

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.03.059

A 级标准二波波形梁护栏防护乘用车性能研究

陈达章¹, 龚 帅², 亢寒晶², 刘思源², 马 晴², 胡学成²

(1.广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510043; 2.北京华路安交通科技有限公司, 北京市 100070)

摘 要: 为了解 A 级标准二波波形梁护栏对作为高速公路主流车型乘用车的防护性能, 利用实车足尺碰撞试验验证其对乘用车的防护能力是否满足《公路护栏安全性能评价标准》(JTG B05-01-2013)(简称新标准)要求, 并通过事故调研和分析, 检验实际道路情况下对乘用车的防护能力。研究表明, A 级标准二波波形梁护栏对乘用车的防护性能满足新标准要求, 且在实际应用中性能表现良好。研究成果为 A 级标准二波波形梁护栏的合理应用提供了依据。

关键词: 波形梁护栏; 防护性能; 乘用车; 实车足尺碰撞试验

中图分类号: U417

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)03-0236-04

0 引 言

A 级标准二波波形梁护栏是半刚性护栏的主要代表结构型式^[1], 常用于高速公路、城市快速路、等级公路以及部分农村公路的中央分隔带或者路侧位置。随着人民生活水平的普遍提高, 私家轿车拥有量逐年递增, 成为绝大部分高速公路上的主流车型, 且由于轿车行驶速度较高, 以保护乘员安全为宗旨的护栏设施应对轿车进行良好防护。为保证道路运营安全, 应对 A 级标准二波波形梁护栏防护乘用车的性能进行研究。

护栏的安全防撞功能应满足评价标准要求。A 级标准二波波形梁护栏结构在 2006 版《公路交通安全设施设计细则》中提出^[2], 当时用于评价护栏安全防护性能的标准是 2004 版《高速公路护栏安全性能评价标准》(JTG/T F83-2004)(以下简称老标准)^[3]。为进一步提高公路的安全运营水平, 现行《公路护栏安全性能评价标准》(JTG B05-01-2013)(以下简称新标准)于 2013 年 12 月 1 日起实施。A 级标准二波波形梁护栏结构对乘用车的防护性能能否满足新标准要求需要通过实车足尺碰撞试验进行验证^[4]。

实车足尺碰撞试验虽然是目前国际上通用的交通安全护栏设施防撞性能评价方法^[4], 但是否能真实再现实际道路环境条件下车辆碰撞护栏的交通事事故过程还具有不确定性。因此, A 级标准二波波形梁护栏对乘用车的防护效果还需要结合实际交通事故

加以检验。

为了解 A 级标准二波波形梁护栏对乘用车的防护效果, 从试验分析及事故分析两方面进行研究, 成果将为 A 级标准二波波形梁护栏的合理应用提供依据。

1 A 级标准二波波形梁护栏

A 级标准二波波形梁护栏由相互拼接的“W”形波纹状钢板和圆形立柱构成连续梁柱结构, 其结构特点为: 波形梁板(截面尺寸为 310 mm 高 × 85 mm 宽 × 4 mm 板厚)中心距地面有效高度为 600 mm, 立柱(Φ140 mm × 4.5 mm)间距为 4 m, 波形梁板和立柱之间设置类六边形防阻块(截面尺寸为 196 mm × 178 mm × 200 mm × 4.5 mm), 各结构之间采用 M16 高强螺栓连接。护栏结构如图 1 所示。

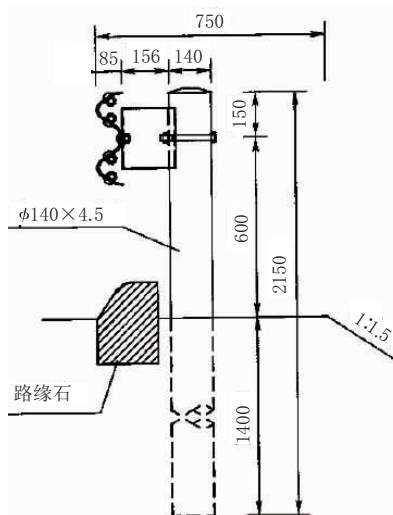


图 1 A 级标准二波波形梁护栏结构图(单位:mm)

