



中华人民共和国国家标准

GB XXXXX—XXXX

光辐射安全技术规范

Technical specification for optical radiation safety

(征求意见稿)

2022 年 1 月 24 日

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
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 术语和定义	1
4 光辐射安全要求	4
4.1 光辐射安全风险分级	4
4.1.1 光辐射安全风险通用分级	4
4.1.2 产品的光辐射安全风险专业分类	4
4.1.3 光辐射安全风险专业分类和通用分级的对应关系	4
4.2 光辐射安全风险标识	5
4.2.1 通用要求	5
4.2.2 光辐射安全风险等级通用标识	6
4.2.3 光辐射安全风险等级专业标识	7
4.3 产品的光辐射安全控制要求	9
4.3.1 通用要求	9
4.3.2 产品的光辐射安全分类控制要求	9
4.4 产品工作过程控制要求	10
4.4.1 通用要求	10
4.4.2 产品工作场所控制	10
4.4.3 人员防护	11
5 光辐射安全分类测量方法	11
5.1 激光产品的光辐射安全分类测量方法	11
5.2 非相干光产品的光辐射安全分类测量方法	11
附录 A (资料性) 眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量	12
A.1 非相干光辐射的眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量	12
A.2 激光辐射的眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量	13
附录 B (规范性) 产品的光辐射危害风险专业分类及其可达发射极限	19
B.1 激光产品各风险等级专业分类及其可达发射极限	19
B.1.1 激光产品各风险等级专业分类方法	19
B.1.2 激光产品各风险等级专业分类的可达发射极限	19
B.2 非相干光产品各风险等级专业分类及其可达发射极限	25
B.2.1 非相干光产品各风险等级专业分类方法	25
B.2.2 非相干光产品各风险等级专业分类的可达发射极限	26
附录 C (资料性) 典型光辐射安全通用标识图形和专业标识的风险说明示例	29
C.1 典型通用标识图形绘制要点	29

C.2 产品的各类风险等级专业标识风险说明示例	29
附录 D (资料性) 光辐射安全管理的具体措施	31
附录 E (资料性) 高风险等级产品工作场所安全控制措施	33
参考文献	34
图 1 光辐射安全风险等级通用标识示意图	6
图 2 激光产品光辐射安全等级专业标识示例	7
图 3 光辐射安全图形标志	7
图 4 激光窗口示意图	8
图 C.1 不同风险等级激光产品的风险说明示例	29
图 C.2 不同风险等级非相干光产品的风险说明示例	30
表 1 光辐射安全风险专业分类和通用分级的对应关系	5
表 2 产品的各类光辐射安全风险标识要求	5
表 A.1 非相干光辐射的眼睛和皮肤的最大允许照射量	12
表 A.2 $C_6 = 1$ 时, 激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量 (用辐照度或辐照量表示)	14
表 A.3 波长在 400nm~1400nm 范围内, 扩展光源的激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量 (视网膜危害区) (用辐照度或辐照量表示)	15
表 A.4 波长在 400nm 至 1400nm 范围依据表 A.2 所示的激光辐射照射在角膜上最大允许照射量 (用功率或能量表示)	16
表 A.5 波长在 400nm~1 400nm 范围内, 依据表 A.3 扩展光源的激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量 (视网膜危害区) (用功率或能量表示)	17
表 A.6 激光辐射皮肤的最大允许照射量	18
表 B.1 1 类和 1M 类激光产品的可达发射极限 $C_6 = 1$	20
表 B.2 波长在 400nm~1400nm 范围内的 1 类激光产品的可达发射极限 (视网膜危害区): 扩展光源	21
表 B.3 2 类和 2M 类激光产品的可达发射极限	22
表 B.4 3R 类激光产品的可达发射极限 $C_6 = 1$	23
表 B.5 波长在 400nm~1400nm 范围内 3R 类激光产品的可达发射极限 (视网膜危害区): 扩展光源	24
表 B.6 3B 类激光产品的可达发射极限	24
表 B.7 在 AEL 和 MPE 评估中使用的修正因子和转效点	25
表 B.8 连续光辐射产品各风险等级的可达发射极限	27
表 B.9 光辐射危害各风险等级的接收视场角	27
表 B.10 视网膜热危害辐射可达发射极限	28
表 B.11 用于 AEL 计算的 C_5 和 α 值	28
表 B.12 脉冲持续时间相关值 α_{\max}	28

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由工业和信息化部提出。

本文件由工业和信息化部归口。

引 言

随着激光器、半导体发光二极管（LED）等新型人造光源在工业加工、医疗、通信、显示、照明等领域的广泛应用，给信息技术、高端装备制造等产业的发展带来了新的途径与机遇，为促进技术进步和社会发展做出了重要贡献。伴随新型光源的光功率和亮度的不断提升，光辐射对人体健康（主要是眼睛和皮肤）造成损伤的风险也不断增加，许多国家和国际组织针对性地开展了光生物安全方面的技术研究，多方面的研究成果已经形成国际标准。

国际电工委员会光辐射安全和激光设备技术委员会（IEC/TC76）陆续发布了“IEC 60825 激光产品的安全”、“IEC 62471 灯和灯系统（非相干光产品）的光生物安全”两大系列的光辐射安全基础技术标准，已经被许多国家和地区组织广泛采用。北美、欧盟、日本等许多地区和国家分别以法规、规章、行政指令等不同形式，对日用消费品、家用电器、工业装备、医疗器械等涉及人身健康的发光产品的光辐射安全做出了相应的规定。

我国标准化主管机构也先后发布了和IEC 60825系列、IEC 62471系列对应的GB/T 7247系列和GB/T 30117系列国家标准，为相关企业和产品的光辐射安全提供了技术标准支撑。本强制性国家标准就是在上述两个系列技术标准的基础上，结合当前我国市场经济和社会发展对新型人造光源产品需求的快速增长、保障光辐射安全的需求制定的，为相关部门、行业、企业做好发光产品及其工作过程的光辐射安全控制和管理提供依据。

光辐射安全技术规范

1 范围

本文件规定了激光产品和非相干光产品及其工作过程的光辐射安全的风险分级、标识、安全控制和光辐射安全分类测量方法等方面的通用要求。

本文件适用于180nm~1mm波段范围内的激光产品和200nm~3μm波段范围内的非相干光产品及其工作过程的光辐射安全控制和管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则

GB/T 2893.2 图形符号 安全色和安全标志 第2部分：产品安全标签的设计原则

GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

GB/T 30117.1 非相干光产品的光生物安全 第1部分：通用要求

3 术语和定义

GB/T 7247.1和GB/T 30117.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了某些术语和定义。

3.1

光辐射危害 optical radiation hazard

180nm~1mm波段范围内的激光或200nm~3μm波段范围内的非相干光辐射对人体组织造成不可逆损伤的事件。

注：本文件中的光辐射危害包括光源辐射和伴随辐射产生的危害。例如：激光加工设备中可能有3种光辐射：激光；为了产生激光可能使用的泵浦光；激光加工过程中由激光和被加工物质相互作用产生的二次光辐射。后2种辐射均称为伴随辐射。

3.2

光辐射危害风险 risk of optical radiation hazard

发生光辐射危害的可能性与其后果严重性的组合。

3.3

光辐射安全 optical radiation safety

不会造成光辐射危害事件的状态。

3.4

光辐射安全风险 risk of optical radiation safety

用光辐射危害风险程度表征光辐射安全的状态。

注：本文件中光辐射安全风险的含义等同于光辐射危害风险。

3.5

防护眼镜 protective glasses

对特定的光辐射进行足够的衰减，保护人眼免受光辐射危害的防护装置。

3.6

工程控制 engineering control

在产品设计中和使用过程，为防止或有效降低接触人员受到光辐射危害的安全控制措施。

注：工程控制包括屏蔽、光闸、隔离、防护罩、联锁控制等安全措施。也包括工作场所采取的警告灯、防护屏、隔离、围挡护栏、总控制台等安全控制措施。

3.7

管理控制 administrative control

非工程类光辐射安全控制措施。例如：钥匙监管、人员的安全培训、警告措施、倒计时程序及门禁、受控进入等现场的安全控制。

[来源：GB/T 7247.1，3.4，有修改]

3.8

可达发射极限 accessible emission limit, AEL

所定光辐射危害风险类别内允许的最大可达发射。

[来源：GB/T 7247.1，3.3，有修改]

3.9

最大允许照射量 maximum permissible exposure , MPE

正常情况下，眼睛或皮肤受到光辐射照射不会产生不良后果的最大辐射量值。

[来源：GB/T 7247.1，3.59，有修改]

3.10

医用激光（光电）产品 medical laser (optoelectric) product

为了通过激光（光辐射）照射对人体部位进行诊断、手术或治疗而设计、制造、预定或推销的任何激光（光电）产品。

[来源：GB/T 7247.1，3.60，有修改]

3.11

嵌入式激光（发光）产品 embedded laser (lighted) product

由于工程设计限制了可达发射极限，因而所定类别低于其中激光器（光源）固有发射能力的激光（发光）产品。

注：作为嵌入式激光（发光）产品的组成部分的激光器（光源）被称为嵌入式激光器/光源。该类产品在维护时，可能接触到内部激光（光源）固有的光辐射风险水平。

[来源：GB/ T7247.1，3.32，有修改]

3.12

光束内视 intrabeam viewing

眼睛受到直接的或镜面反射的激光束（或其他低发散度光束）照射时观察光源。

[来源：GB/T7247.1，3.42，有修改]

3.13

光辐射危害区域 optical radiation hazard area

光束辐照度或辐照量超过相应眼睛和皮肤的最大允许照射量值（MPE，或曝辐限值/EL）的区域。

[来源：GB/ T7247.1，3.47，有修改]

3.14

光辐射受控区域 optical radiation controlled area

为防止人员受到光辐射危害而受到控制和监视的滞留和活动区域。

[来源：GB/T 7247.1，3.45，有修改]

3.15

危害距离 hazard distance

光束辐照度或辐照量等于相应角膜或皮肤的最大允许照射量（MPE）的位置和光源之间的距离，分别称为标称眼危害距离（NOHD）和标称皮肤危害距离（NSHD），两者中较大的距离作为产品的危害距离。

[来源：GB/T 7247.1，3.65，3.64，有修改]

3.16

安全联锁控制 safety interlock control

当产品的某部分移除、打开或拆卸时，为防止接触人员受到中、高风险级光辐射危害而设置的与防护罩、光闸或发光控制、供电电源等某个部分相连的自动保护控制措施；也包括用于发光产品工作场所的房门控制。

[来源：GB/T 7247.1，3.77，有修改]

3.17

预期使用 intended use

按照制造商和供应商提供的产品规格（功能、性能）、说明和信息资料，来使用产品、接受服务或进行操作。

[来源：GB/T 30117.1，3.15，有修改]

3.18

开放型应用产品 open application product

光束经过人员可能接触的空间传输才能完成预期使用功能的产品。

注：典型的开放型应用产品有照明灯具、探照灯、激光测距、激光指示器、大气通信等。

4 光辐射安全要求

4.1 光辐射安全风险分级

4.1.1 光辐射安全风险通用分级

以眼睛和皮肤功能正常、无过敏反应并在无防护条件下的普通成年人群为对象，GB/T 7247.9和GB/T 7247.1等相关标准给出了非相干光和激光2种光辐射的眼睛和皮肤的最大允许照射量，具体量值分别参见附录A.1和附录A.2~A.6。以此为基础，综合考虑产品的发射波长（或光谱范围）、功率（或能量）、空间分布、相对位置和持续时间（或预期使用时间）等要素，将激光产品和非相干光产品（以下统称发光产品，简称产品）的光辐射安全风险进行统一的通用分级，以对眼睛和皮肤造成伤害的风险程度由低到高分为极低风险级、低风险级、中风险级和高风险级4级。每一级的风险情况描述如下：

