

核技术利用中辐射监测要点



1.放射源实践的分类简介

源类别	实践的分类
I	<u>辐照装置.jpg</u>
	<u>远距离治疗仪.jpg</u>
	固定多束远距放射治疗仪 (<u>γ刀</u>)
II	<u>工业γ探伤伽玛探伤机.jpg</u>
	高/中剂量率短距放射治疗仪

源类别	普通实践的分类
III	<p>固定工业测量仪</p> <p><u>料位计.jpg</u></p> <p>挖泥机测量仪</p> <p>装有高活度源的传送带测量仪</p> <p>螺旋管道测量仪</p> <p>测井仪</p>

源类别	普通实践的分类
IV	<p>低剂量率短距放射治疗仪（永久植入源除外）</p> <p>厚度/料位测量仪</p> <p>可携式测量仪（湿度/密度计）</p> <p>骨密度仪</p> <p>静电消除仪</p>

源类别	普通实践的分类
V	低剂量率短距放射治疗仪（永久植入源） X射线荧光分析仪 电子俘获装置 穆斯堡尔谱仪 正电子发射断层摄影术（PET）检查仪

射线装置分类表

装置类别	医用射线装置	非医用射线装置
I类 射线 装置	能量大于 100兆 电子伏的医用加速器	生产放射性同位素的加速器 (不含制备 PET 用放射性药物的加速器)
		能量大于 100兆 电子伏的加速器
II类 射线 装置	医用加速器.jpg	工业X射线机.jpg
	重离子治疗加速器	安全检查用加速器
	质子治疗装置	辐照装置用加速器
	制备正电子发射计算机断层显像装置(PET)用放射性药物的加速器	其他非医用加速器
	其他医用加速器	中子发生器
	X 射线深部治疗机	工业用 X 射线 CT 机
	数字减影血管造影装置	X 射线探伤机

射线装置分类表（续）

装置类别	医用射线装置	非医用射线装置
Ⅲ类 射线 装置	医用CT机.jpg	X射线行李包检查装置
	放射诊断用普通X射线机胸透机.jpg	X射线衍射仪
	X射线摄影装置	兽医用X射线机
	牙科X射线机	
	乳腺X射线机	
	放射治疗模拟定位机	
	其它高于豁免水平的X射线机	

2.定 义

- 辐射监测-为了估计或控制辐射或放射性物质的照射而对辐射或放射性活度进行的测量。
监测-为评价或控制辐射或放射性物质的照射，对剂量或污染所进行的测量及对测量结果的解释。
- 环境监测-为估计或控制核设施周围一定范围内的环境辐射水平或放射性物质污染程度以及公众集体剂量当量而进行的测量。
- 工作场所监测-为工作人员提供工作环境与其从事的操作有关的辐射水平的数据而进行的测量。
- 操作监测-指与某一操作特别有关的监测。
- 常规监测-指进行监测的时间与当时正在进行的特定操作步骤无关的操作。它通常在预先规定好的时间内进行的，这种监测旨在确定条件是否适于继续进行操作和是否发生了需要重新评价操作条件的任何变化。
- 特殊监测-是为了解释某一特殊问题或者当存在异常或疑为异常情况时，而在有限时间内进行的监测。

3. 监测目的和项目:

- ——场所辐射监测目的是: A、确认场所安全程度, 及时发现隐患; B、鉴定操作程序及防护大纲是否符合要求; C、估计人员可能接受的辐射照射; D、为防护管理提供依据; E、为人员健康评价提供依据。
- ——场所辐射监测的项目:
 - A、外照射监测,
 - B、表面污染监测,
 - C、空气污染监测,
 - D、以及场所污染源监测,
 - E、防护设施效能监测
 - F、及场所本底调查。

