

大角度坐姿下乘员非接触损伤研究

商恩义^{1,2} 李卫冬^{1,2} 习波波^{1,2} 李月明^{1,2}

(1. 吉利汽车研究院(宁波)有限公司, 宁波 315336; 2. 全省智能汽车全域安全重点实验室, 宁波 315336)

【摘要】为研究正面碰撞工况大角度坐姿条件下乘员非接触损伤,通过调整靠背角度、座垫角度等条件,以及采用气囊起爆延时和环抱式气囊,进行了滑台试验。试验结果表明:大角度坐姿下的乘员,脑部组织剪切失效、颈部弯曲弯矩损伤、心脏主动脉拉断、胸椎挤压断裂风险均有所提高,且通过气囊适时起爆和采用环抱式气囊均不能有效解决。进而指出,对于前排大角度坐姿乘员,采用根据乘员坐姿适时起爆正面气囊与膝部气囊的组合方式进行保护是一种研究方向。

关键词:大角度坐姿 气囊适时起爆 环抱式气囊 膝部气囊 非接触损伤

中图分类号:U467.1*4

文献标志码:A

DOI: 10.20104/j.cnki.1674-6546.20240193

Study on Non-Contact Injury of Occupant in Wide-Angle Sitting Posture

Shang Enyi^{1,2}, Li Weidong^{1,2}, Xi Bobo^{1,2}, Li Yueying^{1,2}

(1. Geely Automobile Research Institute (Ningbo) Co., Ltd., Ningbo 315336; 2. Zhejiang Key Laboratory of Intelligent Vehicle Comprehensive Defense System, Ningbo 315336)

【Abstract】In order to study the non-contact injury of occupant in front collision in wide-angle sitting, the sled tests is conducted by adjusting the backrest angle and seat cushion angle, and using the airbag inflation delay and the enveloping type airbag. The results show that the risk of brain tissue shear failure, neck bending moment injury, heart aorta rupture and thoracic vertebral compression rupture increases in the occupants in wide-angle sitting, which cannot be effectively solved by timely inflation of airbag and enveloping airbag. It is further pointed out that it is a research direction to adopt the combination of timely inflation of front airbag and knee airbag according to the occupant's sitting posture sitting in front seat for the occupant in wide-angle sitting.

Key words: Reclined sitting, Timely inflation of airbag, Enveloping airbag, Knee airbag, Non-contact injury

【引用格式】商恩义, 李卫冬, 习波波, 等. 大角度坐姿下乘员非接触损伤研究[J]. 汽车工程师, 2025(3): 12-19.

SHANG E Y, LI W D, XI B B, et al. Study on Non-Contact Injury of Occupant in Wide-Angle Sitting Posture[J]. Automotive Engineer, 2025(3): 12-19.

1 前言

汽车碰撞事故中的人体损伤除了由直接接触、碰撞、外部挤压造成的外部损伤外,还包括由非接触性的、惯性导致的内部变形等,如头部快速转动造成的脑部组织剪切失效、颈部损伤,心脏因惯性产生的移动使心脏主动脉拉断等。对于直接接触造成的头部、颈部、胸部、膝部等部位损伤,损伤容限研究相对成熟,法规中已有针对性评价。对于头部和胸部的非接触性损伤,当前还主要处于有限元仿真研究阶段,欧盟新车评价规程正面碰撞工作组

(Frontal Impact Working Group, FIWG)和脑损伤工作组(Brain Injury Working Group, BIWG)通过头部有限元模型研究了头部被动转动造成的损伤的衡量标准^[1]。孙浩等^[2]通过仿真研究获得了撞击力、颅内加速度、颅内典型碰撞位置的应力和压力变化规律。栗志杰等^[3]研究了脑组织挫裂伤损伤机理。郑佳佳^[4]、唐亮等^[5]研究发现正面碰撞中胸椎轴向冲击速度与乘员胸椎损伤具有显著的相关性。张振军等^[6]总结了有限元法在腰椎生物力学应用中的研究进展,并对其应用前景进行了展望。陈吉清等^[7]研究获得了胸腹部钝性撞击试验中肝脏动力学响应

和损伤风险较高位置的应力分布特点,指出胸部响应指标与肝脏损伤程度(用应力、应变峰值表示)的相关性随加载条件的差异而变化。兰凤崇等^[8]指出人体胸部和腹部的损伤在汽车交通事故中占比很大,并通过建立人体胸-腹部生物力学有限元仿真模型反映损伤程度。

