

# Introduction of noble metals, and rare earth metals (貴金屬與稀土金屬的介紹)

Kenny Hsu

# 元素週期表

1 1 H 1.00794 -252.87 -252.87 236	2 3 Li 6.941 182.4 1242 0.97	4 4 Be 9.01224 1571 2849 1.47	5 11 Na 22.98976928 97.52 883 1.01	6 12 Mg 24.304 1363 1090 1.23	7 19 K 39.0983 63.5 774 0.91	8 20 Ca 40.078 2798 1484 1.04	9 21 Sc 44.955912 1541 2836 1.20	10 22 Ti 47.88 1669 2371 1.20	11 23 V 50.9415 1910 2407 1.46	12 24 Cr 51.9961 1907 2671 1.99	13 25 Mn 54.938044 1546 2091 1.55	14 26 Fe 55.845 1538 2891 1.94	15 27 Co 58.933195 1495 2572 1.70	16 28 Ni 58.6934 1455 2915 1.75	17 29 Cu 63.546 1084.62 2862 1.70	18 30 Zn 65.38 419.52 907 1.69	19 37 Rb 85.4678 351.3 686 0.85	20 38 Sr 87.62 777 1362 0.89	21 39 Y 88.905848 1626 3336 1.11	22 40 Zr 91.224 1600 4409 1.22	23 41 Nb 92.90638 2477 4744 1.22	24 42 Mo 95.94 2622 4629 1.30	25 43 Tc 98.90625 2107 4362 1.36	26 44 Ru 101.07 2264 4100 1.43	27 45 Rh 102.91 1964 3265 1.46	28 46 Pd 106.42 1554.5 2863 1.30	29 47 Ag 107.87 961.78 2162 1.42	30 48 Cd 112.41 321.07 767 1.49	31 55 Cs 132.90545196 284.8 671 0.86	32 56 Ba 137.327 707 1287 0.87	33 57-71 Lanthanoide Lanthanides	34 72 Hf 178.49 2230 4600 1.22	35 73 Ta 180.94788 2017 3468 1.22	36 74 W 183.84 3422 3409 1.40	37 75 Re 186.207 3186 3441 1.46	38 76 Os 190.23 3081 3476 1.62	39 77 Ir 192.222 2446 4405 1.55	40 78 Pt 195.084 1794.5 2146 1.42	41 79 Au 196.966569 1064 2868 1.42	42 80 Hg 200.59 369.5 366.5 1.44	43 81 Tl 204.38 304 647 1.44	44 82 Pb 207.2 271.5 1749 1.62	45 83 Bi 208.9804 271.5 1604 1.67	46 84 Po 209 209 176 1.76	47 85 At 209 209 162 1.96	48 86 Rn 222.0175623 -71 -61.7
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	---	--	---	---	---	--	---	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	--	--	---	--	---	---	---	--	---	---	--	--	--	--	---	---	---	---

13 5 B 10.811 2076 2872 201	14 6 C 12.011 3550 4627 200	15 7 N 14.007 -118 -195.8 207	16 8 O 15.999 -182.96 -182.96 200	17 9 F 18.998 -188.12 -188.12 410	18 10 Ne 20.18 -248.59 -248.59	19 13 Al 26.9815386 660.32 2618 1.47	20 14 Si 28.0855 1414 2355 1.74	21 15 P 30.973762 4416 2377 2.06	22 16 S 32.065 1152.1 444.6 2.44	23 17 Cl 35.453 -101.6 -34.6 2.82	24 18 Ar 39.948 -185.96 -185.96	25 31 Ga 69.723 576.25 2304 1.62	26 32 Ge 72.64 302.1 2832 2.02	27 33 As 74.9216 368.616 2891 1.62	28 34 Se 78.96 221 686 2.48	29 35 Br 79.904 -7.2 68.9 2.74	30 36 Kr 83.798 -157.16 -157.16	31 49 In 114.818 1666 2067 1.49	32 50 Sn 118.710 231.93 2862 1.72	33 51 Sb 121.76 630.63 1897 1.62	34 52 Te 127.60 468.51 958 2.01	35 53 I 126.905 112.7 968 2.21	36 54 Xe 131.29 -111.7 -108.12	37 81 Tl 204.38 304 647 1.44	38 82 Pb 207.2 271.5 1749 1.62	39 83 Bi 208.9804 271.5 1604 1.67	40 84 Po 209 209 176 1.76	41 85 At 209 209 162 1.96	42 86 Rn 222.0175623 -71 -61.7
---	---	---	---	---	---	--	---	--	--	---	--	--	--	--	---	--	--	---	---	--	---	--	---	--	--	---	---	---	---

