研究实现液晶向列比特的可重构非阿贝尔编织

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/42307.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！

研究实现液晶向列比特的可重构非阿贝尔编织。中国科学技术大学教授彭晨晖、研究员蒋景华团队构建了一种基于向列液晶向错线的室温软物质平台，实现了拓扑信息的可重构非阿贝尔编织。研究团队利用光场和胶体颗粒将液晶缺陷线编织成可编程交叉网络，并把缺陷线拓扑结构编码为向列比特。实验表明，改变编织操作的先后顺序会得到不同的最终状态，胶体编织门还可在原位重新排列。9月22日，相关成果发表于《自然-材料学》，并被《自然-
材料学》进行专题报道。

非阿贝尔编织的突出特征是操作次序不可交换：操作顺序改变，产生的结果不同。在拓扑量子计算设想中，这种顺序依赖性可用于操控非局域量子态；然而，如何在实空间中连续观察、精确控制、实时重构并按目标结果编译多步编织，一直具有挑战。该研究将这一抽象的编织代数转化为可在显微镜下直接观察和重排的经典材料过程。

合作团队在光图案化基底上制备液晶取向场，使向列液晶中形成可控的向错线网络，并引入直径约20微米、具有垂直表面锚定的胶体颗粒。旋转线偏振光可驱动顶部液晶取向同步改变，使相邻向错线逐渐靠近并绕过胶体颗粒，形成稳定的左旋或右旋双螺旋纠缠。结合偏光显微镜和三维液晶指向场模拟，团队确定了缺陷线的上下穿越关系及其内部拓扑结构演化，并将这些连续结构映射为向列比特状态和相应的逻辑门。

在此基础上，团队构建了胶体辅助的两线基本编织门及其逆操作，并把多个编织门串联到三条向错线组成的网络中。实验和模拟均显示，交换两个编织门的空间顺序会改变各条缺陷线累积的相位和最终向列比特状态，直接体现了非阿贝尔操作的非交换性。研究人员还使用激光光镊移动胶体，使原有编织门退出线路、在新的位置重新耦合，从而在同一样品中原位改写编织模式。在统一手性定义下，相关操作矩阵满足Yang-
Baxter关系，说明这些物理交叉构成了编织群的一个实际表示。

团队进一步将模块化编织门扩展到四线和五线网络，并枚举不同门序列所对应的输出状态。为了使平台从观察编织结果迈向按目标设计编织，研究人员建立了逆向设计方法：先根据目标输出规划各条缺陷线的空间路径，再计算路径中累积的相位，通过双重编织和辅助线逐层校正多余相位。以四路输入完全反转为例，团队从预设代数变换出发，编译出所需的空间定位和相位校正序列，随后在液晶中搭建相应的编织网络并验证了目标输出。这一过程相当于把抽象的编织操作编译成可执行的材料线路。

研究人员介绍，该成果把向列液晶的可视化、可重构特性与编织代数结合起来，以可直接操控的物质结构复现非阿贝尔编织的核心运算逻辑，为研究非阿贝尔交换操作、编织线路编译和经典拓

扑信息处理提供了室温实验平台，并为利用编织网络引导光束、离子流或微胶体输运等后续研究提供设计基础。（来源：中国科学报王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41563-026-02728-x

作者：彭晨晖等 来源：《自然-材料学》

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转发