

县級氮肥厂工人、工長教材

(試用本)

合成氨法制造碳酸氫銨(一)

造气、脫硫、变换

化学工業部人事司 編

TQ441.6

2/1

化学工業出版社

中国科学院上海冶金研究所

1955.10.10

中国科学院上海冶金研究所

透气膜研究

中国科学院上海冶金研究所 编

中国科学院上海冶金研究所

县級氮肥厂工人、工長教材
(試用本)

合成氨法制造碳酸氫銨(一)

造气 脫硫 一氧化碳变换

化学工業人事司 編

化学工業出版社

为适应氮肥工业下乡，使氮肥厂星罗棋布，县县开花，化学工业部在编制县级氮肥厂定型设计的同时，又抽调了氮肥厂部分技术人员在全国第一座小小氮肥厂所在地——上海化工研究院县氮肥示范工厂编制了这套培训工人、工长的教材。

这套培训工人、工长教材共分三册：第一册为造气、脱硫及一氧化碳变换；第二册为原料气的压缩、精馏及氨的合成；第三册为碳化。本书即为该套教材中的第一册。

本书共分六章，分别详述了水煤气和半水煤气的制造、脱除气体中硫化氢和将一氧化碳变换为二氧化碳的原理、生产流程、设备构造以及操作细节；对于各该部分的安全技术、生产控制仪表及分析要点也作了相应的介绍。

本书可作为培训县级氮肥厂的工人和工长的教材，也可供氮肥厂管理干部、车间技术人员及中等专业学校师生参考自修之用。

本书是根据化学工业部氮肥工业设计院所编制的县及氮肥厂定型设计（第二版）并参照了上海化工研究院县氮肥示范工厂和永利宁厂的操作经验而编写的，因此，还可以作为新建县级氮肥厂编制岗位操作法的参考。

本书由化学工业部人事司组织编写，姚桂秋同志执笔。

县级氮肥厂工人、工长教材（一）

（试用本）

合成氨法制造碳酸氢铵

造气、脱硫、一氧化碳变换

化学工业部人事司 编

化学工业出版社（北京安定门外和平北路）出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第092号

北京市印刷一厂印刷 新华书店发行

开本：787×1092 1/32 1958年7月第1版

印张：4 1/2 插页：4 1958年7月第1次印刷

字数：98千字 页数：1—50,000

定价：（9）0.65元 书号：15063 0265

目 录

第一章 总論	6
第二章 水煤气和半水煤气的制造	8
第一节 半水煤气的簡單介紹	8
一、燃料的气化, 水煤气半水煤气的定义	8
二、水煤气和半水煤气的用途和性質	9
三、合成氨法制造酸酐系統中煤气制造工段的任务	9
第二节 原料选择	10
一、燃料的成分	10
二、燃料的物理性質	12
三、气化用燃料的粒度	13
第三节 燃料气化反应及反应条件	14
一、燃料中的碳和空气的反应	14
二、燃料中的碳和水蒸汽的反应	15
三、反应条件	15
第四节 燃料层的分区	19
第五节 制气的循环	21
一、制气循环的各阶段	21
二、各阶段所佔時間的百分比例	23
三、循环時間及制气的成分和产量	26
第六节 間歇法制水煤气(及半水煤气)的流程和设备	26
一、燃料的流程	26
二、制气各阶段气体的流程	26
三、水压系統的流程	27
四、煤气制造系統的主要设备簡單構造和作用	28
习题一	52
第三章 煤气制造工段的操作管理	53
第一节 煤气制造系統的正常操作及开停工	53
一、煤气制造工段和有关工段、崗位間的联系	53
二、煤气制造系統的开工	54
三、运轉中的基本操作	60

