

# 放射性工作下限值探讨

包钢环保(劳动卫生)研究所

1981年3月

# 放射性工作下限值探討

放射性工作下限值是指放射性工作管理界限。ICRP第26号出版物国际放射防护委员会建议书〔1〕的辐射防护标准中将这个概念称之为记录水平。即指该值以下不必记录,以提高管理效率,建议书规定该值为年剂量当量极限或年摄入量极限的十分之一。

在从事或接触放射性工作的厂、矿企业新建、扩建、改建时的防护设计及日常生产安全、监测工作中,放射性工作下限值是一个很重要的依据,正确而合理的下限值对保障从事或接触放射性工作人员的健康和促进此类厂矿企业生产的发展,具有重要的意义。

目前国际原子能委员会和苏联、日本、西德、瑞典等国所颁布的“辐射防护标准”中规定的记录水平〔2〕〔3〕〔4〕,不作为放射性工作的限制条件为:

1.操作比放射性低于0.002微居里/克或固体天然放射性物质低于0.01微居里/克的工作;

2.操作或保存放射性物质总放射性强度低于:

极毒组 0.1微居里, 高毒组 1微居里,

中毒组 10微居里, 低毒组 100微居里,

天然铀、钍 1公斤。

3.包装良好的放射性物质及仪器,距表面0.1米处的剂量低于0.1毫雷姆/小时。

1974年苏联II、II、连尔斯基在“关于稀有金属,工业企业操作天然放射性物质时放射性安全规定”〔7〕中,根据动物实验和医学检查资料,确定非放射性工作界限为操作物料比放射性小于 $1 \times 10^{-9}$ 居里/克,或钍含量和等效钍含量小于0.1%。

我国1974年颁发内部试行的“放射防护规定GBJ8—74”第38条规定:

“凡符合下列条件之一,也应按放射性工作采取防护措施:

①从事比放射性高于 $5 \times 10^{-7}$ 居里/公斤,同时日操作量大于30克天然铀、钍的工作。

②操作带有放射性的仪器、仪表,及产生电离辐射的设备或装置,在经常工作条件下,无附加防护措施时工作位置的剂量当量率高于0.25毫雷姆/小时,间断性工作年剂量当量高于0.5雷姆;

③操作放射性物质过程中,在满足一般工业卫生要求后,空气中放射性物质浓度仍超过最大容许浓度的十分之一。”

我国交通部1972年颁发的“危险货物运输规程”中规定:“有些放射性物品,每件放射性强度不超过50微居里,或比放射性不超过1微居里/公斤,且包装表面 $\gamma$ 射线剂量率小于0.4毫雷姆/小时,按普通货物办理运输”。

可见我国现行的有关放射性工作下限值的规定是有些矛盾的。而其中“放射防护规定GBJ8—74”第38条(2)、(3)款与ICRP新建议(第26号出版物)规定记录水平为年剂量当量极限或年摄入量极限的十分之一相符,(1)款规定与ICRP新建议及世界一些国家“辐

射防护标准”规定的记录水平相差较大。这是由于该款制定依据〔5〕是以干式发生操作为对象参考有关系数按照理论估算推导而得出，加之假设条件的限制，实验资料的缺乏，造成结果偏严，实际工作中难以执行。

自1974年“放射防护规定GBJ8—74”颁布以来，在日常安全生产放射性监测和有关放射性防护调查工作中积累了一定的资料，对放射性工作下限值有了一些认识。现对我国放射性工作下限值的修订意见，依据及存在问题，探讨如下：

### 一、修订我国放射性工作下限值的实我依据：

我们先后对30多个从事或接触天然放射性铀、钍工作的稀土，稀有金属工业企业，研究所进行了调查。这些生产工作场所操作物料比放射性一般为 $3 \times 10^{-7} \sim 6 \times 10^{-6}$ 居里/公斤，天然铀、钍日操作总量一般为0.5公斤~20公斤，个别高者达一吨左右，少数低者少至几克—几十克。

调查测定结果表明：这些生产工作场所外照射剂量率， $\alpha$ 粒子表面沾污程度，空气中氢、氡子体浓度都在国家防护标准十分之一以下。而其放射防护主要问题乃是天然铀、钍粉尘及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶，对空气的污染。并与操作方式（干式，湿式）、粉尘浓度，操作物料比放射性、和操作铀、钍总量有关。

