

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 270—2016

矿工氡子体个人累积暴露量估算规范

Specification for estimation of cumulative exposure to radon's progeny for miners

2016-06-28 发布

2016-11-01 实施

中 华 人 民 共 和 国
国 家 卫 生 和 计 划 生 育 委 员 会 发 布



目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 氡子体累积暴露量的计算	2
5 井下作业时间的估计	2
6 井下氡子体 α 潜能浓度的确定	2
7 氡子体累积暴露量及相关信息的表示	4
附录 A (资料性附录) 氡浓度、氡子体 α 潜能浓度和氡子体 α 潜能暴露量的单位换算	5
附录 B (资料性附录) 平衡因子(F)	6
附录 C (资料性附录) 矿工氡子体累积暴露量及相关信息表示格式	7

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 18198—2000《矿工氡子体个人累积暴露量估算规范》。

本标准与 GB/T 18198—2000 相比,主要技术变化如下:

- 增加了术语和定义;
- 补充了当有系统或零散个人监测结果时的估算方法;
- 对缺乏氡或氡子体监测数据时的估算方法,依据不同场景,做了进一步细化;
- 增加了铀矿工氡子体累积暴露量及相关信息表示格式。

本标准起草单位:中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、中国辐射防护研究院、复旦大学、昆明医科大学。

本标准主要起草人:孙全富、牛昊巍、陈宝维、李小娟、卓维海、姚树祥、傅颖华、雷淑洁。

矿工氡子体个人累积暴露量估算规范

1 范围

本标准规定了矿山井下工作人员氡子体 α 潜能个人累积暴露量的估算规范。
本标准适用于已被确诊为原发性肺癌的铀矿山井下工作人员的氡致肺癌病因判断。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GBZ 97 放射性肿瘤病因判断标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氡子体 radon progeny

氡(^{222}Rn)衰变到铅-210(不含)过程中的短寿命放射性衰变产物,包括下列核素:钍-218(镭 A)、铅-214(镭 B)、铋-214(镭 C)和钍-214(镭 C'),再加上极微量的碲-218、铊-210(镭 C'')和铅-209。铅-210(镭 D)及其放射性子体铋-210(镭 E)和钍-210(镭 F),加上极微量的汞-206和铊-206。后两种核素以气载形式存在的量很小,一般不视为氡子体。氡衰变的稳定核素为铅-206(镭 G)。

3.2

氡子体 α 潜能 potential alpha energy of radon progeny

氡(^{222}Rn)的子体完全衰变为铅-210(但不包括铅-210的衰变),所发射的 α 粒子能量的总和。

3.3

氡子体 α 潜能暴露量 potential alpha energy exposure of radon progeny

空气中 α 潜能浓度与暴露于氡子体时间的乘积。国际标准(SI)单位为焦耳小时每立方米($\text{J} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)。常用非 SI 单位为工作水平月(WLM)。

3.4

工作水平 working level; WL

一种表示氡子体 α 潜能浓度的非 SI 单位。空气中氡的各种短寿命子体(不论其组成如何)完全衰变时,所发出的 α 粒子在单位体积空气中的能量的总和。相当于每升空气中发射出的 α 粒子能量为 $1.3 \times 10^5 \text{ MeV}$ 。在 SI 单位中,1 WL 约对应于 $2.1 \times 10^{-5} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

3.5

工作水平月 working level month; WLM

在氡子体 α 潜能浓度为 1 WL 时,工作一个月(170 h)所接受的氡子体的暴露量。在 SI 单位中,1 WLM 约相当于 $3.54 \times 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

3.6

系统监测 systemic surveillance

矿山进行的有监测计划、连续的氦气或氦子体监测。

4 氦子体累积暴露量的计算

4.1 为计算氦子体累积暴露量,应该获得该矿工历年在井下各个巷道/作业场所的氦子体 α 潜能年累积暴露量。

4.2 利用式(1)可计算历年氦子体 α 潜能年累积暴露量:

$$P_{\text{RnP}} = \frac{1}{170} \sum_i \bar{C}_{\text{RnP},i} T_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P_{RnP} ——氦子体 α 潜能年累积暴露量,单位为工作水平月(WLM);

$\frac{1}{170}$ ——工作水平小时到工作水平月的转换系数;

