

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

國立嘉義大學 應用化學系 和 高雄醫學大學 醫藥暨應用化學系 蘇明德教授

文章內容版權為蘇明德教授所有，如需引用請聯繫midesu@mail.ncyu.edu.tw

IA 1	IIA 2												IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	VIIIA 18
			IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIB 7	VIB 8	VIB 9	VIB 10	IB 11	IIB 12						
										28 鎳 Ni								

鑷系元素

銅系元素

英文：**Nickel**
簡稱：**Ni**

原子序：**28**
原子量：**58.6934 amu**

熔點：**1455 °C**
沸點：**2913 °C**
密度：**8.902g/cm³ (20°C)**

中世紀時，歐洲德國撒克遜(Saxony)地區的礦工們經常遇到一種棕紅色的礦物，他們認為這是「銅礦」，可奇怪的是他們費盡心機也未能從中冶煉出「銅」來。撒克遜人苦思冥想不得其解，便創造了一個神話，認為這是山神在作怪，它不願意讓自己所掌管的「銅」有一丁點兒的外流，因此便將「銅」牢牢地禁錮在礦石中。於是，礦工們便稱這種帶上了神秘色彩的棕紅色礦物為「銅魔」或「麻煩鬼」。

「銅魔」的故事流傳到了1751年，一位瑞典的冶金技師叫克朗斯泰特(Axel Fredrik Cronstedt, 1722-1765, 圖1)對此產生了懷疑。他找了這種礦物進行研究，儘管他最初也是把這些礦石誤認為只是含「銅」的礦物罷了，結果沒想到後來從中發現了一種新元素，由於這種神秘新元素會困擾世人很久，並且由於這種礦石不能用煉「銅」的方法煉出「銅」來，所以這神秘元素被比擬成「妖魔」。有人說為了與英文裏的「妖魔」或「撒



圖1、Axel Fredrik Cronstedt, 1722-1765
© 公有領域

旦」的稱呼「Old Nick」相近，克朗斯泰特為其取名為「Nickel」（鎳）。又有一說，化學史專家認為這個元素的英文命名是根據德文「Kupfernickerl」而來的，因為「Kupfer」在德文中是「銅」，而「Nickel」在德文中應是「Nicklichkeit」的簡寫，該字表示「不誠實、欺詐」之意，因此「Kupfernickerl」的大意是「騙人的銅」。

當克朗斯泰特的研究發表後，立即得到瑞典化學家們的承認，但是法國的一些化學家們卻持異議，認為它只不過是「鈷」(Co)、「砷」(As)、「鐵」(Fe)和「銅」(Cu)的混合物而已。1775年，和克朗斯泰特的同國、同時代的分析化學家柏格曼(Torbern Olof Bergman, 1735-1784, 圖2)經過反覆焙燒礦石，利用多種試劑多次提純，終於製得了純粹的「鎳」，於是克朗斯泰特發現的「鎳」得到公認。這又是一個通過化學科學實驗發現的元素。



圖2、Torbern Olof Bergman, 1735-1784
© Public Domain

「鎳」在歐洲被發現後，德國人首先把

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

「鎳」摻入「銅」中，製成所謂「日爾曼銀」，或稱「德國銀」，也就是中國所稱的「白銅」（圖3）。



圖3、白銅又稱鎳白銅、銅鎳合金，一百日圓硬幣就是用75%銅、25%鎳的白銅製造的 © 公有領域

在1943年4月出版的美國《化學教育雜誌》(J. Chem. Edu., vol. 20, p. 188, 1943) 中刊出一篇摘自國際製「鎳」公司發表的有關文章，標題是《神秘的白銅(The mystery of paktong)》，用譯音翻譯了中國的「白銅」兩字，全文共三段：

『距今三百年前，一天，一艘巨大的飽經風浪襲擊的去東印度做生意的商船搖擺而緩慢地駛進泰晤士河(流經英國倫敦的一條河流)，船頭駛向碼頭。又回到家了！一年前，它出航離開倫敦，去尋找遠東(西方國家向東方擴張時對亞洲東部地區的稱呼，一般指中國、朝鮮、日本、菲律賓和前蘇聯太平洋沿岸地區)。現在它駛回來了，運載著茶葉、絲綢和香料等貨物。另外還有一種新的——在歐洲從來沒有人見過的精緻的金屬物件。

