

660MW机组凝结水泵耗电率高的原因分析及对策

石昌昊

北方魏家峁煤电有限责任公司 内蒙古鄂尔多斯 010308

摘要: 在660MW火电机组的运行过程中,凝结水泵作为关键辅助设备,其耗电率直接影响机组的整体能耗与经济性。本文针对660MW机组凝结水泵耗电率偏高的问题,从设备自身性能、系统设计与匹配、运行操作管理等多个维度展开分析,识别出诸如泵体效率下降、系统管路阻力过大、运行参数偏离最优值等主要影响因素。基于原因分析,提出了包括设备检修与改造、系统优化调整、运行方式改进等针对性对策,旨在为降低660MW机组凝结水泵耗电率、提升机组运行经济性提供可行的技术参考。

关键词: 660MW机组;凝结水泵;耗电率;原因分析;节能对策

引言

随着电力行业对节能降耗与经济性运行要求的不断提高,火电机组辅助设备的能耗控制成为重要研究方向。凝结水泵作为660MW机组汽水循环系统的核心设备,承担着将凝汽器内的凝结水输送至低压加热器等后续系统的重要任务,其耗电在机组厂用电中占比显著。当前部分660MW机组存在凝结水泵耗电率偏高的现象,不仅增加了机组的厂用电率,还降低了整体运行经济性。因此,深入分析凝结水泵耗电率高的原因,并制定科学有效的解决对策,对推动660MW机组节能运行具有重要现实意义。

一、660MW机组凝结水泵耗电率高的原因分析

(一)设备自身性能劣化

凝结水泵长期运行过程中,设备自身性能的劣化是导致耗电率升高的重要内在因素。首先,泵体关键部件的磨损与老化会直接降低泵的运行效率。例如,叶轮作为凝结水泵的核心做功部件,在长期输送含杂质的凝结水过程中,易出现叶片磨损、汽蚀等问题。叶片磨损会导致叶轮的做功能力下降,使得泵在输送相同流量凝结水时需要消耗更多的电能;而汽蚀现象会造成叶轮表面出现蜂窝状损伤,进一步破坏叶轮的结构完整性,加剧泵的能耗损失。其次,凝结水泵的轴承磨损也是影响设备性能的关键问题。轴承作为支撑泵轴旋转的重要部件,长期运行后会出现润滑油老化、轴承间隙增大等情况。润滑油老化会降低其润滑效果,增加轴承内部的摩擦阻力;轴承间隙增大会导致泵轴旋转时的稳定性下降,产生额外的振动与摩擦损耗,这些都会导致泵的运行效率降低,耗电率升高。此外,凝结水泵的密封性能下降也会对其耗电率产生影响。泵的密封装置用于防止凝结水泄

漏,当密封件出现老化、磨损等问题时,会导致凝结水泄漏量增加。为了维持系统所需的凝结水压力与流量,泵需提高运行功率,从而增加电能消耗,使得耗电率偏高。

(二)系统设计与匹配不合理

系统设计与匹配是否合理直接决定凝结水泵的运行负荷与效率,除原有管路设计缺陷、系统负荷匹配失衡外,叶轮级数的不匹配也是关键影响因素。

1.管路系统设计缺陷

部分机组管路直径选择不当、布置不合理。管路直径偏小会导致凝结水流速过快,沿程阻力增大;管路中过多弯头、阀门等局部阻力部件,会进一步加剧阻力损失,使得凝结水泵需克服更大阻力输送凝结水,电能消耗增加,耗电率上升。

2.系统负荷匹配失衡

凝结水泵设计参数按机组额定负荷确定,但实际常处于变负荷运行状态。低负荷时凝结水需求量减少,若水泵仍按额定工况运行,会出现“大马拉小车”现象,运行效率大幅下降;部分机组水泵台数配置无法适配负荷变化,不能灵活调整运行台数,进一步导致效率低下、耗电率升高。

3.叶轮级数与系统需求不匹配

叶轮级数是决定凝结水泵扬程、流量及能耗的核心设计参数,其选择需与机组凝结水系统的阻力特性、所需扬程精准匹配。若叶轮级数选择过高,会导致水泵实际输出扬程远超系统需求,多余扬程需通过节流等方式消耗,造成大量电能浪费,直接推高耗电率;若叶轮级数选择过低,水泵输出扬程不足,为满足系统流量与压力要求,泵需长期处于超负荷运行状态,同样会导致能耗增加、耗电率偏高。

（三）运行操作与管理不当

1. 运行参数控制不合理

凝结水泵的运行参数，如出口压力、流量等，需要根据机组的实际运行工况进行合理调整。若运行人员未能根据机组负荷变化及时调整凝结水泵的出口压力与流量，会导致泵的运行参数偏离最优值。例如，当机组负荷降低时，若凝结水泵出口压力仍维持在较高水平，会造成凝结水在系统内的节流损失增加，同时泵也需要消耗更多电能来维持较高的出口压力，导致耗电率升高。此外，凝汽器水位控制不当也会影响凝结水泵的运行。若凝汽器水位过高，会导致凝结水泵入口淹没深度过大，增加泵的入口阻力；若水位过低，易导致泵入口出现汽蚀现象，这些都会降低泵的运行效率，增加耗电率。

