

## 简谈轧钢加热炉问题及节能\*

陈冠军

(首钢技术研究院)

**摘要** 通过对首钢各厂轧钢加热炉现状调查、热平衡测试和指标监测，分析出了目前轧钢加热炉使用与运行过程存在的问题。针对这些问题，提出轧钢加热炉节能改进的对策，通过实施这些对策，可以进一步降低轧钢加热炉能耗并延长其寿命。

**关键词** 加热炉 节能 轧钢

### The problem and energy-saving of reheating furnace

Chen Guanjun

(Shougang Research Institute of Technology)

**Abstract** Based on the investigation of steel rolling reheating furnace in Shougang each plant and the heat balance and index test, the problems of steel rolling furnace when using and running are analyzed. According to these problems, put forward the measures of energy-saving and improvement. By implementing these measures, the energy consume of steel rolling furnace will be lower and its life - span will prolong.

**Keywords** reheating furnace energy-saving steel rolling

随着近年钢铁产量迅速增长，钢铁工业能耗占全国总能耗的比重越来越高，到2007年，钢铁工业总能耗占全国能耗的14.71%。随着现代钢铁产品质量、品种的升级，深加工能力不断增强，轧钢工序能耗在不断增加。加热炉是轧钢厂的主要耗能设备之一，其能耗占轧钢工序能耗的60%~70%，能耗水平直接影响轧钢生产成本，因此降低加热炉能耗是轧钢节能的主要方向和目标<sup>[1]</sup>。我国冶金行业轧钢加热炉几千座，包括近年新建及改造的蓄热式加热炉，在运行、使用过程或多或少地存在问题<sup>[2~5]</sup>，其能耗水平相差很大，有的加热炉单耗高达70~80kg/t，节能潜力十分巨大。首钢公司共有轧钢加热炉十几座，有几座在建和待建，了解与掌握首钢目前轧钢加热炉存在问题，对今后加热炉设计和节能降耗具有重要意义。

通过组织开展首钢北京地区（大院内）轧

钢加热炉的运行状况调研，结合加热炉热平衡测试、技术指标监测等手段，指出轧钢加热炉存在的问题，提出今后轧钢加热炉节能改进的对策，进一步降低加热炉能耗。

### 1 加热炉基本情况

首钢北京地区（大院内）轧钢加热炉共8座，其中厚板厂有2座，都是蓄热式加热炉，每台加热炉加热能力为120t/h；型材厂有3座，其中除三区加热炉为蓄热式炉外，其余两座为常规推钢炉，加热能力分别为130、160、160t/h；高线共3台加热炉，加热能力分别为130、140、200t/h，具体加热炉情况见表1。

中板由于加热大板坯，加热工艺要求高，其能耗最高，平均为68.7kg/t，高线一区加热炉的能耗最低，平均为38.5kg/t，每月能耗略有波动，主要受每月生产量安排影响，但总体呈下降趋势。同时指出，采用蓄热式燃烧技术的型材与中板加热炉并没有很好发挥其性能，能耗也较高，节能作用不突出。

\* 国家“十一五”科技支撑计划资助 2006BAE03A06-2  
收稿日期：2008-07-02  
陈冠军(1972- ), 高工; 100043 北京市石景山区。

表1 首钢加热炉基本情况

单 位	加热能力 t/h	座 数	炉型	进出料方式	有效尺寸 m	燃料种类	钢坯尺寸 mm	投产 时间
中 板 厂	120	2	三段连续推钢蓄热式	端进端出	29.278×6.96	高焦转煤气	250×2000×3000	2005. 4
	120	2	三段连续推钢蓄热式	端进端出	29.278×6.068	高焦转煤气	250×1800×3000	2003. 1
型 材 厂	130	1	三段连续推钢式	侧进侧出	12×18	重油转炉煤气	120×120×11700	1970. 11
	160	1	三段连续推钢式	侧进侧出	24×12.6	重油转焦炉煤气	140×140×11700	1994. 4
高 线 厂	160	1	三段连续推钢蓄热式	侧进侧出	24×12.6	转焦炉煤气	140×140×11700	1994. 6
	50~130	1	推钢斜底连续式	侧进侧出	20.32×12.57	重油混合煤气	120×120×(10500~12100)	1984
	200	1	三段连续梁底结合步进式	端进侧出	25.5×14.0	混合煤气	130×130×14000	1992. 12
	140	1	三段步进式	侧进侧出	28.96×10.78	高焦混烧	200×200×10000	2005. 9

