

二十一世纪初 世界钢铁工业展望

汪桢武 沈永淦

冶金部信息标准研究院

二十一世纪初世界钢铁工业展望

汪楨武 沈永淦

每当年代之交,特别是世纪更迭之际,人们总爱对未来社会、政治、经济、技术等方面最引人注目的问题和事件进行预测和展望。钢铁界和有关行业人士对二十一世纪初钢铁工业最关心的有下述诸问题:

- 二十一世纪初钢铁在社会经济发展中的重要地位会动摇吗?
- 二十一世纪初钢铁工业将面临哪些挑战?
- 二十一世纪初世界钢产量会有可观增长吗?
- 二十一世纪初世界钢铁生产、消费格局将有何变化?
- 二十一世纪初电炉—连铸—轧钢流程能取代高炉—转炉—连铸—轧钢流程吗?
- 二十一世纪初无焦冶金能占主导地位不?
- 今后 10~20 年哪些先进的技术、工艺、设备将得到推广应用?
- 今后 10~20 年将开发哪些重大新技术、新工艺?
- 二十一世纪初钢铁工业经营策略有何重大变化?

本文将在综合有关专家和研究机构的见解的基础上,结合笔者的判断、看法和预计,对上述问题进行预测和展望,力图对二十一世纪初世界钢铁工业的全貌做一较为符合实际的描绘。

一、重要地位

自从一百多年前形成钢铁大工业生产以来,钢铁一直是最重要的结构材料,是社会发展的重要支柱,在国民经济中占据重要的地位,起着重大的作用。钢产量在很长时期内被当作衡量一个国家经济实力最重要的指标之一。世界钢产量 1880 年为 440 万吨,1993 年增长到 7.25 亿吨;迄今,人类共生产出 285 亿吨钢;目前全世界钢的年消费量已达 7.2~7.3 亿吨,世界钢累积量高达 80 亿吨左右,世界人均年钢材消费量约为 140 千克(见图 1)。

迄今钢铁的重要地位仍相当稳固。这可从下述数据得到证明:1972~1992 年的二十年间世界钢的年消费量和累积量都翻了一番;西欧国家用钢铁和有色金属制造的产品的国民生产总值

总值占全国国民生产总值的比例达 72~74%,而俄罗斯用钢铁制成的产品的国民生产总值所占的比例高达 70%;俄罗斯钢铁用量占全国结构材料总用量的比例高达 92%。

虽然钢产量已不被做为确定一个国家经济实力最重要的指标之一,但是,工业发达国家无一例外地拥有相当规模的先进的钢铁工业,一个国家的经济进步水平,仍在很大程度上取决于钢铁工业的现状和发展。钢铁工业不仅决定了一个国家经济的独立性,而且决定了其政治独立性。因此,全世界大多数国家的钢铁工业在金融、信贷和税收优惠诸方面都得到政府相当大的支持。

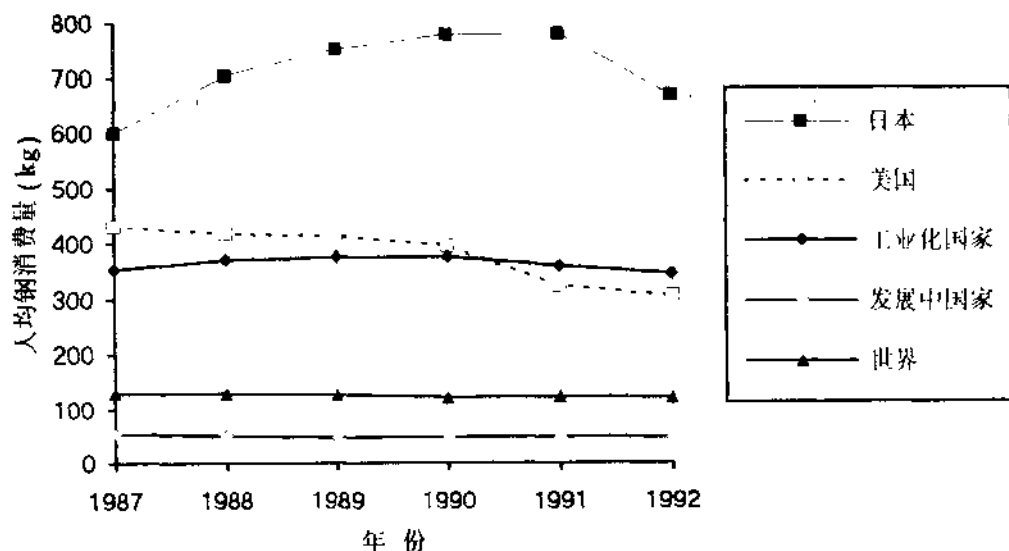


图1 世界人均钢消费量

应当指出,近二十多年来钢消费量的增加受到下述因素影响:(1)1973年第一次石油价格冲击以后多年的世界性经济萧条或不景气造成用户对钢材的需求减少;(2)提高钢材性能、改进钢制品的设计和用钢技术,使得制造多种产品的单位用钢量比以前明显减少;(3)代钢材料的加速发展抢夺了钢材的一部份市场;(4)世界性产业结构的调整使得生产钢消费强度大的产品的部门的国民生产总值占全国国民生产总值的比例减小,而以科技为基础的部门(例如微电子工业、仪器仪表工业、光学工业、生物技术业等)的国民生产总值所占的比例增大。

尽管上述的后三项因素今后还将继续起作用,其中某些因素的作用还可能更加强化,从而使钢的应用范围有所缩小,但是,由于钢的性能好(强度高、塑性好),钢的生产和消费的费用比较低,钢常常能以合适的价格提供适合各产业的功能,在钢的大多数应用领域中尚没有可与钢匹敌的新型材料,兼之钢具有良好的回收性,利于生态保护,因此,二十一世纪初钢仍将是重要的结构材料,西方工业发达国家钢材用量占结构材料总用量的比例预计将为70~75%,而发展中国家的这一比例估计还将高达80~90%;西方工业发达国家用钢制成的产品的国民生产总值占全国国民生产总值的比例预计将减小为60~65%,而发展中国家、独联体和东欧国家的该比例还可能高达70~85%。

