



中国钢铁工业协会

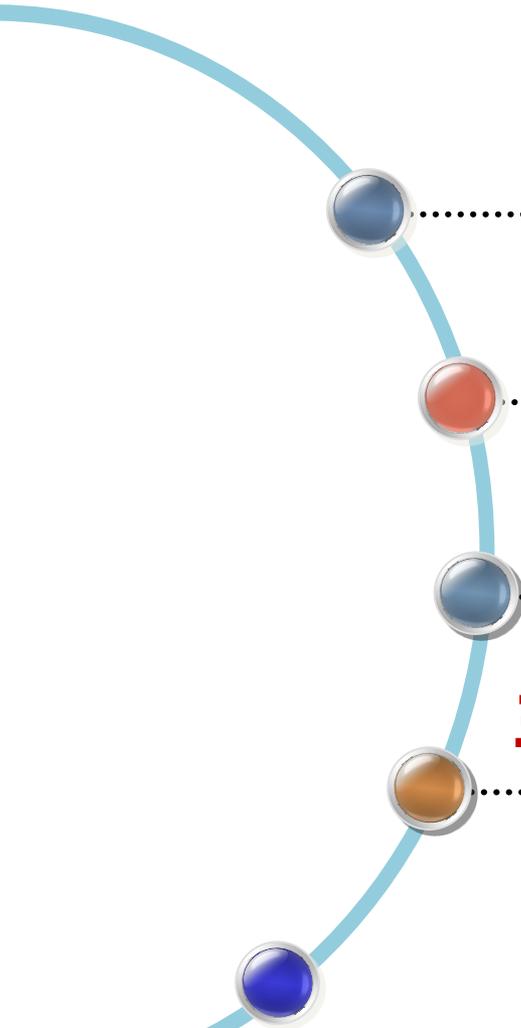
CHINA IRON & STEEL ASSOCIATION



实现钢铁工业低碳绿色发展

中国钢铁工业协会

迟京东

A decorative light blue curved line on the left side of the slide, featuring five circular nodes in blue, red, blue, orange, and blue from top to bottom.

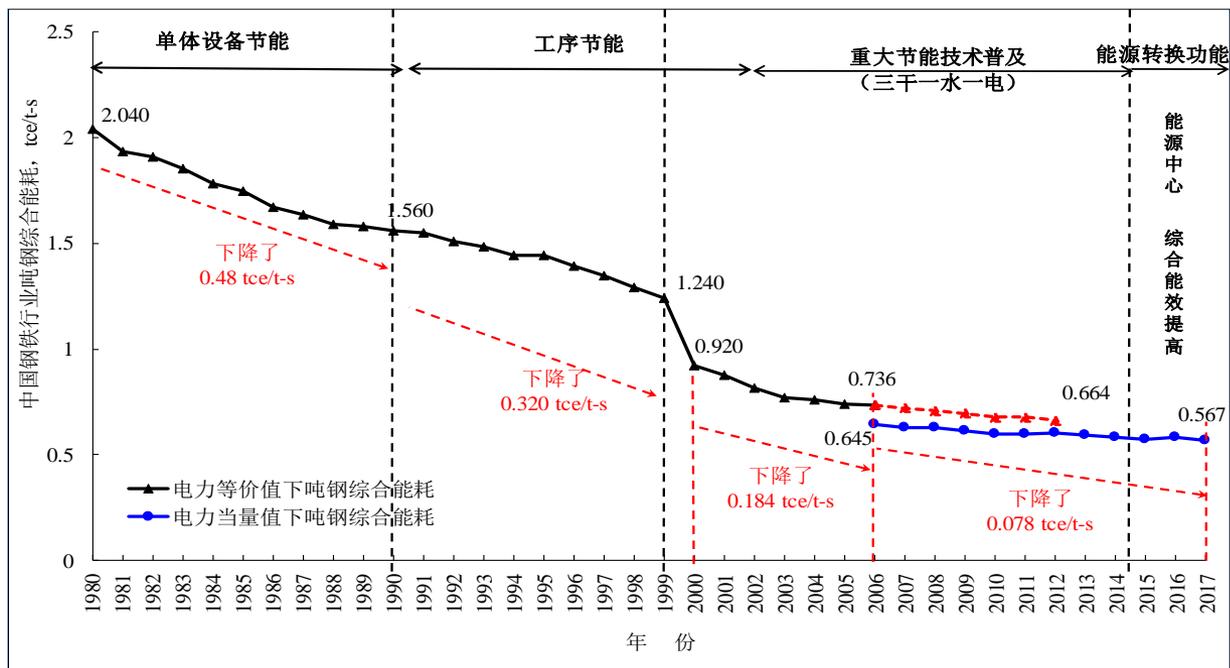
一、钢铁工业节能环保成效显著

二、钢铁工业节能环保要求提高

三、钢铁行业低碳绿色发展路径思考



一、钢铁工业节能环保成效显著



- 随着我国钢铁工业流程的不断优化，钢铁行业节能已经由过去纯粹依赖于设备进步，如平炉改转炉，小设备改大设备；逐步发展到推广装备大型化、节能技术研发和 推广、配套节能环保设施建设等；钢铁行业的节能路径已经拓展到结构节能、技术节能及管理节能等层面。
- “十二五”以来，钢铁行业节能环保成绩显著，为全社会的低碳绿色发展和生态文明建设做出了突出贡献。



结构调整成绩突出，大型装备占比提高

坚决淘汰落后产能

贯彻执行《国务院关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》，共淘汰落后产能近9500万吨，完成十一五、十二五淘汰落后产能目标任务。

化解钢铁过剩产能

十三五，压缩产能重点从淘汰落后升级为化解过剩。**化解过剩产能1.5亿吨，彻底清除地条钢1.4亿吨以上**，解决了一大批长期影响行业规范发展，特别是节能环保水平低劣的生产能力清退问题。取缔和清除地条钢，使废钢资源逐步回到正常市场供应渠道等，为降低铁钢比提供了资源保障，为绿色发展奠定了基础。

推进钢铁生产设备大型化

钢铁生产设备大型化工作持续推进，出现了大批节能环保及技术指标先进的大型钢铁生产设备。2016年钢协会会员企业130m²及以上烧结机、1000m³及以上高炉、100t及以上转炉占比分别占产能84.1%、76.4%和72.3%，比2013年分别提高6.2、5.8、5.1个百分点。



