

国外机械工业基本情况

# 重 型 机 械

西安重型机械研究所 编

机械工业出版社

LA

10.20  
X of

388462

# 重 型 机 械

西安重型机械研究所 编



机械工业出版社

内 容 简 介

本资料是在前三轮，特别是第三轮的基础上，围绕我国重型机械行业发展战略，以产品和基础工艺为主线，针对制订行业发展规划，制订产品赶超目标和对象，针对行业技术发展方向等实际需要，全面系统地介绍了国外冶炼、连铸、轧制、重型锻压等机械装备及其生产工艺的综合情况，重点反映了从1983年至1992年国外重型机械主要产品、关键技术、典型工艺的发展水平和现状，以及到本世纪末的技术发展趋势。

图书在版编目 (CIP) 数据

113763

重型机械/西安重型机械研究所编. —北京: 机械工业出版社, 1995. 8

ISBN 7-111-07814-0



I. 重... II. 西... III. 重型机械—发展—研究 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 11676 号

出 版 人 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)

责任编辑: 梁兴江 傅兰生 版式设计: 李松山 责任校对: 高康年

封面设计: 朱 峰 责任印制: 赵永洪

林业大学印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1995年12月第1版·1995年12月第1次印刷

787×1092mm<sup>1/16</sup>·40.8印张·1018.6千字·653页

0 001—500册

定价: 70.00元

## 出版说明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供实用、先进的技术装备的重任。为适应社会主义市场经济体制的发展要求，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平，提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业在社会主义市场经济体制下自我完善的发展道路，我们组织编写了第四轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前三轮的基础上，围绕我国机械系统各行业和专业的发展战略，针对我国机械工业技术发展的实际要求，全面系统地介绍国外机械系统各行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业80年代中后期到90年代初期的水平及到本世纪末的发展趋向。

第四轮《国外机械工业基本情况》共60多分册，编写人员达500余人。本书为《重型机械》分册，由西安重型机械研究所编。责任编辑：梁兴江 傅兰生。

机械工业部科技信息研究院

# 前 言

为了系统掌握国外重型机械工业基本情况，促进我国重型机械行业技术进步，根据原机械电子工业部机械科技情报所机情系字〔1991〕106号文《关于组织编写第四轮国外机械工业基本情况的通知》要求，西安重型机械研究所在原机电部第二装备司的直接领导下，组织国内重型机械行业有关科研设计、生产制造部门和大专院校的20个单位的专家学者和科技人员，从1991年7月开始，历时一年零十个月，通过广泛搜集国内外资料，深入现场调研，进行专家访问，分析整理汇总编撰并对所编稿件多次征询专家意见，反复修改而于1993年5月定稿。

本资料是在前三轮，特别是第三轮的基础上，围绕我国重型机械行业发展战略，以产品和基础工艺为主线，针对制订行业发展规划、制订产品赶超目标和对象，针对行业技术发展方向等实际需要，全面系统地介绍了国外冶炼、连铸、轧制、重型锻压等机械装备及其生产工艺的综合情况，重点反映了从1983年至1992年国外重型机械主要产品、关键技术、典型工艺的发展水平和现状，以及到本世纪末的技术发展趋势。

本资料共包括六章内容，即第一章冶炼机械，其中第一节综述由西安重型机械研究所汪兴富编写，第二节炼焦设备由大连重机厂提供，第三节烧结球团设备由沈阳重机厂杜肇泉编写，第四节高炉炼铁设备由第一重机厂林玉书编写，第五节直接还原炼铁技术由第一重机厂李赏庆编写，第六节氧气转炉由上海机电设计研究院程子初编写，第七节炉外精炼设备由西安重型机械研究所马秀琴编写。第二章连续铸钢设备，其中第一节综述和第二节大型板坯连铸机由西安重型机械研究所汪兴富编写，第三节薄板坯连铸机由西安重型机械研究所孟令忠编写，第四节方圆坯连铸机由大连重机厂提供。第三章轧制机械，其中第一节综述由西安重型机械研究所李金生编写，第二节型钢轧机由沈阳重机厂吕庆环编写，第三节冷弯型钢技术由太原重机学院黄庆学和冶金部情报所姜尚青合写，第四节线材轧机由大连重机厂提供，第五节中厚板轧机由第二重机厂赵容仲编写，第六节板带材热轧机由第一重机厂刘成编写，第七节板带材冷轧机由上海重机厂刘正秋、胡有庆合写，第八节涂（镀）层机组由上海机电设计研究院李修中编写，第九节铝板轧机和第十节铝箔轧机由陕西压延设备厂邢友云、张守健编写，第十一节热轧管机由太原重机厂王步升、宋新萍合写，第十二节冷轧管机由西安重型机械研究所白连海编写，第十三节冷拔管机由洛阳矿山机器厂李留旺编写，第十四节特种轧机由西安重型机械研究所王世臣编写，第十五节金属制品设备由上海机电设计研究院洪舜发编写，第十六节剪切设备和第十七节矫直设备分别由沈阳重机厂郭延明、刘喜才编写，第十八节大型轧机电气控制与自动化技术由天水电气传动研究所周也平编写，第十九节轧制理论及轧机设计由燕山大学连家创、刘玉礼、王兴昌、杨其俊、杜凤山合写。第四章重型锻压机械，其中第一节综述由西安重型机械研究所荆宏善编写，第二节自由锻造设备由北京重机厂陈上齐、太原重机厂杨德仁和沈阳重机厂吴怀仁编写，第三节模锻设备由沈阳重机厂崔东林、第二重机厂刘雨耕及第一重机厂李玉芳编写，第四节精锻设备由西安重型机械研究所任建勋和天津重机厂孟威编写，第五节有色金属挤压设备由沈阳重机厂王凤鸣和太原重机厂杨德仁

