

雪崩时，没有一个光子是次要的

新型纳米材料有望带来革命性应用

■本报记者 唐凤

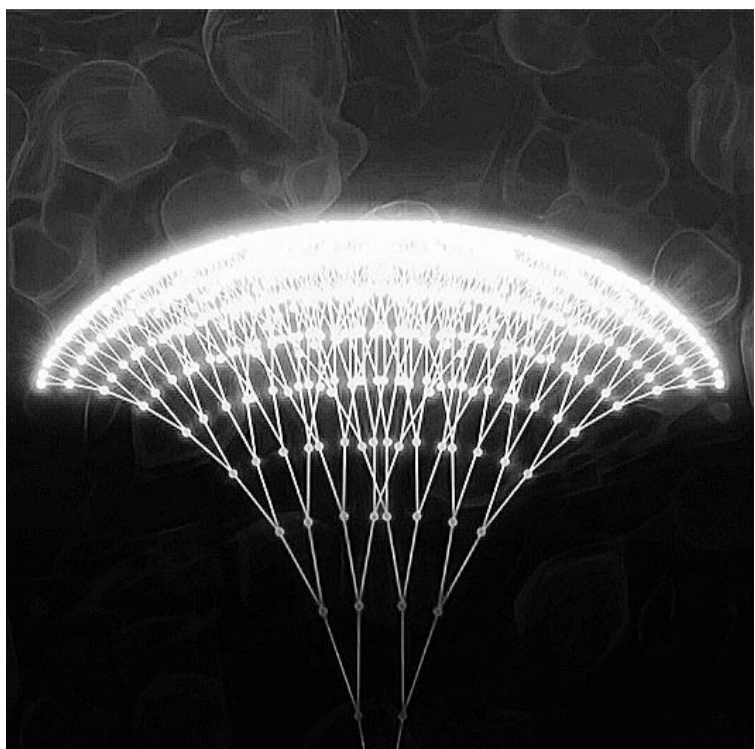
寂静的雪山，随着“咔嚓”一声轻响，雪层断裂，“白色妖魔”呼啸而下，将所到之处扫荡殆尽。自然界的雪崩危害巨大，能摧毁森林、威胁人类。实际上，雪崩并非雪花专有，光子也能发生“雪崩”，同样的能量喷涌，带来的却是革命性的应用。

近日，研究人员开发出了第一个证明“光子雪崩”的纳米材料，有望在传感、成像和光探测等方面带来新的应用。相关论文1月14日刊登于《自然》。

“之前没有人在纳米材料中看到过这样的‘雪崩’行为。”该研究负责人、美国哥伦比亚大学机械工程副教授 James Schuck 说，“我们在单纳米粒子水平上进行了研究，从而证明雪崩行为可以发生在纳米材料中。”

他还提到，这种极敏感可能会带来难以置信的变革。例如，想象一下，如果能感知化学环境的变化，比如分子级物体的变化或实际存在情况，我们甚至能检测出冠状病毒和其他疾病。

未参与该研究的荷兰乌德勒支大学的 Andries Meijerink 和 Freddy T. Rabouw 在评论文章中提到，“这一发现将引领对能产生光子雪崩的其他纳米晶体的研究。这些新型纳米粒子的前景是光明的。”



光子雪崩机制连锁反应过程
图片来源：波兰科学院

看，它们都雪崩

雪崩过程是由一系列小扰动触发的一连串事件，它可以在除真实积雪崩塌之外的许多现象中被发现，包括香槟泡沫的破裂、核爆炸、激光、神经网络，甚至金融危机。

雪崩是非线性过程的一个极端例子，在这个过程中，输入的变化会导致输出信号不成比例的变化，通常是不相称的放大。但为有效产生非线性光信号，人们通常需要大量的材料，到目前为止光子雪崩也是如此。

在光学器件中，光子雪崩是晶体中单个光子的吸收导致多个光子发射的过程。光子雪崩被用于专门的激光器中，光子吸收并引发一系列光学事件的连锁反应，最终导致高效的激光发射。

“雪崩的时候，没有一片雪花是无辜的。”同样，雪崩的时候，每个光子都是重要的。研究人员发现，仅仅单个光子吸收就会导致大量的光子发射，而且还会产生一个令人惊讶的特性：发射光子的“上转换”，即每个都比吸收的