## 2 使用问题分析与对策

### 2.1 问题分析

加热炉使用问题很多，有燃烧、热损失、冷却系统、钢坯加热不均、氧化烧损、热工制度、炉压等<sup>[2~4]</sup>，笔者前些年就对型材厂常规加热炉等问题进行过探讨研究<sup>[5]</sup>。由于首钢各台加热炉出现的问题也不相同，下面仅讨论目前出现的一些常规问题。

#### (1) 煤气压力、热值波动

煤气压力、热值波动次数跟公司检修和煤气用量大小相关，由于较难预知其变化，因此调控较困难。无论是中板厂、型材厂还是高线厂均反映存在煤气压力、热值波动的问题，煤气管网的压力和热值波动，直接导致空燃比失调，引起加热炉燃烧不完全或排烟热损失增多，造成加热炉耗增加。

#### (2) 烧嘴堵塞、腐蚀漏气和烧嘴砖烧损

烧嘴堵塞、腐蚀漏气的原因是公司煤气净化不佳，含尘、硫、焦油和苯等杂质高。冬季长期往管道通入蒸汽，造成管道末端、加热炉烧嘴气通道堵塞或腐蚀漏气。烧嘴砖烧损的原因是由于烧嘴砖在急冷急热和高温条件下工作，烧损严重。烧嘴堵塞、腐蚀漏气和烧嘴砖烧损严重直接导致加热能力下降，燃烧不完全增加，影响耗与安全。

#### (3) 换热器损坏，影响换热

各轧钢厂的换热器无论是煤气还是空气换热器，都会出现不同程度的损坏。如型材车间空气换热器的第一排导气管封死，减少了均热段端烧的风量；煤气换热器腐蚀老化严重，造成煤气泄漏自燃，在无备件的情况下，只好将煤气换热器甩

掉，煤气不预热，直接输送到烧嘴，影响煤气燃烧，综合耗也将有所上升。高线厂一区域加热炉换热器使用已近5年，性能下降，预热空气温度仅为320℃左右，对燃烧和节能有一定的影响。

#### (4) 炉头、炉墙冒火，增加散热损失

型材一区加热炉东侧墙密封性差，在轧制小规格产品时，轧制节奏慢，东侧墙基本上无冒火现象；轧制大规格时，轧制节奏较快，炉压较高，造成东侧墙冒火。高线一区域上加热西侧炉墙与炉顶预制块之间出现缝隙，造成窜火、透红现象，尽管从炉外进行过局部修补，但炉外砌筑效果不好，再次出现透火情况。

#### (5) 炉底结渣严重

近年由于轧钢产量持续增加，加热炉负荷进一步提高，加之加热炉炉压不好控制，吸冷风较严重，导致炉底结渣严重。实炉底部分结渣形成不规则的浪丘，向炉头方向延伸到出钢滑道，有时影响正常出钢。

#### (6) 其他

型材一区8座加热炉尚有4座还是使用水冷，且冷却水的水温偏高，造成两方面的后果，一是炉内水管容易结垢；二是带走炉膛内的热量，增加热耗。无论是蓄热式加热炉还是常规推钢式和步进式加热炉，由于长期在高产、高温、超负荷状况下工作，其使用寿命越来越短。同时指出蓄热式炉蓄热体板结、损坏和阀门故障、使用寿命等问题需进一步改进研究。

### 2.2 采取对策

(1) 煤气压力、热值波动问题。可以采用煤气稳压装置，规划时就应考虑建设煤气柜来缓解煤气供需平衡；在加热炉使用燃料问题上采用单一煤气，或做好煤气混合比例稳定煤气热值；