四、煤气制造工段的正常操作	62
第二节 不正常情况及事故停車	68
一、馬达跳閘	68
二、閥門失灵，發生爆炸	68
三、其他不正常情况的緊急停車	73
四、緊急停車步驟	74
第三节 煤气制造系統大修时的停車	74
第四节 煤气制造的生产指标	75
習題二	76
第四章 煤气的脫硫	77
第一节 概述	77
一、脫硫的意义	77
二、县級磷酸銨廠中采取的脫硫方法	77
第二节 氢氧化鉄法脫硫	78
第三节 碳酸鈉法脫硫	80
一、脫硫反应	80
二、脫硫条件	81
三、脫硫液再生的反应	82
四、再生条件和鹽的消耗量	83
五、工艺流程和设备	83
六、脫硫系統的开停工及正常操作	86
習題三	87
第五章 煤气中一氧化碳的变換	88
第一节 反应及反应条件	88
一、一氧化碳变換的目的及反应方程式	88
二、反应条件	88
第二节 变換触媒	93
一、触媒概述	93
二、变換触媒的选择、性能和使用	94
第三节 一氧化碳变換的流程和设备	98
一、流程和设备的确定	98
二、变換系統流程	99
三、设备的構造和作用	102

第四节 变换系统的开工	112
一、开工前的准备工作	112
二、装触媒	112
三、排气升温	113
第五节 变换系统的正常操作	117
一、控制触媒层温度	117
二、加減負荷	118
三、冷热水量的調节	119
四、注意仪表集中板上的仪表	120
五、巡迴檢查	121
第六节 变换系统的停工及不正常情况和事故的处理	122
一、变换系统的暂时停工	122
二、短期停工后的开工	123
三、停工冷却	123
四、触媒的篩換	125
五、不正常情况及事故的处理	125
第七节 变换系统的主要計算及主要操作控制指标	128
一、一氧化碳变换率的計算	128
二、蒸汽比例的計算	129
三、变换系统主要控制指标	131
習題四	132
第六章 安全技术及生产控制	132
第一节 安全技术	132
一、煤气中各成分的危險性質	132
二、在煤气制造、脫硫、变换系统中安全事故的預防	132
三、事故發生后的处理及急救	138
四、其他安全事故	139
第二节 生产控制仪表	140
一、压力的測量	140
二、流量的測量	141
三、温度的測量	143
第三节 煤气及变换系统的主要控制分析	143
一、半水煤气及变换气的分析	143
二、其他有关项目的分析	146

县級氮肥厂工人、工長教材
(試用本)

合成氨法制造碳酸氫銨(一)

造气 脫硫 一氧化碳变换

化学工業人事司 編

化学工業出版社

为适应氮肥工業下乡，使氮肥厂星罗棋佈，县县开花，化学工業部在編制县級氮肥厂定型設計的同时，又抽調了氮肥厂部分技術人員在全国第一座小小型氮肥厂所在地——上海化工研究院县級氮肥示范工厂編制了这套培訓工人、工長的教材。

这套培訓工人、工長教材共分三册：第一册为造气、脫硫及一氧化碳变换；第二册为原料气的压缩、精煉及氨的合成；第三册为碳化。本書即为該套教材中的第一册。

本書共分六章，分別詳述了水煤气和半水煤气的制造、脫除气体中硫化氢和將一氧化碳变换为二氧化碳的原理、生产流程、設備構造以及操作細節；对于各該部分的安全技术、生产控制仪表及分析要点也作了相应的介紹。

本書可作为培訓县級氮肥厂的工人和工長的教材，也可供氮肥厂管理干部、車間技術人員及中等專業技术学校师生参考自修之用。

本書是根据化学工業部氮肥工業設計院所編制的县及氮肥厂定型設計（第二版）并參照了上海化工研究院县級氮肥示范工厂和永利宁厂的操作經驗而編写的，因此，还可以作为新建县級氮肥厂編制崗位操作法的参考。

