

车辆零部件 EMC 瞬态传导试验技术及实践

汽车环境里实际瞬态脉冲的形态如何？

瞬态脉冲测试的方法及依据？

如何进行标准 IS07637 要求的测试？



各种形态的瞬态脉冲.....

抛负载

快脉冲串

电源故障

高压脉冲

暂态瞬变

一. 引言

随着汽车车载电子产品种类越来越多，加之许多重要的监视、控制系统功能为电子装置所代替，车辆安全行驶的性能也就与其工作的电磁环境密切联系了起来。也就或其零部件的 EMS 能力若太低，一旦受到内部或外部的电磁骚扰，轻者可能影响产品性能，重者则可能直接影响行车安全，致使人员损伤。由于车辆及其零部件对安全性能要求非常高的特殊性，车辆的 EMC 标准的严酷程度往往高于一般电子产品数倍以上。

EMS 试验法是以外加骚扰能量到被测设备上的方式，来判定被测设备的抗扰度能力。不同的干扰能量，须通过各种不同的试验方法，选择适合的耦合方式，才能将能量顺利的耦合到被测设备上。外加干扰能量的传递路径主要分为辐射性与传导性两种，辐射性干扰是指骚扰能量不經由任何传输介质作为媒介，由空中传递到 DUT (Device Under Test)或是 DUT 的线路(电源及信号线路)，而传导性干扰则是经由电源线或信号线等线路，直接将干扰能量耦合或注入到 DUT 或线路上。外加骚扰能量的型态包含连续波与瞬态波两种，再依辐射性与传导性这两种耦合方式。可将抗扰度试验方法细分为连续波 (Continue Wave) 传导、连续波辐射、瞬态传导(Transient)及静电放电 (ESD) 四大类。

本文主要介绍瞬态传导抗扰度试验的标准、试验方法和在大量的对具体车辆电子零部件进行的试验过程中发现的问题。

二. EMC 瞬态传导试验简介

(一) 特性说明

瞬态现象发生的原因是一稳定的系统突然发生变化(稳态的改变：由一稳定状态突然改变至另一稳定状态)所引起的现象，在变化的过程中会产生瞬间、短暂的电流或电压脉冲现象，其瞬间脉冲的延续时间极短，从毫秒至微秒不等。一般而言，瞬态现象会发生于车辆的线束上，大致可区分为感性负载变化、交流电源供应延迟、抛负载脉冲、切换过程所产生的瞬态波及供电电压下降等。若以传输线理论来分析瞬态现象，可得知瞬间脉冲的发生与供应电压大小无关，供应电压大小仅与瞬间脉冲的振幅大小有关，并不是造成瞬间脉冲原因，瞬间脉冲发生的原因与稳态的改变、线束的电感及其分布电容、感性负载所造成的干扰信号有关，甚至线束的长度也会影响脉冲的宽度，一般常见之电抗性负载代表性产品如表 2 所示。

表 2 电抗性负载代表性产品

电抗性负载分类	代表性产品	特性
电阻性	前照灯	发热
电感性	摇窗电机	需较大的起动电流来驱动

(二) 试验项目

车辆电子零部件电源线/信号线瞬态脉冲抗干扰试验常用的试验标准为 ISO 7637-1,2,3。SAE J1113-11,12、JASO D007、SAE J1211、JASO D001及 DIN 40839-1,2,3等标准的试验项目均与 ISO7637 有相同或相似之处。此外各个汽车企业的企业标准测试项目繁多，与 ISO7637 的测试项目差别较大。在此，仅对 ISO7637 做详细介绍，其试验项目如表 3 所示。

表3 ISO7637各项试验项目简介

标准章节	测试项目	特性
ISO 7637-2/2004	pulse1	模拟感性负载由于电源切断时所产生的瞬态传导现象。例如关断雨刮电机时产生的瞬态波。
	pulse2a	模拟当感性负载串接待测装置时，电流突然中断所产生的瞬态现象。例子如在点火开关切断后，与点火开关连接的直流马达会因惯性原理而继续运转，就像是一台发电机。而其电感会在切断电源时产生瞬态波。
	pulse2b	当点火开关关闭瞬间，直流马达产生的瞬态波形。
	pulse3a	模拟因为切换过程而产生的瞬态现象。这些瞬态的特性会受到线束的电感及其分布电容所影响。如在继电器吸合瞬间会产生微小的电弧，而该电弧就是产生 pulse3 快脉冲群的原因之一。
	pulse3b	
	pulse4	模拟在发动机启动时所引起的供电电压下降现象。
	pulse5a	模拟抛负载 (load dump) 的瞬态现象，此瞬态现象是正在充电的电瓶瞬间脱离交流发电机，且同时交流发电机仍然供应其它负载的瞬间所产生的。此抛负载所产生的幅值大小决定于电瓶脱离交流发电机的速度。电瓶突然脱离的原因可能是因电缆腐蚀导致电瓶的断接、不良的接触或故意将电瓶断接。
	pulse5b	对 pulse5a 进行抑制后的波形
ISO 7637-3/1995	pulse a	波形及特性同 ISO 7637-1 之 pulse3a，差异为试验参数略有不同。
	pulse b	波形及特性同 ISO 7637-2 之 pulse3a，差异为试验参数略有不同。

