



同位素的世界

米金切夫

科学技术出版社

同位素的世界



科学技术出版社

1960年·北京

本書提要

本書首先系統而又簡要地敘述了放射性同位素的發現及其
造過程，然後又生動地介紹它們在工業、農業、化學、醫學
應用。篇幅雖然不多，內容頗為充實。

V. MEZENTSEV
IN THE WORLD OF ISOTOPES
FOREIGN LANGUAGES PUBLISHING HOUSE

同位素的世界

米金切夫著

盧邦正譯

*

科學技術出版社出版

(北京市西直門外蘇家灣)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

北京市印刷一廠印刷

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

*

開本：787×1092 1/32 印張：1 1/4 字數：25,000

1960年1月第1版 1960年北京第1次印刷

印數：4,255

總號：1470 統一書號：13051·299

定價：(9)1角5分

目 次

1. 一个新世纪的开端.....	1
2. 放射性同位素工厂.....	3
3. 射线眼.....	7
4. 放射性同位素与地质勘探.....	14
5. 示踪原子在工业中.....	15
6. 示踪原子在化学中.....	17
7. 地质钟.....	19
8. 微型无线电台.....	23
9. 原子在农业中.....	24
10. 原子在医学中.....	34

1. 一个新世纪的开端

許多科学發明漸漸地、不知不觉地滲入到日常生活中。还在不久前，科学家对原子物理的研究看来似乎与实际生活相距很远，可是恰恰就在这一方面，科学利用了自然界最强大的动力，創造了使目前整个技术面貌趋于完善的巨大可能性。

科学家們第一次認識原子能，是在上一世紀与本世紀的交接时期，特别是在放射性物質被發現以后。这类物質的原子核能自动蜕变，釋放出大量的能量。但是，放射性蜕变的能量是在很長時間內以很小的数量釋放出来的，而且还没有方法来加速这一过程的进行。

科学面临着这样一个誘人的問題，就是要寻找一种方法，来利用蓄藏在原子核內的巨大能量。物理学家解决了这个問題。

获得原子能的方法的發現，不是哪一个科学家，或是哪一国科学家的单独貢獻。这个成就是許多国家对原子和原子核进行了多年的研究后才取得的。苏联科学家也对这一巨大的輝煌成果作了重大的貢獻。

目前，原子能是在所謂的“原子堆”（或核反应堆）里被釋放出来的。在这种裝置中，当原子核裂变时，能量就以热的形式釋放出来。它可用于不同的目的，其中之一就是用来推动一个蒸气輪机或是汽輪机，汽輪机又帶动發电机，这样，原子能就轉变成了电能。

但是还有另外一种和平利用原子能的方法，就是利用放射性物質的輻射。放射性物質，或用更流行的術語說，放射性同位素，是屬於原子工程的“非能量”範圍內的東西。它在工業、農業、醫學和科學研究工作中得到了廣泛的、不同的應用。

放射性輻射具有很大的穿透能力，它是一種能夠有力地揭露秘密的東西。這種放射性物質的不可見的輻射，成為工業生產中一種控制和自動操縱的方法；它們在化學過程中起着催化劑的作用，成為生物學和醫學的一個得力助手。最後，這種輻射還能用來製造長期發出微弱電流的電源。

放射性輻射還創造了一種更為重要的可能性。它能使科學家跟蹤不可見的物質微粒的運動，了解到肉眼所不能見的個別原子和分子所走的路徑，從一種化學元素的原子中區分出同種元素的其他個別原子。不論哪里，只要有着放射性原子，它們就通過輻射暴露出它們躲藏的地方。這一特性，或者說“標記”，使得我們在任何地方都能發現它們。

一種稱作計數器的特殊儀器就是用來發現這種“標過記號”的原子的。這樣就可以數出例如進入一個有機體內的放射性原子的數目。示踪原子的輻射也正像可見光一樣，能使照像膠片感光。這些原子靠感光板上的“訊號”讓人們知道它們的存在。

