

现代焦化生产 技术手册

中冶焦耐工程技术有限公司 编

于振东 郑文华 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

现代焦化生产 技术手册

中国焦化工程学会 编
王德华 编

冶金工业出版社

现代焦化生产技术手册

中冶焦耐工程技术有限公司 编

于振东 郑文华 主编

北京
冶金工业出版社
2010

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了现代焦化生产的工艺技术及其生产过程,涵盖了从炼焦原料煤到生产出焦炭的各个生产过程、煤气净化及焦化产品的深加工,涉及焦化生产的各个专业技术,对焦化生产过程中的煤化工、给排水、通风采暖、电气与自动化、环境保护等专章进行叙述,其中对代表和反映了现代焦化技术发展方向和趋势的工艺、设备、技术在各相应章节进行阐述,使本手册既有实用性,又有指导性。在编写过程中,力求焦化理论与生产实践相结合,以生产实践为主;国内技术与国外技术相结合,以国内技术为主;力求成为一本“系统、全面、实用、先进”的焦化行业科技人员的必备工具书。

本手册主要供焦化行业的工程和生产技术人员参考使用,也可供科研、设计和教学方面的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代焦化生产技术手册/中冶焦耐工程技术有限公司编.
—北京:冶金工业出版社,2010.7
ISBN 978-7-5024-5088-5

I. ①现… II. ①中… III. ①炼焦—生产工艺—技术手册 IV. ①TQ520.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 067968 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

策 划 曹胜利 责任编辑 尚海霞 张熙莹 美术编辑 李 新

版式设计 孙跃红 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5088-5

北京盛通印刷股份有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 7 月第 1 版;2010 年 7 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;76 印张;1841 千字;1192 页

258.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《现代焦化生产技术手册》

编辑委员会

主 编 于振东 郑文华

副主编 陶益新 陈惠民 钱理业 高克宣

伊修洋 刘 冰 高兴锁

编委会成员名单(按姓名笔画顺序排列)

于义林 于振东 丰恒夫 王 充

王英丽 王明登 王晓东 王高峰

王 满 尹君贤 叶 煌 白 玮

邢 进 吕 成 伊修洋 刘光武

刘 冰 刘承智 刘洪春 刘晓东

刘家洪 刘海东 关宏宇 孙 虹

杜连喜 李 刚 李军生 李振国

李 超 杨 华 杨建华 杨贵宝

杨雪松 何永吉 张兴柱 张春华

张素利 张晓光 陈本成 陈惠民

郑卫军 郑文华 郑秀珍 郑国舟

孟祥荣 姜 宁 姜 秋 赵刚山

胡 倩 钱理业 高兴锁 高克宣

高家生 陶益新 董维红 程乐意

序

钢铁工业是我国国民经济的重要基础产业和实现工业化的支撑产业。由于废钢资源的限制,我国钢铁工业以高炉—转炉流程为主,焦炭是高炉过程得以不断发展的重要支撑因素。高炉—转炉流程的能源以煤炭为主,以炼焦形式输入的能量占总能量的60%左右。现在,炼1 t生铁约需消耗焦炭300~400 kg左右,而生产1 t焦炭需要消耗1.33~1.35 t炼焦煤。我国已是世界第一焦炭生产大国、消费大国和出口大国,现有800多家焦化厂,2000多座焦炉,焦炭年产能高达4.5亿t/a。2009年,我国生产焦炭3.53亿t,占世界总产量的60%以上,年消耗炼焦煤近4.80亿t;焦化产业年总产值约8000亿元人民币,在我国国民经济中占有重要地位。

21世纪,全球面临资源能源紧张、环境—生态约束日益严峻的时代性命题,因此,焦化厂不仅要进一步发挥为钢铁生产提供性能更好的焦炭和更好地开发深加工产品的功能,而且还要高度重视焦化过程中能源转化功能和充分发挥废弃物消纳—处理及再资源化的功能。

从钢铁制造流程的整体看,焦化厂的焦化过程实质是根据铁素物质流这一被加工主体的要求(为高炉冶炼提供优质焦炭),而相应地发生的碳素流能源转换过程。焦化厂是钢铁制造流程中碳素能量流的重要组成部分,是钢铁制造流程中将一次能源煤炭经过焦炉的高温干馏转变成二次能源焦炭、焦炉煤气、焦油和粗苯等的高效“能量转换器”。因此,21世纪以来,人们更加注重焦化厂的能源转化功能及其效率,即“焔”效率,注重“焔”的效率和价值,以实现焦化过程价值最大化,在能量高效转化过程中实现节能、减排和消纳废弃物。

21世纪以来,我国炼焦技术有了飞跃进步。诸如:开发了适应大型高炉的超

大容积顶装焦炉;开发了符合清洁生产要求的现代大型捣固焦炉;特别是采用国产技术和设备的干熄焦工艺已在国内广泛推广,其产能已位居世界第一;多套具有节能环保功能的煤调湿装置已经投产并正常运行;开发了焦炉煤气高效脱硫技术;中国的炼焦技术已开始全面走向世界!