2. 设备维护管理不到位

完善的设备维护管理是保障凝结水泵高效运行的重要保障。部分电厂在凝结水泵的维护管理过程中，存在维护周期过长、维护内容不全面等问题。例如，未能定期对凝结水泵进行解体检查，无法及时发现叶轮磨损、轴承老化等潜在故障；对泵的润滑油更换不及时，导致轴承润滑效果下降；对密封装置的检查与更换不及时，造成凝结水泄漏等。这些维护管理上的漏洞会导致凝结水泵的性能逐渐劣化，运行效率降低，进而使耗电率升高。此外，运行人员的操作技能水平也会对凝结水泵的耗电率产生影响。若运行人员操作不规范，如频繁启停泵、调整参数过于频繁等，会增加泵的能耗损失，导致耗电率偏高。

（四）外部辅助设备影响

1. 低压加热器系统异常

低压加热器是660MW机组凝结水系统的重要辅助设备，其运行状态直接影响凝结水的温度与流量，进而影响凝结水泵的运行能耗。当低压加热器出现传热管结垢、堵塞等问题时，会导致低压加热器的换热效率下降，凝结水在加热器内的温升不足。为了满足后续系统对凝结水温度的要求，可能需要通过调整凝结水泵的运行参数来弥补，如增加凝结水流量，这会导致泵的电能消耗增加。此外，低压加热器的抽汽阀门故障、疏水系统堵塞等问题，也会影响低压加热器的正常运行，间接导致凝结水泵的运行负荷增加，耗电率升高。

2. 凝汽器真空度下降

凝汽器真空度是影响660MW机组运行经济性的重要指标，同时也会对凝结水泵的耗电率产生影响。当凝汽器真空度下降时，凝汽器内的压力升高，凝结水的饱和温度也随之升高。为了将凝结水顺利输送至后续系统，

凝结水泵需要提高出口压力，这会增加泵的电能消耗。导致凝汽器真空度下降的原因较多，如凝汽器铜管结垢、真空系统泄漏、循环水系统运行异常等。凝汽器铜管结垢会降低其换热效率，使凝汽器内的蒸汽无法及时凝结，导致真空度下降；真空系统泄漏会使空气进入凝汽器，破坏凝汽器的真空环境；循环水系统运行异常，如循环水流量不足、循环水温度过高等，也会影响凝汽器的换热效果，导致真空度下降。这些因素最终都会通过影响凝汽器真空度，间接导致凝结水泵耗电率升高。

二、降低660MW机组凝结水泵耗电率的对策

（一）优化设备性能，减少设备自身能耗损失

1. 加强设备检修与改造

定期对凝结水泵进行全面检修，及时发现并处理设备存在的故障与缺陷。对于叶轮磨损、汽蚀严重的情况，及时更换叶轮，恢复叶轮的做功能力；对轴承进行定期检查，根据磨损情况及时更换轴承，并定期更换润滑油，保证轴承的良好润滑状态，减少摩擦阻力损失；对密封装置进行定期检查与维护，及时更换老化、磨损的密封件，防止凝结水泄漏，降低泵的额外能耗。此外，对于运行年限较长、效率较低的凝结水泵，可以考虑进行技术改造或更换为高效节能型水泵。例如，采用新型高效叶轮、优化泵体流道设计等方式，提高泵的运行效率，降低耗电率。

2. 采用变频调速技术

针对凝结水泵在变负荷运行时存在的“大马拉小车”问题，采用变频调速技术对凝结水泵进行改造是一种有效的节能措施。变频调速技术可以根据机组负荷变化与凝结水系统需求，实时调整凝结水泵的转速，从而改变泵的出口流量与压力，使泵的运行参数始终与系统需求相匹配。当机组负荷降低时，通过降低泵的转速，减少泵的电能消耗；当机组负荷升高时，适当提高泵的转速，满足系统对凝结水流量与压力的需求。采用变频调速技术后，凝结水泵的运行效率可以大幅提高，有效降低耗电率，同时还能减少泵的启停次数，延长设备使用寿命。

（二）优化系统设计与匹配，降低系统阻力损失

1. 改进管路系统设计

对于管路直径偏小、布置不合理的凝结水系统，进行管路优化改造。根据凝结水的流量与流速要求，合理选择管路直径，确保凝结水在管路内的流速处于经济流速范围内，减少管路沿程阻力损失；优化管路布置，减少弯头、阀门等局部阻力部件的数量，对于必须设置的局部阻力部件，选择阻力系数较小的产品，降低管路系

