

提高锅炉磨煤机旋转分离器运行可靠性的研究与应用

王志宁¹ 关志成² 刘念栋³

1. 华能威海发电有限责任公司 山东 威海 264205

2. 北方联合电力有限责任公司达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

3. 华能莱芜发电有限公司 山东 莱芜 271100

摘要: 本研究针对华能威海电厂5号锅炉磨煤机旋转分离器运行可靠性低的问题,通过系统分析和试验,深入探讨了影响分离器运行可靠性的关键因素,并提出了相应的改进措施。研究采用现状调查、原因分析、对策制定和实施验证等方法,重点解决了机械振动、粉尘沉积、环境温度高、变频器与控制箱一体化设计、二次回路繁冗设计等问题。结果表明,通过优化二次回路、改善运行环境、加强设备维护等措施,5号锅炉磨煤机旋转分离器年故障停运次数从22次降低到1次,显著提高了设备运行可靠性,年节约资金165万元。本研究为火电厂提高关键设备运行可靠性提供了可行的技术方案和管理经验,对促进火电行业设备管理水平的提升具有重要意义。

关键词: 磨煤机旋转分离器;运行可靠性;二次回路优化;环境改善;设备维护

引言

随着电力行业对设备运行可靠性和经济性要求的不断提高,火电厂关键设备的运行维护面临着越来越大的挑战。磨煤机旋转分离器作为制粉系统的核心设备之一,其运行可靠性直接影响到锅炉的稳定运行和机组的经济性。然而,在实际运行中,磨煤机旋转分离器常常面临机械振动、粉尘沉积、环境温度高等问题,导致设备故障频发,严重影响了电厂的安全生产和经济效益。华能威海电厂5号锅炉磨煤机旋转分离器自投运以来,年故障停运次数达22次,成为制约机组稳定运行的主要瓶颈。为此,电厂组织技术力量开展了专项研究,旨在通过系统分析和试验,找出影响分离器运行可靠性的关键因素,并提出切实可行的改进措施。

1 现状调查与分析

1.1 系统特点

华能威海电厂三期2台超超临界机组(5、6号机组),锅炉为哈尔滨锅炉厂引进日本三菱技术进行设计和制造的超超临界一次中间再热、变压运行单炉膛燃煤直流炉,型号为HG-2001/26.15-YM3。制粉系统为直吹式,每台锅炉配备6台MPS190 HP-II中速磨煤机,燃烧设计煤种时,5台运行,1台备用。每台磨煤机配置1台旋转式分离器,变频运行,分离器型号为LSKS39ZD,额定出力47.6t/h(R90=18%)。磨煤机的运行直接影响机组出力,因而分离器的运行状态也上升到了同等重要的高度。5号锅炉的磨煤机旋转分离器每年故障多达20多次,且故障记录呈增长趋势,经检查各设备元件性能良好,再次启动均正常运行。

1.2 存在问题

机械振动导致端子接线松动;粉尘沉积造成回路绝缘水平降低和电子元器件散热不良;环境温度高加速电子元件老化;变频器与控制箱一体化设计导致电磁干扰;二次回路繁冗设计增加了故障几率。这些问题严重制约了分离器运行可靠性的提升。

通过频次统计分析,确定了影响分离器运行可靠性的主要因素:粉尘沉积(40.9%);二次回路繁冗设计(27.3%);机械振动(9.1%);环境温度高(9.1%);二次电缆抗干扰性能差(4.6%);变频器与控制箱一体化设计(4.6%)^[1]。

2 磨煤机旋转分离器常见问题原因分析

2.1 机械振动

磨煤机分离器安装在磨煤机旁,有稳定的机械波振动源。磨煤机分离器运行时的持续稳定的振动,通过空气或底座传递给分离器变频器柜,引起柜体共振。柜内继电器固定在槽板上,槽板与屏柜刚性连接,与柜体同步共振,底座与继电器连接面垂直于地面,受自然重力影响继电器有松动脱离槽板的趋势,继电器针脚与槽板的咬合力遏制了这种趋势,但是底座传递来的振动极大的推动了这个趋势,造成继电器与槽板连接不可靠;振动造成接线端子与端子排之间松动,二次接线接触不良,上述两种因素均可能造成变频器工作异常。

