

附件 2



中华人民共和国国家标准

GB 5172—XXXX

代替 GB 5172—85

粒子加速器辐射安全与防护规定

The regulation for radiation safety and protection of particle accelerators

(二次征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

生态环境部
国家市场监督管理总局

发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总体要求.....	2
5 辐射安全与防护设计要求.....	2
6 运行的辐射安全与防护要求.....	4
7 辐射监测.....	5
8 放射性废物管理.....	6
9 退役.....	7

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，防治放射性污染，保障公众和工作人员健康，规范粒子加速器的辐射安全与防护工作，制定本标准。

本标准规定了粒子加速器辐射安全与防护的通用要求，内容包括适用范围、总体要求、辐射安全与防护设计要求、运行中的辐射安全与防护要求、辐射监测、放射性废物管理和退役。

本标准首次发布于1985年，原标准提出单位为核工业部安全防护卫生局，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

1. 修改了标准的适用范围。

2. 根据国内外最新辐射安全基本标准、粒子加速器辐射安全与防护相关技术报告，结合我国粒子加速器辐射安全与防护的经验和成果，对原标准中的剂量限值、辐射防护设施的设计、运行中的辐射安全、辐射监测和放射性废物管理等内容进行了修订。

3. 增加了辐射工作场所分区、调试期间的辐射安全与防护以及粒子加速器的退役等内容。

4. 细化了辐射安全联锁系统、通风系统、辐射监测和放射性废物管理的内容。

5. 取消了6个附录。

本标准自实施之日起，《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）废止。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国原子能科学研究院。

本标准由生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

粒子加速器辐射安全与防护规定

1 适用范围

本标准规定了粒子加速器辐射安全与防护的通用要求。
本标准适用于能量不低于1MeV的粒子加速器的辐射安全与防护。
本标准不适用于像密封型中子管之类的可移动加速器。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本标准。

GB18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB14500 放射性废物管理规定

GB8999 电离辐射监测质量保证通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

粒子加速器 particle accelerator

利用电场或电磁场将带电粒子加速至特定能量，且将带电粒子的运行限定在特定空间的装置。

3.2

粒子加速器设施 particle accelerator facility

用于容纳和操作粒子加速器的设施，包括建筑物、系统和除粒子加速器外的设备。

3.3

加速器室 accelerator room

粒子加速器离子源和束流产生、加速和传输设备所在场所。

3.4

束流终端室 beam terminal room

将粒子加速器引出的束流用于开展科研实验、工业应用、医疗治疗等用途的场所，如光束线站、辐照室和放射治疗室等。

3.5

靶 target

能与被加速的带电粒子直接作用实现预期用途的物体。

3.6

瞬发辐射 prompt radiation

粒子加速器的初级粒子及其与物质相互作用产生 γ 射线和中子等次级粒子统称为瞬发辐射。

3.7

感生放射性 induced radioactivity

稳定的原子核因接受粒子加速器产生的质子、中子等的照射，通过核反应生成不稳定的核素而产生的放射性。

3.8

联锁系统 interlock system

一种安全控制方法（装置），使有关部件的动作相互关联，每个部件均必须处于规定状态或工况，否则辐射源不能投入运行或使用，或者使已投入运行或使用的辐射源立即关停。

4 总体要求

4.1 粒子加速器设施设计、运行和退役期间，都应遵循实践的正当性、剂量限制和潜在照射限制、防护与安全的最优化的原则。

4.2 职业照射和公众照射的年剂量限值应符合 GB18871 中剂量限值的相关规定。

4.3 应结合粒子加速器特点合理确定剂量约束值，一般情况下，职业照射剂量约束值不超过 5mSv/a，公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

4.4 应定期开展粒子加速器辐射工作场所和周围环境辐射水平监测并评估辐射安全与防护措施的有效性。

4.5 应规范收集、妥善贮存和处理粒子加速器运行和退役期间产生的放射性废物，并遵循放射性废物管理原则，实现废物最小化。

4.6 应建立健全辐射安全与防护管理体系，落实辐射安全管理制度。

5 辐射安全与防护设计要求**5.1 通用要求**

5.1.1 应遵循纵深防御的原则，设置多重安全与防护措施，使得某一层级的防护措施失效时，可由下一层级的防护措施予以弥补或纠正。辐射安全与防护重要系统、部件和设备应具有适当的冗余性、多样性和独立性。

