



# 射线检测

## 第七章 辐射防护



源创力无损检测  
培训 & 考试中心

7.1 辐射量的定义、单位与标准

7.2 剂量测定方法和仪器

7.3 辐射防护的原则、标准和辐射损伤机理

7.4 辐射防护的基本方法和防护计算

# 7.1 辐射量的定义、单位与标准

| 辐射量   |     | 照射量 P                                                                   | 比释动能 K                                                                                                     | 吸收剂量 D                 |
|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 剂量学含义 |     | 表征X或γ射线在所关心的体积内用于电离空气的能量                                                | 表征不带电粒子在所关心的体积内交给带电粒子的能量                                                                                   | 表征任何辐射在所关心的体积内被物质吸收的能量 |
| 适用范围  | 辐射场 | X射线、γ射线                                                                 | 不带电粒子的辐射<br>(X射线、γ射线、中子)                                                                                   | 任何辐射                   |
|       | 介质  | 空气                                                                      | 任何物质                                                                                                       | 任何物质                   |
| 单位    |     | $R$ (伦琴)<br>$1R = 10^3mR = 10^6\mu R$<br>照射(量)率 $\dot{P}$ : $R/s, mR/h$ | $J/Kg$ (SI)      Gy<br>$1Gy = 10^3mGy = 10^6\mu Gy$<br>比释动能率 $\dot{K}$ 、吸收剂量率 $\dot{D}$ : $Gy/s, \mu Gy/h$ |                        |

# 7.1 辐射量的定义、单位与标准



| 辐射量   | 吸收剂量 $D$               | 当量剂量 $H_T$      | 有效剂量 $E$                      |
|-------|------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 剂量学含义 | 表征任何辐射在所关心的体积内被物质吸收的能量 | 用辐射权重因子修正后的吸收剂量 | 用组织权重因子修正后的当量剂量               |
| 单位    | J/Kg (SI)    Gy        | J/Kg(SI)    Sv  | 1Sv = $10^3$ mSv = $10^6$ μSv |

- ❑ 比释动能：用来计算辐射场中的辐射量，以及用来推断吸收剂量；
- ❑ 当量剂量：针对的是某个器官或组织；
- ❑ 有效剂量：是对全身而言；



# 7.1 辐射量的定义、单位与标准

辐射权重因子 $W_R$

| 辐射类型及<br>能量范围 | 辐射权重因子 |
|---------------|--------|
| 光子            | 1      |
| 电子            | 1      |
| 质子            | 5      |
| $\alpha$ 粒子   | 20     |
| 中子            | 5~20   |

组织权重因子 $W_T$

| 组织或器官 | 辐射权重因子 |
|-------|--------|
| 性腺    | 0.2    |
| 骨髓    | 0.12   |
| 皮肤    | 0.01   |
| 。 。 。 | 。 。 。  |
| 总计    | 1      |

