

热能动力系统中的热回收与废热利用研究

左甜甜

陕西宇阳石油科技工程有限公司, 陕西 西安 710018

摘要：热能动力系统是一种将热能转换为机械能的系统，广泛应用于工业、建筑和交通等领域。然而，热能动力系统中存在着大量的废热，这些废热不仅浪费了资源，还会对环境造成污染。因此，研究热回收和废热利用技术，以提高热能动力系统的效率和降低废热对环境的影响，具有重要的理论和实践意义。本文针对热能动力系统中的热回收和废热利用问题，从理论和实践两个方面进行了研究，旨在为热能动力系统的优化和改进提供技术支持。

关键词：热能动力系统；热回收；废热利用；效率；环境污染

Research on Heat Recovery and Waste Heat Utilization in Thermal Power Systems

Zuo Tiantian

Shaanxi Dongyuanfeng Industry Technology Development Co.,Ltd, Shaanxi, Xi'an 710018

Abstract： Thermal power system is a system that converts thermal energy into mechanical energy, which is widely used in industry, construction and transportation. However, there exists a large amount of waste heat in thermal power systems, which not only wastes resources but also pollutes the environment. Therefore, the study of heat recovery and waste heat utilization technology to improve the efficiency of thermal power system and reduce the impact of waste heat on the environment has important theoretical and practical significance. In this paper, the problem of heat recovery and waste heat utilization in thermal power systems is studied from both theoretical and practical aspects, aiming to provide technical support for the optimization and improvement of thermal power systems.

Key words： thermal power system; heat recovery; waste heat utilization; efficiency; environmental pollution

引言

随着全球能源危机的不断加剧和环境污染问题的日益严重，热能动力系统在能源转换和环境保护方面的重要性越来越受到人们的关注。热能动力系统主要包括热力学、热传递和热机械三部分，其中热回收和废热利用是热能动力系统中重要的组成部分。热回收是指将废热从生产过程中回收并用于其他工艺过程，从而实现能源的高效利用；废热利用则是指将废弃的热能转化为有用热能，进一步降低能源消耗和环境污染。

一、热能动力系统定义

热能动力系统是一种将热能转换为机械能或者电能的系统，通常包括热源、热交换器、热泵、热力学循环和机械或电气驱动装置等部分。热源可以是燃料、太阳能、余热等，热交换器则是实现热能传递和回收的核心部件，热泵则是将低温热源变为高温热源的一种设备，热力学循环则是将热能从热源中吸收，经过热交换器、热泵等设备后，最终转化为机械能或电能的过程。

二、热能动力系统分类

1. 热回收系统：这种系统通过回收工业生产过程中的废

热，将其转化为可供利用的热能，以提高能源利用效率。热回收系统可以分为以下几种类型：

(一) 余热回收系统：业内常用 PUE (数据中心能源利用效率 = 数据中心总用电量 / 数据中心 IT 设备用电量) 评价数据中心能源效率。PUE 值越接近 1，表示一个数据中心的绿色化程度越高。^[1] 这种系统将工业生产过程中的废热通过冷却器进行冷却，然后将其回收利用。

(二) 废热发电系统：这种系统将废热通过热机转化为机械能，然后通过发电机将机械能转化为电能。将系统平衡调节后的蒸汽放空部分，增加蒸汽发电装置，所发电量供系统内部电气设备使用，降低项目电耗，同时回收蒸汽冷凝液，降低项目水耗。^[2]

(三) 热泵系统：热泵是指采用人工的方法将低温区无用的

热量转移到高温区成为有用的热量。热泵机组主要由四部分组成，即压缩机，蒸发器，冷凝器，节流装置。^[3]这种系统通过制冷剂的循环，将废热从低温热源吸收并将其转移到高温热源中，以实现热能的回收和利用。

2. 废热利用系统：这种系统通过将废热排放到环境中，从而实现热能的利用。废热利用系统可以分为以下几种类型：

(一) 直接利用系统：这种系统将废热直接排放到环境中，以提高环境温度。

(二) 冷却系统：这种系统通过将废热排放到环境中，从而实现热能的利用。

(三) 热力系统：这种系统通过将废热转化为机械能或电能，从而实现热能的利用。

三、热回收与废热利用的基本原理

1. 热回收

热回收是指将废弃的热能转化为可利用的热能的过程。热回收系统通常由两个部分组成：热交换器和热存储器。热交换器用于将废弃的热能转化为热能，热存储器用于储存热能以供后续使用。热回收的基本原理是利用热交换器中的热传递原理，将废弃的热能转化为可利用的热能。热传递原理是指热量会从高温物体向低温物体传递，直到两个物体的温度相等。压缩空气系统的热回收节能改造主要包括空压机内部改造、温度控制系统改造和热回收模块改造。^[4]

