



圖片來源：李金銀

汞的自述

汞在家庭和科學實驗室裡都有廣泛的應用，例如血壓計。

汞是一種在室溫下唯一呈現液體狀態的金屬，在古代便為人們所熟知，像是在公元前 1500 年的埃及墓穴裡，就已經有汞的存在。但是，在利用這種古老的金屬為人類造福的同時，人們也應注意減少它的危害。

■ 蘇明德

提起金屬，人們往往會把它們和固態物質及高硬度等性質聯想在一起。的確，在周期表裡共有八十多個成員的金屬大家族中，絕大多數在室溫下都是固態狀態的，而且通常都具有比較高的熔點和硬度。只有一種金屬例外，那就是我—「汞」，一種在室溫下呈現液體狀態的金屬。

我在古代便為人們所熟知，像是在公元前 1500 年的埃及墓穴裡，就已經有我的存在。我的英文名字取自水星 (Mercury)，化學符號 Hg 則來自拉丁文「hydragyrum」，意思正是液態銀 (liquid silver)。古代的西班人還把我稱為快銀 (quicksilver)，也就是活動之銀。在中國則稱為水銀，更是傳神。

我在化學周期表中名列第 80 號元

素，是鋅和鎘的本家。在地球上，我的含量既少又分散，被認為是稀有金屬。據估計，在地殼中，我的含量不超過 70 ppb (一億分之七)。在地殼表面上，我很少以元素的形態出現，反而大都是以化合物的形態存在，含我的礦物大約有 20 種。

我之所以很早就被人類發現，原因是能很容易從礦物中提煉出來，例如只要燒灼硫化汞，便可以製得我。我的使用歷史，在金屬中僅次於金、銀、銅、錫、鐵和鉛。中國是我在世界上重要的產地之一，我還一度是世界上產汞最多的國家。

我具有銀白色的光澤，比重是 13.534。在攝氏零下 38.83 度才會凝固成固體。也就是說，我在金屬中是獨

具一格的，從攝氏零下 38.83 度開始，我已經由固體變成液體，而其他的金屬通常都需在更高的溫度下才會熔化。因此，古希臘學者就把我叫做「銀色的水」。當然，水銀也並非總是「水」狀的，把溫度降到攝氏零下 38.83 度以下，它就會變成像鉛一樣軟的淡藍色固體。因



由於「汞」的表面張力很大，因此小液滴的汞可以在一般的表面上形成近乎球狀的液滴。

此，在嚴寒的兩極地區，水銀溫度計是無用武之地的。而把我加熱到攝氏 356.73 度以上，我就會沸騰而汽化了。

我在常溫的空氣中很穩定，但是在接近沸點的高溫時，會漸漸氧化成紅色的氧化汞。我與水不發生反應，與鹽酸和稀硫酸以及鹼液也不起作用。但是，我可以溶在熱濃硫酸中，也極容易溶在硝酸裡。在常溫下，更是容易與鹵素和硫化合。

我的密度很大，而且導電性良好，但導熱性很差，這點與其他金屬不同。我的熔點是攝氏零下 38.83 度，沸點是攝氏 356.73 度，在相當寬的溫

度範圍內，我都呈液態。因此，我在家庭和科學實驗室裡都有廣泛的應用，含有我的常見家用品，包括溫度計、氣壓計、恆溫器、無聲牆壁開關、螢光燈管等。我的工業應用則有快速抽走空氣，而形成高真空的擴散泵等。

我的一個很有趣的特徵是表面張力很大，大約是水的 6 倍。這種大表面張力歸因於強的內聚力，因此少量時，我常呈現球形。如果不小打破了水銀溫度計，從裡面跑出的我會形成小球在地面上滾動，不會黏附在其他的東西上，並且很難把我收集起來。

我在自然界裡很少以純物質的狀

態存在，大多和其他元素化合。我的主要礦石是被稱作辰砂的硃砂，它是一種鮮紅色的礦物，成分是硫化汞，主要的生產國是西班牙和義大利。把硫化汞放到一種特製的爐子裡焙燒，其中的硫和氧化合生成二氧化硫，我就被析出為蒸氣，而在冷卻器中冷凝，再經過真空蒸餾，就可以製得純粹的我。再加上我有較大的比重、強烈的金屬光澤、特殊的流動狀態，能夠溶解多種金屬而形成合金，因此就更引起人們注意了。

