

风与大气环境科学进展(二)

Feng yu Daqi Huanjing Kexue Jinzhan

主 编 孙 健
副主编 刘树华 潘进军 朱 蓉

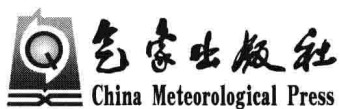
 气象出版社
China Meteorological Press

风与大气环境科学进展

(二)

主 编:孙 健

副主编:刘树华 潘进军 朱 蓉



内容简介

本书收录了由中国空气动力学会风工程和工业空气动力学专业委员会主办的 2012 年全国环境风工程学术会议会议论文,内容包括风工程、风环境的风洞实验与数值模拟研究、大气湍流与扩散以及风能资源评估和开发利用等,全面反映了中国在环境风工程领域的最新研究进展。本书可供相关专业的高等院校师生和科研机构及相关企事业单位的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

风与大气环境科学进展. 2/孙健主编. —北京:气象出版社, 2012. 11
ISBN 978-7-5029-5624-0

I. ①风… II. ①孙… III. ①大气科学-文集
IV. ①P4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 277896 号

Feng Yu Daqi Huanjing Kexue Jinzhan

风与大气环境科学进展(二)

孙 健 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:陈 红

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:816 千字

版 次:2012 年 11 月第 1 版

定 价:100.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:汪勤模

责任技编:吴庭芳

印 张:32.5

印 次:2012 年 11 月第 1 次印刷

《风与大气环境科学进展(二)》 编委会

主 编：孙 健

副主编：刘树华 潘进军 朱 蓉

编 委：孙 健 刘树华 潘进军 朱 蓉 胡 非

徐大海 金启刚 朱乐东 叶 冬

序

风工程和工业空气动力学专业委员会是中国空气动力学会下属的专业委员会之一,是一个全国性非营利的、公益性的学术性社会团体。专委会成立 30 多年来,经历五届领导和委员的共同努力,已成为中国空气动力学会下属九个专业委员会中较为活跃,富有成效,富有影响的专委会之一,为培养我国风工程和工业空气动力学领域的创新人才,推动学术交流和国际国内合作,促进信息和成果共享等方面做出了卓越贡献。

2012 年全国环境风工程学术会议得到了全国近 30 个高等院校、科研院所和企事业单位的积极响应,会议文集收录了 58 篇优秀论文,内容涵盖风工程、风环境的风洞实验与数值模拟研究、大气湍流和扩散以及风能资源。我们看到:强风环境下高速列车的气动特性研究,将大视场 PIV 技术应用于工程型大型风洞的列车模型试验,提高了国内列车空气动力学试验的研究水平,发展了防灾预警技术方法;数值天气预报、大气边界层数值模拟和 CFD 技术已成为研究建筑风环境、核事故后果评价方法、风能资源数值模拟、风机以及风电场设计的重要手段,尤其是 CFD 数值模拟技术在模拟高楼、冷却塔等城市高大建筑对大气湍流扩散的影响、放射性物质大气扩散、复杂地形条件的高分辨率风能资源分布、建筑结构风和雪荷载中取得了显著成果;通过对台风中心区域湍流强度、最大风速半径以及风压分布系数的计算方法研究,为沿海建筑和风力发电机的抗风设计提供了科学依据。还有一些论文在大气边界层理论方面进行了积极探索,如大气边界层湍流风速脉动的分布和分型特征研究等。

风工程与风环境属于交叉学科,其研究对象的空间尺度变化范围从几米到几十千米,涉及的学科领域包括天气气候、流体力学、大气环境、建筑工程学等。同时,风工程与风环境也是一个应用性很强的学科,直接关系到防灾减灾、清洁能源开发利用等国际社会的热点问题。此次全国环境风工程学术会议的召开,将促进在各个学科领域中从事与风工程相关研究的专家、学者和工程技术人员之间的交流,增进学科之间的融合,激发创新思想。可以预计,未来风工程与风环境领域的研究不仅是为工程抗风设计服务,而且还会更加关注于建筑、交通、电力、环保等行业的灾害预报预警研究,更加全面满足社会经济发展需求。

本次会议的组织和文集的出版工作得到了中国气象局公共气象服务中心和福建省气候中心的大力支持,我谨代表中国空气动力学会风工程与工业空气动力学专业委员会表示衷心的感谢!