45  
102.91  
1966  
3727  
1.5

Rh

0, 1, 2, 3, 4, 5

[Kr] 4d<sup>8</sup> 5s<sup>1</sup>

- Ordnungszahl
  - Elementsymbol
  - Relative Atommasse
  - Schmelzpunkt (°C)
  - Siedepunkt (°C)
  - Elektronenaktivität (Allred, Rochow)
  - Oxidationsstufen
  - Elektronenkonfiguration
  - Atom number
  - Element symbol
  - Relative atomic mass
  - Melting point (°C)
  - Boiling point (°C)
  - Electronegativity (Allred, Rochow)
  - Oxidation states
  - Electron configuration
- Nichtmetalle nonmetals
  - Halogene halogens
  - Edelgase inert gases
  - Erdalkalimetalle alkaline earth metals
  - Alkalimetalle alkali metals
  - Übergangsmetalle transition metals
  - Lanthanoide Lanthanides
  - Actinoide Actinides
  - Anderer Metalle other metals
  - Halometalle semi metals
- \* stabilster Isotop  
\* most stable isotope

釷系

錒系

Lanthanoide Lanthanides	57 La 138.91 920 2464 1.06	58 Ce 140.12 790 2444 1.06	59 Pr 140.91 930 2464 1.07	60 Nd 144.24 1024 2634 1.07	61 Pm 144.91 1042 3000 1.07	62 Sm 150.36 1074 2794 1.07	63 Eu 151.96 826 1629 1.01	64 Gd 157.25 1312 2272 1.11	65 Tb 158.93 1326 2320 1.10	66 Dy 162.50 1407 2667 1.10	67 Ho 164.93 1461 2720 1.10	68 Er 167.26 1520 2868 1.11	69 Tm 168.93 1546 2960 1.11	70 Yb 173.04 1626 1950 1.06	71 Lu 174.97 1662 2402 1.14
Actinoide Actinides	89 Ac 227.03 1050 3196 1.00	90 Th 232.04 1942 4788 1.11	91 Pa 231.04 1668 4627 1.14	92 U 238.03 1121 4131 1.22	93 Np 237.05 1176 4000 1.22	94 Pu 244.06 1176 3226 1.22	95 Am 243.06 1176 2607 1.20	96 Cm 247.07 1240 2110 1.20	97 Bk 247.07 1020 1020 1.20	98 Cf 251.08 950 950 1.20	99 Es 252.08 960 960 1.20	100 Fm 257.10 1227 1227 1.20	101 Md 258.10 927 927 1.20	102 No 259.10 927 927 1.20	103 Lr 262.11 1627 1627 1.20

# 金屬所具有的三大特質

- \* 一個元素之所以為金屬的必要條件，有以下三點：
  - (1) 具有導電性
  - (2) 具有金屬所屬的光澤
  - (3) 具有延展性



# 金屬活性

- \* **金屬活性**是指金屬在溶液或化學反應中的活潑程度。它最初是由化學家根據金屬間的置換反應，還有金屬跟水和各種酸、鹼的反應總結而成。
- \* 這個序列體現了金屬在溶液中活動性的大小關係，不過，我們還可以通過各金屬的標準電極電勢高低來進行比較。  
在判斷溶液中的置換反應能否發生時，使用它是一種很簡便的辦法。

常見金屬活動性排列通常是這樣的：

K > Na > Li > Ca > Mg > Al > Mn > Zn > Cr > Fe > Ni > Sn > Pb > Cu > Ag > Au > Pt

# 何謂輕金屬 (Light metals)?

- \* 重金屬：重金屬是比重大於5的金屬，大多數金屬都是重金屬。重金屬的化學性質一般上較為穩定。
- \* 輕金屬：鋁、鎂、鋰、鈉、鉀等的比重小於5，叫做「輕金屬」

# 何謂貴金屬(Noble metals)?

- \* 貴金屬包括金、銀、鉑、鈀、銠、鈾、鐵和銱，共八個元素。
- \* 貴金屬具有優異的化學和熱穩定性，以及其他許多獨特的物理-化學性能。
- \* 金銀可作為貨幣和裝飾品，已有幾千年歷史。從19世紀末到20世紀初，貴金屬和貴金屬合金開始用於工業和科學研究，後來廣泛用於航空、航天、航海、原子能、化工、電子工業、冶金工業等部門，以及廢氣淨化等方面。貴金屬是戰略儲備物資。

