

660MW燃煤机组烟气余热梯级综合利用系统的研究及应用

李海强

陕西投资集团有限公司 陕西 西安 710061

摘要：在绿色生产理念下，工业系统的生产实践需要将“低能耗”作为主要目标之一。结合目前的生产实践做分析，660MW燃煤机组在运行的过程中会产生大量的余热，将其进行回收利用可以减少燃煤机组的能源消耗，实现成本节约，这对于企业效益来讲是有重要意义的，所以在企业生产实践中，立足于660MW燃煤机组的运行现状对余热收集与综合利用进行分析具有必要性。文章分析讨论660MW燃煤机组运行时间中烟气余热梯级综合利用系统的相关内容和实际应用，旨在为当前实践提供参考与指导。

关键词：燃煤机组；烟气余热；梯级利用；系统设计；应用效果

在全球能源日渐紧缺、环境污染问题愈发严重的当下，如何提高能源利用效率、减少污染物排放，已成为科研人员和工程师们深入研究的焦点。燃煤机组作为目前我国主要的电力供应方式之一，其运行效率和环保性能直接关系到我国的能源结构和环境状况。燃煤机组在发电过程中产生的大量高温烟气，蕴藏着丰富的热能资源。如果这些热能资源能得到有效利用，不仅能显著提高能源效率，还能大幅减少污染物的排放，为我国的能源和环境双重危机提供有力缓解。因此，深入研究660MW燃煤机组烟气余热的梯级综合利用系统，并将其应用于实际生产中，具有重大的战略意义和实际应用价值。

1 燃煤机组烟气余热回收利用的背景和意义

1.1 背景分析

随着现代工业的飞速发展，燃煤机组作为传统的发电方式，依旧在全球能源供应中占据重要地位。然而，在这一过程中，大量高温烟气随之产生。这些烟气中蕴含着丰富的热能资源，但由于种种原因，这些热能资源往往被忽视或浪费。

燃煤电厂锅炉效率普遍在94%左右，主要损失为排烟热损失。锅炉的排烟温度一般在120~140℃，造成的损失占总量的3%~8%，是影响锅炉热效率、电厂运营成本、烟气低温腐蚀和引风机耗电率等的重要因素。目前，各个发电企业都在提高能源利用率，降低热损失，在锅炉的烟道中加装了低温省煤器，充分吸收锅炉烟气余热，降低排烟热损失，提高全厂热效率。该设备的一个功能是充分利用烟气余热加热凝结水，进而提高给水温度，减少汽轮机抽汽量，提高机组效率；另一个应用方向是加热低温烟气，防止下游设备腐蚀，也可消除烟

囱白烟和石膏雨。传统的燃煤机组设计主要关注于电力生产，而对于烟气中热能的有效利用并未给予足够的重视。这导致大量的热能白白流失，不仅降低了燃煤机组的能源利用效率，还使得发电成本不断攀升^[1]。更为严重的是，高温烟气的直接排放不仅加剧了城市的热岛效应，还对大气环境造成了严重的污染。

1.2 意义

烟气余热回收利用不仅是一项具有经济意义的举措，更是一项具有深远社会和环境意义的工作。通过有效回收利用烟气中的热能资源，不仅可以提高燃煤机组的能源利用效率，提升经济效益，还可以为减少碳排放做出贡献。此外，烟气余热回收利用还有助于缓解城市热岛效应。通过减少高温烟气的直接排放，可以降低城市地区的温度，改善城市生态环境。同时，减少烟气中有害物质的排放，也有助于改善大气环境质量，保护人们的健康。

2 烟气余热梯级利用的原理和系统设计

2.1 烟气余热梯级利用原理

(1) 烟气余热梯级利用是一种高效、可持续的能源利用方式，其核心理念是根据烟气温度的不同梯度进行分级回收利用。在燃煤机组运行过程中，烟气从锅炉燃烧室排出，其温度通常在几百度到上千度之间，蕴含了巨大的热能资源。通过采用烟气余热梯级利用技术，可以将这些热能资源分级、分步地回收利用，从而实现能源的最大化利用。

