

第十章 放射性物品运输



西南交通大学

第十章 放射性物品运输



本章主要内容

- ▶ 放射性物质的特性
- ▶ 射线的防护
- ▶ 放射性物品的运输组织



第十章 放射性物品运输



西南交通大学

第一节 放射性物质的特性





某些物质能够自发地、不断地放射出某种射线，物质的这种特性称为放射性。为了了解物质的放射特性，必须对原子结构有关概念作一简要叙述。





一.核素

原子核学说告诉人们，原子是由原子核和围绕原子核不停运动的电子构成的，而原子核是由质子和中子组成的。在原子核里，质子之间的库伦斥力及质子与中子之间的超短程引力作用的结果，使原子核中的核子（质子和中子）组合在一起。但是，当原子核中的质子和中子数目超过了一定范围时，原子核就不可能稳定，因为核内斥力与引力之间的平衡被破坏了。



在原子核里质子数相同而中子数不同的—类原子称为核素。目前，人类已发现的核素有2000多种，其中不稳定的核素有1700多种。这些不稳定核素能自发地放射出某种射线而变成另一种核素，因此也称为放射性核素。





二.射线的类型和性质

放射性物质放出的射线有 α 射线、 β 射线、 γ 射线和中子流四种类型。



(一) α 射线

α 射线是带正电的粒子流，其质量等于氦原子核 (${}^4_2\text{He}$)。 α 射线通过物质时，由于 α 粒子与原子中电子相互作用，使某些原子电离成为离子，并损耗其能量。 α 粒子随着动能的不断减少，其本身的运动速度越来越小，最后停止下来。





粒子在物质中穿行的距离叫射程。射程的长短主要取决于电离作用。电离作用越强，粒子每前进1cm损失的能量就越大，因而射程就越短。带电粒子在物质中电离作用的强弱，主要决定于粒子的种类、能量及被穿透物质的性质。 α 射线主要特性是质量大、带电量、能量较高，所以它对周围物质的电离能力很强，但易为物质吸引，因此， α 射线射程较短。 α 射线在某些物质中的射程如下表所示。

 α 射线在某些物质中的射程 (cm)

物质 \ 能量 (MeV)	0.5	2.0	5.0	10.0
空气	0.33	1.7	3.5	10.6
铝	0.00018	0.0006	0.0019	0.0055
铅	0.00011	0.0004	0.0012	0.0032



由上表可见， α 射线穿透能力很弱，用一张纸、一张薄铝片就足以吸收大部分 α 射线。但是，由于它的电离本领很强，这类物质进入人体后，会引起较大的伤害，所以对于放射 α 射线的物质来说，主要应防止进入人体造成内照射。



(二) β 射线

β 电子，质量为氢原子的 $1/1840$ 。它从原子核里放射出来时，初速度达到每秒 20 万公里。由于速度高、能量大，因而穿透能力也就大。但是由于它的质量轻、带电量小，所以 β 射线对周围介质的电离能力仅为 α 射线的 $1/100$ 。 β 射线在某些物质中的射程如下表所示。



 β 射线在某些物质中的射程 (cm)

物质 \ 能量 (MeV)	0.05	0.51	5.1	51
空气	3.9	155	2200	15000
水	0.00047	0.18	2.6	19
铝	0.0025	0.088	1.15	7.8
铅	0.001	0.031	0.33	1.25



由上表可见， β 射线的穿透能力比 α 射线强，射程比 α 射线要远。所以在外照射的情况下，危害性较 α 射线为大。一般说来，用几米厚的空气层、几毫米厚的铝片、塑料板或多层纸片就可以“挡住” β 射线。



(三) γ 射线

γ 射线是一种波长较短的电磁波，同可见光和 X 射线一样，属于不带电的高能量的光子流。它以光的速度，即每秒 30 万公里的速度在空间传播。当 γ 光子通过物质时，首先在物质内部产生快速的带电离子，并使物质电离。所以 γ 射线的电离作用一般说来，是间接形成的。另外，由于 γ 射线不带电、能量大，它与物质作用时，其速度不变，只是光子的数目逐渐减少。所以对 γ 射线的穿透能力，只能使其强度减弱一半所需的物质的厚度来衡量，如下表所示。

