

守护长白山：与火较量，与林共生

■本报记者 刘如楠

初秋的长白山，漫山苍翠，红黄点缀。慕名而至的游客爬上山顶，在云影交错中欣赏天池的美。

“长相守，共白头，山为证。”对游客来说，长白山是誓言的见证。而对这里的科学家、森林消防员和巡护员等来说，这是他们与长白山相生相守的真实写照。

长白山处于我国东北端，森林覆盖率达95.56%，是我国北方最大的原始林区之一，被称为东北生态屏障。近日，《中国科学报》记者走进长白山国家级自然保护区（以下简称长白山保护区）及吉林长白山森林生态系统国家野外科学观测研究站（以下简称长白山站），探访扎根于此的科研人员及保护工作者，聆听他们与火较量、与林共生的故事。

与火为敌，是多年如一日的坚守

天蒙蒙亮，做了16年瞭望员的王孝华，带着早饭进山了。

像他这样的瞭望员，在长白山保护区有67名。他们分散在15座三四十米高的瞭望塔上，天亮上塔，天黑下塔，瞭望火情，直到大雪封山。

王孝华大半辈子都守在长白山，55岁的他动作麻利，五六分钟便登上塔顶。瞭望台七八平米见方，设有半人多高的围栏，中间是个四面都有玻璃窗的小房子。

每隔半小时，王孝华就要围着房子走一圈，俯瞰森林，仔细观察。罗盘是他的好帮手，可以定位方向。一旦出现火情，通过周围多名瞭望员的交叉定位，很快便能精准确定经纬坐标。

和王孝华做伴的，是房顶上的“森林眼”。这架高清相机可24小时、360度扫描整片森林，一旦捕捉到烟雾和热点的痕迹，就会立刻向保护区管理局的指挥中心发出警报。

在长白山保护区最北端的指挥中心，整个保护区的卫星图像在大屏幕上被分割成一个个小方块，指挥员紧盯眼前的屏幕，监督着区内11个保护站和3支专业扑火队工作人员的行踪。

即便已经过去了11年，长白山保护区管理局头道站站李忠磊仍对2012年的“5·29”雷击林火记忆犹新。

那天，队员们完成训练准备吃午饭时，突然警报拉响，广播电台里传来声音：“五俩么（头道站电台代号），西坡发现火情，做好增援准备。”

当时长白山保护区只有这一支专业森林消防队。听到广播，队员们立刻换上消防服，带上装备，集合整队。没过多久，指挥中心就发来增援的命令和具体位置。话音刚落，时任队长李忠磊和20多名队员一道，向火场奔去。

经过两个多小时的路程，他们才来到火场周围。“抬头看天是浓烟滚滚，低头看地是一片焦黑，我们立刻开始找水源、架水泵，集中力量拦住火头。”李忠磊回忆说。

队员们一直扑救到第二天凌晨3点左右。此时，林子里的温度已经降至个位数，人



王孝华正在瞭望塔上仔细观察。

工增雨带来冰冷的雨点和冰雹，打在他们脸上。“我们的衣服全湿了，跟泥猴似的，又冷又饿又困，体力已经透支，近乎失温。”李忠磊说。

出于安全考虑，队员们撤出火场，哆哆嗦嗦地挤在车上休息。等到天亮，他们进行简单补给后，又投入到扑灭余火的战斗中。

“有时地面上的火会顺着树根向地下烧，我们需要把燃烧的树根刨出来把火熄灭。”李忠磊对《中国科学报》说。

就这样，持续扑救了一个星期，李忠磊等人才撤出火场。而那些离火场最近的巡护员，则24小时看守火场，每隔一小时巡查一遍，整整清理了近一个月，达到无明火、无烟、无气状态才全部撤出。

森林防火压力增大，仍连续5年0火情

“5·29”火灾后，长白山保护区管理局在发生火灾的“风灾区”附近专门设立了保护站，并增设了一支40人的专业扑火队长期驻守。

近些年，扑火队员的增加、“森林眼”和道路监控等的巡查，以及指挥中心的实时调度，让森林防火工作更加有序和高效。而保护区的防火压力却有增无减。

通过对全球火灾的研究分析，中国科学院沈阳应用生态研究所（以下简称沈阳应用生态所）研究员刘志华发现，全球森林火灾呈递增之势，气候变化和人类活动是主要原因。

澳大利亚联邦科学与工业研究组织等发表于2022年的一项研究也显示，在1979年至2019年间，由于气候变化，有利于野火燃烧和蔓延的火灾天气的频率和极端程度在全球范围内普遍增加。

