

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 233—2010

锡矿山工作场所放射卫生防护标准

Radiological protection standards for
the workplaces of tin mine

2010 - 06 - 04 发布

2010 - 12 - 01 实施

中华人民共和国卫生部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 放射卫生防护基本要求	2
5 锡矿山工作场所监测	2
6 个人监测	4
7 锡矿山工作场所管理目标值.....	5
附录 A（资料性附录） 锡矿山氡浓度及氡子体 α 潜能浓度值的推导	6
附录 B（资料性附录） 锡矿山工作人员所受剂量的估算方法	7
附录 C（规范性附录） 锡矿山常见核素的年摄入量导出限值和导出空气浓度	8

前 言

本标准编制所依据的起草规则为GB/T 1.1—2009 《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》。

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准由卫生部放射卫生防护标准专业委员会提出。

本标准由中华人民共和国卫生部批准。

本标准起草单位：湖南省劳动卫生职业病防治所。

本标准主要起草人：杨芬芳、陈东辉、张雷、艾健康、凌光华、许志勇、张奇志。

锡矿山工作场所放射卫生防护标准

1 范围

本标准规定了锡矿山的放射卫生防护基本要求、工作场所监测和个人监测以及工作场所管理目标值。

本标准适用于锡矿山开采、选矿、冶炼等在其工作场所造成的天然放射性核素及其子体所致职业照射的防护。其他伴生放射性矿的矿山或选冶场所可参照执行。

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，仅所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。

GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

GBZ/T 182 室内氡及其衰变产物测量规范

EJ 978 铀地质、矿山、选冶厂辐射工作人员个人监测与管理规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

伴生放射性矿 *mines associated with natural radioactivity*

含有较高水平天然放射性核素浓度的非铀矿（如稀土矿和磷酸盐矿等）。

3.2

氡浓度 *radon concentration*

单位体积空气中氡的放射性活度，SI单位为贝可每立方米（Bq/m³）。

3.3

平衡当量(氡)浓度 *EEC equilibrium equivalent (radon) concentration*

氡与其短寿命衰变产物处于平衡状态，并具有与实际非平衡混合物相同的 α 潜能浓度时氡的活度浓度，SI单位为贝可每立方米（Bq/m³）。

3.4

平衡因子 *equilibration factor*

氡的平衡当量浓度与氡的实际浓度之比 F 。

3.5

氡子体 α 潜能浓度 potential alpha energy concentration of radon daughters

氡(^{222}Rn)的子体完全衰变为 ^{210}Po (但不包括 ^{210}Pb 的衰变)时,所发射的 α 粒子能量的总和,单位为微焦耳每立方米($\mu\text{J}/\text{m}^3$)或工作水平(WL)。

3.6

工作水平 working level, WL

氡子体所引起的 α 潜能浓度[即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总和]的非SI单位(WL),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1WL对应于 $2.1\times 10^{-5}\text{J}/\text{m}^3$ 。

3.7

工作场所监测 workplace monitoring

为评价或控制辐射或放射性物质的照射,对工作场所剂量或污染所进行的测量及对测量结果的解释。

4 放射卫生防护基本要求

4.1 锡矿山的放射卫生防护,应遵循实践的正当性、防护与安全的最优化和剂量限值三项基本原则。

4.2 锡矿山从业人员应接受放射卫生防护知识培训,以了解氡及其子体、其他放射性核素可能对健康造成的危害。

4.3 凡工作人员个人年有效剂量大于 1mSv 或物料中天然铀比活度大于 1Bq/g 的锡矿山均应进行放射卫生防护的审管。

4.4 工作场所氡浓度超过 $500\text{Bq}/\text{m}^3$ 、氡子体 α 潜能浓度超过 $1.80\mu\text{J}/\text{m}^3$ 或 γ 辐射空气吸收剂量率超过 $1\mu\text{Gy}/\text{h}$,应采取通风防尘等防护措施,在该类场所工作的工作人员应接受个人剂量监测和职业健康检查。

4.5 工作场所氡浓度超过 $1000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或氡子体 α 潜能浓度超过 $3.57\mu\text{J}/\text{m}^3$ 时,应加强场所通风、防尘、隔绝氡源等降氡措施,矿工个体佩带防氡口罩。

4.6 对 γ 辐射空气比释动能率超过 $1\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的工作场所,应制订严格措施,限制工作人员在此场所停留时间。