此外，在所有的化學變化中，一種元素的放射性同位素完全和它們的沒有放射性的弟兄們一樣，起着相同的作用。通過對化學反應中放射性原子的“旅行”的觀察，科學家能判定出不同物質的原子的作用。示踪原子使我們能“窺視”反應過程，注視着不同物質中不同化學元素的作用。

示踪方法在最廣泛的生活領域內正得到公認。示踪原子已經成為原子工程中的一個組成部分。不論所遇到的問題是去發現一些物質，或是研究它們的運動和變化過程，示踪原子都是

一种很好的工具。

1907年，居里夫人發現了天然放射性元素鐳和釷，她把一克鐳作为礼物送給了巴黎研究所。在当时，这是一个价值几十万盧布的極為貴重的礼物。处理含有放射性物質的矿物，每年得不到多于几克的鐳。这是很明显的，当时要大規模地使用放射性物質的原子能，簡直还不能被当作个問題来提出。

現在，主要是在核反应堆这个当代的“煉金爐”內，人工地获得大量的放射性同位素。它們作为生产原子能过程的副产品而得到，而且所得到的数量是二十年前所夢想不到的。

使用無处不需的放射性物質的能量的真正可能性出現了。作为人类最好的助手，放射性原子正在开始它的新生命。

2. 放射性同位素工厂

几世紀以来，煉金术士想把一种元素变为另一种元素的尝试都沒有成功。中世紀的术士們所办不到的事被二十世紀的物理学家完成了。

已經弄清楚，放射性衰变恰好完成了“点金家”所試过的把一种元素变为另一种元素的工作。这是不足为奇的，因为粗略地說来，化学元素間彼此的不同，在于它們的原子核所帶电量的不同。举个例來說，水銀原子和金的原子所不同的只有一点：金的原子核的电量比水銀的少一个基本單位（質子所帶的电量）。为了使一种化学元素变成另一种化学元素，只要改变它的原子核的电量就足够了，这絲毫不差地存在于放射性元素的天然蜕变中。

放射性物質衰变时，原子核放出三种主要的射綫。第一种是 α 射綫，它是一股帶正电的粒子流。第二种射綫是一股帶負电

的快速电子流，称为 β 射线^①。第三种射线是 γ 射线，它和X射线非常相像。这么一来，如果 α 射线或是 β 射线从核内射出，核的电量就要改变，于是一种元素的原子核就变成了另一种元素的原子核。

自然就会提出这样的问题：难道不能人为地产生这种转变吗？回答是能的。现在，科学家们能毫不困难地把一种元素变成另一种元素。就像中世纪的炼金术士所梦想的那样，可以从水银得到黄金。但是这种黄金比从金矿中提取的黄金要贵得多了。

1934年，两位著名的法国物理学家伊伦和弗雷德里克·约里奥·居里，用微粒束“轰击”不同的物质，得到了如像氮、磷等这些平常很稳定的元素的放射性原子，也就是说他们得到了人工放射性同位素。

从那时起，科学家研究了几百种产生“化学孿生子”或者称为同位素的不同的原子核的转变。从化学上来说，它们的性质是相同的，仅有的差别在于不像它们那些稳定的弟兄们一样，它们都具有放射性。

用这种方法得到了几百种不同的放射性同位素。但是在原子堆成为原子工程的一个组成部分以前，这些放射性物质的价格还是非常贵的。虽然原子堆的首要目的是产生原子能，但它同时成三个“放射性同位素工厂。”这个工厂能生产出大量的放射性同位素。金、铜、铁和磷放入核反应堆中，出来后就都具有了放射性。

