

这群“候鸟”，何以守住南方一片林

■本报记者 王昊昊

每年春夏，大批候鸟会飞越湖南省怀化市会同县的群山。它们从南方来，往北方去，年复一年，从不爽约。

在这片林子里，还有另一群“候鸟”。他们从东北跨越 2000 多公里飞抵湘西的群山，一守就是 60 多年。

这群特殊的“候鸟”，便是中国科学院沈阳应用生态研究所（以下简称沈阳生态所）会同森林生态实验站（以下简称会同站）的科研人员。60 多年来，他们像候鸟一样，每年从沈阳飞到湘西；和真正的候鸟不同的是，他们的落脚点从 1960 年选定那天起，就再也没有变过。

一个关乎国家命脉的战略问题

站在老站址门口，会同站原站长、沈阳生态所研究员汪思龙思绪万千，1985 年初来会同的场景历历在目。

那一年，从安徽农业大学林学系毕业的汪思龙考上沈阳生态所研究生，来到会同站工作。他原计划到长白山做森林土壤研究，却阴差阳错到了这里。

“到会同站后我才知道，原来站里的专家早就盯上了我。”汪思龙说，野外科研工作强度大、驻点条件艰苦，对体力和长期野外适应能力要求较高。“当时站里更青睐体力好、能吃苦的男性科研人员，专业契合的我成为最佳人选。”

一个位于东北地区的研究所，为什么要在 2000 多公里外的会同建个研究站？这个问题，汪思龙当年也想过。到了会同，他才慢慢明白。

新中国成立之初，百业待兴，巨大的木材需求，快速消耗了我国东北和西南两大国有林区的森林资源。同时西方国家对我国实行全面封锁禁运，木材进口渠道几乎被掐断；20 世纪 50 年代，我国每年进口木材只有 30 多万立方米，还不到 20 世纪 30 年代进口量的一半。

“脚手架、电线杆、铁轨枕木等都是木头的，老百姓家里的洗脸盆等日常用品也是木制的。”汪思龙说，后备森林资源如何跟进培育，成为一个关乎国家命脉的战略问题。

当时，沈阳生态所（彼时为中国科学院林业土壤研究所）的科学家朱济凡、刘慎谔等预见到我国天然林资源明显不足，并前瞻性地提出从国家长远需求出发，利用亚热带丰富的水资源大力发展人工林，从根本上解决木材供应不足的问题。

“培育森林后备资源，研究所老一辈科学家首先想到的便是人工造林。东北气候寒冷，落叶松二三十年的生长量，南方杉木七八年就可能实现。他们调研后提出，人工培育森林资源，要到亚热带气温比较高、水资源比较丰富的地方来。”汪思龙介绍。

会同地处湘西南，被雪峰山脉与云贵高原



张伟东（右）和同事测量杉木树径。

王昊昊 / 摄

环抱，是全国杉木的中心产区之一，素有“广木之乡”的美誉。这里的杉木七八年就能长到东北落叶松二三十年才能达到的规模。于是，会同成了“候鸟”们选定的落脚点。

1960 年 3 月，以冯宗伟、陈楚莹为首的科研人员，带着培育后备森林资源的国家任务，从沈阳出发来到会同县广坪镇，建立了我国第一个人工林定位站。

破解杉木“成长的烦恼”

种一棵树容易，造一片林难。建站之初，摆在科研人员面前的问题是如何种好杉木。

没有现成答案。当时我国人工林研究刚起步，连最基本的造林密度都没有科学依据。起初照搬苏联经验，每亩种 440 株。会同站科研人员经过对比观测，发现这个密度并不适合南方杉木。

“由林学、森林气象、树木生理、土壤物理等不同专业人员组成的科研团队，开展了大量的观测和试验，得出一个新答案：南方杉木人工林每亩种 240 株最合适。”会同站现任站长、沈阳生态所研究员张伟东说。

这个数字看似简单，在当时却是颠覆性的。密度降下来后，杉木生长空间足了，出材率大幅提高。调整密度后的杉木林，每亩蓄积量达到 87.2 立方米。会同站随后建起的 3000 多亩示范林，成为 20 世纪 80 年代全国速生丰产林样板。

