汽机侧热控系统测量偏差对机组经济性的影响研究

林彩云

福建华电可门发电有限公司, 福建省福州市, 350512;

摘要: 本文深入探讨汽机侧热控系统测量偏差对机组经济性的影响。通过分析常见测量偏差类型, 阐述其影响机组经济性的原理, 并结合实际案例与数据量化分析, 揭示测量偏差导致的能耗增加、效率降低等问题。提出优化测量系统、加强维护管理等针对性改进措施, 旨在提高热控系统测量准确性, 提升机组经济运行水平, 为电力行业节能减排与可持续发展提供理论与实践参考。

关键词: 汽机侧; 热控系统; 机组经济性

DOI: 10.64216/3080-1508.25.08.050

引言

在电力生产领域, 火电机组的高效稳定运行至关重要。汽机侧热控系统作为保障汽轮机安全经济运行的关键, 其测量准确性直接关系到机组整体性能。随着电力市场竞争加剧以及节能减排要求的不断提高, 深入研究热控系统测量偏差对机组经济性的影响, 并寻求有效解决措施, 成为电力行业亟待解决的重要课题。准确测量汽机侧各类参数, 如蒸汽温度、压力、流量等, 是实现机组优化控制、降低能耗、提高经济效益的基础。一旦热控系统出现测量偏差, 将干扰运行人员对机组实际运行状态的判断, 导致控制策略失误, 进而影响机组的经济性, 增加发电成本。因此, 对这一问题的研究具有重要的现实意义。

1 汽机侧热控系统概述

1.1 系统组成

汽机侧热控系统是一个复杂的网络, 它包括许多关键部件, 以确保整个系统的稳定运行。在温度测量方面, 系统采用了多种传感器, 如热电偶和热电阻, 这些传感器用于实时监测和记录主蒸汽温度、再热蒸汽温度、汽缸温度等关键参数。例如, 主蒸汽温度的测量通常依赖于高精度的热电偶, 这种传感器能够迅速且准确地捕捉到蒸汽温度的任何变化。在压力测量方面, 系统使用压力变送器, 将蒸汽压力、润滑油压力等物理量转换为电信号, 然后传输至控制系统。其中, 汽轮机进汽压力变送器在控制进汽量方面发挥着至关重要的作用。流量测量则依赖于孔板流量计、涡街流量计等设备, 这些设备用于监测蒸汽流量、凝结水流量等, 为机组的能量平衡计算提供必要的的数据支持。此外, 液位测量装置也被用于监测凝汽器水位、除氧器水位等, 以确保汽水系统的正常运行。这些测量设备协同工作, 共同构成了一个完

整而精确的热控测量体系。

1.2 测量原理

热电偶的工作原理基于热电效应, 它由两种不同材质的导体组成一个闭合回路。当这两个导体的两端温度不同时, 回路中会产生一个热电动势, 通过测量这个热电动势, 我们可以确定温度的大小。而热电阻则是利用金属或半导体材料的电阻值随温度变化的特性, 通过测量电阻值并将其换算成温度值。压力变送器通常采用电容式或电感式原理, 将压力变化转化为电容量或电感量的变化, 从而得到精确的压力数值。孔板流量计则是基于流体流经节流装置时产生的压力差与流量之间的对应关系来测量流量的。这些测量原理在理想状态下能够提供准确的参数测量, 但在实际运行过程中, 由于受到多种因素的干扰, 可能会导致测量结果出现偏差。

2 常见测量偏差类型及原因

2.1 参数显示值倒挂现象

在一些发电机组中, 我们观察到一种异常现象, 即主汽温度和压力的显示值在汽机侧高于锅炉侧, 而在主汽门后又高于主汽门前。此外, 给水流量的显示值低于主汽流量, 再热器进口压力低于再热器出口压力。这种现象的出现, 主要是由于测量管路的安装不合理所导致的。以某电厂为例, 炉侧主汽压力变送器被安装在炉顶, 而取样点却位于下方12米处。在这种情况下, 测量管路内的水介质在重力和主汽管道内蒸汽高速流动的双重作用下, 产生了虹吸现象, 导致压力测量值偏低, 进而造成了显示值倒挂的现象。

2.2 同参数显示值偏差较大

在多个同类测量设备同时测量同一参数时, 我们发现它们之间的显示值存在较大的偏差, 这种偏差甚至超

过了回路示值允许的误差范围。例如,在某电厂的同侧锅炉或汽机主汽母管上的主汽温度三点示值之间,偏差竟然达到了4℃。这种现象的原因可能包括测量元件老化,如在某电厂机组检修过程中发现,热电偶的校验合格率较低,多支用于测量主汽温度的热电偶之间存在较大的差值;测量仪表性能不稳定,部分质量不稳定的仪表产品混入电厂,例如新更换的铠装热电偶在开机后不久就出现开裂,导致显示失准。

