

Application of Vehicle EDR Data in the Reconstruction of Traffic Accident

Jinlong Qiu, Sen Su, Wenjun Liu, Yongyong Zhang, Zhiyong Yin*

Chongqing Key Laboratory of Vehicle Crash/Bio-Impact and Traffic Safety, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing
Email: *147210@qq.com, tmmu_c@foxmail.com

Received: Mar. 10th, 2017; accepted: Mar. 24th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

Traffic accident reconstruction is based on the depth of the investigation and analysis of the form of traffic accidents, which is the key basic technical for traffic management departments to determine the responsibility and the basis of judicial trial. The existing traffic accident reconstruction methods are not accurate because of the manual measurement errors and traces of missing. EDR can record the behavior of the driver and the driving state of the vehicle before and during the collision. This paper introduces the application of EDR data in traffic accident reconstruction by reconstructing two real traffic accidents.

Keywords

Road Traffic Accident, Collision Reconstruction, Event Data Recorders (EDR)

汽车EDR数据在交通事故重建中的应用

邱金龙, 苏 森, 刘文君, 张永永, 尹志勇*

第三军医大学大坪医院野战外科研究所, 车辆/生物碰撞安全重庆市重点实验室, 重庆
Email: *147210@qq.com, tmmu_c@foxmail.com

收稿日期: 2017年3月10日; 录用日期: 2017年3月24日; 发布日期: 2017年3月31日

摘 要

交通事故重建是在深度调查分析的基础上对交通事故形态做出的推断, 是公安交通管理部门进行责任认定, 法院进行司法审判的关键技术依据, 现有交通事故重建方法常受到人工测量误差, 痕迹缺失等影响

*通讯作者。

造成重建不准确。EDR可以记录交通事故碰撞前和碰撞过程中驾驶员操作行为及车辆行驶状态，本文通过对两起真实交通事故进行重建，介绍了EDR数据在交通事故重建中的应用。

关键词

道路交通事故，事故重建，事故数据记录器

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来，我国每年因交通事故死亡超过 5 万人，直接经济损失达 10 亿[1]。交通事故是一个复杂的过程，涉及人、车、路、环境等多方面的因素，交通事故过程的准确重建对交通事故责任认定、保险理赔，车辆安全性能改进及人体损伤生物力学研究等具有多方面的意义。传统事故重建方法依靠人工采集事故现场轮胎痕迹，散落物位置以及车辆变形量等事故后信息，利用经验公式对车辆碰撞前速度、行驶轨迹和车辆动力学响应过程进行重建。但由于现在车辆普遍配备 ABS 系统，很难留下轮胎制动痕迹以及人工测量的误差等因素，造成事故重建的准确度不够，EDR (event data recorders)是整合于车辆气囊控制模块内部，用来记录碰撞发生前、碰撞中及碰撞后动态时间序列数据的装置。它可以记录碰撞前 5 s 的速度、加速度变化、制动踏板状态、安全带使用情况等 15 项数据[2]，这些数据将为交通事故的准确重建提供重要依据。

2. 交通事故重建

在交通事故司法鉴定领域，GA/T643-2006《典型交通事故形态车辆行驶速度技术鉴定》是速度重建最常用的方法规范，这种方法在事故形态和过程分析的基础上，利用经理力学、实验数据和经验公式计算车辆各运动过程中的速度，其中包括：根据车辆制动痕迹或侧滑痕迹的速度计算公式；根据行人抛距的计算公式；根据碰撞前后车辆塑性变形及动量能量守恒的计算公式；根据摩托车轴距压缩量计算公式等，这种方法只能针对典型交通事故形态计算，对现场痕迹较少，又不符合典型事故的案件无法进行计算。另外还可以根据行车记录仪和监控视频，利用车辆驶过一段距离的时间，计算车辆在这一段路程内的平均行驶速度，这种方法理论上来说精度较高，但往往由于现场拍摄角度不佳，造成在实际应用中亦存在较大误差，且无法准确计算碰撞发生时刻车辆的行驶速度。EDR 数据可以记录碰撞前 5 s 车辆的行驶速度，国内外对 EDR 数据的记录精度进行了大量研究，众多研究结果表明[3] [4] [5]碰撞前车辆行驶速度误差均未超过 3 km/h，EDR 数据为速度重建提供准确且公信力高的方法。

