

放射性物品道路运输 管理概论

交通运输部道路运输司 编



人民交通出版社
China Communications Press

放射性物品道路运输 管理概论

交通运输部道路运输司

编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是交通运输部根据国务院出台的《放射性物品运输安全管理条例》的要求,组织各方面专家,结合我国放射性物品运输的实际和现状编写而成。书中详细阐述了放射性物品的基础知识、管理知识与业务技能,在业务技能中将驾驶人员、押运人员和装卸管理人员需掌握的知识分开,以使本书内容更具有针对性。

本书适合各级交通运输主管部门、道路运输管理机构和放射性物品运输企业管理人员、从业人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

放射性物品道路运输管理概论/交通运输部道路运输司编. —北京:人民交通出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-114-10107-6

I. ①放… II. ①交… III. ①放射性物质-公路运输-危险货物运输-技术培训-教材 IV. ①U492.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 228584 号

Fangshexing Wupin Daolu Yunshu Guanli Gailun

书 名:放射性物品道路运输管理概论

著 者:交通运输部道路运输司

责任编辑:闫亮钟伟刘博

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010) 59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:16

字 数:265 千

版 次:2013 年 4 月 第 1 版

印 次:2013 年 4 月 第 1 次印刷

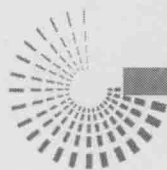
书 号:ISBN 978-7-114-10107-6

印 数:0001—1500 册

定 价:36.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)





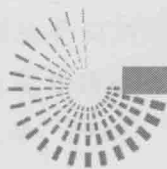
编委会

Bianweihui

主任：李刚

副主任：徐亚华 谢家举

委员：严季 刘浩学 汪学君 邱小发 谭衡鸣



编写组

Bianxiezu

主编：李刚

副主编：徐亚华 谢家举

主要成员：严季 刘浩学 晏远春 杨开贵

沈民 沈小燕 郭旻 张静源

李国强 李小楠 郭锡文 张淑君

刘然

前言

Qianyan

随着我国国民经济建设速度的加快，公路建设取得重大进展。截至2011年年底，全国公路网总里程达到410.64万公里，其中，高速公路通车里程达到8.49万公里，农村公路通车里程达到356.40万公里。公路建设的发展为道路运输提供了良好的基础平台，使得全国道路运输能力快速提高，客货运输量持续增长。2011年，全国拥有公路营运汽车1263.75万辆，其中载货汽车1179.41万辆，全年完成货运量282.01亿吨、货物周转量51374.74亿吨公里，平均运距182.17公里。

在国民经济快速发展的过程中，由于放射性物品的特殊作用，使得在农业、工业、医学、科研、核工业、服务业等国民经济各个领域的应用愈来愈广泛。近年来，随着国民经济的迅速发展，各行业对放射性物品的需求也日益增加。因道路运输的机动性强、灵活、门到门等特点，致使放射性物品道路运输量呈快速上升趋势。

放射性物品释放出的射线往往是人体感觉器官难以察觉的。它会通过从外部照射皮肤和机体，或通过口腔、食道、受伤的皮肤等途径进入人体，从内部照射内脏器官等方式来作用于人体，使机体产生不同程度的损伤效应。特别是当今人类进入高科技时代，核电开发、食品的辐射保鲜、核方法在医疗诊断和科研上的广泛应用等，使得人们与放射源相关的活动增多，与放射性物品接触的机会明显增多。

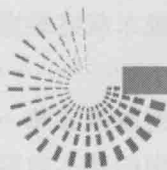
在放射性物品道路运输、装卸作业过程中稍有不慎，泄漏的放射性物品则会通过食物、水、土壤、空气等环节直接或间接地作用于人体或环境其他物品，进而对人体或环境产生深远而不可估量的危害。因此，在放射性物品道路运输量不断上升的同时，加强道路运输、装

卸作业等过程中的辐射防护工作，确保运输、装卸等作业过程的安全，是减少或避免放射性物品道路运输从业人员及公众受放射性照射极其重要的工作。

放射性物品道路运输是一项技术要求严格的工作过程。为了确保放射性物品道路运输的安全高效，在整个运输、装卸等多个环节都有许多专门、特殊的规定，比如根据所运物品的放射性等级分类，装卸作业机具的可靠性有特殊要求；专用车辆必须采取特殊的安全防护措施才可运输；辐射防护措施和防护用品的佩戴有专门要求等。而这些特殊规定和专门要求，都需依靠放射性物品道路运输从业人员来掌握和遵守，因此，从业人员的职业素质和操作技能的高低均会直接影响到放射性物品道路运输安全。但近年来，由于社会对放射性物品应用的需求量增长迅速，加之我国放射性物品道路运输行业的基础差异较大，放射性物品道路运输从业人员，包括管理人员的文化基础和专业知识素养都与放射性物品道路运输所需求的高素质存在一定差距，使得放射性物品道路运输存在一些安全隐患。