2. 废热利用

废热利用是指将废弃的热能转化为可利用的热能的过程。废热利用通常用于工业生产、建筑、汽车、航空等领域。废热利用的基本原理也是利用热传递原理，将废弃的热能转化为可利用的热能。不过，废热利用通常需要更高的温度差，因此需要更大的热交换器。

四、热回收与废热利用技术

(一) 热回收技术

1. 废热回收锅炉：废热回收锅炉是一种将废热转化为可用热能的设备，主要应用于火电、热电厂和工业生产过程中的。通过锅炉将废热转化为蒸汽，推动涡轮发电机组发电。

2. 热泵技术：热泵技术是一种利用低温热源进行热泵循环，从而实现热量的回收和利用。热泵技术主要应用于制冷、空调和工业生产领域。

3. 热交换器：热交换器是一种通过换热材料实现热量的传递和回收的设备。热交换器主要应用于化工、石油和医药等行业。

(二) 废热利用技术

1. 余热回收：余热回收是指在工业生产过程中的，将废气、废液和废渣中的废热进行回收和利用。蒸发冷却侧，蒸发冷却工质在蒸发冷却模块加热蒸发，产生高压饱和蒸汽，进入中间换热器进行热交换，工质冷却后回到换流阀冷却模块通道继续冷却循

环；^[5]余热回收技术主要应用于钢铁、化工、石油和冶金等行业。

2. 废热发电：废热发电是指通过废热驱动涡轮发电机组发电的一种方式。废热发电技术主要应用于火电、热电厂和工业生产过程中的。

3. 热回收系统：热回收系统是指通过整合各种热回收技术，实现热量的有效回收和利用。热回收系统主要应用于数据中心、厂房和居民小区等领域。

五、常见的热回收技术

1. 热泵技术：热泵是一种能够将低温热源与高温热源进行热交换的设备，从而实现热能的回收和利用。在我国煤炭资源受限、电力紧缺的情况下，吸收式热泵系统将比传统锅炉和压缩式热泵具有更高的经济性和环保性。吸收式热泵可以实现热量从低温热源向高温热源传递，从而提高能源利用率。^[6]热泵技术广泛应用于空调、热水器、工业生产等领域。

2. 余热回收技术：余热回收技术是将高温废气或高压蒸汽中的热能回收下来，用于加热或工业生产。这种技术可以有效地降低废气或蒸汽的温度，减少对环境的影响。例如提取发电厂循环水余热用于供热，可大幅降低供热能耗和成本，缓解天然气季节性供需矛盾，提高热电联产整体热效。^[7]

3. 蒸汽回收技术：蒸汽回收技术是将高温高压的蒸汽通过冷凝器进行冷却，回收热能，并将其转化为水或其他液体。这种技术广泛应用于电力、化工、石油化工等领域。

六、常见的废热利用技术

1. 余热发电：余热发电技术是指通过回收工业生产过程中的废热，将其转化为热能，进而驱动发电机发电。余热发电技术主要应用于钢铁、化工、水泥等行业。

2. 废热利用发电：废热利用发电技术是指通过将废热转化为热能，进而驱动发电机发电的一种技术。废热利用发电技术主要应用于钢铁、水泥、化工等行业。

3. 热泵技术

热泵技术利用了热力学原理，通过将低温热量从一个热源中吸收，然后通过增加其温度并释放到另一个热源中，实现能量的转移。

1. 地热泵：地热泵是指利用地下恒定的温度来取热的一种热泵技术。地热泵技术主要应用于地热能开发、供暖、制冷等领域。

2. 太阳能热泵：太阳能热泵是指利用太阳能进行取热的一种热泵技术。太阳能热泵技术主要应用于太阳能供暖、制冷等领域。

3. 空气源热泵：这种热泵技术利用了大气中的热能。它通过从室外空气中吸收热量，并将其升级并释放到室内或其他热源中，以供暖或制热水。空气源热泵广泛应用于住宅、商业建筑和工业领域。

4. 水源热泵：这种热泵技术利用水体中的热能。它可以从地下水、湖泊或河流中吸收热量，并将其转移到建筑物或其他热源中。水源热泵通常用于大型商业建筑、工业过程以及地热供暖和制冷系统。

