

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 208—2008

基于危险指数的放射源分类

Classification of radioactive sources based on dangerous index

2008-03-12 发布

2008-10-01 实施



中华人民共和国卫生部 发布

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 是规范性附录,附录 D 是资料性附录。

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:军事医学科学院放射与辐射医学研究所。

本标准起草人:叶常青、朱茂祥。

引 言

资料表明,在国内外已有多起因放射源失控而导致人员伤亡的辐射事故。所以,放射源的监管控制引起国内外的普遍重视。

2001年一份题为《放射源分类》技术文件首次由国际原子能机构(IAEA)发布。2003年9月IAEA理事会核准了经修订的《放射源安全与保安行为准则》。同年,2001年的《放射源分类》修订版本也发布。在此基础上,它被改写成IAEA的安全标准,以示其在技术上的成熟性。2006年,在以往已经给出65种核素放射源危险活度的基础上,又提出了一份扩展到300多种核素危险活度的报告,作为IAEA《应急事故准备与响应》丛书之一。

依据《中华人民共和国职业病防治法》,为了加强放射源的管理,国务院于2005年发布了第449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》;国家环境保护总局于同年发布了第62号公告《放射源分类办法》,给出了64种核素放射源,含2种中子源的I~V类放射源的活度。简要地说明了各类放射源对人体健康的潜在危害程度。

本标准主要内容依据IAEA 2006年的报告。

卫生部放射卫生防护标准专业委员会2007年工作会议审定了本标准送审稿,定名为《基于危险指数的放射源分类》,以便尽快引入IAEA的新成果,及时做到与国际接轨,同时对放射源分类的背景资料有全面了解,以利于正确应用。

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 确定放射源危险活度时考虑的因素	1
5 放射源的危险活度(D 值)	2
6 放射源和含源实践的危险程度分类	2
7 特殊情况下源或实践的危险程度分类	2
8 放射源危险类别的最终确定	3
附录 A(规范性附录) 确定放射源危险活度时设定的照射情景和参考剂量	4
附录 B(规范性附录) 放射源的危险活度(D 值)	7
附录 C(规范性附录) 放射源和含源实践的危险程度分类	10
附录 D(资料性附录) 选用实践的简要描述	15
参考文献	17

基于危险指数的放射源分类

1 范围

本标准规定了放射源的危险活度及其分类。

本标准适用于在工业、医疗、农业、科研和教育等民用领域使用的放射源,军事或国防计划中使用的放射源也可参照(参考)。对被恶意使用的放射源可供参考。

本标准不适用于核材料(含有钚-239的源除外)、产生辐射的射线装置(此类装置生产的或者作为靶材料在此类装置中使用的放射源除外)、运输中的放射性货包及照射情景十分不同于本标准设定情景的那些情况,例如废物管理和考虑废弃源的处置方案时。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版本均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 放射源 radioactive source

被永久地密封在包壳内或被严密束缚的制成固体形式的放射性物质,及其在泄漏或破裂时释放的任何放射性物质,而且这类放射性物质不能被免除监管控制。但它不包括为处置目的而封装的放射性物质或研究堆和动力堆核燃料循环中的核材料。

3.2 废源 disused source

虽然其实践已经授权,但在该实践中已不再使用和不打算使用的放射源。

3.3 失控源 orphan source

未被置于监管控制之下的放射源。它或是从未接受过监管机构控制,或是因遗弃、丢失、错放、被盗或未经授权的擅自转移而失去控制。

3.4 危险活度 dangerous activity

特定放射源的核素在设定的多种照射情景条件下足以引起严重确定性效应的最小活度估算值称为此源的危险活度(又称 D 值, dangerous quantity)。在估算时,有些因素如由放射事故或恶意行为造成的社会与经济后果,因为定量和比较效应的方法学问题还未解决而未予以考虑。

3.5 危险指数 dangerous index

用于判定放射源和含源实践危险程度的一个指数,即危险指数等于放射源核素的实际使用活度(A)除以该核素的危险活度(D)。它用于对放射源和含源实践的危险分类。这一分类是基于安排应急响应的需要,而不应与为其他目的所确定的放射源分类相混淆。

3.6 确定性效应 deterministic effect

通常指具有剂量阈值的一种辐射健康效应,超过阈值时剂量越大该效应越严重。严重的确定性效应可引起人员死亡或威胁生命,或发生能导致生活质量下降的持久性损伤。

4 确定放射源危险活度时考虑的因素

4.1 照射情景和受照器官、组织。

GBZ/T 208—2008

4.2 设定的照射情景和参考剂量见附录 A。其中,放射源失控而使人员受到照射的不同情景设定见 A.1。不同照射情景中所用的情景参数值见表 A.1。

4.3 受照器官和组织包括红骨髓、结肠、肺、甲状腺、皮肤、软组织、眼晶状体和生殖器官。对不同器官和组织所需考虑的照射情景见表 A.2。推导放射源危险活度时诱发不同器官组织严重确定性效应所需的参考剂量见表 A.3。

5 放射源的危险活度(D 值)

5.1 放射源的危险活度(D 值)见附录 B。

5.2 放射性核素在非漏散状态两种照射情景和漏散状态四种照射情景下的危险活度最小值分别为 D_1 值和 D_2 值, D 值则是取 D_1 值和 D_2 值中较小者。当由核素的临界质量推导来的临界活度 D_c 与 D_1 、 D_2 相比更小时,则该 D_c 值作为临界照射条件下的危险活度被取为该核素的 D 值。

a) 表 B.1 给出的 D 值是取自于非漏散物质的危险活度最小值 D_1 。

b) 表 B.2 给出的 D 值是取自于漏散物质的危险活度最小值 D_2 。

c) 表 B.3 给出的 D 值是取自于临界照射条件下的危险活度 D_c 。

5.3 表 B.4 给出了由于不会引起严重确定性效应而未给出 D 值的放射性核素。

6 放射源和含源实践的危險程度分类

6.1 放射源和含源实践按其对人体的潜在的危險程度分为 5 类,各类放射源对人体健康的可能影响见表 C.1。

6.2 用于一般实践的源按危险指数的分类列于表 C.2。表 C.2 中某些实践的简要描述参见附录 D。

6.3 根据实践所用放射源的核素及其实际使用活度 A ,以相应核素的危险活度(D)作为归一因子,求得比值(A/D)作为危险指数,进而根据表 C.2 对实践所用放射源分类。

6.4 选择某些常见实践所用放射性核素的实际使用活度,取最大值、最小值和典型值三种情况,求得相应的危险指数。按表 C.2 的建议类别进行候选分类,其结果见表 C.3 的最后一列。并以表 C.3 中给出的危险指数典型值排序作为横轴,以相应的危险指数为纵轴,得到图 C.1。

7 特殊情况下源或实践的危險程度分类

7.1 未知的或本标准未列出的实践

对未知的或在表 C.1 中未列出的实践,但其使用的环境条件已知时,源的类别可由放射性核素的活度除以表 B.1~表 B.3 中给出的相应核素的 D 值而确定。由此给出的危险指数与表 C.2 的危险指数作比较,进而分类(这时可将其他因素考虑进去,如同类实践的危险类别、是否易于移动等)。

7.2 短半衰期非密封源

有些实践,例如核医学,采用的短半衰期放射性核素可以是非密封的,包括诊断用的 ^{99m}Tc 和治疗用的 ^{131}I 。在这种情况下本标准的分类体系仍能用于确定这些源的类别,但是在选择分类的危险指数时应当以逐例分析为基础做出合理判断。

7.3 源的聚集

假如一项实践涉及的源聚集到单一的贮存场所,或者在所利用的场所内许多源十分靠拢,例如贮存设施、生产过程或运输工具,为了分类的目的其总活度可作为单个源来处理。

a) 各个源的放射性核素相同时。将放射性核素的总活度除以相应的 D 值,计算得出的危险指数与表 C.2 右列的危险指数作比较,将此实践分配到某一类别。

b) 各个源(i)的放射性核素(n)不相同。按式(1)求得危险指数的总和,然后确定它的类别。

$$\text{危险指数的总和} = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$A_{i,n}$ ——由放射性核素 n 构成的第 i 个源的活度;

