

# 中国钢铁工业的低碳发展途径

中国钢铁工业协会 发展与科技环保部

张临峰

2012年10月

# 钢铁工业低碳

**生产减少“低碳”：**以低能耗、低消耗、低排放为基础的工业生产模式，目标是在生产过程中最大限度地减少温室气体排放。

**使用促进“低碳”：**钢材产品从使用到报废处理的整个产品周期中，对环境影响最小（CO<sub>2</sub>减排），资源利用率最高，并使企业经济效益和社会效益协调优化。

## 钢铁工业是典型的资源、能源密集型工业

**资源：**消耗大量铁矿石、铁合金资源、石灰石熔剂等，为社会提供重要基础原材料（钢材产品）的同时，排放大宗量固体废弃物。

**能源：**以“高碳”的煤能源为主，并且在未来相当长一段时间内煤炭仍将是主要一次能源。降低能源消耗总量，也是当前减少CO<sub>2</sub>直接排放的主要途径。

生产过程节能减排、大宗量固废资源化利用、为社会提供长寿命高性能钢材是当前钢铁企业实现低碳发展最直接、最有效的措施。

# 目 录

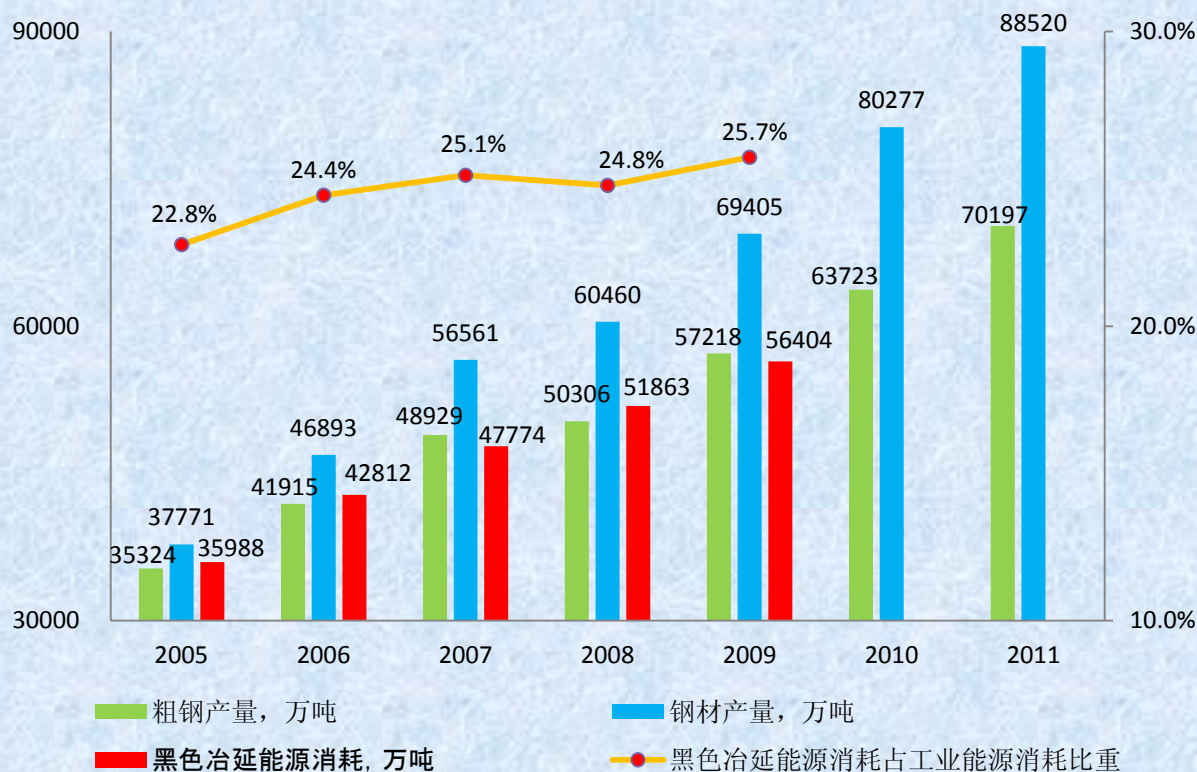
**一、钢铁工业节能现状**

**二、钢铁工业节能发展所采取的措施**

**三、钢铁工业低碳发展潜力及方向**

# 一、钢铁工业节能现状

# 一、钢铁工业节能现状

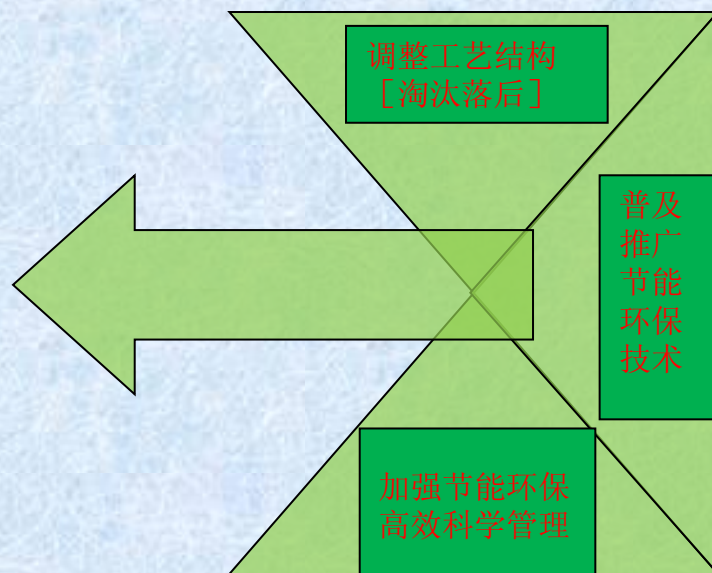
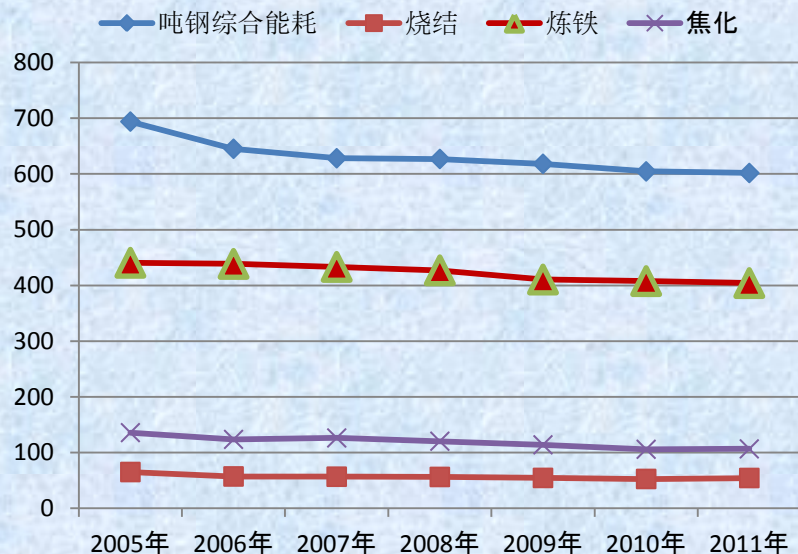


十一五以来，在建筑、机械、汽车等下游用钢行业需求带动下，实现了较快发展,2011年全国粗钢、钢材比2005年分别增长98.7%、134.4%。

钢铁工业是典型的能源密集型工业，2009年全国黑色冶金加工业能源消耗占工业能源消耗约25.7%。随着近几年钢产量增加，全国黑色冶金加工业能源消耗总量呈现增长趋势，2009年相比2005年增长56.7%，但增幅低于粗钢钢材的增长，以较小的能源增幅支撑了粗钢产量的快速增长。



