

电厂碳排放控制与减排策略分析

张彦华

内蒙古华伊卓资热电有限公司 内蒙古 乌兰察布 012300

摘要：电厂碳排放控制与减排是能源领域重要课题。在控制技术方面，燃烧前通过选煤、配煤等提高燃料品质；燃烧中采用分级燃烧、低氮燃烧等技术优化燃烧过程；燃烧后运用化学吸收、膜分离等方法脱除二氧化碳。减排策略上，发电结构优化提高清洁能源占比、推进燃煤机组灵活性改造；能源综合利用实现余热回收、废水废气资源化等；能源管理优化涵盖能源监测、调度与设备管理；节能减排技术应用先进燃烧、高效汽轮机及智能控制等技术，多管齐下助力电厂低碳发展。

关键词：电厂碳排放；控制技术；减排策略

引言：在当今全球积极投身于应对气候变化、全力推动绿色低碳发展的宏大浪潮之中，能源领域正经历着深刻变革。电厂，作为能源供应的关键枢纽与核心主体，在保障社会运转与经济发展的同时，其碳排放问题也如高悬的达摩克利斯之剑，引发了社会各界的广泛关注。在此形势下，深入探究电厂碳排放控制技术和减排策略，探寻切实可行的低碳发展路径，已然成为能源领域亟待攻克的关键课题。

1 电厂在碳排放中的重要作用

在全球应对气候变化、努力实现碳达峰与碳中和目标的征程中，电厂作为能源生产与转换的核心枢纽，在碳排放领域扮演着举足轻重的角色。从碳排放规模来看，电厂是当之无愧的碳排放“大户”。传统火力发电厂以煤炭、石油、天然气等化石燃料为主要能源，在燃烧过程中会释放出大量的二氧化碳。以燃煤电厂为例，煤炭燃烧产生的二氧化碳排放量占其总排放量的绝大部分，是全球碳排放的重要源头之一。随着全球经济的快速发展和能源需求的不断增长，电厂的发电规模持续扩大，碳排放量也随之攀升，对全球气候变化的贡献不容小觑。电厂的碳排放对环境产生了深远影响，二氧化碳等温室气体的过量排放，导致全球气候变暖，引发了一系列环境问题，如海平面上升、极端气候事件频发、生物多样性减少等。这些环境变化不仅威胁着生态系统的平衡与稳定，也对人类的生存和发展构成了严峻挑战。然而，电厂在碳排放中的角色并非全然负面^[1]。在推动能源转型和减排进程中，电厂也发挥着关键作用。一方面，电厂是能源结构调整的主战场。随着可再生能源技术的快速发展，越来越多的电厂开始加大对风能、太阳能、水能等清洁能源的开发和利用，逐步减少对化石燃料的依赖，从源头上降低碳排放。另一方面，电厂也是

技术创新和减排措施应用的重要平台。碳捕集与封存（CCS）技术、高效节能技术等在电厂的试点和推广，为全球减排提供了宝贵的经验和技术支持。

2 电厂碳排放控制技术

2.1 燃烧前控制技术

2.1.1 煤炭洗选技术

煤炭洗选是燃烧前控制碳排放的重要手段之一。该技术通过物理或化学方法，去除原煤中的硫分、灰分等杂质，降低煤炭中的碳含量和杂质含量。在洗选过程中，利用煤炭与杂质在密度、粒度、磁性等方面的差异，采用重介质选煤、跳汰选煤、浮选等方法，将煤炭与杂质分离。经过洗选后的煤炭，燃烧时产生的二氧化碳、二氧化硫等污染物排放量显著减少。例如，通过先进的洗选工艺，可将煤炭中的灰分降低10%-20%，硫分降低30%-50%，不仅减少了碳排放，还提高了煤炭的燃烧效率和热值，降低了电厂的运营成本。

2.1.2 煤气化技术

煤气化技术是将煤炭在高温、高压和气化剂的作用下，转化为可燃气体（主要成分为一氧化碳和氢气）的过程。煤气化后的合成气可用于发电、化工合成等领域。与直接燃烧煤炭相比，煤气化技术具有更高的能源转化效率和更低的碳排放。在煤气化过程中，煤炭中的碳元素大部分转化为合成气，燃烧时燃烧更充分，产生的二氧化碳排放相对较少。同时，煤气化技术还可以实现对煤炭中硫、氮等污染物的有效脱除，减少后续燃烧过程中的污染物排放。目前，先进的煤气化技术如水煤浆气化、干粉气化等已在一些电厂得到应用，为电厂的清洁高效发电提供了有力支持。

