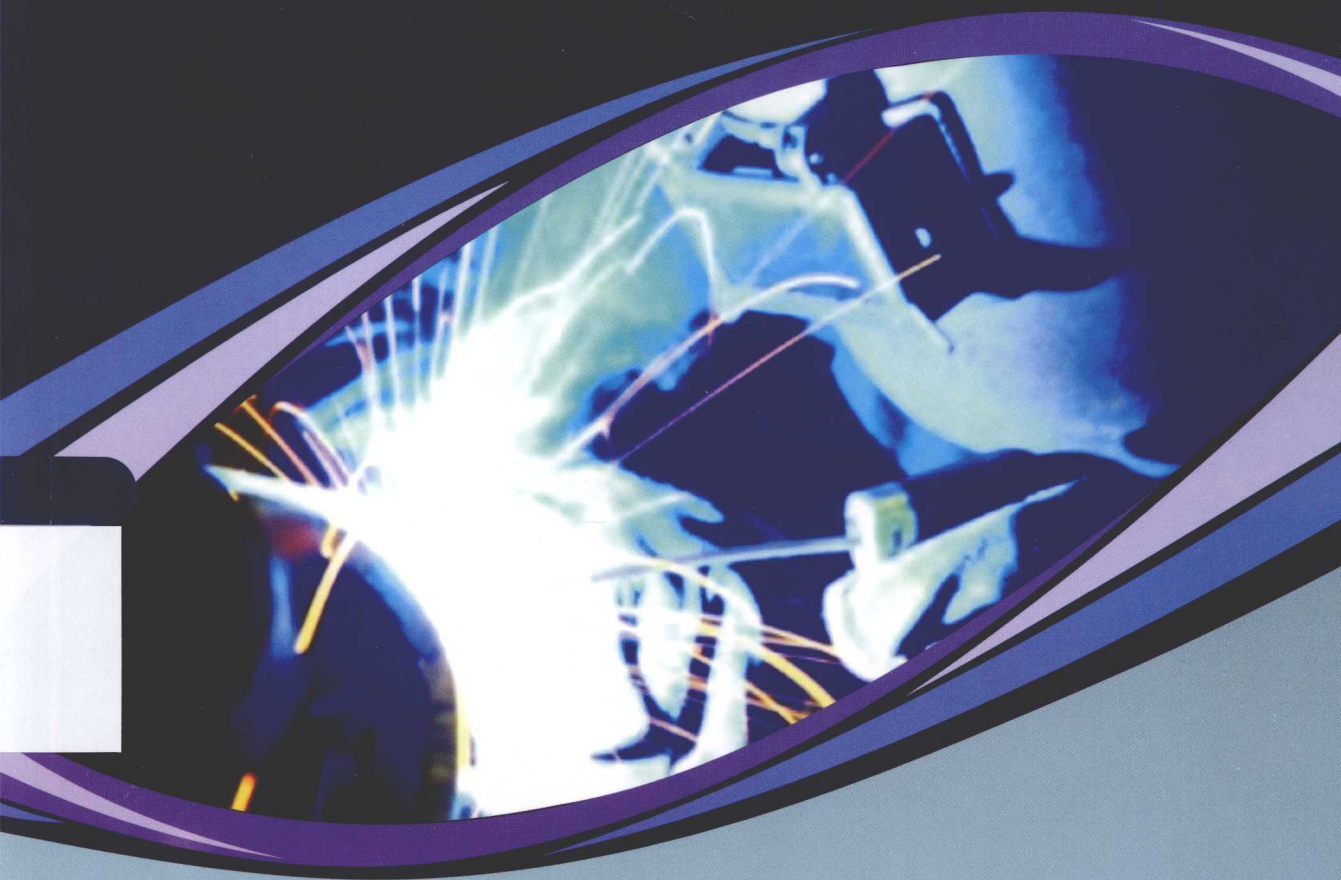


JIANMING GONGYE JISHUXUE

# 简明工业技术学

(工商管理及经济管理类专业适用)