(2) 在烟气余热梯级利用过程中，首先需要将高温烟气进行初步利用。这通常是通过在烟道中安装热交换器或热回收装置，将烟气中的热能传递给水、空气等，

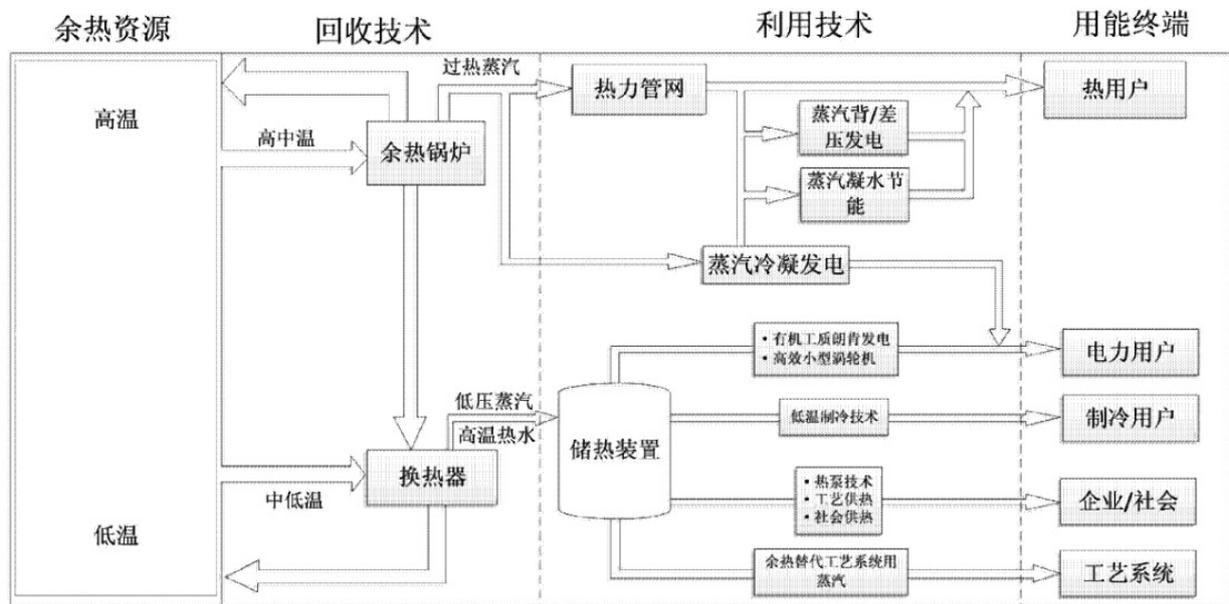
使其升温并产生蒸汽或热水^[2]。这些蒸汽或热水可以作为动力源或热源，用于驱动发电机组、提供工业生产所需的热量等，也可提高入炉空气的温度，提升锅炉效率。初步利用后，烟气的温度会有所下降，但仍然处于较高水平。为了进一步提高热能回收效率，可以对经过初步利用的烟气进行次级利用。这一阶段的利用方式多种多样，可以根据实际需求进行选择。例如，可以将中温烟气用于预热空气、加热给水等，以减少主燃烧室的热负荷；或者将低温烟气用于吸收式制冷、供暖等，以满足建筑物的能源需求。

2.2 系统设计

(1) 烟气余热梯级综合利用系统的设计是一个涉及多个领域的复杂工程，需要综合考虑热力学、流体力学、材料科学、环境科学等多个方面的知识。整个系统设计的目标是实现烟气余热的最大化回收和利用，同时确保系统的安全、稳定和高效运行。

(2) 首先，烟气收集系统是整个系统的基础。它负责将燃煤机组排放的高温烟气收集起来，为后续的热能回收和利用提供稳定的热源。烟气收集系统的设计需要考虑到烟气的流量、温度、成分等因素，确保烟气能够顺畅地流入系统，并减少热量损失和污染物泄漏。接下来是预处理环节。由于烟气中含有大量的粉尘、硫化物

等污染物，这些污染物会对热能回收设备造成损害，降低设备的使用寿命和效率。因此，在烟气进入热能回收设备之前，需要通过预处理环节对其进行净化。这通常包括除尘、脱硫、脱硝等步骤，以确保烟气中的污染物含量符合标准要求。热能回收环节是整个系统的核心。它利用热交换器、蒸汽发生器等设备，将烟气中的热能传递给工质，使其升温并产生蒸汽或热水。这些蒸汽或热水可以作为动力源或热源，用于发电、供热等^[3]。在选择热能回收设备和技术时，需要根据烟气的温度梯度、流量以及热能需求等因素进行综合考虑，确保设备能够高效、稳定地运行。利用环节是将回收到的热能进行实际应用的过程。这可以包括发电、供热、制冷等多个方面。例如，将热水用于工业生产和建筑物的供暖。在设计利用环节时，需要根据实际需求和能源结构进行合理规划，确保热能能够得到充分利用。最后是控制系统。它负责对整个系统进行实时监测和调控，确保系统的稳定运行和热能回收效率。控制系统可以通过传感器、仪表等设备监测烟气的流量、温度、压力等参数，并根据实际情况对热能回收设备进行调整和优化^[4]。同时，控制系统还可以实现自动化控制和智能化管理，提高整个系统的运行效率和可靠性，下图是基于系统设计的系统应用方法示意图。



(3) 综上所述，烟气余热梯级综合利用系统的设计是一个复杂而细致的过程，需要综合考虑多个因素和技术手段。通过合理的设计和优化，可以实现烟气余热的最大化回收和利用，为燃煤机组的节能减排提供有效手段，推动能源和环境的可持续发展。

3 案例分析

3.1 案例描述

(1) A电厂案例。A电厂采用了烟气余热回收与热泵技术相结合的方案。首先，通过合理布置烟气收集系统，确保高温烟气能够得到有效收集。然后，在烟道中

安装热交换器,将烟气中的热能传递给循环水,产生高温热水。接着,利用热泵技术,将高温热水作为热源,驱动热泵系统产生更多热量,满足厂区周边工业用户的不同用能需求。这个方案在充分利用锅炉低品质热源的同时,还为电厂创造了额外的利润点。

