

我国冷藏车后下防护装置的研究进展

瞿炳华, 于建国 (东北林业大学交通学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 洞悉我国冷藏车后下防护装置的发展, 比较冷藏车传统和现阶段的后下防护装置研究状况。分别阐述了传统和现阶段的几种典型的后下防护装置, 并对其性能进行分析。对比两阶段的后下防护装置, 发现新型的后下防护装置在高速被动防撞时具有多级吸能、可翻转等优点, 具有良好的避免钻撞、吸能防护作用。新型的后下防护装置配套防撞预警系统可以实现主动防撞和被动防撞相结合, 但由于其造价高推广价值不大, 故仍需要进一步改进。

关键词 冷藏车; 后下防护装置; 吸能防护; 避免钻撞

中图分类号 S229+.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)32-11575-03

Process in Research of Rear under-run Protective Device of Truck in China

QU Bing-hua, YU Jian-guo (Traffic College, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract Giving insight into the development in rear under-run protective device of refrigerator car, this paper expounds several typical rear under-run protective device between the traditional and present stage, and analyzes their performances respectively. Compared to two stages' rear under-run protective device, when the truck was in passive anti-collision at a high speed, the new types of rear under-run protective device have the advantages of multistage energy absorption, reversible and so on. When the new type of rear under-run protective device was supported by collision warning system, the combination of active anti-collision and passive anti-collision came true, but due to its high cost it's promotion is of little value, it still needs to be improved further.

Key words Refrigerator car; Rear under-run protective device; Energy absorption protection; Avoid the drill

国外在冷藏车及常规载货车后下防护装置方面的研究起步早, 技术力量雄厚。早在 1994 年 DE 等^[1] 试验证实通过改变载货汽车后下防护装置的刚度提高了追尾碰撞时载货汽车的吸能缓冲作用, 大大改善了碰撞相容性。2008 年 Cerniglia 等^[2-3] 总结了当时载货汽车后下防护装置吸能防护的作用形式分别为装置部件间的互相摩擦、气压或者液压的阻尼运动、装置杆件的折叠变形等。自 GB 11567.2-2001 后, 借鉴国外的先进技术和经验, 我国高校、汽车生产商等机构在冷藏车后下防护装置的研究突飞猛进, 大量新型的载货汽车后下防护装置不断出现。

冷藏车肩负着奶制品、蔬菜水果、速冻品等食品运输作业的负担。自北京奥运会以来公路冷藏运输年均增长 7%, 发展迅猛^[4]。面对中国高速公路追尾撞击事件的高伤害现象, 其后防护装置需要提供更高的安全系数。该文总结了我国传统与现阶段的冷藏车后下防护装置的研究进展情况, 为今后冷藏车后下防护装置的拓展研究提供了一定的科学参考依据。

1 冷藏车后下防护装置功能及技术要求

合格的冷藏车后下防护装置能够提高被动防撞时的追尾轿车与货车之间的碰撞相容性, 避免钻撞现象的发生, 减少人员伤亡和经济损失。冷藏车后下部防护装置的功能要求如下^[5]:

①阻挡作用。有效避免追尾轿车钻入冷藏车底部, 引起惨烈的交通事故, 降低人身伤害; ②吸能缓冲作用。通过装置杆件轴向拉伸(压缩)、弯曲、剪切、扭转 4 种基本变形组成的复合变形缓冲碰撞冲击力, 最大力度地降低冲击载荷对追

尾车的冲击, 减低生命威胁和经济损失。

根据 GB 11567.2-2001《汽车和挂车后下部防护要求》技术要点, 冷藏车后下部防护装置应符合国标中的形状和尺寸要求、安装位置要求、阻挡能力要求、安装固定性要求、质量要求和通行性要求等^[6]。

