



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 31275—2014/IEC 62493:2009

---

## 照明设备对人体电磁辐射的评价

Assessment of lighting equipment related to human exposure  
to electromagnetic fields

(IEC 62493:2009, IDT)

2014-10-10 发布

2015-04-01 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 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义、物理量及单位 .....	2
4 限值 .....	3
5 一般要求 .....	4
6 测量程序 .....	6
附录 A (规范性附录) 测量距离 .....	9
附录 B (资料性附录) 测量测试头的位置 .....	10
附录 C (资料性附录) 暴露限值 .....	13
附录 D (资料性附录) 由推导得出的测量和评价方法 .....	15
附录 E (规范性附录) 由实测得出的测量和评价方法 .....	23
附录 F (规范性附录) 保护网络 .....	24
附录 G (资料性附录) 测量设备不确定度 .....	26
参考文献 .....	28

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 和 GB/T 20000.2-2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 62493:2009《照明设备对人体电磁辐射的评价》。

与本标准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 17743-2007 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法 (CISPR 15:2005+A1:2006, IDT)

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国照明电器标准化技术委员会 (SAC/TC 224) 归口。

本标准起草单位：北京电光源研究所、飞利浦亚明照明有限公司、佛山市华全电气照明有限公司、杭州远方光电信息有限公司、杭州奥普卫厨科技有限公司、杭州杭科光电有限公司、泰州亿嘉电子科技有限公司、惠州雷士光电科技有限公司、衢州三成照明电器有限公司、德清县蓝鸟照明电器有限公司、广东凯乐斯光电科技有限公司、广东顺祥节能照明科技有限公司、浙江科视电子技术有限公司、山东柏斯莱特照明电器有限公司、广东电力士照明科技有限公司、河北宝石节能照明科技有限责任公司、成都东旭节能科技有限公司、宁波口进伟业电子有限公司、浙江深度光电科技有限公司。

本标准起草人：杨小平、赵秀荣、张文、黄佩、区志扬、潘建根、傅康、严钱军、杨立功、熊飞、刘成功、张绍荣、伍永乐、许名传、黄澄敏、冯福坤、谭国振、王刚、吕海明、张臻、孙秀方、江熹、段彦芳。

## 引 言

本标准对照明设备周边空间电磁场的测量确定了适当的评价方法、标准化工作条件和测量距离。

本标准旨在参照 ICNIRP:1998[1]、IEEE C95.1:2005 和 IEEE C95.6:2002[2]中给出的普通公众暴露水平,通过测量和/或计算来评价照明设备电磁(EM)场及其对人体潜在的影响。设定的应符合的暴露水平限制是基于 ICNIRP 和 IEEE 的基本限制。

注 1: 未采用 IEEE 的最大允许暴露水平或 ICNIRP 的参考水平(基于 ICNIRP)。

根据照明设备的工作性质,适用基本限制的频率范围可限制如下:

- 感应电流密度介于 20 kHz~10 MHz 之间;
- 比吸收率(SAR)介于 100 kHz~300 MHz 之间;
- 功率密度超出适用范围。

注 2: 为避免可听噪声和红外线干扰,照明设备的工作频率高于 20 kHz,而 300 MHz 以上的频率贡献可予以忽略。

本标准并非用于替代暴露标准中的定义和程序,但可视为对专为符合暴露要求而规定的补充程序。

## 照明设备对人体电磁辐射的评价

### 1 范围

本标准适用于人体暴露于照明设备电磁辐射的评估。评价包括频率介于 20 kHz~10 MHz 之间的感应电流密度和照明设备周围频率介于 100 kHz~300 MHz 的比吸收率(SAR)。

本标准适用于：

- 用于照明,以产生和/或分配光为主要功能,采用低电压供电或电池工作;供室内和/或室外使用的所有一般照明设备。一般照明设备系指工业照明、住宅照明、公共场所照明和街道照明设备;
- 主要功能之一是照明的多功能设备中的一般照明设备;
- 专门与照明设备一起使用的独立辅助设备。

本标准不适用于：

- 飞机和机场用照明设备;
- 道路车辆用照明设备(但用于公共交通中乘客车厢照明的照明设备除外);
- 农业用照明设备;
- 轮船/船舶用照明设备;
- 复印机、幻灯片投影仪;
- 电磁场要求在其他标准中有明确规定的设备。

注:本标准中描述的方法不适用于对比不同照明设备的电磁场。

本标准不适用于灯具的内装式元件,如灯的电子控制装置。

### 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 6113.402—2006 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第4-2部分:不确定度、统计学和限值建模 测量设备和设施的不确定度(CISPR 16-4-2:2003, IDT)

CISPR 15:2005<sup>1)</sup> 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法(Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment)

CISPR 15:2005 修订1(2006)

CISPR 15:2005 修订2(2008)

CISPR 16-1-1 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(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 1-1; Radio disturbance and immunity measuring apparatus—Measuring apparatus)

CISPR 16-1-2 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(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods—Part 1-2; Radio disturbance and immunity measuring apparatus—Ancillary equipment—Conducted disturbances)

1) 现有一个合并版 7.2(2009),包括 CISPR 15:2005 及其修订 1 和修订 2。

IEC 62311:2007 电子电气设备关于人体暴露于电磁辐射(0 Hz~300 GHz)的评估[Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz~300 GHz)]

IEEE C95.1:2005 IEEE 关于 3 kHz~300 GHz 射频电磁场的人体暴露安全水平的标准(IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz)

### 3 术语、定义、物理量及单位

#### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**基本限制(基本限值) basic restriction(basic limitations)**

基于已确认生物影响,并乘以安全因数得出的对暴露于时变电场、磁场和电磁场的限制。基本限制是任何条件下均不应超过的最大水平。

##### 3.1.2

**暴露 exposure**

指任何时间任何空间人体受到电场、磁场或电磁场影响,或接触到人体生理过程和其他自然现象之外产生的电流。

##### 3.1.3

**测量距离 measurement distance**

照明设备与测量测试头外表面之间的距离(参见附录 A)。

##### 3.1.4

**测量点 measurement point**

测量测试头相对于照明设备的方位和位置。

##### 3.1.5

**灯的控制装置 lamp control gear**

连接在电源和一支或若干支灯之间用来变换电源电压、限制灯的电流至规定值,提供启动电压和预热电流,防止冷启动,校正功率因数或降低无线电干扰的一个或者若干个部件。

##### 3.1.6

**内装式灯的控制装置 built-in lamp control gear**

一般设计安装在灯具、接线盒、外壳或类似设备之内的灯的控制装置,在未采取特殊的保护措施时,这种装置不应安装在灯具之外。路灯杆基座内安装控制装置的隔间可视为是一外壳。

