

陈志 (北京首钢自动化信息技术有限公司, 北京 100041)

# 首钢精品棒材自动化控制系统的研制与开发

The Research and Development of Automation and Control System for Shougang Quality Bars

**摘要:** 本文重点介绍了精品棒材自动化控制系统关键技术的设计与开发, 并为其它轧线的自动化控制系统提供了一定的经验。

**关键词:** 自动化控制; 棒材; 传动; 过程控制

**Abstract:** This paper focuses on the design and development of the key technologies of automation and control system for Shougang quality bars. It provides a certain amount of experience for other rolling line automation control system.

**Key words:** Automation and control; Bars; Transmission; Process control

首钢100万吨棒材生产线是首钢产品转型升级中重要的一项工程项目。棒材轧钢控制系统对整条生产线的生产运行情况、成品质量情况起着至关重要的作用, 该系统根据精品棒材的生产特点, 以及当前棒材轧制自动化控制的最高水平, 在大功率传动、基础自动化及人机操作等控制系统均达到了棒材生产线所要求的高精度、高响应速度、低故障率等技术目标, 在精品棒材轧制自动化控制领域内实现了新的突破。

## 1 棒材生产工艺简介

棒材生产线轧机共18架, 为全连续布置, 分为粗轧、中轧、

精轧三个机组, 粗轧机组由6架轧机组成, 平立交替布置, 中轧、精轧机组各由6架轧机组成, 为全水平轧机。轧件在粗中轧机组中为微张力轧制, 在精轧机组中为无张力活套轧制。粗轧前设卡断剪用于事故状态卡断轧件, 各组间设有1#和2#两台飞剪, 用于轧件切头、切尾和事故碎断, 精轧机组后设3#飞剪, 用于轧件的倍尺分段剪切。

中轧机组后设预水冷装置, 实现控轧控冷工艺; 精轧机组后和3#飞剪后设有两段穿水冷却装置, 实现轧后余热淬火加芯热回火处理工艺。轧件由冷床下料辊道成批运往冷剪, 通过定尺机将棒材进行定尺剪切。定尺棒材经辊道及横移机构送往移钢台架, 然后用天车将成捆棒材吊运入库。

## 2 轧线控制系统配置及网络结构

棒材生产线控制系统主要分为传动控制、基础自动化控制、人机接口HMI、过程自动化。传动控制采用SIEMENS S120变频器实现对交流电机的控制, 自动化控制采用SIEMENS S7-400系列PLC完成全线设备的联锁和控制, 人机接口HMI采用SIEMENS WinCC软件对生产状况进行监控, 过程自动化配置一台服务器主要实现轧制参数和数学模型的计算, 整个轧线控制系统具有较好的整体性及可靠性。

