

2.4 外周血细胞遗传学检查 外周血淋巴细胞染色体畸变率和微核率放射组均高于对照组, 差异均有统计学意义 ( $u=2.76$ ,  $P<0.01$ ;  $u=2.31$ ,  $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 外周血淋巴细胞染色体畸变率和微核率检测结果

组别	检测人数	染色体畸变		淋巴细胞微核	
		异常人数	异常率(%)	异常人数	异常率(%)
放射	156	23	14.6	16	10.1
对照	128	6	4.7	4	3.1

### 3 讨论

本次调查结果, 放射工作人员神经衰弱征候群发生率为 22.9%, 慢性放射性皮肤损伤发生率为 0.9%, 异常血象检出率为 11.2%, 外周血淋巴细胞染色体畸变异常率和微核异常率分别为 14.6% 和 10.1%, 与文献报道基本一致<sup>[1-3]</sup>。<5 a 和 30 a 以上放射工龄的工作人员异常血象检出率较高; 介入放射工作人员异常血象检出率最高(25.9%), 这与有关报道基本相同, 这可能与介入工作人员在 X 射线透视下进行床边操作, 接触射线时间长、不易防护有关。工业探伤人员各项体检指标较好, 这是因为探伤均为隔室操作, 工作人员受照剂量基本接近

本底, 故健康状况良好。细胞遗传学检查显示, 放射工作人员染色体畸变异常率和微核异常率明显高于非放射工作人员。由于辐射诱发的染色体畸变率与照射剂量之间呈线性关系, 提示部分放射工作人员已受到一定剂量的射线影响。

根据对放射工作人员健康状况的分析, 结合对济南市不同类型放射工作场所防护情况的了解, 尽管近年来防护条件有很大改善, 但由于放射新技术的不断应用, 防护难易不同, 有的单位领导与工作人员对射线危害认识不足, 致使部分放射工作人员仍存在一定的电离辐射效应。有关部门应采取有效的干预措施, 加强管理, 进一步降低放射工作人员及公众的受照剂量, 以促进放射性同位素和射线装置安全合理的应用。

### 参考文献:

- [1] 细胞效应专题组. 我国 X 线工作者的外周血细胞效应[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1984, 4(5): 36.
- [2] 于夕荣, 何顺升, 杨珂, 等. 山东省直管单位放射工作人员健康状况分析[J]. 中国辐射卫生, 1999, 8(2): 104-105.
- [3] 陈玉麟, 林智, 王川健, 等. 海南省放射工作人员健康状况分析[J]. 中国辐射卫生, 2001, 10(4): 230-231.

(收稿日期: 2005-04-20)

## 【工作报告】

# 应用量子力学原理对电离辐射屏蔽防护厚度的探讨

陈军军, 吴 敏, 刘向荣, 陈 雄

中图分类号: TL71 文献标识码: D

在进行放射防护监督监测时, 往往有人问及: 到底多厚的铅板才能完全对射线进行防护。在此可应用量子力学原理进行诠释。

量子力学原理认为, 基本粒子(光子、电子、质子等)都具有波粒二项性。量子力学的研究表明, 基本粒子的运动应由薛定谔(Schrodinger)方程描述。下面就应用薛定谔方程对基本粒子通过一定高度方形势垒的穿透率进行讨论。

将一定厚度的物质看作一个势垒, 势垒高度为  $V_0$ , 势垒宽度为  $a$ (图 1)。

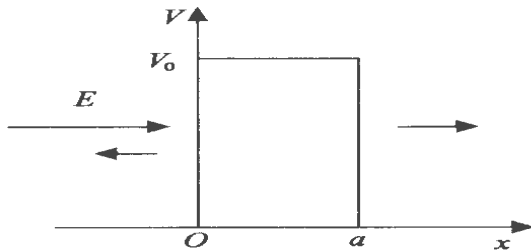


图 1 一维方形势垒  

$$V(x) = \begin{cases} V_0, & (0 \leq x \leq a) \\ 0, & (x < 0 \text{ 或 } x > a) \end{cases}$$

在经典力学中, 当入射粒子能量  $(E) > V_0$  时, 粒子全部通过;  $E < V_0$  时, 粒子不能通过。

在量子力学中, 当入射粒子能量  $(E) > V_0$  时, 粒子全部通过;  $E < V_0$  时, 粒子部分通过。

下面讨论量子力学中  $E < V_0$  时的通过情况。

薛定谔方程在方形势垒中为

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{2mE}{\hbar^2} u = 0 & x < 0 \text{ 或 } x > a \\ \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{2mE}{\hbar^2} (E - V_0) = 0 & 0 < x < a \end{cases} \quad (1)$$

其中:  $u$  为粒子波函数;  $m$  为粒子质量;  $\hbar$  为普朗克常数  $\hbar = 1.055 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

$$\text{令 } k_1^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} \quad k_2^2 = \frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}$$

(1)(2) 式改写为下列(3)(4)式

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dx^2} + k_1^2 u = 0 & x < 0 \text{ 或 } x > a \\ \frac{d^2 u}{dx^2} - k_2^2 u = 0 & 0 < x < a \end{cases} \quad (3)$$

解微分方程(3)(4), 得下列波函数

$$u_1 = A e^{ik_1 x} + B e^{-ik_1 x} \quad x < 0 \quad (5)$$

$$u_2 = C e^{ik_2 x} + D e^{-ik_2 x} \quad 0 < x < a \quad (6)$$

$$u_3 = F e^{ik_1 x} + G e^{-ik_1 x} \quad x > a \quad (7)$$

其中  $A e^{ik_1 x}$ ,  $C e^{ik_2 x}$ ,  $F e^{ik_1 x}$  为入射波;  $B e^{-ik_1 x}$ ,  $D e^{-ik_2 x}$ ,  $G e^{-ik_1 x}$  为反射波。  $u_3$  中因为势能为 0, 所以  $G e^{-ik_1 x}$  应为 0。

用边界条件求得系数

$$|A|^2 = |F|^2 [(k_1^2 + k_2^2)(e^{-k_2 a} - e^{k_2 a})^2 + 16k_1^2 k_2^2] / (16k_1^2 k_2^2) \quad (8)$$

$$|B|^2 = |F|^2 (k_1^2 + k_2^2)(e^{-k_2 a} - e^{k_2 a})^2 / (16k_1^2 k_2^2) \quad (9)$$

定义: 透射系数  $T = |F|^2 / |A|^2$

$$T = \frac{16k_1^2 k_2^2}{(k_1^2 + k_2^2)^2 (e^{-k_2 a} - e^{k_2 a})^2 + 16k_1^2 k_2^2} \quad (10)$$

由于普朗克常数  $\hbar$  的量级为  $10^{-34}$ , 所以  $k_2 a \gg 1$ 。则(10)式简化为

$$T = \frac{16k_1^2 k_2^2}{(k_1^2 + k_2^2)^2} e^{-k_2 a} \quad (11)$$

这里  $T$  不可能为 0, 说明一定高度和宽度的势垒, 都有透射波存在, 除了当  $a \rightarrow \infty$  时, 有  $T \rightarrow 0$ 。实际这种情况是不可能达到的。

综上分析不难看出, 对于电离辐射防护, 我们不能一味追求低剂量, 而是要以合理的代价取得最佳的防护效果, 这也正是辐射防护最优化所追求的。

### 参考文献:

- [1] 史斌星. 量子物理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1982: 15-83.
- [2] 邓槐春. 放射卫生防护与管理[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1994: 50-79.

(收稿日期: 2004-12-13)