

# 钢铁工业中的计算机控制



〔日〕野坂康雄 编著

舒诒湘 译

上海科学技术出版社

GANGTIEGONGYE ZHONG DE JISUANJI KONGZHI

鉄鋼業のコンピュータ・コントロール

# 钢铁工业中的计算机控制

〔日〕野坂康雄 编著

舒诒湘 译

上海科学技术出版社

---

## 内 容 提 要

本书系根据“日本産業図書株式会社”出版的1972年版的《鉄鋼業のコンピュータ・コントロール》一书译出。它是一本综合性和实用性很强的专门介绍钢铁工业自动控制系统的专著。

本书内容共分十章,在第一章总论中提出了展望和主要问题;从第二章开始,按照高炉、转炉、初轧、型钢、厚板、热轧带钢、冷轧带钢、能量控制及生产管理等顺序,介绍较有成效的实例。内容比较丰富,不仅阐述了计算机自动控制理论和计算机自动控制装置,而且,详细介绍了计算机自动控制在钢铁工业各生产工序和生产管理方面的应用。

本书的主要特点,是始终把自动控制技术与钢铁生产过程紧紧地扣在一起,并把有关方面的知识和技术纵横交错地联系起来,融合为一体,实用性强,因此,很有参考价值。

本书可供冶金工程技术人员、生产管理人员和技术领导干部参考。亦可作为大学专业课或有关专业培训班的教学、参考用书。

鉄鋼業のコンピュータ・コントロール

野坂康雄 编著

産業図書

钢铁工业中的计算机控制

〔日〕野坂康雄 编著

舒诒湘 译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 344,000

1982年12月第1版 1982年12月第1次印刷

印数 1—2,750

统一书号: 15119·2214 定价: (科五) 1.85 元

執筆者〔執筆順〕

|          |        |                     |
|----------|--------|---------------------|
| 新日本製鉄(株) | 本社     | 計装技術室長<br>野坂康雄      |
| 新日本製鉄(株) | 本社建設本部 | 副部員<br>中園敦之         |
| 新日本製鉄(株) | 八幡製鉄所  | 計装技術室 副部員<br>岩尾範人   |
| 新日本製鉄(株) | 君津製鉄所  | 部員<br>田中 晃          |
| 新日本製鉄(株) | 八幡製鉄所  | 整備部 掛長<br>梅津美壽      |
| 新日本製鉄(株) | 君津製鉄所  | 副部員<br>高梨和夫         |
| 新日本製鉄(株) | 八幡製鉄所  | 戸畑製造所技術部 部員<br>渡辺哲夫 |
| 新日本製鉄(株) | 本社建設本部 | 次長<br>宮崎義利          |

## 译 者 的 话

《钢铁工业中的计算机控制》一书现在已从日文翻译过来与读者见面了,作为一本综合性和实用性较强的专门介绍钢铁工业自控系统的论著,在国内、外尚为少见,愿它在我国钢铁工业自动化方面能起到积极的作用。

本书重点不在于阐述自控理论和计算机等自控装置本身,而在于总结、归纳它们在钢铁生产过程中的实际应用,始终把自控技术跟钢铁生产过程紧紧地扣在一起,并把有关方面的知识和技术纵横交错地联系起来,融为一体。这是本书最宝贵的特点。

我国工业自动化水平还很低,尤其是钢铁工业,一个重要的原因就是自控技术与被控对象过程严重脱节,就是既缺乏兼具两方面知识的人,又缺少兼论二者的书。通常是搞工艺设计的人与搞自控的人组成一个班子,这就难免存在许多弊病。比较理想的是搞工艺设计的人也懂得自控方面的知识,搞自控的专家也有些生产实际方面的知识,这样才更有利于解决问题。

正如本书序言中所说:“说到计算机控制,人们往往认识不足,以为只要把过程的数学模型输入计算机就行了。其实,所谓有效的计算机控制系统,必须是对对象过程、计算机系统、各种控制装置以及操作条件等都有机相联地最佳化了的。”这也指出了我们的问题所在,阐明这个问题正是本书的主要宗旨。

本书执笔者均为新日铁公司技术人员,野坂康雄先生更是长期从事钢铁工业自动化工作,具有丰富的经验。这不仅为本书把自控与钢铁生产相结合创造了条件,而且为本书带来另一个特点,就是紧密联系生产实际,讲求实效,提出的办法大多是切实可行的,并可供设计参考。

本书虽早在1970年3月初版,但同年10月就达到第三版,说明它颇受欢迎。据了解,与现今的设计相比较,特别在系统考虑方面,它仍能反映出当今的先进水平和未来的趋势。其实,国外许多大型现代化钢厂都是1970年以前兴建或计划的,有关资料本书多已收入。何况书上提到的,有些当时还不一定做得到。相信本书现在与读者见面也还为时不晚,仍然具有很大的参考价值。

