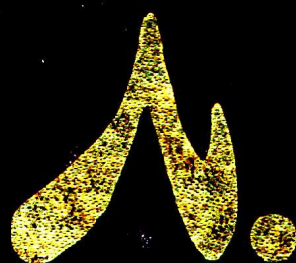


小合成氨厂 工艺技术与 设计手册 上册

梅安华 主编 汪寿建 林棣生 副主编



化学工业出版社

小管玻璃厂
工艺技术设计与
设计手册
上册

1980年10月 2000年10月



中国轻工业出版社

小合成氨厂 工艺技术与设计手册

上 册

梅安华 主 编

汪寿建* 副主编
林棣生

化学工业出版社

(京)新登字039号

ISBN 7-5025-1451-1



9 787502 514518 >

图书在版编目 (CIP) 数据

小合成氨厂工艺技术与设计手册 (上册) / 梅安华主编-技术手册。—北京: 化学工业出版社, 1994
ISBN 7-5025-1451-1

I. 小… I. 梅… III. ①合成氨生产-化工厂-技术设计-技术手册 ②合成氨生产-化工厂-工艺管理-技术手册
IV. TQ113.28-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 12099 号

出版发行: 化学工业出版社 (北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所
印 刷: 北京市通县京华印刷厂
装 订: 三河市前程装订厂
版 次: 1995 年 4 月第 1 版
印 次: 1995 年 4 月第 2 次印刷
开 本: 787×1092¹/₁₆
印 张: 63
字 数: 1560 千字
印 数: 4001—7000
定 价: 94.20 元

《小合成氨厂工艺技术与设计手册》编委会

主 编 梅安华

副主编 汪寿建 林棣生

顾 问 陈以楹

编 委 袁 纽 孔祥琳 徐京磐 郁正容

陆海良 董绍濂 吴志高 董彦良

王祥光 张凤葵 李仕禄 彭为良

责任编辑:孙绥中

封面设计:郑小红

依靠科技進步

提高企業效益

化學工業部李季

一九九〇年八月一日

KAF85/06

主要编写人员

(按章节顺序编排)

上册第1篇,张凤葵(编1、2、13,3.1至3.4),陈捷(编3.5),陆海良(编4),崔斌(编5),朱芷芬(编6),叶中一(编7),杨世明(编8、9、10、14),吴志高(编11、12),肖永平(编15)。第2篇,王祥光(编1、2、3),李仕禄(编4、5、6、12),郭俊荣(编7、16)王文富(编8.1,13.1)彭为良(编8.2,13.2)张学模(编9.1),郑兴才(编9.2),周代均(编10、15),王炜(编11、14)。第3篇,刘家辑(编1、2、5),张喜春(编3、4、6)。下册第4篇,汪寿建(编1至10)。第5篇,林棣生(编1至10),王湘平(编11、12),王时珍(编13),汪志雄(编14)肖志敏(编15),张启仓(编16)。

主要校审人员

梅安华	汪寿建	林棣生	徐成础	徐京磐	金锡祥	张成芳	刘庆
谢定中	张启仓	余良骥	王一兆	沈树荣	郁正容	陆海良	吴志高
董彦良	陈道三	曹治勇	李仕禄	彭为良	王祥光	张凤葵	李福运
林红英	范逢源	金威	朱芷芬	袁晏晏	胡克仁	孟广信	赵秀芳
朱觉民	刘运根	钱水林	张和照	郑兴才	王发坤	吴其英	樊亦同
徐逢源	蒋珍华	王世伟	王玉才	周代均	郑修霖		

本手册最后由吴玉峰、陈道三、曹治勇、王正喜、孔繁荣统编整理。

前 言

《小合成氨厂工艺技术与设计手册》是化工部基建司化基标发(1991)第21号文安排的设计技术基础工作项目。编制的组织单位是化工部小合成氨设计技术中心站。主编单位是中国五环化学工程总公司(原化工部第四设计院)。参编单位有上海化工设计院、江苏省化工设计院、辽宁省石油化工规划设计院、湖南省化学工业设计院、山东省化工规划设计院、福建省石油化工设计院、四川省化工设计院、安徽省化工设计院和南京化学工业(集团)公司研究院等九单位。从事小氮肥设计、科研和生产等方面的30多位专家,历时三年多完成了本手册的编写、整理和审校工作。

