

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ 139—2019

代替 GBZ 139—2002

稀土生产场所放射防护要求

Radiological protection requirements for the production places of rare
earths

2019-09-27 发布

2020-04-01 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 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 总体要求 2

5 稀土生产场所分级与防护要求 2

6 防护措施 2

7 工作场所监测 4

8 个人剂量的监测与估算 5

9 职业健康监护 6

附录 A（资料性附录） 常见的放射性核素的导出空气浓度 7

附录 B（资料性附录） 稀土生产场所工作人员放射卫生防护培训的主要内容 9

附录 C（规范性附录） 个人剂量的估算方法 10

参考文献 12

前 言

本标准第4章～第9章和附录C为强制性的，其余为推荐性的。

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GBZ 139—2002《稀土生产场所中放射卫生防护标准》。与GBZ 139—2002相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了稀土生产放射场所分级要求（见第5章，2002年版的第4章）；
- 增加了防护措施的要求（见第6章）；
- 细化了工作场所监测点的选择要求（见7.3，2002年版的6.1）；
- 增加了对工作人员个人监测的要求（见8.1）。

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、复旦大学放射医学研究所、江西省职业病防治研究院、四川省疾病预防控制中心、湖南省职业病防治院、包头市疾病预防控制中心。

本标准主要起草人：孙全富、李小亮、侯长松、卓维海、崔宏星、雷淑洁、陈以水、文湘闽、李红、朱国祯、彭俊哲、靳容。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GBZ 139—2002。

稀土生产场所放射防护要求

1 范围

本标准规定了稀土生产场所放射防护原则和基本要求。

本标准适用于稀土矿山开采、选矿和冶炼等工作场所的放射防护。

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。

GB/T 11743 土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法

GB/T 14056.1 表面污染测定第1部分： β 发射体($E_{\beta\text{max}} > 0.15 \text{ MeV}$)和 α 发射体

GB/T 14582 环境空气中氡的标准测量方法

GB/T 14583 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范

GBZ 1 工业企业设计卫生标准

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素

GBZ 128 职业性外照射个人监测规范

GBZ 129 职业性内照射个人监测规范

GBZ 188 职业健康监护技术规范

GBZ/T 233 锡矿山工作场所放射卫生防护标准

GBZ 235 放射工作人员职业健康监护技术规范

GBZ/T 256 非铀矿山开采中氡的放射防护要求

AQ 2013.4—2008 金属非金属地下矿山通风技术规范 通风管理

EJ/T 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

稀土 rare earths

元素周期表中镧系元素镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu)，加上与其同族的钪(Sc)和钇(Y)共17个元素的总称。

3.2

物料 materials

给料、中间产品、最终产品、副产品和废物统称为物料，包括矿石（原矿、精矿）、混合稀土化合物、尾矿、水浸渣（也称为酸溶渣、铁钼渣）、结垢、污泥和除尘器积尘等。

4 总体要求

- 4.1 稀土生产场所防护措施应适应于生产场所的具体情况，辐射防护应遵循实践的正当性、防护与安全的最优化和个人剂量限值三项基本原则。
- 4.2 用人单位应对稀土生产场所按要求进行分级。
- 4.3 用人单位应根据不同的分级采取相应的防护要求。

5 稀土生产场所分级与防护要求

- 5.1 采集各生产环节的物料，重点是矿石、尾矿、水浸渣等样品，采用相应的物理或化学方法，确定其中钍系的 ^{232}Th 和铀系的 ^{238}U 等天然放射性核素的活度浓度，并结合个人预期年有效剂量对稀土生产场所进行分级管理（见表 1）。
- 5.2 根据物料中钍系和铀系放射性核素活度浓度水平，结合个人预期年有效剂量，采取相应的防护要求和行动，以保护工作人员职业健康。