- a) 极低风险级：预期正常使用不会对眼睛和皮肤造成伤害；
- b) 低风险级：预期正常使用不会对皮肤造成伤害；短时间扫视可以通过人眼的自觉规避反应（如眨眼、主动避开等）而避免眼睛被伤害，但长时间直接照射会造成眼睛伤害。避免通过光学仪器直接观看；
- c) 中风险级：光束直接照射且凝视光源（光束内视）会对眼睛造成伤害；可能对皮肤造成伤害。避免光束直接照射人眼，避免通过光学仪器直接观看。正常使用，引起火灾或灼伤皮肤的风险较小；
- d) 高风险级：光束直接照射会对眼睛和皮肤造成伤害，漫射光也可能造成眼睛和皮肤的伤害。可能损坏照射区域内或附近的物体，引燃可燃性物质。

4.1.2 产品的光辐射安全风险专业分类

根据激光产品和非相干光产品的发射光谱（或波长）、功率或能量、空间分布（光源或光斑尺寸、光束质量或发散角）、持续时间或预期使用时间等参数，按照GB/T 7247.1和GB/T 30117.1标准规定，对发光产品的风险等级进行专业分类，具体分类方法如下：

a) 激光产品的风险等级专业分类

按照GB/T 7247.1规定的风险等级分类原则，对激光产品的风险等级进行专业分类，共分为4大类8小类，风险等级由低到高依次用1类、1C类、1M类、2类、2M类、3R类、3B类、4类表示。其中1C类是专门用于非眼部人体组织的医用激光（光电）产品的风险等级专业分类。每一类风险专业分类方法及其对应的可达发射极限按照附录B.1或GB/T 7247.1相关内容规定执行。

b) 非相干光产品的风险等级专业分类

按照GB/T 30117.1规定的风险等级分类原则，对非相干光产品的风险等级专业分类，共分为4类，由低到高依次为豁免类（RG0）、低风险类（RG1）、中风险类（RG2）和高风险类（RG3）。每一类风险专业分类方法及其对应的可达发射极限按照附录B.2或GB/T 30117.1相关内容规定执行。

4.1.3 光辐射安全风险专业分类和通用分级的对应关系

产品的光辐射安全风险等级专业分类和通用分级的对应关系见表1。

表1 光辐射安全风险专业分类和通用分级的对应关系

通用分级		极低风险级	低风险级	中风险级	高风险级
专业 分类	激光分类 GB/T 7247.1	1 类	1C 类、1M 类、 2 类、2M 类、3R 类	3B 类	4 类
	非相干光分类 GB/T 30117.1	RG0 类	RG1 类	RG2 类	RG3 类
注：嵌入式激光（光电）产品应按照产品实际的最大可达发射确定对应的通用等级。					

4.2 光辐射安全风险标识

4.2.1 通用要求

直接面向最终用户和消费者的发光产品，应在不影响正常使用且便于观看、不会受到低风险级及以上风险等级光辐射危害的产品表面显著位置，以及产品使用说明书、操作手册等随机文件和产品外包装上，进行产品的光辐射安全风险等级标识（简称安全标识或风险标识）。产品上的标识应清晰、耐用。光辐射安全风险等级标识由风险等级通用标识和风险等级专业标识2种标识组成，其中风险等级专业标识又包括图形标志和风险说明。发光产品的各类光辐射安全风险标识要求见表2。

表2 产品的各类光辐射安全风险标识要求

光源	风险专业分类	通用 标识	专业标识				
			图形标志				风险 说明
			光辐射警告	禁止直射眼睛	禁止照射皮肤	指令标志	
激 光	1 类	—	—	—	—	—	+
	1C 类	+	+	—	—	+	+
	1M 类	+	+	—	—	—	+
	2 类	+	+	+	—	—	+
	2M 类	+	+	+	—	—	+
	3R 类	+	+	+	—	—	+
	3B 类	+	+	+	○	—	+
	4 类	+	+	+	+	—	+

表2（续）

光源	风险专业分类		通用标识	专业标识				
				图形标志				风险说明
				光辐射警告	禁止直射眼睛	禁止照射皮肤	指令标志	
非相干光	RG0 类		-	-	-	-	-	-
	RG1 类	可见光	-	-	-	-	-	-
		紫外、红外	+	+	+	-	-	+
	RG2 类		+	+	+	○	-	+
	RG3 类		+	+	+	+	-	+
注：“+”为要求；“-”为不要求；“○”为可以选择，按照预期用途由产品规范规定。								

不是面向最终用户和消费者的中间产品，可以省略产品的光辐射安全风险标识。

4.2.2 光辐射安全风险等级通用标识

光辐射安全风险等级通用标识（简称通用标识），分为产品通用标识和光辐射危害区域通用标识两种。

a) 产品通用标识方法

产品的风险等级通用标识示意图见图1。通用标识图案由白色背景、黑色文字加正方形的黑色边框和风险等级彩条共同组成。彩条部分的左边由下至上对应由低到高依次排列的4个风险等级，按照GB/T 2893.2规定的危险程度含义，分别用绿、黄、橙、红4种色条箭头表示，同时色条越长表示风险程度相对越高；右边是依据专业分类方法确定的产品实际风险等级（见4.1.2），用对应的颜色和箭头表示。

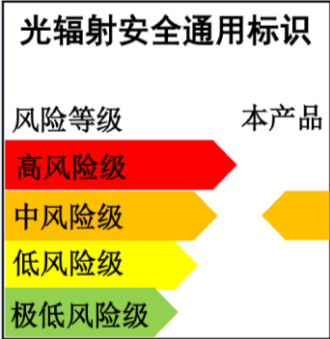


图1 光辐射安全风险等级通用标识示意图

典型光辐射安全通用标识图形的绘制要点参见附录C.1，具体尺寸也可以根据产品的大小适当缩放，以便于识别为宜。受产品的尺寸限制不能在产品上进行完整的光辐射安全风险等级通用

标识的，至少应在产品上进行风险等级对应的颜色为背景、黑框黑字说明（参见4.2.3.3）实际的光辐射安全风险等级警告提示，例如“高风险级激光产品”、“中风险级强光产品”、“低风险级红外产品”，或者简化为“中风险级产品”、“低风险级产品”等字样。产品说明书和包装上仍应有完整的通用标识。

对嵌入式激光（光电）产品，应在产品、包装及相关产品说明书等随机文件中，按照产品内部达到的最高风险等级进行通用标识。

b) 区域通用标识方法

应该在发光产品生产和使用现场的入口或边界处，按照区域内能够接触到的最高风险等级进行光辐射危害区域通用标识，就是把产品通用标识中的“本产品”改为“本区域”或“本场所”即可。

4.2.3 光辐射安全风险等级专业标识

4.2.3.1 通用要求

产品的光辐射安全风险分类专业标识（简称专业标识）由图形标志和风险专业分类文字说明2部分组成，典型的激光产品光辐射安全风险分类专业标识示例见图2。多种图形和文字说明组合放置时，通常左边是光辐射安全“警告标志”，中间是“风险专业分类和文字说明”（简称“风险说明”），右边是“禁止标志”（或者是“指令标志”），各部分也可以独立放置。

专业标识的具体尺寸按照GB/T 2893.1或GB/T 7247.1相关条款的规定。



图2 激光产品光辐射安全等级专业标识示例

4.2.3.2 光辐射安全图形标志

光辐射安全图形标志分为光辐射警告标志、光辐射禁止标志和指令标志3种，都是直接采用GB 2893.2或GB/T 7247.1相应的标志图形。

- a) 光辐射警告标志见图 3a)，用于激光警告时称为“当心激光”警告标志，用于非相干光时称为“当心强光辐射”警告标志。
- b) 光辐射禁止标志有“禁止直射眼睛”和“禁止照射皮肤”2种标志，分别见图 3b) 和图 3c)。
- c) 指令标志是蓝色背景的按照说明书使用的图形，见图 3d)。

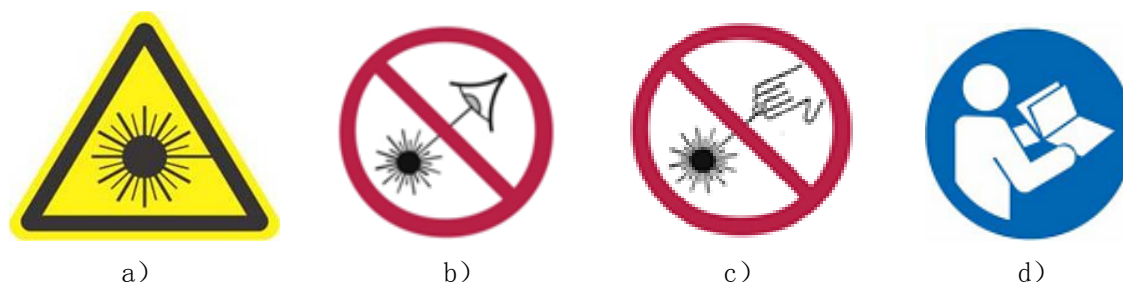


图3 光辐射安全图形标志

另外，3R类、3B类及4类激光产品还应在激光输出窗口处增加“激光窗口”标志，示意图见图4，箭头表示光束出光方向。



图4 激光窗口示意图

4.2.3.3 光辐射安全风险说明

按照GB 2893.2规定，光辐射安全风险说明（又称为专业风险说明）为黄色背景的矩形黑框形式表示，分为上下2部分。上面是警告部分，由通用的三角形警告图形加上不同风险等级对应的黑体字警告词语，其中高风险级用“危险”（白色字体），背景用红色；中风险级用“警告”，背景用橙色；低风险级用“注意”，背景用黄色；下面统一用黑色字体、黄色背景的风险提示文字说明。专业标识风险说明的具体设计要求参见附录C.2。文字说明分为3个必备要素和2个可选要素，具体内容应符合以下基本要求。更详细的文字说明内容参照GB/T 7247系列和GB/T 30117系列标准的相关条款。

a) 风险说明必备要素

风险说明必备要素包括光辐射种类、产品的专业风险专业分类、风险提示，具体要求如下：

- 1) 激光产品风险专业分类就是按照 4.1.2a) 规定的 8 种风险专业分类之一；风险提示的内容就是每一种风险专业分类适用的注意事项，各类激光产品的风险说明必备要素示例参见附录 C 中的图 C.1a)~h)。其中，1 类激光产品可以使用白色背景注明产品风险等级即可。
- 2) 非相干光辐射产品的风险专业分类就是 4.1.2b) 规定的 4 种风险专业分类之一，风险提示的内容也是每一种风险专业分类适用的注意事项，其中，RG1 类非可见光波段的紫外或红外波段的非相干光产品风险说明还要标明波段。各类非相干光产品的风险说明必备要素示例参见附录 C 中的图 C.2a)~d)。
- 3) 激光和非相干光混合的产品，以两类光源中的风险等级较高的专业分类作为产品的专业分类种类进行光辐射安全标识；如果两类光源的风险等级相同，优先以激光产品进行安全标识；如果仅用于照明，则优先以非相干光产品风险等级进行专业标识。

b) 风险说明可选要素

风险说明可选要素包括开放型应用产品的危害距离和嵌入式激光（发光）产品的最高风险类别说明。

- 1) 针对中风险级、高风险级的普通照明灯、景观照明灯、探照灯、LED 手电筒、激光指示器、激光测距仪、激光大气通信设备等开放型应用产品，风险说明中还要增加光辐射危害距离参数；低风险级的 2 类、2M 类、3R 类开放型应用激光产品，RG1 类紫外或红外波段的开放型非相干光产品，也要标注危害距离参数。带有危害距离的风险说明示例见图 C.2e)。
- 2) 针对嵌入式激光（发光）产品可以选择以下 2 种风险说明方法之一，一是按产品内部达到的最高风险专业分类进行专业风险说明；二是在产品外部标识产品正常工作状态可接触的风险专业分类外，还要明示内部达到的最高风险专业分类，并在内部光源上的适当位置按照实际风险专业分类进行标识说明。具有完整必备要素和可选要素的风险说明示例见图 C.1i)。

