

大型合成氨厂 生产事故预防

陈留拴 主编

3.286

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心



大型合成氨厂 生产事故预防

王德成 主编



中国石化出版社

（北京）

大型合成氨厂生产事故预防

陈留栓 主编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大型合成氨厂生产事故预防/陈留拴主编. --北京:
化学工业出版社, 2000. 10
ISBN 7-5025-2955-1

I. 大… II. 陈… III. 合成氨生产-化工厂-事故-
预防 IV. TQ113.286

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 41654 号

大型合成氨厂生产事故预防

陈留拴 主 编

责任编辑: 周国庆

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
北京市燕山印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8 字数 216 千字
2000 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月北京第 1 次印刷
印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2955-1/TQ·1287

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

主 编：陈留栓
副主编：范国军 李书文 王俊旭 王福田
编 委：赵新岭 高积勤 石自更 冯怀成
常国振 孙茂起 李常喜 李现凤
王银明 韩 平 和萌林 薛俊峰
张振基 曹承先 张家礼 马朝卫

序 言

陈留栓

河南省中原大化集团有限责任公司合成氨装置是从德国伍德公司成套引进的、采用 UHDE-ICIAMV 生产技术工艺的大型合成氨装置。该工艺技术在我国属首次引进,具有工艺先进新颖、自动化程度高、能量消耗低等特点。由于合成氨装置大型化、单系列的特点,加之前后系统之间复杂的联锁控制关系,以及生产上各环节相互影响和制约的密切关系,因此,要充分发挥大型装置的优越性,就必须形成机、电、化、仪、操五位一体的联合检查制度,以精良的技术精心维护,精心操作,预防事故,减少开停车次数,提高装置的运转率,这是企业的经济效益所在。否则,装置就不可能连续运转,这样不仅不能充分发挥大型化、节能型的优点,反而会给企业造成巨大的经济损失。

在十年来的生产操作实践中,我们合成氨装置的工程技术人员经过大胆的实践探索,在对生产事故的预防和处理方面积累了丰富的经验,尤其是在以往发生事故的基础上,所进行的一系列事故预防工作收到显著的效果,做到了事故发生时,操作和维护人员处惊不乱,有方案,有对策,使事故得到妥善处理,避免事故扩大化,把事故扼杀在萌芽状态,以确保装置的安全、稳定、长周期运行。为了更好地组织合成氨装置安、稳、长、满、优地生产,提高系统的运转率、负荷率 and 经济效益,减少或避免生产事故的发生,指导机、电、化、仪、操人员在事故状态下能够采取正确的处理方法,更好地指导生产,从中吸取一些经验和教训,从而提高我们的操作和维护水平,我们组织一线工程技术人员编写了《大型合成氨厂生产事故预防》一书。

此书编写过程中得到了各界专家的大力支持,在此谨向原化工部化肥司胡启明同志,中国石油化工总公司陈金兴同志,中国化工建设

总公司陈以标、马文刚同志，中国寰球化学工程公司武宏业、袁世隆同志等深表谢意。

希望这本书能够成为大家的良师益友。

2000年7月于濮阳

内 容 提 要

本书是中原大化集团有限责任公司合成氨装置工程技术人员在多年生产实践的基础上对装置生产事故预防和处理经验的总结。全书共分四部分。第1部分，工艺原理及流程简述，常见事故和重大事故处理原则。第2部分，工艺系统事故预防，包括转化、净化、合成、压缩四个方面。第3部分，机械设备事故预防。第4部分，仪表、电气系统事故预防。本书内容来自生产第一线，实用性强，操作性强。

本书可供 UHDE-ICI-AMV 工艺大型氨厂工程技术人员、操作维护人员和管理人员学习使用，对其他工艺的大型氨厂也具有一定的参考价值。

目 录

第 1 部分 概 述

第 1 章 工艺原理及流程简述	1
第 1 节 工艺和操作原理	1
第 2 节 工艺流程叙述	11
第 2 章 常见事故和重大事故处理原则	16
第 1 节 常见事故处理原则	16
第 2 节 重大事故处理原则	19

第 2 部分 工艺系统事故预防

第 1 章 转化系统事故预防	22
脱盐水中断的系统处理	22
LSH82002 联锁误动作	23
炉水 pH 值偏低原因分析和处理	24
82P001A/B 跳一台	26
F03020 误操作辅锅跳车	27
XSL03001 联锁	28
锅炉给水泵最小流量线止逆阀突然打开的判断与处理	30
82P001C 断轴事故原因分析及预防	31
水击造成低压管网盲头刺开	33
高压蒸汽流量指示失灵	34
蒸汽减压阀 PV03054A 突然全关造成一段炉水碳 比低事故分析及预防	36
T03020 大幅度波动的原因分析及防范处理	38
汽包液位低联锁	40
PV03054C 阀误操作关闭	42
辅助锅炉跳车原因分析与处理	44