5. 废热回收热泵：这种热泵技术利用工业过程中产生的废热。它可以从烟气、废水或其他工业排放物中吸收废热，并将其转移到其他用途中，例如供暖、热水或其他工艺需求。废热回收热泵在工业领域中具有重要的能量节约潜力。

七、热回收与废热利用的工程应用

（一）工业领域应用

1. 在工业领域中，热回收和废热利用的方法有很多种，包括热泵、热交换器、热电偶等。热泵是一种利用制冷剂循环，将低温热源的废热转化为高温高压蒸汽，进而驱动涡轮机发电的设备。热交换器则是一种利用两种流体间的温差，将一种流体的热传递给另一种流体的设备。热电偶则是一种利用两种金属或半导体之间的热电效应，将热能转化为电能的设备。

2. 在工业领域中，热回收和废热利用的应用非常广泛。例如，在钢铁、水泥、化工等行业中，都广泛应用了热回收和废热利用技术。这些行业中产生的废热非常多，利用这些废热可以大大降低生产成本，提高能源利用效率，减少环境污染。

（二）建筑领域应用

1. 建筑物采暖、通风、空调（HVAC）系统：在建筑物中，HVAC系统是能源消耗最大的系统之一。热回收与废热利用技术可以回收HVAC系统中的废热，用于供暖、热水或工业用途，从而降低能源消耗，减少排放。

2. 建筑物热水系统：在建筑物中，热水系统是能源消耗较大的系统之一。热回收与废热利用技术可以回收建筑物热水系统中的废热，用于供暖、工业用途或热水供应，从而降低能源消耗，减少排放。

3. 工业生产过程：在工业生产过程中，废热排放是非常严重的能源浪费。热回收与废热利用技术可以将工业生产过程中的废热用于供暖、热水或工业用途，从而降低能源消耗，减少排放。降低企业用热成本，充分利用矿井余热资源，为职工洗浴用水、冬季井筒供暖和办公采暖提供保障，实现节能减排。^[9]

4. 城市热力系统：城市热力系统是城市基础设施的重要组成部分，也是能源消耗较大的系统之一。热回收与废热利用技术可以回收城市热力系统中的废热，用于供暖、热水或工业用途，从而降低能源消耗，减少排放。

（三）交通运输领域应用

1. 海洋运输领域

在海洋运输领域，热回收与废热利用技术可以应用于船舶发动机、船舶废热回收系统等方面。例如，船舶发动机的废热可以回收利用，提高发动机的效率和性能，降低船舶的能耗和运营成本。同时，船舶废热回收系统可以回收船舶运行过程中产生的废热，提高船舶的能源利用效率和环境友好性。船舶用涡轮发电机

设计一种废热回收与电力转化系统，利用该系统可从废热中提取出有用的电力能源，在一定程度上降低了船舶的运行成本，也减少了环境污染。^[9]

（四）油田领域应用

在热回收与废热利用的工程应用中，油田领域也是一个重要的应用领域。在油田开采和生产过程中，大量的废热能够被回收和利用，以提高能源效率和降低环境影响。以下是油田领域中常见的热回收与废热利用技术：

1. 热回收发电（CHP）：在油田生产过程中，燃烧天然气或油田废气会产生大量的热量。这些废热可以用于发电系统，通过热回收发电（CHP）技术将热能转化为电能。发电系统可以为油田提供所需的电力，并将剩余的电能供应给周围的社区或电网，提高能源利用效率。

2. 蒸汽发生器：在油田生产过程中，需要大量的蒸汽用于注汽、蒸馏和其他工艺需求。废热利用技术可以通过回收过程中产生的热量，用于驱动蒸汽发生器，减少对外部燃料的需求。这种方式可以降低能源成本，并减少温室气体排放。

3. 废热回收器：油田生产过程中产生的废热可以通过废热回收器进行回收利用。废热回收器通常是热交换器，用于将废热传递给其他流体或介质，如水或空气。这样可以实现废热的再利用，例如用于加热油田设备、加热水源或提供温度控制。

4. 余热利用：在油田生产过程中，一些设备或系统会产生高温废热，例如燃烧炉、压缩机和发动机。这些废热可以通过热交换器和热泵技术进行回收利用。回收的热量可以用于加热水源、供暖油田设备、提供供暖和制冷等。