让我们来考查一下这个不平常的放射性物质工厂吧。

从莫斯科坐两个或是三、四个小时的汽车，就会把你带到

① 在衰变中，某些人工获得的放射性同位素不放出电子，而是放出一种带正电的基本粒子，即所谓正电子。——原注

馬洛雅洛斯拉維茨城。靠近一个四圍有树林的地方，就是苏联的第一座原子能發電站。电站的主要的三層樓建築物，給你的印象好像它是一所學校。只是一个高高的烟囱否定了这种印象。但是烟囱沒有冒烟。你首先会觉得电站沒有在工作。一切都是靜悄悄的。但是事实并不如此，电站正在工作，正在生产着电力。

电站設置在三座建築物內。它的原子堆是一个裝有石墨減速剂的反应堆。主要建築物包括核子能电站的心臟——反应堆、控制板、热交換器、水泵和其他与反应堆有关的或是供科学研究用的設備。第二幢建築物內是蒸气輪机和發電机，电学的及其他的仪器与設備。第三幢建築物是通風系統，它清除室內反应堆产生的、危險的放射性气体。

在这种場合下，核反应堆起着普通蒸气發電站內蒸气鍋爐的作用。反应堆裝有“原子燃料”，或像通常所称的“核燃料”。目前，这主要是銀白色的重金屬鈾。当燃料“燃燒”时，鈾的原子核就裂变成碎片。这个过程不間断地进行着。原子堆中核燃料的这种“燃燒”过程是能控制的，可以使它加快或是減慢。

反应堆里产生的热，使得在通过反应堆中心的管子內循环流动着的水的过度升高，水从反应堆內把热量傳給汽鍋，产生强有力的蒸气，蒸气照例地帶動發電机。这就是电站工作的大致情形。

在运行过程中，核反应堆产生放射性輻射流（ γ 射綫和称为中子的基本粒子）。在原子燃料的核的裂变过程中，中子被大量釋放出来。原子堆中每平方厘米的橫截面上，每秒鐘就將近有六万亿个中子穿过。

放射性輻射对人是危險的。因为这个緣故，原子堆裝有龐大的防护設備。它是用能阻止輻射的材料，如混凝土、特种鋼、

鉛、水等做成的。

此外，苏联的第一座原子能电站的核反应堆还紧紧地密閉在一个圆柱形鋼壳內，外面圍有 1 米厚的水層和 3 米厚的混凝土牆。頂上是一个鋼盖和厚的鑄鉄板。所有这一切，足以保証电站全体工作人員不致受到反应堆的輻射的伤害。

人工放射性同位素通常是照下面的方式生产的。原子反应堆的防护設備中安有特殊的管道，其中不同深处的地方嵌有不同的元素。反应堆运行过程中，这些元素受到从堆里飞出的中子的有力“轟击”，就具有了放射性。鈷变成放射性鈷，氮变成放射性碳，氯变成放射性硫等等。这样，就可以得到門捷列夫周期表中不同元素的人工放射性同位素。

目前，存在着 1,000 种以上的天然的和人工的放射性同位素，它們具有不同的半衰期、不同的輻射和不同的能量。容易生产的、有着不太短的半衰期的放射性同位素正得到了广泛的应用。

大多数比較重要的同位素照上面所說的方法可以在反应堆中得到，然而也有其他的方法。在原子堆运行过程中，特殊的“爐灰”会堆积起来。这是“不可燃的原子燃料”，是非常有价值的东西。某些元素的人工放射性同位素就是作为原子核分裂的結果而得到的；其中，我們發現了如像很有价值的鈾和鎔的放射性同位素，它們正被用于許多方面。

还必須补充一点，人工放射性同位素也可以从“加速器”里得到，加速器是一种产生强有力的 α 粒子束、質子束、氦核（重氫原子的原子核）和中子束的机器。人工放射性同位素可由这些粒子“轟击”周期表中不同的元素而得到。这类机器中最广泛使用的一种就是迴旋加速器。然而人工放射性同位素最主要的供应者还是核反应堆。

