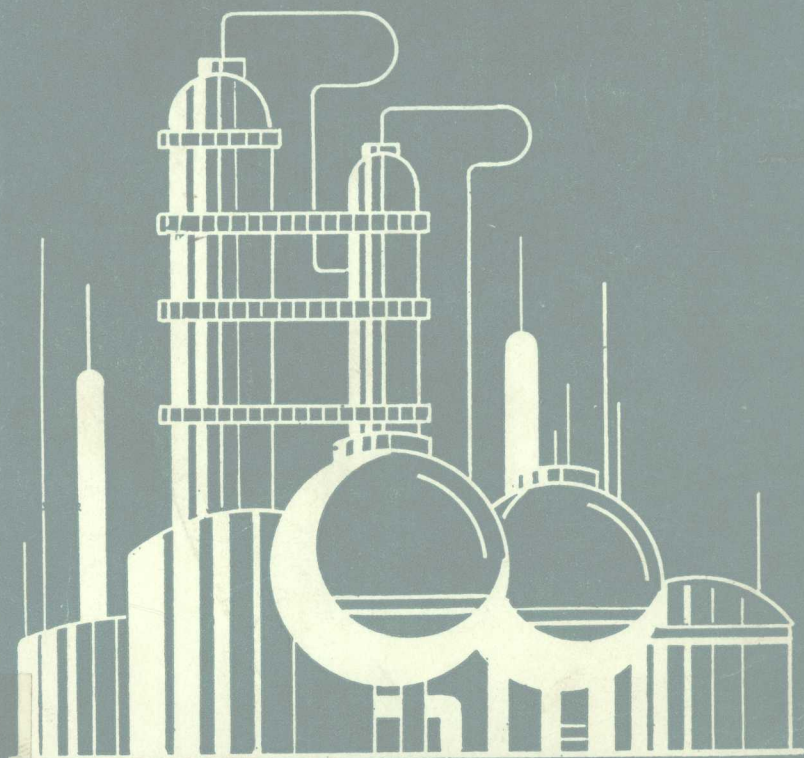


小氮肥工艺学

全国化工技术培训教材编委会



浙江科学技术出版社

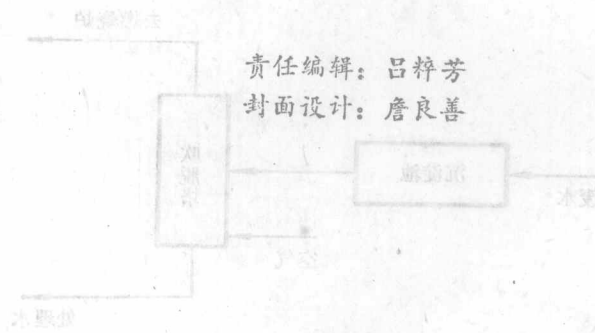
449633

小氮肥工艺学

全国化工技术培训教材编委会

江苏工业学院图书馆
藏书章

点并率则用费译法，单就路路管具，即而短决汽进强，本对产管能必发不即很胜各
 面向领要百水二组强，法中产大度等时改多故是MOH像亦合在具
 得前强合强强以本强强回户风力产查强果飞强出合大强并，回同果百水二火强式
 强，强强强二强水强，不吸（81—9图）强路强工其，强有下等强又，强强下由中强
 强强强强强强强强强强，强强强强水强强强强强，（强强强）强强强入强强由，强强强入
 强强，OO式强强强强强强，OOO强强强强强强强强强强，强强强强强强强强，合强强强



责任编辑：吕粹芳
 封面设计：詹良善

图强强工强强强强强强强强强强 81—9图

强强强

- (8801) 强强强强强强强，强强强，强强强水，强强强 (1)
- (8801) 强强强强强强强，强强强，强强强，强强强 (2)
- 强强 (强，第1强)，"强强水及强强水强强"，强强强强强强强，强强强强强强强 (3)
- (8801) 强强强 (4)
- 强强强强强，强强水强强强强强强强强强，强强有强强强强强，强强强《强强强强强强强强强》 (5)
- (8801) 强强强强强强强强强，强强强强强强强强强 (6)
- (1801) 强强强强强强强，强强强强强强强强强，强强强 (7)
- 1801，强强强强强强强，强强强强强强强强强，强强强《强强强强强强强强强》强强强强强 (8)
- 1801，强强强强强强强，强强强强强强强强强，强强强强强 (9)
- 1801，强强强强强，强强强强强强强强强，强强强强强强强强强 (10)
- 8801，强强强强强强强强强，强强强强强强强强强，强强强，强强强，强强强 (11)