编写，第六节板料冲压压力机由第一重机厂周晓平和上海重机厂赵如编写，第七节板料冲压液压机由太原重机厂杨德仁和沈阳重机厂齐恩明编写，第八节开卷落料堆垛生产线由太原重机厂姚保森编写，第九节旋转式板料成形设备由第二重机厂刘成德和燕山大学王家勋编写，第十节超塑成形技术与装备由北京机电研究所张保良、魏铮、李作有合写，第十一节等静压设备由上海重机厂赵如编写，第十二节非金属材料成形设备由吉林重机厂沈旭东和上海重机厂赵如编写，第十三节非金属材料加工设备由第二重机厂陈如龙和沈阳重机厂林聪、蔡德祺编写。第五章大型铸锻件制造由德阳大型铸锻件研究所周云松、何志勇、邓玉、刘春燕、钟慧仙、王孜编写。第六章重型机械制造由机械部设计研究院钱家驹、纪梦尹、张为皓、张道茹编写。

本资料由中国重型机械工业协会秘书长、高级工程师高国栋任主编，高级工程师李金生、荆宏善和副译审汪兴富任副主编。第一、二章由汪兴富统审，第三、五、六章由李金生统审，第四章由荆宏善统审。参加审稿的人员还有王世臣、徐希文、金宝杰、赵玉琛、汪鲁珍、李贺平、海锦涛、钱家驹、冯章汉等同志。高国栋、李金生两位同志对整个资料作了终审。

本资料在编写过程中，得到了参加编写各单位的大力支持和帮助，得到了机械部科技信息研究院系统管理处孙京林处长、宋继业高级工程师的具体指导，在此一并表示衷心的感谢。

# 目 录

第一章 冶炼机械	1
第一节 综述	1
第二节 炼焦设备	10
第三节 烧结球团设备	15
第四节 高炉炼铁设备	33
第五节 直接还原炼铁技术	33
第六节 氧气转炉	44
第七节 炉外精炼设备	50
第二章 连续铸钢设备	63
第一节 综述	63
第二节 大型板坯连铸机	70
第三节 薄板坯连铸机	78
第四节 方圆坯连铸机	90
第三章 轧制机械	98
第一节 综述	98
第二节 型钢轧机	107
第三节 冷弯型钢设备	119
第四节 线材轧机	125
第五节 中厚板轧机	135
第六节 板带材热轧机	147
第七节 板带材冷轧机	167
第八节 涂(镀)层机组	196
第九节 铝板轧机	202
第十节 铝箔轧机	218
第十一节 热轧管机	229
第十二节 冷轧管机	247
第十三节 冷拔管机	256
第十四节 特种轧机	260
第十五节 金属制品设备	269
第十六节 剪切设备	273
第十七节 矫直设备	281
第十八节 大型轧机的电气控制与自动化技术	287
第十九节 轧制理论及轧机设计	307
第四章 重型锻压设备	327
第一节 综述	327
第二节 自由锻造设备	350
第三节 模锻设备	365

