

И. Я. Азбель, К. К. Кильштейн
Т. А. Макеев

Производство аммиака

Госхимиздат (Москва • 1954)

氨 的 制 造

化学工业部氮肥工业设计院合成氨科译

化学工业出版社（北京安定门外和平街南口）出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本：850×1168· $\frac{1}{32}$

1957年3月北京第1版

印张：11 $\frac{29}{32}$ 插页：4

1960年5月北京第4次印刷

字数：299,000字

印数：10,053—15,552

定价：(10)2.20元

书号：15063·0109

2.20元

氮 的 制 造

И. Я. 阿斯貝利

К. К. 克里希特 編著

Г. А. 馬克也夫

化学工業部氮肥工業設計院合成氨科譯

化 学 工 業 出 版 社

本書敘述有关合成氨生产的过程和主要設備，着重地敘述了以固体燃料气化为基础的变换制氫法。并較詳尽地講述了生产操作、生产組織和安全技术方面应有的知識。

本書以敘述实际生产知識为主，适宜于氮肥工業、人造石油工業的操作工人和一般工程技術人員提高技術水平之用。亦可作为相应專業的高等学校及中等技术学校学生和教師的讀物。此外还可供有关設計工作人員之参考。

本書由化学工業部氮肥工業設計院合成氨科鍾詒烈，吳建生，陈信方，蔣熙年，冷寅正，王文釗，繆均华，賈成晏，曾昭惠等共十三人编写及大连化学厂吳玉峯，杜松溪，王楚，刘鸞英等四人合譯。

目 录

序言

第一章 氮氢混合气的制造方法	13
在气化固体燃料的基础上用变换法	
制取氮氢混合气	14
用深度冷冻法分离焦炉煤气以制取氢气	15
借空气分离制取氮气	20
用电解水法制取氢气	23
用甲烷变换法制取氢气	25
习题	26
第二章 煤气的制造	27
固体燃料的气化	27
煤气发生炉的空气鼓风	29
煤气发生炉的吹蒸汽	31
炉煤气的制造	34
水煤气、炉煤气及二者混合气的应用	35
用以生产半水煤气的原料	36
气化前焦炭的预处理	40
水煤气装置的操作流程	43
水煤气装置主要设备的构造	52
煤气发生炉	52
加焦器	57
廢热鍋爐	60
洗滌塔	61
液压操縱系統	62
液压連鎖裝置	62
自动机	66
連續生产过程的裝置	71
爐煤气裝置	72

用蒸汽-氧气鼓風的裝置	73
在沸騰層气化燃料的裝置	73
熔渣式的裝置	75
水煤气及爐煤气裝置的管理及操作规范	76
燃料層及灰渣層	78
煤气發生爐的温度条件	79
水、蒸汽、气体的压力	80
煤气發生爐的开工及停工	81
水煤气及爐煤气裝置操作中的故障，其發生原因及消除方法	83
煤气發生爐的結渣	83
自动閘門失灵	84
空气鼓風机突然停車	84
水煤气及爐煤气裝置的先进操作方法	85
習題	87
第 三 章 煤气的除塵与脫硫	88
煤气的除塵	88
煤气的脫硫	90
干法脫硫	91
湿法脫硫	95
習題	112
第 四 章 一氧化碳的变换	113
变换过程的原理	113
一氧化碳变换反应的触媒	115
变换过程的工艺流程	118
一段式的一氧化碳变换裝置	118
二段式的一氧化碳变换裝置	120
一氧化碳加压变换裝置	122
变换工段設備和机器的構造	124
飽和塔、热水塔和冷凝塔	124