## 7.2 剂量测定方法和仪器

### 1、工作场所监测

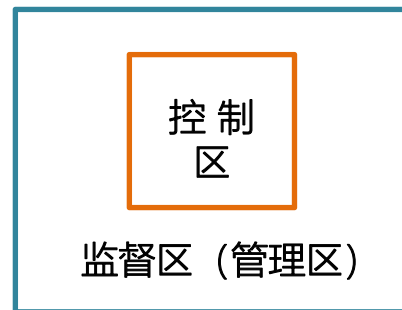
□ 现场进行透照作业时，应根据剂量水平划分控制区和监督区（管理区）。

□ 控制区：边界外空气比释动能率  $< 40\mu\text{Gy/h}$

□ 管理区（X射线）：边界外空气比释动能率  $< 4\mu\text{Gy/h}$

□ 监督区（ $\gamma$ 射线）：边界外空气比释动能率  $< 2.5\mu\text{Gy/h}$

□ 测量仪器：气体电离探测器、闪烁探测器、半导体探测器



### 2、个人剂量监测

□ 对在监督区或偶尔进入控制区的人员应进行个人监测；

□ 测量仪器：个人剂量笔、热释光剂量计；

□ 检测工作人员应佩戴个人剂量计，并携带剂量报警仪。



## 7.3 辐射防护的原则、标准和辐射损伤机理

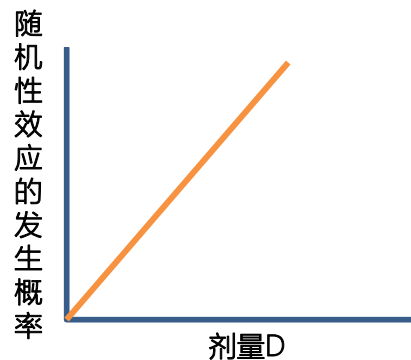
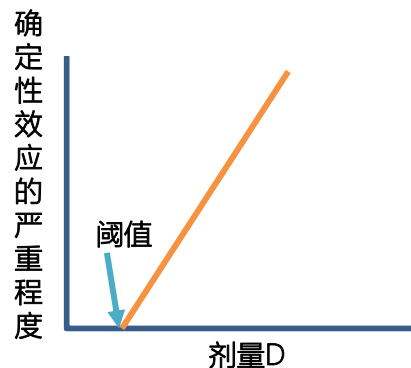
□ GB 18771-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

| 不同剂量要求      | 职业照射剂量限值      | 公众照射剂量限值 |
|-------------|---------------|----------|
| 5年平均有效剂量    | <u>20 mSv</u> | 1 mSv    |
| 任何一年的有效剂量   | <u>50 mSv</u> | 5 mSv    |
| 眼晶体的年当量剂量   | 150 mSv       | 15 mSv   |
| 四肢或皮肤的年当量剂量 | 500 mSv       | 50 mSv   |

## 7.3 辐射防护的原则、标准和辐射损伤机理

### □ 辐射损伤机理

- **确定性效应**：有明确的阈值，当剂量高于阈值时，肯定会出现这种效应，而低于阈值，则不会出现；
  - 确定性效应的严重程度取决于受剂量的大小；
  - 主要针对的是大剂量的急性照射，一般主要是事故照射。
- **随机性效应**：辐射效应发生的概率（非严重程度）与剂量大小有关的效应，不存在剂量阈值。
  - 随机性效应发生概率随剂量的增大而增大；
  - 主要针对小剂量的慢性照射。



## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

### □ 辐射防护的基本方法（外照射防护三要素：时间、距离、屏蔽）

#### □ 时间：控制射线对人体的照射时间

- 剂量=剂量率×时间

#### □ 距离：控制射线到人体间的距离

- $$\frac{D_1}{D_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

#### □ 屏蔽：在人体和射线源之间隔一层吸收物质

- 铅、铁、混凝土等

## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

**例题1:** 有探伤用Co60源5Ci，工作人员操作时离源5m，问工作人员所在处的照射率是多少？ [ 已知：Co60照射量率常数  $K_\gamma = 1.32 R \cdot m^2 / (h \cdot Ci)$  ]

照射量率常数 $K_\gamma$ ：表示从1Ci点源释放出的未经过滤的 $\gamma$ 射线在距离1m处所造成的照射率，是放射性同位素本身的一种属性。

$$R \cdot m^2 / (h \cdot Ci) \quad \Longrightarrow \quad (R/h) / (Ci/m^2)$$

|                                  |
|----------------------------------|
| $K_\gamma$                       |
| $\frac{R \cdot m^2}{h \cdot Ci}$ |

 $\times \frac{Ci}{m^2}$ 

|               |
|---------------|
| $\dot{P}$     |
| $\frac{R}{h}$ |

$$P = K_\gamma \frac{A}{R^2} = 1.32 \times \frac{5}{5^2} \approx 0.26 (R/h)$$

## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

**例题2：**已知辐射场中的某点的剂量率为 $50\mu\text{Sv/h}$ ，在不超过剂量限值的情况下，问工作人员每周可从事工作多少时间？（放射性工作人员年剂量限值为 $50\text{ mSv}$ ，一年工作时间按50周计算）

- ✓ 年剂量限值为 $50\text{ mSv}$ ，一年工作50周，则一周剂量为： $1\text{mSv}$
- ✓ 剂量率为： $50\mu\text{Sv/h}$
- ✓  $1\text{mSv} = 10^3\mu\text{Sv}$