最早對我進行深入研究的，是古代的煉丹術家。這是一些追求長生不

在相當寬的溫度範圍內，汞都呈液態。因此，汞在家庭和科學實驗室裡都有廣泛的應用，含有汞的常見家用品，包括溫度計、氣壓計、恆溫器、無聲牆壁開關、螢光燈管等。

老和點石成金的人，大約公元初始在中國出現。他們妄想把我和其他不含金銀的物質，煉成金銀和能讓人永生不死的仙丹。當然，把我變成黃金是一個牽涉到原子核轉變的問題，不是化學方法能奏效的，仙丹的煉製更是不可能的事。因此，煉丹家們的工作不得不以失敗而告終。但是，他們也從工作中累積了不少的化學知識。

在「汞」方面，他們已經知道，用開採來的白汞礦石，可以煉製成紅色的硫化汞—「採之類白，造之則朱」（漢代魏伯陽《周易參同契》）。他們也知道把紅色的硫化汞加熱可以得到水銀。水銀加硫黃又能生成黑色的硫化汞，再變為紅色的硫化汞—「朱砂燒之成水銀，積變又還成丹砂」（晉代葛洪《抱朴子內篇》）。

天然的硫化汞又稱作硃砂，或丹砂、辰砂，由於具有鮮紅的色澤，因而很早就被人們用作紅色顏料。《詩經·兼葭》中有「顏如渥丹」，也就是說這個人的容貌美好，如塗了丹砂一樣。根據考古發現，殷墟出土的甲骨文上也塗有丹砂。在甘肅省發掘的石器時代的墓葬中，也發現有丹砂。這些都可以證明，中國在有史以前就



硫化汞古時又稱辰砂、丹砂或硃砂。「辰砂」的拉丁名稱是 cinnabar，可能源出印度，意思是指「紅色的樹脂」。

已經使用天然的硫化汞了。另外，在聞名遐邇的雞血石上，斑斑鮮豔好看的血色礦物就是硫化汞。

在中國漢朝史學家司馬遷編著的《史記·秦始皇本紀》中，也記述著：「葬始皇鄜山。始皇初即位，穿治鄜山……以水銀為百川、江河、大海，機相灌輸……」「鄜山」在今天的陝西省臨潼縣城東；在古代，「機」是弓弩上發射箭的機關，也有今天的機械、

機器的意思；「相」是幫助的意思。這就是說，在埋葬秦始皇（公元前 259—前 210 年）時，墓穴裡用機械灌輸進水銀形成江河大海，以防護屍體不腐爛。

中國學者們認為這一描述數量上雖然有些誇大，但事實上還有相當可信的部分。在 1980 年代，中國的考古工作者用儀器探測秦始皇陵墓，發現占地 12,000 平方米的秦始皇葬身處，瀰漫著含有水銀的蒸氣。因此，大家認為《史記》中的記載是正確的。

事實上，根據中國的古代文獻記載，在秦始皇死亡以前，早已經有一些王侯在墓葬中使用了水銀。例如，齊桓公死於公元前 643 年，被葬在今天的山東省臨淄縣；吳王闔廬死於公元前 496 年，被葬在今

天的蘇州虎丘，也都傾水銀為池。這就是說，中國早在公元前 6 世紀或者甚至更早，已經可以提煉製造大量的汞了。

我也是一種重要的藥物和醫療器材的原材料，做為藥物使用很早就已經開始了，中國古代還把我用作外科醫藥。1973 年在長沙馬王堆漢墓出土的帛書中有《五十二病方》，它的抄寫年代在秦漢之際，最早可能出於戰

汞的最特殊和有趣的性質之一，是具有溶解其他金屬的能力。

除鐵外，幾乎能與所有的金屬形成合金，統稱作汞齊。

因此，汞被譽為金屬的溶劑。



雞血石上的紅色色礦，就是硫化汞。

國時代，是現在已經發掘出中國最古老的醫方。其中，有4個醫方就應用了我，例如用汞、雄黃混合治療疥瘡等。我也是一些治療皮膚病、胃病藥劑中的重要成分。白色的氯化汞有劇毒，可以做為外科消毒劑；甘汞（氯化亞汞）則用來當作瀉藥；牙科用的金屬填齒料中，也要用到我。