因此,可以说,二十一世纪初及其后的数十年内,钢在结构材料中的重要地位仍将是稳固的,钢对国民经济的作用仍将是重大的。

二、面临的挑战

1. 保护环境

环境是人类与其他生物赖以生存的客观物质与生物系统。

钢铁生产过程中产生大量污染环境的废气、废水和废渣等,虽经多年治理,取得不小成效,

但是,随着全球环境保护意识的迅速增强,钢铁工业环保工作进步程度仍是决定其未来的重大因素。

“温室效应”——地球变暖是近年人们关注的热点,据认为这是因大气中的二氧化碳吸收地面发射的长波辐射,阻止地面散热造成的。大气中 CO_2 浓度,1900年为300ppm,1975年为330ppm。据推测, CO_2 浓度增加一倍,全球地表平均温度将升高 $1.5\sim 3.0^\circ\text{C}$ 。

据报道,1987年日本钢铁工业向大气排放的 CO_2 ,按发生源计算占日本全部 CO_2 排放量的12.6%,如果将能量转换部门(例如火力发电站)产生的 CO_2 分摊到用户部门,则钢铁工业占17.3%。

据估计,世界上全部工业大气排放物的10%和工业排水的15~20%,来自钢铁工业。

2. 节约资源

钢铁工业传统上是资源密集型产业,钢铁生产依赖于矿石和能源供应,这些均属于不可再生资源。

按目前开采速度,世界经济可采的铁矿石储量可供开采170年。

世界煤炭资源尚可开采200年,但焦煤仅占10%,有人认为,几十年后优质焦煤即将面临枯竭。

现有世界石油储量仅可供开采35年。

主要产钢国钢铁工业所消耗的能源,占全国能源总消耗量的5~15%。

3. 更高的质量要求

随着经济发展、科技进步以及人类生活质量的提高,钢铁材料必须满足用户提出的越来越高的质量要求,诸如提高强度,增大耐腐蚀性,提高耐磨性,横断面形状更加合理,形状和尺寸精度更高,表面更加光洁美观等。

4. 代用材料的竞争

塑料、陶瓷、有色金属(特别是铝)以及复合材料被认为是钢铁的竞争对手,竞争既表现在性能上,也表现在价格上。

据一项研究认为,2002年与1991年相比,西欧生产每辆汽车的钢材消耗量将减少125公斤,即减少20%,其中因制造技术进步减少55公斤,因材料代用(铝和塑料)减少54公斤,因钢材减薄减少16公斤。

5. 节省投资

钢铁工业建设特点之一是资金密集,兼之传统上注重规模效益,所以建设一个厂子的投资巨大。因此,降低形成单位生产能力的投资及一个项目的投资总额是钢铁工业一项严重任务。投资的降低,自然亦有利于使钢材的价格更具竞争力。

6. 降低成本

用户在要求钢厂提供质量更好的钢材的同时,要求降低钢材的价格,或者只略微提高价格。钢铁生产设备、人工费用以及原材料、能源价格不断上涨,而钢材价格却不能显著涨价。因

此,钢材要与其他材料竞争,钢铁企业要获得应有的利润,唯一的办法只能是千方百计地降低钢材成本。一位专家曾说:“钢的令人惊异之处在于它是用成系列的价值分别以百万美元计的工艺设备生产出来的,但却以与直接从土地里长出来的土豆一样的价格卖给用户。”持续致力于降低成本,保持钢材的价格优势,这也是钢铁工业在未来岁月中始终面临的挑战。

三、生产格局

纵观世界钢材消费发展态势,可以看出发展中国家今后的钢材消费量因经济发展速度较快和钢材消费强度大,而将较大幅度地增加,而工业发达国家的钢材消费量将有所下降,因而发展中国家的钢材消费量占世界钢材消费量的比例将明显增大。

许多发展中国家,特别是亚洲和拉丁美洲的发展中国家,为了满足本国对钢材的需要,将加速发展本国的钢铁工业,因此,今后发展中国家的钢产量将迅速增加。与此同时,工业发达国家的钢产量将略微下降。1995年2000年世界钢产量预测结果见表1。由表1可看出,2000年世界钢产量将从1993年的7.25亿吨增加到8亿吨左右,其中发展中国家的钢产量将增加到3.2亿吨,其占世界钢产量的比例将从1993年的32%提高到40%左右。

表1 1995和2000年世界钢产量预测 单位:亿吨

年 份	1995	2000
西方国家合计	5.236	5.430
发达工业国	3.742	3.590
美 国	0.931	0.890
日 本	1.031	0.980
欧共体	1.318	1.240
其他工业国	0.462	0.480
发展中国家	1.494	1.840
东欧、俄罗斯、乌克兰	1.240	1.290
中国、朝鲜	1.060	1.340
世界合计	7.536	8.060

发展中国家发展钢铁工业大多以建筑用钢材为主,少数国家将适当发展高附加值钢材,而工业发达国家则趋向于生产更多的高附加值钢材。

二十一世纪初世界钢材贸易格局将明显变化。欧共体和日本的钢材出口量将大为减少,而发展中国家、东欧和俄罗斯的钢材出口量将显著增加。

从地域上看,世界钢铁生产仍将集中在东亚、美国、欧共体、前苏联和东欧地区,但是,东亚国家的地位将大大加强。

今后二十年内,东亚既是世界经济发展中心,又是世界钢消费中心,因此,东亚国家将大力发展钢铁工业。估计到2000年,其钢产量将从1993年的2.4亿吨增加到2.96亿吨,而钢需求量可望增加到3.32亿吨,届时仍将短缺3000多万吨。预计在今后十年内,东亚地区的钢铁贸易仍将由日本、韩国单向流往其他国家。但是,二十左右年后,东亚地区的贸易格局将发生重大变化,那时东亚地区各国生产专业化趋势得到加强,从而形成钢材多边交流的新局面,而且日本、韩国最终可能成为钢材净进口国。

四、短流程工艺

减少工序、缩短流程是减少投资、提高劳动生产率、节能、降低物耗和成本的最佳途径。因此,二十一世纪初,各种短流程工艺必将得到加速开发和推广应用。

1. 电炉—连铸—连轧工艺将进一步普及

电炉—连铸—连轧短流程工艺与传统的高炉—转炉—连铸—轧制长流程工艺相比,具有一系列优点,因此,近年来采用这种短流程的小钢厂在北美、日本等工业发达国家和一些发展中国家得到了迅速的发展。目前兴建小钢厂较少的欧洲,今后也将发展小钢厂。现在的小钢厂不仅生产钢筋、型钢,而且生产板带材,开始与钢铁联合企业争夺板带材市场。因此,今后电炉钢产量及其占钢总产量的比例都将大幅度提高。

