



人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

干熄焦生产操作 与设备维护

GANXIJIAO SHENGCHAN CAOZUO
YU SHEBEI WEIHU

罗时政 乔继军 张丙林 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
冶金行业职业教育培训规划教材

干熄焦生产操作与设备维护

罗时政 乔继军 张丙林 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2009

内 容 提 要

本书采用理论与实践结合的方式,系统介绍了干熄焦生产工艺、技术经济指标、工程设计依据,详细介绍了与之配套的干熄焦设备、锅炉设备、发电设备、电气传动与控制设备、自动化控制系统、环境保护设备等的选型、工艺操作、应急操作和安全知识等内容,以及生产中常见故障的预防手段与处理方法。

本书可供炼焦企业,特别是干熄焦生产方面的生产技术人员、现场操作人员、设备维护人员和工程管理人员使用,也可供干熄焦工程设计人员和大专院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

干熄焦生产操作与设备维护/罗时政,乔继军,张丙林主编. —北京:冶金工业出版社,2009.9

冶金行业职业教育培训规划教材

ISBN 978-7-5024-5015-1

I. 干… II. ①罗… ②乔… ③张… III. ①干熄焦—生产工艺—技术培训—教材 ②干熄焦装置—维修—技术培训—教材 IV. TQ52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 141606 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 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5015-1

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 9 月第 1 版,2009 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;29.5 印张;785 千字;449 页;1-4000 册

70.00 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)

冶金行业职业教育培训规划教材

编辑委员会

主任 张 海 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会
主任，唐山钢铁集团公司副总经理

曹胜利 冶金工业出版社 社长

副主任 董兆伟 河北工业职业技术学院 院长

鲁启峰 中国职工教育和职业培训协会冶金分会秘书长

中国钢协职业培训中心 副主任

顾问

北京科技大学 曲 英 王筱留 蔡嗣经 杨 鹏 唐 荻 包燕平

东 北 大 学 翟玉春 陈宝智 王 青 魏德洲 沈峰满 张延安

委员

首钢集团总公司	王传雪	舒友珍	宝钢集团有限公司	杨敏宏
武汉钢铁集团公司	夏汉明	孙志桥	鞍山钢铁集团公司	尹旭光
唐山钢铁集团公司	罗家宝	武朝锁	本溪钢铁集团公司	刘恩泉
邯郸钢铁集团公司	尤善晓	石宝伟	江苏沙钢集团公司	巫振佳
太原钢铁集团公司	毋建贞	孟永刚	莱芜钢铁集团公司	刘祖法
包头钢铁集团公司	李金贵	张殿富	江西省冶金集团公司	张朝凌
攀枝花钢铁集团公司	张海威	许志军	韶关钢铁集团公司	李武强
马钢集团公司	唐叶来	王茂龙	宣化钢铁集团公司	尹振奎
济南钢铁集团总公司	李长青	曹 凯	柳州钢铁集团公司	刘红新
安阳钢铁集团公司	魏晓鹏	马学方	杭州钢铁集团公司	汪建辉
华菱湘潭钢铁集团公司	文吉平	李中柱	通化钢铁集团公司	荆鸿麟
涟源钢铁集团公司	毛宝粮	袁超纲	邢台钢铁公司	李同友
南京钢铁联合公司	包维义	陈龙宝	天津钢铁集团公司	张 莹
昆明钢铁集团公司	孔繁工	马淑萍	攀钢集团长城特钢公司	朱云剑
重庆钢铁集团公司	田永明	岳 庆	西林钢铁集团公司	夏宏钢
福建三钢集团公司	卫才清	颜觉民	南昌长力钢铁公司	胡建忠

