

汽车零部件电磁兼容测试案例分析

邓凌翔, 封志明, 陈道升, 邵羽达, 吴平宏, 周 雷

(江苏省计量科学研究院, 江苏 南京 210007)

[摘要] 结合国内外标准中对于汽车电磁兼容标准的相关要求,对汽车零部件的传导、辐射骚扰的试验装置和试验方法进行了分析,并设计了相应的试验电路,得到了电源线传导骚扰试验和水平极化辐射骚扰试验的测量结果.对于射频场抗扰度的试验则采用电波暗室法、大电流注入法分别进行了测试,对比了两种方法各自的优劣.此外,对于零部件测试的一般原则进行了总结,分析了产生汽车电磁干扰的主要零部件,为汽车电磁兼容的设计提出参考.

[关键词] 汽车电子,电磁兼容,案例分析

[中图分类号] TN98 U 467 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2010)04-0012-05

Case Study on Automotive Parts in EMC Testing

Deng Lingxiang Feng Zhiming Chen Daosheng Shao Yuda Wu Pinghong Zhou Lei

(Jiangsu Metrology Institute of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract This paper analyzed the test device and test methods of automotive parts conducted and radiated emissions according to the requirements of domestic and international standards for the automotive EMC standards. The corresponding test circuit was created. The measurement results of the power line conducted emission test and the horizontal polarization radiated emission test are obtained. Anechoic chamber and large current injection method were carried out to test the RF field immunity and compared with each other in terms of the advantages and disadvantages. General principles of parts testing are summarized and the main parts of automotive causing EMC are analyzed, which will offer some guidance to the design of automotive EMC.

Key words automotive, EMC, case study

随着汽车工业的飞速发展,汽车自动化程度日益提高,汽车上使用的电子装置越来越多,电子点火代替电火花点火,电子控制系统代替机械控制系统,车窗、座椅等也由电子系统控制,车内装有无线数字通信系统,卫星定位系统,还有许多娱乐设施,如收音机、音响、电视等等,一般会占到一辆汽车总成本的 30% 以上,如此多的电子装置集中在一辆车上,车辆电磁兼容问题就显得举足轻重,它既影响汽车电子零部件的可靠性,又影响汽车行驶的安全性能.因此,世界各国均十分重视汽车电子装置的电磁兼容性能.文献 [1] 对汽车零部件和整车的测试方法做了系统的论述.文献 [2] 对电磁环境中无线电干扰状况、高频骚扰发射和高频电磁干扰、抗扰性进行了分析.结合具体的测量案例,首先对传统的传导、辐射骚扰进行相关的测试,根据所得的曲线分析了抗扰与国标的要求.在射频场辐射干扰抗扰度方面,采用电波暗室法、大电流注入法分别进行了测试,对比了两种方法各自的优劣.

1 汽车电磁兼容性标准简介

汽车电磁兼容性标准是汽车电磁兼容设计、仿真和测试的基础,它就整车和零部件的抗干扰水平、干扰限值、测试方法、测试环境等作了规定.汽车电磁兼容标准分为国际标准、国家标准和企业标准.国外对汽车的电磁兼容问题非常重视,很早就开始了电磁兼容性标准的制订工作,目前已经形成了较为完善的汽车电磁兼容性标准体系.我国吸收了发达工业国家的经验,也已经制订了汽车电磁兼容性标准,明确规定

了测量方法及最大干扰的允许值. 国内外现在存在的主要汽车电磁兼容性标准如表 1 所示. 文献 [6 7] 对相关的国内外标准进行了分类总结.

