

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.03.080

缆索承重桥梁专用高等级型钢护栏研发

裴大军¹, 彭晓彬², 龚帅³, 邓宝³, 杨福宇³, 亢寒晶³, 闫书明³

(1. 湖北武穴长江公路大桥有限公司, 湖北 黄冈 435499; 2. 湖北省交通规划设计院股份有限公司; 3. 北京华路安交通科技有限公司)

摘要:为提高缆索承重桥梁护栏的安全防护水平,运用调查分析、实车足尺碰撞试验综合技术手段,了解缆索路段护栏应具有高防护等级和车辆碰撞后低侧倾量的特殊防护需求,提出设计新理念和结构。研究表明:专用型钢护栏经1.5 t小客车100 km/h、25 t特大型客车85 km/h、40 t整体大货车65 km/h、55 t拖头车65 km/h以20°夹角碰撞试验检测,乘员碰撞后加速度最大为116 m/s²,乘员碰撞速度最大为7.8 m/s,特大型客车、整体大货车、拖头大货车碰撞护栏后最大动态外倾当量值分别为0.8、0.8和1.4 m。专用型钢护栏达到了HA级特高防护等级和车辆碰撞后低侧倾量的功能要求,对缆索形成较好保护,提高了桥梁路段运营安全水平。

关键词: 缆索承重桥; 护栏; 防侧倾; 实车足尺碰撞试验; 安全防护性能

近年来,中国公路桥梁建设事业快速发展,特大型桥梁建设不断涌现,其中斜拉桥和悬索桥等缆索承重桥梁占有较大比例。与一般桥梁承重结构相比,缆索承重桥梁设置有缆索和桥塔结构,这些结构是桥梁的主要承重构件,若是受到事故车辆的严重碰撞,有可能影响桥梁主体安全。桥梁护栏是拦截事故车辆并对乘员形成缓冲保护的重要设施,缆索桥梁由于对桥梁自

身载荷的轻量化要求较高,一般采用型钢护栏,与传统的桥梁护栏相比,缆索承重桥梁护栏从功能上不但要保护车辆和司乘人员安全,更要保护桥梁主体安全。

该文通过调查,掌握缆索承重桥梁对于护栏的特殊防护需求,在此基础上提出缆索承重桥梁专用高等级型钢护栏设计新理念并给出相应设计结构,采用实车足尺碰撞试验对设计结构进行安全性能评价,有效

原则,提高了对一般隐患的管理效率。

(3) 建立了隐患排查与治理流程,同时构建了数据库、风险管控、隐患排查治理三者之间的系统逻辑框架,并通过智慧化平台设计实现了双重预防体系的动态管理。

(4) 设计了双控体系平台,建立了安全技术标准数据库、风险数据库和隐患数据库,为大数据分析打下坚实的基础,使风险和隐患形成“双螺旋”的上升体系,不断提高安全管理水平。

参考文献:

[1] 毛瑞军,郑建平,景超. 基于大数据的隐患排查治理智能分析系统研究与应用[J]. 煤炭科技,2018(2).
[2] 罗聪,徐克,刘潜,等. 安全风险分级管控相关概念辨析[J]. 中国安全科学学报,2019(10).

[3] 张鹏,原亮明. 铁路运营安全风险和隐患双重预防模型[J]. 中国安全科学学报,2019(S1).
[4] 张明. 安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制在水电建设施工中的应用[J]. 价值工程,2019(10).
[5] 张冬阳. 信息化助力风险分级管控与隐患排查治理工作[J]. 中国安全生产科学技术,2016(S1).
[6] 葛皖. 上海外环高速公路大修施工期间交通安全措施[J]. 中外公路,2020(3).
[7] 满新耀,王强林,吴迪. MRS在桂柳高速公路隧道路面防滑改造中的应用[J]. 中外公路,2019(4).
[8] 张宇栋,吕淑然,李玉杰. 生产事故隐患排查治理及预警管理信息系统研究[J]. 安全与环境工程,2017(2).
[9] 许俊,田佩芳. 基于GIS的煤矿安全隐患排查治理综合信息管理平台设计及应用研究[J]. 中国煤炭,2017(1).
[10] 国务院安委会出台意见推进构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制[J]. 中国安全生产,2016(11).

