

拖挂车辆挂接装置参数 对车辆平顺性影响的理论研究

刘明树 彭巧励 张友坤 高举成
(吉林工业大学)

摘 要 挂接装置是影响机组纵向行驶平顺性的重要因素, 该文建立了预测挂接车辆行驶平顺性的计算模型, 并从理论上研究了挂接装置刚度系数、阻尼系数、车速、路面不平度、载荷等因素对机组行驶平顺性的影响规律, 为合理确定挂接装置参数提供了理论根据。

关键词 拖挂车辆 行驶平顺性 挂接装置

为提高拖挂车辆的行驶平顺性, 我们自行设计了具有缓冲减振元件的挂接装置, 并通过试验分析研究了挂接装置刚度系数、阻尼系数、机组车速等因素对机组纵向行驶平顺性的影响规律^[1], 本文着重通过理论分析、计算机仿真与试验验证, 建立预测挂接车辆行驶平顺性的计算模型, 研究挂接装置刚度系数、阻尼系数、车速、路面不平度、载荷等因素对机组行驶平顺性的影响, 以便为合理设计拖挂车辆提供理论根据。

1 理论建模

由于试验所用长春-40 拖拉机座椅系统与拖拉机机体之间为刚性连接, 拖拉机机体与车轮之间无悬架弹簧, 而挂车机体与车轮(桥)之间装有板弹簧, 拖拉机与双轴挂车的对称性较好, 将机组划分为拖拉机机体、挂车机体、挂车前桥、挂车后桥四个总成, 建立了拖拉机机体垂直方向振动、纵向振动、俯仰振动、挂车机体垂直方向振动、纵向振动、俯仰振动、挂车前桥垂直振动、挂车后桥垂直振动八个自由度的机组平面振动模型(图1)。根据机组的振动模型, 应用牛顿—欧拉矢量方法推导了机组

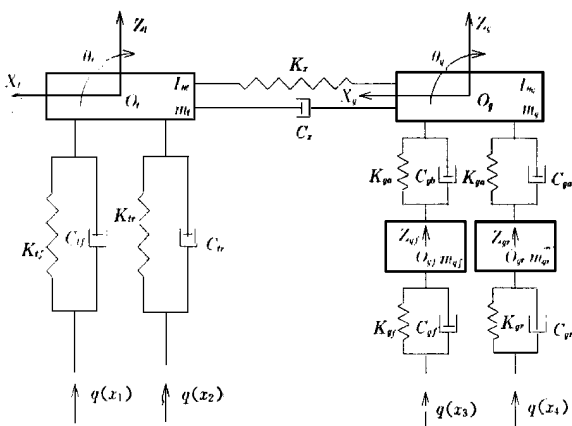


图1 机组振动模型

Fig 1 The vibration model of the tractor trailer combination

$$[M][\ddot{X}] + [C][\dot{X}] + [K][X] = [P][\ddot{q}] + [R][\dot{q}] \quad (1)$$

其中 $[X] = [Z_1 \quad X_1 \quad \theta_1 \quad Z_2 \quad X_2 \quad \theta_2 \quad Z_3 \quad X_3 \quad \theta_3 \quad Z_4 \quad X_4 \quad \theta_4]^T$

2 计算机仿真

2.1 仿真模型的建立

收稿日期: 1998-12-25

刘明树, 副教授, 长春市人民大街142号 吉林工业大学汽车拖拉机系, 130025

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

对数学模型(1)式进行傅利叶变换得

$$-\omega^2[M][X] + j\omega[C][X] + [K][X] = j\omega[P][Q] + [R][Q] \quad (2)$$

$$\text{令 } [E] = -\omega^2[M] + [K] + j\omega[C] \quad [F] = j\omega[P] + [R]$$

则系统的传递函数为

$$[H] = [E]^{-1}[F] \quad (3)$$

系统的输出位移谱为:

$$S_o(\omega) = [H][Y(\omega)][H]^T \quad (4)$$

系统的输出加速度谱为:

$$S_{\ddot{o}}(\omega) = \omega^4 S_o(\omega) \quad (5)$$

利用下式可以计算得到传至驾驶员的垂直方向加速度的自谱密度 $G_{PN}(\omega)$ 与纵向加速度的自谱密度 $G_{PH}(\omega)$

$$G_{PN}(\omega) = \begin{bmatrix} 1 & x_E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{z_{F_i}^{\ddot{o}}}(\omega) & S_{z_{F_i}^{\ddot{o}}\theta_i}(\omega) \\ S_{\theta_{F_i}^{\ddot{o}}z_i}(\omega) & S_{\theta_{F_i}^{\ddot{o}}\theta_i}(\omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ x_E \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$G_{PH}(\omega) = \begin{bmatrix} 1 & -z_E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{x_{F_i}^{\ddot{o}}}(\omega) & S_{x_{F_i}^{\ddot{o}}\theta_i}(\omega) \\ S_{\theta_{F_i}^{\ddot{o}}x_i}(\omega) & S_{\theta_{F_i}^{\ddot{o}}\theta_i}(\omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ x_E \end{bmatrix} \quad (7)$$

