旷野中最亮的光——野外台站巡礼

在城市边缘的原始森林做“独一无二”的科研

■本报记者 赵广立 朱汉斌



森林生态系统垂直移位增温实验平台。鼎湖山站供图

32 年前，30 岁的莫江明在美国伊利诺伊大学获得硕士学位，成家且育有子女。没有人想到他会回国。

然而，他带着“氮沉降”这个新名词，回到了当时偏远的广东肇庆鼎湖山。

中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站（以下简称鼎湖山站），就设在鼎湖山。彼时，鼎湖山交通闭塞、生活条件艰苦，从位于广州的中国科学院华南植物园（以下简称华南植物园）出发去站里“两头黑”——天不亮就出发，途中换乘马车、渡船，到达时已是晚上。

“我为什么选择回到鼎湖山？因为做氮沉降，这里是最好的地方。”莫江明稍作停顿，对《中国科学报》说，“放眼全球，鼎湖山的原始森林无可替代。”

莫江明的整个科研生涯都没离开鼎湖山。对此，他没有遗憾，反而感到庆幸。他告诉记者：“在鼎湖山站做科研是独一无二的，别的地方做不了。”

无可替代的“活的实验室”

鼎湖山位于广东肇庆城区东北十几公里处。鼎湖山站的“独一无二”，首先是得天独厚的自然条件。

它有着“北回归线上的绿色明珠”的美誉——在地球同一纬度线上，别处多是荒漠与半干旱草原，只有在这里，东亚季风带来的充沛降水与山地抬升形成的云雾雨，孕育出了一片典型的季风常绿阔叶林，独成一片绿洲。

“这片森林已有 400 多年的保育史。”华南植物园研究员、鼎湖山站站长刘菊秀介绍，特别是自 1956 年建立自然保护区以来，70 年的守护擦亮了这颗森林覆盖率高达 98%的“绿色明珠”。

在有效的保护下，鼎湖山森林生态系统拥有从先锋群落到顶极群落的完整演替序列，以及随海拔梯度变化的丰富植被带谱。从山脚到约 1000 米的主峰，河岸林、季风常绿阔叶林、山地常绿阔叶林、山地灌丛、山地草甸……共同构成了一部走进去就能“读”的森林教科书。

另一个“独一份”的存在，则是鼎湖山站的研究者们亲手缔造的、近半个世纪未曾中断的森林生态监测纪录。

华南植物园高级工程师、鼎湖山站站长助理俞梦笑介绍，自 1978 年建站起，这里就开始做水、土、气、生的长期观测，观测频次依科学规范分指标确定，自动观测与定期调查相结合。至今，站里仍保存着 1955 年以来的野外调查资料，连续观测数据的时间跨度超过 25 年。

她告诉记者，如今鼎湖山站构建了“天—空—塔—地—井”一体化立体观测平台，可实现对亚热带森林生态系统多尺度、多要素的精准监测。

“大家来游玩，看的是龙潭飞瀑、庆云寺、蝴蝶谷，享受的是这里满满的负氧离子；可对鼎湖山站的科研人员来说，这整片山林就是一个天然、可以长期观测的活的实验室。”刘菊秀说，“别人是‘游山’，我们是‘读山’。”

“厮守”出来的“答案”

要“读”懂这片森林，没有捷径可循，只有“长相厮守”。

“举个简单的例子，一棵植物遭遇突然高温后，看似挺过去了，但下次呢？我们不能靠偶然观察来判断它的命运。森林更是如此，要摸清自然的规律，就需要做长期的生态学研究。”刘菊秀说。

鼎湖山站一个长期生态学研究的代表作，就是修正了“成熟森林不能固碳”这一观点。

2006 年，华南植物园研究员、鼎湖山站原站长周国逸领衔的“中国森林生态系统固碳机制研究”发现，鼎湖山这片存在时间超过 400 年的成熟森林的土壤仍然具有较强的碳汇功能，能持续积累有机碳。这项研究发表于《科学》，入选年度“中国基础研究十大新闻”。

围绕这一发现，团队成员先后揭示了森林恢复与演替过程中结构与功能、地上与地下的不同步性，提出生态系统“非平衡理论框架”，获得 2008 年度国家自然科学奖二等奖。

“当时国际社会高度关注‘碳排放权’，鼎湖山站紧密结合国家需求，把力量投入陆表生态系统固碳研究领域，用科学数据支撑话语权。”刘菊秀告诉《中国科学报》。

关于陆表固碳生物与非生物过程及其环境响应机制的研究，鼎湖山站一直没有停歇。俞梦笑告诉记者，2024 年，相关研究通过揭示季风气候下的特殊固碳规律，给出了“我国陆表固碳能力可能被低估 50%”的推断和数据支撑，再度获得国家自然科学奖二等奖。

