

33.「砷」(As) 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																	VIIA 18
IIA 2												IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17	
		IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIIA 7	VIIIB 8	VIIIB 9	VIIIB 10	IB 11	IIB 12						
														33 砷 As			
鐵系元素																	
銅系元素																	

英文：Arsenic
簡稱：As

原子序：33
原子量：74.921595 amu

熔點：817 °C
沸點：613 °C
密度：5.72g/cm³(20°C)

「砷」是週期表的第33號元素，出身於「氮」(N)、「磷」(P)、「砷」(As)、「銻」(Sb)和「鉍」(Bi)組成的「氮族元素」(Pnicogen Group)家族。「砷」的歷史可以追溯到古希臘和古羅馬時代，例如在公元前4世紀的希臘哲學家亞里斯多德的著作中，就已經引用「Arsenikon」這一個詞，也就是今天所稱的「雄黃」(As₂S₂，圖1)。



圖1、雄黃
圖片來源：百度百科

「Arsen」在希臘文中是「雄性」或衍生有「強烈」的意思，這說明當時的希臘人已經知道「砷」的化合物具有強烈的毒性。「砷」的拉丁文名稱Arsenicum和元素符號As，是由希臘文的「Arsenikon」一詞演變而來的，原意是「強而有力的」、「男子氣概」，這正代表「砷」在醫藥中的作用。

西方的化學史學家們一致認為，第1位從「砷化合物」中分離出「砷」的人，是13世紀的德國煉金術師阿爾伯特斯·馬格努斯

(Albertus Magnus，1200-1280，圖2)。「Magnus」是尊敬的稱呼，相當於「偉大的」，因此有時會翻譯成「大阿爾伯特斯·馬格努斯」，其實他的真實姓名是「阿爾伯特斯·馮·布爾斯塔德」(Albert von Bollstädt)。他是一位教會神職人員，在教會主辦的一所學校裏任教，通曉神學、哲學、天文、地理、動物、植物學等，是西方具有代表性的煉金家，著有《煉金術》一書。



圖2、Albertus Magnus, 1200-1280
© Public Domain

他把肥皂與「雌黃」(As₂S₃，圖3)共同加熱，而得到元素「砷」。肥皂是用豬油或



圖3、雌黃

33. 「砷」(As) 元素的介紹

牛油與「氫氧化鈉」(NaOH) 共同熬煮製成的，主要的化學成分是「高級脂肪酸的鈉鹽」，像是「硬脂酸鈉」、「棕櫚酸鈉」等。然而，這些「高級脂肪酸的鈉鹽」不可能在與「砷」的「硫化物」共同加熱後，就能得到元素「砷」。主要還是因為肥皂中有未充分「皂化」的豬油或牛油，在受熱形成「碳」後，這些「碳」可以把含「砷」的硫化物轉變成「砷」的氧化物，最後再經還原而得到元素「砷」。

這個方法和中國古代的煉丹家葛洪(283-363年，圖4)取得元素「砷」的方法是一樣的，馬格努斯比葛洪晚了大約900年，只是葛洪不曉得他所提煉的純質物質是一種元素，即「砷」。



圖4、葛洪，283-363
CC BY 4.0

在公元4世紀前半葉，葛洪在《抱朴子內篇》卷11的〈仙藥〉中，記述著：「又「雄黃」……飼服之法，或以蒸煮之；或以酒餌；或先以硝石化為水，乃凝之；或以玄胴腸裹蒸於赤土下；或以松脂和之；或以三物煉之，引之如布，白如冰……」

這是葛洪講述服用「雄黃」(As₂S₂，圖1)的方法，可以蒸煮它，用酒浸泡，或用「硝酸鉀」(硝石；KNO₃，圖5)溶液溶解它。用「硝酸鉀」溶解它會生成「砷酸鉀」(K₃AsO₄)，受熱會分解生成「三氧化二砷」(As₂O₃；「砒霜」，圖6)。另外，「雄黃」也可以與豬油(「玄胴腸」，也就是豬大腸)共熱，或者與「松樹脂」(松脂)混合加熱。豬油和「松樹脂」都是含「碳」的有機化

