

# 国外破碎粉磨设备 发展概况与结构计算

沈阳重型机器厂

机械工业出版社

# 国外破碎粉磨设备发展概况与结构计算

沈阳重型机器厂

100000

## **国外破碎粉磨设备发展概况与结构计算**

**沈阳重型机器厂**

(只限国内发行)

\*

**机械工业出版社出版**(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

**机械工业出版社印刷厂印刷**

**新华书店北京发行所发行·新华书店经售**

\*

开本 787×1092  $\frac{1}{16}$ ·印张 15 $\frac{4}{16}$ ·字数 368 千字

1975 年 11 月北京第一版·1975 年 11 月北京第一次印刷

印数 0,001—6,500·定价 1.25 元

\*

统一书号: 15033·(内)660

# 目 录

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| <b>第一章 概 论</b> .....                        | 7  |
| <b>第一节 破碎粉磨设备的发展概况</b> .....                | 7  |
| 一 美国 .....                                  | 7  |
| 二 苏联 .....                                  | 3  |
| 三 日本 .....                                  | 3  |
| 四 西德 .....                                  | 5  |
| 五 英国 .....                                  | 7  |
| <b>第二节 新科学技术成就的研究与应用</b> .....              | 8  |
| 一 滚动轴承在破碎机上的应用 .....                        | 8  |
| 1 腭式破碎机用的轴承 .....                           | 8  |
| 2 旋回破碎机用的轴承 .....                           | 8  |
| 3 反击式破碎机用的轴承 .....                          | 8  |
| 4 磨矿机用的轴承 .....                             | 9  |
| 二 “采—装—运—碎”联合机组 .....                       | 9  |
| 1 移动式破碎机—运输带联合机组 .....                      | 9  |
| 2 自行式破碎机组 .....                             | 9  |
| 3 联合机组给料方式 .....                            | 12 |
| 三 电子技术 .....                                | 13 |
| 四 液压技术 .....                                | 14 |
| 五 新材料的应用 .....                              | 14 |
| 1 塑料 .....                                  | 14 |
| 2 橡胶 .....                                  | 14 |
| 六 新的破碎技术 .....                              | 18 |
| 七 噪音的防止 .....                               | 18 |
| 1 防音设备的设计 .....                             | 18 |
| 2 防音设备实例 .....                              | 19 |
| 3 机械防音措施 .....                              | 19 |
| 八 振动问题的研究 .....                             | 21 |
| 1 破碎机的防振措施 .....                            | 21 |
| 2 粉碎机械的防振措施 .....                           | 21 |
| <b>第三节 发展方向</b> .....                       | 21 |
| 一 破碎粉磨设备向大型化发展 .....                        | 21 |
| 二 发展矿山生产过程的机械化、自动化和遥控所需成套破碎粉磨设备及其仪器仪表 ..... | 23 |
| 三 不断地改进现有产品结构和制造质量 .....                    | 23 |
| 四 机械制造业的生产日益趋向专业化和协作化 .....                 | 24 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第二章 腭式破碎机</b>               | 26 |
| <b>第一节 结构及其发展</b>              | 26 |
| 一 简摆腭式破碎机                      | 26 |
| (一) 英国制造的简摆腭式破碎机               | 26 |
| (二) 苏联制造的简摆腭式破碎机               | 26 |
| (三) 日本制造的简摆腭式破碎机               | 26 |
| 二 复摆腭式破碎机                      | 31 |
| (一) 日本制造的复摆腭式破碎机               | 32 |
| (二) 英国制造的复摆腭式破碎机               | 37 |
| (三) 苏联制造的复摆腭式破碎机               | 37 |
| (四) 西德伟大格公司制造的复摆腭式破碎机          | 38 |
| (五) 美国阿利斯·卡尔默斯公司制造的复摆腭式破碎机     | 40 |
| 三 其他结构型式的腭式破碎机                 | 41 |
| (一) 西德克佩恩公司制造的液压传动的腭式破碎机       | 41 |
| (二) 西德缪列尔公司制造的腭式破碎机            | 41 |
| (三) 西德克虏伯公司制造的冲击腭式破碎机          | 42 |
| (四) 西德洪包特公司制造的直接传动简摆腭式破碎机      | 42 |
| (五) 双破碎腔腭式破碎机                  | 42 |
| (六) 楔辊式腭式破碎机                   | 42 |
| <b>第二节 设计及计算</b>               | 43 |
| 一 简摆腭式破碎机主要零件设计计算              | 43 |
| (一) 主要零件受力计算(西德)               | 43 |
| (二) 主要零件的结构设计(西德)              | 49 |
| 二 复摆腭式破碎机主要零件设计计算              | 52 |
| (一) 受力分析及计算(西德)                | 52 |
| (二) 主要参数选择及计算(日本)              | 53 |
| (三) 机架设计计算(苏联)                 | 56 |
| <b>第三节 试验及理论研究</b>             | 59 |
| 一 根据物料所需破碎力和破碎功设计破碎机的方法(西德)    | 59 |
| (一) 概述                         | 59 |
| (二) 破碎力的计算                     | 60 |
| (三) 破碎机构件的行程                   | 66 |
| (四) 破碎功                        | 67 |
| (五) 计算实例                       | 68 |
| 二 苏联 CM-166 型复摆腭式破碎机破碎力的探讨(苏联) | 76 |
| 三 破碎板的构造和运动学对机器工作效率影响的研究(苏联)   | 78 |
| (一) 破碎板构造对机器工作效率的影响            | 78 |
| (二) 腭板运动轨迹对破碎机压缩行程的影响          | 82 |
| (三) 腭式破碎机运动学和破碎板的磨损特性与寿命的关系    | 84 |
| <b>第三章 旋回破碎机</b>               | 88 |
| <b>第一节 结构及其特点</b>              | 88 |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 第二节 设计及计算 .....             | 97         |
| 一 转数对生产率影响的研究 (苏联) .....    | 91         |
| 二 受力分析及破碎腔设计 (西德) .....     | 92         |
| 1 受力分析及计算 .....             | 92         |
| 2 功率计算 .....                | 94         |
| 3 破碎机基本尺寸的确定 .....          | 94         |
| 4 破碎腔形状设计 .....             | 95         |
| 三 下架体及上横梁强度计算 (西德) .....    | 96         |
| 1 破碎力计算 .....               | 96         |
| 2 强度计算 .....                | 98         |
| <b>第四章 圆锥破碎机 .....</b>      | <b>107</b> |
| 第一节 结构及其发展 .....            | 107        |
| 一 概述 .....                  | 107        |
| 二 结构及系列 .....               | 108        |