2.3 不同表计间显示值偏差较大

在测量同一参数时,不同种类的表计显示值之间存在较大的偏差,这种偏差超过了回路示值允许的偏差范围。以某电厂为例,同侧汽包电接点水位计与水位变送器之间的测量显示偏差超过了100mm。这种现象可能是由于不同表计的测量原理存在差异,以及安装位置、校准情况的不同所导致的。例如,电接点水位计受到汽水界面波动的影响较大,而水位变送器则受到测量管路堵塞、零点漂移等因素的影响。

2.4 参数显示坏值问题

在运行过程中,我们经常遇到一些参数显示坏值的情况,如死值(例如风压、流量参数因信号管路堵塞而示值无变化)和假值(例如流量、温度参数显示负值,与实际状况明显不符)。死值通常是由于信号管路堵塞所导致的,如灰尘、杂质堆积导致气体或液体无法正常通过,使得测量元件无法感知真实参数的变化;假值可能是由于测量元件损坏、接线错误或电磁干扰等原因所导致的。例如,电磁干扰可能导致热电阻测量信号异常,从而出现假的温度值。

2.5 测量信号突变问题

在运行过程中,测量信号可能会突然上窜或下跳,这种突变的信号如果带有连锁保护,常常会导致辅机保护误动,甚至引发机组跳闸。例如,TSI信号因本身质量或干扰等原因,信号突然上窜至满量程,触发保护停机;轴承温度信号因热电阻接线松动,突然上窜至定值,触发保护跳风机。此外,长时间运行后,接头和接线可能因气候、氧化等因素松动,导致信号接触不良而出现异常。

3 测量偏差对机组经济性的影响机制

3.1 主蒸汽温度测量偏差对机组热耗率的影响显著

如果测量值偏高,运行人员可能会误判实际情况,从而减少减温水量。然而,实际的蒸汽温度过高会导致

机组循环效率下降,进而使得热耗率上升。根据相关研究,主蒸汽温度每偏高10℃,热耗率大约会增加0.3%-0.5%。再热蒸汽温度测量偏差也会产生类似的影响,不准确的温度测量会干扰再热循环的效果,从而导致热耗率出现波动。例如,如果再热蒸汽温度测量值偏低,可能会导致再热汽流量调整不当,进而降低机组整体热效率。

3.2 蒸汽流量测量偏差会导致能耗增加

测量偏差会干扰机组能量平衡的计算,进而影响燃料量、给水量等调节参数。如果蒸汽流量测量值偏大,控制系统会错误地增加燃料量以维持负荷,但实际上蒸汽流量并未达到预期值,这将导致燃料的浪费和能耗的增加。据统计,当蒸汽流量测量偏差达到5%时,机组的煤耗可能会增加约1-2g/kWh。此外,凝结水流量、给水流量等测量偏差也会影响机组汽水系统的正常运行,进一步增加能耗。

3.3 汽机侧热控系统测量偏差可能会降低设备的运行效率

例如,凝汽器水位测量偏差会导致水位过高或过低。水位过高可能会淹没部分凝汽器管束,从而减小换热面积,降低真空度;而水位过低则可能导致凝结水泵发生汽蚀,影响泵的出力和效率。又如,润滑油压力测量偏差可能会导致轴承润滑不良,增加机械摩擦损失,从而降低汽轮机的机械效率。

4 实例分析

4.1 某电厂案例

在某电厂#3机组持续运行期间,运行人员发现主汽温度显示值长期高于锅炉侧对应指示,存在明显差异。为查明原因,技术人员进行了系统检查,使用标准校准仪器对测量元件进行测试,最终确认是汽机侧主汽温度测量元件因长期使用老化导致性能劣化,测量偏差达8℃。根据机组设计手册中的热耗率修正曲线,主汽温度偏差8℃会使热耗率上升约0.3%。该机组额定负荷为300MW,年运行小时数稳定在6000小时,煤耗率基准值为300克/千瓦时,当前市场煤价为600元/吨。通过详细计算,因该测量偏差每年增加的煤耗量计算公式为: $300\text{MW} \times 6000\text{h} \times 0.3\% \times 300\text{g/kWh} \div 1000$ (单位转换系数)=1620吨;由此产生的额外成本为:1620吨 $\times$ 600元/吨=97.2万元。此案例突显了测量设备维护不及时对运行经济性的影响。