委 员

萍乡钢铁公司	邓 玲	董智萍	江西新余钢铁公司	张 钧
武钢集团鄂城钢铁公司	袁立庆	汪中汝	江苏苏钢集团公司	李海宽
太钢集团临汾钢铁公司	雷振西	张继忠	邯郸纵横钢铁集团公司	阚永梅
广州钢铁企业集团公司	张乔木	尹 伊	石家庄钢铁公司	金艳娟
承德钢铁集团公司	魏洪如	高 影	济源钢铁集团公司	李全国
首钢迁安钢铁公司	习 今	王 蕾	天津钢管集团公司	雷希梅
淮阴钢铁集团公司	刘 瑾	王灿秀	华菱衡阳钢管集团公司	王美明
中国黄金集团夹皮沟矿业公司		刘成库	港陆钢铁公司	曹立国
吉林昊融有色金属公司		赵 江	衡水薄板公司	魏虎平
河北工业职业技术学院	袁建路	李文兴	河北省冶金研究院	彭万树
昆明冶金高等专科学校	卢宇飞	周晓四	津西钢铁公司	王继宗
山西工程职业技术学院	王明海	史学红	鹿泉钢铁公司	杜会武
吉林电子信息职业技术学院	张喜春	陈国山	中国钢协职业培训中心	梁妍琳
山东工业职业学院	王庆义	王庆春	有色金属工业人才中心	宋 凯
安徽冶金科技职业技术学院	郑新民	梁赤民	河北科技大学	冯 捷
中国中钢集团	刘增田	秦光华	冶金职业技能鉴定中心	张志刚

特邀委员

北京中智信达教育科技有限公司 董事长 王建敏

山东星科教育设备集团 董事长 王 继

秘 书

冶金工业出版社 宋 良 (010-64027900, 3bs@cnmip.com.cn)

《干熄焦生产操作与设备维护》 编辑委员会

主 任	王 军					
副 主 任	陈启祥	罗时政	曹 凯			
技术顾问	康春清	李维忠	孙广胜	陈昌华	王同彦	陈继雷
主 编	罗时政	乔继军	张丙林			
副 主 编	冯承杰	李训智	李宣亮	曾庆禄	房克朋	解宝山
编写人员	吴宝国	姜和信	李红星	何 强	徐瑞阳	王裕龙
	冀传玖	吉元喜	曹生前	韩佃礼		

序

吴溪淳

改革开放以来,我国经济和社会发展取得了辉煌成就,冶金工业实现了持续、快速、健康发展,钢产量已连续数年位居世界首位,其间凝结着冶金行业广大职工的智慧 and 心血,包含着千千万万产业工人的汗水和辛劳。实践证明,人才是兴国之本、富民之基和发展之源,是科技创新、经济发展和社会进步的探索者、实践者和推动者。冶金行业中的高技能人才是推动技术创新、实现科技成果转化不可缺少的重要力量,其数量能否迅速增长、素质能否不断提高,关系到冶金行业核心竞争力的强弱。同时,冶金行业作为国家基础产业,拥有数百万从业人员,其综合素质关系到我国产业工人队伍整体素质,关系到工人阶级自身先进性在新的历史条件下的巩固和发展,直接关系到我国综合国力能否不断增强。

强化职业技能培训,提高企业核心竞争力,是国民经济可持续发展的重要保障,党中央和国务院给予了高度重视,明确提出人才立国的发展战略。结合《职业教育法》的颁布实施,职业教育工作已出现长期稳定发展的新局面。作为行业职业教育的基础,教材建设工作也应认真贯彻落实科学发展观,坚持职业教育面向人人、面向社会的发展方向和以服务为宗旨、以就业为导向的发展方针,适时扩大编者队伍,优化配置教材选题,不断提高编写质量,为冶金行业的现代化建设打下坚实的基础。

