

节能减排技术指南丛书

冶金工业节能减排 技术指南

王绍文 杨景玲 赵锐锐 王海涛 等编著



化学工业出版社

JIENENG
 节能减排技术指南丛书

冶金工业节能减排 技术指南

王绍文 杨景玲 赵锐锐 王海涛 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

冶金工业能源消耗量大, 污染物排放多, 加快冶金行业循环经济发展进程, 促进节能减排新理论、新方法、新技术、新工艺、新材料和新装备的发展, 是冶金工业持续发展的最为重要的前提和条件。本书结合实例系统阐述了钢铁工业、有色冶金工业各生产工序的工业废水资源化与循环利用技术、工业烟尘减排与余热利用技术、固体废物资源化与减排技术。对每一种节能减排技术进行了详细地分析、论证, 并提出改进意见, 对国内外的先进技术也进行了归纳和对比。

本书可供冶金工程、环境工程、能源工程的科研人员、设计人员和管理人员使用, 也可作为高等院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

冶金工业节能减排技术指南/王绍文等编著. —北京:
化学工业出版社, 2008. 8

(节能减排技术指南丛书)

ISBN 978-7-122-03396-3

I. 冶… II. 王… III. 冶金工业-节能-技术-指南
IV. F407. 3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 110427 号

责任编辑: 刘兴春 徐 娟 汲永臻
责任校对: 王素芹

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限公司

装 订: 三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 35 3/4 字数 1027 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 120.00 元

版权所有 违者必究

《冶金工业节能减排技术指南》编著人员

编著人员(排名不分先后):

王绍文	杨景玲	赵锐锐	王海涛	张殿印
何 莉	吴万林	杨晓莉	贾 勃	王海东
孙玉亮	张兴华			

前言

能源是现代社会的血液，是人类进步和可持续发展的前提，金属材料是现代社会的骨骼，是现代社会发展与繁荣的标志。由于金属材料的优良性能和高强特性，在目前可预见的相当长的时期内尚无新的材料与其结构性、功能性、基础性、强度可靠性和其最大用量相媲美，是社会经济建设 and 国防现代化建设必不可少的基础材料，将在很长时间内处于不可替代的地位。然而，冶金材料的生产与其资源、能源消耗量已构成一对突出矛盾。2007年3月十届全国人大五次会议做出决定，把GDP的增长作为预期性指标，把节能降耗和污染减排作为必须确保完成的约束性指标。也就是说，GDP的增长必须建立在确保完成节能减排指标的基础上，必须把保护环境问题放在优先控制地位。以确保实现资源节约型、环境友好型社会的目标。

对中国而言，冶金工业是现代经济建设、现代国防的基础产业，对国民经济与现代化建设的作用是不可低估的。但是，冶金工业是能源、资源消耗大户，而且在生产过程中产生大量的副产品，排放大量污染物。因此，做好节能减排工作是冶金工业生存与持续发展的最为重要的前提和条件。为了配合国家节能减排目标的实现，适应冶金工业节能减排技术的急需，我们组织国内专家学者编写了这本《冶金工业节能减排技术指南》。希望本书的出版，能对冶金工业节能减排工作，起到促进、推动和互助的作用。

本书由王绍文、杨景玲、赵锐锐、王海涛等编著，其中王绍文（第1章、第2章），贾勃、吴万林（第3章），杨景玲、王绍文、贾勃（第4章），王绍文、孙玉亮（第5章），王绍文、张兴华（第6章），何莉、王绍文（第7章），王绍文、杨景玲（第8章），赵锐锐、杨晓莉（第9章），王海涛、张殿印（第10章、第13章），杨景玲、吴万林（第11章），王海东、赵锐锐（第12章），杨景玲、何莉（第14章），王绍文、杨景玲、张殿印（第15章），王绍文、何莉（第16章、第18章），杨景玲、张殿印（第17章）。

本书在编著过程中得到中国金属学会、中国钢铁协会、宝钢、首钢、鞍钢、武钢、攀钢等单位领导、专家、学者的帮助。另外黄导、张岩、刘玉敏、秦华、刘楠薇、帖春英、石宇、申桂秋、王玮等均为本书提供相关资料。中国京冶工程技术公司副总经理钱雷教授、中国冶金科工集团建筑研究总院环境保护研究设计院院长王纯教授，戴京宪、邹元龙、侯运升副院长等领导对于本书的编著、出版给予大力支持，在此一并表示感谢！书中参考和引用聂永丰、李光强、张锦瑞、韩剑宏、兰德年等教授专家的有关资料；参考和引用中国环境科学学会环境工程分会，中国金属学会环境保护专业委员会、中国有色金属工业协会、冶金环境保护综合利用信息网等出版的刊物、论文集相关资料；参考了大量国内外公开发表的论文、专利等资料。编著者对这些论文、专著的作者及其所在单位表示衷心感谢。