“随着气候变暖，干燥、大风、低温天气更容易发生。林木生长得更快，树枝、树叶、苔藓等可燃物显著增多，变得更加干燥，易腐败。由于极端天气增加，雷暴引发的雷击火也会增

加。”刘志华对记者介绍，“气候变化对林火形成的三要素——气象条件、可燃物、火源都有显著影响。”

长白山保护区也不例外。“在全球气候变化的影响下，长白山保护区高温、大风、少雨天气增多，今年尤为明显。去年秋季降水量是219毫米，根据预测，今年秋季降水量将减少70毫米，这给森林防火带来了更大压力。”长白山气象局一名工作人员说。

除气候变化外，人类活动是林火产生的另一个重要因素。“长白山就是一座金山，看上它的人很多。早些年，春季采野菜、夏季挖灵芝、秋季打松子、冬季捕猎物，周围群众靠山吃山，一年四季不闲着。”保护区管理局稽查大队副科长曹忠说，群众进山待几天，就需要生火做饭取暖，这是极大的火灾隐患。

每年的4月20日至5月31日、10月1日至10月31日，是长白山保护区的高火险期，每个保护站都要派人进山驻扎，进行24小时的检查巡护，发现私自进山生火者，一律移交公安机关处理。

“近些年，随着人们法律意识的增强和生活水平的提高，加上我们对破坏生态案例的解读展示，非法进入保护区的人越来越少了。”曹忠说。2018年至今，整个保护区实现了0火情。

一代代科学家扎根，解读长白山“天书”

在保护区内，郁郁葱葱的林木遮天蔽日，自由生长的植物以及朽木、枯枝、落叶，几乎覆盖了每寸土地。若不是巡护员在前方开路，记者完全找不到可以下脚入林的路径。

“长白山的价值、管理水平靠什么衡量？我认为就是靠动植物数量。”长白山保护区管理局高级工程师邵明智说，“自1996年全面禁林后，动物数量逐年增加，如今经常可见六七只成群的马鹿，外出觅食的紫貂、黑熊，成群结队的中华秋沙鸭……这在早年很难看到。”

对于野生动物的增多，在长白山站工作了22年的副站长戴冠华深有感触：“近年来，野生动物不会轻易攻击人，疫情期间游客减少，它们的胆子更大了，常常跑到保护区的核心区以外，这样一来，科研人员就需要时常到林中检查实验仪器。”

跟随着戴冠华的脚步，记者一行来到长白山站，会议室里，“长白山森林生态系统是一部天书，应读深读透”几个大字映入眼帘。

这是我国著名林学家王战为庆祝长白山站建站20周年题写的寄语。作为长白山站的主要开拓者和奠基人，王战曾驻守长白山数十年，对中国东北森林的发展、演替规律、森林类型和采伐更新等经营问题进行了深入研究。

如今，长白山站已经44岁了，王战之后又涌现出一批致力于森林生态系统研究的科学家。

沈阳应用生态所研究员王绪高读博士期间就在大兴安岭地区做森林恢复研究。毕业后，他便留在了研究所工作，来到长白山站开展森林生物多样性及生态功能研究。

“长白山的物种非常丰富，我最初来到这里时，遇到了很多叫不上名的动植物。”王绪高对《中国科学报》说，长白山保护区拥有保存完整、在世界上极具代表性的温带原始森林生态系统，云集了北半球温带、寒温带、寒带、亚寒带和北极圈等多种气候类型和生物群落。

据保护区生态本底调查统计，长白山保护区内有野生动物1992种、野生植物1669种、菌类1059种。

“如此多样的物种，如何能共存于同一个群落？”这是生态学领域的一个经典问题，一直未有定论。

除了足够多的种源、气候、环境等影响因素外，王绪高想知道，物种之间的关系是否也是物种共存的关键影响因素。

传统观点认为，物种数量越多，彼此之间的竞争关系就越强。经过多年的研究分析，王绪高提出“随机稀释假说”，即随着物种的增加，种间关系被稀释。

“物种越多，它们之间的竞争关系应该越强，但是呈现出的结果反而不显著。我们的研究与经典物种共存理论的认知不一致，这使人们对于生物多样性的理解又往前推进了一步。”王绪高说。

