

2011~2020年

中国钢铁工业科学与技术 发展指南

Technology Roadmap on Chinese Steel Industry 2011-2020



中国金属学会
THE CHINESE SOCIETY FOR METALS



中国钢铁工业协会
CHINA IRON & STEEL ASSOCIATION



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

2011~2020年
中国钢铁工业科学与技术
发展指南

Technology Roadmap on Chinese Steel Industry 2011-2020

中国金属学会
THE CHINESE SOCIETY FOR METALS

中国钢铁工业协会
CHINA IRON & STEEL ASSOCIATION

冶金工业出版社

2012

内 容 简 介

为了贯彻《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》特别强调加强科技创新工作的要求和贯彻《钢铁工业“十二五”发展规划》加快产品升级,深入推进节能减排、强化技术创新和技术改造等重点领域任务、各项发展目标,中国金属学会和中国钢铁工业协会联合组织对《2006年~2020年中国钢铁工业科学与技术发展指南》(以下简称《指南》)进行修订。

修订后的《指南》由原来的五个部分改为七个部分,即概论、资源、产品、工艺技术、冶金装备与自动化、节能和低碳发展、环境保护与职业安全健康。与原《指南》一样,各部分仍按三个问题进行阐述,即科技发展现状(包括主要成绩、主要问题和发展趋势);2011~2020年科技发展的主要目标;为实现这些目标应加快推广应用的关键技术和应积极关注、研发、加快工程化的关键技术。

本书可供国内钢铁企业及相关行业的管理人员在制定企业发展规划,以及钢铁企业、相关企业科研人员、工程技术人员在进行科研创新及工程实践时阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

2011~2020年中国钢铁工业科学与技术发展指南/
中国金属学会,中国钢铁工业协会编. —北京:冶金工业
出版社,2012.9

ISBN 978-7-5024-6076-1

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①钢铁工业—技术
发展—中国—2011~2020—指南 IV. ①F426.31-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第205715号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 李培禄 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6076-1

三河市双峰印刷装订有限公司印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销
2012年9月第1版,2012年9月第1次印刷

169mm×239mm;11.25印张;162千字;166页

60.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《指南》修订领导小组

组 长：翁宇庆 朱继民 王天义

副组长：张长富 赵 沛 洪及鄙

王晓齐 罗冰生 徐金梧

成 员：苏天森 迟京东 倪伟明

姜尚清 黄 导

前 言

2006年公布的由中国金属学会、中国钢铁工业协会组织近百名专家编写的《2006年~2020年中国钢铁工业科学与技术发展指南》(以下简称《指南》),对我国钢铁科技创新工作起到了良好的推动作用。《指南》提出的2006~2010年科技创新的主要目标已基本实现,需研发、推广應用和加快研发工程化的各项关键技术也在实施中取得了较好的效果,对钢铁行业实践《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》起到积极推动作用。

根据国民经济和钢铁生产发展的要求,应及时对《指南》进行动态的修改补充。进入“十二五”以来,国民经济的发展,对钢铁科技创新提出了许多新的要求,为了贯彻《国民经济和社会发展第十二个五年发展规划纲要》特别强调加强科技创新工作的要求和贯彻《钢铁工业“十二五”发展规划》加快产品升级,深入推进节能减排、强化技术创新和技术改造等重点领域任务、各项发展目标,中国金属学会和中国钢铁工业协会决定联合组织对《指南》进行修订。

《指南》修订工作以科学发展为主题,突出行业科技发展的主要内容,强调全面性、前瞻性、可持续发展和绿色制造等原则,并贯彻国家已公布的关于钢铁工业调整、规划的

各项政策要求，尤其要与《钢铁工业“十二五”发展规划》的要点、目标相一致。

修订后的《指南》由原来的五个部分改为七个部分，即概论、资源、产品、工艺技术、冶金装备与自动化、节能和低碳发展、环境保护与职业安全健康。其中冶金装备与自动化、节能和低碳发展两部分是由原《指南》工艺部分的冶金自动化和冶金能源两节的内容扩大后独立成为新的五、六两部分。与原《指南》一样，各部分仍按三个问题进行阐述，即科技发展现状（包括主要成绩、主要问题和发展趋势）；2011~2020年科技发展的主要目标；为实现这些目标应加快推广应用的关键技术和应积极关注、研发、加快工程化的关键技术。