由于水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请专家、读者指正。

编著者

2008年8月于北京

目 录

1 绪论	1
1.1 冶金工业生产工序的能耗与排污特征	1
1.1.1 钢铁工业生产工艺的能耗与排污特征	1
1.1.2 有色金属工业生产工艺的能耗与排污特征	4
1.2 钢铁工业节能减排状况与发展差距	5
1.2.1 钢铁工业面临节能减排的严峻挑战	5
1.2.2 钢铁工业节能减排工作发展状况与差距	6
1.3 有色金属工业发展状况与节能减排的要求	8
1.3.1 有色金属工业节能减排的技术发展与动向	8
1.3.2 有色金属工业实现持续发展的对策与措施	9
参考文献	10

第一篇 冶金工业能源利用与节能技术指南

2 钢铁工业能源利用现状与差距分析	11
2.1 钢铁工业能耗现状与分析	11
2.1.1 能源结构与消耗状况	11
2.1.2 钢铁企业能耗与工序能耗	12
2.2 钢铁工业节能工作的成绩与差距分析	15
2.2.1 节能工作取得的显著成绩	15
2.2.2 能源消耗存在的主要差距与分析	16
3 钢铁工业节能降耗规定与设计指南	20
3.1 采矿、选矿工序节能降耗规定与设计要求	20
3.1.1 矿山工序节能降耗规定与设计要求	20
3.1.2 选矿工序节能降耗规定与设计要求	23
3.2 原料、烧结与焦化工序节能降耗规定与设计要求	24
3.2.1 原料场节能降耗规定与设计要求	24
3.2.2 烧结工序节能降耗规定与设计要求	25
3.2.3 焦化工序节能降耗规定与设计要求	25
3.3 炼铁工序节能降耗规定与设计要求	27
3.3.1 炼铁工序炉容与入炉原料	27
3.3.2 炼铁工序设计和余热回收	28
3.4 炼钢、铁合金工序节能降耗规定与设计要求	28
3.4.1 炼钢工序节能降耗规定与设计要求	28
3.4.2 连铸工序节能降耗规定与设计要求	30
3.4.3 铁合金工序节能降耗规定与设计要求	30
3.5 轧钢工序节能降耗规定与设计要求	31

3.5.1	轧钢工序节能降耗一般规定	31
3.5.2	大型轨梁车间节能降耗规定与能耗指标	33
3.5.3	中小型轧钢车间节能降耗规定与能耗指标	34
3.5.4	线材车间节能降耗规定与能耗指标	34
3.5.5	中厚板车间节能降耗规定与能耗指标	35
3.5.6	热轧宽带钢车间节能降耗规定与能耗指标	36
3.5.7	冷轧宽带钢车间节能降耗规定与能耗指标	37
3.5.8	热轧窄带钢车间节能降耗规定与能耗指标	37
3.5.9	冷轧窄带钢车间节能降耗规定与能耗指标	37
3.5.10	冷轧硅钢车间节能降耗规定与能耗指标	38
3.5.11	无缝钢管车间节能降耗规定与能耗指标	39
3.5.12	焊管车间节能降耗规定与能耗指标	40
4	钢铁工业节能工艺技术与装备	41
4.1	钢铁企业能耗指标与影响因素	41
4.1.1	我国钢铁企业的能耗指标	41
4.1.2	影响吨钢能耗的因素分析	42
4.2	炼焦工序节能技术与设备	44
4.2.1	煤调湿技术	44
4.2.2	干熄焦技术与工艺	45
4.3	烧结工序节能技术与设备	50
4.3.1	烧结烟气余热源概况	50
4.3.2	烧结烟气、冷却机废气余热回收技术	51
4.3.3	宝钢一期鼓风环式冷却机废气余热回收技术	54
4.3.4	宝钢二期烧结余热回收利用技术	55
4.4	炼铁工序节能技术与设备	57
4.4.1	炼铁工序节能途径与工艺	57
4.4.2	高炉煤气余压发电 (TRT) 技术与工艺	58
4.4.3	全烧高炉煤气锅炉技术与工艺	63
4.4.4	低热值煤气燃气轮 (CCPP) 技术与工艺	65
4.5	炼钢工序节能技术与工艺	70
4.5.1	OG 法湿式除尘煤气回收技术与工艺	70
4.5.2	转炉负能炼钢技术与工艺	72
4.5.3	鲁奇-蒂森 (LT) 法干法处理技术与工艺	75
4.6	蓄热式轧钢加热炉技术与工艺	77
4.6.1	蓄热式加热炉工作原理与高风温燃烧系统	78
4.6.2	蓄热式高风温燃烧器结构特征与节能效果	78
5	有色金属工业能源利用现状与差距分析	81
5.1	有色金属工业能源消耗与利用现状	81
5.1.1	有色金属工业能源消耗与品种结构	81
5.1.2	有色金属工业能耗比重与几种主要金属能耗量	81
5.2	有色金属工业能耗与差距分析	82
5.2.1	铜工业产品综合能耗现状与差距分析	82
5.2.2	铝工业产品综合能耗现状与差距分析	82