1.湿法生产场所空气中长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度主要与操作物料比放射性有关。从表1结果可见：当操作物料总 $\alpha$ 比放小于 $2 \times 10^{-6}$ 居里/公斤时，生产场所空气中长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶平均浓度都小于 $0.61 \times 10^{-15}$ 居里/升，若考虑长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶中还含有3—4个天然铀、钍短寿命衰变子体，将测定值除以3—4修正系数后，则所得天然铀、钍放射性气溶胶浓度均小子工作场所最大容许浓度 $2 \times 10^{-15}$ 居里/升的十分之一。

表一、湿法生产场所空气中长寿命放射性气溶胶浓度测定结果

| 厂 矿<br>名 称  | 操 作 物 料      |                        | 日操作铀<br>钍总量(公斤) | 测定<br>点数 | 长寿命 $\alpha$ 气溶胶浓度(居里/升) |                        |                        |
|-------------|--------------|------------------------|-----------------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|             | 名 称          | 总 $\alpha$ 比放<br>居里/公斤 |                 |          | 最高值                      | 最低值                    | 平均值                    |
| 414矿        | 钽铌原矿         | $5 \times 10^{-7}$     | 1.5公斤铀钍         | 5        | $0.83 \times 10^{-15}$   | $0.31 \times 10^{-15}$ | $0.6 \times 10^{-15}$  |
| 903厂        | 包头<br>稀土精矿   | $1.12 \times 10^{-6}$  | 5公斤钍            | 9        | $1.76 \times 10^{-15}$   | $0.11 \times 10^{-15}$ | $0.61 \times 10^{-15}$ |
| 兰州<br>炼油厂   | 稀 土<br>分 子 筛 | $1.87 \times 10^{-6}$  | 2公斤钍            | 2        | $0.75 \times 10^{-15}$   | $0.22 \times 10^{-15}$ | $0.49 \times 10^{-15}$ |
| 上海跃龙<br>化工厂 | 氯化稀土         | $1.2 \times 10^{-6}$   | 2公斤钍            | 12       |                          |                        | $0.6 \times 10^{-15}$  |
|             | 混合稀土         | $1.5 \times 10^{-6}$   | 0.8公斤铀          |          |                          |                        |                        |
| 905厂        | 钽铌精矿         | $6 \times 10^{-6}$     | 1.5公斤铀钍         | 4        | $27 \times 10^{-15}$     | $3.4 \times 10^{-15}$  | $11.3 \times 10^{-15}$ |

而当操作物料总 $\alpha$ 比放为 $6 \times 10^{-6}$ 居里/公斤时，生产场所长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶平均浓度可达 $11.3 \times 10^{-15}$ 居里/升，即使除以3—4修正系数后，所得天然铀钍放射性气溶胶浓度还是大于工作场所天然铀钍放射性气溶胶，最大容许浓度 $2 \times 10^{-15}$ 居里/升。至于工作场所日操作天然铀、钍总量，测定结果表明：当日操作铀、钍总量在1公斤以上时，日操作铀、钍总量对空气中长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶影响并不显著。这是由于随着日操作铀、钍量的增加，设备和厂房体积也相应扩大的缘故。

2. 干式发尘操作生产场所空气中天然铀、钍含量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度, 随粉尘浓度增高而增高。当粉尘浓度受到控制达到国家卫生标准后, 空气中天然铀、钍含量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度则与操作物料总 $\alpha$ 比放水平有关。这可从干式发尘操作场所空气中天然铀钍含量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度归一化为 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 粉尘时的结果得到证明(见表2.3) 设粉尘中铀、钍含量及总 $\alpha$ 比放在一定浓度时保持不变, 则将空气中铀、钍含量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度除以对应点的粉尘浓度, 得出粉尘中铀、钍品位及总 $\alpha$ 比放。即:

$$\frac{Q_u \cdot Th}{Q_{\text{尘}}} = C_u \cdot Th(\%),$$

$$\frac{Q_{\alpha}}{Q_{\text{尘}}} = C_{\alpha} \text{ (居里/克)},$$

式中 $Q_u \cdot Th$ —空气中铀、钍含量( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$Q_{\text{尘}}$ —空气中粉尘浓度( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$Q_{\alpha}$ —空气中长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度(居里/升)

