

# 热电发电电技术回收工业余热分析

祝胜兰

(金华雅境再生能源有限公司 321000)

**摘要:** 在工业生产的各个环节中,烟气的排放问题一直是引起环境污染和能源浪费的重要因素之一。面对这些挑战,如何有效地回收和利用这些由烟气携带的余热和余能成为了提升工业企业能源利用效率,同时减少环境污染的重要课题。基于这一思考,本文将重点探讨和分析螺杆式余热回收发电系统的应用,旨在通过对该技术的深入剖析,提出旨在提升其环保、高效和节能特性的改进方案。

**关键词:** 热电发电;电技术;回收工业余热

**前言:** 螺杆式余热回收发电系统作为一种先进的余热利用技术,通过专门设计的螺杆膨胀机将工业排放的烟气中的余热转换为电能。这不仅有助于减少对环境的污染,同时也为工业企业提供了一条节能减排的有效途径。然而,尽管该系统在余热回收方面具有显著优势,但在实际应用中也面临着一些技术和操作上的挑战。螺杆式余热回收发电系统作为一种有效的能源利用方式,在推动工业企业向着更加环保、高效和节能的方向发展中发挥着重要作用。通过对该系统的不断改进和优化,不仅可以提升其余热回收效率,还可以为实现工业生产过程中的可持续发展贡献力量。

## 一、热电发电电技术回收工业余热现状

### (一) 烧结余热回收发电技术

某公司的生产过程中,一个创新的方案被提出和实施,以有效利用烧结过程中产生的高温烟气。通过特设的风机系统,这些烟气被有效捕集并输送至烧结余热锅炉,其中采用的是一种高效的双压立式锅炉,特别之处在于它无需额外的燃料补充便可自然循环运作。锅炉的主要作用是利用余热产生中温中压蒸汽及次中压蒸汽,这些蒸汽经过独立的热力管网被送往汽轮机。值得注意的是,锅炉产出的中温中压蒸汽主要用来驱动汽轮机正常工作,成为推动发电的关键力量;而次中级压力的蒸汽则作为辅助动力源输入,进一步确保汽轮机的高效运转。在完成了发电任务的蒸汽,会被送入凝汽器进行冷却,转化为凝结水。这部分凝结水接着被水泵送往低温加热器受热,然后进入除氧器进行除氧处理,最终通过给水泵再次回到烧结余热锅炉,完成一个封闭的热力循

环流程。通过这一深思熟虑的设计,某公司成功实现了对烧结过程产生的高温烟气的有效利用,大大提高了能源的使用效率。该余热发电的方案不仅为公司带来了约1亿800万千瓦时的年发电量,而且其中约7812万千瓦时的电能能够外供,满足工厂内部各用电设备的需求。通过这一项目的成功实施,某公司不仅实现了节能减排的环保目标,也为企业自身带来了显著的经济效益,同时也为工业节能减排提供了一个值得借鉴的案例。

### (二) 饱和蒸汽回收发电技术

在一个创新性的能源利用项目中,某公司成功地将其转炉汽化冷却系统中产生的大量饱和蒸汽进行了高效率的回收利用(图1)。这一过程中,所回收的0.9 MPa饱和蒸汽被用作动力源,有效地驱动了汽轮机组运作,使其达到了每分钟3000转的高速运转。随后,这股动力又被用于带动发电机组,实现了电能的生成。有趣的是,所产生的电力不外流,而是完全用于满足公司厂区内的用电需求,这不仅体现了资源循环利用的理念,也极大地优化了能源管理策略。该公司所采用的饱和蒸汽发电技术,标志性地属于低品质余热发电的范畴。通过对大量低品质饱和蒸汽的回收与再利用,这一技术不仅解决了潜在的能源浪费问题,也为公司节约了相当一部分用电成本。通过这种方式,该项目不仅展现出了其环保和节能的优势,同时也为企业带来了经济效益的双重提升。

更加深入来看,这个项目的成功实施,不仅证明了低品质余热的重要价值,也彰显了先进技术在促进工业节能减排方面的巨大潜力。通过对传统工业过程中产生的余热进行有意识的收集与利用,企业不仅可以减少环

境污染，还能提高能源使用的效率，进而推进企业的可持续发展。这一案例同时为其他企业提供了宝贵的经验：通过科技创新与资源回收相结合的方式，即使是品质相对较低的余热，也能被转化为企业宝贵的能源资产。这不仅为实现绿色发展、推动低碳经济转型提供了实践示范，也为传统产业赋予了新的生命力和发展动力。简而言之，某公司的饱和蒸汽发电项目不仅在技术上取得了重要进展，其在环境保护和经济效益提升方面的双重成果，也为未来的工业发展指明了一条可行与高效的道路。

