

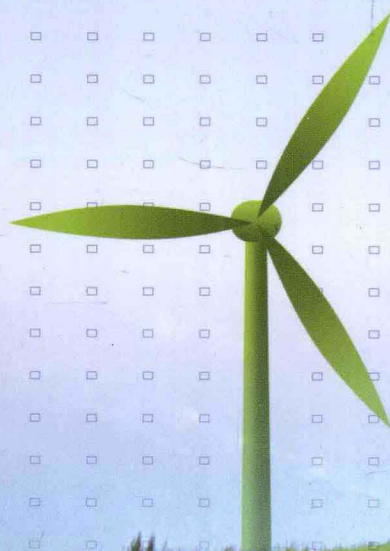
张荣华 唐运平 张志杨 主编

# 钢铁工业

## 绿色生产与绿色管理

GANGTIE GONGYE

LVSESHENGCHAN YU LVSEGUANLI



中国环境科学出版社

# 钢铁工业绿色生产与绿色管理

张荣华 唐运平 张志扬 主 编

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

钢铁工业绿色生产与绿色管理/张荣华,唐运平,张志扬  
主编. —北京:中国环境科学出版社,2010.10

ISBN 978-7-5111-0392-5

I. ①钢… II. ①张…②唐…③张… III. ①钢铁工  
业—无污染技术—工业生产—研究②钢铁工业—无污染技  
术—工业企业管理—研究 IV. ①F407.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第198232号

策划编辑 肖 卫  
责任编辑 刘 璐  
封面设计 中通世奥

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京东城区广渠门内大街16号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
联系电话: 010-67112765 (总编室)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2011年3月第1版  
印 次 2011年3月第1次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 18  
字 数 405千字  
定 价 68.00元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载,侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

## 编 委 会

主 编：张荣华 唐运平 张志扬

编 委：许丹宇 石 岩 孙 凯 侯 冀 郑先强 张金鸿

孙占宁 段进升 周晨光 刘 杰 张 维 段云霞

柴树满 潘玉桐 胥家俊 庞维亮 王 松 吕晶华

余海晨 李立春

# 前 言

钢铁工业是国民经济的重要基础产业，是国家实现经济高速增长的重要保障，也是衡量一个国家经济和社会发展水平的重要标志。近几年，在国际、国内市场的双重驱动下，我国钢铁工业取得了前所未有的大发展，令全世界所瞩目。然而，钢铁工业在快速发展的同时也面临着严峻的环境问题。钢铁生产过程中产生的大量粉尘、 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ 、废水等使其成为环境污染大户。走传统的高污染、高能耗、低效率的老路已不符合时代的要求，为了适应新时期的发展要求，实行“绿色生产”与“绿色管理”，建立资源节约型与环境友好型的绿色钢铁企业是时代赋予钢铁工作者的使命。

“绿色生产”是指以节能、降耗、减污为目标，以管理和技术为手段，实施工业生产全过程污染控制，使污染物的产生量最少化的一种综合措施。“绿色生产”与“清洁生产”的区别是：“清洁生产”的概念较专注于工业生产，“绿色生产”定义为按照有利于生态环境保护的原则来组织生产过程，创造出绿色产品。因此，在某种意义上，“绿色生产”的内涵比清洁生产更广。“绿色管理”是适应经济发展的生态化趋势而产生的一种管理理念，它是一种全新的企业管理思想和管理体系。“绿色管理”要求企业将环境保护的观念融入企业的经营管理之中，即企业的经营管理活动不仅要遵循市场经济规律的要求，而且要遵循生态环境规律的要求，从企业生产经营的各个环节着手来节约资源控制污染，实现企业可持续发展的目标。“绿色管理”是企业管理发展的一种新趋势，“绿色管理”思想也成为管理研究的一个新领域。因此，在生态环境恶化，资源日益匮乏的当今，“绿色生产”与“绿色管理”是钢铁工业实现环境保护与可持续发展的必由之路。

本书以钢铁工业的“绿色生产”和“绿色管理”为主线，全书共分为8章，分别对采矿、烧结、焦化、炼铁、炼钢、轧钢等钢铁生产环节的工艺过程与排污节点进行了系统介绍，着重阐述了控制各生产环节中废水、废气、废物排放量和资源化利用方面的绿色生产新工艺、新技术和新设备，并对我国钢铁企

业的绿色管理进行了深入研究，建立了一套钢铁企业绿色管理绩效评价指标体系。本书遵循少而精的原则，力求层次分明、重点突出、内容全面、实用性强。

编者结合自己在钢铁生产和管理领域多年的实践经验和心得体会编写此书，能够为我国钢铁工业的节能减排和可持续发展尽绵薄之力，这是编者的心愿。本书可供钢铁企业和科研单位的管理人员、设计人员和科研人员使用，也可作为大专院校环境工程专业师生的参考书。

