

高速棒线材机组轧辊管理系统的研究与开发

朱立鹏 曹鑫辉 冯 宇 魏雨珊 郝瑞峰
天津电气科学研究院有限公司 天津 300180

摘 要：基于轧辊及其轧孔的数据管理在高速棒线材生产中的重要性，自主研发设计了轧辊管理软件系统，在自动化过程控制系统L2的软件平台与基础数据的支持下，实现新辊入库、磨辊配辊、上线安装、在线监控、换辊下线的全流程管理，使棒线材轧辊管理的各个环节形成有效的闭环。全面介绍了该系统的设计思路与系统架构，针对各机架轧孔动态变化的UI设计难点，论述了动态控件设计思想及换辊流程引导的全过程。实际运行表明，该系统设计稳定、可靠，满足工业现场对于棒线材轧辊高效数据管理的迫切需求。

关键词：自动化控制；轧辊管理；在线监控

在高速棒线材的实际生产过程中，基于其工艺特点，轧辊、轧孔的作用居于核心地位，轧辊及轧孔的过程数据管理直接关系到棒线材机组的生产效率、工艺水平、产品质量，也一定程度上关系到机组的自动化、数字化水平。但由于其轧辊数量庞大、轧孔型号复杂、换辊切孔流程繁琐等原因，传统热轧棒线材机组采用人工记录的方法基本无法满足工业现场对于轧辊、轧孔的数据管理需求，如无法实现数据从磨辊间到轧线的自动流转，无法进行换辊操作流程的规范化引导，无法对在线轧辊的运行状态进行实时监控与超限预警，无法完成轧辊历史数据的精确查询与报表统计等方面的功能。

基于以上现状，为了有效管控棒线材机组大量轧辊所处的位置、状态及其在各个环节所产生的数据，创新性地设计开发了基于工业以太网的轧辊-孔型管理系统，实现磨辊间、配辊间、在线轧制的实时数据交互，进而实现了新辊入库、磨辊配辊、上线安装、在线监控、换辊下线、报废回收的全流程系统化管理，使高速棒线材机组的轧辊管理水平得到根本性地提升。

本文将结合工程项目的实施案例，对系统的运行基础、系统的功能架构、系统设计的创新要点三个方面进行论述。

1 过程自动化二级控制系统

1.1 信息化生产过程

高速棒线材机组自动化过程控制系统L2是自动化生产过程中的重要层级，由过程计算机及基础自动化系统两级组成。二级系统根据原料的原始数据形成的生产计划，将生产计划和生产顺序进行有效整合与集成，对生产工艺过程进行数据跟踪控制，包括生产运行支持、工艺数据设定、生产数据的采集与处理、产品质量管控等^[1]。

其中，生产计划通常由三级管理系统L3，集合销售订单与工作计划来优化组织，通过以太网TCP/IP模式并采用套接字Socket通信方式，二级系统L2可以接收上级L3下发的生产计划，并将产出的生产实绩回抛L3。同时，工艺参数设定数据等由二级系统L2通过通讯程序发送到基础自动化系统L1，生产实时过程数据由L1通过通信程序发送到L2。本机组信息化生产结构图如图1所示^[2]。

