

化学工业基本知識丛书

第十七种

碳酸氢铵制法介紹

化学工业出版社

这套化学工业基本知识丛书是我们为了贯彻党中央技术下乡的方针，向全国广大读者介绍化学工业基本知识而出版的一套小册子。目前已组织编写了20多种，这是其中第17种，以后还将继续组织编写。

碳酸氢铵是化学肥料中氮肥品种之一。化学工业部为贯彻四级办肥料厂、使肥料工业县县开花、星罗棋布，决定生产这一品种，并且在上海化工研究院建立了第一座示范工厂，化工设计院也编制了定型设计，化工部人事司也编出了工人、工长和干部的教材。生产碳酸氢铵有如下一些优点：建厂投资少；生产方法较简单；原料易于获得；设计制造较简单；肥效良好；价格低廉。

本书简要地介绍了这种肥料的生产方法、工艺流程和主要设备构造。对于选用碳酸氢铵的优点以及与氮肥其他品种的比较，也作了相应的介绍。

本书由上海研究院供稿，章振华执笔。

化学工业基本知识丛书

第十七种

碳酸氢铵制法介绍

上海化工研究院 编

化学工业出版社（北京安定门外和平北路）出版

北京市书刊出版业营业许可出字第099号

化学工业出版社印刷所

新华书店发行

开本：787×1092· $\frac{1}{32}$

印张：24

字数：1.1千字

定价：(9)0.07元

1958年8月第1版

1958年8月第1次印刷

印数：1—10,000

书号：15063·0267

前 言

肥料是供給植物营养的物料，是农作物所不可缺少的。收获农作物后，土壤中的养分被帶走，如果要繼續耕作，非施用肥料不可。俗語說得好：“肥是农家宝，沒肥長不好”，就是这个意思。我国亿万农民在几千年来的辛勤劳动中，創造性地运用了多种多样的肥料，如糞尿、綠肥、堆肥、廐肥等等。自从人們发现了用化学方法来制造肥料后，便开始有了化学肥料，因此肥料的使用便进入了新的阶段。

植物在生長过程中經過根部进入的矿物养分元素中，沒有哪个象“氮”素需用的多，这就說明了为什么在化学肥料的生产中，氮肥佔着相当大的比例。

氮肥的品种很多，就以前已經生产的来看有硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、硝酸銨 NH_4NO_3 、氯化銨 NH_4Cl 、尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 、氨水 NH_4OH 等品种。化学工业部为了满足农业生产大跃进中农民对氮肥的迫切需要，提出了氮肥下乡，使氮肥厂星罗棋布县县开花。

为了达到这个目的，化学工业部又研究了发展氮肥生产的一些基本原则：①投資少；②生产方法較簡單；③原料易于获得；④設備的制造較簡單；⑤肥料的使用效果（肥效）大，价格較低廉。据此，于是选定了生产碳酸氢銨 NH_4HCO_3 。今將选用碳酸氢銨的意图分別簡略介紹如下：

（一）投資少，佔地面积小，建厂时间短：根据最近完成的县級氮肥厂定型設計来看，一个县級氮肥厂的投資只有180万元左右（不包括水电站），如果以一个县的平均人数为20万計算，每人分攤还不到10元；但可年产合成氮2000吨（折合碳酸氢銨产量为8000吨），同时佔地面积很小，只須10亩左右，建厂時間也只需半年左右。

(二) 生产方法和制造设备都比较简单：碳酸氢铵肥料的制造与我国目前大中型氮肥厂生产的硫酸铵、硝酸铵来比较，它的生产过程要简单得多；同时，生产碳酸氢铵的肥料厂所需要的设备也较大、中型氮肥厂简单，所用材料只是铁和普通钢材。

(三) 原料易于获得：生产碳酸氢铵所用原料是焦炭或者白煤（无烟煤）。这些原料各地都有，供应不成问题；而生产硫酸铵时必须要用硫铁矿，生产氯化铵必须要用食盐，受到地区资源的限制。