鼓風机	124
蒸汽-煤气混合器	127
热交换器	128
变换器	130
变换工段的工艺规范指标	132
饱和温度	132
变换器进口与触媒層的气体温度	133
蒸汽-煤气混合气中蒸汽量与煤气量的比例	134
一氧化碳变换装置的生产能力	134
工艺过程的进行	135
变换装置的預热和开工	135
变换装置的冷却和停工	138
触媒的燃硫过程	138
鼓風机的管理	140
变换工段的事故和故障	140
变换装置的先进操作方法	142
气櫃	143
气櫃的用途	143
气櫃的構造	144
气櫃的操作規則	148
生产控制	151
習題	151
第 五 章 气体的压缩与洗滌	152
气体的压缩	154
压缩工段的設備	160
压缩机零件概述	167
压缩机的潤滑装置	176
輔助設備	178
压缩机操作规范	184
压缩机的启动与停車	186

壓縮机的管理	189
壓縮机运轉时的故障与事故及其原因, 預防和消除的办法	190
清除气体中的二氧化碳	192
水洗工段的工艺流程	195
水洗工段設備	196
水洗工段的开工	200
水洗工段的停工	201
操作条件的調节	202
水洗工段运轉中的故障, 故障的原因, 預防和消除故障的方法	203
气体中一氧化碳及殘余二氧化碳的清洗	205
銅氨溶液的制备	207
銅氨液及碱液洗滌工段的流程	209
銅氨液及碱液洗滌工段的設備	210
銅氨液及碱液洗滌工段之开工	211
銅氨液及碱液工段停車	213
工段操作条件的調节	214
不符合正常条件的偏差和故障, 消除它們的方法	215
銅氨液与碱液洗滌工艺流程的合理化	217
銅氨溶液的再生	218
銅氨溶液再生工段工艺流程	219
再生工段設備構造	221
再生系統的开工	225
再生系統的停工	226
再生系統操作条件的調整	226
再生过程的被破坏及其糾正办法	227
銅氨溶液在真空下再生	229
冷冻裝置	231

冷冻装置的设备	232
冷冻装置的开工	234
冷冻装置的停工	235
冷冻装置的管理	236
生产控制	238
习题	240
第六章 氨的合成	242
氨的物理-化学性质	242
氨合成过程的理论	243
气体混合物中氨的分离	247
合成氨所用的触媒	249
触媒的毒物	250
触媒的制备	251
合成系统的操作特性	253
高压系统	253
中压系统	255
塔径为 700 公厘的氨合成装置	255
塔径为 850 公厘的氨合成装置	266
合成系统的开工	271
合成系统的停工	273
操作条件的调节	274
操作条件的破坏及其原因, 预防和消除 的办法	277
先进操作方法	280
生产控制	282
习题	282
第七章 氨的储存和运输	284
液氨仓库	285
液氨的运输	286
低压槽车	287

	高压槽車	288
	槽車注入和卸空規則	288
	向鋼瓶內充填氨的規則	290
	氨水的制造与运输	291
	習題	292
第 八 章	生产控制和控制測量仪表	294
	压力的測量	295
	温度的測量	297
	測量气体和液体流量的仪表	300
	气体的自动分析	302
	習題	306
第 九 章	制造设备所用的材料	308
	金屬的腐蝕	308
	所采用的金屬及非金屬材料的特性	310
	習題	316
第 十 章	管道和管件	317
	管道	317
	管件	320
	管道及管件的管理	325
	習題	326
第十一章	安全技术	328
	合成氨生产中的劳动条件, 合成氨生产中安全技术的任务	329
	毒性气体和蒸气中毒的危險	330
	固体和液体毒物中毒、燒伤	334
	防毒面具的構造和应用	336
	煤气救护組織	339
	氨生产中的爆炸危險和預防措施	340
	設備管理的規則	343
	設備檢修时的工作規則	344

重物运输規則.....	345
使用电气設備的安全措施.....	345
劳动衛生.....	346
氨生产的防火制度.....	347
消防用具及其使用規則.....	348
習題.....	349
第十二章 生产和劳动的組織	351
企業組織機構.....	351
社会主义計劃工作.....	353
工作崗位的組織.....	354
劳动生产率.....	356
技术定額.....	357
劳动报酬.....	358
产品成本.....	360
習題.....	364
中俄名詞对照表	365