收稿日期:2020-07-15

作者简介:裴大军,男,大学本科,高级工程师. E-mail:1450192689@qq.com

提高缆索承重桥梁安全运营水平。

1 缆索承重桥梁护栏特殊防护需求

1.1 护栏结构形式

中国桥梁护栏形式主要包含型钢护栏、混凝土护栏以及组合式护栏 3 种,其中混凝土护栏和组合式护栏重量较大,在缆索承重桥上应用会增加桥梁的永久荷载,而型钢护栏结构具有轻盈通透的特点,应用于缆索承重桥上能够减少桥梁重量和横向风载,并且还兼具良好的安全性与景观效果,目前在各大型缆索承重桥梁上应用较为广泛。

1.2 护栏防护等级

对于缆索承重桥梁等大型桥,一旦车辆驶出桥外可能会造成群死群伤的恶性事故,甚至会影响桥梁主体结构安全,事故严重程度级别属于高级,根据 JTG D81—2017《公路交通安全设施设计规范》对大型悬索桥、斜拉桥等缆索承重桥梁护栏等级的要求,其防护等级宜选用八(HA)级,属于目前新规范中最高等级。

1.3 车辆侧倾特殊指标

缆索承重桥梁与一般桥梁有所不同,其主要承重构件吊索或斜拉索相对于桥梁钢构件属于柔性结构,若桥上车辆发生事故导致穿越护栏(图 1),或者车辆碰撞护栏过程中车身侧倾严重则极有可能对吊索和斜拉索发生冲击(图 2),有可能直接影响桥梁主体结构安全,后果将不堪设想,因此缆索承重桥梁对护栏的安全防



图 1 车辆穿越护栏事故

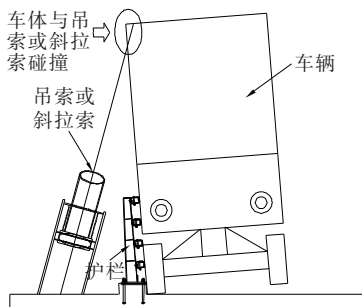


图 2 车辆侧倾示意图

护性能提出了更为严格的要求,即尽可能降低车辆侧倾量的特殊指标要求。

2 缆索承重桥梁护栏设计

基于缆索承重桥梁护栏的特殊防护需求分析,提出型钢护栏设计新理念和结构设计方案。

2.1 设计理念

常规设计的桥梁梁柱式型钢护栏横梁碰撞侧均在同一竖直面,车辆发生碰撞时,护栏向背部倾斜变形,车轮接触护栏基座或护栏下部横梁,并以车轮与地面接触点为支点发生侧倾,如图 3 所示。

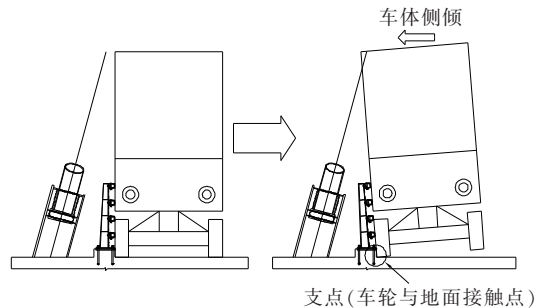


图 3 车辆碰撞常规护栏侧倾示意图

基于此提出防侧倾功能桥梁护栏设计新理念:护栏结构在车辆碰撞时车身先与上部横梁接触产生相互作用力,此时车轮仍与护栏下部横梁保持一定距离或车轮随下部横梁移动;随后在上部横梁的作用下车辆被动转向并逐步导正,同时车辆推动护栏向背部倾斜变形,这个过程中车轮随着车身移动,尚未形成明显的支点,即延迟了车轮形成支点的时间,使车身倾斜程度较小或不发生侧倾。

2.2 结构设计

依据防侧倾的设计理念,结合以往型钢护栏的研发经验,提出缆索承重桥梁护栏的结构设计方案如图 4 所示:护栏高度 1.6 m,四横梁分布,8 mm 厚斜 H 形立柱,立柱与横梁之间设置防侧倾块,防侧倾块分别与立柱、横梁采用螺栓连接,上层 2 根横梁和防侧倾块均为 8 mm 厚,下层 2 根横梁和防侧倾块各 4 mm 厚。设计方案下层 2 根横梁及防侧倾块较弱,碰撞时易于变形,车轮可随之移动,从而可实现护栏防侧倾的功能。

