

# 精轧高压除鳞水控制优化实践

胡建华

河北鑫达钢铁集团有限公司, 河北 唐山 063000

**[摘要]** 高压除鳞水系统在热轧带钢生产过程中发挥着改善表面质量的重要作用, 除鳞水的精准控制不仅影响带钢的表面质量, 而且影响电能消耗, 以及除鳞箱、除鳞泵等设备的使用寿命。文中简要阐述了通过优化高压除鳞水控制系统, 实现精轧高压除鳞水精确控制, 从而改善带钢头尾除鳞效果、节能降耗、延长设备使用寿命的实践过程。

**[关键词]** 热轧带钢; 高压除鳞水; 自动化控制

DOI: 10.33142/sca.v5i1.5554

中图分类号: TG333

文献标识码: A

## Optimization Practice of High Pressure Descaling Water Control in Finish Rolling

HU Jianhua

Hebei Xinda Iron & Steel Group Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000, China

**Abstract:** High pressure descaling water system plays an important role in improving the surface quality in the production process of hot rolled strip steel. The accurate control of descaling water affects not only the surface quality of strip steel, but also the power consumption, as well as the service life of descaling box, descaling pump and other equipment. This paper briefly describes the practical process of realizing the accurate control of high-pressure descaling water in finish rolling by optimizing the high-pressure descaling water control system, so as to improve the descaling effect of strip head and tail, save energy and reduce consumption, and prolong the service life of the equipment.

**Keywords:** hot rolled strip; high pressure descaling water; automatic control

### 1 高压除鳞水系统概述

除鳞的目的是通过高压水使冷却水和轧件表面形成温度差, 从而使轧件表面的氧化铁皮被剥离并被冲碎、清除, 提高带钢产品的表面质量。因此要达到除鳞目的, 必须使用高压水, 压力一般在 15 至 20MPa, 水处理系统供给除鳞泵站的水压为 0.3MPa, 所以需要通过除鳞泵将水处理提供的浊环水压力提高至除鳞所需压力, 供至现场除鳞点。

我厂高压除鳞水系统分为粗轧除鳞系统、精轧除鳞系统两部分, 主要由除鳞泵、循环阀、PLC 控制柜、变频器、现场热金属检测器、除鳞箱、压力检测元件、进出水管道等组成。以精轧除鳞系统为例, 现场除鳞箱及检测元件布置如图一所示, 其控制原理为:

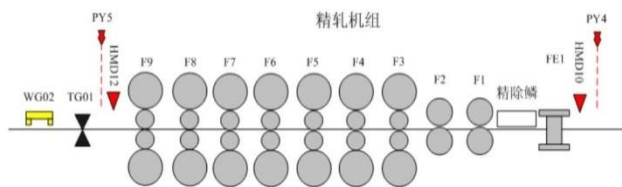


图 1 精轧除鳞箱及现场检测元件布置

精轧除鳞箱位于精轧立辊 FE1 与 F1 之间, 检测元件热金属检测器 HMD10 位于精轧立辊 FE1 入口处, 除鳞箱与热金属检测器监测点之间距离为 1.8m。不除鳞时, 除鳞泵以较低速运行, 循环阀打开使泵出口、入口形成循环回

路; 当高温钢坯头部到达除精轧立辊 FE1 入口处被热金属检测器检测到时, 触发程序中设定的延时计时器开始计时, 达到设定时间后, 除鳞泵升速, 同时关闭循环阀, 此时钢坯头部到达除鳞箱处, 除鳞水从除鳞箱内集管以较高压力喷射到钢坯表面去除钢坯表面氧化铁皮的效果。当钢坯尾部离开热金属检测器时, 热金属检测器检失, 触发程序中的延时计时器开始计时, 达到设定时间后, 带钢尾部离开除鳞箱, 除鳞泵降速, 同时打开循环阀, 除鳞过程结束 (高压水喷射除鳞效果如图二所示)。



图 2 高压水喷射除鳞效果

### 2 精轧高压除鳞水控制系统问题分析

粗轧高压水除鳞箱位于加热炉出口, 距离粗轧入口约 10m, 由于距离较远, 钢坯通过粗轧除鳞箱时的速度不受粗轧机速度影响, 只决定于辊道速度, 而除鳞辊道速度相对比较固定, 粗轧除鳞水打开、关闭的控制采用程序中的固定时间即可满

