

基于传感器测量的路面脉冲振动研究

周浩¹, 张桂霞², 赵兴驰¹, 朱伟杰¹

(1. 山东建筑大学交通工程学院, 山东 济南 250101; 2. 山东公路技师学院, 山东 济南 250103)

摘要: 减速带, 井盖等脉冲变形对路面行驶安全性和舒适性有重大的影响, 本文通过传感器, 实测了汽车经过减速带和井盖时的车身加速度; 确定了车速和减速带高度对车身加速度的影响规律, 并建立了车身加速度与车速的关系模型; 建立了经过井盖时的车身加速度与车速的关系模型, 比较了井盖和减速带的差别, 并确定了典型减速带的舒适车速。

关键词: 传感器; 井盖; 减速带; 加速度

中图分类号: U416 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0132—03

公路在国民经济发展和社会运行中具有基础作用, 保证公路交通的安全和舒适性有重要意义。影响路面平顺性^[1]的变形主要有两个类型, 一是路面表面纹理和粗糙引起的较为平稳的振动^[2], 二是减速带^[3-4], 井盖^[5], 拥包变形等脉冲振动。其中脉冲引起的振动更强烈, 会导致车辆在接触瞬间出现巨大的冲击荷载, 对汽车机械结构的安全性, 汽车成员的舒适性, 甚至路面寿命都有很大影响, 司机遭遇脉冲变形往往会本能急刹车, 也影响交通安全。

道路学者进行了大量的研究^[6], 目前方法多是反应表示每 10 或 20m 步长内的平整度平均值, 难以对路面各点具体情况进行有效反应, 也不适于检测脉冲类变形振动, 三米尺法的测试密度较低, 代表性不足。为落实交通强国目标, 提高公路行驶舒适性和安全性, 本文基于加速度传感器测量^[7]汽车振动特性, 检测减速带, 井盖等脉冲变形振动对汽车状态的影响, 并进一步分析车速的影响, 确定舒适车速, 对交通的安全性和舒适性有重要意义。

4 起抛锚安全注意事项

(1) 甲板作业人员作业时, 一定要穿戴好劳动防护用品(工作鞋、工作服、安全帽、救生衣等)。

(2) 起抛锚作业过程中, 应保持船舶之间、所有作业人员之间的通讯畅通, 避免外界干扰, 甲板指挥人员应保持正规瞭望, 随时向拖船驾驶台报告周围环境情况, 一旦发现不安全因素, 应该停止作业, 待满足作业条件时再作业。

(3) 作业前准备工作要充分, 各机械液压设备、所需的索具和工具应保持良好并随时可用。

(4) 后甲板作业区域要清爽。除非紧急情况下, 不得在甲板上奔跑, 防止奔跑绊倒导致人员受伤。

(5) 在打捞锚漂时, 有些船舶锚漂没有漂浮缆, 需要后甲板作业人员人力直接打捞锚漂, 在此过程中要特别小心, 应当佩戴安全绳, 防止人员落水, 尤其风浪较大时。

(6) 甲板作业人员应避开缆绳有张力的区域。起抛锚作业时, 需要用到拖缆机、移货绞车收绞锚、锚头

缆、锚漂等, 钢丝受力较大时有断掉的风险, 危险区域严禁站人, 特别是三角区域。

(7) 连接卸扣连妥后, 要仔细检查卸扣是否变形, 保险销有没有插好。

(8) 甲板作业至少要有 3 个人在场, 不得独自一人在甲板作业。

(9) 不得在极度疲劳的状态下作业, 以避免给船员、船舶和其他人员带来危险。

5 结束语

海上作业环境多变, 每次作业都是一次新的挑战, 必须提前做好周全的准备工作, 多想想可能会出现的问题和遇到的困难, 针对问题和困难多列出几种解决办法, 才能制定出全面高效的作业方案以及应急处理预案, 确保海上作业顺利完成, 保证人员和船舶设备的安全。另外, 每次作业后还要不断总结经验教训, 将专业理论和实际操作结合起来, 以专业的理论知识指导实际工作, 才能在以后的作业中一帆风顺, 再创佳绩。

1 路面加速度

在汽车车身前部中间位置安装加速度传感器,测量汽车行驶过程中车身竖向加速度。代表性测量结果如图1所示,其中a为经过减速带加速度,b为慢速经过井盖的加速度。a图测试路段为一段水泥路面,局部粗糙,并有减速带,车速为30km/h,图中加速度稳定值1g,为地球重力值。从图1中可以看出,大部路段较为光滑,其加速度值较低,即为I段;汽车经过局部粗糙路段时其加速度值较大,可以超过0.1g,即为II段;当汽车经过减速带时其加速度出现短促较大的峰值,一般大于0.2g即为III段。B图为车辆慢速经过沥青路面上的井盖,可以看出,规律与a图大致接近,大部分路段振动加速度都很小,一般小于0.02g,经过井盖瞬间的加速度约为0.08g。无论何种脉冲变形,汽车经过时所产生的竖向振动加速度值都显著大于普通路段。所以脉冲变形引起的加速度是道路平顺性研究的重点。本文对典型脉冲变形:减速带和井盖分别展开研究。