5.1.2 粒子加速器设施设计阶段，应适当考虑未来应用扩展等因素，合理规划和设计辐射安全与防护设施并留有适当的余地。

5.1.3 粒子加速器设施设计与建造阶段，均应有辐射防护相关专业的人员参加，并具体组织或负责辐射安全与防护设施的设计。

5.1.4 粒子加速器辐射安全与防护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

5.1.5 粒子加速器辐射安全联锁系统的设计，应遵循故障安全设计原则。

5.2 辐射工作场所分区

5.2.1 粒子加速器辐射工作场所应分为控制区和监督区。应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，主要包括加速器室、束流终端室和放射性废物贮存区域等。与控制区相邻的、通常不需要采取专门的防护手段和措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区。

5.2.2 控制区、监督区的入口应设置控制区和监督区标识，控制区出入口和其他适当位置还应设置明显的电离辐射警告标志。

5.3 辐射屏蔽

5.3.1 加速器室、束流终端室应结合剂量约束值、工作负荷和关注点的居留因子，合理确定屏蔽体外30cm处剂量率控制水平并设置足够的屏蔽体。可能存在感生放射性的，还应对感生放射性的影响进行评估，确保人员受照剂量满足4.3节的要求。

5.3.2 应充分利用周边现有环境条件，综合考虑粒子种类、能量、功率、靶材料、工作负荷和周围环境等因素，按可能最大的辐射源项进行辐射屏蔽设计，同时应充分考虑各种类型的瞬发辐射对周围邻近场所的影响。

5.3.3 确定辐射源项时不仅要考虑正常运行工况，还应考虑异常工况。

5.3.4 选择屏蔽材料时，应根据辐射防护最优化原则，综合所选材料的结构性能、防护性能和稳定性等因素，尽可能使用不易产生感生放射性的材料。

5.3.5 辐射屏蔽计算可采用经验公式和数值模拟方法，对于特殊屏蔽材料、复杂屏蔽体几何结构等情况，宜采用数值模拟法。

5.3.6 风管、电缆和水管等穿墙时，宜避开束流前向、墙外为全居留场所的屏蔽墙，采用S型或U型等方式穿墙并进行适当屏蔽补偿。应尽可能减小防护门与墙体之间缝隙的泄漏辐射，确保防护门外30cm处剂量率满足剂量率控制水平要求。

5.4 辐射安全联锁系统

5.4.1 加速器室和束流终端室出入口应设有门禁系统以防止人员未经授权进入或误入。

5.4.2 粒子加速器主要控制系统应利用开关钥匙或具有类似功能的装置控制，并设置操作控制系统人员的权限，确保在非运行期间开关钥匙或装置处于受控状态。

5.4.3 加速器室和束流终端室出入口的门应设置门-机联锁，某区域联锁门未完全关闭时该区域不能供束。正在出束区域的联锁门打开时应立即切断该区域内束流和暗电流产生源。

5.4.4 加速器室和束流终端室内部墙壁及其各个出入口、控制室/台的显著位置，应设有必要数量的急停装置。急停装置周围应设有醒目标识及文字显示。

5.4.5 粒子加速器出束前应对加速器室和束流终端室内人员可达区域进行清场巡检。应设定清场巡检的顺序和响应时间，未按规定顺序或超出响应时间的清场无效。对于设置分区清场的情况，各分区出入口门应纳入联锁，确保清场完成且联锁门关闭后联锁方可生效。

5.4.6 粒子加速器工作场所应设置工作状态指示装置。其中，加速器室、束流终端室内部应设有工作状态指示及警示装置，在加速器准备运行前发出声光警示信号。加速器室和束流终端室出入口应设置与区域内束流状态联锁的工作状态指示装置并配有中文说明。

5.4.7 加速器室和束流终端室内应设紧急开门装置。

5.4.8 辐射安全联锁系统被触发时，应立即切断联锁被触发区域的束流和暗电流产生源，可采取关闭粒子源输出、切断高压高频、禁止粒子进入加速系统或落下束流闸等方式，确保区域安全。

5.4.9 辐射安全联锁系统一旦被触发后，必须按照规程查明原因，进行就地复位后并通过控制系统才可重新启动束流。

5.5 区域辐射监测系统

5.5.1 应结合粒子加速器特点和辐射安全与防护需要,设计区域辐射监测系统,遵循的原则如下:

- a) 粒子加速器屏蔽体外相邻场所内人员全居留场所且剂量率可能超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的区域应安装固定式区域辐射监测仪。当监测数据超过设定阈值时,发出报警信号。
- b) 为了解加速器室和束流终端室内的束流状态和辐射水平,可在束流运行区域内(一般在入口处)安装固定式区域辐射监测仪。

5.5.2 对于设置多束流终端室的情况,当束流终端室内居留因子较大($T \geq 1/2$)时,考虑相邻束流终端室的影响,可在各束流终端室内设置固定式区域辐射监测仪。

