

岩石上的绿色“修复师”

——贵州苔藓破解喀斯特生态修复密码

贵州日报天眼新闻记者 谢巍城 彭林元

雨后初霁，云雾在贵州茂兰国家级自然保护区的峰林间缓缓游走，将喀斯特锥形山峰裹上一层朦胧轻纱。

蒙文萍博士蹲在山顶的生态观测站外，用镊子小心翼翼地整理着被雨水冲散的苔藓，碧绿色的瓣状苞叶细如发丝，稍一触碰便簌簌滚落。

这些看似柔弱的苔藓，全部生长在薄薄的石片上，被分别放置在野外100多个实验装置中。

“它们属于石生苔藓，都是天生的‘生态修复师’呢！”蒙文萍来自贵州省植物园，她会定期带领团队成员在茂兰研究石生苔藓，这也是贵州科研团队在喀斯特石漠化生态修复中发现的自然智慧。

古老植物的生态逆袭

作为地球上最早登陆的植物类型，苔藓已在地球繁衍数亿年。中国拥有3340余种苔藓植物，在贵州境内分布有1620余种，包括湿生、附生、土生、石生等类型。其中，石生苔藓是一类生长于石灰岩或白云岩表面的苔藓，体形矮小，枝叶交错卷曲，具有耐高温、耐干旱等习性。

“当干旱来袭，石生苔藓失水后开始蜷缩，进入保护性休眠状态。”蒙文萍说，此时的苔藓颜色转为黄灰，仿佛已经死亡，但这只是一种深度的自我保护策略。一旦水分重新降临，它又会在几秒钟内复活变绿，舒展叶片进行光合作用。凭借“干而不死、遇水则生”的特性，即使蜷缩如枯丝，也可以在接触雨水的瞬间舒展变绿，悄然维系着脆弱的生态平衡。

蒙文萍研究团队历经十年追踪，在贵州共发现200余种石生苔藓。作为生态系统演替过程中的先锋物种，石生苔藓扎根于裸露的石灰岩表面，在高温、干旱、高钙的特殊环境中展现出惊人韧性，不仅能够改变岩石表面温、湿度，还能增加生境内微生物资源数量，提高生境内氮、有机质等营养肥力和苹果酸等含量，缓解雨水对岩面土壤的冲刷。

“石生苔藓的特殊之处在于，为适应喀斯特地区岩石表面特有的高钙环境，它们有一套独特的钙库调节机制。”蒙文萍介绍，喀斯特地区植物生长的土壤钙含量显著高于非喀斯特地区，为应对这种高钙环境，石生苔藓具备快速调节体内钙含量的能力。

微观世界的生存智慧

在实验室的高倍显微镜下，石生苔藓的生存策略令人惊叹。

研究团队通过模拟喀斯特高钙环境发现，当外界钙浓度骤升时，石生苔藓体内的钙含量最快可在1分钟内随之发生变化。然而，这种变化并非永久性的，通常在40分钟至3小时内，其体内的钙含量便会自行恢复至原有水平。

“就像给细胞装上了‘安全阀’。”蒙文萍解释说，“这是苔藓在亿万年进化中练就的‘独门绝技’，也是它们能在其他植物望而却步的裸岩上繁衍生息的关键，更是破解喀斯特石漠化生态修复的密码。”

更令人称奇的是石生苔藓构建的“微型生态圈”。研究发现，附着在岩石表面的地衣、苔藓，对岩石有原始的钻孔作用，苔藓将岩石溶蚀残留物与自己的枯枝残体包裹起来，藏在

植物下面，为蕨类植物、草本植物的定居创造条件。利用微薄的土壤，这些植物开始生根发芽，之后，木本植物也参与进来，让岩石表面热闹起来，慢慢建立起一个健康强大的喀斯特生态王国。

“这一切是那么的和谐，那么的天衣无缝。”贵州省林科院院长冉景丞说，研究发现，在茂兰喀斯特地区，即使同一年、同等降水条件下，缺少森林植被覆盖的喀斯特地区降水形成径流的机会是森林区的4倍，且森林区地表径流的含沙量只有非森林区的5.57‰~13.74‰。

研究表明，石生苔藓分泌的酸性物质溶蚀岩石表面，促进了母岩的风化及成土过程。与此同时，苔藓植物特殊的生长形式能够将径流和空气中的细小土壤颗粒拦截并沉积于假根下，起到良好的固土蓄水作用，为其他植物的生长提供基质。通过日积月累，树木长成森林后，树冠可以减少雨水对地表的冲击，形成良性循环。