三、EMC 瞬态传导试验技术实践

(一) 汽车瞬态传导干扰波形实测

在实际测试过程中，可以看到，电机类的感性负载在关断时往往会产生比较大的瞬态现象。图 1 是用 HELOTEST 公司的 CARTESTER 瞬态传导试验设备测试某车载空调蒸发风机关断时所产生的对外瞬态现象。CARTESTER 内置了一个把实际信号进行 100 : 1 衰减的人工电源网络 (AN)。图 1 中的脉冲电压的幅值乘以 100 即为实际脉冲电压幅值。从图中可以看出，当汽车空调蒸发风机在关断的瞬间可以对外产生幅值达 -250V 左右的瞬态波。其对车辆电子零部件的危害性不言而喻。相似的，图 2 是某雨刮电机关断时对外所产生的瞬态波。它在关断时对外所产生的瞬态波幅值也能达到 -220V 左右。

图 1 和图 2 的所示的瞬态波是在电机空载时所测得的，工作电流一般都在 10A 以下。但在实际装车，带负载运行时，电机的工作电流往往非常大，比如小功率的助力转向电机的工作电流会大于 30A，而 ABS 的最大工作电流则会大于 50A。而系统级别的车辆零部件的电流就更大，如果在此时电机突然发生关断，则对外所产生的瞬态波脉宽时间更宽、危害更大。

同种功率同种功能不同型号的电机，由于其内部构造的不同，对外产生的瞬态瞬态传导波往往都不相同。图 3 是另外一种汽车空调蒸发风机在关断瞬间，对外产生的瞬态波，可以看出，其对外干扰的幅值达 -150V 左右

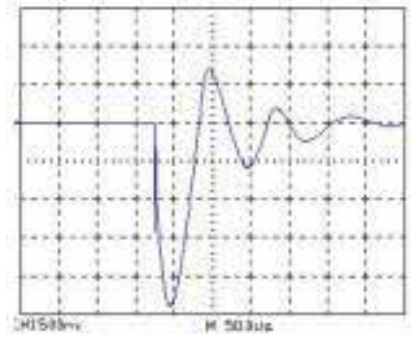


图 1 某车载空调蒸发风机关断时对外所产生的瞬态波

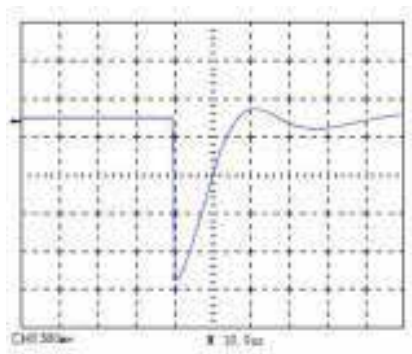


图 2 某雨刮电机关断时对外所产生的瞬态波

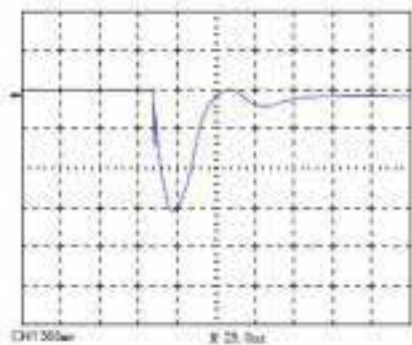


图 3 另一种车载空调蒸发风机关断时对外所产生的瞬态波

(二) 实际的瞬态传导试验过程中的常见问题及一般对策

瞬态传导试验时所使用的部分波形就是模拟以上所描述的几种电机对外产生的有害波形。

在进行#1、#2b、#4 波形试验时，被测电子产品偶尔会有重启现象发生。其原因往往是试验波形的负向电压脉宽时间过长，导致产品的复位电路启动。一般的解决办法是改换和提高电子产品电源电路的电容。

在进行#5a 波形试验时，被测电子产品有时会出现功能失效的现象，有时甚至还会出现线路板上的电解电容爆浆，或线路烧断现象。其原因是#5a 试验波形模拟的是正在充电的电瓶瞬间脱离交流发电机，且同时交流发电机仍然供应其它负载的瞬间所产生瞬态波，其能量比较大。设计浪涌吸收电路，提高电子产品电源电路的电容或提高稳压芯片的质量亦可解决该问题。

