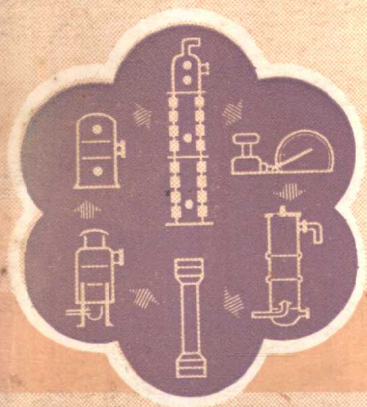




双加压流程碳酸氢铵生产

碳 化

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社

双加压流程碳酸氢铵生产

碳 化

江苏省燃化局组织编写

燃料化学工业出版社

内 容 提 要

这套书是在1969年出版的“小型氮肥厂生产”的基础上,以江苏省三千吨合成氨厂新版设计为依据重新编写的。全书侧重介绍“双加压流程碳酸氢铵生产”,并通过调查研究在内容上增添了近年来一些技术革新成果和实践经验,补充了有关的理论基础知识。全书共分造气、脱硫变换、压缩、碳化、精制、合成六个分册出版。

本书为这套书的第三分册。书中叙述浓氨水碳化过程的基本原理、工艺流程、主要设备结构、生产操作控制和不正常情况的处理等。对于碳酸氢铵悬浮液离心机的结构、工作原理、操作管理,以及碳化设备的维护与检修也作了介绍。

此书可作为新建小氮肥厂培训工人的教材,也可供生产厂的操作工人、管理干部、车间技术人员参考。

这套书由江苏省燃化局组织编写,其中的“造气”、“精制”分册由泰兴县化肥厂执笔;“脱硫变换”、“合成”分册由高邮县化肥厂执笔,“压缩”、“碳化”分册由无锡县化肥厂执笔。全书由泰兴县化肥厂统一整理。最后由南京化工学院无机物工艺教研组审订。在编写过程中,江苏省、浙江省、上海市有关化肥厂均提供不少宝贵意见。

双加压流程碳酸氢铵生产

碳 化

江苏省燃化局组织编写

*

燃料化学工业出版社 出版

(北京安龙门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $3\frac{3}{4}$ 插页 1

字数 80 千字 印数 1—17,400

1975 年 4 月第 1 版 1975 年 4 月第 1 次印刷

书号 15063·2068 (化-155) 定价 0.29 元

目 录

第一章 概述	1
第一节 碳化车间的生产流程.....	2
第二节 氨水及碳酸氢铵的性质.....	4
第二章 浓氨水的制备	8
第一节 氨的性质.....	8
第二节 生产原理.....	10
第三节 工艺流程与设备.....	13
第四节 吸氨岗位的生产操作.....	17
第三章 变换气中二氧化碳的清除和碳酸氢铵的生成	31
第一节 碳化过程.....	31
第二节 氨与二氧化碳的回收.....	50
第三节 操作条件的选择.....	55
第四节 工艺流程与设备.....	58
第五节 生产操作.....	66
第四章 悬浮液的分离	89
第一节 离心分离的原理.....	89
第二节 分离流程.....	90
第三节 $\phi 800 \times 400$ 卧式机械推料离心机.....	92
第四节 附属设备.....	98
第五节 离心机的生产操作.....	101
第六节 离心机的维护和保养.....	112

第一章 概 述

半水煤气经过脱硫和一氧化碳变换以后，气体中除含有合成氨所需要的氢气、氮气以外，还有25%左右的二氧化碳气体及少量其它气体。二氧化碳对合成触媒有毒害作用，在进入合成系统之前，必须予以清除。

我国化肥战线的广大工人、革命干部和革命技术人员，在毛主席的无产阶级革命路线的指引下，坚决贯彻执行党的建设社会主义总路线和一整套“两条腿走路”的方针，发扬了“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的革命精神，在两条路线的激烈搏斗中，创造了小氮肥厂的新流程和新品种——碳化流程制造合成氨和碳酸氢铵化肥，为我国化肥工业的高速度发展，开辟了新的途径。“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”经过无产阶级文化大革命战斗洗礼，小氮肥厂的发展更为迅速，现已成为我国化肥战线上的一支生力军，更加有力地支援了农业生产。

