

环境安全科普读物

日常防辐射小册子

Radiation Protection Manual



印刷版本：第一版

印刷数量：1000 册

文字资料：LiuHaiBo 、 怎怎

图片素材：

手册编辑：weesky

修订审阅：怎怎

反馈邮箱：zhangchen@aliyun.com

“空霸” KB 系列核辐射检测仪 选配手册

KB4011 基础型 / KB6011 医用防护型辐射检测仪

维天监制

版权所有未经允许禁止复制分发

阅读提示：

文中所有提到的“辐射”，为明确指明的情况下，均表示放射性物质产生的辐射 – 电离辐射。不代表热辐射，光辐射，电磁辐射等。下文不在复述。

本手册定价 6.6 元

目录

第一章 放射性物质与辐射.....	3
1.1 自然界中存在很多放射性物质.....	3
1.2 中国地区的天然环境放射性辐射分布.....	5
1.3 放射性和放射性物质.....	6
1.4 常见的计量单位.....	7
1.5 辐射的不同类型.....	8
1.6 半衰期.....	10
1.7 辐射强度随距离衰减.....	11
第二章 暴露在辐射中对健康的影响.....	12
2.1 生活中辐射危害等级.....	12
2.2 医疗辐射危害等级.....	13
2.3 体内照射与体外照射.....	14
2.4 确定性影响和随机影响.....	15
2.5 辐射对人体的影响.....	16
2.6 人体器官对辐射的敏感性.....	17
2.7 不同组织对辐射元素的沉积.....	17

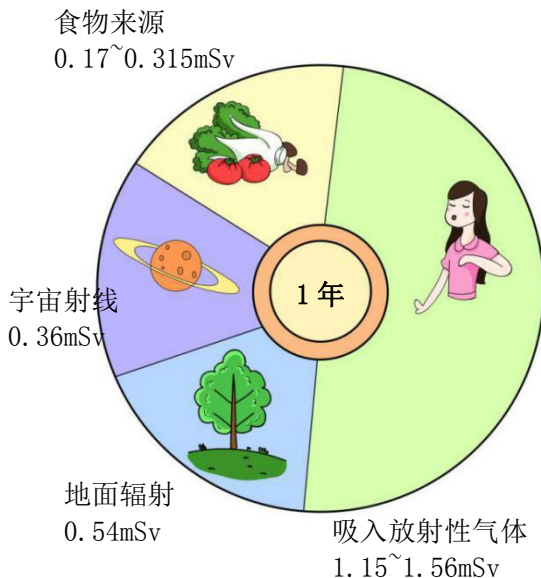
第三章 放射性辐射的防护原则.....	18
3.1 按照辐射特性采取措施.....	18
3.2 公众照射剂量限值.....	19
第四章 被核污染过的国家日本.....	20
4.1 现今存在的放射性物质泄露.....	20
4.2 放射性的铯和“热点”	21
4.3 环境辐射的监控.....	22
第五章 放射性辐射的探测方法.....	23
5.1 仪器如何感知辐射.....	23
5.2 辐射测量仪器的种类.....	24
5.3 如何正确测量空中的辐射.....	25
5.4 如何测试大理石\矿石辐射.....	26
5.5 测量 DR 设备\ CT，医疗放射源.....	27
5.6 测量结果的统计.....	28
第六章 问答 Q&A.....	29

第一章 放射性物质与辐射

1.1 自然界中存在很多放射性物质

放射性物质在地球和宇宙中广泛存在。元素周期表中一般质子数越大的物质，就越不稳定，当质子数达到一定程度时候，就会具有放射性。

地球上的生物都会受到其发出的放射性辐射的影响。我们通常食用的食物有些也是含有微量放射性物质，常见的有钾-40，氡，钍等元素。



食物中钾 40 放射量 单位 (Bq/kg)	
海苔干	2000
干香菇	700
薯片	400
海带	200
菠菜	200
鱼	100
牛肉	100
面包	30

每年我们要吸收来自天然环境的辐射剂量大约 3.1mSv，加上人工导致的辐射吸收，中国人平均每年要吸收 3.31mSv 的辐射量。

自然辐射来源		个人年有效剂量平均值 (mSv)	
		全球	中国
外部照射	宇宙射线电离成分	0.28	0.26
	中子	0.10	0.10
	陆地伽马射线	0.48	0.54
	氡及其子体	1.15	1.56
内部照射	钍及其子体	0.10	0.185
	钾-40	0.17	0.17
	其他核素	0.12	0.315
总计		2.4	3.1

