{{Elementbox

|name=鈾

|enname=Uranium

|number=92

|symbol=U

|left=[[鏷]]

|right=[[錼]]

|above=[[釹]]

|below=(Uqb)

|series=錒系元素

|series comment=

|group=

|period=7

|block=f

|series color=

|phase color=

|appearance=銀灰色的鈾金屬，受氧化而覆蓋一層黑色氧化物

|image name=HEUraniumC.jpg

|image alt=一雙著棕色手套的手，捧握著一灰色塊狀物，上標有2068的手寫號碼

|image size=

|image name comment=

|image name 2=

|image name 2 comment=

|atomic mass=238.02891

|atomic mass 2=3

|atomic mass comment=

|electron configuration=&#91;[[氡|Rn]]&#93; 5f<sup>3</sup> 6d<sup>1</sup> 7s<sup>2</sup>

|electrons per shell=2, 8, 18, 32, 21, 9, 2

|color=

|phase=固體

|phase comment=

|density gplstp=

|density gpcm3nrt=19.1

|density gpcm3mp=17.3

|melting point K=1405.3

|melting point C=1132.2

|melting point F=2070

|boiling point K=4404

|boiling point C=4131

|boiling point F=7468

|triple point K=

|triple point kPa=

|critical point K=

|critical point MPa=

|heat fusion=9.14

|heat vaporization=417.1

|heat capacity=27.665

|vapor pressure 1=2325

|vapor pressure 10=2564

|vapor pressure 100=2859

|vapor pressure 1 k=3234

|vapor pressure 10 k=3727

|vapor pressure 100 k=4402

|vapor pressure comment=

|crystal structure=正交

|oxidation states='''6''', 5, 4, 3<ref>{{cite book|title=The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements|edition=3rd|editor=Morss, L.R.; Edelstein, N.M. and Fuger, J. |place=Netherlands|publisher=Springer|year=2006|isbn=9048131464}}</ref>, 2, 1<br />（弱[[鹼性]]氧化物）

|oxidation states comment=

|electronegativity=1.38

|number of ionization energies=2

|1st ionization energy=597.6

|2nd ionization energy=1420

|3rd ionization energy=

|atomic radius=156

|covalent radius=196±7

|Van der Waals radius=186

|magnetic ordering=[[順磁性]]

|electrical resistivity=

|electrical resistivity at 0=0.280 µ

|electrical resistivity at 20=

|thermal conductivity=27.5

|thermal conductivity 2=

|thermal diffusivity=

|thermal expansion=

|thermal expansion at 25=13.9

|speed of sound=

|speed of sound rod at 20=3155

|speed of sound rod at r.t.=

|Young's modulus=208

|Shear modulus=111

|Bulk modulus=100

|Poisson ratio=0.23

|Mohs hardness=

|Vickers hardness=

|Brinell hardness=

|CAS number=7440-61-1

|isotopes=

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=[[鈾-232|232]] | sym=U

| na=[[痕量放射性同位素|痕量]] | hl=68.9 y

| dm1=[[自發裂變|SF]] | de1=- | pn1= | ps1= —

| dm2=[[α衰變|α]] | de2=5.414 | pn2=[[釷-228|228]] | ps2=[[釷|Th]] }}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=[[鈾-233|233]] | sym=U

| na=痕量 | hl=1.592×10<sup>5</sup> y

| dm1=SF | de1=197.93<ref>{{cite book|url=http://www.osti.gov/bridge//product.biblio.jsp?query\_id=0&page=0&osti\_id=5972980|editor=Magurno, B.A. ; Pearlstein, S| title= Proceedings of the conference on nuclear data evaluation methods and procedures. BNL-NCS 51363, vol. II|publisher=Brookhaven National Lab.|place= Upton, NY (USA)|year=1981|pages =835 ff}}</ref> | pn1= | ps1= —

| dm2=α | de2=4.909 | pn2=[[釷-229|229]] | ps2=Th }}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=[[鈾-234|234]] | sym=U

| na=0.005% | hl=2.455×10<sup>5</sup> y

| dm1=SF | de1=197.78 | pn1= | ps1= —

| dm2=α | de2=4.859 | pn2=[[釷-230|230]] | ps2=Th }}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=[[鈾-235|235]] | sym=U

| na=0.720% | hl=7.04×10<sup>8</sup> y

| dm1=SF | de1=202.48 | pn1= | ps1= —

| dm2=α | de2=4.679 | pn2=[[釷-231|231]] | ps2=Th }}

{{Elementbox\_isotopes\_decay2 | mn=[[鈾-236|236]] | sym=U

| na=痕量 | hl=2.342×10<sup>7</sup> y

| dm1=SF | de1=201.82 | pn1= | ps1= —

| dm2=α | de2=4.572 | pn2=[[釷-232|232]] | ps2=Th }}

{{Elementbox\_isotopes\_decay3 | mn=[[鈾-238|238]] | sym=U

| na=99.274% | hl=4.468×10<sup>9</sup> y

| dm1=α | de1=4.270 | pn1=[[釷-234|234]] | ps1=Th

| dm2=SF | de2=205.87 | pn2= | ps2= —

| dm3=[[雙β衰變|β<sup>−</sup>β<sup>−</sup>]] | de3=- | pn3=[[鈈-238|238]] | ps3=[[鈈|Pu]]

}}

|discovered by=[[马丁·克拉普罗特]]

|discovery date=1789

|first isolation by=[[Eugène-Melchior Péligot]]

|first isolation date=1841

}}

'''鈾'''（'''Uranium'''）是一種銀白色[[金屬]][[化學元素]]，屬於[[元素週期表]]中的[[錒系元素|錒系]]，[[化學符號]]為'''U'''，[[原子序]]為92。每個鈾原子有92個[[質子]]和91個[[電子]]，其中6個為[[價電子]]。鈾具微[[放射性]]，並不擁有穩定[[同位素]]。鈾的最常見同位素是[[鈾-238]]（146個[[中子]]）和[[鈾-235]]（143個中子）。繼[[鈈]]之後，鈾是所有[[原始核素|原始元素]]中[[原子量]]第二高的。<ref>{{cite journal |doi = 10.1038/234132a0|title= Detection of Plutonium-244 in Nature |journal = Nature |pages = 132–134 |year = 1971 |last1 = Hoffman |first1 = D. C. |last2 = Lawrence |first2 = F. O. |last3 = Mewherter |first3 = J. L. |last4 = Rourke |first4 = F. M. |volume = 234 |issue=5325 |bibcode = 1971Natur.234..132H}}</ref>其[[密度]]比[[鉛]]高出大約70%，但比[[金]]和[[鎢]]低。天然的泥土、岩石和水中含有百萬分之幾左右的鈾。採礦工業從[[瀝青鈾礦]]等[[礦物]]中提取出鈾元素。

自然界中的鈾主要由鈾-238組成（99.2739至99.2752%），繼而是鈾-235（0.7198至0.7202%），很小一部分由[[鈾-234]]（0.0050至0.0059%）組成。<ref>{{cite web|title = Uranium Isotopes|url = http://www.globalsecurity.org/wmd/intro/u-isotopes.htm|accessdate = 14 March 2012}}</ref>鈾在[[核衰變|衰變]]的時候釋放出[[α粒子]]。鈾-238的[[半衰期]]為44.7億年，鈾-235的則為7.04億年，<ref>{{cite web |url=http://ie.lbl.gov/toi/nucSearch.asp |title=WWW Table of Radioactive Isotopes|work=Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, US}}</ref>這可用於判斷[[地球的年齡]]。

鈾獨特的核子特性有很大的使用價值。鈾-235是唯一一種自然產生的[[可裂變物質|可裂變]]同位素。鈾-238在快速中子撞擊下能夠裂變，屬於[[增值性材料|增值性物質]]，也就是能在[[核反應爐]]中經[[核嬗變]]成為可裂變的[[鈈-239]]。[[鈾-233]]也是一種用於核科技的可裂變同位素，可從自然[[釷]]元素製成。鈾-238進行[[自發裂變]]的機率很低，須通過快速中子撞擊才可產生裂變；鈾-235和233在慢速中子下的裂變截面則更高。在量足夠大的時候，這些同位素都能夠維持[[核連鎖反應]]。這可產生熱量，用於核能發電；同時產生可裂變物質，用於[[核武器]]中。[[貧鈾]]（<sup>238</sup>U）被用於製造[[尾翼穩定脫殼穿甲彈]]和汽車[[裝甲]]。<ref name="BuildingBlocks479">{{Harvnb|Emsley|2001|p=479}}.</ref>

鈾是[[鈾玻璃]]中的色素，能染出橙紅至青黃色。早期[[攝影]]曾使用鈾為照片著色和暈渲。1789年，[[馬丁·克拉普羅特]]在瀝青鈾礦中發現了鈾元素，並將其以[[天王星]]（Uranus）命名。[[尤金-梅爾希奧·皮里哥]]（Eugène-Melchior Péligot）首次分離出鈾金屬，而[[亨利·貝可勒爾]]則於1896年發現了鈾的放射性。1934年起[[恩里科·費米]]等人進行研究，使鈾成為了核能工業所用的燃料和用於轟炸廣島的[[小男孩原子彈]]原料。[[冷戰]]期間[[美國]]和[[蘇聯]]進行[[軍備競賽]]，生產了數萬個含鈾或鈾產物[[鈈-239]]的核武器。

