火电厂厂用电系统电能损耗成因分析及降损优化研究

陈利兴

（国能神华九江发电有限责任公司，江西 九江 332504）

摘 要 火电厂厂用电系统关系到火电厂运营效率及发展质量。火电厂厂用电系统运行过程中，由于电动机损耗、无功功率传输、谐波污染等因素影响，导致火电厂厂用电系统出现额外损耗，影响到其可持续发展。本文针对火电厂厂用电系统电能损耗成因及降损优化策略进行探索，以期为有效降低火电厂厂用电系统损耗提供参考，进而实现其可持续发展目标。

关键词 火电厂厂用电系统；电能损耗；损耗成因；降损优化

中图分类号：TM621 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.30.027

0 引言

火电厂在电能生产过程中，需配置大量主机配套设备与辅助系统以保证电厂正常生产，这些机械通常称之为厂用机械。厂用电系统的应用，目的在于把控厂用电设备的运行效率，并通过科学控制方式降低该系统的电能损耗，实现节能运行的目标。厂用电系统电能损耗控制时，火电厂应立足于自身的生产实际，把握厂用电系统电能损耗成因，采取针对性地控制方式降低损耗，以实现节能运行目标。

1 火电厂厂用电系统构成及设计原则

1.1 厂用电系统

火电厂厂用电系统在其生产过程中采取自动化、智能化控制方式，目的在于辅助火电厂运行发展的实际需要。厂用电系统包括机组高低压厂变、停机 / 检修变及其他供电网络和厂用负荷组成的系统，如厂用负荷、输煤系统、除灰系统、水处理系统等[1]。火电厂厂用电系统控制主要涉及厂用电率、厂用负荷、电气设备控制、厂用变压器控制等，工作人员应立足于火电厂实际生产情况发挥厂用电系统的功能及作用，以降低电能消耗，实现节能降耗的生产目标。

1.2 厂用电系统设计原则

火电厂厂用电系统设计时，应遵循可靠性、安全性、灵活性、经济性原则，以保证系统处于一个良好的运行状态，满足火电厂生产运行的实际需要。从火电厂厂用电系统设计原则来看，具体表现为：（1）可靠性优先原则。火电厂厂用电系统设计需要确保火电厂主机处于一个安全、稳定的运行状态，这就需要对厂用电系统的性能予以针对性把控，要求其重要负荷必需设备自动备用电源，保证该系统运行稳定性，进而更好地辅助火电厂的稳定运行；（2）安全性原则。火电厂厂用电系统设计及应用，需要充分考虑到火电厂运行的各种工况要求，避免因电气故障或人为失误引发的安全事故问题。基于此，火电厂厂用电系统设计需要充分考虑到安全性问题，确保设备、人员安全；（3）灵活性原则。从灵活性原则来看，火电厂厂用电系统设计应确保接线灵活性，可以适应火电厂各种运行方式要求，并可以为火电厂扩建及改造提供相应的支持；（4）经济性原则。火电厂厂用电系统设计需要降低成本支出，科学合理地配置电源、配电设备等，进而提升火电厂整体经济效益[2]。

2 火电厂厂用电系统电能损耗成因分析

2.1 电动机损耗

电动机是火电厂厂用电系统的重要组成部分，其在应用时对于火电厂安全稳定发电起到重要的影响。但由于电动机设备运行故障问题，可能给火电厂运行生产产生极为不利的影响。从电动机引发的电能损耗问题来看，具体表现为：（1）定子绕组烧毁。定子绕组烧毁是厂用电系统故障的主要成因，其占电动机各类故障总数的 30%，受此影响会导致设备运行停滞，并造成一定的经济损失；（2）轴承损坏问题。轴承损坏

作者简介：陈利兴（1997-），男，本科，助理工程师，研究方向：火力发电。

是厂用电系统电能损耗的又一成因，从轴承损坏的原因来看，包括轴承本身质量问题、滚动轴承润滑脂选用不当、机械设备振动、电动机与拖动机械设备装配不良等诸多因素影响；（3）转子鼠笼断条。从这一问题的成因来看，主要由于厂用电系统运行时，受到负载变化导致鼠笼条产生切向交变应力，从而导致金属疲劳引发的损伤断裂[3]；或是由于设备本身的制造工艺相对较差或是检修工作不到位引发的故障。

2.2 无功功率传输损耗

从火电厂电动机设备的特点来看，无功功率传输损耗属于典型的感性负荷，并且在运行时需要从电网中吸收大量的无功功率来建立磁场。电动机运行时的功率因数在0.7～0.9之间，轻载时可达到0.2～0.3之间。无功功率虽然不做功，但是其电流分量会流过变压器绕组、电缆导体及开关设备，并且在电流传输时会产生有功损耗。火电厂厂用电系统应用时，当无功电流增大线路压降，会导致远端电动机的电压偏离最佳值[4]。受此影响，无功功率的传输损耗会增大，成为厂用电系统损耗中的一部分。

