

文章编号:1006-7329(2004)01-0005-05

绵阳南郊机场航站楼大楼风压分布研究

张亮亮¹, 李正良¹, 彭新宇¹, 王奇志²

(1.重庆大学 土木工程学院,重庆 400045;2.中国空气动力研究与发展中心,四川绵阳 621000)

摘要:以兴建于四川省绵阳市的南郊机场航站楼大楼为对象,在中国空气动力研究与发展中心低速空气动力研究所的4.0 m×2.2 m×15.0 m风洞的工业试验段中,利用几何缩尺比为1:100的刚体模型,系统地研究了该建筑外表面平均风压分布和脉动风压分布特性,给出了可用于设计的风载荷值,以确保大楼特别是上部悬臂屋顶在100年重现期风速下的安全性与稳定性。

关键词:风工程;建筑物;风压;风洞试验

中图分类号:TU312+.1

文献标识码:A

Research of Wind Pressure on Mianyang Southern Suburb Airport Terminal Building

ZHANG Liang-liang¹, LI Zheng-liang¹, PENG Xin-yu¹, WANG Qi-zhi²

(1.College of Civil Engineering, CU, Chongqing 400045, P.R.China;2.China Aerodynamics Research and Development Center, Mianyang, Sichuan 621000, P.R.China)

Abstract:In this paper, the wind pressure distribution on the surface of the Southern Suburb Airport Terminal Building, which will be built in Mianyang, Sichuan, is introduced. The wind loads corresponding to the 100 years return period wind pressure, are given in Figures, which can be used for design of glass curtain and roof, based on wind pressure distribution of building from model test in wind tunnel 4.0 m×2.2 m×15.0 m.

Keywords:wind engineering; building; wind pressure; wind tunnel test

随着轻质建筑材料的广泛使用和设计、施工技术的发展,大跨度带悬挑建筑结构不断增多且跨度也越来越大。对于这类大跨度带悬挑建筑结构来说,侧向和竖向风荷载是必须认真考虑的主要荷载,它直接关系到这类结构设计的安全性和经济性。

兴建于四川省绵阳市的南郊机场航站楼大楼,高31.356 m,下部主体结构长142 m,宽75.36 m,顶部长179.24 m。其屋顶像一只振翅欲飞的雄鹰。由于该大楼(特别是顶部)体型特殊,风荷载特性复杂,因此,对该建筑物的表面风压分布进行了研究,重点是该大楼在百年一遇的风荷载下,顶部的受力情况,以确保其上部带悬挑屋顶的安全性和稳定性。试验研究工作是在气动中心低速所的4.0 m×2.2 m×15.0 m风洞的工业试验段中进行的。

1 测试原理

对于建筑物表面脉动压力的测量,通常应考虑如下因素^[1]:(1)保证系统具有较高的频响特性;(2)保证各点的脉动压力具有相同的相位特性;(3)保证系统具有高的灵敏度;(4)保证系统具有高的信噪比。其中(1)和(2)两项较难满足。如果采用齐平膜片方式安装传感器和并行采集系统,虽然频响特性

* 收稿日期:2003-09-20

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。

和相位特性能够满足要求,但这种方式只适应于测点少的情况。在许多情况下,由于受模型形状复杂和测点数量多等限制,不得不采用由传压管路连接传感器的方法;此时,由于管壁的影响,使输入与输出呈现随机非线性特性;同时要采用并行测压系统,每路都需要一个 A/D 转换器,从而使采集系统价格极其昂贵,且实现起来也非常复杂。本研究中采用一种新的方法来处理测试系统的频响特性与相位特性。