##### 3.1.7

**独立式灯的控制装置 independent lamp control gear**

由一个或者若干个部件构成,并能独立安装在灯具之外而不带任何附加外壳,又具备符合其标志所示保护功能的灯的控制装置。这种装置可以是一装在适用外壳内具备符合其标志所示全部必要保护功能的内装式灯的控制装置。

##### 3.1.8

**整体式灯的控制装置 integral lamp control gear**

作为灯具的不可替换部件,并且不能从灯具上取下单独进行试验的灯的控制装置。

## 3.1.9

**镇流器 ballast**

连接在电源和一支或若干支电灯之间,利用电感、电容或电感与电容的组合将灯的电流限制在额定值的一种装置。

镇流器还可以包括电源电压的转换装置,以及有助于提供启动电压和预热电流的装置。

## 3.1.10

**自镇流灯 self-ballasted lamp**

含有灯头、光源以及使光源启动和稳定工作所必需的附加部件的装置,并使之为一体的灯,这种灯在不损坏其结构时是不可拆卸的。

## 3.1.11

**直流电子镇流器 d.c.supplied electronic ballast**

使用装有稳定部件的半导体装置来向一支或若干支灯提供电源的直流/交流转换器。

## 3.1.12

**独立式电子转换器 independent electronic converter**

由一个或若干个部件构成,并能独立安装在照明设备之外而不带任何辅助外壳,又具备符合其标志所示保护功能的灯的控制装置。这种装置可以是一装有具备符合其标志所示全部必要的保护功能的适用外壳的内装式灯的控制装置。

## 3.2 物理量及单位

本标准中使用的物理量及其单位见表1。

表1 物理量及单位

物理量	符号	单位	量纲
电导率	$\sigma$	西门子每米	S/m
电流密度	$J$	安培每平方米	A/m <sup>2</sup>
电场强度	$E$	伏特每米	V/m
频率	$f$	赫兹	Hz
磁场强度	$H$	安培每米	A/m
磁通密度	$B$	特斯拉	T(Wb/m <sup>2</sup> , Vs/m <sup>2</sup> )
功率	$P$	瓦特	W
电流	$I$	安培	A

## 4 限值

## 4.1 总则

本标准采用 IEEE C95.1:2005 或 ICNIRP 1998 规定的针对普通大众的基本限值,参见附录 C 的规定。

## 4.2 限值的应用

范围中描述的照明设备,如果达到以下所有要求,即符合本标准:

- CISPR 15:2005 中 4.3.1; 20 kHz~30 MHz 频率范围内的电源端子的骚扰电压;
- CISPR 15:2005 中 4.4; 100 kHz~30 MHz 频率范围内的辐射电磁骚扰;
- CISPR 15:2005 中 4.4.2; 30 MHz~300 MHz 频率范围内的辐射电磁骚扰;
- 根据附录 D, 测得的 20 kHz~10 MHz 频率范围内电场产生的感应电流密度的加权总和不超过因数(F)0.85。

#### 4.3 无需测试即视为符合要求的照明设备

无电子控制装置的照明设备可视为符合本标准要求, 而无需测试。

所有触发器、启动器、开关、调光器(包括相位控制装置, 如三端双向可控硅开关元件、门控晶闸管)及传感器不视为电子控制装置。

### 5 一般要求

#### 5.1 供电电压

测量应在最大额定供电电压的 $\pm 2\%$ 范围内进行。可利用交流和/或直流电源工作的设备, 应在交流电源单一频率下测量。

#### 5.2 测量频率范围

测量频率范围为 20 kHz~10 MHz(参见附录 E)。

#### 5.3 环境温度

测量应在 15 °C~25 °C 的环境温度范围内进行。

#### 5.4 测量设备要求

需要一台符合 CISPR 16-1-1 的电磁干扰(EMI)接收机或频谱分析仪, 设置列于表 2 中。

表 2 接收机或频谱分析仪设置

频率范围	符合 CISPR 16-1-1 的 $B_k$	测量时间	步长 $f_{step}$	检波器
20 kHz~150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	波峰
150 kHz~10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	波峰

“Van der Hoofden”测试头(如图 1 所示), 包括一个外径  $D_{head} = (210 \pm 5)$  mm 的导电球, 安装在绝缘(如, 木制、塑料)支架上, 通过一根普通导线与保护网络相连(如图 2 所示)。

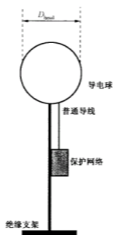
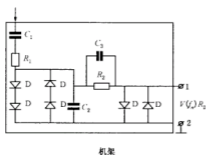


图1 “Van der Hoofden”测试头

 $I_{\text{inp}}(f_n)$ 

由测试头接出



示例:

 $C_1 = 470 \text{ pf}$  $C_2 = 10 \text{ nf}$  $C_3 = \text{可选电容} (\sim 56 \text{ pF})$ 

旨在满足附录 F 的转化系数要求。

 $R_1 = 470 \Omega$  $R_2 = 150 \Omega$ 

D=肖特基二极管

 $R_0 = \text{EMI 接收机的 } 50 \Omega \text{ 输入阻抗}$ 

端子 1 和 2 应通过同轴电缆与频谱分析仪或 EMI 接收机相连接。

图2 保护网络示例图

保护网络的转化系数由式(1)确定。

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{inp}}(f_n)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_1) \cdot 2\pi \cdot f(n) \cdot c_1]^2}} \dots\dots\dots(1)$$

保护网络的转化系数与计算的特征值之间的偏差应不超过 $\pm 1 \text{ dB}$ (计算方法参见附录 F)。保护网络的校准应按附录 F 详细描述的程序进行。

对测量装置的设定 6.4 给出了完整概述。

### 5.5 测量设备不确定度

测量设备最大不确定度( $U_{\text{best}}$ )估计为 30%。

评价测量结果时如何处理测量不确定度,参见 5.7。附录 G 给出了单独计算的示例。

注: IEC 61786:1998 [4]中给出了评估不确定度的导则。

### 5.6 测试报告

测试报告应至少包括以下内容:

- 照明设备的名称；
- 测量设备的规格；
- 工作模式、测量点和测量距离；
- 额定电压和频率；
- 测量结果；
- 适用的限值组。

## 5.7 结果的评价

是否符合限值,应采用以下方式确定。

如果利用实际测试设备计算出的不确定度  $U_{lab}$  小于或等于 5.5 中给出的不确定度  $U_{basic}$ , 那么:

