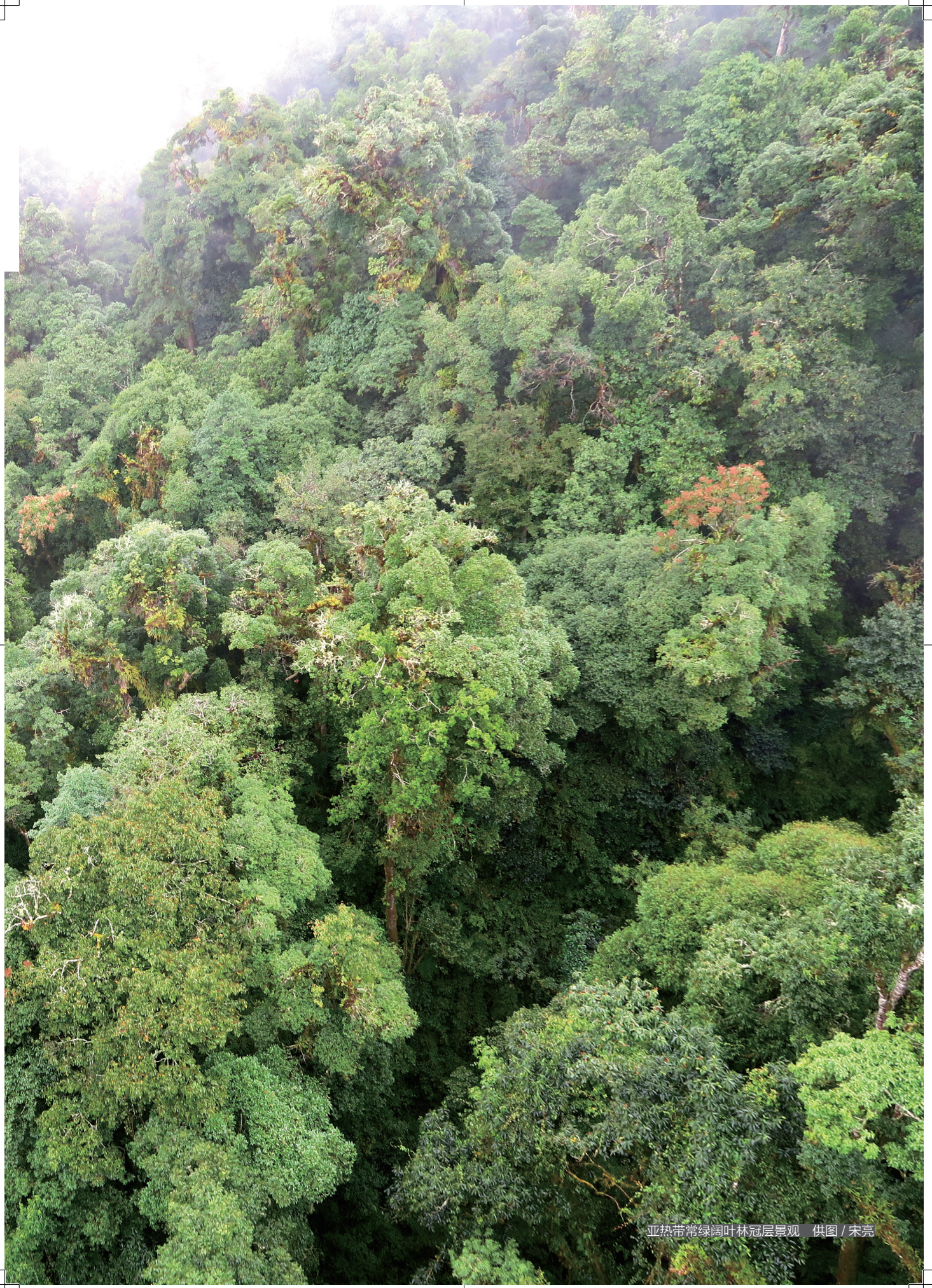
林冠奇遇记

撰文　胡海霞　沈婷　宋亮





亚热带常绿阔叶林冠层景观　供图 / 宋亮

空中花园　供图 / 董金龙



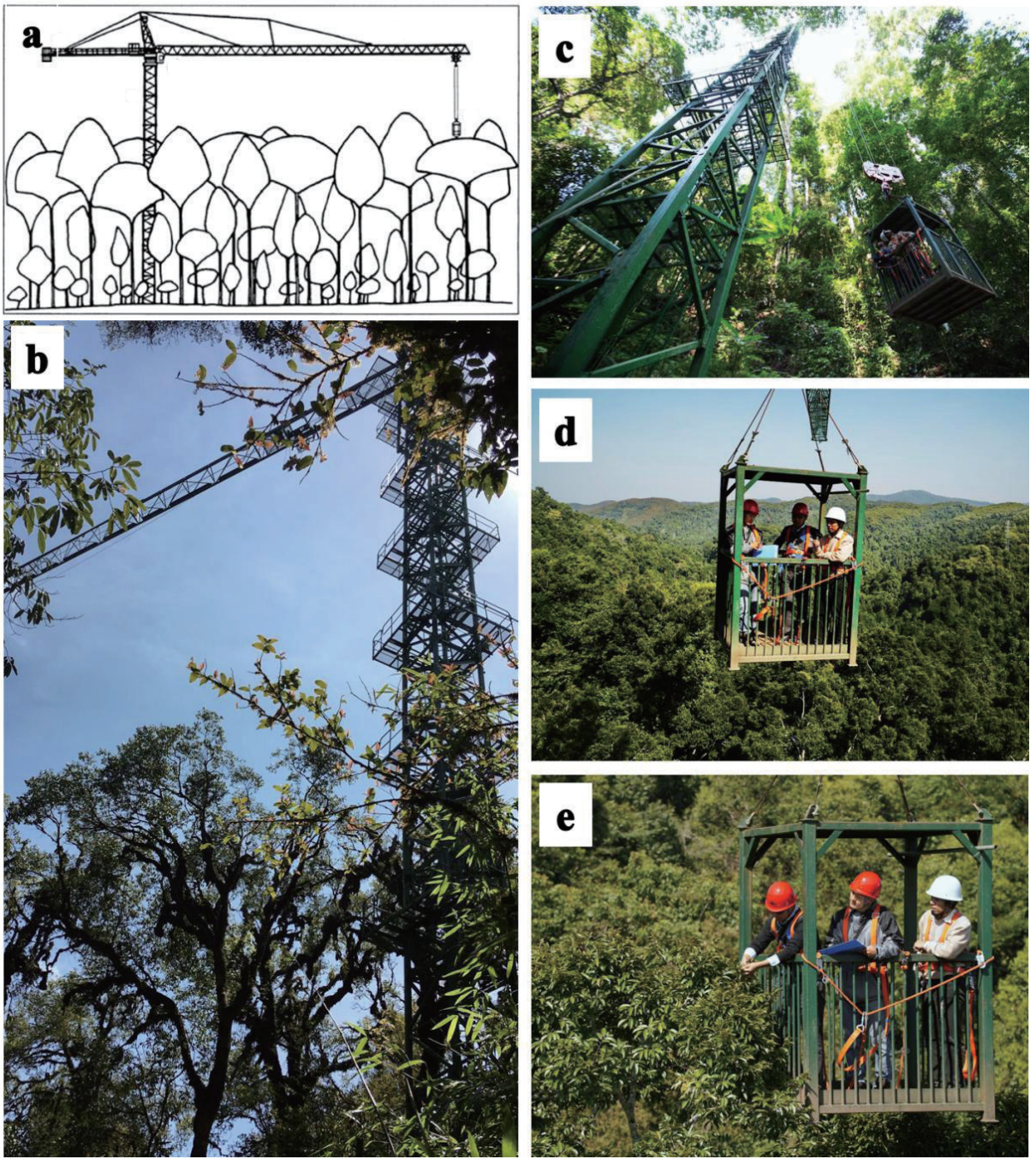
如果到热带和亚热带的森林中走一走，稍稍留意身边的高大乔木，你会惊喜地发现许多树干就像裹着一层绿绒毛毯，再顺着树干朝上望去，同一棵树上竟长出了形态各异的叶片。这些树干上长着的与宿主树迥然不同的植物就是我们要寻找的空中精灵，站在巨人肩上或是攀上高枝的奇特生命——附生植物。

