

## 炼铁系统能耗分析及节能

陈冠军

(首钢技术研究院)

**摘要** 通过分析近年首钢北京地区、首秦和迁钢炼铁工序能耗变化和能耗介质构成情况,阐明影响炼铁工序能耗的主要能耗介质消耗,说明回收能源、降低焦炭消耗和提高喷煤对炼铁工序能耗的影响。通过与宝钢先进指标的对比,在节能潜力分析基础上,提出炼铁系统节能对策,为国内外钢铁企业炼铁节能提供参考。

**关键词** 炼铁 工序能耗 系统节能

### Analysis of energy consumption and energy-saving of iron-making system

Chen Guanjin

(Shougang Research Institute of Technology)

**Abstract** Though the structure analysis of process energy consumption and energy consumption medium in Beijing district, Shouqin and Qiangang, the main energy consumption medium impacting process energy consumption of iron-making was illustrated, and effect of recycling energy, lowering coke and increasing coal injection was pointed out. By contrasting to advanced index in Baosteel, on the base of analyzing energy-saving potential, energy-saving measures of iron-making were put forward. This will offer reference for iron-making energy-saving in domestic and overseas enterprises.

**Keywords** iron-making process energy consumption systemic energy-saving

国家发改委提出,到2010年,中国万元国内生产总值能耗将由2005年的1.22tce下降到1tce以下,降低20%左右,要求年平均降低4%。今年是实现国家“十一五规划”节能减排目标最关键的一年。钢铁工业是国家经济发展的重要基础产业,近年发展迅速,2009年中国钢铁粗钢产量达到5.68亿t,同比增长13.5%。同时,钢铁工业也是高能耗、高污染的产业<sup>[1]</sup>,钢铁工业总能耗占全国能耗的14%左右,是节能减排的重点。

在国家产业结构调整和节能减排政策的指导下,落后钢铁产能逐年淘汰,钢铁节能减排取得

很大进步。历年钢铁综合能耗与炼铁工序能耗变化如图1所示,钢铁综合能耗从2000年的920kgce/t下降到2008年的630kgce/t,降幅接近三分之一,炼铁工序能耗由从2000年的464.53kgce/t下降到2008年的427.72kgce/t,降

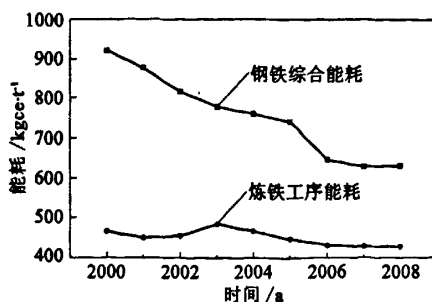


图1 历年钢铁综合能耗与炼铁工序能耗

收稿日期:2010-03-02

陈冠军(1972),高级工程师;100043 北京市石景山区。

幅小于8%。

通过计算炼铁工序能耗与钢铁综合能耗的百分比,该比值在逐年升高,从2000年的50.49%上升到2008年的67.89%,炼铁工序能耗占钢铁综合能耗的百分比变化如图2所示。除钢铁结构调整、落后产能淘汰等宏观因素影响外,通过钢铁综合能耗的 $e-p$ 算法<sup>[2]</sup>可知,铁钢比系数调整<sup>[3]</sup>和新折算系数是近年钢铁综合能耗大幅下降的主要因素。同时,钢铁能耗降低越来越受炼铁工序能耗的制约,可见,炼铁工序节能是钢铁节能的重点,炼铁节能的重要性越来越突出。