增加热值仪加强煤气热值监控；检修时错开各加热炉检修时间，这样来缓解煤气压力和热值波动问题；在加热炉控制方面可采用最佳燃烧控制技术解决煤气压力、热值波动影响燃烧的问题。

(2) 烧嘴问题。可以利用干法代替湿法减少煤气含水，加强净化，提高脱硫脱焦效率；定期检修清理烧嘴内粘结物，选择高性能耐高温材料；在轧钢许可情况下，尽可能降低出钢温度，减少待轧时间；对于蓄热式烧嘴选择急冷急热、热震稳定性好的蓄热体；优化加热工艺制度等。

(3) 换热器问题。主要是控制排烟温度在110℃以上，防止酸腐蚀，定期排水除去煤气积水，防止超温过烧，从材料角度可选择耐高温耐腐蚀的换热器。

(4) 炉头炉墙冒火可控制炉内压力为低于20Pa的微正压，损坏炉墙采取灌浆修补，炉底结渣可定期清理，同时采取措施减少氧化烧损。

(5) 提高自动化水平，减少人工操作，利用汽化冷却或无水冷替代水冷方式，加强管理，防止加热炉超温、超负荷运行。

### 3 测试问题分析与对策

#### 3.1 测试的分析

##### (1) 热量平衡

根据首钢加热炉的情况，分别测试了中板2号蓄热式加热炉和型材一区常规加热炉，可以看出两加热炉排烟热损失占比重很大，中板排烟热损失占36.89%，型材排烟热损失占48.8%，可见其余热回收的余地很大。炉体散热、冷却和不完全燃烧热损失合计约占8%，两者很接近，但是中板采用汽化冷却，其冷却热损失比型材水冷占比例要少。同时说明，采用蓄热式技术加热炉比采用换热器加热炉相对节能，由于中板2号炉目前仅采用单预热的方式，尾部排烟温度很高，可以进一步利用这些烟气余热。

##### (2) 技术指标

中板2号炉和型材一区加热炉技术经济指标如表2所示，为了解加热炉性能变化情况，特别列入中板2号炉蓄热式改造后测试的指标，从这些测试的指标可以看出，加热炉使用几年后，其性能下降，能耗有所上升，同时型材一区加热炉单耗偏高。

表2 加热炉主要技术指标

序号	指标	单位	中板2号炉	中板2号炉	型材一区
1	小时产量	kg/h	81534	64986	137950
2	供热强度	GJ/h	121.5	83.23	203.4
3	单位热耗	GJ/t	149.1	128.1	147.5
4	炉子热效率	%	56.15	61.77	59.63
5	空气系数		1.01	1.085	1.71
6	单位可比能耗	kgce/t	50.86	43.7	50.31
7	测试时间		2007.11.01	2003.05.23	2007.12.21

##### (3) 指标监测

2007年各厂加热炉单项指标监测如表3所示，斜体表示测试数据不达标。可以看出目前没有一台加热炉没有问题的，随着使用时间的延长，空燃比、排烟温度和炉体表面温度都或多或少的存在超标现象。

表3 2007年各厂加热炉单项指标

名称	空气系数	排烟温度/℃		炉体外表面温度/℃	
		出炉	出口	炉内	侧墙
中板1号炉	2.21	713	379	1208	105 125
中板2号炉	1.39	570	486	1013	102 118
型材一区	3.79	750	398	960	89 119
型材二区	1.69	662	465	1031	83 107
型材三区	1.94	827	252	1152	78 106
高线一区	1.68	677	397	1066	89 130

#### 3.2 分析与对策

(1) 通常空气系数为1.05，为防止加热炉冒黑烟，实际控制数远大于此数。其主要原因是风量控制不合理，炉尾负压过高有冷风吸入，影响燃烧。换热器前往往出现漏风问题，导致排烟空气过剩系数超标。对策：①控制残氧，合理控制风量，保持炉内压力平稳；②减少冷风吸入量，降低空气系数。