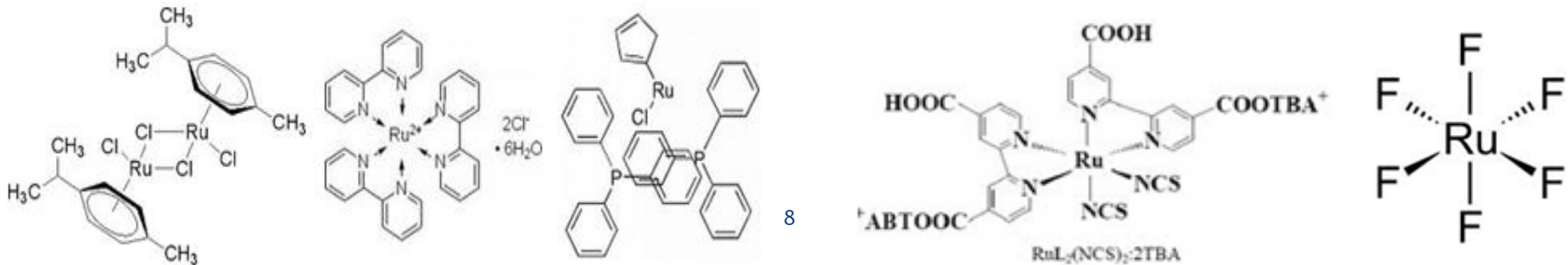
# 貴金屬物性表

原子序	元素名稱	元素符號	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	金屬顏色	熔點(°C)
44	鈳	Ru	12.37	灰白	2310
45	銠	Rh	12.41	銀白	1966
46	鈀	Pd	12.02	銀白	1552
47	銀	Ag	10.5	銀白	962
76	銱	Os	22.59	藍白	3054
77	銱	Ir	22.56	白色	2410
78	鉑	Pt	21.45	銀白	1772
79	金	Au	19.32	金黃	1064

# 貴金屬的應用--鈦(Ru)



- \* 鈦(Ru, Ruthenium): 鈦用在個人電腦的硬碟磁層，幫助增加記憶體容量，其原理為鈦利用反鐵磁性技術磁化狹窄區域，以厚度只有數顆原子大的鈦為邊界層，即可反轉磁層的磁性，藉此快速增加硬碟的記憶密度。
- \* 鈦的應用: 硬碟靶材、裝飾品、鋼筆筆尖、電器接頭零件、晶片電阻、電解食鹽水製造氯氣時最重要的陽極(鈦金屬coating 氧化鈦)。另外，鈦可當催化劑，可從天然氣中製造出氨。

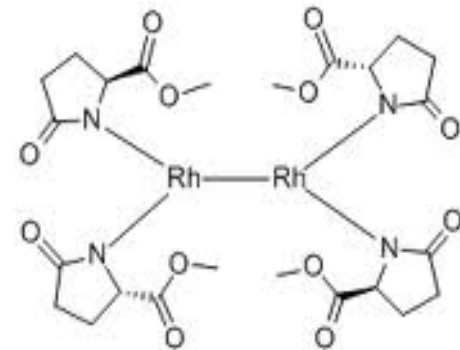
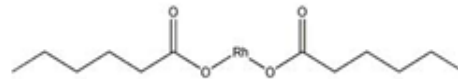
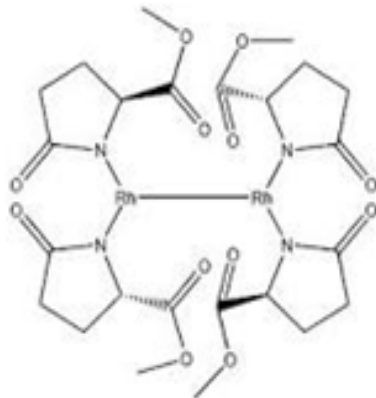
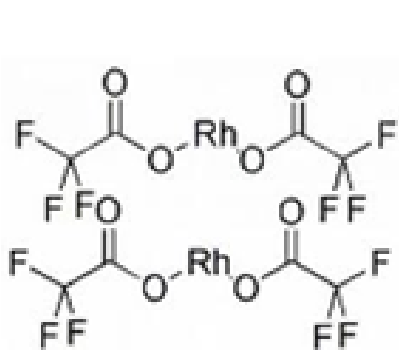