配气站天然气旁路误操作	46
开车过程中一段炉膛负压跳车	47
一段炉化工投料的优化操作	48
一段炉触媒进水事故分析	50
一段炉烧嘴点火常见事故分析	52
原料气压缩机入口压力低跳车	54
XV03005 阀突然关闭	56
FV02001 阀故障处理	58
二段炉空气分布器偏流	60
PV04001、PV05001 打不开时的处理	62
燃气透平跳车, TRIP B 不动作造成一段炉失火	64
水碳比低联锁的原因分析及防范措施	66
PLC-DCS 通讯故障的现象及处理方法	69
第 2 章 净化系统事故预防	71
低负荷下脱碳再生塔液位高的原因及对策	71
CO ₂ 压缩机跳车后合成装置的处理	74
L05007 漂移	75
TRIP E 动作后 XV05001 不关闭怎么办	77
05C003 高液位带水	78
LSL05006 误动作	79
蒸汽压缩机跳车原因分析及防范	80
95 单元液压油的常见故障及处理	83
05P001 溶液运行泵跳车原因及处理	85
84K002 高压缸烧坏	87
05E010A 垫片撕裂的处理	88
05E001/2 内隔板吹翻分析	89
误关 LV05007B 阀	91
05MT01 跳车	92
脱碳溶液泵油系统进碱原因分析与改进	93
05K001 入口分离器导淋未关造成脱碳系统腐蚀	95
第 3 章 合成系统事故预防	97
合成气压缩机高压缸放空阀 HV07004 误打开的事故处理	97
合成开工加热炉 08B001 爆燃原因分析	98

合成回路两位阀 XV07002/3 渐关的现象及处理	100
氨受槽 08D001 液位高导致氨回收单元跑氨	102
合成废热锅炉超压原因分析	103
合成氨触媒中毒原因分析	104
第一氨冷器 08E005 试车过程内漏	106
多次跑氨事故原因分析	109
氨受槽 08D001 超压原因分析	110
冷冻系统进水、油的现象原因分析	112
冷冻系统氨不平衡的原因分析及防范	113
合成氨系统冰机带氨问题的探讨	116
停车时先关氨吸收塔液位阀 LV10001 截止阀, 稍后才停泵的危害	119
氨回收单元氨冷器 10E004 液位高联锁	120
冷冻系统引氨线安全阀起跳	121
氨水冷却器内漏的判断及预防	122
精馏段热交换器 10E003 内漏原因分析及处理	124
氨汽提塔的控制及优化操作	127
氨精馏塔温度 T10004 高的原因分析	130
氨回收 2 [#] 干燥器爆燃事故分析	132
干燥器运行中常见故障原因分析	134
第 4 章 压缩系统事故预防	136
压缩机密封油系统跑油故障分析	136
机组油路堵塞问题分析与处理	138
管网带水、透平水击事故原因分析及防范	139
二级喷嘴电液转换器故障燃气轮机高压轴超速	141
02MT01T01 转速大幅度波动的原因	143
工艺空气压缩机入口空气过滤器抽坏原因及防范	144
工艺空气压缩机的喘振及预防	145
燃气轮机通风机装置故障及处理	148
合成气压缩机跑油事故原因分析及防范	149
07U002D01 变形原因及防范	151
调速器油位低机组波动	153
07MT01 投注汽时跳车原因分析及对策	154
蒸汽透平调速器联轴器断后的工艺处理	155

冰机轴封泄漏原因分析	156
------------------	-----

第 3 部分 机械设备事故预防

一段炉过渡段耐火材料的脱落及预防	157
蒸汽压缩机导流阀拉杆断裂原因及防范	160
锅炉给水泵电机轴瓦磨损原因及对策	162
仪表空气压缩机的故障排除及预防	164
贫液泵油系统进碱原因及防范	166
氮气压缩机缸体冻裂及防范	169
冷凝液泵抱轴原因及检修防范措施	171
锅炉给水泵断轴原因分析及预防	173
一段炉分集气管端变形及预防	175
氨冷器内漏分析及处理	177
温水加热器穿孔事故分析	180
一段炉猪尾管裂纹分析及处理	183
喷射泵穿孔事故分析	184
国产机械密封在苯菲尔液泵上的试用	187
立式深井氨泵事故处理及分析	189
透平 09MT01 盘车机构故障分析与处理	191
洗涤水泵填料冲出原因及预防	195
大机组调速器联轴器螺栓断裂原因分析及对策	197
冰机机械密封失效原因分析和处理	200
脱碳溶液水力透平 05MT01 启动过程中超振原因分析及对策	204
燃气轮机乏气通道爆燃原因分析及对策	207