受产品尺寸、标识位置等因素限制，产品上的风险说明可以分为多个方框分别说明，只要包含风险说明的全部信息即可。如果确因产品尺寸太小、不能包含风险说明的全部信息，开放型产品上的风险说

明至少应标注三角形通用警告标志和风险专业分类对应的警告词语和背景颜色，并标明“危害距离x m”的信息。

4.3 产品的光辐射安全控制要求

4.3.1 通用要求

应按照产品的预期用途，从源头上降低和控制光辐射安全的风险，将产品的光辐射安全风险等级、光辐射安全标识（含通用标识和专业标识）、适用的工程控制措施等纳入产品规范，并保证在产品预期工作过程中发生合理可预见的单一故障条件时，也不会提高操作使用人员可接触部位的光辐射安全风险等级。

为用户提供的产品说明书应该包含光辐射安全方面内容的，主要包括：

- a) 产品的光辐射安全风险等级通用标识和完整的光辐射安全风险等级专业标识；
- b) 和产品的光辐射安全风险等级相适应的工程控制措施及其合理可预见故障的维修方法等；
- c) 中、高风险等级的发光产品预期的工作场所控制、人员培训和安全防护措施要求；
- d) 还应该警告不得将低风险级及以上风险等级的产品有意照射危害距离以内的人员，也不得非预期照射其他物体。

低风险级及以上风险等级的产品包装上，至少应按照表2规定的光辐射安全风险等级通用标识和预期用途对应的专业标识。

中风险等级和高风险等级的产品，还应在产品使用现场的安装就位、调试、验收合格、移交用户之前，或结合用户验收过程，对用户进行操作使用人员进行适宜的操作使用、光辐射安全控制和安全防护等方面的培训。

4.3.2 产品的光辐射安全分类控制要求

- a) 产品的光辐射安全分类控制通用要求

发光产品应按照本文件4.1规定的要求，确定光辐射安全风险等级，并采取有效措施，确保产品的光辐射安全分类控制符合以下通用要求：

- 1) 极低风险级产品：该产品可以适当免除光辐射安全风险等级标识（按照表2）；可进入普通家庭，不需专门控制和防护；
- 2) 低风险级产品：该产品应有低风险等级标识（按照表2）；可以采取控制开关等适宜的工程控制措施和远离产品等使用控制措施保证光辐射安全；可进入普通家庭，应提示严格按照产品使用说明书操作、控制和使用；
- 3) 中风险级产品：该产品应有中风险等级标识（按照表2）；应采取开关或急停开关、屏蔽、安全联锁控制、防护罩等适宜的工程控制措施，保证除产品预期使用的光束出口和照射方向以外的所有可接触部位达到极低风险级要求；一般需要使用专门工具才能对光源产品及其应用设备的相关部位进行维修；该产品应在受限场所且严格按照产品使用说明书操作、控制和使用；操作者须经过专业培训，应提示操作过程佩戴防护眼镜等适当的防护措施；
- 4) 高风险级产品：该产品应有高风险等级标识（按照表2）；这类产品应采用嵌入式设计方案，对光源和光束传输单元采取屏蔽、安全联锁控制、防护罩等工程措施，保证除预期开放型应用产品的光束出口和照射方向以外的人员可能接触部位达到极低风险级要求。产品应在便于操作的部位设置电控钥匙开关和/或应急中止/停止光闸及相应的人工复位；只有使用专门工具才能对光源产品及其应用设备的相关部位进行维修。该产品预期在专门工作场所的限定区域内使用，应采取警告灯、屏蔽、安全联锁控制、隔离、控制进入等可

行的管控措施，防止非相关人员接触；且严格按照产品使用说明书操作、控制和使用；操作使用人员须经过专业培训后持证上岗。应提示产品工作时，在场人员均应采取佩戴防护眼镜、穿防护服等适宜的防护措施；

- 5) 产品具有不同光辐射安全风险等级的多种预期用途或者工作状态时，应按照最高风险等级进行标识和控制；也可以在使用说明书和操作手册等产品随机文件中，按照不同工作状态，进行详细的风险等级、控制措施和使用说明；
- 6) 已经确定光辐射安全风险等级的产品，经重新设计、改进、集成等过程，改变原预期用途、可能改变光辐射安全风险等级成为新产品时，应重新按照本文件 4.1 和 4.2 规定方法，确定新产品的实际风险等级及其标识，并按照新的风险等级采取相应的控制措施，重新编制新产品使用说明书，保证新产品符合光辐射安全分级和控制要求。

按照产品预期用途，各类风险等级适用的控制措施和具体控制方法参照GB/T 7247.1和GB/T 30117.1的相关条款。

b) 典型产品的光辐射安全风险等级控制要求

工业加工设备、医疗器械、激光测距仪、光通信设备、照明灯具、目标指示器、日用消费品、办公用品、显示器、投影仪、汽车照明灯具等产品，应按相应产品类别和预期用途，对产品的光辐射安全最高风险等级进行限制，并规定相应的控制措施要求，统一纳入产品通用规范。比如，专业分类为3B类、4类医用激光（光电）产品的光辐射安全的详细要求还应符合GB 9706.20标准。

4.4 产品工作过程控制要求

4.4.1 通用要求

在生产、检测、使用、维修等产品工作过程的光辐射安全控制中，应优先采取安全操作培训，其次是使用场所控制和人员受控进入等措施，最后是安全防护措施，确保使用现场的人员和财产安全。

产品使用过程中，应该严格按照产品的预期用途和产品使用说明书规定的操作方法使用产品，保持产品的光辐射安全工程控制措施有效；在产品工作过程中，采取和光辐射安全风险等级相适应的工程控制、管理控制和安全防护等措施，充分发挥产品的预期使用效能。

除获得卫生健康和医疗器械等相关行业主管部门和机构授权使用的光电医疗产品外，不得有意将发光产品照射危害距离以内的人体；也不得将中、高风险等级产品，非预期照射室内物品、公共设施、房屋、汽车、火车、飞机等固定或移动物体，防止引发人员伤害、火灾和危害公共安全等事故。

涉及中、高风险等级发光产品工作过程的，均应建立健全光辐射安全管理体系或纳入职业健康与安全生产管理体系统一管理，明确光辐射安全的管理流程，分解落实光辐射安全管理职责；识别光辐射安全风险源产品、过程和相应的风险等级；明确光辐射安全管理涉及的产品、人员、工作场所及其相应的控制和防护措施等重点事项；定期进行光辐射安全培训和检查，确保光辐射安全受控，防止发生光辐射安全事故。光辐射安全管理的具体措施可以参见资料性附录D。

4.4.2 产品工作场所控制

产品工作场所应始终处于安全可控的状态，防止发生光辐射安全事故。

- a) 预期人员可接触的低风险等级发光产品，工作场所应进行低风险区域警告标识，可用护栏、围挡等措施控制可接触距离，并提示不要有意照射危害距离以内的人眼或长时间直视光源。
- b) 中风险等级产品应在受限工作场所使用，进行中风险区域标识，并有警告、护栏、隔离、可接触距离等适当的工程控制措施，不得照射危害距离以内的人眼。

- c) 高风险等级产品应在专门控制的工作场所使用，进行高风险等级区域标识；按照产品的预期用途，采取电钥匙开关控制、警告灯、安全联锁控制、光束控制、授权操作、人员受控进入、可接触距离、安全防护等适宜的工程控制和管理控制措施，保证光辐射安全受控。高风险等级产品使用场所的具体控制措施可以参见资料性附录 E。

4.4.3 人员防护

进入中、高风险等级发光产品工作场所和长时间处于低风险级及以上风险等级光辐照区域的所有人员，包括设备操作者、维修维护人员、医护人员和患者（非预期照射部位）等，在产品工作期间都应采取相应的防护措施，使眼睛长期处于极低风险级、皮肤长期处于低风险级及以下的状态。防护措施主要有佩戴和光辐射特性（波长、功率或能量密度等）相适应的、足够衰减度的防护眼镜，穿戴必要的防护服、防护帽、防护手套等。

5 光辐射安全分类测量方法

5.1 激光产品的光辐射安全分类测量方法

激光产品的光辐射参数和危害距离的测量条件按照GB/T 7247.1相关条款规定，测量方法参照GB/T 7247.13等标准。

5.2 非相干光产品的光辐射安全分类测量方法

非相干光产品的光辐射参数和危害距离的测量条件按照GB/T 30117.1相关条款规定，测量方法参照GB/T 30117.4等标准。

附 录 A

(资料性)

眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量

A. 1 非相干光辐射的眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量

针对光辐射对人体造成的不同危害类型，以不同波段、持续时间和光源的不同张角，GB/T7247.9-2016给出了非相干光辐射的眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量（MPE），见表A.1。表中部分数据根据相关的最新研究成果，进行了适当修订。

表A.1 非相干光辐射的眼睛和皮肤的最大允许照射量

	危害名称	量和权重函数	波长 λ /nm	照射持续时间 t/s				
				$1 \times 10^{-9} \sim 1.8 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^{-5} \sim 10$	$10 \sim 1 \times 10^3$	$1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$	$1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$
眼睛	光化学紫外	$H_{\text{eff}} = \sum_{180\text{nm}}^{400\text{nm}} H_{\lambda}(\lambda) S(\lambda) \Delta\lambda$	180 ~ 400	30J/m ²				
	眼睛近紫外	$H_{\text{UV}} = \sum_{315\text{nm}}^{400\text{nm}} H_{\lambda}(\lambda) \Delta\lambda$	315 ~ 400	1×10 ⁴ J/m ²				
	蓝光	$L_{\text{B}} = \sum_{300\text{nm}}^{700\text{nm}} L_{\lambda}(\lambda) B(\lambda) \Delta\lambda$	300 ~ 700	$(1 \times 10^6 / t) \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{sr)}$				100 W/m ²