==特性==

[[File:Nuclear fission.svg|thumb|left|150px|中子撞擊促使鈾-235產生核裂變。]]

在提煉之後，鈾金屬呈銀白色，屬硬度較高的元素之一。鈾金屬具[[延展性]]和[[可鍛性]]，呈輕微[[順磁性]]，[[電負性|電正性]]高，[[電導性]]低。<ref name="SciTechEncy"/><ref name="LANL">{{cite book |author=Hammond, C. R. |title=The Elements, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition |publisher=CRC press |year=2000 |isbn = 0-8493-0481-4 |url=http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps\_info/engineering/elements.pdf}}</ref>鈾金屬的[[密度]]非常高，它比[[鉛]]金屬高70%，但比[[金]]稍低。

幾乎所有非金屬元素及其[[化合物]]都可與鈾發生反應，反應活性隨溫度而提高。<ref name="ColumbiaEncy">{{cite encyclopedia|title=uranium|encyclopedia=Columbia Electronic Encyclopedia|url=http://www.answers.com/uranium|publisher=Columbia University Press|edition=6th}}</ref>[[氫氯酸]]和[[硝酸]]能溶解鈾，而除氫氯酸外的非氧化性酸對鈾的侵蝕則很慢。<ref name="SciTechEncy"/>鈾金屬粉末可與冷水反應。空氣中，鈾的表面會形成一層深色[[氧化鈾]]。<ref name="LANL"/>礦石中的鈾可通過化學方法提取出來，並轉化為[[二氧化鈾]]或其他工業可用的化學形態。

鈾-235是首個被發現的[[可裂變]]同位素。其他自然產生的同位素為「可以裂變」物質，而非「可裂變」（兩者之別請見[[可裂變物質]]）。在慢中子的撞擊下，鈾-235主要會分裂成兩個較小的原子核，同時釋放[[核結合能]]及更多的中子。當這些新產生的中子被足夠多的原子核吸收，就會產生[[核連鎖反應]]，瞬時發熱或（在特殊情況下）發生爆炸。核反應爐會使用[[中子毒物]]，通過吸收多餘的自由中子，來控制這類核連鎖反應的速度。這種吸收中子的物質通常置於反應爐的[[控制棒]]中。

只要大約7公斤的鈾-235就能夠製成原子彈。<ref name="EncyIntel">{{cite encyclopedia|encyclopedia=Encyclopedia of Espionage, Intelligence, and Security|publisher=The Gale Group, Inc.|title=uranium|url=http://www.answers.com/uranium}}</ref>首次用於戰爭中的核彈[[小男孩原子彈]]使用的便是鈾元素的核裂變反應，而首個核彈及摧毀長崎的[[胖子原子彈]]用的則是鈈元素。

鈾金屬具有三種[[同素異形體]]：<ref>{{cite book |url=http://books.google.com/?id=KWGu-LYMYjMC&pg=PA108 |page=108 |title=Applications of Texture Analysis |author=Rollett, A. D. |publisher=John Wiley and Sons |year=2008 |isbn=0-470-40835-9}}</ref>

\* α型：[[正交晶系]]，穩定溫度上限為660&nbsp;°C

\* β型：[[四方晶系]]，穩定溫度區間為660&nbsp;°C至760&nbsp;°C

\* γ型：[[體心立方]]，從760&nbsp;°C至熔點，此形態的延展性最高。

==應用==

===軍用===

[[File:30mm DU slug.jpg|thumb|left|[[貧鈾]]被多國軍隊用作製造高密度穿甲彈。]]

鈾在軍事方面的應用主要在於製造高密度穿甲彈。這種穿甲彈由[[貧鈾]]組成，並摻有1至2%其他元素，形成合金。在高速擊中目標時，由於其高密度、高硬度，並具有[[自燃]]性，它能夠有效摧毀重裝甲目標。坦克及其他車輛的[[裝甲]]中也有使用貧鈾。英、美及其他各國在[[波斯灣]]和[[巴爾幹]]作戰時使用了貧鈾軍備，由於可能在泥土中留下了鈾元素，因此引起了環境安全及政治上的爭論。<ref name="EncyIntel"/>

貧鈾可用於製造儲存或運載放射性物質的容器外殼。雖然鈾本身具有放射性，但其高密度使它比[[鉛]]元素更有效於阻擋強烈的輻射，例如[[鐳]]所產生的輻射。<ref name="SciTechEncy"/>其他貧鈾的應用包括飛機控製面的平衡物以及導彈進入大氣層時的壓載和保護性外殼。<ref name="LANL"/>由於密度極高，貧鈾可用在[[慣性導航系統]]和[[陀螺儀]]式[[指南針]]當中。<ref name="LANL"/>貧鈾比其他同樣高密度的物質優勝，因為其加工、鑄造簡單，價格相對也較低。<ref name="BuildingBlocks480">{{Harvnb|Emsley|2001|p=480}}.</ref>接觸貧鈾時的主要危險在於[[氧化鈾]]中毒，而非輻射（鈾是一種弱[[α粒子]]射源）。

現在[[第二次世界大戰]]晚期和整個[[冷戰]]期間，多國利用鈾-235作為可裂變爆炸物製造核武器。最初製成的有兩種核彈：第一種使用鈾-235，相對簡單；另一種使用經轉化鈾-238形成的[[鈈-239]]。之後生產的為更複雜，爆炸力也更大的裂變聚變核彈（[[氫彈]]），使用鈈裝置使[[氚]][[氘]]混合物進行[[核聚變]]。這種核彈的外殼是不可裂變的鈾（即貧鈾），核聚變產生的[[快中子]]使該物質裂變，產生爆炸中超過一半的能量。<ref>{{cite web

|url=http://www.fas.org/nuke/intro/nuke/design.htm

|title=Nuclear Weapon Design

|publisher=Federation of American Scientists

|year=1998

|accessdate=19 February 2007

}}</ref>

===民用===

[[File:Nuclear Power Plant 2.jpg|thumb|[[核能發電]]是鈾最常見的民間應用。]]

鈾在民間主要在[[核電站]]中作核燃料用。假設完全裂變，一公斤的鈾-235理論上可以產生80萬億[[焦耳]]的能量（8{{e|13}}焦耳），相等於3000[[噸]][[煤]]。<ref name="BuildingBlocks479"/>

商業核電站所用的鈾一般含有3%的鈾-235同位素。<ref name="BuildingBlocks479"/>[[CANDU]]和[[Magnox]]反應爐是能夠使用非濃縮鈾作為燃料的僅有的兩種反應爐。[[美國海軍]]所用的核反應爐通常使用高濃縮鈾，鈾-235的比例較高（實際百分比被列為機密）。[[快中子增殖反應堆]]可經過一下反應將鈾-238轉化為[[鈈]]：<ref name="LANL"/> <sup>238</sup>U (n, γ) → <sup>239</sup>U -(β) → <sup>239</sup>Np -(β) → <sup>239</sup>Pu.

[[File:U glass with black light.jpg|thumb|left|在[[紫外線]]照射下發光的鈾玻璃]]

在放射性被發現之前，鈾主要被用在黃色玻璃及陶器彩釉當中，如[[鈾玻璃]]等。

[[瑪莉·居禮]]在鈾礦石（瀝青鈾礦）中發現並分離出[[鐳]]元素，激發了人們對鈾礦進行開採，將提取出的鐳製成螢光油漆，用於鐘表和飛機儀表盤上。<ref>{{cite web |url=http://www.newscientist.com/article/mg15520902.900-dial-r-for-radioactive.html |title=Dial R for radioactive – 12 July 1997 – New Scientist |publisher=Newscientist.com |accessdate=12 September 2008}}</ref>由於要處理3噸鈾礦才能提取出1克鐳，這產生了大量的含鈾副產品。這些副產品都送往彩釉工業，使得含鈾彩釉的價格大大降低。除了陶器以外，鈾還被用在瓦片中，可製成紅、藍、綠、黃、紫紅、黑等多種顔色。

[[File:Vacuum capacitor with uranium glass.jpg|thumb|鈾玻璃為真空[[電容]]密封。]]

鈾也被用在攝影學化學物（特別是用作[[調色劑]]的[[硝酸鈾]]）、<ref name="LANL"/>燈絲以及皮革、木材的染料當中。鈾鹽可作為絲綢和樣貌的[[媒染劑]]。乙酸鈾酰和甲酸鈾酰在[[透射電子顯微鏡]]中被用作富含電子的染料，在為超薄切片、單獨[[細胞器]]和[[高分子]]成像時，及在對[[病毒]]進行[[負染色法]]時提高標本與環境的對比度。

鈾的放射性的發現促進了更多在科學及日常中對鈾的應用。由於鈾-238同位素的[[半衰期]]很高（4.51{{e|9}}年），因此被用來估計最遠古[[火成岩]]的年齡。其他用到鈾的[[放射性定年法]]包括[[鈾釷定年法]]、[[鈾鉛定年法]]和[[鈾鈾定年法]]。在產生高能[[X射線]]時所用的目標體中也用到鈾。<ref name="LANL"/>