5.2.3	铅工业产品综合能耗现状与差距分析	84
5.2.4	锌工业产品综合能耗现状与差距分析	85
5.3	有色金属工业主要金属生产系统能源消耗状况	85
5.3.1	重有色金属生产系统能源消耗状况	85
5.3.2	轻有色金属生产系统能源消耗状况	86
5.3.3	稀有金属与贵金属生产系统能源消耗状况	87
6	有色金属工业节能降耗规定与设计指南	88
6.1	节能降耗减排是有色金属工业持续发展的关键	88
6.1.1	突出重点, 狠抓节约能源	88
6.1.2	强化重点领域研究开发是实现节能减排的技术支撑与保障	88
6.2	有色金属工业节能降耗规定与设计的要求	89
6.2.1	新建、改建工程的节能降耗规定与要求	89
6.2.2	采矿、选矿工序节能降耗规定与要求	90
6.2.3	有色金属冶炼工序节能降耗规定与要求	91
6.2.4	有色金属加工节能降耗规定与要求	91
6.2.5	工业窑炉余热余能利用规定与要求	92
6.3	有色金属工业能源消耗指标	92
6.3.1	有色金属工业综合能耗定义与分类	92
6.3.2	各种能源折算原则与折算标准煤系数	93
6.3.3	有色金属工业能源消耗指标	94
7	有色金属工业节能工艺技术与装备	98
7.1	重有色金属冶炼节能工艺技术与设备	98
7.1.1	铅锌金属冶炼技术节能工艺与设备	98
7.1.2	加拿大铜、镍、锌冶炼节能工艺与设备	101
7.1.3	创建再生铅产业, 发展循环经济的节能技术	102
7.2	轻有色金属冶炼节能工艺与设备	104
7.2.1	氧化铝生产节能技术与设备	104
7.2.2	电解铝生产的节能技术与设备	110
7.2.3	镁冶炼节能途径与技术措施	115
7.3	有色金属冶炼节能减排清洁生产新工艺与设备	118
7.3.1	顶吹-旋风炉熔炼法	118
7.3.2	火焰旋风炉反应器	118
7.3.3	炼锌烧结减废技术	118
7.3.4	火法炼铜无废工艺	118
7.3.5	炼铅减废技术	119
	参考文献	120

第二篇 钢铁工业污染物减排技术指南

8	钢铁工业环境保护的现状与差距	122
8.1	钢铁工业用水与废水排放现状分析	122
8.1.1	钢铁工业用水与废水回用现状	122
8.1.2	钢铁工业废水排放污染物与工序排污分析	124
8.1.3	钢铁工业节水现况与潜力分析	126

8.2	钢铁工业排放大气污染物分析	128
8.2.1	钢铁工业粉尘排放场所	128
8.2.2	钢铁工业烟气粉尘排放特点	129
8.2.3	钢铁工业烟气粉尘排放与处理现状分析	129
8.3	钢铁工业固体废弃物排放与处理利用现状	131
8.3.1	钢铁工业固体废弃物排放现状	131
8.3.2	钢铁工业固体废弃物综合利用情况	132
8.4	钢铁工业环保水平与差距	133
8.4.1	钢铁工业水污染治理整体水平与差距	133
8.4.2	钢铁工业烟气治理水平与差距	134
8.4.3	钢铁工业固体废弃物治理水平与差距	134
9	钢铁工业节水减排措施与设计指南	137
9.1	节水减排一般规定与要求	137
9.1.1	节水减排一般规定	137
9.1.2	钢铁企业用水量控制与设计要求	138
9.2	采矿、选矿与原料场的节水减排措施与设计要求	139
9.2.1	采矿场节水减排措施与设计要求	139
9.2.2	选矿厂节水减排措施与设计要求	140
9.2.3	原料场节水减排措施与设计要求	140
9.3	烧结球团厂和焦化厂节水减排措施与设计要求	141
9.3.1	烧结球团厂节水减排措施与设计要求	141
9.3.2	焦化厂节水减排措施与设计要求	141
9.4	炼铁厂节水减排措施与设计要求	142
9.4.1	用水指标与一般规定	142
9.4.2	节水减排措施与设计要求	142
9.5	炼钢厂节水减排措施与设计要求	143
9.5.1	用水指标与一般规定	143
9.5.2	节水减排措施与设计要求	143
9.6	轧钢厂节水减排措施与设计要求	144
9.6.1	轧钢厂用水指标与一般规定	144
9.6.2	热轧、冷轧车间节水减排措施与设计要求	144
10	钢铁工业烟气粉尘减排措施与设计指南	146
10.1	烟尘减排一般规定与要求	146
10.1.1	政策规定	146
10.1.2	除尘系统设计原则	146
10.1.3	集气吸尘罩设置要求与规定	146
10.1.4	除尘风管设计要求	147
10.1.5	除尘设备选择原则	148
10.1.6	风机及其联合工作时有关要求	149
10.1.7	除尘系统控制及检测规定	149
10.2	原料粉尘污染减排措施与要求	150
10.2.1	原料场污染减排措施与要求	150
10.2.2	耐火材料污染减排措施与要求	150

