

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 24338.2—2011/IEC 62236-2:2003

---

## 轨道交通 电磁兼容 第2部分:整个轨道系统对外界的发射

Railway applications—Electromagnetic compatibility—  
Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world

(IEC 62236-2:2003, IDT)

2011-12-30 发布

2012-06-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 发射限 .....	2
4.1 列车运行时敞开式轨道交通线的发射 .....	2
4.2 牵引变电所的射频发射 .....	2
4.3 轨道交通输电线的射频发射 .....	2
5 行进中的列车发射的测试方法 .....	2
5.1 测试参数 .....	3
5.2 频率的选择 .....	4
5.3 瞬态 .....	4
5.4 测试条件 .....	4
5.5 试验报告 .....	5
5.6 天线位置 .....	5
附录 A (规范性附录) 牵引变电所电磁发射的测量方法 .....	10
附录 B (资料性附录) 测试方法的背景 .....	11
附录 C (资料性附录) 图表—牵引频率下的电场和磁场 .....	15
附录 NA (资料性附录) 峰值和准峰值检波两种测量方法结果之间的转换 .....	16
参考文献 .....	18

## 前 言

GB/T 24338《轨道交通 电磁兼容》由以下各部分组成：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：整个轨道系统对外界的发射；
- 第 3-1 部分：机车车辆 列车和整车；
- 第 3-2 部分：机车车辆设备；
- 第 4 部分：信号和通信设备的发射与抗扰度；
- 第 5 部分：地面供电装置和设备的发射与抗扰度。

本部分为 GB/T 24338 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分采用翻译法等同采用 IEC 62236-2:2003《轨道交通 电磁兼容 第 2 部分：整个轨道系统对外界的发射》(英文版)。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 6113.101—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备(CISPR 16-1-1:2006, IDT)；
- GB/T 6113.102—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰(CISPR 16-1-2:2006, IDT)；
- GB/T 6113.103—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-3 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 骚扰功率(CISPR 16-1-3:2004, IDT)；
- GB/T 6113.104—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-4 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 辐射骚扰(CISPR 16-1-4:2005, IDT)；
- GB/T 6113.105—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-5 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 30 MHz~1 000 MHz 天线校准用试验场地(CISPR 16-1-5:2004, IDT)。

本部分做了下列编辑性修改：

- 第 3 章规定 IEC 60050 的术语和定义适用本部分，故规范性引用文件增加 IEC 60050；
- 正文中无规范性内容引用 CISPR 16、CISPR 22、IEC 62236-1、IEC 61000-6-4 在范围中引用，IEC 62236-3-1 在资料性附录中引用，故移入参考文献，第 2 章中用 CISPR 16-1 代替 CISPR 16；
- 参考文献中的文件使用等同采用相关文件的国家标准代替，便于国内使用；
- 增加资料性附录 NA，对 GB/T 15708—1995 的测量方法和本部分测量方法部分数据转换进行说明。

本部分由中华人民共和国铁道部提出。

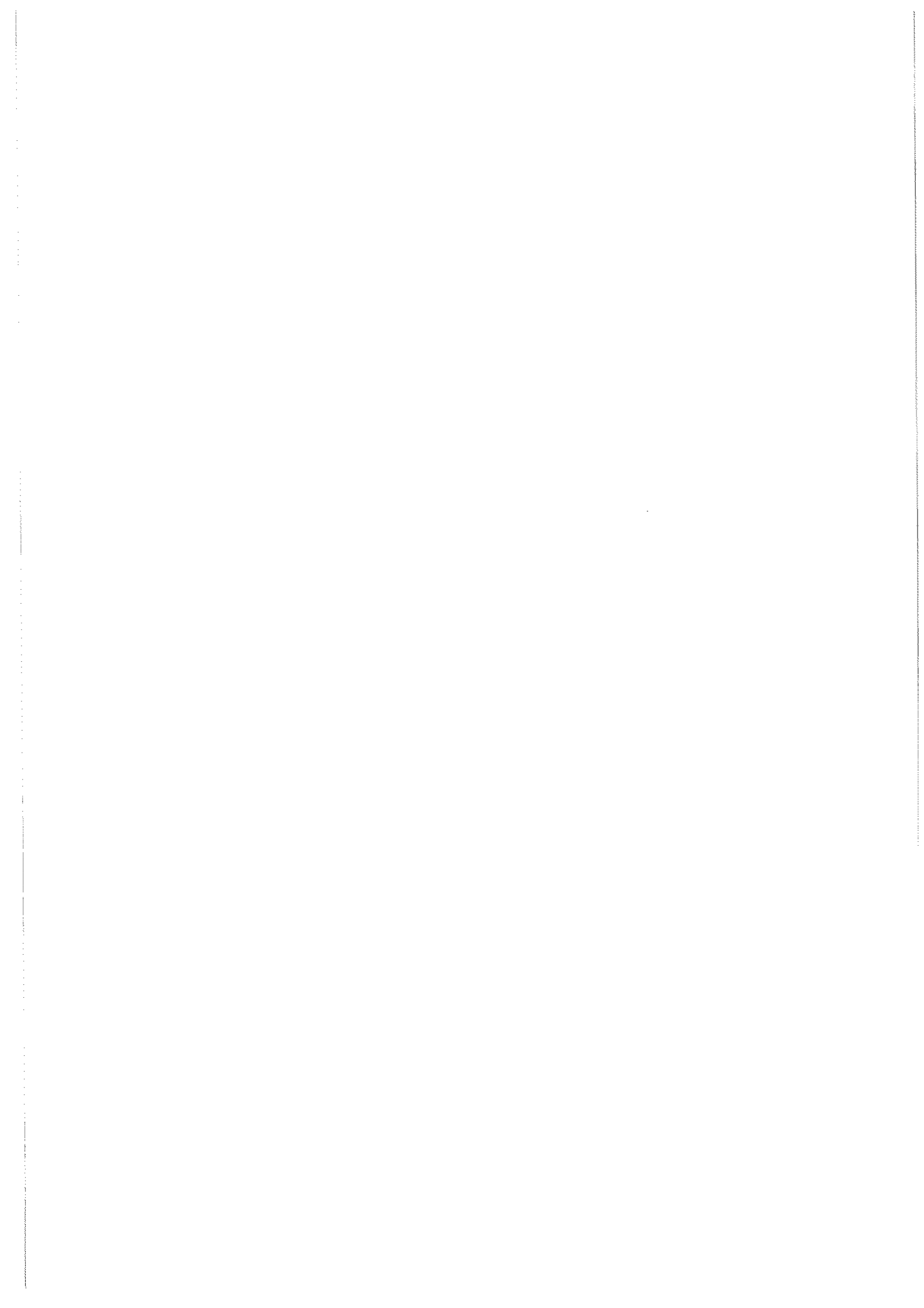
本部分由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本部分负责起草单位：株洲南车时代电气股份有限公司、中国铁道科学研究院。

本部分参加起草单位：北京电铁通信信号勘测设计院有限公司、北京交通大学、中铁第四勘察设计院集团有限公司、南车青岛四方机车车辆股份有限公司、中铁电气化勘测设计研究院有限公司。

本部分主要起草人：蔡万银、张晨、严云升。

本部分参加起草人：李显欣、张林昌、张育明、吴书伟、王益民、范祚成、张安、刘爱华。



## 轨道交通 电磁兼容

### 第 2 部分：整个轨道系统对外界的发射

#### 1 范围

GB/T 24338 的本部分规定了整个轨道交通系统(包括城市街道用车辆)的发射限值。它规定了验证发射的测量方法,以图表的方式给出了常见场所的发射值。

本部分作为 GB/T 24338.1 的补充。

整车系统的测试点在距离轨道中心线 10 m 的垂直平面内,变电所系统的测试点在距离其栅栏 10 m 的垂直平面内。特定测试点的限值在第 5 章和附录 A 中给出。

