

# 中间包自动开浇在宁钢的应用实践

包文锐\*, 刘永军, 胡盛凯

宁波钢铁有限公司炼钢厂, 浙江宁波 315807

## The application practice of automatic pouring in Ning gang

Bao Wenrui\*, Liu Yongjun, Hu Shengkai

Steel-making plant of Ningbo steel Co.,Ltd, Ningbo, Zhejiang 315807, China

### 1. 前言

连铸中间包手动开浇作业对操作工的经验与能力要求较高,操作不当易造成开浇失败,导致生产中断,且有较大生产安全隐患,对产品质量而言,连铸坯头坯质量较差。若采用中间包自动开浇技术能有效避免上述问题,且连铸机的自动化程度得到提升,符合当下智能化工厂的建设思路。连铸中间包自动开浇包含两层含义:(1)中间包自动开浇;(2)连铸拉矫机自动启动<sup>[1]</sup>。宁钢连铸中间包自动开浇是将 PLC 程序控制塞棒开口度与拉矫机控制拉速相结合来实现的,自动开浇的流程为大包开浇钢水注入中间包,中间包钢水达到预定吨位后钢水自动注入结晶器内,当结晶器钢水达到设定液位值后拉矫机和非正弦振动自动启动,设定结晶器液位以一定速率升至目标液位后,中间包自动开浇流程结束。

### 2. 宁钢连铸自动开浇设备及工艺

#### 2.1. 中间包控流系统与结晶器液面计

目前板坯连铸机中间包的控流系统主要包括塞棒控制系统和滑板控制系统两大类[2],两大控制系统各有优劣。相比较而言塞棒控制系统在开浇与停浇的控制方面可操作性强、控制精度高、稳定性更好,因此更适用于自动开浇作业。宁钢目前两机四流连铸,各流均为塞棒控制系统,为自动开浇提供了较好的设备基础;结晶器钢水液位检测均采用的是电磁液面计,电磁液面计与涡流及其他液面计相比具有量程大、液位检测精度高、抗干扰能力强等优良特性,更适合作为自动开浇结晶器钢水液位的检测器件,至此连铸控流系统及结晶器液面计均具备自动开浇条件。

#### 2.2. 中间包自动开浇塞棒开口度模型设计

自动开浇的塞棒开口度模型前期需要以理论计算作为支撑,并通过不断地重复试验来优化塞棒开口度模型。当中间包吨位达到预设值后自动开浇开始,塞棒开始多步连续动作。塞棒开口度模型分为塞棒动作步数、每步持续时间及塞棒开口度大小等。上述参数都通过配方的形式存储在上位机界面软件中,系统根据不同的断面大小自动选择相应配方。在实际生产中钢水过热度、中间包预热情况、钢种等因素都对钢水流动性存在较大影响,因此塞棒控制参数需要具备可自动调整功能。

下图 1 为中间包自动开浇时的塞棒开口度模型。

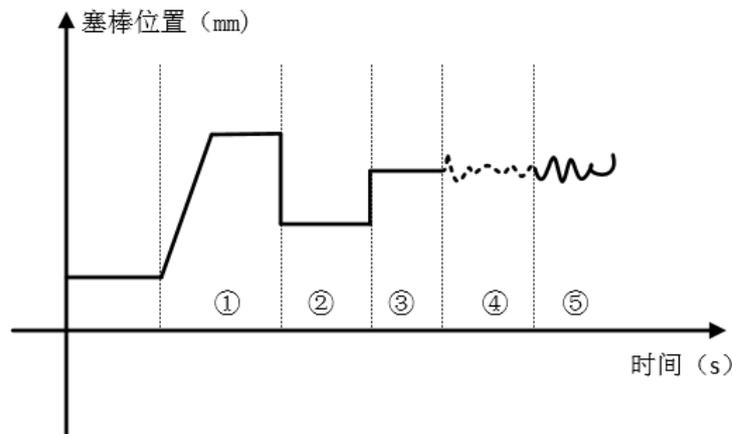


图 1 自动开浇塞棒开口度模型

图 1 说明如下：

- (1) 如①所示，自动开浇开始塞棒按照预设的参数以斜坡打开的方式打开个毫米，并持续秒。
- (2) 如②所示，塞棒开口度减小到个毫米并持续秒，此步的目的是收棒，检验塞棒的控制流效果。
- (3) 如③所示，塞棒开口度增加到个毫米，保证液位稳步增长。
- (4) 如④所示，此时 PLC 程序根据液位上涨速度判断预计出苗时间并将其与设定出苗时间相比较，塞棒自动调整开口度大小，保证出苗时间符合工艺要求。
- (5) 如⑤所示，此时钢水液位达到设定液位高度，拉矫机和振动启动，系统投入自动控制状态，设定液位开始爬坡。
- (6) 系统具备闭环控制功能，能根据出苗时间、液位涨速自动控制塞棒开度，在工艺标准内自动完成开浇作业。

### 2.3. 电磁塞棒控制系统

电磁控制系统主要由液位传感器、以 PLC 为中心的结晶器液位控制器、检测反馈装置及控制塞棒开口度的伺服控制系统组成[3]。磁液传感器安装在结晶器外弧上口处，能准确检测到结晶器内钢水液位变化并将其发送给 PLC 控制器，PLC 控制器通过 PID 运算输出控制信号给伺服电动缸，伺服电动缸通过控制塞棒执行机构的开闭来维持结晶器内钢水液面的稳定。连铸浇钢的过程中若结晶器液面波动超过  $\pm 10\text{mm}$  就可能使保护渣和夹杂物大量卷入钢水中，且会在铸坯表面产生夹渣甚至引发漏钢事故[4]