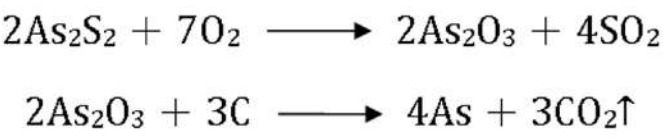


圖5、硝酸鉀 © 公有領域



圖6、砒霜 © 公有領域

合物，受熱會碳化生成「碳」。也就是說，「雄黃」因為熱轉變成「砒霜」後，再經過「碳」的還原，最後生成元素「砷」。寫成現代化學式如下：



其中，用硝石、豬油及「松樹脂」三物與「雄黃」共同加熱(也就是或「以三物煉之」)，就可以得到「三氧化二砷」(As₂O₃，「砒霜」)和「砷」的混合物(「引之如布，白如冰」)。也就是說，中國早在4世紀前半葉已經可以製得元素「砷」了。

到了18世紀，瑞典化學家及礦物學家步蘭特(Georg Brandt，1694-1768)闡明「砷」和「三氧化二砷」，以及其它「砷化合物」之間的關係。法國拉瓦席(Antoine-Laurent de Lavoisier，1743-1794，圖7)證實了步蘭特的研究成果，認為「砷」是一種元素。



圖7、Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743-1794
© Public Domain

在人類歷史中，「砷」一直被視作神秘的元素。「砷」在地殼中的含量不高，約只占百萬分之一，但是在自然界中卻到處都有。無論是在人和動物，以及植物的有機體中，還是在煤、海水中，都含有「砷」，差別只是以不同的濃度存在而已。

雖然如此，在生物圈裏，「砷」是儲存量排行第12多的元素。受到自然環境中化學轉換及人類需求的影響，「砷」的存在濃度也有所不同。整個世界的人類都暴露在微量的「砷」中，像是在食物、飲水和空氣中，多多少少都有「砷」的存在。一般來說，可能暴露在高濃度「砷」環境的職業從業人員，像是農藥製造工人、常噴灑農藥的農民，以及半導體、光電、玻璃、金屬工業等製造業中，常使用含「砷」原料的從業人員。

33. 「砷」(As) 元素的介紹

「砷」在地殼中有時以純元素的狀態存在，但較少見。在自然界中，「砷」最主要還是以「硫化物」或「氧化物」的形式存在。「砷」的主要礦物有「雄黃」(As_2S_2 ，圖1)、「雌黃」(As_2S_3 ，圖2)、「砒霜」(As_2O_3 ，圖6)和「黃鐵礦」(FeAsS ，圖8)。其實，無論在何種「金屬」的「硫化物」礦石中，都含有一定量的「砷」。因此，人們很早就認識到「砷」和含「砷」的化合物，自古以來，「砷」的「硫化物」礦石就常用做顏料和殺蟲劑、滅鼠藥。



圖8、黃鐵礦
© CC BY-SA 4.0

在室溫下，「砷」是脆性很高的晶狀固體。「砷」本身的性質常常介於「金屬」和「半金屬」之間，因此「砷」又常被說是「似金屬」(Metalloid)。「砷」具有較好的「導熱性」和「導電性」。「砷」的比重是5.72，比一般典型的「非金屬」要高。

「砷」有個非常特別的性質，那就是在常壓下加熱固態的「砷」，是無法得到液態的「砷」，而會從固態的「砷」一步到位的變成氣態的「砷」，這種現象在化學上稱為「昇華」(Sublimation)。

「砷」以二種「同素異性體」存在。一種是常見的「砷」形式，即呈現鋼灰色、易碎的，當暴露在空氣中時，「砷」很快就失去光澤，變成黃色，最後再轉變成黑色。

金屬色的「砷」是「砷」的另一種「同素異性體」，外表類似金屬，較脆，能傳熱。

經過分析，早在中國商朝時期的一些銅器中就含有「砷」，有的甚至多達10%。在「銅砷合金」中，含「砷」約10%時便會呈現銀白色。也就是說，中國在古代就已經會製造「砷白銅」了。