序 言

在最近十年內，氮素工業已經兴起并發展成為一個獨立的工業部門。

今日的氮素工業已成為化學工業中最重要部門之一。它的產品被廣泛地應用於農業及其它工業部門。

實際經驗說明，要想使植物發育正常，在土壤中就必須有含氮、磷、鉀及其他元素的物質存在。土壤中的氮和其他元素，每年都有一部分被植物用掉，或從土壤中被水帶走。因此，如不給土壤補充氮、磷和鉀的化合物，則土壤會變得貧瘠，使谷物和技術作物的收成減少。

柯斯蒂切夫(Костычев)，朵庫恰也夫(Докучаев)，季米里亞捷夫(Тимирязев)，維廉姆斯(Вильямс)等俄國科學家證明，如果採用一定的農藝措施方法，可以保證經常有較高的收成，這種方法名為《朵-柯-維綜合法》

這包含有土地地段的合理使用，施行草田輪作制，正確的耕耘土地和田間管理，選用優良的種子，發展灌溉系統，建立護田林帶，在土壤中施用有機和無機肥料等。

在使用磷肥和鉀肥的同時，如果施用氮肥，可以收到巨大效果。這時，施於土壤中的每一公斤氮素可以使一公頃土地中谷物增產 20 公斤，棉花增產 12 公斤，糖蘿卜和馬鈴薯增產 100 公斤，白菜增產 225 公斤。

有機肥料（特別是糞）對於取得較高的收成量是具有巨大意義的。但單靠這一種肥料並不能保證土壤中維持必要數量的氮、磷和鉀。因此近十年來化學工業每年都出產大量含氮、磷、鉀的無機肥料。磷肥和鉀肥的生產，就是將含有這兩種元素的天然礦物原料予以加工製造。

蘇聯擁有這種原料的最大礦產地，足以保證國家及其農業多

年的需要量。

至于氮肥，因为以往是用天然硝酸鈉 NaNO_3 作为制取含固定氮（呈化合物状态）的成品的主要原料，而这种原料只有从南美洲（智利）才能获得。故十九世紀后半期以前，氮肥的生产还未能發展。而其他有工業价值的硝酸鈉矿当时是没有的。

在十九世紀的后半期，除智利硝石以外，已开始用煤炭煉焦时所得的少量氮作为生产含氮化合物的原料。

在二十世紀开头，于 $3000-3500^\circ\text{C}$ 温度的电弧中用空气里的氧气氧化空气里的氮气以制取氮素成品的方法已被研究出来，且已实际应用。但由于这种方法須要耗費大量电能，故未能推广。

1905—1910年間有一种叫做氰氨法的空中氮素固定新方法付诸实现。这种方法，基于碳化鈣 CaC_2 和氮素（取自空气）作用（高温下）生成氰氨基化鈣。

氰氨基化鈣可以直接用作氮肥，也可以用以生产其他氮肥，特别是氨。

現時，最通行的氮素固定法是將空气中的氮素和用不同方法得来的氢直接合成为氨，許多其他的含氮产品都是以合成氨为基础而制得的。

偉大的十月社会主义革命以前，在俄国是没有合成氨工業的，而且一般說来，氮素工業是很落后的。在農業上几乎不使用氮肥。

在第一个五年计划的年代里，苏联的氮素工業开始有了發展，而在第二次世界大战前不久就已变成为化学工業中一支拥有强大装备和有經驗的工程师、技术員、工人等人材的巨大部門了。

在战后的几年里，氮素工業繼續迅速地發展着，在1950年氮肥产量已超过战前生产水平的1.2倍。被破坏的工厂全部都已在新的和更高的技术基础上恢复起来了。在工厂中不断地推行了日新月異的改进，强化了生产过程，降低了产品的成本。

近年来，在氮素工業中广泛地开展了社会主义竞赛，竞赛的新形式日益得到推广，如：运用郭瓦廖夫(Ковалев)的工作法，为争取出产优质产品和节约每一工序的原材料所进行的斗争，综合工作队从事于生产合理化与生产强化方面的工作等。

