

辐射类实验安全规范

目录

一

辐射知识

二

激光的危害与防护

三

电离辐射的危害与防护

四

电磁辐射的危害与防护

事故案例

玛丽·居里（1867.11.7~1934.7.4），世界著名科学家，研究放射性现象，发现镭和钋两种天然放射性元素，获得诺贝尔物理奖和诺贝尔化学奖。

1896年，法国物理学家亨·贝克勒发现了元素放射线。但是，他只是发现了这种光线的存在。这引起了居里夫人的极大兴趣，于是在一间简陋的窝棚里，她把上千千克的沥青矿残渣煮沸提炼，经过三年零九个月的工作，1902年，居里夫妇终于提炼出0.1g镭盐，接着又初步测定了镭的原子量。

在发现镭之后的不断研究中，镭射线也无声侵蚀着她的身体，逐渐变得眼花缭乱，浑身乏力。居里夫人晚年在镭学研究院工作，由于长期受到放射性物质的损害，患了白血病，于1934年7月4日逝世。



一、辐射知识

1、辐射（Radiation）的概念

辐射是指由发射源（电磁波等）发出的电磁能量中一部分脱离场源向远处传播，而后不再返回场源的现象，能量以电磁波（伽马射线、X射线等）或粒子（如 α 粒子、 β 粒子等）的形式向外扩散。

辐射存在于自然界的一切物体中。只要温度在绝对零度以上，都以电磁波的形式不停地向外传送热量，而这种传送热量的方式便被称为辐射。

辐射无处不在，与我们的生活也息息相关。

- **自然界：**太阳、地球磁场、宇宙（宇宙射线属于天然本底辐射）、呼吸的空气（来自放射元素氡）；
- **日常生活：**微波炉、电吹风、手机、电脑等电器，地铁安检仪、医用检查设备（如MRI、CT机等），甚至脚下的土壤、所吃食物等。如香蕉富含放射性钾-40；吸食烟草中含放射性钋与铅。
- **实验室：**放射性同位素（放射源）、X射线衍射仪、激光设备、核磁共振波谱仪等强磁设备等。

一、辐射知识

2、辐射分类

按照辐射作用于物质时产生的效应不同，根据**电离能力**将辐射分为**电离辐射**与**非电离辐射**两大类。**电离辐射**对人体产生的**影响最大**，甚至导致**死亡**。

