

化学肥料厂工人、工長培訓用書

(試 用 本)

合 成 氨 (一) 造 气

化学工業部人事司 編

化 学 工 業 出 版 社

化学工业出版社 化工、工业出版分社

(国 标 本)

音 成 模 式

音 成 模 式

化学工业出版社 编

化学工业出版社

這本書是“化學肥料廠工人、工長培訓用書(試用本)”“合成氨”的第一部分。本書敘述了固定層及沸騰層煤氣發生爐製造半水煤氣，煤氣中硫化氫的清除以及煤氣中二氧化碳的變換。書中用理論結合實際的方法，全面介紹了有關生產原理、工藝流程、設備構造、操作方法、事故的处理、安全技術、生產控制儀表及主要原材料、半成品、成品的分析方法等。

本書可作為省級、專區級氮肥廠培訓工人、工長的教材，也可供各氮肥廠老工人、工長、車間技術人員自修和中等技術學校師生參考之用。

本書經氮肥工業設計院審查，可代替省級氮肥廠造氣車間的開工說明。

本書由化工部人事司組織編寫，第一篇及第四篇的第一章、第二章由姚桂秋執筆（其中沸騰層部分由曲春榮提供資料）；第二篇、第三篇及第四篇的第三章由曹恩普執筆。

化學肥料廠工人、工長培訓用書
(試用本)

合 成 氨 (一)
造 氣

煤氣的製造、脫硫、一氧化碳變換

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證可證出字第 092 號

北京市印刷一廠印刷 新華書店發行

開本：850×1168

1958年7月第1次

印張：9 插頁：85

1958年7月第1次印刷

字數：222千字

印數：1 50,000

定價：9.1.90元

書號：15063·0226

目 录

第一篇 煤气的制造

序 言

第一章 緒 言	10
第一节 合成氨生产中的原料气	12
一、水电解法	12
二、鉄-水蒸汽法	12
三、甲烷或含甲烷气体的变换法	12
四、石油气加工及重油裂化法	12
五、固体燃料气化法	12
第二节 几种常用的合成氨原料气制法的比較	13
一、經濟比較	14
二、我国第二个五年計划中增建氮肥工業所采用的气化方法	14
第三节 煤气制造工段在合成氨制造过程中所佔的地位	15
第二章 气化原料	15
第一节 焦煤的形成和組成	16
一、煤的形成	16
二、煤的工業分析	16
(一)水分	16
(二)灰分	16
(三)揮發分	17
(四)固定碳	17
三、煤的元素分析	18
四、焦炭的形成和組成	18
第二节 燃料的物理性質及其对气化作業的影响	18
一、粘結性	19
二、化学活性	19
三、灰熔点	19
四、机械强度	19
五、热稳定性	20
六、發热值	20
第三章 固体燃料气化原理	21
第一节 化学平衡概念	21
一、可逆反应	21
二、化学平衡	21

第二节 反应速度	22
第三节 空气煤气反应	23
一、炭和氧的反应	23
二、各个反应的研究	25
(一)化学平衡	26
1. 温度对反应平衡的影响	25
2. 压力对反应平衡的影响	26
(二)反应速度	26
(三)結論	27
第四节 水煤气反应(水蒸汽和焦炭的反应)	27
一、以水蒸汽吹風时, 發生爐內的反应	27
二、各个反应的研究	27
(一)化学平衡	27
(二)反应速度	28
(三)結論	28
第四章 工業用水煤气和半水煤气的制造	29
第一节 水煤气和半水煤气的制造方法	29
一、水煤气和半水煤气	29
二、制造水煤气和半水煤气的方法	30
第二节 間歇法生产水煤气和半水煤气(送風發熱法)	31
一、制造原理	31
二、燃料的选擇	34
三、間歇法生产水煤气的工作循环	35
第五章 間歇法制造水煤气和半水煤气的流程及設備	42
第一节 几种典型流程的介紹	42
一、煤焦的运输	42
二、間歇法制造水煤气和半水煤气的流程	45
(一)不回收廢熱的水煤气制造系統	45
(二)只利用吹風气持有熱的流程	45
(三)利用吹風气持有熱及上吹煤气显熱的流程	46
(四)完全利用吹風气持有熱及上、下吹煤气显熱的流程	47
(五)几种类型煤气制造流程的比較	50
第二节 主要設備	51
一、皮帶运输机及螺旋输送机	51
二、双輥齿牙碎煤机	51
三、半水煤气(水煤气)發生爐	52
四、水煤气發生爐的附件	53