它們是用一種金屬製造的。這種金屬發光，具有純「銀」的柔軟光澤，但是它們確實不是「銀」，是一種堅硬的金屬。中國人稱它為「白銅」(paktong)。他們謹慎地保守著如何製造它的秘密。

當這個奇異的金屬傳播出去以後，歐洲的金屬工人一代一代試圖仿製「白銅」。他們連每次失敗的原因也沒有找到。一直到18世紀中葉，一位瑞典的科學家鑑定了一種新金屬，並為另一位科學家承認，這就是製造「白銅」的神秘「合金」中的金屬。它就是礦工們在撒克遜(Saxony)(德國的一個州)發現並且咒罵它是「騙人的銅」的同一種金屬。『這個被咒罵的金屬就是「鎳」。』

「鎳」的化學符號為Ni(英文名：Nickel)

，原子序數為28。「鎳」是一種有光澤的銀白色金屬，但其銀白色還帶一點淡淡金色(圖4)。「鎳」屬於「過渡金屬」元素，質地硬，熔點(攝氏1455度)和沸點(攝氏2913度)皆很高，具延展性，所以很容易加工，可以抽成細線。即使在高溫下，「鎳」也能抗腐蝕，因此，「鎳」是燃氣渦輪機、噴氣發動機零件和火箭引擎的材料之一。



圖4、鎳為銀白色金屬

在化學週期表裏，「鎳」(原子序28)和「鐵」(Fe，原子序26)和「鈷」(Co，原子序27)三種元素並稱「鐵族元素」(iron family element)。這3種「鐵族元素」都具有磁性。當「鎳」接近磁石時，「鎳」本身也會跟著帶有磁性，就算磁石遠離「鎳」，「鎳」的磁性仍不會消失，這就是所謂的「強磁性」(Ferromagnetism，又稱「鐵磁性」)。另外一提的是，若遠離磁石，則磁性就會消失，則稱為「常磁性」(Paramagnetism，又稱「順磁性」)。此外，當「鎳」的溫度高達攝氏358度時，就會失去「強磁性」的性質，這個溫度就稱為「居禮溫度」(Curie temperature)。

【註】：「居禮溫度」是指「鐵磁性」物質(如「鐵」、「鈷」、「鎳」)從「強磁性」轉變為「順磁性」，並失去自發磁性的「臨界溫度」。

化學週期表裏只有4種元素，即「鐵」、「鈷」、「鎳」、「釷」(Gd，原子序64)，在室溫時具有「磁性」性質。但在這4種磁性元素裏，只有「鎳」的磁性要比其它「鐵」、「鈷」、「釷」3種元素的磁性來得弱些。含「鎳」的「鋁鎳鈷合金」(Alnico，圖5)具有永久磁性，故可用來生產一些高強度磁性的磁鐵。



圖5、鋁鎳鈷合金(Alnico metal)製成的磁鐵

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

「鎳」主要存在於含「硫」(S)和「鎳」的「針鎳礦」(圖6)中。「鎳」最經濟的主要來源為「紅土型鎳礦」(圖7)，因為在這種礦



圖6、針鎳礦(millerite)，由鎳的硫化物經熱液蝕變形成，為典型的熱液產物，最大的特徵為淺黃銅色的針狀、放射狀或束狀晶體。© CC BY 2.0



圖7、紅土型鎳礦
圖片來源：礦機之家
2022-06-11-淺夏韵歌

產裏含「鎳」量大約為1-2%。「鎳」的其它重要礦物還包括「矽鎂鎳礦」(Garnierite, $(\text{Ni}, \text{Mg})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, 圖8)、「鎳黃鐵礦」(Pentlandite, $(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$, 圖9)及「磁黃鐵礦」(Pyrrhotite, 圖10)。



圖8、矽鎂鎳礦又稱暗鎳蛇紋石



圖9、鎳黃鐵礦由鐵和鎳構成的硫化物，含量接近1:1
© 公有領域

「鎳」金屬全球每年的產量約為51萬噸，目前已知的「鎳」礦儲藏量估計可以再開採140年。「鎳」礦主要分佈在澳洲、俄羅斯、南非、美國和加拿大，這些產地之所以含「鎳」量豐富，一般認為該處原先應是隕石撞擊坑的地區。

