

激光安全手册

什么是激光？

LASER 是 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 的缩写。激光产生的能量在电磁光谱的光部分内或附近。能量由一个叫做受激辐射的原子过程放大到极高的程度。这里的术语“辐射”经常被误解，因为该术语也用来描述放射性材料和电离辐射。然而，本书中辐射一词是指能量转换。能量通过传导、对流和辐射从一个位置移动到另一个位置。激光的颜色一般用激光的波长来表述。最常用的激光波长单位是纳米（nm）。一米等于 10 亿纳米。

激光束危害

激光产生高强度和高方向性的光束。如果对准、反射或聚焦到一个物体上，激光将部分被吸收，会使物体表面或内部温度升高，引起材料的局部变化或变形。

激光对眼睛和皮肤有潜在的损害

这些性质应用到激光手术和材料加工也会引起组织破坏。此外对这些受明显热影响的组织，当激光波长足够短的时候，即在光谱的紫外或蓝色区域，也会有电化学反应。今天，最大功率的激光器设计要使在正常操作时的激光辐射降到最小。较低功率的激光器可发出无害的激光水平。

人体对特定的激光输出是脆弱的，在特定的环境里，暴露在激光面前会导致眼睛和皮肤的损伤。为了了解激光辐射的生物危害，针对眼睛和皮肤伤害阈值的研究已经在进行。一般来讲，人的眼睛比人的皮肤更脆弱。不像皮肤，角膜（眼球透明的外前表面）没有死细胞的外表层保护。在光谱的远紫外或远红外区域，眼睛的透镜体容易受到损伤。然而，最关注的是在视网膜光谱损害区域，大约 400nm（紫光）到 1400nm（近红外），并包括了光谱的整个可见光部分。

在这个光谱区内，直射的激光可在视网膜上聚焦为一个很细小的斑点。

要发生最糟糕的暴露事件，一个人的眼睛肯定是一定距离被聚焦并且直射光束或镜面反射肯定进入眼睛。视网膜危害区的准直光束进入眼睛照射在视网膜后会以 100,000 倍聚集。因此，一束可见的 1 毫瓦/平方厘米的激光将造成 100 瓦/平方厘米照射到视网膜，这是足以引起损伤的功率密度（照度）。

如果眼睛不是在一定距离被聚焦，或光束是由漫散的表面（非镜面）反射，引起损伤需要更高水平的激光辐射。同样，由于这种眼部聚焦效果不适用于皮肤，皮肤受到此类波长的损害很小。

非光束危害

除了激光束本身对眼睛和皮肤的直接危害，列出激光应用有关的其它危害也很重要。

在某些情况下，这些非光束危害可能造成生命威胁，例如，触电、火灾和窒息。表 1 列出了与激光应用有关的潜在非光束危害。由于这些危害的多样性，雇用安全或工业卫生专业人员 进行有效危害评估是必要的。

安全标准

有很多激光安全标准，包括联邦和州立的规章 和非规章标准等。

OSHA 标准

有确保安全工作场所责任的美国劳动部的规章 管理在职业安全与健康管理局（OSHA）中实施。此时，OSHA 还没有一个全面的和综合性的激光标准。仅有一个在建筑领域覆盖激光用户的

OSHA 标准（29CFR1926）。

然而，现在已经有了在公共法 91-596 的“通则条款”下权威实施的与激光有关的 OSHA 引文；1970 年的职业安全与健康条例。在这些情况下，OSHA 监督员要求雇主采用工业协商标准如 ANSI Z136.1 标准给出的建议和要求改进 报告的不安全工作场所。

ANSI Z136 激光安全标准

最重要和最常引用的激光标准是美国国家标准研究院的 Z136 系列激光标准。这些协商标准代表了激光安全标准，是激光安全计划在工业、医疗、研究和政府的基础。ANSI Z136 系列激光安全标准被 OSHA 和许多美国州作为评估激光有关的职业安全事件的基础。例如，OSHA 在实施“通则条款”时可参考 ANSI Z136 标准。ANSI Z136.1 激光的安全使用，Z136 系列中的母版文件，提供了关于如何针对安全、激光安全计算和测量，给所有类型激光设施的激光安全官员和激光安全委员会的建议，对激光分类的信息。按设计提供激光用户以适当发展综合激光安全计划所需的信息。

FDA 标准

对激光产品制造厂来讲，最重要的标准是仪器和射线健康中心（CDRH），规范产品特性的食品和药品管理中心（FDA）的规章。1976 年 8 月以来在美国销售的所有激光产品必须由制造商证明满足特定的产品性能（安全）标准，每种激光必须佩带符合标准的标签并指明激光的危害等级。

激光危害分类

随着人们对阳光和常规人造光源危害的理解加深，研究成果允许科研人员可以对几乎所有激光辐射设立安全暴露极限。这些极限通常被激光安全专业人

员看做最大允许暴露 (MPE's) 值。一般情况下不需要直接利用 MPE's 值。在实验室和工业上百万小时的激光应用经验已经允许发展激光危害分类或等级的体系。激光器和激光产品制造商需要证明其激光是四类或危害分类中的一种, 并标识出来。这就允许使用标准的安全测量方法根据激光或激光系统的种类来减少或消除意外发生。以下是四种主要的激光分类的简要描述:

1 类

1 类激光系统被认为在操作过程中不能产生可造成损伤水平的辐射, 不用采取任何控制措施或其它形式的监管。尽管某些一类激光发出很微弱的无害光束, 多数一类激光系统混和“嵌入”的高功率激光, 而高功率激光只有在重要的安全特点比如联锁被打破或像在服务期有时做的那样精心绕过的时候才能允许。这种情况下, 系统暂时回复到原始激光分类(需要特殊的安全程序)。

注: 以前分类为 2a 类的产品应按一类处理。

1M 类

1M 类激光系统被认为在正常操作条件下不能产生有害的暴露, 除非用光学仪器观察, 比如眼罩 (eye-loupe) (发散光束) 或放大镜 (准直光束); 除了要避免光学辅助观察的潜在危害不用采取任何控制措施; 不需要进行其它形式的监管。

2 类

2 类激光系统发出可见光谱 (400—700nm), 一般人的 0.25 秒反感反应可使眼睛得到保护。

2M 类

2M 类激光系统发出可见光谱 (400—700nm), 对无助观察来说一般人的反感反应可使眼睛得到保护。然而, 如果用特定的光学辅助观察可有潜在的危害。

3 类 (中等功率)

3 类激光系统在直接和镜面反射条件下观察可能有害。但一般不是散射危害或燃烧危害。有 2 个亚类, 3R 类和 3B 类, 如果眼睛被适当聚焦并稳定, 一个 3R 类激光系统在直射和镜面反射观察条件下有潜在危害, 但实际损伤可能性很小。这种激光既不会造成燃烧危害也不会造成散射危害。一个 3B 激光系统在直接和镜面反射观察条件下可能是危险的, 但一般不会是散射或燃烧危害。

注: 以前分类为 3a 类的产品应按等同 3R 类处理。

4 类 (高功率)

直对 4 类激光光束对眼睛和皮肤是有危害的，并可造成散射或燃烧危害，也可以产生悬浮污染物和有害的等离子体辐射。

激光安全员 (LSO)

ANSI Z136.1 指出，对 3B 类或 4 类激光或激光系统，在所有操作、维护和服务环境下，应指定激光安全员。

这个人应有权威和责任监督和加强激光危害的控制。这个人也有责任评估激光危害并采取适当的控制措施。

对 3B 类和 4 类激光，应任命一个激光安全员来监督安全

激光安全员 (LSO) ANSI Z136.1 指出，对 3B 类或 4 类激光或激光系统，在所有操作、维护和服务环境下，应指定激光安全员。

这个人应有权威和责任监督和加强激光危害的控制。这个人也有责任评估激光危害并采取适当的控制措施。

对 3B 类和 4 类激光，应任命一个激光安全员来监督安全

激光安全员 (LSO) 根据激光环境要求可以是全职的或兼职的岗位。此人可来自职业健康和安 全、工业卫生，或类似的安全有关的部门。LSO 也可以是工程或产品部门的一员。任何情况下，LSO 必须有适当的培训以便建立和管理一个激光安全程序。

LSO 可以履行的责任包括危险评估和规划危险区域，控制措施和守则发布，批准标准操作程序 (SOP's) 和维护/服务程序，批准设备安装，激光从业人员安全培训，推荐和批准个人防护设施，以及肩负其它管理责任。

Z136 控制激光危害建议

像其它任何潜在危险操作一样，通过使用适当的设施和训练有素的人员，激光可被安全使用。

ANSI Z136.1 激光安全使用标准详细描述了避免潜在意外发生的控制措施。

这些控制措施被分为两个不同类别，工程控制和管理/程序控制。工程控制的实例包括保护房屋和联锁装置，保护过滤安装，键盘控制，和系统联锁。管理/程序控制包括标准操作规程和人员保护设施如激光眼罩。总的来讲，工程控制的发展比较昂贵，但通过除去依赖于人，遵守严格的程序，在人员保护设备失效或误用的可能性，被认为更为可靠。

管理/程序控制被设计用于补充工程控制措施以 确保激光从业人员得到完全的保护。这些控制 的焦点是提供足够的教育和培训，提供保护设 施，以及与激光操作、维护和服务相关的程序。

工作在 3 类或 4 类激光和系统时需要进行安全培训。也推荐在一个标刻的、受控制的范围内 操作。对 4 类激光或系统而言，眼睛保护总是 需要的，设备联锁和进一步的安全警报也要采 用。对每一种激光分类的控制措施在 ANSI Z136.1 激光安全使用标准中被完全定义。本文 件为单一最重要的一条关于激光安全使用的信 息，应该是每种激光安全计划的一部分。ANSI Z136 中其它标准包括：

SI Z136.2 - 使用激光二极管和 LED 光源光纤通讯系统安全使用

ANSI Z136.3— 健康护理设施中激光安 全使用

ANSI Z136.4- 有害评估激光安全测量建 议方法

ANSI Z136.5—教育机构激光安全使用

ANSI Z136.6- 户外激光安全使用