表 A. 1（续）

	危害名称	量和权重函数	波长 λ /nm	照射持续时间 t				
				s				
				1×10 ⁻⁹ ~1.8 ×10 ⁻⁵	1.8 × 10 ⁻⁵ ~10	10 ~1×10 ³	1×10 ³ ~ 1×10 ⁴	1×10 ⁴ ~3 × 10 ⁴
眼睛	视网膜热	$L_{\text{RTH}} = \sum_{380\text{nm}}^{1400\text{nm}} L_{\lambda}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda$	380 ~ 1 400	$\frac{0.63}{C_{\alpha}}$ W/m (t<1×10 ⁻⁶ s)	$\frac{2 \times 10^4}{C_{\alpha} t^{1/4}}$ W/（m ² ·sr） (1×10 ⁻⁶ ≤ t<0.25s)	$\frac{2.8 \times 10^4}{C_{\alpha}}$ W/（m ² ·sr） (t≥0.25s)		
	视网膜热 （微弱视刺激）	$L_{\text{IR}} = \sum_{780\text{nm}}^{1400\text{nm}} L_{\lambda}(\lambda) B(\lambda) \Delta\lambda$	780~1 400 光源亮度 <10 cd/m ²			$\frac{2 \times 10^4}{C_{\alpha} t^{1/4}}$ W/（m ² ·sr） (0.25<t<100)		$\frac{6300}{C_{\alpha}}$ W/ (m ² ·sr) (t≥100s)
	眼睛红外	$E_{\text{IR}} = \sum_{780\text{nm}}^{3000\text{nm}} E_{\lambda}(\lambda) \Delta\lambda$	780~3 000	$\frac{1.8 \times 10^4}{t^{3/4}}$ W/（m ² ·sr）			100 W/m ²	
皮肤	光化学紫外	$H_{\text{eff}} = \sum_{180\text{nm}}^{400\text{nm}} H_{\lambda}(\lambda) \cdot S(\lambda) \Delta\lambda$	180 ~400	30 J/m ²				
	可见和红外热	$E_H = \sum E_{\lambda} \bullet \Delta\lambda$	380 ~3000	2×10 ⁴ • t ^{-0.75} J/m ² (t≤10 s)		—		
注： C _α 是与光源对向角有关的修正因子。具体取值为C _α =1.5mrad, α≤1.5mrad; C _α =α, 1.5mrad < α≤100mrad; C _α =100mrad, α >100mrad。								

表A. 1中各函数的名称为： $H_{\lambda}(\lambda)$ ——光谱辐照量， $S(\lambda)$ ——光化学紫外危害加权函数， $\Delta\lambda$ ——波长带宽， $L_{\lambda}(\lambda)$ ——光谱辐亮度， $B(\lambda)$ ——蓝光危害加权函数， $R(\lambda)$ ——热危害加权函数， $E_{\lambda}(\lambda)$ ——光谱辐照度。

A. 2 激光辐射的眼睛和皮肤的光辐射最大允许照射量

针对激光辐射对人体造成的不同危害类型，以不同波段、不同脉冲宽度和光源的不同张角，表 A. 2～A. 5 分别给出了眼睛角膜和视网膜的激光辐射最大允许照射量（MPE），A. 6 给出了皮肤的激光辐射最大允许照射量（MPE）。表中涉及的修正因子见附录 B 表 B. 7。更详细的信息参见 GB/T

7247.1 相关内容。

表A.2 $C_6=1$ 时，激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量^{a,b}（用辐照度或辐照量表示）

波长 λ nm	照射时间 t									
	s									
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 10^{-9}	10^{-9} ~ 10^{-7}	10^{-7} ~ 5×10^{-6}	5×10^{-6} ~ 13×10^{-6}	13×10^{-6} ~ 1×10^{-3}	1×10^{-3} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 3×10^4	
180~302.5	$3 \times 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$							
302.5~315			热危害 ^d $C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t \leq t_l)$					光化学危害 ^d $C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t > t_l)$		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
315~400			$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		
400~450	$1 \times 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2 \times 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0.75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $100 C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 ^c $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$C_3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$				
450~500										
500~700										
700~1 050										
1 050~1 400 ^e	$1 \times 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2 \times 10^{-3} C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0.75} C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$10 C_4 C_7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$					
1 400~1 500	$1 \times 10^{-3} C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2 \times 10^{-2} C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					$90 t^{0.75} C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
1 500~1 800	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5\,600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$			
1 800~2 600	$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$								
2 600~ 10^6	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5\,600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5\,600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$							
<p>^a 修正因子和单位，见表 B. 7。与 MPE 值比较的照射水平应在相应的测量条件规定的测量孔径上取平均值。</p> <p>^b 如果照射持续时间少于 10^{-9}s 和波长范围小于 400nm 和大于 1 400nm 时，MPE 可通过由使用于 10^{-9}s 的辐照量限值估算同等的辐照度导出。如果照射持续时间小于 10^{-13}s，MPE 的值设置为 10^{-13}s 同等的辐照度值。</p> <p>^c 波长在 450nm~500nm 之间，采用双重极限且照射值应不超过任一适用限值。</p> <p>^d 紫外重复脉冲激光器宜不超过任何极限。</p> <p>^e 波长在在 1 250 nm~1 400 nm 之间，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜，虹膜），需谨慎处理。若照射量不超过皮肤的 MPE 值，则无需担心眼球前端的生物组织。</p>										

表A.3 波长在 400nm~1 400nm 范围内，扩展光源的激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量^d（视网膜危害区）（用辐照度或辐照量表示）

波长 λ nm	照射时间 t s						
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 5.0×10^{-6}	5.0×10^{-6} ~ 1.3×10^{-5}	1.3×10^{-5} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 10^4	10^4 ~ 3×10^4
400~700	$1 \times 10^{-3} C_6 J \cdot m^{-2}$	$2 \times 10^{-3} C_6 J \cdot m^{-2}$	$18 t^{0.75} C_6 J \cdot m^{-2}$	400 nm ~ 600 nm - 视网膜光化学危害 ^a			
				$100 C_3 J \cdot m^{-2}$ 用 $\gamma_{ph} = 11 \text{ mrad}$	$1 C_3 W \cdot m^{-2}$ 用 $\gamma_{ph} = 1.1 t^{0.5} \text{ mrad}$	$1 C_3 W \cdot m^{-2}$ 用 $\gamma_{ph} = 110 \text{ mrad}$	
				和 ^b			
				400 nm ~ 700 nm - 视网膜热危害			
				$18 C_6 T_2^{-0.25} W \cdot m^{-2} (t > T_2)$ $18 t^{0.75} C_6 J \cdot m^{-2} (t \leq T_2)$			
700~1 050	$1 \times 10^{-3} C_6 J \cdot m^{-2}$	$2 \times 10^{-3} C_4 C_6 J \cdot m^{-2}$	$18 t^{0.75} C_4 C_6 J \cdot m^{-2}$	$18 C_4 C_6 C_7 T_2^{-0.25} W \cdot m^{-2} (t > T_2)$ $18 t^{0.75} C_4 C_6 J \cdot m^{-2} (t \leq T_2)$			
1 050~1 400 ^c	$1 \times 10^{-3} C_6 C_7 J \cdot m^{-2}$	$2 \times 10^{-2} C_6 C_7 J \cdot m^{-2}$	$90 t^{0.75} C_6 C_7 J \cdot m^{-2}$	$90 C_6 C_7 T_2^{-0.25} W \cdot m^{-2} (t > T_2)$ $90 t^{0.75} C_6 C_7 J \cdot m^{-2} (t \leq T_2)$			
注：使用眼科仪器时，眼球组织的照射限值可能有不同情况。参见ISO 15004-2。							
^f 角度 γ_{ph} 是极限测量接受角。 ^g 波长在 400nm~600nm 之间，采用双重限值且照射值应不超过任一适用限值。一般情况下，光化学危害极限仅用于照射持续时间大于 10s 的情况。然而，波长为 400nm~484nm，表观光源的尺寸为 1.5mrad~82mrad 之间时，二次光化学危害极限值 $100 C_3 J \cdot m^{-2}$ 对应于照射时间大于或等于 1s 的情况。 ^h 波长在 1250nm 和 1400nm 之间，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜、虹膜），需谨慎处理。若照射量不超过皮肤的 MPE 值，则无需担心眼球前端的生物组织。 ⁱ 照射时间小于 0.25 秒时，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜、虹膜），需谨慎处理。如果照射量不超过皮肤的 MPE 值，则不需要担心眼球前端的生物组织。							

表A.4 波长在 400 nm 至 1400 nm 范围依据表 A.2 所示的激光辐射照射在角膜上最大允许照射量^{a, b}（用功率或能量表示）

波长 λ nm	照射时间 t s					
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 5×10^{-6}	5×10^{-6} ~ 13×10^{-6}	13×10^{-6} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 3×10^4
400~450	$3.8 \times 10^{-8}\text{J}$	$7.7 \times 10^{-8} \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ J}^2$		$3.9 \times 10^{-3}\text{J}$	$3.9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ W}$
450~500					$3.9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$ 和 ^c $3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
500~700					$3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
700~1 050	$3.8 \times 10^{-8}\text{J}$	$7.7 \times 10^{-8} \text{ C}_4 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ C}_4 \text{ J}$		$3.9 \times 10^{-4} \text{ C}_4 \text{ C}_7 \text{ W}$	
1 050~1 400 ^d	$3.8 \times 10^{-8} \text{ C}_7 \text{ J}$	$7.7 \times 10^{-7} \text{ C}_7 \text{ J}$		$3.5 t^{0.75} \text{ C}_7 \text{ J}$		
注：与用功率或能量表示的 MPE 值相比较时，照射水平由通过 7mm 孔径光阑或限值孔径的功率或能量决定（本表中的 MPE 值由表 A.2 中的值乘以 7mm 孔径的面积得到）。						
^a 修正因子和单位，见表 B.7。 ^b 如果照射持续时间小于 10^{-13}s ，MPE 的值设置为 10^{-13}s 同等的辐照度值。 ^c 波长范围在 450nm~500nm 之间，辐照时间 10s 至 100s 采用双重极限且照射值应不超过任一适用限值。 ^d 波长范围在在 1 250 nm 与 1 400 nm 之间，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜，虹膜），需谨慎处理。若照射量不超过皮肤的 MPE 值，则无需担心眼球前端的生物组织。						

表A.5 波长在 400nm~1 400nm 范围内，依据表 A.3 扩展光源的激光辐射照射在角膜上的最大允许照射量^{a, b, c, d, e, f, g}

（视网膜危害区）（用功率或能量表示）

波长 λ nm	照射时间 t						
	s						
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 5.0×10^{-6}	5×10^{-6} ~ $1,3 \times 10^{-5}$	13×10^{-5} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 10^4	10^4 ~ 3×10^4
400~700	$3.8 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ J}$	$7.7 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ C}_6 \text{ J}$	400 nm ~ 600 nm - 视网膜光化学危害 ^{d, e}			
				$3.9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$ 用 $\gamma_{\text{ph}} = 11 \text{ mrad}$	$3.9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ W}$ 用 $\gamma_{\text{ph}} = 1.1 t^{0.5} \text{ mrad}$	$3.9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ W}$ 用 $\gamma_{\text{ph}} = 110 \text{ mrad}$	
				和 ^c			
				400 nm ~ 700 nm - 视网膜热危害			
				$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ C}_6 \text{ J} (t \leq T_2)$			$7 \times 10^{-4} \text{ C}_6 T_2^{-0.25} \text{ W} (t > T_2)$
700~1 050	$3.8 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ J}$	$7.7 \times 10^{-8} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} \text{ C}_4 \text{ C}_6 T_2^{-0.25} \text{ W} (t > T_2)$			
				$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J} (t \leq T_2)$			
1 050~1 400 ^f	$3.8 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$7.7 \times 10^{-7} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$3.5 \times 10^{-3} \text{ C}_6 \text{ C}_7 T_2^{-0.25} \text{ W} (t > T_2)$			
				$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J} (t \leq T_2)$			
注1：使用眼科仪器时，眼球组织的照射限值可能有不同情况。参见ISO 15004-2。							
注2：与用功率或能量表示的MPE值相比较时，照射水平由通过7mm孔径光阑或限值孔径的功率或能量决定（本表中的MPE值由表A.3中的值乘以7mm孔径的面积得到）。							
^a 修正因子和单位，见表 B.7。							
^b 如果照射持续时间小于 10^{-13} s，MPE 的值设置为 10^{-13} s 同等的辐照度值。							
^c 波长在 400nm~600nm 之间，采用双重限值且照射值应不超过任一适用限值。							
^d 角度 γ_{ph} 是极限测量接受角。							
^e 照射时间在 1s 至 10s 之间时，波长为 400nm~484nm，表观光源的尺寸为 1.5mrad~82mrad，二次光化学危害极限值 $3.9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$ 扩展至 1s。							
^f 波长在 1250nm 和 1400nm 之间，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜、虹膜），需谨慎处理。若照射量不超过皮肤的 MPE 值，则无需担心眼球前端的生物组织。							
^g 照射时间小于 0.25 秒时，本表中给出的保护视网膜的限值可能无法充分保护眼球前端的生物组织（角膜、虹膜），需谨慎处理。如果照射量不超过皮肤的 MPE 值，则不需要担心眼球前端的生物组织。							