中国的小合成氨厂生产工艺是采用中国自己开发的合成氨-碳酸氢铵联合生产的碳化工艺流程。经过30多年的建设和发展,从1958年的年产800吨合成氨厂诞生,到现在已有生产厂家1060个左右,合成氨的产量约占全国合成氨总产量的50%以上,为中国农业生产的发展作出了巨大的贡献。在这30多年中,小合成氨厂走过了曲折而艰难的道路,先后经历了两次全国性的产品滞销的巨大冲击;攻克了粉煤成球代替无烟块煤的制半水煤气工艺技术难关,解决了全国性原料煤严重不足的矛盾;完成了一系列增产、节能、降耗的技术改造项目,改变了小合成氨厂全面亏损的局面。这是全体从事小合成氨行业的各级领导、工程技术人员及广大职工以主人翁的忘我精神,为了氮肥行业的生存和发展呕心沥血的结果。目前小合成氨厂的生产规模不断扩大,生产条件大有改善,能耗大幅度下降,企业的经济效益明显提高。尤其是90年代初碳酸氢铵改产尿素的成功,一批小尿素厂的投产,改变了氮肥产品的结构,并且还有许多小合成氨厂发展了其他化工产品,这将对我国氮肥行业的发展产生深远的影响。

在这种特定历史条件下,《小合成氨厂工艺技术与设计手册》脱稿了。该手册主要篇章内容反映了80年代末和90年代初小合成氨厂的技术水平,吸收和充实了80年代合成氨领域发展的一些科研成果和实验数据,并增设了节能降耗技术改造专题和小尿素专题内容,适用于小合成氨厂设计、技术改造的需要,是当前国内小合成氨行业中实用性较强的大型工具书。

本手册分为上下二册,上册包括原料气制备、气体净化和气体压缩;下册包括氨合成和尿素生产。

对热心从事本手册编写的工作人员和审校人员以及提供各种资料的单位和个人致以深切的谢意。

对本手册编写工作给予大力支持的杭州化工机械厂、长沙化工机械厂、湖北省化学研究所等单位致以衷心的感谢。

由于手册编审人员水平有限,时间仓促,错误在所难免,恳请读者批评指正。

《小合成氨厂工艺技术与设计手册》编委会

1994年10月

总 目 录

上 册

第 1 篇 原料气制备

1. 固体原料种类及物理性质	1
2. 气化原理	13
3. 固定层间歇法煤气化	36
4. 碳化煤球加工工艺及特性	61
5. 粘土煤球气化制半水煤气	108
6. 煤棒气化制半水煤气	127
7. 固体燃料气化过程中的吹风气余热回收	135
8. 液态烃原料种类及特性	161
9. 液态烃非催化部分氧化制水煤气	171
10. 液体燃料制气过程中热能分析与回收	225
11. 天然气催化转化制半水煤气	226
12. 天然气蒸汽转化催化剂	247
13. 造气工序(固体燃料)工艺计算	252
14. 油气化工序工艺计算	273
15. 天然气连续转化工序工艺计算	278

第 2 篇 气体净化

1. 气体脱硫概论	313
2. 干法脱硫	320
3. 湿式氧化法脱硫	360
4. 一氧化碳中温变换	391
5. 一氧化碳低温变换	485
6. 一氧化碳变换催化剂	554
7. 碳酸氢铵	583
8. 物理吸收法脱碳	618
9. 化学吸收法脱碳	665
10. 甲烷化脱除少量一氧化碳、二氧化碳	687
11. 铜氨液脱除少量一氧化碳、二氧化碳	706
12. 变换工序工艺计算	730
13. 脱碳工序工艺计算	786