所谓“碳化流程”，是利用浓氨水吸收变换气中的二氧化碳，代替老流程中用水洗涤二氧化碳（水洗流程），这样既净化了合成氨的原料气，又制成了碳酸氢铵固体肥料，一举两得。用浓氨水吸收二氧化碳的过程，称为碳化过程。

碳化车间（工段）的生产，包括以下几个工序：（1）浓氨水的制备；（2）变换气中二氧化碳的清除和碳酸氢铵的制成；（3）悬浮液的离心分离。

第一节 碳化车间的生产流程

碳化生产流程，根据压力的高低，可分为低压碳化和加压碳化两大类。目前，三千吨型小化肥厂所采用的有以下几种操作压力：

1. 低压碳化：采用低压机，将变换气压力提高到 $3\sim 3.7$ 公斤/厘米²进入碳化系统，碳化后原料气送高压机一段。

2. 加压碳化：变换气通过高压机一段，压力达 $4\sim 5$ 公斤/厘米²送碳化系统，原料气回高压机二段。

3. 加压变换串加压碳化（即称之为双加压）：半水煤气从高压机二段出来，经变换后直接送碳化系统，其压力为 $6\sim 8$ 公斤/厘米²左右。

加压碳化不但可以把原料气中二氧化碳和氨清除得比较干净，而且还取消了低压机，不需要设置氨加工工序，这对节省设备投资和操作费用都是有利的。

碳化操作压力虽有大小不一，但工艺过程和原理相同。这里主要介绍压力为 $6\sim 8$ 公斤/厘米²的双加压碳化生产流程。参见图1。

半水煤气通过高压机一、二段压缩，压力达 7 公斤/厘米²左右，送变换系统将一氧化碳变换成二氧化碳气及氢气后，进入碳化系统，依次在碳化塔1及预碳化塔2中与浓氨水鼓泡接触，使气体中的二氧化碳含量由 25% 左右下降到 1.0% 以下。在气体与液体接触吸收二氧化碳的同时，浓氨水中的部分氨被气体带出。为此，气体再经过固定副塔3及回收清洗塔的氨回收段4，清洗段5中分别用稀氨水和软水进行洗涤，以净化气体中残留的二氧化碳和带出的氨，而得到合格的原料气，经气水分离器6，送回至高压机三段入口。

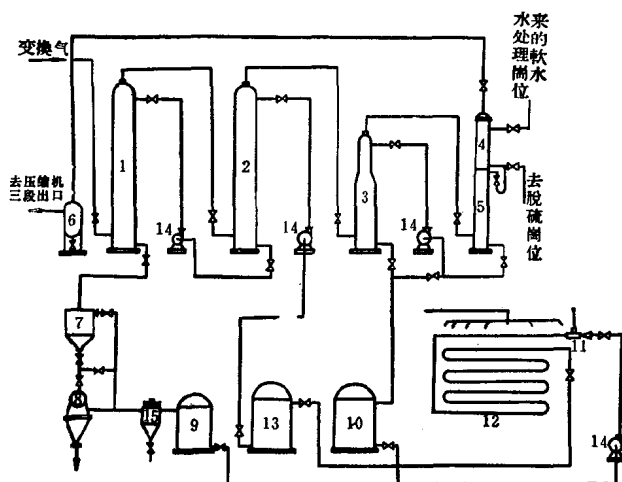


图 1 双加压碳化车间流程示意图

1—碳化塔；2—预碳化塔；3—固定副塔；4、5—回收清洗塔；6—气水分分离器；7—稠厚器；8—离心机；9—母液槽；10—稀氨水槽；11—喷射吸收器；12—冷却排管；13—浓氨水槽；14—泵；15—晶液分离器