5.6 通风系统

5.6.1 可能产生感生放射性气体或臭氧等有害气体的粒子加速器工作场所应设置通风系统,通风系统的设计应确保气流方向由低污染区流向高污染区,并根据放射性气体或臭氧等有害气体的产生量和工作需要确定换气次数。

5.6.2 应合理布置粒子加速器工作场所内进风口和排风口的位置,实现室内空气充分交换。室外进风口应避免受到排气的污染,排风口的位置和高度应结合放射性气体或有害气体排放量、周围建筑的高度、当地气象条件等综合考虑后确定,应避免设置在门、窗和人流较大的过道等位置。

6 运行的辐射安全与防护要求

6.1 应当在下列条件同时满足时才能开机出束:

- a) 粒子加速器控制系统正常工作;
- b) 辐射安全连锁系统、工作状态指示装置和辐射监测系统正常工作;
- c) 加速器室和束流终端室内不得有人员滞留,如粒子加速器为医学使用,则治疗束流区域内除接受放射治疗的患者外不得有其他人;
- d) 准备出束的控制区所有连锁门都已关闭。

6.2 粒子加速器的开机和停机必须在控制室/台上利用控制开关操作,除紧急情况外,不得用触发连锁动作的方式切断束流。

6.3 操作活化部件时,应严格遵守操作程序,并做好相应的辐射监测,必要时需采取一定的个人防护措施和通风措施。对操作过程中可能产生的碎屑等,应及时收集并对工作区域进行去污。工作结束后,应对工作人员的体表和衣服、工具以及工作地面等进行表面污染监测。

6.4 维修期间更换下来需继续使用的活化部件,应根据监测结果分类存放在专门的场所/区域,并确保暂存和操作期间的辐射安全。

6.5 应对辐射安全连锁系统进行定期检查或测试,根据粒子加速器运行模式制定测试方案,时间间隔最长不超过6个月。

6.6 无特殊理由不得旁路辐射安全连锁系统。因工作需要旁路安全连锁系统时,应采取其他安全措施并经粒子加速器使用单位辐射安全管理机构批准。对时间、原因等内容进行记录,并在控制台上给出旁路状态显示,工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试,测试正常后粒子加速器方可继续使用。

6.7 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员需在确认加速器室、束流终端室的束流已经终止的情况下方可进入其内部工作,且需佩戴个人剂量计。

6.8 应加强粒子加速器辐射工作场所短期或流动工作人员的管理,确保其具备辐射风险认知和辐射安全与防护知识后方可开展工作,采取措施限定其活动范围并进行个人剂量监测。

6.9 控制区范围较大、布局较复杂的大型粒子加速器在调试期间:

- a) 调束开始前应确认辐射安全与防护设施功能正常。对于分区调试的情况,应确认待调束区下游区域的束流阻挡设备落下或束流偏转设备正常工作,防止束流意外引出;
- b) 调试前期宜使用单束团、小流强,待束流物理参数达到预期后再逐步增大流强直至达到预定值。应根

据辐射水平监测结果对束流丢失点下游屏蔽体外的工作人员采取一定的临时隔离或疏散措施；

c) 应采取相关技术手段对加速器能量由低到高、功率由小到大过程中的束流损失特征和辐射水平进行跟踪监测，为后续优化辐射防护措施和辐射安全管理提供参考和依据；

d) 若发生全束团丢失的情况，应立即切断束流，经束流诊断排查故障后再重新调束；

e) 若需要进入控制区内部工作，应由辐射防护人员对区域辐射水平进行监测，重点关注束流损失较大位置处的辐射水平，必要时应采取一定的局部屏蔽措施降低人员受照剂量。

6.10 维修人员进入加速器室等辐射水平较高的区域前，应进行工作场所辐射监测，制定工作计划，经批准后方可进入工作。

6.11 粒子加速器使用单位应根据可能发生的辐射事故风险，编制相应的辐射事故应急预案，配备必要的应急设备，并定期组织应急演练。

7 辐射监测

7.1 通用要求

7.1.1 粒子加速器使用单位应制定辐射监测计划，并按照计划开展监测。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

7.1.2 辐射监测应记录并建档保存，记录内容应包括但不限于监测对象、点位、工况、方法、仪器、时间和人员等信息。

7.1.3 应对辐射监测结果进行分析评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并整改，同时向本单位辐射安全管理机构报告。