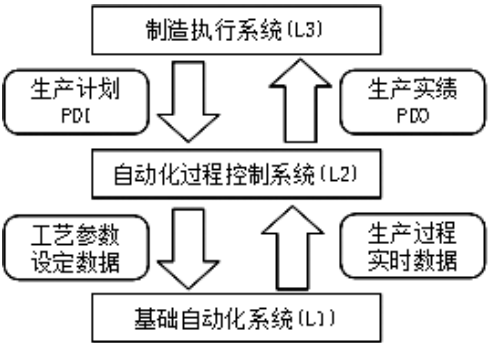


图1 信息化生产结构图

1.2 过程自动化控制L2系统功能

本过程自动化控制系统为C/S架构，功能组成包括实

现与L1级的数据接口、实现与L3级的数据接口、生产计划管理模块、工艺参数数据管理、实时物料跟踪系统、

过程数据采集与显示、生产实绩与统计报表、能源介质管理、生产线的班组管理与用户管理等。在此基础上，

本文将着重讨论轧辊管理系统模块。

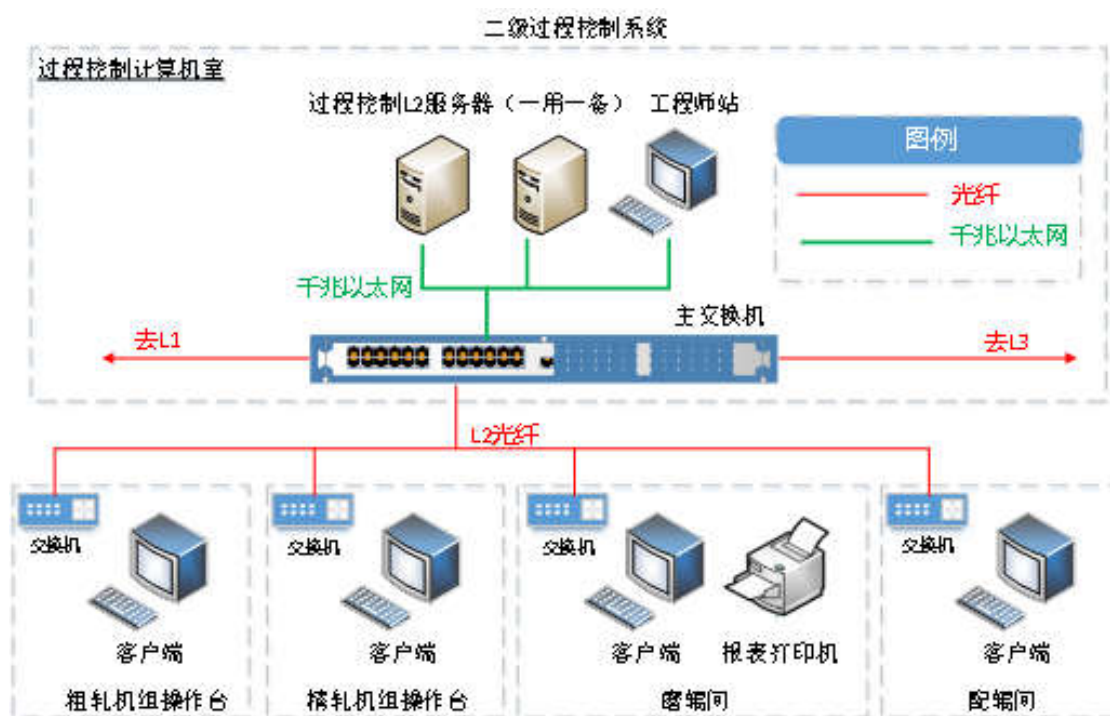


图2 二级自动化系统网络拓扑图

1.3 基于L2的轧辊管理系统

高速棒线材机组的轧辊在一个生产工艺流转周期中，要经过磨辊间、配辊间、在线轧制等环节，其中部分轧辊还会适应生产节奏调整临时下线暂存，其在各个空间、时间中的数据由L2服务器统一管理，通过现场局域网实现数据的实时交互。在L2通信网络与数据跟踪系统的支持下，使轧辊在线监控成为可能，彻底改变以往的轧辊管理系统仅局限于磨辊间的历史，使轧辊管理的各个环节形成有效的闭环。机组网络拓扑图如图2所示。

棒线材机组的二级过程控制系统L2为轧辊管理系统提供了物理网络、软件平台、基础数据、过程信号等方面的支持。基于二级自动化系统数据网络，实现了磨辊间与轧线各机组之间的信息高效流转，使磨辊、配辊数据能及时引导轧辊的上线安装，轧辊工艺人员能远程实时监控轧辊、轧孔的在线运行状态。基于生产计划PDI数据，结合物料跟踪系统，为轧辊在线监控系统提供了当前轧制钢坯的原始数据，可实时计算各轧辊、轧孔的过钢量并及时做出轧制超限预警。基于L2过程数据采集系统，轧辊在线监控系统可实时获取辊面温度、机械震动等实测数据与各机架抛钢、咬钢、切孔等触发信号。