表A.6 激光辐射皮肤的最大允许照射量^{a, b}

波长 λ nm	照射时间 t					
	s					
	<10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ ~10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ ~10 ⁻³	10 ⁻³ ~10	10~10 ³	10 ³ ~3 × 10 ⁴
180~302.5	3 × 10 ¹⁰ W · m ⁻²	30 J · m ⁻²				
302.5~315		C ₁ J · m ⁻² (t ≤ T _i)			C ₂ J · m ⁻² (t > T _i)	C ₂ J · m ⁻²
315~400		C ₁ J · m ⁻²			10 ⁴ J · m ⁻²	10 W · m ⁻²
400~700	2×10 ¹¹ W · m ⁻²	200 J · m ⁻²	1.1×10 ⁴ t ^{0.25} J · m ⁻²		2 000 W · m ⁻²	
700~1 400	2×10 ¹¹ C ₄ W · m ⁻²	200 C ₄ J · m ⁻²	1.1×10 ⁴ C ₄ t ^{0.25} J · m ⁻²		2 000 C ₄ W · m ⁻²	
1 400~1 500	10 ¹² W · m ⁻²	10 ³ J · m ⁻²		5 600 t ^{0.25} J · m ⁻²	1 000 W · m ⁻² c	
1 500~1 800	10 ¹³ W · m ⁻²	10 ⁴ J · m ⁻²				
1 800~2 600	10 ¹² W · m ⁻²	10 ³ J · m ⁻²		5 600 t ^{0.25} J · m ⁻²		
2 600~10 ⁶	10 ¹¹ W · m ⁻²	100 J · m ⁻²	5 600 t ^{0.25} J · m ⁻²			
a 修正因子和单位，见附录 B 表 B.7。						
b 小于 10 ⁻⁹ s 照射作用的资料有限。该照射时间内的 MPE 值由使用于 10 ⁻⁹ s 的辐照度导出。						
c 如果被照射皮肤面积大于 0.1 m ² ，则 MPE 减少到 100 W · m ⁻² 。如果被照射皮肤面积在 0.01 m ² 到 0.1 m ² 之间，则 MPE 的变化与被照射皮肤的面积成反比。						

附录 B

(规范性)

产品的光辐射危害风险专业分类及其可达发射极限

B.1 激光产品各风险等级专业分类及其可达发射极限

B.1.1 激光产品各风险等级专业分类方法

根据发光产品的发射波长、功率或能量、空间分布(光源或光斑尺寸、光束质量或发散角、对向角)、持续时间或预期使用时间等参数,按照GB/T 7247.1标准规定,对激光产品的风险等级进行专业分类,共分为4大类8小类,风险等级由低到高依次用1类、1C类、1M类、2类、2M类、3R类、3B类、4类表示。每一类专业风险分类方法规定如下:

- 1) 1类激光产品
产品工作期间,在相应波长和发射持续时间内,人员接触的激光辐射(可达发射)不允许超过1类可达发射极限(见表B.1和表B.2)的激光产品。
- 2) 1C类激光产品
任何明确设计为接触皮肤或其他非人眼组织的激光产品:
——设备运行期间可以通过工程防护防止人眼伤害,例如当激光离开皮肤或非眼部组织时,可达发射低于1类激光产品的可达发射极限;
——设备运行时与皮肤或非眼部组织接触,为了达到治疗目的的需要,其辐射照射量超过皮肤的最大允许照射量;
——诊断和治疗的激光产品安全的详细要求还应符合GB 9706.1标准。
- 3) 1M类激光产品
在302.5nm~4000nm波长范围内,产品工作期间,在相应波长和发射持续时间内,人员接触可达激光辐射不允许超过1类可达发射极限的激光产品。
注:针对大口径光源、大发散角光源、大角度扫描光源等情况,1M类可达发射不得超过3B类可达发射极限。严禁使用放大镜或望远镜观察光束。
- 4) 2类激光产品
在400 nm~700 nm波长范围内,在相应波长和发射持续时间内,人员接触可达激光辐射不允许超过2类可达发射极限(见表B.3)的激光产品。
- 5) 2M类激光产品
在400 nm~700 nm波长范围内,在相应波长和发射持续时间内,人员接触可达激光辐射不允许超过2类可达发射极限的激光产品。
注:针对大口径光源、大发散角光源、大角度扫描光源等情况,2M类可达发射不得超过3B类可达发射极限。严禁使用放大镜或望远镜观察光束。
- 6) 3R类激光产品
在工作期间,人员接触可达激光辐射允许超过1类和2类可达发射极限,但在任何发射持续时间和波长,人员接触激光辐射不允许超过3R类可达发射极限(见表B.4和表B.5)的激光产品。
- 7) 3B类激光产品
在工作期间,人员接触可达激光辐射允许超过1类和2类可达发射极限,但在任何发射持续时间和波长,人员接触激光辐射不允许超过3B类可达发射极限(见表B.6)的激光产品。
- 8) 4类激光产品
人员接触的可达激光辐射允许超过3B类可达发射极限的激光产品。

B.1.2 激光产品各风险等级专业分类的可达发射极限

表B.1~B.6给出了激光产品各类风险等级专业分类对应的可达发射极限,是各类风险等级的评价依据。表B.7给出了表B.1~B.6对应的AEL和MPE评估中使用的修正因子和转效点。表中各类可达发射极限适用的发射波长、测量孔径、测量距离、接收视场角、测量时间基准等测量条件,按照GB/T 7247.1相关条款的规定。

表B.1 1类和1M类激光产品的可达发射极限 $C_6 = 1$ ^{a, b}

波长 λ nm	发射持续时间 <i>t</i> s											
	10 ⁻¹³ ~ 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ ~ 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ ~ 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ ~ 5 × 10 ⁻⁵	5 × 10 ⁻⁵ ~ 1.3 × 10 ⁻⁵	1.3 × 10 ⁻⁵ ~ 1 × 10 ⁻³	1 × 10 ⁻³ ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 ~ 10 ²	10 ² ~ 10 ³	10 ³ ~ 3×10 ⁴	
	10 ⁻¹¹	10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	5 × 10 ⁻⁵	1.3 × 10 ⁻⁵	1 × 10 ⁻³	0.35	10	10 ²	10 ³	3×10 ⁴	
180~302.5	3 × 10 ¹⁰ W · m ⁻²		30 J · m ⁻²									
302.5~315	2.4 × 10 ⁴ W		热危害 7.9 × 10 ⁻⁷ C ₁ J (<i>t</i> ≤ T ₁)						光化学危害 7.9 × 10 ⁻⁷ C ₂ J (<i>t</i> > T ₁)			7.9 × 10 ⁻⁷ C ₂ J
315~400			7.9 × 10 ⁻⁷ C ₁ J						7.9 × 10 ⁻³ J		7.9 × 10 ⁻⁶ W	
400~450	3.8 × 10 ⁻⁸ J	7.7 × 10 ⁻⁸ J	7 × 10 ⁻⁴ <i>t</i> ^{0.75} J	7 × 10 ⁻⁴ <i>t</i> ^{0.75} C ₄ J					3.9 × 10 ⁻³ J	3.9 × 10 ⁻⁵ C ₃ W		
450~500									3.9 × 10 ⁻³ C ₃ J and ^e			
500~700									3.9 × 10 ⁻⁴ W			
700~1 050	3.8 × 10 ⁻⁸ J	7.7 × 10 ⁻⁸ C ₄ J	7 × 10 ⁻⁴ <i>t</i> ^{0.75} C ₄ J					3.9 × 10 ⁻⁴ C ₄ C ₇ W				
1 050~1 400 ^d	3.8×10 ⁻⁸ C ₇ J	7.7 × 10 ⁻⁷ C ₇ J									3.5 × 10 ⁻³ <i>t</i> ^{0.75} C ₇ J	
1 400~1 500	8 × 10 ⁵ W		8 × 10 ⁻⁴ J				4.4 × 10 ⁻³ <i>t</i> ^{0.25} J	10 ⁻² <i>t</i> J	1.0 × 10 ⁻² W			
1 500~1 800	8 × 10 ⁶ W		8 × 10 ⁻³ J					1.8 × 10 ⁻² <i>t</i> ^{0.75} J				
1 800~2 600	8 × 10 ⁵ W		8 × 10 ⁻⁴ J				4.4 × 10 ⁻³ <i>t</i> ^{0.25} J	10 ⁻² <i>t</i> J				
2 600~4 000	8 × 10 ⁴ W		8 × 10 ⁻⁵ J	4.4 × 10 ⁻³ <i>t</i> ^{0.25} J								
4 000~10 ⁶	10 ¹¹ W · m ⁻²		100 J · m ⁻²	5 600 <i>t</i> ^{0.25} J · m ⁻²					1 000 W · m ⁻²			

表B.1（续）

波长 λ nm	发射持续时间 t										
	s										
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 10^{-9}	10^{-9} ~ 10^{-7}	10^{-7} ~ 5×10^{-5}	5×10^{-5} ~ 1.3×10^{-5}	1.3×10^{-5} ~ 1×10^{-3}	1×10^{-3} ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 10^3	10^3 ~ 3×10^4
注：使用观察光学装置的放大倍数大于 7 倍或大于测量条件指定的物镜直径的情况下，根据测量条件 1 和 2、分类级别判为 1 类，可能会带来危害。											
^a 修正因子和单位，见表 B. 7。 ^b 发射持续时间少于 10^{-13} s 的 AELs，可设置其为等于 AEL 在 10^{-13} 秒时的相等功率值或辐照度值。 ^c 波长范围在 450 nm ~500 nm 之间时，使用的双重限值和激光产品的发射极限应不超过分类级别所指定的任一适用限值。 ^d 波长范围在 1250nm~1400nm 之间时，AEL 的上限是 3B 类激光产品的 AEL。											

表B.2 波长在 400nm~1400 nm 范围内的 1 类激光产品的可达发射极限（视网膜危害区）：扩展光源^{a, b, c, d, e, f}

波长 λ nm	发射持续时间 t						
	$10^{-13} \sim 10^{-11}$	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6} \sim 1.3 \times 10^{-5}$	$1.3 \times 10^{-5} \sim 10$	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 10^4$	$10^4 \sim 3 \times 10^4$
400~700	$3.8 \times 10^{-9} C_6 J$	$7.7 \times 10^{-8} C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_6 J$	400 nm~600 nm - 视网膜的光化学危害 ^{d, e}			
				$3.9 \times 10^{-3} C_3 J$ 用 $\gamma_{ph} = 11 \text{ mrad}$	$3.9 \times 10^{-5} C_3 W$ 用 $\gamma_{ph} = 1, 1 t^{0.5} \text{ mrad}$	$3.9 \times 10^{-5} C_3 W$ 用 $\gamma_{ph} = 11 \text{ 0 mrad}$	
				和 ^c			
				400 nm~700 nm - 视网膜的热危害			
				$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_6 J \quad (t \leq T_2)$			
				$7 \times 10^{-4} C_6 T_2^{-0.25} W \quad (t > T_2)$			
700~1 050	$3.8 \times 10^{-8} C_6 J$	$7.7 \times 10^{-8} C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_4 C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_4 C_6 J \quad (t \leq T_2)$	$7 \times 10^{-4} C_4 C_6 T_2^{-0.25} W \quad (t > T_2)$		
1 050~1 400	$3.8 \times 10^{-8} C_6 C_7 J$	$7.7 \times 10^{-7} C_6 C_7 J$	$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_6 C_7 J$	$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_6 C_7 J \quad (t \leq T_2)$	$3.5 \times 10^{-3} C_6 C_7 T_2^{-0.25} W \quad (t > T_2)$		