| 1 阿利斯·卡尔默斯型液压圆锥破碎机 .....    | 108        |
| 2 Wedag 液压圆锥破碎机 .....       | 110        |
| 3 苏联弹簧圆锥破碎机 .....           | 111        |
| 第二节 设计及计算 .....             | 112        |
| 一 破碎带的确定 (苏联) .....         | 112        |
| 二 受力分析及破碎腔设计 (西德) .....     | 114        |
| 1 受力分析及计算 .....             | 114        |
| 2 破碎腔设计 .....               | 115        |
| 3 啮角的计算 .....               | 115        |
| 三 动力学计算 (苏联) .....          | 117        |
| <b>第五章 反击式破碎机 .....</b>     | <b>121</b> |
| 第一节 反击式破碎机工作原理、结构及其发展 ..... | 121        |
| 一 破碎原理及优越性 .....            | 121        |
| 1 反击式破碎机工作原理 .....          | 121        |
| 2 反击式破碎机的优越性 .....          | 121        |
| 3 存在的问题 .....               | 122        |
| 二 给料粒度与功率消耗的关系 .....        | 122        |
| 1 粗碎反击式破碎机动力消耗 .....        | 122        |
| 2 中碎反击式破碎机动力消耗 .....        | 122        |
| 3 电机的选择 .....               | 122        |
| 三 结构及其发展 .....              | 122        |
| 1 概述 .....                  | 122        |
| 2 日本神户制钢所的反击式破碎机 .....      | 126        |
| 3 苏联的反击式破碎机 .....           | 127        |
| 第二节 破碎理论研究及受力分析 (西德) .....  | 129        |
| 一 破碎过程分析 .....              | 129        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 二 粒度分析 .....                        | 132 |
| 三 反击速度 $C_r$ 和表面积系数 $K^*$ 的关系 ..... | 133 |
| 四 能量消耗与单位表面积系数的关系 .....             | 134 |
| 五 单位表面积系数与锤头单位磨损的关系 .....           | 135 |
| 六 受力分析及计算 .....                     | 138 |
| 第三节 设计及计算(日本) .....                 | 140 |
| 一 基本参数计算 .....                      | 140 |
| 1 产量计算 .....                        | 140 |
| 2 电机容量选择 .....                      | 142 |
| 二 设计方法 .....                        | 148 |
| 1 基本结构的确定 .....                     | 148 |
| 2 主轴强度计算 .....                      | 148 |
| 3 锤头及反击板材料的选择 .....                 | 149 |
| <b>第六章 辊式破碎机</b> .....              | 151 |
| 一 辊式破碎机的破碎比及啮角(西德) .....            | 151 |
| 二 扭矩及轴承负荷(西德) .....                 | 151 |
| 三 功率计算(西德) .....                    | 151 |
| 四 辊径与给料粒度的关系(西德) .....              | 152 |
| 五 生产率计算 .....                       | 152 |
| <b>第七章 磨矿设备</b> .....               | 154 |
| 一 概述 .....                          | 154 |
| 1 苏联的球棒磨机 .....                     | 155 |
| 2 日本神户制钢所生产的磨机 .....                | 156 |
| 二 砾磨机 .....                         | 157 |
| 1 概述 .....                          | 157 |
| 2 应用范围及其优越性 .....                   | 160 |
| 3 砾磨机及其分级设备 .....                   | 162 |
| 4 处理量计算 .....                       | 162 |
| 5 生产费用比较 .....                      | 163 |
| 6 给矿粒度及砾磨介质 .....                   | 164 |
| 7 装填率、排矿浓度和磨矿粒度 .....               | 164 |
| 8 转数选择 .....                        | 165 |
| 9 衬板和格子板型式 .....                    | 165 |
| 10 磨矿效果 .....                       | 165 |
| 11 结语 .....                         | 166 |
| <b>第八章 自磨机</b> .....                | 167 |
| 第一节 概述 .....                        | 167 |
| 一 自磨技术的发展 .....                     | 167 |
| 1 概述 .....                          | 167 |
| 2 自磨机发展简史 .....                     | 168 |
| 3 干式自磨特点及理论 .....                   | 171 |
| 二 自磨技术的现状 .....                     | 174 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 1 现状及趋势 .....             | 174        |
| 2 干、湿自磨的发展动向 .....        | 174        |
| 3 衬板的材质与磨损 .....          | 176        |
| <b>第二节 试验研究 .....</b>     | <b>178</b> |
| 一 加拿大卡罗尔选矿厂干式自磨试验情况 ..... | 178        |
| 1 概述 .....                | 178        |
| 2 磨矿系统 .....              | 178        |
| 3 操作和控制 .....             | 180        |
| 4 干式磨矿特性 .....            | 182        |
| 5 磨机递增系数 .....            | 190        |
| 二 利比里亚邦格选矿厂湿式自磨生产情况 ..... | 190        |
| 1 概述 .....                | 190        |
| 2 磨矿设备 .....              | 191        |
| 3 影响磨矿的因素 .....           | 192        |
| 4 金属消耗 .....              | 196        |
| 5 成本 .....                | 198        |
| <b>第三节 基本参数选择 .....</b>   | <b>199</b> |
| 一 基本尺寸选择 .....            | 199        |
| 1 规格的选择 .....             | 199        |
| 2 衬板形状设计 .....            | 200        |
| 二 参数计算 .....              | 201        |
| 1 转数选择 .....              | 201        |
| 2 生产率及功率计算 .....          | 205        |
| 3 给料配比的选择 .....           | 206        |
| 4 装矿量的选择 .....            | 206        |
| 5 加球量的选择 .....            | 207        |
| <b>第九章 衬板 .....</b>       | <b>209</b> |
| 一 基本动向 .....              | 209        |
| 二 高锰钢衬板 .....             | 209        |
| 三 硬镍材料衬板 .....            | 213        |
| 四 橡胶衬板 .....              | 216        |
| 五 其他材料衬板 .....            | 223        |
| 六 多种衬板材料的对比试验 .....       | 228        |
| 七 国外高锰钢样品分析 .....         | 231        |

