

本图册收集了化学工业主要生产的生产流程图共 305 幅，各图均附有文字说明，说明包括生产该品种的原料规格、生产方法、生产流程说明、产品性质、规格及用途等，有的产品还附有消耗定额。

本图册主要供从事化学工业的一般工作干部查阅，也可供新参加化工战线的学生和化工院校的师生参考。

本书系 1966 年无产阶级文化大革命以前发稿；在运动中虽经几次审查，但由于我们水平所限，仍会存在缺点错误，请读者多提意见，帮助我们改进提高。

化工生产流程图解

化学工业出版社图书编辑室 编

*

化学工业出版社出版(北京安定门外和平里七区八号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 120 号

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092毫米1/16 1968年9月北京第1版

印张：31 $\frac{1}{4}$ 插页 6 1968年9月北京第1版第2次印刷

字数：618,000 印数：4,268—9,367

定价：(科四)3.30元 书号：15063·1083

毛 主 席 语 录

人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在有阶级存在的社会内，阶级斗争不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。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。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。其所以是错误，因为这些论点，不符合大约一百万年以来人类社会发展的历史事实，也不符合迄今为止我们所知道的自然界（例如天体史，地球史，生物史，其他各种自然科学史所反映的自然界）的历史事实。

转摘自《周恩来总理在第三届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告》，一九六四年十二月三十一日《人民日报》

目 录

前言	1
----------	---

一、氮肥工业

1.1 合成氨生产总流程	2
--------------------	---

造 气

1.1.1 煤、焦固定层气化法	4
1.1.2 煤、焦沸腾层气化法	6
1.1.3 粉煤气流床气化法 (科柏斯-托切克法)	7
1.1.4 焦炉气深度冷冻法制取原料气	8
1.1.5 天然气常压两段触媒蒸汽转化法制氢	10
1.1.6 天然气部分氧化法制氢	11
1.1.7 天然气综合法制氢	12
1.1.8 油气化制原料气	13
1.1.9 空气分离(双压氨冷冻流程)	14
1.1.10 空气分离(全低压流程)	16

气体中硫化氢的脱除

1.1.11 活性炭法脱硫化氢	18
1.1.12 砷碱法脱硫化氢	19
1.1.13 改良砷碱法脱硫化氢(即 G-V 法)	20
1.1.14 乙醇胺法脱硫化氢	21
一氧化碳的变换	
1.1.15 一氧化碳变换(常压法)	22
1.1.16 一氧化碳变换(加压法)	23

气体中二氧化碳的清除

1.1.17 水洗脱二氧化碳	24
1.1.18 含砷热钾碱法(即 G-V 法)脱二氧化碳	25

气体中少量一氧化碳和二氧化碳的清除

1.1.19 醋酸铜氨液洗及碱洗精制原料气	26
1.1.20 液氮洗涤原料气	28

氨 的 合 成

1.1.21 中压法合成氨	30
1.2 硫酸铵(中和法)	32
1.3 硝酸	34
1.3.1 综合法生产稀硝酸	34
1.3.2 直接法合成浓硝酸	36
1.4 硝酸铵	38
1.5 尿素	40
1.5.1 部分循环法合成尿素	40
1.5.2 全循环法合成尿素	42
1.6 碳酸氢铵	44
1.7 石灰氮(氰氨基钙)	46

二、磷肥工业

2.1 磷矿石加工制磷矿粉	48
2.2 电炉制磷	50
2.3 热法磷酸	52
2.4 萃取磷酸(湿法磷酸)	54
2.5 普通过磷酸钙	56
2.6 氟硅酸钠	57
2.7 重过磷酸钙	58
2.8 磷酸铵	60

2.9 硝酸磷肥	62
2.10 钙镁磷肥	64
2.11 脱氟磷肥	66
2.12 钢渣磷肥	68
2.13 沉淀磷酸钙(磷酸二钙)	70
2.14 磷酸三钠	72
2.15 三聚磷酸钠(磷酸五钠)	73

三、钾肥工业

3.1 盐湖含钾资源制氯化钾	74
3.2 氨碱法综合利用明矾石制取钾氮混肥和氧化铝	76
3.2.1 明矾石制钾氮混肥	76
3.2.2 明矾石制氧化铝	78

四、硫酸工业

4.1 硫铁矿接触法制硫酸(水洗流程)	80
4.2 硫铁矿接触法制硫酸(酸洗流程)	82
4.3 塔式法制硫酸	84
4.4 硫黄制硫酸	86
4.5 石膏制硫酸	88
4.6 冶炼废气制硫酸(氨循环法)	90
4.7 硫化氢制硫酸(湿法接硫)	92

五、氯碱工业

5.1 烧碱	94
5.1.1 隔膜法电解制烧碱	94
5.1.2 隔膜法烧碱的蒸发与制固碱	96

IV

5.1.3 水銀法电解制烧碱	98
5.2 液氯	100
5.3 合成盐酸及氯化氢	102
5.4 漂白粉	104
5.5 漂粉精	105
5.6 三氯化鉄	106
5.6.1 三氯化鉄溶液	106
5.6.2 固体三氯化鉄	107
5.7 三氯化磷	108
5.8 二氧化氯	109
5.9 氯酸钾	110
5.9.1 化学法制氯酸钾	110
5.9.2 电解法制氯酸钾	112

六、純碱工业

6.1 氨碱法制純碱	114
6.2 联合制碱法生产純碱与氯化铵	116
6.3 苛化法生产烧碱	118
6.4 小苏打	120
6.5 碳酸鈣	122
6.5.1 石灰石制碳酸鈣	122
6.5.2 氨碱法制碱的二次废泥制碳酸鈣	122
6.5.3 苛化废泥制碳酸鈣	122
6.6 碳酸鎂	124
6.6.1 苦卤和石灰石制碳酸鎂	124
6.6.2 氨碱法制純碱的盐水精制—次废泥生产碳酸鎂	126
6.7 用氨碱法制純碱的废液生产氯化鈣与再制盐	128

七、无机盐工业

7.1 用硫酸和硼鎂矿制取硼酸	130
7.2 硼砂	132
7.2.1 加压碱解法加工硼鎂矿制取硼砂	132
7.2.2 碳碱法加工硼鎂矿制取硼砂	134
7.3 电解氯化鈉制鈉	136
7.4 硫化鈉(硫化碱)	138
7.5 硅酸鈉(泡花碱)	140
7.6 亚硫酸鈉	141
7.7 重鉻酸鈉	142
7.8 用氰熔体制氰化鈉	144
7.9 高錳酸鉀	146
7.10 碳酸鋇	148
7.11 活性二氧化錳和电解二氧化錳	150
7.12 无水氟化氢	151

