

Study on Vehicle Rollover Test

Xie boyuan¹ Zhu xichan² Diao zengxiang³

(1.School of Automobile,Tongji University, Shanghai 201804; Vehicle Proving Ground of GA, Nanjing, 210028;

2. School of Automobile,Tongji University, Shanghai 201804; 3. Vehicle Proving Ground of GA, Nanjing, 210028)

Abstract: Vehicle rollover accident is one of the main accident types resulting in fatal loss. Rollover accidents happened on highway account for leading proportion in China. The structures and characteristics of safety equipments of highway were researched with the popular rollover tests together in this paper, in order to put forward the performances and conditions of rollover tests according with the traffic practice in Chian.

Keywords: Rollover accidents, Test methodology, Test design, Relationship

汽车翻滚试验方法研究

谢伯元¹, 朱西产², 刁增祥³

(1. 同济大学汽车学院, 上海市 201804; 总装备部汽车试验场, 南京市, 210028;

2. 同济大学汽车学院, 上海市 201804; 3. 总装备部汽车试验场, 南京市, 210028)

摘要: 汽车翻滚事故是造成重大人员和财产损失的主要事故类型之一。在我国, 等级公路上发生的汽车翻滚事故占据了绝大部分。本文研究了等级公路上主要安全设施的结构及参数, 结合国际上目前流行的翻滚事故试验方法, 提出了与我国到交通实际情况相符合的翻滚试验设计参数和试验条件, 可以为我国开展翻滚试验研究提供参考。

关键词: 翻滚事故, 试验方法, 试验设计, 关联性

1 引言

汽车翻滚事故是指指汽车绕其纵轴或横轴旋转 90° 以上的一种特殊的运动形式, 主要分为绊翻、坠翻、侧翻、滑翻、跳翻、空翻、爬翻和与汽车相撞引起的翻滚等八种事故形态^[1]。汽车翻滚事故是导致道路交通事故死亡的主要形式之一, 在美国, 据统计, 翻滚约占碰撞事故总数的 2.4%, 但是造成的死亡人数占汽车碰撞事故死亡总数的 33%^[2]; 在欧洲, 翻滚事故占碰撞事故总数的 5%, 但是造成的死亡人数占总数的 20%^[1]; 在澳大利亚其造成的死亡人数也占到了总数的 20%^[1]; 在我国, 由于车辆结构比例、道路交通状况和驾驶习惯等原因, 翻车常常造成群死群伤的重特大交通事故, 据公安部交通管理局统计, 2006 年, 我国发生的翻车和坠车事故占交通事故总数的 3.5%, 死亡人数占总数的 8.3%^[3]。

翻滚试验是对翻滚事故进行复现的重要手段之一, 其研究对象主要为在各种不同的道路条件下汽车的翻滚过程和翻滚过程中的乘员保护。目前国际上翻滚试验方法繁多, 其主要类型有边坡翻滚试验 (embankment)、临界侧滑速度试验 (CSV)、FMVSS 208 台车翻滚试验、路缘绊翻试验 (SCT)、受控的翻滚碰撞试验 (CRIS)、沙地翻滚试验 (soil trip)、螺旋翻滚试验 (corkscrew)、减速台车试验 (Deceleration sled) 等^[4], 多达十余种。

2 翻滚事故交通特征与试验关联性研究

2.1 公路翻滚事故现状

翻滚事故主要以单车事故为主, 其诱因与道路交通状况、路边障碍物、驾驶行为密切相关。在我国, 翻滚事故主要发生在等级公路上。干线公路的汽车翻滚事故死亡率较高, 其中国道和省道分别达到 145.8 人/万公里和 77.2 人/万公里; 等级公路中, 三级及以上公路的汽车翻滚事故死亡率较高, 其中以高速公路为 134 人/万公里。

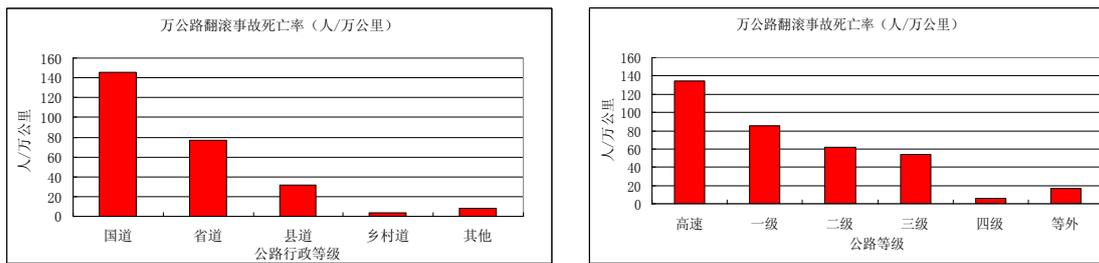


图 1 各等级公路万公里翻滚事故死亡率 (2006 年)

