

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T XXXXX—XXXX

非医疗工作场所放射防护检测标准

Radiological protection measuring standards for non-medical workplaces

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

前 言

根据《中华人民共和国职业病防治法》制定本标准。

本标准由国家卫生健康标准委员会放射卫生标准专业委员会负责技术审查和技术咨询，由中国疾病预防控制中心负责协调性和格式审查，由国家卫生健康委职业健康司负责业务管理、法规司负责统筹管理。

本标准起草单位：国家卫生健康委职业安全卫生研究中心、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所，中国辐射防护研究院，中国科学院高能物理研究所，四川省疾病预防控制中心，福建福清核电有限公司。

本标准主要起草人：张震、侯长松、张伟军、王庆斌、战景明、刘德明、金卫阳、朱卫国、陈飞、武云云。

非医疗工作场所放射防护检测标准

1 范围

本标准规定了非医疗工作场所放射防护检测的要求与方法，包括 X、 γ 周围剂量当量率检测、中子周围剂量当量率检测、 α/β 表面污染检测、空气中 γ 放射性核素检测、空气中 ^3H 检测、空气中 ^{14}C 检测和氡及其子体检测。

本标准适用于核电厂、铀矿、伴生放射性矿和核技术工业应用工作场所的放射防护检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T10259	液体闪烁计数器
GB/T 11713	高纯锗 γ 能谱分析通用方法
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 14056.2	表面污染测定第 2 部分：氡表面污染
GB/T 18883	空气质量标准
GBZ 114	密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准
GBZ 115	低能射线装置放射防护标准
GBZ 117	工业探伤放射防护标准
GBZ 118	油气田测井放射防护要求
GBZ 125	含密封源仪表的放射卫生防护要求
GBZ 127	X 射线行李包检查系统卫生防护标准
GBZ 130	放射诊断放射防护要求
GBZ 143	货物车辆辐射检查系统的放射防护要求
GBZ/T 182	室内氡及其衰变产物测量规范
HJ 1126	水中氡的分析方法
HJ 1212	环境空气中氡的标准测量方法
EJ/T 1008	空气中 ^{14}C 的取样与测定方法
WS/T 184	空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

放射性气溶胶 radioactive aerosol

含有放射性物质的固体或液体微粒在空气或气体中形成的分散体系。

3.2

标准状态 standard state

温度为 273.15 K，压力为 101.325 kPa 时的状态。本标准中的放射性核素活度浓度均为标准状态下的活度浓度。

3.3

瞬时测量 spot measurement

在一个相对短的时间范围内获取某时刻浓度值的测量。

3.4

连续测量 continuous measurement

在一定的时间间隔内进行的不间断的并能够得到每一时间间隔结果的测量。

3.5

累积测量 integrating measurement

在特定的时间周期进行的积分式测量，其结果为该时间段平均浓度。

3.6

周围剂量当量 ambient dose equivalent

相应于测量点处的扩展齐向场在 ICRU 球内、逆扩展齐向场的半径上深度 d 处产生的剂量当量。对强贯穿辐射，推荐 $d=10\text{mm}$ ，此时 $H^*(d)$ 记为 $H^*(10)$ 。对弱贯穿辐射，推荐 $d=0.07\text{mm}$ 。单位： $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；专用名：Sv。

3.7

接触剂量率 contact dose rate

距离辐射源或辐射贯穿位置任意表面可接近处的周围剂量当量率。

3.8

氡浓度 radon concentration

单位体积空气中氡的放射性活度，单位为 Bq m^{-3} 。

4 放射防护检测一般要求

4.1 检测项目

4.1.1 核技术工业应用工作场所放射防护检测项目要求见表 1。

表 1 核技术工业应用工作场所放射防护检测项目

检测对象	检测项目
------	------

非密封放射性物质	γ 射线周围剂量当量率
	α/β 表面污染 ^a
	应用核素放射性气溶胶 ^b
密封放射源	γ 射线周围剂量当量率
	中子周围剂量当量率 ^a
X 射线装置	X 射线周围剂量当量率
加速器	X、 γ 射线周围剂量当量率
	中子周围剂量当量率 ^a
	β 表面污染 ^a
	放射性气溶胶 ^b
γ 辐照装置 ^c	γ 射线周围剂量当量率
	β 表面污染 ^a

a 根据加速器和放射源的类型和特点确定是否检测中子周围剂量当量率、 α/β 表面污染。

b 根据加速器类型、应用核素种类以及产生量和通风情况合理确定检测感生放射性核素种类。

c 水中放射性核素检测和水中总 β 检测参考相关标准执行。

4.1.2 核电厂、铀矿和伴生放射性矿工作场所放射防护检测项目见表 2。

表 2 核电厂、铀矿和伴生放射性矿工作场所放射防护检测项目

检测对象	检测项目
核电厂	X、 γ 射线周围剂量当量率
	中子周围剂量当量率
	α 、 β 表面污染
	空气中 γ 放射性核素
	$^3\text{H}^a$ 、 $^{14}\text{C}^a$
	氡及其子体 ^a
铀矿 ^b	γ 射线周围剂量当量率

