



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

检测实验室安全 第6部分：电离辐射因素

Safety in testing laboratories -Part 6:Ionising radiation aspects

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2019-03-27)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全管理要求	6
5 安全技术要求	11
附录 A (资料性附录) 公众辐射照射的控制	30
附录 B (资料性附录) 导出辐射防护标准	35
附录 C (资料性附录) 电离辐射测量	44
附录 D (资料性附录) 射线装置分类	48
附录 E (资料性附录) 固体, 液体及气体放射性废弃物的处理	49
附录 F (资料性附录) 不同类型辐射源的防护方法	53
参考文献	55
图 C.1 检测布点示意图	46
图 C.2 检测结果	46
表 1 《辐射安全许可证》发放条件	13
表 2 工作人员辐射限值和公众辐射限值	15
表 A.1 公众人员的 ALI 和 DAC 值	31
表 A.2 每天吸入空气量的 ICRP-推荐值	33
表 A.3 特定年纪吸入碘 125 的数据	33
表 A.4 碘 125 的 ALI 以及 DAC 值随年龄的变化	34
表 B.1 辐射权重因数	35
表 B.2 组织权重因数	36
表 B.3 一般放射性物质的特性*	37
表 B.4 得出的表面污染物工作等级	42
表 B.5 占有因素和指定因素	43
表 D.1 射线装置分类表	48
表 E.1 基于半寿期的常见医疗和科研用放射性同位素废弃物分类	50
表 F.1 实验室屏蔽材料选择的一般原则	53

前 言

GB/T 27476 是检测实验室安全指南的系列标准,分为以下几个部分:

第1部分: 总则;

第2部分: 电气因素;

第3部分: 机械因素;

第4部分: 非电离辐射因素;

第5部分: 化学因素;

第6部分: 电离辐射因素。

本部分为GB/T 27476的第6部分。

本部分按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

GB/T 27476是适用于检测实验室的安全指南标准,与现已颁布的专业领域实验室安全标准共同组成检测实验室安全标准体系。

本部分由全国认证认可标准化技术委员会(SAC/TC261)提出并归口。

本部分起草单位:中国合格评定国家认可中心、中国电器科学研究院有限公司、环境保护部辐射环境监测技术中心、国家无线电监测中心检测中心、北京大陆航星质量认证中心股份有限公司。

本部分主要起草人:

引 言

检测实验室安全运行可能涉及电气、机械、非电离辐射、电离辐射、化学和微生物等危险因素，GB/T 27476是针对这些危险因素而制定的检测实验室安全指南标准，旨在提升检测实验室的安全管理能力和安全技术能力，降低检测实验室运行的安全风险。

本标准旨在防止人员在实验室使用电离辐射源时的非必要暴露于辐射和其他人员可能被意外或预期的放射性物质或辐射射线伤害的事故。同时描述了放射性物质和辐射设备的重要特性，有害性和其他基本的辐射防护信息。

检测实验室安全 第6部分：电离辐射因素

1 范围

GB/T27476的本部分规定了检测实验室（以下简称实验室）与电离辐射因素相关的术语与定义、安全管理要求、安全技术要求等。

本部分适用于在固定场所内开展以下活动的实验室：

- 1) 使用、处置或储存放射性物质；或
- 2) 使用辐射装置。

其他场所的实验室可参考使用，但可能需要附加要求。

生物、动植物检疫、医学、法医、兽医等其他实验室如参照本部分，可能需要附加专业领域的安全要求。

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。

- GBZ 133 医用放射性废物的卫生防护管理
- GB 11806-2004 放射性物质安全运输规程
- GB 14500 放射性废物管理规定
- GB 15603-1995 常用化学危险品贮存通则
- GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB/T 27476.1-2014 检测实验室安全 第1部分：总则
- EJ 380-2009 开放型放射性物质实验室辐射防护设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

（电离）辐射 (ionizing) radiation

在辐射防护领域，能在生物物质中产生离子对的辐射。

[参考GB 18871-2002，定义J1.1]

3.2

（辐射）源 (radiation) source

可以通过发生电离辐射或释放放射性物质而引起辐射照射的一切物质或实体。

例如，发射氡的物质是存在于环境中的源， γ 辐照消毒装置是食品辐照保险实践中的源，X射线机可以是放射诊断实践中的源，核电厂是核动力发电实践中的源。

[参考GB 18871-2002，定义J1.2]

3.3

辐射装置 irradiation installations

安装有粒子加速器、X射线机或大型放射源并能产生高强度辐射场的一种构筑物或设施。

正确设计的构筑物提供屏蔽和其他防护，并设有用以防止误入高强度辐射区的安全装置（如连锁装置）。辐照装置包括外射束辐射治疗用装置，商品消毒或保鲜用装置，以及某些工业射线照相装置等。

[参考 GB 18871-2002，定义J2.14]

3.4

实践 practice

任何引入新的照射源或照射途径、或扩大受照人员范围、或改变现有源的照射途径网络，从而使人们受到的照射或受到照射的可能性或受到照射的人数增加的人类活动。

[GB 18871-2002，定义J1.4]

3.5

干预 intervention

任何旨在减小或避免不属于受控实践的或因事故而失控的源所致的照射或照射可能性的行动。

[GB 18871-2002，定义J1.5]

3.6

密封源 sealed source

密封在包壳里的或紧密地固结在覆盖层里并呈固体形态的放射性物质。

密封源的包壳或覆盖层具有足够的强度，使源在设计使用条件和磨损条件下，以及在预计的事件条件下，均能保持密封性能，不会有放射性物质泄漏出来。

[参考GB 18871-2002，定义J2.8]

3.7

非密封源 unsealed source

不满足密封源定义中所列条件的源。

[GB 18871-2002，定义J2.9]

3.8

活度 activity

在给定时刻处于一给定能态的一定量的某种放射性核素的活度A定义为：

$$A = dN / dt$$

式中：dN——在时间间隔dt内该核素从该能态发生自发核跃迁数目的期望值。活度的SI单位是秒的倒数（S⁻¹），称为贝可〔勒尔〕（Bq）

[GB 18871-2002，定义J4.1]

3.9

剂量 dose

某一对象所接受或“吸收”的辐射的一种量度。

根据上下文，它可以指吸收剂量、器官剂量、当量剂量、有效剂量、待积当量剂量等。

[参考GB 18871-2002，定义J4.4]

3.10

权重因数 weighting factor

3.10.1

辐射权重因数 radiation weighting factor (w_R)

为辐射防护目的，对吸收剂量乘以的因数，用以考虑不同类型辐射的相对危害效应（包括对健康的危害效应）。

辐射权重因数见表B.1。

[GB 18871-2002, 定义J4.7]

3.10.2

组织权重因数 tissue weighting factor (w_r)

为辐射防护的目的, 器官或组织的当量剂量所乘以的因数, 乘以该因素是为了考虑不同器官或组织对发生辐射随机性效应的不同敏感性。

组织权重因数数值见表B.2。

[GB 18871-2002, 定义J4.9]

3.11

戈瑞 (Gy) Gray

吸收辐射量的国际单位。

1 Gy=1 J·kg⁻¹

3.12

吸收剂量 absorbed dose

是一个基本的剂量学量D, 定义为:

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

式中: $d\varepsilon$ ——电离辐射授予某一体积元中的物质的平均能量;

dm ——在这个体积元中的物质的质量。

能量可以对任何确定的体积加以平均, 平均能量等于授与该体积的总能量除以该体积的质量而得的商。

单位: J·kg⁻¹或戈瑞 (Gy)。

[参考GB 18871-2002, 定义J4.5]

3.13

希沃特 Sievert (Sv)

当量和有效剂量的国际单位。

1 Sv=1 J·kg⁻¹

通常使用毫希沃特 (mSv), 1mSv=0.001Sv, 还有微希沃特 (μ Sv), 1 μ Sv=0.001mSv。对一般人来说, 比如在日常工作中不接触电离辐射的人, 每年的正常因环境本底辐射(主要是空气中的氡)摄取量是每年1~2毫希沃特。

3.14

当量剂量 equivalent dose

当量剂量 $H_{T,R}$ 定义为:

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot \omega_R$$

式中: $D_{T,R}$ ——辐射R在器官或组织T内产生的平均吸收剂量;

ω_R ——辐射R的辐射权重因数。

当辐射场是由具有不同 ω_R 值的不同类型的辐射所组成时, 当量剂量为:

$$H_T = \sum_R \omega_R \cdot D_{T,R}$$

单位: J·kg⁻¹或希沃特 (Sv)

[GB 18871-2002, 定义J4.6]

3.15

有效剂量 effective dose

有效剂量E被定义为人体各组织或器官的当量剂量乘以相应的组织权重因数后的和:

$$E = \sum_T \omega_T \cdot H_T$$

式中： H_T ——组织或器官T所受的当量剂量；

ω_T ——组织或器官T的组织权重因数。

由当量剂量的定义，可以得到：

$$E = \sum_T \omega_T \cdot \sum_R \omega_R \cdot D_{T,R}$$

式中： ω_R ——辐射R的辐射权重因数；

$D_{T,R}$ ——组织或器官T内的平均吸收剂量。有效剂量的单位是 $J \cdot kg^{-1}$ ，称为希 [沃特] (Sv)。

组织权重因数见表B. 2。

[GB 18871-2002, 定义J4. 8]

3. 16

约束 constraint

年均辐射量或辐射量水平，适合时，无论上升或潜在上升，对于实际中电离辐射的单一辐射源，设定低于职业或公众限量。

3. 17

指定辐射区域 (DRA) designated radiation area

人员暴露于辐射或辐射物质中的，受辐射防护负责人 (RPO) 监督的工作区域。

此包括了国际防辐射委员会，国际原子能代表处中使用的“被控制的”和“受监督的”区域。

3. 18

外部辐射 external radiation

人体从外部来源接收到的辐射。

3. 19

半衰期 half-life

与放射性物质的衰减相关，一定量的放射性物质减少至其最初值的一半所需的时间。

3. 20

内部辐射 internal radiation

身体从皮肤或伤口注射、摄取、吸入或吸收的电离辐射的辐射物质。

3. 21

泄漏辐射 leakage radiation

从带防护的房间里发射出来的除了有用射线以外的所有辐射。

3. 22

许可数量 licensable quantity

管理机构颁予证书的任何放射性核或其混合物的数量。

3. 23

核素 nuclide

核的原子组成部分。如：核子内中子和质子的数量。

3. 24

辐射防护负责人 (RPO) radiation protection officer (RPO)

技术上胜任某一给定类型实践的辐射防护业务，受注册者或许可证持有者聘任对防护与安全法规和标准的实践进行监督管理的人员。

[GB 18871-2002, 定义J7. 15]

3. 25

职业受照人员 occupationally exposed person

因其工作而需暴露被辐射于多种辐射源中的人员。

[参考GB 18871-2002, 定义J5. 17]

3. 26

工作场所 occupied area

可供一个或多个人员工作的场所。

3. 27

参考人 reference man

由国际放射防护委员会提出的、用于辐射防护评价目的的一种假设的成年人模型，其解剖学和生理学特征并不是实际的某一人群组的平均值，而是经过选择，作为评价内照射剂量的统一的解剖学和生理学基础。

[GB 18871-2002, 定义J5. 35]

3. 28

工作人员 Occupationally exposed persons

因工作原因而暴露在电离辐射环境中的人。

3. 29

防护间 protective housing

具有X射线管，加速或封闭源的房间，预期用于在某一层度上减少辐射泄漏。

3. 30

(放射性) 污染 (radioactive) contamination

材料或人体内部或表面或其他场所出现的不希望有的或可能有害的放射性物质。

[GB 18871-2002, 定义J2. 22]

3. 31

放射性物质 radioactive substance

发射衰减时自然产生的物质。

根据规定，监管机构制定受控放射能的最低限值。

3. 32

放射线危害 radiological hazard

因暴露于电离辐射而引起对健康的潜在危险。其可能是由于外部辐射或身体内部放射性物质而引起。

3. 33

放射性核素 radionuclide

放射性物质衰减时的原子核。

3. 34

辐射毒性 radiotoxicity

毒性归结为放射性核素（和其衰减产物）产生的电离辐射对人体的危害。辐射毒性不仅与放射性核素的性质，而且与其物理和化学状态，及放射性元素在人体或人体器官的新陈代谢有关。

3. 35

安全评估 safety assessment

对源的设计和运行中涉及人员防护与源安全的各个方面所进行的一种分析评价，包括对源的设计和运行中所建立的各种防护与安全措施或条件的分析，以及对正常条件下和事故情况下所伴有的各种危险的分析。

[GB 18871-2002, 定义J5. 8]

3. 36

随机效应 stochastic effect

暴露于辐射中有时会产生的一种效应,但是这种效应可能会或可能不会在一个特定暴露被辐射的人上发生,这种效应发生的可能性是由接收的剂量来决定。

例如,在曾经暴露于辐射的个体身上的致癌作用以及在曾经暴露于辐射的个体后代身上的遗传效应。

3.37

年摄入量限值(ALI) annual limit on intake(ALI)

参考人在一年时间内经吸入、食入或通过皮肤所摄入的某种给定放射性核素的量,其所产生的待积剂量等于相应的量限值。ALI用活度的单位表示。

[GB 18871-2002, 定义J5.21]

3.38

导出空气浓度(DAC) derived air concentration (DAC)

导出空气浓度是放射性核素在空气中的浓度的限值,是辐射防护规定中的一个次级限值,是由年摄入量限值ALI推导出来的一个量。

3.39

导出工作限值(DWL) Derived working limit (DWL)

很多时候辐射防护监测与一次剂量限值无法直接关联,此时需在两者间引入一个简单的环境模型,并由其得出一个与实测辐射量具有可比性的修正限值,这个修正限值名为导出工作限值,有时被称为导出工作水平(DWL),或者导出水平(DL)。

常用的DWL是针对表面辐射污染的。

3.40

有用束 useful beam

通过光圈,圆锥或其他电离辐射射线校准设备的初级和次级辐射的一部分。

3.41

放射性事故 radiation incident

预期之外的正常条件的偏离,导致了实际或潜在的反常情况出现,这种情况可能引起辐射损伤、人员的污染或由一个独立事件产生的工作环境污染。

3.42

辐射事故 radiation accident

指放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到意外的异常照射。

4 安全管理要求

4.1 组织结构和职责

4.1.1 实验室应符合 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.1 的要求。

4.1.2 实验室的安全管理体系应符合 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.2 的要求。

4.1.3 实验室应满足 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.3 的要求。

实验室应有文件化的程序或政策明确规定相关人员的职责,并满足辐射实践正当化、辐射防护最优化、个人剂量当量限值(剂量控制)的辐射防护三原则以及电离辐射相关标准和法规的要求。

4.1.4 实验室最高管理者应满足 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.4 的要求。

最高管理者应采取技术等措施以符合电离辐射的防护和安全要求。最高管理者可以指定其他管理人员实施该职责涉及的活动,但仍要对该职责承担责任。

实验室最高管理者的职责:

a) 提供安全的工作场所,包括高标准的辐射保护和建立并遵守适当的安全措施规范;

- b) 设施等应符合国家相关法律法规；
- c) 遵守审管部门的指导；
- d) 所有从事电离辐射或放射性物质的人员都应经过适当的上岗前辐射保护培训，并在适当的工作周期中进行再培训；
- e) 有适当数量的人员从事辐射工作，以保证其安全和有效的运作；
- f) 有足够和适当的辐射/污染监视仪器，并进行适当的维护和校准；
- g) 从事电离辐射工作的所有人员应配备必要的个人剂量测定器，并保存他们的辐射照射记录；
- h) 所有的放射性仪器和辐射源应定期核查和维护；
- i) 保存记录以供审管部门需要时查阅；
- j) 指定适当的人员担任辐射防护负责人。

4.1.5 实验室安全责任人的指定应符合 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.5 的要求。