由於「鎳」在地殼中含量僅有萬分之一，因此「鎳」被視為稀有元素。雖然在地球表面含量很少，但很多科學家認為在地球內部的「鎳」之儲存量應該很多，因為科學界一向認為熔化的地心主要由「鐵」和「鎳」

和「鈷」所組成。這可以解釋為什麼會在隕石中經常發現到「鎳」，因為科學家認為這種來自地球外的隕石與地球應該是同時形成的。

純粹的「鎳」的化學活性很大，也就是「鎳」很喜歡和其它物質產生化學反應，這種活性可以在反應表面積最大化的粉末狀態下更明顯表現出來，但當「鎳」金屬很大塊時，與周圍的空氣作用卻反應緩慢，因為這時「鎳」的表面已形成了一層帶保護性質的「氧化物」。即便如此，由於「鎳」與「氧」之間的化學活性夠高，所以在地球表面上很難找到純元素的金屬「鎳」。

地球表面上所謂的天然存在的「鎳」都是源自於外太空的隕石，這種隕石又稱做「鐵隕石」(Iron meteorite, 圖11)

，這是因為隕石在外太空的時候接觸不到「氧氣」，再加上「鎳」都被封在「鐵隕石」裏面，所以在隕石內部可發現到純元素的「鎳」。

據統計在「鐵隕石」中約含「鐵」90%，而含「鎳」和「鈷」(Co)約分別是8.5%和0.6%。換言之，「鐵隕石」中的「鐵」含量佔絕大部分，而「鎳」含量很少，又「鈷」含量更少了。因此古人最初從隕石中取得「鐵」時，卻不能把「鎳」、甚至「鈷」分離出來。在地球上，就算天然的「鎳」也總會和「鐵」結合在一起，因此，科學家研判在地心深處應有個「鐵核」，主要是由「鐵」、「鎳」和「鈷」所組成，但迄今為止，無法取得它們來加以證實這個說法是對或錯。



圖11、鎳鐵合金，稱鐵隕石

「鎳」的使用最早可追溯至公元前3500年。與「鈷」相似，「鎳」的化合物在古時是當做玻璃著色劑，因為含「鎳」的化合物能使玻璃及其它被添加物質呈現綠色。中國在戰國時就開始接觸「鎳」與「銅」的「合金」(Alloy)，現代稱「鎳銅合金」，而古代俗稱「白銅」，由於「白銅」的外觀與「銀」極為相

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

似，因此又稱「假銀」。當時的人們常用「白銅」來製造燭台、墨盒和盤子等器皿(圖12)。後來，中國古代製造的「白銅」器皿還經由絲綢之路遠銷到阿拉伯。在阿拉伯語言中，至今還把



圖12、白銅製的盤子

「白銅」稱做「中國石」。先前說過，19世紀初，中國的「白銅」引起了正四處尋找「銀」製餐具用品的歐洲冶金學家們的注意，他們在「中國石」的基礎上，改進了「鎳銅合金」，製造出了與「銀」更為相似的生活器具。這種「白銅」用具既美觀，又堅固，價格又不高，因此很快便博得了大眾的歡心，走進了千家萬戶，曾一度供不應求。

前面也已說過，「鎳」又硬又難熔，但「鎳」的化學活性大，所以很少以純元素方式單獨做成結構材料來使用。可以肯定的是，「鎳」在地球上最重要的用途就是製造「合金」。必須指出的是：「合金」是經由熔化或混合兩種或兩種以上的金屬所製成的。這樣的「合金」所擁有的性質和原先的個別金屬原料不同。

打個比喻來說，如果說「鐵」、「銅」元素是「紅花」，那麼「鎳」就是「綠葉」，因為「鎳」很少單獨出現，反倒是常和「鐵」、「銅」在一起形成「合金」。這種「綠葉配紅花」形的「合金」性能十分優異，廣受許多產業的喜愛。無怪乎，「鎳」又被人取名為「綠葉金屬」。

