汽车正面碰撞中 6 岁儿童乘员胸部动力学分析

一. 成果完成人及所在单位： 叶凡，机械与汽车工程学院　　指导教师：韩勇

二. 成果简介：

本成果基于 ECE R129 法规，以 6 岁儿童乘员胸部损伤风险为研究对象，选取了某款增高垫型儿童约束系统（Child Restraint System， CRS），分析了该 CRS 约束系统下 Hybrid III 6-year-old (6YO)假人与 THUMS 6YO 人体有限元模型在正面碰撞中的损伤风险，并建立胸部动力学方程，分析各个部分受力情况，得出 THUMS 模型相对于 Hybrid III 模型儿童乘员的运动幅度更大、面部与胸部接触区域更广以及胸部压缩量更大：儿童乘员表现正常且各项伤害值偏低，但是儿童乘员胸部内脏软组织器官所受的应力应变均超出了损伤阈值得结果。由结果进一步探讨胸部加速度、胸部压缩量与各部分力之间的关系，发现安全带肩带力是影响胸部加速度与胸部压缩量大小的主要因素。

三. 主要研究内容及创新点：

针对如图 1 所示 Hybird III 6 岁假人胸部所受的内外力为研究对象，基于前人的研究成果，总结得出正面碰撞过程中儿童胸部的主要外力是安全带肩带力和下颚与胸部的接触力，建立了假人胸部动力学方程，定义假人胸部质量为 m_{chest}，胸部重心加速度为 a_{chest}，水平向右为正方向，水平向左为负方向；假人胸部压缩量为 D（单位：mm）,用 F_{ax} 和 F_{dx} 分别表示产生胸部加速度的力与产生胸部压缩量的力，用 F_x 表示正面碰撞过程中产生 X 向各部分力的合力，在正面碰撞过程中，假人正常姿态下，根据下式(1)-(3)，推到得到作用于假人胸部的动力学方程式(4)，其中 F_{neck}、$F_{shoulder(l)}$、$F_{shoulder(r)}$、F_{lumbar} 分别为下颈部、肋骨和腰椎所产生的内力；下颚与胸部的接触力 $F_{chin\text{-}chest}$；作用于胸部的外力安全带肩带力 $F_{seatbelt}$；

$$F_{ax} = m_{chest}a_{chest-x} \quad (1) \qquad F_{dx} = KD \times 10^3 \quad (2) \qquad \sum F_x \approx F_{ax} \approx F_{dx} \quad (3)$$

$$\sum Fx = \vec{F}_{seatbelt} + \vec{F}_{neck} + \vec{F}_{shoulder(l)} + \vec{F}_{shoulder(r)} + \vec{F}_{lumbar} + \vec{F}_{chin\text{-}chest} \quad (4)$$

为了准确分析出正面碰撞过程中儿童胸部的受力情况，对假人胸部进行受力分析。通过 LSDYNA 计算后，通过数据处理得出 Hybrid III 假人 X 方向各部分力变化的曲线图，如图 2 所示。从图中可以直观的看到各部分受力情况的共同点：产生胸部 X 向合力的外力主要是安全带肩带力和儿童下颚与胸部的接触力，肩带力对胸部的影响较大，接触力影响较小几乎可以忽略；内力主要是儿童颈部力的作用且与合力方向相反，其他各部分内力影响较小，几乎可以忽略不计。综合各部分力的大小，能够得出安全带肩带力是影响胸部变形量与胸部加速度大小的主要因素。

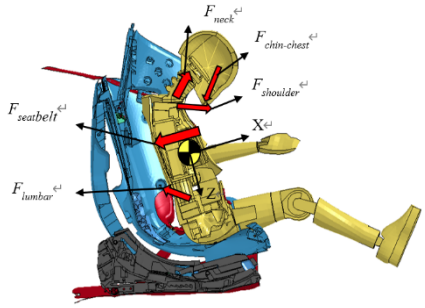


图 1 HybirdIII 6 岁儿童假人胸部所受的内外力

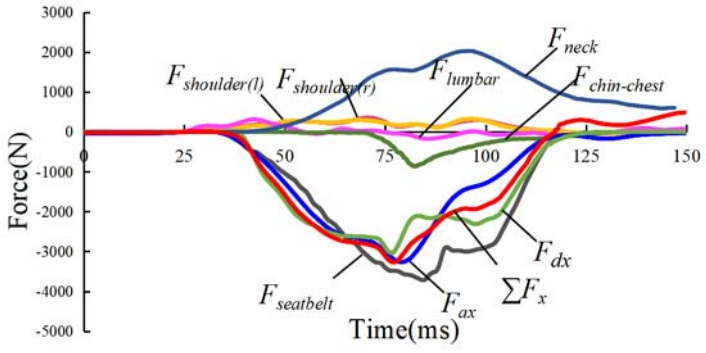


图 2 作用于 Hybrid III 6 岁儿童假人胸部的力

四. 主要研究成果及应用情况

在第二十四届汽车安全技术国际学术会议发表会议论文 1 篇。

联系人：叶凡，　　电　话：18624991239　　Email:yefan1998@outlook.com