

# 铁矿石优化配矿 实用技术

许满兴 张天启 编著



冶金工业出版社  
[www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn)

# 铁矿石优化配矿实用技术

许满兴 张天启 编著

北京

冶金工业出版社

2017

## 内 容 提 要

本书共6章, 主要内容包括: 铁矿资源概述; 高炉炼铁精料要求及冶金性能检验; 铁矿石评价及采购原则; 铁矿石性能与科学配矿; 铁矿烧结技术; 铁矿烧结、球团发展与降本增效。

本书适用于钢铁冶金企业铁矿石采购人员、成本管控人员、高炉烧结配矿人员和基层烧结工人学习, 也可供大专院校有关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

铁矿石优化配矿实用技术/许满兴, 张天启编著. —北京: 冶金工业出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5024-7523-9

I. ①铁… II. ①许… ②张… III. ①铁矿床—配矿—实用技术 IV. ①TD951.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 090305 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 [www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn) 电子信箱 [yjcbbs@cnmp.com.cn](mailto:yjcbbs@cnmp.com.cn)

责任编辑 戈 兰 唐晶晶 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7523-9

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 固安华明印业有限公司印刷

2017年5月第1版, 2017年5月第1次印刷

169mm×239mm; 16印张; 313千字; 244页

76.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 [tougao@cnmp.com.cn](mailto:tougao@cnmp.com.cn)

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 [yjgycbs.tmall.com](http://yjgycbs.tmall.com)

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

## 序

随着我国钢铁工业的迅猛发展，进口铁矿石的依存度逐渐增加，1990年为14.82%（年进口量为1745万吨），2000年增长到19.24%（年进口量为6997万吨），2005年快速增长到50.5%（年进口量为27524万吨），2016年增长到85.75%（年进口量为102412.43万吨），根据以上依存度的变化说明，高炉炼铁从以国产矿为主发展到国内和进口两种资源并驾齐驱，再到以进口矿为主，甚至不少企业已经进入全外矿冶炼状态。但是由于国外铁矿资源的特点不同，良莠不齐，优化配矿的重要性更加突出。我国高炉炼铁近几十年发展的历史也是铁矿石优化配矿技术的发展史，《铁矿石优化配矿实用技术》一书的出版，对我国烧结、球团和高炉炼铁炉料优化有着重要的指导作用和实用价值。《铁矿石优化配矿实用技术》一书充分反映和体现了如下几个特点：

（1）全面系统表述了国内外铁矿资源的特点，着重讲述了澳大利亚、巴西、加拿大等铁矿资源的特点，为优化配矿提供了依据。

（2）详细介绍了铁矿粉的烧结基础特性、烧结矿的矿物组成、微观结构、冶金性能及对高炉冶炼的影响。

（3）完善了铁矿石的科学评价体系，铁矿石综合品位的计算方法，提出了优化原料采购的低成本原则。

(4) 详细论述了进口铁矿粉的物理、化学性能和科学合理配矿原则、理论和方法。

(5) 论述了铁矿粉特别是褐铁矿和高铝矿的烧结性能、使用方法和特点,并对不同矿种影响烧结矿质量的因素进行了深入分析。

(6) 对我国烧结矿和球团矿生产技术的发展及趋向进行了科学分析,重点提出从优化原料采购到烧结、高炉配矿一体化组织生产的思路和方法,最大限度降低生铁成本,高炉炼铁向烧结要效益,向降低炉渣镁铝比要效益;论述了实现高炉炼铁低成本、低燃料比的战略举措和实施方案。

总之,该书对多种铁矿石特点的描述全面、详实,并列举了大量企业成功的案例和经验数据,突出了优化配矿技术的实用性,拓展了烧结球团生产的工艺技术理论,提出了低成本、低燃料比炼铁的思路和理念,是一本难得丰富的铁矿石优化配矿资料。该书的出版发行将会推动烧结、炼铁优化配矿工艺技术的进步和促进铁矿石科学合理综合评价体系的完善。

