

内部材料
注意保存

冶金科技发展指南

(2000 - 2005 年)

国家冶金局规划发展司

中国金属学会

冶金科技发展中心

一九九九年七月



前 言

“九五”期间，我国钢铁产量连续几年突破一亿吨，成为世界钢铁大国。依靠科技进步取得显著成绩，通过钢铁行业的技术改造、攻关开发和引进技术的消化吸收，促进了行业结构调整和冶金工艺装备水平的提高，增加了短缺品种的自给能力和科技创新能力，缩短了我国钢铁工业与发达国家的差距。但总体看，我国钢铁工业结构不合理，工艺技术水平 and 经济效益不高，不适应于市场竞争的需要。钢铁产品数量已不再是主要矛盾，钢材市场相对过剩，而结构性矛盾突出，企业经济效益下滑，市场竞争日益激烈。集中体现在品种质量、产品成本和劳动生产率以及可持续发展所构成的综合竞争力的压力。目前，我国钢铁工业已进入加速结构调整，提高经济运行质量，提高市场竞争力的新阶段。

充分依靠科技进步和科技创新是调整结构、发展钢铁工业、迎接下世纪机遇与挑战的根本措施。党的“十五大”报告明确指出，科技进步是经济发展的决定性因素。要把加速科技进步放在经济社会发展的关键地位，使经济建设真正转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。从国家长远发展需要出发，制定中长期科技发展规划，统筹全局，突出重点，有所为，有所不为，加强基础研究和高新技术研究及其产业化，强化先进、适用技术的开发和推广，促进科技成果向现实生产力的转化，集中力量解决经济、社会发展的重大和关键技术问题。有重点有选择地引进先进技术，增强自主创新能力，更加重视运用新技术成果，实现技术发展的跨越。为此，在国家冶金局翁宇庆副局长的直接指导下，由规划发展司、中国金属学会和冶金科技发展中心共同组织了 2000—2005 年冶金科技发展指南(下

简称“十五”指南)。“十五”指南认真贯彻“科学技术是第一生产力”的思想和“科教兴国”战略，以钢铁工业“十五”和到 2015 年发展规划为依据，采用高新技术，提升工艺装备水平，紧密结合企业技术改造，组织科技攻关和开发，优化生产工艺流程、节能降成本、改善品种质量、开发高附加值产品和钢铁新材料（含军工新材料），加强资源综合利用和环境保护，实现可持续发展。“十五”指南在总结我国“九五”冶金科技进步的基础上，遵循国际冶金科技进步的发展趋势，提出了 2000—2005 年冶金科技进步方向、目标和对策建议，以及各冶金专业领域可供选择的新技术和新型冶金材料，包括一批推广应用的先进成熟技术、一批攻关开发的关键技术和为下世纪我国钢铁工业发展提供技术储备的前瞻性、基础性高新技术，以指导行业 and 企业的科技进步，并作为“十五”国家科技项目申报、立项的依据。

为了做好这项工作，召开了冶金科技预研工作会和多次专家研讨会。来自企业、科研、设计和大学的百余名专家及其主管技术工作的领导参加了研讨会。在此基础上，中国金属学会组织工作总部和相关专业分会的专家执笔编写了“十五”指南。值此，向参与“十五”指南讨论和起草工作，以及为修改“十五”指南提出宝贵意见的所有专家表示感谢！

尽管如此，由于时间、水平有限，错误难免，请予指正。

冶金科技发展指南

(2000—2005 年)

目 录

第一部分：冶金工艺技术

一、“九五”冶金科技进步的成就和差距	1
--------------------	---

1 主要成就	1
--------	---

- (1) 钢铁产量突破 1 亿吨，成为世界钢铁生产大国
- (2) 调整结构，节能降成本，提高了企业竞争能力
- (3) 科技与经济有效结合，推进科技成果转化成为现实生产力
- (4) 钢材品种质量基本满足国内市场需求
- (5) 科技投入有增加，科技进步贡献率逐年提高

