

钢厂仪表测控系统故障诊断与处理技术研究

朱鹏飞 杨晓棒

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] 钢厂仪表检测控制系统是钢铁制造过程自动化的基础保证, 其稳定关系到产品质量以及生产的安全水平。文章就钢铁厂复杂的工作环境给仪表测控系统带来的影响进行了深入剖析, 在此基础上对高温粉尘、电磁干扰、设备老化、操作使用不当四类常见问题进行了分析总结, 并对仪表装置、PLC 控制单元、通讯接口三个方面提出了相应的故障诊断修理方法和技术手段, 在此基础上还归纳了抗干扰措施—包括电源隔离、屏蔽接地, 以及软件滤波等等; 并提出了从防患于未然和综合改进两个方面入手提高仪表测控系统的稳定可靠的管理措施; 文章结合实例对钢压试验仪表维修工程师的工作指明了方向, 提供了一些可供借鉴的方法与思路。

[关键词] 钢厂; 仪表测控系统; 故障诊断; PLC; 抗干扰

DOI: 10.33142/hst.v9i4.19592

中图分类号: TP274

文献标识码: A

Research on Fault Diagnosis and Handling Technology of Instrument Measurement and Control System in Steel Plants

ZHU Pengfei, YANG Xiaobang

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

Abstract: The instrument detection and control system in steel plants is the fundamental guarantee for the automation of the steel manufacturing process, and its stability is related to product quality and production safety level. The article provides an in-depth analysis of the impact of the complex working environment in steel plants on instrument measurement and control systems. Based on this, four common problems, namely high temperature dust, electromagnetic interference, equipment aging, and improper operation and use, are analyzed and summarized. Corresponding fault diagnosis and repair methods and technical means are proposed for instrument devices, PLC control units, and communication interfaces. On this basis, anti-interference measures are also summarized, including power isolation, shielding grounding, and software filtering; And proposed management measures to improve the stability and reliability of instrument measurement and control systems from two aspects: prevention and comprehensive improvement; The article combines examples to point out the direction of the work of steel compression test instrument maintenance engineers, and provides some methods and ideas for reference.

Keywords: steel plants; instrument measurement and control system; fault diagnosis; PLC; anti-interference

引言

随着我国科学技术的进步, 自动化已经深入到各行业当中, 在众多行业中, 钢铁工业是最能体现与自动化技术相结合程度的一个领域, 它的烧结、炼铁、炼钢、轧钢等主要生产环节以及供水、供电、通风、供气等一系列附属生产环节都需要借助自动化仪表来进行操控, 仪表监测控制系统相当于一个钢厂生产的“大脑”, 它能够及时收集温度、压力、流量、液位等相关重要工序指标并反馈给控制系统, 以供生产判断及设备调节参考。但是, 钢铁生产车间一年到头面临着高热量、粉尘、高压强电磁场等恶劣

环境, 在这样的环境下仪表测控设备经常出现异常情况, 如果出现了自动化仪表异常现象就不能起到监控调节的作用, 那么将会使整条生产线停工停产, 还可能导致事故的发生, 所以加强针对钢厂仪表测控系统故障检测及维修的研究有着重要的意义。

1 钢厂仪表测控系统的重要作用

测量控制系统广泛运用于钢铁厂炼铁、炼钢、轧钢及供水、供电、供风、供气等一系列工艺流程当中, 在高炉炼铁环节, 诸如温度、压力、料位等主要指标由各种类型的测量仪表进行测量之后传送到控制系统中来作为判定

是否能够使得高炉顺利运行的标准之一；在转炉炼钢环节，自动化的量测仪表是通过对氧流量以及烟气温度以及成分等等一系列的数据进行检测从而作为动态控制模型的一个参考值。测量仪表可以达到对温度、压力、流量等相关数据进行有效测量的目的并将它们发送到 PLC 系统里面，然后经由 PLC 系统的调节来改变运行策略。从烧结矿配料调节到轧钢产品板厚控制以及对能源介质的测量、对废气废水的实时检测等等都离不开测量控制系统。一个稳定可靠的测量控制系统，不仅能够保障钢铁厂的生产安全与平稳运行，还能通过精细化调节实现节能降耗、降低次品率、提升产品品质，从而为工厂的持续发展打下坚实基础。