表 1 国内外现存主要汽车电磁兼容标准

Table 1 Primary existing standards of electromagnetic compatibility at home and abroad

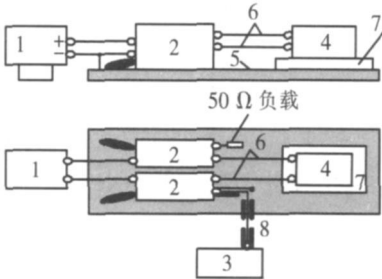
序号	标准号	标准名称
1	ISO 11451	道路车辆——由窄带辐射电磁能引起的电干扰, 整车测试方法
2	ISO 11452	道路车辆——由窄带辐射电磁能引起的电干扰, 部件测试方法
3	CISPR 12	车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电干扰特性的测量方法及限值
4	CISPR 25	用于保护车载接收机的无线电干扰特性的测量方法及限值
5	IEC 61000- 4- 3	辐射电磁场抗扰性试验
6	ECE R10	关于就无线电干扰抑制装置批准车辆的统一规定
7	95/54 /EC	机动车电磁兼容性要求
8	SAE J 1113	车辆用电子部件电磁兼容性的测量规程及限值 (飞机除外) 60H z~ 18 GH z
9	SAE J 551	车辆和装置的电磁特性的测量方法和特性 60 H z~ 18 GH z
10	GB 14023- 92	车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电干扰特性的测量方法及允许值
11	GB 17619- 1998	机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法
12	GB 18655- 2002	用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值及测量方法

2 测量案例

结合 GB18655—2002《用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值及测量方法》、GB /T 17619—1998《机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法》, 我们选取南京北方慧华光电有限公司的汽车 CAN 总线整体式组合仪表及智能配电控制模块进行测量, 对模块的传导骚扰、辐射骚扰、射频场辐射干扰做了相关的试验, 根据试验的结果, 对比分析国标的电磁兼容限值, 得出超标与否的结论.

2.1 传导骚扰试验

文献 [3] 对传导骚扰进行过理论研究. 关于具体的测量要素没有进行实测. 在以上研究的基础上, 我们建立了如图 1 所示的传导骚扰的试验图. 按照相关的要求测量, 得到了如图 2 所示的测量结果.



1.电源;2.人工电源网络(两个单元)/控制盒/负载;
3.测量仪器;4.EUT;5.接地平板;6.测试线束(电源
线最长 200 mm);7.绝缘层(50 mm 厚), 当试验需要
时;8.同轴电缆(50 Ω)