4. 监测程序与计划

- ——场所辐射监测的完整程序包括：制定监测计划，就地测量或取样测量，数据处理，评价测量结果，编制监测报告，处理和保存监测记录。
- ——监测计划的内容：监测的目的和要求；测量量、估算量及估算模式与参数；相应标准或限值；数据应用与处理方法；监测结果的评价；记录与保存；质保措施。
- ——应根据场所内辐射源项的类型与水平，并结合辐射设施的现状及管理水平，确定监测的项目与相关的测量方法。围绕监测目的，要经常审视所制定的监测项目与测量方法。注意每一监测数值与其他监测结果的联系比较，特别是对异常数据一定要认真对待。

工作场所的外照射监测：

- 注意人员的活动范围、时机与时间长度。对影响大的辐射点必须想尽一切办法监测到；高剂量点可以将二次仪表引到低剂量的地方读取。也可以用个人剂量计测定。注意用最高的辐射水平，可能在该点最长的流动时间来估计工作人员所受的照射。
- 监测时机：A、使用之前进行辐射本底调查；B、在竣工验收必须对防护设施的效能进行检查与监测；其后的使用过程中这些检查与监测须定期或根据需要随时进行监测；内容一般有：辐射屏蔽的效能；某些特殊使用的场所防护设备（报警系统、安全联锁装置等）和个人防护用具的性能；表面污染检查；通风换气；密封设备的密封性及负压；放射性废气、废水处理系统的净化效果

辐射监测通用要求 (11个)

EJ381-1989 电离辐射工作场所监测的一般规

EJ428-1989 环境核辐射监测中土壤样品采集与制备的一般规定

EJT527-1990 环境辐射监测中生物采样和基本规定

EJT1036-1996 辐射工作场所空气取样的一般规定

GB8999-1988 电离辐射监测质量保证一般规定

GB11215-1989核辐射环境质量评价一般规定

GB12379-1990环境核辐射监测规定

GBT14583-1993环境地表 γ 辐射剂量率测定规范

HJ-T 21-1998核设施水质监测采样规定

HJ-T 22-1998 气载放射性物质取样一般规定

HJ-T 61-2001辐射环境监测技术规范

放射性核素活度和污染测量（6个）

- EJT843-1994 放射性核素活度测量井型电离室法
- EJT844-1994 放射性核素中子源强度测量 镅浴法
- EJT921-1995 放射性核素活度直接测量 $4\pi\beta$ （PC）- γ 符合法
- EJT1091-1998 放射性核素活度测量 锗 γ 谱仪法
- GBT14056-1993 表面污染测定第一部分 β 发射体（最大 β 能量大于0.15MeV）和 α 发射体
- GBT15222-1994 表面污染测定第二部分 氡表面污染

干预与剂量估算 (15个, 内8, 外)

- EJ308-1987 铀内照射剂量估算及评价方法
- EJ376-1989 铯-137内照射剂量估算
- EJ510-1990 铈144内照射剂量估算及评价方法
- EJT287-2000 氡内照射剂量估算与评价方法
- EJT511-1990 碘-131内照射剂量估算及评价方法
- EJT942-1995 裂变产物和活化产物职业性内照射监测与剂量估算方法
- GBT16148-1995 放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范
- GBT16149-1995 外照射慢性放射病剂量估算规范 (?)
- GBT18198-2000 矿工氡子体个人累积暴露量估算规范
- GBZ113-2006核与放射事故干预及医学处理原则
- GBZT151-2002放射事故个人外照射剂量估算原则
- WST117-1999 X、 γ 、 β 射线和电子束所致眼晶体剂量估算规范
- WST187-1999 淋巴细胞微核估算受照剂量方法
- WST188-1999 X、 γ 射线和中子所致皮肤损伤的剂量估算规范
- WST204-2001 用稳定性染色体畸变估算职业受照者剂量的方法

