



完成人合作关系说明

本项目由西安建筑科技大学与中国科学院力学研究所长期合作完成，合作方式以论文合著、共同科研任务以及实验—理论—数值联合研究为主。合作研究具有清晰的科学问题演进关系：早期双方围绕自推进 Janus 颗粒跨时间尺度反常输运、非高斯统计及理论—实验对照开展研究；此后围绕空心 Janus 微马达气泡生长—塌缩及强瞬态推进机制开展实验—数值联合研究，同时发展涨落格子 Boltzmann 与网格细化直接模拟方法，为活性颗粒多时间尺度运动研究提供介观数值支撑；在此基础上进一步引入磁场姿态调节，研究颗粒姿态、气泡动力学与自由界面耦合对运动方向、速度及作用距离的影响；随后开展体相双气泡聚并界面能驱动研究，将“界面储能—快速重构—瞬态流动—颗粒净输运”机制拓展至体相体系。表 1 给出了各阶段合作成果与 5 篇代表作及相关科研任务的对应关系。

第一完成人签名：



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著 / 实验 — 理论合作	郑旭/3、崔海航/4、 李战华/6	2011— 2013	Non-Gaussian statistics for the motion of self-propelled Janus particles: Experiment versus theory	代表作 1
2	论文合著 / 实验 — 理论 — 数值合作	陈力/1、王雷磊/2、 郑旭/3、崔海航/4、 李战华/6	2013— 2018	Efficient Propulsion and Hovering of Bubble-Driven Hollow Micromotors underneath an Air-Liquid Interface	代表作 2
3	共同立项	陈力/1、崔海航/4 及 相关完成人	2014— 2023	国家/省基金支持下的活 性颗粒、气泡微马达及 LBM 研究	其他附件1-4：项目结 题/验收材料
4	论文合著 / 数值方 法	陈力/1、崔海航/4	2016— 2019	Direct numerical simulation of the self- propelled Janus particle; use of grid-refined fluctuating lattice Boltzmann method	代表作 5
5	论文合著 / 磁场操 控实验 — 数值合作	陈力/1、王雷磊/2、 郑旭/3、崔海航/4	2019— 2022	Multimodal Bubble Microrobot Near an Air- Water Interface	代表作 3
6	论文合著 / 实验 — 数值合作	陈力/1、王雷磊/2、 郑旭/3、崔海航/4、 黄明华/5	2020— 2023	体相微马达双气泡聚并驱 动的界面演化机制	代表作 4

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：