(2) B电厂案例。B电厂的烟气余热梯级综合利用项目则结合了供热与制冷需求。该项目首先通过热交换器回收烟气中的高温热能,产生蒸汽或热水。一部分蒸汽或热水直接用于厂区供暖;另一部分则通过吸收式制冷机转化为冷量,满足厂区制冷需求。此外,B电厂还在系统中加入了储能设备,将多余的热能储存起来,以应对能源需求波动。整个系统实现了热能的高效回收与利用,同时降低了厂用电。

3.2 运行效果与经济效益分析

(1) 运行效果。两个案例项目的运行效果均达到预期目标。烟气余热得到了有效回收和利用,提高了能源利用效率。同时,污染物排放得到了有效控制,符合环保要求。具体来说,A电厂通过热泵技术实现了热量的最大化回收和利用,满足了厂区的供暖和热水需求;B电厂则通过供热与制冷相结合的方式实现了热能的高效回收与利用,降低了厂用电。

(2) 经济效益。烟气余热梯级综合利用项目的实施为企业带来了较为显著的经济效益。首先,通过热能回收和利用,降低了企业的燃煤成本。其次,项目的实施还为企业带来了税收优惠和环保补贴等政策支持。此外,项目的成功运行还提升了企业的社会形象和竞争力。具体来说,A电厂通过热能回收减少了燃煤消耗和能源费用支出;B电厂则通过降低制冷和供暖成本提高了整体经济效益。

(3) 社会效益与环境影响。烟气余热梯级综合利用项目的实施不仅为企业带来了经济效益,还为社会和环境带来了积极的影响。首先,项目的实施减少了燃煤机组的污染物排放,改善了环境质量。其次,项目的成功运行推动了能源结构的转型和可持续发展。此外,项目的实施还为社会提供了更多的能量形式和技术支持。具体来说,A电厂通过净化处理减少了烟气中的污染物排放;B电厂则通过热能回收和利用提高了能源利用效率并为社会提供了制冷和供暖服务。

3.3 成功经验

(1) 通过对比分析不同案例的优缺点可以深入了解到烟气余热梯级综合利用系统在实际运行中的成功经验。针对这一复杂的能源回收系统,成功的案例往往具备以下几个共同点,构成了其成功的经验。

(2) 首先,成功的烟气余热梯级综合利用系统需要有合理的烟气收集系统设计。这些系统通过精确计算和优化布局,确保高温烟气能够有效地被收集并引导到热能回收装置中。这样的设计不仅提高了热能回收的效率,同时也避免了因烟气泄漏而造成的能源浪费和环境污染。

(3) 其次,高效的热交换器和热泵技术是实现烟气余热高效回收的关键。这些先进的技术手段能够有效地将烟气中的热能转化为可利用的能源形式,如蒸汽、热水或电能等。通过使用这些高效的热回收设备,系统能够在较短的时间内回收大量的热能,从而提高了整个系统的能源利用效率。此外,优化的控制系统也是确保烟气余热梯级综合利用系统稳定运行的重要因素。这些系统通过集成先进的传感器、仪表和自控设备,实现了对系统运行状态的实时监测和调控。这不仅确保了系统在各种工况下的稳定运行,还能够根据实际需求调整热能回收和利用的方式,从而进一步提高系统的能源回收效率。

(4) 最后,成功的烟气余热梯级综合利用系统还需要结合企业的实际需求来选择合适的热能利用方式。这些系统不仅考虑到了企业的能源需求和生产工艺特点,还充分考虑了热能回收的经济性和环保性。通过为企业提供定制化的热能利用方案,这些系统不仅实现了经济效益的最大化,还为社会带来了积极的环保效益。

结束语

综上所述,660MW燃煤机组烟气余热梯级综合利用系统的研究与应用,展现了显著的节能减排效果和经济效益。通过不断的探索和实践,这一系统不仅提升了能源利用效率,还降低了燃煤机组的运行成本,对环境保护和可持续发展起到了积极的推动作用。未来,随着技术的进一步发展和优化,相信烟气余热梯级综合利用系统将在燃煤机组中得到更广泛的应用,为实现绿色发展和低碳经济做出更大的贡献。

参考文献

- [1]薄恩多,高军龙,武超,等.燃煤机组湿法脱硫后饱和湿烟气余热利用技术[J].节能,2023,42(11):81-85.
- [2]史鹏飞,张志强.某燃煤机组水煤式烟气循环加热系统能耗评价与烟气余热利用分析[J].山西电力,2023,(04):60-63.
- [3]王文焕,薛朝因,许朋江,等.650℃超超临界燃煤机组烟气余热梯级利用系统设计及优化[J].电力科技与环保,2022,38(06):439-447.
- [4]刘斌,江绍辉.660MW燃煤机组烟气余热梯级综合利用系统的研究及应用[J].工程建设与设计,2021,(03):115-118.