# 第一章 概 论

## 第一节 破碎粉磨设备的发展概况

工业部门要抓紧基础工业, 加快原料、材料、燃料、电力工业的步伐, 促进钢铁工业和整个工业的发展<sup>[1]</sup>。破碎粉磨设备就是这些基础工业部门生产过程中的主要设备之一。

一些资本主义国家, 由于钢铁工业的发展, 对矿石的需要量日增。他们除了开采本国的矿山外, 还大肆向外扩张, 进行殖民掠夺。世界上每年总共约 15~25 亿吨原矿石 (物料) 需要经过破碎和粉磨, 消耗约 500 多万吨钢材。在近代大型选矿厂中, 用于破碎粉磨设备的生产费用, 通常占全部生产费用的 40% 以上, 其投资约为选矿厂总投资的 60% 左右<sup>[2]</sup>。不难看出破碎粉磨设备, 在工业生产中占有的重要地位。在工业较发达的国家中, 都有专门的公司 (工厂) 和科学技术队伍, 从事破碎粉磨设备的研究工作。

就整个矿山机械产量而言, 美国和苏联较高, 西德和日本次之, 英国和法国较少。破碎粉磨设备的生产也是类似情况。

另外, 瑞典、西德和美国的产品质量较好。瑞典对采矿和选矿设备所下功夫较多, 以便能在‘国际’市场上竞争。西德一面向美国学习, 在破碎机上采用液压技术。另一方面不断创造新工作原理的机械设备, 目前, 广泛使用的反击式破碎机, 就是西德哈崔玛格公司创制的<sup>[2]</sup>。并于 1960 年前后首先制造了腭旋式破碎机和行星式磨机。日本是全面按别国的先进技术和机械设备仿制, 并不择手段地把新技术弄到手, 然后局部改革, 制出具有自己特点的机器设备。

### 一、美国

美国在 1969 年生产了 12800 万吨钢, 9060 万吨铁矿石<sup>[3]</sup>。其原料和燃料的储量丰富, 开采水平较高。但是美国还大量掠夺别国铁矿石和有色金属矿石, 以廉价买进。1968 年进口铁矿石占美国总需要量的三分之一<sup>[4]</sup>。值得注意的是, 今后它还要减少本国铁矿石的生产, 以掠夺别国的铁矿石资源来满足本国黑色冶金的需要。

美国一般把矿山机械列入建筑和采矿机械范畴。目前有 190 家公司所属的 212 个制造厂主要生产采选设备。制造厂大部分分布在“中北部”、“东北部”、“西部”和“南部”四个产值较大的地区。矿山机械产量 1960 年为 40700 万美元 (发货额), 1970 年增到 81100 万美元, 约增加一倍。美国是矿山机械的主要出口国之一, 出口额由 1960 年的 7700 万美元增到 1970 年的 22000 万美元 (占此类产品产值的 34%), 十年间出口额增加了两倍。出口对象有 126 个国家, 主要是: 加拿大、澳大利亚、南非、智利、英国、墨西哥、秘鲁、菲律宾、阿根廷和巴西。对这些国家的出口量, 占美国总出口量的 60~70%。美国的矿山机器厂在大多数国家矿区, 设有代办处 (办公室)。美国的主要竞争对象是英国、西德、瑞典和比利时。

近十年来, 进口量不是很大, 从 1960 年的 520 万美元降到 1963 年的 220 万美元。1970

年升到 1040 万美元, 1971 年进一步增到 1250 万美元。尽管如此, 进口额对其总值的比例仍然小于 2 %。

从 1970 年起, 美国矿山机械工业拟以年平均增长率 5.2 % 的速度发展, 到 1975 年总产值将达到 88200 万美元<sup>[30]</sup>。

从事这方面的生产管理和技术人员为 24000 人左右, 生产工人 16000 左右<sup>[3]</sup>。劳动生产率从 1960 年的 8.3 美元/工人·小时增到 1968 年的 11.1 美元/工人·小时。

美国矿山机械制造业能够成套地装备大中小型矿山企业, 设备较坚固耐用, 效率较高。

1963 年到 1968 年, 在北美洲共建设了九个大型选矿厂, 都采用了给矿口为 1520 毫米以上的大型旋回破碎机作粗碎用<sup>[31]</sup>。目前止最大的旋回破碎机为 2130 毫米, 最大给矿粒度为 1700 毫米, 是美国阿利斯公司最近制造的<sup>[3]</sup>。还设计制造了无齿轮传动的旋回破碎机, 用低速同步电机直接驱动偏心套, 简化传动机构, 减轻了设备重量, 提高了传动效率, 降低了占地面积。

在十年前, 生产了 1050×1200 毫米复摆腭式破碎机, 诺贝格、阿利斯和宾夕耳法尼亚等公司新生产的腭式破碎机给矿口为 1143×1524 毫米, 产量为 1000 吨/时。

这几家公司还生产了一系列圆锥破碎机, 其动锥下部直径为 559~2134 毫米, 破碎能力为 7~1050 吨/时。尤其是阿利斯·卡尔默斯公司生产的圆锥破碎机, 被许多国家采用。