当前,汽车座椅、约束系统等相关技术发展迅速,如零重力座椅的靠背角度可调节至 45° 以上,为乘员提供大角度坐姿,顶置气囊、环抱式气囊为乘员提供了多样化的保护。新技术在解决乘员舒适性、局部安全性的同时,也改变了汽车事故中乘员的损伤方式和机理。如乘员在大角度坐姿下,由于头部与汽车内饰间距离增大,当前约束系统无法提供有效保护。根据乘员坐姿适时起爆安全气囊、采用环抱式气囊等保护方案虽在不断研究,但其可行性仍基于直接接触损伤相关法规进行评价,很少考虑碰撞中的非接触损伤。因此,依托当前中国新车评价规程(China-New Car Assessment Program, C-NCAP),本文针对坐姿角度适时起爆安全气囊和采用环抱式气囊进行滑台试验,对大角度坐姿下乘员非接触损伤进行探索性研究。

2 滑台试验方案

C-NCAP指定的正面100%重叠刚性壁障碰撞试验和正面50%重叠移动渐进变形壁障(Mobile Progressive Deformable Barrier, MPDB)碰撞试验中,分别使用Hybrid III 50th假人和THOR 50th假人,评价方法成熟。THOR AV假人是THOR 50th假人的升级版,虽未完全定型,但可参考THOR 50th假人的评价在研究工作中使用。综合标准规定及座椅调节能

力,本文采用Hybrid III 50th假人和THOR AV假人。

建立假人加速度和载荷坐标系^[9]: x 向为前后方向, y 向为左右方向, z 向为上下方向。对于加速度, x 向前为正, y 向右为正, z 向下为正。对于假人颈部载荷: F_x 为头向后、胸向前为正; F_y 为头向左、胸向右为正; F_z 为受拉为正; M_x 为头向前、胸向后为正,正向称为弯曲弯矩,负向称为伸张弯矩; M_z 为下颌扭向左肩为正,称为扭矩。对于胸椎T12- F_z 和大腿轴向力 F_d ,受拉为正,受压为负。

当前C-NCAP标准的正面碰撞速度为50 km/h,未来将提升至56 km/h。某车型已完成正面约束系统开发,以该车型50 km/h和56 km/h正面碰撞试验中B柱下 x 向加速度作为滑台试验加速度,分别进行A组、B组滑台试验,加速度曲线如图1所示。

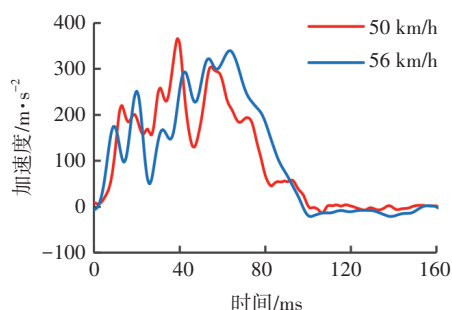


图1 滑台试验加速度

以碰撞速度为50 km/h的约束系统开发试验A0作为基础试验。A组采用THOR AV假人进行4次试验。考虑到该款车后排无气囊,设计座椅滑台试验A1、A2。考虑前排乘员处于大角度坐姿,设计白车身滑台试验A3、A4,前方气囊依据座椅靠背角度延时起爆。B组试验模拟后排乘员使用情况,采用Hybrid III 50th假人基于座椅进行2次试验。试验工况如表1所示。

表1 假人大角度坐姿下滑台试验矩阵

试验序号	类型	气囊点火时刻	靠背角度/($^\circ$)	座垫角度/($^\circ$)	座垫类型	备注
A0	白车身	第20 ms	25	13	普通	
A1	座椅		45	13	普通	预紧限力式安全带,上固定点位于靠背上,限力值3 kN;安全带及座垫气囊第14 ms点火
A2	座椅		65	33	普通	
A3	白车身	第30 ms	45	27	普通	
A4	白车身	第50 ms	65	27	带气囊	
B1	座椅	第12 ms	25	10	普通	B2试验中座椅靠背角度和座垫角度由B1试验中座椅绕y轴旋转形成
B2	座椅	第12 ms	45	30	普通	