曹英耀◎主编



中山大学出版社

· 013025625

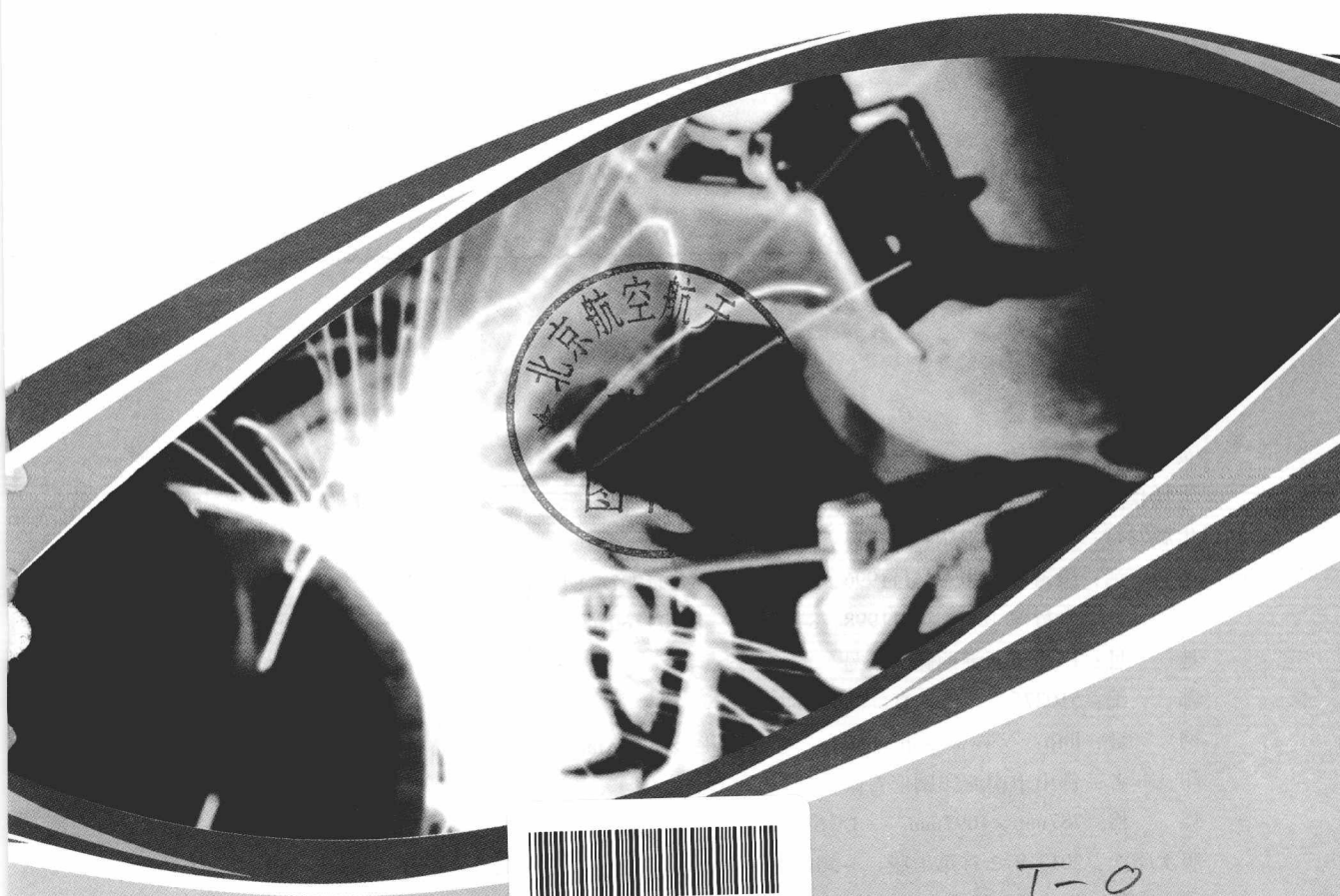
T-0  
03

JIANMING GONGYE JISHUXU

# 简明工业技术学

(工商管理及经济管理类专业适用)

曹英耀◎主编



北航

C1632562

中山大学出版社

· 广州 ·

T-0

03

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

简明工业技术学/曹英耀主编. —广州: 中山大学出版社, 2013. 2  
ISBN 978 - 7 - 306 - 04435 - 8

I. ①简… II. ①曹… III. ①工业技术—理论 IV. ①T-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 021264 号

---

出版人: 祁 军

策划编辑: 周建华

责任编辑: 曹丽云

封面设计: 曾 斌

责任校对: 曾育林

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: [zdcbs@mail.sysu.edu.cn](mailto:zdcbs@mail.sysu.edu.cn)

印 刷 者: 佛山市南海印刷厂有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 19.625 印张 465 千字

版次印次: 2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 2000 册 定 价: 39.80 元

---

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

# 内 容 简 介

工业技术是工业产品生产制造之术，是每一个工业生产操作人员、工商企业管理人员以及各经济部门管理人员都必须学习和掌握的技术，也是大学教育中工商管理专业及各经济管理专业学生应当学习和掌握的知识技能。本教材将现代工业若干基本部门的生产知识技术，包括冶金、机械、电子、化工、能源、建材、纺织、食品等工业生产技术综合在一起，高度概括，简明易懂，可用作大学本科、专科和高职高专的工商管理专业及各经济管理专业的教材，也可以用作工商企业和经济管理部门在职人员的培训教材和自学书籍。

# 前言

技术，多指产品生产制造之术。生产技术是区分社会经济时代的重要标志。手工业技术体现了农业经济时代的工业萌芽，大机器工业技术是工业经济时代的根本标志，电子信息技术标志着知识经济时代的到来。上述手工业技术、大机器工业技术、电子信息技术可以统称为工业技术，即工业产品开发制造之术。工业技术是每一个工业生产操作人员、工商企业管理人员以及各经济部门管理人员都必须学习和掌握的技术，更是大学教育中工商管理专业及各经济管理专业学生应当学习和掌握的知识技能。