徐智超是沈阳应用生态所的博士，自跟随王绪高读博，已经做了4年测量植物胸径、鉴定物种、统计监测数据和分析等工作。

“面对烦琐的采样和数据分析，有时也觉得枯燥，但通过我们的研究，从中揭示出了森林生态系统的规律和机制时，就很有价值感。”徐智超说。今年，他决定在课题组做博士后，继续探索森林生态系统的奥秘。

在长白山站，多年扎根科研一线的人还有很多。一代又一代的科学家，如同保护区里的参天大树，在长白山上生根发芽、次第生长。他们的守护与探究，让藏于长白山这本“天书”的故事逐渐为人知晓，也让这里的山更绿、水更清。

发现·进展

中山大学

实现多材料高精度4D打印多彩结构色

本报讯（记者朱汉斌）近日，中山大学材料科学与工程学院副教授郭双壮团队制备出具有光敏活性的可打印结构色墨水，并结合实验室自建的高精度多材料直写打印系统，成功实现了多彩结构色的溶剂挥发墨水直写打印。相关成果发表于 *Small*。

“新打印策略能在大范围内实现对打印分辨率的精准控制与复杂图案的高精度打印，并能够灵活地与多种可打印功能材料体系集成。”论文第一作者、中山大学材料科学与工程学院2020级硕士研究生毕燃表示，该打印策略未来可在仿生机器人、信息存储、柔性传感和信号检测方面得到应用。

据悉，郭双壮团队创新性地将结构色材料集成至仿生机器人的制造中，在传统磁控柔性机器人表面打印结构色涂层，制备出一系列具有仿生结构色外观及无束缚变形能力的多自由度仿生蝴蝶，展现了这种结构色材料3D打印策略在仿生机器人及其他需要先进表面着色方式的系统中的应用前景。

“基于对分辨率和颜色的良好控制，可以实现对复杂设计图案的高还原度打印。”郭双壮表示，针对不同图案的尺寸特点选取恰当的分辨率，可实现对同一图案的缩放式打印。此外，多材料墨水直写3D打印系统对多墨水打印技术的支持使不同颜色的墨水能在一个打印过程中依次打印，实现彩色图案的快速制造。

除了多色打印，多墨水打印技术还使结构色材料与多功能材料的集成式打印成为可能。此外，打印的结构色液晶弹性体还具有热响应性，加热即可发生定向形变，呈现出4D打印效果。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/sml.202306646>

中国科学院大连化学物理研究所

自组装多孔材料可用于盐差发电

本报讯（见习记者孙丹宁）近日，中国科学院大连化学物理研究所研究员卿光焱团队开发出一种带正电的自组装金属有机框架(MOF)纳米颗粒单层(SAMM)膜。在保证膜完整性的前提下，实现了对SAMM的功能化修饰，并证实其在渗透发电领域具有良好的应用潜力。相关成果发表于《先进功能材料》。

在海洋和河流交界处，通过盐度梯度产生的渗透能是一种稳定且可持续的能源。通常使用反向电渗析技术进行收集。然而，目前该技术使用的离子交换膜存在离子选择性较差、传质不足、膜电阻较大等缺点，阻碍了其在渗透发电领域的应用。因此，当前需要开发新的离子选择性膜，实现高效渗透能的收集。

团队在前期工作中，开发了一种掺杂聚乙烯醇和氧化石墨烯的纤维素纳米晶自组装复合膜，并提出了一种经济且可持续的材料制备策略，用于实现高效渗透能转化。

在上述研究背景和基础上，团队又利用聚接枝的UiO-66-NH₂纳米颗粒，在水-空气界面自组装形成致密的带正电MOF纳米颗粒单层膜，并将其转移到多孔阳极氧化铝膜表面形成异质膜。随后，团队通过将MOF表面的咪唑分子甲基化，进一步将异质膜的最大功率密度提升至10.5瓦/平方米。