==歷史==

===史前天然裂變===

{{Main|天然核反應堆}}

1972年，法國物理學家[[弗朗西斯·佩蘭]]（Francis Perrin）分別在西非[[加蓬]][[奧克洛]]的3個礦床中，發現了15處古[[天然核反應堆]]，今天已不再活躍。該礦床的年齡為17億年，當時地球上的鈾中，鈾-235占3%。<ref name="OCRWM">{{cite web |title=Oklo: Natural Nuclear Reactors |work=Office of Civilian Radioactive Waste Management |url=http://www.ocrwm.doe.gov/factsheets/doeymp0010.shtml |archiveurl=http://web.archive.org/web/20040603085718/http://www.ocrwm.doe.gov/factsheets/doeymp0010.shtml |archivedate=3 June 2004 |accessdate=28 June 2006}}</ref>在適當環境下，這足以激發並維持核連鎖反應。

===史前應用===

人類最早使用鈾的天然[[氧化物]]，可以追溯到公元79年以前。當時氧化鈾被用來為陶瓷上黃色的彩釉。<ref name="LANL"/>1912年，[[牛津大學]]的R. T. Gunther在[[義大利]][[那不勒斯灣]][[波希里坡]]海角（Cape Posillipo）的[[羅馬帝國|古羅馬]]別墅中，發現了含1%氧化鈾的黃色玻璃。<ref name="BuildingBlocks482">{{Harvnb|Emsley|2001|p=482}}.</ref>從歐洲[[中世紀]]晚期開始，[[波希米亞]][[亞希莫夫|約阿希姆斯塔爾]]（既今[[捷克]]亞希莫夫）的居民就使用[[哈布斯堡]]銀礦中提取的瀝青鈾礦來製造玻璃。<ref name="BuildingBlocks477"/>19世紀初，人們所知的鈾礦僅在以上的地點。

===發現===

[[File:Becquerel plate.jpg|thumb|[[亨利·貝可勒爾]]在1896年將[[照相底片]]放在鈾附近，從而發現了[[放射性]]。]]

鈾元素是由德國化學家[[馬丁·克拉普羅特]][[化學元素發現年表|發現]]的。1789年，他在位於[[柏林]]的實驗室中，把[[瀝青鈾礦]]溶解在[[硝酸]]中，再用[[氫氧化鈉]]中和，成功沉澱出一種黃色化合物（可能是[[重鈾酸鈉]]）。<ref name="BuildingBlocks477">{{Harvnb|Emsley|2001|p=477}}.</ref>克拉普羅特假設這是一種未知元素的氧化物，並用[[炭]]進行加熱，得出黑色的粉末。他錯誤地認為這就是新發現的元素，但其實該粉末才是鈾的氧化物。<ref name="BuildingBlocks477"/><ref>{{cite journal

| title = Chemische Untersuchung des Uranits, einer neuentdeckten metallischen Substanz

| author = Klaproth, M. H.

| journal = Chemische Annalen

| volume = 2

| issue =

| year = 1789

| pages = 387–403

| authorlink = Martin Heinrich Klaproth}}</ref>他以[[威廉·赫歇爾]]在八年前發現的[[天王星]]（Uranus）來命名這種新元素，而天王星本身是以[[希臘神話]]中的天神[[烏拉諾斯]]命名的。同樣地，鈾之後的[[錼]]（Neptunium）以[[海王星]]（Neptune）命名，其後的[[鈈]]（Plutonium）則以[[冥王星]]（Pluto）命名。<ref>{{cite encyclopedia|edition = 4th|title =Uranium|encyclopedia =The American Heritage Dictionary of the English Language|publisher =Houghton Mifflin Company|url=http://www.answers.com/uranium}}</ref>

1841年，[[巴黎]]中央工藝學校（Conservatoire National des Arts et Métiers）分析化學教授[[尤金-梅爾希奧·皮里哥]]把[[四氯化鈾]]和[[鉀]]一同加熱，首次分離出鈾金屬。<ref name="BuildingBlocks477"/><ref>{{cite journal| title = Recherches Sur L'Uranium

| author = Péligot, E.-M. |journal = [[Annales de chimie et de physique]]

| volume = 5 |issue = 5 |year = 1842

| pages = 5–47 |url = http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k34746s/f4.table}}</ref>19世紀時人們不意識到鈾的危險性，因此發展了各種鈾的日常應用，其中包括歷史流傳下來的陶瓷和玻璃上色。

1896年，[[亨利·貝可勒爾]]在位於巴黎的實驗室中，使用鈾元素發現了[[放射性]]。<ref name="ColumbiaEncy"/>貝可勒爾將硫酸鈾鉀鹽（K<sub>2</sub>UO<sub>2</sub>(SO<Sub>4</sub>)<sub>2</sub>）放在[[照相底片]]上，並置於抽屜當中。取出之後，他發覺底片出現了霧狀影像。<ref name="BuildingBlocks478"/>他得出結論，鈾會發出一種不可見光或射線，在底片上留下了影像。

===核裂變研究===

[[File:UraniumCubesLarge.jpg|thumb|[[曼哈頓計劃]]期間製造的鈾立方體]]

以[[恩里科·費米]]為首的一個團隊在1934年觀察到，對鈾進行中子撞擊會產生[[β衰變|β射線]]（即釋放出[[電子]]或[[正子]]）。<ref name="EncyChem773"/>這些裂變產物起初被誤以為是原子序為93和94的新元素，它們分別被命名為[[Ausonium]]和[[Hesperium]]。<ref>{{cite web

|url = http://www.nobelprize.org/nobel\_prizes/physics/laureates/1938/fermi-lecture.pdf

|format = PDF

|last = Fermi |first = Enrico

|date = 12 December 1938

|title = Artificial radioactivity produced by neutron bombardment: Nobel Lecture

|publisher = Royal Swedish Academy of Sciences

}}</ref><ref>{{cite journal|author = De Gregorio, A.|title = A Historical Note About How the Property was Discovered that Hydrogenated Substances Increase the Radioactivity Induced by Neutrons| year = 2003|pages = 41–47|volume = 19|journal = Nuovo Saggiatore |arxiv=physics/0309046|bibcode = 2003physics...9046D}}</ref><ref>{{cite web| author = Nigro, M |url = http://www.brera.unimi.it/SISFA/atti/2003/312-321NigroBari.pdf |title = Hahn, Meitner e la teoria della fissione| year = 2004 |accessdate = 5 May 2009}}</ref><ref>{{cite web| author = van der Krogt, Peter |url = http://elements.vanderkrogt.net/element.php?sym=Pu |title = Elementymology & Elements Multidict |accessdate = 5 May 2009}}</ref>[[奧托·哈恩]]和[[弗里德里希·史特拉斯曼]]在哈恩位於柏林的實驗室中進行了此項實驗，發現了鈾能夠分裂成為更小的原子核，並釋放出核結合能。<ref name="EncyChem773">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=773}}.</ref>[[莉澤·邁特納]]和她的侄子[[奥托·罗伯特·弗里施]]於1939年2月刊登了該現象的物理解釋，並將這種過程稱為「[[核裂變]]」。<ref>{{cite journal

| title = Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction

| author = [[莉澤·邁特納|Meitner, L.]] and [[奥托·罗伯特·弗里施|Frisch, O.]]

| journal = Nature

| volume = 143

| year = 1939

| pages = 239–240

| doi = 10.1038/224466a0

| url = http://www.atomicarchive.com/Docs/Begin/Nature\_Meitner.shtml |bibcode = 1969Natur.224..466M

| issue=5218}}</ref>不久之後，費米猜測鈾的裂變所釋放的中子可能足以使這一裂變持續進行。1939年，這一假說得到了證實。科學家也發現，占少數的鈾-235同位素每次裂變平均可產生2.5個中子；<ref name="EncyChem773"/>而占多數的鈾-238則可經[[核嬗變]]變為鈈，而鈈就像鈾-235一樣，能夠進行釋放熱中子的核裂變。這一發現促使多國開始進行製造核武器及運用[[核能]]的相關研究。

1942年9月2日，美國[[曼哈頓計劃]]中同樣以費米為首的另一團隊成功產生了首次人造[[核連鎖反應]]，稱[[Chicago Pile-1]]。團隊在[[芝加哥大學]]一個美式足球場地底進行此項實驗，其中使用了360噸[[石墨]]、53噸[[氧化鈾]]和5.5噸鈾金屬。<ref name="EncyChem773"/><ref>{{cite journal|last=Walsh|first=John|title=A Manhattan Project Postscript|journal=Science|date=19|year=1981|month=June|volume=212|pages=1369-1371|url=http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0533/ML053340429.pdf|accessdate=23 March 2013|publisher=AAAS|issn=0036-8075}}</ref>

===原子彈===

[[File:Atomic cloud over Hiroshima.jpg|thumb|在代號為「[[小男孩原子彈|小男孩]]」的鈾原子彈爆炸之後，日本[[廣島]]上空所出現的[[蘑菇雲]]]]