本部分不仅考虑了电磁辐射对轨道上下区域的影响,也对一些特殊情况做单独考虑。

本部分的限值不适用于 GB/T 17799.4 规定的电气设备。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60050 国际电工词汇(International Electrotechnical Vocabulary)

CISPR 16-1 无线电骚扰和抗扰度测量设备规范 第 1 部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1:Radio disturbance and immunity measuring apparatus-Ancillary equipment)

CISPR 18 高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法(Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment)

#### 3 术语和定义

IEC 60050 确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1

**设备 apparatus**

地面轨道交通装置中预定实现固有功能的电气或电子产品。

##### 3.2

**环境 environment**

可能影响系统行为和/或可能被系统影响的周围物体及场所。

##### 3.3

**外部接口 external interface**

系统与系统之间或系统与外界环境之间的相互作用的边界。

##### 3.4

**牵引变电所 railway substation**

轨道系统中把初始电压及其频率转换成接触网所需电压及频率的设施。

3.5

轨道交通输电线 railway supply line

工作在轨道交通范围内,用于轨道交通系统内非牵引供电的输电线路。

4 发射限

4.1 列车运行时敞开式轨道交通线的发射

9 kHz~1 GHz 的发射限值见图 1,相应的测试方法在第 5 章中定义。非电气化线路等效采用 750 V(DC)的限值。

附录 C 给出了可能出现的各种电气化系统工作在基频下产生的典型最大场强的指导值。这些值主要取决于基础设施管理者提供的几何参数和运行参数。

在城市街道使用的城市车辆不能高于 750 V(DC)导电轨的发射限值。

注 1: 在城市街道使用的城市车辆的特殊发射限值在考虑中。

注 2: 因为环境中极少存在工作在 9 kHz~150 kHz 之间可干扰轨道交通的射频通信,所以在此频段内如果能够证实不存在电磁兼容性问题,任何超过图 1 所规定的发射限值也是可以接受的。

注 3: 由于某些原因不能够采用准峰值检测完成整个测试。具体说明参见附录 B。

4.2 牵引变电所的射频发射

牵引变电所对外部环境的射频噪声发射的测试方法见附录 A,其射频噪声不能超过图 2 规定的限值。

该限值为准峰值并使用 CISPR 16-1 定义的带宽:

频率范围	带宽
≤150 kHz	200 Hz
>150 kHz~30 MHz	9 kHz
>30 MHz	120 kHz

附录 A 规定应距离变电所栅栏 10 m 远的地方进行测试。如果变电所没有栅栏,测试点应距离设备或其围墙外 10 m 远。

测试应避免受列车发射的影响。

注 1: 因为环境中极少存在工作在 9 kHz~150 kHz 之间可干扰轨道交通的射频通信,所以在此频段内如果能够证实不存在电磁兼容性问题,任何超过图 1 所规定的发射限值也是可以接受的。

注 2: 该限值和测试距离适用于其他类似的地面供电装置,如自耦变压器。

4.3 轨道交通输电线的射频发射

工作在轨道交通范围内不同于轨道交通系统电压的输电线应满足 CISPR18 规定的发射限值要求。

注: GB/T 7349 的第 1 部分为一般信息,第 2 部分为保护距离概念的介绍,第 3 部分为减少发射噪声的措施。

5 行进中的列车发射的测试方法

有行进车辆的轨道系统对外发射的试验方法源于 CISPR 16-1,相应的试验方法的背景在附录 B 中给出。

运行在轨道网中的车辆产生的电磁场可以通过设置成不同频段的场强计测出。测试参量为垂直于

轨道的磁场水平分量和垂直分量及射频电场的垂直分量与水平(与轨道平行)分量。

## 5.1 测试参数

5.1.1 使用峰值测量方法。在所选频率的驻留时间应确保获得准确的读数。这是测试设定的功能,推荐测试时间设为 50 ms。

注:对以往按准峰值检波测量的数据,可按附录 NA 换算到峰值检波数据。

5.1.2 测量使用 CISPR 16-1 定义的波段和-6 dB 带宽,如下所示:

波段	9 kHz~150 kHz	0.15 MHz~30 MHz	30 MHz~300 MHz	300 MHz~1 GHz
带宽	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz

5.1.3 接上天线后对同一正弦波场的强度进行测量,与 CISPR 16-1 试验设备相比较,确保测量值的误差在±4 dB 之内。

5.1.4 牵引机车车辆经过测试点时,噪声不一定最大,相反,最大值可能出现在机车车辆远离测试点的某个位置。所以,测试时间应足够长,以保证可以捕捉机车车辆经过前后产生的最大噪声值。

5.1.5 为满足频率要求,使用不同类型及参数的天线。下面列出几种常见的天线:

9 kHz~30 MHz	环形或者方形天线	用于测量 H 场(见图 3 天线 H6-1CE);
30 MHz~300 MHz	双锥偶极子天线	用于测量 E 场(见图 4 天线 H6-1CE);
300 MHz~1 GHz	对数周期天线	用于测量 E 场(见图 5)。

天线的修正因子用于把天线接收端(终端)电压信号换算成场强。

5.1.6 测试天线应距离车辆运行轨道中心线 10 m 远。如果使用对数周期天线,就是天线阵的机械中心距离轨道中心线 10 m 远。

列车运行时对外发射主要来源于滑行接触,所以即使机车两侧安装有不同的设备,也不必要在两侧都进行测试。

推荐使用 10 m 法测量,如果测试天线不在距轨道中心线 10 m 的位置,也可以用以下公式等效转换成 10 m 法值。

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \times \log_{10}(D/10)$$

式中:

$E_{10}$ ——10 m 法值;

$E_x$ —— $D$  m 处的测量值;

$n$  ——从下表选择:

频率范围	$n$
0.15 MHz~0.4 MHz	1.8
0.4 MHz~1.6 MHz	1.65
1.6 MHz~110 MHz	1.2
110 MHz~1 000 MHz	1.0

10 m 法测试值不应超过图 1 相应系统电压规定的限值。

当轨道物理布置不允许使用基准距离时,要协商特殊环境下的测试方法,如在隧道中选用微型天线。在这种情况下,所选限值应计及测试方法。

5.1.7 环形天线的中心应处于距轨平面 1.0 m~2.0 m 的高度,偶极子天线与对数周期天线的中心应处于距轨平面 2.5 m~3.5 m 的高度。如果天线地平面与轨平面有 0.5 m 的偏差,就应在试验报告中

注明实际偏差值。

测试过程中,环形天线、偶极子天线、对数周期天线应在水平方向和垂直方向上分别进行测试。

图 3、图 4、图 5 分别列出几种不同天线垂直放置时的试验布置图。

5.1.8 对于高架轨道系统,5.1.7 的天线高度就不适用了,这时,天线中心所在位置的高度就应该以地平面为参考点。5.1.6 中换算公式中的  $D$  取值就应该是天线距列车的斜线距离。列车应在测试点的可视范围内,而天线的轴就应升高直接指向列车。对于高架轨道来说,测试点距轨道中心线优先为 30 m 远。试验布置细节应该在报告中注明。

5.1.9 如果测试对象为有架空输电线的轨道,测试点应选择在架空线的两支撑电杆的中点,并不在接触网非连续的区段。测试过程中需确认在射频范围可能有共振点存在。如有共振点,则所选的测试频率应避开共振点,并在试验报告中注明。