修订后的《指南》名为《2011~2020年中国钢铁工业科学与技术发展指南》。

编 者

2012年9月

目 录

1 概论	1
1.1 中国钢铁科技发展现状	1
1.1.1 中国钢铁科技发展主要成绩	1
1.1.2 目前存在的主要问题	9
1.2 钢铁工业科技发展的指导思想和主要目标	11
1.2.1 指导思想和基本要求	11
1.2.2 主要目标	11
1.3 重点关键技术	13
1.3.1 应加快推广的重点关键技术	13
1.3.2 应积极研发、加快工程化的技术	19
1.3.3 应关注和探索的技术	21
2 资源	22
2.1 资源勘查、开采、利用的技术现状	22
2.1.1 黑色金属矿产资源勘查技术现状与趋势	22
2.1.2 采矿技术发展现状与趋势	25
2.1.3 选矿技术发展现状与趋势	28
2.1.4 废钢资源回收和加工现状与趋势	31
2.2 资源技术的发展目标	35

2.2.1	地质勘查总体目标	35
2.2.2	矿山开采总体目标	36
2.2.3	选矿加工总体目标	37
2.2.4	废钢回收利用总体目标	38
2.3	资源关键技术	38
2.3.1	地质勘查技术	38
2.3.2	采矿关键技术	39
2.3.3	选矿关键技术	39
2.3.4	废钢回收、加工、物流及利用研发关键技术	40
3	产品	41
3.1	钢材产品及冶金新材料发展现状	41
3.1.1	钢材产品发展现状	41
3.1.2	冶金新材料发展现状及问题	53
3.2	钢材产品及冶金新材料发展目标	54
3.2.1	钢材产品目标	54
3.2.2	冶金新材料发展目标	58
3.3	关键技术	65
3.3.1	钢铁产品生产关键技术	65
3.3.2	冶金新材料关键技术	65
4	工艺技术	67
4.1	工艺技术的现状	67
4.1.1	炼铁技术现状	67
4.1.2	炼钢技术现状	78
4.1.3	轧钢技术发展现状	88

4.1.4	相关工艺技术发展现状	91
4.2	工艺技术发展目标	96
4.2.1	炼铁技术发展目标	96
4.2.2	炼钢技术发展目标	99
4.2.3	轧钢技术发展目标	102
4.2.4	相关工艺技术发展目标	103
4.3	工艺关键技术	104
4.3.1	炼铁工艺关键技术	104
4.3.2	炼钢关键技术	108
4.3.3	轧钢关键技术	111
4.3.4	相关工艺技术中的关键技术	112
5	冶金装备与自动化	115
5.1	冶金装备技术的现状	115
5.1.1	炼铁装备技术现状	115
5.1.2	炼钢装备技术现状	118
5.1.3	连铸装备技术现状	118
5.1.4	轧制装备技术现状	119
5.2	冶金装备技术发展目标	125
5.2.1	炼铁装备技术发展目标	125
5.2.2	炼钢装备技术发展目标	126
5.2.3	连铸装备技术发展目标	126
5.2.4	轧制装备技术发展目标	127
5.3	冶金装备关键技术	129
5.3.1	炼铁装备关键技术	129
5.3.2	炼钢装备关键技术	130

5.3.3	连铸装备关键技术	130
5.3.4	轧制装备关键技术	131
5.4	冶金自动化技术现状	133
5.4.1	设备控制系统技术现状	133
5.4.2	过程控制系统技术现状	134
5.4.3	生产管理控制系统技术现状	135
5.4.4	企业信息化技术现状	135
5.5	冶金自动化技术发展目标	137
5.5.1	设备控制系统发展目标	137
5.5.2	过程控制系统发展目标	137
5.5.3	生产管理控制系统发展目标	138
5.5.4	企业信息化发展目标	138
5.5.5	冶金设备故障诊断技术的发展目标	139
5.6	冶金自动化关键技术	139
5.6.1	设备控制系统关键技术	139
5.6.2	过程控制系统关键技术	139
5.6.3	生产管理控制系统关键技术	140
5.6.4	企业信息化系统关键技术	141
6	节能和低碳发展	142
6.1	我国钢铁工业节能技术和低碳发展现状	142
6.1.1	我国钢铁工业节能技术和 CO ₂ 减排的主要成绩	142
6.1.2	世界主要产钢国钢铁工业 CO ₂ 排放情况及其 减排对策	144
6.1.3	我国钢铁工业节能技术和 CO ₂ 减排的问题和差距	145
6.1.4	我国钢铁工业节能和低碳发展的趋势	146

