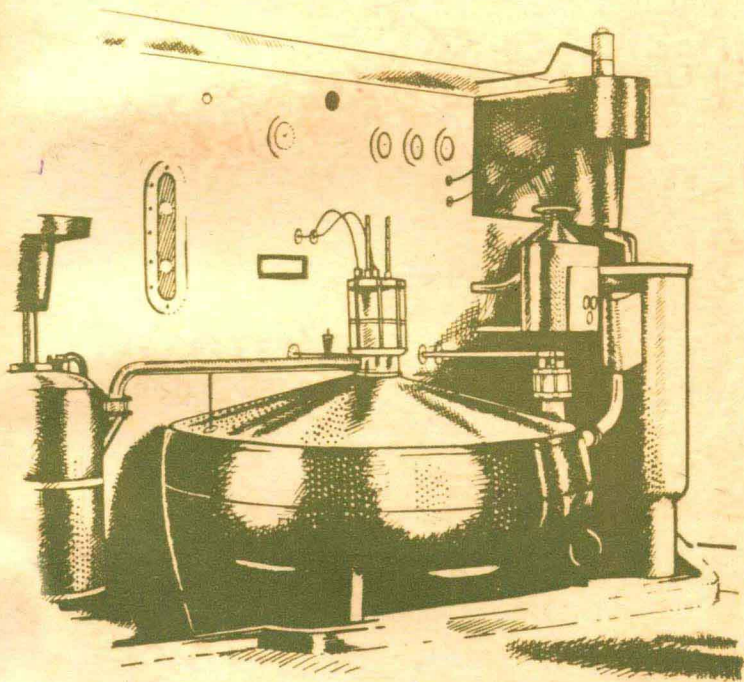


# 合成氨

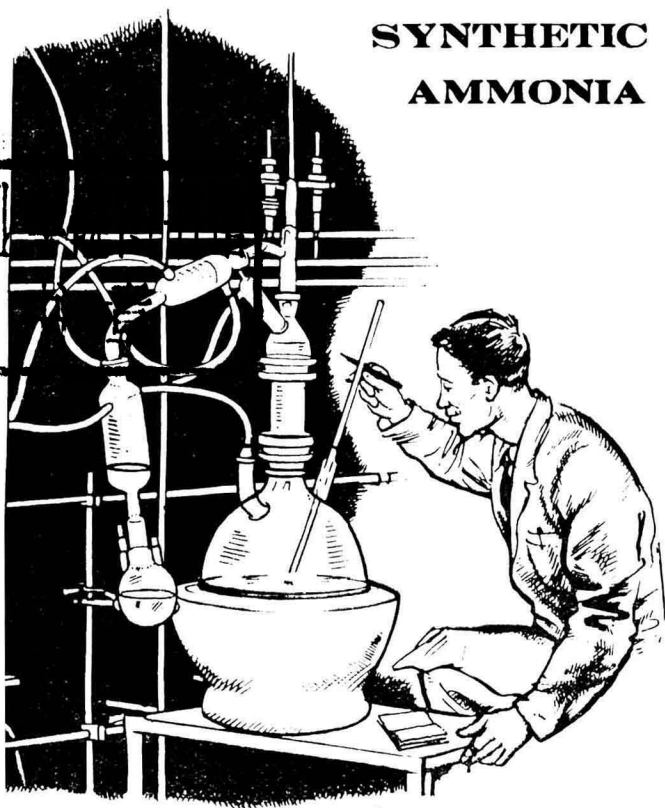
SYNTHETIC AMMONIA



陳舜華編著·真知出版社出版

# 合成氨

SYNTHETIC  
AMMONIA



陳舜華編著·真知出版社出版

## 合 成 氨

---

編 著 者：陳 舜 華

出 版 者：真 知 出 版 社

香港北角馬寶道66號二樓

印 刷 者：新 華 印 刷 股 份 公 司

香港鰂魚涌華廈工業大廈四樓B座

定 價：港 幣 四 元

版 權 所 有 \* 不 准 翻 印

---

(一九七四年一月版)

# 目 次

一、奇妙的「阿摩尼亞」	1
二、氨、尿素和銨鹽	6
三、趣異的化學性質	14
四、氨的製取	19
五、大規模的生產流程	24
六、主要設備的研究	30
七、生產合成氨史略	45
八、有趣的化學平衡	50
九、合成氨用的觸媒物質	63
十、合成氨各法簡述	69
十一、主要設備的操作管理	93
十二、今後的展望	102