第四节	精锻设备 .....	384
第五节	有色金属挤压设备 .....	395
第六节	板料冲压压力机 .....	407
第七节	板料冲压液压机 .....	421
第八节	开卷落料堆垛生产线 .....	426
第九节	旋转式板料成形设备 .....	431
第十节	超塑成形技术与装备 .....	438
第十一节	等静压设备 .....	446
第十二节	非金属材料成形设备 .....	459
第十三节	非金属材料加工设备 .....	472
第五章	大型铸锻件制造 .....	484
第一节	综述 .....	484
第二节	大型铸锻件产品及其发展 .....	485
第三节	炼钢与铸锭 .....	504
第四节	铸造 .....	531
第五节	锻造 .....	543
第六节	热处理 .....	568
第六章	重型机械制造 .....	580
第一节	焊接 .....	580
第二节	机械加工与装配 .....	595
第三节	检测 .....	608
第四节	节能 .....	616
第五节	环境保护 .....	628
第六节	重型机械制造企业 .....	633



# 第一章 冶炼机械

## 第一节 综 述

总的来说,近10年来世界钢铁工业普遍不景气。从80年代初到90年代初全世界钢产量增加不到1亿t,生铁产量只增加了二二千万t(见表1-1,表1-2)<sup>〔1〕〔2〕</sup>。1990年全世界钢产量为76800万t,比1989年减少2%左右,是继1988年、1989年创纪录以来,历史上第三个高产年。西方工业发达国家的钢产量普遍减少;发展中国家的钢产量近年也有所减少,这主要是因为巴西和拉丁美洲一些国家钢产量大幅度减少;前苏联和东欧地区钢产量减少得也很多,其中减少得较多的为前民主德国和罗马尼亚。与此相反,亚洲地区一些国家(地区)的钢产量保持了连续增长的势头,其中有日本、韩国、中国台湾省、印度和印度尼西亚等。我国近10年平均年增产钢300万t以上,而且增长的速度还在提高,这在世界钢铁发展史上是罕见的。

为了加强竞争能力,提高钢铁企业效益,各国对钢铁工业继续实行合理化调整,更新设备,增加投资。据报道,1990年工业发达国家冶金设备的投资比1989年增加了24.7%,其中德国增加31.5%,法国增加45.1%,英国增加21.1%,日本增加28.8%,美国增加8.7%。发展中国家(地区)从1984年到1989年的6年中冶金设备投资逐年都有所增加,但1990年与1989年相比,却有所下降。韩国1988年和1989年与上一年相比,投资分别增长了54.7%和34.7%,而1990年的投资仅增加1.1%;中国台湾省的投资1989年比1988年增加462%,而1990年比1989年减少了34.7%。巴西的投资1989年比1988年增加21.2%,而1990年比1989年下降8.5%。各国(地区)钢铁设备投资见表1-3<sup>〔1〕〔2〕</sup>。

冶金机械总的趋势是向大型化、自动化和连续化的方向发展,并不断开发高效、低耗、耐用的新装备和革新工艺、综合利用、控制污染等新技术。主要工艺流程仍然是:

烧结球团  
炼焦 → 高炉 → 氧气转炉(电炉) → 炉外精炼 → 连铸 → 轧制(或连铸连轧)

但是,为了适应钢材市场的变化,即对品种、质量、批量和价格等的要求,以采用  
直接还原 → 电炉 → 炉外精炼 → 连铸连轧

为代表的短流程工艺和装备的小钢厂发展迅速。目前世界上最大的焦炉是德国鲁尔煤炭公司凯泽斯图尔兰厂的两座大型焦炉,其炭化室高7.85m,长18m,宽610mm,有效容积79m<sup>3</sup>,年产焦炭能力为200万t。最大的烧结机有日本新日铁公司若松厂的一号烧结机和安装在日本住友金属工业公司鹿岛厂的烧结机,烧结面积均为600m<sup>2</sup>,均可日产2万多t烧结炭。最大的高炉是前苏联切列波维茨钢厂的5580m<sup>3</sup>高炉。氧气转炉最大炉容为400t级的。最大的交流电弧炉容量为400t。下面分别简介冶炼机械的发展情况。