[[第二次世界大戰]]，美國主要研發了兩種原子彈：一種主要含鈾的炸彈，其中的可裂變物質為高[[濃縮鈾]]（代號「[[小男孩原子彈|小男孩]]」）；另一種為主要含鈈的炸彈，其鈈元素源自鈾-238（見[[三位一體核試]]及[[胖子原子彈]]）。「小男孩」是首個被用於戰爭當中的核武器，它在1945年8月6日於[[日本]][[廣島]]上空爆炸。其爆炸當量為12,500噸[[TNT]]炸藥，引爆後的熱衝擊波摧毀了5萬幢房屋，導致7.5萬人死亡。（見[[廣島與長崎原子彈爆炸]]）。<ref name="BuildingBlocks478"/>起初人們以為鈾是一種稀有元素，通過壟斷所有現有鈾存庫便可避免[[核擴散]]。然而不過10年，大型鈾礦就在世界各地相繼被發現。<ref>Helmreich, J.E. ''Gathering Rare Ores: The Diplomacy of Uranium Acquisition, 1943–1954'', Princeton UP, 1986: ch. 10 ISBN 0-7837-9349-9</ref>

===反應爐===

[[File:First four nuclear lit bulbs.jpeg|thumb|首個人造核能發電機[[EBR-I]]（實驗增殖反應爐一號）所點亮的4個燈泡（1951年）]]

位於美國[[田納西州]][[橡樹嶺國家實驗室]]的[[X-10石墨反應爐]]是世界上第二個人造核反應爐 ，也是第一個為持續作業而造的核反應爐。[[愛達荷州]]阿科鎮[[阿貢國家實驗室]]的[[EBR-I]]（實驗增殖反應爐一號）在1951年12月20日成為了首個產生電力的核反應爐。<ref>{{cite web |url=http://www.ne.anl.gov/About/reactors/frt.shtml |title=Reactors Designed by Argonne National Laboratory: Fast Reactor Technology |publisher=U.S. Department of Energy, Argonne National Laboratory |year=2012 |accessdate=25 July 2012}}</ref>最初該反應爐只點亮了4個150瓦燈泡，但經過改進，它最終可為整個實驗室供電。（其後，阿科鎮成為了世界上首個完全以來核電的小鎮，其電力來自阿貢國家實驗室的另一個核能發電機[[BORAX-III]]。）<ref>{{cite web |url=http://web.em.doe.gov/tie/history.html |title=History and Success of Argonne National Laboratory: Part 1 |publisher=U.S. Department of Energy, Argonne National Laboratory |year=1998 |accessdate=28 January 2007 |archiveurl = http://web.archive.org/web/20060926155637/http://web.em.doe.gov/tie/history.html |archivedate = 26 September 2006|deadurl=yes}}</ref><ref>{{cite web |url=http://www.ne.anl.gov/About/reactors/lwr3.shtml#fragment-5 |title=Reactors Designed by Argonne National Laboratory: Light Water Reactor Technology Development |publisher=U.S. Department of Energy, Argonne National Laboratory |year=2012 |accessdate=25 July 2012}}</ref>全球首個商業規模核電廠是位於前[[蘇聯]]的[[奧布寧斯克核電站]]，它於1954年6月27日投入使用。1954年，[[鸚鵡螺號核動力潛艇|鸚鵡螺號]]成為了第一個使用核動力的[[潛水艇]]。<ref name="EncyChem773"/><ref>{{cite web |url=http://www.ne.anl.gov/About/reactors/lwr3.shtml#fragment-2 |title=STR (Submarine Thermal Reactor) in "Reactors Designed by Argonne National Laboratory: Light Water Reactor Technology Development" |publisher=U.S. Department of Energy, Argonne National Laboratory |year=2012 |accessdate=25 July 2012}}</ref>

===核污染及冷戰後患===

[[File:US and USSR nuclear stockpiles.svg|thumb|美國與蘇聯（後俄羅斯聯邦）從1945年至2005年的核武器積存量]]

蘇聯及美國在1950年代至1960年代初，以及法國在1970至1980年代所進行的地面[[核試驗]]<ref name="BuildingBlocks480"/>使大量含有鈾的子同位素的[[輻射落塵]]散佈在世界各地。<ref>{{cite journal |author = Warneke, T.; Croudace, I. W.; Warwick, P. E. and Taylor, R. N. |title = A new ground-level fallout record of uranium and plutonium isotopes for northern temperate latitudes |journal = Earth and Planetary Science Letters| year = 2002 |volume = 203 |issue = 3–4 |pages = 1047–1057 |doi = 10.1016/S0012-821X(02)00930-5 |bibcode=2002E&PSL.203.1047W}}</ref>多次核事故也加劇了放射性污染。<ref>Newtan, Samuel Upton (2007). ''Nuclear War I and Other Major Nuclear Disasters of the 20th Century'', AuthorHouse ISBN 1425985122.</ref><ref>{{cite news |url=http://www.time.com/time/photogallery/0,29307,1887705,00.html |title=The Worst Nuclear Disasters |publisher=Time.com |date=25 March 2009 |accessdate=24 May 2010}}</ref>

鈾礦工人患[[癌症]]的機會比其他人較高。例如，有證據顯示[[納瓦霍人|納瓦霍]]鈾礦工人有較高機會患肺癌。<ref>{{cite journal |journal=Journal of Occupational & Environmental Medicine |author=Gilliland, Frank D. MD; Hunt, William C. MS; Pardilla, Marla MSW, MPH; Key, Charles R. MD, PhD |title=Uranium Mining and Lung Cancer Among Navajo Men in New Mexico and Arizona, 1969 to 1993 |url=http://journals.lww.com/joem/pages/articleviewer.aspx?year=2000&issue=03000&article=00008&type=abstract |date=March 2000 |volume=42 |issue=3 |pages=278–283 |pmid=10738707 |doi=10.1097/00043764-200003000-00008}}</ref>美國1990年通過的[[輻射曝露補償法]]規定，對所有確診患有癌症或其他呼吸道疾病的鈾礦工人給予10萬美元慰問金。<ref name="ajph.org">{{cite journal |title=The History of Uranium Mining and the Navajo People |doi=10.2105/AJPH.92.9.1410 |publisher=Ajph.org |pmid=12197966 |year=2002 |last1=Brugge |first1=Doug |last2=Goble |first2=Rob |journal=American Journal of Public Health |volume=92 |issue=9 |pages=1410–9 |pmc=3222290}}</ref>

美蘇[[冷戰]]期間，兩國收集並囤積了大量的鈾，並用此製造了上萬個核武器。在1991年[[蘇聯解體]]之後，540噸武器級高濃縮鈾（足以製成4萬個核彈頭）被存放在監管不嚴的地點，散佈在[[俄羅斯聯邦]]及其他前蘇聯國家。<ref name="EncyIntel"/>[[亞洲]]、[[歐洲]]及[[南美洲]]各國警方在1993年和2005年之間，至少有16次[[核間諜|截獲]]到走私的武器級鈾和鈈，大部分都來自前蘇聯。<ref name="EncyIntel"/>[[美國聯邦政府]]在1993年至2005進行了材料保護、控制和衡算項目，動用了5.5億美元來保護位於俄羅斯的鈾鈈存庫。<ref name="EncyIntel"/>《科學美國人》在2006年2月刊登文章，指出其中一處設施在改善項目進行之前，濃縮鈾是存放在掃帚櫃的，用來記錄核彈頭的卡片則放在鞋盒中。<ref name="thwarting">{{cite journal|author=Glaser, Alexander and von Hippel, Frank N. |title=Thwarting Nuclear Terrorism|journal= Scientific American |date=February 2006|pages=56–63|doi=10.1038/scientificamerican0206-56|url=http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=thwarting-nuclear-terrori|volume=294|issue=2|pmid=16478027}}</ref>

==存量==

===生物及非生物存量===

[[File:Pichblende.jpg|thumb|瀝青鈾礦是最常用來提取鈾的礦石。]]

鈾是一種天然元素，在各類岩石、土壤和水裏都會少量出現。在地球的[[地殼]]當中，鈾的豐度在所有元素中[[地球的地殼元素豐度列表|排列第51]]。鈾也是在地球上大量存在的元素中原子序最高的。與所有[[原子量]]大於[[鐵]]的元素一樣，鈾只能在[[超新星]]爆炸中自然產生。<ref>{{cite web |url=http://herschel.jpl.nasa.gov/chemicalOrigins.shtml |title=History/Origin of Chemicals |publisher=NASA |accessdate=1 January 2013}}</ref>[[地幔]]的熱量主要來自當中鈾、[[釷]]和[[鉀-40]]的衰變。<ref>{{cite journal |url=http://www.newscientist.com/article/mg18725103.700 |title=First measurements of Earth's core radioactivity |publisher=New Scientist |author=Biever, Celeste |date=27 July 2005}}</ref><ref>{{cite web |url=http://physicsworld.com/cws/article/news/17436 |title=Potassium-40 heats up Earth's core |publisher=physicsweb |date=7 May 2003 |accessdate=14 January 2007}}</ref>這一熱量使得[[地球構造|地球的外核]]保持液態，也推動著[[地幔對流]]，從而導致[[板塊移動]]。