## 一、奇妙的「阿摩尼亞」

如果不幸有人暈倒，救護人員會立刻打開藥箱，取出一瓶澄清、無色的透明液體，讓病者嗅着其中的氣味，不一會，病者就逐漸地甦醒過來。這到底是不是什麼「神丹妙藥」呢？不，那並不是什麼「神丹」，而是我們會經常提到的：「阿摩尼亞」。

「阿摩尼亞」，是拉丁文名稱「Liquor Ammoniae」中「Ammoniae」（氨）一字的譯音。嚴格地說，它的全名，應是「阿摩尼亞水溶液」，或者乾脆叫它做「氨的水溶液」、「氨溶液」或「氨水」。事實上，它是利用氨溶解於水而製成的。這種藥物的成份，是每一百毫升（c.c.）溶液中，含氨十克。所以稱之為「氨水」，實在是最貼切不過的了。

前面提到，氨水是無色、澄清而透明的液體，它有濃烈的特殊刺激性的臭味。所以，暈倒、虛脫或者休克的病人，只要嗅上氨水的氣味，便會刺激和振奮神經中樞，立刻甦醒過來。不過，當使用這

種藥物作為催醒劑的時候，必須注意到這種藥物對於人體的神經中樞所產生的強烈刺激作用，如果過量地吸入氨水的蒸氣，是會引致毛細支氣管炎，甚至肺炎的，不可不慎！

此外，氨水在醫療上的用途，還可以配製成爲芳香氨醣，以供內服，刺激血液循環系統。也還可以配製成外用氨擦劑，以便作為酸類，尤其是蟻酸之類的蟲毒的中和藥物。許多時候，我們不慎被蝎子、蜈蚣或者毒蜂等螫傷，這些小昆蟲在螫人時，通常放出一種帶蟻酸酸性的流質毒液，因此，利用氨水塗擦紅腫的患處，就能收中和酸性蟲毒之效，起止癢去痛的作用。至於利用一份氨水和三份油脂所配成的氨擦劑，更可以用來治療風濕痛和神經痛。因爲氨擦劑能刺激皮膚，引起局部充血，改進血循環，以收一定的醫療效能。

那麼，「氨」究竟是什麼東西呢？

在化學上，氨是一種無色而有刺激性氣味的氣體。它的氣味，就有如我們在廁所裏聞到的那種臭味一般。這主要是因爲人們的尿液裏，含有一種能夠分解成爲氨氣的有機物質之故。

據化學工作者指出，氨是一種比較輕的物質。如果以同體積的氨氣和空氣來作比較，氨比空氣輕約一倍，它們的重量比大約是零點五九。

氨在無機化學的物質分類當中，屬於鹼性的化合物。它是由一份氮和三份氫組成，分子式是  $\text{NH}_3$ ，

拉丁文名字就叫做「*Ammoniae*」，也就是人們所謂的「阿摩尼亞」。

氨極易溶解於水，它在常溫之下，一體積的水，大約可以溶解七百體積的氨氣。說起來，它的溶解度比氯化氫還要大。因為常溫下，一體積的水只能溶解五百體積氯化氫氣體。所以，只要我們把充滿氨氣的瓶子顛倒過來，將瓶口浸在水裏，就會看到水迅速地進入瓶裏，直到充滿全瓶為止。有人曾經設計過這樣的一個「噴泉實驗」，就是利用一個乾燥的廣口瓶A，在A瓶裏集滿氨氣。再取廣口瓶B，在B瓶裏盛滿約三分之二的的水。瓶內滴入一些紅色的石蕊試液，使水變成絳紅。然後用鐵架將A瓶顛倒，使瓶口和B瓶相對。兩瓶的瓶口之間，各以一根帶有活塞的導管相通，B瓶更多通入一條曲折的導管，裝置如圖1所示。當裝置完竣之後，扭開活塞b，從a管處向B瓶內吹氣。於是，B瓶內的絳紅色的