表B.2（续）

波长 λ nm	发射持续时间 t s					
	$10^{-13} \sim 10^{-11}$	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6} \sim 1.3 \times 10^{-5}$	$1.3 \times 10^{-5} \sim 10$	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 10^4$
<p>^a 修正因子和单位，见表 B.7。</p> <p>^b 发射持续时间少于 10^{-13} s 的 AELs，可设置其为等于 AEL 在 10^{-13} s 时的相等功率值或辐照度值。</p> <p>^c 波长范围在 450nm~600nm 之间时，采用双重限值且产品的发射极限应不超过分类级别所指定的任一适用限值。</p> <p>^d 角度 γ_{ph} 是可接受的极限测量角度。</p> <p>^e 对于波长在 400nm~484nm 范围且表观光源大小在 1.5mrad 和 82mrad 之间时，照射时间在 1s 到 10s 之间，那么二次光化学危害的极限值为 3.9×10^{-3} s C₃J 可延伸到 1s。</p> <p>^f 波长范围在 1250nm~1400nm 之间时，AEL 的上限是 3B 类激光产品的 AEL。</p>						

表B.3 2类和2M类激光产品的可达发射极限

波长 λ nm	发射持续时间 t	2类 AEL
400 ~ 700	$t < 0.25$	同 1 类 AEL
	$t \geq 0.25$	$C_6 \times 10^{-3} W^a$
注：使用有效孔径大于测量条件规定测量孔径（见GB/T7247.1）的光学元件，观察由条件1确定的2类激光产品可能是危险的。		
a 修正因子和单位见表B.7。		

表B.4 3R 类激光产品的可达发射极限 $C_6 = 1$ ^{a, b, c}

波长 λ nm	发射持续时间 t										
	s										
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 10^{-9}	10^{-9} ~ 10^{-7}	10^{-7} ~ 5×10^{-5}	5×10^{-5} ~ 1.3×10^{-5}	1.3×10^{-5} ~ 1×10^{-3}	1×10^{-3} ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 ~ 10^3	10^3 ~ 3×10^4	
180 ~ 302.5	$1.5 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$150 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$								
302.5 ~ 315	$1.2 \times 10^5 \text{ W}$		热危害 $4 \times 10^{-6} \text{ C}_1 \text{ J} \quad (t \leq T_1)^c$						光化学危害 $4.0 \times 10^{-6} \text{ C}_2 \text{ J} \quad (t > T_1)^c$		$4.0 \times 10^{-6} \text{ C}_2 \text{ J}$
315 ~ 400			$4.0 \times 10^{-6} \text{ C}_1 \text{ J}$						$4.0 \times 10^{-2} \text{ J}$		$4.0 \times 10^{-5} \text{ W}$
400 ~ 700	$1.9 \times 10^{-7} \text{ J}$	$3.8 \times 10^{-7} \text{ J}$			$5.0 \times 10^{-3} \text{ W} \quad (t \geq 0.25 \text{ s})$ $3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} \text{ J} \quad (t < 0.25 \text{ s})$			$5.0 \times 10^{-3} \text{ W}$			
700 ~1 050	$1.9 \times 10^{-7} \text{ J}$	$3.8 \times 10^{-7} \text{ C}_4 \text{ J}$			$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} \text{ C}_4 \text{ J}$				$2.0 \times 10^{-3} \text{ C}_4 \text{ C}_7 \text{ W}$		
1 050 ~ 1 400 ^d	$1.9 \times 10^{-6} \text{ C}_7 \text{ J}$	$3.8 \times 10^{-6} \text{ C}_7 \text{ J}$				$1.8 \times 10^{-2} t^{0.75} \text{ C}_7 \text{ J}$					
1 400 ~ 1 500	$4 \times 10^6 \text{ W}$		$4 \times 10^{-3} \text{ J}$				$2.2 \times 10^{-2} t^{0.25} \text{ J}$	$5 \times 10^{-2} t \text{ J}$	$5.0 \times 10^{-2} \text{ W}$		
1 500 ~ 1 800	$4 \times 10^7 \text{ W}$		$4 \times 10^{-2} \text{ J}$					$9 \times 10^{-2} t^{0.75} \text{ J}$			
1 800 ~ 2 600	$4 \times 10^6 \text{ W}$		$4 \times 10^{-3} \text{ J}$				$2.2 \times 10^{-2} t^{0.25} \text{ J}$	$5 \times 10^{-2} t \text{ J}$			
2 600 ~ 4 000	$4 \times 10^5 \text{ W}$		$4 \times 10^{-4} \text{ J}$	$2.2 \times 10^{-2} t^{0.25} \text{ J}$							
4 000 ~ 10^6	$5 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$500 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2.8 \times 10^4 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					$5\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		
^a 修正因子和单位，见表 B7。 ^b 发射持续时间少于 10^{-13} s 的 AELs ，可设置其为等于 AEL 在 10^{-13} 秒时的相等功率值或辐照度值。 ^c 紫外重复脉冲激光器宜不超过任何极限。 ^d 波长范围在 1250nm~1400nm 之间时，AEL 的上限是 3B 类激光产品的 AEL。											

表B.5 波长在 400nm~1 400 nm 范围内 3R 类激光产品的可达发射极限（视网膜危害区）：扩展光源^{a,b}

波长 λ nm	发射持续时间 t s				
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 5×10^{-6}	5×10^{-6} ~ 1.3×10^{-5}	1.3×10^{-5} ~ 0.25	0.25 ~ 10
400 ~700	$1.9 \times 10^{-7} C_6 J$	$3.8 \times 10^{-7} C_6 J$	$5.0 \times 10^{-3} C_6 W \quad (t \geq 0.25 s)$		$5.0 \times 10^{-3} C_6 W$
700 ~1050	$1.9 \times 10^{-7} C_6 J$	$3.8 \times 10^{-7} C_6 J$	$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_4 C_6 J$		$3.5 \times 10^{-3} C_4 C_6 T_2^{-0.25} W \quad (t > T_2)$ $3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_4 C_6 J \quad (t \leq T_2)$
1050~1400 ^c	$1.9 \times 10^{-6} C_6 C_7 J$	$52 t^{0.75} C_6 C_7 J$	$3.8 \times 10^{-6} C_6 C_7 J$	$1.8 \times 10^{-2} t^{0.75} C_6 C_7 J$	$1.75 \times 10^{-2} C_6 C_7 T_2^{-0.25} W \quad (t > T_2)$ $1.75 \times 10^{-2} t^{0.75} C_6 C_7 J \quad (t \leq T_2)$
^a 修正因子和单位，见表 B.7。 ^b 发射持续时间少于 $10^{-13}s$ 的 AELs，可设置其为等于 AEL 在 10^{-13} 秒时的相等功率值或辐照度值。 ^c 波长范围在 1250nm~1400nm 之间时，AEL 的上限是 3B 类激光产品的 AEL。					

表B.6 3B 类激光产品的可达发射极限

波长 λ nm	发射持续时间 t s		
	$<10^{-9}$	$10^{-9} \sim 0.25$	$0.25 \sim 3 \times 10^4$
180 ~302.5	$3.8 \times 10^5 W$	$3.8 \times 10^{-4} J$	$1.5 \times 10^{-3} W$
302.5 ~ 315	$1.25 \times 10^4 C_2 W$	$1.25 \times 10^{-5} C_2 J$	$5 \times 10^{-5} C_2 W$
315 ~ 400	$1.25 \times 10^8 W$	0.125 J	0.5 W
400 ~ 700	$3 \times 10^7 W$	0.03 J 对于 $t < 0.06 s$ 0.5 W 对于 $t \geq 0.06 s$	0.5 W
700 ~ 1 050	$3 \times 10^7 C_4 W$	0.03 $C_4 J$ 对于 $t < 0.06 C_4 s$ 0.5 W 对于 $t \geq 0.06 C_4 s$	0.5 W
1 050 ~ 1 400	$1.5 \times 10^8 W$	0.15 J	0.5 W
1 400 ~ 10^6	$1.25 \times 10^8 W$	0.125 J	0.5 W
注：修正因子和单位，见表B.7。			

表B.7 在 AEL 和 MPE 评估中使用的修正因子和转效点

参数	光谱范围 nm
$C_1 = 5.6 \times 10^3 t^{0.25}$	180 ~ 400
$T_1 = 10^{0.8(\lambda - 295)} \times 10^{-15} \text{ s}$	302.5 ~ 315
$C_2 = 30$	180 ~ 302.5
$C_2 = 10^{0.2(\lambda - 295)}$	302.5 ~ 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{\min})/98.5]} \text{ s}$ 对于 $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$	400 ~ 1 400
$T_2 = 10 \text{ s}$ 对于 $\alpha \leq 1.5 \text{ mrad}$	400 ~ 1 400
$T_2 = 100 \text{ s}$ 对于 $\alpha > 100 \text{ mrad}$	400 ~ 1 400
$C_3 = 1.0$	400 ~ 450
$C_3 = 10^{0.02(\lambda - 450)}$	450 ~ 600
$C_4 = 10^{0.002(\lambda - 700)}$	700 ~ 1 050
$C_4 = 5$	1 050 ~ 1 400
$C_5 = N^{-1/4 \text{ a}}$	400 ~ 10^6
$C_6 = 1$	180 ~ 400 和 1 400 ~ 10^6
$C_6 = 1$ 对于 $\alpha \leq \alpha_{\min}^{\text{b}}$	400 ~ 1 400
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$ 对于 $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}^{\text{b}}$	400 ~ 1 400
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$ 对于 $\alpha > \alpha_{\max}^{\text{b, c}}$	400 ~ 1 400
$C_7 = 1$	700 ~ 1 150
$C_7 = 10^{0.018(\lambda - 1150)}$	1 150 ~ 1 200
$C_7 = 8 \times 10^{0.04(\lambda - 1250)}$	1 200 ~ 1 400
注: $\alpha_{\min} = 1.5 \text{ mrad}$; $\alpha_{\max} = 5 \text{ mrad}$, 对于 $t < 625 \mu\text{s}$, $200t^{0.5} \text{ mrad}$, 对于 $625 \mu\text{s} \leq t \leq 0.25 \text{ s}$, 100 mrad , 对于 $t > 0.25 \text{ s}$. N 是包括在适用的持续时间内的脉冲个数, 按照GB/T 7247.1相关内容。	
注1: 关于小于 10^{-9} s 且波长小于 400 nm 和大于 $1 400 \text{ nm}$ 的AEL, 由辐射功率或辐照量来计算等值辐射功率或辐照度。 注2: 关于孔径光阑和限制孔径, 按照GB/T7247.1相关内容。 注3: 在表B.1~表B.6的公式和注释中, 波长用纳米表示, 发射持续时间 t 用秒表示, α 用毫弧度表示。 注4: 在表B.1~表B.6中, 对于处于单元边界的发射持续时间值(例如 10 s), 适用于较低极限。如果波长范围明确, 从 λ_1 到 λ_2 , 意味着 $\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2$ 。	
^a C_5 仅用于脉冲持续时间短于 0.25 s 时。 ^b C_6 仅用于视网膜热效应极限。 ^c 最大极限接收角 γ_{th} 等于 α_{\max}^{c} 。	

