

谈铀不必色变

□ 文 / 李效广

作者简介 李效广，中国地质调查局天津地质调查中心铀矿工程领导小组办公室主任，从事铀矿科研与科普等工作。



＞ 沥青铀矿

中国是全球核电站在建规模最大的国家，到2020年中国核电装机容量将达到5800万千瓦，在建3000万千瓦。与此相应的铀资源需求将急剧上升，据测算，2020年中国核电天然铀需求将超过1万吨，消耗铀资源储量超过1.5万吨。不过，很多人听铀色变，其实了解了铀，就会消除对它的恐惧。

真实身份

想要谈铀不色变，首先就要了解它。

铀(Uranium)是自然界中能够找到的最重元素，是1789年由德国化学家马丁·海因里希·克拉普罗特发现的。铀的化合物早

期用于瓷器着色，实在平庸，这也就解释了为什么100年前的铀矿非常便宜，到了1939年，德国化学家哈恩和斯特拉斯曼发现了铀的核裂变现象，铀摇身一变，从此身价百倍。

目前已知铀生有16子，即有16种同位素，其中属于天然放射性同位素的是三个好兄弟：铀238、铀235和铀234，他们家产不同，能力不同，寿命也不同。地球中，平均每吨地壳物质中约含2.5克天然铀，这三兄弟各自占有是2.482克、0.018克和0.000125克，分别为99.275%、0.720%和0.005%。铀234不会发生核裂变，铀238在通常情况下也不会发生核裂变，而铀235这种同位素原子能够轻易发生核裂变，所以说，能够作为核燃料的实际上只是铀235这个二兄弟，它最有能量，同时也可以看出，实际开采出来的铀里面，铀235的含量也很少。这好像煤饼中大部分是泥沙，无法燃烧。采集这个二兄弟已经如同大海捞针，想要真正利用二兄弟还需要在量上达标，研究表明，铀235的含量要达到3%以上才能燃烧。因此，

开采出来的铀还需要经过提纯、浓缩的过程，把铀235含量比例提高。当然，铀235的用途并非只有核武器和核电站，其核裂变时产生的200多种放射性同位素，经分离后可广泛用于国民经济的多个部门：农业上用于辐照育种、食品工业用于食品保鲜灭菌、医药上用于放射治疗、工业上用于无损探伤、地质勘探、文物考古，等等。

辐射之谜

不做军工、不为核爆的铀元素其实再低调不过了，人们若还对它尚存一丝疑虑，或许也是来自夸大其词的辐射。

其实，万物皆有辐射，只是强度不同。自然界中的一切物体，只要温度在绝对零度以上，都会以电磁波和粒子的形式时刻不停地向外传送能量，这种传送能量的方式被称为辐射，不过人的肉眼看不见它们。我们熟知的钻石、水晶、玉石及其他各类宝石都是矿物晶体，他们都有辐射，但绝大部分矿物晶体都没有放射性。天然存在的放射性元素只有八种，其中铀和钍最为常见。换个角度来理解，其实地球的成分中

本来就始终存在着天然的放射性物质，人类和一切生命已经适应了这些天然辐射，甚至我们每个人自身也是辐射源。

具体到放射性原理来说，铀等核素会自发地从不稳定的原子核内部放出粒子或射线(如 α 、 β 、 γ 射线等)，同时释放出能量，最终变成稳定元素，元素的这种变化称为衰变，这种性质称为放射性，这类元素称为放射性元素。天然放射性物质对人体的危害性类似大头针。一根大头针体外扎你一下，你并不会受多大伤害，但如果它落入你的口内，入胃入肠，它就会一直在你的体内游走，可想其危险性之大。不过，对于普通人来说，铀元素入口造成的危害几乎只存在于理论之中，根据美国环境保护局的估计，每个人平均每天会吃下 0.07~1.1 微克的铀，相较之下，收集到一次性摄入 25 毫克铀才会对人体出现损伤的量，几乎是不可能完成的任务。

吃进嘴里是不大可能了，不过放射性元素还存在对于人体外部的辐射，但这种危害相当有限。一般放射性物质同时产生 α 、 β 、 γ 三种射线。 α 射线的电离能力最强，对人体伤害最大，但值得庆幸的是，它有一个最大弱点，就是其穿透力相当弱，几厘米的空气或纸张就能完全挡住，更不用说穿透皮肤了。 β 射线和 γ 射线虽然具有极强的穿透力，但电离能力较弱，对人体造成的伤害极小。

实验证明，如果一个人在衣兜里揣上 1 斤左右的铀矿石，每天所受的辐射量也就跟戴一块夜光手表差不多，辐射之微弱几乎可以忽略不计。而在国外的自然博物馆和矿石展上也经常可以看到天然铀矿石和铀矿物，这些展出的放射性矿物标本并不会有里三层外三层的特殊保护。在铀冶金厂的实际工作当中，生产的富铀产品“黄饼”，就放置于普通铁桶内，和其他普通产品存放几乎没有区别，工人也不穿防护服；生产出的核燃料芯块，戴副手套即用手捧而无碍。当然，如果长时间直接接触铀，也会损伤人的皮肤。此外，铀本身是重金属，和铅一样，它本身还有化学毒性。

以铀作为原材料的原子弹和核电站，这两者的基本原理是相同的，都是采用了铀的核裂变反应，而不同的地方在于核燃料的浓度，核电站用的核燃料浓度只有百分之几，而原子弹核燃料浓度是百分之九十以上。原子弹就是为了杀伤用的，所以它的链式反应很快，瞬间释



➤ 澳大利亚北部地区的铀矿山

放大量能量，而核电站是要和平利用能量，所以核反应堆进行的是受控的核裂变，反应堆用石墨堆砌，插入镉棒，镉棒吸收中子的能力很强，而中子是引起原子核裂变的“炮弹”，可以通过控制镉棒插入反应堆的深度来控制核反应堆的功率。核反应堆还有压水堆、沸水堆等很多技术。很多人用啤酒酒精度低点不着而白酒酒精度高点得着来形容核反应堆与核武器的区别，从而试图说明核电的安全性，但是这也并非完全恰当——核反应堆和核武器释放能量方式和区别，也并不完全决定于核燃料中铀 235 等裂变材料的富集度。一些为了满足高中子通量或高功率密度要求的实验堆、海军核动力反应堆，使用铀 235 富集度在 90% 以上的核燃料也不罕见。所以核电站和原子弹更类似于在灶台上点燃天然气和天然气泄漏后爆炸的区别。不过啤酒与白酒的例子其目的是正确的，就是想要说明原子弹的核素纯度要高，不可控，而核电站的核燃料纯度低，可控。☑

作者单位 / 中国地质调查局天津地质调查中心

(本文编辑：王依卓)