	α 、 β 表面污染
	氡及其子体
伴生放射性矿	γ 射线周围剂量当量率
	α 、 β 表面污染
	氡及其子体

a 根据核电厂的检测水平决定是否开展该项目；b 空气中铀活度浓度和铀矿尘检测参考相关标准执行。

4.1.3 空气中 ^3H 、空气中 ^{14}C 、 α/β 表面污染、空气中氡及其子体的检测依据或参考检测方法详见附录 A。

4.2 检测仪器要求

4.2.1 X、 γ 剂量率仪

- 配置的仪器测量范围应至少能覆盖：100nSv/h~100mSv/h；
- 相对固有误差不超过 30%；
- 能量范围至少覆盖：50keV~3MeV，在此能量范围内的响应与对 Cs-137 γ 参考辐射源响应不超过 30%；
- 角响应：当辐射相对于校准方向从 0~90°的任何角度入射时，仪器指示值的变化不超过 30%；
- 检测仪表尽量选择响应时间小于射线装置出束时间的仪表，否则检测结果应进行时间响应修正；
- 具备累积剂量测量功能。

4.2.2 中子周围剂量当量率仪

- 配置的仪器测量范围应至少能覆盖：100nSv/h~10mSv/h；
- 相对固有误差不超过 20%；
- 能量范围至少覆盖：0.025eV~20MeV，在此能量范围内的变化不超过 50%；
- 角响应：当辐射相对于校准方向从 0-90°的任何角度入射时，仪器指示值的变化不应超过 25%；
- 检测仪表尽量选择响应时间小于射线装置出束时间的仪表，否则检测结果应进行时间响应修正；
- 具备累积剂量测量功能。

4.2.3 表面污染仪

α/β 表面污染检测设备满足 GB/T 14056.1 的规定， ^3H 表面污染检测设备满足 GB/T 14056.2 的规定。

4.2.4 γ 能谱仪

γ 能谱仪的相对探测效率、能力分辨力、能量响应上限、稳定性、多道脉冲幅度分析器道数、高压电源电压范围和屏蔽铅室铅厚度指标符合 GB/T 11713 的要求。

4.2.5 液体闪烁计数器

液体闪烁计数器的本底计数率、探测效率、24h 不稳定性和重复性应满足 GB/T10259 的要求。

4.2.6 氦及其子体检测仪

4.2.6.1 氦检测仪

- a) 相对固有误差应不超过 20%；
- b) 重复性不大于 15%；
- c) 测量范围至少覆盖：(0.4-10) kBq/m³；
- d) 测氦仪的体积活度响应应达到仪器说明书规定的指标，年偏差量不超过 20%。

4.2.6.2 氦子体检测仪

- a) 校准因子的取值范围 0.8-1.2，相对合成不确定度不超过 10%；
- b) 重复性不大于 5%；
- c) 探测效率和本底应达到产品说明书规定的指标。

4.2.7 采样及前处理装置

4.2.7.1 空气中 γ 放射性核素采样装置

- a) 大流量采样装置采样流量至少达到 0.5m³/min；
- b) 滤膜膜面流速为 0.6m/s 时，对 0.3 μ m 标准粒子的截留效率不低于 95%。
- c) 即时流量显示、流量调节和采集体积累积等功能，流量精度应好于 5%。

4.2.7.2 压样机可提供不少于 10 吨的压力。

4.2.7.3 ³H 采样装置

³H 采样装置具有吸附型、鼓泡型和冷凝型三种不同的类型：

- a) 吸附型、鼓泡型和冷凝型 ³H 采样装置流量计误差 \leq 5%，氦捕获效率 \geq 95%；
- b) 具备高温催化氧化功能的采样器，催化效率不低于 95%。
- c) 具备即时流量显示、流量调节和采集体积累积等功能，流量精度应好于 5%。

4.2.7.4 ¹⁴C 采样装置

- a) ¹⁴C 采样装置流量计误差 \leq 5%，¹⁴C 捕获效率 \geq 95%；
- b) 对于含有 CO 或者其他有机碳的工作场所，必须使用含有高温催化床的采样装置，催化效率不低于 95%。
- c) 具备即时流量显示、流量调节和采集体积累积等功能，流量精度应好于 5%。

4.3 检测条件

4.3.1 核技术工业应用工作场所放射防护检测条件一般要求见表 3。

表 3 核技术工业应用工作场所放射防护检测条件一般要求

检测对象	检测条件一般要求
非密封放射性物质	选择在日等效最大操作量的工作条件下开展检测，如不具备日等效最大操作量条件，应在尽可能大的日等效操作量下进行检测和采样。
密封放射源	1) 选择放射源在年度尽可能大的活度下进行检测； 2) 放射源或含源装置置于与测试点可能的最近位置。
X 射线机	1) 应在额定工作条件或常用最大工作条件下开展检测；

	<p>2) X 射线机置于与测试点可能的最近位置;</p> <p>3) 主屏蔽体的检测应在没有工件时进行, 副屏蔽体的检测应在有工件时进行。</p>
加速器	<p>1) 加速器应在设计最大工作条件或常用最大工作条件下开展检测; 如果年度不能实现以上运行条件, 按照正常运行工况下进行检测与采样。</p> <p>2) 如果加速器工作状态使用测试工件, 主屏蔽体的检测应在没有工件时进行, 除主屏蔽体外的其他屏蔽体的检测应在有工件或靶时进行;</p> <p>3) 对感生放射性的检测, 在检修期间开展工作场所外照射和空气样品采样。</p>
γ 辐照装置	<p>尽量选择在最大设计装源活度开展检测, 不具备条件的选择年度尽可能大的活度下进行检测。</p>

4.3.2 核电厂、铀矿和伴生放射性矿工作场所检测条件一般要求见表 4。

表 4 核电厂、铀矿和伴生放射性矿工作场所放射防护检测条件一般要求

检测对象	检测项目
核电厂	<p>1) 应在设计满功率或接近满功率运行工况下开展检测与采样。</p> <p>2) 在核电厂大修期间开展检测与采样。</p>
铀矿、伴生放射性矿	<p>应在正常开采和水冶的工况下开展检测。</p>