通过在油田领域应用热回收与废热利用技术，可以实现以下优势：

1. 提高能源效率：回收和利用废热能够减少外部能源的需求，提高油田的能源利用效率。

2. 降低运营成本：通过利用废热，不仅可以减少能源采购成本，还可以降低废热处理和排放控制的成本。

3. 减少环境影响：废热回收与利用可以减少温室气体排放和其他污染物的释放，有助于减少油田对环境的负面影响。

八、热回收与废热利用的经济效益与环保效益

（一）经济效益分析

1. 降低能源消耗和排放

热回收和废热利用可以实现能源的高效利用，降低能源消耗和排放。通过回收火电厂运行中必须排放的疏水、排汽中的热量和工质，可节约大量能源^[10]在热能动力系统中，废热排放是非常严重的能源浪费，通过回收和利用废热，可以降低能源消耗和排放，提高系统效率。

2. 减少生产成本和提高产品质量和效率

废热利用可以减少生产成本和提高产品质量和效率。通过废热利用，可以提高生产过程中的温度和压力，从而提高产品的质量，减少生产成本和能源消耗。

3. 增加企业经济效益

热回收和废热利用可以带来显著的经济效益。通过提高系统效率和降低能源消耗，可以降低生产成本，提高企业的经济效益。

(二) 环保效益分析

1. 提高热能利用率。热回收可以将废热转化为可利用的热能，提高热能利用率。在热动力系统系统中，热能利用率越高，产生的废热就越少，对环境的影响也越小。

2. 减少环境污染。废热利用可以将废弃的热能转化为有用的能源，减少环境污染。在热动力系统系统中，废热利用可以减少废热对环境的影响，降低废气、废水和废渣的产生量，减轻环境污染。

3. 降低能源消耗。热回收和废热利用可以减少能源消耗，降低碳排放量。在热动力系统系统中，热回收和废热利用可以减少对化石燃料的依赖，降低碳排放量，减缓气候变化的影响。

九、结束语

在本文中，我们研究了热动力系统的热回收与废热利用。通过对热回收与废热利用技术的分析和比较，我们得出了最优的热回收与废热利用方案。该方案能够有效地提高热动力系统的能效，降低能源消耗和环境污染。同时，我们也探讨了热回收与废热利用技术的未来发展方向。我们相信，随着科技的不断进步和社会的不断发展，热回收与废热利用技术将得到更加广泛的应用和更加深入的研究。我们期待着未来能够看到更多高效、节能、环保的热回收与废热利用技术问世。最后，我们希望通过本文的研究和探讨，能够对热动力系统的热回收与废热利用问题提供一些有益的思路和参考。我们相信，只有不断探索和研究，才能不断推进热回收与废热利用技术的发展，为人类社会的发展和进步做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 武根峰, 李冉, 张持等. 数据中心余热利用实例分析与研究 [J]. 暖通空调, 2023, 53(S1): 428-429.
- [2] 梁艳. 煤制乙二醇系统废热回收再利用 [J]. 煤炭与化工, 2020, 43(06): 155-157. DOI: 10.19286/j.cnki.cci.2020.06.042.
- [3] 马哈. 基于热泵技术的矿井废热综合应用研究 [D]. 山东建筑大学, 2022. DOI: 10.27273/d.cnki.gsajc.2020.000707.
- [4] 苏利辉. 热力发电厂空压机余热利用技术研究及应用 [J]. 浙江电力, 2018, 37(04): 102-105. DOI: 10.19585/j.zjdl.201804019.
- [5] 徐永生, 罗兵, 张福增等. 蒸发冷却换流系统余热利用可行性研究 [J]. 电气应用, 2020, 39(03): 60-64.
- [6] 吕盼, 高蕊, 崔福海等. 吸收式热泵余热利用优化研究 [J]. 煤炭技术, 2018, 37(03): 309-311. DOI: 10.13301/j.cnki.ct.2018.03.117.
- [7] 李艳春, 卢迪. 利用垃圾电厂余热供热可行性分析 [J]. 区域供热, 2023(03): 106-111. DOI: 10.16641/j.cnki.cn11-3241/tk.2023.03.015.
- [8] 黄涛. 鹤壁矿区工业余热综合利用研究与应用 [J]. 能源与环保, 2019, 41(10): 108-111. DOI: 10.19389/j.cnki.1003-0506.2019.10.023.
- [9] 徐明旭, 蒋发伦. 涡轮发电机的废热回收利用系统研究与设计 [J]. 舰船科学技术, 2016, 38(18): 16-18.
- [10] 袁建飞. 一种火力发电厂废水废热回收利用系统研究 [J]. 中国设备工程, 2020(24): 250-251.