(一)加料裝置	53
1.人工加炭	54
2.機械加炭	55
(二)夾套鍋爐(或稱水套)	59
(三)機械排灰裝置	59
1.迴轉爐條	59
2.灰盤	60
3.灰犁(刮灰板)	60
4.灰斗部份及不停車下灰裝置	62
五、燃燒室	62
六、廢熱鍋爐	65
(一)廢熱鍋爐的種類和構造	65
(二)鍋爐附件	67
七、水封(洗氣箱)	70
八、自動控制器(自動機)	74
(一)各閥門動作的流程	74
(二)主水壓缸的移動	76
(三)傳動部分	77
(四)缺口輪組軸	77
(五)制動部分	79
(六)自動機上的安全裝置	83
九、平其式自動機	85
十、空氣鼓風機	90
十一、蒸汽緩沖罐	92
十二、煤氣工段所用之閥門	95
第六章 間歇法水煤氣和半水煤氣製造的操作與管理	97
第一節 合成氨系統中煤氣製造工段與其它工段的關係	97
一、制氣情況對外工段的影響	97
二、與給水單位及動力單位聯繫供應水、汽、電	98
三、和調度室的聯繫	99
第二節 半水煤氣(水煤氣)工段的開工操作	100
一、開工前的試運轉及試壓	100
二、點火	101
三、升溫制氣	102
第三節 水煤氣和半水煤氣的操作	103
一、水煤氣爐操作的依據	103
二、水煤氣爐調節的項目	105

三、水煤气爐的一般操作	106
四、煤气爐運轉中常遇到的問題	110
五、影响焦炭（或煤）消耗定額的因素	115
六、采用無烟煤和焦炭为气化燃料时，操作条件的概略比較	116
七、廢热鍋爐和夾層鍋爐的操作	117
八、馬达房正常时的操作	119
第四节 間歇式水煤气和半水煤气爐的停車	119
一、不正常停車	119
二、正常停車	121
第五节 生产事故	121
一、操作中發生的事故	122
二、修理中發生的事故	123
三、設備及电气事故	124
第七章 沸騰狀燃料層的气化方法	124
第一节 沸騰狀燃料層气化的特点	124
一、沸騰層气化法的优点	124
二、沸騰層气化法存在的問題	125
第二节 目前我国合成氨企業中沸騰層爐应用情况	126
第八章 沸騰層煤气生产的流程及設備	126
第一节 原煤准备部分	126
一、流程	127
二、設備	129
第二节 制造煤气所須的氧气供給部分	132
一、流程	132
二、主要設備	134
第三节 煤气制造部分	134
一、流程	134
二、主要設備	136
第九章 沸騰層煤气發生爐系統的操作管理	142
第一节 沸騰層煤气發生爐的操作控制	142
一、沸騰層爐制造煤气对燃料的选择	142
二、吹入气中氧含量变化对煤气的影响	144
三、爐溫的控制	145
四、过热蒸汽与干燥吹入气的配比	146
五、沸騰層阻力（或压力差）及爐內压力	147
六、二次吹入气	148
七、加煤量的調节	148

八、發生爐的負荷及一次吹入氣的速度	148
第二節 廢熱鍋爐部分的主要操作	149
一、供水不平衡時的調節	149
二、鍋爐各部分的溫度	150
三、操作中應注意的其他事項	150
第三節 沸騰層發生爐的升溫、開車、停車	151
一、烘爐工作	151
二、發生爐的開車	152
三、發生爐的停車	155
第四節 廢熱鍋爐的開車、停車及試壓	156
一、廢熱鍋爐的開車	156
二、廢熱鍋爐的停車	158
三、廢熱鍋爐的試壓	158
四、鍋爐的防腐蝕及酸洗	158
第五節 生產指標及事故	159
一、營城煤在 ГИАП 爐中沸騰氣化的生產指標	159
二、營城煤沸騰氣化的消耗定額	161
三、不正常現象及事故	161
第十章 煤氣的冷卻、除塵、輸送和貯藏	165
第一節 煤氣的冷卻和除塵	165
一、煤氣冷卻和除塵的必要	165
二、各種除塵裝置	166
(一)簡單除塵裝置	166
(二)旋風除塵器	166
(三)洗滌塔	167
(四)泡沫除塵冷卻器	169
(五)煤氣的精細除塵	170
第二節 煤氣的鼓風和輸送	174
一、鼓風機及其附屬設備	174
二、煤氣鼓風機的開車及其運轉注意事項	175
三、羅茨鼓風機	176
四、煤氣輸送管	178
第三節 貯氣櫃	178
一、貯氣櫃的作用	178
二、常用的貯氣櫃	178
三、氣櫃的附件	181
四、氣櫃的使用和維護要點	181