图 5 是一种车载电子产品在进行#5a 波形试验后的实物图。从图中可以看出，电源电路部分已经完全被击穿，滤波电容、稳压电容和稳压芯片烧坏。可以明显的看出，如果在设计汽车电子时，没有考虑到车内恶劣的电磁环境或不进行相应的 EMC 瞬态传导测试，按照设计一般电子产品的经验去

设计汽车电子产品，特别是对安全性能要求非常高的各种 ECU（如安全气囊 ECU、ABS ECU、发动机 ECU 等），其实际装车运行的后果将不堪设想！



图 4 在进行#5a 波形试验时，某电源电路烧毁的车载电子产品

四. 关于严酷程度和性能判定等级的思考

在探讨这个问题前需要对以下三个名词的概念了解：

- 失效模式严重程度分类：描述一个装置置于试验状态之下，其一项功能的性能结果的分类体系。
- 功能状态分类：一台装置在电磁场中暴露期间和暴露之后其一项功能的运行状态。
- 测试脉冲严酷程度：测试脉冲严酷度电平参量的级别规格。

由于 ISO7637 瞬态试验标准提供的是一个旨在帮助而非约束的、汽车制造商和零部件供货商之间的双方协定的依据，由此产生的直接结果便是难以决定使用哪一级严酷程度来进行试验和使用哪一种功能状态来判定测试产品的性能。

描述一般失效模式严重程度分类，以下三个要素是必不可少的：

- a) 功能状态分类：装置暴露于电磁环境之中和之后的工作状态；
- b) 试验脉冲和方法：用于 DUT 的典型试验脉冲和试验方法的标准。（该信息包含在 ISO7637 标准中）
- c) 试验脉冲严酷程度：基本脉冲参数的严酷程度等级的规定。

由于每家汽车厂的车型、线束、电子产品性能都不一样，对产品的要求也不一样，其产品瞬态传导性能也必将有一定区别。由于我国汽车行业瞬态传导试验还在起步阶段，要达到灵活运用该项试验来提高汽车产品的性能的目标，还需要在研发和试验领域进行长期、大量的试验。可以通过三条途径来提升瞬态传导试验技术能力。

（一）参照欧美汽车企业的企业标准。

欧美汽车企业在瞬态传导试验这一领域是领先的，它们的企业标准凝结了许多工程智慧的结晶，有一定的参考意义。但由于国内各种路况间差异是世界上最大的，其可能产生的瞬态传导干扰类型也会与国外汽车企业标准的要求相距甚远。所以欧美汽车企业的标准对于国内整车厂仅仅可以作参考。但如果是为欧美汽车企业供货的零配件厂商，自然需要完全符合前者的要求。

(二) 通过摸索找出干扰最大的瞬态传导干扰波形。

利用瞬态传导设备采集汽车电子产品对外发出的瞬态传导干扰，经过多次、多品种的采集、分析，得出汽车对外产生的最具代表性的干扰波形，再将该瞬态传导波形作为企标准一部分，这是最利于汽车整车厂保证自己产品瞬态传导性能的一种途径。

(三) 按照对汽车安全行驶性能影响的轻重级别，对产品进行简单分类。

如果是第一次进行瞬态传导试验，又没有相关的测试经验，则对试验脉冲严酷程度的选取和产品性能判定等级的选取是比较困难的。

首先可以用最低脉冲严酷等级进行试验，通过了至少可以说明产品已经基本满足瞬态传导试验的要求，在开始阶段不必追求非常高的严酷等级，这必将带来成本的提升。

至于对产品功能状态分类这一方面，可以首先按照对汽车安全行驶性能影响的轻重级别把产品进行简单分成两类。

一类是各种关键的 ECU，如发动机 ECU、ABS ECU、助力转向 ECU 和安全气囊 ECU 等，这类产品性能的好坏对车辆的安全行驶影响最大，在进行瞬态传导试验过程中，不能有任何误动作。按照 ISO7637-2 的附录 A，对于这类产品的产品功能状态分类为 A。

另一类是各种车载电子设备，如车载 DVD、车载 GPS、倒车雷达、车载冰箱、空调等，这类产品被瞬态传导脉冲干扰时，功能可能暂时下降，但干扰过后恢复正常，不会对车辆安全行驶照成大的影响，这是可以接受的。按照 ISO7637-2 的附录 A，对于这类产品的产品功能状态分类为 C。