2.3 谐波污染损耗

谐波污染损耗是电力系统中由高频谐波成分引发的波形干扰现象，具体表现为电流或声波偏离标准正弦形变的畸变。从火电厂厂用电系统的谐波污染损耗来看，其核心是由于变频器等非线性设备在运行过程中注入谐波，导致设备出现发热增加、效率下降、线损上升等问题，进而加剧电厂损耗。从火电厂辅机的运行特点来看，其能耗约占电厂用电的30%～40%，但在采用变频调速设备之后，变频器作为非线性负载，其会向厂用系统注入大量的谐波电流，从而引发谐波污染问题。从谐波污染导致的损耗情况来看，具体表现在线路损耗增加、变压器损耗加重、电机附加损耗、设备过热及寿命缩短问题等。

2.4 运行管理粗放损耗

除了上述技术层面引发的损耗问题之外，火电厂管理层面引发的电能损耗问题也同样重要，其对火电厂厂用电系统运行有着重要影响。从运行管理粗放损耗问题来看，具体表现为：（1）辅机耗电损耗排查工作开展不彻底，未及时发现厂用电系统的隐蔽性损耗，导致损耗控制工作不但为，影响到设备节能运行；（2）火电厂厂用电损耗管理缺乏足够重视，相关制度机制建设不到位，未为电能损耗控制提供相应的参考及指引，进而导致用电系统电能损耗管控工作不到位，影响到厂用电效率；（3）火电厂厂用电系统损耗控制效果不佳，相关工作未具体落实，导致工作人员缺乏责任意识，未贯彻落实降损节能工作。

3 火电厂厂用电系统电能降损优化对策分析

新形势下火电厂厂用电系统电能降损优化工作开展应注重强化工业节能减排，并立足于火电厂厂用电系统运行特点，注重从全面视角入手，实现科学降损优化目标，促进火电厂高效、稳定、可靠运行（见表1）。结合火电厂用电系统电能损耗成因，火电厂厂用电系统电能降损优化工作开展时，应注重把握以下几点内容。

表1 火电厂厂用电系统降损优化要点

优化维度	主要措施	适用对象	降损效果
设备技术改造	变频调速改造	风机、水泵类辅助机	节电率18%～60%
无功补偿优化	就地无功补偿	高压大容量电动机	功率因数提升至0.95
谐波治理	变频器PWM整流改造	变频调速设备	谐波畸变率下降5%以下
运行管理	精细化运行	全厂辅机系统	厂用电率降低0.08%～0.24%

3.1 辅机设备的变频调速改造

火电厂厂用电系统降损优化应做好辅机设备的变频调速改造，有效地降低辅助设备的运行能耗，以实现节能减排目标。在变频调速改造时，火电厂应注重以下几点：（1）减少空载运行的变压器。工作人员应对火电厂空载运行的变压器设备情况做好把控，减少空载运行的变压器，以减少电能资源的消耗；（2）积极探索厂用电系统变频调速系统建设，强化经济运行。火电厂用电系统的经济运行，应充分利用现有设备条件选择最佳运行方式，并优化负载调整，在确保安全供电的前提下最大限度降低变压器电能损耗，以实现节电的运行目标；（3）有针对性地做好辅机变频改造工作。火电厂辅机出力随着电机负荷大小变化而变化，电网负荷变化的同时发电机输出功率也随之改变，这就要求工作人员做好针对性调整，发挥变频调速的优势，以降低能源资源消耗。变频调速改造应立足于设备运行情况，注重把控变频调速的频率范围、动态响应、功率因数、功率效率等，以实现节能降耗的发展目标[5]。火电厂辅助机设备的变频调速改造，要求工作人员立足于系统运行情况，并对设备运行可能产生的能耗问

题做好针对性把控，通过采取变频调速运行方式，使设备运行符合火电厂生产运营实际需求，并以最低的能耗实现最大化的经济效益产出，确保火电厂运营发展的经济效益。

3.2 无功补偿优化及功率因数提升

从火电厂厂用电系统的运行特点来看，其中负荷最大的是大型感应电动机设备，其功率因数在 0.8 ～ 0.85 范围内，轻载运行时的功率因素会降低至 0.2 ～ 0.3 之间。火电厂厂用电系统运行时由于存在大量的无功电流，并且其在变压器绕组、电缆导体等设备中流动，从而产生附加有功损耗。针对此情况，为降低火电厂厂用电系统损耗，工作人员通过无功补偿的方式减少无功电流在系统中的长距离传输，进而实现降低能耗的目标。