4.3.3 工作场所空气样品采样一般要求

4.3.3.1 对加速器工作场所空气样品的采样选择运行期间和维修期间分别进行采样, 维修期间的采样选择加速器停机后工作人员进入场所初期进行采样。对核电厂工作场所空气样品的采样选择运行期间和大修期间分别进行采样, 大修期间采样根据大修内容和进度选择适当的采样时段。

4.3.3.2 采样时间为工作人员的工作时段, 采样时间的长短应考虑检测的最小探测下限和最大量程、采样空间大小等因素。

4.3.3.3 采样高度一般为距地面高度 1.5 m。

4.3.3.4 采样时工作场所保持正常的通风。

4.3.4 铀矿和伴生放射性矿氡及其子体的采样在正常开采环境和通风条件下采样, 瞬时和连续测量避免大风、下雨等恶劣天气。

4.4 检测和采样布点要求

4.4.1 根据检测对象的类型和特点选择合适的检测和采样设备，选择正确的检测方法；检测设备和采样设备在检定或校准有效期内；由2名专业技术人员开展现场检测。

4.4.2 对固定屏蔽体的放射工作场所，工作场所周围剂量当量率检测时应首先对屏蔽体外30cm进行辐射水平的巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，并确定有代表性的检测点位。

4.4.3 对X射线机、粒子加速器和放射源屏蔽体外的周围剂量当量率定点检测一般要求见表5。

表5 X射线机、粒子加速器、放射源的屏蔽体外周围剂量当量率检测点的一般要求

检测区域	检测点的选择		数量
	高度 m	距离屏蔽体的距离 m	
屏蔽墙外	—	0.3	每面屏蔽体体外至少3个检测点
控制区房间顶棚区域	—	0.3或1.0 ^a	至少5个检测点
控制区房间下方人员可达处	1.7	—	至少1个检测点
防护门	—	0.3	门的左、中、右侧3个点 ^b 和门缝四周各1个点
观察窗	—	0.3	至少1个检测点
管线洞口/通风口	—	0.3	每个洞口1个检测点
操作位	1	—	1个检测点

a 有具体规定的，按相关标准执行。b 尺寸较小的平开门可测量有代表性的1个点。

4.4.4 对自屏蔽的射线装置和含源装置一般选取工作人员操作位、屏蔽体（每个面、观察窗、缝隙）外5cm处作为周围剂量当量率的关注点；对检测中发现的超过周围剂量当量率控制值的位置，向较远处延伸测量监督区边界位置的周围剂量当量率；检测区域参考表5，每个区域检测点位数量至少1个。

4.4.5 对放射源的检测，应测量放射源屏蔽容器表面5cm和100cm的周围剂量当量率。

4.4.6 表面污染巡测时检测仪移动的速度应与所用仪器的响应时间匹配，探测器灵敏窗与被测表面的距离尽量靠近。测量 α 放射性物质污染时探测器灵敏窗与被测表面的距离不超过0.5cm，测量 β 放射性物质污染时探测器灵敏窗与被测表面的距离不超过1cm。检测点位主要有工作场所可能发生污染的地面、墙面和台面，以及操作放射源或放射性物质的设备和工具表面。

4.4.7 根据加速器类型及其活化产物，确定是否开展工作场所空气中 γ 放射性核素、 ^3H 和 ^{14}C 采样；对核电厂工作场所，根据核电厂特点，合理确定检测项目。对加速器和核电厂可能存在放射性污染的工作位或工作人员经常停留区域进行采样布点。

4.4.8 氦及其子体测量

4.4.8.1 铀矿和伴生放射性矿选取有代表性的、工人停留时间较长的位置进行检测布点，根据巷道的深度、长度、作业情况决定布点数目。

4.4.8.2 核电厂等放射工作场所选择地下空间和一层等潜在高氦场所进行检测。布点的数目根据工作场所

的使用面积以及现场情况决定。

4.4.10 外照射和表面污染检测时仪器读数稳定后，通常以固定的时间间隔读取不少于 3 个数据，记录在测量原始记录表中。

4.4.11 在辐射源未照射状态下，选取能代表工作场所辐射水平分布特点的若干检测点作为本底检测点。本底外照射周围剂量当量率测量点距地面高度 1m，仪器开机读数稳定后每隔固定的时间间隔读数一次并如实记录至少 10 次，以读数平均值乘以校准因子后作为该测量点的本底值，最后给出该工作场所本底周围剂量当量率的范围。

4.4.12 表面污染本底测量时探测器灵敏窗加盖适当厚度屏蔽材料(大于 α 、 β 的射程)屏蔽 α 、 β 射线，探测器在三倍响应时间内保持固定，记录至少 5 个显示值，以显示值平均值除以校准因子后作为该测量点的本底值。具有自动记录本底功能的表面污染检测设备，设备测量并记录本底后，可直接测量净计数或表面污染水平。

