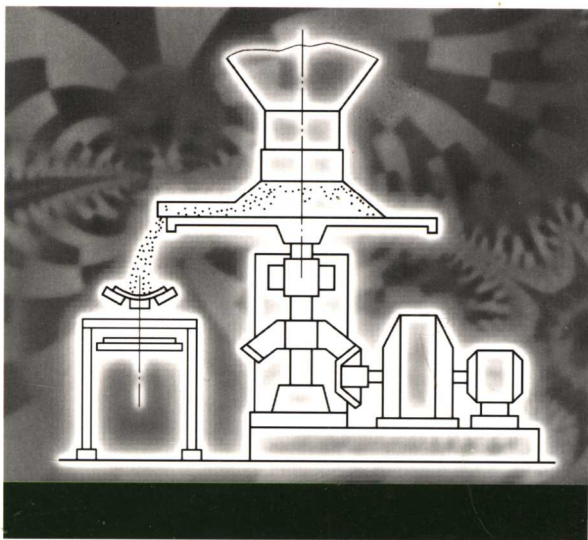


工人岗位培训读本

焦炉煤气净化

马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司 组织编写

杨建华 王永林 沈立嵩 编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

第五版 焦化工程规划教材

焦炉煤气净化

王德山 曹瑞刚 曹瑞刚 曹瑞刚 曹瑞刚 曹瑞刚

中国矿业大学出版社



中国矿业大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY PRESS

工人岗位培训读本

焦炉煤气净化

马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司 组织编写
杨建华 王永林 沈立嵩 编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焦炉煤气净化/杨建华, 王永林, 沈立嵩编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

(工人岗位培训读本)

ISBN 7-5025-8136-7

I. 焦… II. ①杨…②王…③沈… III. 焦炉煤气-净化-技术培训-教材 IV. TQ546.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 157904 号

工人岗位培训读本

焦炉煤气净化

马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司 组织编写

杨建华 王永林 沈立嵩 编

责任编辑: 辛 田

责任校对: 宋 玮

封面设计: 于 兵

*

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)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 字数 334 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8136-7

定 价: 26.00 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

序

随着国家经济建设的飞速发展，近几年来焦化工业亦呈快速增长的势头，中国的焦炭产量已多年居世界第一，目前已达世界总产量的50%以上。在此情况下，许多新建的焦化厂岗位熟练操作工人缺乏的问题凸显，为满足焦化行业职工培训的需要，化学工业出版社组织安徽马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司编写了《工人岗位培训读本》丛书。

本丛书目前编写了《备煤工艺与设备》、《炼焦工艺与设备》、《焦炉煤气净化》三个分册。《备煤工艺与设备》分册，对备煤的主要工艺及技术要求，配煤原理，主要设备的操作、维护、保养等都做了详细的描述，对电厂的动力配煤也做了一定介绍；《炼焦工艺与设备》分册介绍了国内主要应用的焦炉炉型和设备，对于焦炉热工调节和四大机车等生产操作及护炉铁件管理、炉体的维护维修做了详细的论述，针对干熄焦技术在冶金行业的推广应用及焦炉大型化的趋势，介绍了干熄焦的主要操作方法及技术；《焦炉煤气净化》分册对国内采用的各种工艺流程都做了介绍，针对国内广泛应用的工艺，就操作层面的主要工艺原理、工艺控制参数、正常操作和特殊操作方法、开工和停产的工艺处理等都做了详尽叙述，为了便于岗位工人理解操作方法并能处理一些异常情况，还深入浅出地介绍了主要化工单元操作的基本原理。

本丛书由马鞍山钢铁股份有限公司煤焦化公司编写。马钢煤焦化公司是有近50年历史的老厂，技术力量雄厚，经验积淀丰富，并不断涉猎、应用当代的各种新技术，推进企业的技术进步。主要编写人员都是有多年实践经验的技术人员。与以往的同类图书不同之处是本丛书更侧重于实际操作的指导，更适用于生产一线的技术人员、操作工人阅读参考。

由于焦炭产能的高速增长及国家对资源消耗型行业宏观政策的调控，各焦化企业将在更深层次展开激烈的竞争，优化工艺、稳定顺行、节能降耗、改善质量、降低成本将是各企业提高竞争力、增强生存能力的根本，而这些都在很大程度上取决于高素质的职工队伍。因此，技术工人操作水平的提高将对企业有着重要的影响。