足精准控制的需求,所以仅对精轧除磷水控制进行优化研究。

首先,在实际生产过程中,需要在检修或换辊后恢复生产前试喷高压除磷水以保证生产后的正常喷射,并且在轧线出现废钢事故时,在 FE1 前热金属检测器处有钢的情况下需要强制关闭除磷水,以保证处理事故过程中的人员及设备安全。其次,由于轧制不同规格时精轧入口辊道、FE1 的速度不同,导致钢坯的速度也随之变化,尤其是尾部速度差异较大,所以需要除磷水打开、关闭的时间能够灵活调整,以达到除磷水打开关闭的准确性。

高压除磷水控制系统采用完全独立的一套西门子 S7-300 系列 PLC,原设计其与轧线自动化控制系统无通讯及硬线连接,无法实现数据交换。虽然实现了除磷水的自动打开、关闭,但是无法实现轧线操作人员试喷、强制打开、强制关闭等手动操作功能,而且由于热金属检测器信号触发的延时计时器的时间设定值为高压水除磷 PLC 程序中的固定值,所以也达不到在不同带钢速度下头尾的精准除磷,不仅影响带钢头尾表面质量,而且造成能源浪费及设备寿命减少。

### 3 高压水除磷控制方式优化

#### 3.1 控制优化方案的分析与确定

高压水除磷控制系统与精轧 PLC 之间没有通讯及硬线连接,要在精轧实现高压除磷水的手动控制及开闭的精准控制功能,两者之间就必须要有信号传输,但是由于高压除磷水控制柜设置在位于粗轧入口处的除磷泵站内,与精轧 PLC 距离较远,铺设信号电缆的难度较大,且成本较高。通过整体分析轧线自动化控制系统发现,粗轧 PLC 柜与高压除磷水控制柜距离较近,由于我厂的操作画面采用了服务器-客户机的形式,所以粗轧、精轧共用一台 HMI 服务器,服务器通过 WinCC 软件的 TCP/IP 通讯实现了分别与粗轧速度主令、精轧速度主令两台 S7-400PLC 的变量通讯,同时精轧与粗轧速度主令控制 PLC 之间有以太网通讯,有大量数据传输,轧线自动化系统配置如图三所示。通过上述分析得出结论:可以通过粗轧主令 PLC 与高压除磷水控制 PLC 建立硬线连接,实现控制信号的传输,并在 HMI 服务器的精轧操作画面设置手动控制接口,间接实现在精轧操作画面上对精轧高压除磷水的手动控制及灵活、精准的自动控制。

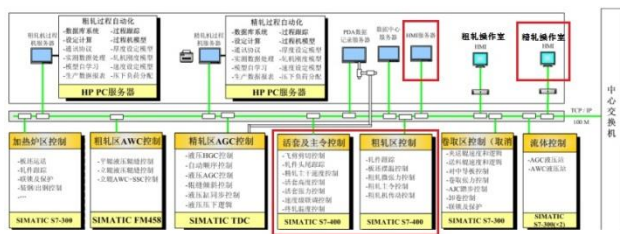


图3 轧线自动化系统配置图

#### 3.2 实现精轧除磷水的手动控制功能

首先,在高压水除磷自动控制程序中对来自轧线 PLC 的控制信号进行处理。将粗轧速度主令 PLC 柜内的备用输出点 Q7.5、Q7.6 作为给高压水除磷系统的控制信号,增加粗轧 PLC 柜至高压水除磷系统 PLC 柜之间电缆,将上述

信号传输至高压水除磷控制系统,并在高压水除磷控制程序中的精轧循环阀控制程序段中,将来自粗轧 PLC 中的 Q7.5 的信号 I3.6 常开点与高压水除磷 PLC 中的打开控制信号并联,将粗轧 PLC 中的 Q7.6 的信号 I3.7 常闭点与高压水除磷 PLC 中的关闭控制信号串联,实现来自粗轧 PLC 的控制信号对精轧循环阀的优先控制,如图四(a)所示。然后,将 I3.6 常开点、I3.7 的常闭点分别在精轧除磷泵的频率输出程序段中做并联、串联处理,实现来自粗轧 PLC 的控制信号对精轧除磷泵频率输出的优先控制,如图四(b)所示。通过上述程序的优化,实现了来自轧线 PLC 信号对精轧循环阀及除磷泵频率的同步控制。值得注意的是,我厂除磷系统共设置有三台除磷泵,1#、3#除磷泵分别为粗轧、精轧除磷泵,而 2 号除磷泵作为备用泵,可通过除磷控制柜的选择开关实现其作为粗轧除磷泵或精轧除磷泵的转换,所以,必须对 2#除磷泵作为备用泵的控制程序进行优化,使其选择为精轧除磷泵时,同样实现来自粗轧 PLC 信号对其运转频率的优先控制。

