性及自相关函数(图 3)^[121]。

(3) 风谱观测。这是进行得最多的观测, 即在一个或若干个位置上观测风速风向的变化, 从而对记录进行功率谱分析。

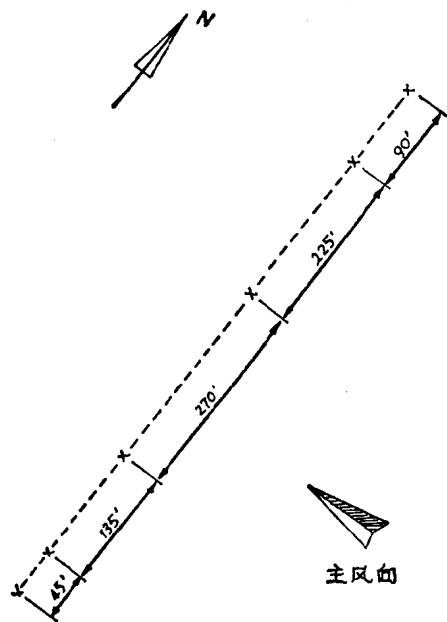


图 2. 英国水平相关实验布置草图

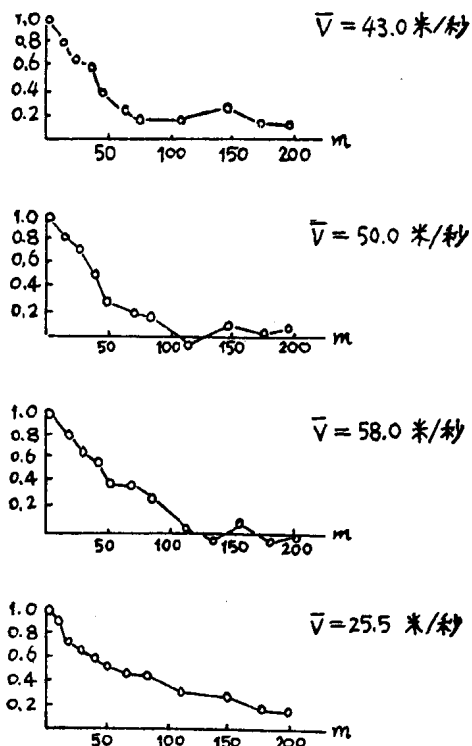


图 3. 以间距为函数的侧向相关系数

这些观测的结果多用磁带(纸带)或卡片记录, 然后送频谱分析仪相关分析仪或计算机进行分析处理。^{[111][25][34]}

我国也进行过近地风的初步观测, 如 1955 年在北京, 1962 年在上海等地都做过类似的工作^{[37][40]}。

比较典型的风速记录曲线见图 4, 它是位于 500 呎桅杆上三个不同高度处的风速仪测得

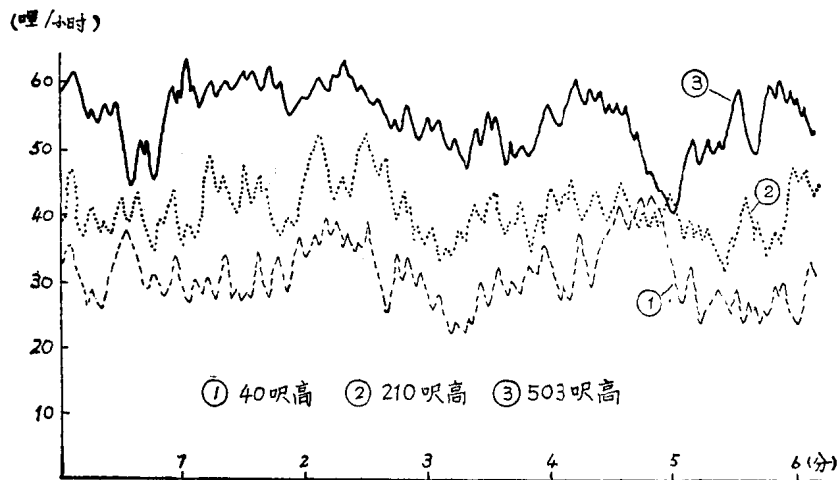


图 4. 500 呎桅杆上三个不同高度处的风速记录曲线

的^[11]。从图上可以看到,在一定的时间间隔内,各位置上风速的平均值几乎是不变的,但随高度的增加而增大。这个平均值就是平均风速,又叫平均风;围绕着平均风速的变化部分,其平均值为零,称为阵风脉动。因此,可以把近地面层风看成平均风和阵风脉动的迭加,而阵风又往往近似地当作满足正态分布的、各态历经的平稳随机过程,从而可以应用统计学的方法加以分析和讨论。下面分别叙述平均风和阵风的性质。

2. 平均风的特性

平均风速是风的一个重要统计特征,对确定风力的大小具有决定性的意义。不少学者很重视这方面的研究,各次风振会议都有相当多这方面的文章,尤其在最初阶段。直到1969年苏联还在进行关于莫斯科风速压问题的讨论^[20]。

对平均风的研究,主要包括三个方面的问题:

(1) 平均风速的平均时距。平均风速的数值随着平均时距(即求平均风速的时间间隔)的长短而变化,一般是时距愈长,数值愈小,如图5所示^[13]。通常认为,在10分钟至1小时内的平均风速,基本上是一个稳定值,这从图4也可以有所感觉。因而,多数国家均以10分钟作为平均风速的平均时距^{[11][34]}。