在净化气体的同时，碳化塔内生成了碳酸氢铵结晶，呈悬浮料液，取出后，在稠厚器7中停留一定时间，使结晶进一步长大，然后送往离心机8进行固液分离。出离心机的碳酸氢铵固体结晶，水分含量要求小于5%，含氮量大于16.8%，作为成品化肥包装出厂。从离心机分离出来的液体（称为母液）送入母液槽9，用来循环地制备浓氨水。

氨回收清洗塔出来的稀氨水，一部分压入稀氨水槽10，掺入母液中制备浓氨水，以补充碳化所消耗的水量。另一部分送往脱硫岗位，用以脱除半水煤气中的硫化氢。

碳化所使用的浓氨水，是将稀氨水和母液混合后与合成岗位送来的气氨在喷射吸收器11内制成，经水冷排管12冷

却后，送至浓氨水槽13，然后用泵14送入预碳化塔或固定副塔内。

第二节 氨水及碳酸氢铵的性质

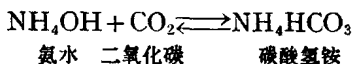
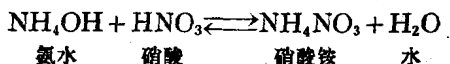
毛主席教导我们：“中国靠我们来建设，我们必须努力学习。”化肥工人，想贫下中农所想，急贫下中农所急，根据农村用肥季节的特点和交通运输的条件，通过试验和实践生产化肥的品种，已发展到有碳酸氢铵、碳化氨水、浓氨水和氯化铵等几种氮肥。这里简单介绍一下氨水和碳酸氢铵二种氮肥的有关性质。

(一) 氨水的性质

纯氨水是无色透明的液体（工业品由于含有杂质，常带灰黑色），有刺激性臭味，对人体的皮肤、粘膜，特别是眼睛刺激性很大。人过多地吸入，会产生头晕等中毒现象，在一定条件下，氨蒸气遇火能引起爆炸。根据氨水中含氨量的多少，可以分为浓氨水和稀氨水两种。一般含氨量在20%以上称浓氨水，含氨量小于20%的称稀氨水。氨水的比重，随着浓度的增加而减少。氨水对很多材料都具有腐蚀性，特别是对铜的腐蚀性更大。

氨水是弱碱性肥料，很容易挥发而失去肥效，并随温度升高而挥发加快。

氨水与酸和酸性的氧化物作用生成盐和水。例如：



由于氨水肥效快、成本低、施肥方便，深受贫下中农欢迎。常见的氨水规格如下：

1. 工业用氨水：要求含氨为 20~25%，残渣含量小于 0.3 克/升；供特殊工业用氨水 CO_2 含量不大于 0.05 克/升。

2. 农业用氨水：要求含氨 15~18%。

农用氨水中，多数是碳化氨水，它比浓氨水具有不易挥发的优点，但与碳酸氢铵固体肥料比较，具有运输不方便和贮存困难的缺点。

(二) 碳酸氢铵的性质

碳酸氢铵是一种易溶于水，接近中性的固体化学肥料。它除了能供给植物的氮素养分外，还可以供给植物进行光合作用所需的二氧化碳。

碳酸氢铵的分子式为 NH_4HCO_3 ，又名重碳酸铵，是一种略带臭味的白色结晶（如脱硫化氢不好，略带青灰色），分子量为 79.1，真比重*为 1.57，假比重*为 0.75，其中含氨 21.5%，含二氧化碳 55.5%。

碳酸氢铵的水溶液的 pH 值为 6.25，略呈酸性（pH 值是表示酸碱程度的指标，pH 值为 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）。

碳酸氢铵在水中的溶解度随温度的增高而增大。在不同温度下的溶解度列于表 1。

碳酸氢铵在潮湿的地方或暴露在空气中，非常容易分解为气氨、二氧化碳和水而挥发掉。

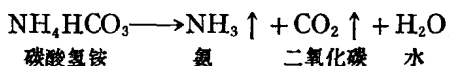
* 真比重是结晶在致密状态下（除去内部及外部孔隙）的重量与同体积水的重量之比。

假比重是结晶重量与结晶实际体积相等的水的重量之比。

碳酸氢铵的溶解度

表 1

温 度, °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
溶 解 度, 克/100克水	11.9	13.6	16.0	18.3	21.0	23.7	27.0	31.0	33.2	40.2



