

中华人民共和国国家标准

GB/T 24338.2—2018
代替 GB/T 24338.2—2011

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 62236-2:2008, MOD)

2018-06-07 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统发射限值	2
5 机车车辆运行时系统发射和牵引变电所发射的测量方法	3
附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 62236-2:2008 的章条编号对照情况	9
附录 B (资料性附录) 测量方法的背景	10
附录 C (资料性附录) 基波产生的电场和磁场	13
附录 D (资料性附录) 低频发射	14
附录 E (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：地面供电设备和系统的发射与抗扰度。

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。

本部分代替 GB/T 24338.2—2011《轨道交通 电磁兼容 第 2 部分：整个轨道系统对外界的发射》，与 GB/T 24338.2—2011 相比，主要技术变化如下：

- 删除了第 1 章对线路上方区域和下方区域的说明，整个轨道交通系统已覆盖且正文没有专门提出上方区域和下方区域的要求；
- 删除了术语“外部接口”和“轨道交通输电线”，正文中没有应用（见 2011 年版的 3.3、3.5）；
- 增加了规范性引用文件 GB/T 6113.104（见第 2 章）；
- 修改了 9 kHz~0.15 MHz 范围发射的限值要求和相关试验内容，改为资料性附录 D，考虑到重复性差，不作为限值要求，相应图题中“发射限值”改为“发射值”（见第 4 章，5.1.1、5.1.1.3、5.1.1.4、图 3、B.2）；
- 删除了 4.1 的注 3，检波方式已明确为峰值检波；（见 2011 年版的 4.1）；
- 删除了对架空接触网发射的要求，轨道交通系统发射测量覆盖了架空接触网的发射（见 2011 年版的 4.3）；
- 增加了测量仪表的不确定度要求（见 5.1.1.2）；
- 增加了组合天线类型（见 5.1.1.3）；
- 修改了图 3~图 5 中接收机、计算机、图形记录仪和打印机用测量设备替代，因现在测量设备有不同类型且具备多项功能（见 5.1.1.6）；
- 增加了对测量场地的要求，便于场地选择（见 5.1.1.6）；
- 修改了环境噪声要求，使测量结果更为可信（见 5.1.1.7，2011 年版的 5.1.12）；
- 增加了固定频率方法，保证更高列车速度下的准确测量（见 5.2.1 和 5.2.2）；
- 增加了扫描速率的要求，以使该方法适应于不同列车速度下的测量（见表 2）；
- 修改了规范性附录 A 为资料性附录（见附录 A，2011 年版的附录 A）。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 62236-2:2008《轨道交通 电磁兼容 第 2 部分：整个轨道系统对外界的发射》。

本部分与 IEC 62236-2:2008 相比在结构上进行了调整，附录 A 给出了本部分与 IEC 62236-2:2008 的章节编号对比一览表。

本部分与 IEC 62236-2:2008 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，具体技术性差异及其原因如下：

- 修改了标准适用范围,以合理化系统发射要求;
 - 关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中,具体调整如下:
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 4365 代替了 IEC 60050-161;
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 6113.101 代替了 CISPR 16-1-1;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 24338.1 代替了 IEC 62236-1;
 - 删除了 IEC 62236-3-1;
 - 删除了 CISPR 22;
 - 增加引用了 GB/T 6113.104。
 - 修改了发射测量方法要求,以提高试验可执行性(见第1章);
 - 删除了术语“外部接口”和“轨道交通输电线”,正文中没有应用(见国际标准的3.3和3.5);
 - 修改了9 kHz~0.15 MHz范围发射的限值要求和相关试验内容,改为资料性附录D,考虑到重复性差,不作为限值要求,相应图题中“发射限值”改为“发射值”以满足试验可重复性要求(见第4章,5.1.1、5.1.1.3、5.1.1.4、图3、B.2);
 - 增加了测量仪表的不确定度要求,以保证测量数据的有效(见5.1.1.2);
 - 增加了组合天线类型,在满足技术要求的前提下增加了天线的选择范围(见5.1.1.3);
 - 修改了图3~图5中接收机、计算机、图形记录仪和打印机用测量设备替代,因现在测量设备有不同类型且具备多项功能(见5.1.1.6);
 - 增加了对测量场地的要求,便于场地选择(见5.1.1.6);
 - 修改了环境噪声要求,使测量结果更为可信(见5.1.1.7);
 - 增加了三轨受流器测量点的要求,以规范三轨受流制式线路测量方法(见5.1.2);
 - 增加了固定频率扫描方法,按照机车车辆运行速度优化测量方法(见5.2.1和5.2.2);
 - 增加了扫描速率要求,以使该方法适应于不同列车速度下的测量(见5.2.1);
 - 修改了频率扫描,给出了可操作的测量方法(见5.2.3);
 - 修改了规范性附录A为资料性附录A,并修改为章节条款对照情况说明,原规范性内容移入4.2和第5章,以简化标准结构(见附录A)。
- 本部分还做了下列编辑性修改:
- 修改了第1章测量点的说明,分别移至4.1和4.2;
 - 删除了第1章牵引变电所测量距离的说明,4.2有更详细的规定;
 - 删除了第1章对测量假定条件的说明和限值对应关系说明,不属于第1章范畴,正文也有相关内容;
 - 删除了第1章对线路上方区域和下方区域的说明,整个轨道交通系统已覆盖且正文没有专门提出上方区域和下方区域的要求;
 - 删除了4.1对非电气线路限值说明,移入图1中C限值曲线说明;
 - 删除了4.1对城市机车车辆限值说明,与图1中C限值曲线说明重复;
 - 修改了图1~图5位置;
 - 删除了图B.1;
 - 修改了图1的图注;
 - 修改了IEC 62236-2:2008资料性附录B;
 - 增加了资料性附录D,对0.15 MHz以下的发射进行说明;

——增加了资料性附录 E,给出峰值检波和准峰值检波两种方法的测量结果转换参考方法;

——增加了参考文献 EN 50121-2:2015。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由国家铁路局提出。

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。

本部分起草单位:中国铁道科学研究院通信信号研究所、株洲中车时代电气股份有限公司、中铁通信信号勘测设计(北京)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、中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:张晨、蔡万银、范祚成、常媛媛、吕刚、张育明、肖石、刘爱华。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 24338.2—2011。