- 如果测量结果不超过适用限值,即视为符合;
- 如果测量结果超过适用限值,即视为不符合。

如果利用实际测试设备计算出的不确定度  $U_{lab}$  大于 5.5 中给出的不确定度  $U_{basic}$ , 那么:

- 如果测量结果加上  $(U_{lab} - U_{basic})$  不超过适用限值,即视为符合;
- 如果测量结果加上  $(U_{lab} - U_{basic})$  超过适用限值,即视为不符合。

## 6 测量程序

### 6.1 总则

评估方法基于 ICNIRP 1998 和 IEEE C 95.1:2005 中给出的基本限制。所采用的测量程序模拟照明设备附近人体内的电流密度。测量是在附录 A 表 A.1 所述的条件下进行。

### 6.2 工作条件

#### 6.2.1 一般照明设备的工作条件

照明设备的测量应在制造商规定的工作条件下进行。

对于可以适用不同功率光源的照明设备,该照明设备只需测量与最高灯电压光源的组合即可。

测量之前,灯应工作直至达到稳定状态。除非制造商另有说明,应遵循以下稳定时间:

- 对于荧光灯,15 min;
- 对于其他放电灯,30 min。

所有测量均应使用老炼 100 h 的灯进行。

#### 6.2.2 特定照明设备的工作条件

多光源照明设备:照明设备包含一个以上光源时,所有光源应同时工作。

自带电源型应急照明设备:如果设备可与电源连接并工作,那么应在此种工作模式下测试。无需在蓄电池工作模式下测试。

具有调光功能的照明设备,应分别在最大和最小光调节限值下测量。

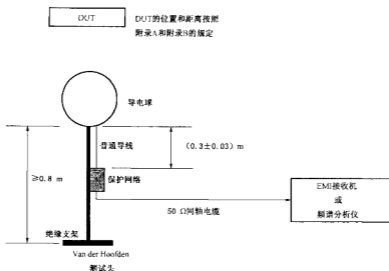
测量应在额定供电电压的  $\pm 2\%$  以内进行。若额定电压为一个范围,测量应分别在该范围最小和最大标称供电电压的  $\pm 2\%$  以内进行。

### 6.3 测量距离

除非制造商另有规定,照明设备应按照附录 A 表 A.1 中给出的测量距离予以评价。确定测量距离时,将测试头的外表面作为参考点。测量距离的允许偏差为  $\pm 5\%$ 。

## 6.4 测量装置

测量装置如图3所示。



DUT=被测设备。

注：EMI接收器或频谱分析仪应由带有保护性接地的电源供电。

图3 测量装置

如果照明设备配有接地端子，照明设备应通过电源线中包含的接地导线接地。

测试期间，任何导电平面或物体及人员与照明设备间距离应不小于0.8 m。

绝缘支架的高度最小为0.8 m。导电球通过长度为 $(30 \pm 3)$  cm的普通导线与保护网络相连接。保护网络通过一根 $50 \Omega$ 同轴电缆与EMI接收器或频谱分析仪相连接，且该同轴电缆的最大线损为0.2 dB，直流电阻 $\leq 10 \Omega$ 。

### 6.4.1 特定照明设备的测量装置

#### 6.4.1.1 自镇流灯

这些灯应直接插入灯座中，灯座应固定在一块绝缘材料上。按照表A.1中规定的测量距离放置测试头，该距离指测试头表面至灯末端的距离。

#### 6.4.1.2 独立式电子控制装置

独立式电子控制装置应固定在一块绝缘材料上，并配具有最大允许功率的适配光源。控制装置和照明设备之间的负载电缆应为0.8 m，除非制造商另有规定，相对允许偏差应为20%。控制装置、照明设备和电缆的配置应按图B.2c)。

## 6.5 测试头的位置

测量位置应按照以下准则来选择。

仅在正常使用期间普通公众可能暴露的方向上进行测量。

对于装配超过30 cm的双端荧光灯的照明设备，测试头位置如图B.2a)所示。对灯的两端分别进

行测量程序,对于装配多只荧光灯的照明设备,应依次对每只灯进行测量。

对于其他灯的照明设备,测试头应位于表 A.1 中规定的适当测量距离处,并处于预期照明点的中心。

对于照明中心点无法确定的,或正常使用时照明方向不朝向普通公众的的照明设备,例如上照灯,测量点选在照明设备为中心适当测量距离为半径的圆周上。为完整评估,可选择多个测量点。

附录 B 图 B.2a)~图 B.2f)给出了典型照明设备测量点的位置示例。

## 6.6 结果的计算

测量结果按照附录 E 计算。

附录 A  
(规范性附录)  
测量距离

表 A.1 中的测量距离,是根据正常工作期间公众的预计位置来定义的总则。

表 A.1 照明设备和测量距离

照明设备的类型	测量距离 cm
手提灯 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
台式照明设备	30
壁式照明设备	50
上照灯	50
悬挂式照明设备	50
输入功率 <sup>b</sup> ≤180 W 荧光灯用吸顶式和/或嵌入式照明设备	50
输入功率 <sup>b</sup> >180 W 荧光灯用吸顶式和/或嵌入式照明设备	70
输入功率 <sup>b</sup> ≤180 W 放电灯用吸顶式和/或嵌入式照明设备	70
输入功率 <sup>b</sup> >180 W 放电灯用吸顶式和/或嵌入式照明设备	100
便携式照明设备	50
泛光灯	200
公路和街道照明用照明设备	200
灯串	50
游泳池和类似场合用照明设备	50
舞台照明、电视和电影工作室(室外和室内)用照明设备	100
医院和医护建筑物临床区域用照明设备	50
埋地式照明设备	50
水族馆照明设备	50
插入式夜灯	50
自镇氙灯	30
紫外和红外辐射设备	50
运输照明(安装在公共汽车和火车的乘客车厢内)	50
本表中未提及的其他照明设备	50

