

氮肥工业

石油化学工业部化工设计院编

石油化学工业出版社

氮 肥 工 业

石油化学工业部化工设计院编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书是化学工业知识丛书中的一本，书中第一部分讲述了与氮肥工业生产密切有关的合成氨基本概念、生产过程以及各种不同生产方法优缺点比较，对于氮肥品种和合成氨原料路线的选择，在书中也作了简要的论述。第二部分介绍了常用的氮肥品种——硫酸铵、硝酸铵、尿素、氯化铵、碳酸氢铵、石灰氮、磷酸铵、液体氮肥的生产基本原理、生产方法以及各种有关生产方法的技术经济资料等。

读者对象：从事氮肥工业生产的一般工作人员和领导干部阅读。也可供化肥厂工人，技术人员参考。

本书是在 1964 年出版的化学工业知识丛书氮肥工业的基础上修订的。

氮 肥 工 业

石油化学工业部化工设计院编

*

石油化学工业出版社出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷 厂印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $10^{5/16}$

字数 225 千字 印数 1—16,065

1975年8月新1版 1975年8月第1次印刷

书号15063·化74 定价 0.75 元

(根据燃料化学工业出版社纸型重印)

目 录

绪 论

第一部分 合成氨

第一章 合成氨总论	8
第二章 原料气的制造	10
第一节 用固体燃料气化法制造合成氨原料气	12
一、固定层间歇气化法	12
二、沸腾层气化法	25
三、加压气化法	28
四、粉煤气化法	33
第二节 用气体原料制造合成氨原料气	38
一、以焦炉气为原料制合成氨原料气	39
二、以天然气为原料制合成氨原料气	47
1. 热解法(49) 2. 蒸汽转化法(50) 3. 部分氧化法(60) 4. 综合法(67)	
第三节 用液体原料制造合成氨原料气	72
一、电解水法制氢气	72
二、重油(或原油)气化法制合成氨原料气	75
第三章 空气的分离	82
第四章 原料气的净化	86
第一节 原料气的除尘	89
一、泡沫除尘器	90
二、机械洗涤机	91
三、电气除尘器	93
第二节 原料气中硫化氢的脱除	95
一、干法脱硫	96

二、湿法脱硫	98
1.碱液法脱硫(99) 2.乙醇胺法脱硫(100) 3.砷碱法脱硫(104)	
4.氨水催化法脱硫(108) 5.改良砷碱法脱硫(111) 6.改良蒽醌二	
磺酸法脱硫(116)	
第三节 原料气中有机硫的脱除	121
一、活性炭法	122
二、氧化锌法	122
三、锰矿法	123
四、活性氧化铁法	124
五、加氢转化法	125
第四节 原料气中一氧化碳的变换	125
一、中温变换	125
二、低温变换	136
第五节 清除原料气中的二氧化碳	138
一、水洗法	139
二、乙醇胺法	143
三、环丁砜法(萨菲诺法)	146
四、热钾碱法	147
五、含砷热碱法(G—V法)	151
六、氨基醋酸法	154
七、低温甲醇法	156
第六节 清除原料气中的一氧化碳	160
一、液氮洗涤法	161
二、空分-氮洗联合流程	163
三、铜氨液吸收法	166
第七节 清除原料气中残余的一氧化碳和二氧化碳 ...	173
一、甲烷化法	173
二、氢氧化钠法	174

第五章 气体的压缩	177
第一节 往复式压缩机的工作原理	178
第二节 原料气压缩机的构造和作用	183
第三节 循环气压缩机的构造和作用	192
一、往复式循环气压缩机	192
二、透平式循环气压缩机	193
第四节 氨压缩机的构造和作用	196
第六章 氨的合成	197
第一节 氨合成过程的基本概念	198
第二节 氨合成的工艺流程	201
一、不副产蒸汽的合成系统流程	202
二、副产蒸汽的合成系统流程	205
第三节 氨合成的主要设备——合成塔	209
第四节 吸收式制冷	218
一、吸收式冷冻机与压缩式冷冻机的比较	218
二、吸收式制冷流程说明	219
第七章 合成氨生产过程的总流程	222
第一节 以块状焦炭或无烟煤为原料制 合成氨的总流程	222
一、第一种流程	222
二、第二种流程	224
三、第三种流程	224
第二节 以粉煤为原料制合成氨的总流程	227
第三节 以气体原料制合成氨的总流程	229
一、第一种流程	229
二、第二种流程	231
第四节 以油为原料制合成氨的总流程	233