由此轧辊管理系统已成为二级系统中一个子系统，

也使棒线材轧辊的管理从一个仅局限于磨辊间的数据管理平台升级成为一个数据网络系统，分布式部署于现场各个空间^[1]。

2 轧辊管理系统功能

2.1 轧辊信息管理

该功能模块完成轧辊、轧孔的基本信息管理，是轧辊管理系统架构的基础。

主要包括新辊信息录入、轧辊信息调整与查询、轧辊状态跟踪、轧孔信息查询与孔型号管理、轧孔使能管理、磨辊与配辊管理、轧辊报废等功能。

轧辊的基本信息包括系统唯一的轧辊编号、轧辊类型（平辊/立辊）、安装机架、轧辊外径、轧辊材质、辊面硬度、辊面长度、生产厂家、轧孔个数、孔型号列表、轧孔工作辊径列表等。系统支持在L2客户端人工手动录入轧辊信息，也支持标准格式的Excel表格批量导入轧辊信息。系统支持通过轧辊编号、孔型号、轧辊材质、录入日期等查询轧辊数据，也可根据当前轧辊状态（待磨、已磨、在线、报废等）分类显示不同状态下的轧辊，由此完成轧辊状态的跟踪。

轧孔信息以列表形式存在，由此系统可支持特种轧辊的信息录入，即在同一轧辊上布置不同孔型号的轧孔。系

统也可以通过轧孔列表完成对各轧孔的使能管理,对轧制磨损严重或发生缺陷的轧孔禁止使能,此类轧孔在线轧制过程中将不能切入,保证轧制过程安全稳定。

该模块中包括磨辊管理、配辊管理子功能。磨辊管理支持磨辊间完成下线轧辊的磨削数据更新与轧孔使能调整,并将磨辊信息流转至配辊间。配辊管理支持配辊间完成辊架与一对安装轧辊的匹配安装工作,并将配辊信息流转至轧线以指导上线安装。

2.2 在线轧辊管理

该功能模块主要面向机组的生产过程,是轧辊管理系统架构的核心,可完成换辊操作的流程引导、在线切换轧孔、轧制过程监控与超限预警、机架操作日志等功能,同时为适应精轧机组快速更换产品规格的需求,系统提供了轧辊临时下线暂存与重新上线的功能。该模块客户端主界面如图3所示。

通过该功能模块界面,可浏览全线各机架的轧辊、轧孔基础数据,如配辊编号、轧辊外径、配辊孔型号及

工作辊径列表,现场机组工艺人员根据这些数据为每个轧孔设置安全过钢量上限。

基于L2过程数据采集系统,在线各机架的咬钢信号可触发后台程序实时计算各机架轧辊总过钢量、轧孔分过钢量,实时监控在线轧孔是否发生轧制超限,对超限轧孔进行预警提示切换,系统通过采集各机架切孔信号实现轧孔切换状态的同步,同时支持人工手动切换轧孔的功能。由机架操作日志列表可浏览当前机架的换辊与切孔的操作记录以及轧制超限记录。

此外,该模块的UI设计采用的动态控件思想,实现了换辊操作流程的规范化引导,将在后续章节系统论述。

2.3 轧辊历史数据查询

该功能模块可通过轧辊编号、在线时间等条件查询轧辊在每个换辊周期内的全部数据,如配辊信息、安装机架、上下线时间、轧辊总过钢量等,支持换辊周期内的切孔数据绑定查询,并可将数据查询结果导出报表。



图3 在线轧辊管理

3 动态控件设计思想

本系统在人机交互界面设计的难点在于各机架装配不同的轧辊时轧孔数量是动态变化的,全线各个机架无法设计成统一的模式,也无法各自设计成固定的模式,如图5所示,根据此工艺特点,创造性地采用了动态控件

设计,机架界面固定部分设计为统一的模式,其中变化的部分环节则动态设计以适应轧孔列表的动态变化^[2]。

采用控件数组“纯代码”设计机架模板,放弃了VisualStudio界面设计工具的便利条件,提升程序代码复用性的同时,能使机架在不同操作模式下动态呈现不同

的界面元素状态,进而能在同一交互空间中完成机架换辊流程引导、轧孔列表操作、监控实时数据、更新操作日志等全部功能,实现了操作界面与监控界面的合一,也体现了程序设计规范化与灵活性统一的动态控件设计思想。