3 大角度坐姿下乘员非接触损伤分析

A组试验录像截屏如图2所示。A1试验中假

人运动姿态正常;A2试验中座椅安装支架在第49 ms时开始发生溃缩,即在假人下潜过程中座垫角度逐渐减小;A3和A4试验中未出现头部触底

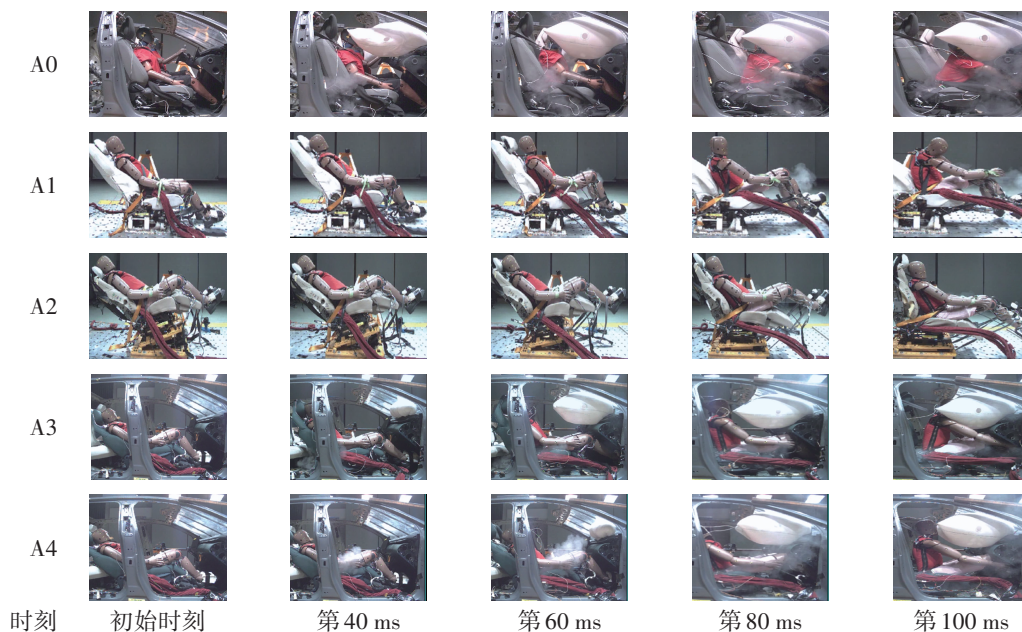


图2 A0和A组试验录像截屏

等现象。

B组试验采用环抱式气囊,该气囊由左、右两片组成,分别固定在座椅靠背两侧。两片气囊上均有带孔,限位带穿过带孔。气囊展开后,左侧气囊覆盖乘员左侧,右侧气囊前端转至胸前,与左侧气囊

在限位带的约束下共同对乘员形成包裹。B组试验录像截屏如图3所示。本文试验中,右侧气囊左端处于悬臂状态,假人头部与其接触后发生扭转,且大角度坐姿下头部扭转幅度相对较大。另外,气囊对头顶没有约束作用。

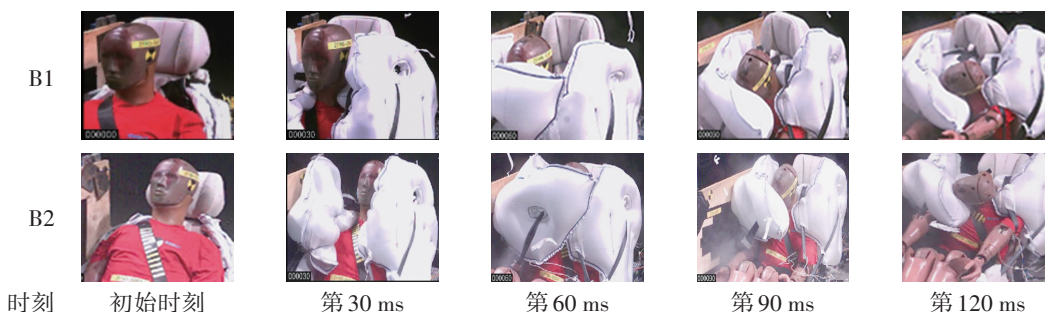


图3 B组试验录像截屏

3.1 大角度坐姿下乘员头部非接触损伤分析

在《C-NCAP管理规则(2024年版)》^[10]正面碰撞试验中,通过头部合成加速度计算头部伤害指数(HIC₁₅)对头部伤害进行评价,HIC₁₅高性能限值为500,低性能限值为700。

3.1.1 无安全气囊情况下乘员头部损伤

A0~A2试验中,假人头部HIC₁₅分别为220(第70~85 ms)、318(第98~113 ms)和138(第121~136 ms)。与A0试验相比,A1试验中HIC₁₅略有提高,A2试验由于座椅支架的变形缓冲作用,HIC₁₅略有下降。

A1和A2试验中,假人头部加速度如图4所示,合成加速度均以 a_z 为主,即无安全气囊保护下头部的损伤主要来自前向挥鞭。

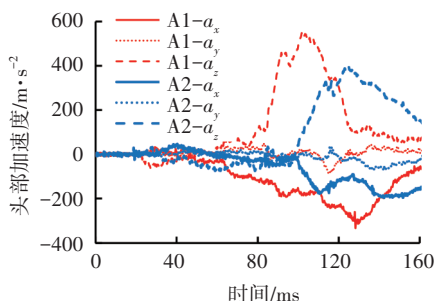


图4 A1和A2试验假人头部加速度

假人头部伤害来源为内力和外力,外力由头部与安全气囊或其他内饰碰撞产生,内力为头部向前离心运动、颈部回拉时向头部施加的载荷。当头部加速度与头部质量(4.54 kg)的乘积等于颈

部上部载荷时,可以确认该加速度为内力作用产生^[11-13],其大小也反映了非接触损伤的程度。A1和A2试验中,假人头部 a_z 与颈部上 F_z 基于时域的对比如图5所示,当力的纵坐标范围是加速度纵坐标范围的4.5倍时,2次试验中假人头部 a_z 与对应颈部上 F_z 在主体部分基本吻合,在头部向前挥鞭幅度较大的情况下,后颈部钢索拉扯作用增强。这说明大角度坐姿下,HIC₁₅增大是由头部惯性作用下前向挥鞭增强造成的。