1.1 测试系统的频响特性处理

从空气动力学的角度看,共振峰是由于压力波在管端反射,并与入射波叠加形成驻波,当驻波与系统的固有频率接近时,即产生共振。基于此,有人^[2]利用无限长管道对反射波衰减很大,能使管内不形成驻波的方法来消除共振峰。但研究表明,当管道太短时,输出信号畸变严重,而管道太长时,高频部分衰减太大,虽然把共振峰消除了,其它频率部分也有很大衰减,结果不太理想。本研究工作中,采用在传压管路中加串毛细管来改善系统的频响特性。通过反复试验对比发现:为了避免“端部效应”带来的误差,传压管长 $L(\text{m})$ 与管径 $D(\text{m})$ 应满足如下关系式:

$$\frac{L}{D^3 v_{\text{风洞}}^2} \geq 2 \times 10^5 \quad (1)$$

式中: $v_{\text{风洞}}(\text{m/s})$ 为模型顶部平均风速。图 1 为加串毛细管抑制共振峰的示意图。此时每一段的传递函数为:

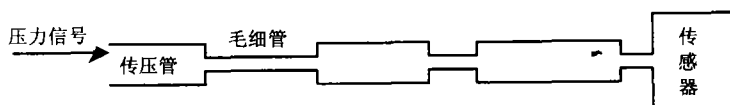


图 1 加串毛细管抑制共振峰示意图

$$\frac{P_{i-1}}{P_i} = \cosh(\varphi_j L_j) + \frac{U}{\pi R_j^2} \left(\sigma_j + \frac{1}{k_j} \right) n_j \varphi_j \sinh(\varphi_j L_j) + \left(\frac{R_{j+1}}{R_j} \right) \left(\frac{\varphi_{j+1}}{\varphi_j} \right) \frac{J_0(\alpha_j)}{J_0(\alpha_{j+1})} \frac{J_2(\alpha_{j+1})}{J_2(\alpha_j)} \frac{\sinh(\varphi_j L_j)}{\sinh(\varphi_{j+1} L_{j+1})} \quad (2)$$

式中: $\varphi_j = \frac{\omega}{a_0} \sqrt{\frac{J_0(\alpha_j)}{J_2(\alpha_j)}} \sqrt{\frac{\gamma}{n_j}}$; $n_j = \left[1 + \frac{r-1}{r} \frac{J_2(\alpha \sqrt{Pr})}{J_0(\alpha \sqrt{Pr})} \right]^{-1}$; $\alpha_j = i^{3/2} R_j \sqrt{\frac{\omega \rho_s}{M}}$; $Pr = \frac{\mu C_p}{k}$

其中 σ_j 为传感器端部偏斜系数; k_j 为传递系数; R_j 为管壁内径; μ 为粘性系数; J 为第二类贝塞尔函数, $\omega = 2\pi n$; p 为压强; a_0 为常数。

图 2 为用三节串接毛细管, $L_j = 200 \text{ mm}$, 毛细管长度分别为 80 mm 时, 测试系统的频响特性, 图中纵坐标 B/A 为输出与输入之比。结果表明, 在 200 Hz 以内, 系统的频响特性完全符合试验要求。

1.2 测试系统的相位特性处理

如图 3 所示, 压力传感器和信号调节器输出的电信号经多路切换器变为两路模拟信号, 由 A/D 转换为数字量存入工控机。同步信号驱动信号调节器中的系保电路, 保证获得同一时刻的压力值, 由专门研制好的软件系统管理部件协调工作, 并对获得的数据样本进行分析处理。

2 模型及试验设备

绵阳南郊机场航站楼测压模型系一刚体模型, 为了保证在 25 m/s 的风洞试验风速下不发生破坏并且不会出现明显的振动以保证压力测量的精度, 要求模型系统具有足够的强度和刚度。本次试验的模型主要采用有机玻璃制作。考虑到模拟该航站楼的外型尺寸和有关测试设备的安装