此外，团队通过改变MOF材料或接枝在MOF表面功能基团的种类，可以制备其他带电荷的SAMM膜，丰富了离子选择性膜的类型，为制备具有高离子选择性和高渗透能收集性能的材料提供了新思路。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/adfm.202307996>

中国水产科学研究院

建立鲟鳇鱼类套式病毒快速检测新方法

本报讯（记者张晴雨）近日，中国水产科学研究院北戴河中心实验站牙鲈遗传育种创新团队在鲟鳇鱼类套式病毒(CSBV)快速检测研究上取得新进展。该团队首次利用环介导等温扩增技术(LAMP)建立了一种现场快速检测CSBV的方法。相关研究成果发表于《国际水产养殖》。

CSBV是引起鲟鳇鱼类出血症的主要病原体之一。鲟鳇鱼类出血症多出现腮出血、烂鳃烂尾、肝脏出血等症状，对于易感的鲟鳇鱼类，CSBV的致死率高达70%以上。北戴河站分别于2019年和2022年在河北省以及辽宁省分离得到CSBV的两株新毒株，分别将其命名为牙鲈分离株、大菱鲆分离株。截至目前，CSBV已扩散到河北省、辽宁省的多个鲟鳇鱼类养殖场，对养殖业造成了严重影响。

为解决现有CSBV检测方法操作复杂、对于设备要求高的问题，研究团队基于LAMP建立了快速检测方法，通过1小时内的恒温扩增就能用肉眼观察颜色变化，从而得到实验结果，完成检测。并且该方法还可通过琼脂糖凝胶电泳进行再次验证。结果表明，在65℃恒温扩增1小时后，检出限低至10 pg/μL。该方法不仅操作简单、对于设备要求低，还具有扩增特异性高、灵敏度高的优势。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1007/s10499-023-01285-3>

所一人一事

张文敬：一直在行走的冰川“科普家”

■本报记者 杨晨

记者与张文敬联系采访时，他正在为米仓山之行做准备。那里计划举行一场公益活动，张文敬将作为嘉宾出席。由于米仓山位于他的家乡四川省旺苍县，因此他对此行尤为期待。

张文敬始终保持着年轻人的矫健，他常常参与科学或登山相关的公益活动。除了米仓山，今年他还将行于唐家河、曾家山、悬崖村……甚至计划再去一趟南极，但由于路程遥远，最终还是在家人和朋友的劝说下打消了念头。

张文敬从未停止行走。过去50余年里，他曾上百次出入青藏高原，5次赴北極，5次到南極……行走在他迹至的崇山峻岭，探寻极具生命力的冰川世界。

从中国科学院成都山地灾害与环境研究所退休后，除了科学考察，这位冰川学者更热衷于行走在科学普及的一线，毫无保留地将自己知道的冰川知识写下来、传出去。

善于发现冰川之美

谈及曾攀越的高山、抵达的秘境，张文敬总能脱口而出一连串名字：天山、昆仑山、唐古拉山……冰川覆盖之处，皆是目的地。

张文敬毕业于兰州大学地质地理系自然地理专业，先后在中国科学院兰州冰川冻土研究所和成都山地灾害与环境研究所从事现代冰川与环境的研究工作。

“冰川既是地理资源也是淡水资源，更是气候变化的产物。”张文敬介绍，研究冰川的物理特质、地理分布以及景观形态，对了解地质构造演化、地球水循环、气候变化等都有积极意义。

“冰川的美，我们要善于发现、懂得欣赏。”踏上贡嘎山东坡的二层山，张文敬这样描述，“脚下的基岩，就是第四纪冰川作用走

过了上千万年的地质历史的科学见证。如果细心查看，石壁上一定会有一道道一头宽一头窄、一头深一头浅的古冰川擦痕，以及似乎是人为修饰过的古冰川磨光面。”

上世纪70年代初，张文敬跟着前辈进入川藏无人区考察冰川。在西藏林芝波密县玉普乡境内，他发现了一座弧拱构造的冰川，并判断其是藏东南海洋性（温性）冰川的典型代表。后来，他以附近村落“米堆”之名，为这座冰川命名。

