

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5959.12—2020/IEC 60519-12:2016

---

## 电热和电磁处理装置的安全 第 12 部分：对红外电热装置的特殊要求

Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing—  
Part 12: Particular requirements for infrared electroheating

(IEC 60519-12:2016, IDT)

2020-03-31 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围和目的 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 分类和细分 .....	4
5 危险评估 .....	4
6 总则 .....	4
7 触电防护 .....	4
8 电或磁近场引起的危险防护 .....	4
9 辐射危险防护 .....	4
10 热影响危险防护 .....	6
11 火灾危险防护 .....	6
12 液体危险防护 .....	6
13 对部件和组件的特殊要求 .....	6
14 装置或设备的控制 .....	6
15 机械危险防护 .....	6
16 使用中的危险防护 .....	6
17 其他危险防护 .....	6
18 验证和试验 .....	7
19 使用信息 .....	7
附录 A (资料性附录) 重大危险列表 .....	8
附录 B (资料性附录) 电场和磁场、接触电流-暴露危险限值 .....	9
附录 C (资料性附录) 光辐射-暴露危险限值 .....	10
附录 D (资料性附录) 暴露危险限值-噪声和振动 .....	12
附录 E (规范性附录) 有关电磁兼容的规定 .....	13
附录 F (规范性附录) 标记和警告 .....	14
附录 G (资料性附录) 本部分使用指南 .....	15
附录 H (资料性附录) 与 ISO 13577 系列的关系 .....	16
附录 AA (资料性附录) 降低红外辐射危险的步骤 .....	17
附录 BB (资料性附录) 热红外辐射暴露评估的简化测量方法 .....	19
附录 CC (资料性附录) 总辐照度测量设备 .....	24
参考文献 .....	25

图 C.101 取决于暴露时间和辐照的风险分类和暴露限值(见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.1) ..... 10

图 C.102 取决于暴露时间和辐射亮度的风险分类和暴露限值(见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.2) ..... 11

图 BB.1 取决于产生信号的灰体发射器表面温度、测得的总辐照度转化为带辐照度的因数 ..... 21

图 BB.2 取决于产生信号的灰体发射器表面温度的、测得的总辐射亮度折算为相关的视网膜热伤害辐射亮度的因数 ..... 23

图 CC.1 总辐照度测量用探测器示例 ..... 24

表 AA.1 通过设计评估和降低辐射暴露步骤 ..... 17

表 BB.1 测量程序 ..... 19

## 前 言

GB/T 5959 有如下 14 个部分：

- GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分：通用要求；
- GB 5959.2 电热装置的安全 第 2 部分：对电弧炉装置的特殊要求；
- GB 5959.3 电热装置的安全 第 3 部分：对感应和导电加热装置以及感应熔炼装置的特殊要求；
- GB 5959.4 电热装置的安全 第 4 部分：对电阻加热装置的特殊要求；
- GB/T 5959.41 电热装置的安全 第 41 部分：对电阻加热设备的特殊要求 玻璃加热和熔化装置；
- GB 5959.5 电热装置的安全 第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求；
- GB 5959.6 电热装置的安全 第 6 部分：工业微波加热设备的安全规范；
- GB 5959.7 电热装置的安全 第 7 部分：对具有电子枪的装置的特殊要求；
- GB 5959.8 电热装置的安全 第 8 部分：对电渣重熔炉的特殊要求；
- GB 5959.9 电热装置的安全 第 9 部分：对高频介质加热装置的特殊要求；
- GB/T 5959.10 电热装置的安全 第 10 部分：对工业和商业用电阻式伴热系统的特殊要求；
- GB/T 5959.11 电热装置的安全 第 11 部分：对液态金属电磁力作用装置的特殊要求；
- GB/T 5959.12 电热和电磁处理装置的安全 第 12 部分：对红外电热装置的特殊要求；
- GB 5959.13 电热装置的安全 第 13 部分：对具有爆炸性气氛的电热装置的特殊要求。

本部分为 GB/T 5959 的第 12 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60519-12:2016《电热和电磁处理装置的安全 第 12 部分：对红外电热装置的特殊要求》。

本部分做了下列编辑性修改：

- 因 IEC 60519-12:2016 中 3.2 编号重复，故本部分对第 3 章的编号进行更正。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位：西安电炉研究所有限公司、国家红外及工业电热产品质量监督检验中心、大连理工大学、成都市兴岷江电热电器有限责任公司、杭州五源科技实业有限公司、深圳市卓先实业有限公司、东莞市宏阳热能科技有限公司、江苏大唐电器制造有限公司、许昌市红外技术研究有限公司、祥利电器制品(深圳)有限公司、南京丹联科技有限公司、葫芦岛圣泰科特种光源有限公司、国家电炉质量监督检验中心、西安中冶新材料有限公司。

本部分主要起草人：余维江、曾宇、吴迪、谷励、李琨、谢明辉、王一建、卢子忱、龚向民、居吉富、唐伟、李伟、姚海刚、任安邦、王德志、张永武。

## 引 言

本部分的范围为行业用于多种不同用途的不同类型和设计的红外设备。除了第 1 章描述的一些特例外,本部分适用于所有类型的工业红外设备。

因为很多不同类型的电热设备发射出具有危险水平的红外辐射,所以 GB/T 5959.1—2019 提供了基于光辐射的所有通用要求,而本部分则对红外设备提供了具体的要求和实用方法。

参考 GB 5959.4—2008<sup>[1]</sup>,本部分包含了 GB/T 5959.1—2019 中未给出的所有类型的工业电热装置的红外辐射危险。

本部分对红外辐射的论述非常详细,就行业而言,还没有单独的有用资源,用于简单、通用、使用方便且性价比高的测量方法。

造成红外辐射风险的其他原因是:

- 电热设备制造商一般不会聘请光学辐射测量专家,也不配备用来进行精确测量的光学实验室;
- 从事必要测量任务的操作人员往往经验有限,只能领会简单易用的导则;
- GB/T 20145—2006 的范围限定为灯具,但该标准可用于其他光源,因此,其核心内容适用,如果可能,可精简后用于本部分;
- 本部分增加了 GB/T 20145—2006 中规定的分类的图解,并列入 GB/T 5959.1—2019;
- 美国国家标准协会/北美照明工程学会的相关文件,ANSI/IESNA RP 27 系列<sup>[6-8]</sup>,都是基于 ICNIRP<sup>[5]</sup> 的推荐。关于本部分及其参考文件它们并未提供额外材料。

# 电热和电磁处理装置的安全

## 第 12 部分：对红外电热装置的特殊要求

### 1 范围和目的

#### 1.1 范围

GB/T 5959.1—2019 的本条用以下内容代替。

代替：

GB/T 5959 的本部分规定了通常由红外发射器产生的红外辐射在装置内明显超过热对流和热传导，作为传热方式，向被处理材料传递能量的工业电热设备和装置的安全要求。范围的进一步限制是在空气或真空中最大光谱辐射波长在 780 nm 以上，且通过诸如热辐射或高压电弧发射宽波段连续光谱的红外发射器。