但是,由于电炉工艺所用优质废钢资源有限,钢材质量不够理想,且需处理炉尘,到二十一世纪初电炉钢仍不能压倒转炉钢,届时世界钢产量仍以转炉钢为主,不过,电炉钢比将从1993年的31%大幅度地提高到38%。

面对电炉钢厂的挑战,有些明智的联合钢厂已不再寻求各种反击的办法,而是积极构思将电炉钢厂与联合钢厂相结合的方案,以建立起一套集联合钢厂和电炉钢厂优势于一身的高效、灵活的生产系统。例如,日本川崎钢铁公司已提出一种新的构思——将电炉生产的钢水与联合钢厂的连铸、轧制设备相结合;有些钢铁联合企业已计划新建电炉和薄板坯连铸机;不少钢铁联合企业拟建直流电炉,其中有的计划用电炉取代现有的转炉,这将为现有的钢铁联合企业降低成本开拓一条新的道路。

2. 连铸坯热装炉和直送轧制工艺将进一步发展

用连铸取代铸锭—均热—初轧三个工序,具有许多优点,因此,全世界连铸比快速提高,1993年已增大到69.7%,估计2000年还将进一步提高到85%以上,而西方工业发达国家的连铸比平均将达95%。近十多年来,连铸与轧钢衔接、匹配的水平不断提高。比较先进的是连铸坯热装炉和连铸坯直送轧制工艺。为了实现连铸坯直送轧制,轧钢与连铸必须实现铸坯横断面形状和大小、生产能力、温度、质量、钢种、性能、技术、设备、管理等全面的匹配,炼钢、精炼、连铸、轧钢各环节都必须采用相应的新技术、新工艺、新设备,并用计算机管理系统进行管理。这两种铸轧工艺可以更多地利用连铸坯的热量,获得更大的经济效益。这两种工艺既可用于板带厂,又可用于型材厂;既可用于新建的钢厂,又可用于具备一定条件的现有钢厂。因此,二十一世纪初必将有更多的钢厂采用这两种铸轧工艺。

3. 薄板坯连铸连轧工艺将风靡全世界

自1989年7月美国纽柯钢铁公司克劳福兹维尔厂建成世界上第一套CSP薄板坯铸轧机组以来,全世界已有3个国家建成4套薄板坯铸轧机组(美国纽柯公司2套,意大利Arvedi公司1套,瑞典Avesta Sheffield公司1套)。迄今全世界已投产、正在建设和研究中的薄板坯连铸连轧项目共有52个。尽管这些项目不可能都实现,但可说明世界对此项技术的广泛兴趣。现在不仅小钢厂对薄板坯连铸连轧很感兴趣,而且有些钢铁联合企业也在考虑建设薄板坯连铸连轧机组,或与现有的转炉配合,或用于拟建的小钢厂。

现在已投产和已完成工业性试验的薄板坯铸轧机组的型式已多达七、八种。多种形式的薄板坯铸轧机组各有特色。有的薄板坯连铸机利用二次冷却区的导辊将带液芯的连铸薄板坯压薄,而有的机组则在连铸机紧后面安装轻型的三机架连轧机将带液芯的连铸薄板坯轧薄;连铸坯的传送和保温系统,有的采用长达168米的补热均温炉,有的安装40米长、宽度很大的步进式补热均温炉,而有的则采用比较小巧玲珑的卷取箱;配套的轧机,有的建造4~6机架带钢热轧连轧机,有的仅用一台炉卷轧机或一台行星式带钢热轧机,而有的则采用一个粗轧机架和一个精轧机架,既可单机轧制,又可双机连轧。

薄板坯铸轧机组因产品单位投资可减少20~30%,每吨产品可降低成本60~100美元,今后二、三十年内必将象雨后春笋般地在发达国家和发展中国家兴起。据预测,2005年北美连铸薄板坯产量可能达到1500万吨;到2010年,全世界由薄板坯铸轧机组生产的带钢将占世界带钢总产量的15~20%,而2020年这一比例将大幅度地提高到45~60%。

4. 带钢连铸—冷轧工艺将广泛普及

带钢连铸—冷轧工艺可省去整套带钢热轧机,大幅度降低连铸机的造价和产品成本,因而现在已有许多国家的公司和研究机构积极研究这种新工艺。带钢连铸—冷轧工艺的关键是带钢连铸。迄今全世界已建成40套以上的试验用的带钢连铸机。有些带钢连铸机的产品已提供给用户使用,并经实践证明产品的性能可满足用户的要求。现已开发出四种型式的带钢连铸机结晶器:(1)双辊式;(2)单辊式;(3)一带一辊式;(4)内环式。其中双辊式结晶器用得最多,约占四分之三。据估计,某些带钢连铸机可望在2~3年内实现工业化生产,本世纪末之前可实现年产50万吨不锈钢带的工业生产。2000年以后带钢连铸机将加速推广应用。据预测,到2010年全世界用该工艺生产的带钢将占带钢总产量的3~5%,而2020年将提高到10~15%。

5. 其他短流程工艺将加速开发和推广应用

(1) 喷雾沉积压制法

该法系将钢水喷射雾化成小颗粒,并让其沉积在一定形状的基体上,待金属颗粒在基体上沉积到一定厚度后,在固态和液态之间的温度下将其压制成型钢、钢管或带钢。其产品可以直接使用,也可以做为冷加工的坯料。用该法还可生产两种金属的复合材或覆层材。

喷雾沉积压制法可将钢水一次加工成钢材或冷加工用坯,使工艺流程大为缩短,设备体积小,占地面积小,经济效益显著。现已建成采用该法的小规模工业生产设备,并不断开发新用途。

(2) 连铸—半凝固加工工艺

这种工艺是将从连铸机出来的固、液相共存的连铸坯轧制成材,或锻造成所需形状和尺寸的零件坯。有的连铸机甚至利用二次冷却区的导辊对刚离开结晶器、外壳尚很薄的连铸坯进行压下。为获得比较均匀的固、液相和使钢材组织均匀,在连铸机结晶器内除应对钢水进行快速冷却外,还应用电磁搅拌破碎法将刚刚形成的初始树状晶破碎,并使其分散在尚未凝固的钢水中。

薄板坯连铸一半凝固连轧与普通薄板坯连铸连轧相比,可进一步减少轧制道次、减轻设备重量和节能,还能提高轧材质量,经济效益更大。

(3) 将直接还原铁直接轧为成品材

直接还原铁除了用作炼钢原料外,还可直接做为塑性加工用的原料。

现在正在开发两类将直接还原铁直接轧为成品材的新技术。一类是生产单一材质的轧材,另一类是生产复合轧材,后者是先以直接还原铁为基材生产出待轧制的复合材料坯,再用轧制法轧为成品复合材。

