

Analysis of Aerodynamic Effects of Same Direction High Speed Trains on Platform Canopies

Yuan Ren Yaguang Yan

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056000, China

Abstract

When the two cars of the high-speed train are moving in the same direction, strong train wind is generated, which has a significant aerodynamic effect on the platform canopy. Based on the three-dimensional, incompressible and unsteady fluid N-S equation and k-ε equation, this paper establishes an equal-size model with Qinghe Railway Station as the engineering background, uses slip grid technology to simulate and calculate, and analyzes the influence of aerodynamic effects on the platform canopy under the different speed driving conditions of the two trains in the same direction. The results show that the running speed of the train is proportional to the wind pressure of the canopy, and the peak positive and negative pressure near the entrance of the canopy reaches the maximum. When the train is moving, it is affected by the side train, and the train wind is proportional to the speed of the side train.

Keywords

high speed train; canopy structure; train-induced wind pressure; numerical simulation

同向高速列车对站台雨棚的气动效应分析

任远 闫亚光

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056000

摘要

高速列车两车同向行驶时产生强烈的列车风, 对站台雨棚有显著的气动效应。论文基于三维、不可压缩、非定常流体 N-S 方程、k-ε 方程, 以清河火车站为工程背景建立等尺寸模型, 运用滑移网格技术进行模拟计算, 分析同向两列车不同速度行驶工况过站产生的气动效应对站台雨棚的影响。结果表明: 列车运行速度与雨棚受到列车风压成正比, 雨棚入口附近正、负压力峰值均达到最大; 列车行驶时受到旁侧列车影响, 列车风与旁侧列车车速成正比。

关键词

高速列车; 雨棚; 列车风; 数值模拟

1 引言

随着高速铁路发展, 列车设计时速越来越快, 过站时产生列车风也更加强烈, 列车风^[1]是由列车行驶带动附近空气运动形成速度差而产生的, 对站台临近结构有十分显著的气动效应影响, 站台雨棚作为典型的车站临近结构具有大跨度、结构轻盈等特点, 列车风致效应对其影响较大, 严重时危及候车人员及列车安全。论文以站台雨棚为研究背景, 分析同向两列车对站台雨棚的气动效应分析^[2,3]。

2 计算模型

2.1 模型建立

论文采用 CR400BF 为列车模型, 在建立模型时进行简化处理, 车体断面积 13.608 m², 车宽 3.36m, 高 4.05m, 模

型采用三车编组, 即头车 + 中间车 + 尾车, 全长 209.06m。CR400BF 动车组列车模型如图 1 所示。雨棚模型长度 186m, 正线敞口宽度 75.48m, 车站敞口宽度 86.15m, 雨棚距离车顶高度 7m, 雨棚厚度 0.5m, 正线宽度 21m, 车站雨棚模型如图 2 所示。

