

1 范围

本标准规定了矿工氡子体 α 潜能个人累积暴露量的估算规范,用来计算氡子体诱发矿工肺癌的病因概率。

本标准适用于已被确诊为原发性肺癌的氡污染矿山井下工作人员(以下简称矿工)的肺癌病因判断。

2 估算方法

2.1 暴露量的单位和计算公式

2.1.1 氡子体 α 潜能累积暴露量的单位为焦耳·小时/立方米($J \cdot h \cdot m^{-3}$)或工作水平月(WLM),它得自氡子体 α 潜能浓度[焦耳/立方米($J \cdot m^{-3}$)或工作水平(WL)]与暴露时间的乘积。假定矿工第*i*类工种井下作业场所的平均氡子体 α 潜能浓度用WL表示;作业时间 T_i 用小时(h)表示,每月工作170h;则可利用式(1)计算氡子体 α 潜能累积暴露量。

$$E_p = (1/170) \sum_i \bar{C}_{pi} T_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: E_p ——氡子体 α 潜能累积暴露量,WLM;

\bar{C}_{pi} ——矿工从事第*i*类工种井下作业场所的平均氡子体 α 潜能浓度,WL;

T_i ——矿工从事第*i*类工种井下作业时间,h。

各单位的换算关系见附录A(标准的附录)。

为计算矿工肺癌病因概率,需要给出既往历年的年累积工作水平月(WLM)。

2.1.2 氡子体累积暴露量也可以用吸入氡子体 α 潜能摄入量*J*表示。 $J \cdot h \cdot m^{-3}$,WLM和*J*的单位都可以换算成有效剂量当量Sv,其换算系数见附录A。

2.2 井下氡子体浓度的确定

2.2.1 为计算氡子体累积暴露量,应该获得该矿工既往历年井下作业各坑道中的氡子体平均浓度(算术平均值),用 $J \cdot m^{-3}$ 或WL表示。假如只有氡浓度监测值,可以利用平衡系数(F)将其换算为氡子体浓度。F值的选定见附录B(提示的附录)。

2.2.2 当缺乏各不同矿区(坑道)的氡子体浓度监测资料和/或早年氡子体浓度监测资料时,可以利用下述方法进行估算和回推。

2.2.2.1 假如各矿区(坑道)的生产防护条件比较相近,可以利用各矿区(坑道)在一段时间内的系统监测混合平均值即全矿(全矿区)平均浓度,估算当时所有下井矿工的暴露量。根据矿山的大小,系统监测总样品数应不少于15~30,一定时间内各作业面布点监测取样数目的分配比例应与该段时间该处作业人数的比例人体一致;应删除为辐射防护目的选取的特殊异常点和无人作业区的监测值。假如各矿区(坑道)的条件缺乏可比性,应根据具体情况适当调整。

2.2.2.2 假如早年较长一段时间没有做过系统监测,可以根据既往监测的数量和质量确定最早一次合格的系统监测,经过季节校正、必要的仪器刻度校正或布点权重校正得到可供使用的首次年均浓度和首次监测年。在缺乏合理和有效机械通风的矿山,季节校正系数(夏/冬比值)可取 2~5。

2.2.2.3 假如矿工在首次监测年之前已经开始井下作业,可以考虑用“首次年均浓度”代表该矿工在此之前历年接受的氡子体暴露,首次监测年之后的年均浓度使用后来通过不同监测方法得到的所在矿区(坑道)实际监测值,中间缺乏监测资料年份的浓度通过内插得出,或使用相邻矿区(坑道)的监测值。假如首次监测之后未再做过监测,井下通风条件没有重大改变,首次监测浓度可以继续用于该矿工的后来的 5 年井下作业,超过 5 年井下作业的氡子体暴露量减半或不参加暴露量估算。

2.2.2.4 假如矿工在首次监测年之前已在该矿区工作大约 10 年或更久,根据坑道开拓、井下通风条件和井下氡浓度的年代变迁趋势说明早年井下氡浓度有可能高于“首次年均浓度”,这时可以对该浓度做适当校正,以便得到早年浓度的更合理的估算值,时间校正系数(早年浓度/首次年均浓度)一般不超过 2~5。必要时可以通过早年坑道模拟测量值对校正系数进行合理选定。假如存在特殊证据,校正系数取小于 1 数值的可能性不能排除。

2.3 井下工作时间的确定

2.3.1 根据矿山保存的职业史和工种登记资料,确定矿工在不同矿区(坑道)的历年井下作业时间。

2.3.2 假如只能得到矿工既往从事某工种的井下作业年数(井下工龄),得不到历年在各矿区(坑道)的井下工作时间,可以用不同年份有关工种的井下作业工时利用率对井下工龄进行校正,得到实际井下作业时间。当矿工暴露的氡子体浓度取全矿(或全工区)平均值时,矿工工时利用率可以取全矿(或全工区)的代表性数值。

附 录 A

(标准的附录)

氡、氡子体浓度、氡子体 α 潜能暴露量和有效剂量当量的单位

氡浓度(C_{Rn}): $Bq \cdot m^{-3}$

$$pCi \cdot L^{-1} = 37 Bq \cdot m^{-3}$$

氡子体 α 潜能浓度(C_p): $J \cdot m^{-3}$ 或 $MeV L^{-1}$

$$WL = 1.3 \times 10^5 MeV \cdot L^{-1} = 2.08 \times 10^{-5} J \cdot m^{-3}$$

氡子体 α 潜能暴露量(E_p): $1 J \cdot h \cdot m^{-3} = 4.8 \times 10^4 WL \cdot h$

$$WLM = 170 WL \cdot h = 3.5 \times 10^{-3} J \cdot h \cdot m^{-3}$$

吸入的氡子体 α 潜能摄入量(I_p): $1 J = 240 WLM(E_p)$

有效剂量当量(H_E): Sv 。为了简化可以把 1 WLM 换算成 0.01 Sv,而不考虑决定该换算系数的其他因素,例如氡子体未结合态份额(f_p)的作用。

附 录 B

(提示的附录)

氡子体平衡系数(F)

F 是平衡当量氡浓度 EC_{Rn} 与空气中氡的放射性浓度 C_{Rn} 的比值。

$$F = EC_{Rn}/C_{Rn}$$

假如氡浓度用 $100 pCi \cdot L^{-1}$ (旧称 1 艾曼),氡子体浓度用 WL 表示,则

$$F = WL/100 pCi \cdot L^{-1}$$

当某年份某矿区(坑道)只有氡浓度实测值,缺乏氡子体浓度实测值时,可以利用在类似坑道和通风条件下获得的 F 实测值,或 F 模拟测量值,或 F 估计值,将该氡浓度换算为氡子体浓度。还可以根据井下通风量(Q)和坑道总体积(V)利用表 B1 对 F 值进行估计。铀矿井下的通风率常在 $0.03 min^{-1}$ 上下, F 值大约为 0.4。通风不良的早年坑道 F 值可达 0.6~0.8。

表 B1 F 值随坑道通风率的变化[Q 为通风量(min^{-1}), V 为坑道体积]

Q/V	0.00	0.003	0.01	0.03	0.10	0.30	1.00
F	1.00	0.87	0.66	0.39	0.16	0.06	0.02