B.2 非相干光产品各风险等级专业分类及其可达发射极限

B.2.1 非相干光产品各风险等级专业分类方法

根据发光产品的辐射波段、辐射功率或能量、空间分布(光源尺寸、发散程度、对向角)、辐射亮度或辐射照度、持续时间或预期使用时间等参数, 按照GB/T 30117.1标准规定, 对非相干光产品的风险等级专业分类, 由低到高依次为豁免类(RG0)、低风险类(RG1)、中风险类(RG2)和高风险类(RG3)4类。每一类专业风险等级分类方法如下:

1) 豁免类(RG0)

豁免类是指所涉及产品的光辐射在下述极限条件下也不会造成人体的光生物损伤, 满足此要求的条件应:

——在 8 h ($30\,000 \text{ s}$) 曝辐中不造成光化学紫外危害, 并且

- 在 30 000s 内不造成近紫外危害，并且
- 在 10 000s(非有意观看)或 30 000s(有意观看)内不造成视网膜蓝光危害，并且
- 在 10s 内不造成视网膜热危害，并且
- 在 1 000s 内不造成眼睛的红外辐射危害，并且
- 在 10s 内不造成皮肤的红外辐射危害。

此外，对于发射红外辐射的弱视觉刺激（即亮度小于 10cd/m^2 ），并且1 000s内不造成近红外视网膜热危害。

2) 2低风险类（RG1）

RG1类是指所涉及产品的光辐射在下述条件限定的正常行为下，不产生人体的光生物损伤，满足此要求的条件应：

- 在 10 000s 曝辐中不造成光化学紫外危害，并且
- 在 300s 内不造成近紫外危害，并且
- 在 100s(非有意观看)或 1 000s(有意观看)内不造成视网膜蓝光危害，并且
- 在 10s 内不造成视网膜热危害，并且
- 在 100s 内不造成眼睛的红外辐射危害，并且
- 在 10s 内不造成皮肤的红外辐射危害。

此外，对于发射红外辐射的弱视觉刺激（即亮度小于 10cd/m^2 ），并且100s内不造成近红外视网膜热危害。

3) 中度风险类（RG2）

RG2类是指所涉及产品的光辐射在人体对强光和温度的不适反应条件下，不会造成光生物损伤，满足此要求的条件应：

- 在 1 000s 曝辐中不造成光化学紫外危害，并且
- 在 100s 内不造成近紫外危害，并且
- 在 0.25s(非有意观看)或 10s(有意观看)内不造成视网膜蓝光危害，并且
- 在 0.25s 内不造成视网膜热危害，并且
- 在 10s 内不造成眼睛的红外辐射危害，并且
- 在 10s 内不造成皮肤的红外辐射危害。

此外，对于发射红外辐射的弱视觉刺激（即亮度小于 10cd/m^2 ），并且10s内不造成近红外视网膜热危害。

4) 高风险类（RG3）

RG3类是指所涉及产品的光辐射在短时间的辐照下也会造成光生物损伤。也即超过中度风险RG2类极限的光辐射，属于高风险RG3类。

B.2.2 非相干光产品各风险等级专业分类的可达发射极限

a) 连续光辐射产品各风险等级的可达发射极限

根据GB/T30117.1规定的非相干光产品的发射光谱、测量距离、表观光源对向角、接收视场角、测量时间基准等测量和评价条件，参照GB/T 30117.4测量产品的光谱辐亮度和光谱辐照度，并和不同波段光谱对人体作用的光谱加权函数综合计算，对眼睛和皮肤的危害程度进行分类，得到连续光辐射产品各风险等级对应的有效辐亮度和辐照度的可达发射极限，见表B.8。不同危害种类和风险等级适用的接收视场角见表B.9。人眼视网膜的热危害的发射极限与表观光源对向角和曝辐时间相关，如表B.10所示，表中函数名称见附录A.1。

b) 脉冲光辐射产品的可达发射极限

对于发射脉冲光辐射的产品，除视网膜热危害极限以外，可以根据B.2.1风险专业分类给定的时间基准，用产品的平均辐照度或平均辐亮度，与表B.8中的可达发射极限进行比较来确定相应的风险等级。

对于发射脉冲光辐射产品的视网膜热危害极限，应按照最严苛的单脉冲或任何类型脉冲的要求。一般情况下，光辐射产品的可达发射不应超过下列两个准则1)和2)中的任一个发射限值。

- 1) 重复频率脉冲光辐射产品，比较平均辐亮度与表B.10的可达发射极限（AEL）。

- 规则发射的脉冲串，平均时间基准为0.25s。
 - 不规则的脉冲光辐射，为了分析脉冲串，平均发射持续时间短于或等于0.25s。
- 2) 单脉冲光辐射产品，比较单脉冲的峰值辐亮度与表 B. 10 的可达发射极限（AEL），AEL 值应乘以表 B. 11 的系数 C5，计算 AEL 时所用的 α 值的定义如表 B. 12 所示。

表B.8 连续光辐射产品各风险等级的可达发射极限

危害种类		光谱加权 函数	符号	发射极限			单位
				RG0	RG1	RG2	
紫外危害		$S_{UV}(\lambda)$	E_S	0.001	0.003	0.03	$W \cdot m^{-2}$
近紫外危害			E_{UVA}	0.33	33	100	$W \cdot m^{-2}$
蓝光危害	非有意观看	$B(\lambda)$	L_B	100	10 000	4 000 000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
	有意观看			33	1000	100 000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
蓝光危害-小光源		$B(\lambda)$	E_B	1.0 ^a	1.0	400	$W \cdot m^{-2}$
视网膜热危害		$R(\lambda)$	L_R	28 000/ α	28 000/ α	71 000/ α	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
视网膜热危害 (弱视刺激) ^b		$R(\lambda)$	L_{IR}	1600/ α	2900/ α	5200/ α	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
眼睛红外辐射危害			E_{IR}	100	570	3 200	$W \cdot m^{-2}$
皮肤热危害			E_H	3500			$W \cdot m^{-2}$
^a 小光源被定义为 $A < 0.011$ rad 的源。在 10 000 s 时平均视场是 0.1 rad。							
^b 涉及非普通照明光源的评价。							

表B.9 光辐射危害各风险等级的接收视场角

危害类型	波长范围 (nm)	接收角 γ (rad)		
		RG0	RG1	RG2
皮肤和眼睛光化学紫外危害	200~400	1.4	1.4	1.4
眼睛晶状体近紫外危害	315~400	1.4	1.4	1.4
视网膜蓝光危害—非有意观看	300~700	0.11	0.011	0.0017
视网膜蓝光危害—有意观看	300~700	0.11	0.035	0.011
视网膜热危害	380~1400	0.011	0.011	0.0017
弱视(低亮度)下视网膜热危害	780~1400	0.11	0.11	0.035
眼睛(角膜、晶状体)红外辐射危害	780~3000	1.4	1.4	1.4
皮肤红外辐射热危害	380~3000	2 π	2 π	2 π

表B.10 视网膜热危害辐射可达发射极限

曝辐时间 t	辐亮度 (L_{R}) 限值	单位
$t \leqslant 1 \text{ }\mu\text{s}$	$0.63 \text{ }\cdot a^{-1} \cdot t^{-1}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
$1 \text{ }\mu\text{s} < t \leqslant 0.25 \text{ s}$	$2.0 \times 10^4 \cdot a^{-1} \cdot t^{-0.25}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
$t > 0.25 \text{ s}$	按连续光辐射处理	
<div>注：表观光源对向角 α 是用弧度表示，t 是以秒表示。 确定可达发射极限的 α 应不小于 α_{min} 和不大于 α_{max}。</div>		

表B.11 用于 AEL 计算的 C_5 和 α 值

条件		C_5	计算 AEL 的 α 值
$\alpha \leq 0.005 \text{ rad}$	——	1.0	0.005 rad
$0.005 \text{ rad} < \alpha \leq \alpha_{\max}$	$N \leq 40$	$N^{-0.25}$	α
	$N > 40$	0.4	α
$\alpha_{\max} < \alpha < 0.1 \text{ rad}$	$N \leq 625$	$N^{-0.25}$	α_{\max}
	$N > 625$	0.2	α_{\max}
$\alpha \geq 0.1 \text{ rad}$	——	1.0	α_{\max}
注1：N是在时间基准中发生的脉冲数。 注2： α_{\max} 根据表B.12决定。			

表B.12 脉冲持续时间相关值 α_{\max}

持续发射时间	最大对向角 α_{\max}
$t_p < 625 \mu\text{s}$	0.005 rad
$625 \mu\text{s} \leq t_p < 0.25 \text{ s}$	$0.2 \cdot t_p^{0.5} \text{ rad}$
$t_p \geq 0.25 \text{ s}$	0.1 rad
注： t_p 单位为 s。	

附录 C

(资料性)

典型光辐射安全通用标识图形和专业标识的风险说明示例

C.1 典型通用标识图形绘制要点

典型光辐射安全通用标识图形,可在常用的办公软件(word/office/excel/PowerPoint等)中绘制,具体绘制方法要点如下:

- 1) 外框为正方形,典型尺寸 50×50mm,框线为黑色实线,线宽为 1.5 磅;
- 2) 方框内第一行标题为“光辐射安全通用标识”,字体为黑体四号字加粗,位置居中;
- 3) 第二行起为标识的具体内容,所有字体均为小四号宋体字加粗,与标题间空一行;
- 4) 第二行的文字“风险等级”左边对齐,“本产品”为右边对齐;
- 5) 方框下部的 5 个彩条宽度均为 7mm,彩条一端的箭头角度为 90°,无轮廓;
- 6) 左侧 4 个彩条箭头向右,左边对齐上下紧密排布,由上至下依次参照 GB/T 2893.2 规定的危险程度含义,分别填充红色、橙色、黄色、绿色;其中,红色彩条总长度为 36mm,橙色彩条总长度为 33mm、黄色彩条总长度为 30mm、绿色彩条总长度为 27mm;彩条中分别添加“高风险级、中风险级、低风险级、极低风险级”,文字上下居中、左对齐;
- 7) 右侧 1 个彩条箭头向左、右侧对齐,总长度 12mm,与产品风险等级对应的风险等级颜色相同且高度对齐;
- 8) 所有文本框、图形组合为一个完整的图形。

实际使用通用标识图形时,可以在典型通用标识图形基础上按比例缩放,以便于文字识别和产品尺寸匹配为宜。

C.2 产品的各类风险等级专业标识风险说明示例

按照GB 2893.2规定,光辐射安全专业风险说明为黄色背景的矩形实线黑框,线宽为1.5 磅,说明内容分为上下2部分,不同颜色背景用等宽实线隔开。第一行是警告部分,由通用的三角形警告图形加上不同风险等级对应的颜色背景和黑体字警告词语,居中排列,一般用四号黑体字加粗,其中高风险级用“危险”(白色字体),背景用红色;中风险级用“警告”,背景用橙色;低风险级用“注意”,背景用黄色;其他部分统一用黑色文字加黄色背景的文字说明,居中排列。第二行是产品类别和风险等级,用小四号宋体加粗字体;第三行起的其他风险提示文字均为用五号宋体字。风险说明的具体尺寸和字号可以根据产品尺寸的大小适当调整,便于识别为宜。