附生植物是一类生活在其他植物体上，但不从宿主载体吸取营养和水分的特殊植物。它们是热带和亚热带森林生态系统中常见的类群，在林冠独特生境的塑造和生物多样性的维系，以及生态系统的物质循环和能量交换过程中发挥着不可替代的作用，因而具有极高的生态保护价值。在植物界，至少有79个科包含附生物种，仅被记录的附生维管植物（蕨类、种子植物）就有31000多种，约占全球维管植物种类的10%。而作为热带森林附生植物主力军，兰科植物附生种类占比高达70%，高处枝杈上一丛丛盛放的兰花因而成了热带雨林奇观之“空中花园”中无可争议的主角。

通往林冠之路

林冠被视为“最后的生物前沿”“地球的第八大洲”，是生物圈中物种最丰富却最鲜为人知的生境之一。如何到达高耸的林冠成为探究附生植物分布和生存密码首要解决的问题。最初研究人员对附生植物的调查仅局限在近地面

a：林冠塔吊示意图；b：林冠塔吊实景图；c–e：吊篮安全地将科研人员运送到林冠层进行取样和调查　供图 / 宋亮



区域，运气好时能偶遇因“天灾人祸”倒下的枝干，完成与林冠附生植物的初次会面。随着科技的发展，望远镜、梯子、单绳攀爬、空中走廊、热气球、林冠筏、塔吊、激光雷达等工具和技术相继被用于林冠生态学研究，不断提升着人们对林冠生境及生物多样性的认知。其中，林冠塔吊（canopy crane）的起重臂可旋转360°，携带的吊篮（gondola）可水平移动和垂直起降，能安全、快速地把研究人员和仪器投放至林冠三维空间的任何指定位置，具有全方位、高精度、非破坏、可重复等特点，极大地提高了工作效率和安全性。与其他进入林冠的方式相比，林冠塔吊提供从上到下的独特研究视角，使我们能够站在“巨人”的肩膀上访问森林冠层。2014年以来，在国家支持下，中国科学院在东北、华南、华中、西南等地代表性森林中建立了8座林冠塔

西双版纳热带雨林附生植物考察（左：Alain Vanderpoorten；中：沈婷；右：宋亮） 供图 / 宋亮



吊，帮助我们把对森林生态系统的研究从地面二维空间扩展到林冠第三维空间，为我国森林生物多样性的研究提供了前所未有的机遇。

依托中国科学院在云南西双版纳热带季节雨林和哀牢山亚热带中山湿性常绿阔叶林建立的两座林冠塔吊，我们开启了林冠探秘之旅。我们有幸穿梭于西双版纳和哀牢山的森林里，倾听着虫鱼鸟兽的美妙声音，呼吸着天然氧吧的负氧离子，乘坐能360° 全方位体验雨林的林冠塔吊，近距离观察附生植物的曼妙身姿。这集听觉、味觉、触觉、视觉于一体的独特感受，让我们乐此不疲地探索着“空中花园”的秘密……