5 放射防护现场检测

5.1 核电厂工作场所

5.1.1 γ 射线周围剂量当量率检测

a) 检测点应覆盖工作人员日常工作和巡检可能到达的所有辐射工作场所，检测点可选取固定操作位和巡检点进行测量。

b) 对工作人员巡检需要进入的房间，首先在房间内，垂直高度 1 m 处，进行巡测，选取剂量率最高的点作为检测点。

c) 对于接触剂量率可能大于辐射工作场所分区剂量率控制值 3 倍，且超过 500 μ Sv/h 的设备、管道等，进行热点接触剂量率和距热点 1 米处剂量率测量。

d) 对于正常运行情况下，人员不能进入的高辐射工作场所，测量距场所边界外可达处的周围剂量当量率。

e) 主要检测点位见附录 B.1。

5.1.2 中子周围剂量当量率检测

a) 检测点应覆盖工作人员可能到达的存在中子辐射的区域。

b) 检测布点参照 5.1.1 进行。

5.1.3 α / β 表面污染检测

a) 检测点应覆盖可能受到放射性污染的设备表面、工作台面、地面、墙面、工具表面等。

b) 检测时，应按照 4.4.12 的要求测量场所的本底。

c) β 表面污染测量时应排除 γ 外照射的干扰，对于 γ 外照射水平高的工作场所，宜采用擦拭法进行测量。

5.1.4 γ 放射性气溶胶、空气中 ^3H 、 ^{14}C 的采样

a) 采样点应选择可能存在放射性气溶胶污染的典型工作场所，包括核岛内放射性废物存放或临时存放场所、核岛核取样、放射性洗衣、放射性机修、放射性废物处理、放射性废物贮存等工作场所；大修期间还应包括反应堆厂房内可能存在放射性污染的区域。采样种类根据核电厂的特点确定。

b) 采样点应选择工作人员常停留位置、工作位或需调查的位置。

c) 取样器应置于距地面高度 1.5 m，根据预估的放射性气溶胶浓度水平，合理设置采样流量和采样

时间。

5.1.5 对核电厂存在的校准射线装置、工业 X/γ 射线探伤机、X 射线行李包检测仪等工作场所的检测参考 5.4 和 5.6 节。

5.2 铀矿与伴生放射性矿工作场所

5.2.1 γ 射线周围剂量当量率检测点应覆盖全部生产区域，在工作人员作业区域、巡检路线以及较长时间停留的区域进行定点检测。

5.2.2 对可能存在放射性污染的工作台面、设备表面、墙壁和地面进行 α/β 表面污染检测，检测区域应覆盖可能出现污染的相关房间及区域。

5.2.3 矿井、选冶厂等潜在高氡场所应测量氡及其子体浓度，检测点选取应有代表性，包括工作人员作业区域、巡检路线以及较长时间停留的区域，根据现场的具体情况确定采样器放置的位置和高度，采样高度应在工作人员呼吸带附近，一般在距地面 1.5m 处。

5.2.4 铀矿与伴生放射性矿工作场所主要检测点位见附录 B.2。

5.3 非密封放射性物质工作场所检测

5.3.1 对工作人员操作位进行 γ 射线周围剂量当量率检测，探测器有效中心点位于地面向上 1 m 处；对非密封放射性物质贮源设施和放射性废物贮存设施表面 30cm 处进行 γ 射线周围剂量当量率监测；对工作场所屏蔽体外检测布点见表 5。

5.3.2 在工作场所有可能受到放射性污染的设备表面、工作台面、地面等表面应当进行 α/β 表面污染检测。

5.4 X 射线机工作场所检测

5.4.1 X 射线安全检查系统

5.4.1.1 对于 X 射线行李包检查系统，应在 X 射线管的电压、电流、射线束方向及散射状况的组合保证处于操作状态的检查系统外表面 X 射线辐射达到最大时，并保证在门及盖板全封闭并固定到位的条件下进行检测。X 射线安全检查系统工作场所检测见 GBZ 127。

5.4.1.2 对于车辆、集装箱检查系统，应在 X 射线管输出参数处于最大工作状态、有待检车辆通过时进行检测。车辆、集装箱检查系统工作场所检测见 GBZ 143。

5.4.2 工业 X 射线探伤工作场所

对于有探伤室的 X 射线探伤机的场所防护检测，X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时检测，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行；进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。工业 X 射线探伤工作场所检测见 GBZ 117。

5.4.3 X 射线衍射仪和荧光分析仪检测应在被检设备常用最大照射范围、常用最大管电压管电流组合的条件下进行。X 射线衍射仪和荧光分析仪工作场所检测见 GBZ 115。

5.4.4 含自屏蔽 X 射线装置检测应在被检设备常用最大照射范围、常用最大管电压管电流组合的条件下进行。含自屏蔽 X 射线装置工作场所检测见 4.4.3 节。

5.4.5 电子束焊机等其他射线装置的工作场所检测参考 4.4.3 节。

5.5 加速器工作场所

5.5.1 粒子加速器科研工作场所放射防护检测

5.5.1.1 粒子加速器正常运行期间屏蔽体外工作场所放射防护检测布点见表 5，另外对加速器机房顶部不能到达的情况或机房顶部周围剂量当量率超过 $100 \mu\text{Sv/h}$ ，应开展天空反散射检测。

5.5.1.2 粒子加速器停机检修期间，对存在感生放射性的工作场所人员经常停留位置、维修位置、常规巡检位置等有代表性的点位开展 γ 射线周围剂量当量率检测。

5.5.1.3 空气中 γ 放射性核素检测、 ^3H 和 ^{14}C 检测选择在加速器处于常用最大工作条件和加速器维修期间对可能存在放射核素污染且工作人员经常停留或工作的位置开展采样。