(四) 肥效大，价格较低廉：这是碳酸氢铵的一个最特出的优点。碳酸氢铵的肥效一般说与含有同等数量氮素的硫酸铵相等，或甚至超过；而且它的养分丰富，对土壤无坏作用（下文中将作较详细的介绍）。由于生产过程简化了，碳酸氢铵的生产成本也就降低，如果拿肥料的含氮素量来比较，约低30%左右。

碳酸氢铵的主要性质和用途

碳酸氢铵 NH_4HCO_3 是一种白色的结晶体。它的分子量是79.10，真比重为1.57，假比重为0.75。碳酸氢铵的较特出性质之一，就是它的稳定性较差，这是因为：①碳酸氢铵结晶很易吸收空气中的水份而分解（即碳酸氢铵中的氨会逃逸到空气中去，显著地减轻其重量）；②在温度稍高时，亦易分解，一般在 $35\sim 60^\circ\text{C}$ 开始分解。不过碳酸氢铵在干燥和普通温度的条件下，是比较稳定的，当它被溶解于水后，也较稳定。表1所列碳酸氢铵在 30°C 左右的空气中的分解速度。

碳酸氢氨的分解速度

表 1

停放时间 (小时累计)	氨 酸 铵		
	重 量 (克)	丧失量 (克)	失 重 (%)
0	5	0	0

2	4.997	0.003	0.06
16	4.927	0.073	1.46
25	4.889	0.111	2.22
48	4.775	0.225	4.50
71	4.663	0.337	6.74

碳酸氢铵比较易溶解于水，它的溶解度又随着温度的升高而增大，表 2 所列为它在水中的溶解度。

碳酸氢铵在水中的溶解度							表 2
温度(°C)	0	3	12.5	17.1	22.8	30	40
溶解度 ($\frac{\text{碳酸氢铵, 克}}{\text{水, 100克}}$)	11.9	13	17.1	19.4	22.6	27	35

碳酸氢铵结晶在较干燥的条件下，不帶或微帶氨味（一种刺鼻的味道）。由于碳酸氢铵含有 17.5% 的氮和一定量的二氧化碳 CO_2 ，所以它是一种理想的氮肥，适宜于各种技术经济作物及各种不同性质的土壤。碳酸氢铵在用作肥料以前，主要是用在食品工业（依靠其中的二氧化碳成份作发酵剂）和医学与化学试剂方面。不过用在食品、医药等方面的碳酸氢铵成品质量要求较高，所含杂质应降低到极少的限度。因此，在这些方面的生产中，设备和管线所用的材料往往选择铝（Al）或不锈钢等高级金属材料。

碳酸氢铵的制造方法简述

如上所述，碳酸氢铵的化学分子式是 NH_4HCO_3 。它由氮(N)、氢(H)、碳(C)、氧(O)等元素所组成，其中氮、氢与碳、氧分别以氨 NH_3 ，和二氧化碳 CO_2 的状态存在。由此分析一下，我们就知道碳酸氢铵的结晶，实质上由这么三个东西构成：即①氨；②二氧化碳；③化合的水份，所以生产碳酸氢铵的过程也就是上述三者的化合过程，可用下面的化学反应式来表示：



氨 二氧化碳 水 碳酸氢铵

因此制造碳酸氢铵首先必须要制成氨，然后将氨与水作用生成氨水（亦可說氨溶解于水），使含有二氧化碳的气体通过氨水而生成碳酸氢铵。过去生产碳酸氢铵，一般是用純碱制造厂的副产物，或者是二氧化碳取自石灰窑气，氨水取自煉焦的副产物。但这些方法都不适宜于遍地开花来制造碳酸氢铵。目前我国选定生产碳酸氢铵肥料的方法是比较新颖合理的，簡單的講，二氧化碳气体是取自制造合成氨所用的原料气（通常称作半水煤气）。怎样来利用半水煤气呢？这里先要概略地介紹一下，半水煤气是一种含有氢 H_2 、氮 N_2 、一氧化碳 CO 、二氧化碳 CO_2 的气体，它是由焦炭、空气和蒸汽的等制成，其中的一氧化碳通过化学反应，絕大部份可变成二氧化碳。这样得到的气体我們叫它为变换气。变换气中的氢和氮是制成氨的原料，而二氧化碳就必须首先清除掉。在一般合成氨工厂中，是用水在較高的压力下清洗掉二氧化碳的。这样的生产工艺，非但需要較多的高压设备，消耗較大的动力（一般是电力），而且二氧化碳气体也白白地扔掉了。我們現在生产碳酸氢铵的方法就是采用氨水（即氨溶于水）来代替高压水去洗滌二氧化碳；这样不但同样可获得制造氨的原料气（在这种情况下叫它氨洗气），同时又制成了碳酸氢铵。所以，制造碳酸氢铵的过程實質上就是合成氨的过程，只不过清洗二氧化碳用的方法不同罢了。下面我們將分成几个小节来介紹全部制造过程。为了能說清楚些，我們按制造工厂的三个主要生产車間来介紹，即：①造气車間；②碳化車間；③合成車間。