杨建华

2005年9月

前 言

由于煤气净化的工艺流程种类较多，且相同的主体工艺也存在着不同的设备配置，为使本教材具有较强的通用性，在编写时，对国内应用的主要煤气净化工艺都做了基本描述，并对其特点做了简要的分析。基于使用本教材的对象主要为岗位操作工人，因此在编写时注重于实践性和操作性，对煤气净化主要工艺单元的工艺原理做了深入浅出的介绍；对于各单元的正常操作、特殊操作、调控原理、技术规定等操作性内容，做了详细的介绍；对于开工投产前的检查、验收、试车的具体方法、步骤和工艺处理及方案编制也做了一定的介绍。

为了便于岗位工人学习和掌握与煤气净化有关的单元操作，并在实践中能够做到“知其然”和“知其所以然”，本书对相关化工基础知识也做了简要的介绍，以“够用”为原则。在实际的培训中，可以将该章节的内容作为预备知识单独学习，也可将其拆开结合具体单元的操作进行学习。

本书可供焦化厂煤气净化车间工人岗位培训使用，也可作为焦化厂技术人员、管理人员的参考书。

在本书的编写过程中，查旭东编写了关于仪表和 DCS 系统的内容；余素萍、王兴祥、邱高平、马超、刘彦、魏国付也做了一些工作，在此一并致谢。

由于编者的学识、经验有限及编写时间较为仓促，书中存在的不妥之处，敬请同仁和读者批评指正。

编 者

2005 年 11 月

目 录

第 1 章 焦炉煤气净化综述	1
1.1 概述	1
1.2 焦炉煤气净化的目的和意义	1
1.3 炼焦副产品的生成及主要组成	2
1.4 煤气净化主要工艺单元简介	3
1.4.1 冷凝鼓风	3
1.4.2 煤气的终冷	4
1.4.3 煤气脱硫脱氰	5
1.4.4 煤气中氨的脱除	6
1.4.5 煤气中苯族烃的回收	7
1.4.6 剩余氨水的处理	7
第 2 章 化工基础	9
2.1 单位制和单位换算	9
2.1.1 单位制	9
2.1.2 单位换算	12
2.2 物质的状态和变化	13
2.2.1 气体	13
2.2.2 液体	17
2.2.3 固体	18
2.2.4 表征物质物理性质的常用参数	19
2.3 化工过程的基本概念	21
2.3.1 物料衡算	21
2.3.2 热量衡算	24
2.3.3 平衡关系	25
2.4 流体	26
2.4.1 概述	26
2.4.2 流体静力学	26

2.4.3	流体在管道中的流动	27
2.5	流体输送设备	38
2.5.1	概述	38
2.5.2	离心泵	39
2.5.3	离心风机	52
2.5.4	其他类型的泵	53
2.6	传热及换热器	58
2.6.1	概述	58
2.6.2	常用换热器	58
2.7	蒸馏	65
2.7.1	概述	65
2.7.2	双组分物系的汽液平衡	66
2.7.3	精馏	70
2.7.4	蒸馏操作的有关问题讨论	74
2.8	吸收	77
2.8.1	吸收的应用	77
2.8.2	物理吸收与化学吸收	77
2.8.3	吸收与解吸	77
2.8.4	溶剂(吸收剂)的选择	78
2.9	塔设备简介	79
2.9.1	概述	79
2.9.2	板式塔	79
2.9.3	填料塔	84
2.10	仪表自动化的基本常识	90
2.10.1	仪表的分类	90
2.10.2	仪表的测量误差和精度	91
2.10.3	控制回路	91
2.10.4	DCS集散控制系统	92
2.10.5	仪表自动化设备的选用和安装要求	96
第3章	煤气净化系统的投产准备	105
3.1	设备、管道和分析项目的准备	105
3.1.1	单体试车	105
3.1.2	管道的吹扫与清洗	110