GB/T 5959.1—2019 将红外定义为频率范围在大约 400 THz~300 GHz 之间的光学辐射。在真空中的对应波长范围在 780 nm~10 μm。工业红外加热通常使用额定温度在 500 °C~3 000 °C 的红外源，从这些红外源发出的辐射主要位于 780 nm~10 μm 的波长范围内。

由于大量的热发射器的发射波长可能低于 780 nm 或高于 3 000 nm，所以本部分同样考虑了可见光和波长超过 3 000 nm 的辐射的安全方面的问题。

本部分不适用于：

- 以激光或发光二极管(LED)作为主要辐射源的红外装置——GB/T 20145—2006 及 IEC 60825-1:2014<sup>[2]</sup>适用于此类装置；
- 公用电器用具；
- 实验室用电器用具——IEC 61010-1:2010<sup>[3]</sup>适用于此类器具；
- 电阻加热裸导线、电热管或电热棒作为加热元件，且红外辐射并非预期应用中占支配地位的副作用的电热装置，由 GB 5959.4—2008<sup>[1]</sup>规定；
- 所有红外发射器的标称总功率小于 250 W 的红外加热设备；
- 手持红外设备。

本部分范围内的工业红外电热设备通常利用焦耳效应，通过一个或多个辐射源，将电能转化为红外辐射，然后从一个或多个元件将辐射发射到被处理的材料上。以下红外加热元件更是如此：

- 内部具有电阻元件的管状、板状或其他形状的陶瓷热红外发射器；
- 以高温灯丝作为辐射源的红外石英玻璃管或卤素灯发射器；
- 由二硅化钼、碳化硅、石墨、铁铬铝合金、耐火金属或类似材料制成的非绝缘元件；
- 宽光谱电弧灯。

#### 1.2 目的

GB/T 5959.1—2019 的本条适用。

### 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。

除以下内容外,GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

增加:

GB/T 5959.1—2019 电热和电磁处理装置的安全 第1部分:通用要求(IEC 60519-1:2015, IDT)

### 3 术语和定义

除以下内容外,GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

补充:

#### 3.1 一般概念

##### 3.1.101

###### 红外辐射 **infrared radiation**

波长大于可见辐射波长的光学辐射。

注1: 780 nm~1 mm 范围内的红外辐射通常分为:

IR-A: 780 nm~1 400 nm, 或者表面温度在 3 450 °C~1 800 °C 的灰体发射器;

IR-B: 1 400 nm~3 000 nm, 或者表面温度在 1 800 °C~690 °C 的灰体发射器;

IR-C: 3 000 nm~1 mm, 或者表面温度低于 690 °C 的灰体发射器。

温度与边界波长下的最大强度光谱相对应。

上述范围与 GB/T 20145—2006 一致。

注2: 在 GB/T 2900.83—2008 中定义了下列术语:

841-24-04: 短波红外辐射或近红外辐射(780 nm~2 μm);

841-24-03: 中波红外辐射或中红外辐射(2 μm~4 μm);

841-24-02: 长波红外辐射或远红外辐射(4 μm~1 mm)。

本部分没有采用这些术语。

[来源: GB/T 20145—2006, 3.14, 修改——修改了注1且增加了注2]

##### 3.1.102

###### 红外加热 **infrared heating**

由专门制造的设备发射,以吸收热辐射和光辐射,大部分是红外辐射形式进行的加热。

[来源: GB/T 2900.83—2008, 841-24-05, 修改——对定义进行了编辑性改动]

#### 3.2 设备和设备状态

##### 3.2.101

###### 红外装置 **infrared installation**

红外电热装置 **infrared electroheating installation**

利用红外加热完成工件处理的电热装置。

[来源: GB/T 2900.83—2008, 841-24-09, 修改——增加了另一个同义术语,缩短了定义]

##### 3.2.102

###### 红外发射器 **infrared emitter**

发射红外辐射的元件。

注: 这种元件通常是可替换的。

## 3.2.103

**红外源 infrared source**

通过焦耳效应将电能转换成热或辐射的红外发射器的一部分。

## 3.2.104

**灯丝 filament**

使电能在其中通过焦耳效应转换成热能的红外发射器的导线或线状物。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-27,修改——定义变得明晰]

## 3.2.105

**红外陶瓷加热器 infrared ceramic heater**

由陶瓷材料制成或覆盖的红外发射器。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-13,修改——缩短了定义]

## 3.2.106

**管状红外发射器 tubular infrared emitter**

具有一种基本尺寸(长)的红外发射器。

注:这种发射器可包括反射方式且可以是直线型或弯曲的。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-24,修改——缩短了定义,增加了注]

## 3.2.107

**板状红外发射器 infrared plate emitter**

具有两种基本尺寸(长,宽)的红外发射器。

注:这种发射器可包括反射方式且可以是平面或是曲面的。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-25,修改——缩短了定义,增加了注]

## 3.2.108

**红外石英发射器 infrared quartz emitter**

红外源在石英玻璃壳内的红外发射器。

注:由类似维克玻璃的硬质玻璃制成的玻璃壳也包括在内。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-26,修改——缩短了定义,增加了注]

## 3.2.109

**卤素灯发射器 halogen lamp emitter**

钨丝位于充有卤素气体的气密性玻璃壳内的红外发射器,卤素很活跃地将玻璃内壁上的钨转移到钨丝上。

注:卤素灯发射器是典型的红外石英发射器。

[来源:GB/T 2900.83—2008,841-24-22,修改——定义变得明晰,增加了注]

## 3.2.110

**红外反射器 infrared reflector**

反射并对红外辐射进行导向的无源、非透射组件。

注:反射器可以是红外发射器的一部分,可能进行镜反射或漫反射。

## 3.2.111

**红外折射器 infrared refractor**

汇聚并对红外辐射进行导向的无源、透射组件。

注:折射器可以是红外发射器的一部分。

## 3.2.112

**红外波长转换器 infrared wavelength converter**

在正常工作中被红外辐射加热到一定温度的红外装置内的元件,其自身发射的辐射参与工件的



加热。

注：波长转换器的光谱具有比红外发射器的主辐射波长长很多的波长。

### 3.2.113

#### 红外模块 **infrared module**

装有一个或多个红外发射器的组件。

注：这种模块可以包括反射器、折射器、滤波器或其他保护发射器及冷却装置的措施。

### 3.2.114

#### 额定温度 **rated temperature**

红外灯丝或红外发射器在额定电压下的最高表面温度。

注 1：该温度被用来确定热红外发射器的光谱辐射。

注 2：该温度在正常工作条件下适用。

## 3.3 部件及配件

### 3.3.101

#### 滤波器 **filter**

用于降低特定波长透射的部分透明、部分吸收或反射的部件。

## 4 分类和细分

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

## 5 危险评估

GB/T 5959.1—2019 的本章适用,并增加了以下内容:

增加:

注：附录 AA 提供了关于减少红外辐射风险程序的额外信息,具体侧重于制造商和用户共同承担项目设计责任的风险。

## 6 总则

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

## 7 触电防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

## 8 电或磁近场引起的危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

## 9 辐射危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用,并增加了以下内容:

增加：

### 9.101.1 一般要素

降低红外辐射暴露的技术措施包括：

- 安装适当的护罩以降低或避免由设备发射的可见或红外辐射。这包括为红外设备设置充足的红外围栏(如防护壳)。如果没有采取充足的措施,则护罩和防护壳可能过热而不能接触。
- 确定辐射源的位置以便没有辐射或仅有降低了的辐射直接射向人体。
- 选择适当的滤波器来降低红外电热设备发出的红外辐射。吸收型滤波器表面可能过热而不能接触。

在试运行或维护工作中仅组织措施适用,包括：

- 通过物理方法限制进入。安装红外隔障防止进入高辐射区域。
- 减少人体的暴露时间。
- 放置适当的警示牌。
- 工作人员在红外辐射危险中以及使用适当的保护性措施的说明。
- 使用个人防护和设备。
- 使用适当的衣物和手套保护皮肤。
- 使用适当的眼镜和滤波器保护眼睛。滤波器应降低辐射的危险等级而不削弱需要的可见光信息。

注：减少暴露的措施包括使用另一种加热方法(参见 ISO 12100:2010)来避免暴露。因为其他大多数加热方法会产生与红外电热自身相近红外强度的红外辐射,所以通过这种方式来避免通常是不可能的。

### 9.101.2 红外围栏的进入点

作为日常维护或机器设置的一部分,它对测量强度或红外设备内的强度分布,或者从视觉上观察工件或设备内部是很有必要的。如果有进入设备内部或接近辐射的需要,则红外围栏上的进入点应纳入设计阶段。进入点的结构不应形成设计目标规定的等级以上的辐射。

为了降低进入点发出的辐射,下列措施应予以考虑：

- 通过仅能使用工具打开的门密封；
- 设置一个具有红外滤波器的窗户,将进入点的辐射降至安全水平。

### 9.101.3 护罩的设计

在任何可能的情况下都应将红外辐射封闭起来,以防意外接近设计目标规定的等级以上的辐射。围栏和护罩的设计取决于这些部件如何使用,包括它们是可移动的还是固定的,以及它们是否需要维护。

用于辐射衰减的设备和材料应能承受预期应用和故障条件下的环境和运行条件的所有影响。这些因素包括气候、化学和生物因素、设备附近和内部的气氛(粉尘、蒸气、可燃性)、定期清洗的影响以及振动之类的机械因素。

适用时,应满足以下对红外围栏和护罩的要求：

- 红外发射器的位置应使围栏不被正常运行或导致发射特性改变的任意单一故障条件所损坏。如有必要,应提供进一步的机械防护以达到此目的。
- 发射器应牢固安装。正常运行或单一故障条件不应使其松动。
- 如果护罩、隔障或围栏的一部分的打开会发出自动“停止”命令,则护罩、隔障或围栏的关闭分别在没有任何进一步操作的情况下,不应恢复发射。
- 外壳的设计和安装应使红外发射器的更换不会对操作人员造成很大的辐射暴露。

- 任何进一步的机械保护应不增加辐射发射危险或因其存在或位置而引起的其他危险。
- 所有的探测器和指示器、电源、所有护罩、关断器和联锁应在“故障安全”模式下运行。

#### 9.101.4 护罩的拆除

如果在护罩移除时会有超出设计目标等级的辐射暴露,那么:

- 发射器应自动关断;
- 用于将辐射限定在设计目标水平的机械关断器或其他方式应能阻止辐射发射。

如果这不可能,那么护罩应:

- 有需要工具才能卸下的紧固件;
- 有合适且牢固的警示标志固定在它们上面。如果护罩或它的一部分要在维修时拆除,那么紧固件的布置应确保正确的更换。

#### 10 热影响危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 11 火灾危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 12 液体危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 13 对部件和组件的特殊要求

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 14 装置或设备的控制

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 15 机械危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 16 使用中的危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

#### 17 其他危险防护

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

## 18 验证和试验

GB/T 5959.1—2019 的本章适用,并增加了以下内容:

增加:

### 18.101 红外辐射的测量方法

为了计算光生物学辐射值而进行的光学辐射测量具有很大难度。由于工业应用中缺乏简单或划算的设备,因而在红外领域利用单色仪或分光仪进行的光谱辐照度或辐射亮度测量便很难实现。

因为对大于 1 400 nm 的波长没有定义加权函数,因而宽频测量适用于评估那些没有加权函数考虑的红外危险条件。如果光谱分解数据的测量难于处理且不能应用加权函数,那么加权函数的最大值可用到整个完整的波长范围,或者可使用附录 BB 中的测量方法。该测量方法不需要红外光谱分解测量但仍考虑了加权函数。

应在报告中记录所有的危害值:

——如果设备可自由接近,则在距离设备 100 mm 处;

——如果限制接近,在所有暴露和可接近位置;应调整测量设备的位置,以捕捉最强信号。

测量设备应为定向的,来捕捉最强信号。

注:视觉上的黑色表面可反射红外辐射。

红外设备应工作在从设备发射的最大辐射位于正常工作状态之内的这种条件下,但单一故障条件除外。如果生命周期的不同阶段有不同的工作条件,如有可能,需要对所有的这些项目进行试验:

——如果设备在带载或无载时都能工作,这两种情况都应考虑;

——如果设备周期性运转,应考虑一个周期的所有阶段;

——如果设备在工作过程中有门开启和关闭,开启和关闭状态都应考虑。

对于使用宽频检测器作为唯一测量器具的简单测量方法,参见附录 BB。

如果使用本部分的附录 BB 作为测量方法,它可以作为 GB/T 20145—2006 中 5.2 和 5.3 的补充。

## 19 使用信息

GB/T 5959.1—2019 的本章适用。

附 录 A  
(资料性附录)  
重大危险列表

GB/T 5959.1—2019 的附录 A 适用于本部分。

## 附录 B

(资料性附录)

### 电场和磁场、接触电流-暴露危险限值

GB/T 5959.1—2019 的附录 B 适用于本部分,且在 B.1.3 中增加两条注。

#### B.1.3 危险源和危险效应

增加:

注 1: 由红外电热产生的电和磁场通常低于相关危险等级。

注 2: 陶瓷和玻璃在高温下具有导电性,从而提供了触摸电压的可能性。

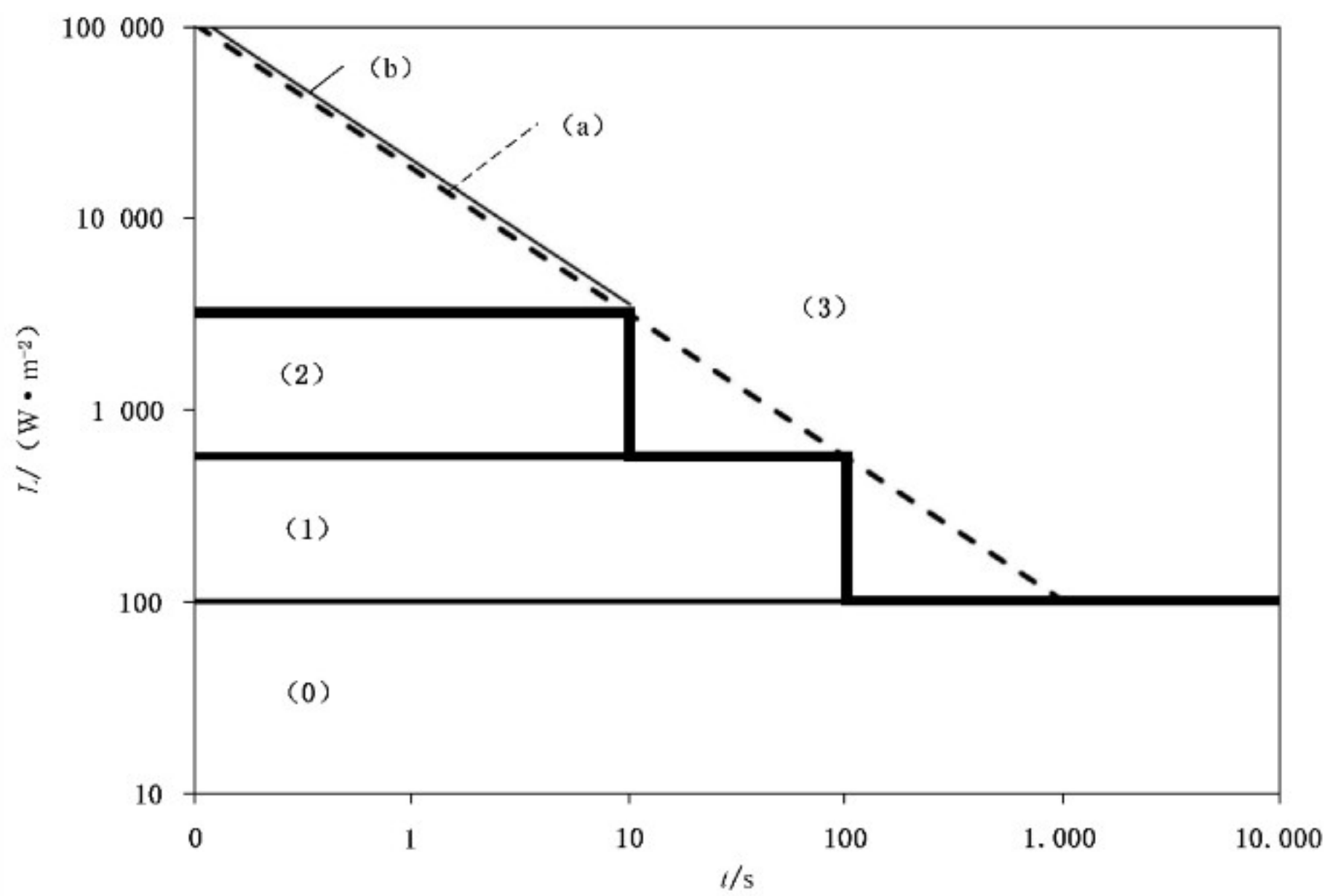
附 录 C  
(资料性附录)  
光辐射-暴露危险限值

除以下修改外,GB/T 5959.1—2019 的附录 C 适用于本部分。

增加:

图 C.101 示出了由 GB/T 5959.1—2019 的表 C.1 而来的暴露限值以及因暴露于强辐照引起的皮肤灼伤和角膜灼伤危险的风险分类。

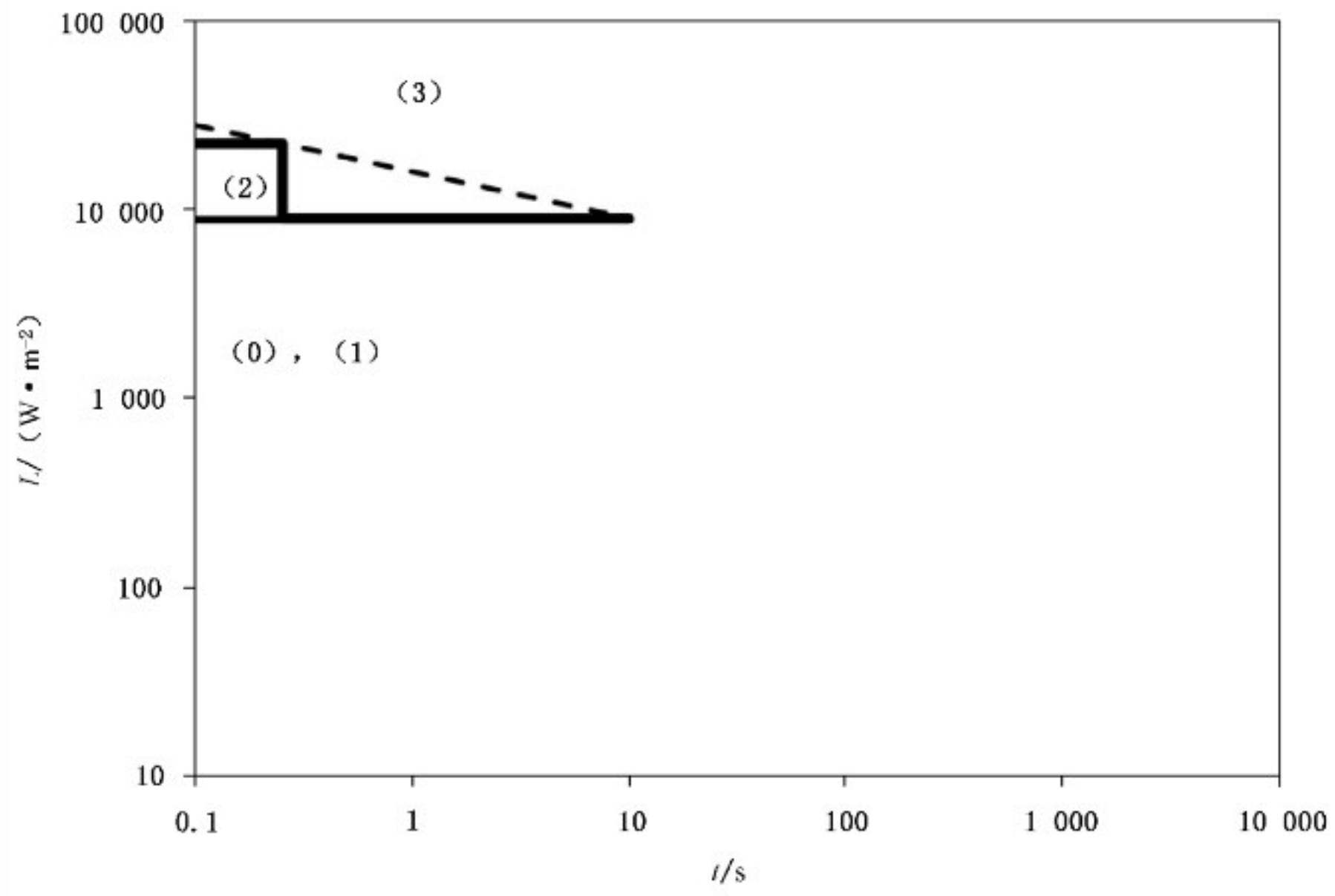
图 C.102 示出了由 GB/T 5959.1—2019 的表 C.2 而来的暴露限值以及因暴露于具有视觉刺激的强辐射总引起的视网膜灼伤危险的风险分类。



