### 撤稿声明

撤稿文章名: 作者:	轧钢加热炉综合节能改造分析 张宇,连林博,张佳有,杨栋				
* 通讯作者.	邮箱: 993468954@qq.com				
期刊名: 年份: 卷数: 期数: 页码 (从X页到X页): DOI (to PDF): 文章ID: 文章页面: 218 撤稿日期:	冶金工程(MEng) 2022 9 2 99-104 https://doi.org/10.1 1020373 https://www.hanspub.		13 nformation.aspx?paperID=5		
撤稿原因 (可多选): ☑ 所有作者 □ 部分作者: □ 编辑收到通知来自于 撤稿生效日期:	<ul><li>○ 出版商</li><li>○ 科研机构:</li><li>○ 读者:</li><li>□ 其他:</li><li>2022-11-1</li></ul>				
<ul><li>撤稿类型 (可多选):</li><li>☑ 结果不实</li><li>○ 实验错误</li><li>○ 其他:</li><li>□ 结果不可再得</li><li>□ 未揭示可能会影响理解与结</li><li>□ 不符合道德</li></ul>	〇 数据不一致 论的主要利益冲突	〇 分析错误	〇 内容有失偏颇		
<ul><li>□ 欺诈</li><li>○ 编造数据</li><li>□ 抄袭</li><li>□ 侵权</li></ul>	〇 虚假出版 □ 自我抄袭 □ 其他法律相关:	○ 其他: □ 重复抄袭	□ 重复发表 *		
□ 编辑错误 ○操作错误	〇 无效评审	〇 决策错误	〇 其他:		
□ 其他原因					
出版结果 (只可单选) □ 仍然有效. □ 完全无效.					

## **作者行为 失误**(只可单选): □ 诚信问题

- □ 学术不端
- ☑ 无 (不适用此条,如编辑错误)
- \* 重复发表: "出版或试图出版同一篇文章于不同期刊."

<b>历</b> .	<b>史</b> 者回』	並:	
	是,	日期:	yyyy-mm-dd
	否		

信息改正:

□ 是,日期: yyyy-mm-dd

☑ 否

#### 说明:

" 轧钢加热炉综合节能改造分析"一文刊登在 2022 年 6 月出版的《冶金工程》2022 年第 9 卷第 2 期第 99-104 页上。由于文章结果不实,根据国际出版流程,编委会现决定撤除此稿件,保留原出版出处: 张宇,连林博,张佳有,杨栋. 轧钢加热炉综合节能改造分析[J]. 冶金工程,2022,9(2):99-104. https://doi.org/10.12677/MEng.2022.92013

所有作者签名:

建身	这林博	张佳有	杨栋		
*					
2 22					
1					
F					

## 轧钢加热炉综合节能改造分析

张 宇,连林博,张佳有,杨 栋

内蒙古科技大学材料与冶金学院(稀土学院), 内蒙古 包头

收稿日期: 2022年5月5日; 录用日期: 2022年6月2日; 发布日期: 2022年6월日

#### 摘要

对于轧钢的生产企业而言,轧钢的生产是一项能耗较大的工作,为了更好地落实可持续的发展理念和低碳生产的理念,需要对轧钢加热炉的节能进行考虑。为此,本文会结合轧钢加热炉的智能燃烧控制和永磁调速系统进行分析,通过对炉温控制、炉膛压力和供风压力等方面进行节能改造后,可以有效实现炉温的动态调节,提高热效率,并且还能降低能源消耗。如何有效对轧钢加热炉进行综合节能改造,也成为当前很多轧钢生产企业迫切需要考虑的问题。

#### 关键词

轧钢加热炉,燃烧控制,风机节能

# Analysis on Comprehensive Energy Saving Transformation of Steel Rolling Heating Furnace

Yu Zhang, Linbo Lian, jiayou Zhang, Dong Yang

School of Materials and Metallurgy (Rare Earth College), Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia

Received: May 5<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2022; published: Jun. 9<sup>th</sup>, 2022

#### **Abstract**

For steel rolling production enterprises, steel rolling production is a large energy consumption work. In order to better implement the concept of sustainable development and low-carbon production, the energy saving of steel rolling heating furnace should be considered. Therefore, this paper will combine the intelligent combustion control and permanent magnet speed regulation of steel rolling heating furnace system analysis; through energy saving transformation of the furnace

