

人与生物圈

Man and the Biosphere 双月刊 2020 · 5-6 Man and the Biosphere

山川巨变 沧海桑田 沙漠绿洲

专辑 **魅力新疆**

荒漠半荒漠生物种质基因库
丝绸之路重要通道
中西方文化交汇融合之地

定价：32.00元
邮发代号：82-25
国际标准刊号：ISSN 1009-1661
国内统一刊号：CN11-4408/Q

ISSN 1009-1661







《人与生物圈》杂志 • 1999 年 1 月创刊
双月刊 2020 年第 5-6 期
总第 125-126 期

主管单位 中国科学院
主办单位 中国人与生物圈国家委员会
出版 《人与生物圈》编辑部
名誉主编 许智宏 李文华
科学顾问 赵献英

总编辑 王 丁
执行副总编辑 罗娅萍
副总编辑 陈向军
图片总监 郭晓涛
编辑部主任 先义杰
本期责任编辑 罗娅萍
校 对 陆 霏 何芬奇
行政主管 刘 宁
电脑制作 笑 韬 王 伟
印 务 李泽琦

本期合作单位 中国科学院新疆生态与地理研究所
本期科学顾问 潘伯荣 管开云 李承森
本期摄影顾问 李 翔
本期特约编辑 刘 杰

国际标准刊号 ISSN 1009-1661
国内统一刊号 CN 11-4408/Q
国内发行 北京报刊局
订 购 处 全国各地邮局
邮发代号 82-253
国外发行 中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱, 100044)
国外发行代号 1383 BM

编辑部地址 北京市三里河路 52 号
邮政编码 100864
电 话 (010) 68597516
印 刷 北京新华印刷有限公司
出版时间 2020 年 12 月

法律顾问单位 北京市博人律师事务所



版权声明

作者向本刊所投稿件, 除有特殊声明, 凡一经采用, 即视同作者同意将稿件著作权中属于《著作权法》第十一条第(五)项至第(十七)项规定的权利全部转让给本刊。本刊对已采用的作品可继续无偿使用, 并决定使用的方式, 包括但不限于改编、汇编、展览、表演; 用于光盘、互联网、手机、可移动的平板电脑以及将来可能出现之任何传播形式; 并可翻译为外文或转换为繁体字及其他字体形式。本刊将一次性向作者支付稿费并视为受让上述权利的全部费用。来稿文责自负, 对于抄袭或涉密, 侵犯他人版权或其他权利的稿件, 本刊不承担连带责任; 对所投稿件, 本刊编辑有权根据本刊办刊要求对其进行适当删改或调整; 如作者不同意上述声明, 请在来稿时向本刊书面声明, 本刊将作适当处理。



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Man and
the Biosphere
Programme

联合国教科文组织发起的人与生物圈计划,
是关于人与环境关系的全球性科学计划。

卷首语

- 6 关注干旱区生物种质资源的保护 许智宏
- 8 大自然的眷顾 潘伯荣

植物种质资源篇

- 14 野果林的最后避难所 张道远 等
- 16 中亚干旱区的葱属植物 刘会良
- 18 新疆的药用植物阿魏 李文军
- 21 干旱荒漠区植物种质资源保护的意义 张道远 等
- 26 花中皇后郁金香 康晓珊
- 28 短命植物的生存策略 曹秋梅
- 31 话说新疆葡萄 师玮 等
- 34 塔克拉玛干沙漠的胡杨 徐晓亮

干旱区生态保护篇

- 38 塔里木河与胡杨林相伴相生 凌红波
- 41 人与生物圈计划的角色与工作重点 韩群力
- 46 荒漠化防治的典型案例分析 乔建芳
- 50 穿越“死亡之海”的绿丝带 徐新文
- 56 神奇的“荒漠地毯” 张静 等

荒漠动物保护篇

- 60 追寻野骆驼 袁磊
- 68 卡拉麦里荒原上的蒙古野驴 徐文轩 等
- 71 高山精灵北山羊 韩雷 等
- 74 荒野精灵马可波罗盘羊 刘瑛
- 77 新疆雪豹研究简史 徐峰



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

联合国教科文组织



China National Committee
for UNESCO's Man and
the Biosphere Programme

人与生物圈计划 中国国家委员会

在“生态文明：共建地球生命共同体”理念的引导下 中国 MAB 致力探索自然教育的理论与实践



崖沙燕的幼鸟会飞后，成鸟便开始在空中喂食，锻炼幼鸟的空中飞行技巧 摄影 / 周海翔

力新疆专辑 · 魅力新疆专辑 · 魅力新疆专辑 · 魅力

CONTENTS

目录

82	西域丰富多彩的猛禽世界	马鸣
87	网围栏与草原动物保护	陈建伟
	科学考察篇	
92	探秘克里雅古道	李承森 等
99	普鲁村考察记事	马清温 等
105	走进绿洲深处的部落达里雅布依乡	马清温 等
110	塔克拉玛干沙漠考察记	肖方 等
116	克里雅河流域沙漠段考古美学侧记	潘沁
120	国玉出昆仑 美誉在和田	韩剑军
	生态变迁篇	
126	寻访沙埋的古城	沈孝辉
135	沙漠是怎样被“人造”的	沈孝辉
136	吐鲁番史前自然环境与人类活动探秘	张永兵 等
	水资源与生态修复篇	
141	塔里木河的生态修复	徐晓亮
144	新疆的水循环	刘铁
148	新疆的湖泊与湿地	李均力
154	雪，飘落人间的精灵	李兰海 等
157	吐鲁番的坎儿井	李刚 等
159	新疆地理变迁与生态格局	李承森

封面故事



赛里木湖位于西天山的高山封闭盆地中，是西部干旱区中的中国重要湿地之一。其湖面海拔 2073 米，水域面积 462 平方公里，蓄水总量约 210 亿立方米，是新疆海拔最高、水量和面积最大的高山冷水湖。该湖地处亚欧大陆腹地，从生态地理及植物区系分布上看，该地区正好处在西伯利亚、中亚、蒙古国的交汇地带，属于温带荒漠区域。从湖泊到周边高山带，分布有完整的山地植物垂直带谱，其景观特色在我国湖泊型风景区中是非常罕见的。摄影 / 王维全

发起于 1971 年的联合国教科文组织人与生物圈计划
是关于人与环境关系的全球性科学计划

中科万祥企业支持
人与生物圈计划在中国的实施与推广

践行生态文明 建设美丽中国




anser anser

产自高黎贡山世界生物圈保护区的特有物种——贡山贝母兰。摄影 / 张艳梅（中科万祥）

力新疆专辑 · 魅力新疆专辑 · 魅力新疆专辑 · 魅力

……旱地庇护着世界上一些最宝贵、最稀有的生物多样性资源。它们可以说是全球面包篮子的主要供应者，因为今天的栽培农作物品种中有1/3源自旱地。它们是宝贵的原生粮食品种库，因为这些农作物的野生祖先和亲缘品种依然生长在这里。旱地支撑着全世界50%的畜牧业，是野生动物的生息地和近一半栽培系统的起源地。

《联合国荒漠与防治荒漠化十年》（联合国新闻部联合国网站事务科制作）

关注干旱区生物种质资源的保护

文 / 许智宏

生物多样性和生物资源是人类赖以生存的物质基础，与人类的生存和发展密切相关。长期以来，由于人口压力不断增大、生态系统恶化等原因，全球的生物多样性正在受到严重威胁，野生物种正以惊人的速度灭绝。

全球干旱、半干旱地区总面积约占地球陆地总面积的三分之一，遍及 50 多个国家和地区及其边缘地带。干旱区具有其独特的地域和生物多样性特点，形成了高山、冰川、荒漠和盐湖等极端的环境类型，具有极度干旱、高盐碱、高寒和强辐射等特殊环境胁迫条件，孕育了丰富而独特的生物资源。中亚干旱区处于各大生物区系的交汇和过渡地带，约占全球干旱、半干旱区面积的 34%，有着全球干旱区最为丰富的生物种质与基因资源，在物种基因、种群特征和生态类型方面都具有独特的多样性特点。干旱区特殊环境下的不少生物种质资源具有抗高温、抗旱、耐寒、耐盐碱和高光效等优良遗传特性，在生物区系中有大量的特有科（单属科）、特有属（单种属）和特有种（半特有种），具有明显的区域特性，是全球干旱区生物多样性的关键区域。

新疆维吾尔自治区位于亚欧大陆腹地，物种多样性十分丰富而独特，仅新疆天山就有野生动植物 3000 余种。其中，珍稀濒危动植物近 500 种、有重要保护价值的植物 71 种、特有种 149 种、盐生植物 210 种；重要的建群种有天山云杉、新疆落叶松、红柳和梭梭等；大宗及特色药用植物有甘草、紫草、麻黄、红花和新疆阿魏等；已被列入《国家重点保护植物名录》中的有新疆野苹果、野杏、野扁桃、野生樱桃李、野生欧洲李、野巴旦、新疆阿魏、阜康阿魏、紫草、雪莲、黄芪、牡丹等；国家一级保护动物有雪豹、北山羊、金雕、玉带海雕、胡兀鹫、黑鹳和白肩雕等。

尤为重要的是，新疆天山是世界上苹果、核桃、杏和李等多种果树的起源地之一，是中国经济果树资源中天然基因库的重要分布区，对研究植物物种的变迁演化具有极高的价值，也是研究全球温带果树遗传多样性和基因演化的重要种质基因库。关于苹果栽培的起源，公认的说法是分布在中亚的塞威士苹果（*Malus sieversii*）是栽培种苹果的直系祖先。我们将分布在新疆的塞威士苹果叫新疆野苹果。野果林

中的新疆野苹果是新生代第三纪古亚热带大叶树种阔叶林的孑遗植物，在中国只分布于新疆伊犁地区，所以新疆野苹果资源是中国经济果树资源中重要的天然基因库，也是全球野苹果基因库的重要组成部分。野核桃为古老的温带树种，它经受了地壳时代变迁的磨练，在几次冰川作用下未被摧残毁灭而保留了下来，是十分珍贵的第三纪孑遗植物，对研究古植物区系的变迁和古地理及第三纪、第四纪气候的变化有着重要的科学价值，对现代经济果木的品质改良、优良品种的筛选及分子遗传育种都有重要意义。

在微生物资源方面，由于新疆环境类型多样而特殊，因而孕育了丰富的具有特殊功能或特殊构造与组分的微生物资源，拥有特殊的基因及其表达产物或性状，是亟待开发的资源宝库。因此，保护干旱区生物种质资源意义重大。

但是，干旱区的生物多样性同样也经受着前所未有的破坏和丧失，新疆塔里木河的断流直接破坏了两岸的生物多样性，使许多动植物的生存面临巨大威胁。20世纪80年代以前，我国天山野果林物种丰富、植被茂密，生态系统健康稳定。但在过去20年中，由于过度放牧、农田开发、乱砍滥伐等生产活动频繁，导致野果林物种大量丧失，生态环境急剧恶化，自然种群无法更新。生态环境的严重退化，又造成外来物种小吉丁虫虫害大面积集中暴发，林相衰败，野果林濒临毁灭。国际上对干旱区生物种质资源的研究和保护给予高度重视，联合国生物多样性公约缔约国大会将全球干旱地区的生物资源保育列为生物多样性保育的重点，提到了与热带雨林并列的地位。因此，保护干旱区生物种质资源意义重大且迫在眉睫。

解决这个问题的必要手段之一，建议应建立相应的保藏和研发中心，开展干旱区生物种

质资源的保存和研究，使干旱区生物种质资源得到长期有效的保护和合理的开发利用。针对新疆生物种质资源亟待保护的现状，位于天山北麓的伊犁植物园的研究人员正在积极开展针对珍稀濒危、特有和具有重要经济价值植物物种的保护和研究工作。他们开展的对野苹果的种群恢复研究，对重要药用植物——紫草、阿魏、雪莲、黄芪和牡丹——的引种保育研究，对重要观赏花卉——郁金香、白番红花、顶冰花和鸢尾——等的收集保育和新品种培育研究等项目，都取得了重要进展和成果。

建设干旱区种质资源保藏和研发中心，对于我们这样一个人口众多、人均资源占有量少的国家来说尤为重要。广泛开展生物种质资源收集和保存，深入开展相关的研究，为农业抗逆、高产高效新品种的培育提供创新种质材料；为矿业、油气资源大开发过程中的环境、生态和生物多样性受损后的生态修复提供生物材料；为未来我国特色生物产业提供生物种质材料和技术；为我国干旱区生态园林城市的建设、改善人居环境提供服务等，都需要有一个长远而稳定的研究平台来支撑。通过建设干旱区种质资源保藏和研发中心，可带动、引领或支撑我国干旱区花卉产业，特别是花卉种球种植和干花产业，以及地道药材种植产业和香料植物种植产业的发展；为我国生物农业、生物医药和生物环保等生物产业的发展，做出重要贡献。

希望通过本专辑的介绍，让人们魅力新疆的生物多样性有更多的了解，对干旱区生物种质资源及其保护的重大意义有更深入地认识，也希望国家和各级政府对生物种质资源保护和开发利用更加重视。

本文作者系中国科学院院士、联合国科教文组织人与生物圈计划中国国家委员会主席



THE ECOLOGICAL
JOURNAL
CN

大自然的眷顾

文 / 潘伯荣



新疆维吾尔自治区位于祖国西部边陲，其地域辽阔、幅员广大，面积约占全国总面积的六分之一，是亚洲大陆的中心。天山、阿尔泰山和昆仑山如同三条巨龙将准噶尔盆地与塔里木盆地夹在中间，形成“三山夹两盆”的地貌格局。

新疆属于干旱区，本就匮乏的水资源分布又极不均衡，呈现“北富南贫”的状态，且夏季降水量少、蒸发量大。新疆境内共有河流 570 多条（不包括山泉与大河支流），全疆 2001~2017 年的平均水资源量为 931.9 亿立方米，地表水资源量 881.6 亿立方米，地下水资源量 565.4 亿立方米。发源于山间的河流有 300 多条，较大的河流有塔里木河、伊犁河、额尔齐斯河、玛纳斯河、乌伦古河与开都河等 20 多条，但能汇成大河的只有伊犁河与额尔齐斯河，其余大部分是中小河流。新疆的河流大多属内流河，多散失于灌区或荒漠，少数在低洼地形成湖泊；国际河流有 4 条，其中比较重要的两条，即额尔齐斯河（下游鄂毕河）和伊犁河（流向哈萨克斯坦），此外还有阿克苏河（上游在吉尔吉斯斯坦）和额敏河（流向哈萨克斯坦）。新疆河流水源的补给主要靠山地降水和三大山脉的积雪与冰川融水。新疆境内连绵的雪岭和林立的冰峰形成了发达的冰川，据统计共有大小冰川 1.86 万多条，有冰川调节的河流径流比较稳定，故冰川还有“固体水库”之称。但多集中在夏季，春季水量小。

水和土壤是密不可分的两大资源，新疆平原地区的土地资源是极为丰富的，除现有耕地外，全部可垦总面积约 2000 万公顷。新疆现有水源保证的耕地后备最大资源量为 266.67 万公顷。20 世纪 70 年代中期以来的 45 年间，新疆开垦耕地面积增加了 315.34

万公顷，仅 2000 年以来新开垦的耕地面积有 245.03 万公顷，耕地总量接近 900 万公顷。总体上看，新疆的耕地面积快速增长，已经形成了一定规模。

在新疆，令人瞩目的还有可再生的生物资源。绿色植物是地球上的生命之源，人类对自然的认识以及对自然资源的利用，都是以对植物的认识和植物资源的利用为起点。位居欧亚大陆中心的新疆，现今是一块干旱的土地，对生命来说，生存条件艰难。然而，与地球上的其他地方一样，新疆的植物世界也经历过翻天覆地的变化，甚至在土壤已沦为荒漠为主的今天，由于地貌、区位等特殊条件，新疆的植物世界也具有自身的特色，在地球生态系统中独树一帜。无论是以灌木为主的荒漠植物，还是生长期很短的短命植物，或者是高山雪原上低矮的垫状植物，以及白花花的盐碱地上茁壮生长的盐生植物，它们都是历经了地质变迁和冰期考验后保留在新疆大地上的特殊植物资源。

有人说新疆最具代表性的植物是荒漠中的胡杨或者梭梭，我并不认同这种说法。我认为新疆最有代表性的植物是雪莲，理由如下：首先，虽然广布南北疆的原始胡杨林很有名气，人们用“活着千年不死，死了千年不倒、倒了千年不朽”的词句赞美它们，可是胡杨在甘肃、内蒙古、青海等省区也有分布；梭梭素有“荒漠活煤”的美誉，不仅在荒漠生态系统中发挥着重要稳定作用，而且寄生在梭梭根上的肉苁蓉还是珍贵药材，被誉为“沙漠人参”。但梭梭在甘肃、内蒙古和青海省也有分布；而雪莲在我国仅见于新疆的天山、昆仑山、阿尔泰山和帕米尔高原，在国外分布于哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、俄罗斯和蒙古国。雪莲生长于雪线以下海拔 2400~4000 米处的亚高山和高山地带。人们常用“温室中的花朵”来形容鲜花的娇贵，而雪莲却在终年不化的雪地中与冰川作伴，可见其顽强的生命力。

新疆有近千种具观赏价值的野生植物资源，可分为：观花植物、观果植物、观叶植物、观型与观干植物、攀缘植物、地被与宿根花卉植物、水生和湿生植物、一年或二年生草花植物、树桩与盆景植物、观赏禾草及草坪植物、切花植物和短命与类短命观赏植物等类型。世界上名气很大的郁金香，在新疆就有好几个野生种。贝母和顶冰花等都是短命观赏植物；多种补血草属植物都适合做干花的切花材料。灌木类的观花和观果植物也不少，其中值得一提的是柽柳属和沙拐枣属植物，前者属观花植物，后者好看的果实很容易被误认为是灌木盛开的花。它们不仅为荒漠增彩添色，也都是优良的固沙植物。观赏植物资源量最大的还要属地被与宿根花卉植物，估计有 100 多种。新疆的野生观赏植物是发掘与培育优良园林植物新品种的天然种质资源库，现在伊犁地区的新源植物园已经初建规模和将要形成的优良园林观赏种苗产业，必将在干旱区生态建设中发挥作用，并可为实现美丽新疆“添砖加瓦”。

说到药用植物，新疆有 2000 多种，其中野生的近 1500 种。目前已被收购的中草药种类有 125 种之多。其中，冠名有“新疆”二字的药用植物有新疆党参、新疆白芍、新疆阿魏、新疆海罂粟、新疆百合、新疆贝母、新疆芍药、新疆远志、新疆鼠尾草和新疆猪牙花等。除阿魏和软紫草外，甘草、肉苁蓉、麻黄、红花和枸杞等药用植物也将成为国内药材的主要来源，产量已位居全国之首。

除观赏和药用植物外，新疆还有工业用途植物（包括木材、纤维、染料、鞣料、造纸、油脂、芳香、胶脂、化学原料等九类），以及饲用植物、食用植物、固沙植物、能源植物和蜜源植物等。其中饲用植物种类最多，约 2900 多种；食用植物是指淀粉类植物、糖类植物、蛋白质类植物、富含维生素类植物和瓜果类植物。新疆素有“瓜果之乡”的美称，这里的瓜果以香

甜著称，不仅品种多，品质在我国甚至在亚洲也是名列前茅。新疆是典型的大陆性气候，干燥少雨，但高山冰雪融水非常丰富，有利于灌溉农业，尤其是这里的日照时间长（全年平均日照时数为2500~3600个小时，是我国日照时间最长的地区之一），日夜温差大（平均日夜温差11℃~20℃以上），非常有利于瓜果作物的生长和糖分的积累。因此，新疆的瓜果类含糖量都很高，营养成分也较丰富。

新疆是全球果树和甜瓜的起源地之一。新疆野生果树植物有10科26属102种。新疆的野生果树不仅物种丰富，而且种类独特，并呈现出北疆多于南疆、西部多于东部、山地多于平原的分布格局。野生果树是改良和培育果树品种的重要种质资源，新疆野生果树中有许多珍稀种质资源，在人类农业史中占有重要位置。

新疆不但瓜果的品种多、品质优，而且栽培种植历史悠久。汉武帝建元3年（公元前138年）与元狩四年（公元前119年），汉使张骞两次出使西域，从西域引进了葡萄、安石榴、胡桃（核桃）和胡瓜（黄瓜）等；由于丝绸之路的开通，汉唐至宋朝期间（公元初至1279年），还引入了波斯枣、巴旦杏、阿月浑子（漆树科黄连木属植物）、无花果和西瓜等。

据史书《史记·大宛列传》和《太平广记》上记载，新疆是我国最先栽培葡萄的地方，至少已有2000年的栽培历史，如吐鲁番有文字记载的葡萄栽培历史有2000年以上。而今，吐鲁番是我国葡萄的主要生产基地，种植面积约3.68万公顷，占全市耕地面积的45%以上；产量占全疆总产量的50%以上，接近全国的五分之一。2017年，吐鲁番共销售鲜葡萄99.6万吨、葡萄干14.5万吨，总产值29亿元。如今瓜果已经成为新疆的支柱产业之一。吐鲁番种植葡萄的优势除了盆地独特的光热条件外，坎儿井的灌溉也功不可没。早在2000多年前，司马迁就已

将坎儿井写进了《史记》。吐鲁番盆地四周都是高山，每年高山上的大量融雪和雨水流向盆地，渗入戈壁，汇成潜流。当地的先民通过打竖井、修暗渠等方式建造坎儿井，将雪水引至地面灌溉农田，滋养出甘甜无比的葡萄。

新疆维吾尔自治区是中国最大的省区，也是边境线最长的省区；有中国最大的盆地——塔里木盆地，也有中国最低的洼地——吐鲁番盆地艾丁湖；有中国最大流动沙漠——塔克拉玛干沙漠，还有国内最大的固定、半固定沙漠——古尔班通古特沙漠；有中国乃至全球离海洋最远的陆地——古尔班通古特沙漠南缘，还有全球离海洋最远的城市——乌鲁木齐；有国内最长的内陆河——塔里木河，也有国内最大的内陆淡水湖——博斯腾湖；有位于全球第二高峰乔戈里峰的全国最大冰川——音苏盖提冰川，也有中国最大的地下水利灌溉系统——吐鲁番和哈密盆地的坎儿井；有中国最炎热的火洲——吐鲁番，还有中国降水量最少的地方——托克逊、且末和若羌；既有塔里木盆地面积最大的原始胡杨林，还是国内雪莲、甘草、罗布麻等植物分布最广的地区；有我国唯一流入北冰洋的河流——额尔齐斯河，还有享誉中外的深水湖——喀纳斯湖。新疆既是中国长绒棉的重要产地，也是新疆分布的野骆驼、天鹅、河狸、四爪陆龟、白梭梭、野果林和小叶白蜡等野生动植物自然保护区的所在地。新疆分布的脊椎动物有146种，其中最多的是鸟类，有67种；另有13种脊椎动物是全球仅在新疆分布的物种。

新疆三大山系绵延千里，气势恢宏，雄伟的天山横亘其中，将其分成南疆和北疆。新疆的历史名城文化荟萃，古城遗址比比皆是，丝绸之路富裕繁荣，自然景观奇异壮美。对于生活在这片土地上的人类来说，新疆就是大自然特别的眷顾与恩赐之地。

本文作者系新疆植物学会副理事长、新疆生态学会原副理事长、中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

新疆地理和自然资源简图

中国唯一注入北冰洋的河流

新疆维吾尔自治区的面积约166万平方千米，占我国国土总面积六分之一。在这辽阔的新疆大地之上，山脉、河流、盆地、沙漠、戈壁、草场、森林、湿地、绿洲，自然地貌类型丰富多样。新疆的地形特点是“三山夹两盆”。三山即东西向延伸的三条山脉，北面的阿尔泰山山脉，中间的天山山脉和南面的昆仑山脉；两盆是指三山之间的两个大盆地，即阿尔泰山与天山之间的准噶尔盆地，天山与昆仑山之间的塔里木盆地。

北山羊





制图单位：中国地图出版社有限公司 审图号：GS (2020) 6976 号



野果林的最后避难所

文 / 张道远 张元明 图 / 管开云

天山是世界七大山系之一，东西横跨中国、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和乌兹别克斯坦四国，全长近 2500 公里。天山是全球温带干旱区最大的山地生态系统，拥有典型完整的垂直自然带谱和极其丰富多样的生物资源，是全球生物多样性保护的关键区域之一。

鲜为人知的是，天山的沟谷和盆地还是世界多种果树的起源地之一，例如：风靡全球的栽培苹果的宠儿——“红富士”和“黄元帅”——就是新疆野苹果成功遗传育种的后代；栽培的核桃、杏、樱桃、李等果木祖先也分布在那里。天山野果林跨越哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦和我国新疆维吾尔自治区，绵延 500 余公里。我国境内的天山野果林占世界野果林总面积的近 40%，主要分布于天山北坡伊犁河谷的新源县、巩留县和霍城县等，面积约 2.33 万公顷。那里天然分布有野苹果、野核桃、野杏、野山楂、野李及野扁桃等野生果木资源 60 余种，是研究世界温带果树遗传多样性和基因演化的重要种质基因库。其中，新疆野苹果 (*Malus sieversii*，又名塞威氏苹果) 是最主要的建群种，也是世界罕见的苹果天然基因宝库。

天山野果林是第三纪古温带阔叶林的主要群落类型。随着青藏高原隆升及古地中海退却，亚洲中部干旱化加剧，导致阔叶类型的野果林分布区域逐步收缩和破碎化；在新生代第四纪冰期来临之时，天山山脉的谷地和盆地成为中生代野果树的最后避难所，为人类保留了珍稀的野果林群落。人们常说天山野果林是沧海桑田、世代变迁的一颗“遗珠”，在果木品种改良方面有着无可替代的作用，由此可见其科学和生态价值有多么重要。

20 世纪 90 年代前，天山野果林物种丰富，植被茂密，生态系统健康稳定。每年 5 月，野果林各种果木次第开花，漫山遍野花团锦簇，吸引着来自世界各地的游客，成为伊犁州的“旅游名片”。然而近 30 年来，由于人类活动和气候变化的双重影响（如林下放牧与农田开垦、病虫害暴发、气候干旱等），使得天山野果林生态系统受损严重，伊犁地区新源县的野果林出现了成片、大量的衰败和死亡现象，局部地区死亡率高达 80%，成为近现代有名的生态灾难事件。

在上述灾难性事件中，一种分布于俄罗斯、日本、朝鲜半岛以及我国北方十多个省区市的昆虫——苹果小吉丁——对野果林造成的危害非常严重。它们主要危害苹果、梨、桃、杏、沙果和海棠等树木枝干。苹果小吉丁虫是苹果树的一种毁灭性蛀干害虫，属于区域性外来入侵物种。据报道，该虫于1993年从山东随苹果苗木传入新疆伊犁州，20多年来在新疆野果林中迅速蔓延，并发展为新疆野苹果的头号杀手。

天山野果林是世界果树资源的天然基因库，也是国家珍贵的战略生物资源。以新疆野苹果为例，在长期的演化过程中，野苹果积累了丰富的遗传变异特性，在果实大小、成熟期、品质、风味、抗逆性和抗病性等方面形成了自身特点。目前，国际苹果市场品种较少，其抗逆性、口感风味和适应性等遗传基础都极其狭窄。因此，苹果的遗传改良离不开丰富的新疆野苹果基因资源；而正在萎缩的天山野果林就是后备的果木基因库。

2016年，为了拯救和保护天山野果林，科技部启动重点研发专项“天山野果林退化生态系统保育与健康调控关键技术”（以下简称“天山野果林保护项目”），为期5年，由国内十余家科研单位联合攻关。

天山野果林保护项目启动后，科研人员对野果林做了深入考察与研究，提出了“物理措施+生物措施”的退化野果林生态恢复技术模式，通过围栏禁牧、幼苗繁育补植、病虫害防控、示范区建设等措施，在野果林生态修复方面取得了显著效果。

科研人员建立了长期观测样地，发现中亚区域野生苹果种群密度存在显著的差异，以中龄个体为优势，没有出现老龄化现象，但幼苗缺乏且更新存在严重障碍。中幼龄个体死亡率高发，且与苹果小吉丁虫的侵染率格局高度一致。此外，基于遗传多样性及遗传结构特征研究，

科研人员还发现随着果木的死亡，一些特有的基因型也随之永久消失。

科研人员对野果林的主要杀手——苹果小吉丁虫——展开系统研究，解析了苹果小吉丁虫的生活史周期，构建了系统发生树，绘制了其可能的入侵及扩散路径。此外，科研人员还评估了苹果小吉丁虫对野果林的影响，建立了基于空间信息监测技术和生物防治技术的天山野果林病虫害监控体系，采用了综合关键防护对策，极大降低了虫口密度及虫害发生。

针对新疆野苹果毁灭性的病害腐烂病，科研人员进行了菌群多样性分析，解析了病菌生物学特性及其致病分子机理，初步研发出精准高效防病技术体系（预警技术+树干淋刷药液技术+激活树体抗病力技术+生防拮抗菌应用技术），为下一步全面实施精准防控腐烂病提供了技术保障和物质基础。

在完成上述各项研究的基础上，项目组在野果林周边建设了幼苗保育封育围栏和封山禁牧围栏2万亩；科研人员采用伐桩、低位修枝和高位修枝技术，激发大量果树主干萌条和根孽苗产生，使退化种群得到一定程度的恢复；构建了人工促进野苹果种群更新的人工繁育、抚育管理和更新复壮等技术体系；繁育并栽植野生果树苗木13000余株，建立面积50公顷的野果林种群更新复壮核心示范区，辐射示范区达150公顷。目前，天山野果林自然生态系统得到显著恢复。

天然野果林保护项目研究成果得到社会各界广泛关注，其成果已经被《人民日报》《新华日报》《中国科技报》等报道。首次以科学纪录片形式聚焦新疆天山野果林的《拯救基因库》也于2019年9月26日在中央电视台科教频道播出。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

中亚干旱区的葱属植物

文 / 刘会良

相信大家对洋葱、葱、大蒜和韭菜等都很熟悉，它们都是葱属植物，该属除上述栽培种外，还有许多野生种，均有较高的食用、药用与观赏价值，是一类极具研究价值和开发利用潜力的植物资源。

葱属植物在全球约有 660 种，大多数种类分布于季节性干旱地区，主要集中在北半球，亚洲居多，还有部分种类分布于非洲和中南美洲。中亚地区及我国的中西部包括帕米尔高原地区是葱属栽培植物的主要起源与分化中心之一，而帕米尔高原生长胡葱，汉朝始称“葱岭”。中亚地区（包括阿富汗、伊朗、土耳其、土库曼斯坦、乌孜别克斯坦）、蒙古国和中国天山山脉、喜马拉雅山脉是葱属植物主要分布地和多样性中心，约有 500 种。

中国的葱属植物有 138 种（包括 50 个特有种和 5 个引入种），主要分布在东北、华北、西北和西南地区，生长于高山、平原、草甸、草原、荒漠、沙丘等环境。据 2014 年版《新疆植物志》（简本）记载，葱属植物在新疆约有 72 种（包括 68 种、1 亚种和 3 变种），占全国葱属资源的一半以上。除少数几个种为栽培种外，其余均为野生种。

资源价值及其重要性

葱属植物是重要的蔬菜资源，如蒜、葱、韭、藟头和洋葱等，其食用种类和数量也随着人们对它们的认识逐步深入而增加。人类驯化栽培野生葱属植物的工作也从未停止过，如：亚洲当地居民直接取食或作为辅料利用阿尔泰葱、

实蕻葱、北葱、高葶韭、宽苞韭、野韭和辉韭等的嫩叶、花葶或花序；在中北美洲和加勒比地区，古巴的加拿大葱，加拿大和美国的熊蒜都形成了一定规模的商业化栽培模式。另外，野生种具有对抗寒、旱和贫瘠以及病虫害等特性。因此，野生葱属资源为葱、蒜、韭等栽培种的抗逆育种提供了宝贵的基因材料。最值得一提的是，罗氏葱具有抗灰霉病的特性，已在荷兰、美国和以色列等国用于洋葱抗病杂交育种，是葱属植物抗性基因挖掘和应用的成功案例。

葱属植物也是重要的药用植物资源，主要药用成分包括硫化物、甾体皂苷、黄酮类化合物以及生物碱、核苷酸、氨基酸及酰胺等含氮化合物，其功效为温中壮阳、理气宽胸、活血祛瘀，用于预防流感、风寒湿痹、支气管炎、皮肤炭疽、脾胃不足之积食腹胀、消化不良以及尿频等诸症，并具有杀菌消炎、抗癌、降血糖、降血压、通气发汗、除寒解表的作用。其所含的硫化物可明显降低血液中的胆固醇、抑制血小板聚集，预防和治疗高血脂及血栓的形成。葱属植物凭借可食、可药的特性，在民间享有“和事草”之誉。

同时，葱属植物也具有一定观赏价值，其伞形花序着生了几朵甚至几百朵小花，有白色、黄色、粉色、蓝色或淡紫色等，适宜作鲜切花和干花。目前，观赏葱属植物在国外花卉市场占有一定的份额；荷兰是商业化种植的主要生产国之一；以色列科研人员收集利用本国 40 多种葱属植物开展了庭院种植和盆花栽培，产品作为鲜切花和干花销售。目前，国外种植销售

的葱属观赏花卉有近 50 种。据不完全统计，葱属植物约有 143 种适宜于岩石园、盆栽和庭院种植。

葱属植物还具有生态价值，它们在地下繁茂的须根系统在固沙以及防治草地退化方面发挥着重要作用；它们同时还是西北地区重要的植物源农药以及蜜源植物。葱属植物还有文化象征价值，比如，“Allium”是拉丁语对大蒜的传统称呼，古埃及、古罗马的斗士把 Allium 看成一种力量的源泉和象征，是团结、谦逊和有耐性的象征。

资源调查及保育

虽然葱属植物是重要的资源植物，然而，直到 20 世纪 70 年代，人们才意识到葱属种质资源收集的重要性。苏联科学家曾于 1988 年考察了中亚地区的葱属植物，收集到 40 种、近 160 多份材料，并于 1997 年编写出版了专著《葱属植物种质安全运输技术指南》。联合国粮农组织 / 国际植物种质资源研究所 (FAO/IPGRI) 建立了葱属植物种质资源描述符，为葱属植物种质资源的收集、保护和利用提供了技术安全保障。德国植物遗传学与农作物研究所历时 20 年创建了欧洲葱属植物数据库，建立了包括 5 个栽培种和 47 个野生种的种质资源圃。2006 年，欧盟启动了第二轮葱属植物种质资源的补充调查。柯米涅斯基 (Kamenetsky) 报道了以色列通过苗圃活体收集来保护本国葱属植物种质基因库的研究。50 多年来，国外在葱属植物收集方面的相关工作开展得如火如荼，国际植物遗传资源委员会指定以下种子植物基础收集品库进行葱属植物的收集，它们分别是：英国国家蔬菜研究站、美国国家种子贮藏实验室、荷兰园艺作物育种研究所、日本国立农业生物资源研究所、匈牙利农业植物学研究中心和以色列基因库。

除上述机构外，英国、荷兰、美国、俄罗斯、

德国、以色列、捷克、哈萨克斯坦和波兰等国的相关机构都建立了葱属植物种子库。

相比之下，我国对于葱属植物资源的研究起步稍晚，傅承新等在 1989~1991 年对浙江地区部分葱属植物进行了收集与研究；自 1990 年至今，许介眉教授及其实验室对我国葱属植物进行了广泛收集与研究，并发表了不少文章；祝正银于 1991 年对四川葱属的研究过程中发现了新种——凉山韭和汶川韭；图力古尔等在 1991~1995 年对东北及内蒙古东部葱属植物资源进行了收集与研究；李佳在 2001 年对新疆部分葱属植物生物学特性及其分类意义进行了研究。2010 年后，我国葱属植物研究进入一个快车道，如：林辰壹于 2010 年对新疆葱属植物资源进行了系统研究，尤其是 2017 年我国科研机构与乌兹别克斯坦合作共建的全球葱园分别落户我国昆明和乌兹别克斯坦塔什干，为系统开展葱属植物的科学研究、资源挖掘与利用、知识传播和环境教育等提供支撑。

中亚干旱区自然地理环境特殊且具有丰富的葱属植物种质资源，而气候变化、人类活动以及不合理的资源利用正严重威胁着葱属植物资源的生存与发展。在这种情况下，系统掌握干旱区葱属种质资源的研究资料，对干旱区葱属资源进行全面调查，开展系统研究和引种保育研究，以及收集保存其种质资源，具有重要意义。迁地保育是保护葱属植物资源的一种有效方法。在伊犁植物园建立活体植物种质资源圃，既可以丰富我国的葱属种质资源，为蔬菜、花卉、药用等方面的葱属植物新品种的杂交育种提供亲本材料，又能丰富葱属栽培植物的种类，进一步推动葱属植物资源的开发利用，在造福百姓、美化环境的同时，为干旱半干旱地区种质库建设，以及国际葱属种质资源信息共享平台的建立提供参考。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



新疆的药用植物阿魏

文、图 / 李文军

新疆的植物资源丰富，有约 4200 多种维管植物，其中近 2/3 的植物可入药，已纳入收购的药用植物有 125 种。蕴藏量大、经济和药用价值高的药用植物有薰衣草、甘草、肉苁蓉、麻黄、贝母和阿魏等。其中，阿魏属植物在新疆和中亚地区的药用植物中，绝对可以称得上是“明星物种”。

笔者对阿魏的了解，要回溯到 2016 年。彼时，笔者刚从中国科学院新疆生态与地理研究所博士毕业，需要重新选定一个研究类群开展工作，在查阅了大量文献后，我来到沈冠冕先生的办公室。沈先生是新疆研究伞形科植物分类的专家。或许是感到欣慰，在中断多年后还有一个小伙子跑来要请教伞形科分类知识，老先生笑了。毕竟现阶段愿意从事经典分类学研究的人越来越少了。办公室内，已经 80 多岁的沈先生不停地抽着烟，不停地讲着，从当年阿魏原植物的普查、新疆阿魏和阜康阿魏的发表，到对现在阿魏生存现状的担忧……不知不觉，

整整一个下午过去了。“小李，好好干，多来办公室坐坐”，这是沈先生和我说的最后一句话。没过多久，沈先生突然离世……再后来，我搬进了沈先生曾经工作的办公室，继续沈先生的研究工作——开展新疆伞形科分类学研究。我选定的第一个研究类群就是阿魏属。而在真正开始接触阿魏后，我的工作重心从单纯的阿魏属植物分类，扩展到了分类和保育。

阿魏属 (*Ferula*) 隶属于伞形科 (Apiaceae)，全世界约有 150 种，主要分布在欧洲南部、非洲北部、伊朗、阿富汗、印度、巴基斯坦和中亚各国以及中国。见于我国的阿魏有 26 种，其中 7 个为特有种。部分阿魏属植物植株分泌的有特殊葱蒜样臭味的油胶树脂，有消积、散瘀、杀虫等功效，可用于治疗胃病、消化不良、虫积腹痛等疾病。

阿魏作为药用价值极高的植物，早在古波斯就已被利用，现在仍是国际市场上必不可少

的药用植物之一。在我国，阿魏入维吾尔、蒙古、藏族等少数民族传统的民族医药及中药。1975年，新疆阿魏 (*F. sinkiangensis*) 和阜康阿魏 (*F. fukanensis*) 正式发表后，被《中华人民共和国药典》作为药用阿魏的基原植物收载，以代替进口阿魏。

药用阿魏的基原植物大多是多年生一次结果植株，尽管能够存活多年，但一生只开花结果一次。植株需经过多年的营养生长后才会开花结果，而后自然死亡。处于生长期的阿魏植株，每年出苗，长莲座状叶，并逐年增大，一直到植株发育成熟才从簇生的叶中抽出茎来，形成花序。一年内，它们利用自然条件最好的时候进行生长发育，在条件变差的时候转入休眠状态，每年从出苗到地上部分枯死或种子成熟不会超过两个月。而从种子萌发到开花结果，往往要经历十年左右。然而，十余年的积累，在碰到采药人的那一瞬间，立刻前功尽弃。因为目前的采收模式是在阿魏开花前将其茎于近地面处或根的上部割断，获取其根部溢出的汁液。这种模式导致的后果是不会产生种子，也就没有幼苗更新，对阿魏来说是毁灭性的，导致种群数量急剧减少。

新疆是阿魏属植物在国内的重要分布地，所有的国产阿魏基原植物都只在新疆分布。阿魏属植物种子量大，一株新疆阿魏可以产生3000~6000粒果实（种子）。所以，正常生长的阿魏种群都比较大，个体生长比较集中，这一点在新疆的许多地名中都有体现，如“阿魏滩”“阿魏戈壁”“阿魏槽子”等。如果在前面再加上地区名，则直接可以定位，如伊犁阿魏滩就是新疆阿魏的集中分布地。1953年以前，我国的阿魏都是从伊朗、阿富汗等国进口，以供应国内中药市场。随着面积达5万多亩的伊犁阿魏滩的发现，经有组织的集体收割，1958年得到阿魏鲜树脂达4000多公斤。1975年，新疆阿魏作为我国特有种被正式发表；1984年，该种被国务院环境保护委员会列为三级重点保

护渐危种，随后又被列为二级保护重要野生药材物种，自治区一级保护植物。长期以来，由于生境的破坏及不合理的开发利用，阿魏的分布范围急剧下降，到1987年伊犁阿魏滩只剩下2万亩。发展到现在，阿魏的分布范围仅为80年代的1/20。2004年，经多方呼吁，对该种的保护工作再次得到有关部门的关注，推动了新疆阿魏保护区的建立，规划了3000亩的新疆阿魏保护区。2017年，笔者前往新疆阿魏保护区考察时，在当地专家的带领下标记了另一个尚有十几株的小种群。但2018年再去时，该小种群已经被盗采者破坏。笔者转遍整个山谷，只在一个隐蔽的石缝中发现幸存的一株。

值得高兴的是，在各方的努力下，目前当地政府已经提高了对于新疆阿魏保护的力度，保护区新立了警示牌，在有阿魏生长的地方用铁丝网维护，并安排了专门的看护人员。2019年，笔者再次前往保护区调查时，发现了大量阿魏幼苗。笔者相信在大力度的保护下，新疆阿魏种群未来会逐渐扩大。

与新疆阿魏相比，被药典收录的另一个阿魏基原植物——阜康阿魏——生存状况更加令人担忧。阜康阿魏分布在古尔班通古特沙漠南缘，沿水的冲沟生长，呈现若干平行的带状分布。20世纪80年代，科研人员进行野外调查时发现该种沿着冲沟有10余公里长的分布带。尽管人们并未像对新疆阿魏那样开展有组织的集体采割阜康阿魏，但在每年四五月份阿魏展叶之际，总会有一波又一波的不速之客为了满足一时的口腹之欲，大量采摘其嫩叶食用，更有甚者连根挖取，导致该种种群数量锐减。目前仅存的个体均为幼苗，已多年未见开花结果的植株。雪上加霜的是，阜康阿魏居群周边现在均已开垦为农田，原来的冲沟被切断，在没有水源补给的情况下，其种群生存堪忧，已濒临灭绝的边缘。

在经济利益的驱使下，新疆阿魏属植物面

临的滥采盗挖仍十分严重，加上农田开垦、放牧等因素，严重威胁着阿魏属植物种群的健康生长。目前，对阿魏属植物资源保护工作主要集中在《中华人民共和国药典》中收录的新疆



阿魏树脂



新疆阿魏

阿魏，对该属其他植物资源鲜少开展相关保护工作。就人们关注较多的新疆阿魏而言，目前的保护手段也仅限于保护区里面的围栏看护。针对阿魏属植物的相关研究主要集中在药用化学成分和药理方面，而与保护相关的工作相对欠缺。

事实证明，种质资源收集保存和迁地保护可以最大限度保存和保护植物的遗传多样性，防止因生境恶化导致物种的濒危甚至灭绝。广泛收集和保育阿魏属种质资源，将为长期有效的保护和合理开发利用提供可靠的后备保障。同时，对丝绸之路经济带的生态安全和药用资源的开发又具有重要的战略意义。自2017年起，在中国科学院“西部之光”项目的资助下，笔者开始搜集阿魏属植物种质资源，并在伊犁植物园和吐鲁番沙漠植物园进行引种。以期在植物园建立阿魏属植物种植资源圃，为阿魏属植物的保护和未来的开发利用提供物质基础。

在此，笔者建议进一步加强对所有阿魏属植物的保护、研究和科普宣传工作。在立足新疆本土生长的阿魏属植物资源的基础上，将阿魏属植物的收集和保育扩大到整个中亚地区。为更好地保护阿魏属植物资源，有待进一步开展：

- (1) 系统调查新疆和中亚地区阿魏属植物资源，构建种质资源圃，在最大限度的保护阿魏属植物资源的同时，丰富药用植物资源战略储备；
- (2) 加快推进并发展阿魏原植物的人工栽培模式，在满足药材和食材市场的大量需求的同时，尽量减少对野生植物的依赖；
- (3) 加强科普宣传，提供公民保护意识，鼓励社区参与，提升阿魏属植物资源保护成效；
- (4) 加大执法力度，杜绝阿魏属植物毁灭性的滥采盗挖现象。

保护阿魏属植物资源，是我们必须完成的任务。笔者希望阿魏等中药材在满足人类需求的同时，也能有种群生存繁衍的空间。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



干旱荒漠区植物种质资源 保护的意義

文 / 张道远 管开云 潘伯荣 尹林克 康晓珊

新疆维吾尔自治区分布有高山、盆地、雪原、森林、草地、绿洲，但更多的是广袤而贫瘠的干旱荒漠区（以下简称“干旱区”）。干旱区以其恶劣的生存条件，将许多植物拒之门外，而能在干旱区顽强生长的植物，都值得被称为“勇士”。

生长在干旱区的植物不仅耐旱、耐寒、耐贫瘠，在长期的适应过程中，还历经历史长河的千锤百炼，形成了各种具潜在经济和生态价值，能够适应生物和非生物逆境（抗病虫、抗寒、抗旱、抗高温、抗风沙、抗贫瘠、抗盐碱等）的表型基因、优良观赏性基因和速生高产基因，为受损生态系统恢复重建、城市生态园林系统建设和乡土植物资源生态产业化提供了丰富的种质资源。新疆可利用的抗逆性种质基因资源植物如旱生植物、沙生植物、盐生植物、高寒及抗辐射植物种质资源多达410余种，其中盐生植物125~187种，旱生和超旱生植物130~172种，寒旱生抗紫外线植物近30种，寒中生植物

超过80种。此外，分布于准噶尔盆地边缘“短命”及“类短命”植物就有27科114属232种。

干旱区的植物不仅装扮了戈壁大漠，还是稳定荒漠生态系统的重要成员，也成了干旱区生物圈的重要贡献者。位于中国极旱之地的吐鲁番，属暖温带内陆干旱荒漠气候，几乎终年无雨，被称为“风库”“火洲”。然而，就在这片不毛之地，中国科学院新疆生态与地理研究所于1972年建立起国内最大的温带荒漠植物园——吐鲁番沙漠植物园。这是以中亚及干旱区温带荒漠植物区系为收集引种研究对象的科学型植物园，也是世界上海拔最低的植物园，具有极其鲜明的地域及植物区系特色。植物园占地150公顷，坐落在经过治理的流沙地上。园内所收集保存的新疆乃至亚洲中部干旱区特有的木本植物种质资源，具有重大的科学、生态和经济价值，所建成的有温带荒漠植物区系特色的木本植物活体汇集圃和种子资源库，是干旱区特殊植物资源迁地保护的重要园区，也

是中国野生植物资源库建设的重要组成部分。

吐鲁番沙漠植物园现已保存各类植物 700 余种，涵盖了中亚荒漠植物区系成分的主要植物类群，隶属 87 科 385 属，其中怪柳属 (85%)、沙拐枣属 (89%)、沙冬青属 (100%)、白刺属 (100%)、甘草属 (100%)、梭梭属 (100%) 和补血草属 (80%) 的植物种数已占中国荒漠地区分布总数的 85% 以上，不仅是中亚地区荒漠植物物种多样性最丰富的荒漠特殊种质资源储备库，也是全球温带荒漠植物引种保育中心。目前已建成八个专类园区，分别为：沙拐枣专类园、怪柳专类园、民族药用植物园、梭梭属植物荒漠群落景观园区、情人草园、补血草专类园、禾草园和经济果木种质资源圃。吐鲁番沙漠植物园保存了干旱区植物物种最丰富的种质资源，在此基础上还开展了一系列引种收集和有效迁地保育研究，为促进干旱区生物多样性保护管理、生态文明建设和受损环境修复提供了关键技术支撑。同时，这里还建成了首个干旱区迁地保护植物数据库和活植物管理平台。

吐鲁番沙漠植物园更大的成果在于指导和推进了不同立地条件区域荒漠化治理进程，把绿色写在大地上，逐步实现美丽新疆的梦想。其中，主要应用在以下几个方面：

筛选和驯化优良的固沙乔、灌、草种 吐鲁番沙漠植物园成功筛选出的适宜荒漠地区种植的植物，不仅在疆内许多生态建设与生态系统恢复与重建工程中发挥了作用，引种收集了许多植物材料，同时还向全国各地有关单位提供优良抗逆性植物苗木以及种植技术。

塔克拉玛干沙漠腹地的塔中植物园自建设初期直至后期，由吐鲁番沙漠植物园为其提供了乔、灌、草种 300 余种，成功筛选出了 40 种适宜极端环境的高抗逆性优良固沙植物，分别用于植物园建设和沙漠腹地人工绿地建设，并逐步建成世界上第一条穿越流动沙漠的人工绿色

走廊。

准噶尔盆地北缘的石西油田基地，根据该沙漠腹地风沙大、多风向的特点从吐鲁番沙漠植物园引进 47 种适宜植物，以及相关配套的育苗和造林技术。经过适应性栽植试验，筛选出 20 种能够正常生长发育的种类。在以石西油田作业区沙漠公寓为中心的周围地带形成 60 多万平方米的沙漠绿地，石西油田作业区人均占有绿地面积已达 2357.54 平方米。

吐鲁番沙漠植物园还在南疆和莫索湾推广种植怪柳和梭梭固沙林 7333 万平方米，向西北 10 省区 16 个单位提供优良固沙植物种子 20 吨、苗木 200 万株，并为我国沙漠化治理提供了重要的理论依据和优良植物，多次荣获国家科技进步奖。

干旱区少灌溉固沙造林 通过深入研究不同荒漠植物的生物学特性，以及不同干旱区域的特征，吐鲁番沙漠植物园提出多种灌溉方式，解决了干旱区少灌溉固沙造林的难题。在干旱区栽培引种，水资源是关键，需突破不同立地条件水资源的限制，因地制宜地推进荒漠化治理的进程。例如，吐鲁番沙漠植物园建立初期，是利用坎儿井农闲水冬灌造林；北疆的沙漠通过改造地形汇集降水进行造林；策勒等地利用夏季洪水资源进行一次灌溉。因地制宜，有效利用当地现有资源，切实改善了当地植被状况。

干旱区植物种苗繁育 吐鲁番沙漠植物园针对干旱区近 300 种植物的种苗繁育做了研究，以典型荒漠植物类群为重点，通过沙藏、浓硫酸、高锰酸钾、温水或冷水、层积等破除野生荒漠植物种子休眠方法，解决种子直播、扦插、移植、分株、组培等育苗扩繁主导技术等人工栽培繁育关键技术难点，研发集成荒漠植物繁育的关键技术体系，总结提出不同科、属或类群植物的主要人工繁育方式，为干旱荒漠区的野生乡土植物规模化繁育和干旱荒漠区特色植物产业

化提供了理论指导和关键技术支撑。

吐鲁番沙漠植物园通过一系列研究获得种质繁育的最佳方式。我们发现：仅靠种子繁育的主要是一年生植物和大部分多年生植物（沙冬青仅能通过种子繁育）；依靠扦插繁育的主要是怪柳属、沙拐枣属、沙棘、欧洲荚、白刺属、苞叶木蓼、爬地柏、天山圆柏、锦鸡儿属和大沙枣；依靠分株繁育的大多为多年生克隆植物或分蘖植物；依靠嫁接繁育的有巴旦杏；适合移植的为木本和多年生植物；能培育出组培苗有黄花补血草、蓝蓟、裸果木、蒙古莠、国外怪柳、刚毛怪柳和塔干怪柳。我们提出不同科、属或类群植物的主要人工繁育方式，为干旱荒漠区的野生乡土植物规模化繁育和干旱荒漠区特色植物产业化提供理论指导和关键技术支撑，目的是更好地服务于干旱荒漠区的生态建设。

生态修复与绿地重建 吐鲁番沙漠植物园利用优良的荒漠抗逆植物为极干旱地区利用高矿化度咸水治理流沙、改造恶劣环境条件、保障沙漠腹地油气资源的开发做出了突出贡献。在此基础上建立的人工绿地生态防护系统，社会影响大，生态效益显著。

我们以吐鲁番沙漠植物园引进植物为主，结合从各地引进的果树、牧草等植物和当地的乡土植物种类，根据植物的生物学适应性、生态学适应性和经济功能适应性，建立了以生态幅、抗盐碱性和抗旱性为主要因子的物种选择标准与原则，从 167 个参评物种中，筛选出 75 种塔里木河中下游地区生态脆弱环境中适宜应用的生态型和生态经济型植物物种，用于塔河中下游受损生态系统恢复与重建、退耕还林还草等生态工程建设，并研究制定了林草植被群落结构及物种选择与配置技术，提出适宜本地退耕还林还草林草植被重建的 7 种群落结构与 46 类物种优化配置方案；研发集成 7 种退耕地植被重建的建植技术和 6 种生态经济型林草植被建设措施。在此基础上，我们进而提出了成

熟荒漠植物的引种繁育、育苗栽培、优化配置及抚育管理关键技术，并在第 33 兵团建立了实验室，为项目提供了种子、苗木，应用推广面积达 2241 万平方米。

在克拉玛依油田周边石油污染地的生态修复中，研究人员应用里海盐爪爪、黑果枸杞、高碱蓬、唐古特白刺、多枝怪柳、沙枣、紫花苜蓿和骆驼刺 8 种植物作为土壤石油污染的适生物种；其中，以里海盐爪爪和黑果枸杞为石油污染情况的指示植物，以唐古特白刺、多枝怪柳、高碱蓬和沙枣为石油-盐碱复合污染土壤中的适生物种，均具有潜在的修复能力。高碱蓬在 5000 毫克/公斤石油污染浓度下修复效果最好，降解率达 64%，作为低浓度区修复植物，沙枣降解修复能力受石油污染浓度的影响较小，可用于较高浓度的污染土壤修复。吐鲁番沙漠植物园依据本成果在克拉玛依采油三厂污水排放池旁建立了 2 亩植物修复技术试验推广区。

在准噶尔盆地古尔班通古特沙漠西南缘污水库区的生态修复中，以及新疆阿克苏市多浪河国家湿地环境综合整治及湿地修复工程中，针对不同的立地条件，使用不同的污染环境植被恢复手段，吐鲁番沙漠植物园制定出相应的植物群落配置方案，最终实现改善水禽栖息地环境，增加生物多样性的目的。

“一个基因可以影响一个国家的兴衰，一个物种可以左右一个国家的经济命脉。”随着干旱区植物资源的开发利用和推广，植物苗木产品应用率的提高，将会促进种苗业和沙产业的发展，产生更重大经济效益。同时，干旱区种质资源的收集和应用不仅可以服务于国家植物种质资源战略，也可为科学研究、生态环境建设和荒漠区抗逆经济作物新品培育、野生植物开发利用，生态环境修复等提供种质资源材料，具有不可低估的经济效益和社会价值。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员





博乐温泉香紫苏花海 摄影 / 王维全



花中皇后郁金香

文 / 康晓珊 图 / 范书财

新疆维吾尔自治区众多早春花卉中，特别值得一提的是被誉为“花中皇后”的郁金香。据考证，郁金香的原产地在中亚；对中国而言，郁金香的家乡就在新疆。早在 17 世纪，荷兰曾经举国上下掀起了追捧郁金香的狂潮，甚至由于人们不理智的郁金香狂热而引发了全球第一次经济泡沫。虽然这股狂潮最终消散，但是荷兰人对郁金香的喜爱和对郁金香品种改良的追求从未停止。

目前，全球人工培育的郁金香品种已经超过 4000 个，这么多的品种全部都是由早期的野生郁金香和栽培郁金香杂交而成。

在新疆，从荒漠到山坡，再到高山草甸，人们都可以看到野生郁金香的身影。早春的天山脚下，郁金香形成的优势植物片层，利用珍贵而短暂的高山融雪水，将沉寂了漫长冬季的大地唤醒。

其实，在准噶尔盆地中的绿洲，天山北坡的荒漠、山坡，阿尔泰山的碎石质山坡，以及海拔二三千米的松树林下或高山草甸，都能找

到不同形态的郁金香。它们有着极具地域色彩的名字，就像一张张名片，记录着它们的源头，如：准噶尔郁金香、伊犁郁金香、阿尔泰郁金香、天山郁金香和新疆郁金香等。多样的生境造就了郁金香形态性状的多样性和可塑性，其中也蕴藏着许多优良的园艺性状。

在新疆，分布有 12 种野生郁金香，它们形态各异，各有特点，是非常重要的资源宝库。在多样的生境条件下，新疆的野生郁金香展现出较为丰富的遗传多样性，是进行杂交育种和品种改良不可或缺的宝贵基因材料。

出生在 20 世纪 70~80 年代的新疆人，对郁金香保留有一份独特情缘，一份关乎味蕾的回忆。早春时节，孩子们拿着小铲子，寻找长着波皱叶片的小黄花：其花朵很大且颜色金黄，很好找。女孩子们看见它顺手摘了就别在头上，再美滋滋地顺着茎叶挖下去，不一会儿就可以挖出一个棕褐色的球茎；拍拍上面的土，快速剥去薄薄的棕褐色外衣，一个白溜溜的小球（新疆人称其为“老挖蒜”）便呈于掌心；等不得仔细观察，麻溜地将“小球”放进嘴里，甜滋

滋的味道回味无穷。正是因为这美好的滋味，让孩子们乐此不疲地寻找下一个“老挖蒜”。不过，也不是每次都很好挖，那时候就会很好奇，为什么它的根能扎那么深，还能在石缝间曲里拐弯地生长？不过这倒是增添了孩子们挖它的乐趣，有挑战有收获，还有被打败的气馁。作为有相同经历的笔者，成年后学习植物分类相关书籍才惊觉，原来小时候吃的竟是大名鼎鼎的郁金香，心中不免生出暴殄天物的愧疚。