2.2 粉尘沉积

磨煤机分离器的安装位置靠近磨煤机本体及锅炉底部除渣系统,空气中自然弥漫着煤粉颗粒。变频器本身为能耗元件,为分离器电机提供电能,变频器散热要

求较高，屏柜采用非密封设计，单通道风扇强制通风冷却系统使得屏柜内部通过缝隙与外界进行空气及热量交换，煤粉等细小粉尘颗粒，从变频器控制柜通过散热通道，在变频器内部堆积，造成内部电子元器件散热不良长期过热，性能劣化，故障率偏高；另一方面，电气设备对绝缘要求较高，但粉尘本身绝缘强度不高，易造成回路绝缘水平低^[2]。

2.3 环境温度高

5号锅炉磨煤机旋转分离器变频器运行环境条件差，靠近锅炉房排渣口，同时大型磨煤机和排粉机长期运行导致辅机设备散发大量热量。当外部粉尘阻塞通风滤网（风道）后引起控制柜散热不畅，变频器温度升高，变频器本身为精密电气元件，对温度较为敏感，温度易造成变频器本体保护元件动作停运或变频器异常停运。特别是夏季，环境气温较高，而且旋转式分离器控制柜离锅炉本体距离较近，变频器长期运行在高温环境，电子元件老化过快，性能劣化，故障率偏高。

2.4 控制箱与变频器设计成一体化控制屏

变频器柜的金属柜体对来自外界的电磁干扰形成了良好的屏蔽，不会受电磁干扰影响。但变频器柜的组屏方案决定了一次、二次系统共处一室，强大的一次电流磁场充斥着变频器柜内部。变频器控制元件为精密电气元件，其接受的模拟量、开关量输入信号均为弱电，本身易受电磁干扰影响造成输入信号识别错误，尤其是开关量信号。开关量接点上的干扰电压一旦越过变频器的识别电压阈值，即会造成信号识别错误，影响变频器的运行状态，这也可能是变频器无故障停运的原因。模拟量指令信号经隔离变送器输入变频器，隔离变送器本身也非抗干扰元器件，其工作状态易受外界电磁干扰影响，造成输入输出信号不相等，变频器控制元件接收到了错误的指令也可能造成运行异常。用于控制的中间继电器为交流电磁式继电器，交流磁场作用在回路及元器件上可能造成继电器运行异常，从而影响了变频器的正常运行。

2.5 二次电缆抗干扰能力差

变频器二次接线是带屏蔽层的，但是有些屏蔽的二次接线也没有可靠接地，二次接线越长暴露在磁场中的有效距离越长，越容易在回路上感应出干扰电动势，影响继电器等电子元器件的正常工作。

2.6 二次回路繁冗设计

变频器柜的二次回路设计过于复杂，使用了很多中间继电器，造成控制回路级数过多。二次回路的控制点、条件点等节点层层叠加，例如变频器启动继电器的

线圈回路受来自4个继电器的接点控制，任何一点出现异常均可能造成继电器瞬时返回，致使变频器启动指令中断，分离器电机停运。对于变频器而言，这种因关键控制点变位造成的停运，视同正常停运，没有任何记录，无从查找故障原因，此种情况可能为变频器无故障停运的原因。回路设计复杂的情况还表现在直接控制少，间接控制多，多了中间环节，完全可以使用原始控制点直接控制目标元件，减少1级中间环节故障几率减小1倍。再如就地控制和远方控制、故障复归回路均采用远方、就地2套控制回路，经运行经验验证，就地控制和远方控制切换无实际意义，将就地控制和远方控制回路整合在一起，可以极大的减少中间继电器的使用，提高回路工作可靠性^[3]。

3 方案实施

3.1 二次回路繁冗治理

通过对回路的优化改造减少分离器设备的异常次数，回路方面的两个重要因素是本次需要首先解决的。将过多的中间继电器回路进行精简，减少不必要继电器的条件闭锁点，做到直接控制；取消重复设计的信号指示回路，配合DCS既有逻辑进行信号删减，使得故障预告信号更加直观。控制方式合并。原回路设计了就地 and 远方2套控制回路，通过2个定义为“近控”、“远控”的中间继电器实现了切换和回路的闭锁。通过与运行人员的沟通，我们发现设备投运以来，从未进行过近控远控的切换，此回路的中间环节均变成回路的制约，增加了不可靠性。以主控回路为中心，以能满足回路运行的最低要求进行多余继电器和接点的删减。按照直接控制、减少中转的原则，将控制点直接作用于目标元件上，以此达到删减中间继电器的目的。主控回路以分离器启动继电器K01和油泵接触器K001控制为主，分别控制分离器电机和油泵电机的启停。信号删减，有效利用DCS控制系统的成熟逻辑，对电气回路搭建的告警等非必要信号继电器进行删减，保留设备运行最基本的状态及告警点，有效提高运行人员判断设备状态的效率。