本书的编写得到了天津市环境保护科学研究院领导的大力支持以及天津市水体污染专项治理办公室成员的积极参与，在此表示衷心的感谢！感谢天津荣程联合钢铁集团有限公司柴树满经理、潘玉桐处长为本书提供了大量技术资料和指导性意见！本书参考了大量国内外公开发表发行的期刊、论文、书籍以及专利、标准等，在此对所有作者一并表示感谢！

本书虽经多次修改校正，但由于编者水平有限，疏漏和错误之处在所难免，恳请广大同行和读者朋友批评指正。

编 者

2010年8月于天津

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....               | 1  |
| 1.1 国内外钢铁企业发展现状与趋势 .....     | 1  |
| 1.2 钢铁工业生产工艺介绍 .....         | 4  |
| 1.3 钢铁工业排污节点与污染特征 .....      | 6  |
| 1.4 钢铁工业污染治理现状及问题 .....      | 10 |
| 1.5 钢铁工业生产发展与节能减排 .....      | 14 |
| 1.6 钢铁“绿色生产”与“绿色管理” .....    | 17 |
| 第 2 章 采矿厂的绿色生产与资源化 .....     | 23 |
| 2.1 铁矿山资源现状 .....            | 23 |
| 2.2 采矿厂主要工艺与排污节点 .....       | 23 |
| 2.3 采矿厂废水处理 .....            | 26 |
| 2.4 采矿厂废气处理 .....            | 31 |
| 2.5 采矿厂废物处理 .....            | 32 |
| 2.6 采矿厂绿色生产新技术 .....         | 37 |
| 第 3 章 烧结（球团）厂的绿色生产与资源化 ..... | 39 |
| 3.1 烧结工艺与排污节点 .....          | 39 |
| 3.2 烧结废水处理 .....             | 45 |
| 3.3 烧结废气处理 .....             | 49 |
| 3.4 烧结废物处理 .....             | 54 |
| 3.5 烧结厂绿色生产新技术 .....         | 64 |
| 第 4 章 焦化厂的绿色生产与资源化 .....     | 68 |
| 4.1 焦化工艺与排污节点 .....          | 68 |
| 4.2 焦化厂废水处理 .....            | 72 |
| 4.3 焦化厂废气治理 .....            | 76 |
| 4.4 焦化厂废物处理 .....            | 84 |
| 4.5 焦化厂节能技术 .....            | 86 |
| 4.6 焦化厂绿色生产新技术 .....         | 88 |
| 第 5 章 炼铁厂的绿色生产与资源化 .....     | 93 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 5.1 炼铁厂工序与排污节点 .....            | 93  |
| 5.2 炼铁厂废水处理 .....               | 103 |
| 5.3 炼铁厂废气处理 .....               | 117 |
| 5.4 炼铁厂废物处理 .....               | 124 |
| 5.5 炼铁厂绿色生产新技术 .....            | 137 |
| <br>第 6 章 炼钢厂的绿色生产与资源化 .....    | 140 |
| 6.1 炼钢厂工序与排污节点 .....            | 140 |
| 6.2 炼钢厂废水处理 .....               | 165 |
| 6.3 炼钢厂废气处理 .....               | 174 |
| 6.4 炼钢厂废物处理 .....               | 186 |
| 6.5 炼钢厂绿色生产新技术 .....            | 200 |
| <br>第 7 章 轧钢厂的绿色生产与资源化 .....    | 204 |
| 7.1 轧钢厂工序与排污节点 .....            | 204 |
| 7.2 轧钢厂废水处理 .....               | 207 |
| 7.3 轧钢厂废气处理 .....               | 218 |
| 7.4 轧钢厂废物处理 .....               | 223 |
| 7.5 轧钢厂绿色生产新技术 .....            | 228 |
| <br>第 8 章 钢铁企业的可持续发展与绿色管理 ..... | 231 |
| 8.1 钢铁企业可持续发展研究 .....           | 231 |
| 8.2 可持续发展与绿色管理 .....            | 236 |
| 8.3 钢铁企业绿色管理研究 .....            | 239 |
| 8.4 钢铁企业绿色管理绩效评价指标体系 .....      | 253 |
| 8.5 钢铁企业绿色管理绩效评价典型实例评析 .....    | 267 |
| <br>参考文献 .....                  | 278 |

# 第1章 绪论

## 1.1 国内外钢铁企业发展现状与趋势

### 1.1.1 国外钢铁企业发展现状

20 世纪 90 年代以来,全球性的钢铁工业结构调整进展迅速,成为全球钢铁工业发展的最主要特征之一。志在扩大产量、拓展市场、开发技术、拓宽产品范围的企业集团,发生了一系列的重组兼并和联合活动。国外钢铁企业发展现状突出表现在以下几个方面:

#### (1) 世界钢铁生产能力过剩,生产重心向发展中国家转移

20 世纪 80 年代以来,世界钢产量在波动中呈缓慢增长趋势,全世界钢的总生产能力约为 10 亿 t,近年钢产量基本维持在 8.5 亿~9 亿 t 水平。可见,世界钢铁生产能力大于市场需求。从长期来看,世界钢铁需求量不会出现大幅度快速增长,而发展中国家产能增长较快,全世界钢铁产能过剩的状况将长期存在。近年来,随着世界经济一体化进程不断加快,世界钢铁生产布局也相应地发生了重大变化,钢铁生产重心逐步由发达国家向发展中国家转移,发展中国家在世界钢产量中的比重急剧上升,从 1950 年仅占 2%发展到 2000 年的 40%;西方发达国家的份额大大减少,同期从 79%下降到 42%左右。

#### (2) 国际钢材市场竞争更趋激烈,竞争焦点集中在高附加值产品

为了适应新的国际形势,发达国家的钢铁企业对产品结构进行大幅度调整,主动放弃某些盈利能力差的产品,利用技术领先优势,集中发展高附加值产品,努力扩大高附加值产品市场份额,以期在新的国际分工中占据有利地位。在世界钢材贸易结构中,板管材占贸易总量的 70%左右,工业发达国家和地区钢材出口以高附加值产品为主,出口钢材中,板管比达 75%以上。据有关专家分析,目前和今后一个时期,全球板管材产能仍将大于需求,冷轧板、不锈钢板、镀锌板等设备的开工率只有 70%左右,贸易价格波动大的状况不会在短期内缓解,市场竞争只会更加激烈。

#### (3) 钢铁产业与高新技术融合加深,技术创新步伐加快

运用信息、新材料等高新技术改造、提升钢铁产业正成为世界钢铁业发展的新趋势。如 2001 年 7 月,韩国浦项启动名为“过程创新”的数字化企业资源管理系统。该系统是集采购、销售、生产、设施和人力资源管理为一体的数字化运营系统,浦项的数字化运营模式预示了 21 世纪世界钢铁企业现代化改造的新特征。与此同时,钢铁跨国公司围绕高附加值、特殊钢材产品的研究与开发展开了新一轮的合作与竞争。如美国“9·11”事

件后，各国钢铁业纷纷开展耐高温、高强度、高韧性新一代高效钢材的研制。

世界钢铁工业出现了两轮大规模的技术创新高潮，在不到半个世纪的期间内，大致形成了三代炼钢技术。从 50 年代至 70 年代，世界钢铁工业出现了一次创新高潮，其中包括氧气顶吹转炉、连续铸钢法和连续高速轧钢机这三项具有代表性的、划时代的新技术，逐步取代了第一代钢铁技术，形成了第二代钢铁技术。80—90 年代，一些先进产钢国出现了又一次技术创新高潮，其中包括三项划时代的重大骨干创新项目，分别是：铁水预处理—炼钢炉冶炼—炉外精炼钢—连铸等系列炼钢技术；在轧钢方面形成了高精度控制形状、高性能控制材质的控制轧制技术；非高炉炼铁的熔融还原新工艺和薄板坯连铸轧技术。

技术创新活动大大提高了钢材的产量和质量，推动了先进产钢国从吨位扩张到结构优化的战略转移。日本、美国、德国、韩国积极参与这两次大的技术创新，使它们不仅成为世界产钢大国，同时也使它们在世界钢铁市场上赢得了竞争优势，成为了世界钢铁强国。

### 1.1.2 国外钢铁企业发展趋势

#### (1) 全球范围内企业兼并重组或战略联盟已成为必然趋势

随着世界钢铁工业市场竞争的加剧，世界各国特别是发达国家钢铁企业兼并重组与战略联盟可谓风起云涌，它们纷纷在全球范围寻求战略联盟，利用规模、资金、专有技术、服务网络等优势，联手在某些产品、技术领域开展全面合作。其范围也从同一国家或地区内部逐步向跨国、跨地区延伸，从而逐步形成一些在行业内具有较强控制力、能够在全球范围内优化配置资源、服务客户的钢铁巨头。如阿塞勒与新日铁缔结的全球战略联盟，联手占据了全球近 1/3 的汽车板市场份额，在汽车板方面形成绝对竞争优势地位，二者还正酝酿在其他产品上展开全面合作。为了与其抗衡，蒂森-克虏伯与 JFE 也结成战略联盟。兼并重组形成的阿塞勒集团、LNM 集团、蒂森-克虏伯钢公司、考勒斯集团及里瓦集团已占到欧洲粗钢产量的 60%，阿塞勒集团更以总能力 4 600 万 t 钢成为全球最大的钢铁企业。由此可见，全球性的钢铁企业兼并重组将在更大范围展开。