4.7 对空气中长寿命核素 α 气溶胶浓度超过 $0.25\text{Bq}/\text{m}^3$ 时,应采取除尘、洒水和清洗等降尘措施。

4.8 任何表面受到放射性污染后,应及时采取综合去污措施,尽可能清洗到本底水平。

4.9 工作场所氡浓度超过 $500\text{Bq}/\text{m}^3$ 、氡子体 α 潜能浓度超过 $1.80\mu\text{J}/\text{m}^3$ 或 γ 辐射空气吸收剂量率超过 $1\mu\text{Gy}/\text{h}$ 时,应对场所 γ 外照射和氡浓度及氡子体 α 潜能浓度进行长期监测。

4.10 工作人员总的年有效剂量超过 10mSv 时,应采取纠正或改进措施,降低工作场所氡浓度、矿尘浓度和工作人员 γ 外照射剂量或立即更换工种,并进行医学检查等。

5 锡矿山工作场所监测

5.1 监测项目

5.1.1 矿山井下工作场所的监测项目

包括空气中氡浓度及氡子体 α 潜能浓度、粉尘浓度、 γ 辐射空气吸收剂量率监测等项。

5.1.2 选冶厂工作场所的监测项目

除5.1.1规定的项目外，增加空气中长寿命核素 α 气溶胶浓度、 α 和 β 放射性表面污染水平监测等项。

5.2 采样布点原则

5.2.1 空气中氡浓度及氡子体 α 潜能浓度监测的布点原则

5.2.1.1 空气采样点应布设在工作人员经常活动范围内有代表性的地点。采样高度应在工作人员呼吸带附近，一般为1.5m左右。

5.2.1.2 掘进工作面的采样点应选在距工作面5m~10m的下风侧，支护天井布点设在保护台上，吊罐或爬罐天井设在罐上。

5.2.1.3 采场的采样点应设在工作点的下风侧。采场面积小于100m²时，可布设一个采样点，大于100m²应在主要工作点布设两个以上的采样点。

5.2.2 γ 辐射监测的布点原则

5.2.2.1 掘进巷道应沿巷道中心距工作面不小于0.5m，距底板高度1m左右布设一个 γ 辐射监测点。

5.2.2.2 采场 γ 辐射监测布点数应根据采场面积和采矿方法确定，硐室型采场可按10m²~20m²布设一个测点，测点距矿壁不小于0.5m，距底板高度1m左右。巷道型采场的布点同5.2.2.1。

5.2.2.3 矿山地面和选冶厂应在有人作业处布设 γ 辐射监测点，如选冶厂、原矿仓、粉矿仓和破碎车间等，测点距地面高度1m左右。

5.3 监测方法、灵敏度要求和监测周期

5.3.1 空气中氡浓度及氡子体 α 潜能浓度的监测

5.3.1.1 监测方法

空气中氡浓度及氡子体 α 潜能浓度的监测方法，可根据不同工作场所从GBZ/T 182中选择。

5.3.1.2 灵敏度要求

在测量不确定度小于15%情况下，氡浓度的测量下限应低于10Bq/m³，测量上限应大于1×10⁴Bq/m³。氡子体 α 潜能浓度的测量下限应低于0.04 μ J/m³，测量上限大于36 μ J/m³。

5.3.1.3 监测周期

矿山井下采场或矿脉内掘进巷道的氡浓度及氡子体 α 潜能浓度每月至少监测2次，井下其他工作场所每月监测不少于1次，地面工作场所可每季度监测1次。对于氡浓度及氡子体 α 潜能浓度分别低于100Bq/m³和0.4 μ J/m³的井下工作场所也可每季度监测1次。而对于氡浓度及氡子体 α 潜能浓度分别达到500Bq/m³和1.8 μ J/m³时的工作场所需每周监测1次，直至连续四周监测结果低于前面所限制的数值时，可恢复到原监测周期。

5.3.2 γ 辐射空气吸收剂量率监测

5.3.2.1 监测方法

工作场所的 γ 辐射可采用便携式 γ 辐射仪在现场直接测量。

5.3.2.2 灵敏度要求

γ 辐射空气吸收剂量率的测量下限应低于 $0.01\mu\text{Gy/h}$ 。

5.3.2.3 监测周期

矿山井下主要工作面的 γ 辐射至少应半年监测1次，其余工作场所可每年监测1次。当 γ 辐射空气吸收剂量率大于 $1\mu\text{Gy/h}$ 时，应每月监测1次，直至连续3个月低于上述剂量率值时，可按原监测周期进行监测。

