

ICS 13.280

F 70



中华人民共和国国家标准

GB 5172—2025

代替GB 5172—85

粒子加速器辐射安全与防护规定

Regulations for radiation safety and protection of particle accelerators

本电子版为正式标准文件，由生态环境部标准研究所审校排版。

2025-10-31 发布

2026-05-01 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	4
8 放射性废物管理.....	5
9 退役	6

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》《中华人民共和国职业病防治法》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与防护基本标准、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实践经验和成果，对原标准中的剂量当量限值、辐射防护设施的设计原则、运行中的辐射安全、辐射监测、环境保护和三废治理等内容进行了修订。

3. 增加了辐射工作场所分区、冷却水系统以及退役等内容。

4. 细化了辐射安全连锁系统、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》（GB 5172—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 2025 年 10 月 31 日批准。

本标准自 2026 年 5 月 1 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 1 MeV 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和货物/车辆辐射检查系统用加速器。

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。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GB 14500 放射性废物管理规定

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

粒子加速器和用于容纳、操作粒子加速器的设施，如粒子加速器所在建筑物、配套系统和设施。

3.3

加速器室 accelerator room

粒子加速器粒子源和束流产生、加速、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的 γ 射线和中子等次级粒子统称为瞬发辐射，仅在粒子加速器运行期间存在。

3.7

感生放射性 induced radioactivity

粒子加速器产生的质子、中子等与周围空气、冷却水和加速器部件等物质相互作用，通过核反应生成不稳定核素而产生的放射性。

3.8

联锁系统 interlock system

一套安全控制方法（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或受到限制约束。

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原则。

4.2 职业照射和公众照射的年剂量限值应符合 GB 18871 中剂量限值的相关规定。

4.3 应结合粒子加速器特点和应用场景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 5 mSv/a，公众照射剂量约束值不超过 0.1 mSv/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。

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，应考虑未来应用变化和发展等因素，合理布局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联锁系统的设计，应遵循失效安全设计原则。

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、通常不需要专门的防护手段或安全措施，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、束流终端室应设置足够的屏蔽体以达到辐射屏蔽设计目标，并确保人员受照剂量满足 4.3 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,按可能达到最大运行工况下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,综合考虑所选材料的结构性能、防护性能和稳定性等因素。

5.3.5 风管、电缆和水管等需要贯穿屏蔽体时,贯穿开口宜避开束流前向和全居留场所,采用S型或U型等非直通方式,必要时应增设局部屏蔽体以达到辐射屏蔽设计目标。

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出入管控措施以防止人员未经授权进入。

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,并设置控制系统操作人员的权限,确保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。

5.4.4 加速器室和束流终端室内部及其各出入口、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。对于设置清场巡检按钮的场所,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相应分区联锁方可生效。

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(如联锁门被打开),应立即切断联锁被触发区域的束流和可能的暗电流,确保区域安全。

5.4.9 辐射安全联锁系统被触发后,必须按照规程查明原因,复核故障设备或恢复系统功能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辐射屏蔽设计目标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,必要时可在束流运行区域内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,室外进风口应避免受到排风的污染。

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，避免设置在门、窗和人流较大的过道等位置。

5.7 冷却水系统

5.7.1 对于可能产生活化冷却水的粒子加速器，应考虑循环冷却水系统中位于屏蔽体外的冷却水管、热交换器等对人员的照射，对冷却水管和其他部件进行合理布局或附加屏蔽体，必要时应将其所在区域作为控制区管理。

5.7.2 可能产生活化冷却水的粒子加速器冷却水系统设计时，应考虑活化冷却水收集、暂存和排放措施。

6 运行的辐射安全与防护要求

6.1 粒子加速器调试、运行和维修应遵循相应的操作规程并采取相应的辐射防护措施，确保调试、运行和维修期间的辐射安全。

6.2 应按照规定定期对辐射安全与防护设施进行功能检查和验证，并做好记录，确保出束前辐射安全与防护设施功能正常。

6.3 针对粒子加速器可能发生的异常工况，应制定相应的应对方案，包括异常工况下的响应程序、措施、后果评估等内容。

6.4 无特殊理由不得旁路辐射安全联锁系统。针对因工作需要旁路辐射安全联锁系统的情况，应制定并执行相应的工作程序，补充必要的安全措施。

6.5 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，必要时携带个人剂量报警仪或便携式辐射监测仪器。

6.6 应对因工作需要进入粒子加速器辐射工作场所的短期或流动工作人员进行管理，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，必要时进行个人剂量监测并记录存档。

6.7 进入加速器室等辐射水平较高的区域开展维修作业前，应监测拟进入区域的辐射水平。从事近距离接触活化部件的工作时，应对活化部件的辐射水平进行监测，根据监测结果制定工作计划，必要时采取增加局部屏蔽或个人防护用品等措施。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，发现污染应及时去污。

6.8 维修期间更换下来的活化部件，无法继续使用的应作为放射性废物管理。可以继续使用的应根据监测结果分类存放在专门的场所/区域，并确保暂存期间的辐射安全。

7 辐射监测

7.1 通用要求

7.1.1 应根据粒子加速器产生的辐射类型制定辐射监测计划，并按照计划开展监测。

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数据、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。

7.2 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辐射屏蔽设计目标，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定期巡测，监测频次应不少于 1 次/年。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 30 cm 处，人员易到达的屋顶、迷道出口、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 GB 18871 中相应的要求时，应根据污染情况采取去污等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。当加速器运行参数、屏蔽条件等发生可能增加环境影响的变化时，应及时开展环境监测。

7.3.2 对于需设置固定式环境辐射监测仪的情况，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，合理设置监测点位，对监测数据记录、存档。

7.4 个人剂量监测

7.4.1 粒子加速器辐射工作人员应根据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。

7.4.2 个人剂量监测周期一般不超过 90 天，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 应根据粒子加速器类型、能量和使用方式等特点配备相应的辐射监测仪器。

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等，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，进行可能影响测量结果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。

GB 5172—2025

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警告标志和中文警示说明，并采取防丢失、防盗和防射线泄漏等措施。

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 1 m 处 γ 剂量率、监测日期、去向等相关信息。

8.1.4 满足解控要求的放射性固体废物可回收后重复利用或作为非放射性固体废物处理，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

循环冷却水系统在事故或检修期间排出的活化冷却水应妥善收集贮存，经监测满足 GB 18871 中的排放要求后作为非放射性废水处理。

8.3 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 在粒子加速器设施设计和运行阶段，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。

9.2 应根据粒子加速器的特点制定退役计划，包括退役目标、辐射防护方案、拆除方案、放射性废物处理方案、辐射监测方案等，确保退役安全。

9.3 应加强放射性废物管理，确保放射性废物处理方案中提出的处理措施和相关设施能够有效落实、放射性废物能够妥善处理，方可按照退役计划实施退役。

9.4 粒子加速器退役期间，应加强辐射防护和环境保护，开展环境监测，确保可能排入环境的放射性流出物满足相关要求。

9.5 退役活动实施完成后应开展终态监测，验证是否实现退役目标。