## 3. 中间包自动开浇技术的应用实践

本次连铸中间包自动开浇试验在宁钢连铸机 1~4 流进行，涉及到宁钢多系列钢种与断面，经过近 16 个月的试验，针对不同断面大小摸索出适合的该断面的塞棒开口度模型。实践中发现在自动开浇初期主要出现以下两个问题：

- (1) 对前三步塞棒开度大小与持续时间把握不够准确，导致出苗时间过短或过长；
- (2) 对塞棒间隙的取值不够准确，导致理论计算出现偏差，进而导致塞棒开口度取值不合理。

针对以上问题，通过大量收集现场人工开浇的塞棒开口度大小与持续时间等情况，从现场设备和工艺入手反复进行优化，最终解决了对前三棒塞棒开度大小与持续时间把握不够准确的问题。同时对塞棒间隙值进行重新测量与估算，最终获得了较为准确的塞棒间隙值。

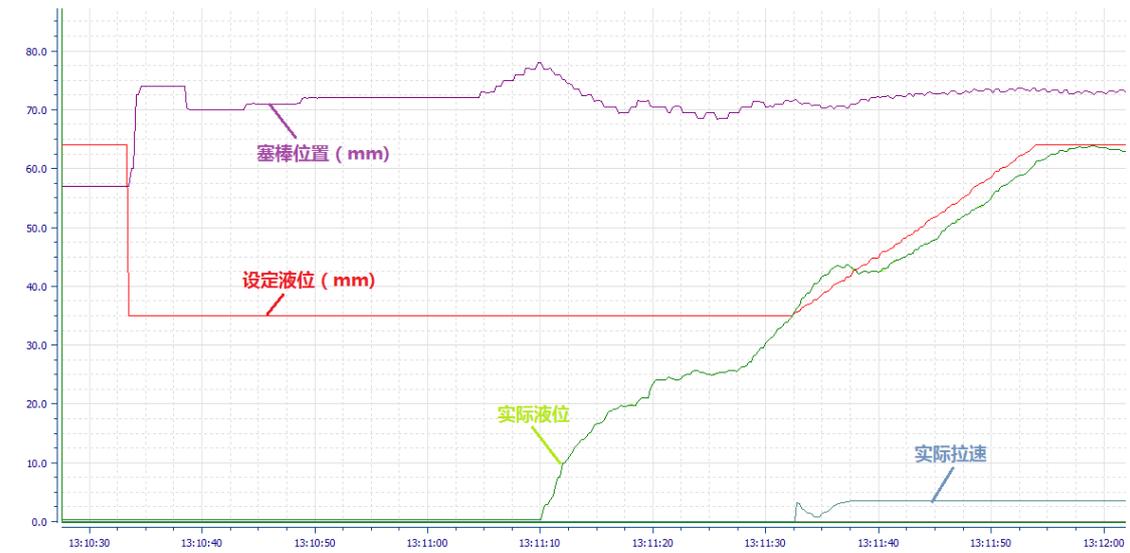


图 2 自动开浇系统界面截图

从上图 2 可以看出，自动开浇开始后塞棒按照预设参数进行动作，设定液位降低，随着时间的推移开浇时间超过出苗时间的一半时，电磁液面计还未检测到钢水液位，此时塞棒自动点动升增加流入结晶器钢水的流量；当电磁液面计检测到液位后自动计算预估出苗时间，此时预估出苗时间低于预设出苗时间参数，塞棒自动点动降；塞棒自动点动升降控制钢水流量，保证出苗时间无限接近预设出苗时间参数。结晶器钢水液位满足铸机起步条件后，拉矫机及振动自动启动，液位爬坡开始。本次中间包自动开浇在宁钢 4 个流进行多次试验后，据观察及数据统计，在整个自动开浇过程中设备运行稳定、钢流大小可控、出苗时间符合工艺要求。

## 4. 结论

(1) 连铸中间包自动开浇作业对现场工艺及设备要求较高，自动开浇前期需要提前分析现场操作工手动开浇情况并结合钢种、断面、拉速、塞棒机构、钢水过热度等数据来确定自动开浇塞棒开口度模型。

(2) 结晶器钢水液位自动控制系统对自动开浇成功率有重大影响，该系统在前期自动开浇时必须具备负反馈调节，塞棒要能根据设定出苗时间、液位上涨速度等及时自动调整开度。

(3) 手动开浇对操作工要求较高，且存在开浇成功率低、操作工操作不规范引发事故率高等问题，相对而言自动开浇安全性较高且易于操作，能杜绝人为操作的不稳定性，提高开浇成功率，降低手动开浇时的结晶器钢液面波动概率，提高铸坯质量。

(4) 宁钢通过对板坯连铸中间包自动开浇技术的应用实践，提高了浇钢作业的自动化程度，填补了在智能浇钢领域的空白，并提高了生产效率。

## 参考文献

- [1] 虞哲彪, 唐海波, 郁坚白等. 宝钢 1450 板坯连铸中间包自动开浇过程控制技术[J]. 宝钢技术, 2001,1:60-63.
- [2] 王延锋, 杨治争, 饶江平, 等. 连铸中间包自动开浇技术的应用[C]. 技引领产业、支撑跨越发展——第六届湖北科技论坛论文集萃. 2011.
- [3] 李东辉, 刘相华, 王国栋. 连铸机塞棒自动开浇与液位控制系统的设计[J]. 中国冶金, 2006, 16(4):23-26.
- [4] 郭义, 乔俊飞. 连铸过程控制理论与技术[M]. 北京: 冶金工业出版社. 2003.