

首钢京唐酸轧机组计算机控制系统

刘翠红¹ 赵欢² 郭剑飞³

摘要: 本文主要介绍了首钢京唐股份公司一期1700酸轧机组生产线的计算机控制系统, 讲述了该生产线的自动化控制系统的体系结构, 重点分析了基础自动化的系统构成、网络系统的通讯特点及各级计算机所实现的控制功能, 并对特色技术进行详细描述。现场实际应用表明: 该计算机控制系统运行稳定, 功能完善。

关键词: 酸洗冷连轧机组 工艺控制系统 张力板形 厚度控制

1. 前言

首钢京唐的酸轧联机生产线从世界先进的冷轧系统供应商日本日立公司引进。首钢京唐酸轧机组采用当今世界最先进的技术, 轧机为 UCM 形式, 5 个机架全部为 6 辊轧机, 中间辊具有横移功能, 并且工作辊和中间辊具有正负弯辊能力, 轧制力液压缸为压上方式, 可提供高达 2200 吨的轧制力, 轧机具有出色的板形和厚度调控能力, 其中板形控制系统配置有先进的 ABB 板形测量系统, 并采用智能模糊控制策略。酸洗工艺为日立公司先进的浅槽喷流盐酸酸洗工艺。

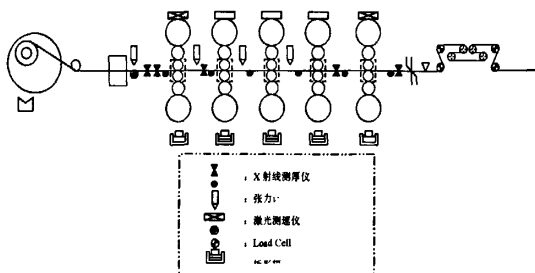


图1 连轧机段特殊仪表配置

日立的酸轧控制系统L1级采用日立公司的HISEC-04R 700 系列 PLC, 软件使用日立公司的 MICA 系统, L2级系统采用HIDIC-RS90过程计算机, 主要控制数据经 $\mu \Sigma$ -100 网络进行通讯, HMI和一些特殊仪表与 PLC

的数据通讯采用以太网通讯。传动系统也采用日立公司自身产品。

2. 控制系统介绍

2.1 硬件配置

HISEC-04R 700 系列 PLC 的 CPU 型号为 LPU500, 用于实现管理 RACK 上的其他 HPU 和通讯模块, 以及 L1 级系统与 L2 级系统通讯等功能; HPU 型号为 LPU550, 即为高速处理单元, HPU 真正用于酸轧的高精度工艺控制, 比如: 张力控制、AGC 控制、HYROP 压下控制等等; NCP 模块为网络通讯处理器, 是 L1 级 PLC 专门用于处理 $\mu \Sigma$ net-100 网络数据的通讯模块; D-NET 通讯模块用于连接现场的远程站; C-NET 通讯模块用于处理 PLC 与传动之间的通讯; 另外, 对于专门控制压上的 HYROP PLC 来说, 还具有与 P/O 过程输入输出单元通讯的 DIF 模块, 与每个 DIF 模块连接必须还具有一个 UD 模块, 它们之间采用双绞线连接, 连接距离不超过 4 米。

PLC 系统还专门具备两台开一备一的 POC 计算机, 它实际起到 PLC 系统服务器的作用, 在 POC 机上运行着系统正常运转所必须的系统应用程序, 同时, 使用 POC 机可以对 PLC 的硬件配置、系统状态进行修改或监视, 还可以直接管理 HPU 中的程序。

2.2 网络结构

日立的 PLC 控制系统采用 $\mu \Sigma$ -100 网作为 L1 级系统的核心, 它是一种高速通讯网络, 最大传输速率为 100Mbps, 酸轧生产线重要的控制数据都是通过 $\mu \Sigma$ -100 网进行通讯。 $\mu \Sigma$ -100 网是一种双环双工网, 在网络中, 各 CPU 中的数据通过 N 地址传送。而 PLC 系统下连接传动系统的 Control Net 和连接远程 IO 的 Device Net 都属于 $\mu \Sigma$ -100 网的一部分。由于 $\mu \Sigma$ -100 网传输格式的特殊性, MICA 的开发机 POC、L2 的服务器与 $\mu \Sigma$ -100 网通讯时都要通过用来转换网络信号的 LAN BOX。