2005年底,冶金工业出版社组织国内焦化界的50多位专家,经过4年多的辛勤劳动,终于写成了涵盖整个焦化过程,即从备煤、炼焦煤气净化、粗苯精制到煤焦油加工等工艺,涉及煤化工、设备、给排水、通风采暖、电气、自动化和环境保护等专业和学科,长达近180万字的《现代焦化生产技术手册》。这是件好事,很必要。相信本书的问世将对焦化生产企业的技术人员和企业家、从事焦化设计或科研工作者、高等院校的师生等有重要的参考价值,并将进而推动我国焦化工程技术的不断进步。

殷瑞钰

2009年10月于北京

前 言

进入 21 世纪以来,伴随着钢铁工业的快速发展,我国焦化行业取得了辉煌成就,已成为全球焦炭生产、消费和出口第一大国。截至 2009 年底,我国有焦化厂 842 家,焦炭总产能达 4.5 亿 t,当年生产焦炭 3.53 亿 t,占世界焦炭总产量的 60% 以上。我国的焦化技术也取得了很大进步,在国际焦化领域占有举足轻重的地位,从焦化技术的引进国发展成为输出国。由我国设计建设的焦炉或焦化厂已在南非、土耳其、哈萨克斯坦、巴西、伊朗、日本和印度顺利投产。

但是,我国仍有约 3000 多万 t 炼焦产能是由不符合国家产业政策的落后小机焦构成的,必须予以淘汰;由于管理不严格,一些焦化厂没有齐全的环保措施,仍在污染环境;由于优质焦煤日益紧缺,必须研发和完善捣固炼焦和煤调湿技术;不少焦化厂煤气脱硫装置尚有不少问题;还有许多节能减排的课题需要开发……摆在我国焦化工作者面前的任务还很多很多。为此,急需一些实用的焦化生产技术书籍,以推广现代焦化生产技术,推动我国焦化行业的科技创新。

2005 年 11 月初,冶金工业出版社邀请中冶焦耐工程技术有限公司为主编单位,组织编写反映当代焦化生产技术水平的大型专业工具书——《现代焦化生产技术手册》。因此,成立了以中冶焦耐工程技术有限公司为主,邀请宝钢、武钢、马钢和大连重工起重集团等单位参加的共 50 多位专家组成的编委会,认真制定编写大纲,分工编写各个有关章节。

本书的主要读者是焦化行业的工程技术人员,兼顾科研、设计和教学的需要。本书以整理和总结焦化生产实用技术为主,提供焦化领域的基本原理和工艺技术。主要内容包括:炼焦用煤与焦炭、炼焦生产、干熄焦、焦炉煤气净化、粗苯精制和煤焦油加工的基本原理、工艺、设备、生产技术(操作)、自动化、环保与

安全和生产管理。

本书的特点是：内容丰富，涉及范围广泛，涵盖从炼焦原料煤到生产出焦炭的各个生产过程、煤气净化及焦化产品的深加工，涉及焦化生产的各个专业技术；焦化理论与生产实践相结合，以生产实践为主；国内技术与国外技术相结合，以国内技术为主；力求成为一本“系统、全面、实用、先进”的焦化行业科技人员的必备工具书。

本书论述充分，数据详实，图文并茂，是许多专家在完成自己繁忙本职工作的同时，利用宝贵的业余时间，劳心劳力，一丝不苟，潜心钻研和辛勤劳动的结果。

由于工作量大、时间所限，书中尚有许多待改进之处，欢迎大家提出宝贵意见。

在本书编写过程中，上海宝钢股份公司炼铁厂、武汉平煤武钢联合焦化公司、马钢股份有限公司煤焦化公司和大连重工起重集团给予了大力支持，特表示衷心感谢！很多同志为本书的编写和出版做出了无私奉献，在此一并致谢！

