

核与辐射安全趣味科普系列丛书

神奇的核技术

环境保护部核与辐射安全中心 编著



中国原子能出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

神奇的核技术 / 环境保护部核与辐射安全中心编著.

—北京: 中国原子能出版社, 2017.10

ISBN 978-7-5022-8659-0

I. ①神… II. ①环… III. ①核技术—青少年读物

IV. ①TL-49

中国版本图书馆CIP 数据核字 (2017) 第 271051 号

神奇的核技术 (核与辐射安全趣味科普系列丛书)

出版发行 中国原子能出版社 (北京市海淀区阜成路43号100048)

责任编辑 付 凯

装帧设计 井晓明 马世玉

责任校对 冯莲凤

指数编辑 潘玉玲

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 710 mm x1000 mm 1/16

印 张 3.875

字 数 76千字

版 次 2017 年10月第1版 2017 年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-8659-0

定 价 68.00元

订购电话: 010-68452845 版权所有 侵权必究

《核与辐射安全趣味科普系列丛书》

编委会

主编

郭承站 叶荷瑞 柴建设

副主编

张家利 吴浩 王晓峰

编写组组长

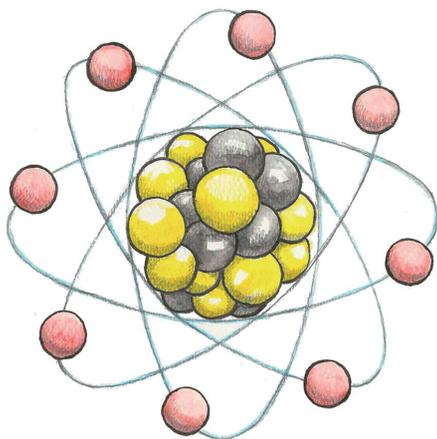
刘瑞桓 宋培峰

项目统筹

刘瑞桓

美术编辑

许龙飞 赵翰青



《神奇的核技术》

编写人员

主编

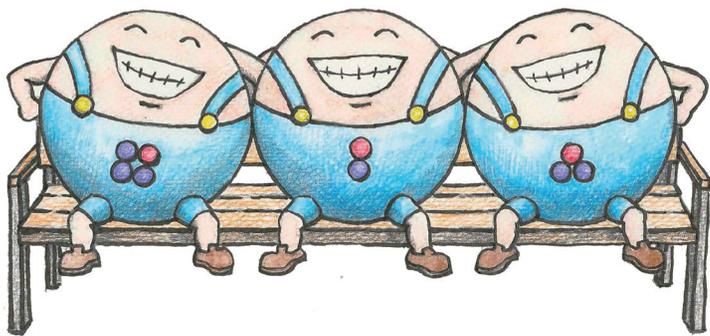
宋培峰

编委

宋培峰 许龙飞 刘瑞桓 李炜炜 王桂敏 赵翰青 王晓峰

美术编辑

李岩 王瑾雯



总序

日本福岛核事故后，核电安全性再一次在全球范围内引起广泛关注，但大多数公众对核能的认知还是停留在事故和灾难的阴影中。核电的社会接受度问题成为核能发展的重要瓶颈。就我国而言，还存在着公众核与辐射知识匮乏，科普工作较为滞后，公众参与程度较低，信息公开透明程度不够，有效的信息反馈机制缺失等问题。因此，创新和完善核与辐射安全科普宣传体系和手段，提升核与辐射安全科普宣传实效，是提升国民科学素养，营造核电良好外部发展环境，提高公众对核电发展的接受度的有效途径，对促进核电事业安全高效发展具有重要意义。

为普及核与辐射安全知识，增强科普培训的针对性和有效性，国家核安全局核设施安全监管司委托环境保护部核与辐射安全中心制作针对不同对象的包括多媒体演示课件和配套文字资料的科普培训系列材

料。

本培训材料编写的目的，首先是让普通公众喜爱看，然后是看得懂，最后达到信任的目的，这是编写过程中一以贯之的理念。为保证科学性(写准)，实用性(针对性)，趣味性(喜闻乐见)，编写过程中力求通过“三化”即“专业化、通俗化、图示化”来实现上述“三性”。此外还要注意处理好专业与通俗，全面与片面，严肃与活泼，风险与利益，编写人的认知与公众的认知的平衡；同时结合时事热点，收集网络上错误的观点，通过反面问题来说明；尝试在编写中体现艺术感，具有一定的审美意识，表达人文关怀，这是更高层次的要求。

核能发展，科普先行，只有让更多的人走近核能、了解核能、信任核能——这一高效、清洁的非碳能源，核能才能实现高效安全的健康发展。

由于时间仓促，加之编写组实践经验和认识水平有限，难免有错误或不当之处，衷心盼望有关专家和广大读者不吝赐教，提出宝贵意见，以便改正。

序一

随着文明的发展，人类在环境和能源问题上面临重大挑战，寻求清洁、高效、可靠的新能源势在必行。2015年联合国发展峰会上，中国发出了“探讨构建全球能源互联网，推动以清洁和绿色方式满足全球电力需求”的倡议，阐明了中国发展清洁能源的立场。为应对能源形势的新挑战，我国“十三五”规划中将能源结构调整作为下一阶段发展的主要着力点。积极推进能源供给侧改革，必须倚重清洁能源技术。核电作为清洁能源中一种成熟的基荷电源，在改革进程中必将发挥重要作用。

积极推进核电建设不仅是我国重要的能源战略，也是国家“一带一路”和“走出去”战略的客观需求。近年来，我国风电、水电、太阳能等

清洁能源和可再生能源获得突飞猛进的发展，但核电装机总量却仍处于低位。目前我国在运核电装机容量仅占电力总装机容量的4%左右，而一些发达国家则远高于此。如核电占比世界第一的法国，其核电装机容量占比高达77.7%，韩国为34.6%，俄罗斯为18%，美国将近20%。即便顺利实现规划目标——到2020年，我国在运在建核电总装机容量达到8800万千瓦，其在我国能源总规模中占比仍然太小。当前形势下，积极推进核电的安全高效发展已是必然。

我国运行核电机组安全业绩良好，迄今未发生国际核事件分级(INES) 2级及其以上的运行事件，运行指标普遍处于世界核电运营者协会(WANO)中值以上，核设施周边环

境辐射水平处于正常范围。核技术利用单位辐射安全全部处于受控状态。但即便如此，仍然有许多公众对核与辐射安全不够了解，甚至存有误解。自日本福岛事故以来，人们似乎谈“核”色变，一方面斥责核电高能耗、高污染，一方面对核电的安全性更加顾虑。与此同时，国家对维护公众在重大项目中的知情权、参与权和监督权也愈加重视，公众意见已成为核能及相关项目能否落地的决定性因素之一。多方因素表明，核与辐射安全相关的科普宣传与公众沟通亟待加强。

《核与辐射安全趣味科普系列丛书》以坚持科学性为本，兼顾趣味性和通俗性，图文并茂，深入浅出。语言、示例贴近生活，形象又不失准确；数据、结论来源权威，

审慎但不失活泼。为大家了解核能、核技术及核与辐射安全提供了一套较为容易“读懂”的读物。

写一套好的科普读物并非易事，好的科普书在于唤起公众的兴趣、提升人文情怀和传播正能量，该套丛书可能会存在描述不准确的地方。请编者多收集意见，及时修订改善。最后，感谢编者们为我国核能利用发展、公众和环境保护所做的努力和贡献，衷心祝愿该书在知识传播中发挥积极作用。



序二

正处在工业化、城镇化发展阶段的我国，同时肩负生态文明建设的艰巨任务，可靠、稳定、安全、清洁、低碳的电力供应是国家经济发展和生活稳定的必要条件。面对环境治理和气候变化的挑战，安全、高效地发展核电是我国走向能源清洁化、低碳化重要选择。核能利用，是一种大规模产生能源的方式，神奇但是并不神秘，只要管理得当，它将为我们带来巨大的社会效益。然而，就在我国意在大力发展核电的同时，却遭遇到了重重阻力。环境保护部部长李干杰曾指出，目前核电发展面临的最大的问题、最大的约束和瓶颈，不是技术问题，而是公众沟通、公众可接受度的问题。2016年4月1日，习近平

在第四届华盛顿核安全峰会上的讲话中说：“学术界和公众树立核安全意识同样重要。我们还要做好核安全知识普及，增进公众对核安全的理解和重视”。

公众对核与辐射安全的接受度与其对核与辐射安全的认知、态度、行为有着极其重要的关系。改变及提升公众的认知、态度、行为，必须开展行之有效的公众沟通工作，而科普宣传则是公众沟通工作中重要的一环。核与辐射事故作为当前重要的突发环境事件，如果处置不当，就可能引发远超事故本身影响范围的社会公共事件，而科普宣传开展的好坏直接影响涉及或参与事件人的反应，成为影响事件应对好坏的关键所在。比如2009年河南杞

县的卡源事件最终演变为大规模的公众恐慌事件，究其主要原因是公众对放射源知识的缺乏。我国虽然很早就开展了核能和核技术开发利用工作，但长期以来对核与辐射安全文化的宣传和培育不足，大多数人的核与辐射知识十分匮乏，加上一些不恰当的宣传和误导，给核科学技术蒙上了一层神秘的面纱，公众对于核与辐射极度敏感，谈核色变。

《核与辐射安全趣味科普系列丛书》尽量用通俗易懂的语言，并注意趣味性，对核能与核技术利用的一些相关知识进行了讲解。

当然，由于在专业性和通俗性的统一上，存在一定的难度，该系列丛书难免会有一些瑕疵和不足，但

是编者们在核与辐射安全知识科普工作的社会责任感和探索精神值得尊崇。且这类科普读物正是目前我国核电发展和社会公众所急需的，希望大家通过阅读这套丛书，既能认识到核能和核技术造福人类巨大价值，同时也能正确理解核与辐射对环境和人类的影响及其潜在危害性，增强防护自救理性应对的能力，促进核能与核技术更好地造福于人类。

Handwritten signature in black ink, reading '潘自强' (Pan Ziqiang).

