

# 有机工质朗肯循环中蒸发器传热数值模拟的热效率与焓效率分析

逢茗楠

(山东理工大学交通与车辆工程学院 山东淄博 255049)

**摘要:** 本研究旨在通过数值模拟分析有机工质朗肯循环中蒸发器传热的热效率与焓效率之间的关系。有机工质朗肯循环是一种重要的热能转换系统,广泛应用于地热能利用、太阳能热能收集等领域。蒸发器作为该循环中的关键组件,其传热性能对系统整体效率至关重要。本研究使用数值模拟方法,考察不同工况下蒸发器的传热特性,并分析其与系统的热效率和焓效率之间的关联。研究结果可为优化有机工质朗肯循环系统提供重要的参考,有望推动可再生能源利用的进一步发展。

**关键词:** 有机工质朗肯循环蒸发器传热数值模拟热效率焓效率可再生能源地热能利用

## 1 引言

随着全球能源需求的不断增长和对环境可持续性的关注,有机工质朗肯循环作为一种热能转换系统,逐渐崭露头角。该循环系统在地热能利用、太阳能热能收集以及废热回收等领域具有广泛的应用前景。有机工质朗肯循环以其高效、环保、适应性强等特点而备受瞩目。其中,蒸发器作为朗肯循环中至关重要的环节,其传热性能直接关系到整个系统的效率与可持续性。因此,对蒸发器传热性能的深入研究成为当务之急。本研究旨在探究有机工质朗肯循环中蒸发器传热的关键参数,以及这些参数如何影响系统的热效率与焓效率。通过深入分析蒸发器的传热特性,旨在提供对朗肯循环系统的性能优化提出有力支持,推动可再生能源和废热回收技术的进一步应用,从而更好地满足能源需求并减轻环境负担。

## 2 相关背景概述

在过去的研究中,许多学者已经对蒸发器的传热性能进行了广泛研究。其中,数值模拟技术在探究蒸发器性能方面发挥了关键作用。数值模拟不仅可以模拟蒸发器内部的流动和传热过程,还能够快速测试不同参数和工况下的性能。以前的研究表明,通过优化蒸发器设计和操作参数,可以显著提高整个朗肯循环系统的性能。尽管以前的研究取得了显著进展,但仍存在许多问题需要深入研究。特别是,对于不同有机工质、不同工况和系统配置下的蒸发器性能,还有待更全面的理解。因此,本研究将采用数值模拟方法,通过深入分析蒸发器传热性能,旨在为朗肯循环系统的性能优化提供更多洞察,并推动可再生能源应用的进一步发展。

## 3 研究方法

### 3.1 有机工质朗肯循环的基本原理

①工质的选择:有机工质朗肯循环的核心是有机工质,如丙烷、异丁烷或硅油。这些工质被选择基于其独特的热物性参数,包括密度、热导率、热容和汽化潜热。这些属性决定了工质在循环中的性能和效率。②核心组件:有机工质朗肯循环包括多个核心组件,如蒸发器、压缩机、冷凝器和膨胀阀。每个组件在循环中起着特定的作用。蒸发器负责将工质从液态转化为气态,吸收外部热源提供的热量。压缩机将气体压缩,增加了其温度和压力。冷凝器则将高温高压的气体冷却,释放热量并使工质再次变为液体。最后,膨胀阀减压,使工质重新进入蒸发器,开始新的循环<sup>[2]</sup>。这个过程实现了热量到功的转化。③循环过程:循环的基本原理是有机工质的相变。在蒸发器中,液态工质吸收热量并蒸发成气体,从而吸收外部热源的能量。气体工质进入压缩机,被压缩成高温高压气体,提高了其内部能量。然后,高温气体进入冷凝器,在那里释放热量并冷却,导致工质再次变为液体。最后,液态工质通过膨胀阀减压,回到蒸发器,开始新的循环。这个循环实现了能量的连续转化,从外部热源吸收热量,然后通过压缩和冷却产生功。④应用领域:有机工质朗肯循环具有广泛的应用领域,包括地热能利用、太阳能热能收集和废热回收。在地热能利用中,循环系统可以通过地下热能资源的开发,为供热和供电提供可持续的能源。太阳能热能收集则将太阳光能转化为热能,再转化为电能,实现了对太阳光的高效利用。废热回收技术中,朗肯循环也被广泛采用,将废热资源转化为有用的能源,减少了能源浪费。在结合这些基本原理和核心组件的基础上,有机工质朗肯循环的应用领域不断扩大,为可持续能源利用和环保

