

小型氮肥厂生产

碳 化

工人读物

燃料化学工业出版社

小型氮肥厂生产

碳 化

工人读物

(凭证发行)

燃料化学工业出版社

在无产阶级文化大革命过程中，为了配合小合成氨厂发展，解决培训工人对技术书籍的急需，我们出版了上海市几个小化肥厂编写的小型氮肥厂生产这套书的五个分册“半水煤气制造”“脱硫与变换”“压缩与冷冻”“原料气精制”“氨的合成”。在发行过程中，根据广大工农兵读者的需要，我们请河北省革委会轻工局组织编写了“碳化”作为小型氮肥厂生产这套书籍的第六分册出版。

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，对碳酸氢铵悬浮液离心机的结构、工作原理、操作管理；对碳化设备的维护与检修也作了介绍。

小型氮肥厂生产
碳 化
(工人读物)
(凭証发行)

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路14号)

北京市印刷八厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\frac{1}{32}$

印张 $3\frac{1}{2}$

字数 75,000

印数 30,500

1971年12月第1版

1971年12月第1次印刷

书号15063·(内)427 定价 0.28 元

目 录

第一章 碳化车间生产过程和产品概述	1
第一节 碳化车间生产流程	2
第二节 碳酸氢铵的性质	4
第二章 浓氨水的制备	7
第一节 氨的物理化学性质	7
第二节 吸氨过程原理和工艺条件选择	9
第三节 工艺流程与设备	12
(一) 工艺流程	12
(二) 主要设备结构	12
第四节 正常操作	16
(一) 开停车	16
(二) 吸收岗位工艺指标	18
(三) 正常生产控制	19
(四) 操作中不正常现象及事故处理	21
第三章 变换气中二氧化碳的清除和碳酸氢铵的生成	24
第一节 碳化过程原理	24
(一) 碳化过程机理	24
(二) 影响碳化过程的因素	27
(三) 碳酸氢铵的结晶过程及其影响因素	31
(四) 简单计算	33
第二节 氨回收原理	38
(一) 回收原理	38
(二) 影响因素	39
第三节 碳化系统操作条件的选择	42
(一) 温度	42

	(二) 氨水成份.....	44
	(三) 压力.....	44
	(四) 变换气中硫化氢的含量.....	45
	(五) 原料气成份.....	45
第四节	碳化工艺流程及设备.....	46
	(一) 工艺流程.....	46
	(二) 主要设备.....	48
	一、碳化塔.....	48
	二、固定副塔.....	51
	三、回收塔.....	51
	四、清洗塔.....	55
	五、碳化泵.....	55
第五节	碳化系统的操作管理.....	56
	(一) 碳化系统的操作管理.....	56
	(二) 碳化系统的停车.....	58
	(三) 正常操作管理.....	59
	(四) 氮平衡与水平衡.....	71
	(五) 不正常现象及事故处理.....	73
第四章	悬浮液的分离.....	78
第一节	离心分离的原理.....	78
第二节	分离流程和设备.....	79
	一、分离流程.....	79
第三节	WH-800 型卧式活塞推料离心机.....	80
	(一) 规格.....	80
	(二) 操作原理.....	82
	(三) 主要零件结构.....	82
	(四) 离心机油压自动操纵原理.....	87
第四节	附属设备.....	90
第五节	离心机操作管理.....	92
	(一) 开车与停车.....	92

(二) 正常运转控制.....	95
(三) 离心机事故处理.....	97
第五章 设备的维护与检修	102
一、碳化塔的维护与检修	102
二、离心机的维护与检修	103
三、回收塔、清洗塔的检修	104
四、碳化泵、吸收泵与阀门的维护和检修.....	105
第六章 安全技术要点	106

第一章 碳化車間生产过程 和产品概述

固体燃料气化得到半水煤气，经过脱硫和一氧化碳的变换以后，其中除氨合成所需的氮、氢气体以外，还含有25~30%二氧化碳气体，如果不预先除掉，不仅耗费动力，而且对氨合成触媒有很大的毒害作用，须首先进行清除。

我国广大的工人、革命技术人员和革命干部在毛主席关于“备战、备荒、为人民。”的伟大战略方针指引下，发扬“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的无产阶级革命精神，打破洋框框，坚决走自己工业发展的道路，独创了一种新型小氮肥厂的新流程和新品种——碳化法合成氨制碳酸氢铵。它在两个阶级、两条道路、两条路线的激烈斗争中发展壮大起来了，为我国氮肥工业的高速度发展开辟了一条新的道路。充分地说明了“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”