其中 (x_E, z_E) 为驾驶员座位安置处的位置坐标。

根据国际标准 ISO 2631 所推荐的总加权值方法, 可以计算评价指标垂直方向总加权加速度均方根值 σ_{PaN} 与纵向总加权加速度均方根值 σ_{PaH} 。

$$\sigma_{PaN} = \left[\int_{5.652}^{565.2} W_N^2(\omega) G_{PN}(\omega) d\omega \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$\sigma_{PaH} = \left[\int_{5.652}^{565.2} W_H^2(\omega) G_{PH}(\omega) d\omega \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

2.2 仿真软件的设计

仿真软件是用 C 语言编制的, 采用了结构化、模块化程序设计方法大体分为数据输入、数据加工与机组行驶平顺性的评价分析三部分。

数据输入部分主要是将系统响应分析所需的系统的惯性参数、弹性元件参数、阻尼元件参数、结构参数、路面谱等数据输入计算机。数据的加工部分主要是计算数学模型的质量矩阵、刚度矩阵、阻尼矩阵、广义力向量、路面谱输入矩阵, 通过矩阵与复数相乘、矩阵相加、矩阵求逆、矩阵相乘等求得系统的传递函数矩阵, 通过矩阵转置、矩阵共轭、矩阵相乘、矩阵与数相乘等求得系统的输出位移谱矩阵与输出加速度谱矩阵, 以及由驾驶座安置处的坐标与输出加速度谱矩阵通过矩阵运算求得传至人体的垂直方向与纵向的加速度谱。机组行驶平顺性的评价分析部分主要是通过改变各影响因素的量值并计算机组行驶平顺性的评价指标来分析各因素对机组行驶平顺性的影响规律。

通过该软件可考查系统的各惯性参数、各弹性元件参数、各阻尼元件参数、各结构参数以及路面、车速等因素对机组行驶平顺性的影响。

3 理论计算与试验结果分析

图 2 为理论计算所得其他条件不变(满载、挂接装置阻尼为 $2355.8 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ 、车速 3.100 m/s 、土路面)机组纵向总加权加速度均方根值随挂接装置刚度系数变化曲线, 可以看

出在一定范围内随着挂接装置刚度系数增大, 机组驾驶员座位安置处的纵向总加权加速度均方根值增大, 机组纵向行驶平顺性变差, 这与试验结果也是相符的(图中散点为试验点)。

图 3 为理论计算所得其余条件不变(满载、土路面、车速 $3\ 100\text{ m/s}$ 、挂接装置刚度为 $9\ 1570 \times 10^4\text{ N/m}$) 机组纵向总加权加速度均方根值随挂接装置阻尼系数的变化曲线, 可以看出在一定范围内随着挂接装置阻尼系数的增大, 机组驾驶员座位安置处的纵向总加权加速度均方根值减小, 机组的纵向行驶平顺性提高, 这与试验结果相符(图中散点为试验点)。

图 4 为理论计算所得其余条件不变(满载、土路面、挂接装置刚度为 $9\ 1570 \times 10^4\text{ N/m}$ 、阻尼为 $2779.8\text{ N/(m}\cdot\text{s}^{-1})$) 机组行驶平顺性评价指标随车速变化曲线, 可以看出随着车速增大, 机组驾驶员座位安置处的垂直方向与纵向总加权加速度均方根值增大, 机组的行驶平顺性变差, 这与试验结果相符(图中散点为纵向行驶平顺性试验点)。

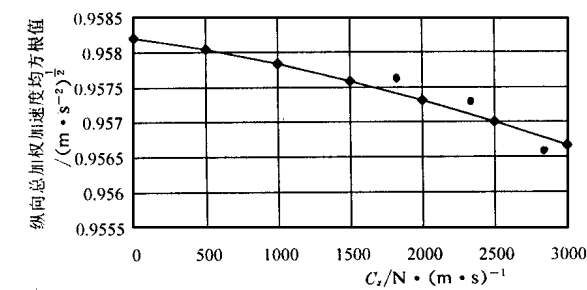


图 3 机组纵向总加权加速度均方根值随挂接装置阻尼系数变化曲线

Fig. 3 The curve of the effects of the towing attachment damping coefficient on the longitudinal riding comfortability