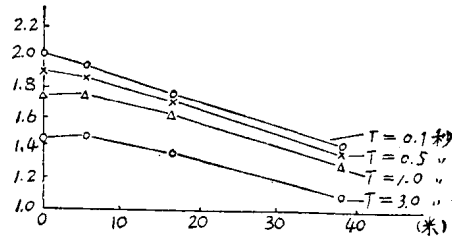


图5. 平均风速随平均时距的加大而降低

考虑到风本身的紊流构造对建筑物的影响,有人建议,平均时距还应参照建筑尺度的大小加以选取:对受风面积较大的建筑物取稍长的平均时距;反之,则取较短的时距^[34]。

(2) 风剖面,又称平均风速梯度,即平均风速沿高度的变化规律。由于地表摩擦的结果,使接近地表的风速随着离地高度的减小而降低。只有离地300~500米以上的地方,风才不受地表的影响,能够在气压梯度的作用下自由流动,从而达到所谓“梯度速度”。地表粗糙度不同,近地面层风速变化的快慢也不相同。Davenport根据多次观测资料整理出不同场地下风的风剖面(见图6)^{[6][11]}。从中可以看到:开阔场地的风速比在城市中心更快地达到梯度风速;对于100呎高度处的风速,在城市中心处约为开阔场地的1/4。

根据实测结果的分析,Davenport等提出,平均风速沿高度变化的规律可用指数函数来描述^[11],即:

$$\frac{\bar{V}}{\bar{V}_z} = \left(\frac{H}{H_z} \right)^\alpha$$

式中, $\bar{V}_z, H_z$ ——标准高度Z处的平均风速和高度;

$\bar{V}, H$ ——任一点的平均风速和高度;

α ——地表的粗糙系数、通常采用的系数如下^[34]:

	海面	开阔平原	森林或街道	城市中心
α	0.125~0.100	0.167~0.125	0.250	0.333
$\frac{1}{\alpha}$	8~10	6~8	4	3

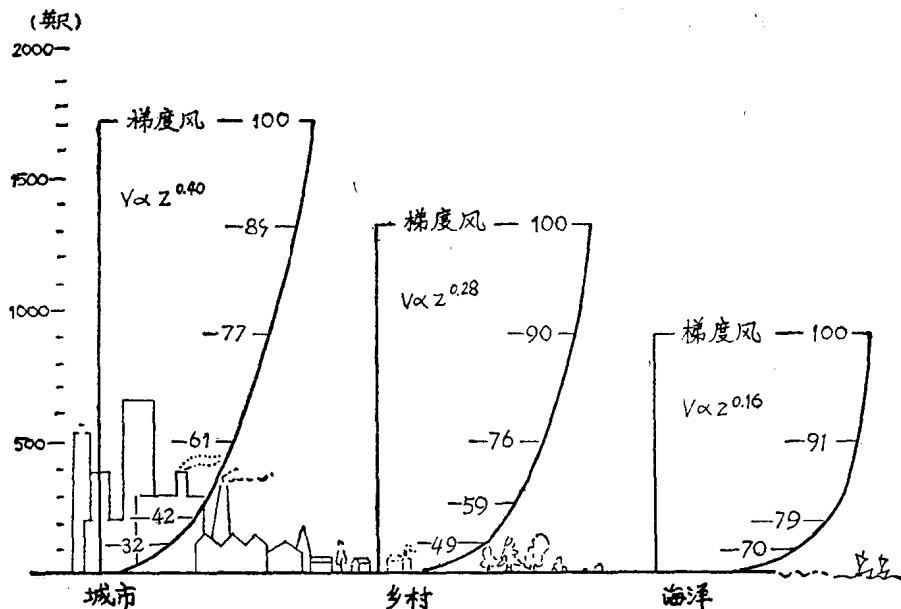


图 6. 不同粗糙度影响下的风剖面(平均风速分布型)

有人认为,在高度较低的情况下,例如在 100 米以下的范围内,采用对数函数来描述比用指数函数更符合观测结果^[3]。

(3) 最大风速的重现期。在长期的气象观测中发现,各地的极端最大风速并不是经常出现的,往往间隔一定的时期后再出现,这个间隔时间称为重现期。重现期不同,设计风速也不同,直接影响到设计的安全和合理。一般认为应按建筑物的高度和重要程度来选取。但各国对重现期的取值相差颇大,有的取几年,有的取几十年。

这个问题的解决有待长期的观测和资料的积累。

3. 阵风特性

前面提过,阵风脉动可近似地作为各态历经的平稳随机过程。十多年来,国外在脉动风速的研究方面作了大量的观测分析,并辅以一定的风洞实验,力求弥补仅用平均风速来描述近地面层风所带来的不足^{[9][11][19][34]}。

对阵风脉动统计特性的研究,主要有三个方面:

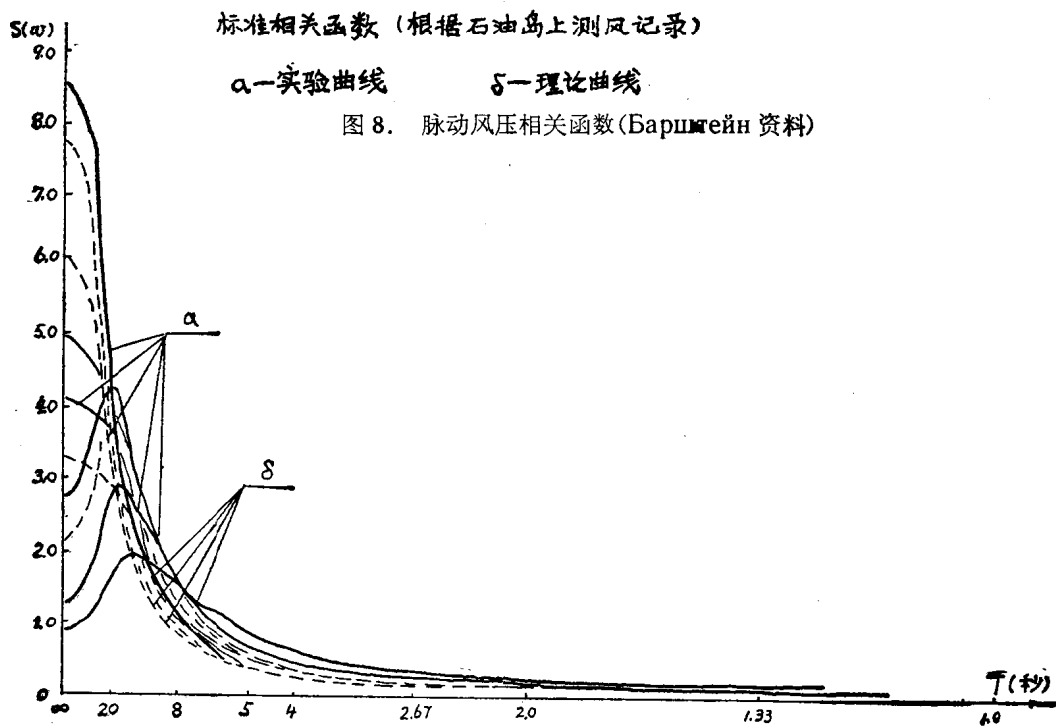
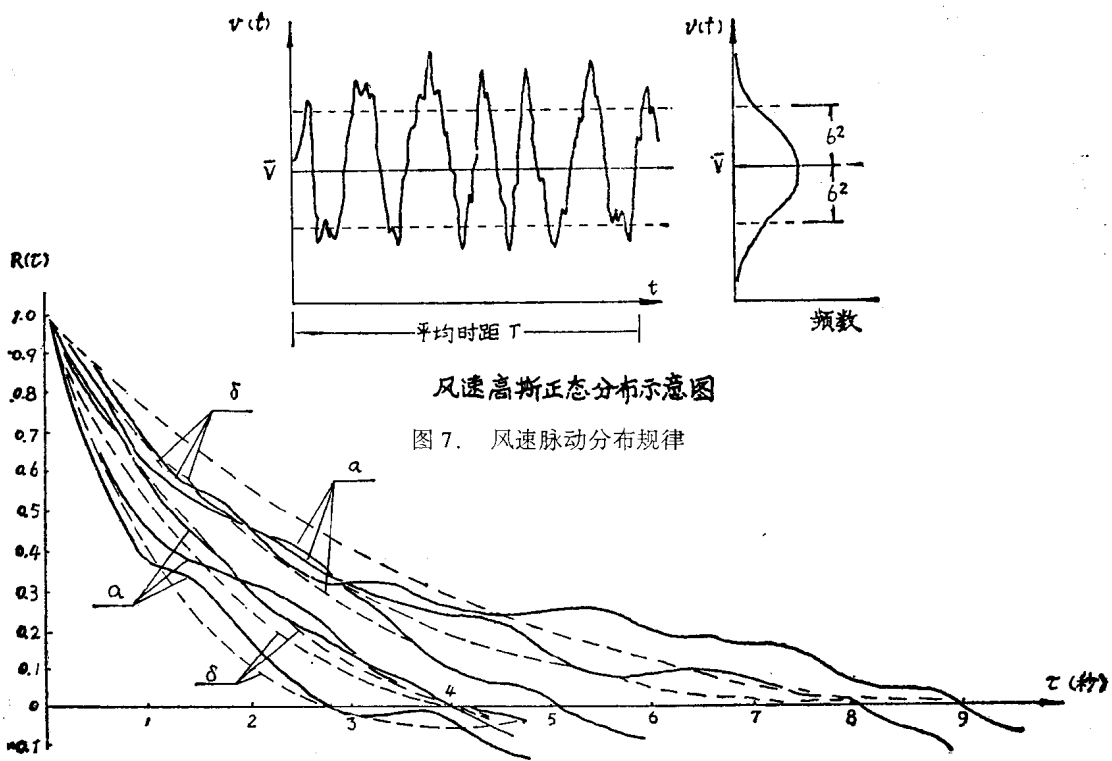
(1) 脉动风速的概率分布。根据强风观察结果的分析,可以看到脉动风速大体上是服从正态分布规律的(见图 7)^{[11][36]}。这样,得到了平均风速 $\bar{V}$ 和脉动风速的标准方差 σ_v (即自相关系数),就可以预测一定出现概率的瞬时风速。例如,取

$$V_t = \bar{V} + 2 \sim 2.5 \sigma_v$$

(2) 阵风水平功率谱:采用统计方法来处理风力,很重要的资料是风速的功率谱。它需由强风观测得到的风速记录导出,途径有二:

一种是把强风观测记录经过相关分析,先获得风速的相关曲线,建立相关曲线的数学表达式 $R(\tau)$,然后通过富氏变换求得功率谱的数学表达式。Барштейн 就是采用这个途径(参看图 8、9)^[18]。他提出

$$R(\tau) = e^{-\alpha |\tau|} (\cos \beta \tau + \mu \sin \beta |\tau|) \quad (1.1)$$