这个新流程将碳酸氢铵的生产与合成氨的生产结合起来，采用浓氨水吸收变换气中的二氧化碳生成碳酸氢铵。我们简称这一反应过程为碳（酸）化过程。

这一流程主要特点如下：

1. 采用较低的压力，既净化了合成氨原料气，同时，又将氨水制成了固体肥料，一举两得。这样，综合利用了氨生产中排除的二氧化碳，同时也缩短了生产流程，节省基建投资，加快了基建速度。

2. 与高压水洗法比较，可使每吨合成氨节约电 200~

250度。

3. 碳化设备只需一般钢材和铸铁，可节约大量不锈钢和铅材。

碳化车间生产包括浓氨水的制备；变换气中二氧化碳的清除和碳酸氢铵的制成；悬浮液的分离几个工序。

第一节 碳化车间生产流程

碳化生产流程根据压力不同总的可分为低压碳化和加压碳化。目前小化肥厂生产中采用的有以下几种操作压力。

(一) 低压碳化：采用低压机变换气压力为 $3 \sim 3.4$ 公斤/厘米² 进入碳化系统，碳化后原料气送高压机一段。

(二) 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。

(三) 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先经变换后直接送碳化系统，其压力为 $6 \sim 7$ 公斤/厘米² 左右。

还有操作压力为 11 公斤/厘米² 的加压碳化。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、变换气柜、清洗塔（段）和造气的某些设备。但是随着压力的提高，对设备材质和制造要求较高，日常维护须较仔细。

碳化操作压力虽有大小不一，但碳化系统的生产工艺过程和操作控制原理相同。本节主要介绍压力为 $4 \sim 5$ 公斤/厘米² 的加压碳化生产流程。

图 1 是加压碳化（ $4 \sim 5$ 公斤/厘米² 压力）生产流程示意图。

变换气通过压缩机一段，压力达 5 公斤/厘米² 左右，经

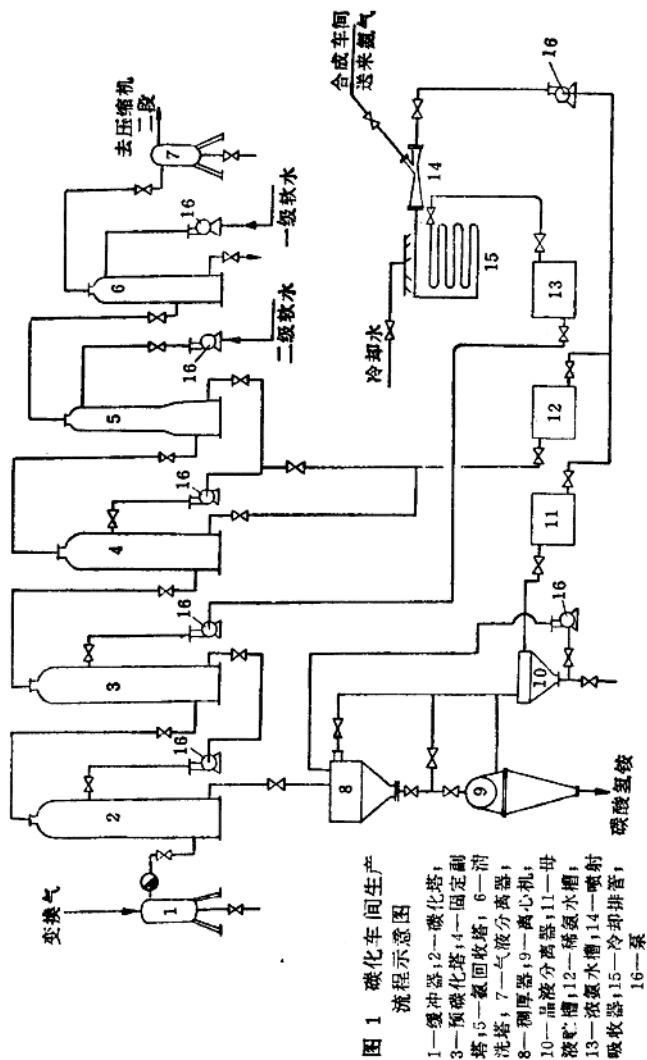


图 1 碳化车间生产
流程示意图

冷却和气液分离后，温度在 30°C 以下送碳化系统。依次在碳化塔（2）及预碳化塔（3）中与浓氨水鼓泡接触，二氧化碳含量由 $25\sim 30\%$ 降到 $0.8\sim 1.2\%$ 左右。由于变换气与浓氨水接触后同时有一部分氨被带出，因此，在固定副塔（4），氨回收塔（5），清洗塔（6）依次分别用稀氨水、软水或清水进行洗涤，进一步洗净变换气中残留的二氧化碳和带出的氨，而得到合格的原料气送回高压机二段。