提起「砷」，或許有人會感到陌生，可是一說到「雄黃」、「砒霜」，和「雌黃」大家就比較熟悉了，其實它們都是含「砷」的化

合物。中國的煉丹家稱「硫磺」(圖9)、「雄黃」和「雌黃」為「三黃」，把它們視為重要的藥品。

「雄黃」(Realgar，圖1)和「雌黃」(Orpiment，圖3)都是含「砷」和「硫」的化合物，它們往往共生在一起。「雄黃」又稱作「雞冠石」，化學成分是「二硫化二砷」(As_2S_2)，它的顏色橘紅，呈粒狀(圖1)。把黃色「砷」的「硫化物」在空氣中焙燒後，就轉變成白色的「三氧化二砷」(As_2O_3 ，即「砒霜」，圖6)。這種明顯的物質間轉變，也引起中外煉金術士和煉丹家的興趣。

「雌黃」又稱為「鉛黃」，化學成分是「三硫化二砷」(As_2S_3 ，圖2)，一般呈片狀。在1世紀羅馬博物學家普林尼(Gaius Plinius Secundus，公元23年-79年，圖10)的著作中，古代羅馬人稱「砷」的硫「硫化物礦」為Auripigmentum，其中此字的「Auri」表示「金黃色」，並且「pigmentum」是指「顏料」，二者組合起來就是Auripigmentum「金黃色的顏料」。在今天的英文中，

「雌黃」的名稱是「Orpiment」，正是由這一個詞演變而來的。事實上，「雌黃」是當時羅馬和希臘時代常用的黃色顏料。「雌黃」也是中國古代常用的顏料之一，不僅應用於繪畫，亦會與墨同樣用於書寫。在中國古典小說中所提及的「黃白術」、「點金化銀」，即與「雄黃」、「雌黃」的使用相關。由於「雌黃」的黃顏色與古代紙張的顏色很接近，所以在古代中國時常被古人拿來做塗改液，由此而誕生了「信口雌黃」這個成語，進而引申為隨意發言、說過的話想改就改、不負責任之意。

在古代，中外各民族都會把「雄黃」和



圖9、純的硫是黃色的晶體，又稱硫磺 © 公有領域



圖10、Gaius Plinius Secundus，23年-79年
© 公有領域

33. 「砒」(As) 元素的介紹

「雌黃」用做顏料和藥物。在中國，古人還常用「雄黃」泡酒，認為喝「雄黃」酒能強身健體、驅災避邪。在端午節前後，人們常把「雄黃」水遍灑住宅用來消毒，有的還甚至把「雄黃」繞著房屋灑上一圈，以防止蛇和蚊蟲侵擾。在中國家喻戶曉的《白蛇傳》中，就有白娘子喝了「雄黃」酒現出原形，把許仙嚇昏的故事。

其實，少量的「雄黃」做為一味中藥，確實能夠「以毒攻毒」。但是，「雄黃」本身是有毒的，連蛇都怕它，這恐怕就是《白蛇傳》中的白娘子不能喝「雄黃」酒的原因吧！湊巧的是，西方古代煉金術士們正是用蛇做為「砒」的符號(圖11)！現在，大多數人都知道「雄黃」酒不宜多喝，端午節喝「雄黃」酒的習俗也正逐漸改變中。



圖11、西方煉金術士用蛇做為砒的符號

「雄黃」和「雌黃」燃燒以後，都會發出一種臭蒜味，在空氣中擴散會使人中毒，這是因為生成「三氧化二砒」的緣故。在6世紀中葉，中國魏末期的農學家賈思勰編著的農學專著《齊民要術》中，提到把「雄黃」、「雌黃」研成粉末與膠水混合，浸紙可防蛀蟲。

【註】：有興趣的讀者可以參考：「2025年3月號的〈蘇P介紹化學元素——16.「硫」(S)元素的介紹〉一文。

在中國古代文獻中，「三氧化二砒」被稱作「砒石」或「砒霜」。這個「砒」字是由「貔」(音唸ㄉ一ˊ)而來，在傳說中「貔」是一種吃人的凶猛野獸。這也說明古人早已經認識到它的毒性，它也常常出現在中國古典小說和戲劇中。「砒霜」是一種白色粉末狀的劇毒物質，食入的致死量大約是0.1公克。

在明末宋應星編著，出版於西元1627年的《天工開物》(圖12)中，提到「三氧化二



圖12、明末宋應星編著，出版於西元1627年的《天工開物》，《天工開物》燔石第十一卷——砒石
圖片來源：大紀元文化網-《天工開物》冒死煉砒石

砒」在農業生產中的應用，像是「陝、洛之間，憂蟲蝕者，或以「砒霜」拌種子……」同時，《天工開物》也敘述製造「砒霜」的工人，往往接觸不超過兩年，便會開始掉頭髮及生病。其實，大約在宋代以後，「砒霜」就成為百姓熟知的一種劇毒藥，與謀殺案結下了不解之緣。