“如果没有长期的蹲守，就无从得出这样的结论。”刘菊秀说，而如果只看短期变化，得到的答案可能相反。

2012 年，刘菊秀在导师周国逸的支持下，建起垂直移位增温实验平台，专门研究气候变暖对森林生态系统结构和功能的影响。经过十几年的观测，他们发现，短期增温下，这片森林是“碳源”；但随着时间线拉长，在植物生长加快、土壤微生物产生热适应等因素叠加下，它又变回了“碳汇”。

这项研究的成果相继在《全球变化生物学》（2024 年）、《科学进展》（2025 年）和《一个地球》（2026 年）发表。

“未来在 2℃的增温幅度下，南亚热带森林仍能维持较高的碳汇功能。”刘菊秀说，这是鼎湖山告诉她的“碳答案”。

潜心研究“氮沉降”几十年的莫江明，“守”出的则是这片林的“氮答案”。

回国后，莫江明打了 8 年的“地基”，直到 2002 年才拿到国家自然科学基金面上项目。他用这笔 17 万元的“巨款”，搭建模拟氮沉降控制实验平台，并在阔叶林、混交林、马尾松林三种林型里各划出一片样地，开展长期观测研究。



30 年前，莫江明（右）与其导师 Sandra Brown 在鼎湖山研究样地。 孔国辉 / 摄



历史实验记录本。 鼎湖山站供图

通过十几年的连续观测，莫江明团队发现土壤的氮输入竟与碳排放负相关：氮沉降总体上减少了土壤二氧化碳的排放，增加了其碳储量。他们还进一步量化了每公斤氮输入对应的碳吸存量，表明可通过氮循环间接评估碳汇功能。

“这为估算我国南方森林碳汇潜力提供了新路径。”莫江明说，“氮比碳更容易监测，这一耦合关系具有推广价值。”2022 年，这项成果发表于《自然 - 地球科学》。

莫江明告诉《中国科学报》，氮沉降平台的长期研究还证明了一件事：植物“比我们想的更聪明，也更脆弱”。聪明之处在于，在高氮环境下，植物会通过提高蒸腾能力的方式来抵消土壤溶液中养分浓度的下降，从而维持“体征”；但长此以往，会改变区域水循环，进一步影响森林生境，导致生态系统变得脆弱。

“我们发现，长期高氮背景下，鼎湖山的树木总生产力没有‘减少’，但种类却有所下降。”他解释说，氮本是养分，但过量就不是了——氮沉降会酸化土壤、改变林下光照、改变微生物群落，最终改变物种组成。“比如，原本有十种植物的区域可能只剩七八种。”

莫江明告诉记者，氮沉降水平与社会发展水平息息相关。对鼎湖山的长期研究，揭示了氮沉降影响环境、生物多样性的规律，“至少能为热带和亚热带地区提供一些科学证据或警示”。

对此，刘菊秀不无感慨地说：“鼎湖山站的研究本身是独一无二的，不过我们这么多年长期监测总结出来的结果、摸索出来的办法都可以共享，供别的亚热带区域参考。”

“这也给鼎湖山原始森林的保护增添了一层意义。”她说。

原地保护，以科学之名

鼎湖山原始森林的保护，要追溯到近 400 年前始建的庆云寺。得益于寺僧的护林传统，这片森林躲过了历史的斧凿，保存下了超过 400 年的季风常绿阔叶林。

20 世纪 20 年代，植物学家陈焕镛注意到了这块宝地。1928 年，他在鼎湖山科考时发现了一株与已知物种截然不同的樟科植物，后经鉴定确认为新物种——鼎湖钓樟。此后，他多次组织人员深入这片山林，采集了大量珍贵标本；他也越来越深刻地认识到，必须将这片森林“原地保护”起来。

1956 年 6 月 30 日，秉志、陈焕镛、钱崇澍、杨惟义、秦仁昌 5 位生物学家在第一届全国人民代表大会第三次会议上联名提交的“第 92 号”提案获得通过。提案建议在全国各省（区）划定天然林禁伐区，保存自然植被以供科学研究之用。是年，国务院批准在广东肇庆建立新中国第一个自然保护区，即鼎湖山自然保护区。

1978 年，中国科学院在鼎湖山建立森林生态系统定位研究站，是为鼎湖山站。

然而没过多久，各地掀起旅游开发浪潮。为“搞活经济”，旅游部门盯上了鼎湖山，准备修路、开景点、引游客。

按照当时的规划，路一修，鼎湖山的核心区就要被切开。“这对保护区造成的损失很大！”鼎湖山站首任站长何绍颐觉察形势不对，给时任中国科学院院长方毅写了一封信。在中央领导批示下，鼎湖山的核心区才保住了。

