

---

# 研究揭示层间拖拽输运中的量子干涉效应

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/22432.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！**

研究揭示层间拖拽输运中的量子干涉效应。

中国科学技术大学教授曾长淦、副研究员李林研究团队与北京大学教授冯济课题组合作，通过构筑氮化硼绝缘层间隔的多种石墨烯基电双层结构，首次揭示了在层间拖拽这一复杂的多粒子输运过程中存在显著的量子干涉效应。相关研究成果日前在线发表于《自然-通讯》。

量子干涉效应是量子力学中波粒二象性的直接体现。在固体材料中，弱局域化、普适电导涨落和 Aharonov-Bohm 效应等独特量子输运现象，都源于载流子扩散路径之间的量子干涉。然而这些量子干涉行为均发生在单一导体内的载流子输运过程，可以在非相互作用的单粒子框架下很好地解释。与之相比，诸如层间拖拽效应这种路径更为复杂的多粒子耦合输运中是否会展现出类似的量子力学行为，是一个重要的基础科学问题。

所谓拖拽效应，是指对于两个空间相近但彼此绝缘的导电层构成的电双层结构，在其中一层(主动层)施加驱动电流，层间载流子之间的动量/能量转移会诱导另一层(被动层)载流子移动，从而在被动层产生一个开路电压或闭路电流。

此前，拖拽效应被广泛用于研究载流子长程耦合特性，发现如间接激子波色爱因斯坦凝聚等层间关联量子态。然而，对这一独特输运过程本身的外场响应特性及可能的量子效应研究还十分缺乏。

石墨烯基二维电双层结构为在二维极限下深入相关研究提供了很好的平台，作为天然且理想的二维电子气，石墨烯本身载流子类型和浓度均高度可调，且利用氮化硼作为绝缘层，两层石墨烯之间的间距可以低至数纳米，从而使得在更广阔参数空间内表征层间拖拽特性成为可能。

此次研究中，研究团队构筑了双层石墨烯/氮化硼/双层石墨烯(以下称双层/双层)、单层/单层以及单层/双层等多个石墨烯基电双层结构。通过系统的外磁场下拖拽响应特性测试，研究团队发现在很大的温度/载流子浓度范围内，低磁场区间内拖拽磁电阻均会明显偏离经典库伦拖拽行为，并且这种偏离的符号直接取决于石墨烯层的能带拓扑性。如对于双层/双层和单层/单层体系，拖拽电阻在电子-电子区间的修正均表现为低场的电阻峰，而对于双层/单层体系，则为电阻谷。

通过对拖拽输运过程的系统性分析，研究团队发现观察到的低场修正可以很好地归因于由时间反演和镜面对称联系起来的两个层间拖拽过程之间的量子干涉，而其干涉路径则由空间分隔的两个石墨烯层层内载流子扩散路径共同组成。这种层间量子干涉的产生依赖于两层石墨烯中空间重叠的扩散路径的形成，其中中间绝缘层的杂质势散射起到至关重要的作用。

---

研究人员认为，这一新型量子干涉效应的发现，将固体材料中的量子干涉行为，从单一导体内单一粒子输运行为，拓展到多个导体间多粒子耦合输运过程，进一步丰富了量子干涉的物理内涵。此外，相比于传统层内量子干涉导致的磁阻修正，层间量子干涉导致的拖拽磁电阻的修正显著增大，从而有望为发展新原理存储器件提供新的思路。(来源：中国科学报 王敏)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-023-37197-2>

作者：曾长淦等 来源：《自然—通讯》

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](https://www.iikx.com)转发