

# 火力发电厂中锅炉的节能降耗优化措施

张贵林

大唐国际陡河热电分公司

**摘要：**火力发电厂中锅炉的节能降耗是一项关键的任务，旨在提高能源利用效率、降低成本、减少环境影响，并增强电厂的可持续性。本文探讨了一系列优化措施，包括提高燃烧效率、制粉系统与空预器治理、降低风机耗电率、创新新技术，以及完善锅炉运行综合管理制度。这些措施的综合应用可以有效地提高火力发电厂锅炉的性能，为能源产业的可持续发展作出贡献。

**关键词：**火力发电厂；锅炉；节能降耗；优化措施

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.07.231

## 引言

火力发电厂作为重要的电力供应来源，锅炉是其核心设备之一，其节能降耗对于电力工业的可持续发展至关重要。随着能源需求的增长和环境问题的日益严重，寻找创新的方法来提高锅炉的效率和降低能源消耗变得尤为紧迫。本文将探讨一系列优化措施，以帮助火力发电厂提高锅炉的性能，减少资源浪费，降低排放，降低成本，并为可持续发展做出贡献。

### 一、火电厂锅炉节能降耗的重要性

#### （一）提高能源利用效率

提高锅炉的能源利用效率对于火电厂至关重要。锅炉作为主要的燃煤燃烧设备，其容量和燃烧效率直接影响燃煤的消耗量和能源利用率。通过采取有效的节能措施，可以提高锅炉的燃烧效率，减少能源浪费，从而达到更高的能源利用效率。这不仅减轻了能源资源的依赖，还有助于维护能源供应的稳定性，特别是在面临资源紧缺和能源价格波动的情况下<sup>[1]</sup>。

#### （二）减少环境污染

燃煤锅炉燃烧会释放大量的废气和固体废弃物，包括二氧化硫（SO<sub>2</sub>）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、灰渣等有害物质。这些废弃物不仅危害了人类健康，还对自然环境造成了严重污染。通过实施节能降耗措施，可以减少这些有害物质的排放，从而改善空气质量、降低酸雨的形成，保护生态系统的完整性，减轻环境污染对社会的负面影响。

#### （三）降低发电成本

火电厂的发电成本直接影响电价，因此节能降耗对降低发电成本具有重要意义。采取合适的节能措施可以减少燃煤成本，包括燃料采购和运输成本，还可以减少维护和修理的费用。这有助于提高火电厂的盈利能力，使其更具市场竞争力。通过有效的成本控制，火电厂可以在电力市场中提供更具竞争力的价格，从而获得更多的市场份额。

#### （四）满足可持续发展战略要求

当今社会迫切需要采取可持续发展策略，以平衡经济增长与环境保护之间的关系。火电厂作为重要的能源生产单位，应积极响应可持续发展的战略要求。通过实施锅炉节能降耗措施，火电厂可以为减少碳排放、提高资源利用效率以及保护生态环境做出贡献。这有助于实现长期的经济繁荣，并为子孙后代留下一个更可持续的生活环境。同时，这也符合社会的伦理和道德要求，追求更公平和可持续发展路径<sup>[2]</sup>。

### 二、火电厂锅炉能耗高的原因

#### （一）排烟热损失

锅炉的排烟损失对锅炉效率和能源利用产生直接影响。排烟温度和排烟量共同决定了排烟损失的大小。排烟量决定于过剩空气系数和煤质情况，而过剩空气系数和煤质基本稳定，因此电厂对排烟温度的准确控制是十分必要的。此外，如果锅炉受热面被灰尘、焦碳和灰尘污染，传热效率会下降，排烟温度升高，导致烟气中的热能损失增加。

#### （二）过高的燃烧负荷

火电厂锅炉在较低负荷下，锅炉效率随负荷的升高而升高，达到某一负荷时，锅炉效率为最高，此为经济负荷，但是超过经济负荷后，锅炉效率随负荷的升高反而会降低。这是因为在经济负荷后，燃料在炉内停留时间过短，还没有燃烧完全就被带出炉膛，造成机械不完全燃烧和化学不完全燃烧损失增大，浪费了宝贵资源。