根据测风记录获得的脉动风压的谱密度
 α —在石油岛上记录的; δ —在莫斯科区记录的

图 9. 脉动风压的谱密度 (Барштейн 资料)

$$\begin{aligned}
 \text{功率谱} \quad S(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \\
 &= 2 \int_0^{\infty} e^{-\alpha|\tau|} (\cos \beta\tau + \mu \sin \beta\tau) \cos \omega\tau d\tau \\
 &= 2 \frac{(\alpha - \mu\beta)\omega^2 + (\alpha + \mu\beta)(\alpha^2 + \beta^2)}{\omega^4 + 2(\alpha^2 - \beta^2)\omega^2 + (\alpha^2 + \beta^2)^2}
 \end{aligned} \quad (1.2)$$

式中 $\mu \leq \frac{\alpha}{\beta}$ ω ——圆频率。

Choi Cheong Chuen 根据强风观测发现, 不同高度处的谱函数的形式是不相同的, 随着高度的增加, 谱的峰值减小, 峰值的频率也有所降低^[30]。他建议: 取

$$R(\tau) = e^{-A\tau} [a_0 + \sum_i a_i \cos m_i \tau] \quad (1.3)$$

$$S(\omega) = 4\sigma^2 \left[\frac{a_0 A}{A^2 + \omega^2} + \frac{1}{2} \sum_i \left(\frac{a_i A}{A^2 + (\omega + m_i)^2} + \frac{a_i A}{A^2 + (\omega - m_i)^2} \right) \right] \quad (1.4)$$

式中, A, a_0, a_i 是常数。

这种处理方法, 由于 $R(\tau)$ 有一定的误差, 再通过富氏变换还可能增加一些误差。

另一种途径是把强风记录通过超低频滤波器, 直接测出风速的功率谱曲线, 建立数学表达式。Davenport^{[61][11]}采用了这个途径(见图 10、11)。他提出通用的功率谱表达式:

$$\frac{nS(n)}{K\bar{V}_z^2} = f\left(\frac{nL}{\bar{V}_z}\right)$$

式中, n ——频率; L ——紊流的长度尺度。

根据世界上不同地点、不同高度测得的 90 多次强风记录, 他认为水平阵风谱中, 紊流尺度沿高度是不变的, 提出了经验公式^{[61][11]}:

$$S_v(n) = 4KV_z^2 \frac{x^2}{n(1+x^2)^{4/3}} \quad (1.5)$$

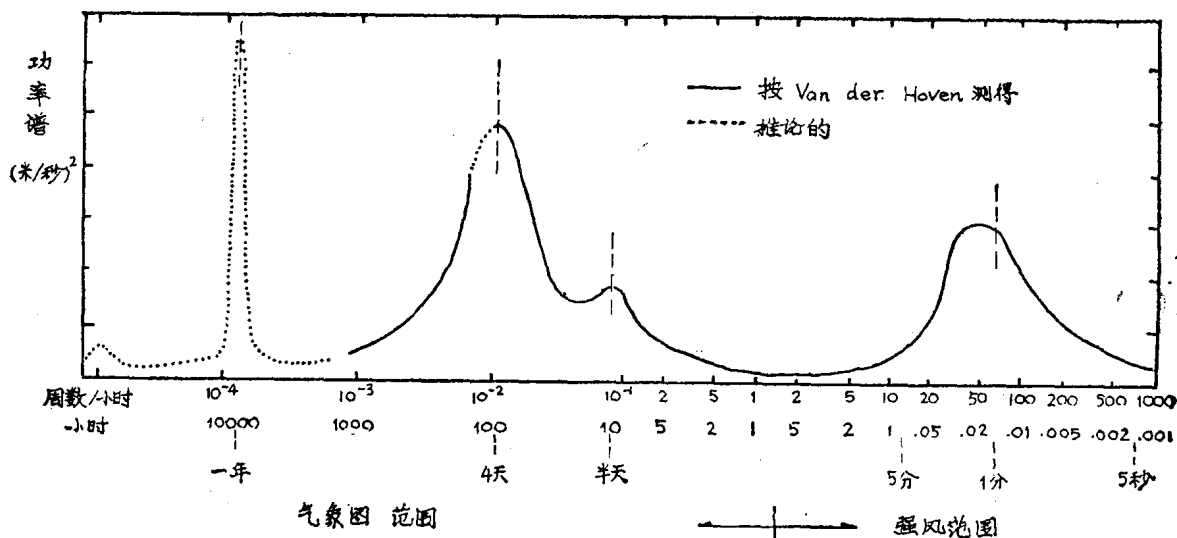


图 10. 近地面处水平风速谱(由 Van der Hoven 在美国 Brookhaven 100 米高度处测得)