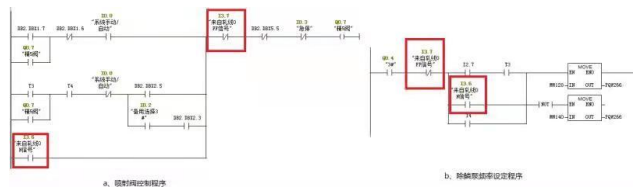


图4 高压水除磷 PLC 中对轧线控制信号的处理

然后,在轧线自动化控制系统中增加对精轧高压水除磷的手动控制功能。在粗轧 PLC 程序中用 DB3001.DBX1.3、DB3001.DBX1.4 分别与 Q7.5、Q7.6 串联作为来自换面的手动操作信号与输出信号的转换,然后在 WinCC 项目的粗轧速度主令变量连接中增加与 PLC 程序中相对应的变量 DB3001.DBX1.3、DB3001.DBX1.4,在精轧主画面中增加“精轧除磷水开启”“精轧除磷水关闭”按钮,设置鼠标单击“精轧除磷水开启”按钮时,变量 DB3001.DBX1.3 置 1,单击“精轧除磷水关闭”按钮时,变量 DB3001.DBX1.4 置 1,并且变量置 1 时相应按钮变为绿色以提示手动控制的状态有效,置 0 时相应按钮变为灰色提示相应手动控制状态无效。如果画面的除磷水打开、关闭按钮均未操作,则为现场热检信号控制除磷水自动打开、关闭。这样就在不改变除磷水原有自动打开、关闭功能的基础上实现了精轧主画面控制除磷水的手动打开、关闭及手动优先的功能。粗轧 PLC 中增加的精轧除磷水控制程序及画面变量、按钮如图 8 所示。



图5 除磷水手动开闭功能实现



### 3.3 实现除鳞水自动开闭延时的 HMI 调整

根据现场检测仪表的布置分析,精轧入口高压除鳞水热金属检测器之前布置有红外高温计(图一中的 PY4 为高温计, HMD10 为热金属检测器), 距离约 1.5m, 来料钢坯先经过高温计, 然后到达热检, 也就是说高温计较热检先检测到钢坯, 同时, 将精轧 PLC 中通过高温计温度判断的有钢信号发送至粗轧 PLC, 就可以使用高温计温度信号判断的有钢信号作为除鳞水开闭的控制信号, 加以一定的延时, 精准控制除鳞水的自动打开、关闭。首先, 增加时间转换程序段, 处理来自 HMI 设定变量的时间格式转换。S7 程序中定时器的设定时间采用的是 S5TIME 的数据类型, 为 16 为数据, 其格式为 S5T#aH\_bbM\_ccS\_ddmS, 其中 a=小时, bb=分钟, cc=秒, ddd=毫秒。在 WinCC 中的设定时间采用的变量是 Real (实数) 的数据类型, 为 32 位数据, 所以需要在程序中将 WinCC 中的 Real 型变量转换成 DINT (双整型) 变量, 再转换成 S5TIME 型变量用于定时器的时间设定。西门子提供了 ROUND 标准功能用于将 Real 数据类型转换成 Dint 数据类型, 以及 FC40TIM-S5TI 标准功能用于 S5TIME 数据类型的转换。

在 WinCC 项目中的粗轧 PLC 变量连接中, 增加数据类型为 32 位浮点数的变量 MD260、MD264, 将其分别作为画面中的打开、关闭延时设定的输入输出域控件的连接变量。在粗轧 PLC 程序中使用 MD260、MD264 分别作为来自于 HMI 的打开、关闭的延时设定值, 单位为 s (秒), 数据类型为浮点型, 分别将其乘 1000 换算为 ms (毫秒), 之后通过 ROUND 指令将其数据类型转换为双整型, 然后再使用 FC40 TIM-S5TI 标准功能块转换为 S5 标准时间格式的临时变量#TIME4、#TIME5 用于计时器设定, 转换过程中通过相应数据格式的临时变量实现数据的传递, 临时变量通过变量声明窗口创建, 它们仅在相关块内有效, 块内使用临时变量时, 相应变量名前加“#”(时间格式转换程序段及变量声明窗口创建的临时变量类型如图六所示)。

