

合成氨

生产操作安全技术

HECHENG'AN
SHENGCHAN CAOZUO ANQUAN JISHU

徐丙根 朱兆华 编著
陈立 主审



化学工业出版社

013042766

TQ113.2
03

合成氨 生产操作安全技术

HECHENG'AN
SHENGCHAN CAOZUO ANQUAN JISHU

徐丙根 朱兆华 编著
陈立 主编



化学工业出版社



北航

C1650922

013045269

本书系统阐述了合成氨原料气制备、合成氨原料气净化、氨合成、气体压缩与驱动等各工序岗位存在的安全风险和安全防护措施,突出介绍了合成氨工艺各类催化剂的使用安全技术,叙述了合成氨产品液氨和氨水的储存与运输安全技术。简要介绍了合成氨生产装置仪表与自动控制技术。对合成氨企业应急救援预案的编制进行了简要介绍。本书还对合成氨生产过程各种典型事故案例进行了技术评析。

本书适用于从事合成氨行业生产一线员工和安全员学习阅读,也可作为大专院校相关专业师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

合成氨生产操作安全技术/徐丙根,朱兆华编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 1
ISBN 978-7-122-15791-1

I. ①合… II. ①徐…②朱… III. ①合成氨生产-安全技术
IV. ①TQ113.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 262432 号

责任编辑:杜进祥 高 震
责任校对:宋 玮

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京云浩印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张8½ 字数222千字
2013年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00 元

版权所有 违者必究



前言

我国合成氨生产装置呈现大、中、小规模并存格局。截至 2010 年底,总生产能力为 42600kt/a。大型合成氨装置有 30 套,设计能力为 9000kt/a,实际生产能力为 10000kt/a;中型合成氨装置有 55 套,生产能力为 4600kt/a;小型合成氨装置有 700 多套,生产能力为 28000kt/a。

无论使用何种原料,采用何种工艺流程,合成氨的生产均包括造气、变换净化和氨合成 3 个主要部分。

合成氨生产是在密封、高压、高温下连续进行的。使用的物料(易燃易爆、有毒)和工艺条件决定其具有极大固有危险性,事故统计表明,化工系统爆炸中毒事故最集中的就是合成氨生产。

合成氨生产中的化学爆炸可归纳为 3 类:

(1) 高温高压使可燃气体爆炸极限扩宽,气体物料一旦过氧(亦称透氧),极易在设备和管道内发生爆炸;

(2) 高温高压气体物料从设备管线泄漏时会迅速膨胀与空气混合形成爆炸性混合物,遇到明火或因高流速物料与裂(喷)口处摩擦产生静电火花引起着火和空间爆炸;

(3) 气压机等转动设备在高温下运行会使润滑油挥发裂解,在附近管道内造成积炭,导致积炭燃烧或爆炸。

高温高压还可加速设备金属材料发生蠕变、改变金相组织,还会加剧氢气、氮气对钢材的氢蚀及渗氮,加重设备的疲劳腐蚀,使其机械强度减弱,引发物理爆炸。物理爆炸后往往接着发生化学爆炸。

此外,液氨大规模事故性泄漏会形成低温云团,引起大范围人

群中毒，遇明火还会发生空间爆炸。一氧化碳、硫化氢的中毒频度和严重程度都是化工生产中最高的。

在合成氨生产过程中，具有较多的有毒有害物质和易燃易爆物质，而且生产流程复杂，运转设备和高温高压设备比较多。

合成氨企业从业人员，必须熟悉与生产过程有关的安全技术知识，并且在工作中自觉和认真贯彻安全技术要点，从而保证人身安全和设备安全。

为此，我们编写了《合成氨生产操作安全技术》一书。

本书从多角度、多层次系统阐述了合成氨原料气制备、合成氨原料气净化、氨合成、气体压缩与驱动等各工序岗位存在的安全风险和安全防护措施，突出介绍了合成氨工艺各类催化剂的使用安全技术，叙述了合成氨产品液氨和氨水的储存与运输安全技术。简要介绍了合成氨生产装置仪表与自动控制技术。对合成氨企业应急救援预案的编制进行了简要介绍。本书还对合成氨生产过程各种典型事故案例进行了技术评析。