图 2 测试系统频响特性

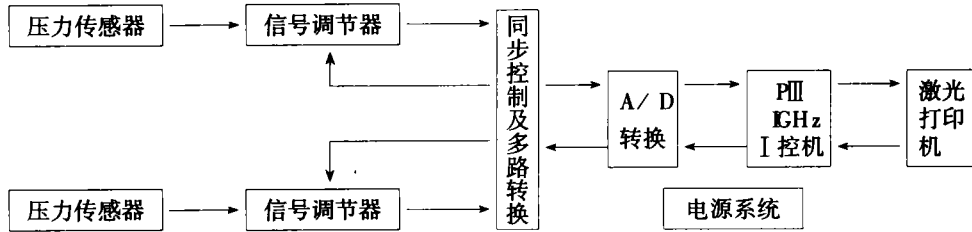


图 3 数据采集与处理系统

要求,将模型的缩尺比定为 1:100。模型与实物严格保证了几何相似。由于绵阳南郊机场航站楼顶部为类似机翼的曲面,外型复杂,并且这部分又是本次研究的重点,因而在每个翼面上布置有 121 个测压点,整个模型上共布置了 268 个测压点。模型在风洞中的安装情况如图 4 所示。

为了考虑绵阳南郊机场周围建筑引起的干扰气动荷载,对其周围的两栋建筑进行了模拟,如图 4 所示。模型和地貌被固定在一个直径为 3 m 的转盘上,试验时可做 0°~360°转动。测压试验是在气动中心低速所

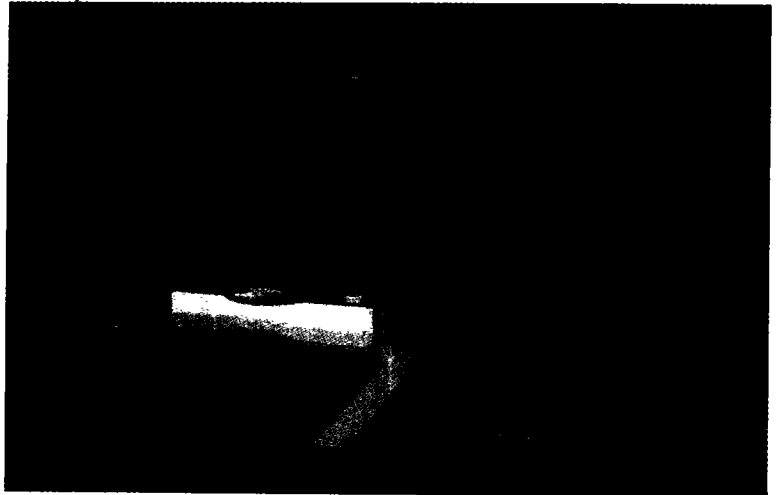


图 4 安装在 4.0 m x 2.2 m x 15.0 m 风洞工业试验段中的南郊机场模型

的 4.0 m x 2.2 m x 15.0 m 工业试验段中进行的。该风洞是一座闭口回流式风洞,试验风速范围为 10~80 m/s,本次试验风速为 25 m/s,试验中采用大气边界层模拟装置来模拟绵阳市的大气边界层。

3 试验结果与分析

在获得不同风向时各测点处的风压值后,根据绵阳地区的气象资料,对建筑场地的风统计特性(包括风速大小和方向)进行分析,采用求极值的方法,得到该实际建筑物的风压值。图 5~图 7 给出了该航站楼大楼在 16 个迎风角下可能出现的最大正压和最小负压(代数值),其中正压表示由外向内的压力,