14. 精炼工序工艺计算	795
15. 甲烷化工序工艺计算	829
16. 碳化工序工艺计算	842

第 3 篇 气体压缩

1. 气体压缩热力学基础	865
2. 活塞压缩机的分类及计算	893
3. 氮氢气压缩	915
4. 二氧化碳压缩	932
5. 氨压缩制冷	931
6. 压缩机的管路设计	960

下册 氨合成·尿素

第 4 篇 氨 合 成

1. 氨合成反应热力学基础	1
2. 氨合成反应动力学	61
3. 氨合成催化剂	109
4. 氨合成工艺参数选择及工艺流程	143
5. 氨合成塔内件	173
6. 氨合成塔工艺设计	222
7. 液氨贮存及输送	264
8. 氨合成尾气氢回收	267
9. 小合成氨厂的节能	275
10. 合成工序工艺计算	293

第 5 篇 尿 素

1. 水溶液全循环法尿素生产概论	351
2. 尿素合成	360
3. 尿素合成未反应物的分离	396
4. 尿素合成未反应物的回收	411
5. 尿素溶液的加工	442
6. 尿素生产中有关介质的理化数据	462
7. 主要工艺设计数据及物料平衡计算	545
8. 热量平衡计算	582
9. 尿素生产设备工艺计算	627
10. 尿素装置的技术进步	682
11. 尿素合成塔和主要设备	685
12. 尿素生产过程中设备的防腐及选材	695
13. 塔式尿素造粒	715

14. 二氧化碳汽提法尿素生产工艺.....	728
15. 联尿.....	739
16. 氨汽提法尿素生产工艺.....	752
附录.....	763

上册目录

第 1 篇 原料气制备

1. 固体原料种类及物理性质	1	表2-2-1 均相水煤气反应在不同温	
1.1 固体原料的种类	1	度下的平衡常数	15
1.1.1 品种分类	1	图2-2-3 均相水煤气反应中平衡常	
1.1.2 常用固体原料组成	1	数与温度的关系	15
表1-1-1 固体原料一般组成表		2.2.3 甲烷生成反应	15
(重量%)	1	表2-2-2 0.1MPa下按甲烷生成反应生	
1.2 煤的物理特性	1	成气体混合物中甲烷和氢气的组成	15
1.2.1 煤的发热量	1	2.3 气化过程中的反应速度	16
表1-2-1 无烟煤 H^r 与 K_{OD} 值的关系	3	2.3.1 碳与氧的反应速度	16
表1-2-2 无烟煤 V^r 与 K_{OD} 值的关系	3	图2-3-1 碳燃烧速度与温度、氧浓度	
表1-2-3 烟煤的 K_{ID} 值	4	及流速的关系	16
表1-2-4 无烟煤 H^r 与 K_{OG} 值的关系	4	2.3.2 碳与二氧化碳的反应速度	16
表1-2-5 无烟煤 V^r 与 K_{OG} 值的关系	4	图2-3-2 CO_2 还原速度与温度的关系	16
表1-2-6 烟煤的 K_{IG} 值	5	图2-3-3 在1100℃时, 不同种类燃料对	
1.2.2 煤的灰分熔点	5	CO_2 还原速度的影响	16
1.2.3 煤和焦的比热容	6	图2-3-4 反应时间对二氧化碳还原过	
表1-2-7 C_A 与 C_R 和温度的关系表	6	程的影响	17
1.2.4 煤的元素组成	6	2.3.3 蒸汽与碳的反应速度	17
1.2.5 煤的硫含量	8	2.3.4 压力对反应速度的影响	18
表1-2-8 全硫测定的允许误差	10	图2-3-5 蒸汽被碳分解时的分解率与	
表1-2-9 测定的允许误差	10	温度、反应时间和碳性质的关系	18
本章符号对照表	11	2.4 气化反应热	18
参考文献	12	2.4.1 气体的发热量	18
2. 气化原理	13	表2-4-1 主要气体发热量	18
2.1 气化过程主要反应式	13	2.4.2 气体在不同温度时的显热	18
表2-1-1 以空气为气化剂的主要反		2.5 气化过程的计算	18
应方程式	13	表2-4-2 常压气体在不同温度下的	
表2-1-2 以蒸汽为气化剂的主要反应		显热	19
方程式	13	2.5.1 以实测煤气成分为依据的计算	
2.2 气化过程中的化学平衡	13	法	19
2.2.1 二氧化碳还原反应	13	2.5.2 综合计算法	21
图2-2-1 CO 与 CO_2 的平衡组成与温		2.5.3 根据反应平衡计算法	26
度的关系	14	图2-5-1 反应平衡计算法的附图	29
图2-2-2 压力对 $CO-CO_2$ 系统平衡组		表2-5-1 反应平衡法需要用到的平衡	
成的影响	14	常数	31
2.2.2 均相水煤气反应	14	本章符号对照表	34