2 主要差距	7
--------	---

- (1) 关键钢材品种不足，质量水平不高
- (2) 工艺装备落后
- (3) 技术经济指标和企业经济效益不高
- (4) 污染严重，资源综合利用率低

二、国际冶金科技进步的趋势	11
---------------	----

1 调整企业结构，实现专业化生产	11
------------------	----

2 发展高效生产技术，降低生产成本	12
-------------------	----

3 建立洁净钢生产体系，提高产品质量	16
--------------------	----

4 加强资源综合利用和环境保护，走可持续发展道路	17
--------------------------	----

5 研究开发冶金前沿技术，迎接 21 世纪的挑战	19
--------------------------	----

三、“十五”冶金科技进步的目标、方向及对策.....19

1 目标与方向..... 19

- (1) 优化钢铁生产流程, 节能降成本, 提高经济效益
- (2) 以市场为导向, 调整产品结构, 提高实物质量和增加短缺品种
- (3) 加强环保和资源综合利用, 推进清洁生产, 走可持续发展道路
- (4) 提高钢铁企业生产过程的自动化水平和管理信息化水平

2 对策与建议..... 22

- (1) “科教兴钢”, 实施可持续发展战略
- (2) 调整结构, 实施产业政策, 促进钢铁企业的科技进步
- (3) 自主开发与引进技术消化创新相结合, 推动企业技术改造
- (4) 以企业为主体, 建立冶金行业科技创新体系
- (5) 增加科技投入, 提高科技进步贡献率和成果转化率
- (6) 加强法制观念, “依法治钢”

四 冶金专业领域重点技术.....24

1 资源综合利用技术.....24

2 炼铁专业技术..... 30

3 炼钢专业技术..... 36

4 轧钢专业技术..... 44

5 冶金自动化技术.....49

6 冶金环保技术.....53

第二部分: 冶金新材料

一、“九五”冶金新材料的成就和差距.....56

1 主要成就.....56

- (1) 产量有所增长, 品种不断增加, 质量逐步提高, 基本满足了国民经济、社会发展和国防建设需要

(2) 工艺技术装备水平提高、技术经济指标改进	
(3) 面向市场, 优化产品结构, 专业化生产格局逐步形成	
(4) “九五”国家科技攻关取得重大进展	
2 主要差距	58
(1) 部分高技术含量、高附加值冶金新材料仍依靠进口	
(2) 低合金钢、合金钢品种结构不合理	
(3) 金属功能材料“元件化”水平低	
(4) 基础研究薄弱、新材料和新技术创新能力不强	
二、国外冶金新材料发展趋势	59
1 冶金材料性能超级化	59
2 冶金材料复合化	59
3 冶金结构材料功能化	60
4 冶金材料环境协调化	60
5 冶金新材料的计算机设计	60
6 冶金新材料的新工艺、新技术的研究	61
三、冶金新材料发展的目标与方向	61
1 冶金新材料发展的目标	61
2 冶金新材料发展的方向	63
(1) 研究开发国民经济社会发展所需的冶金新材料	
(2) 研究开发军工配套冶金新材料	
(3) 研究开发未来 10 年我国新兴技术产业所需的冶金新材料	
(4) 开展先进冶金材料重大基础预研工作	
四、关键冶金新材料和新技术	64
1 低合金钢、合金钢	65
2 高温合金	67
3 金属功能材料	69

4 粉末、陶瓷、难熔合金.....	72
5 钛及钛合金.....	76
6 炭素材料.....	77
7 钢基复合材料和表面技术.....	79

冶金科技发展指南

（2000—2005 年）

第一部分：冶金工艺技术

一 “九五”冶金科技进步的成就和差距

1 主要成就

（1）钢铁产量突破 1 亿吨，成为世界钢铁生产大国

1996 年以来，我国钢产量连续超过了 1 亿吨，约占全世界年钢产量的 13.5%。钢材、粗钢和生铁产量连续三年居世界第一位，成为产钢大国。1998 年生产生铁 11852 万吨、钢 11459 万吨、钢材 10738 万吨，实现工业总产值 1950 亿元，实现销售收入 2880 亿元。为我国国民经济和社会发展作出了贡献。