这两类技术与传统的相应技术相比,可大大缩短工艺流程,其减少工序、缩短流程的优点更为显著。

上述三种短工艺流程因具有许多优点,二十一世纪初必定会加速开发和实际应用。

五、无焦冶金技术

在今后 20 年内,高炉仍将是最主要的炼铁设备。但是,大型高炉必须使用昂贵的优质焦炭,铁矿粉需先制成烧结矿或球团,加之焦炭供应日趋紧张,因而高炉炼铁工艺已面临挑战。近年来国际上多数专家认为,直接使用煤和铁矿粉炼铁或炼钢应做为未来钢铁工业发展的战略目标。为此,许多国家积极研究各种无焦钢铁生产新工艺,并取得一定的进展,几种直接还原铁技术和 Corex 熔态还原法已用于工业化生产。

1. 直接还原铁技术

现在全世界每年生产直接还原铁 2000 多万吨。其中大部份是用 Midrex、HYL 和 FIQR 这三种方法生产的。前两种方法采用竖炉做为反应炉,后者则使用流化床。这三种方法都能生产高质量的金属化产品,而且比高炉更能满足环保的要求。但是,它们都需要采用重整的天然气做为还原剂,因而近年来又开发了 AREX、FASTMET、碳化铁等新方法。

AREX 法不需要分离气体的重整炉,可使用天然气,也可使用燃油,设备投资比 Midrex 法减少 15%。1991 年已建成样机。

FASTMET 法采用煤粉或其他含碳物做为还原剂。煤粉加入到未焙烧的生球团中,球团在单层回转炉中,在 1280℃ 下进行还原,炉料停留时间不到 10 分钟。几家北美公司已对建设 FASTMET 设备进行可行性研究。

碳化铁法是将铁矿粉或块矿通过气-固反应转变成碳化铁。生产碳化铁的工艺现已开发出好几种。美国纽柯碳化铁有限公司正在建设年产 30 万吨碳化铁设备,它采用低温流化床反应炉,使用天然气做为还原剂。鲁奇公司和澳大利亚联邦钢铁公司已分别研究出新的碳化铁生产工艺,后者开发的称为超级碳化铁(SIC)工艺。

此外,还开发了 HYTEMP 法、FIOR Ⅲ 法和压块直接还原铁等新工艺。

目前已建成的直接还原铁设备的最大年生产能力已达 100 万吨。

本技术可能导致出现年产规模 100 万吨左右的小型钢铁联合企业。

2. 熔态还原法

近十年来,不少国家积极研究不同的熔态还原技术——用普通煤做还原剂,以铁矿粉做为原料生产铁水的技术,现大多处于半工业试验和专利开发阶段,只有 Corex 熔态还原法用于工业化生产。

Corex 法与焦炉—高炉工艺相比,冶炼强度相当,煤耗量较高,投资稍低,而废气排放量少得多(见表 2)。

表 2 Corex 法与焦炉—高炉工艺之比较

项 目	Corex 法 1990 年	欧洲现代化钢铁厂高炉	
		1990 年	2000 年目标
冶炼强度 ($t/m^3 \cdot d$)	0.9~1.1	0.9~1.2	
单位煤耗 (kg/t)	1000~1200	750~900	
投资 (\$US/a · t)	210	243	
SO ₂ 排放量 (g/t)	53	1410	1000
粉尘排放量 (g/t)	130	1220	310
NO ₂ 排放量 (g/t)	114	1090	810

南非依斯科尔公司 (ISCOR) 比勒陀利亚厂采用 Corex 法建设一座年产 30 万吨的工业生产设备,于 1989 年底开始生产铁水。投产一年后,设备运转正常。这一成功引起了许多厂家的关注。韩国浦项钢铁公司已订购了年产 75 万吨的设备。据报导,西澳大利亚拟建设一座用 Corex 和薄板坯连铸连轧技术的联合企业,年产能力为 170 万吨,总投资 18 亿美元左右,其产品成本将比现在的转炉厂家和电炉厂家低许多。

据预测,到 2000 年全世界将有 10~12 套 Corex 法炼铁设备,年生产能力将达到 700~900 万吨。

日本钢管公司京滨厂按日本钢铁厂家联合开发的铁矿石直接还原 (DIOS) 法,于 1993 年 9 月建成日产 500 吨的中间试验设备,主要包括流态化预还原炉、铁浴熔态还原炉和加煤重整还原废气装置。预计 1995 年将完成工业性设备的可行性研究和初步设计工作。

HIsmelt 法是由澳大利亚 CRA 公司和美国 Midrex 公司联合开发的新工艺,主要设备包括流态化预还原炉和铁浴终还原炉。HIsmelt 公司认为,该法是通过液体熔池喷吹非焦煤和铁矿石,从铁矿石冶炼液体金属的方法中最简单且成本最低的一种方法。该法的后燃烧程度已达到 60% 以上,高于 DIOS 法。

此外,莫斯科钢铁学院与新利佩茨克钢铁公司合作,用煤基一步熔态还原法在 18 吨/小时的试验设备上进行了试验,可将铁矿石(或含铁粉尘和废料)炼成铁水;瑞典 SKF 公司的等离

子熔态还原法已用于处理合金钢厂的粉尘和废料。

3. 直接炼钢技术

AISI 法是得到美国政府财政支持、由有关厂家参加研究的直接炼钢技术。主要设备包括连续式球团预还原炉和水平槽式熔炼炉。氧化性球团在预还原炉内直接还原后,在热状态下连续进入槽式炉中熔化和精炼,加工成中碳或高碳半钢,再经二次精炼,即成合格钢水。截止 1993 年,该项研究的总投资已达 4500 万美元。试验表明,其熔态还原工艺具有工业生产性价值。

尽管大多数无焦冶金技术尚未用于工业化生产,已用于工业生产的无焦冶金技术也因受到一定限制尚不能快速发展。但是,可以预料,二十一世纪初必将有更多的有实用价值的无焦冶金技术问世,较为成熟的无焦冶金技术一定会日臻完善,获得进一步的推广应用。