3.1.3	生产必需的常规分析项目	113
3.2	仪表自动化系统的安装和调试投运	114
3.2.1	集散系统的硬件安装	114
3.2.2	集散系统的工程组态	116
3.2.3	仪表自动化系统的调试	118
3.2.4	试车与交工	123
3.3	投产前的工艺处理	126
3.3.1	实施联动试车	126
3.3.2	煤气净化车间各单元的投产顺序	129
3.3.3	气体置换工作	130
第4章	焦炉煤气的初冷和焦油氨水的分离	131
4.1	煤气在集气管内的冷却	131
4.2	煤气在初冷器内的冷却	133
4.2.1	立管式间接初冷工艺流程	133
4.2.2	横管式间接初冷工艺流程	135
4.2.3	间冷-直冷相结合的初冷工艺流程	137
4.3	煤气初冷器	138
4.3.1	立管式初冷器	139
4.3.2	横管式初冷器	140
4.3.3	直接式冷却塔	140
4.4	焦油氨水的分离	141
4.4.1	焦油氨水混合物的性质及分离要求	142
4.4.2	澄清分离设备	143
4.4.3	分离方法和流程	144
4.4.4	其他方法	146
4.4.5	剩余氨水量的计算	147
4.5	操作控制	149
4.5.1	调控要点	149
4.5.2	技术规定	150
4.5.3	主要生产操作	151
第5章	煤气输送及焦油雾和萘的清除	154
5.1	煤气的输送及鼓风机	154
5.1.1	煤气输送系统	154

5.1.2	鼓风机	156
5.2	煤气中焦油雾的清除	163
5.2.1	电捕焦油器的工作原理	163
5.2.2	电捕焦油器的构造	165
5.3	煤气中萘的清除	169
5.3.1	煤气初冷过程的除萘	169
5.3.2	初冷与终冷过程中间的油洗萘	170
5.3.3	洗苯过程的煤气脱萘	176
5.4	操作控制	176
5.4.1	调控要点	176
5.4.2	技术规定	177
5.4.3	主要生产操作	178
第6章	粗煤气中的硫化氢和氰化氢的脱除	185
6.1	湿式氧化法脱硫工艺	186
6.1.1	HPF 法脱硫工艺	186
6.1.2	改良蒽醌二磺酸钠法	194
6.1.3	塔-希法 (T-H 法)	203
6.1.4	FRC 法	208
6.2	湿式吸收-解吸法脱硫工艺	212
6.2.1	真空碳酸盐法脱硫工艺	212
6.2.2	氨硫循环洗涤法脱硫脱氨工艺	215
6.3	煤气的干法脱硫	229
6.3.1	工艺原理	229
6.3.2	干法脱硫装置	231
6.4	克劳斯法生产元素硫	232
6.4.1	工艺原理	232
6.4.2	工艺流程	233
6.4.3	工艺操作的讨论	235
6.4.4	技术规定	237
6.4.5	岗位操作	238
6.4.6	主要设备	242
6.5	催化氧化法生产硫酸的工艺简介	243
第7章	粗煤气中氨的脱除	245

7.1	硫酸吸收法生产硫酸铵	246
7.1.1	工艺原理	246
7.1.2	工艺流程和操作	247
7.1.3	主要设备	260
7.2	磷酸吸收法生产无水氨	265
7.2.1	工艺原理	266
7.2.2	工艺流程	268
7.2.3	工艺操作的讨论	269
7.2.4	主要设备	271
7.3	氨的分解和焚烧	271
7.3.1	工艺原理	272
7.3.2	工艺流程	274
7.3.3	工艺操作的讨论	274
7.3.4	技术规定	276
7.3.5	岗位操作	277
第8章	粗苯的回收与制取	280
8.1	粗苯的组成、性质和质量	280
8.2	用洗油吸收煤气中的苯族烃	282
8.2.1	吸收苯族烃的基本原理	282
8.2.2	吸收苯族烃的工艺流程	282
8.2.3	洗苯操作的调控要点	283
8.2.4	洗苯塔	289
8.3	富油脱苯	294
8.3.1	富油脱苯工艺流程	294
8.3.2	主要设备	299
8.3.3	岗位操作	305
第9章	焦化污水的处理	311
9.1	含酚、氰污水的来源、水质及处理方法	311
9.2	剩余氨水蒸氨	312
9.2.1	工艺原理及工艺流程	312
9.2.2	蒸氨塔	313
9.3	溶剂萃取脱酚	314
9.3.1	萃取过程原理及萃取剂的选择	314

9.3.2	溶剂萃取脱酚工艺流程	315
9.3.3	主要设备	318
9.3.4	工艺调控要点	321
9.3.5	技术规定（以轻苯作为萃取剂）	322
9.3.6	生产操作	323
9.3.7	原材料消耗	326
9.4	酚水的生化处理	327
9.4.1	传统的活性污泥法	327
9.4.2	生物铁法	330
9.4.3	生物脱氮法	331
9.4.4	酚水的深度处理	335
9.4.5	工艺调控要点	339
9.4.6	技术规定	340
9.4.7	主要生产操作	341
第 10 章	溴化锂制冷机与循环水系统	349
10.1	溴化锂吸收式制冷机运行及维护	349
10.1.1	工作原理	349
10.1.2	溴化锂吸收式制冷机组的工作流程和主要结构部件	351
10.1.3	溴化锂吸收式机组的自动控制	357
10.1.4	运行管理	368
10.2	循环水系统的运行和维护	371
10.2.1	煤气净化车间循环冷却水系统的典型构成	372
10.2.2	循环冷却水系统的清洗和预膜	373
10.2.3	循环水系统水质处理的正常工作	378
参考文献	383