### （三）高转炉煤气回收发电技术

在冶金产业的生产过程中，高炉和转炉煤气是不可或缺的副产品，尽管它们所具有的热能价值和产生的流量往往变化无常，但通过巧妙的处理和利用，这些看似不稳定的资源同样能发挥出巨大的能量价值。其中一个具体实施的例子就是经由煤气柜的收容与均匀处理，这些煤气得以作为连续可靠的燃料来源，供给燃气锅炉，以此生产出蒸汽并实现能源的有效转换和利用。具体到操作流程上，燃气锅炉的核心功能在于通过燃烧这些调质后的煤气来产生蒸汽，这些蒸汽随后被用来驱动汽轮机，从而实现发电。这一过程不仅将冶金生产中的副产品转化为实质上的能量输出，而且在电力生成方面实现了自供自足，为企业内部的各类用电设备提供了稳定而持续的电能供应。如此一来，企业对外界电力的依赖得到了显著减少，外购电费用亦得以节省，从经济角度来看为企业带来了可观的成本优势。从环保的视角出发，通过煤气发电这一系统的运行，有效避免了煤气的直接排放，这对于减少大气污染、降低温室气体排放具有积极意义。它不仅最大程度上利用了原本可能被浪费的能源，还对保护企业的大气环境做出了重要贡献。

### 二、热电发电技术回收工业余热的优势

在面对企业如何有效利用余热资源的问题时，传统的余热发电技术通常采用余热锅炉来产生水蒸气，作为推动汽轮机发电的工作介质。虽然这种方法在一定程度上可以回收利用余热，但由于其较高的造价以及技术限制，难以将 150℃ 以下的低温余热有效利用，这限制了其在更广泛领域的应用。随着科技的进步，螺杆膨胀机的优点开始得到了更多的关注和认可。作为一种具有多方面优势的能源回收装置，螺杆膨胀机首先展现出了其

广泛的适用性。这种机型不仅可以处理过热蒸汽、饱和蒸汽、汽水两相流体、带压热水和无压热流体等多种类型的工业余热，其适用范围的广泛性使其能够覆盖多种不同的工业场景，从而提高了其在能源回收方面的应用价值。

此外，螺杆膨胀机打破了低温余热不可利用的限制，实现了低温余热的有效发电利用。并且，其在 30-3000 kW 的范围内可选择的输出功率使得其能够灵活应对不同规模的能源回收需求，补足了蒸汽轮机在小型单机功率选型上的不足。螺杆膨胀机采用的是一种容积式工作原理，其内部流速较低，这使得除了泄漏损失外，机组几乎不会产生其他损耗，因此保持了一个较高的效率。即便是在蒸汽参数或负荷产生变动的情况下，这种机型也能够保持其高效率的运行状态。更为值得一提的是，螺杆膨胀机还拥有除垢自洁的功能，对余热流体的品质要求不高，同时也能够适应热源压力、流量的大范围波动，这为其在更多领域内的应用提供了可能。实际操作中，螺杆膨胀机的运行维护极为方便。它无需复杂的启动预备过程，如盘车、暖机等，能够直接启动运行，大大简化了操作流程。此外，由于零部件数量较少，其维护和修理工作较为容易，尤其适合在工矿企业等条件较为复杂的环境中使用。螺杆膨胀机不仅可以作为发电用的动力机使用，还可以灵活拖动给水泵、灰浆水泵等，甚至风机、压缩机等，都可以根据实际需求调整速度，使用十分方便。

### 三、热电发电技术回收工业余热改进优化措施

通过深入研究相关文献，本研究对前人在余热发电领域的技术成就有了初步的认识和了解。在此基础上，本文试图从两个重要的角度对余热发电技术的应用进行探讨和提出新的改进措施。第一个方面是探讨如何更有效地回收余热资源，第二个方面是探讨如何将这些回收到的余热转化为电能。提出的改进方案中，本文建议对余热回收技术进行创新，特别是针对不同温度等级的余热资源，建议在 H 型钢结构中增加多台余热锅炉，这将有助于提高加热炉烟气余热的回收效率。同时，根据余热的不同品位，建议在具体的工序区域内，按品位对余热进行分类，并据此建设独立的电站，以实现余热发电的最优化。在现有的余热发电系统中，为了提高热能转