中国金属学会 **王维兴**

2017年4月

# 前 言

近年来，由于铁矿石等原材料价格频繁波动，钢材市场跌宕起伏，钢铁企业面临“微利”时代的严峻挑战。对此，国内外众多钢铁企业实施低成本战略。作为占铁水成本一半以上的烧结矿，其成本的高低将直接影响铁水成本。传统的铁矿石评价和烧结配料优化方法都是建立在获得最低烧结成本的基础上，但实际生产中发现，这种追求最低烧结成本的评价或配比优化，并不意味着铁水成本的降低。常常由于低成本烧结矿性能变差，渣量增多，焦比升高，炉渣性能不稳定，有害杂质含量升高，铁水成本反而升高。因此，有必要从整个炼铁系统总成本出发，建立铁矿石评价、采购、烧结配料以及高炉炉料结构一体化的优化模型。

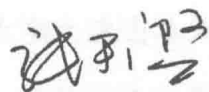
北京科技大学、中南大学、宝钢等院校钢企以适宜的炉渣碱度和镁铝比作为配料目标，综合考虑铁矿粉烧结基础特性、烧结矿成分、高炉的有害元素负荷以及每种原料的配比限制，并同时高炉炉料结构进行优化，取得了良好的效果，是一个有益的尝试。

本书以北京科技大学著名烧结球团专家许满兴教授多年的学术论文和实验报告为基石整理而成，同时引用北京科技大学张建良、吴胜利教授，中南大学范晓慧教授，中国金属学会王维兴教授，宝钢股份公司阎丽娟等专家学者的文献。

北京科技大学张建良, 中国金属学会王维兴, 山西太钢不锈钢股份有限公司贺淑珍等教授学者对全书进行了修改。河北同业冶金科技有限责任公司董事长张静霞提供了十几年来烧结球团会议论文集, 河北新钢钢铁有限公司配矿工程师程国伟、王东参与了部分内容编写和修改。文中引用和参考了大量的文献资料, 在此一并表示衷心的感谢。

本书适用于钢铁冶金企业铁矿石采购人员、成本管控人员、高炉烧结配矿人员和基层烧结操作工学习, 共分6章, 从认识铁矿、评价铁矿、合理购矿、科学配矿、优化烧结到高炉配矿一体化, 最终达到降本增效的目的。

由于编者水平有限, 书中不妥之处, 恳请专家、学者和广大读者给予指正。



2017年4月

# 目 录

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| <b>1 铁矿资源概述</b> .....          | <b>1</b>  |
| 1.1 世界铁矿资源储量 .....             | 1         |
| 1.2 世界铁矿床成因类型 .....            | 2         |
| 1.2.1 受热变质沉积型铁矿床 .....         | 2         |
| 1.2.2 岩浆型铁矿床 .....             | 3         |
| 1.2.3 接触交代-热液型铁矿床 .....        | 3         |
| 1.2.4 火山岩型铁矿床 .....            | 3         |
| 1.2.5 沉积型铁矿床 .....             | 3         |
| 1.3 世界铁矿资源特点 .....             | 4         |
| 1.4 世界铁矿石产量 .....              | 4         |
| 1.5 世界主要矿业公司概况 .....           | 5         |
| 1.5.1 必和必拓公司 .....             | 6         |
| 1.5.2 力拓公司 .....               | 6         |
| 1.5.3 FMG 公司 .....             | 6         |
| 1.5.4 淡水河谷公司 .....             | 7         |
| 1.6 世界主要铁矿石企业产品保证值 .....       | 7         |
| 1.7 世界铁矿石国际贸易 .....            | 9         |
| 1.8 我国进口铁矿石的现状 .....           | 9         |
| 1.9 铁矿石价格变化趋势 .....            | 10        |
| 1.10 我国进口铁矿石存在的问题 .....        | 12        |
| 1.11 我国铁矿资源特点 .....            | 12        |
| 1.12 我国铁矿资源分布 .....            | 14        |
| 1.13 我国铁矿床类型 .....             | 14        |
| 1.14 我国铁矿石产量 .....             | 15        |
| 参考文献 .....                     | 16        |
| <b>2 高炉炼铁精料要求及冶金性能检验</b> ..... | <b>17</b> |
| 2.1 炼铁精料要求 .....               | 17        |
| 2.1.1 炼铁精料概念 .....             | 17        |