2.1.3 煤制氢技术

煤制氢技术是一种将煤炭转化为氢气的清洁能源技

术。氢气作为清洁能源,燃烧产物仅为水,不产生二氧化碳等温室气体。煤制氢过程主要包括煤炭气化、一氧化碳变换、氢气提纯等步骤。通过煤气化得到合成气后,经过水煤气变换反应将一氧化碳转化为氢气和二氧化碳,再利用变压吸附、低温分离等技术对氢气进行提纯。煤制氢技术为电厂提供了一种低碳、清洁的能源解决方案。电厂可以利用煤制氢产生的氢气替代部分化石燃料进行发电,或者将氢气作为储能介质,与可再生能源发电相结合,实现能源的高效利用和低碳排放。随着技术的不断进步,煤制氢技术的成本逐渐降低,有望在未来得到更广泛的应用。

2.2 燃烧中控制技术

燃烧中控制技术对电厂碳排放的降低起着关键作用,通过优化燃烧过程,实现高效、清洁的燃烧。流化床燃烧技术是其中一种有效手段,它利用流化床的特殊结构,使燃料在床内处于流化状态,与空气充分接触并剧烈混合燃烧。这种燃烧方式能增强燃料与氧气的反应,提高燃烧效率,减少燃料的不完全燃烧,降低碳排放^[2]。同时,流化床燃烧温度相对较低,可有效抑制热力型氮氧化物的生成,进一步减少燃烧过程中的污染物排放。浓淡燃烧技术通过调整燃料和空气的分布,在燃烧器内形成浓淡不同的区域。在浓区,燃料浓度高,燃烧强烈,能保证燃烧的稳定性;在淡区,空气过量,有助于降低燃烧温度,减少氮氧化物的生成。这种技术不仅提高了燃烧效率,还降低了污染物排放,包括二氧化碳排放。采用先进的燃烧器设计也能有效控制碳排放,旋流燃烧器通过产生旋转气流,使燃料和空气更好地混合,强化燃烧过程,提高燃烧效率,减少燃料消耗和碳排放。

2.3 燃烧后控制技术

在电厂碳排放控制体系中,燃烧后控制技术是降低二氧化碳排放的重要防线,通过一系列创新技术手段,对燃烧后的烟气进行处理,实现碳排放的有效削减。

(1) 化学吸收法:利用胺类溶液等吸收剂与烟气中的二氧化碳发生化学反应,将其从烟气中分离出来。此方法技术成熟,吸收效率高,是当前应用较为广泛的脱碳技术之一。(2) 膜分离技术:借助特殊膜材料的选择透过性,使二氧化碳与其他气体在压力差或浓度差的作用下实现分离。膜分离技术具有能耗低、操作简单等优点,且分离过程无相变,对环境友好。(3) 吸附分离技术:采用活性炭、分子筛等吸附剂,凭借其高比表面积和丰富孔隙结构,对烟气中的二氧化碳进行吸附。该技术可实现二氧化碳的选择性吸附和富集。(4) 低温精馏技

术:基于二氧化碳与其他气体在低温下沸点的差异,通过多级精馏塔对烟气进行分离,可获得高纯度的二氧化碳产品。(5) 余热利用技术:在脱碳过程中,对烟气中的余热进行回收,用于发电厂的加热、预热等环节,提高能源利用效率,间接降低碳排放。

3 电厂碳排放减排策略

3.1 发电结构优化

3.1.1 提高清洁能源发电占比

随着环保标准的不断提升,优化电厂发电结构、提高清洁能源占比已成为当务之急。风能、太阳能、水能等可再生能源因其低碳、可持续的特性,成为电厂转型的理想选择。在风力资源丰富的地区,大型风电场如雨后春笋般涌现,利用先进风力发电技术,将自然风能高效转化为清洁电能。同时,光照充足的地区大力推广太阳能光伏发电,通过建设大规模光伏电站,显著增加清洁能源供应。这种转变不仅有助于降低对煤炭等传统化石能源的依赖,减少碳排放,还能有效减轻环境负担,推动电厂实现绿色、可持续发展。清洁能源的广泛应用,标志着电力行业正迈向一个更加环保、高效的未来。

3.1.2 推进燃煤机组灵活性改造

燃煤机组在发电结构中仍占据重要地位,推进其灵活性改造是优化发电结构的重要举措。通过技术升级和设备改造,提高燃煤机组的负荷调节能力和快速启停能力,使其能够更好地适应可再生能源发电的波动性。例如,采用先进的燃烧控制技术和储能技术,使燃煤机组在低负荷下仍能保持高效稳定运行,同时具备快速响应电网调度需求的能力。这样可以在保证电力供应稳定的前提下,增加可再生能源的消纳能力,促进发电结构的优化。