$C_u \cdot Th$ —粉尘中 $u \cdot Th$ 品位(%)

$C_{\alpha}$ —粉尘中总 $\alpha$ 比放(居里/克)

将 $C_u \cdot Th$ 或 $C_{\alpha}$ 乘以 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 粉尘浓度即可归一化为 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 粉尘浓度时, 空气中铀、钍包量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度。

表2.3结果表明: 归一化为 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 粉尘浓度时, 空气中铀、钍含量及长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度随物料比放射性增高而增高, 且当总 $\alpha$ 比放射性 $<1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤时, 生产场所空气中长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度都小于最大容许浓度的 $1/10$ , 生产场所空气中钍浓度也都小于 $0.0032\text{mg}/\text{M}^3$ , 接近最大容许浓度 $0.02\text{mg}/\text{M}^3$ 的 $1/10$ 。由此引起工作人员内照射剂量不超过放射性工作场所相邻及附近地区工作人员和居民的年限限制剂量。

但有些特殊情况, 在采矿、破碎干式发尘操作中, 当矿石中 $u \cdot Th$ 含量较低( $<0.05\%$ )时, 粉尘中铀、钍含量比矿石要高些。如白云鄂博矿采、破过程中, 矿石 $Th$ 含量为 $0.04\%$ 左右, 当粉尘浓度在 $5-200\text{mg}/\text{M}^3$ 范围内, 粉尘中钍平均含量为 $0.176\%$ 〔6〕。在这种情况下空气中粉尘浓度达到国家卫生标准 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 时, 空气中钍浓度仍高于最大容许浓度的 $1/10$ 。

至于干式发尘操作生产场所日操作天然 $u \cdot Th$ 总量, 根据上述调查测定资料可知, 一般生产规模情况下操作比放大于 $1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤的天然 $u \cdot Th$ 总量都在 $500$ 克以上。此时操作量的多少由于设备和厂房体积的变化对空气中天然 $u \cdot Th$ 放射性气溶胶浓度影响并不显著。

此外在一些研究院所、高等院校的试验场所虽然有时操作比放大于 $1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤的天然 $u \cdot Th$ 的物质, 但由于日操作量都远小于 $500$ 克, 每日接触放射性物质时间, 都不足一个工作日, 一般空气中天然 $u \cdot Th$ 放射性气溶胶浓度日平均值都不超过最大容许浓度的 $1/10$ 。

## 二, 推算放射性工作下限值

### 1. 操作物料比放射性下限值

在发尘操作中, 按工业企业设计卫生标准要求, 工作场所空气中粉尘浓度不得超过 $2\text{mg}/\text{M}^3$ (含有 $10\%$ 以上游离 $\text{SiO}_2$ )和 $10\text{mg}/\text{M}^3$ (含有 $10\%$ 以下游离 $\text{SiO}_2$ )。从事和接触天然 $u \cdot Th$ 物质生产过程中, 多为伴生矿物原料, 含有 $10\%$ 以上游离 $\text{SiO}_2$ 粉尘比较多见, 少数含有 $10\%$ 以下游离 $\text{SiO}_2$ 的粉尘, 也因含有其它金属矿物成分, 应以 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 作为标准为