3.1 换辊流程引导

当机架处于检修模式下,机架界面呈收起状态,区别于在线监控时的打开状态,不显示轧孔列表与操机架

作日志,当机架进入换辊流程引导后,会自动载入该机架的配辊数据,指导机组正确安装轧辊,机架界面状态的前后对比图如图4所示。

如配辊数据未及时流转至机组,则无配辊数据导入,该模式下可手动从系统中以模糊查询的方式筛选出现场实际安装的轧辊编号,此时系统会做两个轧辊的孔型匹配校验,即校验两个配辊轧辊的孔型列表是否完全一致,校验通过后方可引导至后续步骤。

图4 换辊引导流程1

根据机架导入的配辊数据所绑定的轧孔信息,系统动态生成轧孔列表并载入孔序、孔型号、以及磨削后更新的工作辊径等数据,机架界面状态如图5所示。工艺人

员可参考各轧孔工作辊径,设置各轧孔的轧制上限,用于判定轧孔在轧制过程中是否超限。

孔序	孔型号	工作辊径	轧制上限
1	A075*5	555.2	1000
2	A075*5	553.9	1000
3	A075*5	554.3	1000
4	A075*5	555.1	1000
5	A075*5	553.6	1000

图5 换辊引导流程2

机架完成换辊流程的全部设置并确认数据准确后,退出引导流程,重新进入在线监控模式,机架界面状态

如图6所示,此时根据系统磨辊数据中的轧孔使能情况,标记使能禁止的轧孔不可切入,如图中孔序为3的轧孔。

请求换辊

机架检修

轧辊编号

轧辊直径

传动侧辊: G33730-11

610

操作侧辊: G33730-12

610

孔序	孔型号	工作辊径	轧制重量	切孔
1	A075*5	553.2	0	☒
2	A075*5	553.9	0	☐
3	A075*5	554.3	0	☐
4	A075*5	555.1	0	☐
5	A075*5	553.6	0	☐

总过钢量:

0

图6 换辊引导流程3

综上，通过轧孔列表的动态设计，满足了棒线材轧辊、轧孔管理的特殊工艺需求，使机组能快速、准确地完成磨辊、配辊数据引导轧辊上线安装流程。

3.2 分布式系统的UI更新

本系统采用工业领域常用的C/S架构，基于VisualStudio程序开发环境与SQL Server数据库平台，满足工业现场数据交互的实时性，界面功能交互的复杂性，尤其适用于轧辊管理系统这种功能逻辑复杂的UI设计。

由于轧辊管理系统已升级为一个网络系统，分布式部署于现场各个空间，这就为采用动态控件设计的C/S架构交互界面提出了更高的要求，各客户端之间不但要有数据的同步，也要实现界面状态的同步，即当一个客户端正在进行操作时，其他所有在线运行的客户端要同步呈现各流程的界面状态变化，这为系统的设计提出了更高的要求。

为解决上述问题，将动态设计的操作界面的全部模式状态逐一进行编码，即将客户端的界面状态进行数据

化处理，该数据可解析出界面状态的核心信息。由L2服务器数据库统一管理在线各机架的状态数据，系统在线运行的任一客户端进行界面操作后，都会动态更新相应机架的状态数据，其他在线客户端会对该数据做实时轮询，根据状态数据的变化响应到界面元素的变化，即由常规的数据交互实现界面状态的实时同步。

结束语

高速棒线材轧辊管理系统在若干工程现场应用以来，系统运行稳定，满足实际生产需求，实现了从磨辊间到轧线的全流程管理，改善了轧辊及轧孔数据管理的效率，提升了机组自动化生产的技术水平，为企业降本增效提供了技术支撑。

参考文献

[1]董占奎,田华,宋向荣.首钢京唐1580热连轧定宽压力机二级系统设计及应用[J].冶金自动化,2012,36(5):42-46.
[2]胡庆军,曹鑫辉,冯宇,等.某带钢镀锌生产线自动化故障诊断的实现[J].电气传动,2024,54(1):92-96.