最高管理者应指定或任命辐射防护负责人（PRO），负责监督辐射安全活动并确保辐射安全。PRO 有权实施程序和干预已发生或正在发生的违背安全要求的情况。

PRO的职责：

- a) 确保在指定辐射区域（DRA）内辐射防护质量，使个人受辐射剂量最小化；
- b) 根据作业指导书和规程对安全工作提出建议；
- c) 必要时，与相关审管部门联络和商议；
- d) 确保所有必要的许可和注册事务可执行；
- e) 确保制定和实施适当的辐射安全管理计划；
- f) 联络因工作而暴露于辐射中的工作人员及其主管，确保与放射性物质和电离辐射仪器的相关工作已做适当计划；
- g) 必要和有要求时，对指定的辐射区域、设备和运行安排检查和监控；
- h) 需要时，确保具有适当的人员和监测设备，保持正常的工作秩序；
- i) 安排个人测量时，有效剂量的记录保存应满足相应的法定时间；
- j) 必需时，提供医疗服务，医疗记录的保存应满足相应的法定时间；
- k) 检查使用或预期使用电离辐射的区域和装置，对辐射安全的管理给出报告和建议；
- l) 调查和记录非安全实践或事故，并向管理层和相关机构报告；
- m) 确保放射性物质和电离辐射仪器存放地点的记录在其处理后至少保存两年或者按照法规的要求；
- n) 安排放射性物质的安全存放和放射性废物的安全处理；
- o) 为工作人员和其他人员提供与所处环境相匹配的辐射安全建议和指导。

4.1.6 实验室应符合 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.6 的要求。

4.1.7 实验室应符合 GB/T 27476.1—2014 中 4.1.7 的要求。

4.1.8 实验室应为其工作人员的行为负责，但这并不免除工作人员的责任。实验室应提供安全的工作场所，要求工作人员和其他人员遵守辐射安全要求和提供所使用的安全设备。实验室应避免所有从事电离辐射的工作人员或其他人员受到非工作需要的更大程度的辐射，应确保其受辐射剂量不超过本标准

5.3.2 规定的限值或者其他相关文件的规定。

工作人员的职责：

- a) 接受辐射安全培训，并能正确处理辐射事件和应急；
- b) 符合辐射防护负责人的要求；
- c) 使用的个人防护设备与其所处环境相适应；
- d) 熟悉辐射安全管理要求；
- e) 熟悉所用辐射或放射性物质的主要物理和化学特性，以及生物性质；

- f) 将工作场所的辐射危害降到最低;
- g) 维护作业指导文件, 以满足电离辐射相关标准和法规的要求;
- h) 及时向辐射防护负责人和指定人员报告任何已知的或可预见的非安全实践、其他危险情况或其他意外事故;
- i) 使用分发的个人监测设备并在规定时间内归还。

4.2 安全管理体系

应符合GB/T 27476.1—2014中4.2的要求。

4.3 文件控制

应符合GB/T 27476.1—2014中4.3的要求。

4.4 要求、标书和合同的评审

应符合GB/T27476.1—2014中4.4的要求。

4.5 分包

应符合GB/T27476.1—2014中4.5的要求。

4.6 采购

应符合GB/T 27476.1—2014中4.6的要求。

4.7 服务客户

应符合GB/T 27476.1—2014中4.7的要求。

4.8 投诉

应符合GB/T 27476.1—2014中4.8的要求。

4.9 安全检查和不符合的控制

4.9.1 安全检查

应符合GB/T 27476.1—2014中4.9.1的要求。

4.9.2 不符合的控制

应符合GB/T 27476.1—2014中4.9.2的要求。

4.10 应急准备和响应

4.10.1 应急程序

应符合GB/T 27476.1—2014中4.10.1的要求。

4.10.2 应急演练

应符合GB/T 27476.1—2014中4.10.2的要求。

4.10.3 应急响应

应符合GB/T 27476.1—2014中4.10.3的要求。

4.10.4 辐射事件和应急

4.10.4.1 辐射事故的分类、辐射事故应急处理按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四章执行。

4.10.4.2 辐射事件或事故应报告给管理部门。下列事件中的任何一项构成一个辐射事件：

- a) 未计划、短期照射、疑似或确认人员受到外部辐射超过表2中相关年剂量限值的1/5；
- b) 人员或其衣物上的放射性污染物超过DWL 50（见附录B）；
- c) 放射性物质的摄入量超过相应年摄入量限值（ALI）（参见附录B）的五分之一，这可能通过吸入、摄取或开放性伤口（最严格的ALI）等途径发生；
- d) 未密封放射性物质的溢出量超过20ALI（摄入量）（见附录B）；
- e) 着火、爆炸或洪水破坏了使用或存放放射性物质的房间（或房间的存放物遭到损坏）；
- f) 遗失或损坏密封源或其容器，或遗失非密封放射性物质超过20ALI（摄入量）（参见附录B），除了由主管机构批准的日常堆栈或者污水排放。

最高管理者和辐射防护负责人应确保：

- a) 实验室工作人员应接受处理可预见辐射事件和应急程序的指导；
- b) 实验室应有合适的人员防护设备，辐射监测仪器和应急工具箱；
- c) 实验室出口应有应急联系人的姓名和联系信息；
- d) 当法规有要求时，每个辐射事件或应急均应调查和记录，并报告给相关的审管部门。

4.10.4.3 一旦人员受到任何严重的伤害，均应立即处理，以便尽量减小污染物的扩散。

对严重或威胁到生命的伤害的应急处理应优先于污染的处理。

4.10.4.4 实验室用于辐射事件安全控制的应急设备应容易获得。

最高管理者应确保应急工具箱，包括应急需要的每一项，都应集中放置在实验室合适的位置。应急工具箱可包括如下设备：

- a) 防护服，例如：可用的眼罩，面罩，处置手套或者呼吸保护装置；
- b) 人员和区域的去污染设备和清理药剂；
- c) 废物容器，如塑料袋、专用放射性废物桶；
- d) 屏蔽材料，如有机塑料板、铅板、铅块；
- e) 易于获取的个人剂量计、表面污染监测仪和便携式 γ 辐射剂量监测仪。

应急工具箱应定期检查（至少每年）并在必要时进行更换，用于处置辐射事件的处理物品应及时更换。专用应急设备及配件，如没有得到RPO的授权，严禁移作他用。

4.10.4.5 每个放射性事故或事件均应立即上报给RPO。同时需立即按当地政府辐射事故应急预案向审管部门汇报，禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。政府指定的部门负责公众的信息通报工作。必要时，RPO应征求审管部门关于处理该事故或事件的意见。

如果异常情况并未引起实际的辐射伤害或污染，但有潜在发生的可能，应立即将其报告给RPO，以便采取预防措施防止再次发生。

4.10.4.6 应立即采取如下措施消除和减少意外的照射源对受照射人员的响应：

- a) 外部辐射 怀疑已经受到意外外部辐射剂量的人员应立即撤出涵盖辐射源的区域。必要时，应在RPO的帮助下，立即开展评估受到的辐射剂量。应对受辐射的人进行辅导，必要时，应实施医学观察和处理。

- b) 表面污染 受污染的人应尽快去污染。根据被污染的身体部位，按如下步骤进行净化处理：

- 1) 用流动的水清洗污染的伤口并尽可能排挤出少许的血液；

警告：如果存在污染通过破损或破裂的皮肤进入血液的风险，不要继续净化。

- 2) 用柔和的洗手液和温水洗手，如果还不能去除污染，再重新使用洗手液。不要使用酒精类产品或者刺激性清洁剂，其可能降低皮肤的天然防护功能。用清洁吸水纸巾擦干皮肤上的水渍。

如果上述措施不能去掉手部的污染，戴上棉质手套，再戴上紧身的橡胶手套，维持几个小时促使手排汗，帮助去掉污染物。

- 3) 不同于使用棉毛护具或者浸渍柔和洗手液纱布的手，清洁污染的皮肤按照涂抹、清洁、擦干相似吸收剂的方式进行。
- 4) 立即用水或者生理盐水（0.9%w/v 溶液）冲洗眼部、鼻孔、耳朵或者嘴部的污染。

为避免进一步污染眼睛、鼻孔、耳朵和嘴部，在去污染时，头部，包括头发，需要特殊处理。

- c) 直至表明污染已降低至可接受的水平或者去污染过程引起皮肤损伤前，去污染措施才能停止。
- d) 放射性物质的摄入量 对怀疑摄入放射性物质的人，PRO 应尽可能考虑生物监测，例如器官影像测量、采取血样和排泄物进行监测等。必要时，咨询相关具有放射医学资格的专业人员。

4.10.4.7 放射性物质的溢出可能在处置、运输或者源容器破损时发生。更大范围的污染可能由实验室或者储存室的水灾导致，例如：来自雨水或者有缺陷的水暖。应按如下方法处理放射性溢出物，以尽量减小其对人员的危害：

- a) 对于少量溢出（少于放射性核素的豁免水平）（见附录 B 中表 9）的处理程序如下：
 - 1) 戴上橡胶或塑料手套，袍子或者围裙，如果溢出发生在地面，穿上处理鞋套；
 - 5) 监测区域以确定污染程度，限制不必进入该区域的其他人；
 - 6) 用吸收剂处理物品从外至内清理溢出的液体；用湿纸巾或湿布将干燥物质上的溢出物擦干净；
 - 7) 监测受影响的区域，检查去污过程，继续进行必要的净化以将污染减小到最低水平，最好是低于 1 DWL；
 - 8) 去污过程中用过的所有物品当作放射性废物处理；
 - 9) 监测溢出或去污操作涉及的所有人员；
 - 10) 清除被污染衣物，放在塑料袋里并进行密封。
- b) 对于大量泄漏（放射性核素的豁免水平）（见附录 B 中表 9）的处理程序如下：
 - 1) 如有污染扩散或者严重的放射性事件危害到人群，应立即撤离相关区域；
 - 2) 立即请求专家帮助（如 RPO），溢出区域的去污应在 RPO 或者其他专家的指导下进行；
 - 3) 减小溢出污染的扩散；
 - 4) 在允许再进入受污染区域前，应制定一个有计划再次进入和去污的程序；
 - 5) 确保实施去污人员防护适当；
 - 6) 监控该区域以确保剩余污染减少到最低水平，最好少于一个 DWL；
 - 7) 去污过程中用过的所有物品当作放射性废物处理；
 - 8) 监测溢出或去污操作涉及的所有人员；
 - 9) 清除被污染的衣物，放在塑料袋里并密封。

4.10.4.8 当发生放射性物质损失时，应按以下程序处理：

- a) 如果源离开了指定位置或不是由预期的供方交付，操作者要立即要求安全地将源返给操作者或者供方。应检查包装和容器是否破坏，并且调查辐射泄漏和表面污染。
- k) 要监测排入污水管的放射性液体或者排入大气的放射性气体，确保符合监管的排放限值。异常高排放要立即进行调查并采取补救措施。任何计划外的超限值的排放均要向审管部门报告。

4.10.4.9 影响放射性物品存放和使用区域发生着火和爆炸时，放射性和辐射危害应事先通知当地消防部门，并且应通知其特别注意有辐射危害警告标志的区域。

着火和爆炸也可能散播放射性污染。严重伤害的救生和救火要优先进行污染控制，但应采取合理措

施来减小污染的扩散，特别是在清理阶段。

灭火之后，如可能，消防队员要待在出事地点，直到监测不到放射性污染。

4.11 改进、纠正措施、预防措施

应符合GB/T 27476.1—2014中4.11的要求。

4.12 记录的控制

应符合GB/T 27476.1—2014中4.12的要求。

4.13 内部审核

应符合GB/T 27476.1—2014中4.13的要求。

4.14 管理评审

应符合GB/T 27476.1—2014中4.14的要求。

5 安全技术要求

5.1 危险源辨识和风险评价

5.1.1 总则

应符合GB/T 27476.1—2014中5.1.1的要求。

5.1.2 危险源识别

实验室的危险源识别应满足GB/T 27476.1—2014中5.1.2的要求。

辐射保护负责人RPO应建立实验室使用或保存的放射性物质和辐射装置清单，明确保存地点。

5.1.3 风险评价

应符合GB/T 27476.1—2014中5.1.3的要求。

5.1.4 控制措施

应符合GB/T 27476.1—2014中5.1.4的要求。

5.1.5 电离辐射危害及其控制

电离辐射造成的危害会引起生物效应，见附录B。辐射的防护，一般分为两类，即外部的危害和内部的危害。当评定总危害时，应当将它们一起考虑：

- a) 外部危害 外部危害来自于身体外的电离辐射源，它们辐射身体的部分或者全部，有足够的能量影响皮肤或者皮下组织。切实可行的控制措施有：
 - 1) 限制暴露于辐射的时间；
 - 2) 最大化辐射源和人之间的距离；并且
 - 3) 采用适当的屏蔽措施。
- b) 内部危害 内部危害的起因是放射性物质以吸入、注射、摄取或吸收等方式，经由皮肤或伤口进入身体。吸入的放射性物质有可能很快从身体中消除，也可能一部分吸入的放射性物质与特

殊的器官结合在一起，以较慢的速度从身体中消除。当放射性原子随着辐射而衰变时，其周围的组织将受到电离辐射。控制污染的原则如下：

- 1) 抑制；例如，使用防尘柜、手套式操作箱或安全运转技术，限定可能被放射性物质污染的实验室区域；
- 2) 清洁。高质量的内务管理必不可少；
- 3) 完成任务时使用适当的、放射性毒性最小的和放射性活性最低的物质。

附录B给出了更进一步的信息。

5.2 人员

5.2.1 安全意识、能力和资格

应满足GB/T 27476.1—2014中5.2.1的要求。

5.2.2 培训和指导

人员的培训与指导应满足GB/T 27476.1—2014中5.2.2的要求。

在任何人开始从事放射物或放射性物质的工作之前，他们都应接受适当的关于所从事工作特性的培训。

对暴露在辐射中的人员进行培训和教育是安全工作的一个重要组成部分。最高管理者应安排RPO或健康专家对新员工进行如下方面的指导：

- a) 与员工工作相关的辐射危害性；
- b) 安全工作方法和技巧；
- c) 预防措施及采取预防措施的原因；
- d) 紧急事件处理程序。

同样，最高管理者应确保规则制订者不放宽标准，确保员工对新的设备或科研仪器对人身安全方面的要求需十分熟悉。

最高管理者应与RPO制定安全工作程序规则来处理实验室中的潜在危害。这些规则应在显著的位置展示出来，让实验室所有人员都知道。关于特殊危害的规则要尤其重视。

5.2.3 人员分类和监测

5.2.3.1 工作人员

应监管机构要求，最高管理者有责任建立和维护相应的辐射监测程序。建立辐射监测程序是为了确保对所有暴露的辐射源采取相应措施，使其：

- a) 能够评定实验室工作人员所受到的电离辐射量（以及在适当情况下，公众人员所受到的电离辐射量）；
- b) 能够对可能导致过度辐射的辐射相关参数变化进行周期性测量；
- c) 给提供最优化的充分信息，例如在考虑经济和社会因素的前提下，尽可能的降低空间辐射量。对辐射监测程序，应该结合实践经验，定期对其进行修订和复核工作。

辐射监测的类型和程度取决于周边环境因素和辐射等级。当实际测量值低于限值，才能满足整体或某区域的监测方案要求。

当监管机构有要求时，需要针对个体进行监测。当个体辐射量大到一定的程度（如限值的50%），个体监测应被考虑在内。

组织或器官的年度总辐射量应包括每年所接收的来自外界辐射源和来自内部的有效剂量。对于成年人，这种影响的综合持续时期为50年。非工作原因暴露于辐射源，如来自自然界的电离辐射、从医学

治疗中接受的辐射等，不属于此范围。

辐射防护员应确保为所有因工作暴露于辐射源的工作人员记录所有的相关数据，并且至少每年进行一次数据复核。对于超过每年限值25%的个体辐射量，辐射防护员同样应进行复核。

5.2.3.2 公众

最高管理者有责任确保公众（除工作人员之外的人）所受到的电离辐射不超过公众辐射限定值。具体限值见表2。防护程序应加以优化使公众所受到的辐射尽可能的降低。

公众的辐射暴露控制见附录A。

5.3 设施和环境

5.3.1 实验室结构和布局

实验室的结构和布局应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.1的要求。

检测实验室的辐射防护设计要求可参照EJ 380-2009等标准执行。

使用放射性同位素、射线装置的实验室需要申请领取许可证，申请条件见表1。

表1 《辐射安全许可证》发放条件

序号	环保部第3号令要求
1	使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等
7	有完善的辐射事故应急措施
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案
注1：射线装置的分类见附录D。 注2：使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	

5.3.2 职业接触限值

职业接触限值应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.2的要求。

一年中外部辐射源和身体内在辐射的有效辐射量之和便是这一年中所有器官或组织所承受的辐射量。对成年人来说，辐射量的累计有效周期是50年。非工作原因的辐射（例如自然环境中的电离辐射，在医学或牙科检查中身体所接收的辐射）并不包括在年辐射量的评估中。