正因如此，「鎳」的主要工作是做為「綠葉」來扶植其它金屬，製造性能優異的「合金」材料。可以這麼說，「鎳」在現代世界的地位主要來自於含「鎳」的各種「合金」。全世界「鎳」產量中的約60%被用於生產各種「鎳鋼」(特別是「不鏽鋼」)。也正是由於這一原因，在「鎳」被發現後的100多年間，由於找不到合作對象，而一直與工業無緣

，僅僅被製成珍貴的手飾，供富有的太太、小姐們享用。

直到第一次世界大戰爆發後，英國著名的金屬專家布諾雷(Harry Brearley, 1871-1948, 圖13)在尋找製造槍管的新材料時，抓住了一個偶然機會，將「鉻」(Cr)與「鎳」加入到鋼鐵中，發明了性能優越的「不鏽鋼」，這種含「鎳」8%和「鉻」18%的「不鏽鋼」也是利用「鎳」來防腐蝕的一個最佳例子。並且「鎳鉻合金」(Nickel-Chromium metal, 圖14)還可用於製造烤



圖13、Harry Brearley, 1871-1948 © Public Domain



圖14、鎳鉻合金片

爐及電爐的內部電熱元件，因為它電阻大、熔點高，是電能轉化為熱能的高效率材料。這也使得人們對金屬「鎳」的優異性能有了新的認識。從此，「鎳」的身價倍增。

金屬「鎳」的第二次受到重視同樣也是由第一次世界大戰引發的。當時各國軍艦的冷卻管是用「銅鋅合金」(圖15)製造的，



圖15、中國樂器如鈸、鈴都是屬於「銅鋅合金」製品

由於海水的腐蝕性極強，「銅鋅合金」難以抵禦，因此許多軍艦因冷卻管腐蝕而被迫進行維修。科學家們殫精竭慮尋找耐腐蝕

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

的冷卻管，最後終於研製出了不怕海水的「鎳銅合金」。這種「鎳銅合金」又稱「莫涅爾合金」(Monel metal，圖16)，硬度高、耐蝕性強，是船舶推進軸的理想材料。



圖16、鎳銅合金又稱莫涅爾合金 (Monel metal)

或許「鎳」最顯而易見的應用是美國的五美分硬幣(圖17)英文常俗稱它為「Nickel」



圖17、美國的五美分硬幣 © 公有領域

或「Nick」，實際上它是由「鎳銅合金」製成，其中「鎳」含量大約25%。其實全世界有很多國家就是拿這種「鎳銅合金」來製成錢幣使用，像是台灣的10元硬幣、日本的100元及50元硬幣皆是如此(圖18)。



圖18、台灣的10元硬幣(上)，日本的100元硬幣(下)，都是鎳(25%)銅(75%)合金製成的。

圖片來源：台灣中央造幣廠 © 公有領域

含金屬「鎳」的許多「合金」還具有多種奇妙的性能。

20世紀60年代初的一天，美國海軍的一個研究所在研製一種新式裝備時，發現由50%「鎳」和50%「鈦」(Ti)組成的「合金」

具有記憶功能，能在一定的溫度條件下記起原來的樣子，並恢復形狀，因此這種1:1比例製成的「鎳鈦合金」就被稱為「形狀記憶合金」。如果將一根「鎳鈦合金」(圖19)絲燒成彈簧，然後把它放進冷水



圖19、由鎳鈦合金製成的耳掛式耳機

中加熱，當水溫升到「臨界溫度」(攝氏40度)以上時，它就會立即恢復原來的彈簧形狀。而且這種「鎳鈦合金」的記憶力十分驚人，那怕改變500萬次，也不疲勞。

20世紀初60年代末，前蘇聯的科學家們又合成了一種「鎳鈷矽合金」，這是一種新穎的音響「合金」。在固定的電磁場的作用下，「鎳鈷矽合金棒」能不斷地一伸一縮，進而發出音響。

在1980年代末，科學家們又用「鎳」與「鉻」(Cr)、「釩」(V)、「鎳」(Ga)製成了另一種奇特的「合金」。這種「合金」的奇妙之處在於能拉成整整1公里長的導線，而且這種導線在攝氏60度~攝氏200度的溫度範圍內，電阻幾乎保持不變，因此成為製造許多精密儀器的必備材料。

近年來，美國的一些科學家們甚至還將金屬的「鎳」加入到「金鋼石」(即「鑽石」，圖20)中，製成了一種「金鋼石合金」(圖21)。這種「合金」十分耐磨，可用來製造機床的磨擦零件，使用壽命可大大提高。