（2）调整结构，节能降成本，提高了企业竞争能力

改革开放以来，钢铁工业坚持以老企业改造为重点，通过引进、消化国外先进技术和国内自主开发创新，以高新技术改造钢铁工业，淘汰落后工艺，提高了装备水平。以宝钢和天津钢管公司为代表，国内新建了一批技术装备达到国际先进水平的钢铁企业和生产线。武钢、首钢、抚顺、

大冶等一批钢铁企业通过技术改造，推动了钢铁生产的结构优化。全国连铸比由 1978 年的 14.67% 提高到 1998 年的 67%。淘汰了一批落后工艺装备，如平炉钢产量由占全国钢产量的 20% 下降到目前的 5.06%。生产工艺和技术装备水平的提高，增强了钢铁企业的竞争能力和新产品的开发能力。

“九五”期间，通过学邯钢，全行业出现了一批依靠科技进步，节能降成本，挖潜增效的先进企业。如济钢实现了炼铁全熟料、炼钢全精料、全连铸和轧钢全“一火成材”以及提高高炉喷煤量的“四全一喷”。资源要素重组优化，实现钢渣、煤气、工业用水和余热蒸气利用“四闭路”。各项技术指标明显改善、环保水平提高，成本大幅度下降。走出了一条节能增效和可持续发展的路子。全行业节能降耗取得显著成绩，吨钢综合能耗由 1993 年的 1.475 吨标准煤下降到 1998 年的 1.290 吨标准煤，年均下降 2.64%。

（3）科技与经济有效结合，推进科技成果转化为实现生产力

“九五”期间，结合企业技术改造，开发研究、推广应用了一批先进工艺技术，取得了明显效果。

铁矿石开采及选矿技术 通过攻关，我国铁矿石开采及选矿技术水平明显提高；突破了红铁矿选矿技术难关，解决了包头中贫氧化铁矿选矿技术难题；攀枝花钒钛磁铁矿的综合利用取得了突破性进展，继高钛含钒铁矿石炼铁及提钒获得成功后，高品位钛精矿大量供应市场，磁铁矿选矿厂的精矿品位达到 68%；一批高效节能型的矿山设备研制成功并应用于矿山生产。近年来，铁矿石年产量 2 亿多吨，占当年产粗钢 1 亿吨所需矿石量

的 65%左右,是我国钢铁工业发展的重要原料保证。我国铁矿石中伴生的 TRe、Nb、V、Ti 等有价金属产品的开发不断深入,取得了一批科研成果,资源优势(例如 V、Ti、TRe)逐步转化为经济优势,有的已成为高科技发展的重要原材料。

炼铁技术 90 年代以来,我国高炉装备水平提高较快。宝钢、武钢、首钢、马钢、鞍钢等大型高炉的装备水平达到了国际水平。高炉喷煤、高炉长寿、高风温、无钟炉顶、小球烧结、球团烧结等技术有了较大发展。从 1994 年起,我国的生铁产量一直保持世界第一位。通过攻关,提高了炼铁生产技术水平,高炉主要技术经济指标有较大幅度改善。

1998 年重点企业高炉的平均利用系数达到 $1.981 \text{ t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$;高炉喷煤比达到 109.4 kg/tHM ;高炉焦比降低到 435 kg/tHM ,高炉风温平均达到 1040°C 以上,高炉技术经济指标明显改善。我国自主开发的小球烧结工艺技术,提高了烧结机的热效率和生产效率,节约能耗 20%,提高烧结机生产效率 15~20%,已在全国八家钢铁厂推广采用。