5.3.3 火灾监测和防爆

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.3的要求。

5.3.4 紧急报警系统

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.4的要求。

5.3.5 通风

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.5的要求。

5.3.6 电气安装

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.6的要求。

5.3.7 防雷

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.7的要求

5.3.8 安防

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.8的要求。

5.3.9 安装标志

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.9的要求。

5.3.10 隔离状态下工作

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.10的要求

5.3.11 内务管理

应满足GB/T 27476.1—2014中5.3.11的要求。

5.3.12 辐射防护体系

- a) 建议持续使用国际辐射防护委员会（ICRP）推荐的辐射保护体系，该体系基于下列一般原则：
- 1) 暴露在辐射中的行为不应被采用，除非这种行为对该个体或者社会具有足够的利益，能够弥补/抵消辐射所引起的损害（正当行为）。
 - 2) 在一个特定的辐射源中，辐射的量级，暴露人群的数量，发生这种辐射暴露的可能性（辐射暴露不一定被接收），在考虑到可合理完成的，经济的，社会因素的基础上，应尽可能低。应采取的措施来限制过程中个体所承受的剂量，或者是在有潜在暴露危险情况下的个体所承受的风险，对于个体接收辐射量的过程，或者是有潜在暴露危险的过程，都应加以约束，限制由于固有的经济或社会条件所可能导致的不公正，实现最优保护。
 - 3) 个体在相关活动中所接收的剂量之和应该符合剂量的限值要求，或者对于有潜在暴露危险的情况，应符合风险控制的要求。保证任何个体都不会暴露于在正常环境中工作所不允许的辐射危险之中。并不是所有的辐射源本身都能够被控制，在选择辐射量限值之前

列出相应的辐射源是必要的。

b) 保护体系中的干预：放射性保护体系中的有关干预的部分基于下列一般原则：

1) 提出的干预应利大于弊。例如：通过减少辐射量来减少危害，应充分地证明干预的代价，包括社会代价，是足以抵消其危害的。

2) 干预的方式，范围，以及持续时间应最优化以使得剂量减少的净利益能够最大。

剂量的限值不适用于干预或者突发状况。

任何一个保护体系都应包括一个其在实际运用中的有效性的全面评估。这个评估应以已获得的剂量的分配/分类，以及对限制潜在暴露可能性采取的所有措施的评估为基础。基本原则应作为一个联贯的整体来看待，任何一个部分都不应孤立地考虑。

对成年人来说，限值是针对于在一定周期内由于外部暴露而接收的剂量，以及同样周期内的50年所接收的剂量。

5.3.13 辐射量的限值

5.3.13.1 推荐限值

5.3.13.1.1 工作人员

对成年工作人员来说，工作过程中暴露在电离辐射中所接收的剂量的限值应如下所示：

a) 确定性影响的预防——对于四肢（手和脚）或皮肤（平均作用于 1cm^2 ）限值是每年 500 mSv，对于眼晶状体则为 150 mSv；

b) 随机性事件的影响限制在一个可接受的水平——对于 5 年以上的时间，平均每年的有效剂量限值为 20 mSv。任何一年内的有效剂量不超过 50 mSv。

对于随机影响的限值，周年接收的有效剂量应满足下列关系。

$$\sum_T w_T \sum_R w_R D_{TR} \leq 20 \text{ mSv}$$

其中： w_T = 组织权重因数

w_R = 辐射权重因数

D_{TR} = 辐射R使得器官或组织T平均吸收的剂量

辐射量和组织权重因数分别在附录B给出。

对于年龄和怀孕妇女的政策应该确认（增加18岁以下）。

对于内在的暴露，ALI基于20 mSv的有效辐射限值。

对于职业暴露在辐射环境中的有生殖能力的女性，假设辐射量的接收速率是接近平缓的，且不大可能怀孕超过两个月还不被知道的前提下，则不必特别考虑其剂量的限值。怀孕一旦被确认，在剩余的怀孕时间内，建议腹部表面所接收的辐射量不超过2 mSv，同时摄入的放射性核量不超过ALI值的1/20。通过孕妇的组织吸收外部的剂量以及核素的有限转移，从而减少胚胎和胎儿所承受的辐射，使得其低于公众的有效辐射限值1 mSv。

工作人员的有效辐射限值见表2，不包括自然环境中的辐射以及由于医学目的而造成的辐射。

表 2 工作人员辐射限值和公众辐射限值

应用	辐射限值	
	工作人员	公众
有效辐射	20 mSv/每年，连续超过 5 年周期内 平均每年的限值要求	1 mSv

每年相当的辐射量—— 眼晶状体	150 mSv	15 mSv
四肢（手和脚）或皮肤	500 mSv	50 mSv
<p>注1：限值是针对于在一定周期内由于外部暴露而接收的辐射量，以及同样周期内的 50 年（对孩子是 70 年）所接收的辐射量之和；</p> <p>注2：应采取进一步的预防，使得任一年内的有效剂量不超过 50 mSv。而且，如果女性员工声明已经怀孕，则对其胚胎和胎儿应提供与普通大众同样水平的保护；</p> <p>注3：在特殊条件下，适当的权威机构证明剂量限值要求需要进行暂时改变，则应遵循下列条件之一： a) 如果证明需要作暂时的改变，则对于不超过 5 年的周期，平均每年的有效剂量限值不应超过 50 mSv； b) 对于不超过连续 10 年的周期，则平均每年的限值为 20 mSv，且任何一年内的有限剂量不应超过 50 mSv。</p> <p>注4：在特定的条件下，只要超过 5 年时间内平均每年的剂量不超过 1 mSv，则某一年内允许更高的剂量；</p> <p>注5：不管暴露的总面积是多少，对于任何一个平均面积超过 1cm² 皮肤区域，都应采用相同的限值；</p>		

5.3.13.1.2 公众

对于公众暴露于辐射的情况，一般采用控制辐射源的方法多过采用控制环境的方法。控制是通过最优化过程和使用约束限值来实现的。一年内公众所接收的有效辐射量限值为1 mSv。在特定的条件下，只要超过5年时间内平均每年的辐射量不超过1 mSv，则某一年内允许更高的有效剂量。对于眼晶状体周年限值为15 mSv，而不管暴露的总面积是多少，对于任何一个平均面积超过1 cm²皮肤区域限值都是50 mSv。公众有效辐射限值见表2，不包括自然环境中的辐射以及由于医学目的而造成的辐射。

5.3.13.2 特殊情况下辐射量的限制/约束

由良好控制的操作引起的实际辐射值将低于表2的限值。对于特别类型的操作或职业情况，作为减少辐射量的一个处理部分，监管机构可以指定一个剂量的限制。还应考虑来自其他辐射源和实践中的辐射。

5.3.13.3 紧急情况中的辐射暴露

工作的剂量限值应用于紧急情况如拯救生命或者使事故处于可控制状态也许是不合适情况下，有必要限制紧急事件中的辐射暴露，尤其是要确保剂量低于一个有确定影响的下限值。紧急情况下的接收的剂量应和工作原因的辐射暴露区别对待。一旦紧急情况得以控制，则在后来的补救工作中员工所接收的剂量应被限制到正常工作时的限值。突发事件中引发了高辐射，或者人员受到放射性物质的严重污染，在紧急援救和医学救助后，应尽快考虑适当的监管机构提出的对其医疗护理建议。无论是否接收了大量的辐射，都应该提供辅导服务。

5.3.14 电离辐射的防护

5.3.14.1 通用要求

本条款适用于对来自任何辐射源的电离辐射危险的人员防护，例如来自辐射发生设备的电离辐射或者来自密封或非密封放射性物质的电离辐射。

暴露于电离辐射的控制基于一定的程序体系，它包括以下内容：

- 在适用的情况下避免暴露于任何电离辐射；
- 辐射源的隔离和工程控制的准备，包括屏蔽、包壳、远程控制技术以及局部排气孔；
- 采用安全的工作方式，包括适当地利用时间、距离、屏蔽和包壳来减少暴露于电离辐射的机会；

d) 在以上方法都不适用的情况下，采用安全保护设备来进行保护。

在考虑经济和社会因素的情况下，任何暴露于电离辐射的情况都应保持在合理地可达到尽可能低的程度。

公众人员在易接近的区域内所接收到的累积剂量不应超过 1.0 mSv/每年。在适用的情况下，限值条件可以应用表 B.5 中的占用率来放宽。

基于设计目的，工作人员以及公众所接收到的有效剂量应限制在表 2 中给出的有效剂量限值的一半以内。在设计过程中，适用表 B.5 给出的职业系数。设计时应从以下方面进行核查：

- a) 进行一个安全评估；以及
- b) 确保一周平均的量比率不超过表 B.5 中给出的限值。

永久安装在任何设施上的电离辐射防护应优先用于工作人员防护。保护性设备和器具应便于使用，且应定期或在发生任何改变后，由 RPO 进行核查后再投入使用。

所有有效的电离辐射束都应限制在最小的实用截面积内并且使其远离任何附近的未屏蔽的区域。

为特定目的而选用的未密封的放射性物质应具有对于从事的工作来说最低的放射性毒和最小的放射性。它们应被控制并且按照其进入人体的可能性最小的方式来使用。

所有可能具有电离辐射危险的区域应按照 RPO 的决定用适当的设备定期进行监测，并且记录结果。

当辐射剂量对于人体来说可能达到或者超过相关的限值时，应有另外一个人单独地作为观察者在场来确保所有相关的安全预防措施都被采用，以避免人员或设备的损失。

5.3.14.2 指定辐射区域 (DRA)

DRA 以及在其内进行的活动应每年或者在每次改变发生时由 RPO 进行检查。还应当由适当的人员进行更加频繁地检查。只有获得授权人员才能够被允许进去此类区域。这些区域是永久地，或者临时地容纳了超过政府法规所许可数量的放射性物质的区域或者是在其中有放射性设备工作的区域。

在每个 DRA 内从事的工作的性质和从事该工作的位置应当告知 RPO。RPO 也应确保保存在每个 DRA 内的放射性物质的接收、存放、使用和处置的记录。

5.3.14.3 辐射警告标志

在每个 DRA 的入口处应加贴电离辐射标志，标志应符合 GB 18871—2002 附录 F 的要求。这些警告标记可以与实验室通用危险标记整合在一起。

5.3.14.4 屏蔽

屏蔽的目的是确保任何人接受到的辐射剂量低于 5.3.2 的剂量限值，并且保证辐射剂量达到在合理情况下能达到的尽量低的水平。

附录 F 给出了针对不同类型辐射源，屏蔽材料的选择建议。

5.3.14.5 人员单独工作

应避免单独工作。当单独工作不可避免时，应采用一切可行的方法来减少人员单独工作的危险。

当单独工作时从事的所有任务应经过安全评估。这个评估应考虑拟做工作所涉及人员的经验和培训经历。在单独工作被批准之前还应由监督人进行额外的说明和培训。

当安全评估表明可能会有重大危险时，这些工作不应由人员单独进行。

当一个人员的身体条件导致在单独工作时可能引起危险或者生命威胁时，应通知 PRO 或者最高管理者。

当人员必须在日常工作时间后单独工作时，或者在一个隔离的或危险的区域工作时，应提供他们求救的方法。另外，应要求单独工作人员应答指定人员的定期监控电话。PRO或者最高管理者有责任安排这些定期监控电话。

附录F给出了不同类型辐射源的防护方法。

5.4 设备

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4的要求。

5.4.1 安全设备

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.1的要求。

5.4.2 个体防护装备

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.2的要求。

5.4.3 设备的安全

5.4.3.1 设备的采购

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.3.1的要求。

5.4.3.2 设备的安装、调试、和使用

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.3.2的要求。

5.4.3.3 设备的安全操作

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.3.3的要求。

5.4.3.4 设备的维护

应符合GB/T 27476.1—2014中5.4.3.4的要求。

5.4.3.5 电离辐射的防护—密封辐射源和辐射装置

5.4.3.5.1 本条适用于防止人员遭受密封放射源，比如用于利用物质中的放射性诱导变化来教学的密封放射源，产生电离辐射的设备，比如X射线发生器和粒子加速器，以及附带产生电离辐射的设备，比如电子显微镜、阴极射线管和高压电子整流器。这些放射源或设备可以用于有限空间或开放空间的安装。

在实验室中任何利用5kV以上的电压来加速电子的设备被认为可能在无意中产生X射线。

当可行时，应利用特殊的建筑空间，例如隔间或房间，来覆盖电离辐射源和辐射装置以使得处于该建筑空间以外的人员得到适当的防护，以避免有用的电离辐射束以及泄漏和散射的电离辐射的伤害。

一个辐射源或辐射装置可能引起外部电离辐射危险的区域应是一个DRA，应在适当的位置标识出的电离辐射标志和警告标志（见GB 18871—2002附录F），添加电离辐射安全说明、健康危害、应急处理文件。在建筑空间的内部和外部以及安装场所的附近应使用可见或/和可听见的信号在辐射发生以前和发生期间来提供警告。

5.4.3.5.2 对于任何电离辐射源及其被照射的物质来说一个有界的安装场所是一个设计的永久的建筑空间，以使得：

- a) 在辐射发生期间任何人都不被允许进入该空间；
- b) 辐射发生期间任何人都应能通过提供联锁装置来被阻止进入该空间；

- c) 对于大型建筑空间，在辐射开始前应有至少持续 20 s 的警报自动响起；
- d) 任何被意外地困在大型建筑空间的人员应可以在最短时间由合适的出口离开或者可以进入一个适当屏蔽的躲避处；
- e) 当辐射在一个大型建筑空间中发生时，该辐射应可以被停止或者从该空间内迅速地中断；该操作方式应不能从该空间外部复原；
- f) 在所有实际的操作条件下，建筑空间外部的人员应获得适当的保护；
- g) 在工作过程中，任何大型建筑空间外部的任何可触及表面不应超过 200 μSv /每小时，或者，如果非工作人员可以接近该外部表面时，不超过表 B. 5 给出的限值；
- h) 当未使用时，密封辐射源应可以由遥控控制以使其被收藏在建筑空间内部的适当屏蔽内；
- i) 所有的连锁和控制系统都应是具有自动保险装置的，并且，如果由电动控制，则一旦失去电力供应时应当由失效状态进入到安全状态。

5.4.3.5.3 因为操作的要求例如手持式设备的使用，一个开放的安装场所不得提供有界的安装场所使用的安全装置。在一个开放的安装场所，电离辐射源及其辐射照射物质应尽可能地被限制在与其它区域隔离的区域并且由适当的障碍物和警告标志描绘出该区域，以使得：

- a) 只有授权的人员可以进入该区域；
- b) 该区域外的所有人员在实际的操作条件下应被保护并满足 5.4.3.5 的要求；
- c) 授权人员应仅在该区域停留的时间应是实际调整该设备所必须的最短时间；并且
- d) 该设备应可以进行远程操作。

5.4.3.5.4 为了减少操作人员的辐射量，密封辐射源应仅使用远程方式操纵，例如镊子、长钳子、驱动带或类似设备。

屏蔽应设置得尽可能地接近辐射源。应采取预防措施来保护工作人员和附近区域的人员以避免遭受直接或者散射的电离辐射。未屏蔽的辐射源应进行远程控制并且操作时间尽可能短。对于高放射性辐射源的任何新的或者不熟悉的操作应先使用非放射性的模拟辐射源进行一次实际操作。

每个密封辐射源或它的容器应清晰地贴上标签来标明辐射源的放射性和特性，用连续的数字编号或者贴上标识符以此来辨识同一组织内的每一个辐射源。

负责人应保留每个密封辐射源的记录并且至少在每年或记录修订时对这些记录重新进行审查。记录应包括以下内容：

- a) 每个辐射源的序列号或者其它识别符号；
- b) 辐射源的化学成分、放射性核、接收日期以及接收时的放射性；
- c) 辐射源在组织内的每次移动；
- d) 辐射源离开组织的日期及其处理方式。

每个辐射源的记录应保存到其处理后两年。RPO 应通过定期地核查来确保每个密封辐射源均被满意地记录述，该核查结果应有文件记录。

RPO 应安排检查每个密封辐射源及其遮蔽物是否收到污染以及其密封的完整性，例如，每年用擦拭和涂抹的方法测试每个辐射源或者其遮蔽物。每 10 年以及觉察到有泄漏发生时进行一次泄漏测试。这些检查的细节也应该登录到记录文件中。