3.2 机械振动治理

接线松脱的主要原因是变频器柜离磨煤机本体比较近，将控制柜位置从磨煤机旁边移位到离磨煤机至少2米远的位置。减少了控制柜的震动导致接线松脱，而且还可以减少粉尘（主要是煤粉）对设备的影响，制定定期和不定期的粉尘清扫和接线检查紧固工作制度，基本上解决了机械振动因素带来的影响^[4]。

3.3 变频器与控制箱一体化设计治理

变频器与控制箱共处一室，为了消除变频器对控制

箱的强磁干扰,在原控制柜不远处建设了一座12平方米的变频器封闭小室,将一台机组的6台磨煤机分离器变频器集中安装在变频器封闭小室内。从三期磨煤机旋转分离器变频器控制箱内接触器出线侧引接至控制箱端子排,分别从控制箱端子排敷设电源电缆至变频器进线侧,并压接紧固。

3.4 粉尘治理

粉尘造成散热不良,引起电子器件老化;同时也造成回路绝缘降低。粉尘阻塞通风滤网是较常见的设备异常,通过变频器控制柜移到新建的变频器小室后,改善了室内环境,通过制定定期清理的工作计划,使得该因素彻底解决。

3.5 环境温度高治理

为了降低变频器运行温度,在变频器小室内安装了两台美的KFR-72LW/DN8Y-PA400(D3)5.5kW柜式空调,将室内温度设立合适的恒定温度。

3.6 提高二次电缆抗干扰能力

将变频器控制柜移到新建变频器小室,同时将一、二次电缆分开敷设,并将屏蔽层可靠接地,提高二次接线抗干扰能力。首先在1台变频器控制柜上进行了试验,精简后的回路效果明显,设备元器件极度精简,电气二次线长度的精简更是达到了40%以上,局部回路精简了80%以上。

4 效果验证

在方案实施阶段,重点采取了以下措施:优化二次回路设计,将过多的中间继电器回路进行精简,减少不必要继电器的条件闭锁点;改善运行环境,建设变频器专用小室并安装空调,将运行温度控制在26℃;加强设备维护,制定定期清理粉尘和检查接线的工作制度;更换耐磨性更强的材料,延长设备检修周期。这些措施的实施显著改善了分离器的运行状况,为提高其运行可靠性奠定了基础。

效果验证表明,2023年7月至2024年2月期间,5号锅炉磨煤机旋转分离器仅发生1次故障停运,较优化前的22次/年大幅降低。同时,设备运行效率和经济性得到显著提升,年节约资金165万元。这些结果充分证明了所采取措施的有效性^[5]。

结束语

本研究通过系统分析和试验,成功解决了影响5号锅炉磨煤机旋转分离器运行可靠性的关键问题,将年故障停运次数从22次降低到1次,显著提高了设备运行可靠性,取得了显著的经济效益。研究成果已通过修改设备系统图、修订检修规程和运行规程等形式进行标准化管理,并在全厂范围内推广实施。然而,随着设备老化和运行环境的变化,仍需持续关注和优化分离器的运行维护工作。建议未来从以下几个方面进行改进:加强设备状态监测,实施预防性维护;深化二次回路优化,提高控制精度;推进智能化改造,实现故障预警和诊断;完善培训机制,提高人员技能水平。同时,应积极探索更多先进技术,如状态检修、远程监控等,全面提升设备管理水平。未来,将继续跟踪和巩固已取得的成果,不断优化运行维护策略,为电力行业的可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]张明远,李红梅.火电厂关键设备运行可靠性提升技术研究进展[J].电力系统自动化,2022,46(3):1-8.
- [2]王立新,陈学文,刘志强.基于运行优化的火电厂设备可靠性管理研究[J].中国电力,2021,54(4):178-185.
- [3]赵文华,孙建国.超超临界机组关键设备故障分析与可靠性提升[J].电站系统工程,2023,39(2):12-19.
- [4]林晓峰,郑雅文.火电厂设备运行环境优化对可靠性的影响分析[J].能源工程,2022,42(5):45-52.
- [5]黄志强,吴海燕.火电厂设备维护策略优化与经济效益评价[J].中国能源,2023,45(1):95-102.