

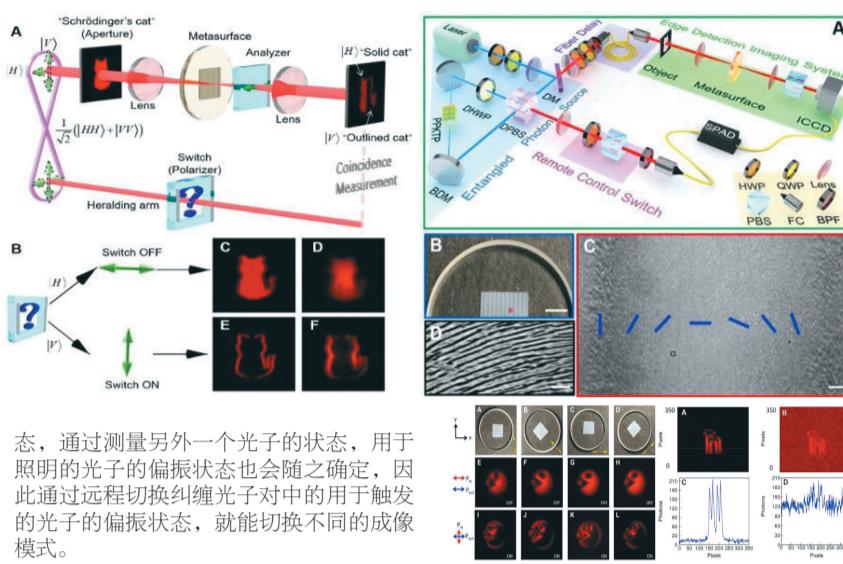
## 中国科大实现量子超表面图像边缘探测

**本报讯** 中国科大郭光灿团队在量子超表面图像边缘探测实验研究中取得重要进展。郭光灿团队的史保森教授、周志远副教授等利用高品质偏振纠缠源和高效介质超表面，实现了待检测图像状态在正常模式和边缘探测模式远程的开关切换，并且证实了在弱光场照明下，纠缠光子照明相对于直接单光子照明具有更高的信噪比。这项研究成果12月16日在线发表于《科学进展》。

近年来，超表面材料与量子光学结合成为重要的研究方向，而边缘探测是图像处理过程中的一种常用手段。相较于传统的数字边缘提取方法，模拟边缘提取方法具有更高速度和更低能耗，但此前在量子纠缠照明下的超表面器件边缘探测还没有出现相关研究。

本次研究过程中，科研人员用线偏振光照射超表面器件发生光自旋霍尔效应，使两个圆偏振的出射光场在空间发生微小的平移，从而导致出射光场的中间部分是线偏振、边缘部分是圆偏振，随后通过检偏器可以提取待成像物体的边缘轮廓。

那么，成像模式如何在正常模式和边缘探测模式之间实现远程切换？专家解释说，可利用偏振纠缠光源中的一个光子进行照明，该光子含有两种可能的偏振状



态，通过测量另外两个光子的状态，用于照明的光子的偏振状态也会随之确定，因此通过远程切换纠缠光子对中的用于触发的光子的偏振状态，就能切换不同的成像模式。

专家表示，该成果是量子超表面研究在图像边缘探测的一次尝试，在图像加密和隐写上具有潜在应用。另外，在光子照明匮乏的场景，如酶反应跟踪与生物活体细胞的观察上，较高信噪比会表现出一定优势。该工作将会促进更多的关于量子光

学和超表面材料结合的相关研究。  
湖南大学博士生周军晓和我校博士生刘世凯为论文共同第一作者。周志远、罗海陆、Zhaowei Liu为论文共同通信作者。  
(吴长锋)