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系统(包括城市轨道交通系统)对外界发射(简称“系统发射”)的限值和测量方法。

本部分适用于整个轨道系统但不包括整个深入地下且发射不影响地面的轨道系统。

注：对于发射不会影响到地面的地下轨道系统，没有必要测量该轨道系统对外界的发射。

本部分的具体规定与 GB/T 24338.1 的通用规定一起使用。

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。

GB/T 4365 电工术语 电磁兼容[GB/T 4365—2003, IEC 60050(161):1990, IDT]

GB/T 6113.101 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(GB/T 6113.101—2016, CISPR 16-1-1:2010, IDT)

GB/T 6113.104 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 辐射骚扰 测量用天线和试验场地(GB/T 6113.104—2016, CISPR 16-1-4:2012, IDT)

GB/T 24338.1 轨道交通 电磁兼容 第 1 部分：总则(GB/T 24338.1—2018, IEC 62236-1:2008, MOD)

3 术语和定义

GB/T 4365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

设备 apparatus

安装于轨道系统中的、具有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

牵引变电所 railway substation

轨道系统中将初始电压转换(某些情况下包含频率转换)成接触网所需电压及频率的主要设施。

4 系统发射限值

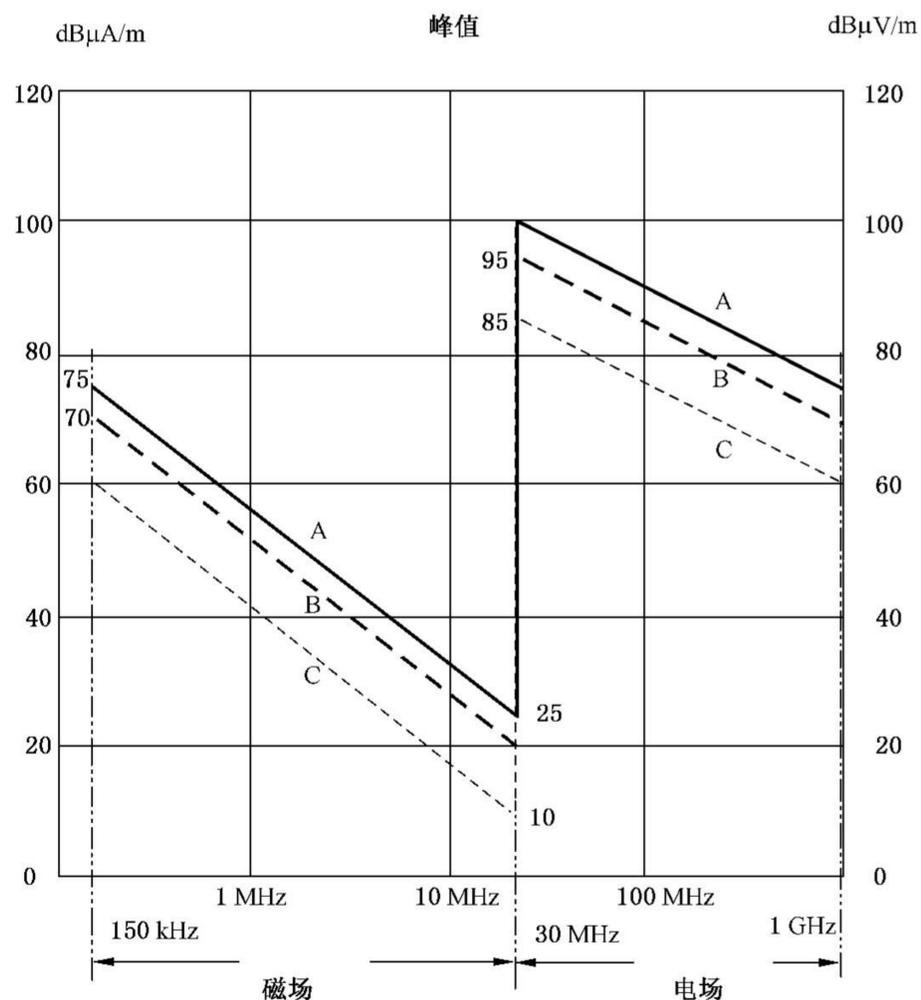
4.1 列车运行时开放式轨道系统的发射

0.15 MHz~1 GHz 的发射限值要求见图 1,对应的测量点和测量方法见第 5 章。

影响测量的相关因素参见附录 B,根据这些因素,无法采用准峰值检波完成所有测量。

线路的几何参数和运行参数(可由基础设施管理部门提供)影响电磁发射,各类电气化系统的基频最大场强指导值可参见附录 C。

轨道系统临近区域可能存在工作频率小于 0.15 MHz 的无线设备或其他轨旁设备,电磁兼容(EMC)管理计划应覆盖这些设备,附录 D 在这些设备工作频率上给出了轨道系统发射参考值。



说明:

A 限值曲线——适用于交流 25 kV 供电线路;

B 限值曲线——适用于交流 15 kV、直流 3 kV 和 1.5 kV 供电线路;

C 限值曲线——适用于 750 V 和 600 V 直流供电线路、有轨/无轨电车等城市机车车辆和非电气化线路。

图 1 0.15 MHz~1 GHz 的发射限值(10 m 法)