小氮肥工艺学

全国化工技术培训教材编委会

*

浙江科学技术出版社出版
 浙江新华印刷厂印刷
 浙江省新华书店发行

开本：787×1092 1/16 印张14.5 字数362,000
 1989年3月第 一 版
 1990年7月第三次印刷
 印数：40,351—47,450

ISBN 7-5341-0161-1/TQ·4
 定 价：5.00 元

前 言

按照化学工业部教育司(1986)化教培字第035号和(1987)化教培字第125号文件的要求,浙江省石油化学工业厅组织编写了《小氮肥工艺学》专业教材。1988年1月,在全国化工技术培训教材编审委员会华东地区组副组长陈荣桂同志主持下,召开了华东地区各省、市石油化学工业厅(局)、部分小氮肥企业和有关大、中院校的高、中级工程技术人员、教授、讲师及全体编写人员参加的教材审定会议。全国化工技术培训教材编审委员会华东地区组秘书长、江苏省石油化学工业厅教育处工程师马殿华同志和华东地区组成员、教材编审组组长、杭州化学工业学校副校长、高级讲师蒋旭升同志参加了审定;与会同志对《小氮肥工艺学》的教学计划、教学大纲和教材内容,进行认真的讨论和严格的审定后,报请化学工业部教育司批准,由浙江科学技术出版社出版。浙江省石油化学工业厅人事教育处副处长蒋兴泗和沈富良同志,杭州市化工培训中心办公室主任郑发楚同志,在编审、出版、发行过程中参与了组织、服务工作。

《小氮肥工艺学》根据化学工业部对小型化肥企业技术工人的要求,在总结先进企业经验的基础上,就小氮肥生产的理论和操作技能作了科学的阐述。教材的深度与广度的控制,实践与理论的比例较为恰当;原料路线、净化方法、工艺流程、操作指标、设备介绍等方面,深入浅出,内容精炼,适应全国小氮肥企业现有状况,有较好的通用性,是一本适合成人教育特点的小氮肥企业技术工人岗位培训的专业教材。

《小氮肥工艺学》由浙江省石油化学工业厅技术顾问、高级工程师马湘平同志主审,衢州化学工业公司总工程师、高级工程师李国英同志主编。蒋旭升、王一兆、沈树荣、陈运根、周益丰、吴贤奋、吕仁文、吴斯源、张国发、毛婉贞、徐如春、翁秉均、干国华等十三位同志参加教材编写工作。蒋旭升同志协助主编完成了审稿、定稿工作。

《小氮肥工艺学》的编写、审定工作一直是在全国化工技术培训教材编审委员会和华东地区组的指导下进行的,同时受到华东地区各省、市石油化学工业厅(局),华东地区部分小氮肥企业和浙江工学院、浙江省化肥协会、浙江省化肥农药工业公司、浙江省石油化工设计院、杭州化学工业学校、杭州龙山化工厂、绍兴化肥厂、桐乡化肥厂、平湖化肥厂、海宁化肥厂、湖州化工总厂、杭州市化工培训中心等单位的大力支持和协助,对此,表示深切的谢意。

《小氮肥工艺学》已经出版了。由于我们学识所限、编写时间仓促,难免有疏漏和错误之处,我们恳切地希望各单位的读者,不吝指教,提出宝贵的意见和建议,以便进一步做好本书的修订工作,不断提高质量,使之在开展小氮肥技术工人岗位培训中发挥应有的作用。

1988年5月

目 录

绪 论

第一节 小氮肥工业发展概况	(1)
一、创业阶段	(1)
二、发展壮大阶段	(1)
三、稳定提高阶段	(2)
第二节 小氮肥工业的特点	(3)
一、各种流程特点简介	(3)
二、小氮肥工业的特点	(4)

第一章 粉煤成型

第一节 石灰碳化煤球	(6)
一、石灰碳化煤球的特点	(6)
二、生产原理	(6)
三、工艺条件及操作指标	(7)
四、工艺流程	(9)
五、主要设备	(10)
第二节 粘土煤球(棒)	(11)
一、制造原理	(11)
二、粘土煤球的制造和烘干	(11)
三、主要设备	(12)
四、工艺条件和操作指标	(12)
五、煤球强度的测定	(17)

第二章 造 气

第一节 固体燃料气化的基本原理	(19)
一、固体燃料气化的反应平衡	(19)
二、固体燃料气化的反应速度	(21)
第二节 半水煤气生产方法	(23)
一、固定层煤气发生炉中的气化过程	(23)
二、制造半水煤气的工作循环	(24)
第三节 间歇式制半水煤气的工艺条件与操作指标	(25)
一、间歇式制半水煤气的工艺条件	(25)
二、操作指标及其选择	(27)
第四节 间歇法制取半水煤气工艺流程及设备	(29)
一、间歇法制取半水煤气的工艺流程	(29)