煤气發生爐操作工布尔加科夫(Будгаков)、格列德涅夫(Гречнев)、索科罗夫(Соколов)，变换工段操作工恰新(Чашин)，精煉工段操作工西門諾娃(Симонова)、古布利揚諾娃(Куприянова)、霍金諾娃(Зайдинова)、納烏莫娃(Наумова)，合成塔操作工克拉斯尼科娃(Красникова)、馬斯罗娃(Маслова)以及其它革新者的名字，都已为氮素工業全体工人所週知了。

在詳細技术研究的基础上，在先进生产者技艺提高的基础上，目前正在制定新的、最完善的工艺过程的管理方法，而这种方法对氮素工業的發展是起着重大作用的。

在1953年9月7日苏联共产党中央委员会全体會議通过的“关于进一步發展苏联农業的措施”的決議中指出：“在1954到1963年增加無机肥料的生产能力（以习惯用的單位計算），在1959年内約增到1650—1750万吨，1964年約增到2800—3000万吨。”这意味着每两年內投入生产的無机肥料工厂和車間，約等于战前几个五年計劃年代內投入生产的企業的生产能力。除兴建新企業以外，还需在改善产品质量和降低产品成本的条件下將現有生产企業用改建、生产机械化、强化生产、改善工艺过程及提高劳动生产率等办法，力求增加它們的生产量。

摆在氮素工業面前的任务是扩大氮肥的品种。除了硝酸銨这种已被广泛应用的主要氮肥之外，还必須精通硝酸鈣和石灰-硝酸銨的生产。从1950年开始，为农業生产的硝酸銨就应该只有粒狀的了。应当指出，無論就硝酸銨的生产規模來說或就其用于农業的規模來說，苏联都是居于世界首位的。

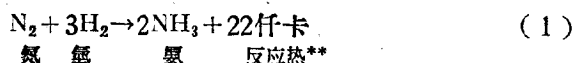
合成氨是制造氮肥的主要原料，本書中論述了它的制造方法，以供提高化学工業工人的技艺和培养新干部之用。

第一章

氮氢混合气的制造方法

氨是由气态的氮和氢在数百大气压压力与约 500°C 温度下，在特殊的设备——氨合成*塔中制得的。

制取氨的反应是在有触媒——一种加速由元素生成氨的物质——存在的情况下进行的：



以特殊方法处理过的金属铁，可以用来作为触媒。这种触媒只是在氮氢混合气中不含别的杂质，特别是不含硫及氧的一些化合物时，才能顺利地操作。因为上述化合物会与触媒起化学作用，使触媒丧失了加速反应的能力。

因此，要制取氨，就必须有清淨的氮氢混合气。而且由方程式(1)可以看出，在混合气中，每含有一个容积的氮便应当含有三个容积的氢。制取这样的氮氢混合气，也是氨制造中的主要任务。将元素合成为氨的一些条件，详述于第六章中。

在工业中以四种方法来制取氮氢混合气：

- 1) 变换***固体燃料气化时所得的一氧化碳；
- 2) 将氮与用深冷法分离焦炉煤气所得的氢加以混合；
- 3) 将氮与用电流分解水（电解水）所得的氢加以混合；
- 4) 将氮与用变换甲烷、焦炉煤气或天然气所得的氢加以混合。