图 1 电源线传导骚扰试验连接图
Fig.1 Power line conducted emission test
connection diagram

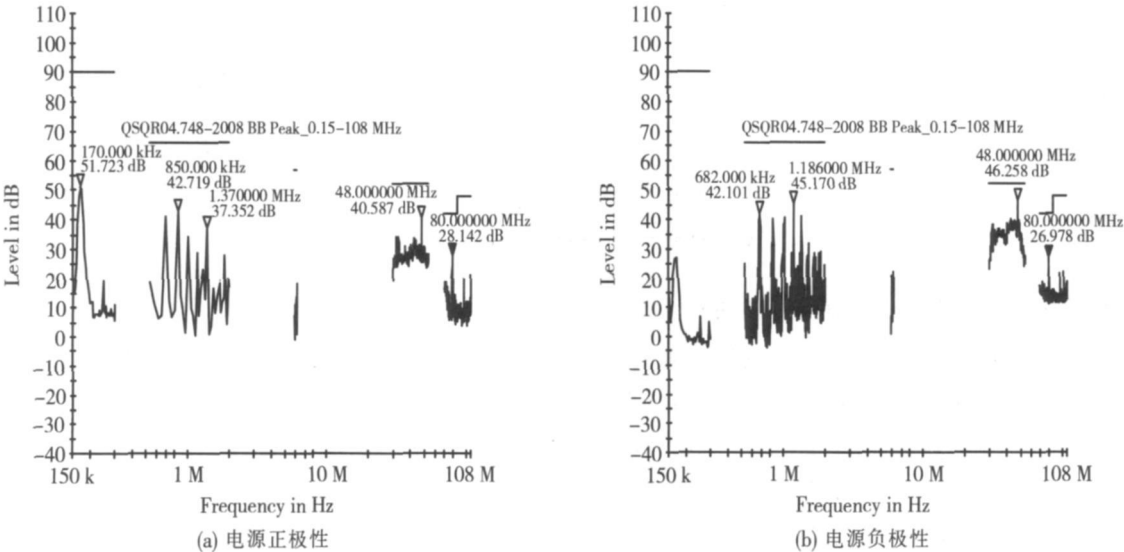


图 2 电源线传导骚扰试验测试曲线
Fig.2 Power line conducted emission test curve

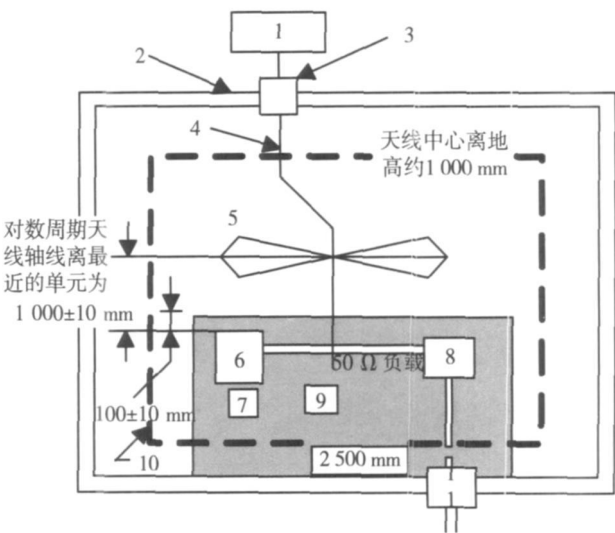
由图 2 我们看出, 在 0. 15~ 0. 30MHz, 传导骚扰电压的峰值 ≤ 90 dBμV; 在 0. 53~ 2. 0 MHz, 传导骚扰

电压的峰值 $\leq 66\text{ dB}\mu\text{V}$; 在 $5.9\sim 6.2\text{ MHz}$ 传导骚扰电压的峰值 $\leq 57\text{ dB}\mu\text{V}$; 在 $30\sim 54\text{ MHz}$ 传导骚扰电压的峰值 $\leq 52\text{ dB}\mu\text{V}$; 在 $70\sim 108\text{ MHz}$ 传导骚扰电压的峰值 $\leq 42\text{ dB}\mu\text{V}$. 对比 GB18655—2002 GB/T 17619—1998 中对于相应频段的限值要求, 我们看出所测产品合格.

2.2 辐射骚扰

图 3 为电源线辐射骚扰的试验布置连接图, 根据相应的测量要求, 我们得到图 4 的试验结果.

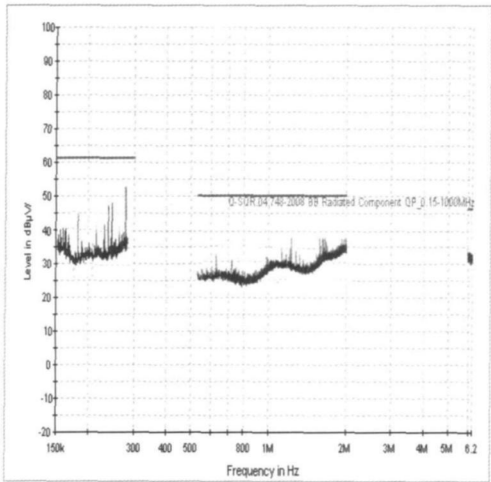
由图 4 我们看出, 1 m 测量距离处, 在 $(0.15\sim 0.3)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 61\text{ dB}\mu\text{V/m}$; 在 $(0.53\sim 2.0)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 50\text{ dB}\mu\text{V/m}$; 在 $(5.9\sim 6.2)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 46\text{ dB}\mu\text{V/m}$; 在 $(30\sim 54)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 46\text{ dB}\mu\text{V/m}$; 在 $(70\sim 108)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 36\text{ dB}\mu\text{V/m}$; 在 $(144\sim 172)\text{ MHz}$ 范围内, 辐射骚扰场强的峰值 $\leq 36\text{ dB}\mu\text{V/m}$. 对比 GB18655—2002 GB/T 17619—1998 中对于相应频段的限值要求, 我们看出产品合格.



