



# 走近电离辐射

蒋 绚

(南京师范大学物理科学与技术学院 南京 210097)

提起辐射,人们很自然地联想到手机、电脑的电磁辐射,对电离辐射则比较陌生。其实,这种电磁辐射就是

电离辐射的一种。电离辐射还包括电子、质子、中子及较重粒子的粒子源,微波辐射,光辐射,同步辐射等。我们的生活环境中存在着天然电离辐射和人工电离辐射,可以说,电离辐射就在我们身边。电离辐射可以造福于人类,它在工业、医学、农业上有着广泛的应用;电离辐射也可以给人类带来巨大的灾难,特别是核武器和辐射事故的发生。因此,我们对待电离辐射这把双刃剑时,既要充分利用它来造福人类,又要严防它的危害。

## 一、身边的辐射源

### 天然电离辐射

人们一般很难躲避自然界的辐射源,如宇宙射线、陆地辐射、食入或吸入的长寿命放射性核素和氡同位素。宇宙射线来自地球以外的宇宙空间,能量高、穿透力强。影响宇宙射线剂量的主要因素有高度(随高度增加而增大)、纬度(随纬度增大而增大)、屏蔽(如因房屋阻挡而减少)。所以机组人员和居住在高海拔的人会受到更多的辐射,室内的射线强度要比室外低 20%。陆地辐射是由土壤、岩石、路面材料和建材等所含的放射性核素所致。比如土壤和岩石中的钍和钾在蜕变时会释放射线,而建筑材料是由地表物质制造出来的,故也含有放射性。我们不可避免地会食入或吸入放射性核素,

射研究中出现这一经典理论的失效,曾被当时的物理学家们称为“紫外灾难。”

1900 年 12 月 14 日,普朗克发表了他导出的黑体辐射公式,即普朗克公式:

$$M = \frac{2}{c^2} \frac{h^3}{e^{h/kT} - 1}$$

按照这一公式计算出的结果,能符合全部辐射频率范围内的实验值。

普朗克在热力学分析研究的基础上,大胆地提出“能量量子化”的假设。对空腔黑体的热平衡状态,他认为是组成腔壁的带电谐振子和腔内辐射交换能量而达到热平衡的结果。他创造性地假设谐振子可能具有的能量是不连续的,其能量只能取一些离散的值。以  $E$  表示一个频率为  $\nu$  的谐振子的能量,普朗克假定:

$$E = n h \nu \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

普朗克将上式中给出的每个能量值称为“量子”。这是历史上第一次提出量子的概念。由于这一概念的产生,即普朗克常数  $h$  的出现,很快量子力学就产生了。于 1918 年普朗克因此而获得了诺贝尔物理学奖。

回首往事,不难发现,在物理学研究中,往往一

个重要假设的产生,就是新的物理理论创立的开始;往往一个重要物理常量的出现,必然导致新的物理理论的产生。因此,这些重要物理常量  $g$ 、 $k$ 、 $c$ 、 $h$  的发现,都是对人类认识客观世界规律的重大贡献。现将几个物理常量和有关的物理理论列入表 1。

表 1 物理常量与物理理论对照表

物理常量	物理理论
重力加速度 $g$	广义相对论和经典力学
玻耳兹曼常数 $k$	热力学和统计物理
真空中的光速 $c$	狭义相对论
普朗克常数 $h$	量子物理

现在我们正处于科学技术飞速发展的信息时代,我们面对物理学的热点问题(例如多体问题,耗散结构中的混沌与分形、湍流和孤波……),借助现代化的科技手段,必将加快研究的步伐。在研究中,同样需要大胆的科学假设,同样可能出现重要的物理常量。比如费肯鲍姆(Feigenbaum)常数和李雅普诺夫(Lyapunov)指数等,在研究非线性物理学中都是非常重要的。可以猜想,随着新的重要物理常量的发现,必将揭开蒙在物理难题上的神秘面纱,其中的奥秘随着物理工作者的努力探索将大白于天下。

因为日常生活中的饮用水、菜肴和空气中的尘埃中都含有一定量的放射性核素。在某些食物中的放射性核素中,钾 40 的放射性最强,若大量食用这些物质,所受的辐射量将大大超过平均值。比如每周吃 80 克贻贝,就会增加 50% 的食物辐射量。氡同位素来源于土壤、岩石,建材中的镭逸入空气中,会被我们吸入肺内造成辐射。室外的氡会飘散开来,但室内的氡浓度只会叠加。研究发现,室内的氡含量与肺癌密切关系。幸运的是,氡很容易被排除掉,只要打开排气扇,就可以将室内的氡吹走。