鈾在地殼中的平均含量為百萬分之2至4，<ref name="SciTechEncy">{{cite encyclopedia|edition = 5th|title =Uranium|encyclopedia =The McGraw-Hill Science and Technology Encyclopedia|publisher =The McGraw-Hill Companies, Inc.|isbn=0-07-142957-3}}</ref><ref name="BuildingBlocks480"/>約為[[銀]]的40倍。<ref name="ColumbiaEncy"/>從地表至地底25公里一層內，估計含有10<sup>17</sup>&nbsp;kg鈾，而[[海洋]]裏則可能有10<sup>13</sup>&nbsp;kg鈾。<ref name="SciTechEncy"/>泥土中鈾的含量為百萬分之0.7至11（由於使用磷[[肥料]]，農田土壤中鈾濃度可高達百萬分之15），在海中則是十億分之3。<ref name="BuildingBlocks480"/>

鈾的含量比[[銻]]、[[錫]]、[[鎘]]、[[汞]]和銀要高，並和[[砷]]和[[鉬]]相約。<ref name="LANL"/><ref name="BuildingBlocks480"/>數百種礦石都含有鈾，如瀝青鈾礦（最常見的鈾礦石）、[[釩酸鉀鈾礦]]、[[鈣鈾雲母]]、[[矽鈣鈾礦]]、[[銅鈾雲母]]、[[水矽鈾礦]]等等。<ref name="LANL"/>一些其他物質裏也有明顯較高的鈾含量，如[[磷]]礦石、[[褐煤]]、[[獨居石]]等。<ref name="LANL"/>一些加工廠能夠從含鈾量低至0.1%的物質中提取出鈾。<ref name="ColumbiaEncy"/>

[[File:Citrobacter freundii.jpg|thumb|[[檸檬酸桿菌]]中的鈾濃度可以比周圍環境高出300倍。]]

[[腐敗希瓦菌]]和[[鐵還原地桿菌]]等的某些細菌可以將鈾(VI)還原成U(IV)。<ref>{{cite journal |doi=10.1016/j.oregeorev.2004.10.003 |title=Evidence of uranium biomineralization in sandstone-hosted roll-front uranium deposits, northwestern China |year=2005 |last1=Min |first1=M |last2=Xu |first2=H |last3=Chen |first3=J |last4=Fayek |first4=M |journal=Ore Geology Reviews |volume=26 |page=198 |issue=3–4}}</ref>某些生物，如地衣Trapelia involuta和微生物[[檸檬酸桿菌]]能夠使內部鈾濃度比周圍環境高300倍。<ref>{{Harvnb|Emsley|2001|pp=476 and 482}}.</ref>檸檬酸桿菌在[[甘油磷酸]]（或其他類似的有機磷酸化合物）存在的情況下，可吸收[[鈾酰]]離子。在一天以後，一克細菌可以產生9克磷酸鈾酰晶體。這意味著可以用這一些物種對收到[[核污染]]的水源進行[[生物修復]]。<ref name="BuildingBlocks477"/><ref>{{cite journal

| title = Uranium bioaccumulation by a Citrobacter sp. as a result of enzymically mediated growth of polycrystalline {{chem|HUO|2|PO|4}}

| author = Macaskie, L. E.; Empson, R. M.; Cheetham, A. K.; Grey, C. P. and Skarnulis, A. J.

| journal = Science

| volume = 257

| issue = 5071

| year = 1992

| pages = 782–784

| doi = 10.1126/science.1496397

| pmid = 1496397 |bibcode = 1992Sci...257..782M}}</ref>

自然界中的鈾(VI)在鹼性環境下會形成可溶性很高的碳酸鹽配合物。這使得核廢料中的鈾能夠輕易流動至地下水源和泥土中，對環境造成污染破壞。然而在鹼性環境下，當存在過量碳酸鹽時，很難將鈾以磷酸鈾的形式沉澱出來。<!--過於技術性：A ''Sphingomonas'' sp. strain BSAR-1 has been found to express a high activity alkaline phosphatase (PhoK) that has been applied for bioprecipitation of uranium as uranyl phosphate species from alkaline solutions. The precipitation ability was enhanced by overexpressing PhoK protein in ''E. coli''.--><ref>

{{cite journal

|author=Nilgiriwala, K.S.; Alahari, A.; Rao, A. S. and Apte, S.K.

|year=2008

|title=Cloning and Overexpression of Alkaline Phosphatase PhoK from Sphingomonas sp. Strain BSAR-1 for Bioprecipitation of Uranium from Alkaline Solutions

|journal=Applied and Environmental Microbiology

|volume=74

|issue=17

|pages=5516–5523

|doi=10.1128/AEM.00107-08

|pmid=18641147

|pmc=2546639

}}</ref>

[[植物]]會從泥土中吸取部分鈾。如果去水後以重量計，那鈾在植物中的含量為十億分之5至60，而木材燃燒後的灰燼中可含有百萬分之4的鈾。<ref name="BuildingBlocks477"/>食用植物中，鈾的去水重量比一般較低。人類每天從食物中吸收1至2微克的鈾。<ref name="BuildingBlocks477"/>

===採礦與生產===

[[File:U production-demand.png|thumb|全球鈾礦及鈾需求分佈圖<ref name="WNA-WUM"/>]]

[[File:Yellowcake.jpg|thumb|[[黃餅]]是一種經過提煉的高濃度氧化鈾混合物]]

2010年世界鈾產量為53,663[[噸]]，其中17,803噸（33.2%）採自[[哈薩克斯坦]]。其他主要鈾生產國還包括：[[加拿大]]（9,783噸）、[[澳洲]]（5,900噸）、[[納米比亞]]（4,496噸）、[[尼日爾]]（4,198噸）和[[俄羅斯]]（3,562噸）。<ref name="WNA-WUM">{{cite web |url=http://www.world-nuclear.org/info/inf23.html |title=World Uranium Mining |publisher=World Nuclear Association |accessdate=11 June 2010}}</ref>

开採鈾礦的方法包括：[[露天开採]]、[[地下开採]]、[[原地浸出]]和[[鑽孔开採]]等。<ref name="BuildingBlocks479"/>开採出的低濃度鈾礦包括0.01至0.25%的氧化鈾，經複雜的過程可從中提煉出鈾金屬。<ref name="EncyChem774">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=774}}.</ref>採自加拿大[[薩斯喀徹溫]][[阿薩巴斯卡盆地]]礦藏的高濃度鈾平均可含有高達23%的氧化鈾。<ref>{{cite web |url=http://www.investcom.com/moneyshow/uranium\_athabasca.htm |title=Athabasca Basin, Saskatchewan |accessdate=4 September 2009}}</ref>鈾礦石要壓碎至粉末狀，再經[[酸]]或[[鹼]]浸濾。浸濾液需通過沉澱、溶液萃取和離子交換，形成一種稱為「[[黃餅]]」的鈾精礦，含有至少75%氧化鈾（U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>）。黃餅要經[[煆燒]]以移除磨粉過程中的雜質，再送往精煉和化學轉換工序。<ref>{{cite book |url=http://books.google.com/?id=F7p7W1rykpwC&pg=PA75 |pages=74–75 |title=Hydrometallurgy in extraction processes, Volume 1 |author=Gupta, C. K. and Mukherjee, T. K. |publisher=CRC Press |year=1990 |isbn=0-8493-6804-9}}</ref>

用[[鹼金屬]]或[[鹼土金屬]]對[[鹵化物|鹵化]]鈾進行[[還原反應]]，可製成商用鈾。<ref name="LANL"/>{{chem|KUF|5}}或[[四氟化鈾|{{chem|UF|4}}]][[點解]]後，溶於熔化的[[氯化鈣]]（{{chem|Ca[[chloride|Cl]]|2}}）和[[氯化鈉]]（NaCl）溶液中，也可產生鈾金屬。<ref name="LANL"/>鹵化鈾放在熱燈絲上經[[熱降解]]，可形成高純度鈾。<ref name="LANL"/>

===資源儲備===

[[File:Uranium production world.PNG|thumb|200px|2005年全球主要鈾礦分佈圖]]

經估計，全球目前有550萬噸鈾庫存，每磅鈾可售59美元；<ref name="autogenerated1">{{cite web |url=http://www.world-nuclear-news.org/ENF\_Exploration\_drives\_uranium\_resources\_up\_17\_0206082.html |title=Exploration drives uranium resources up 17% |publisher=World-nuclear-news.org |accessdate=12 September 2008}}</ref>另有3500萬噸鈾尚待開採。<ref name="IAEAResourcesDemand"/>鈾價格從2003年5月的每磅10美元升至2007年7月的每磅138美元。這促使了人們對鈾的開採：<ref name=autogenerated1/>2005年世界為鈾開採花費2億美元，比2004年高出54%；<ref name="IAEAResourcesDemand"/>2006年世界花費7.74億美元，比2004年高出250%。<ref name="autogenerated1"/>

澳洲擁有全球已知鈾礦藏的31%。<ref>{{cite web |url=http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html |title=Supply of Uranium}}</ref>世界上最大的單個鈾礦藏並位於[[南澳州]]的[[奧林匹克大壩]]礦山。<ref>{{cite web| title=Uranium Mining and Processing in South Australia |url=http://web.archive.org/web/20120106005859/http://www.uraniumsa.org/processing/processing.htm |accessdate=14 January 2007 |publisher=South Australian Chamber of Mines and Energy |year=2002}}</ref>[[中非共和國]][[姆博穆省]][[貝庫瑪]]也擁有大型鈾礦藏。

