

钢铁企业电气自动化控制系统改造与优化研究

杨晓棒 朱鹏飞

河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455133

[摘要]电气自动控制系统是钢铁企业的主要生产和运转保障系统,在很大程度上影响着产品的质量及生产效能、安全性等;本文通过对目前钢铁企业中存在的一些电气自动控制系统出现老化问题,控制精度不足等问题进行分析并提出了PLC控制系统,变频调速系统,网络通信系统以及智能化监控系统的改进对策;然后基于系统的可靠性,对系统本身的抗电磁干扰、装置参数调整及安全管理这四个方面的解决方案;最后结合具体案例说明,文章中所提改进措施和方案对完善钢铁企业的整个电气自动控制系统的性能有着非常大的现实意义。

[关键词]钢铁企业;电气自动化;PLC改造;变频调速;系统优化;抗干扰

DOI: 10.33142/hst.v9i4.19593

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Research on the Transformation and Optimization of Electrical Automation Control System in Steel Enterprises

YANG Xiaobang, ZHU Pengfei

Angang Yongtong Ductile Iron Pipe Limited Liability Company, He'nan Iron & Steel Group, Anyang, He'nan, 455133, China

Abstract: The electrical automatic control system is the main production and operation guarantee system for steel enterprises, which greatly affects the quality, production efficiency, safety, and other aspects of products; This article analyzes the aging problems and insufficient control accuracy of some electrical automatic control systems in current steel enterprises, and proposes improvement measures for PLC control systems, variable frequency speed regulation systems, network communication systems, and intelligent monitoring systems; Then, based on the reliability of the system, propose solutions for the system's resistance to electromagnetic interference, device parameter adjustment, and safety management; Finally, combined with specific case studies, the improvement measures and plans proposed in the article have great practical significance for improving the performance of the entire electrical automatic control system in steel enterprises.

Keywords: steel enterprises; electrical automation; PLC transformation; variable frequency speed regulation; system optimization; anti-interference

引言

随着我国钢铁行业数字化革命的不断深入,电气自动化设备已全面融入钢企各生产环节。自动化控制中心作为钢铁生产线运行的“大脑”,其可靠性与智能化水平,直接决定了钢厂的整体经营效益与市场竞争力。设备大检修期的到来使得维护人员与管理层不得不重新审视问题:“是选择对现有系统进行‘小修小补’还是进行全面更换?”目前大多钢厂控制系统已经持续了十年以上的运作时间,出现备件停售无法购买、售后无保障、故障率高等一系列问题亟待解决升级。同时伴随着工业互联网、人工智能、先进控制技术等新技术突飞猛进而带来的更新换代的速度也越来越快,从而对自动化系统的升级换代带来了

新的动力,在保证安全生产的同时,钢铁企业积极进行对生产工艺和技术进行改善和完善,能带来巨大的社会效益和经济效益,河钢集团张宣科技检修公司通过及时响应问题、协作解决问题、具体落实解决方案的协同攻关模式,完成智能化改造 100 例,国产化率高达 86%,从现在开始深入研究钢铁企业的电气自动化控制系统改造与优化有着非常重要的理论意义以及实际参考意义。

1 钢铁企业电气自动化控制系统存在的问题

目前钢铁公司电气自动化控制系统主要存在以下几方面的问题:一是系统老化。很多公司的控制系统都在服役十年以上乃至十五年左右,PLC的CPU核心单元达到了生命周期上限,电源板卡、通讯模块都不同程度老化了,

有些器件已经停售停产，更换备件需要等待几个月时间，而且多是二手机器件，品质难以保证，厂家也不再生产销售维修服务。二是控制准确性及反应速度不够理想。初期使用的控制系统硬件处理能力及软件设计有缺陷，在工艺控制需求越来越高的情况下已经无法胜任，尤其是对轧机厚度、张力等高速高精度场合，响应时间滞后严重；三是网络通讯稳定性低，现场总线上由于防雷地连接不到位，通信线拔除不干净，公共区控制系统设置不当等诸多原因导致经常发生掉站中断现象。比较工业现场网与工业现场总线两种通信方式的应用特性，与传统协议相比，新型工业以太网协议有着明显的不足之处^[1]。第四，抗干扰能力差。工厂车间里有大量的大功率变频器、电焊机与继电器等，产生大量电磁干扰源，电磁环境非常恶劣，干扰耦合到控制系统的电源线、信号线、地线上，造成监控数据失真，程序跑飞，设备断电等严重后果。