在碳化塔内同时生成碳酸氢铵结晶料液。取出后在稠厚器（8）停留一定时间结晶进一步长大，送离心机（9）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% 作为成品包装出厂。

离心机分离出母液送入母液贮槽（11）作制备浓氨水用。

清洗塔用过的洗涤水含氨滴度不大，一般排入地沟。

氨回收塔用过洗涤水压入稀氨水槽或用泵（16）加入固定副塔洗涤变换气中残留二氧化碳和氨，取出稀氨水浓度有一定提高再压入稀氨水槽作制备浓氨水用。

碳化洗涤变换气使用的浓氨水是由稀氨水和母液混合液在喷射吸收器（14）内吸收合成送来气氨而制得，经冷却排管冷却后送至浓氨水贮槽贮存。

第二节 碳酸氢铵的性质

在毛主席“抓革命，促生产，促工作，促战备”的伟大号召下，新型小氮肥厂以前所未有的速度迅猛发展，目前已遍布全国广大农村。碳酸氢铵（这一化肥品种也随着在农村使用越来越广泛了）是一种易溶于水，接近中性的固体化学肥料。使用实践证明其肥效显著，对土壤无副作用。

碳酸氢铵的分子式为 NH_4HCO_3 ，又名重碳酸铵。是一种单斜晶系白色结晶，分子量为79.1，真比重^①为1.57，假比重^②0.75，其中含氮21.5%，含二氧化碳55.5%。

碳酸氢铵的水溶液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

碳酸氢铵在潮湿的地方或暴露 在 空 气 中 容 易 分 解 即：



碳酸氢铵 氨 二氧化碳 水

分解速度随温度升高而增加，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所列为碳酸氢铵干的和湿的样品分解率。

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。将湿成品进行干燥的方法可以减少 NH_4HCO_3 分解，但同时要增加干燥设备，并且干燥过程中氮损失也较大。一般化肥

① 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。

② 假比重是结晶重量与结晶实际体积相等的水的重量之比。

分解率比較表

表 2

样品名称	温度 ℃	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
含水量4.8% 湿成品	30	11.85	23.95	37.15	47.3	59.4 (溶化)	—	79.0	—	—	93

厂很少进行干燥。

毛主席教导我们：“我们的责任，是向人民负责。”为防止碳酸氢铵的分解，应控制好碳化工艺条件，使得到大颗粒结晶，成品水分含量尽量地降低。用不透气的塑料袋包装可降低分解速度，因此，在包装成品时应尽可能严密，贮存必须注意干燥，否则不仅降低了碳酸氢铵肥效造成浪费，而且由于碳酸氢铵的吸湿结块，贫下中农使用时也极不方便。

“群众是真正的英雄”上海市小化肥厂广大革命职工遵照毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略思想，大搞群众运动，群策群力使防止碳酸氢铵结块试验首先获得了成功。采用加入添加剂方法生产的碳酸氢铵产品不结块，搬运、使用方便，减少了破袋率；结晶颗粒长大，比重增加，估计减小六分之一包装袋容积，水分含量从原有5%下降到3.5%左右，大大地提高了产品的稳定性及质量。

碳酸氢铵化肥质量标准如下：

干成品：白色结晶。含氮量 $\geq 17.5\%$

含水量 $\leq 0.5\%$

湿成品：白色或灰色结晶

一级品：含氮量 $\geq 16.8\%$ 含水量 $\leq 5\%$

二级品：含氮量 $\geq 16.5\%$ 含水量 $\leq 6.5\%$

第二章 浓氨水的制备

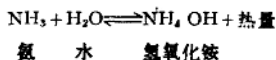
碳化过程所需要的浓氨水在吸氨岗位制取。气氨从合成氨车间送至吸氨岗位，用离心机分离出的母液与氨回收塔或固定副塔来的稀氨水的混合液吸收氨气而得到浓氨水。

第一节 氨的物理化学性质

“大家明白，不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”从生产斗争和科学实验中得知：

在常温常压下，氨是有刺激性嗅味的无色气体。若令空气的比重为1，则氨的比重为0.596。在温度为0℃及压力为760毫米水银柱（即一大气压）时，1米³气态氨重量为0.77公斤。若将气态氨温度降低和压力增大能变成液体。如，在一大气压下，将气体氨冷至-33.4℃则变成液体了。液态氨比重为0.638（令水的比重为1）而将温度冷至-77.3℃时，则将固结成略带嗅味的无色结晶物。