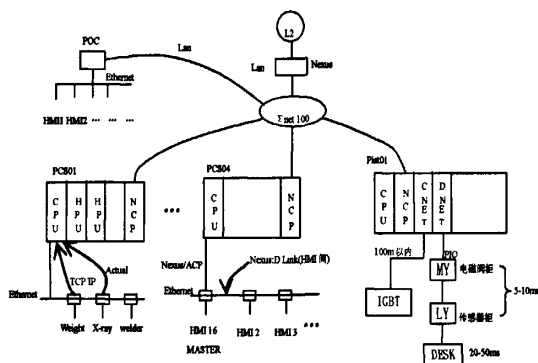


图2 $\mu\Sigma\text{net-100}$ 通讯网络

HMI 人机界面之间, L2 与 L1 PLC, 以及秤重、打包机、测厚仪部分信号等与 PLC 的通讯都是采用以太网, 值得注意的是 HMI 之间和 L2 级与 L1 级之间的以太网通讯协议是特殊的 NEXUS 协议。

系统软件

PLC 系统的系统软件为日立公司的 MICA，它是一种 PLC 软件开发和维护的集成工具，具有模块化的特点，在使用过程中将用到 SCD、LPC 和 SFC 等三种语言来分别实现逻辑处理、数学运算以及顺控控制等功能。并且，该软件的搜索功能非常强大，这便于程序的维护和查找故障。

HMI 使用日立公司的 HUM.InG 软件开发，这种软件也是他们公司特有的，就像 SIEMENS 的 WinCC 软件与 STEP7 的兼容使用一样，它与 MICA 系统具有很强的集成性。

3. 工艺控制介绍

3.1 主控MRH

MRH 即为主线速度调节, 在日立公司的控制功能中它负责着酸轧主线的加减速主线的加减速、停车、焊缝跟踪、FGC 动态变规格等重要功能, MRH 功能是工艺控制系统与在线传动系统的重要接口, 将工艺控制与传动控制紧密联系在一起。SSRH 是轧机段机架速度调节, SSRH 接收各中控制功能的输入设定, 其设定值计算主要来自过程机 L2 的轧制线速度设定和手动补偿, ATR 补偿, AGC 补偿及级联补偿。由于 5 机架为核心机架, 所以不对 5 机架进行补偿, 1-4 机架的手动补偿只能改变 L2 级设定值的 10%。SSRH 将根据 MRH 统一计算, 最终将机架的速度参考按设定速度斜坡发给主传动, MRH 和 SSRH 的参考生成流程如图 3 所示:

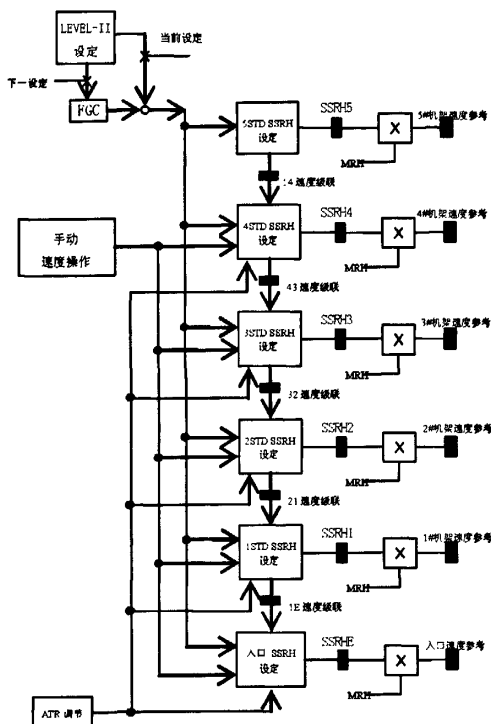


图3 MRH主控调节功能

3.2 自动张力控制ATR

轧制张力是酸轧连机带钢生产过程中必需严格控制的重要参数。它不仅影响轧制工艺条件,影响产品厚度精度与板形质量,甚至能使整个轧制过程变得不稳定。

自动张力控制系统能够实现维持机架间张力、入口张力以及出口张力恒定的功能, 保证稳定轧制[1]。

该冷连轧机组的张力控制系统分为以下两部分:

3.2.1 在连续轧制的过程中，实际张力值>1.6 倍的参考张力值（UPPER LIMIT2）或实际张力<0.6 倍的参考张力（LOWER LIMIT2），自动张力极限 ATLS 自动投入使用，主要是通过调节前机架的速度来实现调节张力。

3.2.2 在连续轧制的过程中，实际张力值>1.3 倍的参考张力值（UPPER LIMIT1），自动张力调节 ATR-G 自动投入使用，主要通过调节前机架的辊缝来调节张力。

3.3 自动板形控制ASC[2]