保证安全运输是放射性物品道路运输实现社会效益和经济效益的前提条件。放射性物品以其特殊的性能，在安全条件下可创造经济价值，造福于人类；而在不安全条件下则会给人类带来重大灾害。在现阶段，必须针对我国放射性物品道路运输从业人员的现状，加强从业人员有关放射性物品道路运输法律法规、基本常识、运输容器知识、放射性物品特性以及应急处理措施及操作规程等相关知识的技术培训、教育和指导，通过培训来进一步提高他们的法律意识、职业道德和放射性物品专业知识与技能，以确保放射性物品道路运输安全，以及社会对放射性物品从业人员素质发展的需要。

本书吸取以往培训工作的经验和教训，将基础知识和专业知识相对分开，且在专业知识中将驾驶人员、押运人员和装卸管理人员需掌握的知识分开，以使全书内容更具有针对性，愿本书能为我国放射性物品道路安全运输发挥应有的作用。



目 录

Mulu

第一篇 基础知识篇

第一章 放射性基本常识	3
第一节 放射性基本常识	3
第二节 放射性物品的用途	15
第二章 放射性物品分类与名录	18
第一节 放射性物品的定义和分类	18
第二节 《放射性物品分类和名录》	20
第三章 放射性物品运输容器和警示标志	26
第一节 放射性物品运输容器基本要求	26
第二节 放射性物品运输容器分类	30
第三节 放射性物品警示标志	38
第四章 辐射防护与监测	51
第一节 辐射防护基本常识	51
第二节 常用辐射防护用品	61
第三节 常用辐射监测仪器的使用方法	68

第二篇 管理知识篇

第一章 放射性物品道路运输法规和标准	85
第一节 放射性物品道路运输行政法规	85
第二节 放射性物品道路运输技术标准	103
第二章 放射性物品道路运输管理基础	113
第一节 放射性物品运输说明书	113

第二节	放射性物品道路运输组织和实施	115
第三节	道路运输车辆卫星定位系统基本原理	130
第四节	道路运输车辆卫星定位系统车载终端操作 与日常维护	139
第三章	放射性物品道路运输及核与辐射事故应急	162
第一节	核与辐射事故应急响应指南的基本内容	162
第二节	核与辐射事故应急组织实施	166
第三节	《核与辐射事故应急响应指南》应用	176
第四章	放射性物品道路运输安全管理经验简介	180

第三篇 业务技能篇

第一章	放射性物品道路运输驾驶人员	197
第一节	放射性物品道路运输驾驶人员的基本要求	197
第二节	放射性物品道路运输车辆的基本要求	199
第三节	放射性物品道路运输驾驶人员的操作要求	207
第二章	放射性物品道路运输押运人员	216
第一节	押运人员的基本要求	216
第二节	押运人员的工作内容	218
第三章	放射性物品道路运输装卸管理人员	224
第一节	装卸管理人员基本要求	224
第二节	装卸机械设备的基本条件	224
第三节	放射性物品道路运输装卸管理作业要求	225
附录	放射性物品道路运输应急预案	231
后记	246

第一节 放射性基本概念

放射性物质是原子核不稳定，放射出自由带电粒子或光子的一种形式。放射性物质原子核内的核素不稳定，以某种方式释放出带电粒子或光子的辐射。

放射性物质放射出的带电粒子或光子，在物质中传播时，与物质中的原子核或电子发生相互作用，将能量传递给物质中的原子核或电子，使其发生电离或激发。电离是指原子核或电子从原子或分子中击出电子，使其成为自由电子。激发是指原子核或电子从基态跃迁到激发态，随后通过发射光子或电子而回到基态。

