

# 用“灵通鼻”捕捉看不见的气体

■本报记者 严涛 通讯员 王格

“救援结束后我们才知道，当时我们站的地方是老百姓的屋顶。”半年多前，甘肃积石山地震引发次生灾害。回忆当时的救援情景时，程鹏飞依旧心绪难平。

不久前，西安电子科技大学空间科学与技术学院收到一封来自青海省消防救援总队的感谢信，信中特别提到了该校副教授程鹏飞团队研发的“埋压人员痕量气体探测技术装备”。据介绍，该装备能够在救援现场精准探测到生命的迹象，其精确度好比在一个标准足球场上找到一枚1元硬币。

程鹏飞一直从事气体探测技术的研发，他告诉记者，通过对这些看似极难捕捉的气体的检测，寻踪觅迹、抽丝剥茧，辅以后信息技术手段的分析，便可发现气体中隐藏的“秘密”。

## 从市场需求反推科研方向

2014年，程鹏飞从吉林大学毕业，来到西安电子科技大学任教。研究探测及信号感知，一直在探索自身研究领域与市场需求的契合点。

“2020年，我带着学生做了一个叫‘城市嗅觉—城市空气质量监测系统’的项目，拿到了‘挑战杯’中国大学生创业计划竞赛全国铜奖，河北省生态环境厅看到这个项目后主动找我们合作。”通过这次比赛，程鹏飞似乎找到了这个契合点。

2021年7月，在学院的支持下，程鹏飞组建起一个由8名教师、12名在校研究生组成的智能探测与感知团队。从材料、传感器设计到信号识别、数据分析，他们自主研发气体探测设备。

“我们的设备有两个优点，一是精准，传统小型化监测设备只能测出醇类、烷类、烃类，我们可以测出具体是甲醇还是乙醇；二是方便，相比建监测站，我们的设备用无人机搭载就可以去现场测，并且可以完成指定区域的气体检测。”程鹏飞介绍。

程鹏飞一直从事气体探测技术的研发，他告诉记者，通过对这些看似极难捕捉的气体的检测，寻踪觅迹、抽丝剥茧，辅以后信息技术手段的分析，便可发现气体中隐藏的“秘密”。

“2020年，我带着学生做了一个叫‘城市嗅觉—城市空气质量监测系统’的项目，拿到了‘挑战杯’中国大学生创业计划竞赛全国铜奖，河北省生态环境厅看到这个项目后主动找我们合作。”通过这次比赛，程鹏飞似乎找到了这个契合点。

2021年7月，在学院的支持下，程鹏飞组建起一个由8名教师、12名在校研究生组成的智能探测与感知团队。从材料、传感器设计到信号识别、数据分析，他们自主研发气体探测设备。

“我们的设备有两个优点，一是精准，传统小型化监测设备只能测出醇类、烷类、烃类，我们可以测出具体是甲醇还是乙醇；二是方便，相比建监测站，我们的设备用无人机搭载就可以去现场测，并且可以完成指定区域的气体检测。”程鹏飞介绍。

# 过去2000年的敦煌，沙尘暴强烈吗？

■本报记者 叶满山

敦煌是古代丝绸之路的重要节点，这里历史悠久，留存了丰富的文化艺术遗产。然而，该地区频发的沙尘天气不仅威胁着生态安全，还对莫高窟、阳关等珍贵的历史文化遗迹保护构成了挑战。深入研究敦煌沙尘天气的历史变迁，对于该地区的气候环境治理和文化遗产保护具有重要意义。

近日，中国科学院西北生态环境资源研究院研究员柳本立团队基于历史文献记录，成功重建了敦煌地区过去两千年的沙尘天气活动强度序列，为理解该地区历史时期的气候环境变化提供了宝贵的数据支撑。相关论文发表于《中国沙漠》。

## 千年气候变迁的历史见证

敦煌所处的河西走廊是中国北方主要的沙尘源地之一，也是风沙东移南下的大通道。这一地区沙尘活动的强度和频率不仅直接影响当地的生态安全和文化遗产的保护，还与整个西北地区乃至中国的气候环境变化密切相关。因此，对敦煌沙尘天气的深入研究，不仅具有科学价值，更具有深远的现实意义。