轧线控制系统采用两级网络连接, 第一级采用工业以太网, 用于PLC之间、PLC与过程自动化服务器及人机操作HMI之间交

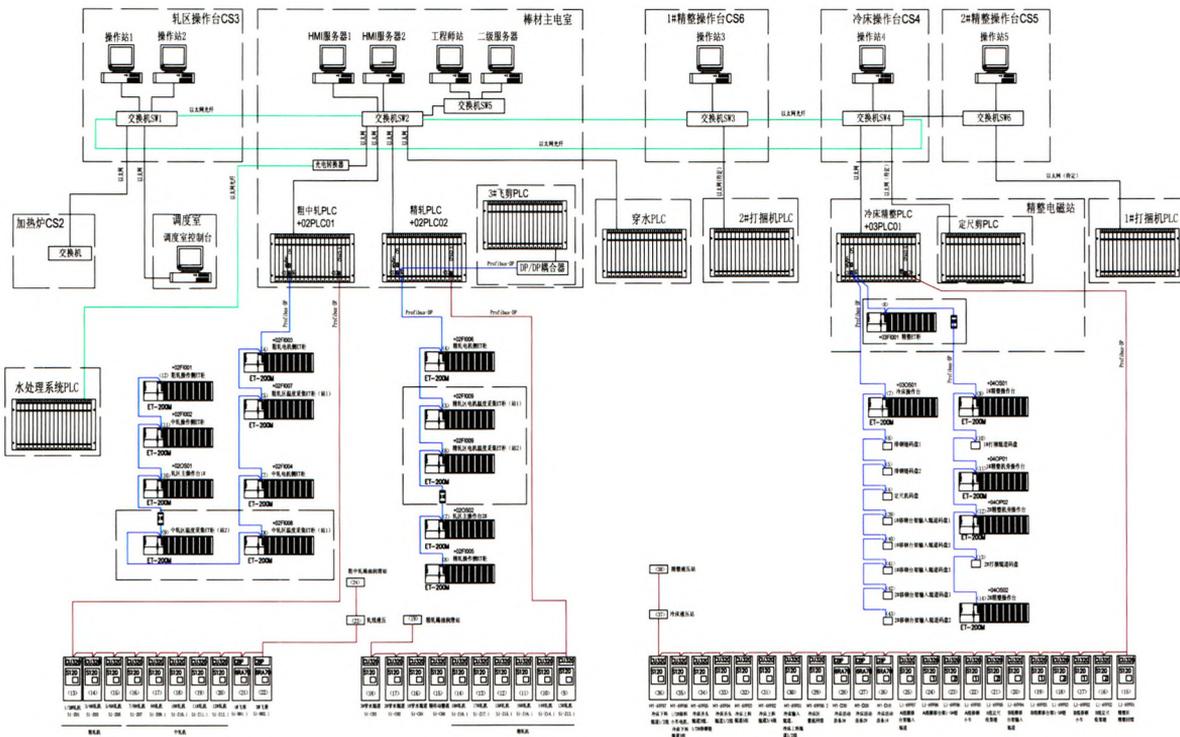


图1 首钢棒材控制系统网络图

换数据。第二级网络采用PROFIBUS-DP网络协议，用于PLC与电机传动装置及远程I/O柜之间的数据交换。整个自动化控制系统网络配置如图1所示。

### 3 传动控制介绍

电机拖动是整个轧线控制的基础，由于交流电机维护简单，节能高效的特点使得交流电机替代直流电机成为一种趋势，长冶棒材的18架主轧机及所有辊道均采用交流电机。交流电机控制采用SIEMENS S120变频控制系统，SINAMICS S120是西门子新一代驱动控制系统，它是集V/F、矢量和伺服控制于一体，具有多轴资源共享和模块化的驱动系统，SIEMENS S120变频控制系统近年来已在首钢许多热轧、冷轧、处理线得到较好的应用。

18架轧机的传动装置采用公共直流母线供电方式，按区域和负荷情况分成四组，每组由一台单绕组整流变压器供电。为改善电源电压波形，限制di/dt和限制整流回馈装置发生故障时短路电流的上升率，传动装置设置了交流进线电抗器，并在交流进线侧设有主进线开关，用于分合闸操作及故障状态下装置跳

闸、保护。

采用SIEMENS S120变频器使传动控制系统能具有如下功能：

(1) “高度灵活”的模块化设计：SINAMICS S120允许不同功率等级与控制性能的单元自由组合，所有系统组件之间都具有高度的兼容性。所有的装置，无论整流还是逆变都可通过简单并联就可实现功率的增容。

(2) “一网到底”的通讯技术：上位通讯采用新一代高速工业以太网技术PROFIBUS T。具有极高的传输速度，能同时传输大量的数据，从而可对更大量的传动点/轴进行实时控制。传动组件采用独特的智能通讯链接技术—DRIVE-CLiQ，用于连接所有组件，从而节约配线时间。

(3) “一心多用”的多机控制技术：一个控制单元就可实现同时控制多达四台逆变和一台整流。由于所需数据均保存在中央控制单元中，所以无需实时数据传输。在控制单元内就能建立轴间连接和控制，保证系统高效可靠运行。

(4) “功能齐全”的传动控制技术：S120系列变频器各控制器和驱动组件之间是通过高速通讯接口DRIVE-CLiQ来连接，

可完成双闭环速度调节,并具有电流自适应功能和速度自适应功能,实现过压、过流、超速、快熔熔断、接地、功率单元过热、功率单元冷却、风机等完善的保护。

#### 4 基础自动化介绍

基础自动化选用西门子PLC控制系统,由三台S7-400 PLC分别完成粗中轧区、精轧区和冷床精整区的工艺控制功能,分布在现场的远程I/O站实现现场信号的采集。另设两台PLC完成3#飞剪和穿水冷却控制,基础自动化主要完成如下控制功能。

