

罗克韦尔自控技术在连铸机中的应用

一、概述

莱钢炼钢厂 4a#连铸机为一台三机三流的矩形坯连铸机，年生产能力为 80 万吨，与中型轧机构成一条热装热送短流程生产线。本文将对其基础级自控系统进行详细介绍。

二、生产工艺简介

钢水包由转炉车间运至连铸车间后，由车间行车将钢水包置于大包回转台钢包臂上，旋转至浇注位后，钢水由钢包流入中间罐车，达到开浇液面后，浇铸开始。钢水经中间罐车注入结晶器，经过初次冷却控制以及振动控制调节后，进入二冷区。自控系统自动跟踪铸坯的位置及长度，铸坯到达冷却段时，由二次冷却系统对铸坯进行水/气的混合冷却。系统跟踪钢坯头到达矫直区时，拉矫机依次进行换压操作；跟踪到脱引锭位时，自动进行脱引锭操作。钢坯达到定尺长度后，由火焰切割机实施切割，切割后由输出辊道运出，再由横向移钢机运至热送辊道，最后由热送辊道运到中型加热炉进行轧制。

三、系统构成及配置

系统采用了美国罗克韦尔自动化公司的 PLC5 作为主控制器，SLC500

用于火焰切割自动控制，选用罗克韦尔自动化公司 1336 系列的变频器用于交流调速控制，远程 I/O 模板用于切割区以及出坯区现场信号的控制，以工业以太网以及 DH+网作为控制网络。

在该系统中，共采用了 4 套 A-B

PLC-5/40E 分别用于铸机的公用系统以及铸流系统的自动控制。根据系统的控制规模，并保留有 25%左右的控制点余量，PLC 系统的硬件配置如下：

公用系统：

主机架通过 CPU 上的通道 1B（组态为 Remote I/O Scanner 方式）外带了 5 只扩展机架、6 块 Remote I/O 模板以及 4 台 1336 PLUS 变频器。

具体配置为：

电源模板（1771-P7，16A）6 块、CPU（1785-L40E）1 块、AI 模板（1771-IFE）3 块、AO 模板（1771-OFE）3 块、RTD 模板（1771-IR）1 块、高速计数模板（1771-VHSC）1 块、24VDC DI 模板（1771-IBD）25 块、24VDC DO 模板（1771-OBD）14 块、220VAC DI 模板（1771-IMD）23 块、220VAC

DO 模板（1771-OMD）16 块、远程 I/O 适配器（1771-ASB）5 块、远程 I/O 模板（32 入/32 出：1791-IOBW）4 块、远程 I/O 模板（16 入/16 出：1791-16BC）1 块、远程 I/O 模板（24 入/8 出：1791-24B8）1 块、25 匹马力 1336

PLUS 变频器（CAT 1336S-B025-AA-EN4-CTM1-HA2）2 台、20 匹马力 1336 PLUS 变频器（CAT 1336S-B020-AA-EN4-CTM1-HA2）2 台。

铸流系统：

用于铸流控制的三套 PLC 系统的配置完全相同，均是：

主机架通过 CPU 上的通道 1B（组态为 Remote I/O Scanner 方式）外带了 2 只扩展机架、3 块 Remote I/O 模板以及 7 台 1336

FORCE 变频器；另外，采用了 3 套 A-B 公司的小型产品 SLC 500 分别用于每流的火焰切割机的自动控制。SLC 500

PLC 通过 CPU 上的 DH+通讯口与 PLC-5/40E 的 CPU 上的通道 1A 通讯口（配置为 DH+）连

接构成了 DH+网以实现数据交换。

PLC5 具体配置为：

电源模板（1771-P7, 16A）3 块、CPU（1785-L40E）1 块、AI 模板（1771-IFE）4 块、AO 模板（1771-OFE）8 块、RTD 模板（1771-IR）2 块、高速计数模板（1771-VHSC）1 块、24VDC

DI 模板（1771-IBD）5 块、24VDC DO 模板（1771-OB）4 块、220VAC DI 模板（1771-IMD）7 块、220VAC

DO 模板（1771-OMD）5 块、远程 I/O 适配器（1771-ASB）3 块、远程 I/O 模板（1791-IOBW）3 块、25 匹马力 1336

FORCE 变频器（CAT 1336T-B025-AA-GTIEN）4 台、40 匹马力 1336 FORCE 变频器（CAT 1336T-B040-AA-GTIEN）3 台。

