

蝶形防风网结构体型系数研究

戚亿里

(浙江数智交院科技股份有限公司 杭州 310030)

[摘要] 防风网结构非常特殊,尤其是蝶形防风网,并非平面结构,作用在蝶形防风网的风荷载非常复杂,而风荷载是防风网结构设计控制荷载。《建筑结构荷载规范 GB50009-2012》和《港口工程荷载规范 JTS144-1-2010》等规范对于蝶形防风网缺乏相应体型系数的规定,为了保证结构设计的安全、经济、合理,因此有必要研究蝶形防风网的体型系数。结果表明:蝶形防风网的体型系数随风速增大略呈增大的趋势,但增加的趋势十分缓慢;防风网正面(0度)和背面(180度)体型系数最大;无周边气动干扰情况下,防风网正面体型系数大于背面体型系数;有周边气动干扰情况下,群体防风网模型正面体型系数小于背面体型系数;无周边气动干扰情况防风网的体型系数小于有周边气动干扰情况防风网的体型系数;防风网体型系数约为1.1。

[关键词] 防风网;体型系数;风洞试验

0 引言

浙江温州乐清港某项目需在煤堆场外围设置防风网一座,防风网高20m,网板采用蝶形板,开孔率30%~40%,主体结构采用钢桁架结构,如图1所示。现行国家规范缺乏对相应结构的体型系数规定,为了保证结构设计的安全、经济、合理,本文对蝶形防风网进行风洞试验研究,测试其不同风向角下的体型系数,采用天平测力方法获得30%和40%开孔率蝶形防风网在不同风向角和不同风速下的体型系数,测试模型为实物防风网模型。

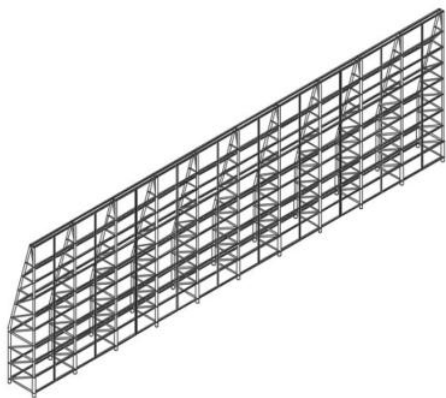


图1 防风网结构示意图

1 试验的主要技术参数和试验内容

1.1 蝶形防风网的开孔率有两种,分别为30%和40%。

1.2 试验所用风场为均匀流场,测试体尺寸为:高0.8m、宽0.25m。

1.3 在有周边气动干扰下(模拟处于一整片防风网中的一部分)测试防风网的体型系数,周边气动干扰使用的防风网与测试体相同,共有三块,分别位于测试体的两侧和上方,两侧干扰体高1.0m、宽0.25m,上方干扰体高0.2m、宽0.25m。对开孔率30%的防风网单独做无周边气动干扰(模拟一片防风网)的试验,作为对比分析。

1.4 在有周边气动干扰下两种防风网均在0度~180度范围内取风向角,两种试件在0度~30度和150度~180度每隔2度取一个风向角,30度~150度范围内每隔5度取一个风向角。并在0度风向角下选择6m/s、8m/s、10m/s、12m/s、14m/s、16m/s共六种风速测试。开孔率30%的试件进行了无周边气动干扰测试,无周边气动干扰测试时在0度~180度每隔5度取一个风向角。

收稿日期:2021-11-30

作者简介:戚亿里(1984-),男,高级工程师,主要从事建筑结构设计工作。

2 风洞试验原理

在本试验中采取天平测力来直接获得作用在模型上的风荷载。天平测力技术是进行结构模型风洞试验研究的有效方法，可以直接测量结构模型的基底剪力、弯矩和扭矩，进而可以得到作用在结构模型上的风荷载。由得到的风荷载除以模型面积即可得到试件的体型系数。