个人剂量监测（8个，内外）

- EJ375-2005 职业性内照射个人监测规定
- EJ943-1995 辐射工作人员个人监测管理规定
- EJ1153-2004 α 、 γ 外照射个人监测规定
- GBZ128-2002 职业性外照射个人监测规范
- GBZ129-2002 职业内照射个人监测规范
- GBZ166-2005 职业性皮肤放射性污染个人监测规范
- GBZT148-2002 用于中子测井的CR39中子剂量计的个人剂量监测方法
- GBZT154-2006 两种粒度放射性气溶胶年摄入量限值

空气样测量（8个，14核素，4介质）

- EJT979-1995 表面氡析出率测定积累法
- GB12377-1990空气中微量铀的分析方法 激光荧光法
- GB12378-1990空气中微量铀的分析方法 TBP萃取荧光法
- GBT14582-1993环境空气中氡的标准测量方法
- GBT14584-1993 空气中碘-131的取样与测定
- GBZT155-2002空气中氡浓度的闪烁瓶测定方法
- GBZT182-2006室内氡及其衰变产物测量规范
- WST184-1999 空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法

生物样测量（5个，3核素）

- GB11221-1989 生物样品中铯-137的放射化学分析方法
- GB11222.1-1989 生物样品灰中铯-90的放射化学分析方法 二（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法
- GB11222.2-89生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法 离子交换法
- GB11223.1-1989生物样品灰中铀的测定 固体荧光法
- GB11223.2-89生物样品灰中铀的测定激光液体荧光法

食品样测量 (15个, 14核素, 4介质)

- EJT558-1991 牛奶中氚的测定方法
- GB14882-1994 食品中放射性物质限制浓度标准
- GB14883.1-1994 食品中放射性物质检验总则
- GB14883.2-1994 食品中放射性物质检验氢-3的测定
- GB14883.3-1994 食品中放射性物质检验锶-89和锶-90的测定
- GB14883.4-1994 食品中放射性物质检验钷-147的测定
- GB14883.5-1994 食品中放射性物质检验钷-210的测定
- GB14883.6-1994 食品中放射性物质检验镭-226和镭-228的测定
- GB14883.7-1994 食品中放射性物质检验天然钍和铀的测定
- GB14883.8-1994 食品中放射性物质检验钷-239 钷-240的测定
- GB14883.9-1994 食品中放射性物质检测碘-131的测定
- GB14883.10-1994 食品中放射性物质检验铯-137的测定
- GBT13273-91 植物、动物甲状腺中碘-131的分析方法
- GBT14674-1993 牛奶中碘-131的分析方法
- WST234-2002 食品中放射性物质检验镅-241的测定

水中样测量（16个，14核素）

- EJT900-1994 水中总 β 放射性测定 蒸发法
- EJT919-1994 水中锰-54的分析方法
- EJT1075-1998 水中总 α 放射性浓度的测定-厚源法
- GB6764-86水中锶-90放射化学分析方法 发烟硝酸沉淀法
- GB6766-1986水中锶-90放射化学分析方法 二-（2-乙基己基）磷酸萃取色层法
- GB6767-1986水中铯-137放射化学分析方法
- GB11214-1989水中镭-226的分析测定
- GB11218-1989水中镭的 α 放射性核素的测定
- GB11224-1989水中钍的分析方法
- GB11225-1989水中钷的分析方法
- GB11338-1989水中钾-40的分析方法
- GB12375-1990水中氡的分析方法
- GB12376-1990水中钋-210的分析方法 电镀制样法
- GBT13272-1991 水中碘-131的分析方法
- GBT14502-1993 水中镍-63的分析方法
- GBT15221-1994水中钴-60的分析方法

土壤样测量（6个，14核素，1能谱）

- EJT1035-1996 土壤中锶-90的分析方法
- GB11219.1-1989土壤中钷的测定 萃取色层法
- GB11219.2-1989土壤中钷的测定 离子交换法
- GB11220.1-1989 土壤中铀的测定CL-5209萃淋树脂分离2-（5-溴-2-吡啶偶氮）-5-二乙氨基苯酚分光光度法
- GB11220.2-1989土壤中铀的测定三烷基氧膦萃取一固体荧光法
- GB11743-1989 土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法