### 人工电离辐射

人类社会的发展产生了人工辐射源,人工辐射源包括 X 射线装置、电子加速器和核反应堆等。人工辐射源的运行,人工放射性核素的生产和使用均引起人工电离辐射。但它们与天然辐射源比较,对人体的危害性相对较低。这里只介绍最常用的人工辐射源之一——电子加速器。

电子加速器是由加速装置和电源两个基本部件组成。自由粒子在加速装置中可被电场直接或间接加速到很高能量,形成高能电子束。直接加速需与加速电子最终能量相当的高压,而间接加速则通过随时间不断变化的电磁场将电子加速到高能,直接加速主要运用于低、中能电子束,当需要 5MeV 以上能量电子束时使用间接加速技术则更为经济。根据结构、运作模式和连接方式的变化,电子加速器可分为许多类型,主要有静电加速器、倍压加速器、电子感应加速器、回旋加速器、对撞机和直线加速器等。目前,运用相对论原理的对撞机技术仍在蓬勃发展,特别是超导技术的研究和应用,为超高能加速器的发展注入了新的活力。

### 二、广泛应用有所作为

1945 年美国人在日本广岛上空投下一颗原子弹,使广岛近 10 万无辜者命丧黄泉。那时,人们开始意识到这种可怕的能量——辐射,而这种威力巨大的辐射就是电离辐射的一种。电离辐射的杀伤性和破坏力使我们恐惧,但是随着不断的研究,我们渐渐地摸透了它的脾气,使辐射技术广泛应用于工业、农业、医学、环保等领域。

### 工 业

在工业探伤中,射线探伤技术已经取得了广泛的应用。这类技术是通过射线透射受试对象来获取物体内部结构或加工缺损等信息。随着计算机技术的发展,工业射线 DR(数字照相技术)和工业 CT 技

术的开发,使得射线无损探伤技术达到了一个全能水平。从而保证了高新技术的质量控制,例如航空航天等工业中的许多关键部件(如阿波罗登月计划中的航天飞机中,几乎每个关键部件)都要经过中子或其他射线的控制,才能投入使用。

在工业生产过程中,质量、密度、水分、料位、厚度都是要控制的信息,往往要求非接触式地进行测控。工业用核测量系统就是利用电离辐射与物质间的相互作用原理,将入射粒子的全部或部分能量转化为可观测的信号,从而解决了这一难题。

辐射加工是用于工业的实用技术,它是通过电离辐射与物质相互作用产生的物理、化学与生物效应来实现的。例如对宝石进行中子辐照,宝石就会变得晶莹剔透,光彩夺目;在印刷、纺织业中,通过辐照改变介质的导电性从而达到消除静电的目的,有效地防止了火灾或爆炸事故的发生;在化学加工中,利用辐射方法改善高分子材料的性质或合成新型产品;医疗上通过辐照药物和医疗用品进行消毒等。这种加工方式在实现传统产业的技术改造,特别是高分子材料合成方面显示了强劲的技术活力。

### 农 业

1927 年在玉米育种工作中,人们首先发现 X 射线能诱发植物突变,开创了人工诱发研究及其在作物育种上的应用。辐射育种利用电离辐射诱发生物基因突变,在较短时间内获得新的有利用价值的突变体,育成优良品种直接利用或作为种子资源间接利用。我国辐射突变育种的成就突出,育成的新品种占世界总数的四分之一,特别是粮、棉、油等作物的推广,取得了显著的增产效益。

昆虫辐射不育是一种先进的生物防治法,不存在农药的环境污染。昆虫受到电离辐射就会丧失生殖能力,从而降低了害虫的数量,进一步达到防治甚至根除害虫的目的。目前,国内外已经广泛采用这种技术。墨西哥采用该技术根除了果蝇,每年可以避免 15 亿美元的虫害损失。我国用此方法对玉米螟、小菜蛾、柑橘大实蝇等害虫得到了较好的防治效果。

食品辐照保藏是利用某种电离辐射源(射线、X 射线或电子束射线)发出的射线对食品进行照射,从而引起食品中一系列化学或生物化学反应,达到抑止发芽、推迟后熟、延长货架期、杀虫或灭菌的效果。经辐照彻底杀菌的食品是宇航员和特种病人最为理想的食品。现这种技术已经作为预防食源性疾