温度愈高, 愈容易分解。湿的碳酸氢铵结晶比干的分解快, 小的结晶要比大颗粒结晶分解快, 干的结晶在20℃以下基本上是稳定的。

表 2 所列为碳酸氢铵干和湿的样品分解率。

分 解 率 比 较 表

表 2

样品名称	温度 °C	不同 天 数 分 解 率, %									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
干燥后成品	25	1.71	1.09	1.47	1.79	2.09	—	2.86	—	—	3.97
含水分4.8% 湿成品	30	11.85	23.95	37.15	47.3	59.4 (溶化)	—	79.0	—	—	93

由表中数据可知, 干燥后的碳酸氢铵成品在10天内只分解3.97%, 而含水4.8%的湿成品在10天内几乎全部分解。将湿成品进行干燥可以减少 NH_4HCO_3 分解, 但要增加干燥设备, 并且干燥过程中氨损失也较大, 一般很少采用。

为了防止碳酸氢铵的分解, 应控制好碳化工艺条件, 使之得到大颗粒结晶, 成品中水分含量应尽量地降低; 同时, 用不透气的塑料袋包装, 袋口扎紧, 以利降低分解速度。目前有些小合成氨厂大搞技术革新, 采用加入添加剂方法, 使碳酸氢铵产品不结块、结晶颗粒大、堆比重增加, 水分

含量从原有的 5 % 下降到 3.5 % 左右。这样，既节约了包装材料，又给搬运、施用带来了不少方便，而且产品稳定性也大大提高了。

碳酸氢铵化肥质量标准表

表 3

指 标 名 称 (以湿基计算)	干 碳 酸 氢 铵	湿 碳 酸 氢 铵	
		一 级 品	二 级 品
氮(N)含量 $\geq$	17.50	16.8	16.50
水分(H ₂ O)含量% $\leq$	0.5	5.00	6.50

第二章 浓氨水的制备

碳化过程所需要的浓氨水在吸收岗位制取。气氨从合成岗位氨冷器送至吸氨岗位，用离心机分离出来的母液与固定副塔来的稀氨水混合吸收氨气而得到浓氨水。

第一节 氨 的 性 质

(一) 物 理 性 质

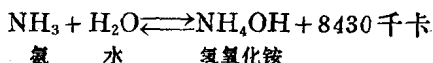
在常温常压下，氨是有刺激性嗅味的无色气体，比空气轻；当温度降低或压力增大时，气态氨可以变成液体；若将温度降得更低，则液体氨将凝固成为略带嗅味的无色结晶物。氨对人的粘膜特别是眼睛的刺激很厉害，空气中含氨量超过0.02毫克/升时，对人体就有妨害。纯液氨呈中性，是碘、磷、硫以及其他许多物质的良好溶媒。有关数据如下：

1. 气氨比重：0.596（空气为1）；
2. 液氨比重：0.618（水为1）；
3. 沸点： -33.5°C ；
4. 融点： -77.7°C ；
5. 临界压力*：112.2大气压；
6. 临界温度*： 132.4°C 。

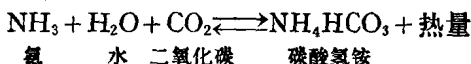
* 临界温度是气氨变成液氨的极限温度，超过这个温度无论多高的压力，气氨也不会成为液氨；在临界温度下，气态与液态共存时的压力，称为临界压力。

(二) 化学性质

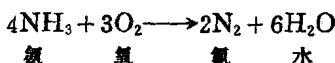
1. 氨极易溶于水，并放出大量的热。在20℃及760毫米汞柱下，氨在水中的溶解度为600升/升水左右。氨的水溶液呈碱性，其浓度随比重的增大而减少（附表4）。氨溶解于水的过程，既是物理过程，也是化学过程，其反应式如下：