栽种密度有了答案，但新问题很快又来了。到 20 世纪 80 年代，林农反映，杉木种过一轮，再种就长不好了。第一代每亩能产 20 立方米，第二代只有十五六立方米，第三代更少。一代不如一代，这是当时南方杉木产区最头疼的事。

为什么会这样？会同站科研团队开始了一场长达 15 年的攻关。

他们发现，杉木有个“毛病”，其枯枝落叶含有抑制微生物分解的芳香物质，落在地上不易腐烂，养分归还不到土壤里。杉木十

几年后才大量落叶，而到 20 年主伐期时，叶子还没完全分解，树就砍了。砍完以后，林农习惯一把火烧掉枯枝落叶，上一代积累的有机质又损失了一大块。如此循环，地力逐年下降。

“过去说三五年就导致地力衰退，其实不准确。”汪思龙后来反思，“如果让杉木长到 30 年再砍，给它足够的时间分解和归还养分，退化就不会这么严重。但当时国家急需木材，等不了 30 年。”

经过反复定位试验、实地论证后，科研人员找到了一个简洁有效的方案，按 8：2 的比例营造杉阔混交林，即 8 成杉木、两成阔叶树。

汪思龙解释说，阔叶树的落叶分解速度比杉木快一倍多，能加速养分循环；有些阔叶树种还能固氮，把空气中的氮固定到土壤中供杉木吸收。8：2 这个比例，既能保证杉木产量，又能遏制地力衰退，综合效益最好。

他们还发现，不同地区适合的阔叶树种不一样。广西林场杉木最好的搭档是火力楠，到了湖南，则是刺楸。刺楸叶子薄、分解快，养分循环迅速，生长周期短，而十几年后竞争不过杉木时，自己就“退出”了，把空间留给杉木继续生长。“刺楸前期可提高土壤肥力，促进杉木生长；后期又有自疏作用，不需要人工间伐。”张伟东说。

在此基础上，团队进一步揭示了杉木林地力衰退的三大机理——营养机理、生物学机理和毒性机理，构建了杉木土壤质量调控技术体系。2004 年，时任会同站站长陈楚莹的关于在我国亚热带、热带地区建立优质高效人工用材林的建议，得到国家有关部门高度重视，成为国家林业决策的重要依据。

为一片林算清“碳账”

2003 年，国家林业政策从“以木材生产为主”转向“以生态建设为主”。与此同时，杉木的市场价值也在下降——进口木材大量

涌入，而杉木密度低、质地软，做地板一砸一个坑，在家具市场的竞争力大不如前。会同县的采伐指标，从 20 世纪 90 年代的每年 30 万立方米，降到了如今的 10 万立方米。

杉木从“摇钱树”回归“生态林”。会同站的研究重心也随之转为服务“双碳”目标。“老一辈科学家解决的是‘有没有’的问题，我们要解决的是‘好不好’‘可否持续’的问题。”张伟东说。

1998 年开始，会同站的研究人员对此片示范林进行了气候、地形、水源、生态 4 个方面的连续观测。近 30 年的数据积累下来，他们正在算一笔精细账：这片林子每年能固定多少碳？土壤里的碳是在增加还是减少？

初步结论并不乐观。“树木生长确实固定了大量碳，但土壤碳似乎在降低。”张伟东说，植物通过光合作用吸收二氧化碳，但土壤也在通过微生物分解有机质释放二氧化碳。整个生态系统到底是碳汇还是碳源，需要把这两笔账放在一起算。

要算清这笔碳收支账，关键在于摸清土壤呼吸规律。土壤每年释放的二氧化碳量是大气碳库的 3 倍，与人类活动排放量相当。如果土壤释放的二氧化碳进入大气，全球变暖就会加剧。为了把碳“留”在土壤里，团队正在探索一条新路径：增强岩石风化。

“石头在大颗粒变成小颗粒、最终形成土壤的过程中，本身就在吸收二氧化碳。”张伟东解释，把岩石粉末撒到土壤里，一方面可让它吸收二氧化碳，另一方面，岩石释放出的钙离子能让土壤里已有的碳变得更稳定，分解得更慢。目前，相关研究成果已发表，逐步探索后有望进一步推广。