#### （三）漏风影响炉膛燃烧

漏风会引起炉内温度骤降、燃烧速率降低、排烟增多、温度控制困难、造成大量热量损失。比如，高炉底部的大量气流会使高炉内部的气流发生变化，增加火焰不完全燃烧的可能性，这将导致更多的热能损失和排气温度升高，从而增加能源浪费<sup>[3]</sup>。

#### （四）煤质差劣

煤炭是锅炉运行的核心燃料，煤质的好坏直接关系到火电厂锅炉的能源效率，低质量的煤炭通常含有较高的杂质和有害元素，如硫、氮、氯等，这些元素在燃烧

过程中会产生大量的有害物质，如硫化物、氮氧化物和氯化物等。这些有害物质不仅会严重污染环境，还会对锅炉的受热面和烟道等关键部件造成严重的腐蚀和损害，缩短其使用寿命，如果使用煤质较差的煤炭，将导致更大的资源浪费。一些火电厂可能会采用不同质量的混合煤来降低采购成本，但这可能会导致燃烧不完全，浪费能源，并对锅炉的关键部件造成损害。低质量的煤炭会直接降低锅炉的运行效率，从而影响节能效果。

### 三、火力发电厂中锅炉的节能降耗优化措施

#### (一) 燃烧优化

锅炉的实际燃用煤种与设计煤种之间可能存在较大的差异，这种差异会对燃烧产生重要的影响。为了确保锅炉的稳定、高效运行，并尽可能地降低能源消耗，开展锅炉燃烧优化试验就显得尤为重要。通过这些试验，我们可以确定最佳的风量、一二次风的比例以及给煤粒径等关键参数。首先，风量的调整是燃烧优化试验的关键环节之一。对于不同的煤种，其燃烧所需的风量也会有所不同。当实际使用的煤种与设计煤种存在差异时，就需要对风量进行调整，以确保煤粉能够充分、均匀地燃烧。风量过大会导致炉膛温度降低、排烟损失增加，而风量过小则可能导致煤粉燃烧不充分，产生大量未燃烬的碳粒，影响锅炉的运行效率。因此，通过燃烧优化试验，我们可以找到最适合当前煤种的送风量。其次，一二次风的配比也是燃烧优化试验的重要内容之一。一二次风是指进入炉膛的冷风和热风，它们对于煤粉的燃烧过程有着不同的作用。一次风主要起到输送煤粉的作用，而二次风则有助于煤粉的燃烧。因此，合理的一二次风配比能够促进煤粉的充分燃烧，提高锅炉的热效率。通过燃烧优化试验，我们可以找到最合适的一二次风配比。此外，给煤粒径也是影响燃烧的重要因素之一。较粗的煤粒可能导致燃烧不充分，而较细的煤粒则可能使炉膛温度过高，导致结渣和腐蚀等问题。因此，选择合适的给煤粒径也是燃烧优化试验的重要任务。通过开展锅炉燃烧优化试验，我们可以更加深入地了解不同煤种在锅炉中的燃烧特性，确定最佳的运行参数，从而提高电厂的节能运行水平。

#### (二) 制粉系统节能

要实现制粉系统的节能，可以采取以下措施：第一，治理漏风，制粉系统的漏风问题主要存在于磨煤机多个部位，针对性的治理漏风可以显著降低排烟温度 $3^{\circ}\text{C}$ 。这可以通过密封和维护这些部件来实现，减少热量的散失。第二，优化磨煤机的运行方式，通过优化磨煤机的运行方式，根据煤质及每台磨煤机特点，尽量使磨煤机在最大功率下运转。另外，还可以根据负荷的变化适时开停机。对于直吹式系统，需要注意磨煤机的运行对燃烧器位置的影响，以免增加排烟温度。第三，通