如果一个密封辐射源被腐蚀或破坏，或因为某种原因它被发现正在引起放射性污染，则辐射源应被密封在一个防漏的容器中并且在第一时间通知环保部门。

如果一个密封辐射源被确信遗失或者放错位置，应在第一时间通知 RPO。如果辐射源的损失已经被证实，则应在第一时间通知环保部门。

当不被使用时，密封辐射源应被储存在可靠的并充分屏蔽的容器内，该容器上应带有电离辐射标志（见 GB 18871—2002 的附录 F）。储存设备应满足 5.6 中的要求。

如果一个辐射源有释放放射性气体的可能性，则该储存地点应提供一个有效的机械方法，以使得在

该储存空间打开前放射性气体可以流通到外部大气。RPO 应决定是否有必要对空气进行监测。

高放射性中子辐射源可以激活它们的直接遮蔽物并因此而产生额外的辐射或者/和污染危险。

处理不再必需的失去效能的辐射源的可选择方式见5.6。

5.4.3.5.5 几种不同的分析方法利用 X 射线管产生的电离辐射。典型地，使用的 X 射线束都拥有非常小的横截面并且释放出非常高的剂量率，接近射线管窗口位置每秒几十格瑞，即使不考虑光的能量，在如此高的剂量辐射下暴露一秒钟就能产生严重的和疼痛性的灼伤或皮肤和皮下组织的坏死。对于这些分析性和研究性的设备，应提供特殊的额外预防措施；特别是，应采用有效方法来减少眼睛、脸和手指暴露于有用辐射束的几率。

X 射线管应安装在一个由不易变形的材料制成的保护性的并且防电击的屏蔽物内。

X射线管屏蔽物上的开孔应用遮帘遮闭或者用一个完全屏蔽的外壳覆盖。应提供一个有效的射线束阻挡物，使得有用的X射线束通过样品和分析中的部件后可以被该阻挡物所吸收。在下列情况发生时，应提供一个联锁设备，优先选择一个机械结构并且具有防失效功能的设备，来防止X射线的产生：

- a) 当外壳上的遮帘或光圈打开但正在分析中的部件和射线束阻挡物没有在位时；
- b) X射线管的屏蔽物被移除或者X射线管移出到屏蔽物外面时；
- c) 外壳与屏蔽物分离时；或
- d) 射线束阻挡物被移除时。

屏蔽物、遮帘、屏蔽外壳和射线束阻挡物的构造应使得在X射线管的任何实际工作条件下，离射线管表面5cm处的整体辐射量不超过100 μSv /每小时。

应提供“防失效”警告灯或/和发光标志并且联锁控制来清晰表示：

- a) 当一个X射线管工作时；和
- b) 任何遮帘或光圈打开时。

在设备上的这些发光警告应能被容易地分辨，并在必要的位置重复使用。

对每个X射线分析仪器应进行周期性的辐射调查。

当X射线产生过程中应移除部分屏蔽物进行调节工作时，在一个人员进行调节工作的同时第二个有经验的人员应该在场。这个第二人员应：

- a) 警告正在进行移动调节的人员该操作可能导致身体的某部分暴露在辐射下；
- b) 在调节的过程中进行任何必需的电离辐射监测；和
- c) 当调节完成时进行一个详细地监测调查。

X射线产生过程中，在任何条件下都不能借助肉眼来调节瞄准仪。

在辐射发生过程中，X射线管应被完全包裹并且装配上联锁装置。

5.4.3.5.6 柜式 X 射线机（X 射线分析设备除外）很少在实验室中使用。当这些设备被使用时，应考虑使用适当的代码。

5.4.3.5.7 对于高能粒子加速器的安全设计和操作的精确的规则，不能采用简单的方式进行编制。由它们产生的各种电离辐射要求不同的保护程序。

应从 RPO 或者其它专家那里寻求关于高能粒子设备的特殊危险的建议。当设计一种非标准的机器或设计一种非标准的操作的时候，在概念形成阶段就应该寻求专家的建议。

通常，一个粒子加速器应是一个封闭式装置。应尤其小心从混合辐射，例如X射线加中子，引起的危险以及从机器及其屏蔽物的局部或X射线靶导致的放射能引起的危险。对机器进行操作、维修和检查的过程中对X射线靶和潜在的活性部件进行处理时，应采取预防措施以防止外部辐射、放射性污染和放射性气体的产生。

5.5 检测方法

5.5.1 应符合 GB/T 27476.1—2014 中 5.5.1 的要求。

5.5.2 应符合 GB/T 27476.1—2014 中 5.5.2 的要求。

5.5.3 应符合 GB/T 27476.1—2014 中 5.5.3 的要求。

5.5.4 电离辐射监控

5.5.4.1 总则

电离辐射监控适用的地方包括对以下数据的测量：实验室的工作人员所受的辐射量，来自于外部的辐射率，实验室表面和物体的放射性污染的数量，空气和污水中放射性污染的数量。监控的频率由RPO决定。

没有哪一种仪器可以单独完成上述所有的监控检测，在某些情况下，需要不止一台仪器来完成全部的评估。此外，从既定的测试仪器中读取数据的时机也是不准确的，会产生误差。对于监测方法和可能出现的问题见附录C。

在有放射性物质或电离放射源的实验室，员工应配备有RPO指定的辐射监测设备。在每一个使用未密封放射源的实验室，都应至少配备一台适当的放射性污染检测设备。如果放射源（未密封的）异常活跃，或者辐射装置能够引起外部的辐射危险，则需要一台辐射率监控设备。

5.5.4.2 监测设备的校准

所有监测设备需要在第一次使用时进行校准，此后每年校准和维护或者保养一次。校准应依照权威机构提供的方法进行，校准记录应包括校准时间和所有校准项目的结果，并且校准记录自校准之日起保存两年。监测设备的校准应遵从电离辐射的国家标准。

5.5.4.3 个人监测

个人监测的首要目标是证明个人辐射量低于本部分规定的剂量。

对于每年可能受到的辐射量达到标准剂量的50%或者更多的员工，应采取连续的监控，除非有关当局采取其他的措施。

外部照射剂量的个人监测可以采用视频，热致发光剂量计，辐射光致发光计，电离或电子剂量计进行测量，或者这几种仪器的综合使用。如果未密封的放射性物质有裸露的可能，则检测将包括对外部放射性污染物的估测，以及在需要的地方估测吸入量，例如，通过对员工吸入气体的样本进行测试，对工作中与放射性碘接触的员工甲状腺进行测试以及对工作中接触可溶性物理放射核的员工的尿样进行分析。除了对全身所受辐射量进行测试外，外部辐射量对身体特定部位，例如手指的辐射量也需要测量。这些暴露在外的部位将对个人产生巨大的安全隐患。

5.5.4.4 辐射量的记录

工作人员辐射量的记录按要求应让个人了解，个人辐射量记录应保存50年，或环保部门要求的其他期限。

对于X射线分析设备，应储存仪器商提供的初始辐射剂量率检测结果，定期用辐射测量仪检测分布点并记录，对照厂家提供的辐射剂量率检测结果（见附录C）。

5.5.4.5 区域监控

5.5.4.5.1 外部辐射

辐射监控的目的是找出存在可评估辐射率或辐射产生变化的区域，以便使用于减少员工受到辐射的合理措施，如提供庇护或限制工作时间等，得以实施。

5.5.4.5.2 表面核污染

使用未密封放射性物质的地方，需要正规的核污染监控。密封的放射性源应按照5.4中的方法进行检测（见附录C）。

对于重粒子加速器或者高活性中子源的靶组件或者靠近靶的其他零件，在操作之前需先测量其辐射诱导程度。

5.5.4.5.3 散布在空气中的污染

实验室里会发生空气核污染。如果涉及到放射源的操作，可能会造成呼吸区中空气的辐射污染，则工作应在烟雾处理柜或者手套箱中进行（见附录C）。如果上述是不可实现的，RPO建议设置某种空气监控设备。

5.6 物料

5.6.1 物料信息

5.6.1.1 总则

应满足GB/T 27476.1—2014中5.6.1.1的要求。

5.6.1.2 化学品安全技术说明书和物品清单

应满足GB/T 27476.1—2014中5.6.1.2的要求。

5.6.1.3 标识和标签

应满足GB/T 27476.1—2014中5.6.1.3的要求。

5.6.2 物料的储存和使用

实验室内物料的储存、处理和使用应符合GB 15603和GB/T 27476.1—2014中5.6.2的要求。

在利用非密封放射性物质工作的过程中，除了要采取预防措施防止外部辐射，还需要采取预防措施防止放射性物质由呼吸、摄入或通过皮肤和伤口的吸收进入人体。

在实验室单次操作时能合理地安全处理的非密封放射性物质的数量取决于多种因素。其中最重要的因素是由于特殊放射性同位素导致的危险，它的挥发性、外部辐射水平、工作的性质以及实验室的设计。外部辐射照射量可以由屏蔽物、时间和距离进行控制。污染物的控制通常是依赖于建立适当的工作方法以及适当地关注实验室的设计、通风系统、内部装置和表面涂层。

实验室的门上应加贴电离辐射标志、电离辐射警告标志（见GB 18871-2002 的附录F）和适当的文字。未获得授权的人员不得进入任何此类实验室。

应保存放射性物质所有库存的记录。记录包括以下内容：

- a) 每种物质的性质和放射性；
- b) 接收的日期；
- c) 贮存和使用的地点；以及
- d) 处置的日期和方式。

从该放射性物质最后一次进入或处置的日期起，这些记录至少保存两年。

对于放射性废物的处置，要求进行特殊的安排。

5.6.2.1 贮存

放射性物质的使用和贮存应避免对邻近人员构成危险，确保不被盗窃或非授权下的挪用。但并非所有放射性物质都需要每天晚上都放在仓库内。

示例：把剧毒的阿尔法发射器放在仓库里要比放在带外套的盒子内正常工作危险的多。

放射性物质与非放射性物质隔离存放。

放射性物质应放于如下所述的上锁的仓库内：

- a) 仓库应处于水灾及其它自然或人为灾害的最小风险下。如果有可能遭受水灾害，如水管爆裂或屋顶漏水，仓库应具备能将放射性物质置于较高位置处，以便于排水的防护措施；
- b) 仓库由耐久防火物质制成；
- c) 仓库的内壁应是不易被污染的材料；
- d) 仓库应有可靠的屏蔽以确保仓库外部的放射性水平保持在：
 - 1) 对工作人员来说，不超过200 $\mu\text{Sv/h}$ ；
 - 2) 对公众，一周平均值不超过20 $\mu\text{Sv/h}$ 。
- e) 仓库的入口处应放置放射性警告标记；
- f) 仓库内应设置溢出盘来放置液体放射性物质。每个盘要有足够的容量来容纳盘内所有容器内的液体放射性物质，以保证材料复原；
- g) 仓库需具备排气系统，以防仓库里贮存的材料释放出放射性气体或蒸汽。抽取系统应在任何人员进入仓库以前就开动。若仓库中存放有镭，钷，铀的混合物，则空气应抽取至最低水平。空气抽取系统的排放口的设置应远离任何被占用的区域，并满足国家对有害排放的要求；
- h) 除了运送放射性物质出入之外，仓库应保持上锁。

所有装有放射性物质（包括废物）的容器应按如下所述进行标记：

放射性物质

部门/实验室.....
 放射性核素.....
 放射性.....
 内容描述.....
 日期：..... 签名：..... 姓名：.....

非密封的示踪剂水平的放射性残留物应存放在带相应的聚乙烯或橡胶瓶塞的玻璃容器内。

电离辐射会引起水分解，因此可用通风式的容器来存放水状放射性溶液。水状放射性溶液在处理前需要考虑中和废弃物的酸碱度。

注：化学性质稳定的溶液包含大约200 MBq的阿尔法放射性或2 GBq的贝塔放射性，在标准温度和压力下通常产生大约1 mL/月的气体。

5.6.2.2 使用

以下附加要求适用于非密封放射性物质的使用：

- a) 所有与非密封放射性物质有关的工作应与其它工作隔离，如果可能的话，此类工作应在一个为此目的单独预备的实验室中进行。当要使用的多种物质的放射性和放射性毒性水平相差较大时，优先选择单独的房间进行试验。
- b) 进食、喝水、抽烟和化妆品的使用等活动均不应在实验室中进行。食物、饮料、厨房器具或者餐具均不允许放置在实验室中。应有标志可以明确展示以上要求。
- c) 用于普通消费的食物和饮料不应与放射性物质一起贮存。
- d) 由于良好工作程序的重要性，在进行与非密封放射性物质有关的工作之前，应充分思考和理解

相关技术。

- e) 应使用非放射性物质进行练习以此来确保当使用放射性物质的时候,可以在最小的辐射照射和意外危险可能性下自信和迅速地进行操作。匆忙的操作会导致事故,拖延的操作可以导致更多的辐射照射,应在它们之间寻求一种平衡。
- f) 工作程序和一个意外事故的应对计划,该计划考虑每次可以合理地预测的辐射泄漏,应定期由 RPO 进行检查。这些工作程序和意外事故的应对计划应在实验室内显著展示。
- g) 实验室内应保持高度清洁。
- h) 应具备一个检测放射污染的合适方法。
- i) 应使用合适的检测设备进行一定类型和频率的辐射和污染调查。
- j) 在实验室中应始终穿着特别为放射性工作预备的保护性服装,即使在放射性等级很低的时候。
- k) 从事所有与非密封性放射性物质有关的工作时,应戴着适当的手套,并且在穿戴和脱下手套时应特别小心以避免污染手和手套的内表面。
- l) 出于个人目的而在实验室中使用的纸毛巾和棉纸应是一次性使用的。
- m) 实验室中使用的所有保护性服装都应在离开之前脱下并留在实验室内或放在紧靠着实验室的外面;外面用于放置服装的地方应被认为是放射性区域,例如,拥有一种潜在的污染危险。被污染的保护性服装不应与未污染的物品一起洗涤。
- n) 在实验室中不应进行嘴部动作,吸液管应是注射器或球状物,或者是带有一次性头的自动活塞型器皿。
注:推荐使用柔软的聚乙烯耐洗瓶。
- o) 在“放射性”区域内使用的所有试剂、工具和仪器应清晰地贴上标签,例如,使用油漆,并通常要保持在“放射性”区域内。当任何物品需要离开“放射性”区域时,应对其进行监测,如果有需要的话还要排除污染并贴上标签。这个标签应带有实验室的辨识信息、日期并带有保证该物品无污染的工作人员的姓名和签名。
- p) 用于操作非密封性放射性物质的所有工作试验台,以及液体废弃物的所有冲洗槽应带有一个放射性符号。
- q) 所有放射性配制品都应清晰地标记上放射性符号和化学成分、放射性核素、放射性、日期以及负责人的姓名。
- r) 所有与非密封液体放射源有关的工作应在一个双层容器或一个大的盘子内进行,例如,由不锈钢或塑料制成,这个盘子应使用吸水纸作为边界来限制溅洒的液体散布出来。
- s) 会产生蒸汽、喷雾、粉尘或放射性气体的操作应在一个通风橱或手套式操作箱中进行。
- t) 在实验室中应提供用于盛装固体放射性物质废弃物的适当容器,例如,滤纸、手套、绵纸、抛弃型的吸液管头、空的抛弃型分析试管以及类似材料。
- u) 盛满的废弃物容器应密封并贴上符合要求的标签。应根据 RPO 的建议为特殊的高放射性液体废弃物提供容器,并且该容器要作上适当的标记,必要时,该容器还应屏蔽。
- v) 当离开指定的放射性区域时,所有工作人员应彻底地洗手。应监测手、衣物和鞋来确保污染导出工作等级(DWL)没有被超过。进食前或进洗手间以及每天工作结束后离开指定的放射性区域之前都应严格地遵守这些程序。
- w) 实验室的清洁工作应由经过适当培训的人员来进行。为了减少空气传播的污染危险发生的可能性,建议使用湿清洁法。应为放射性同位素实验室准备仅用于该实验室的单独清洁设备。不赞成在放射性同位素实验室中使用真空吸尘器。如果要使用,则真空吸尘器应配备有高效的排气过滤装置。
- x) 为减少辐射剂量的最简单方法是远离辐射源,并且遥控设备的必要性应当由 RPO 来考虑,例如,镊子。

- y) 为了实验室的运作应在实验室中使用电加热。利用红外灯所带来的蒸发作用来减少飞溅、喷射和微滴污染。
- z) 维护工作，例如，接收槽、废弃物管道、排气管道的维修，应在 RPO 评估完任何潜在的辐射危险并为维护人员提供了适当的信息和指导后才进行，以确保维护人员采取了适当的预防措施来防止任何潜在危险的发生。