此后几十年里，围绕鼎湖山的开发与保护，各方频繁“拉锯”。刘菊秀告诉《中国科学报》，其间，鼎湖山站和鼎湖山国家级自然保护区管理局在中国自然保护地中首次划定“核心区—缓冲区—实验区”功能边界，明确“核心区必须严格封闭”，以确保关键区域不受干扰。

这种由科学主导的保护模式，不仅保障了科学研究的“基本盘”，更保全了鼎湖山宝贵的自然遗产。

2026 年恰逢鼎湖山国家级自然保护区成立 70 周年。在纪念大会上，中国科学院院士、中国人与生物圈国家委员会专家咨询委员会主席许智宏说：“鼎湖山是国内自然保护领域无可替代的标杆。”



刘菊秀在鼎湖山站季风常绿阔叶林永久样地。 赵广立 / 摄

“为了永不间断的监测，他们甘当幕后英雄”

■本报记者 赵广立 朱汉斌

“写鼎湖山的故事？请你多写写他们！”在接受《中国科学报》采访时，中国科学院华南植物园（以下简称华南植物园）研究员、中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站（以下简称鼎湖山站）站长刘菊秀说，应该让长期驻守鼎湖山的保障支撑人员多“露脸”。

“他们的工作条件艰苦，即便参与项目产出论文，署名也很少被列在前面。”她说，“但是为了永不间断的监测，他们甘当幕后英雄。”

“湿身”之后，才知什么叫失温

鼎湖山上最高的观测位点之一，位于海拔 600 米处。华南植物园博士研究生邓暮娟告诉《中国科学报》，每次到这里做监测、录数据，大家都习惯称之为“上 600”。

“带着沉重的仪器设备‘上 600’，平时差不多要两个小时。凌晨上山，要花更多时间。”邓暮娟说，无论冬夏，科研团队都有凌晨三四点出发的情况，目标是在日出前抵达山顶区域开展测量和数据采集工作。

凌晨三四点上山，衣服穿少了不行——这里气温鲜少降至零下，但山风一吹寒气刺骨；衣服也不能穿太厚——负重上山一会儿就出汗，吹风容易感冒着凉。

鼎湖山站高级工程师、生物监测负责人刘世忠告诉记者，在鼎湖山站做科研观测和数据采集，“湿身”是家常便饭。为了获得一手数据，很多时候要赶时间。走得快易出汗，再加上时不时来一阵山雨，躲避不及就是一身水。

他们一般不带雨具，把力气留着背沉重的设备。“我们都喜欢风吹雨打。”经常“上 600”的成员们打趣说。

风雨有时会带来更大的风险。刘世忠就经历过：“记得那是 2018 年五六月，我和几个同事刚上山时太阳还很大，结果中午忙完下山，突然来了一阵狂风暴雨，根本没地方躲。”

“我们只好拿袋子把手机这些怕湿的物件套上，大步下山。但是越往下，越觉得不对劲，口渴的感觉越来越强烈，喝光两大瓶水都不行。”刘世忠回忆说，“当时我们没概念，后来才知道那时我们都已经轻度失温了。”

想起这一幕，刘世忠还有些后怕。现在，他们上山都会互相叮嘱做好防护，防患于未然。

他最怕打雷，但一打雷他就上山

遍布鼎湖山的几十台 / 套监测仪器最怕雷击。每年雨季来临，鼎湖山站高级工程师、野外监测仪器设备负责人孟泽最怕的就是打雷。

“一听到打雷我就紧张。”孟泽对记者说，这些仪器设备本就在高处，再加上广东肇庆地处雷暴区，一旦被雷电击中，仪器设备的电源、通信等部件就扛不住。

鼎湖山的雷雨天，从 4 月一直持续到 9 月；孟泽的心，就从 4 月开始揪着一直到 9 月。

“一打雷下雨，大家都是从山上往山下跑；孟老师是从山下往山上跑。”刘菊秀半开玩笑地说，“他是个逆行者。”

孟泽心里只想着一件事：连续观测不能停。鼎湖山站 16 个野外科研观测点位遍布于森林之中，每次雷雨过后，他都会逐一查看仪器设备是否遭雷击损坏，特别是那些昂贵的进口仪器。这些仪器一旦损坏，维修成本很高。

孟泽年轻时学过几年电子电路，电源或网络配件坏了，他上手就能修或直接换配件。长期以来，为站里省下不少经费。

和它们来一场邂逅

身处原始森林，被蚊虫叮咬稀松平常，即便偶尔与蛇、野猪这些“原住民”不期而遇，也不算稀奇。

鼎湖山站副站长、高级工程师褚国伟最不愿提起的，是有一次被马蜂蜇。

垂直移位增温实验平台样地每年要进行两次大规模采样，褚国伟每次都是队长。一次采样时，不知怎么他就被一群马蜂蜇了，脸马上肿了一大圈。去医院打了吊针后，情况好转了一些。他以为没事了，就继续上山采样。没想到，第三天回到所里，同事发现他的脸又肿了起来。

