

# 火电厂深度调峰安全性与经济性分析

何 涛

陕西德源府谷能源有限公司 陕西 榆林 719000

**摘要:** 本文全面分析了火电厂深度调峰的安全性及经济性。深度调峰对火电厂设备、运行、人员及系统安全性提出挑战,同时增加了成本支出。但参与辅助服务市场、提高机组灵活性等也带来收益。文章通过成本-效益分析、敏感性分析等方法评估了经济性,并提出了加强设备管理、优化运行策略、积极参与辅助服务市场等优化建议。

**关键词:** 火电厂;深度调峰;安全性分析;经济性分析

## 引言

随着电力系统的快速发展和新能源的大量接入,火电厂作为传统能源发电的重要组成部分,面临着越来越多的调峰挑战。深度调峰作为火电厂应对电力系统波动、提高灵活性的重要手段,其安全性和经济性成为了业界关注的焦点。本文旨在对火电厂深度调峰的安全性及经济性进行全面分析,为火电厂的运营和管理提供科学依据。

### 1 火电厂深度调峰概述

火电厂深度调峰,是电力系统灵活运行的一项重要机制。在电力系统低谷时段或新能源如风电、光伏大发时段,火电厂通过灵活调整自身出力,甚至采取停机措施,主动为新能源发电让出空间。这一做法有助于平衡电力供需,维持电力系统的稳定运行,确保新能源能够得到充分消纳。深度调峰对火电厂的运行方式产生了显著影响。火电厂需要更加频繁地调整出力,甚至进行启停操作,这对设备的稳定性和寿命提出了更高要求。同时,深度调峰也改变了火电厂的设备状态,如锅炉、汽轮机等关键设备可能面临更大的热应力和机械应力。此外,深度调峰还对火电厂的经济效益产生了深远影响。频繁调整出力和停机可能导致运行成本上升,但同时也为火电厂参与辅助服务市场、获取额外收益提供了机会<sup>[1]</sup>。

### 2 火电厂深度调峰安全性分析

#### 2.1 设备安全性

(1) 在锅炉运行方面,深度调峰带来的频繁启停问题不容忽视。当锅炉从高负荷迅速降低至低负荷或完全停机时,其受热面会经历剧烈的温度波动。具体来说,受热面外部温度迅速下降,而由于金属的热惯性,内部温度下降较慢,这种温差导致了显著的热应力产生。长此以往,热应力的反复作用会使锅炉受热面金属逐渐疲劳,严重时甚至会出现裂纹和泄漏现象,威胁锅炉的安全运行。(2) 汽轮机方面,深度调峰使其频繁经历加减速过程,这对汽轮机的转子构成了严峻挑战。在加速阶段,转子会受到较大的离心力作用,对其结构强度提出更高要求。而在减速过程中,转子内部温度分布不均可能引发热应力,进一步加剧金属疲劳。此外,汽轮机的叶片在变工况运行时也面临风险,蒸汽流场的变化可能导致叶片受到额外冲击和振动,增加了叶片断裂的潜在风险。(3) 为应对这些挑战,火电厂需采取具体措施。对于锅炉,应优化燃烧系统,确保燃烧稳定,减少未燃物沉积,同时加强受热面的清灰除焦工作,保持其清洁高效。对于汽轮机,应定期实施转子无损检测,及时发现并处理金属疲劳问题。同时,需优化调速系统,减小加减速过程中的应力变化,并采用先进监测技术,实时掌握设备运行状态,确保及时发现并处理异常情况。

速过程,这对汽轮机的转子构成了严峻挑战。在加速阶段,转子会受到较大的离心力作用,对其结构强度提出更高要求。而在减速过程中,转子内部温度分布不均可能引发热应力,进一步加剧金属疲劳。此外,汽轮机的叶片在变工况运行时也面临风险,蒸汽流场的变化可能导致叶片受到额外冲击和振动,增加了叶片断裂的潜在风险。(3) 为应对这些挑战,火电厂需采取具体措施。对于锅炉,应优化燃烧系统,确保燃烧稳定,减少未燃物沉积,同时加强受热面的清灰除焦工作,保持其清洁高效。对于汽轮机,应定期实施转子无损检测,及时发现并处理金属疲劳问题。同时,需优化调速系统,减小加减速过程中的应力变化,并采用先进监测技术,实时掌握设备运行状态,确保及时发现并处理异常情况。

#### 2.2 运行安全性

(1) 燃烧稳定性是火电厂运行安全的关键。在深度调峰时,由于锅炉负荷的降低,燃烧器的燃烧稳定性可能受到影响。低负荷下,燃烧器的火焰可能变得不稳定,甚至出现熄火现象。这不仅会影响锅炉的热效率,还可能对锅炉的安全运行构成威胁。为了解决这一问题,火电厂可以采取调整燃烧器配风、提高燃料质量等措施,以增强燃烧的稳定性。(2) 蒸汽品质控制也是深度调峰过程中的一个重要问题。在负荷变化时,锅炉的蒸汽参数(如温度、压力等)可能会发生变化,从而影响蒸汽的品质。如果蒸汽品质不符合要求,可能会对汽轮机等设备造成损害。因此,火电厂需要加强对蒸汽品质的监测和控制,确保蒸汽参数在允许范围内波动。