过增大磨煤机的出风温度和出风率，可以减小送风时的冷气掺入量，进而达到提高送风速度、降低烟气温度、改善锅炉经济效益的目的。通过理论计算及实践证明，当磨煤机出口温度升高 $5^{\circ}\text{C}$ 时，可使磨煤系统的冷气掺入量降低 $5\%\sim 10\%$ ，烟气温度下降 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。但是，在使用过程中，要特别注意其高温易引起的自点火、爆炸等事故。第四，一次风压与一次风的减小是通过制粉系统优化调试来实现的，以此提高机组的运行经济性和安全性，这可以减少冷风的混入量，降低排烟温度。第五，磨煤机一次风速调平，磨煤机一次风速调平的目的是使每台磨煤机出口一次风速偏差小于 $\pm 5\%$ ，保证锅炉稳定运行。在给定的工作条件（磨机接近额定通风量时），用校准后的背管法对煤粉管路中的气流速度进行测定，并依据试验结果对各个煤粉管路上的缩孔进行调节。风速过高的煤粉管道关小对应的缩孔，风速过低的煤粉管道开大对应的缩孔，使各煤粉管道风速基本相同。调整缩孔时应注意保证煤粉管道风速不低于煤粉输送要求的最低风速。此外，对磨煤机的出口煤粉细度进行测试和适当调整，以满足机组运行需要，也是节能降耗的重要手段。同时，进行脱硝喷氨优化试验，测试烟气中 $\text{NO}_x$ 浓度，调整脱硝入口喷氨量，降低SCR出口 $\text{NO}_x$ 浓度偏差，提高SCR经济性，也是节能降耗的重要措施<sup>[4]</sup>。

#### (三) 空气预热器维护升级

受热面积灰积聚和空气预热器堵灰问题会导致一系列困扰，其中包括传热系数的降低和排烟温度的升高。灰积聚在受热面上，会降低传热系数，从而导致排烟温度升高。为了应对这一问题，需要对受热面进行改造。通过清除灰积聚，恢复受热面的传热性能，可以有效地降低排烟温度，提高锅炉的热效率。另外，空气预热器堵灰会减小空气预热器的传热面积，降低烟气放热量，导致排烟温度升高，这是一个常见问题，可通过改造来解决。改造包括清除堵塞和修复受损的部件，以确保空气预热器能够正常运行，这有助于减少排烟温度上升，从而提高锅炉的效率<sup>[5]</sup>。空气预热器漏风问题会导致排烟热损失增加、热效率下降，还会增加送、引风机和一次风机的电力消耗。在严重情况下，漏风可能会影响燃烧过程和锅炉的负荷。改造方面，可以考虑反转改造和密封改造两方面的措施，以减少或消除空气预热器的漏风问题，提高锅炉的性能。

空气预热器漏风率的变化会影响排烟温度和风机的电力消耗，每降低1%的空气预热器漏风率，机组的煤耗可以降低约0.1克/千瓦时。尽管从数量上来看，空气预热器漏风率对煤耗的影响相对较小，但它仍然是一个值得关注的参数。机组空气预热器漏风率在 $5\%\sim 7\%$ 之间，处于国内同类型机组的平均水平，可以认为是正常水平。因此，如果电厂空气预热器漏风率处于正常水平，

在日常生产中的关键在于优化吹灰、减少积灰，并及时更换磨损的密封片。通过定期维护和细致的操作管理，机组可以继续以高效率运行，而无须过度的投入和成本。

#### （四）风机耗电节能

针对风机耗电高的问题，可以采取以下具体方法进行改进。一次风机、引风机和增压风机是锅炉系统中的重要设备，其叶轮形状和尺寸对风机的性能和能耗有着直接的影响。通过叶轮改造，可以优化叶轮的设计，提高叶轮的效率，减少风机的能耗。具体改造方法包括：第一，对叶轮进行流线型设计，减少风流动的阻力，提高风机的效率；第二，优化叶轮的尺寸和形状，使其适应实际工况，提高风机的性能；第三，采用高品质的材料制作叶轮，提高叶轮的耐用性和可靠性。

变频改造是通过改变风机的驱动电源频率来调节风机的转速，从而降低风机的能耗。变频改造的优点是可以实现风机的无级调速，使风机在需要的转速下运行，减少不必要的能耗。具体改造方法包括：第一，将原有的电源驱动装置更换为变频驱动装置；第二，根据实际需要，调整变频器的频率，使风机在合适的转速下运行；第三，对变频器进行定期维护和检查，确保其正常运行。通过以上两种改造方法，可以有效地降低风机的能耗，实现节能减排的目的。同时，改造过程中需要注意安全操作，确保改造过程不会对设备和人员造成伤害。

