

火电厂仪表控制系统抗干扰优化路径研究

程刚

国家电力投资集团贵州金元股份有限公司纳雍发电总厂，贵州 纳雍 553303

DOI:10.61369/EPTSM.2026020021

摘 要： 火电厂的仪表控制系统属于保障机组安全且稳定运行的最为关键部分，其运行时候的状态能够直接决定发电的效率以及生产的安全。不过电厂现场存在着强电磁、机械振动、信号耦合等多种干扰情况，容易造成仪表信号出现失真现象、系统发生错误动作，甚至还会引发机组出现非计划停机的状况。本文结合火电厂生产的实际情况，首先对仪表控制系统的主要干扰源以及传播途径进行分析，然后从硬件配置、软件优化、施工运维这三个方面，提出针对性比较强、能够落地实施的抗干扰优化途径，为火电厂提升仪表控制系统的稳定性提供实际的参考依据。

关 键 词： 火电厂；仪表控制系统；干扰源；抗干扰技术；优化途径

Research on Anti-interference Optimization Path of Instrument Control System in Thermal Power Plant

Cheng Gang

Guizhou Jinyuan Co.,Ltd. Nayong Power Plant, Nayong, Guizhou 553303

Abstract： The instrumentation and control (I&C) system in thermal power plants constitutes the most critical component for ensuring safe and stable unit operation, as its operational status directly determines power generation efficiency and production safety. However, field environments often encounter various interference sources such as strong electromagnetic fields, mechanical vibrations, and signal coupling, which may cause instrument signal distortion, system malfunctions, or even unplanned unit shutdowns. Based on practical production conditions in thermal power plants, this paper first analyzes the primary interference sources and propagation pathways of I&C systems. It then proposes targeted and implementable anti-interference optimization measures from three aspects: hardware configuration, software optimization, and construction-operation maintenance. These recommendations provide practical references for enhancing the stability of I&C systems in thermal power plants.

Keywords： thermal power plant; instrumentation control system; interference source; anti-interference technology; optimization approach

引言

随着火电厂机组容量不断扩大以及自动化水平不断提高，仪表控制系统已经实现了对热力过程参数的实时收集、精确控制以及安全保护，是机组稳定运行的关键所在。火电厂现场的环境比较复杂，高压电气设备、大功率变频器、大型机组振动等都会产生干扰，这些干扰通过传导、辐射等方式进入控制系统，导致测点信号出现波动、控制逻辑出现错误判断，轻的话会影响运行参数调节的精准度，重的话会触发保护联锁动作从而引发停机事故^[1]。当前部分电厂的抗干扰措施存在针对性不够、执行不到位等问题，很难适应复杂工况的需求。基于这样的情况，深入分析干扰产生的原因，探索科学有效的抗干扰优化途径，对于提升火电厂仪表控制系统的可靠性、保障生产的连续性有着重要的现实意义。

一、火电厂仪表控制系统主要干扰源及传播途径

（一）主要干扰源类型

火力发电厂简称火电厂，是利用可燃物（例如煤）作为燃料生产电能的工厂。它的基本生产过程是：燃料在燃烧时加热水生成

蒸汽，将燃料的化学能转变成热能，蒸汽压力推动汽轮机旋转，热能转换成机械能，然后汽轮机带动发电机旋转，将机械能转变成电能。原动机通常是蒸汽机或燃气轮机，在一些较小的电站，也有可能使用内燃机。它们都是通过利用高温、高压蒸汽或燃气通过透平变为低压空气或冷凝水这一过程中的压降来发电的。

外部干扰是现场最为常见的干扰类型，主要是从高压电气设备、大功率用电设备以及环境因素那里来的。高压输电线、变压器等设备在运行的时候会产生强电磁场，形成高频谐波干扰；变频器、软启动装置在工作的时候产生的瞬态脉冲，能量集中并且上升沿速度快，容易进入信号回路；锅炉、汽轮机等大型机组在运行时的机械振动，会造成传感器安装出现松动、线路出现疲劳损伤。内部干扰则是来自系统自身，包含线路布局不合理造成的信号串扰、多点接地引发的电位差、元器件老化产生的噪声等情况，其中接地系统设计存在缺陷引发的共模干扰，是造成信号失真的主要内部因素^[2]。

（二）核心传播途径

火力发电是现代社会电力发展的主力军，在提出建设和谐社会、发展循环经济的大背景下，我们在提高火电技术的方向上要着重考虑电力对环境的影响，对不可再生能源的影响。虽然在中国已有部分核电机组，但火电仍占领电力的大部分市场。近几年电力发展滞后经济发展，全国上了许多火电厂，但火电技术必须不断提高发展，才能适应和谐社会的要求。传导耦合是干扰传播的主要方式，干扰信号通过电源线路、信号电缆、接地线等导体进行传播，例如动力电缆与信号电缆并行铺设的时候，通过分布电容、电感耦合产生串扰，强电进入弱电回路导致设备损坏。电磁方面的辐射是干扰的源头以电磁波的这种形式朝着空间去扩散，然后被在附近存在的信号电缆或者控制方面的设备给接收，特别是在变频器、高频发生的装置的附近，辐射带来的干扰会特别严重地影响模拟量信号采集的准确程度。机械传导主要是经过设备的基座、电缆桥架这样的载体，把大型机组的振动传递到传感器、执行机构那里，造成信号出现波动、部件产生磨损，从而间接引发系统的干扰和故障^[3]。