节能环保技术水平及应用比例显著提升

5年来，节能环保技术水平明显提升

节能低碳领域

推广了烧结余热回收、高温高压高炉煤气发电、饱和蒸汽余热发电、冲渣水余热回收等一批切实有效的二次能源回收技术装备。利用高炉冲渣水、焦化初冷器冷却水和干熄焦乏汽等各种低品位余热用于城市集中供热。

环保与资源综合利用领域

重点推广了封闭料场或筒仓、烧结和转炉除尘系统升级、出铁场无组织烟气综合治理、烧结烟气综合治理、焦化污水处理提标改造、综合污水深度处理、钢铁渣高效处理及综合利用等。

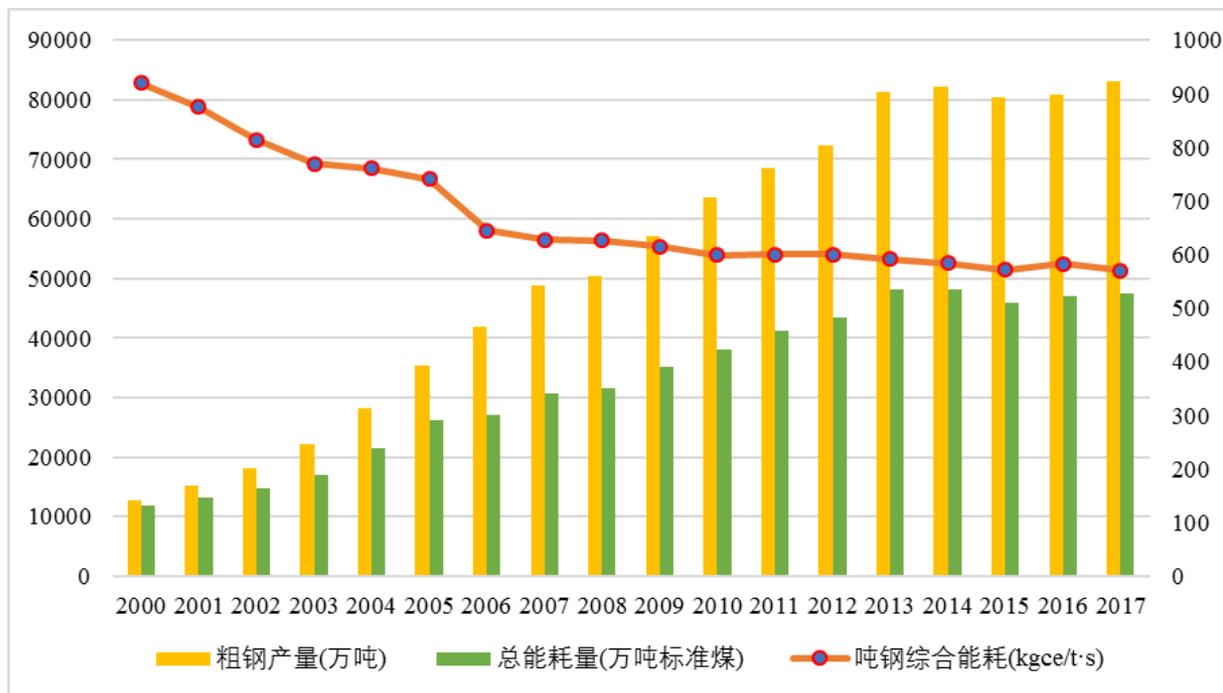
大中型钢铁企业主要节能环保技术应用情况（不完全统计）

技术名称	2010年	目前
干熄焦	2011年117套	170套
转炉煤气回收	81m ³ /t	114m ³ /t
饱和蒸汽发电	5套	88套
高炉冲渣水余热供暖面积	30万平米	7600万平米
能源管控中心	21套	70余家
转炉干法（半干法）除尘	40套	166套
烧结余热发电系统	71台烧结机	337台烧结机

	2010		目前	
	产线	处理能力	产线	处理能力
累计				
矿渣粉	100	5560万吨	252	1.66亿吨
钢渣粉	20	395万吨	64	0.25亿吨
总排废水深度处理	16	1.8亿/年	29	3.2亿立/年
烧结脱硫	169		全部配备	

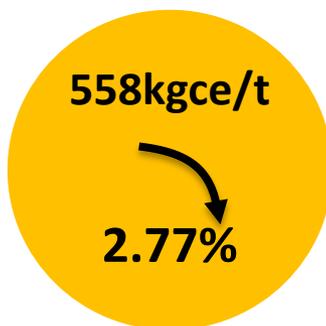


能源消耗持续降低



吨钢综合能耗

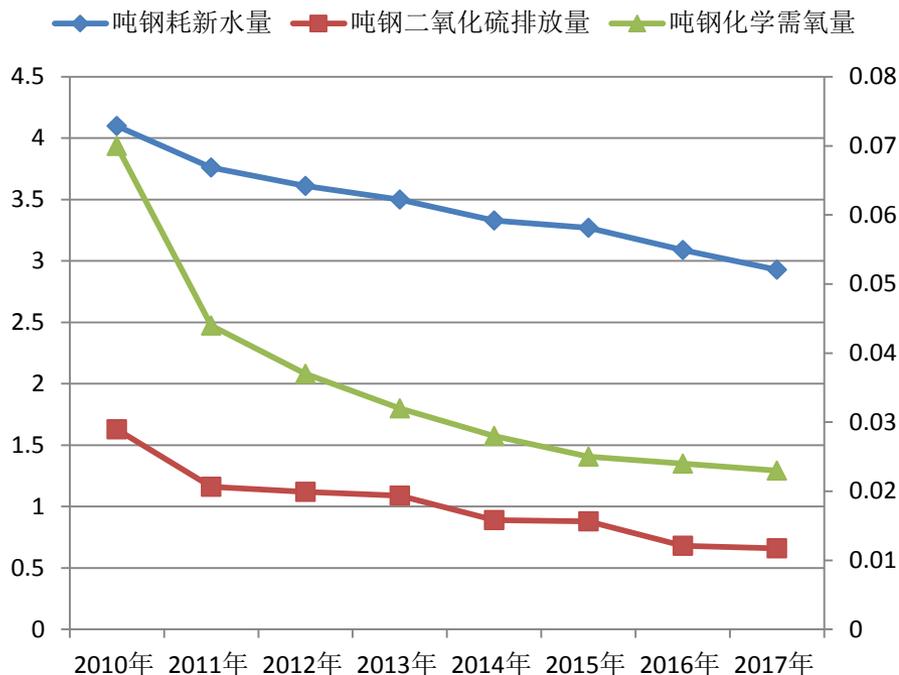
2018年1-9月





□ 污染物排放持续下降

“十二五”以来，钢铁企业积极推行清洁生产、提高资源能源利用效率，节能工作显著进步的同时，环保指标也大幅改善。重点统计钢铁企业外排废水中化学需氧量、氨氮、挥发酚、总氰化物、悬浮物和石油类等六项主要污染物排放量及外排废气中二氧化硫、烟粉尘等主要污染物排放量均下降趋势。