除了以上各条，应观察以下的预防措施：

- a) 在实验室中应尽量避免进行玻璃吹制，但是当必须进行现场玻璃吹制时，也不允许使用嘴进行吹制；
- b) 应使用带有可移除型聚乙烯垃圾桶或袋的废弃物箱。应当根据工作的性质来改变废弃物容器周围的屏蔽物的大小和要求，并应寻求 RPO 的指导；
注：见附录 F。
- c) 当对高放射性非密封源进行操作时，可能要求使用特殊的遥控工具；
- d) 为了更好的从事工作，计算设备通常应在一个独立的房间内。除了准备好的样品外，任何放射性物质都不能进入该计算室。在样品准备过程中用过的手套应在进入电脑间前脱下。

5.6.2.3 运输

放射性材料的运输应按 GB 11806 的要求，同时还要满足适用法规的要求。

5.6.3 放射性废物的贮存、运输和处置

采取一切合理可行的措施管理放射性废物，确保人类健康及环境不论现在或将来都得到足够的保护，并不给后代增加不适当的负担。采取有效地控制措施，确保放射性废物及其管理活动所引起的对工作人员和公众的辐射照射不超过国家有感法规和标准的规定，并保持在可合理达到的尽量低水平。确保各项放射性废物管理活动符合国家有关环境保护政策和要求，有利于经济、社会的可持续性发展。

5.6.3.1 贮存

5.6.3.1.1 目标

废物贮存的目标是在规定的贮存期间内确保废物不丢失、可回取和废物容器的完好，以便进一步处理、整备、运输或处置。

5.6.3.1.2 基本要求

5.6.3.1.2.1 固体废物的贮存

- a) 废物应按其放射性活度和所含核素半衰期的不同分类贮存。低、中放固体废物的贮存期一般不宜超过五年。应适时对废物进行相应的处理、整备或处置。
- b) 贮存库的设计和运行应便于废物包的监视、识别、回取和管理。
- c) 应根据库址的自然条件(如温度、湿度、空气中腐蚀性成分的含量)和废物特性(如侵蚀性、释热、放射性活度等)采取必需的措施(如通风、除湿、防火、防水、防震、防雷击、防撞击、屏蔽、冷却、实物保护、剂量监测等)，保证在规定的贮存期限内废物的安全和容器的完好。必要时，应对废物包进行探测，以便及早发现容器损坏、放射性泄漏或容器内有气体产生。
- d) 贮存库的设计应考虑适当的冗余度，以满足检修和事故工况下废物量可能增加的需求贮存库中废物的贮量(体积和放射性总活度)和贮存时间不得超过设计规定或审管部门的要求。对贮存含易裂变材料的废物库，应采取防核临界措施。

- e) 经过贮存衰变,如果废物的放射性活度浓度达到免管或极低放的水平,经审管部门批准可分别按免管废物或极低放废物进行处理或处置。
- f) 应为检修或退役中产生的大件废物设置贮存场所。贮存场所的设计应考虑废物安全和废物对场地的可能影响,以及废物回取和转运的可能性。拟送贮存场所的废物的表面剂量应达到运输规定要求。
- g) 贮存库应建立废物档案和出入库登记制度,保证废物始终处于有效监控之下。

5.6.3.1.2.2 废液的贮存

- a) 废液贮槽的材料应选用经过检验证明能耐所存放废液侵蚀的金属或其他材料。
- b) 废液贮存设施应至少有一个备用槽。备用槽的容量至少应与最大槽的容量相等。
- c) 废液贮存设施应设置多重安全屏障,如采用双层贮槽、加托盘和多种检漏装置;设置必要的检测仪表(温度、压力、液位、酸碱度等)以及通风、搅拌、转运和取样装置;采取监控废物特性和防止形成燃爆条件等措施。高放废液贮槽还应设置冷却、防核临界和控制气相中氢气浓度的系统。应采取保证设施的运行参数保持在可接受的限值内,防止放射性气溶胶和液态流出物超过规定的限值。

5.6.3.1.2.3 少量核技术应用废物的临时贮存

- a) 实验室产生的少量放射性废物(包括废放射源),经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。
- b) 应采用安全可靠的贮存容器,建立必要的管理办法,并配备管理人员,防止废物丢失或污染周围环境。
- c) 临时贮存期满前应把废物送往贮存库或废物处理、处置单位。
- d) 如果需要较长期(如几年)的就地贮存,应考虑保持废物包在此期间的完整性必要时应考虑将废物固定或把废物转移到耐辐照、耐侵蚀的容器中,并保证不对工作人员和环境造成危害。

5.6.3.2 运输

5.6.3.2.1 目标

废物运输的目标是确保废物安全到达目的地,即在整个运输过程中废物不泄漏、不丢失,废物包装不受损坏,环境不受污染,工作人员和公众所受的照射剂量低于GB 11806规定的限值。

5.6.3.2.2 基本要求

5.6.3.2.2.1 废物货包

废物货包应满足GB11806规定的有关要求,包括货包的类别、内容物、表面剂量和污染水平,货包的设计、制造、试验以及货包的标识和装运。应采用经检验合格的容器运输废物,并定期对循环使用的废物运输容器进行检查、去污和复验,以保证运输安全。

5.6.3.2.2.2 运输工具

应根据货包的特性和运输条件选择合适的运输工具。运输工具应有足够的承载能力、可靠的栓固货包的机构和明显的放射性货运标牌,并与所选择的运输路线相适应。必要时应采取辐射防护措施。

5.6.3.2.2.3 运输路线

选择运输路线应考虑:

- a) 沿途的人口和经济发展情况、军事设施和大型危险品仓库情况；
- b) 沿途的自然条件(地形、气候等)；
- c) 沿途的道路、桥梁、涵洞、隧道的通过能力和现状；
- d) 交通流量、事故发生率和通信条件；
- e) 沿途停靠地的社会治安状况和安全保卫条件；
- f) 货包转运的条件(起重和转运工器具等)。

5.6.3.2.2.4 运输计划

应按 GB 11806规定的要求制定严密的运输计划(包括应急安排)，以保证废物货包运输安全。

5.6.3.2.2.5 启运前的准备

启运前应为实施安全运输做好一切必要的人员、技术、仪表、物资、后勤支持和财务的准备工作，并需按法规要求获取准运许可。

5.6.3.2.2.6 运输中的要求

应按GB 11806规定的运输中的隔离、货包的摆放、中转存放、货包和运输工具的标志等要求，以及经审管部门批准的运输计划和路线进行运输。运输中应保持对货包的监控和可靠的通信联络。如运输途中出现异常情况，应按预定的应急安排及时与有关方面联系，同时采取必要的措施，保证人员、货包和环境的安全。严禁无关人员搭车。货包运抵目的地后必须按计划做好交接工作。

5.6.3.2.2.7 场内运输

应根据废物包的特性和场内运输条件考虑实施上述部分或全部废物运输的基本要求。各单位应对其负责的那部分场内运输工作加强管理，并负有安全责任。

5.6.3.3 处置

5.6.3.3.1 总则

凡是从工作中出现的放射性物质的残渣和废物都可称做放射性废物。处理该类废物必须征求咨询了RPO之后，并在得到许可后才能处理。除本条要求外，放射性废物处理应符合GB 14500，GBZ 133。

附录G包含了处理放射性废物的信息。

放射性核素能从一个机构中排放的最小限量应确保小到不足以伤害公众和任何相关的人群。

考虑放射性排放限值的时候，宜考虑到其他的暴露途径和设置合适的剂量限制。

当更低量的非密封放射性物质被用在实验室时，应经过相关领域专家同意后才能排放。

短半衰期的放射性物质应存放在安全的地方，允许逐渐衰变，或者稀释，这样其污染浓度能逐渐降到背景水平。他们能作为非放射性物质处，同时，更应该考虑的是长寿命的产品。在其被作为非放射性物质之前，标签和警示标志应从容器上移除。

5.6.3.3.2 固体废物

放射性废物可分成不同的种类。长半衰期高活性的放射性固体废物的处理须采取有RPO专家认可的相应的方法和条例。

见附录E。

对于易腐烂的固体废物，例如试验性动物尸体，应放入高密度聚乙烯塑料袋。该袋至少厚100 μm ，其中有个废物接收器，并贴上标签。对于短寿命的放射性核素，为了防止在衰减的时间段分解，接收器

应放入一个冷却器中，按照活性低的物质处理。对于长寿命的放射性核素，只要所选择的方法是有相关部门的许可，该固体废物按照以下方法进行：

- a) 焚烧；
- b) 在有监控的填埋场填埋；
- c) 处理成糊状，从而可以流入下水道中。

5.6.3.3.3 液体废物

如果由专家认可了，低活性液体废物，特别是能与水相混合的液体废物能排入池管道内，通过垂直灌入到后续的排水系统内。

当液体放射性废物用上述方式处理时，用冲洗池作为辅助手段，用大量的水来稀释，以稀释至达到相关部门的要求。对于特定的放射性核素，处理时间和所冲洗的次数都应予以记录。用于处理液体放射性废物的管道边应清晰地、并且永久性地标明好。准备在弃置之前进行的连接到贮存池处理，监控和放射性衰变的管道应与室内其他管道分开。液体放射性废物应通过冲洗池冲到建筑物的实验室内管道中。该建筑物内装有特殊的管道，这些管道是在排入下水道前将液体实验室废物输送到稀释池或坑内，这里的管道与土壤类的污染物的管道是分开的。这些管道应清晰、永久性地贴上标签。标签内容为放射性警示符号和警告其他危险物质，例如酸等。

维护人员应得到清楚的指示：所有的实验室管道都应被认为是危险的。在RPO或其他合适的人员评估潜在危险之前不得开展任何工作。这些指示文件应清楚的包括在有必要使用实验室管道系统时要用保护性服装。

挥发性液体、不能与水相溶的液体和特殊的高活性液体废物都应收集到有标签的玻璃瓶或者聚乙烯瓶中。有机液体废物要与水溶性废物分开放置。

生物可降解的，与水相溶的，液体性的易产生火花的溶剂在得到相关的水处理部门的许可之后可以排入水道内。这样的处理方法符合水处理部门的处理许可原则。

容易与水混溶的液体，如甲苯、二甲苯等不能排入下水道内。

如果使用了塑料瓶，强挥发性的有机溶剂，如甲苯和二甲苯很容易在几天之内透过塑料大量扩散。这能引起吸入或者火灾的危险。及时计算样品数目和弃置不用的瓶可以避免相关的危险。

如果得到相关的部门的许可之后，易产生火花的液体可以进行焚烧处理。焚烧塑料瓶或者带玻璃瓶的塑料盖子是个好方法。带金属盖子的玻璃瓶在焚烧炉内可能会爆炸。

含有长寿命或者高放射性物质的液体废物应通过相关部门的许可之后采取某种合适的方式。沉淀、浓缩或者其他方法时刻最后得到的固体废物可以作为固体废物来处理，剩余的液体物质可以作为低放废液来处理。

如果后续池用来收集液体在排入管道前的液体排出物的话，将单个的赤字的内容无混合时在取样之前应该做的工作。在确认得到的相关部门的测试结果符合要求之后，池中的内容才能排入管道内。为了不会出现非故意性释放出放射性物质，推荐用泵将这些物质泵入管道内。

通常来说，只有高水平的实验室才需要对这些液体废物按期监控。连续流量监测的方法已经发展成了监控液体废物的方法。但是这似乎不可能成为所有的实验室的可以采用的方法。对于大多数的放射性物质而言，最简单的方法就是取样品的废液，蒸发至干，然后在传统的计数设备中测试剩余物质的量。

一个可能被管理机构接收的可供选择的方法是论证日常稀释放射性物质的污水的流量。该流量是能将放射性物质稀释至低于相关部门所要求的排放限值水平以下的数值。

5.6.3.3.4 气态废物

通过过滤气溶胶或气态颗粒物或其他适当的收集或处理方法，气态放射性废物的排放应在源头减少到最低限度。排放的数量和速度不能超过管理机构所允许的量值。

通过管理机构能接受的合适的监控或其他的方法，可以将处理安排要依从于前述的原则。

从实验室或通风橱出口气体截留的污染物应当按照本部分的方法进行处理。

任何从实验室的通风橱排出的废气都要有效地分散到从敞开的大气中。排放和分散废气最终应达到人员不会接触排放的空气中的污染物以及能够再次进入原建筑物，或者进入附近超过这些地点的空气质量的建筑物或其他占用地点。

管道输送，风扇，气体清洁系统和排放出口都应清晰地用标签标明。

注1：污染物的低水平暴露值可能被适用于附近的公共居民。

注2：在最不利的气象条件下可以通过烟气和追踪气体测试，或者风道模型来证实是否一致。

5.6.3.3.5 密封性放射源的过剩处理方法

5.6.3.3.5.1 在以下情况密封性放射源就会过剩：

- a) 密封性放射源的活性衰减到它不再适合原来的用途；
- b) 使用这种源的试验或程序已完成或者不再继续；
- c) 密封性放射源发生泄漏；
- d) 密封性放射源的试验设备已经废弃或操作困难。

当一个源不适宜作为初始的用途时，它仍可能具有高放射性，应把它当作危险物质来对待。

5.6.3.3.5.2 选择 使用者可以考虑以下的操作方案：

- a) 在通知管理机构的情况下，在现有的活性水平下将该源转移给另一得到许可的使用者来使用；
- b) 将该有害密封性放射源还给初始提供者或源的循环利用者；
- c) 将短半衰期的放射性物质储存起来，以使它们衰减到可以最终处理；
- d) 收集并储存该源于一个临时的设施中，直到更好条件的设施到达为止；
- e) 将源的状态调节到最好并临时储存好，直到具备一个好的仓库为止。

一个具体的密封性放射源的处理方法的选择依赖于多种因素，如活性，同位素成分，购买合同的条款以及物理条件。无论如何，在作出选择之前应得到管理机构的批准。

附录 A

(资料性附录)

公众辐射照射的控制

A.1 介绍

本部分是关于实验室职业暴露于辐射的工作人员的安​​全，实验室运作时，实验室管理部门需要对任何由于实验室操作而引起的辐射照射进行控制。有两大类群体是被考虑的：

第一类需考虑的群体是工作于实验室或实验室附近，但其工作不是关于放射性物质或辐射制造器的人员，例如办公室职员。在某些情况下，也包括在临近的工厂或办公楼工作的人员。此群体与工作人员暴露于同一时期。在计算导出的极限值时，这种照射值设定为每天8小时，每周5天，每年50周

第二类需考虑的群体是生活在实验室附近人群，其生活中所呼吸的空气，或消耗的水和食物都可能被实验室排泄物所污染。此群体暴露时间会达到每天24小时每年365天，而且包括儿童和婴儿。

两类群体都适用于表2列出的公众推荐限值。这些极限值可能由于管理机构的约束而减少，并且在任何情况下，所提供的保护应当最有效地进行。

对于工作人员，其每年接收的辐射总量是外界有效值和内部来源摄入体内的有效值的总和。年度辐射总剂量不包括自然界辐射和个人接受内科或牙医治疗所导致的辐射。

A.2 公众持续接触区域的限量值

公众人员的建议限量值是每年1 mSv，可以是五年的平均值，在特殊情况下可以增加至每年5 mSv。此限值适用于公众从多来源接收辐射量的限制。为公众可能接触到的实验室邻近区域设定限值，可参考5.5和附录B。

A.3 公众和非职业受照人员的年均摄入量（ALI）和空气来源浓度（DAC）

计算公众的第二限量（ALI和DAC）时，建议的初始年限值为1 mSv，需要使用所呼吸的空气体积相适应的特定年龄数据，以及相关的放射性物理核种辐射剂量转换因子。ALIs和DACs是表B.3和表A.1所列出的职业值的1/20。

对于成人，推荐有限值的综合期是50年，对于儿童，则是70年。

A.4 非工作暴露于辐射人员

A.4.1 吸入

对于非工作暴露于辐射人员（为成年人），辐射的吸入仅仅发生在工作时间内，因此工作场所的默认AMAD值为 $5\ \mu\text{m}$ 。工作中吸入的空气中的量和工作人员是一样的，例如：在8小时工作日中是 9.6m^3 。这些量值在表A.2中给出。

A.4.2 摄取

ALI值在表A.1中给出，是表B.3中列出的工作人员量值的1/20。

A.5 公众人员

A.5.1 吸入

公众人员可能24小时都在呼吸着受污染的空气。一个成年人24小时呼吸的空气量为17.6 m³到27 m³之间，取决于其活动量以及性别。另外，对职业人士一年仅250天，而公众人员也许一年365天都暴露在辐射当中。