哀牢山常绿阔叶林林冠附生植物考察 供图 / 胡海霞

林冠探秘

2017年3月的一天，当补蚌村的鸡鸣声划破长空，甜美的梦境戛然而止，我们不太情愿地睁开眼睛，揉一揉惺忪的睡眼，伸一伸还残留着一丝疲倦的懒腰，终于还是打着哈欠起床洗漱。三下五除二地嗦完一碗米线，戴上特制的高空安全帽，驱车穿过清晨的薄雾来到雨林深处的塔吊样地。步行穿过两道铁门，宋亮开始叮嘱野外工作的安全注意事项，井井有条地安排当天的工作任务。随后，我们登上塔吊吊篮，塔吊工程师董金龙老师“嘟”的一声按响塔吊喇叭，吊篮即刻向着80米的林冠升去，紧张而忙碌的一天开始了。事实上，即便有了“可移动的吊篮”，调查工作也并非那么容易，茂密林冠往往会阻断我们进入林冠内部。如果遇到刮风、下雨、起雾，或是吊篮不小心压到枯枝，甚至停电等突发情况，我们就不得不随着吊篮左右摇摆或是滞留在空中。就这样凭借这座全球最高的塔吊平台，经过长达5年的附生植物调查和微气候监测，我们终于理清了西双版纳热带季节雨林附生植物多样性及其构建机制。据统计，在西双版纳季节雨林塔吊样地中，我们共记录到56种附生维管植物，其中以兰科植物占主导，多达36种；而附生苔藓植物有90种，以细鳞苔科为主。进一步的研究表明垂直梯度的微气候条件是附生苔藓群落组成和系统发育结构的主要驱动力，预示着全球气候变化可能对附



哀牢山常绿阔叶林丰富多样的附生植物　供图 / 宋亮

生植物的生存造成威胁。

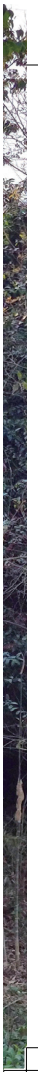
时间回到2021年9月，站在我身边的杞金华老师握着手中的对讲机说“准备好了，可以启动”。随即脚下只有不到2平方米大的小吊篮载着我们缓缓离开地面，怀着兴奋又忐忑的心情，在哀牢山寻找附生植物的旅程正式开始。环顾四周，满眼尽是浓密的绿色，细细看却又发现，这绿色中也有很大一部分要归功于附生植物。相对于西双版纳热带雨林，常年云雾缭绕的哀牢山亚热带常绿阔叶林中附生植物更加丰富。仅在1.44公顷的塔吊样地中，我们共记录到以细鳞苔科、毛锦藓科、指叶苔科为代表的附生苔藓105种，以水龙骨科、苦苣苔科为优势科的附生维管植物72种。其中，一些常见物种，如异叶楼梯草、长叶粗筒苣苔、黄杨叶芒毛苣苔，点缀在乔木的树基到树冠各个部位；而剑叶铁角蕨、胎生铁角蕨、齿叶吊石苣苔多占据树基和主干，它们奇特的叶片恰如其分地装饰着笔直的树干；白花树萝卜、二色瓦韦和尾尖假瘤蕨则更为神秘，只有当攀上树冠时才有机会一睹它们的芳姿。尽管哀牢山森林附生植物丰富多样，兰花在这里却很少见，偶尔觅得一处仿佛是寻到奇珍异宝，非要停留许久，仔细辨别确认才肯罢休。

随着吊篮慢慢上升，当我们伫立在冠层之上，俯瞰着脚下延展开来的苍莽林海，那高耸的乔木犹如林海中的一座座岛屿，静候着附生植物的到来。它们体型越大意味着能够提供的生存空间和微生境更广阔和更多样，这样就可以更好地迎接纷至沓来的附生植物。此外，乔木的高度主导着这片生存空间的垂直微气候，从树基到林冠，空气湿度逐渐增加，而光照强度、温度、风速逐渐升高。为了应对这变化的树栖生境，附生植物各显神通，最终凭自身本领择一地而栖。比如，在西双版纳热带雨林样地中，小蕨藓和次尖耳平藓主要分布于安全感十足的大树枝上；刀叶树平藓、齿叶麻羽藓、舌叶羽枝藓和多疣细羽藓依偎在较阴湿的树干和树基处；而一些细鳞苔科和耳叶苔科的苔藓紧贴于外层树冠小枝上，为了生存而忍受着烈日的曝晒。然而，在亚热带常绿阔叶林中，全缘广萼苔、剪叶苔和卵叶羽苔将冠层的大树枝作为家园，而曲尾藓属的物种常见于主分叉处；大羽藓、绒苔和波叶拟金枝藓附着于树基上，寻求一丝滋润的清凉。

