

# 电磁骚扰抑制在 GB18655-2002 中的理论与试验研究

刘 欣 ( 中国汽车技术研究中心 天津 300162 )

**【摘要】** 本文通过经国家标准 GB18655-2002 考核的暖风电机、雨刮电机、闪光继电器三种产品的电磁骚扰特性，从理论上结合试验中的数据进行分析，探讨了零部件及整车设计中对电磁骚扰特性的影响；总结了屏蔽技术对于车内电磁骚扰的抑制、滤波技术对于车内电磁骚扰的抑制、接地技术对车内电磁骚扰的抑制等抑制方法，以及它们各自的作用和相互联系。希望通过本文的一些观点能为汽车电磁骚扰的改进提供一些参考。

## 1 概述

GB18655—2002《用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法》于 2002 年 2 月 22 日发布，于 2003 年 3 月 1 日强制执行，并且仅对车辆的闪光继电器、雨刮器电机、暖风电机进行强制性检验要求。目前国内大多数整车及相关的零部件企业进行了该标准的检测验证工作。从试验结果来看，到目前为止，闪光继电器整车试验合格率可达 19.8%；零部件试验 1 级合格率 80%；雨刮器电机整车试验合格率 5.9%，零部件试验 1 级合格率 25%；暖风电机整车试验合格率 15.8%，零部件试验 1 级合格率 40.9%；综合统计结果，大部分企业都没有满足标准要求，但一部分企业对其产品进行改进以后，样件经过检验合格。

由于电磁兼容的抽象性、不确定性，并且存在相关部件相互关联以及部件与整体匹配等诸多方面原因，导致其又具备一定的复杂性。因此单纯的依靠理论研究汽车及其零部件的电磁兼容特性是很难取得明显成效的。通过对大量试验结果进行分析，结合理论总结规律，也是电磁兼容研究当中的一条有效途径。面对这种状况，作为检测机构，我们希望通过大量的试验，分析产品特点，总结产品改进方法，帮助企业提高产品质量。由于该项目的检测工作开展时间较短，我们的分析和建议也是粗浅的，希望与读者共勉。

## 2 电磁骚扰抑制的试验研究

目前在 GB18655 的执行中，主要考核闪光继电器、雨刮电机、暖风电机对外产生的电磁骚扰，用

于对车载接收机进行保护。在标准实施一年多以来，我们进行了大量工作，总结国内外众多生产厂商产品的试验，虽然对于大多数产品而言，无论是安装到整车上还是零部件试验，到目前尚不能完全符合国家标准的限值。但总体上来说，越来越多的生产企业不但在产品的最初电路设计上考虑到电磁兼容的因素，并且针对其产品采取了多种有效的抑制措施。因此，从总体达标的数量和单个产品电磁骚扰的品质都有了显著提高。本文将从理论与试验结合的角度，对分析解决产品电磁骚扰特性的问题进行讨论。

### 2.1 电路设计开发对电磁骚扰特性的影响

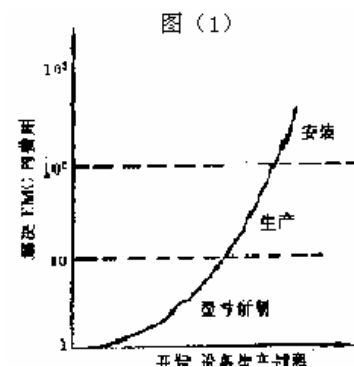
一般来讲，汽车电气部件的电路部分都是其电磁骚扰的骚扰源，而其它部分则客观的成为其产生、