公众人员的默认AMAD值为1 μm。

公众人员的ALI值在表A.1中给出。这些值是基于参考16，使用默认的可溶解性吸收方式。

A.5.2 摄取

公众人员（成年人）摄取的ALI值在表A.1中给出，是表B.3中列出的工作人员摄取量值的1/20。

A.5.3 小孩和婴儿

婴儿，小孩，成年人的放射性核摄取量值系数参见相关国际标准。

婴儿和小孩通常有更高的量值系数，同时也吸入较少的空气，水和食物。这些因素互相抵消，从而使得限值不会随年纪而发生大的变化。

示例：

对于碘125，在表A.3中给出了BSS吸入量值的系数。

对一岁大的小孩，量值转换因数是 2.3×10^{-8} Sv/Bq。年度吸收剂量1mSv对应的吸收量为 4×10^4 Bq（ALI）。例如小孩每24小时吸入5.2 m³，DAC是23 Bq/m³。对于其他年纪，二级（次要的）限值在表A.4中给出。该例中，尽管ALI变化因数为5，DAC并没有随年龄有显著的变化，10岁小孩的限值为16 Bq/m³，仅仅比一岁小孩低30%。

A.6 量值的评估

A.6.1 非职业受照人员的量值评估

对于非职业受照人员，实验室例行检测程序中应包括足够多的对非辐射工作区域的测量方法，以评估这些人员所接收的辐射量。

A.6.2 公众辐射量的评估

职业受照人员所接收的辐射量易于检测和控制，而对公众个体则难以施加类似的控制方法。对于公众人员暴露的控制，通常采用控制辐射源的方法多于控制环境。必要的话，控制措施的有效性，可以利用“鉴定组”的概念，通过环境采样和建模计算来进行检验。

对公众人员，通常选择鉴定群组。这是一个有相似年纪和习性的人口群体，他们可能接收来自实验室操作中的最高暴露量。

被选定特定群组的平均剂量是通过测算实验室的空气传播和液体排量，或者适用时从环境直接测量的。

表A.1 公众人员的ALI和DAC值

核素	辐射毒性	ALI（吸入的）Bq	DAC Bq/m ³	ALI（摄取）Bq
H-3 气	4	5.6×10^{11}	6.9×10^7	不适用

H-3 水	4	3.8×10^6	4.8×10^2	5.6×10^7
H-3	4	2.4×10^7	3.0×10^3	2.4×10^7
C-11 水蒸气	4	3.1×10^6	3.9×10^4	4.2×10^7
C-11 一氧化物	4	8.3×10^8	1.0×10^5	不适用
C-14 水蒸气	4	1.7×10^6	2.1×10^2	1.7×10^6
C-14 二氧化物	4	4.5×10^6	5.6×10^4	不适用
C-14 一氧化物	4	1.3×10^9	1.5×10^5	不适用
钠-22	3b	7.7×10^5	9.5×10^1	3.1×10^5
钠-22	3b	3.7×10^6	4.6×10^2	2.3×10^6
磷-32	3a	2.9×10^5	3.5×10^1	4.2×10^5
磷-33	3b	6.3×10^5	7.7×10^1	4.2×10^6
硫磺-35 无机物	3b	7.7×10^5	9.5×10^1	7.7×10^6
硫磺-35 有机蒸气	4	8.3×10^6	1.0×10^3	1.3×10^6
钾-40	4	4.8×10^5	5.9×10^1	1.6×10^5
钾-42	4	8.3×10^6	1.0×10^3	2.3×10^6
钙-45	3a	2.7×10^5	3.3×10^1	1.4×10^6
钙-47	3a	4.8×10^5	5.9×10^1	6.3×10^5
钪-51	3b	1.4×10^6	1.7×10^2	1.9×10^6
铬-51	4	2.7×10^7	3.3×10^3	2.6×10^7
铁-55	3b	1.3×10^6	1.6×10^2	3.0×10^6
铁-59	3a	2.6×10^5	3.3×10^1	5.6×10^5
钴-57	3b	1.0×10^6	1.2×10^2	4.8×10^6
钴-58	3b	4.8×10^6	5.9×10^1	1.4×10^6
钴-60	2	3.1×10^4	3.9×10^1	2.9×10^5
钴-60m	4	7.1×10^8	8.8×10^4	5.9×10^8
铜-64	4	8.3×10^6	1.0×10^3	8.3×10^6
铜-67	3b	1.6×10^6	2.0×10^2	2.9×10^6
锌-65	3a	4.5×10^6	5.6×10^1	2.6×10^5
锌-69	4	3.6×10^7	4.4×10^3	3.2×10^7
镓-67	3a	4.5×10^6	5.6×10^1	2.6×10^5
镓-68	3b	2.0×10^7	2.5×10^3	1.0×10^7
锆-68	2	7.1×10^4	8.8×10^0	7.7×10^5
硒-75	3b	7.7×10^5	9.5×10^1	3.9×10^5
溴-82	3b	1.6×10^6	2.0×10^2	1.9×10^6
铷-86	3b	1.1×10^6	1.3×10^2	3.6×10^5
铈-89	3a	1.3×10^5	1.6×10^1	3.9×10^5
铈-90	2	6.3×10^3	7.7×10^1	3.6×10^4
钇-90	3b	6.7×10^5	8.2×10^1	3.7×10^5
钼-99	3b	1.0×10^6	1.2×10^2	8.3×10^5
铪-99m	4	5.3×10^7	6.5×10^3	4.6×10^7
镉-109	2	1.2×10^5	1.5×10^1	5.0×10^5

铀-111	3b	4.3×10^6	5.4×10^2	3.5×10^6
碘-123	4	1.4×10^7	1.7×10^3	4.6×10^6
碘-124	3a	2.3×10^5	2.8×10^1	7.7×10^4
碘-125	2	2.0×10^5	2.4×10^1	6.7×10^4
碘-131	2	1.4×10^5	1.7×10^1	4.6×10^4
碘-132	4	9.1×10^6	1.1×10^3	3.5×10^6
铯-131	4	2.1×10^7	2.6×10^3	1.7×10^7
铯-137	3a	2.6×10^4	3.2×10^0	7.7×10^4
钷-153	3b	1.6×10^6	1.9×10^2	1.4×10^6
铈-165	4	1.6×10^7	2.0×10^3	9.1×10^6
镱-169	3a	3.3×10^5	4.1×10^1	1.4×10^6
铽-192	3a	1.6×10^5	2.0×10^1	7.1×10^5
金-198	3b	1.1×10^6	1.4×10^2	1.0×10^6
钪-201	4	2.3×10^7	2.8×10^3	1.1×10^7
镭-226	2	1.1×10^2	1.3×10^{-2}	3.6×10^3
镭-241	1	1.0×10^1	1.3×10^{-3}	5.0×10^3
混合物				
铀-90+钍-90	2	1.2×10^4	1.5×10^0	6.5×10^4
镭 226+d	2	5.9×10^2	7.3×10^{-2}	9.3×10^3
钍 nat (金属)	4	2.4×10^1	2.9×10^{-3}	6.6×10^3
钍 226+d	4	7.4×10^1	9.1×10^{-3}	6.6×10^3
铀 nat (金属)	4	1.1×10^2	1.4×10^{-2}	2.1×10^4
铀-238+d	4	7.0×10^1	8.6×10^{-3}	4.0×10^3

表A.2 每天吸入空气量的 ICRP-推荐值

活动量	呼吸的空气量 m^3	
	轻型工作	重型工作
睡眠, 8 小时	3.6	3.6
工作的 (5.5 小时轻型工作+2.5 小时休息, 坐着的) (7 小时轻型工作+1 小时重型工作)	9.6	13.5
非工作的 (4 小时休息, 坐着的+3 小时 轻型工作+1 小时重型工作)	23	27
24 小时的	23	27

注: 对于吸入量: 暴露在工作环境中限值为 $5\mu m$, 对暴露在公共场所中限值为 $1\mu m$;
特定年龄的吸入量换算因数参见有关国际文件。

表A.3 特定年纪吸入碘 125 的数据

年龄	24 小时呼吸的空气量 m^3	吸入量的系数 Sv/Bq
1	5.2	2.3×10^{-8}

5	8.8	1.5×10^{-8}
10	15.3	1.1×10^{-8}
15 (男性)	20.1	7.2×10^{-9}
>17 (男性)	22.2	5.1×10^{-9}

表A.4 碘 125 的 ALI 以及 DAC 值随年龄的变化

年龄	ALI Bq	DAC Bq/m ³
1	4×10^4	23
5	7×10^4	21
10	9×10^4	16
15 (男性)	1×10^5	19
>17 (男性)	2×10^5	24

BB

附 录 B
(资料性附录)
导出辐射防护标准

B.1 范围

这个附录提供了电离辐射防护导出标准的信息。

B.2 电离辐射危险

暴露于电离辐射对生物的影响是复杂的，它受照射量、照射率、照射范围、照射部位、电离辐射的类型等多种因素的影响。

电离辐射的生物效应可以总结如下：

- a) 身体上——影响负责维持人体功能的活体细胞的正常运行；
- b) 遗传上——影响负责保持遗传特性的生殖细胞的正常运行。

人的全身在短时间内接受大约3 Sv或更大的有效剂量，可以导致辐射疾病。反过来说，长时间暴露于低剂量的电离辐射中，可以增加癌等疾病的发生率。

通常，当电离辐射的剂量减少时，电离辐射对活体物质的有害影响也会相应的减小。有明显证据表明，大剂量的电离辐射是有害的。然而，人类和其他物种已经进化到可感知自然界发生的电离辐射的程度。辐射保护的实践表明，在职业暴露的范围内，辐射的剂量和导致的反应是呈线形的，对于光子和电子来说，单位剂量产生的危险性大约是高剂量和高剂量比率情况下的一半。

B.3 修正因数

考虑到不同类型的辐射和组织辐射敏感度所对应的不同的生物有效性，修正因数应用于吸收剂量的值（以戈瑞为单位）以获得能够与5.3.2给出的限值进行比较的剂量值。辐射权重因数的值在表B.1中给出，组织权重因数在表B.2中给出。

表B.1 辐射权重因数

辐射的类型及能量范围	辐射权重因数, ω_R
光子, 所有能量	1
电子及介子, 所有能量	1
中子, 能量 < 10keV	5
10keV ~ 100keV	10
> 100keV ~ 2MeV	20
> 2MeV ~ 20MeV	10
> 20MeV	5
质子 (不包括反冲质子), 能量 > 2MeV	5
α 粒子、裂变碎片、重核	20

表B.2 组织权重因数

组织或器官	组织权重因数, ω_T	组织或器官	组织权重因数, ω_T
性腺	0.20	肝	0.05
(红)骨髓	0.12	食道	0.05
结肠	0.12	甲状腺	0.05
肺	0.12	皮肤	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	其余组织或器官	0.05
乳腺	0.05		

表B.3 一般放射性物质的特性

核子	辐射毒性组别	半衰期	主β射线的最大能量 MeV (% 富余)	主γ射线能量 MeV (% 富余)	未防护的γ剂量 等级从1GBq 在 1m, μSv/h	最大限制性职业吸 入 ALI Bq	职业 DAC Bq/m ³	最大限制性职业摄 取 ALI Bq
H-3 (空气)	4	12.3y	0.018	--	--	1.1×10^{13}	4.6×10^9	--
H-3 (含氚的水蒸气)	4					7.7×10^7	3.2×10^4	1.1×10^9
H-3 (有机的范围)	4					4.9×10^8	2.0×10^5	4.8×10^8
C-11	4	20.38m	0.96 (98%)	0.511 (200%)	194	--	--	8.3×10^8
C-11 (蒸气)	4		(正电子)			1.7×10^{10}	6.9×10^6	--
C-11 一氧化物	4					9.1×10^9	3.8×10^6	--
C-11 二氧化物	4					6.3×10^9	2.6×10^6	--
C-14	4	5730y	0.156 (100%)	--	--	--	--	3.4×10^7
C-14 (蒸气)	4					3.4×10^7	1.0×10^7	--
C-14 一氧化物	4					2.5×10^{10}	3.8×10^6	--
C-14 二氧化物	4					9.1×10^9	1.4×10^4	--
N-13		9.97m	1.190 (100%)	0.511 (200%)	194	--	--	--
O-15		2.04m	1.7 (100%)	0.511 (200%)	194	--	--	--
			(正电子)					
F-18	4	1.83h	0.635 (97%)	0.511 (193%)	188	2.2×10^8	9.0×10^4	4.1×10^8
			(正电子)					
Na-22	3b	2.6y	0.540 (89%)	0.511 (180%)	360	1.0×10^7	4.2×10^3	6.3×10^6
			(正电子)	1.270 (100%)				
Na-24	3b	15h	1.390 (99.9%)	1.370 (100%)	520	3.8×10^7	1.6×10^4	4.7×10^7
				2.750 (100%)				
P-32	3a	14.3d	1.700 (100%)	--	--	6.9×10^6	2.9×10^3	8.3×10^6

P-33	3b	25.4d	0.249 (100%)	--	--	1.5×10^7	6.4×10^3	8.3×10^7
S-35 (无机)	3b	87d	0.167 (100%)	--	--	1.8×10^7	7.6×10^3	1.5×10^8
S-32 (有机的范围)	4					1.7×10^8	6.9×10^3	2.6×10^7
K-42	4	12.4h	3.52 (82%) 2.0 (18%)	1.520 (18%)	39	1.0×10^8	4.2×10^4	4.7×10^7
Ca-45	3a	163d	0.260 (99.9%)	--	--	8.7×10^6	3.6×10^3	2.8×10^7
Ca-47	3a	4.54d	0.690 (82%) 1.990 (18%)	1.300 (75%)	160	9.5×10^6	4.0×10^3	1.3×10^7
Sc-47	3b	3.351d	0.440 (68%) 0.601 (32%)	0.159 (68%)	22 6.3	2.7×10^7	1.1×10^4	3.7×10^7
Cr-51	4	27.7d	--	--	--	5.6×10^8	2.3×10^5	5.3×10^8
Fe-55	3b	2.7y	--	0.005 (16%)	--	2.2×10^7	9.1×10^3	6.1×10^7
Fe-59	3a	45d	0.470 (53%) 0.270 (46%)	1.100 (57%) 1.290 (43%)	180	6.3×10^6	2.6×10^3	1.1×10^7
Co-57	3b	271d	--	0.122 (86%) 0.136 (10%)	41	3.3×10^7	1.4×10^4	9.5×10^7
Co-58	3b	71d	0.475 (14.8%) (正电子)	0.511 (29.8%) 0.810 (99%)	170	1.2×10^7	4.9×10^3	2.7×10^7
Co-60	2	5.3y	0.318 (100%)	1.170 (100%) 1.330 (100%)	370	1.2×10^6	4.9×10^2	5.9×10^6
Cu-64	4	12.58h	0.578 (37%) 0.653 (18%) (正电子)	0.511 (35.7%)	36	1.3×10^8	5.6×10^4	1.7×10^8
Cu-67	3b	61.7h	0.390 (56%)	0.090 (17%)	24	3.4×10^7	1.4×10^4	5.9×10^7
Zn-65	3a	244d	--	1.115 (50.7%)	89	7.1×10^6	3.0×10^3	5.1×10^6

Ga-67	3b	3.26d	--	0.093 (35.7%)	30	7.1×10^7	3.0×10^4	1.1×10^6
Ga-68	4	67.7m	1.900 (88%)	0.511 (178%)	179	1.5×10^8	1.0×10^5	2.0×10^8
Ge-75	2	288d	--	0.020 (67.7%)	16	2.5×10^6	1.1×10^3	1.5×10^7
Se-75	3b	119.8d	--	0.265 (59.8%)	230	1.2×10^7	4.9×10^3	7.7×10^6
Br-82	3b	1.47d	0.444 (98%)	0.62 (43%) 0.70 (28%) 0.93 (24%) 1.04 (27%) 1.32 (27%) 1.48 (16%)	440	2.3×10^7	9.5×10^3	3.7×10^7
Rb-86	3b	18.7d	0.697 (8.8%) 1.774 (91.2%)	--	15	1.5×10^7	6.4×10^3	7.1×10^6
Sr-89	3a	50.5d	1.49 (100%)	--	--	3.6×10^6	1.5×10^3	7.7×10^6
Sr-90	2	29y	2.280	--	--	2.6×10^5	1.1×10^2	7.1×10^5
Y-90	3b	2.67d	2.280 (100%)	--	--	1.2×10^7	4.9×10^3	7.4×10^6
Mo-99	3b	2.8d	0.436 (17%) 1.210 (83%)	0.74 (13%)	31	1.8×10^7	7.6×10^3	1.6×10^7
Tc-99m	4	6.0h	--	0.14 (89%)	33	6.9×10^8	2.9×10^5	9.1×10^8
Cd-109	2	462d	--	--	50	2.1×10^6	8.7×10^2	1.0×10^7
In-111	3b	2.8d	--	0.245 (94%) 0.171 (90%)	140	6.5×10^7	2.7×10^4	6.9×10^7
I-123	4	13.2h	--	0.159 (83.4%)	75	1.8×10^8	7.6×10^4	9.1×10^7
I-124	3a	4.18d	--	0.027 (30%) 0.511 (46%) 0.603 (59%)	205	3.2×10^6	1.3×10^3	1.5×10^6
I-125	2	60d	--	0.027 (39%)	74	2.7×10^6	1.1×10^3	1.3×10^6