在风洞试验中，通过测力天平测出试件六个方向的分力，即 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z ，按照公式 2-1 至公式 2-6 计算气动力系数，方向定义见图 2。

$$C_x = F_x / (0.5\rho v^2 A) = r \quad (2-1)$$

$$C_y = F_y / (0.5\rho v^2 A) = r \quad (2-2)$$

$$C_z = F_z / (0.5\rho v^2 A) = r \quad (2-3)$$

$$C_{mx} = M_x / (0.5\rho v^2 A h) = r \quad (2-4)$$

$$C_{my} = M_y / (0.5\rho v^2 A h) = r \quad (2-5)$$

$$C_{mz} = M_z / (0.5\rho v^2 A h) = r \quad (2-6)$$

式中： ρ 为空气密度； v 为来流风速； A 为试件的轮廓面积； h 为试件高度。

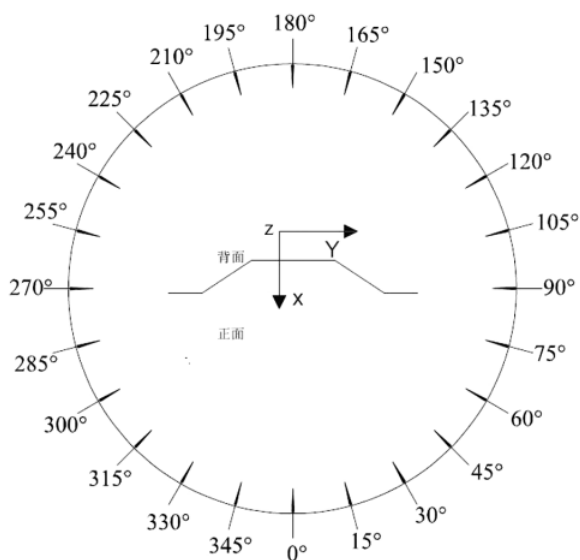


图2 测力方向定义和风向角

3 试验工况及试验方法

天平测力试验是将模型连接于天平上，由天平测量模型在各风向角下所受的力和力矩。

定义 X 轴朝向来流方向，Z 轴竖直向上，Y 轴按右手定则确定，风向角及力系的规定如图 2 所示。本转盘中心与模型中心重合。风洞试验时，安装好模型与干扰体，在 0 度风向角下测试 6m/s、8m/s、10m/s、12m/s、14m/s、16m/s 共六种风速，根据模型在不同风速下的反应选择 10m/s，在 0 度~180 度范围内选择风向角，其中有干扰体的试件在 0 度~30 度和 150 度~180 度每隔 2 度取一个风向角，30 度~150 度范围内每隔 5 度取一个风向角，无干扰体的试件在 0 度~180 度每隔 5 度取一个风向角。

本试验以每个风向角下的每个风速为一个工况，共 159 个工况，每个工况下测得采样时间为 30s，采集 15000 个数据。因此整个试验共采集数 2385000 个。可见动态测力试验的数据量十分庞大。

4 试验结果及分析

4.1 试验数据

本次试验共 159 个工况，通过动态测力天平测得每个工况下六个分力的时程数据，对各时程取平均值。按照公式 2-1 至公式 2-6 计算各工况下的气动力系数。从计算结果可知，由于 X 向的挡风面积比较大， C_x 、 C_{my} 较大， C_y 、 C_z 、 C_{mx} 、 C_{mz} 较小；测试体的高度为 0.8m，因此 C_{my} 和 C_x 的比值接近 0.4。

4.2 不同风速下蝶形防风网的体型系数

0°风向角下两种防风网在有周边气动干扰情况下体型系数随测试风速的变化曲线，如图 4-1 和图 4-2 所示。从图 4-1 和图 4-2 中可以看出：1) 随风速增大，蝶形防风网的体型系数有增大的趋势，但增加的趋势十分缓慢，可以认为在 6m/s~16m/s 风速范围内防风网体型系数基本不变；2) 此外，30%开孔率防风网的体型系数略微大于 40%开孔率防风网的体型系数。