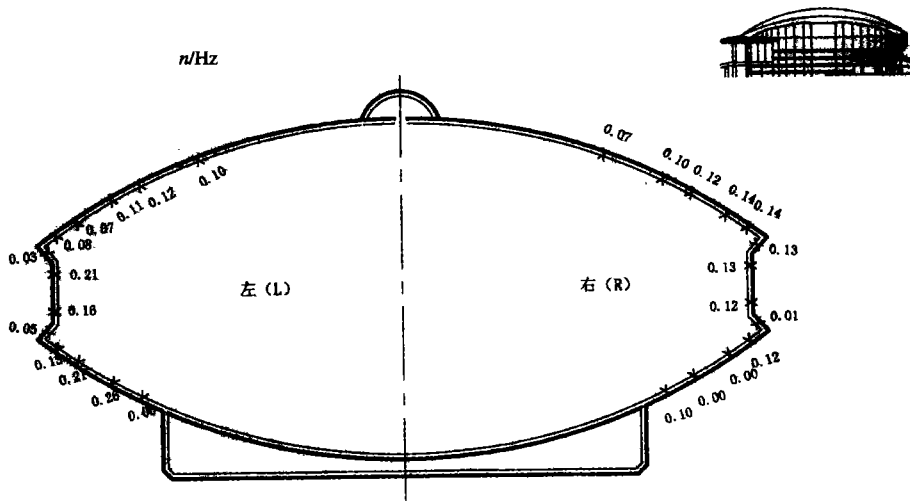


图 5 大楼 10 m 高度处极值风压(单位: kN/m², 重现期 100 年)

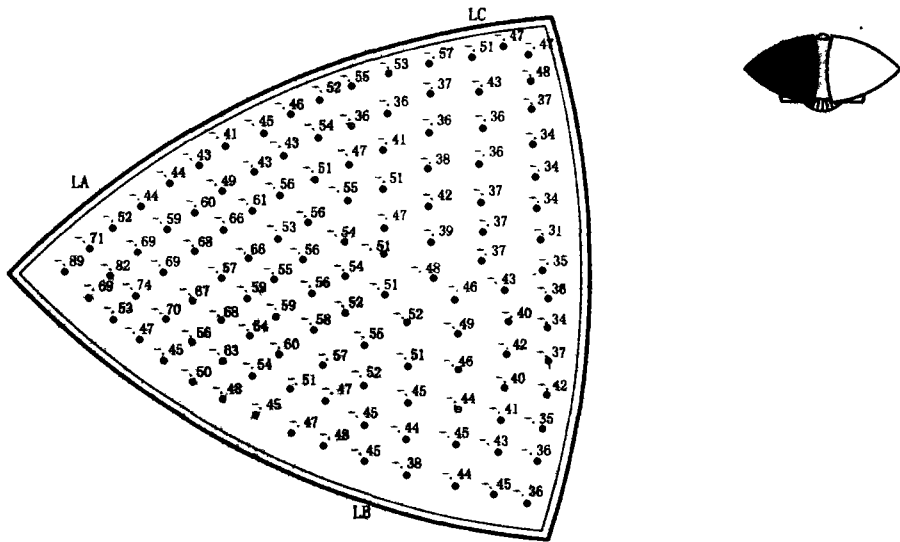


图6 大楼顶部左半部分极值负压值(单位: kN/m^2 ,重现期100年)

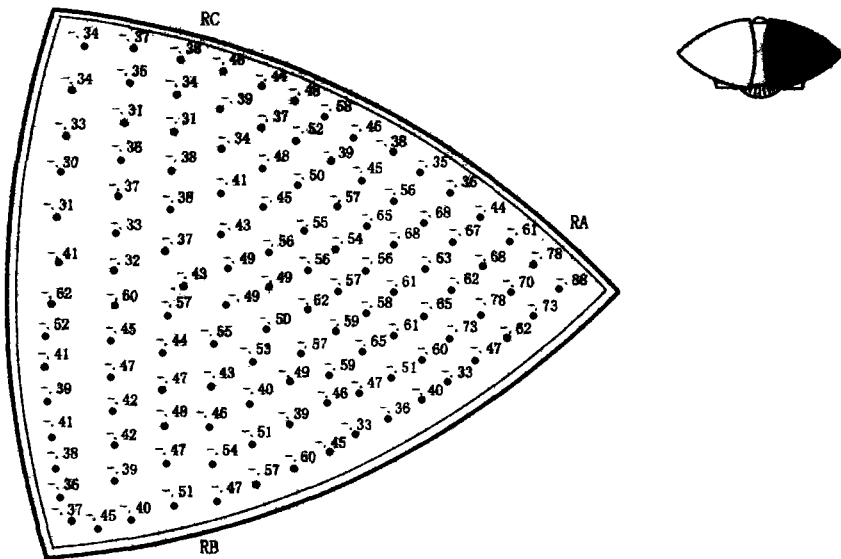


图7 大楼顶部右半部分极值负压值(单位: kN/m^2 ,重现期100年)