收稿日期: 2022-11-15

作者简介: 陈达章(1970—), 男, 工程硕士, 高级工程师, 主要从事高速公路管理工作。

2 评价标准新要求

老标准为当时的行业推荐性规范,推荐采用实车足尺碰撞试验方法对护栏的安全防护性能进行客观评价,并规定了试验规程和评价指标,但部分安全设施并未采纳实施。新标准要求强制采用实车足尺碰撞试验来评价护栏性能,并进一步严格了试验方法,完善了评价指标。

2.1 试验方法

新标准中小轿车碰撞条件的容许误差有所改动:车辆质量不再容许有正偏差;车辆碰撞速度不再容许有负偏差;碰撞角度的容许负偏差值减小。可见,新标准对碰撞条件更为严格。新老标准中小轿车碰撞条件及容许误差对比见表1。

表1 新老标准碰撞条件容许误差对比表

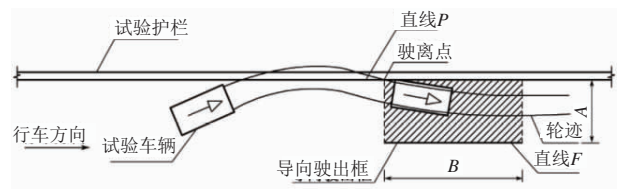
碰撞条件	标准值与误差	老标准	新标准
车辆质量	标准值/t	1.5	
	容许误差/kg	-75~75	-75~0
碰撞速度	标准值/(km·h ⁻¹)	100	
	容许误差/(km·h ⁻¹)	-4~4	0~4
碰撞角度	标准值/(°)	20	
	容许误差/(°)	-1.5~1.5	-1.0~1.5

2.2 评价指标

新标准对护栏安全防撞性能评价指标的规定相较于老标准更为详尽。新老标准对A级标准二波波形梁护栏防护乘用车的安全性能评价指标对比见表2。

表2 新老标准安全性能评价指标对比表

对比项目	老标准	新标准
阻挡功能	应能够有效阻挡车辆并对车辆进行导向,禁止车辆任何形式穿越、翻越、骑跨、下穿护栏	应能够有效阻挡车辆穿越、翻越和骑跨
	碰撞中脱离组件、护栏的碎片或其他护栏上的碰撞物不能侵入驾驶室内及阻挡驾驶员的视线	护栏构件及其脱离件不得侵入车辆乘员舱
缓冲功能	无要求	乘员碰撞速度的纵向与横向分量均不得大于12 m/s
	车体所受纵向、横向、铅直方向冲击加速度10 ms间隔平均值的最大值不超过20 g	乘员碰撞后加速度的纵向与横向分量均不得大于200 m/s ²
导向功能	碰撞后车辆应保持正常行驶姿态,不发生横转、掉头等现象	车辆碰撞后不得翻车
	应有良好的导向功能,车辆碰撞后的驶出角度应小于碰撞角度的60%	车辆驶出驶离点后的轮迹经过导向驶出框(见图2)时不得越出直线F



注:A和B的取值见表3

图2 车辆轮迹导向驶出框

表3 参数A和B的取值

单位:m

碰撞车型	A	B
小客车	$2.2+V_w+0.16V_L$	10

注: V_w 为车辆总宽(m); V_L 为车辆总长(m)

3 实车足尺碰撞试验

为检验A级标准二波波形梁护栏对乘用车的防护性能是否满足新标准,根据以往试验经验^[5-12],组织进行了A级标准碰撞条件下乘用车碰撞A级标准二波波形梁护栏的实车足尺碰撞试验。