本书以大学高年级学生和工程技术人员为对象,宜作为大学专业课或有关专业培训班的教材。也可供生产管理人员和技术领导干部参考。

译者外文水平和专业知识有限,译文有不当或谬误之处,请读者批评指正。

译文承一机部天津电气传动设计研究所总工程师杨竞衡等同志在百忙之中抽空校阅了有关章节,谨在此致以深切的谢意。

译 者  
1981 年

# 序 言

计算机在钢铁工业中的应用正在各方面取得进展,目前在生产自动化方面使用效果最好,正是计算机控制起着主要作用。

和在电力、化学工业中一样,钢铁工业采用计算机控制也有很多实例,其效果受到高度评价。1960年美国最早应用,如今在世界上已有400多例。这些实例,从系统大小、功能高低和效果等方面分类,是千差万别的,其中也有不少未达到预期的效果,甚至失败了。但大多数已在生产上深入到设备自动运行方面,成为生产管理不可缺少的主要手段。

钢铁工业的使命是提供价廉质优的钢材。可是从钢铁工业的状况看,要达到这个目的并非容易。为此,钢铁工业正在采取各种改进措施,生产的自动化已被强烈认为是极其重要的问题。这样,计算机控制越来越重要,技术上也已形成一个专门的分科。

另一方面,在重视计算机控制功能的同时,系统职能的重要性也大大提高了。因为计算机控制一停,生产就得停下来。系统职能以其可靠性高低表示。这里所说的可靠性,不仅是指所用计算机方面的可靠性,还包括系统运行的一切方面都应充分可靠。

说到计算机控制,人们往往认识不足,以为只要把过程的数学模型输入计算机就行了。其实,有效的计算机控制系统,必须是对象过程、计算机系统、各种控制装置以及操作条件等都有机相联地最佳化了。因此,如果把计算机控制比喻为富士山,那么各种自动化技术、仪表测量技术、系统技术以及操作技术等就象富士山下为之奠基的原野一样,无限宽广。

计算机控制的对象起初是设备的自动化,即狭义的过程控制。但是,最近已扩展到包括生产管理的在线控制等方面,这就应作进一步努力了。

另外,从用户的立场看计算机制造厂的现状,直率地说,它们还没有充分认识到这个问题,而建立起相应的体制。这是因为计算机行业是从商用计算机出发的,而且现在也还是商用的多。因此,希望它们进一步发展在线控制用的计算机,以便更适用于生产过程,尤其是钢铁工业生产过程,它要比其他工业复杂得多。

本书基于这一观点,如实记述了钢铁工业中计算机控制的现状,内容以各位著者从事钢铁企业自动化和计算机控制的经验为基础。如果本书能供同行、其他行业以及计算机制造厂等有关人员参考,将是著者意外的欣慰。

由于在本书范围内,不可能全面阐述钢铁工业中的计算机控制,因而仅确定如下内容:在第一章总论中提出展望和主要问题,从第二章开始,按照高炉、转炉、初轧、条钢、厚板、热轧带钢、冷轧带钢、能量控制以及生产管理等顺序介绍较有成效的实例。这些例子多数来源于八幡钢铁公司,因为著者比较容易收集到那里的资料。根据前述宗旨,本书不仅对计算机,还对有关的控制设备和测量仪表装置,作了尽可能详细的叙述。

本书大概是最早发行的、专门论述钢铁工业中计算机控制的专业书了,从这一意义上讲,著者是引以为荣的。但本书并非著者一人所能写成,它记载着曾长期指导我们工作的、以前八幡钢铁公司副经理、已故的汤川正夫先生为首的各位领导,以及许多同事、部下的共同努力,谨向他们表示衷心的感谢。在整理原稿等工作中又多烦八幡钢铁厂仪表技术室以及总公司技术开发部的诸位帮助。在此谨致以深切的谢意。

编著者

1970年2月

# 目 录

## 第一章 钢铁生产过程及其计算机控制总论

|                     |    |
|---------------------|----|
| 一、钢铁生产过程概述          | 1  |
| (一) 炼铁              | 1  |
| (二) 炼钢              | 1  |
| (三) 初轧              | 5  |
| (四) 连续铸钢            | 5  |
| (五) 成品轧制概述          | 5  |
| (六) 厚板轧制            | 6  |
| (七) 条钢轧制            | 6  |
| (八) 热轧带钢            | 6  |
| (九) 冷轧薄板            | 6  |
| (十) 钢管生产            | 7  |
| (十一) 薄板的表面处理        | 7  |
| 二、钢铁生产附属设备          | 7  |
| (一) 装卸搬运设备          | 7  |
| (二) 钢铁厂的能量系统及其设备    | 8  |
| (三) 钢铁工业用水          | 8  |
| 三、钢铁工业的现状与生产规模      | 8  |
| (一) 概述              | 8  |
| (二) 增大设备容量          | 9  |
| (三) 提高设备效率          | 9  |
| (四) 钢铁生产过程中的物流      | 11 |
| (五) 钢铁厂中的能量流        | 13 |
| (六) 劳动生产率           | 13 |
| (七) 日本钢铁生产概况        | 13 |
| 四、钢铁生产过程自动化的必要性     | 13 |
| (一) 钢铁生产过程的特点       | 13 |
| (二) 目前钢铁生产的发展趋势     | 15 |
| (三) 自动化的动向和计算机控制    | 16 |
| 五、钢铁工业中计算机控制的种类和现状  | 18 |
| (一) 计算机控制的种类        | 18 |
| (二) 钢铁工业中计算机控制系统的构成 | 20 |
| (三) 计算机控制的现状和展望     | 23 |
| (四) 日本和世界各国的实例      | 25 |
| (五) 将来的计算机控制及其主要问题  | 26 |