10.2.3	焦化厂污染减排措施与要求	151
10.2.4	烧结污染减排措施与要求	152
10.2.5	球团污染减排措施与要求	153
10.3	炼铁生产污染减排措施与要求	153
10.3.1	高炉煤气净化设计原则	153
10.3.2	贮矿槽除尘措施与要求	154
10.3.3	高炉出铁场除尘措施与要求	154
10.3.4	高炉炉顶装料除尘和铸铁机除尘措施与要求	154
10.3.5	煤磨收尘措施与要求	154
10.4	炼钢生产污染物减排措施与要求	155
10.4.1	电弧炉除尘措施与要求	155
10.4.2	铁水预处理除尘措施与要求	155
10.4.3	转炉二次烟气除尘措施与要求	155
10.4.4	钢包精炼炉和混铁炉除尘措施与要求	156
10.5	轧钢生产污染物减排措施与要求	156
10.5.1	火焰清理机除尘措施	156
10.5.2	热轧精轧机除尘措施	156
10.5.3	平整机、抛丸机、修磨机除尘措施	157
10.6	铁合金污染物减排措施与要求	157
10.6.1	矿热电炉除尘措施	157
10.6.2	钨铁电炉除尘措施	157
10.6.3	铝铁电炉除尘措施	158
11	钢铁工业固体废物的减排措施与设计指南	159
11.1	固体废物减排基本原则与要求	159
11.1.1	基本原则与规定	159
11.1.2	一般要求与规定	160
11.2	采矿、选矿和原料场固体废物减排措施与设计的要求	160
11.2.1	采矿场固体废物减排措施与设计的要求	160
11.2.2	选矿厂固体废物减排措施与设计的要求	161
11.2.3	原料场固体废物减排措施与设计的要求	161
11.3	球团、烧结和焦化厂固体废物减排措施与设计的要求	161
11.3.1	球团、烧结厂固体废物减排措施与设计的要求	161
11.3.2	焦化厂固体废物减排措施与设计的要求	161
11.4	炼铁、炼钢厂固体废物减排措施与设计的要求	162
11.4.1	炼铁厂固体废物减排措施与设计的要求	162
11.4.2	炼钢厂固体废物减排措施与设计的要求	163
11.5	热轧、冷轧厂和金属制品厂固体废物减排措施与设计的要求	163
11.5.1	减排措施与要求	163
11.5.2	设计规定与要求	164
11.6	铁合金、碳素厂固体废物减排措施与设计的要求	164
11.6.1	铁合金厂固体废物减排措施与设计的要求	164
11.6.2	碳素厂固体废物减排措施与设计的要求	165
12	钢铁工业废水资源化与节水减排技术	166
12.1	钢铁工业节水减排基本原则与方法	166

12.1.1	钢铁工业废水种类与特征	166
12.1.2	钢铁工业废水基本处理原则与方法	166
12.1.3	钢铁工业节水减排基本原则	168
12.2	烧结工序废水资源化与节水减排技术	170
12.2.1	烧结废水特征与水质水量	170
12.2.2	烧结废水资源化处理工艺与节水减排技术	171
12.2.3	烧结废水资源化回用与减排工程实例	176
12.3	高炉废水资源化与节水减排技术	181
12.3.1	高炉废水特征与水质水量	181
12.3.2	高炉废水资源化处理工艺与节水减排技术	183
12.3.3	高炉废水资源化回用与减排工程实例	193
12.4	转炉、连铸废水资源化与节水减排技术	201
12.4.1	转炉、连铸废水特征与水质水量	201
12.4.2	转炉、连铸废水资源化处理工艺与节水减排技术	206
12.4.3	转炉、连铸废水资源化回用与减排工程实例	214
12.5	轧钢废水资源化与节水减排技术	222
12.5.1	热轧、冷轧废水特征与水质水量	222
12.5.2	热轧、冷轧废水资源化处理工艺与节水减排技术	226
12.5.3	热轧、冷轧废水资源化回用与减排工程实例	239
13	钢铁工业烟气粉尘减排与余热利用技术	251
13.1	钢铁工业烟气减排基本原则与净化机理和设备	251
13.1.1	减排基本原则	251
13.1.2	除尘净化机理与设备	252
13.2	烧结烟气粉尘资源化与减排技术	257
13.2.1	烧结烟气粉尘来源和特点	257
13.2.2	烟尘净化技术和余热回收利用技术	260
13.2.3	烧结烟气除尘与脱硫工程实例	273
13.3	焦化烟气粉尘减排与废热利用技术	280
13.3.1	焦化烟气粉尘来源与特点	280
13.3.2	烟气粉尘净化与干熄焦废热利用技术	282
13.3.3	焦化烟气粉尘净化与废热利用工程实例	287
13.4	炼铁厂烟气粉尘减排与高炉煤气净化技术	292
13.4.1	炼铁厂污染物来源和特点	292
13.4.2	烟气粉尘减排和高炉煤气净化技术	294
13.4.3	烟尘粉尘减排与高炉煤气净化技术工程实例	298
13.5	炼钢烟气粉尘减排与煤气回收利用技术	303
13.5.1	烟气粉尘来源与特点	303
13.5.2	烟尘减排及转炉煤气的回收利用技术	304
13.5.3	炼钢烟尘减排与煤气净化工程实例	310
13.6	轧钢及金属制品烟尘治理与减排技术	317
13.6.1	轧钢烟气来源和特点	317
13.6.2	轧机烟气治理与减排技术	318
13.6.3	轧钢与金属制品烟尘净化工程实例	320

