

CSTAM-2018-B019

超临界环境下液滴蒸发的分子动力学模拟¹⁾

富庆飞*, 张运霄*, 杨立军*²⁾

* (北京航空航天大学宇航学院, 北京 100089)

摘要: 液体燃料的喷雾燃烧必定伴随着液滴的破碎与蒸发过程, 液滴蒸发过程的基础研究对于液体火箭发动机性能的提升有着重要意义。分子动力学方法不依赖任何宏观的简化模型, 模拟过程自发的包含各种物理效应, 并且可以模拟极端苛刻的物理条件和复杂几何模型下的物理现象, 已经相当成熟并且得到了广泛的应用。本文应用分子动力学方法研究了液滴在超临界环境下的蒸发现象, 并和现有的理论模型进行对比。

本文首先计算了液体的基本性质如粘度, 扩散系数等动力学量。然后研究了不同工况下液滴的蒸发过程中各参数的变化, 包括液滴温度分布, 密度分布, 液滴直径等随时间的变化。研究发现, 与亚临界环境下的液滴蒸发现象不同, 超临界环境下液滴边界层较厚, 没有明确的气液边界, 密度和温度从液滴内部到环境是连续变化的量。亚临界条件下定义气液界面位置的方法在超临界条件下并不适用, 必须通过新的准则定义和提取气液边界。液滴的温度分布和亚临界条件下的稳态假设不同, 实际上符合三次多项式模型。而且直径随着时间的变化偏离 D^2 定律。本文还获得了液滴蒸发的速度场信息, 通过液滴蒸发的速度场我们可以观察到液滴蒸发时的分子运动轨迹, 观察液滴蒸发的时间序列图像发现, 超临界环境下液滴的蒸发过程更接近同相的扩散混合过程而不是亚临界下典型的分子蒸发过程。除了通过热力学量对液滴蒸发速率的影响进行解释之外, 还通过动力学量进行了进一步的解释, 提出了适用于超临界条件下的蒸发模型, 具有重要的应用背景和学术价值。

关键词: 超临界环境; 液滴蒸发; 分子动力学

1) 资助项目 (国家自然科学基金杰出青年科学基金项目 11525207; 国家自然科学基金面上项目 11672025)

2) 通讯作者 Email: yanglijun@buaa.edu.cn

CSTAM-2018-B020

深冷环路热管蒸发器逆向漏热影响的数值仿真研究¹⁾

何发龙*, 杜王芳*, 赵建福*^{†, 2)}, 陈跃勇[‡], 何江[‡], 张红星[‡], 苗建印[‡]

* (中国科学院力学研究所微重力重点实验室, 北京 100190)

[†] (中国科学院大学工程科学学院, 北京 100049)[‡] (中国空间技术研究院北京空间飞行器总体设计部空间热控技术北京市重点实验室, 北京 100094)

摘要: 深冷环路热管 (CLHP) 利用液气相变所具有的巨大潜热而实现高效热传输, 在空间红外探测等深低温应用系统中具有重要的工程应用价值。漏热问题是 CLHP 技术发展的难题之一, 尤其是深低温条件下, 系统对热扰动极为敏感, 漏热影响更为严重。本文基于具有辅助回路的 CLHP 结构特征及运行特点, 利用节点网络法, 构建了 CLHP 瞬态数值仿真模型, 并对氖工质深冷环路热管 (Ne-CLHP)

在稳定边界条件下的运行性能及其在不同蒸发器逆向漏热量影响下的系统运行温度、系统压降及系统内部工质分布状态变化进行了非稳态仿真计算。数值模拟结果与实验观测数据的比较表明所构建的数值模型可较好地用于对具有辅助回路的 CLHP 系统性能的仿真。数值仿真结果表明,在恒定热沉温度和充装压力条件下,伴随着蒸发器逆向漏热量的增加,系统主、次回路压降不断升高,主、次蒸发器毛细芯最大毛细压力随之减小,系统传热极限也随之减小;而系统稳态运行时的性能曲线也受到蒸发器逆向漏热的明显影响。

关键词: 深冷环路热管; 数值仿真; 逆向漏热; 传热性能

1) 资助项目(中国科学院前沿科学重点研究计划, No: QYZDY-SSW-JSC040)

2) 通讯作者 E-mail: jfzhao@imech.ac.cn

CSTAM-2018-B023

液体表面张力常数的统计学解释¹⁾

谢明亮^{*, 2)}

^{*}(华中科技大学能源与动力工程学院煤燃烧国家重点实验室, 武汉 430074)

摘要: 本文基于二元完全非弹性碰撞理论和熵最大原理, 得到了布朗凝并的热力学约束条件。与测量表面张力的 Eötvös 方法比较, 得到了表面张力常数的计算公式。该表达式给出了表面张力常数的统计学解释, 为液体表面张力和固体比表面能的测量提供了新的途径。

关键词: 完全非弹性碰撞; 最大熵原理; 表面张力; 矩方法

1) 资助项目(国家自然科学基金 11572138)

2) 通讯作者 Email: mlxie@mail.hust.edu.cn

CSTAM-2018-B024

大密度比多相流的相场格子 Boltzmann 模型¹⁾

梁宏^{* 2)}

^{*}(杭州电子科技大学理学院物理系, 杭州, 310018)

摘要: 多相流体流动现象广泛存在于能源、环境、化工等众多领域, 如低渗透油藏的开采、温室气体的地下埋存、基于液滴技术的微流控芯片的优化等。由于涉及流体组分复杂界面动力学, 密度/粘性界面跳跃、表面张力的建模等因素, 多相流体的数值建模与模拟面临了一定挑战。本文主要关注近几十年发展起来的介观格子 Boltzmann (LB) 方法。针对现有的 LB 模型难以处理大密度比多相流动问题, 本文基于 Allen-Cahn 相场理论建立了能够模拟大密度比多相流动的 LB 模型。该模型利用了