在 2012 年全国环境风工程学术会议召开之际,写下这篇短序,谨与各位同仁共勉。

刘树华

2012 年 11 月

前 言

风是由于大气运动而产生的自然现象,它会对人类生活产生影响。强风对建筑、桥梁等工程设施以及火车、汽车等交通工具具有破坏作用。例如,1878年横跨苏格兰东海岸泰湾、当时世界上最长的英国泰湾大桥,未能经受住一场暴风雪的考验而轰然倒塌,造成79人丧生;2007年,瞬间风速达到13级的强风造成乌鲁木齐至阿克苏的列车11节车厢脱轨;2005年国家“西电东送”和华东、江苏“北电南送”的重要通道——江苏泗阳500kV高压输电线路,大风导致一次性倒塌10座输电塔,造成大面积停电事故。相反,对于城市来说,无风或者小风的条件会不利于大气污染物扩散,产生雾霾天气,危害人类健康。例如历史上著名的伦敦烟雾事件,1952年12月5—8日伦敦上空处于高压中心,一连几日无风,风速表读数为零,冬季大量燃煤排放的煤烟粉尘在无风状态下积聚,能见度极低,许多人感到呼吸困难、泪流不止,仅仅4天内死亡人数达4000多人。除此之外,人类活动也可以在一定程度上改变局地风的运动规律,例如城市高楼群中的狭窄地带,有时“狭管效应”可以将风速放大数倍以上,导致城市风灾。同时,风也可以造福于人类,风能是清洁的可再生能源,发展风力发电是促进节能减排、应对气候变化的有效措施。2001—2011年,中国风电装机由38万kW增加到6236万kW(不包括台湾地区),累计安装风电机组45894台,居全球风电累计装机容量第一位。按照国家发改委能源研究所和国际能源学会IEA《中国风电发展路线图2050》预计,2050年风电可以为全国提供17%左右的电量,风电累计装机达到10亿kW,在电源结构中约占26%,风电成为中国主力电源之一,并在工业等其他领域有广泛应用。总之,研究风的特性和运动规律;提高工程抗风设计水平;发展风能利用技术,重视大气环境保护,是我国实现防灾减灾、减缓气候变化战略发展目标的重要保障。

中国空气动力学会风工程和工业空气动力学专业委员会于2012年12月5—8日召开“2012年全国环境风工程学术会议”,旨在促进国内从事风工程、风能和大气环境领域科研与教学的学者和技术人员之间的学术交流。本次会议论文集共收录论文58篇,内容涉及工程抗风设计、计算风工程、大气边界层风特性、大气湍流与污染扩散、风能资源评估与预报等,展现了国内目前风工程、风环境和风能资源领域最新研究成果,反映了风特性研究与工程应用技术发展的现状和进展。

论文集的出版得到了中国空气动力学会风工程和工业空气动力学专业委员会、中国气象局公共气象服务中心的鼎力支持。在此,向中国空气动力学会风工程和工业空气动力学专业委员会领导、中国气象局公共气象服务中心领导以及所有支持和参与本书编辑、出版的单位和个人表示衷心的感谢!

由于论文集编印时间仓促,难以逐一与论文作者进行深入沟通,加之编者水平有限,不妥之处,敬请谅解。

编者

2012年11月于北京

目 录



序
前言

风工程

- 北京奥运会主火炬塔抗风性能风洞试验研究…………… 李 明 陈 立(3)
- 多形状变厚度冰型对导线静态气动特性影响的试验研究 … 黄汉杰 沈志洪 蒋科林等(10)
- 柱状屋面平均风荷载的试验研究 …………… 王 科 陈 波 杨庆山(18)
- 小控制件对流向振荡柱体尾流的抑制 …………… 邵传平 陈野军(26)
- 风力机叶片绕流的 PIV 测量研究 …………… 陈 敏 肖京平 王汝恒等(36)
- 风力机翼型极大迎角风洞试验技术 …………… 焦予泰 王 龙 高永卫等(45)
- 某风力机翼型的动态试验研究 …………… 肖春生 王 龙 焦予泰等(54)
- Gurney 襟翼对风力机叶片气动性能影响的数值模拟…………… 周翰玮 张震宇 王同光等(59)
- 高速列车受电弓风洞试验研究 …………… 张永升 贾 毅 吕录勋等(64)
- 高速列车防风措施的试验研究 …………… 黄志祥 陈 立 杨明智等(71)
- 列车头型气流流动的 PIV 测量与数据精细化后处理 …………… 武 杰 黄志祥 史喆羽等(80)
- 高速客运专线防风预警保护——欧洲方法与中国方法之间的比较研究
…………… 王 黎 Didier DELAUNAY Sophie BODERE 等(89)
- 大跨度建筑结构风致积雪漂移的模拟 …………… 杨 易 谢壮宁(96)
- 防城港市中央商务区主塔楼抗风参数设计分析…………… 何 如 苏 志 周绍毅等(100)
- 重卡气动噪声数值仿真…………… 唐克兵 刘道勇 赵禧元等(107)