14 钢铁工业固体废物资源化与减排技术	325
14.1 钢铁工业固体废物特征、减排基本原则与资源化利用途径	325
14.1.1 钢铁工业固体废物种类与特征	325
14.1.2 钢铁工业固体废物资源化基本原则与利用途径	325
14.2 选矿厂固体废物资源化与减排技术	327
14.2.1 选矿厂固体废物来源与特征	327
14.2.2 选矿厂固体废物资源化与减排技术	329
14.2.3 选矿厂固体废物资源利用与减排工程实例	338
14.3 焦化厂固体废物资源化与减排技术	344
14.3.1 焦化厂固体废物来源与特征	345
14.3.2 焦化厂固体废物资源化处理与减排技术	347
14.3.3 焦化固体废物资源化利用与减排工程实例	351
14.4 烧结厂固体废物和其他生产工序的含铁尘泥资源化与减排技术	356
14.4.1 烧结厂固体废物与其他含铁尘泥的来源与特征	356
14.4.2 烧结尘泥资源化利用与减排技术	361
14.4.3 炼铁尘泥资源化利用与减排技术	362
14.4.4 炼钢尘泥资源化利用与减排技术	366
14.4.5 电弧炉粉尘资源化利用与减排技术	369
14.4.6 轧钢氧化铁皮与尘泥资源化利用与减排技术	375
14.4.7 烧结厂固体废物和其他生产工序的含铁尘泥资源利用与减排工程实例	376
14.5 炼铁厂高炉渣的资源化与减排技术	385
14.5.1 高炉渣的来源、组成与性质特征	385
14.5.2 高炉渣固体废物资源化与减排技术	387
14.5.3 高炉渣固体废物资源化利用与减排工程实例	392
14.6 炼钢厂转炉钢渣的资源化与减排技术	395
14.6.1 钢渣的分类、组成与特征	396
14.6.2 钢渣固体废物资源化与减排技术	398
14.6.3 钢渣固体废物资源化利用与减排工程实例	404
14.7 铁合金渣的资源化与减排技术	409
14.7.1 铁合金渣的种类、组成与特征	410
14.7.2 铁合金渣固体废物资源化利用与减排技术	410
参考文献	416

第三篇 有色金属工业污染物减排技术指南

15 有色金属工业污染特征与减排现状分析	420
15.1 有色金属生产排污节点与污染特征	421
15.1.1 重有色金属冶炼工艺流程与排污节点	421
15.1.2 轻有色金属冶炼工艺流程与排污节点	426
15.1.3 稀有色金属冶炼工艺流程与排污节点	428
15.1.4 黄金冶炼工艺流程与排污节点	430
15.2 有色金属工业废水排放现状与分析	432
15.2.1 有色金属冶炼废水来源与分类	432
15.2.2 有色金属冶炼废水污染特征与危害性	432

15.2.3	有色金属冶炼废水水质和水量	435
15.3	有色金属工业烟气粉尘排放现状与分析	436
15.3.1	有色金属工业烟气粉尘的来源与种类	436
15.3.2	有色金属工业烟尘特征与含尘量分析	437
15.4	有色金属工业固体废物排放现状与分析	442
15.4.1	有色金属工业固体废物来源与特征	442
15.4.2	有色金属工业固体废物化学组成与综合利用途径	443
16	有色金属工业废水处理与资源化减排技术	448
16.1	有色金属矿山废水处理回用与资源化减排技术	448
16.1.1	矿山废水来源与水质水量	448
16.1.2	矿山废水污染控制与节水减排技术措施	452
16.1.3	矿山采矿废水处理工艺与回用技术	452
16.1.4	矿山选矿废水处理回用工艺与资源化技术	458
16.2	重有色金属冶炼废水处理回用与资源化减排技术	463
16.2.1	重有色金属冶炼废水来源与特征	463
16.2.2	重有色金属冶炼废水水质水量与污染特征	465
16.2.3	重有色金属废水处理回用与资源化减排技术	467
16.3	轻有色金属冶炼废水处理回用与资源化减排技术	476
16.3.1	轻有色金属冶炼废水来源与特征	477
16.3.2	轻有色金属冶炼废水的水质水量	479
16.3.3	轻有色金属冶炼废水处理回用与资源化减排技术	481
16.4	贵有色金属和稀有金属冶炼废水处理回用与资源化减排技术	483
16.4.1	黄金冶炼废水来源与水质特征	483
16.4.2	含氰废水处理回用与资源化减排技术	483
16.4.3	稀有金属冶炼废水来源与资源化减排技术	486
16.5	有色金属冶炼废水处理回用与资源化减排工程实例	488
16.5.1	紫金山金矿含铜废水处理回用工程实例	488
16.5.2	山东招远罗山金矿含氰废水处理工程实例	489
16.5.3	贵溪冶炼厂废水处理回用工程实例	490
16.5.4	富春江冶炼厂废水处理回用工程实例	494
16.5.5	韶关冶炼厂废水处理回用工程实例	496
16.5.6	贵州铝厂废水处理回用工程实例	497
16.5.7	郑州铝厂废水处理回用工程实例	500
17	有色金属冶炼生产烟气处理与减排技术	503
17.1	轻金属冶炼生产烟气处理与减排技术	503
17.1.1	铝生产烟气治理技术	503
17.1.2	镁冶炼烟气治理技术	507
17.1.3	钛冶炼烟气治理技术	508
17.1.4	沥青烟减排技术	508
17.2	重金属冶炼生产烟气处理与资源化减排技术	509
17.2.1	铜冶炼烟气回收与排放	509
17.2.2	铅锌冶炼烟气治理技术	511
17.2.3	锡冶炼烟尘治理技术	512