放射性物质的放射性强度，可以用单位时间内放射出的粒子数或光子数来表示。放射性物质的放射性强度，通常用居里(Ci)或贝克(Bq)来表示。

基础知识篇

一、放射性衰变与半衰期

为了理解放射性衰变的特性，需要了解放射性衰变的类型。放射性衰变主要分为α衰变、β衰变和γ衰变。α衰变是指原子核释放出α粒子(由两个质子和两个中子组成)的过程。β衰变是指原子核释放出β粒子(电子或正电子)的过程。γ衰变是指原子核释放出γ射线(高能光子)的过程。

放射性衰变的速率，通常用半衰期来表示。半衰期是指放射性物质的原子核数量减少到原来的一半所需的时间。半衰期是放射性物质的固有属性，与物质的物理和化学状态无关。半衰期的长短，取决于原子核的稳定性。半衰期越短，放射性物质的放射性越强；半衰期越长，放射性物质的放射性越弱。

放射性衰变的速率，通常用衰变常数λ来表示。衰变常数是放射性物质的固有属性，与物质的物理和化学状态无关。衰变常数的单位是时间的倒数，即s⁻¹。衰变常数与半衰期的关系为： $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ 。

在放射性衰变过程中，放射性物质的总质量是守恒的。放射性物质在衰变过程中，只是将能量和粒子转移给了其他物质，而不会发生质量的损失。放射性物质的总质量，等于放射性物质的原始质量加上衰变产物的质量。

第一章 放射性基本常识

第一节 放射性基本常识

运动是物质最根本的属性。放射现象也是物质运动的一种形式,但它是发生于原子核内的微观现象。这种形式的运动会使物质发生质的变化。

放射现象是1896年由法国物理学家贝可勒尔在研究铀盐的实验中发现的,并通过实验证明具有放射性的物质所发出的射线具有类似X射线的某些特性。接着,卢瑟福、索迪和居里夫妇等科学家通过实验证实,放射现象发生于那些不稳定的原子核内,它们在发生放射现象以后会变成另一种新的原子核。也就是说,放射现象的本质就是放射性核素的原子核自发地转变为另一种原子核的过程。

一、原子及原子核的结构

为了理解物质的放射性特性,必须了解原子及原子核的结构。

19世纪末以前,人类仅认识到物质是由原子构成的,以为物质最终不能再分割的最小单位是原子。然而,当1895年发现X射线,1896年发现放射现象以及1897年发现电子以后,新的物质结构学说就应运而生。

人们开始认识到,地球上所有物质都是由各种不同的元素组成的,而构成某一元素的最基本单位是该元素的原子。但原子还不是物质的最小单位,它还可以继续分成原子核和电子。其中,原子核带正电荷,还可继续再分为质子和中子。而电子带负电荷且围绕着原子核在不停地运动。

不同元素的原子具有不同性质,但它们的构造十分相似,其基本结构如图1-1-1所示。

正常情况下,电子所带的负电荷数刚

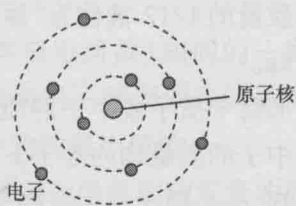


图 1-1-1 原子的基本结构

好等于原子核所带的正电荷数,原子呈电中性。

下面讨论原子的质量和原子相对质量之间的关系。

就原子的质量而言,由于原子是由原子核和电子组成的,所以,原子的质量就等于原子核的质量与电子的质量之和,即:

$$\text{原子的质量} = \text{所含原子核的质量} + \text{所含电子的质量} \quad (1-1-1)$$

诸多科学实验发现,电子的质量和原子核的质量相差很远。比如,最轻的氢原子核的质量是 1.67243×10^{-24} g, 而它一个外层电子的质量却只是 9.1085×10^{-28} g, 二者质量比是:

$$\frac{\text{电子的质量}}{\text{氢原子核的质量}} = \frac{9.1085 \times 10^{-28}}{1.67243 \times 10^{-24}} \approx \frac{1}{1836} \quad (1-1-2)$$

即:一个氢原子核的质量大约是一个电子质量的 1836 倍。由此可知,电子的质量要比原子核的质量轻很多。所以,在计算原子的质量时,电子质量可忽略不计。这样,原子的质量就约等于原子核的质量,即:

$$\text{原子的质量} \approx \text{原子核的质量} = \text{所含质子的质量} + \text{所含中子的质量} \quad (1-1-3)$$

由上例可看出,原子的实际质量都很小,若直接使用其实际质量来计算会非常麻烦。比如:一个氢原子的质量为 1.674×10^{-27} kg, 一个氧原子的质量为 2.657×10^{-26} kg。为了简单方便,提出了“相对质量”的概念。