激光产品和非相干光产品各类专业风险说明示例如下:

- a) 激光产品光辐射安全各风险等级专业标识中的风险说明的必备要素示例见图 C.1a)~h), 具有完整必备要素和可选要素的风险说明示例见图 C.1i)。更多风险说明内容参见 GB/T 7247 系列相关标准。

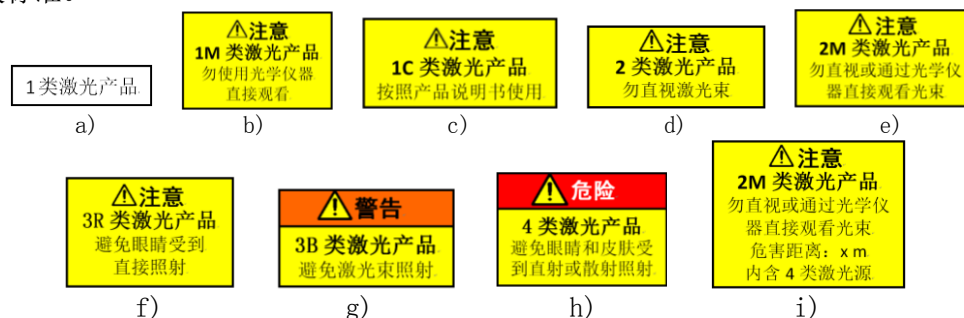


图 C.1 不同风险等级激光产品的风险说明示例

- b) 非相干光产品光辐射安全各风险等级专业标识中的风险说明的必备要素示例见图 C. 2a)-d)，带有可选要素危害距离的风险说明示例见图 C. 1e)。更多风险说明内容参照 GB/T 30117 系列相关标准。



图 C. 2 不同风险等级非相干光产品的风险说明示例

附录 D

(资料性)

光辐射安全管理的具体措施

涉及中、高风险等级发光产品生产、使用、检测、维修等产品工作过程的，均应建立健全光辐射安全管理体系或纳入职业健康与安全生产管理体系统一管理，明确光辐射安全的管理流程，分解落实光辐射安全管理职责；识别光辐射安全风险源产品、过程和相应的风险等级；明确光辐射安全管理涉及的产品、人员、工作场所（含光辐射危害区域、光辐射受控区域等）及其相应的控制和防护措施等重点事项；按规定进行光辐射安全培训和检查；确保光辐射安全受控，防止发生光辐射安全事故。光辐射安全管理的具体措施主要包括以下几个方面：

- 1) 应建立健全光辐射安全责任制，明确最高管理层、职能机关、业务部门和相关岗位的光辐射安全管理和监督职责，明确车间、科室主管领导和生产现场主管人员的管理职责，规定操作人员的安全职责。使用中、高风险等级产品，应设置专门授权的激光或光辐射安全员，负责光辐射产品生产、使用全过程的光辐射安全培训和风险评估、风险等级确认、现场控制措施的适宜性和有效性的监督工作；光辐射安全员有权在应急情况下采取适宜的强制性安全控制措施，避免或减轻光辐射危害。
- 2) 和光辐射安全相关的管理、操作、监督的所有人员，均应接受光辐射安全基础知识、光辐射安全标准及相关的管理流程、操作规程、工程控制方法和防护知识的培训；从事高风险等级产品的操作、调试、维修、检测人员要持证上岗，并按照管理制度进行周期考核；光辐射安全员应具备足够的光学光电子技术和光生物安全方面的专业知识，熟悉有关的法律、法规和规章制度以及光辐射安全相关的标准，保证能够正确行使职权。
- 3) 应重视员工身体健康。应贯彻预防为主方针，对经常接触中高风险等级的人员，应进行岗前和定期的身体健康检查，统一纳入职工健康管理计划，重点关注眼睛、皮肤等器官的健康状况和变化趋势，保证员工的身体健康符合相关职业健康标准。
- 4) 应加强中、高风险等级产品光辐射安全状态管理。要覆盖产品采购、验收、测试、维修、维护、使用、报废等全过程管理。在包含中、高风险等级光源的产品性能验收时，应同时进行光辐射安全方面的专业验收，主要包括光辐射安全的分级和标记正确（必要时进行测量或评估），确定产品的屏蔽、密封或嵌入式结构、安全联锁及内外接口，高风险等级产品的紧急停止按钮和应急处置说明等内容和信息，都应认真检查核实，如实填写检查表，建立设备光辐射安全状态档案，掌握产品的初始和实时安全状态。
- 5) 产品工作场所和人员防护分别按照 4.4.2 和 4.4.3 的要求进行控制。
- 6) 要针对高风险等级发光产品的使用特点，制定光辐射安全应急处置预案，一旦出现人身伤害事故时，能够及时进行处置的职责、流程和主要处置方法，并进行必要的宣贯、演练和评估，便于现场人员及时有效处置。对已经发生的光辐射安全事故，要在按照预案处置、减轻人员伤害和损失程度的同时，按照规定的职责和流程采取相应的纠正措施，防止安全事故重复发生。
- 7) 应对光辐射安全进行定期检查。要根据中高风险产品的数量、使用频率、工作状态，生产现场管理、操作使用人员能力、安全防护措施的有效性等情况，统筹确定检查内容和检查周期，至少每年进行一次全面的检查；新产品验收或维修后，新员工上岗，加工新产品、研发/实施新工艺、治疗新方案等主要节点，要进行专项检查。每次检查都要详细记录检查情况，发现问题或隐患要及时报告并采取适宜的纠正预防措施，及时纠正安全问题和消除安全隐患。具体检查内容可以参照 GB/T 7247 系列和 GB/T 30117 系列相关标准。
- 8) 应健全光辐射安全信息（档案）管理。在光辐射安全所有活动中涉及的全套光辐射安全管理制度、岗位责任制，人员培训、考核资料、上岗资格、光辐射安全员授权书、员工健康检查情况汇总，工作区域设置、工程控制措施、标识管理，产品（采购、安装、维修、维护）档案、产品使用说明书/操作规程，安全检查单（设备、生产现场等），光辐射安全事故（隐患）的纠正预防措施和责任查处等其它相关信息，都要及时收集、归档，定期进行

光辐射安全状态总结和分析，掌握光辐射安全的现状和发展趋势，发现问题隐患及时采取预防措施，防止发生安全事故。

附录 E

(资料性)

高风险等级产品工作场所安全控制措施

按照产品的预期用途，高风险等级产品工作场所的安全控制要求，可以并不限于从以下控制措施中选择，保证工作场所的光辐射安全受控。

- 1) 应有相对独立的专门工作场所，并进行相应的高风险级光辐射危害区域通用标识、工作警告灯等醒目的提示和警告标识；
- 2) 工作场所应使用明亮的灯光照明；
- 3) 工作场所的设施、橱柜等要尽量减少镜面反射，墙壁应采用深色亚光油漆等尽可能减小光学反射，普通人眼高度以下的门窗不应采用工作波段透明或反射率高的材料，窗帘应采用深色阻燃材料；
- 4) 室内使用的光辐射出口和传播光路、加工和医疗的工作区域/部位等高度位于普通工作人员坐姿和站姿的视平线区间（比如距地面高度 90cm~170cm）以内的，光束传播路径的侧向应设置围挡、护栏等隔离、屏蔽装置，并在光束末端设置光束终止器；
- 5) 产品安装就位后，工作场所应采取电钥匙开关、警告灯、光学屏蔽、联锁控制、防护罩、护栏、隔离、可接触距离等适宜的工程控制措施；
- 6) 产品工作场所应明确光辐射受控区域，采用门锁、电子门禁、开机联锁等管理方法，人员受控进入，其他人员未经许可不得进入；
- 7) 产品使用人员进行授权操作，防止非预期使用；
- 8) 光辐射危害区域内人员的防护要求；
- 9) 多台套高风险等级产品的工作场所，还应在产品之间采取有效的光学隔离措施，防止互相干扰和非预期叠加、增加光辐射安全风险。

参 考 文 献

- [1] GB 4706. XX-20xx 家用和类似用途电器的安全 含有激光和强光源（ILS）的化妆和美容护理器具的特殊要求
- [2] GB/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分:安全标志和安全标记的设计原则
- [3] GB/T 2893.2 图形符号 安全色和安全标志 第2部分:产品安全标签的设计原则
- [4] GB 2894 安全标志及其使用导则
- [5] GB/T 7247.2-2018 激光产品的安全 第2部分: 光纤通信系统（OFCS）的安全（IEC/TR60825-2: 2010, IDT）
- [6] GB/T 7247.3-2017 激光产品的安全 第3部分: 激光显示与表演指南（IEC/TR 60825-3: 2008, IDT）
- [7] GB/T 7247.4-2016 激光产品的安全 第4部分: 激光防护屏（IEC60825-4: 2011, IDT）
- [8] GB/T 7247.5-2017 激光产品的安全 第5部分: 生产者关于GB 7247.1的检查清单（IEC/TR 60825-5: 2005, MOD）
- [9] YY/T 0757-2009 人体安全使用激光束的指南（IEC/TR 60825-8: 2011, IDT）
- [10] GB/T7247.9-2016 激光产品的安全 第9部分 非相干光辐射最大允许照射量（IEC/TR 60825-9:1999, IDT）
- [11] GB/T 7247.13-2018 激光产品的安全 第13部分: 激光产品的分类测量（IEC/TR 60825-13:2011, IDT）
- [12] GB/T 7247.14-2012 激光产品的安全 第14部分: 用户指南（IEC/TR 60825-14:2004, IDT）
- [13] GB 9706.1-2020 医用电气设备 第1部分: 基本安全和基本性能的通用要求（IEC 60601-1:2012, MOD）
- [14] GB 9706.20-2000 医用电气设备 第2部分: 诊断和治疗激光设备安全的专用要求（IEC 60601-2-22: 1995, IDT）
- [15] GB/T 18490.1 机械安全 激光加工机 第1部分: 通用安全要求（ISO/IEC 11553-1:2005, MOD）
- [16] GB/T 18490.2 机械安全 激光加工机 第2部分: 手持式激光加工机安全要求（ISO/IEC 11553-2:2007, MOD）
- [17] GB/T 30117.2-2013 灯和灯系统非相干光产品的光生物安全 第2部分: 非激光光辐射安全相关的制造要求指南（IEC/TR 62471-2:2009, IDT）
- [18] GB/T 30117.3-2019 灯和灯系统的光生物安全 第3部分: 对人体的强脉冲光源设备的安全使用准则（IEC TR 62471-3:2015, IDT）
- [19] GB/T 30117.4-2019 灯和灯系统的光生物安全 第4部分: 测量方法（IEC TR 62471-4:20xx, IDT）
- [20] GB/T 30117.5-2019 灯和灯系统的光生物安全 第5部分: 投影仪（IEC TR 62471-5:2015, IDT）
- [21] GB/T 34034-2017 普通照明用LED产品光辐射安全要求
- [22] GB/T 34075-2017 普通照明用LED产品光辐射安全测量方法
- [23] GB/T 38246-2019 家用激光显示系统光辐射安全特性评价要求
- [24] GB/T 38248-2019 家用激光显示系统光辐射安全特性评价方法
- [25] ISO 15004-2:2007 Ophthalmic instruments – Fundamental requirements and test methods – Part 2: Light hazard protection ISO 15004-2:2007 眼科仪器 – 基本要求和试验方法 – 第2部分: 光危险防护