交通事故形态重建是一个复杂的过程，需要结合现场痕迹、人体损伤、车辆变形、道路线性等多方面因素综合考虑，对重建者的经验要求比较高。目前事故过程重建常采用 PC-CRASH、EDCRASH、PRESCAN、CARSIM 等计算机模拟软件来辅助进行，其中，PC-CRASH 经过不断更新、升级，在单刚体模型的基础上加入了多刚体和有限元计算模型，目前已经得到道路交通事故重建领域的普遍认可，成为应用最广泛的事故模拟软件。重建方法是将初始的运动方向、速度等参数作为输入，将碰撞物最终位置和轨迹与重建结果进行比较，不断修改输入参数直至重建结果与事故现场记录的数据相吻合为止。EDR 记录的碰撞前速度、制动踏板状态、加速踏板状态、转向角信息、安全带使用情况等都可以作为事故过

程重建的输入参数，这些信息在传统重建方法中是难以获取的。

3. EDR 数据

2006 年，美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)发布了 EDR 的定义和强制标准(49 CFR Part 563)，要求协议规定配置了 EDR 模块的车辆必须记录 15 项数据：纵向的 ΔV 、纵向最大 ΔV 、达到最大 ΔV 时间、 $-5\sim 0$ s 的车速、加速踏板状态、制动状态、碰撞时的点火周期、数据下载时的点火周期、驾驶员安全带使用情况、正面气囊警示灯、前排驾驶位气囊点爆时间、前排右侧气囊点爆时间、复杂事故编号、事故 1 与事故 2 时间间隔、文件完整性标示等，随着 EDR 的发展，福特、丰田等厂商开始将车辆转向角的变化、ABS 状态等参数集成在内。根据 NHTSA 的调查，2013 年美国市场约有 96% 的车辆配备了 EDR [6]，公众可以通过博世公司的碰撞数据再现系统(Crash Data Retrieval, CDR)获取 EDR 数据，中国虽然未发布 EDR 的相关标准，但得益于合资车辆的引入，仍可通过 CDR 系统读取丰田、通用等部分车型的 EDR 数据。

4. EDR 数据应用案例

案例 1：在某省高速公路下道口处，一辆丰田轿车与一辆雷克萨斯轿车发生尾随碰撞，碰撞后两车停驶于路口导流线内，现场留下多条轮胎侧滑痕迹，图 1 为根据航拍图像重建出来的交通事故实景图。根据两车变形痕迹分析，本次事故形态为丰田轿车右前部与雷克萨斯轿车左后尾部发生碰撞，后两车均发生旋转，丰田轿车尾部与雷克萨斯左后部再次发生接触。

在本次事故中，两车的行驶速度及碰撞点的位置是事故重建的重点，也是交警部门出具责任认定书的重要依据，事故中两车碰撞不属于全宽碰撞，且碰撞发生后两车均发生了侧滑旋转，然后再与现场沙桶发生了碰撞，事故形态复杂，无法依靠 GA/T643-2006《典型交通事故形态车辆行驶速度技术鉴定》进行计算。因此对两车 ECU 部件进行提取，并通过 EDR 数据读取工具对气囊 ECU 中的 EDR 数据进行读取，具体数据如图 2、图 3。

根据丰田轿车 EDR 数据，车辆在碰撞前 4.7 秒至碰撞发生时：速度 94 km/h~95 km/h、档位为 D 挡、期间未踩制动踏板、引擎转速维持在 2300 转/分、油门踏板维持在 13%~16.5%。

根据雷克萨斯轿车 EDR 数据，车辆在碰撞前 4.8 秒至碰撞发生时：速度在 3 km/h~5 km/h、档位为 D 挡、期间制动踏板断续踩踏、引擎转速在 700~600 转/分、期间未踩油门、方向盘由逆时针 120 度变化至顺时针 48 度。

通过 EDR 数据和现场部分监控视频资料，可以对碰撞前两车的行驶轨迹进行重建(图 4，黑色车辆为雷克萨斯轿车、白色车辆为丰田轿车)。根据路面上侧滑痕迹，结合两车的最终位置，在 PC-CRASH 仿真软件中输入两车的质量及尺寸信息，对两车碰撞角度及位置进行重建，以轮胎侧滑痕迹与现场侧滑痕迹符合为仿真结果。经过仿真最终得出如图 5 条件下的仿真与现场的侧滑痕迹最为吻合。

通过完整的重建可以得出结论：雷克萨斯轿车事发前减速进入导流线内并停止，在事发生时以 4 km/h 的速度缓慢行驶，并有向左转向的操作；而丰田轿车事发前以直线的运动轨迹连续向右变道，并以 94 km/h~95 km/h 的速度行驶直至碰撞雷克萨斯轿车，期间未制动、未松油门。