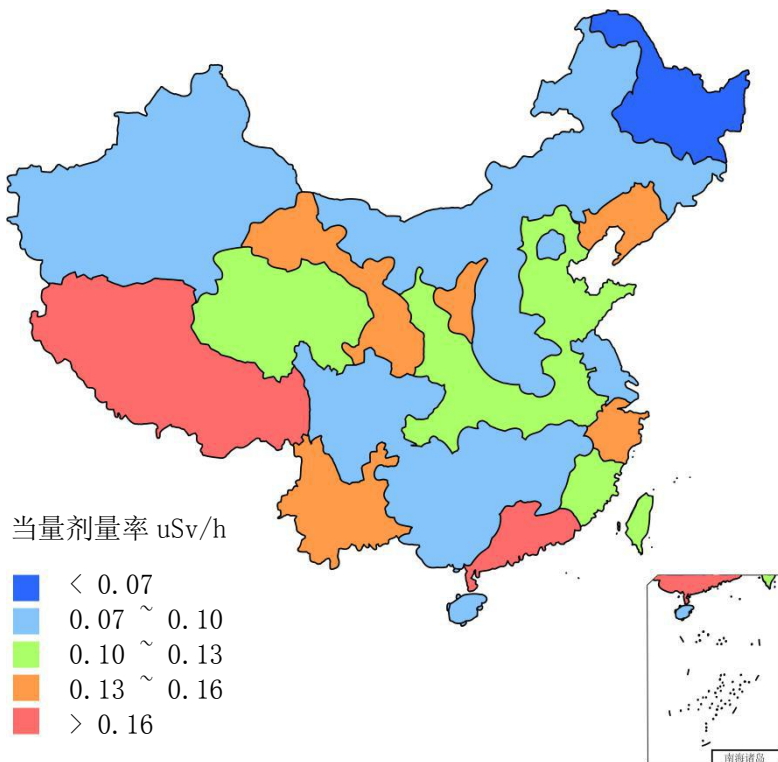
人工辐射来源		个人年有效剂量平均值 (mSv)	
		全球	中国
医学诊断检查		0.6	0.21
大气层核试验		0.005	0.0005
切尔诺贝利事故		0.002	0.00005
核燃料循环（公众照射）		0.0002	0.00001

表中医学诊断检查项目，不包含放射性治疗，不包含 CT 等高剂量项目。

资料来源：UNSCEAR 2008 年报告和中国环境百科全书选编本《核与辐射安全》。

1.2 中国地区的天然环境放射性辐射分布

全国范围来看, 东南沿海和高原地区的辐射水平略高于全国平均。



我国环境自然辐射水平年均值 $0.04 \sim 0.28 \text{uSv/h}^1$

主要区间为 $0.075 \sim 0.123 \text{uSv/h}$ 。

¹ 辐射权重因子设为 1.0 的情况换算得到的值

1.3 放射性和放射性物质

放射性，是指不稳定的原子核自发地放出射线的能力。这种元素或物质被叫做放射性物质。而其射线因具有使其它物质发生电离的特性，所以这种射线，也叫做电离辐射，或者放射性辐射。

如果将辐射大小比作煤油灯发出的光，光越亮，也就可以理解为辐射越强。



“辐射”的泄漏可以理解为光的泄露。它不会沾染其它物体。被照射过的地方，也不会产生辐射。

“放射性物质”的泄露则会对环境产生较大破坏，会对周围进行沾染，使本来无放射性的东西，具有放射性。

1.4 常见的计量单位

辐射的单位有三种。

名称	单位	定义
放射性活度	贝克勒尔 (Bq)	1s 的时间内有多少个原子发生衰变
吸收的辐射剂量 D	戈瑞 (Gy)	描述了单位质量物体吸收电离辐射能量的大小，一戈瑞 (1Gy) 表示每公斤物质吸收了一焦耳的辐射能量。
当量辐射剂量 H	西弗 (Sv)	不同种类的射线对机体的影响程度不同，必须使用当量剂量 H 来统一衡量影响。

Bq 这个单位，反应一段时间内，有多少个原子正在发生衰变。它是反应物质本身具有多少辐射能力的单位。适合用在测试土壤，水，食物等物质上。

戈瑞 (Gy)，更适合反应环境，空气中辐射量。

西弗 (Sv)，更适合反应对机体的影响，转换单位如下。

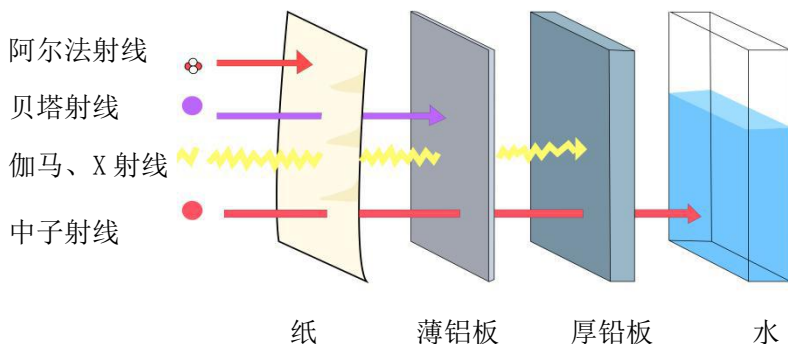
$$H (Sv) = W_r \times D (Gy)$$

辐射权重因子 W_r ，与机体不同器官对辐射的吸收率，照射角度，辐射类型有关系。比如 α 粒子的危害最大，所以权重因子就高。假如被同样的辐射剂量照射，如果是 α 粒子，那么得到的当量剂量 H 就要更高。对机体的伤害也就更大。

1.5 辐射的不同类型

辐射的种类有多种。有些是电磁波，有些是粒子束。它们的性质不同，穿透能力也不同。

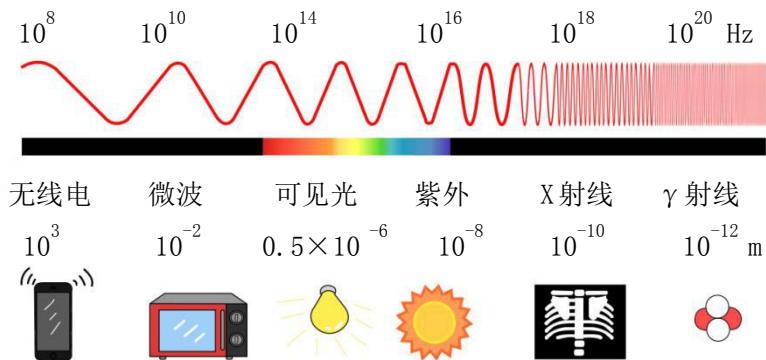
辐射种类	特征	产生源
α 阿尔法射线	氦原子核	原子核
β 贝塔射线	带电荷的粒子（电子）	原子核
γ 伽马射线	电磁波	原子核
X 光线	电磁波	原子激发装置
中子射线	不带电荷的粒子（中子）	原子炉，加速器