传播的条件。因此，需要在电路部分的设计上考虑电磁兼容的因素，从源头上改善产品的电磁骚扰特性。由图(1)可以看出，在产

品的设计阶段解决电磁兼容问题相比生产、安装调试时解决，将节约大笔费用。

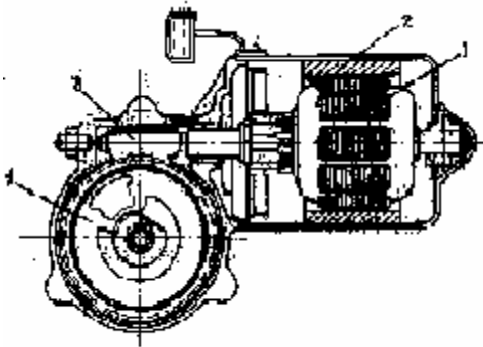
#### 2.1.1 电气零部件的设计及其骚扰特性

目前主要测试的雨刮器电机、暖风电机和闪光继电器，结构相对简单，虽然其对外界产生骚扰的同时也受到实际工况的影响，但相对而言，这种骚



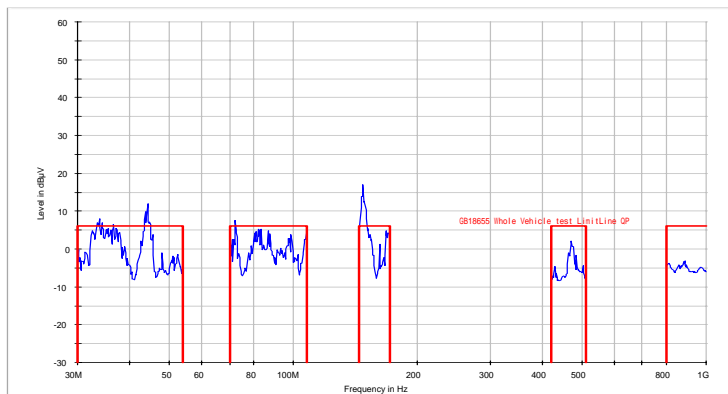
扰还是比较容易进行分析并在设计上采取适当方法可以尽量避免的。

暖风电机和雨刮电机同属于电机类产品，本身工作原理就依靠电磁转换获得动力，内部存在大量感应线圈，如图（2）所示电机原理。虽然大多数都采用直流供电，但由于负载的变化、蓄电池供电不完全稳定等因素，线圈内电流并不会维持恒定不变，因此产生对外的电磁辐射。另一方面，电机的转子在旋转的过程中，电刷和整流子或者滑环的接触状



图（2）电机原理

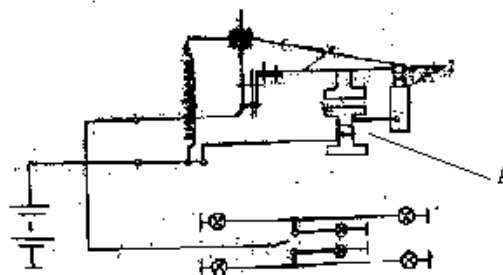
在试验中发现，如果能够充分考虑上述因素。比如说对电机的设计中，可采用对称力磁绕阻，将电机绕阻不是接到电枢的一边，而是对称的布置到电枢的两边。这样可以使线端的骚扰电压降低为原骚扰电压的  $1/2 \sim 1/10$ ，还有电刷接触部分的处理、对于电机负载工况的研究、采取一定的方式削弱继电器的瞬时脉冲等，最终可以在一定程度上提高这些部件的电磁骚扰的品质。



图（4）30MHz~1GHz 车载辐射试验

图（4）为某闪光继电器进行车载试验时在

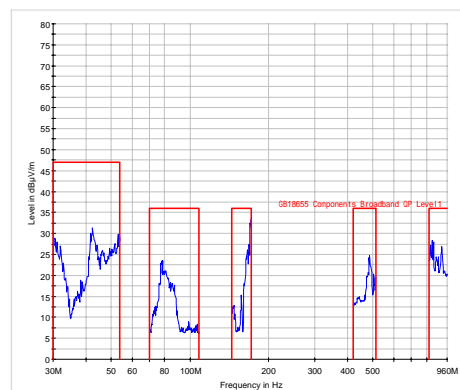
态会产生急剧变化，所以不可避免的产生电火花，形成骚扰。对于闪光继电器而言，目前国内大多数汽车产品仍使用触点式闪光继电器。如图（3）闪光继电器原理，点亮时通过较大电流，其开关触点在工作时反复的开闭，造成电路中电流强烈的瞬态变化，产生较大的电磁骚扰。另外，还有一些其他的因素诸如电路中数字元件的使用等也会对最终的结果造成影响。



