

## 前 言

本标准等同采用美国机动工程师协会标准 SAE J551/5 JUN95《电动车辆的磁场和电场强度的测量方法及执行电平》。

本标准规定了电动车辆的磁场和电场强度的测量方法及限值。频率范围 9 kHz~30 MHz。

本标准与 GB 14023—2000《车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电骚扰特性的限值和测量方法》相协调。GB 14023—2000 适用频率范围 30 MHz~1 000 MHz。

本标准测量结果以 dB( $\mu$ A/m/kHz)和 dB( $\mu$ V/m/kHz)表示。符合 GB/T 6113.1 要求的干扰接收机不具备这两种表示单位,可以通过本标准 7.3 条的修正系数规范统一。

本标准的附录 A 为标准的附录。

本标准由全国汽车标准化技术委员会提出。

本标准由中国汽车技术研究中心归口。

本标准起草单位:中国汽车技术研究中心。

本标准起草人:徐立。

# 中华人民共和国国家标准

## 电动车辆的电磁场辐射强度的限值和 测量方法宽带 9 kHz~30 MHz

GB/T 18387—2001

Performance levels and methods of measurement of  
magnetic and electric field strength from electric  
vehicles, broadband, 9 kHz to 30 MHz

---

### 1 范围

本标准规定了来自电动车辆的磁场和电场的场强的测量方法和限值,频率范围为 9 kHz~30 MHz。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 4365—1995 电磁兼容术语 [idt IEC 60050(161):1990]

GB/T 6113.1—1995 无线电骚扰和抗扰度测量设备规范(idt CISPR 16-1:1993)

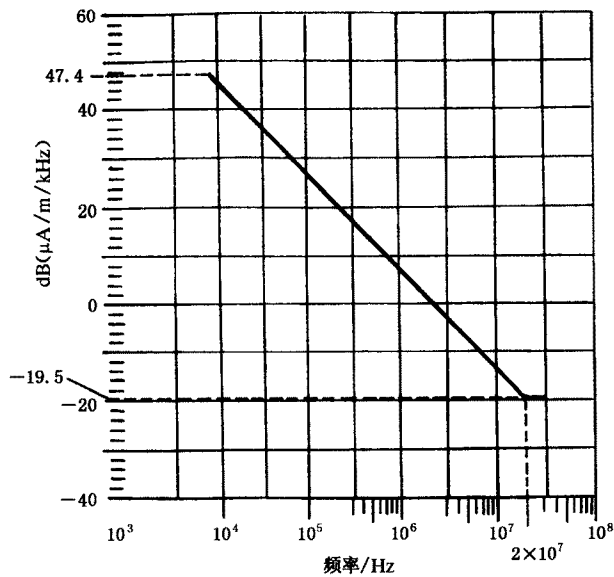
GB 14023—2000 车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电骚扰特性的限值和测量方法(idt CISPR 12:1997)

### 3 定义

本标准采用 GB/T 4365 的定义。

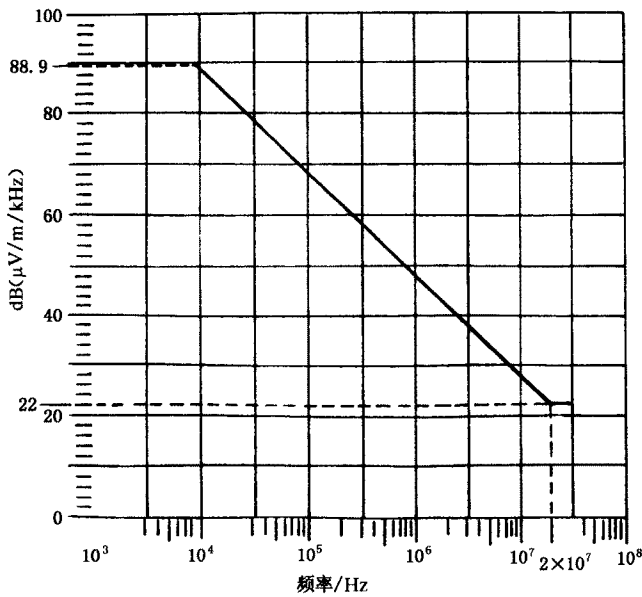
### 4 骚扰限值

图 1 给出了推荐的磁场强度限值,图 2 给出了推荐的电场强度限值。



频率范围 9 kHz~20 MHz 的限值为： $L=47.4-20\lg(\text{Freq(kHz)}/9)\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}/\text{kHz})$