第 4 部分 仪表电气系统事故预防

LT08015/16 指示偏高	209
汽包液位变送器 LT03002 突然无指示的处理	211
STN06 站故障处理	212
STN09 站故障处理	213
LT05029 沉筒变送器故障处理	214
炉膛负压失控的处理	215
压缩 PLC 与主控 PLC 通讯中断故障处理	216

T05054 安全栅故障处理	217
主控 PLC 扩展卡故障处理	218
合成氨装置部分调节阀故障简析	219
PV03054A 自动关闭处理过程及故障分析	221
中压蒸汽放空阀 PV03054B 严重波动的处理	222
水碳比流量调节阀 FV03001 大阀故障处理	223
05F003 液位 LT05023 故障处理	225
在线更换 LV82001 阀门定位器	226
PV03049 电气阀门定位器故障及处理	228
08E005 出口循环气温度 TI08007 的故障处理	229
防喘振流量表 FT09002 的故障处理	230
燃气透平 02MT01 振动传感器误故障报警的处理	231
01 MT01 调速器电气转换器气源故障引起 01K001 喘振事故的处理	232
典型分析仪表故障的处理	233
XV07003 两位阀不动作故障处理	234
6kV 母联开关跳闸后的事故处理	235
增加保护时限 提高供电可靠性	236
蒸汽系统波动时如何保证合成装置的安全供电	237
高压电机发生接地故障后暴露出的问题	238
重视一伸手 避免误操作	239
完善控制功能 提高供电可靠性	240

第 1 部分 概 述

第 1 章 工艺原理及流程简述

第 1 节 工艺和操作原理

1 原料气脱硫

天然气中含有少量硫化物，这些硫化物可以使多种催化剂中毒而不同程度地使其失去活性，硫化氢能腐蚀设备管道。因此，必须尽可能地除去原料气中的各种硫化物。

1.1 硫化物的性质

硫化氢 (H_2S) 为无色气体，有类似臭鸡蛋的气味，有毒。它能溶于水呈酸性，与碱作用生成盐。硫化氢还可以与某些金属氧化物或盐类反应，氧化锌脱硫就是利用这一性质。

硫醇 ($\text{R}-\text{SH}$) 具有令人厌恶的气味，不溶于水。低级硫醇在 $150\sim 250^\circ\text{C}$ 的温度下可以分解成烯烃和 H_2S 。

硫醚 ($\text{R}-\text{S}-\text{R}'$) 是中性的无味气体，性质较稳定，要加热到 400°C 才分解成烯烃和 H_2S 。

噻吩 ($\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$) 的物理性质和苯相似，有苯的气味。不溶于水，性质很稳定，加热到 500°C 也很难分解，是最难除去的一类硫化物。一般所说的“非反应性硫化物”就是指噻吩及衍生物。

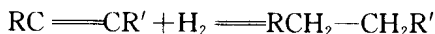
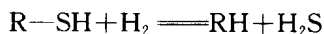
上述硫化物除硫化氢 (H_2S) 为无机硫外，其余均为有机硫。

1.2 加氢转化

加氢转化主要指在加入氢气的条件下使原料气中有机硫转化为无机硫。加氢转化不能达到直接脱硫的目的，但经转化后就大大有利于硫的脱除。在有机硫转化的同时，也能使烯烃类加氢转化为烷氢类从

而可减少下一工序蒸汽转化催化剂析炭的可能性。

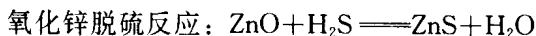
在采用钴钼催化剂的条件下，主要进行如下反应：



这些反应都是放热反应，在 370~400°C 的温度下都进行得很彻底。温度过低不利于加快反应速度，温度过高会引起析炭。本装置钴钼加氢反应器入口氢浓度控制在 2%~5%，过低不利于加氢转化，过高会造成能量损失。正常生产时返氢气可采用合成新鲜气，开车时可根据情况采用转化气、变换气或脱碳气。

1.3 氧化锌脱硫

氧化锌是一种内表面积颇大，硫容较高的接触反应型脱硫剂，除噻吩及其衍生物外，脱除硫化氢及各种有机硫化物的能力极高，可将出口气中硫含量降至 0.1×10^{-6} 以下。



这是一个放热反应。在 200~400°C 范围内，具有相当高的平衡常数。氧化锌的脱硫能力随温度的增加而增加。脱除 H_2S 在较低温度 (200°C) 即可进行，脱除有机硫必须在 350~450°C。温度过高时，脱硫能力又会有所下降。本装置氧化锌脱硫槽的操作温度与钴钼加氢反应器的操作温度基本相同，均控制在 370~400°C。

