

## 综合

## 轧钢系统节能技术分析

陈冠军

(首钢技术研究院,北京 100043)

【摘要】通过国内外历年钢铁产量、综合能耗和轧钢工序能耗的变化,阐明轧钢技术进步。结合实例采用分类比较分析方法比较了不同品种轧钢系统的能耗结构,指出轧钢系统的节能应以加热炉节能为重点。在分析蓄热燃烧、涂料、步进炉、汽化冷却、热装热送、变频调速和轧钢自动化等技术基础上,结合首钢近年结构调整的实践,阐述了首钢不同地区轧钢系统节能技术应用状况和现存问题,指出了今后首钢轧钢系统的节能方向 and 对策。

【关键词】轧钢工艺;系统;节能;工序能耗

【中图分类号】TG306

【文献标识码】A

【文章编号】1006-6764(2010)04-0100-04

## Analysis of Energy-saving Technology of Steel Rolling System

CHEN Guanjin

(Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043, China)

【Abstract】With historical changes of steel output, total steel energy consumption and steel rolling energy consumption at home and abroad, steel rolling technology progress is illustrated. By sorted and compared methods with example, energy consumption structure of different varieties in the steel rolling system is analyzed. The analysis results show that energy saving of the steel rolling system should be focused on energy saving of heating furnace. On the basis of analysis of the technology such as regenerative combustion, coating, walking-beam type furnace, vapourization cooling, hot loading and hot feeding, frequency conversion speed control and automation of steel rolling, in the light of the practice of structure adjusting in Shougang in recent years, application of energy-saving technology and existing problems in the steel rolling system in different districts is expanded, the energy-saving trend and countermeasures of this system in the future is pointed out.

【Key words】steel rolling technique; system; energy saving; energy consumption of process

## 1 引言

近年世界钢铁产业发展迅速,2007年世界粗钢产量达到13.51亿t,尽管受国际金融危机影响,许多钢厂减产,钢铁产能有所下滑,但2008年世界粗钢产量仍达到13.29亿t。中国钢铁产业发展迅猛,粗钢产量从1999年的1.24亿t到2008年突破5亿t<sup>[1]</sup>,并保持连续10年持续增长,中国钢铁产能占世界钢铁产能的比重从1999年的15.72%增加到2008年的37.7%,在近年国家出台的钢铁产业结构调整 and 节能政策扶持下,中国钢铁综合能耗从1999年1240 kgce/t下降到2008年的630 kgce/t<sup>[2]</sup>,但是

总能耗呈大幅上升趋势,节能工作任重道远。在钢铁能耗构成中,轧钢工序能耗占钢铁能耗比重不高,仅为10%~15%,在近年轧钢新技术应用下,中国钢铁的历年轧钢工序能耗,从2000年的117.95 kgce/t降至2008年的59.52 kgce/t<sup>[3,4]</sup>,中国钢铁综合能耗和轧钢工序能耗变化见图1所示。

随着现代钢铁产品质量、品种的升级,深加工层次的不断增长,轧钢工序能耗在不断增加<sup>[5]</sup>。1999年国际先进水平的热轧工序为47.82 kgce/t,冷轧工序为80.28 kgce/t,中国钢铁的轧钢工序无论是冷轧还是热轧与国际先进轧钢工序比较,工序能耗均有一

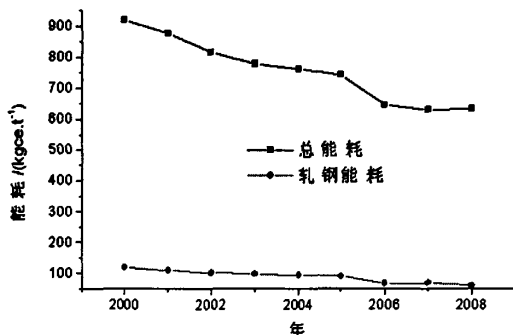


图1 历年中国钢铁综合能耗和轧钢工序能耗变化

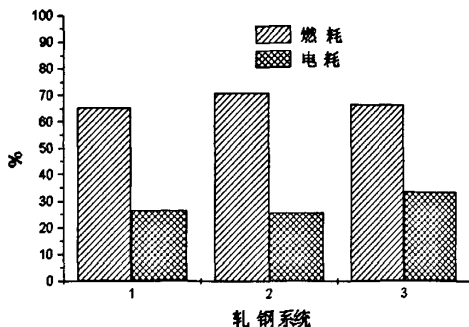


图2 燃耗与电耗比例

定差距。通过轧钢品种分类比较,中国轧钢工序能耗与先进轧钢工序能耗比较,尚有10%~20%的节能潜力<sup>[4]</sup>。

## 2 轧钢系统能耗状况

关于能耗分析的方法一般采用e-p法<sup>[4,5]</sup>,介于轧钢系统工序能耗与轧钢工艺技术紧密关联,为更好理解轧钢系统能耗构成,下面在其分析基础上,采取分类比较分析方法,以2008年某轧钢企业型材、板材热轧工序为例,在能耗结构中,分燃耗、电耗、蒸汽、回收能源和其他介质能耗,其他介质能耗包括水、压缩空气、氧气和氮气等消耗,轧钢工序能耗构成见表1。