参考文献	35	表3-4-1 煤气发生炉主要技术参数	55
3. 固定层间歇法煤气化	36	表3-4-2 几种炉篦主要技术参数	55
3.1 概述	36	表3-4-3 几种高效风机主要技术参数	55
3.1.1 煤气发生炉内燃料的分布情况	36	3.5 造气炉微机控制系统	56
图3-1-1 燃料层的分区	36	3.5.1 工艺生产特点	56
表3-1-1 在固定层煤气发生炉内气化 固体燃料层各个区域(由下而上) 的特性	37	表3-5-1 不同燃料循环时间分配百 分比	56
3.1.2 固定层气化对固体燃料质量的要求	37	表3-5-2 工作循环中各阀门开闭状 态	56
表3-1-2 灰分中各种混合物的熔点	38	图3-5-1 间歇式制半水煤气各阶段气 体流向示意图	57
表3-1-3 块煤气化要求	39	3.5.2 造气炉微机液压控制系统	57
3.1.3 生产半水煤气工艺过程	39	图3-5-2 系统构成框图	58
图3-1-2 发生炉燃料层各部分的气体 组成	40	3.5.3 蒸汽逐减调节	59
图3-1-3 发生炉燃料层各部分的蒸汽 分解量, 碳氧化物量和碳氧化物的转 移量的相互关系	40	3.5.4 造气炉 H_2/N_2 自动控制	59
3.1.4 生产工艺条件的选择及操作 指标	41	3.5.5 节能效益及发展动态	59
表3-1-4 造气操作工艺指标	43	本章符号对照表	60
3.2 间歇法气化工艺流程	43	参考文献	60
3.2.1 传统流程	43	4. 碳化煤球加工工艺及特性	61
图3-2-1 造气工艺流程图	44	4.1 碳化煤球的物性及特点	61
图3-2-2 一个循环分成五个阶段制水 煤气的气体流程	44	4.1.1 原料及其化学组成	61
3.2.2 余热连续回收流程	45	表4-1-1 用于加工碳化煤球的几种主 要无烟煤种的一般成分	61
图3-2-3 块状固体燃料气化制取半水 煤气流程图	45	表4-1-2 我国石灰石矿的一般成分	62
3.2.3 潜热回收	46	表4-1-3 电石渣的一般成分	62
图3-2-4 吹风气余热回收流程图	46	表4-1-4 贝壳灰(生灰)的一般成分	62
表3-2-1 合成二气及吹风气潜热回收 情况	47	表4-1-5 用于煤球碳化反应的 CO_2 气源	62
3.3 气化过程中的工艺计算	47	4.1.2 碳化煤球的冷热态机械强度	63
3.3.1 气化指标的计算	47	图4-1-1 煤球中碳酸钙分解率与灼烧 时间关系	63
3.3.2 计算气化指标	50	图4-1-2 煤球的冷热耐磨度与灰煤比 的关系	63
3.3.3 煤气炉截面积计算	52	图4-1-3 碳化煤球强度、碳酸钙生成量与煤 灰比关系	63
3.3.4 简单的物料平衡	52	图4-1-4 跌落强度-灰煤比曲线	63
3.4 主要设备选型及参数	54	4.1.3 碳化煤球的化学活性	63
3.4.1 煤气发生炉	54	图4-1-5 强度-碳化温度曲线	64
3.4.2 煤气发生炉主要技术参数	54	图4-1-6 强度-碳化时间曲线	64
图3-4-1 $\phi 2260$ 煤气发生炉结构图	54	图4-1-7 煤球落下强度与煤气发生炉 带出物的关系	64
3.4.3 几种炉篦主要技术参数	54	图4-1-8 碳化煤球与同品种原煤的化 学活性比较图	64
3.4.4 几种高效鼓风机主要技术参数	54	表4-1-6 煤球和同品种原煤块的内孔	