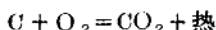
各車間物料連系示意图見附图 1

（一）造气車間

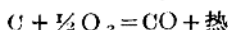
造气車間是氮肥厂的“火車头”，是制造合成氨原料气的地方，它分成三个工序（或者称作三个系統）：①半水煤气的制造；②半

水煤气的脱硫；③半水煤气中一氧化碳的变换。现在分别介绍如下：

(1) 半水煤气的制造(附图2)：制造半水煤气的原料有这么几种：焦炭(或白煤)、蒸汽和空气，生产工艺过程是这样的：原料焦(或白煤)经过筛分(过大的焦块须要人工敲碎)取得适当大小的块度，装入吊斗用电动葫芦吊送到煤气发生炉中。在此，首先用离心鼓风机把空气从炉底鼓入，使焦炭进行燃烧(温度要升高到 1200°C 左右)，燃烧的气体经除尘器、废热锅炉等设备后，由烟囱放空。这个操作阶段叫做“吹风”，它的主要作用是通过焦炭中碳素的燃烧，在炭层中蓄热。这时进行的主要反应如下：

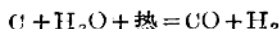


碳 氧 二氧化碳



碳 氧 一氧化碳

空气中剩下来的氮素，则留于燃烧气体中——亦叫吹风气。在吹风阶段以后，用低压的蒸汽间隔地从发生炉的炉底与炉顶吹入，使蒸汽与灼热的焦炭发生化学反应[主要是蒸汽(H_2O)的分解，放出氢气来]；这些反应的产生，必须依靠吸收原来蓄于炭层中的热量来进行。以化学反应式表示如下：



碳 蒸汽 一氧化碳 氢



碳 蒸汽 二氧化碳 氢

以上反应所产生的气体叫做“水煤气”，整个操作阶段叫做“制气”。从发生炉出来的水煤气经过除尘器、废热锅炉、洗气箱、冷却塔(或叫洗涤塔)等设备冷却至 35°C 后送往脱硫工段；水煤气从炉底出来后可直接送洗气箱。为了配制成半水煤气，在“制气”阶段后，再用空气从炉底鼓入，进行所谓“吹净”并将吹净所得气体与水

煤气混合起来。

(2) 半水煤气的脱硫：上面所述的半水煤气中往往含有一定量的硫化物，通常是硫化氢 H_2S ，这种硫化物对以后的操作不利，因此，必须设法除去。

本文所介绍的工厂采用脱硫的方法是使硫化物溶解在碳酸钠 Na_2CO_3 溶液中，脱硫操作是在叫做脱硫塔的设备中进行。吸收了硫化物的溶液，可以鼓入空气使放出含硫的气体，然后重复使用（亦叫再生）。半水煤气进入本工段前，先至变换工段加压，然后使之通过脱硫塔，脱除硫化物后的气体，再被引至变换工段的其他设备。