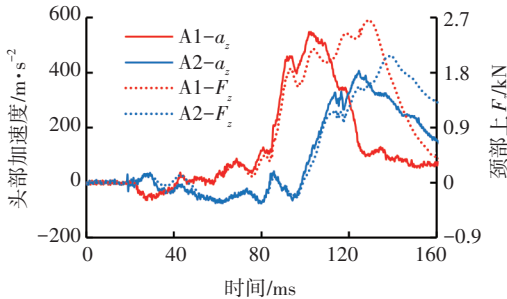


图5 A1和A2试验中假人头部 a_z 和颈部上 F_z

3.1.2 安全气囊适时起爆情况下乘员头部损伤

A3和A4试验中,HIC₁₅分别为304(第98~113 ms)和388(第112~127 ms),与A0试验相比,分别增大了38%和76%。

正面碰撞头部 a_y 较小,可将其忽略。A0、A3和A4试验中假人头部 a_x 和 a_z 如图6所示,在安全气囊的作用下,头部合成加速度均以 a_x 为主,但大角度坐姿下, a_z 幅值和脉宽与 a_x 接近,且坐姿角度越大, a_z 越大。

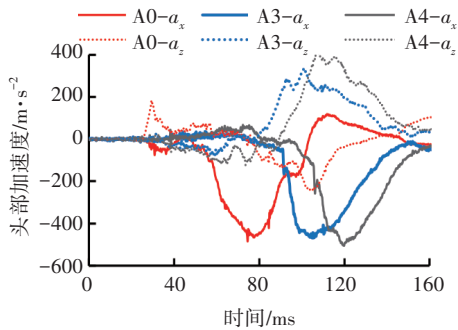


图6 A0、A3和A4试验假人头部加速度

A3和A4试验中,假人头部 a_z 与颈部上 F_z 如图7所示,当力与加速度的比值与头部质量相当时,2次试验中假人头部 a_z 与对应颈部上 F_z 基本吻合,HIC₁₅增大依然是内力增强造成,适时起爆安全气囊方案作用有限。

3.1.3 环抱式气囊作用下乘员头部损伤

B1和B2试验中,假人头部HIC₁₅分别为207(第75.5~95.5 ms)和471(第83.3~98.3 ms),B1试

验与A0试验的伤害值接近,B2试验相对B1试验提高了128%。

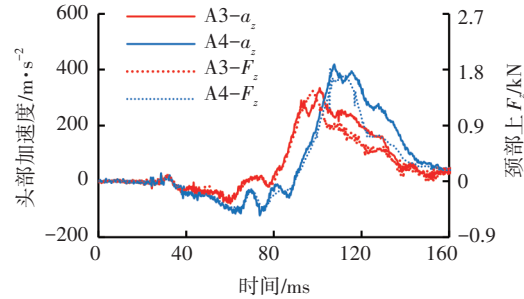


图7 A3和A4试验中假人头部 a_z 和颈部上 F_z

2次试验中假人头部加速度如图8所示,头部合成加速度均以 a_z 为主, a_x 幅值均约为300 m/s²,而 a_y 幅值则分别达到370 m/s²和590 m/s²。与A0试验假人头部加速度对比,气囊对头部 x 向的约束作用及对 z 向的限制均减弱。B2试验中HIC₁₅偏大的主要因素依然是 a_z 增大。

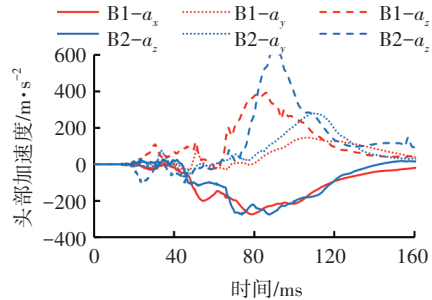


图8 B组试验中假人头部加速度

B1和B2试验中,假人头部加速度 a_z 与颈部上 F_z 基于时域对比如图9所示,当力与加速度的比值与头部质量相当时,2次试验中假人头部 a_z 与对应颈部上 F_z 全程接近,可确认2次试验中的 a_z 主要由 F_z 作用产生,只是B2试验中 F_z 和 a_z 较大,造成HIC₁₅相对B1试验有较大增幅。