风环境的风洞实验与数值模拟研究

- 基于 Monte Carlo 模拟的台风风场最大风速半径的拟合…………… 胡春富 朱乐东 赵 林(115)
- 台风登陆情况下近地面风压场实测与重构研究…………… 赵 林 卢安平 朱乐东等(122)
- 我国沿海低矮民居风灾统计及破坏机理分析…………… 戴益民 刘求山 王相军等(132)
- Detached Eddy Simulation of the Flow around a Simplified Train under Crosswind
Conditions …………… Gao Guangjun Wang Xiaoya Hassan Hemida(137)
- 大型建筑物废气再吸入污染的风洞实验研究…………… 林官明 赵汝教(153)
- 建筑风环境测试与评价研究综述…………… 许 伟 李庆祥 杨仕超(160)

计算流体力学软件 Meteodyn WT 中森林冠层模型的校正

.....	Didier DELAUNAY	蒋紫虢	王黎	(164)
环境侧风对自然通风冷却塔流场和热力场的影响研究.....	高钰	田瑞	李嵩	(171)
厦门帝景苑项目行人高度风环境试验研究.....	李毅	李秋胜		(181)
渐扩型发电塔内的强迫气流运动特征研究.....	陈尊裕	胡斯洋	张新育	(188)

大气湍流与扩散

放射性核素大气扩散模拟与核突发事件应急响应.....	姚仁太	郝宏伟	徐向军等	(199)
复杂建筑物对近场扩散影响的数值与风洞模拟的比较分析	.....	郭栋鹏	姚仁太	乔清党(214)
不同气象资料来源和时空分辨水平对大气输运的影响分析	.....	张俊芳	徐向军	姚仁太等(225)
我国代表性厂址扩散因子估算方法研究	范丹	姚仁太	郝宏伟等	(239)
利用 FLUENT 模拟建筑物对流动与湍流的扰动及对大气扩散的影响	.....	李沁怡	蔡旭晖	(250)
大气边界层湍流风速脉动的统计模拟.....	刘磊	胡非		(259)
局地复杂条件下大气扩散数值模拟.....	周佳音	周学志	黄顺祥等	(267)
冷却塔空腔区测量及排烟浓度模拟.....	马进	姚增权	陈辉等	(283)
化学事故应急预案智能生成技术框架.....	刘峰	黄顺祥	罗志荣等	(294)
发烟车多点施放对空遮蔽烟幕应用计算.....	王玄玉	白海涛	庞敏晖等	(301)
确定大气环境承载力的烟云足迹法.....	徐大海	王郁		(307)
关于 PM _{2.5} 的法律规制探析	官金萍	关彩虹		(318)
多功能校区环境空气负离子的监测与评价.....	关彩虹	周学志	李文丹等	(325)
空气负离子产生机理及其影响因素研究进展.....	李文丹	关彩虹	成文连等	(330)
ENSEMBLE 系统上传产品及其部分分析产品简介	吕恺	周斌	盛黎等	(336)

风能资源

鄱阳湖水域变化和周边城市化对大气边界层和风能资源影响的数值模拟	.....	刘树华	马玉龙	朱蓉等	(345)
地形平整对风电场流场的影响.....	张德胜	张晓东	高婕		(358)
基于 WRF 和 CFD 软件结合的风能资源数值模拟实验研究	.....	方艳莹	朱蓉	王鹏等	(362)
计算流体力学技术在复杂城区风能资源评估中的验证与应用——麻省理工校园案例	.....	Alex Kalmikov	Guillaume Dupont	Katherine Dykes 等	(371)
应用 CFD 技术进行风能资源评估时考虑大气热稳定度的方法	.....	Olivier Texier	Céline Bezault	Nicolas Girard 等	(387)
网格水平分辨率对复杂地形风场数值模拟的影响.....	马文通	王力雨	李凯		(399)