3. 射 綫 眼

放射性原子为生产过程的控制和自动化开创了巨大的可能性。

用X射綫和磁学的方法檢查金屬零件中的裂縫，已經历了一个很長的时期，然而这些方法不能用来檢查非常厚的零件。例如，X射性不能穿透厚于二、三厘米的金屬。此外，这些設備笨重，而且价格貴。

現在，鈷的放射性同位素（鈷60）和某些其他元素正被用来檢查鋼的質量。鈷60能“看穿”30厘米及更厚一些的金屬。

下面就是所用的方法。把要檢查的零件放在一个放射性輻射源和一張照像膠片之間。

γ 射綫穿过金屬，被引到范围不大的空隙和裂縫处，于是就在膠片上留下痕迹。这样，机器里的看不見的裂縫，或是金屬条里的麻点，都很容易地就被檢查出来，焊接縫合处的質量也能得到鑑定。这就是 γ 射綫檢查法。用这种方法檢查零件，非常迅速、准确，而且更重要的是，它能直接在工厂中应用，因为它所需要的仪器比較簡單。

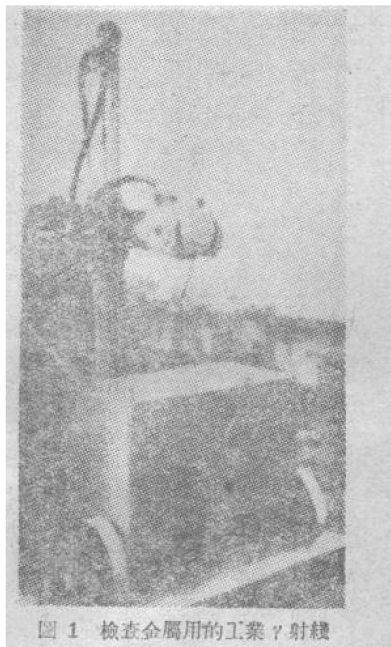


圖 1 檢查金屬用的工業 γ 射綫

我們的工業中已使用了 γ 射綫檢驗技術（見圖1）。蘇聯國家檢驗局要求對所有的焊接鍋爐、橋梁、船身、氣體管道等，都要用放射性同位素來檢查。第六個五年計劃中，蘇聯將新建幾千公里的氣體管道，其中每節管道都要通過這個嚴格和便宜的“原子監督崗”。

一種測量封閉容器內的液面高度用的放射性水準儀，被用來測量不斷傾注着的鋼水的高度。這種測量的原理非常簡單。把一個放射性輻射源放在容器的一邊，另一邊放一個計數器。放射性輻射穿過容器的壁，計數器就能查覺到。但是計數器突然停了下來，這就是說容器內的液體金屬擋住了來自放射源的射綫。

用同樣的方法，就可以測定圓頂化鐵爐中鐵水的高度。在發電站內，“輻射眼”注視着蒸氣鍋爐內的水平綫。蘇聯的許多工廠里都已經使用了放射性水準儀。

放射性輻射使東西的厚度在生產過程中能自動控制。控制方法之一是這樣的：在製造過程中，讓 γ 射綫（或 β 射綫）穿過金屬、橡膠或紙的片子。這些電子愈厚，它所吸收的放射性輻射就愈多。用個計數器測量穿過片子的 γ 輻射。如果計數器又與一個自動裝置相連，那就可以在生產過程中維持片子有相同的厚度。這樣就可以不中斷生產過程而測量和調整零件的厚度。

放射性厚度計已經在蘇聯的工廠里使用，例如在列寧格勒金屬工廠、馬格尼托高爾斯克鋼鐵廠以及其他的工廠的軋壓廠中。

放射性厚度計在軋壓廠的使用，幫助提高了工作效率和產品質量。例如在軋壓馬口鐵時，使它保持一個非常準確的厚度是很重要的。甚至與所要求的尺寸發生一個很小的差誤，都會產生廢品。從前，這項工作是靠拿着測微器的手來完成的。但是金屬片是在高速的運動中，於是在工人測量它的厚度時，必