## 第二章 原料处理、烧结、炼铁的计算机控制

|                        |    |
|------------------------|----|
| 一、原料处理设备的控制            | 31 |
| (一) 概述                 | 31 |
| (二) 原料处理设备的控制现状及计算机的应用 | 31 |
| 二、烧结过程的计算机控制           | 31 |
| (一) 概述                 | 31 |
| (二) 烧结过程的检测和自动控制       | 33 |
| (三) 烧结过程的计算机控制         | 38 |
| 三、高炉生产过程的计算机控制         | 42 |
| (一) 概述                 | 42 |
| (二) 高炉生产过程的检测和控制       | 43 |
| (三) 高炉生产过程的计算机控制       | 46 |

## 第三章 炼钢生产过程的计算机控制

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 一、概述                  | 55 |
| (一) 炼钢生产现状            | 55 |
| (二) 转炉炼钢概述            | 56 |
| (三) 转炉的终点控制           | 57 |
| (四) 转炉的计算机控制          | 58 |
| (五) 其他炼钢工艺及其计算机控制     | 59 |
| 二、转炉计算机控制系统           | 60 |
| (一) 系统的功能             | 60 |
| (二) 系统的动作             | 61 |
| (三) 系统的构成             | 62 |
| 三、静态终点控制              | 63 |
| (一) 终点控制模型的分类         | 63 |
| (二) 理论模型              | 64 |
| (三) 经验模型              | 70 |
| (四) 统计模型              | 73 |
| (五) 静态模型的比较           | 73 |
| (六) 静态控制的应用效果         | 74 |
| 四、动态终点控制              | 75 |
| (一) 动态控制的必要性          | 75 |
| (二) 动态控制的控制结构         | 75 |
| (三) 动态控制所需的各种检测器(传感器) | 78 |
| (四) 用动态方法进行终点控制的结果    | 80 |
| 五、小结和研究课题             | 82 |

## 第四章 初轧生产过程的计算机控制

|          |    |
|----------|----|
| 一、初轧生产概述 | 84 |
|----------|----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、初轧生产的自动化和自动控制       | 85  |
| (一) 均热炉               | 85  |
| (二) 轧制设备              | 85  |
| (三) 精整设备              | 88  |
| (四) 信息联络设备            | 88  |
| 三、初轧生产过程计算机控制的目的和发展趋势 | 90  |
| (一) 计算机控制的目的          | 90  |
| (二) 日本和其他国家的实况和未来     | 90  |
| 四、初轧生产过程计算机控制举例       | 92  |
| (一) 概述                | 92  |
| (二) 调度控制系统            | 93  |
| (三) 烧成预测系统            | 97  |
| (四) 轧制规程自动控制系统        | 98  |
| (五) 信息处理系统            | 101 |
| (六) 均热炉 DDC           | 103 |
| 五、初轧生产过程计算机控制的主要问题    | 104 |
| (一) 系统的灵活性            | 104 |
| (二) 自动跟踪技术上的主要问题      | 104 |

## 第五章 条钢和钢管生产的计算机控制

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、概述                | 106 |
| (一) 条钢和型钢生产概述       | 106 |
| (二) 钢管生产概述          | 110 |
| 二、型钢和钢管生产的计算机控制和自动化 | 112 |
| (一) 概述              | 112 |
| (二) 型钢锯断的计算机控制      | 112 |

## 第六章 厚板轧制的计算机控制

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、概述                 | 115 |
| 二、厚板生产过程及其设备概述       | 117 |
| (一) 加热               | 117 |
| (二) 热轧               | 118 |
| (三) 定尺和剪切            | 121 |
| (四) 热处理和精整           | 121 |
| (五) 检验、称量、出厂         | 121 |
| 三、厚板轧制计算机控制的必要性      | 121 |
| 四、厚板轧制计算机控制的功能及其系统构成 | 122 |
| (一) 功能               | 122 |
| (二) 系统构成             | 123 |
| 五、计算机控制的实际情况         | 125 |
| (一) 数据的输入、输出信息流      | 125 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| (二) 跟踪·····            | 126 |
| (三) 轧制控制功能·····        | 126 |
| (四) 道次规程的修正和轧制最佳化····· | 128 |
| (五) 其他各部分的控制功能·····    | 129 |
| (六) 温度控制·····          | 129 |
| (七) 对数学模型的考虑方法·····    | 130 |

