

余热回收技术在热动力系统中的应用与效益分析

马文利

陕西华电榆横煤电有限责任公司榆横发电厂 陕西 榆林 719000

摘要：随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的日益增强，余热回收技术作为一种高效、环保的能源利用方式，受到了广泛关注。本文旨在探讨余热回收技术在热动力系统中的应用，并分析其带来的经济效益和环境效益。通过对不同领域中的余热回收进行分析，揭示了余热回收技术的巨大潜力和广阔前景。

关键词：余热回收技术；热动力系统；经济效益；环境效益

引言：随着工业化和城市化的快速发展，能源消耗急剧增加，能源短缺和环境污染问题日益突出。在这种背景下，余热回收技术作为一种有效的能源利用方式，逐渐受到重视。余热回收技术是指将工业生产、能源转换等过程中产生的余热进行回收和再利用，以提高能源利用效率，减少能源消耗和环境污染。热动力系统作为能源消耗的主要领域之一，其能源利用效率直接关系到整个社会的能源利用水平。因此，在热动力系统中应用余热回收技术具有重要意义。

1 余热回收技术的原理与分类

1.1 余热回收技术的原理

余热回收技术的原理基于热力学第一定律和热力学第二定律。热力学第一定律表明，能量不能被创造或消灭，只能从一种形式转换为另一种形式。热力学第二定律则指出，能量在转换过程中总会有一部分以热能的形式散失到环境中，而这部分热能即为余热。余热回收技术通过特定的装置和工艺，将原本散失到环境中的余热进行捕集、转换和利用。其基本原理是利用热交换器将余热与需要加热的介质进行热交换，从而实现余热的回收和再利用。

1.2 余热回收技术的分类

余热回收技术可以根据不同的分类标准进行分类。按照余热回收的介质不同，可以分为气-气换热、气-液换热和液-液换热等类型；按照余热回收的用途不同，可以分为发电、供暖、制冷和热水供应等类型；按照余热回收的技术手段不同，可以分为直接换热、热管技术、热泵技术和吸收式制冷技术等类型。其中，直接换热技术是最简单、最常用的余热回收方式，通过热交换器将余热直接传递给需要加热的介质。热管技术则利用热管的高效传热性能，将余热从高温端传递到低温端进行利用。热泵技术则通过消耗少量的电能，将低温余热提升为高温热能进行利用。吸收式制冷技术则利用余热驱动

制冷机进行制冷，实现余热的综合利用^[1]。

2 余热回收技术在热动力系统中的应用

2.1 余热回收技术在锅炉系统中的应用

锅炉是热动力系统中的一个主要设备之一，其运行过程中会产生大量的余热。通过在锅炉系统中应用余热回收技术，可以将这部分余热进行回收和再利用，提高锅炉的热效率。例如，在锅炉的尾部烟道安装烟气余热回收装置，可以回收烟气中的余热，用于预热锅炉的给水或空气，提高锅炉的热效率。此外，还可以利用余热发电技术，将锅炉产生的余热转换为电能进行利用。这些措施不仅可以降低锅炉的能耗，还可以减少温室气体的排放，对环境保护具有积极意义。

2.2 余热回收技术在内燃机系统中的应用

内燃机是另一种常见的热动力系统，其运行过程中同样会产生大量的余热。通过在内燃机系统中应用余热回收技术，可以将这部分余热进行回收和再利用，提高内燃机的热效率。例如，在内燃机的排气系统中安装废气涡轮增压器或余热锅炉，可以回收排气中的余热，用于发电或供暖。此外，还可以利用余热驱动吸收式制冷机进行制冷，实现内燃机余热的综合利用。这些措施不仅可以降低内燃机的能耗，还可以提高内燃机的运行稳定性，延长其使用寿命。

2.3 余热回收技术在蒸汽轮机系统中的应用

蒸汽轮机是一种重要的热动力系统，广泛应用于电力、化工等领域。在蒸汽轮机系统中，蒸汽的余热往往被直接排放到环境中，造成了能源的浪费。通过在蒸汽轮机系统中应用余热回收技术，可以将这部分余热进行回收和再利用。例如，在蒸汽轮机的排汽口安装余热锅炉或热交换器，可以回收蒸汽中的余热，用于发电或供暖。此外，还可以利用余热进行预热或干燥等操作，提高蒸汽轮机的热效率。这些措施不仅可以降低蒸汽轮机的能耗，还可以减少温室气体的排放，对环境保护具

