人民日报海外版

2026年11月5日 星期四

责编：尹 婕 邮箱：rmrbyinjie@163.com

中国科学院昆明植物研究所罗宏团队研究制作“永生蘑菇”已升级至7.0版本

让真菌更好地被“看见”

本报记者 **张 驰**

如果有一朵野生菌，在摘下两年之后仍然保持原生境的状态，甚至比采摘时看着更加鲜活，你相信吗？

在中国科学院昆明植物研究所里，记者发现许多看似新鲜、实则是高保真标本的“永生蘑菇”。制作这些标本的，是中国科学院昆明植物研究所真菌多样性与创新进化专题组的研究员罗宏。他耗费4年多时间钻研怎样长期保存大型真菌的原始形态，并攒下一个包含320种大型真菌物种的“永生蘑菇”博物馆。

野生菌怎样做到长期高保真？为啥要把新鲜的野生菌做成这样的标本？这对真菌科普教育又有啥意义？记者近日进行了采访。

“手搓”320种大型真菌的“永生”标本

在罗宏的研究室中，玻璃罐和玻璃缸里，鲜绿色的苔藓蜿蜒匍匐，其间有“小不点”刚刚冒头，也有成熟的“见手青”高大舒展，菌盖闪着晶莹的光，仿佛顶着晨露。这些野生菌的大小、外形、颜色、生长环境，几乎与原生状态无异。用手轻轻触摸，只是少了那种柔软、嫩弹的触感。

“从成分上说，这些蘑菇的70%至90%已经塑化。”罗宏说，多数标本已制作完成2年多。

《云南大型真菌图志》收录了云南省大型真菌33目127科399属1341个物种。罗宏的“永生蘑菇”博物馆保有320种大型真菌，都是由他和学生从山上采摘回实验室，亲手制作完成。

“这是兰茂牛肝菌，就是俗称的‘见手青’；这是黄盖鹅膏，是世界上最毒的蘑菇之一；这是毒沟褶菌，本地人叫‘小白菌’，很神秘，吃下去几周后会毒发致人猝死，现在还没完全研究清楚。”实验室里，罗宏拿起不同属种的野生菌一一介绍。

云南的野生菌种类丰富，采哪种菌用于做标本，罗宏有自己的一套思路。“我们实验室展示的‘永生蘑菇’主要分为4类：有毒的、好吃的、有科研价值的，以及能代表云南地域性的蘑菇。”

在一个玻璃缸内，树桩上长出一丛如同白喇叭一般的野生菌。罗宏说，这丛“小白菌”是今年7月跟着中毒的老乡找到的。

真菌多样性与创新进化专题组同云南不同州、市建立了科研合作关系。一次，罗宏听说楚雄彝族自治州人民医院成功救治一名野生菌中毒患者。奇怪的是，这名患者吃菌时间已经过了近1个月。

“这是吃了什么野生菌？它的中毒机理是什么？”罗宏请采到毒菌的老乡带路上山来到采菌的地点。沿蜿蜒山路向上，他们发现一丛长相差不多的白色野生菌长在松树林的腐木上，其中有平菇等可食用真菌，而导致老乡中毒的正是外表难以辨认的毒沟褶菌。于是，他采摘回去并制成标本。

另一个玻璃柜里，三朵并排的红托竹荪不但色彩漂亮，“裙摆”也被完整保存下来，其中一朵是由搭乘神舟十二号载人飞船遨游太空的种质资源培育而成。

“我们发现经过太空诱变后，菌幕孔洞变少。这些有意思的发现通过标本直接展示，让科学的神奇具象化。”罗宏说。

解决新鲜野生菌的高保真保存难题

别看罗宏研究鹅膏属真菌的毒理机制快20年，其实很长时间里他没有一个完美的毒蘑菇标本。

这听起来很矛盾。罗宏说，传统保存野生菌的方式，是保存物种的画像、图像、视频，实物标本则是将野生菌烘干保存，研究中还被切碎。近年来，科研人员还可运用分子生物学技术绘制物种的基因组DNA图谱，可仍然缺少让人直观感知的实物。

为啥野生菌的保存难度这么大？

“这由野生菌的分子成分决定。”罗宏说，野生菌的成分主要是水、蛋白质和糖类，分子结构并不稳定，加之菌褶或菌孔容纳了细菌、昆虫和其他微生物，这些都是导致野生菌高保真保存难的因素。