本書由化学工業部人事司組織編写，姚桂秋同志執筆。

县級氮肥厂工人、工長教材（一）

（試用本）

合成氨法制造碳酸銨

造气、脫硫、一氧化碳变换

化学工業部人事司 編

化学工業出版社（北京安定門外和平北路）出版

北京市書刊出版業營業證出字第092号

北京市印刷一厂印刷 新华書店發行

开本：787×1092 1/32 1958年7月第1版

印张：4张 插頁：4 1958年7月第1次印刷

字數：98千字 頁數：1—50,000

定价：（9）0.65元 書号：15063 0265

目 录

第一章 总論	6
第二章 水煤气和半水煤气的制造	8
第一节 半水煤气的簡單介紹	8
一、燃料的气化, 水煤气半水煤气的定义	8
二、水煤气和半水煤气的用途和性質	9
三、合成氨法制造酸鹽銨系統中煤气制造工段的任务	9
第二节 原料选择	10
一、燃料的成分	10
二、燃料的物理性質	12
三、气化用燃料的粒度	13
第三节 燃料气化反应及反应条件	14
一、燃料中的碳和空气的反应	14
二、燃料中的碳和水蒸汽的反应	15
三、反应条件	15
第四节 燃料层的分区	19
第五节 制气的循环	21
一、制气循环的各阶段	21
二、各阶段所佔時間的百分比例	23
三、循环時間及制气的成分和产量	25
第六节 間歇法制水煤气(及半水煤气)的流程和设备	26
一、燃料的流程	26
二、制气各阶段气体的流程	26
三、水压系統的流程	27
四、煤气制造系統的主要设备簡單構造和作用	28
習題一	52
第三章 煤气制造工段的操作管理	53
第一节 煤气制造系統的正常操作及开停工	53
一、煤气制造工段和有关工段、崗位間的联系	53
二、煤气制造系統的开工	54
三、运轉中的基本操作	60

四、煤气制造工段的正常操作	62
第二节 不正常情况及事故停車	68
一、馬达跳閘	68
二、閥門失灵，發生爆炸	68
三、其他不正常情况的緊急停車	73
四、緊急停車步驟	74
第三节 煤气制造系統大修时的停車	74
第四节 煤气制造的生产指标	75
習題二	76
第四章 煤气的脫硫	77
第一节 概述	77
一、脫硫的意义	77
二、县級磷酸銨廠中采取的脫硫方法	77
第二节 氫氧化鉄法脫硫	78
第三节 碳酸鈉法脫硫	80
一、脫硫反应	80
二、脫硫条件	81
三、脫硫液再生的反应	82
四、再生条件和藥的消耗量	83
五、工艺流程和設備	83
六、脫硫系統的开停工及正常操作	86
習題三	87
第五章 煤气中一氧化碳的变换	88
第一节 反应及反应条件	88
一、一氧化碳变换的目的及反应方程式	88
二、反应条件	88
第二节 变换触媒	93
一、触媒概述	93
二、变换触媒的选择、性能和使用	94
第三节 一氧化碳变换的流程和設備	98
一、流程和設備的确定	98
二、变换系統流程	99
三、設備的構造和作用	102

第四节 变换系统的开工	112
一、开工前的准备工作	112
二、装触媒	112
三、排气升温	113
第五节 变换系统的正常操作	117
一、控制触媒层温度	117
二、加減負荷	118
三、冷热水量的調节	119
四、注意仪表集中板上的仪表	120
五、巡迴檢查	121
第六节 变换系统的停工及不正常情况和事故的处理	122
一、变换系统的暂时停工	122
二、短期停工后的开工	123
三、停工冷却	123
四、触媒的篩換	125
五、不正常情况及事故的处理	125
第七节 变换系统的主要計算及主要操作控制指标	128
一、一氧化碳变换率的計算	128
二、蒸汽比例的計算	129
三、变换系统主要控制指标	131
习题四	132
第六章 安全技术及生产控制	132
第一节 安全技术	132
一、煤气中各成分的危險性質	132
二、在煤气制造、脫硫、变换系统中安全事故的預防	132
三、事故發生后的处理及急救	138
四、其他安全事故	139
第二节 生产控制仪表	140
一、压力的測量	140
二、流量的測量	141
三、温度的測量	143
第三节 煤气及变换系统的主要控制分析	143
一、半水煤气及变换气的分析	143
二、其他有关项目的分析	146

第一章 总 論

为了多、快、好、省地發展化学肥料的生产，滿足农業的需要，化学工業部根据中央提出的“四級办化肥厂，讓小型化肥厂星罗棋布，县县开花”的方針，决定在專区、县一級兴建适合于小型生产的氮肥厂，并由氮肥設計院制訂了用合成氨法制造碳酸氫銨小小型厂的定型設計。

这些制造碳酸氫銨的小型氮肥厂，投資少，佔地面积不大，建厂時間短，設備簡單，操作方便，原料基本上可以就地取用，一般县城或市鎮都有条件举办。按照年产8000吨碳酸氫銨的工厂計算，每年生产出的氮肥，用于粮食作物，可以增产四千八百万斤，折合三百三十六万元；用于棉田，可以增产八百万斤，值六百四十万元。一年左右就可收回全部投資。