转炉溅渣护炉技术 溅渣护炉是国外九十年代后期开发成功的先进技术。1996 年该项技术介绍到国内,在国家大力支持下,结合国内钢铁厂的资源、环境及装备条件,开发了适用于大型转炉、中小型转炉的溅渣工艺、复吹转炉溅渣工艺以及中磷铁水、钒钛铁水半钢冶炼等复杂条件下的溅渣技术。使溅渣工艺迅速在国内 19 家转炉厂和 65 座转炉上采用,取得了明显的经济效益。平均炉龄超过 3000 炉,最高 15000 炉,达到国际先进水平。

电炉炼钢技术 我国除舞阳钢厂外,1990 年以前,基本没有现代化

的电弧炉及其新的生产流程，到 1998 年已有 16 台容量大于 60 吨的炼钢电弧炉投入生产运行，总炉容量 1540 吨，约占全国电炉容量总和的 1/4 左右。其中装备达到国际八十年代末至九十年代初水平的有 11 台，单炉生产率超过 50 万吨的有天津钢管、沙钢润忠两家，冶炼电耗(含精炼)低于 400 kwh/t 的也有两家，已接近国际先进水平。

提高连铸比，开发推广高效连铸技术 采用全连铸技术取代模铸，可提高轧钢综合成材率 10~15%，经济效益十分显著。“九五”期间，国内大力推广采用连铸技术，1997 年全国生产连铸坯 6606 万吨，连铸比为 60.7%；1998 年连铸坯产量达到 7743 万吨，增产近 1137 万吨，增长 17% 以上，连铸比达到 67%。

在大力发展连铸的同时，高效连铸技术攻关开发取得显著进展，120×120mm 小方坯的拉速从 2.4M/min 提高到 4.2M/min；150×150mm 小方坯的拉速从 1.8M/min 提高到 3.5M/min，达到国际先进水平。一些企业的板坯连铸机拉速也达到 1.8M/min。连铸机作业率从 70%提高到 80~85%。目前国内已有 20 余家钢厂通过挖潜改造，采用了高效连铸技术，增加了连铸机的产量，提高了企业经济效益。

轧钢技术 近年来，我国钢材产量大幅度增长，目前已基本满足国内需求。板管比由 1993 年的 37%提高到 1997 年的 40.3%。一些紧缺品种，如石油管、马口铁、硅钢片、汽车用钢板、高线硬线等增产幅度较大。

装备水平不断提高，引进一批热连轧机、冷连轧机、连轧管机、小型连轧机、高速线材轧机，使我国钢材的连轧比大幅度提高，一批短流程钢厂新建投产，三套薄板坯连铸连轧板厂正在建设，马钢、山东莱钢和鞍

山一轧的H型钢生产线已投入生产。

推广采用连轧技术、加热炉节能技术和热送热装技术,淘汰落后的多火成材工艺。“九五”期间,高速线材轧机达30多套,形成900万吨生产能力,高线产量达到近1000万吨,占线材总产量的43%。1998年国内连续和半连续小型材产量达到1120万吨,已占小型材总产量的44%;

冶金环保技术 九十年代以来,一批企业通过节能降耗、资源回收利用、控制污染,在工艺废水处理和循环利用、废气除尘、可燃气体回收利用和钢铁渣处理利用等方面取得进展。如焦化酚氰废水脱酚技术、转炉煤气净化回收技术、电炉烟尘治理技术、钢渣烧结配料技术、焦炉装煤、推焦消烟除尘技术、冶炼车间电除尘、混铁炉除尘等二次烟尘治理技术,以及焦炉煤气脱硫技术和矿山复垦生态技术等。

烟气中 SO_2 治理技术也开展了试验研究工作,取得了成果。

由于环保科技进步和环保工程的有效实施,在钢产量大幅度增长的同时,各主要污染物(除 SO_2 外)的排放总量相对较少。宝钢、天津钢管公司已通过ISO-14001认证。“九五”以来,主要环保指标有所改善,数据如表1:

(4) 钢材品种质量基本满足国内市场需求

“九五”期间,国内钢铁生产和市场消费发生了很大变化,大宗钢铁产品供大于求,形成结构上的相对过剩。为了进一步开拓市场,许多钢厂将工作重点从发展产量转到扩大品种和提高产品质量上来。抢占国内市

场, 提高市场占有率。1997 年, 国产钢材占国内消费总量的 87.8%; 1998 年, 国产钢材在国内市场的占有率提高到 89%。

表 1

环保指标	1990	1997 年	增减(±) %
冶金系统钢产量(万 t)	6303	10296	+63.35
85 个统计企业钢产量(万 t)	5958	9505	+59.55
废水排放 5 项污染物合计* (万 t)	91.65	87.66	-4.35
废气排放烟(粉)尘(万 t)	123.68	105.60	-14.62
废气排放 SO ₂ (万 t)	58.90	78.36	+33.04
污染物综合排放合格率(%)	72.7	79.3	+6.6
吨钢耗新水量(m ³)	58	38	-34.48
吨钢外排废水量(m ³)	48	28	-41.67
厂区降尘量(t/km ² ·月)	61	47	-22.95

(* 废水排放 5 项污染物为: 酚、氰、石油类、COD、悬浮物)

(5) 科技投入有所增加, 科技进步贡献率逐年提高

“九五”期间, 冶金行业科技投入的力度明显增强。“七五”由国家支持的科研经费为 2.8 亿元, “八五”增加到 4.2 亿元, “九五”前三年已超过了 4.0 亿元, 企业配套经费相应增加。“九五”研究开发经费占行业销售额的比例比“八五”有明显增加, 1998 年为 1.04%。获部级以上科技成果 493 项, 其中国家发明奖和科技进步奖 45 项。到 1998 年全行业累计授权专利 5984 项, 95 年前三年申请专利 1903 项。科技成果转化近 40%,

科技进步贡献率达到 40%以上。三年来，冶金行业依靠科技进步节能降成本约 100 亿元，科学技术转化为生产力的成绩显著。

2 主要差距

（1）关键钢材品种不足，质量水平不高

随着工业化和现代化水平的提高，市场对钢材品种结构和质量水平提出了新的要求。即要求钢材品质向优质、多功能、高技术含量和高附加值方向发展。其重要的标志之一是板管带的比重提高。日本、美国、西欧、韩国等先进产钢国，一般板管比已达 60%以上，各种钢材中高附加值的产品达到 40%左右。而我国，板管带材的比重还只有 40%左右，型线材比例很高。一些高档优质板、管不得不大量进口。

目前，国民经济需要的关键品种，只能满足三分之二。如铁路提速（160km/h）对重轨和车轮的质量要求尚不能满足。修建高速铁路（200～300km/h）所需的高性能钢轨、车体、车轮和轮箍，还有待开发研制；小轿车用的冷轧超深冲优质钢板，当前在数量和质量上都不能满足市场要求，仍要进口。此外，石油、大型电站、造船及化工、化肥、化纤所需专用钢材产品，以及某些军工用高附加值、多品种、小批量高级钢材，大部分由于生产能力不足或工艺装备落后，不能满足需要。石油油井管、镀锡板和冷轧硅钢片的国内市场占有率分别为 60%、40%和 15%；化工、化肥、化纤和核能工业所需不锈钢板和耐热、不锈钢管等，主要依靠进口解决。

因为钢材品种质量不适应要求或数量不足，不得不花大量外汇进口

钢材。进口的钢材多为品质档次高的，而出口的钢材多为档次低的。进口钢材平均价达 350\$/t，而出口钢材平均价仅为 281\$/t，二者相差近 70\$/t。据测算，90 年代初期，中国在国际钢材市场上占有的出口份额仅为 1.5%，在世界各国的排序为 24 位。而国内市场，由于品种质量跟不上，被主要产钢国占据了相当的份额。