$\bar{C}_{\text{RnP},i}$ ——矿工所处第 i 个井下作业场所的年平均氦子体 α 潜能浓度,单位为工作水平(WL);

T_i ——一年内矿工在第 i 个井下作业场所的作业时间,单位为小时(h)。

各单位的换算关系见附录 A。

5 井下作业时间的估计

5.1 根据矿山保存的职业史、有关记录资料,确定矿工历年在井下各个巷道/作业场所的作业时间。

5.2 若有书面的各工作年份井下工作时间记录,应采用。

5.3 若只能得到矿工既往从事某工种的井下作业年数(井下工龄),得不到历年在各巷道的井下工作时间,可以用不同年份该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。当矿工暴露的氦子体 α 潜能浓度取全矿(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,如平均值。

5.4 当缺乏确切的井下作业时间记录时,一年井下作业时间按 2 000 h 计;1 个月井下工作时间近似为 170 h。

6 井下氦子体 α 潜能浓度的确定

6.1 场景 A:有全部或部分作业场所年度系统监测数据

6.1.1 根据巷道的大小,各巷道系统监测样品数应不少于 15~30 个。

6.1.2 应删除无人作业区的监测值。

6.1.3 若井下监测结果是以工作水平(WL)为单位的氦子体 α 潜能浓度,则:

- a) 当有全部工作场所的系统监测数据时,应利用系统监测数据分别计算各巷道的氦子体 α 潜能浓度的年算术均值;
- b) 当只有部分作业场所的系统监测数据时,应选择矿工工作时间较长的几个作业场所,将其氦子体 α 潜能浓度的算术均值作为各作业场所的参考值,并可根据在本作业场所的工作时间、浓度等具体情况作适当修正。

6.1.4 若井下只监测氦浓度 ($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$),可参照 6.3.1 利用平衡系数 F 将其换算为氦子体 α 潜能浓度,再经 6.1.3 得到其年平均值。

6.2 场景 B: 仅有作业场所部分年份监测数据

6.2.1 假如矿山在较长一段时间没有做过系统监测,可以根据既往某时间段监测的数据确定最早一次合格的系统监测,经过监测季节校正、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。在缺乏有效机械通风的矿山,季节校正系数(夏/冬比值)可取 2~5。

6.2.2 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。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,这时可以对该浓度做适当时间校正,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)一般取 2~5。必要时可以通过在早年巷道的模拟测量值对校正系数进行合理选定。只有存在可靠、科学和合理的证据时,才能取校正系数小于 1。

6.2.3 首次监测年之后的年均浓度,可使用后来通过不同监测方法得到的所在巷道实际监测值,中间缺乏监测资料年份的浓度可通过内插法得出,或使用相邻巷道的监测值。假如首次监测之后未再做过监测,且井下通风条件等影响氡浓度的因素没有重大改变,首次监测浓度可以视为该矿工的后来历年井下作业的代表值。

6.3 场景 C: 有历年的完整系统的个人氡监测数据

6.3.1 当氡个人剂量监测数据表示为氡浓度(单位为 $Bq \cdot m^{-3}$)时,结合当时的通风情况,按照附录 B 给出的平衡因子 F ,通过式(2)求得氡子体 α 潜能浓度(单位为 WL):

$$c_{RnP} = 2.67 \times 10^{-4} \times F \cdot c_{Rn} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

c_{RnP} —— 氡子体 α 潜能浓度,单位为工作水平(WL);

F —— 平衡因子;

c_{Rn} —— 氡浓度,单位为贝可每立方米($Bq \cdot m^{-3}$);

2.67×10^{-4} —— 氡浓度到氡子体 α 潜能浓度的转换系数,单位为工作水平每贝可立方米 [$WL/(Bq \cdot m^{-3})$]。

再依据一年中各个监测周期的氡子体监测数据,计算历年的氡子体 α 潜能浓度的算术平均值。

6.3.2 当氡个人剂量监测数据表示为年有效剂量(单位为 mSv/a)时,则:

- 如果已知有效剂量结果是从氡子体暴露量(WLM)计算得到,且存在数据计算所采用的氡子体暴露量到有效剂量的转换系数(mSv/WLM)的记录,应评估该转换系数的科学性和有效性,再通过有效剂量除以该转换系数直接得到该年的氡子体累积暴露量(WLM);
- 如果已知有效剂量结果是从氡暴露量($Bq \cdot h \cdot m^{-3}$)计算得到,且存在数据计算所采用的氡暴露量到有效剂量的转换系数[mSv/($Bq \cdot h \cdot m^{-3}$)]的记录,应评估该转换系数的科学性和有效性,再通过有效剂量除以该转换系数得到该年的氡暴露量($Bq \cdot h \cdot m^{-3}$),然后除以工作时间获得氡浓度平均值,最后通过 6.3.1 得到氡子体 α 潜能浓度;
- 如果无法确定数据计算时所采用的转换系数,可将该有效剂量除以 5 mSv/WLM 所得的值作为该年的氡子体累积暴露量(WLM);
- 当某矿工缺失氡个人监测数据时,可采用同班组矿工的氡个人监测数据的均值。

6.4 场景 D: 有零散的个人氡监测数据

6.4.1 当有部分年份的氡个人监测数据时,可采用内插法,估计缺失数据的年份的氡个人剂量数据。

6.4.2 可参照 6.2 对缺乏氡个人监测数据的年份进行估计和校正。

6.4.3 可将氡个人监测数据的代表性数值,如算术均值、中位数、75%分位数等,作为个人氡暴露浓度的典型值用于估计个人累积氡子体暴露量。

6.5 井下氡子体 α 潜能浓度估计值的不确定度

必要时,为评估井下氡子体 α 潜能浓度估计值的不确定度,要对个人氡子体暴露量的中位数和几何标准差进行估计。

7 氡子体累积暴露量及相关信息的表示

氡照射导致的肺癌危险与开始暴露时年龄和历年暴露浓度等因素有关。参考 GBZ 97,为进行肺癌病因判定,提供矿工的氡子体累积暴露量时应包含以下要素(表示格式见附录 C):

- a) 开始受照时年龄;
- b) 以后历年的氡子体年累积暴露量(单位为 WLM);
- c) 最后一次暴露后经历的时间(单位为年);
- d) 截止到确诊肺癌时或最终结束井下作业时(以出现早者为准)的氡子体累积暴露量(单位为 WLM)。

附 录 A

(资料性附录)

氡浓度、氡子体 α 潜能浓度和氡子体 α 潜能暴露量的单位换算

氡浓度、氡子体 α 潜能浓度和氡子体 α 潜能暴露量的常用单位按如下关系换算。

氡浓度(c_{Rn}):

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

氡子体 α 潜能浓度(c_{RnP}):

$$1 \text{ WL} = 1.3 \times 10^5 \text{ MeV} \cdot \text{L}^{-1} = 2.1 \times 10^{-5} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$$

氡子体 α 潜能暴露量(p_{RnP}):

$$1 \text{ J} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3} = 4.8 \times 10^4 \text{ WL} \cdot \text{h}$$

$$1 \text{ WLM} = 1 \text{ WL} \cdot 170 \text{ h} = 3.54 \times 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$$

附录 B
(资料性附录)
平衡因子(F)

平衡因子(F)是氡的平衡当量浓度与氡的实际浓度之比。这里平衡当量浓度是氡与其短寿命子体处于平衡状态并具有与实际非平衡混合物相同的 α 潜能浓度时氡浓度。

当某年份某巷道只有氡浓度实测值,缺乏氡子体浓度实测值时,可以利用在类似巷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)和巷道总体积(V)利用表 B.1 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。通风不良的早年巷道 F 值可达 0.6~0.8。

表 B.1 F 值随巷道通风率的变化

Q/V^a	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
^a Q 为通风量($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$), V 为巷道体积(m^3)。							

附 录 C
(资料性附录)

矿工氡子体累积暴露量及相关信息表示格式

矿工氡子体累积暴露量及相关信息的表示格式见表 C.1。

表 C.1 矿工氡子体累积暴露量及相关信息表示格式

出生年月：_____年_____月 确诊肺癌的年月：_____年_____月，年龄(a)：_____岁 最早开始井下作业时的年份：_____年，当时的年龄(e_0)_____岁 最终结束井下作业时的年份：_____年，当时的年龄(e_1)_____岁 最后一次暴露后经历的时间($t=a-e_1$)：_____年 工作期间的终生累积氡子体暴露量：_____ WLM	
受照时年份	当年时段内的累积氡子体暴露量 WLM
合计	