工业技术学是一门面向工商管理专业及各经济管理专业的学生和管理人员设置的、综合介绍各工业部门产品生产基本流程及相关工艺技术的课程。它不同于理工科专业的工业技术专业课程，一般要比理工科专业技术课的内容简略一些，侧重于从生产流程的角度介绍其基本工艺技术。早在20世纪50年代，我国一些大学的工业管理专业和其他经济管理专业就已经开设这门工业技术课，并延续至今。可见，工业技术学在我国大学经济管理专业教育中是一门有几十年历史的老课程。但是，限于几十年前我国社会经济和高等教育的条件，工业技术学基本上是一门无成书教材的讲座式课程。本书主要作者曹英耀20世纪60年代毕业于中国人民大学工业经济管理专业，当时所学习的专业课中就有工业技术学课程，分为采矿、冶金、机械、化工、发电等若干部分，无成书教材，而是由老师将一些简要材料（称为“讲义”）油印发给学生，并且学生多数是到厂矿企业中去，一边实习劳动一边听课学习，真正做到理论与实践相结合，学生收获丰厚。大学毕业后，老师当年讲课发下来的那些油印的零散“讲义”早已荡然无存，但学生们所学到的工业生产知识技能对一生的工作和发展影响深远。许多学生都是因为当年在大学里学到了工业各部门生产的技术知识和管理技能，在日后的工作中逐步成长为工业或相关经济部门的厂长、书记、局长、厅长、市长、省长、部长、教授、总经济师、总会计师、总工程师等，成为国家经济建设的骨干人才。

本书尝试着将现代工业若干基本部门的生产技术，包括冶金、机械、电子、化工、能源、建材、纺织、食品等工业技术综合在一起出版，为大学工商管理专业及各经济管理专业教学提供一本工业技术学教材。本书的特点是具有生产实践性、知识技能性、实操应用性和综合简明性，并且简明易懂，尽量让学习者有兴趣阅读，学有所得，增长知识，提高技能，在今后的工作、学习、教学乃至日常生活中发挥助力作用。本书可用作大学本科、专科和高职高专的工商管理专业及各经济管理专业的教材，也可以用作工商企业和经济管理部门在职人员的培训教材和自学书籍。

本书作者分别是于20世纪60年代、80年代、90年代毕业的工业管理、工程技术等专业的大学生、研究生，系高级经济师、高级工程师、大学副教授等，曾分别在工业

企业、大专院校、科研机构和政府经济管理部门工作，有深厚的技术理论基础和丰富的实践经验。全书由曹英耀策划、构思和设计，并提出各章主要纲目，然后由各位作者分别编写。其中，曹英耀编写第一章“冶金工业技术”、第三章“电子工业技术”、第五章“能源工业技术”、第六章“建材工业技术”，李志坚编写第二章“机械工业技术”，曹毅编写第四章“化学工业技术”，曹曙编写第七章“纺织工业技术”，陈高梅编写第八章“食品工业技术”。最后由曹英耀统一汇总并修改定稿。

本书编写得到中国人民大学商学院原工业经济系讲授工业技术学课程的韩荣、邓志刚、杨域疆、汪星明等老教授们的指点，得到中国科学院研究员、广东培正学院原院长凌征海和现校长张蕾博士的指导，在此表示衷心感谢。

本书编写过程中参考了许多现代工业生产技术的资料，在此对参考书目的各位作者表示衷心感谢。技术学书籍专业性、技术性很强，鉴于作者学识有限，本书中可能存在谬误和不足之处，恳望各位读者阅读后批评指正，以作今后修改之据。