表1 轧钢工序能耗构成

名称	燃耗	电耗	蒸汽	其他	回收	工序能耗
型材	57.33	23.28	6.12	0.92	0	87.65
厚板	80.61	29.42	3.61	7.61	-7.62	113.63
带材	55.81	28.11	1.33	0.82	-2.26	83.82

由表1可知,型材产品简单,钢坯加热温度较低,燃耗低,轧制工艺技术相对简单,电耗最低;而板材和带钢与型材相比,加工步骤增多,电耗较高;由于厚板钢坯出炉温度高,其燃耗最高。

燃耗与电耗比例见图2所示。由图2可知,燃耗占轧钢工序能耗比重的65%~70%,而电耗占25%~33%,由于燃耗为加热炉单耗,故轧钢节能应以加热炉节能为重点,电耗次之。

## 3 轧钢系统节能技术

通过上面实例的分析,轧钢品种的不同和轧制工艺技术的不同,其工序能耗相差很大,为有效实现轧钢系统的节能,可以采取对标挖潜的方法开展工作。针对轧钢系统的节能,主要考虑以下节能技术。

### 3.1 加热炉节能技术

#### (1)蓄热式燃烧技术

近年蓄热式燃烧在轧钢加热炉上应用发展迅猛,采用蓄热式燃烧技术与无余热回收的加热炉比较,可实现节能40%以上,与换热器预热技术比较也可实现10%~20%的节能潜力。中国采取蓄热燃烧技术的加热炉也不少于400余座。但是从近年蓄热式加热炉能耗统计上,其节能优势并不突出,甚至有同行提出该技术节能不节钱<sup>[6]</sup>的看法,该技术在欧洲近年推广应用案例已大幅下降<sup>[7]</sup>,不过,采用双蓄热(同时预热煤气和空气1000℃以上)技术的加热炉在利用富余高炉煤气方面的确很有效,效率高于70%,节能效果显著。

#### (2)节能涂料

节能涂料利用远红外辐射原理,将涂料喷涂在各种高温窑炉的耐火材料表面,提高光谱发射率,增强炉膛换热,可实现节能5%~10%的节能效果。它具有保护炉衬表面、延长炉子使用寿命、提高炉子热效率、缩短烘炉时间、提高被加热件的加热速度和炉子作业率等作用。该技术早在1980年以来就开始推广使用,目前国内不少轧钢加热炉都使用过该技术。

#### (3)步进炉和汽化冷却技术

步进炉不仅可以减少钢坯加热时间,降低氧化烧损,而且操作灵活。汽化冷却不仅可以减少轧钢用水,而且可以生产蒸汽回收利用,具有一定的节能效果,在近年新建加热炉上逐步推广应用。

### 3.2 热装热送和低温轧制技术

热装热送技术是冶金行业重点推广的节能技术,该技术可以大大降低加热炉燃耗,缩短钢坯在炉时间,从而降低氧化烧损率,提高成材率。从轧钢厂实施该技术的条件看,主要应用于普碳钢的加热,对于一些品种钢不宜采用热装热送技术或存在热装热送的温度限制。低温轧制技术有助于降低钢坯出炉温度,降低轧钢系统能耗,实现系统节能,在近年轧钢系统节能中不断推广。

### 3.3 电机节能技术

轧钢系统有轧机(包括粗轧机、精轧机)、辊道、风机、水泵等设备,驱动设备能源消耗为电耗,故电机选择是关键。在电机设计中应避免大马拉小车,进行电机优化设计,在运行过程主要采用变频调速技术,通过电机节能技术应用,可实现节电 20%~40%,效果显著。

### 3.4 其他

轧钢自动化是衡量轧钢技术先进的重要标志,具有间接节能作用。先进自动化技术可实现节能 5%~18%,如加热炉的燃烧优化控制,可以有效实现空燃比的优化控制,减少不完全燃烧,提高燃烧效率,减少钢坯氧化烧损,降低加热炉单耗。