光子能量更高。

这样，科学家就可以利用红外波长产生大量高能光子，这些光子能在组织内部的特定位置，也就是雪崩纳米颗粒所处的位置，更好地诱导所需的化学变化——比如杀死癌细胞。

40多年前，光子雪崩行为就引起了人们的极大兴趣，因为研究人员认识到它的极端非线性可以广泛影响从高效的上转换激光器到光电子、光学传感器和夜视设备的许多技术。

更小又更大

一直以来，由于镧(Ln)基材料具有独特的光学特性，使得光子雪崩能够在相对较长的时间内存储光能，因此这一现象几乎只在 Ln 基材料中进行了研究。然而，在这种材料中实现光子雪崩非常困难——需要许多 Ln 离子之间的协同作用，同时还需要调节损失途径，因此仅限于大块材料和聚集物，而且通常是在低温情况下。

“在一些材料中，单个光子的吸收可以触发连锁反应，从而产生大量的光。这些光子雪崩的发现为成像和传感应用开辟了道路。但这种现象以前只能在毫米到厘米尺度的晶体中观察到。”Meijerink 告诉《中国科学报》。

这些限制已经影响了光子雪崩的相关研究和应用，并导致研究人员几乎只专注于其他具有上转换机制材料的开发，尽管光子雪崩拥有无可比拟的优势，这一过程在极端非线性光学行为和效率的结合方面是无与伦比的。

而研究人员报告说，他们已经开发出了第一种能展示光子雪崩的纳米材料，纳米粒子形式光子雪崩的实现开启了一系列新的应用，从实时超分辨率光学显微镜、精确的温度和环境传感、红外光探测，到光学模拟数字转换和量子传感。

《中国科学报》从哥伦比亚大学获悉，Schuck 与合作者，包括劳伦斯·布克利国家实验室的 Bruce Cohen 和 Emory Chan、波兰科

学院的 Artur Bednarkiewicz 以及韩国成均馆大学的 Yung Doug Suh 等人，通过实施一些关键的纳米颗粒设计创新，如选择 Ln 元素的含量和种类，成功合成了新型的 20 纳米晶体，并能展示光子雪崩及其极端非线性。

研究小组观察到这些雪崩纳米颗粒的非线性光学响应为人射光强度的 26 倍，即入射光 10% 的变化能导致发射光 1000% 的变化。这种非线性远远超过了以前报道的 Ln 系纳米晶体的响应。

突破极限

研究人员指出，这些数字意味着雪崩纳米粒子作为传感器有很大的前景，因为局部环境的一个小变化就可以导致粒子发出 100~10000 倍的亮度。研究人员还发现，雪崩纳米粒子中巨大的非线性响应可以通过简单的扫描共焦显微镜实现深度亚波长光学成像(雪崩纳米粒子被用作发光探针或造影剂)。

Schuck 告诉记者：“雪崩纳米颗粒让我们大大超越了光学显微镜的衍射分辨率极限，而且基本上是无偿的，因为它们非线性行为非常明显。”

该研究的主要作者 Changhwan Lee 是 Schuck 小组的博士研究生，他表示，单个雪崩纳米颗粒中的极端非线性性能将传统共焦显微镜转换成最新的超分辨率成像系统。

Meijerink 指出，该研究证明这种材料可以用于超分辨率成像——纳米粒子以大约 70 纳米的分辨率成像，远远低于成像系统的衍射极限。而且，成像装置简单，只需要单一的激光波长，不到激光器功率的 1/10。但也存在一些不足，由于雪崩辐射上升时间较长，使得记录过程变慢，这意味着该技术尚不适合监测生物系统等动态过程。

Schuck 团队正在研究如何更好地感知环境变化，如温度、压力、湿度的波动，这些目前还无法实现。

无论如何，“我们期待在传感、成像和光探测方面带来各种革命性的新应用。它们在未来的光信息处理芯片中也可能被证明是至关重要的——雪崩纳米颗粒可以提供类似放大器的响应和电子电路中典型单晶体管的小空间占用。”Schuck 说。

相关论文信息：<http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-03092-9>

环球科技参考

中国科学院兰州文献情报中心

科研人员提出精确预测地球温度新方法

近日，《气候动力学》发表题为《基于观测的 2100 年气候敏感性估计和全球预测的尺度模型》的文章，提出了更精确预测地球温度的新方法，可大幅降低先前模型的不确定性。新方法预测显示全球可能将在 2027—2042 年升温超过 1.5℃。

