

四川省自然科学奖

项目名称：强湍流下太阳大气高分辨光学层析成像机理与方法

主要完成人：饶长辉、朱磊、顾乃庭、张兰强、饶学军、鲍华

主要完成单位：中国科学院光电技术研究所

提名单位：中国科学院成都分院

提名意见和项目简介：

本项目面向太阳物理科学前沿和空间天气预警预报重大需求，在国家自然科学基金、国家高技术计划等支持下，在强湍流下太阳大气高分辨光学层析成像机理和方法方面开展了原创性研究，建立了太阳大气自适应光学高分辨力层析成像体系，取得了一系列原创成果。主要贡献如下：

1. 发现了实际大气湍流扰动的时空特性，发展了光波在非 Kolmogorov 湍流中的传播理论，提出了基于夏克-哈特曼波前传感器测量大气湍流功率指数、大气湍流强度、大气折射率结构常数和风速廓线的新方法。

2. 发现了多层共轭自适应光学（MCAO）系统中大视场校正性能不一致的问题，发展了低对比度扩展目标自适应光学校正理论，提出了自适应光学通用控制方法、成像波段优化方法、倾斜跟踪和高阶光学误差校正带宽匹配方法以及扩大校正视场的新型 MCAO 系统架构，实现了对太阳低对比度扩展目标的自适应光学实时校正。

3. 建立了太阳大气高分辨光学层析成像体系，研制了国际上校正速度最快（3400 Hz 帧频）、波段覆盖最宽（400-1600 nm）的强湍流下太阳大气高分辨光学层析成像系统，国际首次实现了可见光至近红外太阳大气七波段层析同步成像。

4. 首次建立了太阳辐射条件下光学反射镜复杂传热参量化理论模型和均匀被动热控理论模型，提出了多重循环式主镜镜面高效热控方法，解决了大口径太阳望远镜热控难题，2019 年建成 2 米级太阳高分辨力光学成像望远镜并实现首光观测。

项目组共发表 SCI 论文 120 篇，5 篇代表性论文他引 225 次；出版专著 3 部、译著 1 部，书籍章节被下载 6590 次；获发明专利 35 项。研究成果促成了国家 JM 融合专项示范性工程——“太阳观测网规划建设”的立项并落户四川稻城，以及与欧洲 4 米太阳望远镜的合作，显著提升四川省在国家空间天气预报体系中的地位和作用以及国际影响力。

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 （xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时 间（年月 日）	通讯作 者（含共 同）	第一作者 （含共 同）	国内作者	他引 总次 数	检索数 据库	论文署名 单位是否 包含国外 单位
1	Spatial and temporal characterization of phase fluctuations in non-Kolmogorov atmospheric turbulence/Journal of Modern Optics/ Changhui Rao, Wenhan Jiang and Ning Ling	2000 年 47 卷 6 期 1111-1126 页	2000 年 5 月 15 日	Changhui Rao	Changhui Rao	Changhui Rao, Wenhan Jiang and Ning Ling	98	Web of science	否

2	Measuring the power-law exponent of an atmospheric turbulence phase power spectrum with a Shack-Hartmann wave-front sensor/ Optics Letters/ Changhui Rao, Wenhan Jiang, and Ning Ling	1999 年 24 卷 15 期 1008-1010 页	1999 年 8 月 1 日	Changhui Rao	Changhui Rao	Changhui Rao, Wenhan Jiang, and Ning Ling	30	Web of science	否
3	Wavefront sensorless adaptive optics: a general model-based approach/Optics Express/Huang Linhai and Changhui Rao	2001 年 19 卷 1 期 371-379 页	2011 年 1 月 3 日	Huang Linhai	Huang Linhai	Huang Linhai and Changhui Rao	66	Web of science	否
4	37-element solar adaptive optics for 26-cm solar fine structure telescope at Yunnan Astronomical Observatory/Chinese Optics Letters/Changhui Rao (饶长辉), Lei Zhu (朱磊)*, Xuejun Rao (饶学军), Chunlin Guan (官春林), Donghong Chen (陈东红), Jun Lin (林隽), and Zizhong Liu (刘子忠)	2010 年 8 卷 10 期 966-968 页	2010 年 10 月 10 日	Lei Zhu (朱磊)	Changhui Rao (饶长辉),	Changhui Rao (饶长辉), Lei Zhu (朱磊), Xuejun Rao (饶学军), Chunlin Guan (官春林), Donghong Chen (陈东红), Jun Lin (林隽), and Zizhong Liu (刘子忠)	22	Web of science	否

5	First light of the 1.8-m solar telescope-CLST/Science China Physics, Mechanics & Astronomy/ChangHui Rao, NaiTing Gu*, XueJun Rao, Cheng Li, LanQiang Zhang, JinLong Huang , Lin Kong, Ming Zhang , YunTao Cheng , Yi Pu, Hua Bao, YouMing Guo, YangYi Liu , JinSheng Yang, LiBo Zhong, ChangJun Wang, Kai Fang, XiaoJun Zhang, DongHong Chen, Cheng Wang, XinLong Fan, ZhiWu Yan, KeLe Chen, XiYa Wei, Lei Zhu, Hong Liu, YongJian Wan, Hao Xian, and WenLi Ma	2018 年 41 卷 8 期 089621	2018 年 4 月 4 日	Gu, Naiting	Rao, ChangHui	Rao, ChangHui; Gu, NaiTing; Rao, XueJun; Li, Cheng; Zhang, LanQiang; Huang, JinLong; Kong, Lin; Zhang, Ming; Cheng, YunTao; Pu, Yi; Bao, Hua; Guo, YouMing; Liu, YangYi; Yang, JinSheng; Zhong, LiBo; Wang, ChangJun; Fang, Kai; Zhang, XiaoJun; Chen, DongHong; Wang, Cheng; Fan, XinLong; Yan, ZhiWu; Chen, KeLe; Wei, XiYa; Zhu, Lei; Liu, Hong; Wan, YongJian; Xian, Hao; Ma, WenLi	7	Web of science	否
合 计							223		