一、第一种流程	233
二、第二种流程	233

第二部分 氮肥

第八章 硫酸铵	237
第一节 硫酸铵的一般性质	237
第二节 中和法制造硫酸铵	239
第三节 用硫酸吸收焦炉煤气中的氨制造硫酸铵	242
一、直接法	242
二、间接法	242
三、半直接法	243
第四节 由石膏制造硫酸铵	244
一、气体法	244
二、液体法	245
第九章 硝酸铵	247
第一节 硝酸铵的一般性质	247
第二节 硝酸的生产	250
一、稀硝酸生产	251
1. 常压法 (254) 2. 加压法 (257) 3. 综合法 (258)	
二、浓硝酸生产	260
1. 直接法 (260) 2. 间接法 (263)	
第三节 硝酸铵的生产	266
第十章 尿素	275
第一节 尿素的性质及其用途	275
第二节 尿素的制造方法	277
第三节 氨与二氧化碳的原料供应及净化	280

第四节	氨与二氧化碳合成尿素	282
第五节	尿素熔融液与未反应成尿素物质的 分离与回收	285
一、	不循环法	285
二、	半循环法	286
三、	全循环法	288
第六节	尿素溶液的加工	292
第十一章	氯化铵	294
第一节	氯化铵的一般性质	294
第二节	氯化铵的制造方法	295
第十二章	碳酸氢铵	300
第一节	碳酸氢铵的一般性质	300
第二节	碳酸氢铵的生产过程	301
第十三章	磷酸铵	304
第一节	磷酸铵的一般性质	304
第二节	磷酸铵的生产过程	304
第十四章	石灰氮	306
第一节	石灰氮的性质及用途	306
第二节	生产石灰氮用的主要原料	308
第三节	石灰氮的生产过程	309
第十五章	液体氮肥	312
第一节	液氨	313
第二节	氨水	314
第三节	氮溶液	316
第十六章	对国内氮肥品种发展的几点意见	318

緒 論

一、合成氨工业的重要性

为了坚决贯彻毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略思想，为了促进农业“以粮为纲，全面发展”，我们要继续大力发展化学肥料和农药。化学肥料对于促进农业增产有很大的作用，而化学肥料中又以氮肥的需要量为最大。大量的田间实验和生产实践证明，全面地执行农业“八字宪法”，合理的施用氮肥，可以收到较大的增产效果。例如：对于中等土壤，每斤氮（折合成纯氮计）大致可以增产稻谷20斤，小麦15斤，籽棉10斤，玉米30斤。对于蔬菜、果树等其他作物也有很显著的效果。

空气中含氮很多，约占空气总体积的79%，占总重量的76%，每一平方公里上空的空气中就有700多万吨氮。但是，空气中的氮是呈游离状态的，植物不能直接摄取空气中的氮来作它的养料，只能吸收氮的化合物中固定状态的氮。因此，要设法使空气中的氮与其他元素化合，制成氮的化合物。在工业上，这种把空气中氮转变为氮的化合物的方法，称为“氮的固定”或“固定氮法”。

固定氮的方法很多，其中主要的有三种，一种最简单的是利用强大的能量（如电弧或冲击波）直接使空气中的氮和氧化合成氧化氮。采用这种方法，原料取之不尽，用之不竭，但耗用的能量太大，成本较高，目前尚难采用。另一种是把空气通入放有碳化钙（电石）的反应器中，在通电的过

程中，碳化钙即被空气中的氮所氮化，生成氰氨基钙（石灰氮）。这种方法，也必须耗用大量的电能，不易广泛采用。第三种是合成氨法，即在高压、高温和有触媒存在的条件下，使空气中的氮和采用不同原料、不同方法制得的氢直接化合成氨。此法每固定一吨氮除制氢所需原料外，大约只需要800~1700度电，比以上所述的电弧法和氰氨基钙法经济得多，不仅电能消耗少，成本低，而且产品氨很容易和其他化合物加工制成各种形态的氮肥。

氮肥的品种很多，按照氮肥中所含氮的形态不同，基本上可以分为三类：

1. 铵基氮肥：又称铵态氮肥，这类氮肥中所含的氮呈铵基（ NH_4 基）形态存在。如硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 、碳酸氢铵（ NH_4HCO_3 ）、氯化铵（ NH_4Cl ）、磷酸铵 $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 或 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 等。

2. 硝基氮肥：又称硝酸态氮肥，这类氮肥中所含的氮呈硝基（即 NO_3 基）形态存在。如硝酸钠（ NaNO_3 ），硝酸钙 $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ ，硝酸钾（ KNO_3 ）等，硝酸铵（ NH_4NO_3 ）中的氮则是既呈铵基也呈硝基的。