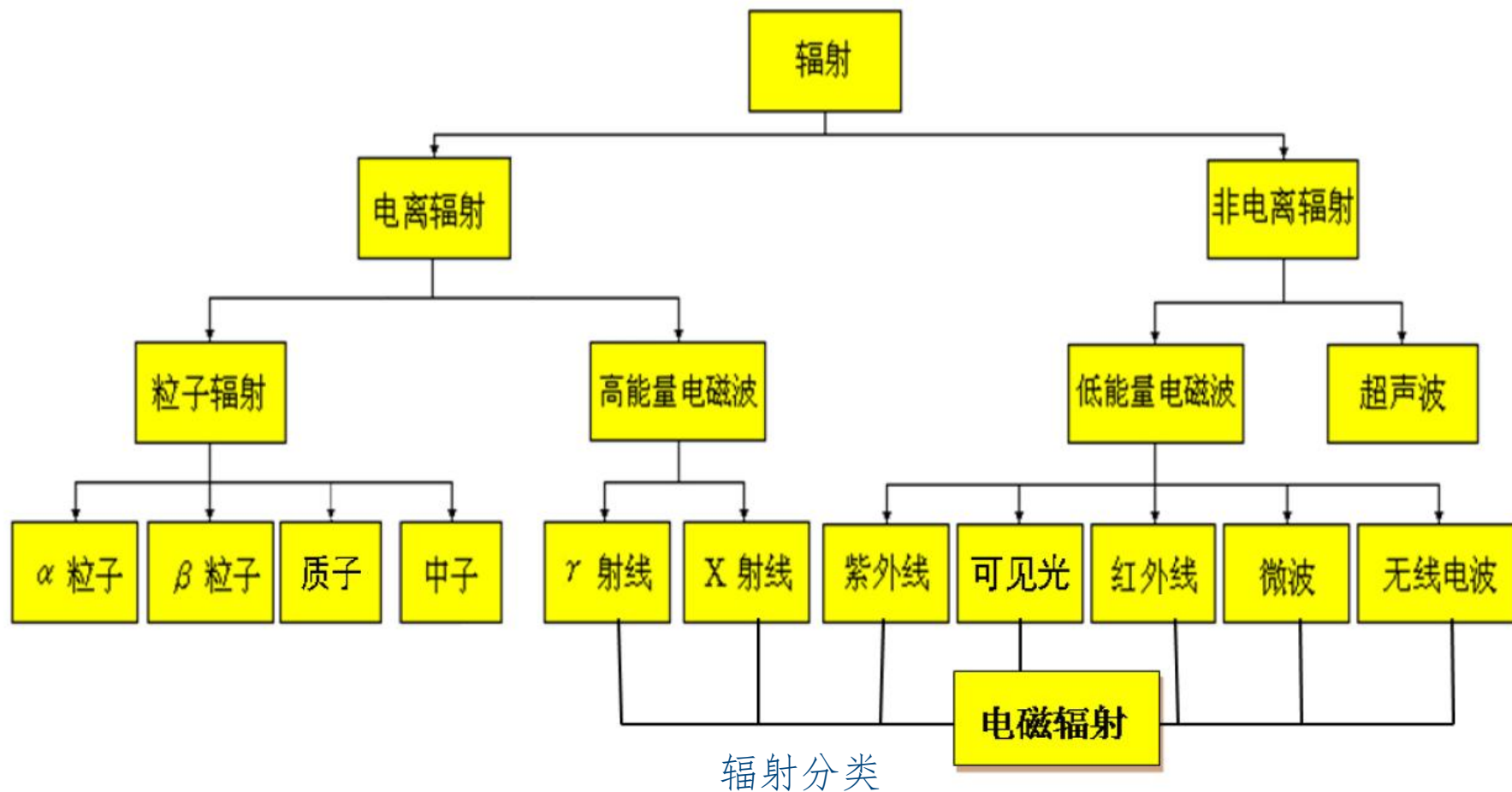
(1) 电离辐射

电离辐射的全称是致电离辐射，是指携带足以使物质原子或分子中的电子成为自由态，从而使这些原子或分子发生电离现象的能量的辐射，包括宇宙射线、X射线和来自放射性物质的辐射。阿尔法（ α ）、贝塔（ β ）、伽马（ γ ）辐射及中子辐射均可以加速至足够高能量电离原子。

(2) 非电离辐射

非电离辐射的能量较电离辐射弱。非电离辐射不会电离物质，而会改变分子或原子之旋转，振动或价层电子轨态。非电离辐射对生物活组织的影响被研究的时间并不长。不同的非电离辐射可产生不同的生物学作用。