(3) 针对这些运行难题,火电厂可以制定相应的运行调整策略。例如,通过优化燃烧器的设计和配风方式,提高燃烧稳定性;通过加强蒸汽品质的监测和控制,确保蒸汽参数符合设备要求。同时,火电厂还可以采用先进的控制系统和技术,提高运行控制的自动化水平和准确性。

#### 2.3 人员安全性

(1) 在实际操作中,运行人员可能面临一系列安全风险。例如,由于操作频繁和复杂,运行人员可能会出现操作失误或判断错误;由于设备故障或异常情况的发生,运行人员可能需要紧急处理或抢修设备。这些都可能对运行人员的安全构成威胁。(2) 为了保障运行人员的安全,火电厂可以采取一系列措施。首先,加强人员培训,提高运行人员的专业技能和操作经验。通过定期的培训和学习,使运行人员熟悉设备的性能和操作规程,掌握处理异常情况的方法和技巧。其次,提高运行人员的心理素质和应变能力。通过模拟演练和实战训练等方式,增强运行人员在紧急情况下的应对能力和心理素质。此外,还可以改善运行人员的工作环境和条件,减轻他们的工作强度和压力<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 系统安全性

深度调峰对电力系统的整体稳定性也有一定影响。在深度调峰过程中,火电厂的出力会频繁变化,这可能会对电网的频率、电压等参数产生影响。(1) 电网频率是电力系统稳定运行的重要指标之一。当火电厂出力变化时,电网的频率可能会随之波动。如果频率波动过大或超出允许范围,可能会对电力设备的正常运行和电力用户的用电质量造成影响。为了维持电网频率的稳定,电力系统需要采取相应的调控措施。例如,可以通过调整其他发电厂的出力或投切负荷等方式来平衡电网的供需关系,从而维持频率的稳定。(2) 电压稳定也是电力系统安全运行的重要方面。在深度调峰过程中,由于火电厂出力的变化,可能会导致电网局部地区的电压水平发生变化。如果电压水平过低或过高,可能会对电力设备的绝缘性能和用电设备的正常运行造成影响。为了维持电压的稳定,电力系统可以采取调整变压器分接头、投切无功补偿设备等措施来调节电压水平。

### 3 火电厂深度调峰经济性分析

#### 3.1 成本分析

(1) 从设备折旧角度来看,频繁启停和出力调整会加速设备部件的磨损,缩短设备的使用寿命。特别是锅炉、汽轮机等关键设备,在深度调峰过程中经历的热应力和机械应力变化更为剧烈,导致设备部件的疲劳和损坏速度加快。这种加速折旧不仅增加了火电厂的固定资产折旧费用,还可能提前触发设备的更换或大修,进一步增加了成本支出。(2) 维修费用的增加也是深度调峰带来的重要成本负担。由于设备故障风险的增加,火电厂需要更加频繁地对设备进行检查、维护和修理。这些维修活动不仅需要投入大量的人力物力,还可能涉及到备品备件的采购和储备,进一步推高了维修成本。此

外,深度调峰还可能导致一些非计划性的停机事件,这些停机事件不仅影响了火电厂的发电量,还可能带来额外的维修费用和损失。(3) 燃料消耗的增加也是深度调峰过程中不可忽视的成本因素。在深度调峰时,火电厂可能需要频繁调整燃烧器的配风和燃料供给,以适应负荷的变化。这种调整过程可能导致燃烧效率下降,燃料消耗增加。特别是在低负荷运行时,燃烧稳定性可能受到影响,进一步增加了燃料消耗和成本支出<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 收益分析

(1) 参与辅助服务市场的补偿是深度调峰带来的重要收益来源。随着电力系统的发展和新能源的大量接入,火电厂作为传统能源发电的重要组成部分,需要承担更多的调峰任务。为了激励火电厂积极参与调峰,电力系统通常会通过辅助服务市场对火电厂进行补偿。这种补偿机制不仅可以弥补火电厂因深度调峰而增加的成本支出,还可能为火电厂带来额外的收益。(2) 提高机组灵活性的长期效益也是深度调峰带来的重要收益之一。通过深度调峰,火电厂可以更加灵活地适应电力系统的波动和新能源的接入,提高自身的市场竞争力。这种灵活性的提高不仅有助于火电厂在电力市场中获得更多的发电机会和收益,还可能为火电厂带来长期的战略优势和发展机遇。(3) 深度调峰还可能带来其他方面的收益。例如,通过深度调峰,火电厂可以与新能源发电企业建立更加紧密的合作关系,共同推动电力系统的绿色发展和转型升级。这种合作关系的建立不仅有助于火电厂拓展新的业务领域和发展空间,还可能为火电厂带来更多的合作机会和收益来源。