3. 酰氨基氮肥：又称酰胺态氮肥，这类氮肥中所含的氮呈酰氨基（即 $\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}\text{—NH}_2$ 基）形态存在。如尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 、石灰氮（ CaCN_2 ）等。

如前述合成氨是氮肥的原料，发展氨的生产不仅对增加农业单位面积产量有着重要意义，而且在工业、国防上也有其广泛用途。用氨可以制造硝酸、铵盐、氰化物等无机化合物及各种胺和磺胺等有机产品。而硝酸又是染料、炸药生产

不可缺少的原料；胺和磺胺则为某些合成纤维和许多药物的主要原料。此外，氨还可用作冷冻剂和作为氨碱法制纯碱的原料。

合成氨工业的发展，也促进了许多科学技术部门和化学合成工业的发展。如高压低温技术、催化、特殊金属材料、固体燃料气化、液体和气体燃料的合理利用，以及尿素、甲醇和高级醇的合成、石油加氢、高压聚合物（如高压聚乙烯）等，都是在合成氨工业的基础上发展起来或运用合成氨高压技术成就而成功的。

由此可见，氮肥工业在国民经济中占有极为重要的地位，它已经成为现代化学工业中的一个重要的部门。因此，战斗在氮肥工业战线上的广大革命职工一定要认真学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想，提高路线斗争觉悟，紧密联系三大革命实践，狠抓革命、猛促生产，为发展我国的氮肥工业作出新的贡献。

二、我国氮肥工业的迅速发展

解放前，我国氮肥工业和其他工业一样，技术十分落后，生产水平很低，全国仅有两家规模不大的合成氨厂，一家还由日本帝国主义者所经营，生产时断时续，而且分别在日寇投降和国民党匪帮全面崩溃的前夕，完全处于瘫痪状态。

建国以来，在毛泽东思想光辉照耀下，在毛主席无产阶级革命路线指引下，排除了刘少奇反革命修正主义路线的种种干扰，我国氮肥工业经过了广大革命工人、革命技术人员和革命干部的艰苦努力，获得了高速度的发展，大大改变了解放前极端落后的面貌，在恢复国民经济和第一个五年计划期间扩建和新建了一批大型企业，氮肥生产有了很大的增

长，但是远远不能满足农业发展的需要，1958年，伟大领袖毛主席制定了“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线，号召全国人民“**自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想**”走我国自己发展工业的道路，广大工人、革命技术人员和革命干部热烈响应毛主席的伟大号召，树雄心，立壮志，遵照毛主席关于大、中、小并举，土、洋并举的方针，在发展大中型氮肥厂的同时，大办小氮肥厂。这种小氮肥厂投资少，流程短，设备易于制造，各省、市、自治区均有力量发展，可利用当地分散的资源如用粉煤、烟煤、褐煤、高硫煤和其他劣质煤生产合成氨，就地生产，就地推销，在支援农业生产、支援社会主义革命和社会主义建设中，起着很重要作用。

近几年来，广大革命职工遵循伟大领袖毛主席“**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，……因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进**”的教导，充分发挥了以工人为主体的“三结合”技术革新小组的作用，他们认真学习唯物辩证法，把革命精神和科学态度结合起来，一切经过试验，不断取得新经验、新成就。使我国氮肥工业的技术水平，有了迅速的发展，目前我国不但已能掌握固体、液体、气体等各种原料来制造合成氨并加工成各种氮肥品种的生产技术，并且结合我国资源特点创建了各种经济合理的生产流程。随着我国社会主义工业建设的发展，保证各部门和国防工业建设的需要，大力发展化学工业，在发展煤炭工业的同时，积极开发石油和天然气，开展综合利用，逐步改变着我国的燃料构成，为合成氨的原料来源提供了有利条件。

我国目前已拥有较强的氮肥工业的科研、设计、基建队

伍，能完成现代化氮肥厂的设计、设备、机器及自动控制仪表的制造以及建设、安装工作，为高速度发展我国氮肥工业奠定了巩固的基础。这是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利！

表 0-1 近年来国外氮素产量简表

产量单位: 万吨

地区或国名	年 份	1964/65	1965/66	1966/67	1967/68	1968/69
1.地 区						
西 欧		576.4	620.1	681.5	771.6	855.1
东 欧		323.4	409.4	473.0	567.6	666.0
北 美		499.9	553.6	613.5	679.5	755.0
中 美		22.4	24.9	26.9	29.5	39.3
南 美		27.9	27.5	22.3	21.1	26.6
非 洲		21.3	22.2	24.3	25.2	36.1
亚 洲		261.4	309.1	349.0	415.2	475.0
大 洋 洲		2.6	3.4	4.4	5.5	9.5
总 计		1735.3	1970.2	2194.9	2515.2	2862.6