以国际实物标准衡量，我国冶金产品质量水平还很低。1998 年达到国际实物质量水平的钢材仅 1100 万吨，只占钢材总产量的 13%。

（2）工艺装备落后

按生产能力统计，重点企业和地方骨干企业中，达到国际水平的装备，炼铁占 25%，烧结占 8%，机械化焦炉占 7.9%，转炉占 9.4%，电炉占 9.7%，轧机占 11.3%。其它各工序均为 10%左右。从整体讲，达到国际先进水平的大型企业，目前还只有宝钢和天津钢管公司两家，年产钢的能力约为 1000 余万吨，在全国总钢产量中不到 10%。

总体分析，我国钢铁工业的工艺装备主要问题如下：

中小型装备偏多 规模小、消耗高、效率低。

工艺结构不合理 尚有部分平炉炼钢和化铁炼钢以及一大批横列式轧机和复二重轧机。

技术水平低 一些国际上成熟的技术装备，如铁水预处理、转炉煤气回收装置、超高功率电弧炉，在线炉外精炼装置等，还远没有普及。至于熔融还原工艺、薄板坯连铸连轧等新装备，我国尚处于开发和引进技术国产化起步阶段。

自动化程度不高 90 年代中期，按生产能力计，基础自动化不足 20%，过程自动化仅占 14%。

（3）技术经济指标和企业经济效益不高

生产率指标低 如实物劳动生产率，扣除非生产人员和辅助部门人员，人均年产钢 100 余吨。日、美平均为 500~600 吨，浦项 800~1000 吨；设备生产率比国际先进水平低 20%~40%；物耗生产率比国际先进水平低 30%；成本生产率和投资生产率，比韩国约低 10%~20%；品质生产率比德国差 20~30%。

吨钢能耗高 1998 年，吨钢综合能耗为 1300 千克标煤/吨，比发达国家平均高出 30%以上。

综合成材率低 1998 年约为 88%。而日本 1990 年已高达 94.8%。

企业经济效益不高 近年来，钢产量持续增长，而企业的经济效益一再下滑。如 1998 年钢产量比 96 年增加约 600 万吨，企业利税和利润分别下降 43 亿元和 22 亿元，具体见表 2。

表 2

年份（年）	1993	1994	1995	1996	1997	1998
仅钢产量(万吨)	8954	9261	9536	10124	10891	11459
利 税(亿元)	576	503	324	223	188	180
利 润(亿元)	294	263	114	44	20	20

(4) 污染严重, 资源综合利用率低

环保指标不高 我国钢铁行业到 2000 年环保指标同发达国家目前水平比较仍有很大差距, 具体见表 3。

表 3

指标	我国 (2000 年预测)	日本 (目前)
废水处理率(%)	98.0	99.0
外排废水达标率(%)	85.0	100
废气处理率(%)	95.0	99.0
外排废气达标率(%)	85.0	100
钢铁渣利用率(%)	85.0	100
含铁尘泥利用率(%)	90.0	100
工业水重复利用率(%)	85.0	96.0
新水用量(吨/吨钢)	35.0	10.0
外排水量(吨/吨钢)	25.0	2.0
厂区降尘量(吨/月.平方公里)	45.0	10.0
厂界噪声合格率(%)	95.0	100

污染治理技术水平低 发达国家对第一代工业烟尘治理早已完成, 第二代污染 SO_x 、 NO_x 等治理技术开始商业化, 进入第三代污染物 CO_2 等治理技术的研究和应用阶段。我国钢铁工业烟尘治理远未完成; SO_x 、 NO_x 的污染控制尚未工业化应用; 至于第三代污染物 CO_2 等控制研究, 则刚刚起步。

此外, 对污染源的治理除部分先进企业外, 多数限于单元治理技术, 较少重视钢铁企业特别是大型联合企业的全面清洁生产。总体上治理污