另一条路径是增加物种丰富度。团队在杉木林下引入刺楸、闽楠、栲树、青冈等阔叶树种，营造多树种混交林，通过更复杂的群落结构让土壤固定更多碳。比如，刺楸前期提高土壤肥力、后期自疏让位；闽楠作为珍贵用材树种，长好了可以弥补杉木价格低的短板；栲树、青冈等树种，则可促进生态系统功能的恢复。

杉木林的意义已不止于一亩能出多少方木材，而是能为国家“双碳”目标贡献多少碳汇。

研究的接力棒也在传递。目前，会同站的固定科研团队有近 30 人，站里还有“90 后”“00 后”的学生常驻。

“优秀人才引进仍有难度，不是招不到人，而是愿意长期扎根野外台站的人不多。”张伟东表示，老一辈“候鸟”们在艰苦的年代守住了这片林子，很好地解决了国家重大需求，而时代考题几经更迭，不变的是这片山林，是会同站科研“候鸟”们的坚守。“年轮不息，研究不止。我们将持续解码森林碳循环的秘密，在湘西南群山之间，做好这片杉木林的科学接力。”

发现·进展

中国科学院大连化学物理研究所

提出铝阳极低温失效机制新观点

本报讯（记者孙丹宁）中国科学院大连化学物理研究所研究员王二东团队在水系电解液体系中铝阳极低温失效机制研究方面取得新进展。他们揭示了低温诱导铝阳极界面重构的微观机制，为低温适应型铝阳极的界面工程设计提供了新的理论依据。近日，相关成果发表于《先进材料》。

金属铝阳极因其具有高理论比容量、低成本与高安全性等优势，在水系铝电池体系中受到广泛关注。然而，在水系电解液中，低温下铝阳极极化急剧升高、电池功率密度降低，制约了工程化应用。传统观点通常将该极化归因于电解液电导率下降，但难以解释温度低于某一阈值后极化呈指数级陡增的实验现象。目前，铝阳极与水溶液之间的界面受温度影响的机理尚不清楚，是制约低温极化行为深入解析与性能调控的关键瓶颈。

针对这一难题，研究人员采用原位动态电化学阻抗谱结合地豫时间分布分析，并结合原位表征技术和密度泛函理论计算，系统研究了铝阳极在水系电解液中的低温电化学行为。团队识别出 5℃至 0℃区间的临界极化拐点，揭示该拐点源于低温诱导反应路径转向，生成界面高度无序的氧化铝并形成高阻抗网络。

该研究中，团队提出“低温界面重构诱导阻抗”模型，并揭示低温性能衰减主要源于界面结构与成分演化，而非传统观点所认为的电解液电导率下降。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adma.75290>

南方科技大学等

揭示缅甸大地震跨尺度破裂过程

本报讯（记者刁雯蕙）南方科技大学副教授陈克杰、孟浩然和张振国团队与合作者将数百公里尺度的破裂传播与断层旁数秒内的地面运动相联系，揭示了缅甸大地震跨尺度破裂过程，为专业观测与泛在视频协同研究大地震提供了新途径。近日，相关研究成果发表于《科学进展》。

2025 年 3 月 28 日，缅甸曼德勒发生 7.7 级地震。地震中，专业台网记录了整体破裂传播，断层附近的监控摄像机记录了局地滑动，使这两个尺度的破裂过程能够相互对照。

研究团队利用广东和澳大利亚地震台阵记录的高频地震波追踪辐射源沿断层的迁移，并结合瑞利波相干分析约束破裂速度。结果显示，破裂从震中向南北两侧扩展，南向破裂由较慢的亚剪切传播转为持续的超剪切传播，在较长距离上达到 4.8–5.3 公里 / 秒。

在 Thazi 太阳能电站，距地表断层约 15 米的一台监控摄像机记录了破裂经过时的地面运动。研究团队对视频进行稳像处理和镜头畸变校正，结合现场测量完成尺度标定，并利用现场照片的拍摄时间校正视频时钟，使局地运动能够与专业台网确定的破裂时序进行对照。