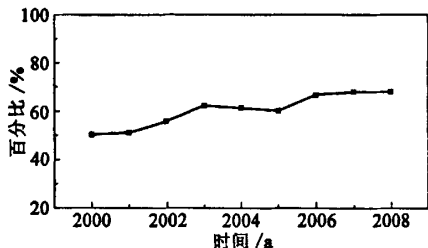


图2 炼铁工序能耗在钢铁综合能耗的百分比

## 1 产量与能耗

2009年首钢钢产量超1200万t,通过近期京唐和迁钢等地项目的新建,以及对贵钢、长钢、首钢伊钢的重组融合,预计到2012年首钢钢产量将达到3000万t。2009年首钢三地(包括北京地区、首秦和迁钢三地,不含京唐)铁产量为1178.2万t,其中北京地区铁产量为442万t,首秦铁产量为252.7万t,迁钢铁产量为483.5万t。历年首钢北京地区、首秦、迁钢铁产量变化如图3所示。首钢北京地区、首秦、迁钢铁产量变化与炼铁工序能耗恰好相反,2004年,北京地区铁产量超800万t,首秦铁产量低于50万t,迁钢铁产量为200多万t;到2008年北京地区由于受奥运和搬迁改造影响,铁产量降至440万t,而首秦铁产量超250万t,迁钢由于2007年2号高炉投产,2008年铁产量超450万t。历年首钢北京地区、首秦、迁钢工序能耗如图4所示。可知,首秦和迁钢的炼铁工序能耗由于铁产量增加,呈下降趋势,而北京地区由于减产,其炼铁工序能耗成上升趋势。2004年,迁钢和首秦高炉处于投产初期,产量较低,能耗最

高,迁钢炼铁工序能耗高达700kgce/t,北京地区炼铁工序能耗最低;到2008年,北京地区铁产量减少一半,工艺技术与产能的不匹配和盘亏严重等因素,其炼铁工序能耗大大超出首秦和迁钢,其中,首秦2008年炼铁工序能耗降至最低。

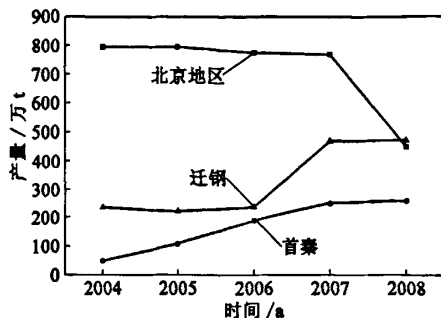


图3 首钢历年铁产量

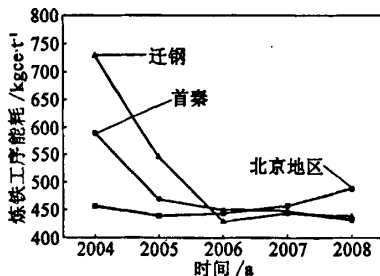


图4 首钢历年工序能耗

## 2 能耗结构分析

### 2.1 能耗介质构成

以2008年北京地区、首秦和迁钢炼铁工序能耗(老折标系数)为基础,分别比较了炼铁工序各项能耗。能耗介质分煤粉(包括动力煤和无烟煤等煤)、焦炭(包含焦丁和盘亏)、煤气、电力、水、氧氮等气体(包括氧、氮和鼓风等气体)和回收能源等,能耗介质构成和比例如表1所示。在各种能耗介质构成中,焦炭消耗比重最高,约占75%~80%,其中以北京地区焦炭消耗最多,比首秦和迁钢高50~70kgce/t;其次是煤粉,约占21%~34%,迁钢煤粉最高,比首秦和北京地区高40~44kgce/t;煤气消耗占14%~24%,其中首秦煤气消耗最高,比北京地区和迁钢高30kgce/t;各地区的氧氮等气体消耗相当,其主要是鼓风消耗;水耗比例最小,仅为1%~2%,4~7kgce/t。在能耗结构

中,回收能源主要是高炉煤气和炉顶压差发电,回收能源占炼铁工序能耗比重的32%~45%,其中以首秦回收能源最高,为196.5kgce/t。可见降低炼铁工序能耗,高炉煤气回收利用和炉顶