D_n ——放射性核素 n 的 D 值。

8 放射源危险类别的最终确定

监管机构可以根据其对相关因素的详尽了解,例如源的结构方式、是否在偏僻或条件苛刻的环境中使用、既往事故经验和是否易于携带等,来对这种分类结果进行修改。

附录 A

(规范性附录)

确定放射源危险活度时设定的照射情景和参考剂量

A.1 照射情景设定

A.1.1 情景 I

取“口袋”情景。由近距离源所致的局部照射有两种情景：①源拿在手中的“手持”情景，手持的时间不会超过 1h；②源放在口袋内的“口袋”情景，在口袋内携带时间可能约 10h（表 A.1 的 T_I ）。

A.1.2 情景 II

属于“房间”情景。在房间内受到有一定距离未屏蔽源的外照射是失控源（被窃或遗失）造成严重辐射损伤最常见的原因。在此情景中假设全身与未屏蔽的而有包壳的放射源相距 1m。受照 100h（表 A.1 的 T_{II} ）能使吸收剂量率超过参考水平的剂量率（即对红骨髓照射剂量率 10mGy/h），这个剂量率是决定人员是否撤离的合理的较低值。

A.1.3 情景 III

属于“吸入”情景。它用于从吸入危险角度确定漏散性放射性物质的量。火灾和爆炸可使放射性物质漏散，由于吸入这些气载物质产生的内照射可能成为辐射诱发严重确定性效应的原因。吸入的放射性物质活度相对于放射源活度的分数称为“吸入分数”（表 A.1 的 F_{III} ）。

A.1.4 情景 IV

属于“食入”情景。它用于从食入危险角度确定漏散性放射性物质的量。破裂的放射源或可溶性放射性物质漏散到饮用水的水体内后，食入放射性物质能成为辐射诱发严重确定性效应的原因。食入的放射性物质的活度相对于放射源的活度称为“食入分数”（表 A.1 的 F_{IV} ）。

A.1.5 情景 V

属于表面“污染”情景。它用于确定局部皮肤接触性照射引起危险的漏散性放射性物质的活度。1986 年前苏联切尔诺贝利事故的经验表明，如果皮肤的严重确定性效应合并全身照射，它能导致其他的辐射诱发损伤和死亡。

A.1.6 情景 VI

属于“浸没”情景。它用于确定放射性惰性气体在房间内扩散时作为一种外照射源能引起危险的活度。

A.2 用于导出 D 值的照射情景参数

用于导出 D 值的照射情景参数见表 A.1。

表 A.1 用于导出 D 值的照射情景参数

情 景		照射情景参数		
序号	名称	符号	参数名称	数值
I	口袋	T_I M_I	照射持续时间 质量限量 ^a	$3.6 \times 10^4 \text{ s}$ $5 \times 10^2 \text{ g}$
II	房间	T_{II} M_{II}	照射持续时间 质量限量 ^a	$3.6 \times 10^5 \text{ s}$ $1 \times 10^6 \text{ g}$
III	吸入	F_{III} M_{III}	吸入分数 ^b 质量限量 ^c	1×10^{-4} $1 \times 10^6 \text{ g}$

续表

情 景		照射情景参数		
序号	名称	符号	参数名称	数值
IV	食入	F_{IV}	食入分数 ^d	1×10^{-5}
		M_{IV}	质量限量 ^e	$1 \times 10^6 \text{ g}$
V	皮肤污染	F_V	漏散物质分数 ^f	1×10^{-2}
		S_V	污染表面面积 ^f	$1 \times 10^4 \text{ cm}^2$
		R_V	皮肤污染量与表面污染量之比 ^f	1×10^{-1}
		T_V	照射持续时间 ^f	$1.8 \times 10^4 \text{ s}$
		M_V	质量限量 ^e	$1 \times 10^6 \text{ g}$
VI	浸没	F_{VI}	物质释放到房间内的分数 ^{g,h}	1
		V_{VI}	房间容积 ^f	$3 \times 10^2 \text{ m}^3$
		T_{VI}	照射持续时间 ^f	$1.8 \times 10^3 \text{ s}$
		M_{VI}	质量限量 ^e	$1 \times 10^6 \text{ g}$

^a “房间”照射情景时,假如从一个未屏蔽源产生 $10 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 剂量率需要的质量超过 $1 \times 10^6 \text{ g}$,则这个源属于无限大源,此质量被视为此种照射情景时源的质量限值;因为源自屏蔽的限制,这样质量的源不可能产生 $10 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 的剂量率。

^b 为漏散性物质以小于 $10 \mu\text{m}$ 气溶胶形式释放到 300 m^3 房间的份额(1×10^{-1})与事故时个体在 0.5 h 期间吸入漏散性物质的份额(1×10^{-3})的乘积。

^c 已有经验表明,事故中最大吸入量为 100 g ,以吸入分数为 1×10^{-4} 则 M_{II} 取 $1 \times 10^6 \text{ g}$ 。

^d 1988 年巴西戈亚尼亚 ^{137}Cs 事故的经验,约 $1 \text{ GBq } ^{137}\text{Cs}$ 被一名儿童无意地食入,此量约为源活度的 1×10^{-5} 。另外,保守地假设:①放射性物质在水中 100% 溶解;②均匀地与 $1 \times 10^6 \text{ L}$ 水混合;③每人每天饮用 2 L 污染水,共 5 d 。由此预计,饮用污染水将食入在漏散源中放射性物质的 $1 \times 10^{-5} (1 \times 10^1 / 1 \times 10^6)$ 。

^e 取 M_{II} 值。

^f 采用 IAEA 的《放射性物质安全运输规定》(2002)中设定的情景参数。

^g 假设源的 1×10^{-2} 放射性物质漏散出来,均匀污染 1 m^2 的表面,皮肤污染水平为表面污染水平的 10% ,而手部未加控制污染的最大厚度为 $0.1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$,由此推算源的质量限值是 $1 \times 10^6 \text{ g}$ 。

^h 不考虑惰性气体在外界环境扩散所致的浸没照射。

A.3 不同器官和组织所需考虑的照射情景

不同器官和组织所考虑的照射情景见表 A.2。

表 A.2 不同器官和组织所需考虑的照射情景^a

器官和组织	推导 D_1 值的考虑情景		推导 D_2 值的考虑情景			
	(I) 口袋内	(II) 房间内	(III) 吸入	(IV) 食入	(V) 皮肤污染	(VI) 浸没
红骨髓	— ^b	★	★	★	—	★
结肠	—	★	★	★	—	★
肺部位	—	★	★	★	—	★
皮肤部位	—	—	—	—	★	—
软组织	★ ^c	—	—	—	—	—
甲状腺	—	★	★	★	—	★
眼晶状体	—	★	—	—	—	★
生殖器官	—	★	—	—	—	★

^a D_1 值和 D_2 值指放射源失控且预计会引起严重的确定性效应时,源中放射性核素分别处于非漏散和漏散状态的危险活度。而 D 值则是取 D_1 值和 D_2 值中最小的数值。括号内罗马数字为照射情景的序号。