张文敬同时注意到，在冰川附近，湖泊、山林、村庄和田园共生共融、和谐相处，不仅具有科研价值，还能发展旅游。听闻当地村落有搬迁的意向，他还极力劝阻。

2006年，中国国家地理杂志社派出了一支专家队伍，沿着318国道进行考察，对沿途景观作了一系列深入报道。

从那之后，这条景观大道被越来越多的人熟知，成为旅行者“一生必去一次”的“朝圣之路”，米堆冰川更是成为川藏线84公里道班处的经典打卡点。

张文敬就是这支专家队伍的成员之一。基于他的讲述，藏在深山的冰川、冰瀑布和雪山的壮美之景，展现在大众面前。

把科学知识写下来、传出去

自认是个理科男的张文敬，却有一颗文艺心。除了行走，他也喜欢写作，内容大多与老本行有关。而激发他这一兴趣和潜力的，正是40多年前一次拍摄电影的经历。

1980年，一部名为《中国冰川》的电影开拍。当时在中国科学院兰州冰川冻土研究所工作的张文敬，作为科学顾问和摄制组一起前往西藏、青海以及四川等地寻覓各大冰川。每一天要拍什么内容，张文敬都得提前一天写好分镜头。去哪儿、怎么走，要翻过几

个岗或冰川的侧脊，到达冰川的中部还是上部，如遇天阴需不需要打光……张文敬的每一笔都细致清楚。

“多年考察冰川，使我积累了不少经验，所以很清楚路线和沿途的风貌。”但毕竟是第一次写分镜头，张文敬还是花了不少心思。“语言得有文学性，既要准确，也要精练。”

最终，十几个小时的拍摄素材浓缩成了29分钟的电影，将晶莹剔透的冰川世界展示给了大众。“我发现，自己研究的东西，能以这样的方式发表，真好。”张文敬开始琢磨尝试写科普文章，希望把自己知道的科学知识写下来、传出去。

有一年初夏，兰州早见落雪。张文敬至今都记得，雪是5月13日下的，湿度大，压断了行道旁的树枝和电线，一些果农的收成也受到了影响。见此情形，他立即提笔，对此次极端天气和气象预报作了科普和评论，又花了3分邮票钱，将稿寄到了甘肃日报社。

过了几天，稿件在《甘肃日报》发表。张文敬接到了众多友人祝贺的电话，也收到了报社寄来的稿费。那是一张3元的汇款单，他极为珍视，将其轻轻压在了办公桌的玻璃台面下。

做一个负责任的“科普家”

“做科普是一种享受。”退休后，张文敬将更多时间用于写作，并乐在其中。至今，他已完成了30多部科普书籍、近千万字的科普原创作品。由他作为第一完成人的科普著作《科学家带你去探险系列丛书》曾获国家科技进步奖二等奖。

科普工作对张文敬来说，不只是坐在书桌前埋头创作。只要身体条件允许，他仍愿意带着年轻人去真正地认识自然。

他依旧会以采访对象、顾问或向导的身



1998年，张文敬在徒步穿越雅鲁藏布大峡谷的途中。受访者供图

份，与媒体或社会组织一遍遍踏上极地之旅。

“我是个没架子的人，不会要求收什么费用，想尽量做到纯粹。”张文敬说，这样的行走，本身也是一种收获。

他更视“带队”为一种责任。1998年，张文敬带着17名科学探险队员，完成人类首次徒步穿越世界第一大峡谷——雅鲁藏布大峡谷的壮举，继而引发关注。他笑称，有一个月几乎每天都会接到采访电话。

现在类似的来电仍然不断，但张文敬并未感到困扰，只觉得这不断累积的社会名气和信任，让自己的责任感越发强烈。“作为一个科研工作者，就是要有担当，把科学的道理和理念，准确地普及给大众。”

近期这位“科普家”又有了新的计划：尝试写科幻。在他的定义里，科学研究就是用文字写科学，科普则是用文字写科学；而科幻，则是用文字写未来的科学。

“他都必须姓‘科’，尤其科幻作品。”采访中，张文敬强调，科幻作品虽然体裁是“幻”，但不是无端的玄幻或魔幻，而应基于一定的科学道理进行合理想象，不然容易误导读者。

不管是科普还是科幻，他认为在一定程度上都能起到提升大众科学素养的作用。“科幻中的‘幻’，某种意义上意味着‘希望’，社会发展需要这样的想象力。”