表1 稀土生产场所分级和相应的防护要求

级别	分级依据		防护类别	防护要求
	钍和铀活度浓度 Bq/g	个人剂量		
I	<1	—	排除	不采取放射卫生防护措施
II	1～10	全部工作人员受到职业照射的预期有效剂量不超过1 mSv/a	豁免	采取一定的防护措施，实行豁免管理
III		一些工作人员在正常工作况下受到职业照射的预期有效剂量超过1 mSv/a	行动	采取系统性的放射防护措施，对工作场所进行分区、开展场所监测、个人剂量监测与估算，并对工作人员进行职业健康监护，具体要求与放射工作人员职业健康监护一致
		>10		
注：“—”表示分级时不需要考虑个人剂量。				

6 防护措施

6.1 一般要求

- 6.1.1 从总体上做好稀土生产场所工程设施的设计、安装、维护和运行。
- 6.1.2 配备熟悉稀土生产工艺的放射防护管理人员，确保生产场所的辐射安全。
- 6.1.3 采取工程措施，包括采用带负压的密闭的自动设备对浓集的放射性物料进行处理，将墙壁、扶手、设备、家具等喷涂上显著有别于加工物料和产品的颜色。
- 6.1.4 应采用湿法工艺，以降低粉尘。

6.1.5 采用优先分离钍、铀和镭的工艺，为后续各工序创造无放射性或低放射性操作条件，尽量缩小放射性污染的区域范围。

6.1.6 制定有效的措施并实施严格管理，避免场内运输过程中的遗洒，推行清洁生产，每天对生产区进行清扫。利用先进的工艺和设备，及时处理放射性“三废”。

6.2 工作场所分区

6.2.1 矿石开采、选矿、分离和冶炼等生产区应与办公区和生活区等非生产区分开。

6.2.2 生产区应选在大气污染物扩散条件好的地段，布置在当地全年最小频率风向的上风侧，非生产区布置在当地全年最小频率风向的下风侧，辅助生产区布置在两者之间；产生放射性粉尘的车间与“三废”处理场所，应位于相邻车间当地全年最小频率风向的上风侧。

6.2.3 将放射性水平较高（如 γ 周围剂量当量率可能大于 $15\ \mu\text{Sv/h}$ ）的工作场所划分为控制区进行管理。其他未划分为控制区的工作场所作为监督区进行管理。控制区与其他工作区域应有明显的物理分割，并张贴醒目的电离辐射警告标志，建立并实行一定的管理措施。

6.3 粉尘控制

6.3.1 采矿、选矿以及冶炼等工作场所的有尘工序，应采取必要的降尘措施，具体要求参照 GBZ 1 执行。

6.3.2 工作场所粉尘浓度控制要求参照 GBZ 2.1 执行。

6.3.3 天然放射性核素的工作场所导出空气浓度参见附录 A。

6.3.4 采取了以上降尘措施仍不能满足要求时，应为工作人员提供密闭式操作亭或无尘操作。

6.4 通风

6.4.1 稀土地下采矿和其他室内生产过程中应确保良好的通风，具体要求参照 GBZ 1 和 AQ 2013.4—2008 执行。

6.4.2 避免在回风巷设立固定式工作岗位。

6.4.3 稀土采矿工作场所氡暴露情况下的通风措施参照 GBZ/T 256 执行。在地下采矿过程中，必要时采取表面喷涂和阻挡等措施降低氡及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度。