五、气柜的安全距离	182
-----------------	-----

第二篇 煤气的脱硫

第一章 緒 言	183
第二章 氫氧化鉄法脱硫	184
第一节 氫氧化鉄法脱硫的基本原理	184
第二节 氫氧化鉄脱硫剂的配制	185
第三章 砷碱法脱硫	186
第一节 砷碱法脱硫的基本原理	186
一、砷碱液的配制	186
二、脱硫及砷碱液的再生	187
第二节 生产流程及主要设备构造	188
一、生产流程	188
二、主要设备构造	193
(一)脱硫塔的构造	195
(二)再生塔的构造	195
(三)溶液加热(或冷却)器的构造	194
(四)溶液分配器的构造	195
(五)中和器的构造	196
(六)磨硫釜的构造	196
(七)磨硫貯槽的构造	196
(八)往复式空气压缩机	196
(九)离心泵	200
(十)外濾式轉筒真空過濾机	204
第三节 生产操作控制要点	208
一、砷碱法脱硫工段的开工要点	208
二、砷碱法脱硫工段正常操作时的控制要点	210
(一)循环系统操作控制要点	211
(二)空气压缩系统操作控制要点	213
(三)砷碱液的中和操作控制要点	217
(四)硫回收操作控制要点	218
(五)砷碱液的配制操作要点	219
三、砷碱法脱硫工段的停車操作控制要点	219
第四节 砷碱法脱硫的消耗定额	220
一、几种定额的理论計算及定额表	220
二、影响几种主要定额的因素	222
第五节 三氧化二砷的毒性及特殊安全措施	224

一、几种原料及硫黄的性質	224
二、特殊安全措施	224

第三篇 一氧化碳的变换

第一章 一氧化碳变换的理論基础	226
第一节 緒言	226
第二节 变换反应条件的討論	226
一、反应温度与反应热之間的关系	226
二、反应温度与一氧化碳的变换率	227
三、水蒸汽的添加量与一氧化碳的变换率	228
四、二氧化碳对反应平衡的影响	229
第三节 反应条件与副反应	230
一、一氧化碳的分解	230
二、甲烷的生成	230
第四节 一氧化碳变换反应的步驟	231
第五节 变换率及变换气体积的計算	231
第二章 一氧化碳变换触媒	233
第一节 工業上对触媒的要求	233
第二节 一氧化碳变换触媒	234
第三节 变换触媒的性質	236
一、还原与氧化	236
二、变换触媒的中毒	236
三、变换触媒的活性温度及空間速度	237
四、触媒兼有物理和化学的作用	238
第三章 一氧化碳变换生产流程及主要設備構造	238
第一节 一氧化碳变换生产流程	238
一、一氧化碳变换生产流程之一	239
二、一氧化碳变换生产流程之二	242
三、一氧化碳变换生产流程之三	244
第二节 主要設備構造	246
一、变换爐的構造	246
二、热交换器的構造	248
三、飽和塔及热水塔的構造	249
四、水加热器的構造	249
五、冷却塔的構造	250
六、蒸汽喷射器的構造	250

七、燃燒室的構造	251
第四章 生产操作控制要点	252
第一节 变换系统的开工与触媒的升温操作	252
第二节 正常生产时的操作控制	257
一、变换值触媒層溫度的控制	257
二、水蒸汽与半水煤气体积比的控制	259
三、饱和塔煤气出口溫度的控制	259
四、正常操作中其他注意事項	260
第三节 停車与触媒的降溫操作	262
第四节 可能發生的不正常現象和处理办法	264
一、停電	264
二、停水蒸汽或水蒸汽压力不足	265
三、进入变换值触媒層的冷凝水停断或供給量不足	265
四、煤气被吸入循环水泵	265
五、变换值触媒層溫度超出規定的範圍	265
六、爆炸事故的处理	266
七、指示仪表失灵情况下的操作	267