八、基本有机原料

第一部分 表 解

表8.1 石油的化工利用	153
表8.2 由乙烯合成的产品	154
表8.3 由丙烯合成的产品	155
表8.4 天然气的化工利用	156
表8.5.1 煤的化工利用(一)	157
表8.5.2 煤的化工利用(二)	158
表8.6 由苯合成的产品	159
表8.7 由电石(乙炔)合成的产品	160

第二部分 图 解

8.1 石油类原料的裂解与分离	161
-----------------	-----

8.1.1 石油类原料的管式炉裂解制乙烯、丙烯	162
8.1.2 石油类原料的砂子炉裂解制乙烯、丙烯	163
8.1.3 油吸收法分离裂解气	164
8.1.4 深冷法分离裂解气	166
8.1.5 从催化重整輕油中分离苯、甲苯、二甲苯(尤狄克斯法)	168
8.2 电石与天然气的直接利用	170
8.2.1 电石生产	170
8.2.2 部分氧化法自天然气生产乙炔	172
8.2.3 自天然气生产氢氰酸(安德罗索夫法)	174
8.2.4 湿法自电石制乙炔	175
8.3 乙烯系产品	176
8.3.1 硫酸水合法自乙烯合成酒精	176
8.3.2 直接水合法自乙烯合成酒精	178
8.3.3 水合法自环氧乙烷生产乙二醇	180
8.3.4 氯乙醇法自乙烯生产环氧乙烷	182
8.3.5 直接氧化法自乙烯生产环氧乙烷	184
8.3.6 直接氧化法自乙烯生产乙醛	185
8.3.7 乙烯和氯气生产二氯乙烷	186
8.4 丙烯系产品	188
8.4.1 硫酸水合法自丙烯合成异丙醇	188
8.4.2 氯丙烯法(高温氯化法)自丙烯生产环氧氯丙烷及合成甘油	190
8.4.3 丙烯与苯生产异丙苯	192

8.4.4	丙烯氨氧化法生产丙烯腈	194
8.4.5	由丙烯生产环氧丙烷及丙二醇	196
8.4.6	异丙苯氧化法生产苯酚、丙酮	198
8.5	C ₄ 、C ₅ 系产品	200
8.5.1	正丁烷脱氢生产正丁烯	200
8.5.2	正丁烯脱氢生产丁二烯	202
8.5.3	异戊烷一步脱氢法生产异戊二烯	204
8.6	乙炔系产品	206
8.6.1	乙炔水合法生产乙醛	206
8.6.2	乙醛氧化法生产醋酸	208
8.6.3	丁烯醛法自乙醛合成正丁醇	210
8.6.4	乙炔直接法合成丙烯腈	212
8.7	苯系产品	214
8.7.1	磺化法自苯生产苯酚	214
8.7.2	苯催化加氢生产环己烷	216
8.7.3	环己烷氧化法生产己二酸	217
8.8	其他有机原料	218
8.8.1	草酸生产	218
8.8.2	合成甲醇	220
8.8.3	甲醇氧化法生产甲醛	222

九、合成树脂与塑料工业

9.1	聚乙烯树脂	224
9.1.1	高压法聚乙烯	224
9.1.2	低压法聚乙烯	225
9.2	聚丙烯	226
9.3	聚氯乙烯	228
9.3.1	用氯化氢和乙炔制氯乙烯	228
9.3.2	悬浮法制聚氯乙烯	230

9.4	聚苯乙烯	232
9.4.1	乙苯脱氢	232
9.4.2	苯乙烯精馏及聚合	232
9.5	聚四氟乙烯	234
9.6	聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)	236
9.7	环氧树脂	238
9.7.1	环氧氯丙烷的制备	238
9.7.2	二酚基丙烷的制造	240
9.7.3	环氧树脂的制造	240
9.8	酚醛塑料粉	242
9.9	三聚氰胺甲醛塑料粉	244
9.10	脲醛塑料粉	246
9.11	聚亚氨基甲酸酯	248
9.12	有机硅树脂	250
9.12.1	直接法合成苯基氯硅烷	250
9.12.2	直接法合成甲基氯硅烷	251
9.12.3	甲基硅油	252
9.12.4	有机硅绝缘漆	253

十、合成纤维工业

10.1	锦纶(耐纶6)	254
10.1.1	己内酰胺	254
10.1.11	苯酚加氢制环己醇	255
10.1.12	环己醇脱氢制环己酮及环己酮肟	255
10.1.13	环己酮肟制己内酰胺	256
10.1.2	锦纶长丝和短纤维	257
10.1.21	己内酰胺熔融聚合纺丝	258
10.1.22	长丝后加工	258
10.1.23	短纤维后加工	259

10.2	聚酰胺66纤维	260
10.2.1	聚酰胺66间断聚合	260
10.2.2	聚酰胺66连续聚合	261
10.3	聚乙烯醇缩醛纤维(维尼纶)	262
10.3.1	用乙炔和醋酸制醋酸乙烯	262
10.3.2	用醋酸乙烯制聚乙烯醇	264
10.3.3	用聚乙烯醇制聚乙烯醇缩醛短纤维	266
10.4	丙烯腈系纤维	268
	丙烯腈的聚合(或共聚)	269
	纺丝和后处理	269
10.5	聚氯乙烯纤维	270
10.5.1	熔融挤压纺丝法	270
10.5.2	干法纺丝	271
10.5.3	湿法纺丝	272
10.6	偏二氯乙烯与氯乙烯共聚纤维	273
10.7	过氯乙烯	274
10.7.1	过氯乙烯树脂	274
10.7.11	用氯苯为溶剂生产过氯乙烯树脂	274
10.7.12	用四氯乙烯为溶剂生产过氯乙烯树脂	275
10.7.2	过氯乙烯纤维	276
10.8	聚酯纤维(涤纶)	278
10.9	聚乙烯纤维	280
10.10	聚丙烯纤维	281