表 1-1 国外主要产钢国家(或地区)的钢产量

国家(地区)	钢产量 (万吨)									
	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年
前苏联	14845	14715	15251	15420	15450	16040	16140	16300	16010	15390
日本	10168	9955	9717	10558	10530	9830	9851	10570	10790	11030
英国	10961	6766	7676	8394	8010	7390	8100	9065	8890	8870
前联邦德国	4161	3588	3573	3939	4050	3710	3625	4100	4110	3840
意大利	2478	2401	2181	2406	2390	2290	2282	2376	2570	2540
巴西	1323	1300	1467	1839	2050	2120	2223	2466	2500	2060
法国	2126	1840	1758	1900	1860	1790	1769	1912	1930	1900
波兰	1572	1479	1624	1653	1610	1690	1710	1687	1510	1360
前捷克斯洛伐克	1527	1499	1502	1483	1500	1510	1540	1538	1550	1480
英国	1557	1370	1499	1312	1580	1480	1743	1895	1870	1790
韩国	1075	1176	1192	1303	1350	1450	1678	1912	2190	2310
加拿大	1481	1187	1283	1470	1450	1410	1474	1487	1550	1210
罗马尼亚	1303	1306	1259	1444	1380	1400	1500	1431	1440	1100
南非	901	828	718	773	850	910	813	884	960	870
比利时	1238	999	1015	1130	1070	970	982	1122	1090	1140
前民主德国	747	717	722	757	790	800	820	813	780	560
墨西哥	761	706	692	748	730	720	749	778	790	880
澳大利亚	764	637	568	630	640	650	610	639	670	660
南斯拉夫	398	384	413	429	450	530	437	449	450	370
奥地利	466	426	441	467	470	430	430	456	470	430
世界合计	70758	64517	66368	71007	71700	71200	73746	78021	78500	76900

表 1-2 世界各国或地区生铁产量

万 t

年 份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
国家或地区名称										
世界合计	49640.0	54950.0	45460.0	48770.0	49680.0	49150.0	50210.0	53060.0	53600.0	52679
日本	8001.8	7765.8	7293.6	8040.3	8056.9	7465.1	7341.8	7929.5	8019.7	8023
美国	6674.3	3929.0	4421.7	4709.0	4528.2	3987.2	4366.9	5057.1	5068.7	4982
前联邦德国	3187.6	2762.1	2659.8	3020.3	3153.1	2901.8	2851.7	3188.7	3278.1	3100
法国	1727.4	1504.7	1377.0	1503.9	1540.5	1398.2	1344.9	1478.5	1498.0	1441
意大利	1231.9	1159.6	1036.2	1166.7	1211.4	1188.6	1135.6	1138.6	1177.9	1188
比利时	980.9	786.2	803.3	897.0	871.9	804.6	825.4	915.0	891.8	944
卢森堡	288.9	258.7	231.6	276.9	275.4	265.0	230.5	252.1	268.5	265
荷兰	460.0	361.8	374.7	492.5	482.0	462.9	457.5	499.4	516.6	496
英国	946.1	846.5	962.6	961.7	1045.8	978.5	1211.0	1297.0	1281.6	1232
葡萄牙	31.4	22.2	35.5	37.3	41.4	46.3	43.1	44.5	37.7	34
南斯拉夫	281.6	270.2	283.6	284.6	310.8	306.7	286.6	291.6	289.9	231
中国	3417.0	3551.0	3738.0	4116.0	4100.0	4994.0	5020.0	5703.9	5200.0	6237
印度	947.4	964.0	916.2	946.4	983.5	1051.4	1092.0	1170.9	1215.0	1265
韩国	792.5	844.3	802.4	876.3	883.3	900.3	1107.6	1258.6	1484.6	1534
中国台湾省	161.0	269.5	341.5	336.0	342.9	374.0	377.0	567.5	578.0	549
加拿大	974.3	800.0	856.6	964.4	966.5	924.9	971.9	922.9	1013.9	
墨西哥	376.7	359.8	353.7	386.9	353.0	372.8	369.2	364.2	324.4	265
巴西	1079.1	908.0	1294.5	1723.0	1896.1	2035.3	2133.5	2345.4	2436.3	1603
阿根廷	91.4	101.7	91.3	90.2	131.0	162.5	175.2	159.6	210.5	192
智利	59.2	45.3	53.9	59.4	58.0	59.2	61.7	77.6	67.9	67.5
哥伦比亚	23.2	24.6	26.8	27.0	24.6	31.9	32.6	30.9	29.7	

(续)