轨道供电系统的射频发射与其工作状态有关,即使是馈电站的转换与瞬时工作都会影响到系统响应。所以应在试验记录中注明输电系统的工作状态,可能的话,所有的测试都选择在同一天工作。当轨道装有轨旁导电轨时,测试点应选择离导电轨间隙至少 100 m 远的地方,以避免受集电器接触通和断瞬态场的影响。天线与导电轨应在轨道同一侧。

5.1.10 由于受到架空结构、钢轨、接触网等因素的影响,不能确切定义测试场所。然而,可能的话,天线应放置在远离反射物的位置。并不在非轨道网络架空电源线附近 100 m 内进行测试。

5.1.11 测试值单位表示如下:

——dB  $\mu$ A/m 用于磁场;

——dB  $\mu$ V/m 用于电场。

测量值经过选用正确的天线因子和适当换算得到(见 5.1.6)。

5.1.12 背景噪声的测量在没有列车经过的情况下进行,这样就可以测量出已通电路产生的噪声。如果该值显著,还应在距离测试现场 100 m 处再次进行测量,以识别任何非轨道系统的噪声源。

## 5.2 频率的选择

### 5.2.1 选择的频率

测试频率的选择取决于测试现场的环境。

测试频率选择时应考虑附近是否有强信号存在,比如说公共广播站之类。

应满足每十倍频程至少要有三个频率测试点。

### 5.2.2 频率扫描

考虑到列车经过测试点的时间很短,通常采用频率扫描的方式进行测量。测试过程中,接收机中的峰值保持电路在频率改变时对噪声的峰值进行测量并给出相应的信息。从精度考虑,仍然有驻留时间的问题,因为扫描速率是由带宽定义的,所以接收机的扫描速率要满足规定的带宽要求。使用频率扫描的方式,应记录扫描速率和带宽。

## 5.3 瞬态

在测试过程中,由于电源断路器的操作,接收机可能会检测到一些瞬态毛刺,在选择最大发射值时,不要考虑这些偶然因素。

## 5.4 测试条件

### 5.4.1 天气条件

为使天气对测试结果影响最小,测试宜在干燥的天气里进行(24 h 内的降雨量少于 0.1 mm),温度



不低于 5 ℃, 风速小于 10 m/s。

湿度要足够低, 电源线上不能有水凝聚。

往往测试计划是在不知道天气情况前制定的, 所以如果应在不满足上述天气条件下进行测试, 则测试环境所处的实际天气情况应在报告中注明。

#### 5.4.2 轨道运行模式

以下是针对牵引模式的两种测试状态:

- a) 列车的运行速度为最大运行速度的 90% (以保证动态集流涉及的噪声级别), 并且发挥的功率为此速度下的最大功率。
- b) 选定速度下的最大额定功率 (考虑低频噪声)。

如果机车车辆有电制动功能, 则测试应在制动功率至少为额定最大制动功率的 80% 的条件下进行。

#### 5.4.3 来自测试区域外列车的干扰

在考虑射频噪声限值时, 测试区域外“物理距离远但电气距离近”机车车辆对测试结果的影响是微弱的。

#### 5.5 试验报告

试验报告应包含以下内容:

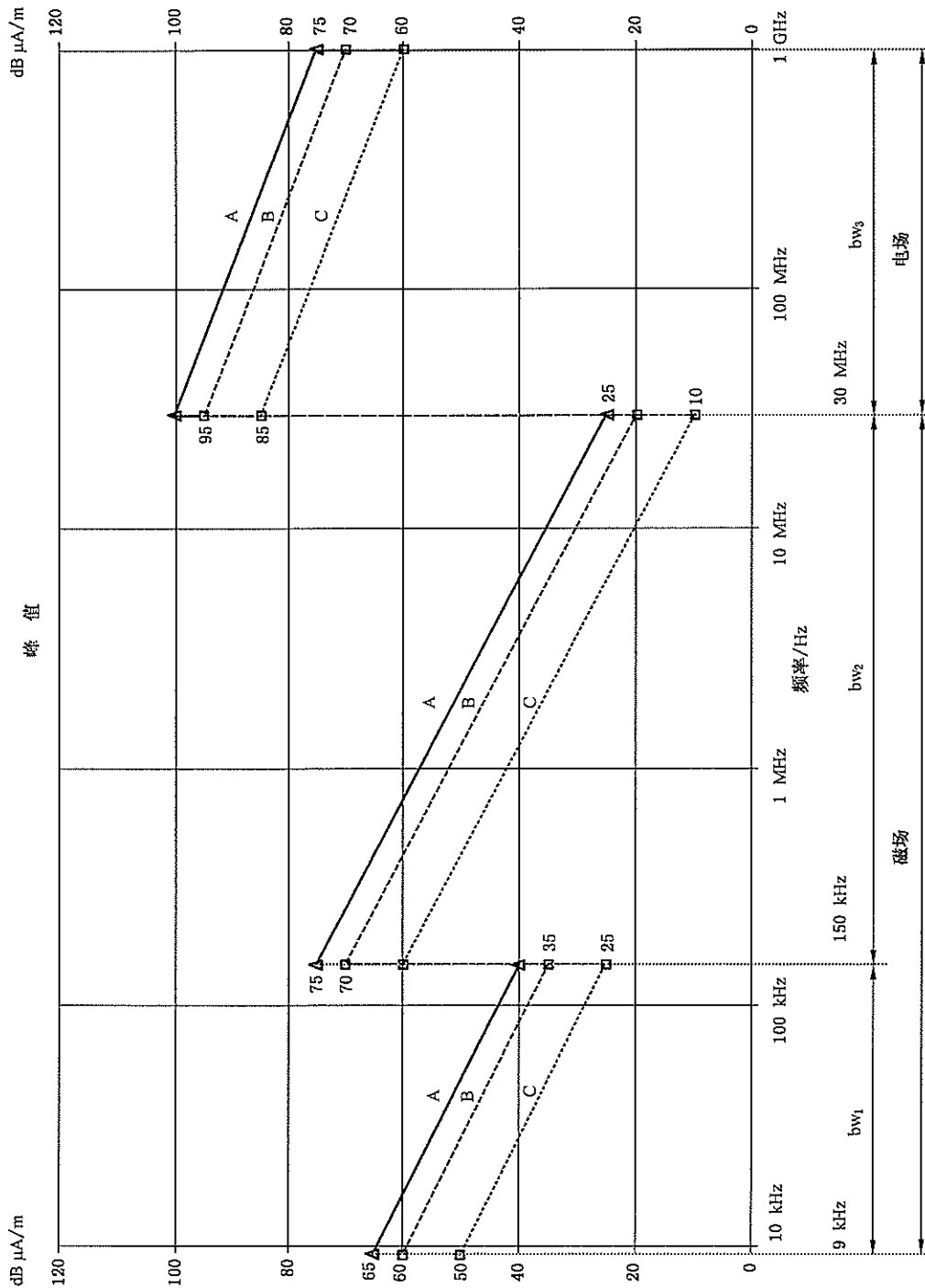
- 试验场所的描述;
- 测试系统的说明;
- 试验对象描述 (机车车辆的型号、配置);
- 试验数据;
- 相关的图表 (图表应包含带宽、日期、时间等信息);
- 天气条件;
- 现场负责人姓名。

#### 5.6 天线位置

图 3 给出在 9 kHz~30 MHz 频段内进行磁场测试时天线所处的位置。

图 4 给出在 30 MHz ~300 MHz 频段内进行电场测试时天线所处的位置 (垂直极化)。对平行于轨道的水平场的测试, 只需在此基础上把天线旋转 90°。