7.1.4 辐射监测的质量保证应满足 GB8999 中的相关要求。

7.2 工作场所监测

7.2.1 工作场所辐射水平监测

7.2.1.1 粒子加速器安装调试阶段和投入运行前，应基于最大运行或稳定运行工况下屏蔽体外辐射水平监测数据对辐射屏蔽设计和施工效果进行评价，确定符合设计要求后方可投入运行。若监测结果超出该区域剂量率控制水平，应查明原因并及时采取增加局部屏蔽、限制束流参数等措施以确保屏蔽体外辐射水平满足设计要求。

7.2.1.2 当粒子加速器运行参数、屏蔽条件或屏蔽体外居留情况发生有可能影响辐射安全的变化时，应进行工作场所监测。必要时应采取的措施，确保屏蔽体外辐射水平满足设计要求。

7.2.1.3 粒子加速器运行期间，应利用便携式辐射监测仪器对工作场所进行不定期巡测。监测点位应涵盖加速器室、束流终端室等控制区四周屏蔽墙体外 30cm 处、人员易到达的屋顶、迷道口、防护门外、控制室和其他全居留场所。

7.2.2 表面污染监测

7.2.2.1 由于活化材料剥落、空气活化等原因可能引起表面污染的区域，应对其设备、墙壁和地面等处的表面污染水平进行监测。

7.2.2.2 当各类物体的表面污染水平超过 GB18871 中相应的要求时，应及时去污，采取防护措施防止污染扩散。

7.3 环境监测

7.3.1 粒子加速器运行期间，应对周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

7.3.2 应根据粒子加速器产生的辐射场特点、天空反散射特征，并结合周围环境分布和居留因子等因素，合理布置需设置固定式环境辐射监测仪的监测点位，监测数据应进行记录、存档。

7.4 个人剂量监测

7.4.1 粒子加速器使用单位的辐射工作人员应根据粒子加速器产生的辐射类型佩戴相应的个人剂量计，定期监测、记录并建立个人剂量档案，因工作需要进入辐射工作场所的短期和流动人员也应开展个人剂量监测。

7.4.2 个人剂量监测周期一般不超过 3 个月，监测结果超过调查水平时，应开展原因调查并采取改进措施。

7.5 监测设备

7.5.1 粒子加速器使用单位应根据粒子加速器类型、能量和使用方式等配备相应的辐射监测设备。

7.5.2 辐射监测仪器的测量范围、能量响应、能量范围和时间响应，应与粒子加速器的辐射场特性相匹配。

7.5.3 辐射监测仪器应按国家规定进行检定或校准，可能影响校准状态的维修后须重新检定或校准。

8 放射性废物管理

8.1 放射性固体废物管理要求

8.1.1 粒子加速器运行期间产生的放射性固体废物应暂存在加速器室等控制区内或单独的固体废物暂存间内，对于暂存在加速器室内的放射性固体废物，应在加速器室内划定专门的区域，并采取适当的实体屏障进行物理隔离。

8.1.2 放射性固体废物的暂存容器、区域和场所应按规定设置电离辐射标志和中文警示说明，并采取防丢失、防盗措施。

8.1.3 应建立放射性固体废物台账，记录废物名称、数量、表面和 1m 处剂量率、监测日期、去向等相关信息。

8.1.4 能够满足解控要求的可回收后重复利用或作为一般工业固体废物处理，不能满足解控要求的放射性固体废物最终送交有资质单位收贮。

8.2 液态流出物管理要求

8.2.1 可能产生活化冷却水的粒子加速器水冷系统设计时，应考虑设计活化冷却水收集、暂存和排放设备或设施。

8.2.2 循环冷却水系统在事故或检修期间排出的活化冷却水应按照放射性废液管理，并妥善收集贮存，经监测满足 GB18871 中的排放要求后排入城市污水管网，并做好存档记录。

8.2.3 气态流出物管理要求

通过增加排放高度、增加排放口与周围公众的距离、降低放射性气体排放量等措施，确保气态流出物所致公众受照剂量低于公众照射剂量约束值。

9 退役

- 9.1 产生放射性污染的粒子加速器终止运行后应实施退役。
 - 9.2 在粒子加速器装置设计和运行阶段，应考虑未来便于实施退役的要求，优化粒子加速器的设计和运行。
 - 9.3 粒子加速器退役前，应制定详细的退役方案和放射性废物处理方案，在确保所有放射性废物处理设施和措施能够有效落实后，按照退役方案实施退役。
 - 9.4 粒子加速器退役期间，应制定辐射监测计划，对退役人员、放射性废物、工作场所、环境以及可能产生的放射性流出物进行监测，对监测结果进行记录和存档。
 - 9.5 退役活动实施完成后应开展终态监测，编制终态验收监测文件。
-