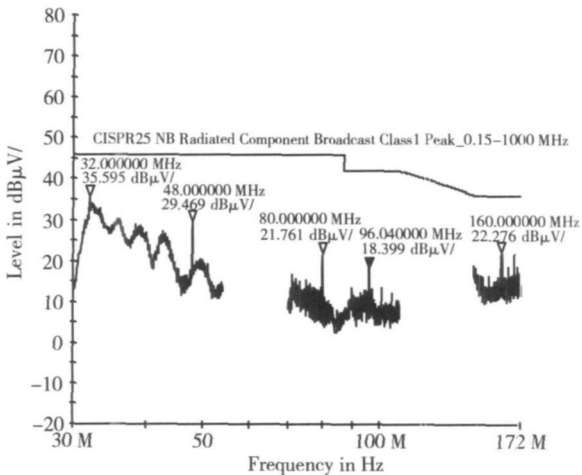
1.测量接收机;2.ALSE;3.隔离连接器;4.双层屏蔽同轴电缆;5.天线;6.EUT;7.测试线束长(1 500±75)mm(或不超过 2 000 mm),高于接地平板(50±5)mm;8.人工网络;9.试验台-2 500 mm(长)×900 mm(高);10.射频吸收材料;11.电源滤波器

图 3 辐射骚扰试验连接图

Fig.3 Radiated emission test connection diagram



(a) 0.15~30 MHz



(b) 30~200 MHz

图 4 水平极化辐射骚扰测试结果

Fig.4 Horizontal polarization radiated emission test results

2.3 射频频场抗扰度测试 (大电流注入法)

该方法是利用电流注入探头通过将电流直接感应到连接线束进行抗扰性试验的一种方法. 该注入探头由一个耦合钳组成, 被测系统的电缆从耦合钳中穿过. 然后通过改变感应信号的频率进行抗扰性试验. 试验前要进行大电流注入探头的标定. 被测设备的安装如图 5 所示. 文献 [4] 对于控制器辐射发射和传导发射性能预测试验平台做过研究.

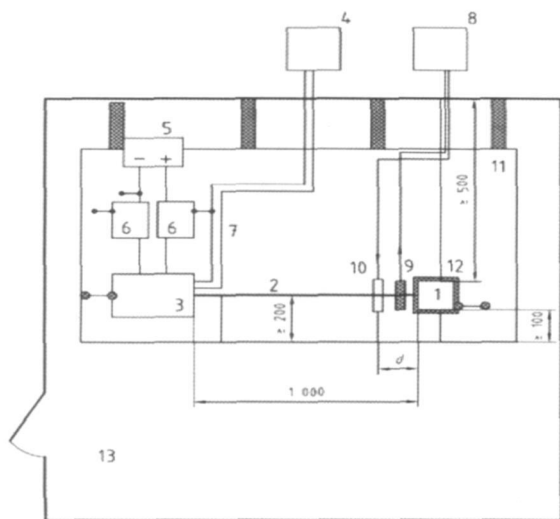
图 5 中的测试电压为直流 24 V , 试验频段 $20\sim 80\text{ MHz}$ 试验的等级为 48 mA , 步进 1 MHz AM 调制, 驻留时间 2 s , 测试距离 150 mm . 通过对受试设备施加干扰, 设备的各项指标均符合 GB6113.1—1995 要求.