复杂地形下分辨率对 Windsim 风能资源评估影响的研究	孙 娴 雷杨娜 姜创业等(407)
测风塔选取对复杂地形风电场风资源评估的影响.....	雷杨娜 孙 娴 姜创业(417)
XJRUC/CALMET 不同分辨率及 CALMET 不同调整参数计算的风场预报检验	辛 渝 陈洪武(427)
数值模拟在陕西省风能资源评估中的应用.....	姜创业 孙 娴 雷阳娜等(440)
影响 15°~35°N、105°~ 130°E 海域的台风极值风速分析	李 强 张秀芝 王乔乔等(449)
台风影响下的正常湍流模型(NTM)设计	张容焱 张秀芝 徐宗焕等(456)
各类下垫面粗糙长度与风特性参数的关系研究.....	王丙兰 宋丽莉(462)
基于 GIS 的大悟县风能资源技术开发量估算	杨宏青 成 驰 万 君等(470)
棋盘洲长江大桥桥区短期考察风特征分析.....	刘 芳 陈正洪 陈盛林等(477)
基于卡尔曼滤波的模式预报风速订正方法研究.....	祝 赢 柳艳香 严金蓉等(484)
风电功率预测预报系统的应用效果检验与评价.....	王 林 陈正洪 许沛华等(492)
近地层风速和风电功率预报误差分析方法.....	江 滢 赵 东(501)



风 工 程

北京奥运会主火炬塔抗风性能风洞试验研究

李明 陈立

(空气动力学国家重点实验室/中国空气动力研究与发展中心, 绵阳 621000)

摘要:北京奥运会主火炬塔采用卷曲弧面形式,属于非常规布局的结构形式,为确保其在奥运会期间能够抵御50年重现期的大风环境影响,在 $8\text{ m}\times 6\text{ m}$ 低速风洞进行了模拟国家体育馆(鸟巢)局部外形的主火炬塔抗风性能试验研究,获得了主火炬塔内外表面的压力分布特性和气动力,研究了涡激振动特性。试验结果表明:风向角 0° 、 22.5° 、 180° 、 247.5° 、 337.5° 下主火炬塔的风荷载系数较大,在试验过程中虽未发现明显的涡脱落现象,但主火炬塔存在风致振动,需采取相应的减振、抑振措施。该项研究为北京奥运会主火炬塔的结构设计和运营管理提供了重要的依据。

关键词:抗风性能;风洞试验

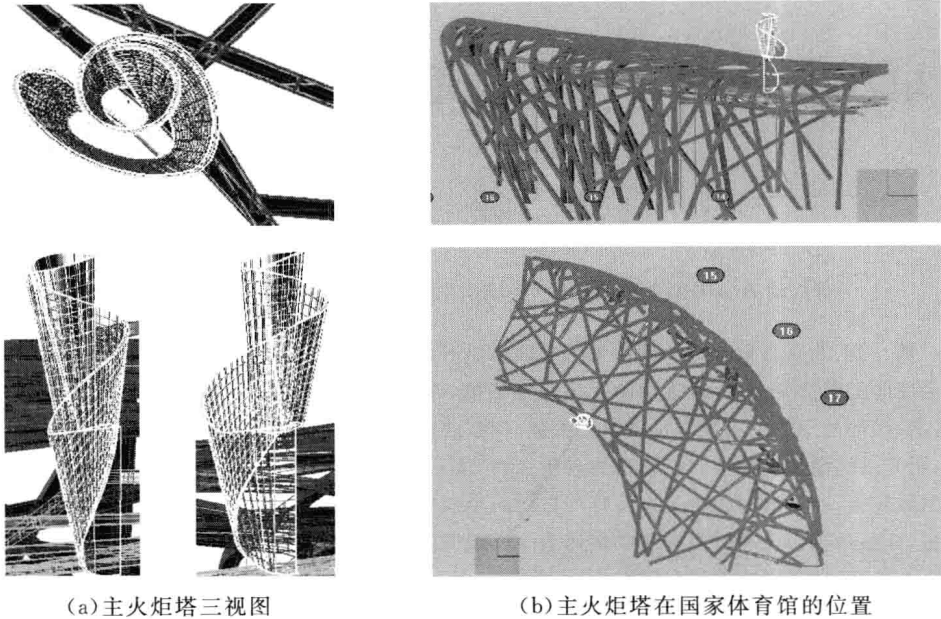
1 引言

2008年8月8日,举世瞩目的北京奥运会在国家体育馆(鸟巢)隆重开幕,异彩纷呈的点火炬仪式上,主火炬塔巍然耸立在鸟巢上空。北京奥运会主火炬塔高约 32 m ,厚度为 0.3 m ,形状像卷起的胶片,采用骨架蒙皮结构,位于国家体育馆屋顶内侧东北方向,其中部与外屋盖顶水平面连接,下半部与屋盖支撑骨架连接(图1)。由于主火炬塔外形十分特殊,按照现行规范无法给出准确的体型系数,为了保证主火炬塔的使用安全,依据《建筑结构荷载规范(GB 50009-2001)》,在中国空气动力研究与发展中心(以下简称气动中心) $8\text{ m}\times 6\text{ m}$ 低速风洞第二试验段(宽 8 m 、高 6 m 、长 15 m)进行测力、测压试验,以获得主火炬塔内外表面压力分布和整体风荷载数据,为蒙皮设计和结构抗风设计提供可靠依据。