## 第七章 热轧带钢轧机的计算机控制

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 一、概述·····                            | 134 |
| 二、设备和作业概述·····                       | 135 |
| (一) 加热炉·····                         | 135 |
| (二) 粗轧设备·····                        | 135 |
| (三) 精轧设备·····                        | 138 |
| (四) 热轧输出辊道·····                      | 139 |
| (五) 卷取机·····                         | 139 |
| 三、电器设备和检测仪表·····                     | 140 |
| (一) 检测仪表·····                        | 140 |
| (二) 精轧机的速度控制·····                    | 143 |
| (三) 自动板厚控制(AGC)·····                 | 144 |
| 四、控制功能和数学模型举例·····                   | 146 |
| (一) 加热炉的控制·····                      | 146 |
| (二) 精轧机的设定·····                      | 146 |
| (三) 精轧出口温度的控制·····                   | 151 |
| (四) 卷取温度的控制·····                     | 152 |
| (五) 数学模型的一般情况和控制方式·····              | 153 |
| 五、软件·····                            | 154 |
| (一) 程序的构成·····                       | 154 |
| (二) 程序流程图举例·····                     | 157 |
| 六、硬件·····                            | 157 |
| (一) DDC (直接数字控制)和 SCC (监督计算机控制)····· | 159 |
| (二) 与外部自动控制装置的连接·····                | 159 |

## 第八章 冷轧带钢轧机的计算机控制

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、冷轧工序概述·····        | 161 |
| (一) 与冷轧工序相关的工序·····  | 161 |
| (二) 酸洗工序·····        | 161 |
| (三) 冷轧工序·····        | 162 |
| (四) 带钢冷连轧机的轧制作业····· | 164 |
| 二、带钢冷连轧机的计算机控制·····  | 165 |
| (一) 系统概述·····        | 165 |
| (二) 计算机控制的效果·····    | 167 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 三、带钢冷连轧机的计算机控制功能       | 168 |
| (一) 钢卷跟踪               | 168 |
| (二) 初步设定计算             | 170 |
| (三) 轧制时的设定修正计算         | 174 |
| 四、冷连轧机的自动设定装置和小控制回路    | 177 |
| (一) 冷连轧机的工作方式          | 177 |
| (二) 基准速度设定装置           | 178 |
| (三) 速度比设定装置            | 179 |
| (四) 压下设定装置             | 179 |
| 五、冷轧带钢连轧机的自动板厚控制 (AGC) | 180 |
| (一) 概述                 | 180 |
| (二) 用压下量控制板厚           | 181 |
| (三) 靠张力控制板厚            | 182 |
| (四) 速度效应补偿控制           | 183 |
| (五) 计算机控制和自动板厚控制       | 183 |
| 六、冷轧带钢连轧机的检测仪表         | 183 |
| (一) 检测仪表概述及其配置         | 183 |
| (二) 张力计                | 184 |
| (三) 速度测量               | 185 |
| (四) 板厚计用的缠绕校验计数器       | 185 |
| (五) 压下力测量装置            | 185 |

## 第九章 能源方面的计算机控制

|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、钢铁联合企业中能量的使用情况 | 187 |
| 二、能源中心           | 190 |
| 三、能源中心的计算机控制     | 193 |

## 第十章 生产管理的计算机控制

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、钢铁生产过程及其生产管理的特点    | 198 |
| (一) 从生产管理看生产过程的特点    | 198 |
| (二) 生产管理的特点          | 198 |
| 二、生产管理系统及其计算机化       | 199 |
| (一) 生产管理系统的工作流程      | 199 |
| (二) 生产管理系统的计算机化      | 200 |
| 三、实例                 | 201 |
| (一) 英国钢铁公司斯宾塞钢铁厂     | 201 |
| (二) 帕克·盖特钢铁公司        | 204 |
| (三) 八幡钢铁公司君津钢厂       | 206 |
| (四) 厚板车间在线实时信息处理系统举例 | 210 |

# 第一章 钢铁生产过程及其 计算机控制总论

## 一、钢铁生产过程概述

钢铁生产过程包括从矿石原料的冶炼直至生产出钢材的各个工序,大体分为炼铁工序、炼钢工序和轧钢工序。图 1-1 就是它的概况,我们把它叫做钢铁联合生产过程,用这种过程生产钢材的企业叫做钢铁联合企业。没有炼铁工序,仅有炼钢和轧钢工序的厂叫做炼钢厂。仅有轧制工序的叫做轧钢厂。

钢铁联合生产过程,除上述三个工序外,还有原料处理、炼焦、煤气、蒸汽、电力、水道、运输等附属设备。下面就按各工序对钢铁生产过程作扼要的说明。为了方便起见,将按炼铁、炼钢、初轧、连铸以及各种成品轧制的顺序加以说明。

### (一) 炼铁

炼铁工序的核心是高炉,即用焦炭使铁矿石(氧化铁)还原,得到生铁。从高炉顶部加入矿石、焦炭以及辅助原料石灰石,从炉子下部的风口鼓入热风,使炉内焦炭燃烧,产生一氧化碳与氧化铁反应,炼成铁。原料在从炉子上部下落的过程中被预热到较高的温度,在炉子下部被还原。就铁的性质而言,它在高温下与碳共存,生铁的含碳量约为 4%。每隔一定时间,铁水从炉底的出铁口放出。最近大型高炉的有效容积达 3000 米<sup>3</sup>,每天出铁量达 7000 吨以上,因此装入的原料每天达 15000 吨之多。铁矿石中的杂质跟石灰石一起变为炉渣后排出。炉内反应生成的 CO 气体一部分变为 CO<sub>2</sub>,另一部分从炉顶排出(高炉煤气)后,被收集起来。铁水盛在铁水罐中送到炼钢车间去。