“相对质量”实际上就是以一种碳原子(原子核内有 6 个质子和 6 个中子的一种碳原子,即碳-12)的实际质量的 1/12 (约 1.667×10^{-27} kg) 作为标准,其他原子的实际质量跟该标准的比值,就是该原子的相对原子质量,即:

$$\text{相对原子质量} = \frac{\text{一个原子的实际质量}}{\text{碳-12 原子的实际质量} \times \frac{1}{12}} \quad (1-1-4)$$

根据上式可计算得到,氧原子的相对原子质量为: $2.657 \times 10^{-26} / 1.667 \times 10^{-27} \approx 16$, 即氧原子的相对原子质量为 16。公式(1-1-4)中的分母,即碳-12 实际质量的 1/12 被称为“原子质量单位”,1 个原子质量单位约等于 1.667×10^{-27} kg。

那每个质子或中子的质量又大约等于多少呢? 经过测定,一个质子和一个中子的质量均约等于 1 个原子质量单位。按照上述计算相对质量的方法可知,一个质子和一个中子的相对质量均约等于 1。这样的话,原子的相对质量就约等于质子相对质量与中子相对质量的总和,即:

$$\begin{aligned}\text{原子的相对质量} &= \text{质子数} \times \text{质子的相对质量} + \text{中子数} \times \text{中子的相对质量} \\ &= \text{质子数} \times 1 + \text{中子数} \times 1\end{aligned}\quad (1-1-5)$$

假设原子核内含有 Z 个带正电荷的质子和 N 个不带电的中子,则原子质量数 A 就等于:

$$\text{质量数}(A) = \text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N) \quad (1-1-6)$$

式中, A 为原子质量数,是一个没有量纲的数,其值等于原子核内质子数与中子数之和。

由公式(1-1-5)和公式(1-1-6)可知,原子相对质量和原子质量数数值相等,但需注意的是,原子质量数和原子相对质量的概念和内涵均不同。

通常情况下,原子核内的质子数越大,核外电子数也越多。核外电子并不是聚集到一起围绕原子核转的,而是按照一定的轨道层分布的(类似于包括地球在内的 8 颗行星在各自的轨道上绕着太阳在转。这里的原子核就可看作是太阳,而电子就可看作是各轨道上的行星)。

在各层轨道上绕行的电子均具有一定的能量。其中,位于最内层轨道的电子能量最低,越往外轨道的电子能量越高。原子在正常状态下时,电子是在距原子核最近的轨道上运行,此时原子能量最小,也最为稳定。当从外界输送能量给原子时,电子可以吸收外来能量而从能量较低的轨道跃迁至能量较高的轨道(电子从内层跃迁到外层或脱离原子),这种现象叫做激发,此时原子处于激发状态。若激发的能量很大,会使得轨道上的电子能够脱离原子核的吸引力而自由运动,成为电离状态;反之,能量较高的轨道电子也可以跃迁到能量较低的轨道,而多余的能量视其大小不同,以 X 射线或可见光的形式释放。

二、元素、核素和同位素

1. 元素

在化学学科中,元素是指原子核里质子数(即核电荷数)相同的一类原子,是构成物质的基本单元。从这点看,一种元素跟另一种元素之间最本质的区别是质子数不同。原子是具备该元素化学性质的最小单位。

早在 19 世纪 60 年代,门捷列夫就指明了元素的化学性质随元素的原子量增加而呈现出周期性的变化,并制订了元素周期表。至今人类已经掌握

了 118 种元素的信息,其中 93 号以后的元素都是通过人工方法获得的。随着科学技术的不断发展,人类将会不断获得新的元素。

2. 核素

核素是指具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子。通常用符号 A_ZX 来表示核素,其中, X 表示元素符号, A 表示原子质量数(即中子数和质子数之和,或称核子数), Z 表示质子数。例如:原子核里有 6 个质子和 7 个中子的碳原子,质量数是 13,用 ${}^{13}_6C$ 来表示该核素。

由于原子核中,每个质子带一单位正电荷,中子则不带电,所以原子核所带的正电荷数(即核电荷数)在数值上刚好等于原子核内的质子数;原子序数是指元素在周期表中的序号,其数值也等于原子核内的质子数或中性原子的核外电子数。所以可得出以下结论:核电荷数=质子数=原子序数。如: ${}^{238}_{92}U$ 表示核素铀-238,该核素的质子数为 92,原子序数也为 92,原子质量数为 238。