图 1 标准峰值脉冲的磁场强度推荐限值



频率范围 9 kHz~20 MHz 的限值为： $L=88.9-20\lg(\text{Freq(kHz)}/9)\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}/\text{kHz})$

图 2 标准峰值脉冲的电场强度推荐限值

5 测量方法

5.1 测量仪器要求

5.1.1 测量仪器

5.1.1.1 型式 测量仪器应满足 GB/T 6113.1 的要求,手动或自动频率扫描均可使用,频谱分析仪和扫描接收机均可用于干扰测量。对于过载、线性度、选择性和脉冲正常响应,应给予特别地注意。

5.1.1.2 最小扫描时间 频谱分析仪或扫描接收机的扫描速率应按表 1 确定。

表 1 最小扫描时间

频 带	峰值检波器
A 9~150 kHz	100 ms/kHz
B 0.15~30 MHz	100 ms/MHz
注 1 频带的定义引自 GB/T 6113.1。 2 对某些信号(如:低重复率或间歇信号)可能需要更低的扫描速率或多重扫描以确保测到最大值。	

5.1.1.3 测量仪器带宽 测量仪器的带宽应选择本底噪声比限值线至少低 6 dB。推荐带宽见表 2。

注:当测量仪器的带宽超过窄带信号的带宽时,被测信号的幅度将不受影响。当测量仪器的带宽减小时,脉冲宽带噪声的指示值将会减小。

表 2 测量仪器带宽(6 dB)

频率范围	仪器带宽
0.009 MHz~0.15 MHz	200 Hz
0.15 MHz~30 MHz	9 kHz

如果频谱分析仪用于峰值测量,视频带宽至少是分辨率带宽的 3 倍。

5.1.2 天线系统

图 1 和图 2 中的试验限值以 dB( $\mu$ A/m/kHz)和 dB( $\mu$ V/m/kHz)表示。理论上,只要天线具有足够的灵敏度、适当的天线修正系数,并且天线具有 50  $\Omega$  阻抗与测量接收机匹配,那么可以使用任何天线。下列天线将适用本试验方法:

a) 0.009 MHz~30 MHz 带有一个合适的天线匹配单元的 1 m 垂直单极子,平衡器由天线制造商推荐。

b) 0.009 MHz~30 MHz 引自 GB/T 6113.1,60 cm 静电屏蔽环天线。

市场供应的棒天线和环天线,可以使用其已知的天线校准系数。附录 A(标准的附录)提供了 1 m 单极子(棒)天线以及它的相关匹配单元的校准程序。电缆损耗系数的定义见 GB 14023—2000 附录 C。