高炉的附属设备,最重要的是热风炉和鼓风设备。热风炉是用特殊耐火砖砌成的热交换器,1 座高炉配 3~4 座热风炉,轮流用于加热或鼓风。加热用的主燃料是高炉煤气,经过一定时间的加热,炉内达到预定温度后,就切断煤气,鼓入冷风,使之成为热风。

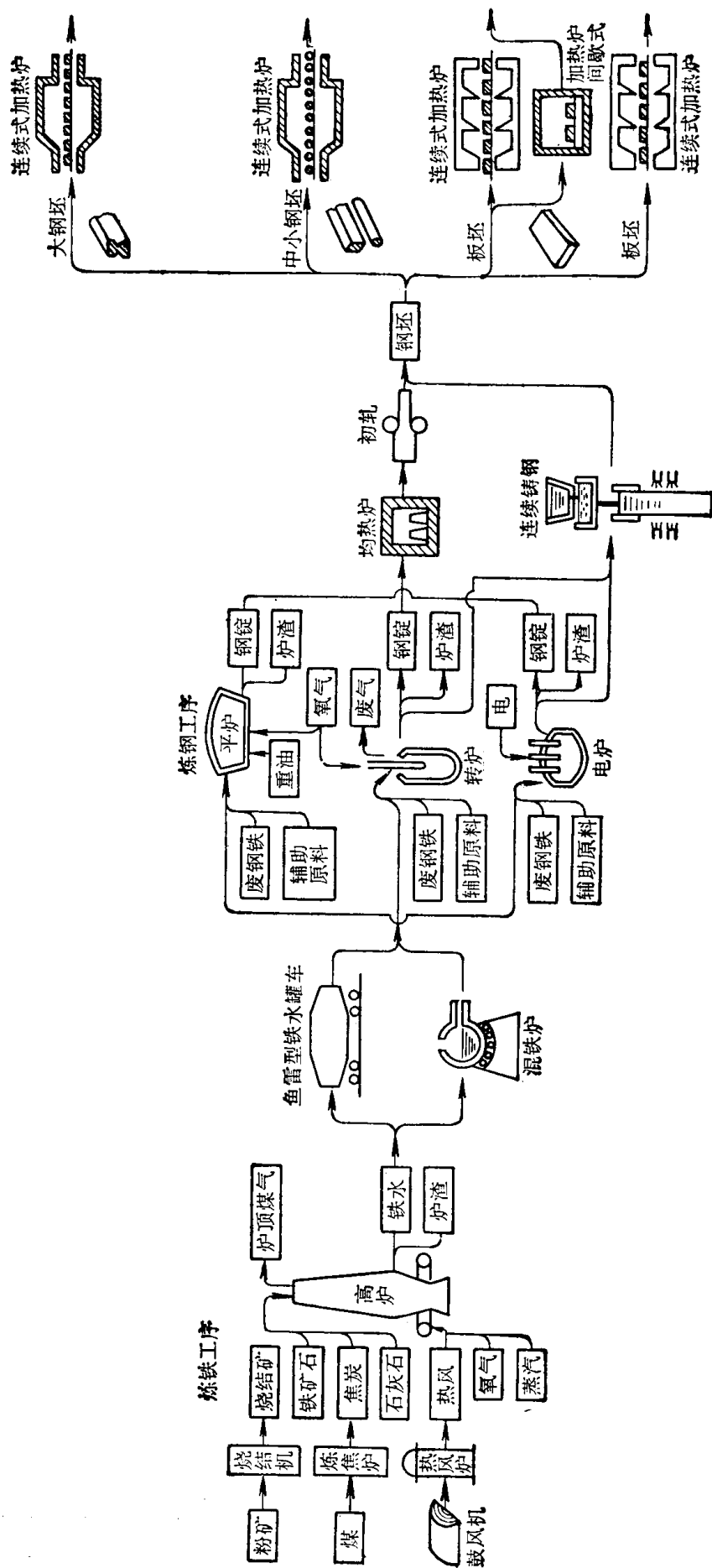
采用多级压缩鼓风机进行鼓风,用汽轮机或两极同步电动机驱动。最近大型高炉多用电力驱动,容量有的超过 30000 千瓦。

焦炉和城市煤气发生炉基本相同,但对于钢铁生产过程来说,目的是要得到转鼓强度高的焦炭,产生的煤气只是副产品。加热燃料通常是用高炉煤气。

铁矿石中往往有粉状物,并含有对炼铁不利的元素,需通过预处理提高品位。为此采用烧结设备,经过它处理后的矿石叫做烧结矿。

### (二) 炼钢

生铁的含碳量高,质硬,而塑性差,不宜充作钢材。为使含碳量符合所需钢材的标准,就要把铁精炼成钢。钢的含碳量随用途而异,一般含碳量越高,钢越硬,如表 1-1 所示。钢是铁