前言

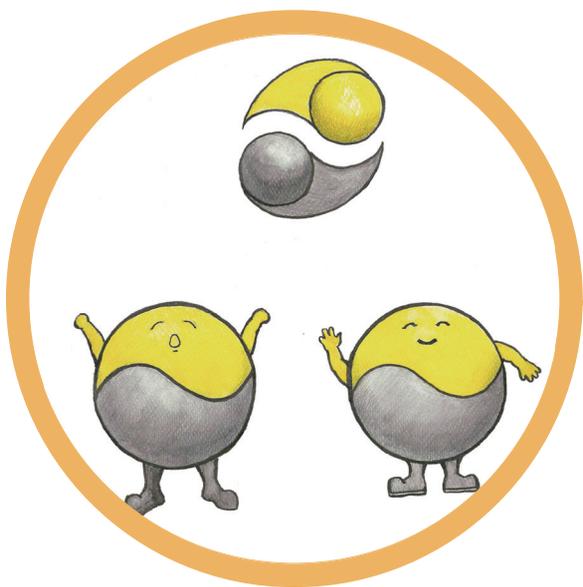
本书主要面向青少年读者，创作了卡通拟人形象，选取读者兴趣浓厚的知识点，突出了趣味性；并注意创新性，启发青少年读者的求知欲和创新欲。同时，让读者了解“正确地利用核技术是安全的”这一理念。

本书共分三大部分，分别为“源”来如此、核技术大显神通和“核”谐共舞。第一章“源”来如此，主要介绍核技术、辐射相关基础知识。第二章核技术大显神通，主要介绍了核技术在医学、农业、工业等领域的应用。第三章“核”谐共舞，主要介绍辐射可探知、可防护；我国对核技术利用的辐射安全监管及现状，向公众传达了核技术的正确利用是安全的。

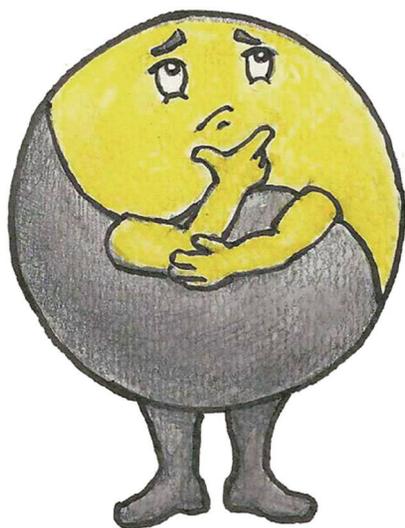
本书由宋培峰主编，许龙飞、刘瑞桓、李炜炜、王桂敏、赵翰青参与编写。其中第一章第二节、第三章第三、第四节以及前言等由宋培峰执笔；第一章第一节、第二章第三节由许龙飞执笔；第二章第一、第二节由刘瑞桓执笔；第二章第四、第五节由李炜炜执笔；第二章第六、第七节由王桂敏执笔；第三章第一、第二节由赵翰青执笔。王晓峰对全书进行了审核。

目录

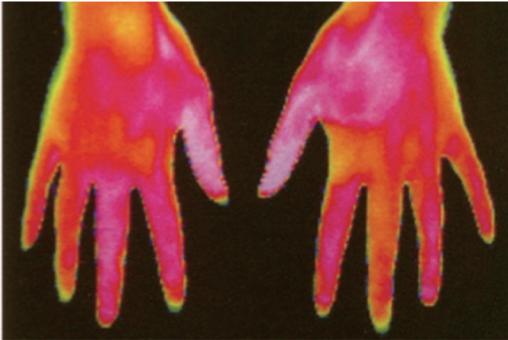
第一章	“源”来如此	4
第一节	核技术与辐射.....	4
第二节	辐射的来源.....	8
第二章	核技术大显神通.....	14
第一节	人体照相机.....	15
第二节	不见血的手术刀.....	17
第三节	“中和”静电	21
第四节	火灾报警与辐射改性.....	23
第五节	灭菌保鲜.....	25
第六节	透视之眼.....	28
第七节	反恐核侦查.....	30
第三章	“核”谐共舞	33
第一节	辐射是把双刃剑.....	33
第二节	健康影响知多少.....	37
第三节	辐射之“蛛丝马迹”	41
第四节	辐射的防护与管理.....	43



大家好，我是原子核，做个自我介绍，我是原子的核心部分，由质子和中子两种粒子构成，我的身材极小，直径在 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m，体积只占原子体积的几千亿分之一。构成我的质子和中子之间存在着巨大的吸引力，使原子在化学反应中原子核不发生分裂。当一些原子核发生裂变（原子核分裂为两个或更多的核）或聚变（轻原子核相遇时结合成为重核）时，会释放出巨大的原子核能。目前，原子能的开发利用已经给人类带来了极大的便利。



相信大家对我充满疑问，接下来，我将带领大家详细的了解我——“核”



核技术是指什么呢？核技术是人们对核应用技术的简称，是指利用放射性同位素和电离辐射进行应用和开发的技术，在核领域中属于非动力的应用。因此，有人将核技术应用比作核领域的轻工业，而将核能技术应用比作核领域的重工业，譬如核电厂。

事实上，核技术是对辐射的利用。那么，辐射是什么？

辐射是不以人的意志为转移的客观事物。在我们赖以生存的环境中，辐射无处不在。太阳发出的由核反应产生的光和热，是人类生存所必需的，天然的放射性物质则广泛地分布于整个环境中，就连我们的身体内，也存在着碳-14，钾-40以及钋-210之类的放射性核素。地球上的所有生命，都是在存在着此类辐射的背景下不断进化而来的。

这些或许都与一种技术有关，她系出名门，却非常的低调，她就是——

神奇的核技术

我们生活在一个奇妙的世界里，
有些事情的神奇总能超出我们的想象。

人体照相机
不见血的手术刀
保持“青春”的土豆
漂洋过海的美味
火眼金睛的安检仪
……



第一章 “源”来如此

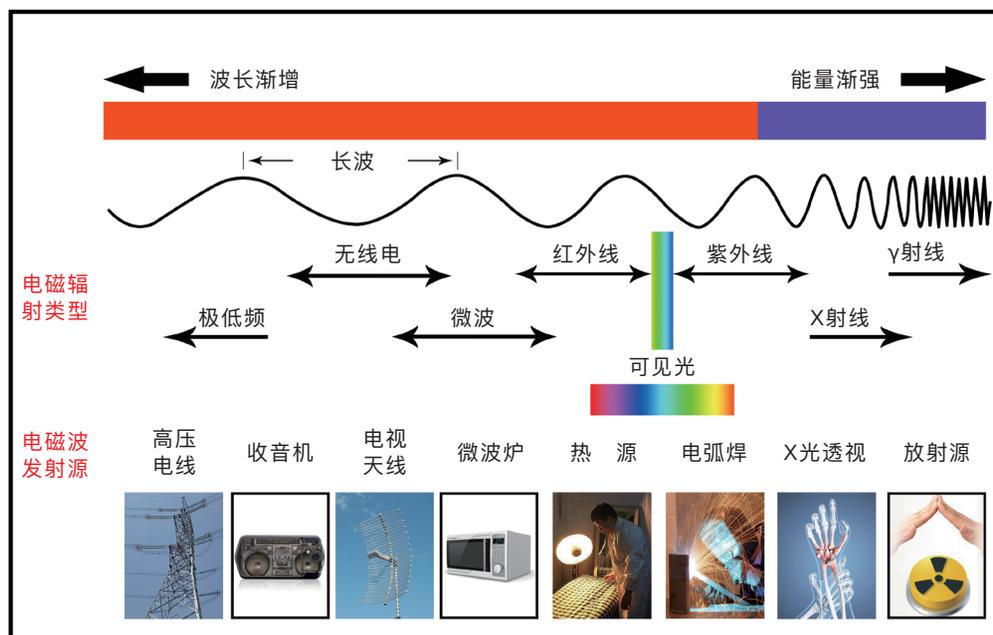
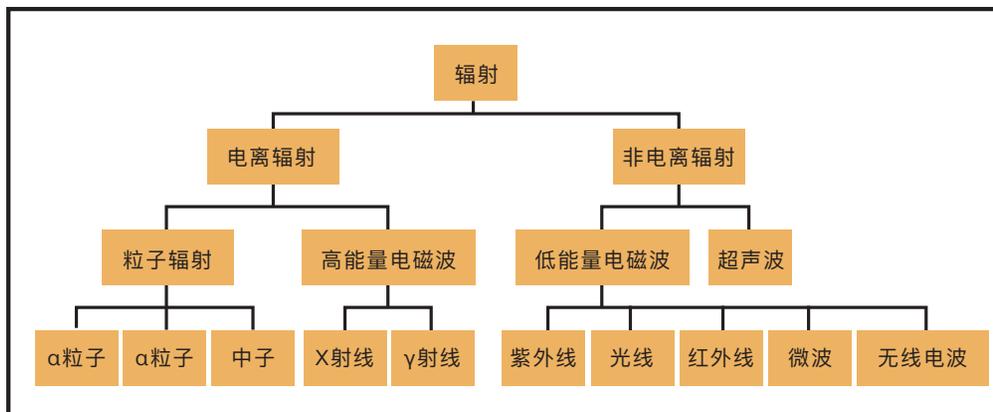
第一节 核技术与辐射

“问君哪得怕如此,为有源头射线来”

自然界中的一切物体，一般都会以电磁波的形式时刻不停地向外传送热量，这种传送能量的方式称为辐射。简单说来就是从某种物质中发射出来的波或粒子（热辐射、核辐射等）。其实我们天天和辐射打交道，只是我们自己并不一定会意识到，太阳光、紫外线、热、声等这些都是辐射。但当人们谈论辐射时，往往想到的却是相关放射性的这一类辐射。

辐射的分类：辐射可分为非电离辐射和电离辐射。

像太阳光、紫外线、热、声等这些都属于非电离辐射，而上面所说的放射性同位素发出的射线属于电离辐射，如钴-60放射源发出的 γ 射线，以及常说的 α 射线、 β 射线、中子射线等属于电离辐射。



阿尔法 (α) 辐射

α 辐射是由较大的不稳定原子核发射出的、带正电荷的氦原子核。它是质量相对较大的粒子，在空气中的射程较短（1~2厘米），一张纸或一层皮肤就可以将其完全吸收。如果发射 α 辐射的核素被吸入或摄入体内，危险就比较大，因为这时的 α 辐射会使肺或胃的内壁之类的邻近组织受到较大的照射。