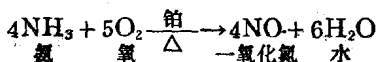
氨的水溶液和二氧化碳反应，生成碳酸氢铵：



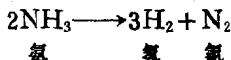
2. 氨在氧中燃烧，呈黄绿色火焰，其反应式如下：



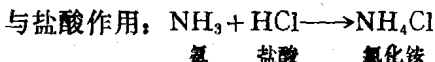
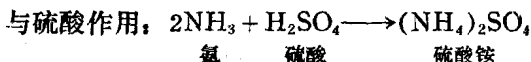
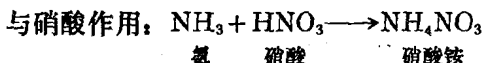
当有触媒存在时，氧化过程按下面反应式进行



3. 在高温下，气态氨能分解成氢和氮：



4. 氨与各种酸类互相作用生成盐类：



5. 有水存在时，对铜和铜合金有侵蚀性，故碳化过程所用设备、管道、管件、阀门等不能用铜制作。

纯氨水浓度与比重的关系

表 4

NH ₃ (%)	比重 d_4^{20} *	1℃ 比重 校正 值	NH ₃ (%)	比重 d_4^{20} *	1℃ 比重 校正 值
1.00	0.9939	0.0002	34.00	0.8807	0.00065
2.00	0.9895	0.00021	35.00	0.8777	0.00066
4.00	0.9811	0.00024	40.00	0.8650	0.00070
6.00	0.9730	0.00027	45.00	0.8490	0.00075
8.00	0.9575	0.00034	50.00	0.8320	0.00080
12.00	0.9501	0.00037	55.00	0.8150	0.00085
16.00	0.9362	0.00043	60.00	0.7960	0.00090
18.00	0.9295	0.00047	65.00	0.7760	0.00095
20.00	0.9229	0.00050	70.00	0.7543	0.0010
22.00	0.9164	0.00054	75.00	0.7330	0.00105
24.00	0.9101	0.00057	80.00	0.7110	0.00110
26.00	0.9040	0.00060	85.00	0.6880	0.00115
28.00	0.8980	0.00062	96.00	0.6420	0.00125
30.00	0.8920	0.00063	100.00	0.6180	0.00130
32.00	0.8860	0.00064			

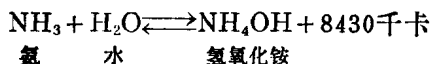
* d_4^{20} ——指氨水在 20℃ 时的比重。以水在 4℃ 时的比重（等于 1）为基准。

6. 氨与氧或空气的混合物，在一定的比例下，遇火会发生爆炸。与空气混合的爆炸浓度，上限为 27%，下限为 15%。

第二节 生产原理

（一）吸氨过程的原理

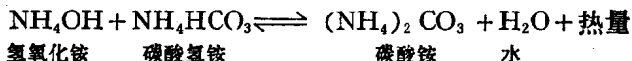
氨的一个很重要的物理化学性质，是极易溶于水。用水吸收氨制备氨水，这是一个伴有化学反应的吸收过程，其化学反应式如下：



上式气氨和水发生化学反应，生成氢氧化铵(氨水)，并且放出热量，使反应后的温度比反应前的温度升高。

氨溶解于水，可以生成氨水；反之，氨水也可以分解为氨气和水，并且是很容易的。当氨水分解的时候，氨气便从溶液中逸出，使氨水的浓度变稀。

在实际生产中，我们采用离心机分离出来的母液和碳化岗位回收的稀氨水来吸收氨，制备浓氨水。由于溶液中含有不少碳酸氢铵，则吸氨过程除上述反应外，还发生如下的化学反应：



综上所述，氨气溶于水，是体积缩小的、可逆、放热反应，根据平衡转移定律可知，增加压力和降低温度，可以增大氨在水中的溶解度，从而制得高浓度的氨水。在贮存浓氨水时，降低温度则液面上氨的蒸汽分压较低，逆反应减少，氨的损失也就小。温度和压力对氨在水中的溶解度的影响，可从表 5 看出。