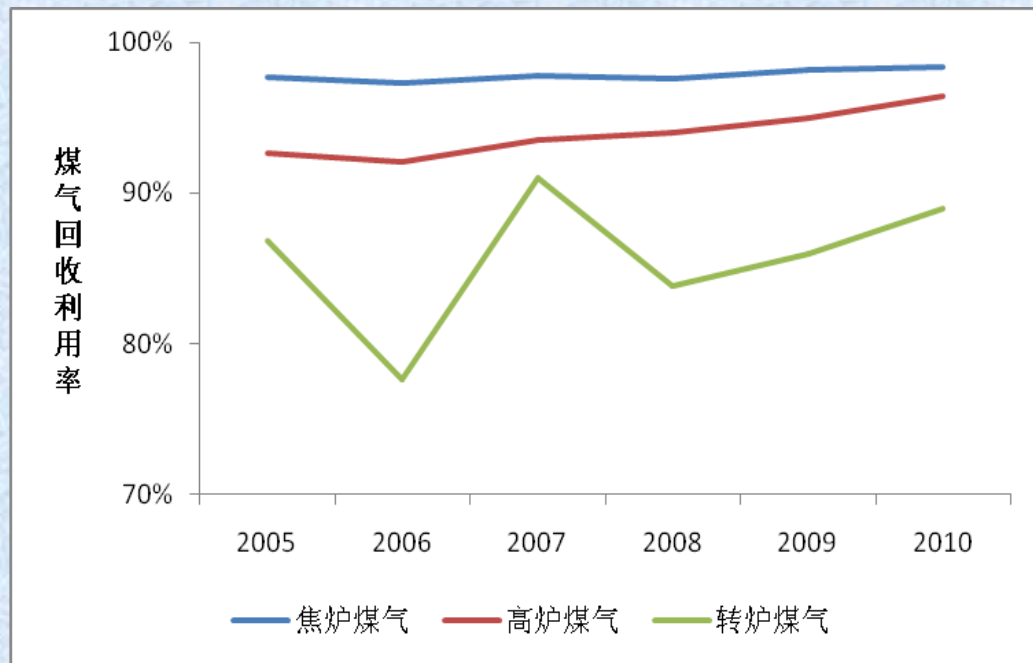
# 一、钢铁工业节能现状



**吨钢综合能耗明显降低。**与2005年相比，2011年重点统计钢铁企业平均综合能耗由694.72千克标煤降至601.72千克标煤。（当量折算系数0.1229）

**钢铁生产主要耗能工序的能耗稳步下降。**与2005年相比，2011年重点统计钢铁企业炼铁工序能耗吨钢由440.6千克标煤降至404.22千克标煤；烧结工序能耗吨钢由65.09千克标煤降至54.36千克标煤；焦化工序能耗吨钢由135.78千克标煤降至106.65千克标煤。

# 一、钢铁工业节能现状



钢铁企业生产耗煤的能量有**34%**会转换为副产煤气，用好煤气就是提高能源利用效率。因此首先要不放散或少放散副产煤气。

“十一五”期间，我国焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气的利用情况如图所示，与**2005**年相比，**2010**年焦炉煤气回收利用率提高了**0.24**个百分点，高炉煤气回收利用率提高了**2.98**个百分点，转炉煤气回收利用率提高了**2.04**个百分点。

## 二、钢铁工业节能所采取的措施

### 1、推广应用一批成熟二次能源利用技术

十一五以来，钢铁企业积极推广应用了一批节能技术装置，取得成绩显著。据不完全统计，大中型钢铁企业干熄焦装置由2005年20套增加到2011的154套，干熄焦套数和干熄焦能力居世界第一；高炉干式TRT由2005年49套增加到2011的600余套。2008年底仅有4套烧结余热发电装置，现已有150台烧结机配套环冷机余热发电装置87套。CCPP机组从2005年6套增加到2011年36套，发电机组总能力3700MW，年消耗低热值的富裕高炉煤气量约500亿立方，可以说近些年成熟节能技术普及率明显提升。