二、造气工序主要设备——煤气发生炉.....	(30)
第五节 当前新技术应用情况简介.....	(32)
一、过热蒸汽制气.....	(32)
二、采用上下吹加氮工艺.....	(32)
三、采用氢氮比、蒸汽流量自动调节.....	(32)
四、选用高效风机.....	(32)
五、采用新型炉篦.....	(33)
六、余热回收.....	(33)
第六节 间歇法制半水煤气的工艺计算.....	(34)
一、气化指标的计算.....	(34)
二、简单的物料衡算.....	(38)
第三章 脱 硫.....	
第一节 脱硫方法的分类和选择.....	(42)
一、脱硫方法的分类.....	(42)
二、脱硫方法的选择.....	(43)
第二节 氨水液相催化法脱硫.....	(44)
一、基本原理.....	(44)
二、工艺流程.....	(46)
三、主要设备.....	(47)
四、工艺条件和操作指标.....	(52)
第三节 蒽醌二磺酸钠法脱硫.....	(55)
一、基本原理.....	(55)
二、工艺流程.....	(57)
三、主要设备.....	(57)
四、工艺条件和操作指标.....	(59)
五、简单计算.....	(61)
第四节 干法脱硫.....	(61)
一、活性炭法.....	(61)
二、氧化铁法.....	(65)
第五节 几种其他湿法脱硫简介.....	(66)
一、栲胶法脱硫.....	(66)
二、茶多酚法脱硫.....	(66)
三、EDTA络合铁法脱硫.....	(67)
四、PDS法脱硫.....	(67)
第四章 变 换.....	
第一节 一氧化碳变换的基本原理.....	(69)
一、一氧化碳变换反应的原理.....	(69)
二、变换反应的化学平衡.....	(70)
三、变换反应的速度.....	(71)

第二节 一氧化碳变换的催化剂	(71)
一、催化剂的性能	(72)
二、催化剂的物理性质和化学组分	(72)
三、催化机理	(74)
四、变换催化剂的升温还原、钝化降温的原理和操作方法	(74)
第三节 一氧化碳变换的工艺条件选择及操作要点	(75)
一、最终变换率	(75)
二、反应温度	(76)
三、反应压力	(77)
四、蒸汽比	(77)
五、空间速度	(78)
六、操作要点	(78)
七、工艺操作指标	(79)
第四节 变换系统的工艺流程及主要设备	(80)
一、工艺流程(加压变换,段间喷冷凝液)	(80)
二、主要设备	(80)
第五节 变换系统的热能回收	(82)
一、变换过程的热能分析	(82)
二、热能回收及降低能耗的方法	(83)
三、一氧化碳的低温变换	(85)
第六节 变换系统的技术经济指标计算	(88)
一、平衡变换率	(88)
二、实际变换率	(89)
三、变换气中的 CO_2 成分	(89)
四、催化剂的消耗定额和利用系数	(89)
五、蒸汽消耗	(90)
六、吨氨耗半水煤气的估算	(90)
七、吨氨消耗变换气的估算	(91)

第五章 碳 化

第一节 碳化过程的反应原理	(92)
一、碳化反应中的化学平衡	(92)
二、碳化反应机理	(93)
三、碳化反应的速度	(93)
四、结晶过程	(94)
五、氨的回收与二氧化碳的清洗	(96)
第二节 碳化系统的工艺条件与操作指标	(96)
一、温度	(96)
二、压力	(97)
三、氨水浓度	(97)
四、碳化度	(97)

五、变换气中的硫化氢含量	(97)
六、碳铵添加剂的应用	(98)
七、操作指标	(98)
第三节 碳化系统的工艺流程	(99)
一、吸氨流程	(99)
二、碳化流程	(99)
第四节 碳化系统的主要设备	(101)
一、碳化塔	(101)
二、综合塔	(101)
三、吸氨器	(102)
四、离心机	(103)
五、设备和管道防腐	(104)
第五节 碳化系统基本工艺计算	(104)
一、碳化氨水溶液中氨和二氧化碳含量表示法	(104)
二、气体中氨含量的表示方法	(105)
三、碳化度的定义和计算	(105)
四、氨转化率的定义及计算方法	(106)
五、氨利用率的计算	(107)
第六节 变换气中二氧化碳的其他脱除方法	(107)
一、加压水洗法	(108)
二、碳酸丙烯酯法	(109)
第六章 压 缩	
第一节 压缩系统几种不同的工艺流程	(113)
一、以固体燃料为原料的工艺流程	(113)
二、以重油为原料的工艺流程	(113)
三、工艺流程举例	(113)
第二节 压缩系统操作要点、工艺指标及重大故障	(116)
一、操作要点	(116)
二、主要工艺指标及制订依据	(117)
三、压缩机故障	(118)
第三节 压缩系统的设备构造及基本原理	(119)
一、合成氨工业对压缩机的要求	(119)
二、压缩机的分类及其特点	(119)
三、压缩机构造及其辅机	(123)
四、活塞式压缩机的工作原理	(125)
第四节 氢氮压缩机生产能力及其影响因素	(127)
一、压缩机的生产能力和有关系数	(127)
二、压缩机生产能力的影响因素	(130)
三、比功率	(130)
四、压缩机配管设置对功耗的影响	(130)