5.3.3 α 、 β 放射性表面污染监测

5.3.3.1 监测方法

α 、 β 放射性表面污染通常采用便携式 α/β 污染监测仪现场直接测量。表面形状复杂或容器管道内部污染应采用擦拭法测量。

5.3.3.2 灵敏度要求

α 放射性表面污染测量下限应低于 0.004Bq/m^2 ， β 放射性表面污染测量下限应低于 0.04Bq/m^2 。

5.3.3.3 监测周期

一般情况下选冶厂工作场所的工作台、设备、墙壁和地面可每年进行1次普查。当氡及其子体 α 潜能浓度分别达到 500Bq/m^3 和 $1.8\mu\text{J/m}^3$ 或 γ 辐射空气吸收剂量率大于 $1\mu\text{Gy/h}$ 时应每季度进行抽测。

5.3.4 空气中长寿命核素 α 气溶胶浓度或粉尘浓度监测

5.3.4.1 监测方法

采用滤膜采样，实验室内 α 计数测量方法（用延时法或能谱法测量样品的 α 粒子计数率）也可采用便携式 α 气溶胶测量仪现场测量。

粉尘浓度监测可采用滤膜采样称重法或便携式粉尘测量仪现场直接测量。

5.3.4.2 灵敏度要求

在测量不确定度小于15%情况下， α 气溶胶浓度测量下限应低于 0.03Bq/m^3 。粉尘浓度测量下限应低于 0.02mg/m^3 。

5.3.4.3 监测周期

矿山井下采场或矿脉内掘进工作面的粉尘浓度应每月至少监测2次，其他工作场所可每月监测1次。当氡子体 α 潜能浓度达到 $1.8\mu\text{J/m}^3$ 时应进行空气中长寿命核素 α 气溶胶浓度的监测。

6 个人监测

6.1 当工作场所的 γ 辐射空气吸收剂量率超过 $1\mu\text{Gy/h}$ 时，工作人员应佩戴 γ 个人剂量计进行个人监测。

6.2 工作场所空气中氡浓度超过 500Bq/m³或氡子体 α 潜能浓度超过 1.8 μJ/m³时,工作人员应佩戴氡子体个人剂量计进行个人监测。

6.3 γ 个人剂量计的监测周期、佩带要求和测量不确定度应满足 GBZ 128 的要求;氡子体个人剂量计参照 EJ 978 的要求。

7 锡矿山工作场所管理目标值

7.1 锡矿山工作人员的有效剂量管理目标值为 10mSv/a。

7.2 锡矿山井下工作场所空气中氡浓度及氡子体 α 潜能浓度的管理目标值分别为 1000Bq/m³和 3.57 μJ/m³。其取值依据参见附录 A 中表 A.1。

7.3 从事锡矿山工作人员既受到外照射又受到多种放射性核素内照射时,应满足下列公式的规定。但在工作场所,一般不考虑式(1)中第二项因食入而引起的照射,与另两项有关的剂量估算方法参见附录 B:

$$\frac{H_p}{DL} + \sum_j \frac{I_{j,ing}}{I_{j,ing,L}} + \sum_j \frac{I_{j,inh}}{I_{j,inh,L}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H_p ——该年内 γ 辐射照射所致的个人剂量当量,单位为毫希(mSv);

DL ——相应的有效剂量的年剂量管理目标值,单位为毫希(mSv);

$I_{j,ing}$ ——同一年内食入放射性核素 j 的摄入量,单位为贝可(Bq);

$I_{j,inh}$ ——同一年内吸入放射性核素 j 的摄入量,单位为贝可(Bq);

$I_{j,ing,L}$ ——食入放射性核素 j 的年摄入量导出值(ALI),单位为贝可(Bq)。

$I_{j,inh,L}$ ——吸入放射性核素 j 的年摄入量导出值(ALI),单位为贝可(Bq)。

7.4 由上述锡矿山工作人员有效剂量管理目标值推导出的常见核素年摄入量导出限值($I_{j,ing,L}$ 和 $I_{j,inh,L}$)和空气导出浓度见附录 C。

7.5 锡矿山工作场所表面污染水平按表 1 控制。应用表 1 时应注意:

- 表 1 中所列数值系指表面上固定污染和松散污染的总数;
- 手、皮肤、内衣、工作袜受污染时,应及时清洗,尽可能清洗到本底水平。其他表面污染水平超过表 1 中所列数据时,应采取去污措施;
- 表面污染控制水平可按一定面积上的平均值计算:皮肤和工作服取 100cm²,设备取 300cm²,地面取 1000cm²。