2 试验模型与测量设备

2.1 试验模型

为获取主火炬塔的风荷载,必须对周边环境实施模拟。考虑到某些风向角下,主火炬塔的外形呈封闭曲线截面特征,可能存在类似圆柱体的涡脱落效应,加之主火炬塔是复杂的卷曲弧面,模型内外表面需布置300多个测压点,为更接近真实,要求模型选取比例尽可能大,以避免因模型尺寸过小给结构设计和加工带来困难。综合考虑了上述因素后,试验模型缩尺比例确定为 $1:15$ 。



(a)主火炬塔三视图

(b)主火炬塔在国家体育馆的位置

图1 主火炬塔及其在国家体育馆的位置

(注:(b)上图左侧为正东方向;下图上侧为正北方向,右侧为正东方向)

2.1.1 主火炬塔模型

主火炬塔模型呈卷叠状,由7个钢连接块将16个铝曲板连接成整体,铝曲板用实心铝材数控加工而成。模型总高度2.029 m,高出体育场当地屋顶约1.130 m,厚度为20 mm。从屋顶平面向上,每隔120 mm布置1个测压剖面,共9个剖面;从屋顶平面向下,每隔140 mm布置1个测压剖面,共6个剖面;与屋顶平齐亦布置一个测压剖面,共计16个剖面(A~P),见图2。测压点分布在剖面与模型表面的交线上,内外表面均布置测压孔。

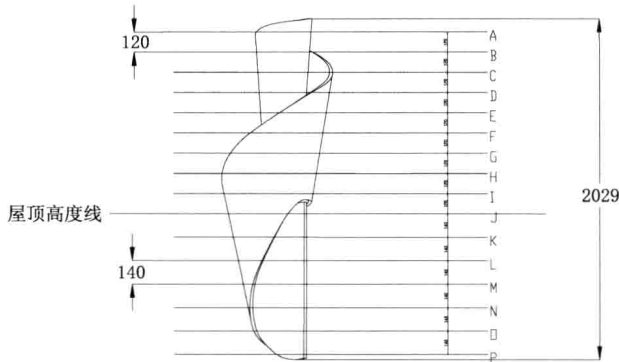


图2 测压孔分布平面

2.1.2 体育场模型

由于体育场尺寸太大,呈椭圆形的体育场需采用局部模拟。为此,针对16个风向角加工了8种简化的局部模型。简化的原则是对以主火炬塔模型为中心、直径6 m范围内的外屋顶区域(对应实物周围直径90 m内的区域)进行完全模拟;对于超出该区域的部分,简化时只考虑对主火炬塔影响最大的因素,如通过增高模型边缘高度尽可能模拟上风向体育场最大高度

的影响。为减小风洞阻塞度,体育场模型只保留了内屋盖水平高度以上的部分,模拟了碗口边缘的主要影响。模型采用了金属框架结构,外表面采用泡沫修型。

2.2 测量设备

测力试验选用盒式六分量应变天平,天平浮动框与主火炬塔下部连接,固定框通过支杆与试验段转盘连接并隐藏在体育场模型内部;测压试验采用电子扫描阀压力测量系统,压力传感器精度为 $\pm 0.08\%FS$;脉动压力测量采用了量程为15psi的薄片式绝对压力传感器和量程为2psi的差压式脉动压力传感器。湍流场中的风速和湍流度测量采用IFA300恒温风速仪。

3 试验内容与方法

3.1 试验内容

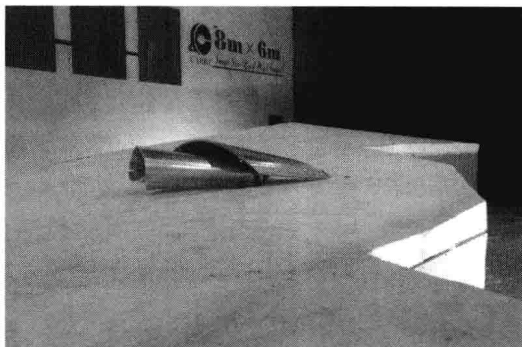
试验内容包括:在主火炬塔竖立、平放两种工况下进行整体测力、内外表面测压试验,见图3;在竖立工况的主要风向角下,测量是否存在明显的涡脱落现象;在 0° 、 180° 、 337.5° 下进行烟流流态显示试验,以更加直观清楚地了解主火炬塔表面流态。

