

# 《超临界能源系统热湍流输运削弱机制及强化调控》

## 项目信息

### 一、项目名称

超临界能源系统热湍流输运削弱机制及强化调控

### 二、提名者及提名等级

提名者：昆明理工大学

提名等级：云南省自然科学奖二等奖

### 三、项目简介

项目以超临界能源转换与利用系统为对象，聚焦复杂受热边界和几何边界条件下流体热质传递中的关键科学问题，开展了系统的基础研究，揭示了热流场结构演变和湍流输运传递的影响机制，提出了计算湍流输运削弱的新方法，发展了强化传热技术的优化策略。主要科学发现如下：

（一）揭示了不同热/几何边界下超临界流体热湍流输运核心区域的特征以及强制对流转变为混合对流的临界条件，阐明了定压比热是物性畸变诱发传热强化的主导因素、其他参数均通过改变定压比热的径向积分效果来间接影响换热。

（二）探明了核心区域内湍流输运与分子导热的同步贡献规律，提出将湍流普朗特数与分子普朗特数相关联的新思路，实现了湍流输运削弱和传热恶化的定量表征。提出了突破传统认知范围的流量安全

下限，实现了传热安全前提下的自补偿特性最大化。

(三)揭示了物性畸变与强化技术对强制对流换热影响的相互独立性，解释了国际学界中关于湍流强化装置无关性的悖论。发现了以热振荡为代表的由无效设计和过度设计引起的不利传热现象，建立了基于浮升力层临界厚度的超临界流体传热强化技术设计方法。

该项目发表论文 31 篇，其中 25 篇发表于中科院 Top 期刊。所列 20 篇核心论文中，18 篇发表于国际热力学或化学工程领域的英文一区期刊、2 篇发表于动力与电气工程领域位列第一的中文顶级期刊，累计影响因子 130.3，他引累计 561 次，ESI 高被引论文 1 篇、热点论文 1 篇。8 篇代表性论文累计影响因子 54.2，他引 339 次，单篇最高引用 96 次；出版专著 2 部；授权发明专利 4 件；项目组成员 2 人晋升教授，1 人获“德国洪堡学者”荣誉、2 人入选中国科协青年人才托举工程、3 人次入选省优青/省兴滇青年人才。

#### 四、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称/刊名 /作者	年卷页 码	发表 时间 (年 月 日)	通讯作 者(含 共同)	第一作 者(含 共同)	他引 总次数 (其中 SCI 他 引数)	论文 署名 单位 是否 包含 国外 单位
1	Heat transfer to supercritical water in circular tubes with circumferentially non-uniform heating/ Applied	2014 (70):190- 200	2014- 09-05	Yuxin Wu	Zhouhang Li	62(60)	否

	Thermal Engineering/ Zhouhang Li, Yuxin Wu, Junfu Lu, Dalong Zhang, Hai Zhang						
2	Comparison between heat transfer to supercritical water in a smooth tube and in an internally ribbed tube/ International Journal of Heat and Mass Transfer/ Zhouhang Li, Yuxin Wu, Guoli Tang, Dalong Zhang, Junfu Lu	2015 (84):529-541	2015-05-01	Junfu Lu	Zhouhang Li	84(66)	否
3	A variable turbulent Prandtl number model for simulating supercritical pressure CO2 heat transfer/ International Journal of Heat and Mass Transfer/ Guoli Tang, Hang Shi, Yuxin Wu, Junfu Lu, Zhouhang Li, Qing Liu, Hai Zhang	2016 (102): 1082-1092	2016-11-01	Yuxin Wu	Guoli Tang	54(46)	否
4	Effects of rib geometries and property variations on heat transfer to supercritical water in internally ribbed tubes/ Applied Thermal Engineering/ Zhouhang Li, Junfu Lu, Guoli Tang, Qing Liu, Yuxin Wu	2015 (78):303-314	2015-03-05	Yuxin Wu	Zhouhang Li	45(36)	否
5	Numerical analysis of buoyancy effect and heat transfer enhancement in flow of supercritical water through internally ribbed tubes/ Applied Thermal Engineering/ Zhouhang Li, Yuxin Wu, Guoli Tang, Junfu Lu, Hua Wang	2016 (98): 1080-1090	2016-04-05	Zhouhang Li	Zhouhang Li	35(31)	否
6	A quantitative study on the interaction between curvature and buoyancy effects in helically coiled heat exchangers of supercritical CO2 Rankine cycles/ Energy/ Zhouhang Li, Yuling Zhai, Kongzhai Li, Hua Wang, Junfu Lu	2016 (116): 661-676	2016-12-01	Zhouhang Li	Zhouhang Li	35(33)	否
7	Thermal performance analysis of multi-objective optimized microchannels with triangular cavity and rib based on field synergy principle / Case Studies in Thermal	2021 (25): 100963	2021-06-01	Yuling Zhai	Peitao Yao	16(15)	否

	Engineering/ Peitao Yao, Yuling Zhai, Zhouhang Li, Xin Shen, Hua Wang						
8	Performance of helically coiled gas heaters in supercritical CO <sub>2</sub> Rankine cycles: A detailed assessment under convective boundary condition/ Energy / Yecheng Yao, Qi'an Zhu, Zhouhang Li	2020 (195): 117002	2020-03-15	Zhouhang Li	Yecheng Yao	8(8)	否
合计						339 (295)	/

## 五、主要完成人基本情况

序号	姓名	工作单位	完成单位	职称	职务
1	李舟航	昆明理工大学	昆明理工大学	教授	无
2	吴玉新	清华大学	清华大学	副教授	无
3	翟玉玲	昆明理工大学	昆明理工大学	教授	无
4	唐国力	华润智慧能源有限公司	清华大学	工程师	无
5	姚业成	华南农业大学	昆明理工大学	无(博士后)	无