

县級氮肥厂工人、工長教材

(試用本)

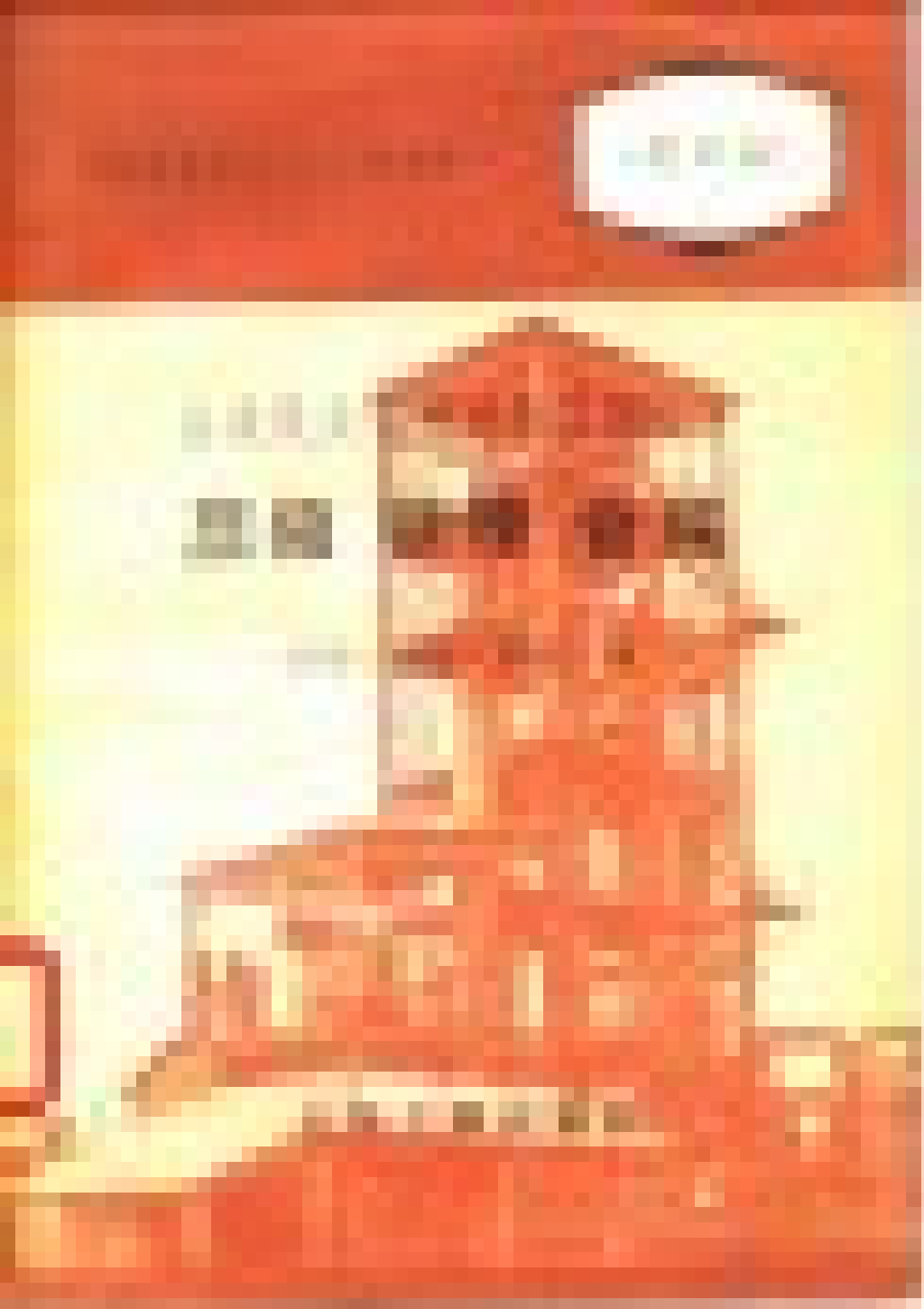
合成氨法製造碳酸氫銨(二)

压縮、精煉、合成

化学工業部人事司 編

化学工業出版社





县級氮肥厂工人、工長教材

(試用本)

合成氨法制造碳酸氫銨(二)

壓縮、精制、合成

化学工業部人事司 編

化学工業出版社

本書是縣級氮肥廠工人、工長教材（試用本）的第二部分。這部分共分六章，分別詳述原料氣的壓縮，用銅氨液洗滌氣體中一氧化碳，用鹼液清除經過碳化工段氨洗後的氣體中所殘余的二氧化碳，銅氨液的再生，以及氨的合成等過程的原理、流程、設備、操作細節。對於各該部分的生产控制分析、儀表及安全技术也作了較詳盡的介紹。