曹英耀

2012年12月于广州花都

# 目 录

|                  |    |
|------------------|----|
| 第一章 冶金工业技术       | 1  |
| 第一节 炼铁           | 1  |
| 一、高炉炼铁的原料        | 2  |
| 二、铁矿石入炉前的处理      | 4  |
| 三、高炉炉体及附属设备      | 5  |
| 四、高炉炼铁的基本原理      | 7  |
| 五、高炉炼铁的生产过程及操作要领 | 9  |
| 六、炼铁技术的进步与发展     | 13 |
| 第二节 炼钢           | 15 |
| 一、钢与铁的区别及分类      | 15 |
| 二、炼钢的原材料         | 17 |
| 三、炼钢的基本任务和主要过程   | 18 |
| 四、炼钢的基本原理        | 19 |
| 五、炼钢的主要方法        | 21 |
| 六、钢的浇注和连铸        | 28 |
| 七、炼钢的新工艺新技术      | 31 |
| 第三节 轧钢           | 33 |
| 一、轧钢的基本原理        | 34 |
| 二、轧钢的基本生产过程      | 35 |
| 三、轧钢设备           | 36 |
| 四、钢板生产           | 37 |
| 五、钢管生产           | 38 |
| 六、型钢生产           | 39 |
| 七、线材生产           | 39 |
| 第四节 有色金属冶金       | 39 |
| 一、铝冶金            | 39 |
| 二、镁冶金            | 41 |
| 三、钛冶金            | 41 |
| 四、铜冶金            | 42 |
| 五、铅冶金            | 42 |
| 六、锌冶金            | 43 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第二章 机械工业技术</b>      | 44  |
| <b>第一节 毛坯加工</b>        | 44  |
| 一、铸造                   | 44  |
| 二、锻压                   | 50  |
| 三、焊接                   | 54  |
| <b>第二节 金属的热处理及表面处理</b> | 59  |
| 一、金属的热处理性质             | 59  |
| 二、热处理设备                | 60  |
| 三、钢的普通热处理              | 61  |
| 四、钢的表面热处理              | 62  |
| 五、金属的表面处理              | 64  |
| <b>第三节 金属切削加工设备</b>    | 66  |
| 一、切削运动和切削用量            | 66  |
| 二、切削机床                 | 68  |
| 三、切削刀具                 | 70  |
| 四、切削夹具                 | 72  |
| 五、切削加工质量与量具            | 72  |
| <b>第四节 金属切削加工工艺</b>    | 74  |
| 一、车削加工                 | 74  |
| 二、铣削加工                 | 75  |
| 三、刨削加工                 | 76  |
| 四、磨削加工                 | 78  |
| 五、钻削加工和镗削加工            | 79  |
| 六、齿轮加工                 | 80  |
| <b>第五节 机械装配</b>        | 82  |
| 一、装配工艺系统图              | 82  |
| 二、装配工艺方法               | 83  |
| 三、装配组织形式               | 84  |
| <b>第三章 电子工业技术</b>      | 86  |
| <b>第一节 电路基础知识</b>      | 86  |
| 一、电及电荷                 | 86  |
| 二、电路                   | 88  |
| 三、电路的基本定律              | 90  |
| 四、单相正弦交流电路             | 91  |
| 五、三相正弦交流电路             | 96  |
| <b>第二节 模拟电子技术</b>      | 100 |
| 一、常用半导体器件              | 100 |