2018年1-9月

外排废水量

↓
1.13%

外排SO₂量

↓
12.57%

外排COD量

↓
8.87%

外排悬浮物量

↓
18.27%



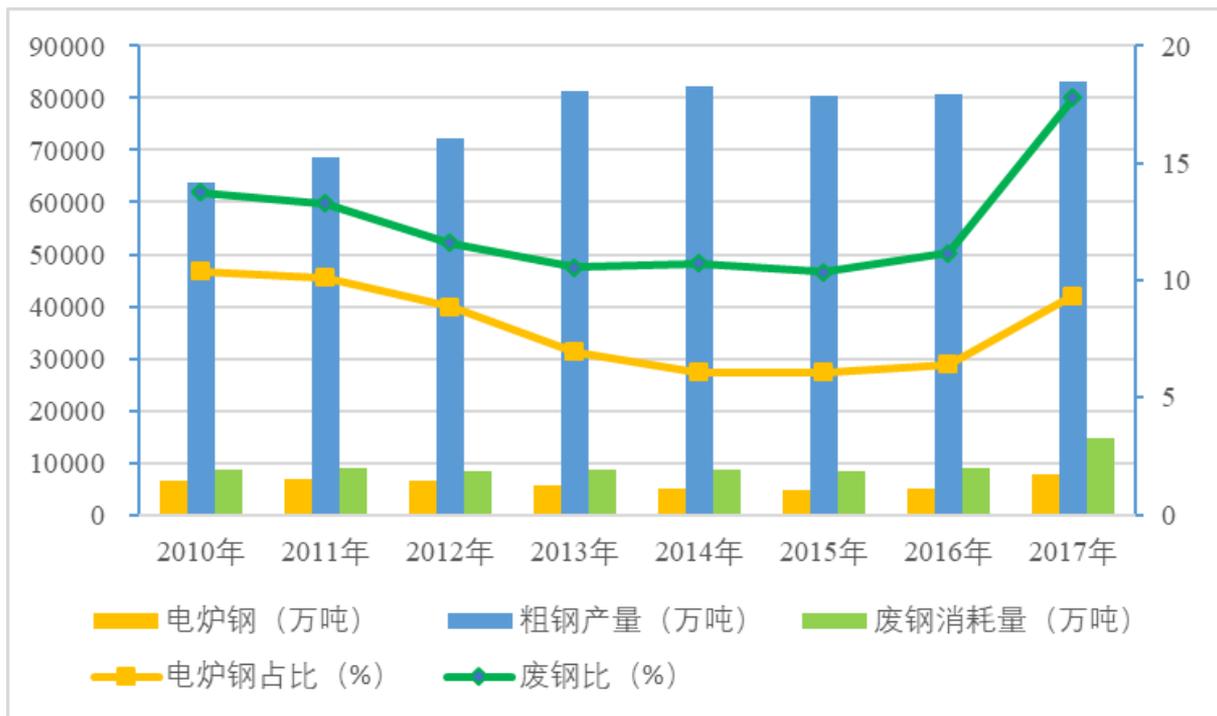
主要钢铁企业环境质量明显改善

- 很多厂区“颜值”焕然一新，涌现了一大批“花园式”工厂，促进钢厂与社会和谐发展
- 2017年以来，工信部发布了两批409家绿色工厂，其中包括了28家钢铁企业





- 2017年，钢铁行业彻底清除地条钢1.4亿吨以上，解决了一大批长期影响行业规范发展，特别是节能环保水平低劣的生产能力清退问题。取缔和清除地条钢，不仅改变了“劣币驱逐良币”的市场问题，也使废钢资源逐步回到正常市场供应渠道等，为绿色发展奠定了基础，做出了积极贡献，提供了保障。