从科研成果到生态实践

研究发现，岩溶地区大约需要上万年才能形成1厘米厚的土壤。喀斯特地区土壤薄而不连续，一旦植被遭到破坏，必然导致表土层流失，岩石裸露。加之喀斯特环境中土壤与母质、母岩间往往是一个比较光滑的石灰岩层面，土壤表层物质被淋湿后，较薄的土层与母质母岩层之间没有一个紧密的接触面，地表水下渗以后，很快在这一接触面上产生侧向径流，使得土层更加松散。

因此，石生苔藓扮演着岩石“土壤制造者”的关键角色。

研究团队成员马青华解释道：“作为地球上最早出现的陆生植物，苔藓分泌的有机酸能缓慢溶蚀岩石，释放钙、镁、钾等元素，从而在原本寸草不生的裸岩上形成最原始的土壤层。”

“我们团队研究的核心，就是要量化石生苔藓对岩石的溶蚀作用有多大，具体溶蚀量是多少，用数据说话。”蒙文萍希望研究能为喀斯特石漠化的治理与恢复提供新的思路和方法。

这项研究是国家自然科学基金项目，名为《喀斯特生境石生苔藓有机酸对碳酸盐岩的溶蚀机制研究》，于今年1月正式启动，为期4年，旨在深入研究喀斯特地区独特生物多样性得以维持的内在机制。

“我们每个月都要定期观测，最近雨水多，有些实验瓶内积水漫过苔藓，长期浸泡会影响其正常生长，需要及时调整。”马青华说，团队在茂兰保护区密林深处共设了4个样地，每个样地有140个实验装置，用于定期观测苔藓对石片的溶蚀效果。

实验所用的石片正是就地取材于茂兰保护区的典型岩石，选用的湿地藓和美灰藓也是喀斯特环境中的代表性石生苔藓。研究地点同样选择具有喀斯特地貌高度代表性的茂兰国家级自然保护区，确保实验结果的科学性。

荔波茂兰至今保存着世界上面积最大的喀斯特原始森林。2007年6月在联合国第31届遗产大会上被评为世界自然遗产地，成为中国第六个、贵州第一个世界自然遗产地。

石生苔藓就像岩石上的绿色“修复师”一样，以其顽强的生命力和独特的生态功能，正加速愈合喀斯特地貌裸露的“伤口”。

科研团队在茂兰保护区密林深处设置的实验样地。彭林元 摄



从实验室取出准备放置野外的石生苔藓。彭林元 摄



蒙文萍（左）和团队成员正在整理苔藓。彭林元 摄



科研团队在茂兰保护区密林深处设置的实验样地。彭林元 摄

我省建立碳排放双控制度体系

本报讯（记者 金秋时）近日，为加快夯实碳排放双控基础制度，构建完善碳排放统计核算体系，省发展改革委等八个部门制定了《贵州省建立健全碳排放统计核算和碳排放双控制度体系工作方案》。

《工作方案》目标是到2030年，构建完成系统完备的碳排放统计核算体系，全面建立省、市（州）两级碳排放统计核算制度并有效运转，健全重点行业领域碳排放核算方法，提升重点用能和碳排放单位碳排放管理能力，完善产品碳足迹管理体系，确保碳排放数据能够有效满足各层级、各领域、各行业碳排放管控要求。

重点任务包括：执行区域碳排放统计核算制度、加强重点行业领域碳排放预警管控、完善企业碳排放管理制度、构建项目碳排放和碳减排核算体系、建立碳足迹管理体系及建立碳排放目标评价考核制度。

省发展改革委、省生态环境厅、省统计局将会同省相关行业主管部门按照国家部署要求，建立健全碳排放统计核算工作协调机制。各地、各行业碳排放数据要按照“谁核算、谁管理、谁负责”原则，加强碳排放数据管理和应用。省发展改革委将会同有关部门依托有关数据开展形势研判、提醒预警、评价考核等工作。各地发展改革部门要及时向地方党委和政府报告相关工作要求，并结合实际构建碳排放双控制度体系。