图 5 给出在 300 MHz~1 GHz 频段内进行电场测试时天线所处的位置 (垂直极化)。对平行于轨道的水平场的测试, 只需在此基础上把天线旋转 90°。



A=20/25 kV (ac) ; B=15 kV (ac) , 3 kV (dc) 和1.5 kV (dc) ; C=750 V (dc) , 导电轨 (干线) 。

注 1: 曲线的不连续是由于测量接收机带宽的改变:

- bw<sub>1</sub> = 200 Hz;
- bw<sub>2</sub> = 9 kHz;
- bw<sub>3</sub> = 120 kHz。

注 2: 所有测量值是以峰值按 10 m 法测量的。

图 1 9 kHz~1 GHz 频段内发射限值

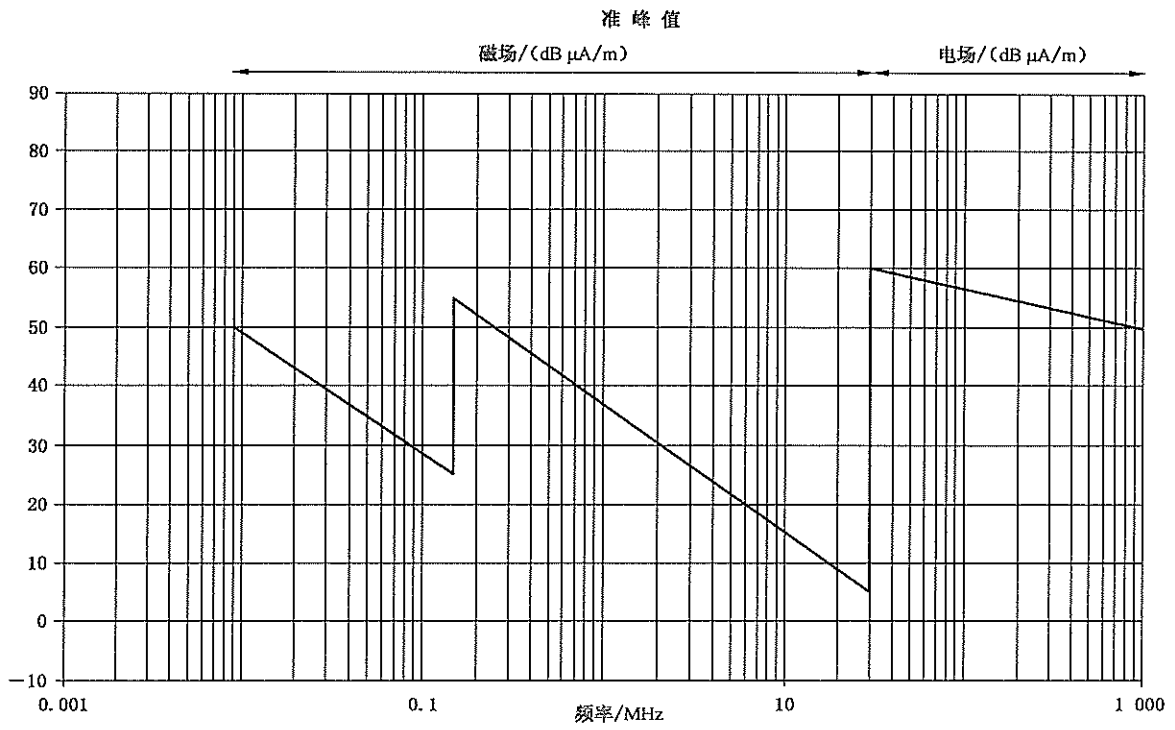


图 2 变电所的发射限值

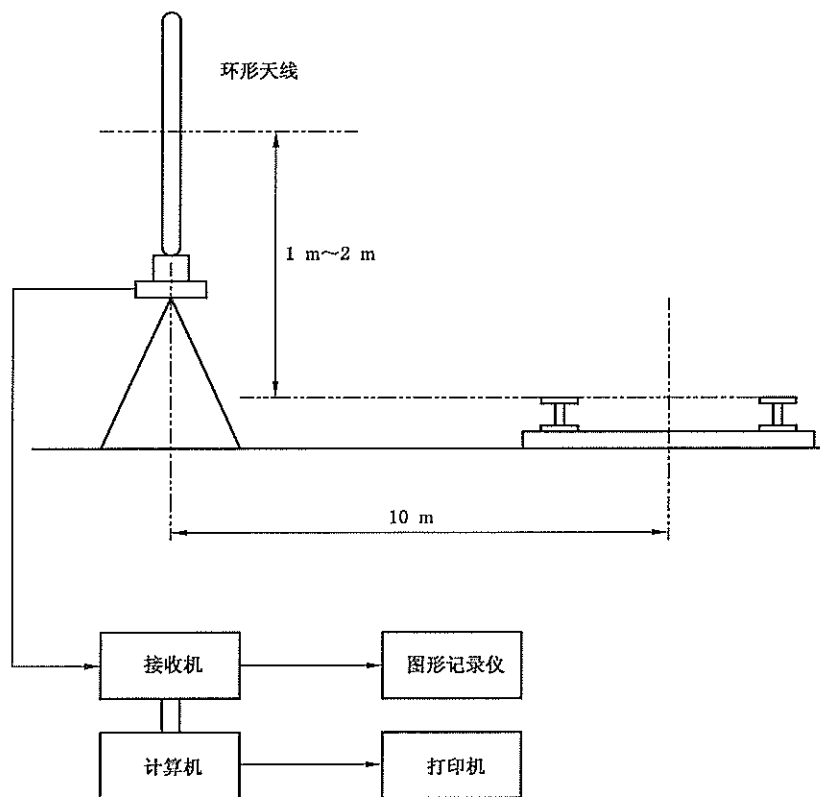


图 3 在 9 kHz~30 MHz 频段内磁场测试时天线所处的位置

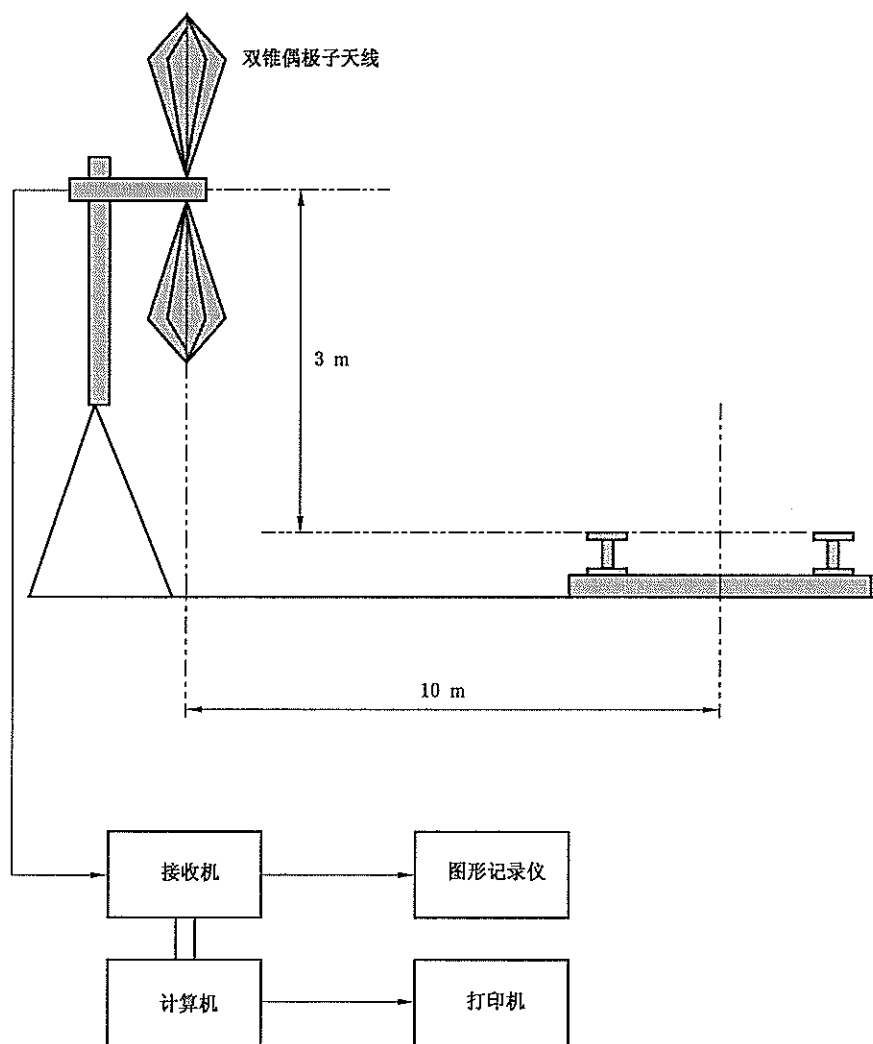


图 4 在 30 MHz~300 MHz 频段内电场测试时天线所处的位置(垂直极化)

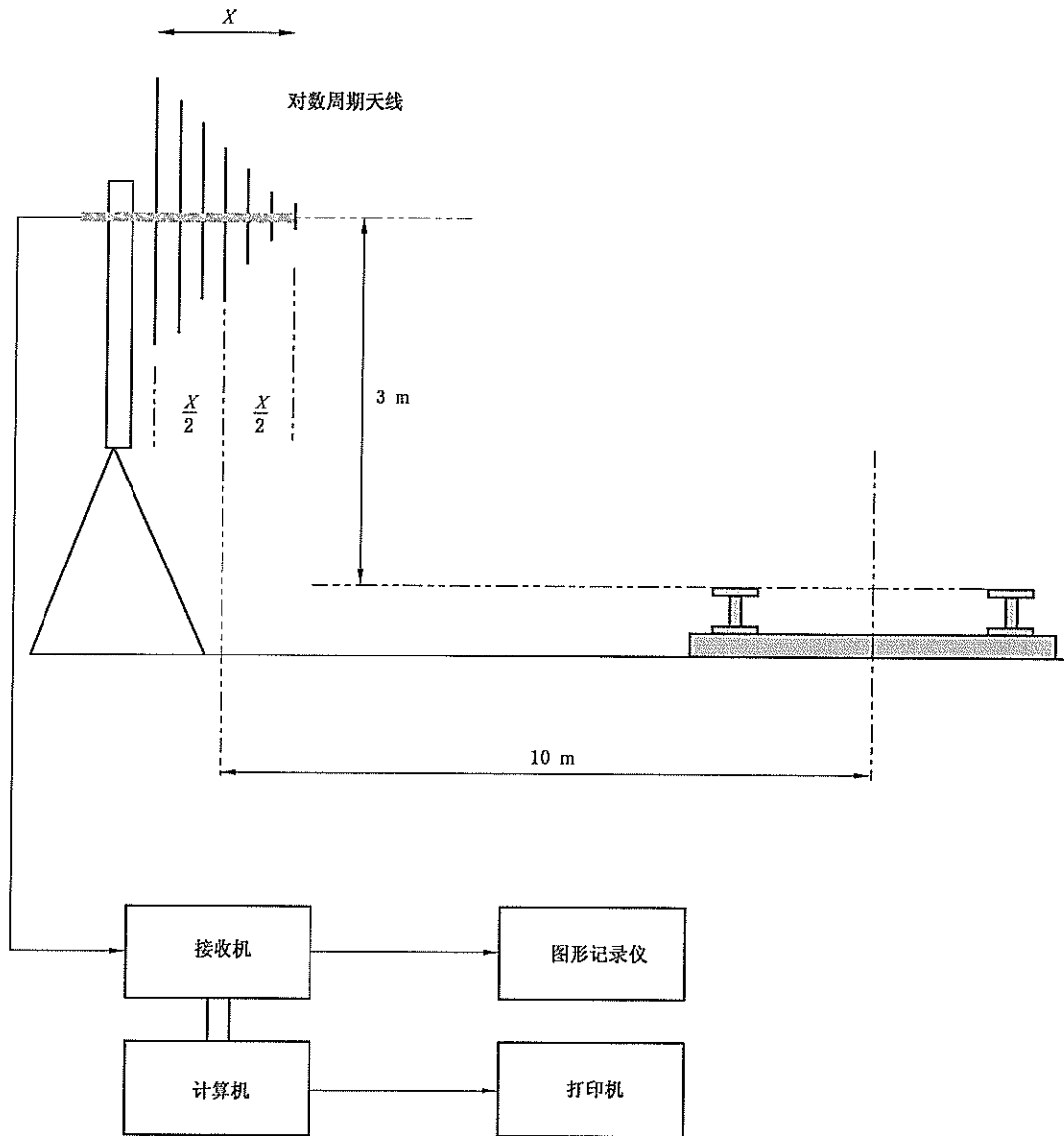


图 5 在 300 MHz~1 GHz 频段内电场测试时天线所处的位置(垂直极化)

## 附录 A

### (规范性附录)

#### 牵引变电所电磁发射的测量方法

##### A.1 测试条件

鉴于轨道牵引供电系统特殊的几何条件,应规定在正常负载条件下电磁场发射测量的条件。