本書可作為培訓縣級氮肥廠的工人和工長的教材，也可供氮肥廠管理幹部、車間技術人員及中等專業技術學校師生參考或自修之用。

本書是根據氮肥工業設計院所編制的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永利寧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，劉魁成同志執筆。

縣級氮肥廠工人、工長教材
（試用本）

合成氨法制造碳酸氫銨（二）

壓縮、精制、合成

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許可證出字第092号

北京市印刷一廠印刷 新華書店發行

開本：787×1092 1/32

1958年9月第1版

印張：9 插頁：2

1958年9月第1次印刷

字數：190千字

印數：1—50,000

定價：（9）1.00 元

書號：15063·0231

目 录

第一章 緒論	5
第二章 气体的压缩	8
第一节 緒言	8
第二节 活塞式压缩机的工作原理	10
一、压缩过程	10
二、理論示功圖	11
三、实际示功圖	12
四、压缩气体的三种过程	14
五、多級压缩	16
六、压缩机的生产能力及其影响因素	18
第三节 压缩系統的流程和设备	20
一、压缩系統的流程	20
二、压缩系統的设备	22
第四节 压缩机的开车和停車	39
一、压缩机的开车	39
二、压缩机的停車	47
第五节 压缩机的正常操作及其事故的处理	49
一、压缩机的正常操作	49
二、压缩机运轉时的故障处理	56
第六节 冰机操作	64
一、冰机的操作原理	64
二、冰机系統的流程及主要设备	65
三、冰机系統开车前的排空	69
四、冰机的正常开、停車和紧急停車	70
五、正常操作与不正常情况的处理	72
習題一	75
第三章 原料气的精制	76
第一节 緒言	76
第二节 用醋酸銅氨液清除一氧化碳、二氧化碳、氧及硫化氫的原理	77
一、醋酸銅氨液的性質	77

1469368

二、銅液吸收一氧化碳的原理	77
三、銅液吸收二氧化碳、氫和硫化氫的原理	78
四、影响銅洗操作的主要因素	79
第三节 用氫氧化鈉溶液清除殘余二氧化碳的原理	83
一、碱液吸收二氧化碳的反应	83
二、碱液濃度、溫度对碱洗操作的影响	83
第四节 銅洗、碱洗系統的流程和設備	84
一、銅洗、碱洗系統的流程	84
二、銅洗、碱洗系統的設備	85
第五节 銅洗、碱洗系統的开工和停工	95
一、銅洗、碱洗系統的开工	95
二、三联柱塞泵的倒換	101
三、銅洗、碱洗系統的停工	103
第六节 銅洗、碱洗系統的正常操作	104
一、洗滌塔的管理	105
二、三联柱塞泵的管理	114
三、洗滌塔液位計的管理	116
第七节 銅洗、碱洗系統不正常情况的处理	118
習題二	123
第四章 銅氨液的再生	124
第一节 緒言	124
第二节 銅液再生原理及銅的氧化和还原	125
一、再生原理	125
二、銅的氧化和还原	127
第三节 銅液再生系統的流程和設備	132
一、銅液再生系統的流程	132
二、銅液再生系統的設備	134
第四节 銅液再生系統的开工和停工	147
一、再生系統的开工	147
二、再生系統的停工	152
三、其他設備的使用	153
第五节 再生系統的正常操作	155
一、再生系統的操作条件	155

二、操作条件的调节	156
第六节 再生系统不正常情况的处理	165
习题三	168
第五章 氨的合成	169
第一节 绪言	169
第二节 氨的合成原理	171
一、合成反应与平衡	172
二、合成反应的速度	174
三、最适宜的操作条件	175
第三节 合成氨触媒	180
一、一般叙述	180
二、触媒的成份与促进剂的作用	181
三、触媒的还原	182
四、触媒的中毒与衰老	186
第四节 合成系统的流程和设备	187
一、合成系统的流程	187
二、合成系统的设备	189
第五节 合成系统的开工和停工	202
一、合成系统的开工	202
二、合成系统的停工	216
三、循环机的开车和停车	222
第六节 合成系统的正常操作与不正常情况的处理	223
一、合成系统的正常操作	223
二、合成系统不正常情况的处理	238
习题四	244
第六章 生产控制分析 仪表和安全技术	245
第一节 生产控制分析	245
一、气体分析	245
二、液体分析	259
第二节 生产控制仪表	264
一、压力的测量	264
二、温度的测量	266
三、流量的测量	267