3 实车足尺碰撞试验评价

根据 JTG B05—01—2013《公路护栏安全性能评价标准》对 HA 级护栏碰撞条件的规定(表 1),进行护

栏安全防护性能的实车足尺碰撞试验验证。护栏长度设置为40 m,碰撞点位置为护栏模型总长1/3处。

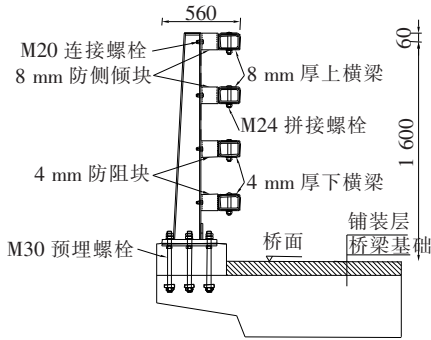


图4 缆索承重桥护栏结构(单位:mm)

表1 碰撞条件

试验车型	车辆质量/t	碰撞速度/(km·h ⁻¹)	碰撞角度/(°)	碰撞能量/kJ
小客车	1.5	100	20	
大型客车	25.0	85	20	≥760
大型货车	40.0	65	20	
拖头大货车	55.0	65	20	

护栏结构在实际工程中应用,其安全防护性能必须经实车足尺碰撞试验的验证。根据设计结构,结合实际的工程需求,按1:1比例建立护栏试验段。按表1中HA级护栏的碰撞条件组织实车足尺碰撞试验,对护栏的安全性能进行评价,图5为试验护栏和试验车辆。

图6为车辆的碰撞过程图。由图6可以看出:4种车型碰撞护栏后,车辆均能顺利导出,护栏对车辆的阻挡功能良好。

护栏的缓冲功能主要考察小型客车碰撞护栏后,乘员碰撞速度和乘员碰撞后加速度,表2为小客车碰撞后护栏的缓冲指标,从表2中可以看出:护栏的缓冲功能符合标准要求。

图7为车辆碰撞护栏后,车辆导向驶出框示意图。

从图7可以看出:小型客车碰撞护栏后在10 m范围内未驶出评价标准规定的边界,特大型客车和大型货车在20 m范围内未驶出评价标准规定的边界,说明护栏的导向功能满足标准要求。

图8为小型客车、特大型客车、40 t大型货车、55 t拖头式大型货车碰撞后护栏变形情况。碰撞后,护栏最大残留变形、车辆与护栏的刮擦长度、车辆外倾数据如表3所示。



(a) 试验护栏



(b) 小型客车

(c) 特大型客车



(d) 40 t 大型货车

(e) 55 t 大型货车

图5 试验护栏与试验车辆



(a) 小型客车



(b) 特大型客车



(c) 40 t 大型货车



(d) 55 t 大型货车

图6 车辆碰撞护栏行驶轨迹俯视图

表2 缓冲指标数据

项目	乘员碰撞速度/(m·s ⁻¹)		乘员碰撞后加速度/(m·s ⁻²)	
	纵向 X	横向 Y	纵向 X	横向 Y
测量值	5.0	7.8	41.1	116.0
要求	≤12	≤12	≤200	≤200

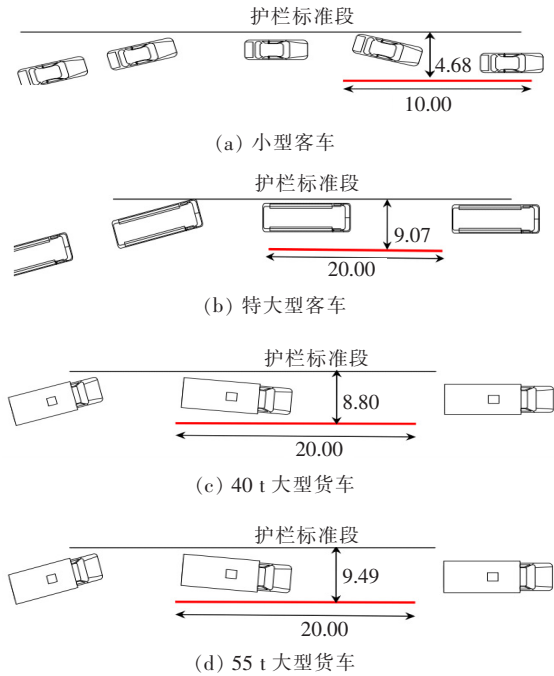


图 7 导向驶出框示意图(单位:m)