「砒霜」微溶於水，在熱水中的溶解度會比較大，溶解後生成「亞砷酸」(H_3AsO_3)，也是有毒的。在19世紀末，英國曾經發生集體「砒中毒」的事件，政府經過調查後，發現是因為釀造啤酒的原料被「亞砷酸」污染了，人們喝下含有「亞砷酸」的啤酒後便中毒了。在台灣日治時期，也曾發生過多次的台灣男和日本女的殉情故事，據事後調查記錄，這些殉情事件多半是：男女雙方服下當時日本藥物管理當局沒有管制的毒藥——「亞砷酸」(「砒霜」溶於熱水後可製得「亞砷酸」，圖13)。



圖13、在台灣日治時期發生殉情事件中，調查發現使用的毒藥為亞砷酸
圖片來源：《udn global 轉角國際》-轉角月影花怪談／日治台灣版「曾根崎心中」台灣男子與日本女性的殉情與婚姻；作者：陳飛豪；2026. 5. 28.

33. 「砷」(As) 元素的介紹

附帶一提的是「砒霜」具有脫酸、降酸的功能，也就是酸性水果加入「砒霜」後，可以有效的除去水果自身的酸度，進而只留下水果甜度。因此中國大陸有不肖商人爲了增加酸性水果(如：橘子、柳橙)的甜度，就在酸性水果裏注入「砒霜」，以便去除水果酸度，而增加水果甜度口感，但如此一來，人類若食用這種注入「砒霜」的水果，容易身體中毒而不自知。因此，若是吃到只有超級甜而無酸味的酸性水果最好拒絕食用(圖14)。



圖14、使用脫酸劑讓美人柑甜度增加的示意圖
圖片來源：Microsoft, Copilot

「砒霜」與金屬「鋅」(Zn)和「硫酸」(H_2SO_4)混合後，還可以製得「砷化氫」(AsH_3)，這是一種劇毒氣體。在缺「氧」的情況下，「砷化氫」會受熱分解成元素「砷」。在法庭醫學分析和衛生防疫分析上，鑑定「砷」的「馬氏試驗法」就是以這個做爲基礎的。它的檢驗方法是先把欲檢測的試樣與「鋅」、「硫酸」混合，如果試樣中含有「砷」的化合物，就會生成「砷化氫」氣體。然後把生成的氣體導入加熱的玻璃管中，「砷化氫」就會部分分解形成亮黑色的「砷鏡」，而測得「砷」的存在。

不過，人們現在也開始利用「砒霜」的毒爲人類服務。例如，用「砒霜」浸拌食餌來毒殺田鼠，或者製造成除草劑來除去田間雜草。在中藥的「回療丹」中含有「砒霜」，能消腫、止痛、化膿及解毒。另外，「砒霜」也用來做爲治療急性前骨髓性白血病患者的第二線用藥。雖然食入0.1公克的「砷」便會致命，不過，極微量的「砷」卻能加速血紅細胞的形成。

做爲毒藥的「砷」激發了很多描寫犯罪的作家的想像，「砷」也廣泛用來做爲謀殺工具。在客觀上，這種認知具有一定的基礎。以前的屍解技術通常不可能檢測到受害者體內的微量「砷」，而且「砷中毒」死亡者的症狀類似因肺炎而死的人的症狀。在

中國古典文學著名的謀殺案中，「砒霜」殺人的例子相當多。像是14世紀中國名著《水滸傳》一書，就多次提到用「砒霜」殺人。在西洋歷史中，也可以看到許多和「砷」有關的故事。據說歐洲文藝復興時代，羅馬教宗亞歷山大六世(Alexander PP. VI, 1431-1503，圖15)就是被政敵在酒裏添加「砒霜」暗殺而死的。