中國東漢學者魏伯陽著有《周易參同契》，是世界煉金術最古老的著作。書中講到我說：「河上癩女，靈而最神，見火則飛，不見埃塵。鬼隱龍匿，若知所存，將欲制之，黃芽為根。」「癩」（音詒），指少女，也就是我。這段文字就是說，我容易汽化，遇火就轉變成氣態擴散進入空氣中，如果要回收我，就得利用硫磺（黃芽）使它們化合。

不論是西方的煉金術士們，還是中國的煉丹方士們，都對我產生很大的興趣。大概是由於我幾乎能溶解所

有的其他金屬，而金屬在被我溶解後，遇熱又能再生出來。因此，西方的煉金術士們認為我是一切金屬的共同性—金屬性的化身。他們所認為的金屬性是一種組成一切金屬的元素。

由於我具有許多優異的性能，所以在現今的工農業生產及醫藥衛生等部門，都有廣泛的應用。根據統計，目前世界上有80種工業的生產中，都使用我做為原料或輔助材料。

我的最特殊和有趣的性質之一，是具有溶解其他金屬的能力。除鐵外，幾乎能與所有的金屬形成合金，統稱作汞齊（amalgam）。齊是古代對合金的稱呼，因此，我被譽為金屬的溶劑。

在古代，人類早已經知道如何利用我來提煉其他金屬。中國的考古工作者也從地下挖掘出的實物中，證實了這個推論。例如，北京故宮博物館在1956年展覽「五省出土重要文物」，其中就有從山西省長治縣分水嶺的戰國墓中挖掘出土的鍍金車馬飾器。次年，從河南省原信陽縣長台關的楚墓中則發現鍍金帶鉤。這些鍍金飾器正是東周鍍金器物的代表物之一，它的做法是把汞金合金塗布在銅件上後，加熱烘烤，讓汞汽化離開以後，留下金鍍在銅件表面。

汞齊在各行各業有著廣泛的應用。比如說，銀和汞組成的銀汞齊能很快變硬，牙醫常用銀汞齊來補牙。

也就是說，補牙用的銀填充物實際上是由溶解在汞中的銀粉構成的。鉍汞齊在攝氏零下60度才會凝固，因此可做成低溫溫度計。

我和鈉構成的合金叫做鈉汞齊，鈉汞齊與水作用便放出氫，有強烈的還原作用，它是有機合成中常用的還原劑。在氯鹼工業中，用汞電解法製氯和燒鹼，就是以這一個性質為基礎。古建築上的琉璃金瓦和寺廟中的金身菩薩，就是利用金汞齊鍍的。利用礦石中的金銀和我生成汞齊，就可以用來提煉金和銀。

儘管人們稱我為金屬的溶劑，但常見的鐵就不能用我來溶解，因此可以用鐵罐做為盛裝我的容器。

我的其他特殊性質包括密度高而蒸氣壓又低，體積熱膨脹係數較大，而且又很均勻，極容易流動，且不沾濕玻璃。這幾方面的結合，使得我成為各種物理儀器的填充材料，用來製造各種氣壓計、比重計、溫度計、高溫計等。

最早的溫度計是伽利略發明的，當時用的並非是我，而是水。但是，這種溫度計在冷天時便凍住了，無法正常工作。義大利托斯康群島的國君費迪南德二世平時嗜飲葡萄酒，建議用酒精代替水，從此以後，酒精溫度計問世了。但是，這種溫度計的準確度並不高。後來，德國的華倫海特（Daniel Gabriel Fahrenheit）發明了水

利用汞原子的電子受激發後，能輻射紫外光的性質，也可以製成人們喜愛的日光燈和高壓水銀燈。高壓水銀燈的發展，除了提供重要的照明設施外，也促進了有機光化學的發展。

銀溫度計。到現在，這種溫度計還普遍地在世界各國使用。

用我製成的接觸型溫度計和電路開關，也可以當作電氣信號及自動控制的裝置。這些裝置在電器和電子工業中，曾經發揮過重要的作用。在無線電通訊、電話、電鍍、電解、電冶等行業中，都會使用低電壓，但大電流的直流電。在過去，一般都是由「汞」整流器提供的。在很多便攜式的電器裡，也都採用了「汞」電池。它是以鋅做為陽極，以氧化汞做為陰極，電壓大約是1.35伏特。它的優點是電壓很穩定，即使到了快用完的時候，電池仍然可以保持1.35伏特的電壓。