10-地质勘察与测量规范 (5)

- EJT363-1998 地面伽玛能谱测量规范
- EJT605-1991 氡及其子体测量规范
- EJT831-1994 地面伽玛总量测量规范
- EJT980-1995 车载伽玛能谱测量规范
- EJT1032-2005 航空伽玛能谱测量规范

7.监测标准(8个,少量有重复, *针对患者)

- GBZ-137(含密封源仪表的卫生防护监测规范)
- GBZ-138(医用X射线诊断卫生防护监测规范)*
- GBZ-141(γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范)
- GBZ-T150(工业X射线探伤卫生防护监测规范)
- GBZ-T155(空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法)
- GBZ-129(职业性内照射个人监测规范)
- GBZ-128(职业性外照射个人监测规范)
- GBZ-T148(用于中子测井的CR39中子剂量计的个人剂量监测方法)

8.监测方法（重点掌握）

- 1、医学应用
- 2、核仪器仪表应用
- 3、工业应用（辐照装置，探伤，退役）
- 4、放射性物品运输
- 5、其它
生产、示踪应用，建筑材料

辐射工作现场应用类型

同位素辐射源

——Ⅰ类源：辐照装置、医用远距离治疗机、大的 γ 源刻度室

——Ⅱ类源：工业探伤（室内、室外）；工业CT

——Ⅲ类源：医用近距离治疗机

——Ⅲ--Ⅴ类源：料（液）位计、核子秤、测厚仪（固定与室外应用）

——非密封源操作：生产（医用）、医院同位素室（核医学）、同位素野外使用

密封 γ 放射源容器兼作工作贮源器的附加要求

- 密封 γ 放射源容器作为工作贮源器时，应满足各类 γ 辐射应用装置对工作贮源器的辐射水平的限制要求。
- 按GB 16351的要求，医用 γ 射线远距治疗机工作贮源器的辐射水平限制如下：
- 治疗机 γ 源处于贮存位置时，距离机头表面**5cm**处的任何位置上，不得大于**0.2 mGy. h⁻¹**；
- 距离源**100cm**处的任何位置上平均不得大于**0.01 mGy. h⁻¹**，最大不得大于**0.05 mGy. h⁻¹**

GB9706，后装 γ 源近距离治疗机工作贮源器的辐射水平限制

后装 γ 源近距离治疗机工作贮源器辐射水平限制

类别	辐射的空气比释动能率K, mGy. h ⁻¹ 7.2	
	距容器外表面5cm处 ¹⁾	距容器外表面100cm处 ¹⁾
通用贮源器	<0.01	<0.001
专用贮源器	<0.1	<0.01

1) 在距离贮源容器表面5cm处测量时，应在不超过10cm²的范围内，取辐射的空气比释动能率平均值。

2) 在距离贮源容器表面100cm处测量时，应在不超过100cm²的范围内，取辐射的空气比释动能率平均值。

监测

- ——医用远距离治疗机

出源状态：治疗室墙外表面（**30cm**），治疗室墙外**10m**范围内，门口（防护门开启与关闭，注意上下左右），控制室；

源在安全位置：治疗机表面剂量最大点，治疗室内（测量给出剂量分布梯度，离源**50cm**、**80cm**处，迷道口），门口，控制室

- ——医用近距离治疗机

出源状态：治疗室墙外表面（**30cm**），治疗室墙外**10m**范围内，门口（防护门开启与关闭，注意上下左右），控制室；

源在安全位置：治疗机表面剂量分布与最大点，治疗室内（测量给出剂量分布梯度，离源**50cm**、**80cm**处），门口，控制室

核医学

表面污染测定：——污染分类

- ——固定污染：在正常条件下以不可转移的方式附着在表面的污染。要移除时必须对表面进行破坏。
- 非固定污染：在没有任何人力的作用下可以除去的污染（利用水份、化学试剂或超声影响）。（表面污染可以由于蒸发或挥发而减少）