美国最早在破碎机上应用液压技术, 使破碎机的操作安全可靠, 调整方便。

阿利斯·卡尔默斯公司制造了辊径为 229~1981 毫米的双辊破碎机。较大的单辊破碎机是  $\phi 1500 \times 2100$  毫米。

反击式破碎机的发展也较迅速, 尤其是双转子反击式破碎机。宾夕耳法尼亚公司最近生产的反击式破碎机产量已达 2000 吨/时, 可把 1524 毫米的矿石破碎到小于 152 毫米的产品粒度<sup>[4]</sup>。

应当指出, 美国对于单机组移动式破碎筛分装置的制造和使用较重视。据报导, 六十年代初, 美国拥有 4000 多个处理砾石、砂岩石的企业, 其中占总产量 66 % 的产品是由年产 50 万吨以下的小型企业处理的。这些小型企业主要是采用单机组移动式破碎筛分装置。这种设备在美国已超过 1000 套<sup>[2]</sup>。

在磨矿设备方面, 棒磨机的直径已经增加到 4260 毫米 (14 呎), 长度增加到 5480 毫米 (18 呎)。在细磨作业中功率为 3000 马力的大型设备的使用已很普遍。最近, 还制造了两端给料中间周边排矿的罗得伯原型磨机, 最大规格为  $\phi 5.8 \times 5.2$  米<sup>[31]</sup>。最近, 又制造了三台功率为 6600 马力的细磨球磨机。

在自磨机的应用方面, 最早一台自磨机是美国哈丁 (Hardinge) 公司于 1932 年制造的湿式  $\phi 7.3 \times 0.9$  米 Hadsel 型自磨机。以后, 又以这台湿式自磨机为基础, 制造了 Hadsel 型干式自磨机。第二次世界大战中, 自磨机的发展一度停滞。二次世界大战后, 继续进行自磨机的工业性试验。首先是加拿大把自磨机应用于工业生产获得成功, 随后是美国。目前, 美国在铁矿石选厂中广泛应用自磨技术, 1970 年前后投产的和将要投产的 6 套大型设备中, 有 5 套是采用自磨技术。其中两套是后边装有球磨机的干磨回路。两套是后边装有球磨机的湿磨回路。一套使用砾磨的完全自磨回路<sup>[31]</sup>。最近制造了一台直径为 13.2 米, 功率为 7000~8000 马力的自磨机。

预计, 今后十年内, 应用电子技术、气流喷射和液压的破碎设备, 将会大量出现。

## 二、苏联

苏联从 1968 年起, 钢产量超过一亿吨, 铁矿石产量 17660 万吨, 占世界第一位<sup>[3]</sup>。加上其它各种物料, 每年约有 6 亿多吨各种物料要破碎和粉磨, 消耗 120~130 万吨以上的钢材。因此, 苏联对矿山机械制造业的发展, 设有专门的矿山机械设计研究机构, 以及专业的矿山机器制造厂,<sup>[4]</sup>从事设计研究和制造<sup>[2]</sup>。

苏联是矿山机械产量较多的国家之一, 品种齐全, 系列完整, 并已形成了完整的设计制造体系, 但与西方国家相比, 其产品质量较差。因此, 每年花大量外汇购买外国先进设备, 由表 1-1, 可看出苏联破碎粉磨设备的进口额, 一直大于出口额。

表 1-1 苏联 1960~1963 年间破碎粉磨及选矿设备进出口量<sup>[3]</sup>

| 项 目      | 单 位 | 1960 年 |      | 1961 年 |       | 1962 年 |       | 1963 年 |       |
|----------|-----|--------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|          |     | 数 量    | 金 额  | 数 量    | 金 额   | 数 量    | 金 额   | 数 量    | 金 额   |
| 进口数量     | 千卢布 |        | 8623 |        | 17892 |        | 25217 |        | 26134 |
| 出口数量     | 千卢布 |        | 2454 |        | 2762  |        | 2621  |        | 2036  |
| 其中: 破碎机量 | 台   | 57     | 991  | 54     | 997   | 66     | 1019  | 52     | 835   |
| 粉磨设备     | 台   | 8      | 70   | 18     | 466   | 6      | 73    | 8      | 291   |

苏联的破碎粉磨设备, 基本是沿欧美各国的道路而发展; 也在发展大型破碎粉磨设备; 在破碎机上, 采用液压技术和强制润滑等。

据报导, 苏联矿山机械制造业的特点: ①按计划生产, 比如五年或七年计划。②制造厂规模大, 万能性强, 同一厂有齐全的冷热加工和装配车间, 如乌拉尔重机厂, 新克拉马托尔斯克机器厂。③近来也向专业化方向发展, 扩大了加工、装配、金属结构及组装、焊接流水线, 采用铸造压制、焊接和热处理的先进工艺。在毛坯加工方面, 推广了先进的机械造型, 发展了精密铸造工艺, 金属冷模铸造和模锻件。④大量引进资本主义国家的样机。⑤对老产品不断地改进结构, 以提高设备的性能。⑥重视易损件和备件的生产及供应工作, 计划中规定制造厂备件及易损件数量, 不得低于总产量的 15~20 %。

## 三、日本

在主要的资本主义国家中, 日本工业生产和科学技术的发展较晚, 规模也较小。明治维新后约 100 年, 特别是二次世界大战以后, 日本的工业和科学技术发展较快, 现已达到世界水平。其铁矿石和燃料资源极为缺乏。据 1960 年“国际”地质会议资料, 其铁矿石总储量只有 6500 万吨, 品位很低。1961 年自产冶金原料只有 500 万吨 (铁矿石、砂铁和硫酸渣等含铁原料加在一起), 实际需要是 2500 万吨。也就是 80 % 的原料靠进口, 其中铁矿自给率只有 5.7 %, 1970 年铁矿石自给率下降到 1 % 左右。原料对外依赖的严重性, 将随着生产的发展日益加重。这是日本的致命弱点。

