CHINESE
NATIONAL
GEOGRAPHY

2022
总第738期
04

RMB30元/HK$40元
国内统一刊号:CN11-4542/P
邮发代号:2-806
www.dili360.com

中国国家地理

|封面|

湖冰：姗姗来迟的大地之美

|主打|

河西走廊
相机找回的古城传奇

安第斯山脉上的“烽火台”：
世界海拔6000米级的火山大都在此

攀蜥与横断山：
中国版的“达尔文雀与加拉帕戈斯”

北山羊：
悬崖绝壁给我留了个生态位

纳米级干涉：
肥皂泡与七彩祥云的故事

海中清洁站：
小鱼虾在大鱼口中生存

噶顺戈壁：
在天山与祁连间书写历史

ISSN 1009-6337
04>
9 771009 633223

六六阅读PDF杂志唯一购买咨询微信二维码

其他渠道购买的用户均无售后保证





HUAWEI P50 Pocket

折 叠 万 象

Powered by HarmonyOS

广告 | 画面示意为HUAWEI P50 Pocket 艺术定制版，图片仅供参考，请以实物为准
CBGP231223HDBHL

中国国家地理
CHINESE NATIONAL GEOGRAPHY

《中国国家地理》杂志·月刊·1950年1月创刊·每月7日出版
国际标准刊号 / ISSN 1009-6337　**国内统一刊号** / CN11-4542/P　**广告证** / 京朝工商广字第0036号
编辑出版 /《中国国家地理》杂志社有限公司
社址 / 北京市朝阳区安外大屯路甲11号地理科学馆　**邮政编码** / 100101
E-mail / cng@cng.com.cn　**网址** / www.dili360.com
会员热线 / 4006521360
主管 / 中国科学院　**主办** / 中国科学院地理科学与资源研究所·中国地理学会

CONSULTANT 顾问

王文澜 冯骥才 孙鸿烈 李乐诗 茹遂初 唐登银 秦大河 黄效文 谭兆璋 薛凤旋 张子扬 刘纪远

科学总指导 / 葛全胜
社长·总编 / 李栓科
执行总编 / 单之蔷
副社长 / 才华烨 孙樱

EDITORIAL DEPARTMENT 编辑部

主编 / 单之蔷（兼）
副主编 / 张璇
内容总监 / 刘晶　**设计总监** / 介彬　**图片总监** / 王彤
资深编辑 / 李志华
编辑 / 高新宇　陈惊鸿　骆凡　李欧　康静　雷东军
金畅南　付薇　任远方　祁滢　线朝华　张琪
特聘编辑 / 刘乾坤　左凌仁
校对 / 陆凤山　李成林
印务主管 / 李晟
美术编辑 / 李晟（兼）　崔晓琳
图片编辑 / 吴敬　马宏杰　王宁
地图编辑 / 陈云　王岩
E-mail / bjb@cng.com.cn
电话 / （010）64865566·376
传真 / （010）64842217

ADMINISTRATIVE DEPARTMENT 行政部

江郁（主任）孙媛媛　吕鑫　刘景欣　鲁娜　关佳琪　李蕙鹏
电话　（010）64841917

NEW MEDIA DEPARTMENT 新媒体部

总经理 / 才华烨（兼）
副总经理 / 闫瑞杰
市场总监 / 杨颖
网站主管 / 卢建爽　**微信主管** / 杨静　**技术主管** / 马西圣
电话　（010）64889218 / 64869398
（010）64865566·220

ADVERTISING AGENCY 广告代理

北京全景国家地理广告有限公司
总经理 / 高颖
副总经理 / 黄志鹏　陈辉
客户部 / 邢蕾　史楠　张雨潇　伏亚丽　赵雅靓　刘梦迪
策划部 / 乔涵　洪玥　刘秀阳　王婷婷
广告热线　（010）64848933 / 2007 / 1815
（010）64865566·290·289·256
传真　（010）64842066