##### 4.1 主速度控制

主速度控制包括单机、级联的速度升/降调节功能,主要完成单机、级联、微张力调节速度 $dn$ 、活套调节速度 $dn$ 等的综合运算,在轧件咬入轧机后,对主速度要补偿 $\pm\Delta N$ 增量值进行微调,需要在各机架间建立级联(逐移)关系,将速度调节偏差逐架送给上游机架,以保证机架间的流量关系。

##### 4.2 微张力控制

在中轧机组设置了微张力控制,按照给定的张力,通过测量电流计算出机架调节张力的速度值。采集各架轧机的转速、电流、反电势、计算出电机转矩、加速度转矩、摩擦力矩,按公式 $M_t = M_d - (GD^2/375 \times dn/dt + Mr)$  ( $M_t$ —轧制力矩,  $M_d$ —电机电磁力矩,  $Mr$ —摩擦力矩)可知轧制力矩。当轧件进入下一架轧机前,相当于无张力轧制,控制系统检测和记忆此时的电枢电流,并在轧件进入下一架轧机之后,再测量所控制轧机传动电机的电枢电流、电压等,计算出张力偏差值 $\Delta F$ ,此值即反应了轧件的拉力和推力对传动电机的作用,以此偏差经过张力调节器,其输出作为附加值对上游各机架速度进行调节,以消除金属秒流量不等状况,把张力控制在允许的范围内,从而实现微张力控制。

微张力的控制应采用间隙控制方法。软件中包含了微张力控制的投入和撤出逻辑,在头部进入轧机后延续一段时间投入微张力控制,并用带死区特性和极限特性的PI调节器进行调节。为尽量减少对轧机的扰动,而采用间隙控制法,即开始进行实质控制后,不再连续控制,改为监视和判断。只有当偏差值 $\Delta F$ 超过一定范围才控制,一旦回到控制范围以内即停止控制。

##### 4.3 活套控制

精轧机组使用活套控制来检测和调整与活套相邻机架间的速度关系,从而实现无张力轧制。活套系统由5个立活套组成,基本

控制功能分为活套调节和起套、收套等逻辑控制两部分,活套调节采用PI调节器,调节器输出改变机架速度,保证活套稳定。活套检测采用活套扫描器,对反馈信号有活套零位修正和“套量过高”检测功能。活套的控制可分为区域控制,中间段采用稳定为主的PI调节控制,最高段和最低段采用快速返回中间区的高速策略活套系统。

利用轧线上的热处理监测器和活套扫描器对轧材头尾进行位置跟踪,根据头部位置和轧材速度和两机架之间的距离决定推杆动作、形成活套的时间,保证推杆动作在下一机架咬钢之后进行。根据对尾部位置跟踪,计算收套时刻,收套动作要在前一机架抛钢之前完成,防止抽尾。活套调节系统采用逆调方式,调节器输出改变上游机架速度。为减少起套时对轧线速度的扰动,在起套形成活套时,只改变咬钢机架的速度给定,在活套形成后,自动回复到逆调方式。

##### 4.4 飞剪控制

在棒材生产中,1#、2#飞剪主要用于剪切轧件头部、尾部和事故碎断。该项目中采用飞剪和轧机共用一台PLC控制,大大减少了PLC之间的数据传送,增加了可靠性。PLC在本系统中主要用来完成飞剪线速度的计算,切头、切尾启动时间的计算,完成启动速度的控制、制动和定位控制,以及各种开关信号的逻辑处理和逻辑控制等。1#、2#飞剪剪切精度 $\leq 20\text{mm}$ 。

##### 4.5 物料跟踪

根据工艺特点和控制要求,将轧区分成28个跟踪区段,将冷床精整区分成38个跟踪区段,在轧区进行轧件跟踪,在冷床和精整区采用坯料跟踪。对轧件在轧线和精整收集线上所在位置进行精确的定位和描述,提供当前轧件头、尾的准确位置,是实现高水平速度分配、自动活套控制和微张力控制、飞剪控制的有力保障。

##### 4.6 模拟轧钢

为缩短开工准备时间和减少轧废量,在开始轧制前,要对全线设备通过仿真进行设备检验,从操作台上模拟红钢进入轧线各个设备,检查传动设备的速度、飞剪切头切尾、飞剪碎断、活套器启收套、卡切剪、转辙器的动作等,是否符合轧制要求,若在规定的时间内某设备未达到模拟状态的要求,将会在MHI上产生报警及显示事故原因。它能非常灵活、方便、快捷地达到测试设备运转的状态,给操作人员带来极大的方便,同时