文章引用: 张宇, 连林博, 张佳有, 杨栋. 轧钢加热炉综合节能改造分析[J]. 冶金工程, 2022, 9(2): 99-104. DOI: 10.12677/meng.2022.92013

temperature control, furnace pressure and air supply pressure, the dynamic adjustment of furnace temperature can be realized effectively, the thermal efficiency can be improved, and the energy consumption can be reduced. How to effectively carry out comprehensive energy saving transformation of rolling heating furnace has become an urgent problem for many rolling production enterprises.

#### **Keywords**

Steel Rolling Heating Furnace, Combustion Control, Fan Energy Saving

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



Open Access

#### 1. 引言

加热炉是钢铁企业在轧钢生产中的主要设备,在能耗人占轧钢生产总能耗的 70%~80%。通过对轧钢 加热炉进行质量控制,可以直接关系到企业的生产效益,同时也能影响到加热炉寿命提高、成材率提高 和能耗降低等方面。所以本文需要以轧钢加热炉智能燃烧控制和配套风机系统节能改造为背景,对该项目的改造方案进行分析,并验证节能效果。

#### 2. 综合节能改造项目的目标

第一,通过综合节能改造项目,需要对燃烧系统进行系统的改造,从而保证供热制度和炉温制度更加合理化,同时满足各类轧钢的生产要求。第二,在燃烧控制上,需要通过模糊算法和 PLD 控制技术对炉中钢胚的温度进行控制,促使轧制线的各种工艺技术得到发挥。第三,需要在满足加热质量的前提下,在钢温允许的前提下进行低限供热、这样能实现节能和降低氧化烧损、减少脱碳层厚度的效果。第四,需要对钢胚的加热数据进行分析,一般包括钢胚各段的在炉时间、钢胚的出炉温度、各段加热炉温等数据,从而提供给相关管理者可靠有效的数据,促进各种决策的可靠性。第五,将引风机系统和鼓风机系统的连接方式进行改变,提高节能生产的效果。

#### 3. 综合节能改造方案设计

#### 3.1 智能燃烧控制系统设计

#### 3.11. 智能炉温控制

智能炉温控制中,每段炉温的控制回路由炉顶的两支热电偶进行温度测量,同时参与到设计炉温的调节,具体可以由相关人员在 HMT 上完成炉温的控制选择。具体可以通过以下三点完成炉温的智能控制。

第一,改进型双交叉限幅控制方法。跟传统的串级比值方法比较,该控制方法有着更加精细控制空燃比的优势,具体讲可以对动态的空燃比进行控制,不过在系统响应速度上有着一定的缺陷,会牺牲系统跟踪负荷变化的响应速度。具体控制原理如图 1 所示。为了进一步提高该控制方法的响应速度,需要将限幅系数设计为可结合温度偏差进行自动修正,这样能够在炉中温度偏差较大时,既降低或者直接取消限幅功能,也就是设计动态的限幅系数,从而提高该控制系统的响应速度[1]。图 1 双交叉限幅控制原理图。

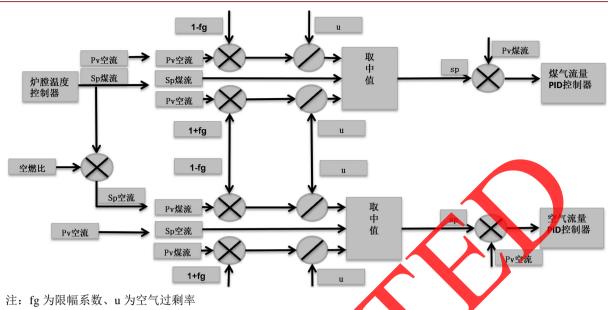


Figure 1. Schematic diagram of double-crossover amplitude-limit control 图 1. 双交叉限幅控制原理图