|                     |         |
|---------------------|---------|
| 二、基本放大电路·····       | 105     |
| 三、集成运算放大器·····      | 109     |
| 四、直流稳压电源·····       | 111     |
| 第三节 数字电子技术·····     | 113     |
| 一、数制与编码·····        | 114     |
| 二、逻辑代数·····         | 116     |
| 三、基本逻辑门电路·····      | 120     |
| 四、组合逻辑电路·····       | 123     |
| 五、时序逻辑电路·····       | 125     |
| 六、模拟量和数字量的转换·····   | 127     |
| 第四节 电气电工技术·····     | 131     |
| 一、磁路基本知识·····       | 131     |
| 二、变压器·····          | 133     |
| 三、异步电动机·····        | 134     |
| 四、直流电动机·····        | 136     |
| 五、继电器接触器·····       | 138     |
| 六、安全用电常识·····       | 140     |
| <br>第四章 化学工业技术····· | <br>144 |
| 第一节 化学工业基础知识·····   | 144     |
| 一、化学工业分类·····       | 144     |
| 二、化工物料和产品·····      | 144     |
| 三、化工原料和能源·····      | 145     |
| 四、化工生产的一般过程及特点····· | 146     |
| 五、化工生产设备·····       | 147     |
| 第二节 无机化学工业·····     | 149     |
| 一、无机化学工业的概念·····    | 149     |
| 二、硫酸生产·····         | 150     |
| 三、纯碱生产·····         | 151     |
| 四、烧碱生产·····         | 153     |
| 第三节 化肥工业·····       | 154     |
| 一、氮肥生产·····         | 154     |
| 二、磷肥生产·····         | 156     |
| 三、钾肥生产·····         | 157     |
| 四、复混肥料生产·····       | 158     |
| 第四节 有机化学工业·····     | 160     |
| 一、有机化学工业的概念·····    | 160     |
| 二、石油炼制生产·····       | 160     |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 三、石油化工生产·····          | 162 |
| 四、天然气的化工利用·····        | 164 |
| 五、煤的化工利用·····          | 165 |
| 第五节 高分子化学工业·····       | 166 |
| 一、高分子化合物·····          | 167 |
| 二、塑料生产·····            | 168 |
| 三、合成纤维生产·····          | 170 |
| 四、合成橡胶生产·····          | 172 |
| 第六节 精细化学工业·····        | 174 |
| 一、精细化学工业的概念和特点·····    | 174 |
| 二、精细化工单元过程·····        | 175 |
| 三、染料中间体生产·····         | 176 |
| 四、有机农药生产·····          | 176 |
| 五、化学原料药生产·····         | 177 |
| 六、合成洗涤剂生产·····         | 177 |
| 第五章 能源工业技术·····        | 179 |
| 第一节 石油炼制技术·····        | 179 |
| 一、石油原油和石油产品·····       | 179 |
| 二、石油炼制工艺过程·····        | 181 |
| 三、石油炼油厂类型·····         | 182 |
| 四、常压、减压蒸馏技术·····       | 182 |
| 五、催化裂化技术·····          | 183 |
| 六、催化加氢技术·····          | 184 |
| 七、催化重整技术·····          | 185 |
| 第二节 煤电生产技术·····        | 186 |
| 一、煤炭的燃料成分·····         | 186 |
| 二、火力发电厂的煤质要求·····      | 188 |
| 三、火力发电厂的热力循环和设备系统····· | 188 |
| 四、洁净煤发电技术·····         | 189 |
| 五、煤炭转换技术·····          | 190 |
| 第三节 水力发电技术·····        | 192 |
| 一、水能及其转换·····          | 192 |
| 二、水力发电的过程和特点·····      | 192 |
| 三、水力发电开发方式和水电站类型·····  | 193 |
| 四、水电站的总体布置和机电设备·····   | 194 |
| 五、水电站的设备安装和发电运行·····   | 197 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第四节 核能发电技术      | 198 |
| 一、核电技术的发展       | 198 |
| 二、核电站的构成及核能释放形式 | 199 |
| 三、核电站工作的基本原理    | 199 |
| 四、核反应堆          | 200 |
| 五、核废弃物的处理与核安全   | 201 |
| 第五节 风力发电技术      | 203 |
| 一、风能的定义及其特性     | 203 |
| 二、风力发电资源和发电设备   | 204 |
| 三、风场选择          | 205 |
| 四、风力发电的经济适用性    | 206 |
| 五、风能政策设计        | 206 |
| 第六节 太阳能发电技术     | 207 |
| 一、太阳能的基本特性      | 207 |
| 二、太阳能集热器        | 207 |
| 三、太阳能热发电系统的构成   | 208 |
| 四、太阳能热发电的基本原理   | 209 |
| 五、太阳能光伏发电       | 209 |
| 第七节 氢燃料电池技术     | 211 |
| 一、氢的性质及氢能特点     | 211 |
| 二、氢的制取          | 212 |
| 三、氢的储存          | 213 |
| 四、燃料电池的特点       | 214 |
| 五、燃料电池的应用       | 215 |
| 第八节 生物质能源技术     | 216 |
| 一、生物质能的含义及其特点   | 216 |
| 二、生物质转化的能源形式    | 217 |
| 三、生物质能的转化技术     | 219 |
| 第六章 建材工业技术      | 222 |
| 第一节 墙砖生产        | 222 |
| 一、烧结普通砖         | 222 |
| 二、烧结多孔砖         | 225 |
| 三、烧结空心砖         | 225 |
| 四、非烧结砖          | 226 |
| 五、砌块            | 227 |
| 第二节 水泥生产        | 230 |
| 一、水泥原料          | 230 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 二、生料制备               | 230 |
| 三、煅烧                 | 231 |
| 四、熟料磨细               | 231 |
| 五、自然时效               | 232 |
| 第三节 建筑陶瓷             | 232 |
| 一、常用建筑陶瓷制品           | 232 |
| 二、陶瓷原料               | 233 |
| 三、坯料、釉料的配制           | 235 |
| 四、成型                 | 239 |
| 五、坯体的干燥和施釉           | 240 |
| 六、烧成                 | 243 |
| 第四节 玻璃生产             | 248 |
| 一、玻璃的成分和种类           | 248 |
| 二、玻璃原料               | 249 |
| 三、原料配制               | 250 |
| 四、玻璃熔制               | 254 |
| 五、玻璃成型               | 255 |
| 六、玻璃退火               | 257 |
| <b>第七章 纺织工业技术</b>    | 259 |
| 第一节 纺织工业原料           | 259 |
| 一、纺织原料的种类            | 259 |
| 二、纺织纤维的性能            | 260 |
| 三、各类纺织纤维的特点          | 262 |
| 第二节 纺纱               | 266 |
| 一、纱线的一般概念            | 266 |
| 二、纱线的品质要求            | 267 |
| 三、纺纱的基本工艺过程          | 268 |
| 四、新型纺纱方法             | 271 |
| 第三节 织造               | 273 |
| 一、织物的分类与基本结构         | 273 |
| 二、织物设计               | 275 |
| 三、织造准备               | 277 |
| 四、织造生产工艺流程           | 280 |
| 五、织坯整理               | 281 |
| 六、新型织机               | 281 |
| 七、针织工艺与服装 CAD/CAM 技术 | 282 |