氧化锌脱硫能力的大小用硫容表示，即在满足脱硫要求的使用期间，单位重量新脱硫剂所能吸收的硫的重量，常以百分数表示。我厂使用的 T305 型脱硫剂，硫容 18%~22% (重量)。硫容随温度的降低、空速的提高、汽气比的增大而减小。

2 原料气的蒸汽转化

2.1 基本原理

经脱硫后的原料气的总硫含量降至 0.1×10^{-6} 以下，与水蒸气混合后进行转化反应：





除转化反应以外，还同时进行 CO 的交换反应：



由于转化反应是吸热反应，在高温条件下有利于反应平衡及反应速度。在实际生产中，转化反应分别在一段炉和二段炉中完成。在一段炉中，烃类和水蒸气的混合气在反应管内镍催化剂的作用下进行转化反应，管外有燃料气燃烧供给反应所需热量，出一段炉转化气温度控制在 800°C 左右。本装置为减轻一段炉负荷，出口甲烷含量由传统流程的 10% 提高到 16.3%。为了进一步转化，需要更高的温度。在二段炉中加入预热后的空气，利用 H_2 与 O_2 的燃烧反应，产生高热，促使 CH_4 进一步转化。

二段炉是个自热式反应器。在传统流程中，二段炉加入空气量主要受氢氮比对氮气要求的限制，通常控制净化气的氢氮比为 3.0。本装置由于二段炉负荷增加，为满足二段转化对热量的需求，在二段炉中加入过量空气，控制出口气体甲烷含量 $\leq 0.9\%$ ，而净化气中氢氮比则为 2.18。由于加入过量空气而导致系统中的过剩氮将在合成回路利用深冷法除去。

2.2 工艺条件

(1) 压力 转化反应是体积增大反应，从平衡转移的角度，低压有利于转化反应的进行。但是加压有以下好处：① 节省压缩功耗；② 减少设备投资；③ 有利于生产余热的利用。本装置转化操作压力由传统流程的 3.5MPa 提高到 4.9MPa。

(2) 温度 烃类蒸汽转化是吸热的可逆反应，温度增加，甲烷平衡含量下降。因此，在转化催化剂及炉管材质允许的前提下，稍稍提高操作温度，可提高转化率。一段炉出口温度控制在 $760\sim 804^\circ\text{C}$ ；二段出口温度控制在 983°C 以下。

(3) 水碳比 所谓水碳比是指进口气体中水蒸气与含烃原料气中碳原子数之比。这个指标表示转化操作所用的工艺蒸汽量。在给定条件下，水碳比愈高，愈有利于甲烷的转化。同时，水碳比增加，对析炭反应也有抑制作用。但是水碳比过大，不仅经济上不够合理，而且

很容易在低温变换时产生冷凝，损坏低变触媒。本装置从节能考虑，由传统流程的水碳比 3.5 降低到 2.75，在减少工艺蒸汽用量的同时，也减少了一段炉热负荷及转化炉管的阻力。

3 一氧化碳变换

3.1 基本原理

经蒸汽转化后的工艺气含有 12%~15% 的 CO，变换工序的任务是使 CO 在有催化剂存在的条件下与水蒸气反应：



这样即能把 CO 变为易于清除的 CO₂，同时又可制得合成需要的原料氢。变换反应是一个可逆、放热、反应前后气体体积不变的化学反应。

整个变换过程是由高温变换和低温变换组成的。高温变换所用的催化剂是以 Fe₃O₄ 为活性组分的，它的活性温度在 300℃ 以上（一般在 350~430℃）。在此温度下，可以取得较高的反应速度，但不能达到较低的 CO 浓度。为了进一步取得较低的 CO 浓度，还要在以铜为活性组分的催化剂作用下，进行低温变换。它的变换温度一般在 200~250℃，在这样的低温下，就能使 CO 的变换进行得比较彻底，可以使 CO 浓度降至 0.3% 以下。

3.2 工艺条件

(1) 温度 温度是影响变换反应的主要因素，从平衡角度说，温度越低越有利于 CO 的变换。但温度降低后，反应速度也降低。故在催化剂活性较好的情况下，应尽量控制较低的温度，这样既可以达到反应要求，又可以起到防止催化剂过早衰老的效果。随着催化剂使用年限的增长，催化剂的活性下降，此时应逐渐提高反应温度，以反应速度提高来弥补活性的下降，最终达到变换率的要求。本装置的高变温度控制在 350~440℃，低变温度控制在 200~230℃。这里要注意低变温度不仅受催化剂活性温度范围的限制，而且还必须高于气体露点温度 20~30℃，以防水蒸气在低变炉内产生冷凝。

(2) 压力 由于变换反应是等体积反应，故压力对变换反应的平衡没有影响。但从动力学角度，加压可以提高反应速度。本装置变换