制作标本之前，罗宏也曾向国内外研究真菌的同行打听过，有没有好的保存方法。可结果令他有些失望：有些科研院所和商业机构采用滴胶或环氧树脂塑封野生菌，但很快野生菌鲜艳的颜色褪去，塑封后的野生菌还会变形；有的博物馆、展览馆采用福尔马林浸泡等方式保存新鲜野生菌，但无法与观众真正实现“面对面”接触，也没法展示真菌的生长环境。

“还是要由内而外地让野生菌定型、塑化，才能最终实现高保真保存的目的。”想清楚这件事，罗宏开始尝试，不断更新迭代，带着学生研发出一套较为成熟的蘑菇塑化技术。

制作“永生蘑菇”主要分三步走。首先，在山上采摘野生菌后，用化学制剂对其进行预处理，固定蘑菇的大分子成分，对菌环等脆弱部分进行塑化，确保在最短时间内，尽量保存蘑菇在野生状态下的形态。



罗宏在拍摄野生菌。 **受访者**供图

下山后，罗宏团队将蘑菇带回实验室，开始制作“冻干蘑菇”。“采用零下80摄氏度的低温或者液氮进行预冻后，我们再把蘑菇放在冷冻干燥机里脱水，每次运转要5至10天才能完成。”中国科学院昆明植物研究所研究生郑清清介绍。

第三步则是对蘑菇再次进行塑化并保色、湿化，再对整个生态环境进行人为复原，包括树叶、树桩、腐木、昆虫和苔藓等。郑清清介绍，研究团队针对含水量高的脆弱蘑菇组织建立了逐级塑化法，研制了多个蘑菇塑化剂的配方。此外在采集和制作标本时，还注重采集幼体、亚成体、释放孢子的成熟体等不同生长阶段形态，尽量展示出野生菌子实体完整的发育周期。

“单制作一朵‘永生蘑菇’的全部环节，需35至45步，甚至更多。”郑清清说，目前制作的多数野生菌标本还原度达到99%以上，部分标本可以做到比采摘时更鲜活。

让真菌真实地走进大众视野

现在，罗宏的“永生蘑菇”博物馆收藏的野生菌物种日益丰富，前来预约参观的人也络绎不绝。

“好像踏入了另一个世界，蘑菇塑化技术让常常被忽视的苔藓、地衣和蘑菇鲜活起来，非常神奇。”英国皇家植物园邱园研究员卡斯帕·蔡特参观后评论道。

过去20多年，罗宏一直致力于鹅膏环肽毒素的生源合成研究，并探究这些环肽能否用来治疗疾病。

一个毒蘑菇专家，为啥开始自己制作“永生蘑菇”？

这源于罗宏遇到的一些尴尬瞬间。在参与真菌科普教育的过程中，罗宏常常遇到一个比解释鹅膏环肽毒素更基础的问题：剧毒鹅膏是啥？

“现在我们对真菌的科普，更多依赖的是高清图片、视频等影像资料。这些内容非常成熟，但实物科普却只能靠新鲜的野生菌。”罗宏说，比如为人熟知的鹅膏属真菌特征是“头上戴帽、腰间系裙、脚上穿靴”，但在采集实物时，它们的菌环非常柔弱，可能还没下山就已经脱落，不成熟的个体也没有“裙”，用实物进行科普的难度很大。

另一重触动则来自罗宏的女儿。

“爸爸，如果不去山里，也能看到蘑菇长啥样吗？”一天，上小学的女儿给罗宏带来一个课题。原来，学校希望罗宏帮忙进行自然科普教育。孩子们光看视频、图片仍然不够“解渴”。

罗宏开始尝试，把新鲜的野生菌制作成为标本。最初，他也选择了简单的方法，用滴胶或者环氧树脂等材料制作蘑菇手办。但很快他意识到，技术需要进行更新，如今的“永生蘑菇”已经是7.0版本。

“很多山里的真菌物种难以走出去，是因为大家没办法真的认识和熟悉它。”罗宏说，长期以来，行业内缺少关于大型真菌实体的综合类展馆。他认为，借助自主研发的蘑菇塑化技术，越来越多的小众野生真菌有机会走进大众视野，不同地方的区域性物种也能实现永久保存。

科学研究发现，真菌在整个自然界的碳循环中扮演重要角色。它不仅是陆地与水生生态系统中主要的有机物降解者，还是植物的亲密合作伙伴。现有研究表明，地球上大约80%至90%的陆生植物都与真菌存在共生关系。