针对钢铁生产过程余热尚未回收的关键环节，一些大型企业企业在焦炉荒煤气显热、烧结废气显热、高炉渣显热、富裕煤气高附加值利用等方面开展了一些新研究，部分技术取得了一定成果，这些技术包括高炉水冲渣显热回收用于供暖、高炉和转炉煤气制甲醇、冶金副产煤气返吹高炉冶炼、烧结废气余热循环技术等节能技术。



# “十一五” 钢铁企业主要应用的成熟节能技术

| 序  | 技术                    | 节能效果                                                                            |
|----|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 干熄焦（CDQ）              | 平均每熄1t焦炭可回收4.5MPa、450℃（或9.8Mpa、540℃）蒸汽0.50 t左右，减排约95kgCO <sub>2</sub> /t焦       |
| 2  | 煤调湿                   | 装炉煤水分从11%降至6%，则吨焦可节约14 kgce左右，吨煤可减少剩余氨水44kg，减少了酚氰污水排放，减排48kgCO <sub>2</sub> /t焦 |
| 3  | 烧结环冷机烟气余热             | 回收余热蒸汽约90 kg/t烧结矿，减排约10kgCO <sub>2</sub> /t矿。                                   |
| 4  | 高炉炉顶余压发电              | 发电约30kWh/t，最高回收电54kWh，减少CO <sub>2</sub> 排放19~38kgCO <sub>2</sub> /t铁            |
| 5  | 转炉煤气高效回收              | 煤气回收量达到80Nm <sup>3</sup> /t，可降低吨钢能耗约23kgce/t                                    |
| 6  | 转炉煤气显热回收              | 吨钢回收电力近15kWh/t，减排14kgCO <sub>2</sub> /t钢左右。                                     |
| 7  | 蓄热式轧钢加热               | 降低工序能耗约18 kgce/t                                                                |
| 8  | 连铸坯热装热送技术             | 相对冷装，当热装温度高于600℃时，可节约能源12 kgce/t左右                                              |
| 9  | 轧钢加热炉烟气余热             | 可回收余热蒸汽约100kg/t烧结矿                                                              |
| 10 | 高炉煤气燃气-蒸汽循环发电机组（CCPP） | 150MW机组年耗高炉煤气19亿立，年外供电10.9亿kWh                                                  |