6.5 个人防护

6.5.1 根据具体污染物的风险以及具体工况，为工作人员提供足量的工作服、头罩、手套、连体工作服、防水靴和围裙等。

6.5.2 在应急、维修和维护等情况下短时间佩戴过滤式防护面具和隔绝式呼吸防护用品。

6.5.3 加强对粉尘、氡子体和钍射气（ ^{220}Rn ）子体的控制，按照需要佩戴防尘口罩。

6.5.4 对污染衣物的存放、洗涤和去污以及工作靴鞋的刷洗等有明确适当的要求，以防止污染在人员之间和工作场所之间的扩散，尽量减小人员的职业照射和环境污染。

6.5.5 进入工作场所前，要对皮肤伤口特别是手部的伤口进行适当的处理，如用防水胶布包裹。

6.5.6 为工作人员提供淋浴设施。工作人员离开生产区时应淋浴并更衣，并在生产区与非生产区之间，必要时设置带有放射性表面污染监测功能的卫生通过区域。

6.5.7 为工作人员预留出充裕的时间，确保在休息前、饭前和下班前可以淋浴。

6.5.8 为工作人员提供便于使用的清洁餐饮区，配备清洁水和洗手设备，保证空气新鲜，并告诉工作人员如何使用这些设备设施。

6.6 人员培训与告知

6.6.1 工作人员应接受放射卫生防护知识培训，培训内容参见附录 B。

6.6.2 用人单位应书面告知工作人员稀土生产场所的职业危害因素及其健康影响和防护措施，告知书可作为劳动合同附件，并在生产场所显著位置张贴。

7 工作场所监测

7.1 监测计划

用人单位应制定放射卫生监测计划，内容包括：

- a) 监测项目的选择；
- b) 采样布点的方法；
- c) 监测的频次要求；
- d) 监测所用仪器设备的性能要求，尤其是灵敏度应满足的要求；
- e) 工作场所的潮热粉尘酸性等特殊环境对仪器设备适应性的要求；
- f) 监测仪器设备的检定或校准及维护保养要求；
- g) 监测用的记录表格；
- h) 异常值的判定和处理程序；
- i) 其他有关内容。

7.2 监测项目

监测项目包括：

- a) 控制区的监测，要记录个人在每个工作位置的停留时间，监测记录应满足估计个人累积辐射照射的需要；
- b) 物料中 ^{232}Th 和 ^{238}U 等放射性核素的活度浓度；
- c) γ 周围剂量当量率；
- d) 氦及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度；
- e) 放射性表面污染。

7.3 采样布点原则

7.3.1 γ 周围剂量当量率的监测点应覆盖全部生产区域，特别是有工作人员固定工作的位置以及作业时需长时间停留的区域。

7.3.2 空气中粉尘、氦及其子体（包括钍射气及其子体）采样布点原则：

- a) 应覆盖全部粉尘作业岗位，优先考虑有工作人员操作的高浓度粉尘工作岗位；
- b) 采样要选择在工作人员的呼吸带处进行，一般在距地面 1.5 m 处，但要注意工作人员的工作姿势是坐位还是站位；
- c) 矿山掘进工作面的采样点应选在距工作面 5 m~10 m 的下风侧，支护天井采样点设在保护台上，吊罐或爬罐天井设在罐上；
- d) 采场的采样点应设在工作点的下风侧。采场面积小于 100 m² 时，布设一个采样点，大于 100 m² 应在主要工作点布设两个以上的采样点；
- e) 露天开采的矿山可不进行氦及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度监测。室内工作场所应开展氦及其子体（包括钍射气及其子体）监测。

7.3.3 表面污染的监测点主要选择在工作场所（主要包括粉尘浓度较高的采场、破碎车间、选矿车间、冶炼车间和产品包装车间等）的墙壁、地面、工作台和设备的表面。

7.3.4 工作场所监测应注意对设备维修时涉及的特殊场所和地点进行监测。

7.4 监测频次

7.4.1 要考虑预期的活度浓度的变化和历史监测结果。

7.4.2 一般情况下，用人单位组织的监测频次要求如下：

- a) 物料中的放射性核素活度浓度检测每半年一次；
- b) γ 外照射剂量率、粉尘浓度和表面污染等监测 1 个月～3 个月一次；
- c) 地下开采稀土矿的工作场所，被动累积氡、钍射气活度浓度监测以 3 个月为一个监测周期，并应及时更换探测器。