根据核素的原子质量数 A 和质子数 Z 及所处能量状态 m 的差异,可分为:同位素、同质异能素和同质异位素。此外,按照原子核稳定与否,核素还可分为不稳定性核素和稳定性核素两类。由于不稳定性核素具有放射性,所以不稳定性核素也称为放射性核素。

3. 同位素

同位素是具有相同的质子数(或原子序数),但原子质量数不同的核素。例如, ${}^{238}_{92}U$, ${}^{235}_{92}U$, ${}^{234}_{92}U$ 这三种核素的原子核里都有 92 个质子数,它们都属于元素铀的三种同位素。显然,同位素只能限于某个元素而言,如上述的 ${}^{238}_{92}U$, ${}^{235}_{92}U$ 和 ${}^{234}_{92}U$ 是铀的同位素, 1_1H , 2_1H 和 3_1H 是元素氢的同位素等。

同位素的化学性质相同,但原子质量数不同,这是由于原子核中的中子数不同导致的。因此,同位素也就是原子核中质子数相同而中子数不同的原子。同位素有稳定的有不稳定的。不稳定性同位素也称为放射性同位素。

4. 同质异能素

同质异能素是指具有相同的原子质量数和质子数,但处于不同能量状态的核素。如:运输时常遇到的“发生器”中装的 ${}^{99}_{43}Tc$ 和 ${}^{99m}_{43}Tc$ 。后者中的 m 表示该核素原子核处于激发态。显然, A_mX 与 A_ZX 的差别仅在于能量状态的

不同,所以, ${}^A_Z X$ 与 ${}^A_{Z'} X$ 之间又互称为同质异能素。

5. 同质异位素

同质异位素是指具有相同的原子质量数而原子序数(或质子数)不同的核素。如: ${}^3_1 H$ 、 ${}^3_2 He$ 这两种核素的原子质量数相同但原子序数不同。

三、射线种类及其特性

根据上述内容所知,某些元素的原子核不稳定,会自发地放射出某种肉眼看不见也感觉不到,且只能用专门的仪器才能探测到的射线,进而转变成别种元素的原子核现象,称之为放射现象。元素的这种性质叫放射性。

具有放射现象的物质(物品)称为放射性物质(物品),按其获得方法可分为天然放射性物质(物品)和人工放射性物质(物品),常用的放射性物质(物品)大部分都是人工的。

通常,放射性物质所放出的射线大致有3种: α (阿尔法)射线、 β (贝塔)射线和 γ (伽马)射线。此外,还有中子流和X射线。由于各种射线的性质不同,致使其对人体的危害性以及防护方法都有很大不同。

1. α 射线

α 射线是从放射性物质的原子核中放射出来带正电荷的 α 粒子流,实际上就是惰性气体氦的原子核(${}^4_2 He$)。

α 射线一般是从原子量较大的化学元素(如天然铀)的原子核中发射出来。 α 粒子的质量和氢核相等,为氢原子核的4倍,且带有2个正电荷,所以它在物质中(如空气中)穿行较困难,即穿透能力很低。如:天然铀释放出的 α 射线,在空气中的射程仅3cm左右,很快就把能量传给被照射物质。

通常人类的皮肤(损伤的皮肤例外)或一张纸即可挡住 α 粒子。因此, α 射线引起的外照射危害可忽略不计。但由于 α 粒子的电离能力很强,一旦进入人体内(即形成内照射),则会使人体器官和组织在电离作用下受到严重损伤,且致伤集中,不易恢复。如通过呼吸、饮食等途径,放射性物质则有可能(若违反安全防护规则)进入体内(消化道或气管),这时 α 射线将直接作用于体内组织,破坏内脏的细胞。因此, α 粒子的内照射危害最大,要特别注意防止能放射出射线的物质进入人体内。

2. β 射线

β 射线是从放射性物质的原子核里释放出来带一个单位电荷的高速电子流。

由于 β 粒子实际上就是电子(包括正电子和负电子),所以 β 衰变可分为“正 β 衰变”和“负 β 衰变”两种。在“正 β 衰变”中,原子核内一个质子转变为一个中子,同时释放一个正电子(即 β^+ 粒子),而使原子核的质子数减少 1(同时中子数增加 1,核的总质量数不变);在“负 β 衰变”中,原子核内一个中子转变为一个质子,同时释放一个负电子(即 β^- 粒子),而使原子核的质子数增加 1(同时中子数减少 1,核的总质量数不变)。