2.4 射频频场辐射干扰 (电波暗室法)

电波暗室法适用的频率范围是 $80\text{ MHz}\sim 18\text{ GHz}$ (文献 [5] 中对关于电波暗室的测量有过进一步的研究). 测试严酷度等级以射频频电磁场的场强为单位, 按照不同产品的不同要求分为 25 V/m 、 50 V/m 、 75 V/m 。

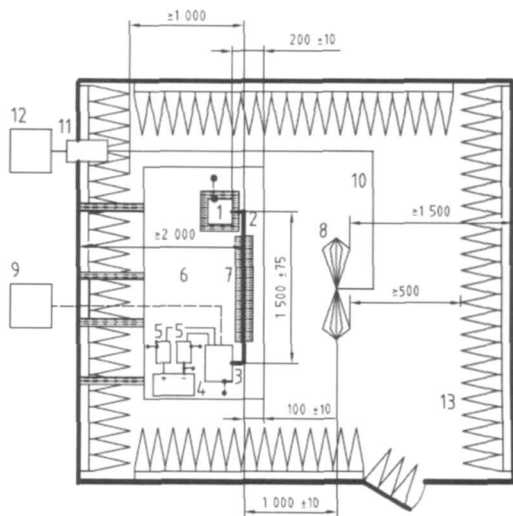
m、100 V/m 以及 200 V/m 多个等级. 电波暗室法是一种必须在电波暗室中完成的电磁兼容抗扰度测试方法.

图 6 中的测试电压为直流 24 V, 试验频段 80~1 000 MHz, 试验的等级为 24 V/m, 步进 1%, AM 80% 调制, 驻留时间 2 s, 测试距离 1 m。通过对受试设备施加干扰, 设备的各项指标均符合 GB 6113.1—1995 要求。



1.被测件;2.测试线束;3.模拟负载;4.被测件仿真监视系统;
6.人工网络(AN);7.绝缘材料($\epsilon_t \leq 1.4$);8.射频输出;9.射频监
视探头;10.射频注入探头;11.接地板凳;12.隔热器;13.屏蔽室

图5 射频场抗扰度测试(大电流注入法)
Fig.5 RF magnetic field of immunity test
(Large current injection)



1.被测件;2.测试线束;3.模拟负载;4.电源供应;5.人工网络(AN);6.接地板;7.绝缘材料($\epsilon_t \leq 1.4$);8.双圆锥天线;9.仿真监视系统;10.高质量同轴电缆(50 Ω);11.穿墙连接器;12.射频信号发生放大器;13.射频吸收材料

图 6 射频场抗扰度测试(电波暗室法)

3 结论

国内外在汽车 EMC 测试方法上也进行了研究,目前可实际应用的汽车电磁兼容测试方法很多,主要的是骚扰测试和敏感度的测试,选取了汽车最长见的 CAN 总线整体式组合仪表及智能配电控制模块进行测量。主要是对不同频段的骚扰电压和场强进行测量,零部件测量不仅要单独进行,在整车中也同样进行测量,零部件可能以不同的方式耦合到相应的器件中而造成一定的影响,不同车型对频段的抗扰度不一样,同时在传导噪声中共模和差模电压造成的影响不同,对于汽车零部件的电磁兼容设计要综合考虑相关的因素。射频场抗扰度采用的大电流注入和电波暗室原理不同,大电流注入相对简单,只适应于低频段,而电波暗室测量精度较高更适用于高频段。

[参考文献] (References)

- [1] 林艳萍. 汽车电磁兼容测试方法 [J]. 安全与电磁兼容, 2002(4): 12-16, 20
Lin Yanpin. Automotive EMC measurement method [J]. Safety and EMC, 2002(4): 12-16, 20 (in Chinese)
- [2] 刘新亮. 汽车电器的电磁兼容 [J]. 汽车电器, 2001(6): 2-7.
Liu Xinliang. EMC of auto electric parts [J]. Auto Electric Parts, 2001(6): 2-7 (in Chinese)
- [3] 朱德康. 汽车电子电器电磁兼容测试研究 [J]. 硅谷, 2009(4): 30-31.
Zhu Dekang. Car electronics EMC test research [J]. Silicon Valley, 2009(4): 30-31 (in Chinese)
- [4] 张戟, 张倬, 李敬华, 等. 汽车电子控制器电磁干扰预测平台的建立 [J]. 汽车技术, 2009(12): 40-45.
Zhang Ji Zhang Zhuo Li Jinghua et al. Automobile electrical control EMI forecast of platform [J]. Automobile Technology, 2009(12): 40-45. (in Chinese)
- [5] 王晖, 赵文晖, 熊炜. 汽车零部件电磁兼容射频抗扰度测试方法概述—电波暗室法 [J]. 上海计量测试, 2009(3): 17-18.