表2 干式发生操作生产场所空气中粉尘和钍浓度测定结果

| 名称          | 操 作 物 料   |                       | 日操作 <sup>u</sup><br>Th总量<br>公斤 | 测定<br>点数 | 平均粉尘<br>浓度<br>(mg/M <sup>3</sup> ) | 平均钍<br>浓度<br>(mg/M <sup>3</sup> ) | 粉尘中<br>平均钍<br>含量(%) | 归一化为<br>2mg/M <sup>3</sup> 粉尘<br>时平均钍浓度<br>mg/M <sup>3</sup> |
|-------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|----------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|
|             | 名 称       | u. Th含量<br>(%)        |                                |          |                                    |                                   |                     |                                                              |
| 包钢稀选<br>车间  | 稀土精矿(30%) | 0.171ThO <sub>2</sub> | Th12                           | 2        | 9.6                                | 0.014                             | 0.146               | 0.0029                                                       |
|             | 稀土精矿(50%) | 0.235ThO <sub>2</sub> |                                | 2        | 6.88                               | 0.0168                            | 0.244               | 0.005                                                        |
| 903厂        | 稀土精矿(30%) | 0.112ThO <sub>2</sub> | Th5                            | 2        | 8.9                                | 0.013                             | 0.146               | 0.0029                                                       |
| 稀土公司<br>三 厂 | 稀土精矿(30%) | 0.112ThO <sub>2</sub> | Th <sub>2</sub>                | 12       | 335.35                             | 0.562                             | 0.16                | 0.0032                                                       |
|             | 稀土精矿(60%) | 0.228ThO <sub>2</sub> |                                | 6        | 106.24                             | 0.326                             | 0.31                | 0.0062                                                       |
| 稀土公司<br>一 厂 | 稀土富渣      | 0.082ThO <sub>2</sub> | Th15                           | 7        | 535.88                             | 0.191                             | 0.035               | 0.0007                                                       |
|             | 6*稀土合金    | 0.088ThO <sub>2</sub> |                                | 3        | 32.54                              | 0.045                             | 0.14                | 0.0028                                                       |
|             | 4*稀土合金    | 0.16ThO <sub>2</sub>  |                                |          |                                    |                                   |                     |                                                              |
|             | 1*稀土合金    | 0.233ThO <sub>2</sub> |                                |          |                                    |                                   |                     |                                                              |
| 大同铁<br>合金厂  | 稀土富渣      | 0.082ThO <sub>2</sub> | Th1.75                         | 3        | 291.2                              | 0.108                             | 0.037               | 0.00075                                                      |
|             | 6*稀土合金    | 0.088ThO <sub>2</sub> |                                |          |                                    |                                   |                     |                                                              |

表3 干式发尘操作生产场所空气中粉尘和长寿命 $\alpha$ 放射性气溶胶浓度测定结果

| 厂名             | 矿称        | 操 作 物 料 |                       | 日操作<br>Th总量<br>(公斤) | 测定<br>点数 | 平均粉尘<br>浓度<br>(mg/M <sup>3</sup> ) | 平均长寿命 $\alpha$<br>放射性气溶胶<br>浓度(居里/<br>升) | 粉尘比放<br>(居里/克)         | 归一化为2mg/M <sup>3</sup> 粉尘<br>时平均长寿命 $\alpha$ 放射性<br>气溶胶浓度(居里/升) |
|----------------|-----------|---------|-----------------------|---------------------|----------|------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                |           | 名 称     | uTh含量(%)<br>(居里/公斤)   |                     |          |                                    |                                          |                        |                                                                 |
| 南京铁合金三厂        | 稀土富渣      |         | 0.082ThO <sub>2</sub> | Th0.48              | 2        | 31.4                               | 0.78 $\times 10^{-15}$                   | 24.8 $\times 10^{-12}$ | 0.049 $\times 10^{-15}$                                         |
|                | 6# 稀土合金   |         | 0.05Th                |                     |          |                                    |                                          |                        |                                                                 |
| 蚌埠铁合金厂         | 稀土富渣      |         | 0.082ThO <sub>2</sub> | Th1.2               | 3        | 19.5                               | 0.57 $\times 10^{-15}$                   | 29.4 $\times 10^{-12}$ | 0.058 $\times 10^{-15}$                                         |
|                | 6# 稀土合金   |         | 0.05Th                |                     |          |                                    |                                          |                        |                                                                 |
| 无锡柴油机械厂        | 6# 稀土合金   |         | 0.05Th                | Th0.72              | 4        | 20.9                               | 0.49 $\times 10^{-15}$                   | 23.4 $\times 10^{-12}$ | 0.047 $\times 10^{-15}$                                         |
|                | 4# 稀土合金   |         |                       |                     |          |                                    |                                          |                        |                                                                 |
| 北京轧辊厂<br>通县冶炼厂 | 1# 稀土合金   |         | 0.2Th                 | Th0.4               | 2        | 72.8                               | 128.4 $\times 10^{-15}$                  | 1.76 $\times 10^{-9}$  | 3.53 $\times 10^{-15}$                                          |
|                | 稀土精矿(30%) |         | 0.112ThO <sub>2</sub> | Th1.3               | 2        | 8.4                                | 21.6 $\times 10^{-15}$                   | 2.57 $\times 10^{-9}$  | 5.14 $\times 10^{-15}$                                          |
| 上海跃龙化工厂        | 氯化稀土      |         |                       | Th2.0               | 5        | 5.28                               | 13.2 $\times 10^{-15}$                   | 2.5 $\times 10^{-9}$   | 5.0 $\times 10^{-15}$                                           |
|                | 氯化稀土      |         |                       |                     | 2        | 2.9                                | 1.8 $\times 10^{-15}$                    | 0.62 $\times 10^{-9}$  | 1.24 $\times 10^{-15}$                                          |
| 北京红旗化肥厂        | 摩洛哥磷矿     |         | u 0.0086<br>Th0.0013  | u.Th<br>20          | 8        | 17.57                              | 1.45 $\times 10^{-15}$                   | 8.25 $\times 10^{-12}$ | 1.65 $\times 10^{-16}$                                          |
|                | 云南磷矿      |         | u 0.0017<br>Th0.0036  |                     |          |                                    |                                          |                        |                                                                 |