|             |     |
|-------------|-----|
| 第四节 染整      | 283 |
| 一、纺织物的预处理   | 283 |
| 二、染色        | 285 |
| 三、印花        | 286 |
| 四、整理        | 286 |
| 第八章 食品工业技术  | 288 |
| 第一节 罐头食品生产  | 288 |
| 一、罐头食品的种类   | 288 |
| 二、罐头原料的处理   | 288 |
| 三、装罐        | 289 |
| 四、排气和封罐     | 289 |
| 五、加热杀菌和冷却   | 290 |
| 六、成品检验      | 290 |
| 第二节 啤酒生产    | 290 |
| 一、啤酒的营养价值   | 290 |
| 二、啤酒原料      | 291 |
| 三、麦芽制造      | 291 |
| 四、麦芽汁制造     | 291 |
| 五、发酵        | 292 |
| 六、成品酒包装     | 292 |
| 第三节 食糖和糖果生产 | 292 |
| 一、食糖的营养价值   | 292 |
| 二、食糖原料      | 293 |
| 三、食糖生产方法    | 293 |
| 四、糖果生产工艺    | 294 |
| 第四节 面包和饼干生产 | 295 |
| 一、面包的制作方法   | 296 |
| 二、饼干的制作方法   | 296 |
| 第五节 奶制品生产   | 296 |
| 一、酸奶的制作方法   | 296 |
| 二、炼乳的制作方法   | 297 |
| 三、奶粉的制作方法   | 297 |
| 参考文献        | 299 |

# 第一章 冶金工业技术

冶金是一门研究如何经济合理地从矿石中提取金属并加工处理，使之适于人类应用的技术科学。冶金技术从内容上包括化学冶金和物理冶金两部分，前者常称为冶金学，研究如何从矿石和其他原料中提取金属；后者还包括金属学，研究金属及其合金的组织性能，以便进一步加工处理成各种金属材料，以适应各行业不同用途的需要。

金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属包括铁、钢及铁合金，有色金属包括除黑色金属以外的所有金属。因此，冶金工业按照金属的两大类别，通常划分为黑色冶金工业和有色冶金工业，前者又称为钢铁冶金。金属是国民经济建设、人民生活需要和国防建设的极其重要的物质资料。其中，钢铁是应用最广的金属材料，国民经济各行业都要用各种现代化的机械来装备，而机械工业的主要原材料乃是钢铁；建筑业需要冶金工业提供各种钢材，如钢梁、钢筋、钢管等；建设强大的国防工业也需要大量钢铁。钢铁等金属材料的产量、质量和品种，是衡量一个国家国民经济发展水平的重要标志之一。冶金工业是基础工业，对发展国民经济和科学技术及巩固国防都有重要作用。

冶金是从矿石中提炼金属的生产方法，就其具体提炼方法而言，按其原料条件和生产特点不同可分为三类：①火法冶金。即利用高温从矿石中提取金属及其化合物的方法。②湿法冶金。即在常温或稍高于常温下利用溶剂从矿石中提取和分离金属的方法。③电冶金。即利用电能提取和精炼金属的方法。钢铁冶金属于火法冶金，包括高炉炼铁、转炉炼钢、电炉炼钢等，其中电炉炼钢又属于电冶金；有色金属冶金则兼有火法冶金、湿法冶金两种不同的方法技术。

在世界冶金史上，我国的冶金技术成就最早。早在公元前 700 多年的春秋时期我国就发明了冶铁技术，公元前 200 多年的战国时期已经发明了炼钢技术。但是，长期的封建主义的束缚和帝国主义的侵略，严重地阻碍了我国钢铁冶金工业的发展。直到 1949 年新中国成立后，大规模地进行社会主义现代化建设，我国的钢铁等冶金工业才得到迅速发展。20 世纪 90 年代中期，我国年钢产量突破 1 亿吨大关，雄踞世界各国钢产量榜首。进入 21 世纪以来，我国年钢产量迅速递增，近几年每年钢产量都在 5 亿吨以上，2011 年达到 7.2 亿吨，稳居世界第一位；其他金属冶炼也得到迅速发展。在金属产量快速增长的同时，金属产品的质量在不断提高，品种也在迅速增加，与我国不断提升的世界经济大国地位相适应，为国民经济各行业技术进步和产品更新换代提供了坚实的物质基础。

## 第一节 炼 铁

炼铁是指利用含铁矿石、燃料、熔剂等原辅材料，通过冶炼生产合格生铁的工艺流程。现代主要是应用高炉炼铁法（火法冶金）冶炼生铁，通过高温炉将铁从铁矿石中

还原出来，并熔炼成生铁。生铁是铁元素和碳元素的组合物，其中还含有少量硅、锰、硫、磷等元素，其含碳量一般为 2.2%~4.5%。生铁分为炼钢生铁和铸造生铁两种，其主要区别在于含硅量不同。我国约 90% 以上的生铁为炼钢生铁，其余的为铸造生铁。

## 一、高炉炼铁的原科

原料是炼铁生产的物质基础。高炉炼铁的原料主要有铁矿石、燃料和熔剂。冶炼 1 t 生铁，一般需 1.5~2.0 t 铁矿石，0.4~0.6 t 焦炭，0.2~0.4 t 熔剂，总计原料 2~3 t。

### (一) 铁矿石

自然界中以金属状态存在的铁是极少的，铁成分一般是以化合物的形式存在于各种岩石中。在现有的技术条件下能比较经济地从中冶炼出生铁的含铁岩石，称为铁矿石。铁矿石由含铁矿物和脉石矿物所组成，前者为能够利用的有用矿物，后者为目前尚不能利用的脉石矿物。

