

县級氮肥厂工人、工長教材

(試 用 本)

合成氨法制造碳酸氫銨(三)

碳 化

化学工业部人事司 編

化学工業出版社

1.6

五、六十年代中国工业建设

（1955—1959）

中国工业建设成就（一）

工业建设

中国工业建设成就（二）

中国工业建设成就（三）

县級氮肥厂工人、工長教材
(試用本)

合成氨法制造碳酸氢銨

第三部分

碳 化

化学工業部人事司編

化学工業出版社

本書系縣級氮肥廠工人工長教材(試用本)“合成氨法製造碳酸氫銨”的第三部分。本部分中闡述了碳化的生產過程、碳化各系統的設備構造及其操作,安全技術與生產控制以及碳酸氫銨的包裝貯存和使用等。其中以操作介紹較為詳盡。

本書除供縣級氮肥廠培訓工人、工長時用作教材外,還可以作為縣級氮肥廠的管理幹部、車間技術人員及中等專業技術學校師生的參考讀物。

本書主要根據化學工業部氮肥設計院縣級氮肥廠定型設計(第二版)、並參照了上海化工研究院縣級氮肥示范工廠和大連化工廠的操作經驗而編寫的。因此,還可以作為新建縣級氮肥廠編制崗位操作法的參考。

本書由化學工業部人事司組織編寫,劉維成同志執筆,氮肥設計院孫為敏同志校訂。

縣級氮肥廠工人、工長教材

(試用本)

合成氨法製造碳酸氫銨

(第三部分)

碳 化

化學工業部人事司 編

化學工業出版社(北京安定門外和平北路)出版

北京市書刊出版業營業登記證出字第092號

北京市印刷一廠印刷 新華書店發行

開本: 787×1092·1/16

1958年7月第1版

印張: 1冊 插頁: 10

1958年7月第1次印刷

字數: 41 千字

印數: 1—50,000

定址: (9)0 30元

書號: 15063; 0233

目 录

第一章 緒論	4
第二章 碳化工段生产过程的概述	6
第一节: 生产过程的原理	6
一、濃氨水的制备	6
二、碳酸氢铵結晶的生成	7
第二节: 生产过程簡述	7
第三章 氨吸收塔系統	9
第一节: 緒言	9
第二节: 濃氨水的制备原理	6
一、氨的物理化学性質	9
二、濃氨水的制备原理	11
第三节: 氨吸收塔系統流程与設備	13
第四节: 氨吸收塔系統的开工与停工	14
一、檢查工作	15
二、开工步驟	15
三、停工步驟	16
第五节: 操作管理	16
一、正常操作	16
二、正常的操作技术条件	18
三、故障处理	19
第四章 碳化塔系統	19
第一节: 緒言	19
第二节: 氨水碳酸化的原理	20
一、二氧化碳与氨的中和反应	20
二、碳酸鈉溶液連續碳酸化反应	20
第三节: 碳化塔系統的流程与設備	22
第四节: 碳化塔系統的开工与停工	24
一、檢查工作	24
二、开工步驟	24
三、停工步驟	25

四、开、停工注意事項	25
五、清(洗)塔的步骤	26
第五节: 操作管理	26
一、正常操作	26
二、正常操作的技术条件	28
三、故障处理	29
第五章 离心机分离系统	30
第一节: 緒言	30
第二节: 离心分离和干燥的原理	31
第三节: 离心分离和干燥系统流程与设备	32
第四节: 离心分离和干燥系统开工与停工	32
一、检查工作	32
二、开工步骤	33
三、停工步骤	33
四、开、停工注意事項	33
第五节: 操作管理	34
一、正常操作	34
二、正常操作的技术条件	35
三、故障处理	35
第六章 氨回收系统	36
第一节: 緒言	36
第二节: 氨回收系统的反应原理	36
第三节: 氨回收系统流程与设备	37
第四节: 氨回收系统开工与停工	38
一、检查工作	39
二、开工步骤	39
三、停工步骤	40
四、开、停工注意事項	40
第五节: 操作管理	40
一、正常操作	40
二、正常操作的技术条件	42
三、故障处理	42
第七章 安全技术与生产控制	43

第一节: 緒言	43
第二节: 安全技术与劳动保护	44
一、本工段有关爆炸性气体	44
二、本工段有关气体的毒害及其预防措施	46
三、设备的安全	47
四、生产操作使用上的安全	47
第三节: 生产控制	48
一、分析控制	48
二、仪表控制	51
第八章 碳酸氢铵成品的包装、貯存和使用	54
第一节: 緒言	54
第二节: 碳酸氢铵的包装、貯存和使用	56
复 習 題	57