图（3）闪光继电器原理

### 2.1.2 整车设计及其骚扰特性

其次，整车的设计对于电磁兼容的考虑更为重要。一方面要选取电磁兼容特性较好的电气部件；另一方面还要考虑两者的匹配关系。而整车自身所采用的电源、车身设计、线路布置……等方面都会影响整车最终对于 GB18655 的测试结果。试验时，我们对同种产品的零部件试验和车载试验进行对比，如下图所示：



图（5）30MHz~1GHz 零部件辐射试验

30MHz~1GHz 频率范围内的电磁骚扰特性。图（5）

为同一闪光继电器在同一频率下的辐射试验。由试验结果可明显看出,该闪光继电器的零部件试验结果达到了零部件电磁骚扰限值一级要求并有相当的余量。但整车试验却在 30MHz~54MHz、70MHz~108 MHz 和 144 MHz~172 MHz 三个频率范围内都超过了标准限值。这样的情况在试验中大量存在。因此,在整车设计中应该根据需要进行适当级别的零部件产品。另一方面,要对于整车内部防止电磁骚扰的设计必须加以考虑,比如说线束布置、接受天线的选择和安装等,并充分考虑各种零部件之间以及整车与零部件之间的匹配。

## 2.2 抑制技术对电磁骚扰特性的影响

在电路设计时采取适当的方法可以减少骚扰源对外的电磁骚扰,但实际当中,电磁骚扰的产生是不可完全避免的。在汽车系统当中,骚扰源所产生的电磁骚扰,以空间的辐射、导线的传导和感应耦合的方式向外传播,影响车内的电磁环境。因此需要采取一定的抑制措施。试验当中,骚扰抑制的主要三种方法:屏蔽、接地、滤波都在产品中得到了广泛应用,也起到了各自独特的作用。

### 2.2.1 屏蔽技术对于车内电磁骚扰的抑制

电磁波在到达屏蔽体表面时,如图(6)由于屏蔽体与空气交界面阻抗的不连续,对入射波产生反

射(B),未被反射的电磁波(C)在屏蔽材料内部的传播过程中被大量吸收衰减。剩余的电磁波(D)穿透屏蔽体又遇到交界面被再次反射(E)回屏蔽层。最后经过屏蔽层的屏蔽作用,电磁骚扰(A)的强度将被大幅衰减为(F)。