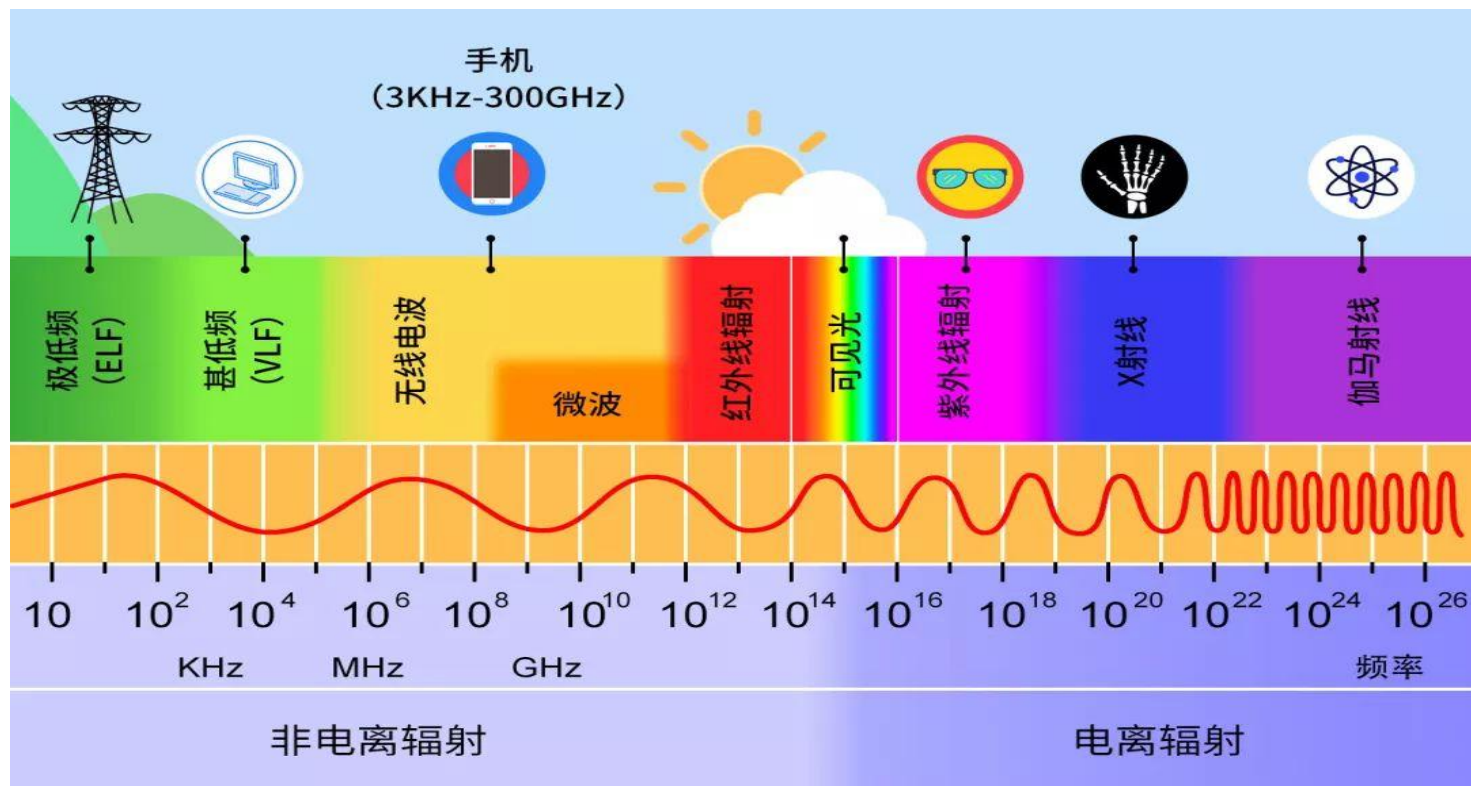
一、辐射知识



本教程讨论的是电离辐射，除特别标示外，辐射特指电离辐射。

一、辐射知识

以波的形式传播能量的被称为**电磁辐射**（即电磁波），在其波谱段内，按照频率从低频率到高频频率分类，包括无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线和伽马（ γ ）射线等，既包括了可以引发**非电离辐射**，又包括了能够引发**电离辐射**的波段。



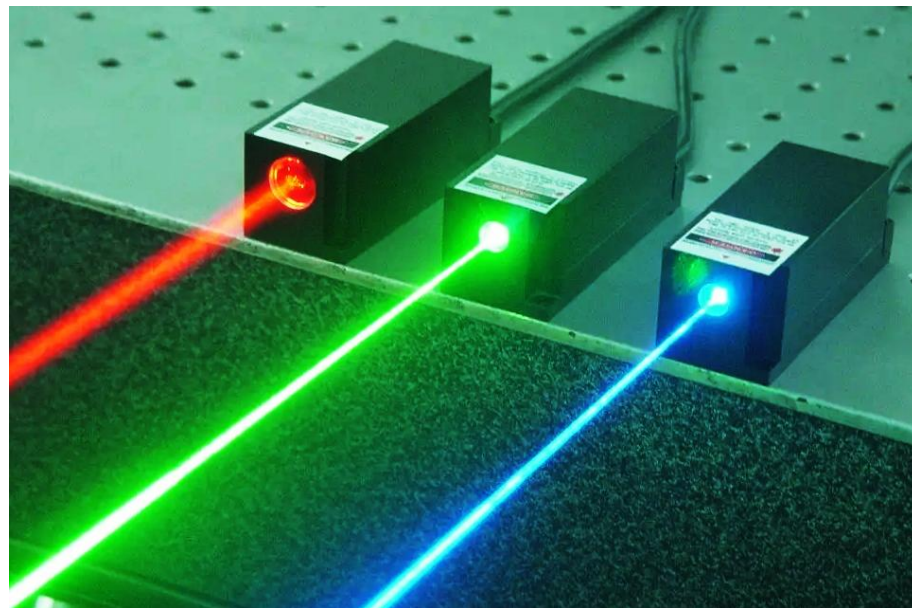
二、激光的危害及防护

1、激光的概念：

激光辐射(laser radiation)是人工激活特定的活性物质，在特定条件下产生的受激发光的辐射，即受激辐射的光，故名“激光”。激光是一种具有大能量密度、高度方向性和相干性的**光辐射**，属于**非电离辐射**。

激光是20世纪以来继核能、电脑、半导体之后，人类的又一重大发明，被称为“最快的刀”、“最准的尺”、“最亮的光”，利用激光的**定向性好**和**高亮度**，在测距、雷达、光纤通信、医学、机械加工(焊接、切割、钻孔等)、导弹制导和核聚变试验等方面广泛应用。