目 录

第一章 緒論	4
第二章 碳化工段生产过程的概述	6
第一节: 生产过程的原理	6
一、濃氨水的制备	6
二、碳酸氫銨結晶的生成	7
第二节: 生产过程簡述	7
第三章 氨吸收塔系統	9
第一节: 緒言	9
第二节: 濃氨水的制备原理	6
一、氨的物理化学性質	9
二、濃氨水的制备原理	11
第三节: 氨吸收塔系統流程与設備	13
第四节: 氨吸收塔系統的开工与停工	14
一、檢查工作	15
二、开工步驟	15
三、停工步驟	16
第五节: 操作管理	16
一、正常操作	16
二、正常的操作技术条件	18
三、故障处理	19
第四章 碳化塔系統	19
第一节: 緒言	19
第二节: 氨水碳酸化的原理	20
一、二氧化碳与氨的中和反应	20
二、碳酸鈣溶液繼續碳酸化反应	20
第三节: 碳化塔系統的流程与設備	22
第四节: 碳化塔系統的开工与停工	24
一、檢查工作	24
二、开工步驟	24
三、停工步驟	25

四、开、停工注意事项	25
五、清(洗)塔的步骤	26
第五节: 操作管理	26
一、正常操作	26
二、正常操作的技术条件	28
三、故障处理	29
第五章 离心机分离系统	30
第一节: 绪言	30
第二节: 离心分离和干燥的原理	31
第三节: 离心分离和干燥系统流程与设备	32
第四节: 离心分离和干燥系统开工与停工	32
一、检查工作	32
二、开工步骤	33
三、停工步骤	33
四、开、停工注意事项	33
第五节: 操作管理	34
一、正常操作	34
二、正常操作的技术条件	35
三、故障处理	35
第六章 氨回收系统	36
第一节: 绪言	36
第二节: 氨回收系统的反应原理	36
第三节: 氨回收系统流程与设备	37
第四节: 氨回收系统开工与停工	38
一、检查工作	39
二、开工步骤	39
三、停工步骤	40
四、开、停工注意事项	40
第五节: 操作管理	40
一、正常操作	40
二、正常操作的技术条件	42
三、故障处理	42
第七章 安全技术与生产控制	43

第一节: 緒言	43
第二节: 安全技术与劳动保护	44
一、本工段有关爆炸性气体	44
二、本工段有关气体的毒害及其预防措施	46
三、设备的安全	47
四、生产操作使用上的安全	47
第三节: 生产控制	48
一、分析控制	48
二、仪表控制	51
第八章 碳酸氢铵成品的包装、貯存和使用	54
第一节: 緒言	54
第二节: 碳酸氢铵的包装、貯存和使用	56
复 習 題	57

第一章 緒 論

碳化工段的主要任务是：把变换气体中的二氧化碳清洗除去，同时又在本工段生产出工厂的最终成品碳酸氢铵。碳化工段又是制造碳酸氢铵工厂的心脏工段。因为它的操作，不但影响气体清净的程度、合成氨部分的操作；并且直接影响到成品碳酸氢铵的质量和量。

碳化工段与各个工段之间的关系是很密切的。造气工段所供给的二氧化碳的浓度和温度的波动，将会直接影响碳化系统的操作，特别是对于碳酸氢铵的结晶质量和产量的影响较大。碳化系统操作不良时，氨回收系统排出的原料气成份中氨气、二氧化碳就会增高，将直接影响气体的精炼和引起压缩机的腐蚀损坏；同时，对合成氨的生产也有影响。因此，碳化工段必须与各有关工段紧密的联系配合。

碳酸氢铵的含氮量 17.5%，含碳酸氢铵 99%。兹将碳酸氢铵的肥效与其他肥料进行比较如下：

肥料种类	每亩稻谷产量(斤)	肥料种类	每亩稻谷产量(斤)
不追用氮肥	542	20%氨水	621
NH_4HCO_3 (每亩施用氮素 5 斤)	739	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (每亩施用氮素 5 斤)	704

碳酸氢铵的一般性质：碳酸氢铵的分子式 NH_4HCO_3 又名重碳酸铵，是一种单斜体白色结晶，分子量为 79.10，比重为 1.57。

碳酸氢铵是由氨、二氧化碳与水三种原料制成的。它是一种弱酸性碳酸盐；其 pH 值为 6.25 (pH 值是表示酸碱的程度，pH 为 7 时表示中性，pH 值大于 7 时表示碱性，pH 值小于 7

时表示酸性)。其溶解度随着温度的升高而增大，现将碳酸氢铵溶解度列于表 1。

碳酸氢铵的溶解度

表 1

温 度 (°C)	0	3	8.4	12.5	17.1	20.9	22.8	26.2	30	40
溶解度 (克/100克水)	11.9	13.0	15.2	17.1	19.4	21.6	22.6	24.7	27	35