3.1 试验系统

试验在具有检测资质的某交通安全设施检测公司的试验场上进行。采用落锤牵引法使试验车辆达到规定的碰撞速度。碰撞广场及加速系统如图3所示。



(a)碰撞广场

(b)加速系统

图3 碰撞广场及加速系统

试验过程中通过高速摄像机从不同角度记录碰撞过程,如图4所示。

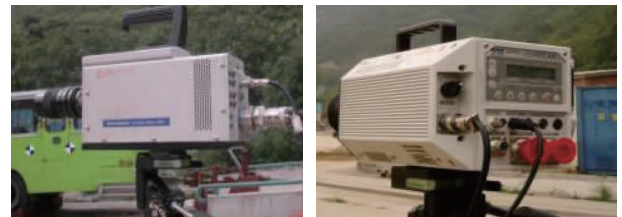


图4 高速摄像机

3.2 试验组织

3.2.1 试验护栏

在碰撞广场上按A级标准二波波形梁护栏图纸建造试验护栏,护栏两端采用钢丝绳进行有效锚固,试验护栏如图5所示。



图5 试验护栏

3.2.2 试验车辆

试验车辆为黑色三厢小轿车,如图6所示。符合正常行驶的技术要求。



图6 试验小轿车

轿车重心处装有车载加速度传感器系统,包括纵向和横向两个方向的加速度传感器,以评测撞击过程中轿车重心处的加速度数据;对加速度传感器牢固固定,撞击中应确保不松开。试验采用的车载加速度传感器和采集器如图7所示。



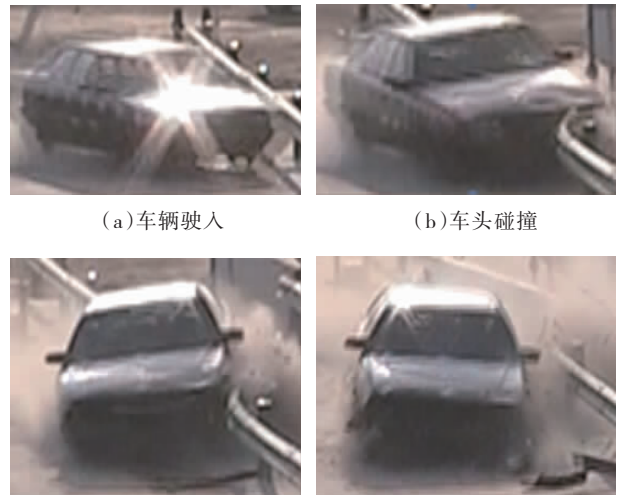
图7 加速度传感器和采集器

3.3 试验结果

按小轿车 A 级标准试验撞击条件(1.5 t 乘用车、碰撞角度 20°、碰撞速度 100 km/h)组织乘用车碰撞 A 级标准二波波形梁护栏试验,碰撞过程如图 8 所示,可见碰撞后小轿车顺利导出,展现了良好的阻挡功能。

根据图 2 和表 3 确定导向驶出框。乘用车碰撞 A 级标准二波波形梁护栏后的行驶轨迹与导向驶出框图如图 9 所示,从图 9 中可以看出小轿车碰撞后,护栏发挥出了良好的导向功能,其行驶轨迹满足新标准规定。

乘员碰撞速度纵向分量为 3.8 m/s, 横向分量为 4.3 m/s,均小于标准的阈值要求(12 m/s);乘员碰撞



(a)车辆驶入 (b)车头碰撞
(c)车尾碰撞 (d)车辆驶出

图8 碰撞过程

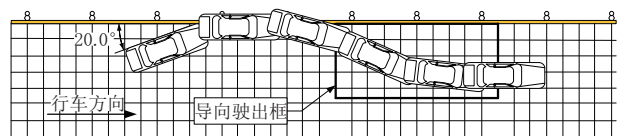


图9 小轿车行驶轨迹与导向驶出框

后加速度纵向分量为 112 m/s², 横向分量为 155 m/s²,均小于标准的阈值要求(200 m/s²)。可见该护栏防护小轿车具有良好的缓冲功能。

综上所述,A 级标准二波波形梁护栏对乘用车的安全防护性能各项指标均满足新标准要求。

4 事故分析

开阳高速(开平至阳江高速公路)是我国高等级公路网国道主干线同(江)三(亚)高速广东省内的路段,是粤港澳地区重要高速公路网组成部分。开阳高速公路基本情况见表 4。

表4 开阳高速公路基本情况一览表

道路名称	起点	终点	里程/km	车道数	设计速度/(km·h ⁻¹)
开阳高速	江门	阳江	125.73	4	120

开阳高速公路设计多采用 A 级标准二波波形梁护栏,以该路段为依托,通过查阅路政档案对三年期间的小客车碰撞波形梁护栏事故进行统计。统计得到开阳高速小客车碰撞波形梁护栏事故次数和人员伤亡情况见表 5。