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| 2.1.2 铁烧结矿、球团矿标准 .....                      | 19        |
| 2.1.3 《高炉炼铁工程设计规范》要求 .....                  | 20        |
| 2.1.4 入炉有害杂质 .....                          | 22        |
| 2.1.5 有益元素 .....                            | 27        |
| 2.1.6 高炉炼铁生产对原料质量的要求 .....                  | 27        |
| 2.2 铁矿石冶金性能及检验方法 .....                      | 31        |
| 2.2.1 铁烧结矿的物理、化学性能 .....                    | 31        |
| 2.2.2 铁烧结矿的矿物组成 .....                       | 35        |
| 2.2.3 铁烧结矿微观结构 .....                        | 37        |
| 2.2.4 铁烧结矿的冶金性能 .....                       | 41        |
| 2.2.5 铁矿粉的烧结基础特性 .....                      | 51        |
| 2.3 铁烧结矿冶金性能对高炉冶炼的影响 .....                  | 60        |
| 2.3.1 还原性 (900℃) 对烧结矿质量和高炉主要操作指标的影响 .....   | 60        |
| 2.3.2 低温还原粉化 (RDI) 对烧结矿质量和高炉主要操作指标的影响 ..... | 61        |
| 2.3.3 荷重还原软化性能对烧结矿质量和高炉主要操作指标的影响 .....      | 62        |
| 2.3.4 熔滴性能对烧结矿质量及高炉主要操作指标的影响 .....          | 62        |
| 2.3.5 我国几种烧结矿的冶金性能分析 .....                  | 63        |
| 参考文献 .....                                  | 65        |
| <b>3 铁矿石评价及采购原则 .....</b>                   | <b>67</b> |
| 3.1 建立铁矿石质量价值评价体系 .....                     | 68        |
| 3.1.1 铁矿石种类和质量概念 .....                      | 68        |
| 3.1.2 铁矿石价值评价方法 .....                       | 71        |
| 3.1.3 小结 .....                              | 77        |
| 3.2 创建铁矿粉综合品位性价比计算法 .....                   | 77        |
| 3.2.1 树立科学计算铁矿粉性价比的思路和理念 .....              | 77        |
| 3.2.2 铁矿粉综合品位的评价计算及其性价比的计算法 .....           | 79        |
| 3.2.3 优化配矿结构的两大战略举措和三项实施方案 .....            | 83        |
| 3.2.4 小结 .....                              | 85        |
| 3.3 科学评价低品位铁矿石 .....                        | 86        |
| 3.3.1 炼铁学的基本原理 .....                        | 86        |
| 3.3.2 铁矿石品位下降对高炉冶炼的影响 .....                 | 87        |
