 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i7.11036

Research on Blast Furnace Air Distribution System

Yong Li[1] Lin Wang[2]

Shougang Shuicheng Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Guizhou, Liupanshui, 553028, China

Abstract

Sudden interruption of cold air supply during blast furnace smelting may easily lead to major production accidents such as molten iron and slag backflow as well as tuyere burnout and blockage, resulting in heavy economic losses and production shutdown. According to the operation requirements of the cold air supply systems for two medium-sized blast furnaces in Shuicheng Iron & Steel, this paper designs a fully automatic air bypass system based on PLC logic control. The system is equipped with multi-parameter measuring instruments including pressure transmitters and orifice flowmeters, as well as high-speed pneumatic regulating valves. It establishes the judgment logic for air bypass mainly based on the operating status, air pressure and air volume of blowers, and takes the active air release state of blast furnaces as the interlock condition to realize rapid switching of air sources when blowers break down. The system can complete emergency air bypass within 15 seconds after air cut-off, and the actual response time is further shortened to 5 seconds in field application, which effectively prevents slag backflow accidents. Since its commissioning, the annual number of unplanned shutdowns caused by faults of blast furnaces has decreased by 90%, greatly improving the continuous operation stability and economic benefits of blast furnace smelting.

Keywords

blast furnace; air bypass system; automatic control; pneumatic regulating valve; PLC logic control

高炉拨风系统的研究

李勇[1] 王林[2]

首钢水城钢铁（集团）有限责任公司，中国·贵州 六盘水 553028

摘 要

高炉冶炼过程中冷风供应的突然中断易引发铁渣倒灌、风口烧损堵塞等重大生产事故，造成显著经济损失与生产停滞。针对水钢两座中型高炉的冷风供应系统运行需求，本文设计了一套基于PLC逻辑控制的全自动拨风系统，集成压力变送器、孔板流量计等多参数检测仪表与高速气动调节阀，构建以风机状态、风压、风量为核心的拨风判断逻辑，并纳入高炉主动放风状态作为屏蔽条件，实现风机故障时的风源快速切换。该系统可在断风后15秒内完成应急拨风，实际应用中故障响应时间进一步缩短至5秒，有效避免了灌渣事故的发生；系统投用后高炉年故障停机次数降低90%，显著提升了高炉冶炼的连续运行稳定性与经济效益。

关键词

高炉；拨风系统；自动控制；气动调节阀；PLC逻辑控制

1 概述

高炉冶炼的连续稳定运行依赖于冷风系统的持续供风，动力冷风经热风炉热交换后由风口送入高炉炉内，为焦炭燃烧提供氧气并支撑炉料运动，是高炉冶炼的核心动力保障。若冷风供应突然中断，高炉炉内压力失衡将迅速引发铁渣倒灌、风口烧损堵塞等事故，不仅造成风口等设备的直接损坏，还需停机更换受损设备，严重影响生产连续性。据统计，单次高炉风口灌渣事故平均造成直接经济损失约 100 万元，且事故后恢复正常生产需 6 小时以上，炉况恢复周期长、次生影响大。

为从根本上规避冷风突然中断引发的生产事故，本文针对水钢高炉生产实际，设计开发了一套全自动应急拨风系统，在鼓风机发生故障停风时，可快速实现风源的切换与应急供风，保障高炉炉内风压稳定，避免重大生产损失，为高炉冶炼的连续运行提供可靠的技术保障。

2 水钢高炉及风机的概况

水钢目前有两座中型高炉，主要由三台鼓风机为高炉送风，两用一备，3# 高炉炉容 1350m³，由新建 6# 电动鼓风机送风，4# 气动鼓风机做备用，管上安装了连通阀来相互隔离，风机正常运行时，连通阀处于关闭状态；四高炉炉容 2500m³，由 5# 电动鼓风机送风。

【作者简介】李勇（1984–），男，中国四川南充人，本科，工程师，从事电气自动化研究。

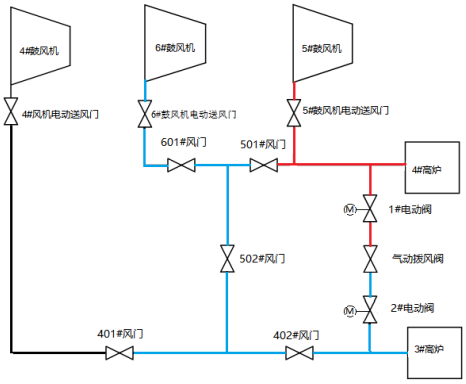


图 1 拨风系统原理图

3 拨风系统的结构

高炉的送风模式有三种：当两座高炉正常生产，三台风机均正常时，6# 风机为 3# 高炉送风，5# 风机为 4# 高炉送风，4# 风机备用；当 5# 风机大修时，6# 风机为四高炉送风，4# 风机为 3# 高炉送风；当 6# 风机大修时，5# 风机为 4# 高炉送风，4# 风机为 3# 高炉送风；为保障任意风机故障时两座高炉均无断风风险，本系统设计了一套可实现任意两个鼓风系统互拨的全自动拨风装置，核心为气动拨风阀组，通过 PLC 控制系统实现风源的快速识别与切换，确保任一鼓风机发生故障时，备用或正常运行的风机可在 10 秒内完成对故障风路的供风接管，维持高炉炉内风压稳定。