二、火电厂仪表控制系统抗干扰优化路径

（一）硬件层面：优化配置，强化源头抗干扰能力

硬件属于抗干扰的头一道防线，需要通过进行科学的选型、对结构做优化处理、实行隔离方面的防护等办法，从源头开始降低干扰产生的影响，来提升系统的抗干扰的冗余情况。在元器件进行选型的事情上，优先去选择抗干扰性能非常好的设备还有材料^[4]。模拟量信号进行传输的时候选择隔离的变送器，保证共模抑制比达到现场的需求程度，重要一点的 I/O 通道配置信号隔离器，提高强电窜入的防护能力；电缆选择阻燃且耐高温的屏蔽类电缆，像是 ZR-DJYVP 型的电缆，端子运用镀金材质的，减少因为氧化而导致的接触的噪音；控制柜里面加装磁环滤波器，有针对性地去抑制变频器谐波这类高频干扰。传感器进行选型要和现场的工况相适应，振动环境下选择带有减震结构的测点，高温区域采用耐温类型的仪表，从源头开始减少环境干扰对设备造成的影响。

在结构实施优化的方面，重点是完善屏蔽还有接地系统。用双层屏蔽电缆来传输关键的信号，外层屏蔽阻挡外界的强大电磁干扰，内层屏蔽防止信号之间串扰，屏蔽层采用单端接地的办法，避免两端接地形成环流。优化接地系统的设计，让强电和弱电分

开接地，控制系统、电气系统、防雷系统单独设置接地网，合理降低接地电阻，保证干扰电流能够有效疏导。控制柜内部采用分区的布局方式，强电模块和弱电模块保持安全的距离，避免内部电磁耦合产生干扰。在隔离防护的方面，对关键的回路实施电气隔离的操作。利用光电耦合器来实现信号传输的电气隔离，切断干扰传导的路径；电源回路配置隔离变压器，过滤掉电源杂波，保证控制系统供电的稳定；开关量信号经过继电器隔离之后接入 DCS，阻断强电窜入带来的风险，保护核心控制模块。

（二）软件层面：算法优化，提升系统容错与抗干扰能力

优化数字滤波的算法，有针对性地抑制不一样类型的干扰。对模拟量信号采用移动平均滤波或者中值滤波算法，移动平均滤波可以让随机干扰变平滑，中值滤波能够有效地消除瞬时尖峰干扰，和汽包水位、蒸汽温度这些关键参数的信号处理相适配；对变化速度比较快的信号，增加速率限制器，当信号变化速度超出阈值的时候，自动屏蔽故障测点并且报警，防止热电偶断线这一类故障让保护错误触发。结合工况特点去调整滤波参数，在机组启停这类干扰经常出现的阶段，适当增强滤波的强度，平衡信号响应速度和稳定性。对控制逻辑进行重新构建，对冗余容错设计进行强化。关键的保护信号采用三个冗余的测点，去执行“三取二”的表决规则，在单点出现故障的时候自动把异常信号剔除掉，防止出现误动而导致跳机；对辅机控制系统配置故障诊断以及自动旁路的功能，在设备出现异常的时候没有缝隙地切换到备用回路，让过程参数保持稳定。对联锁保护回路增加状态自我检查的模块，实时去验证传感器以及执行器的健康状态，在出现异常的时候自动降低控制模式的等级，同时动态地对保护定值的延时进行调整，结合负荷区间来设定合理的延时范围，躲开大型设备启动和停止所引起的瞬间干扰。

对数据校验以及异常处理的机制进行完善。对输入的信号开展合法性的校验，设定合理的信号阈值以及变化趋势的范围，识别并且剔除干扰信号；对关键的数据进行备份和存储，当数据受到干扰而出现错误的时候，快速地调用备份数据让系统恢复运行；开发干扰报警的程序，当信号受到干扰超过允许的范围时，及时发出报警的提示，同时记录干扰发生的时间、工况条件等信息，给后续的排查提供依据。

（三）施工运维层面：规范流程，构建全周期防控体系

施工的质量以及运维的管理是抗干扰措施落实的关键，需要建立从基建施工到日常运维的全周期管控机制，避免因为人为的因素引发干扰的隐患。把施工安装的流程规范起来，从源头避免干扰的隐患。电缆的敷设严格依照“分层分槽、分类隔离”的原则，动力电缆和信号电缆分层进行铺设，不同类型的信号电缆分槽进行布置并且保持安全的间距，不允许共同使用电缆槽盒，防止平行架设太长的距离。传感器的安装避开管道的焊缝、振动厉害的区域，采用减震的底座以及柔性连接的方式，减少机械振动的影响；取源部件的焊接符合施工的标准，安装之后测试绝缘电阻以及屏蔽层的连续性，保证连接可靠。控制室的选址避开大型的电气设备、振动源以及热源，优化室内的通风以及湿度的控制，给控制系统提供稳定运行的环境。建立常态化的运维监测机