十一、橡胶工业

11.1	天然橡胶	282
11.1.1	褐鳞片	282

11.1.2 白皴片	284
11.2 氯丁橡胶	286
11.2.1 乙烯基乙炔	286
11.2.2 氯丁二烯	288
11.2.3 氯丁橡胶的聚合	290
11.3 丁苯橡胶	292
11.4 丁腈橡胶	294
11.5 丁基橡胶	296
11.6 聚异丁烯橡胶	298
11.7 顺式 1,4-聚丁二烯橡胶	300
11.8 顺式 1,4-聚异戊二烯橡胶	302
11.9 甲基硅橡胶	304
11.10 乙炔制三氟氯乙烯及氟橡胶	306
11.11 水油法再生胶	308
11.12 硫化促进剂	310
11.12.1 促进剂 D(二苯胍)	310
11.12.2 促进剂 M (2-硫醇基苯并噻唑)	311
11.12.3 促进剂 GZ(环己基苯并噻唑次磺酰胺)	312
11.12.4 促进剂 TETD(四乙基秋兰姆)	313
11.13 防老剂	314
11.13.1 防老剂 D	314
11.13.2 防老剂 4010	316
11.14 炭黑	318
11.14.1 以天然气生产槽法炭黑	318
11.14.2 以天然气生产半补强炉法炭黑	319
11.14.3 以葱油为原料生产滚筒法炭黑	320

11.14.4 以油为原料生产炉法高耐磨炭黑	321
11.15 轮胎	322
十二、染料中间工业	
12.1 硝基苯	325
12.2 苯胺	326
12.3 联苯胺硫酸盐	327
12.4 氯苯	328
12.5 二硝基氯苯	330
12.6 对硝基氯苯及邻硝基氯苯	332
12.7 苯甲酸	334
12.8 2-萘酚	336
12.9 H 酸(1-氨基-8-萘酚-3,6-二磺酸)	338
12.10 邻苯二甲酐	340
12.11 2-氨基蒽醌	342
12.12 水杨酸	344

十三、农药工业

13.1 六六六(或 666)	346
13.2 六六六丙体提纯	348
13.3 滴滴涕(或 DDT)	349
13.4 毒杀芬	352
13.5 对硫磷(1605)和甲基对硫磷(甲基 1605)	354
13.6 内吸磷(即 E-1059)乳剂	355
13.7 三硫磷	356
13.8 敌百虫	357
13.9 马拉硫磷	358

13.10 敌敌畏	360
13.11 乐果	361
13.12 甲拌磷(即 3911, 西梅脱)	362
13.13 砷酸铅	364
13.14 亚砷酸钠	365
13.15 氟化钠	366
13.16 鱼藤精	367
13.17 醋酸苯汞(加工品名赛力散)	368
13.18 代森锌	369
13.19 福美甲肿	370
13.20 六氯苯	371
13.21 五氯酚	372
13.22 五氯硝基苯	374
13.23 二硝散	376
13.24 多硫化钼	377
13.25 硫酸铜	378
13.26 螯卵酯(K-6451)	379
13.27 三氯杀螨砒(涕滴恩或称 TDN)	380
13.28 氯化苦	382
13.29 溴甲烷	384
13.30 磷化锌	385
13.31 2,4-滴钠盐(2,4-二氯苯氧乙酸钠)	386
13.32 2,4,5-涕(2,4,5-三氯苯氧乙酸)	388
13.33 2甲4氯(2-甲基-4-氯苯氧乙酸)	390
13.34 敌稗	392
13.35 氯酸钠	394
13.36 农药粉剂	395
13.37 农药可湿性粉剂	396

13.38	农药颗粒剂.....	397
-------	------------	-----

十四、染料及有机颜料工业

14.1	直接黑 BN	400
14.2	酸性络合蓝 GGN	402
14.3	还原蓝 RSN	404
14.4	酸性嫩黄 2 G	406
14.5	碱性紫 6 BN	407
14.6	硫化黑 BRN	408
14.7	硫化蓝 BRN	409
14.8	活性艳红 X-3 B	410
14.9	色酚 AS	412
14.10	大红色基 G	414
14.11	蓝色盐 VB	416
14.12	毛皮黑 D	418
14.13	颜料黄 10 G	419
14.14	颜料酞菁蓝 B	420
14.15	色淀红 R	422
14.16	碱性品蓝 BO 色淀	424

十五、医药工业

15.1	阿司匹林(乙酰水杨酸).....	426
15.2	氨基比林(匹拉米洞).....	427
15.3	安乃近.....	428
15.3.1	安乃近(I).....	428

15.3.2	安乃近(II).....	430
15.4	非那西丁.....	432
15.5	磺胺脒(磺胺胍).....	434
15.6	磺胺二甲基嘧啶.....	435
15.7	长效磺胺(磺胺甲氧嘧).....	436
15.8	维生素 B ₆	438
15.9	维生素 C(抗坏血酸).....	441
15.10	胡椒碱(哌嗪).....	444
15.11	异烟肼.....	446
15.12	对氨基水杨酸钠.....	448
15.13	巴比妥.....	450
15.14	盐酸普鲁卡因.....	452
15.15	葡萄糖酸钙.....	454
15.16	糖精钠.....	456
15.16.1	甲苯氯磺化法生产糖精钠	456
15.16.2	邻苯二甲酸酐法生产糖精钠	458
15.17	苄青霉素普鲁卡因.....	460
15.18	硫酸链霉素.....	462
15.19	注射剂.....	464
15.20	片剂.....	466
15.21	糖浆制剂.....	468

十六、油漆及无机颜料工业

16.1	漂油(用碱漂法漂干性油).....	470
16.2	熟油.....	471

16.3	色漆.....	472
16.4	醇酸清漆.....	473
16.5	酚醛清漆.....	474
16.6	过氯乙烯磁漆.....	475
16.7	硝基磁漆.....	476
16.8	乳胶漆.....	478
16.9	磷化底漆.....	480
16.10	氧化铁黄.....	482
16.11	氧化铁红.....	484
16.12	氧化铁黑.....	486
16.13	间接法生产氧化锌.....	487
16.14	铁蓝.....	488
16.15	铅铬中黄.....	490
16.16	红丹及黄丹.....	492
16.17	二氧化钛.....	494

十七、感光材料工业

17.1	感光胶片.....	497
17.1.1	片基制造.....	497
17.1.2	感光乳剂制造及涂布.....	498

前 言

化工产品千千万万,是由不同的原料,使用了不同的工艺过程和設備而制成的。每一个产品,都可以按照其生产工序繪制成流程图,使讀者一目了然。因此,我們收集了化学工业的主要产品生产流程繪制成册,以便化工工作者参考。

