

低矮双坡屋盖风荷载特性的数值模拟分析

杨紫萱

安徽省建筑工程质量第二监督检测站 安徽合肥 230000

摘要: 低矮双坡形式屋盖广泛应用于农村地区,其常年受风荷载破坏严重,分析双坡屋盖受风荷载破坏的机理可为实际工程的设计提供理论参考。本文基于Ansys-Fluent19.2数值模拟软件对双坡屋盖表面风压分布及风速变化进行分析,结果表明:入流风速为5m/s时,迎风面的风速分布较为均匀,在屋脊处风速增加到入流风速的1.1倍,随着风速的增大,迎风屋面中间部位相对边缘位置风速较小,且随着风速的增大,屋脊处风速的放大倍数越来越大。在不同风速下,建筑正立面皆被正压所覆盖,极值区域一般出现在迎风面中心位置,且随着风速的增大,分布面积越来越大。最大正压力和最大负压力都出现在入流风速为14m/s,其值分别为120Pa, -220Pa。

关键词: 双坡屋盖; 数值模拟; 屋面风压; 湍流模型

The Numerical Simulation Analysis of Wind Load Characteristics of Low Double-pitched Roof

Zixuan Yang

The Second Supervision and Inspection Station of Construction Engineering Quality of Anhui Province, Hefei, Anhui, 230000

Abstract: Low double-slope roofs are widely used in rural areas, which are seriously damaged by wind loads all year round. The analysis of the wind load failure mechanism of double-slope roofs can provide a theoretical reference for practical engineering design. Based on Ansys-Fluent19.2 numerical simulation software, this paper analyzes the wind pressure distribution and wind speed change on the surface of a double slope roof. The results show that when the incoming wind speed is 5m/s, the wind speed distribution on the windward surface is more uniform, and the wind speed at the roof ridge increases to 1.1 times the incoming wind speed. With the increase in wind speed, the wind speed in the middle part of the windward roof is small relative to the edge position, and with the increase of wind speed, the amplification of wind speed at the roof ridge becomes larger and larger. Under different wind speeds, the facade of the building is covered by positive pressure, and the extreme value area generally appears in the center of the windward side, and the distribution area becomes larger and larger with the increase in wind speed. The maximum positive pressure and maximum negative pressure both occur when the incoming wind speed is 14m/s, and their values are 120Pa and -220Pa, respectively.

Keywords: Double roof; Numerical simulation; Roof wind pressure; Turbulence model

引言:

双坡屋盖形式被我国东南沿海村镇房屋广泛使用。其地区常年受风荷载灾害侵袭,历次风灾害调查报告显示,屋面破坏是低矮房屋破坏的主要形式之一^[1],风速的大小往往是决定建筑受灾的主导因素。因此,研究不同风速作用下屋面风压分布特性可为实际工程设计提供理论依据。

国内外对屋面风荷载的研究由来已久,早年,

Hoxey^[2]、王旭^[3, 4]、李秋胜^[5]等国内外学者通过实测方法研究了高度、坡度等参数对建筑屋盖风压分布的影响,但实测所消耗的时间和经济费用较高,随后罗颖^[6]通过风洞试验方法研究了环境因素影响下的建筑风压分布以及屋面风压极值位置的确定。而随着计算机技术的进步和CFD数值模拟技术的不断发展,越来越多的学者采用数值模拟的方法进行屋盖表面风压的研究,朱亚洲^[7]通过对对比分析多种湍流模型对数值模拟准确性的影响,确

定 Realizable $k-\epsilon$ 湍流模型更适合风压模拟，并研究了风向角、房屋开洞等因素对双坡屋盖风压分布的影响。

因此，本文根据文献^[8]选用 Realizable $k-\epsilon$ 湍流模型对村镇典型低矮屋盖进行数值模拟，分析了其在不同入流风速下的屋面风压及速度变化规律，以及针对流场变化判断低矮双坡屋盖在强风下风荷载极大值区域和建筑前后流场风速的变化，为实际工程中低矮双坡屋盖抗风设计提供参考。

1 计算模型及网格

计算模型构造形式为村镇双坡屋盖房屋常规形式，模型尺寸为长 \times 宽 \times 高 ($L \times W \times H$) = $8\text{m} \times 6\text{m} \times 6.1\text{m}$ ，屋面坡度为 20° 。计算域尺寸为 $60\text{m} \times 56\text{m} \times 30\text{m}$ ，模型位置处于 x 方向 $1/3$ 处。采用建模软件 ICEM 对模型进行建立，网格划分采用结构化方式离散，建筑局部网格采用加密处理，总体网格数为 120 万。

边界条件：入流采用均匀流，边界条件为速度入口，出口边界条件采用压力出口，计算域顶部及两侧采用对称边界，地面及建筑采用无滑移壁面。

2 屋面风速分析

本文根据常规风速及强风下对建筑的作用对比，取四种工况进行分析（风速 $V=5\text{m/s}$ ， 8m/s ， 11m/s ， 14m/s ），图 1 为四种风速下双坡屋面风速云图，其中入流风速为 5m/s 时，迎风面的风速分布较为均匀，在屋脊处风速增加到入流风速的 1.1 倍，随着风速的增大，迎风屋面中间

部位相对边缘位置风速较小，且随着风速的增大，屋脊处风速的放大倍数越来越大。总体而言，背风屋面靠近屋檐位置有负值风速产生，屋盖表面风速极值区域一般出现在屋脊位置，而建筑侧面风速则受部分负值风速所覆盖，建筑前立面在风速增大后中心低风速区域占比越来越小。