CIRCULATION AGENCY 发行服务

北京全景地理书刊发行有限公司
总经理 / 李宁
发行部 / 吴超　盛文武　宋丽娟　袁荣荣
国内发行 / 北京报刊发行局
订购处 / 全国各地邮局·**邮发代号** / 2-806
国外发行 / 中国国际图书贸易总公司·**代号** / M80
发行热线（010）64849250
传真（010）64841987
会员热线（010）64879277
E-mail　hyb@cng.com.cn
IP合作（010）64865566·237

SCIENCE & EXPEDITION 科学考察

陈辉（主任）邢悦　陈锐　刘洋　巩琦敏　戚明宇　周梓溢
活动报名热线　（010）64852136 / 64851539

中国国家地理畅读 | 微信小程序
随时随地畅读《中国国家地理》《博物》《中华遗产》精彩内容
微信扫描二维码即可使用

中国国家地理 | 微信订阅号
扫描二维码或搜索微信号“dili360”
关注中国国家地理微信订阅号

中国国家地理 | 官方微博
扫描二维码或搜索“中国国家地理”
关注中国国家地理官方微博

BPA WORLDWIDE
本刊发行量经BPA国际媒体认证公司认证

中国国家地理
CHINESE NATIONAL GEOGRAPHY

BRAND EXTENSION 品牌发展

王杰（主任） 郭晓冬 冯亚楠 陈婷婷
电话 / 传真（010）64842136

MEDIA & TV CENTER 影视中心

北京全景国家地理影视有限公司
总经理 / 孙钢
电话（010）64983156 / 64982153 / 64982142
传真（010）64985211

BOOK PUBLISH DEPARTMENT 图书部

北京全景地理书业有限公司
总经理 / 陈沂欢
电话（010）82842695 / 82845677
传真（010）82841175

FUSION MEDIA CENTER 融媒体中心

张辰亮（主任）
邮箱 rmt@cng.com.cn

广告目录
ADVERTISEMENT CONTENTS

第一跨页 …… 华为
目录对页 …… 茅台1935
P24-P25 …… OMEGA 欧米茄
封　　底 …… OMEGA 欧米茄

版权声明
COPYRIGHT ANNOUNCEMENT

本刊发表的文字、图片、地图、光盘等的版权归《中国国家地理》杂志社所有，未经本社书面许可，不得为任何目的、以任何形式或手段复制、翻印及传播，本刊保留一切法律追究的权利 。

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted for any purpose, in any forms or by any means, unauthorized copying, reproduction , hiring public performance and broadcasting without the prior written permission of the publishers are prohibited.

中国国家地理 | 荣誉

中国出版政府奖期刊奖
国家新闻出版广电总局

全国百强报刊
国家新闻出版广电总局

新闻出版“走出去”先进单位
国家新闻出版广电总局

数字出版转型示范单位
国家新闻出版广电总局

数字期刊影响力百强
中国（武汉）期刊交易博览会

中国邮政发行报刊百强排行榜
中国邮政集团公司报刊发行局

最受广告主青睐的杂志
国新出版物数据调查中心

全国优秀少儿报刊
国家新闻出版广电总局

国家百种重点期刊
国家新闻出版广电总局

中国标杆品牌
哥伦比亚新闻评论

“中国最美期刊”
中国（武汉）期刊交易博览会

新中国60年最具影响力的期刊
中国期刊协会

中国邮政发行畅销报刊
中国邮政集团公司

中文报刊海外发行最受海外读者欢迎TOP50
中国国际图书贸易集团

最具品牌传播价值期刊
中国品牌与传播大会

中华印制大奖
中国印刷及设备器材工业协会

制版 / 北京美光制版有限公司　**印刷** / 北京华联印刷有限公司
分印点 / 上海中华商务联合印刷有限公司　湖南天闻新华印务有限公司　中华商务联合印刷（广东）有限公司