第 1 章 焦炉煤气净化综述

1.1 概述

随着技术的进步和焦化工业的发展，产生了众多各具特色的煤气净化工艺。由于具有不同的特点，因此无法以某一标准来评价各工艺的优劣。在选择煤气净化工艺时，应结合企业自身的情况，从投资、运行费用、环境、净化指标、设备的材质、控制要求、产品结构等诸多方面进行综合分析比较，只能说适合具体情况的就是适宜的。

面对众多的煤气净化工艺使我们有眼花缭乱的感觉，但就煤气净化的工艺目的和实现这些目的所配置的主要工艺单元而言，各种工艺流程基本都是相同的，所不同的是各工艺单元的基本原理和具体过程及设施配置上的差异。本章主要对炼焦副产品的生成和煤气净化的任务及为完成这些主要任务而设置的工艺单元做一概括介绍，使读者对煤气净化有整体的宏观认识并对各工艺单元的作用及各单元之间的关系有基本的了解，这将有助于对有关工序及其操作的学习和掌握。

1.2 焦炉煤气净化的目的和意义

炼焦煤在焦炉经高温炭化，对干煤而言，约 75% 左右变成焦炭，另 25% 左右生成各种化学物质（称炼焦副产品），以荒煤气的形式自上升管逸出。此外，通常炼焦的装炉煤为湿煤，约含 10% 的水分，并且在炼焦过程中还有化合水生成，这些水都成为蒸汽随荒煤气一起逸出焦炉。

荒煤气必须经过净化使之成为洁净燃气，才能够通过煤气管道外送及供用户使用。

在焦炉煤气的净化过程中，经过冷却、吸收、解吸、化学转化、蒸馏分离等化工单元操作，可分离出焦油、氨水、粗苯（或轻苯、重苯），并将煤气和氨水中的氨、硫化氢、氰化氢等有害物质去除且制成有用的化学产品。

1.3 炼焦副产品的生成及主要组成

煤料装入炭化室内，在高温作用下，煤的大分子稠环芳烃结构发生缩合、侧链裂解。主体大分子结构缩合，炭化为焦炭。裂解的产物沿炉墙和焦炭层及尚未炭化的煤料间隙向上逸出，受赤热的炉墙、焦炭和炉顶空间的高温作用，发生二次裂解并芳构化，形成单环、双环及多环芳烃和甲烷、氢气等。由于炉顶空间温度高达700℃左右，二次裂解的产物皆以气态进入上升管。

荒煤气冷却后，其中沸点较高的物质冷凝为液态称为焦油。焦油对干煤的产率约3.5%~4%。其主要组成为芳香烃及其衍生物，焦油中有上万种有机化合物送往焦油精制装置，可分离出各种有用的化工产品。目前技术可行且具有经济性的产品可达上百种乃至数百种。主要的大宗产品有酚类、萘、沥青及轻油、酚油、洗油、葱油等馏分。这些馏分还可以进一步地分离提纯出各种有用的产品。由于煤焦油价廉易得，因此到目前为止，仍是有机化工所需的芳香烃特别是多环芳烃的重要来源。

在荒煤气冷却时，除焦油冷凝析出外，绝大部分的水汽也冷凝析出。由于氨在水中有较大的溶解度，因此该水中含有约2~4g/L的氨，故称之为氨水。为有别于以较固定的流量在焦炉上升管喷洒的循环氨水，这些不断随炼焦过程产生的多余出来的氨水称为剩余氨水。氨水中除溶有氨及铵盐外，还溶有硫化氢、氰化氢、CO₂等。

冷却分离出焦油、氨水后的煤气称为粗煤气，其中含有约5~8g/m³的硫化氢、约4~9g/m³的氨、约1~2g/m³的氰化氢、约25~40g/m³的苯族烃。硫化氢、氰化氢和氨在燃烧时将生成二氧化硫和氮氧化物，污染大气，因此必须予以去除。并且煤气中氨的存在，会腐蚀粗苯系统的设备，通常认为不宜大于0.1g/m³。煤