#### （五）积极推动新技术创新

在当今能源短缺和环境问题日益严重的情况下，节能减排已经成为火电厂必须面对的重要问题。为了提高火电厂锅炉的节能降耗效果，除了加强管理、优化运行方式等措施外，积极推动新技术创新也是非常重要的。传统的火电厂锅炉运行方式存在很多不足，比如缺乏经验、能耗控制不够精细等问题。因此，需要引入新的技术手段来提高效率。在实际应用中，重点研究采用烟气热量回收等新技术，实现对废气热量的高效收集与利用。这种技术可以通过回收废气中的余热，将其转化为有用的能源，从而减少能源的浪费。此外，还可以采用预加热方式来改善燃油雾化状态。通过预加热技术，可以将燃油加热到适当的温度，使其更容易蒸发和燃烧。这样不仅可以提高燃烧效率，还可以减少未完全燃烧的燃油量，降低能耗和污染物排放。同时，针对火电机组的燃烧设备，可以通过分层燃烧、天然气燃烧等方式进行系统改造。分层燃烧技术可以将燃料分成不同的层次进行燃烧，从而提高燃烧效率；天然气燃烧技术则可以减少污染物的排放。通过积极引入新技术和进行改革创新，可以在火力发电厂锅炉的节能降耗方面取得显著的进展。这些改进措施不仅可以减少锅炉的能耗和整体运

营能耗，还可以提高火电厂的竞争力和可持续性。同时，这些技术创新还可以带来更多的经济效益和社会效益，为火电厂的未来发展提供更加广阔的空间。

#### （六）完善电厂综合管理制度

为了提高火电厂锅炉的运行效率，需要不断完善综合管理制度。当前，锅炉管理缺乏统一的控制和节能降耗管理权，这导致了资源利用率不高、运行成本增加等问题。因此，建立更加完善的管理体系是必要的，以规划和协调火力发电厂锅炉的运行。首先，应建立煤质控制制度。煤炭是锅炉燃烧的主要原料，其质量对锅炉的运行效率有着直接的影响。因此，煤炭采购过程应得到严格检查，以确保煤质的稳定性。这可以通过建立煤炭质量检测机制和加强与供应商的沟通来实现。只有保证煤质稳定，才能提高锅炉的燃烧效率，降低能源消耗。其次，应加强机械设备维护制度。锅炉及其辅助设备需要定期进行检查和维护，以防止设备出现故障或性能下降。为此，可以制定定期维护计划，并组织专业人员进行设备检查。通过这种方式，可以及时发现潜在故障，采取必要的维修措施，避免设备在运行中出现故障，从而提高设备的运行效率和延长其使用寿命。此外，制粉系统是锅炉的重要部分，其运行状况对锅炉的燃烧效率有着直接的影响。因此，应建立制粉系统监督管理机制。这可以通过制粉系统测试和检查来实现，控制磨机的通风量和钢球装载量等参数。通过维持最佳平衡位置，可以显著降低制粉系统的能耗，从而提高整个锅炉系统的运行效率。

#### 总结

综上所述，随着能源需求的不断增加，能源供应日益紧张，节能降耗成为火力发电厂的重要任务。锅炉是火力发电厂的主要设备之一，其运行效率直接影响到整个发电厂的能源利用效率和能源成本。通过采取燃烧优化和设备治理以及制度建设等节能降耗优化措施，火力发电厂可以有效地提高锅炉的运行效率，降低能源消耗和成本。同时，这些措施还可以提高电厂的经济效益和社会效益，为推动电力行业的可持续发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1] 孙继明. 火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施分析[J]. 科学与信息化, 2019(35): 55-56.
- [2] 梁晓剑. 关于火电厂锅炉汽轮机节能环保措施的探讨[J]. 中国设备工程, 2021, 13(20): 240-242.
- [3] 王路路. 火电厂锅炉节能优化措施及潜力研究[J]. 节能, 2021, 40(10): 56-58.
- [4] 李权, 魏辉, 何俊富等. 火电厂锅炉运行节能问题探讨[J]. 化工管理, 2021, 23(24): 7-8.
- [5] 王文斌. 火电厂锅炉运行中的节能措施[J]. 中国金属通报, 2021, 12(02): 237-238.