5.5.1.4 粒子加速器停机检修期间，对可能存在放射性表面污染的区域，开展 β 表面污染检测。

5.5.2 工业加速器辐照、工业加速器探伤和粒子注入机等加速器的工作场所放射防护检测见 4.4 节。

5.5.3 使用加速器的货物/车辆辐射检查系统工作场所放射防护检测见 GB143。

5.6 密封放射源工作场所检测

5.6.1 密封放射源及密封放射源容器的工作场所放射防护检测见 GBZ114。

5.6.2 使用放射源的货物/车辆辐射检查系统工作场所放射防护检测见 GB143。

5.6.3 对于 γ 射线探伤工作场所放射防护检测见 GBZ 117。

5.6.4 含密封源仪表工作场所放射防护检测见 GBZ 125。

5.6.5 辐照装置工作场所放射防护检测主要区域：

- a) 辐照室四周屏蔽墙外，源室顶和防护门外 30cm；
 - b) 各种管线口、换源孔、货物进出口、贮源水井口等各种可能屏蔽薄弱区域；
 - c) 控制室和水处理装置等区域。
- 其他检测要求见 4.4 节。

5.6.6 放射源库工作场所的检测，应至少对以下各区域进行定点检测：

- a) 源库墙体、门窗、室顶等屏蔽体外 30cm 处；
- b) 源库内距放射源及非密封放射性物质贮源箱或贮源坑（池）表面 30cm 处；
- c) 距污物桶和放射性废物贮存设施表面 30cm 处。

5.6.7 油气田测井工作场所放射防护检测见 GBZ118。

5.6.8 对于含自屏蔽 γ 射线装置工作场所放射防护检测见 4.4.4 节。

6 空气样品的采集与处理

6.1 γ 放射性核素气溶胶

6.1.1 空气中 γ 放射性核素采样主要常用的三种过滤介质：

- a) 超细玻璃纤维滤纸：用于采集气溶胶微粒；

- b) 活性炭滤纸：用于采集气态元素态碘和气溶胶微粒；
- c) 活性炭滤筒：用于采集气态有机碘化物。

对于空气中全碘的采样，采用组合式全碘取样器，它由以下几部分组成：最前面一层为玻璃纤维滤纸，用于收集气流中的气溶胶状态碘，第二层为活性炭滤纸，用于收集元素状态的碘，再下一层是活性炭滤筒，用于收集有机碘。

6.1.2 空气样品的采样位置、时间和采样数量要有代表性。工作场所空气中 γ 放射性核素采样点应设置在可能存在放射性污染的工作位或工作人员经常停留区域，通常采用固定点采样，其采样高度距地面 1.5 m。应根据取样目的和采集对象，选用合适的过滤介质，并保持正确的进气方向。

6.1.3 采样体积应根据工作场所体积、通风情况、测量目的、预估空气放射性活度浓度及分析方法等确定合理的采样体积。

6.1.4 采样结束后，从滤膜边缘夹取滤膜，取滤膜时，如果发现滤膜破裂，或滤膜受尘面上的积尘边缘轮廓模糊、不完整，则该样品作废，应重新采样。将滤膜受尘面向里沿长边均匀对折，放入与滤膜编号相同的滤膜保存袋中。尽快送至实验室进行样品制备。

6.1.5 采样完成时应记录采样时间、采样流量、采样体积、环境大气压、环境温度、湿度等信息。

6.1.6 将采完样的过滤介质制作成标准物质相同或相近的样品，并进行编号。取与采样介质同样的空白样品，按照与样品制备相同的操作步骤制备空白样品。

6.2 空气中 ^3H

6.2.1 空气中 ^3H 的采样要有代表性，采样位置、采样时间和采样数量的要求同 6.1.2 和 6.1.3。

6.2.2 采样时应记录气体流量、采样体积、气压、温度、湿度等信息。

6.2.3 对水蒸气中氚的收集，可以选择干燥剂法、冷冻法、鼓泡法等。干燥剂法可选择硅胶、分子筛、沸石等作为吸附剂。

6.2.4 对于氢气和有机氚的收集，采样装置必须带有催化氧化功能，先把氢气和有机氚氧化成氚化水，再用 6.2.3 节的采样方法采集水蒸气。

6.2.5 干燥剂法收集样品应记录收集前后干燥剂的重量，并采取解吸装置把氚化水解吸出来，解吸出的水量应大于 2 倍的样品测量体积。

6.2.6 冷冻法和鼓泡法收集的样品应记录收集的水样质量。

6.2.7 实验室内对水样的处理见 HJ1126。

6.3 空气中 ^{14}C

6.3.1 空气中 ^{14}C 的采样要有代表性，采样位置、采样时间和采样数量的要求同 6.1.2 和 6.1.3。

6.3.2 采样时应记录气体流量、采样体积、气压、温度、湿度等信息。

6.3.3 空气中含有 CO 和碳氢化合物的场所，采样器必须配置高温氧化床。

6.3.4 采样体积应不大于工作场所的空间体积。

6.3.5 空气中 ^{14}C 的采样方法主要采用碱液吸收，采样后吸收液的处理见标准 EJ/T1008。

7 检测分析方法

7.1 X、γ、中子周围剂量当量率检测分析方法

7.1.1 检测结果计算

每个测量点至少读取 3 个测量数据，计算平均值，对于离群异常值应进行剔除。计算得到的平均值依据检测仪器的校准因子进行修正后得到最终检测结果。

a) 当检测结果不包含检测场所本底时，检测结果按式 (7.1) 计算：

$$D = (\bar{X} - X_b) \times k_I \dots\dots\dots (7.1)$$

式中：

D ——为报告值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\bar{X} ——测量读数平均值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

k_I ——校准因子/系数；

X_b ——本底读数平均值， $\mu\text{Sv/h}$ 。

b) 当检测结果包含本底时，检测结果按式 (7.2) 计算：

$$D = \bar{X} \times k_1 \dots\dots\dots (7.2)$$

检测结果中如果包含了本底，检测报告中需给出本底范围。

7.1.2 如果检测设备时间响大于出束时间，检测结果还需进行时间响应修正。修正公式参考 GBZ130。

7.2 表面污染检测分析方法

7.2.1 直接测量单位面积上的 α 或 β 放射性活度 A_s ，以贝可每平方米 ($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$) 表示，按式 (7.3) 计算：

$$A_s = \frac{n - n_B}{\varepsilon_i \times W \times \varepsilon_s} = \frac{n - n_B}{R} \dots\dots\dots (7.3)$$