圖20、金鋼石又稱鑽石 © 公有領域



圖21、由含鎳的金鋼石合金製的磨具

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

用途最廣的可能是「鎳鋁合金」(又叫「雷氏合金」，圖22)，這是「鎳」和「鋁」合成的最



圖22、鎳鋁合金別稱雷氏合金，具有活性較高的催化性能，乾燥的鎳鋁合金在空氣中能自燃，應保存在無水乙醇中。

佳「合金」，最初是由美國政府位於田納西州的橡樹嶺國家實驗室(Oak Ridge National Laboratory)研發出來的。它甚至很可能有一天會被拿來製成家庭房車的引擎。在此之前，它則是火箭、高效率噴射引擎和熱處理器的最熱門材料。「鎳鋁合金」之所以如此受到重視，是因為它在高溫下的傑出表現。在高溫下，它比「不鏽鋼」堅硬6倍，事實上，溫度越高，它越堅硬。在攝氏800度時，它比在室溫下堅硬1倍。引擎的溫度越高，它的工作效率也越高，這也是研究人員不斷在找尋能夠讓引擎在攝氏1000度以上運轉順暢的金屬材料的原因。「鎳鋁合金」是最新的「超級合金」，能夠在這種高溫下發揮高超的工作效率，因此這種「鎳鋁合金」主要被用來製造火箭和噴射引擎。

前面說過，「鎳」的耐腐蝕性極強，因而常常被加入到其它金屬中，以做成能夠耐氧化腐蝕的「合金」。另外，「鎳」也常常拿來做「電鍍」用，可在「鐵」或「鋼」等容易腐蝕的金屬表面形成一層保護性「鍍鎳層」。其實，「電鍍」算是「鎳」金屬的第2大應用，因為「鎳」可在不同金屬表面及塑膠材料上進行「電鍍」。世界上「鎳」生產量中，約有6%被拿來做為抗腐蝕用的「純鎳電鍍」。

在現代，「鎳」的另一個重要應用是用於生產「鎳鎘電池」(圖23)，該種電池中有



圖23、鎳鎘電池 © CC BY-SA 3.0

一個電極是用「鎳」的「氧化物」組成。這是一種可充電的電池，並且因為「鎳鎘電池」的電壓伏特略低於普通乾電池的1.5伏特，所以在計算機和無線式刮鬍刀等產品上尤為適用。並且「鎳鎘電池」還可以密封以防滲漏，這對電子設備尤其重要。「鎳鎘電池」可以重複充電1000多次，而仍然電力充足，但要小心：這種電池裏的「鎘」(Cd)一旦外洩出去，則會很容易造成環境污染。

「鎳」也是許多化學反應的良好「催化劑」。「鎳」最著名的「催化劑」就叫做「雷尼鎳」(「Raney Nickel」，圖22)，「雷尼鎳」正是前面所介紹的「鎳鋁合金」，它是由名叫Murray Raney(1885-1966，圖24)的美國科學家在1920年代發明的。這種「雷尼鎳催化劑」含有80%的「鎳」和10%的「鋁」。固態的「雷尼鎳」可以使帶有雙鍵(C=C)的有機化合物與「氫氣」(H₂)發生反應。現在「雷尼鎳」已被廣泛應用於有機合成及工業生產的「氫化反應」(Hydrogenation Reaction)。像是用「雷尼鎳」把植物油含有不飽和C=C雙鍵部位「氫化」後，就變成你每天吃的「飽和食用油」或「人造奶油」。



圖24、Murray Raney, 1885-1966 Fair use

「鎳」是人體不可缺少的「微量元素」。成人體內含「鎳」量約為6-10毫克(1毫克=10⁻³公克)，主要存在腦部和肝臟中。「鎳」在人體腸道內可被吸收，未被吸收的「鎳」多經由糞便排出。食物中的「鎳」只有10-20%會被人體吸收。