4.2 数据对比分析

通过系统收集多台机组在不同测量偏差条件下的历史运行数据,包括主蒸汽温度、再热蒸汽温度和蒸汽流量等关键参数,我们对比了正常测量与存在测量偏差时的热耗率、煤耗率等核心性能指标。分析结果显示,当主蒸汽温度测量偏差控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内时,热耗率波动范围为 $\pm 0.2\%$ 至 0.4% ,煤耗率波动幅度为2至4克/千瓦时;对于再热蒸汽温度测量偏差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的情况,热耗率波动范围为 $\pm 0.15\%$ 至 0.3% ,煤耗率波动幅度为1.5至3克/千瓦时;而蒸汽流量测量偏差 $\pm 3\%$ 时,煤耗率波动幅度为1至2克/千瓦时。这些对比数据基于电厂实际运行记录和实时监测系统,直观且定量地反映出测量偏差对机组整体经济性的负面影响程度,强调了测量精度管理的重要性。

5 减少测量偏差、提高机组经济性的措施

5.1 优化测量系统设计

在机组建设或改造阶段,合理选择测量设备量程和精度至关重要。例如,汽轮机排汽温度正常范围在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$,应选用测量范围与之匹配的热电偶,以避免量程过大导致测量误差偏大。优化测量点布置,充分考虑蒸汽流动特性、温度场分布等因素,确保测量点能准确反映参数真实值。例如,在蒸汽管道弯头、三通等部位合理增设测量点,减少因流场不均造成的测量偏差。此外,还应考虑测量设备的安装位置和方向,以确保测量数据的准确性和可靠性。

5.2 加强设备维护与校准

建立定期维护制度,对测量设备进行清洁、检查和保养。定期清洗流量测量装置的节流元件,防止杂质附着影响测量精度;检查热电偶、热电阻接线是否松动,及时处理接触不良问题。严格按照校准周期对测量设备进行校准,使用高精度标准仪器,确保测量设备准确性。例如,压力变送器每半年校准一次,校准误差控制在允许范围内。同时,还应建立设备故障预警机制,及时发现并处理设备潜在问题,避免因设备故障导致的测量误差。

5.3 提升运行人员操作水平

加强运行人员培训,提高其对热控系统测量偏差的识别和处理能力。培训内容包括测量原理、常见偏差类型及原因分析、处理方法等。制定完善的操作规程,要求运行人员在日常巡检中密切关注测量数据变化,发现异常及时汇报处理。例如,规定运行人员每小时记录一

次关键热控参数,对比分析数据趋势,及时察觉测量偏差迹象。此外,还应定期组织模拟演练,提高运行人员应对突发情况的能力,确保机组安全稳定运行。

5.4 引入先进监测技术

采用智能传感器,其具有自诊断、自适应调整等功能,能实时监测自身工作状态,自动补偿因环境变化等因素产生的测量偏差。利用大数据分析技术,对大量历史运行数据进行挖掘分析,建立测量数据模型,通过对比实时数据与模型预测值,及时发现并诊断测量偏差,为设备维护和运行调整提供依据。例如,通过大数据分析发现某台机组蒸汽流量测量值在特定工况下长期偏离正常范围,经检查是流量计安装位置不当,及时调整后测量准确性显著提高。此外,还可以引入人工智能技术,通过机器学习算法优化测量数据处理流程,进一步提高测量数据的准确性和可靠性。

6 结论

汽机侧热控系统测量偏差对机组经济性有着多方面的显著影响,通过干扰热耗率、增加能耗、降低设备运行效率等途径,直接导致发电成本上升。常见的测量偏差类型多样,每种偏差背后都有其特定的产生原因。通过实际案例和数据对比分析,清晰展现了测量偏差对机组经济性影响的量化结果。为有效减少测量偏差,提高机组经济性,需从优化测量系统设计、加强设备维护与校准、提升运行人员操作水平以及引入先进监测技术等多方面入手,构建全方位的保障体系。在当前电力行业追求节能减排与可持续发展的大背景下,提高热控系统测量准确性,降低测量偏差对机组经济性的负面影响,是提升火电机组竞争力、实现行业绿色发展的必然要求。未来,随着技术的不断进步,热控系统测量技术将持续优化,为机组经济运行提供更可靠的支持。

参考文献

- [1]叶福南.珠海电厂热控设备检修模式优化研究[D].华南理工大学,2015.
- [2]王永宏,唐爽,江彬,等.单轴燃气-蒸汽联合循环机组FCB控制策略研究与应用[J].工业加热,2024,53(1):24-28. DOI:10.3969/j.issn.1002-1639.2024.01.007.
- [3]王永宏,唐爽,江彬,等.单轴燃气-蒸汽联合循环机组FCB控制策略研究与应用[J].工业加热,2024,53(1):24-28. DOI:10.3969/j.issn.1002-1639.2024.01.007.