<sup>a</sup> 测量距离应为 30 cm,但测量结果应换算为 5 cm 的距离(方程:1/r<sup>3</sup>)。

<sup>b</sup> 照明设备的总标称功率。

附录 B  
(资料性附录)  
测量测试头的位置

典型测量布局见图 B.1, 测量测试头的位置见图 B.2。

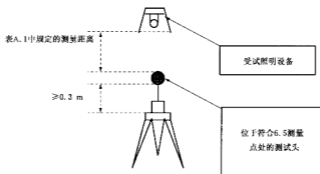


图 B.1 典型测量布局

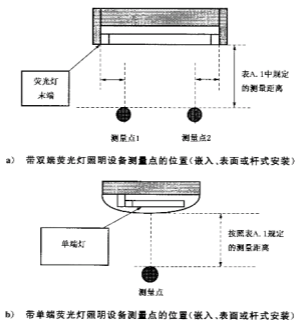
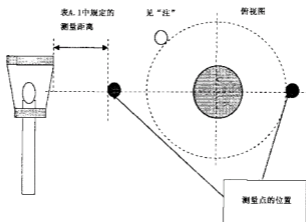
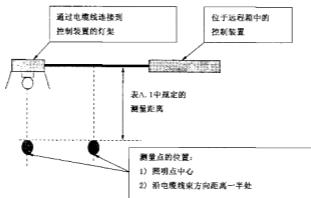


图 B.2 测量测试头的位置



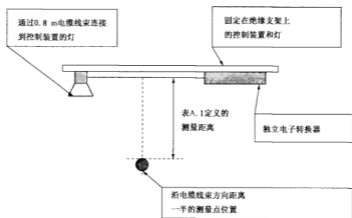
注：可在照明设备圆周上指定其他测量点。

c) 带单端荧光灯照明设备测量点的位置(360°照明)



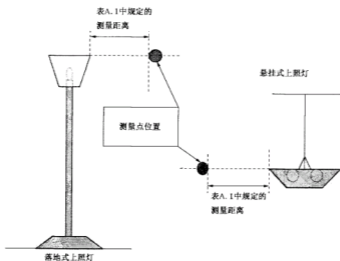
d) 带远程控制装置照明设备测量点的位置

图 B.2 (续)



注：除非制造商另有说明，电缆长度应为0.8 m。

e) 独立电子转换器测量点的位置



注：对于线性荧光灯，测试头的位置为距荧光灯末端垂直距离15 cm处。

f) 上照灯测量点位置(落地式/悬挂式)

图 B.2 (续)

附 录 C  
(资料性附录)  
暴露限值

## C.1 总则

本附录给出的暴露限值仅供参考。

## C.2 国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)

普通公众暴露于 10 GHz 以下频率时变电场和磁场的基本限制(BR)见表 C.1。

表 C.1 普通公众暴露于 10 GHz 以下频率时变电场和磁场的基本限制(BR)

频率范围	电流密度(有效值) (头部和躯干) mA/m <sup>2</sup>	平均 SAR (全身) W/kg	局部 SAR (头部和躯干) W/kg	局部 SAR (四肢) W/kg
1 Hz 以下	8			
1 Hz~4 Hz	$8/f$			
4 Hz~1 000 Hz	2			
1 kHz~100 kHz	$f/500$			
100 kHz~10 MHz	$f/500$	0.08	2	4
10 MHz~10 GHz		0.08	2	4

注:  $f$  表示频率,单位为赫兹(Hz)。

## C.3 电气和电子工程师协会(IEEE)

IEEE 对普通公众的基本限制(BR)见表 C.2,IEEE 在 100 kHz~3 GHz 之间对普通公众的基本限制(BR)见表 C.3。

表 C.2 IEEE 对普通公众的基本限制(BR)

暴露的组织	$f_r$ /Hz	$E_o$ /(V/m)	
		反应限值*(有效值)	受控环境中的人(有效值)
大脑	20	$5.89 \times 10^{-2}$	$1.77 \times 10^{-2}$
心脏	167	0.943	0.943
四肢	3 350	2.10	2.10
其他组织	3 350	0.701	2.10

注:  $E_o$  表示基强度原位场,  $f_r$  为频率参数。

\* 在频率范围内反应限值等同于 IEEE Std C95.6—2002 中的公众暴露限值。

注：表 C.2 及本标准其他地方的条目有时给出三位有效数字，仅是为了让读者能够理解本标准中陈述的各种推导及关系，并不意味着数字量达到该精度。

表 C.3 IEEE 在 100 kHz~3 GHz 之间对普通公众的基本限制(BR)

暴露部分	暴露部分比吸收率的平均值	普通公众 <sup>a</sup> SAR <sup>b</sup> /(W/kg)	受控环境中的人 SAR <sup>b</sup> /(W/kg)
全身暴露	全身平均值(WBA)	0.08	0.4
局部暴露	局部(峰值空间平均值)	2 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>
	四肢 <sup>d</sup> 和耳廓	4 <sup>c</sup>	20 <sup>c</sup>
<sup>a</sup> 指没有专门辐射保护措施公众。 <sup>b</sup> SAR 为一定平均时间内的平均值。 <sup>c</sup> 任意 10 g 组织(定义为立方体形状的组织体积—立方体体积约为 10 cm <sup>3</sup> )的平均值。 <sup>d</sup> 四肢指分别从肘部和膝部到手臂和腿部末梢的部位。			

## 附录 D

(资料性附录)

由推导得出的测量和评价方法

## D.1 总则

本附录中给出基于 ICNIRP 和 IEEE 的暴露限制符合性的测量和评价方法(参见图 D.1),包括对感应电流(参见 D.2)和热效应(参见 D.3)的评价。



图 D.1 测量和评估方法概述

## D.2 感应电流密度

## D.2.1 总则

根据基本限制,(人体模型)人中的感应电流密度应符合式(D.1),

$$\sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$J(f_i, d)$  ——根据频率  $f_i$  和附录 A 测量距离  $d$  时测得的电流密度;

$J_{\text{lim}}(f_i)$  表 C.1 频率  $f_i$  时的电流密度基本限值。

(人体模型)人中的感应电流密度可由以下因素引起:

- (人体模型)人体中因本条所述受试照明设备的磁场产生的涡电流。
- 因 D.3 所述电场产生的从受试照明设备到(人体模型)人的电容电流。

那么,式(D.1)可改写为式(D.2),

$$\sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$  ——根据频率  $f_i$  和附录 A 距离  $d$  时因磁场产生的电流密度;

$J_{\text{cap}}(f_i, d)$  ——根据频率  $f_i$  和附录 A 距离  $d$  时因电场产生的电流密度。

为避免噪声和红外干扰,照明设备中功率转换器的频率大于 20 kHz。因此,式(D.2)可改写为式(D.3)。

$$\sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=10 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=1 \text{ Hz}}^{20 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad \dots (D.3)$$

50 Hz 或 60 Hz 的电源频率, 是 1 Hz~20 kHz 频率区域内唯一相关频率。因此, 式(D.3)可改写为式(D.4)。

$$\frac{J_{\text{eddy}}(f_{\text{main}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{main}})} + \sum_{f_i=10 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{main}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{main}})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad \dots (D.4)$$