2 钢厂仪表测控系统故障原因分析

2.1 高温与粉尘环境影响

炼铁过程中炉膛内温度可高达上千度，高温热辐射对测温元件及电子器件造成严重危害，热电偶保护管长期经受高温氧化脱落、铂铑丝等敏感元件晶粒长大造成热电势漂移；电子元器件在高温环境下的快速老化使其绝缘能力大幅度降低。另外，现场灰尘很大，对仪表设备有着很大的破坏作用，转炉料仓显示器经常露天安装，受周围环境的影响，显示器由于传送线接触点粘附灰尘造成线路接触不好引起短路甚至损坏，造成测量不准确^[1]。灰尘进入仪表内部或者堆积在电路板上形成吸湿层，湿度变化时产生漏电、短路现象。总之，高温会使仪表零部件材料性能下降乃至损坏，灰尘会使得仪器机械活动部分卡死、电气连接松动或者断路，两者共同作用下使仪表计量检测装置在钢铁企业的使用周期远远短于其他行业的使用周期。

2.2 电磁干扰影响

钢铁厂厂房内的电磁环境十分复杂，大容量电动机的频繁启停、变频调速装置的瞬间切换，以及电焊机的断续工作，都会产生强烈的电磁波辐射。与此同时，转炉炼钢过程中设备本身也带有较大的电磁干扰，这些因素共同对自动化仪表系统的正常运行造成了不利影响。电磁干扰是经过三种途径进入到仪表测控系统的：一种是经过电源线和信号线传输进入的，变频器中的谐波电流流入电网所引起的电压波动就会直接耦入到仪表电源单元；二是电磁场的空间辐射直接作用在仪表电路之上，在这种情况下微机保护装置、智能仪表的 CPU 很容易发生误动作；第三类是由于接地系统的设置不当造成的地环路干扰，尤其在几个设备共用一个接地系统的情况下，地电压差会产生共模干扰，使得毫伏级的热电偶信号被干扰完全覆盖住，造成测量数据突然剧烈波动直至系统瘫痪。

2.3 设备老化问题

钢铁厂自动化控制系统一般要保证全年 24h 不停机运行，机器始终处于超负荷或者过负荷状态下工作，在恶劣环境中的使用寿命远远低于正常的工业条件下的寿命，电子元件本身就具有其寿命曲线，电解电容随着使用时间的增长电解液逐渐干涸造成电压纹波大、滤波效果差，继电器及接触器触点由于经常性的动作而造成表面磨损氧化，接触电阻增大甚至是完全脱离，光电耦合器件通过的电流比例逐年递减使得信号传递的稳定性下降，在一些重要的仪表上还会出现一些机械疲劳的现象，例如变送器内的感压膜片反复受到压力的挤压造成了较大的塑性变形，使仪表的精确度和测量精度降低。宝钢一炼钢 LF 炉 PLC 系统的温度传感器模块频繁损坏，通过对现场实地考察以及相关测试得出造成该温度传感器模块损坏的原因主要是由于现场高温、灰尘环境导致的电缆老化击穿以及无防护等问题。自动配料秤在转炉、精炼炉等重要环节经常遇到“零点漂移”，即秤体处于空载情况下显示数值不稳定或者跳跃的情况，严重影响自动配料与合金消耗量的准确度。

2.4 操作与维护不规范问题

人的原因也是仪表测控系统的故障中不可掉以轻心的一部分。一方面，在操作上存在的问题很多，在自动化流量控制仪、流量检测仪读数全部为最大值的情况下，通过适当调整阀门之后如果流量开始降低就可以确认这个故障是生产时对于流量控制仪器的操作失误造成的；另一方面，在维护上存在的问题也十分普遍，如螺丝没有旋紧造成接触不良或者维护结束后未按厂家设置值进行配置以及屏蔽线屏蔽不好等现象经常发生^[2]。另外还有一些钢铁企业在对于仪表检修人员的培训不够重视，使检修人员对于新式智能化仪表以及先进的控制系统不熟悉，在遇到较为复杂的故障时不能精准判断出问题所在，反倒是在不断地拆卸更换之中造成更大的故障隐患。