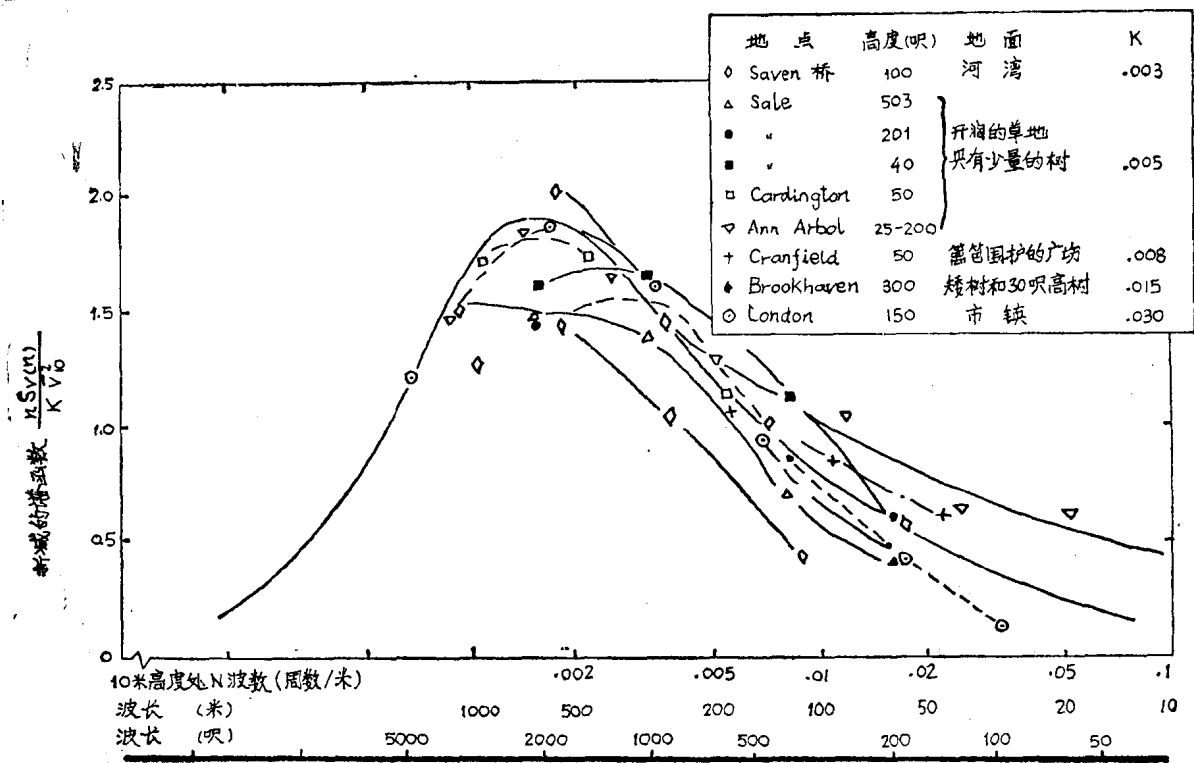


图 11. 高空中阵风的水平风速谱 按 Davenport 资料[]

式中, $x = 1200 \frac{n}{V_z}$;

V_z = 标准高度处的平均风速, 通常取 10 米高度;

K = 曳力系数。

有人认为, 紊流尺度随高度的增加而减小, 风谱的形式沿高度是变化的^[30]。日本 Hino^[29] 提出,

当 $\frac{V}{V_z} = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^\alpha$ 时,

$$\frac{nS_V(n)}{V^2} = K_1 \frac{x_1}{(1+x_1^2)^{5/6}} \quad (1.6)$$

其中, $x_1 = L \frac{n}{V}$

$$L = \frac{\bar{V}^3}{K_2(\alpha V_z)^3} \cdot Z_0 \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1-3\alpha}$$

$$K_1 = \frac{2\Gamma(5/6)}{\Gamma(1/2)\Gamma(1/3)} = 0.4751$$

$$K_2 = \frac{K^2 a^{3/2}}{2\pi} \left\{ \frac{\Gamma(1/2)\Gamma(1/3)}{2\Gamma(5/6)} \right\}^{3/2} = 0.0275$$

Shiotani^[12] 根据某些台风的实测资料, 建议取:

$$\frac{nS_f(n)}{V^2} = \frac{1}{3} \frac{x^2}{(1+x^2)^{4/3}}, \quad x = 1800 \frac{n}{V_z}; \quad (1.7)$$

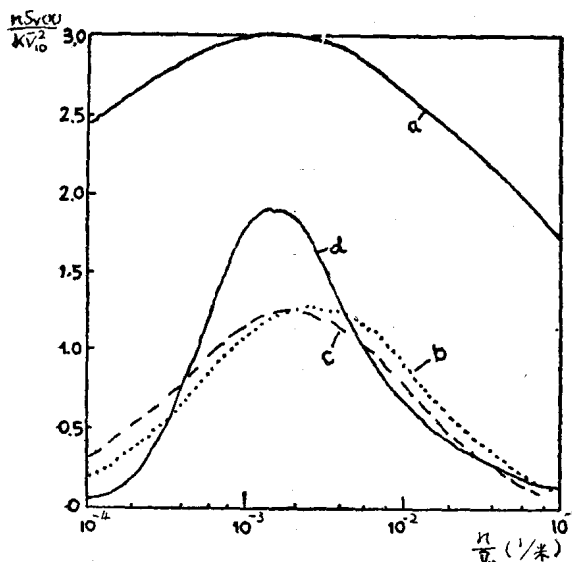
或
$$\frac{nS_v(n)}{V^2} = \frac{0.238x^2}{(1+x^2)^{5/6}}, \quad x = 1400 \frac{n}{V_z}; \quad (1.8)$$

德国 Grimm 提出:

$$\frac{nS_v(n)}{K \bar{V}_z^2} = \alpha e^{-f(\frac{n}{\bar{V}_z})} \quad (1.9)$$

式中,
$$f\left(\frac{n}{\bar{V}_z}\right) = -\beta \left[n \cdot \frac{n/\bar{V}_z}{\gamma} \right]^2,$$