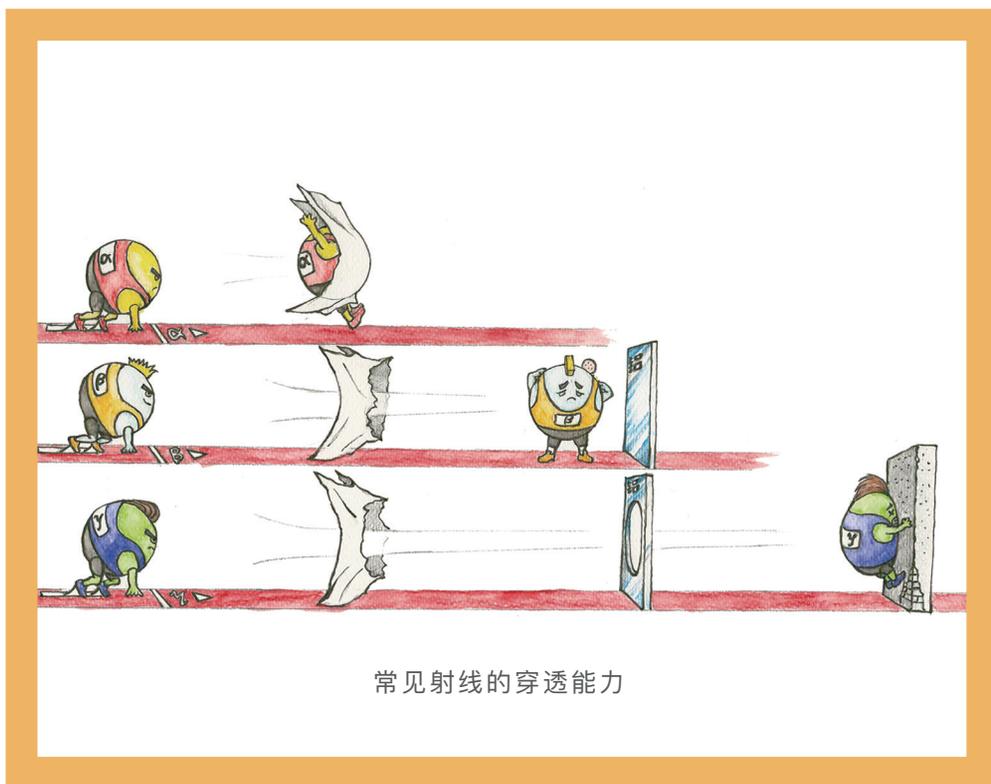


贝塔 (β) 辐射

β 辐射是不稳定原子核发射的电子。 β 粒子比 α 粒子小得多，能够在材料或人体组织中穿行一段距离。 β 辐射能够被塑料板、玻璃或金属板全部吸收。通常它们不能穿透皮肤的表层。但是，受到高能 β 发射体的较大照射会导致皮肤灼伤。当然，如果此类发射体被吸入或摄入体内也是较危险的。

伽马 (γ) 辐射

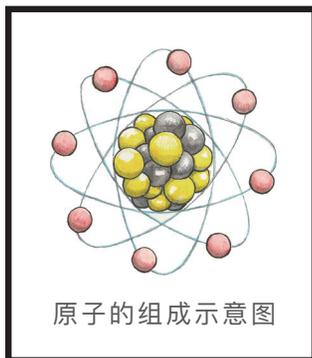
γ 辐射常常是不稳定原子核在发射 β 粒子的同时发射出的能量很高的光子（与可见光类似的一种电磁辐射形式）。当 γ 辐射穿过物质时，会使原子发生电离，主要是因为它能与原子内的电子发生相互作用。它具有非常强的穿透能力，只有相当厚的铁或铅之类的高密度物质才能起到较好的屏蔽作用。因此， γ 辐射在未吸入或摄入体内的情况下，也能给体内器官造成明显的剂量。



X射线

X射线与 γ 辐射一样也是一种高能光子，它是用使电子束快速减慢的办法人工获得的。X射线具有与 γ 辐射相似的穿透力，在没有高密度物质屏蔽的情况下，能给体内器官造成明显的剂量。

第二节 辐射的来源



不可不知的同位素

目前科学研究确认共有118种元素如碳、氢、氧等。这些元素构成了形形色色、五彩缤纷的物质世界。不同的元素由不同的原子组成，原子由原子核和电子构成，原子核则由质子和中子组成，如下图所示。

元素周期表

原子序数 元素符号 (括号内为放射性元素) 元素名称 (带“*”的是人造元素)																19 K 钾 39.098	稳定同位素的质量数 (底线路平度越大的同位素) 放射性同位素的质量数 外围电子的构型 (括号内为可能的构型)																																																																		
相对原子质量 (括号内数据为放射性元素最长寿命同位素的质量数)																																																																																			
注： 1、相对原子质量取自1997年国际相对原子质量表，以 ¹² C=12为基准。元素的相对原子质量超过四位有效数字时取五位有效数字。 2、商品I的相对原子质量范围为6.94~6.99。 3、稳定元素列有天然丰度的同位素；天然放射性元素和人造元素同位素的总列与国际相对原子质量表的有关条目一致。																																																																																			
I A	II A	III B - VIII B										IB	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0																																																																
1 H 氢 1.00794	2 He 氦 4.002602	3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.0122	5 B 硼 10.811	6 C 碳 12.011	7 N 氮 14.007	8 O 氧 15.999	9 F 氟 18.998	10 Ne 氖 20.180	11 Na 钠 22.990	12 Mg 镁 24.305	13 Al 铝 26.982	14 Si 硅 28.086	15 P 磷 30.974	16 S 硫 32.06	17 Cl 氯 35.453	18 Ar 氩 39.948	19 K 钾 39.098	20 Ca 钙 40.078	21 Sc 钪 44.956	22 Ti 钛 47.88	23 V 钒 50.942	24 Cr 铬 51.996	25 Mn 锰 54.938	26 Fe 铁 55.845	27 Co 钴 58.933	28 Ni 镍 58.693	29 Cu 铜 63.546	30 Zn 锌 65.38	31 Ga 镓 69.723	32 Ge 锗 72.64	33 As 砷 74.922	34 Se 硒 78.96	35 Br 溴 79.904	36 Kr 氪 83.8	37 Rb 铷 85.468	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.906	40 Zr 锆 91.224	41 Nb 铌 92.906	42 Mo 钼 95.94	43 Tc 锝 98	44 Ru 钌 101.07	45 Rh 铑 102.91	46 Pd 钯 106.42	47 Ag 银 107.87	48 Cd 镉 112.41	49 In 铟 114.82	50 Sn 锡 118.71	51 Sb 锑 121.76	52 Te 碲 127.60	53 I 碘 126.90	54 Xe 氙 131.29	55 Cs 铯 132.91	56 Ba 钡 137.33	57-71 La-LU 镧系 镧系	72 Hf 铪 178.49	73 Ta 钽 180.948	74 W 钨 183.84	75 Re 铼 186.21	76 Os 锇 190.23	77 Ir 铱 192.22	78 Pt 铂 195.08	79 Au 金 196.967	80 Hg 汞 200.59	81 Tl 铊 204.38	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 208.98	84 Po 钋 (209)	85 At 砹 (210)	86 Rn 氡 (222)	87 Fr 钫 (223)	88 Ra 镭 (226)	89-103 Ac-Lr 锕系 锕系	104 Rf 𨭈 (261)	105 Db 𨨏 (262)	106 Sg 𨨁 (263)	107 Bh 𨨂 (264)	108 Hs 𨨃 (265)	109 Mt 𨨄 (266)	110 Uu 𨨅 (269)	111 Uub 𨨆 (271)	112 Uuq 𨨇 (272)
镧系：57 La 镧 138.91, 58 Ce 铈 140.12, 59 Pr 镨 140.91, 60 Nd 钕 144.24, 61 Pm 钷 (145), 62 Sm 钐 150.36, 63 Eu 铕 151.96, 64 Gd 钆 157.25, 65 Tb 铽 158.93, 66 Dy 镝 162.50, 67 Ho 铈 164.93, 68 Er 铒 167.26, 69 Tm 铥 168.93, 70 Yb 镱 173.04, 71 Lu 镥 174.97																																																																																			
锕系：89 Ac 锕 227, 90 Th 钍 232.04, 91 Pa 镤 231.04, 92 U 铀 238.03, 93 Np 镎 237, 94 Pu 钚 244, 95 Am 镅 243, 96 Cm 锔 247, 97 Bk 锫 247, 98 Cf 锿 251, 99 Es 镄 252, 100 Fm 镆 257, 101 Md 镈 258, 102 No 镅 259, 103 Lr 铹 260																																																																																			

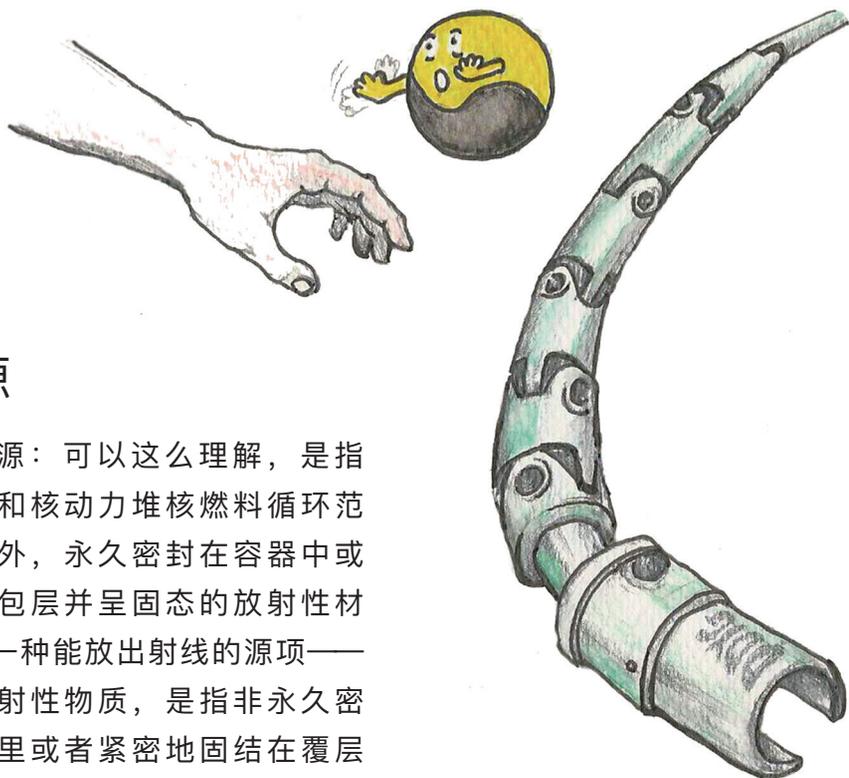
为了研究各元素的性质，科学家们研制出了“元素周期表”，在这个表里每一种元素的位置是固定的。每种元素原子核中质子数是固定不变的，但质子数相同的原子，中子数可以不同，我们把具有相同质子数不同中子数的原子称为同位素，他们在元素周期表中所处的位置相同，就像坐在一张椅子上的“孪生兄弟”，尽管体重不同，模样和所处的位置一样。



同位素示例

什么是放射性衰变？

同位素分为稳定同位素和放射性同位素两类。迄今为止，人们共发现了上述的118种元素的3100多种核素，其中稳定核素有271种，其余都是放射性同位素。放射性同位素是不稳定的，会不断地发出射线，而变成另外一种核素。这种能自发发出射线的性质称之为放射性，而这一过程则称为放射性衰变。



放射源

放射源：可以这么理解，是指除研究堆和核动力堆核燃料循环范畴的材料外，永久密封在容器中或者有严密包层并呈固态的放射性材料。还有一种能放出射线的源项——非密封放射性物质，是指非永久密封在包壳里或者紧密地固结在覆层里的放射性物质。

辐射的源头

这条亮晶晶的金属链子你知道是什么吗？有人会被它靓丽光鲜的外表所迷惑，将其拾起后当宝贝一样存入裤兜内，为此，有些人付出了不小的代价。这条链子虽然看上去很精美，但这不是用来佩戴的金属链子，而是一枚放射源及其连接物，它有一个专业名字叫源辫子，这种放射源被称为带辫子的放射源。