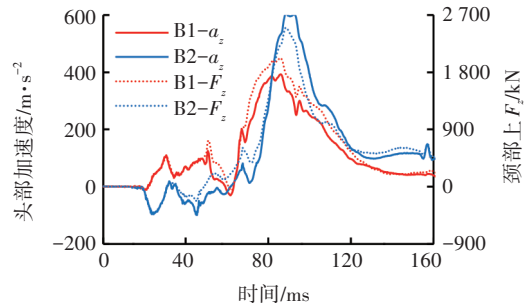


图9 B组试验中假人头部 a_z 和颈部上 F_z

3.1.4 大角度坐姿下头部非接触损伤

2组试验结果对比,大角度坐姿下,适时起爆安全气囊,乘员头部HIC₁₅产生在第120 ms前后,相对正常坐姿有约40 ms的延时。采用包裹式气囊,假

人头部 HIC_{15} 产生的时间变化不大。两种约束方式相比,适时起爆气囊对乘员头部 x 向约束较好,但因头部与安全气囊接触前挥鞭作用时间相对较长,导致 F_x 增大。环抱式气囊作用下,乘员头部与气囊接触较早,但气囊缺少支撑,对头部 x 向的保护较弱,同时,又因其对头顶缺少限制,其颈部 F_z 作用也较强。综合分析表明,大角度坐姿下,乘员头部前向挥鞭惯性作用增强,将导致脑部组织因拉扯、剪切

造成严重损伤的风险增加,且当前的2种保护方式均无法完全避免。

3.2 大角度坐姿下乘员颈部损伤分析

在正面碰撞试验中,乘员颈部通常为非接触损伤,《C-NCAP管理规则(2024年版)》评价指标如表2所示。另外,图2中假人头部在环抱式气囊作用下发生扭转,因此,本文针对颈部上 F_z 、伸张弯矩 M_y 和扭矩 M_z 研究乘员颈部伤害。

表2 正面100%碰撞前排假人颈部评价指标

指标	高性能限值	低性能限值	极限值
剪切力 F_x	1.90 kN@0 ms	3.10 kN@0 ms	3.10 kN@0 ms
	1.20 kN@25~35 ms	1.50 kN@25~35 ms	1.50 kN@25~35 ms
	1.10 kN@45 ms	1.10 kN@45 ms	1.10 kN@45 ms
张力 F_z	2.70 kN@0 ms	3.30 kN@0 ms	3.30 kN@0 ms
	2.30 kN@35 ms	2.90 kN@35 ms	2.90 kN@35 ms
	1.10 kN@60 ms	1.10 kN@60 ms	1.10 kN@60 ms
伸张弯矩 M_y	42.00 N·m	57.00 N·m	57.00 N·m

3.2.1 假人颈部上轴向损伤

A0~A4、B1、B2试验中,假人颈部上 F_z 如图10所示。A0试验最大轴向力为0.65 kN,对应的时刻为第65 ms。A1、A2试验最大轴向力分别为2.66 kN和2.07 kN,对应的时刻分别为第130 ms和第139 ms。A3、A4、B1和B2试验最大轴向力依次为1.45 kN、1.68 kN、2.0 kN和2.5 kN,对应的时刻分别为第98 ms、第113 ms、第83 ms和第88 ms,即所有最大值均发生在头部与气囊接触过程中。7次试验结果对比表明,碰撞中大角度坐姿将加重乘员颈部轴向拉伸损伤,且正面气囊和环抱式气囊不能起到有效保护作用。

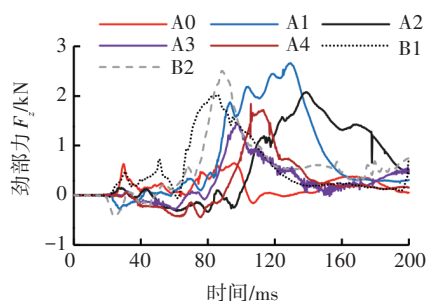
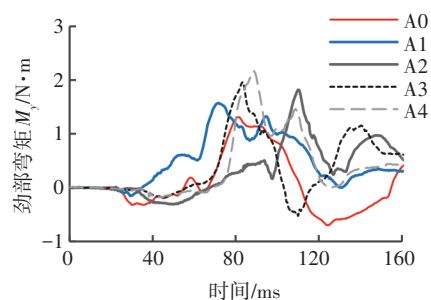


图10 假人颈部上 F_z

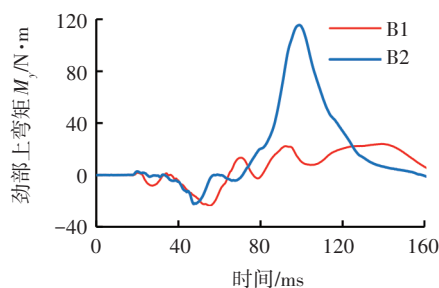
3.2.2 假人颈部上伸张弯矩损伤

通常,在正面碰撞初期,乘员头部会在胸部带动下抬起,颈部表现为伸张。7次试验颈部弯矩 M_y 如图11所示,A1~A4试验最大伸张弯矩均低于20 N·m,且A0试验中的伸张弯矩最大,为13.8 N·m。B1和B2试验中伸张弯矩也较小,B2试验中较大,但仅为20.8 N·m,远低于标准规定的高性能限值。该