圖15、Alexander PP. VI, 1431-1503 © 公有領域

法國拿破崙的死也被認爲與「砷中毒」有關。拿破崙(Napoleone Buonaparte, 1769-1821，圖16)於1815年在滑鐵盧戰敗後，被流放到南大西洋上的聖赫勒拿島(Saint Helena island)。在1821年，他卻突然因急病而死。官方在解剖拿破崙的遺體後，宣布他死於晚期胃病，但是人們一直對這說法表示懷疑。許多歷史學家也進行了一些探究，但都因爲缺乏有力的證據而未能取得進展，拿破崙的死因也成了歷史之謎。



圖16、Napoleone Buonaparte, 1769-1821
© Public Domain

到了1960年代，傳來一個出人意料的訊息，有人發現拿破崙的一撮頭髮有異。這一個消息令那些對拿破崙死因感到興趣的科學家們大爲振奮，因爲在拿破崙的頭髮中含有20多種「微量元素」，而且這些「微量元素」的含量遠高於它們在血液中的正常濃度。因此，只要採取特殊的化驗方法，檢驗頭髮中「微量元素」的含量，就可以推斷出拿破崙的死亡原因。果然，科學家們在化驗了拿破崙的幾根頭髮後，發現他頭髮中的「砷」含量竟然是正常人的13倍!由此推斷，拿破崙很可能是死於「砷中毒」。

置拿破崙於死地的「砷」是從何而來的呢?歷史學家們在綜合各方面的考量後，認爲可能來自拿破崙居室的壁紙。拿破

33. 「砷」(As) 元素的介紹

崙居室牆上黏貼的是綠色壁紙，當時所用的綠色顏料中就含有「砷」的化合物。附帶一提的是，上述的綠色顏料是瑞典化學家謝勒(Carl Wilhelm Scheele，1742-1786，圖17)在1775年所發明的化合物，又叫做「謝勒綠」(Scheele's Green，圖18)，化學式為 CuHAsO_3 。在19世紀時，英國的蘇格蘭人常拿「謝勒綠」做為綠色奶凍的食用色素，



圖17、Carl Wilhelm Scheele, 1742-1786
© CC BY-SA 4.0



Scheele's Green
common coordinates
Hex #478800
RGB (71,136, 0)



Scheele's Green
alternate coordinates
Hex #3c7a18
RGB (60,122,24)

圖18、Scheele's Green © CC BY-SA 4.0

所以「謝勒綠」曾一度很受歡迎，但後來知道該物具有毒性之後，這使得蘇格蘭人後來對於凡是綠色的甜食都極為厭惡。

拿破崙當年被流放到南大西洋的聖赫勒拿島(Saint Helena Island)，因為該島氣候潮濕，壁紙很容易發霉，年復一年，日復一日，黴菌會把壁紙內的「謝勒綠」顏料逐漸轉化為有毒的「三甲基砷」($(\text{CH}_3)_3\text{As}$)和「砷」，導致揮發擴散在室內，終於使拿破崙因為慢性「砷中毒」而死亡。

美國的第12任總統泰勒(Zachary Taylor，1784-1850，圖19)先生在擔任總統不到16個月，就死在辦公室裏，他也被懷疑是遭「砷」毒害的。雖然美國官方報導他是因為腸胃病而致死

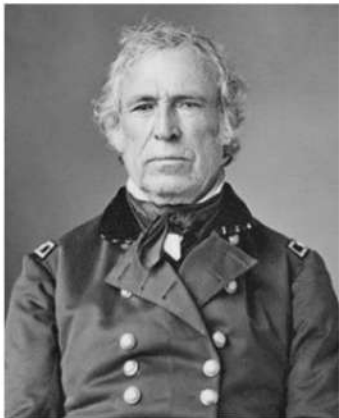


圖19、Zachary Taylor, 1784-1850 © Public Domain

的，但從後來1991年的屍體解剖驗證來看，泰勒總統也有可能遭到「砷」毒死的。

其實，即使到了現在，有關「砷中毒」的實際刑事案件，仍屢見不鮮。

前面說過，「砷」普遍被視為一種「似金屬」(Metalloid)，並且常與其它重金屬如「鉛」(Pb)、「汞」(Hg)等共同產生毒性。在一般汽車或卡車的「鉛蓄電池」(圖20)裏，就含有「砷」及「鉛」的合成物。如此一來，容易造成對環境的污染。因此，「砷」已經很少拿來做這一方面的應用了。