其中,电磁波在通过界面a和界面b的时候,由空气与金属波阻抗的差异一起的反射损耗为 $R=(Z_w+Z_s)^2/4Z_wZ_s$ 。

R——反射损耗,

$Z_w$ ——空气的波阻抗,

$Z_s$ ——金属的波阻抗,

电磁波在屏蔽层从界面 a 到界面 b 中传播的过程中,产生的吸收损耗为 $A=0.131t(f\mu\sigma)^{1/2}$ 。

t——金属板厚度,

f——电磁波频率,

$\mu$ ——磁导率,

$\sigma$ ——电导率。

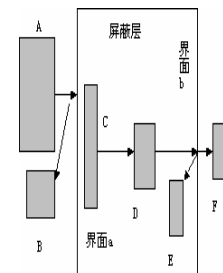
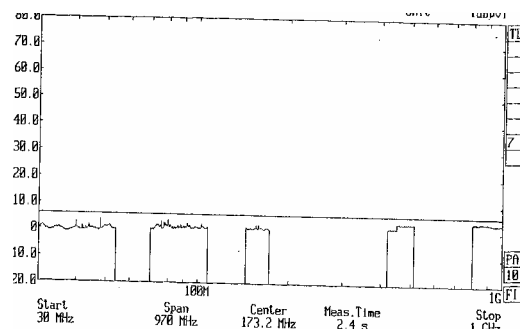
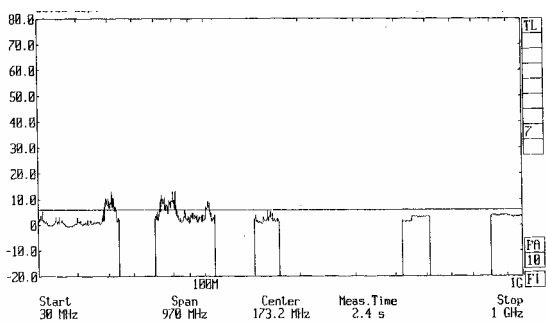


图 6

屏蔽技术在抑制车内电气零部件的电磁骚扰中得到了广泛应用,取得了一定效果,以闪光继电器为例,图(7)的两幅图采用同种型号触点式闪光继电器,右图是采用金属壳体而左图采用塑料壳体。



图(7) 闪光继电器加装屏蔽层前后在 30MHz~1GHz 辐射试验结果对比

在加装了屏蔽材料后,虽然在频率 50 MHz 左右和 70~108 MHz 的区间,骚扰的频谱依然在趋势上与原结果大致相同,但得到了明显的抑制。通过大量试验经验的积累,屏蔽技术可以有效的抑制辐射形式传播的电磁骚扰。无论是电气元件内部还是机壳、导线都可以采取屏蔽。操作过程中,要注意屏蔽材料和位置的选择,防止穿透和开口,结合其它的抑制措施,就可以取得较好的效果。

### 2.2.2 滤波技术对于车内电磁骚扰的抑制

滤波技术是抑制电气设备传导干扰的重要措施,同时对于保证设备整体及局部屏蔽效能也具有重要的辅助意义。从目前试验的情况来看,几乎所有的暖风电机和雨刮电机都应用了这一手段。一般而言,电机属于感性负载类产品,从理论上可采用 RC 网络、二极管网络、稳压二极管网络等抑制网络。

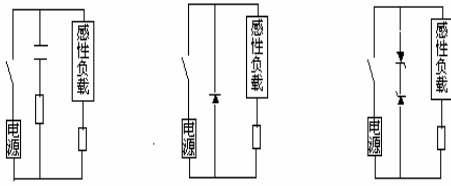


图 8

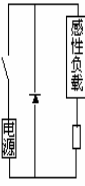


图 9

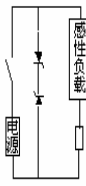


图 10

在感性负载中的电流产生变化时，电路当中会产生较高的瞬时电压，同时产生电磁骚扰，RC 网络（图 8）通过在感性元件上并联一个 RC 阻容电

路，这样在电路中有瞬时变化的电流时，由电机引起的感应电流就可以通过电容，然后经由电阻得到泄放。二极管网络主要保证电路在正常工作时，二极管反置没有电流通过，在开关突然断开时，电机两端产生的感应电压与原电源的供电电压恰好相反，此时二极管导通放电，感应电流就得到了泄放。图 10 稳压二极管网络所示电路原理与图 9 相似，不仅可以用于直流电路也可用于交流电路。

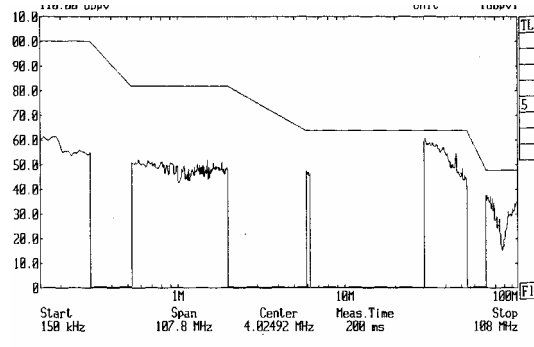
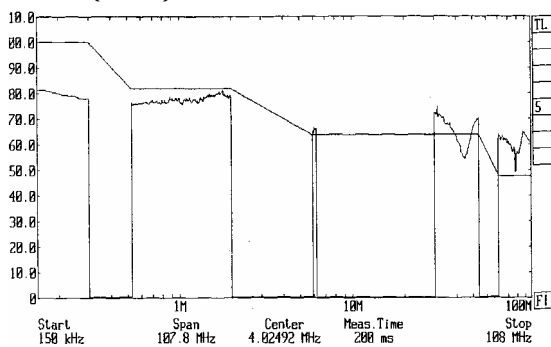