有积极意义。

2.4 余热回收技术在其他热动力系统中的应用

除了锅炉系统、内燃机系统和蒸汽轮机系统外，余热回收技术还可以应用于其他类型的热动力系统中。例如，在燃气轮机系统中，可以利用余热回收技术回收排气中的余热进行发电或供暖；在太阳能热发电系统中，可以利用余热回收技术回收太阳能集热器中的余热进行储能或再利用。此外，余热回收技术还可以应用于工业生产中的各种热动力系统中，如钢铁、化工、水泥等行业。通过在行业中应用余热回收技术，可以将生产过程中产生的余热进行回收和再利用，降低能耗和排放，提高生产效率^[2]。

3 余热回收技术的效益分析

3.1 能源利用效率提升

3.1.1 减少能源浪费。余在传统工业生产过程中，大量的余热资源往往被直接排放到大气中，造成了严重的能源浪费。而余热回收技术的引入，则成功地将这些原本被视为废弃物的余热资源重新利用起来。通过一系列高效的热交换和转换设备，余热被转化为有用的热能或电能，从而实现了能源的再利用。在热动力系统中，锅炉烟气、汽轮机乏汽等余热资源经过回收处理后，可以显著提高系统的能源利用效率。以火力发电系统为例，采用余热回收技术后，电厂的整体热效率可提高5%-10%，甚至更高。这意味着在相同的燃料消耗下，电厂可以多发电5%-10%，极大地提升了能源的经济性和可持续性。

3.1.2 实现能源梯级利用。余热回收技术不仅关注能源的再利用，还致力于实现能源的梯级利用。根据余热资源的温度和品质差异，该技术能够灵活地将余热分配到不同的应用场景中，从而实现能源的最大化利用。在工业余热回收系统中，高温余热通常被用于发电，中温余热则可用于驱动制冷或制热设备，而低温余热则可用于预热物料或供应生活热水等。通过这种能源梯级利用方式，不同温度水平的余热都得到了充分的利用，不仅提高了能源利用效率，还最大限度地挖掘了能源的价值。这种能源利用方式不仅有助于降低企业的能源成本，还符合当前全球节能减排、绿色发展的主流趋势。

3.2 经济成本节约

3.2.1 降低燃料消耗。余热回收技术的实施显著降低了企业在生产过程中对燃料的依赖，这对于能源密集型行业如钢铁、化工、水泥等尤为重要。这些行业通常面临着高昂的燃料成本，而余热回收技术通过提高能源利用效率，实现了燃料的节约。具体来说，通过回收并利用生产过程中产生的余热来产生蒸汽或电力，企业可以

替代部分原本需要由燃料燃烧产生的能源，从而减少了燃料的消耗。以一个钢铁企业为例，通过引入余热回收技术发电，该企业每年可减少煤炭消耗数千吨，进而节约燃料成本数百万元。这种成本节约不仅有助于提升企业的竞争力，还为企业提供了更多的资金用于技术创新和可持续发展。

3.2.2 增加经济效益。余热回收技术不仅为企业带来了燃料成本的节约，还通过创造额外的收入来源进一步提升了企业的经济效益。一方面，企业可以利用余热发电产生的电力进行自用，降低对外部电网的依赖，从而节省电费开支。另一方面，如果企业有余力，还可以将余热发电产生的电力并网销售，为企业带来额外的收入。在一些地区，政府为了鼓励余热回收技术的推广和应用，还提供了相应的补贴或优惠政策，这进一步提高了企业的经济效益。此外，余热回收技术的应用还有助于延长设备的使用寿命。由于余热回收技术能够降低设备的运行温度和压力，减少了设备的热应力和磨损，从而延长了设备的使用寿命。这有助于减少设备的维修和更换成本，进一步为企业创造经济价值^[3]。

3.3 环境友好性

3.3.1 减少温室气体排放。余热回收技术的应用显著降低了企业对传统燃料（如煤炭、石油和天然气）的依赖，从而大幅度减少了因燃料燃烧而产生的二氧化碳等温室气体排放。在全球共同应对气候变化、追求可持续发展的大背景下，这一技术的推广与应用对于有效减少温室气体排放总量、缓解全球变暖趋势具有深远的意义。以一个大型水泥厂为例，通过引入余热回收系统，该厂成功地将生产过程中产生的废热转化为可用的能源，不仅大幅提升了能源利用效率，还使得每年能够减少二氧化碳排放数万吨，这一成果无疑为环境保护事业做出了积极的贡献。

3.3.2 降低污染物排放。燃料燃烧量的减少不仅带来了温室气体排放的降低，还直接导致了二氧化硫、氮氧化物等有害污染物的排放量显著减少。这些污染物是形成酸雨、加剧雾霾等严重环境问题的主要元凶之一，对大气、水体和土壤环境构成了巨大威胁。而余热回收技术的运用，通过优化能源利用结构，有效减少了燃料燃烧环节，进而遏制了有害污染物的排放。这不仅有助于改善企业周边区域的环境质量，减少对自然生态系统的破坏，还为公众提供了更加清新、健康的空气和生存环境，是保护生态环境、维护公众健康的有力举措^[4]。