规定以正北方向为风向角 0° ,正东、正南、正西对应风向角分别为 90° 、 180° 、 270° 。根据长期统计的盛行风风向,以及近5年8、9月份统计的风向频率,确定 0° 、 22.5° 、 180° 、 202.5° 、 337.5° 作为主要研究风向。其中 337.5° 为盛行风风向。

竖立工况时,在所有风向角下进行了测力、测压试验,在主要研究风向下进行了变风速研究;平放工况时,只在 22.5° 、 292.5° 、 315° 、 337.5° 四个风向角下进行了试验。其中, 292.5° 是平放工况迎风面积最大的风向角, 22.5° 是平放工况迎风面积最小的风向角,考虑到 315° 风向角模型有可能出现平放工况风荷载极大值,在该角度下也进行了试验。



(a)竖立工况



(b)平放工况

图3 同一风向角下的竖直和平放工况

3.2 试验方法

3.2.1 自然风条件模拟

根据气象资料,主火炬塔高度范围内50年重现期10min平均最大风速相差仅1.5m/s,纵向湍流度相差约1%,因此,忽略大气边界层中风速和湍流度的高度梯度的影响,将自然风

条件简化为:校验风速 34 m/s,湍流度 15.2%,脉动系数 0.4。

为了在风洞中产生相似的湍流场以直接获取脉动量的影响,在试验段入口前设置了阻塞度为 30%的格栅,用热线风速仪在主火炬塔附近的三个位置测量格栅形成的湍流场,结果表明:三个位置的湍流度相差较大,变化范围在 4%~20%,不能达到湍流度 15.2%的要求。因此,决定取消格栅,在均匀流场进行试验。去除格栅后,虽然不能通过试验直接获取脉动量的影响,但可以通过风速修正估算湍流脉动的瞬时影响:根据 50 年重现期最大阵风、1s 极限阵风反算,就可以依据均匀来流条件下的试验结果,换算到实际情况下的最大和极端风荷载,这种方法得出的结果是安全的。

3.2.2 测力试验数据处理

测力试验数据以主火炬塔模型卷筒内部的角点为模型体轴系的原点,其高度与体育场外屋顶表面很接近。试验数据转换到风轴系并进行了无量纲化等处理。定义参考面积为 1 m^2 ;俯仰力矩和滚转力矩系数的参考长度为 2 m,侧偏力矩参考长度为 1 m,分别近似等于主火炬塔模型的高度和最大宽度。

3.2.3 涡脱落频率测量方法

通过试验寻找主火炬塔模型的涡脱落频率。在涡脱落频率测量中,首先贴丝线于主火炬塔外表面上,观察表面流动分离的位置;然后在该位置附近连续布置 3~7 个脉动压力传感器,通过对传感器记录的脉动压力数据进行分析,确定涡脱落频率。

4 主要试验结果和分析

4.1 压力分布试验结果

4.1.1 竖直工况下模型表面压力分布

4.1.1.1 各剖面压力分布规律分析

(1)A 剖面

主火炬塔模型顶部东南方位边沿较高,A 剖面在这些方位的测压点距离顶部边沿有一定距离,其余测压点接近顶部边沿。测量结果显示最大正压在 45° 风向的迎风面上,最大负压在 247.5° 风向时东南方位的外表面上,见图 4。东南方位内表面测压点在 $270^\circ \sim 360^\circ$ 风向下为迎风面,测量结果为较大的正值;而在其他风向位于背风区内,测量结果为负值。其余靠近顶部边沿的测压点,即使位于迎风面,由于受到气流翻越顶部边沿的影响,也多是负值,在个别风向角下出现的少数正值也非常小。

(2)B—I 剖面

B—I 剖面位于体育场屋顶之上,形状与螺旋线相似。在大部分风向角下,各剖面的外表面迎风向测压点为正值,在迎风最大宽度位置附近外表面出现了负压极值,在背风区域为负压且有量值变化较小的区域。其中,在 22.5° 风向角时 D 剖面的迎风表面出现最大正压,西偏北方位的外表面上出现最大负压,见图 5。国家体育场东、西两侧的外屋顶高度最大(仅略低于主火炬塔顶部),在上述风向情况下,主火炬塔位于体育场东侧高屋顶的下风向,试验结果说明此时主火炬塔模型基本处于体育场屋顶的尾流之内。H、I 剖面靠近体育场屋顶,受到屋顶层面的影响,测压点数据绝对值相较 B—G 剖面偏小。

