

登《自然》正刊

我科学家首次实验验证三维量子霍尔效应

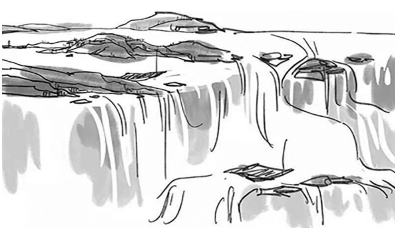
本报讯 中国科大乔振华课题组与南方科技大学张立源课题组等合作，首次在毫米级的碲化铋材料上观测到三维量子霍尔效应，研究成果日前发表在《自然》上。

霍尔效应描述了当磁场加载到金属和半导体上时，电力与磁力之间的一种相互关系。1879年发现的霍尔效应这一基础理论对半导体行业意义深远，因为它是二极管发明的重要前提。1980年，德国科学家冯·克利青首次在二维体系里发现了量子霍尔效应，改变了传统学界对物态和相变的理解，并把拓扑概念引入到物理学研究中。

能否在三维体系中也观测到量子霍尔效应？1987年，哈佛大学教授伯特兰·霍

尔珀林从理论上预言了三维体系存在量子霍尔效应，并给出了它的测量特征。然而，要观测到三维量子霍尔效应，必须把电子态调控到量子极限区域，这对测量磁场条件或材料体系的要求异常苛刻，几十年来，科学界一直未有确凿的观测证据。

碲化铋是一种三维层状结构的新型材料，具有特殊的热电性质和反常的电阻对温度的依赖关系。近年来，全世界众多实验室在制备该材料，并希望通过多种不同手段进行探测确定其物理特性。从2014年起，张立源团队开始尝试实验研究该体系，希望在拓扑性质研究上有所收获，却意外发现碲化铋是研究三维体系的理想材



图左：在绝缘堆叠的二维拓扑材料中，电子在每层的边界上如同小舟在水中，畅快前行；但是边界与边界之间，能隙的存在如磐石河岸，阻碍了电子在不同层之间的贯通。很多研究实现了让“小舟”可以在不同的“河流”中“快闪”，但是“河流”之间还是处于相互隔绝状态，只能算是二维量子效应的增强版，或者三维量子效应的预备版本。图右：该项研究发现由于电子相互作用导致的电荷密度波，使得电子小舟可以徜徉在宽广的能带大河之中，真正实现了三维量子霍尔效应。（美术：崔劼）



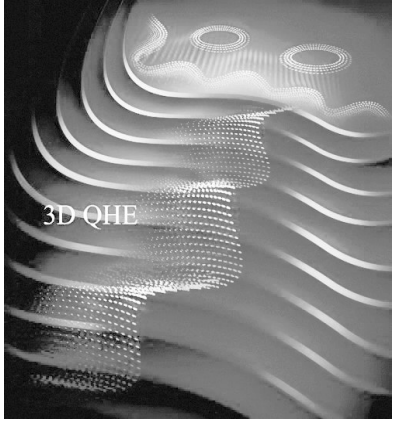
本报讯 最近，中国科大单分子科学团队的董振超研究小组，通过扫描隧道显微镜（STM）诱导单分子电致发光技术，首次清晰地展示了单个分子在电激励下的上转化发光行为，并通过与深圳大学李晓光教授等合作，从理论上揭示了其微观机制。国际权威物理学术期刊《物理评论快报》于5月3日在线发表了这项成果。

上转换发光通常指材料吸收低能光子但发出高能光子的反斯托克斯过程，这一现象在激光信息技术、红外探测、生物医学等领域有巨大的应用前景。

单分子科学团队长期致力于发展将STM高空间分辨表征与光学技术高灵敏

探测相结合的技术，特别是通过巧妙调控隧道结纳腔等离激元的宽频、局域与增强特性，拓展了测量极限，为在单分子水平上观测和调控分子的光电行为提供了有力手段。他们利用高度局域化的隧穿电子作为激发源，研究了氯化钠脱耦合层表面上的单个酞菁分子的电致荧光，不仅发现了反常的电致上转换发光现象，还清晰地展示了分子发光强度的三个不同偏压区域。尤

在单分子电致上转换发光的实验观察与机理研究中 中国科大取得重要进展



在碲化铋体系中观测到三维量子霍尔效应。（设计：王国燕、何聪）

料。2017年初，从事相同方向理论研究的乔振华团队与张立源团队开始密切合作，测试分析了难以计数的样品，终于在该三维宏观材料上观测到量子霍尔效应。

此次在毫米级的宏观尺度上实现三维量子霍尔效应，补全了霍尔效应家族一个重要拼图。丰富多彩的三维体系，将为霍尔效应家族的发展提供全新的领域和视角。美国国家科学院院士文小刚对该发现给予高度评价：“给了我们一个新的材料体系，其中也能产生拓扑序。”（杨保国 范琼）

中国科大手性拓扑超导理论研究获突破

本报讯 5月6日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心国际功能材料量子设计中心(ICQD)张振宇研究组在拓扑量子材料研究中取得重要进展，为在二维平台上实现手性拓扑超导体并进一步探测与编织马约拉纳费米子提供了理论基础与可行性体系。研究成果在线发表在权威期刊《自然·物理》。论文三位作者中的前两位是ICQD博士后秦维与博士生李磊强。

马约拉纳费米子的概念源于粒子物理，1937年由马约拉纳提出，其主要特征是自身为自己的反粒子。但历经几十年的研究，粒子物理中是否存在马约拉纳费米子仍无定论。近年来，凝聚态物理领域的理论学家预言拓扑超导体中的元激发或缺陷态具有马约拉纳费米子的特征。从本质上讲，几何相位和多体效应是电子体系同时具有的两种关联属性；在更深层次理解两者之间的相互影响，对于实现拓扑超导体具有重要的物理意义。