^b “—”为不考虑的情景。

^c “★”为需考虑的情景。

GBZ/T 208—2008

A.4 严重确定性效应的参考剂量

推导放射源危险活度时所用的器官组织及其严重确定性效应的参考剂量见表 A.3。

表 A.3 不同器官组织及其严重确定性效应的参考剂量

效应类型	组织	效 应	参 考 剂 量
致死性严重确定性效应	红骨髓	造血功能低下症候群	2d 内 1Gy; 对太大而难以携带的源, 100h 内 1Gy
	结肠	胃肠道症候群	2d 内 1Gy; 对太大而难以携带的源, 100h 内 1Gy
	肺	肺炎、肺纤维化	2d 内 6Gy(低 LET 辐射); 365d 内 25Gy(高 LET 辐射)
	皮肤	湿性脱屑或更重病变	大于 100cm ² 的体表 0.5cm 深度处 25Gy
非致死性严重确定性效应	软组织	组织坏死、影响肢体功能	大于 100cm ² 的体表 0.5cm 深度处 25Gy
	甲状腺	甲状腺功能低下	365d 内 5Gy
	眼晶状体	混浊和白内障	取“躯干”照射的参考剂量 ^a
	生殖器官	生育能力丧失, 精子和卵子生成障碍	取“躯干”照射的参考剂量 ^a

^a “躯干”用于简化由远距离源所致的外照射效应, 它包括红骨髓、结肠、甲状腺、眼晶状体和生殖器官。

附录 B

(规范性附录)

放射源的危险活度(D值)

B.1 放射源的危险活度见表 B.1、表 B.2 和表 B.3。

表 B.1 取自最小值为非漏散物质危险活度(D_1)的 D 值^a

放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)
⁷ Be	1E+00	⁶⁵ Zn	1E-01	⁹³ Y	6E-01	^{117m} Sn	5E-01
¹¹ C	6E-02	^{69m} Zn+	2E-01	⁸⁸ Zr+	2E-02	^{119m} Sn	7E+01
¹³ N	6E-02	⁶⁷ Ga	5E-01	⁹⁵ Zr+	4E-02	¹²³ Sn	7E+00
¹⁸ F	6E-02	⁶⁸ Ga	7E-02	⁹⁷ Zr+	4E-02	¹²⁵ Sn	1E-01
²² Na	3E-02	⁷² Ga	3E-02	⁹⁴ Nb	4E-02	¹²⁶ Sn+	3E-02
²⁴ Na	2E-02	⁶⁸ Ge+	7E-02	⁹⁵ Nb	9E-02	¹²² Sb	1E-01
²⁸ Mg	2E-02	⁷⁷ Ge	6E-02	⁹⁷ Nb	1E-01	¹²⁴ Sb	4E-02
²⁶ Al	3E-02	⁷² As	4E-02	⁹⁹ Mo+	3E-01	¹²⁵ Sb	2E-01
³¹ Si	1E+01	⁷³ As	4E+01	^{95m} Tc	1E-01	¹²⁶ Sb	2E-02
³² P	1E+01	⁷⁴ As	9E-02	⁹⁶ Tc	3E-02	¹²¹ Te	1E-01
³⁸ Cl	5E-02	⁷⁶ As	2E-01	^{98m} Tc+	3E-02	^{121m} Te+	1E-01
³⁹ Ar	3E-02	⁷⁷ As	8E+00	⁹⁸ Tc	5E-02	^{123m} Te	6E-01
⁴¹ Ar	5E-02	⁷⁵ Se	2E-01	^{99m} Tc	7E-01	¹²⁷ Te	1E+01
⁴² K	2E-01	⁷⁶ Br	3E-02	⁹⁷ Ru	3E-01	¹²³ Te	1E+00
⁴³ K	7E-02	⁷⁷ Br	2E-01	¹⁰³ Ru+	1E-01	^{129m} Te+	1E+00
⁴⁷ Ca+	6E-02	⁸² Br	3E-02	¹⁰⁵ Ru+	8E-02	^{131m} Te+	4E-02
⁴⁴ Sc	3E-02	⁸¹ Kr	3E+01	¹⁰⁶ Ru+	3E-01	¹³² Te+	3E-02
⁴⁶ Sc	3E-02	⁸⁵ Kr	3E+01	⁹⁹ Rh	1E-01	¹²⁷ I	5E-01
⁴⁷ Sc	7E-01	^{85m} Kr	5E-01	¹⁰⁴ Rh	3E-01	¹²⁴ I	6E-02
⁴⁸ Sc	2E-02	⁸⁷ Kr	9E-02	¹⁰² Rh	3E-02	¹²⁶ I	1E-01
⁴⁴ Ti+	3E-02	⁸¹ Rb	1E-01	^{102m} Rh	1E-01	¹³² I	3E-02
⁴⁸ V	2E-02	⁸³ Rb	1E-01	^{193m} Rh	9E+02	¹³³ I	1E-01
⁵¹ Cr	2E+00	⁸⁶ Rb	7E-02	¹⁰⁵ Rh	9E-01	¹³⁴ I	3E-02
⁵² Mn	2E-02	⁸⁸ Rb	7E-01	¹⁰³ Pd+	9E+01	¹³⁵ I	4E-02
⁵⁴ Mn	8E-02	⁸² Sr	3E-02	¹⁰⁵ Ag	1E-01	¹²² Xe	6E-02
⁵⁶ Mn	4E-02	⁸⁵ Sr	1E-01	^{108m} Ag	4E-02	¹²³ Xe+	9E-02
⁵² Fe+	2E-02	^{85m} Sr+	1E-01	^{110m} Ag	2E-02	¹²⁷ Xe	3E-01
⁵⁹ Fe	6E-02	^{87m} Sr	2E-01	¹¹¹ Ag	2E+00	^{131m} Xe	1E+01
⁶⁰ Fe+	6E-02	⁹¹ Sr+	6E-02	¹⁰⁹ Cd	2E-01	¹³³ Xe	3E+00
⁵⁵ Co+	3E-02	⁹² Sr+	4E-02	¹¹⁵ Cd+	2E-01	¹³⁵ Xe	3E-01
⁵⁶ Co	2E-02	⁸⁷ Y+	9E-02	^{115m} Cd	3E+00	¹²⁹ Cs	3E-01
⁵⁷ Co	7E-01	⁸⁸ Y	3E-02	¹¹¹ In	2E-01	¹³¹ Cs	2E+01
⁵⁸ Co	7E-02	⁹⁰ Y	5E+00	^{113m} In	3E-01	¹³² Cs	1E-01
^{58m} Co+	7E-02	⁹¹ Y	8E+00	^{114m} In	8E-01	¹³⁴ Cs	4E-02
⁶⁰ Co	3E-02	^{91m} Y+	1E-01	^{115m} In	4E-01	^{134m} Cs+	4E-02
⁶⁵ Ni	1E-01	⁹² Y	2E-01	¹¹³ Sn+	3E-01	¹³⁶ Cs	3E-02
⁶⁴ Cu	3E-01						
⁶⁷ Cu	7E-01						