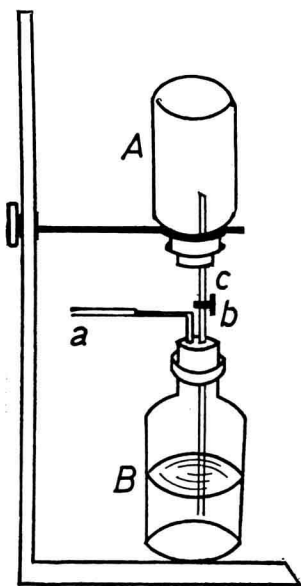


圖 1

水液，就遭受吹入氣體的壓力，沿着C管而進入A瓶。只要B瓶內有幾滴水液升入A瓶，吹氣便可以立刻停止。由於氨氣在水裏的溶解度很大，因此，在幾滴水流進入A瓶之後，就能把A瓶裏幾乎全部的氨氣溶解掉，使A瓶變得近乎「真空狀態」。這麼一來，再加上外界大氣壓強通過a管的作用，於是，原本B瓶裏面絳紅色的水溶液，就會沿着c管，徐徐地上升進入到A瓶裏，並在c管管口處猛烈地噴射出來。同時，噴入A瓶裏的絳紅色水液，因為氨氣溶解後呈鹼性的關係，便立刻變成紫藍色。可以設想，這是一個多麼有趣的「人工噴泉」啊！

當然，氨在水裏溶解得快，相對地，它也極容易從氨水裏面「跑」出來。前面談到，阿摩尼亞水總是有着一股強烈的特殊臭味，這股濃烈的臭味，就是氨氣的。它正好是氨氣從水裏偷偷地揮發逸散的「痕迹」！有時候，我們在實驗室裏製取氨氣，爲了方便起見，就往往利用加熱濃氨水的方法，來製取氨氣的，裝置如圖2。

氨氣除了上述這些物理性質之外，還有容易液化的特點。有人曾經研究過指出，在常溫下加大壓力，只要加大到七或八個大氣壓，氨氣就能凝結成爲無色的液體。此外，就是降低溫度，在普通的一個大氣壓下面，只要把溫度降至攝氏零下三十度，氨氣也可以凝結成爲流體。與此同時，它還放出大量的熱來。



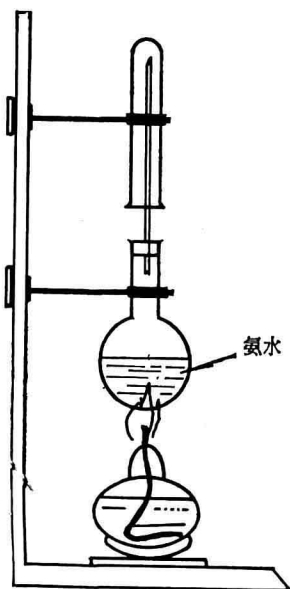


圖 2

相反地，在減低壓力強度或者升高溫度的情況之下，液態氨就會急劇地蒸發，並大量吸收周圍的熱，使附近周圍的溫度迅速地降低。因此，利用氨的這種性質，液態氨通常可在冷凍的設備裏面為我們服務，比如冷藏庫和電冰箱中，就少不得液態氨。由此可見，這種奇妙的「阿摩尼亞」液體，不單是一種良好的醫用藥物，同時，也是我們日常生活當中，一種不可多得的冷凍材料哩！

## 二、氨、尿素和銨鹽

氨，除了供醫藥和冷藏工業之用外，還可以進一步被製成多種有用的化學原料，如硝酸、尿素及各式各樣的銨鹽，以供國防、工業、農業，甚至日常生活等多方面的用途。所以有人說，氨實在是現代化學工業中，最重要的一種原材料。這句話，看來一點也不假。

### (1) 硝酸

硝酸，它在化學工業上，常和硫酸、鹽酸被合稱為「三大強酸」。習慣上，人們把一比三體積的硝酸及濃鹽酸的混和液稱做「王水」。王水之所以稱「王」，主要在於這種酸性的混合溶液，具有異乎尋常的溶解力，它足可以把最不活潑的金屬，比如金和鉑等也溶解掉。

當然，硝酸在化學工業上的重要地位，還取決於它在國防方面的用途。硝酸在國防工業上可以用來製取多種烈性炸藥，如硝化纖維、硝化甘油（TNT）、無烟火藥、三硝基甲苯和苦味酸等等。

如所周知，黑火藥是中國最早發明的。黑火藥的成份是硝酸鉀、木炭粉和硫黃粉；其中木炭粉佔百分之十五，硫黃粉佔百分之十，而佔數量最多達百分之七十五的便是硝酸鉀。硝酸鉀的分子式是 $\text{KNO}_3$ ，它就是硝酸的產物，是一種最常見到的硝酸鹽。