为了搞好冶金行业的职业技能培训,冶金工业出版社在人力资源和社会保障部职业能力建设司和中国钢铁工业协会组织人事部的指导下,同河北工业职业技术学院、昆明冶金高等专科学校、吉林电子信息职业技术学院、山西工程职业技术学院、山东工业职业学院、济钢集团总公司、中国职工教育和职业培训协会冶金分会、中国钢协职业培训中心等单位密切协作,联合有关冶金企业和职业技术学院,编写了这套冶金行业职业教育培训规划教材,并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会组织专家评审通过,由人力资源和社会保障部职业能力建设司给予推荐。有关学校、企业的各级领导和编写人员在时间紧、任务重的情况下,克服困难,辛勤工作,在相关科研院所的工程技

术人员的积极参与和大力支持下，出色地完成了前期工作，为冶金行业的职业技能培训工作的顺利进行，打下了坚实的基础。相信这套教材的出版，将为冶金企业生产一线人员理论水平、操作水平和管理水平的进一步提高，企业核心竞争力的不断增强，起到积极的推进作用。

随着近年来冶金行业的高速发展，职业技能培训工作也取得了巨大的成绩，绝大多数企业建立了完善的职工教育培训体系，职工素质不断提高，为我国冶金行业的发展提供了强大的人力资源支持。今后培训工作的重点，应继续注重职业技能培训工作者队伍的建设，丰富教材品种，加强对高技能人才的培养，进一步强化岗前培训，深化企业间、国际间的合作，开辟冶金行业职业技能培训工作的新局面。

展望未来，任重而道远。希望各冶金企业与相关院校、出版部门进一步开拓思路，加强合作，全面提升从业人员的素质，要在冶金企业的职工队伍中培养一批刻苦学习、岗位成才的带头人，培养一批推动技术创新、实现科技成果转化的带头人，培养一批提高生产效率、提升产品质量的带头人；不断创新，不断发展，力争使我国冶金行业职业技能培训工作跨上一个新台阶，为冶金行业持续、稳定、健康发展，做出新的贡献！

序二

能源是一个国家经济和发展的重要物质基础。我国以煤炭为主的能源结构，决定了煤炭利用具有无可替代的位置。而焦化是工艺技术最成熟、资源利用最为高效合理的煤炭利用方式。但由于历史上种种原因的影响，传统的焦化行业长期存在着高耗能、高污染的问题。为了解决上述问题，广大焦化工作者开发、引进了大量的节能环保工艺技术，其中最具代表性的当属干熄焦。干熄焦技术具有节能、环保和提高焦炭质量的三重效益，并因此被列入国家《钢铁产业政策》的重点推广技术之一。可以说，推广应用干熄焦技术，是焦化行业贯彻落实科学发展观、实现“十一五”规划提出的节能降耗和污染减排目标、为构建社会主义和谐社会做出贡献的重要手段，对于焦化行业乃至钢铁联合企业的可持续发展，具有极其重要而深远的意义。

干熄焦技术起源于瑞士，最早的干熄焦装置是1917年瑞士舒尔查公司应用的。20世纪30年代起，国外许多国家相继研究应用了构造各异的干熄焦装置。我国干熄焦技术的应用，始于上海宝钢。1985年，宝钢一期工程引进日本干熄焦装置并正式投产运行，这是我国最早引进投产的干熄焦装置。20世纪90年代，我国开始了干熄焦装置的国产化研发创新工作，并于1999年在济钢成功投产了 $2 \times 70\text{t/h}$ 干熄焦装置，设备国产化率达90%以上。进入21世纪，我国干熄焦技术的研究与应用日臻成熟，鞍山华泰干熄焦技术有限公司、北京中日联节能环保工程技术有限公司和济钢集团国际工程技术有限公司都具备了设计、制作、开工服务的资质和能力。2006年，济钢投产的 150t/h 干熄焦，是国内第一套采用了高温高压自然循环技术的大型干熄焦装置；现在我国可以设计建设 $50 \sim 200\text{t/h}$ 各种规模的干熄焦装置。最近几年，大中型钢铁企业从节能、环保、改善焦炭质量和扩大炼焦煤源、降低生产成本的角度出发，纷纷兴建干熄焦装置。一些大型独立焦化厂从节能环保、减排二氧化碳的角度出发，也相继采用干熄焦技术，使干熄焦技术得到了迅速发展。截至2009年1月份，国内已有68套干熄焦装置投入运行，其中实现全部干熄的焦化厂已达