于振东 郑文华
2010年3月

目 录

1 炼焦用煤与焦炭	1
1.1 炼焦用煤	1
1.1.1 我国煤炭分类	1
1.1.2 评价煤炭基本方法	5
1.1.3 煤炭性质	8
1.1.4 炼焦用煤工艺特性	10
1.1.5 配煤及配合煤指标	18
1.1.6 我国炼焦煤资源概况	22
1.2 焦炭	23
1.2.1 焦炭结构	23
1.2.2 评价焦炭基本方法	24
1.2.3 焦炭化学性质	27
1.2.4 焦炭物理性质	29
1.2.5 焦炭机械强度	30
1.2.6 焦炭的用途	31
1.2.7 改善焦炭质量的技术措施	35
参考文献	37
2 炼焦用煤的准备	38
2.1 配煤炼焦及扩大炼焦煤源	38
2.1.1 配煤炼焦的目的和意义	38
2.1.2 配煤炼焦试验	39
2.1.3 配合煤指标及对焦炭质量的影响	41
2.1.4 我国重点钢铁企业焦化厂装炉煤质量指标	44
2.1.5 扩大配煤炼焦资源的技术措施	44
2.2 煤处理	65
2.2.1 设施及工艺流程	66
2.2.2 煤的解冻与破碎	68
2.2.3 煤的接受及其设备	72
2.2.4 煤的储存及其设备	83

2.2.5	配煤及其设备	89
2.2.6	煤的粉碎及其设备	96
2.2.7	优化配煤粉碎技术设施	101
2.2.8	焦油渣成形回配	103
2.2.9	取样、制样及其设备	104
	参考文献	107
3	炉体与设备	109
3.1	焦炉结构与炉型简介	109
3.1.1	焦炉的概况	109
3.1.2	焦炉结构	110
3.1.3	炉型简介	145
3.1.4	焦炉发展动向	149
3.1.5	焦炉用耐火材料	180
3.2	焦炉工艺设备	208
3.2.1	炉门、炉门框和保护板	208
3.2.2	炉柱、拉条和弹簧	211
3.2.3	加热煤气管道和交换传动装置	214
3.2.4	焦炉集气系统	222
3.2.5	废气交换开闭器	227
3.2.6	熄焦设施	230
3.2.7	辅助设施	237
3.3	焦炉机械	242
3.3.1	焦炉机械类别	242
3.3.2	顶装煤推焦机	244
3.3.3	顶装煤装煤车	255
3.3.4	拦焦机	260
3.3.5	电机车与熄焦车	265
3.3.6	侧装煤推焦机	266
3.3.7	捣固机	272
3.3.8	侧装煤焦炉消烟除尘车	274
3.3.9	焦炉机械的电气控制	276
3.3.10	焦炉机械的液压系统	278
3.3.11	出焦操作中的特殊处理	279
3.3.12	机、电、液维护与易损件	281
	参考文献	284
4	焦炉砌筑、安装与烘炉开工	286
4.1	焦炉砌筑	286

4.1.1 砌筑前的准备	286
4.1.2 砌筑工程	298
4.1.3 结尾工程	305
4.2 焦炉设备安装	310
4.2.1 护炉设备安装	310
4.2.2 废气系统设备安装	319
4.2.3 加热煤气管道和烘炉管道安装	321
4.2.4 交换系统设备安装	325
4.2.5 集气系统设备安装	327
4.2.6 工艺管道安装	328
4.3 焦炉烘炉与开工	331
4.3.1 烘炉前必须完成的工程项目	331
4.3.2 烘炉用燃料	332
4.3.3 烘炉设施	334
4.3.4 烘炉升温计划的制定	338
4.3.5 烘炉前的准备工作	343
4.3.6 烘炉点火及燃烧管理	347
4.3.7 烘炉升温及护炉设备的管理	353
4.3.8 焦炉热态工程	361
4.3.9 焦炉改为正常加热	364
4.3.10 焦炉开工	368
4.3.11 焦炉烘炉开工安全技术	378
参考文献	379
5 焦炉生产操作	380
5.1 装煤	380
5.1.1 煤塔储煤	380
5.1.2 从煤塔取煤	380
5.1.3 装煤与平煤	381
5.2 推焦	383
5.2.1 推焦计划的制定	383
5.2.2 推焦操作	387
5.3 熄焦	391
5.3.1 常规湿法熄焦操作	391
5.3.2 低水分熄焦	392
5.3.3 稳定熄焦	392
5.4 焦炉安全生产	394
5.4.1 炼焦车间一般安全规则	395
5.4.2 煤气使用安全规则	395