孔隙率比较 (%)	65	图4-2-9 加压变换气碳化煤球方块 流程	73
表4-1-7 列举各厂加工碳化煤球冷态 内孔隙率测定值 (%)	65	图4-2-10 脱碳解吸气、造气吹风气 碳化煤球方块流程	73
表4-1-8 煤球的比表面积与同品种原 煤块的对比	65	4.2.4.2 石灰窑气碳化煤球物料 流程 (见图4-2-11)	73
表4-1-9 煤球的容量特性	65	4.2.5 生石灰的消化	75
4.2 碳化煤球的加工制造	65	表4-2-8 人工化灰与机械化灰的 效果对比	75
4.2.1 生球碳化反应过程	65	图4-2-12 90目-100g、20℃时的CaO 与不同水温水量的消化反应曲线	75
图4-2-1 生球含水量对碳化煤球质量 影响	66	图4-2-13 生石灰的机械化灰流程图	76
图4-2-2 CO ₂ 气在生球碳化过程中的 变化曲线	66	表4-2-9 消石灰堆放时间与石灰质 量的变化表	76
图4-2-3 碳化气量与生球碳化度的 关系	66	4.2.6 碳化煤球加工技术指标	76
表4-2-1 碳化气体的流向对煤球含水 的影响	67	4.2.6.1 工艺指标	76
4.2.2 煤球的石灰配比对灰熔点的影响	67	4.2.6.2 煤球的质量	76
表4-2-2 我国几种无烟煤的灰分一般 组成表	68	表4-2-10 几种不同流程的碳化煤球 加工技术指标	77
图4-2-4 灰分碱度K与熔融温度(ST)、 流动温度(FT)的关系	68	表4-2-11 碳化煤球质量指标	77
图4-2-5 石灰配比与熔融温度ST的关 系	69	表4-2-12 国内各种椭圆形煤球的 成球尺寸	77
表4-2-3 不同煤种与石灰不同加入量对 碳化煤球灰熔点ST的影响表	69	4.2.7 设计技术经济指标	78
4.2.3 煤球碳化操作的温度及料层关系	69	表4-2-13 碳化煤球设计技术经济 指标	78
图4-2-6 碳化煤球与同品种煤块的 结渣性能比较	70	4.3 碳化煤球气化工艺指标	78
图4-2-7 高料层低速时的料层温度 变化	70	表4-3-1 ϕ 2260造气炉采用碳化煤 球的气化工艺指标	79
表4-2-4 在高料层中不同深度的 煤球质量	70	4.4 碳化煤球加工工艺计算	79
表4-2-5 变温与定温法的煤球质量 对比	71	4.4.1 石灰窑工艺计算	79
4.2.3.1 煤球碳化的变温法操作	71	4.4.1.1 原料的化学组成	79
表4-2-6 加压变换气碳化的三三制 变温操作法	71	4.4.1.2 有关数据的给定	80
4.2.3.2 煤球碳化的换气变温操作	71	4.4.1.3 一般计算	80
表4-2-7 换气变温碳化新工艺操作 法	72	4.4.1.4 石灰窑的物料衡算	82
4.2.4 工艺流程	72	图4-4-1 石灰窑的物料衡算图	82
4.2.4.1 碳化煤球工艺流程	72	4.4.1.5 石灰窑的热量衡算	84
图4-2-8 常压、石灰窑气碳化煤球 方块流程	72	图4-4-2 热量衡算图	85
		4.4.2 生石灰消化工艺计算	86
		4.4.2.1 物料计算	86
		图4-4-3 生石灰消化的物料衡算	86
		4.4.2.2 消石灰的组成	87
		4.4.3 成球工艺计算	88
		4.4.3.1 原料及其组成	88