I-131	2	8d	0.610 (89%)	0.360 (81.2%)	77	1.8×10^6	7.6×10^2	9.1×10^5
I-132	4	2.3h	1.185 (18.9%)	0.670 (98.7%)	390	1.0×10^8	4.2×10^4	6.9×10^7
Cs-131	4	9.7d	--	--	34	4.4×10^8	1.9×10^5	3.4×10^8
Cs-137	3a	30y	0.510 (94.6%)	0.660	103	3.0×10^6	1.2×10^3	1.5×10^6
Sm-153	3b	46.7h	0.690 (43%) 0.640 (35%)	0.103 (28%)	24	2.9×10^7	1.2×10^4	2.7×10^7
Dy-165	4	2.33h	1.19 (14%) 1.29 (83%)	--	6.2	2.3×10^8	9.6×10^4	1.8×10^8
Yb-169	3a	32.0d	--	0.590 (35%)	88	8.3×10^6	3.5×10^3	2.8×10^7
Ir-192	3a	74.d	0.540 (41%) 0.670 (48%)	0.320 (82.8%) 0.468 (48%)	160	4.1×10^6	1.7×10^3	1.4×10^7
Au-198	3b	2.7d	0.960 (98.8%)	0.410 (95.5%)	79	1.8×10^7	7.6×10^3	2.0×10^7
Tl-201	4	3.04d	--	0.167 (10%)	24	2.6×10^8	1.1×10^5	2.1×10^8
Ra-226	2	160y	--	--	3.2	9.1×10^3	3.8×10^0	7.1×10^4
Am-241	1	432y	--	0.0139 (42.7%) 0.060 (35.9%)	85	7.4×10^2	3.1×10^{-1}	1.0×10^5
混合物:								
Sr-90+Y-90	2	29y	2.28	--	--	5.1×10^5	2.1×10^2	1.3×10^6
Ra-226+d	2	1600y	3.27	0.8	223	5.0×10^4	2.1×10^1	1.3×10^5
Th 金属(新近化学分离的钍 - Th-232+ Th-228)	4	1.4×10^{10} y	--	--	--	6.6×10^2	2.7×10^{-1}	1.3×10^5
Th-ore	4	--	0.04 0.33 1.28 1.52	0.24 0.58 0.91 0.97	340	3.1×10^3	1.3×10^0	1.3×10^5

			1.80 2.25	2.61 --				
U 金属（新近化学分离的铀 - U-238 + U-234）	4	4.5 × 10 ⁹ y	--	--	--	3.2 × 10 ³	1.3 × 10 ⁰	4.3 × 10 ⁵
U-ore	4	--	0.02 0.06 0.19 0.67 0.73 1.51 1.54 2.28 3.27	0.05 0.13 0.30 0.35 0.61 0.80 1.12 1.76 --	150	3.5 × 10 ³	1.5 × 10 ⁰	1.1 × 10 ⁵
<p>注1：基于 5 μm 的 AMAD 气溶胶和每年 2400 m³ 的呼吸率。</p> <p>注2：衰变产物辐射。</p> <p>注3：与衰变产物一起下降到 Pb-210。</p> <p>注4：0.5 mm pl-ir 封装的平均有效能。</p> <p>注5：存在所有衰变产物。</p> <p>注6：按照 Th-232 的 GBQ，所有衰变产物都存在。如果不存在钍及其即时短寿命衰变产物，则除以 4。</p> <p>注7：对于铀矿石和铁矿石，活性为总贝克勒尔。转换为活性，乘以 0.6。</p> <p>注8：根据 GBQOF U-238，所有衰变产物均存在。如果不存在氦及其即时短寿命衰变产物，则除以 20。</p>								

B.4 放射性同位素危险规定值

放射性同位素危险规定值，显示在表B.3里用辐射毒性群体来分类，根据具体活动的组合，由于该活动而吸入或咽下的放射性物质的数量，以及最需限制吸入的ALI。

表B.4 得出的表面污染物工作等级

辐射毒性组别	实验室内允许残留污染物的最高等级 Bq/cm ²	皮肤上或实验室内其他物件上残留污染物的最高等级 Bq/cm ²
组别 1	0.1	0.01
组别 2	1	0.1
组别 3a	10	1
组别 3b	100	10
组别 4	1000	100

注：辐射毒性组别在表B.3中列出。

根据放射性同位素的危险程度，它们被分别列入了四个小组。组1 包含的放射性同位素具有非常高的危险性；组2包含的放射性同位素有较高的危险；组3 包含的放射性同位素具有中等危险性，其中子群3b的危险性比子群3a低一些；组4 包含的放射性同位素的危险性较低。

表B.3中没有被包括的放射性同位素，必要时，将由管理当局分配到一个放射性同位素的危险小组中。由管理当局发布的关于放射性同位素的分类情况会在表B.3所示内容的基础上有所变化。

B.5 导出安全标准

放射性物质倾向于富集在特定的组织器官中。基于此计算出了放射性物质的年摄入量(ALI)以及导出空气浓度(DAC)。

表A.1列出了绝大多数相关职业的ALI以及DAC限值和常用放射性核素的其他性质。

B.6 导出工作限值

通常来说，实验室中日常表面最大污染剂量有一个限值，离开实验室后体表或者其他表面的残存辐射剂量有一个较低的限值。基于辐射毒性组别，建议的DWL值在表B.4中列出。

同样也有基于水体或者其他环境污染源设定的DWL值。

B.7 剂量约束

个人(特定职业或者公众)活动导致各种致电离辐照或者间接辐照，其接受的总剂量不可超过某个剂量约束值。这个限值基于每种辐射源产生的辐照值，通过一系列优化推导而出，其目的在于将辐照限制在实际可行的最低水平上。

B.8 占用率因子

5.5 中，特定区域的允许剂量率计算需引入表 B.5 中的占用率因子(F)：

$$P = C/F \text{ mSv 每年}$$

其中 P=修正后的公众场合中个人允许剂量率

C=剂量约束值，由管理部门制定。(通常 C=1，除非管理部门制定了其他值)

F=占用率因子，见表B. 5。

表B. 5 占有因素和指定因素

占有区域	假定的占有值 (小时/年)	占有因素 (F)	允许的最高剂量值 (μ Sv/小时)
工作区域 实验室，办公室 暗室，邻近建筑物被占用的房间	2000	1	0.5
杂物间	100	1/20	10
无人看守的停泊区域，无人看守的等候室， 走廊，楼梯，自动电梯，小径，车行道	50	1/40	20
<p>注1：当平均值超过一周时，用 0.5 作为限量值</p> <p>注2：占有因素以参考 24 为基础；</p> <p>注3：表 B. 5 中未列出的任何区域，RPO 可指派为以上任何占有因素。</p>			

附 录 C
(资料性附录)
电离辐射测量

C.1 范围

本附录说明了电离辐射及辐射污染的测量方法及过程。

C.2 总则

随机波动产生于辐射过程中的放射源，在低强度辐射中占有最重要的地位。这些随机波动及固有的背景辐射，限制了辐射测量所能达到的精确度。

选用辐射测量仪器时应该结合自己的使用意图。

选用测量仪器时还必须考虑到仪器的以下特性：

- a) 所测辐射的种类；
- b) 辐射覆盖的能量范围；
- c) 要测量的物理量(计数，计数速率；剂量，剂量率)；
- d) 仪器测量范围；
- e) 能量依赖性；
- f) 强度依赖性；
- g) 几何依赖性；
- h) 灵敏性；
- i) 精确度；
- j) 效率；
- k) 响应时间；
- l) 对外部干扰因素的敏感程度(光照，射频场，磁场)；
- m) 对脉冲及连续辐射的响应特性；
- n) 轻便性；
- o) 电源供应；
- p) 维护和保养；
- q) 温度，湿度及屈地依赖性。

某些仪器中的探测装置对暴露的在同一辐射中的人体组织会有不同的反应，因此在读取仪器示值时必须小心。此外，还有一些仪器的使用受到它自身局限性的影响。在使用仪器之前，操作人员应了解这些局限性。例如：

- a) 高强度辐射区间内“盖革”计数器的饱和及折叠；
- b) 当探测器探测得的辐射总容量比横贯容量大时做出偏小的判断；
- c) 当探测器与所测辐射的种类及能量不匹配时做出错误的判断。

通常，仪器在被首次使用前，环境保护部门应确保它们已通过计量部门的测试及校准。在以后的使用过程中，应建立仪器质量保证程序，并定期对其进行可溯源再次校准。仪器质量保证程序及重新校准同样应获得计量部门的批准。在仪器使用正常无须重新校准的情况下，比较切合实际的做法是一年进行

一次可溯源重新校准。正确适当地对仪器进行维护；当出现会影响测量精度的故障，应对仪器进行维修时，维修完毕之后应重新校准该仪器。对仪器检测校准的结果及日期应该记录存档，存档文件保留两年。

仪器内部的电池应该充电或更换，以保证仪器的可持续使用。

以监测为目的的放射性测量可以分为五类，在以下各部分说明。为选择合适的监测设备，应向放射保护协会征求意见。

C.3 个人剂量测量

整体外部剂量可以用个人剂量监测装置来测量，通常包括热释光剂量计(TLD)，电子显示剂量计(EID)和胶片剂量计等。测量时应将装置佩带在人体上半身各部位。个人剂量监测装置如果设计适当，可以测量 β ， x ， γ 及慢中子等射线所致剂量。快中子所致剂量采用另外一种特殊的个人剂量计来测量。

只要佩带者处于均匀且各向同性的辐射场中，可以采用个体剂量计对整体剂量进行测量。靠近小尺寸放射源，或对产生窄射束辐射的装置的操作，都会使人体暴露在极不均匀的辐射场中。此种情况下应测量局部剂量。将附加的个人剂量计佩带在手腕，前额及身体其它部位，可以很有效地测量局部剂量。指尖局部剂量采用热释光剂量计来测量比较合适。

除以上介绍的几种个人剂量计之外，还有直读式剂量计，它能有效地测量高 γ 射线所致剂量，并能对剂量累积率进行连续监测。

每一台个人剂量计都应当编号，仅供单人使用，规定期限之前准时交回。

专为个人设计的个人剂量计应当佩带在个人身体上，不能用来测量固定位置剂量，譬如一张长凳子的剂量；如要测量固定位置剂量，应当由RPO提供专门的剂量计。

个人剂量计也存在很多局限性，降低了它的实用性。某些类型的个人剂量计在平时使用中不能测量低能 β （譬如从H-3中发出来的 β 射线），辐射，低能 x ， γ 或者脉冲辐射等射线所致剂量。

内部剂量的测量要比外部剂量困难。有三条评定身体内部放射性的途径可以尝试，即：

- a) 测算或估计暴露参数，计算接收剂量；
- b) 测量人体排泄物（尿液，粪便及呼出气体）的放射性，计算人体内部剂量；
- c) 直接测量器官或身体的放射性剂量，如甲状腺检测器和全身计数器。

确定接收剂量和体内放射性物质含量之后，便可计算内部剂量。

对于摄入性辐射，通过良好的卫生习惯和操作规范可以有效的避免，因此吸入性辐射因作为重点防护。空气辐射污染含量可以通过个人空气取样器进行有效的测量。但使用静态取样测试工作人员呼吸区域的空气污染含量，会产生误差，可使用计算修正因素解决这个弊端。已知该值之后，假设平均每小时呼吸速率为1.2立方，吸入1 ALI产生20 mSv的有效辐射量，便可计算出人体接受的辐射含量。

如果测试结果大于每年10 mSv，则需要进行更深入的测评，这些不属于本标准的范围之内，相关的管理机构会提供此方面的测试评估工作。

C.4 外部辐射的测量

外部辐射主要通过剂量率测量表进行测试，通常是由电离室、“盖革”计数管、闪烁探测器组成。

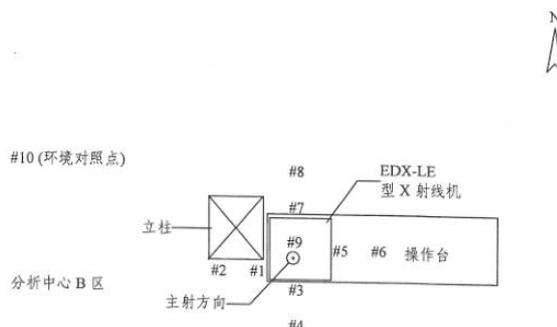
在使用或测试新的放射性仪器，或是更换试验设备当时就进行全面的监测是很有必要的。等X射线形成范围以后再行测评，就没有作用了。使用密封或非密封放射性物质时，应时常对周围环境进行监测，因为该放射范围会移动，且会变换方位。

测试X射线装置，比如：X射线衍射仪，发出的窄射束所产生的辐射比较特殊，因为散射辐射的主要放射线束横截面小，能量低，需要采用计数精确的灵敏测试仪，也可以采用辐射探测照相法对存在的放射线进行有效的监测。在监测诸如此类X射线装置时，需要格外小心，即使试验条件有微小的变化都要

引起格外的注意。另外，高能装置也会产生同样的问题，还会伴有强能量光谱和产生不同类型微粒的情况。

电子显微镜和电子衍射仪，不同于X射线衍射仪，目前还没有发现较大的问题。在安装启用该设备之前可以先进行监测，如有必要还可以在剂量率高的地方设置屏蔽设备。

图C.1、图C.2给出了典型X射线分析设备辐射剂量率检测结果。



图C.1 检测布点示意图

序号	测点位置	X、 γ 辐射剂量率 (nSv/h)
#1	EDX-LE型X射线机西侧表面	118 \pm 1
#2	EDX-LE型X射线机西侧表面以西1米处	126 \pm 1
#3	EDX-LE型X射线机南侧表面	119 \pm 2
#4	EDX-LE型X射线机南侧表面以南1米处	135 \pm 1
#5	EDX-LE型X射线机东侧表面	107 \pm 1
#6	EDX-LE型X射线机东侧表面以东1米，操作位置处	113 \pm 1
#7	EDX-LE型X射线机北侧表面	115 \pm 1
#8	EDX-LE型X射线机北侧表面以北1米处	119 \pm 1
#9	EDX-LE型X射线机上表面	126 \pm 1
#10	环境对照点	115 \pm 1

注：以上测量值均表扣除本次测量仪器的宇宙响应。

图C.2 检测结果

检测结果表明，EDX-LE型X射线机处于正常工作状态时，其周围环境中的年累计X、 γ 辐射剂量满足GB 18871-2002中规定的对公众受照剂量的限制要求。

C.5 表面放射性污染测试

用来测试表面放射性污染物的仪器通常是带有“盖革”计数管和闪烁探测器探针的速度测定器。对于某些 β -发射体，特别是能发射例如C-14和S-35等低能粒子的设备，测试它的探针需要带有一个很薄的入射窗，可以选择云母端窗计数管，厚度大约为2 mg/cm²，或是特制的闪烁探测器。目前还没有合适的仪器能有效的监测氡表面污染。

α 粒子探测器通常带有一个闪烁探测器，其携带的不透光入射窗非常薄，所以很容易损坏。

α 粒子和低能 β 粒子在空气中有有限的辐射范围，测试仪应非常靠近被监测物体表面，但不接触。当直接监测不适用时，可以进行擦拭测试或涂片测试，以下情况可以使用该方法：