須放慢速度，这就降低了效率。

現在借助放射性同位素，操作过程就变得非常簡單而准确。明亮的金屬片一秒不停地快速通过輾压机，与此同时，原子控制器警觉地注視着产品的质量。仪表的指針使輾压机經常压出一定厚度的金屬。

如果一个零件的表面被 β 射綫照射，那么从表面層反射回来的 β 射綫的强度因層的厚度而不同。这就可以不接触材料的表面而經常控制着它的厚度。研究結果已經表明，这样的控制所保証的准确度达到一微米的几分之一。

原子能也用于安全設備中。我們看一下高速印刷机的一个部分。面对着以一秒的几分之一計算的快速运动，工人把光紙送进机器，把印好的东西取出来。

现在就注視着这个工人：他放进一張光紙，当要把手从危險的区域抽回来时已經晚了。沉重的机器压了下来……然而并没有發生事故，机器已經停了下来。事故被工人手上的一个裝

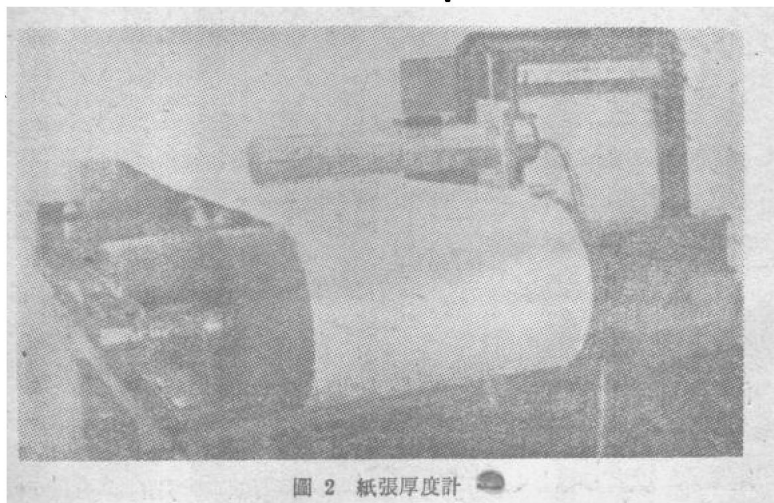


圖 2 紙張厚度計

有放射性物質的小指環阻止了。

情形是这样的：在印刷机上面裝有一个計数器，它与一个能控制机器开关的自动裝置相連接。工人的手伸到印刷机下面时，放射性輻射就到达了計数器，机器就不会再压了下来（見圖2）。

一种有趣的仪器現在被苏联冶金学家用来鑑定高爐或平爐內反射層的質量。在爐子的建造或是大修的过程中，把裝有能發出不同輻射的放射性同位素小管嵌于不同深度的反射層。反射層的磚与鉄水和爐渣相接触，就漸漸损坏，放射性的小管一个一个地溶解在鉄水中。鉄水每达到一定溫度时，所放出的放射性的类型表明了哪一种同位素已經出現，这也就表明了爐內反射層的損耗情况。这种操作方法在“查波罗斯特”工厂、基洛夫工厂及其他的工厂中的使用，使得可能在恰当的时候停下爐子来进行修补（見圖3和圖4）。

