



图 4-7 气体钢瓶规范使用范例

(12) 各相关单位应当定期做好气瓶压力表的检定工作, 根据《化学工业计量器具分级管理办法》(试行) 规定, 每半年检定一次; 或按照检定证书规定的检定周期及时送检。检定单据存档备查;

(13) 各相关单位必须制订相应的安全管理制度和事故应急处理措施; 要有专人负责统计与跟踪本单位气瓶的数量和使用状态, 建立气瓶使用台账; 加强对气瓶使用人员进行安全技术教育。发生意外事故时, 要采取相应的应急处理措施, 并立即向相关部门报告。

表 4-4 常见气瓶颜色

气瓶颜色	气体种类
黑色	空气、氮气
银灰色	氩、氦、二氧化硫、一氧化二氮、一氧化碳、六氟化氢
白色	乙炔、一氧化氮、二氧化氮
铝白	二氧化碳、四氟甲烷
淡黄	氨气
棕色	乙烯、丙烯、甲烷、丙烷、环丙烷
淡蓝色	氧气
淡绿色	氢气
深绿色	氯气

## 第五章 辐射安全

按照放射性粒子能否引起传播介质的电离, 把辐射分为两类: 电离辐射和非电离辐射(图 5-1)。电离辐射是指能引起物质电离的辐射的总和, 特点是波长短短、频率高、能量高, 电离作用可以引起癌症。种类为: 高速带电粒子有  $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子、质子, 不带电离子有中子、X 射线、 $\gamma$  射线。非电离辐射较电离辐射能量更弱, 非电离辐射不会电离物质, 而会改变分子或者原子之旋转、振动或价层电子轨态。通常所说的辐射主要指电离辐射。

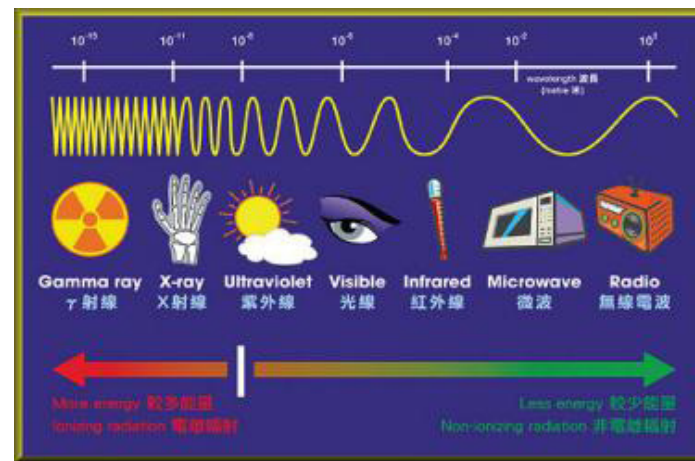


图 5-1 电磁波谱与辐射类型的关系

### 5.1 实验室常见放射源和放射装置

#### 5.1.1 放射源

放射源按照密封状况可分为密封源和非密封源。密封源是密封在包壳或者紧密覆盖层里的放射物质。工农业生产中应用的料位计、探伤机等使用的都是密封源, 如钴-60、镭-226、铯-137、铱-192、气象色谱仪 ECD 检测器(镍-63)等。

非密封源是指没有包壳的放射性物质。医院里使用的放射性示踪剂属于密封源，如碘-131，磷-32，碳-14，氢-3等。

5.1.2 放射性装置

放射性装置是指X射线机、加速器、中子发生器在运行时产生射线的装置以及含放射源的装置，如X-衍射仪、X-单晶衍射仪、X荧光光谱。

根据射线装置对人体健康和环境可能造成危害的程度，从高到低将射线装置分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。Ⅰ类为高危险放射装置，事故时可以使短时间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；Ⅱ类为中危险放射装置，事故时可以使受照射人员产生较严重放射损伤，大剂量照射甚至导致死亡；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。

5.2 电离辐射的危害

认识电离辐射的危害首先应该清楚地认识到放射性物质作用人体的方式和放射性物质进入人体的方式。才能在源头减轻或者遏制辐射对人体健康的危害。

根据放射性物质作用于人体的方式可以分为：（1）外照射：辐射源位于人体外对人体造成的辐射照射，包括均匀全身照射、局部受照；（2）内照射：存在于人体内的放射性核素对人体造成的辐射照射；（3）放射性核素的体表沾染：放射性核素沾染于人体表面（皮肤或者粘膜）。沾染的放射性核素对沾染局部构成外照射源，同时尚可经过吸收进入血液构成体内照射。

放射性物质进入人体途径很多，包括：呼吸道吸入、消化道进入、皮肤或者粘膜（包括伤口）侵入。因此，辐射工作人员应严格遵守操作规程，熟知防护原则措施，保障工作人员和公众的健康和安全。

随着放射性核素的广泛应用，越来越多的人认识到辐射对机体造成的损害随着辐射照射量的增加而增大，大剂量的辐射照射会造成被照部位的组织损伤，并导致

癌变，即使是小剂量的辐射照射，尤其是长时间的小剂量照射蓄积也会导致照射组织器官诱发癌变，并会使受照射的生殖细胞发生遗传缺陷。（表5-1）

表 5-1 成年人全身蓄积辐射症状

受照剂量 /mSv	放射病程度	症状
100 以下	无影响	
100-500	轻微影响	白细胞减少，多无症状表现
500-2000	轻度	疲劳、呕吐、食欲减退、暂时性脱发、红细胞减少
2000-4000	中度	骨骼和骨密度遭到破坏，红细胞和白细胞极度减少，由内出血、呕吐、腹泻的症状
4000-6000	重度	造血、免疫、生殖系统以及消化道等脏器受到影响，甚至危及生命