式中：

n ——测得的总计数；

n_B ——本底计数率；

ε_i ——对 α 或 β 辐射的仪器效率（表面发射率响应）；

W ——测量仪器探测窗的面积， cm^2 ；

ε_s ——污染源的效率；

R ——测量仪器表面活度响应， $\text{s}^{-1}\text{Bq}^{-1}\text{cm}^2$ 。

7.2.2 对无法或不适合直接测量的可去除的 α 或 β 表面污染采用擦拭样品间接测量，则被擦拭表面单位面积上的 α 或 β 放射性活度 A_{sr} ($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$)，按式 (7.4) 计算：

$$A_{ST} = \frac{n - n_B}{\epsilon_i \times F \times S \times \epsilon_s} \dots\dots\dots (7.4)$$

式中:

F ——去除因子 (宜通过实验确定, 否则 F 取 1);

S ——擦拭面积, cm。

7.2.3 单位面积上 ^3H 的放射性活度可以直接采用 ^3H 表面污染探测仪进行测量。

7.2.4 对无法或不适合直接测量的可去除的 ^3H 表面污染采用擦拭样品间接测量, 被擦拭表面单位面积 ^3H 表面污染活度 A_s ($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$) 与擦拭样品的关系按式 (7.5) 计算:

$$A_s = \frac{A}{F \times S} \dots\dots\dots (7.5)$$

式中:

A ——用标准液体闪烁计数技术测定的擦拭样品的活度, Bq 。

7.3 空气气溶胶中 γ 放射性核素实验室检测分析方法参见 WS/T 184 第 7 章。

7.4 ^3H 实验室检测分析方法

7.4.1 已制备的水样中 ^3H 的检测与分析步骤见标准 HJ1126。

7.4.2 空气中 ^3H 活度浓度计算按式 (7.6) :

$$A = \frac{(n_s - n_b)M}{60EmV} \dots\dots\dots (7.6)$$

式中:

A ——空气中氚的放射性活度浓度, Bq/m^3 ;

n_s ——样品的计数率, min^{-1} ;

n_b ——本底的计数率, min^{-1} ;

M ——吸附剂收集的样品总质量, g;

m ——样品测量使用的质量, g;

V ——收集的空气累积体积, m^3 ;

E ——仪器对氚的计数效率;

7.5 空气中 ^{14}C 的测量与分析方法见标准 EJ/T1008。

7.6 氦及其子体检测分析方法

7.6.1 空气中氦浓度检测分析方法见 HJ1212、GB/T 18883 和 GBZ/T 182。

7.6.2 氦子体检测检测分析方法见 GBZ/T 182。

7.6.3 氦及其子体检测分析常用方法详见附录 C。

8 数据处理与结果报告

8.1 有效数字与数字修约

有效数字和数值修约一般可遵守以下原则：

- a) 在计算过程中多保留一位或几位有效数字。
- b) 一个有 n 位有效数字的监测结果，它的相对误差限的范围为 $5 \times 10^{-(n+1)} \sim 5 \times 10^{-n}$ 。监测结果的有效数字位数反映的相对误差限要与测量值的相对误差相当，一般取 2~3 位，同时有效数字所能达到的数位不能超过探测下限有效数字所能达到的数位。
- c) 不确定度一般取 1~2 位有效数字，同时监测结果末位与不确定度末位要对齐。

8.2 判断限与探测下限

8.2.1 对于低活度样品的测量，样品总计数 N_s 和本底计数 N_b 近似，在置信度为 95% 时，判断限 (MSC) 和探测下限 (MDC) 可按照式 (8.1) 和式 (8.2) 计算：

$$MSC = \frac{2.33\sqrt{N_b}}{w} \dots\dots\dots (8.1)$$

$$MDC = 2MSC = \frac{4.66\sqrt{N_b}}{w} \dots\dots\dots (8.2)$$

式中： MSC —样品中核素活度浓度的判断限； N_b —本底计数； w —换算因子； MDC —样品中核素活度浓度的判断限。

8.2.2 在给出判断限和探测下限时，应注明测量条件，如测量仪器主要性能、化学回收率、探测效率、测量时间、样品用量、本底和可能存在的干扰等。

8.2.3 当测量值小于判断限时，表示本次测量未探测到样品中存在放射性；当测量值 \geq 判断限且 $<$ 探测下限时，表示本次测量可探测到样品中存在放射性，但其不确定度较大。

8.3 可疑数据的判断与处理

当出现可疑数据时，应分析查找原因，原因不明的可疑数据不应随意剔除。对可疑数据，应采取留存样品再测量、重新采样复测/现场检测、质控样品测量、比对测量、样品外检等质控手段来识别数据的有效性。