## 二、钢铁工业节能所采取的措施

### 2、主体工艺技术装备水平大幅提高

大中型钢铁企业主要专业生产设备情况

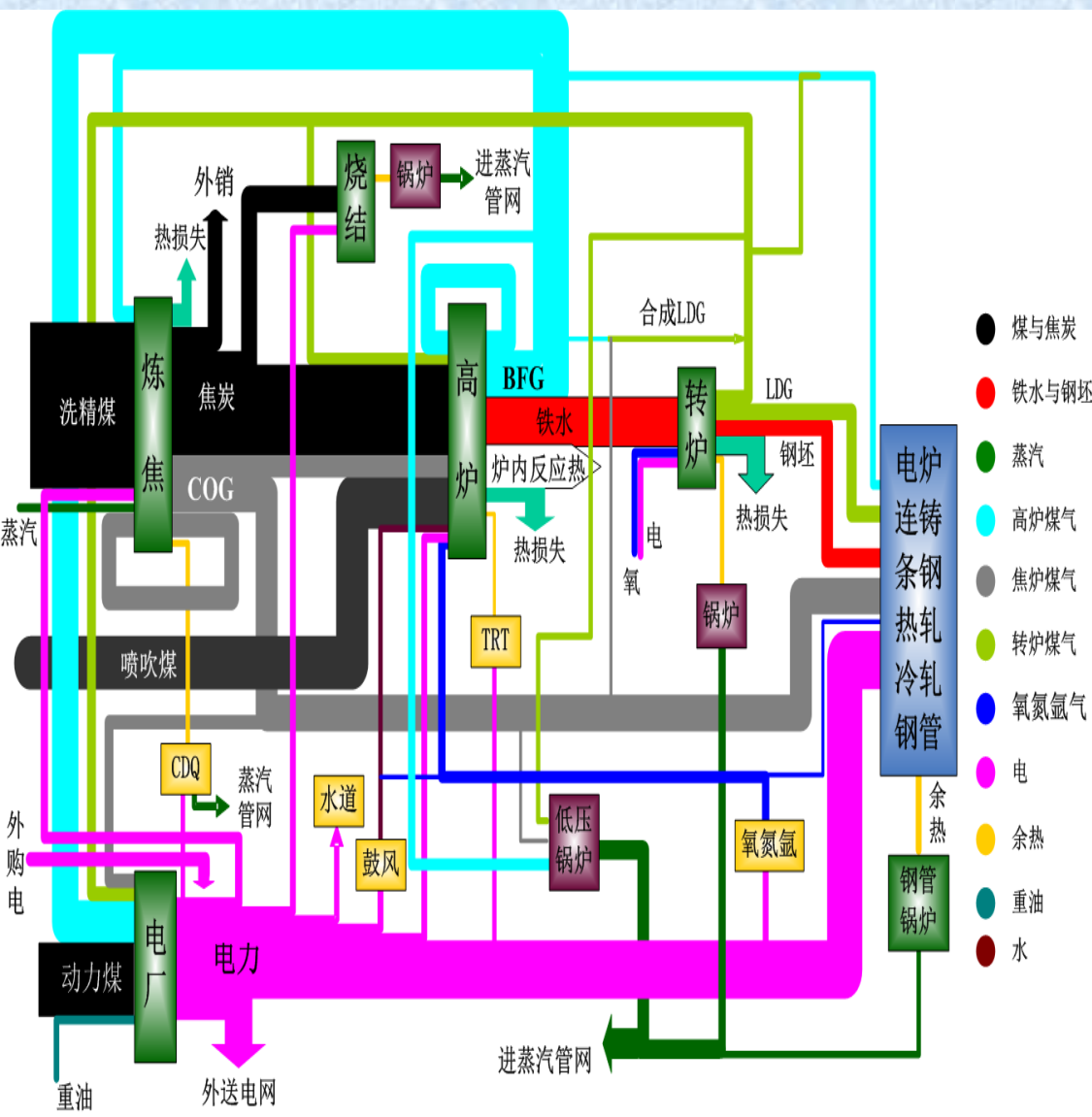
|           | 烧结（>130平） | 高炉（>1000立） | 转炉（>100吨） |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| 2005年     | 79        | 90         | 89        |
| 2010年     | 192       | 216        | 230       |
| 2011年     | 232       | 241        | 262       |
| 2005年所占比重 | 21.4%     | 20.6%      | 26.0%     |
| 2011年所占比重 | 48.9%     | 40.6%      | 47.5%     |

调整工艺结构和改进工艺达到节能降耗：烧结工序采用厚料层、小球烧结；高炉贯彻原料精料冶炼方针，普遍采用富氧喷煤技术、高风温技术，实现炼铁系统节能。炼钢系统普遍采用了新型转炉顶底复吹技术、溅渣护炉技术、计算机和副枪自动化炼钢技术、电炉超高功率高阻抗技术、电炉铁水热装技术，并研究应用了铁水直运技术、转炉双联冶炼技术、转炉少渣冶炼技术等。

工艺装备水平大型化，工艺结构的不断优化，工艺技术的应用，实现了生产过程的连续化，紧凑化，高效化，使得主要技术经济指标不断改善，生产效率明显提高，促进了节能降耗。

## 二、钢铁工业节能所采取的措施

### 3、加强管理，实现节能



能源系统是一个复杂系统  
钢铁生产过程**多工序、多装置**  
能源**介质多、管网线路长、输配要求高**  
能源介质传输与转换过程：**多品种、多用途、高耦合**