结果表明,大角度坐姿下,胸部前倾带起头部的强度减弱,但在环抱式气囊作用下,由于包裹式气囊及其定位带对胸部产生的约束作用,弯曲弯矩将显著增大,B2试验中在第99 ms时刻 M_y 达到115 N·m,其是否会造成非接触损伤需要关注。



(a) A0~A4试验



(b) B组试验

图11 假人颈部上 M_y

3.2.3 假人颈部上扭矩损伤

在环抱气囊的作用下,假人头部发生扭转。B1、B2和A3试验中假人颈部扭矩 M_z 如图12所示,正常坐姿的B1试验中, M_z 幅值达到33 N·m;对于靠

背角同为 45° 的A3和B2试验,A3试验中 M_z 幅值仅为 $3\text{ N}\cdot\text{m}$,但B2试验中 M_z 幅值则达到 $57\text{ N}\cdot\text{m}$ 。扭转与伸张均为颈部易损伤方式,当前标准针对 M_z 没有限制,但如参照伸张弯矩 M_y 限值, 45° 坐姿下 M_z 已达极限值。

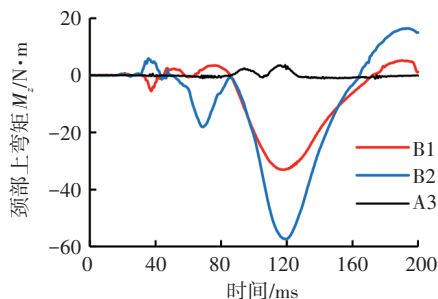


图12 假人颈部上 M_z

3.3 大角度坐姿下乘员胸部非接触损伤分析

C-NCAP针对胸部的评价指标包括压缩变形量和粘性指数,主要考虑对肋骨的挤压损伤进行评价。事实上,心脏主动脉破裂在事故中属于致命损伤,生还率极低。另外,当乘员发生下潜时,上躯干对胸椎过度挤压也会导致胸椎错位、碎裂。正面碰撞事故中,大角度坐姿下的乘员下潜趋势显著增加,当骨盆受阻,胸椎受挤压的强度及心脏沿 z 向惯性下坠的强度都将增加。

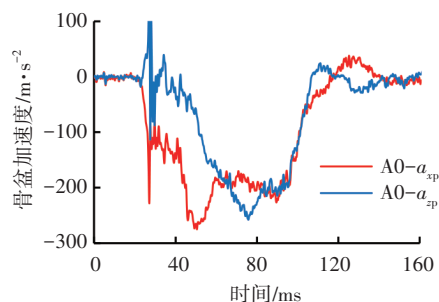
3.3.1 大角度坐姿下骨盆加速度

7次试验中假人骨盆加速度如图13所示,综合幅值和曲线所围面积,正常坐姿A0和B1试验中骨盆 a_{zp} 大于 a_{zp} ,大角度坐姿的5次试验中 a_{zp} 大于 a_{zp} 。A0和B1试验中 a_{zp} 幅值分别为 250 m/s^2 、 420 m/s^2 ,B1试验相对A0试验增大了68%。A1~A4试验中, a_{zp} 幅值分别为 496 m/s^2 、 424 m/s^2 、 476 m/s^2 、 490 m/s^2 ,平均值为 471.5 m/s^2 ,比A0试验中结果增大了88.6%;B2试验中 a_{zp} 幅值为 640 m/s^2 ,相对A0试验增大了156%。该结果表明,在 56 km/h 正面碰撞试验中,正常坐姿下,环抱式气囊造成的主动脉拉伤风险将提升60%以上。大角度坐姿下,相对正常坐姿,心脏主动脉拉伤风险将提升80%以上,且靠背角度越大,伤害风险越高,环抱式气囊较正面气囊高。

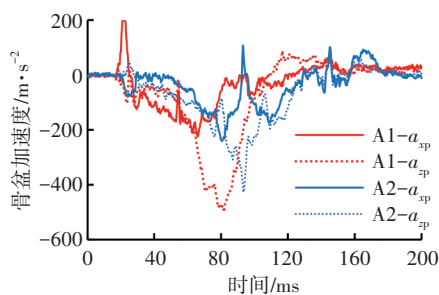
3.3.2 大角度坐姿下胸椎T12- F_z 损伤

THOR假人在胸椎T12位置安装有T12- F_z 传感器。某车型 25° 坐姿下MPDB滑台试验与A1~A4试验中假人胸椎T12- F_z 对比如图14所示。滑台试验中,T12- F_z 表现为前期受压、后期受拉,最大压力为 0.87 kN ,最大拉力为 1.55 kN 。A1~A4试验中,胸椎T12- F_z 均表现为受压,最大压力分别

