

文章编号:2095-7386(2020)02-0100-05

DOI:10.3969/j.issn.2095-7386.2020.02.020

儿童安全座椅正面碰撞台车设计与试验研究

范恒亮,王壮壮

(蚌埠学院 机械与车辆工程学院,安徽 蚌埠 233030)

摘 要:正确使用儿童安全座椅可有效减轻儿童在道路交通事故中受到的伤害,针对汽车后向安装的汽车儿童安全座椅结构特点,设计了儿童安全座椅正面碰撞试验台车,利用该试验台进行了儿童安全座椅正面碰撞试验,碰撞波形符合 ECE R44 法规要求,验证了设计的可行性,为后续进一步研究提供了基础。

关键词:试验台车;结构设计;正面碰撞;儿童安全座椅

中图分类号:U 463.83

文献标识码:A

Design and experimental study of front impact trolley for child safety seat

FAN Heng-liang, WANG Zhuang-zhuang

(Department of Mechanical and Vehicle Engineering, Bengbu University, Bengbu 233030, Anhui)

Abstract: The proper use of child safety seats can effectively reduce children's injuries in road traffic accidents. According to the structural characteristics of automobile child safety seats installed in the rear of a car, a child safety seat front impact test trolley is designed. The platform conducted a frontal crash test of the child safety seat. The crash waveform conformed to the requirements of the ECE R44 regulation, which verified the feasibility of the design and provided a basis for further research.

Key words: test trolley; structural design; frontal collision; child safety seat

1 引言

儿童安全座椅作为儿童乘员束缚系统的重要组成部分,对其进行碰撞性能分析和性能优化,是必不可少的环节^[1]。在进行儿童安全座椅可靠性评价的过程中,常用的方法一般分为实车碰撞、台车碰撞和计算机仿真技术^[2]。使用实车碰撞技术能较好地评价儿童安全座椅的可靠性,但成本较高^[3]。笔者将计算机仿真技术与碰撞台车技术相结合,提出了一种可靠的、经济的、重复性好的儿童安全座椅可

靠性评价方法。

2 碰撞试验台车设计

2.1 台车车身主体的结构分析

台车车身主体采用以电动机驱动、钢丝绳为介质的减速型碰撞设备。并充分考虑到 ECE R44 法规要求、实际碰撞情况的恶劣性、在碰撞试验过程中台车的俯仰运动和侧移运动^[4]。设计的台车尺寸为 3350×2100×200 mm,主要用料为 200×100 mm 的钢材数根,通过焊接而成,前部有 150 mm 厚的加

收稿日期:2020-01-10.

作者简介:范恒亮(1988-),男,硕士,讲师,E-mail:fh1209@126.com.

基金项目:2017 年度蚌埠学院校级科学研究项目(2017ZR09).

强钢板,和台车连接时中间使用抗冲击橡胶垫层,抵抗瞬间冲击^[5],并且整个结构的多处使用“米”、“V”字形结构来吸收前部撞击产生的巨大能量,以此达到增加台车使用寿命的目的。

2.2 导向轮

碰撞试验台车的导向轮主要由导向轮架、导向轮、轮轴、轴承等组成。用螺栓固定在台车车身的前部中间位置,起到导向和定位的作用^[6]。导向轮是安装在试验台车前部中间位置的轮组,轮子边缘凸起处和轨道的侧面相平行,从而使台车的运动方向始终受轨道的约束。

轮系中,固定基座的两侧各使用一个导向轮,导向轮的凸起边缘和地面槽型轨道内侧相接触,从而达到台车向前移动的过程中保证方向的准确性。轮子使用钢材制成,凸起边缘尺寸半径为 40 mm,与轨道侧面直接接触,内孔尺寸半径为 15 mm,通过轴和固定基座连接在一起,侧面圆面尺寸半径为 30 m,

宽度为 50 mm,侧面圆面和地面槽型轨道上表面相接处,产生滚动摩擦。

2.3 防倾轮

防倾轮的结构组成和导向轮比较相似,主要有轮架、轮子等,不同点在于防倾轮的边缘并没有凸起^[7]。防倾轮是安装在碰撞试验台车后部中间位置的一组轮系,轮架深入到导轨中,固定在轮架上的轮子表面和轨道的下表面相接处,碰撞的瞬间台车受到阻挡。安装时,与轨道下端面有 2 mm 的间隙,减少摩擦。模轮边缘无凸起处,从而使台车的后部在 X 方向运动有一定的空间。防倾轮的内孔尺寸半径为 15 mm,外圆面尺寸半径为 40 mm,用钢材制作,通过轴和轮架连接在一起。