用合成氨法制造碳酸氫銨，具有如下优点：

(1)建厂投資少，生产成本低，不像制造硝酸銨和硫酸銨那样，需要一套脫去原料气中二氧化碳的水洗系統；在生产过程中，气体中对合成氨無用的成分——二氧化碳，可以得到利用。另外，高压压缩机前一部份所压缩的气体，都是对合成氨有用的气体——氮和氢，而很少有对合成氨無用的二氧化碳。所以又节约了压缩机的投資和动力費用。根据初步估算，其生产成本和其它常用的肥料的对比如下表：

項 目	碳酸氫銨	硝酸銨	硫酸銨	备 註
單位氮成本(元)	456	356	550	(1) 成本中未計算包裝費
單位氮投資(元)	263	370	392	(2) 投資只算氨加工部份

(2) 碳酸氢铵的肥效高，不破坏土壤，施用范围广。碳酸氢铵不像硫酸铵那样含有硫酸根，它对土壤没有破坏作用，施用到农田里，也不必用石灰中和；也不像氨水碱性高，会灼烧植物的莖芭。相反地，施用在农田里一个较长时间后，碳酸氢根会供给植物的养份——二氧化碳。它的肥效与含同量氮素的硫酸铵相等，甚至还要超过。据1952年中国农业科学研究所的试验，得到如下的结果：

肥料种类	每亩稻谷产量(斤)
不追用氮肥	542
碳酸氢铵(每亩施用氮素5斤)	739
20%氨水(每亩施用氮素5斤)	621
硫酸铵(每亩施用氮素5斤)	704

这种小型氮肥厂的优点，还不止于此。最主要在我国目前的形势下，特别需要高速的发展氮肥生产，以促进我国农业上的大增产。如果按照这个定型设计，在一、二年内全国两千多个县都建成一个化肥厂，就可以年产一千六百万吨化肥。而若只兴建大中型厂是难能达到这样快的速度的。

这种肥料的缺点，就是容易挥发，特别是在潮湿空气中和较高的温度下更容易挥发。因此，必须注意包装和贮存的问题。

用合成氨法制碳酸氢铵的流程，和合成法制氨的流程相仿。首先，利用赤热的焦炭或煤与空气蒸汽反应制取半水煤气；然后，用碳酸钠溶液，除去气体中的硫化物；再选择一定条件，使煤气中对合成氨无用的气体一氧化碳与水蒸汽作用，变换成为有用的氢。

在一氧化碳变换成为氢的同时，还有二氧化碳气产生，此二氧化碳气是一种对合成氨无用的气体。在这个合成氨法制碳酸氢铵的流程里，是利用合成系统已生成的氨制成氨水来吸收这部份二氧化碳，而得成品碳酸氢铵。

然后，把经过碳化后的气体加以压缩，并经过醋酸铜氨液和碱液洗涤，除去气体中留下来未完全除尽的一氧化碳和二氧化碳。气体经过了这些步骤处理，就成为合乎规格的原料气了。再用压缩机把这部份气体压缩到 300 大气压左右后，送入合成塔，使原料气中的氢和氮化合成氨；然后，再使之通过水冷却器及氨冷却器把气体中的氨冷凝成为液体状态的氨，使氨与氢氮混合气体分开。未合成的气体，循环使用。氨冷却器是借管外液氨的蒸发而冷却冷凝管内的出合成塔的氮、氢、氨混合气的。所蒸发出的氨，沿氨气管道送入碳酸氢铵制造系统，用稀氨水吸收制成浓氨水后，作为吸收二氧化碳的喷淋液用。

在这本书里，将介绍半水煤气的制造、气体中硫化氢的脱除和一氧化碳的变换。

*

*

*

第二章 水煤气和半水煤气的制造

第一节 半水煤气的简单介绍

一、燃料的气化，水煤气半水煤气的定义

用氧或氧的化合物（二氧化碳、水蒸汽）通过赤热的固体燃料（如焦炭、煤等）层，使其中的有机物质起氧化作用而生成含有氢、一氧化碳及甲烷等可燃气体。这个过程，称为燃料的气化。所通入的气体，则称为气化剂。