《毒蘑菇识别与中毒防治》的作者、湖南师范大学生命科学学院教授陈作红认为，传统的大型真菌标本展示更多的是干制标本和浸制标本，干制标本会失去其原有的子实体形态和颜色，而浸制标本也存在褪色、搬运困难及有毒等缺陷，因此在各类生物多样性博物馆及展览中，大型真菌的地位并没有得到应有的体现。

“真菌的高保真标本是对真菌科普教育的有益补充，让真菌这个大家族更好地被‘看见’。”陈作红说。



保持原生境状态的“永生蘑菇”。 **受访者**供图

中国的生态实践

■编辑手记

生态科普应当可感可及

尹 婕

一朵野生菌，摘下两年仍能保持原生境的状态。中国科学院昆明植物研究所罗宏团队耗时4年多研发蘑菇塑化技术，攒下320种大型真菌的“永生蘑菇”标本。这些标本走出实验室、面向公众，便不再只是科研成果，更成为生态科普的载体。这看似是标本制作的技术突破，背后也指向生态科普必须回答的问题：如何做到可感可及。

生态文明建设不是少数人的专业事务，而是全社会的共同行动。公众若对身边的物种缺乏基本认知，参与的深度和持续性难免会打折扣。长期以来，大型真菌科普多依赖图片、视频和干制标本等，存在颜色失真、形态走样等缺憾，观众既“看不真切”也“摸不着”，难以获得真实感知。“永生蘑菇”的价值，正在于把专业知识转化为可近距离观察的实物，让人们能直观感知蘑菇的特征，进而更准确地分辨毒菌与食用菌。

这也启示我们，生态科普应避免重知识轻体验。一方面，要善用技术手段，把晦涩的科研成果转化为直观展品、互动场景；另一方面，要贴近公众关切，从“能不能吃”“有没有毒”“为什么要保护”等具体问题入手，把生态知识讲成身边故事。科普应当成为连接实验室与公众、认知与行动的桥梁。

科普的目的是带动公众参与。当公众认识到真菌在碳循环和植物共生中的作用，理解生物多样性保护的现实意义，会更加主动关注身边的生态，从旁观者变为守护者。从一朵蘑菇到一片森林，从一次参观到形成一种习惯，生态科普播下的是认知的种子，收获的是全社会共同参与生态文明建设的行动自觉。

生态文明建设，既需要科研人员向未知探路，也需要科普工作者为大众搭建桥梁。当更多“永生蘑菇”走进大众视野，更多生态知识读得懂，绿色发展的步伐将更加坚实。



在四川省古蔺县黄荆镇桃坝河畔，一棵巨大的南酸枣树静静伫立。这便是当地群众口中的“红军树”。

四川古蔺守护『红军树』

把红色记忆『种』进绿色产业链

本报记者 **李凯旋**

“这棵古树上留存着烧灼的斑驳痕迹，见证了1935年中央红军四渡赤水转战黄荆老林的峥嵘岁月。”黄荆镇综合文化站站长徐挺介绍。1935年冬天，打完黄陂洞、复兴场战斗的中央红军队伍辗转进入川黔交界的黄荆深山。时值年关，大雪覆盖群山，凛冽寒风穿透单薄军装，红军行军、宿营条件十分艰苦。

受国民党反动宣传蛊惑，当地百姓大多隐匿深山。疲惫寒冷的红军战士始终严守纪律，绝不随意踏入百姓家门。

部队行至桃子坝，发现这棵高大古树，战士们便在树下的空坝就地休整。接连数日，多批次红军在此生火取暖、埋锅造饭，营地秩序井然。

长征途中物资匮乏，深山之中粮草供给更为困难。战士们纪律严明，饿极就挖野菜充饥，绝不私拿群众的粮食财物。少数重伤员确需取用群众粮食，都会留下银元，并附上字条，足额补偿群众。

休整期间，红军战士书写革命标语，同时标注山路走向，为后续部队提供指引。躲在山林中的村民远远目睹红军的言行举动，真切感受到这支队伍不抢不拿、体恤百姓的优良作风，态度逐步转变，陆续返回村寨，参与开仓分粮、铲霸除恶的斗争，大山之中燃起革命星火。

1995年，当地政府正式将该树命名为“红军树”，对这处红色遗迹予以确认保护。历经岁月风霜，这棵古树依旧扎根山谷，年年抽芽、生生不息。

为守护好这棵兼具古树价值与红色意义的红军树，当地落实多项常态化保护举措。林业部门邀请专家定期开展树木健康会诊，实施病虫害综合防治管护手段，设置防护围栏，避免人为活动对古树造成损伤；同步完善周边配套，树立标识牌，修缮周边步道，打造小型景观节点，划定保护范围，兼顾古树生存安全与红色遗迹展示功能。同时，将红军树纳入黄荆老林红色研学点位，安排本土讲解员结合古树保护、史料留存、红色宣讲，常态化开展史实讲解。古蔺县自然资源和规划局林业高级工程师赵中国表示：“红军树既是珍贵的古树，又是不可复制的红色实物遗存，我们坚持生态保护优先，一体推进树木健康养护和红色遗迹保护，既保住古树生命，也留住红色记忆。”