宜。

若工作场所空气中粉尘浓度满足 $2\text{mg}/\text{M}^3$ 后,空气中u、Th浓度不超过最大容许浓度1/10时所对应的粉尘中u、Th含量C应为:

$$C \times 2\text{mg}/\text{M}^3 = \frac{1}{10} (\text{MPC})_a$$

$$C = \frac{0.1(\text{MPC})_a}{2\text{mg}/\text{M}^3} = \frac{0.1 \times 0.02\text{mg}/\text{M}^3}{2\text{mg}/\text{M}^3} = 0.1\%$$

假定工作场所空气中粉尘u、Th含量与操作物料的u、Th含量相近,则符合上述条件、操作物料的u、Th含量也应为0.1%。

按照铀系衰变链处于放射性平衡情况,有6个 $\alpha$ 辐射体,4个 $\beta$ 辐射体考虑,由1克 $^{232}\text{Th}$ 的放射性强度为 $1.1 \times 10^{-7}$ 居里,则含铀为0.1%的放射性物质所对应的比放射性为:

$$\begin{aligned} Q &= (6^{232}\text{ThA}\alpha + 4^{232}\text{ThAB}) \times 0.1\% \\ &= (6 \times 1.1 \times 10^{-7}\text{Ci/g} + 4 \times 1.1 \times 10^{-7}\text{Ci/g}) \times 0.1\% \\ &= 1.1 \times 10^{-8}\text{Ci/kg} \end{aligned}$$

根据我国一居里天然铀的定义〔7〕:

$$\begin{aligned} 1. \text{居里天然铀} &= \frac{1}{2.046} \text{居里}^{238}\text{u} + \frac{1}{2.046} \text{居里}^{234}\text{u} + \frac{1}{2.046} \text{居里}^{235}\text{u} \\ &= \frac{2.97 \times 10^{-6}\text{克}}{2.046} + \frac{0.000168 \times 10^{-6}\text{克}}{2.046} + \frac{0.0213 \times 10^{-6}\text{克}}{2.046} \\ &= 1.46 \times 10^{-6}\text{克} \end{aligned}$$

则含有天然铀u为0.1%的放射性物质所对应的比放射性为:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1 \times 10^{-6}\text{Ci}}{1.46\text{g}} \times 0.1\% \\ &= 0.69 \times 10^{-8}\text{Ci/kg} \end{aligned}$$

2.操作天然性u、Th工作的场所日操作量下限值为q,则该工作场所空气中放射性物质浓度小于工作场所最大容许浓度1/10的条件是:

$$\frac{q \cdot S}{n \cdot v \cdot t} < \frac{1}{10} (\text{MPC})_a$$

式中各参数意义及取值如下:

$n=3$  每小时换气次数;