# 貴金屬的應用-- 銠(Rh)



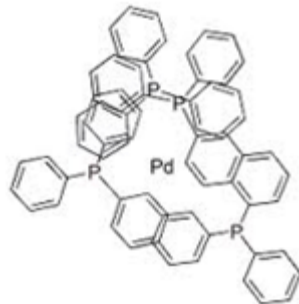
- \* 銠(Rh, Rhodium): 銠的硬度佳且耐腐蝕、耐磨耗，多半用來電鍍在相機、光學儀器、裝飾品等表面。
- \* 銠的應用: 汽車廢氣淨化觸媒、金屬與玻璃的電鍍、熱電偶、電器接頭材料。銠能夠將廢氣中的氮氧化物(NO<sub>x</sub>)還原成無害的氮和氧，淨化功能卓越，其中銠、鈀、鉑三元素是用來清除汽車排放廢氣的觸媒。



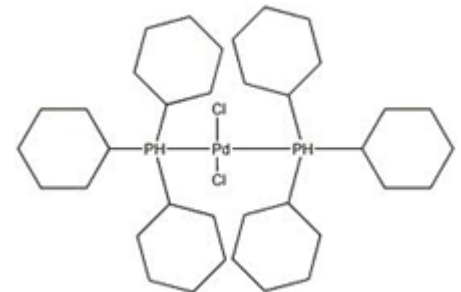
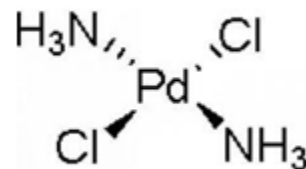
# 貴金屬的應用--鈀(Pd)



- \* 鈀(Pd, Palladium): 鈀具光澤的銀白色，且擁有豐富的延展性，容易進行機械加工，耐腐蝕性亦非常良好。
- \* 鈀的應用: 儲氫材料、電子零件(如電容、鍍層)、催化劑、牙科治療上使用的銀牙是20%鈀和銀的合金。
- \* 西元1803年，英國渥拉斯敦他使用王水溶解鉑礦，但鉑礦沒有全部變成溶液，且留下黑色不溶於王水的殘渣，他從這些殘渣分離出銨和鐵，再進一步除去王水溶液中的鉑沉澱，由殘渣中找到了鈀和銻。