2.4 台车座椅

根据国家标准规定,CRS 实验座椅的坐垫和靠背采用聚氨酯泡沫材料制造。坐垫和靠背装配后的位置及尺寸如图 1 所示。

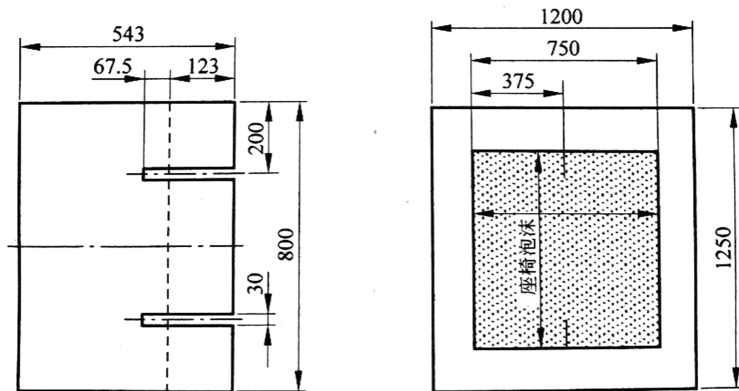


图 1 坐垫、靠背的位置及尺寸

坐垫下面的铝底板和聚氨酯泡沫块表面的覆盖材料尺寸如图 2 所示,其中,铝底板的厚度为 (2 ± 1) mm,沿着虚线的弯曲角度为 $15 \pm 1^\circ$,聚氨酯泡沫块表皮的笼罩材质为聚丙烯纤维防晒布。

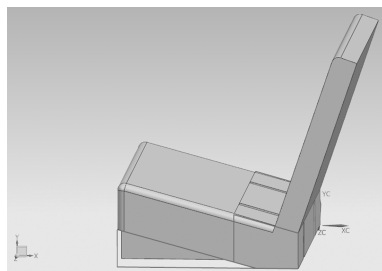


图 2 台车座椅模型

2.5 碰撞试验台车装配设计

利用 NX10.0 软件,将碰撞试验台车的车身、导向轮、方向轮、防倾轮和座椅进行装配,得到碰撞试

验台车三维模型,如图 3 所示。

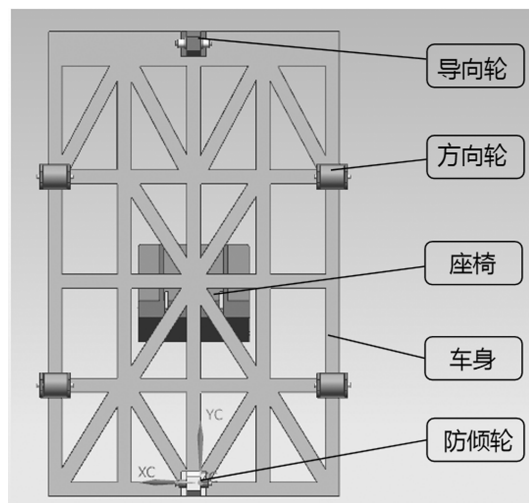


图 3 碰撞试验台车三维模型

3 碰撞台车试验验证

3.1 试验工况

采用图 3 设计的试验台车进行标准正面碰撞,

根据 ECE R44 法规要求^[8],进行测试设定如表 1 所示,测试条件设定如表 2 所示,所采集的测试数据如表 3 所示。

表 1 测试设定

测试编号	2019032800701	质量组	II / III 组
实验假人	32 kg(P10)	碰撞方向	前向
靠背角度	倾斜	CRS 安装方向	前向
CRS 固定方式	FIX + 成人安全带	支撑腿	☐ 长 ☐ 短 ☒ 无
上拉带	G1 ☐ G2 ☐ 无 ☒	假人约束方式	三点式安全带约束假人