#### (2) 与上下游产业紧密合作、向超大规模趋势发展

目前，国际上还未形成真正的超大规模合并，钢铁业的全球性战略联盟也只是处于初期阶段。钢铁业的联盟及合并还应当与钢材消耗大户，如汽车业的全球化发展相匹配，与下游产业的衔接是钢铁业未来合并的关键。此外，随着钢铁需求扩张出现的原燃料供应、运输紧张的矛盾，加强与上游产业、运输业的合作也成为钢铁工业发展的一个新动向。同时受地区钢材消费总量与消费结构的限制，超大规模的钢铁企业还必须以全球作为生产基地，以解决钢材作为基础原材料的长途运输问题。为了加强钢铁业的全球竞争力和实现可持续发展，世界钢铁业最好的选择就是进一步加快合并进程，并且合并应当是全球性的，而不是仅限于某一地区。

#### (3) 新材料、新工艺、新装备的采用，向高科技趋势发展

随着市场需求与竞争、原料与能源结构、环境保护和计算机等高新技术的普及应用，钢铁工业技术含量越来越高，工艺流程向紧凑化、连续化、高效化方向发展。新技术、新工艺、新装备的采用将是钢铁工业发展的强大动力。钢铁材料的发展趋势将向高强度、

长寿命方向发展。

总之,未来国际钢铁业的竞争已进入以做大做强与战略联盟为核心的阵营间对抗的新阶段,钢铁企业将抛开传统的国别地区概念,打破现有的上下游产业界限,实施跨国、跨行业的投资与购并,并通过多种形式的战略合作,在钢铁企业之间、巨型钢铁企业与上下游产业巨头之间构筑起新的超大规模的产业集团。

### 1.1.3 国内钢铁企业发展现状与趋势

我国是钢铁生产和消费大国,粗钢产量连续 13 年居世界第一。2008 年,我国钢铁企业有 7 392 家,粗钢产量占全球产量的 38%;出口钢材占世界钢铁贸易量的 15%。国产钢铁产品已经基本能够满足国内需要,部分关键品种达到国际先进水平。2007 年,我国五大类高技术含量、高附加值品种钢材产量 5 800 万 t,占钢材总产量的 10.3%。钢铁产业的发展有力地支撑和带动了建筑、汽车、造船以及机械设备制造等相关产业的发展。

目前,我国钢铁企业在发展过程中存在的主要问题有:

① 产品质量低,产品结构有待进一步优化。中国钢铁行业在提高产品质量、优化产品结构工作上面临着十分艰巨的任务。一些国民经济急需的钢材,如大型水电机组所需板管等关键品种钢材、石化工业耐腐蚀高压容器用钢板、造船用宽幅厚钢板等,国内企业尚不能生产,只能靠进口。我国平均每年需要进口 80 万 t 的高技术含量钢材来弥补国内市场需求。

② 工艺技术、装备整体水平比较落后,主要技术经济指标与国际先进水平有相当差距。主要表现在:落后工艺和技术设备还占相当大的比重;重大冶金技术装备国产化率低;能耗高、环境污染严重的状况没有得到根本改善;现有装备技术指标落后,设备利用率低;技术开发与创新能力急需提高等方面。

③ 资源缺乏的矛盾日益突出。按照目前的消耗水平,现有冶金矿产资源将很难保证 21 世纪内生产的需求。以铁矿为例,几年来进口量逐年大幅度递增,已形成铁的增量几乎完全依赖进口矿数量增长的局面。

④ 组织结构不合理,集约化程度仍然较低。具体表现在以下几个方面:生产力分散,产业集中度低;专业化分工不明确,区域重复建设严重;劳动生产率与发达国家相比还有很大差距。

⑤ 企业市场竞争能力还有待提高。受流程、规模、质量、成本等因素的综合影响,在经济全球化的大背景下来衡量我国钢铁企业的市场竞争能力,还有许多问题急需改进,只有这些问题解决了,我们才能与国外钢铁行业进一步大举进军中国市场的既定战略相抗衡。

国外钢铁市场研究机构对中国大陆钢铁工业发展趋势及政策导向进行分析和评估,认为未来几年,中国将会采取以下措施促进国有大型钢铁公司健康发展:第一,大力限制钢材产品出口。通过限制钢材产品出口量以降低钢铁工业过热和经济通胀的压力。第二,中国有关部门对生产型材的中小型钢铁公司不会给予更多支持。这些公司资金密集程度远低于国有大型钢铁公司,企业职工也少得多,且无沉重的退休职工这一历史遗留负担,其固定费用较低。第三,中国有关部门鼓励国有大型钢铁公司并购邻近生产成本

高、规模小的小型钢铁公司。第四，中国有关部门也促使国有大型钢铁公司相互兼并，组建更大的钢铁集团。第五，中国有关部门推进国有大型钢铁公司同海外钢铁公司建立国际同盟关系，并且一旦解决财务账目核算及管理支配权问题之后，也可以同海外钢铁公司实行并购。第六，中国有关部门批准一些重大钢铁工程项目实施，以增加薄板产品生产能力，其中包括允许在沿海和江河边上新建大型钢铁工程项目。第七，中国有关部门继续拥有任命国有大型钢铁公司最高领导层的权力。第八，努力使钢铁公司成为当地经济发展战略的组成部分。第九，当中国薄板市场价格持续处在低迷疲软时，中国有关部门将可发布一些指导性意见，对当地薄板市场实行可以承受的最低限价政策。国家采取上述积极的政策措施，将起到改善市场供求关系，拉动钢材价格，促进钢铁企业又好又快发展的作用。