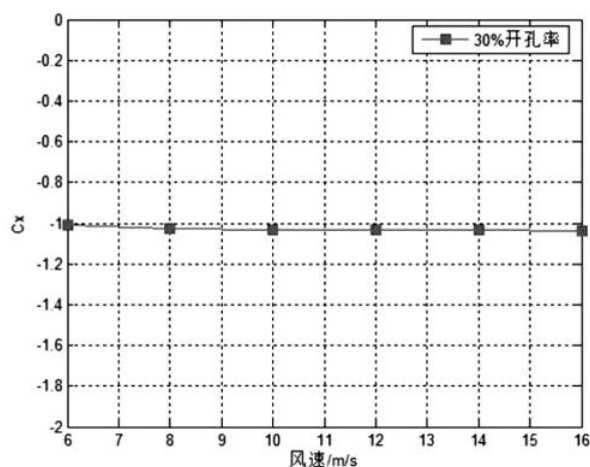


图 4-1 30%开孔率 0° 风向角下的 C_x

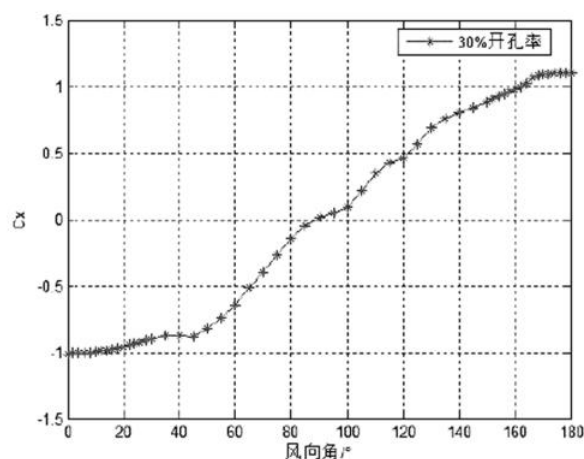


图 4-3 30%开孔率 10m/s 风速下的 C_x

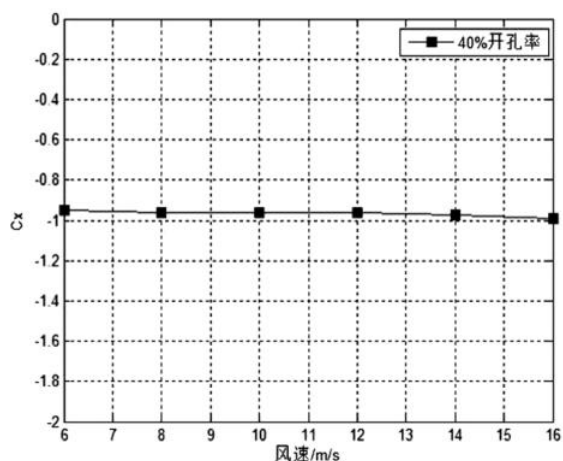


图 4-2 40%开孔率 0° 风向角下的 C_x

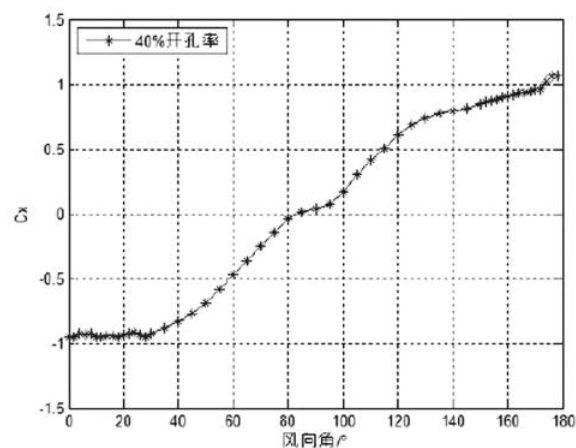


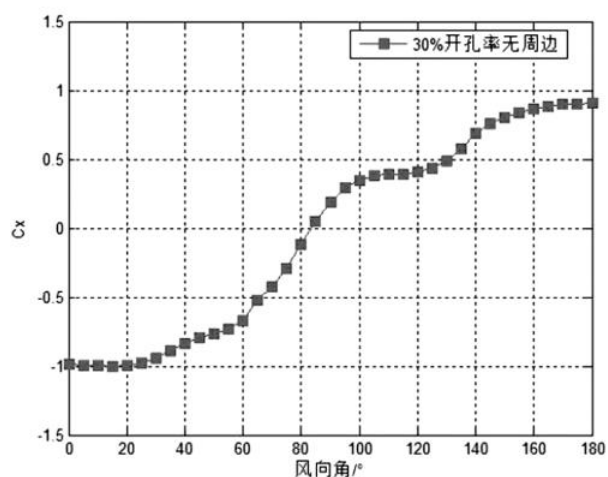
图 4-4 40%开孔率 10m/s 风速下的 C_x

4.3 不同风向角下蝶形防风网的体型系数

0°~180°风向角下两种防风网有周边气动干扰情况下体型系数的变化曲线,如图 4-3 和图 4-4,测试风速为 10m/s。从图 4-3 和图 4-4 可以看出:1) 在 0°和 180°风向角下体型系数最大,风向角越接近 90°,体型系数越小;2) 0°风向角下的体型系数略小于 180°风向角下的体型系数,说明在周边气动干扰的条件下,防风网背面的体型系数略大于正面的体形系数;3) 从宏观上看,30%开孔率防风网的体型系数仍大于 40%开孔率防风网。

4.4 无周边气动干扰情况下蝶形防风网的体型系数

0°~180°风向角下 30%开孔率防风网单体模型在 10m/s 风速下的体型系数变化曲线,如图 4-5 所示。从图 4-5 中可以看出:1) 在 0°和 180°风向角下体型系数最大,风向角越接近 90°,体型系数越小;2) 0°风向角下的体型系数略大于 180°风向角下的体型系数,说明在没有干扰的条件下,防风网正面的体型系数略大于背面的体形系数,这与带干扰模型的规律相反;3) 此外,与图 4-3 对比可以发现,单体模型的体型系数小于带干扰模型的体型系数。

图 4-5 无周边气动干扰情况的 C_x

5 结论