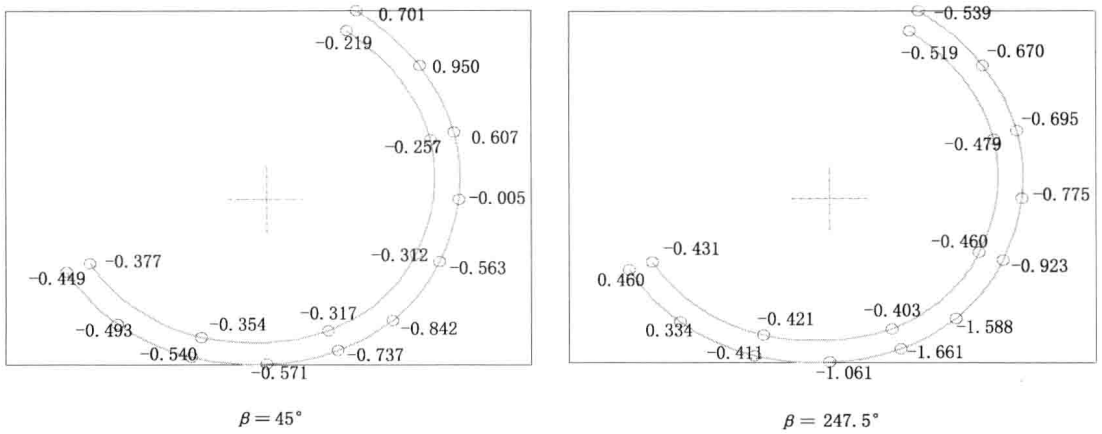


图4 A剖面垂直工况表面压力分布

B—I剖面上,内表面压力分布显示存在着明显的流动,但量值相对外表面明显较小,说明气流速度偏小。烟流显示结果表明,主火炬塔外部绕流能够进入内外表面之间的螺旋夹道,形成非常明显的旋流,最后经中间卷筒内部向上吹出,在主火炬塔顶部一定距离处随绕流扩散。

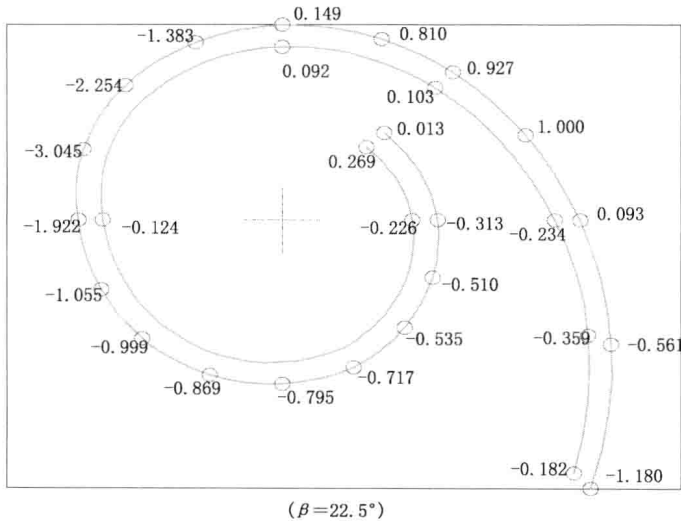


图5 D剖面垂直工况表面压力分布

(3) J—P剖面

J—P剖面位于体育场内外屋顶面之间,其中J剖面基本与碗口边缘平齐,P剖面与内屋面接近。J—P剖面接近体育场内外屋顶面之间的幕墙。由于体育场对这部分测压点有非常明显的遮挡作用,J—P剖面压力系数量值较A—I剖面明显偏小,各剖面直边位于背风面时出现较大的正值。180°、202.5°、225°、247.5°风向角下,J—P剖面迎风面正压系数较大,J—L剖面的直边外表面存在较大的负压。

4.1.1.2 变风速测压试验结果

为了解主火炬塔是否可能存在着明显的雷诺数效应,针对盛行风向和8—9月份出现频率较高的风向,进行了变风速测压试验。试验结果表明,在0°、180°、202.5°、337.5°风向角,主火炬塔的内外表面的压力分布规律、量值受风速变化的影响都很小。风向角为22.5°时,不同风速