—— 特别承诺 ——

本刊凡出现印装差错，一律由北京华联调换 。
地址 / 北京市经济技术开发区东环北路3号北京华联印刷有限公司
邮编 / 100176　电话 / 67876655

主打 FEATURE

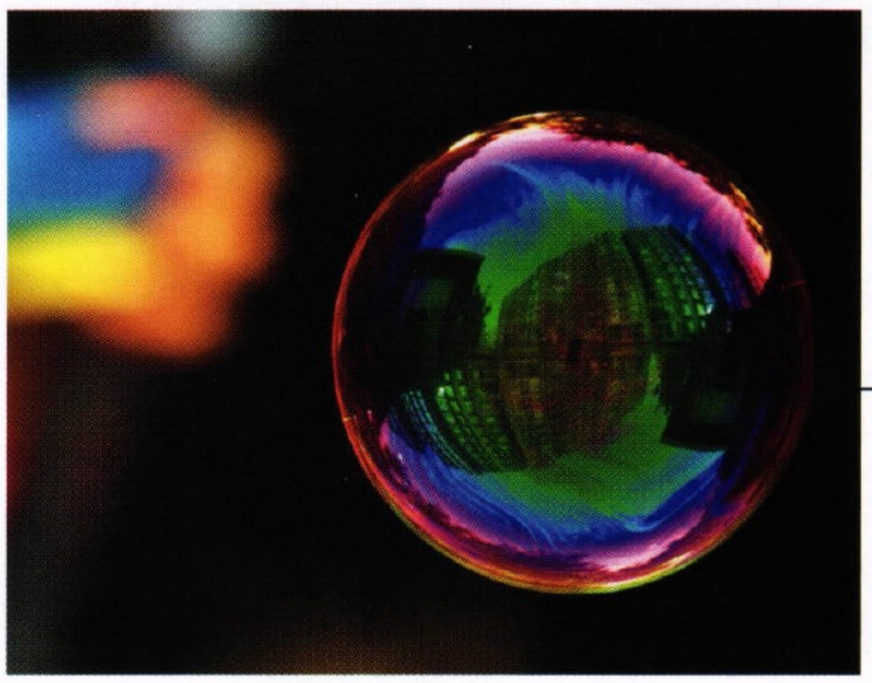
26 河西走廊的“西部传奇”荒野“读城”2000年

Legends of Hexi Corridor: Recording Ruins of Ancient Towns through 2000 Years

撰文 / 黄晓虎 栗书
摄影 / 赵勤 黄晓虎 等

在河西走廊的西部，在漫长的岁月中，因为战乱起落、河流摆动、古今绿洲变迁等原因，留下了大小约百余个古城遗址，时代由汉到清，历时约2000年。广袤而干燥的荒原戈壁如同一座巨大的博物馆，将它们一一收藏。十年间，本文作者和摄影师在荒野中追寻它们，一份份时光“档案”、一张张古城图像渐渐集结，并汇聚为一部视角独特、穿越古今的“读城记”。