11 家，在建干熄焦装置 59 套。这样，我国就具备了年产干熄焦炭约 1.2 亿吨的能力，位居世界第一位。

随着干熄焦技术的普及，干熄焦的生产操作与设备维护成为制约干熄焦装置稳定运行的难题。目前，国内尚无介绍干熄焦操作与维护方面实践性强的书籍，《干熄焦生产操作与设备维护》一书的出版，填补了这一空白。本书以济钢 70t/h、100t/h 和 150t/h 干熄焦装置的日常操作维护为基础，结合济钢干熄焦十多年稳定运行积累的丰富实践经验，重点介绍了干熄焦烘炉、开工、运行、操作与维护、故障判断与处理等内容，对从事干熄焦技术的工作者和一线操作人员有较高的参考价值，对推动我国焦化行业的发展将起到一定的作用。

济南钢铁集团总公司
董事长



前 言

干熄焦技术起源于 20 世纪上半叶的瑞士。60 年代初期，前苏联对干熄焦技术进行了早期系统的研究与应用。之后，德国、日本、芬兰、瑞士等国家对其进行了更加深入的研究和改进，使之日趋成熟和完善。由于干熄焦在改善焦炭质量和节能环保方面的巨大优势，越来越多的国家在炼焦行业应用了这项新技术。

我国应用干熄焦技术起步较晚，直到 1985 年，上海宝钢在一期工程建设中，率先引进了日本新日铁公司的干熄焦技术并取得了可观的经济效益和社会效益，因此在二期和三期工程中也全部采用了干熄焦技术。20 世纪 90 年代末期，上海浦东煤气厂、济钢、首钢等企业先后应用了干熄焦技术，建成干熄焦装置。其中，作为国家节能环保示范项目的济钢一期干熄焦是通过消化吸收国外技术，联合国内设备厂家共同制造完成的，首次实现了干熄焦装置的国产化。1999 年 9 月，该项目通过了国家经贸委验收，并被评为国家科技进步二等奖。2006 年 10 月和 2007 年 12 月，济钢相继建成投产了 150t/h 和 100t/h 两套干熄焦装置，成为国内第一家在老厂改造基础上实现焦炭全干熄的冶金企业。虽然我国干熄焦技术研究应用起步较晚，但发展较快。截至 2009 年 1 月，我国已建成投产 68 套干熄焦装置，实现全干熄的企业达到 9 家。其中，2009 年 5 月，首钢京唐投产的 260t/h 的干熄焦装置，是目前国内最大的干熄焦装置。

本书结合我国近几年干熄焦装置逐步向大型化、经济化、系列化方向发展的特点，主要对干熄焦设计、施工、试车、烘炉、开工、运行、操作与维护、故障判断与处理等内容进行了阐述，并总结了近十年来干熄焦技术在我国的发展使用情况，系统分析了干熄焦工程造价和运行的经济性，客观评价了干熄焦工程设计和主要设备国产化的特点，有助于同行借鉴和参考。参加编写的人员绝大部分已从事干熄焦专业技术管理达十年之久，具有较高的理论水平和丰富的实践经验，使本书内容兼具了理论性和实践性强的特点。

本书可作为焦化企业培训教材或高等院校专业教材，也可供同行在工程设计或生产管理中参考。

在编写过程中，得到了济南钢铁集团总公司各级领导和兄弟单位的大力支持，得到了同行业技术人员和生产一线人员的大力协助，在此一并表示衷心的感谢。

由于本书涉及专业较多，在编写的深度和广度等层面上知识水平所限，书中不妥之处，诚请读者给予批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