## 1.2 钢铁工业生产工艺介绍

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。分别是“联合”法和电弧炉法（EAF）。前者常称为“长流程”，后者有时是指“短流程”。

### 1.2.1 长流程生产工艺介绍

长流程目前应用最广，其工艺特点是：铁矿石原料经过烧结、球团处理后，采用高炉生产铁水，经铁水预处理后，由转炉炼钢、炉外精炼至合格成分钢水，由连铸浇铸成不同形状的铸坯，轧制成各类成品。全球大约 70% 的钢铁企业采取这种流程进行生产。钢铁生产长流程工艺如图 1-1 所示。

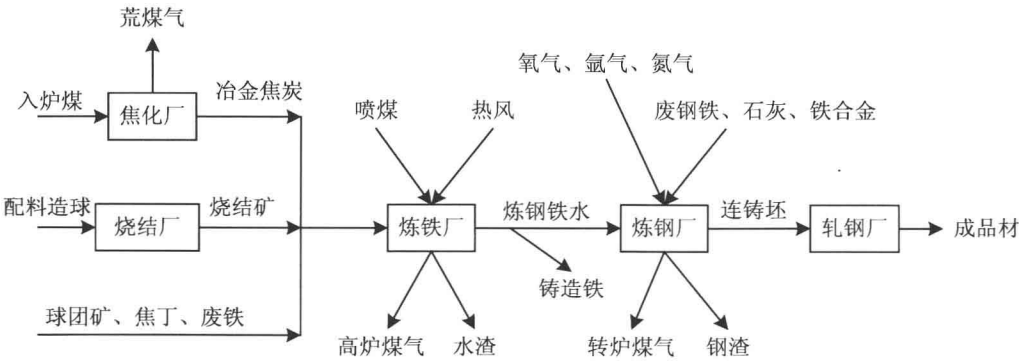


图 1-1 钢铁生产长流程工艺流程

烧结：就是把铁矿粉造块，为高炉提供精料的一种方法。是利用铁矿粉、熔剂、燃料及返矿按一定比例制成块状冶炼原料的一个过程。

炼铁：高炉冶炼过程的主要目的是用铁矿石经济高效地得到温度和成分合乎要求的液态生铁。

高炉冶炼的全过程可以概括为：在尽量低能量消耗的条件下，通过受控炉料及煤气

流的逆向运动,高效率地完成还原、造渣、传热及渣铁反应等过程,得到化学成分与温度较为理想的液态金属产品。

高炉炉料经各种化学还原反应生产出合格铁水然后通过鱼雷罐送入炼钢,然后作为炼钢原料入转炉冶炼成钢。炉渣经水冲渣排入渣池,通过渣水分离,炉渣排走,水循环利用。高炉冶炼过程中产生的副产品——高炉煤气作为低热值气体燃料供热风炉、烧结、锅炉、预热炉和加热炉等使用。

炼钢:广义上说就是铁水通过氧化反应脱碳、升温、合金化的过程。它的主要任务是脱碳、脱氧、升温、去除气体和非金属夹杂、合金化。

转炉炼钢:从鱼雷车运来的铁水经过脱硫、挡渣等处理后即可倒入转炉中作为主要炉料,另加 10%以下的废钢。然后,向转炉内吹氧燃烧,铁水中的过量碳被氧化并放出大量热量,当探头测得达到预定的低碳含量时,即停止吹氧并出钢。一般在钢包中需进行脱氧及调整成分操作;然后在钢液表面抛上碳化稻壳防止钢水被氧化,即可送往连铸或模铸工区。对要求高的钢种可增加底吹氩、RH 真空处理、喷粉处理(喷 Si-Ca 粉及变性石灰)可以有效降低钢中的气体与夹杂,并有进一步降碳及降硫的作用。在这些炉外精炼措施后还可以最终微调成分,满足优质钢材的需求。

连铸:即为连续铸钢,就是合格钢水在铸机中冷却成坯的过程。

轧钢:在旋转的轧辊间改变钢坯形状的压力加工过程。

初轧:模铸钢锭采取热装、热送新工艺,进入均热炉加热,然后通过初轧机及钢坯连轧机轧成板坯、管坯、小方坯等初轧产品,经过切头、切尾、表面清理(火焰清理、打磨),高品质产品则还需对初轧坯进行扒皮和探伤,检验合格后入库。目前,初轧厂的产品有初轧板坯、轧制方坯、氧气瓶用钢坯、齿轮用圆管坯、铁路车辆用车轴坯及塑模用钢等。初轧板坯主要供应热轧厂作为原料;轧制方坯除部分外供,主要送往高速线材轧机做原料。由于连铸板坯的先进性,初轧板坯的需求量大为削减,因此转向上述其他产品了。