2 钢铁企业电气自动化控制系统改造技术

2.1 PLC 控制系统改造

PLC 控制系统改造是电气自动化系统升级的重要内容，包含硬件更新与软件重建两部分内容，在硬件上对过期或是已经停产以及落后的产品型号进行更换，使用新一代高性能处理器平台，如科远智慧 SC6000 等国产高端 PLC 能够很好地胜任钢铁设备生产的守护工作，而硬件选择的时候应该采取冗余结构的设计，即双 CPU 冗余、电源冗余、通信冗余的方式，使得其中一个部件出现损坏都不会影响整个系统的正常运转，对于软件而言，原有的程序要借助智能化迁徙工具对其进行规范化处理，据统计自动转换率大概可以达到 85%，那些复杂的计算公式则需要人工手动编写。打通数据流和控制流使整个流程智能化变得可行，国产化改造后的系统反应时间加快，备件供货周期也大大缩短了。现场实施时必须采取平行式的作业方式，在线编程、模拟仿真与现场施工同时进行，从而可以大大减少停机时间。某大型高炉 PLC 改造项目的实例，从拆除旧控制柜至新控制系统上线只花了 26 天，系统的故障率降低了高达 80%，非常可观。

2.2 变频调速系统改造

变频调速系统升级是钢铁行业节能减排、工艺精细化管理的重要一环，在钢铁冶炼过程中，轧机主机传动、除尘风机、助燃风机、泵类等大型负载使用变频调速取代原先使用的工频驱动或是液力耦合器调速后能够节省电能 10%~25%，在升级改造的过程中要针对不同负载特性选择合适的变频器型号以及容量大小。轧机主机传动对于瞬态响应时间和过载保护等级的要求非常高，因此建议选择性能卓越的工程型变频器；而对于除尘风机、水泵等负载而言，则着重关注节能效果以及运转稳定性方面的问题，一般的工业型变频器就可以达到相应的要求了^[2]。此外，在改造过程中还要考虑到新旧系统之间通讯协议的一致性，使变频器与控制器 PLC 之间可以有效地进行信息传递。

变频改造过程中，禾望 HD8000 变频调速装置采取互为备用的方式，保留初始变频器为备用方案，从而达到最优的效果。变频装置经过改造以后，运行平稳可靠，各种参数指标都符合生产工艺的要求，甚至高于原来系统的标准。达到了国产化替换的平滑过渡。针对除尘风机这种辅机，在变频调速的基础上，合理设置变频频率，精细控制电机运转速度，还能够减少电能消耗，而在变频器调试运行过程中要特别注意的是要控制好谐波带来的影响，输入端安装交流电抗器或者直流电抗器，在输出端可以考虑增加输出滤波器或者是电抗器来提高电网的功率因数以及减少对电网带来的谐波干扰。

2.3 网络通信系统改造

对网络通讯系统的主要改进措施就是要消除频繁出现的通讯故障及带宽不足两个方面的问题。第一，在面对传统现场总线抗干扰能力弱这一缺点时可以通过把通信协议换成更加稳固的工业以太网协议来解决这个问题，在更新主、辅系统 PLC 的基础上使用博途 V17 编程软件进行编写，对三层网络结构进行重新设计，增强系统的可靠性；而在实施的过程中要注意整体考虑设备层、控制层以及管理层面之间的网络布局，形成清晰有序、互为备份的

表 1 钢铁企业主要设备变频调速改造方案对照

设备类型	改造前方式	建议变频器类型	主要改造内容	预期效果
轧机主传动	直流调速/进口中压变频	高性能中压工程型变频器	主回路切换、通信协议对接、控制逻辑重写	响应速度提升 20%~30%，备件成本大幅降低
除尘风机	工频恒速运行	通用型低压变频器	电机变频驱动、风量闭环控制	综合节电率 25%~35%
助燃风机	液力耦合器调速	高压变频器	拆除耦合器、变频直连、DCS 集控	风量精准匹配，始末风温差降低
水泵/循环泵	阀门节流调节	通用型变频器	变频柜安装、压力闭环调节	节电率 20% 以上，减少机械损耗