第二,空气过剩系数的自动修正。结合燃烧的相关理论,烧嘴负荷跟理论空气过剩率的关系如图 2 所示。在实际中,理论空气过剩系数会随着生产负荷的变化而变化,这样的变化可以帮助提高燃烧的效率,不断降低氧化烧损。另外,在低负荷状态的常规控制中,为了使空气和煤气能在小流量的情况下充分燃烧,需要在煤气流量不变的基础上添加空气流量,从而提高小流量情况下的燃烧效率。图 2 为烧嘴负荷跟理论空气的过胜率关系。

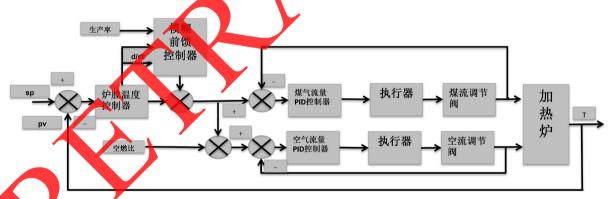


Figure 2. Relationship between nozzle load and theoretical air 图 2. 烧嘴负荷跟理论空气的过胜率关系

第三,炉温模糊控制技术。针对温度对象的大滞后现象,只通过常规的 PID 进行调节控制会出现超调量大和速度慢的问题,需要通过供热需求对燃料的消耗量和生产率进行分析,另外还需要结合操作经验对热炉的情况进行划分,并针对每种情况制定一定的决策计划,最终在以上基础上完成对炉温模糊控制器的研究和建立。需要注意的是,为了提高系统运行的可靠性,需要在模糊控制器中利用前馈结构,这样既可以结合实际的生产情况通过模糊决策对流量进行控制,也能具有 PID 的作用。在实际的生产中,炉温模糊控制器的输出在生产平稳中没有什么变化,主要是 PID 起到控制作用,不过在生产率变化时,模糊控制器会在炉温变化前先 PID 一步发生作用,能直接完成流量改变的工作。在模糊控制技术下,可

以有效提高控制系统中的响应速度[2]。

#### 3.1.2. 调节炉膛压力

通过对风机永磁调速技术的引用,可以对排烟量进行有效的自动控制,结合煤气的供应参数,通过系统设计的引风机转速,可以实现风机永磁调速的闭环设计,并保证一定的风机总管压力。对于炉膛压力而言,主要利用排烟管道中的调节阀进行开度调节,一般情况下需要保证炉膛的微正压为 20 Pa,可以有效降低外部冷气的侵入和火焰的外散。具体要以各段电动调节阀为操纵量,以均热段炉压测点为被控参数,同时结合炉气平衡要求,烟道的排烟量还需要考虑供风量,达到两者的平衡,所以需要利用前馈 - 反馈控制方式,具体如图 3 所示。不过由于炉门处于经常开关的状态,所以会引发炉膛内压力的频繁波动,在测量值容易出现变化的背景下烟道挡板也会容易出现振荡,从而无法对炉膛压力进行有效控制。所以需要对炉门的开关设计输出锁定的控制功能,也就是炉门的开关过程其位置保持不变,在到位后恢复调节功能 3 。

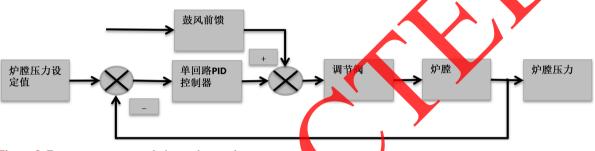


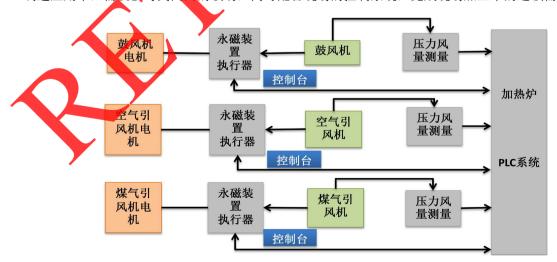
Figure 3. Furnace pressure regulation and control system 图 3. 炉膛压力调节控制系统

#### 3.1.3. 调节供风压力

通过人工 HMI 对鼓风机总管系统压力进行设定,利用系统实现风机转速闭环控制,从而保证供风系统压力的调节。

#### 3.2. 永磁调速系统

在永磁调速控制表置中,一般分为 DCS 自动、现场手动和远程手动三种,具体如图 4 所示。在风机调速应用中,需要参与到阀口的联动,同时配合现场的控制系统,完成现场加工中的连锁需要。