在铁矿石产量如此低的情况下, 日本黑色冶金工业对破碎粉磨设备的需要量也就不大。此外, 他们机械产品的国外市场, 主要是南朝鲜、菲律宾、印度尼西亚、缅甸、印度、巴基斯坦、伊朗、巴西、泰国和新加坡等国。但这些地区和国家, 对破碎粉磨机械设备的需要量很少。日本矿山机械国内外市场如此狭小, 是它在‘国际’上, 落后于欧美国家, 在国内落后于轻工机械、通用设备、电气设备等工业部门的最主要原因之一。

1949 年以后, 日本为改变战争所造成的困境, 企图大幅度地提高劳动生产率; 曾从西德、

美国、英国和法国等，输入了大量的矿山机器，共用了500多亿日元，以致矿山机器品种和型号繁多。在此情况下，日本机器制造行业提出：输入机械“国有化”的口号，开始大规模地仿造外国的先进的机器设备。

据不完全统计，日本目前有近30个主要生产破碎粉磨设备的工厂。其中较大的制造厂是：神户制造所，横山工业株式会社，久保田铁工株式会社和住友铁工株式会社等几家。在60年代，选矿、破碎和粉磨机械产量见表1-2。

表1-2 日本1960~1969年间破碎粉磨设备及选矿设备产量表

| 项 目          | 单位 | 1960年 | 1961年 | 1962年 | 1963年 | 1964年 | 1965年 | 1966年 | 1967年 | 1968年 | 1969年 |
|--------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 破碎粉磨及选矿设备总产量 | 吨  | 18351 | 21222 | 29081 | 20722 | 28153 | 25496 | 27573 | 37403 | 45292 | 48111 |
| 破碎设备产量       | 吨  | 5805  | 8374  | 9962  | 9735  | 13804 | 11111 | 15206 | 21098 | 27085 | 25457 |
| 粉磨设备产量       | 吨  | 5600  | 5787  | 8068  | 6664  | 8011  | 7440  | 4421  | 7652  | 7138  | 8003  |

日本1960年~1969年间破碎粉磨设备与铁矿石产量的比例关系见表1-3。

表1-3 日本1960~1969年间破碎粉磨设备产量及铁矿石产量比值表

| 项 目          | 单位 | 1960年 | 1961年 | 1962年 | 1963年 | 1964年 | 1965年 | 1966年 | 1967年 | 1968年 | 1969年 |
|--------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 破碎粉磨设备产量     | 吨  | 11405 | 14161 | 18030 | 16399 | 21815 | 18551 | 19627 | 28745 | 34223 | 33460 |
| 铁矿石产量        | 万吨 | 128.9 | 115.8 | 114.4 | 113.0 | 113.2 | 111.8 | 111.0 | 108.7 | 105.9 | 95.4  |
| 设备产量与铁矿石产量比值 | %  | 0.9   | 1.2   | 1.6   | 1.5   | 1.9   | 1.7   | 1.8   | 2.7   | 3.3   | 3.5   |

由表1-3可以看出，在这十年间破碎粉磨设备与铁矿石产量的平均比值2.01%（10%的设备出口量略掉不计）。如按这个比值计算，破碎粉磨100万吨矿石则需要近2万吨的设备。但由于所需要的铁矿石历来靠进口，不需或很少需在国内加工。而所生产的破碎粉磨设备，绝大部分用于化工和建筑材料工业部门。据1971年报导，仅在混凝土、筑路、铁路路基等部门用于碎石的破碎粉磨设备，就达27300吨。

日本1960~1969年间，破碎粉磨设备与钢产量的比例关系见表1-4。

表1-4 日本1960~1969年间破碎粉磨设备产量与钢产量比值表

| 项 目         | 单位 | 1960年  | 1961年  | 1962年  | 1963年  | 1964年  | 1965年  | 1966年  | 1967年  | 1968年  | 1969年  |
|-------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 破碎粉磨设备产量    | 吨  | 11405  | 14161  | 18030  | 16399  | 21815  | 18551  | 19627  | 28745  | 34223  | 33460  |
| 钢产量         | 万吨 | 2213.8 | 2826.8 | 2754.6 | 3150.1 | 3979.9 | 4116.9 | 4778.4 | 6215.4 | 6689.3 | 8216.6 |
| 设备产量与钢产量的比值 | %  | 0.0516 | 0.0501 | 0.0656 | 0.052  | 0.0546 | 0.0451 | 0.0412 | 0.0462 | 0.0516 | 0.0407 |

这十年破碎粉磨机械设备产量与钢产量的平均比值为0.0004987，即近似钢产量的万分之五（把不足10%的设备出口量忽略掉了）。若按这个比值计算，要生产100万吨钢，就需500吨破碎粉磨设备。从1960~1969年日本的钢产量和铁产量，可看出铁产量平均只是钢产量的63.5%。也就是说，钢产量中约有50%是用“废钢”生产的。不是用铁炼出的，因而‘万

分之五'的比值的参考意义是不大的。

据部分资料统计,日本共生产了83种规格型号的颞式破碎机,40种规格型号的旋回破碎机,27种规格型号的锤式破碎机以及几十种规格型号的圆锥破碎机和辊式破碎机,可见品种繁多杂乱的严重性。这是由于资本主义国家无计划生产造成的。

二次世界大战前,在水泥和建筑材料等工业部门中,应用复摆颞式破碎机最为普遍,应用台数占整个破碎机台数的72~74%<sup>[20]</sup>。二次大战后,由于反击式破碎机具有较高的破碎比等一系列优点,因此获得了迅速发展,到1959年仅水泥和建筑材料方面应用的反击式破碎机就有500多台,占所应用的各种破碎机总数的23.6%。其详细情况见表1-5。