废钢铁是钢铁工业的**绿色原料**，加强废钢利用是钢铁行业结构节能最主要的途径

废钢消耗

1.48亿t

64.2%

废钢单耗

178kg/t

59.4%

2017年



二、钢铁工业节能环保要求越来越高

国家要求：生态文明是生存之本

6个理念

★ 尊重自然、顺应自然、保护自然 ★

★ 发展和保护统一 ★

★ 绿水青山就是金山银山 ★

★ 自然价值和自然资本 ★

★ 空间均衡 ★

★ 山水林田湖是生命共同体 ★

8项制度

★ 自然资源资产产权制度 ★

★ 国土开发保护制度 ★

★ 空间规划体系 ★

★ 资源总量管理和节约制度 ★

★ 资源有偿使用和补偿制度 ★

★ 环境治理体系 ★

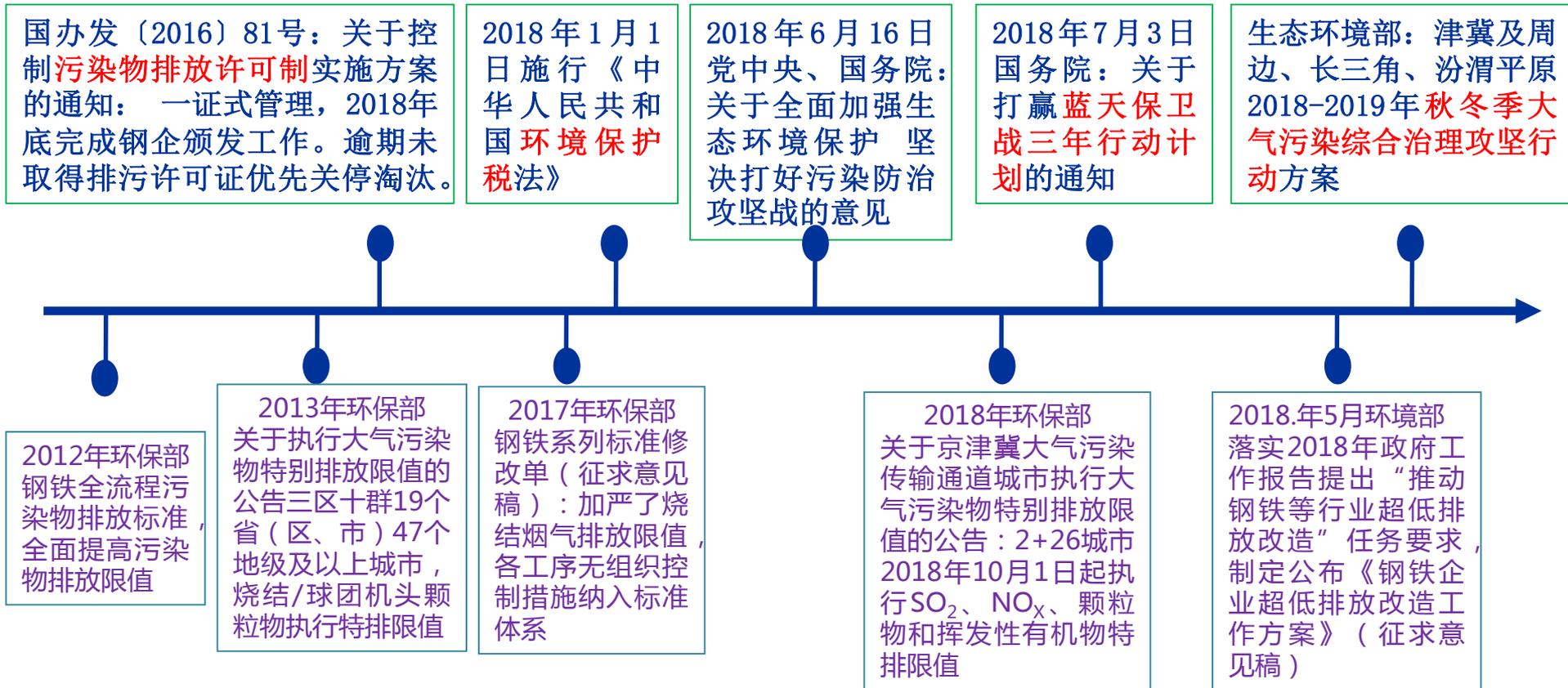
★ 环境治理和生态保护的市场体系 ★

★ 绩效考核和责任追究制度 ★

- 生态环境是全面建成小康社会的短板之一，加强改善生态环境质量是人民群众最急切、最迫切愿望，生态环境保护任重道远。
- 总书记把建设生态文明提高到“**中华民族永续发展的千年大计**”战略高度，将“**坚持人与自然和谐共生**”作为新时代坚持和发展的基本方略之一，将“**生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现，生态文明将全面提升**”作为百年奋斗目标。
- 总书记对加强生态文明建设的新思想、新论断、新目标、新要求，是指导我们钢铁行业推进生态文明建设根本遵循。



为加强生态环境保护、打好污染防治攻坚战，党中央、国务院通过顶层设计，深化环保领域改革，相继发布了一系列关于环保法律法规及配套执行文件：



加码环保监管，（中央环保巡视组及回头看，各级政府采取巡查、专项督查、强化督查等）；**强化政策落实**，严问责、严处罚。



环保节能标准要求不断提高

序号	标准名称	标准编号	适用范围
1	铁矿采选工业污染物排放标准	GB 28661-2012	大气污染物、水污染物排放管理
2	钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准	GB 28662-2012	大气污染物排放管理
3	炼铁工业大气污染物排放标准	GB 28663-2012	大气污染物排放管理
4	炼钢工业大气污染物排放标准	GB 28664-2012	大气污染物排放管理
5	轧钢工业大气污染物排放标准	GB 28665-2012	大气污染物排放管理
6	铁合金工业污染物排放标准	GB 28666-2012	大气污染物、水污染物排放管理
7	炼焦化学工业污染物排放标准	GB 16171-2012	大气污染物、水污染物排放管理
8	钢铁工业水污染物排放标准	GB 13456-2012	钢铁联合企业水污染物排放管理

工序名称	标准	限定值 kgce/t	准入值 kgce/t	先进值 kgce/t
烧结工序	GB21256-2007	≤56	≤51	≤47
	GB21256-修订版	≤55	≤50	≤45
球团工序	GB21256-2007	/	/	/
	GB21256-修订版	≤36	≤24	≤15
高炉工序	GB21256-2007	≤446	≤417	≤390
	GB21256-修订版	≤435	≤370	≤361
转炉工序	GB21256-2007	≤0	≤-8	≤-20
	GB21256-修订版	≤-10	≤-25	≤-30
焦化工序	GB21342-2008	≤155 (若使用捣固焦, 为160)	≤125 (若使用捣固焦, 为130)	≤115
	GB21342-修订版	≤150 (若使用捣固焦炉为155)	≤122 (若使用捣固焦炉为127)	≤115



碳排放压力大

《中国自主贡献目标》2030年左右CO₂排放达到峰值并争取尽早达到峰值，到2030年单位GDP CO₂排放比2005年下降60-65%。国家正加紧推进全国碳市场顶层设计，研究全国碳交易的总量设置、配额分配和市场调节机制，完善注册登记系统，建立核算、报告与核查体系及开展相关立法等工作。

- 企业试行碳排放许可配额制度，必须向政府披露碳排放。
- 不履约将触犯法律法规。发放的免费配额总量趋紧，超额排放需购买配额，提高企业合规成本。
- 新建项目须满足低碳政策要求。
- 逐步实现碳排放总量控制。一些区域对所属钢铁企业实施了碳配额、煤炭总量控制目标，并逐年递减，必然增加企业生存压力。为完成减排任务，提出以高耗能企业退出或转型为代价。