五、简单计算	(130)
--------------	---------

第七章 精 炼

第一节 醋酸铜氨液	(133)
一、醋酸铜氨液的成分和物理性质	(133)
二、铜液的制备	(134)
第二节 精炼系统生产原理	(136)
一、铜液吸收一氧化碳的原理	(136)
二、铜液吸收氧、二氧化碳、硫化氢的原理	(137)
三、铜液再生原理	(138)
第三节 精炼系统工艺条件选择和操作要点	(138)
一、铜洗工艺条件的选择	(138)
二、再生条件的选择	(139)
三、工艺指标和操作要点	(141)
第四节 精炼系统工艺流程	(142)
第五节 精炼系统主要设备的构造和作用	(144)
一、铜洗塔	(144)
二、再生塔	(144)
第六节 少量二氧化碳的脱除	(147)
一、碱液吸收二氧化碳的原理	(148)
二、操作条件的选择	(148)
三、碱液的再生	(148)
四、工艺流程	(149)
第七节 精炼系统一般工艺计算	(149)
一、铜液配制原料消耗计算	(149)
二、铜洗塔塔径估算	(150)
三、进铜洗塔铜液流量计算	(150)
四、铜液吸收能力的计算	(151)
五、蒸汽消耗量测定及计算	(151)
六、铜比的计算	(151)
七、铜耗理论计算	(152)

第八章 氨的合成

第一节 氨合成的原理	(153)
一、氨合成反应的化学平衡	(153)
二、氨合成反应速度	(155)
第二节 氨合成催化剂	(157)
一、化学组成和结构	(157)
二、国产催化剂的型号与性能	(158)
三、催化剂的还原与使用	(159)
第三节 氨合成工艺条件的选择及操作指标	(163)

绪 论

1958年5月1日,在传统的合成氨生产流程中用浓氨水吸收变换气中二氧化碳,在脱碳同时生成碳酸氢铵,作为氮肥新品种的工业化试验装置在上海化工研究所第二试验厂正式投产,开创了我国发展氮肥工业的新路子。30年来,小氮肥经历了艰苦创业,发展壮大和巩固提高等阶段,现有小氮肥厂1100个左右,氮肥产量占全国氮肥产量的一半以上,对我国的农业发展特别是粮食生产作出了积极的贡献。历史证明,小氮肥工业是我国化肥工业的一支重要力量,它不仅适合我国国情,而且具有强大的生命力。今后在我国的“四化”建设中将继续发挥它应有的作用。

第一节 小氮肥工业发展概况

一、创业阶段

建国初期我国的氮肥工业是很落后的,只有南京永利宁厂、大连化学厂和上海天利氮气厂(后改为上海化工研究院第二试验厂)。1950年全国合成氨产量只有一万一千吨。“一五”期间开始建设吉林、兰州、太原等重点氮肥厂,规模为年产二万五千吨或五万吨合成氨。1957年由于农业生产的迫切需要,而建设大批的大型厂又受着财力、物力的限制,因此能否从中国的实际出发,在建一批年产五万吨合成氨厂同时建设一批小型氮肥厂以加速氮肥工业的发展,便提到重要议事日程上来。以化工部侯德榜副部长为首的一批化工专家组成了一支从事小氮肥试验、设计的队伍,于1958年初在上海化工研究院第二试验厂开展了碳铵流程的工业试验和通用设计工作。在上海市委强有力的支援和帮助下,集中力量,日以继夜,仅用了七十天时间,一套年产二千吨合成氨和八千吨碳铵的工业装置建成投产。5月1日生产出第一批碳酸氢铵。与此同时,化工部设计院也完成了年产二千吨氨的县级氮肥厂第一版通用设计,在全国安排十三套装置,分布在苏、浙、皖、闽、鄂等十三个省(区)。另外在沪、皖、辽等地开始建设一批以氨水为产品的年产八百吨合成氨装置。到1960年底,年产八百吨的氮肥厂已建成十七个,年产二千吨氮肥厂有七个投产。

1961年,中央关于“加速发展氮肥工业”的文件对小氮肥指出了明确的方向:“小型氮肥厂有它的优点,但是,由于小型厂技术上还没有完全过关,还要继续试验,不断改进。”在化工部直接指导下,对工艺、设备、经济三关组织了会战,特别是江苏化工厅和丹阳化肥厂在攻克碳化流程关中起了带头作用。1963年,初步过了碳化流程的工艺、设备关,在消耗和经济效益上也达到基本要求。同年10月,在北京召开的全国小型氮肥厂会议上,国家计委领导充分肯定了小氮肥工业是符合国情的,可以适当发展。后来各省相继扩建和新建了一批小氮肥厂,到1965年全国已有87个生产厂。从1966年开始,进一步加快了建设步伐,厂数逐渐增多。

二、发展壮大阶段

60年代后期,由于农业生产发展的需要,小氮肥厂按原定规划陆续建成投产,1969年底,投产厂已有308个。进入70年代后,由于化肥用量激增,当时大化肥厂还只是刚刚从国外