换的效率,建议将原有的蒸发式冷凝器替换为效率更高的板式换热器。此外,为提升工艺技术的自动化和智能化水平,本文进一步提出了调速控制系统的设计改进。这一系统由电气控制柜、仪表柜、调节阀、关阀以及现场仪表等多个组件构成。整个系统以可编程逻辑控制器(PLC)为核心,电气控制柜的正面设计有用于操作和监控的面板,上面装配有指示灯和按钮。特别地,操作面板上还装有一个人机交互界面——触摸屏(HMI)显示器,它能够展示动力设备组的实时运行状态,并且允许操作人员在线修改运行参数和执行各项操作功能,实现各种任务的执行。

当今的制造和工业领域中,调速控制技术的应用变得愈加重要。这种控制是通过采用可编程逻辑控制器(PLC)实现的,它能够精确地收集动力机械及其传感器的各项参数,进而与调节阀协同工作,实现对机组转速和功率的细致调控。这一过程的精髓在于,首先通过PLC来构建电路的模拟仿真图。这一步骤是实施控制之前的准备工作,通过模拟可以预先检查控制逻辑是否合理,系统是否能正常运作,从而确保实际运行中能够实现最优的控制效果。为使控制系统更加用户友好,便于工程师和技术人员的理解与维护,PLC的编程采用了高级语言。这种做法不仅降低了编程的复杂度,也使得程序的检测和修改变得更为便捷,从而提高了系统调试的效率以及后期维护的便利性。考虑到动力设备运行中可能出现的各种紧急情形,调速系统被设计有自动保护的功能。这包括故障的记录和显示,能够帮助操作人员迅速识别问题,及时采取正确的处理措施。为此,在编程时特别增加了对控制安全电磁阀的程序设计,使得在出现故障时系统能够自动停机,有效预防事故的发生。此外,系统还配备了手动安全阀,使操作人员在遇到不可预见的紧急情况时能够立即干预,中断系统运行,从而确保人员和设备的安全(图2)。

在这个高度专业化的工作环境中,操作人员的首要任务是设定机器的运行参数,确保整个发电系统能够顺利且高效地运作。接下来的过程聚焦于单循环螺杆膨胀机,这是一个精巧设计的装置,其核心功能是排放蒸汽。这些蒸汽在经过蒸发器时,将其所携带的潜热传递给有

机工质,而原本的蒸汽则被冷凝形成软化水。经由热水循环泵的作用,这些水被有效地循环回余热锅炉,以便于重新利用。随后,充满潜热的有机工质吸收到的热量使之产生蒸汽,该蒸汽随即被引到螺杆膨胀机中。在这一环节,蒸汽的动力被用于驱动螺杆膨胀机,实现发电的目的。这整个流程构成了所谓的螺杆膨胀机双循环发电系统的核心部分。与单循环相辅相成的,是双循环系统中余下的步骤。螺杆膨胀机排放出的低压有机工质蒸汽在经过板式换热器时会被冷却降温,经此过程这部分蒸汽释放出的热量被回收,并且蒸汽自身回归为较冷的状态。接下来,由工质泵将这些冷却后的有机工质再次送回蒸发器,这样它们就能在下一个循环中再次吸热并产生蒸汽,维持系统的持续工作。

结语:通过深入的思考和研究,基于现有技术成果,提出了一系列创新性的改进建议。这些建议不仅涉及对螺杆膨胀机发电技术的设备本身和操作过程的优化,还旨在将这一技术方案应用于钢铁等行业的节能工作,推动其向更精细、环保且经济的方向发展,为我国产业的绿色转型贡献一份力量。希望通过这些技术革新,能够对我国的工业发展和环境保护事业产生积极影响,进一步加深可持续发展的理念在经济社会发展中的根基。

#### 参考文献:

- [1] 熊兵,陈林根,孟凡凯,等.烧结烟气余热驱动圆筒式两级热电发电装置热力学分析与优化[J].中国科学(技术科学).2016,(3).
- [2] 梁一凡.新型相变式温差发电装置与传统平板式温差发电装置发电特性的实验研究[D].2020.
- [3] 和学豪,赵梓良,郑磊,等.供热抽汽减温水对机组热力性能的影响研究[J].热力发电.2022,51(2).
- [4] 桂华.科学有序地推进我国碳达峰碳中和[J].中国行政管理.2021,(11).154-156.
- [5] 方旭,彭雪凤,张凯,等.燃煤热电联产系统冷端余热供热改造研究进展[J].华电技术.2021,(3).
- [6] 王虹雅,周勃,黄诗雯,等.双效溴化锂吸收式热泵余热回收系统数值模拟研究[J].制冷与空调(四川).2021,(1).