GBZ/T 208—2008

续表

放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性 核素 ^b	危险活度 (TBq)
¹³⁷ Cs	1E-01	¹⁴⁶ Gd+	3E-02	¹⁸⁴ Re	8E-02	²⁰² Tl	2E-01
¹³¹ Ba+	2E-01	¹⁵³ Gd	1E+00	^{184m} Re+	7E-02	²⁰¹ Pb+	9E-02
¹³³ Ba	2E-01	¹⁵⁹ Gd	2E+00	¹⁸⁶ Re	4E+00	²⁰² Pb+	2E-01
^{133m} Ba	3E-01	¹⁵⁷ Tb	1E+02	¹⁸⁸ Re	1E+00	²⁰³ Pb	2E-01
¹⁴⁰ Ba+	3E-02	¹⁵⁸ Tb	9E-02	¹⁸⁹ Re	1E+00	²¹² Pb+	5E-02
¹³⁷ La	2E+01	¹⁶⁰ Tb	6E-02	¹⁸⁵ Os	1E-01	²⁰⁵ Bi	4E-02
¹⁴⁰ La	3E-02	¹⁵⁹ Dy	6E+00	¹⁹¹ Os	2E+00	²⁰⁶ Bi	2E-02
¹³⁹ Ce	6E-01	¹⁶⁵ Dy	3E+00	^{191m} Os+	1E+00	²⁰⁷ Bi	5E-02
¹⁴¹ Ce	1E+00	¹⁶⁶ Dy+	1E+00	¹⁹³ Os	1E+00	²¹² Bi+	5E-02
¹⁴³ Ce+	3E-01	¹⁶⁶ Ho	2E+00	¹⁹⁴ Os+	7E-01	²¹¹ At	5E-01
¹⁴⁴ Ce+	9E-01	^{166m} Ho	4E-02	¹⁸⁹ Ir	1E+00	²²² Rn	4E-02
¹⁴² Pr	1E+00	¹⁷¹ Er	2E-01	¹⁹⁰ Ir	5E-02	²²⁴ Ra+	5E-02
¹⁴⁷ Nd+	6E-01	¹⁶⁷ Tm	6E-01	¹⁹² Ir	8E-02	²²⁶ Ra+	4E-02
¹⁴⁹ Nd+	2E-01	¹⁷¹ Tm	3E+02	¹⁹⁴ Ir	7E-01	²²⁸ Ra+	3E-02
¹⁴³ Pm	2E-01	¹⁶⁹ Yb	3E-01	¹⁸⁸ Pt+	4E-02	²²⁸ Ac	3E-02
¹⁴⁴ Pm	4E-02	¹⁷⁵ Yb	2E+00	¹⁹¹ Pt	3E-01	²³¹ Th	1E+01
¹⁴⁵ Pm	1E+01	¹⁷² Lu	4E-02	^{193m} Pt	1E+01	²³⁰ Pa+	1E-01
^{148m} Pm	3E-02	¹⁷³ Lu	9E-01	^{195m} Pt	2E+00	²³³ Pa	4E-01
¹⁴⁹ Pm	6E+00	¹⁷⁴ Lu	8E-01	¹⁹⁷ Pt	4E+00	²³⁵ Np	1E+02
¹⁵¹ Pm	2E-01	^{174m} Lu+	6E-01	^{197m} Pt+	9E-01	²³⁶ Npb+	7E-03
¹⁴⁵ Sm+	4E+00	¹⁷⁷ Lu	2E+00	¹⁹³ Au	6E-01	²³⁶ Np-a	8E-01
¹⁵³ Sm	2E+00	¹⁷² Hf+	4E-02	¹⁹⁴ Au	7E-02	²³⁹ Np	5E-01
¹⁴⁷ Eu	2E-01	¹⁷⁵ Hf	2E-01	¹⁹⁵ Au	2E+00	²³⁷ Pu	2E+00
¹⁴⁸ Eu	3E-02	¹⁸¹ Hf	1E-01	¹⁹⁸ Au	2E-01	²⁴⁴ Am	9E-02
¹⁴⁹ Eu	2E+00	¹⁸² Hf	5E-02	¹⁹⁹ Au	9E-01	²⁴¹ Cm+	1E-01
^{150b} Eu	2E+00	¹⁷⁸ Ta	7E-02	¹⁹⁴ Hg+	7E-02	²⁴⁸ Cm	5E-03
^{150a} Eu	5E-02	¹⁷⁹ Ta	6E+00	^{195m} Hg+	2E-01	²⁴⁹ Bk	1E+01
¹⁵² Eu	6E-02	¹⁸² Ta	6E-02	¹⁹⁷ Hg	2E+00	²⁵² Cf	2E-02
^{152m} Eu	2E-01	¹⁷⁸ W	9E-01	^{197m} Hg+	7E-01	²⁵⁴ Cf	3E-04
¹⁵⁴ Eu	6E-02	¹⁸¹ W	5E+00	²⁰³ Hg	3E-01		
¹⁵⁵ Eu	2E+00	¹⁸⁷ W	1E-01	²⁰⁰ Tl	5E-02		
¹⁵⁶ Eu	5E-02	¹⁸⁸ W+	1E+00	²⁰¹ Tl	1E+00		

^a 由于子体的生成,在源的寿期后期(长达 10a)它可能更危险。然而,D 值是以母体核素衰变前的活度,即生产时的活度表示。

^b 当计算所有的放射性核素危险活度时均计入生长的放射性子体;+表示对所考虑的照射情景来说放射性核素的子体在所致的剂量中已成为有意义的来源。

表 B.2 取自最小值为漏散物质危险活度(D_2)的 D 值^a

放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)
³ H	2E+03	⁹⁹ Tc	3E+01	²¹⁰ Po	6E-02	²⁴¹ Am	6E-02
¹⁰ Be	3E+01	¹⁰⁹ Pd	2E+01	²²³ Ra+	1E-01	^{242m} Am+	3E-01
¹⁴ C	5E+01	^{113m} Cd	4E+01	²²⁵ Ra+	1E-01	²⁴³ Am+	2E-01
³² Si+	7E+00	^{121m} Sn+	7E+01	²²⁵ Ac	9E-02	²⁴⁰ Cm	3E-01
³³ P	2E+02	^{125m} Te	1E+01	²²⁷ Ac+	4E-02	²⁴² Cm	4E-02
³⁵ S	6E+01	^{127m} Te+	3E+00	²²⁷ Th	8E-02	²⁴³ Cm	2E-01
³⁶ Cl	2E+01 ^c	¹²⁵ I	2E-01	²²⁸ Th+	4E-02	²⁴⁴ Cm	5E-02
⁴⁵ Ca	1E+02	¹³¹ I	2E-01	²²⁹ Th+	1E-02	²⁴⁶ Cm	2E-01
⁴⁹ V	2E+03	¹⁴³ Pr	3E+01	²³⁰ Th+	7E-02 ^c	²⁴⁸ Cf+	1E-01
⁵⁵ Fe	8E+02	¹⁴⁷ Pm	4E+01	²³⁴ Th+	2E+00	²⁴⁹ Cf	1E-01
⁵⁹ Ni	1E+03 ^c	¹⁵¹ Sm	5E+02	²³¹ Pa+	6E-02	²⁵⁰ Cf	1E-01
⁶³ Ni	6E+01	¹⁴⁸ Gd	4E-01	²³⁰ U+	4E-02	²⁵¹ Cf	1E-01
⁶⁹ Zn	3E+01	¹⁶⁹ Er	2E+02	²³² U+	6E-02 ^c	²⁵³ Cf	4E-01
⁷¹ Ge	1E+03	¹⁷⁰ Tm	2E+01	²³⁶ U	2E-01 ^c	²³⁹ Pu	6E-02 ^d
⁷⁹ Se	2E+02	¹⁸⁵ W	1E+02	²³⁷ Np+	7E-02 ^c	⁹ Be	
⁸⁹ Sr	2E+01	¹⁹³ Pt	3E+03	²³⁶ Pu	1E-01	²⁴¹ Am	6E-02 ^d
⁹⁰ Sr+	1E+00	²⁰⁴ Tl	2E+01	²³⁸ Pu	6E-02	⁹ Be	
^{93m} Nb	3E+02	²¹⁰ Pb+	3E-01	²³⁹ Pu	6E-02		
⁹³ Mo+	3E+02 ^c	²¹⁰ Bi+	8E+00	²⁴⁰ Pu	6E-02		
^{97m} Tc	4E+01	^{210m} Bi	3E-01	²⁴¹ Pu+	3E+00		

^a 由于子体的生成,在源的寿期后期(长达 10a)它可能更危险。然而, D 值是以母体核素衰变前的活度,即生产时的活度表示。^b 当计算放射性核素的危险活度时均计入放射性子体的生长,表示对所考虑的照射情景来说放射性核素的子体在所致的剂量中已成为有意义的来源。^c 由此活度引起的应急事件可使空气浓度超过导致生命或健康发生即刻危险(IDLH)的水平。^d 给出的是 α 放射性核素的活度,例如²³⁹Pu 或²⁴¹Am 的活度。表 B.3 取自最小值为临界照射条件下危险活度(D_c)的 D 值^a