因为 α 粒子是氦原子核，质量大且带电荷，因此很容易偏转被阻挡。 α 射线用纸即可屏蔽。相对难屏蔽的是X射线和伽马射线。最难屏蔽的是不带电荷的中子射线。

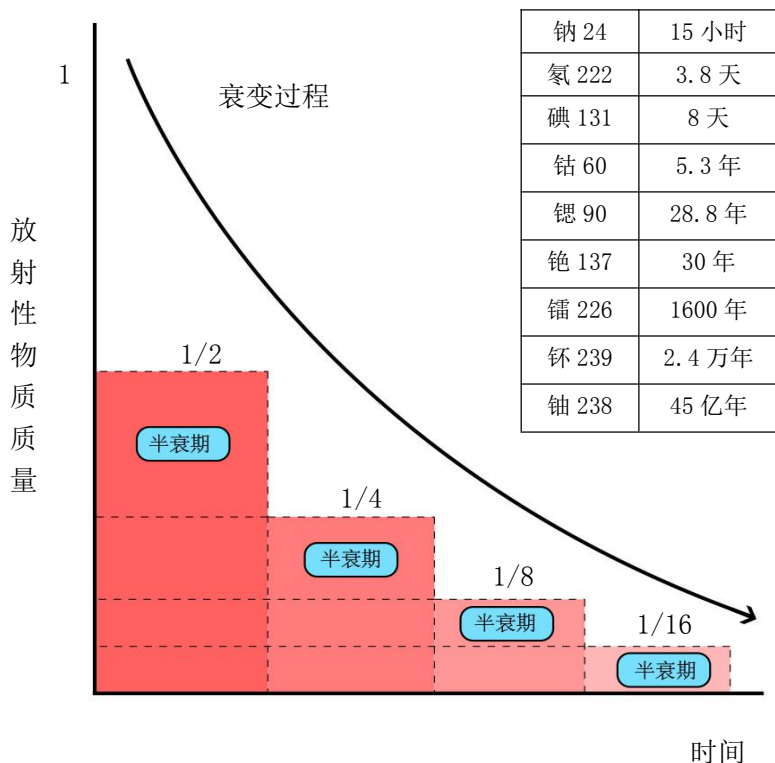
γ 射线和X射线是电磁波的成员

γ 伽马射线，X射线，无线电波以及太阳光波同属于一类波。只是它们的波长不同。比紫外线频率更高的波，具有较高的能量，可引起物质发生电离，这些就是电离辐射了。



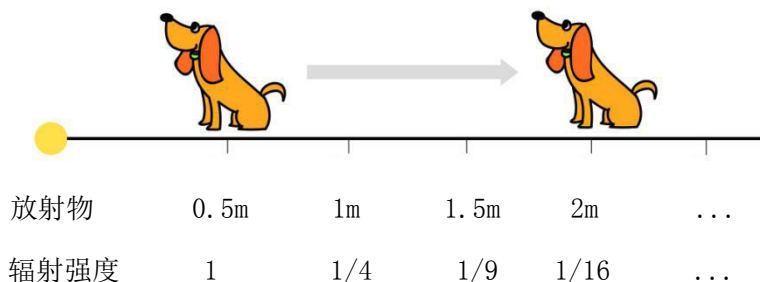
1.6 半衰期

衰变，是某些原子核自发发射出某种粒子而变为另一种核的过程。衰变至只剩下原来质量一半所需的时间称为该核素的半衰期 (half-life)。每种放射性核素都有其特定的半衰期，由几微秒到几百万年不等。比如药物用碘 131，每 8 天会衰减一半质量。