17.2.4	铋冶炼烟尘治理技术	513
17.2.5	镍冶炼烟尘治理技术	513
17.2.6	汞冶炼污染治理技术	514
17.2.7	含镉烟尘治理技术	514
17.2.8	含砷烟尘治理技术	515
17.3	稀有有色金属和贵金属冶炼烟气资源化和减排技术	516
17.3.1	钼冶炼烟气治理技术	516
17.3.2	钨冶炼烟气治理技术	516
17.3.3	钽铌冶炼烟气治理技术	516
17.3.4	含铍烟尘治理技术	517
17.3.5	稀土冶炼烟气治理技术	517
17.3.6	金精矿焙烧烟尘治理技术	517
17.4	有色金属冶炼烟气资源化利用与减排工程实例	518
17.4.1	含氟烟气干法净化回收工程实例	518
17.4.2	高钛渣电炉烟气净化工程实例	520
17.4.3	沥青烟吸附净化工程实例	522
17.4.4	铜冶炼烟气除尘工程实例	524
17.4.5	含硫烟气回收硫酸工程实例	526
17.4.6	含氯烟气净化回收工程实例	529
17.4.7	炼锆烟气净化工程实例	530
18	有色金属工业冶炼固体废物资源化利用与减排技术	534
18.1	重金属冶炼固体废物资源化与减排技术	534
18.1.1	炼铜渣的处理与资源化利用减排技术	534
18.1.2	炼铅、锌渣的处理与资源化利用减排技术	536
18.1.3	炼镍钴渣的处理与资源化利用减排技术	538
18.1.4	炼锡、铋、汞渣的处理与资源化利用减排技术	539
18.1.5	从重金属冶炼渣中回收有价金属的资源化技术	539
18.2	赤泥处理与资源化减排技术	541
18.2.1	赤泥生产硅酸盐水泥技术	541
18.2.2	利用烧结法赤泥制造炼钢用保护渣	542
18.2.3	利用赤泥制造硅钙肥料和塑料填充剂	542
18.2.4	利用拜耳法赤泥制作釉面砖	543
18.2.5	赤泥其他资源化利用技术	544
18.2.6	国外赤泥处理资源化技术和国内发展动向	545
18.3	稀有金属冶炼固体废物资源化利用与减排技术	547
18.3.1	钨渣处理与资源化利用技术	547
18.3.2	钼渣处理与资源化利用技术	548
18.4	有色金属矿山废料、尾矿固体废物处理与资源化利用技术	549
18.4.1	矿山废石综合利用与覆土造田技术	550
18.4.2	尾矿砂作建筑材料技术和井下充填材料	550
18.4.3	从尾矿中回收有价元素技术	553
	参考文献	556

1

绪论

2007年3月十届全国人大五次会议做出决定,把GDP的增长作为预期性指标,把节能降耗和污染减排指标作为必须确保完成的约束性指标。因此,今后在经济建设时就必须把实现节能减排指标放在第一位,把实现GDP增长指标放在第二位。

冶金工业是能耗大户又是污染物排放大户,因此,做好节能减排工作是冶金工业持续发展的最重要的前提和条件。

1.1 冶金工业生产工序的能耗与排污特征

冶金工业通常分为黑色金属工业和有色金属工业,前者常称为钢铁工业,后者称为有色金属工业。

1.1.1 钢铁工业生产工艺的能耗与排污特征

(1) 钢铁工业生产工艺、能耗与排污节点

钢铁工业的生产工艺相当复杂。目前,有两种工艺路线支配全球钢铁工业。这两种工艺路线是“联合”法和电弧炉(EAF)法。前者常称为“长流程”,后者有时是指“短流程”。但两者之间的主要差异是它们所使用的含铁原料和种类不同。“联合”钢铁厂(或称为联合钢铁企业)主要使用铁矿石以及少量废钢,而电弧炉钢厂(或称电炉炼钢厂)则主要使用废钢,或越来越多地使用其他来源的金属铁,例如直接还原铁(DRI)。

联合钢铁厂首先必须炼铁,随后将铁炼成钢。这一工艺所用的原料包括铁矿石、煤、石灰石、回收的废钢、能源和其他数量不等的多种材料,例如油、空气、化学物品、耐火材料、合金、精炼材料、水等。来自高炉的铁在氧气顶吹转炉(BOF)中被炼成钢,经浇铸固化后被轧制成线材、板材、型材、棒材或管材。高炉-BOF法炼钢约占世界钢产量的60%以上,联合钢铁厂占地面积很大,通常年产300万吨的钢厂,可能占地4~8km²。现代大型联合钢铁厂的主要生产工艺与节点排污特征,如图1-1所示。