7.4.3 用人单位应委托有资质的机构进行放射卫生监测，频次一年一次。

7.4.4 当出现下列情况时，应提高监测的频次：

- a) 生产布局、采矿方法、生产工艺或通风系统发生了重大变化；
- b) 矿石等物料来源发生变化，物料的活度浓度可能有所增加；
- c) 个别工作场所的监测结果超过正常范围；
- d) 超过了预设的活度浓度或剂量水平；
- e) 需要评估改进措施的效果。

7.4.5 露天采矿的，注意逆温导致的静止大气状态对工作场所辐射照射水平的不利影响，必要时，加大监测频次。

7.5 监测方法

7.5.1 物料中 ^{232}Th 和 ^{238}U 等放射性核素的活度浓度的监测方法参照 GB/T 11743。

7.5.2 γ 周围剂量当量率的监测方法参照 GB/T 14583。

7.5.3 氡及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度的监测方法参照 GB/T 14582。

7.5.4 放射性表面污染的监测方法参照 GB/T 14056.1。

8 个人剂量的监测与估算

8.1 监测

8.1.1 当一组工作人员的工作模式相近，并且其接受的照射剂量远低于职业照射剂量限值时，可以选择一部分工作人员进行个人监测，从而建立典型照射场景与剂量。再根据其他人的工作时间，即可估计全部工作人员的个人剂量。

8.1.2 外照射个人剂量监测按照 GBZ 128 执行。内照射个人监测按照 GBZ 129 执行。

8.1.3 当基于个人空气采样估计个人职业照射不准确、不可靠时，或者当个别区域的气载放射性核素环境活度浓度异常高时，可以考虑采用生物分析测量技术，如尿液分析、粪便分析、钍射气呼出气分析和肺计数器测量等，具体按照 GBZ 129。

8.1.4 在某些特定的工作场所（如包装车间和维修期间），可根据需要进行放射性气溶胶个体采样监测。进行空气中长寿命核素 α 气溶胶活度浓度或粉尘浓度监测，稀土工作场所常见的天然放射性核素的年摄入量导出限值参见附录 A。

8.1.5 对于职业照射剂量可能大于 5 mSv/a 的工作人员，必须进行个人监测，职业照射剂量预计在 1 mSv/a～5 mSv/a 范围内的工作人员，应尽可能进行个人监测；对于受照剂量始终不可能超过 1 mSv/a 的工作人员，可不进行个人监测。氡子体个人剂量监测参照 EJ/T 978 的要求。