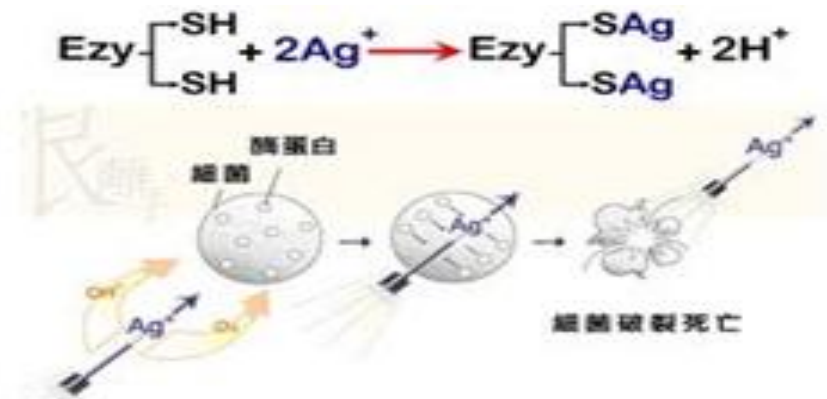
10



# 貴金屬的應用--銀(Ag)



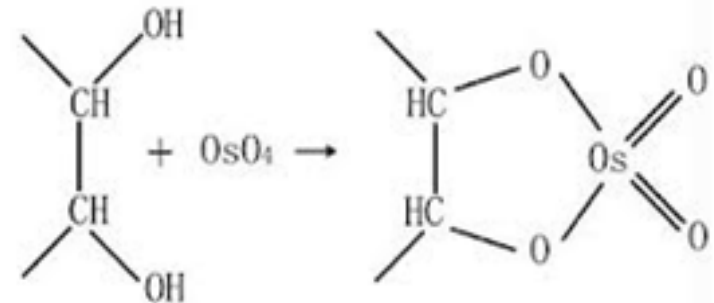
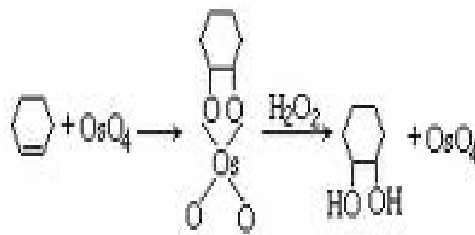
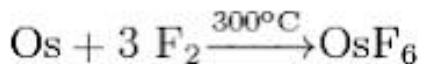
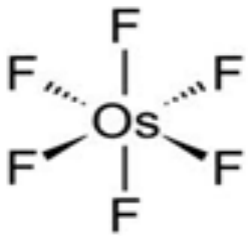
- \* 銀(Ag, Silver): 銀的延展性僅次於金，1公克的銀大約能延展到2公里的長度。銀的導電率是所有金屬中最好的，導熱率也是最好，因此最適合用來製作電子控制基板的配線。
- \* 銀的應用: 照片感光材料、銀製餐具、工藝品、裝飾品。
- \* 底片中的溴化銀遇光會變成游離銀，利用它拍攝照片或當感光材料。銀離子具有殺菌作用，常用於公共澡堂的熱水藉以殺菌。



# 貴金屬的應用--鐵(Os)



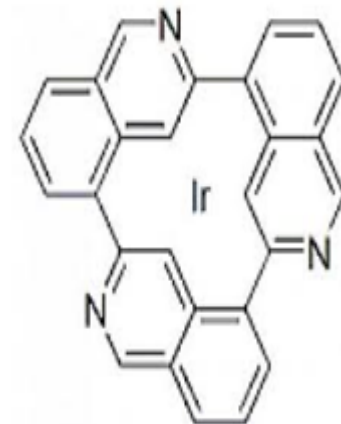
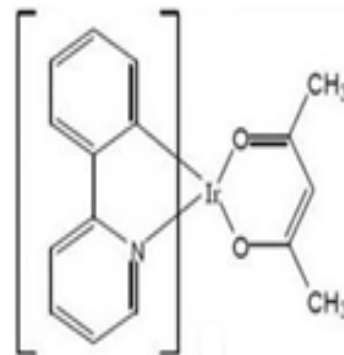
- \* 鐵(Os, Osmium): 鐵與鉍是人類所知最重的元素，鐵呈銀白色且堅硬、熔點高、不容易受酸蝕。若以四氧化鐵(OsO<sub>4</sub>)存在，其沸點低，常溫中也會揮發，具刺鼻臭味且具有毒性。
- \* 鐵的應用: 鋼筆筆尖。當透過電子顯微鏡觀察時，高分子樣品經過四氧化鐵處理後，能夠提高對比，變得更容易觀察，稱為鐵染色。



# 貴金屬的應用--鉱(Ir)



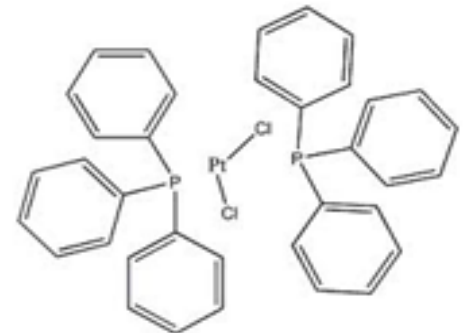
- \* 鉱(Ir, Iridium): 鉱是所有金屬中最難以腐蝕的金屬，但也因為又硬又脆，所以不易加工，隕石中含量較多，科學家發現恐龍滅絕時的地層含有大量的鉱，因此推測其滅亡與隕石有關。
- \* 鉱的應用: 引擎的火星塞、催化劑、鋼筆筆尖、電子工業材料、接線材料、電極材料等。



# 貴金屬的應用-- 鉑(Pt)



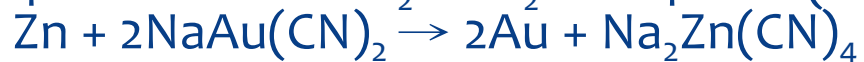
- \* 鉑(Pt, Platinum): 鉑的化學特性安定，富延展性，容易加工，熔點高、耐腐蝕。醫療領域的順鉑 ( $\text{cis-}[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ )是癌症治療藥物。
- \* 鉑的應用: 首飾、珠寶飾品、催化劑、汽車觸媒轉換器等。
- \* 緻密的鉑在常溫下的王水溶解速度非常慢，直徑1 mm的鉑絲要4—5個小時才能完全溶解。高溫下鉑能與鹵素反應，但硒，碲和磷更容易和鉑反應。緻密的金屬鉑在任何溫度下的空氣都不被氧化，但是在高溫高壓下能與純氧反應。