保障重大项目高效建设

我省持续优化林地审批机制

本报讯（记者 张警）日前，为贯彻落实省委、省政府“大抓产业、大抓项目、大抓招商”决策部署，省林业局主动作为、靠前服务，联合省发展改革委、省交通运输厅等多部门印发《关于优化线性基础设施建设项目变更使用林（草）地工作的通知（试行）》，推出“多次变更、一次报批”制度，为全省重大项目建设提供高效林地要素保障。

该制度针对公路、铁路、输电线路等线性基础设施项目，允许用地单位在项目使用林（草）地许可有效期内，因设计变更需调整用地范围的，采取集中报批模式，同步优化申报办理流程，明确由县级林业部门3个工作日内完成现场查验，显著缩短项目落地周期。

近年来，省林业局通过强化林地定额供给、深化简政放权等举措，持续提升保障效能。“十四五”以来争取林地定额指标5万公顷，较“十三五”增长57.2%；2024年审核审批6183宗建设项目使用林地，保障5039个重点民生项目用地需求，相关工作获国家林草局通报表扬。创新推行省级重点基础设施项目控制性工程先行使用林地报备制，已为9个项目办理备案手续，平均缩短企业前期准备时间40%以上。

今年，全省林业系统建立重大项目涉林要素月度调度机制，对4085个省级重大项目开展全流程跟踪服务。截至7月底，已完成1213个项目林地手续办理，通过全面委托省审核权限、建立多元保障联动机制等改革举措，推动审批时限压缩至22个工作日内，有效助力全省营商环境优化升级。

遵义市凤冈县

林业碳票交易活跃

本报讯（记者 张警）近日，记者从遵义市凤冈县林业局获悉，作为遵义市目前唯一持有省级林业碳票的地区，凤冈县立足东方红国有林场森林资源禀赋，科学开发森林碳汇功能，林业碳票交易活跃，有效拓宽了“两山”转化路径，不断推动生态产品价值实现。截至目前，东方红国有林场林业碳票交易总额已实现106.59万元，其中，跨市州交易总额535万元。

2024年3月28日，凤冈县东方红国有林场获得第一批省级林业碳票，签发碳票碳减排量178万吨，预估生态产品经济价值151.08万元。同年8月，安顺市一企业因违法占用林地，通过购买东方红国有林场持有的367吨林业碳票（总价312万元）履行生态修复责任，达成全省首例跨市州林业碳票交易。

东方红国有林场总面积118万亩，活立木总蓄积达12万立方米以上。凤冈县对该林场实施森林“提质量”工程，通过科学抚育、树种优化和病虫害防治，持续提升林场生态效益与经济效益。在全县实施乡村绿化美化、水源涵养林建设等项目，优化林地面积达12万亩，森林抗逆性增强，生物多样性提升，形成多层次绿色景观带，为后续开发森林碳汇奠定了坚实的生态资源基础。

阿哈湖国家湿地公园

开展“湿地小卫士”训练营活动

本报讯（记者 王剑）8月5日至9日，贵阳阿哈湖国家湿地公园首期“湿地小卫士”小小讲解员训练营活动举办，30名8至12岁的贵阳少年儿童争做湿地保护的小小代言人和小卫士。5天的沉浸式体验，激发了青少年亲近湿地、了解湿地、保护湿地的生态意识。

在活动中，礼仪文化老师与自然科普老师联手，在播音主持、礼仪规范、鸟类知识、探秘湿地等专业内容方面对孩子进行全方位的培训，孩子们也不畏酷暑、积极实践，圆满完成了任务。在最后环节的成果汇报中，孩子们在完整掌握了讲解内容的前提下更融入了自己的思考 and 创意，将讲解稿精彩呈现出来。活动结束后，每位参加培训并通过考核的学员获赠“湿地小卫士”结业证书，在之后的“8·15全国生态日”等重要活动中，他们将参与阿哈湖各类科普活动的常规讲解工作。

贵阳阿哈湖国家湿地公园作为全国林草科普基地，依托湿地、野生动植物等林草资源开展自然教育和生态体验活动，展示林草科技成果和生态文明建设成就，面向社会公众传播林草科学知识和生态文化宣传。后续，这里将不断开发出更多“寓教于乐、沉浸体验”的创新课程，播下自然探索的种子，用实际行动践行人与自然和谐共生的理念。