## D.2.2 因磁场产生的感应电流密度 $J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$

### D.2.2.1 总则

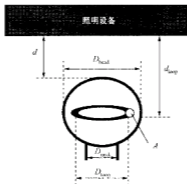


图 D.2 头部、回路和测量装置之间的距离

头部回路中因磁场产生的感应电压(参见图 D.2)可利用式(D.5)计算:

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad \dots (D.5)$$

式中:

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$  —— 频率为  $f_i$ 、距离为  $d_{\text{loop}}$  时头部回路中的感应电压;

$D_{\text{loop}}$  —— 头部回路的直径;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$  —— 频率为  $f_i$ 、距离为  $d_{\text{loop}}$  时的磁场  $B$ 。

头部回路中因磁场产生的感应电流可用式(D.6)计算:

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\pi \cdot \frac{D_{\text{loop}}}{A} \cdot \delta(f_i)} \quad \dots (D.6)$$

式中:

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$  —— 频率为  $f_i$ 、距离为  $d_{\text{loop}}$  时头部回路中因磁场产生的感应电流;

$A$  —— 头部回路的“导线”面积;

$\sigma(f_i)$  —— 频率为  $f_i$  时头部回路的电导率。

一定频率  $f_i$  和距离  $d_{\text{loop}}$  时头部回路中因磁场产生的电流密度, 可用式(D.7)计算:

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad \dots (D.7)$$

### D.2.2.2 磁场对感应电流密度 $f_{\text{main}}$ 的贡献

在电源频率和距离  $d = 0.3 \text{ m}$  时从照明设备上测得的  $B$  场约为  $60 \text{ nT}$ 。利用  $\sigma(f_{\text{main}}) \leq 0.09$  (引

用 IEC 62311 表 C.1 的限值)和  $D_{loop} = D_{head} = 0.21$  m, 可计算以下数据(参见表 D.1);

表 D.1 感应电流密度的计算

$f_1 - f_{min}/\text{Hz}$	$J_{ind}(f_1, d)/(\text{nA}/\text{m}^2)$ ( $d = 0.3$ m 时)	$J_{lin}(f_1)/(\text{mA}/\text{m}^2)$	$\frac{J_{ind}(f_{max}, d)}{J_{lin}(f_{max})}$ ( $d = 0.3$ m 时)
50	89.1	2	$45 \times 10^{-4}$
60	107	2	$53 \times 10^{-4}$

可得出结论,在电源频率和测量距离  $d = 0.3$  m 时头部回路中因磁场产生的电流密度贡献可予以忽略。

### D.2.2.3 磁场对感应电流密度的 20 kHz~10 MHz 的贡献

最坏情况下,频率范围为 20 kHz~10 MHz、测量距离为  $d$  时头部回路中因磁场产生的电流密度贡献,可通过利用 CISPR 15 磁辐射发射量来确定。根据 CISPR 15, 频率  $f_1$  时 2 m 大环形天线(LLA)中的最大电流如图 3 所示。

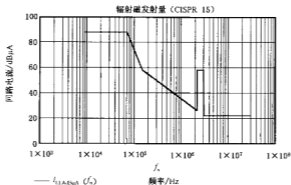


图 D.3 2 m LLA 中的最大电流

频率  $f_1$  时图 D.3 的 2 m LLA 中的最大电流可转换为频率  $f_1$  和任意距离  $d$  时的最大 B 场。转换可解释如下:

2 m LLA 中心面积为  $A_{dipole}$  的虚拟磁偶极子对 2 m LLA 的互感见式(D.8);

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{dipole}}{D_{LLA}} \quad \dots\dots\dots (D.8)$$

式中:

$M$  ——虚拟磁偶极子和 2 m LLA 之间的互感;

$A_{dipole}$  ——虚拟磁偶极子的面积;

$D_{LLA}$  ——2 m LLA 的直径,等于 2 m。

虚拟磁偶极子动量为  $I_{dipole}(f_1)A_{dipole}$ , 其中  $I_{dipole}(f_1)$  表示频率  $f_1$  时虚拟磁偶极子中的虚拟电流。LLA 中的感应电压见式(D.9):

$$V_{ind}(f_1) = 2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M \cdot I_{dipole}(f_1) \quad \dots\dots\dots (D.9)$$

LLA 中的电流见式(D.10):

$$I_{LLA}(f_i) = \frac{V_{ind}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{LLA}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{dipole}(f_i) \cdot A_{dipole}}{L_{LLA} D_{LLA}} \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

式中 LLA 表示 2 m LLA 的电感,等于 9.65  $\mu$ H。

那么,利用 LLA 中电流的限值,可计算出虚拟磁偶极子动量  $I_{dipole}(f_i)A_{dipole}$ ,而利用这一虚拟磁偶极子动量,可计算出最大值所处方向上的 H 场强。计算适用于 10 MHz 以下,所以,最小波长为 30 m,近场和远场之间的转变点位于  $30/2\pi = 4.8$  m。对于 EMF,要关注的是较近距离处的感应电流密度,所以,所有的计算都是基于  $H \sim 1/d^3$  的近场条件,距离  $d_{loop}$  处的最大场强表述可见式(D.11):

$$H(f_i, d_{loop}) = \frac{I_{dipole}(f_i) \cdot A_{dipole}}{2 \cdot \pi \cdot d_{loop}^3} \quad \dots\dots\dots (D.11)$$

其中:  $d_{loop} = d + D_{loop} I^3$ 。

由此频率  $f_i$  和任意距离  $d_{loop}$  时的最大 B 场定义见式(D.12):

$$B(f_i, d_{loop}) = \frac{I_{LLA}(f_i) \cdot L_{LLA} \cdot D_{LLA}}{2 \cdot \pi \cdot d_{loop}^3} \quad \dots\dots\dots (D.12)$$

在最坏情况下, x、y 和 z 方向上的 B 场均达到这一最大值。最终的 B 场可用式(D.13)计算得出:

$$B(f_i, d_{loop}) = \frac{I_{LLA}(f_i) \cdot L_{LLA} \cdot D_{LLA} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{loop}^3} \quad \dots\dots\dots (D.13)$$

式(D.7)则可改写为式(D.14):

$$J_{eddy}(f_i, d_{loop}) = \frac{D_{loop} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot I_{LLA}(f_i) \cdot L_{LLA} \cdot D_{LLA} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{loop}^3} \quad \dots\dots\dots (D.14)$$

