

## 量子反常霍尔效应到底有多“反常”

□ 科普时报记者 史诗

对普通人来说，量子反常霍尔效应拗口而晦涩，但在物理学家眼中，它神奇又美妙。

今年是世界首次观测到量子反常霍尔效应10周年。2013年，中国科学院院士薛其坤领衔的科研团队首次在实验上观测到量子反常霍尔效应，实现了这一基础科学领域在世界上的重大突破。那么，量子反常霍尔效应到底有多“反常”，它有哪些实际应用？日前，记者采访了中国科学院院士、南方科技大学校长薛其坤。

量子霍尔效应是一种在外加强磁场下由于朗道能级量子化导致的无耗散的量子输运特性。“在导体两端加上电压以后，电子就会形成定向流动的稳定电流。在这个过程中，电子会不断发生碰撞，碰撞就会产生大家都知道的电阻，从而导致在电子传输过程中会存在能量损耗的现象。”薛其坤进一步解释说，如果在垂直于电流的方向上，进一步加上一个外加的磁场，材料里的电子由于受到磁场的洛伦兹作用力，会在导体一边形成电荷的积累，达到平衡后就会形成稳定的霍尔电压，这就是霍尔效应。

薛其坤补充说，如果外加磁场足够



2019年12月23日，清华大学物理系量子反常霍尔效应研究相关科学仪器实物入藏仪式在北京中国国家博物馆举行。当日，中国科学院院士薛其坤（左）向中国国家博物馆馆长王春法介绍量子反常霍尔效应测量用的低温样品架和样品。

新华社记者 金良快 摄

强、温度足够低的时候，导体中间电子就会在原地打转，但在边界上会形成没有能量损耗的半圆形的导电通道，这就是量子霍尔效应。“量子反常霍尔效应是不需

要外加磁场的量子霍尔效应，它是由材料本身的磁性和反常的电子结构造成的。反常是其‘反常’的根本之处”。

对于量子反常霍尔效应在实际生活中

的应用，薛其坤介绍说，量子反常霍尔效应的最奇妙之处是不需要任何外加磁场就可以实现电子的量子霍尔态。举个例子来说，长时间使用计算机时，芯片会发热，不但会产生能量的损耗，还会导致我们器件运算速度变慢等一系列问题。处于量子反常霍尔态的材料，在没有外磁场时就可以实现无能耗的电子传输，可以用来发展极低能耗的电子器件芯片。

此外，由于量子霍尔效应需要一个价格不菲、能产生强磁场的庞大设备，因此量子反常霍尔效应的发现为人类突破摩尔定律、发展低能耗集成电路，提供了一个全新的更容易实现的途径。薛其坤透露，科学家还在不停地探索量子反常霍尔效应的更多实际应用。



轻松扫码 科普一下



栏目主持人：张五喜

近日，位于北京的中关村国际控股有限公司与河南安阳的炬石玄纤科技有限公司在京签署战略合作协议，将携手推动我国玄武岩资源的综合高效开发利用，实现玄武岩纤维及复合材料产业化、规模化、集群化发展。

什么是玄武岩

请先看这样一幅场景：在高温熔炉前，人们将一袋袋灰色的石头颗粒投进去，加热超过1450℃后，每台熔炉的漏板竟然魔幻般地拉出几百根甚至2000多根细长的金色丝线。这类能变成长丝的石头，就是玄武岩。

玄武岩名字来源于我国古代神话中的玄武，即“黑龟”，是由火山喷发出的岩浆冷却后凝固而成的一类岩石，一般为黑色或暗灰色，为致密状或泡沫状结构，比重比一般花岗岩、石灰岩等都要重。

玄武岩分布在世界各地的火山区域，约占地球表面的三分之一，储量丰富，开采方便。我国是一个多火山的国家，玄武岩分布广泛，且品质良好，性能优越，除具有普通石材一般的特点外，大多石质坚硬、耐酸碱、耐高温、无辐射、抗风化力强，具有保温、隔音、防滑等性能，是用途广泛的建筑石材。