#### 3.3 经济性评估方法

(1) 基于成本-效益分析的经济性评估方法首先需要确定深度调峰的成本和收益项。成本项包括设备折旧、维修费用、燃料消耗等因深度调峰而增加的成本支出;收益项包括参与辅助服务市场的补偿、提高机组灵活性的长期效益等因深度调峰而带来的收益。然后,通过对这些成本和收益项进行量化和计算,可以得出深度调峰的经济性指标,如净收益、投资回报率等。(2) 在评估过程中,还需要考虑资金的时间价值因素。由于深度和收益的发生时间可能不同,因此需要将它们折算到同一时间点上进行比较和分析。这通常通过贴现率来实现,将未来的成本和收益折算到现在的价值。(3) 为了更加准确地评估深度调峰的经济性,还可以采用敏感性分析等方法。敏感性分析可以探讨不同因素变化对深度调峰经济性的影响程度,如新能源发电比例、电力市场价格等因素的变化可能会对深度调峰的经济性产生显著影响。通过敏

感性分析,可以更加全面地了解深度调峰的经济性风险和不确定性,为火电厂的决策提供参考依据。

### 3.4 敏感性分析

(1)深度调峰的经济性受到多种因素的影响,其中新能源发电比例和电力市场价格是两个重要因素。新能源发电比例的变化会直接影响火电厂的深度调峰需求和收益情况。随着新能源发电比例的提高,火电厂需要承担更多的调峰任务,这可能会增加火电厂的运行成本和风险。但同时,新能源发电比例的提高也可能为火电厂带来更多的调峰机会和收益来源。因此,火电厂需要密切关注新能源发电比例的变化趋势,及时调整自己的调峰策略和运行方式。(2)电力市场价格的变化也会对深度调峰的经济性产生影响。电力市场价格的高低直接决定了火电厂发电收益的大小。在电力市场价格较高时,火电厂可以通过深度调峰获得更多的发电机会和收益;而在电力市场价格较低时,火电厂可能需要更加谨慎地考虑深度调峰的经济性和风险性。因此,火电厂需要密切关注电力市场价格的变化情况,合理制定自己的发电计划和调峰策略。(3)除了新能源发电比例和电力市场价格外,还有其他一些因素也可能对深度调峰的经济性产生影响。例如,政策环境、技术进步、市场需求等因素的变化都可能对火电厂的深度调峰策略和运行方式产生影响。因此,火电厂需要进行全面的敏感性分析,探讨这些因素变化对深度调峰经济性的影响程度和方向,为决策提供参考依据<sup>[4]</sup>。

### 3.5 优化建议

(1)加强设备管理是提高深度调峰经济性的重要措施之一。火电厂需要建立健全的设备管理制度和流程,加强对设备的检查、维护和修理工作,确保设备的稳定运行和延长使用寿命。同时,火电厂还可以采用先进的监测技术和手段,实时监测设备的运行状态和性能参

数,及时发现并处理异常情况,避免设备故障的发生和扩大。(2)优化运行策略也是提高深度调峰经济性的重要途径。火电厂需要根据电力系统的需求和新能源的接入情况,合理制定自己的发电计划和调峰策略。通过优化燃烧器的配风和燃料供给、调整汽轮机的运行方式和参数等措施,可以提高火电厂的运行效率和灵活性,降低运行成本和风险。(3)积极参与辅助服务市场也是提高深度调峰经济性的重要手段之一。火电厂需要密切关注辅助服务市场的动态和需求情况,积极参与调峰、调频等辅助服务项目的竞标和交易活动,争取获得更多的补偿和收益。同时,火电厂还可以与新能源发电企业建立合作关系,共同推动辅助服务市场的发展和完善。

### 结语

火电厂深度调峰是应对电力系统波动、提高新能源消纳能力的重要手段。本文通过对火电厂深度调峰的安全性及经济性进行全面分析,揭示了其存在的风险和挑战,并提出了相应的应对措施和优化建议。希望本文的研究能够为火电厂的运营和管理提供有益参考,推动火电厂向更加安全、经济、灵活的方向发展。

### 参考文献

- [1]李军徽,张嘉辉,穆钢,等.储能辅助火电机组深度调峰的分层优化调度[J].电网技术,2019(11):121-130.
- [2]周升或,戴赛,许丹,等.考虑源侧灵活性改造及可调节电热负荷的电热联合调度模型[J].电网技术,2020(6):266-274.
- [3]齐建军,廉俊芳,赵志红.600MW火电机组深度调峰能力探讨与经济安全性分析[J].电力大数据,2017,20(11):54-56.
- [4]周升或,戴赛,许丹,等.考虑源侧灵活性改造及可调节电热负荷的电热联合调度模型[J].电网技术,2020(6):266-274.