$v=1000\text{米}^3$  工作场所空间体积

$t=8\text{小时}$  每日工作时间

$S=10^{-4}$  满足一般工业卫生要求的扩散系数

$(\text{MCP}) = 2 \times 10^{-8}\text{克/升}$  工作场所空气中,天然u、Th最大容许浓度。

由此可求得:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{10} (\text{MPC})_a \frac{n \cdot v \cdot t}{S} \\ &= 2 \times 10^{-8} \times \frac{3 \times 10^3 \times 8}{10^{-4}} \\ &= 480\text{克} \approx 500\text{克} \end{aligned}$$

三、对放射工作下限值的探讨:

综观目前国际有关国家防护标准与我国放射防护规定放射性工作下限值结果可见,我国放射性工作下限值要求偏严。据上述调查试验和推算结果,表明我国放射防护规定号38条(1)款放射性工作下限值有可能适当放宽,为此我们提出修订建议如下:

“我国放射性工作下限值,即不作为放射性的限制条件是:

- 1.从事或接触比放射性小于 $1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤的天然放射性物质的工作;
- 2.操作天然u、Th总量小于每日500克;
- 3.操作含有放射性的物质、仪器、仪表及产生电离辐射的设备或装置,在经常工作条件下,无附加防护措施时,工作位置的剂量当量率低于0.25毫雷姆/小时,间断性工作年剂量当量低于0.5雷姆。
- 4.干式发尘操作过程中,当粉尘浓度达到国家卫生标准后,空气中放射性物质浓度不超过最大容许浓度的十分之一。”

建议的修订值与我国放射防护规定GBJ8—74第38条相比,无论是比放射性或日操作量都放宽了一些,这样是否安全合理,特评价如下:

1.根据从事或接触天然u、Th工作的各类型工作场所调查资料明显看出操作比放射性低于 $1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤的天然u、Th工作场所,无论作业方式(干式、湿式)只要粉尘受到控制,满足国家卫生标准后,空气中天然u、Th气溶胶浓度都能低于最大容许的十分之一。

有些特殊情况,操作比放小于 $1 \times 10^{-6}$ 居里/公斤的发尘操作中满足一般工业卫生要求后,工作场所空气中天然u、Th气溶胶浓度仍高于最大容许浓度的十分之一,对此建议的修订下限值中第四款作了相应的规定,这就保证了这些特殊情况下的安全性。

2.推荐的放射性工作下限值与国际原子机构(IAEA)及一些国家的防护标准的记录水平相比要严格一些,与苏联有关规定中确定的安全工作下限相当。

通过几年来的工作实践,我们深深体会到:修订放射性工作下限值是一项政策性和技术性很强的工作。我们根据现有的调查实验材料,参考国际上有关防护标准,按照理论估算结果,提出修订我国放射性工作下限值的建议。

不过,我们的工作还存在一些尚待解决的问题:①现场调查工作尚缺乏长期系统的积累资料;②推算放射性下限值的计算公式和有关系数的确定是否合适,还需进一步探讨。为此今后,还需要选一些有代表性的厂、矿企业,进一步调查试验,积累我国自己的资料,为修订出更正确合理的放射性工作下限值而努力。

北京有色冶金设计研究总院王国珍、徐孝生、谢琼心、张友芳、北京卫生防疫站、郝云芳、刘建国、卫生部工业卫生实验所,陈兴安、包钢环保劳动卫生研究所王宜田、武素华、王雅琴、宝廷玲、铁木巴特尔、崔琰等同志参加了本文试验、讨论工作;上海市卫生防疫站、上海跃进化工厂提供了有关试验资料,在此一并致谢。

#### 参考文献

- (1)国际放射防护委员会第26号出版物。 李树德译 原子能出版社 1978年
- (2)Basic Safety Standards for Radiation Protection 1967 IAEA Safety Series No9
- (3).Radiation Safety Standards 1969 AERE—Trans—1134
- (4).改订放射线障害防止法规的解说 1974

〔5〕制定“放射防护规定”的依据 内部资料

〔6〕武安所，包钢卫生所，白云矿破碎车间粉尘与放射性的关系的研究 内部资料 1965年

〔7〕李树德 辐射防护标准 核防护 1975 1期。

放射防护室 王济中