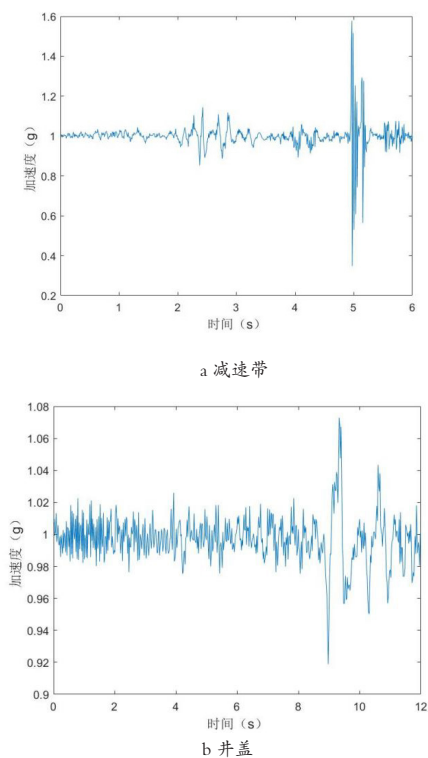


图1 车身竖向脉冲加速度

2 减速带影响分析

汽车振动状态^[8-9]是车速,变形的形状和程度,汽车自身机械参数,轮胎特性等多个因素共同作用的结果,车辆-路面变形耦合作用模型是进行多种因素共同影响下汽车振动状态的有效手段,道路学者对此进行了广泛的研究。随机路面不平一般通过路功率谱密度等方法进

行描述,在脉冲变形方面,学者们建立了不同的脉冲形状进行建模,并分析了脉冲形式,悬架参数,车速和减速带长度等因素对汽车振动状态的影响^[10-12]。

有的研究者通过建立多自由度汽车-减速带耦合动力学模型,对此进行了较为系统的研究,确定了减速带高度和车速对加速度的影响^[13],其他结果如图2所示。由图2可知,汽车车身加速度随车速的提高而增大,且当速度10km/h-30km/h范围内时提高较大,超过30km/h后增速明显降低,甚至保持稳定;且无论减速带高度如何,加速度变化拐点都是30km/h。车身加速度对减速带高度的提高而增加,且增速较为稳定。

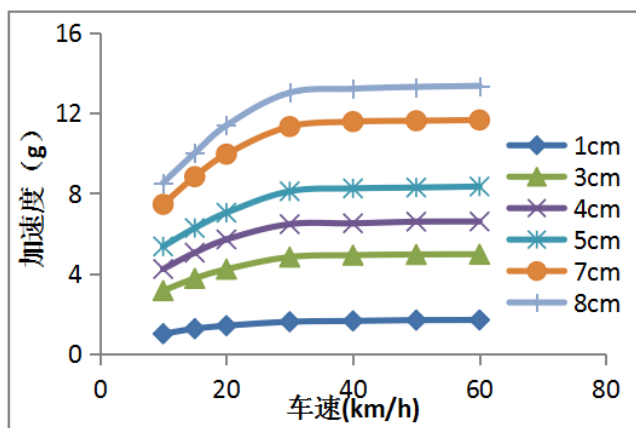


图2 汽车-减速带耦合模拟计算结果

为了对理论分析结果进行对比验证,本文在车身安装传感器,在不同车速条件下实测汽车车身振动加速度,并对比高度为1.2cm和5cm的两种典型减速带的影响,结果如图3所示:

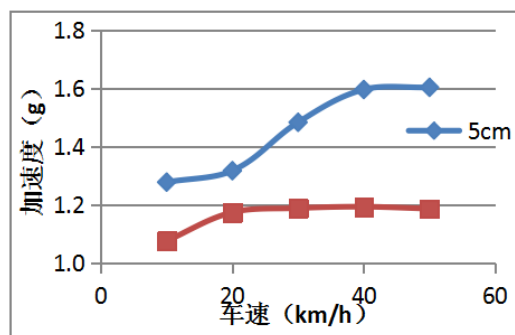


图3 经过减速带时车身振动加速度

由图3可知,汽车车身加速度随车速的提高而增大,但都存在拐点;减速带的高度对加速度有显著影响,5cm高减速带的加速度的最低值大于1.2cm减速带的最高值;减速带高度对加速度增长拐点速度有显著影响,5cm高减速带的拐点速度为40km/h,而1.2cm高减速带的拐点速度为20km/h。