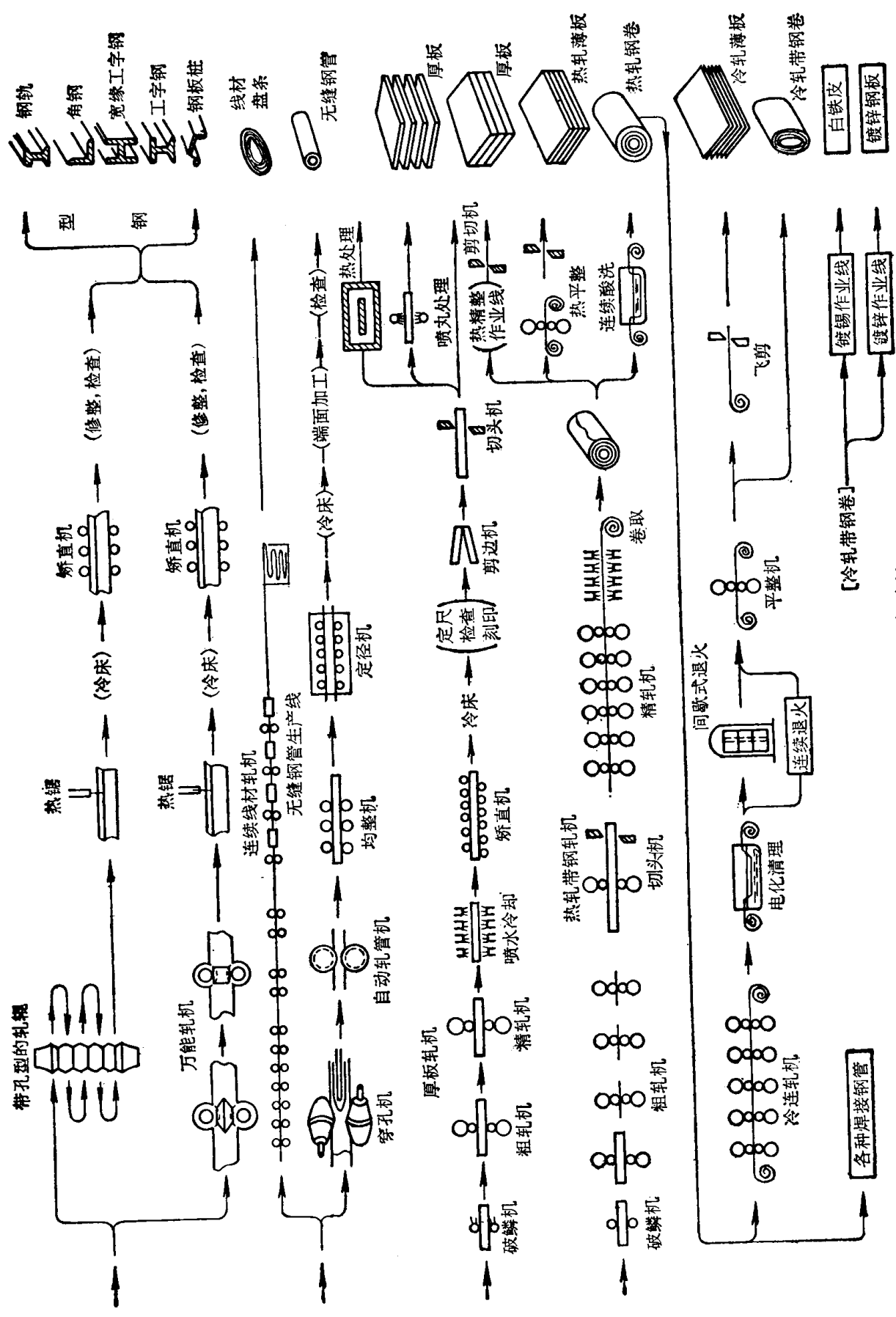


图 1-1 钢铁生产过程

与碳等元素的合金,以碳为主的称为碳钢或普通钢,含有其他特殊元素的称为特殊钢。

精炼,就是除去多余的碳。通常是把碳氧化成 CO 或 CO<sub>2</sub> 排出;同时,也除去其他一些元素。精炼成的钢水要浇入一定大小的铸模内,铸成钢锭,叫做铸锭。从精炼到铸锭称为炼钢工序。精炼有各种方法,现在以转炉为主,此外,还有电炉和平炉。平炉在十几年前曾一度占主要地位,现已不断减少。