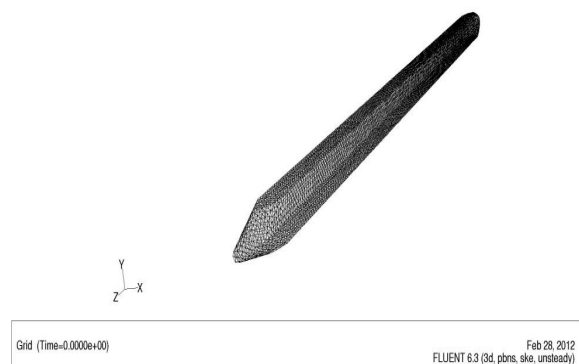


图 1 列车模型

【作者简介】任远 (1997-), 男, 中国河北邯郸人, 硕士, 从事隧道空气动力学研究。

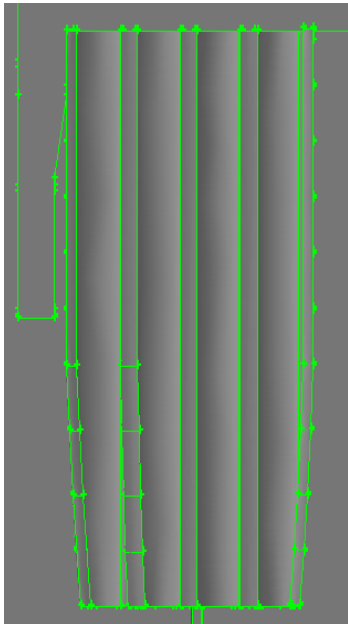


图2 车站雨棚模型

2.2 边界条件及网格划分

通过CFD流体计算前处理软件Gambit进行建立计算模型,计算域尺寸为200m×30m×1000m,采用标准大气压,列车在雨棚前70m处开始行驶,确保接近雨棚时达到稳定状态。雨棚表面、计算域底部设为壁面(Wall);计算域远端界面设为远场边界(pressure-far-field);在车体表面和计算域之间建立起滑移交界面(interface),网格采用加密结构化网格划分列车部分及滑移部分。

2.3 雨棚测点布置

针对同向两列车行驶通过雨棚,论文雨棚测点布置如下。沿轨道方向每12.4m布置一个测点,均布置在列车轨道上方雨棚下表面处,监测纵向雨棚风压分布,共布置16个;垂直轨道方向每3.44m布置一个测点,均布置在列车接近雨棚入口下表面处,监测列车通过时是否行驶轨道上方测点风压最大,共布置20个(包含沿轨道方向的两个测点)。测点高度7m,测点布置及轨道编号如图3所示。

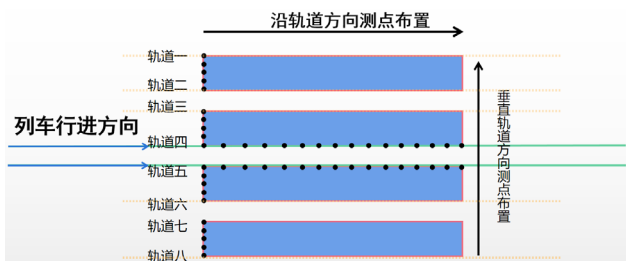


图3 测点布置图

3 数值模拟及分析

论文通过控制列车单一参数变化,对比分析雨棚下表面所受风压分布特点以及风压参数最不利位置,据此得出雨

棚最优改进方法及列车行驶方式。本节共选取5种工况进行模拟计算,研究同向两列车不同速度下对雨棚所受列车风的影响。

以两车固定轨道行驶为研究对象,通过变化车速来研究列车风对近轨雨棚的气动效应,由于左侧列车速度较慢产生的风压参数远小于右侧列车,故此节仅分析右侧列车对雨棚产生的气动压力。利用数值模拟绘制时程曲线并分析风压分布特点,根据产生的不同风压参数绘制风压参数变化曲线,结合风压参数及参数变化曲线分析不同速度下雨棚受到的气动压力变化。具体工况参数如表1所示。

表1 速度变化的工况参数

工况	轨道四行驶速度 (km/h)	轨道五行驶速度 (km/h)
1	300	250
2	350	250
3	350	300
4	400	300
5	400	350

3.1 风压分布特点

通过数值模拟计算,以右车300km/h、左车250km/h为研究对象,取沿轨道16个测点中的入口、中部、出口三个测点绘制风压时程曲线如图4所示。测点所受风压分布趋势相似,右侧列车车头通过测点时,雨棚所受风压攀升达到正压峰值后迅速由正变负,紧接较慢的左侧列车车头靠近产生风压波动,风压数值远小于右侧列车。两车车头通过后风压曲线保持稳定,当右侧车尾通过时,风压由负变正,并在车尾通过时产生负风压峰值,紧接较慢的左侧列车车尾靠近通过,再次产生较小的风压波动。正负风压变换交替是由于车头、车尾通过带来的,变换交替时间为车头、车尾通过时间。