表1 工作场所的放射性表面污染控制水平 单位为贝可每平方厘米

表面类型	α 放射性物质		β放射性物质
	极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	0.4	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜	0.04	0.04	0.4

附录 A
(资料性附录)

锡矿山氨浓度及氡子体 α 潜能浓度值的推导

A.1 根据GB 18871-2002表B.2所列工作场所氡子体照射与有效剂量的转换, 可以由锡矿山矿工个人年有效剂量 E_p 如下推导工作场所氨浓度 C_{Rn} 及氡子体 α 潜能浓度 C_p 的管理限值。

A.2 工作场所氡子体 α 潜能浓度 C_p 与年有效剂量 E_p 的关系见式 (A.1) :

$$C_p = \frac{E_p}{1.4 \times t} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

C_p ——工作场所氡子体 α 潜能浓度, 单位为毫焦耳每立方米(mJ/m^3);

E_p ——年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

1.4 ——剂量转换系数, 单位为毫希除以毫焦耳小时每立方米之商 $[\text{mSv}/(\text{mJ} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})]$;

t ——工作时间, 单位为小时(h)。

A.3 工作场所氨浓度 C_{Rn} 与氡子体 α 潜能浓度 C_p 的关系见式 (A.2) :

$$C_{Rn} = \frac{180 \times C_p}{F} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

C_{Rn} ——工作场所空气中氨浓度, 单位为贝可每立方米(Bq/m^3);

C_p ——工作场所空气中氡子体 α 潜能浓度, 单位为微焦耳每立方米($\mu\text{J}/\text{m}^3$);

F ——平衡因子;

180 ——转换系数, 单位为贝可每微焦耳($\text{Bq}/\mu\text{J}$)。

A.4 根据GB 18871-2002推荐的年工作时间2000h, 平衡因子分别取0.4、0.5、0.55和0.60, 根据不同的个人年有效剂量 E_p , 则由上二式可得到相应的工作场所氨及氡子体浓度的导出值, 计算结果见表A.1。

表A.1 由锡矿山矿工的个人年有效剂量 E_p 导出的氨浓度 C_{Rn} 及氡子体 α 潜能浓度 C_p 值

年工作 时间(h)	$E_p(\text{mSv} \cdot \text{a}^{-1})$	$C_p(\mu\text{J} \cdot \text{m}^{-3})$	$C_{Rn}(\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3})$			
			$F=0.4$	$F=0.50$	$F=0.55$	$F=0.6$
2000	20	7.14	3200	2600	2300	2100
2000	15	5.36	2400	1900	1750	1600
2000	10	3.57	1600	1300	1150	1000
2000	5	1.79	800	650	580	540

附 录 B
(资料性附录)

锡矿山工作人员所受剂量的估算方法

B.1 吸入氡子体所致年有效剂量 E_p 按式(B.1)估算:

$$E_p = 1.4 \times \sum_i C_{p,i} t_i \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

E_p ——吸入氡子体所致年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

1.4 ——剂量转换系数, 单位为毫希除以毫焦耳小时每立方米之商[mSv/(mJ·h·m⁻³)];

$C_{p,i}$ ——第*i*工作场所年平均氡子体 α 潜能浓度, 单位为毫焦耳每立方米, (mJ/m³);

t_i ——在第*i*工作场所的年工作时间, 单位为小时(h)。

B.2 吸入铀系长寿命核素 α 气溶胶或铀所致年待积有效剂量 E_α 按式(B.2)估算:

$$E_\alpha = kb \sum C_{\alpha,i} t_i \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

E_α ——吸入空气中长寿命核素 α 气溶胶或铀所致年待积有效剂量, 单位为毫希(mSv);

k ——剂量转换系数, mSv/Bq; 对于铀矿尘 $k=7.0 \times 10^{-3}$ (考虑铀系5个 α 长寿命核素处于放射性平衡);

b ——呼吸速率, 取值为 1.2 m³/h;

C_α ——第*i*工作场所年均铀系长寿命核素 α 气溶胶浓度或铀浓度, 单位为贝可每立方米, (Bq/m³);

t_i ——在第*i*工作场所一年的实际工作时间, 单位为小时(h)。

B.3 γ 外照射所致年有效剂量 E_γ 按式(B.3)估算:

$$E_\gamma = 0.7 \times \sum_i \dot{D}_i \times t_i \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

E_γ —— γ 外照射所致年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

0.7 ——考虑了辐射场与自身屏蔽等因素的修正因子, 单位为毫希每毫戈(mSv/mGy);