EAF炼钢厂是通过如下方式炼钢的:在电弧炉内熔炼回收废钢铁,并通过通常在功率较小的钢包炉(LAF)中添加合金元素,来调节金属的化学成分。通常不需要联合钢铁厂所采用的炼铁工艺较复杂的流程,用于熔炼的能源主要是电力。但目前已在增长的趋势是以直接喷入电弧炉的氧气、煤和其他矿物燃料来代替或补充电能,其生产工艺流程如图1-2所示。与联合法相比,EAF厂占地明显减少,根据国际钢铁协会统计,年产200万吨EAF厂最多占地2km²。

(2) 钢铁生产工艺的能耗与排污特征^①

联合钢铁厂的生产涉及一系列工序,每道工序都带有不同的投料,并排出各种各样的残料和废物。其中液态的有废水以及其中所含的固体悬浮物(SS)、油、氨氮、酚、氰等有毒有害物质;气态的有CO₂、SO₂、NO_x、H₂S、CO以及VOC与烟尘等颗粒物;固态的有尘泥、高炉渣、转炉渣、氧化铁皮与耐火材料等。其中主要成分的能源-物料的总平衡如图1-3所示。

① 王绍文,钱雷等编著。钢铁工业废水资源回用技术与应用。北京:冶金工业出版社,2008。

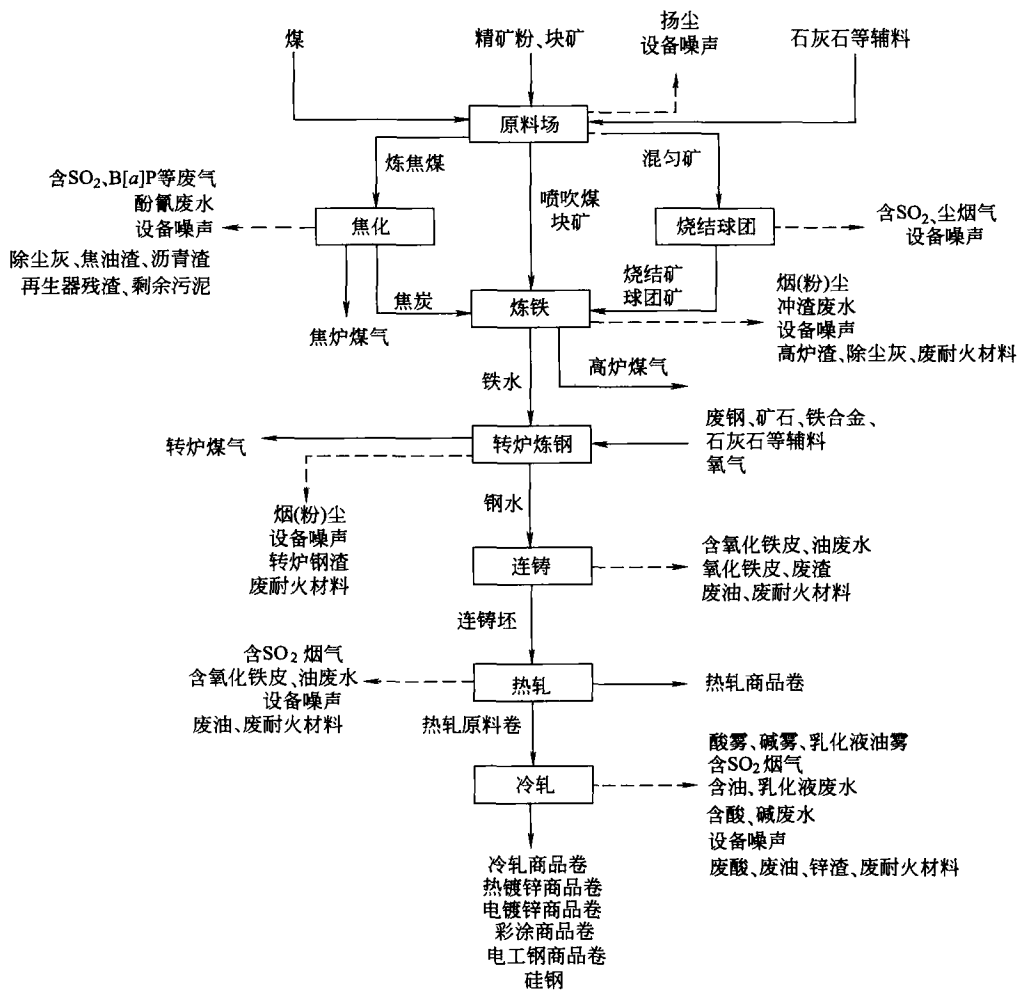


图 1-1 现代大型联合钢铁厂主要生产工艺与节点排污特征示意

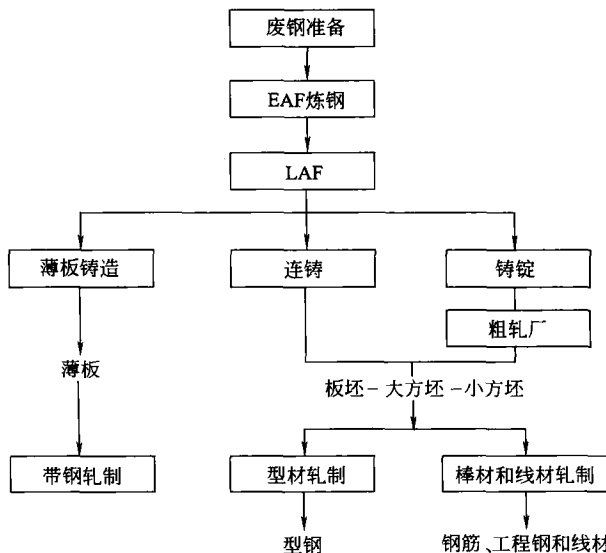
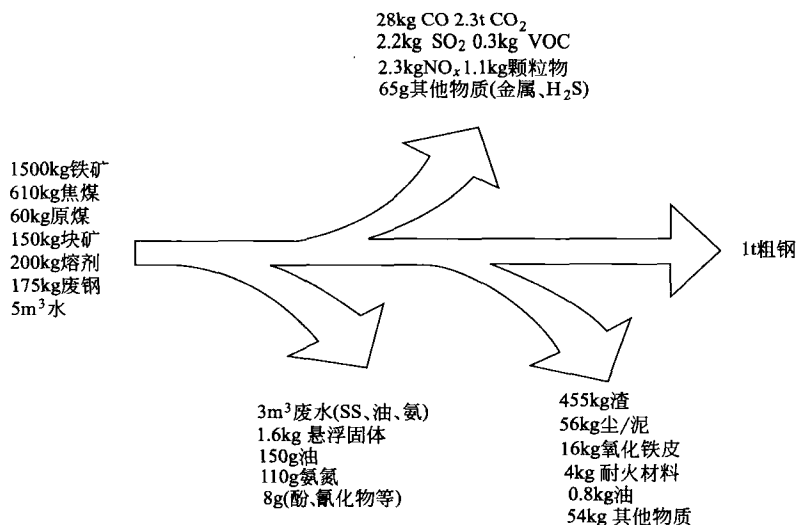