激光辐射对人体的伤害主要是由**激光热效应**、**光压效应**和**光化学效应**所致，防护重点是**眼和皮肤**。



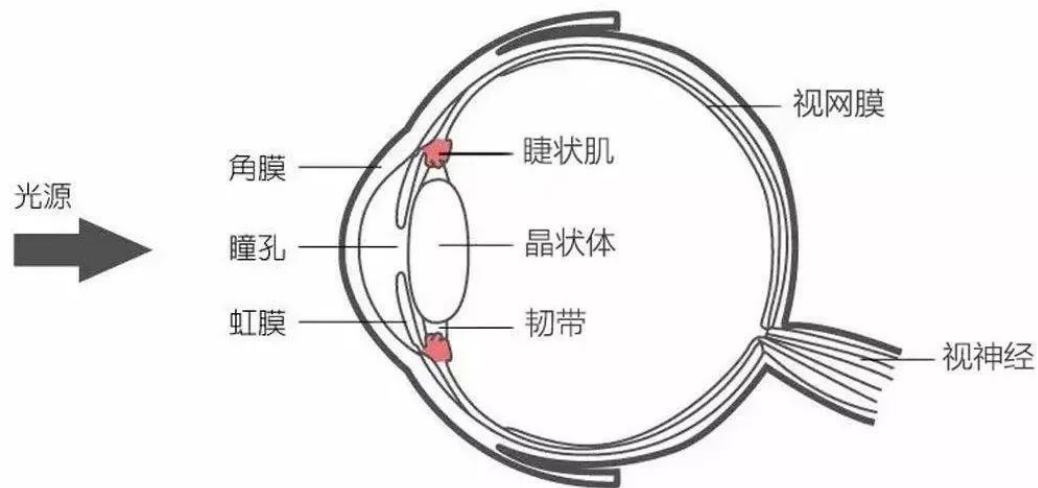
二、激光的危害及防护

2、激光的危害

(1) 对眼睛的伤害

激光的亮度比太阳、电弧亮度高数十个数量级，会对眼睛造成严重的损伤。眼睛如果收到激光的**直接照射**，由于激光的**强烈加热效应**，会造成视网膜损伤，引起视力下降，严重时可瞬间致盲。即使是小功率的激光束，由于人眼睛的光聚焦作用，也会导致眼底组织收到损伤。

激光的**反射光**对眼睛具有同样的危险性，尤其在切割反射率很高的材料时，强烈的激光反射光对眼睛的伤害程度与直接照射相当。另外激光的**漫反射光**也会使眼睛收到慢性伤害，引起视力下降。



二、激光的危害及防护

(2) 对皮肤的伤害

皮肤如果受到激光的**直接**照射，特别是受到聚焦后光束的照射，会使皮肤灼伤，并且这种灼伤很难愈合。激光功率密度十分大，伤害力更大，会造成**严重**烧伤。

可见光波段和红外段激光的辐射会使皮肤出现红斑，进而发展为水泡。极短脉冲、高**峰值**功率激光辐射会使皮肤表面炭化。

受紫外光、红外光的长时间**漫反射**作用，则会导致人体皮肤的老化、炎症甚至皮肤癌等严重后果。

二、激光的危害及防护

3、激光的安全等级和防护

不同的国家和组织制定了多种激光安全标准，主要有IEC（国际电工委员会），美国的ANSI（美国国家标准协会），CDRH（装置与放射卫生中心），国际组织OSHA（职业安全与健康管理局），欧洲的EN608标准，日本JISC标准以及中国国家标准GB。

中华人民共和国国家标准——激光产品的安全（第1部分：设备分类、要求）即GB7247.1-2012，该标准主要基于IEC 60825-1文件，并进行了技术更新和内容的调整，主要适用于波长180nm-1mm之内的激光产品的激光辐射的安全，对各类激光的危害有了更详细的解释，意在通过类别的划分增加相应的保护措施来减少激光辐射危害。

国标GB文件将激光分为7类，与IEC的分类名称一致：即1类，1M类，2类，2M类，3R类，3B类，4类。

二、激光的危害及防护

1类激光产品在可合理预见的情况下是安全的，但是在光线暗的环境中，受到激光的照射或者镜面反射照射也可能出现眩目的视觉效果。同时，因为这是基于正常工作时受到的辐射水平估计，在维护过程中如果解除了激光器挡板的联锁，所接触到的激光辐射可能就高于1类激光的要求了。

1M类激光产品在302.5nm~4000nm波长范围内的发射极限和1类激光一致，但是在使用光学仪器，如放大镜或者望远镜观察时就有潜在的辐射危害。

2类激光产品的波长范围为400nm~700nm，一般指低功率的激光，就算遭到直射，人眼的回避反应（0.25s的及时反应）能避免人眼受到辐射伤害，但是如果反复低于0.25s的直射或者有意注视光束，也是有潜在危害的。2类激光容易引起炫目，闪光盲和视后像现象（人眼受刺激时看到的图像不会在短时间内消失）。

2M类激光产品和1M类别有类似的特点，在400nm~700nm的波长范围内发射极限和2类激光一致，但是在使用光学仪器，如放大镜或者望远镜观察时就有潜在的辐射危害。

二、激光的危害及防护

3R类激光的发射极限为2类可见光束和1类不可见光束的5倍，损伤风险随着照射持续时间的增加而增强，有意的照射是危险的，所以一般用于不可能发生直射或者镜面反射的场景下使用。

3B类激光的激光直射，包括镜面反射和少于0.25s的短时照射都是有危险的，发射极限较高的3B类产品还会引起轻微的皮肤烧伤，甚至有点燃易燃材料的危险，并且部分3B激光长时间的漫反射也对眼睛造成伤害。

4类激光产品光直射，镜面反射，少于0.25s的短时照射以及漫反射都是有危险的，这类激光产品也经常引起火灾，这类产品要注意在可能透光的窗口都要有激光警示标志，这也是为什么很多高功率激光设备的窗口采用激光防护玻璃。