对车速 20km/h 以上的车身加速度 - 车速关系回归结果如式 (1) 所示:

$$A_m = 0.3291(V) + 0.3478 \quad (1)$$

其中, A_m 为车身加速度, 单位为 g; V 为车速, 单位为 km/h。模型 R^2 为 0.9494

一般认为当竖向加速度达到 0.35g 时, 人会产生明显的不舒适感。当减速带高度较小时对行驶舒适性影响较小, 可以维持较高的车速; 根据图 3 结果可以确定, 当减速带高度达到 5cm 时, 舒适车速约为 20km/h。

3 井盖加速度

井盖为城市道路常见设施和脉冲变形, 对行驶舒适性有重大影响^[14]。本文对汽车经过井盖是的加速度进行了测试, 并分析了车速的影响, 具体结果如图 4 所示, 井盖深度为 5cm。

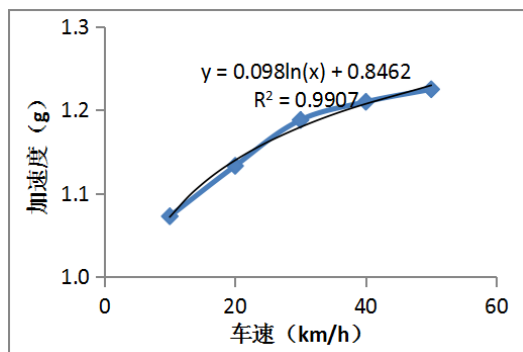


图 4 经过井盖时车身振动加速度

由图 4 可知, 汽车经过井盖时车身加速度随车速的提高而增大; 开始时加速度提高较快, 车速超过 30km/h 后增变慢; 振动加速度与车速之间的关系可以用对数进行拟合, 并确定了二者关系如式 (2) 所示:

$$A_m = 0.098\ln(V) + 0.8462 \quad (2)$$

其中, A_m 为车身加速度, 单位为 g; V 为车速, 单位为 km/h。

与减速带相比, 汽车经过井盖时加速度相对较低, 约为经过减速带加速度的 1/3, 这是因为井盖只影响一个车轮, 在车辆中心造成的振动相对较小。

4 结论

(1) 本文通过传感器, 实测了汽车经过减速带和井盖时的车身加速度;

(2) 对比理论模拟结果, 确定了车速和减速带高度对车身加速度的影响规律, 并建立了车身加速度与车

速的关系模型;

(3) 建立了车辆经过井盖时的车身加速度与车速的关系模型, 并比较了井盖和减速带对车身振动影响的差别。

参考文献:

[1] 赵力航, 陈轶杰, 顾亮, 等. 论路面不平度的研究背景和进展 [J]. 机械制造, 2009, 47(4):3.

[2] 张建莉, 陈榕峰, 姚奇. 公路路面不平度对汽车振动的影响分析 [J]. 公路交通科技, 2019, 36(11):5.

[3] 任成龙, 徐慧宝, RENCheng-long, 等. 路面减速带对汽车平顺性和安全性影响的仿真与试验研究 [J]. 机械设计与制造, 2015(1):4.

[4] 张辉, 魏朗, 余强. 道路减速带对车辆平顺性和安全性的影响 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2008, 28(4):4.

[5] 赵全满, 王鑫均, 井硕. 检查井及井周路面病害影响下的行车舒适性 [J]. 北京交通大学学报, 2022, 0322, 网络首发

[6] 宋开明. 基于车-路耦合系统振动测试的路面平整度估计方法 [D]. 哈尔滨工业大学, 2018.

[7] 杜豫川, 刘成龙, 吴荻非, 等. 基于车载多传感器的路面平整度检测方法 [J]. 中国公路学报, 2015, 28(6):5.

[8] 卢正, 姚海林, 胡智. 基于车辆-道路结构耦合振动的平整路面动力响应分析 [J]. 岩土工程学报, 2013, 35(S1):232-238.

[9] 郑耀, 康晨, 张慧梅. 车辆振动模型作用下平整沥青路面的动力响应 [J]. 公路, 2021, 66(6):6.

[10] E. Khorshida, F. Alkalby, H. Kamal. Measurement of whole-body vibration exposure from speed control humps [J]. Journal of Sound and Vibration, 304 (2007): 640-659

[11] 黎熊, 刘彩, 邱望标. 道路减速带形状对车辆平顺性影响的研究 [J]. 轮胎工业, 2010, 30:54-56

[12] 侯臣元. 汽车通过减速带动力学响应分析 [J]. 机械设计与研究, 2010, 26(2):95-98

[13] 王亮. 基于减速带与路面作用救护车平顺性仿真与多目标优化. [D]. 吉林大学, 2017.

[14] Zhao Q, Li Z, Hu W, et al. Driving Comfort Evaluation for Manhole Covers and Pavement around Manholes [J]. Advances in Materials Science and Engineering, 2019, 2019:1-10.