表 1-1 钢的种类和成分

|             |                  | 钢 的 种 类 | 成 分 (%)                                 | 主 要 用 途               |
|-------------|------------------|---------|-----------------------------------------|-----------------------|
| 普<br>通<br>钢 |                  | 极 软 钢   | C < 0.12                                | 汽车钢板,家庭电器,白铁皮,镀锌铁皮,薄板 |
|             |                  | 软 钢     | C 0.12~0.30                             | 船舶钢材,车辆钢材,结构件,机械结构    |
|             |                  | 硬 钢     | C 0.30~0.50                             | 车轮,车轴,机械部件,弹簧         |
|             |                  | 最 硬 钢   | C 0.50~0.90                             | 车轴,钢轨,钢缆,弹簧           |
| 特<br>殊<br>钢 | 低<br>合<br>金<br>钢 | 碳素工具钢   | C 0.60~1.5                              | 刃具,锉刀,车刀,盘簧,钻岩机刀头     |
|             |                  | 硅 钢     | Si 0.5~5                                | 电机,变压器                |
|             |                  | 合金结构钢   | Ni 0.4~3.5<br>Cr 0.4~3.7<br>Mo 0.15~0.7 | 螺栓,螺帽,轴,涡轮机叶片         |
|             |                  | 合金工具钢   | Cr < 1.5<br>W < 5<br>Ni < 2             | 车刀,模具,锉刀,锯条           |
|             | 高<br>合<br>金<br>钢 | 不 锈 钢   | Ni 8~16<br>Cr 11~20                     | 餐具,家具,车辆,化工机械         |
|             |                  | 耐 热 钢   | Ni 13~22<br>Cr 8~26                     | 特殊引擎,高温材料             |
|             |                  | 高 速 钢   | W 6~22<br>V Co                          | 高强度车刀,钻头              |
|             |                  |         |                                         |                       |

#### (1) 转炉 (参看第三章一)

(2) 电炉 小至数吨,大至 100 吨以上,几乎全是三相艾鲁(Heroult)式电弧炉。原料用联合企业中的铁水或平炉、电炉炼钢厂的废钢。电弧产生的热使原料熔化,利用空气中的氧和外加的氧精炼。时间一般为 3~4 小时,最近采用了超高功率电炉,电流密度提高两倍多,精炼时间缩短一半,大大提高了炼钢效率。在日本,由于电费的原因,电炉主要用于生产特殊钢,将来要推广到生产普通钢。

(3) 平炉 炉床是长方形的,加入铁水和废钢,在其表面用重油烧嘴点火,进行精炼。向烧嘴鼓入在平炉左右两侧的蓄热室内与废气进行热交换而被加热的助燃空气。

(4) 铸锭作业 钢水盛入盛钢桶,由吊车运到事先准备好许多钢锭模的铸锭场。适当开启盛钢桶底的水口,让钢水平稳地注入钢锭模。注入有两种方法,一种是上注法,钢水直接从钢锭模上面注入;另一种是下注法,钢水通过注入管从钢锭模底部注入。精炼后钢中还含有大量的氧,出钢前投入锰铁、硅铁以及铝等脱氧剂,可除去或减少钢中的氧。所得的钢按脱氧程度由多到少,依次分为镇静钢、半镇静钢、沸腾钢三种,分别有不同的用途。

注入的钢水在钢锭模内凝固后,用吊车脱模,便得钢锭。钢锭小的重量不到 100 公斤,大的重达 30~40 吨,联合生产过程中多为大钢锭。用于轧制的钢锭断面形状通常是正方形或矩形。根据钢种不同,有时在快要铸锭之前须除去钢中的气体,就在真空槽内进行脱气处理。

钢锭(粗钢)产量是钢铁生产很重要的指标,钢材产量低于钢锭产量。

### (三) 初轧

钢锭在成分上已符合钢材的要求,把它加工成规定尺寸和形状的工序叫做轧钢工序。所谓轧制就是利用塑性变形原理将钢锭放到两个旋转着的轧辊之间进行加工。轧钢工序是从初轧工序开始的。初轧的目的是生产出所需尺寸的钢坯,同时改善铸锭内部组织和缺陷,并切除钢锭头尾的缩孔部分。初轧过程包括均热、轧制、剪切等工序(详见第四章)。

### (四) 连续铸钢

生产钢坯需经过铸锭、均热、初轧三道工序,连续铸钢就是把它们缩减为一道工序的生产过程,连铸机是极其重要的新型设备。它在有色金属工业中已经用得很普遍,而钢铁企业中由于设备费用高和效率低等原因,目前还不如采用初轧。但是,经过技术改进,连铸将成为主流。连铸的优点不仅是缩减了工序,也提高了成材率,初轧成材率为 80%,而连铸可达 95% 以上。日本也已建成了不少板坯或小钢坯连铸机。图 1-2 为板坯连铸机。盛钢桶内的钢水注入经过预热的中间包,在保持中间包液位一定的条件下,注入无底结晶器。结晶器是铜制的,采取水冷方式,并能机械地上下运动。由结晶器出来的连铸坯立刻受到冷却水的喷射,加速凝固,并由夹送辊拉引。在适当的地方进行火焰剪切或机械剪切,成为板坯。如果用垂直往下拉板坯的办法,设备要相当高,所以小钢坯连铸机也有使连铸坯弯曲成弧形的办法。