5.1.3 天线匹配单元

应保证在所有频率上,通过校正使匹配单元与测量接收机之间达到阻抗匹配,最大驻波比(SWR) 2:1。从天线到接收机的天线系统的任何衰减或放大都将进行修正。

注:应特别注意,保证输入电压不超过匹配单元的脉冲输入额定值或可能发生的过载。当使用有源匹配单元时,这一点特别重要。

5.2 测量场地要求

5.2.1 开阔试验场(OATS)要求

5.2.1.1 试验场地是一个没有电磁波反射物的空旷、圆形平面场地,以车辆与天线之间的中心点为圆心,最小半径为 30 m。

注:在 5.2.1.1 中规定的场地要求是 GB/T 6113.1 对大型汽车的应用。

5.2.1.2 测量设备、试验棚或装有测量设备的车辆可置于试验场地内,但只能置于 GB 14023 规定的区域内。

5.2.1.3 环境要求

为了确保没有足以影响测量的环境噪声和信号,应在主要试验前后,车辆不运行状态下,对环境噪

声分别进行测量,这两次测量结果,环境噪声电平(不包括已知的无线电信号的发射)均比第4章给出的骚扰限值至少低6 dB。这个要求也适用于潮湿车辆的试验。

### 5.2.2 装有吸波材料的屏蔽室(ALSE)要求

#### 5.2.2.1 相关性

如果在电波暗室(ALSE)中测到的结果与在第5.2.1中规定的OATS中测到的结果有可比性,那么就可以使用电波暗室。

注:由于电波暗室具有稳定的电特性,因此具有可进行全天候试验、可控制的环境和改善的可重复性优点。

#### 5.2.2.2 环境要求

环境噪声电平应尽可能低,比第4章给出的骚扰限值至少低6 dB。环境电平必须定期检验或者在试验结果显示出不合格的可能性时进行验证。

### 5.2.3 天线位置要求

#### 5.2.3.1 棒天线置于地面上并距车辆的最近部分 $3\text{ m} \pm 0.1\text{ m}$ 。

#### 5.2.3.2 环天线中心置于地面以上 $1\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ 并距车辆的最近部分 $1\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 。

注:环天线位于磁场最大敏感方向。与环天线平面垂直的轴线平行于磁场方向。有时,在环天线情况下,这类极化适用于轴线方向。严格地讲,这类极化用于指示电场的方向;环天线定位在场的最大耦合方向,电场方向平行于环平面。

## 6 预扫描过程

### 6.1 用千斤顶或起重器举起驱动轮。

注:如果车辆在无负载状态下运行会引起动力系统损害或降低辐射发射电平的后果,那么可以使用测功机。

### 6.2 确定在高速挡时车速为40 km/h(25 mph)的稳定条件。

### 6.3 对电场垂直方向和磁场三个正交方向,记录数据。

### 6.4 对车辆的其他三个侧面,重复进行。

### 6.5 依据6.3和6.4的结果决定最大发射方向。这个决定是基于从车辆的四个侧面得到的最高电平。如果车辆的两个不同的侧面的最高电平大致相等,那么选择其一个侧面作为最大辐射方向。

### 6.6 天线的安置和定向为最大接收信号方向,即在6.5确定的侧面,车辆以16 km/h和64 km/h的稳定车速运行,重复6.3测量最大发射。

## 7 测量

### 7.1 频率范围

测量在9 kHz~30 MHz的频率范围内进行。这个范围被分成最少11个频带,每个频率倍频程大致一个频带。每个频带即可以手动扫描也可以自动扫描,以确定作为频率函数的辐射场强。例如,一种频带设置:

9 kHz~30 kHz	0.5 MHz~1.1 MHz
30 kHz~60 kHz	1.1 MHz~2.4 MHz
60 kHz~150 kHz	2.4 MHz~5.0 MHz
150 kHz~250 kHz	5.0 MHz~10.0 MHz
250 kHz~500 kHz	10.0 MHz~20.0 MHz
	20.0 MHz~30.0 MHz

特征频率点测量虽然没有推荐,但是应给予足够的考虑。每个倍频程最少测量两个频率点,并且连续两个频率点的比不超过1.6。

### 7.2 运行条件

车辆在不加载的测功机上或以定速在轮轴支架上运行。

注：如果车辆在无负载状态下运行会引起动力系统损坏或降低辐射发射电平的结果，那么使用测功机装载车辆，按水平路面给车辆加载，在 6.6 规定的特定速度运行。

在试验的全过程，车辆以 6.6 定义的速度运行。

### 7.3 车辆测量

以适当的带宽和天线系数将数据规范到  $\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}/\text{kHz})$  或  $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}/\text{kHz})$ 。