α, β, γ 根据气流紊乱程度的不同而选取(参见图 12)^[35]。



a. 按德国 Grimm 轻度活动的一活动的

$$\frac{nSv(n)}{K \bar{V}_{10}^2} = 3 \exp \left\{ -0.03 \left[h \left(\frac{n}{\bar{V}_{10}} / 0.00152 \right) \right]^2 \right\}$$

b. 按 Grimm 平衡的一轻度平稳的

$$\frac{nSv(n)}{K \bar{V}_{10}^2} = 1.28 \exp \left\{ -0.18 \left[a \left(\frac{n}{\bar{V}_{10}} / 0.00267 \right) \right]^2 \right\}$$

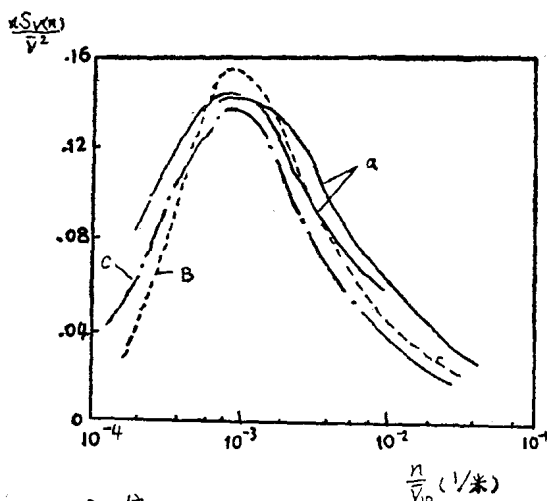
c. 同上

$$\frac{nSv(n)}{K \bar{V}_{10}^2} = 1.28 \exp \left\{ -0.18 \left[n \left(\frac{n}{\bar{V}_{10}} / 0.00195 \right) \right]^2 \right\}$$

d. 按 Davenport

$$\frac{nSv(n)}{K \bar{V}_{10}^2} = 4 \frac{x^2}{(1+x^2)^{4/3}} \quad x = \frac{1200n}{\bar{V}_{10}}$$

注: 左图 a 中“ -0.03 [h “应为” -0.03 [n”。



a. 按 M. Shiotani 实测值

B. 按 Davenport 经验公式

c. 按 Hino 经验公式

左图 b 中“ -0.18 [a “应为” -0.18 [n”。

图 12.

试将各人提出的功率谱画于图 12。从这些曲线可以看到: 风谱的卓越频率, 各人的结论有所不同, 但都远低于建筑物的自振频率; 处于高层建筑物自振频率范围内的风谱, 实测数据不多, 也很离散。这可能与观测者所使用的仪器的性能有关。

(3) 脉动风速的空间相关性。阵风的特性除用自相关性描述外, 还用空间相关性来表示。强风观测表明: 各点上的风速、风向并不是完全同步的, 甚至可能是完全无关的。空间相关主要包括竖向相关和侧向水平相关。图 13、14、15 是从强风观测和风洞观测中得到的。

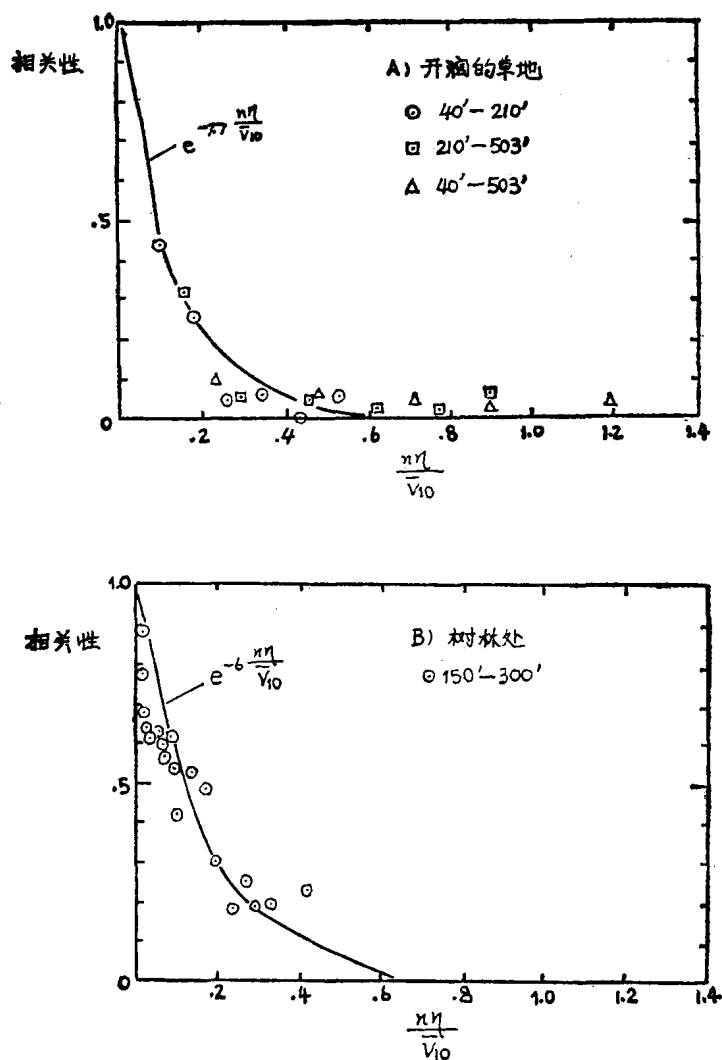


图 13. 现场实测的垂直相关性

Davenport 根据实测结果的分析, 建议用下式表达相关系数:

$$R(n \eta) = e^{-C \frac{n \eta}{V_z}} \quad (1.10)$$

式中,

η ——两点的间距,

C ——系数, 对竖向 $C=7$, 对侧向 $C=8$ 。

$\frac{V_z}{n}$ 表示波长, 因此在阵风脉动中, 波长愈长, 相关性就愈大^{[6][11][134]}。

Choi Cheong Chuen 认为^[130], 这种形式仅在空间距离较小的情况下(如 $\frac{n \eta}{V_z} < 0.1$)才是

正确的。在距离较大时, 相干函数的剧烈波动是主要的, 不具有指数衰减的性质。他还发现, 对于不同的高度 C 值是不同的; 对于台风, 其相关性比一般的季风要小得多, 例如, 相隔 50 呎的两点在台风中的相关系数仅有季风的 $\frac{1}{4}$ 左右。某些 C 值参见下表:

	方 向	距离(呎)	高度(呎)	C
季	侧 向	50	198	8.93
		50	93	19.30
		50	43	22.90
风	竖 向	55	198	13.10
		50	93	16.90
台 风	侧 向	32	93	36.80

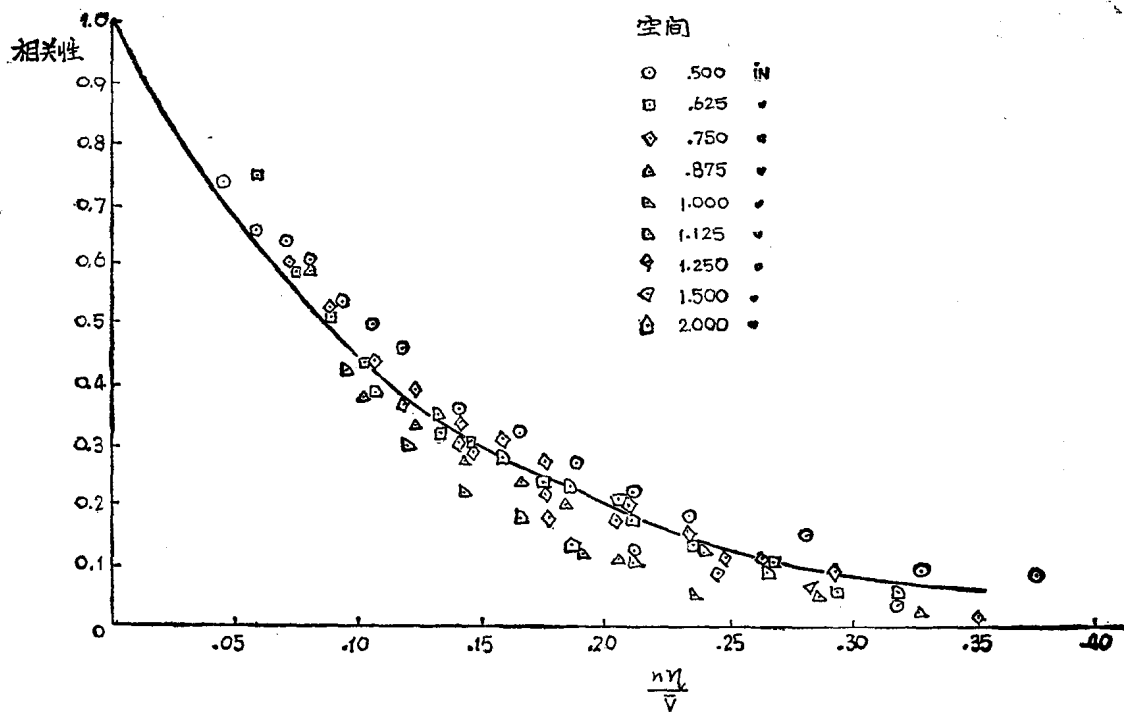


图 14. 风洞实验中测得的侧向相关性

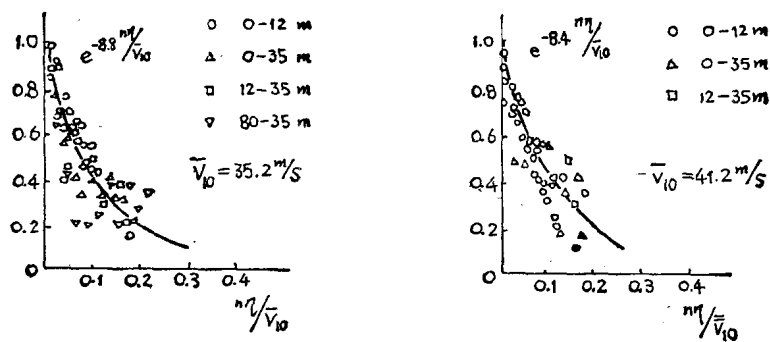


图 15. 6523号台风实测的侧向相关性

三、建筑物表面的风力

把近地风分成平均和阵风脉动两部分,因而,风对建筑物的作用也相应地分为静力和动力两个部分。对结构设计来说,重要的是建筑表面的风压分布,特别是具有拟静态作用的相应于平均风的平均风压分布。建筑物表面的风压和近地风的风速压并不完全相同,需要在风洞实验及实际建筑物现场风压实测的基础上建立二者的关系。

1. 建筑物表面风压的观测

要了解建筑物上表面风压力的大小与分布,主要通过试验研究。这种研究有两种途径:一种是将建筑物做成小尺寸的模型,置于特制的风道(即风洞)中进行试验,利用测压孔方法测定模型表面上的压力分布。风洞的气流可以改变,模型也可以转动方位,从而得到不同风速、不同风向条件下的表面压力分布。另一种是在实际建筑物上测定表面压力分布。所得到的是某次强风作用下的结果。