国家或地区名称	年 份									
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
澳大利亚	683.0	595.6	504.5	532.9	550.5	585.3	557.9	572.3	608.4	613
南非	736.6	686.8	500.1	545.1	504.4	577.4	631.7	617.1	651.3	626
突尼斯	17.3	10.7	16.3	16.6	16.0	18.1	18.8	16.2	14.0	14
西班牙	625.9	599.4	542.6	531.9	545.7	486.5	480.4	469.0	558.8	548
瑞典	177.0	177.9	201.1	221.4	242.4	243.5	231.4	249.4	263.8	274
奥地利	347.7	311.5	331.9	347.5	373.4	334.9	345.1	366.4	382.3	345
挪威	57.0	48.3	56.5	57.2	61.0	56.4	36.4	36.7	27.0	5.4
瑞士	3.3	1.0	1.0	5.4	6.6	7.9	7.0	7.0	7.0	7
芬兰	196.5	194.4	189.8	203.4	190.1	197.8	206.3	217.3	228.4	228.3
土耳其	205.0	217.4	271.9	290.2	319.3	373.3	406.8	446.2	350.8	483
前苏联	10776.5	10672.3	11045.3	11089.3	11100.0	11384.0	11400.0	—	11234.4	11018
波兰	898.0	819.8	937.4	962.5	943.6	1019.4	1012.1	992.9	948.8	835
前捷克斯洛伐克	990.3	952.5	946.6	956.1	956.2	957.3	978.8	970.6	983.3	967
前民主德国	243.2	214.9	220.7	235.7	257.8	273.8	275.5	278.6	270.3	216
保加利亚	151.5	156.2	162.6	158.2	174.0	160.5	165.6	144.1	153.3	
匈牙利	221.2	220.1	205.9	210.5	210.2	206.1	210.9	209.3	299.2	196
罗马尼亚	885.7	863.7	819.0	955.7	921.2	932.9	950.0	950.0	950.0	650
朝鲜民主主义人民共和国	500.0	525.0	550.0	575.0	775.0	850.0	850.0	590.0	590.0	590
委内瑞拉	41.8	20.2	16.9	32.6	44.1	49.3	47.3	48.5	48.9	31.4
秘鲁	18.7	16.1	11.3	0.4	16.3	21.6	23.3	16.6	22.7	15.5
埃及	96.5	108.0	89.8	96.2	95.0	106.6	106.9	111.2	110.0	110
津巴布韦	64.3	47.8	58.4	40.0	67.4	64.4	57.5	54.5	54.0	54

表 1-3 各国(地区)钢铁设备投资

百万美元

国家(地区)	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
比利时	175	238	323	318	347	399	602	518
前联邦德国	709	1250	965	847	821	859	1329	—
法国	514	527	439	488	407	495	718	—
意大利	359	617	973	1027	466	322	—	—
卢森堡	36	49	72	83	73	46	79	71
荷兰	125	232	351	269	189	187	299	—
葡萄牙	23	5	27	8	12	41	167	40
西班牙	278	417	690	749	513	384	449	429
英国	357	321	400	416	516	701	849	755
欧共体计	2576	3656	4240	4205	3344	3434	4492	—
奥地利	88	108	125	157	292	259	268	280
芬兰	59	80	177	287	211	235	251	257
瑞典	100	126	147	190	224	331	358	306
土耳其	186	180	153	81	85	61	206	638
其它西欧计	433	494	602	715	812	866	1083	—
欧洲计	3009	4150	4842	4930	4156	4320	5575	—
加拿大	147	400	688	542	392	601	401	428
美国	1203	1641	863	1162	1836	2310	2300	2157
北美计	1350	2041	1551	1706	2228	2911	2701	—
阿根廷	200	442	191	262	496	—	—	—
巴西	773	473	548	365	496	601	599	665
墨西哥	434	193	214	386	233	225	85	169
委内瑞拉	18	15	101	179	66	230	402	512
中南美计	1426	1123	1054	1192	1291	—	—	—
南非	178	121	145	200	136	286	444	322
日本	2676	2699	4107	3466	3861	5084	6389	7724
印度	1008	1501	1211	1411	1251	1326	1459	1412
韩国	298	899	1916	1721	2663	3983	3609	3688
新加坡	11	3	2	3	4	8	20	6
中国台湾省	74	140	511	845	455	2555	1673	607
澳大利亚	234	109	350	511	340	218	383	458
新西兰	142	162	167	316	169	9	17	18
合计	10409	12953	15856	16029	16059	21727	23356	—

## 一、炼焦设备

焦炉的主要发展方向是扩大炭化室的容积，减少炭化室数量，以便缓解焦炉机械的频繁操作，改善环境条件和能源利用。目前，炭化室的高度已达7m，有可能发展到8m；宽度可能发展到600mm左右。但是，扩大炭化室几何尺寸几乎已经达到焦炉机械和操作工艺的极限。因此，对于焦炉大型化要综合考虑，根据需求选择合理的焦炉规格，使其发挥最佳效率。

德国的焦炭科研机构已提出了“巨型焦炭反应器”的构思。它可能是一个单一的高12.5m、长25m、宽0.85m的反应器，有效容积为225m<sup>3</sup>，日产焦炭165t。采用这种焦化系统，可使焦炭生产成本降低20%，据预测，它可能成为21世纪焦炭生产的基础。