SLC500 具体配置为：

电源模板（1746-P2）1 块、CPU（1747-L542）1 块、DI 模板（1746-ITB16）1 块、DI 模板（1746-IB16）4 块、

DO 模板（1746-OW16）2 块、DO 模板（1746-OB16）2 块。

4 套 PLC5 通过各自 CPU 上的以太网口（通道 2）挂在以太网上，并通过 MSG 指令相互传递数据；共 25 台 1336 变频器作为远程站采用 Remote I/O

Scanner 方式与 PLC 进行数据通讯；其启动、停止、速度给定等指令均由 PLC 下达给变频器，同时变频器的各种状态数据以同样形式反馈给 PLC。另外，4 台高性能 PIII 工控机作为系统的上位机，通过以太网与 PLC 进行数据传送，完成铸机生产的监控，其中 3 台为操作员站，互为备用，用于生产的实时监控；1 台为工程师站，可以完成对软件系统的查阅、修改等工作（系统配置图如图 1 所示）。

四、软件设计、系统控制功能及实现

4. 1 PLC 程序的设计：

控制程序使用罗克韦尔自动化公司专用编程软件 Rslogix5，并全部采用简单易懂的梯形图方式编制而成，分为公用控制程序及铸流控制程序共 4 套。

每套控制程序均采用了流行的模块化/结构化编程方法：根据控制对象、控制目的的不同把控制程序分为若干控制部分，由主程序在每次扫描周期中依次调用来实现各自的控制功能；在每一个梯形图文件中，把控制功能相同的程序放在同一控制段中，并加以注释。这种结构化编程方法使得程序的查阅、功能的扩充及修改变得更加容易，大大增强了程序的灵活性、可读性、实用性和维护性。

4. 2 监控系统的设计：

上位监控系统采用 Rsvision32 制作，Rslinx 负责完成与 PLC 的数据通讯。根据生产工艺、控制功能的要求，共制作了 9 大部分、共计 40 余幅监控画面。

4. 3 主要的控制功能及关键技术的实现：

主要控制功能：

该自动控制系统主要用于连铸机生产的基础级自动化控制，通过采用 A-B 自动化控制技术可完成基础生产工艺过程的全自动化控制，实现连铸生产现场设备的自动连锁，介质温度、压力、

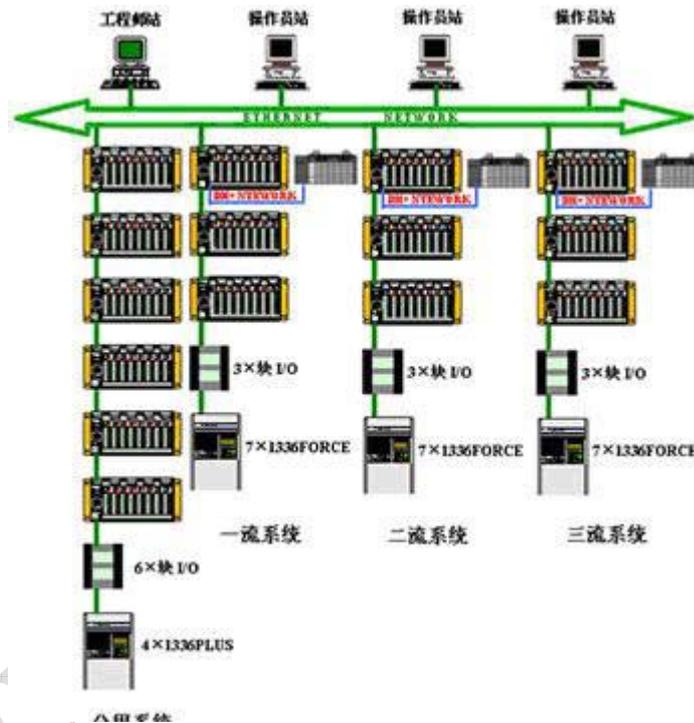
流量的检测调节，数据的通讯处理、故障报警以及生产状况的在线监控等功能。

主要控制功能有：中间罐车行走、升降功能；结晶器冷却水、二冷水、公用介质的流量及压力检测调节功能；推钢机控制功能；横移机控制功能；大包、中间包的钢水测温及称重功能；大包旋转及升降控制；液压站控制；结晶器振动控制；拉矫机/拉矫辊控制；输出辊道控制；结晶器冷却水控制；二冷水控制；自动跟踪控制；火焰切割控制以及生产的在线监控等。