压差发电起着关键性作用。其次,提高喷煤降低焦炭消耗,可以有效降低高炉生产成本和降低炼铁工序能耗。

表1 炼铁工序能耗介质构成和比例

能耗介质	北京地区		首 秦		迁 钢	
	kgce/t	%	kgce/t	%	kgce/t	%
煤粉	104.67	21.46	108.36	25.07	148.87	34.04
焦炭	403.66	82.76	353.43	81.77	326.82	74.72
煤气	69.51	14.25	104	24.06	72.5	16.58
电力	16.24	3.33	11.63	2.69	3.67	0.84
水	4.18	0.86	3.98	0.92	7.03	1.61
氧氮等气体	48.12	9.87	47.33	10.95	44.67	10.21
回收能源	-158.61	-32.52	-196.5	-45.46	-166.19	-38.00
合计	487.77	100.00	432.23	100.00	437.37	100.00

2.2 新老折标的对比分析

如果采用新折标系数计算,无论北京地区、首秦还是迁钢,新折标炼铁工序能耗比老折标炼铁工序能耗低25~30kgce/t,主要是电力和气体折算系数降低较大所致。采用新折标系数计算,2008年迁钢炼铁工序能耗为409kgce/t,首秦炼铁工序能耗为407kgce/t。与中钢协统计的2008年重点钢铁企业炼铁工序能耗427.72kgce/t比较,能耗低18~20kgce/t,处于国内先进水平。

2.3 与宝钢对比分析

2008年宝钢炼铁工序能耗为401kgce/t,北京地区由于能耗较高,不具有可比性,下面以首秦和迁钢2008年炼铁工序能耗与其作比较分析。与宝钢炼铁工序能耗比较,首秦炼铁工序能耗比宝钢高22kgce/t,迁钢炼铁工序能耗比宝钢高36kgce/t。宝钢煤粉消耗比首秦低33kgce/t,比迁钢低7kgce/t,宝钢焦炭消耗比首秦高33kgce/t,比迁钢低6kgce/t,宝钢煤气消耗比首秦、迁钢低8~40kgce/t,氧氮等气体消耗低12~15kgce/t,水电消耗比首秦、迁钢高1~5kgce/t,但是首秦回收能耗比宝钢高15kgce/t,迁钢回收能耗比宝钢低6kgce/t。这说明,首秦焦炭、喷煤和回收能源等能耗均超宝钢,但由于煤气和氧氮等气体消耗较大,故与宝钢差距较小;而迁钢除水电消耗比宝钢小以外,其余指标均有一定差

距。

3 能耗影响因素分析

从首钢三地的炼铁系统流程和技术比较看,主体流程相同,但是在附属设备和工艺技术方面不同。2005年以前,北京地区原5座高炉,年产铁800万t,1号高炉有效容积2536m<sup>3</sup>,2号高炉1780m<sup>3</sup>,3号高炉2536m<sup>3</sup>,4号高炉2100m<sup>3</sup>,5号高炉1036m<sup>3</sup>(2005年停炉),总有效容积为8952m<sup>3</sup>,其中1、3、4号高炉每座配备4座顶燃式热风炉,2号高炉每座配备3座内燃式热风炉,2座预热炉。由于奥运和近年首钢结构调整、搬迁改造等因素,到2009年仅剩1号和3号高炉。首秦拥有两座高炉,1号高炉有效容积1200m<sup>3</sup>,2号高炉有效容积1800m<sup>3</sup>,两者均配备3座卡卢金顶燃式热风炉和2座预热炉。迁钢共有2座2650m<sup>3</sup>高炉,其中1号高炉配备3座霍戈文内燃式热风炉和换热器双预热系统,2号高炉配备3座霍戈文内燃式热风炉和2座预热炉。各地高炉配备的热风炉运行情况看,北京地区热风炉煤气不预热,空气温度很低,约45~85℃,排烟温度为280℃;首秦热风炉的煤气预热温度为180℃,空气预热温度为410℃,排烟温度为250℃;迁钢2号高炉热风炉的煤气预热温度为130~180℃,空气预热温度为520~

600℃, 排烟温度为 250℃。从能耗角度看, 尽管空气和煤气预热需要多消耗高炉煤气, 但是从最终的能效看, 可以大大提高喷煤和降低焦比, 从而实现降低炼铁工序能耗的目的。