气候模型是对影响地球气候的各种因素相互作用的数学模拟，例如大气、海洋、冰、陆地表面和太阳。尽管它们是基于对地球系统的最佳理解，但在预测未来全球变暖时，仍然存在不确定性。迄今为止，科学家对全球变暖温度预测的范围很大。例如，如果大气中二氧化碳浓度增加 1 倍，根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)的全球气候模型(GCM)预测，全球平均温度将升高 1.9~4.5℃。这一结论过于宽泛，对低纬度地区而言，这种温度变化带来的影响较小，而在其他地区，这种温度变化带来的影响将是灾难性的。

德国阿尔弗雷德·韦格纳研究所亥姆霍兹极地海洋研究中心和加拿大麦克吉尔大学的研究人员提出了基于历史气候数据的新方法来预测地球温度，而不是基于 GCM 中各因素之间的理论关系。该方法可以通过直接观测估计气候敏感性及其不确定性，而不需要过多假设。研究人员引入新的尺度气候响应函数模型，以预测地球到 2100 年的温度。与 IPCC 当

前使用的方法相比，新方法将预测不确定性降低了大约一半。研究人员发现，全球变暖的危险临界值(升温超过 1.5℃)可能出现在 2027—2042 年，缩小了 IPCC 估计的 2020—2052 年的范围。研究人员还发现，预期的变暖幅度比先前的预测低 10%~15%。该结果为人类尽快推出扭转气候变化的政策提出了更迫切的要求。(廖琴)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1007/s00382-020-05521-x>

欧盟碳排放量将在未来 10 年继续减少

欧盟排放交易体系(ETS)覆盖了欧盟约 40% 的温室气体排放总量。近日，欧洲环境署发布题为《2020 年欧盟排放交易体系：趋势和预测》的简报，概述了欧盟 ETS 覆盖范围内的碳排放量在过去和未来的趋势。

报告指出，2018—2019 年，欧盟 ETS 中来自固定设施的排放总量从 1682 百万吨二氧化碳当量(Mt CO₂e)减少到了 1530 Mt CO₂e，下降了 9.1%。2019 年，欧盟 ETS 中来自航空的排放量为 68.2 Mt CO₂e，比 2018 年增长了 1%，这反映了 2019 年航空旅行需求的增长。到 2030 年，欧盟 ETS 排放量将比 2005 年减少 33%~40%，这取决于各成员国的具体情况。因此，欧盟到 2030 年减少 43% 排放量的目标将无法实现。

尽管 2019 年欧盟 ETS 下拍卖的欧盟配额数量比 2018 年减少了 36%，但碳价上涨使 2019

年的拍卖收入比 2018 年增加了 4.47 亿欧元。新型冠状病毒肺炎大流行对减排的影响是暂时的，随着交通和建筑领域的持续电气化，预计欧盟的电力需求量将有所增加。因此，要在 2050 年前实现气候中和，欧盟仍需大幅削减碳排放量，ETS 将继续发挥重要作用。(董利辛)

美发布《2020 年度北极报告》

近日，美国国家海洋与大气管理局(NOAA)发布《2020 年度北极报告》，提供有关北极气候和环境状况的年度更新，以及过去一年北极科学新闻的重点内容。

报告指出，北极温度升高，冰冻圈退缩以及生物变化的持续转变非常明显，欧亚北极地区的极端温度对年际变率和整个北极环境中的联系产生影响。

《2020 年度北极报告》包含了由来自 15 个国家的 134 位研究人员组成的国际团队撰写的 16 篇论文，并由北极理事会的北极监测与评估计划组织了关于该报告的独立的同行评议。报告指出，2019 年 10 月—2020 年 9 月，北纬 60° N 以北的年平均地面气温是自 1900 年以来的第二高纪录。欧亚北极地区创纪录的高温与海洋和陆地的极端条件有关。报告的主要结论如下：

海洋。①2020 年春季海冰损失在西伯利亚东部海域和拉普捷夫海地区提前发生，创 6 月份拉普捷夫海海冰最低纪录。2020 年夏末

海冰范围是有卫星记录以来的 42 年中的第 2 低纪录，而 2012 年则是自记录以来的最低纪录年份。②2020 年 8 月北冰洋大部分地区平均海面温度比 1982—2010 年 8 月平均温度高 1~3℃。拉普捷夫海和卡拉海的异常偏暖与该地区更早期的海冰损失一致。③2020 年 7~8 月，拉普捷夫海的区域海洋初级生产力分别比 1982—2010 年 7 月和 8 月的平均水平高约 2 倍和 6 倍等。