5.3 电离辐射防护

电离辐射防护在于防止不必要的射线照射，保护操作者本人免受辐射损伤，保护周围人群的健康和安全。对于内照射的防护是减少放射性核素进入人体和加快排出。对外照射的防护主要采取一下三种方法。

5.3.1 辐射防护原则

- （1）时间防护：对于相同条件下的照射，人体接受的剂量与照射时间成正比。因此，减少照射时间可以明显减少吸收剂量。
- （2）距离防护：若不考虑介质的散射与吸收，辐射剂量与辐射距离成反比，增大与放射源的距离，可以减少受到照射的剂量
- （3）物质屏蔽：射线与物质发生作用，可被吸收和散射。对于不同的射线，其屏蔽方法不同。 $\alpha$ 射线只用一张纸就可以屏蔽， $\gamma$ 和X射线，用原子序数高的物质（比如铅）效果比较好， $\beta$ 射线则先用原子序数低材料（比如有机玻璃）阻挡 $\beta$ 射线，再在其后用原子序数较高的物质阻挡激发的X射线（图5-2）。



图 5-2 射线的屏蔽

除了以上三项措施以外,在满足需要的情况下,尽量选择活度小、能量低、容易防护的辐射源也是非常重要的。

### 5.3.2 放射性实验室的安全管理

#### (一) 放射性物质的购买

放射性物质(包括射线装置)的采购由学校设备与实验室管理处审批后向环保部门审批。放射性物质管理人不得私自将其转借他人。确需移交的,必须经所在实验室、单位和学校设备与实验室管理处同意,办理必要手续后方可实施移交。放射装置到货验收后,必须进行质量检测和放射防护性能检测,获得许可后方可使用。

#### (二) 放射性标志的使用

放射性工作场所,要在场所外面的明显位置张贴电离辐射标志(图 5-3);实验室内存放放射性物品、辐射发生装置等,都应有明显的放射性标志。

#### (三) 放射源及带源仪器的安全使用

- (1) 任何类型的放射源都不能直接用手直接拿取或触摸,所有放射源使用时都要使用工具(如长柄或短柄镊子、钳子等)进行操作;
- (2) 保证放射源进出仪器的操作正确,谨防误操作造成的事故。放射源使用后应退出机器,装入铅罐(图 5-4),放回保险柜锁好;

(3) 放射源的管理严格执行“双人双锁”的制度。

(4) 若遇到放射源跌落,封装破裂等事故,应及时关闭门窗和通风系统,立即向单位领导和上级有关部门报告,启动应急响应,并通知邻近工作人员撤离,严格监管现场,严禁无关人员进入,控制事故影响的区域。



图 5-3 放射性标志



图 5-4 放射源储罐

#### (四) 放射性废弃物的规范处置

- (1) 有经环保部门审核认定的处置方案或协议,有暂存容器和场所、处置记录;
- (2) 放射性废源必须集中收缴、储存,并经公安、环保等有关部门同意后,采取严密措施,统一处置;
- (3) 同位素示踪试剂及废液处理:不可与普通废液混放,更不可直排,集中储存,请专业公司统一处理,或者按照有关要求处置,并报实验室与设备管理处备案。
- (4) 半衰期短的可以储存 10 个半衰期,经检测达标后处置。
- (5) 带有放射性物质的设备报废,也必须请专业公司。

### 5.3.3 放射性实验室的人员管理

- (1) 涉辐人员必须经过环保部门组织的培训,取得《辐射安全与防护培训学习合格证书》,必须持证上岗,四年复训 1 次。

- (2) 学生在进行涉辐实验前,应接受指导老师提供的防护知识培训和安全教育,指导老师对学生富有监督和检查的责任。
- (3) 涉辐人员在从事涉辐实验时,必须采取必要的防护措施,规范操作,避免空气污染、表面污染以及外照射事故的发生,并正确佩戴的人剂量剂,接受个人计量检测,个人剂量计的检测周期为 1 次 / 季度。
- (4) 涉辐人员必须接受学校安排的职业健康检查, 每年两次。
- (5) 工作人员禁止在放射性实验室内饮水、进食、吸烟, 也不能存放此类物品。如需要, 可设立单独的、完全与实验室隔离的房间作为休息、进食使用。
- (6) 工作人员在有比较严重的疾病或者外伤时, 不要进入放射性实验室。
- (7) 参观访问人员进入放射性实验室, 要确保有了解该实验室安全与防护措施的工作人员陪同; 在参观访问人员进入实验室前, 向他们提供足够的信息和知指导, 采取适当的防护措施, 确保来访者实施适当的监控。

### 5.3.4 个人防护用具的配备与应用

- (1) 放射性实验室应根据实际需要为工作人员适当、足够和符合有关标准的个人防护用具。如各类的防护服、防护围裙、防护手套、防护面罩及呼吸防护器具等(图 5-5), 并应使工作人员了解其使用的防护用品的性能和使用方法。



图 5-5 个人辐射防护用品

- (2) 应对工作人员进行正确使用呼吸防护器具的指导, 并检查佩戴是否合适。
- (3) 对于任何给定的工作任务, 如需使用防护器具, 则应考虑由于防护用具使用带来的工作不便或工作时间延长导致的照射增加, 并应考虑使用防护用具可能伴有的非辐射危害。
- (4) 个人防护用具应有恰当的备份, 以备在干预事件中使用。所有个人防护用具均应妥善保管, 应对其性能进行定期检查。
- (5) 放射性实验室应通过利用恰当的防护手段与安全措施(包括良好的工程控制装置和满意的工作条件), 尽量减少正常运行期间对个人防护用具的依赖。