4.2 牵引变电所的发射

牵引变电所发射限值要求见图 2,测量方法见第 5 章。

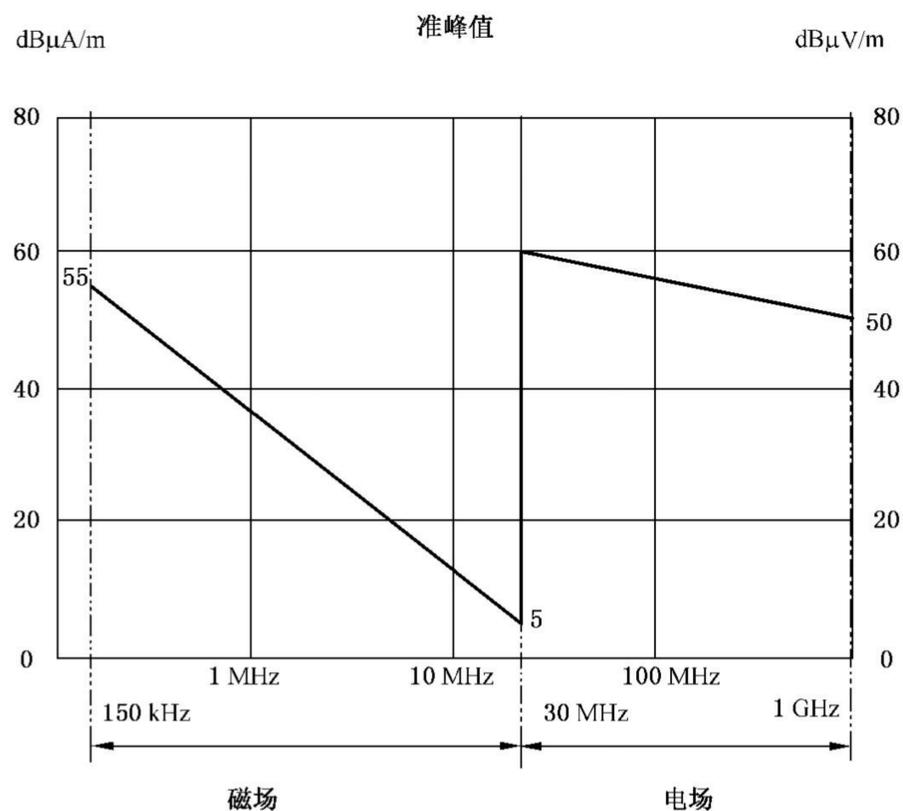


图2 牵引变电所的发射限值(准峰值)

图2限值对应以下 GB/T 6113.101 定义的带宽：

- 0.15 MHz~30 MHz 的测量采用 9 kHz 带宽；
- 30 MHz~1 GHz 的测量采用 120 kHz 带宽；
- 图2限值也适用于其他地面固定装置，如自耦变压器。

轨道系统临近区域可能存在工作频率小于 0.15 MHz 的无线设备或其他轨旁设备，电磁兼容 (EMC) 管理计划应覆盖这些设备，附录 D 在这些设备工作频率上给出了轨道系统发射参考值。

5 机车车辆运行时系统发射和牵引变电所发射的测量方法

5.1 测量参数

5.1.1 基本测量参数

5.1.1.1 频段

采用以下 GB/T 6113.101 定义的频段和 -6 dB 带宽：

- 0.15 MHz~30 MHz 的测量采用 9 kHz 带宽；
- 30 MHz~1 GHz 的测量采用 120 kHz 带宽。

峰值检波也可选择 GB/T 6113.101 规定的其他带宽，但优先采用规定的中频带宽。

5.1.1.2 测量不确定度

测量仪表不确定度应符合 GB/T 6113.101 和 GB/T 6113.104 的规定，但不考虑归一化场地衰减。

5.1.1.3 天线类型

宜采用下列不同类型天线用于不同频率的测量：

- 环天线或者矩形天线用于测量 0.15 MHz~30 MHz 的磁场；
- 双锥天线用于测量 30 MHz~300 MHz 的电场；

——对数周期天线用于测量 300 MHz~1 GHz 的电场。

30 MHz~1 GHz 的电场测量可采用组合式天线。

天线的修正因子用于将天线接收端(终端)电压信号换算成场强。

5.1.1.4 测量距离和测量高度

测量天线与机车车辆运行的轨道中心线之间的测量距离应为 10 m。对于对数周期天线,该距离应为天线阵列的机械中心到轨道中心线之间的距离。

如果轨道中心与最近的牵引变电所栅栏(围墙)距离小于 30 m,则测量仅对其他三边栅栏(围墙)进行;测量天线在每边栅栏(围墙)的中线上且距离栅栏(围墙)10 m;否则应对四边栅栏(围墙)进行测量。如果栅栏(围墙)边长超过 30 m,应在栅栏(围墙)的拐角增加测量点,如果牵引变电所没有栅栏(围墙),测量天线应距离设备或其外壳 10 m。本项要求也适用于其他地面装置,如自耦变压器。

如果不能满足 10 m 法测量距离的要求,可按式(1)进行换算,以等效于 10 m 法的测量结果。

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \times \log_{10}(D/10) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E_{10} ——等效于 10 m 法的测量结果,单位为分贝微伏每米(dB μ V/m);

E_x ——在 D m 处实际测量值,单位为分贝微伏每米(dB μ V/m);

n ——修正因数,详见表 1。

表 1 修正因数

频率范围	修正因数 n
0.15 MHz~0.4 MHz	1.8
0.4 MHz~1.6 MHz	1.65
1.6 MHz~110 MHz	1.20
110 MHz~1 000 MHz	1.00

环形天线中心距参考平面的高度应在 1.0 m~2.0 m 选定,偶极子天线或对数周期天线中心距参考平面的高度应在 2.5 m~3.5 m 之间选定,且测量报告应记录该高度。

如果测量牵引变电所发射,天线高度的参考平面是地平面,如果测量运行机车车辆轨道系统发射,天线高度的参考平面是轨道顶面。

如果放置天线的地平面与轨道顶面偏差大于 0.5 m,应在测量报告中记录实际偏差值。

5.1.1.5 测量值的表示

测量值的单位如下:

——dB μ A/m,用于磁场;

——dB μ V/m,用于电场。

5.1.1.6 天线的位置和朝向

测量过程中,环形天线平面的放置应便于测量垂直于线路或变电所围墙的水平磁场分量。双锥天线或对数周期天线分别测量水平和垂直极化信号,对数周期天线应指向线路或变电所栅栏(围墙)。