1.7 辐射强度随距离衰减

辐射强度和距离的平方成反比。放射源与人体之间的距离从 0.5 米挪到 2 米，则辐射剂量将会降低到 $1/16$ 。

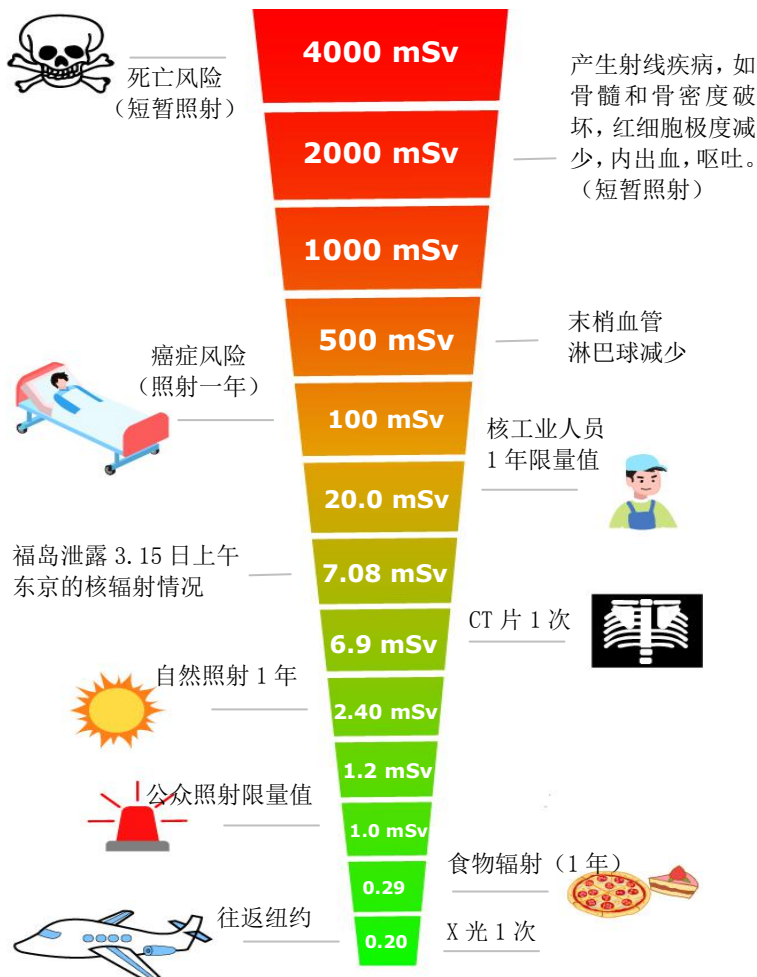


日常生活中，很少会接触到点式放射源，一般都是假设放射性物质均匀地摊在地面上，所以我们只要增加距地面的距离，地面产生的辐射就会逐渐衰减。

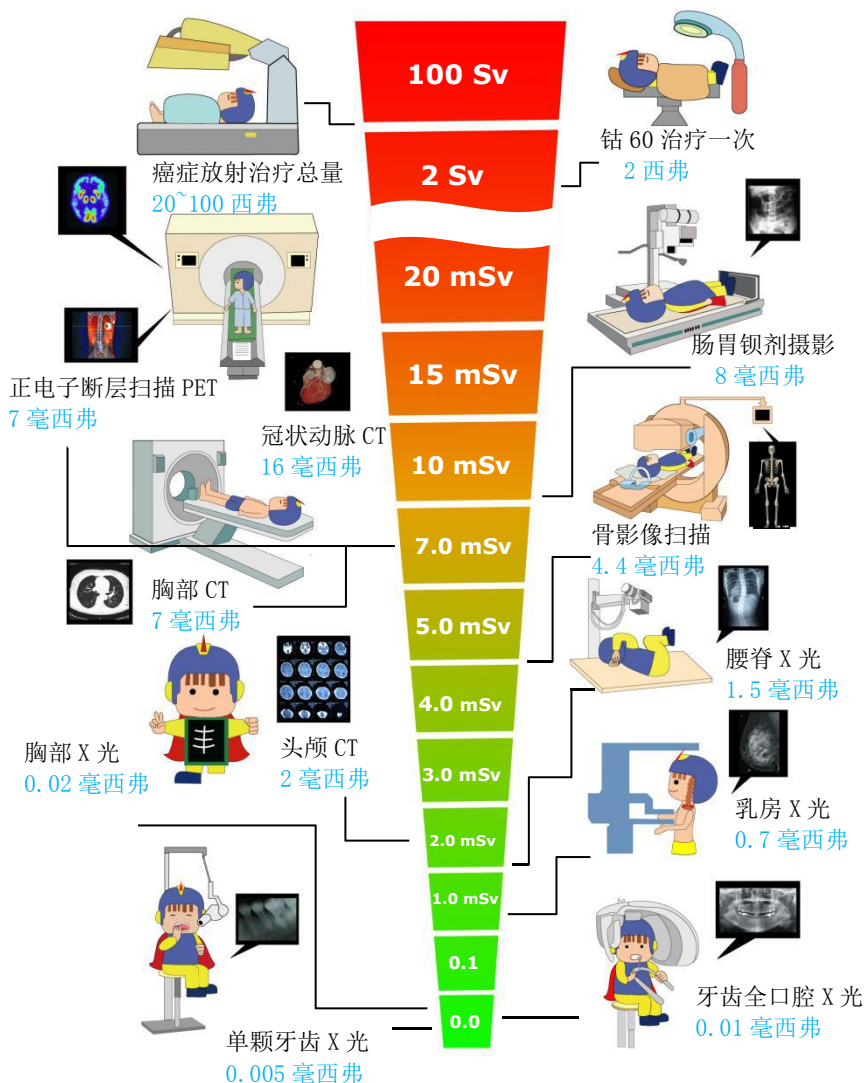
如果家里的大理石地面有少许辐射，我们可以提高床对地的距离来削减这种可能的影响。

第二章 暴露在辐射中对健康的影响

2.1 生活中辐射危害等级



2.2 医疗辐射危害等级



2.3 体内照射与体外照射

通常辐射都来自于身体外部，这种照射，成为体外照射。

如果将辐射物质吃进体内，或者植入体内，那就是体内照射。

一般来讲，体内照射的危害更大。除非是医学必须使用，否则应避免把放射性物质带入体内。



外部照射

通过食物和呼吸摄入的



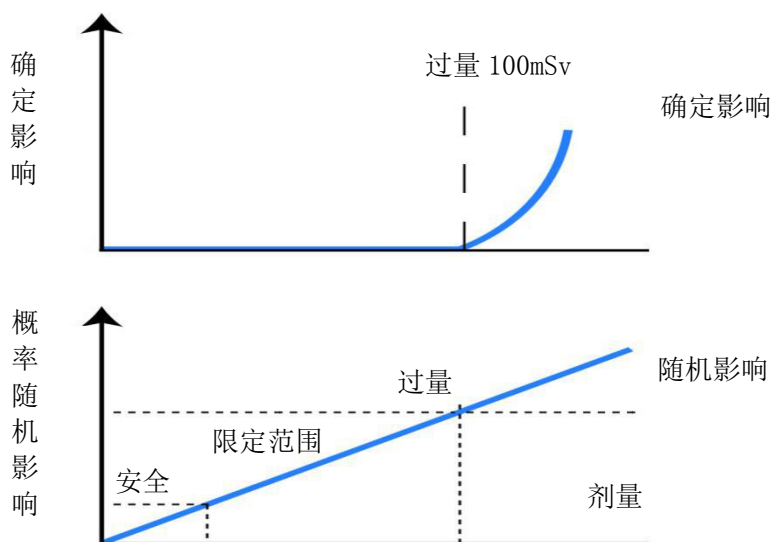
内部照射

2.4 确定性影响和随机影响

如果一次性接触了大量辐射照射，人体可能会出现某种疾病的症状。当超过一定辐射量时，其症状必定会出现，这种情况被称为确定的影响。

一般情况认为 100 mSv 以下的曝光不会出现确定的性影响。

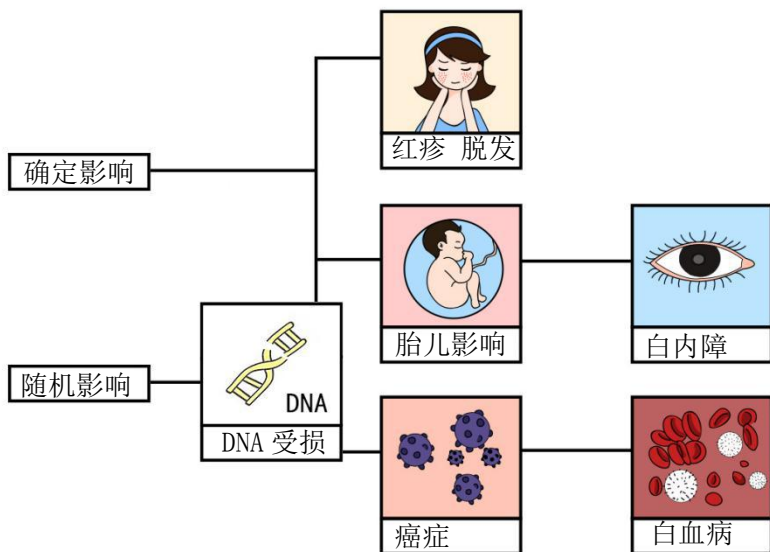
被辐射过的基因没有完全恢复，细胞增殖之后依然会带有一定的损伤，多年后有缺陷的增值细胞出现癌症的表现，被称为概率随机影响。



由于变成癌细胞的细胞数量与受损细胞数量成正比，所以癌症发生的概率被认为与所接受的辐射剂量也成比例关系。

2.5 辐射对人体的影响

由于日常生活中出现高辐射曝光的可能性很小，带有确定的影响核的辐射损伤基本不会出现。平时主要考虑如何预防低辐射剂量的随机损伤问题。



关于遗传影响，此前日本政府就针对广岛县，长崎县的原子弹爆炸后续进行了各种调查，到目前为止，尚未获取有确切影响的可靠数据。

2.6 人体器官对辐射的敏感性

构成生物体本身的组织和器官的细胞具有不同的敏感性。通常，那些细胞分裂频率高的细胞会非常敏感。

因此，快速成长发育过程中的儿童被认为更容易受到辐射影响的。