一、准备阶段 2014—2017

中央：建章立制
地方：盘查、核查、能力建设、配额分配
企业：能力建设，内部碳管理制度的建立，自愿减排等



二、启动运行 2017—2020

中央：监督指导
地方：分配配额，核查，监管市场履约，
企业：碳资产管理机制，完成履约



三、发展完善 2020—

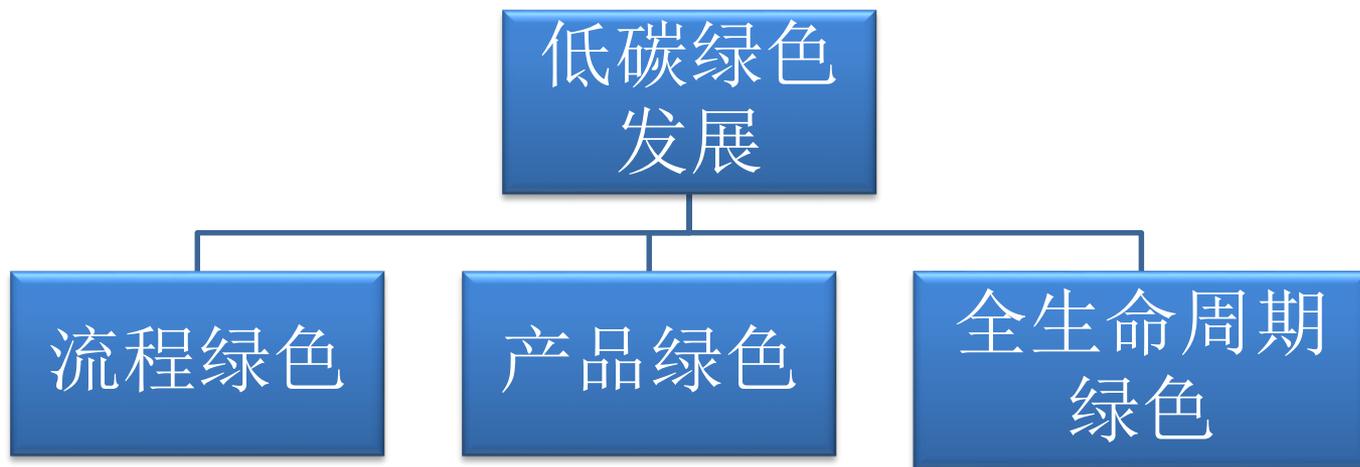
中央：扩大体系，完善规则，国际市场连接
地方：分配配额，核查，监管市场、履约
企业：碳资产管理机制

这种形势下，企业该如何做？要想生存，必须转型升级，走低碳发展之路。



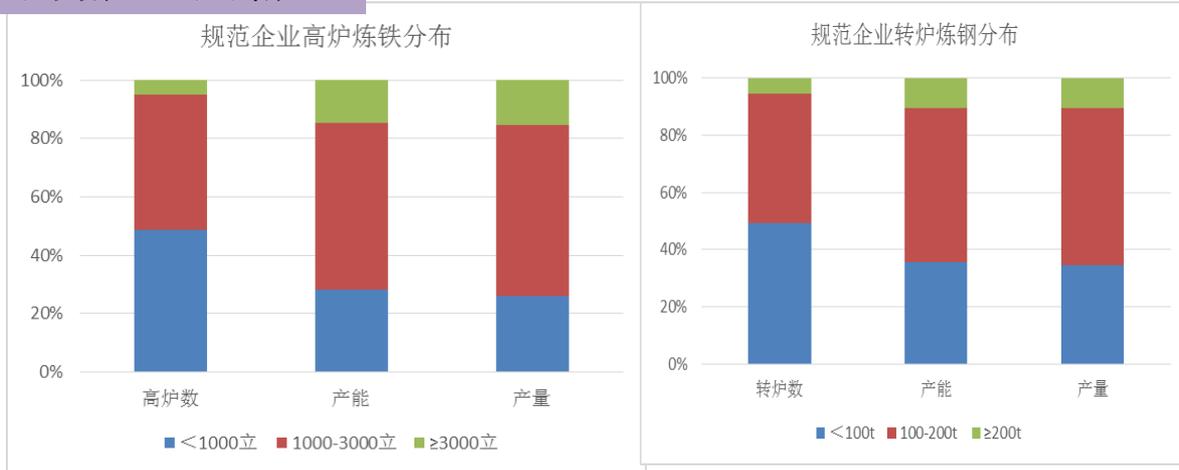
三、钢铁行业低碳绿色发展路径思考

❖ 低碳绿色发展是钢铁工业实现转型升级战略发展核心内容和关键，也是实现钢铁强国的战略目标。中国钢铁工业有基础、有条件、有能力率先建成可持续运营、低碳绿色的钢铁强国。



1、补短板-技术装备结构调整

➤ 仍存在大量小高炉、小转炉



➤ 流程优化仍有潜力

现有流程、装备优化:

- 近年来，我国连铸比保持在98%以上，连铸机作业率70%以上，2017年钢协会员企业连铸比99.69%，连铸机作业率77.66%。
- 2017年钢协会员企业连铸坯热装热送率62.08%，未来仍可通过加大连铸坯热装热送比例、直接轧制进一步降低能耗。

采用先进、节能、高效的工艺流程技术，例：无头轧制技术。

- 我国第一条ESP无头轧制生产线，2014年在日照钢铁投产运行。
- 截止到2017年底，已建成和在建的无头轧制生产线总计7条：日照5条，首钢京唐1条MCCR生产线、唐山全丰1条节能ESP生产线。
- 2018年以来，很多钢企都要纷纷上马无头连铸连轧项目。

2018年以来无头连铸连轧建设项目

企业	建设方	项目名称
桂林平钢钢铁	意大利达涅利集团	高拉速无头连铸连轧棒线材生产线
山西建邦集团	意大利达涅利集团	MI·DA连铸连轧生产线
福建鼎盛钢铁	普锐特冶金	ESP无头轧制生产线
唐山东华钢铁	——	ESP无头带钢项目



1、补短板-深化节能减排技术效果

成熟且广泛应用的节能技术	十三五重点发展的潜力较大节能技术工程	待开发技术
焦炉烟道气余热回收	高温高压 干熄焦	钢渣和高炉渣余热回收及利用
负压蒸氨或脱苯技术	焦炉上升管 余热回收	烧结矿竖冷窑显热回收发电
烧结矿显热回收技术	煤调湿 封闭式贮煤场	转炉煤气显热全余热回收技术
高炉热风炉空气-煤气双预热技术	烧结废气余热循环利用	低温余热回收（有机工质朗肯循环ORC等）
高炉炉顶煤气压力回收（TRT/BPRT）	高炉冲渣水 余热回收	
高炉脱湿鼓风技术	高参数煤气 发电机组	
饱和蒸汽发电（转炉汽化烟道和加热炉汽化冷却）		
转炉烟气高效回收利用技术		
加热炉汽化冷却技术		
高效加热炉蓄热式燃烧技术		
电炉除尘和余热回收一体化技术		
压缩空气系统、高效电机替代等通用设备节能		