图 (11) 雨刮电机加装滤波网络前后传导骚扰特性对比

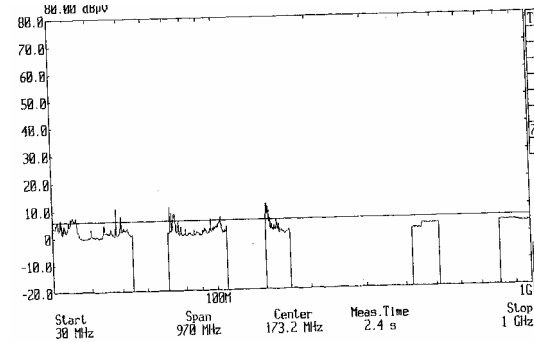
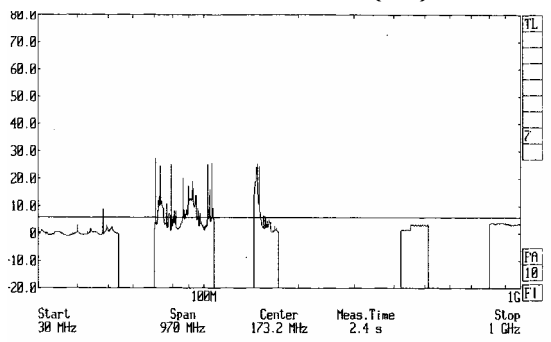


图 (12) 雨刮电机加装滤波网络前后辐射骚扰特性对比

如图 11 所示为某种型号进行零部件传导试验，加装滤波网络前后骚扰特性对比图。图 12 所示为某种型号零部件进行车载试验，加装滤波器前后的骚扰特性对比图。

从上图结果可以看出，接入了滤波网络的雨刮电机在传导试验中电磁骚扰特性上比原电机得到了明显改善。而对于 30 MHz~960 MHz 频段加装滤波器后，没有满足试验限值的要求，单其结果也得到了一定的改善。

以上仅从理论上对滤波技术的应用进行简要的分析，在实际中滤波技术的使用较为灵活，从应用单一的滤波电容、电感到各种滤波器、抑制网络，都可以起到一定的滤波作用。最重要的就是根据产

品的骚扰特性选择有效并且经济的滤波元件来达到降低设备电磁干扰的效果。目前，相当数量的厂家已经和借助专业的电磁兼容研究机构开发适合自己产品的抑制网络，并利用其提升自己产品的技术壁垒以增强产品的竞争能力。

### 2.2.3 接地技术对于车内电磁骚扰的抑制

接地技术有两个含义，一个是安全接地，即为产品和大地之间提供一个低阻抗的通道，这样电路中的电荷累积和故障电流可以流入大地。另一个是参考接地，就是为电路的稳定工作提供一个参考电平，通常由大面积的金属导体提供。从减少电气的电磁骚扰的角度上讲，接地技术不仅可以避免由于电荷累积而形成的无用电场级由于故障电流产生的