第四篇 生产控制及安全技术

第一章 生产控制仪表	268
第一节 压力的測量	268
一、压力的單位和計量	268
二、常用的压力計	268
(一)液柱压力計	268
1. 單管压力計	268
2. U 形管压力計	269
3. 斜管式压力計	269
(二)彈性压力計	269
(三)帶电接头的彈簧压力計	270
(四)彈簧压力計的安裝和維護	270
(五)薄膜式压力計	271
第二节 流量的測量	272
一、压差式流量計	272
(一)压差式流量計的原理	272
(二)一般常用来产生压差的节流裝置	273
1. 銳孔板	273
2. 噴嘴	274

3. 文都利漸縮管	274
(三) 压差計	274
1. 浮标机械压差計	274
2. 帶有二次仪表的压差計 (流量計) 或电感平衡式流量計	275
3. 环天秤压差計	276
二、轉子流量計	277
第三节 温度的測量	279
一、温度的測量和溫度計	279
二、液柱膨脹式溫度計	279
三、热电偶式溫度計	279
(一) 热电偶的热电現象及热电偶的材料和类型	279
(二) 热电偶式溫度計的測量方法	281
1. 毫伏計式热电高溫計	281
2. 电位計法	283
第二章 分析控制	284
第一节 气体分析	284
一、手动气体分析儀	284
二、半水煤气中硫化氫含量的測定	287
三、入容器前的微量一氧化碳分析	289
四、連續分析儀	290
(一) ГИП-1 型紅外綫吸收气体分析儀	291
(二) 磁力式氧气自动分析儀	291
(三) 氫气自动控制分析儀	292
第三章 安全技术	293
第一节 煤气中几种成分的性質	293
一、一氧化碳的性質	293
二、硫化氫的性質	293
三、氫气的性質	294
四、二氧化碳及氮气的性質	294
五、甲烷的性質	294
第二节 安全技术措施	295
一、防爆与防火	295
二、煤气中毒的預防与急救	297
第三节 防毒面具的構造和应用	299
一、过滤式防毒面具	299
二、長管式防毒面具	302
三、隔离式氧气呼吸器	303

序 言

我国是一个人口多、耕地少、幅员广大的国家。为了发展工业，加速我国社会主义工业化，必须迅速促进农业的发展。从我国的具体情况出发，发展农业的主要途径，就是提高农田的单位面积产量；而提高单位面积产量最有效的方法之一，是大力发展化学肥料，增加单位面积的施肥量。

在化学肥料中，氮肥是占有相当大的比例的，它的肥效非常显著。一市斤氮素（相当于4~5市斤硫酸铵）能使每亩水稻作物增产15~20市斤，最高能达到25市斤；麦类作物增产15~20市斤；棉花增产2.5~3.5市斤；小米及玉米等杂粮增产25~32市斤；在蔬菜中：可使白菜增产200~270市斤，菠菜150市斤。由此可见，氮肥工业对于促进农业的迅速发展是具有重大的作用。

根据中国共产党第八次全国代表大会的决议，我国第二个五年计划中，化学肥料将有巨大的发展；从中央提出地方工业产值超过农业产值、全党办企业、县县办工业以后，地方兴办化学肥料工业的积极性空前高涨，预计不久化学肥料工业必将出现星罗棋布、县县开花的情景。

为了配合氮肥工业的大发展，化学工业部除了责成氮肥工业设计院，编制了建设省级（年产五万吨合成氨）、专区级（年产一万吨合成氨）及县级（年产二万吨合成氨）氮肥厂所需的定型设计外，并且由人事司从永利宁厂、大连化工厂和吉林肥料厂抽调了部分技术人员，按照定型设计的要求，于今年一月开始集中在北京编制了这一套氮肥工业培训生产工人用的教材。写成后分别经氮肥设计院和基本化学设计院审查，可作为相关定型设计的开工说明用。因此，关于各该定型设计即不再另编开工说明。