玄武岩纤维产量我国最高

玄武岩是一种玻璃态矿石，在火山喷发时，岩浆被劲风吹散可成天然无序的玄武岩短纤维。1840年，英国威尔士人成功研制了蓬松状短纤维玄武岩棉后，人们便开始了对玄武岩材料的探索。20世纪50年代初，德国、捷克等国家采用离心法生产出了纤细的玄武岩棉。不过，我们现在所说的玄武岩纤维一般是指连续玄武岩纤维，它的制造技术发源于苏联，并开发出超细的玄武岩棉，强度比钢材还要高，而且在700℃条件下强度不改变。

我国的玄武岩纤维生产起步较晚，但后来居上，产量占世界总产量的一半以上，是玄武岩纤维产量最高的国家。2012年，我国玄武岩纤维生产突破了800孔拉丝技术。2020年7月1日，世界首条玄武岩纤维2400孔拉丝智能化生产线暨年产6万吨玄武岩原料均质化生产线，在四川华蓥市正式投产，大大提高了产量和生产效率，极大降低了生产成本、劳动力成本和能耗。目前，我国已把玄武岩纤维列为重点发展的四大纤维之一。

“全能型”纤维应用前景广阔

每根玄武岩纤维直径一般在10微米上下，只有黄铜头发直径的十分之一粗细，甚至能拉出更细的丝，但又比头发长得多，可达几千米。玄武岩纤维的生产原料充足，生产过程对环境无污染，且产品废弃后可直接在环境中降解，是目前为止唯一无环境污染、不致癌的绿色健康玻璃质纤维产品。人们说的“火山岩金丝”“点石成金”，道出了玄武岩纤维的生产工艺特征和它的应用价值。

玄武岩纤维是最佳的“全能型”纤维，有着优良的综合品质，既耐酸又耐碱，既耐低温又耐高温，既绝热绝电又隔音，以及在恶劣环境中使用的适应性、抗老化性等优异的综合性能。它可制成粗纱、细纱、土工布、套管等，在各行业都有广泛的应用，以它为增强体可制成用途不同的多种复合材料，如短切纱、单向布、无捻粗纱、网格，在车船、航空航天等高科技领域拥有替代现有玻璃纤维复合材料的潜力，应用前景极为广阔。

（作者系湖南省科普作家协会会员）

点石成金的玄武岩纤维

李耕拓

## 细菌在肿瘤中充当“司机”还是“乘客”

□ 汤睿智 刘照秋



不同的细菌群落会对我们的健康产生正面或负面的影响。双歧杆菌是人和动物肠道菌群的重要组成成员之一，可以作为益生菌用在食品和医药上，而幽门螺杆菌则会引起慢性胃炎，并导致胃溃疡和胃癌，严重者则发展为胃癌。小小的细菌居然有如此大的威力，科学家们对此进行了深入的研究，将帮助我们更加了解自己身体的功能，让我们更清楚有些疾病发生发展的原因。近日，国际最新研究成果显示，细菌居然可以和肿瘤“狼狈为奸”，这究竟是怎么回事？

人体细胞中90%以上竟是共生细菌

科学家们发现人体像一个复杂的生态系统，除了自身细胞外还住着数以万亿计的细菌和其他微生物。实际上，人体细胞并不是我们体内数量最多的细胞，它们只占10%左右，而90%以上的竟然是共生细菌。

研究人员通过从肿瘤组织中提取细菌

样本，再从样本中提取基因进行实验分析，结果发现每种细菌都有自己的“身份证”，即有自己的基因，如果确定这类基因的序列，就相当于获取了细菌的“身份证”号码，而我们就可以清楚地知道肿瘤内都有哪些细菌，和人体内的其他共生细菌有什么不同。