说明:

- (0)——无风险类;
- (1)——低风险类;
- (2)——中度风险类;
- (3)——高风险类;
- (a)——眼睛暴露限值;
- (b)——皮肤暴露限值。

图 C.101 取决于暴露时间和辐照的风险分类和暴露限值(见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.1)



说明：

- (0)——风险类；
- (1)——低风险类；
- (2)——中度风险类；
- (3)——高风险类。

注：不包括光源的对边角。

图 C.102 取决于暴露时间和辐射亮度的风险分类和暴露限值(见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.2)



附 录 D  
(资料性附录)  
暴露危险限值-噪声和振动

GB/T 5959.1—2019 的附录 D 适用于本部分。

附 录 E  
(规范性附录)  
有关电磁兼容的规定

GB/T 5959.1—2019 的附录 E 适用于本部分。

附 录 F  
(规范性附录)  
标记和警告

GB/T 5959.1—2019 的附录 F 适用于本部分。

附 录 G  
(资料性附录)  
本部分使用指南

GB/T 5959.1—2019 的附录 G 适用于本部分。

附 录 H  
(资料性附录)  
与 ISO 13577 系列的关系

GB/T 5959.1—2019 的附录 H 适用于本部分。

## 附录 AA

(资料性附录)

## 降低红外辐射危险的步骤

如果设备在其生命周期内的某些阶段会产生危险的红外辐射,则应使用表 AA.1 中给出的步骤进行风险评估和风险降低。

通过技术手段评估和降低设备的人员辐射暴露程序,取决于产品是唯一的定制装置还是重复生产的。重复生产的设备和定制设备通常在设计过程中差别很大。对定制设备,制造商和用户通常仅需在设计过程中就设计共同达成一致。因此在这种情况下,对设计决策的责任由制造厂和用户之间共担。

如果辐射暴露仅发生于试运行或维护阶段,并且通过组织措施就能防止危害发生,则表 AA.1 不适用,但分类和归档仍遵循本部分。

表 AA.1 通过设计评估和降低辐射暴露步骤

	定制的工业设备	重复制造的工业设备
	对每一台装置而言,这是一个需要单独进行的过程。 该过程发生在产品的设计、构造和试运行阶段	该过程是型式试验,在该产品进入市场前做一次。 如果设计的更改可能影响产品发出的红外辐射时,应重复该过程
a)	根据预期目的、环境和各国规程规定生命周期内所有阶段的风险分类的设计目标。在此过程中,制造商可让用户参与进来。 如果没有设计目标中规定的适用的各国规程,可使用 GB/T 5959.1—2019 的附录 C 和本部分	根据预期目的、环境和各国规程规定生命周期内所有阶段的风险分类的设计目标。 如果没有设计目标中规定的适用的各国规程,可使用 GB/T 5959.1—2019 的附录 C 和本部分
b)	描述所有运行阶段由设备引起的所有直接或间接的红外辐射的特性,考虑: ——红外源的数量; ——发射器的几何特征,比如:点源、管状红外发射器、板状红外发射器; ——发射器的发射光谱,它取决于额定温度、表面发射率以及正常运行条件; ——发射源表面积或取决于运行条件的表面和发射功率; ——所有发射面的发射方向; ——源的时间反应	
c)	规定预期的辐照方向、预期的辐照强度和辐照区域的入口。使用地点以及对其他设备或工艺可能的干扰应最好由使用者提供	规定预期的辐照方向、预期的辐照强度和辐照区域的入口
d)	检查红外防护罩、保护罩、红外屏障、围栏或滤波器材料的有效性。材料应能承受所有的环境条件以及在设备预期使用和预计的故障时引起的所有辐照条件的影响	
e)	在作出必要的设计决策时,制造商让用户参与。设计决策见第 9 章	制造厂做设计决策。设计决策见第 9 章
f)	要么进行步骤 h),要么根据附录 CC 计算设备的辐射值和暴露值,并将结果同步骤 a)中设定的规定水平比较	
g)	如果计算结果与步骤 a)中设定的规定水平不符,那么通过重复步骤 e)和 f)对设计进行更改	

表 AA.1 (续)

	定制的工业设备	重复制造的工业设备
h)	<p>在用户处制造并安装设备。在下列情况下,根据附录 BB 测量:</p> <p>——对步骤 f) 未进行计算;</p> <p>——步骤 f) 的计算或者设计需要核实</p>	<p>制造设备。</p> <p>在下列情况下,根据附录 BB 进行测量:</p> <p>——对步骤 f) 未进行计算;</p> <p>——步骤 f) 的计算或者设计需要核实</p>
i)	<p>如果测量结果与步骤 a) 中设定的规定水平不符,决定采取必要措施:改进设计、护罩、隔障或其他组织方式。如果达成一致,改进设计并重复步骤 e)、h) 和 i)</p>	<p>如果测量结果与步骤 a) 中设定的规定水平不符,改进设计并重复步骤 e)、h) 和 i)</p>
j)	准备试运行和维护文档及说明,并列举必要的组织方式	

**附录 BB**  
(资料性附录)

**热红外辐射暴露评估的简化测量方法**

**BB.1 一般要求**

在很多情况下,使用一个更简单且便宜的方法而不是分光仪或单色仪测量辐射亮度或辐照度是可能的。如果知道了红外发射器的光谱发射特性,或者设备的热表面或热工件的光谱发射特性,也就是:

- 对辐射发射贡献很大的红外发射器和其他所有表面的温度;
- 光谱和如果适用的那些表面的发射率的热变化;
- 使用的窗口和滤光器的光谱透射。

光谱发射特性就可以单独通过表面温度计算出来,因此下面的方法有效并可以使用。

注:该方法不允许用于大气或工艺气体的吸收或发射评估。

目标测量结果取决于辐照度或加权辐射亮度,测量方法见表 BB.1 中列出的程序。

**表 BB.1 测量程序**

步骤	辐照度测量 $E_{\text{IR}} = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda, E_{\text{H}} = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda,$ 见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.1 和本部分图 C.101	辐射亮度测量 $L_{\text{IR}} = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda, L_{\text{R}} = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda,$ 见 GB/T 5959.1—2019 中表 C.1 和本部分图 C.102
a)	建立测量到的总辐照度转换为光谱带辐照度的转化表,见 BB.2	建立测量到的总辐射亮度转换为光谱带加权辐射亮度的转化表,见 BB.4
b)	使用能够测量总辐照度(见附录 CC)的测量设备并对测量设备进行校正以测量总辐照度	使用能够测量总辐射亮度的测量设备并对测量设备进行校正以测量总辐射亮度
c)	在所有相关位置测量总辐照度(见第 18 章)	在所有相关位置测量总辐射亮度(见第 18 章)
d)	下列信息应与辐照度测量结果一致并记录:探测器的位置和方向;对信号有贡献的红外辐射发射表面及其尺寸和方向	下列信息应与辐射亮度测量结果一致并记录:探测器的位置和方向;对信号有贡献的红外辐射发射器表面及其对边角和方向
e)	使用从步骤 a)得到的转化表将测得的总辐照度转化为 IR-A、IR-B 和 VIS 辐照度	使用从步骤 a)得到的转化表将测得的总辐射亮度转化为 IR-A、IR-B 和 VIS 辐射亮度
f)	从那些数据中得出辐射分级	

**BB.2 辐照度测量的转化表**

**BB.2.1 一般要求**

总辐照度定义为:

$$E_{\text{tot}} = \int_0^{\infty} E(\lambda) \cdot d\lambda \cong \int_{200 \text{ nm}}^{20\,000 \text{ nm}} E(\lambda) \cdot d\lambda \quad \dots\dots\dots(\text{BB.1})$$



式中:

$E_{\text{tot}}$  ——总辐照度;

$E(\lambda)$  ——光谱分解辐照度。

如果探测器仅由发射率  $\epsilon(\lambda)$  已知的热发射器照射,则辐照度直接与普朗克公式成正比:

$$E(\lambda) = c_{\text{geom}} \cdot \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} \dots\dots\dots(\text{BB.2})$$

式中:

$c_1, c_2$  ——常量;

$c_{\text{geom}}$  ——描述了光源和探测器之间所有的几何和其他损失;

$T$  ——温度;

$\epsilon(\lambda, T)$  ——发射率。

接下来对总辐照度转化为带辐照度的转化因子进行计算,用于眼红外限值:

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR}}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.3})$$

同时对皮肤热限值:

$$\frac{E_{\text{H}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{H}}(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.4})$$

$f_{\text{IR}}(T)$  和  $f_{\text{H}}(T)$  因子可以通过上述等式提前计算。函数的数值积分使用电子数据表软件和足够的光谱分辨率给出可靠的结果。

通过单独的计算对材料发射率偏差的贡献、滤波功能和其他对测量误差所做的假设进行评估。建议测量误差不超过它的总限额,见第 18 章。

### BB.2.2 非灰体发射器

在测量非灰体发射器形成的总辐照度时,有必要使用所有非灰体表面的光谱分解发射率  $\epsilon(\lambda)$ 。该测量可由傅立叶变换光谱或其他完善的方法完成。

注:发射率的温度依存性很少发生显著变化,如果它对结果的影响很弱便可忽略。

### BB.2.3 灰体发射器

灰体发射器的发射率恒定,式(BB.3)可简化为:

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR,g}}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.5})$$

图 BB.1 图示了灰体发射器的相关因素。

注 1: 比如,在相关的波长范围以外,大多数氧化表面具有近灰体特性。

注 2: 总辐照度可使用斯蒂芬-玻耳兹曼定律计算。

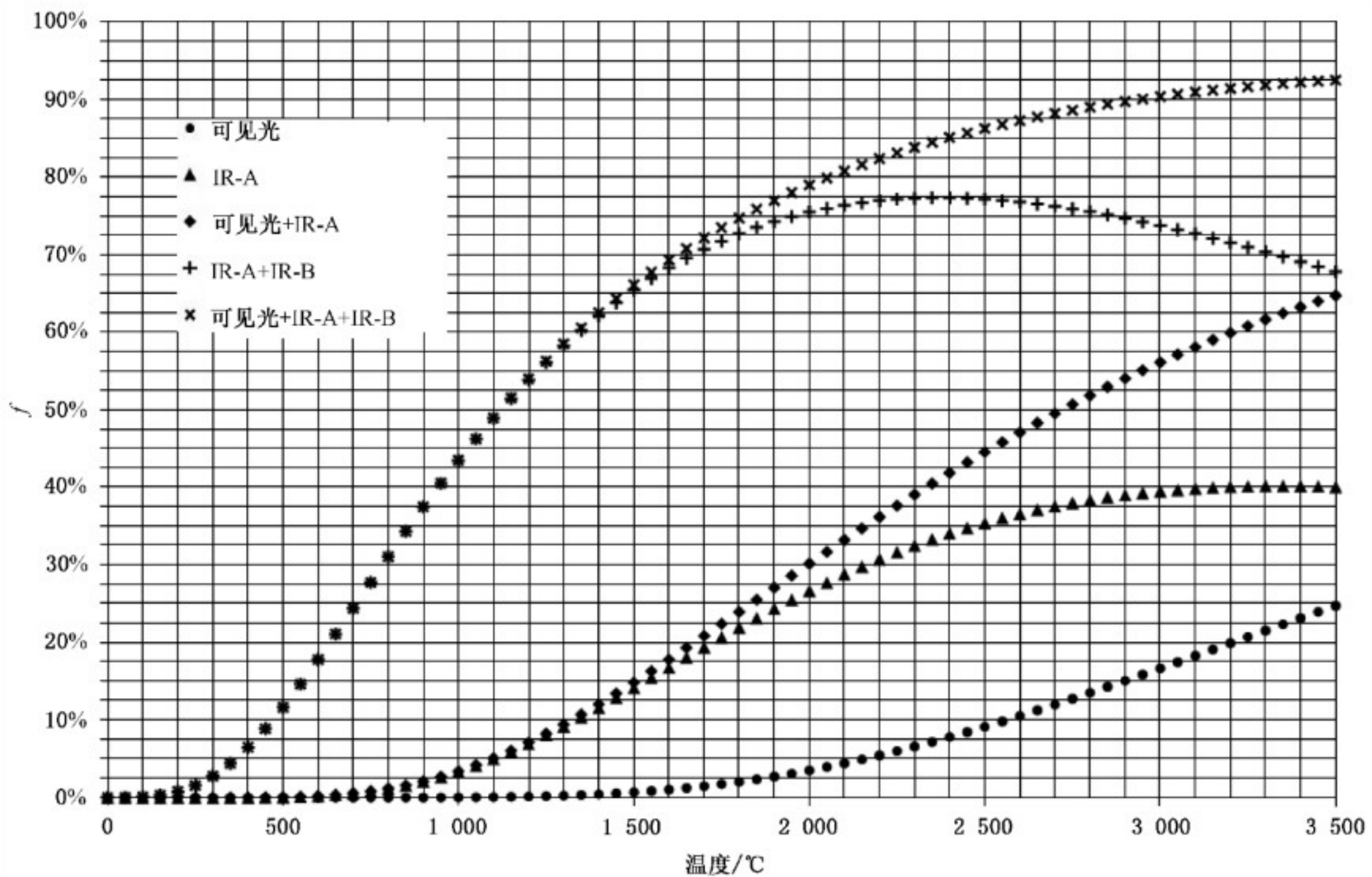


图 BB.1 取决于产生信号的灰体发射器表面温度、测得的总辐照度转化为带辐照度的因数

BB.2.4 滤波器

波长取决于辐射光透过滤波器的衰减,用滤波函数描述:

$$\frac{E_{IR}}{E_{tot}} = f_{IR, Filter}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\epsilon(\lambda, T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots (BB.6)$$