根据：剂量=剂量率 $\times$ 时间       $1000 = 50 \times t$        $t = 20h$

答：每周可以工作20h

## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

**例题3：**如果一工作人员，每周需要在照射场停留40h，在不允许超过剂量限值的情况下，问照射场中所允许的最大剂量率为多少？（每周的剂量限值为1000 μSv）

根据：剂量=剂量率×时间       $1000 = \dot{D} \times 40$        $\dot{D} = 25 \mu\text{Sv}/h$

答：照射场中所允许的最大剂量率为25 μSv/h

## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

例题4：距离一个特定的 $\gamma$ 源2m处的剂量率是400  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，在距离源多远处剂量率为25  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ？

$$\text{根据: } \frac{D_1}{D_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \qquad \frac{400}{25} = \frac{R^2}{2^2} \qquad R = 8 \text{ m}$$

答：距离源8m处剂量率为25  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ？

## 7.4 辐射防护基本方法和防护计算

### 辐射防护计算

**例题5：**离250kv X射线机一定距离处测得照射量为200 mR/h，若要将该点照射率降到10 mR/h，试估算所需混凝土屏蔽厚度？（混凝土半价层为 2.8cm）

根据衰减倍数  $K = \frac{I_0}{I} = 2^n$   $\frac{200}{10} = 2^n$   $n = \log_2^{20} \approx 4.3$

需要4.3个半价层厚度，即  $4.3 \times 2.8 \approx 12\text{cm}$

答：所需混凝土屏蔽厚度为12cm。



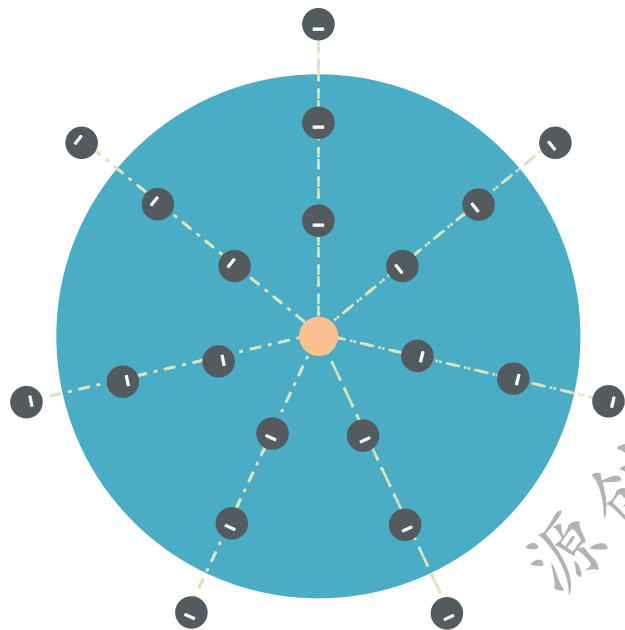
# 射线检测

## 第七章 辐射防护



源创力无损检测  
培训 & 考试中心

## 7.1 辐射量的定义、单位与标准



- X、 $\gamma$ 射线与物质的相互作用的本质是将能量转移给物质，能量转移过程可分为两个阶段；
- 用比释动能描述第一阶段的能量转移情况，即：X、 $\gamma$ 射线有多少能量转移给次级电子；用吸收剂量描述第二阶段的能量转移情况，即：次级电子有多少能量被物质吸收；
- 吸收剂量的大小一方面取决于电离辐射的能量，另一方面取决于被照射物质本身的性质，因此，在提及吸收剂量时，必须说明什么物质的吸收剂量。