2020年，以色列魏茨曼科学研究所黛博拉·奈曼等人在国际期刊《科学》杂志上发表了题为《人类肿瘤微生物组由肿瘤特异性的胞内菌组成》的研究论文，对肿瘤微生物组进行了全面分析，研究了包括乳腺癌、肺癌、卵巢癌、胰腺癌、黑色素瘤、胃癌、脑癌在内的7种癌症类型。在1526份肿瘤组织及其邻近的正常组织样本中，共检测到9190种细菌，研究发现每种类型的肿瘤都有其独特的细菌组成。其中，乳腺癌的细菌种类尤其丰富多样，在所有单个乳腺肿瘤样品中平均检出16.4种细菌，而在其他肿瘤类型中检出的平均值小于9种。

肿瘤内细菌大部分存在于细胞内，在癌细胞和免疫细胞中均有发现，细菌编码的代谢功能与某些肿瘤亚型的临床特征有关。胰腺肿瘤细胞中的细菌可以通过消化和灭活药物来保护癌细胞免受化疗药物的侵袭。科研人员还比较了100名吸烟者和43

名不吸烟者的非小细胞肺癌患者的肿瘤内细菌功能，发现在吸烟者肿瘤中富集的细菌可以采用17种不同方式降解香烟烟雾中的化学物质，如尼古丁、邻氨基苯甲酸酯、甲苯和苯酚等，因此推测烟草中存在一些与植物相关的细菌在吸烟者肺部肿瘤处富集。除了以上7种癌症外，全世界科学家们在其他癌症的诊断、预后和治疗研究中也陆续发现了不同的细菌。由此可见，细菌是癌症发展过程中的重要参与者，其发挥的作用不可小觑。

胞内菌在促进肿瘤细胞转移

2022年4月，西湖大学生命科学学院蔡尚研究员团队，在国际生物学杂志《细胞》上发表题为《肿瘤胞内微生物群促进乳腺癌转移定植》的研究论文。该研究中使用的分辨率电子显微镜，清晰地看到细菌存在于乳腺癌细胞的细胞质内。通过抗生素清除肿瘤菌群之后，肿瘤的重量并没有受到影响，但乳腺癌的肺转移则显著下降，这表明肿瘤菌群很可能影响的不是肿瘤的生长而是转移过程。科研人员们还发现，在生理条件下，这些胞内菌可以跟随肿瘤细胞经过循环系统迁移到远端器官，并且促进乳腺癌细胞转移和定植。为什么胞内菌能够促进肿瘤细胞转

移？事实上，肿瘤细胞没有我们想象得那么威力无边。在转移的过程中，尤其在人体循环系统中会经历如血管里的血压带来的液流剪切力，这容易引起肿瘤细胞的损伤进而引发死亡。而胞内菌入侵肿瘤细胞后会通过特定的信号通路来重塑细胞骨架，帮助肿瘤细胞抵抗血管里的压力，避免转移过程中受到损伤。科研人员表示，在未来进一步深入研究细菌如何入侵肿瘤细胞，含有胞内菌的肿瘤细胞如何逃避人体免疫系统的追杀，将为临床使用抗生素治疗癌症提供新的见解。

我们已经知道细菌在影响肿瘤发生和发展方面发挥着重要作用，它们究竟充当的是“司机”还是“乘客”，一直是一个有趣的问题，吸引着全世界科学家们孜孜不倦的探索。以色列魏茨曼科学研究所的一位科研人员表示，肿瘤是一个复杂的体系，除了癌细胞、免疫细胞、基质细胞、血管、神经和其他成分外，细菌也是肿瘤微环境中不可或缺的一部分。我们希望能够通过探究它们适应肿瘤微环境的普遍模式，从而找到治疗肿瘤的新方法。

（第一作者系华中科技大学同济医学院附属武汉中心医院助理研究员，第二作者系华中科技大学同济医学院药学院副教授）

## 改善环境 在海洋种下珊瑚

□ 王宇翔



中国科学院南海海洋研究所谭焯辉团队日前提出“珊瑚礁生态泵”概念，归纳总结了珊瑚礁生态系统聚集吸收外部营养、保持并循环利用内部营养、高效输出有机碳的生态功能。相关研究成果在中国海洋学会主办的《海洋学报》在线发表。