无论从翻滚事故死亡的绝对数还是从万公里翻滚事故死亡率来看,研究三级及三级以上等级公路的汽车翻滚事故比研究其他公路上的翻滚事故要来的迫切和更有必要。

2.2 等级公路翻滚事故特征分析

汽车翻滚事故与路边障碍物有密切的关系。例如:导致汽车绊翻的主要原因是汽车与路缘 (curb) 的碰撞,导致汽车侧翻的主要原因是护栏端部的楔形结构和路沟的背坡。因此,在汽车翻滚试验中,通常将路边障碍物作为引起汽车翻滚的试验条件。

2.2.1 等级公路翻滚事故基本特征^{[5][6]}

高速公路和一级公路主要有分离式和整体式两种结构,车道为四车道~八车道,车速为 60km/h~120km/h,通常两侧设有波形梁护栏,中间有绿化隔离带或者混凝土护栏,其主要翻滚事故类型为汽车与护栏或路缘石碰撞 (绊翻)、汽车爬上护栏端部 (侧翻)、汽车失控引起的翻滚 (滑翻)。

二级、三级公路为整体式,车道为双车道,车速为 30km/h~80km/h,其主要翻滚事故类型为汽车与汽车碰撞引起的翻滚、汽车冲下公路边坡引起的翻滚 (坠翻)、汽车与电线杆和树等碰撞引起的翻滚 (跳翻)、和汽车驶离车道线引起的翻滚 (绊翻)。

2.2.2 边坡

边坡引起的翻滚主要是汽车冲下行车道,沿边坡行驶而导致的翻滚,边坡的角度是确定边坡翻滚试验 (embankment) 的关键参数。在我国,将安装护栏的起点设置为边坡坡度在 45°;路堤高度在 2.5m 以上,即边坡和路堤在该要求以下的公路是不设置护栏的。因此,在设计边坡翻滚试验时必须考虑这一因素。

2.2.3 护栏

护栏引起的翻滚主要有两种形式:一是汽车与护栏相撞引起的翻滚,二是汽车爬上护栏端部楔形结构引起的翻滚。第一种翻滚形式显然要比汽车与路缘石相撞引起的翻滚要轻微得多,因此这种形式的翻滚可以与路缘绊翻合并研究;第二种翻滚形式是确定螺旋翻滚试验 (corkscrew) 的主要依据,我国现行的混凝土护栏和波形梁护栏的端部结构角度分别为 15.1° 和 11.5°;而安装护栏的公路基本都是高速公路和等级公路,其车速都范围为 60km/h~120km/h。

2.2.4 路缘

路缘石引起的翻滚主要是绊翻。路缘石的高度是设计路缘绊翻的主要参数。据统计,我国目前路缘石安装时,立缘石外露尺寸主要有 200mm、180mm、150mm、120mm 四种,其中,高速和一级公路上以 120mm 为主,二级以 100~120mm 为主,二级以下公路以 100~120mm 为主或设置平道牙,隧道、弯曲路段或陡峻路段可高出地面 250mm~400mm,城市道路与小区道路以 150mm 最为常见。

据统计,我国高速公路上小型车的平均车速为 116km/h,汽车与路边障碍物碰撞角度统计值的第 85 百分位值为 21.6°;考虑到高速公路车速的限值和国际上公路设计的惯例,可以确定汽车与路缘碰撞的侧向速度为 24km/h~35km/h。

2.3 翻滚试验与翻滚事故的关联性分析

为了进一步减少汽车翻滚试验的种类,必须研究各种翻滚试验的代表性,从而翻滚试验的效率来看,这也有助于今后翻滚试验的立法。下图反映了美国各种翻滚试验和事故的关联性。

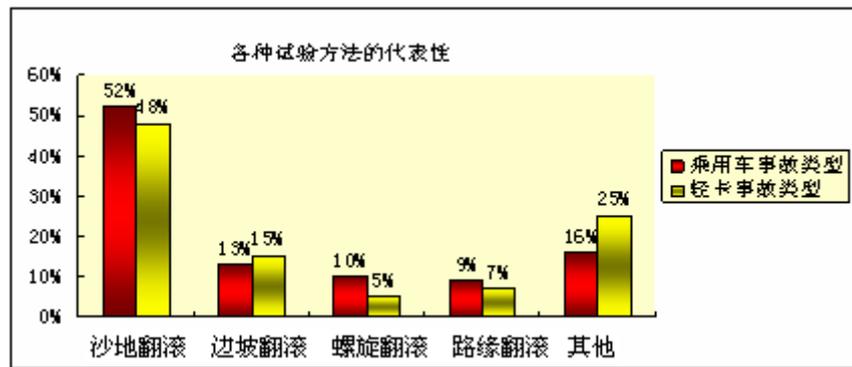


图2 各类翻滚试验与翻滚事故的关联性

上图列出了与翻滚事故关联性最大的几种试验类型，其中以沙地翻滚试验、边坡翻滚试验、螺旋翻滚试验和路缘绊翻试验最具代表性，这四种类型的翻滚试验代表了84%的乘用车和75%的轻卡翻滚类型^[7]。

3 翻滚试验方法研究

近年来，随着事故调查的进一步深入，汽车翻滚试验逐步向一些代表性大、与实际事故关联性强的试验方法发展，其中最主要的就是沙地翻滚试验、边坡翻滚试验、螺旋翻滚试验和路缘绊翻试验。