三层网络模型。第二,在对待传输介质上要彻底摒弃原来的普通电缆,换成带有强大屏蔽效果的总线电缆并且严格按照布放标准要求,即保证通信电缆和动力电缆之间有足够的距离,不能放置在同一根线槽内平行走线。与此同时,设置专用网关及协议库,使得 PLC 能够与众多网络协议相互连接起来,从而让国产系统与先前存在的传动以及仪表进行良好结合,对网络诊断仪器的应用也是十分重要的,对网络诊断仪器的应用可以在系统调试过程中或者是发生故障的时候能够迅速找出物理层、协议层的问题节点,通信系统的升级改造完成后应该对其进行全面的带负载试验及干扰试验,测试系统在恶劣环境中通信稳定性如何。

2.4 智能监控系统改造

智能化监控系统升级改造,是迈向从被动故障处理到提前预见性维护保养的重要步骤。改造的重点就是把现有的单个监视屏扩展成一个具有数据收集上传、设备状态监测报警以及决策支援等功能一体化的信息管理系统。一方面建立全面生产线的数据采集体系,对生产线上的主要生产设备运行的各项指标比如电流、温度、振动、转速等等进行实时采集以及长期保存记录;通过信息化管控中心来达到对整个冶炼生产线的动态管理和精确控制。另一方面采用数字孪生及人机协作智能化技术,创建一个和实际设备相互同步运行的数字孪生系统,并通过数据分析以及机器学习等方法,预测冶炼过程中可能会出现的问题并且给出相应的解决方案^[3]。在改造过程中,需建立分级预警机制,根据故障的紧急程度采取差异化的预警策略,避免因预警信息过载而淹没关键内容。同时,借助工业互联网实现对不同区域设备的实时监控,只需一个界面即可掌握各工厂、各机器的运行状态,显著提升整体管控能力。

3 钢铁企业电气自动化控制系统优化措施

3.1 提高系统运行稳定性

增强系统的可靠性应该从硬件设备、软件结构、维护管理这三个方面共同着手开展工作。硬件上,对重要控制系统供电系统实施冗余措施是最基本的工作,“分段隔离供电+独立线路重构”,给每一个负载单独设立供电支路,做到“一个故障一个替换”,保证不会出现全面停电的情况;对于重要的设备采取“一主一备”,或者“几台备机”的形式,一旦主装置发生异常能够及时转换到备用系统上去。软件上,简化控制程序的设计方法,把复杂的控制逻辑分成一个个独立的标准单元来编写,降低由于程序互连接紧密而导致的一次故障引起连锁反应的可能性,做好控制程序版本管理,所有的改动都要有据可查。在维护管理方面,制定“设备隐患分类清单”,以高压柜、PLC 系

统、传动装置等 12 大设备来对隐患进行归类,再细分为 28 条常见隐患,每周由相关人员根据清单一个一个排查,这样规范化管理的方法从根本上减少了故障的发生几率。

3.2 提高系统抗干扰能力

在钢铁工业企业中,电气自动化装置长期运行于强电磁环境下,因此,提高系统的抗干扰能力,是确保控制系统精度与通信稳定性的根本前提。近年来由于钢铁工业大型用电设备和通讯设备较多的存在,使得电磁环境恶化了,如果不加以处理会使得通讯失灵导致重大浪费的工作时间,因此要从三个方面去解决电磁干扰:干扰源、干扰途径以及受干扰对象,加强干扰源控制,在干扰源处安装变频器等大型电器,增加输入和输出电抗器,并调整设备设置使高频谐波降低。使用固态继电器代替抗干扰电磁继电器,加大端子距离三倍,增强抗电磁干扰能力;加强干扰途径管理,采用屏蔽材料,阻隔电磁波传播。加强受干扰物体防护,在受干扰设备部分增设抗干扰元件并调整运行方式。在传输途径上全面落实分强弱电布线的要求,采用带有屏蔽层的信号线缆且在单端进行可靠的接地到单独的接地系统。让动力线接地与控制线接地分开是中断干扰传递的基本手段。在受扰装置处为易感信号回路加上隔离变送器,在 PLC 模拟量模块输入端增设滤波电容,常用方式是在第一输入端并联约 100 μF 电容,在第二输入端并联约 0.1 μF 的电容。如此种种便能够很好地屏蔽掉各种工频、高频以及瞬间冲击的干扰源。