板带平直度是检验冷轧带钢质量的另一重要技术指标。为了获取优良的带钢平直度,利用 ABB 板形辊的板形反馈值配置了板形最优综合控制算法。该算法

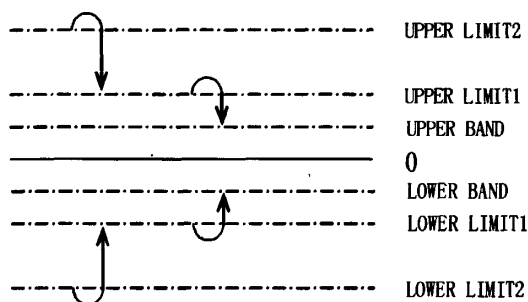


图4 张力调节示意图

基于最小二乘的原理最大限度地利用了输入信息，并全面考虑了轧辊倾斜、弯辊及横移等执行机构对板带不同区域的影响作用。同时还解决了多个执行机构之间相互影响的问题，计算出的执行机构调节量是多个控制的最优综合[3]。

除了多变量的平直度反馈控制外，为了防止轧制力波动带来的板形影响，还具有平直度前馈控制功能。经过平直度前馈和反馈控制后残留的高次板形缺陷由乳化液分段冷却来消除。

带钢板形控制系统包括：

1) 目标板形设定：直接选择预先设定好的目标曲线。

2) 板形实际测量：在第五机架后安装有 ABB 分段压磁式板形仪，实时准确地测量每个分段区域内的径向压力并进而转化成板形偏差送给工艺控制系统。

3) 板形最优控制算法：根据板形实际测量值与目标设定值之间的误差，控制多种板形调节机构，以获得尽量接近目标设定的板形；板形调节机构主要有轧辊倾斜、工作辊弯辊、中间辊弯辊及中间辊横移，能有效的控制一次非对称板形缺陷以及二次、四次对称性板形缺陷。

4) 乳化液分段冷却：乳化液分段冷却主要是为板形缺陷中无法通过轧辊倾斜、弯辊控制和轧辊横移消除的复杂高次缺陷而设置的。轧辊冷却的分段同 ABB 板形仪测量段一一对应。每个冷却段由乳化液喷嘴和控制喷嘴的阀门组成。通过喷嘴的乳化液是否喷射及喷射量的多少来改变工作辊热膨胀的横向分布，从而改变带钢轧制时相应位置的延伸率，控制带钢的平直度。

$$\Delta Y_c = C_1 x^2 + C_2 (x - x_0)^2 + C_3 x + C_4$$

C1: 中间辊控制区域的板形识别

C2: 工作辊控制区域的板形识别

C3: 倾斜控制部分的板形识别

C4: 由乳化液喷头控制的板形识别

3.4 AGC 自动厚度控制

AGC 是为了保证实际的厚度和张力与其目标值尽可能的接近，使用现场的测厚仪和测速仪的测量值通过秒流量控制、前馈控制、反馈控制等功能计算出偏差值发送到主传动和液压辊缝控制等实际的执行控制中来作调节。自动厚度控制包括以下功能：

3.4.1 1# Bisra AGC

主要目的是消除热轧卷的厚度和硬度偏差。此 AGC 使用厚度计算公式控制机架出口带钢厚度。Bisra AGC 没有传输时间延时，响应时间要比使用 1 机架出口测厚仪反馈快得多。所以 Bisra AGC 可以更有效的快速消除机架的厚度和硬度波动。

3.4.2 1# FF AGC

目的是消除热轧卷在 1 机架入口厚度偏差波动。

此功能的输入信号是 1 机架入口测厚仪测量的厚度偏差。这个信号被存储在 PLC 中内存区作为移位寄存器，这个过程在每次取样时进行，已经存储的入口测厚仪偏差通过 PLC 中的计算模拟的移入注册表中。整个模拟计时过程由连接倒轧机主传动的 PLG 完成。在测量点到达轧机之前，控制输出根据压下控制单元和测厚仪的响应延时预先送到辊缝控制单元。

3.4.3 1# Gauge Meter Smith

1# FF AGC 和 1# Bisra AGC 的判断点是相近的，它们不能完全消除 1# 机架出口厚度偏差，而 Gauge Meter Smith 就是通过出口测厚仪用 Smith 补偿和轧辊控制实现消除 1# 机架出口厚度偏差。Gauge Meter Smith 实际是一种反馈控制，从机架到出口测厚仪存在传输时间延时，由于这种延时，很难通过常规 FB AGC 得到高响应，因此通过使用史密斯补偿，我们可以应用 PI 控制实现高响应。

3.4.4 1# REC 偏心补偿

由于 1 号机架处的带钢硬度比其它机架处要小很多，所以支撑辊的偏心对 1 机架影响偏大。通常支撑辊轴承中心与辊子中心是存在偏差的。如果轧辊偏心控制没有投入，出口带钢厚度将因为轧辊偏心引起的轧制力变化而发生变化。