4 拨风系统中自动控制的设计

4.1 拨风控制系统的组成

拨风系统的检测仪表：拨风主管和送风主管上的风压由压力变送器测量，拨风阀前后分别设置两个压力检测点，以及就地压力检测表，流量由孔板和差压变送器测量：风压变送器（精度 ±0.5%）、孔板流量计、止回阀状态传感器。在仪表控制台上安装声光报警器和手操器及按钮，用于主要参数报警和拨风阀的手动操作，拨风阀是核心动作装置，采用气动调节阀。气动调节阀（响应时间 ≤2 秒）；计算机系统采用罗克韦尔 PLC 和工控机，由 PLC 完成信号的采集、转换、报警以及拨风连锁条件的逻辑判断和拨风阀位给定；工控机对各种主要参数进行显示、报警、趋势记录。PLC 部分由电源模板、CPU 模板（1756-L62）、模拟量输入与输出模板、数字量输入与输出模板组成，工控机（intouch 监控界面）。 控制逻辑图设计如图 2 所示。



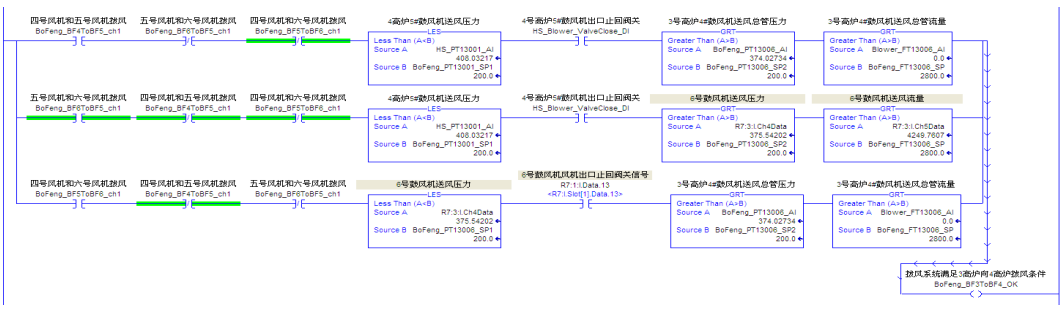
图 2 拨风系统控制画面的设计

4.2 控制逻辑的设计

根据实际情况，由于供 3#、4# 高炉的冷风是由两台鼓风机分别供风，故采用风机出口止回阀信号作为拨风控制信号之一，同时供风主管的风压、和风量也是重要控制信号；当高炉要求主动放风时，也将引起风压降低，而此时系统不需拨风，故将高炉放风状态作为判断信号。风机拨风控制系统采用自动、手动相结合的方式。出于安全考虑，设计此系统时已自动为主，两座高炉在正常生产时，高炉给出“允许拨风”的信号，当故障突然发生时，由计算机根据主管风压、风量和止回阀的信号来判断是否符合拨风条件，若符合则给定拨风阀的阀位，同时给出提示及报警。

以第 1 种送风方式进行说明，5# 风机为 4# 高炉送风，6# 风机通过 601# 风门、502# 风门、402# 风门为 3# 高炉送风。按照设计思路，两座高炉都处于正常生产时，两座高炉均选择“拨风允许”信号，此时的电动蝶阀 1#、2# 电动阀处于常开状态；当系统检测到任意一座高炉送风总管风压低于设定 (如 200kPa) 后，且风机出口止回阀关闭，则可以判断具备拨风启动的条件，再检测到另一座高炉风压是否高于设定值 (如 250kPa)，如果满足，则系统快速开启气动拨风阀至设定位置，拨风系统开始工作，就从正常运行的风机向另一个系统拨风。控制程序如图 3 所示。控制条件：主供风管压力＜ 200kPa；风机止回阀关闭（判定风机故障）； 备用风管压力＞ 250kPa；高炉未处于主动放风状态。

满足条件后，PLC 输出指令开启气动拨风阀至预设开度（三高炉风机给四高炉系统拨风的预设开度为 45%，四高炉风机给三高炉拨风的预设开度为 40%），同时触发声光报警。手动模式下可通过工控机界面强制干预阀位。