珊瑚礁是水下的热带雨林，是海洋中最具活力的生态系统。珊瑚礁对人类最大的作用，就是平衡海洋生态。有调查显示，珊瑚礁中产生了大量的珊瑚和其他藻类生物共同与藻类共生，珊瑚和其他藻类生物共同与藻类共生，珊瑚和其他藻类生物共同与藻类共生，珊瑚和其他藻类生物共同与藻类共生。

而对于那些沿海和岛屿国家而言，珊瑚礁每年可通过各种方式创造经济价值。澳大利亚的大堡礁旅游区，为当地提供了5万多个就业岗位，来此旅游的游客

给当地带来不少的经济收入。人类的生物制药进步也离不开珊瑚礁。众多研究表明，最有希望的抗癌药物将来自海洋，目前已从海绵、海藻、贝类、海星等海洋生物中分离出具有抗肿瘤活性物质，而珊瑚礁为这些海洋生物提供了庇护所。

目前，全球大部分珊瑚礁已遭到严重破坏，每年都在快速消减，如不加干涉，2050年珊瑚将灭绝。我国已开始大规模恢复珊瑚礁生态工作，仅三亚市就恢复了6个足球场面积那么大的珊瑚礁海域。

珊瑚是一种恢复力非常强的生物。对于那些受损轻微的珊瑚，我们只要确保生长水温环境符合它的要求，珊瑚就能缓慢恢复，但是对于那些受损严重的珊瑚，我们就必须进行人工干预。

珊瑚的天敌之一是棘冠海星，以珊瑚为食。在健康的生态系统中，鱼类和其他生物会控制棘冠海星的数量。但由于人们过度捕捞棘冠海星的天敌——大法螺和隆头鱼，导致健康的循环系统被破坏。所以，我们必须人工移除这些棘

冠海星，通常的做法是将其打捞出并填埋，或将黏注射到它们的体内。

恢复珊瑚礁最常用的人工干预方法，就是种珊瑚。珊瑚可以无性繁殖，也就是在合适的自然环境下母体“出芽”。在萌发的过程中，新的珊瑚会在母体的边缘生长，随着芽的生长会逐渐与母体分离，产生新的珊瑚个体，就算一株珊瑚断枝也可缓慢成长为完整的珊瑚。

科研人员通常在实验室中模拟自然条件下的光照、水温、PH值，甚至自然的浪涌，以培育出适应力较强的珊瑚幼苗，并在水中适宜的地方用胶水处理，或者搭建珊瑚苗圃，将珊瑚幼苗固定在人工苗圃装置上。只要固定在合适的水下环境中，珊瑚就可以自然缓慢生长。

珊瑚是一种生长极为缓慢的生物，可能在我们有生之年看不到亲手种下的珊瑚恢复成美丽的模样，但是相信后会替我们见证这一切。

（作者系北京科学技术研究院2023年科普讲解大赛三等奖获得者、北科科普宣讲团成员、北京科学技术出版社有

## 海洋绿氢：将海水“资源”变“能源”

——解读2022年度中国科学十大进展（四）

□ 谢和平 刘涛

“绿氢”是未来能源结构的核心。目前传统的电解水制氢高度依赖纯净水，预计2050年全球每年将在氢能生产上消耗62.1亿吨纯净水。在淡水资源匮乏的时代，制氢用水从何而来？

海水占地球总水量的97.5%，向大海要水制氢是未来理想、可持续发展的方向。然而，由于海水复杂成分引起的腐蚀性和毒化问题，海水制氢面临着诸多挑战。

当前，海水制氢最成熟的技术路线是通过反渗透设备进行淡化后再电解，并在荷兰、德国等国开展了规模化示范工程项目。但该技术严重依赖大规模淡化设备，工艺流程复杂且占用大量土地资源，进一步增加了制氢成本与工程建设难度。

自20世纪70年代科学家提出海水直接

电解制氢的概念以来，国内外多家知名研究团队围绕催化剂工程、膜材料科学等进行了大量探索研究，旨在破解海水直接电解制氢面临的析氯副反应、钙镁沉淀、催化剂失活等难题。然而，迄今为止，未有突破性的理论与原理彻底避免海水复杂组分对电解制氢的影响，规模化的高效稳定海水直接电解制氢原理与技术仍是世界空白。