头部回路中因频率介于 20 kHz~10 MHz 之间、距离  $d = 0.3$  m 时的磁场对电流密度的最坏情况贡献可由下式计算得出:

$$\sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{eddy}(f_i, d_{loop})}{J_{lim}(f_i)}$$

其结果应  $\leq 0.15$ 。

结论:

如果照明设备符合 CISPR 15,那么式(D.4)可简化为式(D.15)。

$$\frac{J_{cap}(f_{max}, d)}{J_{lim}(f_{max})} + \sum_{f_i=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{cap}(f_i, d)}{J_{lim}(f_i)} \leq 0.85 \quad \dots\dots\dots (D.15)$$

## D.2.3 因电场产生的感应电流密度: $J_{cap}(f_i, d)$

### D.2.3.1 总则

电容电流对感应电流密度的贡献,是在表 A.1 规定的测量距离  $d$  和附录 B 规定的位置上,使用位于照明设备附近的人体模型来测量的。所使用的人体模型是 IEC 62311:2007 图 C.3 描述的均质人体模型。

通常认为人体模型头部离照明设备最近,而最大电流密度出现在颈部。因此,只有头部[外径  $D_{head} = (210 \pm 5)$  mm 的金属化球]被用作测试电流。而计算电流密度时,则使用的颈部直径  $D_{neck} = 110$  mm。关于被称作“Van der Hoofden”的测试头的详细信息,参见 5.4。

注:颈部的电流密度是均质的,因为 10 MHz 以下的皮肤影响可忽略不计。

### D.2.3.2 电场对感应电流密度的 $f_{max}$ 贡献

电源对感应电流密度的贡献,应基于以下最坏情况的构造来计算:相对于接地,照明设备可以看作

电压为  $V_{\text{main}}$  的大平板(参见图 D.4)。

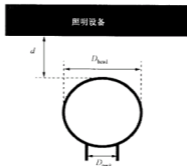


图 D.4 头部和测量装置之间的距离

大平板和金属球之间的寄生电容,可利用式(D.16)、式(D.17)来计算(取自 W. R. Smythe, 静电电和动态电, McGraw-Hill, 1950[3])(参见图 D.5)。

$$\alpha = \cosh^{-1} \left[ 2 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad \dots\dots\dots (D.16)$$

$$C_{\text{球-板}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad \dots\dots\dots (D.17)$$

注:  $N$  取值 50 足以适用大多数的实际情况。

其中,  $d = 0.3 \text{ m}$ ;  $C_{\text{球-板}} = 3 \text{ pF}$

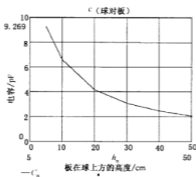


图 D.5 式(D.16)和式(D.17)的曲线

因电源造成的颈部中的电流密度可用式(D.18)来计算。

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{main}}, d) = \frac{U_{\text{main}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{main}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} D_{\text{back}}^2} = 661 \cdot 10^4 \cdot U_{\text{main}} \cdot f_{\text{main}} \cdot C \quad \dots\dots\dots (D.18)$$

大部分常见电源贡献的计算列于表 D.2 中。

表 D.2 电源贡献的计算

$U_{\text{max}}/\text{V}$	$f_{\text{max}}/\text{Hz}$	$J_{\text{exp}}(f_{\text{max}}, d)/(\mu\text{A}/\text{m}^2)$ ( $d=0.3\text{ m}$ 时)	$J_{\text{lim}}(f_{\text{max}})$ $\text{mA}/\text{m}^2$	$\frac{J_{\text{exp}}(f_{\text{max}}, d)}{J_{\text{lim}}(f_{\text{max}})}$ ( $d=0.3\text{ m}$ 时)
230	50	22.8	2	0.011
120	60	14.6	2	0.007
277	60	33.6	2	0.017

表 D.2 最后一列的计算结果表明,电源的贡献可忽略不计,因此,式(D.15)可简化为式(D.19):

$$\sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{exp}}(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} \leq 0.85 \quad \dots\dots\dots (\text{D.19})$$

### D.2.3.3 电场对感应电流密度的 20 kHz~10 MHz 贡献

20 kHz~10 MHz 频率范围内电容电流对感应电流密度的贡献,需要按照图 3 和式(D.19)利用 EMI 接收器来测量。

总和的频率阶跃是利用 CISPR 16-1-1 来确定的。根据 CISPR 16-1-1,接收器的 IF 滤波器具有式(D.20)的转化函数:

$$H(f) = \left[ \frac{2}{1 + \left(1 + j \cdot \frac{f}{B_e} \cdot 2\sqrt{2}\right)^2} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (\text{D.20})$$

注:  $B_e$  为 CISPR 16-1-1 中规定的 6 dB 带宽。

式(D.20)的模数可用式(D.21)来表示:

$$|H(f)| = \frac{1}{1 + \left(\frac{2f}{B_e}\right)^4} \quad \dots\dots\dots (\text{D.21})$$

振幅增加频率阶跃由式(D.22)来定义:

$$f_{\text{step,amp}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad \dots\dots\dots (\text{D.22})$$

解式(D.22),得振幅增加频率阶跃等于 1.11 倍  $B_e$ ,参见表 D.3。

表 D.3 等于 1.11 倍  $B_e$  的振幅增加频率阶跃

频率范围	符合 CISPR 16-1-1 的 $B_e$	$f_{\text{step,amp}}$
20 kHz~150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz~10 MHz	9 kHz	10 kHz

式(D.19)可改写为式(D.23):

$$\sum_{f_i=20\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{exp}}(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} + \sum_{f_i=150\text{ kHz}}^{10\text{ MHz}} \frac{J_{\text{exp}}(f_i, d)}{J_{\text{lim}}(f_i)} \leq 0.85 \quad \dots\dots\dots (\text{D.23})$$

步长=220 Hz                      步长=10 kHz

附录 E 给出了一种实用的测量和评估方法来评价式(D.23)。

## D.3 100 kHz~300 GHz 的热效应

## D.3.1 总则

根据 ICNIRP, 如果辐射发射功率 $\leq 20$  mW, 热效应即视为符合要求。在本条款中, 将证明任何照明设备只要符合 CISPR 15, 则其辐射发射功率 $\leq 20$  mW。

证明辐射功率 $\leq 20$  mW 由式(D.24)开始:

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \dots\dots\dots (D.24)$$

总和的频率阶跃是利用 D.2.3.3 中解释的 CISPR 16-1-1 来确定的。

功率增加频率阶跃可用式(D.25)来定义:

$$f_{\text{step,power}} = \int_{f_1}^{f_2} |H(f)|^2 \cdot df \dots\dots\dots (D.25)$$