8.2 估算

估算方法见附录C。

9 职业健康监护

9.1 稀土生产场所的工作人员应进行职业健康监护，Ⅲ级稀土生产场所职业健康监护的要求与放射工作人员职业健康监护一致，其职业健康检查的周期为一年。

9.2 用人单位应制定职业健康监护制度，明确职业健康检查周期、检查项目，建立并维护职业健康检查档案。

9.3 职业健康检查项目按照 GBZ 188 和 GBZ 235 执行。

附 录 A
(资料性附录)
常见的放射性核素的导出空气浓度

依据吸入粉尘不同类型,按有效剂量管理目标值计算得到放射工作人员的有关核素导出空气浓度(*D AC*),见表A.1。

具体的导出假设为每年工作 2000 h,呼吸率为 1.2 m³/h,详细过程见GBZ/T 233。

当吸入粉尘中含有多种放射性核素时,各种核素的活度浓度检测值与其对应的核素年摄入量导出限值的比值之和应小于 1。

表 A.1 放射性核素的导出空气浓度

核素	工作人员年摄入量导出限值		工作场所导出空气浓度（DAC） Bq/m ³
	吸入		
	肺吸收类别 ^a	$I_{j, inh, L}^b$ Bq	
²¹⁰ Pb	F	9.09×10^3	3.79×10^0
²¹⁴ Pb	F	3.45×10^6	1.44×10^3
²¹⁰ Bi	F	9.09×10^6	3.79×10^3
	M	1.63×10^5	6.79×10^1
²¹⁴ Bi	F	8.33×10^5	3.47×10^2
	M	4.76×10^5	1.98×10^2
²¹⁰ Po	F	1.67×10^4	6.96×10^0
	M	3.33×10^3	1.39×10^0
²²⁶ Ra	M	3.13×10^3	1.30×10^0
²²⁸ Ra	M	3.85×10^3	1.60×10^0
²²⁷ Ac	F	1.85×10^1	7.71×10^{-4}
²²⁷ Ac	M	4.76×10^1	1.98×10^{-3}
²²⁷ Ac	S	1.52×10^2	6.33×10^{-3}
²³⁰ Th	M	2.50×10^2	1.04×10^{-1}
	S	7.69×10^2	3.20×10^{-1}
²³² Th	M	2.38×10^2	9.92×10^{-2}
	S	4.35×10^2	1.81×10^{-1}
²³⁴ Th	M	1.59×10^6	6.63×10^2
	S	1.37×10^6	5.71×10^2
²³⁴ U	F	1.56×10^4	6.50×10^0
	M	3.23×10^3	1.35×10^0
	S	1.18×10^3	4.90×10^{-1}

表 A. 1（续）

核素	工作人员年摄入量导出限值		工作场所导出空气浓度（ <i>DAC</i> ） Bq/m ³
	吸入		
	肺吸收类别 ^a	$I_{j, inh, L}$ ^b Bq	
²³⁸ U	F	1.72×10^4	7.17×10^0
	M	3.85×10^3	1.60×10^0
	S	1.37×10^3	5.71×10^{-1}
^a 表示肺组织对不同化学形态的核素的吸收速率分类，F、M 和 S 分别表示快速、中速和慢速吸收。			
^b $I_{j, inh, L}$ 表示吸入核素 <i>j</i> 的年摄入量限值。			

附 录 B
(资料性附录)

稀土生产场所工作人员放射卫生防护培训的主要内容

稀土生产场所工作人员的放射卫生防护培训的主要内容包括：

- a) 职业病防治的法律、法规、规章和标准；
- b) 电离辐射基础知识：包括但不限于铀、钍、氡及其子体（包括钍射气及其子体）、含铀钍粉尘以及放射性气溶胶的特点和健康危害；
- c) 辐射监测及其结果的解释与评价： γ 外照射剂量水平；含铀钍粉尘、放射性气溶胶活度浓度；氡及其子体（包括钍射气及其子体）活度浓度；表面污染；
- d) 放射防护的基本原则；外照射、内照射防护的基本方法；生产场所控制粉尘的目的和方法；有关的导则和限值标准；
- e) 通风系统的作用与目的；严格遵守通风要求与规范的意义；确保通风系统运行的必要性；及时报告通风系统损坏的意义；
- f) 用人单位的应急计划；生产场所应急逃生通道的位置；
- g) 放射性损伤的救援知识；放射性物质污染伤口的处理要点；
- h) 职业病诊断程序；职业病分类和目录。

附 录 C
(规范性附录)
个人剂量的估算方法

内照射在工作场所中一般仅考虑吸入途径，不考虑食入途径。

在评价个人年剂量限值时，工作人员所接受的有效剂量为贯穿辐射的个人剂量当量与同一时期吸入的放射性核素导致的待积剂量之和，如式（C.1）所示：

$$E_T = H_p(d) + \sum_j e(g)_{j,inh} I_{j,inh} \cdots \cdots \cdots (C.1)$$

式中：

- E_T ——总的有效剂量，单位为毫希沃特（mSv）；
- $H_p(d)$ ——贯穿辐射照射的个人剂量当量，单位为毫希沃特（mSv）；
- $e(g)_{j,inh}$ ——同一期间内 g 年龄组吸入单位摄入量放射性核素 j 后的待积有效剂量，单位为毫希沃特每贝可（mSv/Bq）；
- $I_{j,inh}$ ——同一期间内吸入放射性核素 j 的摄入量，单位为贝可（Bq）。