尤其对于受孕后八至十五周的育龄妇女，除非特殊需求，不得进行下腹部放射性影像检查！

敏感程度	组织和器官
非常高	淋巴组织，造血组织，黏膜等
比较高	唾液腺，汗腺，皮肤等
中等	肺，肝脏，甲状腺等
低	肌肉，骨，神经等

2.7 不同组织对辐射元素的沉积

不同的器官，易沉积的元素种类不同。

放射性物质	沉积部位
^{137}Cs （放射性铯）	肌肉，全身
^{131}I （放射性碘）	甲状腺
^{90}Sr （放射性锶）	骨

第三章 放射性辐射的防护原则

3.1 按照辐射特性采取措施

外部被曝光的防护

- 距离
 - 距离远 2 倍，辐射减 4 倍
- 遮蔽
 - 射线无法穿透厚水泥和铅版
- 减少接触时间
 - 减少积累效应

内部被曝光的防护

- 减少吸入
 - 佩戴口罩 密闭门窗
- 避免食用有辐射污染的食物
 - 注意食物来源
- 注意伤口的处理避免皮肤侵入
 - 避免接触核物质



3.2 公众照射剂量限值

公众照射剂量，表示我们在生产，生活中接触到的照射剂量。

普通人，每年接受的公众照射剂量，不得超过 1 mSv；特殊情况下，如果连续 5 年的平均剂量不超过 1 mSv，则某一年的有效剂量可提高到 5 mSv。（国家标准 GB18871）

	自然放射剂量（本底值）	公众照射剂量限值
外部放射剂量	2.46mSv/年	1.0mSv/年 (国家标准 GB18871)
内部照射剂量	0.67mSv/年	

自然辐射剂量，是按照 $365 \times 24\text{h}$ 计算的，假设室外仪器测量值为 $0.18\mu\text{Sv/h}$ ，那么一年的外部自然环境射线剂量为 $0.18\mu\text{Sv/h} \times 365 \times 24\text{h} \approx 1576\mu\text{Sv} \approx 1.57\text{mSv}$ 。

公众照射剂量的计算，假如公司使用大理石装修地面，测得室内剂量 $0.25\mu\text{Sv/h}$ ，那么计算公众照射剂量时，可先减去环境本底值，在计算对时间的积累。即：

$$(0.25\mu\text{Sv/h} - 0.18\mu\text{Sv/h}) \times 365 \times 24 = 613.2\mu\text{Sv} \approx 0.613\text{mSv}$$