对于峰值检波器测量，带宽修正，可以通过一个修正系数将其他带宽与 1 kHz 或 1 MHz 带宽相关联。对 1 kHz，修正系数为  $20\lg(\text{带宽}(\text{kHz})/1 \text{ kHz})$ ；对 1 MHz，修正系数为  $20\lg(\text{带宽}(\text{MHz})/1 \text{ MHz})$ 。例如：120 kHz 带宽的相关限值，修正系数为  $20\lg(120 \text{ kHz}/1 \text{ kHz})=42 \text{ dB}$ 。

## 附录 A

(标准的附录)

## 棒天线的校准——等效电容替代法

## A1 校准方法

等效电容替代法就是用一个模拟天线(实体模型)替代实际的棒天线。模拟天线(标准样件)的基本元件就是一个在量值上与棒天线即单偶极子天线固有电容相等的电容器。如图 A1 所示试验布置,将信号源馈入到该模拟天线端,然后测量天线耦合器或天线的底座单元的输出。天线系数由公式 A1 给出,其单位为 dB(1/m)。

$$AF = V_D - V_L - C_b \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $V_D$ ——信号发生器输出端测得的电压, dB( $\mu$ V);

$V_L$ ——耦合器输出端测得的电压, dB( $\mu$ V);

$C_b$ ——有效高度的修正系数, dB(m)。

在电磁兼容测量中通常使用 1 m 的棒天线,其有效高度( $h_e$ )为 0.5 m,高度修正系数( $C_b$ )为 -6 dB(m),固有电容( $C_a$ )为 10 pF。

注:对特殊尺寸的棒天线的有效高度、高度修正系数和固有电容的计算,见 A3。

应选择以下两种方法的一种进行校准:网络分析法或者信号发生器和无线电噪声仪法。这两种方法采用同一模拟天线。制作模拟天线的指南见 A2。测量应在足够数量的频率点(无论那种方法取点少)上进行,以便在天线使用频率范围内或 9 kHz~30 MHz 得到一条天线系数随频率变化的平滑曲线。

## a) 网络分析法

1) 测量时,用电缆校准网络分析仪。

2) 按图 A1a)布置校准天线及试验设备。

3) 用试验通道的信号电平[dB( $\mu$ V)]减去基准通道的信号电平 dB( $\mu$ V),再减去  $C_b$ (对于 1 m 棒天线,为 -6 dB),即得到天线的天线系数[dB(1/m)]。

注:网络分析仪不需要使用衰减器,因为网络分析仪的通道阻抗几乎等于 50  $\Omega$ ,并且在网络分析仪校准时,所有的误差均已得到修正。如果实际中需要使用衰减器,那么也可以使用,但应与网络分析仪一起校准。

## b) 无线电噪声仪和信号发生器法

1) 按图 A1b)布置欲校准的天线和测量设备。

2) 用 50  $\Omega$  终端 T 型连接器(A)将设备连接在一起,在 RF 端口(B)测量接收的信号电压  $V_L$  dB( $\mu$ V)。

3) 保持信号发生器的 RF 输出不变,将 50  $\Omega$  终端转换成 RF 端口(B),将接收机输入端的电缆连接到 T 型连接器(A),测量施加的信号电压  $V_D$  dB( $\mu$ V)。

4) 用  $V_D$  减去  $V_L$ ,再减去  $C_b$ (对于 1 m 棒天线,为 -6 dB),即为该天线的天线系数[dB(1/m)]。

50  $\Omega$  终端应具有很低的驻波比 VSWR(小于 1.05 : 1)。无线电噪声仪应预先校准,且应有较低的电压(VSWR)(小于 2 : 1)。信号发生器应具有稳定的频率和电压输出。

注:信号发生器如果当作传递标准使用的话,也可不必校准。

## A2 模拟天线的一些考虑

注:作为模拟天线的电容应固定在一个小的金属盒中(或在一个小的金属箱上)。引线应尽可能的短,不超过 8 mm,并保持其靠近金属盒(或金属箱)的表面。推荐该间隔大小为 5 mm~10 mm。