经过以上简单的分类，ISO7637 的可操作性就会提高很多，这便于国内汽车厂商尽快接受该项试验，以提升汽车电子产品瞬态传导性能。

五、瞬态传导试验的具体实现

瞬态传导试验应该在屏蔽室里进行。试验产品必须处于正常工作状态之中。瞬态传导试验设备的基本配置如表 4 所示，这是可以完成 ISO7637 标准要求的配置。如果要进行诸如福特、通用、大众等其它企业标准的试验，还需要适当添加配件。其中，瞬态传导设备主机 CAR-TESTER (图 5) 能进行#1、#2a、#3a、3b 波形的试验；抛负载发生器 PG2800 (图 6) 能完成#5a、#5b 波形的试验；电源故障模拟系统 PAS 能进行#2b、#4 波形的试验；电容性耦合钳和感性则能满足 ISO7637-3 里的试验要求。

表 4 基础 ISO7637 瞬态传导试验设备的基本配置

设备名称	瞬态传导设备主机	抛负载发生器	电源模拟系统	电容性耦合钳
型号	CAR-TESTER	PG2800	PAS	CDN



图 5 瞬态传导设备主机 CAR-TESTER



图 6 抛负载发生器 PG2800



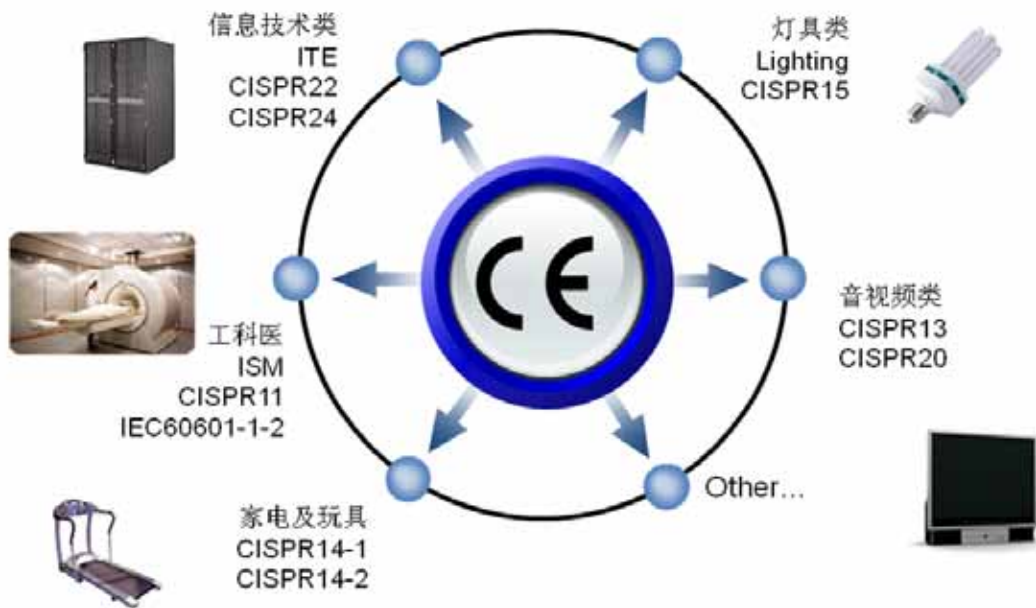
图 7 具体测试过程中的基础 ISO7637 瞬态传导测试系统

六. 结论

国际上，许多发达国家的车辆电子零部件 EMC 试验标准都包括瞬态传导方面的内容，如美国机动车工程师协会 (SAE) 与日本车辆标准组织 (JASO) 分别亦于 1994 年与 1998 年特别针对瞬态传导试验发布试验标准 SAEJ1113-11/2000、SAE J1113-12/2000 与 JASO D007/1998，德国标准 DIN40839 也是瞬态传导试验标准。这些国家的汽车企业的企业标准也都对其使用的车辆电子零部件有瞬态传导试验的要求。因此无论从车辆安全性能方面还是从与国际接轨方面考虑，我国都应尽快制订、公布 EMC 瞬态传导试验方面的标准。

关于千里顺风公司 KiloSense :

作为多家欧美知名 EMC 公司的中国代理，千里顺风公司能够提供全面的满足军标，民标和汽车测试要求 EMC 测试系统。我们对标准深刻的理解能力，丰富的系统设计经验以及成功的案例，都为客户组建经济而全面的 EMC 测试系统提供了可靠的保证。



千里顺风公司能够为客户提供的不同领域的 EMC 测试系统
(汽车和军标系统请直接和我们联系)

车辆零部件 EMC 瞬态传导试验系统根据不同的标准要求有不同的系统组成，具体设备信息请登陆千里顺风电讯技术有限公司网站：

www.Ki loSense .com