也可以這麼說，幾乎沒有一個科學實驗室可以少得了我。在這裡，我有著廣泛的活動天地，是實驗室裡的活躍分子。在各種溫度計、壓力計中，都有我在工作著。在攝氏0~200度

間，我的體積膨脹很均勻，又不會潤濕玻璃器壁，因此很適合填充溫度計。

我的密度大約是水的13.6倍，蒸氣壓又低，使我適合用來製造壓力計。

以我為蒸氣源的水銀擴散泵，就是利用我容易汽化、蒸氣密度大，而凝聚後又容易流動的特點。它的原理是加熱泵底的我，使我沸騰，我的蒸氣流就從噴嘴高速噴出，並把擴散到其中的氣體分子攜出，經過壓縮增濃，氣體由前級泵抽走，我的蒸氣經過冷卻凝聚為液態以後，又回到泵底循環使用。在連續操作下，這種泵可以建立億分之幾毫米汞柱高的真空度（ 10^{-8} torr），在科學研究和生產上有著重要的作用。

利用「汞」原子的電子受激發後，能輻射紫外光的性質，也可以製成人們喜愛的日光燈和高壓水銀燈。高壓水銀燈的發展，為廣場、馬路、

碼頭等大型場所提供了重要的照明設施，也促進了有機光化學的發展。

當夜晚到來，日光燈放出柔和的光線時，你是否想到我的作用呢？原來日光燈的燈管裡面也充滿著「汞」蒸氣，打開開關時，「汞」蒸氣分

子受到激發，就產生紫外線。紫外線又激發了燈管內壁上的發光材料，才放出柔和舒適的可見光。

早在二次世界大戰期間，前蘇聯就試用汞燈為莫斯科的大街照明。但是，很快就停止使用了，因為汞燈發出的光線照在行人的臉上，會呈現出死灰般的顏色，連時髦女郎唇上塗的口紅也成了綠色。有鑒於此，專家們便嘗試著在日光燈管的內壁上塗上螢光粉，進而成功地獲得了各種顏色的光。當然，這也包括接近自然光的白色光。這種汞燈的發光效率遠比白熾電燈高，因而有取白熾燈而代之的趨勢。

一般電源都是交流電，因此在需要使用直流電時，往往得經過整流。如果需要供給大電流的直流電，就可以請汞弧整流器幫忙。這是一種利用在水銀蒸氣中發生強烈弧光放電現象的裝置，它的陰極就是一個水銀池。這種整流器可以供給大到幾百安培的直流電，使用壽命很長，因為在工作結束後，「汞」蒸汽又可以重新凝結到汞池中。

適量的紫外線能促進有機體的新陳代謝，還有殺菌作用，因而有健康光線、生命光線、佝僂病治療光線等名稱。同時，紫外線在工農業和科學研究中也有許多重要的應用。太陽是天然的紫外線源，但是，太陽射出的紫外線經過大氣層時，大部分都被吸



圖片來源：李金銀

德國的華倫海特發明了水銀溫度計，這種溫度計目前還普遍地在世界各國使用。

過去，人們對汞害的關切，焦點集中在金屬汞和無機汞引起的職業病上。但是近年來，烷基汞特別是甲基汞，已經被普遍認為是一般環境中具有潛在致命性的毒物。

收掉了，因此在強度和波長上往往不符合人們的需要。我在這方面也扮演重要的角色，有一類重要的人工紫外線源—水銀石英燈，就是像日光燈那樣用電流來激發「汞」蒸氣，而產生紫外線的。