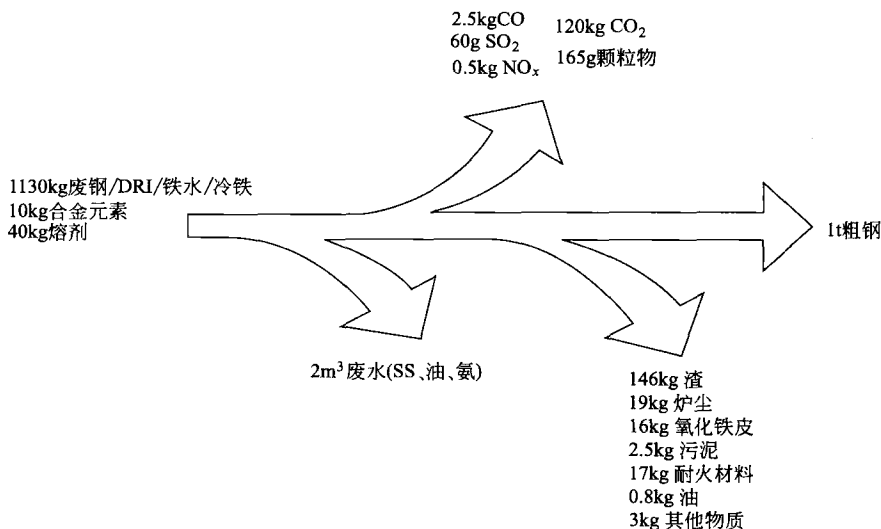
图 1-2 电弧炉钢厂生产工艺流程

图 1-3 联合钢铁企业排污特征与能源-物料平衡^①

输入能源分类: 19.2GJ 煤、5.2GJ 蒸汽、3.5GJ 电 (364kW·h)、0.3GJ 氧气、0.04GJ 天然气

输出能源分类: 5.2GJ 蒸汽、3.4GJ 电 (359kW·h)、0.9GJ 煤焦油、0.3GJ 苯

电弧炉钢厂工艺流程主要投入和产出所产生的排污要比联合钢铁厂少得多, 其排污特征和能源-物料平衡如图 1-4 所示。

图 1-4 电弧炉钢厂的排污特征与能源-物料平衡^①

输入能源细分: 5.5GJ 电 (572kW·h)、1.3GJ 天然气 (40m³)、450MJ 煤/焦炭

(15kg)、205MJ 氧气 (30m³)、120MJ 电极消耗 (3.5kg)

应该说明的是, 图 1-3、图 1-4 的数据是通过世界有代表性的钢铁联合企业的不同来源获得的, 所以, 它们虽有代表性, 但不是非常准确。该项工作是由联合国环境规划署和环境中心 (UNEP)、国际钢铁协会 (IISI) 经工程实例实测结果提出的。

^① 联合国环境规划署工业与环境中心, 国际钢铁协会编. 钢铁工业与环境技术与管理问题. 中国国家联络点译. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.