辐射安全

辐射以波或粒子的形式向周围空间或物质传播能量。根据辐射对物质产生的电离现象，分为电离辐射与非电离辐射两类。电离辐射和非电离辐射的主要区别是射线（粒子或波）携带的能量和电离能力，而不是射线的数量。如果射线没有足够的能量，就不能够导致受作用物质的电离。非电离辐射由于辐射能量低，不能从原子、分子或其他束缚状态放出电子。

电离辐射种类很多，包括带电粒子和不带电粒子。带电粒子有α(阿尔法)粒子、β(贝塔)粒子、质子，不带电粒子有X射线、γ(伽玛)射线以及中子。

医用电子直线加速器运行中产生的辐射

初级辐射

初级辐射是被加速的电子。通常被聚焦的是直径约 1□2mm 的电子束流射向靶，能量集中。初级辐射位于加速器真空区时并不会伤害人体。但是，作为外部应用的电子束，由于其辐射强度高，如果工作人员受到外部电子束照射可能会受其伤害。

次级辐射

高能电子束轰击靶产生的轫致辐射，和能量大于 10MeV 的 X 射线与加速器部件相互作用产生的光子-中子反应生成的中子是次级辐射。

此外，在检查电子直线加速器，即使它的多数系统不在工作，在某些部位也会产生 X射线。例如，在测试注入系统或磁控管时，可能产生能量达几个 MeV 的电子，这种能量的电子与加速器部件相互作用会产生 X 射线；在高功率条件下调试时，尽管电子枪不在工作，但在调幅器系统中的闸流管会产生 X 射线；在高功率条件下检查微波射频系统时，即使电子枪不在工作，但“ 暗 ”电流也许会产生 X 射线。

感生放射性核素释放的β□γ射线

加速器部件、冷却水和治疗室中的某些物件及空气受到高能中子照射后会诱发产生感生放射性核素，并发射 β□γ 辐射。感生放射性核素在停机后依然存在。但是，必须明确指出的是，当电子束能量低于或等于 10MeV 时，在电子直线加速器的任何部位产生中子很少，因此活化产生感生放射性核素也很少，可忽略不计。

微波辐射

当加速器、射频分离器和连接波导系统等组件处于运行状态时，工作人员可能会受到来自这些组件开口处泄漏的微波辐射的照射。微波辐射可以导致神经衰弱症候群和外周血象中白细胞数目减少的临床症状。可以用金属片或孔径小于微波波长的金属丝网把这些组件的开口处罩住。常用的便携式 γ□X射线剂量率探测器对微波有响应，采用金属丝网把探测器套起来，可以避免微波对探测 γ□XS射线辐射的影响，也可判定是微波辐射还是 γ□X射线辐射。

医用加速器产生的辐射、特性及防护

加速器产生两种类型的辐射，即瞬时辐射和剩余辐射。瞬时辐射包括初级辐射(被加速的电子)及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的X射线和中子等次级辐射。它在加速器运行中产生，关机后即消失，是加速器辐射屏蔽、防护和监测的主要对象。剩余辐射是加速器初级粒子束和次级辐射，在加速器结构材料及环境介质d中诱发生成的感生放射性。这种辐射在加速器运行停止后继续存在。对于加速器的屏蔽设计不是重点考虑的对象，但对加速器停机后的维修、常规调试、换靶操作等工作都是防护的重点。

加速器产生的辐射也可以按有用辐射和杂散辐射来进行分类。有用辐射一般是指准直的(或引出的)初级束流及其与靶相互作用产生的初级辐射中的有用部分；而杂散辐射是指一切无用的带电粒子束流和次级辐射。在加速器的使用中，人们关心的是有用辐射，需要用很好的准直器或适当的屏蔽装置来防止杂散辐射对有用辐射的影响。但是在防护上，则重视对一切辐射的防护。

瞬时辐射及其防护

（1）电子束：电子加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害。然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出来后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长。这时要绝对禁止非治疗人员在加速器开机时误入治疗室，以防止被电子束及散射电子损伤造成事故。治疗时用的限光筒有两方面作用，即一方面是控制射束的大小，防止患者健康组织受到照射，另一方面是减少散射电子对治疗室和周围环境的影响。

（2）高能 X 射线：加速器发射的高能 X 射线，一般指电子束被靶或其它物质阻止时所产生的具有连续能谱的轫致辐射。它的发射率与电子的能量、束流强度、靶物质原子序数及靶厚度等因素有关，并随发射角度而异。高原子序数材料制成的靶，其轫致辐射的产额较高。从辐射防护角度考虑，主要是考虑其垂直方向(90 °)和向前方向(0 °)的 X 射线发射率及其防护。

被靶或电子束引出窗反射的电子往往具有足够高的能量，它们打到其它材料上将产生 X射线X 射线又在各种材料上产生反散射。这些构成了杂散 X 射线，也是辐射防护上不可忽视的辐射来源。

（3）中子：当加速器工作在 10MeV 以上时，无论 X 射线状态还是电子束状态，都可使被照射物质原子核产生某种有意义的光核反应。此时被电子束照射的材料，既是电子-X射线转换靶，又是 X 射线-中子转换靶。对大多数元素而言，光核反应对应的能量范围出现在 1020MeVNBS 第 554 号出版物指出，对电子加速器的初级射束所作的测量表明，中子的剂量当量率不超过光子剂量当量率的 1%。因而对治疗只起很小的附加作用。只是在初级 X 射线束外面的中子才对患者整体接受的剂量有额外的贡献。测量还表明，治疗室外面，通向迷路外边的中子剂量当量率是值得注意的。因此，为确保治疗室外面的中子不会造成值得注意的危害，在设计和防护调查时要予以注意。

此外，中子也可能在靶附近的部件中感生出一定数量的放射性，维修时要予以注意。尤其是必须用手触摸这些部件时，必须采取适当的防护措施。

另外还应注意，产生中子的核反应一般要放出 γ 射线，所以在放射防护中，在注意屏蔽中子的同时，还要屏蔽 γ 射线。

剩余辐射-感生放射性及其防护

电子加速器产生的中子与加速器构件及周围环境中的物质发生核反应，产生感生放射性核素种类较多，半衰期长短不一，短者只7.3秒，长者达15小时，多数核素在数分钟至半小时之内。感生放射性以靶装置部位为最高。

但是，由于大多数天然核素，发生这种反应的阈能在10MeV以上，因此对于电子加速器而言，电子能量不高于10MeV时，不必考虑感生放射性问题。电子加速器为钨靶时，能量达十几兆电子伏以上时，产生轫致辐射在空气中诱发感生放射性核素^{13}N(阈能10.6MeV)和^{15}O(阈能15.7MeV)能量越高，感生放射性的生成

率愈高，大约在$(3.0\times10^{6}$~$9.0\times10^{7})$Bq~S·mA·MeV~

关于感生放射性的防护，对患者来说，就是根据感生放射性的性质，选取适当材料进行局部防护。对于放射治疗工作人员，推迟进入治疗室的时间，不用手直接接触可能产生感生放射物质的表面。加速器的机头，应选择适当的准直材料进行屏蔽。治疗室应设有监测感生放射性的仪器。

From:
https://sujj.wiki/ - **落月思君归**

Permanent link:
https://sujj.wiki/doku.php?id=%E5%AE%89%E5%85%A8:%E8%BE%90%E5%B0%84%E5%AE%89%E5%85%A8

Last update: **2025/08/09 15:39**