##### A.2 变电所负载

牵引变电所的一个重要特征是其负载可以在短时间内发生巨变。因为发射与负载的大小相关,所以在进行发射测试时应记录变电所的实际负载。

##### A.3 试验方法

发射测量在距变电所栅栏 10 m 远的地方进行。如果变电所面向最近的电气化轨道的栅栏距离轨道中心在 30 m 之内,那么测试只需在除了面向轨道侧外其余的三个面上进行。测试点在每边栅栏的中线上,距离栅栏 10 m。否则,四个面上都要进行测试。如果栅栏边长超过 30 m,规定在栅栏的拐角增加测试点。

射频试验测试设备的精度与 CISPR 16-1 规定要求相比,差异应在  $\pm 4$  dB 之内。

每个点的测试内容包括:

- a) 在频率 1 MHz 附近测量最大的射频发射值(选择 1 MHz 是为了避开其他发射),使用垂直面环形天线进行测试,并记录天线方向。变电所的负载至少为额定负载的 30%。环形天线中心应距离地面 1 m~1.5 m。
- b) 9 kHz~30 MHz 的射频发射使用环形天线测试,天线的方向为最大发射值方向[同 a)],变电所的负载至少为额定负载的 30%。

注:如果天线位置固定而导致某些频率下测量值比绝对最大值小也是可以接受的。

- c) 30 MHz~300 MHz 的最大射频发射使用垂直偶极子和垂直双锥天线测试,变电所的负载至少为额定负载的 15%。天线中心应距离地面 3 m。
- d) 在频率 350 MHz 附近测量最大的射频发射值(选择 350 MHz 是为了避开其他发射),使用垂直极化的对数周期天线进行测试,并记录天线方向。变电所的负载至少为额定负载的 15%。天线中心应距离地面 3 m。
- e) 300 MHz~1 GHz 的射频发射使用对数周期天线测试,天线的方向为最大发射值方向[同 d)],变电所的负载至少为额定负载的 15%。天线中心应距离地面 3 m。