辐射无处不在

人类受到各种各样的辐射照射，包括天然辐射源和人工辐射源。

天然辐射主要有三个来源

- ①人体内部天然存在的放射性同位素钾-40；
- ②岩石、土壤和水体中存在的放射性同位素，其中以放射性氡的影响最大；
- ③宇宙射线。来自宇宙空间的射线，包括初级宇宙射线和次级宇宙射线。

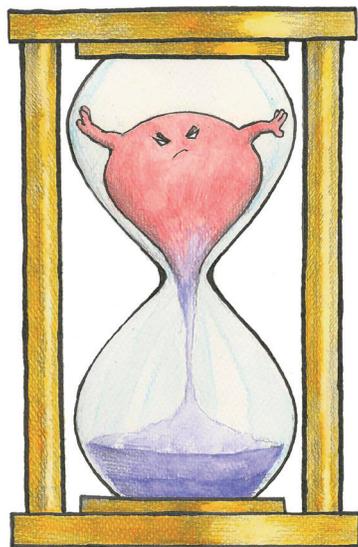
人工辐射

包括医疗照射、核爆炸、核动力生产及其他工农业等领域的应用产生的辐射照射。在人工辐射照射中，射线的“源头”具体是指核爆炸遗留的放射性物质、反应堆以及放射源、辐射发生器。

“事实上，在人类身体里就可以找到天然放射性核素。我们的身体平均每分钟要经历几十万次的核衰变。”

诺贝尔奖获得者—西博格
《人与原子》

神秘的半衰期



为表示放射性变化的快慢，人们引入了半衰期的概念。所谓半衰期，就是放射性核素因放射性衰变而使其活度降低到原来的一半时所经过的时间。每经过一个半衰期，放射源的活度也就只剩原来活度的一半了。半衰期越长，表明这个放射源活度变化得越慢，如土壤石材中通常含有的天然放射性核素铀-238、钍-232等，半衰期都非常的长，达几十亿年，即几十亿年后放射性强度才减为现在的一半；半衰期越短，表明这个放射源的活度变化得越快，如大多数人工放射性核素，相对而言半衰期较短。每种放射性核素都有一个特有的半衰期，其范围从几百万分之一秒到几十亿年。

在各种辐射中，由X射线装置产生的X射线就不存在半衰期的概念，因为只要关掉X射线装置，也就不产生X射线了。

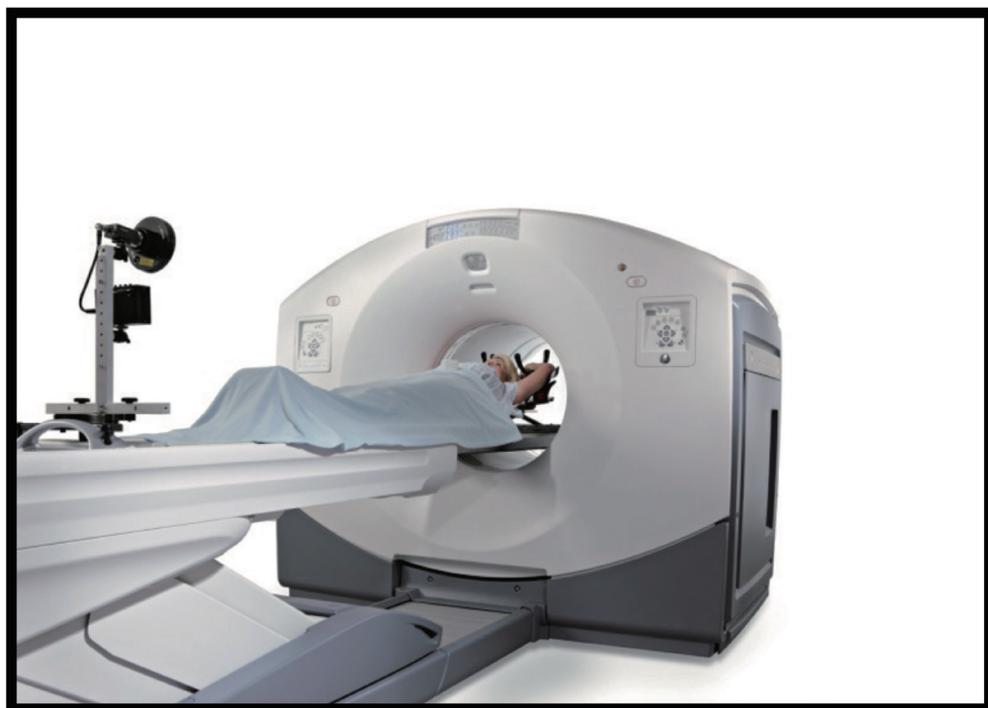
“众里寻她千百度，
蓦然回首，
那人却在，
灯火阑珊处”

第二章 核技术大显神通

虽然是高科技，但核技术离我们并不遥远。无需刻意寻找，因为她就在我们左右，在我们衣食住行等各个方面，只是我们并未知晓而已。在核技术涉足的领域，帮我们解决着各种各样的问题，带给了我们巨大的福利。核技术应用领域包括医疗、农业、工业、航天、考古、勘探等。

第一节 人体照相机

约100年前，精确定位隐藏在患者体内的肿瘤块的位置及其大小是无法想象的。现如今，借助特殊的扫描仪，医生可以利用被称之为放射性药物的放射性药剂来窥视人体内部，这些药物还可以用于治疗许多疾病。在核医学中，放射性药物对于许多疾病特别是癌症的诊断、治疗和监护管理程序以及减轻与某些癌症相关的痛苦，都起着至关重要的作用。



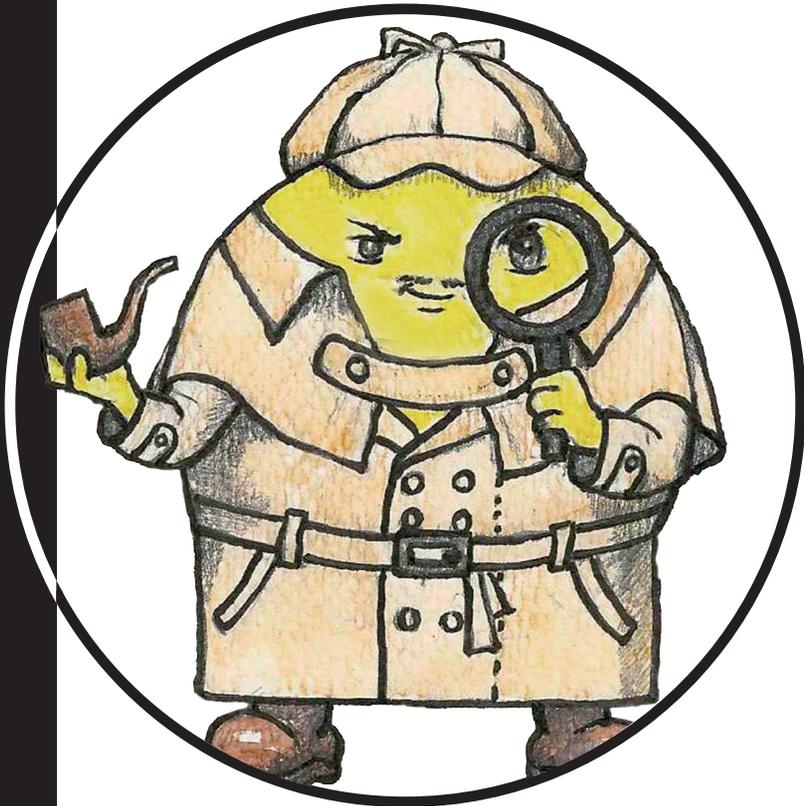
PET 是什么？

全称：正电子发射型计算机断层显像，是核医学领域比较先进的临床检查影像技术

核医学代谢显像

核技术在疾病诊断方面,充分发挥了其打开微观世界的的能力,像神秘的侦探一样,通过一点蛛丝马迹便能洞察疾病的一切。

PET-CT,正电子发射计算机断层显像,被称为“现代医学高科技之冠”,是目前临床上用以诊断和指导治疗肿瘤最佳手段之一。PET可以显示病灶病理生理特征,更容易发现病灶;其独有的融合图像,将PET图像与CT图像融合,可以同时反映病灶的病理生理变化及形态结构变化,明显提高了诊断的准确性。



第二节 不见血的手术刀

说起开刀手术，人们就会想象病人躺在手术台上无影灯下，医生在消过毒，标记过的位置上，用刀片切开皮肤。立刻，鲜血涌流出来，护士赶紧递上止血钳和纱布……但也有例外，用伽马刀做手术时不切开皮肤，不流血、不缝针。

伽马刀名为“刀”，但实际上并不是真正的手术刀，而是一种非常先进的放射治疗设备，其全称是伽马射线立体定向治疗系统。伽马刀是在一个形状为截去顶部的半球形的

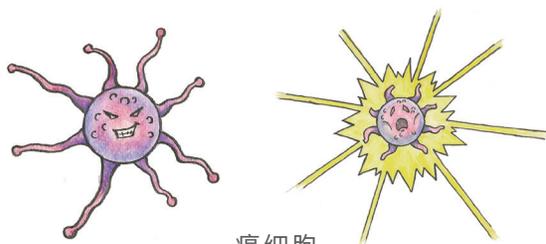


伽马刀

头盔上排列多个密封 ^{60}Co 放射源的装置， ^{60}Co 放射源的 γ 射线从不同角度汇聚于一个点上，治疗时，用 γ 射线汇聚点照射到病人头颅内的病变位置。其治疗照射范围与正常组织界限边缘如刀割一样非常明显，因此人们形象地称之为伽马刀。

远距离放射治疗

放射疗法（简称放疗）是医学的一个分支，主要是利用射线治疗癌症。放疗旨在利用射线来定位和杀死癌细胞。当射线用于恶性肿瘤或大量病变细胞时，目标细胞会被破坏并杀死，导致肿瘤体积变小甚至使肿块消失。



癌细胞

远距离放射疗法是指通过发出一束或多束射线到患者机体的特定目标区而达到治疗目的的方法。该方法可以使健康细胞受到的辐射最少的时候，又能使射线束准确定位控制或杀死癌细胞。