| 3.3.3 铁矿石品位下降对高炉生产成本的影响 .....               | 87        |
| 3.3.4 铁品位下降对环境保护的负面影响 .....                 | 88        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.3.5 小结 .....                       | 88        |
| 3.4 优化原料采购的低成本原则 .....               | 89        |
| 3.4.1 低成本炼铁采购铁矿石的原则 .....            | 89        |
| 3.4.2 铁矿石采购的成本对比 .....               | 93        |
| 3.4.3 铁矿石采购组织机构的高效合理模式 .....         | 94        |
| 参考文献 .....                           | 95        |
| <b>4 铁矿石性能与科学配矿 .....</b>            | <b>96</b> |
| 4.1 铁矿粉性能对配矿的影响 .....                | 96        |
| 4.1.1 铁矿粉种类特征及其对配矿的影响 .....          | 97        |
| 4.1.2 铁矿粉的主要常温理化特性对配矿的作用和影响 .....    | 99        |
| 4.1.3 科学合理配矿的理念和方法 .....             | 104       |
| 4.1.4 小结 .....                       | 105       |
| 4.2 常用进口矿粉理化性能与烧结特性 .....            | 105       |
| 4.2.1 进口铁矿粉的基本状况和趋向 .....            | 105       |
| 4.2.2 常用进口铁矿石品种 .....                | 106       |
| 4.2.3 进口铁矿粉的主要化学成分 .....             | 109       |
| 4.2.4 进口铁矿粉的理化性能及烧结特性 .....          | 113       |
| 4.3 优化配矿的原则、方法和理论依据 .....            | 122       |
| 4.3.1 国产和进口铁矿两种资源分析 .....            | 123       |
| 4.3.2 科学合理配矿的基本目标和要求 .....           | 125       |
| 4.3.3 优化配矿的原则 .....                  | 125       |
| 4.3.4 依据配矿三原则的基本方法 .....             | 127       |
| 4.3.5 优化配矿的理论依据 .....                | 128       |
| 4.3.6 小结 .....                       | 129       |
| 4.4 影响铁矿粉烧结基础特性的因素及互补配矿方法 .....      | 130       |
| 4.4.1 影响铁矿粉同化性因素分析 .....             | 130       |
| 4.4.2 影响铁矿粉烧结液相流动性的因素分析 .....        | 135       |
| 4.4.3 影响铁矿粉黏结相自身强度的因素分析 .....        | 139       |
| 4.4.4 影响铁酸钙生成的因素分析 .....             | 140       |
| 4.4.5 基于高温特性互补的优化配矿 .....            | 145       |
| 4.5 进口铁块矿的冶金性能与质量分析 .....            | 148       |
| 4.5.1 铁块矿对高炉炼铁的价值和国内外高炉炉料结构的状况 ..... | 148       |
| 4.5.2 进口铁块矿的化学成分、物理性能和冶金性能 .....     | 149       |
| 4.5.3 对进口块矿冶金性能和质量的分析 .....          | 152       |