1993 年世界直接还原铁产量比 1992 年增加 15%,达 2387 万吨,到 2000 年,将达 3500 万吨,熔态还原铁产量将为 800 万吨左右。二十一世纪初的炼钢铁源仍以高炉铁水和废钢为主,两者所占比例分别为 50~55%和 40%。虽然 2000 年无焦冶金生产的铁源所占比例尚不足 10%,但是,二、三十年后,这一比例必将大幅度提高。

六、炼铁先进技术

二十一世纪初将推广应用的高炉炼铁新技术,主要包括能节焦、延长高炉使用寿命、提高生铁质量、提高二次能源利用率、减少污染等先进技术。

1. 喷吹煤粉

喷煤是高炉节焦增产行之有效的技术。喷煤主要是喷烟煤,也有喷褐煤和木炭粉的。喷吹的煤大多为粉煤,也有喷 <5 毫米粒煤的。目前日本等国喷吹煤粉的高炉已占高炉总数的 70%以上,喷煤量大多为 50~100 千克/吨铁。最近已有一些高炉喷煤量多达 250、300、318 千克/吨铁,焦比降到 300 千克以下。为了提高喷煤粉量和获得更大的综合效果,有的高炉还采用氧—煤燃烧器进行富氧大喷吹;有的高炉从风口同时喷吹煤粉和矿粉;有的高炉还安装了多功能喷煤装置,可同时喷吹煤粉、矿粉和石灰粉。

预计,二十一世纪初世界喷煤高炉所占比例将显著增加,多功能喷煤装置将得到推广应用,一大批高炉的喷煤量将达 200 千克/吨铁以上,少数高炉喷煤粉量将高达 300 千克/吨铁左右。

2. 高炉长寿

通过提高高炉设计水平、按各部位的要求选用优质耐火材料、改进炉体冷却装置的结构、用开一停系统保持炉况长期稳定、精心施工等,日本、法国等国的高炉一代炉役的使用寿命已从以往的 5~6 年提高到目前的 10 年以上。使用寿命最长的高炉是日本川崎钢铁公司 6 号高炉(内容积 4500 米³)。该高炉于 1977 年 6 月 17 日点火,至 1994 年 7 月 20 日已使用 17 年 1 个月,累计出铁 4815.6 万吨,其使用寿命目标是 20 年。二十一世纪初的高炉寿命一定会比现在显著延长,估计工业发达国家的高炉寿命大多将达 15 年左右或更多。

3. 低硅生铁冶炼技术

日本在搞清硅还原机理的基础上,进一步改进原料质量和采用高炉综合控制技术,使生铁含硅量从1980年的0.4%左右降到目前的0.3%左右,有些高炉已降到0.2%以下。预计二十一世纪初日本大多数高炉的生铁含硅量可降低到0.2%或更低,其他国家现在含硅量较高的高炉的生铁含硅量必将显著下降。

4. 精料和布料技术

球团烧结矿是一种介于球团矿和烧结矿之间的新型炉料,它与后两者相比,具有冶金性能好、烧结电耗低、选择原料灵活性大、有利于高炉布料和操作顺行等优点。日本钢管公司福山厂1988年已建成一套年产600万吨球团烧结矿生产系统。将此原料用于高炉,可降低成本,一年多时间便可收回全部投资。而且这种新型原料可利用普通烧结机进行生产,因此,二十一世纪初,一定会有较多的高炉使用球团烧结矿。今后在高炉原料构成中,球团矿比还有增大的趋势。

高炉布料新技术,包括焦矿混装、细粒炉料管理等,二十一世纪初将得到推广应用。

5. 氧气高炉和无氮高炉工艺

日本已开始试验鼓入氧气的氧气高炉。采用这种新技术,不仅可将喷煤粉量提高到300千克/吨铁水以上,而且能降低铁水中的含硅量($<0.01\%$),允许使用低强度焦炭和降低高炉高度。

欧洲C. R. M. 已提出无氮高炉新工艺,即把大喷煤粉量(250千克/吨铁水)、高含氧量(60~98%)冷风和喷高炉煤气(脱碳至 CO_2 含量小于5%,加热到 $900\sim 950^\circ\text{C}$ 后喷入高炉炉腹)相结合的工艺。该工艺与传统的喷煤粉和富氧操作相比具有下述优点:能使高炉生产率提高一倍,焦比降到很低, CO_2 排放量减至最少;能降低铁水的含硅量和含氮量;炉顶煤气因发热值高,可用于多种用途;因取消高温的热风炉,而可减少投资和维修费用。

预计二十一世纪初将有一定数量的高炉采用喷氧气或喷高含氧量(60~98%)冷风新工艺。

6. 其他先进技术

二十一世纪初各种高炉二次能源回收利用技术将进一步普及,各国高炉二次能源利用率将明显增大;各种高新技术,包括人工智能、等离子技术、激光技术、光导纤维技术、机器人等,在高炉炼铁中的应用将显著增加,其用途将不断扩大,应用水平将不断提高。

七、炼钢先进技术

二十一世纪初,平炉趋于消亡,电炉钢产量将大幅度增加,转炉钢的产量虽大体上保持不变,但仍将占主导地位。

能够缩短冶炼时间、使转炉多吃废钢、减少电炉电能和电极单耗、提高产品质量、降低成本的各种炼钢先进技术,在二十一世纪初必将进一步普及或加速推广应用。

1. 转炉高废钢比炼钢技术

提高废钢比是转炉炼钢技术重要的发展方向。八十年代开发的一些新技术能使顶底复吹转炉多吃废钢的幅度大多不是很大。目前已有好几种新技术使转炉 100% 用废钢炼钢。德国开发的 KS 法已使克勒克纳厂新的 KS 转炉车间的一座转炉全部采用废钢炼钢。每吨钢水喷吹 40 千克煤粉时, 熔化废钢率可增大 470~550 千克/吨钢水。俄罗斯西西伯利亚钢铁公司开发的 Z-BOP 法采用块煤做为主要的辅加能源, 将煤加到转炉熔渣层的下面, 并吹氧, 即能熔炼 100% 废钢, 还可使转炉废钢比在 30~100% 范围内变化。该法正在俄罗斯扎普西波钢公司使用。美国伯利恒钢铁公司 1992 年开始采用此技术, 现在废钢比达 50%。南非伊斯科尔公司的一座转炉在高炉大修期间废钢比高达 80%。此外, 新日本钢铁公司的 3 座经改造的转炉 (2 座用于预热, 1 座用于吹氧) 采用废钢熔炼工艺 (SMP), 用喷煤粉装置供给能源, 年产能力为 150 万吨。预计, 二十一世纪初还将出现其他的全用废钢做原料的转炉炼钢新工艺, 届时将有一批转炉全用废钢炼钢, 或者废钢比高达 60~80%。