吸入放射性核素导致的待积剂量贡献主要考虑吸入氡子体、钍射气子体以及吸入铀钍精矿矿尘导致的剂量贡献，估算见式（C.2）。稀土采矿和生产场所一般可不考虑吸入铀钍精矿矿尘导致的内照射剂量。

$$\sum_j e(g)_{j,inh} I_{j,inh} = P_{RnP} K_{RnP} T + P_{TnP} K_{TnP} T + K_{ODU} I_{ODU} + K_{ODTh} I_{ODTh} \cdots \cdots \cdots (C.2)$$

式中：

- $e(g)_{j,inh}$ ——同一期间内 g 年龄组吸入单位摄入量放射性核素 j 后的待积有效剂量，单位为毫希沃特每贝可（mSv/Bq）；
- $I_{j,inh}$ ——同一期间内吸入放射性核素 j 的摄入量，单位为贝可（Bq）；
- P_{RnP} ——吸入氡子体的 α 潜能浓度，单位为毫焦耳每立方米（mJ·m⁻³）；
- K_{RnP} ——单位时间吸入单位氡子体 α 潜能浓度的剂量转换系数，见表 C.1；
- T ——吸入时间，单位为小时（h）；
- P_{TnP} ——吸入钍射气子体的 α 潜能浓度，单位为毫焦耳每立方米（mJ·m⁻³）；
- K_{TnP} ——单位时间吸入单位钍射气子体 α 潜能浓度的剂量转换系数，见表 C.1；
- K_{ODU} ——吸入单位活度铀矿尘的剂量转换系数，为 0.0035 mSv/Bq；
- I_{ODU} ——铀矿尘的年摄入量，单位为贝可（Bq）；
- K_{ODTh} ——吸入单位活度钍矿尘的剂量转换系数，为 0.0080 mSv/Bq；
- I_{ODTh} ——钍矿尘的年摄入量，单位为贝可（Bq）。

表 C.1 吸入氡子体和钍射气子体的剂量转换系数

场所	剂量转换系数 mSv·(mJ·h·m ⁻³) ⁻¹	
	氡子体	钍射气子体
室内	5.51	1.54
矿山	3.11	1.34

注：室内场所非结合态氡子体和钍射气子体的份额 f_p 分别取 0.08 和 0.02；矿山内非结合态氡子体和钍射气子体的份额 f_p 分别取 0.01 和 0.005。

内外照射的总和剂量应满足式 (C. 3) 的规定:

$$\frac{H_p(d)}{DL} + \sum_j \frac{I_{j,\text{inh}}}{I_{j,\text{inh,L}}} \leq 1 \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中:

$H_p(d)$ ——该年内 γ 辐射照射所致的个人剂量当量, 单位为毫希沃特 (mSv);

DL ——相应的有效剂量的年剂量限值, 单位为毫希沃特 (mSv);

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

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

参 考 文 献

- [1] IAEA, Safety Guide on Occupational Radiation Protection in the Mining and Processing of Raw Materials (IAEA Safety Guide RS-G-1.6). Vienna, 2004.
- [2] IAEA, Safety Report on Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials(IAEA Safety Report Series No.49).Vienna, 2006.
- [3] IAEA, Safety Guide on Management of Radioactive Waste in the Mining and Milling of Ores (WS-CI-1.2). Vienna, 2002.
- [4] IAEA, Report of the International Review Mission on the Radiation Safety Aspects of a Proposed Rare Earths Processing Facility (The Lynas Project. 2001). Malaysia, 2011.
- [5] ICRP, ICRP Publication 137.Occupational Intakes of Radionuclides:Part 3. Ann. ICRP 46(3/4), 2017.
- [6] Timothy Ault, Steven Krahn and Allen Croff. Radiological Impacts and Regulation of Rare Earth Elements in Non-Nuclear Energy Production, Energies, 2015:8:2066-2081.
-