

金的冶煉技術與其實用價值

國立高雄師範學院化學系 鄭寶樹

近年來，重金屬的需求量與價格不斷的增高，而可資利用的資源已逐漸匱乏，目前在台灣已有從進口廢棄的電子零件或合金中回收金、鉑、銀、銅……等貴重金屬的，同時更加強東部山區的探礦工作，因此研究如何開源與節流（回收利用）是極符實際應用的科學教育訓練課題。本報告以金子（Gold）為例，介紹了它的性質，冶煉生產方法與分析應用等事項，俾供讀者作為化學教學之參考。

一、緒言

金，原子序 79，原子量 196.967，是一種黃色高密度與高延展性的金屬，屬於週期表的 IB 族，在銅銀的下方。化學性質類似鉑，較銅和銀為穩定。其熔點為 1063°C ，沸點為 2970°C ， 20°C 時的密度為 19.32 g/cm^3 ，晶體的結構為面心立方堆積。同位素自原子量 185 至 203 共有 19 種，但以原子量為 200 者的最為穩定。

黃金是人類最先使用幾乎接近完全純度的金屬。天然金的高密度（ $16 \sim 18\text{ g/cm}^3$ ）較之砂（ 2.5 g/cm^3 ）高出甚多，因此大自然的天氣變化過程，會使金在一定地區形成更大的密集，成為礦區。攪拌洗礦槽中含金的砂與水，並以水

沖洗，當流過洗礦槽中的橫斷面時，較重的金會沈積下來，即為金沙，目前南非金的產量約佔全世界產量的 60% 而蘇聯和北美分別約佔 12%。

金的產量是以盎司（1 盎司 = 31.103 g ）來計算的。而開（k, karat）是用來表示合金中，金的成分為 24 分之多少，純金訂為 24 開，18k 是指含 75% 金的合金，有時金的純度是以千分之多少來表示的，純金的純度定為 1000，如俗稱“千足”黃金即指純金，而純度為 999 者即指 99.9% 含金量的黃金。

二、化學性質

金在常溫下，都不會和氧、硫、硒、氮或碳起反應，但碲易和金形成化合物，是以若礦石中含有碲化物時，提煉黃金時會較困難些。

完全乾燥的鹵素，除了溴之外，在室溫下幾乎不和金發生反應。但若有濕氣時，溴和金起劇烈反應生成紅色溴化物；氯和碘的反應性次之；而氟在紅熱的金中有高反應性，會生成橘紅色氟化物，但溫度低於 110°C 時，則無反應。

金在低於 250°C 的溫度下，會抗拒純硫酸的侵蝕；沒有鹵素存在時，硝酸不和金起反應；但是王水（一份硝酸加三份鹽酸）則是金的良好溶劑。若沒有氧時，氰酸（HCN）只和金起輕微

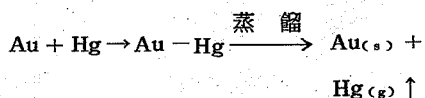
的反應，如果存在有 O_2 ，反應變得非常快。磷酸、氫氟酸與鹽酸溶液在低於其沸點的溫度也不和金起反應。在室溫或高溫下，金不受鹼性氫氧化物或碳酸化合物侵蝕，但若有空氣或氧化劑共存時，金可為鹼性的氰化物溶液溶解。液態汞和金接觸會形成汞齊，而汞鹽在加壓下會和金形成合金。

三、生產、提煉和精製方法

金廣泛分佈在地球上，只是平均濃度都很低，火成岩中含量為 5×10^{-9} 克金/克，地球上的分佈約為 0.25×10^{-6} 克金/克，海洋中為 $3 \sim 4 \times 10^{-12}$ 克金/克。金礦若與石英（山金）、硫化物或碲化物共存時，會形成高濃度（大於 5×10^{-6} 克金/克）的混合物，是富於開採價值的金礦，是以金礦大多存在於岩層中，目前世界最大的金礦為南非的Rond in Transoal。有些金是在精煉銅、鋁及一些金屬時得到的副產物。

除了一些砂金外，對礦石處理的第一個步驟是壓碎它，其提煉的方法則有(1)利用砂金採集槽的溝來淘取（重力濃縮）(2)混汞法（amalgamation）(3)氰化法（cyanidation）等；但許多礦廠常併用兩種以上的方法精煉金子，如果礦石中金是以碲化物（Telluride）存在或硫化物混在一起，必須預先煅燒後再予提取。

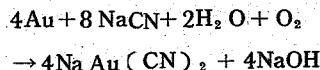
混汞法：乃是將礦石以搗碎機粉碎後與水攪成泥漿，通過塗有汞的銅板上，則金粒與汞生成 Au-Hg 的汞齊，收集 Au-Hg 以蒸餾法蒸去 Hg ，即可分離出金。