「[[百萬噸變百萬千瓦計劃|百萬噸變百萬千瓦]]」等類似計劃通過拆卸核武器，將可用物質轉變為核燃料。<ref>{{cite web |url=http://www.world-nuclear.org/info/inf13.html |title=Military Warheads as a Source of Nuclear Fuel |publisher=World-nuclear.org |accessdate=24 May 2010}}</ref>

[[海水]]中估計仍含有46億噸鈾。1980年代，日本科學家證明，用[[離子交換]]法從海水萃取鈾元素在技術上是可行的。<ref name="UseaWater">{{cite web| title=Uranium recovery from Seawater |url=http://www.jaea.go.jp/jaeri/english/ff/ff43/topics.html |accessdate=3 September 2008 |publisher=Japan Atomic Energy Research Institute |date=23 August 1999}}</ref><ref name="stanfordCohen">{{cite web| title=How long will nuclear energy last? |url=http://www-formal.stanford.edu/jmc/progress/cohen.html |accessdate=29 March 2007 |date=12 February 1996}}</ref>科學家曾進行從海水中提取鈾的實驗，<ref>{{cite doi|10.1002/cjce.5450620416}}</ref>但由於水中含有碳酸鹽，使鈾產量很低。2012年，美國[[橡樹嶺國家實驗室]]的研究人員宣佈成功研發了一種稱為HiCap的新型吸附劑，能比過去的吸附劑更好地保留固體或氣體分子、原子和離子。研究人員稱，這種材料提取出的鈾比過去多5至7倍。<ref>{{cite web|url=http://www.ornl.gov/info/press\_releases/get\_press\_release.cfm?ReleaseNumber=mr20120821-00 |title=ORNL technology moves scientists closer to extracting uranium from seawater |publisher=Oak Ridge National Laboratory, United States |date=21 August 2012 |accessdate=22 February 2013}}</ref><ref>{{cite web|url=http://www.pnnl.gov/news/release.aspx?id=938 |title=PNNL: News – Fueling nuclear power with seawater |publisher=Pnnl.gov |date=21 August 2012 |accessdate=22 February 2013}}</ref>

===供應===

[[File:MonthlyUraniumSpot.png|thumb|right|每月鈾價格趨勢圖（以每磅美元計），2007年的鈾價泡沫爆破清晰可見。<ref name=uraniumingo>{{cite web |url=http://www.uranium.info/prices/monthly.html |archiveurl=http://web.archive.org/web/20071212170510/http://www.uranium.info/prices/monthly.html |archivedate=12 December 2007 |title=NUEXCO Exchange Value (Monthly Uranium Spot)}}</ref>]]

2005年共有17個國家生產高濃度氧化鈾，其中[[哈薩克斯坦]]（占全球產量的35.6%）和[[加拿大]]（16.7%）為最大產國，其他主要產國還包括[[澳洲]]（11.0%）、[[尼日爾]]（8.0%）、[[納米比亞]]（6.0%）、[[烏茲別克斯坦]]（5.5%）、[[俄羅斯]]（5.5%）、[[阿根廷]]（2.1%）、[[美國]]（2.8%）及[[中國]]（2.7%）等。<ref>{{cite web |url=http://world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Uranium-production-figures/#.Uevf\_mQpZZ8 |title=Uranium Production |publisher=World Nuclear Association |accessdate=21 July 2013}}</ref>地球上的所有鈾礦藏估計足夠供應未來80年的需求，<ref name="IAEAResourcesDemand">{{cite web| title=Global Uranium Resources to Meet Projected Demand |url=http://www.iaea.org/newscenter/news/2006/uranium\_resources.html |accessdate=29 March 2007 |publisher=International Atomic Energy Agency |year=2006}}</ref>但也有研究指出，20世紀末投資不足，可能對21世紀的鈾供應帶來壓力。<ref name="MITfuelSupply">{{cite web| title=Lack of fuel may limit U.S. nuclear power expansion |url=http://web.mit.edu/newsoffice/2007/fuel-supply.html |accessdate=29 March 2007 |publisher=Massachusetts Institute of Technology |date=21 March 2007}}</ref>鈾礦藏量與礦石含鈾量呈[[對數正態分佈]]。礦石含鈾量降低10倍，可开採的鈾礦量就會提高300倍。<ref>{{cite web

| url = http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti\_id=6665051

| title = World Uranium Resources

| author = Deffeyes, Kenneth S. and MacGregor, Ian D.

| publisher = Scientific American

| date = January 1980

| page = 66

| accessdate = 21 April 2008

}}</ref>也就是說，礦石含鈾量越高，可開採量則越低，反之亦然。

==化合物==

===氧化學===

====氧化物====

{{double image|right|U3O8lattice.jpg|200|UO2lattice.jpg|125|[[八氧化三鈾]]（左）和[[二氧化鈾]]（右）是最常見的兩種氧化鈾。}}

大型鈾加工廠所煆燒出的黃餅含有不同的鈾化合物，其中有鈾的各種氧化態。氧化態較低的粒子在煆燒爐中存留時間較短，氧化態較高的存留時間則較長。含鈾物質一般假設為{{chem|U|3|O|8}}，比如[[曼哈頓計劃]]中進行化學分析時，都以{{chem|U|3|O|8}}作為計算的標準。

氧鈾系統中物質的[[相態]]非常複雜。鈾的最常見氧化態為鈾(IV)和鈾(VI)，分別對應於[[二氧化鈾]]（{{chem|UO|2}}）和[[三氧化鈾]]（{{chem|UO|3}}）。<ref name="EncyChem779">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=779}}.</ref>其他存在的[[氧化物]]還有一氧化鈾（UO）、五氧化二鈾（{{chem|U|2|O|5}}）、過氧化鈾（{{chem|UO|4|·2H|2|O}}）等等。

[[八氧化三鈾]]（{{chem|U|3|O|8}}）和二氧化鈾（{{chem|UO|2}}）是鈾最常見的氧化物。<ref name="ANL-Chem">{{cite web |url=http://web.ead.anl.gov/uranium/guide/ucompound/forms/index.cfm |title=Chemical Forms of Uranium |accessdate=18 February 2007 |publisher=Argonne National Laboratory}}</ref>這兩種氧化物都是固體，不易溶於水，在許多化學環境下都相對穩定。八氧化三鈾是最穩定的鈾氧化物，也是自然界中最常見的一種。二氧化鈾則是核反應爐中最常用的鈾燃料。<ref name="ANL-Chem"/>在環境溫度下，{{chem|UO|2}}會逐漸轉變為{{chem|U|3|O|8}}。因為鈾的氧化物都較穩定，所以鈾是以氧化物的形態儲存和棄置的。<ref name="ANL-Chem"/>

====水溶化學====

[[File:U Oxstufen.jpg|thumb|left|150px|左至右為鈾的III、IV、V、VI氧化態]]

鈾具有不同氧化態的鹽，當中不少都溶於水，可在水溶液中進行研究。鈾的最常見離子態為{{chem|U|3+}}（棕紅色）、{{chem|U|4+}}（綠色）、{{chem|UO|2|+}}（不穩定）及{{chem|UO|2|2+}}（黃色），分別對應於U(III)、U(IV)、U(V)和U(VI)。<ref name="EncyChem778">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=778}}.</ref>鈾(II)氧化態有UO和US等固態及半金屬化合物，但沒有可溶的簡單離子。{{chem|U|3+}}離子不穩定，會從水中釋放出[[氫氣]]。鈾(VI)態對應{{chem|UO|2|2+}}離子，有[[碳酸鈾酰]]、[[氯化鈾酰]]和[[硫酸鈾酰]]等化合物。{{chem|UO|2|2+}}能和各種[[有機化學|有機]][[螯合劑]]形成[[配合物]]，其中[[醋酸鈾酰]]最為常見。<ref name="EncyChem778"/>

各種鈾酰和氧化鈾陽離子都可溶於水，但[[鈾酸鹽]]並不溶於水。

====碳酸鹽====

當鈾(VI)溶於碳酸鹽溶液而非純水中時，其[[普爾貝圖]]會因與碳酸離子的交互作用而有很大的變化。雖然大部分碳酸鹽都不溶於水，但碳酸鈾卻是可溶的。這是由於鈾(VI)陽離子可以與兩個氧化物及至少三個碳酸鹽形成陰離子配合物。