式中:

$F(\lambda)$ ——滤波器的光谱透射率。

BB.3 来自多个表面的辐照度贡献

如果测得的辐照度信号是由具有不同温度或光谱辐射的多个表面贡献的,仍可使用该方法。信号就是:

$$E_{tot} = \sum_i E_i \dots\dots\dots (BB.7)$$

式中:

$i$  ——第  $i$  个表面;

$E_i$ ——第  $i$  个表面引起的辐照度。

如果一个表面的贡献几乎主导总和,那么其他所有的便可忽略。对于灰体发射器,使用斯蒂芬-玻耳兹曼定律:

$$E_{tot} = \sum_i E_i \approx \sum_i A_i \cdot T_i^4 \cdot \epsilon_i \dots\dots\dots (BB.8)$$

式中：

$A_i$  ——第  $i$  个表面的面积；

$T_i$  ——第  $i$  个表面的温度；

$\varepsilon_i$  ——第  $i$  个表面的发射率。

注：符号“ $\approx$ ”取其通常的数学含义，即“约等于”。

在大多数情况下，温度最高的表面主导信号。如果信号仍由一个辐射源主导，则问题归纳如上，因为所有其他的贡献可以忽略。否则，在信号转化为带辐照度时的温度下，使用最不利的因数得到有意义的结果。

通过使用角系数，不同表面所作出的贡献可以被预估，方法标准参见 ECSS-E-HB-31-01<sup>[4]</sup> 中的 1A 部分。

#### BB.4 辐射亮度测量的转化表

对测得的总辐射亮度向加权带辐射亮度的转化，蓝光危险加权函数  $B(\lambda)$  或视网膜热加权函数  $R(\lambda)$  扮演了额外的滤波函数的角色，所以这些因数成为对灰体发射器视网膜热伤害的风险评估，与式(BB.6)相似：

$$\frac{L_R}{L_{tot}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.9})$$

对于非灰体发射器：

$$\frac{L_R}{L_{tot}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.10})$$

对于过滤后的辐射：

$$\frac{L_R}{L_{tot}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \dots\dots\dots(\text{BB.11})$$

式(BB.9)、式(BB.10)和式(BB.11)对于蓝光危害完全适用，只需将  $R(\lambda)$  换为  $B(\lambda)$  即可。函数  $B(\lambda)$  和  $R(\lambda)$  在 GB/T 20145—2006、INCIPR 1997<sup>[5]</sup> 中已有论述。因子  $g_R(T)$  和  $g_{IR}(T)$  可通过这些等式提前计算。函数的数值积分使用电子数据表软件和足够的光谱分辨率给出可靠的结果。