(3) 半水煤气的变换(附图3)：半水煤气自储气柜引来，经过罗茨式鼓风机加压送经脱硫工段后，再进入饱和塔底部；在塔内气体上昇与逆流而下的热水相遇，气体被蒸汽所饱和后，再添加适当的低压蒸汽使通过三个结构相同的热交换器，混合气体的温度被加热至 $350^{\circ}C$ 左右进入变换炉第一段催化剂层〔所谓催化剂即指一种物质，它本身虽参加反应，能促进化学反应的进行，而在反应后本身性质和成份并不改变。在变换炉中用的催化剂是一种含铁-镁(Fe-Mg)或铁-铬(Fe-Cr)的固体颗粒〕；通过第一段催化剂层后的气体，回到热交换器中，除去部份反应热后，再通过第二段催化剂层继续进行变换反应。经过二段反应后的变换气体，顺序经过二个热交换器，再进入热水塔、冷却塔等设备中，冷却至 $35^{\circ}C$ 以下，送往碳化车间。在变换炉中，半水煤气中的一氧化碳与蒸汽在有催化剂的条件下反应，蒸汽中的氢就将一氧化碳氧化使成二氧化碳，而蒸汽中的氢则被还原放出。化学反应的过程是这样的：



一氧化碳 蒸汽 二氧化碳 氢

造气车间的主要设备包括：①水煤气发生炉；②变换炉；③废热

鍋爐；④脫硫塔；⑤洗滌塔；⑥飽和一熱水塔和⑦儲氣櫃等。今將其中代表性的設備水煤氣發生爐與變換爐的結構示意用附圖 4 和附圖 5 表示。

(二) 碳化車間

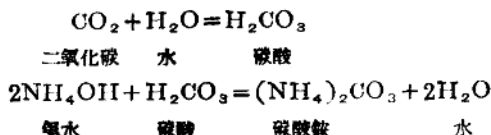
這個車間的任务，是進行工廠最終成品碳酸氫銨的製造並進行合成氨原料氣的清淨；本車間的生產過程也可稱作“半水煤氣的氨洗”。碳化車間對整個工廠來講，是一個“心臟”部門，它不但要製出合乎規格的成品碳酸氫銨，更重要的，它還必須供應製造氨所需的原料氣——氨洗氣。因此，本車間的操作好壞，關係到整個工廠的運轉。碳化車間分成三個工序，計有①濃氨水的製備；②碳酸氫銨和氨洗氣的製備；③成品的乾燥與包裝。現在分別介紹於后（附圖 6）。

(1) 濃氨水的製備：从前文中我們已知道：製造碳酸氫銨，首先要製備濃氨水（即氨溶解於水，使達到相當的濃度）。氨水的製備很簡單而且容易，因為水吸收氨的速度很快。不過單用水來吸收氨制得的氨水，它的有效成份——氨很易在化成氨蒸氣的狀態下逃逸，所以，在操作中，我們改用了母液和稀氨水代替水來吸收氨氣。這裡的氨氣是合成車間的成品液體氨在用作氨冷卻時變成的氣體；母液是在本車間第二個工序中過濾碳酸氫銨結晶后所得的漿液，該漿液中含有相當濃度的氨和二氧化碳。濃氨水的製備是在一種設有泡罩和菌帽的吸收裝置中進行的，我們叫它為吸氨塔（附圖 7）。氨氣先自塔的底部進入，鼓泡通過裝有菌帽的吸收段（菌帽是一種特殊的裝置，詳見碳化塔部份說明），在反應中發生的熱量由菌帽吸收段中的冷卻箱用循環冷卻水帶走（冷卻箱說明亦詳見碳化塔部份說明），吸收溶液用泵循環抽送，達到規定的濃度（12~13克當量）后送入氨水儲槽；在菌帽段未被吸收的微量氨氣再上昇使在泡罩段內繼續進行吸收；吸收塔出來的尾氣，則通往氨回收塔去（碳酸氫

銨和氨洗气制备工序的设备)。在吸氨塔内进行的化学反应主要是

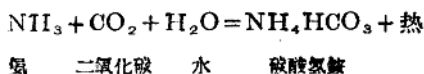
氨溶解于水生成氨水，
$$\underset{\text{氨}}{\text{NH}_3} + \underset{\text{水}}{\text{H}_2\text{O}} = \underset{\text{氨水}}{\text{NH}_4\text{OH}} + \text{热}$$
。但是如上文