第三节 安全技术与劳动保护	268
一、制氮过程中的着火和爆炸	269
二、制氮过程中的毒物和中毒	271
三、机械伤害和触电事故	273
四、合成车间安全事故的预防	273
五、事故发生后的处理及急救	283

目 录

第一章 緒論	5
第二章 气体的压缩	8
第一节 緒言	8
第二节 活塞式压缩机的工作原理	10
一、压缩过程	10
二、理論示功圖	11
三、实际示功圖	12
四、压缩气体的三种过程	14
五、多級压缩	16
六、压缩机的生产能力及其影响因素	18
第三节 压缩系統的流程和设备	20
一、压缩系統的流程	20
二、压缩系統的设备	22
第四节 压缩机的开车和停車	39
一、压缩机的开车	39
二、压缩机的停車	47
第五节 压缩机的正常操作及其事故的处理	49
一、压缩机的正常操作	49
二、压缩机运轉时的故障处理	56
第六节 冰机操作	64
一、冰机的操作原理	64
二、冰机系統的流程及主要設備	65
三、冰机系統开车前的排空	69
四、冰机的正常开、停車和紧急停車	70
五、正常操作与不正常情况的处理	72
習題一	75
第三章 原料气的精制	76
第一节 緒言	76
第二节 用醋酸銅氨液清除一氧化碳、二氧化碳、氧及硫化氫的原理	77
一、醋酸銅氨液的性質	77

1469368

二、銅液吸收一氧化碳的原理	77
三、銅液吸收二氧化碳、氫和硫化氫的原理	78
四、影响銅洗操作的主要因素	79
第三节 用氫氧化鈉溶液清除殘余二氧化碳的原理	83
一、碱液吸收二氧化碳的反应	83
二、碱液濃度、溫度对碱洗操作的影响	83
第四节 銅洗、碱洗系統的流程和設備	84
一、銅洗、碱洗系統的流程	84
二、銅洗、碱洗系統的設備	85
第五节 銅洗、碱洗系統的开工和停工	95
一、銅洗、碱洗系統的开工	95
二、三联柱塞泵的倒換	101
三、銅洗、碱洗系統的停工	103
第六节 銅洗、碱洗系統的正常操作	104
一、洗滌塔的管理	105
二、三联柱塞泵的管理	114
三、洗滌塔液位計的管理	116
第七节 銅洗、碱洗系統不正常情况的处理	118
習題二	123
第四章 銅氨液的再生	124
第一节 緒言	124
第二节 銅液再生原理及銅的氧化和还原	125
一、再生原理	125
二、銅的氧化和还原	127
第三节 銅液再生系統的流程和設備	132
一、銅液再生系統的流程	132
二、銅液再生系統的設備	134
第四节 銅液再生系統的开工和停工	147
一、再生系統的开工	147
二、再生系統的停工	152
三、其他設備的使用	153
第五节 再生系統的正常操作	155
一、再生系統的操作条件	155

二、操作条件的调节	156
第六节 再生系统不正常情况的处理	165
习题三	168
第五章 氨的合成	169
第一节 绪言	169
第二节 氨的合成原理	171
一、合成反应与平衡	172
二、合成反应的速度	174
三、最适宜的操作条件	175
第三节 合成氨触媒	180
一、一般叙述	180
二、触媒的成份与促进剂的作用	181
三、触媒的还原	182
四、触媒的中毒与衰老	186
第四节 合成系统的流程和设备	187
一、合成系统的流程	187
二、合成系统的设备	189
第五节 合成系统的开工和停工	202
一、合成系统的开工	202
二、合成系统的停工	216
三、循环机的开车和停车	222
第六节 合成系统的正常操作与不正常情况的处理	223
一、合成系统的正常操作	223
二、合成系统不正常情况的处理	238
习题四	244
第六章 生产控制分析 仪表和安全技术	245
第一节 生产控制分析	245
一、气体分析	245
二、液体分析	259
第二节 生产控制仪表	264
一、压力的测量	264
二、温度的测量	266
三、流量的测量	267

第三节 安全技术与劳动保护	268
一、制氮过程中的着火和爆炸	269
二、制氮过程中的毒物和中毒	271
三、机械伤害和触电事故	273
四、合成车间安全事故的预防	273
五、事故发生后的处理及急救	283