对附生植物而言，“上树”能够帮助它们躲避与地生植物的竞争，但付出的代价是得不到稳定的水分养分供应，因此只能通过练就一些本领来适应变化剧烈的林冠生境。比如，附生苔藓通过变水特性以及植物体之间交织形成大量的毛细孔隙，可快速吸收大气、降雨、云雾中的水分，当遇到干旱时再将留存的水分缓慢释放。附生蕨类植物通过不同分株之间的克隆整合实现资源共享，共同应对异质而胁迫的林冠生境。附生兰科植物可通过形成膨大的假鳞茎储存水分养分，以备不时之需，而其根表面海绵结构的根膜也能帮助植物在短时间内缓解干旱胁迫的影响。当然，复杂的乔木结构也为附生植物提供了多样化的生存空间，林内光照、温度与水分可用性在垂直高度上发生着剧烈变化，为不同偏好的附生植物提供了异质的微生境。综合附生植物调查数据和微气候等环境因子数据，我们发现环境过滤过程在塑造附生植物群落组成方面起着主导作用，而生物之间的相互作用起次要作用。在这个神奇的生态舞台上，附生植物们以各自的才华和特性为自己争取到了一席之地，它们几乎不受激烈竞争的影响，相互之间的排斥更是微不足道，相反，它们更喜欢携手并肩共同应对生活中的各种挑战。

危机四伏的处境

跟附生植物打了多年交道，看着这些脆弱的小生命，我们不禁会为它们感到担忧。一株附生植物不用自己长得很高大，也能够沐浴阳光，吮吸雨露，应该算是一件幸福的事。但是转念一想，附生植物作为林冠层中一种特殊的生命形式，它们脱离土壤生活在空中，水热条件的微小改变都可能引起附生植物形态生理等方面的变化，甚至死亡。在全球变化背景下，相对于其他植物，附生植物显得“特别脆弱”。如果真如大数据预测的那样，全球气候或环境条件发生剧烈变化，不禁让我担心这些美丽生灵能否及时



调整自己以响应和适应新的环境，如果适应不了，它们又能逃向何处？

不仅如此，附生群落的多样性和稳定性与森林生态系统中乔木群落的稳定性息息相关。附生植物必须依附乔木生长，它们之间建立了一种特殊的“附生关系”。在这种关系下，乔木为附生植物提供栖身之所，一旦栖息地被破坏，附生植物不可避免地受到影响。基于已获取的详细调查数据和一系列的模拟分析，我们得知森林乔木以不同程度、不同方式移除会对附生群落稳定性造成间接影响，而影响的程度与乔木被移除的比例有关。当乔木移除比例达到一定阈值，附生关系的结构会出现快速变化或剧烈波动。这让人们深感忧虑，因为不断加剧的人类活动可能会悄无声息地给附生植物群落带来不可逆转的影响。

如果把乔木比作“生境岛”，附生植物就像是一群生活在岛上的“客人”，它们作为整体塑造了森林生态系统中“空中花园”的壮丽景观。而当下，全球的森林不同程度地被破坏，大面积热带森林被砍伐，取而代之的是大面积单一种植的热带作物，森林中的附生植物连同其他美丽生灵被一同湮没于人类发展的长河中。

著名动物学家珍·古道尔（Jane Goodall）博士说：“唯有了解，才有关心；唯有关心，才会行动；唯有行动，生命才会有希望。”当我们终于有能力走进林冠，自然的律动让人不禁震撼，我们记录下附生植物这生命的赞歌。在面对全球变化的种种挑战中，我们的保护与恢复之旅已经启程。

作者简介

胡海霞，中国科学院西双版纳热带植物园在读博士生，主要从事附生植物多样性和群落稳定性研究。

沈婷，中国科学院西双版纳热带植物园和比利时列日大学联合培养博士研究生，主要从事附生植物分布格局和群落构建机制研究。

宋亮，中国科学院西双版纳热带植物园研究员，博士生导师，主要从事生物多样性保护与生态恢复研究。

（责编　桑新华）



人类活动与消失的附生植物　供图 / 宋亮





西双版纳热带雨林林冠景观　供图 / 宋亮


湿唇兰


长叶隔距兰


长苞苹兰


疏茎贝母兰


指叶拟毛兰


短棒石斛



绒兰



多花脆兰