测量场地宜尽可能避开引起场特性变化的物体,如道岔、墙体和跨线桥。

图 3、图 4 和图 5 给出测量系统发射时天线位置的示例。

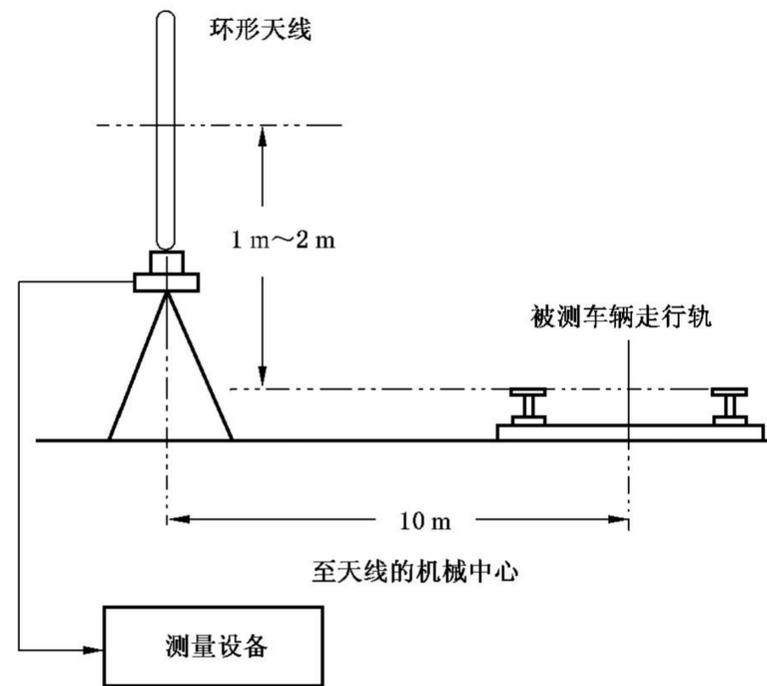


图 3 0.15 MHz~30 MHz 频段测量磁场水平分量时天线位置

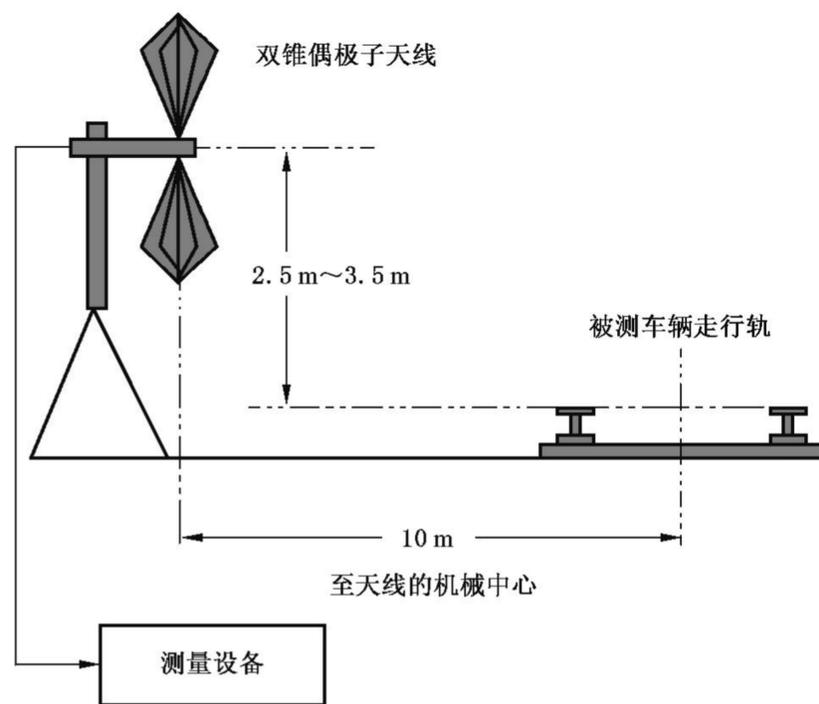


图 4 30 MHz~300 MHz 频段电场测量天线位置(垂直极化)

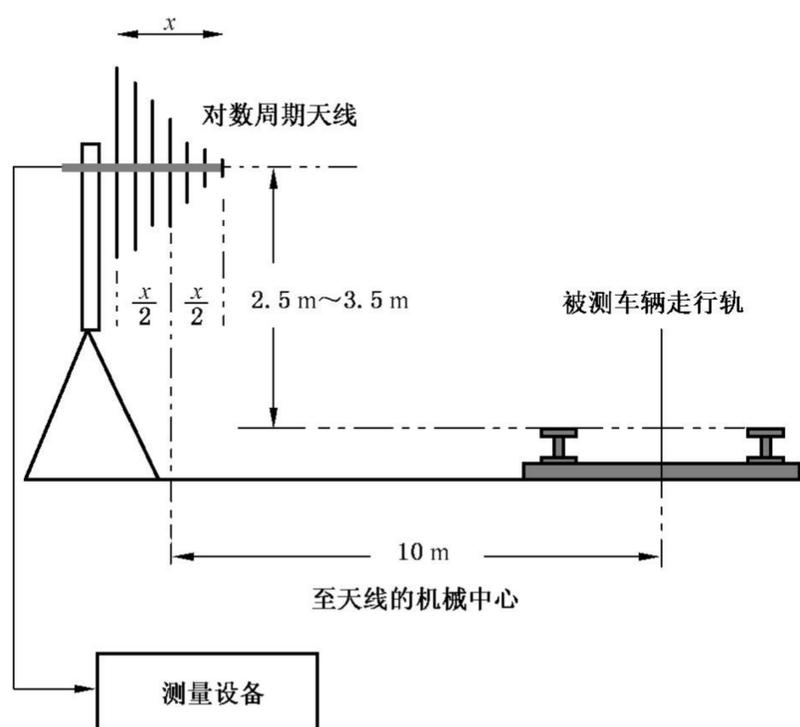


图5 300 MHz~1 GHz 频段电场测量天线位置(垂直极化)

5.1.1.7 环境噪声

试验开始和结束阶段应记录环境噪声。如果在规定的频率或规定的频率范围内环境噪声高于限值减去 6 dB,则不在这些频率上测量系统发射,但测量报告应记录这些频率。

5.1.2 机车车辆运行时测量

机车车辆运行时系统发射主要源于接触网的发射而不是机车车辆自身的发射,因此在机车车辆一侧进行测量即可,即使机车车辆两侧设备不同。对于三轨受流系统,测量点应与第 3 轨同侧。

测量采用峰值检波,所选频点驻留时间应足够长,并保证获取准确的测量结果,宜为 50 ms。

机车车辆通过测量点时,系统发射并不一定最大,而是可能在机车车辆通过某个远离测量点的位置时最大,因此测量时间应足够长并保证测量到系统发射最大值。

对于高架轨道测量,如果无法实现上述天线高度要求,可采用地平面代替轨平面作为天线高度的参考平面,但式(1)中的 D 应改为测量天线距列车的斜线距离。列车应在测量点的可视范围内,且天线中心轴延伸方向应指向列车。测量点宜距离轨道中心线 30 m。测量报告应详细说明测量布置。