氮肥的品种很多，最常用的和我们今后准备大量生产的有硫酸铵（简称硫铵或硫酸铵，俗称的肥田粉多指此物）、硝酸铵（硝铵或硝铵）、碳酸氢铵、氯化铵、氰氨基钙（俗称石灰氮）、尿素、液氨、氨络物和氨水等。这些氮肥大都由合成氨与硫酸、硝酸等物质，在

一定的条件下化合而成的。因此，这套教材將包括合成氨、硫酸、硝酸、硫酸銨、硝酸銨等的原料和成品（或半成品）的制造方法。

由于合成氨生产的工艺过程比較复杂，一个合成氨厂都是按照它的工艺过程分为若干車間、工段，而且对每一車間、工段操作的工人的技术水平和文化水平的要求也是不同的。因此，我們在編制合成氨生产一書中，按照了上述要求把全書分为四本，即造气（包括煤气制造、脫硫、一氧化碳变换）；合成氨用气体及氨的压缩；原料气的精制；氨的合成。而硫酸、硝酸、硫酸銨、硝酸銨等，則分別独自作一本出版。

这套教材主要是供省級、專区氮肥厂培訓技术工人、工長用的，學習中应有教員講授。書中除考虑到定型設計的要求，安排必要的內容外，并結合了老厂的操作經驗加以补充，应视为氮肥厂的新工人和工長必讀的課本；也可供中等技术学校畢業学生、氮肥工業企業的管理干部及具有初中文化程度的老工人、工長参考或自修之用。每本書的內容包括：生产原理，工艺流程，設備構造，操作，維護和檢修方法，生产操作要点，事故預防及發生事故时的处理办法，生产控制及其使用仪表，半成品及成品的質量要求和主要分析方法等。全書的主要篇幅是放在操作管理和事故的預防、处理上。

在編制这套教材的过程中，曾拟把有关的物理、化学基本理論作为書中的組成部分；但考虑到如果这样做，不但要增加篇幅，多費紙張，而且会使每本書的这一部分出現重复現象。因此，决定把它略去，另編一本适用于工人同志閱讀的“化学肥料厂的化学、物理基础知識”，以弥补这一套書的不足。但是，在“化学肥料厂的化学、物理基础知識”尚未編出前，希望教师在講解这套教材的时候，事先或随时給學習的同志介紹一下化学、物理基础知識，以便學習的同志对本書工艺方面的理論能获得較深刻的了解。

由于参加編写工作的同志經驗有限，加以需要甚急，編写時間倉促，因此，不論在技术內容上、深淺程度上、章节安排上、文字表达上都存在着不少缺点，希望讀者在教学或學習当中随时指出，以便再版时补充、修正。

第一篇 煤气的制造

第一章 緒 言

第一节 合成氨生产中的原料气

大家知道，合成氨是由氢气和氮气制成的，所以要制造合成氨，首先要解决氢气和氮气的来源问题。氢气和氮气的制法，普通有下面几种：

一、水电解法 水是氢和氧的化合物。在水中加适量氢氧化钾（苛性钾，KOH）或氢氧化钠（苛性钠，烧碱，NaOH）并通入电流后，可使水分解为氢气和氧气。然后再使一部份氢气加入空气中，点火燃烧，烧去空气中的氧，剩下的就是所需要的氮。电解所得的氧气，作为商品出卖或作其它用途。氢气和氮气就作为合成氨的原料气。

此法耗电太多，只能适用于水力发电发达、能得到廉价电力的处所，在目前，我国还没有条件。

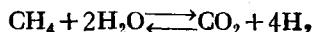
二、铁-水蒸汽法 水蒸汽通过赤热的金属铁或氧化亚铁，作用而生成氢气，反应温度为 $700-800^{\circ}\text{C}$ ，其反应式如下：



此法不但生产强度低，而且要消耗大量蒸汽，所以现在合成氨生产中，早已不采用此法。

三、甲烷或含甲烷气体的变换法 在天然气或炼焦炉制得的煤气中，含有相当多的甲烷（焦炉气中甲烷含量达 22—27%，天然气中甲烷最多含量达 90% 以上）。近年来，此法已成为合成氨原料气的来源之一，其变换方法，有下列数种：