8.4 不确定度的评定与表示

8.4.1 样品中核素活度浓度 $u_c(AC)$ 的合成标准不确定度采用“方和根”法，按式 (8.3) 计算：

$$u_c(AC) = AC \times \sqrt{\sum_i u_{ir}^2} \dots\dots\dots (8.3)$$

式中： $u_c(AC)$ —样品中核素活度浓度 AC 的合成标准不确定度； AC —样品中核素活度浓度； u_{ir} —相对不确定度分量，一般包括计数率、刻度源、探测效率、化学回收率、发射概率、衰变修正、样品质量、样品体积等。

8.4.2 扩展不确定度计算

扩展不确定度按式 (8.4) 计算：

$$U = k \times u_c(AC) \dots\dots\dots (8.4)$$

式中： U —样品中核素活度浓度 AC 的扩展不确定度； k —包含因子，一般取 2，相应的包含概率约为 95%； $u_c(AC)$ —样品中核素活度浓度 AC 的合成标准不确定度。

9 质量保证

9.1 一般规定

检测机构应建立、健全质量管理体系，并按照质量管理体系及有关法律法规、标准规范规定，对技术服务合同评审、资料收集、检测方案编制与审核、现场采样与检测、实验室检测分析、原始记录、报告编制审核与签发、资料归档等检测工作全过程进行质量控制和管理，确保检测数据客观、真实、准确、可溯源。

9.2 检测方案的质量保证要求

对核电厂、铀矿采冶和高能加速器放射工作场所开展检测时需编制检测方案，检测方案应经项目负责人或技术负责人审核。检测方案应至少包括如下内容：

- a) 被检单位名称、辐射源信息、检测项目、检测依据等；
- b) 检测仪器（包括现场采样、现场检测、实验室检测仪器）名称、型号等；
- c) 现场采样或检测对象、位置或点位等；
- d) 现场采样方式、时间、数量及样品保存条件、期限等；
- e) 现场检测人员。

9.3 检测人员要求

- a) 开展检测工作的专业技术人员应参加岗前专业培训，达到技术评审考核评估合格要求，并定期接受继续教育培训。
- b) 应按照国家法规标准对从事放射卫生检测工作的专业技术人员进行个人剂量监测和职业检测检查。

9.4 仪器设备检定/校准、期间核查要求

机构应按程序开展仪器设备检定/校准、期间核查工作，具体质量控制要求如下：

- a) 按照年度计划开展仪器设备检定/校准工作，确保使用计量合格的仪器设备，确保在有效期内使用；应正确使用刻度因子；仪器检修后需重新检定/校准。
- b) 为保证检测数据的准确可靠，应根据每台仪器设备的计量特性，编制仪器设备期间核查程序和核查计划，开展仪器设备期间核查，确保使用计量稳定合格的仪器设备，并详细记录核查过程、判定结果。如果核查结果超过期间核查程序规定的判定标准时，仪器应暂停使用，检查原因，重新检定/校准。

9.5 现场采样与现场检测质量保证

9.5.1 现场采样与运输

- a) 现场采样前，核查采样仪器性能及参数、检查采样器气密性、设定采样流量和校准仪器设备。
- b) 现场采样时，应确认辐射源项及放射工作场所条件，确保满足采样要求；检查采样对象、地点、方式、时间等是否正确、全面、合理；采样期间，需经常观察仪器运行状态，确保仪器正常运行；采样记录信息应全面、清晰、完整。
- c) 样品运输过程中应保证样品性质稳定，避免污染、损失和丢失。

9.5.2 现场检测

- a) 现场检测前,合理选用仪器设备,核查仪器设备性能及参数,选择合适的仪器测量量程、能量响应、时间响应、剂量响应线性,并考虑仪器性能的稳定性。
- b) 现场检测时,应核实辐射源项及放射工作场所条件,确保满足现场检测要求;检查现场检测位点选择是否正确、全面、合理;检测期间,需经常观察仪器运行状态,确保仪器正常运行;现场检测记录信息应全面、清晰、完整。

9.6 实验室检测分析的质量保证

9.6.1 实验室应规范建立并严格执行实验室人员管理,仪器设备管理,辐射防护管理,控制进入管理,原始数据、记录、资料管理等规章制度。

9.6.2 放射性标准物质及其使用

- a) 应使用经国家计量主管部门发放或认定的放射性标准物质或使用计量溯源至国际标准(SI)的放射性标准物质。
- b) 使用标准溶液配制工作溶液时,应详细记录,制备的工作溶液形态和化学组成应与待测样品相同或相近。使用高活度标准溶液时,应防止其沾污低本底实验室。
- c) 应按程序定期开展标准物质期间核查,如核查发现标准物质特性改变,应立即停止使用,并追溯对之前的检测结果是否有影响。核查方式包括检测质控样品、与上一级或同级的标准物质比对、送检定/校准机构确认、实验室间比对、测量能力验证样品、质控图趋势检查等。

9.6.3 分析过程的质量控制

通过质量控制样品实施实验室内质量控制,质量控制样品一般包括平行样、加标样和空白样。质量控制样品的组成应尽量与所测量分析的样品相同,其待测组分浓度尽量与待测的样品相近,且波动不大。具体要求如下:

- a) 一次至少平行测定两个空白实验值,平行测量的相对偏差一般不得 $>50\%$,空白实验值一般应低于方法探测下限。
- b) 有质量控制样并绘有质控图的项目,应根据分析方法和测定仪器的精度、样品的具体情况以及分析人员的水平,随机抽取 $10\% \sim 20\%$ 的样品进行平行双样测定。
- c) 根据分析方法、测定仪器、样品情况和操作水平,随机抽取 $10\% \sim 20\%$ 的样品进行加标回收率测定,加标量一般为样品活度的 $1 \sim 3$ 倍。