我的許多化合物是很強的催化劑，過去用乙炔水合法生產乙醛，就是在硫酸汞的催化下進行的。聚氯乙烯塑料的單體氯乙烯，就是用乙炔和氯化氫在氯化汞的催化下合成的。

把我溶解在硝酸中，再加入乙醇，就生成一種叫做雷酸汞或雷汞的化合物 ($\text{Hg}(\text{CNO})_2$)。一般認為它無毒，但是這種物質如果稍為碰撞，遇火或加熱，便會爆炸，並且能引起附近的其他爆炸物爆炸。如果把雷汞置放在金屬管中，便是一般所謂的雷管，雷管曾經是軍事上和礦石開採中最常用的引爆劑。

我擁有許多無機和有機化合物，都具有強烈的殺菌效果。2%濃度的紅溴汞溶液，也就是常用的紅藥水，經常用來消毒表皮的淺創傷口。氯化汞 (HgCl_2) 又稱作「升汞」，在0.1%的濃度時，也可以用作外科的消毒劑。一價汞的氯化物—氯化亞汞 (Hg_2Cl_2)，也稱做「甘汞」，除了可以做成標準的甘汞電極外，也是一種輕



圖片來源：李金輝

日光燈管 當電流通過汞蒸氣時就激發產生紫外線，又激發了燈管內壁的發光材料，才放出柔和舒適的可見光。

瀉劑，曾經用來製造藥片，驅除人體寄生蟲，也曾經用在治療梅毒上。不過，目前甘汞已經不再使用在醫藥用途上了。

前面說過的銀汞齊，在加熱時容易軟化，但是在人體的溫度下卻是很硬的，這種無機的汞齊在牙科上常用來填鑲牙齒。在造紙工業中，也曾常用某些有機汞做為殺菌劑和黏絮防除劑。

我對生物有毒性，除了可以做成消毒劑以外，也經常用來對付蟲害，例如氯化汞可用來當做殺菌劑和殺蟲劑。氯化亞汞雖然溶解性較差，且毒性不及氯化汞，但在農業上，可以用在控制根蛆及植物塊莖、鱗莖的害蟲上。用我的有機化合物製成的農用殺菌劑，在防治農林作物的病蟲害方面的確很有作用。但是，由於是劇毒藥

物，已經不再使用。還有一些汞化物可以用作電池的防腐劑、照相軟片、底片增厚劑等。

我的獨特個性使我在各行各業中有著廣泛的應用，但必須注意的是，我和我的化合物大都有毒。在人類歷史上，就曾發生過多起汞中毒的事件。據說，俄國沙皇格羅茲內曾經因為關節痛長期使用汞軟膏，而變得脾氣暴躁、反覆無常，最後眾叛親離，被兒子殺死。在19世紀時，工人使用金汞齊給聖彼得堡大教堂鍍金時，有60多名工人因為汞中毒而慘死。

過去，人們對汞害的關切，焦點集中在金屬汞和無機汞引起的職業病上。但是近年來，烷基汞特別是甲基汞，已經被普遍認為是一般環境中具有潛在致命性的毒物。

當發現湖泊和河川的某些微生物對我有代謝作用後，人們才真正認識到我的污染問題的嚴重性。排放到水裡的汞化合物被微生物吸收，在其體內經過化學作用變成甲基汞，食用這些微生物的魚在體內會逐漸積聚甲基汞。等到魚長大以後，在市場上出售時，根據估計，魚體內含汞的濃度已經是當初水中濃度的3萬倍到5萬倍之間。

汞積聚在人體內，為什麼會引起中毒呢？

這是由於人體中需要一些具有重要生理活性的酵素，而汞能與這些酵素的活性中心結合，進而影響了正常細胞代謝的重要催化作用。

目前，人們已經採取各種措施截斷向湖水和河水裡排放含汞化合物的通道，在有汞化合物的污染區域裡，也正採取措施進行治理、淨化。因此，很多含有我的化合物在工業和農業上已被禁用。

甲基汞既不容易被降解，又不能快速排泄。它在人體內的半衰期是70天，也就是說，即使停止攝入甲基汞，由生理排泄把50%體內的甲基汞排出，也需要70天的時間。甲基汞在脂肪組織中的溶解度比在水中的汞溶解度大上100倍，也比金屬汞和無機汞更容易溶解在脂肪中，因而會比較迅速地滲入細胞中。另外，它還能通過血腦屏障破壞神經細胞。因此，甲基汞是汞化合物中最危險的一種，它的毒性比無機汞大200倍。舉世聞名的日本水俣病，就是甲基汞中毒的結果。