# 貴金屬的應用-- 金(Au)



- \* 金(Au, Gold): 金的化學性質穩定，不易與其他元素形成化合物，導電、導熱性佳、電阻低、密度大且重，不易腐蝕，延展性優異，容易加工，1公克的金能夠拉至3公里長的金線。
- \* 金的應用: 金幣、裝飾品、電子連接器、電極、抗風濕藥物、齒科等。
- \* 純金是24K(Karat)，含25%銅的18k金稱之為玫瑰金，藍金是由金和鐵製成合金而成，但因為藍金較脆弱，所以較難使用在珠寶製作上。紫金是由金和鋁製成合金而成，通常只用在專門的珠寶上。14k或18k的金與銀製成合金後呈綠黃色，所以被稱為綠金。而金與鈮或鎳製成合金則可形成白金合金。白色18k金合金呈銀色，並含有17.3%鎳、5.5%鋅及2.2%銅。
- \* 至今開採的金礦仍用氰化法提取：首先以氰化鈉（NaCN）溶液處理粉碎的山金礦石，再用鋅還原。



使用電解法精鍊可以得到純度為99.999%的金。

# 何謂鑷系元素?

- \* 鑷系元素是週期系ⅢB族中原子序數為57~71的15種化學元素的統稱。鑷系元素的原子半徑、離子半徑隨著原子序增加而愈小，稱為鑷系收縮(Lanthanide contraction)
- \* 鑷系元素(57~71)也稱作稀土元素。稀土元素還包括第3族元素的釷(Sc)和釷(Y)，共17個。稀土元素的意思並不是真的很稀有，而是它的利用價值在於具備其它元素無法替代的性質，因此歸屬稀土元素。
- \* 鑷系元素通常是銀白色有光澤的金屬，比較軟，有延展性並具有順磁性。鑷系元素的化學性質比較活潑。新切開的有光澤的金屬在空氣中迅速變暗，表面形成一層氧化膜，它並不緊密，會被進一步氧化，金屬加熱至200~400°C生成氧化物。金屬與冷水緩慢作用，與熱水反應劇烈，產生氫氣，溶於酸，不溶於鹼。



原子序	元素名稱	元素符號	離子半徑(pm)	水溶液中的離子顏色	熔點(°C)
57	鐳	La	La <sup>3+</sup> : 103.2	La <sup>3+</sup> : 無色	920
58	鈰	Ce	Ce <sup>3+</sup> : 101.0	Ce <sup>3+</sup> : 無色	798
59	鐮	Pr	Pr <sup>3+</sup> : 99.0	Pr <sup>3+</sup> : 綠色	931
60	釹	Nd	Nd <sup>3+</sup> : 98.3	Nd <sup>3+</sup> : 紫色	1016
61	鉕(久丕)	Pm	Pm <sup>3+</sup> : 97.0	Pm <sup>3+</sup> : 桃色	931
62	釷	Sm	Sm <sup>3+</sup> : 95.8	Sm <sup>3+</sup> : 淺黃色	1072
63	銦	Eu	Eu <sup>3+</sup> : 94.7	Eu <sup>3+</sup> : 無色	822
64	釷(《Y')	Gd	Gd <sup>3+</sup> : 93.8	Gd <sup>3+</sup> : 無色	1312
65	鐳(去丕)	Tb	Tb <sup>3+</sup> : 92.3	Tb <sup>3+</sup> : 淺桃色	1357
66	鐳(勿一')	Dy	Dy <sup>3+</sup> : 91.2	Dy <sup>3+</sup> : 淺黃色	1407
67	釷	Ho	Ho <sup>3+</sup> : 90.1	Ho <sup>3+</sup> : 黃色	1470
68	鈳	Er	Er <sup>3+</sup> : 89.0	Er <sup>3+</sup> : 紅色	1522
69	鈳	Tm	Tm <sup>3+</sup> : 88.0	Tm <sup>3+</sup> : 淺綠色	1545
70	鐳	Yb	Yb <sup>3+</sup> : 86.8	Yb <sup>3+</sup> : 無色	824
71	鐳	Lu	Lu <sup>3+</sup> : 86.1	Lu <sup>3+</sup> : 無色	1663