引进装置，中型厂生产不能满足要求，依靠进口又不可能，因此小氮肥就获得迅猛发展。1970年到1974年的5年中，年平均有150个厂投产，后几年平均每年有100个左右的厂投产，到1979年底，小型氮肥厂投产数共达到1539个。其中合成压力属15~20MPa（150~200kgf/cm²）系列的有1309个厂。

由于小厂数量急剧增加，带来的问题和矛盾也不少，第一个问题是原料不足，没有足够的焦炭和无烟块煤供应众多的小厂生产。为此，从1970年开始小厂就在寻求适合自己生产特点的原料路线，扩大原料来源，福建的永春化肥厂首先用石灰作粘结剂，利用当地无烟粉煤制成石灰碳化煤球，开辟了粉煤成型间歇式气化的新途径。接着福建长泰化肥厂对碳化煤球在制球和气化机理上做了大量工作。

国务院和燃化部领导十分重视粉煤成型的原料路线改造工作，不仅及时总结推广福建省经验，还先后派出三批考察团到朝鲜考察无烟粉煤成型技术及煤球在化工生产上的应用，为粉煤成型工艺增添新的内容。

成球粘结剂除了用石灰外还有粘土、陶土、焦油、纸浆等，小氮肥生产采用粉煤成型的原料路线是发展过程中的一个重大转折。

第二个问题是设备能力过小和设计不配套。这段时期投产的小厂，都采用以上海市为基地的小氮肥通用设计路线供应的装置合成压力为15~20MPa（150~200kgf/cm²），生产能力为年产氨三千吨型的成套设备。在当时特定的历史条件下，对小氮肥厂的建设要求投资少，上马快，建厂多起了一定作用，但设备能力过小，设计不配套，进一步提高产量有困难。

1974年，化工部针对上述问题，在杭州召开了第一次技术改造会议，提出了挖潜改造的方针，对全国八百多个小氮肥厂分期分批进行配套改造，增加合成氨生产能力200万吨，从而大大缓和了当时农用化肥的供需矛盾。但在小氮肥厂迅速发展过程中也出现了部分地区不顾建厂条件，一哄而上的情况。有很多厂的单机能力过小，装备落后，以致小氮肥厂的小机成群型号不一，能耗高，管理较差，效益低的被动局面仍未根本扭转。

三、稳定提高阶段

小氮肥行业由于在动乱的十年中，只重视产量的增加，忽视质量、科学管理和经济效益，致使大多数企业长期处于亏损局面。1976年全国小氮肥行业亏损额共达9.7亿元。1978年党的十一届三中全会以来，认真贯彻“调整、改革、整顿、提高”方针，不断加强企业管理，并积极开展以节能为重点，提高经济效益为中心的技术改造。另一方面对一些确实不具备设厂条件或长期落后、亏损的企业实行关、停、并、转。经过几年来的努力，小氮肥的工艺和原料路线更加成熟，技术装备上不断完善合理，许多新装置和机组先后投入生产，逐步形成了设备定型化，装置系列化，布局也趋于比较合理，小氮肥工业出现了稳定提高的局面。到1987年全国小氮肥厂调整到1052个，其中年产合成氨能力达万吨以上的540多个。当年生产合成氨1050多万吨，占全国合成氨总产量的54%。有85%的企业实现了盈利。

30年来，小氮肥企业生产的合成氨累计产量达1亿1千万吨，标肥约3.7亿吨。不仅为国家减少化肥进口而节省大量外汇，而且向农业提供了大量化肥。为解决10亿人口的吃饭、穿衣问题作出了巨大贡献。由于小氮肥的蓬勃发展，不仅促进了全国能源、交通运输、机械制造、轻纺包装等工业的发展，而且还推动了商业流通及农业科技的发展，解决了大批人员的就业问题。作为一个县来说，小氮肥工业属于技术比较密集，管理水平比较高的行业，因此，这些年来，小氮肥企业为各级地方政府和经济领导部门及其他产业培养输送了大批人才，为振兴、发展地方工业作出了贡献。小氮肥工业的支农作用和它在社会主义经济建设中的地位，得到了党中央和国务院领导同志的多次肯定。

