

# 汽车电子部件的电磁抗扰度技术要求

## ——介绍最新的 EMC 国家标准

徐立 (中国汽车技术研究中心 天津 300162)

**编者按：**笔者介绍的是关于汽车电子部件或系统在电磁抗扰度方面的技术要求。该标准等同采用 ISO7637 系列标准。ISO7637《道路车辆-由传导和耦合引起的电骚扰》系列标准为第一次修订，与前版标准相比有较大变化，整体结构、技术要求发生重大变化。新版标准包括三个部分内容：——第1部分：定义和一般描述，2002年颁布；——第2部分：沿电源线的电瞬态传导，2004年颁布；——第3部分：12/24V 电系车辆——除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射，正在修订中，目前已经形成 DIS 文件。本文重点介绍第2部分。

### 1 标准制定背景

汽车的电气装备在正常运行时会产生电磁骚扰。这些骚扰的频带很宽，且通过传导、耦合或辐射的方式，传播到车载电子部件或系统中，影响其正常运行。

近年来，汽车设计中越来越多地采用了电子控制、电子监控和电子显示等各种功能的电子化装置。因此，必须考虑这些装置工作时所处的电气和电磁环境可能造成的危害，特别是车载电气本身所产生的电磁骚扰。这些骚扰可能导致电子装置的功能降低、短暂故障甚至永久损坏。最恶劣的情况往往是由于车辆自身产生的骚扰而导致的，如来自点火系统、发电机及整流器系统、电机以及执行器的电磁骚扰。

针对道路车辆及其挂车通过传导和耦合引起的电骚扰，提高汽车电子部件或系统的电磁抗扰度，特别制定 ISO 7637。对于车载或车外一些广播设备和无线电转发器产生的窄带信号也可能影响电子装置的运行，确认这些潜在骚扰，保护汽车电子装置正常运行，很有必要，但是不在 ISO 7637 考虑范围，其他标准另有规定。

在我国，汽车内通过传导和耦合引起的电骚扰的技术要求为空白。为完善汽车电磁兼容性标准体系，特将 ISO 7637 国际标准转化为国家标准。

### 2 标准主体内容

#### 2.1 适用范围

适用于安装在汽车内各种电子部件或系统装置；适用于具有 12 V 或 24 V 电气系统的道路车辆。规定了乘用车和商用车上的电子装置的传导电瞬态测试的台架试验，包括瞬态注入和测量；规定了瞬态脉冲抗扰性失效模式严重程度分类；试验脉冲严酷程度等级。适用于各种动力系统的道路车辆，例如：火花点火发动机、压燃式发动机、电动机、混合动力驱动系统。

#### 2.2 基本试验条件

标准规定的试验为台架试验，均在试验室中进行。对于电源线，标准的第2部分提出了瞬态发射测量；提供了电子装置的瞬态抗扰性试验的典型脉冲。对于信号线、控制线的瞬态试验，标准的第3部分提供了三种方法：电容耦合钳 (CCC) 方法、直接电容耦合 (DCC) 方法和电感耦合钳 (ICC) 方法。

试验期间，环境温度应为  $23 \pm 5$ 。试验中应使用人工网络，尽可能实现试验结果具有可比性。规定了时间、电阻和电容参量的容差范围  $\pm 10\%$ ；电压容差  $+10\% \sim -0\%$ 。电源电压取值见表1；第3部分给出了 42 V 系统的取值  $42 V \pm 1.5 V$ 。

表1 试验电压

试验电压	12 V 系统 (V)	24 V 系统 (V)
$U_i$	$13.5 \pm 0.5$	$27 \pm 1$
$U_b$	$12 \pm 0.2$	$24 \pm 0.4$

注： $U_i$ ——发电机工作时的试验电压；  
 $U_b$ ——电池供电时的试验电压

### 2.3 骚扰发射测量

汽车电子电气部件或系统作为标准中被测装置 (DUT), 在实际中, 它的电池供电线或开关电源线的瞬态传导发射为潜在的传导骚扰源, 为限制其产生的骚扰, 标准规定了 DUT 发射试验的评价程序。此部分为新版标准增加的内容。

采用电压探头和示波器或波形采集设备测量发射骚扰电压, 探头应尽可能靠近 DUT 的接线端。重复性的瞬态应在开关 S 闭合时测量。如果瞬态是电源线断开引起的, 那么测量应在开关 S 断开的时刻进行。DUT 应在断开、闭合以及各种不同的工作模式下进行测量。应对测量仪器的取样率以及触发电平进行选择, 以便获取完整的瞬态波形, 显示瞬态的最大正、负值部分。采集至少 10 个波形, 记录含有最大正幅度和最大负幅度及与之相关的参数。按照表 2 和表 3 评价测量结果。