下压力分布的量值变化相对明显,但压力符号、曲线形态、变化趋势都是一致的。可以认为在试验雷诺数范围内,主火炬塔不存在明显的雷诺数效应,试验结果可以外推使用。

4.1.2 平放工况下的表面压力分布

平放工况下,A—I剖面之间的主火炬塔模型与外屋顶面之间的间隙较小,其中I剖面所在位置与外屋顶面之间的间隙最小;J—K剖面与外屋顶面之间有较大的间隙。

在各个风向角,A—I剖面靠近外屋顶面一侧外表面负压区域大,J—K剖面靠近外屋顶面一侧有较大的正压区。

在315°风向角,距离外屋顶面较远的外表面负压明显比22.5°和337.5°下的大,A—I剖面近屋面负压也较大,其J—K剖面的近屋面正压值也大于其他角度。在上述风向角下,内表面有较大的正压值,而且同一剖面的测压点量值比较接近。这是因为主火炬塔“喇叭口”均在迎风一侧,内表面的正压是“卷筒”内部气流阻塞的结果。

4.2 测力试验结果

4.2.1 竖直工况下的测力试验结果

4.2.1.1 风向角的影响

图6给出了主火炬塔竖直工况不同风向角下的测力试验结果。

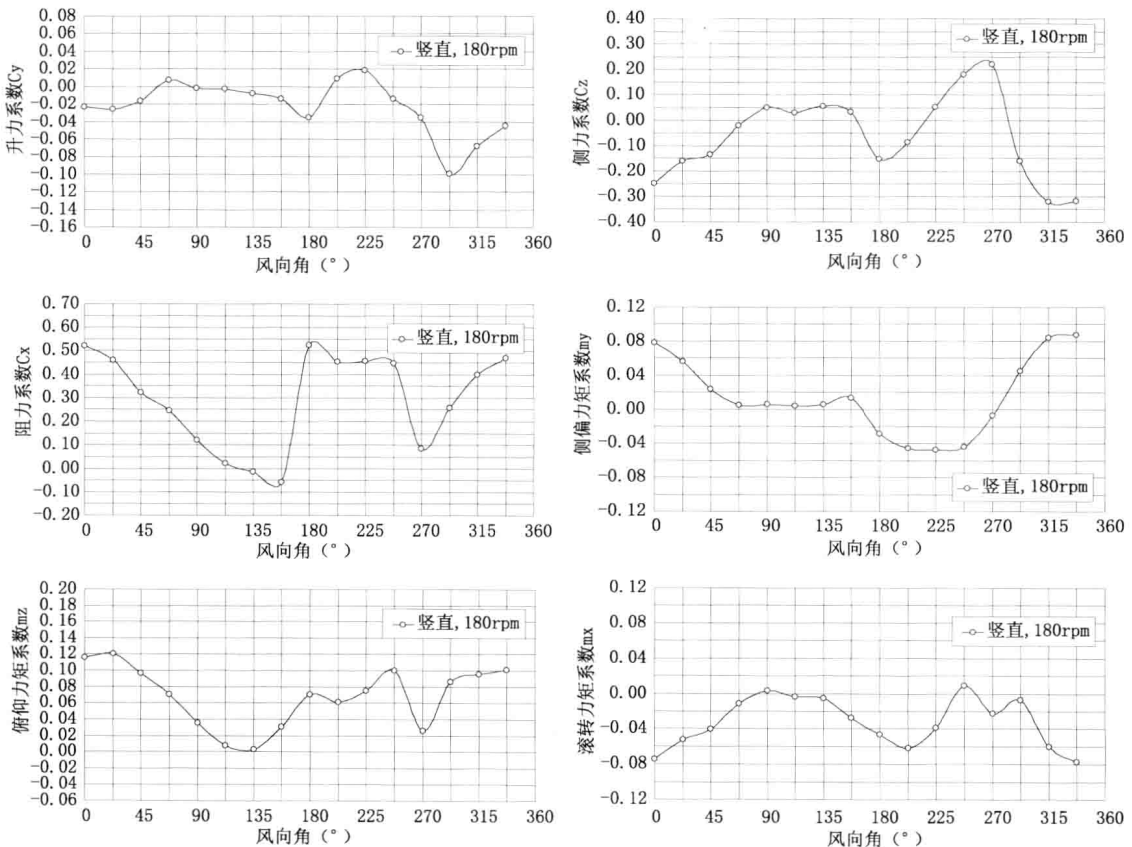


图6 竖直工况下的测力试验结果

在风向角 0°~157.5°范围内,阻力系数近似线性地从 0.521 逐渐减小到 -0.06,这与测压