郁金香家族成员早年曾经漂洋过海，从它们的原产地进入欧洲，从此摇身一变身价不菲。它们经历了神奇的被“改造”过程，之后变得更加绚烂迷人。它们的嬗变过程彰显出其遗传基因的強大。以分布最广泛的伊犁郁金香为例，人们在荒漠中，山前平原或低矮草坡上，乃至山地灌木下，都可以寻见它的身影，只是有时花朵低矮羞涩，叶片波皱卷曲；有时又亭亭玉立，叶片舒展，花冠挺立，楚楚动人。伊犁郁金香拥有广阔的分布区，以及随生境变化展示出的不同外形特征，显示出其卓越的适应性和可塑性，是不可多得的育种材料。

天山郁金香分布也较广，它具有 1~2 个独特的下延茎，新的下延茎可以萌生出新的植株，有利于促进种群壮大更新，也是很好的快繁材料，对于郁金香育种或者种质资源保育来说，节约了很多营养期培育上的时间成本（从种子到开花，需要经历 4~5 年）。

相比于伊犁郁金香和天山郁金香而言，新疆其他种类的野生郁金香分布范围相对较小，不过地域性的分布也造就了它们独特的特征，如：阿尔泰郁金香和准噶尔郁金香的花型较大，植株也较为高大，具有更好的观赏性；准噶尔郁金香花期较晚；阿尔泰郁金香花期持续时间长。这些都是很好的开花特性，有助于培育不同时期开花的郁金香。

在 12 种野生郁金香中，新疆郁金香是新疆

的特有种，全株颜色为灰绿色。它的花期较长，具双花和多花的特性，这不仅是新疆郁金香有别于其他种郁金香的显著特征，同时多头郁金香的特征也为郁金香的新品种开发提供了新的前景。

异叶郁金香的叶片舒展全缘，全株翠绿油亮，花被绿色加深，花蕾期和开花期花朵下垂。这些独特的颜色、形态特征使得异叶郁金香显得格外醒目。但它的海拔分布较高，可能是育种中较难攻克的难点。异瓣、垂蕾、毛蕊郁金香的花瓣是白色的，有的花心处还有亮黄色，十分美丽，也是很好的育种材料。

相比于野生郁金香，栽培郁金香的观赏优势十分突出，作为秋植球根花卉，它们的植株更加高大，花冠更加艳丽多彩，因此深受人们的喜爱。它不仅可以满足不同的欣赏需求，可做庭院种植或盆栽以及园林大面积造景，还可做鲜切花，满足不同消费群体的需求。它们的主要繁殖器官球茎的大小也是野生郁金香的数倍，能为自身高大而美丽的外形提供足够的营养物质。因此栽培郁金香一直广受欢迎，需求热度始终不减。

但是栽培郁金香的种球被引种栽植到我国后，在很多地区种植过程中存在明显的种球退化现象，面临种球只能使用一次的窘境。不过在新疆的一些区域，栽培郁金香却能很好地保持园艺性状，种球不仅可以保持原有的大小，有些品种的种球还能生长得更大，获得更多子球。大概是新疆的土壤条件和气候类型更适合郁金香的生长繁殖，毕竟这里是郁金香的故乡。

如果可以将国外优势品种和国内本土野生种进行杂交，实现血缘融合，培育出适合国内生长种植的郁金香自主品种，将新疆发展成为郁金香种球的生产基地，那么郁金香也可以在自己的故土上大放异彩。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



短命植物的生存策略

文·图 / 曹秋梅

短生命周期植物是一类生长在荒漠地带或落叶林下的生活周期或年生长周期很短的特殊植物类群的总称。它们是古地中海退却后，第三纪末第四纪初为适应干热环境而大量发育形成的较为年轻的植物类群。短命植物是荒漠植物群落的主要伴生种和优势种，也是生态恢复的先锋物种，对沙丘的固定、沙地土壤的形成以及荒漠生态系统的稳定和平衡具有重要的生态价值。因此，短命植物不仅是我国荒漠区系的重要组成部分，也是欧亚大陆干旱区植物地理分区的重要指标之一。

2012年4月初，冬雪初融，笔者第一次来到古尔班通古特沙漠边缘的阜康市梧桐沟，就被眼前一丛丛绿色的植物给震惊了。此时新疆各地的灌木和乔木还未萌动，呈现出一片黄色的苍凉，而眼前本该一片死寂的沙漠却充满了无限生机，一丛丛、一片片绿色的植物如丝带般镶嵌在沙丘上和沙丘间。这些是什么植物，它们为什么这么早就在环境如此恶劣的沙漠中

萌发？带着疑问和对绿色生命的敬畏，笔者开始了对它们的探索之旅，并随着了解的不断深入，逐渐被这类植物的生存智慧深深吸引。

短命植物的类型及其分布

根据生长环境不同，短命植物可分为荒漠短命植物和林下早春短命植物。荒漠短命植物主要分布在中亚及西亚、北非、北美洲、南美洲、大洋洲和地中海沿岸等地区的荒漠地带，利用季节性融水快速完成其生活史全过程，并以种子和地下器官休眠的方式来度过对其生长不利的季节。林下早春短命植物主要分布在美国北部、日本、俄罗斯等地的落叶林下和智利的干旱海岸，利用早春林冠郁闭前的光照迅速完成生命周期后，以休眠的方式避开光照不足的不利条件。

根据生活类型的不同，短命植物可分为一年生短命植物和多年生类短命植物。一年生短命植物当年完成其生活史，并由种子形成新个



体；多年生类短命植物当年地上部分干枯死亡，地下器官休眠，第二年春季可由种子或地下芽形成新的个体。按照生长季节的不同，一年生短命植物又可分为春性、夏性及冬性三类。春性一年生短命植物主要是在春季和夏初完成生活史，主要分布在冷荒漠（如准噶尔盆地）和林下；夏性一年生短命植物在夏季和早秋完成生活史；冬性一年生短命植物的种子在秋冬季节萌发，在春季完成生活史，主要分布在南非、美国和以色列的热沙漠中。我国的短命植物多为春性一年生短命植物，主要分布在新疆北部。

植株矮小、繁殖分配比例却很高

研究表明，短命植物的生活周期平均为 75.8 天，长者达 90~100 天，短者只有 40~60 天。植物生活周期短，其营养生长期也必然会相应地缩短。在高温和干旱环境的制约下，利用冬季融雪和早春的气温回升，短命植物往往在 4 月初便开始萌发，避免了其他物种对光照、水分和养分等自然资源的竞争。在夏初气温回升时，短命植物进入生殖生长期。由于营养生长期的低温限制了植株生物量的积累，因此短

的生活周期和低温造就了短命植物身材矮小和重量轻的特征。

短命植物低矮的身躯不仅可以有效地保持水分，还可以充分利用地表的温度，同时它们还可以促进生殖枝将光合产物更多地转化为果实。有的短命植物高度仅有几厘米，却能产生大量的种子，例如角果毛茛的植株高度仅在 5 厘米左右，却能产生近百颗种子。可见短命植物植株虽然矮小，却有较高的繁殖分配，会将营养更多地分配给果实和种子，增加其后代的适合度。这样的繁殖策略正是为了适应多变的荒漠环境，度过随时可能会出现的干旱威胁。减小环境风险对自身造成的影响，是短命植物为确保种群繁衍而采取的重要适应方式。

果实（种子）多态性造就了多样的萌发策略

果实（种子）多态性是指在同一植株的不同部位上产生不同形态的果实（种子）的现象。短命植物的很多类群中都存在果实多态性现象，主要表现在种子形态多样性、种子结构多样性及种子散布方式不同等方面。新疆农业大学谭

敦炎教授及其团队对短命植物的果实多态性、种子休眠类型、萌发策略、生活史和繁育系统等方面进行了长期和持续的研究。研究成果表明,小疮菊同一果序内可产生外围果、过渡果和中央果3种类型的果实,并且它们在形态结构、扩散方式、休眠与萌发特性等方面也存在差异。

除了形态上的不同外,短命植物还演化出了多样散布结构(翅、冠毛、刺毛等),帮助其在荒漠生态环境下的种子传播和繁衍后代。例如十字花科的宽翅菥蓂,其果翅的存在不仅有助于种子的风媒扩散,而且抑制了种子的萌发,延长了它在土壤种子库里的持续时间。对于大多数具有果实多态性的植物来说,不同类型的果实在大小、形状、外部结构或在植株上着生位置的不同,决定了它们在散布过程中具有不同的行为。例如异果芥上部的长角果开裂,会使种子扩散的距离远且种子无休眠;下部的长角果不开裂,扩散的距离近且有休眠期。

果实(种子)多态性是导致种子萌发异质性的主要原因。果实多态性的存在不仅增加了种子扩散的方式和种子休眠的类型,还增加了种子萌发在时间和空间上的异质性,是一种“两头下注”的混合生殖策略,为后代在多变的荒漠环境中生存提供了更多机会,是短命植物适应长期不可预测的荒漠环境的结果。

种子萌发是植物生活史的关键阶段,是影响种群动态的关键因子。短命植物种子的萌发时间具有较强的可塑性,在长期适应恶劣的荒漠环境过程中演化形成了多样种子萌发策略。不同物种在萌发时间上存在差异,从而构成了不同的生活史,如冬性一年生和春性一年生短命植物。同一物种在不同环境中的萌发时间也存在差异,如条叶庭荠在阜康北沙窝的萌发时间要早于在乌鲁木齐雅玛里克山的萌发时间。同一生境中同一物种的萌发时间也存在差异,如沙漠中广泛分布的小花荆芥、尖喙牻牛儿苗的春秋两季萌发现象。短命植物多样的萌发策略增加了幼苗在更适宜的环境条件下出现和生

长的机会,从而提高了植物对环境的适应性。

生活周期的可塑性强

植物生活周期的可塑性不仅是其表型可塑性的直接反映,也是它们对环境变化适应能力的反应。一般情况下,可塑性强植物的潜在的适应能力强。短命植物的种子不仅在春季可以萌发并迅速生长完成生活史,以种子形式度过高温干旱的夏季,在降雨丰富的夏季和秋季也能萌发。夏季萌发的植株因干旱导致其后期死亡不能完成生活史,秋季萌发的植株则可以在次年春季开花结实并完成其生活史。

在极端恶劣的环境下,短命植物常以短的生活周期来规避对其不利的环境而免遭灭绝之灾,但当降水和温度适宜时,它们的生活史式样又可产生改变,进而可能会影响其种群和群落特征。中国科学院新疆生态与地理研究所在全球气候变化的背景下长期模拟增加积雪、增水和增氮的环境,以研究对短命植物的影响。研究表明:积雪厚度增加提高了短命植物群落的物种多样性、群落盖度和生物量;降水量增加促进了多数短命植物的生长,增加了植株个体生物量的积累和繁殖输出,但是对少数物种(如小花荆芥)有一定的抑制作用。短命植物对增氮的响应是多样的,在降水多的年份,增氮促进了短命植物的生长;在降水少的年份,植物对增氮的响应因物种而异。

短命植物在长期适应干旱荒漠环境的过程中演化出了多样的种子萌发和繁殖对策,它们是荒漠生态环境和气候变化的响应者,在荒漠植物群落的形成与演化、生态系统的维持以及防沙固沙中具有不可替代的生态价值。短命植物也是荒漠植被修复的先锋物种,具有适应性强、易栽培、易管护、景观效果好、能体现荒漠地区特色等特点,使得它们中的很多物种(如小甘菊的边坡修复和高速公路绿化)成为荒山、高速公路绿化、边坡以及人为扰动荒漠植被修复的首选材料。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



话说新疆葡萄

文、图 / 师玮 张付春

人们谈起新疆维吾尔自治区的瓜果，自然会想起品种众多、甜美多汁的葡萄。甘甜的新疆葡萄不仅早已走向中原，走进每一片中华沃土；它们还走上了新丝绸之路，走向了世界。伴随新疆葡萄一起的，还有由它发酵而成的葡萄酒。在新疆，葡萄和葡萄酒的故事古老而神秘；现如今，新疆的葡萄叶也成了故事的主角。毫无疑问，新疆葡萄的故事将继续在这片土地上书写精彩。

新疆早期葡萄来源

在现代植物学分类中，葡萄有欧亚种、东亚种与美洲种三大种群。我们日常熟知并食用、栽培的葡萄，大都是源自欧亚西部的欧亚种群葡萄（*V.vitis.Vinifera*）。我国境内没有自然生长的欧亚种葡萄，市场上的该种葡萄是通过早期丝绸之路从中亚地区引入我国新疆的，并由此逐步传入内地。

欧亚种葡萄大约在公元前 6000 年首先驯化和栽培于地中海东岸至高加索地区，于公元

前 3000 年左右出现在中亚，公元前 1000 年左右经伊朗传入我国新疆。吐鲁番盆地出土的战国时期欧亚种葡萄藤蔓（2003 年出土）和种籽（1991 年出土），为葡萄传入新疆以及中原的时间提供了最可靠的依据。通过进一步梳理中亚与新疆地区的考古资料以及相应的人群迁徙历史，研究人员认为欧亚种葡萄是通过“欧亚草原”与“绿洲”两条通道传入新疆，即可能是经由北疆（伊犁）传入了吐鲁番地区，也可能是由中亚经帕米尔传入了南疆塔里木盆地绿洲各城廓小国。

葡萄文化的发展

中国对葡萄文化史的记载早于葡萄栽培史，目前已知最早的采集和利用野生葡萄的证据是位于河南舞阳县北舞渡镇的贾湖遗址（距今 9000~7000 年），据考证有中国原产的野生葡萄种子出土。进入夏商后，栽培葡萄及其酿造技术经中亚传入西域，以栽培葡萄为主体的葡萄文化在新疆开始萌芽。西周至秦汉时期从新疆到中原内地不仅有葡萄的栽培和葡萄酒的

酿造，而且出现了记载葡萄的史籍、诗赋、葡萄图案的壁画、葡萄酿酒器具等。魏晋至隋唐时期进入中国葡萄文化的鼎盛期，五代十国至元代到达繁荣期，明至清前期逐渐衰落，而近代以来进入中国葡萄文化的转型期。可以看出，自夏商起，葡萄和葡萄酒传入新疆后，其文化开始在中原乃至全中国扩散并发展。

葡萄酒的历史与人类文明史一样久远，公元前 8000 年前，中亚地区的人们就开始利用野生的欧亚种葡萄酿造葡萄酒了。古人很早就发明了“专业”的酿酒设备，还在酒里添加了酯类物质以防止葡萄酒酸化。葡萄酒从新疆传入内地后，被无数王侯将相、文人骚客、丝路商人视为珍品，无论是在平时时期或是战争时期都始终与人类相伴。关于葡萄酒的故事以及描写和赞美葡萄酒的诗歌、辞赋不胜枚举。北魏诗人曹丕的浪漫爱情诗《种葛篇》（葛即葡萄）中写道：“种葛南山下，葛藟自成阴。与君初婚时，结发恩义深。”诗中以葡萄枝条延绵比喻他与发妻的爱情缠绵长久，根深蒂固。

高昌王朝向唐朝廷进贡“西域琼浆”。唐人诗句“葡萄美酒夜光杯，欲饮琵琶马上催”中的“葡萄美酒”描写了西域的一种古老的葡萄酒——穆塞莱斯。但穆塞莱斯并不是纯粹意义上的葡萄酒，确切地说是介于葡萄酒和葡萄汁之间的一种含酒精的饮品，主要由新疆红葡萄汁浓缩发酵或鲜葡萄汁浓缩酿制，是一种类似葡萄酒的天然果汁，也是维吾尔族民间传统饮料。中国著名辞赋家王宇斌先生专门写了一篇“穆塞莱斯赋”，对该饮品及相关文化进行了记述。如今，穆塞莱斯不断发展，已有相对专业的葡萄酒厂生产并销售。

据粗略统计，新疆收录有关葡萄文化方面的汉文文书约 200 余件，涉及到的民族文字有 30 余件，包括了佉卢文、回鹘文、粟特文和吐蕃文等。实物方面，有位于吐鲁番阿斯塔距今 1700 年（约在西晋时期）的古墓室葡萄园壁画，有喀什疏附县的 5~6 世纪胡人捧匏罗喝葡

萄酒图案的黑灰石墨雕刻，有 6~7 世纪传入新疆的摩尼教窟寺的葡萄壁画，更有在和静县出土的公元前 8~5 世纪（西周至春秋时期）田地葡萄纹彩陶罐，以及十余件反映“胡人岁献葡萄酒”所用装酒皮囊的考古实物。至今，吐鲁番葡萄沟成活 100~500 年（明清时期）以上的葡萄植株达数十株，和田洛浦县也有 1 株百年古葡萄根部横卧于房屋地基之下，地上部分仍蜿蜒跃上藤架；河南康百万庄园的镇馆之宝百年葡萄树也是新疆的葡萄品种，植于清乾隆年间（1736~1795 年）。凡此种种，不一而足。

今日的新疆葡萄

新疆葡萄种植历史悠久，自古就遗留下来了丰富的品种资源，是全国葡萄地方品种最丰富的省区。截止 19 世纪末，我国东部地区栽培的欧亚种葡萄品种，特别是东方品种无不与新疆品种有着密切的亲缘关系。新中国成立后，新疆的葡萄科技工作者对地方品种做了几次普查，到 20 世纪 80 年代初，新疆地方品种主要有无核白、马奶子、红葡萄、百加干、喀什喀尔、黑葡萄、秋马奶、阿克比瑞克、纳比瑞克、索索葡萄、木纳格和黄葡萄等 400 多个品种，主要分栽培于塔里木盆地西南缘的和田、喀什、克州，还有伊犁和吐哈盆地。值得一提的是，有些新疆品种（如无核白、木纳格）对地域生长环境要求十分挑剔，它们曾经被引种到内地多个省份，但无核白仅在甘肃部分地区和内蒙乌海引种成功，木纳格至今没有引种成功的报道。其花芽分化不良和难以成熟等不良表现是其引种失败的主要因素。

改革开放以来，新疆葡萄栽培品种和规模发生巨大变化，尤其是“十一五”以来，新疆大力发展特色林果业，葡萄面积由过去的 1.3 万公顷迅速发展到目前的 14.3 万公顷，成为新疆栽培面积排名第三的果树树种，除阿勒泰地区 and 个别县市外，已经遍布新疆各地，成为多个县市的农业支柱产业，为新疆尤其是南疆人们的脱贫做出了巨大贡献。近年来，随着农业技术发展进步，葡萄栽培模式、搭架方式也发生着翻天覆地的变化，由单一的露地栽培变为温室提早成熟和延

晚成熟栽培并存的栽培模式，搭架方式由改革开放之初的庭院栽培到后来的小棚架多主蔓扇形树形栽培，再到后来的平棚架直立树干、篱架扇形树形栽培，及至现在管理精准化的平棚架顺沟倾斜龙干树形和篱架龙干和倾斜龙干树形栽培，并针对不同品种生长习性配套多种叶幕形，葡萄栽培标准化程度越来越高。管理方式由改革开放之初的纯人力发展到现在逐步推进的机械喷药、机械化埋土、机械化出土等，人们逐渐从繁重的体力劳动中被解放出来。

目前新疆主要栽培的葡萄品种有：无核白、木纳格、和田红，引进的品种有红地球、无核白鸡心、克瑞森无核、火焰无核和近年来新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所育成的新郁葡萄。该研究所成立于1979年，先后引进国内外葡萄品种500多个，现存的资源中，包括欧亚种、美洲种、欧美杂种、山欧杂种、圆叶葡萄、河岸葡萄等多个葡萄品种；其中鲜食品种350余个，酿酒品种90余个，并兼用品种30余个、制干品种20余个、制汁品种6个、砧木品种8个和药用品种1个。

由于地方品种尤其是农家品种散落在偏僻的农村和农家院落，长期以来，由于制度不健全，保护意识不强，多数资源处于不被认识和重视状态，在快速的工农业建设过程中，很多农艺经济性状不佳的品种自然丢失，甚至有些性状优良的类型丢失也相当严重。20世纪80年代以来，新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所收集保存了部分新疆葡萄种植资源，但未见研究利用方面的报道，近年新疆农业科学院园艺作物研究所开展了新疆本土葡萄资源的初步调查，并对木纳格葡萄的基因组进行了重测序。从保护和发展的角度看，新疆的葡萄种质资源的保护工作应引起更多的重视。

在新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州的阿图什市，人们祖祖辈辈种植“木纳格”葡萄，“木纳格”在维吾尔语里意为“水晶一样晶莹剔透”。木纳格葡萄具有很强的地域性，先在阿图什，后来在天山以南的阿克苏、喀什地区有栽培，再后来陆续引种到天山以北，以及陕西、河南等内地省份，但都难以适应当地环境，未成规模。木纳格葡萄以阿图什出产

的品质最佳。每年出口2万余吨，约占全国葡萄出口量的一半。除大量出口外，当地维吾尔族居民每年在秋季木纳格采收后，将整穗葡萄悬挂在土墙房间里自然存储，冬季屋内稳定的空气湿度和温度既能抑制病菌生长和扩散，又能抑制葡萄果实水分过快散失，为木纳格葡萄提供了良好的自然存储环境，虽然后期葡萄果梗干枯、葡萄果粒略有失水，但出现霉菌的情况很少，至来年4月份仍可食用。这种储存木纳格葡萄的方式是维吾尔族劳动人民结合当地地理气候特点总结出来的一种实用土法保鲜法。

近年来，随着葡萄酒工艺的发展，人们开始利用葡萄制作蒸馏酒，新疆天山北麓的玛纳斯用“白玉霓”葡萄、龟兹故地阿克苏沙雅县和帕米尔高原以北的阿图什用“木纳格”、伊犁河谷用“红地球”葡萄制作蒸馏酒的酒精度在40°~60°之间，因其美妙的葡萄果香越来越受到人们的欢迎。

变废为宝的新疆葡萄叶

新疆的葡萄闻名遐迩，是因为这里的葡萄果实甜美可口。现如今，新疆的葡萄叶也逐渐被加工成产品，出口到土耳其、保加利亚、希腊及中东一带，成为颇受欢迎的食材。保加利亚和希腊等国有近500年的食用葡萄叶历史。葡萄叶可以加工成罐头，也可以将其真空包装后直接出口，还可以用葡萄叶包大米制成广受欢迎的特色食物——朵玛。近几年，希腊先后到6个国家和地区对葡萄叶取样进行检测，发现新疆吐鲁番的葡萄叶没有被污染，也很少有病虫害，而且营养成分丰富、柔韧性强，是包大米做朵玛的最好原料。近两年，吐鲁番与和田共出口4000多吨葡萄叶，未来将实现超过6000吨葡萄叶的加工，并通过希腊公司出口到美国、法国、希腊、保加利亚、俄罗斯、澳大利亚和沙特阿拉伯王国等十多个国家。可见，高品质的新疆葡萄叶在世界上也逐渐变得闻名遐迩了。

本文第一作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员
第二作者系新疆农科院园艺研究所研究人员



塔克拉玛干沙漠的胡杨

文 / 徐晓亮 图 / 徐新文

胡杨是杨属中最古老的一个物种，因具有抗热、抗寒、抗风、抗沙、抗碱、抗旱、抗瘠等特性而显著区别于其他种杨树，是全球杨树中最适应极端环境的特殊类群，也是唯一能在极端干旱沙漠环境中生存的稀有阔叶落叶乔木树种。胡杨最早出现在白垩纪，属古近纪孑遗物种，被植物学家誉为古老物种的“活化石”。在约 2500 万年前的中新世，胡杨扎根于天山山间盆地；在约 1200 万年前的上新世，其分布区域遍及欧洲和非洲。科学家在新疆库车县千佛洞的古近纪渐新世地层中发现过胡杨叶化石，佐证了这里是全球胡杨的起源地。

胡杨的全球分布

胡杨分布地域辽阔，在欧、亚、非大陆均有天然林存在，主要分布区是中亚、西亚和地中海地区。目前，全球最大的胡杨天然林集中在

我国新疆和哈萨克斯坦。联合国粮农组织 (FAO) 林木基因资源专家组于 1993 年 6 月召开的例会上，确定了全球最急需优先保护的林木基因资源，其中分布于东北亚和中亚的杨属被列入优先保护名单，而胡杨、滇杨、缘毛杨和墨西哥杨是干旱半干旱地区保护的重点。

塔里木河流域是全球胡杨林的现代分布中心，保存了最高大密集、林相整齐的天然胡杨林。那里分布的胡杨林从种群起源上是完整的，包括种子实生和根蘖繁衍的全部发生繁殖类型；遗传多样性丰富，汇集了种下遗传变异、生态变型和天然杂交系多达 20 余个，是全球胡杨、灰胡杨野生种质资源的重要种质资源原地汇集库。胡杨从阿克苏河、和田河与叶尔羌河交汇的三河口开始，向东断续分布到低洼的罗布泊平原，并零星散布于塔里木盆地边缘和嘎顺戈壁

扇缘带。塔里木河两岸连片分布的原始胡杨林总面积约 35.22 万公顷, 占新疆胡杨林总面积的 97.78%, 占中国胡杨林总面积的 91.43%, 占全球胡杨林总面积的 55.14%; 塔里木河流域保存有大面积未受人类干扰的原始胡杨林。

胡杨林群落与生态功能

胡杨包括胡杨和灰胡杨两个种, 由它们组成的塔里木河温带落叶小叶疏林是一个独特的非地带性、不稳定且多变化的隐域性森林植被类型, 包括了温带内陆荒漠河岸林的全部植被群落类型。胡杨林群落形成、发展和衰亡的全套演变过程与塔克拉玛干盆地风沙移动、塔里木河频繁改道、河道夏季的洪泛过程、地下潜水变化、沿岸潜水位以及河漫滩沉积物间有着极其密切的依存关系。胡杨林伴随着塔里木盆地周边山区夏季洪水的到来而发生, 随着河流摆动而发展, 维系着种群在不同空间上的自然更新和繁衍, 成为胡杨林的发生起源中心和最适自然分布生境。

从河道向沙漠腹地垂直方向上, 集中保存了胡杨幼龄林、中龄林、成龄林、过熟林和衰老林等森林不同发育阶段的连续龄级序列。距河道越远, 地下水位越深, 胡杨的林龄越大、群落层片结构越简单。胡杨的幼龄林(平均树龄 3~5 年)无一例外地分布于河岸两侧洪水冲刷形成的河漫滩上; 在河道的一级阶地上, 大量分布着胡(灰)杨中龄林(平均树龄 5~14 年); 随着与河岸的距离变远, 在河道的二级阶地上和高大的沙丘地段上, 出现了 15~35 年的中龄林和 35~60 年的成熟林; 分布在古河床上和干沟两岸及高阶地上的大部分为胡杨过熟衰老林。从幼龄林到衰老林, 胡杨和灰胡杨林群落结构呈乔灌木密聚型—乔灌木疏散型(草本植物消失)—乔木稀疏型(灌木和草本植物完全消失)。在大片死亡倒伏的胡杨林残迹土地上, 伴生植物也往往因地下水位下降而全部枯死, 成为不毛之地。

塔里木河中游河段河流季节水量差异极大, 河床基质疏松, 冲蚀的结果使河流经常改道。洪泛河曲河漫滩成为胡(灰)杨林种子实生苗发生的最适宜区段, 这里的胡杨幼林林相整齐、长势良好。在远离河岸的区域, 实生苗发生的条件逐渐消失, 胡杨依靠特有的横走茎克隆繁殖形成次生无性萌蘖种群。在河道的改道变化和不断地周期性摆动过程中, 新一代胡杨实生种群伴随着新河道河漫滩的形成在近河道处诞生, 在远离河道的阶地上则大量产生次生克隆种群。从近河岸向沙漠不断过渡的范围内, 胡杨林起源类型由有性繁殖为主, 演变到有性繁殖与无性繁殖共存, 最终发展到仅进行无性根蘖繁殖。几千年来的周而复始, 胡杨林以实生繁殖和根蘖克隆两种起源繁殖方式扩张, 在塔里木河中游洪泛河曲地段广泛形成了孤立、团状和不连续带状分布的不同发育阶段的胡杨林种群; 在另一些较直的河段两侧则保存了不同时期河道迁移摆动遗留下的多条相互平行且不连续分布的廊状古老胡杨林。

结束语

胡杨是干旱区生态环境变迁的标志性木本植物, 承载着全球气候变化的信息密码, 具有调节气候、防风固沙、护岸, 阻止沙漠外延北侵, 稳定河道, 保护绿洲, 维持荒漠区生态平衡的重要功能, 是维系塔里木河流域荒漠生态系统的主体, 对于维持干旱荒漠地区脆弱的生态平衡意义重大。千百年来, 胡杨与当地人民的生活、生产及建设密切相关。胡杨林和塔里木河相伴而生, 像一条绿色长城, 长期以来紧紧锁住塔克拉玛干沙漠的扩张, 屏护着塔里木河流域人民的生产生活, 为人类在最残酷的荒漠环境中创造了生存空间, 在南疆区域经济发展中起着举足轻重的作用, 被誉为南疆人民的保护神。保护胡杨林, 就是维护塔里木河流域的生态系统, 就是保护南疆 1100 万人民的生存环境。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员





沙漠、胡杨、塔里木河 摄影 / 李翔

塔里木河与胡杨林相伴相生

文、图 / 凌红波

塔里木河是我国第一大内陆河，世界第五大内陆河。其流域包括和田河、叶尔羌河、喀什噶尔河、阿克苏河、渭干河、迪那河、开-孔河、克里雅河与车尔臣河等九大支流水系。从叶尔羌河算起，塔里木河流全长 2482 公里，干流长 1321 公里。塔里木河流域面积达到 102 万平方公里，涵盖了新疆南部的喀什、和田、阿克苏地区和克孜勒苏柯尔克孜、巴音郭楞蒙古自治州等五个行政区以及新疆生产建设兵团的四个师，养育着 1000 余万新疆各族民众。其流域所在地区与吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、巴基斯坦等五个国家接壤，是我国面向中亚、西亚开放的“桥头堡”和“中-巴经济走廊”的重要通道，也是国家新时期“丝绸之路经济带”建设的核心区，地理位置独特，地缘优势明显。

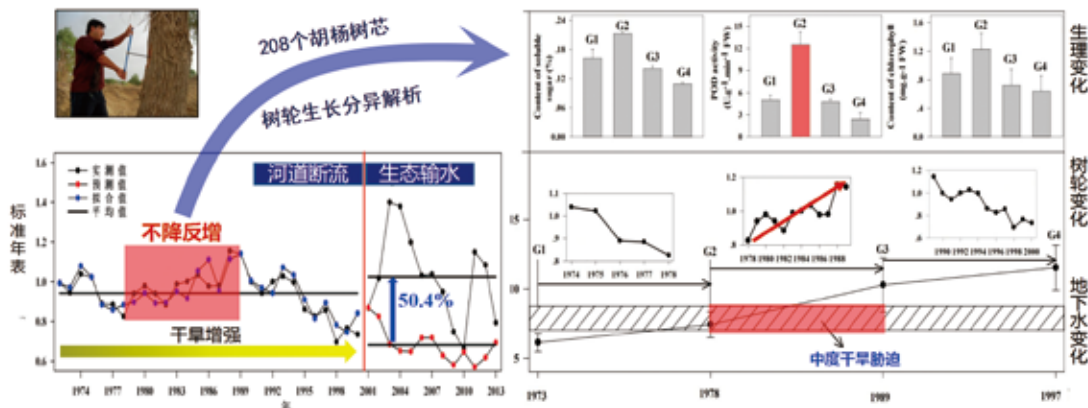
胡杨是塔里木河流域的典型植被，是世界范围内最古老、最原始的珍稀濒危保护树种之

一，也是干旱区内陆河流域唯一能形成大片河岸林群落的乔木树种，在维系流域生态安全中发挥着重要的功能，具有不可替代的生态地位。胡杨作为生长在干旱大陆性气候条件下的树种，具有喜光、抗热、抗旱、耐盐碱、抗风沙等特性，适于生长在年平均气温 10℃ 以上的暖温带荒漠河流沿岸、河漫滩细沙-沙质土上生长最为良好。胡杨生长所需的水分主要靠地下潜水或河流泛滥水，由于胡杨的根系可以伸展到浅水层附近，其强大的根压和含碳酸氢钠的树叶使得胡杨能抗旱耐盐。

世界上大部分胡杨生长在中国，而中国 90% 以上的胡杨又生长在新疆的塔里木河流域，仅塔里木盆地胡杨林保护区的面积就达 3800 平方公里，约占世界天然胡杨林总面积的 54%。但是，塔里木河流域是中国乃至世界生态最为脆弱的地区之一，从 20 世纪 50 年代开始，水

创新点1：在植株-群落斑块尺度

支撑点2：首次从生理角度剖析了中度干旱胁迫导致胡杨树轮生长发生分异的机理，提出并验证了中度干旱胁迫诱发树木产生负反馈调节的科学假设，打破了传统树轮重建所遵循的“均一化”理论



土资源的过度开发利用导致下游河道完全断流，荒漠河岸林大面积衰败甚至死亡。为了恢复塔里木河下游受损的生态系统，2000 年，中国政府投资 107 亿元实施了流域综合治理工程，旨在通过协调流域水资源，缓解生态与经济用水矛盾，恢复塔里木河下游生态环境。到目前为止，20 年持续的生态输水使下游河道水文过程的完整性得以基本展现，胡杨等天然植被出现了积极的生理和生态响应，生态恢复成效显著。

为科学度量胡杨在生态输水前后的生长变化，自 2009 年开始，我们在塔里木河下游以胡杨为优势种的英苏、喀尔达依、阿拉干及依干不及麻四个地下水监测断面，选取了生长在地下水监测井周围、胸径 30~50 厘米的成熟胡杨，采集了 208 个树轮样芯；依照树轮样本实验室处理的基本程序，将采集的样本在室内自然干燥后，再进行固定和打磨；利用 LINTABTM 6 树轮宽度测量仪测量树轮宽度，获取树轮宽度数据；借助 COFECHA 交叉定年质量控制程序进行交叉定年检验和生长量的修正，剔除部分与主序列相关系数小、树龄短、奇异点多的样芯；最后，在准确定年的基础上，我们利用国际通用的 ARSTAN 程序建立了胡杨树轮标准年表。

我们的研究模拟了在未实施生态输水时胡杨年表的变化，并与实施生态输水后的胡杨年表变化情况进行对比，结果显示：生态输水后，胡杨年表的平均值增加了 50.4%。另外，我们对胡杨的生理指标进行了测定，从生理学角度剖析在不同干旱胁迫下导致胡杨树轮生长出现分异的机理，提出并验证了中度干旱胁迫诱发树木产生负反馈调节的科学假设。

1973~1989 年，塔里木河下游的胡杨经历了不同强度或不同程度的干旱胁迫，包括无或轻度胁迫（G1）、中度胁迫（G2）、严重胁迫（G3）、甚至死亡（G4）。在河道断流初期，由于遭遇干旱，胡杨树轮年表随地下水埋深的下降而减小。

1978~1989 年，在中度干旱胁迫时，随着塔里木河下游干旱程度的进一步加剧，胡杨不仅通过改变水分利用策略来适应干旱，而且在生理上也出现积极响应，这促使其树轮生长趋势随干旱胁迫的增强发生了“不降反增”的分异现象，表明中度干旱胁迫对胡杨生长产生了负反馈调节。也就是说，在胡杨生长过程中，一定的干旱胁迫不但有利于胡杨产生生理上的

- 阐明了不同漫溢干扰模式下荒漠河岸林植物群落演替规律，提出了在中度漫溢干扰下，植被形成了物种多样的、以乔灌木为建群种的群落结构，丰富了中度干扰假说的科学内涵



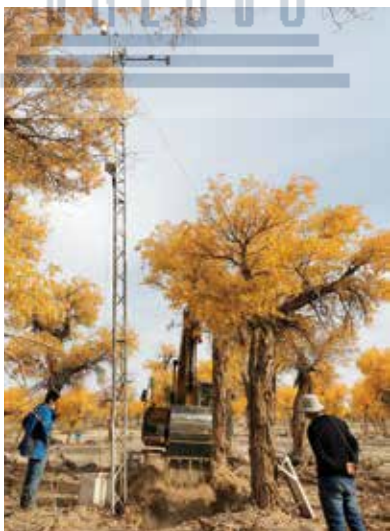
自我调节和自我适应，也可以促进它的根系发育以及通过根系水力提升寻找更深的地下水，将地下水和深层土壤水提升至浅层土壤后充分利用。

1989~2000 年，塔里木河下游断流时间的加长，干旱持续加剧，胡杨林出现了大面积枯萎。

从 2000 年至今，随着塔里木河流域的生态输水工程，流域内地下水位逐步抬高，沿岸的胡杨开始“复苏”，大量的胡杨幼苗长出，胡杨长势好转，塔里木河下游植被面积大幅增加。塔里木河流域沿岸的胡杨林出现了郁郁葱葱、枝繁叶茂的景象。

同时，根据我们的观察研究，以胡杨为建群种的荒漠河岸林虽然对水有依赖性，但过多

为了揭示荒漠植被蒸腾对土壤水和地下水的响应规律，研究人员在实验区布设了涡度相关系统，实时监测植被蒸腾量的动态变化过程。



为了揭示荒漠植物对土壤水和地下水的响应规律，研究人员在实验区布设了地下水监测井和土壤水监测系统，实时监测地下水埋深和土壤含水量的动态变化过程。



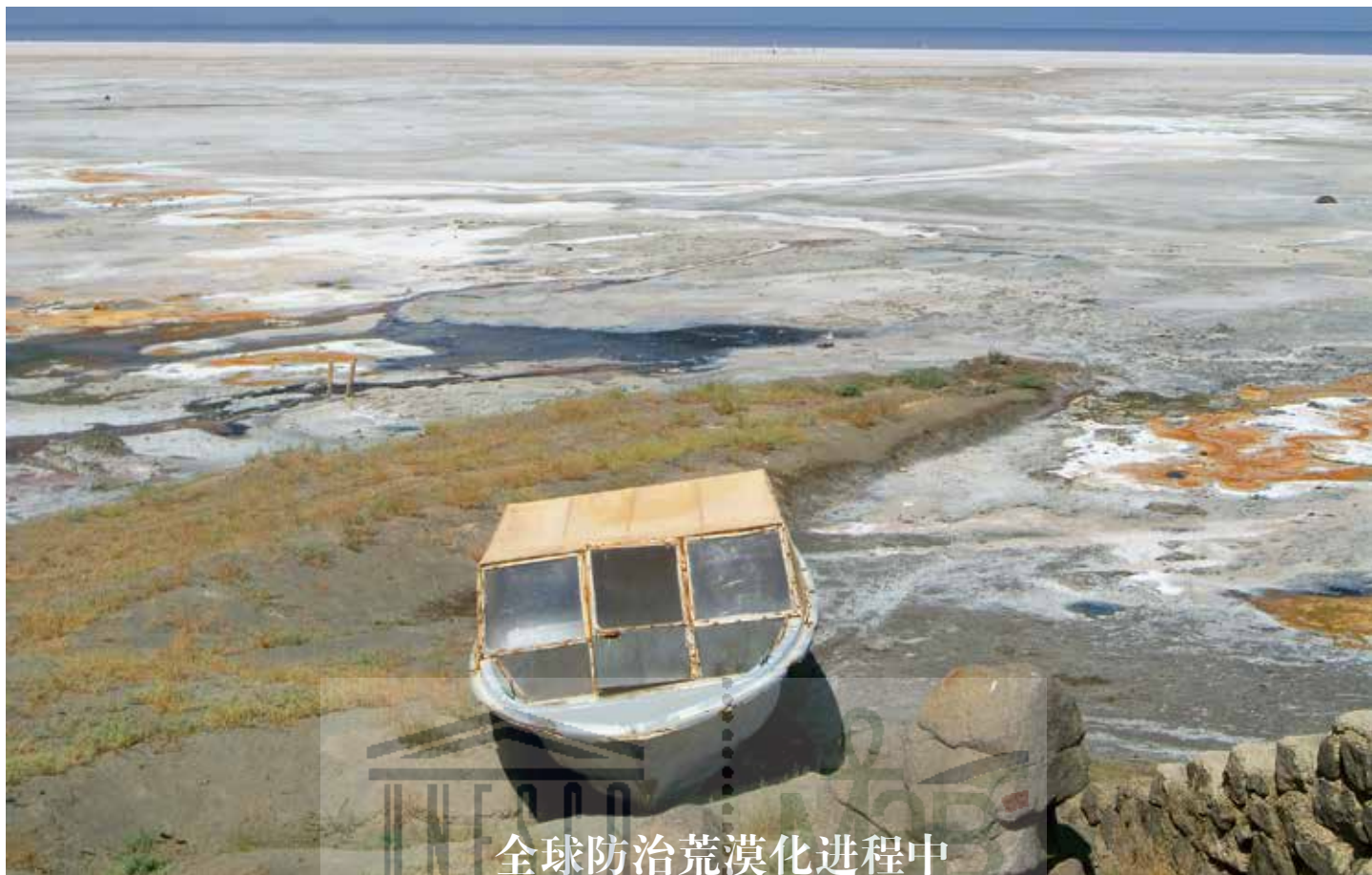
的水也不利于荒漠河岸林的稳定。我们提出并验证过一个科学假设，适度的水干扰（地表水漫溢和地下水埋深变动）有利于荒漠河岸林的形成和维持适应干旱化的植物群落结构。我们通过对漫溢实验区 536 个植被样方连续 10 年的监测得知：在较强和较弱的漫溢干扰下，植被会分别演替成对干旱胁迫抗性较差的芦苇群落和花花柴群落；在中度漫溢干扰下（1 年 1~2 次，每次持续时间 20~30 天的漫溢），植被反而形成了物种多样的、并且以乔灌木为建群种的稳定群落。

以上研究丰富了中度干扰假说的科学内涵，为干旱区内陆河流域的生态恢复奠定了理论依据。因此，生态供水也要讲科学，针对不同区域和不同年龄段的胡杨，需要采用不同的供水度。科学合理的生态水调度，有利于维系荒漠河岸林生态安全；基于水文过程的生态响应研究，建立精细化、制度化的生态水灌溉系统，构建“河-湖-库”联合调度技术模式，促进荒漠河岸林的生态修复和生态水的高效利用。对于胡杨幼林，采用线状、汉河与面状输水模式，结合中度漫溢干扰（1 年 1~2 次，每次持续时间 20~30 天），维持地下水埋深在 2~3 米。对于胡杨近熟林，采用线状、汉河与面状输水模式，结合每年 1~2 次的漫溢干扰，维持地下水埋深在 4~5.5 米。对于成熟林和过熟林，采用线状与汉河输水模式，结合 2~3 年 1 次的漫溢干扰，维持地下水埋深在 5.5~7 米。

目前，为了更好地保护塔里木河流域生态环境，我们正在积极探索塔里木河沿岸生态供水和植被生长的最佳调节策略，以减少干旱地区水资源的无效蒸发，将生态水量最大限度地用于植被修复，获得最佳的生态保护和修复效果。相关研究不仅可以为干旱区流域构建基于生态保护与修复的荒漠河岸胡杨林灌溉系统提供良好的示范作用，也对发展生态水调度和陆生植被灌溉理论与方法具有重要的科学意义。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

伊朗北部最大的湖泊，也是湿地型保护区的水面面积在 2010 年已退缩了将近 70%，留下坚硬的盐碱湖底



全球防治荒漠化进程中 人与生物圈计划的角色与工作重点

文、图 / 韩群力

1992 年，联合国里约热内卢环境与发展大会同时推动建立了生物多样性公约、气候变化公约和防治荒漠化公约。这三个彼此密切相关的国际公约从 20 世纪 90 年代初至今保障了全球对于环境和发展可持续性的合作基本共识，是当今国际可持续发展合作框架的重要基石。联合国大会于 1994 年通过决议，决定将每年的 6 月 17 日定为“世界防治荒漠化和干旱日”，旨在广泛动员联合国成员国和各方面的力量推动和落实在同一次大会上正式建立的联合国防治荒漠化公约（UNCCD）。1996 年 12 月，《联合国防治荒漠化公约》正式生效。这个公约的生效为世界各国和地区制定防治荒漠化纲要提供了国际法理的依据。

荒漠化问题的严重性和紧迫性

荒漠化对环境和人类发展的影响数据是惊人的。土地退化这一现象主要发生在约占地球表面 41% 的干旱和半干旱地区。在这些地区居住的人口超过 20 亿。据联合国估计，全世界每年都有 1200 万公顷（即以平均每分钟 23 公顷的速度）的土地因荒漠化而变得贫瘠。荒漠化和干旱使得缺水情况更为严峻。由于土地退化导致生态系统生产力的损失，饮用水短缺和贫穷加剧等原因，到 2030 年全球预计会有 1.35 亿人口背井离乡。这样大规模的人口迁徙无疑会对其他地区造成压力，并成为社会冲突和不稳定的根源。联合国秘书长古特雷斯在“2020 年防治荒漠化与干旱日”发表警告：土地退化问题的影响会波及全球 32 亿的人口。联合国教

科文组织总干事阿祖莱称荒漠化是一种持续的无声的灾难。的确，持续的荒漠化不仅是对人类社会在环境和土地治理方面的重大挑战，也是对世界和平与稳定的一个重大挑战。

2015年9月，联合国193个成员国通过了《变革我们的世界：2030年可持续发展议程》。该议程设立了17个目标(SDGs)和169个具体目标(Targets)。其中目标15要求保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，遏制和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失。其具体目标进一步提出：到2030年，防治荒漠化，恢复退化的土地和土壤，包括受荒漠化、干旱和洪涝影响的土地，努力建立一个不再出现土地退化的世界。这个基于国际社会普遍共识的目标充满了使命感和尽快改变现状的诉求，需要所有国家为之努力。古特雷斯秘书长在“2020年防治荒漠化与干旱日”提到了非洲的绿色长城(Great Green Wall)计划。该计划横贯非洲大陆，希望通过持续的综合生态措施和行动，恢复大约1亿公顷退化的土地，改变从塞内加尔到吉布提的11个撒哈拉沙漠南缘相关国家的生态现状和人民的生计，使这些国家的粮食安全得以保障。这无疑足迄今非洲大陆最具雄心的遏制荒漠化，推动生态恢复和重建的计划。当然，考虑到荒漠化问题的巨大时空尺度和环境、经济和社会的复杂性，特别是荒漠化与气候变化以及生物多样性问题的密切交织，期望用短短十五年时间全面达到这个目标是相当理想化的。人类社会是否能够在在这个时间段在防治荒漠化工作中取得决定性的成功，前景并不乐观。

面对这个关乎全球环境和发展前景的问题，联合国教科文组织(UNESCO)人与生物圈计划(MAB)当然不会置身事外，事实上也从未置身事外。当前人与生物圈计划的参与国家和科学团体，需要清楚了解自身的使命与角色，并在以2030可持续发展议程为代表的新的发展时期确立其工作重点和行动入口。

教科文组织和人与生物圈计划在荒漠化问题上的主要工作

人与生物圈计划在干旱半干旱区的工作散见于各种文献的记载，系统性的介绍不多。2006年突尼斯荒漠化科学大会上，人与生物圈秘书处专家Thomas Schaaf博士对联合国教科文组织自20世纪50年代到21世纪初在干旱半干旱地区开展的科学工作做了一次系统回顾，对于了解这方面的历史非常有益。其观点经笔者梳理补充主要包括以下四个方面：

首先，联合国教科文组织是在联合国系统中最先开展干旱区与荒漠生态系统研究的机构。教科文组织最早的干旱半干旱区国际科研合作项目是1951年启动的。项目试图从科学上认识和了解干旱区生态的结构，功能和动态特征以及对相关人口、经济和社会方面的相互联系。事实上，在20世纪50年代，联合国教科文组织的科学工作是以干旱区研究作为中心内容之一的，并在1957~1964年间将该研究上升为该组织科学计划的重大项目。在此应该特别提及，在教科文干旱区生态研究重大项目中，科学家意识到并明确提倡在资源和生态研究中要使用“整体”和“综合”研究方法。这些理念对后来的人与生物圈计划以及生态学研究发展的影响是不言而喻的。

其二，1968年，教科文组织召开了保护与合理利用生物圈资源的政府间会议，提议制定“人与生物圈计划”。该计划于1971年建立，将“人类活动对干旱半干旱区生态系统影响包括灌溉活动的影响”列为首批14个重要研究领域的第四项。教科文组织此前的长期研究工作无疑对这个战略定位提供了科学基础。教科文组织于1976年发起的国际水文计划(IHP)也对干旱区的水资源管理做了针对性的合作研究，包括干旱区水资源信息分享与监测科学网络(GWADI)，以及在当前国际水文计划第八阶段——水安全主题——下开展的生态水文专题示范项目和专门针对干旱问题的合作研究计划。

其三，人与生物圈计划与相关国家和地区在 20 世纪 70~90 年代开展了一系列干旱区生态研究和能力建设项目。重点国家和地区包括肯尼亚、突尼斯、埃及、苏丹、加纳、撒哈拉南部地区国家和西非地区。这些延续了 20 多年的科学合作项目丰富了人们对于干旱区生态系统的认识，深化了对于干旱区长期形成的人与自然互动的复杂关系和多样性的了解。基于这些科学研究的产出，人与生物圈计划为防治荒漠化公约开发了面向学校的多语种教育工具和材料。

其四，2004~2015 年期间，人与生物圈计划秘书处以重点生态系统，特别是生物圈保护区为重点，开展了跨区域的比较研究与合作项目。该项目包括了中国（内蒙古浑善达克）、伊朗、乌兹别克斯坦、巴基斯坦、叙利亚、约旦、埃及、布基纳法索以及南美洲的玻利维亚等国。该项目从干旱区生态、经济和社会发展、本地文化和传统资源管理利用、新能源使用、生态恢复和能力建设各个角度开展研究。项目取得了积极和丰硕的成果。

在国家层面和区域层面，各国的人与生物圈计划国家委员会和研究机构一直在进行荒漠生态系统的研究。已经有不少长期研究的地区被列入世界生物圈保护区网络（WNBR）。据教科文人与生物圈计划秘书处 2016 年数据，有超过 61 个世界生物圈保护区代表或涵盖了干旱区和荒漠生态系统。稀树草原类型的生物圈保护区有 64 个。这些生物圈保护区以及部分位于干旱区的世界自然遗产地是教科文组织贡献防治荒漠化力量的重要工作场地。关于这一点，笔者在 2015 年、2016 年和 2017 年人与生物圈计划国际协调理事会（MAB-ICC）上都做了强调。人与生物圈计划亦可总结这些进入国际生态网络的地区所取得的保护与发展相结合的经验，并开辟新的综合应用案例和样板，例如在非洲绿色长城计划相关国家，在广袤的“一带一路”沿线国家建立新的生物圈保护区，作为对全球防治荒漠化的贡献。

在荒漠生态科学研究和长期监测方面，位于土库曼斯坦卡拉库姆沙漠东缘的 Repetek 生物圈保护区的荒漠科学定位站是当之无愧的先驱。该站由俄国科学院于 1909 年设立，是世界上第一个长期荒漠生态研究定位站，被生态学家比喻成荒漠生态科学的“麦加”圣地。中国新疆博格达生物圈保护区拥有的阜康荒漠生态定位研究站工作也有超过 40 年的科研历史，是中国科学院主导的生态研究网络（CERN）的重要组成部分。

至 21 世纪初，国际科学团体就干旱区生态系统研究的重点研究领域和专题逐渐形成了一些重要共识。这些重点领域和专题大致包括以下内容：

- 旱地生态系统价值与服务评估；
- 文化多样性和生物多样性的相互依存和保护；
- 传统知识系统的价值和作用；
- 气候变化背景下如何有效进行水资源综合管理；
- 如何改进农业和畜牧业使其成为可持续土地利用的机会；
- 制定与实施科学的荒漠治理政策和减贫战略，为旱地居民的利益确定可行的旱地生计；
- 如何通过教育促进可持续发展和知识共享；
- 如何扭转环境退化特别是土地退化的现状，促进土地的恢复。

以上最后一点关乎生态系统恢复，是目前联合国防治荒漠化工作的重中之重，需特别给予关注。

面向 2030 和 2050，在防治荒漠化工作上人与生物圈计划应该如何定位和行动

“人与生物圈计划 2015~2025 战略”和“利马行动计划 2016~2025”对联合国 2030 可持续发展议程和本文第一段所提到的三个重要公约做了整体的呼应。生物圈保护区从整体上定位为支持可持续发展的综合模型。遏制土地退化被列入了利马行动计划的优先行动。然而，

人与生物圈计划目前尚未对干旱带研究问题和对防治荒漠化公约的具体贡献制定新的科学研究和行动的议程，这是令人遗憾的，但这客观上也为各国的人与生物圈国家委员会和区域生物圈网络留下了自行主导和探索的空间。

一个积极的消息是：教科文组织最近携人与生物圈计划与世界生物圈保护区网络、国际水文计划和世界遗产公约等长期合作机制，正式加入了“联合国生态系统恢复十年(2021~2030)”。笔者预期：人与生物圈计划会将其在人与生物圈计划战略和利马行动计划的承诺通过这个生态系统恢复十年的进程予以具体化，使生物圈保护区的理论与实践包括生态恢复方面的努力为防治荒漠化做出新的贡献。

面向未来，笔者认为人与生物圈计划需要对下面几个方面做进一步的考虑：

干旱区水资源管理和利用以及气候变化带来的新的不确定性 水是命脉。干旱区水资源管理和可持续利用是经典的挑战。人与生物圈计划在初期就人类活动对干旱半干旱区生态系统影响的立项已经特别提到需要关注灌溉活动的影响。跨区调水包括大规模调水用于农业发展和住区建设至今依然是广泛存在的现象，经常引发复杂的生态环境和社会问题。比较极端的案例如咸海的退化和荒漠化。水资源安全正由于气候变化的新的不确定性变得更为复杂。人与生物圈计划应该与国际水文计划和联合国气象组织等密切合作，就干旱区的水安全问题做出前瞻性研究。

干旱区生态系统的价值评估和定位 在相当的时期里旱地生态系统经常称作是边缘地带，意指贫瘠的、缺水的、生物量产出和农业产出低下的、经济落后和交通被相对隔离的地区。这个认知在新的发展环境下需要重新加以讨论。一方面，基于自然的解决方案现在被很多研究者所看重。的确，充分认识了解生态系统内在的机理、生产力和服务机制以及修复功能是可



2008年，人与生物圈计划的专家参观土库曼斯坦生物圈保护区荒漠站



土库曼斯坦 Repetek 生物圈保护区荒漠站建于 1909 年的沙俄时期，后来属于苏联科学院土库曼分院，苏联解体后归属土库曼斯坦。因其荒漠化治理方面的科学研究开展得很早，并取得丰富的成果，至今火车路过这个荒漠站时都要鸣笛，以示向荒漠治理科学研究的前驱者致敬。

以提供很多解决方案、改进生态效益、减少自然灾害的风险以及减轻和适应气候变化。另一方面，应该看到科学和技术在农业、水资源、交通、能源（特别是可再生能源）、生物和信息-物流联通方面的快速和巨大的进展所带来的新机会。传统上脆弱的干旱区农牧业可以由于科学和技术的引进和应用，改变生产和经营方式，从整体上提升旱地生态系统的价值。技术的进步有可能为荒漠地区带来新的发展模式，而过去的“边缘地带”有可能获得全新的发展活力。总体上看，人与生物圈计划应该从生态系统、发展环境和科学技术几方面的不同角度来综合考察干旱区发展，特别是干旱区经济和荒漠经济的前景。

从流域尺度切入和把握问题 荒漠生态系统的研究在很多情况下要从流域尺度着眼和入手，

将流域内的山地、农地、湿地联系起来作为一个系统来研究。如伊朗西北部的乌鲁米耶湖湿地生物圈保护区退化研究一定要和全流域内农业区的发展综合起来才可以取得有意义的成果。就这个问题来说，中国的博格达生物圈保护区从建立之初就涵盖了高山生态系统，农业发展区和荒漠各个组分，是一个可以综合考察和研究荒漠化问题相当理想的场所。

掌握数据，了解和把握荒漠化的动态进程数据是科学研究的基础。运用技术新手段，包括地球大数据技术和服务，为防治荒漠化提供全面和精准的数据支撑。联合国机构包括教科文组织应该与相关数据技术机构建立长期合作，对于旱区和荒漠的生态现状与趋势充分把握。在这方面，中国科学院地球大数据战略先导专项在科学评测土地退化方面取得的重要进展可以也应该为中国人与生物圈计划在“一带一路”和中国的工作中服务

干旱区生物多样性与生态恢复 对于干旱区和荒漠地带的生物多样性研究和管理已经有了很多研究成果。但相对于其他类型的生态系统如热带雨林，干旱区和荒漠生态仍有继续推进和深化的需要。在物种保护方面的重点应该是什么？生态修复或恢复的目标和理想状态是什么？在这个过程中哪些是需要人工干预恢复的部分，哪些应该是自然修复的过程？如何有效区分天然荒漠和由于人类活动造成的荒漠化进程？干旱区生态系统作为干旱区生态系统的综合价值应该如何认识与评估？以及自然保护界正在讨论的荒野地保护应该给予干旱区和荒漠怎样的定位，等等。

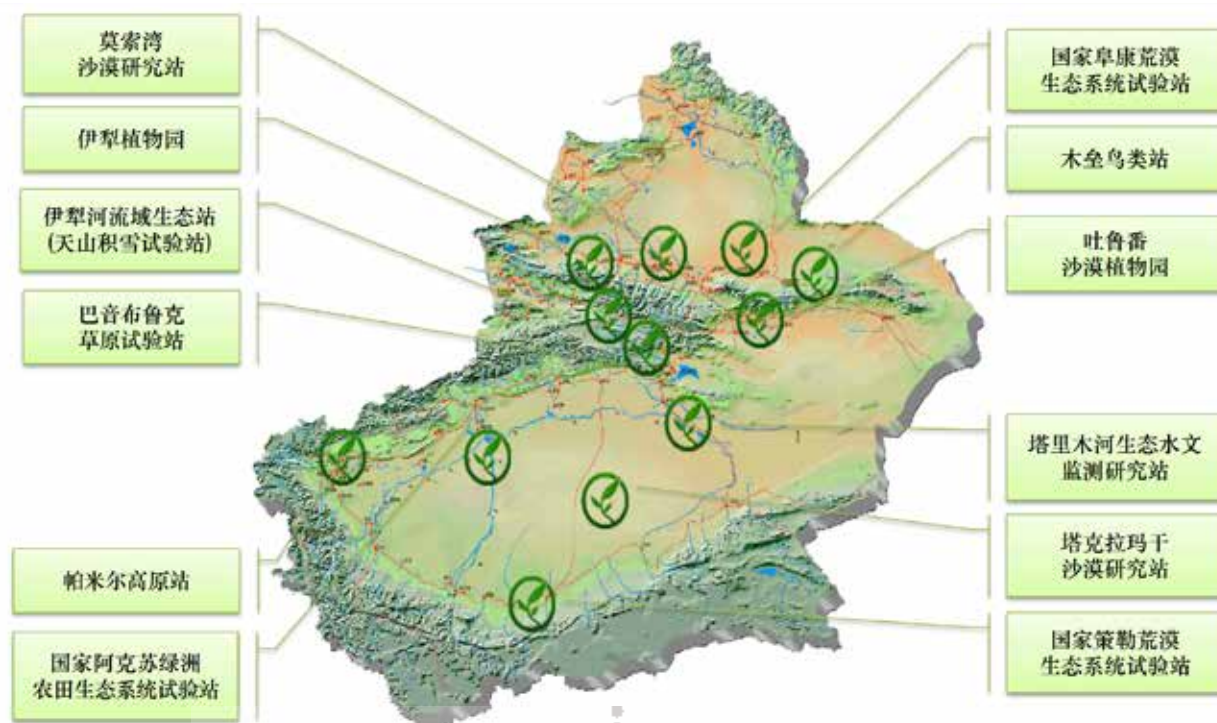
探索绿洲类型生物圈保护区在气候变化和防治荒漠化进程中的作用

在 2017~2019 年间，教科文人与生物圈计划秘书处专家徐镡钦和 Peter Dogsé 对绿洲生态系统和生物圈保护区做了系统的调研和分析。在全面梳理世界生物圈保护区资料的基础上，