本文根据天平测力方法获得 30% 和 40% 开孔率蝶形防风网在不同风向角和不同风速下的体型系数,得到的主要结论如下:

(1) 蝶形防风网的体型系数随风速增大略呈增大的趋势,但增加的趋势十分缓慢,可以认为在 $6\text{m/s} \sim 16\text{m/s}$ 风速范围内防风网体型系数基本不变。蝶形防风网在空气动力学领域可以归为钝体结构类型,其雷诺数效应不显著,本文的试验结果也印证了该结论,因此本文试验获得的气动力系数可应用于更高风速情况。

(2) 防风网正面 (0°) 和背面 (180°) 体型系数最大,斜风向的体型系数均小于正迎风

的风向角。

(3) 无周边气动干扰情况下,防风网正面体型系数大于背面体型系数;有周边气动干扰情况下,群体防风网模型正面体型系数小于背面体型系数;无周边气动干扰情况防风网的体型系数小于有周边气动干扰情况防风网的体型系数。

(4) 30% 开孔率防风网体型系数的最大值为 1.10, 40% 开孔率防风网体型系数的最大值为 1.06。

(5) 本文仅对一种蝶形防风网进行了风洞试验,而每个项目采用的蝶形网板的工艺折角、开孔大小、开孔形式、开孔率等均不一样,对于体型系数的取值值得进一步探讨分析。

参考文献

- [1] GB 50009-2012 建筑结构荷载规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] GB 50017-2017 钢结构设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [3] 郭辉. 防风网防风效果风洞试验研究 [J]. 辽宁师范大学学报 (自然科学版), 2008, (10).
- [4] 张广玉, 李明永等. 秦皇岛港煤堆场防风网风洞试验研究 [J]. 交通环保, 2003, 24 (1): 28-32.
- [5] 交通部天津水运工程科学研究所、同济大学. 防风网空气动力学数值模拟计算及布置方案优化研究 [R]. 2006, 4.