“自2021年那场严重的沙尘暴之后，沙尘暴的频率和强度似乎都在逐年增加。敦煌，是一座有着丰富文化遗产的古城，相关历史文献中可能藏有关于沙尘暴



团队在救援现场查看设备探测数据。

受访者供图

绍说。

正因为这些小而精的优势，从2022年2月至今，程鹏飞团队义务为石家庄、廊坊、西安、榆林等地环保部门提供精细化有害工业气体排放检测和大气环境监测服务，服务时长累计超1万小时。

从市场需求反推的科研方向具有“有的放矢”的天然优势，也让团队的研究成果获得了更多的实际应用。

2024年，得知校友有胃癌体外检测的需求后，程鹏飞组织团队基于之前的检测设备，针对胃癌患者呼出气体的特性，升级迭代感应材料，研发出“呼气智能疾病检测仪”。

“医院大多使用气袋收集胃癌患者呼出的气体，再用气相色谱仪检测，流程长、设备固定，不方便。”程鹏飞说，“呼气

智能疾病检测仪”搭载了针对胃癌患者呼出气体的专用敏感材料和元器件，具有手持便携、检测迅速、准确率高及无创无痛等优势，为患者提供了更好的就医体验。

“未来，我们希望该检测仪能够像家用血压仪一样普及。”程鹏飞说，“目前，该仪器只能检测出‘是与否’，希望未来它能更加精细化，检测出胃癌不同的发展期，最好是能在最早期测出。”

## 把气体探测技术做好做精

积石山地震救援现场那次经历，让程鹏飞更懂得敬畏生命。

目前，对埋压人员的搜救主要依靠生命探测仪和搜救犬，但传统生命探测仪使

用的雷达波很难透过水和金属等介质，而搜救犬嗅觉的灵敏度会随其工作时间的延长而降低。

与生命探测仪和搜救犬相比，程鹏飞团队研发的“埋压人员痕量气体探测技术装备”，可在灾后复杂地形中利用被困者代谢产生的痕量气体作为标志物，通过对压埋缝隙中逸散出的痕量气体进行探测，进而确定被困者位置，为救援队伍开展人员搜救提供有效帮助和指引。同时，它具有更好的穿透力、稳定性，可在有电力保障的情况下长时间不间断工作。

作为国家重点研发计划项目，“埋压人员痕量气体探测技术装备”已通过严格的考核。“当时，专家给我们出了一道考题，在5个10米深的洞里，放了5瓶气体，瓶上插着气管，模拟人体呼气的流量进行气体释放，其中只有一瓶气体含有人体标记物，而且浓度极低，让我们的设备把含有人体标记物的那一瓶测出来。”面对如此高精度的检测验证，程鹏飞团队交上了一份5次全对的“满分答卷”。

“为了便于在灾区工作，我们对这套设备做了很多调整。”团队成员郝熙东介绍，“气腔仿生了嗅觉更加灵敏的鼠鼻模型，通过精密传感器，提升器件微纳加工工艺，使设备更便于携带和操作，同时提高了算力，可以快速准确地得到数据，提高救援效率。”

亲历救援的程鹏飞团队决心把装备做得更好。气敏传感器覆盖气体增加5个种类、被压埋活体探测准确率提升至95%以上、检测响应时间缩短20%……经过近半年的时间攻关，这套装备的关键数据指标再次得到提高。

“西安电子科技大学在科研装备上实现了‘千里眼’和‘顺风耳’，如今，我们想再加一个‘灵通鼻’，希望我们能将气体探测技术做得更好、更精，不管是为人民生命安全健康，还是为国家科技自立自强，都能贡献一份力量。”程鹏飞说。

## 发现·进展

南京大学

## 类皮肤超材料在黑暗中隐身

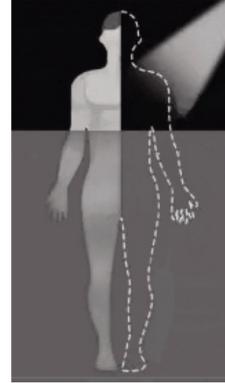
本报讯(记者温才妃 通讯员刘逸飞)南京大学教授朱嘉团队开发了一种基于金纳米颗粒自组装的类皮肤超材料，成功实现了在黑暗环境下的可见光和红外双波段隐身。这项工作为具有灵活多波段调制且适用于多种应用场景的类皮肤超材料提供了新范式。近日，相关成果发表于《科学进展》。

隐身技术的目标是使物体与其环境融为一体，从而难以被相机、红外热成像仪和雷达等探测设备发现。随着探测技术的不断进步，单一波段的隐身技术已无法满足实际需求，多波段兼容的隐身技术变得尤为重要。