### (五) 成品轧制概述

钢坯经过各种轧机加工成钢材,钢材的规格、品种很多,加工过程也各不相同。按轧制温度可分为把钢坯重新加热到高温进行轧制的热轧(厚板、型钢、热轧带钢)和在常温下进行轧制的冷轧(薄板等)。热轧时,钢坯先经加热炉加热。轧机按其轧辊数目及配置分为二辊式、四辊式、多辊式(十二辊、二十辊等)、行星式以及万能式轧机等。此外,又可分为单机架(一台轧机)轧制(多为可逆式)和多机架排列顺次轧制的连续轧制。轧辊需根据钢材截面形状调到一定的间距,这叫做压下。轧制钢板时用圆柱形轧辊,而轧制型钢时用开有各种孔型的轧辊。对于多辊式来说,除直接与钢材接触的工作辊外,还有为增加工作辊强度的支承辊。都是用电动机驱动。需要反转或控制速度时可用直流电机。除轧机外,根据不同目的,还需要翻钢机、辊道、剪切机、除鳞机、冷床等设备。成品轧制工序分为加热、轧制和对轧制后的钢材进行冷却、定尺、剪切、检查、修整、热处理。

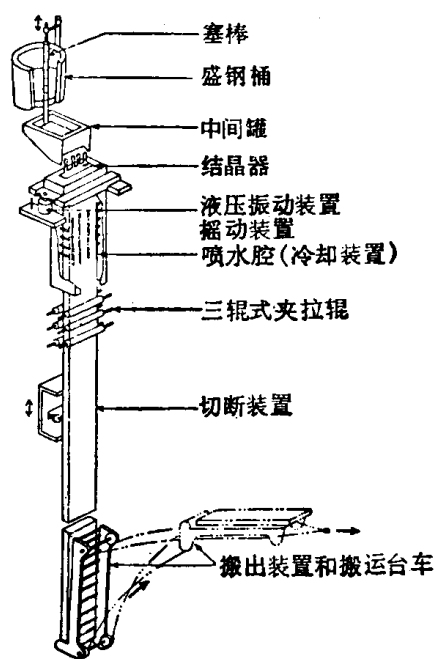


图 1-2 板坯连铸机

理等部分,后者总称精整工序。下面简要介绍典型的轧制方法。

### (六) 厚板轧制

所谓厚板是指厚度在3毫米以上的钢板,这种钢板是造船、机械构件和高压容器等用的钢材,是重要的品种。它的生产工序是:板坯加热炉→粗轧(可省略)→精轧→冷却→定尺→剪切→检查。

精轧机多用四辊式可逆轧机,板坯经过十几道轧制即为成品。就可逆轧制而言,为实现各道次的压下量、速度、停止位置和轧辊反转定时等操作的自动化,已引入计算机控制技术,进行自动预设控制(APC)和减小成品厚度变动的自动厚度控制(AGC)。

成品钢板冷却后,进行目视检查,定尺(决定剪切线)和打印,并由剪切机剪切成定货尺寸。最后经过各种材料检查 and 无损探伤检查再出厂。

### (七) 条钢轧制

条钢有钢轨、型钢、棒钢、线材等多种,轧机也有多种。大致分为孔型辊轧机(钢轨、工字钢、槽钢、钢板桩、圆钢、线材)和万能轧机(宽缘工字钢、钢轨等),最近发展趋势是采用万能轧机。

由于万能轧机可以轧制出带孔型的轧机所不能轧成的截面,而且调整较为简单,所以在大型轧机方面用得越来越多。钢轨、型钢、圆钢轧成后就可直接锯成规定的长度。

线材(直径为5.5~16毫米左右的圆钢)轧机是连续式的,精轧速度最快可超过30米/秒。用带孔型的轧辊,轧成后由高速卷取机卷绕。

### (八) 热轧带钢

带钢热轧机是由板坯生产宽带钢(带钢绕成卷叫做热轧带钢卷)的设备,它的生产效率极高,薄板可全部用这种轧机生产。用它还能生产厚板。带钢热轧机在钢铁生产中生产效率最高,自动化程度也最高,已实现由计算机全部自动控制。

成品热轧带钢卷可以直接出厂,也可由热精整线剪切加工成板材出厂,又可作为冷轧工序的原材料。

### (九) 冷轧薄板

热轧带钢卷除去氧化皮(常用酸洗)后,在常温下轧制成薄板。现在几乎所有的薄板成品都可用这种办法生产,除普通钢板外,不锈钢板等也可用类似的方法生产。用冷轧生产的薄板(冷轧薄板)与热轧产品相比,具有表面光洁、质硬、易于拉拔或挤压加工等多种优点,越来越广泛地用于制造汽车、家庭电器、家具、容器等。最常见的冷轧薄板生产过程以带钢冷轧机为中心,包括从热轧带钢卷→连续酸洗→轧制(带钢冷轧机)→电化清理和退火→平整→剪切→薄板等工序。

(1) 连续酸洗 这是将热轧带钢连续通过稀硫酸或稀盐酸槽,以除去其铁鳞的过程。钢卷头尾焊接起来,通过酸洗槽后,再绕成卷。

(2) 带钢冷轧机 分串列式和可逆式两种,前者生产效率较高。串列式带钢冷轧机通常由五架四辊式轧机和卷取机组成,每个带钢卷经过喂料、加速、稳定轧制、减速等反复作业