携手国际水文计划，并通过与相关国家磋商，特别是通过和中国人与生物圈计划国家委员会的磋商，提出了人与生物圈计划绿洲系统和气候变化研究项目书。该项目书包括了六个专题：气候变化和影响观测，可持续水资源管理，绿色经济，传统知识与文化，青年参与和促进性别平等。项目书筛选了“一带一路”沿线 12 个国家的 19 个拥有绿洲系统的生物圈保护区，并计划面向中国、伊朗、阿曼、印度、约旦、肯尼亚、安哥拉、纳米比亚、尼日尔、卡塔尔、苏丹、也门、阿尔及利亚、埃及、摩洛哥、墨西哥、秘鲁和智利等国开展合作（项目面向的国家里中亚和西亚国家目前还偏少）。项目旨在开发和加强绿洲系统模型以增强气候适应能力和可持续发展，加强当地能力建设，复制成功的经验并促进这些绿洲系统模型在全球干旱区传播。同时探索缓解或适应气候变化影响的政策，技术和创新措施，加强成员国之间在绿洲方面的合作。在这个进程中，项目也将探索如何将生物圈保护区作为更为适配的模型推广至全球干旱和半干旱地区的绿洲系统可持续发展的实践中去。

• 教科文人与生物圈计划秘书处和中国人与生物圈计划国家委员会提出并推动的这项研究与未来的长期合作项目抓住了绿洲这个干旱区生态、经济、文化和社会发展的关键，与人与生物圈计划历史研究积累相契合，体现了教科文组织多学科综合的特色和世界生物圈保护区网络的独特作用。可持续的绿洲管理与发展可以作为人与生物圈计划在防治荒漠化工作的一个重要入口和长期抓手。在 2021 年“生物多样性第十五次缔约方大会”上，中国人与生物圈国家委员会将会和教科文秘书处共同组织一次绿洲生态系统会议。考虑到中国提议的“一带一路”合作和绿色发展长远前景，以及相关国家的强烈兴趣，中国科学家和中国人与生物圈计划国家委员会可将绿洲作为今后一个重点方向开展研究和国际合作。

本文作者系联合国教科文组织人与生物圈计划前秘书长



荒漠化防治的典型案例

文 / 乔建芳

中国科学院新疆生态与地理研究所（以下简称新疆生地所）始建于 1961 年，是中国科学院布局在新疆的最为重要的一支国家级科研力量。自成立以来，新疆生地所秉承“立足新疆，面向中亚，走进非洲，辐射世界干旱区”的宗旨，重点围绕荒漠环境与荒漠化防治、绿洲生态与绿洲农业、水土资源开发利用与可持续发展、生物多样性保育与生物资源利用开展研究，取得了一系列丰硕成果。特别是在荒漠化防治领域，本所遵循“生态、生计、可持续”发展理念，开展了一系列技术研发、技术集成、试验示范及工程化、产业化应用研究，促进了干旱区生存环境改善、土地生产力提升和沙区农牧民增收，为干旱区的区域可持续发展、生态文明建设、国家“一带一路”建设等重大战略需求提供了技术支撑。

新疆荒漠化防治成果

绿洲边缘风沙危害防控 由于气候变化和人

类活动的影响，位于塔克拉玛干沙漠南缘的和田古绿洲外围的荒漠植被遭到严重破坏，致使流动沙丘与绿洲农田直接毗连，造成“沙临城下”危机，直接危害到绿洲边缘农牧业生产与人民生活。20 世纪 80 年代，新疆生地所临危受命，在和田地区建设策勒治沙试验站，通过建立拦沙河、草灌带、灌木林和乔木林“四位一体”的荒漠化防治方法，解除了风沙对县城的威胁。该成果于 1985 年获得两项“联合国环境规划署荒漠化控制成功业绩奖”。

塔里木沙漠公路防护林生态工程 塔克拉玛干沙漠公路是世界上穿越流动沙漠最长的高等级公路，新疆生地所的专家们历经 12 年研发了“流沙地咸水灌溉造林技术体系”，在公路两侧建成了沙漠公路防护林生态工程，长 400 余公里、宽近 80 米、种植苗木近 2000 万株的“绿色生态屏障”确保了公路的顺畅运行。2015 年 5 月，《联合国防治荒漠化公约》执行秘书易卜

拉欣·逃奥先生在考察塔里木沙漠公路防护林体系时，给予这一成果高度评价：“这是沙漠腹地一个独特的研究中心，在如此极端的自然环境下，你们的科研工作令人震撼。感谢你们的奉献，你们的研究将对全世界具有价值”。

盐碱地改良与盐生植物资源可持续利用 新疆盐碱地面积约占全国的 40.7%，盐碱严重影响土壤的生产力和土地植被覆盖。新疆有着丰富的盐生植物种质资源（320 种），约占全球盐生植物种类（1650 种）的 20%。如何进行盐碱地改良，如何利用盐生植物资源，这些都是摆在科研人员面前的难题。经过十几年的研究，科研人员发现盐生植物可在 2%~5% 的盐碱地上生长，并从土壤中吸收带出 5~8 吨/公顷盐分，种植 2~3 年可改良土壤成功种植作物。同时，新疆生地所的研究人员还开发出了盐生植物蔬菜、盐生饲草料、生物盐、改良酸化土壤的盐基生物炭等产品，形成了生态高效盐土农业生产模式。盐碱地改良与盐生植物资源可持续利用模式不仅改良了盐碱地、增加了经济效益与植被覆盖、修复了盐碱荒漠环境，而且实现了盐碱地区水-土-生物资源协同高效利用，为干旱区盐碱地生态修复和盐碱地区生态高值化脱贫攻坚提供了技术支撑。

荒漠化防治技术走出国门

“一带一路”沿线区域拥有丰富的矿产资源、能源资源、生物资源和土地资源等，是地球上最重要的资源宝库之一。其所涉及的 60 多个国家都是《联合国防治荒漠化公约》缔约方，其中 40 多个国家正遭受着不同程度的荒漠化、土地退化和干旱危害，并已对粮食安全、生态安全、能源安全和国家安全构成了严重威胁。中国作为“一带一路”的倡导者，特别强调在加强基础设施建设的同时，应重视荒漠化问题，并加强这方面沟通协商和合作。2017 年 9 月 6 日，《联合国防治荒漠化公约》第十三次缔约方大会在中国召开，习近平主席在致大会贺信中强调：防治荒漠化是人类面临的共同挑战，

需要国际社会携手应对。

正是在这样的背景下，新疆生地所凭借自身的区位优势、技术储备及长期以来与周边国家合作的积累，再次活跃在“一带一路”沿线，为沿线国家搭建平台，共享信息。

面向中亚 新疆生地所与中亚国家建立了 5 个联合研究中心、15 个野外观测研究站，构建起覆盖中亚和西亚的生态系统观测与研究网络，实现数据实时传输和网络共享，成为目前国际上数量最大和数据类型最丰富的中亚资源环境监测网络和科技信息共享平台。

走进非洲 新疆生地所分别与利比亚农业部沙漠治理委员会、阿拉伯干旱地区与干旱土地研究中心、毛里塔尼亚环境保护部、卢旺达基加利基督复临独立学院、尼日利亚非洲荒漠化防治委员会和埃塞俄比亚奥罗米亚州牧业发展委员会等签订了合作协议及谅解备忘录；也相继与非洲绿色长城组织共建“泛非绿色长城研究中心”、与毛里塔尼亚环保部共建“中-非联合研究中心西非办公室”，为集成中国荒漠化技术进入非洲搭建了平台。

我国新疆与中亚的几个国家，与蒙古国、伊朗以及非洲干旱区具有相同的环境背景和生态问题、拥有相似的荒漠生物物种与资源。应亚非各国的需求，新疆生地所运用中国成熟的荒漠化防治技术模式，在中亚、西亚和非洲的“一带一路”沿线国家实施了一系列服务民生、改善生态的监测、研究和示范项目；建立了各类技术实验示范区和示范基地，推广示范生态恢复、绿色发展等先进技术模式，为“一带一路”绿色发展提供了强有力的科技支撑。

蒙古国是中国的友好邻邦，是新丝绸之路经济带上的重要国家。自 1990 年后，蒙古国遭受严重的生态退化和荒漠化危害，荒漠化草场面积达全国总面积的三分之一以上，荒漠化问

题已成为制约蒙古国社会经济发展和生态平衡的主要危机。由于草场退化和荒漠化问题日益严峻，蒙古国已成为全球四大沙尘暴源区之一，频发的沙尘暴波及中国、韩国、日本等周边国家。

在国家科技部重点研发政府间科技合作项目的支持下，新疆生地所的科学家远赴蒙古高原，实地调研了草场退化和荒漠化现状、土壤分层情况等，并在蒙古国乔伊尔市北部 5 公里处建立了面积为 20 公顷的示范区，区内布设了植物种质资源保育与繁育基地、基于微地形改造来提高天然降水利用率的土壤保墒技术试验区、封育恢复技术试验区和林草复合修复荒漠化技术试验区，种植了从中国引进的梭梭、怪柳、白刺、沙拐枣、沙枣、文冠果和四翅滨藜等植物。持续监测表明，荒漠化草场正在逐渐恢复，期待不久之后，蒙古国的退化草原将重新焕发勃勃生机。

为积极应对萨赫勒和撒哈拉地区土地退化和沙漠化对社会、经济、环境的不利影响，非洲国家领导人 2005 年正式决定营造一条横跨撒哈拉沙漠南缘的萨赫勒地区（非洲撒哈拉沙漠以南一条宽 320 公里至 480 公里的地带）宽 5 公里、长 7000 公里的“绿色长城”计划，绿化带将西起塞内加尔、东至吉布提，横跨马里、尼日尔、乍得、苏丹等 11 个国家。近十多年来，新疆生地所的科研人员就“绿色长城”计划的联合攻关先后 10 余次赴非洲萨赫勒地区考察与交流，与毛里塔尼亚、尼日利亚、埃塞俄比亚以及卢旺达、埃及等国家签署了合作协议，共同开展了针对非洲多个典型荒漠化国家的联合考察、技术研发、试验示范与技术培训等工作。

2011 年始，应毛里塔尼亚环境保护与发展部的邀请，研究所专家对毛里塔尼亚荒漠化进行考察和监测，提出了毛里塔尼亚首都圈“两区三带”的综合防沙工程优化方案，建立了技术示范区，全面推进了毛里塔尼亚首都圈综合防沙工程建设。由于成熟的生态建设技术与先进的生态治理理念，毛里塔尼亚环保部部长不

仅特邀中国新疆生地所联合开展建立植物园和苗木基地等工作，全面推进毛里塔尼亚首都圈综合防沙工程建设；而且非洲“绿色长城”计划部长级会议讨论决定，将中国的科研和技术合作列为“绿色长城”计划的优先工作，推荐新疆生地所作为技术方参与横跨非洲中部的“绿色长城”建设规划工作。

2014 年，针对东非高原埃塞俄比亚低海拔区草地面临灌木入侵、过度放牧、土壤侵蚀、干旱等造成饲料严重短缺问题。基于埃塞俄比亚低海拔丘陵区环境与地形特征，新疆生地所在埃塞俄比亚低海拔区建立了降水资源高效利用示范点。示范点以“因地制宜、因水选林、效益至上”为原则，采取“扩大积水造林点、增加雨水收集量、提高成活与生长率”的积水造林技术方案，通过在坡度大于 20° 设置拦截沟，在坡度小于 20° 设置鱼鳞坑的技术手段，突破了原水土保持区“蓄水效果不佳、造林目标不明”的技术瓶颈，从根本上改善了埃塞俄比亚低海拔区水土保持工程不能发挥有效作用的问题。基于埃塞俄比亚目前的草场退化问题和造成的影响程度等状况，新疆生地所还提出了低海拔区“清灌育草、封山轮牧、牧养结合、持续发展”的综合草场恢复技术体系，第一期在低海拔区建立了 200 公顷的轮牧封育区，仅经过 4 个月恢复时间，牧草产量已成倍增加。该方案已得到埃塞俄比亚奥罗米亚州牧区发展委员会支持，并已推广应用到低海拔区。

2017 年，新疆生地所受泛非“绿色长城”组织的邀请，作为“绿色长城”建设的技术支持方，共同推动“绿色长城”计划及相关行动的实施。

2018 年，新疆生地所研究人员又成功申请到国家科技部对发展中国家援助项目“非洲绿色长城建设适宜技术合作研究与示范”，开启了新疆生地所与非洲“绿色合作”的新篇章。该项目以非洲“绿色长城”建设关键技术需求为着眼点，诊断关键技术问题；收集中国应用

自建以来，共获取省部级以上各类成果奖**378**项，其中：
 联合国UNEP奖**2**项
 国家奖**35**项
 省部级一等奖**55**项



近3年，国家科技进步二等奖1项，省部院级奖13项

于荒漠化防治领域的技术、材料与产品，开展技术环境适应性评估，在非洲建立中国绿色技术展示区；构建适宜于非洲“绿色长城”的技术应用模式，开展人员培训与能力建设，带动中国荒漠化防治领域的企业材料和产品走出去，提升非洲“绿色长城”成员国荒漠化防治能力，进而辐射非洲其他典型荒漠化国家，推动中国成熟荒漠化防治技术走进非洲，全面推进非洲“绿色长城”建设。

防止出现第二个“罗布泊”

位于中亚的咸海曾是全球第四大湖，20世纪60年代初，咸海湖泊面积约6.8万平方公里，最深69米，到2015年仅剩3000平方公里。湖泊的干涸，导致湖底盐分堆积裸露，盐尘暴频发，生物类群和关键物种受损、生态系统结构与功能衰退，每年有超过7500万吨的盐尘进入空气，致使咸海周边数百万居民健康和生活受到严重危害。2017年，联合国秘书长古特雷斯到咸海进行调研，他认为咸海的现状是当代人类自身对地球带来的重大灾难。联合国《世界水资源开发报告》指出，咸海的干涸成为“20世纪最大的环境灾难”。

位于中国新疆塔里木盆地东部的罗布泊，曾经是一派碧波荡漾、烟波浩渺的壮观景象，可是由于气候变化和人类活动影响，在20世纪70年代彻底干涸。为了防止第二个“罗布泊”出现，新疆生地所的科研人员依托中亚生态与环境研究中心和中科院丝路环专项，联合乌兹别克斯坦科学家开展了咸海地区的综合科学

考察，识别和评估了中亚地区荒漠化风险，构建了咸海干涸湖盆生态环境综合治理指标体系，编制了生态环境综合治理分区图，提出并完成了“咸海干涸湖盆生态环境综合治理方案”。

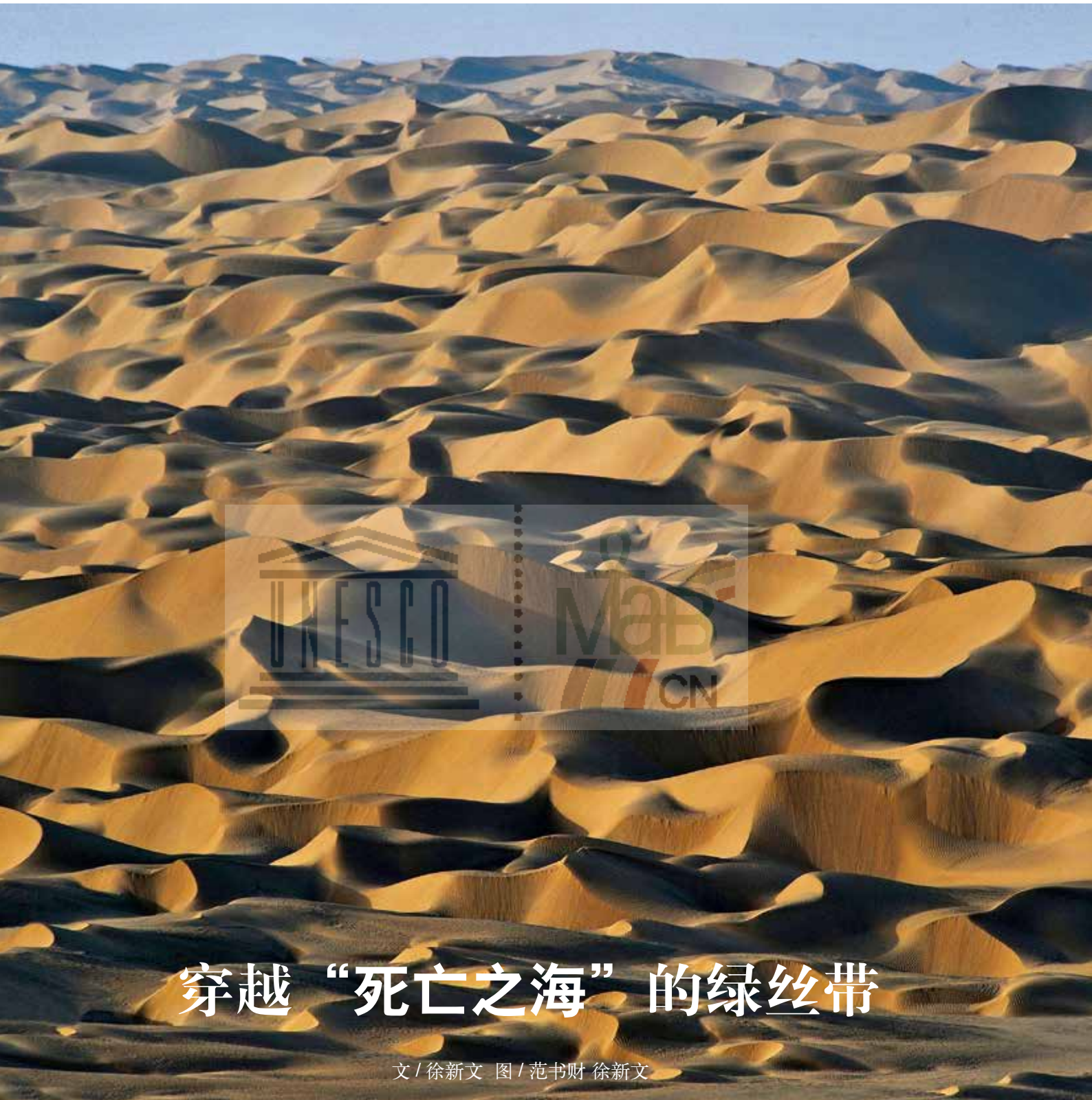
目前，科研人员已在咸海周边开展了生态修复实验示范，在乌兹别克斯坦努库斯市穆伊纳克实验站建立了一个面积为30亩的盐生植物繁育基地，引进中国耐盐植物30余种，以及中国的重盐碱地绿化技术、快速繁育技术和节水灌溉技术等；开展咸海地区盐碱地被建植技术示范；在咸海流域布设了由80个气象和水质自动观测站点组成的监测网络，对流域的地下水、径流量、气象、水质和生态等指标进行监测，为流域水资源管理决策者提供科学依据。咸海拯救基金会认为这是咸海流域最全面最先进的水与生态监测网络。

结束语

《联合国防治荒漠化公约》明确指出：荒漠化和干旱是全球性的问题，没有一个区域能幸免于它的影响，因此需要国际组织携手共同开展防治荒漠化和消除干旱影响。

新疆生地所在与“一带一路”沿线国家合作过程中带去的中国荒漠化防治技术适用性强、成本低，得到广泛认可，不仅拓展了荒漠化防治领域，而且扩大了中国科技外交影响力。今后，我们将继续为实现2030“全球土地退化零增长”的可持续发展目标做出努力和贡献。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



穿越“死亡之海”的绿丝带

文 / 徐新文 图 / 范书财 徐新文

世界第二大、中国第一大的流动沙漠——塔克拉玛干沙漠位于中国新疆南疆塔里木盆地中心，总面积 33.76 万平方公里，占全国沙漠面积的 47.3%。塔里木盆地深居亚欧大陆腹地，

远离海洋，群山环绕，气候干旱，风沙强劲，年平均降雨量仅为 25 毫米，年平均蒸发量却是降雨量的 150 倍，为典型的干旱大陆性气候，自然条件极为恶劣。



塔克拉玛干沙漠

塔克拉玛干在维吾尔语中的意思是“进去出不来”，被视为生命的禁区，故塔克拉玛干沙漠又得名“死亡之海”。几千年来，曾有多少河流、湖泊，绿洲和古代遗址湮灭在塔克拉玛干茫茫

沙海，那些深埋于沙海中的古丝路遗址、古村落、地下石油及多种金属矿藏都被笼罩在迷雾之中。一个多世纪以来，又有多少中外掘宝者和探险家为窥探其奥秘或无果或葬身于沙漠腹地，这

一切使塔克拉玛干充满了奇幻和神秘的色彩。

1987年，塔克拉玛干沙漠综合科学考察揭开了其神秘的面纱，还原了一段逝去的生机勃勃的历史，颠覆了“生命禁区论”。丰富的地下水资源和石油天然气等矿藏资源，使“死亡之海”变成了“希望之海”。1995年，我国为开发塔里木盆地的石油天然气资源以及推动南疆经济的发展，投资8亿元建成了世界上第一条横跨“死亡之海”的等级公路。其全长562公里，其中443公里穿越流动性沙漠。公路的建成也把生机带回到这片荒凉已久的地带，对开展丝绸之路南道旅游增添了丰富内涵。

塔里木沙漠公路北起314国道轮台县东，经轮南油田、塔里木河和塔中油田；南至民丰县恰汗与315国道相连，使和田至乌鲁木齐市的距离缩短了500公里。此路是新疆南部社会经济发展和塔里木盆地油气资源大规模勘探开发的交通命脉，在新疆社会稳定、经济与国防建设中具有重要的战略地位，当地各族人民把这条路称为脱贫致富的幸福之路，奔向小康的希望之路，社会发展的稳定之路。

然而，公路建成后，塔克拉玛干沙漠频繁

且强烈的风沙作用对沙漠公路及其草方格机械防沙体系造成了巨大的危害。当草方格机械防沙体系遭受风沙危害，失去了防沙固沙的作用后，公路路肩路面会出现大面积积沙，严重地威胁到公路的安全运行。管理部门每年都要投入大量的人力和财力清除积沙，维护费用高达2767万元，但面对频繁强劲的风沙危害仍是杯水车薪。治标不治本，公路沙害治理难度愈来愈大，投资也愈来愈大。

如何让这条幸福之路畅行无阻？彻底根治沙漠公路风沙危害和改善生态环境，建立以生物固沙措施为主的沙漠公路风沙防护体系已迫在眉睫。但在环境条件极为严酷的塔克拉玛干沙漠腹地建设大规模的生物防沙体系，这在世界上尚无先例，这是一次人类向自然，向人类自己发起的挑战。

当年，中国沙漠治理专家确定的塔里木沙漠公路防沙的总方针是：以机械固沙保证公路畅通为基础，以生物固沙建立和恢复生态平衡为目标，确保公路的畅通。为此，由塔里木石油勘探开发指挥部和中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所（中国科学院新疆生态与地理研究所前身）共同负责的“防沙治沙新技术新材料应



且末全县各级干部来塔中学习肉苁蓉种植技术



用与试验研究”，作为子课题被列入国家“八五”攻关计划项目“塔里木沙漠石油公路工程技术研究”的课题中。

自 1991 年起，中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所在沙漠边沿地区的肖塘开展了荒漠植物的引种、种植、耐盐、耐旱等试验。随着沙漠公路向沙漠腹地的推进，项目组于 1994 年将生物防沙的试验研究基地迁移到了塔克拉玛干沙漠腹地，继续开展荒漠植物的引种、种植，以及开展对耐盐、耐旱和苗木培育等方面的试验研究工作。在引种、种植和苗木培育等取得初步成功的基础上，于 1997 年在塔中沙漠油田附近的沙漠公路上开展了生物防护体系建设的试验示范。至 2000 年，中国科学院新疆生态与地理研究所和中国科学院兰州沙漠研究所，在塔克拉玛干沙漠腹地分别建成了 3.2 公里和 3.1 公里的沙漠公路生物防沙试验示范区。

2001~2004 年，塔里木油田公司和中国科学院新疆生态与地理研究所承担完成了“塔里木沙漠公路防沙与绿色走廊建设关键技术开发”国家攻关研究项目。成功研究出解决沙漠公路风沙危害的办法，筛选出高抗逆性植物品种选育与种植、高矿化度咸水利用与灌溉定额标准，确定了利用太阳能取水与灌溉方式。设计出人

工防护林带结构布局方案，攻克了利用咸水人工种植沙生经济植物——肉苁蓉，以及沙漠公路防护林生态工程建设等多项技术难题。这一研究成果可应用于沙漠公路防护林生态工程建设，使防护体系防沙效益提高 20%、工程造价降低 15%。为建设塔里木沙漠公路防护林生态工程奠定了坚实的基础。

如何让这条绿色走廊可持续发展？解决在极端环境下防护林与大自然协调共存，是项目组首要解决的关键问题。2005 年，治沙团队承担了“塔里木沙漠公路防护林体系可持续技术研究”国家攻关研究项目。通过两年的研究，最终形成了塔里木沙漠公路防护林生态工程的稳定性和管护技术体系；利用咸水建设肉苁蓉沙产业基地的技术体系；探索出了一套行之有效的管理模式。同时，攻克了种植及苗木成活等一系列关键技术难题。建成了 20 公顷塔中沙漠植物园，引种植物 270 多种。

防护林生态工程全线采用管道供水技术，就地采水、分散供水、滴水灌溉。绿化带全线每 4 公里设立一个浇灌增压站，共 108 个水井房，常年有护林员管理，年耗水总量不超过 600 万立方米。沿公路两侧共种植了 2000 多万株红柳、梭梭和沙拐枣等植物，林带总面积 3128 公



针对全球范围内日趋扩大的土地劣化和退化问题，联合国大会宣布2010年1月至2020年12月为联合国荒漠与防治荒漠化十年，以推动旱地保护行动。《十年》是一个为了保证旱地对于人类福祉的长远供给能力而作出关键改变的契机。

《联合国荒漠与防治荒漠化十年》（联合国新闻部联合国网站事务科制作）

顷，形成了一条长 436 公里，宽 70 多米的郁郁葱葱的绿色长廊，贯穿塔克拉玛干流动大沙漠，确保了塔里木沙漠公路安全通行。

沙漠公路研究项目的成功，保障了塔里木油气资源勘探开发，推动了当地经济社会发展，支撑了国家能源战略实施与和谐社会构建。没有科技的支撑，就没有沙漠公路，也就没有这条沙漠绿色长廊。如今，塔里木沙漠公路防护林生态工程自建成后已经历了 15 个年头，种植的沙生植物已成林，生机盎然。塔里木盆地的野生动物也开始沿着这条绿色通道迁移和繁殖，

林带中沙鼠、塔里木兔、沙狐等动物随处可见，那些盛开的鲜花，让人感觉到沙漠不再可怕，不再寂寞。这条建设在沙漠上的绿丝带，展示着人与自然和谐共生的靓丽风景，每年都吸引大量的国内外游客前来旅游观光。这也是治沙人“只有荒凉的沙漠，没有荒凉的人生”的真实写照。

在追求生态效益的同时，科技人员也不忘追求经济效益。自 2005 年始，科研人员依托沙漠公路防护林生态工程，开展了素有“沙漠人参”之美誉的肉苁蓉高产稳产种植配套技术的试验

研究，首次将肉苁蓉引入流动沙漠腹地并获得成功。目前，在 200 公顷肉苁蓉种植产业化示范基地，亩产肉苁蓉（鲜重）300~600 公斤，产值 3000~9000 元，获得了可观的经济效益。研究人员成功地探索出依托防护林生态工程发展肉苁蓉产业的模式，实现了生态工程与生态产业相结合的突破，为沙区人们改造和利用沙漠脱贫致富开辟了一条新的途径。

如今，科技人员在沙漠公路防护林生态工程建设中创建的经济型生态屏障治沙模式已在新疆南疆且末县得到推广。2013~2016 年，中国科学院新疆生态与地理研究所和且末县共同承担完成了国家科技惠民计划项目“新疆且末县河东经济型生态屏障示范工程建设”，建立



沙漠公路防护林生态工程。2013 年 8 月 第三届“非洲-亚洲干旱适应论坛”代表参观沙漠公路绿色走廊。



塔克拉玛干沙漠腹地种植的荒漠肉苁蓉

了荒漠肉苁蓉示范基地 4 万亩，经济林果业及种源基地 1 万亩，防风固沙林 3 万亩。产出肉苁蓉种子 1 吨，每年可采挖肉苁蓉 1.2 万吨，红枣、枸杞等经济林果产量 200 吨，直接经济效益近 1.4 亿元，直接受益农牧户 4800 户，每户年收益增收 3000~5000 元；培训专业技术人员 100 多人次，培训农牧民 10000 多人次，充分调动了当地农牧民参与生态建设的积极性。项目实施区的风沙危害得到有效治理，生态环境得到彻底改善，农牧民的收入也明显提高，有力推动了当地生态建设和社会经济发展，实现了生态和经济双赢。

塔里木沙漠公路防护林生态工程的建成，不仅丰富和发展了荒漠化防治的技术体系，提高了我国生态工程建设和相关行业的整体技术水平，同时也引起了国内外的广泛关注，吸引国内外各界人士前来参观学习。该项目已在新疆沙漠腹地和沙漠边缘地区塔中油田、轮南油田、哈得油田、塔中一号公路等防护体系建设和南疆铁路沙害防治中得到推广应用；其技术已输入到中亚和非洲有关国家，取得良好效益。

目前，肉苁蓉生态产业技术已在新疆和田地区广泛推广，成为南疆地区农民脱贫致富的主要途径之一。此外，该技术还推广到内蒙古、宁夏和甘肃等地。同时，也促进了新疆沙漠探险旅游业的发展，饭馆、旅社和商铺等服务业纷纷在肉苁蓉生产基地沿途落户，带动了公路客流量的增长，在荒漠化防治和生态建设中具有广阔的推广前景。

“荒漠我们带走，绿荫留给子孙！”塔里木沙漠公路这项世界瞩目的伟大创举，凝聚了科研工作者和建设者的智慧和心血。为此，它也得到了社会的公认。2006 年，该项目被两院院士评为中国十大科技进展新闻，2008 年被评为国家科技进步二等奖，国家环境友好工程，自治区第十四届优秀工程设计一等奖。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



积雪下苔藓结皮绿意盎然

神奇的“荒漠地毯”

文、图 / 张静 周晓兵

浩瀚沙海里寸草不生，大概是许多人对沙漠的认知，殊不知这看似没有生命活力的地方，却存在着人们不曾关注的特殊生命体，那些其貌不扬的地表生物土壤结皮（以下简称生物结皮）就是其中的一部分。

如果人们能有幸深入沙漠腹地，细细端详由真菌、细菌、蓝细菌、藻类、地衣、苔藓植物等与土壤颗粒形成的生物结皮，就会发现它宛如一块设计精巧的“荒漠地毯”覆被于土壤表层之上或表层几厘米范围内。正是有了它的庇护，地表起沙风速显著降低。不仅如此，生物结皮在维持荒漠生态系统结构和功能稳定性，

以及物质和能量交换等方面都具有非常重要的意义。如今，这层“荒漠地毯”已成为荒漠生态系统结构和功能稳定的重要标志。

生物结皮的形成与演替

干旱、半干旱地区自然条件十分严酷，降水量极低且蒸发量极大，在这样严酷的环境下，生物结皮是如何形成的？

科学家研究发现，生物结皮的形成机理很复杂，不仅与土壤中微生物和蓝藻的分泌物有关，也与蓝藻本身的结构特征密切相关。一般认为，蓝藻在土壤表层的拓殖和发展是形成生

物结皮的开始。

简单来说，生物结皮形成过程遵循从简单到复杂、从低等到高等的规律，主要分为三个阶段：

1. 藻类结皮形成阶段。土壤微生物首先定居于地表，细菌分泌出胞外多糖黏结沙粒，真菌和放线菌的菌丝体从中协助来捆绑沙粒，随着土壤理化性质的改善和有机质的积累，促进了藻结皮的形成；生物结皮中的丝状藻类可随着水分和光照移动，分泌出黏性更强的多糖，其藻丝体的韧性也更强，从而更有利于沙粒进一步被胶结和捆绑在一起，使得地表稳定性显著增加。

2. 地衣结皮形成阶段。地衣是由真菌和藻类组成的互惠共生体，在藻类结皮形成后，真菌从藻类结皮边缘伸入、生长，与藻丝或藻细

胞结合，形成地衣结皮。地衣的菌丝、根菌束和假根等结构与片段化的地衣叶状体紧密连接，同时假根等丝状体能够进入土壤下层4~5毫米的位置，具有比藻类结皮更强的固沙能力。

3. 苔藓结皮形成阶段。苔藓植物具有发达的假根系统，假根能够有效深入土壤下层，埋入沙土中的植物体也能进行分枝，使苔藓结皮层更加紧实，具备更强的抗风蚀、水蚀能力。当环境条件适宜时，生物结皮也可以不经历其中某个阶段而直接发育到更高级的阶段，如苔藓植物可直接在藻类结皮基础上生长发育，进而形成苔藓结皮。

根据不同发育阶段所具有的优势生物组分的差异，可将生物结皮分为藻类结皮、地衣结皮和苔藓结皮三种类型，它们的厚度从1毫米到5厘米依次增加。

生物结皮的分布特征

生物结皮广泛分布于全球干旱、半干旱地区，约占全球陆地表面的12%，部分干旱区甚至可达70%，被形象地称为地球的“活皮肤”。全球范围内，生物结皮主要分布于北美洲的莫哈韦沙漠、赤华胡安沙漠、科罗拉多高原、哥伦比亚盆地和大盆地，以及澳大利亚中西部主要荒漠区、以色列内盖夫沙漠、非洲撒哈拉沙漠以及欧洲和南美洲一些国家的荒漠区。在中国，生物结皮主要分布于古尔班通古特沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙地、科尔沁沙地和黄土高原等区域。

科学家将关注点从全球尺度聚集到某一生物结皮分布区，从区域尺度上来探究生物结皮的分布特征。以古尔班通古特沙漠为例，张元明等于2005年利用遥感手段和地面测量相结合的方法，确定了生物结皮分布区域，成功绘制了古尔班通古特沙漠的生物结皮分布图，可看出生物结皮主要集中分布于沙漠的南缘。

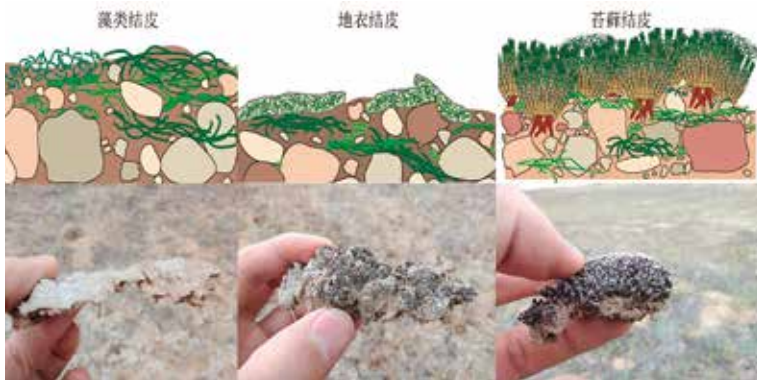
科学家进一步聚焦于古尔班通古特沙漠某



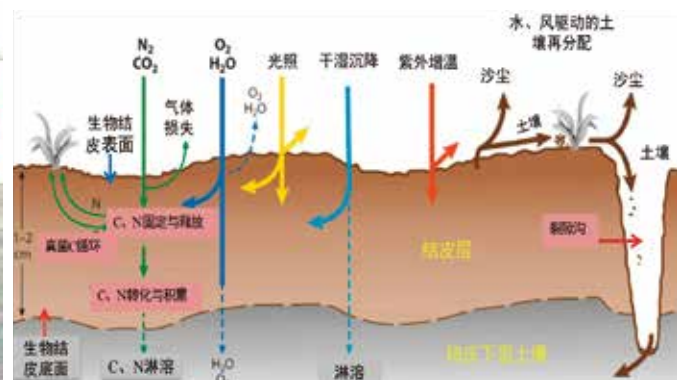
苔藓结皮野外采样



生物结皮土壤上，尖喙牻牛儿苗优势生长



三种不同类型结皮结构示意图与外观（结构示意图修改自 Colesie 等，2016）



生物结皮对生态系统过程的影响示意图（引自 Betinna 等，2016, 翻译改动）

一典型沙丘后，前期研究发现在沙垄的不同地貌部位，生物结皮类型有明显差异。组成生物结皮的微生物广泛分布于生物结皮各发育阶段和各个类型中，从垄顶至丘间低地均有分布；沿沙垄顶部向两侧坡部延伸，开始出现藻类结皮；沿沙丘坡部至丘间低地，地衣结皮广泛发育；而苔藓结皮主要出现在丘间低地，呈斑块状非连续分布，往往形成一定面积的纯群，且在蛇麻黄等低矮灌丛下发育得尤为突出。这种独特的分布格局与水分、有机质、土壤酶、沙土机械组成，以及灌丛下的微气候等多种因素相关。

生物结皮的生态功能

生物结皮作为干旱区重要的地表覆被类型之一，其分布广、物种丰富、类型多样，对维持荒漠地表的稳定、调节养分循环和土壤水文过程至关重要，其结构与功能的稳定性直接关系到区域生态系统安全。生物结皮对生态系统过程的影响主要表现在以下几个方面：

首先，生物结皮可以维持沙面稳定。与古尔班通古特沙漠形成对比的是我国最大的流动沙漠塔克拉玛干沙漠，因其表面没有这种“荒漠地毯”，活化程度远远大于前者。科学家通过风洞试验发现，生物结皮的存在大幅提高了起动风速；通过一系列模拟实验证明，放牧等人类活动对生物结皮的破损不宜超过 30%，尤其在春、夏季的起沙风频繁期。

其二，生物结皮可以增加土壤养分含量。生物结皮中有一些本领高强的物种能够固定碳和氮，是干旱区的主要生产者之一，也是干旱区碳、氮和磷等主要营养元素循环过程的载体，在干旱区土壤养分的增加和维持中具有重要的作用。全球尺度生物结皮年总固碳量可达 0.6 Pg，相当于全球 1% 的陆地生态系统净生产力；全球生物结皮年固氮量可达 26 Tg，约占全球孢子植物固氮量的 50%，以及陆地生态系统生物总固氮量的 1/4。土壤表层 0~5 厘米的氮素、有机质等养分积累对于浅根系植物的生长发育非常重要。目前科学家们正努力利用这些重要的固氮组分研制荒漠生物绿肥，希望将贫瘠的沙土变成沃土。

其三，生物结皮影响维管植物多样性。维管植物的种子只有通过特殊的筛选，才能在生物结皮上顺利萌发。例如，草本植物尖喙牻牛儿苗的种子带有羽毛状的芒，就像一支飞镖，在风力作用下扎入生物结皮的缝隙中。由于种子带有倒钩，即使芒端折断，种子仍然能够留在结皮中顺利萌发生长。因此，尖喙牻牛儿苗是“荒漠地毯”上最常见的植物。而那些不具有这些特殊结构的种子，就很难在生物结皮上扎根。

其四，生物结皮会改变降水分配格局。生物结皮就像一块海绵，对荒漠中的降水有显著

的截留作用。在“滴水贵如油”的荒漠，每当一场降雨来临，生物结皮中的各类组分开始“八仙过海，各显其能”地吸收水分，激活体内的各种生理代谢活动。

生物结皮的适应机制

“荒漠地毯”最神奇之处在于它会魔术秀，能够“变色”。这是因为组成生物结皮的藓类是一类对外界水分变化十分敏感的生物。由于沙漠长期干旱少雨，在生存条件极其恶劣的情况下，藓类植物往往处于休眠状态，呈黑褐色，一旦有可利用的水分时就能够迅速吸水呈现绿色。科学家对这一特殊的“变色”过程进行了深入研究，发现这类荒漠藓类植物在失水率高达98%时也不会因缺水而死亡，有水时可立刻复活，复活时间只需要短短的5秒钟。因此，荒漠藓类植物这一神奇本领可用“干而不死，死而复生”这8个字形象地概括。

荒漠藓类植物光合生理过程的快速恢复，不仅具有一定的叶片形态学基础，而且与叶片超微结构的调整密切相关。值得关注的是，在植株形态和生理变化过程中，叶片毛尖起到了非常重要的调节作用，尽管毛尖重量仅占植株重量的5%左右，却能增加植株近25%的含水量。去除叶片毛尖后，苔藓植株会延迟复水后叶倾角的调整过程，这与脱水、复水时毛尖成分的变化密切相关。因此，以毛尖为代表的叶片形态的快速调整，对荒漠藓类植物适应干旱生境具有重要的生态学意义。

我们都知道，植物一般都利用根来获取水分，而藓类植物不具有真正的根，只有起支撑和附着作用的假根。那么，它是如何快速吸收水分的呢？科学家通过对比实验发现，荒漠藓类齿肋赤藓的叶片顶端具有白色的毛尖，不但可以反射强光，降低表面温度，而且还能够吸收空气中的水分，具有从空气中“捕获”水分子的能力。也就是说，荒漠中的藓类植物吸水

不用“根”，而是通过它的毛尖“自上而下”吸水。这一观点突破了以往荒漠植物“由下而上”吸收水分的传统认识，为人类在干旱区设计仿生集水器提供了思路和理论基础。

通过更进一步的研究，科学家发现荒漠藓类植物体内具有“开关”基因，在失水和复水等过程中起着关键作用。此外，荒漠藓类之所以能够在如此恶劣的沙漠生境中生存，必然有它自身的强大本领：荒漠藓类植物体内有着丰富的抗逆基因资源，使其具有抗旱、抗寒、耐高温和耐贫瘠等抗逆特性，例如很多的优良基因都能够提高烟草、拟南芥和棉花的抗旱、耐盐等特性，使得它们在改良农作物方面具有很广泛的应用潜力。

生物结皮的人工恢复

生物结皮能够固定活化的沙面，使得地表起沙风速被显著降低，起到降尘作用。那么，是否能对其进行人工培育，恢复沙面稳定呢？

答案是肯定的。由于干旱区传统固沙措施所面临的水资源缺乏和消耗等问题，通过人工培育生物结皮恢复受损沙面的方法，逐渐成为干旱半干旱地区生态恢复工程的首选。目前，生物结皮主要接种物种——包括藻类、地衣和苔藓——的室内培养技术已经成熟。使用藻类结皮与乔灌木结合的技术，已在库布齐沙漠固定了2800亩流沙。苔藓结皮也具有野外成功的案例，但由于面积较小，仍处于试验探索阶段。地衣结皮尚未见野外大规模接种的报道。

综上所述，人工结皮固沙有望成为干旱区受损生态系统恢复的新模式，对传统防沙治沙模式形成重要补充。相信不久的将来，随着研究的深入和技术进步，生物结皮这块不可貌相的“荒漠地毯”，将在防沙治沙事业中具有重要的应用前景。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



追寻野骆驼

文、图 / 袁磊

我首次与野骆驼相遇要追溯到 25 年前的第一次国际野骆驼联合科学考察。出于对珍稀物种野骆驼保护的重视，自 1995 年开始，当时的国家环保总局和联合国环境规划署开展合作，共同支持国际野骆驼考察项目，由时任联合国环境规划署官员 John Hare 先生和新疆环境保护科学研究所的袁国映研究员共同组建国际野骆驼联合科学考察队，对分布于中国的野骆驼开展了为期五年的合作考察与研究。为了不惊

扰野骆驼，考察队员曾两次骑乘家骆驼深入荒漠戈壁，期盼着与野骆驼相遇。

1995 年 5 月的一天，考察队去到若羌库姆塔格沙漠南缘，走了很长的路都没见到野骆驼的踪影，大家已经很疲劳了，正在计划结束一天考察工作的时候，突然间，只见远处居然矗立着一头野骆驼，大家立刻兴奋起来，徒步缓慢靠近，再靠近……看见有人在不远处，野骆

驼变得焦躁起来，不停地在原地转着圈子并低声吼叫着，但就是不愿离开那个地方。这时队员们才发现野骆驼旁边还有一个东西在不停地动着，仔细一看原来是一头刚出生不久的驼羔，只见它颤颤巍巍地试图站立起来，追随母亲一同离去。我们停下脚步与它保持一定距离，避免惊扰到母驼弃羔而走。驼羔经过几次努力尝试后，终于站了起来，缓缓随母驼远去，整个过程前后持续了40多分钟。队长袁国映手中的相机记录下了这次令人惊喜的奇遇，那张照片也成为野骆驼与刚出生驼羔在一起的首张照片。

被风吹跑的家骆驼

罗布泊也被誉为世界第四极——旱极。四下里到处都是荒漠戈壁，环境极端恶劣，因此对野骆驼进行考察时常会遇到意料不到的危险。

1997年春季，考察队骑乘20峰家骆驼经过数天的长途跋涉，去到位于罗布泊干涸湖盆南岸边的一处叫拉乌子的泉水地扎下了营地。夜里，只听得外面的风越刮越大，帐篷支架都被狂风吹弯了，根据以往的经验，我们赶紧把已经变形的金属杆卸下，再躲回帐篷里埋头继续睡，任凭外面狂风呼啸。

一夜的疾风到清晨终于停止了，我在帐篷里就听到驼工说考察队的家驼除了两峰还在营地，其他都不见了，已有驼工去寻找。我们在以前的考察中也发生过这种事情，驼工用不了多久就能把骆驼找回来，我就没有太在意。考察队员们对照了地图，发现古驿站科什兰孜就

在营地东面约10公里处，便拉上了那头雄驼前去考察，大家轮换着骑一骑。在科什兰孜，最明显的标志是一座高十余米的突出悬崖，上面刻满了近百年来和更早的文字记录，有英文、俄文、汉文、维吾尔文、日文，可能还有其他文字，都是途经此地的探险家和旅行家的手迹。科什兰孜是“丝绸之路”南道上的重要驿站。John Hare先生和袁国映研究员也一起在岩壁上刻下“UNEP”和“新疆环科所”的字迹，以作联合考察留念。

从科什兰孜回来，驼工告诉我们虽然没找到家驼群，但发现了它们的足迹。第二天早晨，我们安排两名驼工骑乘仅有的两峰家驼，带上简单的补给跟踪追去，我们再三叮嘱一定要把它们追回来。此时，考察队所剩补给只能维持10天，处境极为凶险。

我们必须做两手准备，家驼能找回来最好，若找不回来，就得靠自己的腿走出无人区。后一种方案隐藏着极大的危险，没有骆驼运物资，就不能确保每个人都能走出无人区。我们要带上六天的补给和足够的水，还不算自己的装备——照相机和摄像机，至于帐篷和行李，只能掩埋起来以后再来取。本来因有微咸水可供洗涮，淡水只供饮用，现在我们必须过更加节水、省粮的生活，甚至开始吃携带的骆驼饲料。等待驼工回来的期间大家每天的工作是在陡崖下面泉水溢出地带拾柴，然后背到崖顶的一个小土丘上，白天点烟，晚上点火，给找寻家骆驼的驼工们指引方向。直等到第五天傍晚，驼群终于被两名驼工带了回来，我们得救了。

考察中的意外惊喜

1999年，国际联合考察队第二次组织考察队骑乘家骆驼去寻找野骆驼。由于野骆驼数量极为稀少，在近十几万平方公里的分布区域仅存不到500峰，寻找并观察到野骆驼是考察队重要而艰巨的任务。考察队已经在阿尔金山北麓穿行了十多天，除了偶然见到独自游荡的雄



1995年野骆驼考察队首次穿越罗布泊干涸湖盆高大的盐壳

性野骆驼外，没能见到成群的野骆驼和其他成群的野生动物。大家的情绪不免有些消沉。

那是4月初的一天，当天虽是晴朗无云，阳光直射，但寒冬刚过的早春依旧寒风料峭，地上生长的沙拐枣、棘豆、西伯利亚白刺、膜果霸王等荒漠植物也才刚冒出新芽。考察队在阿尔金山北麓的山间谷地中缓缓前行。临近中午，队伍前方忽然出现了几个黑点，队员们立刻拿起望远镜观察，居然是4头藏野驴在悠闲地吃草。大家兴奋起来，无论如何总算是见到了成群的野生动物。我背上相机加快了脚步，开始走到队伍的前面，一边拍摄一边向藏野驴群靠拢，不知不觉中，我独自一人随着驴群走出了1公里多的路程，而且还偏离了驴队计划行进的方向。在接近一个山洼处，野驴群突然加速，跑得不见了踪迹。正当我驻足纳闷的时候，面前突然出现了几只岩羊箭一般地横窜过去。我的视线立即被吸引住了，顺着它们跑的方向望去，见到那几只岩羊在远处停了下来，一字排开齐刷刷地望着我。我放弃了继续追踪藏野驴，转身向岩羊慢慢走去。在快接近岩羊的时候，我猫下腰匍匐前进。奇怪的是羊群居然很镇定，并没有因为我的靠近而跑走。距离又近了一些，顺着草丛的间隙，我突然看到羊群旁边有许多奇怪的灰棕色小土包。再仔细观察，居然是野骆驼的驼峰，足足有近二十峰。

原来岩羊停下的地方有一大群野骆驼在那里卧息，这真是让我喜出望外，怎么都没想到居然能与这么多的野生动物相遇，更何况是同时见到在这里分布的三种大型动物。因前面拍摄野驴用掉了不少胶片，又没有带备用胶卷，我只能用相机中最后的三张胶片记录下这极为珍贵的镜头。

迁移在不同生境之间

在罗布泊野骆驼自然保护区有一个叫“阿奇克”的谷地，“阿奇克”在维吾尔语里是“苦”的意思。谷地位于罗布泊湖盆东南缘，向西连通罗布泊，南面是库姆塔格沙漠，东西长约150公里，南北宽约30公里，呈由西向东逐渐收口的喇叭状谷地。这里曾是疏勒河水注入罗布泊湖盆的入口。因谷地植被丰茂，有怪柳、芨芨草、罗布麻、沙拐枣等植物，是野骆驼等野生动物



动物良好的栖息地。谷地向南是库姆塔格沙漠和阿尔金山山脉，地势呈南高北低。从阿尔金山山脉到保护区中部阿奇克谷地虽然只有短短一百多公里的距离，海拔却从 4000 多米迅速降至 800 米，巨大的地势落差的最明显表现是温度差异。开春，高海拔的阿尔金山气温低，植物枯黄，而此时低海拔的阿奇克谷地气温升高，荒漠植物已经发出了嫩芽。3~5 月也正是野骆驼产羔季节，新生产的小野骆驼会随母驼群一起由寒冷的阿尔金山区域向北穿越宽度约 70 公里的库姆塔格沙漠，迁徙到更为温暖的阿奇克谷地来啃食较早长出的鲜嫩植物，保证小骆驼能茁壮成长。随后的一个月里，阿尔金山区域的气温上升，山前戈壁上的植物也发出新芽了，野骆驼群就会返回山区附近活动，因为山区存在多处岩石裂隙水，饮水条件好于阿奇克谷地。罗布泊地区气候属于极端干旱的大陆性气候，冬夏时间长，春秋时间短，夏季阿奇克谷地气温远高于阿尔金山山区，这也是野骆驼群会在短暂的春季后重返阿尔金山的原因之一。

野骆驼的迁移行为是其生物学特性之一，主要是在不同生境中的往来游走，这种游走与不同季节的气候、水和食物有直接关系。通过给野骆驼安装卫星跟踪项圈对它们的迁移路线进行追踪的结果也表明：罗布泊地区野骆驼会因分布区生境的差异而存在迁移行为。

在罗布泊野骆驼自然保护区较为常见的野骆驼的痕迹应该是驼道了。世间本无路，走多了就形成了道路，驼道也如此。驼道有宽有窄，有深有浅，有新近才形成的，也有千百年来野骆驼不断踩踏形成的。这些驼道多数就是野骆驼从一处水源地迁移到另一处水源地走出来的路。通过这些驼道，我们确定野骆驼不会固定去一处水源地喝水，而是会不断地在各水源地之间移动。

库姆苏是罗布泊一处靠近山谷的沙子泉，

涌出的泉水形成溪流蜿蜒而下，水质微咸，是这一片区域难得的水质较好的水源地。谷地里溪流两侧生长着茂密的芦苇，周围的野生动物都会来到此地喝水。水源周边戈壁也纵横交错着很多驼道，引领着来自远方的野骆驼找到水源。较为困难的是想要喝到水，就要从高大的沙山上翻下去，喝完水后，还要顺着陡峭的斜坡从谷地里爬上来，这对于周边的野骆驼来说已经习以为常，我们也较容易在库姆苏的山前戈壁观察到大群的野骆驼。也正是因为这些地形地势的特点，使我有幸在一次对库姆苏谷地的考察工作即将结束之际，难得地拍到了一大群野骆驼。2013 年，在库姆苏沙山前的戈壁带，我们幸运地与 60 峰野骆驼相遇。驼群在我们刚爬上沙坡，气喘吁吁休憩之时，猛然间出现在了我們身后另一座沙坡上，只见大骆驼带着小骆驼走着“之”字形缓缓向沙山上走去，其场面异常壮观。虽然已过去多年，但当时的场景至今仍不时萦绕在我的脑海中。

救助小野骆驼

2014 年 4 月 10 日，我带着保护区管理局的几名工作人员分乘两辆车在罗布泊野骆驼自然保护区的三角滩区域开展资源调查和巡护。行进当中，我们看见远处荒芜的地平线上出现了一个黑色小点，慢慢靠近后，发现居然是一峰才出生几天的小野骆驼，且只有它孤零零地在那里，其父母不知去向。只见它一会儿站起来东张西望，一会儿又卧伏下来，显得非常孤单。小骆驼的四周是一片望不到边际的沙地，寸草不生，沙地上还有一道清新的车辙印迹伸向远方。我们猜测应该是有车辆惊扰到了野骆驼，母骆驼受到惊吓，遗弃了小骆驼而独自逃命。

为了不惊扰它，我们在距离小野骆驼很远的地方驻足观察，期盼逃走的母驼能回来找寻自己的孩子。但两个小时过去了，依然没能见到母驼的身影。如果把孤零零的小骆驼独自留在这里，它的生命将很快终止。我们决定把它



带回去饲养。当我们走到离小骆驼还有 50 米的距离时，小骆驼从地上站了起来，眼中满是疑惑。我们停下了脚步，以防吓到这个幼小的生灵。但是大自然的神奇之处就在于，它时常会给予你意想不到的惊喜。也许是出于对生的渴望，小骆驼在和我们对视了一会儿后，居然迈开纤细的四肢，缓缓地向我们走来，而且越走越快，最后 20 多米几乎是小跑着冲向我们，像是回到了母亲身边一样，一头就扎进了队员的怀里。这峰小公驼很快就有了自己的名字“壮壮”，如今它已经 6 岁了。就在近日，保护区工作人员又给它带来了新的伙伴，是一峰被营救的雌性小野骆驼。

野骆驼研究与保护现状

近一个世纪以来，不少专业人员认为家骆驼和野骆驼是同一个物种，甚至有人说现在的野骆驼是家骆驼野化的，那么，这些说法究竟对不对呢？

1995~1999 年，国际野骆驼联合考察队收集了包括中国科学家在罗布泊和阿尔金山区域采集到的野骆驼毛皮样本，以及蒙古国外阿尔泰戈壁地区的野骆驼样本，分别给中国的韩建林研究团队和奥地利国家兽医学院的 Pamela 博士研究团队，请他们对野骆驼起源和演化关系方面进行研究。研究结果显示，野骆驼与家养双峰骆驼的基因差异高达 2%~3%，家养双峰骆驼的祖先在 80 万年前就已经和野骆驼的祖先分为两支，并早于野骆驼的祖先灭绝。鉴于此研究结果，联合国环境规划署在 2001 年 2 月 5 日于肯尼亚内罗毕召开的“第二届全球部长级环境论坛”和联合国环境规划署“第 21 届理事会”开幕式上正式宣布：“基因鉴定表明，中英科学家 1999 年在中国新疆南部无人区发现的野骆驼遗骸，属于一种新的骆驼物种”。

野骆驼是世界上唯一的骆驼科 (Camelidae) 真驼属 (*Camelus*) 野生种。骆驼属在更新世后期开始经由白令海峡的陆桥向外迁移至欧亚大

陆，形成所谓的旧世界驼属或骆驼属，这一过程一直持续到早冰河时期。双峰驼分布在中亚，从亚洲西部扩散到阿拉伯和非洲演化为单峰驼。在亚洲留下的成为双峰驼，到西亚和北非的变成了单峰驼，这是因为热带气候的影响所致。肯尼亚单峰驼专家 Jasper Evans 发现，单峰驼的胚胎在第一个星期的时候有明显的两个峰，说明单峰驼和双峰驼是同一个祖先。

野骆驼和家养双峰骆驼外形上存在一定的差异。一是驼峰的峰间距差异很大。野骆驼的驼峰通常呈小而尖的形状，且两峰间距较宽；家骆驼的驼峰高耸肥大，峰间距窄小。二是野骆驼的毛发颜色呈灰棕色，色泽均匀，而家骆驼颜色多样，色泽也不均匀。三是野骆驼的体形因适应奔跑而较为匀称，腿型也细长；家骆驼身材较为臃肿，腿型粗壮。野骆驼和家骆驼之间可以进行交配，但杂交的小骆驼通常毛色呈灰白色，且不易驯养。