1 干熄焦工艺	1
1.1 干熄焦发展	1
1.1.1 干熄焦的发展过程	1
1.1.2 国外干熄焦工艺的最新技术及发展趋势	2
1.1.3 国内干熄焦工艺应用情况	3
1.2 干熄焦工艺原理	7
1.2.1 传统湿熄焦工艺及特点	7
1.2.2 干熄焦工艺原理与流程	7
1.3 干熄焦的优点	9
1.3.1 焦炭质量的对比	9
1.3.2 主要技术指标	9
1.3.3 环保指标分析	11
1.3.4 干熄焦经济效益分析	12
1.4 干熄焦基本工艺选择	13
1.4.1 工艺方案的选择	13
1.4.2 设备的选择	15
2 干熄焦主体设备	23
2.1 装焦设备	24
2.1.1 焦罐台车	24
2.1.2 旋转焦罐	27
2.1.3 APS 对位装置	29
2.1.4 提升机	32
2.1.5 装入装置	43
2.2 干熄焦本体设备	50
2.2.1 干熄炉本体	50
2.2.2 干熄炉鼓风装置	52
2.3 排焦装置	53
2.3.1 电动闸板阀	54
2.3.2 振动给料器	54
2.3.3 旋转密封阀	56
2.3.4 皮带机	62
2.4 气体循环设备	71

2.4.1 循环风机	72
2.4.2 副省煤器	81
2.4.3 一次除尘器	82
2.4.4 二次除尘器	83
2.5 锅炉供水设备	84
2.5.1 除盐水箱	84
2.5.2 除氧器	85
2.5.3 给水泵类设备	86
2.5.4 加药装置	92
2.6 余热锅炉	95
2.6.1 余热锅炉的主要功能	95
2.6.2 余热锅炉的主要结构	95
2.6.3 余热锅炉的日常点检与维护	96
2.7 蒸汽发电设备	98
2.7.1 汽轮机	98
2.7.2 发电机	107
2.8 环境除尘及输灰设备	110
2.8.1 除尘风机	110
2.8.2 除尘器	117
2.8.3 刮板机	120
2.8.4 加湿机	124
2.8.5 正压输灰装置	127
3 干熄焦锅炉系统	132
3.1 锅炉供水系统	134
3.1.1 水系统流程	134
3.1.2 相关设备介绍	134
3.1.3 锅炉给水加药	134
3.1.4 锅炉给水分析	136
3.2 锅炉结构与操作	139
3.2.1 工艺流程	139
3.2.2 余热锅炉设计参数及结构特点	140
3.2.3 系统主要组件介绍	141
3.2.4 辅助组件介绍	142
3.2.5 工艺操作	143
3.2.6 出现故障时的特殊操作	146
3.2.7 自然循环锅炉与强制循环锅炉的对比	147
3.2.8 锅炉锅筒水位测量	149

4 干熄焦发电系统	152
4.1 汽轮机	152
4.1.1 汽轮机的典型结构	152
4.1.2 油系统	157
4.1.3 汽水系统	161
4.1.4 设备型号及设计参数	162
4.1.5 汽轮机操作	165
4.1.6 汽轮机常见故障预防与处理	171
4.1.7 汽轮机的检修	172
4.2 发电机	173
4.2.1 概述	173
4.2.2 发电系统的工艺原理	176
4.2.3 发电系统的主要设备	176
4.2.4 发电系统的操作	180
4.3 继电保护与自动装置	184
4.3.1 继电保护装置的构成原理、作用和性能要求	184
4.3.2 继电保护的配置	185
4.4 控制系统	187
4.4.1 发电系统	187
4.4.2 汽水系统	187
4.4.3 润滑系统	189
4.4.4 EH 供油系统	189
4.4.5 505 系统	189
4.4.6 同期装置	191
5 干熄焦电气设备及控制	194
5.1 干熄焦电气设备概况	194
5.1.1 综述	194
5.1.2 干熄焦的高压电气设备	194
5.1.3 干熄焦低压电气设备	195
5.1.4 干熄焦 PLC 系统	196
5.1.5 变频器系统	196
5.2 焦炭装入系统电气设备及控制	198
5.2.1 焦炭装入系统概述	198
5.2.2 APS 系统	198
5.2.3 牵引装置	202
5.2.4 提升及走行装置	205
5.2.5 装入装置	216
5.3 焦炭排出系统电气设备及控制	220