本版主编：干江东 本版责编：罗玮
版式设计：侯刚 张睿

多彩新论

小苔藓大生态

谢巍城

贵州喀斯特地貌在全省国土总面积的占比超六成，是全国石漠化类型最多、程度最深、危害最重的省份之一。石漠化治理是这片土地面临的生态修复重大课题。而石生苔藓的研究，为破解这一难题带来了曙光。

不起眼的苔藓，如何“生”在岩石上？如何让石漠化的裸岩上“长”出大森林？

苔藓的“小”，藏着地球进化的密码。作为最早登陆的植物，它带着数亿年的生存智慧，在高钙、干旱的极端环境中练就绝技——1分钟内完成钙元素调节，40分钟内从休眠到复活。这种微观层面的生存策略，不仅是物种延续的智慧，更揭示了生命适应环境的进化逻辑。

苔藓的“大”，体现在生态链的奠基作用上。它分泌的有机酸能溶蚀岩石造土，交织的枝叶能拦截雨水固土，构建的微环境能孕育微生物群落。在贵州茂兰保护区，正是这些“石上先锋”，让裸岩逐步具备了草本、灌木生长的基础，完成从荒凉到生机的跨越。

贵州茂兰保护区保存着世界最完美的喀斯特原生森林，小小的苔藓自然功不可没。它们用“干而不死、遇水则生”的韧性，在生态修复的宏大叙事中，写下了独特注脚。

方寸之间有乾坤。生态保护不必都是“惊天动地”，于细微处顺应自然规律，才能实现人与自然的和谐共生。这种“以小见大”的生态智慧，值得我们在更多领域深思与践行。

毕节市

废旧物资循环利用网络加速成型

贵州日报天眼新闻记者 王瑶

在毕节市金沙县安洛乡生活垃圾焚烧发电厂，每天都有满载生活垃圾的清运车从金沙、黔西和百里杜鹃的乡镇中转站驶来，在这里变身清洁电能，点亮千家万户。

该发电厂每年可处置生活垃圾近30万吨，供电超1亿度，不仅彻底实现了生活垃圾的无害化、减量化目标，更将其“吃干榨尽”，转化为宝贵资源。

近年来，毕节市构建完善“村收集、乡（镇）转运、县集中处理”的生活垃圾收运处体系，城乡生活垃圾无害化处理率达90%以上，生活垃圾基本实现零填埋，中心城区生活垃圾资源化利用率达85.77%。

生活垃圾的“涅槃重生”，正是毕节市推进废旧物资循环利用体系建设的一个生动缩影。

2022年，毕节市成功入选国家废旧物资循环利用体系建设重点城市名单。以此为契机，毕节市人民政府迅速制定印发《毕节市废旧物资循环利用体系建设实施方案（2022—2025年）》，系统规划了完善废旧物资回收网络、

提升再生资源加工利用水平、推动二手商品交易和再制造产业发展、实施废旧物资循环利用重点项目等全方位举措，全面提升资源循环利用效率。

截至目前，全市建成废旧物资回收市场主体1890个，废旧物资二手商品交易市场17个，新能源汽车动力电池回收服务网点13个，邮政快递标准包装废弃物回收网点及装置107个，城市建筑垃圾资源化利用项目6个，粉煤灰、脱硫石膏工业固废利用项目53个。

回收触角广泛延伸、交易流通平台壮大、大宗固废“点石成金”……毕节市废旧物资循环利用网络正加速成型。

毕节市发展改革委资源节约与环境保护科有关负责人表示，全市废旧物资循环利用体系基础框架已基本建立，将进一步优化产业布局，推动相关产业项目集聚发展，整合区域和行业资源，布局建设再生资源加工利用基地，培育再生资源加工利用标志性龙头企业，完善废旧物资回收、分拣、加工、利用产业链条。

童心绘绿梦

本报讯（记者 王瑶）8月8日，“童心绿梦·2025贵州环保少儿绘画展”分享会在贵阳万象城举行，百余幅画作沿走廊陈列，路人纷纷驻足感受环保与绘画完美交融的艺术风采。

今年6月，由贵州省生态环境厅主办，省美术家协会、省环境宣传教育中心承办的“童心绿梦·2025贵州环保少儿绘画展”

主题活动正式启动，面向全省4至16岁青少年儿童征集原创作品。经专家评审，最终评选出100幅优秀作品。

作为“童心绿梦·2025贵州环保少儿绘画展”的预热活动，分享会现场通过获奖作品展示、小作者分享及专家点评，推动“人与自然和谐共生”的环保理念传播。