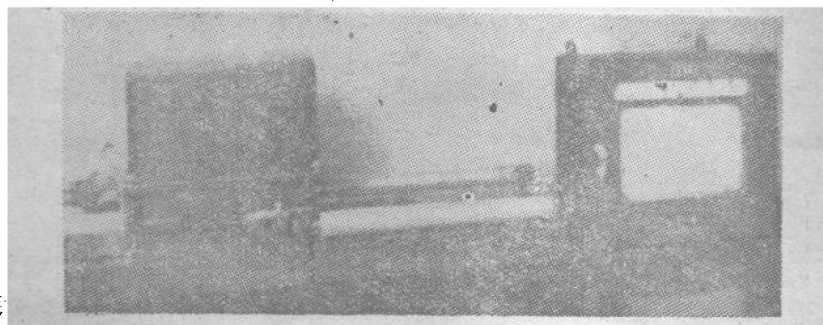


圖3 軋壓薄板用的厚度計

在許多生产过程中，及时更換損耗了的零件是非常重要的。測量零件損耗的旧方法，除非是把机器停下来，否則就用不上。

現在，为了决定在什么时候該調換零件（例如引擎中的活塞圈），就把少量的放射性物質放到离摩擦面一定深度的地方。



圖 4 “查波羅斯特”鋼廠的工人注視着溫度計指示表

一俟零件損耗到所允許的最大限度，放射性原子就會在潤滑油中出現。甚至再讓這些原子來開動一個能自動關閉機器的信號系統，也并不困難。

苏联科学家已经改进了一种精确而又快速地探测运转中切削刀具的磨损阻力的方法。放射性同位素可以测量零件的十万分之一克以下的损耗量。新的方法也使我们能很快地确定最为适当的切削速度。

拖拉机研究所用放射性原子所作的研究工作，帮助测定了润滑油的影响、引擎的功率、机轴的每秒转数、灰塵及其他因素对引擎的损耗所占的比例，并且推断金属如何从一个摩擦面转移到另一个摩擦面。

在苏联第六个五年计划期间，大量的原油、煤油、汽油及其他液体都将用管道作远距离运输。从前，曾把不同种类的液体燃料吸入同一管道时就会遇到困难。现在，利用放射性同位素已经把这些困难排除了。当一种液体燃料的传送停止时，管内就吸入几筒含有能放射 γ 射线的同位素混合物的燃料，然后才把新的燃料吸入。管道的另一端是一个 γ 计数器。计数器表明放射性同位素已经在燃料中出现的那一瞬时，就说明一种燃料已经流完，于是就把新流出的燃料引向另一不同的贮藏处。

在建设水电站的地方，可以看到强大的吸泥机在填坝挖掘沟渠，建筑地下室和做其他的许多工作。吸泥机用一个靠强力电动机带动的特殊的掘土机挖开泥土，用水与泥土混合起来，再把混成的泥浆用管道吸到几公里外的地方，那里就可以加工成为堤坝。知道通过机器的泥浆的组成和浓度是很重要的，因为它们关系着机器的效率。直到不久以前，要控制泥浆中的泥土还是不可能的事。现在，一种用放射性钴不断表示出泥浆中水和泥的比例的仪器已经设计出来。

在古比雪夫水电站及其他水电站使用的吸泥机上，应用放射性控制，提高了机器的效率百分之二十。

最近几年中，苏联和国外都已经用放射性同位素来把不同

等級的鋼分類。最簡單的分類方法是由拉脫維亞科學院物理研究所的工作人員符·阿·揚努什可夫和阿·得·杜姆康提出的。這種方法如下：用一個放電器把放射性物質的細“綫”畫在金屬上，鋼的等級因這些“綫”的數目的不同而有所區別，而這些“綫”的數目很容易用計數器測出來（見圖5）。



圖5 拉脫維亞科學院物理研究所的研究人員利用放射性原子測定鋼的等級

有趣的是用放射性同位素來測量圖形的面積。已經造出了一種簡單的機器，它能在幾秒鐘內測出極不規則的圖形的面積。把一張所需要的圖形的紙樣放在位於 α 輻射源與測量輻射強度的儀器電離室之間的鐵網上，電離室又與另一個儀器相連，這個儀器的指針就指示出圖形的面積。如果 α 粒子源與電離室之間沒有放上什麼東西，指針就指在零點，但只要我們把紙樣放到鐵網上， α 粒子流和電離室內產生的電流就與紙樣的面積成比例地減小。