9.7 数据处理的质量控制

9.7.1 进行分析数据之前,应对原始数据进行必要的整理和校核。由校核人员逐一校核原始记录是否符合相关规范的要求,若有计算或记录错误,应反复核算后予以订正。

9.7.2 审核人员应对数据的准确性、逻辑性、可比性和合理性进行审核。由审核人独立进行或由未参与分析测量的人员进行核算。

10 检测报告的编写

检测报告的基本要素和格式要求如下:

- a) 检测报告应至少包括检测报告编号、检测类别、检测报告声明、检测日期、检测项目名称、检测依据、机构名称及联系方式、被检单位名称及联系方式、场所/设备名称(型号)、检测设备

名称及型号、资质证书影印件、检测/采样地点、辐射源项信息、检测条件、检测结果、检测结论、检测/采样布点示意图、编写人、审核人和授权签字人等基本要素信息；

- b) 报告的纸型规格为 A4 纸，应有页码标识；
- c) 报告应有检测人、审核人和授权签字人签名或等效标识；

报告应盖职业卫生技术服务机构公章或检测专用章，并加盖骑缝章。

附 录 A
(资料性附录)
检测项目及其依据或参考的标准

A.1 空气中³H、空气中¹⁴C、α/β表面污染、空气中氡及其子体的检测依据或参考检测方法见表A.1。

表 A.1 检测项目及其依据或参考的标准

检测项目	检测标准
表面污染检测	GB/T 14056.1-2008 表面污染测定第1部分 β发射体(E _{βmax} 0.15MeV)和 α发射体 GB/T 14056.2-2011 表面污染测定第2部分：氡表面污染
空气中 ¹⁴ C	EJ/T 1008-1996 空气中 ¹⁴ C的取样与测定方法
空气中 ³ H	GB 12375-90 水中氚的分析方法（参考） HJ-1126 水中氚的分析方法（参考）
气溶胶 γ放射核素	GB/T 11713-2015 高纯锗 γ能谱分析通用方法 WS/T 184-2017 空气中放射性核素的 γ能谱分析方法
空气中氡及其子体	HJ1212-2021 环境空气中氡的标准测量方法》 GB/T 18883-2022 空气质量标准 GBZ/T182-2006 室内氡及其衰变产物测量规范

附录 B

(资料性附录)

核电厂、铀矿与伴生放射性矿工作场所检测布点要求

B.1 核电厂主要工作场所 γ 射线周围剂量当量率检测布点见表 B.1。

表 B.1 核电厂主要工作场所 γ 射线周围剂量当量率检测点^a

厂房名称	检测点
电气厂房	巡检点、操作位
连接厂房	巡检点、操作位
核辅助厂房	巡检点、操作位
燃料厂房	巡检点、操作位
核废物厂房	巡检点、操作位
反应堆厂房	临时休息区、操作位
核岛废液排放厂房	巡检点、操作位
放射性机修及去污车间	巡检点、操作位
厂区实验楼	巡检点、操作位
放射源库	见 5.6.6 节
电仪修车间（刻度装置）	见表 5
放射性固体废物处理辅助厂房	巡检点、操作位
固体废物暂存库	巡检点、操作位

a 不同核电厂厂房名称可能有所差异。未提及的核技术工业的射线装置和放射源的检测参考本标准其他章节要求。

B.2 铀矿与伴生放射性矿工作场所检测项目与检测布点要求见表 B.2。

表 B.2 铀矿与伴生放射性矿工作场所检测项目与检测布点要求

检测项目	检测布点要求
γ 周围剂量当量率	<p>①掘进巷道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。</p> <p>②采场根据采场面积和采矿方法确定，硐室型采场可按 $10\text{m}^2\sim 20\text{m}^2$ 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。</p> <p>③选冶厂、原矿仓、粉矿仓和破碎车间、集液池、产品库等在人员作业区域布设 γ 周围剂量当量率检测点。</p>
氡及其子体	①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。

	<p>②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检测点。</p> <p>③选冶厂、原矿仓、粉矿仓、破碎车间、尾矿库等在人员巡检位或操作位设置检测点。</p>
α、β 表面污染	粉尘浓度较高破碎车间、选矿车间、冶炼车间和产品包装车间等工作场所的墙壁、地面、工作台和设备的表面。

附 录 C
(资料性附录)
氡及其子体检测方法

C.1 氡及其子体检测方法见表 C.1。

表 C.1 氡及其子体检测方法

探测器类型	取样时间	采样或测量时间	典型探测下限 ^a	典型不确定度(%)
闪烁室法	瞬时/连续	瞬时: <1h 连续: 1-7d	-	-
脉冲电离室法	瞬时/连续	瞬时: <1h 连续: 1-7d	5Bq/m ³	10
静电收集法	瞬时/连续	瞬时: <1h 连续: 1-7d	5Bq/m ³	10
α 径迹法	累积	1-12 个月	5Bq/m ³	10-25
活性炭盒法	累积	2-7 天	6 Bq/m ³	10-30
驻极体法	累积	2 天-1 年	-	10
工作水平测量仪	瞬时/连续	瞬时: 5-30 min 连续: 2d-7d	0.1Bq/m ³	5%

^a探测下限与仪器的效率、本底计数率、样品取样量，测量时间等参数有关。