关于风洞实验将在第六段中叙述。为了确定厂房之类建筑物风荷载的大小,我国也在风洞中进行了模型上风压分布的试验,取得了一定的结果^{[38][40]}。鉴于近地风具有显著的紊乱性和随机性,在风洞中很难真实地模拟实际的风场,使试验结果可能与实际有很大的出入。五十年代末开始,现场风压实测就逐步得到了广泛的重视。荷兰、英国、加拿大、澳大利亚、日本、西德等国都在高层的办公楼或公寓上进行了风压分布的现场实测,有的并与风洞试验做了比较。在香港还专门建造了一幢10层的钢骨架房屋,以研究台风的风力作用问题^{[14][25][27][38][32]}。

建筑物风压观测的主要内容有:

- (1) 观测建筑物迎风面、侧风面和背风面上的风压分布得出等压轮廓线。
- (2) 观测建筑物某一横剖面或纵剖面在不同风向下的压力分布。
- (3) 根据观测获得建筑物受风面(或背风面)各点风压的相关性以及受风面与背风面的相关性分析。

对建筑物表面风压的观测方法也是多种多样的(见第七段)。

不同风向下建筑物表面的风压分布见图16、17^{[11][14][15][25][27]},从中可以看到:

- (1) 在正面风力作用下,迎风面上除了两侧端及顶端外均受有正压力。此正压力在迎风面的中间偏上为最大。在角隅附近的一个狭窄的条形区域内,受有负压的作用,原因是风从角隅区流过时,风速突然增大。风向改变时,角隅的负压区也相应地发生变化^{[1][11][34]}。

- (2) 建筑物的背风面全部承受负压。而且整个背面的负压分布是比较均匀的^[11]。

- (3) 由于风向风速的随机性,迎风面正压和背风面负压也是随机变化的,其相关性极小^[26]。

2. 风压系数

风压实测结果表明:在同样的风速条件下,高度不同的建筑物和面积大小不一的建筑物上的风压分布是不相同的,要把近地风的风速压转换为建筑物表面的风压,需要采用一定的修正系数。

加拿大安大略大学提出:平均风压随着建筑物和结构物高度的不同而变化,建议采用系数:

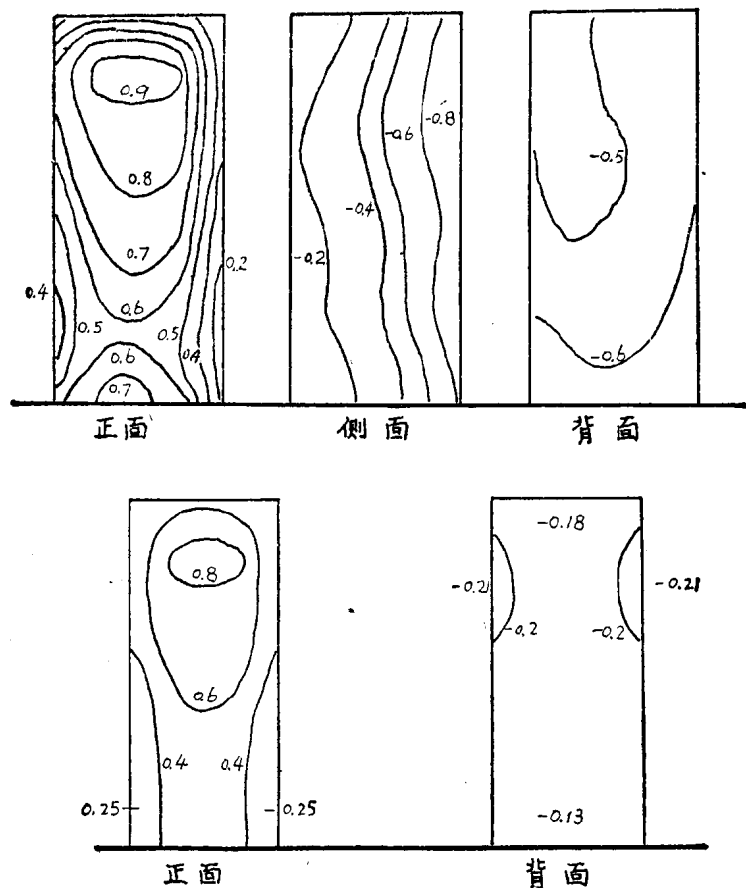


图 16. 模型上的表面风压分布(风洞试验)

$$\theta\left(\frac{n}{V_z}\right) \doteq e^{-\gamma \frac{Hn}{V_z}} \quad (2.1)$$

式中,

H ——建筑物高度

$\bar{V}_z$ ——标准高度(如 $\frac{2}{3}H$ 处)的 10 分钟平均风速

n ——频率(波数)

后来,根据风速(风压)的相关系数随两点距离的加大而减小的事实,Vickery和 Davenport 提出^[36]:单位面积上风压的空间平均值随着受风面积的增大而变小,他们建议:取

$$\theta\left(\frac{n}{V_z}\right) = \frac{1}{1 + \left(\frac{2n\sqrt{A}}{\bar{V}_z}\right)^{4/3}} \quad (2.2)$$

式中,

A ——垂直于风向的投影面积。

式(2.1)只考虑了风的竖向相关性的影响,对于高耸构筑物,来说可能是足够了。对于大范围的高层建筑,采用式(2.2)也许比式(2.1)更适合一些。

近来,由于测量仪器的改进,测试技术的发展,有人认为过去的观测受到了仪器性能和风洞模拟技术的限制,所获得的结果和公式只能是一个定性的概念,在定量方面,这些结论到底有多大的实际意义是值得怀疑的^[34]。