碳酸氢铵的蒸汽压力也随着温度的升高而增大，大约温度每升高 10°C 蒸汽压力温度即增大 3 倍。其蒸汽压力小于 1 毫米水银柱时很稳定，如果大于 1 毫米水银柱时则开始分解，兹将在各种温度下的蒸汽压力列于表 2。

蒸汽压力与温度的关系

表 2

温 度 (°C)	压力(毫米水银柱)	温 度 (°C)	压力(毫米水银柱)
8.13	1.00	40.0	42.71
10.0	1.28	45.0	73.20
15.0	2.42	50.0	121.47
20.0	4.48	55.0	148.83
25.0	8.14	60.0	320.25
30.0	14.46	65.0	508.73
35.0	25.26	69.0	760.00

碳酸氢铵在 $35\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时开始分解，在常温下分解并不大， 20°C 以下基本上是稳定的。其特性是加热易于分解，如有水份存在时分解尤为剧烈，在潮湿的地方或过久地暴露于空气中，也同样能够吸收水份而分解；但碳酸氢铵在液体状态的稳定性比固体状态要好得多。所以碳酸氢铵的贮存，要求干燥得较好，并且密闭包装，使之与潮湿的空气隔绝。现将其分

解揮發速度列于表3(溫度在30~31°C 相對濕度18.8~20.7%)。

以含有2.44%水份的和已經干燥了的碳酸氫銨樣品，在同一蒸汽壓力和溫度下作揮發速度試驗，發現含有水份的比干燥的樣品的揮發速度大5~8倍。由此可見，碳酸氫銨含水量越多愈不穩定。

碳酸氫銨的分解揮發速度 表 3

停放時間 (小時累計)	碳酸氫銨		
	重量(克)	損失量(克)	失重百分率(%)
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

第二章 碳化工段生產過程的概述

第一節 生產過程的原理

碳化工段的化學反應，是在反應器內(碳化塔、氨吸收塔等)採用具有良好的接觸面積的泡罩和菌帽的條件下，利用氣、液逆向吸收原理進行的氨水吸收二氧化碳過程，反應最終結果是生成碳酸氫銨，其主要的反應可分為兩個部分：

一、濃氨水的製備

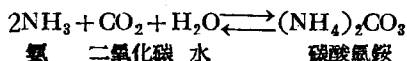
這個過程的反應，在一個叫做氨吸收塔內進行。用軟水(經過一種特制的化學藥品處理，除去鈣鹽、鎂鹽、鐵質等雜質的水)循環吸收氨氣製成20%以上的濃氨水。為了保證濃氨水的製備效率良好和降低氨吸收塔排氣含氨的損失，並在氨吸收塔中加入碳酸氫銨漿液分離後的母液(母液內含有 CO_2)。

由于加入的母液中有二氧化碳存在，因此可以降低氨溶液上面的蒸汽压力，可以使氨的排空损失大大降低，又可以制成合乎要求的 20% 以上的浓氨水。

二、碳酸氢铵结晶的生成

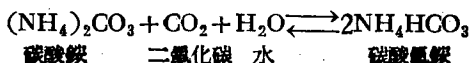
这个过程反应基本上可以分成两个过程：即二氧化碳与氨的中和过程；碳酸铵溶液的继续碳酸化过程，最后在碳化塔内生成碳酸氢铵结晶，完成最终的化学反应。

(一) 二氧化碳与氨中和过程的化学反应：



由于氨吸收塔加入母液循环，因此在碳化塔内的全部反应过程，所需要的时间大大缩短。

(二) 碳酸铵溶液继续碳酸化过程的反应：



上述反应需要很好地控制温度，使反应系统的二氧化碳与氨水能充分反应，以便生成易于离心分离的碳酸氢铵浆液。

第二节 生产过程简述

自变换气柜来的气体进入本工段，经二氧化碳压缩机压缩到 2~3 大气压（表压），再经二氧化碳立式冷却器冷却到 40°C（如果在变换工段采用了加压变换的方法，就可以不必在本工段进行压缩和冷却），进入碳化塔底部，在塔内与氨吸收塔送来的含有二氧化碳的浓氨水反应，生成碳酸铵溶液；碳酸铵溶液再吸收二氧化碳，即生成碳酸氢铵结晶悬浮液。为了消除反应所生成的热量，在碳化塔内部下段设有冷却水箱，利用冷却水进行冷却。碳化塔顶部的温度约为 35~45°C，中部温度 45~55°C，底部温度维持在 30~35°C。

將塔底取出液中約含有 40% 結晶的懸浮液，送入离心分离机，經离心分离后得到含 2~4% 水份的碳酸氢銨，然后用盤式加料器、螺旋运输机送到热風管，用預热到 70~80°C 的热空气进行干燥。