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| 4.5.4 小结 .....                                    | 154        |
| 4.6 原料采购与烧结、高炉配矿的一体化 .....                        | 155        |
| 4.6.1 烧结、高炉炼铁原料采购的优化 .....                        | 155        |
| 4.6.2 优化烧结配矿的要求、原则和方法 .....                       | 158        |
| 4.6.3 优化原料采购与烧结、高炉配矿一体化的实例 .....                  | 158        |
| 4.6.4 小结 .....                                    | 164        |
| 参考文献 .....                                        | 164        |
| <b>5 铁矿烧结技术 .....</b>                             | <b>166</b> |
| 5.1 高品位、低 $\text{SiO}_2$ 烧结 .....                 | 167        |
| 5.1.1 我国高品位、低 $\text{SiO}_2$ 烧结生产的现状 .....        | 168        |
| 5.1.2 高品位、低 $\text{SiO}_2$ 烧结生产技术 .....           | 169        |
| 5.1.3 国外高品位、低 $\text{SiO}_2$ 烧结的状况及展望 .....       | 174        |
| 5.2 褐铁矿粉、高 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 矿粉烧结 .....     | 175        |
| 5.2.1 大量采用褐铁矿高 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 矿背景 .....  | 175        |
| 5.2.2 褐铁矿配比对烧结指标的影响 .....                         | 176        |
| 5.2.3 褐铁矿粉烧结特性及应对举措 .....                         | 176        |
| 5.2.4 高 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 矿粉烧结特性及应对举措 ..... | 177        |
| 5.3 宝钢褐铁矿高配比烧结生产措施 .....                          | 177        |
| 5.3.1 褐铁矿主要特性 .....                               | 178        |
| 5.3.2 褐铁矿对烧结生产的影响 .....                           | 178        |
| 5.3.3 提高褐铁矿烧结比例的技术措施 .....                        | 179        |
| 5.3.4 宝钢采用以上五项技术后的效果及经济效益 .....                   | 183        |
| 5.4 影响烧结矿强度的因素及改善措施 .....                         | 184        |
| 5.4.1 影响铁矿粉黏结相自身强度的因素 .....                       | 185        |
| 5.4.2 影响烧结矿强度的因素分析 .....                          | 186        |
| 5.4.3 矿物组成对烧结矿强度的影响 .....                         | 196        |
| 5.4.4 提高和改善烧结矿强度的举措 .....                         | 197        |
| 参考文献 .....                                        | 198        |
| <b>6 铁矿烧结、球团发展与降本增效 .....</b>                     | <b>199</b> |
| 6.1 我国烧结技术发展现状与展望 .....                           | 199        |
| 6.1.1 烧结机大型化, 提高生产力取得显著进步 .....                   | 200        |
| 6.1.2 低碳厚料层烧结取得显著进步 .....                         | 200        |
| 6.1.3 烧结工艺技术取得长足进步 .....                          | 201        |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.4 对我国烧结生产技术和质量的展望 .....                                        | 205 |
| 6.2 我国球团生产技术现状及发展趋势 .....                                          | 206 |
| 6.2.1 我国球团矿生产技术的现状 .....                                           | 208 |
| 6.2.2 目前我国球团矿突出的质量问题 .....                                         | 209 |
| 6.2.3 我国高炉炼铁大力发展球团矿的价值 .....                                       | 211 |
| 6.2.4 大力发展球团矿生产的展望 .....                                           | 213 |
| 6.2.5 我国球团矿生产发展面临的问题和对策 .....                                      | 214 |
| 6.2.6 小结 .....                                                     | 216 |
| 6.3 优化镁铝比,提高炉内操作和成本竞争力 .....                                       | 216 |
| 6.3.1 国外炼铁 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的现状 .....            | 217 |
| 6.3.2 我国高炉炼铁 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的现状 .....          | 217 |
| 6.3.3 高炉渣的稳定性与其镁铝比 ( $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 关系 ..... | 219 |
| 6.3.4 优化高炉炼铁 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的价值 .....          | 222 |
| 6.3.5 小结 .....                                                     | 223 |
| 6.3.6 案例:山东莱钢 $1880\text{m}^3$ 高炉低 $\text{MgO}$ 操作实践 .....         | 223 |
| 6.4 打好降本增效“组合拳”,炼铁向烧结要效益 .....                                     | 226 |
| 6.4.1 优化烧结主要工艺技术,向烧结工艺技术要效益 .....                                  | 227 |
| 6.4.2 全面改善烧结矿质量,向成品烧结矿质量要效益 .....                                  | 229 |
| 6.4.3 提高烧结烟气和环冷机废气余热利用,向余热发电和废气余热<br>利用要效益 .....                   | 231 |
| 6.4.4 小结 .....                                                     | 232 |
| 6.5 低成本、低燃料比高炉炼铁实施举措 .....                                         | 233 |
| 6.5.1 低成本炼铁的战略举措 .....                                             | 233 |
| 6.5.2 低燃料比炼铁的战略举措 .....                                            | 234 |
| 参考文献 .....                                                         | 238 |

