



DAXING ANCHANG  
HECHENGAN  
SHENGCHAN GONGYI

524  
4317755  
大  
14

# 大型氨厂 合成氨生产工艺

(烃类蒸汽转化法)

大连工学院 编 袁一 曾宪龙 修订

化学工业出版社



中国化学会  
CHINESE CHEMICAL SOCIETY  
CHINA CHEMICAL SOCIETY

# 大型氨厂 合成氨生产工艺

中国化学工业出版社

主编：王德明 副主编：曹瑞麟 曹瑞麟 曹瑞麟

化学工业出版社

# 大型氨厂合成氨生产工艺

## (烃类蒸汽转化法)

大连工学院 编

袁 一 修订  
曾宪龙

化学工业出版社

本书是1978年出版的《日产千吨合成氨厂——合成氨生产工艺》一书的修订本。

修订本对我国已投产的十四套大型合成氨厂在生产实践中积累的丰富经验和教训，作了充分的总结，对从美国、日本、法国引进的三种流程均有介绍，并进行了评比。介绍了最近十年来国外合成氨工业的技术进展与动向。还增写了第十一章水质处理及附录。修订本对原版中不妥和不确切处以补正。

全书由大连工学院袁一和四川化工厂曾宪龙执笔修订。

## 大型氨厂合成氨生产工艺

(烃类蒸汽转化法)

大连工学院 编

袁 一 修订  
曾宪龙

责任编辑:

封面设计: 许 立

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

北京朝阳区展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>印张22<sup>3</sup>/<sub>4</sub>插图袋1字数504千印数102,100

1984年11月北京第1版1984年11月北京第1次印刷

统一书号15063·3611定价4.90元

限国内发行

## 修订版序言

这本书原名《日产千吨合成氨厂合成氨生产工艺》，出版于1978年，是配合当时我国引进的各大型氨厂的投产，以大连工学院举办培训班的讲义为基础而写出来的。自那时以来，已经过去了四、五年。在此期间，各厂在生产实践中积累了丰富的经验教训，对这些装置有了更深刻的理解，也对进一步提高生产管理水平有了更高的要求。相形之下，原书的内容是远不能满足这些需要的了。

这次修订版与原版相比，有几个显著区别：

第一，原版只介绍了凯洛格流程一种类型，这次修订版把我国引进的三种流程都作了介绍和评比。

第二，原版只介绍了原设计及国外的一些资料。这次大量补充了国内各厂的成功经验及主要事故教训，并且考虑到工厂立足于国内，对国产催化剂、化学药品、原材料性能等作了介绍。

第三，补正了原版的不妥和不确切之处，并注意增强其实用性。

第四，增加了水质处理一章和附录四种。

第五，我国引进的装置是七十年代初期水平，这次对最近十年来国外合成氨工业的技术进展及动向也作了一定补充。

由于这些增补工作，本书篇幅大约增加了一倍。

这次修订版的书名改为《大型氨厂合成氨生产工艺（烃类蒸汽转化法）》，以便区别于以重油和煤为原料的大型氨厂

(本书内容不涉及这一方面)。

这次改写，应当说是我国十四个大型氨厂以及有关设计、研究部门广大科技人员和工人创造，我们不过是执笔人而已。这次改写的唯一目的，就是力求使这本书更能切合这些工厂的工程技术人员和操作工人的需要。至于这一目的能否达到，我们热切希望读者不吝给予指正。

本书第十一章是沧州化肥厂金熙同志执笔的。在编写过程中，有关工厂的朱昌厚、聂向东、陈佛水、李盛东、程维林等同志提供了有益的材料，在此一并表示谢意。

大连工学院 袁 一

四川化工厂 曾宪龙

1981年11月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
1. 现代大型氨厂的发展和特点 .....	1
2. 现代大型氨厂基本流程（烃类蒸汽转化法） .....	3
3. 大型氨厂的原料 .....	6
<b>第二章 脱硫</b> .....	12
1. 概述 .....	12
2. 一乙醇胺粗脱 .....	17
2.1 原理 .....	18
2.2 工艺条件 .....	22
3. 加氢转化 .....	26
3.1 反应 .....	28
3.2 钴钼催化剂的性能 .....	29
4. 氧化锌脱硫 .....	38
4.1 反应 .....	38
4.2 氧化锌脱硫剂的性能 .....	41
5. 流程和设备 .....	46
5.1 流程 .....	46
5.2 主要设备 .....	51
6. 操作 .....	53
6.1 正常操作 .....	53
6.2 开工 .....	56
<b>第三章 转化</b> .....	59
1. 基本原理 .....	61
1.1 一段转化 .....	61
1.2 二段转化 .....	69