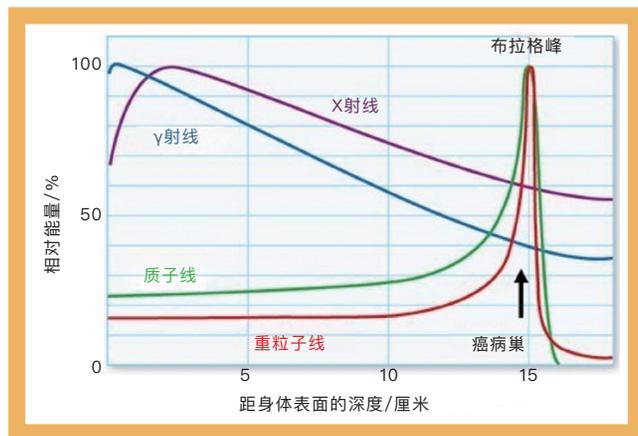
伽马刀

放射治疗新技术——重离子疗法



所谓重离子就是比质子重的带电粒子，通常包含带电的氦、碳及氖离子等。运用重离子射线治疗肿瘤，是当今国际公认的最尖端的放射治疗技术。

目前，国际上仅中国、德国、日本和美国等少数国家拥有质子重离子放疗临床技术。



科学家们发现重离子的物理学特征是，重离子束进入身体后不会大量释放能量，只有在重离子停下来的位置才会释放其大部分能量，形成一个尖锐的能量峰（布拉格峰）。

2015年3月，国家食品药品监督管理总局向上海质子重离子医院颁发了国内首张质子重离子系统设备进口注册证。



重离子疗法，精确而彻底地杀死癌细胞，同时对患者的损伤减到最小程度，不降低患者的免疫机能。临床治疗肿瘤所用的重离子是将碳离子加速到光速70%左右形成高能碳离子束流，借助医学影像技术精确射入体内治疗肿瘤。

第三节 “中和”静电

静电的危害真不少

致盲飞机；

纸张印刷粘一起；

药品生产“掺”杂质；

降低电视荧屏清晰度；

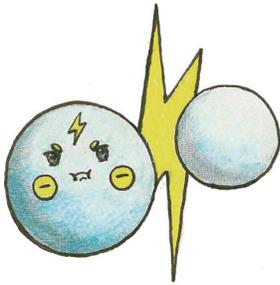
手术台上麻醉剂爆炸；

煤矿瓦斯起火；

.....



在日常生活中，尤其在干燥的冬天，我们常常会碰到这种现象：朋友见面握手时，手指刚一接触到对方，会突然感到指尖有针刺般刺痛；晚上脱衣服时，黑暗中常听到噼啪的声响，而且伴有闪光；早上起来梳头时，头发会经常“飘”起来，越理越乱。这些现象均源于静电。静电不仅在日常生活中给人们带来了种种不适，而且在某些特定场合制造了诸多麻烦。



在飞行过程中机体与空气摩擦产生的静电，如果不采取措施，将会严重干扰飞机无线电设备的正常工作，使飞机变成聋子和瞎子；

在印刷厂里，纸页之间的静电会使纸页粘合在一起，难以分开，给印刷带来麻烦；

在制药厂里，由于静电吸引尘埃，会使药品达不到标准的纯度；

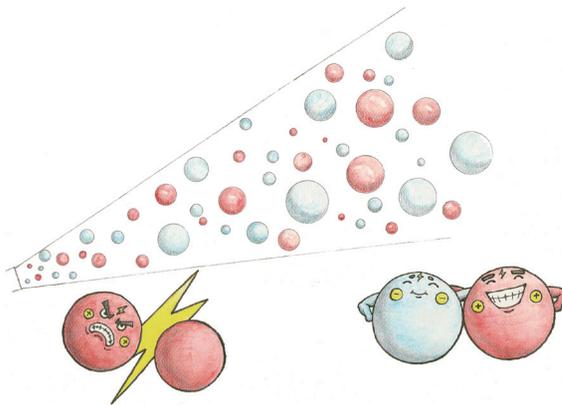
在播放电视时荧屏表面的静电容易吸附灰尘和油污，形成一层尘埃的薄膜，使图像清度和亮度降低；

在混纺衣服上常见而又不易拍掉的灰尘，也是静电捣的鬼；

在手术台上，电火花会引起麻醉剂的爆炸，伤害医生和病人；

在煤矿，则会引起瓦斯爆炸，导致工人死伤。

内置钋-210或钷-238、氡-85、镭-241等放射源的静电消除器可有效地解决上述因静电引起的难题。放射源发出的射线能使空气产生上万亿的正负离子，这样在产生静电物体表面和消除器之间形成通路，这些离子中和物体表面的静电荷，从而消除静电。静电消除器有离子鼓风机、离子枪、离子喷嘴等不同形式。这种放射性同位素只会使空气电离，消除静电，不会使空气和其他物体带上放射性。目前，在造纸、印刷、纺织、卷烟生产中应用效果显著。



第四节 火灾报警与辐射改性

现代社会，高楼林立，消防安全成为人们必须面对的现实问题，尤其在火灾的前期报警阶段，安装 α 源制成的离子感烟报警器起到了防范火灾的重要手段。离子感烟报警器可探测到人眼看不到的微粒组成的烟雾，可在阴燃生烟阶段，自动发出报警信号并打开淋水喷头，把火扑灭在未成灾阶段。现已在宾馆、饭店、写字楼等高层建筑和家庭中得到广泛应用。



烟雾报警器

烟雾报警器具体原理是，内有一个电离室，电离室内置一枚活度极小能放出 α 粒子的镭-241放射源（活度约 $0.8 \mu\text{Ci}$ ， $1 \text{Ci}=3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ ），正常状态下处于电场的平衡状态，当有烟尘进入电离室会破坏这种平衡关系，报警电路检测到浓度超过设定的阈值时会发出警报。



人们利用辐射加工制造出具有特殊属性的材料，解决了生产、生活中的难题，如信息功能材料、能源功能材料、智能材料、生物材料、碳素材料、环保材料、高性能结构材料、功能高分子材料、先进复合材料等等。

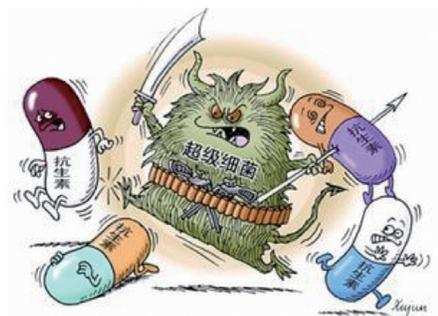
电线、电缆常常长期被埋在地下泡在水中或长年累月暴露在空气中经受着风吹雨淋和日晒，因而它要有优良的电气性能的同时还要具备较强的抗氧化性能。航天航空、海上采油、通信、核能开发等许多领域都会用到高品质的电线电缆，辐照加工帮人们解决了上述问题。

聚氯乙烯受到 γ 射线或电子束照射后，聚氯乙烯分子间的柔性线性结构交联为刚性的三维立体结构，使材料性质发生显著变化，具有“记忆”原来形态的性能，可通过加热恢复原状，此外还具有良好的阻燃性、耐寒性、耐热性、耐恶劣环境等特点。

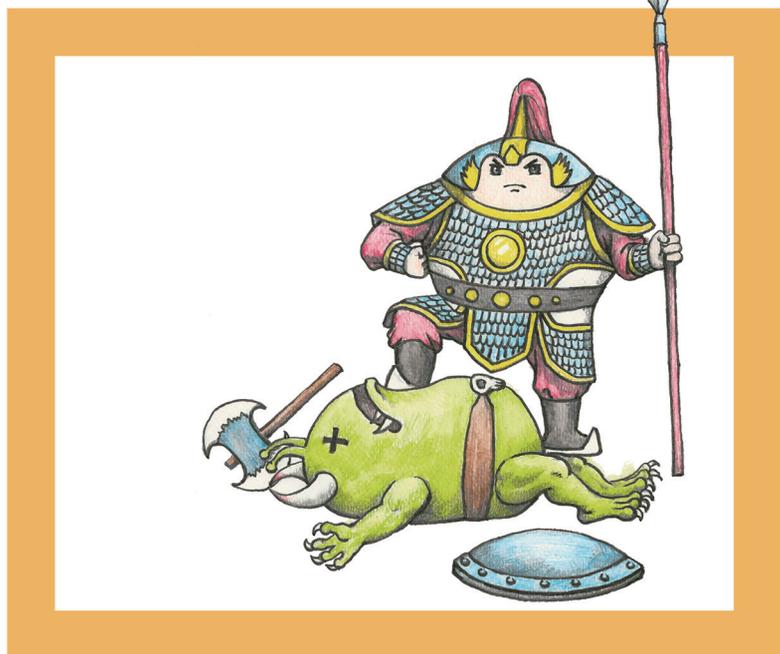


第五节 灭菌保鲜

2001年美国发生了炭疽攻击事件，从9月18日开始有人把含有炭疽杆菌的信件寄给数个新闻媒体办公室以及两名民主党参议员。这个事件导致5人死亡，17人被感染，一度引起世界各国恐慌。为杀灭炭疽菌，美国政府紧急采用电子加速器对接收的邮件进行辐照，阻止了炭疽菌的进一步传播和扩散，从而化解了炭疽菌危机。



为什么炭疽菌如此可怕？专家告诉我们说，炭疽菌以孢子形式传播，那些几乎无生命的孢子藏在邮件里，无论是严冬或酷暑，外界的变化对它们都不起作用，孢子们在静静地等待时机，一旦被人们接触，它们就会成为致命病菌。





我国自行研制的杀菌加速器

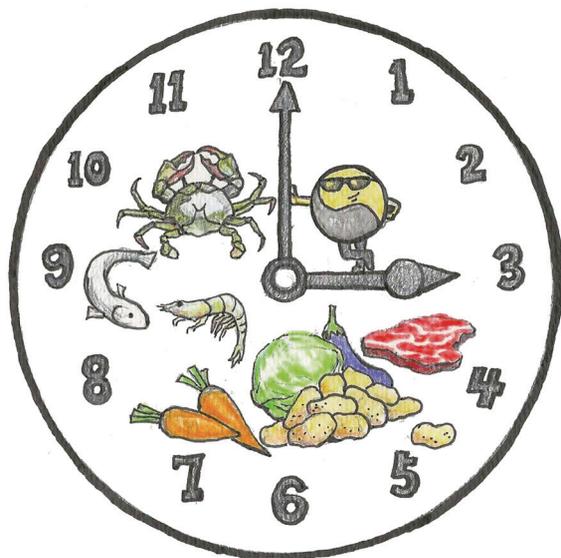
为杀灭炭疽菌，美国政府采用电子加速器对接收的邮件进行辐照，用以化解炭疽菌攻击，达到效果。我国也自行开发研制了自屏蔽式电子束辐射灭菌加速器，用于邮件杀菌。

这其实是辐照灭菌法

辐照灭菌法就是利用放射源的 γ 射线及加速器产生的高能电子束或X射线照射被灭菌物品。

射线会破坏物品中微生物的结构（直接或间接破坏微生物的核糖核酸、蛋白质和酶），从而发挥杀灭微生物的作用。

“让食物永葆青春”