本图册的流程图仅表示生产流程的原理,并没有把工厂的全部設備与管綫画出来,以免使图面复杂化。例如,为了使主

要的生产工序能够突出,把有些图中的計量槽、貯罐、輸送用泵、抽真空的設備都簡略了。甚至在有些图中把回收再生系統也省略了。此外,我們將生产过程中的主要流程綫用較粗的綫条表示,而将物料回收的綫路,以及空气、蒸汽、冷却水等輔助綫路,都用細綫表示,以資醒目。同时,有些图中的管綫多而复杂,或者有两个以上的循环系統,采用了彩色的綫条,以便于識別。

在文字方面,以流程說明为主,使讀者能对照流程图閱讀,易于理解。并对制备原理、所使用的原料規格及其消耗定額、所制成产品的性质与用途等等,也有

所叙述。但由于生产規模和操作条件不同,所以原料与产品的規格,原料的消耗定額等,各厂有所差异,本图册所列的数字仅供参考。

本图册主要是供化学工业的一般工作干部查閱,使讀者对生产过程有初步的了解,以利于工作。因此,选材与編繪都是从这个角度来考虑的。但我們缺乏經驗,錯誤不足之处,尚希讀者指正,并請告知还要补充那些品种的生产流程,以便今后再版时修改与增訂。

最后,謹向提供資料的各單位及同志們致謝。

一、氮肥工业

氮肥是化学肥料的重要种类之一，它是在农业上应用最广的化学肥料。它主要包括以下几个品种：硫酸铵、硝酸铵、碳酸氢铵、尿素、液氨、氨水、氯化铵、石灰氮等等。这些氮肥品种，除石灰氮以外，都是以氨为原料的。氨的制取，绝大多数都是采用合成的方法，用合成法制得的氨称为合成氨，所以除石灰氮之外，其他品种的氮肥，都是在合成氨厂生产的，因此在氮肥生产中以合成氨最为重要。

这一部分除以电石为原料的石灰氮，与合成氨无关而在最后介绍外，其他氮肥品种的生产都是以合成氨为中心的，故将合成氨生产流程在最前面介绍；而氯化铵是由合成氨厂与氨碱法制纯碱工厂联合生产的，故氯化铵的生产流程在纯碱工业的联合制碱法中介绍。

1.1 合成氨生产总流程

(一) 原料及其规格 为煤、焦、天然气、焦炉气或石油等可燃燃料，它们用于合成氨生产的规格请见下面各分图。

(二) 消耗定额 因所用原料及生产工艺过程的不同而有所不同，请分别参见下面各分图。

(三) 制法 氨的合成是将三份氢与一份氮，在高温、高压和有触媒存在的条件下进行的。

合成氨的生产可分为三大部分：(1)造气——制出含氢和含氮的气体；(2)净化——除去气体中的杂质；(3)合成——将三份氢与一份氮合成为氨。下面介绍以无烟煤为原料合成氨的总流程：

(四) 流程说明(参见附图)

1. 造气 经皮带输送机将粒度为25—75毫米的无烟煤送到贮煤仓，再加入煤气发生炉中。交替地向炉子通入空气和蒸汽，气化所产生的半水煤气经燃烧室、废热锅炉回收热量后，送到煤气柜储存。

2. 净化 半水煤气先送经电除尘器，除去其中固体小粒后，依次进入原料气压缩机的第I、II、III段，加压到19—21公斤/厘米²(表压)，送到半水煤气脱硫塔中，用砷碱液(或其他脱硫剂)洗涤，以脱去气体中硫化氢。然后，气体进入饱和塔，用热水使气体饱和水蒸汽。经热交换器被变换炉来的变换气加热后，进入变换炉，用蒸汽使气体中一氧化碳变换为氢。变换后的气体返回热交换器与半水煤气换热后，再经热水塔使气体冷却，进入变换气脱硫塔中，用含砷热钾碱液洗涤，以脱除变换时有机硫转化而成的硫化氢。

此后，气体进入二氧化碳吸收塔，用水(或含砷热钾碱溶液)洗除气体中绝大部分二氧化碳。经脱除二氧化碳的气体，回到原料气压缩机的第IV、V段，加压到120—130公斤/厘米²(表压)，依次进入铜液塔(用醋酸铜氨液洗涤)、碱液塔(用苛性钠溶液洗涤)中，使气体中一氧化碳和二氧化碳含量小于百万分之20。这时，气体净化完毕。

3. 合成 氮氢混合气回到原料气压缩机第VI段，加压到300—320公斤/厘米²(表压)，进入油过滤器中。在此与循环气压缩机来的循环气合并除去其中油份后，进入冷凝塔与氨蒸发器的管内，再进入冷凝塔下部分出部分液氨，再通过冷凝塔管间与管内气体换热后，进入氨合成塔中，在有铁触媒存在的条件下，进行高温高压合成，约有10—16%合成为氨，再经水冷凝器与氨分离器分离出液氨后，进入循环机循环使用。分离出来的液氨送往液氨贮槽。

(五) 产品性质 上述流程所得的产品有液氨、气氨及氨水。液氨工业品略带黄色，极易挥发变为气氨。气氨在常压下冷到-33.4℃，则变为液氨。气氨及液氨均极易溶于水，其水溶液称氨水，供农业用的氨水一般含氨17—20%。无水液氨及气氨对各种金属设备均无腐蚀性，有水存在则有腐蚀性，特别是对铜和铜的合金。氨水也有较强的腐蚀性。

(六) 产品用途 液氨及氨水可作为氮肥直接施用，或在氨水中通入二氧化碳，制成所谓“碳化氨水”可降低氨水的挥发性和碱性，减少损失和烧苗。

液氨和氨气是制造其他各种氮肥的主要原料。

氨是重要的工业原料，可用于制造聚酰胺纤维、氨基塑料、丁腈橡胶、纯碱、硝酸、磺胺、染料中间体等重要化工产品；制造各种爆炸物，如三硝基甲苯、硝化甘油、苦味酸、硝化纤维、雷汞等都需要较多的氨；还可用来制造火箭及导弹的推进剂和氧化剂等。

造 气

合成氨的原料——氢和氮可以用下列两种方式取得：(1) 以可燃物质与空气（或富氧空气）、水蒸汽作用；(2) 将空气分离制取氮，由焦炉气分离制得氢。下面分述几种主要方法：

(一) 以固体燃料(煤、焦)为原料

1. 煤、焦固定层气化法(見 1.1.1)
2. 煤、焦沸腾层气化法(見 1.1.2)
3. 固定层加压气化法(本书不作介绍)
4. 粉煤气流床气化法(見 1.1.3)