案例 2：在某省道一辆雪佛兰小轿车与道路中救援装载机发生碰撞，造成雪佛兰轿车驾驶人死亡。根据两车碰撞形态，雪佛兰轿车与装载机车发生碰撞后共同向前运动了一段距离并停驶于最终位置，据此可运用动量能量守恒定律计算雪佛兰轿车碰撞发生时的行驶速度：

$$\begin{cases} m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_{11} + m_2 v_{21} \\ \frac{1}{2} m_1 v_{10}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{11}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{21}^2 + E \end{cases} \quad (1)$$



Figure 1. Real image reconstruction of traffic accident scene
图 1. 交通事故现场重建实景图像

Time	Pre-Crash										TRG activation	[sec]	
	-4.7	-4.2	-3.7	-3.2	-2.7	-2.2	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0		
Vehicle Speed	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	[km/h]
Accelerator Pedal, % Full	13.0	14.5	15.5	15.5	15.5	16.0	15.5	14.5	16.0	16.5	16.5	16.5	[%]
Percentage of Engine Throttle	7.5	9.0	9.5	9.5	10.0	10.0	9.5	7.5	10.0	10.5	10.5	10.5	[%]
Engine RPM	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	[RPM]
Motor RPM	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	[RPM]
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	-
Brake Oil Pressure	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[Mpa]
Longitudinal Acceleration, VSC Sensor	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	[m/s ²]
Yaw Rate	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	[deg/s]
Steering Input	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	[degrees]
Shift Position	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-
Sequential Shift Range	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	-
Cruise Control Status	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	-

Figure 2. TOYOTA car EDR data
图 2. 丰田轿车 EDR 数据

Time	Pre-Crash										TRG activation	[sec]	
	-4.7	-4.2	-3.7	-3.2	-2.7	-2.2	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0		
Vehicle Speed	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	46	46	[km/h]
Accelerator Pedal, % Full	11.0	15.0	16.0	14.0	14.0	14.0	15.5	14.0	13.0	13.0	13.0	13.0	[%]
Percentage of Engine Throttle	4.5	5.0	5.5	5.0	5.0	4.5	6.0	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	[%]
Engine RPM	1400	1400	1600	1600	1500	1500	1500	1400	1400	1400	1400	1400	[RPM]
Motor RPM	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	[RPM]
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	-
Brake Oil Pressure	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[Mpa]
Longitudinal Acceleration, VSC Sensor	-0.07	-0.29	-0.29	0.07	0.22	-0.29	-0.86	0.36	-0.50	-0.14	-4.45	-4.45	[m/s ²]
Yaw Rate	0.0	-2.4	-0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.0	0.0	0.0	-1.0	-2.0	-2.0	[deg/s]
Steering Input	0	-9	-3	0	-3	-6	-3	0	0	-3	-3	-3	[degrees]
Shift Position	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-
Sequential Shift Range	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	Unde-termined	-
Cruise Control Status	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	-

Figure 3. Lexus car EDR data
图 3. 雷克萨斯轿车 EDR 数据



Figure 4. Two vehicle running track before the incident
图 4. 事发前两车行驶轨迹

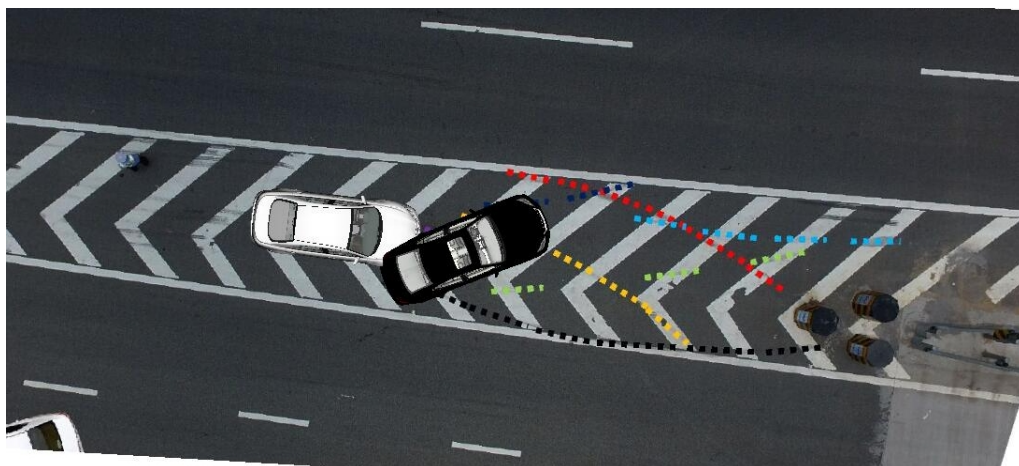


Figure 5. Simulation of the collision position and collision angle
图 5. 仿真的碰撞位置与碰撞角度