**Figure 4.** PLC system control cabinet control/direct control permanent magnet speed control device **图 4.** PLC 系统控制柜控制/直接控制永磁调速装置

#### 4. 综合节能项目的效果分析

#### 4.1. 智能燃烧控制系统的改造效果

第一,空燃比和残氧量的控制。通过高炉煤气当做燃料,通过空气助燃能对空燃比进行控制,同时将加热炉中的残氧量控制在<2%范围中。第二,炉温调节,优化出钢温度。结合钢胚的加载量、炉膛的压力和燃料的压力等因素,可以对炉温进行自动调节,使各段的温度控制在烧制的要求中,可以结合不同的给料变化、轧钢节奏,不断对出钢温度进行优化,在温度的自动调节下控制温度的最佳化。第三,实现动态调节,提高热效率[4]。在对炉压、排烟温度、蓄热体进行动态调节后,可以让加热炉中的热效率不断提高。结合出钢的温度、空燃比、炉内温度、给料变化、炉内压力、轧制节奏等方面的动态模型,可以构建更合理的控制算法,保证燃烧的效率。第四,除了利用自动控制系统完成对电能源的节约使用,也能降低煤气消耗,节约企业的生产成本、降低钢脱碳层的厚度、降低氧化烧损,提高产品成材率和生产的直接效益、优化装置运行工况,不断降低设备故障率和维护成本、减少氧化皮改善成品品相,不断提升产品量、减少硫化物、氮氧化物排放,落实可持续发展和低碳生产的要求,此外还能通过控制系统的自动化,降低员工的工作强度,通知避免一些操作失误发生。造成不必要的损失。

#### 4.2. 永磁调速系统的改造效果

通过改造,炉压控制、排烟量和供风调节是通过永磁调速装置来对风机转速进行调整,在同等工艺的要求下,加热炉的鼓、引风机系统有着更明显的节电效果[5]。对于鼓风机而言,传统鼓风机的工作最小电流为 13 A 到 14 A,通过改造最小电流可以达到 8 A。对于空引风机而言,传统空引风机的最小工作电流为 11 A 到 12 A,通过改造最小工作电流可以达到 8 A。

#### 4.3. 项目改造节能数据统计

通过综合节能项目的改造 为了验证改造的实际效果,下面对某企业改造前后的一个月生产数据进行了统计,具体见表 1。

Table 1. Operating data of one month before and after the transformation 表 1. 改造前后 1 个月的运行数据

名称	单位	改造前	改造后
用电量 用煤气量 轧钢产量 用电单耗 煤气单耗	kWh	561,222	534,456
	Nm <sup>3</sup>	42,810,145	55,662,075
	t	125,342	172,756
	kWh /t	4.47	3.12
	$Nm^3/t$	341.24	322.33

#### 5. 结语

综上所述,通过对轧钢加热炉进行综合节能改造,能够有效降低对能源的消耗,此外通过节能改造还可以提高钢锭和钢胚的加热均匀度,在不断降低氧化烧损下提高企业的生产质量。目前企业在轧钢生产中应用节能综合改造后,也可以利于企业的生产满足社会可持续发展的要求,在低碳生产中实现企业的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 唐文凭, 姚鸿波. 板材加热炉综合节能技术改造[J]. 南方金属, 2019(4): 51-52.
- [2] 周枫, 张晟昊. 轧钢加热炉综合节能改造与效果分析[J]. 上海节能, 2019(5): 400-403. https://doi.org/10.13770/j.cnki.issn2095-705x.2019.05.017
- [3] 张玉山. 小型轧钢加热炉的综合节能改造[J]. 钢铁, 1987(1): 55-57. https://doi.org/10.13228/j.boyuan.issn0449-749x.1987.01.013
- [4] 章莉. 轧钢加热炉综合节能技术探究[J]. 冶金与材料, 2022, 14(1): 111-112.
- [5] 陈冬. 轧钢加热炉综合节能技术分析[J]. 冶金管理, 2021(19): 180-181.