表 2 测试条件

项目	基准	实际值
碰撞速度	48—50Km/h	49.79 Km/h
台车停止距离	650 ± 30mm	639 mm

表 3 测试数据

时间(ms)	台车加速度(g)	法规上下限				时间(ms)	胸部合成加速度(g)	Z 向加速度(g)
0	-0.092 03	0	10	20	0	0	0.736 65	0.069 18
0.05	-0.103 1	50	28	50	20	0.05	0.737 61	0.070 86
0.1	-0.113 82	80	28	65	20	0.1	0.738 45	0.072 25
0.15	-0.124 16	120	0	100	0	0.15	0.739 19	0.073 36
0.2	-0.134 11					0.2	0.739 83	0.074 2
0.25	-0.143 64					0.25	0.740 4	0.074 84
0.3	-0.152 71					0.3	0.740 94	0.075 34
0.35	-0.161 32					0.35	0.741 47	0.075 78
0.4	-0.169 44					0.4	0.742 03	0.076 27
0.45	-0.177 07					0.45	0.742 64	0.076 89
0.5	-0.184 18					0.5	0.743 35	0.077 72
0.55	-0.190 75					0.55	0.744 18	0.078 83
0.6	-0.196 75					0.6	0.745 14	0.080 25
0.65	-0.202 16					0.65	0.746 25	0.082 03
0.7	-0.206 97					0.7	0.747 51	0.084 18
0.75	-0.211 21					0.75	0.748 92	0.086 74
0.8	-0.214 89					0.8	0.750 48	0.089 71
0.85	-0.218 05					0.85	0.752 18	0.093 12
0.9	-0.220 72					0.9	0.754	0.097
0.95	-0.222 91					0.95	0.755 9	0.101 4
1	-0.224 62					1	0.757 87	0.106 34
...	...					...	...	...
...	...					...	...	...

续表

时间 (ms)	台车加速度 (g)	法规上下限	时间 (ms)	胸部合成加速度 (g)	Z 向加速度 (g)
299.2	-0.49		299.2	2.719 52	-2.328 47
299.25	-0.491 4		299.25	2.715 46	-2.320 34
299.3	-0.492 75		299.3	2.710 26	-2.311 41
299.35	-0.494 03		299.35	2.703 97	-2.301 66
299.4	-0.495 24		299.4	2.6966 4	-2.291 06
299.45	-0.496 38		299.45	2.688 35	-2.279 62
299.5	-0.497 43		299.5	2.679 2	-2.267 35
299.55	-0.498 4		299.55	2.669 28	-2.254 31
299.6	-0.499 31		299.6	2.658 69	-2.240 54
299.65	-0.500 16		299.65	2.647 51	-2.226 09
299.7	-0.500 95		299.7	2.635 84	-2.211 05
299.75	-0.501 69		299.75	2.623 79	-2.195 5
299.8	-0.502 37		299.8	2.611 46	-2.179 55
299.85	-0.502 99		299.85	2.598 94	-2.163 3
299.9	-0.503 55		299.9	2.586 32	-2.146 83
299.95	-0.504 03		299.95	2.573 69	-2.130 19
300	-0.504 43		300	2.561 09	-2.113 42

3.2 试验结果分析

根据测试数据,利用 Origin 软件得到台车加速度波形和假人加速度波形,如图 4、图 5 所示。碰撞过程中,减速过程产生的加速度—时间历程曲线通常称作碰撞波形^[9],在不同碰撞速度下会产生不同的碰撞波形。在小车与固定障碍物碰撞之前,它分

为两个阶段,从静止到加速是第一阶段。在这个阶段,受牵引力、重力、摩擦力、空气阻力和钢丝绳牵引力的影响,钢丝绳小车在短时间内变得更快,即加速过程。第二阶段,小车和牵引系统分离,直到它与固定屏障前端的波形发生器碰撞。试验结束后,对假人的头部和胸部测试结果进行分析,如表 4 所示。