化學工作者們還可以利用硝酸和硫酸的混合液體，去處理普遍棉花，以製得一種叫做「硝化棉」的烈性炸藥；又可以將硝化棉作進一步處理，製成膠棉，以供製造清漆、電影軟片、人造絲和賽璐珞之用；更可以將硝化棉浸在酒精及乙醚的混合液體中，然後壓製成條狀，製成一種「無烟」火藥。甚至，還再可以通過多種化學方法，製得爆炸力更強的炸藥。比如說，將甘油和硝酸、硫酸等先後作用，便可以製得硝化甘油（**TNT** 炸藥）；將硝酸、硫酸先後和甲苯起作用，又可以製得一種叫做三硝基甲苯的淡黃色固體炸藥；再又將硝酸和碳酸酚混合，通過化學反應作用，可以製得另外一種叫做苦味酸的炸藥。苦味酸在爆炸時，可以產生攝氏三千五百度以上的高溫，造成周圍空間至少十萬個大氣壓以上的巨大壓力。由此可見，硝酸系炸藥的爆炸能力相當強，實在是現代國防上不可或缺的化學藥物。

至於在其他工業方面，硝酸可以用來製造多種氮肥，如硝酸銨（ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ）和硝酸鈣〔 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 〕

等；又可以用來製造多種染料、塑料及藥劑。

在工業上，硝酸的用途非常廣泛，因而需求量也很大。工業上所用的硝酸多從氨製取。利用氨來製取硝酸的方法，一般叫做「接觸」或者「催化」氧化法。

它的反應化學原理是：首先利用氨氣和氧氣接觸，通過催化劑的作用，引起化學反應，從而生成一氧化氮和水（蒸汽），然後再利用所生成的一氧化氮（ $\text{NO}$ ），進一步和氧氣（ $\text{O}_2$ ）接觸，使氧化化合生成二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）；最後，再讓二氧化氮溶解於水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）中，便製得硝酸（ $\text{HNO}_3$ ）（見圖3）。

## (2) 尿素

尿素，實在是現代農業上比較理想的一種化學肥田料，它的含氮量很高。尿素的分子式是 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ，如果根據它的分子式來計算，則含氮量高達百分之四十六點，比起常用的高效肥田粉——硫酸銨來，還要多出百分之一百二十以上。可見尿素確是一種高質的化肥。

隨着有機化學和合成工業的日益發展，尿素又可以和甲醛起縮合反應，生成一種無色、透明的俗稱「電玉」的氨基塑料；同時，尿素又可以和糠醛起反應，生成多種人造合成纖維。這就是說，尿素在現代化學工業和合成人造物的工業領域中，已經開始擔當着日益重要的「角色」。

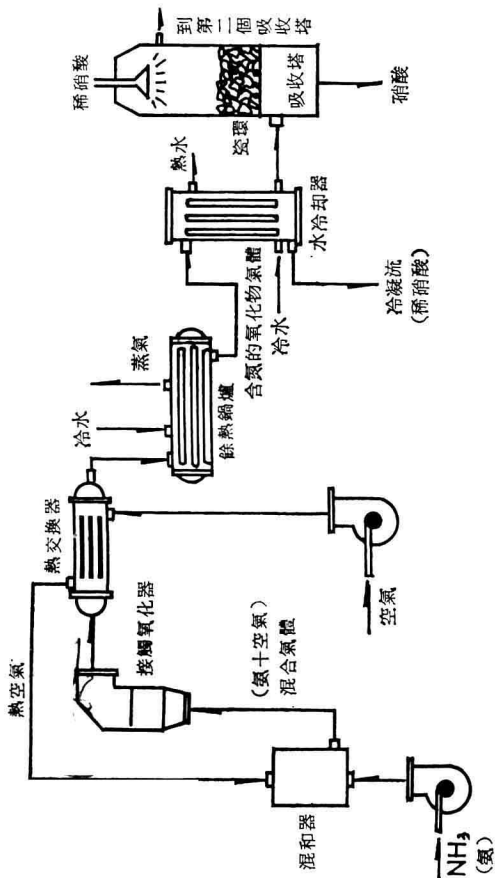


圖 3

那麼，人們是怎樣從氨氣中獲得尿素呢？

前面提到，我們在廁所裏所嗅到的特殊臭味，就是氨氣發生的。

原來，尿素在常溫之下，通過酸、鹼或者尿素酶等的催化作用，可以和水起化學反應，生成氨氣和二氧化碳氣體。同理，只要我們能夠控制環境條件，使氨氣和二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）氣體同時在二百個大氣壓力，攝氏一百八十至二百度的高溫環境之下，保持接觸，那麼，這兩種奇妙的氣體，又會重新合成尿素和水。因此，現代化學工業的領域中，製取尿素的原材料又是氨！