指出用来吸收氨气的水是含有二氧化碳(CO₂)的母液或稀氨水，因此这里的二氧化碳在溶液中就会进行下列的化学反应，而有碳酸銨溶液生成：

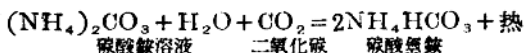


所以說，制得的濃氨水是含有相当数量二氧化碳（往往在化合成碳酸銨的状态下，而沒有结晶产生）的氨水溶液，这种溶液就不易使吸收的氨气逃逸。試驗和实际生产証明：以含氨量相等的氨水来比較，吸收了二氧化碳的溶液，它的氨蒸气压要小3倍左右。

(2) 碳酸氢銨和氨洗气的制备：变换气自造气車間送来，先用一种活塞往复式的气体压缩机把变换气压至2~2.5气压，然后进入本工序、本車間的主要设备碳化塔中。所謂碳化塔，顧名思义即是进行“碳化”的设备，制成碳酸氢銨主要就是依靠碳化反应。按照化学意义来講，碳化的过程实質上就是氨水吸收变换气中二氧化碳的过程，亦即是变换气被氨洗的过程，碳化的全部反应可用下式表示：



式中氨与水是呈氨水NH₄OH状态，可是在上面已談到，現采用的氨水中已含有成碳酸銨的二氧化碳，因此，实質上碳酸氢銨的生成是由于碳酸銨溶液繼續与二氧化碳反应，用化学方程式表示如下：



变换气在碳化塔中生成碳酸氢铵的反应，既然伴随着热量的产生，同时我们又要求获取它的结晶，因此要求在碳化塔中进行充分的冷却。用于本工序操作的碳化塔与一般纯碱制造工厂中的相似，是一个具有很多塔节的装置，每一个塔节内装有菌帽；菌帽是一种呈圆弧状的拱形板，在它的四周具有很多锯齿形的缺口。气体即自这些缺口鼓泡上昇，与塔中的氨水和碳酸铵溶液接触，而进行化学反应。在碳化塔的下半部塔节，是各项反应主要进行和碳酸氢铵结晶生成的地方。因此，为了迅速移去化学反应中的生成热和达到很快结晶的目的，在碳化塔的下半部塔节中安设了冷却箱。碳化塔的简单结构如图8所示。所谓冷却箱只是一束横排的管子用隔板分作二组，管子中即通以冷却水。在我们的生产工艺方法中，碳化塔采用两座，其中一座塔主要用于进行“碳化”反应和获得碳酸氢铵的结晶，而另一座塔则作为清洗用。所谓“清洗”是指一个碳化塔进行了一个时期的运转后，塔内有结晶堵塞，必须予以清理。在清洗时主要利用浓氨水来溶解结晶。所以经常操作时，变换气先进入操作的碳化塔，然后再通过清洗的碳化塔；从清洗的碳化塔出来的气体一般说所含的二氧化碳已降低很多，但气体中又带出了相当比例的氨。为了进一步降低二氧化碳的含量和回收带出的氨，使工厂的用氨获得平衡；因此，出塔的气体又经过一个称作氨回收塔的设备。氨回收塔具有和吸氨塔相同的结构，软水（一种经过处理较纯的水）从塔顶喷下将气体中大部份的氨吸收掉，生成稀氨水，稀氨水又进一步将二氧化碳吸收。吸收所得的溶液被送往吸氨塔制造浓氨水。为了加强氨回收塔的吸收效率，往往采用加强冷却气体或液体的办法；同时，出塔气体还必须再用清水洗涤剩下的氨。我们从碳化塔底部取出结晶液（溶液含的结晶以容积计约40~60%）后，送往离心分离机将浓液与结晶分开，得到含水约2~3%的白色结晶。离心分离