**附录 B**  
(资料性附录)  
测试方法的背景

### B.1 概述

本附录描述了行进中轨道车辆的轨道网络对外发射的电磁噪声的测试方法。因为与车辆行驶的速度有关系,现行的测试方法存在不足之处。在标准 GB/T 24338.3 中定义了车辆处于静止和慢行状态时对外辐射的测试方法。不仅是牵引车辆,拖车也应考察,因为拖车的电气设备也会发射噪声。也应对内燃牵引车辆进行测试,因为内燃牵引车辆也可能存在射频发射源。该测试方法允许对影响其他电磁频谱用户的骚扰作出估计。本附录描述了一个参考的测试方法。

### B.2 特定测试方法的要求

CISPR 16 对频率在 9 kHz 以上的射频场的标准测试方法进行了规定。

轨道网络的特征决定了应采用的特定测量方法。这些特征包括快速行驶的干扰源和由电气化轨道交通输电导体构成的长天线辐射。

图 B.1 的示例给出了列车在行驶中有许多瞬变事件时对外的发射随时间的变化曲线。

CISPR 16-1 规定的准峰值测量方法不适用于轨道系统,因为执行该标准时没有充分考虑对附近范围内其他系统的影响。CISPR 16-1 只是考虑了保护无线通信避免干扰,而没有对比如使用在轨道旁、机场的电子安全系统进行考虑,在这些地方短时瞬态就可能引起干扰。如果选择 CISPR 16-1 作为标准的基础,则仍然应增加峰值检波以满足本地工业需求和承担实况模拟作业。在这种情况下,轨道系统需要进行两次测量,这样就带来很多困难。

由于机车车辆引起的干扰可能是由机车车辆上与车体连接的某些列车发射设备产生的工作频率持续的正弦波,或者是其他源比如受电弓和架空线接触时产生的系列重复脉冲,这样在寻求峰值测量方法和准峰值测量方法结合点上就存在困难。然而,在所有情况下用峰值检波系统的测量值要大于或等于根据 CISPR 16-1 准峰值检波系统的测量值。

### B.3 使用特定测试方法的理由

不采用 CISPR 16-1 规定的准峰值检波方法,而在选择的频率点上推荐进行 50 ms 的短时峰值检波方法,原因如下:

它适用任何系统(比如电子设备或者计算机),而准峰值检波加权原理仅考虑射频发射引起的干扰,而选用 50 ms 是为了捕捉交流牵引电流换向时产生的峰值发射。16.7 Hz 系统,电流换向的时间间隔为 33 ms,所以使用 50 ms 的峰值检波可以检测出每次换向产生的辐射。

相对来说峰值检波也快一些,因为使用检流计的要求,准峰值检波器差不多需要 1 s 的驻留时间,这对于行驶中的列车来说,测量时间过长。

它给出了使用 CISPR 16-1 规定的方法可能测量的最大限值,这些值代表了射频传输干扰可能的最差情况。

#### B.4 频率范围

尽管机车车辆和滑动接触集电器也是 1 GHz 以上的噪声源,但是其发射电平较低且随距离的增加迅速衰减,因此目前对 1 GHz 以上干扰信号的测量不作考虑。

#### B.5 带宽说明

除在 5.1.2 中规定的带宽外,为与测量设备匹配,规定以下带宽:9 kHz~150 kHz,带宽为 300 Hz; 0.15 MHz~30 MHz,带宽为 7.5 kHz 或者 10 kHz。在 9 kHz~150 kHz 采用小带宽可以提高灵敏度以便捕捉特定噪声源;在 0.15 MHz~30 MHz 频段内,采用 7.5 kHz、9 kHz 或者 10 kHz 的带宽,它们之间分辨率差别不大。如果噪声性质是脉冲,不采用上述规定的带宽进行测量,则测量结果应转换到标准的带宽。

#### B.6 测量设备的精度要求

在 5.1.3 中规定测量设备的精度为 $\pm 4$  dB,是因为在同等条件下,测试的重复性在 $\pm 10$  dB 之内或略多。测量的设置在 CISPR 16-1 中已经规定的很精确,但是,如果在测量中发射变化如此之大,那么设备的精确度就是不真实的。也允许使用精度较低的设备(比如频率扫描分析仪),前提是该设备已经通过校正,且与 CISPR 16-1 规定的设备误差在 $\pm 4$  dB 之内。扫描分析仪适用于峰值和准峰值检波,带宽在 CISPR 16-1 给出。

#### B.7 天线位置

天线距轨道中心线的距离对射频试验可有以下选择:1 m、3 m、10 m 和 30 m。1 m 是不可能的,选择 3 m 是因为车体可能有很强的局部效应,在较大的距离处可能产生不真实的效果。在电力牵引供电系统中,优先选择的距离是 10 m,因为这样滑行接触可被天线直接检查且车体影响较小。另一个可供选择的距离是 30 m,选择这种距离的缺点是接收的信号很弱,而本地噪声使得获得真实的轨道噪声相当困难,只用在特殊场合。所以在涉及对有行进中机车的轨道测试时,选择的测试距离应是距轨道中心线 10 m。

注:应采取措施保证测量用设备、相关的电源和其他器械不会影响测量读数。

#### B.8 非 10 m 法测量结果的换算

$n$  的取值是在测量场所为架空线区域和乡间开阔场基础上总结出来的。在高楼林立的市区, $n$  的取值会大一些。5.1.6 列出的  $n$  值被认为有相当准确性,因为对测量频率为 100 MHz、测试距离至 100 m 进行专门测试得到  $n$  值为 1.25。对传导性的地平面在 CISPR 18 中规定,距离每增加 10 倍则限值 $-20$  dB( $n$  取 1)。

当选用 10 m 法进行测试时,应考虑到靠近噪声源时感应场和辐射场的特性是不同的。当测试距离比波长  $\lambda$  小,那么感应就处于支配地位。对于一个点源来说,在  $\lambda/2\pi$  处,理论上这两个场的大小是相等的。因此测量距离选用 10 m 时,频率在 5 MHz 以下为近场,磁场感应信号处于支配地位,结果用 A/m 表示。在近场区,电场是很弱的,通常不会引起骚扰。对于像列车这样的延伸源来说,其近场区建议比点源理论进一步扩展。

使用该方法时,把磁场量(A/m)乘以自由空间波阻抗(取 120  $\mu\Omega$ )就可以转化成电场量(V/m)。



在使用偶极子和对数周期天线进行发射测试时,天线的高度是固定的。

在测试过程中,天线处于在两根电线杆的中间位置,以减少电线杆的屏蔽效应和在电线杆处由于机械阻抗突变而产生的火花局部瞬变的影响。与此类似,也要尽量避免升压变压器、锚段关节、分段绝缘器、无电区及其他主要的非常规点。

## B.9 测量单位

使用对数单位:  $1 \mu\text{V}/\text{m}=0 \text{ dB } \mu\text{V}/\text{m}$ ;  $1.0 \text{ V}/\text{m}=120 \text{ dB } \mu\text{V}/\text{m}$ 。(同样的换算也适用于  $\mu\text{A}/\text{m}$  和  $\text{dB } \mu\text{A}/\text{m}$ )。

场强限值也可以使用  $\text{V}/\text{m}$  和  $\text{A}/\text{m}$  来表述。

当在远场区进行测试时,它们之间转化关系如下:

$$\text{电场量 dB } \mu\text{V}/\text{m} = \text{磁场量 dB } \mu\text{A}/\text{m} + 51.5$$

式中:  $51.5 = 20 \log_{10}(120 \rho)$ 。

## B.10 测量结果的重复性

在对轨道系统进行射频发射测量时,存在一个特殊问题,那就是发射源沿着轨道移动,这就使得在轨旁收集大量数据存在困难,所以应规定测试条件以便测试结果达到一定重复度。

试验过程中应尽量减少远方的机车车辆由于谐振现象在测试点产生的显著发射,与测试对象使用同一接触网或者同一导电轨的其他机车车辆应该与测试点保持足够的距离。对于使用同一接触网的机车车辆来说,建议保持距离为 20 km 以上;对于使用同一导电轨的机车车辆来说,建议保持距离在 2 km 以上。

