

· 研究简报 ·

颗粒流体两相流结构极值行为的初步研究

阎周琳 陈爱华 李静海

(中国科学院化工冶金研究所, 北京 100080)

鲍亦令 杨励丹

(哈尔滨工业大学动力系)

1 前言

气固两相流系统是不均匀的, 其中存在颗粒浓度很高的密相聚团和颗粒浓度很低的稀相。李静海等^[1-2]提出的多尺度作用能量最小 (EMMS) 模型, 把不均匀性归因于悬浮输送能耗 N_{st} 最小, 并提出在颗粒流体协调工况 (PFC) 下稳定性条件为 $N_{st} = \min$, 而在流体控制工况 (FC) 时的稳定性条件为 $N_{st} = \max$ ^[3], 并定义了两者的过渡^[4]。

本文在以上研究的基础上, 初步研究了两相流结构的极值行为, 以获得对两相不均匀结构更深入的理解。

2 两相流结构的极值行为

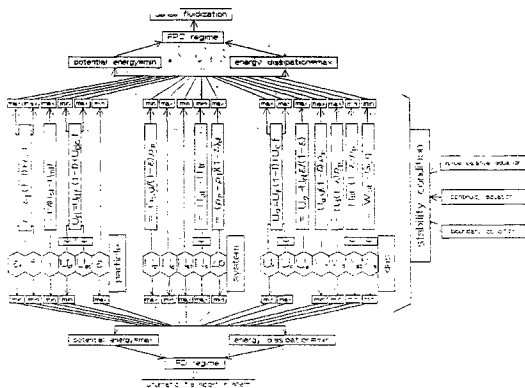
两相流系统的悬浮输送能耗和能量耗散在稳定状态时都取极值。由于能量消耗与流化高度是紧密相关、互为制约的, 一定的能量分配决定了对应的系统结构, 稳定的系统结构又保证了一定的能量分配。因此能量消耗趋于极值时, 对应的系统结构也必然处于一种极值状态。在稳定的密式流化系统中, 气流对单位重量颗粒消耗的悬浮输送能量 $N_{st} = \min$, 表明气体与颗粒的相互作用要在满足力平衡的前提下达到最小, 即一方面颗粒要尽量团聚以增大惯性, 另一方面气体要尽量选择阻力低的通道流过。陈^[5]等的研究结果表明, 气体与稀相和密相颗粒间的相互作用强度不同, 密相气体对颗粒的曳力系数远远大于稀相和相间的, 也就是气体流过密相的阻力远远大于流过稀相的。为了达到这种效果, 密式系统的各流动参数和能耗参数都应取极值。对稀式系统, 由于稳定机理相反, 多数参数都取相反的极值或极值的约束条件有所变化, 相互关系在此不再赘述, 请参阅图 1。

可见, 在没有扰动的条件下, 稳定的颗粒流体两相流系统的结构和能耗具有普遍的极值行为。系统在稳定时不只有悬浮输送能量和耗散能量取极值, 而是决定系统结构的一系列参

¹国家自然科学基金, 中国科学院院长基金资助课题

本文于 1992 年 12 月 4 日收到, 1993 年 1 月 6 日收到修改稿

数都趋于极值, 图 1 汇总了能耗和参数之间的相互关系以及它们的极值行为。



3 计算结果分析

(1) 用 EMMS 模型对 FCC/空气系统流化可能出现的各种结构作了计算。李静涛在 $N_{st} = \min$ 的稳定条件约束下已算出过 $\epsilon_c = \epsilon_{mf}, \epsilon_f = 1.0$ 的结构满足要求, 并与实验观测结果^[2]一致, 说明此点的取值正确。计算结果表明, 在 $\epsilon_c = \epsilon_{mf}, \epsilon_f = 1.0$ 点各参数都趋于极大或极小。可见在自然条件下, 密式两相流系统的稳定结构总是 $\epsilon_c = \epsilon_{mf}, \epsilon_f = 1.0$, 同时很多结构参数和能量消耗也共同趋于极值, 只有在受到外界强扰动时, 系统才会偏离这一极值状态。

(2) 把前述各参数等于 extrema 依次作为稳定性条件代替 EMMS 模型中原来的稳定性条件 $N_{st} = \min$ 对 FCC/空气系统进行计算, 结果与以 $N_{st} = \min$ 为稳定条件时的计算结果完全一致, 这一方面证明了稳定两相流参数普遍趋于极值的特性, 另一方面也说明各参数之间的关系是紧密联系、相互制约的, 所以它们中的任何一个取极值都导致其它参数必然取极值, 从而确定系统结构。