机是一种具有旋轉的過濾网的机器。通过氨回收塔，并經清水洗滌后的气体——氨洗气含有少于1%的二氧化碳和微量的氨，这种气体就被送往合成車間去。

本工序操作的重要关键主要有这么几点：

① 碳化塔应維持能連續地取出結晶液，以免塔被堵塞；同时，要求結晶顆粒較大，便于過濾。

② 出碳化塔的气体中的含氨量，要求儘可能降低，以便氨回收塔能正常運轉和使气体中逃逸氨減少至最低限度。

为了使这个工序的操作正常进行，必須定时检查各項气体成份，各处的溫度、压力等情况。

(3) 成品的干燥与包裝：已如上面所說：碳酸氢铵是一种容易分解的物質。为使儲存損失量极少，就必須將成品加以充份干燥，并把它包裝在密閉性較高的容器中。目前县級氮肥厂用的干燥方法如下：从离心分离机出来的碳酸氢铵湿料由一运送机——螺旋输送机推送至气流式干燥器中。气流式干燥器是直立式的豎管，經過加热的空气，由鼓风机送入干燥器的底部，气流將湿料帶着上昇；由于热空气与湿料的充份接触，湿料所含水份，即被蒸发出来随气体帶出。从干燥器出来的气流連續通过两个旋风式分离器，使气流中帶出的干燥結晶沉降下来。用这个方法获得的干燥成品中，約含水份0.2~0.3%左右。由于氨气在干燥过程中不可避免地会被帶出来，因此，由旋风分离器出来的尾气还必須用水洗滌以收回一部份氨气。

从旋风式分离器卸出的干燥成品，先放置在成品仓库內，然后予以包裝。目前用于包裝的容器可以分为这么几种：①瀝青紙袋——即数层涂有瀝青的牛皮紙紙袋，每袋包裝25~40公斤；②塑料袋——聚聚乙烯塑料制成的薄膜袋，可包裝50公斤；③木桶或竹簍——用木条或竹片併制或編制而成。桶的內壁粘貼着柏油紙，可包裝50公斤。以上三种包裝方法中，以塑料袋的效果最好，紙袋最差。根据試

驗：用塑料袋包裝所造成的損失祇及紙袋包裝的 $\frac{1}{10}$ 到 $\frac{1}{5}$ 。不過，為了能就地取用包裝材料，儘量降低包裝費用以減少制肥成本，各地區選用包裝容器時，可因地制宜，一般以符合下列兩個基本要求即可。

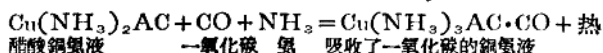
- ① 容器密封性好，不易受潮。
- ② 容器制作成本低廉，回收方便。

本工序的主要設備包括(1)氣流式干燥器；(2)旋風分离器，如圖9圖10所示。

(三) 合成車間 (附圖11)：

這個車間分成兩個工段即①合成原料氣的壓縮與精煉；②氨的合成。現分別簡述如下：

(1) 合成原料氣的壓縮與精煉：從碳化車間送來含有1%以下二氧化碳和微量氨的氨洗氣，先由活塞往復式氣體壓縮機進行壓縮至100公斤/厘米²（該壓縮機的气缸共分四級，從第三級气缸出來的氣體大約被壓縮至100公斤/厘米²的壓力）後，進入銅氨洗滌塔。在塔內主要進行氣體中一氧化碳的吸收。銅氨液洗滌塔是有小鐵環作填充物的吸收容器（填充物是一種用來增加吸收或冷卻操作所需要的表面積的物料，工業上常用的填充物有很多種，如木柵板、磁環、鐵環、焦炭等。在造氣車間半水煤氣製造工段中所用的填充物就是木柵板；變換工段中的冷卻塔則用磁環），用來吸收的銅氨液自頂上噴下與氣體逆流相遇。從銅氨液洗滌塔出來的氣體中仍含有少量的二氧化碳，因此我們又使洗滌過的氣體再通過一具有相同結構而高度較低的鹼液洗滌塔。在這個塔內，氣體中的二氧化碳即被吸收於淡鹼液中。輸送銅氨液和鹼液的機械設備，是一種三聯活柱泵（也是活塞式的）。其經常操作壓力為95~100公斤/厘米²。銅氨液吸收一氧化碳的化學反應如下式所示：