夜间或外太空伪装是隐身技术的重要应用场景。为了实现这一目标，材料需要具备高可见光吸收率以适应黑色背景，同时具备低红外发射率以抑制红外热辐射，从而实现可见光和红外双波段的兼容隐身。

为此，该团队开发了一种独特的基于金纳米颗粒自组装中空柱(NPAHP)的跨尺度三维多级结构。该结构在不同尺度上的特征结构单元可实现可见光、中波红外和长波红外波段的协同调制，从而定制出理想的高度选择性光谱。

此外，基于NPAHP的类皮



课题组供图

肤超材料具有超薄厚度(0.6微米)和周期性的穿孔，结构上呈现出类皮肤的依附性和透气性，为可穿戴伪装领域带来新的应用可能性。

受益于极低的红外发射率，该材料在高温下呈现出优异的红外隐身效果，将其用于模拟的飞机引擎上时，可将发动机的辐射温度从~674K降至~353K，大幅提升了高温环境下的隐身性能。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.ad11896>

中国科学院广州地球化学研究所等

## 建立首个早古新世生物标志物剖面

本报讯(记者朱汉斌)中国科学院广州地球化学研究所博士后姜连与合作导师、该所研究员王云鹏及国际合作者，利用碳同位素和生物脂类化合物揭示古新世南太平洋海洋环境，建立了首个早古新世生物标志物剖面。近日，相关成果发表于《古地理、古气候、古生态》。

古近纪早期是一个地球气候极其温暖的时期，拥有典型现代澳大利亚东南部和新西兰地区热带—亚热带的动植物群，且古新世—始新世时期释放到大气中的二氧化碳总量与现今人类燃烧化石燃料排放的二氧化碳总量相似，因此被认为是未来暖地球气候系统的一个很好的模拟实例。

由于样品局限性，对南太平洋的古新世—始新世的研究报道有限，尤其是古新世早期南太平洋的海洋与生态环境，地球科学家对此知之甚少。

该研究通过对国际大洋钻探计划378站点获取的南太平洋早古新世海相岩芯的有机地球化学和碳同位素分析，建立了首个早古新世生物标志物剖面，恢复

了南太平洋古新世的古气候条件和海洋生物圈组成，从而填补了地质学家对南太平洋早古新世海洋生态环境的认识空白。

研究人员对南太平洋这一时期的海洋生产力、生态群落组成和古环境进行综合评价，取得了三项重要进展。一是根据研究结果建立了新西兰坎贝尔高原一个全新的古新世生物标志物剖面；二是发现古新世南太平洋的海洋生产力来源组成丰富多样，包括藻类、细菌、硅藻、鞭毛藻和高等植物等，而主要生产力由水生生物主导；三是发现古新世南太平洋的氧化还原性质由氧化—缺氧过渡带向还原性较强的海洋环境(水深>1000米)转变。

该研究中的生物标志物记录弥补了高纬度南太平洋古新世生物圈知识空白，首次提出的古新世沉积模式图加强了地质科学界对南太平洋的认识，为古新世全球海洋环境的研究提供了新的数据支持。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.paleo.2024.112368>

浙江农林大学等

## 新型人造树叶可提升光合作用效能并储存太阳能

本报讯(记者崔雪芹 通讯员陈胜伟)在长期研究植物光合作用的基础上，浙江农林大学的李华丰、白丽群和河南大学的马鹏涛合作，设计了一种双功能人造树叶并构建了光转化全反应体系。在光照条件下，该新型人造树叶可充分发挥纤维素定向电子传递作用与多金属氧酸盐电子储存功能，实现电荷快速分离、电荷储存与生物质能源高效转化。日前，相关研究成果发表于《化学工程期刊》。

人造树叶能源转化技术是近年来发展起来的一种新型能源生产储存技术。此前研发的各种人造树叶只能在光敏剂和牺牲剂共同参与下发生氧化或还原半反应，反应速率缓慢且反应体系复杂。

与已报道的人造树叶相比，此次研究人员研发的新型双功能人造树叶具有一系列新优势：实现了气液、液液、气气多相结

合催化反应体系的构建；独立的氧化和还原反应体系，反应速率是混合体系的2.7倍，并牵制了电子进行定向移动，电荷分离效率提高2.8倍；使用寿命延长，相当于毛泡桐树叶寿命的1.8倍，并且在极端环境条件下仍能进行光合作用，其“工作”温度在-20℃至120℃之间。