野骆驼分布与保护地位

全球现存的野骆驼数量非常少，而且分布范围也很受限制，这些因素导致野骆驼非常稀有。历史上，野骆驼曾分布在整个中亚到西亚东部的低海拔丘陵及平原区，东部可达陕西黄河大湾处，西部到里海，北部到贝加尔湖，南部到青藏高原北部，数量最多时超过 1 万峰。但随着人类活动范围的扩大，侵占了野骆驼的栖息地，导致其栖息地逐渐缩小，种群数量迅速下降，中亚地区成了野骆驼在地球上的最后栖息地。1980~1985 年，根据中国科学院生态与地理研究所谷景和与高行宜等研究人员考察结果表明，在中国分布的野骆驼还有 2500~3000 峰。至 90 年代，野骆驼的种群数量降到了历史以来的最低值。据国际联合野骆驼科学考察队 1995~1999 年的调查结果：世界范围内野骆驼的数量仅为 730~880 峰，比大熊猫数量还要稀少。目前在全球范围内，野骆驼仅分布在中国阿尔金山及其北麓区域（包括新疆和甘肃阿克塞安南坝）、塔克拉玛干沙漠东部、罗布泊北



部库鲁克塔格山及蒙古国的中蒙边境外阿尔泰戈壁四个区域。

时至今日，在罗布泊地区分布的野骆驼种群数量约 600 峰，全球现存也仅为 1000 峰左右，数量较 20 年前有所增长。由于野骆驼只分布在中国西部和蒙古国外阿尔泰戈壁区域，其栖息地一旦遭到破坏，这个物种也将消亡。因此，中国在 1962 年颁布的《国务院关于积极保护和合理利用野生动物资源的指示》中，野骆驼被列为珍贵、稀有或特产的动物，严禁猎捕。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，野骆驼又被列为一级重点保护野生动物。世界自然保护联盟（IUCN）于 2002 年将野骆驼列为极度濒危物种（CR），濒危野生动植物

种国际贸易公约（CITES）将其列入附录 I 中。野骆驼以其能适应荒漠的极端生存环境、可以饮用苦咸水的独特习性，以及极度濒危现状，在世界生物多样性保护中占有极为重要的地位并具有极高的研究价值。

我国政府在 1986 年就建立了新疆阿尔金山野骆驼自然保护区，1993 年国家还发行了两枚一套的野骆驼纪念邮票，以宣传和保护野骆驼。1995~1999 年，中英国际野骆驼考察队通过 5 年的考察，最终由袁国映研究员执笔完成了中国野骆驼考察报告和建议扩大阿尔金山野骆驼自然保护区范围的规划。2000 年，根据罗布泊地区野骆驼的活动范围，新疆维吾尔自治区人民政府批准将保护区面积扩大到 6.12 万平方公

里，2003 年升级为国家级自然保护区。2009 年阿尔金山野骆驼自然保护区更名为罗布泊野骆驼自然保护区。此外，甘肃省也建立了安南坝野骆驼国家级自然保护区；蒙古国也成立了大戈壁 A 保护区。在这三个自然保护区内分布的野骆驼数量占到全球野骆驼总数的 95% 以上。

野骆驼的研究现状

有关野骆驼的描述在 600 年前明朝李时珍的《本草纲目》中就有记载：“野驼，今惟西北有云。家驼，则此中人家畜养生息者，入药不及野驼。”“驼状如马，其头似羊，长项垂耳，脚有三节，背有两肉峰如鞍形。”由于野骆驼生性警觉，传统的研究手段和方法较难对野骆驼做深入系统的研究。除韩建林、Pamela 等在野骆驼的起源与演化方面的研究外，自 21 世纪初开始，国内外科研人员对野骆驼的研究也开始逐渐增多，研究手段和方法也随着科技的进步有了较大发展。罗布泊野骆驼自然保护区管理局与中国科学院空天信息创新研究院的刘少创、



考察队的家骆驼掉进了冰缝



野外考察途中查看行进路线

兰州大学生命科学学院王建林、北京林业大学时坤，以及中国林业科学研究院李迪强、薛亚东等研究人员，通过北斗卫星定位系统、红外线相机技术等，共同对分布于中国的野骆驼开展了家域范围、种群数量、迁栖规律、栖息地环境变化、生态习性和人类活动影响等方面的合作与研究。英国动物保护学会（ZSL）、奥地利兽医学院等国外研究与保护机构对分布于蒙古国的野骆驼也持续开展了研究。John Hare 先生于 1997 年在英国成立了野骆驼保护基金会（Wild Camel Protection Foundation, WCPF），在国际上宣传与呼吁对野骆驼的保护。国内也成立了新疆野骆驼保护协会，致力于野骆驼保护的宣传。

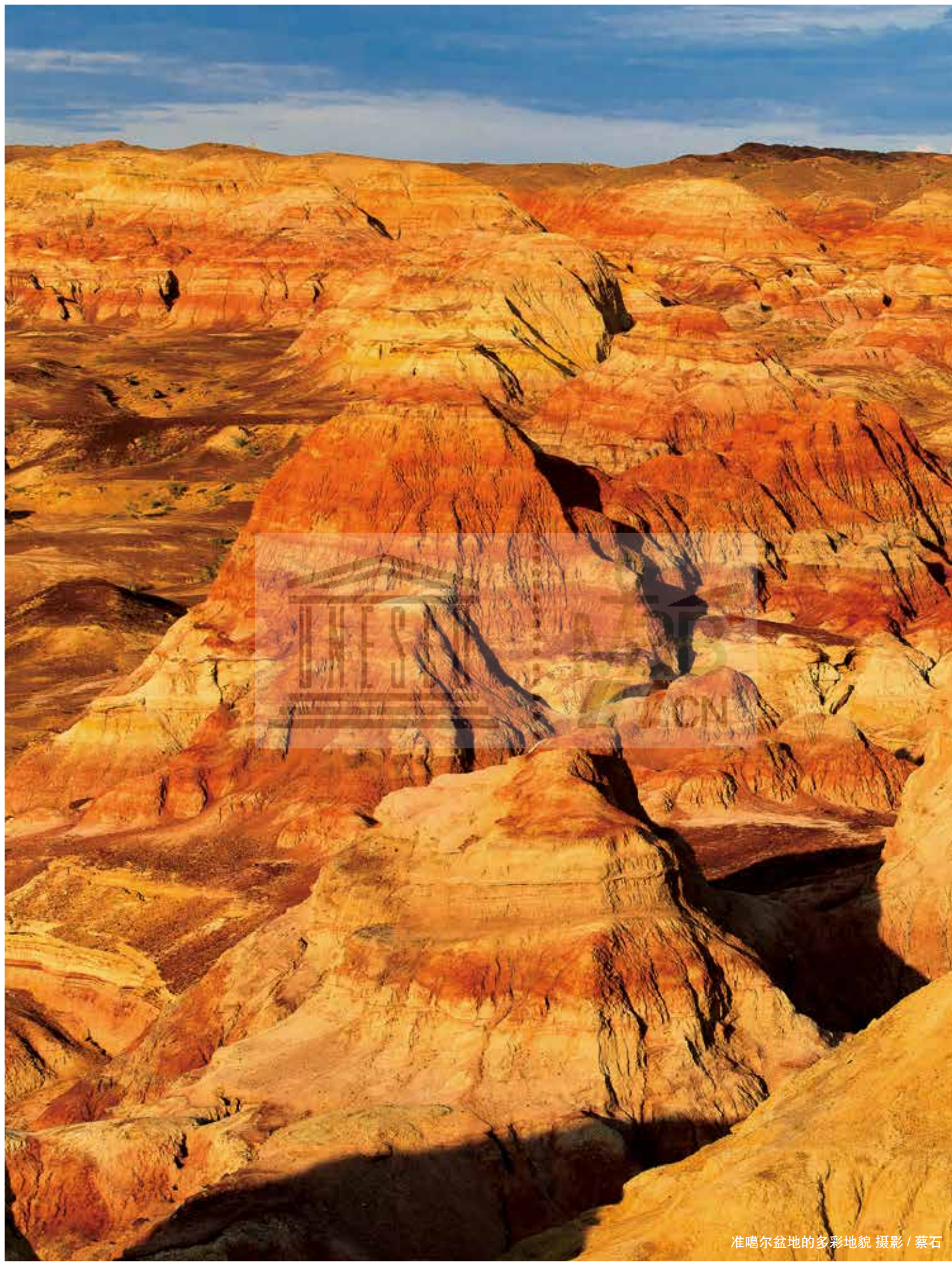
为积极应对野骆驼的灭绝危险，2004 年，国际野骆驼保护基金会理事长 John Hare 先生在蒙古国西部 Great Gobi A SPA 限制性保护区边缘建立了野骆驼繁育中心。蒙古国自然与环境部把当时在蒙古国圈养的全部 11 峰野骆驼无偿提供给该中心用于研究和繁育，至今已繁育出 35 峰野骆驼。2013 年冬季，野骆驼繁育中心开始对其中的 8 峰野骆驼分批野放，研究人员给每峰野骆驼安装了 GPS 项圈进行跟踪。通过观察，多数的野骆驼已能适应野外生活，生存状况良好。

结束语

野骆驼之所以珍稀，正是因为人类活动侵占了它们生存的土地，使得它们的种群数量极度萎缩，栖息地范围也被急剧压缩。受气候变化和人类活动的影响，野骆驼已经到了灭绝的边缘。尽管近 20 年来，自然保护区的建立和强化管理使得野骆驼的种群有所恢复，但要想让这个物种能够长久地繁衍生息，我们还需要做更多的努力。

让我们行动起来，共同来保护人类的朋友——野骆驼！

本文作者系罗布泊野骆驼国家级自然保护区管理局高级工程师



准噶尔盆地的多彩地貌 摄影 / 蔡石



卡拉麦里荒原上的蒙古野驴

文 / 徐文轩 汪沐阳 杨维康 图 / 杨维康

蒙古野驴

马科动物不仅是早期人类重要的猎物，马和驴的驯化为人提供了奶、肉、劳力以及骑乘的工具，甚至现在我们仍在用“马力”来衡量发动机的功率。它们与人类建立了一种新的、更加紧密的关系。然而，野生的马科动物却很少受到现代人的关注，甚至一些物种的基本生态习性仍不为人知。现存的野生马科动物仅 1 属 7 种，其中分布在非洲的有细纹斑马、山地斑马、平原斑马和非洲野驴 4 种，分布在亚洲的有亚洲野驴、藏野驴和普氏野马 3 种。亚洲这 3 种马科动物在我国均有分布。

蒙古野驴是亚洲荒漠、半荒漠及荒漠草原区域的代表性物种，也是亚洲野驴野生种群中数量最大的亚种，世界自然保护联盟（IUCN）将其定为近危级（NT），在我国属于一级重点保护野生动物。除蒙古野驴外，基于地理分布，亚洲野驴还存在其他 4 个亚种，分别是分布于

印度古吉拉特邦的印度野驴，分布于中亚土库曼斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦等国的土库曼野驴，分布于伊朗的波斯野驴，以及已于 1927 年灭绝的叙利亚野驴。

作为典型的荒漠有蹄类动物，蒙古野驴目前分布于蒙古国南部戈壁地区，我国内蒙古中西部、甘肃和新疆东北部的中蒙边境地区，以及位于准噶尔盆地东部的新疆卡拉麦里山。

成立于 1982 年的新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区是我国西北最重要的荒漠生态系统和荒漠有蹄类野生动物保护区，那里不仅是普氏野马的野化放归地，也是我国现存蒙古野驴种群数量最大和最集中的分布区，在我国蒙古野驴的保护方面具有举足轻重的地位。

经过 20 余年的有效保护，卡拉麦里山蒙古

野驴种群数量由 1982 年保护区成立之初的 358 匹持续增长到 2007 年的 5318 匹，呈现出良好的发展趋势。然而自 2005 年开始，因矿产开发，保护区面积被连续六次缩减，面积由原来的 1.8 万平方公里降至 2014 年的 1.2 万余平方公里。调减后的保护区千疮百孔、支离破碎，野生动物保护功能基本丧失殆尽，导致保护区内的蒙古野驴生存形势极为严峻，至 2016 年仅余 2144 ± 562 匹。幸运的是，自 2015 年开始，地方政府在保护区开展了一系列的清理矿产开发与生态环境整改修复治理工作，总面积恢复至目前的 14856.2 平方公里。根据我们 2018~2019 年连续两年的调查，蒙古野驴种群数量上升为 3246 ± 575 匹。

蒙古野驴喜欢群居，受自身繁殖周期和季节变化影响，通常春夏季集群较小，秋冬季集群较大，有时一群数量可达几百匹。在卡拉麦里山，蒙古野驴多集 2~10 匹的小群，但小群所

拥有的个体数量却不足总个体数的 30%，说明蒙古野驴喜欢待在较大的群中。这样的生活方式能够确保它们在采食或休息时总有同伴在警戒，能有效降低被天敌捕食的风险。野驴群中不同个体间活动节律虽不尽相同，但具有一定关联性，通常第一匹开始采食（或休息）的时间与最后一匹开始采食（或休息）的时间仅间隔数分钟，行动落后的个体会快速融入到群体中去，以保证整个群体的行动协调一致。蒙古野驴通常在清晨和黄昏时段采食，具有明显的晨昏模式，而生活于卡拉麦里山的蒙古野驴除早晚采食高峰外，在中午还有一个采食高峰，这在冬季尤为明显。

在卡拉麦里山自然保护区，蒙古野驴发情期为 6~8 月。在这一时期，雄驴会在一个永久水源地附近占据领域，雌野驴通常在一匹雄驴的领域内形成类似“后宫”的雌性群，但与同样生活在保护区内的鹅喉羚不同，雄驴通常不



藏野驴 摄影 / 范书财

限制雌驴的活动。蒙古野驴一次一胎，雄驴3岁龄达到性成熟，但实则4~5岁龄才有机会参与繁殖。这是由于年轻雄驴在繁殖期经常受到成年雄头驴的攻击，从而无繁殖机会。

我们在野外调查时，有一次驱车经过一头雄蒙古野驴的领域，这家伙把我们当成了情敌，一边嘶鸣一边快速朝着车跑来驱赶我们。它绕着车转了两圈后，骄傲地炫耀起自己的性器，接着在车旁边屙了一泡尿，向我们宣誓它是这片领地的所有者，然后扬长而去。

蒙古野驴一般选择地形较平坦的平原、山间盆地和荒漠戈壁作为栖息地，而会避开陡峭的山地和松软的沙丘地。野生动物的栖息地包括食物、隐蔽条件和水三大要素。在卡拉麦里山自然保护区，水是影响野生动物栖息地选择的首要因素，我们观察发现，在距水源地大于20公里的区域，发现蒙古野驴的概率几乎为0。其次是食物因素，蒙古野驴多选择生长有白茎绢蒿、梭梭-盐生假木贼、驼绒藜-白茎绢蒿和沙生针茅等植物群落的区域活动，这些植物也是蒙古野驴的大宗食物。此外，人类活动也是影响蒙古野驴栖息地选择的重要因素，距居民点和道路距离越远，蒙古野驴栖息地的适宜性越高。

蒙古野驴食性广泛，可以采食栖息地内大部分植物，在食物组成上具有一定的混合食性特征，这也是它们能很好地适应严酷环境的重要原因之一。季节更替导致的食物丰富度变化是影响蒙古野驴食性的重要因素。它们喜食禾草类植物，而在干旱的夏季，含水量和粗蛋白含量较高的藜科植物梭梭、驼绒藜等亦是蒙古野驴主要食物来源。在食物缺乏的冬季，蒙古野驴还采食大量的琵琶柴和假木贼等小半灌木。这是由于蒙古野驴与其他马科动物相似，其肠道菌群可以协助消化道快速处理大量高纤维低营养的食物。

蒙古野驴通常每天需要饮水12~15升，在热天最多可达24升。然而由于地处内陆干旱荒漠腹地，气候炎热干燥、降雨量较少而蒸发量大，且无常年地表径流，卡拉麦里山自然保护区水资源相对贫乏。近1.5万平方公里的保护区仅有几十处可供野生动物饮用的永久水源地。这些水源地由地下水位较高地段的裂隙水溢出而形成，通常矿化度较高。保护区还建有若干人工水源地，由保护区管理中心定期使用卡车运水补给。此外，在春季积雪融化以及夏季阵雨过后，在地势低洼处能够形成临时性积水，这些积水可存在数天到数十天不等，成为包括蒙古野驴在内的众多野生动物重要的补充饮水点。

在干旱缺水的季节，蒙古野驴甚至可以在地下水位较高的区域或干燥河床上用前蹄刨出60厘米左右的深坑，随后会有地下潜水溢出，当地牧民称之为“驴井”。由于饮水和采食的需求，蒙古野驴经常在水源地和采食场间迁移，驴群移动一般沿着固定的路线、排成纵队鱼贯而行，从而在地面上留下特有的“驴道”。“驴道”一般宽20~40厘米，以水源地为中心纵横交错伸向远方。正所谓：荒原上本没有路，走的驴多了，也便成了路。因此，在卡拉麦里山自然保护区，蒙古野驴虽然与野放的普氏野马同域分布，但蒙古野驴更加耐旱，主要生活在广阔的荒漠地区；而普氏野马栖息在离水源地较近、自然条件相对优越的荒漠草原地区。正是由于这种对荒漠地区恶劣生境的较强适应，使得蒙古野驴虽然与普氏野马同样遭遇了来自自然界和人类的种种威胁，命运却截然相反：普氏野马命运多舛，于50年前在野外灭绝；蒙古野驴如今依然在荒原中顽强生存。

感谢青藏高原第二次综合科学考察研究(2019QZKK0501)对本研究的资助。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



高山精灵北山羊

文 / 韩雷 汪沐阳 杨维康 图 / 杨维康

我们的研究团队向野生动物主管部门提出建议，在全疆特别是跨边境区域，对北山羊开展物种生存现状调查，从而在关键地区实施重点保护。此外，还可以考虑在适当区域开展生态旅游与野生动物摄影旅游，将所得部分收益支付给当地牧民，以补偿牧民由于地方政府为保护野生动物而采取的限牧措施导致的经济损失。我们亟需探索更多既保证当地百姓的利益，同时又保障北山羊种群能够持续繁衍的管理对策。

如果去亚洲中部的高山地带旅游，人们将有机会目睹一种在悬崖峭壁上跳跃自如的野山羊的绝世风采。这种山羊的中文学名叫北山羊，它们广泛分布于中亚高山地区，在中国主要分布于新疆、西藏西北部、甘肃西北部和内蒙古西部等地。北山羊在我国属于一级重点保护野生动物、中国红色名录濒危（E）级物种。

我们对新疆天山中部的北山羊进行了连续8年的监测工作，为该物种的管理和保护提供了大量的基础资料和科学依据。

北山羊为典型的群居动物，多集群成2~10只的小群活动，但在秋冬交配季可以聚集成上百只的大群。它们的集群大小与栖息的生境状况关系密切。新疆托木尔峰地形陡峭，食物资源碎片化严重，为减少个体之间的食物竞争，北山羊的平均集群只有8只；在天山中部，由于食物丰富，生境碎片化程度低，北山羊的集群规模通常较大。食物资源的季节性变化也会导致它们改变集群大小：初春低海拔区域植物萌发较早，此时北山羊多聚集于此，因此容易形成大群；冬季食物资源匮乏，为了降低食物竞争，北山羊则多集小群。

只有在发情交配期，北山羊雌羊和雄羊才会一起集群，其余时间雌、雄各自集群活动。成年雌性花费更多时间与羔羊在一起，教会羔羊如何采食、如何选择栖息地，逃避天敌等生存本领；成年雄性则需要依靠打斗以赢得与雌性交配的权利，因此同性聚群有助于学习提高打斗技巧，确保提高发情期的繁殖竞争力。

成年北山羊雌雄个体的体型大小明显不同，是典型的性二型物种。成年雄羊身材魁伟，颌下有15厘米左右的长须；雌羊个体明显小于雄羊，胡须也较短。此外，雌雄个体羊角的形状和大小也有明显的区别。随着年龄的增长，雄北山羊的角越来越长并逐渐弯曲成镰刀状，角长最高记录为150厘米，看上去就像是一名侠

客肩扛两把巨型弯刀一样，威风凛凛。一般来说，雄羊年龄可根据角侧面的年轮来确定，年轮的数量就是其准确的年龄。与树木的年轮相似，每年冬季由于食物条件变差，北山羊生长变缓，羊角生长速度也变慢，此时角上会留下一条深黑色的线，这就是雄羊羊角侧面的年轮。羊角上有几条年轮，就表示雄羊有几岁。但在野外环境下，受观察距离和角度的限制，无法看清雄羊角侧面的年轮。因此，也可以通过数雄羊角正面的“横脊”来估算它的年龄。大多数年份，雄羊角每年都会生长出两个“横脊”的长度，因此用“横脊”的数量除以2再加上1岁即为它的年龄。与雄羊比起来，成年雌羊看起来有些平淡无奇，其角长仅为19~39厘米，也没有雄羊角上明显的“横脊”。野外条件下，我们观察到北山羊最长寿命为13岁，人工饲养条件下可达16岁。

与许多动物相似，雄羊在发情期时通过打斗争夺配偶，只有胜利者才有交配权，繁衍自己的后代。如果把北山羊在悬崖峭壁上健步如飞的能力比做它们的轻功，那么雄羊这对巨大的弯角就可以视为它们的武器，羊角越大，在求偶决斗时获胜的机会就越大。



北山羊羊角年轮与横脊

历史上，我们一直通过生物圈所有元素之间的持续相互作用和联系来满足所有需求，我们呼吸的空气，吃的食物，使用的能源，以及出于一切目的所需的材料，都来源于此。然而，不可持续的人类活动和对物种与自然资源的过度开发，正危及全球生物多样性。在未来几十年内，近四分之一的物种将面临着灭绝的危险。

摘自联合国“野生动植物日”纪念宣传

在北山羊的许多分布区，它们是该区域中顶级捕食者雪豹的主要食物来源。为了防备雪豹等天敌的突然袭击，北山羊在采食过程中，经常会警觉地抬头观察周围环境，以便及早发现天敌。北山羊是名副其实的登山健将。它们四肢粗短，蹄狭窄而有力，可以保证其在陡峭的山坡或悬崖上行走时如履平地、跳跃自如。它们通常在距离悬崖 200 米以内的范围活动，一旦受到威胁，则迅速奔向陡峭的岩石上以摆脱危险，而捕食者只能“望崖兴叹”。因此，北山羊经常避开地形相对平整的草原和封闭的森林，选择地势险峻的乱石悬崖作为它们的栖息地。

每年的 11~12 月是北山羊发情交配期。与大多数动物不同，繁殖期的北山羊不是由 1 只雄羊和数只雌羊组成，而是由 3~5 只雄羊和 5~10 只雌羊组成一个群。雄羊通过“角抵”形成社会等级，以确定交配权，通常只有最强壮的 1 只雄羊获得最终胜利。尽管北山羊整体的发情期可持续 1~2 个月，但是每一只雌羊的发情时间只有 1~2 天，因此等级排名第一的那只雄羊需要持续不断地监视雌羊，及时发现处于发情状态的雌羊。社会等级高的个体拥有交配权，而社会等级低的个体则会采取“偷袭”的交配策略，也就是说，它们会在高社会等级雄羊不注意的时候，偷偷地与雌羊交配。因此高社会等级的雄羊在监视雌羊时，还得防备群内的其他雄羊。这样的婚配方式既保证了最优良的基因得以延续，也避免了遗传多样性丧失。

由于成年雄羊在发情期要长时间监视群中

其他个体，采食时间大量减少导致能量摄入降低，再加上求偶、打斗等发情交配相关行为需要耗费巨大的能量，因此发情期后雄羊的死亡率较高。由此可见，北山羊为了获得自己的后代，甚至需要付出生命的代价。

北山羊为广食性物种，它们吃食的植物多达 140 种，包括 26 种灌木和乔木。春季和初夏高山区灌木还未生长，北山羊主要采食萌发较早的禾本科和莎草科植物，此时对食物营养价值需求较高的怀孕雌羊通常会前往海拔较低的林间地带，采食植物的嫩枝、花和果实。盛夏和初秋季节降水充足，植物生长繁茂，北山羊的食物除禾本科和莎草科植物外，还包括蔷薇科、豆科、菊科等植物。冬季冰雪覆盖，北山羊喜欢在阳坡的裸岩地带或积雪较薄处活动，采食未被冰雪覆盖的植物。此外，北山羊取食时不会特定于某一类食物，不同区域分布的北山羊食性差异较大，这有利于扩展北山羊的分布范围。

20 世纪 70 年代，由于乱捕滥猎、栖息地丧失和破碎化以及传染病等原因，北山羊数量在全球范围内曾一度锐减，分布区亦不断缩小。经过近 20 年的保护，其种群数量有所恢复，在天山山脉部分地区北山羊已成为优势物种。

感谢青藏高原第二次综合科学考察研究 (2019QZKK0501) 和国家自然科学基金 (31661143019) 对本研究的资助。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

荒野精灵马可波罗盘羊

文 / 刘瑛

帕米尔高原的晨风，有种萧瑟的美，它带着千里高原的气息，拂过你的面庞，让寒意劝退你的倦懒。瞬间，周遭一片宁静，而你突然感觉自己与亘古高原融为一体，和着古老的节奏，聆听着山崖的呼吸、湖泊的召唤、树木的耳语，感受着万物缓慢生长的韵律。

当阳光在山边出现并露出它刺目的微笑，那些洒落在林边的薄雾便轻轻散去，一如悄无声息地来。而此刻，在山的背阴处，离牧民的帐篷不过千余米的地方，或许正有一对对美丽的大角在低头寻觅着紫花针茅，它们希望尽快用食物来果腹，然后悄悄回到它们的聚集地悠然踱步，等待日落之后，再次出来觅食。每一个晨昏，都是这些美丽大角的活跃期，也最容易与它们不期而遇。

那些美丽的、盘旋状的大角，来自世界上体形最大的野生绵羊——马可波罗盘羊，特别是马可波罗盘羊的雄性个体，它们的角硕大，盘旋而生，可以长达 1.7 米，重三四十公斤。而它们也因为这对美丽的大角，成为当代狩猎者最向往的猎物。好在全世界只有塔吉克斯坦和吉尔吉斯斯坦两个国家允许合法狩猎马可波罗盘羊。否则，这个物种从地球上消失就是一个不远的话题了。

说到它的名字，很多人会困惑，为什么一种生活在帕米尔高原的野生羊，会叫马可波罗盘羊？难道是从欧洲引进的野生种？事实并非如此。公元 1273 年，著名的旅行家马可·波罗途经帕米尔高原，他在游记中写道：“那里有一座湖泊，一条清澈的河流从湖泊中缓缓流出。……

在那里，生活着许多动物。其中，有一种野羊，体型巨大，数量非常多，它们的角长可以达到六个手掌的距离。”也正是基于这一段记录，1840 年，英国博物学家将该物种定名为马可波罗盘羊。

帕米尔高原的雄浑之美，不仅是山之巍峨、水之秀丽、云之多姿，更为重要的是，它是野生动植物的天堂。这里分布着典型的高寒荒漠植物，常见的植物有紫花针茅、垫状驼绒藜、





摄影 / 范书财

中麻黄、南疆点地梅、青藏藁草等，还有雪豹、北山羊、胡兀鹫、金雕、豺、藏原羚、岩羊、藏雪鸡、暗腹雪鸡、秃鹫等多种野生动物与马可波罗盘羊为伴。所以，中国在这里建立了新疆塔什库尔干国家级野生动物自然保护区，尽可能将过度放牧、栖息地破坏、非法狩猎、矿业开发等干扰因素缩减到最低程度。而在这个保护区内，马可波罗盘羊是其主要保护对象，大约有不到 3000 只。

盘羊有 9 个亚种，马可波罗盘羊是其中最著名的亚种，它又被称为盘羊帕米尔亚种，仅分布于中国、阿富汗、塔吉克斯坦、巴基斯坦和吉尔吉斯斯坦五国边境相邻的帕米尔高原。马可波罗盘羊长年栖息于高原，一般在海拔 3500~4800 米区域活动，但偶尔也有去其他海拔区域活动的，有滑雪者在慕士塔格峰 5300 米处发现了 6~7 岁龄的马可波罗盘羊头骨。马可波罗盘羊没有特定的活动区域，会在不同的山谷中穿梭，寻找安静而草料丰富的地方。

马可波罗盘羊被认为是世界上最大的盘羊，一般体长 120~200 厘米，体重 65~200 公斤。如此健硕，却能在岩石间攀爬，这都得益于其羊蹄前端陡直，可以很好地抓住岩间窄小的区域站稳。但比起其他善于攀爬的羊类，它又属于爬山技巧比较差的，因此在逃跑的时候，一般不会看见它逃向太陡峭的山坡，而是选择适合狂奔的路径。

原以为，马可波罗盘羊这样的“神兽”会远离尘嚣、远离人类，躲在静谧山谷里怡然自得地生活，科研人员却告诉我，他们经常仅是把望远镜架在牧民的帐篷里，就可以观测到马可波罗盘羊了。因为在保护区内，马可波罗盘羊倾向于选择距居民点或毡房 1000~2000 米的区域采食。原因竟然是山谷中下部植被长势较好的区域多被牧民占据，而距牧民居住点 2000 米以外较远的区域，多为海拔较高、植被稀疏的流石滩。因此，马可波罗盘羊选择人为干扰距离适中的区域是在食物与人为干扰之间“权衡”的结果。不是它离人类近了，而是人类占了它的地盘，权衡饿肚子和当“神兽”之间，它们选择了先果腹。

中国科学院新疆生态与地理研究所的科研人员在长年的观测中发现，和北山羊一样，马可波罗盘羊也存在着同性聚群的行为模式。一年中的大部分时间，公羊和母羊会分开，各自组成不同大小的群体，在不同区域活动。而只有到了冬天进入交配的季节，也就是每年的 11~12 月期间，公羊和母羊才会混群相聚，建立配偶群，以繁衍后代。

马可波罗盘羊的公羊要通过打斗才能确定自己的地位，获得配偶。所以，虽然很多公羊到了 2~3 岁龄之后就已经性成熟了，但一般要到 4 岁龄之后，才有机会进行交配。因为它首先得保证自己能打得过那些体形更大的同类。公羊的武器就是它们美丽而壮硕的大角。一旦打起来，就是角与角的猛烈撞击，而且撞击声巨大，

甚至会响彻山谷。看来结婚生子不易，不仅是人类面临的问题，动物界的婚配似乎也更加艰辛不易。就是因为只能通过打斗获得爱情的原因，雄羊的羊角在性选择作用下变得硕大无比。

帕米尔高原是高寒气候，要熬过漫长的冬季，一身厚实的皮毛就成了马可波罗盘羊的标配。除了抵御寒冷，这身皮毛还是它们的“隐身衣”，因为它们都是褐灰色或污灰色的毛发，和帕米尔高原冬季的山体融为一体，能巧妙地蒙骗狼和雪豹敏锐的视线。不过，皮毛再厚再耐寒，也抵不住长期的低温天气。2006 年 12 月至 2007 年 1 月，帕米尔高原东部遭遇长达 30 天的 -30℃ 至 -35℃ 之间的低温天气，导致不少马可波罗盘羊因寒冷和食物枯竭而死亡。

多年在野外观测马可波罗盘羊的汪沐阳老师告诉我，马可波罗盘羊巨大而又美丽的公羊角常会引来贪婪的狩猎者，让它面临生存危机。随着气候变化和人类环境的干扰，马可波罗盘羊适宜生存的环境也越来越碎片化，即便是在保护区内，也仅有 13% 的区域是适宜它们生活的。特别要强调的是，大规模建设的边境防护围栏，严重阻碍了马可波罗盘羊的跨境迁徙，导致其基因交流受阻，遗传多样性丧失，种群灭绝风险增加。

科研人员就马可波罗盘羊当前面临的困局，呼吁构建跨国野生动物生态廊道，这不仅有利于野生动物的迁徙扩散，提高碎片化生境斑块间的连接性，还能促进濒危物种异质种群间的基因交流、缓解生境破碎化造成的不利影响，从而降低种群灭绝风险。

当年，引发马可·波罗感慨的美丽大角羊其种群数量曾经非常庞大，而今其生存遭遇挑战，如何解决这些生态危机，让威风凛凛的马可波罗盘羊能在帕米尔高原上继续欢歌跃舞，这是人类必须思考的问题。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所副编审



新疆雪豹研究简史

文、图 / 徐峰

雪豹是我国一级重点保护野生动物，分布在高原和山地，主要在夜间活动。过去，人们对这种大型猫科动物知之甚少。新中国成立以后，中国科学院等部门在新疆先后组织了两次重要的综合科学考察，对新疆的自然环境和资源等方面开展调查。除了国家组织的大型科考外，一些国际知名的野生动物保护机构和专家也与国内合作开展科学考察，如知名动物学家乔治夏勒博士就曾与新疆维吾尔自治区有关部门合作，在塔什库尔干自然保护区和昆仑山等地区开展了系统的动物调查。这些调查多以雪豹、盘羊以及藏羚羊等山地大中型哺乳动物为主。这些国际合作为我们了解新疆的雪豹提供了大量的第一手资料。

《新疆南部的鸟兽》和《天山托木尔峰地区的生物》等著作中有关雪豹的章节，是在新疆最早开展雪豹研究的成果，它们介绍了雪豹在天山托木尔峰国家级自然保护区和新疆南部

地区的分布信息。雪豹在新疆主要分布在天山、昆仑山和帕米尔高原，但是受当时调查条件和研究方法的限制，调查人员很难了解雪豹的种群数量和生存现状等更多信息。

直到 2005 年，由中国科学院新疆生态与地理研究所马鸣牵头的新疆雪豹研究小组（以下简称“研究小组”）首次将红外相机引入到雪豹研究中。随着红外相机等新技术和新方法在天山、昆仑山、阿尔金山、阿尔泰山等地全面铺开，雪豹的神秘面纱才被一层层揭开，人们得以逐渐了解其在新疆的分布和生存现状。

红外相机最早被系统应用于老虎等猫科动物的种群动态监测研究当中，布设红外相机可以自动记录几乎所有在监测点出现的野生动物，因此能够在不需要大量人力和物力的基础上，进行长期准确的野生动物多样性和种群动态监测。近些年，红外相机被越来越多地应用于保



雪豹足迹



托木尔峰雪豹考察



安装红外相机



雪豹调查培训



雪豹痕迹调查培训



雪豹调查培训



雪豹痕迹调查

保护区和区域性的野生动物调查中。雪豹身上有斑纹，但每只雪豹的斑纹都不一样，因此在有足够清晰照片的基础上可以实现个体识别，从而实现对雪豹的种群数量调查和种群动态监测。

研究小组通过与国际雪豹基金会 (ISLT) 等机构合作，首次在新疆开展区域性雪豹分布、数量以及生存现状的研究工作。2004 年 8 月，研究小组邀请国际雪豹基金会 McCarthy 博士和 Munkhtsog 博士为研究小组成员开展了雪豹研究培训，并印发了雪豹研究和宣传手册。通过培训让成员们了解雪豹的生活习性，辨认雪豹痕迹，掌握基于痕迹和红外相机记录的雪豹调查方法。同年，他们就在新疆东天山、北塔山、阿尔泰山以及托木尔峰自然保护区开展了雪豹分布调查，通过调查对雪豹的分布和种群密度有了基础了解。

2004 年 9~10 月，研究人员在印度猫科动物专家 Chundawat 的协助下，在托木尔峰国家级自然保护区开展了基于雪豹痕迹和对当地牧民的访问调查，展开了雪豹分布区域的研究。通过对保护区 5 个主要区域的调查发现，除了两个人类活动干扰较大的区域外，保护区的其

他地区都有雪豹分布，并获知雪豹喜欢在山脊和谷底等处活动。调查中，研究人员经常能遇到一些雪豹经常往来的路径和经常进行痕迹标记的地点，这些地方都是后期布设红外相机，开展雪豹监测的理想地点。

2005 年 6~12 月，研究小组先后三次对托木尔峰国家级自然保护区开展了基于红外相机的雪豹分布与种群数量调查。这是新疆雪豹研究中首次引入红外相机开展研究，同时也是第一次开展针对雪豹特定区域的分布、数量以及生存现状的全面调查，为今后在更多区域开展相关研究，全面了解雪豹在新疆的分布现状奠定了基础。

雪豹的种群数量监测相对分布调查要更复杂。评估一种动物在一个大的区域中数量有多少，首先需要选择一块或几块小的研究区域，然后用各种方法准确地调查出该研究区域中动物的数量有多少，密度有多大，最后再根据小的研究区域得出的种群密度和数量推算到整个大区域中。托木尔峰国家级自然保护区的雪豹种群数量研究就是按这个思路来开展的。保护区总面积有 2376 平方公里，研究人员选择其中

50 平方公里的区域，同时用基于痕迹密度、食物资源量以及红外相机调查的三种不同方法计算雪豹的数量和密度。

根据痕迹密度调查雪豹数量的方法是早期雪豹研究中最常用的方法。因为调查设备和技术手段的限制，雪豹调查主要靠有经验的调查人员来完成。他们在野外通过样线调查，寻找、辨认和记录雪豹的痕迹，最后可以得到每公里样线内有多少只雪豹的痕迹，然后用经验公式通过痕迹密度估算出雪豹的数量。这种调查方法实施起来简单，只要调查人员通过雪豹痕迹辨认和记录的培训就能完成，但缺点是数据不准确，并且需要投入大量人力才能完成。研究小组通过痕迹调查法得出托木尔峰地区雪豹的种群密度是 1.99~3.47 只/100 平方公里，整个保护区的数量为 47.28~82.45 只。

根据食物资源量调查雪豹数量，是用环境容纳量来计算这个区域最多能容纳多少只雪豹。简单来说，需要先调查雪豹的主要食物——北山羊有多少，根据雪豹对食物的需求量计算出这些食物可以承受多少只雪豹的捕食，而不影响当地北山羊的种群稳定，最后得出这个地区最多有多少只雪豹。这种调查方法与痕迹调查法一样，也是一种间接的雪豹数量调查方法，并且得出的是这个地区雪豹数量的最大值。研究小组根据雪豹主要食物的调查方法得出托木尔峰保护区的北山羊种群密度为 269.76 只/平方公里，据此估算保护区雪豹的密度为 1.59~3.23 只/100 平方公里，整个保护区的数量为 37.78~76.74 只。

根据红外相机调查雪豹数量，是在调查区域中采用科学取样的办法设置若干个监测样区，在每个样区中选择雪豹经常活动的地点布设红外相机开展雪豹的监测工作。相机拍照日，总拍摄照片数，拍摄到目标物种的照片数可以计算出被调查动物的密度，而像老虎、雪豹这样可以通过照片进行个体识别的物种，还可以得出这些动物种群大小的准确数据。研究小组在

50 平方公里的研究区域内布设了 32 台红外相机，开展了 2094 个拍照日的调查，在 16 个地点拍摄到 32 张雪豹照片，据此计算得出保护区雪豹的种群密度为 2~3.2 只/100 平方公里，整个保护区的数量为 47.52~76.03 只。

除了在托木尔峰的雪豹调查之外，近些年研究小组与中南林业规划设计院合作，在阿尔泰山、西天山、中天山、东天山、昆仑山和阿尔金山等地都开展了雪豹红外相机调查工作。调查发现雪豹在新疆的分布区远比想象的要广阔，数量也比想象的要多。新疆雪豹的分布贯穿整个天山山区，在昆仑山和阿尔泰山都有分布，其中西天山和中部天山的雪豹密度相对其他地区要高。调查显示，雪豹几乎分布在新疆所有主要山地。

雪豹是我国自然保护中的旗舰物种，它们常常能吸引大众的关注，就像早期的雪豹研究阶段一样，近年也有很多公益环保组织参与到雪豹的调查研究工作中，如世界自然基金会（WWF）和荒野新疆等公益组织，他们在西天山和中天山等地开展了雪豹调查。近年还有一些野生动物摄影爱好者也时常发现和拍摄到雪豹。这些工作丰富了我们对于雪豹的认知，同时也让更多人了解、关注甚至有机会参与到雪豹等珍稀濒危物种的生存状况调查和保护工作中去，起到比较好的宣传和保护效果。

回顾过去几十年新疆的雪豹研究工作，每个阶段都有自己的亮点和特色，正是通过一代代研究人员坚持不懈的努力，让雪豹从最初是神秘的“雪山来客”，到如今成为大家熟悉的“网红明星”，走进大众视野。相信在在大众环境保护意识逐步提高的背景下，新疆的雪豹研究会更加深入和全面，雪豹等珍稀濒危物种的保护效果也会越来越好。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

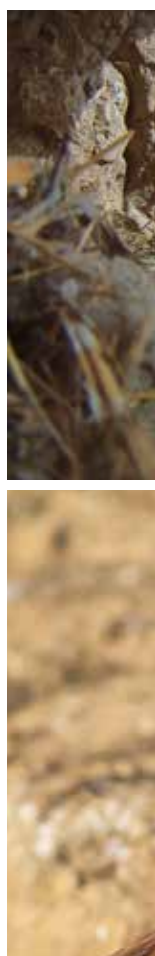




阿尔泰福海的鸟类 摄影 / 王维全



黄爪隼交配中 摄影 / 郭元清



西域丰富多彩的猛禽世界

文、图 / 马鸣

新疆古称西域，幅员辽阔，是中国猛禽资源最为丰富的省区，可以见到中国猛禽中一多半的种类（约占 56%）。猛禽是鸟类六大生态类型中最重要的一类，处于金字塔的顶端，它们中的每一个物种都是重点保护对象，在生态系统中扮演着重要角色。提起猛禽，人们往往将其与食肉的鸟类混为一谈，其实食肉鸟类的种类非常多，我们这里所指的“猛禽”，只是限定鸮形目、鹰形目和隼形目的种类。

新疆猛禽知多少

猛禽通常分为两大类：一是昼行性猛禽，二是夜行性猛禽。昼行性猛禽喜欢在白天活动，种类比较多，包括鸮、鹰、鸢、鹞、鵟、雕、鹫、

隼等，隶属于鹰形目和隼形目，全球有 310 多种，中国有约 66 种，其中新疆就有 41 种。夜行性猛禽，通俗说就是“猫头鹰”一类的猛禽，大多在夜间活动，隶属于鸮形目，如草鸮科和鸱鸮科的种类。全球的草鸮科有 16 种，中国有 3 种，如仓鸮、草鸮和很难见到的栗鸮；全球的鸱鸮科有 189 种，中国有约 28 种，新疆约 12 种，如鸺鹠、角鸮、雕鸮、雪鸮、猛鸮、林鸮、耳鸮和鬼鸮等。

新疆是中国猛禽种类和数量最多的省区，合计 53 种。据初步统计，其中鹰形目 31 种、隼形目 10 种，二者合计占中国这两个目猛禽数的 64%；鸮形目约 12 种，占全国同类的 39%。



高山兀鹫在窝里



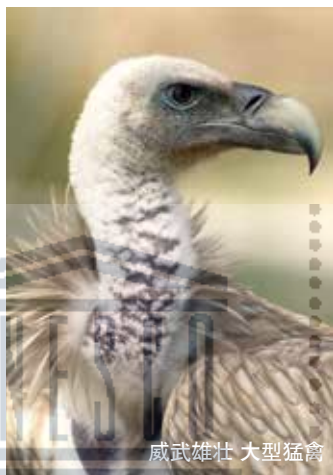
兀鹫



红隼 摄影 / 杜利民



秃鹫



威武雄壮 大型猛禽



猎隼

新疆的猛禽基本上包含了每一种类型，从食性上看，有食蝗虫的黄瓜隼、专食野蜂的蜂鹰、食蛇的蛇雕、食鸟的猎隼、食鼠的长耳鸮、食鱼的鹗和海雕、杂食的鸢、捕捉大型兽的金雕、偷卵的白兀鹫、喜食骨头（骨髓）的胡兀鹫及纯食腐的兀鹫等。从栖息环境看，有喜欢辽阔草原的红隼，也有出没于湿地的白尾鹇；森林里常见的是苍鹰，荒漠和戈壁有棕尾鵟。猛禽的活动空间非常大，适应性也比较强。但人们对猛禽的认识和了解却十分有限，特别是在中国，几乎没有什么研究资料可以参考和学习。

研究历史回顾

过去，西域一直是原始、闭塞、蛮荒、落后、寸草不生、荒无人烟的代名词，鸟类研究可查阅的文献资料非常少。一些早期的游记和地方志中涉及到常见的种类，都习惯使用俗名或土

名，如黄鹰、鸽鹞（猎隼）、匈奴尔（猎隼或苍鹰）、塔斯（高山兀鹫）、妖勒（秃鹫）、冬青、鹞子、花雕、皂雕、座山雕等，很不准确。一些外国探险家的考察报告，国人很少知晓，也无处查阅。

1949 年以来，中国科学院组织相关学科的研究人员在新疆陆续开展了几次综合科学考察，其中包括有鸟类学专项研究，但人才缺乏，考察时断时续，如蜻蜓点水一般，难以形成规模。在近 70 年的时间里，在新疆曾经从事过野外鸟类研究的人员不足 30 人，他们中有一部分人发现和描述过猛禽新纪录，而真正从事猛禽分类学研究、观察和生态学探索者，寥寥无几。

1963 年 8 月，新疆动物学会正式成立，翻开了新疆鸟类学研究历史的新篇章。钱燕文等（1963 年）较早发表了褐耳鹰新纪录，而《新

疆南部的鸟兽》(钱燕文等, 1965 年)的出版则是一个良好开端。之后出现过两个高峰: 一是 20 世纪 80 年代“科学的春天”激发了一大批动物学工作者的热情, 开始鸟类分布与区系调查, 陆续发表了一些野外新纪录和研究报告, 如乌林鸮、长尾林鸮(周永恒等, 1987 年, 1989 年)、灰背隼普通亚种(向礼陔等, 1988 年; 侯兰新, 1992 年)、花头鸺鹠(高行宜等, 1989 年)等在新疆陆续被发现。二是最近这十余年, 民间观鸟活动风起云涌, 出现了几个猛禽新发现或新分布的报告, 如褐耳鹰(聂延秋, 2010 年)、白兀鹫(郭宏和马鸣, 2012 年)、红隼与黄爪隼(杜利民和马鸣, 2013 年)、白腹鸺(王音明等, 2015 年)、鸢头蜂鹰(杨庭松等, 2015 年)。

值得一提的是新疆农业大学的时磊等在鼠类天敌调查和猛禽招引方面做出了卓有成效的工作。他们在精河、阜康(北沙窝)等地区成功进行了荒漠猛禽招引试验(时磊等, 2004 年, 2007 年)。新疆林业科学研究院的唐跃等在长耳鸮繁殖和栖息地观察方面, 首次发表了一篇短文(唐跃和贾泽信, 1997 年)。

到目前为止, 笔者与几位研究人员组成的项目组, 可能是国内从事猛禽研究持续时间较长、承担项目较多者。我们先后承担了 4 种猛禽(猎隼、金雕、高山兀鹫和秃鹫)繁殖生态与种群动态专项研究, 均获得国家自然科学基金委员会的资助, 已公开发表相关的学术论文有 20 余篇, 著作 3 部(马鸣等, 2003; 吴逸群等, 2006; 梅宇等, 2008; Ding et al., 2013; 赵序茅等, 2013; 徐国华等, 2016)。关于研究手段, 从卫星跟踪, 到无人机搜索, 再到红外相机监测, 基本上实现了与全球同步, 是近十年的重大突破(马鸣等, 2015; 徐国华等, 2016)。

猛禽知识点滴

关于猛禽, 我们究竟知道多少, 有多少知

识不是道听途说, 不是自我想象中的错误概念? 例如, 有人认为大部分鹰隼类是在飞行中完成交配, 兀鹫可以嗅到远处死尸的气味, 30~40 岁的老金雕砺喙断趾、凤凰涅槃、获得重生……当然, 这些都是人类自己的认知, 多少有些想入非非, 文学创作, 又或一厢情愿, 可能与猛禽完全无关。我们所看的猛禽, 都是透过望远镜的观察, 或是电视记录片中的生动图像。尽管如此, 我们还是要凭借野外的观察, 客观的数据, 给大家还原一个个真实的猛禽故事。

与其他鸟类相比, 猛禽的食量都很大, 特别是鹫类, 一次进食量可以占到体重的 10% 以上。一些猛禽会出现同巢相残的现象, 较强壮的雏鸟会杀死甚至吃掉较弱小的雏鸟。猛禽是食肉类鸟类, 一部分食腐, 如鹫类。它们在食物链中扮演着非常重要的角色, 无论个体大小, 性情都极其凶猛, 嘴、爪和翼强健有力, 能猎捕比其自身大得多的猎物。新疆猛禽种类繁多, 体型大小相差十分悬殊, 不同的体型意味着它们占据着不同的生态位。其中, 体型巨大者如高山兀鹫, 体长 1.2 米, 翼展 3 米多, 体重可达 12 千克; 体型小者如花头鸺鹠, 体长仅 15~17 厘米, 体重 47 克, 与麻雀相当。

猛禽存在明显的两性异形(如苍鹰、猎隼), 雄性个头较小, 而雌性较大, 差距达到三分之一强。雀鹰或苍鹰的雄性体重只是雌性体重的 54%~61%, 这完全与其他物种相反。这种体型和体重差异, 造成夫妻俩在非繁殖期都是形单影只, 非常孤独。它们通常单独活动, 不一起迁飞, 因为它们的翼长不同, 飞行速度不一样, 捕食的对象亦不一样。

在一般人的眼里, 猛禽没有天敌, 完全不需要“伪装”。其实, 猛禽的羽色通常是以昏暗的棕色或灰褐色为主, 大多缺乏艳丽的羽毛, 或有许多斑点和条纹, 伪装色极佳。这些都是为了隐蔽自己, 迷惑对手, 在伺机捕食时不易

被发现，方便接近猎物，特别是那些“守株待兔”式的捕食者，毛色与环境几乎一致。还有一些种类（如大鵟、棕尾鵟和靴隼雕）的个体间毛色变化很大，有暗色型、淡色型、中间型、过渡型等，几乎同时存在，就是一窝幼鸟也会有不同的色型。有些猛禽甚至还是“变色龙”，如雪鵟和毛脚鵟，一年四季羽毛颜色会发生变化，冬季是纯白色，夏季则通体布满黑褐色斑纹，这些都是自然选择的结果。

猛禽的识别比较困难，特别是当它们栖落在阴暗的角落，如岩壁、森林和苇丛等地方时；而在飞行时，一些特征显露无遗，可以通过体型、颜色、翼窗、翼型、翼指、尾型、身体比例、脸谱、斑纹、飞行动作、巡航速度、其他行为及活动空域等区分，当然对于初学观鸟者来说这也很难。国外出版了《猛禽飞行识别手册》或《行为识别手册》，可以供初学者参考。

生态位分离

猛禽多是凶残的捕食者，攻击力强大，为了避免相互间不必要的冲突，它们做到了三个分离。一是空间分离，就是各自活动的区域不同，大型猛禽藏身于崇山峻岭、辽阔草原；小型猛禽则在农区、绿洲、园林中栖息，垂直高度（海拔）都不一样。二是时间分离，猫头鹰喜欢在夜间出行，而鹰、隼、鹫类在白天活动。三是食物分离，每种猛禽的食谱都是不一样的，如黄爪隼喜欢吃蝗虫，红隼喜欢抓鼠类和小鸟，金雕捕捉旱獭或北山羊，猎隼和游隼可以空中拦截野鸭，玉带海雕和白尾海雕是捕鱼的高手，黑耳鸢除了会捕鱼之外还会捡拾垃圾，秃鹫和兀鹫则以腐尸为食。

生态位，是指每个物种或种群在环境中所处的位置，除了时间和空间关系外，还有作用与功能关系。“生态位分离”是指相似的、同域分布的物种为了减少对资源的竞争，达到平衡、和谐、共存的状态所做出的自然选择。如

新疆的几种鹫类，虽然有时候都在吃同一具动物尸体，但细微之处也有不同：秃鹫可能撕扯皮和肌肉，兀鹫喜欢掏内脏，胡兀鹫“啃”骨头和骨髓，白兀鹫收拾残渣。它们分工合作，各得其所，无需为了争食而打架。生态位分离是一个自然生存法则，解决了亲缘关系比较接近的相似物种之间的过度竞争和不必要的伤害。如果没有生态位分离，就会发生激烈竞争，可能导致弱势物种很快就被消灭掉。

食腐动物与鹫类

准确定义“猛禽”难，而要定义“食腐”动物就更难了。食肉动物和杂食动物都可能是食腐的动物，“食腐”包括了两类，一类是采食腐烂的动物尸体者，另外一类是采食腐朽的植物包括油性很大的棕榈果者。这样范围就扩大了，可以称得上“清道夫”的物种还有许多，如微生物、昆虫、爬行类、鸟类、兽类（甚至包括人类自己），比比皆是。它们之间的复杂关系是：取食、竞争、合作、适应，每一个环节都很重要，相互之间密不可分，缺一不可。

在人们的认识里，腐烂是一件很可怕的事情。但在动物界，腐烂却是一种“成熟”的标志，就像我们喜欢吃经过烹饪的熟食一样，很多动物对腐食情有独钟。食肉动物和杂食动物大部分喜欢在垃圾堆中觅食，如鸟类中的乌鸦和兽类中的棕熊，都算是典型的杂食动物，同时也兼食腐肉。如果论功行赏，在脊椎动物里，“全职”的食腐者只有鹫类了。它们的身体结构比较特殊，适应于“分解”或清除动物腐尸，如裸露的头和长脖子，便于掏挖动物尸体和内脏，而不会被污血沾染羽毛；厚重的喙，利于撕扯腐尸的皮肤，充当剪刀的作用；它们的脚板非常结实，行走方便，却不能用于捕抓活的猎物；宽大的翅膀，不是为了追逐，而是可以长时间翱翔蓝天；钢铁般的胃和强大的免疫系统，可以避免吃腐食时造成自身感染，同时切断细菌或病毒继续传播和流行。



为了观察猛禽，科研人员也要学会攀岩

我们将鹫类定义为食腐动物，是因为它们喜欢吃腐烂的动物尸体。但是在现实生活中，出于无奈，鹫类也会吃新鲜的动物尸体，这就使得“食腐”定义有一些模糊了。严格地说，纯粹的食腐动物随着地球上巨型动物的突然消失（如恐龙、猛犸象、野牛、野马、恐鸟等），也几乎已经绝迹了。在自然界中腐烂的动物尸体越来越少、越来越小了，已经不够果腹。今非昔比，目前这个地球上真正的食腐动物少之又少，仅存的物种生存维艰，真可谓穷途末路，令人唏嘘不已。

除了环境变化给猛禽带来诸多问题外，在我国西部少数民族地区，驯鹰是另外一个物种保护中的难言之隐。过去很长时间内，新疆分布的猎隼成为动物贸易的受害者，被捕捉和贩卖到中东国家。有一些少数民族保留了玩鹰笛、跳鹰舞的传统习俗，实际上他们是用鹫骨制作成笛子吹奏出美妙音乐。过去，外贸部门曾经收购雕翎用于工艺品制作，随着资源量的枯竭，这种贸易已经基本杜绝了。因此，一些地域文化使得西域不仅是猛禽的天堂，也是它们最后的归宿地。

结束语

综上所述，猛禽的保护和研究工作在中国起步较晚，投入的科研力量也远远不够。《中国动物志·鸟纲》从20世纪70年代末开始编写和出版，迄今已经完成13卷，目前唯一没有完成的就剩猛禽（鹰形目和隼形目）这一卷了。这方面与国外相比，差距甚大。国外的猛禽杂志非常之多，著作也很多样，相比之下我们要落后几十年。

新疆是我国猛禽类集中分布地区，笔者希望于年轻科研工作者奋起直追，在猛禽研究与保护工作中多做工作，多出成果。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

网围栏与草原动物保护

文、图 / 陈建伟

自 20 世纪 80 年代以来，我国在草原牧区推行了以家庭承包责任制为核心的草原经营制度，这一制度的实行，赋予了牧民长期稳定的草原承包经营权，促进了草原畜牧业及牧区经济的发展。经过这些年的实践，在取得成绩的基础上，我们也应该清醒地看到，这种方法在实践中也出现了不少问题，如只把草原当做畜牧业的食料基地，却忽视了草原更具有生态功能的另外一面。草原是兼有生态和生产两种功能的特殊生态系统，绝不能只看重畜牧而忘记了野生动物保护。

随着时间的推移，我们看到很多地方对于草原资源的不合理利用，对草原生态系统破坏的负面作用逐渐显现出来。其中最严重的问题，是把作为落实家庭承包责任制具体措施的网围栏建设得密密麻麻，将大片的草场分割得七零八落。

在多年的自然生态保护和野生动植物保护管理的工作实践中，笔者深刻体会到我国北方草原地区大规模（包括新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古等省区）围建的网围栏对于野生动物保护的负面作用是很大的，对于草原生态系统的负面影响也是很明显的。

卡拉麦里悲歌

2007 年冬季，笔者去新疆考察野马放归野外的的工作进展。在卡拉麦里自然保护区，举目望去，只见一排排铁丝网横七竖八地分割着这片荒漠草原，笔者心头顿生疑问，在号称“中国荒漠野生动物的天堂”里，为什么要拉起铁丝网？

不言而喻，这些高大、结实的铁丝网会给

这里的野生动物带来莫大的伤害。同行的当地林业厅工作人员告诉我，虽然卡拉麦里是自然保护区，但主管部门对保护区的大部分区域却没有土地所有权，保护区内的草原已经分给个人了，甚至保护区外面的一些单位也在保护区内占有一部分草场，为了划分和落实经营权，网围栏就是他们权利的体现。

在此之前，笔者曾经因工作关系多次来过这里，在保护区公路边十次有九次都能看到露着白臀的鹅喉羚蹦蹦跳跳的身影，运气好的时候还能够看到蒙古野驴、盘羊、赤狐、沙狐、艾鼬和多种啮齿类动物，以及金雕、苍鹰、棕尾鵟、普通鵟、红隼、猎隼、纵纹腹小鸮等鸟类。在一个保护区内能够同时见到如此多种类的猛禽非常罕见。这些动物中有很多种类都是国家一级重点保护物种。笔者去过国内大部分自然保护区，可以肯定地说，卡拉麦里是其中为数不多的最容易观察到野生动物的自然保护区。此外，在这里，人们也不难见到放归野外的重引入物种——普氏野马。