他们发现，当地断层两侧约 2.8 米的相对错动在两秒左右完成。在主要的断层平行滑动开始前，地面已出现明显的断层法向位移，运动特征与局地亚剪切脉冲式破裂的理论预期相符。此外，区域台阵分析显示破裂前缘在 Thazi 太阳能电站附近具有超剪切传播特征，而摄像机记录的浅表运动却具有亚剪切破裂特征。

研究人员利用三维破裂动力学模拟考察了深浅部摩擦弱化差异的影响。模型采用滑移软化摩擦关系，即断层强度随滑移增加而逐渐下降。模型中较深部的滑移弱化距离为 0.18 至 0.40 米，经历较小滑移即可完成主要强度下降，有利于超剪切破裂的形成与持续传播；浅部则依据视频观测估计采用约 1.24 米的弱化距离，需要更大的滑移才能完成弱化。较大的浅部弱化距离与较高的局部黏聚强度共同限制了浅部破裂的加速，使深部超剪切传播与浅部亚剪切破裂能够在模拟中共存。这种深度差异为台阵和视频记录的不同破裂特征提供了一种可能的解释，视频也为检验震源模型提供了参照。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.aee5191>

深圳大学等

发现“土豆米”可缓解结肠炎

本报讯（记者冯丽妃）中国科学院院士、深圳大学教授吴奇与香港中文大学教授黄永德团队合作，完成创新加工型马铃薯主食“土豆米”的系统性营养学研究，并首次揭示其可发挥缓解结肠炎的作用。近日，相关研究以封面文章形式发表于《农业与食品化学杂志》。

长期以来，马铃薯主粮化面临两大瓶颈：一是煮熟后口感偏软，难以满足传统主食“有嚼劲”的口感偏好；二是鲜薯储存稳定性较差，长期存放易发芽。

针对上述问题，研究团队首创“分子编织”加工技术，将带皮鲜马铃薯脱水后与谷物粉一同置入双螺杆“分子编织设备”中，通过可控结构修饰重塑淀粉分子链，制成形似米粒、口感耐嚼且更耐储存的土豆米，从加工层面解决了马铃薯作为主食的口感与保质期难题。

研究显示，煮熟后的土豆米可保持稳定的 5 型抗性淀粉 V 型晶体结构，这是其发挥生物学活性的重要理化基础。实验小鼠长期摄入土豆米后，肠道微生物 α 多样性显著提升，有益共生菌的丰度也增加了。在葡聚糖硫酸钠诱导的急性结肠炎模型中，土豆米有助于减轻结肠炎症状，维持肠道上皮屏障完整性，提高肠道短链脂肪酸水平，并恢复胆汁酸稳态。

通过菌群清除实验与粪菌移植实验，研究人员发现，肠道菌群在其中发挥核心作用——通过抗生素清除肠道菌群后，土豆米原有的结肠炎保护作用随之消失；而当团队将曾喂食土豆米的小鼠的粪菌移植至其他小鼠后，受体小鼠对结肠炎的抵抗能力有所提升。研究表明，土豆米可通过“肠道菌群—短链脂肪酸—胆汁酸”调控轴发挥抗结肠炎作用。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6c06560>

国产新一代医用重离子加速器首台示范装置在惠州建成

近日，由中国科学院近代物理研究所自主研制的国产新一代医用重离子加速器——超紧凑型旋转变重离子治疗系统（SIMM）首台示范装置在广东省惠州重离子医学中心建成，标志着我国精准放疗领域取得里程碑式的进展。

SIMM 采用全新盘式结构毫安级强流直线注入器、超短周长快速率同步加速器、国际首创的高性能束流智能旋转配送系统等变革性技术，将装置占地面积由第一代的 4600 平方米缩减至 1200 平方米，运行能耗降低至约 1/3，年治疗能力由 1000 例提高至 2000–5000 例。左图为高性能束流智能旋转配送系统，右图为超短周长快速率同步加速器。