不同温度压力下氨在水中的溶解度 表 5

压力，大气压	溶 解 度， 克/升水				
	0℃	20℃	30℃	50℃	60℃
0.1	0.22	0.085	0.043	—	—
0.5	0.57	0.337	0.247	—	0.065
1.0	0.88	0.515	0.400	0.244	0.299
2.0	1.62	0.812	0.632	0.389	—
3.0	2.40	—	0.839	0.524	—

用母液和稀氨水吸收氨，来制备浓氨水，有以下优点：

1. 由于溶液中的碳酸氢铵与氢氧化铵反应生成碳酸铵的结果，使氨溶于水的化学反应向生成氢氧化铵的方向进行，促进了氨的吸收反应。

2. 可以回收母液和稀氨水中所含的氨和二氧化碳，有利于生产中氨与二氧化碳和水与碳酸氢铵的平衡，提高化肥产量。

3. 由于溶液中有二氧化碳存在，可以大大地降低浓氨水液面上氨的平衡分压，使氨的损失降低。氨水中有无二氧化碳存在，对氨的平衡分压的影响可以从表6看出。

浓氨水中有二氧化碳存在时液面上氨蒸气平衡分压 表 6

温 度 (°C)	氨, %	二氧化碳克当量/ 氨克当量	氨蒸气平衡分压 毫米汞柱
30	15	0	220
	13.5	0.82	70
40	15	0	340
	15.3	0.84	130

(二) 吸氨工艺条件的选择

根据吸氨过程的物理化学性质，如何选择吸氨的工艺条件呢？毛主席教导我们：“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据。……”在工艺条件的选择上，应考虑以下几个因素：

1. 温度：从表5可以看出，温度升高，氨在水中的溶解度减少，使气相中的氨气分压增高，使氨的损失加大。由于吸氨反应是一个放热反应，温度随吸收过程的进行而提高。为了减少氨的损失，提高吸收效率，应不断移走反应所放出的热量，以降低吸收温度。溶液能不能冷却得好，是制备和

贮存合格的浓氨水的关键之一。一般温度不应超过 30°C 。

2. 压力：从表5可看出，同一温度下，压力增高，则氨的溶解度增大。因此，气氨压力高时，可制得浓度较高的氨水。由于气氨极易溶于水，三千吨型小合成氨厂由合成送至吸氨岗位的气氨压力，一般为 $0.8\sim 1.3$ 公斤/厘米²，只要保证气液接触良好，就能制得合格的浓氨水。

3. 吸收液成分：如前所述，用含有一定二氧化碳的溶液来吸收氨气，有利于提高吸收效率，减少氨损失；同时，由于能将母液循环使用，可以有效地回收氨和二氧化碳，提高化肥产量。

但是溶液中的二氧化碳含量也不宜过高，否则制得的浓氨水碳化度过大，会影响到碳化岗位预碳化塔清洗二氧化碳的效果；同时还会增加系统的母液循环量，反而加大氨和二氧化碳以及动力的消耗。所以一般控制浓氨水中的二氧化碳含量为 $50\sim 65$ 毫升/毫升，不宜超过 70 毫升/毫升。

母液中的硫化氢含量也应控制，一般小于 0.5 克/升。如果含量过高容易引起原料气中的硫化氢含量增加，将使精炼岗位的铜液中产生硫化铜沉淀，不但使铜耗增大，而且能导致堵塞管道和带液、喷液等生产事故。因此要定期分析，及时调换母液或补充稀氨水，使硫化氢含量在指标范围内。

第三节 工艺流程与设备

(一) 工 艺 流 程

氨水的制备流程如图2所示。

母液和稀氨水用泵3从槽5、6内抽出，以 2 公斤/厘米²左右的压力送入强化喷射吸收器1。由合成岗位送来的气氨，