3.1.3 发展分布式能源系统

分布式能源系统以其独特的优势,如靠近用户、高效利用能源和低环境影响,正逐渐成为电厂发电结构优化的重要手段。在工业园区、商业中心以及居民社区等区域,建设分布式能源站,这些能源站能够整合天然气、太阳能、生物质能等多种能源形式,实现能源的梯级利用和综合优化。以工业园区为例,分布式能源站可为企业提供冷、热、电一体化服务,有效减少能源在传输过程中的损耗,大幅提升能源利用效率,并显著降低碳排放。这种分布式能源模式不仅提高了能源供应的可靠性和灵活性,还为实现绿色、低碳的可持续发展目标提供了有力支持,推动了能源结构的转型和优化。

3.2 能源综合利用

在电厂碳排放减排策略中,能源综合利用发挥着关

键作用,可从以下多方面推进:(1)余热回收利用:电厂运行过程中会产生大量余热,如锅炉排烟余热、汽轮机乏汽余热等。通过安装余热回收装置,将这些余热回收用于加热给水、供暖等,提高能源利用效率,减少因能源浪费产生的间接碳排放。(2)能源梯级利用:依据能源品质差异,实施分级利用。例如,先将高品质能源用于发电,产生的低品质蒸汽、热水等用于供热、制冷等,实现能源的高效利用,降低整体能源消耗和碳排放。(3)废水废气资源化:对电厂废水进行处理后回用,减少水资源消耗;对废气中的有用成分进行回收,如从烟气中回收二氧化碳用于工业生产或地质封存,实现废物的资源化利用,降低碳排放。(4)多能互补:结合电厂自身特点,与周边区域的风能、太阳能等可再生能源形成互补。在可再生能源充足时优先使用,不足时由电厂补充,提高能源供应的稳定性和可靠性,降低对传统能源的依赖,减少碳排放。(5)储能技术应用:利用储能装置储存电能,在用电低谷时储存电能,高峰时释放,提高电力系统的灵活性和稳定性,促进可再生能源的大规模消纳,间接减少碳排放。

3.3 能源管理优化

能源管理优化是电厂实现碳排放减排目标的重要举措,通过全方位、精细化的管理手段,提升能源利用效率,降低碳排放强度。在能源监测方面,建立完善的能源监测体系,运用先进的传感器和数据分析技术,对电厂各环节的能源消耗进行实时、精准监测。通过大数据分析,精准定位能源浪费的环节和时段,为制定针对性的节能措施提供依据。能源调度优化是关键环节,结合电网负荷需求和电厂自身设备状况,制定科学的发电计划,优化机组运行方式^[3]。例如,根据不同机组的能耗特性,合理分配发电任务,避免机组在低负荷下运行,提高整体发电效率。设备管理也不容忽视,加强设备的维护保养,定期进行设备检修和升级改造,确保设备处于良好的运行状态,减少因设备故障导致的能源浪费。同时,采用高效节能的设备和技术,如高效电机、

变频器等,降低设备自身的能耗。

3.4 节能减排技术应用

在电厂碳排放减排工作中,节能减排技术的应用是核心驱动力,可从多个维度推动电厂绿色转型。先进的燃烧技术是关键,采用低氮燃烧、富氧燃烧等技术,不仅能提高煤炭等燃料的燃烧效率,减少未燃尽碳的损失,还能降低氮氧化物等污染物的生成,间接减少因污染物治理而消耗的能源,降低碳排放。高效的汽轮机技术也至关重要,运用新型的汽轮机叶片设计和先进的通流技术,能够提高汽轮机的内效率,减少蒸汽在汽轮机中的能量损失,使更多的热能转化为电能,提升发电效率,降低单位电量的碳排放。余热回收利用技术能充分发挥能源的二次利用价值,通过安装高效的余热回收装置,将锅炉排烟、汽轮机乏汽等余热进行回收,用于加热给水、供暖等,减少能源浪费,降低对一次能源的需求,进而减少碳排放。智能控制系统可实现对电厂设备的精准控制和优化运行,根据实时工况自动调整设备运行参数,使设备始终处于最佳运行状态,提高能源利用效率,降低不必要的能源消耗和碳排放。

结语

未来,必须持续加大科研投入,鼓励科研机构与企业深度合作,聚焦关键技术难题,勇于创新技术手段,开发出更高效、更清洁的发电及减排技术。同时,要积极构建政府引导、企业主体、社会参与的多方协同共治格局,形成强大工作合力。通过各方共同努力,推动电厂碳排放控制与减排工作迈向新高度,为全球碳达峰、碳中和目标的实现贡献坚实力量。

参考文献

- [1]王会.试论电厂热动系统节能优化与减排[J].科学与财富,2020(1):182.
- [2]张弘权.电厂热动系统节能优化与减排分析[J].百科论坛电子杂志,2020(11):1880-1881.
- [3]刘高军.碳达峰碳中和背景下火力发电厂碳排放分析与建议[J].洁净煤技术,2023,29(6):189-195.