3.1 沙地翻滚试验 (gravel trip)

该试验实际上是用于再现地面绊翻 (soil trip) 事故。汽车横放在一平板台车上，台车以42km/h的速度行驶，台车在进行剧烈减速后，试验车冲向沙床，因为轮胎与沙床的摩擦和剪切力而导致翻滚。之所以使用沙床来代替泥土地面，是因为沙土力学特性稳定，维护简单，受空气湿度、气温等外界因素的影响不大，使得试验能够保持较好的可重复性。

地面绊翻事故主要发生在二级、三级公路上，其车速最大为80km/h，因此，42km/h可以代表汽车以80 km/h的车速和与车道线成32°的角度冲出公路的情况，该试验基本上能够覆盖这类事故的实际情况。但是，由于沙土的力学特性和泥土仍然存在较大的差别，该试验并不能完全反映实际情况。

3.2 边坡翻滚试验

该试验用来再现汽车冲下公路边坡，坠翻在坡下的翻车事故。汽车以16km/h~24km/h的速度，与车道线成18°驶下高度为2m、长度为11m、坡度为30°~50°的边坡。边坡的坡度、驶入角度和车速均可调，关键是要求汽车发生翻滚并车顶着地。

坠翻事故主要发生在二级、三级公路上，根据2.2.2节分析，为了覆盖我国边坡的现状，其坡度应该设计为45°，坡高不小于2.5m。较快的试验车速会使得汽车坠地后以较快的速度滑行，但是对汽车车顶与地面碰撞的剧烈程度影响不大，反而会使得试验坡道设置较长或者使得汽车不是绕X轴翻转，而是俯冲或扎翻到地面，因此试验车速不宜过快，以使汽车能够绕X轴完成至少1/2周的翻滚为宜。

3.3 螺旋翻滚试验

螺旋翻滚试验用来再现汽车冲上护栏端部楔形结构或者路沟的背坡导致汽车翻滚的事故。试验车爬上斜坡，开始一侧轮胎接触斜坡，另外一侧轮胎与地面接触。由于汽车向上运动，其两侧z向加速度极不对称，导致汽车沿纵轴旋转。当汽车离开斜坡后，继续翻转直到接触地面，汽车一般翻滚1/4或1/2周。斜坡有两种结构：第一种是阶梯坡，它由两端角度不同的斜坡组成，第一段坡度为8°，坡高为700mm，第二段坡度为21°，坡全高为1150mm；第二种是斜坡，坡度为8°，坡全高为861mm。试验车速为70km/h~80km/h。

这类事故多发生在公路的衔接处，根据2.2.3节分析，要覆盖我国目前护栏的现状，斜坡高度应该大于800mm，角度应该大于15.1°，因此阶梯坡更符合我国的实际情况。

3.4 路缘绊翻试验

路缘绊翻试验用来再现汽车与路缘石碰撞导致汽车侧翻的事故。汽车横放在一平板台车上，台车以23~42km/h的速度行驶，台车在进行剧烈减速后，试验车与路缘碰撞而导致翻滚。路缘高度为152mm或者略大于汽车轮胎外缘的离地高度。

车速以使得汽车翻滚 1/2 周以上为宜。

这类事故多发生在城市公路、等级公路上。根据 2.2.4 节分析,为覆盖我国路缘和公路交通的现状,路缘高度应该大于 150mm,车速为 24km/h~35km/h。

4 结论

在分析了我国汽车翻滚事故现状的基础上,参考目前国际上主要的翻滚试验方法,结合我国道路交通的实际情况,能够得出以下结论:

- a. 我国翻滚事故研究应以三级及以上等级公路的翻滚事故为主。
- b. 在设计边坡翻滚试验时,边坡坡度应为 45°,坡高不小于 2.5m。
- c. 在采用螺旋翻滚试验时,阶梯坡更符合我国实际。
- d. 在采用路缘绊翻试验时,路缘高度应大于 150mm,车速为 24km/h~35km/h。

参考文献:

1. Young D., Grzebieta R.H., Rehnitz G., Bambach M. & Richardson S. Rollover Crash safety: Characteristics and issues[C]. Australia.DVExperts International Pty Ltd.2006.
2. Mike Linstromberg.Gerd Scholpp.Oliver Scherf, Siemens Restraint Systems GmbH. TEST AND SIMULATION TOOLS IN A ROLLOVER PROTECTION,DEVELOPMENT PROCESS[J].Germany.Paper No. 05-0122.
- 3.公安部交通管理局.中华人民共和国道路交通事故统计年报[R].北京.1995年~2006年
4. Chou, C.C.,McCoy, R.W. and Le, J. (2005). A literature review of rollover test methodologies.Int. J. Vehicle Safety[C], Vol. 1, Nos. 1/2/3, pp.200-237.
5. JTG D81-2006.公路交通安全设施设计规范[s].
6. JTG B01-2003.公路工程技术标准[s].
7. David C. Viano, Chantal S. Parenteau. Rollover Crash Sensing and Safety Overview[C]. SAE 2004-01-0342.USA.