{|class="wikitable" style="text-align:center; float:center"

|+[[普爾貝圖]]（電位-pH圖）<ref name="medusa">Puigdomenech, Ignasi ''Hydra/Medusa Chemical Equilibrium Database and Plotting Software'' (2004) KTH Royal Institute of Technology, freely downloadable software at [http://www.kemi.kth.se/medusa/]</ref>

|[[File:Uranium pourdaix diagram in water.png|thumb|center|180px]]

|[[File:Uranium pourdiax diagram in carbonate media.png|center|thumb|180px]]

|[[File:Uranium fraction diagram with no carbonate.png|thumb|center|220px|alt=A graph of potential vs. pH showing stability regions of various uranium compounds]]

|[[File:Uranium fraction diagram with carbonate present.png|thumb|center|230px]]

|-

|非配合物水溶液中的鈾（如[[高氯酸]]和氫氧化鈉）<ref name="medusa"/>

|碳酸鹽溶液中的鈾

|非配合物水溶液中鈾的各個化學形態相對濃度<ref name="medusa"/>

|碳酸鹽溶液中鈾的各個化學形態相對濃度<ref name="medusa"/>

|}

====酸鹼度的影響====

從鈾的化學形態比例圖可以推論，鈾(VI)溶液的[[pH值]]提升，會使鈾形成水合氫氧化氧鈾，並在高pH值時形成氫氧化配合物陰離子。

當加入碳酸鹽後，pH值的提高會使鈾轉化為一系列的碳酸鹽配合物形態。特別在pH在6至8的時候，鈾的可溶性會提高，這有助長期穩定儲藏[[乏核燃料]]中的氧化鈾。

===氫化物、碳化物及氮化物===

鈾金屬在加熱至250到300攝氏度時，會與[[氫]]反應，形成[[氫化鈾]]。繼續加熱則會再次去除氫。因此氫化鈾可用於製造鈾的各種[[碳化物]]、[[氮化物]]和[[鹵化物]]。<ref name="EncyChem782">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=782}}.</ref>氢化鈾具有兩種晶體相態：α型存在於低溫環境下，β型則在250&nbsp;°C以上出現。<ref name="EncyChem782"/>

[[碳化鈾]]與[[氮化鈾]]都是相對惰性的[[半金屬]]物質，能少許溶於[[酸]]中，並會與水反應及在空氣中燃點形成{{chem|U|3|O|8}}。<ref name="EncyChem782"/>鈾的碳化物包括一碳化鈾（UC）、二碳化鈾（{{chem|UC|2}}）和三碳化二鈾（{{chem|U|2|C|3}}）。向熔化鈾加入碳，或在高溫下把鈾金屬置於[[一氧化碳]]中，可產生UC和{{chem|UC|2}}。{{chem|U|2|C|3}}在1800&nbsp;°C以下穩定，通過對UC和{{chem|UC|2}}的混合物進行機械施壓可以形成。<ref name="EncyChem780">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=780}}.</ref>鈾金屬在直接接觸[[氮]]後所形成的氮化鈾包括：一氮化鈾（UN）、二氮化鈾（{{chem|UN|2}}）及三氮化二鈾（{{chem|U|2|N|3}}）。<ref name="EncyChem780"/>

===鹵化物===

[[File:Uranium hexafluoride crystals sealed in an ampoule.jpg|thumb|[[六氟化鈾]]是鈾-235分離過程中所用到的鈾原料。]]

所有的氟化鈾都是從[[四氟化鈾]]（{{chem|UF|4}}）轉化而成的，{{chem|UF|4}}則由二氧化鈾經氫氟化反應形成。<ref name="EncyChem782"/>{{chem|UF|4}}與氫在1000&nbsp;°C反應後，會還原成三氟化鈾（{{chem|UF|3}}）。在適當的溫度和壓力下，固態{{chem|UF|4}}與氣態[[六氟化鈾]]（{{chem|UF|6}}）反應後，可產生氧化態介乎兩者之間的氟化物：{{chem|U|2|F|9}}、{{chem|U|4|F|17}}和{{chem|UF|5}}。<ref name="EncyChem782"/>

在室溫底下，{{chem|UF|6}}具有高[[蒸氣壓]]，這有助於用[[氣體擴散法]]把鈾-235從比例更高的鈾-238同位素中分離出來。通過以下反應，二氧化鈾和氢化鈾就能形成六氟化鈾。<ref name="EncyChem782"/>

:{{chem|UO|2}} + 4 HF → {{chem|UF|4}} + 2 {{chem|H|2|O}}（500&nbsp;°C，吸熱）

:{{chem|UF|4}} + {{chem|F|2}} → {{chem|UF|6}}（350&nbsp;°C，吸熱）

所形成的{{chem|UF|6}}是一種白色固體，化學活性極高（進行氟化反應），容易[[昇華]]（其氣態接近[[理想氣體]]）。它是已知的鈾化合物中揮發性最強的。<ref name="EncyChem782"/>

要製造[[四氯化鈾]]（{{chem|UCl|4}}），可以直接將[[氯]]與鈾金屬或氢化鈾結合。如果用氫還原{{chem|UCl|4}}，可產生三氯化鈾（{{chem|UCl|3}}）；進一步進行氯化反應，則可產生氧化態更高的氯化鈾。<ref name="EncyChem782"/>所有氯化鈾都能與水和空氣反應。

鈾的[[溴化物]]和[[碘化物]]可通過將鈾直接與[[溴]]或[[碘]]反應形成，或在氫溴酸或氫碘酸中加入{{chem|UH|3}}。<ref name="EncyChem782"/>這些化合物有{{chem|UBr|3}}、{{chem|UBr|4}}、{{chem|UI|3}}和{{chem|UI|4}}等等。鈾的氧鹵化物均可溶於水，例如{{chem|UO|2|F|2}}、{{chem|UOCl|2}}、{{chem|UO|2|Cl|2}}和{{chem|UO|2|Br|2}}。鹵素的[[原子量]]越高，對應的氧鹵化物穩定性就越低。<ref name="EncyChem782"/>

==同位素==

===自然豐度===

{{Main|鈾的同位素}}

天然鈾元素鈾三種主要[[同位素]]組成：[[鈾-238]]（[[豐度]]為99.28%）、鈾-235（0.71%）和[[鈾-234]]（0.0054%）。它們均具有[[放射性]]，會釋放[[α粒子]]，但也有較小機會進行[[自發裂變]]。

鈾-238是最穩定的鈾同位素，[[半衰期]]約為4.468{{e|9}}年，與[[地球的年齡]]相約。鈾-235的半衰期約為7.13{{e|8}}年，而鈾-234的半衰期則約為2.48{{e|5}}年。<ref name="EncyChem777">{{Harvnb|Seaborg|1968|p=777}}.</ref>天然鈾所釋放出的α粒子中，49%來自<sup>238</sup>U，同樣有49%來自<sup>234</sup>U，最後約2.0%來自<sup>235</sup>U。地球剛剛形成的時候，約有五分之一的鈾是鈾-235，而<sup>234</sup>U的豐度則很可能比今天低得多。

鈾-238通常釋放α粒子（有時也會進行自發裂變），其[[衰變鏈]]被稱為[[鈾衰變系]]。該衰變系包含18種原子核，最後一種是[[鉛-206]]，整個衰變鏈由多種衰變途徑組成。<ref name="ColumbiaEncy"/>

同位素<sup>235</sup>U的衰變系被稱為[[錒衰變系]]，其中有15種原子核，最後一種是鉛-207。<ref name="ColumbiaEncy"/>由於這些衰變系的衰變速率是不變的，因此有助於對比母子原子核的豐度，從而進行[[放射性定年法]]。

鈾-234也屬於鈾衰變系，因此它會最終衰變為鉛-206。

鈾-233是通過在核反應爐中對[[釷-232]]進行中子撞擊而形成的。<sup>233</sup>U是可裂變物質，<ref name="LANL"/>其衰變系的最後一種核素為[[鉈]]-205。

鈾-235在[[核反應爐]]和[[核武器]]中有著十分重要的作用，因為它是自然界中唯一一種大量存在的可裂變鈾同位素。它能夠在熱中子撞擊下，分裂成多個碎片，從中釋放出可用的能量。<ref name="ColumbiaEncy"/>

鈾-238不可裂變，但則是可轉換同位素，能夠經[[中子活化]]變為可裂變的[[鈈-239]]。鈾-238可吸收一顆中子，形成鈾-239。<sup>239</sup>U會經[[β衰變]]成為[[錼]]-239，並在幾天內再β衰變為鈈-239。<sup>239</sup>Pu是[[三位一體核試]]中世界首個[[原子彈]]所使用的可裂變物質。<ref name="EncyChem773"/>

===濃縮鈾===

{{Main|濃縮鈾}}

[[File:Gas centrifuge cascade.jpg|thumb|一排排用來濃縮可裂變鈾同位素的[[氣體離心法|氣體離心機]]。]]

自然界中的鈾是由99.2742%的鈾-238和0.7204%的鈾-235組成的。[[同位素分離]]過程將可裂變的鈾-235的濃度提高，以產生核武器和發電所用的濃縮鈾。鈾-235原子裂變所釋放的中子會被其他鈾-235原子吸收，促發更多的裂變反應，持續[[核連鎖反應]]。達到核連鎖反應所需的鈾-235質量稱為[[臨界質量]]。

濃縮鈾的鈾-235含量一般介乎3%到5%。<ref>{{cite web |url=http://web.ead.anl.gov/uranium/guide/depletedu/enrich/index.cfm |title=Uranium Enrichment |accessdate=11 February 2007 |publisher=Argonne National Laboratory}}</ref>濃縮過程會產生大量不含鈾-235的物質，稱為貧鈾。貧鈾中鈾-235的含量不超過0.3%。<ref name="paducah">{{cite news |url=http://www.wise-uranium.org/dhap991.html |title=Depleted Uranium: a by-product of the Nuclear Chain |accessdate=31 July 2009 |publisher=Laka Foundation |author=Diehl, Peter}}</ref>鈾的價格從2001年至2007年不斷上升，使鈾-235含量超過0.35%的鈾重新進行濃縮過程。貧六氟化鈾的價格因此從2001的每公斤5美元升至2007年的130美元以上。<ref name="paducah"/>