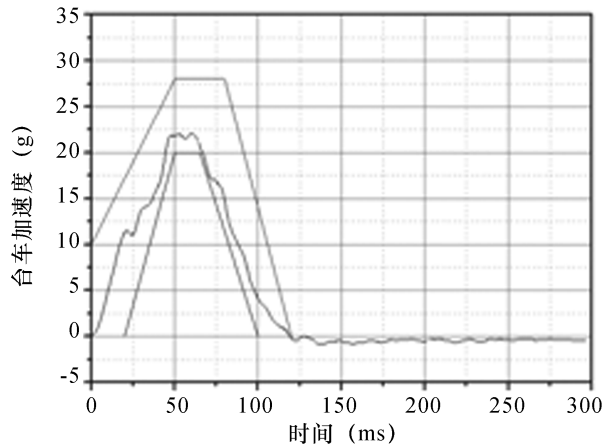


图4 台车加速度波形

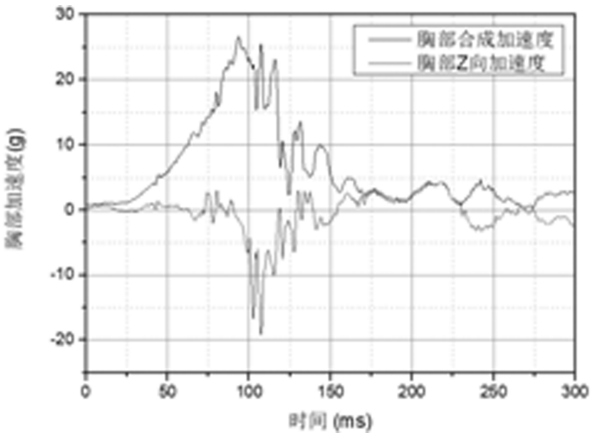


图5 假人加速度波形

表 4 测试结果

测试相关项目	基准	测试结果	结论
胸部合成 3 ms 加速度(如果高于 55 g,由超过 55 g 的时间判断)	≤ 55 g	24.65 g	合格
胸部合成加速度超过 55 g 的时间	≤ 3 ms	—	—
胸部垂直方向 3 ms 加速度(如果高于 30 g,由超过 30 g 的时间判断)	≤ 30 g	2.39 g	合格
胸部垂直方向加速度超过 30 g 的时间	≤ 3 ms	—	—
假人头部水平方向最大位移	≤ 550 mm	521 mm	合格
假人头部水平方向最大位移时刻	—	120 ms	—
假人头部垂直方向最大位移	≤ 840 mm	769 mm	合格
假人头部垂直方向最大位移时刻	—	50 ms	—
CRS 是否破损	无破损	无破损	合格
安全带是否松脱	无松脱	无松脱	合格

根据以上测试结果和碰撞波形分析结果如下:

(1)在碰撞速度为 49.79 Km/h 时,台车停止距离为 639 mm,数据均在法规的要求范围之内。

(2)模拟碰撞过程中,假人胸部合成 3 ms 加速度小于 55 g,实测为 24.65 g;假人胸部垂直方向 3 ms 加速度小于 30 g,实测为 2.39 g,这两项数据在真实的汽车碰撞事故中,对人体的损伤是最大的。法规中制定的 55 g 和 30 g 两个加速度参数是基于机动车乘员在事故中能承受的最大安全加速度值,测试结果表明,乘员的生命安全是能够得到保障的。

(3)从台车加速度波形来看,用本设计台车进行儿童安全座椅碰撞实验,得到的台车加速度波形完全在法规要求的上下限之内,实测台车加速度最大值为 22.36 g,符合要求。

4 结论

(1)基于“以钢丝绳驱动来复现加速度波形曲线”的设计思路,设计出了一种结构合理紧凑、可靠性高、重复性强、试验成本低的台车碰撞试验设备,能够满足儿童安全座椅的测试试验。

(2)从假人加速度波形来看,波形较为稳定,并没有出现“针尖”状的波形,这也从侧面说明设计中使用的导向轮和防倾轮起到了很大的作用,因为车

体的俯仰、横摆等运动均被限制,从而减少了无用加速度数据的干扰。

参考文献:

[1] 赵净. 基于有限元-多刚体耦合的儿童安全座椅结构改进[D]. 湖南大学,2015.

[2] 刘军. 侧面碰撞中儿童约束系统的仿真研究[J]. 汽车技术,2017,496(1):52-57.

[3] 葛如海. 汽车安全工程[M]. 北京:化学工业出版社安全科学与工程出版中心,2005.

[4] 杜汇良. 汽车碰撞试验台的特性研究和碰撞速度控制[D]. 北京:清华大学,2000.

[5] 曹松. 基于聚氨酯管的台车碰撞缓冲吸能装置研究[D]. 湖南大学,2016.

[6] 张瑞锋. 智能集成式儿童安全座椅的台车正面碰撞试验研究[J]. 汽车工程,2015,37(3):284-289.

[7] 刘晓虹. 跨座式单轨工程作业车两轴转向架的设计[J]. 山西科技,2015,30(1):64-66.

[8] 石芳. 汽车儿童安全座椅后撞和侧撞仿真研究[D]. 华南理工大学,2016.

[9] 白中浩. 儿童乘员约束系统台车碰撞试验设计与研究[J]. 中国机械工程,2014,25(16):266-271.