2. 直流电炉

直流电炉是将炉用变压器输出的电流经硅整流器变为直流电后再用于炼钢的电炉。它与交流电炉相比, 具有电极消耗低、对电网干扰小、熔池温度均匀、炉子上部结构简单等优点。近几年直流电炉发展很快, 炉容也显著增大, 目前最大炉子已达 150 吨, 而且直流电炉积极采用多种成熟的炼钢技术, 不断提高其技术水平。例如, 现已建成超高功率直流电炉, 比利时古斯塔布勒公司 1993 年 4 月投产的世界上吨钢功率最高的直流电炉, 变压器功率为 95MVA, 出钢量为 85 吨, 吨钢功率高达 1.12MVA, 出钢到出钢时间仅 57 分钟, 该直流电炉还装有带新式喷雾冷却双金属电极的偏心底出钢装置。墨西哥希尔萨公司蒙特雷厂将安装首套竖炉直流电炉, 将利用废气预热预先装入竖炉内的炉料, 以大大提高生产率和节能; 日本通产省现正在研究一种多能源结合炉 (MECOF), 该炉采用直流电炉技术, 并从炉底喷吹各种气体和粉剂, 还配水平式和竖式废钢预热炉、氧燃烧嘴和电磁泵等, 综合了直流电炉和转炉的优点; 奥钢联研制的第二代直流电炉, 将几根电极倾斜布置, 可将炉身和熔化装置设计成整体式的, 其出钢至出钢时间仅为 60 分钟, 可节能 20%。据预测, 2000 年世界直流电炉的炼钢能力将达 6000 万吨, 其占电炉钢的生产能力的比例将达 20% 以上; 出钢到出钢时间将缩短到 50 分钟, 电极和电能单耗进一步下降。

3. 最佳节能炉

最佳节能炉 (EOF 炉) 由炉子和位于炉子上方的废钢预热室组成, 通过氧燃烧嘴吹入燃料 (煤粉、油、焦炉煤气、天然气或高炉煤气), 燃烧产生的废气先用于预热废钢预热室中的废钢, 后进入换热器用于预热空气。该炉与其他炼钢炉相比, 具有下述许多优点: 输入能量利用效率高得多, 出钢到出钢时间短, 不用电能和电极, 废钢预热好, 对炉料要求较灵活, 投资少, 操作费用低, 环境条件好, 噪音小等。最佳节能炉可用于新建或扩建的年产能力为 10~100 万吨的小钢厂, 还很适合于改造现有的电炉和平炉, 因此二十一世纪初必有更多的最佳节能炉投入生产。

4. 炉外精炼

目前炉外精炼技术已经非常成熟,并得到了广泛的应用,日本转炉钢的炉外精炼比已达70%以上,电炉特殊钢炉外精炼比更高达94%。近年来炉外精炼技术还在不断发展,其功能不断增加,使用效果不断提高。由于炉外精炼不仅能提高钢质、减少物耗、降低生产成本,而且有利于炼钢与连铸的匹配、衔接,因而二十一世纪初炉外精炼水平将进一步提高,其普及面将更广,特别是目前炉外精炼比尚低的国家,其炉外精炼比必将大幅度提高。

5. 铁水预处理

目前铁水预处理已发展到铁水三脱(脱硫、脱磷和脱硅)技术,脱硅是普遍趋势。铁水预处理可缩短炼钢时间、提高钢水收得率、减少石灰用量、降低炼钢生产费用,因此,日本很重视发展铁水预处理技术,全国平均普及率已达30%以上,不少钢铁厂铁水预处理比高达80%,少数钢铁厂甚至高达100%。但是,目前西欧、北美和许多发展中国家采用铁水预处理的尚不多。预计二十一世纪初将有更多的国家比较广泛地采用铁水预处理技术。

6. 近终形连铸

在保证足够大的变形量的情况下,连铸出尽量接近最终产品形状和尺寸的铸坯,有利于轧机提高生产率和成材率、降低能耗和成本,因此近年来近终形连铸有了很大的发展。除了前述的薄板坯和带钢连铸以外,连铸圆管坯也得到快速的发展。此外,连铸工字坯、H形坯、中空管坯和特小方坯也有增长的趋势。预计二十一世纪初各种近终形连铸坯的产量占连铸坯总产量的比例必然明显加大。

7. 其他先进技术

顶底复吹转炉炼钢技术现已很成熟,二十一世纪初复吹转炉钢产量占转炉钢总产量的比例将进一步提高。相关的技术,包括炉底喷吹大气量和高压的气体,采用细金属管透气塞供气元件,用CO做气源,使用双流道和多流道氧枪,以锰矿代替锰铁等,将更多地使用。

电炉炼钢的多种先进技术和设备,包括超高功率电炉,双壳式电炉,有废钢预热室的竖式电炉,偏心底出钢,氧气底吹,废气二次燃烧技术,铝制导电臂,水冷枪,非水冷枪等,二十一世纪初将得到推广应用。

连铸的多项技术——多炉连浇,采用电磁线圈的铸流控制技术,结晶器液面自动控制,结晶器和二次冷却区电磁搅拌,高冷却效率的气水冷却法,水平连铸等,二十一世纪初将进一步普及。

高纯净钢冶炼技术,用泡沫陶瓷过滤器去除钢水中夹杂的技术等,二十一世纪初将加速普及。

八、轧钢先进技术

轧钢生产中能够生产各种高性能轧材的技术和工艺,能够提高劳动生产率、节能、降耗、减少投资、降低成本的各种先进技术、工艺和设备,二十一世纪必将进一步普及。

1. 生产各种高性能钢材的技术

为了更好地为用户服务和提高钢铁企业的经济效益,今后钢铁厂家将更注意主动了解用户的新要求,积极研制各种高性能的新品种轧材,更多地生产强度高、耐腐蚀性或耐磨性好、颜色和外观更美、断面形状合理或更接近零件形状的轧材。现已研制成功并已得到应用的下述多种高性能轧材,到二十一世纪初时的使用量必将大幅度增加或显著地增加:

铝—锌—硅合金镀层板、锌—铝—稀土合金镀层板、锌—铬合金镀层板、锌—镍合金镀层板等锌合金镀层板,两面锌层厚度不同的差厚镀锌钢板,两面镀不同金属的双面异镀层钢板,电镀铝钢板,镀铬不锈钢带,两层薄钢板夹树脂或塑料的防振、消声、轻量化的塑料夹层钢板,2~5层的不锈钢—铝复合板,防海水中贝类附着能力强的钢—白铜复合钢板,铝硅系减振合金钢板,高强度而易加工的含铜(1%左右)加热硬化型钢板,石墨化高碳高强度冷轧钢板,差厚中厚钢板,用激光或等离子处理的高电磁性能电工钢板等;

镀锌合金钢管,涂塑钢管,外镀锌内涂塑钢管,陶瓷内衬钢管,高强度和高耐腐蚀性镍基合金钢油井管等;

冷弯型钢,多种经济断面型钢,镀锌型钢,涂塑冷弯型钢,梯形波腰焊接H型钢,厚镀锌钢丝,镀锌合金钢丝,涂塑钢丝,高强度低松弛预应力钢丝,高强度预应力钢丝和钢绞线,面接触钢丝绳,镀锌合金钢丝绳等。

2. 控制轧制和控制冷却

控制轧制和控制冷却法通过控制微合金化钢的变形温度、变形量和轧后钢材的冷却速度,可显著提高钢材的强度、韧性和焊接性。目前控制轧制法已比较普遍地用于工业发达国家的中厚板生产,用于带钢、无缝管和型钢等生产的有所增加。控制冷却法已相当普遍地用于中厚板、带钢和线材的生产,用于无缝管和型钢生产的不断增多。其中,比较突出的是钢轨在线轧后余热淬火得到较快的发展,日本钢管公司、新日本钢铁公司八幡厂、德国克虏伯钢铁公司波鸿厂、英国沃金顿厂等都已投产了钢轨轧后余热淬火生产线。二十一世纪初采用控制轧制和控制冷却法的轧材数量品种数、厂家数、轧材都必将大幅度增加。

3. 多工序连续化生产

前述的板坯连铸—直送轧制、薄板坯连铸连轧和带钢连铸—冷轧,既是缩短整个钢铁生产流程的新工艺,又是实现轧钢与其上道工序连铸连续化生产的新技术。近年来轧钢生产内部的两个和多个工序的连续化生产得到快速的发展,先后投产了将冷轧带钢生产中带钢电解清洗、连续退火、冷却、平整和检查五个工序集中在一起的连续退火和精整联合生产线;热轧带钢除鳞机组—带钢冷连轧机联合生产线;带钢冷连轧—五工序连续退火和精整联合生产线;热轧带钢除鳞—带钢冷连轧—五工序连续退火和精整联合生产线。后者可使冷轧带钢全过程的生产时间从通常的12天缩短到20分钟,能耗降低40%。多工序连续化生产是降低成本最有效的途径之一,因此,二十一世纪初双工序和多工序连续化生产线的类型将有所增加,双、多工序联合生产线的数量必将比现在大幅度地增加。

4. 精轧技术

为了保证轧材的几何形状和尺寸精度能满足用户越来越高的要求,近十多年来各钢铁厂家除了继续采用各种测量仪表、提高轧机刚度、用计算机进行自动控制外,还开发和推广了许多提高轧材形状和尺寸精度的新技术和新装置。其中比较突出的有:

(1) 板形控制技术和装置。系指能减小板带材波浪度和横向厚度差的技术和装置,包括 HC 轧机、可变凸度(VC)轧辊、连续可变凸度(CVC)轧辊、万能板形控制(UPC)技术、轧辊成对交叉式(PC)轧机、KT12 辊轧机、五辊式平直度易控制轧机、动态变形支承辊(DSR)等。这些新型板形控制技术和装置具有以下特点:①轧辊辊身形状除了传统的圆柱形的以外,还有 S 形、雪茄形、锥形和阶梯形等特殊形状的;②大多通过轧辊的运动(轴向移动或转动一定角度)控制板形和减小横向厚度差;③改变辊缝形状的能力大大提高;④同一项技术可用于多种板带轧机。这些技术和装置与其他的技术和装置配合使用,可使中厚板厚度偏差减小到 ± 0.08 毫米,热轧带钢的仅为 ± 0.015 毫米,冷轧带钢的更小至 ± 0.003 毫米,后者的板形波浪度减小到 1% 以下。二十一世纪初,板形控制技术和装置将普遍地用于带钢热轧机和冷轧机,较多地用于带钢平整机和中厚板轧机。

(2) 高精度轧管机。开发和推广了限动芯棒连轧管机、限动芯棒狄塞尔轧管机、Accu Roll 轧管机、三辊式轧管机等,使热轧无缝管的壁厚偏差减小到 $\pm 3\sim 5\%$ 。有些钢管的实际壁厚偏差竟低达 $+1\%$ 。二十一世纪初无缝管的尺寸精度将会普遍显著提高。

(3) 型钢、线材精轧技术。在精轧机组以及中轧机组末架(或后两个机架)采用三辊或四辊孔型,安装各种新型的高刚度机架,用万能孔型轧制钢轨和异形型钢,都已使型钢和线材的尺寸精度明显提高。现在 $\Phi 10\sim 150$ 毫米棒材的直径偏差可达 $\pm 0.1\sim 0.4$ 毫米,川崎钢铁公司水岛厂棒材轧机棒材直径偏差已达 ± 50 微米以内;线材直径偏差已小到 ± 0.1 毫米。二十一世纪初将有更多的型钢和线材轧机采用精轧技术。

5. 半熔融和半凝固加工

半熔融金属是指将金属材料加热,使其呈内部部分熔化,并残留未熔化的晶粒的状态,而半凝固金属是指将金属液边搅拌边冷却,破碎所产生的初始树状晶,使其分散在未凝固的金属液中,形成熔液和固相粒子共存的混合状态。

半熔融和半凝固加工系指通过控制加热、冷却、气氛、附加力的种类和方向等,有效地利用伴随着金属材料熔化或凝固而引起的金相特性和机械特性的变化,在固、液相共存状态下对被加工材料施加各种成形加工,制造板、棒、线、管材以及各种机械零件和功能零件等。

半熔融和半凝固加工法与传统压力加工方法相比具有下述主要优点:

(1) 因金属变形抗力大为降低,可大大提高加工效率,使设备小型化和简易化,减少工序,缩短工艺流程,节约能源和金属料。

(2) 因晶粒细化和析出物均匀分布,可提高金属材料的机械性能,防止产生内部缺陷,从而提高金属材料质量。

(3) 对用普通加工方法难以加工的金属材料以及长尺寸、细直径、薄壁等金属材料可实现大批量生产。

(4) 可生产具有多种内部结构、热加工性或冷加工性优良的材料,对整个金属加工领域的

发展可做出重大贡献。

目前许多国家都在积极研究、开发半熔融加工和半凝固加工技术,现已获得不少研究成果,有些技术已开始向实用化方向进展,个别技术已用于工业生产。

在获得半凝固金属方面,已开发了五种方法:①机械搅拌加快速冷却法;②电磁搅拌加快速冷却法;③感应紊流搅拌加快速冷却法;④机械切断加快速冷却法;⑤机械振动(或超声波振动)加快速冷却法。方法①、②和③已开发了生产规模的装置,其中②的电磁搅拌现已比较广泛地用于连续铸钢生产。

为获得半熔融金属,采用①均匀加热法(感应加热或直接通电加热)和②加热搅拌法。

对于半熔融加工,现在正在开发半熔融轧制技术、半熔融锻造技术、半熔融挤压技术和半熔融压铸技术。有些技术已用铸铁、高碳钢、高速钢、有色金属合金等材料做了试验,并正在研究用半熔融加工法制造某些机械设备的零件。

各国已开始进行开发半熔融加工和半凝固加工技术的竞争。它们是二十一世纪有很大发展前途的技术,今后在开发和工业应用两方面都会得到迅速的发展。

5. 其他先进技术

除了上述的以外,下述先进轧钢技术、工艺、设备将在二十一世纪初得到更多的推广应用:

卷取箱(除用于传统的带钢热连轧机外,还将用于薄板坯连铸连轧机组),隔热保温罩,连续式板坯定宽压力机,全连续式(无头轧制)带钢冷轧机,带钢冷连轧机能提高带钢厚度精度的交流电传动系统,热轧带钢铁粒摩擦除鳞和喷浆除鳞技术,带钢紊流酸洗法和喷流式酸洗法,带钢连续退火生产线,链式带钢张紧装置,少切边或无切边的厚板轧制技术,联合式中厚板热矫平机。

真空蒸镀技术(蒸镀铝、锌、锌合金、铝铬合金等),生产复合带材的真空轧制技术,铁箔的电解法生产技术。

单导盘穿孔机,在线润滑冷拔管技术,小口径精密管感应焊接技术,规格范围大的焊管排辊成形机,激光焊管机,焊管定尺飞切机。

低温(900~1000℃)热轧,棒材和钢坯切分轧制,棒材无槽轧制,紧凑式型钢连轧机组,悬臂辊紧凑式连轧机组,无头轧制的线材轧机精导卫装置,线材次声波冷却技术,喷水与空气混合而成的高压雾冷却技术。

加热炉和热处理炉节油型重油燃烧技术(由我国发明,掺水率和节油率可高达20~30%),内壁多凸起加热炉,各种新型结构的加热炉,高效率烧嘴,高效率换热器,加热炉自动控制,热轧工艺润滑。

各种高耐磨性和高韧性轧辊,大幅度提高冷轧辊抗剥落性能的综合技术,轧辊自动车削装置,各种快速换辊或快速更换机架装置。

各种先进的在线连续测厚仪、测宽仪、测长仪、测径仪、测压计、测温计、测流量计、测板形仪、测张仪,各种自动无损探伤装置,各种缺陷自动检测和修磨联合装置,自动标志,打捆、包装设备等。

九、自动控制

二十一世纪初,以电子计算机为中心的自动控制系统在钢铁工业中的应用将更加普及和

深入,自动控制将向智能化发展,考虑所有过程变量的真实过程模型将代替简单模型。

传统的控制方式是建立过程模型,并据以决定产品最终的化学成分和性能;而新的控制概念是以最终的性能要求为前提,确定生产加工过程的各项参数,因而更能保证生产出符合要求的钢材。

从接受钢坯到轧制、检验,至成品入库实现整个生产过程自动控制的轧钢车间(厂);实现连铸—轧钢多工序生产过程自动控制的生产线;用计算机进行管理的车间、工厂和公司,等的数量将显著增加。

炼铁、炼钢、轧钢和其他压力加工法将更多地采用各种智能化技术,包括计算机数控、计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助施工、计算机综合管理、设备管理系统、专家系统、计算机神经网络、生产过程完全自动化、故障自动诊断和排除、机器人等。

在下一个四分之一世纪中,做为在线过程控制关键的传感器和仪表装备水平将是前所未有的。

人们将研制新一代的工艺监测和控制技术,使用可以“看、听和感知”工艺过程的传感器。

例如,采用专用光学传感器,可对熔池的钢、渣状况和温度等进行即时的和连续的观察和分析,以确保炼钢工序的正常操作和缩短炼每炉钢的时间。

激光测量装置可对钢水进行即时化学分析,取消现有的取样工艺,从而缩短宝贵的炼钢时间。

产品性能传感器将在线测量钢材的机械性能和涂层结构,从而确保产品百分之百地达到技术规范规定的各项要求。

新一代的传感器将数据传入计算机系统,总体效率将比现在高数倍,甚至高数十倍至百倍,例如钢铁厂可在几小时内,而不是几个星期内对定单做出反应。

十、经营管理

许多工业发达国家的钢铁工业,特别是钢铁联合企业现已处于相当严峻的经营环境,今后又需面对更多、更难对付的挑战,因此,除了采用先进技术装备以外,还必须变革经营管理,才能生存、发展和获得必要的利润。

1. 重组结构提高竞争力

90年代和二十一世纪初,用户要求钢材交货期短,批量灵活,产品质量稳定,而且价格合理。为此,许多钢铁企业将继续淘汰落后的设备,削减过剩的生产能力,裁减多余的职工,以不断提高劳动生产率,据预测,美国、日本和德国1991~2010年劳动生产率平均每年将分别增长2.1%、3.5%和3.4%;成功的钢铁企业将从过去生产各种产品、为各类用户服务的经营路线转向集中生产某些特定产品,以具有竞争力的价格和质量为特定的用户群服务的战略;经营管理部门将采用先进的计算机管理系统,以使对定单做出反应的时间从现在的几周缩短为几天,甚至到只为几小时;高炉厂家将简化管理——减少管理层次,实现公司总部小型化;高炉厂家和小钢厂都将通过加强管理以及采用铸轧连续化工艺和自由规程轧制技术,以大幅度压缩库存,从事小批量生产和防止多余生产。