负压表示吸力。

从试验结果来看,该大楼的设计比较合理,两栋临近建筑物,由于离机场大楼较远,它们的存在只是影响了大楼立面的风压分布,使两侧压力不对称,但引起的干扰风荷载并不大。

在大楼顶部,极值风压均为负压,左右两半部分的负压值差别不大。同一部分则越靠近内侧,其负压绝对值愈小,外侧负压绝对值最大为 $0.89 \text{ kN}/\text{m}^2$,该结果优于其它类型建筑物^[3~5]在同等条件下的风压值。

4 结论

1) 对于绵阳南郊机场航站楼的结构设计,建议采用100年重现期的风荷载,如本文中的图5~图7所示。所建议的用于外墙面设计的风荷载其最小作用时间应考虑为 60 s 。

2) 大楼顶部只受负压作用,设计时应考虑吸力的影响。

3) 两栋临近建筑物的存在对航站楼大楼顶部的风压影响不大。

参考文献:

- [1] 张亮亮,蒋敏,张大康.建筑物表面脉动压力测量与分析[J].空气动力学学报,1996,(3):288-294.
- [2] Simiu E, Scalan R. H. Wind Effects on Structures, 2nd Edition[M]. John Wiley and Sons, New York, 1985.
- [3] 张亮亮,张成伟.珠江帆影高层建筑群体风洞试验研究[J].空气动力学学报,1986,4(2):231-238.
- [4] 张亮亮,张大康,王奇志.台北某高层建筑的风特性研究[J].结构工程师,1998,(1):64-69.
- [5] 顾志福.北京国际金融大厦风荷载风洞实验研究[J].结构工程师,1998,(1):101-105.
- [6] 冯翼然,张亮亮.珠江帆影高层建筑群的风效应[J].重庆建筑工程学院学报,1987,(1):1-11.

(上接第 4 页)

4 结论

- 1) 三峡库区地质灾害由来已久,种类繁多,量大面广。
- 2) 长期以来,库区地质灾害给该区社会经济环境各方面造成了重大的危害,目前呈日趋严重之势。
- 3) 随三峡工程与西部大开发的推进,库区地质灾害防治工作任务更为繁重、时间更为紧迫,应尽早实施科学的库区地质灾害防、减灾战略。

参考文献:

- [1] 赵纯勇.三峡库区地质灾害防治形势与减灾战略浅析[M].三峡库区可持续发展与科技进步[C].北京:社会科学文献出版社,2002:86-93.
- [2] 中华人民共和国地质矿产部.中国地质灾害与防治[M].北京:地质出版社,1991.
- [3] 孙建华,王建华.我国地质灾害防治工作综述[J].西部探矿工程,1998,10(3):60-65.
- [4] 国土资源部.三峡库区地质灾害防治总体规划[Z],2001.
- [5] Under the Sponsorship of the Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources. Geologic Tripping Guidebook to the Geology and Geomorphology of the Yangtze Gorges and Rockfalls and Landslides[M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1992: 14-29.
- [6] 杜榕桓.长江三峡工程库区滑坡与泥石流研究[M].成都:四川科学技术出版社,1990.
- [7] 文海家,张永兴,张建华.山地灾害对新重庆社会经济环境的重要影响[J].重庆环境科学,2000,22(6):22-25.
- [8] 唐殿奎.论三峡工程库区迁建城镇新址主要地质灾害[J].武汉交通科技大学学报,1996,20(6):626-631.
- [9] 文海家,柳源,张永兴.三峡库区万州城区吴家湾滑坡特征及成因分析[J].地下空间,2003,23(3):23-26.