在当前工作中，该团队首次利用泛函重整化群方法在同一基准线上研究了几何相位与电子关联效应间的协同对体系拓扑性和超导性的内在影响。该工作中所借助的微观理论模型的普适性，也将推动领域寻找其它新型二维拓扑超导体。

值得指出的是，该最新研究成果得益于秦维读博士学位期间的系统研究，包括借助于近邻效应在拓扑绝缘体和平庸超导体界面稀磁掺杂实现手性拓扑超导，以及通过在二维 Rashba 自旋轨道耦合的平庸超导体中稀磁掺杂诱导拓扑量子相变，以获得本征拓扑超导体。（宗合）

中国科大极地研究新进展 岛屿地形和积雪分布对企鹅种群盛衰至关重要

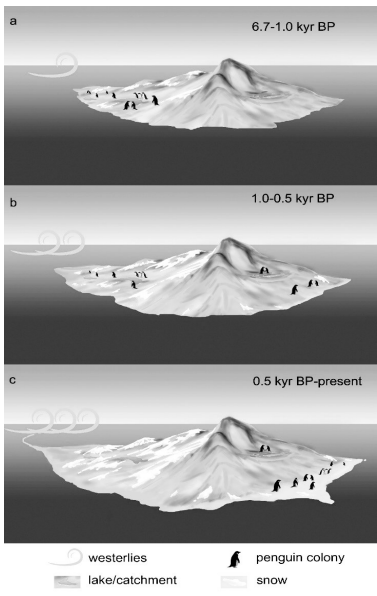
本报讯 5月14日，中国科大极地环境研究室谢周清-孙立广课题组在大气环流驱动企鹅栖息地格局演化研究方面取得重要进展。研究发现，大尺度气候模式作用下的岛屿地形、风和积雪的分布对于企鹅种群盛衰和栖息地演化至关重要。

研究成果发表在地学权威学术期刊《Quaternary Science Reviews》（第四纪科学评论）上。该项研究论证了企鹅聚居地迁徙和数量变化与地形、西风强度、南极环状模(SAM)之间的关系，为研究历史时期的大气环流和古生态提供了一个新的研究角度，并为评估未来气候变化对企鹅栖息地可能产生的影响提供科学依据，对企鹅生态安全和生态保护区的规划也有参考价值。

气候变化不仅是当今人类面临的共同挑战，也关乎万千物种的安危存续。企鹅是气候变化的敏感物种，在升温现象最为明显的南极半岛地区，大量阿德利企鹅栖息地正显著萎缩。

模拟结果显示，截止本世纪末，将有70%的王企鹅放弃原有栖息地或消失。然而，由于现代观测资料的持续时间较短，使得企鹅种群动态对长期气候变化的响应模式和机制认识不足，无法进行有效的生态变化预测和物种保护。

过去对企鹅古生态的研究主要集中在探索企鹅登陆历史及其种群数量、食谱与气候变化的响应关系研究上。气候变化对企鹅地理分布格局变迁的影响是



图为过去数千年阿德雷岛企鹅聚居地变迁及西风强度变化

一个至关重要且尚未解决的生态问题，近年来日益受到国际社会的关注。

阿德雷岛位于南设德兰群岛乔治王岛，处于西风带的南部边缘。该岛被国际鸟类联盟确定为重要鸟类区域，是南

本报讯 受《能源与燃烧科学进展》期刊邀请，火灾科学国家重点实验室孙金华教授以通讯作者身份发表评论文章，王青松特任教授和毛斌斌博士生为该论文共同第一作者，马里兰大学 Stanislav Stolarov 副教授为合作者。该论文结合孙金华王青松团队的研究成果和国际研究动态，总结、归纳了锂离子电池安全研究的最新进展，分析提出了锂离子电池热失控的孕育机理和成灾机制，并对其安全研究方向进行了展望。

锂离子电池由于其能量密度高、循环性能优良以及无记忆效应，成为便携式电子产品的主导电源，并在电动汽车和储能电站等领域得到了广泛应用。但由于其能量密度高以及易燃易爆的组成成分，在热、电或机械滥用条件下，极易发生热失控燃烧，近年来由于锂离子电池热失控引发的火灾事故屡见报导。该论文基于锂离子电池的结构特性和组成材料，分析了锂离子电池在不同温度下主要化学反应的动力学和热力学特性，论文对电池安全性的未来研究方向进行了展望。

在过去十多年里，孙金华和王青松团队致力于研究锂离子电池失控机理及其火灾防控方法，在锂离子电池热失控机理及火灾动力学、电池活性材料热稳定性及产热、安全电解液、电池故障诊断、燃烧特性、电池热失控传播规律以及锂离子电池消防技术等领域均取得了许多具有影响力的科研成果。目前该团队在锂离子电池安全方面共发表SCI论文79篇，论文他引3000余次；申请和授权发明专利27项，软件著作权1项和专著1部，获中国消防协会科技创新一等奖1项。

《能源与燃烧科学进展》期刊创刊于1974年，是能源与燃烧领域的国际顶级期刊。自创刊至今的近50年，以中国科研机构为通讯（或第一）作者单位发表文章的总数不足50篇，这是中国科大首次以第一和通讯作者在该期刊上发表论文。（火灾科学国家重点实验室 科研部）

在《能源与燃烧科学进展》期刊上 中国科大发表锂离子电池安全专题评论文章