2 传统的冷藏车后下防护装置

2.1 传统的冷藏车后下防护装置的使用现状 过去由于我国交通管理体系不够完善, 对交通安全标准的年审力度监察不一。汽车企业和车主对冷藏车后下部防护装置与道路行驶安全之间的关联重视度低。货车车主为了降低车重减少经济成本, 冷藏车配置的后下部防护装置结构刚度和强度等达不到国家技术安全指标等因素导致其后下部防护装置安装缺陷不一, 如有的直接忽略装置, 无任何防护措施, 或装置安装位置和安装方式不符合要求, 防护作用小, 装置结构尺寸和强度不达标, 甚至只作装饰用^[7]。

我国传统的冷藏车后下部防护装置主要由槽钢、方钢等材料制成, 该装置由车架、防撞横梁和防撞支撑臂组成。图 1 为最原始最简单的冷藏车后下部防护装置, 该装置由冲击梁、直支撑臂和车架组成, 工作状态下冲击梁承担防护作用, 防护效果差; 构件通过塑性变形实现缓冲吸能作用, 支撑臂是最主要的吸能杆件, 该结构整体阻挡、吸能效果差, 易发生钻撞。

图 2 为冷藏车后下部防护装置, 由冲击梁、直支撑臂、斜支撑臂和车架组成。工作状态下该装置主要由斜支撑臂和冲击梁承担防护作用, 斜支撑臂折叠变形的吸能效果优于前者, 被动防撞能力提高。该装置的构件为管状, 槽钢状后下防护装置在碰撞过程中产生的位移和应力是它的数倍, 所以采用该装置比直臂式冷藏车后下部防护装置更可靠, 更安全。

2.2 传统的冷藏车后下防护装置的缺陷 冷藏车在低速行

基金项目 中央高校基本科研业务费专项资金项目(DL12BB02)。
作者简介 瞿炳华(1980-), 男, 山东潍坊人, 讲师, 硕士, 在读博士研究生, 研究方向: 载运工具装备制造。
收稿日期 2014-10-08

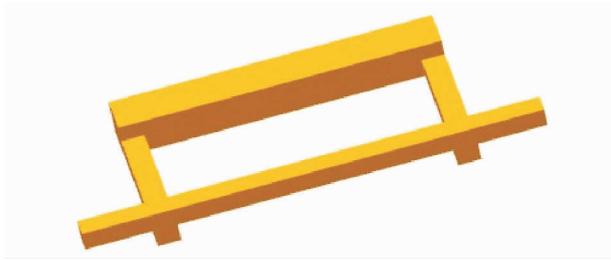


图1 直臂式后下防护装置

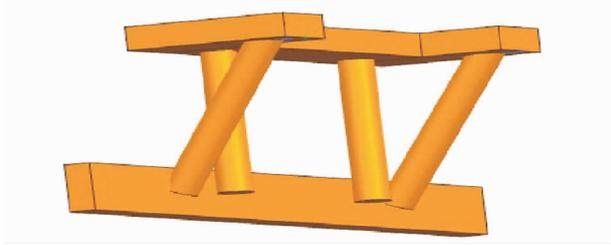


图2 斜臂式后下防护装置

块装置、钢板折弯装置、双向吸能装置和阻尼缸等。

在传统冷藏车后下防护装置的基础上作最简单地改进,即图2中的斜支撑臂改为吸能盒,并在吸能盒中填充泡沫铝^[9-10]。通过吸能盒平稳的压溃变形最大程度地提高后下防护装置的吸能缓冲能力,在降低追尾车人员伤亡的同时有效减轻冲击载荷对载货车车架的损伤。受生产技术和经济成本的限制,各个汽车厂商生产的吸能盒标准型号不一,吸能防护效果略有不同。

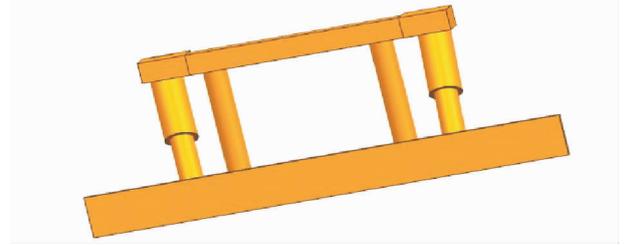


图3 膨胀管式后下防护装置

驶时,小轿车100%正面追尾碰撞时传统的后下部防护装置能够有效避免钻撞现象,但是吸能缓冲能力低导致追尾撞击后甚至发生反弹,造成追尾车及人员的二次伤害。冷藏车在高速公路上行驶时,面对瞬时车速大于60km/h的小轿车,传统的后下部防护装置的阻挡和吸能防护效果失效,一旦发生追尾事故,极易发生钻撞。