即使这些测试条件都满足的话,测试结果仍会出现较大的差异。

## B.11 频率选择

还有另一个需要考虑的因素,在列车驶过的短暂时间内,在要求的频段内测试不同的频率点是很难做到的,不过,使用下列三种方法可以确保获取足够的的数据:在列车通过时选择几个特定频率点进行测试;在列车通过时可以使用频率扫描技术;或者列车每次通过时只测一个频率点,这就要求列车反复驶过。

为了在短时间段内完成测量,可以使用计算机驱动测试设置。它可重新设置,并在测试频率点上仅驻留足以读数的时间,这就允许每秒至少测量 5 个或者更多的频率点。要得到合适覆盖的频谱,至少每十倍频程测量三个频率点。

在 9 kHz ~ 150 kHz 频段内,牵引设备无疑是某些清晰确认频率下的噪声源。在该频段内进行搜索以找出噪声的最大值并在此频率下进行测量。即使在低频时,也应该注意识别和避免那些来自测试系统外的发射源发出的射频信号。在 150 kHz 以上范围内就不必要针对机车车辆做特殊的频率搜索。

另一个方法是取更少的频率点并假设具有线性特性。但是,这种线性假设是不完善的,因为机车车辆可能在某些特定频率点上存在很强的信号,加之架空线又可能出现谐振现象。所以每十倍频程测量三个频率点是最低的要求,当然测量频率点多就更有利。

## B.12 轨道交通条件

### B.12.1 天气

对户外轨道交通网而言,天气会影响轨道系统发射噪声水平。下雨时高压电线的噪声会增加 20 dB,而受电弓接触产生的噪声会减弱,因为接触网上的炭膜被清除掉,这样受电弓和接触网就能够更

好的接触。如果电线上有结冰,就增加了拉弧的几率,从而增加了噪声。如果风速很高,会影响架空线的机械结构,这样受电弓和接触网之间接触也会受到影响。至今为止,天气对轨道机车车辆对外发射噪声的影响仍然未被完全了解。

### B. 12.2 速度、牵引功率

为使得测试结果有可比性,在对其噪声进行测试时,机车车辆应在选定条件下运行,如按照最大速度的一定比例行驶,如果是牵引机车车辆,其发挥的功率应为额定持续功率的一定比例。这些比例值的选定应考虑机车车辆的运行包络线。理想的规定是机车车辆应运行在有最大射频噪声的条件下。但是至今仍未有确定的方法对此定义,因而未被使用。

### B. 12.3 来自测试区域外列车的干扰

实际中,在一个受扰物体的骚扰区域内不止有一辆牵引机车车辆。在考虑射频噪声限值时,测试区域外“物理距离远但电气距离近”机车车辆对测试结果的影响是微弱的。这是由于被测试的干扰源是移动的,尽管测试区域外的机车车辆也是干扰源,但是其高频干扰随距离的衰减很大,当对低频场进行测量时衰减很小,那么区域内(可以延伸到几公里)所有机车车辆都能够影响测试结果。但这些影响的叠加仍在测试结果的重复性之内,单一列车对外发射仍可根据此限值作出评估。

### B. 13 每列车牵引车辆的数量

当牵引车辆连挂时,后面的受电弓接触质量受到干扰,可以产生较高的噪声发射。如果试验需在最大列车配置(与连挂车辆一起试验)下进行,应作为特殊请求考虑。该试验允许的发射应考虑列车工作在多单元因而会产生更大噪声的事实。

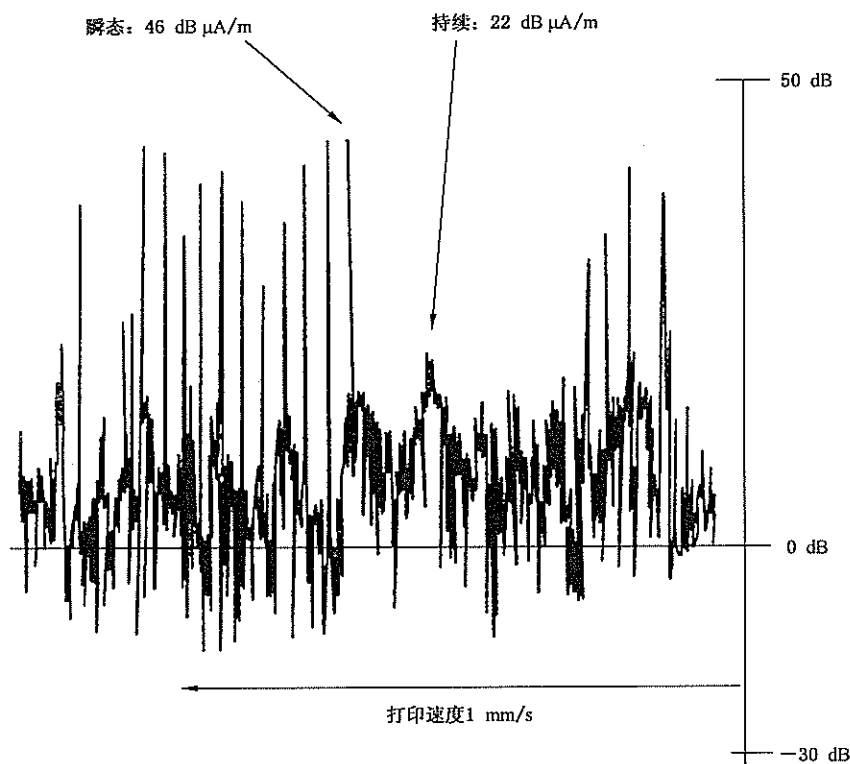


图 B.1 列车在行驶中有许多瞬变事件时对外的发射随时间的变化曲线

附录 C  
(资料性附录)

图表一牵引频率下的电场和磁场

表 C.1 列出了不同的轨道系统对外发射典型值。

根据不同的电气化类型,表 C.1 归纳了直流或者交流基波产生的电场(E)磁场(H)值。

表 C.1 不同的电气化系统在基频时产生的典型最大电磁场值  
(所有值在距最近的轨道中心线 10 m 远,距轨道平面 1 m 高的测试点上获得)

系统	频率	电场		磁场		参考条件	参考文献
	Hz	V/m	dB $\mu$ V/m	$\mu$ T	dB $\mu$ A/m		
750 V~1 200 V 导电轨	0	<10		46	151	$I_c=4\ 000\text{ A}$ 轨道中有 50%回流	
600 V~750 V 接触网	0	35		15		$I_c=1\ 000\text{ A}$ 轨道中有 50%回流	IEC 61000-2-7
1 500 V 接触网	0	63	156	111	159	$I_c=8\ 000\text{ A}$ $U=1\ 800\text{ V}$ 无架空回流线	ITU(T)导则 CIGRE WG 3601
3 kV	0	50	154	28	147	$I_c=3\ 000\text{ A}$ $U=3.6\text{ kV}$ 有架空回流线	ITU(T)导则 CIGRE WG 3601
15 kV	16.7	750	177	40	150	$I_c=2\ 000\text{ A,RMS}$ $U=17.25\text{ kV}$ 无架空回流线	ITU(T)导则 CIGRE WG 3601
25 kV	50	1 000	180	16	142	$I_c=1\ 500\text{ A,RMS}$ $U=27.5\text{ kV}$ 有馈电线的自耦变压器	ITU(T)导则 CIGRE WG 3601