能源管理中心：通过集中管理与自动化操作，确保生产用能的稳定、安全供应的同时，可降企业低煤气放散率，提高能源使用效率和能源生产设备的效率，实现2%左右节能率。

近两年来，在国家财政资金支持下，已有**55家**钢铁企业新建和在建能源管控中心，建成后预期年节能量**600万t**吨标准煤。

# 三、钢铁工业低碳潜力及方向



- 1、淘汰低效的冶金流程和装备
- 2、依靠科技进步，提高能源生产效率和非碳能源应用
- 3、注重废钢资源利用，逐步发展电炉流程
- 4、拓展钢厂功能，发展循环经济
- 5、推进高性能钢材应用，提高钢材使用效率

# 1、淘汰低效的冶金流程和装备

落后和低水平装备较小，不利于集约化生产，并且部分成熟节能技术措施难以经济实施应用，二次能源无法高效回收利用，导致工序能耗较大型装备高。

| 指标           | <580立高炉 | >1000立高炉 | <70t转炉 | >80t转炉 |
|--------------|---------|----------|--------|--------|
| 数量           | 79      | 31       | 46     | 32     |
| 平均炉容         | 396     | 2403     | 44     | 140    |
| 工序能耗，kg标煤/吨  | 408     | 402      | -1.74  | 5.20   |
| 入炉焦比，kg焦/吨   | 397     | 360      | —      | —      |
| 钢铁料消耗，kg/吨钢  | —       | —        | 1080   | 1077   |
| 人均实物劳效，吨/年*年 | 3234    | 4409     | 2499   | 4686   |
| 备注：2010年加权平均 |         |          |        |        |

2011年重点大中型钢铁企业90平以下烧结机9500万吨，400立以下高炉产能4200万吨，50吨以下转炉产能7000万吨，十二五末期全部以先进产能等量置换落后低水平的产能，相对于2010年可节能约110万吨标煤，如果淘汰国家产业政策规定的落后产能（90平烧结，400高炉，30t转炉），则可节约2240万吨标煤，效果更为可观。

## 2、依靠科技进步，提高能源生产效率和非碳能源应用

研究分析表明，技术进步对节能贡献率达到**40~60%**。实现低碳排放关键是先进节能技术工程的应用。通过提高各种成熟节能技术的普及率，积极研发推广一些新的节能技术，开发各种先进的替代能源等手段，是钢铁生产过程中能源效率提高、成本降低、达到低碳排放的重要措施。

钢铁协会通过对22项钢铁工业中的节能减排技术的未来推广空间以及减排效果分析测算，到2015年技术节能潜力可达3380万tce，CO<sub>2</sub>减排潜力达9480万t。

# 技术节能三个层次推进

## 挖掘成熟技术潜力

煤调湿技术  
烧结余热发电技术  
转炉烟气显热回收  
CCPP  
全燃高炉煤气发电  
变频技术改造

十二五期间还有较大的发展空间。

## 推进新节能技术的产业化

焦炉荒煤气上升管  
余热回收  
炉渣显热回收技术  
高炉煤气返吹高炉  
电炉烟气余热回收  
蒸汽冷凝水的余热  
回收利用等

## 研发储备前沿技术

焦炉处理城市废塑料或  
橡胶技术  
非高炉炼铁技术  
矿石直接合金化技术  
薄带连铸技术  
风能和太阳能等新能源  
利用技术  
转炉喷吹CO<sub>2</sub>技术  
冶金副产煤气制取清洁  
能源技术  
CO<sub>2</sub>分离收集与储存技术



### 3、注重废钢资源利用，逐步发展电炉流程

由于电炉流程主要使用再生资源-废钢，能源以电力为主，所以电炉流程比高炉-转炉流程消耗更少的原燃料，排放更少的气体和废渣，更有利于节约能源和资源，减少污染，对环境的影响更小，同时可生产很多转炉工艺不能生产的高附加值特殊钢产品。