由表 3 可知:护栏对小型客车、特大型客车、整体式大货车、拖头式大型货车均具有较好的防侧倾功能。

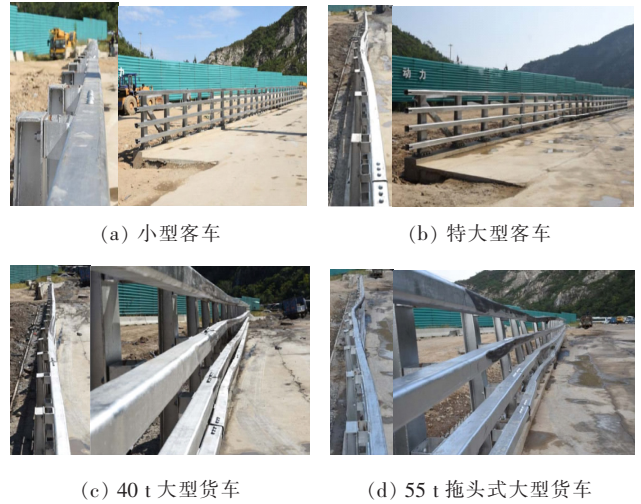


图 8 车辆碰撞护栏后护栏变形情况

4 结 语

通过缆索承重桥梁专用高等级型钢护栏的研究,提出了护栏防侧倾的新理念,依据此新理念设计的缆索承重桥梁护栏结构经实车足尺碰撞试验验证,护栏

表 3 车辆碰撞护栏变形数据及车辆外倾数据

车辆类型	护栏最大 残留变 形/m	车辆与护 栏刮擦长 度/m	护栏最大横 向动态变 形值/m	护栏最大横 向动态位 移 外延值/m	车辆最大 动态外倾 值/m	车辆最大动 态外倾当 量值/m
小型客车	无	3.02	0.05			
特大型客车	0.26	11.0	0.30	0.70	0.65	0.80
整体式大货车	0.25	10.5	0.35	0.70	0.65	0.80
拖头式大型货车	0.45	12.5	0.55	0.95	1.10	1.40

的阻挡功能、缓冲功能、导向功能以及防侧倾功能均符合安全防护要求,可满足缆索承重桥梁的防护需求,有效提高了桥梁路段运营安全水平。

参考文献:

[1] 梁鹏,肖汝诚,夏旻. 超大跨度缆索承重桥梁结构体系[J]. 公路交通科技,2004(5).
 [2] JTG D81—2017 公路交通安全设施设计规范[S].
 [3] JTG/T D81—2017 公路交通安全设施设计细则[S].
 [4] 卢辉,龚帅,林海腾,等. 跨水资源路段高等级桥梁护栏及防抛设施设计[J]. 特种结构,2019(6).

[5] 覃国添,阳初,高建雨,等. 广深高速路侧护栏升级改造策略[J]. 交通与运输,2019(S1).
 [6] 刘明虎,张门哲,亢寒晶,等. 桥梁嵌固式基础中央分隔带钢护栏安全性分析[J]. 中外公路,2019(3).
 [7] 李勤策,龚帅,喻丹凤,等. HA级三横梁组合式桥梁护栏设计优化[J]. 城市道桥与防洪,2017(12).
 [8] 韩海峰,皮振新,李新伟. 新型梁柱式钢护栏研发与防撞性能试验研究[J]. 中外公路,2016(5).
 [9] 闫书明,郑斌,李黎龙,等. 梁柱式型钢护栏设计优化及安全性能评价[J]. 公路交通科技,2012(1).
 [10] JTG B05—01—2013 公路护栏安全性能评价标准[S].