2. 转化的工艺条件 .....	70
2.1 压力 .....	70
2.2 温度 .....	74
2.3 水碳比 .....	80
2.4 二段转化的空气量 .....	85
2.5 出口甲烷含量 .....	86
2.6 氢油比 (石脑油蒸汽转化) .....	87
3. 转化催化剂 .....	88
3.1 化学成份 .....	91
3.2 催化剂的毒物 .....	97
3.3 催化剂的粒度 .....	100
3.4 催化剂的还原和氧化 .....	101
3.5 催化剂的用量、空速 .....	107
3.6 一段转化炉催化剂的装填 .....	110
4. 转化设备 .....	114
4.1 一段转化炉 .....	115
4.2 二段转化炉 .....	134
5. 流程和操作 .....	139
5.1 流程 .....	139
5.2 正常操作 .....	143
5.3 影响系统稳定的几个因素 .....	159
5.4 事故处理 .....	164
5.5 转化工序的开车 .....	169
5.6 一段炉的维护 .....	177
<b>第四章 变换</b> .....	185
1. 概述 .....	185
2. 方法原理 .....	185
2.1 最终变换率 .....	189
2.2 压力 .....	193



2.3	温度 .....	194
2.4	催化剂量或空速 .....	198
2.5	水气比 .....	200
3.	变换催化剂 .....	202
3.1	高温变换催化剂 .....	202
3.2	低温变换催化剂 .....	208
4.	流程、设备和操作 .....	211
4.1	流程及设备 .....	211
4.2	正常操作 .....	215
5.	催化剂的还原及钝化 .....	224
5.1	高变催化剂 .....	224
5.2	低变催化剂 .....	230
<b>第五章</b>	<b>脱碳</b> .....	<b>241</b>
1.	热钾碱法原理 .....	241
2.	工艺条件 .....	249
2.1	溶液成份 .....	249
2.2	温度 .....	259
2.3	压力 .....	260
2.4	溶液循环量 .....	262
3.	流程和控制 .....	264
3.1	液位 .....	275
3.2	流量 .....	282
3.3	温度 .....	283
3.4	压力 .....	284
3.5	压差 .....	285
3.6	分析 .....	286
4.	设备结构 .....	287
4.1	塔 .....	287
4.2	再沸器、过滤器 .....	301

6. 操作 .....	306
5.1 正常操作 .....	307
5.2 防止腐蚀 .....	311
5.3 防止溶液起泡 .....	318
5.4 防止结晶 .....	323
6. H型厂氨基乙酸活化剂改为二乙撑三胺 .....	324
<b>第六章 甲烷化</b> .....	336
1. 概述 .....	336
2. 基本原理 .....	337
3. 甲烷化催化剂 .....	342
4. 流程 .....	349
5. 操作 .....	352
<b>第七章 压缩</b> .....	357
1. 离心压缩机的工作原理和结构 .....	360
1.1 离心压缩机的工作原理 .....	360
1.2 离心压缩机的结构 .....	361
2. 离心压缩机的辅助设备 .....	368
3. 气体压缩的功耗和离心压缩机的效率 .....	371
4. 离心压缩机的操作性能及喘振 .....	378
4.1 离心压缩机的操作性能 .....	378
4.2 喘振与防喘振 .....	384
5. 离心压缩机的操作和维护 .....	397
<b>第八章 氨的合成</b> .....	404
1. 氨的性质 .....	407
2. 工艺条件 .....	411
2.1 压力 .....	412
2.2 温度 .....	416
2.3 合成塔入口气体成份 .....	421
2.4 空间速度 .....	429