(2) 炉内侧墙、炉顶局部耐火材料脱落。对策：加强炉墙保温，定期修复。

(3) 排烟温度较高，造成废气带走的热损失较大。对策：在原来基础上加强烟气余热利用。

(4) 由于在钢坯加热过程中，炉气中的氧原子与铁原子在一定条件下反应生成氧化物。其生成数量与温度、时间和炉内氧气氛等因素紧密相关。对策：严格控制加热温度，尽可能降低炉内氧气氛，减少钢坯在炉时间。

(5) 热效率不但没有增加反而下降。随着

加热炉使用时间的增加，加热炉的性能开始下降，排烟温度增加，炉体保温能力下降，热效率开始下降。对策：加强管理，防止跑、冒、滴、漏，减少能源损失。

#### 4 总结与建议

(1) 加强加热炉管理，定期检修，合理安排各厂的检修时间。

(2) 稳定煤气热值，合理控制空燃比，加强炉墙保温，合理控制炉内压力，防止冒火，尽可能降低排烟温度。

(3) 加强余热利用，利用余热预热空气和煤气、生产蒸汽、发电等，并做好能源的梯级利用。

(4) 在保证轧制的情况下，优化加热工艺制度，尽可能降低出钢温度，缩短钢坯在炉时间，降低钢坯氧化烧损和加热炉单耗。

(5) 推广应用新节能技术，如热送热装、直接轧制、蓄热式燃烧等技术，可实现较大幅度的节能。

#### 参 考 文 献

- [1] 陈冠军，王连尉等. 首钢中厚板厂蓄热式燃烧技术的应用研究. 钢铁, 2005, 40 (12): 76~80
- [2] 沈洁，徐大勇. 加热炉部分问题的分析与建议. 冶金能源, 2006, 25 (2): 43~45
- [3] 罗国民. 蓄热式轧钢加热炉炉压问题的分析与对策. 工业炉, 2007, 29 (4): 16~20
- [4] 李银河，王宝森. 蓄热式加热炉存在问题的分析与解决措施. 承钢技术, 2006, 2~3
- [5] 陈冠军，胡雄光. 首钢蓄热式燃烧技术应用及问题讨论. 中国冶金, 2005, 15 (4): 38~42

赵艳 编辑

(上接第 31 页)

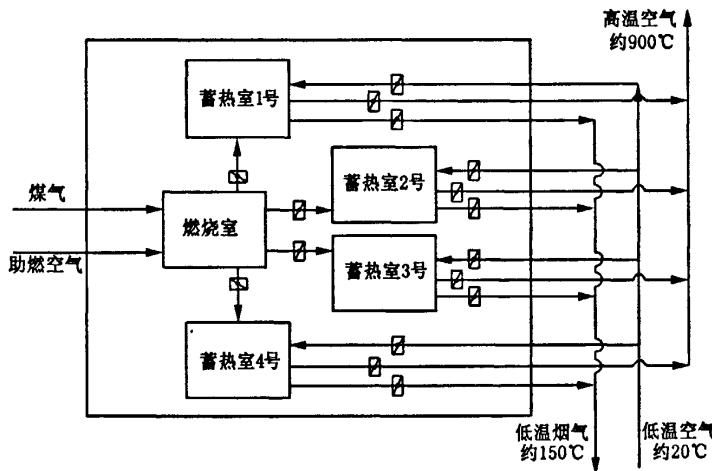


图 2 热风炉系统示意图

#### 4 结论

综上所述，基于蓄热式技术原理，紧凑型蓄热式热风系统将燃烧室与蓄热室独立砌筑，完全避免了内燃式热风炉短路等缺点。采用单燃烧室对多蓄热室的结构形式，并用蜂窝式蓄热体作蓄热介质，提高了换热效率，缩小了整个系统体

积，降低了热损失，有效解决了风温低的问题，对工业实践有很好的指导意义。

#### 参 考 文 献

- [1] 李益民. 大型外燃式热风炉高风温技术研究：[学位论文]. 沈阳：东北大学，2005

赵艳 编辑