制。利用电子台账记录干扰的事件，有针对性地分析高频的故障点，重点排查接头氧化、屏蔽层破损、接地不好等问题；定期核对接地电阻以及屏蔽接地的有效性，每年开展一次全系统的接地检测，及时处理接地回路的故障；定期更换老化的线缆以及元器件，重点检查变频器滤波电容、信号隔离器等容易损耗的部件，防止性能下降引发干扰。结合机组的检修，对电缆的布局、屏蔽层的连接等进行全面的排查，整改不规范的敷设、接地错误等问题。对人员的能力建设以及应急处置进行强化。开展专项的培训，提高运维人员对干扰信号的识别能力以及排查的技能，熟悉不同干扰类型的处理流程；制定干扰故障的应急方案，针对信号失真、系统误动作等突然发生的情况，明确处理的步骤以及责任的分工，缩短故障处理的时间。在大型设备启动和停止、变频器调试等干扰高发的作业时，安排专门的人员监护控制系统的运行状态，及时发现并且处理异常。

三、优化实施优先级与效果保障

（一）实施优先级排序

抗干扰做优化这件事需要结合电厂的实际运行工况情况，按照“先对关键回路开展处理、再对普通回路进行处理，先做源头去做治理对待、然后再做末端进行防护操作”这般的顺序来推进实施。要优先对单点保护的回路以及电缆交叉比较密集的区域进行改造处理，因为这些区域存在的干扰风险是比较高的、产生影响的范围是比较广泛的，对这些区域进行整改之后就能够快速地降低出现停机的风险可能性；接着要做的是对接地系统和屏蔽配置进行优化完善，以此来解决带有共性特点的干扰问题；最后要把软件算法和运维机制加以完善，从而实现长时间稳定的防控效果。与此同时要推行智能诊断系统，对干扰源进行实时的监测，以便为优化措施的调整提供数据方面的支撑依据。

（二）效果保障这类措施

要建立起优化效果的评估相关机制，通过对比优化之前和优化之后信号的波动范围大小情况、干扰故障的发生概率情况、保护误动作的次数情况等这些指标方面内容，来验证优化措施是否具有有效性；要利用仿真平台去测试在极端工况之下系统的响应情况，以此来验证保护定值和滤波参数是不是具有合理性。要把抗干扰的相关要求纳入到施工和运维的标准当中去，明确设计、施工、运维这些不同环节各自的责任内容以及技术规范要求，确保相关措施能够落地并且得到执行。要定期开展技术的复盘工作，对干扰防控方面的经验进行总结，结合机组改造、技术升级等这些工作情况，一直持续地优化抗干扰方案，进而适应工况变化方面的需求^[5]。

四、结论

火电厂仪表的控制系统存在的干扰问题在成因方面比较复杂、所造成的影响比较深远，需要结合现场实际的情况去构建一个“硬件做防护+软件做优化+运维做管控”这样的三维抗干扰体系。在硬件这一层面要通过选型做优化、屏蔽隔离来强化源头的抗干扰能力；在软件这一层面要借助滤波算法、逻辑冗余来提升系统的容错性能；在施工运维这一层面要通过规范流程、常态化监测来实现整个周期的防控。优化工作需要注重具有针对性和具有可操作性，要优先去解决关键回路和高发隐患方面的问题，与此同时要建立起长效的机制，持续不断地迭代优化方案内容。通过科学并且有效的抗干扰措施，能够明显地提升仪表控制系统运行的稳定性能，减少因为干扰而引发的故障所造成的损失，从而为火电厂安全并且高效的生产提供有力的保障。在未来可以结合人工智能、物联网等这些技术，去开发智能的干扰识别以及自适应防控系统，从而进一步提升抗干扰技术的水平。

参考文献

- [1] 郭玮. 热控设备常见故障及处理研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53 (01): 30-32.
- [2] 闫鹏. 火电厂自动化仪表应用现状及发展前景探讨 [J]. 机械管理开发, 2022, 37 (03): 309-310+315.
- [3] 上艳粉. 火力发电厂热控专业施工工艺探析 [J]. 价值工程, 2016, 35 (35): 124-127.
- [4] 林琳, 韦家鑫. 火电厂热工仪表取样管电伴热系统的设计及实现 [J]. 电子技术与软件工程, 2015, (10): 125-126.
- [5] 韦家鑫, 林琳. 火电厂在线化学仪表测量误差的控制措施 [J]. 电子技术与软件工程, 2015, (10): 131-132.