#### 1. 铁矿石的种类

铁矿石按其矿物组成主要分为四大类，它们具有不同的化学成分、结晶构造、外部形态和物理特性。

(1) 磁铁矿，主要含铁矿物为四氧化三铁 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )，呈黑色，结构致密，还原性差，磁性强，含硫、磷量较高。

(2) 赤铁矿，主要含铁矿物为三氧化二铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，呈红色，易破碎，还原性较好，磁性弱，含硫、磷量较低。

(3) 褐铁矿，主要含铁矿物为含水氧化铁 ( $n\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ )，呈黄褐色，组织疏松多孔，还原性好，含磷量较高。

(4) 菱铁矿，主要含铁矿物为碳酸盐铁 ( $\text{FeCO}_3$ )，呈灰色或带黄褐色，受热易分解，还原性很好，含硫量低而含磷量较高。

#### 2. 铁矿石的质量要求

铁矿石的质量要求如下：

(1) 含铁量(矿石品位)尽可能高。铁矿石含铁量愈高，脉石愈少，则燃料和熔剂的消耗就愈少，高炉的炼铁产量愈高。工业上适用的铁矿石含铁量范围一般在 23%~70% 之间，根据铁矿石的品位高低，将品位(含铁量)较高者称为富矿，富矿不需选矿处理即可直接入炉冶炼；将品位较低者称为贫矿，贫矿需要先经选矿处理才能入炉冶炼。一般将含铁量在 50% 以上者划为富矿，低于 50% 者划为贫矿。我国铁矿石品位低，贫矿占铁矿石总储量的 80% 以上，而且分布分散，储量不多。随着我国钢铁工业的迅速发展，国内铁矿石开采在产量和质量上都不能满足钢铁生产的需要，因此我国铁矿石进口量逐年增加，目前每年从澳大利亚和巴西等国家进口富铁矿数亿吨，我国生铁产量一半以上是用进口铁矿石生产的。

(2) 脉石成分尽可能少。铁矿石中的脉石成分绝大多数为二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )，此为酸性氧化物。脉石中酸性氧化物越多，熔剂和燃料的消耗量就越大，高炉铁产量则越低，所以，脉石中的酸性氧化物越少越好。铁矿石中的脉石也有碱性氧化物，如氧化

钙、氧化镁，还有两性氧化物如三氧化二铝等，高炉炼铁时则可以减少熔剂投放量。

(3) 有害元素的含量尽可能少。铁矿石中的有害元素是指那些对冶炼有妨碍或使矿石冶炼时不容易获得优质生铁产品的元素，主要有硫、磷、铅和锌等元素。硫是对钢铁极为有害的元素，它能使钢产生热脆性，在钢材轧制或锻造时易产生裂纹，在铸造生铁时会降低铸件强度及铸造性能。在高炉冶炼过程中，大部分硫可以除去，但脱硫需要增加熔剂和燃料，导致高炉产量下降，所以要求铁矿石中含硫量越少越好。磷也是钢铁中的有害成分，它能使钢铁产生冷脆性，降低钢的塑性和韧性，低温时更使钢材产生脆裂，因此，要求冶炼生铁前要控制原料的含磷量。铅和锌也是高炉炼铁的有害元素，铅密度大于铁水，相对密度大而往往沉积于高炉底铁水层之下，渗入炉砖缝中而破坏炉底砌砖，最终毁坏高炉；锌的沸点低，不熔于铁水，往往粘贴在高炉炉身上部炉墙上，形成炉瘤，部分渗入炉衬，从而引起炉衬膨胀而被破坏。因此，要求高炉炼铁的铁炉石中含铅量和含锌量都不得超过 0.1%。

(4) 还原性尽可能好。还原性是指铁矿石中与铁结合的氧被气体还原剂（如一氧化碳）夺取的难易程度。铁矿石的还原性越好，铁在高炉中还原越容易完全，燃料消耗越少。还原性决定于铁矿石的种类、块度和入炉前的处理等。

## (二) 燃料

高炉炼铁的主要燃料是焦炭。焦炭是由采出的原煤经过洗煤、配煤、炼焦和产品处理等工序得到的高炉燃料。焦炭是一种多孔而坚固的燃料，发热值较高，一般为 25 000 ~ 30 000 kJ/kg（千焦/千克）。焦炭在高炉炼铁过程中起到三方面的作用：发热剂、还原剂和料柱骨架。高炉冶炼所消耗的热量中，70%~80% 来自焦炭燃烧所放出的热量；高炉冶炼所需要的还原剂几乎全部由焦炭燃烧所得，焦炭燃烧生成的一氧化碳及焦炭中所含的固定碳，是高炉冶炼的主要还原剂；焦炭在料柱中占 1/3 ~ 1/2 的体积，它质量坚固，在燃烧之前既不软化又不熔化，在高炉内起骨架作用，支持料柱并维持料柱的透气性，利于炉料燃烧和熔化冶炼。