3.3 优化设备运行参数

设备运行参数优化可以提高系统的经济效益及工艺水平。工艺参数优化应以实际生产数据为基础而不是简单的经验设定,在轧钢过程中对风冷线风机频率、液压站压力设定值及轧制速度等方面要随着钢种的变化而变化,不能“一刀切”,采用固定参数。由于风机转速与其风量之间呈线性相关的关系,把轴流风机频率定值转变为风机转速定值得出较为精确的数值后进行调整,从而达到节约电力的目的。通过参数优化解决了原系统过高的冷却速度造成的产品机械性能损失的问题,月创效益明显。电气运行参数上要对变频器加速减速时间、过流保护限值以及 PID 参数等予以设定以适应具体负荷的要求^[4]。同时通过回顾过往的经验曲线找出参数漂移的先兆并在第一时间做出调整,防止参数出现偏差脱离最优区域。

3.4 加强系统安全管理

系统安全保障是整个电气自动化控制系统安全可靠运行的最后一道关卡,包括访问权限控制、数据安全保障以及异常报警等环节。对于访问权限要严禁各级别人员对

控制系统参数设置、程序上传、强制动作等重要功能的操作权限，做到“双人签字，职责分明”，防止一人操作造成误动的风险。为筑牢安全生产基础，实行分区域负责、专人专管，以认真严谨的态度落实每一台关键装置的维护与检查工作。另外还需要做好详细的记录，每次程序更新或参数改动都要有迹可循并进行审查。对于信息安全来说，对监控网络及管理网络进行物理或者逻辑分离，在监控网络上安装工业级防火墙，阻止来自办公终端的病毒侵入和网络攻击。数据备份也不可忽视，所有的 PLC 程序以及 HMI 组态文件都需要保存到备份服务器上至少有三个不同的历史版本拷贝，对于一些重要的设备还需要打印留存纸质版本。故障处理上，制定详细完备的系统故障应急预案，包括各种不同级别故障下人员处理的响应时长、故障处理步骤和恢复验证方法等。并定期组织应急处置演练，保证突发故障出现可以做到及时恢复不会扩大影响面。

4 结语

钢铁企业的电气自动化控制系统的技术升级及完善是在冲破进口产品技术封锁、增强自主工程项目实施水平、促进企业发展的重要方向。文章详细总结了现有控制系统存在的一些老化过时、控制精确度低、抗干扰性差等问题，并阐述了 PLC 控制系统软/硬件升级、变频器设备深层次

改进更新、网络通讯系统容量增大性能提升以及智能化监管平台化处理的具体措施。通过对众多国内先进钢企的技术改造实例和技术革新方面的应用，提出了一些有关系统维护稳定、抗干扰措施、参数调整优化等方面的可行性意见。在数字经济生产力以及工业互联网快速发展的同时，智慧思维模式及通讯手段将会颠覆传统的工业控制模式，为中国现代钢铁智能化自动线建设提供强有力的技术支撑。

[参考文献]

- [1]袁苑.钢铁企业电气自动化专业技术的运用研究[J].冶金与材料,2025,45(2):67-69.
- [2]张涛.钢铁企业电气自动化设备的可靠性分析[J].冶金管理,2023,15(11):28-29.
- [3]陈其淋.电气自动化仪表工程安装及调试问题分析[J].设备管理与维修,2022,20(10):143-145.
- [4]兰凌,徐思情,胡毅.电气自动化在钢铁企业中的应用策略[J].中国金属通报,2019,08(11):68-69.

作者简介：杨晓棒（1994—），毕业于安阳师范学院电气工程及其自动化专业，现就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司，助理工程师；朱鹏飞（1996—），毕业于郑州商学院电气工程及其自动化专业，就职于河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司，助理工程师。