## 我校实现自由空间测量设备无关量子密钥分发

**本报讯** 近日，中国科大教授潘建伟及其同事彭承志、张强等与清华大学教授王向斌、中国科学院上海微系统与信息技术研究所研究员尤立星等人合作首次在国际上实现基于远距离自由空间信道的测量设备无关量子密钥分发(MDI-QKD)。这项成果不仅实现了将MDI-QKD从光纤信道拓展到自由空间信道的突破，也开启了在自由空间信道中实现基于远距离量子干涉的更复杂量子信息处理任务的可能。相关成果于12月23日在线发表于《物理评论快报》。MDI-QKD协议利用双光子干涉技术消除了探测端的所有安全漏洞，无需对测量端的量子设备进行任何安全性假设，被认为是各种量子密钥分发协议中的最佳候选协议之一。该协议自2012年首次提出以来，已在光纤信道上得到快速发展，在距离更远、密钥速率更高和网络验证等方面取得一系列突破。然而，由于光纤存在固有损耗，量子信



图片来源：Yao Zheng

号不能像经典通信那样被放大。在自由空间信道，由于真空光信号损耗非常小，通过卫星辅助可以极大扩展量子通信距离。近年来，随着“墨子号”量子科学实验卫星的成功发射，基于卫星平台和地面光纤网相结合的量子通信已成为构建覆盖全球量子通信网络最为可行的手段。尽管MDI-QKD在光纤中成功实现，但自由空间存在大气湍流，如何在不稳定信道中实现量子干涉成为

巨大挑战。由于自由空间大气湍流破坏了空间模式，在进行干涉测量前需要用单模光纤进行空间滤波，由此带来的耦合效率低下和强度涨落是该实验两大难点。潘建伟团队开发了一种具有抵抗强湍流能力的自适应光学系统，并使用超稳晶振作为独立时钟源，成功解决了两大难点。

随后，潘建伟团队利用王向斌团队的四强度优化协议，在上海城市大气信道中实现首个自由空间MDI-QKD，通信双方距离为19.2公里。这一距离远远超过地球大气的等效厚度，标志着向基于卫星的MDI-QKD迈出坚实一步。这项研究所发展的相关技术，也为在自由空间进行量子干涉相关量子实验开辟了道路。

该论文共同第一作者为曹原副研究员、博士后李宇怀和博士研究生杨奎量。  
(桂运安)

## 中国科大在源无关量子随机数研究方面取得新进展

仍然存在一些关键安全性问题，例如没有考虑探测器后脉冲效应、多探测器的探测效率不匹配、探测器对光源分布敏感等特性所带来的安全性问题，并给出了相应的解决方案。该成果发表在国际知名学术期刊《npj Quantum Information》上。

源无关量子随机数协议是2016年提出的一种新型量子随机数协议。该协议通过监测用于生成随机数的相互无偏基的误码，可以在光源不可信的情况下，产生安全的私密随机数。该协议可以同时兼顾随机数发生器的安全性与高速率的需求，并可以容忍非常高的设备损耗。然而该协议

器对光源分布敏感问题，该团队提出了一种光源分布监测方法，并在充分考虑有限码长效应的条件下给出了基于组合安全性的码率公式。该成果量化分析了测量设备不完美性对源无关量子随机数系统的安全性影响，为实现超快实用化的源无关量子随机数发生器提供了解决方案。

论文第一作者为实验室博士生林幸，通讯作者为王双教授。  
(中科院量子信息重点实验室 中科院量子信息和量子科技创新研究院 科研部)

## 中国科大科学家成功研制“按需式读取”的可集成固态量子存储器

近日，中国科大郭光灿院士团队在该领域取得重要进展，团队中的李传峰、周宗权研究组首次研制出“按需式读取”的可集成固态量子存储器。

量子存储器是构建大尺度量子网络的核心器件。而按需式读取，是指光子写入存储器以后再根据需求决定读出的时间，这对实现量子网络中的同步操作等功能至关重要。但目前国际上已有的可集成固态量子存储器均基于简单的原子频率梳方