## 附 录 .....

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 附录1 铁烧结矿、球团矿的冶金性能 .....                         | 239 |
| 附录2 铁矿粉的烧结基础特性 .....                            | 240 |
| 附录3 影响高炉炼铁燃料比20种因素量化分析 .....                    | 241 |
| 附录4 瑞典LKAB公司球团矿的质量状况 .....                      | 242 |
| 附录5 国外代表性企业高炉炉料结构及相关技术经济指标 .....                | 244 |
| 附录6 2001~2016年我国生铁年产量、年进口铁矿石量、<br>年国产铁矿石量 ..... | 244 |
| 参考文献 .....                                      | 244 |

# 1 铁矿资源概述

## 【本章提要】

本章概括地介绍世界铁矿资源的储量、分布、矿床成因类型，以及铁矿资源特点、铁矿石产量、矿业公司概况等。同时介绍了我国铁矿资源特点、资源分布、铁矿产量和进口铁矿石的现状。

## 1.1 世界铁矿资源储量

美国地质调查局 2012 年以前公布的数据，世界铁矿石储量 1600 亿吨，铁金属量 730 亿吨。2012 年 1 月，美国地质调查局（USGS）报告《矿产品概要》（U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summanes, January 2012）公布世界铁矿石储量 1700 亿吨，铁金属量 800 亿吨，平均品位 47%。世界铁矿石资源量勘查潜力大约 8000 亿吨以上，铁金属量大约 2300 亿吨，折合平均品位 28.75%。2012 年前及 2012 年 1 月美国地质调查局公布全球铁矿石资源情况见表 1-1。

表 1-1 2012 年前后美国地质调查局公布全球铁矿石资源情况 （亿吨）

| 国家（地区） | 2012 年前 |     | 2012 年 1 月 |     |
|--------|---------|-----|------------|-----|
|        | 铁金属量    | 储量  | 铁金属量       | 储量  |
| 巴 西    | 89      | 160 | 160        | 290 |
| 俄罗斯    | 140     | 250 | 140        | 250 |
| 澳大利亚   | 100     | 160 | 170        | 350 |
| 乌克兰    | 90      | 300 | 21         | 60  |
| 中 国    | 70      | 210 | 72         | 230 |
| 哈萨克斯坦  | 33      | 83  | 10         | 30  |
| 印 度    | 42      | 66  | 45         | 70  |
| 瑞 典    | 22      | 35  | 22         | 35  |
| 美 国    | 21      | 69  | 21         | 69  |
| 委内瑞拉   | 24      | 40  | 24         | 40  |

续表 1-1

| 国家（地区） | 2012 年前 |      | 2012 年 1 月 |      |
|--------|---------|------|------------|------|
|        | 铁金属量    | 储量   | 铁金属量       | 储量   |
| 加拿大    | 11      | 17   | 23         | 63   |
| 南 非    | 6.5     | 10   | 6.5        | 10   |
| 伊 朗    | 10      | 18   | 14         | 25   |
| 毛里塔尼亚  | 4       | 7    | 7          | 11   |
| 墨西哥    | 4       | 7    | 4          | 7    |
| 其 他    | 63.5    | 171  | 60.5       | 160  |
| 合 计    | 730     | 1600 | 800        | 1700 |

根据《固体矿产资源/储量分类》GB/T 17766—1999。

资源量：指查明矿产资源的一部分和潜在矿产资源的总和。资源量包括经可行性研究或预可行性研究证实为次边际经济的矿产资源及经过勘查而未进行可行性研究或预可行性研究的内蕴经济的矿产资源，以及经过预查后预测的矿产资源。

查明矿产资源：指经勘查工作已发现的固体矿产资源的总和。

潜在矿产资源：指根据地质依据和物化探测预测而未经查证的那部分固体矿产资源。

基础储量：指查明矿产资源的一部分。它能满足现行采矿和生产所需的指标要求（包括品位、质量、厚度、开采技术条件等），是经详查勘探所获得的、探明的并通过可行性研究、预可行性研究认为属于经济的、边际经济的部分，用未扣除设计采矿损失的数量表示。

储量：指基础储量中的经济可采部分。又分为可采储量和预可采储量。用扣除设计、采矿损失的可实际开采数量表示。

## 1.2 世界铁矿床成因类型

### 1.2.1 受热变质沉积型铁矿床

世界铁矿储量的 80%，富铁矿储量的 70%，均属受热变质沉积型铁矿床。巴西、澳大利亚、中国、乌克兰、美国等国铁矿多属于此类型。

巴西米纳斯-吉拉斯铁矿区又称铁四角矿区，铁矿资源储量 340 亿吨，铁矿品位 40%~69%。此矿区高品位富铁矿成因属此类型。巴西卡拉加斯铁矿区在亚马孙河流域，资源储量 180 亿吨，铁矿品位 59%~66%，属于与沉积和火山喷发作用有关的受热变质沉积铁矿床。