銅氨液是由醋酸HAC、軟水、氨、銅配制而成。它的化學

結構式 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{AC}$ 表明該溶液是一个复合化合物。由上式
 中可以看出：銅氨液的操作溫度必須要低一些以免反应热积聚（一
 般采用 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 的銅氨液）；同时，由于銅氨液必須循环使用，
 因此必須將吸收了一氧化碳的銅氨液中的一氧化碳予以脫除，这
 个操作叫再生。再生后的銅氨液 还必须进一步冷却。再生的操
 作，是在一个叫做再生塔的设备中进行。这个设备由回流器、器
 和还原器三个部份組成。回流器在頂部，其下是再生器，再下，則
 是还原器。溶液自銅氨液洗滌塔塔底，經過減压至 $4\sim 5$ 公斤/厘米²
 的压力后，先进入回流器中，初步被上升气体加热后流入还原器
 中。在还原器內，溶液被間接蒸汽加热后，即上升至再生器內，釋
 放出溶解的一氧化碳、二氧化碳、氨等气体。此气体再經回流器逸
 出，被送往洗氨塔回收氨；剩余的一氧化碳气体等，則可送往造气
 車間变换工段。再生后的銅氨液自再生器流出，連續通过水冷器和
 氨冷器，使它被冷却到規定的溫度后，由高压銅液泵抽送返回銅氨
 液洗滌塔中連續使用（氨冷却器是指利用液体氨的蒸发来吸收被冷
 却物的热量的设备）。

从碱液洗滌塔出来的气体所含的一氧化碳和二氧化碳已降低至
 0.002% 以下，这样的气体已能符合制造合成氨的要求，我們叫它
 为精煉气或精制气。精制气由压縮机的第四級气缸吸入，加压至最
 終的压力 300 公斤/厘米²，然后經過油分离即被送往合成塔进行氨
 NH_3 的合成。所謂氨的合成就是指精制气的氢、氮 ($\text{H}_2 + \text{N}_2$) 組份
 在高压、高溫并且有催化剂（見造气車間变换工段中的解釋）
 存在的条件下，进行化学反应生成氨。它的反应式是这样的：

$$3\text{H}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NH}_3 + \text{热}$$

这里采用的反应溫度为 $450\sim 550^\circ\text{C}$ 。催化剂是含钾和鋁氧化物
 ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) 的氧化鉄。氨的合成反应受着这么几个因素的影响：
 ①通过合成塔的气体量；②合成反应的溫度（由上式看出反应
 是放热的，过高的溫度会影响反应的进行）；③催化剂的活性（即

催化剂对反应促进能力的大小)。在一般操作条件下, 氨的生成率不会超过 20%, 因此未经化学反应的气体必须循环使用。循环过程是这样的。从合成塔出来的气体先通过一水冷却器, 冷却到 50°C 左右。这时气体中的一部份氨即被冷凝成液体, 随即在分离器中分出。气体继续在氨冷凝器中进行冷却, 于是合成的氨绝大部分被冷凝成液体氨, 从气体中分离出来, 而高压混合气体则仍回至合成塔; 气体通往氨冷凝器和返回至合成塔是依靠高压循环泵的作用。从气体压缩机第四级出来的高压混合气在油分离器处与来自高压循环泵的高压混合气体汇合。制造氨的合成塔是一种碳钢或是多层铜板制成的高压容器, 合成塔由热交换器、催化剂筐、电加热器等组成。进入合成塔的原料气在热交换器内被反应后的气体预热后, 进入催化剂筐内进行氨的合成反应。电加热器一般祇是在合成塔开始运转的初期使用, 待合成反应正常后, 因为反应能借放出的热来维持, 所以电加热器可以停用。

本车间内制出的氨气约有一大半被送往碳化车间作为制造浓氨水的原料; 其余的氨气则先用氨气压缩机 (通常叫它为冰机或冷冻机) 压缩后, 再用循环冷却水使它冷凝成液体, 再送往氨冷凝器使用。本车间的主要设备有: 铜氨液洗涤塔、再生塔、合成塔等。铜氨液洗涤塔和合成塔的结构示意如图 12、13 所示。