圖20、在汽車或卡車的鉛蓄電池含有砷、鉛合成物

在自然界中，「砷」通常以「硫化物」或「氧化物」的狀態存在。從許多含有「砷」的「硫化物」中，可以清楚看出「砷」和硫有著極佳的親和力，例如「六硫化四砷」(As_4S_6)。這種親和力也造成了「亞砷離子」(As^{3+})和人體內蛋白質「硫醇基」($-\text{SH}$)的交互作用，而產生毒性。也就是說，正三價的「亞砷離子」因為會與胺基酸中的「硫醇」官能基產生強力鍵結而具有強烈毒性，進而造成人體生理機能的異常。

「砷」因為危險性高，在環境中的排放必須受到嚴格的監控。除此之外，由於岩石和土壤中的「砷」可以藉由風化及溶解作用進入地下水系統，因此而造成的地下水污染，已經是全球性的環保問題。

第1個經過完整記錄的大規模地下水「砷中毒」引起的疾病，是發生在近半世紀前台灣的「烏腳病」(圖21)。「烏腳病」最初的症狀是在四肢，特別是在腳部出現黑色斑點。這些斑點一開始從白色變成褐色，最後變成黑色，這也正是這個疾病名稱的由來。受感染的四



圖21、烏腳病
圖片來源：2019.08.12
聯合報：勿忘烏腳病 用井水須謹慎。

33. 「砷」(As) 元素的介紹

肢會日漸腫脹、跛行，最後潰瘍，截肢往往變成救「烏腳病」患生命的最後方法。

針對當時居住在「烏腳病」感染區域超過4萬居民的調查顯示，井水裏頭「砷」含量和皮膚癌的罹患率有正比的關係。和「砷」有關的疾病也在亞洲其它地方出現過，包括中國內蒙古地區、孟加拉、印度和越南，這些疾病都是和飲用水中過高濃度的「砷」有關。

孟加拉有世界上最多人口受「砷」影響的國家。在1970及1980年代，孟加拉在世界銀行和聯合國兒童基金會的援助下，爲了供給當地居民每天的乾淨用水，挖掘了許多淺層水井。在當時，沒有人想到須檢測地下水的「砷」濃度，於是1950年代發生在台灣的井水「砷」污染災難，便在孟加拉重演。

「砷中毒」事件持續在孟加拉爆發。雖然並不確定印度是否發生大規模同樣的「砷中毒」事件，但是在1983年，孟加拉第1批受到「砷」毒害的病患被確診。一般相信，這個問題開始於挖掘淺水井，爲了提供不受病原菌污染的安全飲用水的1970年代。

地下水「砷」污染是今日人類面臨最嚴重的全球環保問題之一。飲用水裏的「砷」除了已經在台灣、內蒙古、孟加拉和西印度造成嚴重的健康問題外，也在其它世界國家逐漸發現，可以這麼說當前的「砷中毒」危害已經成爲全球性問題。

「砷」在血液中的「半衰期」是10小時，主要靠腎臟排毒，會堆積在內臟及骨頭、牙齒、頭髮中。此外，「砷」也是致癌物質，在「烏腳病」盛行的地區，肺癌、肝癌、膀胱癌、皮膚癌的比率往往都比較高。急性「砷中毒」以腹痛、血便、胸痛、急性腎衰竭、神經病變爲主，慢性「砷中毒」則會有肌肉無力、水腫、皮膚角質化、色素沉積、肝腎傷害、癌前期變化等徵兆。

儘管含「砷」的化合物有毒，「砷」卻早已用在有益的藥品治療中。古代醫生，像是希波克拉底(Hippocrates，公元前460-公元前370，圖22)及帕拉塞蘇斯(Paracelsus，1493-1541，圖23)就用含