鼎湖山上，蛇是很常见的。邓暮娟就经常遇到蛇，其中不乏竹叶青这样的毒蛇。“我遇到过一条竹叶青蛇，颜色很鲜艳、很漂亮，当时想只要别去招惹它就好。”邓暮娟说，“蛇其实也怕人，一般情况下它的攻击性源于自卫，不招惹它就没事。”

遇到野猪最危险。一次，长期驻扎鼎湖山的监测人员向传银在上山途中，偶遇了一头带着猪崽的大野猪。野猪看到他后，猛地向他冲来。向传银本来不会爬树，但眼见野猪冲过来，情急之下几秒钟就爬上了一棵树。事后，他再次回到那里爬那棵树，却怎么也爬不上去了。

华南植物园研究员莫江明也有过一次与野猪猝不及防的相遇。当时他正在上山的半路上，一抬头，一道黑影从他身旁半米的地方“嗖”地窜了过去。缓过神来，他才注意到，那是一头野猪。

莫江明回想起来，连说自己运气不错：“运气好没被它撞到。”

山林里藏着未知的风险，可鼎湖山站的保障支撑团队从未因危险退缩，而是坚持不间断监测，默默丈量着鼎湖山。

为做实验，这群人竟“搬山”

■本报记者 赵广立

为了做实验，搬仪器、搬实验室乃至搬家的都有，但你听说过“搬山”的吗？

在中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站（以下简称鼎湖山站），中国科学院华南植物园（以下简称华南植物园）研究员刘菊秀团队就干过一件这样的事。

全球气候变暖，对森林生态系统有何影响？森林这个大自然的调节器，又会怎样“回应”气候变化？为了探寻答案，2011 年，刘菊秀提出在鼎湖山站建立“森林生态系统垂直移位增温实验平台”的设想。

垂直移位增温实验，顾名思义，就是把生长在山顶的植物群落连根带土“位移”，种植到温度更高的山腰和山脚，然后观测植物和生境的变化。

在鼎湖山，海拔 30 米的山脚比海拔 600 米的山脊温度高出 1.5~2℃，因而将 600 米的生态系统“位移”至山脚，就能模拟森林增温 2℃的环境变化。

刘菊秀的这一设想得到了她的导师、时任鼎湖山站站长周国逸的支持。他们一同策划、选点、整合经费、安排人手，一步步把这个设想推向现实。

然而，撼山不易，“搬山”就更难了。为了尽可能与实际相符，他们从海拔 600 米处分层挖出 80 厘米深的土壤，再把它们按照原来的土层一步一步地运到海拔 300 米的山坡和 30 米的山脚下。

粗算下来，光是他们运下山的土就有 60 多吨。

据当时主要负责样地建设工作的鼎湖山站高级工程师孟泽回忆，一开始大家对“怎么搬”束手无策，后来想到请“马帮”来驮土下山。事实证明，这力气活儿就连马都撑不住，几个月下来，累倒了好几匹马。

人也有“战损”。一次，孟泽看到一袋马匹从山上驮下来的土就悬在台阶边缘。“从 600 米驮下来的土多金贵！”他不假思索，弯腰去捡，不料一脚踩空，从 5 米多高的坡上摔了下去。虽被及时送去医院，他还是半个月都无法动弹。

所有的付出都是值得的。2012 年，垂直移位增温实验平台建成，很快成为鼎湖山站成果产出最多的实验平台之一。

“此前我设计了用于探究二氧化碳浓度升高与氮添加交互效应的模拟森林生态系统控制实验平台，垂直移位增温实验平台采用相同设计思路。通过监测物质和能量的输入与输出，结合植物光合作用、生长等生理生态参数测定，可以精准刻画该生态系统在增温条件下的响应过程。”谈及建设这个平台的初衷，刘菊秀说。

十多年来，他们依托这一实验平台，围绕植物生理、碳氮磷循环、元素计量平衡、土壤微生物、水文动态等开展定位观测和研究，积累了长期的数据，取得了多项前瞻性成果。

“目前阶段性的结论是，在生态系统水平上，‘位移’后植物生长加快了，生态系统的固碳能力更强了。”刘菊秀告诉《中国科学报》，地上植物生长加快，一定程度上可以缓解温室效应。但在更长时间尺度下是否依然如此，还需要进一步研究。

社址：北京市海淀区中关村南一条乙 3 号 邮政编码：100190 新闻热线：010-62580621 广告热线：010-62580726 发行热线：010-62580707 广告经营许可证：京海工商广登字 20170236 号 零售价：1.00 元 年价：218 元 工人日报社印刷厂印刷 印厂地址：北京市东城区安德路甲 61 号