1、补短板-适应新标准，升级环保设施

➤ 加快末端环保设施技术改造，加强环保管理，提升企业清洁生产水平

有组织排放升级改造内容

烧结烟气脱硫脱硝	脱硫除尘+烟气加热+中温SCR协同净化工艺、活性炭逆流脱硫脱硝等脱硝技术改造
焦炉煤气脱硫提标改造	一些老企业焦炉煤气净化工艺落后，硫化氢含量在 $00\text{mg}/\text{m}^3$ 以上。改造后可将硫化氢降至 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，源头消减 SO_2 排放。
烧结机漏风治理改造	除了烧结生产效率、工艺节能降成本要求外，漏风治理改造有利于达到超低排放标准要求。如烟气含氧量在17%，相当与标准进一步加严格1.25倍，即氮氧化物由原50变成40
烧结（球团）电除尘提效改造工程（机尾）	机尾除尘采用电除尘，大多排放设计值较低，达不到超低排放要求；配料、破碎、筛分等环节的除尘系统缺失或漏风；需升级改造。
袋式除尘系统改造	现有袋式除尘器长期稳定达到超低排放 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 对运行维护、检修更换等要求更高；对普通滤料升级（如覆膜滤料）
转炉一次烟尘除尘改造升级、转炉三次除尘改造	传统湿法除尘难以达到标准 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 排放要求。国家要求2018年底淘汰转炉烟气传统湿法除尘。
焦化生化废水深度处理工程	现有处理技术主要采用生物脱氮和混凝沉淀深度处理集成工艺，处理水质难以长期稳定达到国家排放标准或回用要求，须进行深度处理。

无组织排放改造内容

冶炼系统

- 烧结原燃料的破碎、筛分和混料，成品卸料、筛分和整粒应封闭，配备除尘设施
- 焦化装煤、推焦过程中的无组织排放
- 除尘灰设置密闭灰仓、不落地，装车过程采用真空罐车、气力输送
- 散状物料的转运、输送过程应采用密闭皮带、封闭通廊或管状带式输送机等封闭储存和输送方式
- 高炉矿槽、焦槽应配备除尘设施。
- 钢渣处理设施应密闭
- 石灰窑的原料、配料和成品筛分等产尘点应配备集气和除尘设施

2、节能减排向更高阶段调整

工艺结构调整-发展短流程炼钢

我国废钢铁资源总量预测 万吨



科学利用废钢铁资源

发展电弧炉短流程

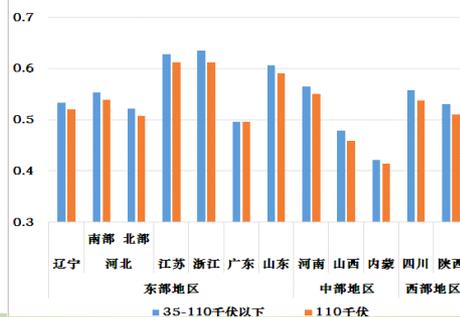
废钢资源保障:

- 完善废钢铁回收利用法律法规
- 建立健全废钢铁回收循环体系
- 加强废钢铁加工配送体系建设

电力保障

产品区域市场

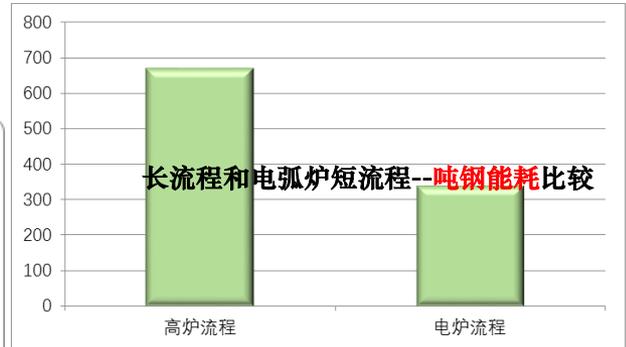
部分省份工业用电电价



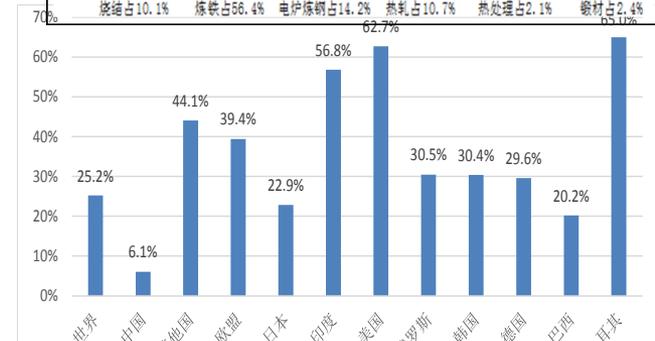
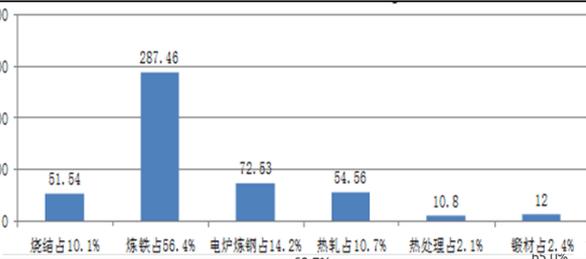
产能置换体现出的趋势:

- 电炉产能增长明显。截至目前，各地公告的产能置换方案中，拟建电炉82座，产能6223.4万吨；拟建转炉86座，产能11998万吨。电炉产能占拟建产能的比例达到34.2%。
- 装备容积明显增大。拟建转炉86座，合计容量1130t，淘汰转炉184座，合计容量12300t。

长流程和电弧炉短流程--吨钢能耗比较



- 铁前各工序的吨钢能耗占企业能耗的65%以上
- 2017年会员企业铁钢比为0.908



长流程为主的钢铁制造工艺结构



2、节能减排向更高阶段调整

工艺结构调整-发展自熔球团，提高高炉入炉球团比

球团优势

- 铁品位高、冶金性能优良，高炉优质炉料，可提高冶炼效率、降渣比、降焦比。1%品位影响1.6%燃料比。
- 球团工序能耗比烧结低20kgce，煤等固体燃料消耗降低30kgce以上；单位废气量小，污染物排放总量小。