古蔺县自然资源和规划局工作人员许交表示，目前已对全县古树名木实行“建档立卡”保护，建立完整档案资料，制作智慧二维码标注，全面实现挂牌保护。同时，推行“一树一案”精准管理，为古树名木量身定制“身份证”，标明科属种名称、保护等级、管护人员信息等内容，技术人员定期核查濒危衰弱古树名木，及时消除隐患，确保古树名木健康生长。

如今的黄荆深山，早已告别过去的闭塞苦寒。古蔺县立足“生态立县、酒业强县、农旅富民”发展战略，把生态资源、红色资源转化为地方发展动能，发展面貌焕然一新。昔日红军行军途经的险山僻壤，发展成为黄荆老林生态康养旅游区，黄荆镇被划入全县西北部森林康养度假组团，重点发展森林民宿、山地休闲、红色研学业态，打造“山野变景区、老路变风景、旧故事变新课堂”的发展样板。红军树作为核心红色打卡点，接待大量游客与研学团体。人们驻足树下回望长征历史，感悟红军的严明纪律与为民初心。

放眼整个古蔺县，酱酒产业、红色文旅、特色农业协同发力。作为赤水河左岸酱酒核心产区，酱酒产业成为县域经济首位产业，规模化酒企带动就业与产业链发展；依托长征国家文化公园（古蔺段）建设，当地串联红军树和上百处红色遗存，开发重走长征路研学线路；因地制宜发展林下种植天麻、黄精等中药材，猕猴桃、肉牛等特色种养产业规模不断扩大，带动山区群众稳定增收，助力推动乡村全面振兴。叙大铁路货运贯通，进一步破解山区物流瓶颈，为当地产品外运打通通道。

风过处，这棵红军树的枝叶发出沙沙响声。它见证过长征路上的风雪岁月，也见证了革命老区日新月异的发展变迁。历史的记忆镌刻进古树年轮，长征精神在新时代的发展实践中延续——树常青，信仰亦常青。

（**杨璐霜**参与采写）

上图：南酸枣树。 **古蔺县融媒体中心**供图

桂林灌阳抽水蓄能工程地下厂房开挖完成

“超级充电宝”建设迎来关键节点

黄 昉

近日，位于广西壮族自治区桂林市灌阳县新圩镇的国家抽水蓄能规划重点实施项目——桂林灌阳抽水蓄能工程迎来重大建设节点。经过750天连续施工，工程“心脏”区域地下厂房完成开挖。

新厂房位于地下90米深处，长180米、宽27.5米、高57.6米，相当于150个标准游泳池大小，开挖工程量超过20万土石方，从上至下分7层逐层完成。“针对厂房区域复杂地质条件，我们精细爆破、加强监测、强化支护，如期完成开挖目标，完成工程进度超过30%，保证了后续70余项机电设备的顺利安装。”南网储能公司灌阳抽蓄项目部副总经理詹才锋介绍。

这座抽水蓄能电站总投资约81亿元，建设过程将拉动产业链上下游投资超170亿元。工程的落地实施不仅为桂北地区风光等新能源消纳提供坚实支撑，还将助力当地经济社会发展。

今年，灌阳抽蓄工程“进度条”加快刷新：2月，工程最长洞室自流排水洞实现贯通；10月，工程上下水库顺利完成截流。“目前，来自各地的1200多名建设者正同时推进电站上下水库、地下厂房、输水系统等50多个施工面的建设任务。”詹才锋说。

据了解，灌阳抽蓄工程进入机电安装阶段后，厂房内将安装4台30万千瓦机组，经过输水水道与高低落差460米的上下水库连为一体，每小时可将106万立方米水能转化为120万度清洁电能，这相当于20万户居民一天的用电需求。该电站预计2029年上半年全面建成投产，届时每年可消纳清洁能源21.6亿千瓦时，相应减少二氧化碳排放约220万吨。

广告联系电话 65363547 65367287 办公室 65369330 发行部 65369319 传真：（8610）65003109 零售3元/份 国内定价全年420元 国内统一刊号：CN11-0066