解式(D.25), 得功率增加频率阶跃等于 0.833 倍  $B_0$ , 参见表 D.4。

表 D.4 等于 0.833 倍  $B_0$  的功率增加频率阶跃

频率范围	符合 CISPR 16-1-1 的 $B_0$	$f_{\text{step,power}}$
100 kHz~150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz~30 MHz	9 kHz	7.5 kHz
30 MHz~300 MHz	120 kHz	100 kHz

## D.3.2 对热效应的 100 kHz~30 MHz 贡献

传导发射的最大端电压(TV)由 CISPR 15:2005 设定。如果这一端电压仅由共模电流产生, 且电源线路所起的作用在任何频率下的半波长偶极子, 那么辐射发射即为最大值。已知对于半波长偶极子, 辐射阻抗为 73  $\Omega$ 。据此, 这一频率范围内的最大辐射功率可利用式(D.26)计算得出。

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz} \sim 30 \text{ MHz}) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} I_{\text{cm}}^2(f_i) \cdot 73 \dots\dots\dots (D.26)$$

式中:

$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz} \sim 30 \text{ MHz})$ ——100 kHz~30 MHz 之间的最大辐射功率, 单位为瓦特(W);

$I_{\text{cm}}(f_i)$ ——频率  $f_i$  时的共模电流, 单位为安培(A)。

根据基尔霍夫定律, 式(D.26)可改写为式(D.27):

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz} \sim 30 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left[ \frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{50} \right]^2 \cdot 73 + \sum_{f_i=150 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} \left[ \frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{50} \right]^2 \cdot 73 \dots\dots (D.27)$$

其中  $TV_{\text{lim}}(f_i)$  = 频率  $f_i$  时, 符合 CISPR 15 的端电压。

解式(D.27), 得:  $P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz} \sim 30 \text{ MHz}) \leq 5.98$  (mW)

## D.3.3 对热效应的 30 MHz~300 MHz 贡献

任何照明设备都能符合 CISPR 15 的辐射发射要求。最坏情况, 任何频率下, 照明设备都是作为半波偶极子辐射的。电场主方向上的最大辐射功率由式(D.28)给出:

$$P_{\text{rad,max}}(30 \text{ MHz} \sim 300 \text{ MHz}) = \sum_{f_i=30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} \left[ \frac{r \cdot E_{\text{lim}}(f_i, r)}{7} \right]^2 \dots\dots\dots (D.28)$$

步长—100 kHz

式中:

$E_{lim}(f_i, r)$ ——频率  $f_i$  时的 E 场限值,单位为伏每米(V/m)。

根据 CISPR 15,场强限值见表 D.5。

表 D.5 符合 CISPR 15,2005 的场强限值

频率范围/MHz	$E_{lim}/(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$	$E_{lim}/(\mu\text{V}/\text{m})$	$r/\text{m}$
30~230	30	31.6	30
230~300	37	70.8	30

解方程(D.28),得  $P_{mi,max}(30\text{ MHz}\sim 300\text{ MHz}) \leq 0.10(\text{mW})$

结论:任何照明设备若符合 CISPR 15,即视为符合 ICNIRP 和 IEEE 的热效应要求。

## 附录 E

(规范性附录)

由实测得出的测量和评价方法

## E.1 电流密度的测量

电流密度应按照 5.2 在 20 kHz~10 MHz 频率范围内测量。

本附录描述的例子需要一台输出矩阵数据的 EMI 接收机,在该矩阵中,频率(MHz)存储在 0 列中,测量电压(dB $\mu$ V)则存储在 1 列中。数据输出需利用 E.2 的计算程序来处理。

## E.2 计算程序

测量数据为一个矩阵,其中,频率  $f_n$ (MHz)存储在 0 列中,而测量电压  $V(f_n)$ [dB $\mu$ V]则存储在 1 列中。

1 列中的测量电压  $V(f_n)$ [dB $\mu$ V]需要利用式(E.1)转化为  $V(f_n)$ [V]。

$$V(f_n) [V] = 10^{\frac{V(f_n) [\text{dB}\mu\text{V}]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (\text{E.1})$$

$V(f_n)$ [V]需要利用转化函数  $g(f_n)$ [V/A]转化为电流  $I_{\text{op}}(f_n)$ [A],该转化函数由 5.4 的保护网络确定,在式(E.2)中给出:

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{op}}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad \dots\dots\dots (\text{E.2})$$

电流密度  $J_{\text{op}}(f_n)$ [A/m<sup>2</sup>]由式(E.3)给出:

$$J_{\text{op}}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{\text{neck}}} \quad \dots\dots\dots (\text{E.3})$$

$$\text{其中: } A_{\text{neck}} = \frac{\pi}{4} \cdot 0.11^2$$

电流密度  $J_{\text{op}}(f_n)$  需要用极限值  $J_{\text{lim}}(f_n)$  去除,并要求和来确定式(E.4)给出的因数  $F$ :

$$F = \sum_{f_n=10 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{op}}(f_n)}{J_{\text{lim}}(f_n)} \quad \dots\dots\dots (\text{E.4})$$

其中:  $J_{\text{lim}}(f_n) = \frac{f_n}{500} \cdot 10^{-3}$ ,  $f_n$  单位为赫兹(Hz)。

步长定义见表 2。

## E.3 合格准则

范围中描述的照明设备,如果达到以下所有要求,即符合本标准:

- CISPR 15:2005 中 4.3.1, 20 kHz~30 MHz 频率范围内的电源端子的骚扰电压;
- CISPR 15:2005 中 4.4, 100 kHz~30 MHz 频率范围内的辐射电磁骚扰;
- CISPR 15:2005 中 4.4.2, 30 MHz~300 MHz 频率范围内的辐射电磁骚扰;
- 根据附录 D,测得的 20 kHz~10 MHz 频率范围内电场产生的感应电流密度的加权总和不超过因数(F)0.85。

## 附录 F (规范性附录) 保护网络

### F.1 保护网络的校准

本校准采用的校准方式应与 CISPR 16-1-2 中描述人工电源网络(V 型网络)的校准方式相类似。

保护网络的输入端口和输出端口与网络分析仪(NWA)的  $50\ \Omega$  特征阻抗不匹配。由于这种性质,校准应采用以下两个步骤进行:

步骤 1:

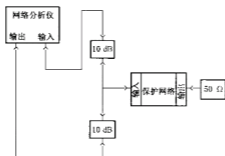


图 F.1 网络分析仪初始标准化测试装置

利用如图 F.1 所示的测试装置校准网络分析仪之后,网络需改为如图 F.2 所示的新配置。

步骤 2:

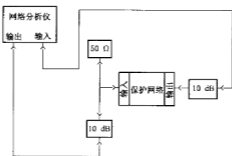


图 F.2 利用网络分析仪测量分压因数的测试装置

利用网络分析仪测量转化函数之后,需要与理论特征值进行比较。

### F.2 保护网络理论特性的计算

式(1)给出的转化函数不能用于校准。因此,这里给出理论特性的计算方法。

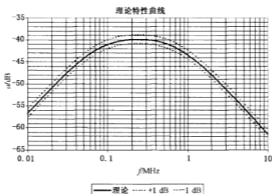
利用网络分析仪校准保护电路的理论转化函数(参见图 F.3)由式(F.1)~式(F.4)推出。除  $R_{\text{NWA}}$  (网络分析仪的输入阻抗  $R_{\text{NWA}}$  通常为  $50 \Omega$ ) 之外的所有设定值均见图 2。

$$a(f) = 20 \lg \left[ \frac{|V_{\text{out}}(f)|}{|V_{\text{in}}(f)|} \right] \quad \dots\dots\dots (\text{F.1})$$

$$R_{\text{ZNWA}} = R_2 + R_{\text{NWA}} \quad \dots\dots\dots (\text{F.2})$$

$$|V_{\text{out}}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left\{ \left[ \frac{R_{\text{ZNWA}}}{1 + (\omega C_2 R_{\text{ZNWA}})^2} \right]^2 + \left[ \frac{\omega C_2 R_{\text{ZNWA}}^2}{1 + (\omega C_2 R_{\text{ZNWA}})^2} \right]^2 \right\}} \quad \dots\dots\dots (\text{F.3})$$

$$|V_{\text{in}}(f)| = \sqrt{\left( R_1 + \frac{R_{\text{ZNWA}}}{1 + (\omega C_2 R_{\text{ZNWA}})^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega C_2 R_{\text{ZNWA}}^2}{1 + (\omega C_2 R_{\text{ZNWA}})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (\text{F.4})$$



说明:

图中的最大允许偏差设定为  $\pm 1$  dB。

图 F.3 用于校准保护网络的计算理论特性

**附录 G**  
(资料性附录)  
**测量设备不确定度**

各个不确定度贡献的主要不确定分量都已被识别出和估值。作出的所有假设均记录于表 G.2 中，并在计算实际不确定度的表 G.1 中以注的形式引用。

V 测量值计算如下：

$$V = V_r + L_c + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{ul} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta I$$

表 G.1 20 kHz~10 MHz 频率范围内 6.4 所描述测量方法的不确定度计算

输入量 $X_i$	$X_i$ 的不确定度		$u(x_i)$	$c_i$	$c_i u(x_i)$ dB
	dB	概率分布函数	dB		
接收机读数 <sup>1)</sup> $V_r$	±0.1	$k=1$	0.10	1	0.10
衰减：保护网络-接收机 <sup>2)</sup> $L_c$	±0.1	$k=2$	0.05	1	0.05
接收机修正：					
正弦波电压 <sup>3)</sup> $\delta V_{sw}$	±1.0	$k=2$	0.50	1	0.50
脉冲振幅响应 <sup>4)</sup> $\delta V_{pa}$	±0.0	矩形	0.00	1	0.00
脉冲重复率响应 <sup>5)</sup> $\delta V_{pr}$	+0.0	矩形	0.00	1	0.00
噪声本底接近度 <sup>6)</sup> $\delta V_{ul}$	±0.0		0.00	1	0.00
不匹配：保护网络-接收机 <sup>7)</sup> $\delta M$	+0.085	U形	0.06	1	0.06
保护网络转化函数 <sup>8)</sup> $\delta g$	±1.0	矩形	0.50	1	0.58
测试头和 DUT 之间的距离 <sup>9)</sup> $\delta D$	-0.367/ +0.352	$k=1$	0.36	1	0.36
测试头直径 <sup>10)</sup> $\delta d$	-0.423/ +0.365	$k=1$	0.39	1	0.39
普通电缆长度 <sup>11)</sup> $\delta I$	±0.0		0.00		0.00
合成测量不确定度 $u_c =$				0.9	
扩展测量不确定度 $k=2, u_c(V) =$				±1.88	

\* 上标数字指表 G.2 中列明的注。

表 G.2 表 G.1 的注及资料

注	GB/T 6113.402—2006 附录 A.5 的 参照符号	计算/声明所使用的数据
1) 接收机读数的随机波动	注 1	GB/T 6113.402—2006, 表 A.1
2) 线损测量的不确定度	注 2	GB/T 6113.402—2006, 表 A.1
3) 接收机正弦波修正的不确定度	注 4	GB/T 6113.402—2006, 表 A.1

表 G.2 (续)

注	GB/T 6113.402—2006 附录 A.5 的 参照符号	计算/声明所使用的数据
4) 接收机脉冲振幅响应修正的不确定度	—	由于仅存在正弦波信号及其谐波,脉冲振幅响应可忽略不计
5) 接收机脉冲重复率响应修正的不确定度	—	由于仅存在正弦波信号及其谐波,脉冲重复率响应可忽略不计
6) 接收机噪声本底影响的不确定度	注 6	GB/T 6113.402—2006,表 A.1
7) 接收机与保护网络之间失配的不确定度	注 7	GB/T 6113.402 2006,表 A.1
8) 保护网络转化函数公差。规定为理论曲线的 $\pm 1$ dB	—	—
9) 因测试头与受试设备(DUT)间距离公差产生的不确定度	—	6.3
10) 测试头生产公差的不确定度	—	5.4
11) 电缆长度的不确定度可忽略不计	—	实验表明,0.2 m 和 2.5 m 之间的误差小于 0.8 %。根据 6.4,电缆长度(0.3 m)可相差 $\pm 0.03$ m。鉴于这一规格,误差应小于 0.2 %

参 考 文 献

- [1] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys., 1998, vol.41, no.4, pp.449-522
- [2] IEEE C95.6; 2002 IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0 to 3 kHz
- [3] SMYTHE, W.R. Static and dynamic electricity. McGraw-Hill, 1950.
- [4] IEC 61786; 1998 Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings—Special requirements for instruments and guidance for measurements
-

中华人民共和国  
国家标准  
照明设备对人体电磁辐射的评价  
GB/T 31275—2014/IEC 62493:2009

\*

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.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 2.25 字数 56 千字  
2014年10月第一版 2014年10月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-50276 定价 33.00 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 31275-2014