如果测量对象为有架空接触网的铁路系统,测量点应选择在架空接触网两支柱的中点,且不是接触导线的非连续点。测量过程中应确认在射频范围是否存在谐振点。如果有谐振点,测量频率应避开谐振点,并在测量报告中记录谐振点。

轨道供电系统的发射与其工作状态(如馈电站的开关与瞬态操作)有关,应在测量报告中记录供电系统的工作状态,如有可能,所有的测量宜在一个工作日内完成。如果线路采用轨旁导电轨,测量点与导电轨间隙的距离不宜小于 100 m,以避免受集电靴通断产生的瞬态场的干扰。天线与导电轨应在轨道同一侧。

由于架空结构、钢轨或接触网等因素,测量可能难以满足净空场地要求。如有可能,测量天线应远离反射物。如果附近有轨道系统外的高压输电线,测量点与其距离宜大于 100 m。

5.1.3 牵引变电所测量参数

应在轨道交通牵引供电系统特定的馈电结构布置条件下进行发射测量。

轨道交通变电所负荷在短时间内大范围变化,而负荷直接影响电磁发射,因此测量应记录实际的负

荷变化情况。

应采用峰值检波最大保持扫描进行测量,如发现有超过限值的频率分量,则再对该频率分量进行准峰值检波测量。准峰值检波测量的负荷条件与峰值检波时的负荷条件相比,不必精确重现,但宜具有可比性。

5.2 数据测量方法

5.2.1 总则

轨道系统(包括运行的机车车辆)产生的电磁发射应根据列车运行方式(见 5.4.2)和速度选择固定频率方法或频率扫描方法进行测量,并满足以下要求:

- 测量仪器应满足 GB/T 6113.101 的要求。
- 如果机车车辆高速运行,应采用固定频率方法对每个频点连续监测。如果扫描速率满足表 2 要求,其对于移动发射源扫描时间足够短,可确保列车每运行 5 m 的时间内完成一次扫描,可采用频率扫描方法作为替代方法。在较高速度条件下,FFT 技术优于频率扫描方式。
- 当机车车辆在最大额定功率运行且速度较慢时,可采用频率扫描方法。

表 2 扫描速率

机车车辆速度		机车车辆运行 5 m 观测宽度的时间(扫描速率)
km/h	m/s	
60	16.67	0.300
100	27.78	0.180
200	55.56	0.090
300	83.33	0.060
350	97.22	0.051

注:观测宽度是机车车辆在给定时间内被观察部分的时间宽度。

5.2.2 固定频率方法

固定频率方法仅适用于测量确定的频率点(建议每 10 倍频程宜至少测量 3 个频率点),采用频谱仪零扫描跨度模式或使用测量接收机进行测量。可根据周边环境噪声选取测量频率点,即环境噪声最小的原则确定测量频率点。每一次机车车辆通过完成一个频率点测量。

5.2.3 频率扫描方法

频率扫描方法的扫描时间应与机车车辆速度相匹配,根据机车车辆速度,将被测频带划分为若干子频段,每一次机车车辆通过采用最大保持方式完成一个子频段的扫描测量。

5.3 瞬态分量

测量可能检测到电源断路器操作等因素产生的瞬态分量,在选择最大发射值时,不考虑这些瞬态分量。

5.4 测量条件

5.4.1 天气条件

测量宜在干燥的天气里进行(24 h 内的降雨量不大于 0.1 mm),温度不小于 5 °C,风速小于 10 m/s,以降低天气条件对测量的影响。

湿度宜足够低以避免架空接触网上有水凝聚。

测量计划在天气条件确认前制定,因此测量时天气条件可能与计划预期不同,测量报告应记录与计划预期不同的实际天气情况。

5.4.2 机车车辆运行条件

在以下两种牵引模式下进行测量:

——机车车辆运行速度为最大运行速度的 90%(保证取流的动态特性反映在噪声电平中),并且功率为此速度下的最大功率;

——特定速度下的最大额定功率。

如果机车车辆有电制动功能,需在制动功率不小于额定最大制动功率的 80%的条件下进行测量。

5.4.3 测量区域外其他机车车辆发射源

对于射频噪声,不考虑测量区域外“物理距离远但电气距离近”的机车车辆对测量的影响。

5.5 测量报告

测量报告应包括:

——测量场所的说明;

——测量设备的说明;

——测量对象的说明(机车车辆的型号和编组);

——测量数据;

——相关的图表(图表应包含带宽、日期、时间、环境噪声和排除的频率);

——天气条件;

——现场负责人姓名。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 62236-2:2008 的章条编号对照情况

本部分与 IEC 62236-2:2008 的章条编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 IEC 62236-2:2008 的章条编号对照一览表

本部分章条编号	IEC 62236-2:2008 章条编号
4.1	4.1、第 1 章(部分)
4.2	4.2、第 1 章(部分)
5.1.1.1	5.1.2
5.1.1.2	5.1.3
5.1.1.3	5.1.5
5.1.1.4	5.1.6 和 5.1.7(部分)
5.1.1.5	5.1.11
5.1.1.6	5.1.7(部分)、5.6
5.1.1.7	5.1.12
5.1.2	5.1.1、5.1.4、5.1.8、5.1.9 和 5.1.10
5.1.3、4.2	附录 A
5.2.1	—
5.2.2	5.2.1
5.2.3	5.2.2
—	B.5
—	B.6
B.5	B.7
B.6	B.8
B.7	B.9
B.8	B.10
—	B.11
B.9	B.12
B.10	B.13
附录 D	—
附录 E	—

附 录 B
(资料性附录)
测量方法的背景

B.1 概述

机车车辆处于静止和慢行状态时对外辐射的测量方法参见 GB/T 24338.3,但如果机车车辆运行速度更高,则该方法可能不适用。本附录描述了轨道车辆在铁路网上高速运行时所产生的对外辐射的测试方法。由于车载电气设备也产生电磁发射,被评估的机车车辆不局限于电力牵引机车,还包括内燃机车和拖车。

B.2 特定的测量方法说明

GB/T 6113.101 规定了 0.15 MHz 以上发射的准峰值检波测量方法,但由于没有充分考虑对附近范围内其他系统的影响,GB/T 6113.101 规定的准峰值检波测量方法不适用于轨道系统电磁发射的测量。