统的局部阻力损失。此外，定期对管路进行清洗，清除管路内的杂质与结垢，保持管路畅通，减少管路阻力，降低凝结水泵的运行负荷与电能消耗。

2. 优化凝结水泵运行台数配置

根据660MW机组的负荷变化范围与凝结水系统的流量需求，优化凝结水泵的台数配置。对于变负荷运行频繁的机组，可以采用“一用一备”或“多用一备”的配置方式，并配备相应的自动控制逻辑，实现根据机组负荷变化自动调整运行泵的数量。例如，当机组负荷低于50%额定负荷时，启动一台凝结水泵即可满足系统需求；当机组负荷高于50%额定负荷时，自动启动第二台凝结水泵，确保凝结水系统的流量与压力稳定。通过优化运行台数配置，避免“大马拉小车”现象，提高凝结水泵的运行效率，降低耗电率。

3. 匹配叶轮级数

针对该问题，可通过降级改造或升级改造优化：当级数过高时，采用降级改造，减少叶轮级数以降低多余扬程，使泵的输出特性与系统需求匹配；当级数过低时，通过升级改造增加叶轮级数，提升泵的有效扬程，避免泵长期超负荷运行，从而降低耗电率。

(三) 加强运行操作与管理，提升运行经济性

1. 优化运行参数控制

制定科学合理的凝结水泵运行参数控制方案，指导运行人员根据机组负荷变化及时调整泵的出口压力、流量等参数，使泵的运行始终处于最优工况。例如，建立机组负荷与凝结水泵出口压力、流量的对应关系曲线，运行人员根据当前机组负荷，参照曲线调整泵的运行参数，避免参数偏离最优值。同时，加强对凝汽器水位的控制，通过优化水位自动调节系统，保持凝汽器水位在合理范围内，避免因水位过高或过低导致泵的运行效率下降。此外，合理控制凝结水的再循环量，在满足系统安全运行的前提下，尽量减少再循环量，降低泵的额外能耗。

2. 完善设备维护管理体系

建立健全凝结水泵的维护管理体系，明确维护周期、维护内容与维护标准。定期对凝结水泵进行解体检查、性能测试等工作，及时发现设备存在的潜在故障，并采取有效的修复措施；加强对润滑油、密封件等易损件的管理，建立更换台账，确保按时更换，保证设备的良好运行状态。同时，加强对运行人员的培训，提高运行人员的操作技能与专业素质，规范操作流程，避免因操作不当导致泵的能耗增加。例如，通过开展技能培训、实操演练等活动，使运行人员熟练掌握凝结水泵的启停操作、参数调整方法等，提高运行操作的准确性与合理性。

(四) 保障外部辅助设备正常运行，减少间接能耗影响

1. 加强低压加热器系统维护

定期对低压加热器进行检查与维护，及时清理传热管内的结垢与杂质，恢复加热器的换热效率，确保凝结水在加热器内能够达到设计温升要求，避免因换热效率下降导致凝结水泵运行负荷增加。同时，加强对低压加热器抽汽阀门、疏水系统的检查与维护，确保阀门开关灵活、疏水通畅，保障低压加热器的正常运行。此外，建立低压加热器运行状态监测机制，通过安装温度、压力等监测仪表，实时监控加热器的运行参数，及时发现异常情况并采取相应的处理措施。

2. 改善凝汽器真空度

采取有效的措施改善凝汽器真空度，减少因真空度下降对凝结水泵耗电率的影响。定期对凝汽器铜管进行清洗，去除铜管表面的结垢，提高凝汽器的换热效率；加强对真空系统的泄漏检测，采用氦质谱检漏等先进技术，及时发现并封堵真空系统的泄漏点，维持凝汽器的真空环境；优化循环水系统运行，确保循环水流量充足、循环水温度控制在合理范围内，提高凝汽器的换热效果。通过改善凝汽器真空度，降低凝汽器内的压力，减少凝结水泵的出口压力需求，从而降低泵的电能消耗，降低耗电率。

结语

660MW机组凝结水泵耗电率高是由设备、系统、运行、外部辅助设备等多方面因素共同作用的结果，其解决需要采取综合性的对策。通过优化设备性能、完善系统设计与匹配、加强运行操作与管理、保障外部辅助设备正常运行等措施，可以有效降低凝结水泵的耗电率，提升机组的运行经济性。在实际应用过程中，还需结合机组的具体运行情况，对各项对策进行灵活调整与优化，持续推动660MW机组的节能降耗工作，为电力行业的绿色可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 蒋启东.降低660MW超超临界机组凝结水泵变频耗电研究[J].设备管理与维修, 2024(9): 182-184.
- [2] 魏子敬.660MW机组凝结水泵耗电率高分析及解决措施研究[J].中国设备工程, 2021(21): 2.
- [3] 陈统钱, 杨建明.660MW机组凝结水泵变频运行的振动分析与处理[J].发电技术, 2019, 40(S1): 5.
- [4] 王浩.660MW超超临界机组凝结水水质异常原因分析与处理[J].清洗世界, 2021, 37(10): 4.