表 2 12 V 设备的分级限值

脉冲幅度 ( $U_s$ )	$U_s$ 瞬态骚扰限值				
	V <sup>a</sup>				
正脉冲	—	+100V	+75V	+50V	+25V
负脉冲	—	-150V	-100V	-50V	-25V

<sup>a</sup> 由汽车制造商和设备供应商确定的值。

表 3 24 V 设备的分级限值

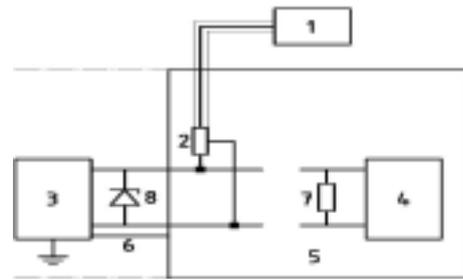
脉冲幅度 ( $U_s$ )	$U_s$ 瞬态骚扰限值				
	V <sup>a</sup>				
正脉冲	—	+200V	+150V	+100V	+50V
负脉冲	—	-600V	-450V	-300V	-150V

<sup>a</sup> 由汽车制造商和设备供应商确定的值。

### 2.4 瞬态抗扰性试验

DUT 的瞬态抗扰性的台架试验采用试验脉冲发生器方法。标准的第 2 部分规定了沿电源线的电瞬态传导试验; 提供了 5 种典型脉冲波形, 没有涵盖所有可能出现在车辆上的各种瞬态脉冲。在特殊情况下, 采用特殊的试验脉冲, 取决于 DUT 功能或连接状况、车辆内的影响, 由车辆制造商定义试验脉冲。

在新版标准中, 增加了瞬态电源变化脉冲 2b 和抛负载抑制脉冲 5b, 同时删去了脉冲 6 和 7。



注: 1—示波器或等效设备; 2—电压探头;  
3—电源内阻为  $R_i$  的试验脉冲发生器; 4—DUT;  
5—接地平板; 6—接地线 (试验脉冲 3 的最大长度为 100 mm); 7—电阻 ( $R_v$ ) 用于模拟车辆系统负载的抛负载试验脉冲 5a 和 5b。  $R$  典型值介于 0.7 ~ 40 之间; 8—二极管桥, 用于模拟具有集中抛负载抑制的交流发电机抛负载波形的脉冲 5b。

图 1 瞬态抗扰性试验布置

### 2.5 典型脉冲

#### 2.5.1 试验脉冲 1

脉冲 1 是模拟电源与感性负载断开连接时所产生的瞬态现象, 它影响与感性负载并联的装置。适用于各种 DUT 与感性负载保持直接并联的情况。脉冲波形见图 2, 参数见表 4。

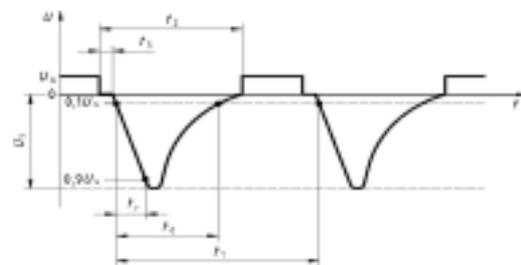


图 2 试验脉冲 1

表 4 试验脉冲 1 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统
$U_s$	-75 V ~ -100 V	-450 V ~ -600 V
$R$	10	50
$t_d$	2 ms	1 ms
$t_r$	$(1^0_{-0.5}) \mu s$	$(3^0_{-1.5}) \mu s$
$t_1^a$	0.5 s ~ 5 s	
$t_2$	200 ms	
$t_3^b$	<100 $\mu s$	

<sup>a</sup> 所选择的  $t_1$  应保证在施加下一个脉冲前, DUT 被正确初始化。  
<sup>b</sup>  $t_3$  为断开电源与施加脉冲之间所需的最短时间。

### 2.5.2 试验脉冲 2a 和 2b

脉冲 2a 模拟由于线束电感的原因，使与 DUT 并联的装置内电流突然中断引起的瞬态现象；脉冲 2b 模拟直流电机充当发电机，点火开关断开时的瞬态现象。脉冲波形分别见图 3 和图 4，参数分别见表 5 和表 6。