4.4.3.2 灰煤比的计算	88	表5-1-5 碱性纸浆废液成分分析	110
4.4.3.3 生球的组成	89	5.1.1.3 煤球	110
图4-4-4 生球成型的物料衡算图	89	表5-1-6 某些厂粘土煤球的工业 分析	110
4.4.4 煤球的碳化工艺计算	90	5.1.2 机械强度	111
4.4.4.1 物料的一般计算	90	5.1.2.1 粘结剂种类与煤球强度的关系	111
4.4.4.2 碳化煤球的主要成分	91	图5-1-1 不同粘土的流动曲线	111
4.4.4.3 煤球碳化的气体物料计算	91	图5-1-2 黄土、陶土含量变化与煤 球强度的关系	111
图4-4-5 煤球碳化的气体物料衡算图	91	5.1.2.2 粘结剂含量的变化与煤球 强度的关系	112
4.4.4.4 循环气的湿含量计算	93	图5-1-3 黄土含量变化与煤球强度 的关系	112
图4-4-6 碳化气体的各点压力分布图	94	图5-1-4 陶土含量变化与煤球强度 的关系	112
4.4.4.5 煤球碳化的热量衡算	95	图5-1-5 膨润土含量的变化与煤球 强度的关系	112
图4-4-7 碳化罐的热量衡算图	95	5.1.2.3 成球水分与煤球强度的关系	112
4.4.5 有关消耗指标的计算结果	98	图5-1-6 加入水量与煤球强度关系图	113
4.4.5.1 生石灰的消耗指标	98	5.1.2.4 堆放(养护)时间与煤球 强度的关系	113
4.4.5.2 消石灰的消耗指标	98	图5-1-7 堆放时间与煤球强度的 关系	113
4.4.5.3 碳化煤球的消耗指标	99	5.1.2.5 烘干工艺条件与煤球质量	113
4.5 主要设备选型、参数及计算	99	图5-1-8 烘球温度与煤球冷强度及 干球含水量关系图	113
4.5.1 石灰窑	99	图5-1-9 烘干温度与煤球冷强度及 干球含水量关系图	114
4.5.2 窑气除尘器	100	图5-1-10 烘干时间与煤球强度及 干球含水量关系图	114
4.5.3 窑气引风机	100	5.1.2.6 原煤品种对煤球强度的 影响	114
4.5.4 圆盘给料机	101	表5-1-7 原料煤经一次破碎和二次 破碎后粒度组成对比	114
4.5.5 粉碎机	102	5.1.3 灰熔点及结渣性	114
4.5.6 斗式提升机	102	5.1.3.1 灰熔点	114
4.5.7 煤球机	102	表5-1-8 某些厂粘土煤球的灰熔点 测定数据	115
表4-5-1 几种国产煤球机的规格 及参数	102	5.1.3.2 结渣性	115
4.5.8 碳化罐	102	图5-1-11 粘土纸浆煤球与同品种原 煤的结渣性能曲线	115
4.5.9 循环风机	103	5.1.4 化学活性	115
4.5.10 气体加热器的计算	104	表5-1-9 原煤、碳化煤球和粘土煤 球的化学活性	116
4.5.11 洗涤塔的计算	105		
本章符号对照表	106		
参考文献	107		
5. 粘土煤球气化制半水煤气	108		
5.1 粘土煤球物性及特点	108		
5.1.1 组成	108		
5.1.1.1 煤	108		
表5-1-1 某些厂粘土煤球所用无烟 煤的工业分析	108		
5.1.1.2 粘结剂	108		
表5-1-2 某些厂粘土煤球所用粘土 的化学成分工业分析	109		
表5-1-3 粘土煤球所用粘土的物理 性能工业分析	109		
表5-1-4 酸性纸浆废液成分分析	110		