- Wang Hui Zhao Wenhui Xiong Wei Summarizing the test method of immunity for vehicle component Absorber lined shielded enclosure [J]. Shanghai Measurement and Testing 2009(3): 17-18 (in Chinese)
- [6] 徐立. 浅谈汽车电磁兼容实验室 [J]. 世界汽车, 1999(10): 18-20
Xu Li A study of EMC laboratory for automobile [J]. World Automobile 1999(10): 18-20 (in Chinese)
- [7] 林毅. 机动车辆 EMC 的测量 [J]. 国外电子测量技术, 2005(7): 23-24
Lin Yi EMC measurement of automobile [J]. Foreign Electronic Measurement Technology 2005(7): 23-24 (in Chinese)
- [8] 全国无线电干扰标准化技术委员会. GB18655—2002 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002
Committee for Standardization in China GB18655—2002 Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles [S]. Beijing Standards Press of China 2002 (in Chinese)
- [9] 全国无线电干扰标准化技术委员会. GB/T 17619—1998 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999
Committee for Standardization in China GB/T 17619—1998 Limits and methods of testing for immunity of electrical/electronic sub-assemblies in vehicles to electromagnetic radiation [S]. Beijing Standards Press of China 1999 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

(上接第 3 页)

[参考文献] (References)

- [1] Wilson P. On the correlating TEM cell and OATS emission measurements [J]. IEEE Trans, 1995, 237(1): 1-16
- [2] Ae-Kyoung Lee An algorithm for an advanced GTEM to ground Plane correlation of radiated emission Test [C] // IEEE EMC Symposium (Seattle). Santa Clara CA: IEEE Press 1996 58-62
- [3] 秦超, 蒋兴全. GTEM 小室辐射发射自动测试的研究 [J]. 电子机械工程, 2006, 22(3): 19-21.
Qin Chao Jiang Xingquan A study on the automatic test of GTEM cell radiated emission [J]. Electromechanical Engineering 2006, 22(3): 19-21 (in Chinese)
- [4] 任列辉, 陈志雨. GTEM 室与开阔场的辐射发射相关研究 [J]. 电波科学学报, 2002, 17(1): 74-77.
Ren Liehui Chen Zhiyu Investigation on correlation of radiated emission tests of GTEM cell and open area test sites [J]. Chinese Journal of Radio Science 2002, 17(1): 74-77. (in Chinese)
- [5] Zhao Yang Yan Wei Feng Zhiming et al Investigation on radiated EMI noise identification for high speed digital PCB [C] // The fifth Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics Proceedings Xi'an IEEE Press 2009 297-300
- [6] 赵阳, See Kye Yak 电磁兼容基础与应用 (英文版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
Zhao Yang See Kye Yak Foundation and Application of EMC (English Edition) [M]. Beijing Machinery Industry Press 2007. (in Chinese)
- [7] Jeffrey Travis Jim Kring Lab VIEW for Everyone [M]. Beijing Electronics Industry Press 2008
- [8] 张荷涛, 邹澎, 胡海涛. 基于 Lab VIEW 的 GTEM cell 辐射干扰自动测试系统设计 [J]. 微计算机信息, 2007, 23(25): 102-103.
Zhang Hetao Zou Peng Hu Haitao Design of a radiated emission in GTEM cell automatic test system based on Lab VIEW [J]. Microcomputer Information 2007, 23(25): 102-103 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]