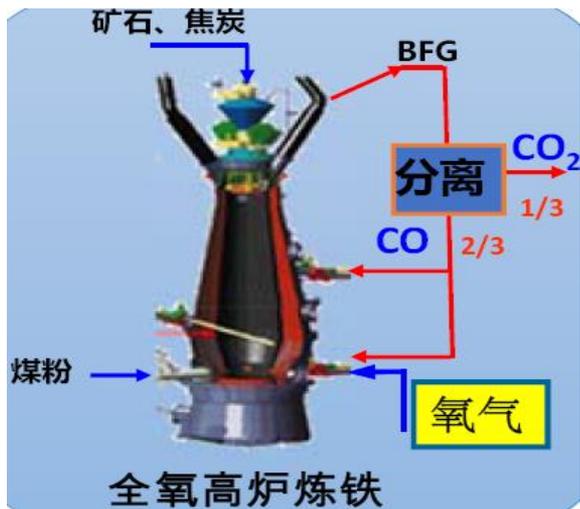
污染物	烧结工序	球团工序	炼铁工序
颗粒物	0.07~0.85	0.014~0.15	0.0054~0.20
二氧化硫	0.22~0.97	0.011~0.21	0.009~0.34
氮氧化物	0.31~1.03	0.15~0.55	0.0008~0.17
二噁英	0.15~16		
CO	8.78~37	0.01~0.41	

- ※ 我国高炉炉料结构以高比例烧结矿配加少量酸性球团矿或天然块矿为主，2017年协会会员企业炉料结构大致为：球团矿13%、烧结矿78%、块矿9%。
- ※ 美国、加拿大等北美国家，以高比例球团和少量烧结矿为主，烧结以处理厂内废料为主。瑞典、芬兰等北欧国家，环保原因取消烧结机，炉料结构以高比例球团或全球团。

名称企业	炉料结构				高炉主要技术经济指标			
	烧结矿 (%)	球团矿 (%)	块矿 (%)	利用系数 ₃ t/m ³ d	入炉品位 (%)	焦比 (kg/t)	煤比 (kg/t)	渣铁比 (kg/t)
瑞典R	0.5	97.2	2.3	3	66	457	-	164
瑞典S	0.95	92.05	7.00 (废料压块)	2.6	65.69	360	150	160
瑞典S	1.27	88.56	10.17 (废料压块)	2.91	65.26	352	90	153
美国M	20	80	-	2.366	63.33	335	120	275
美钢联F	20	80	-	2.377	61.89	300	160	250
加拿大D	-	100	-	3.2	65.1	480	-	194

2、节能减排向更高阶段调整

新工艺技术推动钢铁工艺流程变革



全氧代替空气鼓风，炉顶煤气脱除CO₂后循环利用：以煤代焦，降低焦比；煤气循环，降低燃料比；降低CO₂捕集成本，有利于CO₂再利用

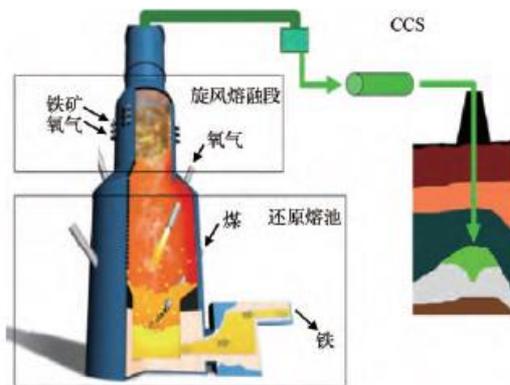
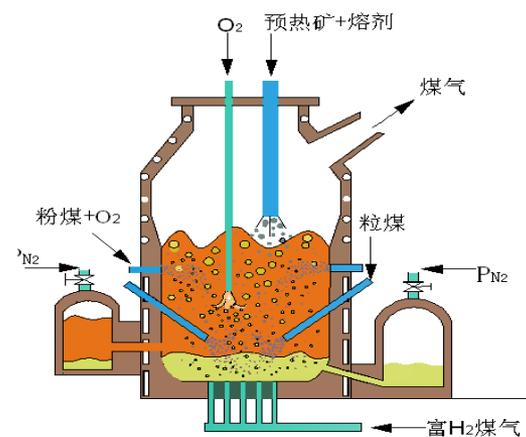


图3 HIsarna 工艺流程图



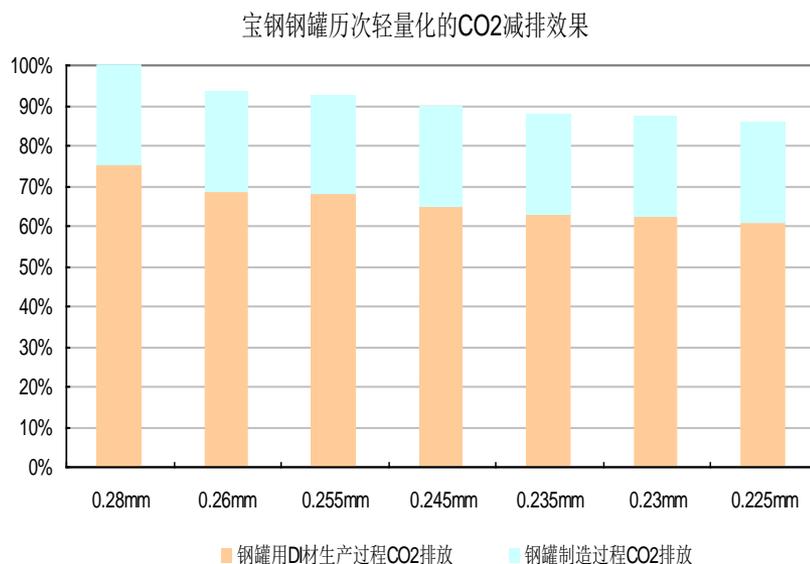
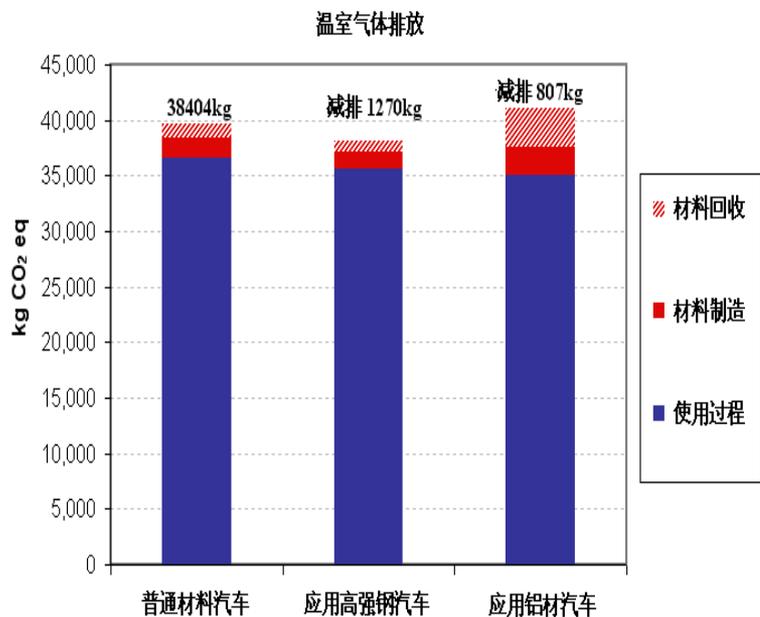
非高炉炼铁和氢还原技术