$\dot{D}_i$ ——第*i*工作场所的年均 γ 辐射空气吸收剂量率, 单位为毫戈每小时(mGy/h);

t_i ——在第*i*工作场所一年的实际工作时间, 单位为小时(h)。

B.4 按式(B.4)计算工作人员的年有效剂量 E_{Σ} :

$$E_{\Sigma} = E_p + E_\gamma + E_\alpha \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

E_{Σ} ——考虑了辐射场与自身屏蔽等因素的修正因子, (mSv/mGy)。工作人员总的年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

E_p ——吸入氡子体所致的年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

E_γ —— γ 辐射产生的年有效剂量, 单位为毫希(mSv);

E_α ——吸入铀系长寿命核素 α 气溶胶或铀所致年待积有效剂量, 单位为毫希(mSv)。

附 录 C
(规范性附录)

锡矿山常见核素的年摄入量导出限值和导出空气浓度

C.1 锡矿山工作人员年摄入量导出限值和工作场所导出空气浓度见表C.1。

表C.1 工作人员年摄入量导出限值和工作场所导出空气浓度

核素	工作人员年摄入量导出限值			工作场所导出空气浓度
	吸入		食入	
	吸入类型	$I_{j, inh, L}$, Bq	$I_{j, ing, L}$, Bq	DAC, Bq/m ³
²¹⁰ Pb	F	9.09×10 ³	1.47×10 ⁴	3.79×10 ⁰
²¹⁴ Pb	F	3.45×10 ⁶	1.43×10 ⁸	1.44×10 ³
²¹⁰ Bi	F	9.09×10 ⁶	7.69×10 ⁶	3.79×10 ³
	M	1.63×10 ⁵	--	6.79×10 ¹
²¹⁴ Bi	F	8.33×10 ⁵	9.09×10 ⁷	3.47×10 ²
	M	4.76×10 ⁵	--	1.98×10 ²
²¹⁰ Po	F	1.67×10 ⁴	4.17×10 ⁴	6.96×10 ⁰
	M	3.33×10 ³	--	1.39×10 ⁰
²²⁶ Ra	M	3.13×10 ³	3.57×10 ⁴	1.30×10 ⁰
²²⁸ Ra	M	3.85×10 ³	1.49×10 ⁴	1.60×10 ⁰
²³⁰ Th	M	2.50×10 ²	4.76×10 ⁴	1.04×10 ⁻¹
	S	7.69×10 ²	1.15×10 ⁵	3.20×10 ⁻¹
²³² Th	M	2.38×10 ²	4.55×10 ⁴	9.92×10 ⁻²
	S	4.35×10 ²	1.09×10 ⁵	1.81×10 ⁻¹
²³⁴ Th	M	1.59×10 ⁶	2.94×10 ⁶	6.63×10 ²
	S	1.37×10 ⁶	2.94×10 ⁶	5.71×10 ²
²³⁴ U	F	1.56×10 ⁴	2.04×10 ⁵	6.50×10 ⁰
	M	3.23×10 ³	1.20×10 ⁶	1.35×10 ⁰
	S	1.18×10 ³	--	4.90×10 ⁻¹
²³⁸ U	F	1.72×10 ⁴	2.27×10 ⁵	7.17×10 ⁰
	M	3.85×10 ³	1.32×10 ⁶	1.60×10 ⁰
	S	1.37×10 ³	--	5.71×10 ⁻¹

C.2 核素 j 的年摄入量导出限值 $I_{j,L}$ 按式 (C.1) 计算:

$$I_{j,L} = \frac{DL}{e_j} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$I_{j,L}$ ——核素 j 的年摄入量导出限值, 单位为贝可 (Bq)。可分为吸入 $I_{j, inh, L}$ 和食入 $I_{j, ing, L}$ 两种情况;
 DL ——有效剂量管理目标值, 单位为希 (Sv);

e_j ——GB 18871-2002中表B.3给出的放射性核素j的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值，单位为希每贝可，(Sv/Bq)。

C.3 辐射工作场所空气中导出空气浓度DAC，按式 (C.2) 计算：

$$DAC = \frac{I_{j.inh.L}}{2000 \times 1.2} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

DAC ——辐射工作场所空气中导出空气浓度，单位为贝可每立方米，(Bq/m³)；

$I_{j.inh.L}$ ——工作人员吸入年摄入量导出值，单位为贝可(Bq)；

2000 ——工作人员每年工作小时数，单位为小时(h)；

1.2 ——工作人员呼吸率，单位为立方米每小时，(m³/h)。