3 钢厂仪表测控系统故障处理技术

3.1 仪表故障处理

钢铁厂现场普遍使用的自动化仪器有压力仪、温度仪、流量仪和液位仪四种类型，在长期使用的过程中积累了大量对仪器出现故障的解决方案。压力仪常见的故障有两种：一种是压力仪读数不稳定；另一种是指示停顿，前者的产生是由于生产过程变化较大或者控制指标出现问题所导致；后者的出现则是由于引压管弯曲、堵塞或是信号线问题引起的。流量仪和液位仪用于测量冶金过程中汽、氮气、煤气和水等物质的流量以及液位情况。下面表格对四类仪表的主要故障现象、原因以及相应的处理措施进行了归纳

表 1 钢厂常用仪表常见故障及处理方法

仪表类别	常见故障现象	可能原因	处理方法
压力仪表	数值异常波动	工艺流程大幅变动或 PID 参数异常	调整控制参数, 稳定工艺操作条件
压力仪表	数值停滞不动	引压管堵塞、根部阀关闭或线路故障	清理引压系统, 检查阀门和线路通断
温度仪表 (热电偶)	示值突然增大	热偶断路、补偿导线断开、接线松动	万用表测量毫伏值或电阻, 查找断点
温度仪表 (热电阻)	示值严重偏低	短路故障或保护管内积水	检查接线端子和连接导线拐弯处
流量仪表	示值达到最大值	人为操作不当致阀门开度异常	按操作规程重新调节阀门开度
流量仪表	示值降至最低值	仪表自身质量问题或传感器损坏	更换缺陷仪表或传感器组件
液位仪表	示数与现场不符	变送器零点/量程偏移或负压室堵塞	打压调校零点量程, 疏通负压侧管路

汇总。

另外对新型复杂的智能仪表系统来说, 一般的检测无法解决问题, 使用模拟断路的方法来对系统进行全面检查就非常有效。它通过逐一模拟各重要信号、回路等的方式可以迅速找到故障位置, 大大减少了查找故障的时间。

3.2 PLC 故障处理

可编程控制器是钢厂监控系统的“大脑”, 检测数字量出错就是对比可编程控制器正常时的状态位数值与当前状态位数值是否相等, 若两者不同就说明该状态位所对应的装置发生了故障, 对于模拟量信号出错, 则是对比在相应的 A/D 通道获取的实际数值是否大于或等于系统设定的最大允许值来确定发生错误与否。方大九钢为 2 号高炉 PLC 系统的唯一电源做了冗余升级, 在原基础上增加了一路电源并且增设了转换装置, 从而做到了两路电源冗余供电, 解决了由于单路电源供电出现故障导致仪控设备断电、数据丢失等问题的发生。软件、网络方面, 大多数 PLC 装置都具有自我检查的功能、有故障连锁保护以及远程监视维护, 一旦出现故障会立刻报警并且进行相应的防护处理, 检修人员应该熟悉如何运用 PLC 诊断缓存, 观察在线检测单元的诊断界面及检查诊断警告提示等内容, 从而能够迅速找到问题所在, 做到心中有数。

3.3 通信故障处理

冶炼厂自动化检测控制系统的通讯网络主要是由过程现场总线、工业以太网以及串口通信总线构成, 通信中断问题要比单一仪表设备出错更难定位, 需要更多的时间去查找问题原因, 发生过程现场总线通讯中断的问题大多数都是最基础的原因导致, 例如现场未做接地措施、走线过程中混杂动力线等。在具体检修过程中应该首先检查接口模块电源情况, 利用万表测量电源插件两端的电压大小并查看其电源接点牢固情况及系统地线和地线接头处接触良好程度。在现场总线的实际应用过程中, 环境、传输介质、端口与串口等因素都可能导致故障的发生, 常用

检测手段是物理量检测法、逻辑分析法、分部检查法及网络分析仪检测法等等^[3]。通过具体的例子来说明, 在转炉系统进行维修的过程中一个从站通讯口模块所有的操作都无法使用了, 在检查从站控制箱发现通讯口模块的绿灯未亮红灯只有很淡的一点光亮, 首先查看主干电缆接头上各导线是否接触良好以及外层金属网是否可靠接地, 其次再观察从站通讯口模块背板上的 D 型连接器及其引脚是否有氧化或者变形现象, 最后更换通讯口模块之后正常通信。针对过程现场总线网络来说, 只有在总线的起始及终止端的两个终端电阻开关需要拨到接通状态, 中间结点全部都需要拨至断开状态, 否则会导致发生改变特性阻抗造成反射失衡现象。