6.2 我国钢铁工业节能和低碳发展技术发展目标	147
6.3 我国钢铁工业节能和低碳发展关键技术	148
7 环境保护与职业安全健康	149
7.1 环境保护、职业安全健康技术现状	149
7.1.1 环境保护技术现状	149
7.1.2 钢铁行业的安全生产现状	153
7.1.3 钢铁行业的职业健康现状	156
7.2 环境保护与职业安全健康发展目标	157
7.2.1 钢铁行业的环境保护目标	157
7.2.2 钢铁行业的安全生产目标	159
7.2.3 钢铁行业的职业健康目标	159
7.3 关键技术	160
7.3.1 钢铁行业的环境保护关键技术	160
7.3.2 钢铁行业的安全生产关键技术	162
7.3.3 钢铁生产的职业健康关键技术	162
后记	164

1 概 论

本章集中叙述中国钢铁科技发展的成绩及存在的主要问题，概括科技发展的指导思想和主要目标，并提出科技发展的重点关键技术。

1.1 中国钢铁科技发展现状

1.1.1 中国钢铁科技发展主要成绩

过去5年，中国钢铁科技发展有了很大进步。《2006年~2020年中国钢铁工业科学与技术发展指南》中规定的2006~2010年阶段目标基本完成。

(1) 国内钢材市场占有率和自给率大幅提高。

在统计的22大类钢材品种中，2010年有17类品种自给率大于100%，其余都大于87.5%；市场占有率有18类品种大于95%，其余大于85%。我国钢材品种自给率及市场占有率情况见表1-1。

表 1-1 我国钢材品种自给率及市场占有率情况

产品名称	2005 年		2009 年		2010 年	
	自给率 /%	国内市场 占有率/%	自给率 /%	国内市场 占有率/%	自给率 /%	国内市场 占有率/%
铁道用钢材	97.5	94.9	105.2	95.9	104.6	95.5
大型型钢	103.8	93.9	107.8	96.1	113.8	95.4
中小型型钢	99.9	99.2	100.3	99.9	100.9	99.9
棒 材	102.8	98.9	101.5	99.4	103.3	99.4
钢 筋	102.3	99.9	100.2	100.0	100.1	100.0

续表 1-1

产品名称	2005 年		2009 年		2010 年	
	自给率 /%	国内市场 占有率/%	自给率 /%	国内市场 占有率/%	自给率 /%	国内市场 占有率/%
线 材	104.4	98.8	100.6	99.5	101.6	99.4
特厚板	109.4	96.1	102.6	99.0	106.2	99.2
厚钢板	101.6	97.9	102.6	98.4	102.4	98.9
中 板	100.1	95.6	104.5	97.4	105.8	97.7
热轧薄板	106.7	94.4	97.1	94.7	97.3	95.9
冷轧薄板	82.8	80.3	97.9	96.5	99.4	97.2
中厚宽钢带	100.4	94.2	102.0	98.5	105.5	98.8
热轧薄宽钢带	83.6	73.8	92.8	89.8	103.6	97.7
冷轧薄宽钢带	59.6	56.1	87.1	84.4	95.6	87.9
热轧窄钢带	101.1	99.4	100.1	99.8	100.7	99.7
冷轧窄钢带	99.7	86.2	97.9	95.1	99.5	96.1
镀层板	67.2	60.2	94.8	85.0	102.4	84.8
涂层板	86.3	82.2	123.5	91.4	191.8	86.1
电工钢板	69.3	66.5	86.6	84.6	87.5	85.1
无缝管	106.5	93.8	114.9	98.2	116.4	98.8
焊 管	108.4	97.3	107.7	99.1	108.3	99.3
其他钢材	125	93.1	151.7	94.9	129.3	97.7

钢铁工业对下游行业发展起巨大支撑作用，满足了“十一五”期间主要用钢材行业的钢材消费需求。“十一五”期间全国及各行业消费的钢材见表 1-2。

表 1-2 “十一五”期间全国及各行业消费的钢材

类 别	全国	建筑	机械 制造	汽车	轻工 家电	造船	石油 电力	交通	其他
消耗量/亿吨	17.59	8.53	2.85	1.24	1.05	0.47	0.45	0.99	2.0
比例/%	100	48.49	16.20	7.05	5.97	2.67	2.56	5.63	11.37

钢铁产品进出口发生历史性变化，由净进口国变为净出口国，出口量连续三年位居世界首位。粗钢消费由 3.56 亿吨增长到 5.74 亿吨，自给率保持在 100% 以上。国内市场占有率在 95% 左右。2005 ~ 2010 年我国钢铁产销进出口情况见表 1-3。