二、激光的危害及防护

在使用激光产品的时候务必要注意激光的分类，不仅关系到使用者的安全，在分类时激光设备根据不同类别必须配备不同的安全措施，从产品端把安全风险降到最低。从标准上可以看出，除了1类（不包括1M）是安全的，其它类别的激光，在使用时都要注意激光安全防护。



激光警示标志



常见激光器设备上张贴的激光警示标识

二、激光的危害及防护

4、实验室激光设备使用注意事项：

1.实验室有激光设备作业指导书或者张贴安全操作规程，在激光设备上或者边上醒目位置贴有激光危害的警示标识。

2.激光功率较大的激光设备要有互锁装置、防护罩。激光照射方向不会对他人造成伤害，防止激光发射口及反射镜上扬。

3.激光操作人员须做好个人防护，穿戴好合适的防护眼镜等防护用品，不带手表等能反光的物品，尤其要注意根据激光的波长选择相应的防护眼镜。

4.禁止直视激光束和它的反向光束，禁止对激光器件做任何目视准直操作，禁止用眼睛检查激光器件故障，须在断电情况下进行检查操作。



使用激光设备时，应选择佩戴相应波长的防护眼镜

三、电离辐射的危害及防护

电离辐射是指与物质直接或间接作用时能使物质原子或分子电离的一切辐射。其中种类很多，高速带电粒子有 α 粒子、 β 粒子、不带电粒子中子以及X射线、 γ 射线。

电离辐射的特点是波长短、频率高、能量高。能够对人体造成辐射损伤。

辐射工作具有一定的风险，需要严格遵守安全操作规程，配备相应的辐射监测设备和防护用品等。随着高校科研水平和科研任务的不断增加，放射性物品和设备在高校的应用也越来越频繁。近年随着政府等相关主管部门不断增加对放射性物品和设备的监管，以减少放射性物品和设备所产生的电离辐射对实验人员、环境和公众造成的损害。



当心电离辐射

三、电离辐射的危害及防护

1、实验室常见电离辐射源：

高校实验室涉及到的电离辐射源主要有放射源、非密封放射性物质、射线装置。

放射源是指永久密封在容器中或严密包层并成固态的放射性材料。根据其危程度需要许可管理的放射源分为5类（I类，II类，III类，IV类，V类），其中I类放射源最危险，V类放射源危险性最小。

非密闭性放射性物质是指非永久密封在包壳里或者紧密地固结在覆盖层里的放射性物质。依据其危险性分为甲、乙、丙3级，安全管理参考I类、II类、III类放射源安全监管要求。

三、电离辐射的危害及防护

射线装置是指X射线机、加速器、中子发生器等在通电运行时可产生射线的装置以及含放射源的装置。

纳入许可监管的射线装置按危险程度从高到低分为I类、II类、III类射线装置，其中I类射线装置最危险，III类射线装置实验室较为常见。

（一）I类为高危险射线装置，事故时可以使短时间受照射人员产生严重放射损伤，甚至死亡，或对环境造成严重影响；比如能量大于100兆电子伏的的医用射线装置、医用加速器、生产放射性同位素的加速器（不含制备PET用放射性药物的加速器）、能量大于100兆电子伏的加速器。

（二）II类为中危险射线装置，事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤，大剂量照射甚至导致死亡；比如放射治疗用X射线、质子治疗装置、工业探伤加速器、安全检查用加速器、工业用X射线CT机、X射线探伤机等等。

（三）III类为低危险射线装置，事故时一般不会造成受照人员的放射损伤。比如医用X射线CT机、牙科X射线机、X射线行李包检查装置、X射线衍射仪等等。



X射线衍射仪

三、电离辐射的危害及防护

2、电离辐射的危害和防护：

人体接受过量电离辐射后会发生皮肤烧伤、毛发脱落、眼痛、白细胞减少等症状，受到大剂量照射后会产生更为严重的放射病甚至造成死亡。

可以通过适当防护措施完全避免电离辐射，辐射防护的任务是既要保障从事辐射工作人员和公众的安全和健康，最大限度地预防和减少电离辐射对人类的危害，又要允许进行那些可能会产生辐射的必要实践活动以造福人类。

辐射防护的基本目的：

防止发生有害的**确定性效应**，并保证采取所有合理的措施，以降低**随机性效应**的发生率到认为可以接受的尽可能低的程度，从而最大限度地保证人们的辐射安全。

辐射防护三原则是指：一、实践的正当性，二、辐射防护的最优化，三、个人剂量限制。

三、电离辐射的危害及防护

我国的辐射安全标准:

公众:

- 年平均所接受的照射不能超过1mSv

辐射工作人员:

- 连续5年的平均有效剂量不能超过20mSv，且任意连续12个月的有效剂量不能超过50mSv。

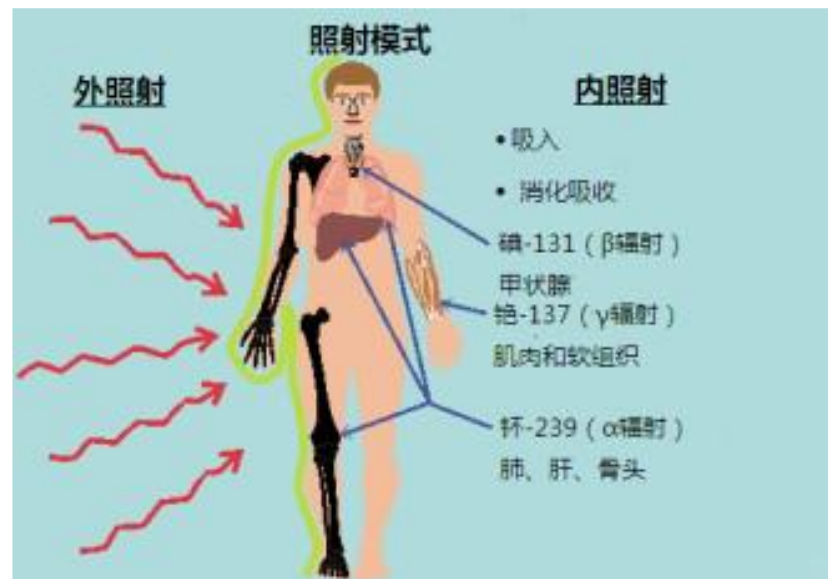
三、电离辐射的危害及防护

辐射对人体的照射方式分外照射和内照射两类。

当放射性物质经由食入、吸入、皮肤粘膜或伤口进入体内时，在体内衰变释放出粒子、光子等作用于机体的称为内照射；

体外电离辐射源释放出粒子、光子作用于机体的称为外照射。

与此相应，辐射防护也分外照射防护和内照射防护两类。

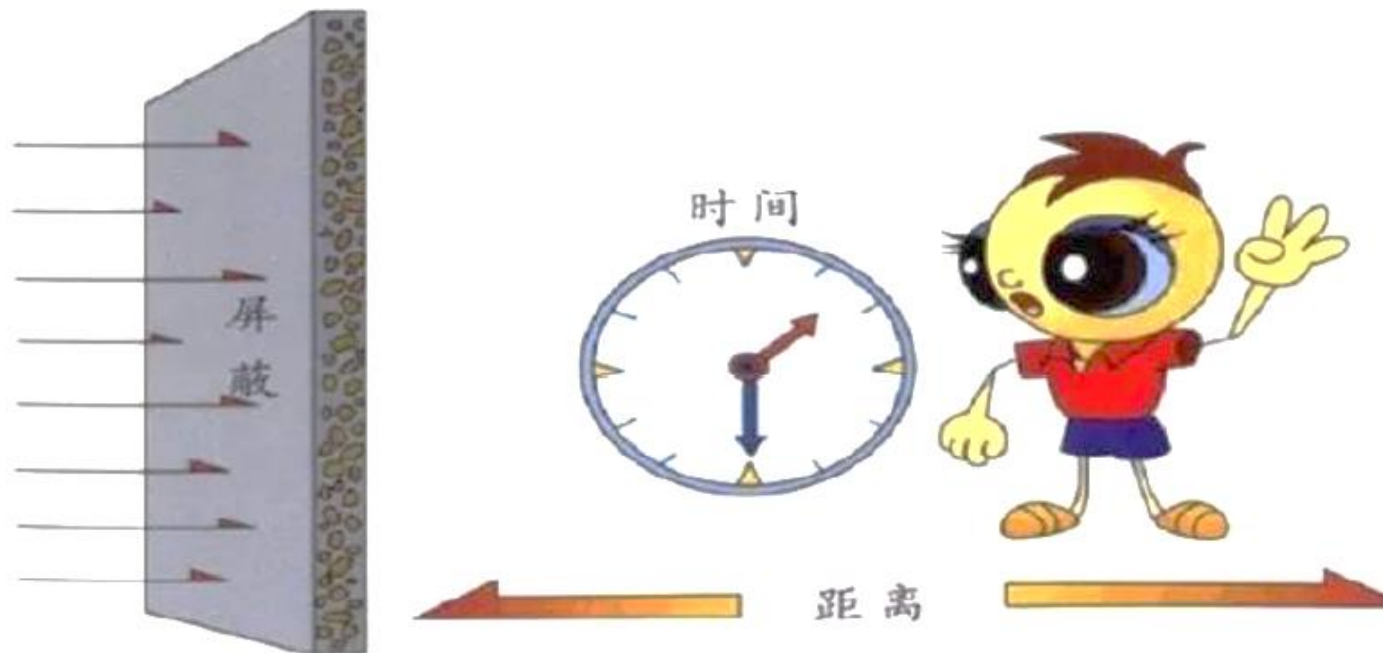


三、电离辐射的危害及防护

外照射防护：

根据外照射的特点，外照射防护的基本原则是尽量减少或避免射线从外部对人体的照射，使之所受照射不超过国家规定的剂量限值。时间、距离和屏蔽一般称为外照射防护三要素。

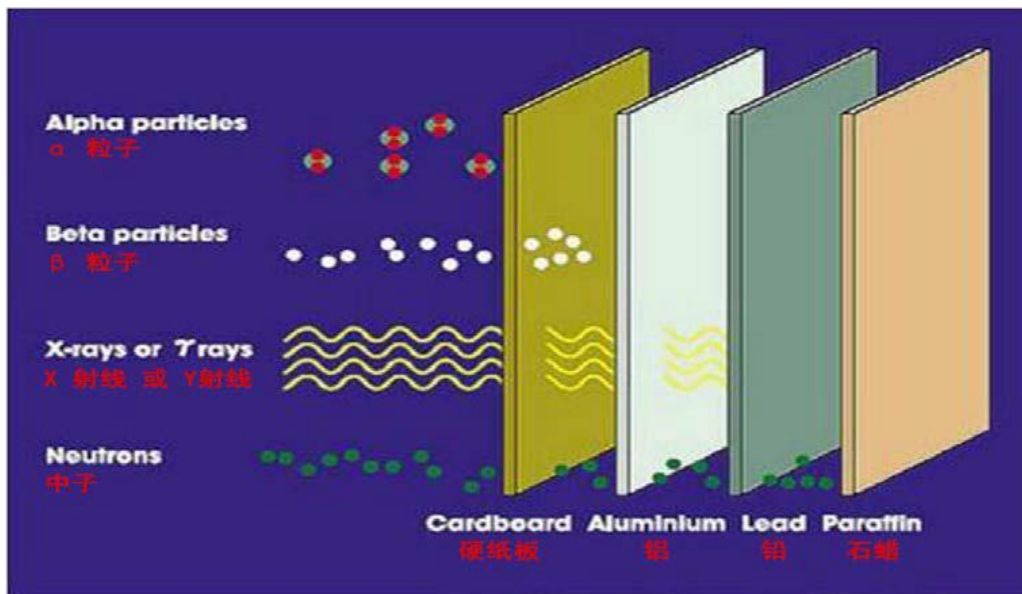
- 减少接触放射源的时间；
- 增大与放射源的距离
- 设置屏蔽



外照射防护三原则

三、电离辐射的危害及防护

不同类型的辐射，即使在能量相同的情况下，其穿透能力也是不一样的；依据辐射与物质相互作用机制的不同，对不同辐射采用不同的屏蔽措施。



不同类型辐射的穿透能力

射线类型	作用形式	材料选择原则	常用屏蔽材料
α	电离、激发	——	——
β	电离、激发、韧致辐射	低 Z 材料+高 Z 材料	铝、有机玻璃、混凝土、铅
γ、x	光电、康普顿、电子对	高 Z 材料、	铅、铁、钨、混凝土、砖
中子	弹性、非弹性、吸收	含 H 低 Z 材料、含硼材料	水、石蜡、含硼聚乙烯

不同辐射屏蔽材料的选择