参考文献	397
6 焦炉热工	398
6.1 焦炉内气体流动与煤气燃烧	398
6.1.1 焦炉内气体流动	398
6.1.2 煤气性质与燃烧	411
6.2 温度与压力制度的确定与测量	417
6.2.1 温度制度及压力制度确定	417
6.2.2 各项温度和压力的测量	422
6.2.3 废气分析	427
6.2.4 温度压力测量的常用仪器	429
6.3 焦炉热工调节	431
6.3.1 用焦炉煤气加热时炉温的调节	431
6.3.2 高炉煤气加热时的调节	445
6.3.3 焦炉边界加热和高向加热	454
6.3.4 火落管理法的应用	462
6.4 焦炉热工评价	470
6.4.1 焦炉热效率与耗热量	470
6.4.2 焦炉热平衡	473
6.4.3 焦炉各部位漏气率测定	485
6.4.4 焦炉热平衡计算实例	490
6.4.5 影响热平衡准确性的因素及节能途径分析	501
6.5 焦炉特殊操作	505
6.5.1 焦炉强化生产	505
6.5.2 延长结焦时间和停产保温	508
6.5.3 焦炉停止加热和重新供热	511
6.5.4 焦炉更换加热煤气	513
6.5.5 焦炉降温冷炉	515
6.6 焦炉炉体与设备维护	518
6.6.1 焦炉诊断	518
6.6.2 焦炉炉体日常维修	522
6.6.3 燃烧室翻修	535
6.6.4 蓄热室及炉顶部位翻修	545
6.6.5 焦炉中修	549
6.6.6 护炉设备修理	553
参考文献	561
7 干熄焦	562
7.1 干熄焦基本原理	562

7.1.1	干熄焦的工艺流程	562
7.1.2	干熄炉内循环气体的主要成分及伴随的化学反应	562
7.1.3	干熄炉内的气体流动及其阻力	564
7.1.4	干熄炉内的传热与熄焦时间	570
7.1.5	干熄焦装置物料平衡与热量平衡	582
7.2	干熄焦主要工艺设备	590
7.2.1	红焦输送设备	590
7.2.2	红焦装入设备	608
7.2.3	干熄炉及干熄焦砌体	612
7.2.4	冷焦排出设备	617
7.2.5	气体循环设备	622
7.2.6	干熄焦锅炉	629
7.2.7	干熄焦锅炉的给水处理	633
7.2.8	发电	639
7.3	干熄焦操作与维护	644
7.3.1	熄焦系统的常规操作	644
7.3.2	余热锅炉系统的常规操作	652
7.3.3	日常现场巡检的要点	656
7.3.4	干熄焦特殊操作	657
7.3.5	干熄焦装置的年修	660
7.4	干熄焦技术的控制系统	665
7.4.1	干熄焦自动控制 EI 系统的功能	665
7.4.2	自动控制过程及其连锁程序	666
7.4.3	锅炉操作参数的串级控制系统	668
7.4.4	EI 系统的 HMI(入机接口)	681
7.4.5	干熄焦的自动定位控制	682
7.5	干熄焦开工调试与烘炉	684
7.5.1	干熄焦开工调试	684
7.5.2	干熄焦烘炉	691
7.6	干熄焦环境保护与除尘	698
7.6.1	干熄焦对环境产生污染的主要污染源	698
7.6.2	干熄焦的环境保护措施	698
7.6.3	干熄焦除尘	699
7.7	干熄焦安全技术	709
7.7.1	干熄焦安全特点	709
7.7.2	干熄焦安全控制措施	711
7.8	干熄焦的焦炭质量	714
7.8.1	干熄炉内焦炭质量改善的机理	715
7.8.2	干熄焦焦炭机械强度与热强度的改善	715

7.8.3 干法熄焦焦炭的显微强度	718
7.9 干熄焦工程主要技术经济指标	718
7.9.1 干熄焦工程主要技术经济指标(见表7-9-1)	718
7.9.2 节能效果	719
参考文献	719
8 煤气净化	720
8.1 煤气净化技术综述	720
8.1.1 荒煤气	720
8.1.2 净煤气	722
8.1.3 化工产品的回收	724
8.1.4 煤气净化设施的构成	724
8.1.5 现有煤气净化设施的各种组合	729
8.2 煤气初步冷却	731
8.2.1 荒煤气在集气管内的冷却	731
8.2.2 煤气在初冷器内的冷却	733
8.3 焦油氨水分离	739
8.3.1 焦油氨水两级分离	739
8.3.2 焦油离心分离	744
8.3.3 剩余氨水除焦油	745
8.4 煤气中焦油雾的分离及煤气排送	748
8.4.1 煤气中焦油雾的分离	748
8.4.2 煤气排送	752
8.5 煤气脱硫	761
8.5.1 HPF 法脱硫	761
8.5.2 ADA 法脱硫	767
8.5.3 氨水法脱硫	779
8.5.4 其他脱硫方法	796
8.6 煤气脱氨	815
8.6.1 硫酸吸收法生产硫铵	815
8.6.2 剩余氨水蒸氨	839
8.6.3 磷铵吸收法生产无水氨	842
8.6.4 水洗氨—氨分解	850
8.7 煤气脱苯	857
8.7.1 煤气终冷	857
8.7.2 洗苯	860
8.8 粗苯蒸馏	865
8.8.1 单塔粗苯工艺	866
8.8.2 单塔轻苯工艺	872