(二) 以气体烃(天然气、石油炼厂气)为原料

1. 热裂法(本书不作介绍)
2. 蒸汽转化法(見 1.1.5)
3. 部分氧化法(見 1.1.6)
4. 綜合法(見 1.1.7)

(三) 以液体烃(油)为原料(見 1.1.8)

(四) 焦炉气深度冷冻法(見 1.1.4)

(五) 液化空气分离取氮：

1. 双压氮冷冻流程(見 1.1.9)
2. 全低压流程(見 1.1.10)

1.1.1 煤、焦固定层气化法

(一) 制造原理

在固定床煤气发生炉中，用間歇法制造半水煤气，全部生产过程由吹风（即燃烧）与制气两个部分组成。①吹风，系往炉子中送空气，使燃料燃烧，以提高炉内温度，为造气作准备。②制气，系同时往炉子吹入空气与蒸汽，以制出合成氨用的原料气（气体成分見第 6 頁表）。

(二) 流程說明(參見附图)

半水煤气的生产过程由下列五个阶段构成。

1. 吹风阶段：将空气由煤气发生炉下部送入，由炉顶出来的吹风气离开发生炉后，进入燃烧室，向燃烧室中加入少量空气(二次空气)，将吹风气中的一氧化碳及氢烧掉。所产生的热量一部分蓄积于燃烧室的蓄热砖内，其余部分在废热锅炉中用以发生蒸汽。最后蒸汽排入大气中。

2. 上吹制气：将蒸汽和空气的混合气自底部吹入，生成的半水煤气自炉顶出来，经过燃烧室、废热锅炉、洗气箱、洗滌塔等设备，送至气柜。

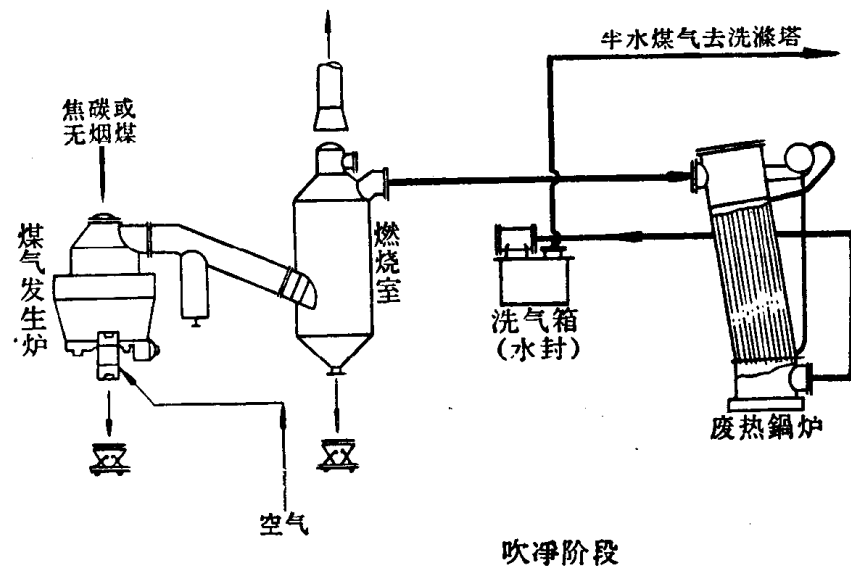
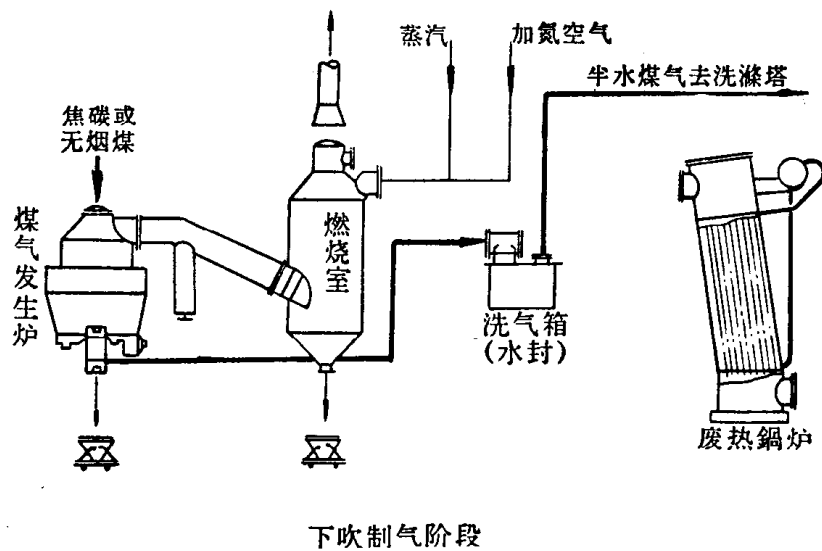
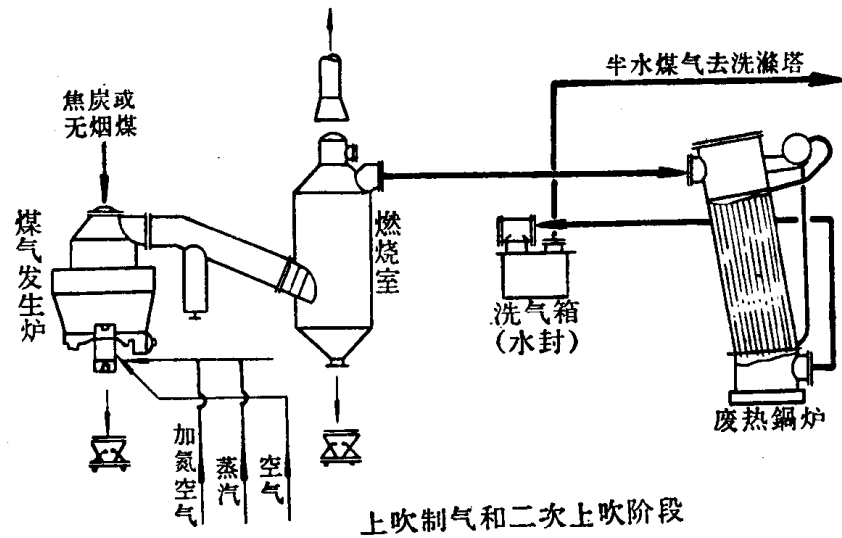
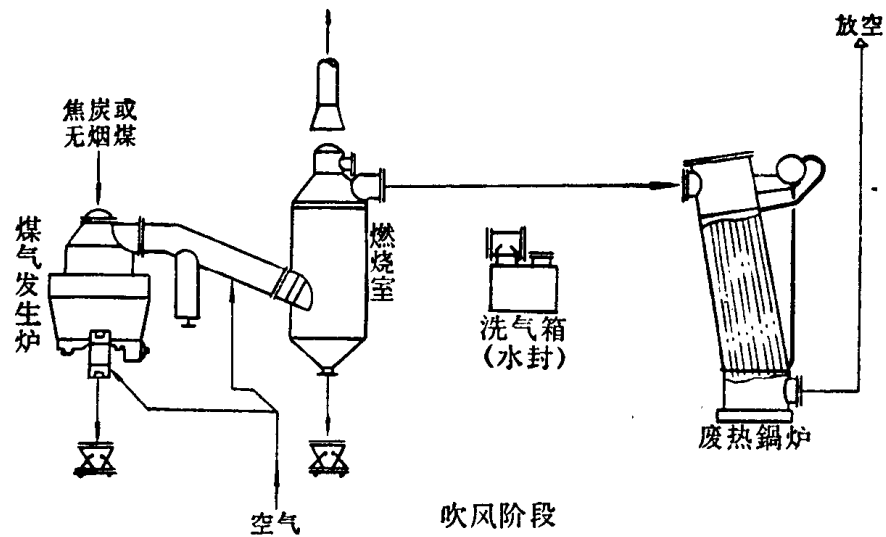
3. 下吹制气：蒸汽和空气的混合气經燃烧室吸取热量后进入炉顶下行。制得的半水煤气出炉底，經洗气箱及洗滌塔后，送至气柜。