属此类型的大型铁矿床还有澳大利亚哈默斯利铁矿区 and 乌克兰克里沃罗格铁矿区。澳大利亚哈默斯利铁矿区，在西澳洲皮尔巴拉地区，有 100 多个大型赤铁矿床，全区资源储量约 320 亿吨，铁矿品位 50%~64%。乌克兰克里沃罗格铁矿区，有 9 个含矿层，矿石工业类型是含铁石英岩，铁矿品位 25%~43%，赤铁富矿品位大于 50%，拥有资源储量 200 亿吨。

### 1.2.2 岩浆型铁矿床

岩浆型铁矿床（又称钒钛磁铁矿床）又分为岩浆晚期分异型和贯入型两大类，主要分布在乌拉尔、斯堪的纳维亚、加拿大和我国四川，矿石资源储量占世界的 7%~10%。

著名的矿区南非布什维尔德铁矿区 and 俄罗斯卡其卡纳尔铁矿区属于此类型。南非布什维尔德铁矿区资源储量 22 亿吨，铁矿品位 55%~58%，为大型钒钛磁铁矿床；俄罗斯卡其卡纳尔铁矿区，含矿带由浸染状和条纹状钛磁铁矿组成，长 8.5km，宽 3km，拥有储量 122 亿吨，铁矿品位 14%~57%。

### 1.2.3 接触交代-热液型铁矿床

接触交代又称矽卡岩型铁矿床，是指侵入体与碳酸盐类岩石为主的围岩接触带，以交代、伴生有充填方式产生的铁矿床。首钢秘鲁矿业公司马科纳铁矿即属于此类型，拥有资源储量 14 亿吨，铁矿品位 54%。

热液型铁矿床又分高温热液磁铁矿床和中低温热液赤铁矿、菱铁矿（褐铁矿）矿床，成矿时期与接触交代铁矿有内在联系，相伴产出。俄罗斯的巴卡尔铁矿区即属于热液型，该区有 200 多个矿体，拥有资源储量 10.5 亿吨，铁矿品位 31%，主要是菱铁矿和褐铁矿。

### 1.2.4 火山岩型铁矿床

火山岩型铁矿床是指成矿物质来源于火山作用的铁矿床，最著名的瑞典基律纳铁矿属于此类型。该矿位于北极圈内，其资源储量 34 亿吨，铁矿石品位 60%~70%，矿石属于磁铁矿，但磷含量较高。

属于此类型的哈萨克斯坦索科洛夫-萨尔拜铁矿，位于库斯坦奈城西南 45km，1984 年飞机飞越该矿上空时，因磁针强烈偏转而被发现。矿石资源储量估计 142 亿吨，铁矿品位平均 41%，矿石资源储量中约一半是品位 50% 以上的富矿。

### 1.2.5 沉积型铁矿床

此类矿床由沉积作用形成，分为海相沉积和陆相沉积两类。新西兰塔哈罗尼

(Taharoa) 铁矿属于沉积型矿床, 位于北岛西海岸, 为磁铁矿, 品位 57%, 资源储量 3 亿吨。法国洛林铁矿属于沉积型鲕状高磷褐铁矿, 资源储量 77 亿吨, 铁矿品位 40%~52%。

### 1.3 世界铁矿资源特点

世界铁矿资源特点为:

(1) 铁矿资源集中在少数国家和地区, 集中度高。包括俄罗斯、乌克兰、澳大利亚、巴西、哈萨克斯坦和中国在内的 6 个国家的铁矿石储量占世界总储量的 75.6%。

资源集中的地区也正是当今世界铁矿石的集中生产区。如巴西淡水河谷公司、澳大利亚必和必拓公司和力拓公司的铁矿石出口量占世界总出口量的 60% 以上。

(2) 受变质沉积型铁矿床居多。从成因类型上, 受变质沉积型铁矿床居多, 其他类型铁矿床少, 受变质沉积型铁矿床储量估计占总储量的 80%, 这与我国的情况一致。

(3) 从矿石质量上看南半球富铁矿多, 北半球富铁矿少。巴西、澳大利亚和南非都位于南半球, 其铁矿石品位高, 质量好。世界铁矿平均品位 44%, 澳大利亚赤铁富矿品位 56%~63%, 成品矿粉矿一般 62%, 块矿一般能达到 64%。巴西铁矿平均品位 53%~57%, 成品矿粉矿一般 65%~66%, 块矿品位 64%~67%。北半球贫矿多, 多需要加工处理。