冷藏车传统的后下部防护装置防护性能检测用的是实车追尾碰撞试验方法和后下部防护试验台。实车追尾碰撞试验方法是利用实车直接碰撞后,对试验反馈的结果加以分析后,再进一步改进装置。试验最接近交通事故发生的情形,试验数据的可靠性最佳,是评价货车后下部防护装置最直接、最有效的方法,但是该方法成本高、重复率低、试验准备工作复杂和周期长^[8]。后下部防护试验台方法是按照国家相关规定对装置进行静态加载试验,测量各点的变形量,对汽车无损伤。该方法只能有效测试冷藏车后下部防护装置的阻挡能力,无法验证其吸能缓冲效果的好坏,而且不同厂商生产的后下部防护试验台标准不一,导致测试结果具有差异性。

我国在冷藏车的后下部防护装置方面的研究起步较晚,传统的冷藏车后下防护装置在设计时大多关注装置离地高度、结构刚度对其防护效果的影响,而对材料、连接方式、特殊环境、壁厚等因素重视不够。

3 现代冷藏车货车后下防护装置

3.1 现阶段冷藏车后下防护装置的研究现状 小轿车和载货车的追尾极易造成车毁人亡,两者造成的交通事故占46%,车祸死亡比例是其他车辆之间碰撞致死的4倍,这种情况引起了国家、高校和汽车生产商的重视。目前在装置的结构和吸能防护方面的研究取得了一系列的进展。如今货车后下部防护装置的吸能防护作用主要靠新型吸能材料、吸能结构、膨胀管、波纹管、薄壁组合结构等实现多级吸能、可翻转的后下防护装置,其中新型吸能材料有玻璃纤维、珍珠棉、橡胶金属螺旋复合弹簧等;吸能结构有N形装置、曲柄滑

图3为膨胀管式后下防护装置。它是在图2的基础上将斜支撑臂改为2级膨胀管,该结构由膨胀管、冲头、套管组成。通过移动碰壁仿真试验和实车碰撞仿真试验证实,膨胀管具有稳定的吸能效果,追尾撞击速度越大,线性叠加的吸能值越大^[11];其中矩形钢板的斜支撑臂支撑角、壁厚、矩形钢长宽比对装置的阻挡和吸能防护效果影响较大。

图4为薄壁圆筒式后下防护装置,通过自身变形实现良好的吸能效果,并在世界上首次提出双向吸能变性理论。该装置具有3大创新点:利用追尾碰撞时的多点变形和程序化吸能实现双向吸能变形,缓冲冲击载荷,使安全系数大大改善;采用了可翻转机构,改善了载货汽车在路况复杂路面的离去角,提高了载货汽车的通行性;工艺简单、成本低适合推广。目前该装置已与东风系列的多种类型车实现了配套安装,并得到了肯定^[12]。

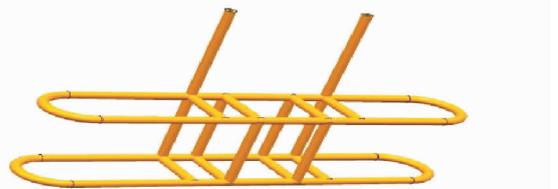


图4 薄壁圆筒式后下防护装置

图5为曲柄连杆式后下防护装置。该装置利用曲柄连杆移动变形、2级膨胀管、阻尼弹簧、阻尼缸实现了多级吸能防护,其中阻尼弹簧选用的是橡胶金属螺旋复合弹簧。该装置利用曲柄连杆运动和阻尼弹簧互相作用可实现翻转,改善了载货汽车的通行性。经过移动碰壁仿真试验证实,其具有良好的吸能防护作用,在高速行驶时它的吸能效果更加突出,值得向冷藏车等特殊车辆推广^[13]。