放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)	放射性核素 ^b	危险活度 (TBq)
²³³ U	7E-02	U _{富集} > 20%	8E-05	²⁴⁵ Cm	9E-02
²³⁴ U+	1E-01	^{236b} Np+	7E-03	²⁴⁷ Cm	1E-03
²³⁵ U+	8E-05	²⁴² Pu ^c	7E-02 ^b	²⁴⁷ Bk	8E-02
U _{富集} 10%~20%	8E-04	²⁴⁴ Pu+ ^c	3E-04 ^b		

^a 由于子体的生成,在源的寿期后期(长达 10a)它可能更危险。然而, D 值是以母体核素衰变前的活度,即生产时的活度表示。^b 当计算此核素的危险活度时均计入放射性子体的生长,+表示对所考虑的照射情景来说放射性核素的子体在所致的剂量中已成为有意义的来源。^c 由此活度引起的应急事件可使空气浓度超过导致生命或健康发生即刻危险(IDLH)的水平。

B.2 不需给出危险活度的放射性核素

不需给出危险活度的放射性核素见表 B.4。

表 B.4 不需给出危险活度的放射性核素

核 素 清 单									
³⁷ Ar	⁴⁰ K	⁴¹ Ca	⁵³ Mn	⁸⁷ Rb	⁹³ Zr+	⁹⁷ Tc	¹⁰⁷ Pd	¹²⁹ I	
¹³⁵ Cs	¹⁴⁷ Sm	¹⁸⁷ Re	²⁰⁵ Pb	²³² Th+	²³⁸ U+	U _{天然}	U _{贫化}		
注 1:表内核素不会引起严重确定性效应。									
注 2:+表示对所考虑的照射情景来说放射性核素的子体在所致的剂量中已成为有意义的来源。									

附录 C

(规范性附录)

放射源和含源实践的危险程度分类

C.1 各类放射源的有害健康效应的潜在危险见表 C.1、表 C.2 和表 C.3。

表 C.1 各类放射源在无防护条件下造成早期有害健康效应的潜在危险^a

类别 ^b	靠近单个源对人员的危险	因火灾或爆炸使源的放射性物质漏散的事故中对人员的危险及其他风险
1	极度危险:这种源在无防护条件时可能对操作它或者意外接触它几分钟的人造成永久性损伤。靠近这种无屏蔽放射性物质几分钟到 1h 的时间,可能导致人员死亡	也许可能—尽管不太可能—对近距离的人员造成永久性损伤或有生命危险。给几百米以外的人员很小或者不会造成直接健康效应。但是需要根据防护标准对污染区进行清理。对于大型源,需要清理的区域面积可能达到 1km ² 甚至更大 ^c
2	非常危险:这种源在无防护条件时可能对操作它或者意外接触它(从若干分钟到若干小时)的人造成永久性损伤。靠近这种无屏蔽放射性物质若干小时到若干天,可能导致人员死亡	也许可能—尽管非常不可能—对近距离的人员造成永久性损伤或有生命危险。给百米或更远的人员很小或者不会造成直接健康效应。但是需要根据防护标准对污染区进行清理。需要清理的区域面积不可能超过 1km ² ^c
3	危险:这种源在无防护条件时可能对操作它或者意外接触它若干小时的人造成永久性损伤。靠近这种无屏蔽放射性物质若干天到若干周,可能会—尽管不太可能发生—导致人员死亡	也许可能—尽管极不可能—对近距离的人员造成永久性损伤或有生命危险。给几米远的人员很小或者不会造成直接健康效应。但是需要根据防护标准对污染区进行清理。需要清理的区域面积不可能超过 1km ² 的很小一部分 ^c
4	不太可能有危险:极不可能有任何人因这种放射性物质而受到永久性损伤。但是,这种无屏蔽放射性物质在无防护条件时可能—尽管不太可能—在许多小时内对操作它或意外接触它的人、或在许多周内靠近它的人造成暂时性损伤	不可能给人员造成永久性损伤 ^d
5	不可能有危险:没有人因这种源受到永久性损伤 ^e	不可能给人员造成永久性损伤 ^d

^a 对放射源和含源实践危险程度的分类可以为应急响应做出决定时提供一个基本的依据,此分类体系将作为与放射源安全和保安有关的许多活动(包括:开发或改进安全标准、开发或改进国家管理的内部结构、在资源限制的范围内决定需优先管理的实践、优化放射源保安措施、应急计划和响应、改进对放射源的控制等)的一项基本数据。除了表内 2 种风险外,第 3 种风险是源可能污染公共供水系统。1 类源即使放射性物质极易溶于水也很不可能将公共供水系统污染到危险的程度。2 类~5 类源实际上不可能将供水系统污染到危险的程度。

^b 有的实践由于源活度的范围大而分配在几个类别。如近距放射后装治疗机,分高剂量率近距放射后装治疗(HDR)、低剂量率近距放射后装治疗(LDR)和永久性植入。如刻度源,它的活度源范围能从很低的活度到 100TBq 以上。此时,要逐例考虑它的类别分配,还要考虑其他因素。如有些低活度的放射性同位素热电发生器(RTG)可分配到第 2 类,但由于它可能被移动、不易被监管,并可含有大量的钚和铀,故将所有的 RTG 分到第 1 类。

^c 需要清理的区域面积将取决于许多因素(包括活度、放射性核素、放射性物质的漏散方式,以及天气)。

^d 有些因素在分类标准中不予考虑,包括:由放射事故或恶意行为造成的社会-经济后果(因为定量和比较这些效应的方法学问题还未解决)、辐射的随机性效应(因为相对于严重确定性效应它不太重要)以及由于医用目的而精心安排的照射。

表 C.2 用于一般实践的源的建议类别

类别	常见实践 ^a 的分类	危险指数(A/D) ^b
1	放射性同位素热电发生器(RTG) 辐照装置 远距放射治疗源 多束远距放射治疗(γ 刀)源	$\geq 1\,000$
2	工业 γ 射线探伤源 高/中剂量率近距放射治疗源	$1\,000 > A/D \geq 10$
3	固定式工业仪表:料位计,核子秤,挖泥船测量仪表,螺旋管道测量仪,鼓风机测量仪 测井仪表	$10 > A/D \geq 1$
4	低剂量率近距放射治疗源(眼部敷贴和永久性植入除外) 厚度计/料位计 非固定式仪表(例如湿度计/密度计) 骨密度仪 静电消除器	$1 > A/D \geq 0.01$
5	低剂量率近距放射治疗眼部敷贴和永久植入源 X射线荧光(XRF)分析仪 电子俘获设备 穆斯堡尔谱仪 正电子发射断层成像(PET)检查源	$0.01 > A/D \geq$ 豁免水平 ^c /D
^a 考虑了除了危险指数之外的其他因素。 ^b 本列可根据危险指数来确定源的类别,可用于未知的或未列出的实践、短半衰期非密封源或聚集源。 ^c 豁免值在 GB18871 的表 A.1 中给出。		