4. 二次上吹：流程与上吹制气完全相同。

5. 空气吹净：与吹风阶段相同，但气体从炉顶出来至燃烧室时不加二次空气；气体經燃烧室、废热锅炉后，不从烟囱放空，而送入气柜。

固体燃料三种方法的原料规格一覽表

指 标	固定层气化法		沸腾层 气化法	气流床粉 煤气化法	
	无烟煤	焦 炭	普通褐煤	烟煤	褐煤
粒 度	25—75毫米		<10毫米	90%以上通过70目篩	
水 分	<5.0%		<8—12%	1.0%	8.0%
灰 分	<12.0%		<25%	16.2%	18.4%
总硫分	<2.0%				
挥发分	<9.0% <2.0%				
灰熔点	>1250 °C				
机械强度	不<70% (落下試驗)	不<270 公斤 (轉鼓試驗)			



1.1.2 煤、焦沸腾层气化法

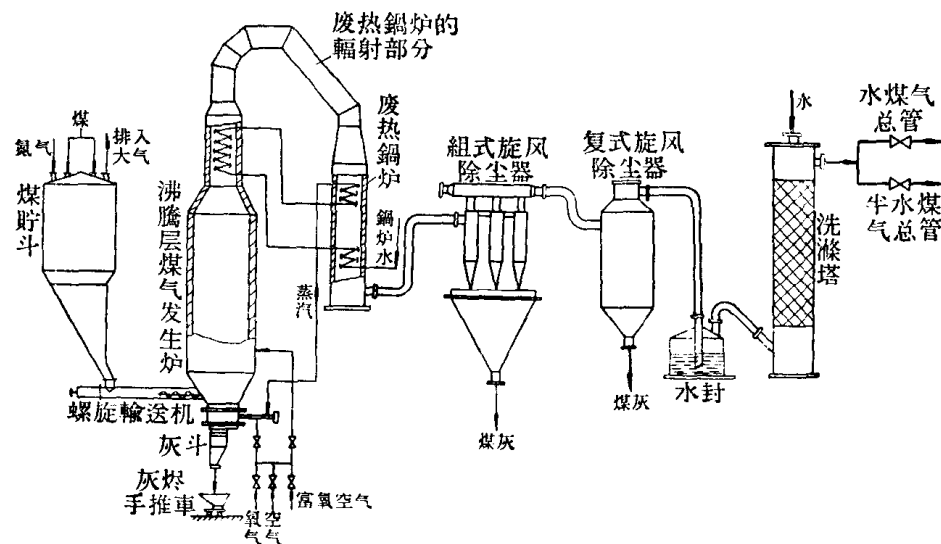
流程说明(参见附图) 将粉煤由充有氮气的贮斗, 经螺旋输送机, 送入沸腾层煤气发生炉的底部; 将氧气、空气与蒸汽的混合气(或氧气与蒸汽的混合气体)吹入炉内, 使煤粉被气流吹起在气体中呈沸腾状燃烧。同时还向炉子中部送入一部分富氧空气, 以助燃烧。因此沸腾层炉子的制气是连续生产的, 而固定层则是间歇生产的。

由炉子出来的半水煤气进入废热锅炉, 以利用其热量产生蒸汽。煤气再依次经过组式旋风除尘器和复式旋风除尘器, 以除去气体中带来的大部分煤灰。然后经过水封和洗涤塔以进一步除尘降温, 由半水煤气总管送至下一工段处理。

本生产流程也可以用来生产甲醇。即向炉内吹入氧气与蒸汽的混合气以制造水煤气, 作为甲醇的原料气。

固体燃料三种方法制得的半水煤气组成一览表

	固定层气化法	沸腾层气化法	气流床粉煤气化法	
			烟煤	褐煤
氢 H_2	36—37%	33.2%	33.3%	27.2%
氮 N_2	21—22%	19.2%	1.5%	2.2%
一氧化碳 CO	32—35%	26%	53.0%	57.1%
二氧化碳 CO_2	6—9%	20%	12.0%	11.8%
甲烷 CH_4	0.3—0.5%	1.5%	0.2%	0.2%
硫化氢 H_2S	0.2—0.3%	0.2%	<0.1%	1.5%
氧 O_2	~0.2%	微量	微量	微量
有机硫	微量	微量	微量	微量
灰 尘	微量	微量	微量	微量



1.1 3 粉煤气流床气化法 (科柏斯-托切克法)