近10年来，炼焦机械设备并没有发生根本性变化。但其功能不断完善，自动化操作得到了较大的进展。国外已实现装煤、平煤操作自动化；炭化室除石墨自动化；炉头焦处理自动化；焦炭出炉操作自动化；拦焦车一次对位等。

此外，为了充分利用熄焦过程的热能和防止废气污染，并有利于提高焦炭的质量，前苏联首先开发了干熄焦技术(CDQ)。现在，干熄焦技术在日本和前苏联等推广较快。应用得较普遍的是立式熄焦塔。日本三菱重工开发的环形栅板式熄焦室，能力可达200t/h。

为合理利用焦煤资源，多用弱粘结煤，被国际上广泛采用的捣固焦技术和设备已十分成熟。

## 二、烧结球团机械

目前，烧结球团矿已占高炉炉料的主要部分。据统计，1981年世界高炉炉料平均组成为：铁矿石33.4%，烧结矿50.3%，球团矿16.3%；1986年前苏联高炉炉料平均组成为：铁矿石3%，烧结矿67.5%，球团矿29.5%；日本的高炉炉料约80%为烧结矿。

### (一) 烧结设备

烧结机是烧结设备的主体，种类很多，主要有鲁奇、麦基、考伯斯、机上冷却和前苏联等型式。其中鲁奇型烧结机的烧结面积占全世界烧结机的40%。

烧结机发展的主要特点是大型化、节能、防止污染和实现自动化控制。

除了上面已经提到的，目前世界上最大的600m<sup>2</sup>烧结机外，前苏联还设计制造了AKM-648型烧结机，烧结面积为648m<sup>2</sup>。今后，前苏联型烧结机的烧结面积有可能增加到1000~1200m<sup>2</sup>。

为了适应烧结机大型化的要求，已有不少烧结机采用多点啮合柔性传动装置，以改善传动条件。

烧结机本身和附属设备也有很大改进。例如，前苏联研制成功了磁辊布料器，日本新日铁公司的烧结机采用了新型强化筛分布料装置(ISF)。为了节能，开发了多种新型点火器，例如，成型多孔式烧嘴点火器和缝隙式点火器，以及多缝式烧嘴和面燃烧预混合烧嘴型点火炉等。此外还有余热利用。

目前，国外新投产的大型烧结机，多数采用鼓风环式冷却机。

烧结厂计算机全盘自动化控制也已成熟应用，几乎控制了全部烧结过程和作业，如机速、混合料水分、铺底料用量、FeO、料流、混合料料仓的料位、燃料量的自动调节、点火器的调节等。

### (二) 球团设备

目前，大型球团设备的主流是采用DL型带式焙烧机和链篦机一回转窑。所占的比例是，

DL 型带式焙烧机焙烧的球团矿年产量占世界年产量的 44%，链篦机一回转窑占 33.5%。美国 Dravo 公司可提供台车宽度 5m，有效面积达 1000m<sup>2</sup> 的 DL 型带式焙烧机的全套设计图，其生产能力约为每年 900 万吨。

### (三) 烧结、球团生产工艺的改进

主要有两大新技术，其一为低温烧结，其二为小球烧结 (HPS)。低温烧结除能降低能耗外，可使烧结矿还原性等冶金性能有显著改善。小球烧结又称为球团烧结混合工艺，它综合了烧结与球团两种工艺的优点，对原料（特别是细精矿）适应性强，同时也改善了产品还原性及低温粉化率。日本钢管公司福山厂的 5 号烧结机被改造成 HPS 设备，从 1988 年 11 月投产以来，成效显著。生产率提高了 0.05t/m<sup>2</sup>·h，原料中-0.125mm 的细矿粉含量约增加了 40%。高炉采用 HPS 产品后，渣量约降低 20kg/t，焦比约降低 12kg/t，在全焦生产条件下，该厂 5 号高炉产量从 9700t/d (利用系数 2.08)，提高到 10300t/d (2.21)，最高达到 11000t/d (2.36)。

## 三、高炉

目前，高炉仍为世界上主要的炼铁手段。高炉的大型化也已接近达到极限。据 1990 年统计，世界上大于 2000m<sup>3</sup> 高炉有 135 座，4000m<sup>3</sup> 以上的有 23 座，5000m<sup>3</sup> 以上的有 5 座<sup>[4]</sup>。

现代高炉的综合技术包括第四代水冷齿轮箱、半罐式无料钟炉顶、高度自动化控制系统、炉顶煤气余压发电、喷吹煤粉、全封闭精化渣处理、高效耐用的冷却设备和阀门、液压矮泥炮、气动开铁口机、脱湿鼓风等等。