（一）用水蒸汽变换甲烷而得氢。



这一反应分两个阶段。

第一阶段 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{H}_2 + \text{CO}$

此阶段使用鎳触媒，反应温度为 1000°C 。

第二阶段 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$

此阶段使用鉄触媒，反应温度为 $480-530^{\circ}\text{C}$ 。

在有大量天然煤气或半炼焦爐气产量很大的場合，可应用此法。此法既經濟又便利，近年来获得了广泛的应用。

(二)用二氧化碳变换甲烷而得氫。

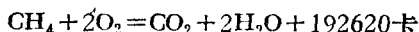


反应条件与用水蒸汽变换相似。

(三)甲烷的不完全氧化(燃烧)。

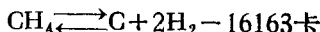


此反应原为甲烷与不足量的氧，燃烧后生成二氧化碳和水。其反应式为：



生成的二氧化碳和水蒸汽，在高温下，与多余的甲烷按(一)、(二)反应生成氫。此法目前正在应用。

(四)甲烷的裂化。在高温下(1500°C)，甲烷能裂化为氫和游离碳。



反应式中“-”号表示吸热“+”表示放热以下同。

在工業上，此法主要用来制造游离炭(即炭黑)，氫为副产品。

四、石油气加工及重油裂化法 用这种方法虽然投資最少、生产成本最低，但是必須和石油工業相配合。

五、固体燃料气化法 大家知道，各种煤气中的主要成分，不外乎是硫化氫、甲烷、一氧化碳、二氧化碳、氫、氮等，所以只要能設法除去其中氮、氫以外的其它成分，將氮和氫配成一定的比例，就能作为合成氨用的原料气。这种方法，由于煤的分佈广泛，無疑將被广泛采用。但是由于各种煤的性質不同，气化方法和处理方法也不同，所以經濟意义也不同。

(一)固定層气化法 以水蒸汽空气混合物及空气相間地通入固定燃料(焦炭、煤、木材等)層。得出的煤气經過脫硫后，再在 $450-550^{\circ}\text{C}$ 的温度下和水蒸汽混合通过变换触媒，使一氧化碳和

水蒸汽轉變成二氧化碳及氫，然后再設法除去不需要的成分二氧化碳及剩下的少量一氧化碳。

这个方法的主要优点是：流程和設備簡單，投資少，操作也簡單，不須另外制备氮气。缺点为只能間断生产，气化强度^①不大，要用焦炭或高品質的煤作燃料。

(二)沸騰層气化法 以富氧空气^②和水蒸汽連續地通过煤粉層，使煤粉成沸騰狀而燃燒。再在生成的煤气中，除去不需要的成分。目前我国吉林肥料厂即采用这种方法。它的优点是气化强度大，可采用劣質煤(如褐煤等)，缺点是須有一套制氧的空气分离設備来配合，所以設備裝置龐大，投資多，且动力耗費多。

(三)焦爐气冷冻液化分离法 利用煉焦爐气体中各成分液化温度的不同，將它們冷冻分离，得到需要的气体。我国大連化学厂即部份采用此法制造合成氨原料气。用此法可連續生产，所以生产能力也大。在和煉鋼工業联合生产时，利用鋼鐵工業煉焦副产品焦爐气制取氫气尤为經濟，因合成氨工業从焦爐气中取出氫气后，可將高热值副产气“林德气”供給煉鋼之用。另外，也可采用煉焦爐气不完全氧化制取氫气。但其缺点也是設備多且須和煉焦工業配合。

第二节 几种常用的合成氨原料气制法的比較

一、經濟比較 选择合成氨原料气的制备方法时，要考虑到燃料資源、产品成本、投資額及技术条件等因素。

根据1956年的資料，在各資本主义国家合成氨原料气的生产中，各种方法所佔的百分比如下：

固体燃料气化	焦爐气	天然气	石油气加氫及重油裂化	水的电解	总计
26	23	37	4	3	100%

投資額及單位氨产量成本(按照近似的計算，以間歇式固定層爐为 100%)。

	投資額	成本
焦炭(間歇式爐)	100	100

① 气化强度系指爐的單位断面所产生的气量大小。

② 富氧空气为含氧量多的空气。