轨道系统具有快速移动的干扰源和等效于长辐射天线的架空接触网,其辐射发射适用于本部分规定的峰值检波测量方法。

峰值检波值通常不小于准峰值检波值。附录 E 给出了一种可供参考的将峰值检波和准峰值检波 2 种测量结果进行转换的方法,适用于交流 25 kV 供电的机车车辆。

B.3 特定测量方法

测量不采用准峰值检波方法,而采用驻留时间 50 ms 的短时峰值检波方法,原因如下:

- 短时峰值检波适用于任何系统(如电子设备或计算机),而准峰值检波加权仅适用于无线电发射引起的干扰;
- 选用 50 ms 足以测量交流牵引电流换向时产生的峰值发射:50 Hz 工频电流换向的时间间隔仅为 20 ms,16.7 Hz 电流换向的时间间隔为 33 ms;
- 短时峰值检波比准峰值检波更快,准峰值检波的驻留时间约为 1 s,测量移动车辆太慢;
- 短时峰值检波也适用于传输干扰可能的最恶劣情况。

B.4 频率范围

尽管机车车辆和滑动接触集电器是 1 GHz 以上的噪声源,但其发射电平较低且随距离的增加迅速衰减,因此不考虑 1 GHz 以上干扰信号的测量。

B.5 天线位置

对于发射测量,通常天线距离可为 1 m、3 m、10 m 或 30 m。但对于有机车车辆运行的轨道系统对外发射测量仅采用 10 m 的距离,原因如下:

- 不采用 1 m,该距离不便实施;

- 不采用 3 m, 该距离车体局部效应过于显著, 影响测量;
- 采用 10 m, 该距离受车体影响较小且便于测量滑行接触;
- 除非另有规定, 不采用 30 m, 该距离接收的信号很弱, 难以测量到来自于真实的轨道发射。

B.6 非 10 m 法测量结果的换算

修正因数 n 根据在开阔地带对高压输电线电磁发射测量得出。对轨道系统最远 100 m 实测得出频率 100 MHz 时 $n=1.25$, 表明 5.1.1.4 给出的 n 值是足够准确的。

采用 10 m 法测量时, 发射源附近的感应场和辐射场的特性不同: 如果测量距离小于波长 λ , 感应场为主, 否则辐射场为主。对于单点发射源, 在 $\lambda/2\pi$ 距离处, 理论上感应场和辐射场幅度相等。在 10 m 测量处, 5 MHz 以下为近场区, 磁场起支配作用而电场通常较低, 不足以形成干扰。延伸型发射源(如机车车辆)的近场区相应地大于点发射源的近场区。

采用偶极子天线或对数周期天线测量时, 天线的高度不变。

对于最终的测量结果, 将磁场量(A/m)乘以自由空间波阻抗(取值 $120 \pi \Omega$)即可转化为电场量(V/m)。

在测试过程中, 天线处于 2 根接触网支柱的中间位置, 以减少接触网支柱的屏蔽效应和在接触网支柱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, 尽量避免升压变压器、锚段关节、分段绝缘器、无电区和其他非常规点。

B.7 测量单位

采用对数单位: $1 \mu\text{V}/\text{m}$ 等效于 $0 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$, $1.0 \text{ V}/\text{m}$ 等效于 $120 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (类似的换算也适用于 $\mu\text{A}/\text{m}$ 和 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$)。

场强限值单位也可采用 V/m 或 A/m。

当在远场区进行测试时, 磁场量($\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$)加上 51.5 即为电场量($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$), 其中 51.5 源于 $20\log_{10}(120\pi)$ 。

B.8 测量结果的重复性

对于轨道系统发射测量, 发射源沿着轨道移动, 而在轨旁不便于收集大量数据, 因此有必要规定测试条件以保证测试结果具有一定的重复性。

试验过程中尽量避免远方的机车车辆在测量点产生显著发射(如谐振), 同一接触网下或者同一导电轨上的其他机车车辆与测量点宜保持足够的距离:

- 对于同一接触网下其他机车车辆, 建议保持不小于 20 km 的距离;
- 对于同一导电轨上其他机车车辆, 建议保持不小于 2 km 的距离。

以上测量条件仍不足以确保测试结果的重复性。

B.9 现场条件

B.9.1 天气

对于户外轨道交通网, 天气会影响轨道系统发射:

- 下雨时, 高压输电线的发射增加 20 dB; 而雨水会清洗架空接触网炭膜有利于弓网接触, 弓网接触产生的发射反而降低;

- 如果架空接触网存在结冰,会增加拉弧的几率,进而增强发射;
 - 如果风速过高影响了架空接触网的机械结构,会影响弓网接触,进而影响发射。
- 至今为止,天气对轨道系统发射的影响仍然未被完全了解。

B.9.2 速度和牵引功率

为使得测量结果有可比性,测量发射时机车车辆应在特定条件下运行,如按照最大速度的一定比例行驶,如为牵引机车,其功率为额定持续功率的一定比例。这些比例的选择需考虑机车车辆的运行包络线。理想的状况是使机车车辆在产生最大发射的条件下运行,但没有方法可确认产生最大发射的条件。

B.9.3 测量区域外机车车辆的干扰

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较微弱。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.10 多个牵引机车车辆连挂

当牵引机车车辆连挂时,弓网接触质量将受到干扰,可能增强发射,最大列车配置(与连挂机车车辆一起试验)属于特殊的测量条件。发射限值需考虑多个牵引机车车辆将产生更大发射的情况。

附 录 C
(资料性附录)
基波产生的电场和磁场

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

表 C.1 不同的电气化系统基波产生的电场和磁场最大值

系统	频率 Hz	电场		磁场		参考条件	参考文献
		V/m	dB μ V/m	μ T	dB μ A/m		
750 V~1 200 V 导电轨	0	<10	<140	46	151	$I_c=4\ 000$ A,轨道中有 50%回流	
600 V~750 V 接触网	0	35	151	15	142	$I_c=1\ 000$ A,轨道中有 50%回流	IEC 61000-2-7
1 500 V 接触网	0	63	156	111	159	$I_c=8\ 000$ A, $U=1\ 800$ V,无架 空回流线	ITU(T)导则 CIGRE WG 3601
3 kV	0	50	154	28	147	$I_c=3\ 000$ A, $U=3.6$ kV,有架 空回流线	ITU(T) 导则 CIGRE WG 3601
15 kV	16.7	750	177	40	150	$I_c=2\ 000$ A, $U=17.25$ kV,无架 空回流线	ITU(T) 导则 CIGRE WG 3601
25 kV	50	1 000	180	16	142	$I_c=1\ 500$ A(RMS), $U=27.5$ kV,有馈电线的自耦变压器	ITU(T) 导则 CIGRE WG 3601