表1-5 日本水泥及建筑材料工业应用反击式及颞式破碎机比较

| 项 目 \ 年 度 | 1958年以前拥有量 |       | 1958~1963年增加量 |       | 备 注 |
|-----------|------------|-------|---------------|-------|-----|
|           | 台数(台)      | 比重(%) | 台数(台)         | 比重(%) |     |
| 反击式破碎机    | 519        | 23.6  | 78            | 19.5  |     |
| 简摆颞式破碎机   | 209        | 73.3  | 118           | 71.8  |     |
| 复摆颞式破碎机   | 871        |       | 109           |       |     |
| 颞式破碎机     | 529        |       | 59            |       |     |
| 旋回破碎机     | 16         | 2.4   | 7             | 6.2   |     |
| 圆锥破碎机     | 38         |       | 18            |       |     |
| 其他破碎机     | 1          | 0.7   | 10            | 2.5   |     |
| 合 计       | 2193       | 100%  | 399           | 100%  |     |

#### 四、西德

第二次世界大战以后,西德垄断资本主义发展较快,1950年的工业生产超过了战前水平<sup>[6]</sup>。

1971年生产了4000多万吨钢,仅次于美、苏、日占世界第四位。机械产品制造业较为发达,是资本主义世界的主要出口国家之一。西德的矿山机械包括采掘、风动工具、钻探、选矿、破碎、粉磨以及炼焦等设备。就矿山机械产品质量以及新产品的数量而言,超过了英国、日本和法国。就品种、质量而论,又超过苏联。

生产破碎粉磨设备的大中小工厂,约有90多个。其中生产颞式破碎机的工厂有22个,生产圆锥破碎机的有11个,生产辊式破碎机的有20个,生产锤式和反击式破碎机的有22个,生产粉磨设备的有17个。比较大的企业是:

① 德马克(DEMAG)公司(一机部情报所已有专文介绍该公司情况,在此不赘述)。

② 伟大格(WEDAG)公司,建于1800年,是由韦斯特法利亚钢铁厂发展而来。现有三个分厂(韦斯特法利亚厂,亨亨达尔厂和格罗柏尔厂),共有1701人,由格罗柏尔厂生产全套的破碎,选矿设备。

西德破碎粉磨设备产量与铁矿石产量的比值见表1-6。

这10年的破碎粉磨机械设备的产量与铁矿石产量的平均比值为0.00326。即每100万吨铁矿石,需要破碎粉磨设备3260吨(包括备品配件的产量)。

破碎粉磨设备产量与钢产量的比值见表1-7。表中所引用的设备产量同表1-6。

表1-6 西德1960~1969年间破碎粉磨设备产量与铁矿石产量的比值

| 项 目           | 单位 | 1960年 | 1961年 | 1962年 | 1963年 | 1964年 | 1965年 | 1966年 | 1967年 | 1968年 | 1969年 |
|---------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 破碎粉磨设备产量      | 吨  | 42100 | 48100 | 40600 | 39200 | 40100 | 37900 | 31400 | 28400 | 29900 | 36000 |
| 铁矿石产量         | 万吨 | 1887  | 1887  | 1664  | 1290  | 1161  | 1085  | 947   | 855   | 771   | 745   |
| 设备产量与铁矿石产量的比值 | %  | 0.223 | 0.225 | 0.244 | 0.304 | 0.347 | 0.355 | 0.331 | 0.331 | 0.387 | 0.484 |

注：破碎粉磨机械设备产量，由下列假定条件求出：①破碎粉磨设备产量占整个矿山机械产量的20%。②其中扣除17%的破碎粉磨机械设备的出口量。

表1-7 西德1960~1969年间破碎粉磨设备产量与钢产量的比值

| 项 目         | 单位 | 1960年 | 1961年 | 1962年 | 1963年 | 1964年 | 1965年 | 1966年  | 1967年  | 1968年 | 1969年  |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|
| 破碎粉磨设备产量    | 吨  | 42100 | 48100 | 40600 | 39200 | 40100 | 37900 | 31400  | 28400  | 29900 | 36000  |
| 钢产量         | 万吨 | 3410  | 3346  | 3256  | 3160  | 3734  | 3682  | 3532   | 3674   | 4116  | 4532   |
| 设备产量与钢产量的比值 | %  | 0.124 | 0.144 | 0.125 | 0.124 | 0.108 | 0.103 | 0.0894 | 0.0775 | 0.072 | 0.0795 |

这10年破碎粉磨设备产量与钢产量的平均比值为0.001046，即每100万吨钢需要1050吨破碎粉磨设备。但是分析1960~1969年西德的钢产量和铁产量时，可以看出铁的产量只是钢产量的74%左右。而钢产量的40%左右是用‘废钢’来生产的。

考虑或计算破碎粉磨设备的产量与钢产量的关系时，可参照破碎粉磨设备的产量与铁矿石产量的平均比值0.00326来推算。

当然，这个比值与矿石的破碎粉磨生产过程中机械化程度、设备的安装周期成正比，而与设备的效率、设备的运转率以及铁矿石的品位成反比。在充分考虑到这些因素之后，把千分之3.26酌情增减来推算破碎粉磨设备的产量。

据报导西德矿山机器制造业的特点：

① 多数工厂规模比较小，职工人数不超过500人的小工厂占工厂总数的90%以上，表1-8是1968年9月的统计资料<sup>(3)</sup>。

表1-8 西德工厂人数及工厂数量统计

| 职工人数  | 1~9 | 10~19 | 20~49 | 50~99 | 100~199 | 200~499 | 500~999 | 1000以上 | 总 计 |
|-------|-----|-------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|-----|
| 工 厂 数 | 21  | 15    | 18    | 22    | 8       | 14      | 4       | 4      | 106 |

多数工厂主要从事于中小型零部件的设计和制造，铸锻件和标准件全靠“协作”或购买。工厂间的“协作”关系十分密切，既竞争又依赖。

② 多品种生产，同一工厂所生产的产品品种较多，如伟大格公司不但生产成套矿山设备，而且还生产其它产品。每种产品中，尽量使规格多样化。无论是大批或小批生产均是多品种的，如：仅仅是颞式破碎机就生产了近60种。

③ 无铸锻件车间，在大部分机械制造厂内，没有铸锻车间。在工业区内一般均设有铸锻件中心(附属在钢铁公司内)，供给各制造厂使用的铸锻件，只有小城市的工厂才有铸锻车间。