最常用的鈾濃縮方法是[[氣體離心法]]，即利用<sup>235</sup>UF<sub>6</sub>和<sup>238</sup>UF<sub>6</sub>分子量上的差異，把含有鈾-235的[[六氟化鈾]]離心分離出來。<ref name="BuildingBlocks478">{{Harvnb|Emsley|2001|p=478}}.</ref>[[氣體擴散法]]是人們最先使用的濃縮方法，曾用於美國[[曼哈頓計劃]]。該方法將六氟化鈾重復透過[[銀]][[鋅]]薄膜擴散，利用同位素間擴散率的不同分離出鈾-235（鈾-238的原子量更高，因此擴散率較低）。<ref name="BuildingBlocks478"/>[[分子激光同位素分離法]]用具有特定能量的[[激光]]束把鈾-235與氯之間的分子鍵斷開，但保留鈾-238與氯間的鍵合。鈾-235便能以金屬態從溶液中沉澱分離出來。<ref name="BuildingBlocks479"/>[[原子蒸氣激光同位素分離法]]（AVLIS）使用的則是發出可見光的[[可調激光器]]，如[[染料激光器]]等。<ref>{{cite book |editor=[[F. J. Duarte|Duarte, F. J.]] and Hillman, L. W. |title=Dye Laser Principles|publisher=Academic |year=1990 |page = 413 |isbn = 0-12-222700-X |url=http://www.opticsjournal.com/dlp.htm}}</ref>另一種濃縮方法為液態熱擴散發。<ref name="SciTechEncy"/>

==安全==

人類吸入受污染空氣或攝入受污染的水和食物，鈾（及其衰變產物，如[[氡]]等）就會進入人的體內。空氣中的鈾通常非常少，但在[[磷]][[化肥]]處理廠、核武器研究中心、煤發電廠、鈾礦、鈾礦石和濃縮鈾處理廠中工作的人員，以及居住在曾使用貧鈾作為武器的戰地附近的人，就會有較高的鈾攝入量。<ref name="EPA-Rad">{{cite web |url=http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html |accessdate=31 July 2009 |title=Radiation Information for Uranium |publisher=U.S. Environmental Protection Agency}}</ref><ref name="ATSDR-ToxFAQ">{{cite web |url=http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts150.html |title=ToxFAQ for Uranium |publisher=Agency for Toxic Substances and Disease Registry |month=September |year=1999 |accessdate=18 February 2007}}</ref>位於地底鈾礦藏上的房屋建築中會有較多的放射性氡氣。

大部分進食到體內的鈾會在[[消化]]過程後排出。當氧化鈾等不可溶的含鈾物質進入身體後，只有大約0.5%會被吸收；如果可溶性較高的[[鈾酰]]離子進入體內，身體所吸收的量可以高達5%。<ref name="BuildingBlocks477"/>不過，可溶的比不可溶的鈾化合物能夠更快地離開身體，特別是當不可溶鈾化合物經塵埃進入[[肺部]]之後，會對人體造成更大的傷害。在進入血液後，鈾會因親[[磷]]性而積累在[[骨骼]]組織內，並停留多年。<ref name="BuildingBlocks477"/>人的皮膚不會吸收鈾，且鈾所釋放的[[α粒子]]也無法穿透皮膚。

===影響===

留在體內的鈾會影響[[腎]]、[[腦]]、[[肝]]、[[心]]的正常運作，其本身的化學毒性也會對身體的其他器官造成傷害。<ref name="BuildingBlocks477"/><ref name=Craft04>{{cite journal

| title = Depleted and natural uranium: chemistry and toxicological effects

| author = Craft, E. S.; Abu-Qare, A. W.; Flaherty, M. M.; Garofolo, M. C.; Rincavage, H. L. and Abou-Donia, M. B.

| journal = Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews

| year = 2004

| volume = 7

| issue = 4

| pmid = 15205046

| pages = 297–317

| doi = 10.1080/10937400490452714}}</ref><ref name="ATSDR">{{cite web |title=Toxicological Profile for Uranium |url=http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp150-c2.pdf |publisher=Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) |location=Atlanta, GA| id=CAS# 7440-61-1 |month=September |year=1999 |format=PDF}}</ref>鈾是一種生殖毒物。<ref name="Hindin2005">{{cite journal |doi = 10.1186/1476-069X-4-17 |last1 = Hindin |first1 = Rita|last2 = Brugge |year = 2005 |first2 = D |last3 = Panikkar |first3 = B |title = Teratogenicity of depleted uranium aerosols: A review from an epidemiological perspective |journal = Environ Health |volume = 4 |page = 17 |pmid = 16124873|pmc = 1242351}}</ref><ref>{{cite journal

| author = Arfsten, D.P.; K.R. Still; G.D. Ritchie

| year = 2001

| title = A review of the effects of uranium and depleted uranium exposure on reproduction and fetal development

| journal = Toxicology and Industrial Health

| volume = 17

| pages = 180–91

| doi = 10.1191/0748233701th111oa

| issue = 5–10

| pmid = 12539863}}</ref>因為鈾釋放的α輻射具有較小的穿透範圍，所以放射性只會對小部分組織造成影響。[[三氧化鈾]]、硝酸鈾酰及其他六價鈾化合物中的[[鈾酰]]（{{chem|UO|2|2+}}）離子在實驗動物身上，造成了先天缺陷和免疫系統破壞。<ref>{{cite journal |last1 = Domingo |first1 = JL |last2 = Paternain |first2 = JL |last3 = Llobet |first3 = JM |last4 = Corbella |first4 = J |title = The developmental toxicity of uranium in mice |journal = Toxicology |volume = 55 |issue = 1–2 |pages = 143–52 |year = 1989 |pmid = 2711400 |doi = 10.1016/0300-483X(89)90181-9}}</ref>[[美國疾病控制與預防中心]]曾發表過研究指出，天然及貧鈾仍沒有造成過人類[[癌症]]個案，<ref name="ATSDR-PHS">{{cite web |url=http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=438&tid=77 |title=Public Health Statement for Uranium |publisher=CDC |accessdate=15 February 2007}}</ref>但是有充分證據證明鈾及其衰變產物（特別是氡）對人體健康有極大的威脅。<ref name="BuildingBlocks480"/>鈾金屬粉末可以在室溫下在空氣中[[自燃]]，造成火災。<ref name="LANL"/>

研究人員在接觸鈾金屬時，都會使用手套作保護。<ref name="DOH.WA">{{cite web|publisher=Washington State Department of Health, Office of Radiation Protection|url=http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/factsheets-htm/fs27uran.htm|title=Radiation Fact Sheets #27, Uranium (U) |year=2010|accessdate=23 August 2011}}</ref>在處理及存放含鈾度高的物質時，須避免意外攝入。<ref name="DOH.WA"/>

==參見==

\* [[各國鈾儲備量列表]]

\* [[核工程]]

\* [[核燃料循環]]

\* [[原子核物理學]]

==備註==

{{reflist|colwidth=30em}}

==參考資料==

\* {{Cite book |year=2001 |chapter=Uranium |url=http://books.google.com/?id=j-Xu07p3cKwC&printsec=frontcover |title=Nature's Building Blocks: An A to Z Guide to the Elements |publisher=[[Oxford University Press]] |location=[[Oxford]] |isbn=0-19-850340-7 |authorlink=John Emsley |first=John |last=Emsley |pages=476–482|ref = harv}}

\* {{Cite book |title=The Encyclopedia of the Chemical Elements |chapter=Uranium |year=1968 |authorlink=Glenn T. Seaborg |first=Glenn T. |last=Seaborg |publisher=Reinhold Book Corporation |location=[[Skokie, Illinois]] |pages=773–786 |id=LCCCN 68-29938|ref = harv}}

==外部鏈接==

{{Commons category|Uranium}}

{{Wiktionary|uranium}}

\* [http://www.epa.gov/radiation/radionuclides/uranium.html 美國能源部有關鈾輻射的資料]

\* [http://world-nuclear.org/education/uran.htm 世界原子能協會：「鈾是甚麼？」]

\* [http://www.uxc.com 鈾目前的市場價格]

\* [http://www.wise-uranium.org/umaps.html 全球鈾礦藏地圖]

\* [http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@na+@rel+uranium,+radioactive 美國國家醫學圖書館有害物質數據庫——鈾]

\* [http://www.periodicvideos.com/videos/092.htm Uranium] at ''[[The Periodic Table of Videos]]'' (University of Nottingham)

{{元素週期表}}

{{核技術}}

[[Category:锕系元素]]

[[Category:铀|\*]]

[[Category:第7周期元素|7F]]

[[Category:化学元素|7F]]

{{Link GA|cs}}

{{Link FA|af}}

{{Link FA|en}}

{{Link FA|vi}}

{{Link FA|hr}}