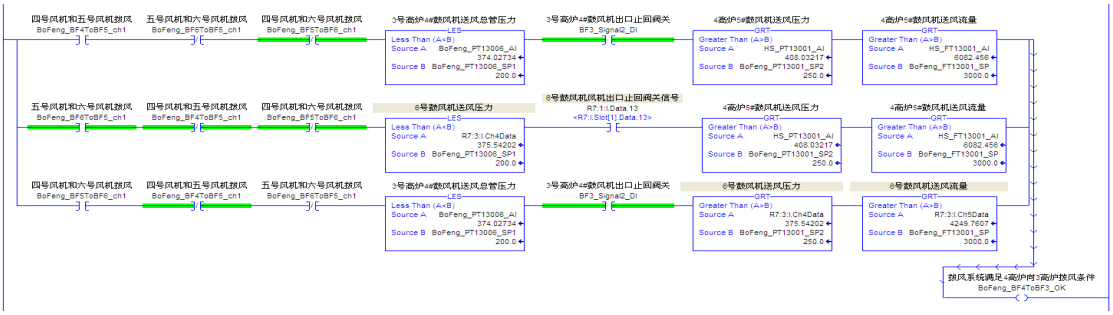


图 3 拨风启动的判断程序

5 拨风系统技术难点

3#、4# 高炉为中大型高炉，送风管道长、炉内余压高，断风后 15~20 秒即可能引发灌渣事故，人工手动拨风难以满足应急时间要求，因此本系统设计需突破多方面技术难点，具体解决措施如下：

5.1 高速响应控制难点

中大型高炉拨风系统对控制通道时间常数要求＜10 秒，为保障动作的快速性与可靠性，系统选用高速气动调节阀作为核心执行机构，其响应时间 ≤2 秒，配合 PLC 的高速逻辑运算，实现拨风阀的快速启闭与阀位调节，满足应急拨风的时间要求。

5.2 风压信号有效识别难点

经测算，引发中大型高炉灌渣的临界风压为 100 kPa 以下，而高炉正常操作中存在临时性低风压工况，为避免误判，系统将高炉主动放风状态纳入逻辑判断屏蔽条件，并设置风压多点检测与阈值判定（200 kPa 为故障低风压阈值），有效区分故障性低风压与操作性生活低风压。

5.3 检测仪表可靠性难点

风压、风量、风机状态等参数的采集准确性是拨风逻辑正确判断的基础，系统选用高精度、高可靠性的工业级检测仪表，包括精度 ±0.5% 的压力变送器、标准孔板流量计、高灵敏度止回阀状态传感器等，同时设置就地检测仪表与远传仪表双重校验，保障参数采集的真实性。

5.4 风机故障全面检测难点

风机喘振是引发风机停风的重要故障类型，风机喘振时喘振阀会自动打开，风机进入安全保护模式并停止正常供风，因此系统将风机喘振阀动作信号纳入风机故障检测条件，实现对风机故障的全面识别，避免因喘振引发的断风未被检测而导致的灌渣事故。

6 单座高炉安排休风检修时拨风系统的操作控制方式

拨风系统的主要作用：在高炉出现突然断风时，提供应急风量和风压，保证高炉风口的安全；在高炉临时休风或者计划休风时，确保拨风系统的有效切断是至关重要的，对应的处理方法如下：

当高炉休风时，需将两个高炉操作画面上的拨风状态选择为 " 禁止拨风 "，确保自动程序不能动作，同时气动拨风阀必须处于关闭状态；将气动拨风阀前后的电动拨风阀全部关闭，确保正常生产高炉的风量完全切断；如果高炉是长时间休风，需将设置在拨风管道上的手动阀关闭，设置专门的联系人，避免气动拨风阀、电动拨风阀误动作时，有风量串人休风的高炉。

在高炉休风结束，即将恢复生产前，再联系确认打开手动切断阀；待高炉基本恢复正常生产水平后，再联系打开电动拨风阀：在炉况允许的情况下，再将气动拨风阀选择为允许拨风的自动状态；这就是在高炉安排休风检修时拨风系统的操作控制方式。

7 结语

针对水钢中大型高炉冷风供应中断引发的灌渣事故问题，本文设计的基于 PLC 逻辑控制的全自动拨风系统，通过多参数检测仪表、高速气动调节阀与智能控制逻辑的协同集成，构建了一套快速、可靠、精准的高炉应急拨风体系，有效解决了高炉断风后风源快速切换的技术难题。该系统以风机状态、风压、风量为核心判断依据，纳入高炉主动放风状态作为屏蔽条件，实现了拨风动作的自动化、智能化，可在断风后 15 秒内完成应急拨风，实际应用中故障响应时间进一步缩短至 5 秒。

系统于 2024 年在水钢 4# 高炉正式投用后，累计触发应急拨风 3 次，拨风成功率 100%，有效避免了灌渣事故的发生；显著提升了高炉冶炼的连续运行稳定性，创造了良好的经济效益。

参考文献

[1] 王建军.高炉鼓风系统优化设计[J].冶金工程,2021,48(3):45-50.

[2] 罗克韦尔自动化.ControlLogix系统手册[M].北京:机械工业出版社,2020.

[3] 裴永红，叶宗春。不同风压高炉供风系统自动拨风工艺技术研究 [J]. 冶金动力，2023 (4):48-50.

[4] 胡玉清，李会文，蒋政。拨风系统在昆钢 2500m³ 高炉应用实践 [J]. 昆钢科技，2025 (1):1-4.