

## 基于高速可视化的流化床颗粒运动特性研究

颗粒运动特性是气固流化床机理研究的共性科学问题之一,对于流化床反应装置的设计和运行具有重要的学术意义和工程指导价值,也是该领域的研究难点和热点问题。项目构建了基于二维/三维高速成像的多尺度颗粒运动特性参数动态测量方法,对流化床内亚毫米级颗粒的旋转、碰撞、团聚及流动等行为进行了原位测量和运动特性分析,取得的主要成果包括:

(1) 针对微米-厘米级空间尺度,首次提出了基于二维显微和全息三维高速成像的颗粒旋转及碰撞等运动特性参数动态测量方法,实现了反应器内颗粒转速高精度原位测量和动态跟踪,转速测量误差小于5%。提出了基于图像识别的颗粒定位、位移和速度测量算法,结合颗粒旋转测量方法,实现了碰撞前后颗粒平动和转动的动态跟踪。

(2) 基于原位测量和统计分析系统研究了流化床内微米级颗粒旋转和碰撞运动特性,首次获得了床内颗粒瞬时转速和不同区域颗粒平均旋转速度的范围,探明了颗粒粒径、形状、运动速度、碰撞频率等参数对颗粒旋转的作用机制,揭示了同一横截面上颗粒平均转速具有四周边壁区域高、中心区域低的分布规律,以及表观风速、循环物料量和床料静止高度的影响规律,首次提出了基于实测的流化床内颗粒碰撞率与平均颗粒粒径、平均相对运动速度和颗粒数浓度的关联式,获得了玻璃珠颗粒-颗粒和颗粒-壁面的硬球碰撞参数,相关研究成果为气固流化床优化及模拟提供了依据。

(3) 针对厘米-米级空间尺度,建立了激光片光照射+高速成像的流化床内颗粒流动特性的宏观可视化测试方法,获得了循环流化床内颗粒流场分布特性,构建了不同运行工况下的颗粒团生成、演化和破碎历程中的形状、尺寸、结构、运动速度等关键参数数据库,揭示了颗粒粒径、流化风速和床料静止高度等对颗粒团聚的影响规律以及不同结构布置对床内气固流动分布的影响规律,指导了大型循环流化床反应装置内部结构的优化设计。

本成果有关颗粒旋转、碰撞的相关数据为项目在煤炭双流化床热解燃烧分级转化技术中的流化床热解及循环流化床半焦燃烧反应器的设计与运行提供了理论指导。该项科研成果获中国颗粒学会自然科学奖二等奖。



中国颗粒学会自然科学奖二等奖证书