第一章 緒 論

为了适应农业生产大躍进的要求，多快好省地發展氮肥工業，化学工業部提出了氮肥工業下乡、星罗旗布，县县开花。所以除在中央重点新建、扩建若干大厂外，还要在各省、市、專区、县兴建許多中、小型厂。并在研究了氮肥工業的生产、技术条件后，决定在县級氮肥厂采用合成氨法来制造碳酸氫銨。

所謂合成氨法制造碳酸氫銨，就是先利用一般的合成方法制出氨来，然后借氨与煤气中二氧化碳作用生成碳酸氫銨。因此，在生产中的中心环节，就是制取氨。关于整个制取碳酸氫銨的流程及制造碳酸氫銨的优点，已在本教材中第一部分——造气叙述过了，这里不再重复。这里仅簡略介紹一下氨的合成部分的工艺流程，使學習本書的同志有一个概括的了解。

由碳化車間送来的原料气体，其中除大部分的氮和氢外，还有二氧化碳、一氧化碳、氧等不純物質。將此气体先送入压縮工段，借 149 仟瓦电动机帶动的双列臥式四級往复压縮机的作用，进行气体的分級压縮。进入压縮机第一段气缸的气体，其温度在常温、压力約为 150 毫米水柱，順次二、三段气缸压縮及各段的水冷器冷却、冷凝，其压力即升高到 100 大气压左右，送入通往銅洗系統的气体总管上，使气体沿管綫自填充式高压銅液洗滌塔的底部进入，与来自高压銅液泵送入噴洒下的醋酸銅氨液逆流相遇。气体由塔頂逸出，其中 CO 小于 15 P.P.M (百万分之十五)，CO₂ 100~200 P.P.M，繼續进入碱洗塔，借氫氧化鈉（苛性鈉，NaOH）的作用，洗滌 CO₂ 至 10 P.P.M 以下。此时，气体中几乎全部为純淨的氫氮混合气，再入压縮机四段压縮至 300 气压后，送往合成塔进行氨的合成反应。洗滌一氧化碳后的銅氨液由銅液塔底流出，送入再生器、还原器等設備，使廢銅液再生。洗滌二氧化碳的碱液，則送至脫硫工段。

具有 300 气压的精煉混合气，先进入合成系統的油分离器与自循环压缩机来的循环气相混合后，进入氨冷凝器，使气体中气氨变为液氨，并在第二氨分离器內分离出来；气体随即沿管綫进入合成塔中，經過內部換热，并借合成触媒的作用，使 300 气压的氢、氮气体在 500°C 左右的反应温度下直接进行氨的合成。自合成塔出来的气体温度为 150°C 含 NH_3 約 14%，經過水冷器冷却冷凝后进入第一氨分离器內分出液氨，其气体再进入循环机、入油分离器与新鮮精煉混合气混合，循环进行系統內的合成反应。

为了补足合成工艺系統中冷冻量，还設有一套冰机系統。

所得液氨的質量，必須达到下列要求：

一級品 含 NH_3 不得小于 99.8%，含水不得大于 0.2%；

二級品 含 NH_3 不得小于 99.0%，含水不得大于 1.0%。

制氨的此种生产流程与其他流程比較，它有一个特殊的优点，就是用前一工段——碳化代了气体精煉系統中的水洗部分，不仅大大地节约了建設投資，而且使二氧化碳获得了有效的利用。

氨的合成反应，是在高温高压下进行，且其原料、半成品和成品，都是对人有毒害的；因此，在生产过程中，必須注意防漏、防爆、防火、防止中毒。所有操作人員，在参加生产前，务必熟習操作規程、崗位操作法及安全規程；在操作过程中，必須小心謹慎，認真負責，切实遵守上述有关規程，服从車間、工段的指揮，及时与各有关崗位取得密切联系。如遇不正常情况或事故，应保持鎮定，并向車間、工段領導报告，切忌惊慌失措、輕举妄动，乱开設備、管綫的閥門，而將事故扩大，以致不可收拾。在国外的合成氨厂中，因操作不慎，發生爆炸，而將全厂毀灭，伤亡达数百人的例子也是有的。