图 BB.2 图示了视网膜热伤害和灰体发射器的因数  $g_R(T)$ 。

在所有情况下，总辐射亮度的测量包括第 18 章定义并在 GB/T 5959.1—2019 的表 C.2 中设定的角度因素。

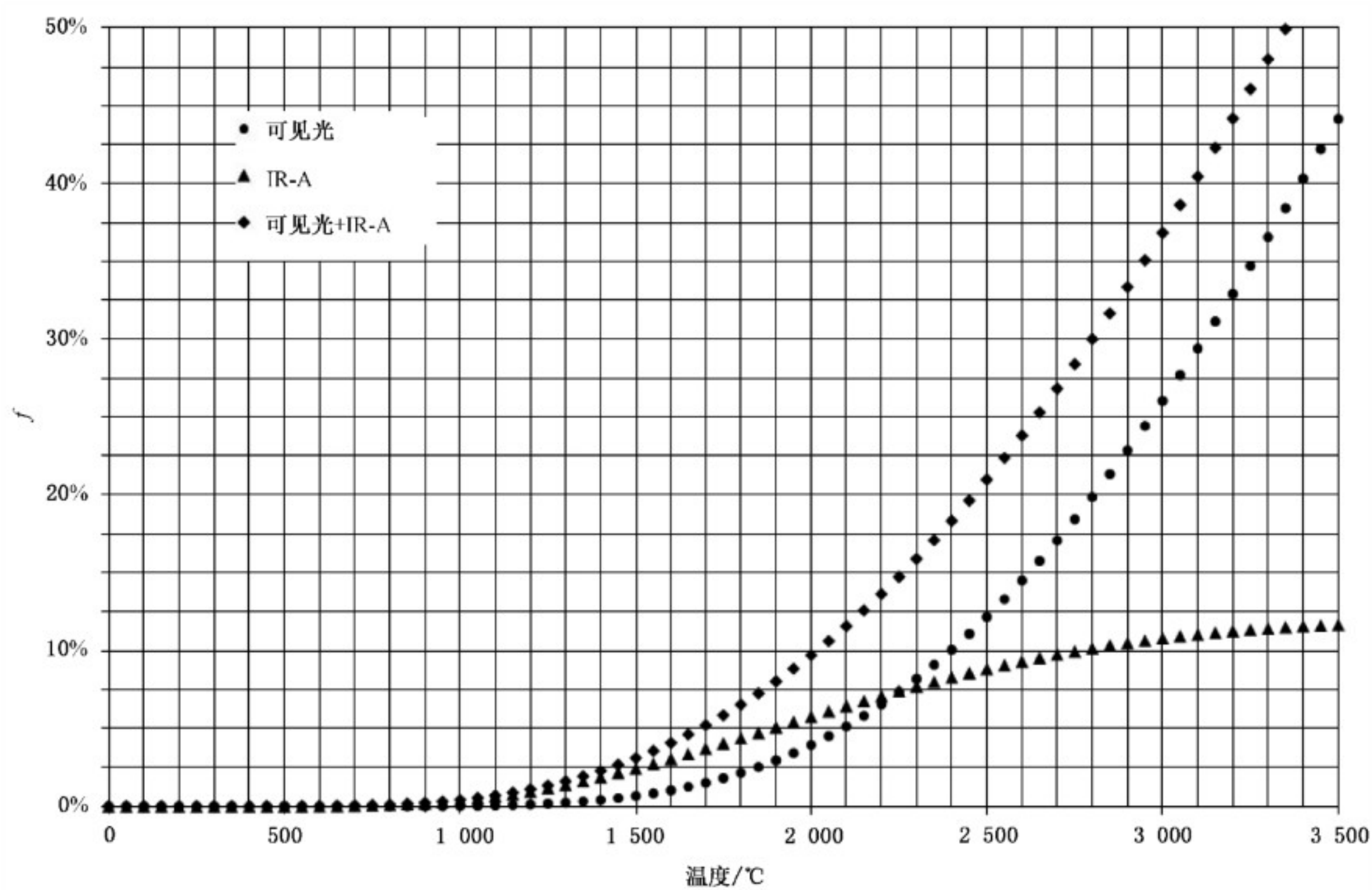


图 BB.2 取决于产生信号的灰体发射器表面温度的、测得的总辐射亮度转算为相关的视网膜热伤害辐射亮度的因数

通过单独的计算对材料发射率偏差的贡献、滤波功能和其他对测量误差所做的假设进行评估。建议测量误差不超过它的总限额,见第 18 章。

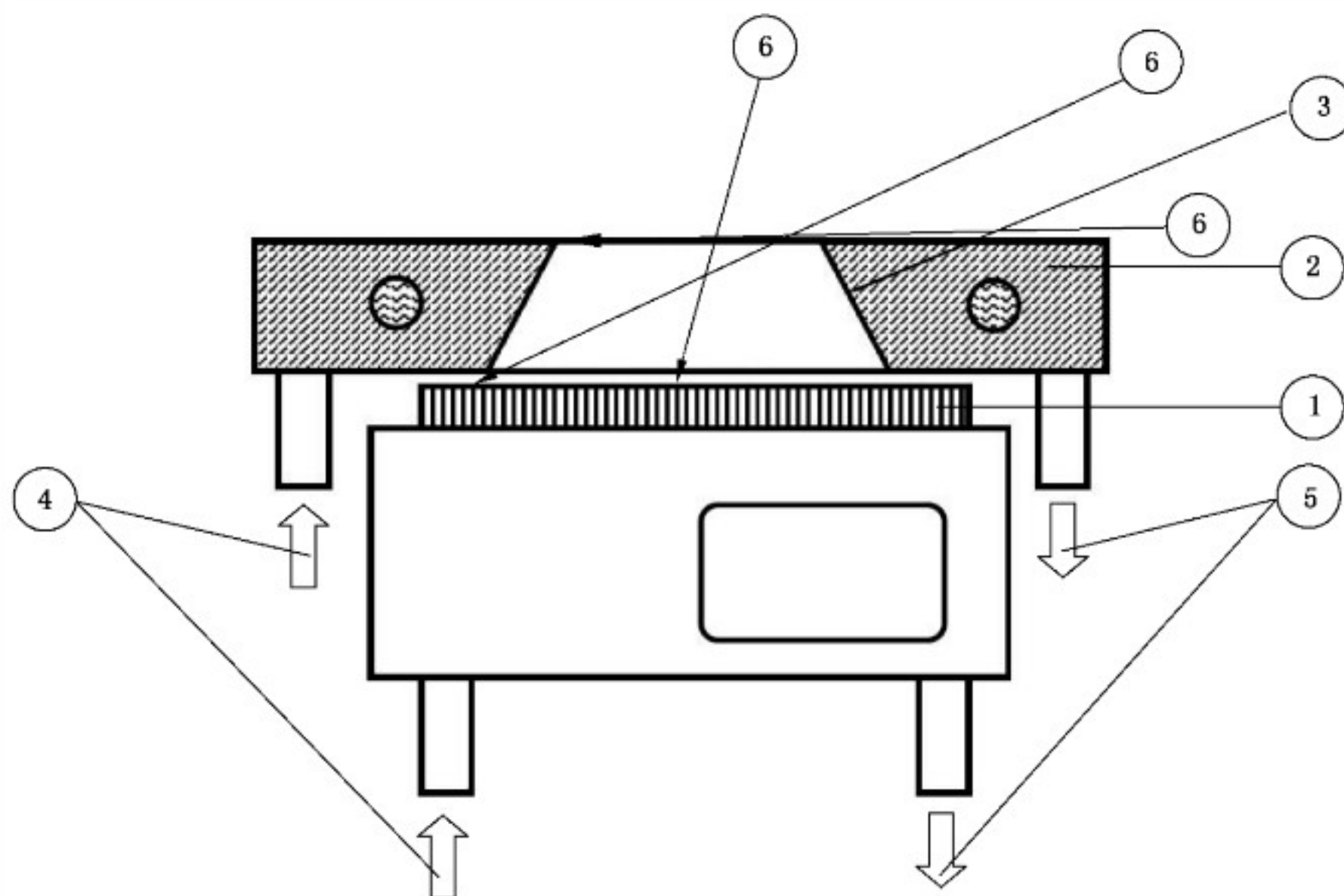
附录 CC  
 (资料性附录)  
 总辐照度测量设备

本附录描述了一个与 GB/T 20145—2006 中 5.2.1 一致的设备,可按照第 18 章所述用于辐照度测量。

可使用具有波长独立响应特性、有足够的灵敏度和测量信噪比以及余弦依赖角响应的辐射探测器。波长独立灵敏度范围宜至少包括 400 nm~10 μm,但首选达到 20 μm 且有更大平坦响应的范围。首选热电堆探测器。

该探测器固定在水冷外壳内,其目的是保持探测器温度恒定,因而限制对测量精度的任何影响,或通过防止对探测器的任何加热而限制浮动。

为了使热电堆探测器具有余弦角响应,水冷外壳宜包含一个光学入口,用来将任何没有照射到探测器上的光直接反射到探测器表面上,见图 CC.1 示例。该光学反射器具有良好光学性能,由铝或金制成,以达到近乎完美的反射率。表面宜为复合抛物面聚光器或类似物。



说明:

- ①——热电堆探测器;
- ②——水冷前面板和③、④、⑤和⑥;
- ③——聚光器;
- ④——进水口;
- ⑤——出水口;
- ⑥——不同射线。

图 CC.1 总辐照度测量用探测器示例

### 参 考 文 献

除以下文件外,GB/T 5959.1—2019 的参考文献适用。

增加:

- [1] GB 5959.4—2008 电热装置的安全 第4部分:对电阻加热装置的特殊要求(IEC 60519-2:2006, IDT)
  - [2] IEC 60825-1:2014 Safety of laser products—Part 1: Equipment classification and requirements
  - [3] IEC 61010-1:2010 Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use—Part 1: General requirements
  - [4] ECSS-E-HB-31-01:2011 Space engineering-Thermal design handbook—Part 1: View factors
  - [5] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure. Health Physics 91 (6), 630-645, (2006). 见 <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPInfrared.pdf>
  - [6] ANSI/IESNA RP 27.1-96. Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps—General Requirements
  - [7] ANSI/IESNA RP 27.2-00. Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps—Measurement Systems—Measurement Techniques
  - [8] ANSI/IESNA RP 27.3-96. Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps—Risk Group Classification & Labeling
-