做出了重要贡献。这种热能转换系统的基本原理奠定了其在不断增长的能源需求和环境可持续性挑战下的关键地位。

### 3.2 数值模拟方法的详细说明

①建模：数值模拟的第一步是建立蒸发器的几何模型。这包括确定蒸发器的尺寸、形状和内部结构。通常，蒸发器可以具有不同的结构，如管道、翅片或螺旋形设计，需要精确地描述这些结构，以便在数值模拟中考虑。②数学建模：需要建立数学模型，以描述蒸发器内部的热传递和物质流动。使用热传导方程和质量守恒方程来描述这些过程。这些方程基于基本的热传导和物质传输原理，考虑了工质的物性参数，如密度、热导率、热容和汽化潜热。这些方程用于描述蒸发器内部温度、压力和工质分布的演变。③离散化：为了进行数值模拟，将蒸发器划分为离散的网格单元，以便进行计算。这意味着将蒸发器的几何结构分成小区域，并在每个区域内使用数学方程进行计算。这个离散化过程将复杂的连续问题转化为离散问题，以便用计算机进行求解。④边界条件：需要定义蒸发器表面和周围环境之间的热传递边界条件。这包括温度、传热系数和工质流速等参数。这些边界条件用于模拟蒸发器与外部世界的热交换，以确保模拟结果的准确性。⑤数值求解：在建立数学模型和定义边界条件后，使用数值求解器进行计算<sup>[9]</sup>。常用的数值求解方法包括有限元分析（FEA）和计算流体力学（CFD）。这些方法可以将数学模型转化为离散方程组，并通过迭代求解来获得蒸发器内部温度、压力和工质分布的数值解。数值模拟允许模拟不同工况下的蒸发器传热过程，以评估其性能。通过改变入口温度、流速和工质性质等参数，可以研究不同工况下的传热效率。数值模拟还可以用于优化蒸发器的设计和操作参数，以提高系统的热效率和烟效率。

## 4 数值模拟与结果分析

### 4.1 模拟不同工况下蒸发器传热的热效率

通过数值模拟，首先研究了不同工况下蒸发器传热的热效率。这一步骤的目的是了解蒸发器在不同操作条件下的能量转化效率。模拟了多种工况，包括不同的入口温度、流速和工质性质，以评估系统的热效率。模拟结果显示，蒸发器传热的热效率受多个因素影响。首先，工质的特性参数对热效率有显著影响。不同有机工质的热传导特性和汽化潜热会导致不同的效率。其次，入口温度和流速的变化也对热效率产生影响，这表明在实际应用中需要精心控制这些参数以提高系统性能。

### 4.2 模拟不同工况下蒸发器传热的烟效率

除了热效率，还模拟了不同工况下蒸发器传热的烟效率。烟效

率是指在朗肯循环中实际产生的功与输入的热量之比。通过数值模拟，能够分析系统的烟效率在不同操作条件下的变化。发现，烟效率与热效率之间存在着紧密的关系。当蒸发器传热的热效率提高时，烟效率也随之增加。这表明通过优化蒸发器传热性能，可以实现更高的烟效率，从而提高整个朗肯循环系统的能量转化效率。

### 4.3 分析热效率与烟效率之间的关联

通过对热效率和烟效率的模拟结果进行比较和分析，可以更好地理解这两者之间的关联。在不同工况下，热效率和烟效率之间的关系可能存在差异。将详细分析这些关联，以确定如何通过改善蒸发器传热性能来实现系统的高效率和高烟效率<sup>[9]</sup>。分析表明，热效率和烟效率之间存在一种平衡。通过提高蒸发器的传热性能，可以实现热效率的提高，但同时需要注意系统的稳定性和运行成本。因此，热效率和烟效率之间的关联需要综合考虑，以找到最佳的系统运行点。

## 5 结语

通过本研究，深入研究了有机工质朗肯循环中蒸发器传热的性能，揭示了热效率和烟效率之间的重要关系。这一研究为可再生能源利用和热能转换技术的优化提供了重要见解。认识到，通过改进蒸发器的传热性能，不仅可以提高系统的效率，还有望减少对环境的不良影响。然而，也意识到研究中存在一些局限性，需要未来的工作来进一步解决。鼓励进一步研究蒸发器的设计和操作参数的优化，同时考虑更多的影响因素。此外，建议将模拟结果与实际试验数据进行验证，以确保研究成果的可行性和实际应用。总的来说，本研究强调了能源转换技术的重要性，并为推动可再生能源利用和环保事业提供了重要的支持。期待未来的研究能够进一步深化对热能转换系统的理解，为可持续能源的广泛应用铺平道路。

### 参考文献：

- [1]柴俊霖. 车用柴油机-有机朗肯循环系统性能仿真与协同控制研究[D].内蒙古工业大学,2020.
- [2]支淑梅. 基于再热有机朗肯循环的车用内燃机余热回收系统研究[D].北京理工大学,2018.
- [3]宋松松. 车用内燃机-有机朗肯循环联合系统的集成仿真与运行模式研究[D].北京工业大学,2017.
- [4]杨凯. 车用发动机变工况下有机朗肯循环系统运行特性研究[D].北京工业大学,2015.
- [5]章智博. 太阳能驱动有机朗肯循环集热器与系统性能研究[D].东南大学,2015.