案，读出时间在光子写入之前预先设定，无法按需读取。

李传峰、周宗权研究组长期致力于固态量子存储器研究，近年来发展了激光直写技术，在稀土掺杂晶体上制备可集成量子存储器。

近期，为实现按需式读取，他们采用了一种改进的量子存储方案，即电场调制的原子频率梳方案，通过引入两个电脉冲可实时操控稀土离子的演化，从而控制存

储器的读出时间。

使用飞秒激光等技术，研究组首次研制出按需式读取的可集成固态量子存储器，存储保真度达到 $99.3\% \pm 0.2\%$ ，表明其具有极高的可靠性。

该成果对实现大容量量子存储和构建量子网络都有重要意义。

国际知名学术期刊《物理评论快报》日前发表了该成果。  
(张鹏飞)

**本报讯** 12月18至20日，由我校主办的第十一届全国火安全材料学术会议成功召开。会议旨在为国内同行搭建学术交流平台，促进我国火安全材料科学的发展，扩大其国内外学术影响力，吸引更多优秀人才加入到火安全材料的应用基础研究和技术创新中，服务于国民经济的主战场，满足国家重大需求。

大会组委会主席胡源教授主持开幕式，介绍了会议举办形式和邀请的专家。刘乃安教授致欢迎词，并介绍了火灾科学国家重点实验室的发展历程、研究领域及研究成果。

会议围绕五个主题开展：阻燃剂和阻燃材料的研究进展；火安全材料的烟气与毒性评价、标准；火安全材料的老化；火安全材料的工程应用；国防、能源、交通等；生物质材料的阻燃进展。

在疫情防控常态化背景下，会议采用线上和线下会议相结合的方式。会议包括26个邀请报告，其中4个为线上报告。四川大学王玉忠院士，东北林业大学李斌教授，中科院长春应化所唐涛教授，北京化工大学张胜教授，我校火灾实验室汪碧波、胡伟兆、阙永春三位副教授等应邀做大会报告。在自由问答环节，各位专家就线上线下提出的问题进行了耐心细致的解答，论坛气氛轻松、热烈愉悦。

本次会议共设12个分会场(北京化工大学、东北林业大学、中科院长春应化所、北京理工大学、四川大学、上海交通大学、河北大学、青岛大学、浙江宁波理工学院、青岛科技大学、厦门大学等)，来自30多所科研院所、企业研发人员约500名通过线上参加会议。

会议期间召开了火安全材料组委会会议，为火安全材料未来发展和学术交流活动建言献策，增补了中科院宁波材料所朱锦教授、北京工商大学钱立军教授为组委会成员。(火灾科学国家重点实验室)

## 我校最优秀子集选取问题研究取得新进展

**本报讯** 12月16日，我校管理学院王学钦教授团队与美国耶鲁大学公共卫生学院Heping Zhang教授合作在美国科学院院刊《PNAS》在线发表论文，针对线性回归模型的基准问题——最优子集选取，提出了一种快速算法。

发现事物间的关系是大部分科学研究的目的，这在统计学中称之为回归分析。其中，线性回归模型由于其简洁性和可解释性而成为最有用的科学研究工具之一。尽管线性回归模型被如此广泛的使用，但其中一个很基本的问题：如何在一组变量中选择最优的子模型，尚未解决。这个问题的求解被认为是NP-hard问题。得益于现代科技的发展，数据的收集变得越来越便利，在典型的生物医学研究中会收集到上百个变量，常规的全基因组研究中则涉及到成千上万甚至是百万级别的遗传变异。现有的算法难以在上万级别的实际问题中寻找到最优子集。

为了解决这个问题，王学钦团队利用排序和剪接的思想结合一个新的信息准则发展出一种新的算法，使得算法在有限步内就能得到稳定解；并证明了在一定条件下，依大概率，该算法具有多项式的时间复杂度，而且能够选出最优子集。

王学钦教授和Heping Zhang教授为论文共同通讯作者，中山大学博士生朱俊贤和中国科大温灿红特任副研究员为论文共同第一作者。

(管理学院 科研部)

# 第十一届全国火安全材料学术会议举办