干旱、半干旱地区缺水少土，植被覆盖度仅为 1%~5%。植被以梭梭、白梭梭等小灌木、半灌木以及针茅、沙生针茅、三芒草、驼绒藜、沙蒿等草类为主，这些植被的生产力很低，但干物质含量较高，在荒漠上生存的有蹄类动物只能依靠这些耐旱植物生活。野生动物在这样的环境下生存，需要长距离迁移才能够吃饱肚子并寻找到水源。如今，卡拉麦里自然保护区内的网围栏挡住了它们迁移的通道，难以想象面对人类圈地为牢式的干扰，它们怎样才能活下去？

笔者的担心很快就得到了证实，只见一群

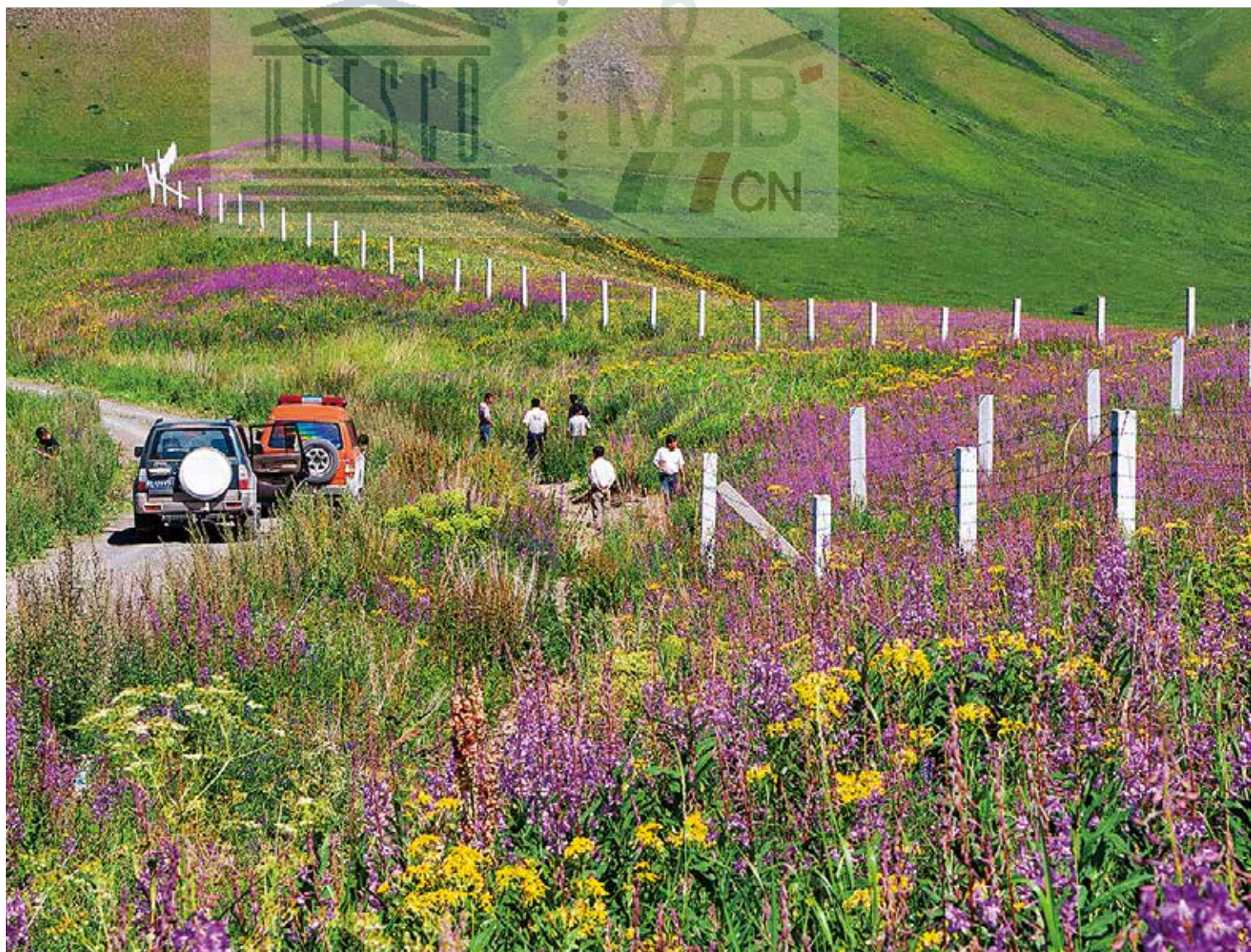
鹅喉羚在铁丝网前面无奈地徘徊，由于刚下过大雪，鹅喉羚的蹄子印清晰地印在雪地上，甚至还有不知什么时候试图跨越这高高的路障而不幸挂死在铁丝网上的个体。看着远处越聚越多的鹅喉羚群，气愤之下，我们冲到铁丝网前，将铁丝网豁开了一个大口子，然后迅速撤离，以便让动物们从这里通过。

卡拉麦里考察结束后很长一段时间，鹅喉羚群在铁丝网面前无所适从、徘徊无措的场景不断重现在笔者的脑海中。作为野生动植物保护主管部门的一名管理人员，笔者面对国家投入巨大的网围栏建设工程，面对自然保护区因

种种原因不能对网围栏说“不”的事实深感无奈和悲哀。直到今天，笔者也不清楚那些鹅喉羚是否记住了卡拉麦里自然保护区里有一处因人为“破损”而形成的生命通道？也不知道它们即使走过了这处生命通道，后面等待着它们的还将是什么危险！

赛加羚羊命运多舛

夏尔西里自然保护区地处新疆博尔塔拉蒙古自治州北部、阿拉套山中段，总面积为 31400 公顷，其中西部为中高山带，面积 22000 公顷；中部为中低山区，面积 3600 公顷；东部为低山和荒漠平原戈壁地带，总面积为 5800 公顷。这



块地方原来为中国和苏联的边境争议地区，苏联解体后，由哈萨克斯坦权益继承。1998年，中、哈勘界补充规定将这里划归我国，夏尔西里才回归到了中国的版图。由于这片区域长期以来都是军事争议区，争议的双方均实行严格的军事管控，基本没有人类活动。因此，夏尔西里的自然资源基本保存完好。

据调查，夏尔西里的生物多样性极其丰富，是珍稀物种的集中分布区，被称为“中国的最后净土”和“不可多得的天然基因库”。保护区内有各种高等植物1600多种，兼有中亚区系和蒙古区系的特点。野生动物资源有陆栖类动

物和鸟类300余种，有赛加羚羊（也称高鼻羚羊）、北山羊、盘羊、棕熊和雪豹等珍稀野生动物40余种，其中以赛加羚羊最为独特而珍贵。

夏尔西里回归时，笔者正在国家林业和草原局的前身——国家林业部野生动植物保护司工作。当我们知道夏尔西里终于回归祖国以后异常兴奋，出于对生态保护工作的敏感，这片保存完好的地区让我们充满了期待和希望。众所周知，中国的赛加羚羊野生种群是在20世纪中叶灭绝的，主要原因是由于赛加羚羊的角为名贵药材——羚羊角，人们为获取羚羊角而长期捕杀赛加羚羊，再加上我国很长一段时间对于乱捕滥猎、非法交易野生动物活动管理不善、打击不力，致使赛加羚羊在我国野外灭绝。这是一个令人非常痛心的教训。后来，我国也曾经从国外引进赛加羚羊进行野化驯养，但因为这种动物性情高度警觉，因而种群发展受阻；加上不具备野外放归的条件，野化工作进展缓慢。我们曾经幻想，如果夏尔西里还有赛加羚羊野生种群将是一件多么好的事情啊！

夏尔西里东部为低山和荒漠草原，边境线对面的哈方一侧地域宽广，人烟稀少，赛加羚羊种群数量很多，是赛加羚羊生活的天堂。过去，赛加羚羊就在夏尔西里与哈萨克斯坦之间往返迁徙。为落实对赛加羚羊等珍稀物种的保护工作，我们及时与新疆维吾尔自治区政府有关部门取得了联系，得到了对方积极的响应和大力支持。最终，我们双方一致商定——将这块宝贵的地方直接划建了夏尔西里自然保护区。

由于夏尔西里在生物多样性保护方面独特的重要性，保护区建立后很快就升格成为夏尔西里国家级自然保护区，类型是集森林、草原和草甸、内陆湿地和荒漠草原、野生动物为一体的综合性自然保护区。

夏尔西里国家级自然保护区成立之后，保护级别非常高，任何人要进入这个保护区必须



要过两道关：一是保护区设置的保护站，二是部队的边防站。这个自然保护区比起中国其他自然保护区在管理上要严格得多，我们原以为保护区在物种保护方面应该不会出问题。

可是，问题还是出现了，而且问题就出在网围栏上。不知道从什么时候起，为了严格管理，中哈边境线上也拉起了既高大又结实的铁丝网围栏，往来迁移的野生动物通道就此被拦死。笔者从夏尔西里自然保护区了解到，自从铁丝网围栏拉起来以后，就再也没有看到过赛加羚羊的影子。

2008年，笔者去夏尔西里考察，果然没看见赛加羚羊，却目睹了北山羊母子在边境线的铁丝网围栏前不停地徘徊无法通过的场面。我们非常疑惑：中哈边境安静平和，哈萨克斯坦

边境那边人烟稀少，这个坚固的铁丝网围栏的作用是什么呢？是防止哈方人员偷渡过来吗？哈方的边防设施非常简陋，只是立个简单的界碑，况且此处人迹罕至，也没听说过有人从哈方偷渡过来。那么，难道是防止中方的人员过去吗？好像也没这种迹象，这边的生活水平明显高于对方，谁会想过去？！笔者想不明白，这里为什么非要拉个铁丝网不可呢？

也许这个铁丝网围栏主要是一种国界的标志，或者是官僚作风一刀切的产物，如果是这样，我们有必要提出建议，在铁丝网上开若干个口子，为野生动物留下来回迁移的通道。

对于我们这个建议，边防站没人能够给予回复；我们接着就去找了边防团，边防团也没有办法；于是，我们干脆就去找了军区有关部



摄影 / 蔡石



甘肃武威濒危动物保护中心驯养的赛加羚羊



徘徊在网围栏前的北山羊母子

门商谈。还好，我们的理由是出于对野生动物的保护，我们的责任心和爱心最终还是得到了相关部门的理解和支持，最后的解决办法是在中哈边境线的铁丝网上每隔400米开一个口子，作为野生动物迁移通道。

但是，亡羊补牢为时晚矣，笔者自2008年考察后，直到12年后的今天也没听到从夏尔西里传来有关赛加羚羊的好消息。

被拦住的牧民转场之路

过去，新疆大规模牧民转场的场景是非常令人震撼的地区特色。笔者曾经在阿勒泰山目睹了无数的羊群、牛群和马群浩浩荡荡地从山上夏季牧场转到山下冬季牧场的场景，非常壮观。据说，这种场景在全中国都难得一见。前些年的喀纳斯河边还能见到牧民转场，现在那里已经开辟成为旅游区了，牧民转场这种自古以来就伴随牧民一生的景象再也见不到了。笔者并不反对将喀纳斯建设成旅游区，但旅游管理部门有没有想过，牧民转场这种绝妙景象的失去也是旅游资源的重大损失呢？

网围栏建设对于千百年形成的牧民转场是釜底抽薪式的断送。牧民转场是草原生活的需要，是千百年来游牧文化的最佳结晶，也是游牧民族与大自然和谐共存的生活方式。事实证明：只有转场游牧才能保证草场的再生，只有转场游牧才能保证草原生态系统的正常能量循

环，也只有转场游牧才能保证牧区社会经济的可持续发展，这是千百年来草原民族“师法自然”最终选择的结果。草原生态系统是一个“草—畜—人”相互作用、相互制约、相互促进的特殊生态系统。可是，网围栏的分割将转场游牧的路给生生截断了；不仅如此，此举还会引发游牧文化的消失。

结束语

网围栏的滥用，不仅成为野生动物迁徙的噩梦，也成为草原牧民无法正常转场迁徙的拦路虎，对草原生态环境的破坏是显而易见的。在阿勒泰地区，一道道围栏已经将牧民转场的通道大量压缩，转场的路径越来越少，在一些地方已形成千军万马过独木桥之势。笔者在多年的实地调研中也看到，诸如此类的问题，在我国的广大北方草原地区普遍存在。

笔者认为，从中华民族的生存发展来看，草原保护问题已经不仅仅只是畜牧问题，而是直接影响我国北方重要生态安全屏障的问题。针对我国草原保护和利用方面的工作实践，我们有必要认真地总结和反思几十年来草原管理存在的成就和不足，从国家生态安全和绿色发展的高度出发，重新认识草原生态系统的重大价值；重新审视我们多年来执行的草原政策；重新评价网围栏对于野生动物和草原生态保护的利弊。

本文作者系北京林业大学国家公园与自然保护地学院教授
中国人与生物圈国家委员会专家组成员



高原湖泊

探秘克里雅古道

文 / 李承森 马清温 买提卡斯木·吐米尔 杨健 供图 / 考察队

编者按：应新疆和田地委行署的邀请，由和田地委、和田地区行政公署组织，由和田地区文化体育广播电视和旅游局承办，由国内自然与人文专业领域的科学家组成的“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”，于2018年和2019年两次进入塔克拉玛干沙漠无人区，一次进入西昆仑山高海拔无人区进行科学考察，为当地经济发展和生态保护提供科学依据。人文历史考察组由吐鲁番研究院、中国人民大学、复旦大学、兰州大学、延安大学、宁波城市职业学院艺术学院等单位的专业人员组成；自然环境考察组由中国科学院植物研究所、中国科学院南京地质古生物研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所、北京自然博物馆、北京动物园、临沂大学、红河学院、玉溪师范学院等单位的科研人员组成。和田地委、行署和田玉文化发展顾问韩剑军，和田地区文化体育广播电视和旅游局张化杰、买提卡斯木·吐米尔一同参加了考察。下面一组文章讲述的便是他们的考察经历与成果。

新疆南部的克里雅河起源于昆仑山主峰乌斯腾格山北坡，集高山冰雪融化之水汇集成河。河流向北切割山体，穿越崇山峻岭，到达河流出口——于田县阿羌乡普鲁村，随后流经于田，蜿蜒向北进入塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠。河水与荒漠博弈的结果是——河流最终消尽在沙漠腹地。

2018年10月至11月，新疆和田地区政府组织了“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”，对流入塔里木盆地的克里雅河下游进行了多学科综合考察，获得了大量第一手研究标本和资料。2019年8月28日至9月12日，在和田地区政府继续支持下，考察队沿着克里雅河溯源而上，进入昆仑山区，对河流上游地区开展考察。其中克里雅古道是考察活动的重要内容之一。

连接新疆与西藏的三条古道

在新生代6000多万年时间里，向北漂移的

印度板块与亚洲板块碰撞，产生剧烈的造山运动，致使青藏高原隆起。横卧在青藏高原之上的昆仑山脉，西起帕米尔高原，东至青海，全长约 2500 公里，平均海拔 5500~6000 米，是新疆和西藏的分界山脉。昆仑山中富含各种矿物宝藏和生物资源。生活在青藏高原上和新疆塔里木盆地的各族人民自古就互有往来，贸易、甚至战争，都离不开对两地和昆仑山资源的依赖和争夺。

巍峨的昆仑山脉成为新疆和西藏人员之间往来难以逾越的屏障。但是，古代人民不畏艰险，开辟出从新疆翻越昆仑山进入西藏的三条古道。一是克里雅古道，以于田的普鲁村为起点，向南翻越多个海拔 5000 米以上的高山垭口（通常称为达坂），到达克里雅山口，即新疆和西

藏的分界点，也是昆仑山脉西段和中段的分界处，之后进入西藏北部的羌塘地区。二是克里阳古道，其起点位于古代叶尔羌汗国的范围内，即昆仑山北坡皮山县的克里阳村，故又称之为叶尔羌之路。该古道经过阿克硝尔村后，沿克里阳河一路向上，翻越克里阳达坂后到达喀喇昆仑山中部的皮山县赛图拉镇。三是桑株古道，也称为叶尔羌之路，或者昆仑山驮马古道。该古道北起皮山县桑株镇，向南经过康克尔柯尔克孜民族自治乡乌拉其村，沿桑株河向上，翻越桑株达坂到达赛图拉，与克里阳古道汇合。赛图拉地处藏北高原关键位置，由此向西继续翻越高山可以到达达拉克列城；向南可以到达阿克赛钦盆地、藏北羌塘地区和阿里狮泉河；向东则返回皮山与和田。

从新疆塔里木盆地翻越昆仑山进入西藏羌塘地区，克里雅古道是路程相对短的一条。但是，这条古道路途险恶，途经多座海拔 5000 米以上的高山，即使行走在高山之间的高原台面上，其高度也在海拔 4500 米以上。一路上高山巨石，荒滩裸地，河流断道，气候多变，动物植物稀少，人迹罕至。由于气压低，烧水做饭时，水在七八十度就开了，食物只能是半生不熟。最凶险的莫过于高寒地区氧气稀薄，因缺氧引起行路者的高山病十分严重，甚至危及生命。

早在汉唐时期，克里雅古道就已经存在。唐初，吐蕃与唐朝为争夺西域进行了多次战争。吐蕃军队两次借助古道入侵西域，就是以这条道路为主要进军路线。在唐朝中后期（公元 7~9 世纪），吐蕃控制塔里木盆地长达百余年。克里雅古道又被称为“唐蕃古道”，成为当时连接新疆和西藏的唯一交通要道。公元 10 世纪末、11 世纪初，喀喇汗朝灭掉佛国于阗，于阗人翻越昆仑山进入吐蕃。此后的 1000 多年时间里，古道渐衰，鲜有人至，成为高原上的一条神秘古道。



考察中与野牦牛相遇



高山温泉测水温度

19 世纪末到 20 世纪初，曾有俄国、英国、德国、日本等国的探险队多次尝试穿越这条古道，但多以失败告终。1950 年，中国人民解放军从于田普鲁村出发，沿着这条古道，克服重重困难穿越昆仑山，成功进入西藏，但是付出了巨大牺牲。20 世纪 90 年代初，我国科考队经过普鲁村，翻越克里雅山口成功进入西藏北部。

揭开古道神秘面纱

我们此次对克里雅河上游的考察活动，主要是溯源而上，沿克里雅古道，对高山地质、河流地貌、野生动物与植物种类、植被面貌、综合自然景观、早期人类活动遗迹与历史古迹进行全面考察，采集动植物标本、岩石矿物和沉积物样本。目的是为了获取克里雅古道中具有自然科学和人文历史价值的资料和标本样品，揭开古道神秘面纱，为昆仑山区生态保护和长远发展提供第一手资料和奠定基础。

2019 年 9 月初，考察队员与后勤人员共计 28 人，乘坐 8 辆越野车，携带野外装备、仪器、帐篷、汽油和食品等，从于田出发，一路上公路畅通，顺利到达普鲁村。普鲁村位于海拔 2320 米，村子周围有不少古代驿站遗址，村子以南 6 公里处的阿拉决依卡子就是一座驿站，是清末民初时期的屯兵哨卡。从残存房屋的格局、土墙结构和房顶木料判断，至少有百年以上历史。遗址周围的高大杨树也可以佐证此地的人类活动已有数百年之久。

出了阿拉决依卡子，考察队继续南行。克里雅古道经过采矿工人的多次修整，车辆勉强可以低速行驶。道路沿河向深山延伸，山地海拔不断增高。时值 9 月，河流水量已经减少，尤其是早晨，水流量会更少一些，越野车可以比较容易地涉水过河，平安到达对岸。中午和下午有时河水量很大，汽车不能通过只能安营扎寨，等待次日早晨再出发。这大概是由于白天冰雪融化造成河水增多导致的。河道里有大量形态各异、大小不一的鹅卵石。高山上坍塌



古代石器



古代石器和木器

下来的巨石和缓坡上的碎石有时会阻断道路，车辆就需要绕行。

为了适应高原地区的考察工作和生活，我们先在海拔 3000 米上下的地方宿营，让身体适应缺氧环境，然后再往更高海拔的目标进发。我们在昆仑山区的第一个夜晚是在海拔 3400 米的汗亚依拉克阿格孜露宿，营地设在河岸上，附近的高山上怪石嶙峋。第二天，继续向山里行进，山体越来越高，路也越来越难走。在翻越硫磺达坂时，海拔高度是 5114 米。越野车吼叫着奋力冲刺，几经努力才冲上垭口，进入一片宽阔的高原台面。越野车继续前行，都是沿着以往车辆碾压出来的车辙印作为行路标志。

翻越硫磺达坂后，进入青藏高原西北部的阿其克库勒高原盆地。其高原面基本上都是在海拔 5000 米上下，要比高原东部和中部的地势更高。盆地四周是连绵不断的雪山。在太阳光强烈照耀下，白雪皑皑的山顶熠熠发光。此后四天，我们都是要在高原面上活动。高原上空

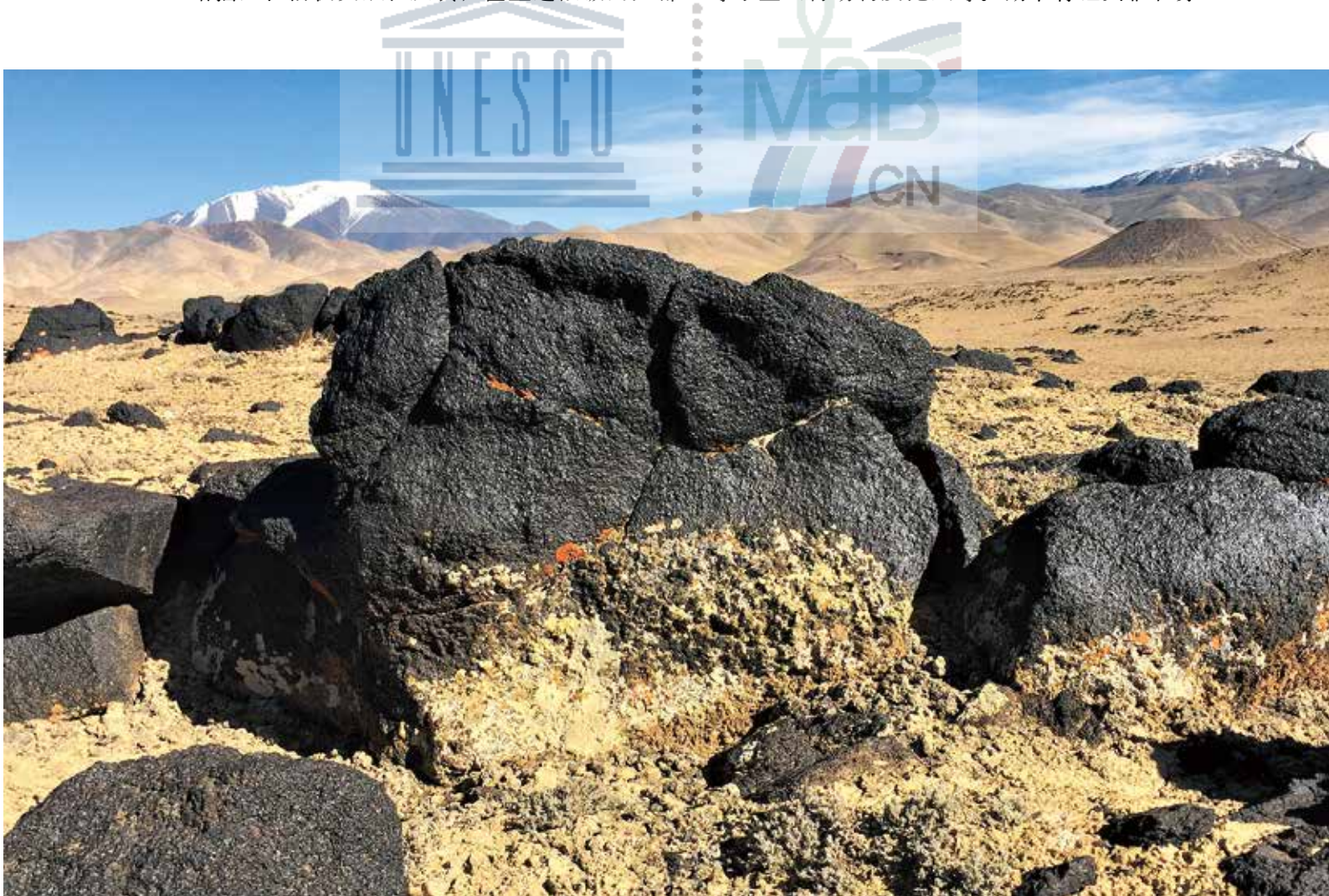
气稀薄，阳光中紫外线极具杀伤力。为此，必须做好防护措施，特别是需要涂抹防晒霜保护皮肤，戴上墨镜保护眼睛。

第二晚的营地设在海拔 4800 米的阿克苏河谷底，此处地名为阿克苏卡子，也叫塔石乌依，是 20 世纪 50 年代中国人民解放军修路时驻扎的营地。我们选择营地的原则是在尽量傍水或者靠山的地方搭建帐篷，并且将越野车辆围在帐篷区之外，作为预防野牦牛，甚至狼群偷袭的屏障。我们从 3000 多米的高度升到 5000 米的台地，同时一整天的活动消耗了大量体力，队员们已经精疲力竭，高山反应加剧，普遍出现头疼、恶心、呕吐、睁不开眼睛、乏力、走路摇晃、彻夜失眠、厌食，甚至连做饭的人都

倒下了。队员们躺在帐篷里，强忍着不适，度过漫漫长夜。有的队员需要氧气和药品来支撑身体。第三夜是在克里雅河谷里宿营，第四夜在乌鲁克湖畔宿营，两地海拔都在 4700 米左右。尽管高山反应如此严重，考察工作却不能中途而废。全体队员努力克服困难，坚持工作，好在两三天以后，大部分队员体内血红蛋白输氧能力提升，体力逐渐恢复。

高原探秘

在昆仑山高海拔地区，空气稀薄、高寒低温，主要靠冰川融水补给植物生长。在高原缓坡、山间盆地、湖滨滩涂可以见到野牦牛、藏羚羊、狐狸、兔子、鼠类等哺乳动物，还可见到蜥蜴等小型爬行动物及昆虫等。湖中有斑头雁和赤



火山喷出岩

麻鸭等水禽嬉戏游水，生活在湿地环境里的鸟类不时飞过。这里的生态环境虽然十分脆弱，但恰恰因为交通极为不便，不适合人类生活，因此基本没有受到人类活动干扰，才构成了如此一幅生态平衡的和谐景观。

在阿克库勒盆地，由东向西一字排列开三个湖泊：色格孜库勒、阿克库勒、乌鲁克库勒，“库勒”在维吾尔语里是湖泊的意思。蓝天白云倒映在浩瀚的湖面上，呈现出一片纯净的碧蓝色彩；在远处皑皑雪山的衬托下，呈现出如画的风光。

乌鲁克库勒（海拔 4677 米，距离普鲁村直线距离约 57 公里）的湖岸较平坦，北面有经克里雅卡子通往西藏的简易路，东面有一条通往玉龙喀什河源头温泉的简易路。我们在湖的东岸发现了石器点，找到一件石片刮削器，一面边缘有明显的使用痕迹，可能是用来刮削兽皮的。早在 1990 年 9 月，克里雅河流域及塔克拉玛干科学探险考察队在乌鲁克湖以西 10 公里的阿克库勒附近曾采集到 3 件石器标本：侧刃

刮削器、平刃刮削器和尖状器。我们此次发现的石器与 1990 年采集的石器选料一致，制作方法相同。石器的侧面为刃部，端部尖锐，工具功能分工明确。这些石器具有明显的旧石器晚期（距今 8000~4000 年）特征。

青藏高原在隆升过程中经历了大规模的地质构造运动和无数次火山喷发。在阿克库勒盆地中，有著名的阿克库勒火山群，由 14 座主火山及众多子火山组成。阿克库勒火山又译作阿什库勒火山，是我国最年轻的火山。这些火山多为中心式喷发，形成圆锥状或截顶圆锥状火山包。火山活动时期属于第四纪。在阿克库勒湖附近有一座典型的锥形山包——昆仑山一号火山，其海拔 4923 米，相对高度 150 米，火山口直径约 100 米。根据记录，1951 年 5 月 27 日上午 9 时 50 分，这座火山有过一次喷发，伴随轰隆巨响，圆柱似的烟灰自山顶冒出，属于爆炸式火山喷发，但是没有熔岩溢出。

我们从山包一侧沿陡坡向火山口爬上去，山坡上堆积了大量松软风化土和破碎火山石，

高原雪山景观



每向上前进一步都很艰难。爬到山顶火山口的位置，我们看到圆形火山口基本上被火山熔岩和风化土填平。在火山周围的山坡上和滩地上保留着一堆堆喷出的火山熔岩所留下的黝黑色玄武岩，气孔构造十分清楚。首先在熔岩表面这片不毛之地上落脚生根的生物是地衣，这里多是黄色壳状地衣。地衣是真菌类和藻类共生在一起，真菌类筑造了它们共同生活的“房屋”，藻类住在“房屋”内进行光合作用，生产供给双方生长所需要的营养物质。

从阿其克库勒高原盆地出发，不久就到达海拔最高的垭口——红山达坂（也叫科克亚达坂），我们记录的海拔高度是 5620 米。周围山体是以红色为主的岩石，这或许是“红山达坂”名字的由来。由于高山寒冷，岩石以物理风化为主，大量具有锋利断面的碎石堆满了山坡。由于坡道陡，无路可选，越野车在上下达坂时，只好空车行驶，人员徒步爬上爬下。脚下就是乱石堆砌的高低不平的坡道，每一步都要小心翼翼。向上爬时，走一步休息一会儿；向下走时，又要防止摔倒。每一步都是对我们的考验。

好在我们有惊无险地翻过达坂后，来到了克里雅河北岸的一座古堡，是古代的克里雅卡子，当地人叫阿坦木帕夏库尔干遗址。该遗址位于昆仑山深处，距离克里雅河源头不远，与红山达坂相距 3 公里，与普鲁村的直线距离有 85 公里。克里雅河在古堡南侧，自西向东流去，河岸台地距河床的高度约 20 多米，形成一个断崖面。遗址附近地势较平坦，不远处有火山口，往东有通往民丰方向的简易路，往西有通往西藏的简易路。

古堡是用黑色火山熔岩的石块与泥土修筑，呈长方形，东西长 13 米，南北宽 8.7 米，门朝东，门宽 1.5 米，墙基宽 1.6 米，墙残高 4 米，上部有高出 1.5 米的女儿墙，女儿墙上有瞭望孔。卡子内外没有发现人类使用过的遗物。由于卡子的海拔高度在 4980 米，空气稀薄，严重缺氧，加上冬季大雪封山，极度寒冷，可能只在夏季有人值守。据普鲁村民介绍，此卡子在清代后期及民国时期还有人值守，但是到了民国后期就被废弃了，人员退到阿拉决依卡子继续值守。

昆仑山一号火山



根据有关资料推测，克里雅卡子修建时间为唐朝吐蕃人侵占和田时期，可能就是《新疆图志》所说的“唐将都督驻兵遗迹”，唐兵驻守通往西藏的要道。克里雅卡子具有管控两地贸易和民间往来的作用，也具有防御功能。其修建年代有待进一步考证。

关于阿坦木帕夏库尔干，普鲁村民传说阿坦木帕夏是一位西藏王。按当时藏俗，国王执政十年即满期，期满后国王将被处死。阿坦木帕夏执政期满后，为逃避厄运，经普鲁逃往今策勒县依玛木拉山村，与姚力瓦斯汗激战一场，后不知所终。这座古堡因阿坦木帕夏而得名。

古堡附近已经成为野牦牛的领地。几只野牦牛就在附近虎视眈眈地盯着我们，甚至向我们走来。我们只好尽快结束考察，向考察车队方向返回。由于在高原上行走动作幅度大，有的队员因高山反应直接呕吐，但是我们也不敢停下来，以免遭受野牦牛的袭击和伤害。

脆弱的高原生态环境

从克里雅河源头的巍峨昆仑山到河流流出山区的普鲁村，河水落差将近 3000 米。在这个地势险峻、地形复杂、气候恶劣的环境里，古代先民择水而居，选择湖畔、河岸为驻地，放牧牛羊，起居生活，繁衍后代，留下了石器工具和建筑遗迹。在如今普通人很难到达的高原上，先民留下的不仅是历史文化遗产，更是他们不屈不挠艰苦奋斗的精神财富。

考察中的所见所闻，让我们不时思考：今天的普鲁村百姓和地方政府面临着新时代社会经济如何发展和生活水平如何提升的问题。回答这个问题就要认真考虑如何保护昆仑山区生态环境，如何发挥克里雅古道的旅游价值，以及如何推介普鲁民俗文化旅游等关键问题。

克里雅河上游，即昆仑山脉的中西段，处在高海拔高寒缺氧地区，降水稀少，属于寒温

带高山荒漠半荒漠地带，生态系统极为脆弱。由于交通不便和生活条件的极大限制，鲜有人员来到这里。因此，这里的自然环境处在基本无干扰的状态。高山、冰川、盆地、湖泊、湿地、河流，与野生动物、稀少的荒漠植被，构建了一个相对平衡但脆弱的高寒山区生态系统。众所周知，昆仑山的冰川资源是克里雅河的源泉，保护好昆仑山区的生态平衡，其核心意义就是保护冰川资源不受破坏，以确保普鲁村、于田县与和田绿洲人们的生存和发展。

昆仑山内储藏的矿物资源是国家战略物资，在克里雅河上游开采金矿和玉矿的经济行为必须纳入国家管控范围，严格控制开矿规模，以不破坏生态环境为原则，确保发展经济 and 环境保护两不误。

考察虽然已经结束，但昆仑山的高大壮美，普鲁村人民面对高海拔环境艰难生活所表现出的强韧，却时常萦绕在我们的脑海中。神秘的克里雅古道为今天的自然科学和人文历史的考察提供了宝贵机会，也为敢于探索神奇和未知的勇士们提供了冒险机会。机遇与挑战并存，只有不畏艰险的壮士才有可能接受挑战。问题是克里雅古道就在昆仑山脆弱的生态环境中，如果不对民间探险活动加以控制，就可能影响甚至破坏这里的生态环境。为此，任何进入克里雅古道的活动都要以保护山区生态环境为基本原则，需要严格控制和监管，包括探险活动的规模、人数、车辆、时长和环保措施，等等。

克里雅河上游的昆仑山，其所含有的高山冰川水资源、高原生态资源和蕴含的矿藏资源，以及人文历史遗迹均具有重要的科学研究意义和极高的社会经济价值。为此，我们建议地方政府考虑以建设自然保护区、地质公园、亦或是国家公园的方式，来提升昆仑山区自然保护级别，确保合理利用各项资源，提高当地百姓的生活质量，实现可持续发展的美好愿景。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员



普鲁村考察记事

文 / 马清温 杨健 买提卡斯木·吐米尔 李承森 图 / 考察队

2019年8月28日至9月12日,和田绿洲气候环境变迁——克里雅河全流域自然与人居环境科学考察队展开了对克里雅河上游地区的考察,普鲁村是此次考察活动的重要一站。

新疆与西藏之间的重要驿站

青藏高原西北缘高耸的昆仑山脉是新疆与西藏之间的天然屏障。早在汉唐时期,两地的先民为翻越高山修建了克里雅古道。无论是吐蕃侵入塔里木盆地,还是唐朝抵御吐蕃,双方都在古道上设立了驻守官兵的卡子。由此,克里雅古道成为沟通新疆和田地区与藏北羌塘地区的重要南北通道。普鲁村作为昆仑山北麓最靠南的自然村落,不仅是克里雅古道的起点,且成为古时往来新疆和西藏的重要驿站。

普鲁村距离于田县城近百公里,约有250户人家,村民千余人,属于维吾尔族。或许是由于战争原因,他们的远祖背井离乡,迁徙到深山老林,在这个人迹罕至的地方求生存。

普鲁村位于昆仑山北麓,海拔高度约2320米。克里雅河在此形成一个大拐弯,伴村而过。这里属于温带荒漠气候,适于温带亚高山植物和部分农作物生长。受到地形和河流的影响,普鲁村的耕地面积有限,种植业发展受到局限,而周围的山坡地形成草场,维系了本地放牧绵羊的传统。

昆仑山脉中蕴藏着多种矿产资源,最著名的当属黄金和玉石。普鲁人除了放牧和农耕以外,还在克里雅河里淘金和寻找玉石。他们用淘得的黄金和玉石换取钱粮以贴补生活之需。现在从普鲁村沿克里雅河往上游走,已经很难发现玉石了,但是,我们在河道上经常看到被河水打磨成鹅卵石状的卡瓦石。卡瓦石达不到玉石标准,但是在光源照射下,雪白的石头是透亮的,还是能够吸引探宝者的目光。“卡瓦”在维语中有“傻子”的意思,市场上也有人用卡瓦石冒充名贵玉石予以出售,读者不要将其

当作和田玉来购买,否则你就成了“卡瓦”。

普鲁村名与“氍毹”编织物

由于普鲁村特殊的地理位置,这个村落曾多次出现在历史文献中。普鲁村古称帕涅或普罗,也被记录为vbru或vbru so lo nya等名称。关于普鲁村名称的来历,目前主要观点认为与编织物“氍毹”有关。

高原地域的气候和高山草甸的自然环境不适于种植棉花,反而适合放牧羊群。因此羊毛就成为这里主要的纺织材料。生活在青藏高原上的藏族人以羊毛为原料编织出氍毹,类似羊毛呢。虽然藏族同胞每个人穿戴的服饰色彩、类型和风格不同,但90%以上的材料来自氍毹制品。

氍毹虽然被贴上了藏族的标签,但是,在地处新疆的维吾尔族村落普鲁村,村民竟然也保留着加工制作氍毹的传统手艺,能够制作出品质较高的氍毹,真是令人惊奇。其实早在远古时代,普鲁村民就掌握了这种独特的手工编制羊毛织物的技艺,生产的氍毹经过克里雅古道远销吐蕃(即西藏地区),颇受吐蕃人青睐。氍毹也就成为外人对这个村落的称呼,并沿用很久,后来简化为“普鲁”。

普鲁人擅长利用羊毛加工制作氍毹的手艺,应该是远古西藏氍毹文化向北传播的结果。公元7世纪藏王松赞干布时期,藏人以羊毛制毡,以羊皮制衣,而以羊毛制作的“拂庐”(氍毹)可能刚刚问世。

制作氍毹的羊毛,要经过洗毛、梳毛、捻线、洗线、上织机纺织、染色、晾晒等多道工序。羊毛用纺锤捻成线,或者纺车纺成线,再用木制织机纺织成羊毛本色的氍毹,其面料厚实、保暖、耐磨。白色氍毹经过染色,成为黑色、红色、黄色、绿色等,用以制作衣服、床(毛)毯、坐垫等。如果用茜草、大黄、荞麦等植物

作为染料，将毛线染成红、黄、蓝和绿等颜色，再配上羊毛本色，就可以织出五彩斑斓的精美氍毹。

普鲁人编织的氍毹，图案简洁，色彩简明，古朴自然，与藏区的氍毹风格有异。时至近代，普鲁村民已经很少再用这种手工方法编织氍毹、制作衣物和床毯了，该手工技艺濒临失传。

普鲁村的生态环境

普鲁村被环抱于山间谷底的一个典型的小绿洲中。克里雅河哺育了这个绿洲。由于山坡草地多，农耕地少，普鲁人世代维系着半耕半牧的生产方式，在温带气候条件下，放牧羊群，种植青稞。

普鲁村周边没有原始森林，大部分植物属于温带荒漠植被类型。常见野生植物有菊科的蒿、山萵苣、薊、紫菀、千里光，豆科的米口袋、草木樨、黄耆、锦鸡儿、苜蓿，茄科的茄属龙葵，锦葵科的野葵，蓼科的酸模、蓼属的扁蓄，藜科的小藜、灰绿藜，毛茛科的甘青铁线莲，禾本科的芨芨草，车前科的车前，十字花科的独行菜，旋花科的田旋花等植物。春夏之际，普鲁村两侧的山坡上鲜花盛开，风景宜人。我们到普鲁村的时候，很多植物花期已过，进入果期阶段。

普鲁村村民的房前屋后，以及村子附近都种有白菜、萝卜、胡萝卜等蔬菜，苜蓿、向日葵等经济作物，还有杏树、核桃树、苹果树等果树。为了美化生活，在路边和院子里也种有波斯菊、蜀葵、薄荷、月季、菊芋等花卉，以及青杨、桧柏、柳树等树木，还有盆栽的鹅掌柴、虎刺梅，三角梅等。

当地有一条民谚：“普鲁三大宝：绵羊羔、芨芨草、石头砌墙墙不倒”，说的是植物中的芨芨草、动物中的绵羊、村民居住的石屋是普鲁村生态环境中的三个关键要素。

放牧绵羊是普鲁人传统经济方式。山坡上的天然草甸长有种类丰富的牧草，羊群遍山，出产的羊肉鲜嫩，尤其是羊羔肉，品质好价格高，成为普鲁村畜牧业的主打产品。除了用于销售，羊肉还是村民的主要食物，羊毛是纺织原料。

芨芨草的茎秆直立，形成大的密丛，生长旺盛，高度可达两米；长条叶片纵卷，花呈金字塔形，芒自外稃齿间伸出。芨芨草生长在海拔 1000~4500 米的荒漠、半荒漠地区的微碱性草滩及砂土山坡上。芨芨草属于中等品质饲草，春季发芽早，至初夏，其茎叶鲜嫩，为牛羊所爱；夏季茎叶渐粗变老，为骆驼喜食，马牛羊次之。秋季下霜后，多数牧草凋零，但芨芨草还可被各种牲畜采食。冬季矮草被雪覆盖后，芨芨草便是主要饲草。高大的芨芨草又是冬春季牲畜避风卧息的草丛地。此外，芨芨草还可以作为青贮饲料予以储存，以解牲畜冬春饲草不足的困难。芨芨草的茎、根和种子都可以入药，药性甘淡平，清热利尿，主治尿路感染等病症。芨芨草的茎叶具有韧性，是极有用的纤维植物，可供造纸，可编草筐、草席、草帘、扫帚、草绳等。普鲁村民之所以视芨芨草为宝，其重要性不言而喻。

普鲁人以昆仑山上的岩石为料建筑房屋。岩石坍塌落入河中，经过河水日久天长的打磨成为形态各异的鹅卵石，村民以鹅卵石为主要原料搭建而成的房屋构型矮小，酷似一方小石堡十分坚固，村里保留至今的石头房屋都已经超过百年，最老的已有 300 年了。如今村子里都是现代建筑，老房子散布在村子周围。此外，牧羊人在石崖上建造的石屋也属于同一类型，是他们放牧时的临时居所。

芨芨草、绵羊和建筑石屋的石料，这三个宝就是普鲁村民靠山吃山，维系生存和生活的资源。今天的普鲁村已经发生了巨大改变，生活条件日趋完善，村民的生活十分安逸。

到达普鲁村时正是青稞渐熟的金秋季节，让我们感到惊奇的是山外的杏已经不见踪影，而这山里的杏刚刚成熟。平原地区的杏在6月就逐渐成熟上市了，素有“麦子黄，杏子熟”的说法。到了9月，县城水果店老板告知杏已经下市，即使有的话也是冷库里存放的。殊不知，在离县城百公里的普鲁村就有满树成熟的杏，个头不大，嫩黄色，十分甘甜，微风吹过，掉落一地。我们给当地政府提出建议：如果能大规模种植这种杏树，既能增加当地村民的收入，也能满足城里人的需求，岂不一举两得。

普鲁民俗文化

由于交通闭塞，在修建县城到村子的公路之前，堪称“世外桃源”的普鲁村仍保留着古老的民俗文化和生活习性。他们使用的称重量器，是以树枝作为秤杆，以鹅卵石打小孔系绳作为秤砣，计量单位是斤，而新疆其他地区则使用公斤作为计量单位。前者很可能是古代计量方法传承至今，而后者则是受到俄罗斯影响。村民中保存得最具特色的普鲁民俗文化是他们的服饰和木偶戏。

普鲁服饰 普鲁村维吾尔妇女头戴独特小帽，宛如小酒盅，它的维吾尔语称作“克奇克太里拜克”。小帽形如倒扣的小酒盅，喇叭状，直径只有十厘米。小帽自顶部至底部四片，呈十字喇叭放射状，象征太阳，是由对太阳的崇拜而来。小帽是用黑皮、花缎料和黑平绒布缝制而成，下沿为羊羔皮材质，主体以黑色为主、帽顶为蓝绿色或者白色。

普鲁村妇女多在头上戴白纱巾，头右侧纱巾上别着一顶精致的小帽，状似一朵鲜花，体现出女性妩媚和地位。这是世界上最小的帽子，已被列入“吉尼斯世界纪录大全”。通常未婚女子是不可以戴小帽的。已婚中青年女性偏爱蓝色小帽。小帽的不同颜色和花纹成为妇女年龄的标志。



在重要的民族活动和节日，以及婚丧嫁娶的时候，妇女们会身穿用青黑色提花绸布制成的“皮日夹”（一种长袍），用湖蓝色的绸布条镶在领口、前襟和下摆的边上；胸前两侧各有七条湖蓝色的绸缎带，缎带左右平行排列，其外端略向上弯曲，内侧急尖似箭头，并与长袍前襟纵向湖蓝色条带相连。这种缎带是猎人的箭袋标识符号，长袍因此被称作“七剑服”。普鲁村的已婚妇女在生完小孩后，年龄在26~27岁间，举行“居宛托依”（少妇婚礼）之后才允许穿长袍和戴小帽。

热瓦甫木偶戏 新疆塔里木盆地民间木偶戏能够保留至今的地方只有于田县偏远的乡村，如位于山区的阿羌乡普鲁村、流水村，以及平原地区的兰干乡等少数几个地方。

维吾尔族的祖先是游牧民族，热瓦甫木偶戏表现了他们的放牧和狩猎生活，通过热瓦甫弹奏乐曲、表演者唱歌，配以鸟类和牲畜的木偶跳舞，表达了人类和动物的和谐关系，展现了人与大自然和睦相处的画卷。现在能够表演热瓦甫木偶的艺人几近消失，只在普鲁村等少数山区村庄还保留有比较完整的热瓦甫木偶戏艺术。我们向地方政府建议，将热瓦甫木偶戏作为非物质文化遗产加以保护和传承，并在新疆和田民俗旅游中加以展示和宣扬。

河流地貌景观

克里雅河从高山源头流出山口到达于田县，从海拔5000多米下降到1000多米，落差达



村民居门牌及门上装饰



普鲁妇女的服饰



弹奏热瓦甫

4000 多米。青藏高原持续缓慢抬升，河流流水动力不断下切山体，形成了高山峡谷的壮丽景观。峡谷中水流湍急，卷裹着巨大的坠石冲向下游。河流向北流出普鲁村，随着山坡地势变缓，形成山前大面积冲积扇。河流下切冲积扇，原有河床相对抬升，不断高出河流的水面，呈阶梯状分布在河流两岸，形成河流阶地。

阶地由阶地面、阶地陡坎、阶地前缘和阶地后缘组成，包括侵蚀阶地、基座阶地、堆积阶地和埋藏阶地等多种类型。以河床为准，阶地由近而远自下而上逐层叠加，阶地级数自下而上按顺序排列。阶地越靠近河流，其级数越小，时代越新；阶地愈向高处，远离河道，其级数愈大，年代也愈久。阶地沉积物包括砂砾石、细砂、粉砂以及黏土等。阶地是地壳垂直升降运动与河流水动力下切河床相互作用的结果。河流有几级阶地，就呈现了几次大的地质运动。

普鲁村前往于田县的公路基本上是沿着克里雅河阶地修建的。公路左侧陡崖是巨厚的沉积层，由砾石、砂等河流相沉积物构成。在其中和顶上有成层的火山熔岩——黑色玄武岩侵入，火山活动时代应该是第四纪。在河道里被河水冲刷和磨圆的黑色玄武岩鹅卵石比比皆是，大者直径超过半米。玄武岩里的气孔呈圆形或椭圆形，十分清晰。椭圆形气孔拉长的方向即表示熔岩流动的方向。如果攀登到陡崖顶上去考察，可能会看到一个火山熔岩形成的大台地。

公路右侧是河道，河对岸的阶地属于堆积

阶地，由大量砾石和泥沙构建，垂直高度约30米，水平绵延数十公里，蔚为壮观。河流带来的肥沃土壤沉积在阶地上，成为人类居住和农耕的理想处所。在克里雅河的这段阶地上就有一处古人类活动遗址——巴什康苏勒克石器点。

巴什康苏勒克石器点南距普鲁村大约 10 公里，北距于田县城 77 公里，海拔高度为 2279 米。石器点位于河南岸的第三阶地上，距离现代河床约 150 米。因河水下切形成的河岸阶地垂直高度约 20 多米，阶地地势由南向北倾斜。遗址东部为一个冲沟，从冲沟断面观察，阶地沉积物主要为砂砾石和黄土状沙质土的河流相和洪水相堆积。

在这个地点，我们发现了几件石器。根据和田地区第二次和第三次全国文物普查资料记载，该遗址发现过打制石器时遗留的岩石碎屑和石器，分布在 2000 多平方米的范围内。石器标本以细石器为主，有 100 多件，质地为硅质岩、砂岩等。石器类型为石叶、石核、刮削器、石铲和石片等。石器劈裂面上的打击点很清楚，大多数没有再加工和修整的痕迹。石核多为扁长形，个别为半柱状。石叶多为长条形，背部有单脊线或者双脊线，断面呈三角形和梯形。刮削器分为圆头、直刃、凹刃、双刃等几种。石铲呈树叶状，无明显的铤部，锋尖锐，翼刃较薄。这些石器制作技术原始，器形简单，具有典型的细石器特征。此地没有发现磨制石器与陶器。根据新疆第二次文物普查时采集的石器判断，此遗址的时代属于新石器时代。

普鲁村的发展

由于历史和现实的原因，普鲁村的知名度日趋高涨。于田至普鲁村的道路畅通，到访普鲁村的人士和访客日渐增多。他们或以普鲁村为基点，踏上探秘克里雅古道之旅；或留宿山村，享受大自然之美，体验民俗民风，欣赏民族文化，品尝传统饮食。普鲁村的发展迎来大好时光。我们经过细致考察，为普鲁村的发展提出以下建议：

1. 普鲁村资源的科学调研和未来发展的科学规划 古往今来，普鲁村的生存和发展离不开对各种资源的利用，包括水资源、草场耕地资源、生物资源、气候资源、地质矿产资源和旅游资源等。面对改革开放的深入，农耕和放牧的传统生产方式正面临巨大的社会和经济发展的挑战。为了应对挑战，首先需要了解普鲁村的资源家底，建议由科学家和专业人士运用科学方法对普鲁村的上述资源进行摸底的本底调查。各类资源的调查数据和资料是普鲁村今后发展



甜美的山杏

的基础，以及乡村规划的科学依据。

在合理利用各种资源，保持可持续发展的过程中，核心问题是保护生态环境，维系生态平衡。草场对牲畜数量的承载力，耕地农作物的产出能力与当地人口数量及基本需求的吻合，生产、生活和绿洲植物（包括农作物和经济植物）的需水量与可分配享用的河流供水量的平衡等，都是维系生态平衡需要优先考虑的问题。为此，在控制常住人口和游客数量，控制用水量，控制农牧业发展速度和规模等方面需要提前进行科学规划和决策。

2. 发展普鲁文化民俗旅游 作为克里雅古道上的驿站，普鲁村能够为外来人士和访客提供可享受的旅游资源包括两个方面：即昆仑山与克里雅河所展示的大自然的美丽和神奇；普鲁文化所蕴含的历史典故、民俗民风、饮食文化等。游人在这里停留时间的长短，取决于所能提供给他们享受内容的丰富度，同时也决定了村民收益的多少。大力挖掘、传承和弘扬普鲁文化，并加以提炼和升华，形成系列产品。在提供住宿和餐饮条件方面，建议发展家庭旅店，既要体现民族传统，民俗特色，又要具有一定档次，完善配套设施，同时生产特色文化旅游产品，满足各方面的需求。

3. 火山遗迹和河流阶地科学教育 除了克里雅古道的探险与探秘之外，要充分利用克里雅河在昆仑山北坡建造的洪积扇和河流阶地景观、火山遗迹，以及古人类留下的石器文化等宝贵资源，开展科学教育和科学旅游，顺应和田地区青少年科学教育的需求，同时也可以作为游客的参观内容。无论是与大自然零距离接触，体验山川田野之美，还是开展民俗旅游，或者开展地质科学教育，都需要培养懂得专业知识的讲解员，为宾客提供丰富的自然科学和人文历史知识，提升旅游档次和效益。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员

走进绿洲深处的部落

达里雅布依乡

文 / 马清温 杨健 买提卡斯木·吐米尔 李承森

克里雅河发源于昆仑山北坡，河水是由昆仑山雪水汇聚而成，向北经过于田流入塔克拉玛干沙漠。历史上，克里雅河曾贯流塔克拉玛干沙漠而汇入塔里木盆地北缘的塔里木河。由于克里雅河下游经常发生季节性洪水，又因地质构造运动致使河床多次改道，在河流下游形成三个三角洲：东部就是现在的达里雅布依三角洲（绿洲）；中部是古代克里雅河尾闾干三角洲，这里有喀拉墩古城遗迹；西部是园沙古城遗址所在的干三角洲。目前中部和西部两处干三角洲已经被绵延不断的沙漠所覆盖。

沙漠里最重要的资源就是水。有史以来，由于克里雅河中上游人口的增长、开荒、山区降雪量减少等因素，河水水量也随之不断衰减。目前在洪水季节水量最大时，克里雅河最远也只能够流到达里雅布依绿洲以北 70 ~ 80 公里处，达里雅布依绿洲由此成为大漠深处的最后绿洲。这个绿洲养育了几乎与世隔绝的克里雅人，孕育和传承了独特的克里雅风俗和文化，构建和维系了固守大漠中鲜为人知的最后部落。这里的村民自称克里雅人，属维吾尔族。这个部落被称之为“死亡之海里的神秘部落”。

“克里雅”是维吾尔语对于田的称呼。据《新疆图志》记载：“克里雅者回语来而未定之辞”。清光绪八年，即公元 1882 年始置于阆县，开始建县时县治在哈拉哈什城（墨玉）。1885 年将于阆县治迁移到克里雅。1959 年 10 月，经国务院批准，将“于阆”县改名为于田县。达里雅布依绿洲里的村民们归达里雅布依乡管辖，隶属于田县。克里雅人以放牧为生，过着与外

界来往不多的生活，直到一百多年前才引起世人关注。现在乡里建了学校、医院和商店，近年来又建了通信基站，实现乡政府所在地手机信号的全覆盖。通过太阳能供电，村民们都使用上了各种电器。

达里雅布依乡距于田县城约 230 公里，过去村民依靠骆驼和毛驴作为交通和运输工具，出门一次就是几天、十几天。生活在这里的老一辈，很多人没有走出过沙漠绿洲。现在他们有了皮卡车和摩托车，也有了简易道路可以出入绿洲。但是，从于田县城到乡政府所在地开车至少需要十多个小时。每年秋季，胡杨林变成金黄色时，来这里科考、旅游、探险的人士络绎不绝；而其他季节来客则非常稀少。

为了改善达里雅布依乡的生活条件，当地政府沿着克里雅河西岸修了 90 公里的柏油路。为了实现脱贫和有效保护该乡的自然环境，地方政府在靠近公路的地方修建了两个搬迁点，分别距离于田县城 30 公里和 90 公里，都通了电和网络，配备了学校和医院等设施。目前，有不少村民已经搬迁到这两个新居住点。但也有许多村民依然留在绿洲，或者在夏季返回旧居放牧，固守着原有生活方式，维系着最后部落的生存和发展。

达里雅布依绿洲和克里雅人的发现

1982 年，进入塔克拉玛干沙漠开展石油勘探的地质人员来到了达里雅布依，误以为首次发现了沙漠腹地中的一个村落。其实早在 1896 年，瑞典探险家斯文·赫定就来到过这里，并在

他的第一部新疆考察专著——《亚洲腹地旅行记》——中记录了这个古老部落。正是斯文·赫定才使得世人了解到这个位于塔克拉玛干沙漠之中的绿洲，绿洲当时的名字叫“通古斯巴斯提”，意思是野猪频繁出没的地方。

20 世纪 50 年代，于田县政府正式定名此地为达里雅布依，意思是大河沿。这里所说的大河就是克里雅河。克里雅人世世代代沿河定居，生活、迁移和繁衍后代。由于达里雅布依乡与外界的交通极其困难，经济发展相对滞后，致使克里雅人与外界很少来往。60 年代后，世人对这个村落的关注度越来越少。直到 1982 年石油勘探队再次发现他们。石油队的报道引起了新疆维吾尔自治区政府的高度关注。1989 年 9 月 12 日，新疆维吾尔自治区主席铁木尔·达瓦买提亲临达里雅布依村调研，并在当日正式宣布成立达里雅布依乡。

目前达里雅布依乡约有 365 户人家，人口 1403 人，居住在沿克里雅河 200 多公里的狭长地带，绝对称得上是地广人稀。乡政府所在地是铁热木村，辖 30 多户居民，居住相对集中。沿着克里雅河分散而居的村民，每一户与最近邻居的距离至少也有几公里，最远的有几十公里。我们实地调查的结果显示，村户之间的平均距离在 10 公里左右。这是因为每户人家需要占有一定面积的胡杨林和芦苇地，以保障自家的牲畜有足够食料。

2019 年 11 月 5 日，我们乘坐越野车从和田出发，沿着与和田河平行的 210 省道向北行进大约 180 公里，然后向西直接进入沙漠，即向克里雅河的方向前进。汽车行走在连绵不断的沙丘上，几乎无路可循，全凭老练的司机依据沙地的硬软择地而行。一路上，车辆颠簸起伏犹如海浪上行船，路途艰险，车辆损坏严重。我们同行 6 辆车，经常是这辆车陷在沙丘里刚刚被拉出来，另一辆又出了故障。一天走不了几十公里，天就黑了，只好宿营过夜，搭帐篷，

燃篝火，风餐露宿。当我们返回时，就有 3 辆车因燃油耗尽而趴窝了，另一辆车出了故障无法行驶，留在了沙漠深处等待救援。

克里雅人的生活习俗

生活在达里雅布依乡的克里雅人都有固定住所，具有与其他游牧部落不同的习俗。他们的生活符号可以归纳为：一座简洁房屋、一片胡杨林、一群羊及独特的羊圈、一种美食面饼、一口水井和一种仙草。