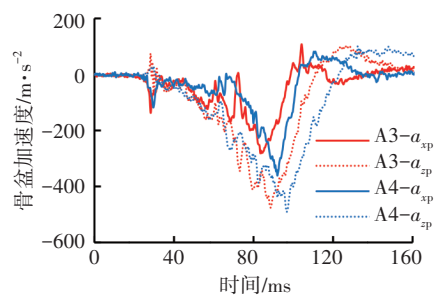
为 6.83 kN 、 6.72 kN 、 2.36 kN 和 3.72 kN 。该结果表明,假人下潜及翻起初期胸椎T12- F_z 变化趋势相似,角度越大,压力越趋于增大。碰撞后期前方无约束试验中胸椎T12- F_z 有明显增强过程,有约束试验中胸椎T12- F_z 趋于平台化,即后排大角度乘员损伤风险会翻倍增加;胸椎T12位置的受压程度也反映了胸腔内部器官相对胸腔的相对运动强度,因此,大角度坐姿下心脏大动脉受拉扯损伤风险也将成倍增加。



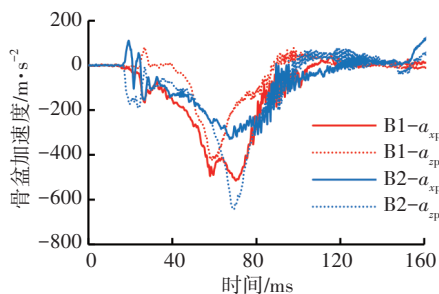
(a)A0试验



(b)A1和A2试验

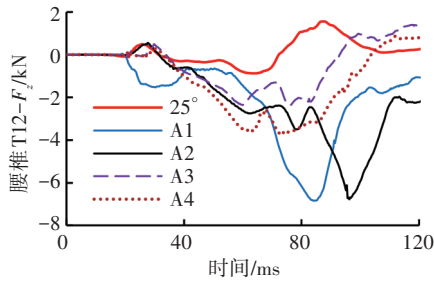


(c)A3和A4试验



(d)B1和B2试验

图13 假人骨盆加速度

图14 THOR AV假人胸椎T12- F_z

4 结束语

本文通过滑台试验研究,指出大角度坐姿下的乘员在碰撞过程中非接触损伤风险增加:脑部组织因拉扯、剪切造成的损伤将更加严重;颈部弯曲弯矩损伤有加重风险;乘员长时间近似水平下潜造成心脏向腹腔运动的强度增加,提高了心脏主动脉拉断风险;胸椎受躯干挤压断裂风险成倍增长。对于大角度坐姿下乘员的非接触损伤,通过适时起爆气囊和环抱式气囊均不能有效解决,采用正面气囊适时起爆并配以膝部气囊进行保护是一种研究方向。

参 考 文 献

- [1] PANKOKE S, HOFMANN J, WLFEL H P. Determination of Vibration-Related Spinal Loads by Numerical Simulation [J]. *Clinical Biomechanics*, 2001, 16(S1): 45-56.
- [2] 孙浩, 羊玢, 汪媛媛. 基于汽车碰撞事故的人体头部有限元模型建立与验证[J]. *南京工程学院学报(自然科学版)*, 2020(1): 55-59.
SUN H, YANG B, WANG A Y. Establishment and Validation of Human Head Finite Element Model Based on Automobile Collision Accident[J]. *Journal of Nanjing Institute of Technology (Natural Science Edition)*, 2020(1): 55-59.
- [3] 栗志杰, 由小川, 柳占立, 等. 基于三维头部数值模型的颅脑碰撞损伤机理研究[J]. *工程力学*, 2019(5): 246-256.
LI Z J, YOU X C, LIU Z L, et al. Study on the Mechanism of Brain Injury During Head Impact Based on the Three-Dimensional Numerical Head Model[J]. *Engineering Mechanics*, 2019(5): 246-256.
- [4] 郑佳佳. 面向正面碰撞的乘员胸椎生物力学模型与损伤机理[D]. 北京: 北京林业大学, 2021.
ZHENG J J. Biomechanical Model and Injury Mechanism of Lumbar Spine Facing Frontal Collision[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2021.
- [5] 唐亮, 郑佳佳, 李文熙, 等. 人体胸椎生物力学模型及损伤参数敏感性分析[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2020(9): 94-106.
TANG L, ZHENG J J, LI W X, et al. Biomechanical Model of Human Lumbar Spine and Sensitivity Analysis of Injury Parameters[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2020(9): 94-106.
- [6] 张振军, 李阳, 廖振华, 等. 有限元法在腰椎生物力学应用中的研究进展和展望[J]. *生物医学工程学杂志*, 2016(6): 1196-1202.
ZHANG Z J, LI Y, LIAO Z H, et al. Research Progress and Prospect of Applications of Finite Element Method in Lumbar Spine Biomechanics[J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2016(6): 1196-1202.
- [7] 陈吉清, 杜天亚, 兰凤崇. 钝性碰撞中人体肝脏生物力学响应数值分析[J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2018(2): 398-406.
CHEN J Q, DU T Y, LAN F C. Numerical Analysis of Human Liver Biomechanical Response to Bunt Impacts[J]. *Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition)*, 2018(2): 398-406.
- [8] 兰凤崇, 蔡志华, 陈吉清, 等. 汽车碰撞中胸-腹部的生物力学响应与损伤评价[J]. *华南理工大学学报(自然科学版)*, 2012(12): 70-78.
LAN F C, CAI Z H, CHEN J Q, et al. Biomechanical Responses and Injury Evaluation of Human Thorax and Abdomen During Vehicle Collision[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2012(12): 70-78.
- [9] SAE International. Instrumentation for Impact Test - Part 1 - Electronic Instrumentation: SAE J211-1[S]. Warrendale, PA, USA: SAE International, 2022.
- [10] 中国汽车技术研究中心有限公司. C-NCAP管理规则(2024年版)[S/OL]. (2023-09) [2024-04-28]. <https://www.c-ncap.org.cn>.
China Automobile Technology and Research Center Co., Ltd. C-NCAP Management Regulation (2024 Edition) [S/OL]. (2023-09) [2024-04-28]. <https://www.c-ncap.org.cn>.
- [11] 商恩义. E-NCAP正碰试验中假人头部伤害主观评价方法的改进[J]. *汽车安全与节能学报*, 2014(1): 47-51.
SHANG E Y. Improving the Subjectivity Assessment Method of the Dummy Head Injury in the E-NCAP Frontal Impacting Tests[J]. *Journal of Automotive Safety and Energy*, 2014(1): 47-51.
- [12] 商恩义, 李月明, 习波波, 等. C-NCAP中THOR 50th假人头部气囊触底评价方法探讨[J]. *汽车安全与节能学报*, 2021(2): 180-185.
SHANG E Y, LI Y M, XI B B, et al. Discuss on the Assessment Method of Airbag Bottoming-out by the THOR 50th Dummy Head in C-NCAP[J]. *Journal of Automotive Safety and Energy*, 2021(2): 180-185.