天线系数测量系统中所使用的 T 型连接器可组装在模拟天线盒中,为与信号发生器匹配而使用的

电阻器也可以装在模拟天线盒中。

A3 棒(单极)天线特征公式

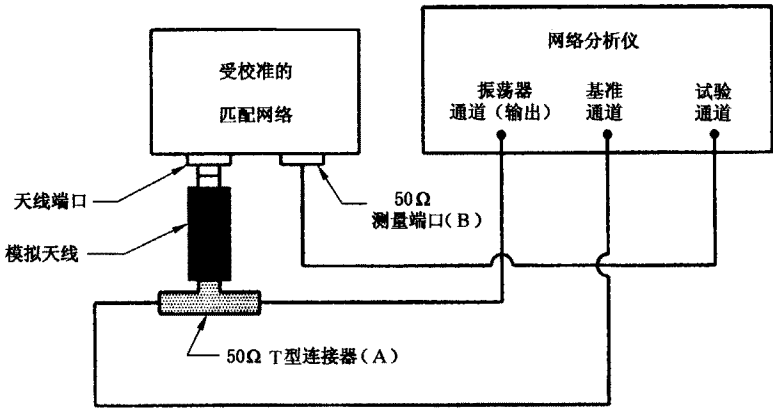
用下列公式确定非常规尺寸的棒天线(即单偶极子天线)的有效高度、固有电容和高度修正系数。前提条件是棒天线的长度不得超过  $\lambda/4$ 。

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \tan \frac{\pi h}{\lambda} \dots\dots\dots (A2)$$

$$C_a = \frac{55.6 h}{\ln\left(\frac{2h}{a}\right) - 1} \frac{\tan \frac{2\pi h}{\lambda}}{\frac{2\pi h}{\lambda}} \dots\dots\dots (A3)$$

$$C_h = 20 \cdot \lg h_e \dots\dots\dots (A4)$$

式中： $h_e$ ——天线的有效高度,m;  
 $h$ ——棒天线的实际高度,m;  
 $\lambda$ ——波长,m;  
 $C_a$ ——棒天线的固有电容,pF;  
 $A$ ——棒天线的平均半径,m;  
 $C_h$ ——高度修正系数,dB(m)。

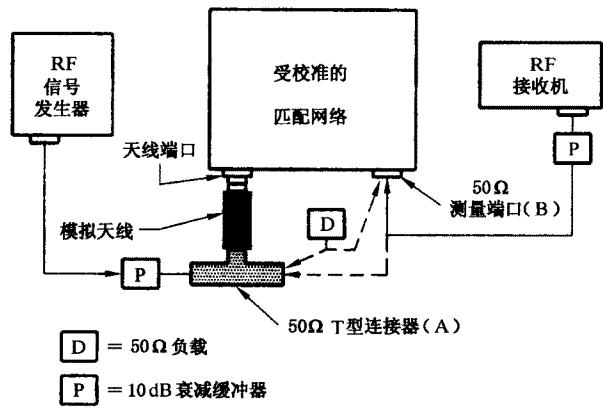


- 注
- 1 使模拟天线尽可能接近 EUT 端口。T 型连接器尽可能接近模拟天线。在 T 型连接器与基准通道输入端口之间以及 50  $\Omega$  测量端口(B)与试验通道输入端口之间,应使用相同长度、相同型号的电纜。
  - 2 网络分析仪无须使用衰减器,本标准也不推荐使用。

a) 采用网络分析仪的校准方法

图 A1 1 m 单极子天线系数的测量





注

- 1 使模拟天线尽可能接近 EUT 端口。T 型连接器尽可能接近模拟天线。
- 2 如果接收机和信号发生器的电压驻波比(VSWR)较低,则无须使用衰减器。如果使用,其衰减量是 5 dB 或 3 dB。
- 3 模拟天线可以结合其他匹配元件来控制其输入和信号发生器电平测量端口的电压驻波比(VSWR)。

b) 采用无线电噪声计和信号发生器的校准方法

图 A1(完)