上面没有超过 1mSv，是合格的。

仪器厂商通常将设备的报警阈值设置到 $0.5\mu\text{Sv/h}$ 。这是明显高于环境本底值的一个值，如果发现仪器瞬时值高于 $0.5\mu\text{Sv/h}$ ，应该提高警惕。

第四章 被核污染过的国家日本

4.1 现今存在的放射性物质泄露

2011 年福岛第一核电站爆炸，当时泄露的放射性物质于 2011 年 3 月中旬达到顶峰，之后开始衰减变得非常小。放射性碘和放射性铯，被大量释放到海水和空气中。

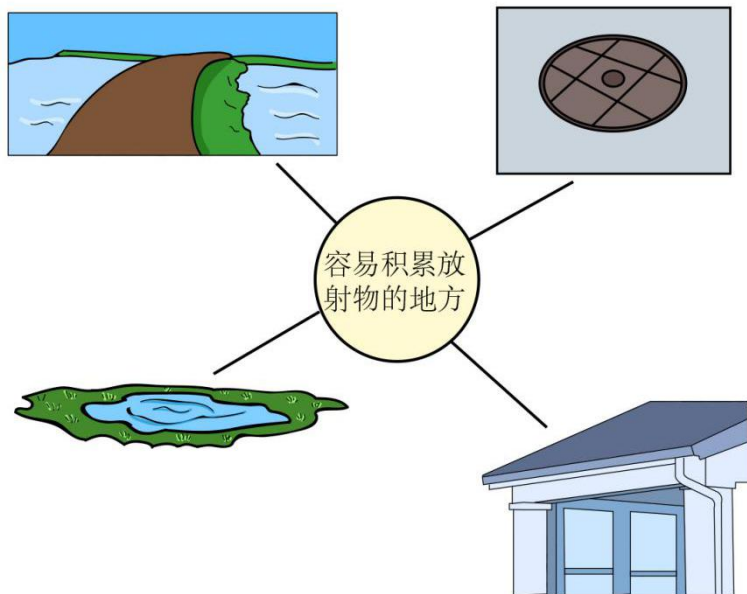
由于放射性碘具有 8 天的短半衰期，所以到目前为止已经几乎检测不到。而沉积在地球表面的放射性铯，由于半衰期很长，所以仍然持续污染周边环境。



4.2 放射性的铯和“热点”

放射性铯会粘在几微米的灰尘颗粒上，这些微粒会被吹散到空中。伴随着雨水，流进雨水沟，放射性铯大多会出现在灰尘积聚，低洼的水沟处等等。

如果放射性物质大量聚集，辐射剂量就会高于周围环境，这样的地方通常被称为“热点”英文叫 hot spot。



4.3 环境辐射的监控

检测设备通常会安装在较高的位置，主要是避免受到地面的一些干扰影响，测量空气中的放射性辐射有着很重要的意义，我国在朝鲜西侧，东北，东部沿海地区都设置了很多辐射测试设施。

而自 2011 年，日本的文部科学省就开始在公布距离地面 1 米处的辐射剂量测试结果。以为公众提供安全数据参考。



第五章 放射性辐射的探测方法

5.1 仪器如何感知辐射

当辐射施加到某种物质上时，有使其电离（放电）、发光等效应的情况时，我们就可以利用这种现象进行测量。

就像拍照一样，辐射强度会被印在底片上。X 照片就是个简单例子，利用好这个反应，就可以测量肉眼不可见的辐射。这就是各种辐射测量仪器的原理。

检测辐射的仪器主要有以下类型。

Geiger-Muller (GM) 计数管（气体电离）

半导体探测器（固体电离）

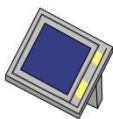
闪烁体探测器（荧光反应）

感光胶片

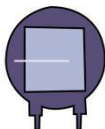
热释光计量片（物质吸收辐射后 加热发光特性）



盖革管



半导体探测器



荧光



闪烁体



感光底片

5.2 辐射测量仪器的种类

辐射测量仪器种类十分多样，通过检测仪的光电信号可以测量实时辐射强度，同时也可以计算时间，统计积累剂量。

当然，我们也要根据使用目的来选择适当的仪器，否则可能无法正确的测量。比如测量表面污染，阿尔法 α 射线的时候，我们应该选用云母端窗的盖革管检测仪，因为 α 粒子的穿透力非常弱，普通仪器的外壳或者探测器的外壳都可能阻挡，所以必须选用特殊窗口设计的探测器，而不是采用玻璃管或者金属管的检测仪。

使用目的	射线类型	适合的传感器	检测系统
空间场所的辐射值	γ 射线	闪烁体探测器 GM 盖革计数管 半导体探测器	高压电离室巡检仪
物体和人体表面周围的辐射	γ , β , α	GM 盖革计数管 闪烁体探测器	表面污染检测仪
生活中的物体所发散出来的辐射	γ 射线	GM 盖革计数管 闪烁体探测器 半导体探测器	个人剂量计 盖革管检测仪
食物的辐射	γ , β , α	Ge(锗) 半导体 探测器 闪烁体探测器	高纯锗 γ 谱仪
内部辐射曝光检测	γ 射线	半导体探测器 闪烁体探测器	NaI 全身计数器等