碳酸氢铵的经济效果和意义

碳酸氢铵 NH_4HCO_3 是一种肥效高、价格低廉的化学肥料。它的肥效良好, 不祇由于它含有较高数量的氮素, 而且还由于它含有为植物根部吸收的有益养份——二氧化碳。它与硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 比较, 具有很大的优点。硫酸铵肥料所含的硫酸根 $(\text{SO}_4^{=})$ 具有酸性作用, 这样有时不但不能起到肥田的效果, 反而使土壤酸化变硬, 所以必须加石灰中和, 而且由于硫酸根分解而产生的硫化氢 H_2S 还会使水稻根腐烂。其他氮肥也是不及碳酸氢

銨的。例如，硝酸銨 NH_4NO_3 肥效虽高，但它所含的硝酸根 (NO_3) 对水稻田也有害处；施用氨水亦会由于它的碱性而容易灼伤植物；氯化銨 NH_4Cl 对烟草、果类作物有副作用。当然，碳酸氢銨不是沒有缺点的，它容易分解的特性就要求在保存和施肥时严格注意。对于碳酸氢銨的肥效試驗过去做的不多，因为它是一种新兴的化学肥料，不过根据已知的数据，証明它的肥效以含同量氮素来言比硫酸銨等肥料为高。如1952年中国农业科学院的試驗結果是：

肥料种类	每亩稻谷产量斤数
不追用氮肥	542
碳酸氢銨 (每亩施用氮素5斤)	739
20%氨水 (同上)	621
硫酸銨 (同上)	704

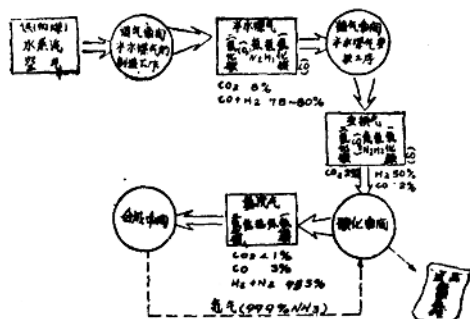
碳酸氢銨一般用作追肥，它的施用方法并不特別，一般与硫酸銨的施用法相同；不过值得提出注意的是：

(1) 碳酸氢銨的包裝品应存放在乾燥、阴凉的地方，同时包裝既經濟打开，就要迅速用掉。否則，会造成逃逸損失。

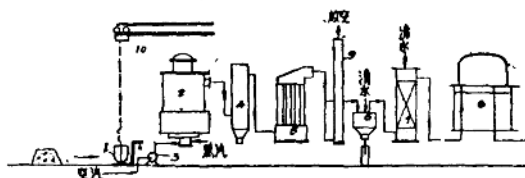
(2) 碳酸氢銨肥料可以撒施或穴施，但是必須挖土較深并予复土，以防散失。

碳酸氢銨輕，易溶解于水，因此亦可將水来稀釋它，然后作为液体肥料来澆施。对不同的技术經濟作物，碳酸氢銨的施用量，一般每亩在20斤到50斤的範圍內。

根据以上的介紹，我們可以很清楚地知道：建設碳酸氢銨厂既是投資少而且建設快，收效亦快。据約略的估計，一个年产8千吨碳酸氢銨工厂的投資，在不到二年的時間內可以全部收回。我国現在已在全国範圍內筹建这种县級氮肥厂，相信在党提出的总路綫的光輝照耀下，我国的化学肥料工业必將大大地跃进。

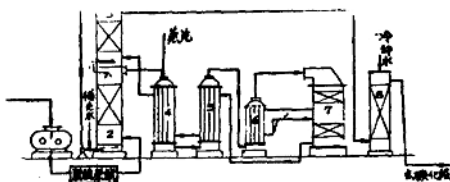


附图1 各中间物料连系示意图



附图2 半水煤气的制造工艺流程图

- 1.吊斗；2.水煤气发生炉（自动卸灰旋转旋窑）；3.离心鼓风机；
4.除尘器；5.废热锅炉（大管式）；6.洗气箱；7.冷却塔（有填充物）；8.半水煤气储柜；9.放空烟囱；10.电动葫芦。



附图3 一氧化碳的变换工艺流程图

- 1.罗茨鼓风机；2.饱和塔（有填充物）；3.热水塔（有填充物）；
4和6 换热器（列管式）；7.变换炉（二段催化剂）；8.冷却塔（有填充物）。