图5-1-12 原煤、碳化煤球、粘土煤球的化学活性比较	116	表6-1-4 煤棒性能对比表	128
表5-1-10 部分产地粘土制成粘土煤球的化学活性	116	6.2 煤棒制造	128
图5-1-13 某些产地粘土制成的煤球的化学活性	117	6.2.1 腐植酸钠的制备	128
表5-1-11 部分混合粘结剂制成粘土煤球的化学活性	117	6.2.1.1 制备原理	128
表5-1-12 电石渣或纸白泥煤球与粘土煤球的化学活性比较表	118	6.2.1.2 制造过程	128
5.2 粘土煤球的制造	118	图6-2-1 粘结剂制备工艺流程简图	129
5.2.1 工艺流程	118	6.2.1.3 检验方法	129
5.2.1.1 制球	118	6.2.2 煤棒制备	129
5.2.1.2 烘干	118	6.2.2.1 煤棒制造过程	129
图5-2-1 粘土煤球制球过程流程图	119	图6-2-2 煤棒制作工艺简图	129
图5-2-2 粘土煤球烘干过程流程图	119	6.2.3 工艺指标	129
5.2.2 工艺指标	119	6.2.3.1 原料质量要求	129
5.2.3 设计技术经济指标	119	6.2.3.2 粘结剂的制备工艺指标	130
表5-2-1 粘土煤球制球工艺指标	120	6.2.3.3 煤棒制作指标	130
表5-2-2 粘土煤球设计技术经济指标	120	6.2.3.4 质量指标	130
5.2.4 气化工艺指标	120	6.2.4 设计技术经济指标	130
表5-2-3 粘土煤球气化工艺指标	121	6.2.4.1 煤棒车间建设经济指标	130
5.3 粘土煤球气化工艺计算	121	表6-2-1 煤棒加工经济指标	131
5.3.1 物料衡算和热量衡算	121	6.2.5 物料衡算	131
5.3.1.1 已知条件	121	6.2.5.1 已知条件	131
图5-3-1 粘土煤球工艺流程图	122	表6-2-2 煤棒成分	131
5.3.1.2 物料衡算	122	6.2.5.2 原煤用量	131
5.3.1.3 热量衡算	123	6.2.5.3 粘结剂制备消耗	131
5.3.2 主要设备计算选型	124	6.2.5.4 加水量	131
5.3.2.1 圆盘给料器	124	6.2.6 主要设备选型及计算	132
5.3.2.2 压球机	125	6.2.6.1 主要设备计算	132
5.3.2.3 烘干机	125	表6-2-3 主要设备选型表	132
本章符号对照表	126	6.3 煤棒气化	133
参考文献	126	6.3.1 气化工艺指标	133
6. 煤棒气化制半水煤气	127	表6-3-1 煤棒反应性及气化效果对比	133
6.1 煤棒物性及特点	127	6.3.2 煤棒气化流程	133
6.1.1 组成	127	6.4 煤棒制气新技术及发展	133
表6-1-1 煤棒组成	127	6.4.1 空芯煤棒技术	133
6.1.2 机械强度、灰熔点和热稳定性	127	表6-3-2 某些厂以腐植酸煤棒为原料制取半水煤气的工艺指标	134
6.1.2.1 热稳定性	127	6.4.2 煤棒烘干	134
6.1.2.2 机械强度	127	参考文献	134
表6-1-2 机械强度对比	127	7. 固体燃料气化过程中的吹风气余热回收	135
表6-1-3 灰渣熔点与热稳定性对比	128	7.1 概述	135
		7.2 吹风气余热回收的理论基础	135
		7.2.1 吹风气的分类及着火	135
		表7-2-1 中型氨厂吹风气燃烧情况	135