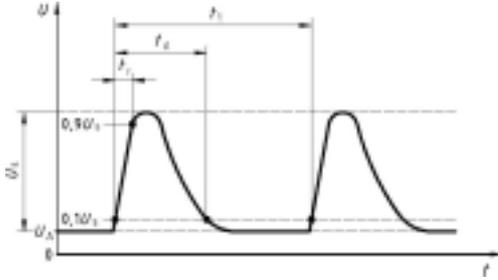


图 3 试验脉冲 2a

表 5 试验脉冲 2a 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统
$U_s$	+37 V ~ +50 V	
$R_i$	2	
$t_d$	0.05 ms	
$t_r$	$(1_{-0.5}^0) \mu s$	
$t_1^a$	0.2 s ~ 5 s	

<sup>a</sup> 根据开关的情况，重复时间  $t_1$  可短些。使用短的重复时间可以缩短试验时间。

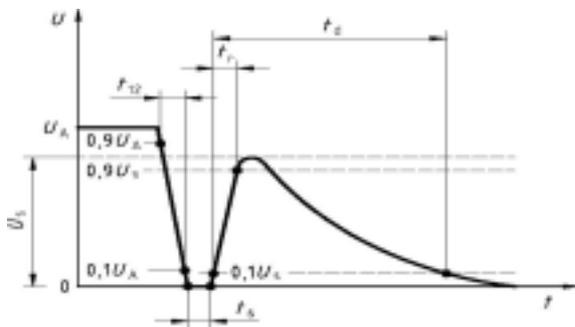


图 4 试验脉冲 2b

表 6 试验脉冲 2b 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统
$U_s$	10 V	20 V
$R_i$	0 ~ 0.05	
$t_d$	0.2 s ~ 2 s	
$t_{12}$	1 ms ± 0.5 ms	
$t_r$	1 ms ± 0.5 ms	
$t_6$	1 ms ± 0.5 ms	

### 2.5.3 试验脉冲 3a 和 3b

试验脉冲 3 模拟开关过程引起的瞬态现象。此脉冲的特性受线束的分布电容和分布电感的影响。

3a 和 3b 的试验脉冲波形分别见图 5 和图 6，参数分别见表 7 和表 8。

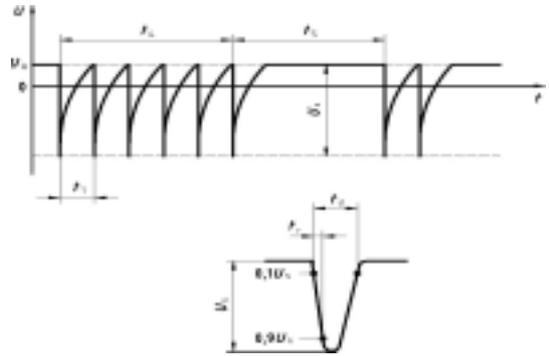


图 5 试验脉冲 3a

表 7 试验脉冲 3a 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统
$U_s$	-112 V ~ -150 V	-150 V ~ -200 V
$R_i$	50	
$t_d$	$(0.1_0^{+0.1}) \mu s$	
$t_r$	5 ns ± 1.5 ns	
$t_1$	100 μs	
$t_4$	10 ms	
$t_5$	90 ms	

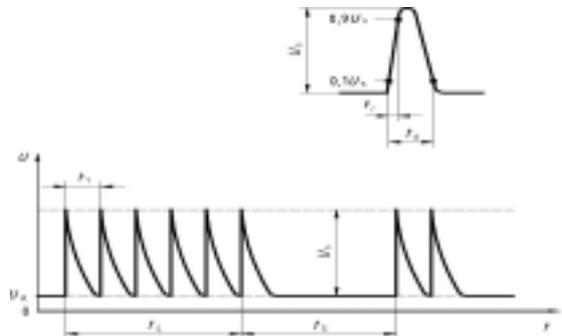


图 6 试验脉冲 3b

表 8 试验脉冲 3b 参数

参数	12 V 系统	24 V 系统
$U_s$	+75 V ~ +100 V	+150 V ~ +200 V
$R_i$	50	
$t_d$	$(0.1_0^{+0.1}) \mu s$	
$t_r$	5 ns ± 1.5 ns	
$t_1$	100 μs	
$t_4$	10 ms	
$t_5$	90 ms	