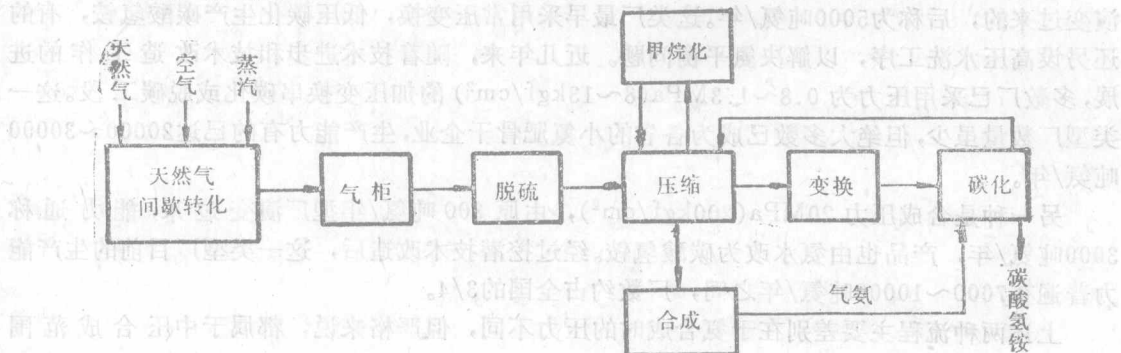
第二节 小氮肥工业的特点

一、各种流程特点简介

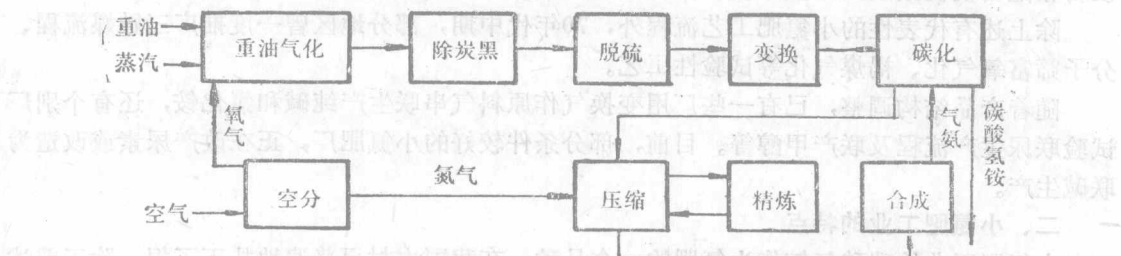
(一) 以气化原料分类

有天然气（或油田气），重油，煤、焦三种不同的工艺流程。

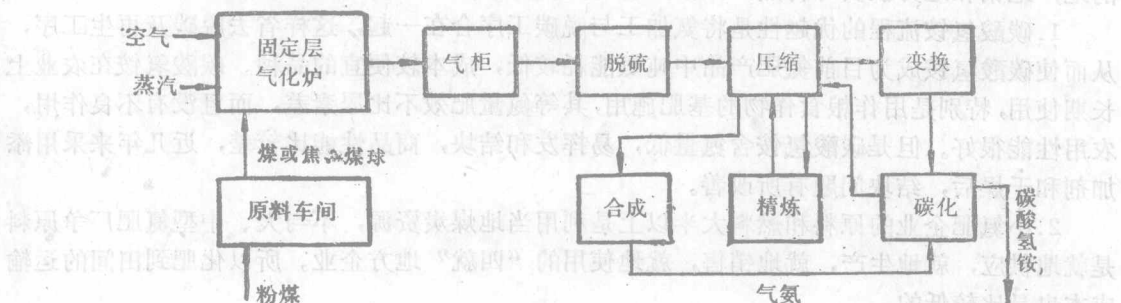
1. 以天然气为原料：



2. 以重油为原料：



3. 以煤、焦为原料：



以气和油为原料的流程特点：一是在加压下气化，小氮肥厂一般选用 0.8MPa (8kgf/cm^2) 气化压力；二是原料本身有效成分高，杂质很少，单位热值高，因此气化效率高；三是设备紧凑，原料贮运和使用管理都比固体原料要简单、方便，综合能耗低。尽管有上述优点，但由于原料资源的限制，在全国以气、油为原料的小氮肥厂为数很少，两者合计不到10%。

全国90%以上的厂是以固体煤、焦为原料，其中以无烟煤为气化原料的占绝大多数。少

数地区采用地产焦炭（包括土焦和机焦）。小氮肥厂因块煤供应困难普遍建立了粉煤成型装置，制成石灰碳化煤球或粘土煤球，清水煤棒等人造块煤，因此原料加工就成为小氮肥工业特有的组成部分。这类厂的主要特点是原料及合成气所含杂质多，净化难度大，热效率低。但是原料来源广，有一半以上企业用地产煤，还有许多地区与地产煤矿及发电站联在一起。

（二）以氨合成时压力等级分类

按操作压力分类，一种是合成压力为32MPa(320kgf/cm²)，由原县级2000吨氨/年型演变过来的，后称为5000吨氨/年。这类厂最早采用常压变换，低压碳化生产碳酸氢铵，有的还另设高压水洗工序，以解决氨平衡问题。近几年来，随着技术进步和技术改造工作的进展，多数厂已采用压力为0.8~1.3MPa(8~13kgf/cm²)的加压变换串碳化或脱碳工段。这一类型厂数量虽少，但绝大多数已成为各省的小氮肥骨干企业，生产能力有的已达20000~30000吨氨/年。