由于 β 粒子所带电量仅为 α 粒子的一半,且质量又极其微小,所以 β 射线对周围介质的电离能力要比 α 射线小得多。但正因为质量轻,所以 β 射线在物质中穿行时,要比 α 射线更容易,即 β 射线比 α 射线具有更大的穿透能力,射程较远。如:磷-32(^{32}P)衰变时放出的 β 粒子在空气中的射程可达 10m。因此, β 粒子(射线)不仅能进入体内引起损伤效应(内照射危害),在体外若距离人体较近仍可对人体造成危害(外照射危害)。

根据 β 射线的性质,可采用适当屏蔽物来减弱 β 射线的强度,如铝板或有适当厚度的有机玻璃板等。

3. γ 射线

γ 射线是一种波长很短的电磁波,即光子流,不带电。所以 γ 射线与普通无线电、可见光的实质是一样的,都是由电磁波构成。

由于 γ 光子不带电荷,且不易被其他物质吸收。通过障碍物时,能量的损失只是其数目逐渐减少,而剩余 γ 光子的速度不变。因此,在 3 种常见射线中, γ 射线的穿透能力最强,它是 β 射线的 50 ~ 100 倍,是 α 射线的 1 万倍,能透过厚达 300mm 的钢板,因此要完全阻挡或吸收 γ 射线是很困难的。

换句话说, γ 射线对机体的外照射危害较大。但 γ 射线的电离能力最弱,只有 α 射线的 1/1000、 β 射线的 1/10,且不会滞留在体内,所以其对人体基本上不存在内照射危害,而应主要防护 γ 射线所造成的外照射。

为了减弱 γ 射线的强度,通常可采用重金属作屏蔽物,如:铅(Pb)、铁(Fe)等对 γ 射线都具有显著的屏蔽作用。

4. X 射线

X 射线是一种短波长的电磁波,波长介于 γ 射线和紫外线之间。它由

德国物理学家 W. K. 伦琴于 1895 年发现,故又称伦琴射线。

X 射线由于波长短,所以具有强大的穿透能力,能透过可见光不能透过的物质,其中包括肌肉、骨骼、金属、纸张等,能伤害及杀死有生命的细胞。这种肉眼看不见的 X 射线还可使很多固体材料发生可见的荧光,能使照相乳胶感光以及空气电离等。此外,由于 X 射线不带电荷,故不受电场和磁场影响。

X 射线性质和 γ 射线大体相同,所以把它们统称为光子。如上所述,两者区别在于 γ 射线是从某些放射性物质(如钴、铀、镭等)原子核里放射出来;而 X 射线是由原子核外电子壳层中发射出来的。X 射线和 γ 射线都不带电,不能直接引起电离,但它们穿透能力极强能穿透物质,进而使核外电子成为高速飞行的自由电子,这些电子则可以发生电离作用。X 射线防护主要采用外照射防护。

5. 中子

中子是一种不带电的基本粒子,在自然界里中子并不单独存在,它是在原子核受到外来粒子的轰击时才从原子核里释放出来的。运输过程中常见的“中子源”就能放出中子流。中子源是将某些放射性物质与非放射性物质放在一起时,放射性物质衰变时放出的 α 粒子轰击非放射性物质而放出中子。

由于中子不带电,不能直接由电离作用而消耗能量,因而具有强大的穿透能力。当中子通过物质时,会与物质中的原子核碰撞而损失能量。通常,中子与轻原子核碰撞时损耗的能量较多,而与重原子核碰撞时损耗的能量较少。所以,中子最易被含有很多氢原子的物质和碳氢化合物所吸收,却能顺利通过铁、铅等很重的物质。

中子流的上述特点应特别为人们重视。这是因为人体是一个有机体,有大量的碳、氢等轻质元素,这正是中子的好减速剂。中子流在人体内长距离穿透时,撞击碳、氢的原子核而发生核反应。这些反应都有 γ 射线放出,对人体危害极大。

总的来说,中子流对人体的伤害,不论是外照射还是内照射都是极严重的,而且由于重物挡不住中子流,所以中子弹对人员的杀伤半径要比原子弹大得多,且不毁坏建筑物。也正因为上述这种特点,通常可以用比重较轻的物质吸收中子或使其减速,如水、石蜡和其他碳氢化合物或水泥等。