5.3.1	冷焦排出系统概述	220
5.3.2	排焦装置	220
5.3.3	焦炭运输系统	224
5.4	循环风机系统电气设备及控制	229
5.4.1	氮气循环风机所属电气设备	229
5.4.2	氮气循环风机电动机及其保护	230
5.4.3	氮气循环风机的电气控制工艺	230
5.4.4	循环风机电气系统的点检与维护	231
5.4.5	故障案例	231
5.5	锅炉系统电气设备及控制	232
5.5.1	锅炉的电气设备简述	232
5.5.2	锅炉给水泵的电气控制工艺	233
5.5.3	锅炉给水泵电动机及其保护	235
5.5.4	锅炉安全保护系统	235
5.5.5	锅炉系统阀门的电气控制工艺	235
5.5.6	锅炉系统电气设备的点检与维护	235
5.5.7	锅炉给水泵故障案例	236
5.6	除尘电气设备及控制系统	237
5.6.1	环境除尘系统电气设备简述	237
5.6.2	环境除尘风机的电气控制工艺	237
5.6.3	除尘器本体电气控制工艺	239
5.6.4	环境除尘电气设备的点检与维护	242
6	自动化控制系统	244
6.1	干熄焦主要仪表	244
6.1.1	料位计	244
6.1.2	气体分析仪	249
6.1.3	水质分析仪	264
6.2	干熄焦调节阀	265
6.2.1	气动调节阀	265
6.2.2	阀门定位器	268
6.3	自动化控制系统	271
6.3.1	系统硬件配置	271
6.3.2	系统软件配置	271
6.3.3	系统功能	272
6.3.4	控制网络	285
6.3.5	控制系统维护要点	288
6.4	故障处理及改进	292
6.4.1	控制系统通信模块故障	292

6.4.2	网络故障的判断与处理	292
6.4.3	24V 电源开关跳闸	294
6.4.4	SE 上位画面无法登录	295
6.4.5	干熄焦 DeviceNet 网络故障	296
6.4.6	调节阀故障	298
6.4.7	γ 射线料位计故障	298
6.4.8	干熄焦发电保护	299
6.4.9	150t/h 干熄焦 UPS 状态在线监测改造	299
6.4.10	增加料位演算联锁, 保障料位准确性	300
6.4.11	控制系统 24V 电源改造	300
6.4.12	热电阻、热电偶安装改造	300
7	干熄焦环境建设	301
7.1	除尘的基础知识	301
7.1.1	粉尘的基本性质	301
7.1.2	气体中粒子分离机理	302
7.1.3	除尘器的性能表示方法	305
7.2	干熄焦除尘	305
7.2.1	工艺除尘	305
7.2.2	环境除尘	310
7.3	干熄焦除尘灰的收集与输送	317
7.3.1	粉尘吸引压送罐车	318
7.3.2	加湿机	319
7.3.3	刮板机	320
7.3.4	空气发送器	321
7.3.5	斗式提升机	325
8	干熄焦系统调试与开工	326
8.1	干熄焦系统调试	326
8.1.1	装入系统的调试	326
8.1.2	冷焦排出系统的调试	330
8.1.3	气体循环系统的调试	334
8.1.4	锅炉系统的调试	337
8.2	干熄焦烘炉前准备	339
8.2.1	气体循环系统气密性试验	339
8.2.2	干熄焦装冷焦	344
8.2.3	冷焦排出试验	345
8.2.4	锅炉清洗试验	346
8.3	干熄焦烘炉与开工	356