## 4 首钢轧钢技术应用问题及节能对策

### 4.1 轧钢技术应用问题

近年首钢轧钢技术进步很快,主要轧钢技术改造见表 2 所示,2003 年开展首钢中板厂 3500 mm 轧机改造,2005 年在首秦新建 4300 mm 和 3300 mm 轧机工程,2006 年在迁钢新建 2160 mm 热带轧机工程,2008 年在曹妃甸新建 2250 mm 热带轧机工程,另外,还有迁钢和京唐 1580 mm 热带轧机工程在建设中。在轧钢工程的实施中,先后集成蓄热式燃烧、步进炉和汽化冷却等先进技术,不仅实现了轧机和加热炉的大型化,而且轧钢深加工能力得到很大提高,为首钢高附加值产品的生产奠定基础。通过上述技术应用,首钢可以实现船板、汽车板、管线钢和电工钢等高附加值产品的生产。

表 2 首钢近年主要轧钢技术改造

单位	轧机	加热炉		投产时间/年
		能力/t·h <sup>-1</sup>	数量	
首钢中板	3500 mm	120	1	2003
		120	1	2005
高线棒材	18架轧机	140	1	2005
一线材	摩根五代	120	1	2005
首秦	4300 mm	230	1	2006
	3300 mm	270	1	2007
迁钢	2160 mm	250	4	2006
	1580 mm	270	4	建设中
京唐	2250 mm	350	4	2009
	1580 mm	300	4	建设中

注:此表不含冷轧和线材。

首钢历年的轧钢工序能耗如图 3 所示,能耗逐年降低,但与重点钢铁企业和国际先进轧钢工序能

耗有一定差距。

以能耗为例,首钢一业多地热轧系统的能耗分布见图 4 所示,由图 4 可知,中板燃耗最高,型材次之,高线棒材的燃耗最低。由于采用蓄热、步进和汽化冷却等先进节能技术,首秦与迁钢的燃耗处于中等水平。

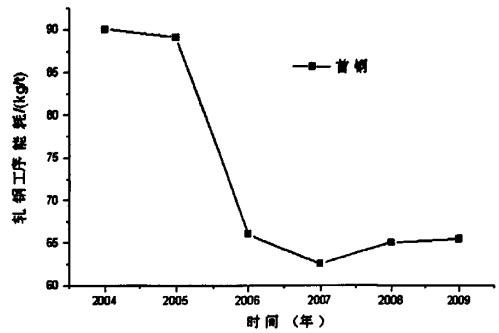


图 3 历年首钢轧钢工序能耗变化

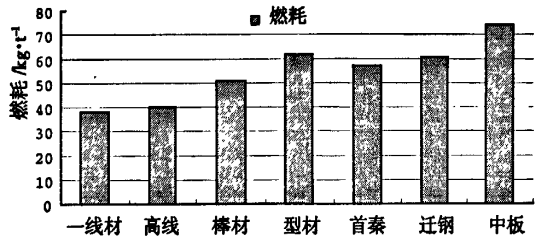


图 4 首钢一业多地热轧钢系统的燃耗分布

通过首钢首秦、迁钢和北京地区轧钢系统的工序能耗分析,主要有以下几方面问题:

(1) 由于受结构调整和搬迁改造的影响,北京地区轧钢系统能耗普遍较高,表现在加热炉能耗偏高,近年有上升趋势,主要有以下原因,轧钢加热炉多数为推钢式加热炉,炉内冷却系统多数采用水冷,设备老化,系统常年带病工作,加热炉和轧机没有及时得到检修。蓄热式加热炉由于待轧问题严重,没有发挥节能作用,有的设备自动化程度低,还经常需要人工操作。

(2) 首秦与迁钢轧钢系统燃耗尚有一定的节能潜力,表现在热装热送率较低和加热炉能耗和氧化烧损有待降低,迁钢轧钢的热装温度较高,但由于品种结构限制,热装热送率还有待进一步提高,氧化烧损还需进一步降低,而采取双蓄热步进式加热炉技术的首秦轧钢系统,2008 年能耗比首钢型材轧钢能耗还高。

(3) 从电耗角度,首秦迁钢轧钢系统电耗比北京地区轧钢系统普遍偏高 20%,主要是由于轧制工序的增加和蓄热技术等因素影响,导致轧机及风机耗

电增加所致。

(4)余热余能利用方面,北京地区轧钢系统尚存部分烟气高温排放问题,回收的蒸汽由于温度压力较低,没有有效利用,迁钢采用螺杆机回收余热蒸汽发电,有一定节能作用,由于受蒸汽品位影响时开时停,导致其发电量和效率较低,还有待提高。

#### 4.2 节能对策

通过国内外先进轧钢工序的对比和上面轧钢系统的工序能耗分析,首钢轧钢系统尚有一定的节能潜力,节能对策如下:

(1)重点降低加热炉燃耗。在轧钢加热炉上应用步进、蓄热、汽化冷却、节能涂料等技术,在保证轧制的条件下降低钢坯出钢温度,合理控制空燃比,确保燃烧完全。

(2)提高热装热送率和热装温度。通过提高热装热送率和热装温度,可以大大减少钢坯的在炉加热时间,减少钢坯氧化烧损,同时提高成材率。

(3)加强余热余能的回收利用。如利用高温排放烟气进一步预热空气和煤气,生产蒸汽等,回收的中低压蒸汽应用补燃发电或制冷等方面,以实现梯级利用和提高利用效率。

(4)降低轧机、风机和泵等设备电耗。针对轧钢系统的电机应用变频调速技术,采取气动替代电动以进一步降低电耗,实现节电目标。

#### 5 结论

(1)通过分类比较分析的实例,认为轧钢系统工序能耗应以加热炉节能为重点,电耗次之。

(2)通过对标挖潜,轧钢系统加热炉尚有较大的节能潜力,特别是蓄热式加热炉节能潜力有待发挥。

(3)加热炉节能技术如蓄热式燃烧技术、节能涂料、步进炉和汽化冷却等,热装热送、电机变频调速、轧钢自动化等先进技术相继在首钢轧钢系统得到应用。

(4)通过首钢首秦、迁钢和北京地区轧钢系统的能耗分析,认为北京地区设备老化和问题是导致近年能耗上升的主要原因。

(5)在轧钢系统工艺流程、加热炉燃耗、电耗和余热余能等方面均有一定的节能潜力,并提出基本节能对策。

#### 【参考文献】

- [1] worldsteel association. 世界钢铁统计[J]. worldsteel.org, 2009.
- [2] 蔡九菊. 钢铁企业能耗分析与未来节能对策研究[J]. 鞍钢技术, 2009(2): 1-6.
- [3] 张有礼, 王维兴. 钢铁工业能源结构与节能[J]. 中国冶金, 2006(10): 1-8.
- [4] 翁宇庆. 我国轧钢生产技术近年来的进步与发展[J]. 轧钢, 2008(5): 1-18.
- [5] 陈冠军. 简谈轧钢加热炉问题及节能[J]. 冶金能源, 2008(6): 32-35.
- [6] 戴铁军, 陈连生. 轧钢系统能耗分析与节能对策[J]. 河北理工学院学报, 2001(4): 25-42.
- [7] 仓大强, 白皓, 宗燕兵等. 国内外钢铁工业环保节能新动向新技术[C]/中国钢铁年会论文集. 成都: [出版者不详], 2007.

收稿日期: 2010-04-12

作者简介: 陈冠军 (1972-), 男, 高级工程师, 现从事冶金能源科研工作。

### 马钢公司领导在技术创新论坛中演讲宣传系统节能

“新区达产投产, 使能耗上升, 外部形势巨大变化, 公司产品与原料结构改变, 能耗水平受到很大影响。在新的平台上, 企业面临最关键、最核心、最迫切的工作就是要作好系统节能, 积极跟进节能新技术, 加大管理节能, 提高企业竞争力……”

7月23日下午, 在马钢技术中心“技术创新论坛百日活动”首场报告会上, 股份公司副总经理丁毅关于“钢铁企业系统节能的实践与展望”的激情讲演, 赢得满堂喝彩, 他将深奥的系统节能技术实践, 通过深入浅出的管理理论和一个生动的案例, 打开听众思路, 引发系统思考。精彩的讲演同时拉开了马钢开展的“技术创新论坛百日活动”。

马钢技术中心开展“技术创新论坛百日活动”, 是在经济危机对钢铁业巨大冲击的形势下, 以贯彻品种质量效益方针, 提升技术创新能力, 发挥技术创新在应对危机中坚作用, 转“危”为“机”的重要措施之一。

作为首场报告人, 马钢股份公司副总经理丁毅从系统节能是钢铁企业的重要内容和切入点、正确认识系统节能在企业经济运行中的必要性、钢铁企业经济运行标准以及钢铁企业如何实现经济运行的具体做法等四个方面阐述了“钢铁企业系统节能工作实践与展望”。他认为, 马钢流程长、区域分散、工艺不配套、装备水平参差不齐, 必须树立系统节能理念, 用系统的优势予以弥补, 最大限度把资源向高附加值产品倾斜, 做好固废资源的综合利用。

来自马钢各职能部门分管领导及公司铁钢轧一线生产厂厂长、节能和生产管理骨干和技术中心技术人员参加了讲座。近三个小时的报告, 使大家受益匪浅。

(刘军捷 高跃飞)