图6为电控式后下防护装置。该装置由电子控制部分、机械控制部分、缓撞吸能组件和保险杠连接组件组成。载货汽车正常行驶时缓撞吸能组件处于竖直状态载货汽车开启防撞模式时缓撞吸能组件立即处于水平状态。

3.2 现阶段冷藏车后下防护装置所具有的特点 ①几何尺

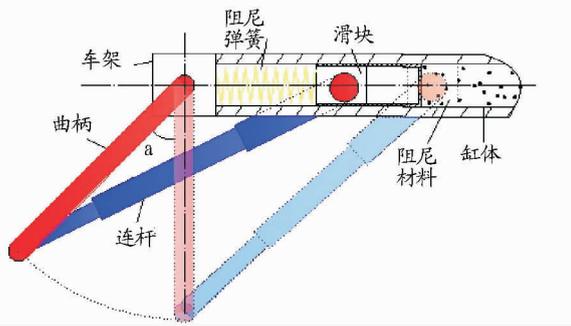


图5 曲柄连杆式后下防护装置

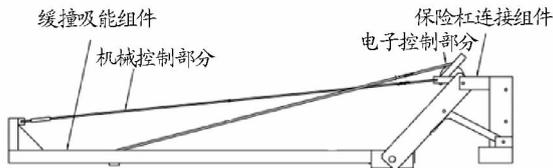


图6 电控式后下防护装置

寸更加标准。我国汽车和挂车后下部防护装置要求冷藏车后下防护装置的离地间隙应该在 450 ~ 550 mm 之间。装置离地高度过小会导致汽车通行性降低,尤其是针对路况较为复杂的道路;装置离地高度过大会导致装置吸能降低。②型材料选择更加丰富。传统的后下防护装置在钢材选择时主要是用槽钢、矩形钢等焊接在车架上。伴随国内学者的深入研究,现在的装置呈现多样化,比如薄壁钢管、波纹管、连杆机构等。③刚度设计更加合理。装置刚度过大会导致追尾车在追尾碰撞时发生反弹,给人和车辆造成二次伤害;刚度装置刚度太小则无法满足阻挡和吸能防护作用,造成钻撞。④重量选取更加优化。后下防护装置重量关系着载货汽车的载货量和道路行驶安全,重量过低会导致刚度和强度不足,一旦发生追尾该装置形同虚设;重量过高将提高运营成本,违背了设计者的初衷。

3.3 现阶段冷藏车后下防护装置的创新点 ①功能创新。冷藏车后下防护装置的功能创新表现在对吸能防护原理的创新、通行性创新。吸能防护已经不再局限于冲击梁和支撑臂的折叠变形,经过实车追尾试验碰撞和计算机模拟发现新型的后下防护装置具有更好的吸能缓冲效果,比如曲柄连杆式后下防护装置、膨胀管式后下防护装置等。②装置结构创新。传统的冷藏车后下防护装置就是一个简易的矩形槽钢焊接在车架上,现代的载货汽车后下防护装置采用了新型的薄壁圆筒式后下防护装置、膨胀管式后下防护装置和曲柄连杆式后下防护装置等。除此之外,新兴的防追尾碰撞预警系统也投入到后下防护装置的研发中。③装置连接创新。装置传统连接普遍选用焊接方式,由于焊接材料和钢材的材料不一,焊接方法和工艺选择不一,焊结构件类型的差异、工况的不一致导致焊接质量良莠不一,产生了气孔、夹渣等焊接缺陷。焊接件也不适合承受冲击载荷,在追尾碰撞时极易脆断。许多新型装置中比如在膨胀管式后下防护装置中采用了套筒连接,曲柄连杆式后下防护装置中采用了铰链连接和螺栓连接。④装置检测方法创新。现代计算机的发展使得