使窄束 γ 射线减弱一半所需的物质厚度 (cm)

能量 (MeV) 物质	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
水	7.4	10.2	12.6	14.2	16.0	17.8
铁	1.08	1.52	1.89	2.5	2.58	2.87
铅	0.40	0.89	1.21	1.46	1.57	1.59



由上表可以看出， γ 射线的穿透能力极强，大约比 α 射线大10000倍，比 β 射线大50~100倍。但是，它的电离能力较弱。因此，对于 γ 射线来说，主要是防护外照射。为了防止 γ 射线对人体的伤害，通常把它放置在特制的铅罐或铸铁罐中保存。



(四) 中子流

中子流是不带电的中性粒子束。中子的质量与质子近似相等，是原子核的组成部分。在自然界里，中子并不独立存在，只是在原子核分裂时才能从核里释放出来。通常所用的中子源是某种放射性物质的射线照射另一种放射性物质而产生的中子流。如镭—铍中子源，钋—铍中子源，就是用放射性镭—226、钋—210和它们的衰变产物所放射出的 α 粒子，轰击铍靶而放出的中子。



通常把能量在0.1MeV以下的中子称为“慢中子”。由于“快中子”不带电，所以不能直接由电离作用而消耗能量，因而它的穿透能力很强。它和物质相互作用的主要方式为弹性碰撞、非弹性碰撞和被吸引。合泥而且最容易被含有很多氢原子的物质和碳氢化合物等所吸引。如水、石蜡和其他碳氢化合物、水泥等。相反，通过很重的物质，如铁、铅等。因此，通常用比重较轻的物质使快中子减速。

几种射线的特性比较如下表所示：



几种射线的特性比较

射线名称	实质	电荷情况	电离本领	穿透能力	主要危险
α 射线	氦核粒子流	+2	强	最弱	内照射
β (β^- 、 β^+) 射线	高速离子流	1	较强	较强	内、外照射均有
γ 射线	电磁波	0	只能间接电离	强	外照射
中子流	高速粒子流	0		强	内、外照射均有



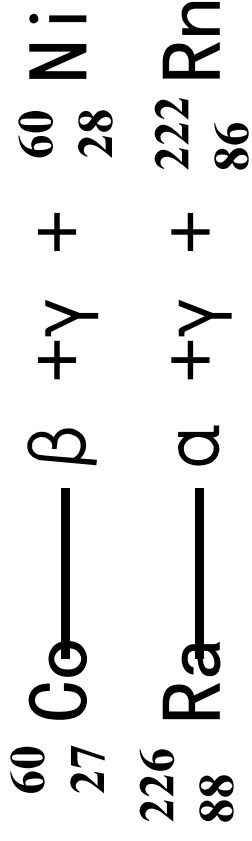
三.放射性原子核衰变和放射性活度

(一) 放射性核衰变

放射性核素能放出射线，是由于它们的原子内质子和中子的数目甚多，而且相互转化，使原子核处于不稳定的状态。为了达到自然平衡，这些核素就有转化成稳定状态的趋势，于是自行发生核变化，把多余的能量以射线的形式释放出来，结果使原子核的组成发生改变，从而变成另一种核素（稳定性核素或放射性核素）。



如钴—60、镅—226的核反应：



反应后，分别生成新的稳定性核素镍—60以及放射性核素氦—222。

这种放射性核素因放出射线而变成另一种核素的有规律的核变化，称为放射性核衰变。





放射性衰变是原子核自发地、连续不断地进行的，并且不受任何外界条件的影响，一直衰变到原子处于稳定状态才会停止。





(二) 放射性活度

放射性活度是度量放射性核素放射出线强弱的一种物理量，它以放射性核素的原子核单位时间内发生的核衰变数表示。