3. 合成氨催化剂 .....	431
4. 合成塔 .....	440
5. 工艺流程 .....	451
5.1 K型厂流程 .....	451
5.2 T型厂流程 .....	453
5.3 H型厂流程 .....	453
5.4 产品的分离 .....	454
5.5 新鲜气的补入 .....	456
5.6 惰性气体的排放 .....	457
5.7 反应热的利用 .....	459
5.8 缸内混合 .....	460
5.9 压缩机循环段的位置 .....	463
5.10 段间冷却 .....	464
6. 操作 .....	465
6.1 新鲜气成份 .....	465
6.2 合成回路气体成份 .....	467
6.3 空速 .....	469
6.4 合成塔温度 .....	470
6.5 回路压力 .....	474
6.6 氨的分离 .....	475
7. 开停车 .....	476
<b>第九章 冷冻</b> .....	<b>492</b>
1. 概述 .....	492
2. 冷冻原理 .....	493
3. 流程 .....	498
3.1 K、T型厂三级氨冷流程 .....	498
3.2 H型厂两级氨冷流程 .....	505
4. 操作 .....	508

4.1	冷冻温度 .....	508
4.2	冷冻量 .....	509
4.3	液氮的补入 .....	511
4.4	产品的输出 .....	512
4.5	冰机的操作 .....	513
4.6	液氮泵 .....	514
4.7	氮库 .....	515
<b>第十章 蒸汽动力系统 .....</b>		<b>517</b>
1.	透平简介 .....	520
1.1	工作原理及操作性能 .....	520
1.2	水蒸汽性质图及透平的功率 .....	527
2.	蒸汽动力循环能量平衡 .....	538
2.1	能量利用的热力学原理 .....	539
2.2	大型氨厂的能量回收与利用 .....	544
2.3	工艺与蒸汽动力系统的可用能分析 .....	552
3.	蒸汽动力循环流程 .....	556
4.	蒸汽发生系统 .....	564
4.1	设备 .....	564
4.2	操作 .....	583
5.	蒸汽管网系统 .....	592
5.1	辅助锅炉的燃烧 .....	593
5.2	高压蒸汽减压系统 .....	599
5.3	中压蒸汽系统 .....	603
5.4	低压蒸汽系统 .....	609
5.5	真空系统 .....	611
6.	锅炉给水系统 .....	613
6.1	脱氧槽 .....	614
6.2	锅炉给水泵 .....	616

6.3 锅炉给水预热器 .....	619
7. 蒸汽动力系统的操作 .....	621
7.1 开车前的准备 .....	621
7.2 蒸汽动力系统的开车 .....	622
7.3 蒸汽动力系统的正常操作 .....	626
<b>第十一章 水质处理</b> .....	<b>630</b>
1. 概述 .....	630
1.1 大型氨厂水质处理的重要性 .....	630
1.2 原水中的杂质 .....	631
1.3 处理方式 .....	631
2. 原水的预处理 .....	632
2.1 水的混凝 .....	633
2.2 石灰软化 .....	635
2.3 加氯消毒 .....	636
2.4 澄清池 .....	637
2.5 滤池 .....	639
3. 水的化学除盐 .....	641
3.1 离子交换树脂 .....	642
3.2 离子交换除盐系统 .....	644
3.3 一级复床除盐 .....	645
3.4 混合床除盐 .....	651
3.5 弱酸或弱碱性离子交换器和双层床交换器 .....	653
4. 冷却水的化学处理 .....	654
4.1 冷却水在循环过程中的水质变化 .....	655
4.2 水冷却设备的腐蚀和结垢 .....	656
4.3 冷却水的化学处理 .....	663
4.4 冷却水的运行管理 .....	670
<b>附录一 仪表代号</b> .....	<b>673</b>

<b>附录二</b>	<b>大型氨厂常用催化剂</b> .....	675
	附：国外主要催化剂公司简介 .....	690
<b>附录三</b>	<b>大型氨厂常用离子交换树脂</b> .....	691
<b>附录四</b>	<b>大型氨厂常用化学药品</b> .....	704
<b>附录五</b>	<b>各种填料的特征</b> .....	712