### 2.5.4 试验脉冲 4

试验脉冲 4 模拟内燃机的起动机电路通电时产生的电源电压的降低，不包括起动时的尖峰电压。脉冲波形见图 7，参数见表 9。

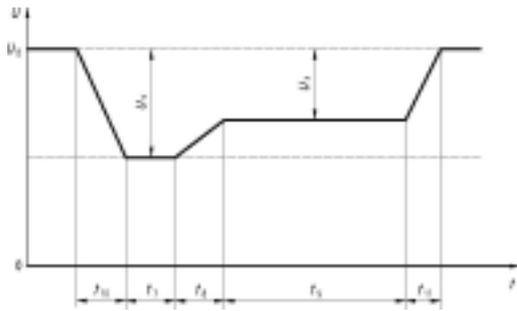


图7 试验脉冲4

表9 试验脉冲4参数

参数	12 V系统	24 V系统
$U_s$	-6 V ~ -7 V	-12 V ~ -16 V
$U_b$	-2.5 V ~ -6 V 并且 $ U_b  <  U_s $	-5 V ~ -12 V 并且 $ U_b  <  U_s $
$R$	0 ~ 0.02	
$t_b$	15 ms ~ 40 ms <sup>a</sup>	50 ms ~ 100 ms <sup>a</sup>
$t_c$	50 ms	
$t_d$	0.5 s ~ 20 s <sup>a</sup>	
$t_{10}$	5 ms	10 ms
$t_{11}$	5 ms ~ 100 ms <sup>b</sup>	10 ms ~ 100 ms <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 车辆制造商和设备供应商应对该值进行协商，以满足所提申请的要求。  
<sup>b</sup>  $t_{11} = 5$  ms 是曲轴转动后发动机起动时的典型值，而  $t_{11} = 100$  ms 是发动机未起动的典型值。  
<sup>c</sup>  $t_{11} = 10$  ms 是曲轴转动后发动机起动时的典型值，而  $t_{11} = 100$  ms 是发动机未起动的典型值。

### 2.5.5 试验脉冲5a和5b

试验脉冲5是模拟抛负载瞬态现象，即模拟在断开电池（亏电状态）的同时，交流发电机正在产生充电电流，而发电机电路上仍有其它负载时产生的瞬态，抛负载的幅度取决于断开电池连接时，发电机的转速和发电机的励磁场强的大小，抛负载脉冲宽度主要取决于励磁电路的时间常数和脉冲幅度。产生抛负载的可能原因是因为电缆腐蚀、接触不良或发动机正在运转时，有意断开与电池的连接。

大多数新型交流发电机内部，由于增加限幅二极管而抑制了抛负载幅度。具有非集中抛负载抑制的交流发电机的脉冲波形（脉冲5a）见图8，参数见表10，具有集中抛负载抑制的交流发电机的脉冲波形（脉冲5b）见图9，参数见表11。

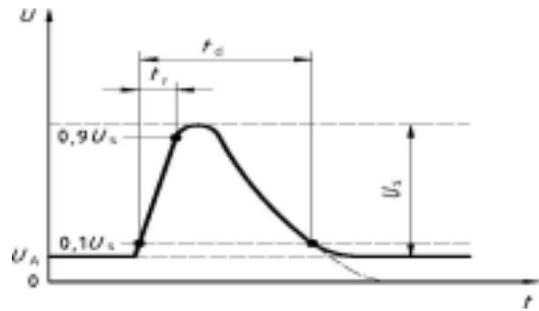
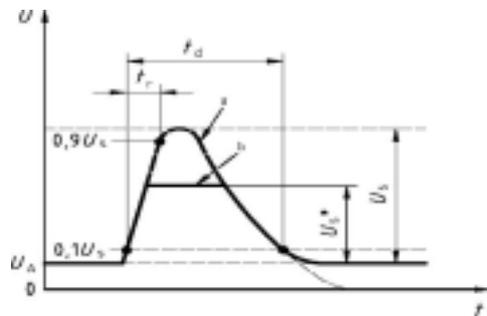


图8 试验脉冲5a

表10 试验脉冲5a参数

参数	12 V系统	24 V系统
$U_s$	65 V ~ 87 V	123 V ~ 174 V
$R$	0.5 ~ 4	1 ~ 8
$t_d$	40 ms ~ 400 ms	100 ms ~ 350 ms
$t_r$	$(10^0_{-5})$ ms	



注：a — 未抑制的波形；b — 抑制的波形

图9 试验脉冲5b

表11 试验脉冲5b参数

参数	12 V系统	24 V系统
$U_s$	65 V ~ 87 V	123 V ~ 174 V
$U_s^*$	由客户规定	
$t_d$	与未抑制的值相同	

### 2.6 评价准则

汽车电子部件或系统在瞬态抗扰性试验的过程中，其功能指标会出现各种状态，降低、短暂故障、失效甚至永久损坏。标准给出了功能失效模式严重程度分类；试验脉冲严酷程度分类，用以客观评价试验结果。