陆地。①西伯利亚春季的异常温暖导致整个欧亚北极地区 6 月积雪创历史新高。②自 2016 年以来，寒带苔原绿度的变化趋势在各大洲之间差异很大，北美洲急剧下降，但仍高于欧亚大陆的长期平均水平。③2019 年 9 月—2020 年 8 月，格陵兰冰原损失高于 1981—2010 年平均水平，但低于 2018/2019 年年度创纪录的冰损失量。④格陵兰岛以外的冰川和冰盖继续保持着显著的损失趋势。

北极变化观测。①模式和观测资料集成的进展提高了季节—年代际—百年尺度上的北极海冰预报技巧和实用性。②北极观测网络系统和数据产品得到重要更新，提高了北极年度报告信息的质量和可访问性。③北极气候研究多学科漂流观测站项目于 2020 年 9 月结束了历时一年的国际历史性北极探险，收集形成的数据旨在促进对北极环境变化的理解、建模和预测。④在阿拉斯加乌特恰维克附近设立的 NOAA 巴罗观测站使近半个世纪的大气和陆地实地观测得以延续。(刘燕飞)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

欧洲弃鱼禁令适得其反



欧洲如今不允许渔民在海上丢弃垃圾了。图片来源：JASON ALDEN

两年前，一项弃鱼禁令在欧洲水域全面生效，旨在减少过度捕捞、杜绝浪费。但近期发表于《海洋科学杂志》的一项研究显示，该政策却带来了相反的结果。为了消除业界的担忧，监管机构大幅提高了捕捞配额，同时提供了越来越多的豁免权，使得这项政策举步维艰。

德国基尔亥姆霍兹海洋研究中心渔业科学家 Rainer Froese 并未参与该研究，在他看来，研究结果充分显示了“改革后的欧洲渔业政策的良好意图是如何遭到破坏的”。

欧洲弃鱼禁令是在 2013 年由欧洲议会通过的，此前一些厨师和环保组织对弃鱼行为感到愤怒。渔民在拖网捕鱼时，为了在船舱里留出更多空间放置像比目鱼这些价值更高的鱼类，有时会将同时捕获的低价值鱼种，如鲷鱼，扔回海中。通常这些被扔回海中的鱼最终也难以存活。监管机构当时还要求渔民丢弃未成熟的鱼，尽管这些鱼也不太可能继续存活和繁殖。

弃鱼禁令要求船主将所有捕获物运回港口，意在鼓励渔民选择性捕捞。比如避开不受受欢迎种聚集的海域或季节，也可以使用改进的渔具以捕获较少的低价值鱼。

掌握上述策略和安装新的渔具需要时间，因此渔业官员通过增加船只可运回港口的鱼类配额以补偿渔业界。

但根据欧盟委员会和欧洲渔业管理局的报告，渔民和渔场在鱼类配额增加的前提下，依然非法弃鱼，这就导致更多的鱼被杀死，这对鱼类的可持续性是一种威胁。

渔业生物学家 Lisa Borges 在这项研究中指出，自 2015 年以来，欧洲每年的鱼类配额平均比科学建议高出 36%。2019 年和 2020 年的配额通胀率甚至更高，分别达到了 43% 和 50%。

专家表示，总而言之，鱼类配额继续超过科学家建议的水平，意味着欧盟没有实现到 2020 年结束过度捕捞的目标，如果相关负责人只是颠覆、歪曲禁令，那么它永远不会起作用。(徐锐)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1093/icesjms/Isaa200>

日本最高科学咨询机构与政府展开博弈



2020 年 10 月，日本学术会议会长梶田隆章接受采访。图片来源：KYODO VIA AP IMAGES

日本首相菅义伟上任后的一系列举动招致科研界不满。

2020 年 10 月，菅义伟否定了日本学术会议(该国最高科学咨询委员会)提交的会员名单，从 105 人中剔除 6 人。尽管经费来源于国家，但日本学术会议此前一直拥有人事决定权，政府不得干预。

之后，菅义伟所在的自民党提议，希望日本学术会议成为部分经费自筹的独立实体。分析称，这一系列举措凸显了自民党与日本学术会议间的紧张关系。

日本学术会议由 210 名会员组成，任期 6 年，每 3 年改选 105 人。为反思二战期间日本科研界与军国主义过往甚密，该组织在成立之初便明确要求保持学术自由，并敦促科研人员与军事研究保持距离。2017 年，该组织在公开声明中明确反对军事研究。

