

2026 年度湖北省自然科学奖提名公示信息

项目名称 (不超过 30 字)	低维量子系统中的量子信息与相变研究
提名单位	武汉轻工大学
提名意见	提名该项目申报 2026 年度湖北省自然科学奖一等奖
项目简介	<p>本项目聚焦于低维量子系统中的量子非定域性、量子失谐等信息量，旨在突破大尺度系统计算瓶颈，揭示其普适标度规律与物理机理，并探索其在刻画量子相及探测相变中的应用。主要研究内容包括：（1）多体量子非定域性标度律研究：提出了“two-site update 算法”，将可计算的系统尺寸从 $N \leq 10$ 拓展至 $N \approx 100$；构建了“非定域性转移矩阵理论”，从理论上解释了其标度行为的普适性机理，提炼出表征多体非定域性的关键指标 K。（2）全局量子失谐（GQD）标度律研究：开发了基于张量网络的高效数值算法；建立了一维和二维系统中 GQD 的标度律，提炼出表征 GQD 的关键指标——GQD 密度。（3）量子信息表征量子相与指示相变：研究了多体量子非定域性、量子失谐及量子保真度等量在拓扑量子相变、有限温度相变中的行为及指示相变的能力。</p>
主要完成人 (主要完成单位)	孙照宇(武汉轻工大学), 郭斌(武汉理工大学), 王波(北京师范大学), 包佳(武汉理工大学), 程洪广(武汉轻工大学)

提名意见 (不超过 600 字)	<p>一、成果概况</p> <p>该项目属物理学基础研究领域。项目组围绕低维量子系统中的非定域性与量子失谐等核心科学问题，开展了长达十余年的系统研究，在复杂多体量子关联的理论框架构建、高效算法开发及物理机理揭示方面取得了系列原创性突破，整体研究水平处于国际前沿。</p> <p>二、核心科学发现点</p> <ol style="list-style-type: none"> 理论框架创新：原创性提出“非定域性转移矩阵理论”，首次从数学上证明了多体量子非定域性的普适标度律由转移矩阵本征值决定，解决了长期以来标度行为底层机理不明的难题。 计算方法突破：开发了“two-site update”高效数值算法，将量子非定域性的计算尺度由 10 拓展至 100 量级，攻克了大尺度系统全局优化的计算瓶颈。 机理揭示与表征：建立了全局量子失谐的标度规律，提炼出“失谐密度”等宏观指标；阐明了对称性破缺重塑量子关联的微观机制，揭示了量子关联在探测拓扑相变中超越量子纠缠的独特优势。 <p>三、学术影响</p> <p>代表性成果发表在 Phys. Rev. A 等物理学权威期刊。成果获国际同行高度认可，旗舰综述期刊 Reports on Progress in Physics (IF=20.7) 详尽评述了本项目算法，称其为“更高效、经济的递归算法”。一系列成果获德国马普所等国际知名科研团队密集引用。</p> <p>四、单位审核结论</p> <p>该项目提名材料真实有效，相关知识产权明晰，主要完成人及其排序无争议。提名该项目申报 2026 年度湖北省自然科学奖一等奖。</p>									
	<p>代表性论文（专著）目录（不超过 5 篇）</p> <p>提示：按重要性排序；国内科技期刊论文原则上不少于 1/3；2023 年 12 月 31 日前在正式刊物公开发表或出版；署名第一单位应是国内单位；署名多个单位时，国内单位须排第一；须明确反映前三完成人合作关系。</p>									
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)	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	是否国内期刊，如是请填写 CN 号

1	Quantum discord in matrix product systems / Phys. Rev. A / Zhao-Yu Sun, Liang Li, Kai-Lun Yao, Gui-Huan Du, Ji-Wei Liu, Bo Luo, Neng Li, Hai-Na Li	2010, 82, 032310	2010年9月10日	Zhao-Yu Sun	Zhao-Yu Sun	孙照宇,李亮,姚凯伦,杜桂焕,刘继伟,罗卜,李能,李海娜	27	Science Citation Index Expanded	无	否
2	Characterization of quantum phase transition in the XY model with multipartite correlations and Bell-type inequalities / Phys. Rev. A / Zhao-Yu Sun; Yu-Yin Wu; Jian Xu; Hai-Lin Huang	2014, 89, 022101	2014年2月6日	Zhao-Yu Sun	Zhao-Yu Sun	孙照宇,吴玉莹,徐建,黄海林	22	Science Citation Index Expanded	无	否
3	Multipartite nonlocality in the Lipkin-Meshkov-Glick model / Phys. Rev. A / Bao, Jia; Guo, Bin; Cheng, Hong-Guang; Zhou, Mu; Fu, Jin; Deng, Yi-Chen; Sun, Zhao-Yu	2020, 101, 012110	2020年1月14日	Guo Bin, Sun Zhao-Yu	Guo Bin	包佳,郭斌,程洪广,周牧,付金,邓易晨,孙照宇	10	Science Citation Index Expanded	无	否

4	Quantum Fidelity and Thermal Phase Transitions in a Two-Dimensional Spin System / Chin. Phys. Lett. / Wang Bo , Huang Hai-Lin, Sun Zhao-Yu , Kou Su-Peng	2012, 29, 120301	2012年12月1日	Wang Bo	Sun Zhao-Yu	王波, 黄海林, 孙照宇, 寇谿鹏	10	Science Citation Index Expanded	无	是 CN 11-1959/O4
5	Thermal quantum discord in Heisenberg XXZ model under different magnetic field conditions / Acta Phys. Sinica / Xie Mei-Qiu, Guo Bin	2013, 62, 110303	2013年6月1日	Xie Mei-Qiu	Guo Bin	谢美秋, 郭斌	3	Science Citation Index Expanded	无	是 CN 11-1958/O4