另一种是合成压力20MPa(200kgf/cm²)，由原800吨氨/年型厂演变过来，能力通称3000吨氨/年，产品也由氨水改为碳酸氢铵。经过挖潜技术改造后，这一类型厂目前的生产能力普遍在7000~10000吨氨/年之间，厂数约占全国的3/4。

上述两种流程主要差别在于氨合成时的压力不同，但严格来说，都属于中压合成范围内。

现有的小氮肥厂如需进行技术改造或设备更新，必须从实际出发，因地制宜地使规模和设备相配套使机数减少，型号统一，以达到最少的投入而得到最佳的产出效果。

除上述有代表性的小氮肥工艺流程外，70年代中期，部分地区曾一度推广三触媒流程、分子筛富氧气化、褐煤气化等试验性工艺。

随着产品结构调整，已有一些厂用变换气作原料气串联生产纯碱和氯化铵，还有个别厂试验联尿生产流程及联产甲醇等。目前，部分条件较好的小氮肥厂，正在改产尿素或改造为联碱生产。

二、小氮肥工业的特点

小氮肥工业的碳酸氢铵作为氮肥的一个品种，在我国农村已普遍地扎下了根。除了前述历史条件外，最主要是其工艺流程简单，原料结构合理，产品农化性能良好及便于经营管理的地产地销和地方投资等特点，因而具有强大的生命力。它的主要特点如下：

1. 碳酸氢铵流程的优越性是将氨加工与脱碳工序合在一起，这样省去脱碳及再生工序，从而使碳酸氢铵成为目前氮肥产品中吨氨能耗较低，成本较便宜的品种。碳酸氢铵在农业上长期使用，特别是用作粮食作物的基肥施用，其等氮量肥效不比尿素差，而且没有不良作用，农用性能很好。但是碳酸氢铵含氮量低，易挥发和结块，商品性能比较差，近几年来采用添加剂和干燥后，结块问题有所改善。

2. 小氮肥企业的原料和燃料大半以上是利用当地煤炭资源，不与大、中型氮肥厂争原料是就地供应，就地生产，就地销售，就地使用的“四就”地方企业。所以化肥到田间的运输成本也是比较低的。

3. 在生产技术上，由于装置小而紧凑，有许多节能办法和措施是小氮肥工业所特有的。如粉煤成型的普遍应用，废渣残碳的回收利用，以及“三气”“五热”回收和综合利用。在变换、合成新型号催化剂方面，也是小厂与科研单位密切结合，首先试用，对促进我国催化剂科研和生产的发展提供了有利条件。近几年来，大量的节能项目的推广应用，促使大批先进企业获得更好的节能效果，充分说明小氮肥只要经过努力，吨氨能耗是可以接近和达到国内

以煤焦为原料的大中型化肥厂的先进水平的。

4.在经营管理上,普遍推广“四管一算”,大批先进企业做到精心管理,精打细算。在能源有保证,价格公平,生产能力得到充分发挥的条件下,小氮肥厂不仅有较好的社会效益,而且有较好的企业经济效益。

另一方面也应该看到，小氮肥工业既然在我国已经遍地开花，各种主客观条件必然存在着很大的差异，就总体来看还是一个技术和装备比较落后的行业。

我们深信,我国的小氮肥工业只要坚定地依靠党的政策,依靠技术进步,搞好技术更新改造,进一步加强企业管理和做好基础工作,深化改革,搞活经营,就一定能承受各种挑战,达到新的发展。

第一章 粉煤成型

小氮肥厂的原料煤中，都带有大量的粉煤，为使到厂煤能得到充分利用，必须把粉煤加工成适合固定层煤气炉气化的原料，变为成型的煤球、煤棒。

粉煤成型的方法很多，有石灰碳化煤球，粘土煤球，白泥挤压煤屑腐植酸煤球，纸浆煤球，水泥煤球等。多数小氮肥厂采用的是石灰碳化煤球。随着管理水平的提高，为降低煤球加工成本，采用粘土煤球的方法已在一些工厂推广使用。

但是，无论采用哪种煤球，用于固定层煤气炉气化的煤球，必须符合下列基本要求：

- 1.要有足够的冷、热机械强度。
- 2.加入的粘结剂要具有耐高温及不影响煤的灰熔点。
- 3.煤球的水分含量要符合要求。
- 4.在保证煤球强度情况下应尽量减少粘结剂的加入量而提高煤球的固定碳。
- 5.煤球的加工成本低。

第一节 石灰碳化煤球

一、石灰碳化煤球的特点

1.透气性好：煤球与块煤相比较，煤球粒度均匀，形状呈椭圆形，冷热态强度高，在炉内避免了一般块煤在气化过程中容易出现的小颗粒填充在大颗粒之间，而造成气流分布不均匀的弊病。由于炉内料层分布均匀，因而能减少流体阻力，防止气体走偏，对于传热、传质都有利，为强化生产创造有利条件。