3.4.5 2~5# 机架秒流量控制

因为秒流量计算的准确性更高，通过估计到出口厚度检测点秒流量的厚度跟踪，然后对偏差成份做适应性补偿。

秒流量厚度计算（ η_i 仅作用于 4、5# 机架，2、3# 机架不需补偿）：

$$hm_i = \frac{\Delta VD_{i-1}}{\Delta VD_i} * H_{IT} * (1 + \eta_i)$$

秒流量适应性补偿计算:

$$\eta_i = \sum KIADP_i * \left(\frac{h_{ix}}{h_{mi}(x)} - 1 \right) \Delta T$$

n : 代表 n 处的计算数目

ΔT : 出口跟踪表移位计时

$KIADP_i$: 适应性补偿积分增益

3.4.6 加减速补偿

此功能是为了防止在加减速期间摩擦值 μ 引起的厚度改变, 我们使用前馈轧制力补偿控制, 通过轧制速度改变时估计轧制力变化完成。此功能在连续速度和超过穿带速度时将对应适应性系数 Z_{pi} 进行自学习。

4. 结束语

首钢京唐酸轧机组自投产以来, 工艺控制系统运行稳定。自动厚度控制、自动板形控制及自动张力控制等闭环控制精度高, 稳定轧制过程中带钢厚度偏差

小于 $\pm 1\%$, 板形偏差小于4个IU, 保证了产品带钢质量。FGC过程平稳, 带钢头尾厚度超差小且过渡区较短, 提高了作业率和成材率。各项技术指标均远远优于设计要求, 带钢质量达到世界先进水平。■

参考文献:

[1] Toyohiko Okamoto, Yoshisuke Misaka, Teruo Kouno, et. Advanced Gage and Tension Control of Tandem Cold Mill with Hydraulic Screwdown System [J]. Transactions ISIJ, 1976, 16(1): 614-622.

[2] 王国栋. 板形控制和板形理论[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1986. 213-220. (WANG Guo-dong. Automatic Shape Control and Theory[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1986. 213-220.)

[3] 刘建昌, 顾树生, 周瀛等. 板形最优综合控制算法[J]. 东北大学学报, 1996, 17(3): 248-251. (LIU Jian-chang, GU Shu-sheng, ZHOU Ying, et. Optimum Algorithm of Flatness Synthetical Control [J]. Journal of Northeastern

(作者单位: 1, 2. 唐钢自动化公司 3. 唐钢冷轧薄板厂 唐山市滨河路9号)

攀钢电工钢成功进入珠三角地区家电用钢市场

近日, 攀钢新近开发生产的冷轧无取向电工钢成功进入珠三角地区家电用钢市场, 从而成为我国少数几家能生产冷轧无取向电工钢的企业之一, 并且是国内唯一一家采用普通冷轧线生产该产品的企业。攀钢从2008年开始涉足冷轧无取向电工钢研发领域, 生产用于制备高效节能家电、电动汽车、无刷DC和AC感

应电机铁芯的50PW800L电工钢, 在试验研究和试生产过程中, 相继突破了化学成分特别是硫含量控制、热轧稳定性控制和冷轧横向厚差控制三大技术难题, 使50PW800L电工钢硫含量达到了超低硫电工钢水平, 保持较高的成材率, 横向厚差小于或等于10微米, 完全满足客户使用要求。■(张小军)

攀钢成功进入烤烟用钢领域

近日, 攀枝花钢铁(集团)公司针对云贵川地区钢制烤烟炉市场开发生生产的近4000吨耐酸钢陆续发往用户。这是攀钢积极应对国际金融危机, 紧密结合市场需求开发差异化效益产品取得的重要成果。

今年以来, 面对钢材市场的严峻形势, 攀钢进一步加大市场调研力度, 结合现有装备和技术条件, 培育市场前景看好的新产品。今年初, 国家烟草专卖局出台规定, 要求与烟气接触的钢材必须使用耐硫酸露

点腐蚀钢, 而云贵川地区作为我国重要的烤烟生产基地, 钢制烤烟炉市场前景广阔。根据这一市场需求, 攀钢及时启动耐硫酸露点腐蚀钢的开发工作, 在较短时间内成功开发出PNS耐硫酸露点腐蚀热轧钢带, 并于3月份通过国家烟草专卖局的耐硫酸露点腐蚀钢产品认证, 获得了市场“准入证”, 从而成为国内具有生产钢制烤烟炉用耐酸钢资格的四家钢铁企业之一。■(张小军)