圖22、Hippocrates, 公元前460-公元前370
© 公有領域



圖23、Paracelsus, 1493-1541 © 公有領域

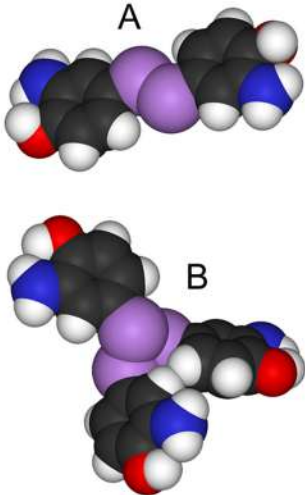
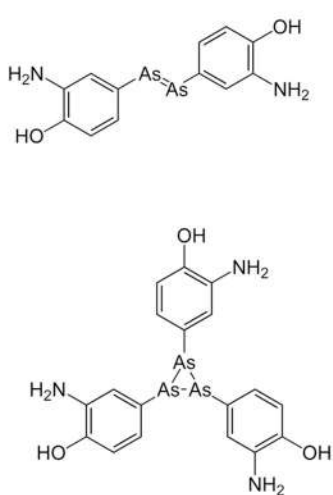
「砷」的化合物治療某些疾病(像各種熱帶病)。又例如，小劑量的「砒霜」(As_2O_3 ，圖6)可做爲藥用，在中國的醫藥書籍中，最早出現在公元973年宋朝人編輯的《開寶本草》中。除了先前提到的用「砒霜」治療急性前骨髓性白血病外，含「砷」的化合物也可以有效地治療多種皮膚病和阿米巴痢疾。最著名的含「砷」藥物應該就是化合物「六〇六」了。

在1910年，德國科學家埃利希(Paul Ehrlich，1854-1915，圖24)研製出化合物「六〇六」來治療頑毒的惡疾「梅毒」。「梅毒」會使人逐漸身體衰敗而導致死亡，在抗生素問世以前，「六〇六」



圖24、Paul Ehrlich, 1854-1915 © 公有領域

是用來治療「梅毒」爲數不多的藥物之一。由於在尋找治療「梅毒」的研究中，埃利希一共篩選了606種化合物，因此把這種化合物命名爲「六〇六」，它的化學名稱是「砷凡納明」(Arsphenamine，又稱Salvarsan，圖25)，是個含「砷」的有機化合物。



33. 「砷」(As) 元素的介紹

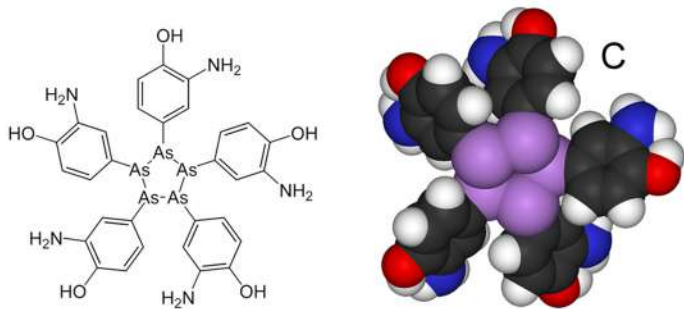


圖25、砷凡納明的結構最初被認為是形如偶氮苯的雙鍵連接的二聚體（A），但2005年的一項質譜分析則表明它實際上是三聚體（B）和五聚體（C）的混合物
© 公有領域

一直到今天，「砷」的最大用途是在木材的集存上。在美國，把含有「砷」的化合物（簡稱CCA）放進木材裏，使木料堅固耐用、不受蟲害，適合用在建築房屋及一般家具。但因為「砷」畢竟是有毒物質，是否真的有必要把「砷」放入建築用具及一般家具裏？事實上，美國的一些遊樂設備及花園因使用「砷」處理過的木材，已造成極大的隱憂。

此外，「砷」目前已成為固態電子學領域中非常重要的材料之一。少量的「砷」加入「鍺」（Ge）、「矽」（Si）等半導體材料中，可製成各種電子元件。「砷」和「鎵」（Ga）還可以化合成「砷化鎵」（GaAs），能把電能變成光能，用在「發光二極管」（圖26）上，除此之外「砷化鎵」也是高速通訊用的半導體材料。除上述材料之外，科學家還發現「砷化鋁」（AlAs）、「砷化銦」（InAs）及「砷化鎘」（CdAs）所製成的晶片也都可做為半導體的材料。



圖26、發光二極管
© 公有領域

「砷」元素因其本身的毒性而廣為人知，且無論是有機或無機化合物，大多數含「砷」的化合物亦展現高度毒性，因而自古以來，「砷」一直是大家的眼中釘、被視為危險物質。雖是如此，各種研發成果逐漸揭示：「砷」在未來科技應用中會扮演著吃重的角色。「天生我才必有用」，只要能善加發揮並合理運用「砷」元素的優點，「砷」元素必然可以在多項科學與技術領域中發揮造福人類的關鍵作用！