从表 5 中可以看出该路段 3 年期间共发生过 500 起乘用小轿车碰撞波形梁护栏事故,而 500 起事故中仅有 1 人死亡,4 人重伤,说明虽然小客车碰撞护栏频率较高(该路段约 2 天发生一起),但波形梁护栏对小轿车起到了良好的安全保护作用,使得 3 年期间仅发生一起小客车重大事故,没有特重大事故

表5 事故统计

护栏位置	事故次数	有人员死亡事故次数	死亡人数	重伤人数	轻伤人数
路侧	262	0	0	2	46
中分带	231	1	1	1	29
收费站	1	0	0	0	0
未记录位置	6	0	0	1	0
合计	500	1	1	4	75

发生。

通过对开阳高速公路乘用小轿车碰撞波形梁护栏事故的调研和分析可以看出,实际道路环境下A级标准二波波形梁护栏对小轿车的防护效果良好。

5 结论

A级标准二波波形梁护栏对乘用车的防护性能满足最新护栏评价标准要求,且其在实际道路环境下对小轿车的防护效果良好。研究成果肯定了A级标准二波波形梁护栏对乘用车的安全防护性能,为该梁护栏的合理应用提供了依据。

参考文献:

[1] JTJ 074—94, 高速公路交通安全设施设计及施工技术规范[S].

[2] JTG/T D81—2006, 公路交通安全设施设计细则[S].

[3] JTG/T F83—2004, 高速公路护栏安全性能评价标准[S].

[4] JTG B05—01—2013, 公路护栏安全性能评价标准[S].

[5] 闫书明, 陈冠雄, 刘航. 几种改进的波形梁护栏的碰撞分析[J]. 公路工程, 2016, 41(1):167-171, 201.

[6] 闫书明. 有限元仿真方法评价护栏安全性能的可行性[J]. 振动与冲击, 2011, 30(1):152-156.

[7] 粟学铭, 高建雨, 全瑞金, 等. 具有快速开启功能的新型防撞活动护栏开发[J]. 公路工程, 2021, 46(1):125-130.

[8] 裴大军, 张望鹏, 邓宝, 等. 防撞护栏最大动态变形量敏感性分析[J]. 公路工程, 2020, 45(2):224-228.

[9] 龚帅, 刘航, 邓宝, 等. 在役旧桥梁组合式护栏升级改造研究[J]. 中外公路, 2021, 41(1):314-318.

[10] 周翔海, 陈卫霞, 邓宝, 等. 波形梁护栏立柱承载能力研究[J]. 中外公路, 2021, 41(2):356-360.

[11] 刘航, 龚帅, 刘思源, 等. 高速公路旧波形梁护栏改造研究[J]. 公路工程, 2020, 45(6):173-180.

[12] 王新, 杨福宇, 刘思源, 等. 防阻块功能分析及焊缝强度对波形梁护栏防护性能影响研究[J]. 中外公路, 2021, 41(2):361-364.

(上接第198页)

3 结语

围绕高速公路管养成本的数学表述,从中得到必要的参数,由此明确关键指标,并通过对应关系确定了效益指标,这一个完整、严密的逻辑流程确保了指标体系的可靠性、实用性,提出了成本—效益动态优化管理模式,对高速公路业主单位有显著的参考

价值。

参考文献:

[1] JTG D50—2017, 公路沥青路面设计规范[S].

[2] JTG 5210—2018, 公路技术状况评定标准[S].

[3] JTG B01—2014, 公路工程技术标准[S].

[4] JTG 5142—2019, 公路沥青路面养护技术规范[S].

[5] JTG 5120—2021, 公路桥涵养护规范[S].

[6] JTG H12—2015, 公路隧道养护技术规范[S].

[7] DG/TJ 08-2167—2015, 公路绿化养护技术规程[S].