

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 Guanjun

(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^[1]，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

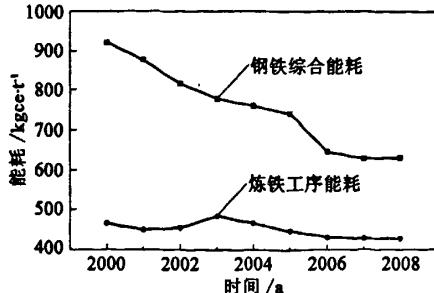


图1 历年钢铁综合能耗与炼铁工序能耗

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 $e-p$ 计算法^[2]可知，铁钢比系数调整^[3]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。

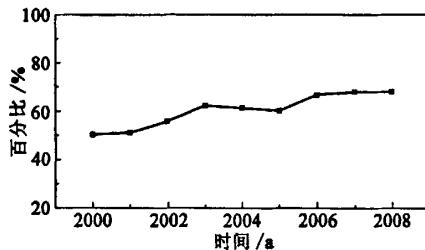


图2 炼铁工序能耗在钢铁综合能耗的百分比

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盈亏严重等因素，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。

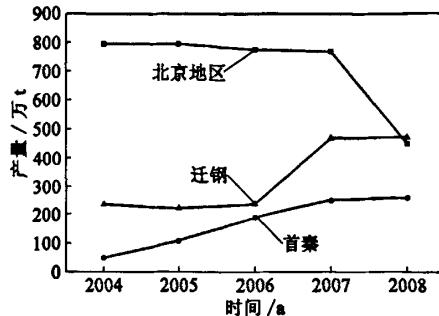


图3 首钢历年铁产量

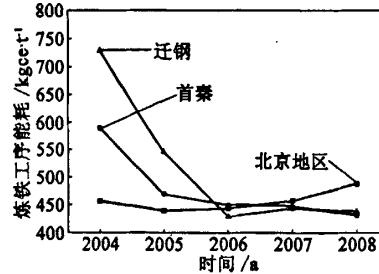


图4 首钢历年工序能耗

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（包含焦丁和盈亏）、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 2536m³，2 号高炉 1780m³，3 号高炉 2536m³，4 号高炉 2100m³，5 号高炉 1036m³（2005 年停炉），总有效容积为 8952m³，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 1200m³，2 号高炉有效容积 1800m³，两者均配备 3 座卡卢金顶燃式热风炉和 2 座预热炉。迁钢共有 2 座 2650m³ 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。

以上流程和技术的差别，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，同时北京地区焦炭盈亏严重，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，并提高高风炉热效率。

(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年中我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