2.孔隙率大，活性好：碳化煤球是煤粉与消石灰均匀混合后，冷压成型并经碳化而成。在气化过程中，由于碳酸钙组分分解而增加了微孔结构，故具有比块煤多得多的内孔。

碳化煤球内孔多，反应表面积大，给气—固相间分子的反应提供了更多的机会，因此活性高，反应速度快。另外石灰中的某些组分在制气过程中有催化作用，从而也加快了反应速度。

3.灰熔点高：由于石灰中主要成分是氧化钙、氢氧化钙、碳酸钙，只要配比适合，制成的煤球其灰熔点大都可以满足造气要求。 T_2 的温度一般能达 $1300\sim 1400^{\circ}\text{C}$ ，这有利于高温操作。如果结了疤也易于处理，只要稍加大蒸汽用量，疤块中的氧化钙吸收水分后体积膨胀，而使疤块松脆。

4.煤球中因含有20%左右的碳酸钙，使煤球含固定碳低，总灰分高，制气操作时加料量及下灰次数均相应增加。

二、生产原理

1.石灰的消化：石灰石经煅烧即成生石灰，其化学名称为氧化钙。生石灰消化过程的化学反应如下：



生石灰（氧化钙）与水作用生成氢氧化钙，又称熟石灰，可作碳化煤球的粘结剂。生石

灰一定要消化完全，不允许熟石灰中夹有生石灰，否则当制成煤球时，这部分未消化的生石灰将继续吸收球中水分，使其变成熟石灰。生石灰消化是个体积膨胀过程，它有可能使生球炸裂而粉碎。但消化操作时加水也不能过多，过多会使消石灰粘成一团与煤混匀有困难，影响制球强度。

2. 生球碳化：生球碳化包括如下两个单元过程：生球中的氢氧化钙与碳化气中的二氧化碳反应，生成碳酸钙与水。其反应式如下：



生球中的湿存水以及反应过程中生成的水蒸发，随气体带走：



生球的碳化反应属于气—液—固相系统的多相反应，包括物理和化学两类过程，其可能发生的过程如下：

(1) 气体中的 CO_2 分子向煤球表面扩散（物理过程）。

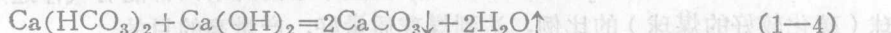
(2) 扩散至煤球表面的 CO_2 分子直接与固相氢氧化钙反应生成碳酸钙和水（化学过程）。

(3) 煤球表面上大量未能与固相氢氧化钙反应的 CO_2 分子溶解于生球湿存水中，生成碳酸或离解出碳酸氢根 (HCO_3^-)（物理化学过程）。

(4) 碳酸或碳酸氢根与溶解在生球湿存水或反应生成水中的氢氧化钙反应生成 CaCO_3 沉淀（化学过程）。

(5) 湿存水及反应生成的水蒸发扩散入气流中，并随气流带走，碳酸钙骨架进一步形成，使生球固结成型。

CO_2 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 在 H_2O 的参与下互相作用，先是 CO_2 溶解于生球湿存水中形成 H_2CO_3 、 HCO_3^- ，通过液相扩散到固相 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 表面，并与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应。当固相 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 表面形成一层 CaCO_3 后，因 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不再溶解，而 H_2CO_3 或 HCO_3^- 还不断地扩散到表面上来，刚沉淀下来的 CaCO_3 则可能再与 H_2CO_3 或 HCO_3^- 反应，生成可溶性 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，使尚未反应的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 重新露出到表面，而可进一步生成 Ca^{2+} 和 OH^- 。生成的 Ca^{2+} 和 OH^- 又和可溶的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 反应又重新沉淀为 CaCO_3 。其反应如下：



上述过程实际上是一个沉淀、溶解、再沉淀，直至全部 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 变成为 CaCO_3 的反应过程。这些沉淀的 CaCO_3 分布在煤球的各个部分，从而起到煤球的坚固骨架作用，增加了煤球的机械强度。

在通常的碳化条件下，反应所需二氧化碳的量是足够大的，碳化总速度受到 H_2CO_3 、 HCO_3^- 在液相中扩散速度的控制。因此，如何提高液相中 H_2CO_3 的扩散速度或缩短液相扩散路程就成为提高碳化过程总速度的关键。

三、工艺条件及操作指标

(一) 工艺条件

生球碳化所需要的 CO_2 是由碳化气（变换气，石灰窑气，水洗膨胀气）供给的。一吨煤球碳化完全约需 $32 \sim 36$ 标准米³ CO_2 。碳化气的作用不仅是提供 CO_2 ，还需要成为水蒸汽的载体——把煤球中的水分带走（一吨煤球需带走 $90 \sim 100$ 千克的水）。

不管采用何种含 CO_2 的气源作碳化气， CO_2 的数量都必须是足够的。但是 CO_2 向球深部扩散和水分蒸发比较困难，因此，在生产上要选择合适的工艺条件以减少 CO_2 内部扩散的阻力，提高带水能力，以使达到加快碳化反应的速度。