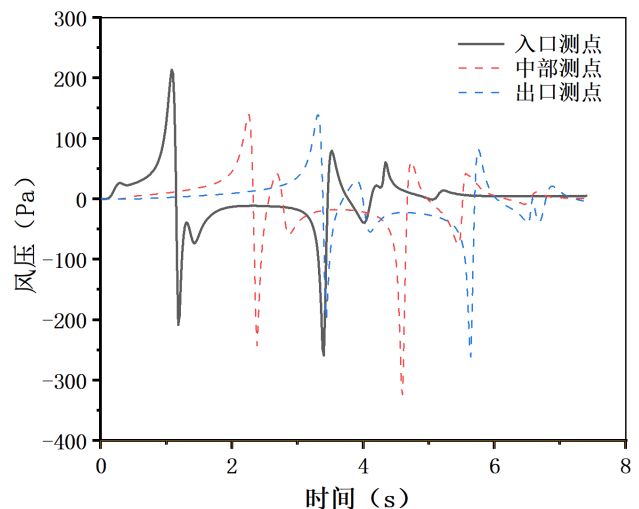


图4 风压时程曲线图

3.2 不同速度下沿轨道方向测点风压参数变化分析

同向两列车以不同速度通过雨棚时,纵向测点风压参

数变化曲线如图 5 所示, 风压参数曲线趋势表现相似, 且风压参数绝对值与速度值成正比。由正风压峰值参数曲线可知, 工况 2 与工况 3 右侧列车虽然行驶速度相同, 但由于受到左侧列车不同速度行驶的影响, 右侧列车产生的风压参数发生变化, 工况 3 中较快速度的左侧列车使得右侧轨道上雨棚受到更大的列车风影响, 工况 4 与工况 5 同理。由图 5a) 可得正风压峰值均在雨棚入口处达到最大值, 中部测点

受到持续的列车风影响, 曲线趋势保持稳定, 雨棚出口处正风压峰值略微上升。由图 5b) 可知, 负风压峰值参数曲线与正风压峰值参数曲线相同, 受到旁侧列车影响, 产生相同速度不同风压的情况。负风压峰值最大值均出现在 2 号测点, 即雨棚入口附近, 中部测点在工况 1 保持受压曲线稳定, 在工况 2、3、4、5 由于速度增加, 曲线出现多次波动, 雨棚出口处负风压峰值参数曲线出现回升。

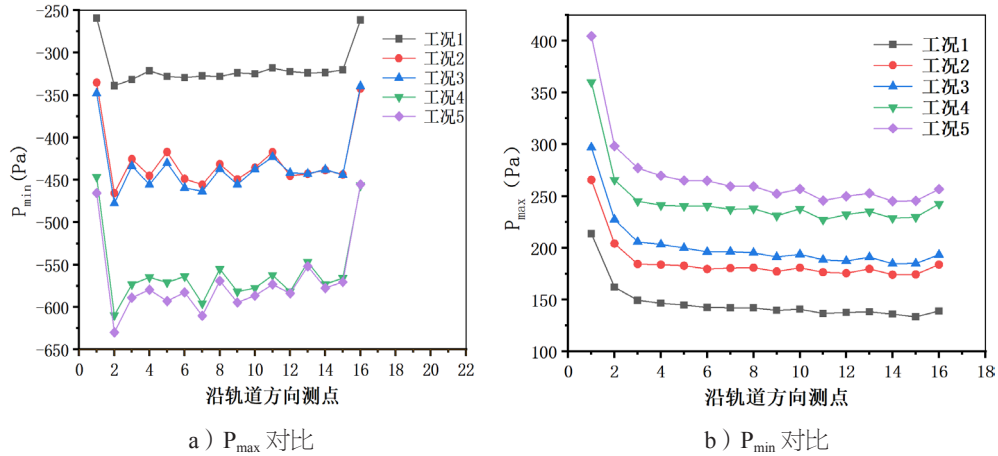


图 5 各工况纵向测点风压参数曲线

4 结论

论文通过控制列车单一参数变化, 在五种不同车速工况下, 压力峰值绝对值与车速成正比, 风压参数曲线趋势相似, 正压力峰值最大值均出现在雨棚入口处, 雨棚中部测点正压力峰值均保持稳定, 负压力峰值最大值均出现在雨棚入口的 2 号测点处, 雨棚中部测点受到不同车速影响表现出不同的波动趋势。此模拟计算得到, 列车行驶时会受到旁侧车辆行驶速度的影响, 且产生的列车风也与旁侧列车速度有关, 需

避免两车同向行驶时速度过快, 对雨棚产生过大的列车风影响导致雨棚结构损坏, 危及候车人员及列车安全。

参考文献

- [1] 田红旗. 列车空气动力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [2] 郭易. 长编组高速列车的列车风动模型实验研究[J]. 力学学报, 2021, 53(1): 105-114.
- [3] 王磊. 高速铁路双线隧道内列车风分布及流场特性[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2021, 52(4): 1346-1357.