3 屋面风压分析

图 2 为建筑表面压力云图，本文模拟以标准大气压为参考，针对双坡屋面在不同风速下表面风压的分布情况，以此判断风压极值区域。如图所示，在不同风速下，建筑正立面皆被正压所覆盖，极值区域一般出现在迎风面中心位置，且随着风速的增大，分布面积越来越大，并在入流风速为 14m/s 时达到最大值 120Pa ，屋盖表面皆被负压所覆盖，且极值区域主要出现在迎风面屋檐位置及屋脊位置，随着风速的增大屋面风压分布越均匀，且同样在入流风速为 14m/s 时，负值风压达到最大值 -220Pa 。

4 结论

本文基于 Ansys-Fluent 对双坡屋盖在均匀流中进行抗风模拟，针对不同风速下，屋面风速、风压等参数的分布及变化规律进行分析，研究结果表明：

(1) 双坡屋盖表面风速极值区域一般出现在屋脊位置，而建筑侧面风速则受部分负值风速所覆盖，建筑前立面在风速增大后中心低风速区域占比越来越小。

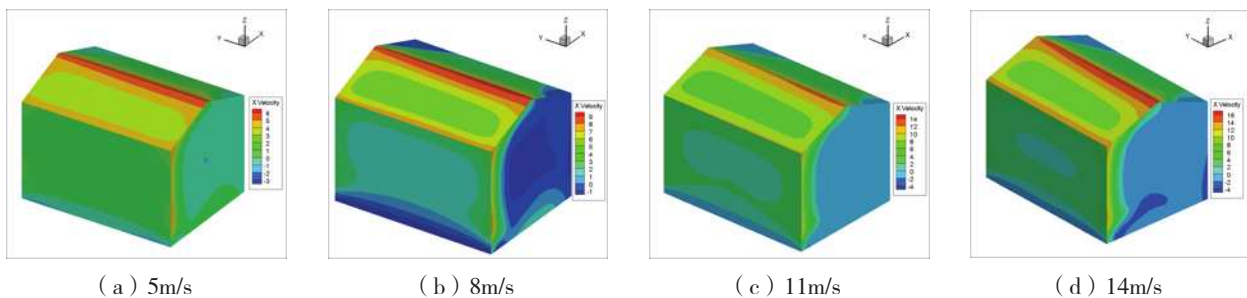


图 1 不同入流风速下屋面风速云图

Fig.1 Cloud chart of roof wind speed under different inflow wind speeds

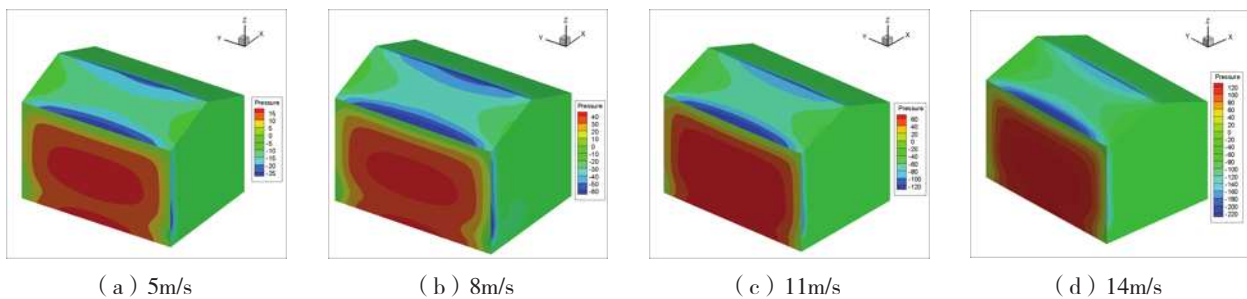


图 2 不同入流风速下压力云图

Fig.2 Cloud map of different inflow wind speed

(2) 在不同风速下, 建筑正立面皆被正压所覆盖, 极值区域一般出现在迎风面中心位置, 且随着风速的增大, 分布面积越来越大。最大正压力和最大负压力都出现在入流风速为 14m/s, 其值分别为 120Pa, -220Pa。

(3) 入流风速为 5m/s 时, 迎风面的风速分布较为均匀, 在屋脊处风速增加到入流风速的 1.1 倍, 随着风速的增大, 迎风屋面中间部位相对边缘位置风速较小, 且随着风速的增大, 屋脊处风速的放大倍数越来越大。

参考文献:

[1]孙炳楠, 傅国宏, 陈鸣, 唐锦春. 94年17号台风对温州民房破坏的调查[J]. 浙江建筑, 1995(04): 21-25.

[2]Hoxey R P, Moran P. A full-scale study of the geometric parameters that influence wind loads on low rise buildings[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial

Aerodynamics, 1983, 13(1-3): 277-288.

[3]王旭, 黄鹏, 顾明. 海边坡角可调试验房风荷载现场实测研究[J]. 振动与冲击, 2012, 31(5): 144-147.

[4]王旭, 黄鹏, 顾明. 基于台风“梅花”的近地层脉动风速功率谱及相干性研究[J]. 空气动力学学报, 2013, 31(6): 776-782.

[5]李秋胜, 胡尚瑜, 戴益民. 低矮房屋屋面实测峰值风压分析[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2010, 37(6): 11-16.

[6]罗颖, 黄国庆, 李明水, 彭留留. 基于风洞数据的低矮房屋双坡屋面风压非高斯特性[J]. 空气动力学学报, 2018, 36(04): 577-584.

[7]朱亚洲. 双坡低矮房屋屋面风压数值模拟[D]. 河北工业大学, 2016.