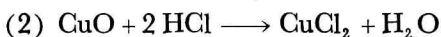
### (3) 銨鹽

氨，第三個重要的用途就是產製銨鹽。其中，諸如氯化銨、碳酸銨、硝酸銨、硫酸銨和氫氧化銨等，都是我們在工業、農業，甚至日常生活中所最常見到的銨鹽哩。

氯化銨，這種白色、晶體狀態的銨鹽，在工業上叫它做「硃砂」。

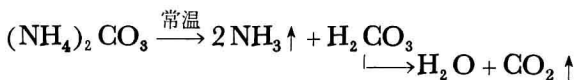
許多時候，硃砂受熱會分解，因而釋放出氯化氫和氨氣來。氯化氫溶解在水或水蒸汽裏，便成爲鹽酸。所以，利用硃砂可以洗滌焊接物的焊接口。我們知道，要焊製銅器，困難在於銅受熱之後，表面會產生一層很薄的氧化銅「外衣」。以至嚴重地妨礙到焊料的黏結性能。正因爲這樣，在焊接技術中，就很常用氯化銨（ $\text{NH}_4\text{Cl}$ ）來擦洗銅焊接物的

焊接口，只要將灼熱的銅焊接物浸到飽和的氯化銨溶液裏，一會兒，焊接物表面的氧化銅薄層，就可以被氯化銨溶液中的氯化氫（鹽酸）溶解掉，變得光亮和「清潔」了。這個反應的化學過程大致如下：



氯化銨還常被填充到乾電池裏，作為一種電解質以製造電池。

碳酸銨  $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ ，是一種十分有趣的銨鹽。它在受熱之後，會完全分解而變成氣體，甚至沒有半顆固體物質殘餘下來。因此，在平時使用這種有趣的銨鹽，也必須非常謹慎，把它保存在完全密封、緊閉的容器內。否則，碳酸銨就會「自行」分解，生成水、氨氣、二氧化碳氣體而「跑掉」。它的化學反應過程是：



在日常生活當中，由於碳酸銨具有這種完全分解成為揮發物質的特性，因此，很常被用來焙製糕點。把碳酸銨（發粉）混在麵團中搓勻，加熱麵團的時候，碳酸銨所分解出來的氣體，就會使麵團膨

脹，使麵團內部產生無數的孔隙，因而變得鬆軟異常。

硝酸銨 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )，那是另一種具有爆炸能力的銨鹽。前面提到硝酸鉀可以配製成黑火藥。現代礦山和工礦企業之中經常使用的一種叫做「阿芒拿」的開礦炸藥，就是含有硝酸銨這類銨鹽的。阿芒拿除含硝酸銨之外，還含有炭粉和鋁金屬，因此，爆炸時所產生的熱力和壓力也相當高。

再說到氮肥，這是植物必需的物質之一。植物在進行光合作用時候，如果没有足够的氮素來補充，就根本不可能製造蛋白質，以供維持和發展本身生命活動的需耗。那麼，氮肥是什麼東西呢？原來，就是硝酸銨、硫酸銨和氯化銨等等。它們都是銨鹽。此外，如硝酸鈉、硝酸鉀和硝酸鈣等，也都是硝酸鹽類的氮肥。至於尿素、人糞尿和廐肥等等，其中都含有氮，也可以充作氮肥來使用。

還有氫氧化銨 ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )，本來是一種鹼類，但也可以視作為「銨鹽」。它常被用來做暫時性硬水的軟化劑。由此可見，從氨氣而生成的各式各樣的銨鹽，都同樣有着許多重要的工、農業用途，確實具有一定的經濟價值。

利用氨氣直接和不同的酸類起反應，可以製得不同的銨鹽。它們的反應過程如下：







由此可見，氨、尿素和銨鹽，可以說是「同系」的化學反應產物。