病和开展国际农产品检疫的一种有效的手段。

### 医学

在医学研究、临床诊断和治疗上,放射性核素及射线的应用已取得巨大成就,形成了现代医学的一个重要分支,即核医学。核医学是通过一些放射性物质的特性,对病人的病灶部位进行显像来诊断疾病。例如用碘<sup>131</sup>来观测甲状腺的功能状态;用铬<sup>51</sup>来测定红细胞寿命;用PET(正电子断层照相)和载有<sup>18</sup>F的药物进行脑代谢的显像观测;用PET和载有<sup>13</sup>N的药物来进行心肌的显像观测和对心肌血流量进行基础研究。核医学的诊断方法也为早期癌症的发现,挽救病人做出了巨大贡献。

利用射线能在人体体内引起电离作用,从而破坏病变细胞的原理,放射性治疗成为了治疗恶性肿瘤的重要手段。目前,这种治疗方法已在癌症治疗中占70%。在与癌病的抗争中,新的放射治疗技术也在迅速成长。最近,一种叫BNCT(硼俘获中子治疗癌症)的方法已在世界范围内进行了临床实验。这种方法是利用含硼药物的亲癌性使硼进入癌细胞,再用中子进行轰击,使在硼核内发生(n, $\alpha$ )核反应,产生 $\alpha$ 粒子,在癌细胞尺寸内把它杀死,具有杀伤范围小、副作用小、易对准等优点。

从1895年X射线被发现数月后首先在医学上应用,产生了X射线诊断学,使医学诊断手段发生了质的飞跃,到现在放射治疗、核医学等新分支学科的相继问世,不难看出,电离辐射技术的医学应用正以方兴未艾之势蓬勃发展着。

### 环境保护

日益增加的环境污染,构成了人类和一切生物的严重威胁,成为人类和一切生物的公敌。当前,人类正面临着治理环境和减少污染的问题。电离辐射治理三废便是其中最有效的方法之一。电离辐射能有效地降解三废中的有机物,杀死废物中的有害微生物,提高污泥的沉降和过滤性能等,显示出了相当强的生命力。近年来,我国已开展这方面的工作,在医院污水的辐射消毒、辐射处理含氟废水和农药废水等方面取得了初步成效。相信,在保护环境的工作中,电离辐射会发挥越来越大的作用,为打造一个可持续发展的环境提供保障。

### 三、电离辐射的防护

虽然电离辐射已被广泛地应用于工业、农业、医药等许多行业,但它毕竟对人体有害。所以,对电离辐射的应用从一开始就和防护联系在一起。根据电

离辐射的特点,人们一般采用以下三种方法进行防护。

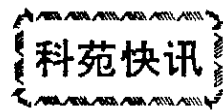
**时间防护** 因人体接受电离辐射的量与照射时间成正比,所以减少接触时间,就可以减少人体接受的剂量。比如在操作辐射源时,应熟练、准确、迅速,以减少受照时间。

**距离防护** 电离辐射的强度与距离平方成反比,所以增加人体与辐射源之间的距离,可以显著地减少人体接受的剂量。比如使用机械手,自动化设备等增加工作人员与辐射源的距离。

**屏蔽层防护** 在辐射源与人体之间加入可以吸收电离辐射的物质,把电离辐射屏蔽起来。比如用铅、铁、石等屏蔽射线,用铅、有机玻璃等屏蔽射线。

针对辐射应用的不同领域,一般采取不同的防护手段。在医用辐射防护中,主要是对放射工作人员以及患者的辐射剂量加以控制;在开放性放射场所,一般采用良好的通风设施;在辐射加工中,采用屏蔽的方法;对放射性废弃物的处置,采用长期储存的方式。

电离辐射防护现已成为一门多学科的综合应用科学。相信,随着它的不断完善,人类可以更加安全地驾驭电离辐射技术。



### 英国“黑暗物质”实验室欲破宇宙之谜

自20世纪30年代人类首次怀疑“黑暗物质”存在以来,各国科学家一直都在不断进行各种科学实验,希望能抢先解开这宇宙中最大的谜团。日前,英国科学家在北约克郡海岸山崖1067米深的地底建造了一个“黑暗物质”实验室,他们认为利用这一先进实验室有望在5年之内发现“黑暗物质”的真面目!

据报道,这座新实验室名叫“波尔比黑暗物质地下实验室”,深入1067米的地下,造价310多万英镑。英国科学家们相信,这座地下实验室的建成,将会帮助他们发现宇宙中最神秘的事物——黑暗物质“威姆普”粒子(Wimp)。

英国黑暗物质研究小组负责人、物理学教授尼尔·斯普诺说,如果一切顺利,并且“威姆普”粒子的确存在,那么他们将在3~5年内找到它的存在证据,从而解开这个最大的宇宙谜团。