表面污染测定：——测量分类

- 直接测量：采用污染监测仪或剂量率仪直接测读。是固定和非固定污染之和，也受到被检测物内部或环境辐射的影响。
- 间接测量：擦拭法，用干的或湿的擦拭材料擦污染表面而取得可去除的表面的放射性物质。（窄小内部，拐角处或环境辐射影响严重的必须用此法）

表面污染测定：——测量方法

- 直接测量：避免探测器灵敏窗与待检查表面的接触；
- 探测器置于表面上方慢慢移动并监听声频变化；
- 对于数字显示或表头显示的仪表，应密切观察其数字或表头指针的变化。一旦测量到污染区，应该把探测器暂停在该区域的上方，注意位置与距离不变，以便正确测读，或进一步探测。探测器与被测表面的距离与 β 或 α 粒子能量有关。
- 正式测量前必须检查实测场所的本底计数率；
- 必须经常检查仪器本底计数。注意探测效率的选取与确定。

二、放射源应用中的辐射监测

2、核仪器仪表应用

GBZ 137-2002

含密封源仪表的卫生防护监测规范

- 含密封源强度测量型仪表，通过探测有、无待测物时粒子注量的变化或探测粒子与物质相互作用所产生的次级粒子的注量来检测有关量的一种仪表，如料位计、厚度计、密度计、湿度计、核子秤等。
- 源容器漏射线剂量当量率的检测
- 常规检验每年至少一次。

检测仪器，检测条件

- 检测仪器：选取适合待测射线的辐射类型、能量和辐射水平的仪器。仪器应符合下列要求：基本误差 $\leq \pm 15\%$ ；相应待测辐射的能量响应系数为 1.0 ± 0.4 ；最低可读出的辐射剂量当量率应为 $1 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。
- 检测条件：关闭源容器的源闸。检验场所应宽阔无杂物，除待检源容器外，场所固有辐射水平为一般环境本底水平。型式检验和验收检验时源容器内装密封源活度应为额定活度值。
- 检测点：按GBZ 125透射式检测仪表探头与源容器相邻表面之间的距离小于、等于或大于10cm时，源闸“开”或“关”状态下，源容器外围的剂量当量率测量区等距离轮廓线
- 检测点与边界的距离应当以防护剂量测定仪器探测器的中心位置计量。对于含中子源的仪表，距边界外5cm处的检测，可以中子防护剂量仪器的探头贴近边界位置进行近似检测

GBZ 135-2002 ,密封 γ 放射源容器卫生防护标准

涉及，放射性物质运输， γ 射线探伤，医用 γ 射线远距治疗设备，要求放射源容器的结构、材料、质量和体积的设计，必须依装载放射源种类、活度、射线能量、运输方式、包装等级和泄漏辐射水平等内容综合考虑。

表1 密封 γ 放射源容器1) 外表面辐射水平2)

核素容量（活度）， Bq	运输方式	运输等级	容器外表面任一点的空气比释动能率（K）， mGy h ⁻¹
$7 \times 10^4 \sim 4 \times 10^7$	常规运输	I	$K \leq 0.005$
$4 \times 10^7 \sim 4 \times 10^{10}$	常规运输	II	$0.005 < K \leq 0.5$
$4 \times 10^{10} \sim 4 \times 10^{13}$	常规运输	III	$0.5 < K \leq 2.0$
$4 \times 10^{13} \sim 2 \times 10^{15}$	专载运输	III	$2.0 < K \leq 10$

1) 表中容量仅指装载放射性核素为⁶⁰Co时的铅制源容器。若换装¹³⁷Cs或¹⁹²Ir时，其活度容量分别乘以系数2或3。

2) 表中所列型号以外的特殊容器的外表面辐射水平限值， $K \leq 10 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$