相较于使用药物保鲜食品，辐照保鲜持久，且无残留。

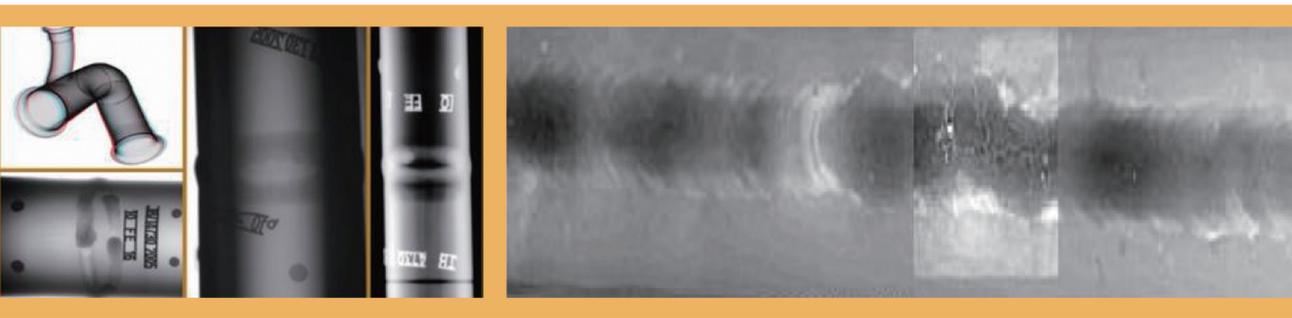
日常生活中许多植物食品，会在适当的条件下发芽、发霉甚至腐烂导致不能食用，如发芽的土豆含有大量龙葵素，食用后会引起中毒症状。植物发芽是繁衍生殖的自然属性，而往往只需要小部分用于繁殖新物品，大部分用于日常餐桌上食用。因此，用于食用的产品应采取适当措施防止其发芽繁殖。

人们发现，射线可以降低或抑制植物中的分生孢子，延长食品的休眠期甚至终止食品的生命活动，从而达到保存食物的目的。此外如辐射灭菌一样，射线还能杀灭食品中的细菌或植物害虫，防止微生物引起的食品腐烂，延长食品的保存期，提高食品的卫生品质。



第六节 透视之眼

“千里之堤溃于蚁穴”语出《韩非子一喻老》，揭示了千里长堤虽然看似十分牢固，却会因为一个小小蚁穴而崩溃的哲理。在一些巨型舰船焊接、大型堤坝建造等施工中，为避免此类事故的发生，人们极力寻找隐藏在建造主体内部的细小“伤口”，这可能是一个没焊接好的砂眼，也可能是一条肉眼不可见的缝隙。



探伤成像图像

焊缝缺陷图像（可清晰分辨气孔和微裂纹）



由于X射线、 γ 射线具有较强的穿透能力，可以在不损害或不影响被检对象使用性能的前提下，检测被检对象中是否存在缺陷或不均匀性，给出缺陷的大小、位置、性质和数量等信息，进而判定被检对象所处技术状态（如合格与否、剩余寿命等）。这就是基于射线成像原理的无损探伤技术，仿佛在透视被检对象的内部，因此，探伤检漏又叫无损探伤，俗称“透视之眼”。



第七节 反恐核侦查



“一分安检，十分安全”

每当我们经过地铁或车站入口时，耳边会传来这句话。同时，管理人员会引导我们将随身携带的行李放在传送带上，送入安检仪进行检查，以确认是否有禁止带上车的物品。不用打开行李包裹，安检仪就可以看到行李包裹的内部，仿佛具有一双“火眼金睛”。

这是因为安检仪内部有1台X射线机，能发出X射线，产生的X射线照射行李包裹并在穿透行李后，电脑会自动根据反馈回来的X射线强度对图像进行渲染处理，使得不同密度的物品在屏幕上反差极大，一眼就能识别其形状。



闻“香”识别爆炸物



近年来，在世界范围内，恐怖分子利用隐藏爆炸物制造的恐怖事件屡屡发生。对隐藏爆炸物的检测越来越受到各个国家的高度重视。

但随着爆炸物小型化、精密化、浓缩化，爆炸物越来越隐秘；而另一方面机场、车站等场所对人员流动效率又有较高要求，如何快速高效地检测出隐藏的爆炸物成了安全管理部门的困扰。

“奈何，奈何，奈若何？”

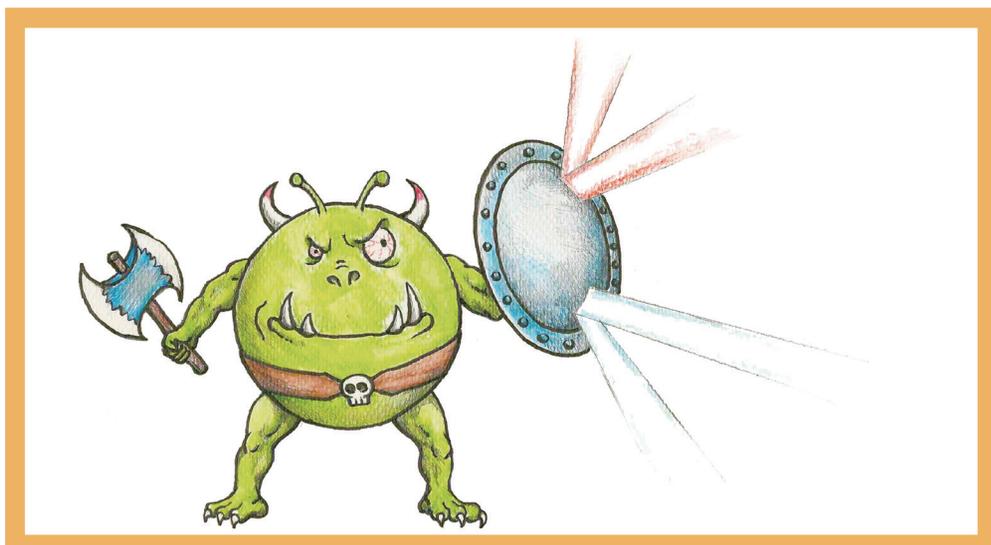
人们利用核技术研制出一种探测器——“离子迁移光谱”探测器，使用这种探测器的爆炸物检测仪对爆炸物的检测可达到微微克级(10^{-12})，能快速地检测和分辨痕量爆炸物，被广泛应用于机场、车站、大型会议、展览馆等公共安全场所。

在具体检测人体时，只需简单拍打、贴近人体外衣产生的样品量就足够精确判断有无隐藏的爆炸物了。

打击走私犯罪的集装箱检查系统

近年来，集装箱运输在带来快捷、方便的同时，也被一些不法之徒用来走私货物、贩卖毒品、偷运武器和爆炸物，严重威胁着国家的经济秩序和社会安全。

利用加速器或钴-60做射线源的，基于辐射成像原理的集装箱检查系统可有效打击这些犯罪活动。该系统由射线源、探测器、图像处理系统、控制系统和辐射防护与安全系统等部分组成。当集装箱通过时，快门自动打开，钴-60发出的 γ 射线被准直器约束成扇形片状窄束，穿过集装箱到达探测器。探测器将接收到的 γ 射线转换成电信号，可在屏幕上将集装箱内隐藏的走私品、毒品、武器和炸药等显示得一清二楚。



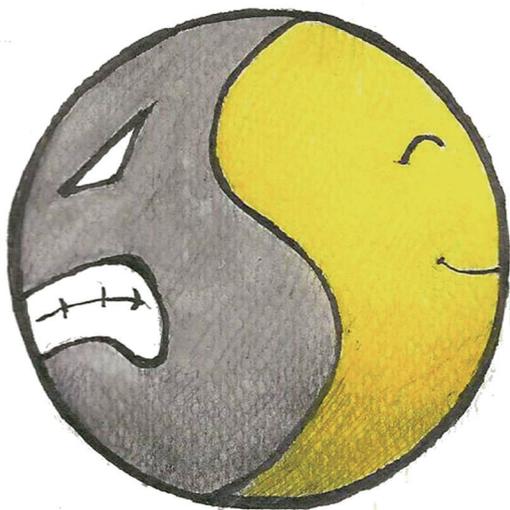
第三章 “核”谐共舞

第一节 辐射是把双刃剑

辐射确实会在一定情形下给人们造成影响。

既然如此，我们所关心的就是使用不当时，

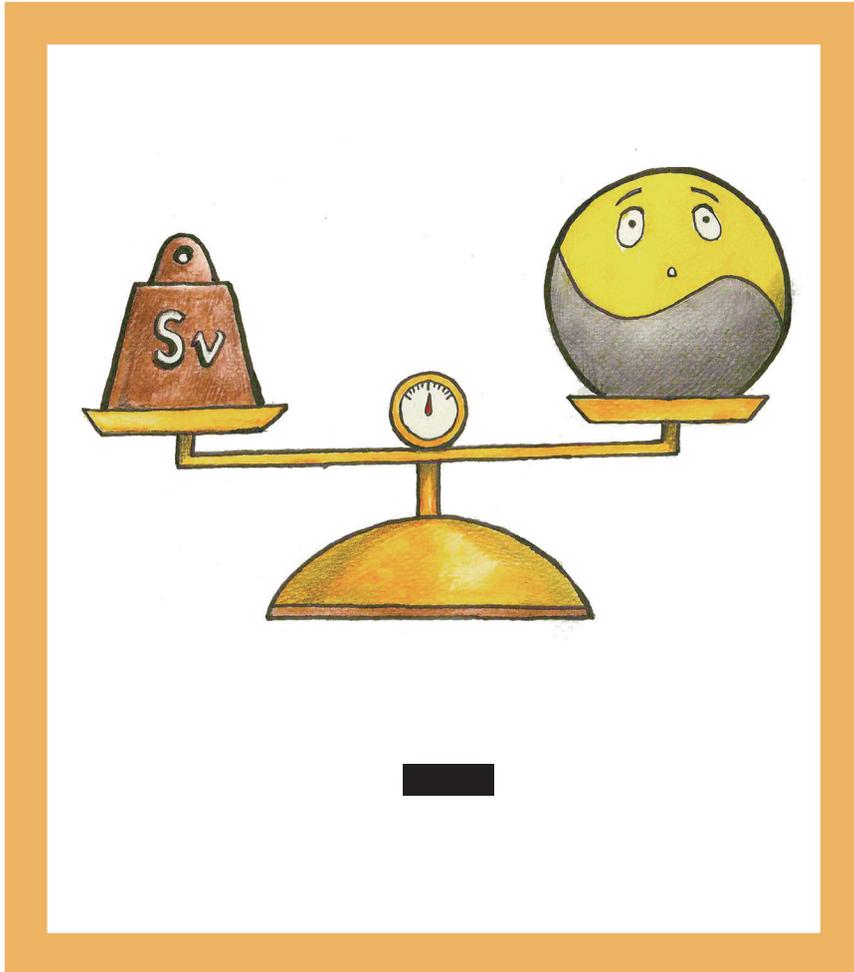
辐射对人体的影响究竟是怎样的？



任何事物都具有两面性

简单地说，人体受到少量的辐射照射对人体健康不会产生影响，但受到较大剂量的辐射照射则会造成健康危害，这已被流行病学研究证明。事实上，辐射对人体的影响是在人们不断利用各种辐射源的过程中慢慢认识的。射线对人体的影响与射线的种类、能量、受照量以及受照组织等有关。当射线作用于人体时，射线主要是通过对DNA分子的作用使组织细胞受到损伤，导致健康危害。这些危害可以是发生在受照者本人的身体上，也可以是因生殖细胞受到照射而发生在受照者后代身上。