4 余热回收技术应用面临的挑战与问题

4.1 技术适应性问题

余热回收技术在面对多样化的热动力系统 and 复杂的余热资源时,其适应性成为了一个亟待解决的关键问题。不同行业、不同生产流程产生的余热资源特性各异,如温度范围广泛、流量波动大、成分复杂多变等,这些都给余热回收技术的设计和应用带来了巨大挑战。特别是在处理高温、高尘、强腐蚀性的余热气体时,传统技术往往难以承受极端工况的考验,容易出现设备腐蚀、磨损加剧、堵塞频繁等问题,严重影响了余热回收的效率和设备的长期稳定运行。因此,加强技术研发,提升材料的耐高温、耐腐蚀性能,优化设备结构,以及开发适应性强、灵活性高的余热回收技术,成为当前亟待解决的重要课题。

4.2 系统集成与优化问题

余热回收技术在热动力系统中的应用,不仅仅是单一设备的引入,更是对整个系统架构和运行策略的重大调整。在系统集成与优化方面,需要综合考虑余热回收装置与原有热动力系统之间的参数匹配、能量流动、控制逻辑等多个层面的问题。例如,在火力发电系统中,余热回收装置与锅炉、汽轮机、凝汽器等核心设备的协同工作,需要精确计算各设备之间的能量传递效率,优化控制策略,以确保整个系统在引入余热回收技术后仍能保持稳定、高效运行。此外,还需考虑余热回收装置对系统安全性、可靠性的影响,以及如何在保证系统性能的同时,实现余热回收的最大化利用。这些问题的解决,需要跨学科、跨领域的合作与深入研究,以推动余热回收技术在热动力系统中的应用迈向更高水平

4.3 投资成本与回报问题

虽然余热回收技术具有长期的效益,但在项目初期需要较大的投资,包括设备采购、安装、调试等费用。对于一些中小企业来说,可能难以承担较高的投资成本。此外,余热回收项目的投资回报周期相对较长,受到能源价格波动、政策变化等因素的影响较大。因此,需要合理评估投资成本与回报,制定有效的投资策略,提高企业应用余热回收技术的积极性。

5 余热回收技术的未来发展趋势

5.1 新型余热回收材料与设备的研发

随着材料科学的不断发展,新型的余热回收材料将不断涌现。这些材料具有更好的耐高温、耐腐蚀、导热

性能等特点,将有助于提高余热回收设备的性能和可靠性。例如,新型的陶瓷材料、纳米材料等有望应用于余热回收领域,开发出更高效、更耐用的余热回收设备。

5.2 智能化与自动化控制技术的应用

未来,余热回收技术将更加智能化和自动化。通过采用先进的传感器、控制器和计算机技术,实现对余热回收过程的实时监测、控制和优化。例如,根据余热资源的变化自动调整余热回收设备的运行参数,提高余热回收效率;利用大数据分析技术预测设备故障,提前进行维护,保障设备的稳定运行。

5.3 多联产与综合能源利用

余热回收技术将朝着多联产和综合能源利用的方向发展。例如,将余热回收与制冷、制热、储氢等技术相结合,实现多种能源产品的联合生产。在一个系统中,既可以利用余热发电,又可以利用余热驱动制冷或制热设备,还可以利用余热进行储氢等,提高能源的综合利用效率和系统的灵活性,满足不同用户的能源需求。

结论:余热回收技术在热动力系统中的应用具有极为重要的意义和显著的效益。通过各种余热回收技术类型,可以有效提高能源利用效率,节约经济成本,减少温室气体和污染物排放。然而,余热回收技术在应用过程中也面临着一些挑战和问题,需要通过技术研发、系统集成优化、合理投资策略等措施加以解决。未来,随着新型材料、智能化技术的发展以及多联产和综合能源利用的推进,余热回收技术将在热动力系统领域发挥更大的作用,为实现能源的可持续发展和环境保护做出更大的贡献。

参考文献

- [1]孙悦,钱进,周明.新型余热回收材料在火力发电中的应用潜力分析[J].材料导报,2024,38(3):156-161.
- [2]马强,于洋,朱峰.智能化余热回收控制系统在化工生产中的应用实践[J].化工自动化及仪表,2023,50(10):889-894.
- [3]李静,王强,张辉.热电厂余热利用技术综述及工程实例分析[J].节能技术,2023,41(5):452-458.
- [4]李明,吴迪.锅炉烟气余热回收的应用前景[J].工业锅炉,2023,45(4):40-44.