表 1-3 2005 ~ 2010 年我国钢铁产销进出口情况

年 份	钢产量 /万吨	进口 /万吨	出口 /万吨	净出口 /万吨	表观消费量 /万吨	自给率 /%	国内市场 占有率/%
2005	35579	2901	2922	21	35558	100.1	91.8
2006	42102	2009	5457	3448	38654	108.9	94.8
2007	48973	1819	7256	5437	43534	112.5	95.8
2008	51234	1654	8386	4732	46502	110.2	96.4
2009	57707	2338	2617	279	57428	100.5	95.9
2010	63874	1816	4542	2726	59940	104.5	97.0

2009 年，中国粗钢产量占世界 45.2%；中国消费量占世界 43%，钢铁工业的国际地位和影响力得到明显提高。

(2) 品种质量明显改善，基本满足了经济发展和产业结构调整的需要。

企业从改进工艺装备入手，保证钢铁产品质量升级，各大中型企业“十一五”期间增加了铁水预处理以及 LF、VD、RH 等钢水精炼设施；配套采用了在线检测和计算机控制系统等装备；2010 年大中型钢铁企业铁水预处理比和钢水精炼比分别达到 95% 和 70%。2010 年通过冶金产品达到国外先进实物质量水平认定并获得“金杯奖”产品的企业有 58 家、20 个品种、335 个产品，生产量占钢材总量的 30% 左右。

品种质量不断提高，满足了下游行业对质量、性能不断提高的要求，支撑重点工程建设。保障了北京奥运会、上海世博会、广州亚运会、西气东输（二线）、三峡水电站、高速铁路工程等国家重大工程和重点建设项目的顺利实施，时速 380km/h 高铁钢轨全部国产化，油气管线高等级 X80 管线钢实现国产化（X100、X120 已试生产），拥有自主知识产权高牌号取向硅钢，批量用于生产 500kV 以上大型变压器，

72A、82A 帘线钢通过国际著名生产厂家质量认证，双相钢、复相钢、相变诱发塑性钢等先进材料批量用于高等级汽车，节镍或无镍铁素体和双相不锈钢占国内不锈钢 30% 以上，T4003 不锈钢成功应用于铁道货车车辆。

(3) 工艺技术装备水平显著提升。

主体设备在大中型企业已达国际先进水平，有些工艺创新属于世界先进水平。

目前世界最现代化、最大型冶金装备几乎在中国都有，如 5500m³ 以上的高炉、5500mm 大型宽厚板轧机、2250mm 宽带钢热连轧机和 2180mm 宽带钢冷连轧机。

冶金装备和自动化设计、制造和集成也取得了巨大成就，例如 2150mm 热连轧机、1450mm 冷连轧机、3 辊 PQF 机组、连续退火涂镀生产线以及基于超快冷的新一代 TMCP 系统等标志性装备及自动化工程实现国产化。大中型钢铁企业主流程工艺和装备基本实现了基础及过程二级计算机自动控制，工厂级、公司级的三、四级计算机管理和控制也在许多工厂中实现。

重点统计钢铁企业 1000m³ 以上高炉生产能力所占比例由 2005 年的 48.3% 提高到 60.9%，我国大中型高炉的技术经济指标已达到世界先进水平。国内外各级炉容技术指标对比见表 1-4。

表 1-4 国内外各级炉容技术指标对比

炉容 /m ³	区域	项目	利用系数 /t·(m ³ ·d) ⁻¹	焦比 /kg·t ⁻¹	煤 /kg·t ⁻¹	燃料比 /kg·t ⁻¹	风温 /℃	富氧 /%	顶压 /kPa	煤气利用 率/%	座数
5000	国内	平均	2.3	333	156	489	1270	5.43	274	50.45	2
		最大	2.3	343	157	498	1280	7.55	278	51.70	
	国外	平均	2.09	360	133	493	1141	3.69	333	49.72	6
		最大	2.21	400	200	511	1213	5.68	372	51.16	
4000	国内	平均	2.19	335	173	508	1215	3.70	232	50.09	8
		最大	2.50	402	193	540	1250	5.38	243	51.99	
	国外	平均	2.11	341	153	498	1138	5.30	247	48.11	13
		最大	2.37	445	226	536	1240	9.80	313	50.45	