3.4 抗干扰处理措施

研究了矿冶厂中各种干扰形式给热电偶、热电阻、传感器、变送器等各种现场仪表引起的误输出造成自动化控制系统的故障使生产过程失去稳定或者发生偏差的问题。抗干扰措施需在电源、接地和信号通道等几个方面全面进行。电源方面: 仪表电源应隔离于动力电源以外, 有专用的供电回路, 防止大电机启停带来的电压变动经由电源回路传送到仪表系统; 接地方面: 应设独立的仪表信号接地网, 用性能良好的屏蔽电缆, 同时在控制箱内部把信号线屏蔽层一端可靠地接地起来, 以阻隔一切来自电磁耦合及辐射途径的干扰。接地一定要注意不要让信号线的屏蔽层在两端都接地, 这样会造成两端之间有电压差而产生地环路电流的问题。对于信号传输来说, 可以在两个设备中间增加信号隔离器来起到绝缘的作用, 特别是对于远距离传输或者柜间布线来说有很好的抗干扰的效果, 在信号连接中, 大电流电缆一定要分开敷设, 千万不能跟信号线并排走。在软件方面, 则可在 PLC 程序内加入数字滤波程序, 例如滑动平均滤波, 中位数滤波及一阶滞后滤波等, 这些滤波方法可以有效地去除周期性的高频噪声以及突发的尖脉冲干扰, 现阶段好的仪器仪表产品均以金属机壳屏蔽

加合理布局内部电路元件的方式,并在信号入口处设置高阶硬件滤波器及自适应型数字滤波程序来消除一定范围内的共模与差模干扰。

4 钢厂仪表测控系统维护与优化

为夯实生产的精准基础,电气操作工同样需要实行分片包干、责任到人的制度,并以“毫米级”的严谨态度,认真完成每一台计量仪表的校准检修,以及每一件核心设备的巡视维护工作。预维修即是针对仪表运转时长及运用状况和工作场所的不同特点,事先做出并且落实的一系列定期巡视、擦拭、标定和零件更换措施方案的目的在于让问题解决在产生之前而不是等到事故发生后才进行抢救。而在实际开展过程中,新天钢冷轧薄板厂也通过细致化的维护策略使得普通仪表故障率下降了 35%,测厚仪、张力计等重要大型仪表的稳定运行率达到 99%以上^[4]。在优化方向方面,把预防性维修进一步发展成预知性维修已是必然趋势,“两个报警规则”即上限、下限实时监控以及异常段落监测,采用“运行信号+延时”双层检验方式,可以排除掉 98%的一次性噪声信号,误报几率大大减少,真正实现了由“事后修理”变成“预见维修”。同时根据设备故障级别及重要程度合理分档分级,实行不同的巡检周期以及备品备件管理方案,基于仪表状态信息自动生成及智能化分析平台发出报警通知可以使维修工人及时掌握并处置设备的初始问题,明显减少了意外故障造成的停工时间。

5 结语

冶金企业的钢铁自动化控制系统对于整个生产工艺

的平稳运行具有重要意义,然而由于其工作环境复杂存在高温、灰尘、磁场干扰以及设备老化等问题导致发生频繁的故障现象。本文基于对故障现象产生原因、检测手段及维修策略等方面的研究基础上进行论述。对仪表、PLC及通讯网络这三种不同的故障类型分别给出各自应对的解决方案,在各个环节都采取了抗干扰措施作为支撑。加强预防性维修和预测维修相结合并引入新的智能化检测仪器可使故障发生的概率大大减少,提高测控系统的整体可靠性。伴随工业互联网及人工智能技术应用的不断普及,仪表检测控制系统故障监测也会向着自动化、智能化、远程化方向持续进步,以后会给钢铁制造业提供更安全稳定的生产运行保护。

[参考文献]

- [1]徐宝武.仪表测控技术在电气工程自动化中的应用研究[J].模具制造,2025,25(2):26-28.
- [2]王进军.浅析智能测控仪表的优势与相关应用[J].仪器仪表用户,2024,31(5):53-55.
- [3]张金峰.钢厂自动化仪表的抗干扰策略研究[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2017,15(11):178-179.
- [4]刘兴松.测控技术在电气工程中的应用与创新策略[J].工程建设与设计,2021,10(18):122-124.

作者简介: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;杨晓棒(1994—),毕业于安阳师范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。