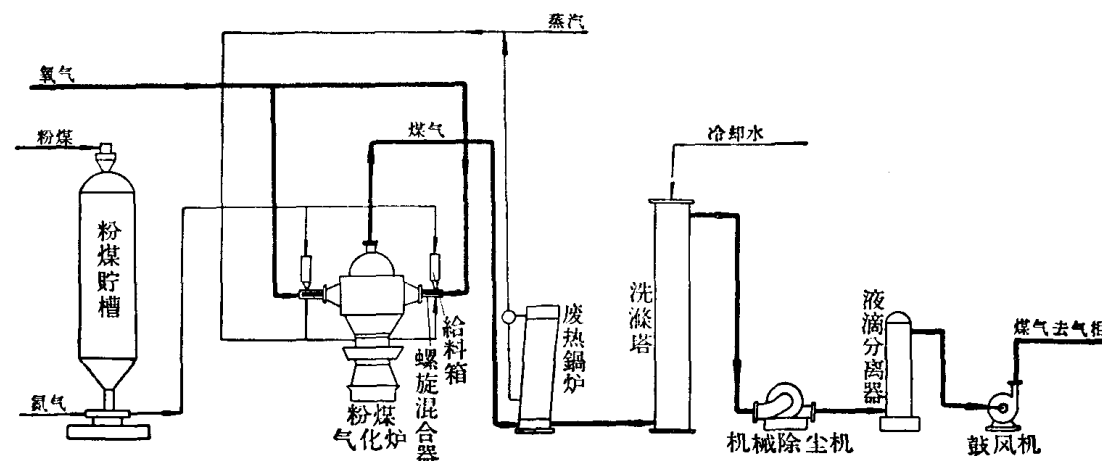
流程說明(參見附圖) 經過干燥和磨到一定細度的粉煤, 在粉煤貯槽中借壓縮氮氣(或煤氣)將煤粉吹到气化爐上面的兩個給料箱中。給料箱的下面裝有螺旋混合器, 其作用是一方面定量地將粉煤送到气化爐中, 另一方面由此通入氧氣使氧氣和粉煤在其中充分混合, 並利用氧氣的壓力將粉煤噴入气化爐中。氧氣與粉煤保持着恒定的比例, 以保證制成的氣體具有均勻的成分。

與此同時, 在螺旋混合器的外套的環狀空間內, 還有蒸汽通入爐內。氧氣、煤、蒸汽在爐內進行气化反應。生成的含有大量氮和一氧化碳的煤氣由爐頂出來, 煤灰由爐底排出。

煤氣經廢熱鍋爐以回收氣體中的熱量, 產生高壓蒸汽, 然後依次進入水洗滌塔以除塵及冷卻, 再在機械除塵機中進一步除塵, 和去液滴分離器中分離夾帶的水滴。最後由鼓風機送往氣柜儲存。然後去氣體中摻入氮氣以配成適合比例作為合成氨原料。

固体燃料三种方法的消耗定額一覽表(以生产 1000 标准立方米半水煤气計)

	固定层气化法		沸騰层气化法褐煤	气流床粉煤气化法	
	焦 炭	无 烟 煤	(含水20%)	烟 煤	褐 煤
燃料, 公斤	370—420	410—500	900	537	785
蒸汽, 公斤	440—500	740—850	400	205	213
氧, 立方米			195	307	310
电, 度	14 左右	14 左右	7.3	27.6	27.0
新鮮水, 立方米			2.7		
循环水, 立方米	15 左右	15 左右	10.6		
回收蒸汽, 公斤			700—800		720



1.1.4 焦炉气深度冷冻法 制取原料气

(一) 主要原料及其规格

主要原料为焦炉气，组成（体积%）如下：

H ₂	50—60%
CH ₄	22—28%
CO.....	5—7%
C _n H _m	1.5—3%
O ₂	0.1—1%
N ₂	2—5%
CO ₂	2—3.5%
H ₂ S.....	1.2%

(二) 制法

利用焦炉气中各主要成分冷凝温度的不同，借深度冷冻部分冷凝的方法使氢与其他气体组份分离，最后用液氮洗以脱除气体中剩余的一氧化碳和甲烷。

(三) 流程说明（参见附图）

1. 气体的冷却和净化：焦炉气先经第一预冷器，被冷却到—20——30℃；经第二预冷器，被冷却到—45℃。此时，焦炉气中的水分和苯被完全冷凝下来，定期排出。气体则继续经过第三预冷器（冷却到—100℃）、第四预冷器（冷却到

—145℃），其中大部分乙烯即被冷凝下来；冷凝下来的组份，称为乙烯馏份。然后，焦炉气经过乙烯分离器，进入辅助预冷器，继续被冷却到—175℃，再经液氮蒸发器，被冷却到—192℃。此时，气体中甲烷几乎全部冷凝下来，冷凝下来的组份称为甲烷馏份。

从液氮蒸发器出来的气体中含有氢、氮、一氧化碳以及少量甲烷和氧等，将其送入液氮洗涤塔中，用液氮洗涤。塔顶出来的气体中含有83%—88%左右的氢其余为氮，再加入一部分氮气，配成1:3的氮氢混合气。作为合成氨的原料。

2. 冷量的回收：为了回收上述一些气体的冷量，使由液氮洗涤塔出来的混合气相继通过辅助预冷器、第四预冷器、第三预冷器、第一预冷器，用来冷却进入这些设备的焦炉气。最后，该混合气送往压缩机加压后入氨合成系统。