注 1: 计算假定双轨, I_c 为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 3 次和 5 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时的 10%,直流系统在 300 Hz 和 600 Hz 的磁场可至基频时的 2%。
注 4: 假定横向电磁场随距离线性衰减。
注 5: 磁场可按与电流成线性关系来计算。
注 6: 所有值在距最近的轨道中心线 10 m 远、距轨道平面 1 m 高的测量点上获得。

附录 D
(资料性附录)
低频发射

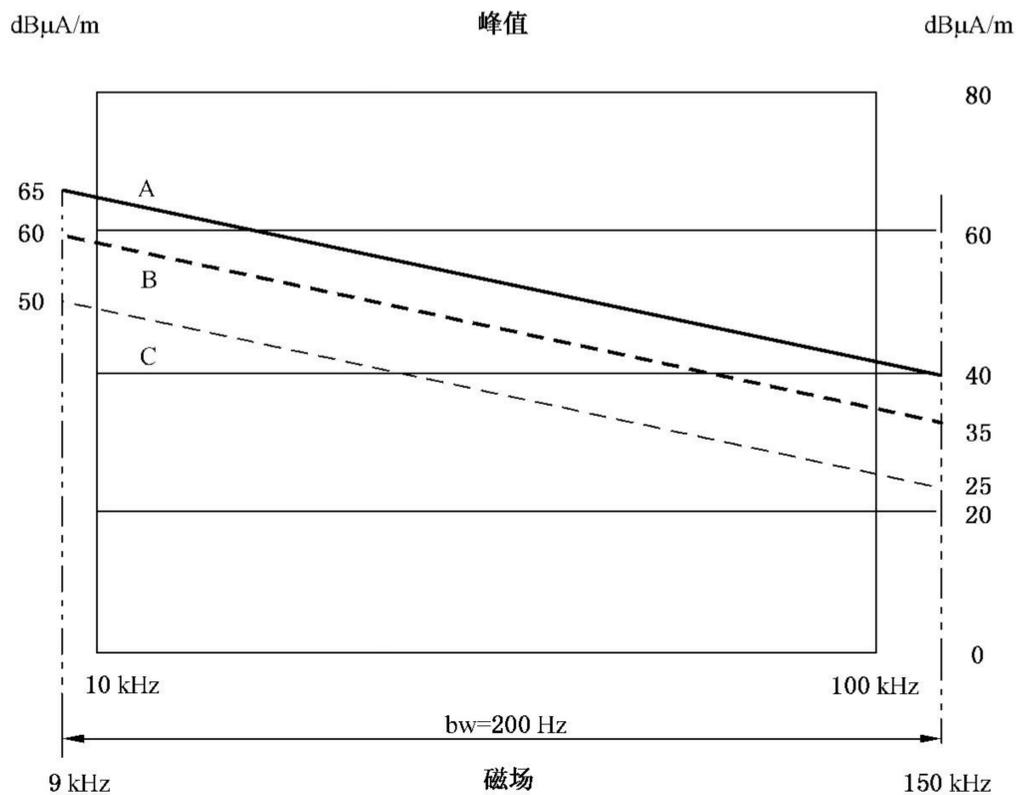
实践经验表明,9 kHz~0.15 MHz 频段电磁发射测量受环境条件影响过大,测量结果的可重复性差,不适合作为限值要求。图 D.1 和图 D.2 给出的发射曲线仅供参考。

如果仅测量天线距离轨道中心线 10 m 的要求不能满足时,可按式(D.1)换算测量结果。

$$E_{10} = E_x + 2 \times 20 \times \log_{10}(D/10) \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- D ——测量距离,单位为米(m);
- E_{10} ——10 m 距离的发射值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$);
- E_x —— D m 处的测量值,单位为分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)。



说明:

- A 曲线——适用于交流 25 kV 供电线路;
- B 曲线——适用于直流 3 kV 和 1 500 V 供电线路;
- C 曲线——适用于 750 V 和 600 V 直流供电城市有轨/无轨交通系统