表 C.3 某些常见的实践使用的放射性核素的活度及候选类别

第 1 类^f

实践	放射性核素	序号 ^g	使用活度, A(TBq)			D 值 (TBq)	危险指数(A/D)			候选类别		
			Ma	Mi	Ty		Ma	Mi	Ty	Ma	Mi	Ty
RTS ^a	⁹⁰ Sr	9	2.5E+4	3.3E+2	7.4E+2	1E+0	2.5E+4	3.3E+2	7.4E+2	1	2	2
	²³⁸ Pu	11	1.0E+1	1.0E+0	1.0E+1	6E-2	1.7E+2	1.7E+1	1.7E+2	2	2	2
辐照装置 ^b	⁶⁰ Co	1	5.6E+5	1.9E+2	1.5E+5	3E-2	1.9E+7	6.2E+3	4.9E+6	1	1	1
	¹³⁷ Cs	2	1.9E+5	1.9E+2	1.1E+5	1E-1	1.9E+6	1.9E+3	1.1E+6	1	1	1
辐照装置 ^c	¹³⁷ Cs	5	1.6E+3	9.3E+1	5.6E+2	1E-1	1.6E+4	9.3E+2	5.6E+3	1	2	1
	⁶⁰ Co	3	1.9E+3	5.6E+1	9.3E+2	3E-2	6.2E+4	1.9E+3	3.1E+4	1	1	1
辐照器 ^d	¹³⁷ Cs	8	4.4E+2	3.7E+1	2.6E+2	1E-1	4.4E+3	3.7E+2	2.6E+3	1	2	1
	⁶⁰ Co	7	1.1E+2	5.6E+1	8.9E+1	3E-2	3.7E+3	1.9E+3	3.0E+3	1	1	1
γ 刀 ^e	⁶⁰ Co	4	3.7E+2	1.5E+2	2.6E+2	3E-2	1.2E+4	4.9E+3	8.6E+3	1	1	1
远距治疗源	⁶⁰ Co	6	5.6E+2	3.7E+1	1.5E+2	3E-2	1.9E+4	1.2E+3	4.9E+3	1	1	1
	¹³⁷ Cs	10	5.6E+1	1.9E+1	1.9E+1	1E-1	5.6E+2	1.9E+2	1.9E+2	2	2	2
^a 放射性同位素热电发生器。 ^b 用于灭菌和食品保鲜。 ^c 自屏蔽。 ^d 血液/组织辐照。 ^e 多束远距放射治疗源。 ^f Ma-最大值, Mi-最小值, Ty-典型值。 ^g 该实践的序号, 见图 C.1。												

GBZ/T 208—2008

第2类^b

实践	放射性核素	序号 ^c	使用活度, A(TBq)			D 值 (TBq)	危险指数(A/D)			候选类别		
			Ma	Mi	Ty		Ma	Mi	Ty	Ma	Mi	Ty
工业射线探伤源	⁶⁰ Co	12	7.4E+0	4.1E-1	2.2E+0	3E-2	2.5E+2	1.4E+1	7.4E+1	2	2	2
	¹⁹² Ir	13	7.4E+0	1.9E-1	3.7E+0	8E-2	9.3E+1	2.3E+0	4.6E+1	2	3	2
	⁷⁵ Se	16	3.0E+0	3.0E+0	3.0E+0	2E-1	1.5E+1	1.5E+1	1.5E+1	2	2	2
	¹⁶⁹ Yb	20	3.7E-1	9.3E-2	1.9E-1	3E-1	1.2E+0	3.1E-1	6.2E-1	3	4	4
	¹⁷⁰ Tm	21	7.4E+0	7.4E-1	5.6E+0	2E+1	3.7E-1	3.7E-2	2.8E-1	4	4	4
近距离放射治疗源:高/中剂量率	⁶⁰ Co	17	7.4E-1	1.9E-1	3.7E-1	3E-2	2.5E+1	6.2E+0	1.2E+1	2	3	2
	¹³⁷ Cs	19	3.0E-1	1.1E-1	1.1E-1	1E-1	3.0E+0	1.1E+0	1.1E+0	3	3	3
	¹⁹² Ir	18	4.4E-1	1.1E-1	2.2E-1	8E-2	5.6E+0	1.4E+0	2.8E+0	3	3	3
刻度源 ^a	⁶⁰ Co	14	1.2E+0	2.0E-2	7.4E-1	3E-2	4.1E+1	6.8E-1	2.5E+1	2	4	2
	¹³⁷ Cs	15	1.1E+2	5.6E-2	2.2E+0	1E-1	1.1E+3	5.6E-1	2.2E+1	1	4	2

^a 刻度源可在除1类以外的所有类别中找到。本表已根据其放射性核素和活度将它们分别列入相应的类别。监管机构可以根据特定的因素和环境对源的类别进行修改。

^b Ma-最大值, Mi-最小值, Ty-典型值。

^c 该实践的序号, 见图 C. 1。

第3类^c

实践	放射性核素	序号 ^d	使用活度, A(TBq)			D 值 (TBq)	危险指数(A/D)			候选类别		
			Ma	Mi	Ty		Ma	Mi	Ty	Ma	Mi	Ty
料位计	¹³⁷ Cs	25	1.9E-1	3.7E-2	1.9E-1	1E-1	1.9E+0	3.7E-1	1.9E+0	3	4	3
	⁶⁰ Co	23	3.7E-1	3.7E-3	1.9E-1	3E-2	1.2E+1	1.2E-1	6.2E+0	2	4	3
刻度源 ^a	²⁴¹ Am	24	7.4E-1	1.9E-1	3.7E-1	6E-2	1.2E+1	3.1E+0	6.2E+0	2	3	3
核子秤	¹³⁷ Cs	30	1.5E+0	1.1E-4	1.1E-1	1E-1	1.5E+1	1.1E-3	1.1E+0	2	5	3
	²⁵² Cf	35	1.4E-3	1.4E-3	1.4E-3	2E-2	6.8E-2	6.8E-2	6.8E-2	4	4	4
鼓风炉测量仪	⁶⁰ Co	28	7.4E-2	3.7E-2	3.7E-2	3E-2	2.5E+0	1.2E+0	1.2E+0	3	3	3
挖泥船测量仪	⁶⁰ Co	31	9.6E-2	9.3E-3	2.8E-2	3E-2	3.2E+0	3.1E-1	9.3E-1	3	4	4
	¹³⁷ Cs	32	3.7E-1	7.4E-3	7.4E-2	1E-1	3.7E+0	7.4E-2	7.4E-1	3	4	4
螺旋管道测量仪	¹³⁷ Cs	33	1.9E-1	7.4E-2	7.4E-2	1E-1	1.9E+0	7.4E-1	7.4E-1	3	4	4
研究堆启动源 ^a	²⁴¹ Am/Be	29	1.9E-1	7.4E-2	7.4E-2	6E-2	3.1E+0	1.2E+0	1.2E+0	3	3	3
测井源	²⁴¹ Am/Be	22	8.5E-1	1.9E-2	7.4E-1	6E-2	1.4E+1	3.1E-1	1.2E+1	2	4	2
	¹³⁷ Cs	34	7.4E-2	3.7E-2	7.4E-2	1E-1	7.4E-1	3.7E-1	7.4E-1	4	4	4
	²⁵² Cf	36	4.1E-3	1.0E-3	1.1E-3	2E-2	2.0E-1	5.0E-2	5.6E-2	4	4	4
起搏器 ^b	²³⁸ Pu	26	3.0E-1	1.1E-1	1.1E-1	6E-2	4.9E+0	1.8E+0	1.9E+0	3	3	3
刻度源 ^a	²³⁹ Pu/Be	27	3.7E-1	7.4E-2	1.1E-1	6E-2	6.2E+0	1.2E+0	1.9E+0	3	3	3