在1950年代，日本水俣地區出現了一種怪病。患者的中樞神經失常，坐立不安，痛苦萬分，小孩出現手臂和腿部癱瘓。連鎖上的貓都不斷嚎叫，紛紛跳海自殺。日本人稱這類病症為水俣病。後來，經過科學家研究發現，水俣病是因為有一家工廠排放的污水中含有有機汞，使得魚、蝦體內積聚了高濃度的汞。人和貓吃了這些魚蝦後，就因汞中毒而患上了水俣病。水俣病在日本屢屢發作，成了一大公害病。

日本政府宣稱，從1953年到1977年，在檢查的4,212人中，確診是水俣病患者高達1,014人。其中，有203人死亡，許多水俣病患者的身體各部分都變了形，並且臥床不能行動。在

因為污染而引發的多種病症中，水俣病的患者是最痛苦的。

我積聚在人體內，為什麼會引起中毒呢？這是由於人體中需要一些具有重要生理活性的酵素（酶），有一些酶的活性中心是巰基，而我能與這些酶蛋白的巰基結合成硫醇鹽，進而抑制了一系列含巰基的酶的生理功能，而影響了正常細胞代謝的重要催化作用。

我很容易通過胃腸道被人體吸收，甚至能通過呼吸道、食道、皮膚等途徑進入人體，然後在肝、腎、脾和骨髓中聚集，引起神經系統的疾病，造成急性或慢性汞中毒。我是一種累積性的毒素，即使長期性地少量吸入，還是會累積在人體中，最後造成損害。即使每立方米的空氣中我的含量只有幾微克，長期接觸也會出現中毒症狀，例如神經痛、牙齦痛、消化障礙、睡眠不好、記憶力衰退、乏力等。又由於我的蒸氣具有無色、無臭、無味、無刺激性的特點，不容易被人們注意，更增加了我的危險性。

由於我的劇毒，即使在室溫下，還是要小心，避免吸入我的蒸氣。我的蒸氣比金屬的危害更大，根據計算，一湯匙的我在一周內，可以使一間相當大的房間的蒸氣達到飽和，使人無法在裡面安全工作。

對於在實驗室工作的化學家來說，我是非常危險的，因為在很多化學實驗過程中，不可避免地會濺灑一點兒的我，且通常會進入地板縫或工作台縫裡，很難清除。減少危險的方法是把硫粉灑在我身上，不僅減少我的蒸發，也可以使硫與我結合形成無

害的硫化物。

我以及我的化合物的應用相當廣泛，例如用作利尿劑的汞撒利中，便含有我；用作殺菌劑的紅藥水是我與溴的有機化合物；日光燈管、溫度計、氣壓表等都要用到我，因此人們必須重視我的使用。由於我的蒸氣壓比較高，在存放我時，應在表面加上水封，以防止汽化。一旦發生我流失或洩漏，應立即灑些硫磺粉，利用我和硫能生成穩定的硫化汞來把我制服。對付我的蒸氣還可以用碘與我反應生成碘化汞，進而消除汞害。

在1911年，荷蘭物理學家歐尼斯（Heike Kamerlingh Onnes），在研究我的電阻和溫度變化的關係時，發現在攝氏零下268.8度，我的電阻突然消失了。隨後，又發現許多金屬也有這種現象，這就是所謂的超導現象。應用這種現象，可以製造出效率幾乎達到百分之百的馬達，以及許多奇妙的電子器件。這一個嶄新的科學領域，正是從我的研究開始的。

煉丹術家們點石成金的舊事，也重新啓發現代學者們的研究。由於原子核物理的發展，元素的人工轉變也已經變為現實，把我變為黃金的幻想的確實現了。在1941年，科學家以中子為炮彈轟擊我的原子核，果然得到了一點點的金子。當然，從經濟的角度來看，這是得不償失的。但從科學的角度來看，其意義卻無比重要，因為它標誌著核化學的巨大進展。總之，在利用我這種古老的金屬為人類造福的同時，也應注意減少我的危害。 □

蘇明德

嘉義大學應用化學系