续表 1-4

炉容 /m ³	区域	项目	利用系数 /t·(m ³ ·d) ⁻¹	焦比 /kg·t ⁻¹	煤 /kg·t ⁻¹	燃料比 /kg·t ⁻¹	风温 /℃	富氧 /%	顶压 /kPa	煤气利用 率/%	座数
3000	国内	平均	2.30	387	153	536	1167	3.26	215	45.70	11
		最大	2.73	443	175	577	1220	6.17	235	48.00	
	国外	平均	2.37	361	133	494	1147	3.89	212	49.69	14
		最大	2.49	396	155	513	1190	5.17	240	51.50	
2000	国内	平均	2.35	380	140	519	1158	2.54	186	45.44	15
		最大	2.61	503	172	587	1259	5.60	220	50.37	
	国外	平均	2.17	343	135	491	1130	5.10	157	48.10	27
		最大	2.93	414	233	525	1204	13.10	269	50.72	
1000	国内	平均	2.53	389	157	541	1168	1.82	175	46.26	25
		最大	3.15	534	204	646	1240	3.30	230	50.50	
	国外	平均	2.06	382	101	489	1058	2.97	109	49.06	33
		最大	2.50	427	128	518	1149	4.80	177	49.57	

注：以上数据源自国外 87 座、国内 60 座容积 1000 ~ 5800m³ 高炉。

国内 1000m³ 级高炉技术指标与国外相当，利用系数、风温优于国外；4000m³ 级、5000m³ 级高炉技术指标整体优于国外。高炉过程计算机控制采用率已达 80%，数学模型及专家系统等过程优化已达 29.73%。在原燃料配料计算模型、热风炉燃烧控制模型、高炉炉底侵蚀观测模型、高炉布料模型、高炉专家系统自主开发和应用方面取得初步成果。

到 2010 年底，我国共有 100t 以上转炉 200 多座，生产能力占转炉总能的比重由 2005 年的 44.9% 提高到 56.7%， “十一五” 期间，我国投产了首钢京唐 300t、鞍钢鲅鱼圈 260t、邯郸西区 300t、马钢 300t 等当代最先进的大型转炉。我国共有 50t 以上电炉 80 座，普遍采用电炉超高功率高阻抗技术、电炉铁水热装等技术。我国 100t 以上转炉和 50t 以上超高功率电炉基本达到国外同类装备的先进水平，成为我国炼

钢生产主体设备。

大部分企业已配备铁水预处理、钢水二次精炼设施。以终点控制为核心的转炉自动化控制水平不断提高，二次精炼得到普遍重视，部分企业建立了超低氧、超低硫等高品质低成本洁净钢生产平台。

“十一五”期间，我国轧钢工艺装备实现跨越式发展，建成投产一批具有世界先进水平的现代化轧钢生产线。到2010年底，我国已拥有热轧宽带钢轧机72套，设计能力2.13亿吨；中厚板轧机76套，设计能力9331万吨；冷连轧宽带轧机（含酸洗轧机联合机组）50套，产能7000万吨；热轧无缝管生产线126套，产能1900万吨，其中先进77条，产能1500万吨；2010年又新投产高线（含全高线）20条，合金钢、特钢小型棒材生产线18条，新增条材能力2400万吨。

近年投产的轧钢生产线集成了当代最先进的轧钢技术，如节能降耗、高效生产、减量化生产、断面形状及板形控制、表面质量控制、包括超快冷技术在内的控轧控冷技术、半无头轧制技术等，为高档钢材生产奠定了良好的装备基础。

（4）自主创新能力显著提高。

最主要成绩是实现新一代钢铁流程产业化和关键装备技术由引进、消化为主转向自主创新为主。

“十一五”期间，基本实现焦化、烧结、炼铁、炼钢、连铸、轧钢等主要工序、主体装备本地化，其中大型冶金设备本地化率达90%以上，吨钢投资明显下降。

大力推广了高效低成本洁净钢生产技术，新一代控轧控冷装备与工艺技术，性能预报与控制装备及一贯制生产管理技术；特大方坯、特大圆坯连铸装备与工艺技术；大型真空精炼装备与工艺技术；冷连轧机组和取向硅钢生产线自主集成技术等。我国已经具备自主建设首钢京唐、鞍钢鲅鱼圈等世界一流年产千万吨级现代化钢铁联合企业的能力。

部分产品已达国际先进水平，“十一五”期间产品结构得到优化。研制和生产出一大批钢铁精品，如高速铁路用百米重轨，高压油气输