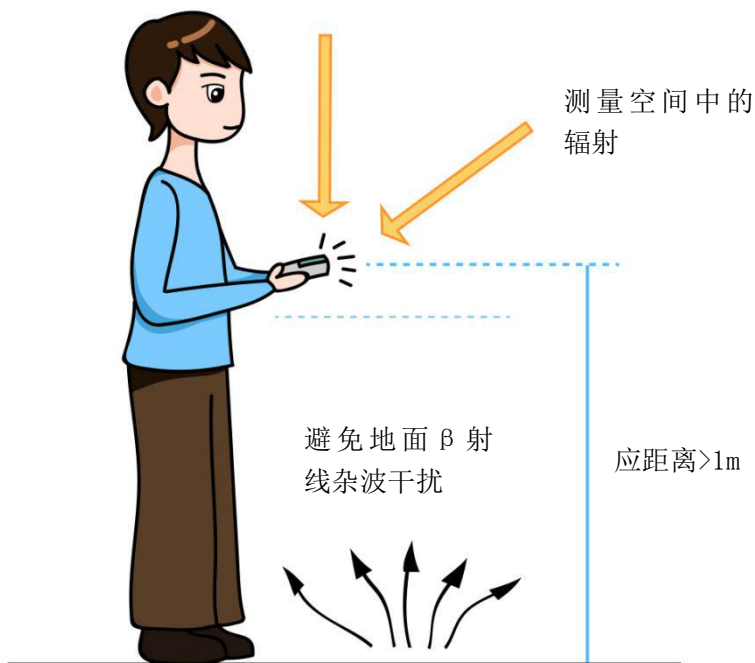
在探测某些快速脉冲辐射的时候，应该选择电离室巡检仪，关注仪器的响应速度。

5.3 如何正确测量空中的辐射

距离地面 $> 1\text{m}$ ，减少地面污染的影响。

同时距离地面一定的高度，也会减少对测量空间剂量没有意义的 β 射线的影响。

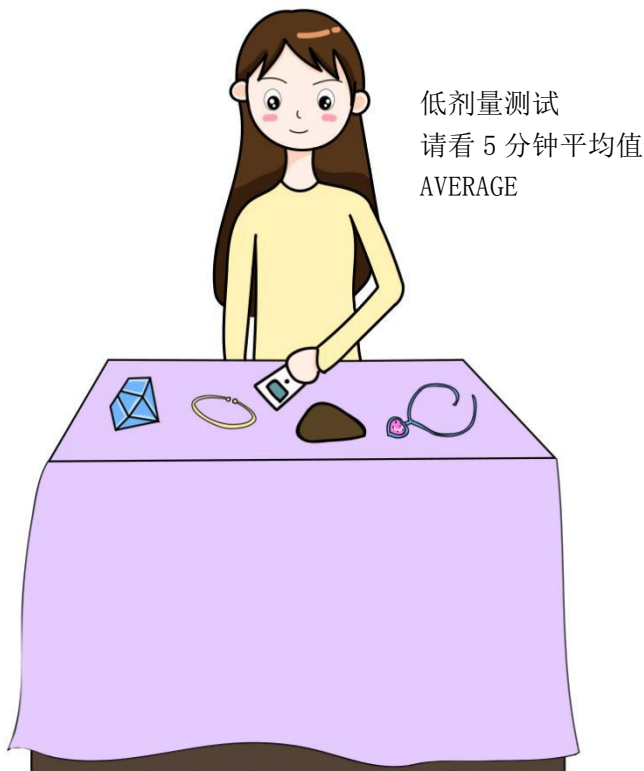
测试时，需要进行多次重复测试，取平均值。即使是最简单的测量仪，通过长期，多次的记录，可以得到有价值的数。



5.4 如何测试大理石\矿石辐射

测量稳定的放射源，比如地面大理石，珠宝首饰，可以使用平均值法。

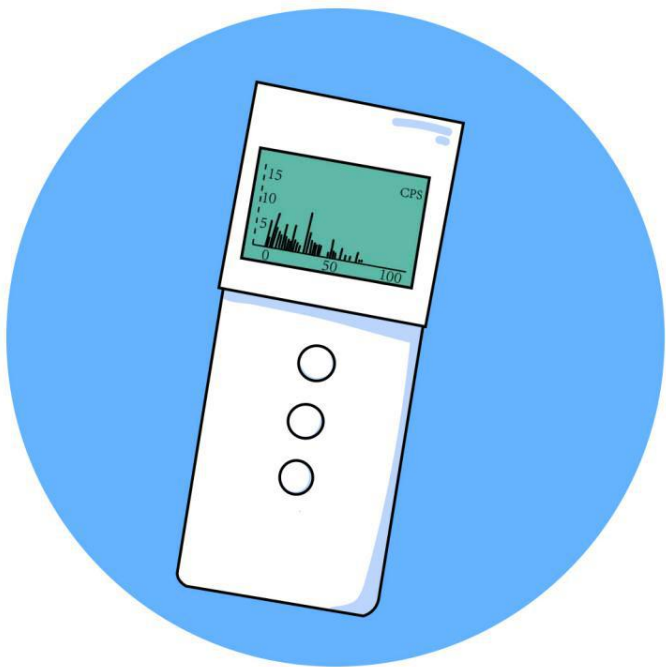
将仪器的探测器部分贴近被测物，观察机器上显示的均值 Average 一项。KB 4011 型检测仪上的均值，代表了最近 5 分钟的测量均值。这样省去了手动记录多组数据的麻烦。



5.5 测量 DR 设备\ CT，医疗放射源

X 射线 DR 设备曝光的速度是很快的，所以探测这种辐射源应该注重测试仪的响应速度。KB 6011 检测仪对于突然的曝光，提供了 <1s 的响应速度。这大幅提高了检测效率，和瞬态曝光精度。