合。

后面三种方法所需的氮，是用深冷法将空气分离成各组成部分而取得的。

兹将各种现代氮氢混合气制造方法的工艺流程加以研究。

* 合成——由较简单的物质制取复杂的化合物的方法。

** 反应热——反应时放出的或吸收的热量。

*** 变换——转化、改变。

在气化固体燃料的基础上用变 换法制取氮氢混合气

氮氢混合气的制造以及用它来生产氨的过程，是在六个彼此紧密联系的工段*内进行的。工段配置的概略流程如图1所示。

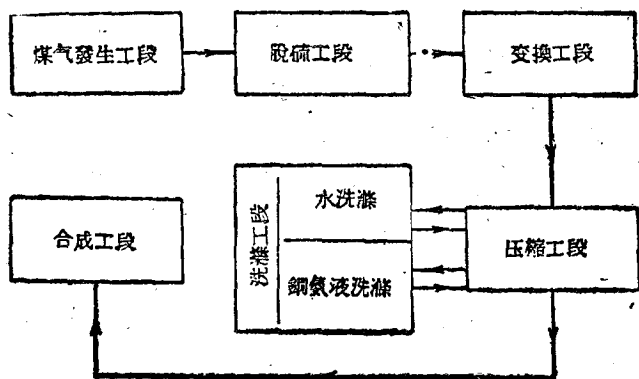
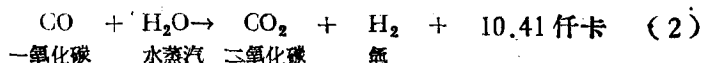


图 1 制氮氢混合气各工段的联系图

煤气发生工段 用空气与蒸汽，或者氧气与蒸汽，作用于赤热的固体燃料上，便得到由二氧化碳、一氧化碳、氢、氮、硫化氢和甲烷所组成的混合气体。

脱硫工段 从煤气发生工段制得的混合气中，把硫化氢加以脱除。因为硫化氢对于气体下一步加工过程会发生有害影响，并对设备起损坏作用。

一氧化碳变换工段 混合气通过脱硫工段后，在本工段内与水蒸汽混合并通过变换器。在变换器中，一氧化碳与水蒸汽在有特殊触媒（三氧化二铁）存在下发生化学反应。这种反应在化学中称为一氧化碳的变换反应。反应以下列方程式表示之：



译者注：本书中“工段”一词系由俄文“Цех”译来的。“Цех”本应译“车间”，但本书中所指的 Цех 目前在我国各厂均系工段，故从我国习惯，译成“工段”。相应地“начальник цеха”则译成“工段长”，余类推。

反应的結果，使混合气中的氢气更为丰富，而一氧化碳的含量，則由 35—38% 减少到 2.5—4%。

气体的洗滌工段及压缩工段 这两个工段的操作是紧密相联系着的。来自变换工段的混合气被送入压缩工段，并在該处压缩到 16—17 气压（表压）。压缩后的气体，送往洗滌工段去用水洗滌。这时混合气中所含的二氧化碳，大部分溶解于水。混合气中二氧化碳的含量由 28—30% 减少到 1.5—4.5%。

混合气由水洗工段再送入压缩工段，在該处被压缩到 120—125 气压（表压），又重新送回到洗滌工段。在这里气体用銅氨液精洗，混合气中的一氧化碳和残余的二氧化碳遂被銅氨溶液吸收。

为了最終清除混合气中的二氧化碳，將其通过装有碱溶液的设备。之后，再度把气体送入压缩工段。这时混合气已是含有少量甲烷的氮-氢混合物，將它压缩到 300—310 气压（表压）送入氨合成工段。

用深度冷冻法分离焦爐煤气以制取氢气

在冶金工業里，从矿石中熔煉金屬时，需要大量的焦炭。若系用煤来制造焦炭，則其副产物是一种極有价值的气体混合物，乃是制备氮氢混合气的宝貴原料。

氮素工厂可以利用管道从煉焦化学工厂取得焦爐煤气。

焦爐煤气的一般組成（以容积%計）为：

氢气.....	60	氮气.....	3.5—5
甲烷.....	25	二氧化碳.....	2
其他的碳氢化合物.....	2	硫化氢.....	1.2
一氧化碳.....	5	氧气.....	0.4

此外，在焦爐煤气中尚含有少量的苯、萘、一氧化氮和氨。

焦爐煤气中有价值的成分是氢气。由焦爐煤气的組成可以看出，其中氮气的含量尚未达到制备氮氢混合气所需的数量，所以