3.3 强化谐波治理及电能质量优化

在火电厂厂用电系统电能损耗优化中，工作人员应对谐波治理及电能质量优化问题予以高度重视，以确保系统处于一个良好的运行状态。在此过程中，从火电厂厂用电系统的运行情况来看，随着变频器、电除尘等设备的应用，导致谐波污染成为厂用电系统损耗的重要来源。基于此，厂用电系统应用谐波治理技术手段，应注重以下几点：（1）在变频器集中配置区域设置 PWM 整流变频器替代传统的变频器，从根源上控制谐波的产生；（2）针对谐波源集中线路增加滤波装置，实现对谐波的就地吸收目标；（3）从整体视角入手做好谐波治理及无功补偿，提升治理工作开展的针对性、有效性 [6]。

同时，工作人员在电能质量优化时，应注重将谐波治理与变频改造工作协同推进。电能质量优化应从以下几个方面进行：（1）树立系统化思维，全面地考虑谐波治理与变频改造工作，为提升电能质量打下坚实基础；（2）针对性地控制谐波畸变，使其处于标准规定范围内，有效地降低其对厂用电系统的影响，确保厂用电系统处于稳定的工作状态；（3）加强移相变压器技术的应用，实现变频器过电流的有效控制目标，进而降低谐波注入，以保证移相变压器的稳定运行。

3.4 针对性提升运行管理工作质量

火电厂厂用电系统电能损耗控制时，除了强化技术层面的工作之外，还应注重从管理层面做好优化，以提升厂用电系统电能损耗控制效果。在此过程中，火电厂厂用电系统降损优化应推进精细化管理工作，并建立完善的制度保障，以确保降损优化目标实现。火电厂运行管理工作优化时，应立足于火电厂厂用电系统运行的实际情况，注重从细节管控层面入手，提升节能降耗控制效果，以确保火电厂厂用电系统处于更加稳定、可靠的运行状态 [7]。

火电厂提升运行管理工作质量应注重以下几点：（1）强化制度建设工作。制度建设为火电厂用电系统电能损耗控制提供保障，确保降损工作得到针对性的贯彻落实。基于此，火电厂应建立权责清晰、高效规范的节能管理体系，将节能指标纳入管理当中，推进降损工作得到有效的贯彻落实；（2）进一步做好过程管控工作。从过程管控层面来看，应强化辅机耗电的排查治理，通过过程化管控有效地降低损耗，以满足系统运行发展需要；（3）进一步优化运行。火电厂厂用电系统降耗优化，应立足于火电厂厂用电系统的运行发展情况，注重推进精细化运行措施来调整能耗；（4）建立综合管理机制。火电厂厂用电系统运行管理工作开展应强化综合管理，从系统化视角入手综合性地把控运行管理、无功补偿、变频调速等工作，使之与火电厂厂用电系统运行管控有效融合，针对性提升设备运行质量，降低能源资源消耗，实现火电厂厂用电系统节能发展目标。

4 结束语

火电厂厂用电系统电能损耗管控工作开展应立足于火电厂运行发展的实际情况，注重从系统化视角入手，把控损耗产生的原因，提升降损优化的质量，助力火电厂长远、可持续发展。同时，火电厂厂用电系统降损优化工作开展应注重建立完善的管理机制，并提升运行管理效果及质量，确保降损工作得到针对性的贯彻及落实，助力火电厂可持续发展。

参考文献：

[1] 马泽灏 . 光伏电站并网工程建设的电能质量优化技术与发电效率损耗控制研究 [J]. 中国高新科技 ,2026(07):47-48,51.

[2] 光明 , 孔令泽 , 泽日木 , 等 .220kV 同塔双回输电线路损耗分析及降损措施研究 [J]. 电器工业 ,2026(03):67-71.

[3] 李安 , 李吉侗 , 吕道鑫 , 等 . 提升配电网架空线路技术损耗评估精度的关键方法研究 [J]. 科技风 ,2026(05):89-91.

[4] 徐春秀 , 陈伟 , 孟祥光 . 基于无线通信技术的风电场电能质量检测方法研究 [J]. 电气技术与经济 ,2025(12):267-269,277.

[5] 孟祥树 , 张宏 , 刘拓 . 降低大型交流矿热炉设备电能损耗的研究与实践 [J]. 铁合金 ,2025,56(06):44-50.

[6] 邵其霞 . 配电网节能降损与电能质量管理研究 [J]. 大陆桥视野 ,2025(12):106-108.

[7] 栗志鹏 , 刘少博 , 杨浩 , 等 . 基于 PSO 的配电网谐波抑制与降损增效协同优化 [J]. 中国电力 ,2025,58(08):50-59.