另外，此款高端仪器上还配有图表功能，曝光时间 EXP.time，接触污染物次数等计数器功能。更方便用户判断现场辐射。



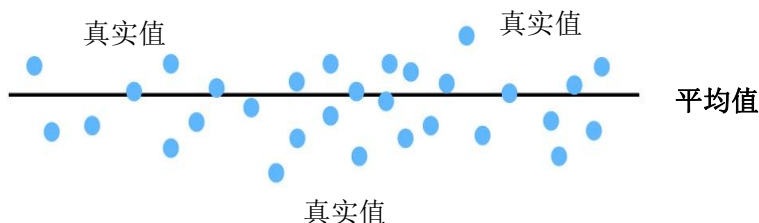
5.6 测量结果的统计

即使使用固定量的放射性物质，在一定时间内发出的辐射也不是恒定的。

由于辐射的产生是一种自然现象，因此想要实时准确的获取本来的真实数值（真值）是不可能的事情。真实数值往往会在测量值的一定变化范围内，我们一般称这这种情况为测量的“不确定性”。

在自然界中，有来自外太空的宇宙辐射和来自地表的自然辐射。在测量某个场所的辐射数值时，肯定会受到以上两者的干扰影响。通常这被称为“环境固有辐射”。

此外，测量仪器的受到的干扰和本身的精度也会使测量值产生一定误差。为了最大限度地减少这些测量影响，最重要的方法就是多次测量并记录平均值。



第六章 问答 Q&A

问：我被辐射照射过，会传染给别人吗？

日常生活中环境中的辐射曝光值是恒定的。即使意外被强辐射照射，这些辐射能量也不会留在体内，因此没有必要担心会将这些射线传染给其他人。如果担心有放射性物质残存在身体衣服周围，可以洗净身体，并替换干净衣服。

问：病人服用了碘 131 药物，辐射危险吗？

医学上会用到放射性的药物，碘 131 会在体内留存一段时间，因此，这类病人家属应按照医生要求，与病人保持几米的距离，因为服用药物后，病人体内的辐射量，可能高达 60+ uSv/h，甚至更高。避免小孩接触。

问：被辐射照射过的东西会有辐射吗？

不会的，就像被光照过一样，不会留下辐射。但是要确保放射性物质本身没有泄露或发生沾染。

问：我做了多次 CT，会患癌吗？

CT 是断层扫描，相对于 X 光片，它的剂量可能要高几百倍。外国的研究表明，多度做 CT 是会略微增加患癌风险的。

问：购买核辐射检测仪 那个仪器本身有辐射吗？

探测器自身都是基于气体或固体电离原理，无放射性。就像我们日常用的手机一样安全。

问：发生放射性污染，或者地区性核事故后，洗干净的衣物或床

单可以直接晾在外面吗？

国家会报告大气环境的放射性辐射值，没有必要对室外的辐射问题担心太多，但如果有遇到刮大风的情况，为了避免空气中飘落的辐射污染杂质影响到家中的小孩子，我们也可以在房间里晾干衣物。

问：如果我让孩子在室外玩耍，会有影响吗？

请尽量避免将沙子，泥土和灰尘吃进孩子体内，造成一定的影响。由于担心受到辐射的影响并将孩子锁在家中房间内是不可取的，这样可能会让孩子累积一定的压力，并可能导致更严重的影响。家长在判断风险的大小时，请保持冷静的心态应对。

问：落下的雨滴会有辐射危险吗？

正常情况下空气中散布的放射性物质很少，所以如果你在雨中被淋湿，可以不必担心，不过如果是长时间的阴雨天气，还是要注意辐射杂质的积累，并相应作出防范。由于雨水会带走地表上的放射性铯，移动之后会堆积到水坑，排水渠等地方，所以相应的雨水聚积处辐射剂量可能会出现略高的情况。

问：测量大理石，首饰，等物品时候怎么计算剂量？

当仪器测量值为 $0.25 \mu\text{Sv/h}$ 时，应当减去正常环境本底值，比如减去 $0.16 \mu\text{Sv/h}$ 。然后再乘以时间计算一年的公众照射剂量。

$(0.25 - 0.16) \times 24 \times 365 = 788 \mu\text{Sv} / \text{年} \approx 0.79\text{mSv} / \text{年}$
 $< 1.0 \text{ mSv} / \text{年}$ 则表示安全。

问：如何测试一年的总曝光剂量？

测量的地方每天在户外 8 小时，在木质房间内 16 小时，因为木屋

中停留，收到辐射的曝光量效果会降低，将降低的辐射量衰减设定为 60%（衰减系数 0.4）的情况下测试一年

$$\begin{aligned} & 0.05 \times (8/24 \times 1.0 + 16/24 \times 0.4) \times 24 \times 365 \\ &= 0.05 \times 0.6 \times 24 \times 365 = 262.8 \mu\text{Sv} / \text{年} \\ &\approx 0.26\text{mSv} / \text{年} \end{aligned}$$

参考网站

环保部辐射环境监测技术中心：<http://www.rmtc.org.cn/>
2017 全国辐射环境质量报告 <https://pan.wps.cn/l/sopdd7d>

部分参考知识

<https://www.guokr.com/article/13182/>
<https://www.guokr.com/article/12999/>

辐射基础知识是根据 2017 年的数据信息制作而成的。此后，根据环境和情况形式的变化，辐射值的数据信息会有所变化，想要获取最新的信息，可以通过政府和相关团体发布的数据来进行参考修改。



KB6011 辐射检测仪专业版 499 元

淘宝客户端扫码查看视频介绍

医疗客户小批量购买满 5 送 1