将太阳能转化为可储存的二次能源是可持续能源技术的核心概念。此前的能源储存主要集中在化学品的转化，而将太阳能储存在人造树叶中实现“按需”转化的相关报道极少。“生活中，树叶只能在光照下进行光合作用。我们研发的人造树叶不仅能够进行光合作用，而且可以储存多余的太阳能，在黑暗的条件下释放能量，继续进行光合作用。”李华丰说。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1016/j.ccej.2024.153637>



《地球脉动：极境生存》首映礼现场。

中国科技馆供图

## 敦煌沙尘天气强烈频发的四个阶段

研究结果显示，敦煌地区沙尘天气强烈且频发时期主要集中在280—351年、1440—1550年、1720—1840年、1900—1952年四个阶段。这些时期与周围地区自然代用证据所反映的沙尘高发时期基本一致，且大致对应干旱、寒冷时段。

这一发现不仅揭示了敦煌地区沙尘天气的变化规律，也为理解该地区历史时期的气候环境变迁提供了重要线索。位于极端干旱区的敦煌面临着环境和人为因素带来的多重压力，其中频发的沙尘天气直接影响着敦煌的生态安全及历史文化遗迹的保存。在此背景下，借助该地区相对丰富的史料记载，开展敦煌历史时期沙尘天气的研究，为预测和防范沙尘天气提供科学依据，具有十分重要的意义。

此外，研究团队建议加强国内外合作研究，深入挖掘海外流失文献的价值。那些流失海外的文献中可能有大量关于敦煌及河西走廊地区沙尘天气的珍贵记录，对于完善沙尘天气序列、深入理解历史时期的气候环境变化具有重要意义。

相关论文信息：  
<http://www.desert.ac.cn/CN/10.7522/j.issn.1000-694X.2023.00160>

的重要记载。”柳本立告诉《中国科学报》，出于好奇，他和团队决定从文献史料中搜寻关于沙尘暴的记录。

经过统计和分析，团队发现，尽管敦煌地区文化遗产丰富，但关于沙尘暴的确切记载却寥寥无几。尤其是早期的记录，例如汉朝时期的悬泉汉简，“二月中送使者黄君，遇大风，马警(惊)折死”，短短几句话记载了一次大沙尘暴事件，虽然详细，但缺乏具体的年份信息。

面对这一挑战，团队开始思考如何利用敦煌及周边地区的历史文献资料 and 现代气象观测数据，重建敦煌地区过去两千年的沙尘天气活动强度序列。

论文作者之一、中国科学院西北生态环境资源研究院硕士研究生王伊蒙说：“沙尘暴是一种大范围的天气过程，其传输路径上的不同地区之间存在一定的关联性。因此，我们可以建立一个概率模型，通过分析和比较不同地区的历史沙尘暴记录来推断敦煌地区沙尘暴的发生频率和强度。”

经过长时间的努力和深入研究，研究团队成功利用这一方法找到了140多条可用的沙尘暴历史文献记录，覆盖了从西汉至今两千多年历史。

## 建立地区间沙尘天气关系

尽管有了140多条宝贵的文献记录，

但研究仍然面临历史文献资料不完整的挑战。一些历史时期的沙尘天气的记载数量较少甚至缺失，这在一定程度上限制了研究的深度和广度。

考虑到同一沙尘移动路径上的不同地区，其沙尘暴的发生往往属于同一天气过程，研究团队提出建立地区间沙尘天气关系的思路——利用不同地区的沙尘天气史料记载信息作为补充，以弥补敦煌地区历史文献记录相对稀少的不足。

在具体研究过程中，研究人员使用国家气象信息中心发布的《1954—2007年中国强沙尘暴序列及其支撑数据集》作为基础数据，通过对河西走廊地区各站点的强沙尘暴记录进行分析和整理，成功将它们划分为不同的沙尘天气过程，并将间隔时间小于24小时的记录视为同一次沙尘天气过程。此外，他们还利用敦煌市气象局提供的沙尘暴和扬沙数据，进一步完善了数据集。

“为了验证和补充研究结果，我们选取了邻近或覆盖敦煌地区的多种自然代用资料进行对比分析。这些资料包括青海敦德冰芯的微粒浓度序列、柴达木盆地苏干湖与天山东段巴里坤湖沉积物中的粗粒含量和磁化率序列等，提供了反映历史时期沙尘暴活动频率、干湿变化和温度变化的宝贵信息。”柳本立说。