热轧轧:用连铸板坯或初轧板坯做原料,经步进式加热炉加热,高压水除磷后进入粗轧机,粗轧料经切头、切尾,再进入精轧机,实施计算机控制轧制,终轧后即经过层流冷却(计算机控制冷却速率)和卷取机卷取,成为直发卷。其卷重较重、钢卷内径为 760 mm。(一般制管行业喜欢使用)将直发卷经切头、切尾、切边及多道次的矫直、平整等精整线处理后,再切板或重卷,即成为:热轧钢板、平整热轧钢卷、纵切带等产品。热轧精整卷若经酸洗去除氧化皮并涂油后即成热轧酸洗板卷。

冷连轧:用热轧钢卷为原料,经酸洗去除氧化皮后进行冷连轧,其成品为轧硬卷,由于连续冷变形引起的冷作硬化使轧硬卷的强度、硬度上升,韧塑指标下降,因此冲压性能将恶化,只能用于简单变形的零件。轧硬卷可作为热镀锌厂的原料,因为热镀锌机组均设置有退火线。轧硬卷重一般在 6~13.5 t,钢卷内径为 610 mm。

一般冷连轧板、卷均应经过连续退火(CAPL 机组)或罩式炉退火消除冷作硬化及轧制应力,达到相应标准规定的力学性能指标。

冷轧钢板的表面质量、外观、尺寸精度均优于热轧板,且其产品厚度可轧薄至 0.18 mm 左右。以冷轧钢卷为基板进行产品的深加工,成为高附加值产品。如电镀锌、热镀锌、耐指纹电镀锌、彩涂钢板卷及减振复合钢板、PVC 覆膜钢板等,使这些产品具有美观、

高抗腐蚀等优良品质，得到了广泛应用。冷轧钢卷经退火后必须进行精整，包括切头、切尾、切边、矫平、平整、重卷或纵剪切板等。冷轧产品广泛应用于汽车制造、家电产品、仪表开关、建筑、办公家具等行业。

1.2.2 短流程生产工艺介绍

短流程根据原料分为两类，一类是铁矿石经直接熔融还原后，采用电炉或转炉炼钢，其主要特点在于铁矿石原料不经过烧结、球团处理，没有高炉炼铁生产环节，这种流程目前应用较少，大约占 10%以下；另一类是以废钢作为原料，由电炉熔化冶炼后，进入后一步工序，也没有高炉炼铁生产环节，这种工艺流程约占 20%，为了提高生产效率，目前国内外许多钢铁厂在电炉冶炼中也采取兑加铁水的工艺。钢铁生产短流程工艺如图 1-2 所示。

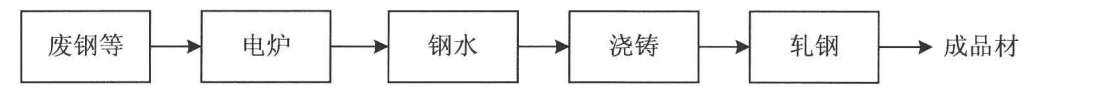


图 1-2 钢铁生产短流程工艺流程

电炉炼钢主要利用电弧热，在电弧作用区，温度高达 4 000℃。冶炼过程一般分为熔化期、氧化期和还原期，在炉内不仅能造成氧化气氛，还能造成还原气氛，脱磷、脱硫的效率很高。

熔化期：在电弧炉炼钢工艺中，从通电开始到炉料全部熔清为止称为熔化期。熔化期占整个冶炼时间的一半左右，耗电量占电耗总数的 2/3 左右。熔化期的任务是在保护炉体寿命的前提下，用最少的电耗快速地将炉料熔化升温，并造成烧化期的炉渣，以稳定电弧，防止吸气和提前去磷。

氧化期：通常指炉料熔清、取样分析到扒完氧化渣这一工艺阶段。氧化期的主要任务是氧化钢液中的碳、磷；去除气体及夹杂物；使钢液均匀加热升温。脱碳是氧化期的一项重要操作工艺。为了保证钢的纯净度，要求脱碳量大于 0.2%左右。随着炉外精炼技术的发展，电弧炉的氧化精炼大多移到钢包或精炼炉中进行。

还原期：通常把氧化末期扒渣完毕到出钢这段时间称为还原期。其主要任务是将还原渣进行扩散、脱氧、脱硫、控制化学成分和调整温度。目前高功率和超功率电弧炉炼钢操作已取消还原期。

1.3 钢铁工业排污节点与污染特征

钢铁工业是重要的基础工业部门，是发展国民经济与国防建设的物质基础。长期以来，我国钢铁工业重生产轻环保，实行先生产后治理；对环境造成一定影响。钢铁工业由于其自身工艺特点，在生产中产生大量污染物，主要可以分为以下三类：