全书共分八章。在编写内容上进行了大胆创新，侧重于生产操作与技能训练内容，完全紧扣对特种作业人员操作培训这一宗旨，编写过程中，力求通俗、实用，对于理论内容，确有必要的，仅作简要介绍。因而有利于突出技能实训方面的教学与实操考核。

本书在编写过程中，得到了朱桂明、江瑞晶同志的指导，得到了孔凡娣、吴永忠、卢接玉、杨根山、周莲凤、金水林、刘宏、朱薇等同志的友情协助，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，不足之处在所难免，恳请各位专家及读者批评指正。

编者

2012-3-15



目 录

绪论

一、相关法律法规及标准规范	1
二、合成氨生产安全技术	2
三、合成氨生产安全管理	5

第一章 合成氨原料气制备安全技术

第一节 气化岗位安全技术	7
一、固定床间歇气化	7
二、水煤浆气化	10
第二节 吹风气回收岗位安全技术	13
一、主要危险有害因素	13
二、安全操作与安全检查要点	14
第三节 空分岗位安全技术	15
一、主要危险、有害因素	15
二、安全操作与安全检查要点	16
第四节 合成氨原料气制备常见事故及预防措施	18
一、气柜爆炸	18
二、气柜抽瘪	19
三、气柜压力猛升	19
四、气柜压力猛降	20

五、气柜脱轨	20
六、水夹套爆炸	21
七、洗气塔爆炸	22
八、空气鼓风机和空气管爆炸	22
九、洗气箱故障	23
十、煤气发生炉炉口爆炸	23
十一、炉底爆炸	25
十二、煤气成分中氧含量增高	25
十三、煤气发生炉内结疤结块	26
十四、煤气发生炉内出现风洞	26
十五、系统阻力增高	27
十六、灰盘出轨,灰盘及炉栅断裂	28
十七、自动机跳闸	29
十八、闸板式液压阀失灵	29
十九、中毒窒息事故	30

第二章 合成氨原料气净化安全技术

第一节 脱硫作业安全技术	32
一、湿式氧化脱硫	32
二、低温甲醇洗、液氮洗	35
三、常见事故原因及预防	37
第二节 变换作业安全技术	44
一、主要危险有害因素	44
二、安全操作与安全检查要点	45
三、常见事故及预防	47
第三节 脱碳作业安全技术	54
一、碳酸丙烯酯脱碳	54

二、变压吸附脱碳	58
三、碳化	59
四、NHD 脱碳	61
第四节 原料气精制作业安全技术	62
一、铜洗流程安全操作	62
二、醇烷（烃）化流程安全操作	65
三、原料气精制常见事故及预防	67

第三章 氨合成安全技术

第一节 氨合成作业安全技术	78
一、主要危险有害因素	78
二、安全操作与安全检查要点	79
第二节 冷冻作业安全技术	82
一、主要危险有害因素	82
二、安全操作与安全检查要点	84
第三节 提氢作业安全技术	84
一、PSA 提氢作业安全技术	84
二、膜分离提氢作业安全技术	86
第四节 氨合成塔及其内件安全技术	88
一、氨合成塔	88
二、氨合成塔内件	89
第五节 氨合成常见事故及预防	92
一、合成塔常见事故及预防	92
二、软水加热器常见事故及预防	100
三、氨冷器常见事故及预防	100
四、氨分离器常见事故及预防	101
五、液氨储槽常见事故及预防	102

六、循环机常见事故及预防	103
七、冰机常见事故及预防	106

第四章 联醇操作安全技术

第一节 联醇岗位（含精脱硫）安全技术	111
一、中压联醇流程	111
二、低压联醇流程	114
三、常见事故及预防	115
第二节 精醇岗位安全技术	118
一、主要危险有害因素	118
二、安全操作与安全检查要点	119