^a 刻度源可在除1类以外的所有类别中找到。本表已根据其放射性核素和活度将它们分别列入相应的类别。监管机构可以根据特定的因素和环境对源的类别进行修改。

^b ²³⁸Pu 源不再用于制造起搏器。

^c Ma-最大值, Mi-最小值, Ty-典型值。

^d 该实践的序号, 见图 C. 1。

第4类^d

实践	放射性核素	序号 ^e	使用活度, A(TBq)			D 值 (TBq)	危险指数(A/D)			候选类别		
			Ma	Mi	Ty		Ma	Mi	Ty	Ma	Mi	Ty
近距放射 治疗源; 低剂量率	¹³⁷ Cs	40	2.6E-2	3.7E-4	1.9E-2	1E-1	2.6E-1	3.7E-3	1.9E-1	4	5	4
	²²⁶ Ra	55	1.9E-3	1.9E-4	5.6E-4	4E-2	4.6E-2	4.6E-3	1.4E-2	4	5	4
	¹²⁵ I	56	1.5E-3	1.5E-3	1.5E-3	2E-1	7.4E-3	7.4E-3	7.4E-3	5	5	5
	¹⁹² Ir	39	2.8E-2	7.4E-4	1.9E-2	8E-2	3.5E-1	9.3E-3	2.3E-1	4	5	4
	¹⁹⁸ Au	54	3.0E-3	3.0E-3	3.0E-3	2E-1	1.5E-2	1.5E-2	1.5E-2	4	4	4
	²⁵² Cf	41	3.1E-3	3.1E-3	3.1E-3	2E-2	1.5E-1	1.5E-1	1.5E-1	4	4	4
测厚仪	⁸⁵ Kr	61	3.7E-2	1.9E-3	3.7E-2	3E+1	1.2E-3	6.2E-5	1.2E-3	5	5	5
	⁹⁰ Sr	59	7.4E-3	3.7E-4	3.7E-3	1E+0	7.4E-3	3.7E-4	3.7E-3	5	5	5
	²⁴¹ Am	37	2.2E-2	1.1E-2	2.2E-2	6E-2	3.7E-1	1.9E-1	3.7E-1	4	4	4
	¹⁴⁷ Pm	63	1.9E-3	7.4E-5	1.9E-3	4E+1	4.6E-5	1.9E-6	4.6E-5	5	5	5
	²⁴⁴ Cm	38	3.7E-2	7.4E-3	1.5E-2	5E-2	7.4E-1	1.5E-1	3.0E-1	4	4	4
料位计	²⁴¹ Am	47	4.4E-3	4.4E-4	2.2E-3	6E-2	7.4E-2	7.4E-3	3.7E-2	4	5	4
	¹³⁷ Cs	50	2.4E-3	1.9E-3	2.2E-3	1E-1	2.4E-2	1.9E-2	2.2E-2	4	4	4
刻度源 ^a	⁹⁰ Sr	45	7.4E-2	7.4E-2	7.4E-2	1E+0	7.4E-2	7.4E-2	7.4E-2	4	4	4
湿度仪	²⁴¹ Am/Be	48	3.7E-3	1.9E-3	1.9E-3	6E-2	6.2E-2	3.1E-2	3.1E-2	4	4	4
密度计	¹³⁷ Cs	58	3.7E-4	3.0E-4	3.7E-4	1E-1	3.7E-3	3.0E-3	3.7E-3	5	5	5
湿度/密 度计	²⁴¹ Am/Be	49	3.7E-3	3.0E-4	1.9E-3	6E-2	6.2E-2	4.9E-3	3.1E-2	4	5	4
	¹³⁷ Cs	57	4.1E-4	3.7E-5	3.7E-4	1E-1	4.1E-3	3.0E-4	3.7E-3	5	5	5
	²²⁶ Ra	60	1.5E-4	7.4E-5	7.4E-5	4E-2	3.7E-3	1.9E-3	1.9E-3	5	5	5
	²⁵² Cf	62	2.6E-6	1.1E-6	2.2E-6	2E-2	1.3E-4	5.6E-5	1.1E-4	5	5	5
骨密度仪	¹⁰⁹ Cd	64	7.4E-4	7.4E-4	7.4E-4	2E+1	3.7E-5	3.7E-5	3.7E-5	5	5	5
	¹⁵³ Gd	46	5.6E-2	7.4E-4	3.7E-2	1E+0	5.6E-2	7.4E-4	3.7E-2	4	5	4
	¹²⁵ I	43	3.0E-2	1.5E-3	1.9E-2	2E-1	1.5E-1	7.4E-3	9.3E-2	4	5	4
	²⁴¹ Am	44	1.0E-2	1.0E-3	5.0E-3	6E-2	1.7E-1	1.7E-2	8.3E-2	4	4	4
静电消除 器	²⁴¹ Am	51	4.1E-3	1.1E-3	1.1E-3	6E-2	6.8E-2	1.9E-2	1.9E-2	4	4	4
	²¹⁰ Po	52	4.1E-3	1.1E-3	1.1E-3	6E-2	6.8E-2	1.9E-2	1.9E-2	4	4	4
同位素发 生器 ^b	⁹⁹ Mo	42	3.7E-1	3.7E-2	3.7E-2	3E-1	1.2E+0	1.2E-1	1.2E-1	3	4	4
医用非密 封源 ^c	¹³¹ I	53	7.4E-3	3.7E-3	3.7E-3	2E-1	3.7E-2	1.9E-2	1.9E-2	4	4	4

^a 刻度源可在除1类以外的所有类别中找到。本表已根据其放射性核素和活度将它们分别列入相应的类别。监管机构可以根据特定的因素和环境对源的类别进行修改。

^b 诊断用同位素发生器。

^c 医用非密封源通常是4类和5类。这种源的非密封性质及其短半衰期要求在分类时对其逐例进行处理。

^d Ma-最大值, Mi-最小值, Ty-典型值。

^e 该实践的序号, 见图 C.1。

GBZ/T 208—2008

第5类^c

实践	放射性核素	序号 ^d	使用活度, A(TBq)			D 值 (TBq)	危险指数(A/D)			候选类别		
			Ma	Mi	Ty		Ma	Mi	Ty	Ma	Mi	Ty
X 射线荧光(XRF)分析仪	⁵⁵ Fe	79	5.0E-3	1.1E-4	7.4E-4	8E+2	6.2E-6	1.4E-7	9.3E-7	5	5	5
	¹⁰⁹ Cd	73	5.6E-3	1.1E-3	1.1E-3	2E+1	2.8E-4	5.6E-5	5.6E-5	5	5	5
	⁵⁷ Co	67	1.5E-3	5.6E-4	9.3E-4	7E-1	2.1E-3	7.9E-4	1.3E-3	5	5	5
电子俘获探测器源	⁶³ Ni	76	7.4E-4	1.9E-4	3.7E-4	6E+1	1.2E-5	3.1E-6	6.2E-6	5	5	5
	³ H	77	1.1E-2	1.9E-3	9.3E-3	2E+3	5.6E-6	9.3E-7	4.6E-6	5	5	5
避雷器	²⁴¹ Am	69	4.8E-4	4.8E-5	4.8E-5	6E-2	8.0E-3	8.0E-4	8.0E-4	5	5	5
	²²⁶ Ra	74	3.0E-6	2.6E-7	1.1E-6	4E-2	7.4E-5	6.5E-6	2.8E-5	5	5	5
	³ H	78	7.4E-3	7.4E-3	7.4E-3	2E+3	3.7E-6	3.7E-6	3.7E-6	5	5	5
近距放射治疗源: 低剂量率 眼部敷贴 和永久植 入源	⁹⁰ Sr	68	1.5E-3	7.4E-4	9.3E-4	1E+0	1.5E-3	7.4E-5	9.3E-4	5	5	5
	¹⁰⁶ Ru/Rh	72	2.2E-5	8.1E-6	2.2E-5	3E-1	7.4E-5	2.7E-5	7.4E-5	5	5	5
	¹⁰³ Pd	75	1.1E-3	1.1E-3	1.1E-3	9E+1	1.2E-5	1.2E-5	1.2E-5	5	5	5
PET 检查源 ^a	⁶⁸ Ge	70	3.7E-4	3.7E-5	1.1E-4	7E-1	5.3E-4	5.3E-5	1.6E-4	5	5	5
穆斯堡尔谱仪	⁵⁷ Co	65	3.7E-3	1.9E-4	1.9E-3	7E-1	5.3E-3	2.6E-4	2.6E-3	5	5	5
氚靶	³ H	71	1.1E+0	1.1E-1	2.6E-1	2E+3	5.6E-4	5.6E-5	1.3E-4	5	5	5
医用非密封源 ^b	³² P	66	2.2E-2	2.2E-3	2.2E-2	1E+1	2.2E-3	2.2E-4	2.2E-3	5	5	5

