
XIX. 辐射防护与安全基本知识

前言：什么是放射性

一 辐射对人体的影响

二 辐射防护中使用的量和单位

1 活度 2 剂量

三 辐射防护的基本原则

1 正当化 2 最优化 3 剂量当量限制

四 辐射防护标准与限值

五 剂量测量与剂量仪器

1 监测目的 2 监测对象 3 剂量仪器选择

4 常用剂量仪器

六 BEPC 的辐射防护

1 BEPC 的辐射源 2 BEPC 的辐射场

七 BEPC 的辐射安全

1 人身安全保护系统

2 常规安全措施

什么是放射性

某些不稳定元素能产生某一种辐射的现象，称为放射性。而这种辐射称为射线。

一 辐射对人体的影响

1. 影响辐射生物作用的因素

(1) 物理因素

——射线类型 (α 、 β 、 γ 、 n)

(2) 生物因素

2. 剂量与效应的关系

电离辐射对人体健康的有害效应

——**躯体效应**：出现在受照者本人身上

——**遗传效应**：出现在受照者后裔身上

——**随机性效应**：效应发生的机率与剂量大小有关，而严重程度与剂量无关。没有剂量阈值。如：癌的发生可能是低剂量下最主要的随机性躯体效应。

——**非随机性效应**：效应的严重程度随剂量大小而变化。一般有阈值。如：晶体混浊，白内障，造血功能障碍等。

对于眼晶体，ICRP（国际放射防护委员会）给出的剂量限值为 0.15sv/a 。对 x 和 γ 射线一次照射剂量大于 2Gy 会引起眼晶体混浊，于 5Gy 可能引起白内障。中子对眼晶体的损伤比 x 、 γ 射线大 5 至 10 倍。

3. 短期大剂量外照射引起的辐射损伤

(1) 全身性辐射损伤——核事故，核战争造成

(2) 局部性辐射损伤——放射性治疗引起

4. 长期小剂量照射对人体健康的影响

特点：潜伏期很长，效应出现较晚，发生几率很低。

二 辐射防护中使用的量 and 单位

1. **活度 (A)**：放射性物质在单位时间内发生的衰变数

专用单位：**居里 (Ci)**

$$1\text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ 次衰变/秒}$$

IS 制单位：**贝柯 (Bq)**

$$1\text{ Bq} = 1 \text{ 次衰变/秒}$$

所以 $1\text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

2. 剂量

照射量 (X) : 给定小体积的空气中产生一种符号的离子电荷的绝对值 (电离能力大小)

专用单位: **伦琴 (R)**

$$1 \text{ 伦琴} = 1 \text{ 静电单位} / 1\text{cm}^3 \text{ 空气}$$

IS 制单位: **库仑/千克** ($\text{C} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{Kg}^{-1}$$

吸收剂量 (D) : 电离辐射与物质相互作用时, 单位质量的物质中吸收电离辐射能量多少的一个辐射量。

专用单位: **拉德 (rad)**

当空气接受光子照射时

$$1 \text{ rad} = 0.869 \text{ R}$$

IS 制单位: **戈瑞 (Gy)**

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

注意: 照射量仅适用于光子, 吸收剂量则适用于一切电离辐射。

剂量当量 (H) : 人体受辐照而产生生物效应, 与辐射类型、剂量大小、照射条件及个体差异等因素有关。

$$\text{剂量当量 } H = D Q N$$

D — 吸收剂量

Q — 辐射的品质因子 (衡量各种辐射引起的危害程度)

N — 照射条件等引起的修正系数

对于外照射 $N=1$

专用单位: **雷姆 (rem)**

IS 制单位: **希沃特 (Sv)**

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

即使吸收剂量相同而辐射类型或辐射条件的不同 (内外照射不同部位照射) 所产生的生物效应是不同的。辐射防护最关心的是人体受照射后的生物效应, 所以必须对吸收剂量进行修正, 因此引入了剂量当量的概念