关键技术的实现：

① 变频调速控制技术：中间罐车、拉矫机、结晶器、输出辊道、横移机等设备均采用了变频调速控制技术。PLC 通过 Remote I/O

Scanner 通讯方式将控制命令传达给变频器，同时接收变频器的状态实时反馈信息；控制程序则通过采用 MOV 指令将启/停、正/反转、速度给定值等命令信息以输出字的数据格式发送给变频器，从而实现变频调速的自动控制。



② 二冷区的全自动配水控制算法：

理论上理想的二冷配水控制曲线是一条二次曲线： $F=aV^2+bV+c$ ，但是实现起来非常困难。为此，我们采用直线仿真曲线技术：采用三条斜率不同的直线来模拟二次曲线，根据当前的拉速及三条直线所对应的 a、b 值分别计算出三个配水量 F1、F2、F3，然后取其最大值作为当前的实际给定值： F_{sp}

$= \text{Max}\{F1, F2, F3\}$ （如图 2 所示）。此外，软件上通过 PID 指令完成七段回路仪表调节控制（控制框图见图 3）。

③ 铸流自动跟踪技术：

PLC 根据 A-B 增量型编码器（安装于 3#拉矫机上，1024 脉冲/圈）发送至高速计数模板的脉

冲数，自动计算并完成送引锭模式、浇注模式下的拉矫机/拉矫辊、二冷区配水、电机测速以及铸坯测长等全自动控制。

④ 火焰切割自控系统：

该系统单独采用 3 套 SLC500

PLC，并建立了 DH+通讯手段与 PLC5 进行数据通讯。根据 PLC5 发送过来的铸坯测长实时数据，实现对钢坯切割的自动化控制，并具有 2 种定尺（本机、上位）、3 种操作方式（手动、半自动、全自动）的控制功能。同时 PLC5 根据 SLC500 的反馈信息控制输出辊道的动作将切割完毕的铸坯运出。控制程序则使用 MSG 指令来实现通讯数据信息的相互传递。

⑤ 铸机生产的自动在线监控技术：

采用 Rsviw32 监控技术、Rslinx 通讯技术开发了铸机生产的在线监控系统。

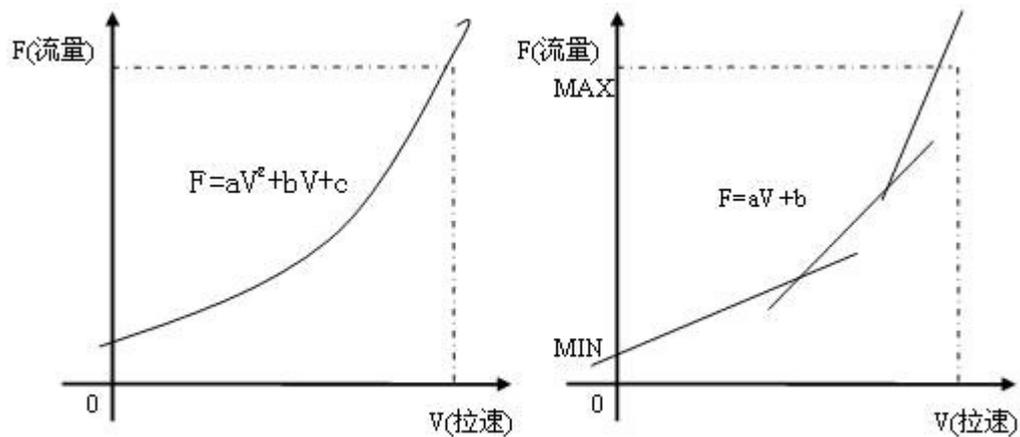
该监控系统分为总貌、风机液压站、条件及状态、公用检测、一冷、二冷、设备冷却水、液面控制和其它 9 大部分，具有如下主要功能：

生产数据、设备状态的在线显示监控；

生产数据的上位设定及生产模式的控制选择；

设备控制方式的选择以及设备的远程控制、介质的远程调节；

趋势记录、故障报警、报表打印以及系统故障自诊断。



五、结束语

该自控系统综合集成了美国罗克韦尔自动化公司的 PLC 控制技术、画面监控技术、网络通讯技术以及变频调速技术，实现了连铸机基础生产工艺过程的自动化控制，可完成连铸生产现场设备的自动连锁控制，介质参数的检测调节，数据的通讯处理、故障报警诊断以及生产状况的在线监控等功能。经过三年多的运行验证，该系统控制功能先进、安全稳定可靠，有效地提高了劳动生产率，改善了工作人员的工作环境，减轻了工作人员的劳动强度，为生产的顺行提供了可靠的保障，并取得了十分显著的经济效益。