非高炉炼铁取消焦化和烧结工序，各种非高炉炼铁工艺SO₂排放是传统高炉的2%-19%，Nox是10-33%，粉尘是1%-52%；氢还原的产物是水，有效减少碳排放。

2、节能减排向更高阶段调整

系统深化节能减排—LCA

- 钢铁业在社会上 “高能耗、高排放、高污染” 负面形象；钢铁企业节能减排工作局限于产业内部，短期内难有大的突破；钢铁产品的生态环保性需要与社会有更多的交流。
- “环境友好钢铁产品”：产品全生命周期（设计、制造、流通、使用和废弃等）内能够节省资源、降低消耗、减少污染物排放，并且对环境和人体健康的负面影响相对较小的产品。



2、节能减排向更高阶段调整

系统深化节能减排—LCA

● 建筑钢

2009年我国400MPa及以上热轧带肋钢筋产量占钢筋总量的比重为31.8%。若增加消费30%-50%Ⅲ级及以上钢筋，增加消费20%-30%PC，两项共可实现节材1530-2450万吨。

● 耐候钢

世界上每年被腐蚀破坏掉的钢材占全球钢年产量的1/10，因腐蚀而损失的金属价值就占到全球生产总值的4%左右。提高钢材自身的耐候性、耐蚀性，可减少钢材因腐蚀造成的损失，延长钢材的使用寿命，减少钢材全生命周期内的钢材的消耗量。

● 不锈钢

通过工艺优化开发的资源节约型不锈钢，可降低镍消耗40%以上，节约1-4%的金属铬，1-2%的金属钼，降低资源消耗，还可减少国家铁合金生产规模和降低对外贵合金资源依存度。

● 电工钢

机电设备中硅钢制品性能对电力的利用和转换效率影响巨大，我国每年以铁芯发热形式损耗的电能占总发电量5%以上，不同品种电工钢的铁损范围大约1-10W/kg，以平均铁损4W/kg保守估算，每年大约损耗1.17亿千瓦时以上的电能。如果采用新的电工钢技术，使平均铁损哪怕只降低0.1 W/kg，每年也可使每万吨无取向电工钢节省千万级千瓦时的电能。

2、节能减排向更高阶段调整

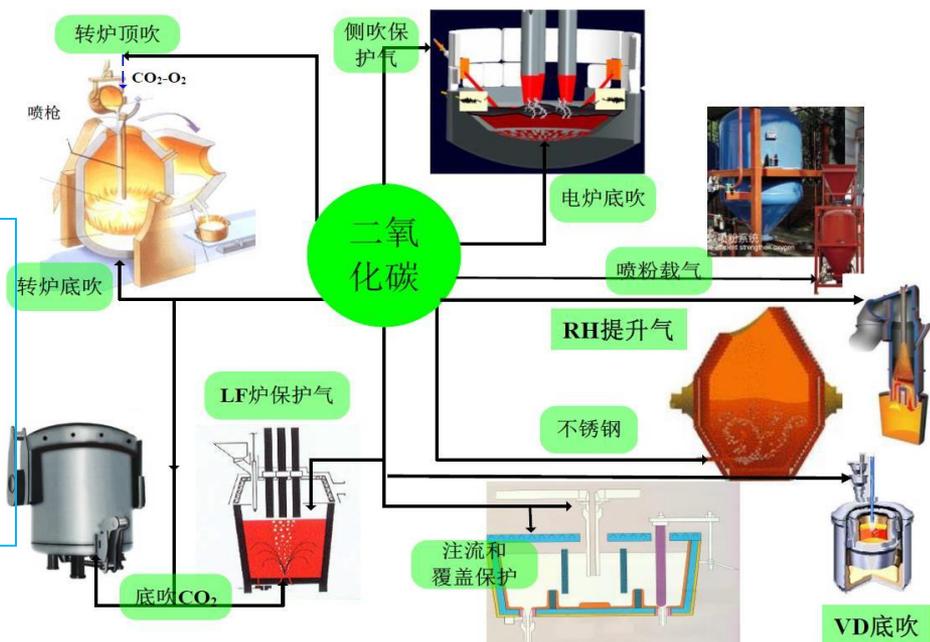
二氧化碳捕集、再利用技术

近年来，许多国家开展了钢铁工业CO₂捕集与封存（CCS）技术研究，例如日本的COURSE50项目、欧洲的超低CO₂炼钢项目（ULCOS）、安赛乐米塔尔的低影响炼钢项目（LIS），都将CCS技术囊括其中，韩国浦项、中国台湾中钢分别开展了CCS技术的开发，德国蒂森提出了新的CCS方案，中国钢铁企业与科研机构合作开展了烧结烟气脱硫渣碳酸化固定CO₂研究，石灰窑富集捕集二氧化碳并用于转炉冶炼的研究。同时也开展利用高含碳的转炉煤气、高炉煤气等等副产煤气制甲醇、甲酸、乙醇等工业化装置。

在CCS的成本中，CO₂捕捉成本约占70%。目前CO₂捕集成本基本为50美元/吨左右，成本较高，阻碍了工业应用。因此，降低CO₂捕捉成本是CCS首先要解决的问题。

CO₂用于转炉冶炼：

- 作为反应气体，实现CO₂再利用
- 降低烟尘量、炉渣铁损，提高煤气中CO含量，另可间接带来一系列冶炼指标的改善





中国钢铁工业协会

CHINA IRON & STEEL ASSOCIATION



谢谢!