式中 E 为两车碰撞变形吸收的能量, B 为变形宽度, x 为变量:

$$E = \int_0^x F dx = \int_0^x (C_A + C_B x) B dx \quad (2)$$

若根据上述公式计算, 可得出雪佛兰轿车碰撞发生时的行驶速度为 91~97 km/h, 而通过读取车辆的 EDR 数据, 可知事故发生时, 雪佛兰轿车的行驶速度高达 174 km/h, 在碰撞发生前 2.5 s~1.5 s 时间段内驾驶员采取了制动措施, 车辆行驶速度由 171 km/h 降低至 157 km/h, 碰撞发生时车辆的行驶速度为 152 km/h。EDR 记录的数据与通过传统计算方法得出的数据差异较大。这是由于随着车辆结构中不断采用新型钢质材料, 其力学特性和传导特性与塑性变形差异较大, 依靠变形量来计算变形能量将产生较大误差, 尤其在车速较高的情况下, 因此在交通事故速度重建过程中, 应将典型交通事故形态车速计算方法、基于监控视频和车载视频的车速计算方法、以及 EDR 数据综合应用来提高速度重建的精度。在安全气囊点爆之后 EDR 数据具有只读性和不可覆盖性, 任何手段都无法对数据进行更改, 具有更高的社会公信力, 随着 EDR 技术的普及, EDR 数据将成为交通事故速度重建中最重要的方法之一。

5. 结论与展望

EDR 数据可以记录现场痕迹勘察、车辆勘察等传统调查方法中无法获取的信息, 可以作为交通事故

深度调查方法的一项重要补充内容。在交通事故重建过程中，可以直接利用 EDR 数据记录的碰撞前 5 s 信息得出车速，这大大提高了车速重建的精度与可信度，还可以综合利用碰撞前驾驶员操作行为和车辆行驶状态对事故形态进行重建。美国、欧盟、日本都相继发布了 EDR 规范，用来强制车辆安装 EDR 并开放公众读取权限。经过 10 几年的发展，美国建立了 NASS-CDS (Crashworthiness Data System)、SCI (Special Crash Investigation)、CIREN (Crash Injury Research and Engineering Network)三大数据库，每年收集具有 EDR 数据的交通事故案例超过 5000 例，且利用 EDR 数据开展了人体损伤生物力学、驾驶行为分析等大量研究。中国尚未发布相关标准，这极大的限制了 EDR 数据的采集，亟待我国出台 EDR 数据相关规范。

课题信息

“十三五”国家重点研发计划：人体损伤数字化构模与损伤生物力学参数化研究 (2016YFC0800702-3)。

参考文献 (References)

- [1] 公安部交通管理局. 2015 年中华人民共和国道路交通事故统计年报[R]. 北京: 公安部交通管理局, 2015.
- [2] National Highway Traffic Safety Administration (2006) Final Rule Event Data Recorders, 49 CFR Part 563, Docket No. NHTSA-2006-25666.
- [3] Niehoff, P., Gabler, H.C., Brophy, J., *et al.* (2005) Evaluation of Event Data Recorders in Full Systems Crash Tests. *19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, Washington DC, 6-9 June 2005, 16 p.
- [4] Takubo, N., Oga, R., Kato, K., *et al.* (2010) Evaluation of Event Data Recorder Based on Crash Tests. *Berichte Der Bundesanstalt Fuer Strassenwesen, Unterreihe Fahrzeugtechnik*, **77**, 14 p.
- [5] Tsoi, A., Hinch, J., Ruth, R., *et al.* (2013) Validation of Event Data Recorders in High Severity Full-Frontal Crash Tests. *SAE International Journal of Transportation Safety*, **1**, 76-99. <https://doi.org/10.4271/2013-01-1265>
- [6] Kusano, K.D., Sherony, R. and Gabler, H.C. (2013) Methodology for Using Advanced Event Data Recorders to Reconstruct Vehicle Trajectories for Use in Safety Impact Methodologies (SIM). *Traffic Injury Prevention*, **14**, S77-S86.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojtt@hanspub.org