三、电离辐射的危害及防护

内照射防护：

内照射是指放射性物质进入人体内所引起的照射，造成内照射的原因通常是由于吸入被放射性物质污染的空气，食用被放射性物质污染的水和食物，或者发生事故时放射性物质从伤口进入体内。

主要防范措施有两方面。

- 防止放射性物质经呼吸道进入体内，
- 避免放射性物质经口进入体内。

实验室内工作人员必须遵守安全操作规程，防止经被污染的手接触食物而将放射性物质转移至体内。



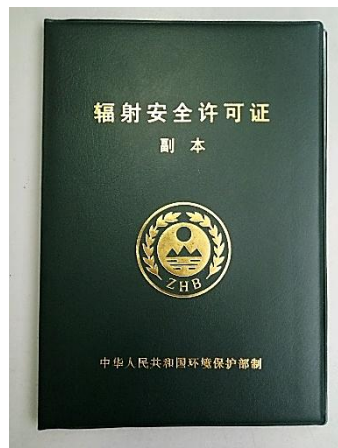
三、电离辐射的危害及防护

3、辐射安全管理要求

1. 学校应取得《辐射安全许可证》，并在规定许可范围内开展实验活动。
2. 辐射人员须经过专门培训，取得培训合格证书，每2年开展涉辐人员职业体检，建立健康档案。
3. 涉辐人员进入实验场所应该佩戴个人剂量计，并委托有资质单位按时进行剂量检测（一般2-3个月一次），有检测报告，建立剂量管理。



辐射安全许可证（正本 副本）



辐射安全考试证书



体检
上海放射医学门诊部



个人佩戴 热释光剂量计
和剂量报警仪

三、电离辐射的危害及防护

- 4. 涉辐场所应设置明显**警示标志**、**警戒线**和**剂量报警仪**，放射源源库采取**双人双锁**，并有**安全报警系统**（与公安部门联网）和**视频监控系统**。涉辐场所每年由有资质的第三方开展**环境监测**，并取得合格的**监测报告**。
- 5. 放射源按照规定做好使用登记，并定期开展放射源的**点检**工作，防范放射源被**盗抢**遗失等情况。
- 6. 放射源和射线装置的退役须经过学校向发放辐射许可证的生态环境部门**申请报废**处置。