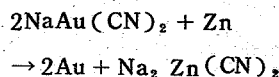
砂金可用此法分離之，此法適用於粗粒（ $30 \sim 40 \mu$ ）以上的金，其採取率約為 $30 \sim 60\%$ 。

氰化法：將礦石置於大桶中，以濃度為 $0.02 \sim 0.05\%$ 的氰化鈉或同濃度的氰化鈣溶液加一些石灰來處理，並通入空氣以供給氧，待金溶解過濾後，在溶液中加入鋅或鋁將金還原出來，此反應過程如下：

溶解過程：



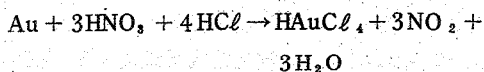
取代反應：



此方法的採取率約為 $90 \sim 98\%$ ，但若應用在粗粒時需時太久，頗不經濟。通常先以混汞法提取粗粒後，再以氰化法處理礦渣較合經濟成本。以混汞法或氰化法提取的粗金，利用熔化氧化的方法可移除大多數的銅或其他劣質金屬，留下金和銀；若是銀的成份很低，金可以何魯威爾（Wohlwill）法精煉之，其法是以粗金為陽極，純金為陰極，置於陶器或玻璃製電解槽中，電解氯化金溶液，於 D_K （陰極電流密度） $= 10 \sim 15 \text{ A/dm}^2$ ，溫度為 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 之條件下進行電解，則陰極析出之金，純度可達 99.95% 以上。

除以電解法來處理不純的黃金外，大都使用米勒法（Miller process）精煉，此法是在熔融的金屬中通入氯氣，使劣質金屬轉變為氯化物而揮發掉，銀變成氯化銀後以熔融態流出，由此法得到的金其純度（ 99.6% ）較何魯威爾法為低。但若有鉑在合金中則無法分離出鉑。

煉金殘餘物的濃縮，可以加入王水，則金轉變為氯化物



藉加熱可移去 NO_2 ，若在溶液中加入 SO_2 或 FeSO_4 ，可使金還原而沈澱析出。

從金銀合金中提煉黃金時，若金含量在20~25%之間，銀可以熱硫酸來溶解，而金保持不變，此法所得金的純度為94%，較其他方法取得者純度為低，若再以熱硫酸處理數次，其純度可以提高至99.5%。對含金量為33%以上的合金而言，銀以熱硝酸溶解除去較佳，經過洗滌後，金的純度可達99.8%。

四、分析檢定方法

檢驗氯化物溶液中是否含有氯化金時，可以加入 SnCl_2 來偵測，因 SnCl_2 會與金離子形成膠態的紫色錫化物；又Rhodamine B和 AuCl_3 形成的化合物，可用異丙醚來萃取，溶液為紫色。欲定量大量的氯化金溶液時，可以通入 SO_2 而產生金的沈澱，若是溶液中有鉑存在，則以氫醌(hydroquinone)來沈澱，因為氫醌只會使金析出而不使鉑沈澱出來。

五、實用價值

金具有保值性的價格，目前世界上大部份的黃金都是由各國政府保管著，僅少部份由私人儲

存。裝飾品也是金的一種通俗的用途，但純金因太軟，是以很少單獨被用於裝飾品上，而經常和銀、銅或其他金屬作成合金來使用。裝飾品的含金量可由21k(87.5% Au)至9k(37.5%)，此外亦有在裝飾品外表鍍上金的，使裝飾品的外形永保光亮，不生銹，也不易被化學物品侵蝕。

電信零件系統上亦使用了大量的黃金，在傳話過程中，因它耐用且具低電阻與低電噪聲干擾，而鉛上鍍金的接觸材料即具備有這種優點。金在牙科醫學上亦有廣泛的應用，因金具備長時間重複接觸的抗腐蝕，使它鑲上金牙後，可以長久不變質，在人體中也不會產生反應，可以避免副作用的產生。一些導管或容器的內壁也常鍍上黃金，以抵抗化學侵蝕，而金的良好延展性，使它能被打成厚度不超過 $0.1\mu\text{m}$ 的金葉子，可應用在公園的門牌上或書本上的燙金字。此外金對紅外光的高反射性，使它可以用作反射器與絕熱裝置，太空船上即有應用為隔熱的設備，放射性的金，有時也用來治療晚期的癌症等用途。□

參考文獻

- 1 陳世華、鄭寶樹“工業化學”正文書局出版，P.208 (1976)
- 2 F.A.Cotton, “Advanced Inorganic Chemistry” 3rd edition p.1052 (1977)

編輯室報告

- 本刊原發行人趙金祁教授榮任中山大學，由本中心新主任魏明通教授接任，並新聘黃長司教授為編輯，謹請同仁們繼續愛護並賜教。
- 本刊遵八月廿二日業務協調會議，本年內增出一期改為六期(原定出五期)，於八月底(原定十月份)出刊第卅六期，十月底出第卅七期，因臨時改變故有延誤時，謹此致歉。