感应电磁场，而且可以保持系统工作稳定减少对外的电磁骚扰。同时对于采用其它的抑制措施的效果

也有重要影响。

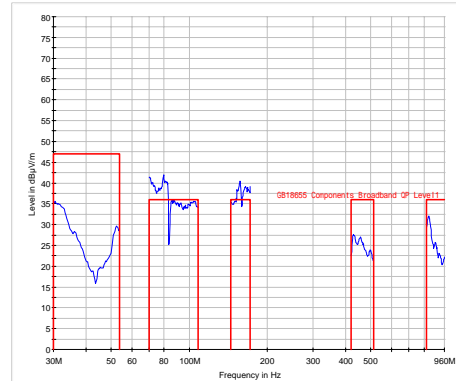
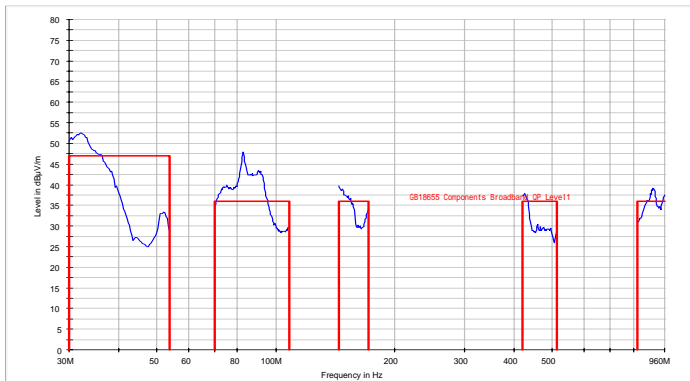


图 (13)暖风电机接地前后辐射骚扰特性对比

图 (13) 是暖风电机接地前后辐射骚扰特性的对比图，从图中可以看到设备接地的情况将会较大程度地改变其电磁骚扰的特性曲线，能够起到抑制作用，在 30 MHz~150 MHz 频段的骚扰值都得到了有效改善，另一方面由于对其它措施效果的作用，有时不太恰当的接地也会造成其它影响。如在 170 MHz 附近区域的骚扰反而有些提高。需要用其他方式加以改进。

实用中对于接地比较重要的是接地方式的选择，通常由三种接地方式单点接地（图 14）、多点接地（图 15）和复合接地（图 16）。单点接地由于只有一个物理点被定为接地参考点，整个系统各个模块的“地”能够统一。但在高频阶段波长很短，由电磁波的传输理论可知，导线阻抗已经不是单纯的低阻抗了，因此效果会受到影响。多点接地在高频下性能优于单点接地，但存在众多的地线回路，也存在很多缺点。因此在低频情况下可采用单点接地，在高频情况下可选择多点接地，对于含有高频和低频的电路，可采用混合接地法。

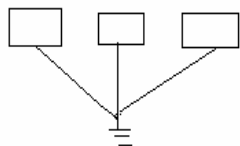


图 14 单点接地

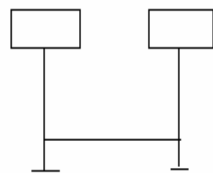


图 15 多点接地

### 3 结论

通过上述针对国家标准 GB18655—2002，就暖

风电机、雨刮电机、闪光继电器三种产品的试验结果，对其电磁骚扰特性进行理论与试验研究，我们认为汽车的电

磁兼容特性对保护车载接收机和车内各种零部件及仪表的正常稳定工作是非常重要的。随着业界对汽车电磁兼容更加重视以及在此方向的研究进一步深入，对车内电磁骚扰完全

可以通过一定的技术手段将其抑制到合理的限值之下。电磁兼容具有一定的复杂性，因此抑制车内电磁骚扰一方面要在产品设计时尽量减少骚扰源的产生，另一方面可以通过滤波、屏蔽、接地等手段进行抑制。但在实际应用中，采用单一的抑制方法很难取得令人满意的结果，而几种方法也有许多相互联系的地方。因此，建议企业结合自己的产品特性，采用多种抑制措施相结合，才能从根本上解决产品的电磁骚扰问题，提高产品质量，满足国家标准 GB18655—2002 的要求。

参考文献（略）

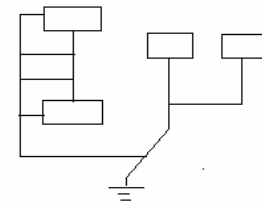


图 16 复合接地

（收稿日期：2004-09-01）