需要说明的是：辐射对人类健康的影响相当复杂，要深入了解需要非常专业的知识背景和经历；另一方面，通常情况下，人们几乎不可能接受得到引起医学效应的辐射剂量。因此，我们在日常生活、工作中不会有辐射安全问题。如果不巧遇到问题，咨询医疗单位等专业人士的意见是最佳选择。



正如物体的质量可以用克、千克以及吨等单位度量，辐射也可用专门的单位度量。随着辐射对人体影响研究的不断深入，人们为了描述辐射量的大小与其所致机体健康危害的程度，定量地评估辐射照射有可能导致的风险，学者们引入了有效剂量的概念。

有效剂量的单位是希沃特（简称希），用符号Sv表示，是以瑞典著名的核物理学家希沃特的名字命名的。希沃特是个量值很大的单位，在实际应用中，通常更多地使用毫希沃特（mSv）或微希沃特（ μ Sv），其中1 Sv=1000 mSv；1 mSv=1000 μ Sv。

人们无时无刻不受到自然界中始终存在的天然辐射的照射，某些人类实践活动或涉及辐射的事件、事故会导致向环境释放一定的放射性物质，使人们受到人工照射。那么对我们普通人来说它们又是多大呢？

数据显示，来自天然辐射的个人年有效剂量全球平均值约为2.4 mSv，其中，来自宇宙射线的为0.4 mSv，来自地面 γ 射线的为0.5 mSv，吸入（主要是室内氡）产生的为1.2 mSv，食入为0.3 mSv。人们每年摄入的空气、食物、水中的辐射照射剂量约为0.25 mSv。乘飞机从北京至欧洲往返1次旅行约0.02 mSv；每天抽20支烟，一年有0.5~1 mSv；一次X光检查也有0.5~1 mSv。

第二节 健康影响 知多少



当短时辐射物质摄取量低于100毫希沃特时，对人体没有危害。

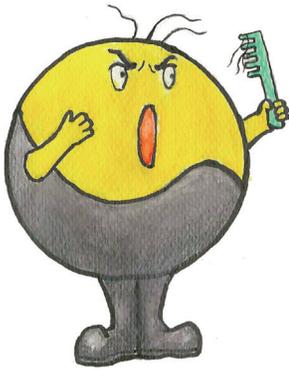
日常生活中，人们常受到各种辐射，不同辐射剂量对人体的影响会不同。短时间的辐射剂量低于100毫希沃特，对人体没有危害。高于4000毫希沃特时，对人体是致命的。

在放射医学和人体辐射防护中，人们用希沃特作为国际单位，用来衡量辐射对生物组织的伤害。

100~500毫希沃特时，没有疾病感觉，但在血样中白细胞数在减少。



1000~2000毫希沃特时，辐射会导致轻微的射线疾病，如疲劳、呕吐、食欲减退、暂时性脱发、红细胞减少等。



2000~4000毫希沃特时，人的骨髓和骨密度遭到破坏，红细胞和白细胞数量极度减少，有内出血、呕吐等症状。大于4000毫希沃特时，将会直接导致死亡。



一系列的辐射探测仪



辐射无色无味、看不见摸不着，总戴着朦胧的面纱，却可能给身体造成伤害。

我们将如何“找到”辐射？

“探测器来相助”



事实上，辐射并不神秘也不可怕，人们研制出了很多“武器”，可以很全面地探知辐射，这就是各式各样的辐射探测仪器。

它们帮助人们揭开了辐射神秘的面纱，将辐射及其源头牢牢锁定，使其无所遁形。

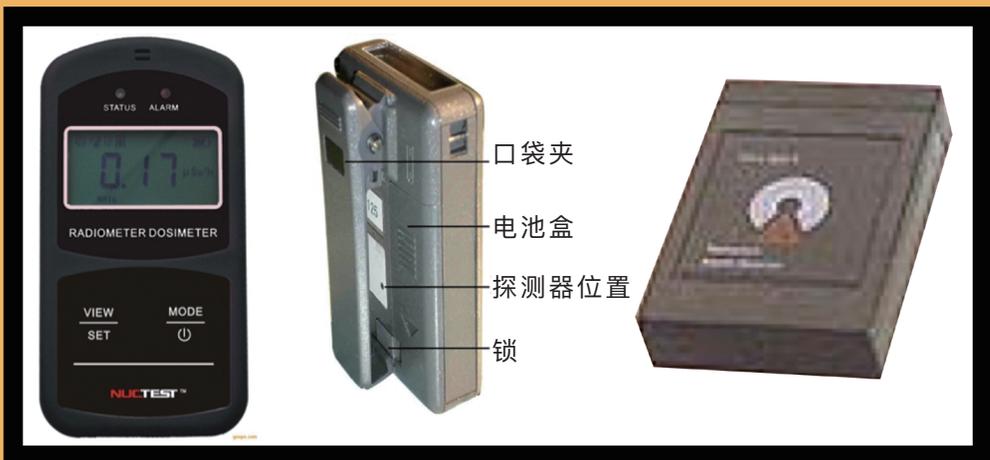
“探测仪器来相助”

辐射工作人员在使用辐射探测仪器。



使用辐射探测仪

辐射工作人员必备，属于防护监测设备，当环境中辐射值超过设定标准时会报警。

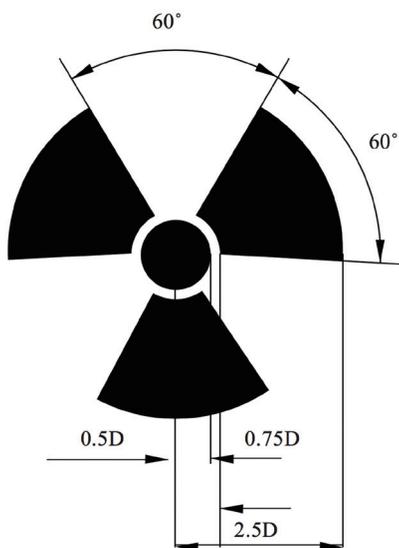


各式具有报警功能的剂量报警仪

第三节

辐射之“蛛丝马迹”

为保护公众，避免与减少不必要的辐射照射，人们设置了统一的电离辐射标志、电离辐射警告标志以及电离辐射防护与安全警示标志。其中，电离辐射标志、电离辐射警告标志在我国2002年颁布的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 188871—2002）有具体的规定。



电离辐射标志

电离辐射标志，为三叶型，全世界通用标志，该标志一般粘贴在放射性物质外包装上、射线装置上以及存在电离辐射的工作场所。电离辐射的警告标志，采用通用的正三角形，背景为黄色，把三叶形电离辐射标志包围于内三角形中，正三角形边框及电离辐射标志图形均为黑色；正三角形下方方形框内用黑色粗等线体字书写“当心电离辐射”，背景为白色。警告标志的含义是使人们注意可能存在的电离辐射危险。



电离辐射警告标志



电离辐射防护与安全警示标志

电离辐射防护与安全警示标志是2007年国际标准组织（ISO）和国际原子能机构（IAEA）推出的，其中“红色代表警告、骷髅头代表危险、人和箭头代表远离”。

作为普通公众，我们不可能随身带着辐射探测仪器随时去探知辐射。但是，我们可以通过眼睛看到辐射的“蛛丝马迹”，即这些警示标志。当我们遇到这些标志时，不要因好奇心作祟盲目接近。参观或行经粘帖有这些标志的场所或物体时，要听从管理人员的引导，在野外或路边发现没有主人的带有这些标志的物体时，不要靠近，可根据情况向当地公安部门报警。

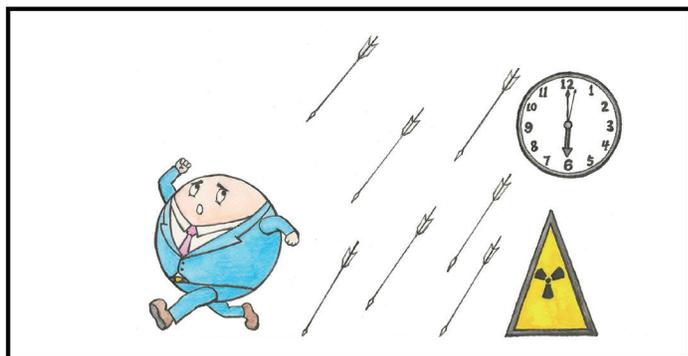
第四节

辐射的防护与管理

当放射性物质经由食入、吸入以及皮肤进入人体内时，可引起内照射。与外照射不同，内照射的人员即使脱离了造成辐射的环境，已进入人体放射性物质依然会对人体产生影响。

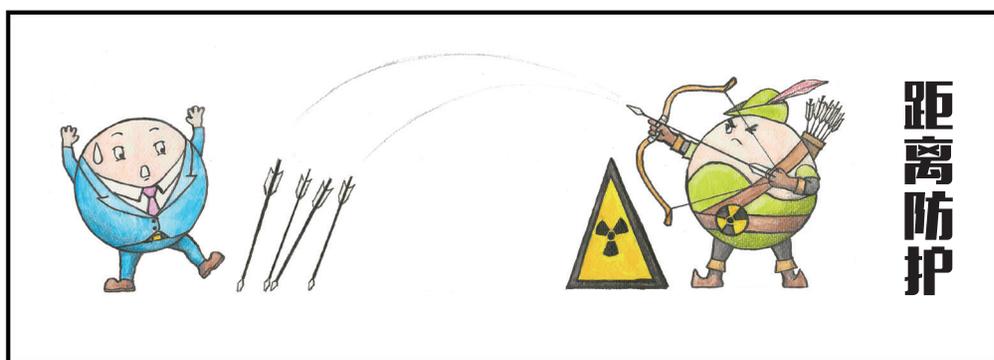
对于外照射的基本防护措施一般有三种方法：时间防护、距离防护和屏蔽防护。

控制受照射时间：在一定的照射条件下，受照剂量的大小与受照时间成正比，照射时间越长，受照剂量就越大。所以在受到电离辐射照射的时候，要尽可能地缩短电离对身体的照射时间，尽快地躲开存在电离辐射的地方，从而减轻电离辐射对人体的伤害。