(1) 废水

钢铁生产过程中排出的废水，主要来源于生产工艺过程用水，设备与产品冷却水，

设备和场地清洗水。70%的废水来自冷却水，生产工艺过程排出水只占一小部分，废水中含有随水流失的生产原料、中间产物和产品以及生产过程中产生的污染物。造成的污染主要有无机固体悬浮物污染、有机需氧物污染、化学毒物污染、重金属污染、酸污染、碱污染、热污染等。

### (2) 废气

钢铁企业生产过程中释放的废气占全国工业废气排放量的 16%。钢铁企业排放大量的烟气和粉尘，烟气中含有大量气态污染物。如  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  以及少量的  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NO}_x$  等，对大气环境造成了严重破坏。

### (3) 固体废弃物

钢铁工业固体废弃物是指钢铁生产过程中产生的固体、半固体及泥浆废物，主要包括采矿废石、采矿洗选过程排除的尾矿、冶炼过程中产生的各种冶炼渣、轧钢过程中产生的氧化铁皮、各个生产环节的净化装置收集的各种粉尘污泥以及工业垃圾。钢铁工业所产生的固体废物量大，有毒废物较少，而且分别含有不同的有价元素，可回收综合利用价值大。

## 1.3.1 钢铁生产工艺的排污节点

钢铁工业是我国经济建设的基础工业，由于钢材的优良性能和高强特性，钢材将在较长的时间内处于不可替代的地位。

“联合”法和电弧炉法（EAF）两者之间的主要差异是使用的含铁原料和种类的不同。“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 法在炼钢中约占世界钢产量的 60%以上，联合钢铁厂占地面积很大，通常年产 300 万 t 的钢厂，可能占地 4~8 km<sup>2</sup>。现代大型联合钢铁厂的主要生产工艺的节点排污示意图如图 1-3 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。与联合法相比，EAF 厂占地明显减少，而年产 200 万 t EAF 厂最多占地 2 km<sup>2</sup>。电弧炉钢厂生产工艺流程如图 1-4 所示。