體重70公斤的人，平均體內含有約1毫克的「鎳」。「鎳」已被證實是某些物種不可或缺的元素，而且和成長有關，但「鎳」的實際代謝作用還不很清楚。人類對「鎳」的需求量，每天可能只有很少的5微克(1微克=10⁻⁶公克)就可以，但每天的攝取量估計卻有150微克。含「鎳」量極豐富的一個來源是茶，每1公斤的乾茶葉中就含有7.6毫克的「鎳」，其它植物的「鎳」含量通常只有這個的一半。

金屬「鎳」幾乎沒有急性毒性，且大多

28. 「鎳」(Ni) 元素的介紹

數含「鎳」的化合物也都是沒有毒性的，但有的若有毒性(像 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 化合物就有劇毒性)，則一定會致癌，而且會造成嬰兒畸形。「鎳」之所以會被認為可能致癌，是因為「鎳」可以取代「鋅」(Zn)和「錳」(Mn)。而這「鋅」、「錳」兩者是「DNA聚合酶」中不可缺少的金屬正離子。由於「鎳離子」(Ni^+)和「鋅離子」(Zn^+)及「錳離子」(Mn^+)外表相像，只是離子半徑有些許不同，像是 Ni^+ 的半徑為 0.69×10^{-10} 公尺、 Zn^+ 的半徑為 0.74×10^{-10} 公尺，因此會造成「鎳離子」取代「DNA聚合酶」的「鋅離子」或「錳離子」，可能會導致「鎳離子」和DNA分子錯誤的結合，結果形成錯誤序列的DNA。如果發生這種情況，而且沒有及時發現及改正，那麼，人體內可能就會出現癌細胞。值得慶幸的是，人體進行自我檢查、改正、與排除錯誤的自我免疫系統效率極高，每天都會保護人體自身，並消除這樣的威脅。

雖是如此，如果人們經常暴露於「鎳」含量過高的環境中，那麼，人們體內出現致癌的機率就會大增。其實，根據觀察指出，生產含「鎳」化合物工廠的工人長期大量吸入含「鎳」的化合物後，的確患呼吸道癌、肺癌等病的比例比一般人高出許多。

「鎳」對人體最常見的有害健康影響就是皮膚過敏，可產生皮膚紅疹、搔癢。大約有2%-10%的人口對「鎳」過敏。進一步的說，就是對「鎳離子」(Ni^+)的存在會產生或輕或重的過敏反應。「鎳」算是一種日常生活隨處可見的金屬，生活中很多物品(如手錶、錢幣、珠寶，圖25)其實都含有「鎳」。經常佩戴鍍「鎳」的手錶、鍍「鎳」的眼鏡架、鍍「鎳」的髮夾以及接觸鍍「鎳」的汽車門的把手等等，往往容易引起皮膚過敏。鍍「鎳」的



圖25、鍍鎳飾品往往容易引起皮膚過敏。圖片來源：Microsoft, Copilot

假牙也會容易引起口腔炎和舌癌及口腔有金屬味道等症狀。因此，在使用「鎳」製品時，必須注意儘量減少「鎳」對人類的危害。

大部分的「鎳」最常被拿來和「鋼」製成「不鏽鋼」，其成分約為74%的「鐵」、18%的「鉻」(Cr)和8%的「鎳」。以一般「不鏽鋼」的使用狀況來說，因「鎳」成份而罹癌的可能性應不致於發生。這是因為「不鏽鋼」餐具的種類相當多，其品質好壞會影響是否可能釋放出內含金屬(譬如「鎳」、「鐵」、「鉻」及「錳」等金屬)的最主要因素，一般食品級的「不鏽鋼」(多少都含「鎳」的成份)，因這種「不鏽鋼」具有耐高溫及抗腐蝕的特性，因此可能釋放出的各類金屬含量應該都很低，而不致於危害人體的健康。當然如果使用的是品質較差的「不鏽鋼」，就不能保證不會有過量的金屬(像是「鎳」)釋出。

雖然「鎳」早為人們所熟知及大規模的被應用，但「鎳」的現代新應用方式，就像滾雪球那樣越滾越多，像新科技的奈米技術、電子產品和新「催化劑」的誕生，在在都需要「鎳」的參與，才能更加大放光彩。

現代生活中，「鎳」的被使用量年年都在增長，且工業界對「鎳」的未來新應用相當有信心。可以這麼說：「鎳」是一個您不需要特別去誇張的介紹，您就可獲得「鎳」的每一分價值的元素。