现阶段我国电炉流程工艺生产的粗钢产量比例与发达国家相比较低，（2011年中国生铁/粗钢比为**92.1%**，日本**75.3%**，韩国**61.7%**，德国**62.8%**）。主要原因除了市场对普通钢材的需求大等客观原因，主要是因为我国社会储存废钢量少资源紧缺、电力资源紧缺价高等因素，造成电炉钢成本高于转炉钢。随着未来我国废钢积蓄量的增加，应逐步发展短流程，使其成为未来解决钢铁工业高CO<sub>2</sub>减排的途径之一。

## 4、拓展钢厂功能，发展循环经济

### 与城市供热企业合作

与供热企业合作，联合为周边城市居民供热，扩大钢铁工业富余的余热利用范围。

### 与建材行业合作，促进钢渣为代表的固废资源综合利用产业融合

水泥中高炉渣配比可达到40%左右，相应可节省资源能源消耗约40%，行业内已普及。钢渣通过磨细可以激发钢渣活性，代替水泥用于混凝土建筑工程可降低混凝土水化热而产生的裂缝，提高混凝土的后期强度以及耐磨性，目前钢渣粉产量仅占钢渣总产量19%。

“十二五”期间应加快推进钢渣在水泥行业的应用，加大废渣产品在微晶玻璃、矿棉及矿棉制品等领域应用技术的自主研发力度，推进钢铁废渣资源化利用，减少下游行业的天然矿物料的消耗，从而实现二氧化碳减排。

### 与化工行业联合，推进副产煤气的资源化高效利用

副产煤气资源化利用可提高煤气利用的附加值，可生产氢、天然气、甲醇、二甲醚等。利用焦炉煤气吸附制氢是目前比较成熟的技术，重点是研究高炉煤气、转炉煤气等含碳量高的煤气资源化利用。

### 建立“共同火力”产融模式，实现钢铁企业煤气“零排放”的重要途径之一

共同火力整合了钢厂和电厂各自优势，充分利用钢厂的剩余资源（副产煤气）和火力发电厂现有设备（锅炉及大容量的发电机组），只需增加煤气输送管道和对锅炉进行改造即可进行发电，在投入较少的情况下就可以获得较好效益。国家应出台相应激励政策。

### 发挥钢铁企业的社会功能

利用高炉或焦炉消纳社会废塑料、废轮胎、医疗塑料等，城市污水处理回用于钢铁企业，利用化工制碱厂废渣、电石行业废渣代替钢铁工业用石灰等，处理有色化工含Cr废渣、赤泥等，减少原燃料使用量的同时实现社会废弃物再资源化利用，发挥钢铁企业社会功能。

## 5、推进高性能钢材应用，提高钢材使用效率

从钢材的整个生命周期来看，采用高性能钢材，可提高材料的利用效率，虽然在生产过程中碳排放量有可能提高，但其效果体现在总量上降低CO<sub>2</sub>排放，因此从低碳经济需要出发，钢铁行业应通过采用高效、低耗、低排放的关键工艺技术，生产高性能、长寿命产品，向社会提供环境友好型产品，如高性能硅钢、高强汽车用钢、高强建筑钢、高耐候性钢材等，实现减量化用材，减少国民经济用钢单耗，支持相关产业的节能减排，支撑全社会产业升级和低碳发展。

“十二五”期间，钢铁工业紧紧围绕下游用户产业升级转型对钢材产品所提出的更高要求努力开发更高强度、更长寿命、更加环保的材料。



# 科学节材是趋势

## ● 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。

## ● 汽车钢

若汽车重量降低10%，燃油效率可提高6%-8%。汽车车身重量占汽车总质量的30%，空载情况下，约70%油耗用于车身质量。使用高强度汽车板，实现车身轻量化，对于降低油耗、减少废气排放作用明显。

## ● 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的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为1-10W/kg，以平均铁损为4W/kg的保守估算，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。



# 谢 谢

中钢协发展与科技环保部

二〇一二年十月