8.8.3 双塔轻苯工艺	876
8.9 煤气最终净化	879
8.9.1 煤气精脱萘	879
8.9.2 精脱硫	881
8.10 煤气净化安全生产	885
8.10.1 煤气净化车间的安全管理	886
8.10.2 煤气净化车间的安全技术	888
参考文献	890
9 粗苯精制	891
9.1 原料及产品	891
9.1.1 粗/轻苯	891
9.1.2 苯类产品性质质量和用途	892
9.1.3 粗苯精制副产品——初馏分的性质及再处理	898
9.1.4 粗苯精制产品产率	899
9.1.5 苯类逸散物的控制	900
9.1.6 生产安全	900
9.2 粗苯精制发展趋势	902
9.2.1 酸洗法粗苯精制曾是粗苯精制方法之一	902
9.2.2 粗苯加氢精制是世界普遍采用的精制工艺	902
9.2.3 我国苯加氢发展趋势	903
9.2.4 粗(轻)苯催化加氢精制的实质及工艺分类	903
9.3 粗(轻)苯加氢机理和基本化学反应	903
9.3.1 加氢脱硫	904
9.3.2 加氢脱氮和脱氧	904
9.3.3 不饱和烃的脱氢或加氢	904
9.3.4 饱和烃加氢裂解	904
9.3.5 环烷烃的脱氢	905
9.3.6 加氢脱烷基	905
9.3.7 芳香烃的氢化及联苯生成	906
9.4 加氢用的催化剂	906
9.4.1 催化剂组成	906
9.4.2 LITOL 反应催化剂的特性	906
9.4.3 加氢催化剂	906
9.5 催化加氢用氢气	907
9.5.1 补充氢的定义	907
9.5.2 对补充氢的质量要求	907
9.5.3 不同来源的粗氢组成	908
9.5.4 粗氢的纯化方法	908

9.5.5	加氢反应气体的转化法制氢	909
9.5.6	变压吸附法分离氢气	912
9.6	高温(LITOL法)加氢净化及脱烷基工艺	914
9.6.1	LITOL法工艺单元、技术特点及工艺流程	914
9.6.2	粗苯预备蒸馏	916
9.6.3	轻苯加氢预处理	917
9.6.4	LITOL法加氢	919
9.6.5	LITOL法加氢催化剂再生	920
9.6.6	LITOL法加氢首次开工用氢	923
9.7	低温(K-K法)加氢净化工艺	924
9.7.1	K-K法工艺单元、特点及工艺流程	924
9.7.2	粗苯多段蒸发	926
9.7.3	加氢	927
9.7.4	加氢油质量稳定	929
9.8	LITOL法加氢油的蒸馏精制	929
9.8.1	白土吸附处理	930
9.8.2	分馏纯苯	930
9.9	加氢油特殊精制工艺——萃取蒸馏	930
9.9.1	典型萃取蒸馏的基本工艺过程	930
9.9.2	萃取蒸馏萃取剂的选择及其性能	931
9.9.3	以N-甲酰吗啉为萃取溶剂的萃取蒸馏工艺特点	931
9.9.4	降低萃取蒸馏能耗	932
9.9.5	预蒸馏单元	932
9.9.6	B/T馏分萃取蒸馏工艺要点	933
9.10	古马隆—茛树脂制造	934
9.10.1	原料来源及质量要求	934
9.10.2	产品的质量 and 主要用途	935
9.10.3	古马隆—茛树脂制造工艺步骤及框图	936
9.10.4	概略的工艺过程	937
9.10.5	关键设备	940
9.10.6	古马隆—茛树脂软化点的控制	940
	参考文献	941
10	焦油分离	942
10.1	煤焦油	942
10.1.1	焦油的种类	942
10.1.2	焦油的形成	942
10.1.3	焦油的物理性质	943
10.1.4	焦油的化学组成	945