干燥后的物料中尚含有碳酸氢銨細粉，因此將其送入两个串联的旋風分离器把成品分出，隨即送入成品貯罐去过称包裝。

由分离器排出的空气中，尚含有少量的碳酸氢銨細粉、少量的二氧化碳和氨气，將此种气体送入洗滌塔，从塔頂加入清水进行洗滌回收，洗滌后的气体放空，洗滌液送入稀氨水貯槽。

自碳化塔出来的气体，仍然含有 1% 左右的二氧化碳和較多量的氨气(約 8% 的氨)。把这部分氨气送到氨回收塔內加以回收。化学軟水从塔頂加入，經過上部的七層泡罩板和下部的帶有冷却箱菌帽塔，即可將气体中大部分氨气洗淨而生成稀氨水；此稀氨水从塔底流出，用母液泵送到氨吸收塔去制备濃氨水。

經氨回收塔吸收了氨后的气体中，仍然含有少量二氧化碳和氨气，再將其送入氨清洗塔的下部与上部加入的清水逆流接触，清洗了氨的气体送往原料气櫃，洗液即送到廢水溝去。

濃氨水在氨吸收塔內制备。自合成工段来的氨气經氨气主管由塔底通入；从塔頂加入母液(离心分离后的母液)和稀氨水(从氨回收塔来的)，从塔的中部加循环氨水。这三部分液体在塔中匯合自上往下流动与氨气逆流接触，將氨吸收。

液体吸收氨后，自流到淋洒式冷却排管进行冷却；冷却后的氨水，一部分用泵打入氨吸收塔中段作循环液用，一部分自流入氨水貯槽，再用泵把氨水自貯槽抽出，送入碳化塔。

由氨吸收塔塔頂放出的气体，送入氨回收塔和氨清洗塔。

碳化系统的流程示于圖 1。

第三章 氨吸收塔系統

第一节 緒 言

为了满足碳化塔所需要的濃氨水，采用制备濃氨水的設備——氨吸收塔。

在氨吸收塔內以母液(碳化取出液經离心分离后的清液)来循环吸收氨气制成 20% 以上的濃氨水供碳化塔使用。

由于氨吸收过程是放热反应，即在反应过程中，温度要上升的。温度上升对反应是不利的，将会引起反应速度減慢。因此又从上段引出到冷却排管（氨水走在冷却管里面，冷却水在冷却管外面淋洒）进行冷却降低温度，再行吸收反应。在吸收过程中，应防止設備(氨吸收塔、冷却排管等)的破漏，因为濃氨水的滴漏，不仅造成氨水的浪費，而且对于人身的刺激性較大（能引起流淚和慢性中毒）。在制备过程中，氨水濃度应保持在一定的范围，否則将会使碳化塔的操作不稳定，使碳酸氨的結晶質量变坏，难以离心分离，产量下降，并引起設備堵塞的不正常現象。因此在操作中，必須很好的控制温度、濃度，以保证制出合格的濃氨水。

第二节 濃氨水的制备原理

一、氨的物理化学性質

在常温及大气压下，氨是有刺激性臭味的無色气体。比重比空气輕。气态氨当温度降低或压力增大时可以变成液体。若將温度降得更低，則液体氨將固結，而成略帶臭味的無色結晶物。

氨易溶于水而成氨水，与氧及酸类作用生成化合物及鹽

类。現將其物理和化学性質分述如下：

(一) 氨的物理性質

1. 一般物理性(在温度为 0°C 时及压力为 760 毫米 水銀柱时)：

- (1) 气体比重为 0.597 (空气为 1 时)
- (2) 液体比重为 0.618 (水为 1 时)
- (3) 沸点： -33.4°C
- (4) 融点： -77.3°C
- (5) 临界压力 111.5 大气压
- (6) 临界温度 $+132.4^{\circ}\text{C}$
- (7) 密度 0.77
- (8) 溶解度 1300 升/升水, 0°C (約 50% 溶液)

2. 有特殊刺激性臭味的無色气体, 对人的粘膜特别是眼睛更厉害。人只能在含 0.03% 氨的空气中停留 1 小时左右。

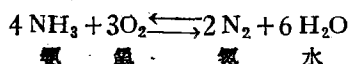
3. 加压时易被液化成無色液体 (不純时为 淡黄色 或淡藍色)。

4. 純氨液体呈中性, 是碘、磷、硫及其他許多有机、無机化合物之良好溶媒。

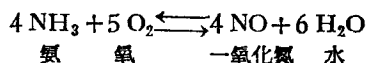
5. 溶于水时放出热量, 水溶液称氨水, 其濃度随比重的增大而减少。

(二) 氨的化学性質

1. 氨在氧中燃燒成黃綠色火焰其反应如下：



当反应有触媒时, 氧化过程按下面反应：



2. 氨在高温下, 气态分解成氮和氢：