# 第一章 概 述

## 1. 现代大型氨厂的发展和特点

合成氨工业诞生于本世纪初，六十年代开始的合成氨厂大型化是其发展史上一次重大的改革。在五十年代里，最大的合成氨装置日产量不过二、三百吨。1963年世界上出现了第一个采用离心式合成气压缩机的合成氨工厂，日产600吨（年产量为20万吨级）。大型氨厂一出现就显示出它有投资省，成本低，占地少，劳动生产率高种种优越性。1966年建成了日产1000吨的合成氨厂（年产量为30万吨级），1972年建成了日产1500吨的合成氨厂（年产量50万吨级），日产2000~3000吨的合成氨厂（年产量50~100万吨级）亦正在设计建设中。但最近十年建得最多的还是日产900~1000吨的合成氨厂，目前，这种年产量为30万吨级的大型氨厂仍是最风行的。随着合成氨需求量的急剧增长，在世界各地都出现了一批这样的大型氨厂。近年来，发展中国家为迅速增加化肥产量亦致力于兴建大型氨厂。日产千吨大型氨厂的生产工艺已日益趋向成熟。最近美国CF工业公司在路易斯安那州唐纳德桑维尔的一座合成氨厂，从一九七八年九月二十九日到一九八〇年六月二十二日连续运转了633天，超过设计能力35%（设计能力为日产1100吨氨），创造了连续运转的最新世界纪录，并再次证实了大型氨厂的技术可行性和经济合理性。现大型氨厂的产量占世界合成氨总产量的72%以上（发达国家如英国占91%，美国有42个以上的大型氨厂），

而且其比重还在逐年上升。

现代大型氨厂具有以下几个共同的特点。

(1) 生产能力大。一般所谓大型氨厂系指日产量 600 ~ 1500 吨或更高的合成氨装置。

(2) 单系列生产。每种机器或设备基本上都是只有一台，除个别的备用泵外，一般都没有并联的或备用的机器、设备。这样就大大节省了投资，简化了操作。

(3) 采用高速回转的离心式压缩机代替原来的往复式压缩机，并用厂内自产蒸汽推动透平，与离心式压缩机直接相连。这样的机组生产能力大，占地面积小，投资低，检修也比较容易。

(4) 具有一套完整的热回收系统，把工艺过程中的余热充分利用起来，产生高压蒸汽，既提供了各种转动设备所需要的动力（用蒸汽透平直接带动，或利用蒸汽透平发电），又作为工艺蒸汽和加热介质。这样就大大减少了外供电耗，大幅度降低了产品成本，并且可以较少受外界电力供应的影响。

(5) 整个装置的各个工序构成一个有机的整体，不象过去那样分成几个多少互相独立的车间或工段。任何一个局部地区的变化都影响到全局，再加上设备是单系列的，每一部门事故均可能导致全厂停车。因此，大型氨厂对于操作人员的管理水平和责任心，以及生产控制的自动化程度，都提出了更高的要求。

(6) 大型氨厂每天消耗的原材料和制成的产品数量都是很大的数字，从原料供应到产品的运输和销售都必须彼此协调。特别还要提出的是，大型氨厂如不在满负荷下操作，消耗指标将大大上升，甚至根本无法继续生产。所以，如果



由于某一环节的失调而造成全厂停产或减产，损失将是很大的。

(7) 大型氨厂集中一次投资大，对新技术发展与设备更新的适应性较小，而且合成氨工业是大量消耗能量的部门（不仅是燃料和动力，更重要的是以能源为原料），因此世界能源危机对国外大型氨厂的影响特别大。

总之，大型氨厂的优越性最主要的是提高了装置的效率，降低了基建费用及产品成本。如以日产2000吨氨和日产500吨氨的工厂相比，生产能力增加了四倍，而基建费用只增加两倍半。甚至日产2500~3000吨氨和日产1360吨氨的工厂相比，亦可节省投资16%。此外，大型氨厂的效率、劳动生产率都大大超过小厂。但是，象年产50~100万吨氨级的大型氨厂最宜建在有低价气或油的原料基地，以便把产品输往用户，这样可进一步降低工厂成本以及合理利用能源。

我国合成氨工业在原有中、小型厂基础上，又建成了一批日产千吨的大型氨厂。我国大型氨厂每吨氨的能耗9.5~10百万千卡，与原中、小型厂相比其优越性是很明显的，但与目前国外大型氨厂8.5~9.5百万千卡相比还有差距，而到1985年随着各种节能流程的工业化，先进流程的实际能耗有可能降低到每吨氨7.0~7.5百万千卡（每吨氨的理论能耗约为5.38百万千卡），比目前降低20%左右。所以，开好管好这批工厂并进一步降低能耗是化肥战线，尤其是大型氨厂全体工作人员的光荣任务。

## 2. 现代大型氨厂基本流程 (烃类蒸汽转化法)

大型氨厂的工艺流程不只一种，但绝大多数是本书所介