### 1.4 世界铁矿石产量

Wood Mackenzie 统计的世界各国铁矿石年产量见表 1-2, 2012 年美国地质调查局公布的数据见表 1-3。

表 1-2 Wood Mackenzie 统计的世界各国铁矿石年产量 (万吨)

| 国家(地区) | 2010 年 | 2011 年 | 国家(地区)  | 2010 年 | 2011 年 |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 北 美    | 8077   | 8837   | 俄罗斯及独联体 | 18211  | 18801  |
| 巴 西    | 35381  | 39671  | 印 度     | 19647  | 18910  |
| 拉美其他地区 | 4874   | 5332   | 澳大利亚    | 44176  | 47481  |
| 南 非    | 5760   | 5762   | 中 国     | 107156 | 132694 |
| 非洲其他地区 | 1367   | 1462   | 其他地区    | 3536   | 3946   |
| 欧 洲    | 2578   | 3112   | 合 计     | 250763 | 286008 |

注: 我国是原矿产量。

表 1-3 2012 年美国地质调查局公布的铁矿石产量 (万吨)

| 国家 (地区) | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 |
|---------|--------|--------|--------|
| 美 国     | 2700   | 5000   | 5400   |
| 澳大利亚    | 39400  | 43300  | 48000  |
| 巴 西     | 30000  | 37000  | 39000  |
| 加拿大     | 3200   | 3700   | 3700   |
| 中 国     | 88000  | 107000 | 120000 |
| 印 度     | 24500  | 23000  | 24000  |
| 伊 朗     | 3300   | 2800   | 3000   |
| 哈萨克斯坦   | 2200   | 2400   | 2400   |
| 毛里塔尼亚   | 1000   | 1100   | 1100   |
| 墨西哥     | 1200   | 1400   | 1400   |
| 俄罗斯     | 9200   | 10100  | 10000  |
| 南 非     | 5500   | 5900   | 5500   |
| 瑞 典     | 1800   | 2500   | 2500   |
| 乌克兰     | 6600   | 7800   | 8000   |
| 委内瑞拉    | 1500   | 1400   | 1600   |
| 其他国家    | 4300   | 4800   | 5000   |
| 合 计     | 224400 | 259200 | 280600 |

注：我国是原矿产量。

2011 年世界铁矿石产量 (折成品矿) 约为 18 亿吨。世界十大铁矿石生产国依次为 (按成品矿计) 澳大利亚、中国、巴西、印度、俄罗斯、乌克兰、南非、加拿大、美国和伊朗, 十个国家铁矿石产量占世界铁矿石总产量的 90% 以上。澳大利亚为世界第一大铁矿石生产国 (折成品矿), 2011 年约生产铁矿石 4.55 亿吨, 约占世界铁矿石产量的 25.3%; 我国为世界第二大铁矿石生产国, 2011 年生产铁矿石 4.3 亿吨 (折成品矿), 约占世界铁矿石产量的 24%; 巴西为世界第三大铁矿石生产国, 2011 年生产铁矿石约 3.8 亿吨, 约占世界铁矿石总产量的 21.1%。世界前三大铁矿石生产国产量占世界总产量的 70% 以上。

2012 年, 全球铁矿石产量 (折成品矿) 共计 20 亿吨, 其中产量排名前五位的国家共生产 15.4 亿吨, 约占总产量的 77%, 全球铁矿石生产呈高度集中态势。

## 1.5 世界主要矿业公司概况

世界铁矿石资源丰富, 但铁矿石资源相对地集中在乌克兰、俄罗斯、澳大利亚、巴西、美国、印度、南非、加拿大、瑞典等国。由于各国计算储量的标准和方法不同, 无法准确地得出各国的铁矿石储量, 通常采用美国地质调查局发布的数据来比较, 该局 2002 年公布的世界大型铁矿区分布及相关著名铁矿生产企业列于表 1-4。