另外，在操作当中还必须熟習仪表，經常了解分析情况，

7
仪表失灵或操作条件有变化，都必须向工段、车间报告，以便及时处理。

合成氨是制造氮肥的基本原料，除与二氧化碳作用生成碳酸氢铵外，还可以与硝酸作用生成硝酸铵，与硫酸作用生成硫酸铵，与盐酸作用生成氯化铵，它们都是良好的肥料。

氨本身也是一种高效肥料，液氨的含氮量达82.3%，均高于以上各种肥料，可以直接施用在农田里。

在国防上，合成氨工业更为重要。由氨制成的硝酸是制造火药的基本原料；硝酸铵还可以用作矿山炸药，开发矿山。

合成氨对其他化学工业也极为重要，在一定条件下与一氧化碳作用，可合成为尿素。尿素不仅是一种含氮最高的肥料和良好的饲料，而且从尿素又可制取其他重要的有机化合物。此外，氨用于塑料、合成纤维工业，可制成氨基塑料、卡普龙等。在石油工业中以氨作防腐剂和中和剂；在冷冻工业中，氨是最好的冷冻剂；在制碱、制药、橡胶工业中，氨也是不可缺少的原料之一。

从上述情况可见，合成氨在国民经济中的作用是十分重大的，党和全国人民要求我们迅速发展氮肥工业，作为国家的领导阶级——工人阶级，氮肥厂的工人同志们更当全力以赴，发挥最大的干劲和钻劲，刻苦学习合成氨生产的技术，并且迅速地掌握之。在鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线光辉照耀下勇猛前进，争取在十年或更短一些时间内，实现农业发展纲要中关于化学肥料增产指标。

*

*

*

第二章 气体的压缩

第一节 緒 言

在制氨工業中，原料气的精煉和液氨的合成，都需在高压下进行；因为，只有在加压下进行上述操作，方能有效地清除原料气中的毒物，获得較高的氨产率。因此，在原料气精煉和液氨合成之前，需要事先用混合气压縮机將气体压縮到高压；为了使合成后的剩氫气、氮气体，繼續在合成系統內循环，必需使用循环气压縮机；为了补充系統所需冷量，使氨在系統內循环，必需使用氨压縮机。混合气压縮机(以下簡称压縮机)、循环气压縮机(以下簡称循环机)和氨压縮机(或称冰机)的工作原理，完全相同，其結構也基本相似；所不同的，只是因它們的用途不同，各具有不同的名称而已。

从上述可知，在制氨过程中，压縮气体的工作，佔有極其重要的地位。压縮机的生产能力及其工作的好坏，是决定合成氨产率的主要因素之一；同时，制氨过程中的动力消耗，主要也在这些設備上。因此，管理压縮机、循环机和氨冰机的操作人員，务須透徹地了解它們的性能，摸熟它們的运轉規律，掌握它們的操作，經常保持它們的安全运轉，借以增加产量，降低消耗定額，节省动力和降低成本。

在压縮过程中，气体的形态变化（温度、压力、体积），是与气体的三个基本定律相符合的。因此，在講压縮原理之前，我們先来温習一下这几个基本定律。

1. 波义耳-馬略特定律：当温度不变时，一定質量的气体的压力，与其体积成反比。換句話說，气体在恒温下被压縮时，則其体积將随压力的增加而成比例的減少。例如，將气体压縮到 100 气压，則其体积將比原来的体积減少 100 倍。

2. 給呂薩克定律：在压力不变的情况下，如使气体受热或冷却时，則其体积就將相应地增加或減少。換句話說，当一定質量的气体受热而温度升高的时候，如果使它的压力保持不变，則它的体积就会增大，也就是要發生热膨胀的現象。例如，在压力不变时，若使气体温度升高一度（ 1°C ），則其体积的增加，將等于它在 0°C 时佔有的体积的 $1/273$ 。

3. 查理定律：在保持气体体积不变的情况下，如使气体受热或冷却时，則其压力亦会相应地增高或降低。換句話說，当一定質量的气体受热而升高温度的时候，如保持其体积不变，則其压力就会增高。例如，在气体体积不变时，如使气体的温度升高一度，則其压力的增加，將等于它在 0°C 时的压力的 $1/273$ 。

綜合上面所述，我們可以粗略地用几句簡單的話来表示上述的三个定律。即：

在恒温下，气体的体积与压力成反比。

在恒压下，气体的体积与温度成正比。

在恒容下，气体的压力与温度成正比。

虽然，在实际的压缩过程中，气体的体积、温度和压力都是在变化的；但是，我們从上述的三个基定律中，就会不难想到：气体經過压缩以后，它的压力和温度是升高的，它的体积是縮小的。

压缩机的类型很多，但因小型氮肥厂合成車間所用的压缩机，如：混合气压缩机、循环气压缩机以及氨气压缩机，都是活塞式压缩机。因此，我們在下面的几节里，也只專門的介紹这种压缩机的有关原理、構造和操作。