氨极易溶于水。化学反应式如下：



在20℃及一大气压下，氨在水中的溶解度为52.6克NH₃/100克H₂O，氨的水溶液称氨水。呈碱性，其比重随浓度的增加而减少。如表3所示。

氨水对铜及铜合金有剧烈的腐蚀作用，故碳化的设备管

純氨水浓度与比重的关系

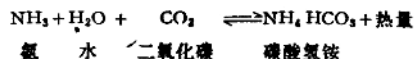
表 3

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。

道管件不应用铜制作。

氨能与酸作用生成盐。氨的水溶液和二氧化碳反应能生成碳酸氢铵：



氨具有重要的物理化学性质，我们不仅能将它加工成各种化学肥料，而且它也成为许多工业部门不可缺少的原料。

氨同时是易燃易爆有毒的气体。它对人的粘膜特别是眼睛有刺激作用。一般人只能在含氨 0.03% 的空气中停留一小時左右。

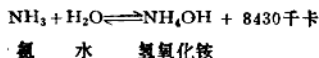
氨与氧及空气混合物在一定比例下，遇火会发生爆炸。

氨与空气混合的爆炸浓度上限为27%、下限15%。

我们研究氨的性质，就要掌握它，应用它，要使它更好地为三大革命实践服务。

第二节 吸氨过程原理和工艺条件选择

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。化学反应式如下：

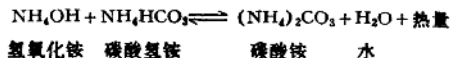


在实际生产中，我们采用离心机分离出的母液和碳化岗位固定副塔或回收塔放出的稀氨水来吸氨的。这样的溶液中含有一定量的二氧化碳和氨，并有不少碳酸氢铵存在，则吸收过程发生如下化学反应：

1. 母液和稀氨水中的水与氨反应，生成氢氧化铵并放出热量。



2. 生成的氢氧化铵有部分与溶液中的碳酸氢铵反应生成碳酸铵和水并放出热量。



氨气溶于水是体积缩小的可逆放热反应，增加压力和降低温度，可以增大氨在水中溶解度。在不同温度、压力下氨在水中的溶解情况可从表4看出。

用母液和稀氨水吸氨制备浓氨水时，由于溶液中碳酸氢

不同温度压力下氨在水中的溶解度

表 4

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	—

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; 同时由于溶液中已有二氧化碳存在就大大地降低了浓氨水液面上氨的平衡分压 (平衡蒸气压) 使氨的损失降低。溶液中二氧化碳存在对氨的平衡分压影响可从表 5 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 5

温 度 (℃)	氨, %	二氧化碳克当量/ 氮克当量	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

根据以上介绍氨吸收过程的物理化学性质; 如何选择氨吸收的工艺条件呢? 遵照伟大领袖毛主席的教导: “唯物辩证法认为外因是变化的条件, 内因是变化的根据, ……”。为了使反应有利于氨气的吸收, 在工艺条件选择上应考虑以下几个因素:

一、压力 从表 4 可看出, 同一温度下, 压力增大, 氨的溶解度增大。因此, 气氨压力高时, 可制得较高浓度的氨水。由于气氨极易溶于水, 在年产 3 千吨小化肥厂, 合成送

至吸氮岗位气氮压力一般为0.5~1公斤/厘米²，只要保证气液接触良好，就能制得合格浓氨水。

二、温度 从表4可看出，温度升高，氨在水中溶解度减少，使气相中氨气分压增大，增加了氨的损失。而吸氮反应是一个放热反应，吸收过程中温度会逐渐提高，为了减少氨损失，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。制备氨水浓度越高，要求吸收温度越低。根据碳化的需要制取180~200滴度浓氨水，一般温度不应超过30~40℃。

三、吸收液成分 从上述分析可知，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，使制得的浓氨水在进入碳化塔以前就含有碳酸铵成分，可以缩短碳化时间。如表6数据所示。

碳 化 时 间 对 比 表

表 6

序 号	加塔氨水成分		碳化取出液	碳 化 度	碳化时间	转 化 率
	氨水滴度	CO ₂ 浓度 毫升/毫升	结晶含量, %	%	分钟	%
1	210	—	40	160	120	55
2	220	—	45	150	130	60
3	170	70	40	165	70	54
4	165	75	40	155	80	60

溶液中二氧化碳含量不宜过高，否则制得浓氨水碳化度过大，会影响到碳化岗位预碳化塔的清洗效果以及洗涤变换气中二氧化碳的效果。所以一般控制浓氨水二氧化碳含量为50~60毫升/毫升，不宜超过70毫升/毫升。

母液或稀氨水通过吸氮以后，比重降低，体积增大。