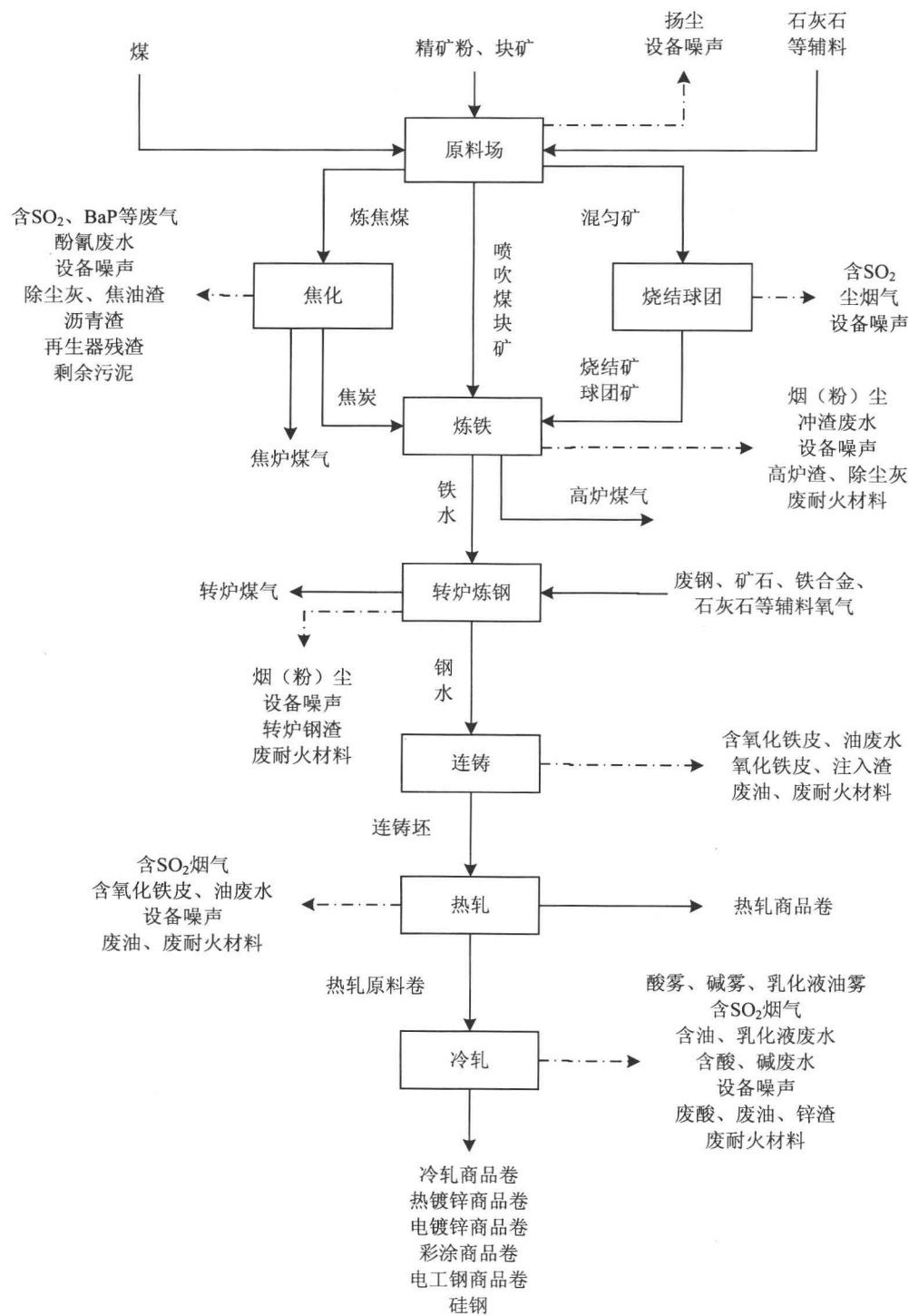


图 1-3 现代大型联合钢铁厂主要生产工艺节点排污示意图

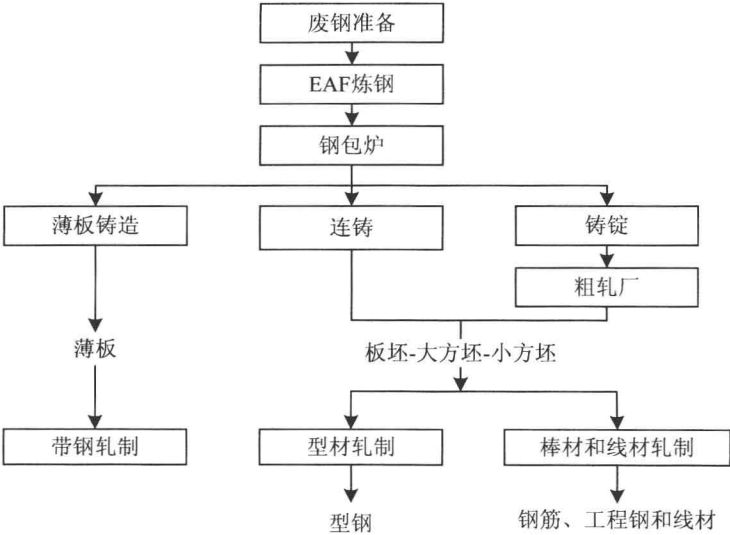


图 1-4 电弧炉钢厂生产工艺流程

1.3.2 钢铁生产工艺的排污特征

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悬浮物、油、氨氮、酚、氰等有毒有害物质；气态的有 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、H<sub>2</sub>S、CO 以及 VOC 与烟尘等颗粒；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 1-5 所示。

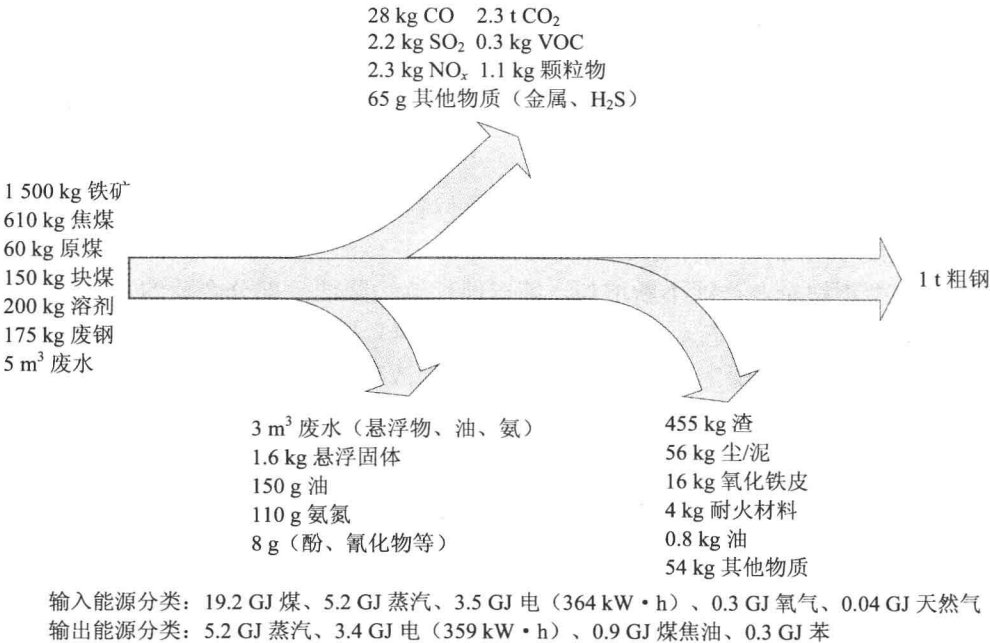


图 1-5 联合钢铁企业排污特征与能源-物料平衡