
分形子拓扑序和量子纠错研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21395.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

分形子拓扑序和量子纠错研究获进展

量子物态的研究是量子多体物理学的基石，并推动着现代技术的进步。当前，随着量子信息技术的蓬勃发展，量子物态的研究也有了新的潜在应用，例如，为量子计算机的设计提供有效的纠错容错方案。基于拓扑序（topological order）理论的拓扑编码（topological codes），由于高容错阈值和线性缩放的量子比特资源等特性，已成为实现容错量子计算的最佳选择之一。拓扑编码使用多粒子系统的集体拓扑态作为有效的逻辑量子比特，从而可以免疫局部错误的影响。

然而，标准的拓扑编码仍有缺陷：在现实的三维空间（或者其低维子空间）中，可能不存在非绝对零温的拓扑序，因此，不断地人为纠错操作仍是必须的，以对抗持续的热噪音以及其他不断积累的误差。这一缺陷是能自由移动的点状拓扑激发导致的。理想的存储器应有无限长的记忆时间，通过保持低温和本身动力学便可自行进行纠错，将错误率维持在容错范围之内。在探索如何实现量子自行纠错（quantum self-correction）的理论尝试中，科学家构造出一些简单而奇异三维模型。这类模型被称为分形子（fracton）模型。它们具有一类不可自由移动的点状激发，这一特征激发被称为分形子（fracton）。尽管尚不能完全实现自行纠错，但分形子模型揭示了一类非传统意义的新奇拓扑序——分形子拓扑序，提供了超出拓扑计算标准范式的替代方案。虽初步有一些解码器和实验平台的设计方案，但分形子编码的较多基本特性尚未被探索。

近日，中国科学院理论物理研究所副研究员宋昊与合作者，首次探究了分形子模型作为量子纠错码的理论容错极限。该工作将寻找分形子编码容错极限的问题转化为求解自旋统计模型相变温度的统计物理问题。所求解的自旋统计模型具有子系统对称性（subsystem symmetry）和随机的多体相互作用，是一类新颖的统计力学模型。研究表明，通过并行回火蒙特卡罗方法进行数值模拟，可以得到自旋统计模型的相图，进而获得相应的分形子编码容错极限。以最简单的分形子模型——X-cube模型为例，研究进行了详细的计算并与已知的常规三维拓扑编码进行比较，发现了分形子编码拥有更好的容错性，揭示了分形子拓扑序作为量子存储平台的潜力。

相关研究成果作为封面文章，发表在Physical Review Letters

上。德国慕尼黑大学、美国麻省理工学院、美国哈佛大学、西班牙马德里大学的科研人员参与研究。

[论文链接](#)

研究团队单位：理论物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发