# 稀土金屬的重要性

- \* 稀土金屬(Rare earth metals)被稱為是"21世紀的科技金屬"，之所以如此稱呼是因為它的用途相當廣泛，從日常生活用到的汽車觸媒轉換器、石油精煉用催化劑、永磁馬達中的磁性材料、打火機的雷石、玻璃及陶瓷的染料等，到特殊領域用途如航太零件、電子、雷射、核能工業、超導體等，是高科技產業中不可或缺的添加劑；在冶金方面更可以大幅提高鋼材/鋁/鎂/鈦合金材料的性能，就連近來常常佔據新聞版面豐田汽車的Prius，其電動馬達和電池運作也需要耗費大量的稀土金屬。儘管全球稀土的交易金額不過數十億美金，但卻是高科技產業關鍵原料，因此，工業大國無不將稀土金屬是為戰略資源，其重要性不言而喻。



原子序	元素名稱	元素符號	比重(g/cm³)	金屬顏色	熔點(°C)
21	鈦(ㄎㄨㄛˋ)	Sc	2.99	銀白	1541
39	鈮	Y	4.47	銀白	1522
57	釧	La	6.14	銀白	920
58	鈰	Ce	8.24	銀白	798
59	鐳	Pr	6.77	淡黃綠	931
60	釹	Nd	7.01	紅紫	1016
61	鉕(ㄉㄨˋ)	Pm	7.22	淡紅	931
62	釷	Sm	7.52	淡黃	1072
63	鎳	Eu	5.24	淡紅	822
64	釷(ㄉㄨˋ)	Gd	7.90	銀白	1312
65	鐳(ㄉㄨˋ)	Tb	8.23	微紅	1357
66	鐳(ㄉㄨˋ)	Dy	8.55	淡黃綠	1407
67	釷	Ho	8.80	黃	1470
68	鉕	Er	9.07	粉紅	1522
69	鈳	Tm	9.32	淡綠	1545
70	鐳	Yb	6.97	銀白	824
71	鐳	Lu	9.84	銀白	1663

# 稀土金屬的應用

- \* 釷(Sc): 可應用在金屬鹵化燈上，以增強燈的亮度，減少電力消耗。  
在某些特殊金屬的應用上，釷與鋁的混合，可增強材料的本身的強度。
- \* 鈾(Y): 鈾是最早被人類所發現的稀土元素，它與鈷(Co)、鐵(Fe)的合金可被用來作為永久磁鐵。若是加入了鎔(Eu)的氧化物，就會變成彩色電視的紅色螢光劑。另外，鈾也被用作雷射振盪器。





- \* 釧(La) 的氧化物 $\text{La}_2\text{O}_3$ ，被用在高折射率透鏡等光學儀器。
- \* 鐳(Pr)可當作陶瓷器的黃色釉藥，稱為鐳黃。
- \* 釹(Nd)與鈔(Sm)的合金是強力磁鐵。
- \* 鎔(Eu)和鈮(Y)都可當作是映像管或液晶螢幕的紅色螢光劑。
- \* 鈹(Ho)振盪所產生出來的鈹雷射能量較低，可當作雷射手術刀使用。
- \* 鉺(Er)的添加，可使玻璃增加特定光線的強度，可當作光纖廣泛應用。

原子序	元素名稱	元素符號	用途
57	鐳	La	儲氫合金、光學玻璃
58	鈾	Ce	儲氫合金、螢光材料
59	鐳	Pr	陶瓷器用釉藥(黃色)
60	釹	Nd	YAG雷射、磁鐵、手機振動馬達
61	鉕(ㄉㄨˇ)	Pm	核能、螢光材料
62	釷	Sm	磁鐵、化學反應觸媒
63	鎳	Eu	螢光材料、磁性材料
64	釷(ㄉㄨˇ)	Gd	磁性材料、核子反應爐用控制材料
65	鐳(ㄉㄨˇ)	Tb	磁性材料
66	鐳(ㄉㄨˇ)	Dy	磁性材料、螢光材料
67	釹	Ho	YAG雷射用添加劑
68	銩	Er	光纖、有色玻璃
69	銩	Tm	光纖、有色玻璃、幅射線計測器
70	鐳	Yb	YAG雷射用添加劑
71	鐳	Lu	實驗用材料