第五章 气体压缩与驱动安全技术

第一节 压缩机工作特点	120
第二节 压缩机安全操作要点及主要工艺控制指标	123
一、压缩机安全操作要点	123
二、压缩机主要工艺控制指标	125
第三节 压缩机常见事故及预防	126
一、设备方面常见事故及预防	126
二、工艺操作方面常见事故及预防	129

第六章 催化剂使用安全技术

第一节 脱硫催化剂	138
一、钴钼加氢转化催化剂	139
二、氧化锌脱硫剂	141
第二节 烃类转化催化剂	145

一、烃类转化催化剂主要组成及其作用	145
二、烃类转化催化剂形状及物理结构	147
三、烃类转化催化剂活化和钝化	148
四、烃类转化催化剂主要毒物	150
五、烃类转化催化剂寿命	151
第三节 一氧化碳变换催化剂和选择氧化催化剂	151
一、一氧化碳高温变换催化剂	151
二、一氧化碳低温变换催化剂	153
三、耐硫变换催化剂	156
四、一氧化碳选择氧化催化剂	157
第四节 甲烷化催化剂	159
一、主要组分及其作用	159
二、还原、氧化和羰基化	159
三、影响甲烷化催化剂寿命的主要因素	160
第五节 氨合成催化剂	161
一、氨合成催化剂组分及其作用	161
二、还原	161
三、毒物	163
四、寿命	165

第七章 氨的储存与运输安全技术

第一节 液氨储存安全技术	166
第二节 液氨运输安全技术	169
第三节 氨水储存和运输安全技术	171
一、氨水的储存	171
二、氨水的运载	172
三、氨水储运安全注意事项	174

第八章 仪表与自动控制安全技术

第一节 空分自动控制系统	175
一、自动控制系统的组成	175
二、过程参数的检测	177
三、控制器的控制规律	178
四、执行器	179
第二节 气化工艺控制过程及操作要点	180
一、气化炉开/停车	180
二、集/排渣系统开/停车（锁斗顺序控制系统）	184
三、气化炉激冷室液位测量和调节	185
四、洗涤塔液位测量和调节	186
五、气化炉压力调节	186
第三节 一氧化碳变换主要控制回路及操作要点	187
一、主要控制回路说明	187
二、正常操作要点	187
第四节 液氮洗装置主要控制回路及操作要点	188
一、控制回路一览表	188
二、主要控制回路说明	189
三、操作要点	191
第五节 氨合成工艺流程及控制回路	192
一、主要控制回路	192
二、工艺正常操作和事故处理要点	196
第六节 硫回收主要控制回路及操作要点	198
一、控制回路	198
二、主要控制回路说明	198
三、操作要点	199
四、联锁说明	201

第九章 合成氨企业事故应急救援

一、应急救援的原则和任务	202
二、应急救援系统的组织结构	203
三、应急救援装备与资源	205
四、现场地图和有关图表	207
五、应急救援的实施	208
六、应急救援器材	212

第十章 个体防护与自救互救

第一节 个体防护用品	215
一、呼吸器官防护用品	215
二、头面部防护用品	217
三、听觉器官防护用品	217
四、躯干防护用品	218
五、手部防护用品	220
六、足部防护用品	220
七、眼部防护用品	220
八、护肤用品	221
第二节 自救与互救	221
一、泄漏事故自救与互救	221
二、火灾爆炸事故自救与互救	221
三、意外伤害急救原则	222
四、中毒急救	223
五、气管吸入异物急救	223
六、心肺复苏术	224
七、胸外按压	225
八、外伤自救与互救	226

九、搬运伤员·····	228
十、急救电话·····	229

附录一 合成氨生产典型事故技术评析

附录二 合成氨工艺特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准

参考文献

绪 论

一、相关法律法规及标准规范

为了加强对合成氨企业安全生产的管理,我国先后制定并颁布实施了一系列的法律法规和标准规范。国家安监总局 2008 年制定并颁布实施的 AQ/T 3017—2008《合成氨生产企业安全标准化实施指南》对合成氨企业的安全生产具有重要的指导意义。