注 1: 计算中假定双轨回流,  $I_c$  = 单根导电轨中的电流或者为每个轨道接触网中的电流。  
 注 2: 谐波频率(交流供电系统主要是三次和五次谐波,直流供电系统主要是 300 Hz 和 600 Hz 的纹波)的电场为基频的 5%。  
 注 3: 交流供电系统谐波频率的磁场可至基频的 10%,直流系统在 300 Hz 和 600 Hz 的磁场可至基频的 2%。  
 注 4: 假定横向电磁场随距离线性衰减。  
 注 5: 磁场可按和电流成线性关系来计算。

附录 NA

(资料性附录)

峰值和准峰值检波两种测量方法结果之间的转换

GB/T 15708—1995 与本部分规定的测量方法有较大的不同。其不同点主要有：GB/T 15708—1995 采用准峰值检波，测量天线几何中心与线路外轨中心线距离为 20 m、30 MHz 以上频段天线为水平极化，全频段测量电场强度，以一次过车 12 s 取样区间内 80 不超过值为该次测量代表值。

对以往采用 GB/T 15708—1995 规定的准峰值检波法得到的大量电气化铁路射频发射数据可按本附录换算成本部分规定的峰值检波法的数据。

将 GB/T 15708—1995 测量方法得出的准峰值检波最大值加上图 NA.1 中转换系数可得出本部分测量方法得出的峰值检波最大值(30 MHz 以上频段天线为垂直极化)。

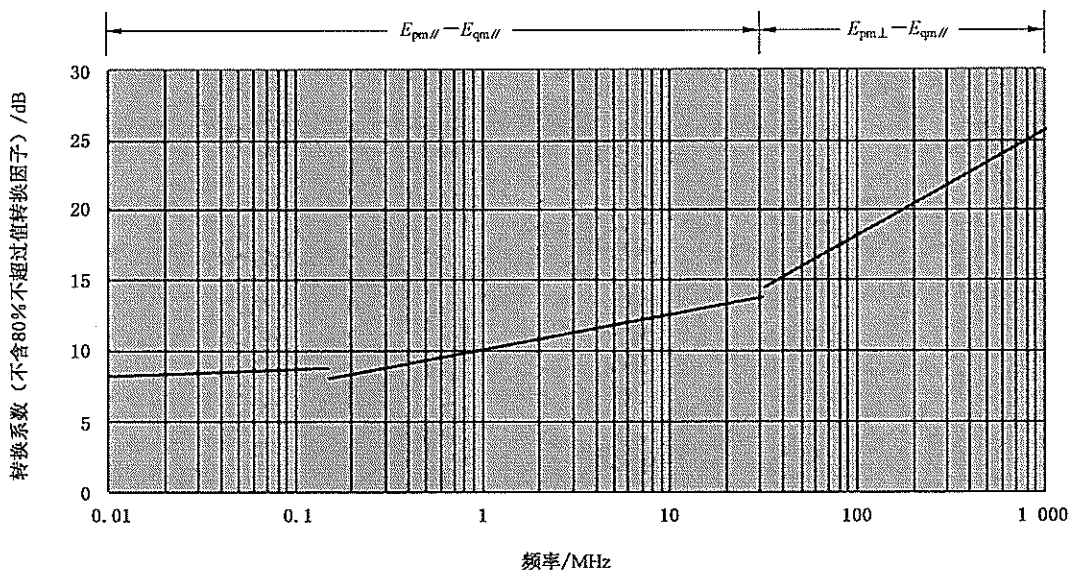


图 NA.1 两种测量方法转换系数(不含 80%不超过值转换因子)

说明：

- p——峰值检波；
- q——准峰值检波；
- ⊥——垂直极化；
- //——水平极化；

$E_{pm//} - E_{qm//}$ ——环天线环面平行线路，准峰值检波最大值转峰值检波最大值；

$E_{pm⊥} - E_{qm//}$ ——水平极化准峰值检波最大值转垂直极化峰值检波最大值。

将 GB/T 15708—1995 测量方法得出的准峰值检波 80%不超过值加上图 NA.2 中转换系数可得出本部分测量方法得出的峰值检波最大值(30 MHz 以上频段天线为垂直极化)。

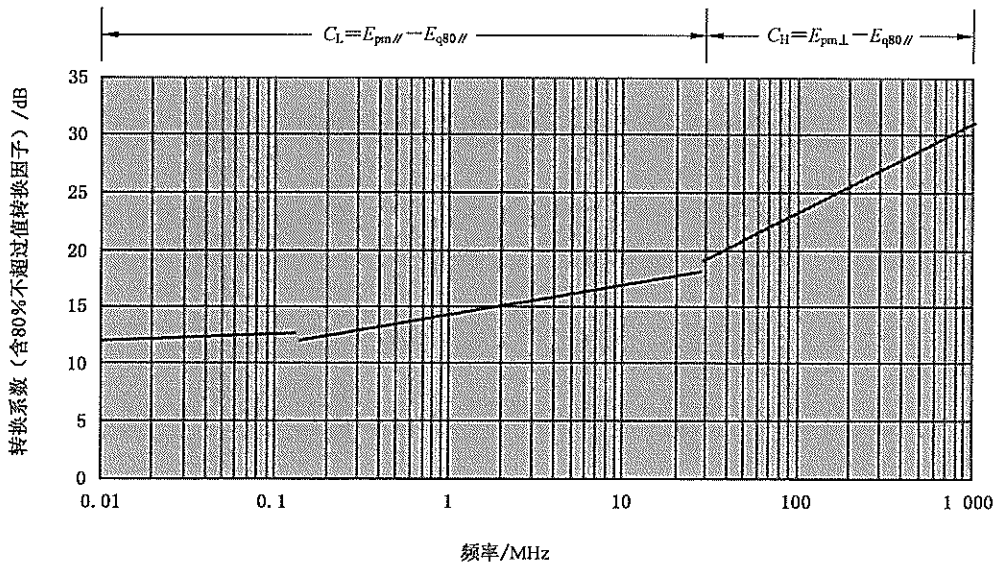


图 NA.2 两种测量方法转换系数(含80%不超过值转换因子)

说明:

$C_L = E_{pm//} - E_{q80//}$  ——环天线环面平行线路,准峰值检波80%不超过值转峰值检波最大值;

$C_H = E_{pm\perp} - E_{q80//}$  ——水平极化准峰值检波80%不超过值转垂直极化峰值检波最大值。

参 考 文 献

- [1] GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法(GB 9254—2008,CISPR 22:1997, IDT)
- [2] GB/T 15708—1995 交流电气化铁道机车运行产生的无线电干扰的测量方法
- [3] GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射标准(GB 17799.4—2001,IEC 61000-6-4:2001,IDT)
- [4] GB/T 24338.1 轨道交通 电磁兼容 第1部分:总则(GB/T 24338.1—2009,IEC 62236-1:2003,IDT)
- [5] GB/T 24338.3 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分:机车车辆 列车和整车(GB/T 24338.3—2009,IEC 62236-3-1:2003,IDT)
- [6] CISPR 16 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods
-



中华人民共和国  
国家标准  
轨道交通 电磁兼容  
第2部分:整个轨道系统对外界的发射  
GB/T 24338.2—2011/IEC 62236-2:2003

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

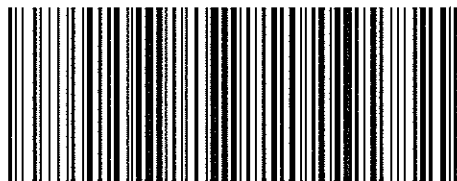
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 39 千字  
2012年5月第一版 2012年5月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-45116 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 24338.2-2011