高炉冶炼对焦炭质量有较高的要求，一是焦炭的含碳量要高，灰分要低，含硫量要少，以减少高炉冶炼中燃料和熔剂的消耗，提高铁产量；二是焦炭强度要好，粒度应合适而均匀，以改善高炉料柱的透气性；三是焦炭的含水量要稳定，焦炭是按重量入炉的，含水量的不稳定会造成千焦量的波动，从而导致炉内温度波动而影响高炉生产。

焦炭是高炉炼铁的主要燃料。但是，由于世界上炼焦煤资源有限，焦炭供应不足，同时，随着高炉冶炼喷吹技术的发展，近年来世界各国广泛使用喷吹燃料技术，即从高炉风口向炉内喷吹重油、无烟煤粉、天然气等。目前，喷吹的燃料占全部燃料用量的 10%~30%，因此，焦炭仍然是高炉冶炼中不可完全被替代的主要燃料。

## (三) 熔剂

熔剂，又叫助熔剂。铁矿石中的脉石和焦炭中的灰分大多是酸性氧化物，熔点很高，在高炉冶炼过程中不易熔化，因此不能与金属很好地分离；但当加入碱性熔剂后，脉石和灰分与熔剂发生化学作用生成熔点较低的化合物和共溶体即炉渣，易与铁水分

离，且有良好的流动性，浮于铁水表面，并定期从炉缸排出，使高炉生产顺利进行。同时，加入碱性熔剂，还能除去铁矿石中的有害杂质硫，改善和提高生铁质量。

高炉冶炼使用的碱性熔剂主要有石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 和白云石 ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ )，其中以石灰石应用最广。根据铁矿石中脉石和焦炭中灰分成分不同，高炉冶炼有时还要使用酸性熔剂如石英 ( $\text{SiO}_2$ ) 或中性熔剂如高铝原料。高炉冶炼对碱性熔剂的质量要求是碱性氧化物含量高，硫和磷含量低，机械强度高，粒度均匀适中。

## 二、铁矿石入炉前的处理

高炉冶炼以原料为基础。从矿山开采出来的原矿石，其化学成分差异大，粒度大小悬殊，特别是贫矿的含铁量低，不能满足冶炼对原料的要求，因此，入炉前必须经过一定的处理。对铁矿石进行冶炼前的准备和处理，目的是把从矿山开采出来的原矿变成适合高炉冶炼的“精料”，一般要经过破碎、筛分、混匀、焙烧、选矿、造块等准备处理加工过程。

(1) 破碎和筛分。开采出来的矿石大多数粒度过大，还原较慢，焦炭消耗量会大大增加；而粒度过细或不均匀，料柱的透气性不好，一部分矿粉还会被煤气从炉顶带出。通过破碎和筛分，使铁矿石的粒度达到小、净、匀，以符合高炉冶炼的要求。破碎按粒度可分为粗碎、中碎、细碎和粉碎四个阶段。由于矿石破碎后粒度还很不均匀，须进行筛分除去粒度过小的矿石，并将粒度过大的矿石分出进行再破碎，最终达到 5 ~ 45 mm 粒度，以满足高炉冶炼的要求。目前，矿石破碎的主要方式为机械破碎，破碎方法有压碎、劈碎、折断和击碎等。常用的破碎机有颚式破碎机、圆锥破碎机、辊式破碎机等。常用的筛分设备有振动筛、固定条筛、回转筛等。

(2) 混匀。混匀的目的是使入炉铁矿石成分稳定，炉况顺行，从而稳定高炉操作。矿石混匀一般采用“平铺直取”的方法，即将来料以每层 200 ~ 300 mm 的厚度沿水平方向铺于料场中达一定的高度，取矿时再沿料堆垂直方向截取矿石，这样可以同时截取多个层次的矿石，从而达到矿石混匀的目的。

(3) 焙烧。焙烧是对矿石进行热加工处理的一种方法，是将铁矿石加热到比其熔化温度低 200 ~ 300 °C 的加热过程，目的是改变矿石的化学组成，除去有害杂质，回收有用元素，同时还可以使矿石变得疏松，提高矿石的还原性。

(4) 选矿。天然矿石中富矿少而贫矿多，矿石中含铁量较低且不均匀，脉石较多，如直接入炉冶炼，会增加熔剂和燃料的消耗量，生成大量的渣，降低高炉出铁产量，因此要经过选矿才能入炉。选矿的目的是为了提高入炉矿石的品位。矿石经过选别作业可以得到精矿、中矿、尾矿三种矿石。精矿是指选矿后得到的含有用矿物较高的矿石，用于入炉冶炼；中矿为选矿过程的中间产品，需进一步选矿处理；尾矿是经过选矿后留下的废弃物。选矿是利用矿石中含铁矿物和脉石的性质不同而进行的。常用的选矿方法有洗矿法、重力选矿法、磁选法等。洗矿法是利用含铁矿物和脉石的硬度和相对密度不同，用水冲洗去一部分脉石而选分的方法，适用于脉石属黏土沙质的矿石。重力选矿法是利用含铁矿物和脉石的相对密度不同而使其分离的方法。磁选法是利用含铁矿物和脉石的磁性不同进行选分的方法。