目前,我国与合成氨生产有关的法律主要有《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国消防法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《中华人民共和国突发事件应对法》、《中华人民共和国劳动合同法》、《中华人民共和国环境保护法》等。

国务院颁布实施的条例主要有以下几个:《危险化学品安全管理条例》、《安全生产许可证条例》、《生产安全事故报告和调查处理条例》、《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》、《特种设备安全监察条例》、《工伤保险条例》等。

国家安监总局也颁布实施了以下规范:《危险化学品生产企业安全生产许可证实施办法》、《危险化学品建设项目安全许可实施办法》、《作业场所职业健康监督管理暂行规定》、《作业场所职业危害申报管理办法》、《劳动防护用品监督管理规定》、《安全生产培训管理办法》、《生产经营单位安全培训规定》、《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》、《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》、《生产安全事故信息报告和处置办法》、《生产安全事故应急预案管理办法》、《〈生产安全事故报告和调查处理条例〉罚款处罚暂行规定》等。

工业和信息化部 2012 年 6 月 1 日发布了《合成氨行业准入条件(征求意见稿)》,对合成氨行业的准入条件进行了严格限制。

我国还起草实施了大量与合成氨生产有关的标准，主要有以下一些：GB 11651《劳动防护用品选用规则》、GB 2894《安全标志及其使用导则》、GB 6222《工业企业煤气安全规程》、GB 13690《常用危险化学品的分类及标志》、GB 15258《化学品安全标签编写规定》、GB/T 16483《化学品安全技术说明书内容和项目顺序》、GB 18218《重大危险源辨识》、GB 50160《石油化工企业设计防火规范》、GB 50351《储罐区防火堤设计规范》、GB Z2.1《工作场所所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》、GB Z2.2《工作场所所有害因素职业接触限值第2部分：物理有害因素》、GB Z158《工作场所职业病危害警示标识》、AQ/T 9002《生产经营单位安全生产事故应急预案编制导则》、AQ/T 3017《合成氨生产企业安全标准化实施指南》、AQ 3013《危险化学品从业单位安全标准化规范》等。

二、合成氨生产安全技术

1. 氨及其生产过程简述

氨(NH_3)常态下是有特殊气味的强刺激性气体，相对密度为0.5971(空气为1)，易燃，能与空气形成爆炸性混合物(爆炸极限15.7%~27.4%)。氨气常温加压即可液化(临界压力11.4MPa，临界温度132.512℃)，沸点为-33.512℃、凝固点为-77.712℃，氨的水溶液称为氨水，呈碱性。

氨主要用途是生产氮肥，还用于生产硝酸、纯碱、化纤、塑料、橡胶、医药、染料和爆炸品，液氨可用作制冷剂。

合成氨生产所用原料有固体燃料(煤)、液体燃料(石油或其产品)、气体燃料(天然气、焦炉气、炼厂气)。

合成氨的生产分为造气、变换净化和合成三部分。

造气：原(燃)料通入空气(氧气)和蒸汽，气化成为水煤气(半水煤气)，该粗原料气由氢气、氮气、二氧化碳、一氧化碳和少量硫化氢、氧气及粉尘组成，原料气经废热锅炉回收热量后存于气柜。

变换净化：气柜来的原料气通过电除尘器除去粉尘进入压缩机加压，经脱硫（脱除硫化氢）、变换（将一氧化碳转化为氢和二氧化碳）、脱碳（吸收脱除二氧化碳）后，再次加压进入铜洗塔（用醋酸铜氨液）和碱洗塔（用苛性钠溶液）进一步除去原料气中的一氧化碳和二氧化碳（含量降至十万分之三以下），获得纯氢气和氢气混合气体。