大大减少轧制事故。

## 5 人机接口HMI介绍

长治棒材上位监控软件选用的是西门子上位监控软件WinCC，通过HMI操作人员能够清晰地管理和优化生产过程，通过每一轧机架的状态及报警画面，操作人员及维护人员可以很快地知道故障的发生点及故障类型、故障原因，缩短故障查找时间。系统采用服务器/客户机使得监控软件的运行和维护更加高效和简便，双服务器热备运行又可靠地保证了监控软件的稳定运行。在长治棒材项目中的主要HMI功能有：

- (1) 轧制工艺设备的配置及轧制参数的设定与修改；
- (2) 轧制程序的存储和调用，轧制参数的打印输出；
- (3) 实际轧制运行参数及设备状态的实时监控；
- (4) 事故与报警的实时显示与历史监控。

## 6 过程自动化介绍

过程自动化配置一台服务器主要实现轧制参数和数学模型的计算，完成轧制表的参数设定、输入存储和修改。在轧制开始前或更换规格前可从数据库内调出设定参数，工艺工程师按授权可对参数修改，并将控制参数下载到PLC及传动设备中。服务器存储内容包括：线材尺寸规格、材质、轧辊直径、设定速度、出口机架号、压下量等参数。

在轧制过程中过程自动化可完成各设备状态和电气参数的动态显示，及故障报警与记录，生产报表的生成、存储及打印。

## 7 结语

首钢棒材控制系统自2010年6月投入运行以来，完成了轧机各设备的连锁、微张力控制、活套控制、级联控制、模拟轧钢、飞剪控制以及复杂的计算等各项功能，确保了轧制速度控制精度和轧线工艺控制水平，同时系统具备准确的轧件跟踪、完善的自诊断功能，增加了产品的多样性，并最大程度的减少轧废和能源消耗以及降低事故率，使生产的轧制速度和产品精度均达到了设计要求。

**陈志** (1956-)

男，大学毕业，中共党员，高级工程师，现任北京首钢信息化技术有限公司副总经理。

## 科尔摩根推出AKD™ BASIC伺服驱动器

近日，科尔摩根公司推出了AKD™ BASIC伺服驱动器。这些驱动器是基于以太网设计的，采用了一个集成的单轴运动控制器。与驱动器和PLC分离的方案相比，此类驱动器可以帮助原始设备制造商生产结构更紧凑，效率更高的机器。集成的运动控制器提供了凸轮、S曲线和自由形式运动轮廓功能，另外还有BASIC编程语言和带调试工具的内置程序编辑器，简化了用户操作。因此，机器制造者可以更快地完成复杂的制造过程。

在驱动器中直接集成机器控制功能，设计工程师在设计机器的过程中，就可以不使用某些中小型PLC，减少了连线、部件数量、以及专用面板空间。这样一来，原始设备制造商就可以降低机器的成本和尺寸。AKD BASIC也很适合仍然需要采用多个接口的PLC，其中包括数字I/O以及以太网通信接口。

集成的高性能运动控制器可以帮助用户运行更复杂的动作，提高单轴应用的机器效率。借助快速中断例程和条件式“when”语句，可以快速执行程序，这对于同步运动和机器控制具有重要意义。另外还提供了源代码锁定功能，帮助AKD BASIC用户保护其机器设计方案和IP，从功能上进一步帮助机器制造商获取和保持竞争优势。

与其它AKD伺服驱动器系列产品一样，在该AKD WorkBench内还集成了一个程序编辑器，不需要使用额外的软件包。用户友好的程序编辑器提供了语法加亮、自动完成、自动格式编排和代码片段功能，以便更快地开发代码。程序编辑器还带有调试工具，可以实现单步、断点和跨步程序控制。

AKD BASIC伺服驱动器还提供了一个可选的扩展I/O版本。此选项总共可以实现20个数字输入和12个数字输出，不需要远程I/O，从而减少连线要求和成本。可选的扩展I/O型产品还带有一个SD存储卡，用户无需使用个人电脑即可传输程序，从而简化了驱动器的维护和复制操作。

详情点击：<http://www.kollmorgen.com>