根据气化剂的不同，制出气体的成分及名称也不同。一般，以空气为气化剂时，制出的煤气，称为空气煤气。以水蒸汽为气化剂时，制出的煤气，称为水煤气。这两种煤气的成份，也有显著的区别：前者氮及二氧化碳含量高而氢含量少；后者氢多、氮少。在用作合成氨原料气的煤气中，如用空气煤

气，则氮太多；如用水煤气，则氮不够。同时，由于制水煤气是个吸热反应，必须从外部补充热量；而制空气煤气，则正好是放热反应，必须放出热量。因此，在应用焦炭或煤的气化方法来制取合成氨原料气时，就常采用既制空气煤气而又制水煤气的方法，将制空气煤气时放出的热量，恰好能供给制水煤气时所需要的热量。并且使全部水煤气和部份空气煤气混合而配成一定的氮氢比，以符合合成氨的要求。这种煤气，一般就称为广义的半水煤气。必须明确：这并不是真正指这种气体刚好一半是水煤气，一半是空气煤气。

二、水煤气和半水煤气的用途和性质

由于氢、一氧化碳都能和空气中的氧燃烧而放出热量；所以水煤气、半水煤或空气煤气都可作为燃料用。例如硅酸盐的煅烧，金属的冶炼、熔铸、切割，发动机动力用燃料，家庭生活方面等。

又由于煤气中的一氧化碳及氢，能应用化学方法把它合成为种种碳氢化合物的化学产品，如合成氨、甲醇、人造汽油等。

随着科学技术的发展，煤气的应用范围还在不断地扩大。

煤气中的成份除氮、二氧化碳外，如一氧化碳(CO)、甲烷(CH_4)、氢(H_2)、硫化氢(H_2S)，均能和空气中的氧(O_2)混合，而发生爆炸或燃烧。气体中二氧化碳及硫化氢，对金属有腐蚀性；一氧化碳和硫化氢还易使人畜中毒。其他气体虽无毒，但若含量过多，也能使人畜因吸入氧的量相对地减少，引起窒息而至死亡。所以，煤气是一种危险性气体。

三、合成氨法制碳酸氢铵系统中煤气制造工段的任务

煤气制造工段的运转，必须要达到下述三个目的：

(一)安全运转：这是由于煤气的易爆、易燃、有毒等性质所确定的。无论是修理、操作等工作时，需特别注意由于上述性质而发生的故事。

(二)密切和有关工段配合，按質按量的均匀供应气体：由上章所講的概略流程，已經可以看出，从半水煤气的制备，一直到最后成品碳酸氫銨的制出，要經過好几道工序，它的整个生产系統，有着高度的連續性，任一工序發生事故，往往互相影响或波及另一工序，甚至使整个系統陷于停頓。煤气制造工段既是整个流程的第一关，所以無論煤气質量事故，或有关工序及本工序發生事故或操作不正常时，都要求能迅速及密切配合处理，否則很易使事故扩大，甚至造成災禍。

(三)降低消耗定額及成本：在整个生产系統中，焦炭約佔碳酸氫銨(NH_4HCO_3)总成本的21%左右，而煤气工段操作得好坏，能影响單位产量的耗炭量，因此，如何恰当的操作，降低消耗定額，对全厂生产成本的降低，是有巨大作用的。

第二节 原料选择

对所使用燃料性狀的要求，主要决定于已采用的流程設備，小型氮肥厂煤气制造对燃料的选择，主要应考虑下列几个因素：

一、燃料的成分

燃料的成份一般是由工厂化驗室在燃料到达本厂时，取样分析，然后将做出的数据，报告給煤气制造工段，以供操作参考。优秀的工人，必須知道燃料的成份。其分析內容于下：

(一)水份：普通所謂煤中的水份，是指在干燥空气下的試料，加热至 105°C 左右(保持1小时)后所放出的水份。这种水份，与煤的种类、煤形成年代的長短、矿源等有关系。一般，同一种煤开采出来后，或同一种焦炭煉出后所含水份也是不同的；同时，它們所含的水份的多少，也因所处的环境和季节而不同。焦炭較無烟煤空隙多，容易吸水。雨季，含水份特別高；水份过高了，往往影响操作。因此，在雨季超过一定雨