一座简洁房屋 达里雅布依乡每户人家都有一个大院落，占地面积大，房间数量多，连成片，且设计合理，可以分为冬房、夏房和春秋房。房屋就地取材，以胡杨、红柳、芦苇以及沙子与河泥为主。房屋的墙壁使用胡杨木做立柱，立柱之间用胡杨枝和红柳枝围成，夹杂少量芦苇，墙外侧面抹着薄薄的泥封住缝隙，屋顶有房梁和檩，上面覆盖着厚厚的芦苇。外墙抹泥的房屋属于冬天住的房子，冬房的墙壁密不透风，里面生火取暖，可以平安度过沙漠里寒冷的冬天。夏房的墙就简单多了，甚至只用胡杨木立柱，中间宽宽的缝隙可以通风透光，加上屋顶遮阴，在炎热天气里，夏屋为全家人提供了避暑场所。春秋房介于冬房和夏房之间，墙的结构既有胡杨木立柱也有胡杨枝和红柳枝，但是一般不用泥来密封墙壁。每间房子里大都有大沙炕和火塘。一个炕占了房间面积的三分之二甚至更大。我们见到最大的沙炕睡二十人都不会觉得挤。克里雅人居住地相距较远，在没有摩托车等现代化交通工具之前，邻里间交往依靠骆驼或者毛驴，路途上耗时太长。遇到举办婚礼、亲戚来访、朋友相聚等活动时都需要留客人住宿，所以大炕可以满足多人住宿需求。我们考察队就借宿在这种大沙炕上，用自己带的垫子和睡袋。各家主人都非常淳朴好客，为我们提供枕头和被子，以免我们夜里冻着。现在，当地村民多依靠太阳能为照明、通讯和电器供电。此外，他们的房上还架起了卫星接收器，可以通过电视了解外部世界。

一片胡杨林 我们对达里雅布依绿洲里的植物做了调查，发现了 15 科 18 种野生植物，以耐旱耐盐碱植物为主。乔木类主要为杨柳科胡杨；灌木类主要为：怪柳科怪柳（红柳）、红砂，豆科胀果甘草、骆驼刺；草本植物主要有：豆科苦豆子、胀果甘草、禾本科芦苇、菊科河西菊、砂蓝刺头、藜科猪毛菜、苋科盐生草和盐爪爪等。由于长期的风沙作用，随处可以看到红柳沙堆与胡杨沙堆。

胡杨，又名胡桐、异叶杨。胡杨适应极端干旱的大陆性气候，喜光、抗风、耐干旱、抗高温，也耐寒。在 45 摄氏度的高温和零下 40 摄氏度的低温环境里，胡杨尚可生存。胡杨生长在温带荒漠地区的河流沿岸、河漫滩的沙质地上，依靠其强大根系吸收河流泛滥水或者地下潜水维系生命。当地下水位低于地表 10 米时，胡杨就可能彻底枯死。胡杨虽然耐盐碱，但是当其根部 1 米以内土壤总盐量超过 3% 时，胡杨便开始死亡。克里雅人的大多数房屋都建在胡杨林里，羊圈更是以胡杨树为立柱而建。胡杨木是他们主要建筑材料之一，胡杨叶是羊的上好饲料。

生长在克里雅河两岸和洪水侵蚀地上的胡杨林成为达里雅布依绿洲的“守护神”，其高大的树身防风固沙，还可阻挡流动沙丘入侵，遮阴覆盖，调节小气候，养育土壤，保护生态环境。胡杨在维系绿洲生态平衡上功不可没，没有胡杨林，就没有达里雅布依绿洲，也就没有克里雅人的文明。

根据化石记录，胡杨是古地中海地区山地河谷林的组成成分，属于第三纪的树种，已有 6000 多万年历史。随着第四纪全球气候逐渐变冷变干旱，胡杨成为荒漠河岸林的优势建群种。我国的新疆和内蒙古是全球胡杨分布最多的地区，它们中的绝大多数又分布在塔里木盆地极端干旱的沙漠里。胡杨树龄可以达到 200 多年，其在荒漠中顽强不屈的身姿让观者无不赞叹。

一群羊及独特的羊圈 处于塔克拉玛干沙漠腹地的达里雅布依绿洲完全依靠克里雅河的水量维系生态平衡。克里雅人祖祖辈辈依靠畜牧业为生，主要是养殖山羊和绵羊，还有少量骆驼和毛驴。畜牧业在他们的生活中占有重要地位，例如，羊群是他们的基本生活物质，羊的数量是社会地位和财富的体现，宰羊待客是对客人的最高礼遇。骆驼和毛驴主要用作运输和交通的工具。现在村民家里都有摩托车，有的家庭还有皮卡车，因此，骆驼和毛驴的运输功能逐渐丧失。

克里雅河两岸人家的周边都有胡杨林、红柳林和芦苇地。胡杨树叶和芦苇是羊的主要食料。绵羊主要吃芦苇和胡杨叶，山羊相对不挑食，除了芦苇和胡杨叶外，还能吃红柳等植物。据当地人介绍，山羊相对于绵羊更耐干旱，可以两天喝一次水。因此，达里雅布依绿洲里水多的地方绵羊多，水偏少的地方山羊多。羊群白天觅食，晚上就在胡杨树下过夜。这里的植物生长相对稀疏，载畜量比平原和山地要少得多，大约 11.5 亩养育一只羊。因此放牧一定数量的羊群就需要较大面积的胡杨林和芦苇地，这也是村民居住彼此相距较远的原因。

每户村民家不远处都建有一个或多个羊圈。羊圈大小不一，多数近方形，用胡杨枝圈起一米多高的围墙。羊圈内用胡杨枝再分割成不同大小的空间，将产仔的羊、小羊、病羊分开饲养，类似人类的产房、幼儿园和病房等。羊圈里一般都有几株，甚至十几株高达十几米的胡杨，胡杨叶子落下来，就成为羊群的食物。当地人告诉我们，羊主要吃胡杨叶、芦苇等偏碱性的食物，因此羊肉品质高，价格也会贵一些。

一种美食面饼 克里雅人的饮食习惯，除了食用羊肉以外，用小麦面粉制作的面饼，名为库买其，是当地一种最具特色的传统食品。库买其分为两种，有馅的和没有馅的。有馅的库买其是用羊肉和洋葱制馅，摊在圆形面皮上，

上面再盖一层同样大小的面皮封住肉馅。在制作库买其的同时，先用胡杨木烧火清炖羊肉或者烧开水，等库买其做好后，把炭火拨开，下面的沙子已经烧得非常热，把库买其直接埋在烧烫的沙子里，烘烤约半个小时即可取出食用。

库买其是维吾尔人古老面食品种之一，与另一种维吾尔族传统食品馕相比，制作库买其的面基本上不需要经过发酵。克里雅人的面粉是从于田县城运进来的，过去依靠骆驼或毛驴运输，往返一次需要一个多月的时间。现在用皮卡车运输，往返一两天就可以了。

一口水井 达里雅布依乡的年降水量一般不超过 15 毫米，水资源主要来自克里雅河和地下水。克里雅河是季节性河流，每年盛水期时可以为大多数村民提供饮水，还可以用来浇灌胡杨林和芦苇地。在枯水期，村民多利用地下水。村民每家每户都有水井，随着地下水位不断下降，很多水井要依靠压水机从井里提水，但地下水含矿物质较高，特别是含氟量高，对牙齿不好，口感也不好。当地人在水里加入自制的茶后再饮用，以改变口感。

一种仙草 克里雅人除了放牧，种植大芸也是重要生活来源之一。大芸就是《中华人民共和国药典》上所说的肉苁蓉，与铁皮石斛、天山雪莲、人参、首乌、茯苓、灵芝、珍珠和冬虫夏草统称为“九大仙草”。

药典上记载的肉苁蓉来源于荒漠肉苁蓉和管花肉苁蓉两种植物。达里雅布依绿洲里的是管花肉苁蓉。肉苁蓉是一种寄生植物，它不像大多数绿色植物可以进行光合作用，而是要寄生在其他植物的根上（例如红柳的根）获取水分，并吸收寄主体内的养料。克里雅人利用红柳种植大芸也是一种利用自然资源维系生存的策略。

每年 10~11 月是大芸收获季节。采收大芸是一个重体力活，先要在红柳周围挖很深的沟，

然后用手在沙中找到大芸，再小心翼翼地把它们完整取出来，在太阳下晾晒。我们探访的几户村民家里，都有用红柳和胡杨枝围成的单独小院或者场地，里面都晾晒着大芸。大芸是当地仅次于畜牧业的经济来源。这里种植的大芸不施农药化肥，品质好，价格也会贵一些。晾干的大芸在当地大约 25 元一公斤，运到内地，价格就会翻数倍。

达里雅布依绿洲的保护与发展

克里雅河水量曾经十分充沛，河流从昆仑山北坡的普鲁村流出山口后，向北流入塔克拉玛干沙漠，历史上曾与沙漠北缘的塔里木河汇合，转向东方一泻千里。在克里雅河两岸曾经形成大面积湿地，滋养了众多绿洲，形成南北纵向的绿色大走廊，开辟了丝绸之路，孕育了克里雅文明。

维系生态平衡是绿洲生存和发展的基本条件 历史上的气候变化，特别是新疆干旱程度不断加剧，再叠加克里雅河中游地区发展所需河水水量加大，导致克里雅河下游水量减少。与塔里木河分离后，克里雅河渐渐向南退缩，致使下游众多绿洲因为缺水而逐渐衰亡，成为历史遗迹。沙漠里的古城遗址旁和被风蚀出露的古河岸上残留的胡杨和红柳高大树干，以及粗壮的芦苇根等残存遗迹均表明在绿洲衰亡之前当地水量是十分充足的。造成古代绿洲和古代文明的消失的直接因素是水源枯竭，间接因素则是由于气候变化与人类活动干扰叠加导致的河水量减少。

一个地区居住人口的数量及其经济活动（包括工农牧业的规模与当地自然资源，例如水资源、土地资源、生物资源、气候资源等）的供给和承载能力的平衡关系是社会稳定发展的基石，在新疆干旱地区尤其如此。达里雅布依乡属于温带沙漠气候区，这里四季分明、昼夜温差大，光照充足，降水稀少，蒸发量大。这些气候条件构成当地极为干旱的生态环境。1949

年，达里雅布依乡有居民 310 人，牧畜 0.9 万头；2008 年，人口增加到 1303 人，牧畜 3.12 万头；到了 2019 年，人口总数大约 1403 人。人口的增加和畜牧业的发展必然加大对供水的需求。

现代克里雅河中游的于田绿洲，包括绿洲内城市的发展，以及达里雅布依绿洲人口与牲畜的增长，共同造成河水水量消耗超过上游供水能力，导致下游持续严重缺水，河流尾间不断向南退缩，沙丘趁机入侵绿洲。最近 70 年，克里雅河尾间每年以数公里的速度退缩，留下许多以动植物命名的地名，但那里已经找不到这些动植物了。克里雅河水量持续减少的直接后果是地下水位不断降低，甚至连当地百姓饮水都发生困难。目前达里雅布依绿洲的牧民为了保护胡杨林及草场，维持林木生长和更新，每年利用简易水坝，定期人工改变河水流向，对胡杨林地和芦苇地进行分段分片轮灌。但是，这并不能从根本上填补人畜和植被对水需求量的缺口。如果不能保持克里雅河稳定的供水量，则很难阻断沙丘对绿洲的侵蚀。长此以往，达里雅布依绿洲恐怕也会变成沙漠，成为下一个圆沙古城。

为了保证达里雅布依绿洲的生态平衡，推动绿洲社会与经济的良性发展，需要控制当地常住人口基数，控制牲畜数量以及控制大芸种植规模，确保河水和地下水的供给与社会经济活动所消耗的水量保持平衡。好在政府修建的新居民点容纳了部分村民，得以缓解达里雅布依水资源短缺问题。但是，搬迁到新居民点的村民在夏季还是会回到旧址放牧。此外，仍有一些村民留住、生活和放牧在原址。所以上述局面需要严格把控才能对生态保护和生态恢复起到积极作用。当然，克里雅河全域的保护和水量调控，特别是中游地区——于田绿洲——的生态保护和建设更为重要。否则，中游地区耗水量得不到合理有效地控制，将导致下游地区严重缺水。

提高绿洲的保护级别并加强管理措施 绿洲是沙漠里的独特景观。达里雅布依绿洲是克里雅河哺育的塔克拉玛干沙漠腹地里的最后一个绿洲。克里雅人构建的沙漠里最后一个部落保留和延续着克里雅文明。达里雅布依绿洲的存在、维系和发展，克里雅文明的展示与传承，无论是在自然科学还是在人文科学的研究中都具有重要价值。最后的部落是克里雅人与大自然博弈的结果，是历史记录中的神奇一页，也是现实世界中的无价之宝。

随着对达里雅布依绿洲和最后部落的关注越来越多，到此旅游的人员数量和规模也会越来越大。伴随旅游活动的增多，会为达里雅布依绿洲的社会经济发展筹集到更多资金，提高村民生活水平。然而，大规模开展旅游必然会加大对绿洲资源的消耗和对生态环境的破坏。因此，地区政府要超前考虑和做好旅游的长远规划，大力发展高端旅游，有效控制游客数量，提升环保意识。为此，当地政府和村民要提供高品质旅游配套设施，提供具有特色的民俗文化活动、民族饮食和文旅产品。同时，需要在克里雅人中推广普通话，培养能够介绍绿洲自然特征和当地文化历史的工作人员。

为了提高达里雅布依绿洲生态保护的规模和成效，我们建议地方政府首先对绿洲各类资源进行系统调研，摸清家底，把握发展的有利因素，排除不利因素，科学规划绿洲建设总体宏图 and 阶段性目标，特别是要提高自然与文化遗产的品质；其次，以目前正在进行的国家湿地公园建设为基础，考虑将克里雅河下游消失的绿洲和考古遗址，与现存的达里雅布依绿洲，以及克里雅人文明作为一个整体申请联合国教科文组织的世界自然与文化遗产，提高保护档次；同时也可以考虑将联合国教科文组织的世界农业文化遗产作为先期目标进行申请，最终实现对绿洲和绿洲文明的有效保护。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员



塔克拉玛干沙漠考察记

文 / 肖方 杨健 李承森 图 / 考察队

塔克拉玛干沙漠位于新疆南部的塔里木盆地中心，是中国最大和唯一的暖温带沙漠，也是世界第二大流动沙漠。整个沙漠东西长约 1000 公里，南北宽约 400 公里，面积达 33 万平方公里。沙漠里的气候格外干燥，年平均降水量不超过 100 毫米，而年蒸发量却是 2500~3400 毫米。

“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”沿克里雅河沙漠段从南向北徒步穿越无人区，历时 31 天，行程 400 余公里。队员们一边考察，一边采集样本，对该流域历史时期的河流变迁、自然环境改变、历史动植物遗存以及人类活动进行了多学科综合考察。

沙漠中的狂风暴雨

2018 年 10 月，考察队在沙漠里行走，虽然已进入秋季，但每天中午 2 点前后是沙漠中温度最高时段，可以达到 35~38℃，而凌晨 5 点是温度最低时段，气温骤降到 -9~-2℃。科考队在塔克拉玛干沙漠腹地遇上了两次暴风雨，第一次是 10 月 17 日，白天的天空为灰白色，风力 5 级左右，有较大的降尘扬沙。上午 9~10 点，太阳偶尔从灰色云雾中闪露出白色光芒，这可能是沙漠中特殊物候的景象吧。当天夜晚至次日清晨，狂风、沙暴、骤雨交加，风力 8 级，阵风甚至到了 10 级，最低温度 -2℃，但由于风的作用，人的体感温度只有 -10℃。在突如其来的暴风雨中，所有科考队员都经受着严峻考验。



帐篷的固定钉被狂风掀起，我们全靠身体自重压住帐篷。急速似击鼓般的雨点敲打在帐篷上，响声难以让人心静；雨水沿帐篷的通气孔流入帐内，被褥潮湿。在这样的夜晚有谁能够入睡？在沙漠中遇到这样的恶劣天气，能够平安地待在帐篷内就心满意足了。原先在脑海中储备的沙漠干旱指数，被这次长达7个小时的暴风雨给刷新了。早上爬出帐篷，看到被雨水洗礼过的沙漠焕然一新。沙漠中的这场暴风雨只是局部性的，范围仅有几公里。第二次暴风雨是11月2日的傍晚，我们到达宿营地刚刚搭好帐篷，突然刮起六七级的阵风，大家急忙加固帐钉、压实帐篷，眼看远处的乌云黑压压一片向我们涌来。正当大家还在讨论会不会下雨，要不要

躲避时，话音未落，大雨点便毫不客气地猛烈打在我们的头上，大家慌忙躲进帐篷。这次暴风雨持续了近1个小时，又一次刷新了我们对沙漠干旱指数的认识。

沙漠科考三战役

每天徒步穿越沙漠的科考活动可以分为三部曲，或称之为三个战役更恰当：早上是紧急集合，白天是科考工作，晚上则到了冲刺阶段。早晨醒来，人从睡袋中爬出，穿好衣服，收拾睡袋、被褥、防潮垫、气垫、内帐和外帐。早餐后，将帐篷、卧具、餐具和生活用品装入行李袋，尽最大可能减少随身携带的物品，减轻在沙漠行走中身体的负荷，以节省体能，保证科

学考察任务的完成。这些整理工作为什么要用紧急集合来表述呢？那是因为驼工们早餐后要快速收集全队的行李和保障物资袋，装到 77 峰骆驼背上。他们完成这项工作大约需要用 2.5~3 个小时。只有骆驼队出发后，科考队才能出发。所以，一个人慢了，就会影响整个科考队出发，影响全天的工作节奏和效率。考察队每天的行进里程和宿营地是严格计划好的，因为全队的补给物资是按照穿越沙漠的天数定额配置的，必须在 11 月 11 日走出沙漠，否则就意味着要断了生活补给，就会威胁科考队员的生命安全。所以早晨的活动就可以归纳为紧急集合。

考察队员白天必须按照行进路程和预定计划开展考察，并按照全队工作任务和个人专业分工，边行走、边寻找、边发现、边采集、边记录。由于每人在沙漠中的行走速度是不一样的，走得最快的纪录是 4.5 公里 / 小时，慢的是 2~2.5 公里 / 小时，但是都必须走完每日的全部行程，天黑前到达预定宿营地。

有人形象地把队员在沙漠中的行为描述为节能轻便型（负重少、消耗少）或重型拖拉机



采集湖心样本

（负重多、消耗多）。有人在沙漠中是匀速行进，有人在沙漠中是分段快走，分段休息，还有人用慢行不歇的方式走完全程。每天到达终点的第一批和最后一批人员，到达时间通常相差 30~40 分钟，最多的相差 65 分钟。穿越沙漠让人最担心的是日落后还有没能到达宿营地的队员。记得 10 月 30 日，18:00 开始日落，19:00 夜色就笼罩了大地。科考队员在天黑前到达宿营地点，但是骆驼队没能跟上来。夜色之中，大家四处寻找枯木，放在沙梁高处点火，通过火光将宿营地的位置传递给远方尚未到达的人员和驼队，还有人用无人机寻找驼队，用



圆沙古城





采集湖心样本



采集样本

对讲机呼叫，用头灯和手电筒为远处的驼队指明方向。因为天黑以后，前面人员留在沙漠上的脚印就看不见了，很容易走偏方向。我们在夜幕中等了两个小时，才看到了驼队打出的亮光。所有人注目迎接，并与牵护骆驼的驼工们一一握手致谢。此时，我们才将一切担心抛向九霄云外。

每天在沙漠中徒步行走 8 个小时以上已经是筋疲力尽了，到了宿营地，通常是日落黄昏，气温下降，夜幕降临时，我们也就进入冲刺阶段。首先是迅速找到自己的行李袋。科考队共有 77

峰骆驼，每天给骆驼配重驮物需要讲究大小、软硬和重量的均衡。驼队到达营地后，骆驼分散在一两里地的沙丘之间，彼此间隔有几十米，甚至上百米，不登上沙丘甚至连骆驼都看不见，更不用说行李了。在暮色中，翻越沙丘找行李，谈何容易！找到行李再翻越沙丘拖拽回营地，人已经筋疲力尽，只想就地躺下。尽管如此，我们还是要抢时间将帐篷搭好，将帐篷内的气垫、防潮垫、褥子、被子、睡袋铺好后，方可松口气，这时的气温已经十分寒冷。晚餐一般在 21 点半至 22 点半之间，沙漠里的温度已经在零度上下了，有时还会伴有 5 级左右的大风，和着细沙，吃着很快变凉的食物，真是别有一番风味。



古河床

沙漠中的忠诚伴侣 -- 骆驼

出发前，为了最大限度地减轻科考队员在沙漠里徒步行走的身体负重，考察队雇用了 77 峰雄性骆驼，驮着所有科考装备（发电机、采样管材等）、设施、工具（锹、镐、锤、锯等）、个人行李（帐篷、睡袋、防潮垫等）、全体人员的补给（水、粮、菜及副食）。这是一只庞大的驼队，是 21 世纪中国境内组织的最大驼队。经过 31 天的徒步沙漠的科考行程，我们对形影不离的忠诚伴侣 ---- 骆驼——有了更多了解。

驼队仅有一峰骆驼系有驼铃，行走在驼队的尾部，铃声提示落在后边的骆驼以及牵引骆驼的驼工们尽快跟上，这是驼队的传统做法。每峰家骆驼（双峰驼）可以负重 200 余公斤，

每日行走 20~30 公里，可持续 5~7 天不吃不喝。其耐渴的天数比耐饥的天数更长。在骆驼队中，还发生过一件有趣的事，有一峰骆驼在行程开始后的二天夜晚就逃走了，可能是因为它不适应驮东西吧。有 10 峰骆驼在行进的第 22 天，因体能欠佳提前离队。还有一峰骆驼因伤病离队。这样坚持到最后的骆驼只有 65 峰了。这次在组织运输驼队时，只选用了成年雄性骆驼，没有雌性骆驼参与，其原因是为避免途中发生雄性争夺雌性的战争。

沙漠并非寂静的

考察队徒步穿越沙漠的重要工作之一是发现动物并记录它们的活动迹象、气味、足印、巢穴、粪尿，寻找它们的遗骸，采集各类动物样本，记录采集地坐标和采集物特征，并将采集物装入采集袋中封好，标记采集物的序号编码和时间，初步判断采集物在分类阶元上的位置，以及与历史环境的关联性。我们在考察过程中，观察、测量和采集动物骨骼、人类遗骸以及现代动物骨骼共计 58 份，客观记录人类遗骨信息 119 次，脊椎动物骨骼信息 155 次，无脊椎动物信息 60 次。

进入达里雅布依乡后，在沙漠绿洲的湖缘地带和沙漠腹地，我们观察记录到无脊动物、脊椎动物中鱼类、爬行类、鸟类和哺乳动物。依据所采集的动物样本，我们可以对其进行鉴定，确定物种的分类位置，进而可以获得该动物的食性、食物类别以及生活习性等信息，了解它们生活地的环境特征和历史变化，了解食物链与生态环境之间的关系，以便正确评价该地域生态环境的演变历史和发展前景，为当地提出相应的保护策略。

风移沙丘古城原貌难寻

圆沙古城的历史变迁则是科考中一项重要内容。2018 年 10 月下旬，我们在古城进行了大量的采集和监测，并徒步沿古城墙顶部环绕两圈，记录了圆沙古城城墙的形态轨记。圆沙古城为不规则圆形，周长 900 多米，城墙高度



采集样本



采集样本



沙漠中艰难行走的科学家



采集样本



科考队



科考队核对日志



科考物资保障



露营

3~4 米。在南墙中部和东墙北部各有一城门。900 多米环状的城墙，如今可见到的只剩下城门的位置了。

2019 年 11 月上旬，科考队再次来圆沙古城进行监测，与上次考察时隔一年，古城墙的面貌已全然不同。站在古城墙上方已经看不见可以连成环状的古城墙原貌了，有很多地段已被移动沙丘掩埋，要想再用徒步方式在城墙顶部环绕已成为梦想了。这就是风沙给圆沙古城在一年的时间里披上的厚厚纱罩，让人难寻其原貌与真相。2020 年风沙的流淌会不会再次揭开覆盖在圆沙古城上的纱罩，我们不得而知。这可能也是塔克拉玛干沙漠最具诱惑力的一面。

在圆沙古城及周边遗存着大量陶片，证实了古代克里雅河流域陶文化的繁荣。这些陶片对研究古代和田历史有着重要意义。圆沙古城被维吾尔族人称作“尤木拉克库木”，意思是“圆沙丘”。这里的沙山形态的确都是圆的，“圆沙古城”因此得名。这是新疆到目前为止发现的最早的一座古城，其年代早于西汉。为什么要在沙漠中心地带修筑规模如此庞大的城池？为什么这样规模宏大的沙漠之城，竟然不见于任何历史记载？从塔克拉玛干考察归来后，这些问题仍然在我们脑海中挥之不去。

结束语

我们的确还有很多能力不及的地方，如那些马属、牛属以及牦牛等动物是怎样来到克里雅河沙漠段的，它们又是在什么时间离开这里的；再如，塔克拉玛干沙漠的陆地下垫面并不缺少水，在实地的低洼处向下 2 ~ 5 米即可找到水，这也是塔克拉玛干沙漠下垫面的重要特征。而我们对塔克拉玛干地下垫面层的认识还远远不够，在科学上有很多有待持续研究的事项。期待有更多的科学家用更多的科学手段，获取更多的科学认知和成果，揭开具有无限生机的塔克拉玛干沙漠的奥秘。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员



克里雅河流域沙漠段

摄影 / 范书财

考古美学侧记

文 / 潘沁 供图 / 考察队

塔里木河流域是世界文化的摇篮，世界文化的钥匙遗失在了塔克拉玛干，找到这把钥匙，世界文化的大门便打开了。

——美国人类学家摩尔根：《古代社会》

我们科考队由 21 名队员，20 名驼工和 77 匹骆驼组成，科考线路沿着南疆的母亲河——克里雅河流域——行进，并与古代丝绸之路相互交织，构成探寻古代西域文明的最佳线路。考察队员全程徒步行走三百多公里，成功穿越了有着“死亡之海”称呼的塔克拉玛干沙漠。

大自然绝妙的杰作

沙漠是大自然的绝妙杰作，沙海是沙漠被风蚀形成的酷似海平面波纹的褶皱，久而久之，沙漠形成一层叠一层，一浪压一浪的无边无际的沙丘。这一切的始作俑者便是我们司空见惯的风，空气的流体力学把沙子塑造成千姿百态的沙丘，呈现出立体美感。沙丘此起彼伏，或高或低，或倚或卧，变幻无穷。沙丘上沙脊之间的线条连绵不断，顺着此起彼伏的线条让人能感悟到神奇的自然能量，感到她的博大、雄

浑。身处此境，似乎置身于太极阴阳妙境，解读东方哲学的玄妙，体会大道至简，以静制动，宁静致远，无穷无尽的高维意境。

1986 年，联邦德国哥廷根大学教授乔奇·霍夫曼到克里雅河考察后说：“我到过世界上很多沙漠，但从未在沙漠中心见到如此迷人景色。”

沙漠中极少有雨水，但在久远的古代，克里雅河流域下游还没有干涸的时候，也曾经遭受过猛烈洪水的冲击，古河床便是大漠环境变迁的见证。站在十多米高的古河床前，沙河淤泥的层积面便如时空叠加，数百年、数千年、乃至更久远的历史就浓缩在这古河床的截面上，每一层积面都是时隔数百年甚至数千年不遇的洪水灾害的印记。汪洋复归沉寂的沙漠，大自然在洪水过后用淤泥沉积记录一段段历史。此

时，只有置身于此地的人，才能强烈感受到生命是如此之短暂和渺小！

胡杨树具有惊人的抗干旱、御风沙、耐盐碱的能力，能够顽强地生存繁衍于沙漠之中，与大漠相守相依。历史上，克里雅河两岸的胡杨树林生机勃勃，随着大自然变迁，河流渐渐干涸，两岸的胡杨树大片死亡。我们在考察途中不时看到胡杨枯树，它们像苍老的虬龙，像盘缠的巨蟒，又像浴火的凤凰，成为亘古岁月留下的印记。

途中，我们经历了一段环境极为恶劣的旅程。由于极度干旱，连续三日行程中几乎没有见到除考察队以外的其他生命迹象，甚至连一片绿叶，一只苍蝇都毫无踪影。三日过后，在烈日炎炎之下，透过从天际射来的刺眼阳光，远处沙丘忽然出现了一棵胡杨树！顿时，几天的疲劳悄然褪去，我疾步走过去，仔细端详起来。在方圆数十公里的沙漠里，这棵孤零零的胡杨树矗立在那里，金黄色的树叶迎风而舞，发出沙沙响声；树的主干已经枯死，是侧枝在延续着它的生命。同行的植物学家推测，这株树的年龄已经有两千多年！虽然历尽沧桑，仍然孤独坚守在大漠深处。它静静地目睹了两千多年人间世事，迎送着自然界的匆匆过客。

遗失的大漠文明

圆沙古城是此次科考计划中的重要一站。1994年，考古学家们在塔克拉玛干沙漠腹地发现的圆沙古城，距离于田县二百余公里，周边与它为伴的还有喀拉墩、丹丹乌里克等国家级文化遗址。圆沙古城是新疆目前发现的最早的古城，其下限有可能早于西汉时期。

来到这座被埋藏在大漠之下的历史古城，数千年前古人生活的场景恍如昨日。我怀着敬畏之心爬上古城，站在高大的沙丘上放眼望去，呈现在眼前的是一个椭圆形城廓，城墙顶部宽约三四米，残存高度也约三四米。城墙以两排

竖直的胡杨木棍夹以层层红柳枝构成墙体骨架，墙外用胡杨枝、芦苇、淤泥等堆积成护坡。墙的拐角处有一些“土坯”。考古学家认为这是古人将河道中的淤泥切割成块，直接砌到城墙里的“城砖”。

我从沙丘高处往低处走去，双脚踩在两千多年前的圆沙遗址上，探寻着历史留下的蛛丝马迹。古代建筑遗址里起支撑作用的树桩依旧纹丝不动，驼粪混杂着羊粪的沙土层似乎还散发着热气。捡起一颗驼粪，用手指碾碎，里面未曾消化的粟米粒粒可见，顿时有时空错乱之感，空气中似乎散发着骆驼和羊群气味，这一切似乎就发生在昨天；然而，时光已越千年。

当年的圆沙城处在一大片绿洲之中，所谓的城墙，大概只是阻挡洪水和风沙之用。我们在“城”内看到一个硕大洼地，或许是当时的城中之湖，用于日常储水之需。由此，我们可以推测，千年之前，这里植被茂盛，雨水丰沛。然而，不定期的洪涝灾害威胁着当地的居民，城墙的淤泥土坯便是佐证。

古城周围纵横交错的水道依稀可辨，其中一条渠道有1米宽，说明古代绿洲中曾经有过农田灌溉。这些渠道也成为新疆最早的古渠道遗存。城内发现矿石炼渣，充分证明这里古代已经有冶炼业。城中散布数量很多的动物骨骼，其中羊与骆驼的居多，其次为牛、马、驴、狗，还有少量的猪、鹿、兔、鱼、鸟骨等，说明当时此地经济发达，人们生活富足。

晚上回到营地，熊熊篝火温暖着寒夜中的考察队员。我透过跳动的火苗望向西边依稀可见的圆沙古城，不禁陷入沉思：当时人们为什么要在沙漠中心地带筑一座如此规模的城？当时的绿洲到底有多大？有城就有邦，有邦就有王，谁是这里的统领？他们与外部世界又如何联系？如此等等的问题等待着我们来解密。



古人把玩的美石



古人使用的工具

圆沙古城可能只是一个古代驿站，一个早期丝路文明的商贸之路上一个重要地点。商队的驼工和主人驱赶着疲惫的骆驼来到这里休整补给，吃饱喝足后，驼队又精神抖擞地重新启程。然而，随着自然环境和生态条件的不断恶化，古城衰落，商队改道，丝路上的驿站逐渐被遗弃，古城便沉睡在空寂的沙漠之中。

一次考察中，我发现一处紧挨着的三座古墓，经过与队里的考古学家共同勘察，初步断定为西汉年间的，共六具尸骨。此外，还发现了做工精美的编织物，说明墓主是个有身份的人。经过一个多小时的勘察与取样，大家把尸骨重新用沙土掩埋好。

不远处的山坡上有一堆零散的胡杨树桩，看似败落已久的胡杨树林。我走近观察，发现现场几十根胡杨木散落一地。其中，两根粗大的方形木条引起了我的注意。大约0.3米口径、2.5米长的方形木料，表皮干裂和风化的程度显示了木桩岁月之久远。在大漠深处，古人往往只有简陋的生活工具，要把这般硕大的胡杨原木削成如此规整的方形，这是多么大的工程！我走到木桩前，看到裸露的尸骨及其包裹的编织物，便知这是一座墓葬，一个深藏在大漠深处的高规格墓葬！随后，我在周边沙土里找到数颗精致的琉璃蜻蜓眼、玛瑙管和卡瓦石珠子、砣形坠等，综合判断是西汉之物，这应该也是

西汉古墓。筷子粗细的红色玛瑙管上的穿孔如针孔大小，其打孔技术让我惊叹不已。

克里雅河下游沿线文明主要集中在战国与西汉时期，也有唐、宋时期的文化发现。但是，随着克里雅河流域自然环境的恶化，以及中原文明的兴盛和南方海上丝绸之路的开辟，这一带的文化在汉代以后至唐、宋时期便逐渐衰落。我们考察中发现的石器有打磨器、研磨器、砍砸器、砣器、权杖头等，也有把玩的美石，如玉石、卡瓦石等。这些久经岁月的石器在大漠中出现给人带来的是一种神奇而莫名的惊喜。虽然它们的材质只不过就是一块花岗岩，或者玄武岩等普通岩石，却饱含着数千年前的历史信息。石器上留下的被大量使用过的痕迹，以及所形成的包浆皮壳就是岁月的诗话，是大漠古代文明的无言诉说。

玉石和琉璃乃是散落在沙漠中的珍珠。它们历经数千年的风沙侵蚀与打磨，变得更为精致、洁净与神圣。古人注入美学加工与艺术创造的玉石和琉璃，在历经沙漠的磨砺之后，更显得楚楚动人。这些属于繁华市井人们的珍贵饰物保存在大漠深处数千年，终被后人发现，这无疑是莫大的机缘。我们在多处冶炼遗址发现大量琉璃残器与冶炼残渣。据此，我们大胆推测，早在两千多年前，生活在这里的人们已经熟练掌握了冶炼和烧造琉璃的技术，这将对



石器



陶器

早期战、汉琉璃器均从西域及阿拉伯国家进口的说法提出挑战。

在早期人们的生活中，陶器是生活必需器皿。在考察途中，我们发现了少量完整的陶器和大量残存的陶片。从发现的陶器器型来看，与中原地区相对应时代的器型几乎一致，因此推测当时古人已经掌握了熟练的陶器烧造技术，且该技术应该来自中原，因为战国与西汉时期的西域地区也已经与中原地区有着频繁的商贸交流与文化交往。我们发现的其中一个西汉时期的陶罐具有重要意义，其陶胎主体为粗砂，这种粗砂具有高温下的黏合性，能够保证陶器坚固耐用。为了使得器物更为精致和加强液体隔离效果，工匠在内胎及外胎涂上了一层厚厚的细黏土，因此大大增加了器物美感和实用功能。我推测，这或许是后来西晋时期原始青瓷经上釉高温烧造的引子与启示，导致从陶发展到瓷的革命性转变！

中国古代厚葬习俗使得如今有大量出土的随葬文物，例如，各地博物馆中的葬式文物八成以上出土于墓葬。在这次考察中，我们发现沙漠中的墓葬相对简陋，主要原因是时代比较久远，当时的生产力比较落后。我们通过墓葬的保护性勘察，搜集到一些文物标本。进一步通过对墓葬形态及随葬品的考证，能够推测当时人们的生活条件和习俗。同时，古代墓葬美

学也表达了一种难以言表的神秘感，首先是时间上给人以奇妙的穿越体验；其次，古人使用过的器物重见天日，这“阴”与“阳”之间寓意的转换，让我们似乎跨越了一道看不见的门。墓主人生前的物品，例如，红柳枝雕刻的饰物，精致的胡杨木小面人，技术精湛的编织物，彩色的琉璃珠和玛瑙珠，精美玉器，1米多高的木雕偶像，偶尔还有青铜残片，都在无声地诉说着古代丰富而灿烂的文明。

结束语

画家吴冠中先生说，美不是漂亮，漂亮不是美。大漠连接了不同的文化地域，创建了东亚各地的商贸和文化交流的通道。几千年文明的叠加，留下了厚厚的历史沉淀。伴随着打破荒漠沉寂的驼铃声，考察队的77峰骆驼长队留下一串串深深脚印，而无情风沙很快便会将之抚平，直至痕迹全无。这就是人与自然的亲密对话和零距离接触，也是现代文明与古代文明穿越时空的心灵碰撞。

我们怀着敬畏之心，以双脚丈量这浩瀚的塔克拉玛干沙漠，探寻古代丝路文明，从中体验到的美是深邃而智慧的。先民创造的文明并没有消失，而是以一种久经磨难的美的形式仍然活在大自然和历史的沉淀之中，活在塔克拉玛干沙漠里，活在大千世界芸芸众生之中。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员



国玉出昆仑 美誉在和田

文、图 / 韩剑军

2018年10月至11月间，和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队在一个月时间里穿越塔克拉玛干沙漠腹地，徒步行走400余公里。随队玉石研究专家协同考古专家考察了沿途的古人类活动遗迹，获得了玉石方面的大量第一手标本和资料，对发现的玉石器具进行了辨识和编号，以便后期深入研究。

2019年8月28日至9月12日，考察队又沿着克里雅河溯源而上，在于田县阿羌乡喀什塔石村流水墓地一处墓葬探取碳灰标本时，发现了距今约4000年的古人遗留的石器加工作坊。随后，考察队深入昆仑山区，又发现了来自上游阿拉玛斯采玉区出产的玉材成品和半成品玉石器，对玉矿点、白玉河籽料原生地、玉龙喀什河源头及古代玉石运输路线进行了实地勘考。

这两次考察所获得的古人用玉石制作的劳动生活工具及相关成果，对于研究和田玉最早的制作工艺、使用目的和方式，以及玉器进入中原地区的路径有了新发现和深入理解。

美玉之源

有着“中华国玉”之美誉的和田玉是中华文明的重要载体。据考证，中国的玉石文化有近8000年的历史渊源，和田玉更是古代众多玉石品种中位于至尊地位的美玉。和田玉出产于昆仑山，南朝梁武帝时期员外散骑侍郎周兴嗣奉皇命编纂的《千字文》里有一句“金生丽水，玉出昆冈”。金生丽水是说金子出自古代最有名的沙金产地丽水，即现在的金沙江。玉出昆冈之意是指和田玉出自昆仑山。据史料考证，昆冈普遍被认为是今天的昆仑山。西晋太康二年（公元281年），汲郡人不準盗魏襄王墓，

在墓中发现了大量带有文字的竹简。学者荀勖、卫恒、束皙等人在竹简中整理出了一部《穆天子传》。该传最晚成书时间也在战国时期。书中说周穆王到达“群玉之山”后，在山中收集了很多美玉。“群玉之山”的称呼也与《山海经》所记载的“玉山”非常相近，很可能就是昆仑山，因为昆仑山正是盛产美玉的地方。

和田玉是跟昆仑山脉一起被地球孕育的。在距今约几亿年的元古代，现在昆仑山脉所在的地方是一片汪洋大海。在中生代和新生代之交的燕山造山运动中，昆仑山脉所在的地方才形成陆地，逐渐上升为高山。

新生代上新世末期到更新世初期，印度大陆和亚洲大陆板块强烈挤压，昆仑山脉同青藏高原一起剧烈抬升，与塔里木盆地之间形成断裂带。地下岩浆沿断裂带上涌，形成一系列的火山活动，同时以喷涌热气或形成沸泉的形式散发出热量，形成了皑皑雪峰之下沸泉群的独特现象。昆仑山山体断裂带中的富含镁、钙的白云石大理岩与富含硅的中酸性岩浆在冷却成岩过程中经历了一系列物理化学变化，最终形成了玉矿石。几千万年以来喜马拉雅山的造山运动，孕育出了世界上独一无二的瑰宝——和田玉。

位于新疆塔里木盆地南缘的和田地区，古称于阗国（公元前232~1006年），至唐代是安西都护府四镇之一。于阗到了清代时被改为和阗，也就是今天的和田。于阗国气候温和，土壤肥沃，农产品丰富。发源于昆仑山脉的玉龙喀什河、喀拉喀什河、尼雅河、克里雅河、车尔臣河、叶尔羌河等诸多河流接受昆仑山脉的冰川融水，沿山脉北翼流向塔里木盆地，灌溉着绿洲。玉龙喀什河与喀拉喀什等河流是和田绿洲的重要水源，河流沿岸形成富饶的冲积平原，养育了古丝绸之路南道上的大国——和田——的一方百姓。

于阗国在古代东西文化交流过程中所处地

位和影响十分重要。从于阗越过昆仑山就是印度河，于阗国是当时中国内地与印度的重要中转站。公元前1世纪前后佛教传入，于阗逐渐成为大乘佛教的中心，从魏晋至隋唐，于阗国一直是中原佛教的源泉之一。

玉龙喀什河与喀拉喀什河在塔里木盆地汇合后成为和田河，长达300余公里的和田河通过日积月累的水流冲刷，融入天地之精华，造就了今天驰名天下的“瑶玉之所在”。中国出产玉石的地方不少，但“凡玉，贵重者皆出于阗”。两河出产的美玉，有白玉、青玉和墨玉，其中品质上乘者呈白色，润如羊脂，故名“羊脂玉”。在新疆除了和田地区的玉龙喀什河和喀拉喀什河出产玉石外，从西起喀什地区的塔什库尔干的安大力塔格，向东到巴音郭楞蒙古自治州的且末和若羌县的阿尔金山北翼肃拉穆宁塔格，在长达1100余公里的范围内都出产玉石。但是，唯有和田这两条河流里和流经区域产出的玉石品质最好，特别是和田羊脂玉誉满天下，从古至今备受爱玉人士的追捧和喜爱。于阗还是古代丝绸之路上名扬中外的“绢都”，在西域诸国中最早获得中原养蚕技术。先进的蚕桑养殖技术造就了当地的地毯和丝织业的兴盛发展，为丝绸之路的贸易提供了丰富的商品资源。

玉石之路

郭沫若先生在其所著诗《西王母献玉》中写道：“国玉出昆仑，西巡竹纪年。中原王母迹，献玉贺平安。”当下国玉之称谓便出于此。早在春秋战国时期，就有“昆山之玉”之说，汉《史记》中说：“汉使穷河源，河源出于阗，其山多玉石。”距今3000多年前的殷商时期，和田玉已经成为宫廷玉器的主要材料。古代商人将上好的和田玉带向世界各地，形成了最初的玉石之路。据史料记载，公元前2000年左右，就有运往乌兹别克斯坦的和田玉，而这也成为后来丝绸之路商贸往来的基础。

关于新疆和田采玉制度的正史记载出现在唐代以后。《新五代史四夷附录》记载：于阗“东

曰白玉河，西曰日绿玉河，又西曰墨玉河，三河皆有玉而色异，每岁秋水涸，国王敕令捞玉于河，然后国人得捞玉”。此采玉制度一直延续到宋代，《宋史》皆有记载。元代仁宗皇帝时期的宰相、回族诗人马祖常曾亲眼看见过玉龙喀什河捞玉采玉的场景，在他所著的《河湟书事》中有诗为证：“波斯老贾渡流沙，夜听驼铃认路赊。采玉河边青石子，收来东国易桑麻。”这首诗具有浓郁的地方色彩和西域情调。它写出了波斯老贾栉风沐雨、不辞艰险的开拓贸易互市的进取精神，以及他们来到和田收购玉石和桑麻进行商贸往来的场景，为中国和西亚人民的友好往来留下了生动真实的写照。

自古而今，人们最初是从河畔拣拾玉石，到河里捞玉，继而再到河谷台地的沙砾中采玉，最后再沿河追溯而上到昆仑山海拔四五千米的雪线上的原生矿里挖玉，这“拣、捞、采、挖”即是和田采玉人的四部曲。

在清乾隆四十二年的《西域闻见录》里记录有古人在玉龙喀什河中踏玉采玉的场景：“河底大小石错落平铺，玉子杂生其间。采之法，远岸官一员守之，近河岸营官一员守之，派熟

练回子或三十人一行，或二十人一行，截河并肩赤脚踏石而步，遇有玉子，即脚踏知之，鞠躬拾起，岸上兵击锣一棒，官即过朱一点，追回子出水，官则按点索其玉子。”在美丽的玉龙喀什河和喀拉喀什河畔的踏玉、采玉、捞玉的动人情景已经延续了数千年，成为一道独特亮丽的自然人文景观。

有据可查的是，新疆开山攻玉的第一记锤声响自于阗（今于田县），海拔高度是4500~5000米的阿拉玛斯采玉矿。《西域闻见录》里记录有：“欲求纯玉无暇大至千万觔者，则在绝高峻峰之上，人迹不可达也，土产牦牛，惯于登陟，回民携具乘牛，攀缘锥凿，任其自然落而收取焉”。

两千多年前汉武帝遣张骞两次出使西域，从长安（今西安）启程，经甘肃、新疆到达中亚、西亚，抵达地中海沿岸的欧洲地区。从此，张骞之路连接欧亚大陆，成为中国、印度和希腊三种主要文化交汇的通道。中国通过这条道路运到欧洲的商品主要是丝绸。十九世纪末，德国地质学家李希霍芬将其誉为“丝绸之路”，并得到世界公认。然而鲜为人知的是，西汉武



《汉代》白玉爵



《战国》错金银嵌宝“雄定天下”白玉爵



《清代》龙钮白玉钟

帝时期的张骞所走的“丝绸之路”恰恰是在古代“玉石之路”上拓展出来的。

最新考古证实，大约在三四千年前新疆就出现了采玉、琢玉的部落，并开始有和田玉流入中国内地。河南殷墟商代妇好墓出土了七百多件玉器，其中三百件玉器都是由和田玉制成。妇好是商王武丁的妻子，中国历史上第一位女性军事统帅。她曾率一万三千大军攻打西部的鬼方国，大获全胜，带回了大量上等和田玉，此战役是正史记载的中国古代第一场战争，史称“玉石之战”；其进军作战的路线渐渐地形成了后来“玉石之路”。

前述西晋时期，依据河南汲县战国墓中出土的古简整理出的《穆天子传》记载了约3000年前的周穆王驾八骏马车西巡游猎之事。周穆王从中原出发，途经甘肃、内蒙古和新疆，最终抵达昆仑山西麓。当地仍是母系社会的部落首领西王母不仅热情地款待了周穆王，还赠他八车玉石，留下一段佳话。周穆王返程途中，又在一些采玉、琢玉的部落获取不少玉石，满载而归。这也许是和田玉由新疆进入中原最早并较可信的史籍。

古代先民从于阗始发，将和田玉向东西两翼延伸运送到很远的地方。向东经甘肃、宁夏、山西，入河南；向西经乌兹别克斯坦，到地中海沿岸各国。这条由东向西进入中西亚国家的最早的“玉石之路”包括了传说中的周穆王西巡会王母的路线的东段。从甘肃青海地区齐家文化等史前遗址出土了许多和田玉器，乌兹别克斯坦有史记载在公元前两千多年就有新疆玉石运到这里。可以推测在距今五六千年前就可能有了“玉石之路”的雏形。

到了汉武帝时代，玉石之路被重新开发利用，商贩们从中原向西域运去大量丝绸和药材，归来时又带回大量玉石和当地特产。玉石之路因此而闻名于世。汉武帝在玉石之路的甘肃驿站设置“玉门关”，玉石到此便进入国门了。唐朝为保证商路畅通无阻，在龟兹设立安西都护府，在于阗筑城屯兵。从此以后，这条古道上以玉帛交易为主的经济文化往来愈加繁荣。唐朝大诗人杜甫有诗曰：“归随汉使千堆宝，少答朝王万匹罗”。元朝新疆维吾尔族诗人马祖常的诗里写道：“采玉河边青石子，收来东国易桑麻”。在甘肃玉门关遗址，一座用黄土夯筑而成的四方形小城堡突兀地耸立在戈壁滩



安阳妇好墓出土和田玉羊头



安阳妇好墓出土和田玉踞人



安阳妇好墓出土青玉虎头怪鸟

砂石岗上。放眼望去，大漠落日，归雁鸣沙，此刻让人百感交集，思绪万千，耳畔隐隐响起沉重有律的驼铃声，伴随着苍凉的羌笛声，运送丝绸和玉器的驼队向着不同的方向渐行渐远。玉门关如同一位饱经沧桑，阅历无限的老人，向人们诉说着从“玉石之路”演变成“丝绸之路”过程中的许多悠远而凄凉的故事。

玉山进京

清朝乾隆皇帝特别喜欢和田玉，一生崇玉、藏玉、佩玉、吟玉，并著有咏玉诗超过千首。为了襄赞歌颂他的盛世之治，乾隆自比大禹之功，欲雕琢一件“大禹治水”为主题的玉山以存后世，故降旨将发现于和田密勒塔山的一块重达1万多斤的玉山运回北京。玉石于山中开采下来，其困难自不必说，要把这块重达万斤的玉山料从密勒塔山运到北京就是个大难题。据史料记载，为了运玉山，工匠专门制作了轴长为十一二米的大型车辆。车前有百多匹马拉拽，车后有上千民夫推运，逢山开路，遇水架桥；在深冬时节，在道路上泼水形成冰面拖运，即使是依靠如此多的人力畜力，每天也只能走5~8里，而和田到北京有将近1.1万里路程，仅运输玉山一项耗时就达三四年之久。

玉山从和田运到北京后，《大禹治水图》的雕刻则由两淮盐政所管辖的扬州府的玉雕工匠负责。先由清宫造办处设计选定图样，然后制作成蜡样（模型）。由于担心扬州天气炎热而致使蜡样融化，故工匠照着蜡样先雕刻成木样，再由乾隆帝御览审定。之后在北京对玉山料进行初步加工，再经由水路运到扬州精雕细琢，历经八年才完工，运回北京。乾隆皇帝看后龙兴大悦，遂将玉山命名为《密勒塔山玉大禹治水图》，又作御诗一首镌刻于玉山之上，诗云“功垂万古得万古，为鱼谁弗钦仰视，图画岁久活湮灭，重器千秋难败毁”。现存于故宫乐寿堂的玉山遂成为万世不朽的国之瑰宝，玉山进京的传奇故事也成为中国玉器史上一篇非常重要的国玉颂。

国玉之魂

玉，集天地日月精华，融山川河流灵气，汇人文历史厚泽。玉文化是中国传统文化的重要组成部分和华夏民族的精气神象征，也是中国文化的重要载体之一，对中华民族的道德、精神、审美和艺术等领域产生了深远影响。

中华民族的历史从商周时期的神玉时代过渡到了春秋战国时期的百花齐放、百家争鸣的时代，各诸侯国尊崇《周礼》，纷纷制琢大量玉器作为礼仪等级和财富地位的象征，玉文化迎来了发展的辉煌时期。此时的玉器作品集数千年玉文化之大成，玉材之美，品种之多，雕琢之精，应用之广，都是空前绝后的。至此大量和田玉输入中原，王室诸侯以竞相选用等级最高的和田玉雕琢成器为荣。此时文臣儒生们把礼学和玉器结合起来，以玉器体现礼学思想。

秦始皇统一中国后，其传国玉玺是由楚人卞和采得的“和氏璧”雕琢而成，玉玺印文由宰相李斯亲书大篆“受命于天，既寿永昌”，这在当时天下一统时期见证了书同文的历史。秦代虽然创造了被誉为世界第八奇观的兵马俑，但出土的秦玉寥寥可数，惟有价值连城的“和氏璧”名垂青史，这说明秦朝统一中国后并没有迎来玉文化的真正发展。

到了汉代，玉器延续继承了春秋战国玉雕的精华，并继续发展，奠定了中国玉文化的辉煌格局。汉武帝统治期间罢黜百家独尊儒术，两汉经学开始昌盛，《礼记》编订于汉，孔子谈玉的话在汉代就已产生广泛影响。自后汉以来，以瑾、瑜、琦、琳等字命名取字渐成风尚，都是寄寓“君子比德于玉”之意。随之，玉有五德、七德、九德、十一德等学说也应运而生。在对人的品格的审美评价中，玉质之坚洁、玉色之温润成为德操高洁的最佳譬喻。为适应统治者喜爱玉器的心理，便以儒家的仁、义、礼、智、信、乐、忠、信、天、地、君、亲、师、德等传统观念，比附在玉石的物理化学性能之

上。“抽绎玉之属性，赋以哲学思想而道德化；序列玉之形制规矩，赋以阴阳思想而成宗教化；比较玉之尺度，赋以爵位等级而政治化”，是当时礼学与玉器结合的理论概括。这是中国玉雕艺术经久不衰的理论依据，是中国人七千年爱玉风尚的精神支柱。

中国古代玉器基本可分为神玉、礼玉、民玉三大类，及至延伸到以后的葬玉、饰玉、把玩玉、使用玉、陈设玉等诸类。汉代是中国高古玉发展使用的顶峰期，最能代表汉代玉器特色和雕琢工艺水平的是葬玉和陈设玉，故汉代玉器以其鬼斧神工、精美绝伦而饮誉于世。汉代玉器造型和纹饰生动、奇幻、美仑、神秘，广泛应用于礼仪、祭祀、神邸、丧葬、装饰、把玩和生活用品中，形成了中国玉雕史上独特的汉代玉雕的艺术特色。

玉器在中国历史文化中是一颗璀璨明珠。在世界艺术的百花丛中也独树一帜，具有鲜明的中华民族特色和东方哲学之美。玉在中国人的心目中象征着圣洁、高贵、美丽、坚贞。几千年来，人们敬玉、爱玉、赏玉、佩玉，对玉怀着一种特殊情感。

玉还是和平永宁的象征。我国远古黄帝时期，以玉为兵器，开创了世界史上独一无二的玉器时代。用玉琢制成生产工具、兵器、祭器、礼器、佩器等成为社会物质文明的主体。今天已不存在玉兵器，但历史上却留下了为防止“玉石俱焚”，采用“化干戈为玉帛”的外交政策，防止战争、维护和平等成语。为维护领土主权，祖国统一，还流传“金瓯无缺”等成语，“金瓯”指的是江山社稷的意思。在我国《辞海》与《辞源》里以玉组成的句子、成语、术语、人名、地名、乐器名等条目达370多条。自古王玉两字通用，根据初步统计，此类字大约有430个字，从这里可见玉在中国古代历史文化中的独特地位。

玉石、玉器所凝聚的精神是传统思想的宝

贵财富。它与中国民族文化相互影响。几千年来，潜移默化地浸染和影响人们的思想意识、行为举止，对传统优秀民族心理、民族性格的形成和稳固，注入了积极向上的活力，培养了炎黄子孙的高尚情操。东方人典雅、含蓄、温和、礼让的形象素质在一定程度上是玉材本身自然透射出美德的再现，具有独特的魅力。

结束语

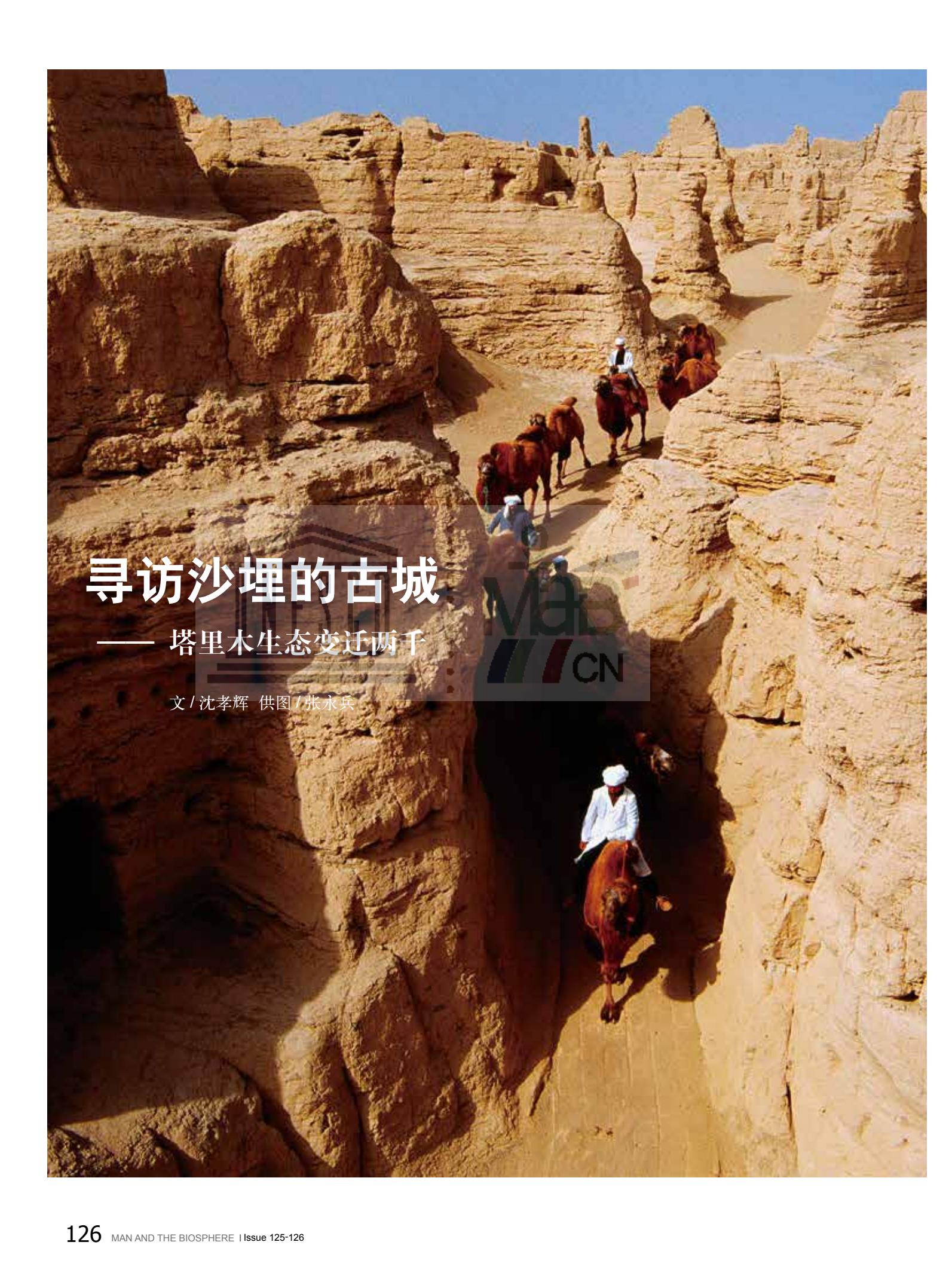
青藏高原上的昆仑山依靠大自然之伟力孕育了国玉——和田玉；自古以来，采玉工们在环境极为恶劣的高山河流里开采玉石，备受艰辛。玉石吸收日月精华，经受天地磨砺，经过匠人们的精雕细琢，以最美丽温润的形象奉献给世人，传播到天涯海角。玉石历经数千年的磨炼，从作为工具到成为祭祀的神器再到礼器、陈设器，由此创造了灿烂的中华玉文化。

时至今日，新时代下的和田人秉持环保生态理念，积极响应习近平总书记倡导的绿水青山就是金山银山的科学生态观，摒弃杜绝了传统粗放式的采玉方式，和田地区成立了专门的“和田地区和田玉发展保护管理局”，推进实行“依法依规、科学勘探、招投透明、保护为主、量产限采”新时代采玉管理制度。

近几年，和田地区政府本着和田玉长足发展的布局考虑，创建了大规模的和田玉交易市场以及一系列的相关配套设施，为当地百姓走向富裕的“玉石之路”打下了坚实基础。

“石蕴玉而山晖，水怀珠而川媚”这是西晋著名诗人陆机在他所著《文赋》里描述美玉的名句。玉，小巧玲珑却永恒流传；玉，凝聚着中华文化的精髓；玉，成为中华文明历史长河中的一朵灵动无比的浪花。追根溯源，昆仑是宝库，新疆是源头，中华玉文化的再创辉煌离不开和田这块丰饶壮丽的宝地。

本文作者系“和田绿洲气候环境变迁——克里雅河沙漠段全流域自然与人居环境科学考察队”队员

A photograph of a desert canyon with a caravan of camels and riders. The canyon walls are made of layered, yellowish-brown rock. A path of sand runs through the center of the canyon. Several camels are walking along the path, with riders on their backs. The riders are wearing traditional desert clothing, including white head coverings and long robes. The sky is clear and blue.