各种辐射类型的 Q 值

初级辐射类型	Q 的近似值
x、γ 射线和电子	1
质子和静止质量大于一个单位的单电荷电子	10
中子、α 粒子和多电荷粒子	20

三 辐射防护的基本原则

1. 辐射防护的目的：保护个人和他们的后代以及全体人类，允许进行可能产生辐射照射的必要活动。防止有害的确定性效应，并限制随机性效应的发生率，使之达到被认为可以接受的水平。

2. 防护的三原则

国家辐射防护规定中指出：一切带有辐射的实践和设施的选址、设计、运行和退役必须遵守辐射防护三原则。

正当化：实践所带来的利益大于为其所付出的代价。

最优化：将一切辐射保持在可合理达到的尽可能低的水平。

限制个人剂量当量：用剂量当量限制对个人所受辐照加以限制。

四 辐射防护标准和限值

	国 家 标 准	BEPC 设计值
放射工作人员	50mSv/a	20 mSv/a
公众中的个人（居民）	1 mSv/a	0.1 mSv/a

1. 一次事件照射，不得超过年限值 2 倍

2. 孕妇、授乳妇、16~18 周岁实习人员年限值 3/10

3. 控制剂量

按季度	12 mSv/季
按 月	4 mSv/月
按 周	1 mSv/周
按 时	25 μ Sv/时

(50 周/年 $\times$ 5 天/周 $\times$ 8 时/天=2000 时/年)

五 剂量监测与剂量仪

1. 剂量仪的选择应考虑：

- 监测射线的类型，是一种 α 、 β 、 γ 、n 单一还是混合场， β 、 γ 和 n 混合场。
- 仪器的能响。
- 仪器量程。
- 仪器使用条件和现场测量要求。

2. 常用剂量仪

- 个人剂量仪（TLD）
- 巡测仪（可携式） α 、 γ FJ—347A
- 固定检测仪： γ 、n

六 BEPC 的辐射防护

1. BEPC 的辐射源（隧道内，估算值）

距正电子靶 1m 处	600 mGy/h
距束流叉道 1m 处	100 mGy/h
距环注入点 1m 处	30 mGy/h

2. BEPC 的辐射场（工作场所）

1991 年度 BEPC 各监测点辐射剂量水平（含本底）

监 测 地 点	区 域	中子年剂量 mSv/a	年剂量 mSv/a	总年剂量 mSv/a
电 子 直 线 厅 北 端	工作区	0.557	10.49	11.05
电 子 直 线 厅 中 间	工作区	15.91	5.04	21.31
电 子 直 线 厅 南 端	工作区	0.127	7.37	7.50
BEPC 谱仪 控 制 室	工作区	0.345	0.902	1.247
同 步 辐 射 西 厅	限止区	28.6	10.50	39.1
同 步 辐 射 东厅 2 号 窗口	限止区	0.775	21.05	21.83
同 步 辐 射 东厅 3 号 窗口	限止区	2.14	/	/
19 号 环 境 站	环 境	0.327	0.798	0.831

七 BEPC 的辐射安全办法

1. 人身安全保护系统

人身安全联锁系统在所有可进入隧道的门并入联锁系统一旦打开联锁系统将给出处发信号，切断电源、高压、高频，强行加速器停机

2. 常规安全措施

(1) 运行期间，辐射安全人员值班电话：**5900**

(2) 临时停机需下隧道，通知安全值班员，经剂量监测后方允许工作

(3) 在高辐射区工作，要有安全员监护

(4) 一般情况进入隧道：

直线：停机通风后半小时

环：停机通风后 15 分钟

(5) 长时间停机，安全人员要对感生放射性进行测量，并标记。

(6) 个人剂量计 (TLD)

——必须佩戴

——妥善保管

——存档

结束语：任何安全措施都不是万无一失的，要想减少辐射给我们带来的危害除必要的安全措施外，还要靠加强我们自身的安全防护意识。