图 5 为某一工况下分别以 C 级、D 级、E 级、F 级与实测的土路路面谱输入时通过仿真计算得到的机组行驶平顺性评价指标随路面变化曲线, 可以看出随着输入路面谱值增大, 即路面条件变坏, 垂直方向与纵向的评价指标的计算值增大, 机组的行驶平顺性变坏。

4 结 论

仿真计算及试验结果相符合, 表

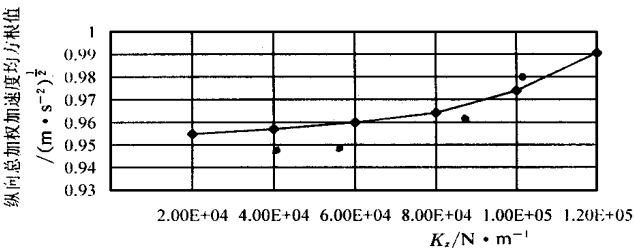
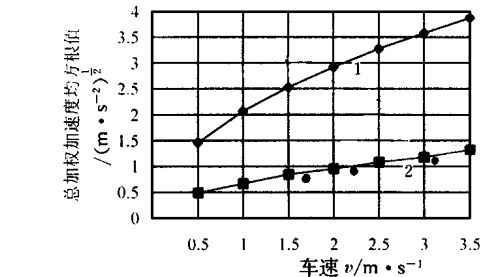


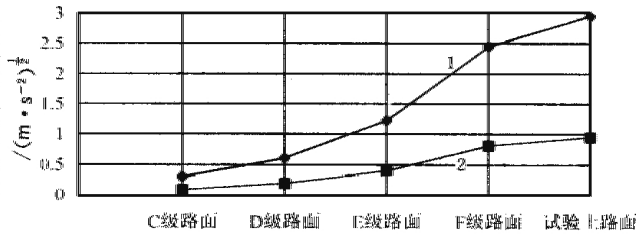
图 2 机组纵向总加权加速度均方根值随挂接装置刚度系数变化曲线

Fig. 2 The curve of the effects of the towing attachment stiffness on the longitudinal riding comfortability



1. 垂直方向总加权加速度均方根值随车速变化曲线
2. 纵向总加权加速度均方根值随车速变化曲线
图 4 总加权加速度均方根值随车速变化曲线

Fig. 4 The curves of the effects of the speed on the riding comfortability



1. 垂直方向总加权加速度均方根值随路面条件变化曲线
2. 纵向总加权加速度均方根值随路面条件变化曲线
图 5 总加权加速度均方根值随路面变化曲线

Fig. 5 The curves of the effects of the road surface roughness on the riding comfortability

明理论模型合理, 仿真计算结果可靠。研究得出如下结论: 在一定范围内减小挂接装置的刚度、增大挂接装置的阻尼机组纵向行驶平顺性改善, 机组垂直方向行驶平顺性受其影响不大; 机组垂直方向与纵向行驶平顺性随机组速度增高而变差; 机组垂直方向与纵向行驶平顺性随路面不平度的增加变差; 机组满载时垂直方向与纵向行驶平顺性比机组空载时好; 挂接装置的刚度、阻尼与机组速度三个因素中对机组纵向行驶平顺性影响最大的是挂接装置的刚度, 其次是机组速度, 然后是挂接装置的阻尼。

参 考 文 献

- 1 刘明树, 彭巧励, 王志中等. 挂接装置参数对车辆平顺性影响的试验研究. 农业工程学报, 1999, 15(1): 77~ 81
- 2 余志生. 汽车理论. 北京: 机械工业出版社, 1981
- 3 王 彬. 振动分析及应用. 海潮出版社, 1992. 9
- 4 周继铭. 拖拉机—挂车机组非线性系统随机振动的研究: [博士学位论文]. 长春: 吉林工业大学, 1992

Study on the Riding Comfortability of the Tractor Trailer Combination

Liu Mingshu Peng Qiaoli Zhang Youkun Gao Jucheng

(Jilin University of Technology, Changchun, 130025)

Abstract In order to analyze the influences of the factors of the towing attachment on the longitudinal riding comfortability of a tractor trailer combination, an eight-degree-of-freedom model of the tractor trailer combination was constructed. The simulation programme of the tractor trailer combination riding comfortability has been designed; the influences of the stiffness and the damping coefficient of the towing attachment, the speed of the combination, the road surface roughness and the load of the combination on the riding comfortability of the tractor trailer combination were analyzed by means of the theoretical simulation and experiments.

Key words tractor trailer combination, riding comfortability, towing attachment