寻访沙埋的古城

—— 塔里木生态变迁两千

文 / 沈孝辉 供图 / 张永兵

塔里木，维吾尔族语意为“众水汇聚”。在这个 56 万平方公里的盆地，曾有过众多绿洲与城镇，成为连接古丝绸之路东西交往的通途。塔里木盆地的主体是 33.7 万平方公里的塔克拉玛干沙漠。塔克拉玛干的维吾尔族语意为“地下家园”或“地下城市”，又被解释为“曾经的家园”。古代，这里曾是吐火罗人的领地。也许正是这些词义蕴含的深意，隐藏着远古的神秘信息，引发了人们的好奇与联想。自 19 世纪下半叶始，西方探险家、地理学家和考古学家纷至沓来，逐步揭开了西域自然、历史和古文明的层层面纱。

两千多年来，尽管横亘在古丝绸之路上的漫漫黄沙、茫茫戈壁充满艰难险阻，却从未阻止西去东来先行者的脚步。从开通西域的张骞、拓疆守土的班超、天竺求法的法显与玄奘，到意大利商人马可波罗、瑞典探险家斯文赫定……他们舍生忘死，不辱使命，留下大量的历史文献记载，使后人在研析西域历史时，得以站在前辈的肩上看得更广、更远。

怀着对先贤的崇敬之心和对我国西部生态的关注，2019 年，我又一次沿着丝绸之路进入塔里木，探访沙漠绿洲的兴衰，见证悠悠岁月的变迁。

曷劳洛迦的传说与现实

传说于阗（今和田）古国的北方，有个安乐富足却不皈依佛法的城邦，叫曷劳洛迦。某日，一个游方僧来到这里。但他不仅化不到斋饭，还遭到驱赶。只有一位长者私下为他提供饮食。游方僧对长者说，我走后，曷劳洛迦将遭受天降沙雨的惩罚，你需及早离开。长者向公众发出警告，被笑为疯语，无人理睬。第七天夜里，人们进入梦乡后，凶猛的沙雨伴随狂风从天而降，迅即掩埋了这座繁华的城邦。从此，曷劳洛迦被永远埋葬在塔克拉玛干的沙漠深处。其后多有欲到那里寻宝的人，常常是有去而无回。

这个沙埋古城的传说颇有超越时空的魅力，甚至玄奘在《大唐西域记》里都有过描述。而今，生活在塔里木的老人也会把这个传说讲给子孙和来客们听。在我看来，它并非弘扬佛法的凭空杜撰，而是丝路古国历史的折射。只需抹去其中的宗教色彩，就会发现在这个“半睡半醒”的传说中，隐含着普遍而可怕的真实！

当然，沙埋古城不可能在一夜之间完成，应该是渐进积累的过程。找到曷劳洛迦，对考古工作者来说也许是兴趣盎然的事业；而对生态学者而言，重要的是近百年来，在塔里木盆地的大漠瀚海中发现的一座座沙埋古城，意味着什么？又昭示着什么？

我们只需在地图上标出它们的位置并串联起来，就会发现一条被风沙遮盖下的丝绸古路，由此可得出一个惊人的结论：

楼兰古城（汉代遗址），位于孔雀河下游尾间，罗布泊干湖盆西岸，距今尉犁县城东 320 公里；

伊循古城（汉代遗址），位于今已干涸的米兰河下游，距今若羌县城东 75 公里；

恰勒玛旦古城（汉唐遗址，有人认为是《大唐西域记》所载的折磨驮那），位于车尔臣河古河道畔，距今且末县城北 95 公里；

尼雅古城（即汉晋时代的精绝城池），位于尼雅河尾间的沙漠中，距今民丰县城北 150 公里；

克拉墩古城（西汉南北朝遗址），位于克里雅河下游，距今于田县城北 188 公里；

丹丹乌里克古城（学界认为是唐代西域佛教重镇唐例榭故地，有古河道穿城而过），距策勒县城北 115 公里；

玛扎塔格烽燧和古戎堡（玛扎塔格唐代称神山，宋代称通圣山，其烽燧是汉代遗址；古戎堡是元代遗址），位于和田河中下游，距和田北 230 公里；

皮山古城（汉唐遗址，我国考古学家黄文

丝绸之路新疆南段示意图

一段被风沙遮盖下的古代丝绸之路

“几乎全部远离现代城镇和公路”

“古今道路平均相距达 100 多公里”



玛扎塔格是丝路东西南北交通的十字路口，是从丝路北道姑墨（今阿克苏）到南道于阗（今和田）的必经之地。玛扎塔格向东，可把克里雅河、尼雅河、安迪尔河、车尔臣河及米兰河等诸河下游的古城连成一线；向西，又可通皮山、莎车、疏勒和葱岭（帕米尔高原）。不少学者认为，玛扎塔格的这条东西延长线就是当年的古丝路南道。

设计 / 龙晓云

被认为是《大唐西域记》所载的勃加夷城），位于桑株河古河道畔，距今皮山县城东北 170 公里……

这些深陷于沙海之中的古城以及它们连接起来的丝绸之路，几乎全部远离现代城镇和公路。历史上，楼兰曾是东西方陆路交通的枢纽，伊循也有通衢直达敦煌。而今，古道均被重重沙漠、戈壁阻断，那“商胡客贩，日奔西下”的动人画面，已经被风蚀地貌和海市蜃楼的幻影所取代。沿着由若羌到且末的现代道路两边，可以看到雪峰与大漠并峙的自然奇观。塔克拉玛干沙漠已经越过公路，直扑昆仑山脚下。从民丰到皮山长达七八百公里的路面，被步步紧逼的沙漠几次改道，已经被挤到昆仑山前的洪积扇上。古今道路平均相距达 100 多公里。这个事实，使汉唐以来沙漠与绿洲的进退态势和人类生存环境的巨大变迁，一目了然，无须更多阐释。

人们不禁要问，这一切究竟是怎么发生的？是不可抗拒的自然力的作用，还是人类在处理与自然关系上的无知与盲动酿成的苦果？

辉煌瀚海中

公元前 100 年，世界不同的地理区域产生的几大古代文明，逐渐形成两大发展中心——在西方，是罗马帝国称雄；在东方，是汉武帝重建统一王朝。汉王朝的疆界首次拓展到辽阔的西域，并开通了丝绸之路，经中亚、西亚诸国，与罗马连接。

丹丹乌里克位于大河沿村西约 50 公里的克里雅河古河道两岸的台地之上，是绵延十余公里的唐代遗址群，包括城堡、民居、寺庙、果园、耕地及灌溉系统，现今均被流沙所掩埋。

在丹丹乌里克出土了大量佉卢文、粟特文、吐火罗文、梵文和汉文木牍文书等。仅从这些

多种语言的使用上，我们就可以想象当年丝路上多民族文化在此汇聚、交流和融合的盛况。

我国中原地区的种桑养蚕和制作丝绸技术在魏晋南北朝时期传入西域，之后经西域传到中亚和西亚，7世纪初传入东罗马帝国的西西里。造纸术在公元645~671年间，通过唐朝与吐蕃（西藏）至尼波罗（尼泊尔）的新丝路传到印度。活字印刷术和火药则随蒙古军西征带到阿拉伯地区，传至西方国家。

经西域传入中原的水果有葡萄、西瓜、石榴、扁桃、无花果、哈密瓜；蔬菜有葱、蒜、胡椒、胡豆、胡萝卜、黄瓜（原叫胡瓜）、菠菜（原叫波斯菜）、莴笋、茄子、芹菜、扁豆、豌豆、蚕豆等。汉朝还从大宛引进当时重要的军事物资和“秘密武器”——汗血马，在一举击败匈奴的战争中发挥了至关重要的作用。

这些凭借丝绸之路开展的国际贸易以及文化交流，大大促进了东西方社会经济的发展和文明的进步。

尼雅遗址位于克里雅河之东。卫星遥感显示，古尼雅河是一条支流，在今大河沿北约70公里处汇入克里雅河。在尼雅河的尾闾，南北长25公里，东西宽5~7公里的古代绿洲上，分布着比丹丹乌里克更丰富的建筑群。尼雅出土的大量文物中，有来自古希腊、古伊朗的玻璃器皿和玉石珠饰；来自印度的印花棉布；有希腊艺术风格的木板雕刻和雅典娜神像封泥；更有大量来自黄河流域绚丽的丝绸锦缎、龙纹铜镜和漆盒。闻名遐迩的“五星出东方利中国”织锦，即是其一。

尼雅还出土了世界上最多的佉卢文书，有一千多件。解读这些佉卢文书，我们不仅了解到塔里木绿洲古国的经济生活，也了解到当时人们丰富的精神世界和理想追求。有一份佉卢

文写道：“我渴望追求文学、音乐以及天地间的一切知识。天文学、诗歌、舞蹈和绘画，世界仰赖于这些知识。”一千六七百年前的古人，就对知识有着如此广泛的渴望与追求，不能不令人为之赞叹！还有一份佉卢文书记录两对情侣沿着克里雅河穿过沙漠私奔到龟兹的爱情故事。多年以后，他们思念亲人想返回故乡，王廷颁发赦令，允许他们回到精绝（尼雅），并受到妥善安置，过上幸福的生活。这份佉卢文书反映了古代人们丰富的情感以及仁厚包容的社会氛围。

有人认为尼雅是唐代的尼壤城，我却不这样认为。实际上尼雅属于汉晋时代，因为遗址中并无唐代的历史遗存。尼雅的历史似在一夜之间戛然而止。居民匆忙撤离，许多生活物资来不及带走，一些木简、木牍未及拆封堆在墙角，千百年来静候着主人归来。这又是一段“失落的文明”！

在喀拉墩遗址，发现有中国最早的佛寺、佛塔以及未被汉文化同化的犍陀罗式古希腊人面孔的佛像壁画。一般认为，佛教于公元前260年前后传入西域。另据藏文文献《于阗授国记》所载的时间推算，佛教传入于阗的时间是公元前82年，而经西域传入中原的时间是两汉之间的公元元年前后。从寺庙建筑、石窟开凿、绘画雕塑到音乐舞蹈，博采众长，兼容并蓄，汲取了印度、犍陀罗、希腊、伊朗和中国等诸多文化元素，从而创造出极富特色的西域佛教艺术，不仅对汉地佛教及藏传佛教，也对汉地的社会生活产生了巨大影响。

举例来说，来自康居的胡旋舞和狮子舞，经塔里木盆地丝路北道的龟兹，于公元4世纪传入中原。及至盛唐时代，胡旋舞不仅在宫廷盛行，在长安城也风靡民间，成为街头巷尾、红男绿女酷爱的舞蹈。论及龟兹乐舞，有专家认为不仅唐朝的燕乐诸调受其影响，从中衍生，

其对唐诗、宋词和元曲的创作也起到催化作用。可惜胡旋舞元代后失传。我们只能在克孜尔和敦煌的石窟壁画及龙门石窟的浮雕上，一瞥胡旋舞女激情奔放、活力四射的舞姿。

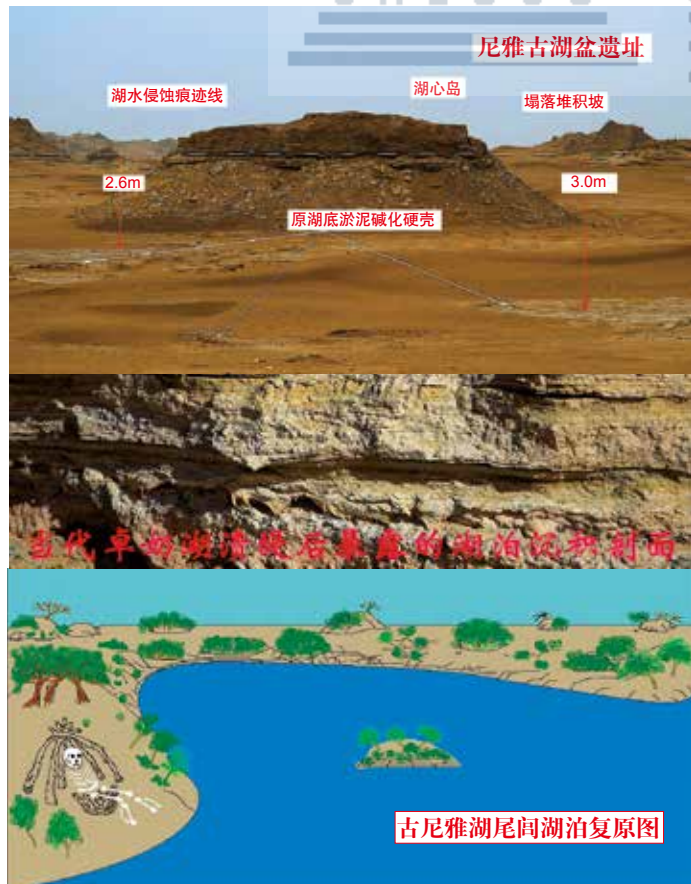
多数学者认为喀拉墩是扞弥国的王宫所在地，西汉时有人口 2.35 万，与于阗、楼兰、龟兹并列塔里木盆地四大国之一。

龟兹曾是最为繁华的西域重镇，汉时人口即达 8.1 万。唐代在这里设置了安西都护府，成为西域的政治、军事、经济与文化中心。佛经翻译大家鸠摩罗什即出生于龟兹，而玄奘取经途经龟兹，也曾在龟兹的昭怙厘寺讲学月余。

龟兹先民曾享有高度的文明，特别在魏晋

之后，出现了空前的经济繁荣。史料记载，龟兹“城有三重，外城与长安城等”“佛塔庙千所”“僧众达万人”。佛教文化外在表现为石窟艺术。库车西 67 公里的克孜尔石窟，是我国地理位置最西、开凿最早的石窟群，始建于公元 3 世纪。甘肃敦煌莫高窟开凿于十六国前秦时期的公元 366 年；天水的麦积山石窟开凿于后秦时期的公元 384 年，都是公元 4 世纪的下半叶。山西大同云冈石窟和河南洛阳龙门石窟分别开凿于公元 453 年与 493 年，较之敦煌和麦积山又晚了一个世纪。五大石窟开凿的时间顺序与佛教及佛教艺术沿着丝路，从西北向东南的空间传播路径完全一致。有趣的是，这种源自古印度犍陀罗和古希腊化的佛教艺术造像（如观音菩萨从印度的男性男装最终变为女儿身），在向汉地输入的过程中又逐步本土化、世俗化，

过去，尼雅河水最终注入克里雅河，如今尼雅河早已干涸



最终完成了汉化的演变。

可是，所有这些在丝绸之路上繁荣过，骄傲过，闪烁过迷人色彩的西域古国，连同所衍生出的绚丽文化，权力与财富，光荣与梦想，如今统统被无情的荒沙永远定格在历史的一页，变成了“前人无暇自哀而后人哀之”的启示录。

罗布泊与罗布人

楼兰人是罗布荒原的原住民。四五千年前，印欧人的一支——吐火罗人从欧亚草原迁徙到天山后继续分化，其中一部分人来到水草林木繁茂的孔雀河流域和罗布泊畔定居。这些先民当时已经掌握了灌溉、制铜、纺织等技术。他们从西亚引入小麦，又从汉地引入黍，在绿洲开垦出农田种植，也饲养牛羊，用牛皮缝制皮靴，

制作毡帽和颇似夏威夷草裙的女式羊毛短裙腰衣——是古人太超前，还是现代人返璞归真，这种短裙腰衣在今天仍然相当时尚！

公元前 1 世纪，丝路开通。古罗马与汉王朝虽远隔千山万水，但彼此已经清楚知道对方的存在。罗马人称东方的神秘国度为“契内”，中国则把罗马想象得和自己一样，称之为“大秦”。双方也知道两国之间有个楼兰小国，于是乎，楼兰顺理成章地成为东西大国之间经济贸易与文化交融的中转枢纽和桥梁的角色。

几经征战，几经反复，公元 77 年，在汉王朝的扶持下，于长安当“质子”的楼兰王子尉屠耆成功登位，改国名为“鄯善”。汉朝在罗布泊西的海头城设置西域长史府，将其正式纳



克里雅河床 摄影 / 王方辰

入汉地管辖；并在“其地肥美”的伊循（今若羌县米兰乡）屯兵农垦。鄯善在大汉王朝的支持下，很快国力鼎盛，势力向西扩张，纳且末，吞精绝。

此时，罗布泊畔的楼兰在丝路贸易中的地位更加突出显赫，这从斯坦因在楼兰遗址发现的一件魏晋时期木简文书也可见一斑：“今为住人买采四千三百二十六匹。”不难推断，汉地经楼兰转运西方的丝织品数量巨大。

楼兰人甚至发明了酿造葡萄酒的工艺，比法国早 800 多年。也是这位斯坦因，在伊循遗址发现公元 3~4 世纪有着古希腊神话“带翼天使”、酒神和裸体艺术风格的壁画，又证实了西方文化艺术在塔里木盆地的传播。显然，没有一定的经济实力是无法支撑这种国际文化艺术交流的。

公元 4 世纪末，楼兰被攻击力强大的游牧民族所破，“人民散尽”。东晋法显于公元 400 年取经途径楼兰，所见已是一片衰败景象。唐初，新的丝路伊吾道（从瓜州至哈密）正式开通，从此商旅羁客彻底放弃楼兰一线了。

作为延续多个世纪的西域古城楼兰，其彻底废弃的原因众说纷纭。主要有战争说、鼠疫说、气候说、丝路改道说、河流改道说和环境恶化说等。以我之见，“战争说”与“瘟疫说”不足为由，因为战争和瘟疫总会过去，哪怕只剩下废墟，幸存的人还会回来重建家园。气候的变迁起码要经过数万年以上时间才可能显现出效果。楼兰从商贾云集到荒无人烟，不过在百年之间，显然不是气候变化所致。至于丝路改道是在楼兰废弃之后，是楼兰废弃了才改道，而非改道才废弃了楼兰。

那么，河流改道和罗布泊地区环境恶化是楼兰古城废弃的原因吗？

历史上，塔里木盆地水量最为充沛的三条内陆河——塔里木河、孔雀河和车尔臣河——最终汇集于海拔最低的罗布洼地，形成聚水面积达 1 万平方公里的罗布泊。其中，孔雀河与塔里木河并流一段复又分岔，孔雀河东流注入罗布泊，塔里木河与车尔臣河从不同方向分别注入台特马湖，之后循着一条故道从台特马湖流向罗布泊西南的喀拉库顺湖。在喀拉库顺湖与罗布泊之间，古代也曾有一条水道相连。到了近代，台特马湖成为车尔臣河的终端湖，而塔里木河则流向东南，直接注入喀拉库顺湖。喀拉库顺湖和罗布泊之间的水道，由于两湖水位降低和泥沙淤塞，中断了联系。

时值 20 世纪下半叶，塔里木盆地人口急速增长，大规模垦荒发展农业，灌溉用水与年俱增，注入罗布洼地的生态用水日益减少。孔雀河下游断流，塔里木河终止于人工湖——大西海子水库。于是，罗布泊急速萎缩，水面积从 1941 年的 3000 平方公里，缩减到 1962 年的 660 平方公里，到 1970 年后则彻底干涸，从泱泱巨泊变成由坚硬盐壳铺就的大耳状干湖盆。

说到罗布泊地区的环境恶化，古代人对森林的砍伐难辞其咎。在孔雀河及其支流注滨河（又名小河）流域，人类农业开发已有几千年历史。农业用地都是毁林开垦出来的。在河流下游两岸的冲积平原，发育有盐分含量少、有机质含量高的草甸土和胡杨林土，这种土壤层厚且疏松，适宜农作物生长。加之人们长期对建筑材料、薪柴、造船和修建墓地等所用木材无休止地索取，也使胡杨林遭到毁灭性的砍伐。据测算，楼兰绿洲的森林覆盖率曾达 40% 以上，到了东汉时已经残破不堪，朝廷不得不发布严苛的保护禁令限制砍伐，但为时已晚，终究无法改变荒沙肆虐、生态劣化的颓势。

在孔雀河截流取水也加速了胡杨林的衰败。史载东汉年间，楼兰的水源已严重匮乏，原因是汉将索勋率敦煌、酒泉一带士兵四千之众，并



克里雅河畔的男女老少

从鄯善、焉耆、龟兹调兵各千人，截断孔雀河支流注宾河，拦河筑坝，引水灌溉砍伐大片胡杨林开垦出的农田。在取得三年“积谷百万”石，使西域各国一一归服的显赫政绩的同时，却加速了楼兰水源干涸和土地荒漠化的进程。孔雀河流域森林的毁灭，也恶化了农业生态，土地干旱，沙层裸露，风沙肆虐，寸草不生，生产、生活均不可持续，最终导致楼兰城与注宾河新垦地双双被废弃的结局。

人类在取得眼前“征服自然”的成功之后，很快就会被自然所征服，这就是恩格斯在《自然辩证法》里谈到的“自然的报复”。时隔 1600 年后，曾经繁华富饶、商贾云集的楼兰，已是荒凉不毛之地。

楼兰的废弃，使曾经在丝路上光辉了几个世纪的楼兰人成了生态难民。他们大多逃往他乡，只有少数人死守故土。公元 7 世纪，仍聚集在罗布泊畔的楼兰后裔被称为“耆宿”，而耆宿的后裔，即今罗布人。几百年前，当罗布泊水质太差，无法赖以生存时，罗布人迁徙到位于罗布泊西南的喀拉库顺湖畔，建立了阿不旦村。乾隆年间，最初只有三个罗布人的阿不

旦村已经有千余居民。清代徐松著《西域水道记》，称罗布人“不种五谷，不知游牧，以鱼为食，织野麻为衣，编芦为室”，再现了罗布人的生活形态：搭建比克里雅人更简陋的窝棚居住，依旧以渔猎采集维生。1880 年，俄国探险家普热瓦尔斯基曾到阿不旦，称其是“与塔里木社会脱节的社会，一个远古时期的活化石”。

1921 年，塔里木河再次改道，喀拉库顺湖间歇性干涸。阿不旦村的水质恶化，瘟疫流行，仅存的几十个罗布人只好迁徙到米兰农场，即汉朝屯兵开垦的伊循城故址，终于完成了从渔猎生活至农牧劳作的彻底变身。

罗布人的体形特征为身长中等偏矮，尖下颏，皮肤黝黑，和他们的祖先楼兰人相差甚远。近百年来，孔雀河中下游地区古墓地考古发掘收获颇丰。研究显示，4000 年前，当地居民种族成分有欧洲人种、蒙古人种和中间混血类型，这表明新疆自古以来就是多民族、多种族共同居住和开发的区域。两千年前，楼兰人已具有东西方混血儿的体形优势：身材高挑，高鼻深目大眼。而楼兰美女在丝路上尤其久负盛名，西域的王公贵族纷纷以娶楼兰女子为荣，她们

也有远嫁中原的记录。而罗布人由于不与外界交流，局限于阿不旦村落之间世代近亲通婚，出现生育力降低、体形低矮的退化现象。

长期处于与世隔绝、自我封闭状态的罗布人，不仅忘却了楼兰祖先多才多艺的生产生活技能，也失去在丝路经济文化交流中曾经获得的开放胸襟、国际视野和丰富知识。回想起 1990 年，我来到米兰农场访问罗布人时，恰巧见到世纪同龄人库万。库万小时见过到访达阿不旦的斯文·赫定，又担任过米兰乡乡长，在罗布人里算见多识广。20 世纪 70 年代末，意大利政府曾邀请全世界 30 多个叫做“米兰”城镇的代表，齐聚意大利米兰参加一个庆典活动，也给新疆若羌县的米兰（乡）发来邀请。我问库万和周围几位罗布老人，“为什么咱们米兰人没有去？”他们竟一脸茫然，摇头表示不知此事，还反问我：“意大利是什么？”

我沉默了。一千七八百年前，他们的祖先知道罗马，不但和意大利人做生意，还请意国画师来此地作画；如今的楼兰子孙却不知“意大利”为何物。环境退化导致文化衰败，实在令人唏嘘！

结束语

两千年来，塔里木盆地的生态演变，遵循着荒漠化不断从内陆河下游向中上游漫延的模式。两汉魏晋时期的古城，多建于河流尾间；隋唐时期，多建于中下游；及至宋元时期，则邻近地处河流中游的现代绿洲。在古代，随着时间推移，绿洲不断从下游向上游方向节节退缩；城镇、人口和牧场、耕地，也随之节节迁移。在近现代，当人们在上游过度截水开辟新的绿洲的同时，又造成了下游天然绿洲的衰败。如此置换，可谓得不偿失。人们所有这一切作为的后果，使得塔里木盆地的内陆河与胡杨林的生态系统持续衰退，环境承载能力持续下降，直到二十世纪。

一部塔里木的生态史，就是绿洲退缩，沙漠扩张的历史。走过塔里木，走过丝绸之路，多少江河断流，多少绿洲湖泊消失！那些沙埋古城各有各的传说，追根溯源，却又证据惊人一致——急功近利的重经济轻生态，或者根本就没有生态理念和生态举措的生产活动，把天赐的绿洲变成了“人造沙漠”。

从西域联想到古埃及、古巴比伦、华夏黄土高原，这些曾经自然条件优越，诞生出人类始祖文明的发祥地，在“各领风骚数百年”后，无不深陷荒漠化的困扰，变成贫穷落后之地，社会经济发展无以为继，文明或中落衰退或中心转移，徒留一个个遗址、一座座废墟。后人在惊叹前人智慧和创造力的同时，又不无叹惜他们终未突破“可持续发展”怪圈的知识局限和历史局限，“其兴也勃焉，其亡也忽焉”。

有人问英国著名历史学家汤因比：您喜欢在历史上的什么时候、哪个地方出生？汤因比答道：“我希望能生在公元纪年开始的一个地方，在那个地方，古印度文明、古希腊文明、古伊朗文明和古老中华文明融合在一起。”汤因比所痴迷的这四大文明汇聚融合之地，就在塔里木盆地，就是西域文明。著名美国人类学家摩尔根也曾经断言：“塔里木河流域是世界文化的摇篮，找到这把钥匙，世界文化的大门便打开了！”

西域文明曾因兼容并蓄、开放创新而异彩绽放，又因生态变迁、环境恶化、自我封闭而中道衰落。人类走过农业文明，又走过工业文明，都未能处理好与自然的关系而陷入发展的困境。走过多少弯路，经历多少挫折，今天的我们终于找到打开塔里木，也是打开“一带一路”，打开人类共同体未来之门的钥匙——那就是与大自然重修旧好，走向生态经济，走向生态科技，走向生态文化，走向生态新文明。

本文作者系中国人与生物圈国家委员会专家组成员

沙漠是怎样被“人造”的

文 / 沈孝辉

20 世纪 50 年代，苏联专家提出塔克拉玛干沙漠在近 1500 年以来向南移动 100~150 公里，造成了塔里木盆地南缘绿洲古国的消失。我认为不是塔克拉玛干沙漠整体向南推进吞噬了绿洲；而是绿洲就地起沙掩埋了自己，融入了沙漠。具体来说，风力作用下的沙丘固然能移动，但移动的速度远不及沙漠的“人造”速度。

沙漠出现需要具备两个基本条件：其一，要有丰富的海相或湖相沉积，提供充足的沙源；其二，要有干旱多风的气候，利于流沙的堆积。这两个条件，塔里木盆地都具备。最新研究显示，塔克拉玛干沙漠形成于新生代早第三纪，距今约 2500 万年前。塔里木盆地曾经是古地中海的一部分，当地壳变动，海水退出后，地层中留下丰厚的海相沉积便显露出来。自始新世以来，造山运动使青藏高原快速隆起，将印度洋北上气流阻断，塔里木盆地产生干旱化，开始出现大面积集中连片的沙漠景观，沙盖厚达 300 米。这是天造地设、自然演变的结果。

近万年来，在人类扮演生物圈主角的全新世，塔里木盆地渐渐出现另一种全新类型的风沙堆积——人造沙漠。“人造沙漠”的概念是著名气象学家竺可桢先生提出的，现今我们常用“沙化”“沙漠化”或“荒漠化”来定义。

人类并无制造沙漠的主观动机和需求，然而由于不当的社会经济及军事活动，一旦破坏了干旱半干旱区的地表植被、土壤结构及自然水系，就会造成土地退化，原来潜伏于地表之下的古沙翻新，在风力作用下堆积形成类似原生的沙漠景观。在塔克拉玛干沙漠主体的外围，从西至南至东北三面，呈横倒的“C”字形，宽度从十几公里到二百多公里不等的区域，即属于在人类活动干扰后，从水草丰美、森林繁茂的绿洲演变成沙漠和戈壁，其面积约占塔克拉玛干沙漠总面积的 1/5。

谈到沙漠，就要涉及黄沙的伴生物——黄土。黄土是由黄沙中颗粒细小的尘粒组成，粒度在 0.01~0.05 毫米，成分与沙子一致，主要是石英、长石、方解石和云母。

在盛行的东北风和西北风作用下，昆仑山北坡和塔里木盆地南缘的黄土层，均来自塔克拉玛干沙漠。据碳 14 年代测定，这些黄土层主要形成于 1 万~3 万年内的末次冰期；又由于塔里木盆地诸多内陆河的搬运作用，在河流下游及尾间地带堆积的黄土层及其覆盖的植被处形成的土壤层十分肥沃，可耕可牧，是三四千年以来人类与野生动物共同生存繁衍的绿洲家园。

实际上，据我国科学家对比十几年的卫星影像数据证明，塔克拉玛干沙漠沙丘以中等速率类型为主，每年移动 1~5 米。据此计算，近两千年历史中，沙漠不过平均南移 2~10 公里，解释不了在这个历史时期实际平均南扩 100~150 公里的现状。

事实是，塔里木盆地的古沙堆积一旦被后期形成的黄土层覆盖，便处于相对稳定的潜伏状态。人类频繁剧烈地在黄土层上进行经济活动，破坏了黄土覆盖层及其植被，下面的沙即会暴露出地表，在风力作用下，产生沙化。可见所谓沙质荒漠化，主要是人为作用下的“就地起沙”造成的。

走进尼雅遗址，随处可见黄土堆积形成的风蚀残丘。残丘之下是地质形成的深厚黄沙；残丘之上的黄土层和土壤层，汉唐时期的人们曾经在其上繁衍生息。风蚀残丘的剖面像一座座历史纪念碑，以其现身说法揭示了近两千年间沙化的全过程。这种地貌景观，从若羌河、车尔臣河、尼雅河、克里雅河、策勒河到和田河的下流域两岸，处处可见。



吐鲁番史前自然环境 与人类活动探秘

文、图 / 张永兵 李肖

吐鲁番市是新疆东部的一个地级市，位于吐鲁番盆地的绿洲之内。早在新石器时代，古代人类就在这里活动，经济活动从狩猎和采集逐步转变为农耕方式。据《史记》记载，古代吐鲁番盆地的土著是姑师人，他们建立了最早的姑师（后称车师）国等多个小型领地。在极度干旱的自然环境里，吐鲁番先民利用天山上的冰川融水，创建了沙漠里的绿洲，造就了古丝绸之路上的重镇，为东西方商贸往来和文化交流做出了辉煌贡献。时至今日，由于全球气候变化和长期人类活动，吐鲁番绿洲面积在逐步减少，艾丁湖水面极度缩小就是例证。放眼未来，面对吐鲁番如何生存和发展的重大命题，需要我们对吐鲁番绿洲发生、发展的变化过程有一个清晰的认识和理解，才有可能做好绿洲未来发展的科学规划。

荒漠中的绿洲

吐鲁番盆地是天山山脉东段一个东西向长

椭圆状的大型山间盆地，四面环山，西起阿拉山沟口，东至七角井峡谷西口，东西长约 245 公里。其北部为博格达山（北天山）山麓，南抵觉罗塔格山（中天山），南北宽约 75 公里。中部有火焰山和博尔托乌拉山余脉横穿境内，把本地区分成南北两半。属于盆底的艾丁湖水面低于海平面 155 米，是仅次于约旦死海（低于海平面 391 米）的世界第二低地。吐鲁番盆地的山区加平原其总面积约为 7 万平方公里。

吐鲁番盆地位于西风带上的大陆腹地，由于被高山环抱，大气气流下沉迅速，产生焚风效应，致使盆地内增热快，而地面辐射热量散发慢，形成日照长、气温高、昼夜温差大、降水少、风力强的五大气候特点，成为名副其实的“火州”与“风库”。吐鲁番盆地的年平均气温为 14℃，夏季平均气温在 30℃ 左右；夏季高于 40℃ 的酷热天气约为 28 天，最高气温可达 49.6℃。四季中，春季短暂，平均为 61 天，开

春早，升温快；夏季漫长，平均 152 天，高温酷热；秋季平均 57 天，降温急促；冬季冷期较短，约 95 天，风小雪稀，天气晴好。吐鲁番盆地降水量极少，吐鲁番市平均年降雨量仅 16.6 毫米，而蒸发量却高达 3000 毫米，以至于大部雨滴在降落过程中即被蒸发掉。其巨大的蒸发量与微弱的降水量是吐鲁番盆地典型的温带大陆性干旱沙漠气候的重要特征。

吐鲁番市下辖高昌区、托克逊县和鄯善县。人们居住、生活和工作的城市、乡镇和村庄均在绿洲里，但是彼此之间被大片沙漠和戈壁隔开。然而在历史上，这些地方曾经是连在一起的大片绿洲。随着经济发展，人口增多，城镇扩大，造成水资源紧缺，严重制约了绿洲的生存和发

展。为此，我们应该如何认识绿洲的发展变化过程？如何规划吐鲁番未来的命运？吐鲁番地区大量出土的文物为我们认识和理解绿洲历史过程提供了基本素材。以此为依据，我们来探秘古代吐鲁番绿洲的自然环境和早期人类活动，并以此为镜，展望未来绿洲的发展。

吐鲁番地下博物馆

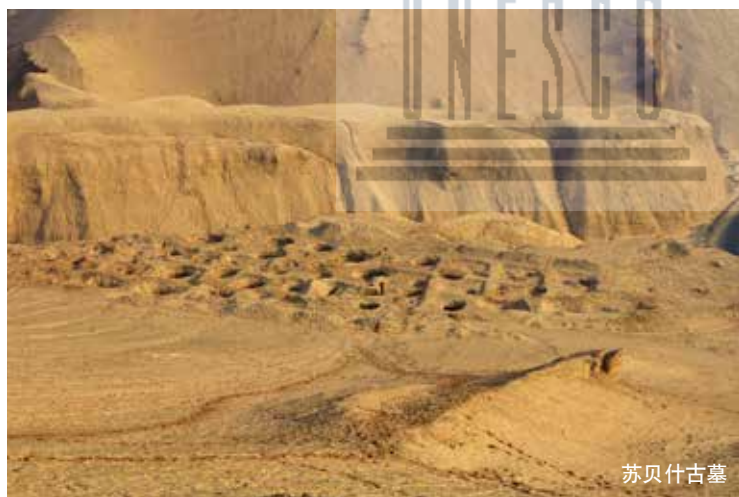
吐鲁番地区遗址丰富，墓葬数量众多。极度干旱的气候可以确保大部分有机物质在埋葬后可以迅速脱水，抑制了微生物活动，从而保存下来大量珍贵文物和生物遗存。吐鲁番有价值的文物点共计 189 处，主要是土遗址；其中，高昌故城、交河故城、坎儿井、吐峪沟和柳中古城等都是著名遗址。

火焰山南麓的洋海古墓埋葬时间从青铜时代（约公元前 1000 年左右）跨越至唐代。那里出土了大量千尸和有穿孔的头骨，以及不同时期的骨器、石器、青铜器、铁器、彩绘陶器、木器和编织物。其中有早期的乐器箜篌、早期的丝绸残片、泥制吹风管、弓箭和刻有动物图案的木桶等珍贵文物。洋海古墓是新疆出土最精美文物的墓地之一。

洋海一号墓的年代为青铜时代晚期，大约在公元 1050 年前后。那里出土了大量毛织品、马具、弓箭、纺轮，以及粮食作物如青稞、小麦及黍子等。

在吐鲁番阿斯塔那的唐代古墓内，出土了用瓶子或小袋子装的粟和小麦，还有用陶瓷碗盛着的小米饭。

横亘于吐鲁番盆地北麓的火焰山中有数条南北向冲沟，其中吐峪沟是靠东的一条。河水在沟内由北向南流过，沟口地带开阔，绿草成茵，树木茂盛，为世代生活在这里的居民提供了良好的生存环境。苏贝希古墓位于沟北西侧台地上。台地是由流水在大片荒地上冲刷后形成的



苏贝什古墓



火焰山

较大土丘。墓葬呈树叶状分布在土丘上。土丘中部一条浅沟将墓地分为东、西两片。该古墓群迄今共发掘了上百座墓葬。其中一号墓地约有 45 座墓，出土有毛织品、皮制服、陶片、角弓、箭杆、木器和人骨等。二号墓地约有 30 余座墓，出土的文物全部为陶器残片和人骨。陶片为夹砂红陶，其中有彩陶片、饰黑彩、个别施红色陶衣。三号墓地集中在台地中部，发掘有 1 座竖穴侧室墓，29 座竖穴土坑。出土了衣物、陶器、木器、铁器、铜器、石器、骨器和角器等。

胜金店古墓地位于胜金店水库与火焰山之间的坡地上，出土文物有木器、陶器、金属器、皮毛制品、丝织品和保存完好的古尸，以及大量保存完整的小麦。其中有奇异的木床罩和男女有别的木冠饰，以及世界上最早的假肢。陶器多为素面，彩陶较少。器物造型规整，主要有杯、碗、钵、壶、盆和双耳罐等。金属器物有铁刀、铁带钩、铜刀、铜耳环、金耳环和金质动物纹饰等。皮质品有皮靴、皮扣、扳指、护套、刀鞘和弓袋箭囊等。木器所占比例很大，器型丰富，加工制作工艺精湛，包括打磨、钻孔、雕刻、榫头卯眼和拼接等技术。

艾丁湖古墓地出土了陶器、石器、铜器、铁器和金器等。陶器多为夹砂红陶。器形有壶、罐、钵、杯、碗、豆、鼎、碟、孟、盆、缸、勺和纺轮等；彩陶为红彩和黑彩。石器有纺轮和磨石。铜器有铸成动物牌饰状的带扣、带钩、镜、镞和簪等。

喀克恰克古墓地出土了陶器、木器、石器和毛织物等，陶器占绝对多数，均为夹砂红陶，手制，器形以圆底单耳器为主，陶器大多为彩陶，施有图案。在喀克恰克墓地周边还发现了用土坯砌垒的人类居住遗存。

古代自然环境重建

地质记录表明，在距今 5500 年前后，新疆气候呈现出的干旱趋势在吐鲁番盆地从青铜时代延续到早期铁器时代。距今 3000 年是新疆环

境演变的一个重要节点，气候干旱程度加剧，湖泊普遍快速退缩，水资源对当时的人类尤为重要。博格达山区的降水不仅直接供给吐鲁番大小河流，而且依靠火焰山山体形成的地下天然大坝汇集成了一座地下水库。地下水在被切割的河沟沟壁及沟底溢出，形成许多泉流，泉流汇集成水量丰富而且稳定的泉水河，同时为火焰山南北麓绿洲的植被生长提供了充足水源。

洋海古墓群出土的木桶外壁上刻有北山羊、盘羊、狗、马、狼、虎、梅花鹿、骆驼、野猪和麋鹿等动物图案。其中的北山羊、马、狗、骆驼等动物与人类活动有密切关系，而虎、野猪、梅花鹿、盘羊、狼的存在说明当时的自然环境优越，绿洲不仅规模大，而且有面积森林。在阿斯塔那古墓出土的十六国时期的木刻老虎，也说明当时虎的活动领地范围较大。麋鹿是生活在近水湿地的动物。阿斯塔纳墓地壁画上绘制的水乡景观，以及出土的木制鸭子都表明当时除了艾丁湖，在吐鲁番盆地小型湖泊散布各处，河网水系四通八达。

通过对吐鲁番出土的棺木、木制器皿等木材的研究可以认识当时的树木种类，主要有胡杨、桦木、桑树、河柳、怪柳和云杉等。除云杉外，大部分树种与今天绿洲内的树木相似，都属于温带类型。通过对出土的禾本科粮食作物以及草本植物等植物遗存进行研究，分析古代的孢粉和植硅体等，所有证据表明：2000 多年前的吐鲁番盆地是由河流、森林、湿地和农耕田组成的相连成片的大范围绿洲。农耕地是先民发展农业、求生存的宝地；河道旁有胡杨、柳、桑等乔木树种；湿地上生长着喜湿的草本植物和生活在这里的麋鹿；森林里有各种大型哺乳动物和鸟类；绿洲外围分布有怪柳、蒿属、芨芨草和麻黄属等植物为优势种的干草原；在远处高山上生长有云杉等针叶林。这是一片生机勃勃的绿洲景观。然而，吐鲁番盆地今天的自然环境中缺乏连续成片的森林地带，植被稀疏矮小，分布零星，已经看不到各种大型野生哺乳动物。绿洲内人工种植的有白杨、胡杨、

柳树、葡萄以及各种农作物，天然生长的有骆驼草、沙棘、芨芨草、芦苇和红柳等。古今两相比较不难看出，吐鲁番盆地的自然环境发生了巨大变化，朝着不利于绿洲生存的方向发展。

古代人类活动管窥

历史上的吐鲁番盆地内分布有森林、河流、湖泊、湿地，孕育着丰富的野生动植物资源。吐鲁番先民的早期经济活动因此以采集、渔猎和狩猎为主，中后期逐渐转变为原始种植与畜牧生产方式。随着人口增加和对自然资源索取的加大，种植与畜牧开始在各自适宜的范围内发展，形成了绿洲内各有侧重的经济生产方式。

洋海古墓出土的大量弓箭和制作弓箭的工具，证明洋海人是能工巧匠，他们制作出世界上时代最早、保存最好、数量最大的一批弓箭文物。当时的弓体结构复杂，制作工艺水平高。箭杆用兴都库什山的木头，弓弦用牛筋合成，两端有扣，方便挂上或取下。其中最出彩的是那一束箭中有铁质、角质、骨质和木质的四种箭镞，箭杆的粗细也不相同，证明这些箭是用

来射猎体形各异的走兽和飞鸟。这里出土的儿童专用小弓表明洋海人从孩提时代就开始骑射训练，以适应成年后的狩猎活动。

胜金店墓地出土了保存完好的大量小麦；洋海一号墓地出土了青稞、小麦及黍子等农作物。陶器盛的食物遗存经过红外光谱分析，确认是由小麦和大麦经碾磨成粉混合后，未经发酵直接加工制作成的淀粉类的面食。这是我国最早利用小麦和大麦制作面食的证据，从而印证了麦类在吐鲁番先民生活中的重要地位，为了解古代大麦和小麦的利用方式，面食加工工艺和面食文化，以及东西方文化交流提供了重要信息。

阿斯塔那墓地出土了粟和小麦，陶瓷碗盛着的小米饭，还有丰富多样的面食，包括色泽金黄的春卷，形态各异的点心。其中，宝相花纹月饼式点心上面的花蕊和花瓣至今仍清晰可见，这是我国考古发现中唯一一块月饼式点心。阿斯塔那墓地还出土了一个历经千年的饺子，形如月牙，由小麦粉制成，是我国最早的饺子实物。苏贝希古墓群出土的小米面条更是惊艳世界，被选入“世界十大考古发现”。

从出土的这些农作物和食物分析，古代吐鲁番绿洲里的农耕经济十分发达，不仅农作物种类丰富，而且中原地区的饮食习俗在唐朝就已经在吐鲁番地区十分流行了。在阿斯塔那古墓壁画上展示了粮食脱壳的舂臼，磨碎谷物的石磨。墓葬中出土的泥俑，也有显示妇女从事舂壳磨碎、簸良、磨面、擀饼、烙饼等加工过程。另外，出土的大量文书也提供了吐鲁番高昌居民的饮食物品、食物加工方法、饮食器具乃至饮食习俗等丰富内容。

洋海墓地中 2500 年前的葡萄藤是迄今为止发现的最早的吐鲁番地区种植葡萄的实物见证，表明当时葡萄种植已从地中海、埃及向东传到了新疆吐鲁番。吐鲁番以其独特的气候和特有的沙质土壤造就了悠久的葡萄种植历史。此后吐



彩绘妇女劳动俑



阿斯塔那古墓木虎



洋海木桶

鲁番各个时期出土的葡萄实物标本使这里成为新疆发现有关葡萄文物最多的地区，证明从东汉至唐高昌王国时期，该地区种植葡萄就已十分普遍。吐鲁番葡萄酒酿造技术也有悠久历史。在阿斯塔那 408 墓室后壁的壁画“庄园生活图”中有酿造葡萄酒的画面。在“榨汁图”中有一个大桶，桶内有代表葡萄的圆球，上面的横线代表榨出的葡萄汁，下方有一个接受桶内流出葡萄汁的陶罐；还有象征过滤用的网格状滤网。此外，一个三足釜上放置着容器，象征煮葡萄汁的工序；下方一罐，与发酵酿造的装罐工序有关。此壁画说明十六国时期吐鲁番的先民就已开始熟练掌握酿造葡萄酒的技艺。

吐鲁番出土的骨器、石器、青铜器、铁器、金器、陶器、木器、皮毛制品和丝织品等编织物，有的属于工具，有的属于生活用品。其种类之多，数量之大，可以推断除了有吐鲁番先民自身生产的以外，相当一部分可能是商贸交流的舶来物品。

这里出土的彩陶、金器、乐器，以及各种动植物的绘图、纹饰和木制实物，都是当时文化艺术的见证。

吐鲁番先民的社会经济活动涵盖了采集、渔猎、农耕、商贸和文化等多时段多样化的过程，维系了绿洲的生存和发展。

绿洲的生存与发展

古代吐鲁番绿洲在新疆干旱环境的背景里呈现出一幅山清水秀的江南风景画。这与当时天山冰雪融化所提供的水量丰富有关，也与当时吐鲁番盆地内人口数量少，人类活动小，所消耗的水量低有关。在这两个前提下，绿洲自我修复能力强，绿洲生态一直保持相对平衡。在吐鲁番盆地发展的历史过程中，当河流和地下水供水量减少时，必然导致自然环境恶化的结果。



时至今日，吐鲁番盆地依旧保存有大量绿洲地块，但是荒漠化程度加大，沙漠和戈壁不断侵蚀绿洲，导致绿洲出现碎片化。这里有全球气候变化的原因，更有吐鲁番城市化大发展，人口增加，工农业增速，人民生活水平不断提高的现实，由此所产生的诸多因素叠加在气候变化造成的负面影响上，破坏了绿洲的生态平衡，加剧了绿洲自然条件向着负面发展的趋势。

在绿洲生存和发展的诸多因素里，水资源和供水量是第一位因素。历史上，吐鲁番先民建造坎儿井，将源自天山冰雪融水的地下水引到绿洲，养育绿洲，确保其生存和发展。今天，先进的取水技术可以直接抽取地下水，补供城镇、工业、农业和生活用水。如果不能够合理利用水资源，盲目加大地下水的用量，必然造成地下水位的不断下降，以致枯竭。

从全球变暖的宏观层面上看，气温升高会导致天山上夏季融水量加大，表现在河流和地下水量加大，这对地区经济的发展来说，在短时间内是一件好事。但是，如果大气降水补给天山冰川的水量不足以平衡夏季的融水量，跟随而来的就是来年及以后河流和地下水量的大量减少，因此，工农业生产和人民生活就会面临缺水局面。在考虑和规划吐鲁番绿洲社会和经济发展前景时，首先需要充分考虑的是吐鲁番水资源和水量供应的潜能，如何合理利用水资源，合理发展经济，确保生态平衡，确保可持续发展。

本文第一作者系新疆吐鲁番学研究院研究员
第二作者系中国人民大学教授

塔里木河的生态修复

文 / 徐晓亮

塔里木河地处塔里木盆地北缘，“塔里木”在维吾尔语里意为“无缰之马”，以此来比喻这条河流，可见塔里木河曾经的奔腾汹涌气势。史料记载，塔里木河曾汇聚了发端于天山山脉、帕米尔高原和昆仑山脉的9大水系共144条河流，流域面积达102万平方公里。天山南麓主要有喀什噶尔水系、阿克苏河水系、渭干河水系的所有河流，迪那河等诸小河以及开都—孔雀河水系；帕米尔高原主要有喀什噶尔水系的阿依嘎尔特河、马尔坎苏河、库山河以及叶尔羌水系的塔什库尔干河等；喀喇昆仑山和昆仑山北麓主要有叶尔羌水系与和田河水系；阿尔金山主要有车尔臣河水系。塔里木流域水资源形式主要是山区降水和冰雪融水，径流组成中冰川融水补给占48.2%，降水补给占27.4%，冰川基流占24.4%。

水是生命之源，也是文化之源、文明之源。在塔克拉玛干沙漠边缘，在塔里木河流域，有水就有绿洲，无水则为荒漠。塔里木河以其荡不定、兴衰枯荣的自然属性演绎着沧海桑田的历史变迁，以其稳固边疆、维护稳定的社会属性护卫滋养着这条绿色屏障，又以其特有的人文属性创造了令人叹为观止的绿洲文明，维护着人类的生存家园。它能在被誉为“死亡之海”的苍茫大漠中创造出楼兰文明和古丝绸之路的盛世辉煌，也能残酷地将其建造的绿洲文明复又葬身沙海。它自古以来就主宰着这里的自然生态、人类生存、经济发展和文明进步。

历史变迁

塔里木河历史悠久，远在春秋战国时期就有关于它的记载。《山海经》云：“敦薨之水

西流注于坳泽，盖乱河自西南注也。”敦薨之水即今开都河—孔雀河水系；“坳泽”又称“盐泽”“蒲昌海”或“牢兰海”，即今之罗布泊。“盖乱河自西南注也”真实地反映了塔里木河与孔雀河在今尉犁县以东河网交错、纵横贯通流入罗布泊的状况。《水经注》记载，公元前2世纪至公元6世纪（两汉至北魏），塔里木盆地存在着两条大河，称“南河”与“北河”，它们平行东流注入罗布泊。公元7世纪至10世纪（唐至后晋），依据《史书》新《唐书》《大唐西域记》《西域图志》《通典》《新五代史·四夷传》记载：叶尔羌河西移，和田河北流，古且末河断流消失。18~20世纪初（清），《河源记略》《西域水道记》记载：和田河继续西移，称额尔沟河，和田河、叶尔羌河、喀什噶尔河及阿克苏河汇于阿拉尔一带，塔里木河主河道由北向南迁移。近代（1911年以后），《新疆图志》文献记载和实际调查表明：旧和田河改道西移形成新和田河，塔里木河主河道发生变化。

塔里木河在历史时期内发生的河流改道及水系变迁，主要受自然和人类活动因素影响。自然影响作用包括：河流泥沙沉积作用、河水季节断流河床积沙和塔克拉玛干沙漠移动方向等；人类活动影响主要是通过兴修水利，发展农业，扩大绿洲面积，使人工渠道逐渐代替天然河道，人工水库逐渐代替天然湖泊，在自然基础上加速和促进了河流变迁，其结果使地表水在地域分配上产生新的不平衡。塔里木河的沉积作用十分强烈，洪水期泥沙含量高达6.5公斤/立方，当河流流经坡降较小地段时，流速减缓，河水携带的泥沙便在河床中大量堆积，河道容纳不了洪水期的流量，往往冲决自然堤形

成新的河道，导致历史上塔里木河在中游地区经常南北摆动。

依靠高山冰雪融水补给，塔里木盆地的河流夏季洪水大，冬春流量小，常出现季节断流现象。中小河流流经山麓砾质戈壁带，渗漏蒸发损失严重，加上人工灌溉引水，愈向下游水量愈小，特别是发源于昆仑山北麓的河流，大都湮灭于沙漠之中。盆地一年中的大部分时间断流无水，这期间流沙便往河床中堆积；当下一年洪水来时容纳不了，便向两边沙丘中漫溢，寻找新的出路，呈散流状态，大大削弱了集中输水能力，并且分支愈多，断流后积沙愈多，愈易被风沙埋没，促进河流改道变迁。

塔里木河流域距今 6000~7000 年前就有人类活动。史书记载，汉时设置了校尉屯田轮台、渠犁，“有溉田五千顷”。所谓“溉田”就是灌溉农业。今新疆沙雅县东南发现有长达百里的大型灌渠，为汉时所修。同一时期，拦河筑坝的水利工程技术也由河西走廊传入塔里木盆地。当时，塔里木盆地总人口约 23 万，农业规模不大，从河流中引走的水量有限。塔里木盆地水网较发达，河流大都处于自然状态，最后汇入罗布泊。到了唐朝，塔里木盆地农业有了进一步发展，灌溉面积扩大，引水量增加，一些较大的河流开始出现季节性断流。由于水分补给不足，植被衰退枯死，失去了对风沙的抵御能力，流沙便向河中堆积，抬高河床。在历史时期内，和田河不断西迁，与古代和田地区灌溉农业发达有密切关系。至清朝，由于农业进一步开发，绿洲面积不断扩大，塔里木河水量明显减少，塔里木河干流也发生季节性断流，因而使罗布泊缩小到“东西长八九十里，南北宽二三里或一二里不等”。新中国成立后，塔里木盆地农业取得了更加突飞猛进的发展，耕地面积比清末增加了 1 倍多，建立了许多大型国营农场，水利建设飞速发展，大量引、输、调、蓄水利工程使塔里木河下游的水量急剧减少。

伴随着塔里木河流域人口增加与耕地面积

扩展，大规模的农业生产活动和社会经济发展给该区域有限的水资源带来巨大压力。历史上罗布泊是塔里木河和孔雀河的尾间，最大水域面积曾达 5.35×103 平方公里，于 1972 年左右完全干涸；台特玛湖是现代塔里木河的尾间，于 1974 年完全干涸。流域地区的生态环境遭遇严重危机，当地百姓生产生活受到严重影响。流域水环境与自然生态过程发生了显著变化，以天然植被为主体的生态系统和生态过程因人为对自然水资源时空格局的改变受到严重影响。源流区土壤次生盐渍化加重，干流区来水量减少，水质盐化，下游 700 公里河段持续断流 30 年，湖泊干涸，地下水位下降，沙漠化过程加剧，塔里木河下游以胡杨林为主体的天然植被全面衰败，位于塔克拉玛干沙漠和库鲁克沙漠间的“绿色走廊”濒临消失。野生动物栖息地遭到破坏，塔里木河原有的新疆大头鱼已濒临灭绝，水域湿地动物种群数量不断减少，一些鸟类难觅迁移停歇地，塔里木河流域生态环境恶化已严重地威胁到各种野生动物的生存。

现代治理

随着西部大开发战略实施，塔里木河流域生态环境问题得到党和国家高度重视。新疆维吾尔自治区 1997 年颁布实施《塔里木河流域水资源管理条例》，是全国首部地方性流域水资源管理法规。随着《条例》适时修订和配套规章制度不断完善，塔里木河流域依法管理格局初步形成，流域水资源统一管理、调配力度逐步加强。2000 年，塔里木河流域水利委员会、执行委员会及其职能机构（新疆维吾尔自治区塔里木河流域管理局）成立，形成了“决策—监督—执行”的有效管理模式，塔里木河流域管理局组织实施了向塔里木河下游生态输水工作。2001 年 6 月，国务院正式批复了《塔里木河流域近期综合治理规划报告》，中央财政安排专项投资 107.39 亿元支持其实施综合治理工程。2011 年，新疆维吾尔自治区实施了流域水资源管理体制改革，将现有源流管理机构（包括阿克苏河、叶尔羌河、和田河和开都—孔雀河流域管理机构）整建制（包括河道水工程）

移交塔里木河流域管理局，建立了协调高效的塔里木河流域水资源统一管理新体制。

地下水得到有效补给 自2000年生态输水以来，塔里木河干流下游地下水得到了有效补给。随着地下水位抬升、地下水水质日益好转，水环境得到明显改善。为进一步巩固塔里木河近期治理成果，扩大受水面积，从2016年开始，生态输水逐步从塔里木河下游向全流域扩展，在全流域组织实施重点胡杨林保护区生态补水工作，到2019年，已经是第20次向塔里木河下游生态输水，同时也是连续第四年实施胡杨林区生态补水。截至2019年11月11日，塔里木河流域累计输送生态水逾81亿立方米，累计向胡杨林区生态输水逾50亿立方米。生态输水有效缓解了塔里木河流域生态严重退化局面，塔里木河四源流和干流上中游各胡杨林保护区的天然植被生长季各时段的植被指数上升显著，天然植被得到恢复和改善，筑牢了生态安全屏障，推进了流域生态文明建设。