在产品结构上, 尽量采用焊接结构。

④ 在小批生产的工厂, 加工设备的布置均为机群式的, 这样做较易改变工艺路线, 以适应多品种生产的需要。也有时采用移动式机床。

⑤ 把备品配件的生产作为正式计划纳入到生产中去, 而且所占产品吨位的比重相当高。如表 1-9 所示, 从 1960 年到 1969 年的 10 年之间, 备品配件的产量占其设备总产量(按吨位计算)的百分比最少为 35.3%, 最高达 44.2%, 平均为 40.13%。不难看出, 西德对矿山设备的备品配件的生产是十分重视的<sup>[8]</sup>。

表1-9 西德1960~1969年间矿山机械设备及备件生产情况

| 项 目        | 单位 | 1960年  | 1961年  | 1962年  | 1963年  | 1964年  | 1965年  | 1966年  | 1967年  | 1968年  | 1969年  |
|------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 机器设备及备品配件量 | 吨  | 254000 | 289000 | 245000 | 236443 | 242374 | 228394 | 189471 | 171075 | 179658 | 217099 |
| 备品配件量      | 吨  | 98000  | 102000 | 91000  | 88521  | 98632  | 97633  | 83533  | 71324  | 77232  | 90953  |
| 备品配件占总吨位比重 | %  | 38.6   | 35.3   | 37.2   | 39.4   | 40.8   | 42.9   | 44.2   | 41.7   | 39.4   | 41.8   |

西德破碎粉磨设备制造业的特点和技术水平。

(1) 产量较高, 从以上各表可看出, 在 60 年代, 矿山设备平均年产量到达 22 万吨之多, 高于日本。而它的铁矿石平均年产量只有 111.81 万吨。由于国内不需这么多矿山设备, 只好拿到“国际市场”, 同其它资本主义国家竞争。表 1-10 是几个年度的矿山机械出口额及进口额占生产总值的百分比。从表中可知, 进口与出口相比还是很小的数值。

表1-10 西德1950~1964年间矿山机械进出口额占总产值百分比

| 1950年 |    | 1956年 |      | 1960年 |       | 1961年 |       | 1962年 |       | 1963年 |       | 1964年 |       |
|-------|----|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 出口    | 进口 | 出口    | 进口   | 出口    | 进口    | 出口    | 进口    | 出口    | 进口    | 出口    | 进口    | 出口    | 进口    |
| 18.1% |    | 23.3% | 6.5% | 22.9% | 17.7% | 23.6% | 15.5% | 29.7% | 16.8% | 32.5% | 13.3% | 29.1% | 20.0% |

(2) 质量好: ①德国于 1924 年首创的反击式破碎机, 在 1950 年后的 11 年中仅哈崔玛格公司一家就生产了近 2000 台, 销于美国、英国、日本、瑞典等国家。至目前为止, 西德共生产了 17000 台这种设备。② 他们在球磨机上应用了自衬衬板, 在处理磁铁矿(钛铁矿石)时, 衬板磨损量降低到 4.5 克/吨, 寿命提高到 38475 小时<sup>[40]</sup>。③一些厂所用的大型减速机, 就是西德克虏伯公司 30 年代的产品, 至今已使用了 20 多年, 仍能平稳地运转。

(3) 重视新产品的试验及研究工作, 经常创造新品种, 从 50 年代中期至目前近二十年内, 先后试验、研究并设计制造了液压圆锥破碎机、液压腭式破碎机、行星磨机、大型管式振动磨、偏心旋转破碎机、曲摆腭式破碎机、直接传动腭式破碎机、硬岩破碎用的反击式破碎机, 小时产量达 3500 吨的旋回破碎机等多种新型破碎粉磨设备<sup>[23] [41]</sup>。

## 五、英国

英国的兴旺时期早已消失, 经常被经济危机所笼罩。近几年, 钢产量约为 2400~2600 万吨。60 年代工业生产的年平均增长率只有 3%<sup>[6]</sup>。矿山机械产品在“国际市场”的声望比西德小得多。近几年英国矿山机械产品的出口量见表 1-11。

表1-11 英国1960~1968年间矿山机械产品出口量

| 年 代           | 1960年 | 1961年 | 1962年 | 1963年 | 1964年 | 1965年 | 1966年 | 1967年 | 1968年 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 矿山机械产品出口量(万吨) | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.4   | 1.3   | 1.4   | 1.3   | 1.3   | 1.7   |

从表中可以看出, 矿山机械产品的出口量是不高的, 仅为西德的1/3~1/4。

## 第二节 新科学技术成就的研究与应用

### 一、滚动轴承在破碎机上的应用<sup>[7]</sup>

在机器制造业中, 滚动轴承作为不同类型机器的最主要的支承部件, 已有几十年历史。但在破碎粉磨设备上, 尤其是在大型破碎粉磨设备上的应用, 还是近几年的事情。这是由于现代机器制造业中, 出现了高负荷, 耐冲击的滚动轴承的缘故。

#### 1. 腭式破碎机用的轴承

瑞典在 2100×1500 毫米简摆腭式破碎机的偏心轴上, 使用了内径 710 毫米的鼓形滚柱轴承, 轴承是直接安在偏心轴颈上的。动腭轴承内径为 560 毫米, 安装在可退出的锥形套筒上。通过导管, 可分别将压力油注入偏心轴的轴承座和套内, 便能十分方便地把轴承拆除。动腭轴承与偏心轴轴承, 都是通过外环的润滑槽及孔将润滑脂加进轴承内进行润滑。

瑞典 LKAB 公司的基鲁纳铁矿, 是世界较大的铁矿之一, 它使用的 17 台腭式破碎机, 都应用了上述滚动轴承。自 1954 年以来, 至今轴承工作情况良好。小型破碎机所使用的轴承, 其偏心轴轴承直接安装在截锥形轴承座上, 其设计原理与前者相同。