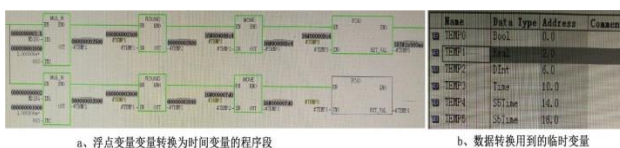


图6 画面设定值转换为时间变量

画面设定值转换为标准的时间变量后, 分别作为延时断开计时器 S-OFFDT 和延时接通计时器 S-ODT 的设定值, 将两个计时器串联后再与来自画面的高温计控制使能选择按钮的信号 M268.0, 以及来自精轧 PLC 的高温计有钢信号串联, 将逻辑判断结果 M268.1 再添加到图三 a 中的手动控制程序中, 将其常开点与来自画面的除鳞水打开信号并联, 常闭点与来自画面的关闭信号并联, 并增加高温计控制选择的判断信号, 这样就实现了在画面选择高温计控制的情况下, 通过高温计检测温度判断的有钢信号及画面设定的延时时间控制除鳞水的自动打开关闭, 除鳞水打

开、关闭延时设定时间, 由岗位操作人员根据精轧入口辊道速度、FE1 速度以及现场实际除鳞情况进行设定调整, 延时设定及高温计控制选择接口画面、延时控制程序如图 7 所示。

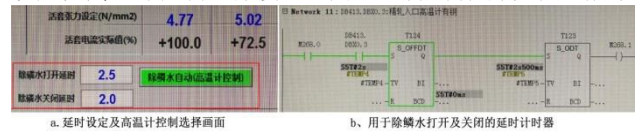


图7 画面设定值转换为时间变量

### 4 改善后效果

精轧高压水除鳞控制方式改善后, 解决了长期以来精轧除鳞水不能手动控制及开闭不准确的问题, 实现了精轧操作人员通过 HMI 画面手动打开、手动关闭除鳞水, 在检修后开轧可以手动试喷、事故时手动关闭, 从而保证开轧后除鳞水的正常喷射; 实现了通过调整打开、关闭延时, 精确控制除鳞水的自动打开、关闭, 既保证了带钢头部到达时除鳞水的及时打开, 从而保证了头部除鳞效果, 同时又保证了带钢尾部离开后除鳞水的及时关闭, 减少了设备受高压水冲刷造成的损坏, 延长了除鳞箱内各结构部件的使用寿命。同时, 除鳞水的精确开闭也减少了提前打开、延迟关闭等现象造成的能源浪费, 在一定程度上起到了节能降耗的作用。

### 5 结语

本次精轧高压除鳞水控制方式的优化, 充分分析了高压水除鳞及轧线自动化控制系统, 考虑了现场检测元件的布置形式, 利用了高温计较热金属检测器提前检测到带钢, 从而可以利用前者信号进行控制的特点; 在实际操作过程中, 充分发挥了西门子 WinCC 软件的强大功能, 以及 HMI 的客户机—服务器形式的优势, 利用现有以太网通讯传输高温计检测信号, 在粗轧主令 PLC 上优化程序间接实现了精轧高压除鳞水的控制, 避免了远距离敷设电缆, 降低了施工难度, 节省了资金及人力投入。同时, 在程序编辑过程中, 采用创建临时变量, 以及西门子标准功能 ROUND、FC40 等进行数据格式转换, 实现了 S5 时间格式的转换, 从而实现了画面输入的延时设定。在轧线 PLC 内运用 S\_ODT、S\_OFFDT 等指令对高温计判断的有钢信号进行延时处理, 将最终的逻辑运算结果提供给高压水除鳞控制系统 PLC, 最终实现了本次控制系统优化研究的目标。通过此次精轧高压除鳞水控制程序优化实践, 不仅解决了生产过程中的实际问题, 也充分锻炼了分析问题、解决问题的能力, 增强了灵活运用各种工具进行软件编程及画面编辑的动手能力。

### [参考文献]

- [1] 赵元国. 轧钢生产机械设备操作与自动化控制技术实用手册[J]. 中国科技文化出版社, 2005(5): 8-9.
  - [2] 杨诚潜. 状态监测与故障诊断技术在精轧机设备管理中的应用[J]. 山西冶金, 2015, 38(4): 58-63.
- 作者简介: 胡建华 (1983-), 计算机应用与维护专业, 大专学历, 助理工程师。从事热轧带钢仪表自动化运维工作, 现任河北鑫达钢铁集团有限公司带钢厂自动化工程师。