合成：净化后的氢氮混合气（ $H_2 : N_2 = 3 : 1$ ）经压缩机加压至 30~32MPa 进入合成塔，在铁催化剂存在下高温合成为氨。

生产是在密封、高压、高温下连续进行的。

2. 合成氨生产危险有害性

合成氨生产的物料（易燃易爆、有毒）和工艺条件决定其具有极大危险性，事故统计表明，化工系统爆炸中毒事故最集中的就是合成氨生产。

爆炸：合成氨生产中的化学爆炸可归成三类：一是高温高压使可燃气体爆炸极限扩宽，气体物料一旦过氧（亦称透氧），极易在设备和管道内发生爆炸；二是高温高压气体物料从设备管线泄漏时会迅速膨胀与空气混合形成爆炸性混合物，遇到明火或因高流速物料与裂（喷）口处摩擦产生静电火花引起着火和空间爆炸；三是压缩机等转动设备在高温下运行会使润滑油挥发裂解，在附近管道内造成积炭，可导致积炭燃烧或爆炸。

高温高压可加速设备金属材料发生蠕变、改变金相组织，还会加剧氢气、氮气对钢材的氢蚀及渗氮，加剧设备的疲劳腐蚀，使其机械强度减弱，引发物理爆炸。物理爆炸后往往接着发生化学爆炸。

中毒：合成氨生产中，液氨大规模事故性泄漏会形成低温云团引起大范围人群中毒，遇明火还会发生空间爆炸。一氧化碳、硫化氢的中毒频度和严重度则都是化工生产中最高的。

合成氨生产还有噪声、腐蚀性液体灼伤等职业危害。

3. 合成氨生产安全技术

合成氨企业通常都是重大危险源，要按国际公约和国家有关规

定采取特殊控制措施，如安全检查、安全运行、安全评价、应急计划和安全报告制度等，防止液氨、一氧化碳大规模泄漏引发社会灾难性事故。

(1) 防止化学爆炸

① 严防过氧：无论以煤还是以重油为原料造气，过氧都是引发设备管线内化学爆炸的关键因素。要控制煤气中氧含量不超过0.5%，当氧含量达到1%时，要立即停车处理。

用煤造气时控制过氧的主要措施是，煤入炉前要把大小块分开，使之燃烧均匀、完全而不产生风洞；炉温偏低时应延长吹风时间；确保自动机及其阀门控制正确灵敏，保证吹入气体的顺序正确；若吹入气体顺序错误或蒸汽中断，应立即将制气循环转入吹空气放空阶段，同时打开炉下安保蒸汽（亦称保压蒸汽），吹净蒸汽。

用重油造气时控制过氧的主要措施有，投料时炉温应在850℃以上，投料顺序为先蒸汽、次油、后氧气；操作中严禁油中带水并严格控制氧油比在0.8~0.9；必须装设在线氧含量分析报警仪（报警限设在含氧0.8%以下），同时还须装设油、氧、事故蒸汽、系统放空和氧气放空的联锁装置，设置过氧自动停车并自动打开放空联锁装置，以避免下游设备（尤其是洗涤塔）过氧爆炸；严防供油中断。

② 严防物料互窜：用煤造气须严防煤气窜入鼓风机系统（常发生在鼓风机突然停电停机时）形成爆炸性混合物，鼓风机开机前必须置换分析以防鼓风机和空气支管、总管爆炸。

用重油造气时，若氧压机停车则氧气管道压力下降，高温煤气会倒窜入氧气管道引发爆炸，所以氧气管道要装设压力报警器、止逆阀和自动加氧装置。为防止氧气窜入氮气系统发生爆炸，亦应装设可靠的止逆装置。

在变换净化部分：要严防下游气体（其氢气含量已大大提高）倒窜回上游，因而要装设必要的液封、放空、止逆等装置，严防脱硫塔、脱碳塔、铜洗塔、碱洗塔发生泛液和出口气体带液，这会造成高压机液击，甚至引起恶性爆炸。为此应精心控制气体流速、精