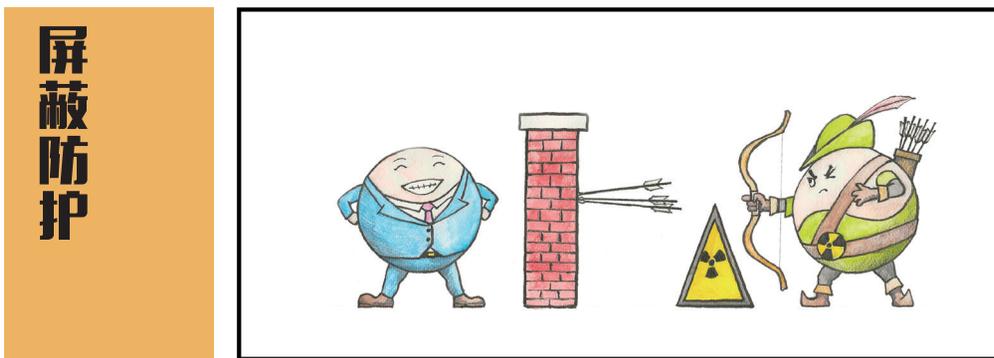


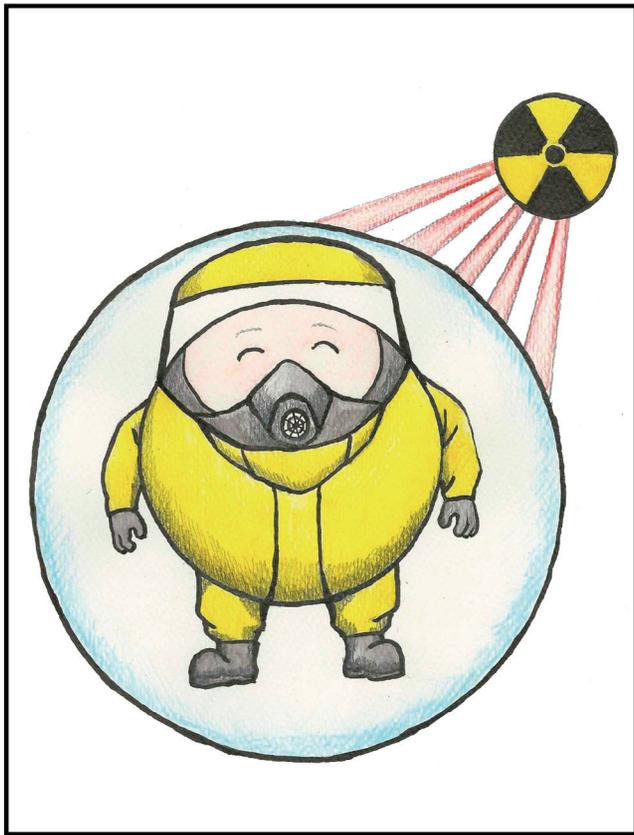
时间防护

增大辐射源与受照人员之间的距离：外照射剂量直接与距离辐射源的距离相关。对于一个点状放射源来讲，辐射照射剂量与该源的距离平方成反比，因此假如离源的距离增加1倍，那么照射剂量将近似降低4倍。



利用屏蔽材料：所谓屏蔽，就是在放射源和人体之间插入必要的吸收物质，使屏蔽层后面的电离辐射强度能降低到所要求的水平，进而达到保护人体不受电离辐射伤害的目的。





内照射防护

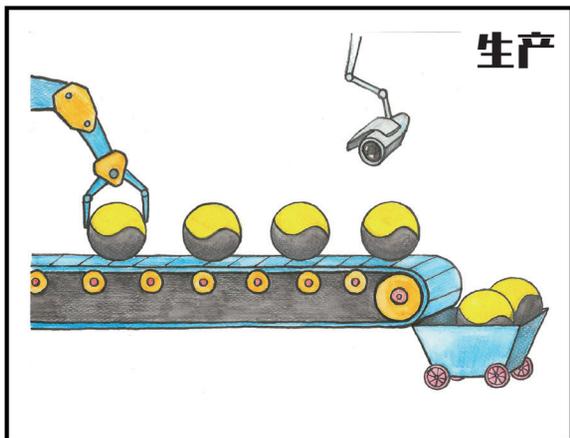
内照射的防护简单来说就是防止放射性物质进入体内。可根据需求佩戴高效率的防护口罩、采用隔绝式或活性炭过滤式防护面具等个人防护用具。

外照射的基本防护措施

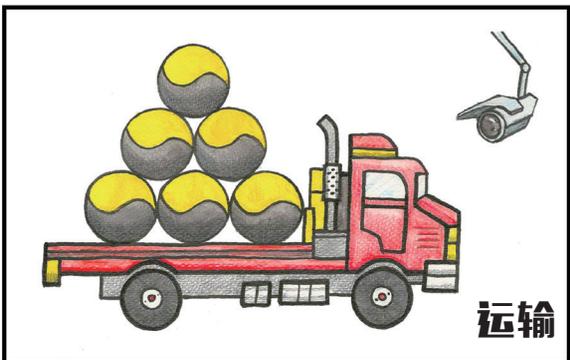
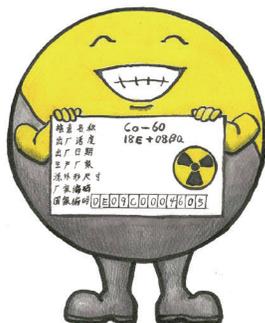
在核技术利用时，人们依据辐射的特点设置了足够的安全与防护措施，确保辐射源、人员及环境的安全。比如辐照装置，其混凝土的屏蔽墙厚度根据放射源的活度大小确定，有的可达2 m 以上，即便是小型设备上的放射源也被金属构件安全屏蔽。这就像将放射源围在了“金锁钥”的金城里面，射线无法透出，使得核技术利用时屏蔽设施外的辐射水平处于环境本底水平范围内。

同时国家法律、监管机构等也分别从不同角度确保各项安全措施得到严格遵守，辐射的源头被牢牢掌控。

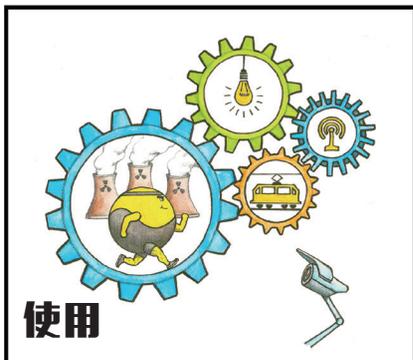
放射源的管理



生产

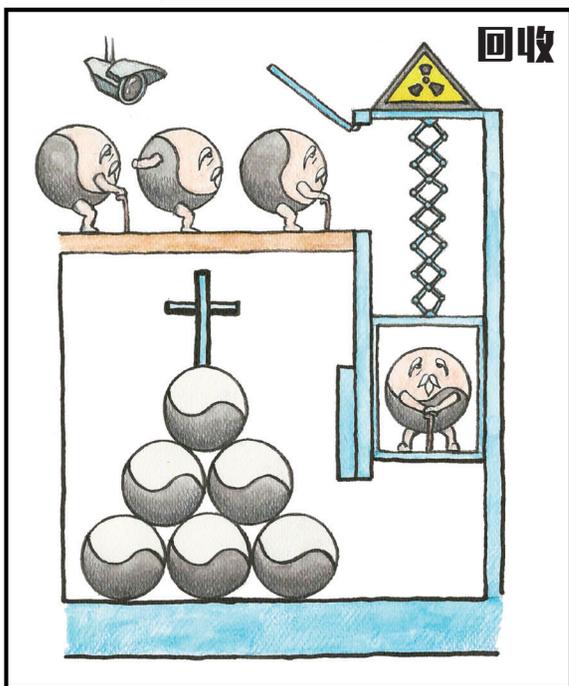


运输



使用

放射源的管理是辐射安全监管的重中之重，管住了放射源就是管住辐射的源头。具体来讲，我国给每枚放射源设置一个“身份证号”，对它们实行生产、销售、使用、退役、处置一条龙的全过程监管，我们称之为“从摇篮到坟墓”的监管。同时建立了全国核技术利用监管系统，实施动态监管。



回收

“金城守辐射 玉律束源头”

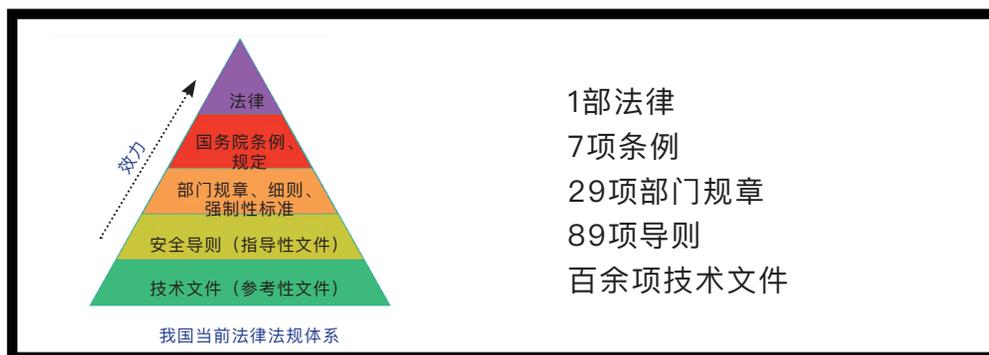


核技术利用单位的管理

我国2003年颁布的《放射性污染防治法》，要求核技术利用单位必须履行完整的环境保护手续，采用符合国家标准要求的环境保护措施，实行辐射安全许可管理，持证运行，从而有效保护环境与公众健康，确保辐射应用安全。

法律体系

一套既与国际接轨，又符合中国国情的核安全法规体系





我们在积极地利用核技术造福于我们，同时又保证了人与环境的安全和健康，这不正是人与核技术的和谐共舞么？

“核”谐共舞

近10年来，我国放射源安全管理水平明显提高，辐射事故年发生率由20世纪90年代的每万枚6起下降至目前的每万枚1起以下，辐射安全监管成效进步显著。此外，建立起的覆盖全国范围的辐射环境监测网络，多年的监测结果表明，我国环境辐射水平处于天然本底正常涨落范围内。

参考文献

- [1] 马栩泉. 核能开发与应用[M]. 北京:化工出版社, 2014.298-299
- [2] 王玉庆. 放射性同位素与射线装置安全和防护条例释义[M]. 北京:中国法制出版社, 2005.21-21
- [3] 潘自强. 核与辐射防护手册[M]. 北京:科学出版社, 2011.16-17

后记

核技术作为一种高科技，在我国的开发和利用至今已有60年的历史，其应用领域极其广泛，给人们带来了巨大的利益。然而时至今日，普通公众对核技术仍不够了解，担忧其安全，甚至“谈核色变”。为了让公众更多了解核技术、核技术利用以及相关的防护、安全和管理相关的知识，环境保护部核与辐射安全中心编制了本书。

本书可作为了解核技术、核与辐射安全相关知识的科普材料。本书编写、出版过程当中得到了多方面的关心和帮助。在此，谨致感谢。

环境保护部核与辐射安全中心