气中的苯族烃为重要的化工原料，可通过洗油吸收、脱苯蒸馏予以回收，获得粗苯（或轻苯、重苯）。粗苯精制可得苯、甲苯、二甲苯及古马隆-茛树脂、重苯溶剂油等产品。

焦炉煤气净化就是分离出有用的产品，去除有碍煤气使用的物质的过程。

1.4 煤气净化主要工艺单元简介

1.4.1 冷凝鼓风

冷凝鼓风单元的主要任务有如下。

① 分离出荒煤气中的绝大部分焦油、萘、氨水，以利于后续单元的运行；

② 将煤气冷却到一定的温度，使之能满足后续单元的要求；

③ 氨水、焦油、焦油渣的分离；

④ 物料的输送：

a. 往焦炉送循环氨水，往后续单元送剩余氨水；

b. 输送煤气并使整个煤气系统的吸力、压力能够满足焦炉、煤气净化的正常生产要求；

c. 外送焦油。

基于上述的主要任务，冷凝鼓风单元设立如下工序：初冷、电捕焦油、鼓风、冷凝液（氨水、焦油）的分离与输送。

荒煤气在上升管经循环氨水喷洒冷却，温度由 700°C 左右降到 $82\sim 88^{\circ}\text{C}$ ，约60%的焦油冷凝为液态，与氨水共同沿吸煤气管道流往冷凝鼓风。降温后的荒煤气接近被水汽饱和，其温度比露点温度高 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，进入初冷器被冷却到 $22\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，然后经过电捕焦油器捕集焦油雾后，经煤气鼓风机送往后续的工序。

初冷器后的煤气温度是较为重要的，通常应尽可能地控制低一点。因为煤气在初冷器中被冷却，煤气中的水汽、焦油、萘也同时冷凝析出。从汽液平衡知道，煤气温度低一些，煤气中的饱和水汽、饱和萘蒸气的含量就低一些，也就是说初冷后的煤气中的水汽、萘含量取决于初冷温度下的水、萘的汽液平衡关系。若初冷温

度较高，大量的萘进入后续工序，将会导致管道、设备的堵塞。

初冷后的煤气通常经过电捕焦油器捕集焦油雾，可使焦油雾含量 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ，甚至 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ 。焦油雾的捕集也是为了减少其对后续工序的不良影响。焦油会造成堵塞、产品染色等。电捕焦油器的安装位置在煤气鼓风机前的，称之为负压电捕；在煤气鼓风机后的，称之为正压电捕。从降低煤气含萘的角度出发，应尽可能地采用负压电捕。若采用正压电捕，煤气经鼓风机压缩升温，焦油雾中的萘升华到煤气中，而电捕焦油器是不能捕集气相萘的。

煤气鼓风机的作用是输送煤气，保证鼓风机前（或初冷器前）的吸力，使焦炉集气管压力稳定是鼓风机岗位的重要职责之一。

煤气鼓风机置于煤气净化系统最末端的工艺流程称为全负压流程，即煤气净化是在负压状态下进行的。其优点是：不存在鼓风机压缩产生的温升对净化系统的影响，故不需设置终冷系统；其次，不存在煤气外泄的问题，环境较好。其缺点是：负压不利于吸收，因此相同的净化要求下，必须增加液气比，同时各吸收设备体积也有所增大。

在上升管、初冷器冷凝下来的焦油、氨水在冷凝系统分离。分离后的氨水不得带焦油，用泵送往焦炉上升管，循环氨水用于冷却荒煤气，高压氨水用于装煤消烟；剩余氨水则送往后续工序处理。焦油经分离后，脱除大部分焦油渣（主要成分为焦粉、煤粉），水分含量约4%左右。

1.4.2 煤气的终冷

煤气净化最基本的原理是基于吸收时的汽液平衡，而平衡关系是随温度变化的，温度低一些，净化效果就好一些。煤气经鼓风机压缩后，其温升可达 $20\sim 30^\circ\text{C}$ ，为了满足后续净化工序的需要，必须将其冷却降温，因该冷却是煤气净化系统中煤气的最后一次冷却，故称为终冷。

最常用的终冷工艺是用循环终冷水直接喷洒冷却煤气。煤气自内置填料的终冷塔（也有采用空喷塔的）下部进入，自顶部逸出；终冷水自顶部进入，煤气与终冷水逆流接触。煤气在终冷的同时，