- 监测低能的 β 辐射面污染，比如：H-3，C-14，S-35
- 存在干扰性的强度辐射背景；
- 污染监测器的探头不能触及被监测表面；

- d) 由于自身吸收的影响，采用直接监测的方法对污染等级的测评会偏低；
- e) 对活动性污染水平进行测算。

在以上测试过程中，测试表面经用吸收体（譬如滤纸或薄纱纸）擦拭后放置到适当的低背景区域，采用合适的计数器对其进行测量。一般情况下假定10%的活动性污染会转移到吸收体上。对于地板，天花板和墙壁而言，污染平面通常取为1000 cm²，其它表面取为300 cm²。对于人体皮肤而言，污染表面面积通常不超过100 cm²，而手的污染面积取其总的表面积。附录B给出了污染的衍生工作限值(DWL)。

普通型号的便携式污染监测器能够用来检测手部及衣物的污染。根据设计特点，固定式仪器用来单独监测α射线或β/γ射线污染，以及对手，鞋或衣物的污染进行同步监测。

C.6 空气传播的放射性污染的测量

空气传播的放射性污染可能来自自然界的气体或微粒污染。

一种常见的气体污染测量方法是从受污染空气中提取样品，将样品装入容器后进行测量。某些环境下可以采用另一种替代方法：选用合适的材料捕捉放射性气体样品，测量材料上所含样品的放射性。

测量微粒污染的一种常见方法是利用过滤器提取一定量的污染空气，一般为数百升，测量捕捉到的样品放射性。

典型的取样方法是用个人空气取样器从人体呼吸区域提取空气样品，取样时人体全身暴露在空气中。

空气取样器仅是一种微粒收集器，通常情况下不能收集气体或蒸气。例如天然氦-220和氦-222气体的固态衰减次级粒子可以收集到但很难测量。氦-220次级粒子通常情况下含量很少，可以忽略不计。而氦-222次级粒子的有效半寿期仅为半个小时，假设在收集样品几个小时后对样品过滤器进行测量，氦的次级粒子已充分衰减，只剩下长生命期的反射原子核，此时可对这种原子核的放射性进行测定。

C.7 液体放射性污染测量

可以通过以下几种方式对其进行测量：

- a) 在液体内部放置合适的探测器；
- b) 将液体样品放入计数器内，液体闪烁计数器，盖革计数器或伽玛波谱仪；
- c) 对液体样品蒸发干燥后的残余物进行测量计数。

方法a)测量结果由液体容积决定，需要获得更大容积范围内的校准。方法b)需要附加的捕捉装置。通常情况下推荐使用方法c)。

DD

附 录 D
(资料性附录)
射线装置分类

D.1 范围

本附录说明本射线装置分类办法。

D.2 射线装置分类原则

根据射线装置对人体健康和环境可能造成危害的程度,从高到低将射线装置分为 I 类、II 类、III 类。按照使用用途分医用射线装置和非医用射线装置。

I 类为高危险射线装置,事故时可以使短时间受照射人员产生严重放射损伤,甚至死亡,或对环境造成严重影响。

II 类为中危险射线装置,事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤,大剂量照射甚至导致死亡。

III 类为低危险射线装置,事故时一般不会造成受照人员的放射损伤。

D.3 射线装置分类表

常用的射线装置按表 D.1 进行分类。

表 D.1 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 射线装置	能量大于 100 兆电子伏的	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)
	医用加速器	能量大于 100 兆电子伏的加速器
II 类射线装置	放射治疗用 X 射线、电子束加速器	工业探伤加速器
	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	其它非医用加速器
	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
III 类射线装置	医用 X 射线 CT 机	X 射线行李包检查装置
	放射诊断用普通 X 射线机	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	

附 录 E

(资料性附录)

固体，液体及气体放射性废弃物的处理

E.1 范围

本附录对如何有效安全地处理放射性废弃物进行了帮助性说明。此类废弃物有可能产生于常见的放射性同位素使用过程中。

E.2 放射性废弃物处理理论

对大部分放射性废弃物进行处理的理论包括以下三条：

- a) 集中和容纳——通常用于来自核反应堆运行或其燃料后续处理（回收）过程中的高活性放射性废弃物。此类物质不在本标准涉及范围之类；
- b) 延迟和衰减——对短半寿期放射性同位素废弃物的处理方法之一。处理之前先将废弃物放置到临时贮藏库中，让其衰减，以减小其放射性；
- c) 稀释和分散——延迟和衰减之后，对生命期较短的大多数未密封放射性废弃物进行处理的可行方法。低活性比水成废弃物经稀释后排放到污水中；气态废弃物经稀释后排放到大气中；低活性比固体废弃物采用焚烧或垃圾掩埋法来处理。

E.3 有害密封放射源的处理

有害密封放射源包括：

- a) 部分衰减的基准源，标记源及参考源；
- b) 医用治疗放射源；
- c) 教学及科研放射源；
- d) 辐照及陈旧量规放射源。

其中有些放射源的半寿期不到一年；大部分放射源具有一年到三十年的半寿期，小部分的半寿期能达到上千年。

有害放射源的放射性水平衰减到用户可处理的范围之内，譬如五年以下，则可临时贮存在室内。

依照主管部门的要求，有关此类贮存放射源的记录数据应予以保存。

对需长期贮存的有害密封放射源，应经主管部门的批准，按照特殊的方法来处理。其中有些放射源适合采用近表面处理设备来处理。

E.4 密封放射性固体废弃物的处理

废弃物处理过程应考虑以下要素：

- a) 分离——按照各类放射性同位素的特点及采用的废弃物处理方法，将废弃物分离成各个不同的种类。这些分类包括：
 - 1) 高活性比和低活性比；
 - 2) 半寿期分类等级；

- 3) 可燃和不可燃;
- 4) 刀刃和注射器针头废弃物;
- 5) 尸体和易腐烂废弃物。

为寻求合适的放射性同位素固体废弃物的处理方法, 应向RPO征求建议。

由致病, 致癌及化学物质引起的其它潜在危险, 这几类物质应合理管理。

表E.1从实践指导的角度给出了基于半寿期的放射性固体废弃物分类方法, 此分类方法适用于常见医学和科学研究用放射性同位素。

- b) 职责——每个相关部门都应确定各自的放射性同位素负责人的工作流程, 此人从接收同位素开始直到最后的处理, 始终对其负责。据了解, 在多用户使用的情况下, 实验室公共废弃物盛装容器的运作管理并没有达到以上要求。因此, 对于不同的部门, 推荐使用贴有标签并能单独识别出的较小固体废弃物盛装容器, 它放置在台架上, 同样需要确定负责人。
- c) 盛装固体废弃物的纸板箱容器——用长宽高为 360 mm×360 mm×520 mm 的硬纸板箱盛装固体废弃物是安全的。打开纸板箱的时候, 将其上部的四块折板向纸板箱外侧折叠。纸板箱用厚度为 100 μm 的红色高密度聚乙烯 (HDPE) 塑料袋作衬里。使用时将塑料袋沿纸板箱壁面折叠, 使其覆盖向外折叠的顶部四块折板, 以尽可能减小装满废弃物的纸板箱闭合后其外侧遭受污染的可能性。纸板箱应放置在靠近工作区的平台上。对于生物研究实验室而言, 使用较小尺寸的含磷-32 (P-32) 的纸板箱更加合适, 但同样需要贴上标签, 并且纸板箱内带有同样规格的衬里, 长宽高尺寸为 210 mm×210 mm×160 mm。通常情况下, 取一固体废弃物容器, 将其放入到 10 mm 厚的有机玻璃防护箱内, 防护箱放置在紧靠实验室研究工作区的台架上。

第三种规格的纸板箱长宽高尺寸为210 mm×210 mm×320 mm, 可以满足废弃物处理量介于以上二者之间的使用需要。据发现含固体闪烁电子注开关管(带塑料罩的塑料管或玻璃管)的此种纸板箱完全密封后, 对其采用焚烧的处理方法比较合适, 但由于焚烧空间不充足, 会导致碳氢化合物过量, 随之产生黑色烟雾。

使用以上各种纸板箱时, 当废弃物装满纸板箱后, 应折叠密封箱内的HDPE衬里, 合上纸箱顶部折板, 之后贴上说明标签。此种纸板箱方法的优点有以下几条:

- a) 仅需将密封的箱子运出实验室, 勿需进一步处理未密封废弃物;
- b) 纸板箱适合运输;
- c) 处理前临时贮存纸板箱时堆积方便;
- d) 纸板箱适合于盛装处理前需冻结的小型动物尸体;
- e) 从标签上可以明确地找到负责人。

表E.1 基于半寿期的常见医疗和科研用放射性同位素废弃物分类

1 天及 1 天以下	F-18, Na-24, K-4, Cu-64, Br-82, Y-87, Sr-87m, Y-90, Mo-99, Tc-99m, In-113m, I-123, Xe-133, Dy-165, Hg-197, Au-198
1 天~2 个月	P-32, Cr-51, Fe-59, Rb-86, Ru-103, I-125, Xe-127, I-131, Yb-169
2 个月~1 年	S-35, Ca-45, Sc-46, Mn-54, Co-57, Co-58, Zn-65, Se-75, Sn-113, Ir-192
1 年以上	H-3, C-14, Na-22, Cl-36
注: 半寿期分类方法也必须结合废弃物的物理及其它特性的分类习惯来考虑。	

E.5 含水固体废弃物的处理

应考虑到以下一些因素:

- a) 冲洗槽——有关规定要求,经稀释后达到饮用水标准的放射性水成固体废弃物从室内排放到街道污水管之前,应在排水口处集中。为完成废弃物的初始稀释,将排水沟内的污染降到最低程度,采用满足要求的冲洗槽的方法是非常有效的。

通常情况下,冲洗槽设置在紧挨实验室水池的位置,做成一个不锈钢模块。通常情况下,模块承担了大部分废弃物处理和冲洗实验室内水槽的任务。为保护操作人员,尽量减小液体飞溅,模块用150mm高的垂直支撑物环绕。

常用冲洗池容积有10 L, 20 L和50 L等几种。合适的冲洗池容量的选择基于以下几条:

- 6) 室内与公共下管道之间的排水口处允许的储液量;
 - 7) 放射性排污管连接到公共下水道之前有可能引起稀释的非放射性废弃物的预计量,产生于除冲洗槽所处的房间之外的建筑物内部;
 - 8) 建筑物内部是否具有专门的放射性废弃物排放系统,或者放射性排污管是否和酸性排污管联合使用,这都可能引起额外的稀释;
 - 9) 处于冲洗槽和建筑物内外部放射性或放射性/酸性排污管的连接处之间,或处于冲洗槽和建筑物外部排污总管连接处之间的建筑物内部放射性排污管或放射性/酸性组合排污管的长度和位置;
 - 10) 所用放射性同位素的活性比,总活性及辐射毒性等级。
- 1) 水溶性固体闪烁溶液——用水溶性固体闪烁溶液取代甲苯基和二甲苯基固体闪烁溶液。只要获得污水处理部门的批准,前者勿需焚烧即可处理排放到下水管道。

E.6 含放射性同位素动物体的处理

用于放射性同位素实验的动物体经过一系列的实验之后,假若其体内所含残余放射性同位素活性很低,则勿需将其销毁。但若要将这些动物体作为人类食物或宠物饲料,应向有关部门进行咨询。要考虑以下一些情况:

- a) 动物尸体——焚烧或填埋是优先选用的处理方法。如果选用焚烧的处理方法,需要考虑以下因素:
- 1) 放射性同位素的挥发性,活性及活性比;
 - 2) 焚化装置内易挥发放射性同位素稀释时的气态释放速度;
 - 3) 不易挥发放射性同位素焚烧后的灰烬处理方法及非放射性灰烬引起的稀释程度的大小;灰烬是干燥还是潮湿的;灰尘被人体吸入的潜在危险;
 - 4) 如要使用特殊的焚烧装置,必须获得主管部门的批准。
- m) 临时贮存——贮存动物尸体,降低尸体放射性的三个常用的办法包括:
- 1) 冻结:为处理,冻结和焚烧动物尸体,必须将其分解成合适的小块,用厚度为100 μm的红色高密度聚乙烯(HDPE)塑料袋将尸体包裹密封,然后将其冻结,在-20 °C的条件下保存。
 - 2) 福尔马林贮存:在尸体腹部开一条细长的缝,然后将其贮存在福尔马林溶液中。但由于福尔马林的挥发性及其特殊处理过程,使用此种方法会导致其它一些问题的产生。
 - 3) 保护措施:剪下尸体的蹄,爪和角,以避免其刺破塑料袋。将尸体从腹部切开,分解成若干易处理的大小合适的小块。用厚度为100 μm的红色高密度聚乙烯(HDPE)塑料袋将尸块包裹密封,袋内装蛭石和商业用漂白粉(譬如,含氯石灰)的混合剂。为确保混合剂适当地覆盖在各个组织上,所有尸块都应该在混合剂中滚转。用贴有标签的纸板箱将袋子密封,贮存在固体废弃物临时贮藏库中的隔离区域。在室温下贮存的基本条件是漂白粉和蛭石混合剂的用量要充足。

- n) 活的动物体——活的动物体仅接受到示踪剂量的放射性同位素,将其隔离十倍半寿期的时间之后,如果获得主管部门的批准,还可以将其放回到牲畜棚和农场。

附 录 F

(资料性附录)

不同类型辐射源的防护方法

F.1 范围

本附录提供了不同类型辐射源的防护方法的信息。辐射源对人体的照射可分为外照射和内照射两类，其防护方法也不同。

F.2 内照射的防护

内照射是放射性物质经由食入、摄入、吸入、皮肤粘膜或伤口进入体内，在体内衰变释放粒子、射线而使人体机体受到照射。内照射防护的原则是尽量阻断、减少放射性物质进入体内的量，或缩短放射性物质在体内的滞留时间。主要防护方法有：

- a) 围封隔离 在辐射源周围设置屏障或在手套箱中操作，防止放射性物质向四周无序扩散。
- b) 佩戴防护用具 操作可能产生放射性气体、气溶胶、粉尘的物质时，严格按作业指导书穿戴防护衣具，如防护服、口罩、防护手套等。
- c) 缩短接触时间 限制接触受放射性污染空气的时间。必要时，可在正式操作前进行模拟演练，熟练掌握操作流程。
- d) 排出体内放射性核素 在专业医师的指导下，服食适宜的医学试剂，加速体内放射性核素的排泄，缩短生物半衰期。

F.3 外照射的防护

外照射是体外放射性物质因衰变释放粒子、射线而使人体机体受到照射。外照射防护的原则是尽量避免、减少体外射线对人体的照射。主要防护方法有：

- a) 时间防护 尽可能缩短操作人员与放射性物质的接触时间。必要时，可在正式操作前进行模拟演练，熟练掌握操作流程，减少正式操作时的用时。
- b) 距离防护 人体受到的照射率，与人和辐射源间距离的平方成反比，因此增大辐射源与人体间的距离可有效减少人体所受的照射。增加人体与源间距离的方法有很多，如采用长柄器具或机械手进行远距离操作。
- c) 屏蔽防护 在辐射源与人体之间设置适宜的物质材料，用于屏蔽辐射源释放的射线对人机体的照射。屏蔽材料的选择主要取决于辐射源放射性核素的衰变特性。表 F.1 为屏蔽材料选择的一般原则。

表F.1 实验室屏蔽材料选择的一般原则

辐射源衰变方式	屏蔽材料选择	常用屏蔽材料	备注
α	一般低原子序数物质	纸、铝箔、有机玻璃等	α 辐射源防护的重点为防止形成内照射伤害
β 、e	低原子序数物质+高原子序数物质	铝、有机玻璃； 混凝土、铅等	

p、d、 ³ He	高原子序数物质	钽、钷等	
x、 γ	高原子序数物质、通用建筑材料	铅、铁、钨、铀、 混凝土、砖等	
n	低原子序数物质、含硼材料	水、石蜡、聚乙烯、碳化硼 铝、含硼聚乙烯等	

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国放射性污染防治法, 2003. 10. 1
 - [2] 中华人民共和国环境保护法, 主席令第二十二号, 1989. 12. 26
 - [3] 放射工作卫生防护管理办法, 卫生部, 2002. 1. 3
 - [4] 放射事故管理规定, 卫生部, 2001. 8. 26
 - [5] AS 2243. 4-1998 Safety in laboratories Part 4: Ionizing radiations
 - [6] 田志恒. 《辐射剂量学》. 北京: 原子能出版社, 1992. 06
 - [7] 放射性同位素与射线装置安全和防护条例 中华人民共和国国务院令449号
 - [8] 放射性同位素与射线装置安全许可管理办法 中华人民共和国环境保护部令第3号
-