80 年代中期开始，高炉控制系统逐步发展为人工智能计算机的专家系统，从而实现了炉热及非常炉况的预示及调节。这种技术今后必将更加成熟并迅速发展，直至高炉生产过程完全闭环自动控制。

高炉寿命。高炉寿命的延长有利于节省投资、降低成本和争得更多的生产时间。在采用改变炉衬结构和材料、冷却条件和喷补技术等之后，高炉炉龄大大提高。1990 年 1 月，日本住友金属工业公司鹿岛厂 3 号高炉，创造了炉龄 13 年 5 个月，产铁 9535t/m<sup>3</sup> 的纪录。

喷吹煤粉和富氧。日本从 1981 年，德国从 1986 年开始喷吹煤粉，以节约昂贵而且资源紧张的焦炭。到 1989 年，日本 35 座高炉中已有 20 座喷煤。1990 年 2 月日本君津厂创造月平均喷煤 118kg/t 的纪录。欧共体现有 70 座高炉喷煤，1990 年 5 月德国蒂森公司月平均喷煤 177kg/t。

## 四、非高炉炼铁技术和设备

用高炉炼铁需消耗大量焦炭，为提高铁矿石品位需要制造人造富矿（烧结球团矿），为提高高炉炉温又需要热风炉等等。这就使高炉炼铁投资大，成本高，热能损耗大，效益低。因而，不少国家开始探索和使用非高炉炼铁法。其中主要的有直接还原和熔融还原。

### (一) 铁矿石直接还原

铁矿石直接还原技术在 60 年代进入工业化阶段后，得到了迅速的发展。据统计，1990 年，全世界直接还原炼铁能力已将近 3000 万 t/年，实现产量已达 1788 万 t。这项技术主要在发展中国家采用。原因是，投资少，适应这些国家的资源条件和需要量。目前已投产的单机年生产能力在 15 万至 60 万 t。据报道，印度将在 1993 年底投产一套年产 100 万 t 海绵铁的直接还原设备，将是世界上第一套大型设备。

## （二）熔融还原法

近 10 年来，日本、德国、前苏联、美国、澳大利亚、瑞典等国都在积极进行熔融还原法工艺流程试验，预计有些流程要在 90 年代陆续实现工业化。

前苏联在新利比茨克厂投资开发了日产 1000t 的铁浴法，于 1988 年工业试验成功，并在 10 多个国家申请了专利。

日本于 1988 年由通产省组织八大钢铁公司联合组织熔融还原法的工业试验，加上各大钢铁公司各自的工艺流程开发，总共计划投资约 200 亿日元，预计 1994 年完成日产 500t 规模的工业试验。

澳大利亚 CRA 公司与美国 Midrex 公司合作，计划投资 1.2 亿美元建成日产 500t 的工业试验厂，预计 1992 年末达到商业化水平。奥地利的奥钢联公司和德国的 Korf 工程公司于 70 年代末共同研究了 Corex 工艺流程，并于 1981 年在德国的克尔建成年产 6 万 t 的中间试验厂。1985 年在南非建成日产 1000t（即年产 30 万 t）生铁的工厂，于 1988 年 8 月正式投产，至今生产与经济效益良好。

美国能源部决定投资 2500 万至 3000 万美元，建一座熔融还原试验厂。美国钢铁研究所 AISI 1986 年提出熔融还原方案，1990 年在 10t 转炉上进行基础试验，下一步将在 180t 转炉中得到验证。

从总体上看，熔融还原法是一项很有前途但还没有完全成功的冶炼新工艺。各主要产钢国都在加快其工业化的步伐。

## 五、氧气转炉

氧气转炉仍然是主要的炼钢手段，其产量占世界总钢产量的 60%。世界主要产钢国家除前苏联和意大利外，转炉钢比几乎都超过 50%。在 80 年代，面临工业化国家废钢充足、价格便宜、大量采用电炉生产普通钢，再加上市场等原因，转炉的增长率一直处于停滞不前的状态。美国、日本和西欧，由于市场和生产成本等原因，近年来还关闭了部分转炉钢厂。在发达国家中只有少数钢厂打算扩大转炉生产能力。只有在发展中国家中，如巴西、印度、中国等，才打算增加转炉的生产能力。

转炉仍向大型化发展。据 1990 年国际钢铁学会年会的报告称，自 1975 年以来，氧气转炉的炉座数减少了 1/3，而炉容量却增加了 15%。80 年代中后期，最突出的发展是顶底复合吹炼转炉被普遍采用。新建的氧气转炉几乎都采用复吹法，原有的顶吹和底吹转炉也逐渐改造为复吹转炉。1988 年，全世界 662 座转炉中有 228 座是复吹转炉，占 35%。日本已基本上淘汰了顶吹法；西欧目前正在使用的 140 座转炉中，只有 25 座维持单纯顶吹法，其余大都已改造为复吹转炉。