针对这些挑战，我们的研究团队首次从物理学与电化学相结合的新路径，开创了海水无淡化无额外耗能的原位直接电解制氢全新原理与技术。通过在海水与电解液间构建微米级的气液相平衡界面，利用两者的饱和蒸汽压差为水迁移动力，使海水中的水汽气的形式跨膜转移，形成了界面压力差海水自发相变传质的力学驱动机制，实现了海

水中杂质组分的完全分离，离子阻隔率100%，彻底解决了海水直接制氢存在的析氯、催化剂腐蚀、沉淀、膜堵塞等难题。

我们的研究团队实现了海水无能耗传质、电解质自激发驱动连续制氢、多相界面稳态自调节等多项原创技术突破，自主开发了全球首套386L·h<sup>2</sup>海水直接制氢原理样机，在未进行预处理的深圳湾海水中稳定运行超过3200小时，与工业碱性电解水能耗相似。在电解过程中，电解质内的杂质离子含量始终比海水相应离子低4个数量级。真正实现了无淡化过程、无额外能耗、无催化剂腐蚀、无副反应的规模化海水直接电解制氢的技术突破，有望真正将取之不尽的海水资源转变为海水能源。

该原理技术可探索推广到多元化水汽

源，如盐湖、污水、废水、矿井水、油田产出水等直接原位制氢，为资源富集浓缩、污水环境的协同治理和能源生产提供多效利用新思路和新方法，有望形成污水、盐湖水电解制氢新产业，扩展海水制氢技术的想象空间。此外，随着我国可再生能源逐步走向深远海，在风电大规模并网消纳难、远距离输送成本高的局限下，这种海水直接电解制氢新技术，将成为海上风电大规模开发利用的破局关键。通过在海上风机平台上模块化装配制氢系统，就地使用天然海水直接电解产氢，形成无淡化过程、无额外催化剂过程、无海水运输、无污染处理的原位海水直接电解制氢过程。

（第一作者系中国工程院院士，第二作者系四川大学研究员）

五年来，「科学探索奖」收获了什么

（上接第1版）

唯才是举，基础研究需要社会资助

作为目前国内金额最高的青年科技人才资助项目之一，“科学探索奖”运行5年来一直秉承着人才遴选“科学家说了算”的原则，并在顶层设计、奖项评审、日常运营等方面持续优化，实现了信誉和声望快速累积。

“科学界对‘科学探索奖’的含金量认同度逐年提高，其中重要的原因之一就是我们在评审中务求客观公正。”中国工程院院士、“科学探索奖”发起人之一李培根表示，众多资深科学家投入大量时间和精力，共同的期望就是打造一个经得起时间检验的民间基础科研奖励项目。

5年来，1300多位各国院士、50多所著名高校校长参与了“科学探索奖”的提名、推荐、评审，仅在提名推荐阶段，就有40多位诺贝尔奖、图灵奖、菲尔兹奖等国际大奖得主参与其中。“科学探索奖”不仅激励广大青年科学家勇攀科学高峰，更是通过自己的影响力，唤起了社会、企业在投入基础研究，提升科技创新上的热情。

“科学探索奖”规定每年资助不超过50位青年科学家，而今年首次未足额资助，也体现了在评审中严格遵循实事求是、宁缺毋滥的原则。

除了资金上的支持外，“科学探索奖”还通过论坛、专题闭门学术交流等多种形式，持续为青年科技人才搭建高水平、跨学科互动交流的平台，通过“加法”交流，带来科学边界拓展的“乘法”效应，为探索创新提供新的“加速度”。

“设立5年来，‘科学探索奖’得到了科学界大力支持，在鼓励支持青年科学家人才方面发挥了积极作用，逐渐走出了一条社会力量资助基础研究和前沿技术探索的创新路径。”马化腾表示，期待在未来，青年科学家们继续探索科学前沿，拓展未知边界，取得更多享誉世界的研究成果，为人类社会的可持续发展提供重要的源动力。