本报记者刁雯蕙报道 中国科学院近代物理研究所供图



解码我国人群恶性肿瘤发病与死亡年龄数据

■王月丹

近期，国家癌症中心 / 中国医学科学院肿瘤医院发布《2024 年中国人群恶性肿瘤发病与死亡年龄特征分析》，显示 2024 年全国恶性肿瘤新发病例首次突破 500 万例，达到 515.06 万例左右，死亡病例约 258.22 万例。其中，肺癌、女性乳腺癌、甲状腺癌、结直肠癌、肝癌居于新发癌症病例的前五位，而肺癌、肝癌、结直肠癌、胃癌、食管癌则是癌症患者死亡因素的前五位。

这一串数字中隐藏着我国癌症的防控形势与成就以及未来的发病走势。那么，这些数字的背后又有怎样的奥秘呢？

癌症发病人数与我国老龄化同步增加

资料显示，我国在 2016 年、2020 年和 2024 年的年癌症新发人数分别为 406.4 万、457 万和 515.06 万。8 年间，我国癌症的新发人数增加了 108.66 万，大约每年增加 13.58 万；其中 2016 年至 2020 年间，我国新发癌症患者 50.6 万人，平均每年约增加 12.65 万人，而 2020 年至 2024 年间，我国新发癌症患者 58.06 万人，平均每年约增加 14.515 万人。这些数字提示我国癌症发病人数正在加速增加。

数字背后的主要原因是我国人口的老龄化。民政部发布的《2016 年社会服务发展统计

公报》和《2020 年民政事业发展统计公报》表明，2016 年和 2020 年，全国 60 岁及以上老年人口分别为 23086 万（占总人口的 16.7%）和 26402 万（占总人口的 18.7%），其中 65 岁及以上人口分别为 15003 万（占总人口的 10.8%）和 19064 万（占总人口的 13.5%）。

从数据上看，我国癌症发病人数的增加与老年人口的增加保持同步，而在我国癌症发病与死亡统计中，60–65 岁人群是癌症发生的高峰群体。我国的老齡化进程还在继续，因此，未来我国癌症的年发病人数可能还会进一步增加。

癌症诊治水平与医疗保障提升

再看癌症的死亡情况。虽然我国在 2016 年、2020 年和 2024 年的年癌症死亡人数分别为 241.4 万、300 万和 258.22 万，但是癌症发病 / 死亡比例分别为 0.59（241.4 万 / 406.4 万）、0.66（300 万 / 457 万）和 0.50（258.22 万 / 515.06 万）。癌症死亡人数在癌症患者中的比例从 2016–2020 年间的增加转为 2020–2024 年间的下降。这表明，癌症患者的生存比例在提高，提示我国癌症患者获得的救治情况在改善。

癌症患者获治情况的改善主要归因于癌症的诊断和治疗技术不断提升。在癌症诊

断方面，随着癌症早筛的开展，很多癌症患者早筛早诊早断，从而提高了生存率。在癌症治疗方面，除了手术、放疗、化疗等传统治疗技术不断发展和提升，微创手术、小分子靶向药和精准放疗进入癌症治疗领域，抗体药和细胞免疫疗法等异军突起，使越来越多的癌症患者获得了治疗的新途径，特别是 PD–1 单抗等高价格精准癌症药物进入我国医保范围，使得更多癌症患者获益。这些都显著提升了癌症患者的缓解率、生存时间和生存质量。

上消化道癌症发病下降

就具体的癌症种类来说，2020 年和 2024 年排名前五位的癌种分别是肺癌、结直肠癌、胃癌、女性乳腺癌及肝癌和肺癌、女性乳腺癌、甲状腺癌、结直肠癌及肝癌。二者相比，肺癌、结直肠癌、乳腺癌和肝癌依然霸榜，而变化最为显著的就是胃癌发病人数退出了最常见的五种癌症，被甲状腺癌取代。与此同时，食道癌等其他上消化道癌症的发病位次也有所下降。

上消化道癌症发病人数排名位次的降低，应该是食品安全教育和防控措施持续改善的结果。一方面，人们日益注重食品安全，避免进食可能含有亚硝酸盐或黄曲霉