目前复吹转炉底部供气向高压、大气量、加大气量调节幅度等方向发展。同时进一步开发新气源，提高炉底和炉衬的寿命。在复吹转炉的寿命方面，日本川崎制铁公司水岛厂的复吹转炉，在 1990 年 2 月 18 日到 1991 年 3 月 9 日，创造了连续出钢 8119 炉的炉龄世界纪录。

要保持转炉在炼钢工业中的主导地位，除了采用复吹法外，还需要提高废钢比，以节省费用较贵的铁水。可以采用天然气、油或煤来预热废钢，废钢比可提高 10%。采用双流道氧枪，利用炉气中的 Co，在副流道中供氧强度为  $0.5\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{t}$  时，可以提高废钢比 6%。采用喷煤粉或焦炭粉引入外加热能，在每 t 钢喷 25kg 煤粉时，可以提高废钢比 15%。目前用喷煤法已可使废钢比达到 50%，如果进一步改进，有可能实现 100% 废钢用转炉炼钢。



此外，为了使转炉能炼出纯净的优质钢水，在转炉炼钢前对铁水进行脱硫处理，在出钢后进行炉外精炼的技术也得到了较快的发展和广泛的应用。

## 六、电炉

电炉除冶炼特殊钢外，在发达的工业国家中愈来愈多地用来冶炼普通钢。这是因为这些国家废钢充足，价格比铁水低，电价低，电力供应充足，电炉厂建厂投资低、周期短、见效快，生产成本不一定比转炉高，再加上其生产的品种规格并不与大转炉重合。

国外电炉发展的主要特点是，单一化、大型化和高功率。围绕提高生产率、降低能耗、改善操作条件而采用的新技术有：水冷炉壁和水冷炉盖，氧—燃料烧嘴，偏心和中心炉底出钢，高电压低电流，泡沫渣埋弧操作，废钢预热，炉底吹气搅拌等。

单一化是指一个电炉车间最好只采用一座电炉，与一台炉外精炼设备和一台连铸机相配合，即所谓“三个一”电炉厂。具有投资省、厂房面积小、设备数量少、操作调度方便、生产成本低等优点。国外新建和改造的电炉厂，采用1座电炉的占52%，2座的占30%，3座及3座以上的占18%。

电炉大型化可以说是电炉大量用于冶炼普通钢的同期产物。电炉大型化是减少电炉座数、提高生产率、降低能耗和成本、改善操作条件和采用新技术并获得良好的经济效益的基础。日本从1980年起就不再建20t以下的小电炉，欧洲约有280座大于30t的电炉，美国近两年新建的电炉，容量都在80t以上，最大为西北钢和线材公司的400t电炉。

高功率或超高功率是与电炉大型化同步发展的。国外最近建设的电炉几乎全部是超高功率电炉。所谓超高功率是指电炉额定单位变压器容量的提高，从原来的350kV·A/t提高到目前的800~1000kV·A/t。由于超高功率再加上其他技术的采用，使电炉的出钢周期时间普遍缩短到100min以内，目前已达到60min以内。

由于电炉采用了上述新技术使电耗大大下降，从630kW·h/t降到400kW·h/t，日本已降到310kW·h/t。

## 七、炉外精炼

炉外精炼（又称“二次冶金”）是为适应钢种日益增多、对质量要求不断提高，以及连铸对钢水温度和成分的严格要求而得到迅猛发展的。在工业发达国家中，合金钢比例已达25%，出钢后大都要经过炉外处理；在普通钢生产中，采用炉外精炼的比重也不断增加。采用炉外精炼，钢铁生产的经济效益大幅度增加，t钢综合能耗下降20%，钢材的收得率可从85%提高到90.8%以上。

炉外精炼技术包括三方面内容：

- (1) 铁水预处理；
- (2) 钢包处理，包括钢包中进行合成渣洗、吹氩搅拌、喂丝、喷粉和喷流搅拌等；
- (3) 在钢包中或在另一个精炼容器中进行二次精炼。包括有真空脱气（DH、RH），真空电弧加热脱碳（VAD），钢包炉（LF），真空吹氧脱碳（VOD）和氩氧炉（AOO）等。

80年代末，世界各国投入生产的炉外精炼设备近600台。目前世界上最大的真空炉有300t级的，氩气吹钙钢包最大为300t。

## 参 考 文 献

- 1 (日) 钢铁统计要览·1981~1990