(续)

地区或国名	年 份	1964/65	1965/66	1966/67	1967/68	1968/69
2. 主要国家						
美 国		465.7	516.1	565.8	623.4	683.0
苏 联		187.9	247.2	284.0	325.0	365.0
日 本		139.3	163.3	178.9	198.0	210.0
西 德		128.9	141.9	150.1	156.0	163.5
法 国		104.0	104.0	118.7	133.4	150.0
意大利		84.3	89.4	94.0	108.9	123.0
荷 兰		52.7	56.2	68.4	84.9	95.0
英 国		59.6	65.7	71.4	85.5	91.0
加 拿 大		34.2	37.5	47.7	56.1	70.0
挪 威		33.0	33.1	32.6	37.2	41.0
民主德国		33.4	34.8	34.4	33.6	38.5

第一部分 合成氨

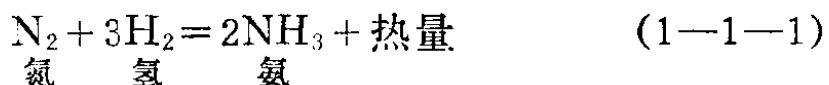
第一章 合成氨总论

大家知道，氨的分子式是 NH_3 。从分子式可以看出，它是由氢气（ H_2 ）和氮气（ N_2 ）制成的。所以，要制造氨，首先要解决氢气和氮气的来源问题

我们知道，空气中含有很多的氮，约占空气总体积的79%，占总重量的76%。它是取之不尽、用之不竭的自然原料。一般采用深度冷冻法将空气液化，然后使空气中的氮和氧分开，就可以得到纯净的氮气；也可以将氢在空气中燃烧，使空气中的氧与氢化合而生成水，剩下的就是纯净的氮气。作为合成氨的原料来说，氮气也可以在制造氢气时同时制得，例如用空气气化焦炭时，空气中的氧与焦炭作用生成容易与氮分离的化合物（如一氧化碳、二氧化碳等）。总之，氮的来源是极其丰富的，而且是易于取得的。

作为氮肥的原料氨中，氢虽然不是主要的成分，仅仅在其中起了固定氮的作用。但是，在解决合成氨原料气体的来源时，如何获得氢气却是更为重要的问题。这是因为氢气不能直接从其它混合物中取得，而必须用一定的原料通过一系列的加工、处理过程才能取得。合成氨的生产过程较为复杂，其目的主要的并不是为了取得氮，而是为了取得氢。可以这样说，没有氢，就不能将空气中的氮固定下来而变成氨，由此可知，氢在合成氨生产中的重要地位了。

有了纯净的合乎一定体积比例要求的氮和氢，就可以进行氨的合成。氨的合成反应如下：



氮与氢很不容易化合成氨，即使在高压高温（1100℃）下虽可使反应速度加快一些，但仍是十分缓慢的，为了要加快反应的速度，往往利用某种适当的物质（通常是以特殊方法处理过的金属铁），来促进这个反应，这种物质在化学上叫做催化剂，也称触媒。在反应过程中，触媒的化学组成和化学性质不发生任何变化，它仅仅起加速化学反应的作用。这种触媒很容易受到一些杂质的毒害而降低它的效能，甚至会完全失去它促进化学反应的能力（即催化能力，或称触媒的活性）。为了保护触媒，延长触媒的寿命，所以，在合成氨时，需要把氮气和氢气中的杂质清除干净，而制得只有氮和氢的纯净的混合气体。

由反应式（1—1—1）可以看出，氨是由一份氮和三份氢化合而成的，所以，在氮氢混合气体中，每含有一个体积的氮气，便应当同时含有三个体积的氢气。取得这样的氮氢混合气体，也是合成氨制造过程中的主要任务之一。

由反应式还可以看出，由一个分子的氮和三个分子的氢（共四个分子的气体）得到二个分子的氨。因而氨合成反应进行时，气体混合物的体积随之而减少。如果反应是在一个密闭的容器内进行，由于反应进行所造成的气体的体积减少，则容器内的压力就降低。在化学上有这样一条定律（称为化学平衡转移定律），如果化学平衡反应的条件之一改变时，则平衡将要转移。换句话说，若压力降低时，反应就要向增加体积的方向进行，就是要向氨分解为氮和氢的方向