^a 正电子发射断层成像(PET)。
^b 医用非密封源通常是 4 类和 5 类。这种源的非密封性质及其短半衰期要求在分类时对其逐例进行处理。
^c Ma-最大值, Mi-最小值, Ty-典型值。
^d 该实践的序号, 见图 C1。

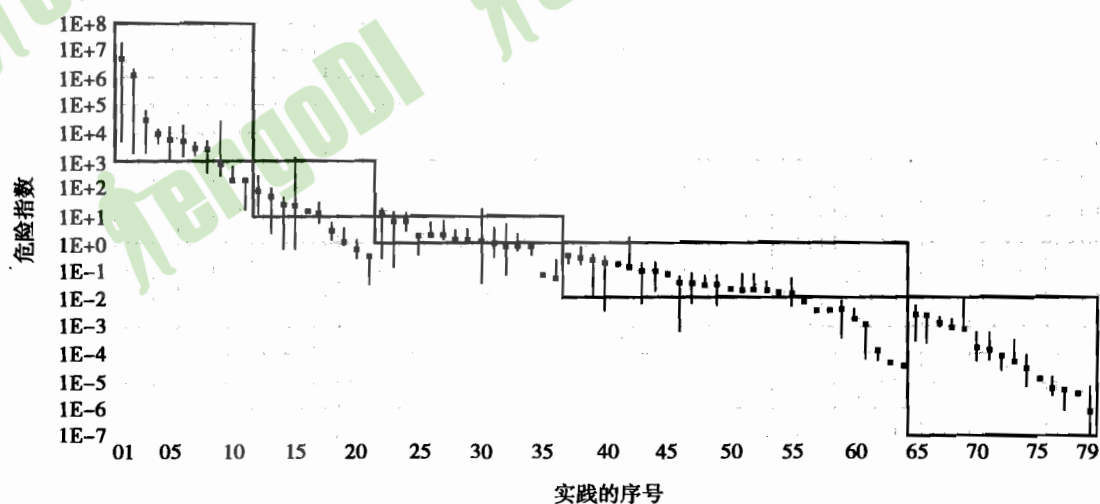


图 C.1 基于危险指数的实践的相对排序

注 1: 竖杆上下端为该实践危险指数的最大值和最小值, 中间方点是典型值。

注 2: 图下方实践的序号同于表 C.3 各分表第 3 列。

注 3: 方框是仅根据危险指数的分类, 最终的分类要考虑其他的因素; 自左向右各方框依次为 I ~ V 类。

附录 D

(资料性附录)

选用实践的简要描述

D.1 远距治疗机 teletherapy units

远距治疗机常见于一些医疗机构。源的尺寸较小,一般为柱状(直径几厘米,长数厘米),置于一个大的屏蔽装置内。多束远距治疗机(γ 刀)可将来自排列起来的 200 多个 ^{60}Co 源的 γ 辐射聚焦到脑部病变。由于此源的活度高,故通常专门设计安装此治疗机的机房,它有厚的屏蔽墙和其他防护设备。

D.2 放射性同位素热电发生器 radioisotope thermoelectric generators, RTS

放射性同位素热电发生器用于提供小量的电能。用热电转换器将由高活度源放射性衰变时发生的热能转化为电能。典型的 RTS 含有 ^{238}Pu 或 ^{90}Sr 。这些设备原先主要用于军事目的和空间开发。

D.3 辐照装置 irradiator facilities

辐照装置用于食品、医用产品和供应品的消毒、灭菌,以及其他专门用途。用于材料辐照的源,其尺寸十分不一,有的很大,有的仅为钢笔大小,每个装置可以装有许多枚源。辐照装置是专门设计的,包括厚的屏蔽墙、连锁设备及其他防护设备。其他的辐照器是自屏蔽的,用于科研使用和血液辐照。

D.4 工业放射照相源和装置 industrial radiography sources and device

工业放射照相源和装置的应用十分普遍,由于对源的屏蔽而使此装置一般较重。源的尺寸一般较小,直径不到 1cm,长仅几厘米,便于使用。源易于携带同时带来易被窃或丢失的问题。源的体积小,因而能被个人未经授权的转移,能被误放入外衣的口袋中。可以用固定的装置或者用小的可携带的设备来做工业放射照相。

D.5 近距治疗机 brachytherapy units

有三种剂量率不同的近距治疗,低剂量率(LDR)、中剂量率(MDR)和高剂量率(HDR)近距治疗。这些装置中使用的源几何尺寸可以很小(直径不到 1cm,长仅几厘米),因此易于丢失和移位。HDR 和 MDR 源以及有些 LDR 源可以用长的传输线装入到装置内(遥控的卸载装置)。为了在不使用时对源进行屏蔽,卸载装置可以很重。这种装置还可以装有轮子便于在机房内搬移。遥控的卸载装置可含有电工的和电子的部件。近距治疗源可以位于医院、诊所等医疗单位。

D.6 测井源 well logging sources

在矿产(煤炭、石油和天然气)开采中的地区,通常可见到测井源和装置。这种源通常包含在长(典型的为 1m~2m)而细(直径小于 10cm)的装置内,它含有探测器和各种各样的电子部件。由于使用此装置的环境条件较差,故此类装置较重,但包含在装置内的源的实际尺寸不大。

D.7 工业用仪表 industrial gauges

工业用仪表有各种形状和大小,或是固定的或是可移动的。这些设备通常可以连续运行许多年而很少需要专门维修。工业仪表用于过程的控制,测量流量、体积、密度或检测物料存在与否,可以放置于人员不适合持久停留的场所(例如在高炉内)。当废料、尘土、油脂、石油或其他物料积聚在设备内并复盖报警标记物时它仍可以出现信号。依特定的用途,工业仪表可以含有较小量的放射性材料,或者含有

GBZ/T 208—2008

活度接近 1TBq 的源。此类装置通常不大,但可以位于距辐射探测器有一定距离的地方,在探测器内可以有电工或电子部件。一个工厂可以有許多这样的仪表。由于这些仪表可以与过程控制的设备相联接,故在一个工厂内这些仪表和源的所在位置不易被发现。由此,如果工厂决定改进或中止现有的作业,则可导致源的失控。

D.8 湿度/密度仪 moisture/density devices

湿度密度仪是工业仪表的一种类型,它小而可携带的。这些仪表含有源和为测量所需的探测器和电子部件。仪表的源尺寸小,典型的大小是长几厘米和直径几厘米;这种源可以全部位于仪表内,或者在杆状/柄状装配工具的一端。这些设备体积小,但容易失控或被窃。

参 考 文 献

1. 国务院. 放射性同位素与射线装置安全和防护条例, 国务院第 449 号令. 2005 年 9 月
 2. 国家环境保护总局. 放射源分类办法, 国家环境保护总局第 62 号公告. 2005 年 12 月
 3. 国家标准. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准, GB 18871—2002
 4. FAO/UN, IAEA, ILO, OECDNEA, PAHO, UNOCOHA & WHO. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna. 1996
 5. IAEA. Categorization of radiation sources. IAEA-TECDOC-1191, IAEA, Vienna. 2001
 6. IAEA. Categorization of radioactive sources. IAEA-TECDOC-1344, IAEA, Vienna, 2003
 7. IAEA. Security of radioactive sources-Interim Guidance for comment. IAEA-TECDOC-1355, IAEA, Vienna. 2003
 8. IAEA. 放射源安全和保安行为准则 (Code of conduct on the safety and security of radioactive sources.) IAEA/CODEOC/2004, IAEA, Vienna. 2004
 9. IAEA. Regulatory control of radiation sources. IAEA Safety Standards Series No. GS-G-1.5, IAEA, Vienna. 2004
 10. IAEA(国际原子能机构). 放射源的分类. 国际原子能机构安全导则第 RS-G-1.9 号, 国际原子能机构, 维也纳. 2006
 11. IAEA. Dangerous quantities of radioactive materials(D-values). EPR-D-VALUES 2006, IAEA, 2006
-