三地高炉均配备 TRT 发电, 但在除尘方面, 首秦高炉全部采用干法除尘技术, 北京地区和迁钢的高炉均有一座采用湿法除尘技术。另外, 北京地区没有煤气柜, 首秦和迁钢均配备煤气柜。各地高温炉渣普遍采取水冲渣方式, 炉渣余热梯级利用问题还有待研究与应用。

高炉操作技术方面, 三地风温差别很大, 北京地区风温最低, 仅为 1150℃, 首秦风温为 1200℃, 而迁钢风温最高, 如迁钢 2 号高炉 2009 年平均风温达 1258℃, 造成煤粉和焦炭消耗的差距。富氧方面, 北京地区富氧率为 1.51%, 首秦为 0.95%, 而迁钢富氧率最高为 3.48%。在利用系数方面, 北京地区和首秦高炉为 2.4, 迁钢高炉利用系数为 2.5。各地煤气放散率也相差较大。

以上流程和技术差别, 导致首钢不同地区高炉炼铁工序能耗的差别。特别是北京地区减产幅度大, 造成泵和风机等设备与实际负荷的不匹配, 存在大马拉小车的问题, 同时北京地区焦炭盘亏严重, 折合能耗约为 48kgce/t, 造成北京地区近年炼铁工序能耗不但没有降低反而升高。此外, 北京地区高炉的原燃料条件不佳, 也是导致其能耗升高的主要原因。迁钢高炉由于近年原燃料条件改善, 高风温、大喷煤和富氧等先进技术逐步实施, 从而降低了焦比、炼铁工序能耗。

#### 4 节能潜力与对策

通过北京地区、首秦、迁钢及与宝钢炼铁工序能耗的对比分析, 北京地区、首秦与迁钢炼铁工序能耗尚有 20 ~ 40kgce/t 的下降空间。节能对策如下:

(1) 加强能源管理工作, 特别是加强水、气的跑、冒、滴、漏检查和管理, 减少不必要的能源损失, 并在其基础上进行能源系统优化配置。

(2) 降低炼铁工序能耗, 应以降低焦比和提高煤比为主, 进一步降低焦炭消耗, 并侧重降低燃料比。

(3) 高炉节能采用精料技术。主要通过抓好原燃料质量, 提高烧结矿品位、改善焦炭质量。

(4) 采用高风温、大喷煤和富氧等先进技术, 进一步提高高炉风温, 增加喷煤比和高炉富氧, 不断提高高炉负荷和利用系数, 从而实现降低焦比, 减少焦炭消耗比例。

(5) 降低高热值煤气消耗比重, 充分利用高炉煤气, 减少焦炉煤气和天然气的使用, 并提高热风炉热效率。

(6) 加大高炉煤气的回收利用和优化, 推广应用干法除尘技术回收荒煤气余热, 进一步提高 TRT 发电效率。

(7) 采取干法粒化技术替代水冲渣技术, 进一步实现炉渣余热的梯级利用。

#### 5 结论

(1) 历年钢铁综合能耗和炼铁能耗变化, 表明炼铁工序能耗是限制钢铁能耗降低的主要环节, 是钢铁节能的重点。

(2) 近年首钢北京地区、首秦和迁钢炼铁工序能耗变化和能耗介质构成分析, 说明回收能源、降低焦炭消耗和提高喷煤是影响炼铁工序能耗的关键因素。

(3) 能耗影响因素分析表明, 炼铁工序能耗与工艺流程、附属设备、工艺技术、高炉操作和余热利用等方面紧密关联。

(4) 在北京地区、首秦、迁钢及与宝钢炼铁工序能耗的对比分析基础上, 提出炼铁系统节能对策。

#### 参考文献

- [1] 王维兴, 张 岩. 钢铁工业节能潜力探讨 [J]. 冶金环境保护, 2007, (6): 1-7.
- [2] 蔡九菊, 赫冀成, 陆钟武. 过去 20 年及今后 5 年中国钢铁工业节能与能耗剖析 [J]. 钢铁, 2002, 37 (11): 68-73.
- [3] 张寿荣. 以科学发展观审视 21 世纪的中国高炉炼铁 [J]. 钢铁, 2008, 43 (11): 1-7.

赵 艳 编辑