检测结果应符合控制值要求

运输放射源货包的剂量控制值

运输安排	位 置	空气比释动能率控制值, mSv/h
通常	货包表面	2
	距货包表面1m	0.1
特殊	货包表面	10
	运输工具表面	2
	距运输工具表面2m	0.1
公路运输	人员座位处	0.02

特殊安排指：不能满足通常运输安排的要求，经主管部门特殊批准特殊安排的运输。如：铁路、公路运输时，货包在运输车辆上牢固固定，有防止人员进入运输车辆的保护措施，且在运输的起点至终点之间无装卸作业。

I、III类 γ 射线和 I 类电子束辐照装置外部的 辐射水平检测

- 沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率，应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。
测量结果一般应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

II、IV类 γ 射线辐照装置和II类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测

- A、空气比释动能率的测量位置如下：
 - (1) γ 射线辐照装置贮源状态下，贮源水井表面。
 - (2)距辐照室各屏蔽墙和出入口外30cm处。
 - (3)对于单层建筑的辐照装置，过辐射源中心垂直于辐照室屏蔽墙的任一垂线上，自屏蔽墙外表面至距其20m范围内人员可以到达的区域。
 - (4)对于单层建筑的辐照装置，当距其50m内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时，在辐照装置室顶和（或）相应的建筑物高层测量。
- B、运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各面屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。
- C、测量结果应符合GB17279第5条。
- D、除外辐射源项变化因素，定期定点测量结果明显高于前一次测量的结果时，应进行更全面的测量，查明原因。

辐照装置放射源 安装和退役操作过程中的辐射水平检测

- A、在下列情况或位置应进行 γ 射线空气比释动能率测量：
 - (1)源容器运输货包及源容器外层拆卸。
 - (2)源运输容器与工作容器联接和放射源在容器间转移时。
 - (3)从移入贮源井底的源运输容器中取出铅塞、移出放射源时，在水井表面检测。
 - (4)从贮源井移出源运输容器及倒装源的工具时，在水井表面检测。
- B、评价
 - (1)按可能的涉源操作时间和操作位置的剂量率，估计人员在整个涉源操作中受照射的剂量当量，其值应不大于5mSv。
 - (2)对于已经移出放射源的空容器和放射源倒装工具，在移出贮源水井时，水井表面处应保持于原有的辐射水平。

γ射线辐照装置的表面放射性污染检测

- 放射源运输容器的表面污染检测

(1)在运输容器外层表面画出 $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ 的区域，以酒精微微浸湿的纱布在该区域内擦拭。

在卸下运输容器外层（当设有时）后，在容器的顶盖和侧表面用同样方法以另外的纱布分别擦拭。

(2)铺放纱布拭样，使其面积小于表面污染测量仪的探测面积，在其上铺放无色的塑料薄膜，以表面污染测量仪直接测量。或者，使用实验室的低本底β射线测量仪测量。

(3)估算拭子的放射性活度和容器的表面污染比活度。注意仪器的探测器对 2π 方向入射的钴-60β粒子的探测效率（计数/ 2π 粒子）。

(4)评价：容器的表面污染比活度应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

(5)对于非贫化铀材料的运输容器，卸下放射源后的空容器的表面污染检测，可使用表面污染仪在容器表面直接测量。

其它的表面污染和贮源井水污染检测

- 其它的表面污染检测

(1)在安装、退役放射源时，对涉源的倒装工具进行表面污染检测。当检测发现明显的放射污染时，应进行严格的表面污染检测。

(2)当贮源井水比放射性活度大于 10Bq/L 时，应对在辐照室内使用过的所有设备与用具，进行表面污染检测

(3)评价

- 贮源井水的放射污染检测

取样：

(1)在贮源水井底部采取水样。当井水的比放射性活度大于 10Bq/L 时，应在水井的上、中、下三个部位分别采取水样。

(2)水样体积为 $1-3\text{L}$ 。

实验室分析（略）