表7-2-2 不同原料煤所产吹风气的温 度和平均成分	136	7.2.3.5 上燃结构	154
表7-2-3 某些气体的着火温度	136	7.3 工艺流程	155
表7-2-4 吹风气成分的不稳定情况	137	7.3.1 概述	155
表7-2-5 几种低温吹风气的助燃气	137	7.3.1.1 工艺流程确定原则	155
表7-2-6 单一可燃气体燃烧反应式	137	7.3.1.2 工艺流程确定条件	155
表7-2-7 理论空气量与燃烧产物数 量	138	7.3.2 工艺流程主要内容	155
表7-2-8 常压气体在不同温度下的 焓	140	7.3.2.1 气源部分	155
表7-2-9 主要气体发热值	141	7.3.2.2 燃烧部分	155
表7-2-10 表7-2-2中各低温吹风气 的热值	142	7.3.2.3 余热利用部分	156
表7-2-11 钢铁厂工业炉高温系数选取 的一般范围	142	7.3.2.4 蒸汽输用部分	157
表7-2-12 各种玻璃窑炉的高温系数	142	7.3.3 典型流程简介	157
7.2.2 吹风气的燃烧特性	145	图7-3-1 水管式余热锅炉流程	157
表7-2-13 低温吹风气燃烧器的喷口 流速	145	图7-3-2 热管式余热锅炉流程	158
表7-2-14 燃气法向火焰传播速度	145	7.4 主要指标	158
表7-2-15 单一可燃气体的爆炸界限	146	本章符号对照表	159
图7-2-1 氢、一氧化碳、甲烷和氮、 二氧化碳混合气的爆炸界限(空 气中)	147	参考文献	160
表7-2-16 某些混合气体的爆炸界限 (空气中)	147	8. 液态烃原料种类及特性	161
表7-2-17 表7-2-2中无烟煤低温吹 风气组分的调整及其比率值	149	8.1 液态烃原料的种类	161
表7-2-18 燃烧完全度与燃烧时间和 燃烧器特征系数的关系	150	8.1.1 品种分类	161
7.2.3 上燃式蓄热型燃烧炉	150	8.1.2 重油组成	161
图7-2-2 上燃式蓄热型燃烧炉示意 图	150	表8-1-1 重油组成	161
7.2.3.1 燃烧器	150	8.2 液态烃原料的特性	162
图7-2-3 低温吹风气燃烧器	151	8.2.1 密度和密度指数	162
表7-2-19 低温吹风气燃烧器喷口 阻力降	151	8.2.2 粘度	162
图7-2-4 助燃气燃烧器	152	图8-2-1 油品密度与温度的关系	163
7.2.3.2 燃烧道	152	图8-2-2 液体密度通用线图	163
7.2.3.3 点火源	152	表8-2-1 燃料油的体积膨胀系数 β	164
图7-2-5 格子体形式	153	表8-2-2 相对密度 d_{20}^{20} 与 $d_{15.6}^{15.6}$ 换算	164
表7-2-20 各种蓄热室格子体性能 的比较	153	8.2.3 比热容	164
7.2.3.4 出灰装置	154	图8-2-3 粘度换算图	165
		表8-2-3 恩氏粘度与运动粘度换算	166
		图8-2-4 石油馏分在高压下的粘度	166
		表8-2-4 0~200℃重油比热容	167
		图8-2-5 混合油品粘度图	168
		8.2.4 导热系数	169
		图8-2-6 石油产品在不同温度下导 热系数	169
		8.2.5 闪点及凝点	169
		8.2.6 热值	170
		9. 液态烃非催化部分氧化制水煤气	171
		9.1 基本原理	171
		9.1.1 液态烃气化反应式	171
		9.1.2 液态烃气化反应平衡	172
		图9-1-1 在不同压力1430℃以下生成	