图 D.1 开放式轨道交通系统线路 9 kHz~0.15 MHz 电磁发射值

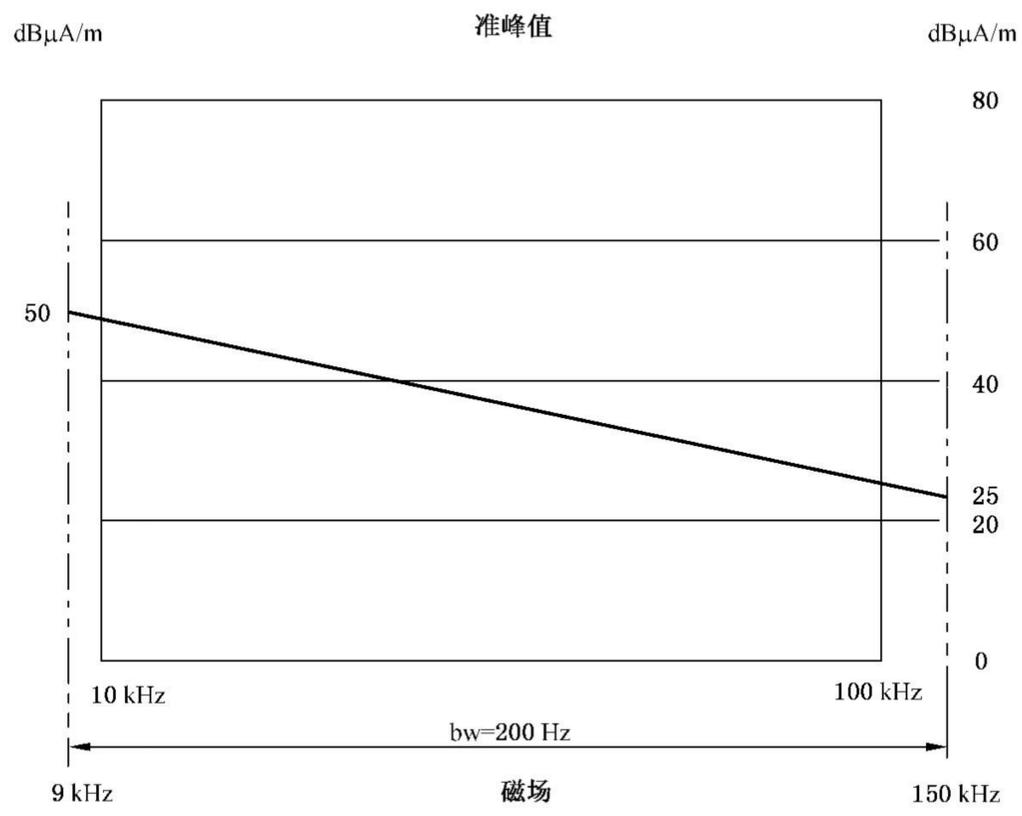


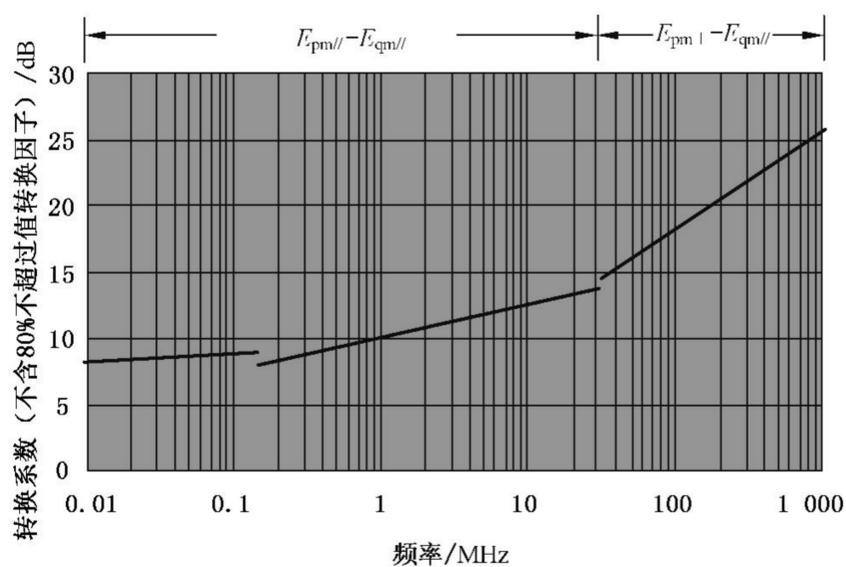
图 D.2 轨道交通系统变电所 9 kHz~0.15 MHz 电磁发射值

附录 E
(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 采用准峰值检波法,测量结果得到的为准峰值的测量值,且 30 MHz 以上频段天线为水平极化。本部分规定峰值检波法,得到的测量结果为峰值测量值,且 30 MHz 以上增加了天线的垂直极化。按本附录提供上述两种检波器测量结果的转换方法,可以将以往按 GB/T 15708—1995 测得到的大量电气化铁路无线电干扰数据(准峰值)换算成峰值检波法的数据。

将准峰值检波最大值加上图 E.1 中转换系数可得出峰值检波最大值。



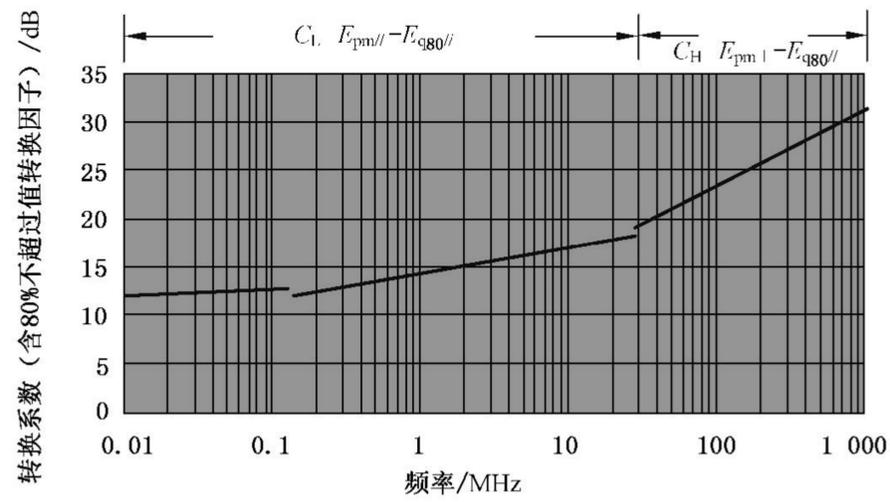
说明:

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

图 E.1 两种测量方法之间的转换系数(不含 80% 不超过值转换因子)

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 E.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。

注: 80% 不超过值指不超过该值的时间占总的测量取样时间的 80%。



说明：

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

$C_H = E_{pm\perp} - E_{q80//}$ —— 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。

图 E.2 两种测量方法之间的转换系数(含 80%不超过值转换因子)

参 考 文 献

- [1] GB/T 9254—2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
 - [2] GB/T 15708—1995 交流电气化铁道电力机车运行产生的无线电辐射干扰的测量方法
 - [3] 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
 - [4] IEC 61000-2-7 Electromagnetic compatibility—Part 2: Environment—Section 7: Low frequency magnetic fields in various environment
 - [5] ITU(T)导则 CIGRE WG 3601 ITU(T)Guider CIGRE WG 3601
 - [6] EN 50121-2:2015 Railway applications—Electromagnetic compatibility—Part 2: Emission of the whole railway system to outside world
-

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—2018

*

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(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址：www.spc.org.cn

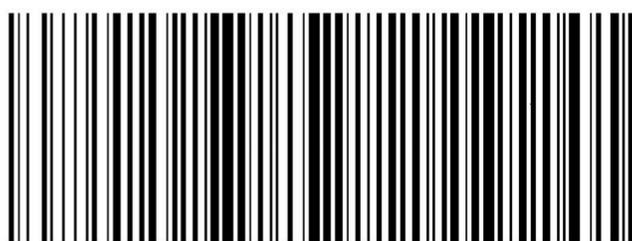
服务热线：400-168-0010

2018年6月第一版

*

书号：155066·1-60466

版权专有 侵权必究



GB/T 24338.2-2018