英国 Baxter 公司最近制造了一台 1270×914 毫米简摆腭式破碎机, 也装上了双列滚子轴承。安装在苏格兰的一个花岗岩石矿, 机器重 55 吨, 能够破碎坚硬矿石, 产量为 500 米<sup>3</sup>/时。

芬兰 Raum Repola 公司生产的 1600×1300 毫米的腭式破碎机, 产量为 250~400 米<sup>3</sup>/时, 转速为 150 转/分, 电机功率为 160~200 千瓦, 偏心轴装有双列滚珠轴承<sup>[82]</sup>。

#### 2. 旋回破碎机用的轴承

瑞典在 600 毫米旋回破碎机上, 所用滚动轴承的已有数台, 破碎机架使用 850×1120×200 毫米的鼓形滚柱轴承。偏心轴装有一个 23276CAK 型轴承。多年来, 此种破碎机是用作中碎用的。因其工作情况良好, 最近又制造了 900 与 1350 毫米两台巨型破碎机作为粗碎机, 较大的一台的偏心轴应用了 1320×1720×400 毫米的滚柱轴承。另一台使用了尺寸为 420×700×280 毫米的 24184CK30 型鼓形滚柱轴承。

瑞典的摩格哈玛 (Morgardshammar) 公司, 不仅把具有液压悬挂的主轴顶部装有球面轴承, 而且在其偏心部, 也装上了滚珠轴承<sup>[83]</sup>。

#### 3. 反击式破碎机用的轴承

瑞典反击式破碎机, 给矿口为 1500×2270 毫米, 最大可破碎 1.5 吨的漂石 (尺寸约为 1.5 立方米), 转子速度为 300 转/分, 其直径为 2000 毫米, 长度为 2250 毫米, 重量为 25 吨, 由鼓形滚动轴承支撑, 轴承型号是 23264CAK, 尺寸为 320×586×208 毫米。

滚柱轴承安在特制的壳体内。由于经常暴露于石粒与潮湿环境中, 需要高效能的密封装置, 内有绒环及注满油的迷宫式填封。润滑脂是经加油孔注入。

#### 4. 磨矿机用的轴承

瑞典在小型磨机上, 选用了 239CA 或 230CA 系列的鼓形滚柱轴承。对大型磨机因经常承受很大的静负荷, 并且物料与介质的重量相当高, 需要采用高承载能力的滚柱轴承。对大直径中空轴, 需要采用高承载能力锥形内径的鼓形滚柱轴承。如轴承温度变化太大时, 自由端轴承应放在活动的支座上, 使之能自由地作轴向移动。滚柱轴承一般使用油脂滑润, 润滑剂是由轴承外环的油孔注入到两排滚柱之间。瑞典一家公司生产的 2250 马力自磨机就使用了 SKF 型双列自位滚动轴承<sup>[38]</sup>。

在回转水泥窑上, 也采用了滚柱轴承。

#### 二、“采—装—运—碎”联合机组

它是把露天矿和破碎生产的几个环节, 组合成为一个连续生产过程的机组。用连续生产代替间断生产, 使生产过程连续化, 也为生产自动化创造了条件。

国外从 50 年代开始应用这种设备, 按有无行走机构, 分为移动式 and 自行式两种型式。

##### 1. 移动式破碎机—运输带联合机组<sup>[34]</sup>

西德 1956 年首先使用了一台大型移动式粗碎机组, 也可称为移动式破碎车间。到 1969 年发展了 24 套, 其中 8 套是 1969 年安装的。这些移动式车间装有锤式、反击式、辊式、圆锥、旋回及腭旋式等破碎机。美国已有许多台装有 1370 毫米旋回破碎机的移动式车间, 装有 1524 毫米旋回破碎机的移动车间正在设计中。如在这种联合机组上, 配备一台  $10.9 \text{ 米}^3$  的电铲, 三班工作, 每班只需二个人, 就可达到 2000 吨/时或 48000 吨/天的产量。

Esch、Krupp 和 Weserhütte 是欧洲生产移动破碎车间的主要厂。一般是根据产量, 岩石硬度和耐磨性, 来选择移动式破碎机的形式。大多数移动式破碎车间, 是装在爬行曳引车上。一般选用锤式破碎机或反击式破碎机, 来破碎较软的矿石。用腭式和旋回式破碎机, 破碎较硬的耐磨性强的矿石。

如果要求产量为 1000 吨/时, 以选用旋回破碎机较理想, 而腭式破碎机要到达这个产量, 就较困难。

一般情况, 破碎机有效工作时间, 是全部工作时间的 40~60%。若直接用电铲或装岩机给料, 移动式破碎机的有效工作时间可达 80%。

在欧洲, 一台装有 1372 毫米短头圆锥破碎机的移动车间 (没有运输皮带, 只配有行走机构), 按给料器形式不同, 而决定的价格为 40~50 万美元。如使用爬行曳引车, 还要多 10 万美元。如果有给料皮带, 还要再加上 10 万美元。装有 1524 毫米短头圆锥破碎机的移动车间, 费用为 80~100 万美元, 其中 30~50% 的费用是花在运输、保养和商业贸易。

##### 2. 自行式破碎机组<sup>[55] [35] [36] [37] [48]</sup>

自行式破碎机组, 除配有行走机构外, 其余组成均与移动式破碎机组相似。

目前几个主要资本主义国家, 都有厂家制造自行式破碎机组, 其中西德制造的机组在不少国家里获得了应用。主要的厂家有: Esch 公司、Krupp 公司和 Weserhütte 公司三家。此外, 其他国家的厂家有 Brown Lenox 公司、Goodwin Barsby 公司、Hewitt-Robins 公司、Holmes 公司、川崎公司、Marsden 公司、Frederik Parker 公司、Pegson 公司、Sala 公司和 Sheepbridge 设备公司。

一些公司生产的用于水泥工厂的自行式破碎机组见表 1-12。一些国家生产的大型破碎机组的性能见表 1-13。