#### 2.6.1 汽车电子部件或系统的功能状态分类

分成以下五类：

A类：装置或系统在施加骚扰期间和之后，能执行其预先设计的所有功能。

B类：装置或系统在施加骚扰期间，能执行其预先设计的所有功能；然而，可以有一项或多项指

标超出规定的偏差。所有功能在停止施加骚扰之后，自动恢复到正常工作范围内。存储功能应维持 A 类水平。

C 类：装置或系统在施加骚扰期间，不执行其预先设计的一项或多项功能，但在停止施加骚扰之后能自动恢复到正常操作状态。

D 类：装置或系统在施加骚扰期间，不执行其预先设计的一项或多项功能，直到停止施加骚扰之后，并通过简单的“操作或使用”复位动作，才能自动恢复到正常操作状态。

E 类：装置或系统在施加骚扰期间和之后，不执行其预先设计的一项或多项功能，且如果不修理或不替换装置或系统，则不能恢复其正常操作。

### 2.6.2 试验脉冲严酷程度分级

对 DUT 施加试验脉冲电压的数值不同会有不同的试验结果。标准给出了试验电压的最低和最高严酷程度等级，见表 12 和表 13。由制造商和装置供应商协商确定试验等级，可以选取表中所给值或各值之间的值作为试验参数值。在没有规定任何专门值的情况下，应选择给定等级。

表 12 12 V 系统推荐使用的试验等级

选择的试验等级 试验脉冲	试验等级, $U_c$ (V)				最少脉冲数或试验时间	短脉冲循环时间或脉冲重复时间	
			最低	最高		最小	最大
1	g	g	-75	-100	5000 个脉冲	0.5 s	5 s
2a	g	g	+37	+50	5000 个脉冲	0.2 s	5 s
2b	g	g	+10	+10	10 个脉冲	0.5 s	5 s
3a	g	g	-112	-150	1 h	90 ms	100 ms
3b	g	g	+75	+100	1 h	90 ms	100 ms
4	g	g	-6	-7	1 个脉冲	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>
5	g	g	+65	+87	1 个脉冲	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>

<sup>d</sup> 由于试验脉冲的最小数为 1，因此未给出脉冲循环时间。当施加多个脉冲时，脉冲之间应允许 1 min 的最小延迟时间；  
<sup>g</sup> 因为该等级在道路车辆中不能确保足够的抗扰性，所以删除等级 和等级 。

表 13 24 V 系统推荐使用的试验等级

选择的试验等级 试验脉冲	试验等级, $U_c$ (V)				最少脉冲数或试验时间	短脉冲循环时间或脉冲重复时间	
			最低	最高		最小	最大
1	g	g	-450	-600	5000 个脉冲	0.5 s	5 s
2a	g	g	+37	+50	5000 个脉冲	0.2 s	5 s
2b	g	g	+20	+20	10 个脉冲	0.5 s	5 s
3a	g	g	-150	-200	1 h	90 ms	100 ms
3b	g	g	+150	+200	1 h	90 ms	100 ms
4	g	g	-12	-16	1 个脉冲	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>
5	g	g	+123	+173	1 个脉冲	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>

<sup>d</sup> 由于试验脉冲的最小数为 1，因此未给出脉冲循环时间。当施加多个脉冲时，脉冲之间应允许 1 min 的最小延迟时间；  
<sup>g</sup> 因为该等级在道路车辆中不能确保足够的抗扰性，所以删除等级 和等级 。

### 3 应注意的问题

本标准所关注的是道路车辆及其挂车中电瞬态骚扰的问题，涉及瞬态发射；沿电源线、信号线、控制线的瞬态传导；以及电子部件或系统对电瞬态的抗扰性。

本标准规定的试验均为“台架试验”。台架试验方法中有些需要使用人工网络，目的在于提供不同试验室之间的结果可比性。同时，这些测试也给出了电子装置和系统开发的依据，并可应用在生产阶段。

为保护电子部件或系统免受潜在的电骚扰，该标准试验应该被认为是确保整车可靠性的重要环节。

该标准中的台架试验，只是典型特性脉冲的试验，可用来初步评价电子装置对电源线或数据线的瞬态抗扰性。但不能涵盖车辆中产生的所有瞬态脉冲形式。标准规定的测试不可能适用于所有的情况，还存在一些特殊情况，例如：电子装置对骚扰脉冲的重复率、脉宽、相对时间宽度等具有不同的敏感度，因此应设计专用试验脉冲以满足其特殊功能的要求。此外，

为满足技术要求规定的试验，应使用专用试验仪器。  
选择试验仪器时，应特别注意仪器参数、容量、容差等指标能否满足标准规定的试验。例如：标准开关 S、

示波器、电压探头、脉冲发生器、脉冲采集设备等。  
试验仪器是确保试验结果的准确性、可靠性、重复性的必要条件。  
(收稿日期：2006-08-03)