对于拒绝 6 名学者加入日本学术会议的做法，菅义伟从未明确解释过，但这 6 人此前都批评过自民党的有关政策。

该事件引发日本国内和国际关注。2020 年 11 月，国际科学理事会主席达亚·瑞迪在给梶田隆章的信中提及此事，“我们……非常严肃认真地看待此事对日本科学自由的影响”。

据《科学》报道，不少法律界人士认为，根据日本宪法，菅义伟拒绝学者入会的举动并不合法，但由于日本学术会议是首相办公室下的特殊组织，属于政府实体，亦无法要求法官推翻首相决定。

之后，自民党提议将日本学术会议列为独立法人实体。表面看，改革后，日本学术会议的地位将类似于国立科学院，但提议中还包括其他条款，使日本学术会议无法拥有像其他科学院一样的自治权。

目前，日本政府无权干涉日本学术会议的经费使用，但改组后，若日本学术会议必须向政府或其他实体收取咨询报告费用以获得支持，那么政客可以选择需要调查咨询的问题。

同时，日本学术会议在一份报告中建议，不应将其作为独立法人实体，大会现行形式应与其他国家的学术机构在代表国家方面的角色保持一致。

但这一报告并没有让自民党罢休。日本科技政策大臣井上信治曾在去年底敦促首相继续研究如何让日本学术会议成为独立组织，他还要求日本学术会议的负责人迅速采取行动，以最终确定改革建议。(袁柳)

还北运河一片生机

(上接第 1 版)

在昌平区生态清洁小流域示范区，原先水土流失、山地灾害、农业和村镇面源污染和沟渠水环境污染等问题突出。

项目团队采用了水土保持、植被恢复、村镇美化、水资源高效利用、水污染防治和沟渠生态修复等六大类措施，实施山水林田湖草一体化治理。

魏源送表示，生态清洁小流域建设示范，为北京市小流域治理提供了很好的借鉴。

其间，项目团队还制定了一项北京市地方标准，已在全市推广应用。

修复河道型水库水生态

北京沙河水库是北运河上游的重要节点，也是多源污染的重要聚集处。其综合治理对下游的水质改善和水生态修复至关重要。

魏源送表示，合流制管网溢流已成为城市水环境突出的瞬时污染源，对水环境和亲水空间影响较大。为此，针对沙河水库周边合流制管网溢流污染底数不清的现状及其控制需求，项目历时两年，通过现场调研和在线监测，揭示了降雨特征与溢流污染的响应关系，明确了沙河水库周边合流制管网溢流污染时空分布特征，研发了合流制管网溢流污染防控“截冲调蓄净一体化”关键技术和最佳管理实践，并

与昌平区水务局合作，将其应用于沙河水库水环境质量改善。该技术获得了北京市水利学会科技奖二等奖。

魏源送介绍，2018 年 5 月之前，沙河水库常年保持水位 35.6 米，库区水深 3~10 米，南沙河和北沙河河道大水面水位常年维持在 2~3 米，不利于水鸟栖息。项目团队基于数值模拟结果，得出了水位和水深区面积关系：水位处于 34.1~35.0 米区间时，浅水区空间分布均衡，生境空间最具复杂性和多样性。

因此，项目团队建议，基于不同季节水鸟栖息地、生物多样性对水深的要求不同，在低水位运行基础上，对水位进行动态调控。例如，春季挺水植物和浮水植物对水分

需求较大，适当调高水库水位，满足挺水和沉水植物生长，增加生物多样性和水鸟食物供给；春夏交替之际，逐渐降低水位满足湿生植物、水鸟、鱼类、爬行类和两栖类动物等的生长；汛期(6 月至 9 月)在满足防洪需求的基础上，保持低水位运行。

随着沙河水库水环境大幅改善，沙河水库成为适宜于水鸟繁殖的重要栖息地，水鸟多样性日渐增加。“据研究团队 2020 年春季初步调查，沙河水库记录的水鸟 26 种，隶属 6 目 7 科。其中列入世界自然保护联盟濒危物种红色名录(IUCN)的易危物种两种，分别是鸿雁和遗鸥。”魏源送说。在这里，青山绿水、鸟语花香的画卷正慢慢展开。