下游植被面积增加，生物多样性显著提高 由于水分条件改善，过去沿河分布的乔木、灌木、草本植物由枯萎衰败转向重焕生机。下游植被恢复和改善面积达2285平方公里，其中新增植被覆盖面积达到362平方公里，胡杨林受益面积约712万亩，沙地面积减少854平方公里。2000年前，由于河水断流，胡杨已失去实生苗更新能力；输水后，河水漫溢到的地方和可以进水的汊流都有实生苗生长，长势好的幼苗高达1.5米。以红柳为主的灌木面积同期由126平方公里增至172平方公里，冠幅增大，株高增加，枝条嫩绿，长势良好。以芦苇甘草为主的多年生草本植物面积增长了1.8倍，植被覆盖度从30%提高到50%，沿河两岸部分低平洼地已形成连片芦苇草地。植物多样性也得到提高，植物种类由输水前的9科13属17种，增至输水后的15科36属46种；大雁、鸕鹚成群，以往我们难以寻觅到的鹅喉羚、赤狐和野猪也重现身影。

下游沙漠化趋势出现逆转 塔里木河下游全年盛行单一东北风，最大风速18~24米/秒，全年大于4米/秒，起沙风天数多达121天，沙漠化发展迅速，沙丘移动速度惊人。输水前，在阿拉干地区塔克拉玛干沙漠与库鲁克沙漠之间距离只有0.5公里，库尔干地区库鲁克沙漠已越过塔里木河与塔克拉玛干沙漠开始合拢；输水后，由于地下水位升高，植被恢复，有效地控制了沙漠化发展；输水时，对河道采取了清沙措施，使塔克拉玛干沙漠和库鲁克沙漠以河相隔不可能再合拢，保证了218国道车辆通行无阻。

干涸湖泊得到恢复 通过生态输水，孔雀河下游260公里河道断流15年后重新通水，近河道50米范围内的胡杨明显开始恢复生机。结束了长达30多年的大西海子以下321公里的河道断流历史，干涸30多年的台特玛湖重现烟波浩渺、水鸟翔集的美景，2019年水面超过500平方公里，已成为南疆第二大湖泊，湖周边形成了223平方公里的湿地。

塔里木河下游自2000年开始实施生态输水以来，中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室的科研人员研发的干旱荒漠区退化生态系统修复技术模式被广泛推广，科学家提出的流域水资源管理建议被采纳，研究所多份咨询报告得到国家领导人批示，多项成果获国家及新疆科技奖励，为塔里木河流域经济社会发展和国家“丝绸之路经济带”建设提供了重要的科技支撑。

结束语

塔里木河生态变迁史说明，在塔里木盆地这样极端干旱、生态系统脆弱敏感的地区，格外需要树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，要把人类生存和发展严格限定在流域生态承载力范围之内。在全面推进塔里木河生态治理的同时，必须更加注重践行人与自然和谐共生的治河理念，这是时代的要求，发展的抉择，更是文明的呼唤。

新疆的水循环

文 / 刘铁

广袤的面积和独特的地理特征，造成了新疆维吾尔自治区地理系统、自然资源系统和生态系统在纬向和经向地带性的分布特征。空间上，南北迥异，平原与山区差异大：吐鲁番和伊犁的年降雨差可达 1000 毫米。时间上，四季分明，夏热冬寒：吐鲁番和富蕴可可托海的年内日最高温与最低温差可达 100℃。新疆独特的地理特征，使其承受了暴雨、暴雪、寒流、干旱、热浪、大风、沙尘暴等多样气候灾害。在全球气候变化的背景下，新疆气候在过去 30 多年表现出了“暖湿化”——温度变暖，降水增加——这是过去 300~500 年中未曾出现过的新现象。

地貌概况

新疆维吾尔自治区横亘着全球温带最壮观的高海拔山地，从北到南分布有阿尔泰山-蒙古高原、天山山系、帕米尔高原-喀喇昆仑山和昆仑山等众多高原和山系，呈现“三山夹两盆”的地理特征，构成了山系与山系相连，盆地与山系相间的独特地貌。高原山地阻挡了太平洋和印度洋湿润气流进入中亚腹地，是干旱区气候与环境演变的决定性因素。帕米尔高原-喀喇昆仑山和天山共同形成的地理屏障截留了西风环流的水汽，在高海拔山区形成了数量众多的冰川和丰沛的降水，构成中亚主要大河的源流区。阿姆河、锡尔河、楚河、塔里木河与伊犁河等大型河流均发源于此。

面积 166 万平方公里，占全国陆地总面积六分之一的新疆，与蒙古国、俄罗斯、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗、巴基斯坦和印度八个国家接壤；拥有全国陆地边境线的四分之一，长达 5600 多公里，成为中国国土面积最大、邻国最多、边境最长的行政省区。北面阿尔泰山，南面昆仑山，天山横贯

中部，把新疆分为南北两部分。喀喇昆仑山的乔戈里峰，是世界第二高峰，海拔 8611 米，仅次于珠穆朗玛峰。三山的冰储量占新疆水资源总量的 60% 以上。新疆是典型的西风带气候系统和季风气候系统相互作用的区域，同时受青藏高原、天山和阿尔泰山以及塔克拉玛干沙漠和古尔班通古特沙漠的影响，内陆腹地的盆地、平原和谷地等降水稀少，山区降水和冰雪融水形成的河川径流是下游的绿洲和荒漠生态系统的重要水源，对全球气候变化响应敏感。

气候特点

新疆的水汽主要来自北大西洋和北冰洋，由中纬度西风带输送，经从欧洲大陆、里海和咸海以及中亚，通过伊犁河、额尔齐斯河等河谷进入新疆带到新疆西部地区。印度（或西南）季风通过青藏高原东部外围或经阿拉伯海入疆，对新疆极端降水气候有着重要的影响。从整体来看，新疆 1961~2018 年年平均气温为 7.4℃，气温南部高（11.5℃）、北部低（7.0℃），东部高（10.0℃）、西部低（-2.0℃），盆地高（17.5℃）、山地低（-2.75℃）。吐鲁番盆地的最高 7 月月均气温达到 39℃，是中国夏季最热的地方；天山腹地的巴音布鲁克最低 1 月月均气温可达 -32℃。新疆地区多年平均年降水量为 176 毫米，山区降水能达到全疆的 81% 以上。天山巩乃斯河谷年降水量可达 800~1000 毫米，而吐哈盆地最少年降水量曾为 0 毫米。因地形构造和水汽输送等因素，新疆年降水量总体上形成北疆多、西部丰、南疆少，山区多、平原少的格局。

新疆地区春季地面升温快，冷空气入侵容易形成大风；而夏季弱冷空气和冬季高冷空气形成的风速相对春季要小，全疆年平均风速的

多年平均值为2米/秒。罗布泊、托克逊、十三间房百里风区等风口年平均风速4米/秒以上,受“狭管效应”影响,阿拉山口、达坂城等地年平均风速可达6米/秒以上。新疆风速高、云量少、晴天多、辐射强,全年日照时数达2500~3550小时,仅次于青藏高原,因此有发展清洁能源的巨大潜能。

水资源状况

新疆多年平均河川年径流量总量为879亿立方米,其中有90亿立方米来自国外;区内地表水资源量为789亿立方米,地下水天然补给量85亿立方米。新疆年径流总量仅占全国径流量的3%,相对新疆国土面积,是全国产水能力最低的区域之一。

新疆共有大小河流570条,其中480条属于年径流量在 1×10^8 立方米以下的中小河流,仅有18条年径流量大于 10×10^8 立方米的大型河流。河流数量多、水量小、流程短、年内分配不均、年际变率大,主要依靠山区降水和冰雪融水补给。山区占全疆面积42.7%左右,接受了84%的全疆总降水量。径流形成的气候因素较中国东部沿海复杂,受山区季节性降水和气温变化的影响,河川径流变化的季节性差异更为明显,冰川萎缩、雪冰融水过程和降水形式等的改变,对山区水资源的形成、补给、转化的影响十分明显,呈现春旱、夏洪、秋缺、冬枯的态势,夏季径流量占年径流量的50%~70%。山区降水较为丰富,是众多河流的径流形成区;平原地区和沙漠区降水稀少、蒸发强烈,降水除少量能补给地下水外很少或不产生地表径流,属于径流散失区和无流区。水资源总量的地区分布极不均衡,主要产水区集中在阿勒泰、伊犁、阿克苏、和田和巴州五个地州。

冰川对新疆水资源的年际稳定起到了决定作用。第二次冰川编目显示,新疆共有冰川20695条,面积约2.26万平方公里,冰储量约2.1万亿立方米;其中的1.8万亿的冰储量都分

布在塔里木河流域周边山系中;主要冰川分布于天山、昆仑山、喀喇昆仑山和帕米尔高原,其中天山的冰川达到7934条,冰储量达到了0.7万亿立方米。域内山区季节积雪覆盖率最大值为20%~91%,低纬度的昆仑山和帕米尔高原的积雪覆盖年际波动较大,中高纬度的天山山区和阿尔泰山山区的积雪覆盖年际波动较小。新疆冬季积雪覆盖面积可达100万平方公里左右,冬季雪贮量在全国是最丰富的,达 181.8×10^8 立方米水当量,占全国冬季平均积雪贮量 535.6×10^8 立方米的33.9%。季节性积雪资源对新疆春季径流有着决定性的作用。

水资源利用

新疆的用水主要体现在生产、生活、农业灌溉以及生态环境等方面的高损耗、低附加、“三生”用水矛盾。其中农业用水占新疆社会经济用水总量的92.5%,达560亿立方米,工业用水仅占2%。新疆绿洲经济的发展高度依赖于对水资源的利用,农业用水比重过高,其中耗水量(无法回到地表水体或地下含水层)有68%左右。全疆人均用水量为2500立方米;农业综合(含农、林果草、鱼)亩均用水量600立方米。

新疆作为丝绸之路经济带的核心区,生产发展和生态保护的矛盾一直比较尖锐,由于经济结构的落后,导致了水资源综合利用效率一直处于较为落后的状态。究其原因,除资源性缺水之外,平原水库淤积、蒸发与渗漏巨大、山区-平原水库配置不合理、源流补给模式单一、水系连通性差、应对突发极端事件能力较弱等现实问题无法满足水资源系统宏观配置的需求,更难应对气候变化和经济发展的需要。加之新疆水文灾害多样,伊犁河谷、塔城地区北部、阿勒泰地区等北疆区域为春季融雪型洪水的极易发区,昆仑山区夏季突发暴雨易引起的泥石流和滑坡,零度层高度异变引发冰碛湖溃坝等地质灾害严重威胁了人民生命财产,防灾减灾压力巨大。

气候变化对水资源的影响

在全球气候变暖的持续影响下,以冰雪融水为主要补给形式的新疆山区河川径流水文过程发生了显著变化,并呈现出较强的时空差异。联合国气候变化政府间专家委员会(IPCC)第五次评估报告指出:新疆区域变暖趋势十分明显,近31年来,每10年升温速率达 0.32°C ,超出“巴黎协定”限定的在2075年前将全球升温控制在 2°C 的目标,更对中国承诺的2060年实现碳中和目标提出了挑战。虽然近年来区域同期降水整体上呈增加趋势,但显著的升温也导致地区内蒸散发量大幅上升。20世纪上半叶以来,阿勒泰山、天山和帕米尔高原主要河流径流量以增加为主,特别是上游小型冰川覆盖的流域,径流增加更为显著。随着新疆大量中小型冰川退缩和消失的趋势增加,冰川对区域内水资源的调节作用进一步削弱,也对水资源宏观管理提出了严峻的考验。

据过去50年观测站点数据可知,北疆和南疆多年平均降水量约250毫米和83毫米,每10年分别增加12.6毫米和7.3毫米;北疆和南疆多年平均气温约 7°C 和 10.2°C ,每10年增长了 0.33°C 和 0.24°C 。南疆相对北疆在多年平均降水量方面表现出总量小、增幅高的态势。在多年平均气温方面,南疆平均高、增幅小;北疆降水和升温速率均高于全疆。

新疆降水与水资源总量之间存在明显正相关,温度与水资源总量相关度较差。冰雪消融初期,冰雪储量丰沛,出山口径流量随温度和降水增加而增加;冰雪消融中后期,冰川面积缩小、冰层变薄、有效消融量减少,显著影响出山口径流量。由于新疆冰雪资源主要分布在南疆地区,气候变暖导致冰雪快速消融和山区降水增加,塔里木河流域周边诸河也经历了水资源显著增加、振荡放缓、减弱趋势的过程。例如,乌鲁木齐河径流增加约有70%来自冰川的消融补给,阿克苏河近20年的径流增加约有1/3来源于冰川径流的增加。乌鲁木齐河、额尔

齐斯河、开都河、阿克苏河流域冰川呈现显著退缩达29%~65%,水资源量也分别在20世纪90年代和21世纪初径流量呈现减少的趋势,其中阿克苏河流域径流量减少速率每年达2.67亿立方米。另外,随着升温加剧,降雪和降雨比例也发生了显著变化,由60年代0.78减少到近期0.32,雪雨比降低也改变了产生汇流的过程,使得春季蒸散发增加,径流量明显减少,水资源年内和年际变化幅度更加显著。

在全球气候变化的持续影响下,山区水文过程和水循环过程的改变加剧了中亚地区未来水资源的不确定性。山区水文过程对气候变化响应敏感,水文径流弹性系数高,年降水量1%的变化常带来年径流量2.0%~3.5%的变化。气候变化一方面直接通过影响降水强度、降水频率、降水形式、降水季节分配、蒸散发、植被盖度、地下水位等因素直接影响水文过程;另一方面各种因素耦合,驱动水循环过程的变化、冰雪消融过程、径流补给形式和要素间动态关系等问题进而影响水资源的时空分布。因此有必要通过量化的全球气候模式(GCM)未来情景进行估算,提前做好水资源长期规划工作。整体而言,包括新疆在内的中亚地区降水在呈现缓慢增加趋势后进入振荡整理阶段,未来40年,中亚地区温度、蒸散发和积雪量将呈现明显上升趋势,但由于未来气候特点的变化,九个流域的年径流量同样会呈现振荡整理趋势。

因此,研究新疆大河源区水资源的形成与转化过程,量化气候变化对山区水文过程的影响,是科学认识全球气候变化对新疆山区水循环的影响机理,把握气候变化条件下水资源演变规律的关键环节,为山区水资源合理利用、减少跨境河流争端、缓解生态环境压力等提供数据基础,为政府部门制定科学的气候变化适应性策略提供技术支持。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员



阿克苏汗腾格里峰冰川 摄影 / 李翔



新疆的湖泊与湿地

文、图 / 李均力

湖泊和湿地是陆地生态系统中的重要景观，在维持区域生态平衡、保护生物多样性方面具有不可替代的作用。新疆的湖泊与湿地不仅具有重要的生态功能和价值，而且往往是风景名胜的代名词。提起它们，不禁让人想起色彩变幻的喀纳斯湖，清澈湛蓝的赛里木湖和水草丰美、河流纵横的巴音布鲁克湿地等众多秀美神奇之地，在蓝天草原、雪山冰川、森林草甸、河流峡谷、沙漠胡杨的映衬之下，展现出雄浑瑰丽的自然之美。然而，新疆的湖泊和湿地远不止这些。据 2013 年的调查统计，新疆大于 1 公顷的湖泊（水库）共计 7028 个，大于 1 平方公里的湖泊（水库）398 个，水域总面积约为 8430 平方公里，占全国湖泊面积的 13%，其中大量湖泊为咸水湖或盐湖，仅少量的吞吐性湖泊、冰湖和人工水库为淡水湖。对于湿地而言，新疆各类大于 100 公顷的湿地有 435 个，总面积超过 39400 平方公里，其中仅国家湿地公园就多达 57 处，数量居全国第三，总面积位居全国第一。

湖泊和湿地往往是干旱区水源涵养地和汇集区，水光山色，风景秀美，也是干旱区特有动植物生存繁衍的栖息地，维系着荒漠生态系统的物种多样性。近几十年来，受气候变化、过度放牧、水土资源无序开发等影响，新疆出现了河流断流、湖泊萎缩、湿地退化乃至消失的现象，区域生态环境一度恶化。干旱区湿地生态系统极为脆弱，一旦破坏就很难恢复。实施对新疆湖泊与湿地的动态变化实施监测与保护，对于维护湿地生态系统稳定和生态环境管理意义重大。

湖泊湿地的分布及特征

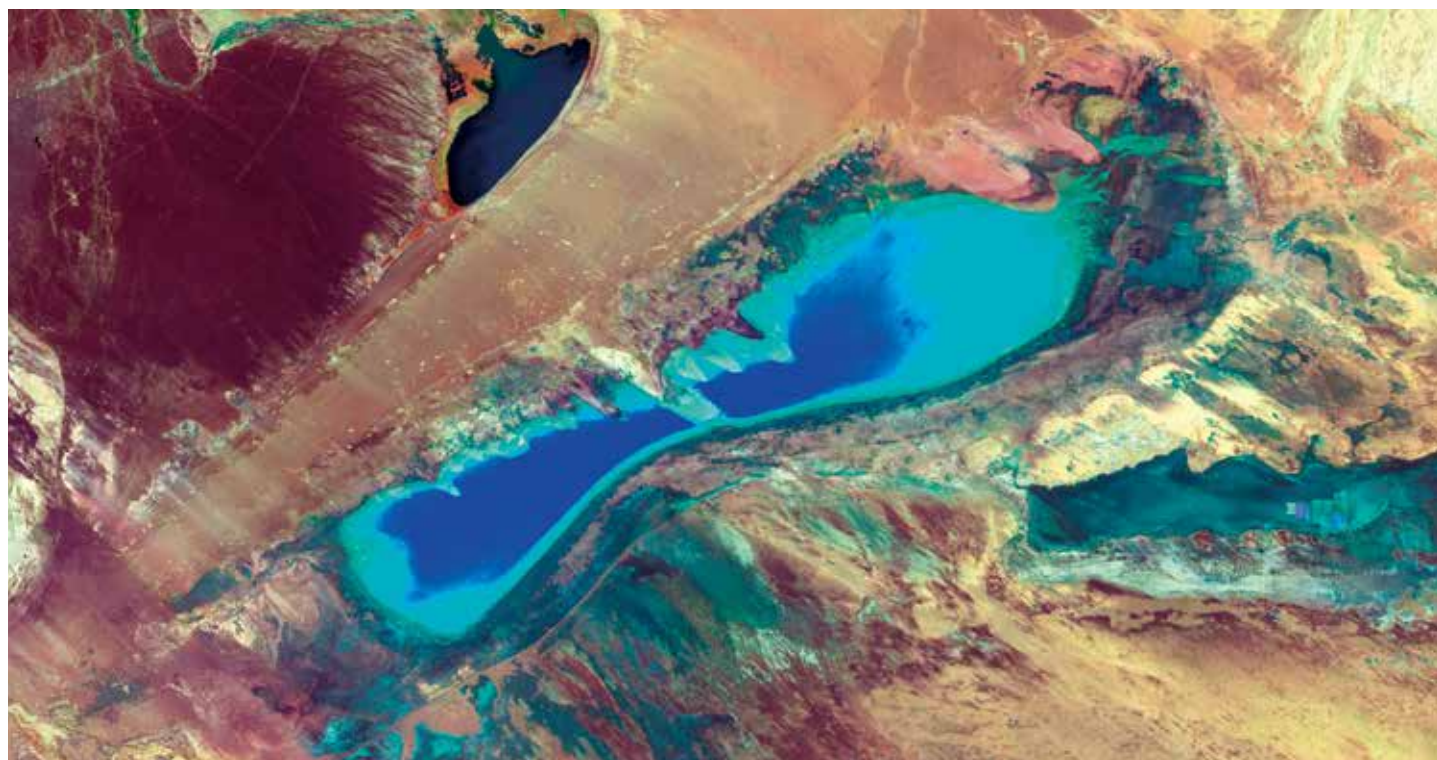
不同的自然地理和气候环境塑造了不同特征的湖泊与湿地。新疆位于欧亚大陆腹地，属于干旱半干旱区，水资源严重缺乏。独特的山脉与盆地相间的地貌格局是新疆湖泊空间分布的重要因素。高山地区分布的冰川成为巨大的冷源，拦截经过新疆上空的西风气流，形成较为丰沛的降水，并通过河流补给降水稀少的盆

地或平原，最后滞水于河流尾间而形成湖泊或盐沼，这样就形成了一个以内陆河流域为主体、以河流廊道为纽带、与生物多样性和生态保育紧密相连的内陆河湖水循环系统。

尽管降水稀少、蒸发量大、湖泊密度分布较低，新疆依然存在如罗布泊（已干涸）、阿雅克库木湖、乌伦古湖、玛纳斯湖、阿其克库勒、艾比湖、赛里木湖、鲸鱼湖和台特马湖等大型湖泊。特别值得一提的是，位于中亚五国地区的咸海、巴尔喀什湖和伊塞克湖，在气候干旱的条件下形成了位居世界前列的超大型湖泊，其主要原因是这些湖泊位于面积巨大且封闭的内流河盆地内，流域的水量不外泄入海，最终都汇入湖泊，而水分损耗部分主要是湖面蒸发。例如：咸海面积最大时超6万平方公里，产流区面积大于100万平方公里；巴尔喀什湖面积1.8万平方公里，产流区面积约40万平方公里。罗布泊在未受人类活动干扰之前，塔里木河的主要九大河流都能汇入其中，汇水区面积超过40万平方公里。其他大型湖泊，如玛纳斯湖、

乌伦古湖、艾比湖等都具有较大面积的内陆产流区。这些湖泊构造湖盆较浅，水位变化容易受入湖水情的影响，在春夏之间的汛期水位较高，但在农业灌溉月份由于入河水量的减小而剧烈萎缩甚至干涸。经过数十万年的剧烈蒸发，湖水中的盐分逐渐累积，这些湖泊大多是咸水湖或盐湖。高盐分限制了水生生物的繁衍，湖水也更为洁净，在晴好的天气下，巨大的湖面犹如蔚蓝的大海，呈现出与东部湖泊不一样的独特景观。

新疆的阿尔泰山、天山和昆仑山山区分布着数量众多的冰湖，其中绝大多数依然是“养在深闺人未识”的状态，仅有天池、喀纳斯湖、大龙池等少数湖泊因交通便利和风景秀丽而为众人所知。这些湖泊主要是由冰川退缩过程中冰蚀洼地积水而成，湖泊由于地形狭窄水面相对狭小。由冰碛垄阻塞冰川槽谷形成的长条形冰川堰塞湖水面往往较深，如天池最深处超过100米，约2.5平方公里的水面拥有近2亿立方米的水量；喀纳斯湖最深处达190多米，蓄水



玛纳斯湖遥感图（盐湖）

量 53.8 亿立方米，是中国最深的冰碛堰塞湖。天山和阿尔泰山的湖泊主要是由冰川退缩形成的大量的冰湖，而昆仑山南麓的大量冰湖主要是高海拔多年永冻土随着气温升高融化，在低洼处形成的小型湖泊。这类湖泊在昆仑山中南部分布最为广泛。

湿地主要分布于河流尾间、山间盆地和凹地等水资源相对丰富的地段。新疆大面积沼泽湿地分布在额尔齐斯河科克苏湿地、巴音郭楞蒙古自治州的天鹅湖湿地、博斯腾湖小湖湿地、艾比湖湿地，以及分布在伊犁河、塔里木河中下游的河漫滩湿地等。在开都河上游的河曲之中，冰雪融水和降水形成大量的河岸沼泽草地和众多的高山湖泊湿地，水草丰茂，天鹅、大雁等水鸟众多，生物多样性极为丰富。天光云影倒映于洄曲的河带，雪山草原与天鹅、羊群交相辉映，形成极为秀美的沼泽湿地景观。

湖泊湿地的近期变化

尾间湖泊的水量变化是其内陆河流域水量盈亏的主要体现。近几十年来，在气候变化和人类活动的双重作用下，新疆的平原尾间湖泊经历了由剧烈萎缩到快速增加的变化过程，其周边的湿地也随湖泊的变化而扩张或萎缩。干旱区内陆湖泊依赖河流的地表入湖水量补给。然而，大规模的绿洲耕地开垦和河流水资源过度使用，导致入湖水量日益减少甚至枯竭。从 1950 年至 2010 年，许多内陆湖泊一度干涸，只在洪水期才会有少量水面，如罗布泊、台特马湖、玛纳斯湖、艾比湖、艾丁湖和巴里坤湖等。其中，罗布泊由于塔河下游改道而消失，生态功能完全丧失。中亚的咸海与当年罗布泊遇到同样的问题，生态环境的日益恶化意味着咸海即将步罗布泊之后尘。究其原因，人类活动是这些平原尾间湖泊萎缩的主要原因。

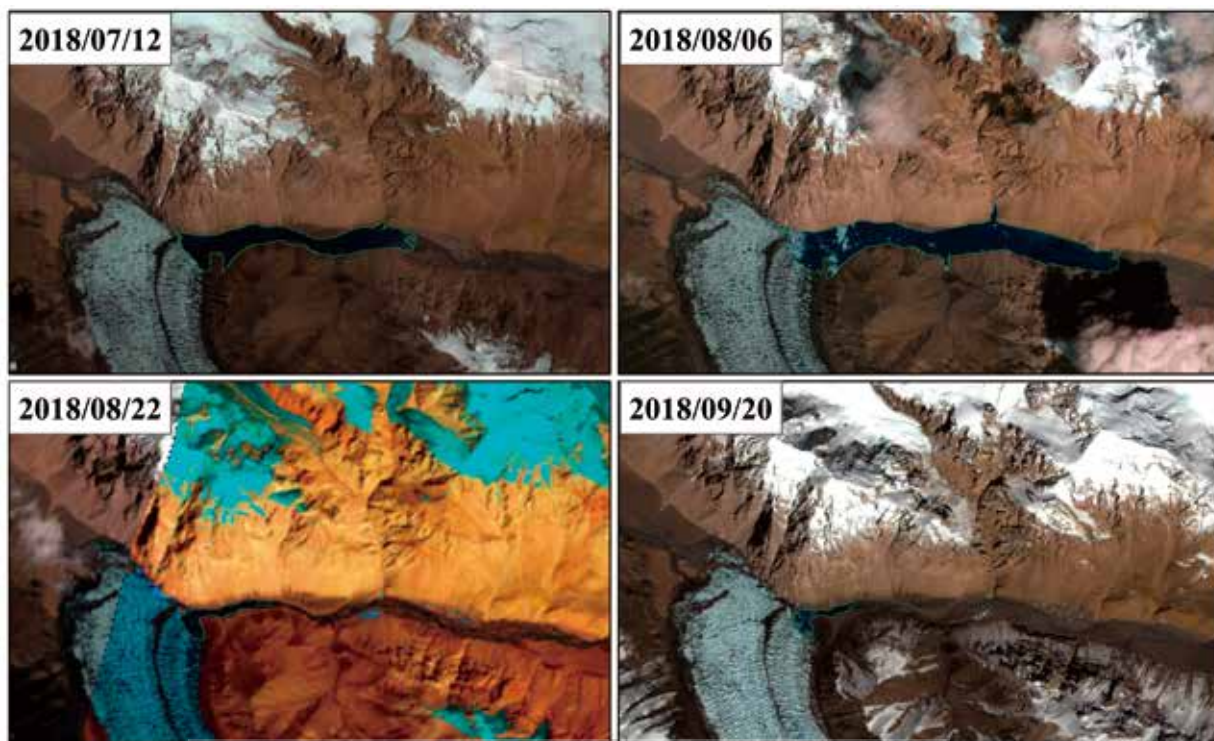
柴窝堡湖是人类活动干预湖泊变化的典型案例。自 1993 年以来，乌鲁木齐为了生活用水开建柴窝堡湖区自来水厂，湖泊水位开始缓慢

降低，到 2006 年湖泊减小趋势愈加明显。虽然同期新疆降水量的整体增加在一定程度上缓解了地表水资源短缺的压力，然而增加的降水远低于开采的地下水水量。2014 年 9 月，柴窝堡湖一度干涸，有关柴窝堡湖湿地保护的各項政策自此开始实施：强制退耕湖区的 2 万亩农田，并将自来水厂改为备用水源。近 5 年来，柴窝堡湖面积逐渐恢复，目前已经稳定在 15~22 平方公里，因湖区水位下降形成的湖盆裸露地面已经全部被湿地植被覆盖，湿地生态恢复良好。

近几年，在艾比湖、玛纳斯湖和台特马湖都实施了类似的措施，对湖泊进行生态补水。2018 年，当地政府对艾比湖流域上游近 5 万亩耕地实施了退耕还湖措施，并向艾比湖生态输水 5 亿立方米，使艾比湖最大时形成超过 900 平方公里的水面，达到近年的最大值。而塔里木河下游的台特马湖经过近 20 年的持续生态补水，使得塔里木河下游湿地生态环境恢复良好，台特马湖和康拉克湖群总面积最高达到 700 多平方公里，湖区湿地面积恢复良好，植被已经大部分覆盖湖区，呈现出较好的生态服务和旅游观赏价值。

受人类活动影响较小的山区内陆湖泊，如阿雅克库木湖、赛里木湖和阿克赛钦湖等对新疆区域气候变化的响应较为明显，由于气温近几十年来一直在上升，冰川融水径流增加。另一方面，自 1990 年前后，山区降水开始整体趋势是增加的，因此入湖水量增加明显，湖泊也处于快速增加的阶段，特别是西天山和昆仑山上的湖泊，无论是从水位观测还是面积观测，湖泊扩张的趋势非常明显。

对于高山冰湖而言，由于冰川退化和降水增加的双重作用，冰湖水量变化异常，增加了冰湖溃决的风险。从天池 2012—2017 年的水位观测资料可知，2016 年与 2013 年、2014 年同期水位相比提高了 10 米多，其总水量也比正常年份同期多了近 1800 万立方米，天池水位升高



了相当于 4 层楼的高度，而天池出水口和西小天池下渗速度有限，不少沿岸的附属设施都被湖水淹没，其主要原因是 2016 年夏天山区的降水和冰川融水远大于以往年份。

天池的危险性因素尚可控，然而部分自然状态下的高山冰湖就会带来较大的冰湖溃决洪水风险。新疆境内的天山和喀喇昆仑山等地区有多达上百处有溃决风险的冰湖，给下游人们的生命财产安全带来巨大风险。位于叶尔羌河上游的克亚吉尔冰川堰塞湖就是其中风险较大的一个冰湖。克亚吉尔冰川堰塞湖是一个冰坝湖，因克亚吉尔冰川末端后退造成融化后冰川的重心不稳定，冰川整体滑向克勒青河的河道，形成了一个冰川坝，阻挡了上游河流的水量。当堰塞湖水量越来越大时，冰坝就会因承受不住而溃坝，形成的洪水向下游倾泻。据遥感历史资料的观测，克亚吉尔冰川堰塞湖已经形成至少 21 次冰湖溃决洪水，而洪水量的大小主要与冰坝的高低和坝体结构的稳定性有关。对于人迹罕至、溃坝迅速的冰川堰塞湖，遥感是一种经济可行的冰湖溃坝监测技术手段。

新形势下湖泊湿地的保护

当前，在国家大力推进生态保育和生态修

复的契机下，开展对新疆湖泊和湿地的监测与生态修复就成为一种必然的趋势。山、水、林、田、湖、草各要素生态过程相互影响、相互制约，是不可分割的整体。对于干旱区而言，湖泊和湿地是水资源的重要载体，是调蓄水资源和干旱区生物保育的重要水域空间，湖泊和湿地生态修复的好坏取决于对水资源的统筹使用。当前新疆水资源利用已接近极限，增加对湖泊和湿地的生态输水就意味着减少农业用水，这就需提高水资源的利用效率，发展农业规模经济和高效节水灌溉措施，以节约出更多的水资源用于保育下游的湖泊与湿地生态系统。

新疆的湖泊和湿地具有极高的景观和旅游观光价值，因此对新疆湖泊湿地的保护不仅是保护湖泊和湿地生态系统、改善局地生态环境、开展生物多样性保育，更重要的是，在遵循湖泊湿地生态特点的前提下科学规划与开发一批具有优越景观的湖泊和湿地，使得生态保育使用的水资源能够发挥更大的经济效益，提高当地政府和居民收入。目前，新疆共有 57 个国家湿地公园，在开展湿地生态保育的同时，宜重视开发湿地旅游资源，以延展湿地的可持续发展内涵。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员





赛里木湖 摄影 / 王维全

雪，飘落人间的精灵

文 / 李兰海 郝建盛

“漠漠复雰雰，东风散玉尘”白居易独自凭栏，举头望着天空轻轻地念着。玉尘不仅给我们带来一个幽雅恬静，晶莹透剔的童话般的世界，而且带给大地暖被和滋润，孕育起生机。她，就是飘落人间的精灵——雪。

上天的信使

雪是上天派到大地的信使，她给我们带来许多天空中的信息。当水汽压超过水汽饱和点时，大气中的水汽就会形成云。当云中温度低于0℃时，出现过冷的水气和合适的气溶胶，以饱和的空气团中的尘埃粒子为核心，通过吸引过冷的水滴，然后以晶体的形式凝聚，雪锥形冰晶体便在云中形成。水汽不断地凝聚在雪锥形冰晶体上，当冰晶达到了足够的大小，并可能与其他冰晶合并，到达一定重量后，便以雪的形式飘落下来。当雪花在不同温度和湿度的大气中移动时，会变幻出复杂的形状。雪花主要可以分为八大类和至少80个个体变种。冰晶的主要组成形状是针状、柱状、板状等，而冰晶相互之间又可以出现多种组合，从而复合成形状各异的雪花。因此，我们可以根据雪花的形状来判断区域的气候和气候变化。

灵动的一生

雪花诞生在天空，随后从天而降，落归大地，最后消散复归天空。雪在飘落的过程中，风和阳光会磨掉雪花的枝角；雪花降落后，雪花之间相互挤压，会破碎成细小的冰晶，最终成为直径小于0.5毫米的圆形颗粒，即圆化雪晶体。

随着雪的积累，积雪厚度增加。雪的低热传导性导致雪表面和靠近大地的雪层温度明显不同，从而使积雪内部温度呈现明显的梯度变化。午间太阳光辐射和较高的空气温度导致表

面雪层的温度高于底部雪层；而当夜晚到来，空气温度下降，又使得表面雪层的温度低于底部雪层的温度。昼夜温度的变化导致积雪温度梯度方向改变。温度梯度驱动雪中的自由水汽运移，水汽时而向上运动，时而向下游动。在游移的过程中，会黏附着在圆化雪晶体上，使圆化雪晶体变化成形状各异、直径在1~3毫米的多面体雪晶体。相邻的多面体雪晶体也会被游离的水汽烧结在一起，雪中的烧结犹如电焊把铁板焊接在一起一样，牢固地把多面体雪晶体连接在一起，这就是雪晶体的青年状态，峥嵘而绚丽。

随着不断地降雪，处于雪晶体青年期的多面体雪晶体被新降的雪覆盖，积雪厚度不断增加。此时最底层的雪层温度会一直高于积雪表层温度，整个雪层内的温度环境不再有剧烈的变化，温度梯度变大并且方向呈现稳定态势，水汽运移加强并且方向也随之统一。水汽不断黏附在多面体雪晶体上，晶体之间相互的烧结作用不断加强。雪晶体颗粒逐渐变大，并且形成有迷宫状、玛瑙状、金字塔状、钻石状、手枪状等各种规则形状的雪晶体，晶体直径一般为3~10毫米。这种个体较大的雪晶体被称为深霜，这就是雪晶体的中年盛状，饱满而多姿。积雪是由数次降雪积累形成的。由于沉降时间不同，雪晶体的发育程度不同，雪晶体的颗粒和大小也就形成了明显的差异，因此积雪形成了轮廓明显的层理结构。一个理想化的自然雪晶体从初始到深霜的发育变质过程为：新雪沉降—雪晶体破碎和圆化—多面体雪晶体——深霜。理论上，雪剖面观测到的雪晶体从上到下为圆化雪晶体，多面雪晶体，深霜。

春天来临，随着气温升高，整体雪层的温

度也升至 0 度，雪层内的含水率明显增加，积雪的深度也迅速下降。在雪层温度呈现 0 度时，雪晶体开始了等温变质，整个雪层的雪晶体菱角被圆化，并经历反复的冻融，雪晶体胶结在一起，体积也不断增加，形成融态雪晶体，这就是雪晶体的暮年期，成熟而圆润。随着温度不断升高，融态雪晶体逐步消亡，最后逐渐消散成液态水，雪走完了她的一生。春天，白天温度较高，一部分雪升华为气态进入天空。另一部分雪融化成液态水，汇入江河成为重要的淡水资源或渗入地下滋润万物。

自然界多功能的使者

雪从天而降到消散，寥寥数月，短暂一生，但她给自然界留下不可磨灭的贡献，她对人和生物圈具有多重作用：能够为大地提供水资源，滋润大地；隔绝冷空气，防止植物受冻；净化空气减少城市噪音；调节气候缓解旱情；为人类提供文化体育娱乐的环境……。

哺育大地的固体水库 积雪是冰冻圈中分布最广泛、年际变化和季节变化最显著的一员。地球每年有 23% 的面积被雪覆盖，其中 2/3 覆盖在陆地上，1/3 覆盖在海冰上。陆地上的积雪区分为永久积雪区和季节积雪区。季节积雪成于冬而消于春。永久性积雪则存于四季，是现代冰川发育的摇篮，主要分布在南极大陆、格陵兰、北冰洋西部岛屿以及中低纬度高山地区。北半球许多山区河流主要靠季节积雪融水补给，如俄罗斯 3/4 的河流，其融雪径流占整个径流补给量的 50% 以上。我国是世界上多雪的国家之一，冬季约有 2/3 的国土面积被积雪所覆盖。雪水资源是我国重要的淡水资源，融雪水占我国水资源总量的 10% 左右。积雪融水是我国北方地区春季河流、水库和土壤水分的主要补给来源，它直接关系到该地区国民经济的可持续发展，尤其新疆等干旱区农业灌溉基本依赖高山冰雪融水。雪与国民经济的发展密切相关。雪对建设小康社会，建设人与自然和谐发展的国家，具有现实意义和价值。

积雪不但作为固体水库为农业工业提供水源，而且也为许多生物创造出美好的家园从而保障自然生态环境的发展。如新疆的巴音布鲁克湿地，伊犁河谷等长年的冰雪融水使这里形成了大量的沼泽草地和湖泊，为天鹅和其他鸟类提供了条件非常优越的繁衍栖息地。那里的植物种类繁多，一到盛夏时节，原野上鲜花盛开，争奇斗艳，成群的牛、羊、马、牦牛、骆驼在如茵的绿草地上游荡，场面蔚为壮观。

植物的保温保育 瑞雪兆丰年，下雪是给庄稼加了一床被，又湿润又松土，预示着第二年的丰收。由于雪具有较低的导热性，所以雪是具有很好保温效果的物质，可以在寒冬保护植物不被冻伤，来年开春雪水融化可以为植被提供良好的水源，大自然的力量绝对不是巧合，因雪的导热本领很差，土壤表面盖上一层雪被，可以减少土壤热量的外传，阻挡雪面上寒气的侵入，所以受雪保护的庄稼可安全过冬。此外，雪还能增强土壤肥力。据测定，每 1 升雪水里，约含氮化物 7.5 克。雪水渗入土壤，就等于施了一次氮肥。同时冬季雪水充足，不仅可以减轻当年的旱情，而且，也给来年春播作物的适时播种和育苗提供了有利条件。

净化空气减少城市噪音 大雪过后，天朗气清。降雪可减少大气中的杂质 30% 左右。雪形成最基本的条件是大气中要有“凝结核”存在，而大气中的尘埃、煤粒、矿物质等固体杂质则是最理想的凝结核。如果空气中水汽、温度等气象要素达到一定条件时，水汽就会在这些凝结核周围凝结成雪花，所以雪花能大量清洗空气中的污染物质。空中自由悬浮的微细杂质，也可以被雪花直接碰撞并沉降下来。故每当一次大雪过后空气就显得格外清新。雪常常是伴随着冷空气的到达而产生的。降雪之后，高空地面大都有新的冷空气侵袭，破坏了冬季低层空气中的稳定层，减弱了大气杂质在低空的积累，这也是雪后晴朗的非常重要原因。中国北方一般新雪的密度每立方厘米为 0.04~0.10 克，

由于积雪密度较低，对音波的反射率极低，能吸收大量音波，从而减少噪音。雪的功能和作用数不胜数，雪不仅仅是自然环境中不可或缺的一部分，也与人类生活生产密不可分。

雪作为一种自然资源，不仅给人们带来福祉，而且守护我们的自然生态环境。随着气候变化和人类工业活动的影响，积雪资源呈现不稳定的波动。

气候变化和人类活动对雪资源的影响

区域气候变化直接影响积雪资源的数量及其时空分布。积雪资源的不稳定波动将对人类生产生活和自然生态环境产生显著影响，尤其对于我国西北干旱区这种高度依赖积雪资源的地区，积雪资源的波动对区域自然生态环境和可持续发展影响更为显著。气候变暖不但导致我国西北地区季节性积雪的覆盖面积减少和部分区域融雪时间提前，而且改变积雪的发育特征和积雪密度等物理特征，这导致积雪的功能丧失和弱化从而对区域生态环境，水资源利用，农牧业发展和防灾减灾模式都产生显著的影响。

雪对大地具有很好保温保湿效果，积雪的覆盖面积减少和覆盖时间的缩短造成更多的大地暴露在冬季的寒气之下，植物根系和冬眠的动物都易遭受低温的冻伤造成物种的减少从而破坏生物圈的动态平衡引发生态灾难。另外，由于大地缺少积雪的覆盖，春冬季的强风席卷裸露的地表造成对大地严重的侵蚀和引起沙尘暴事件给区域生态环境将带来毁灭性的破坏。

雪存水于冬，而供水于春，气候变化通过改变降雪降水的比例和融雪时间来扰乱这种平衡，严重影响区域水资源的管理和利用。积雪对温度极其敏感，气候变暖造成季节性积雪提前消融，导致河流的融雪径流峰值提前，这在新疆地区的阿克苏河、开都河和伊犁河表现的尤为显著。由于积雪提前消融造成河流的流量

峰值提前引起的春季融雪洪水提前到来给区域春季防汛工作和水库水坝水资源管理带来极大挑战。气候变化也会导致冬季积雪覆盖面积减少，造成部分地区发生严重的春旱，湿地面积减少，荒漠化加速。由于融雪时间的提前导致融雪水提前汇入湖泊或流失在荒漠中，植物在春季生长需水时难以受到融雪水哺育，这将增加了农业风险并引发粮食危机，并且迫使人类寻找地下水源等新的替代供水来满足农业水需求，从而过度开采地下水而造成严重的生态灾难。除气候变化对积雪资源产生重大影响，人类活动也对积雪产生重要的影响，如工业活动中释放的大量黑炭不但造成积雪加速消融同时也让纯净的雪水变得污浊，这导致积雪资源的可利用性显著降低。

在气候变化背景下，“飘落人间的精灵”也显得喜怒无常，脾气怪异，让人难以捉磨。近年来极端暴雪灾害和降雪诱发雪崩灾害呈现增加，2020年1月14日强降雪诱发的大规模的雪崩造成克什米尔北部近百人死亡。美国科学院院刊(PNAS)报道称气候变化导致西喜马拉雅山地区的雪崩频率增加和破坏力更强的湿雪崩数量增加从而导致雪崩风险增强。

总之，在气候变化和人类活动的影响下，人类赖以生存的积雪资源呈现极不稳定的变化，这已经对自然生态环境和人类工业、农业、牧业和旅游业产生了显著的消极影响。如何应对积雪资源不稳定的变化已近成为我国西北地区可持续发展面临的难题和值得深思的问题。我们可以积极开展工作摸清目前和预测未来气候变化对积雪资源的具体影响，指导更改农业耕作时间、水库水资源管理模式等，以适应气候变化对积雪资源的影响。另外，寻找和使用清洁能源在雪季期间供暖和供能，减少供暖所需的煤炭使用和控制以汽油提供动力机动车的尾气排放等，从而减少黑炭的释放。

本文作者系中国科学院新疆生态与地理研究所研究人员

吐鲁番的坎儿井

文 / 李刚 徐静

坎儿井历史悠久，它是一种特殊的水利工程，见于我国新疆，以及伊朗、阿富汗、叙利亚、巴基斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦和摩洛哥。新疆的坎儿井主要在吐鲁番和哈密，另在奇台县、木垒县、库车县、皮山县及阿图什等地也可见到。

坎儿井的特点及现状

坎儿井是干旱地区的先民根据自然条件和水文地质特点创造的地下水利设施。它利用地面坡度引取地下潜水来提供农田灌溉和居民用水，由竖井、地下暗渠、地面明渠和涝坝（蓄水池）几部分组成。这种特殊架构的坎儿井极大地缓解和克服了地上渠道输水过程中水流蒸发损失严重的弊端，是古代劳动人民智慧和汗水的结晶，是承载和传承传统文化和传统工艺的“活态文化遗产”，被誉为中国古代的“三大工程（京杭大运河、万里长城、坎儿井）”之一。

坎儿井之所以被称为“活态文化遗产”，与其特殊性和背后的文化价值有重要的关系。2006年5月，坎儿井地下水利工程正式被国务院公布为第六批全国重点文物保护单位。

关于坎儿井的起源，受限于文献和考古资料的缺乏，导致遗址、遗物因没有文字记载而难以确证。截至目前，主要有三种观点：第一种观点认为坎儿井起源于波斯，即今伊朗；第二种观点认为坎儿井起源于陕西关中，即汉代井渠说；第三种观点认为坎儿井是由新疆先民创发的。

新疆的坎儿井多集中在吐鲁番盆地，这与吐鲁番的自然环境和地理条件有直接关系。吐鲁番盆地四周环山，山岭靠盆地的内缘是一圈戈壁砾石带，再向里是绿洲带。绿洲带中心是中国海拔最低的地方——艾丁湖。吐鲁番盆地的北部博格达峰与西部的喀拉乌成山的春夏季雪融水和雨水径流向盆地中心输送。进入戈壁砾石带后，由于砾石透水性极强，水流入地下，形成一个巨大的潜水带。而砾石由黏土或钙质胶结，质地坚实，因此坎儿井掏挖后不易坍塌，成为挖掘坎儿井的重要条件。吐鲁番干旱酷热，水分蒸发量大，风季时尘沙漫天，往往风过沙停，水渠被黄沙淹没。而坎儿井是由地下暗渠输水，不受风沙的影响，水分蒸发量小，流量稳定，可以常年自流灌溉，非常适合当地的自然条件。这也是目前不少学者认为坎儿井起源于新疆的主要理由之一。

坎儿井在吐鲁番和哈密盆地至今仍发挥着作用，究其原因，是坎儿井具备如下优点：其一，不用进水工具，利用地形的自流灌溉；其二，施工工具简单；其三，坎儿井暗渠里的水不会蒸发，利于维持水流量平衡；其四，坎儿井能自流供给人畜饮水和灌溉；其五，避免风沙掩埋输水建筑物，只要将坎儿井的竖井井口及时封盖，风沙不能侵入，可以保证灌溉和人畜饮水正常供给；其六，坎儿井的水质达到饮用标准，便于管理。据第三次文物普查坎儿井专项调查数据显示，吐鲁番坎儿井总数为1108道，其中有水坎儿井278条，已干涸的830条。目前，坎儿井仍然是吐鲁番农业灌溉的重要方式之一。

在强调生态保护的今天，坎儿井有着其他资源不可替代的价值。

坎儿井的生态价值

减少水量蒸发，防止风沙填埋 坎儿井是地下工程，它巧妙的构造可有效防止风沙淹没，减少水量蒸发。吐鲁番蒸发量年平均可达 3000 毫米，而降水量年平均大多在 16 毫米以下，坎儿井这样的工程，在减少水量蒸发方面有着重大作用。

节约能源消耗，降低环境污染 坎儿井是人工开掘的纯粹利用重力进行输水的一种用水方式，不但在过去克服了缺乏动力输水的困难，即使在今天也节省了动力提水设备的投资及能源的使用，为减少环境污染起到了一定的作用。

有利于促进生态平衡 坎儿井的存在形成了一个独特的生态系统，竖井井口堆积的土丘，成了穴居动物的栖息地。有些鸟类利用坎儿井的井壁筑巢繁殖，或者隐蔽御寒。涝坝成为鱼类、两栖动物生存的特殊环境。涝坝周围和明渠两侧是植物的良好生存地，营造出一个优雅舒适的小生境。在坎儿井最集中的吐鲁番，坎儿井水四季长流，不仅小型哺乳动物和鸟类等野生动物在冬季有水喝，还保护了艾丁湖的地下水位，维系了艾丁湖的生态均衡。

历史上，吐鲁番坎儿井年出水量 2.1 亿立方，灌溉面积 18.91 万亩，分别占全新疆坎儿井数量、出水量和灌溉面积的 69.3%、48.5% 和 52.1%。加上邻近的哈密盆地，坎儿井总数占到新疆全区的 97.1%。坎儿井曾经是吐鲁番的最主要水源供给，在极盛时期其灌溉面积占到总灌溉面积的 60% 以上。可以说没有坎儿井，就没有吐鲁番的绿洲经济。20 世纪中叶以来，随着一大批防渗渠的修建和随意开挖机井等情况的出现，吐鲁番经济发展所依赖的水源结构发生了改变，坎儿井的流量受到严重影响，

这给很多地区，尤其是过去依赖坎儿井水源进行灌溉的地区带来很大的影响，同时给吐鲁番居民的生产生活也带来诸多不便。对吐鲁番农业经济的可持续发展产生了负面影响。

坎儿井面临的问题

作为全国重点文物保护单位，古老的坎儿井历经了千百年的流水冲刷、风沙侵蚀和人为扰动，在许多不利因素的影响下，其安全性和耐久性已明显降低，严重威胁着坎儿井的长期留存和使用，已有大量坎儿井损毁、消失。近几十年来，引水渠、水库、机井等水利设施迅猛发展，坎儿井已不再是当地唯一的水源，所以重视程度逐渐降低。

笔者认为，由于坎儿井的特殊性，在保护工程中有许多问题有待探索和解决。我们目前的保护手段和技术尚未与国际接轨。我们应该与中亚其他国家的坎儿井保护研究机构进行交流与合作，相互取长补短，采用更加先进的修复技术，全面提升吐鲁番坎儿井的保护水平。

迄今为止，吐鲁番市文物局已完成了五期坎儿井加固维修工程，先后对高昌、鄯善、托克逊三个区域的 150 条坎儿井进行了集中加固维修，工程涉及文物和水利工程的多重性，施工过程中遵循“不改变文物原貌”的原则，坚持做到文物保护、水利建设、现场施工三个标准的融合统一。

坎儿井是我国先民水利文化的一个重要组成部分，弄清楚坎儿井尤其是吐鲁番坎儿井的历史起源与变迁，对探讨吐鲁番经济、水利和文化的历史发展，以及未来申报世界文化遗产都有重要的现实意义；同时对于推动吐鲁番乃至新疆坎儿井的研究、保护和利用也有重要的学术价值。

本文作者系新疆维吾尔自治区吐鲁番学研究院研究人员

新疆地理变迁与生态格局

文 / 李承森

在中国大地漫长的地质历史演变进程中，新疆是沧桑巨变程度最剧烈的区域。大约在1亿年以前，印度板块离开澳洲大陆一路向北跨过赤道，在距今大约5000万年前后，印度板块的前缘与欧亚板块的边缘在海洋里接触。此时的两个板块之间还是海洋——古地中海（古特提斯海）。而欧洲和亚洲之间被鄂毕海和图尔盖海峡（现在的乌拉尔山东坡一带）所隔开。那时新疆的南侧和西侧都是海洋，附近有岛屿（如高加索岛）和海湾，陆地上分布着广阔平原、低矮山丘和山间盆地，其间有蜿蜒的河流以及星罗棋布的湖泊。来自南边印度洋和西边大西洋的湿气送来丰沛降水，温暖气候适宜万物生长。在过去的几千万年里，新疆一直是绿野仙踪、花香鸟语的宝地。到了距今约2000万年的时候，虽然不断地出现海侵和海退，但海水还可以到达罗布泊地区，这也为后来新疆和青海的盐湖储存了丰富多样的矿物质。印度板块对欧亚板块的持续撞击致使前者插入欧亚板块之下，被拱起的欧亚板块逐渐生成耸入蓝天的喜马拉雅山和青藏高原。欧亚大陆结合，海峡消失，海水彻底退出新疆，最终形成高山与盆地相间的“三山夹两盆”之新疆地理格局。

剧烈的沧桑巨变彻底颠覆了新疆山清水秀、风调雨顺的远古景观，致命的要素是水气严重缺失。青藏高原和世界屋脊喜马拉雅山脉阻挡了印度洋的暖湿气流，大量雨水降落到青藏高原南坡。西风环流带来的大西洋湿气又大部分洒落在中亚地区，而且西风环流到达新疆后又被高山阻隔分成南北两支，绕开新疆而行。北面的北冰洋和东面的太平洋的湿气因为路途遥

远，本来也没有多少可以滋润这里。更甚者，青藏高原的高原升温效应加剧了新疆沙漠盆地的干旱程度。盆地内肆虐的风暴将土壤研磨成沙漠细沙，将岩石敲打成戈壁碎石。这一切深层次的改变都是大陆板块碰撞“惹”的祸。如此一来，能够传送到新疆的少量湿气也首先把降水留在高山上。失去丰沛降水的新疆大地，也就失去了昔日美景。干旱气候加剧，风沙肆虐，沙漠戈壁大面积呈现，一个范围巨大的干旱和半干旱区域出现在欧亚的中部。如今能够与历史上美景相媲美的也只剩下高山森林、山地草原和河流绿洲。

新疆当今地理和生态格局的基本要素是高山、荒漠（沙漠与戈壁）、河流和绿洲。海拔数千米的高山虽阻隔了水汽的大量到来，却也接纳和储存了大量冰雪，结凝了3000多亿立方米的淡水资源，形成高山固态水库（冰川）。尽管夏季冰雪融水已经不足以灌溉南北两个大盆地，但是可以为流入盆地的内陆河流及其附属湖泊补给有限水量，继续涵养岸边的植被和生活在那里的人们。新疆人民利用冰雪融水在沙漠和戈壁之中创建和扩大人工绿洲作为生存基地，发展经济，提升生活质量，建设自己的美好家园。即使是在极端干旱的吐鲁番地区，新疆先民科学利用坎儿井在地下输送冰雪融水至绿洲，维系绿洲的生存和发展。近百年来的记录表明，每年冰雪融水可以提供给河流的水量总体上保持平衡。以塔里木河为例，其干流每年水量为50亿立方米上下。但是，上游耗水量在逐年增加，而下游则相反。

新疆人民的生活离不开绿洲，即使是大城市也是以绿洲为背景和基础。想要保持绿洲的可持续发展就必须维系绿洲的生态平衡。众所周知，绿洲生存和发展的核心问题是水源水量供给与绿洲内人民生活、农林牧副渔业发展和工业提升，以及城市建设所需要和消耗水量之间的平衡。如果两者保持动态平衡，绿洲的存在和维系是可持续的；如果平衡发生改变，水量大时，绿洲可以扩大、沙漠退缩，水量入不敷出时，绿洲的存在将受到严重影响，甚至是致命影响。历史上触目惊心的例子实在是太多：璀璨的楼兰古国的消亡与塔里木河下游断流有直接关系；克里雅河下游圆沙古城的消亡也是同理。

新疆高山的冰雪融水水量变化受到全球气候变化的影响，这不是人类可以直接控制或干预的。但是，冰雪融水水量，即河水量的消耗程度绝对与人类活动分不开。在河流上游扩大灌溉面积，修建水库截流，必然造成下游水量减少，河流尾间向上游退缩，其所涵养的绿洲必然面临危机，甚至消亡。这是新疆绝不可以掉以轻心的水资源合理利用的核心问题。

在人类聚落发展过程中，不同地理位置和自然环境造就了彼此不同的生活方式、文化艺术以及各具特色的生产生活物品。当然，这也为彼此交流、相互学习、借鉴与融合提供了物质基础。新疆历史上最璀璨的贡献就是开创了一条沟通东西方贸易之路，后称之为“丝绸之路”。新疆因此在东西方交流过程中沉淀下了厚重的经济、宗教、文化和艺术财富。世界上四大文化体系：东方儒家（中国）文化、印度佛教文化、伊斯兰教文明和西方基督教（希腊）文明唯一实现交汇的地方，就是丝绸之路上的新疆和甘肃敦煌。

我们在塔里木盆地开展科学考察时，徒步穿越沙漠无人区，全依靠达里雅布依乡的村民带领 77 峰骆驼确保后勤保障，才得以完成任务。

如今，在达里雅布依绿洲还饲养着上百峰骆驼。但是，这些骆驼的商贸驼队作用基本上消失，仅仅成为古丝绸之路留下的历史符号，维系着主人与役畜之间的情怀。

在距今 6500 万年以来的新生代时期，新疆从一个江山秀美的地区转变为以荒漠为主的干旱半干旱地区，经历了翻天覆地的变化。新疆荒漠生态系统的脆弱性与核心生态因子——水因子紧密相关连。从历史上看，总体水量持续减少是新疆荒漠化程度加剧的根本原因。合理利用与有效管理水资源是维系新疆生态系统平衡的关键。在确保水资源供给量与人为消耗水量处于平衡状态的红线不被突破的前提下，科学发展人工绿洲。为此，要控制绿洲中的人口数量，控制工农业发展速度，控制城市建设规模，才能够维系生态系统不遭受破坏。实际上，这是一个水资源科学认识和科学管理的重大战略问题，也是一个需要精心实施的战术问题。需要科学界、决策管理层和人民大众共同关注才有可能解决的新疆发展的根本性问题，其重要性绝不可低估！

新疆矿产资源丰富。昆仑山和阿尔泰山的金矿、玉石矿以及多种重要和稀有矿物的挖掘，克拉玛依油田、吐哈油田和塔里木油田的开采，都要做好生态评估，保护好当地生态系统，对于废弃的矿山要恢复植被和生态系统。新疆生物资源种类繁多，数量巨大。各种甜美水果、可口面食、优质牛羊肉可以满足疆内外的大量需求。荒漠植物，如胡杨、怪柳、梭梭和芦苇等，特别是胡杨，分布地域广、数量大，对保护绿洲意义重大。药用植物，如麻黄、甘草、肉苁蓉等品质高、产量大，经济价值不可忽视。新疆野生动物中的一大亮点——有蹄类和各种鸟类，都是脆弱生态系统中不可或缺的要害。当然，新疆大陆性干旱气候所造就的荒漠生态景观也可以作为旅游资源加以开发和利用。所有这些资源的利用都要以不破坏生态系统为前提。

本文作者系中国科学院植物研究所研究员