装置吸能防护的检验不再局限于实车追尾碰撞试验方法和后下部防护试验台的方法。目前,汽车碰撞分析使用计算机仿真软件的越来越多,比如国内一般利用 LS - DYNA、MADYMO 对装置进行碰撞大变形仿真分析。该方法的模拟结果接近于实车追尾碰撞试验结果,具有成本低、重复率高、周期短、试验条件不受限制等优点,具有高效、便捷、综合分析能力强的模拟效果。

3.4 传统与现代冷藏车后下防护装置的对比 相对于传统冷藏车后下防护装置,现阶段冷藏车后下防护装置具有以下优点:吸能缓冲方面有了质的飞跃,利用不同的吸能防护原理实现了多级吸能、双向吸能,最大程度地降低了追尾碰撞的人员伤害和经济损失;可翻转机构的出现提高了离去角,改善了冷藏车在路况复杂路面的通行性;冷藏车性能参数提高,服务时效性得到极大改善,提高了企业对市场变化的掌控力度^[14]。

现阶段冷藏车后下防护装置在结构尺寸方面的研究较浅,部分装置结构过于复杂,成本较高,批量生产困难。

4 总结

我国冷藏车后部防护装置的研究起步晚,基础薄弱,起点低。传统的冷藏车后下防护装置在低速追尾碰撞时具有一定的防护作用,但在高速碰撞时往往失效,而发生钻撞现象。借鉴国外先进技术和经验,我国现阶段的冷藏车后下防护装置在吸能防护原理、装置结构、装置刚度、装置检测手段等方面实现了创新,装置具有高效吸能缓冲、通行性高等特点。此外与特殊后下防护装置配套的防碰撞预警系统也处于研发使用中,力求实现主动防撞和被动防撞相结合。

参考文献

- [1] DE COO P J A, NIEBOER J. Improved Safety of Car Occupants in Frontal Collisions with Trucks [R]. 25th FISITA CONGRESS, 1994.
- [2] CEMIGLIA D, LOMBARDO E, NIGRELLI V. Conceptual Design by TRIZ: AN Application to a Rear Underrun Protective Device for Industrial Vehicle [C]. International Electronic Conference on Computer Science AIP Conference Proceedings, 2008: 328 - 331.
- [3] 李敏. 货车后下部碰撞吸能装置的吸能与分析 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
- [4] 朱则刚. 冷藏、保温厢式汽车及其发展趋势 [J]. 聚氨酯, 2013 (8): 60 - 65.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 11567.2 - 2001, 《汽车和挂车后下部防护要求》[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [6] 赵洋, 岳大军, 许颖, 等. 浅析大型货车后下部防护装置的现状与改进措施 [J]. 农业装备与车辆工程, 2010 (1): 11 - 13.
- [7] 赵冉. 专用汽车 (挂车) 标准技术要求图例 (续) — (31) 保温车、冷藏车 [J]. 商用汽车, 2013 (14): 109 - 111.
- [8] 赵洋. 基于有限元法货车后下部防护装置的研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [9] 尹文龙, 杨国平. 汽车吸能盒结构优化模拟分析 [J]. 上海工程技术大学学报, 2012, 26 (4): 321 - 325.
- [10] 曾繁波, 兰风景, 陈吉清, 等. 泡沫铝吸能特性研究进展及其在汽车结构中的应用 [C] // 中国汽车工程学会年会论文集. 北京: 北京理工大学出版社, 2013: 744 - 748.
- [11] 张昕, 陆善彬, 刘海立, 等. 一种新型载货汽车后部防护装置的设计 [J]. 汽车技术, 2011 (6): 19 - 23.
- [12] 云清. 提高车辆被动安全性的汽车和挂车后下部防护装置 [J]. 商用汽车, 2003 (3): 64 - 65.
- [13] 瞿炳华, 于建国. 基于 LS - DYN A 的曲柄连杆式吸能防护装置设计 [J]. 现代科学仪器, 2013 (6): 70 - 72.
- [14] 王芳. 机械冷藏车运输现状分析及对策 [J]. 铁道货运, 2010 (3): 44 - 46.