由洗涤塔底排出的组份，称为一氧化碳馏份，使之相继通过辅助预冷器、第四预冷器、高压氮第二预冷器，以回收其冷量。

由液氮蒸发器出来的甲烷馏份，相继通过高压氮第四预冷器的管间、辅助预冷器、高压氮第四预冷器管内、第四预冷器、第三预冷器、第一预冷器，以回收其冷量。

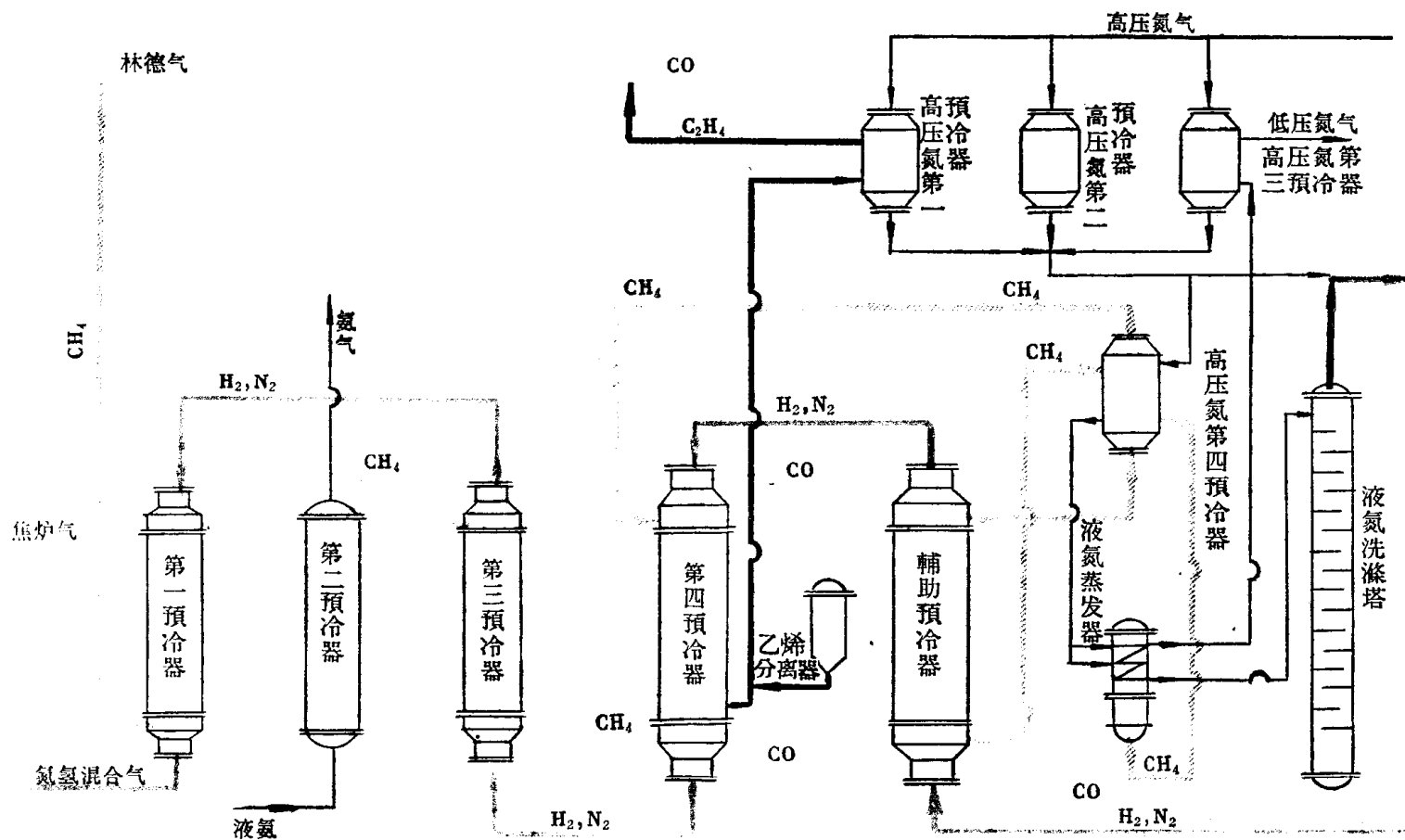
由第四预冷器及乙烯分离器出来的乙烯馏份，经高压氮第一预冷器，以回收其冷量。

由各预冷器回收冷量后的一氧化碳馏份、甲烷馏份、乙烯馏份等，混合后称为林德气或富气，可送去加工为其他化工产品或直接用作燃料。

3. 氮的循环：分离装置所需要的冷源，主要是由氮（高压氮）供给的。高压氮来自空气分离车间，经压缩到180—200大气压并冷却到—45℃后，进入本装置，先分为三路进入高压氮第一预冷器、第二预冷器、第三预冷器，分别被乙烯馏份、一氧化碳馏份和液氮蒸发器来的低压氮冷却后，又汇合在一起。然后又分为两部分，一部分高压氮减压到12—13大气压，送去调节氮氢混合气的比例，另一部分高压氮进入高压氮第四预冷器，再次被甲烷馏份所冷却。经冷却后的高压氮，又分为两路：一路减压到1.4—1.5大气压，进入液氮蒸发器，以供其冷量，而本身则被蒸发，蒸发后的低压氮，通过高压氮第三预冷器回收冷量后送去氮气柜，再次循环利用；另一路进入液氮蒸发器的蛇管内，被冷却到—190℃，液化为液体氮（为高压氮），送入洗涤塔，作洗涤气体之用。

(四) 消耗定额

按生产1吨氨计（仅焦炉气冷冻部分）	
电.....	422 度
水.....	41.5立方米
纯氮.....	800—900标准立方米



1.1.5 天然气常压两段触媒

蒸汽转化法制氢

(一) 原料及其规格

原料为天然气，甲烷含量一般在90%以上。

(二) 消耗定额 (按生产1吨氨计)

转化用的天然气……………約685标准立方米

加热用的天然气……………約308标准立方米

蒸汽(2—5大气压)……………0.5吨

电力……………108度

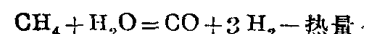
水……………63米³

气化过程能副产一部分蒸汽。

(三) 制法

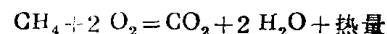
水蒸汽催化转化法，有单段和两段二种，其中又有高低压之分，现仅介绍工业上应用的常压两段触媒蒸汽转化法。

第一段是用水蒸汽在一段转化器中，将大部分甲烷转化，由于在一段转化器出口含有3—4%的甲烷，故需进行二段转化。

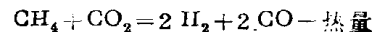


(甲烷)(水蒸汽)(一氧化碳)(氢)

第二段是添加空气，将残余甲烷进行部分氧化，用来配入适当的氮，使气体中(CO+H₂)/N₂=3:1。



(甲烷)(氧)(二氧化碳)(水)



(甲烷)(二氧化碳)(氢)(一氧化碳)

(四) 流程说明 (参见附图)

天然气、蒸汽转化须在高温下进行，所以首先经过热交换器，气体被一氧化碳变换工段来的变换气预热到400℃左右，经脱硫塔，然后与蒸汽混合，送入管式炉进行第一段催化转化。转化气出管式炉的温度为600—700℃。进入二段转

化炉，同时加入空气再度催化氧化，二段炉出口气体温度为900—1000℃。冷却到350—400℃后，送入一氧化碳变换工段处理。

(五) 气体成分及用途

1. 气体成分 (%)

气体名称	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
天然气	0.5	—	—	97.6	1.5	0.3	0.1
一段转化气	10.3	9.7	69.6	10.0	0.4	—	—
二段转化气	7.5	12.9	56.6	0.5	22.6	—	—

2. 用途：作为合成氨原料气用。

