

湍流热对流

MS22 CCTAM2009-003445

湍对流模型及其在恒星结构演化研究中的应用

李焱

中国科学院云南天文台, 昆明 650011

恒星中广泛存在对流运动。从物理原因上看, 恒星中心不断进行着的热核反应加热了恒星中心区域, 热量向外传递的过程造成恒星内部比外部温度高, 一旦热量的传递受到阻碍就会引发对流运动。恒星内部对流运动有两个大类, 即由快速热核反应释能造成的中心对流核, 和由外部元素部分电离导致不透明度升高造成的对流包层。对流运动对恒星的结构和演化造成显著影响, 不但可以改变对流区温度结构, 还可以造成元素内外混合而改变恒星演化的行为。本文将在两个方面对恒星内部对流运动对恒星结构和演化的影响进行讨论: 一是恒星中心对流核及其超射对恒星演化的影响; 二是恒星对流包层造成的元素挖掘效应和湍流加热效应对恒星演化的影响。

MS22 CCTAM2009-003446

界面张力引起的流动及界面特征研究

康琦, 段俐

中国科学院力学研究所国家微重力实验室, 北京 100190
kq@imech.ac.cn

通过对单层流体浮力-热毛细对流和两层流体 Bénard-Marangoni 对流的实验研究, 探讨界面张力梯度引起的自然对流的特征及机理问题。考虑到表面张力是温度的函数, 对上面是空气(或其蒸汽)的薄液层, 加载水平温度梯度将使得气液表面上表面张力分布不均匀, 耦合于地面的重力作用, 将会驱动薄层流体形成浮力-热毛细对流运动。液层厚度和温度梯度的改变(引起系统长高比、Bond 数、Rayleigh 数以及 Marangoni 数的变化)直接影响到薄层流体的对流模式的变化, 还可能使得浮力-热毛细对流从稳定发展到不稳定。本研究中以硅油为实验介质, 应用高分辨率 PIV 技术对薄层流体的对流速度场进行了测量, 观察到了对流由单胞结构向多胞结构以及由稳定对流向振荡对流的转捩过程, 分析给出了对流模式结构变化的规律以及状态转变的临界参数。在浮力-热毛细对流发展过程中, 流体表面的变形(形貌)和表面振荡直接反映了热毛细作用与浮力作用的耦合规律以及热毛细对流表面波的基本特征。实验中应用激光干涉技术以及高精度位移传感器对薄液层体系(液层厚度 1mm~5mm)作了系统的研究, 获得了微米量级面形形貌变化规律及其亚微米尺度的表面振荡特性。用 FFT 以及小波分析方法研究了流体自由面振荡的分岔转捩过程及通往混沌的转捩途径。该研究对理解流体热毛细对流的机理具有重要的意义。在自然界里和工程技术中, 多层流体体系对流现象更为普遍。近 20 年来, 互不混溶的两层液体体系成为了很多理论和实验研究的重要对象, 其主要原因有: (1) 在两层流体体系中, 由于上下

层对流的耦合作用, 在临界点上存在 HOPF 分叉, 使得两层模型成为非线性理论研究的理想模型; (2) 两层流体模型被应用于地壳运动的研究和空间晶体生长等领域。近年, 很多学者通过理论分析和数值模拟对加载垂直温度梯度的上下两层流体 Bénard-Marangoni 对流问题进行了研究。上下液层对流的耦合与竞争可以导致上下液层出现多种对流耦合模式和振荡规律, 外加温差、液层厚度以及液层厚度比的变化是形成不同对流模式的重要因素。本研究以 FC70 和 KF90-10 为实验介质, 应用高分辨率 PIV 技术对两薄层流体 Bénard-Marangoni 对流进行了测量, 从实验中清晰地观测到了 3 种临界对流模式: 机械耦合、热耦合、临界振荡, 分析给出了 3 种对流转捩的临界参数, 发现临界振荡可以在峰值液层厚度比附近一个较大的区域范围出现, 并且峰值厚度比远离平衡厚度比, 这些结果与目前的理论研究有明显的差异。总之, 两种不同外加温度梯度方式, 会导致两种不同机制的对流-热毛细对流和 Marangoni 对流, 他们是微重力流体物理研究的重要内容。国家自然科学基金(10432060 和 10672171)及中国科学院方向性 KJXC2-YW-L08 资助项目。

关键词: 浮力-热毛细对流, Marangoni 对流, PIV, 对流稳定性, 自由面振荡

MS22 CCTAM2009-003447

Rayleigh-Benard 对流温度信号的 HHT 分析

张建宇*, 傅强*, 陈亦望†

* 解放军理工大学理学院流体力学研究中心, 南京 211101

njfqhp@sohu.com

† 解放军理工大学工程兵学院, 南京 211101

本文利用基于经验模态(EMD)的分析方法, 把 Rayleigh-Benard 对流温度数据分解成若干固有模态函数和一个趋势项的叠加, 再分别对各个固有模态函数进行 Hilbert 变换, 从而得到 Hilbert 谱, 这种 HHT 分析能够对非线性的、非平稳信号进行自适应的分解, 得到的频谱能够描述信号的局部结构特性, 更准确和更清晰地揭示了湍流内部的结构特征和时频特性。探究还把 HHT 分解的结果同傅里叶分解和小波分解的结果进行了比较, 说明了 HHT 分析的优越性。

关键词: 湍流, 经验模态分解, 希尔伯特变换, 傅里叶变换, 小波分析

MS22 CCTAM2009-003448

混合流体 Rayleigh-Benard 行波对流斑图

宁利中*, 王思怡*, 余荔*, 袁喆*, 齐昕*, 李国栋*

* 西安理工大学水利水电学院, 西安 710048,

ninglz@xaut.edu.cn

** 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广州 510610

† 重庆水利电力职业技术学院, 重庆, 402160