[13] 商恩义,张君媛,杨斌,等. 正面碰撞试验中假人头部及胸部受力分析方法的研究与应用[J]. 汽车技术, 2010(10): 18-21.
SHANG E Y, ZHANG J Y, YANG B, et al. Research on the Analysis Method of the Dummy's Head and Thorax Stress

in the Frontal Impact Test[J]. Automobile Technology, 2010(10): 18-21.

(责任编辑 白夜)

修改稿收到日期为2024年7月3日。

《汽车工程师》集中与分布式电驱动系统及其关键技术专刊征稿通知

作为战略新兴领域和新质生产力代表,新能源汽车产业的高速发展和电动汽车综合性能不断提升正在重塑汽车技术与品质、高端与豪华。多电机集中式与分布式电驱动系统是下一代模块化高性能新能源整车平台的关键技术,是汽车电驱动系统从中央集中式到轴独立式,再到轮独立式的变革性技术,对于扩展提升电驱动系统综合效率途径、实现驱底一体化底盘动力学综合控制、改善整车综合性能具有重要意义。

为此,《汽车工程师》计划推出“集中与分布式电驱动系统及其关键技术”专刊,并邀请吉林大学王军年教授担任客座主编,欢迎全国高校、科研院所和企事业单位研究团队踊跃投稿。

一、征稿主题(包含但不限于以下主题)

1. 高效驱动电机设计技术
2. 高功率密度轮毂电机技术
3. 多合一电驱动系统集成技术
4. 双电机耦合电动驱动桥技术
5. 全地形电动四驱技术
6. 多轴驱动高效匹配与转矩分配
7. 多目标四轮转矩优化分配技术
8. 驱动防滑与驱制动一体化控制技术
9. 驱动系统与底盘系统融合控制技术
10. 其他电驱动系统设计与控制技术

二、投稿须知

1. 请登录 www.tjqc.cbpt.cnki.net 在线投稿。
2. 论文具体要求见本刊主页“下载中心”栏目《作者指南》,投稿时请在系统内稿件基本信息的中文标题前增加“【集中与分布式电驱动系统及其关键技术专刊】”字样。
3. 投稿截止日期为2025年6月15日。
4. 论文录用并完成编辑加工后即在中国知网进行网络首发,纸质期刊预计出版时间为2025年11月15日。

三、特邀客座主编



王军年 教授

工学博士,教授,博导,吉林大学汽车工程学院汽车工程系主任、汽车基础实验教学中心主任、汽车研究所所长,《汽车技术》《汽车文摘》青年编委会委员,《汽车工程师》编委会委员。

主要研究方向为电动汽车动力传动与智能四驱技术、电动汽车能量管理与驱/制动控制、电动底盘集成设计与智行运动规控,发表学术论文约110篇,其中一作SCI/EI论文60余篇,授权中国发明专利165项、授权美国发明专利15项、授权软件著作权7项。曾获吉林省科技进步一等奖、中国汽车工业科技进步三等奖、吉林省自然科学学术成果二等奖、三等奖等。

《汽车工程师》编辑部