警示标志、警戒线



安全连锁检测与警示系统



环境监测报告



放射源点检



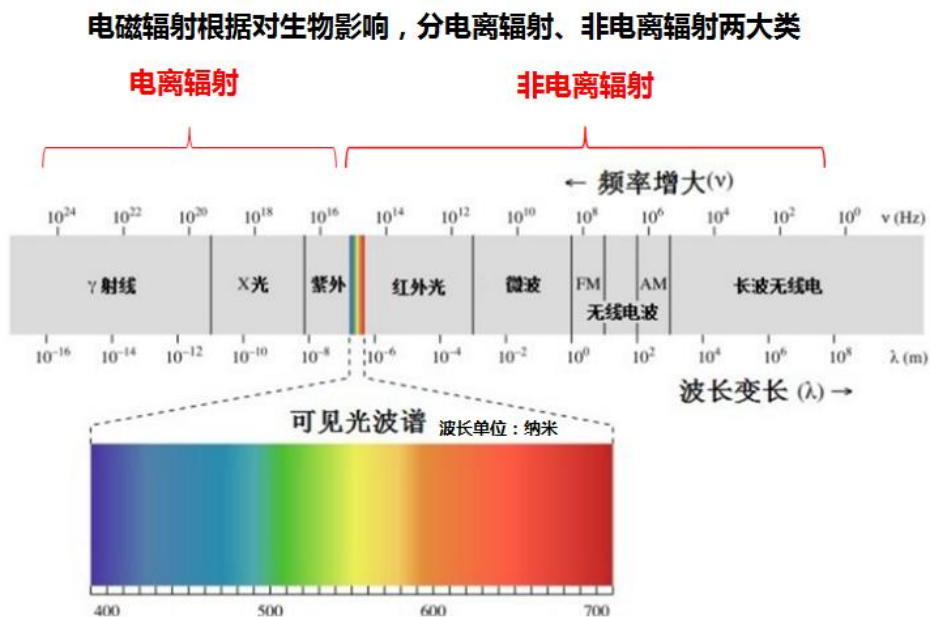
放射源报废收贮

三、电磁辐射的危害及防护

电磁辐射是能量以电磁波的形式在空间传播。它的主要特点是看不见摸不着；辐射强度随着远离辐射源的距离增大而减小。

电磁辐射通包含电离辐射和非电离辐射，狭义的电磁辐射通常是指红外线以下低频部分。

即本章节所指电磁辐射即红外线以下电磁波段的辐射，属于非电离辐射。



电磁辐射

三、电磁辐射的危害及防护

电磁辐射的来源分为天然和人工两种。

天然电磁场包括雷电、地磁场、宇宙空间的电磁噪声、太阳系的电磁骚扰等。这类电磁场产生的电磁辐射称为天然电磁辐射，对人体没有任何危害。

人类发明了许多利用电磁能工作的设施，这些设施大量地向环境中发射电磁辐射，如：广播电视、通信、雷达、工业科研医疗高频设备等，这些都是人工的电磁辐射。人工的电磁辐射会带来电磁环境保护和电磁辐射防护问题。

在高校实验室内，教学科研仪器设备如**核磁共振波谱仪**、**微波设备**、**强磁设备**等需要加强电磁辐射安全管理，以防对人体和环境产生危害。



核磁共振波谱仪

三、电磁辐射的危害及防护

1、电磁辐射的危害

电磁辐射危害人体的机理主要是**致热效应**、**非致热效应**。

致热效应：是指人体在**高强度**的**电磁波**下，吸收辐射能量，在体内转化为热量，产生生物反应。当电磁场的频率很高时，机体内的电解质溶液中的离子将在其平衡位置振动，也将电能转化为热能。

非致热效应：人体的器官和组织都存在**微弱**的**电磁场**，它们是稳定和有序的，一旦受到外界电磁场的干扰，处于平衡状态的微弱电磁场即将遭到破坏，人体也会遭受损伤。非致热效应是不引起体温变化的低强度作用下出现神经衰弱及心血管系统机能紊乱。

三、电磁辐射的危害及防护

2、电磁辐射的防护

电磁屏蔽是利用屏蔽体阻止电磁场在空间传播的一种方法，即限制从屏蔽材料的一侧空间向另一侧空间传递电磁能量。

对电磁辐射区内工作人员的防护措施：

- (1) 人员容易误入的危险区域应设有**警示标识**。
- (2) 应利用**保护用品**使辐射危害减至最小。
- (3) 应该**禁止**身上带有**金属移植件**，**心脏起搏器**等辅助装置的人员进入电磁辐射区。
- (4) 应给受到辐射源，电磁能和高压装置辐射的人员作定期**身体检查**。





欢迎大家登录“科创魔方”

(rcpx.csjpt.cn)

报名学习