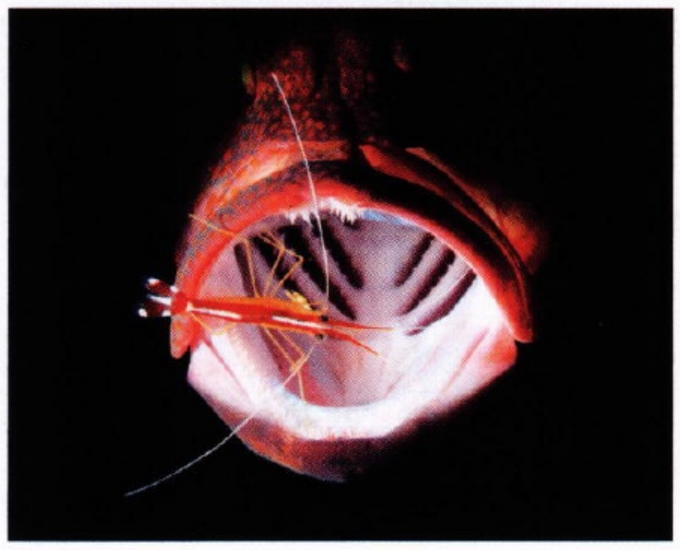
五彩肥皂泡到云南七彩云

光魔法是怎样炼成的

Magic of Light: From Colorful Soap Bubble to Iridescent Clouds in Yunnan

撰文 / 张超　摄影 / 张超 等

50



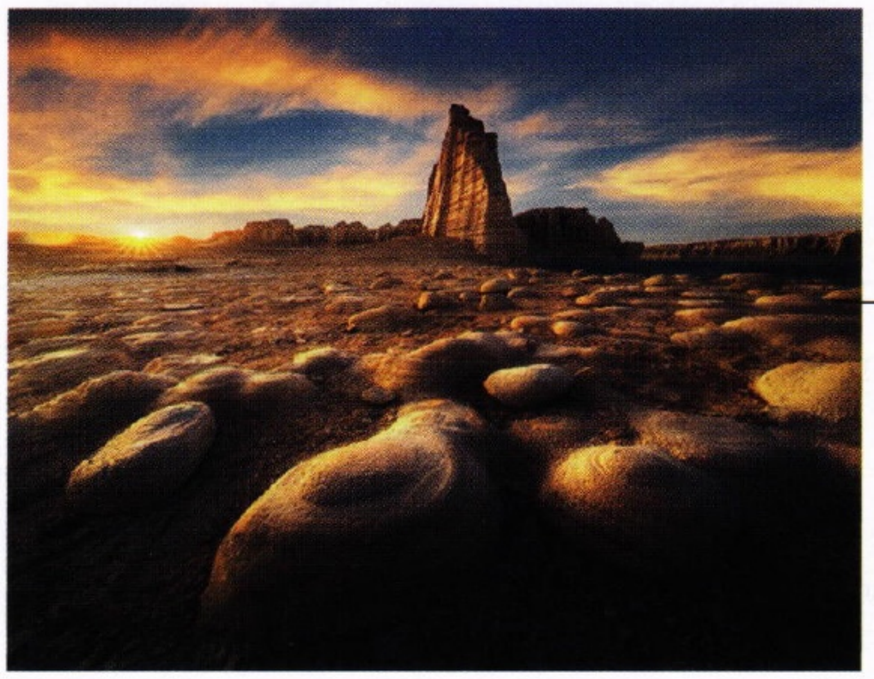
海洋中的“清洁站”

独特而和谐的水下社区

“Cleaning Stations” in Ocean: Unique and Harmonious Communities Underwater

撰文 / 付亮
摄影 / 付亮 等

66



噶顺戈壁

能吹翻火车的强风也能塑造绝美的景观

Gashun Gobi: Spectacular Landscape Shaped by Winds Capable of Overturning Trains

撰文 / 李志刚 宏立　摄影 / 吴静 等

80


MOUTAI
貴州茅台酒
PRODUCE OF KWEI
茅台
1935酒
MOUTAI
贵州茅台酒股份有限公司出品
PRODUCE OF
KWEICHOW MOUTAI CO.,LTD.
酒精度:53%vol 净含量:500ml
茅台醬香1935
茅台1935荣耀上市
贵州茅台酒股份有限公司出品
PRODUCE OF KWEICHOW MOUTAI CO., LTD.

广告

CONTENTS

目录

横断山脉
攀蜥家族的繁盛之地
Hengduan Mountains:
Where the Family of Mountain
Dragons Thrive
撰文 / 侯勉　摄影 / 彭建生 等
98





中国科学家的格陵兰科考
虽姗姗来迟，却成果丰硕
Chinese Scientists in Greenland Scientific Expedition:
Latecomers, Yet Gaining Great Achievement
撰文 / 张东岳
114



北山羊
高山峭壁之上的坚韧生命
Siberian Ibex :
Tough Life Walking on Alpine Cliffs
撰文 / 徐峰　摄影 / 范书财 等
130



长白山林下参
给濒临灭绝的野生人参接续了香火
Artificially Planted Ginseng in Changbai Mountains:
Can it Save the Endangered Species in the Wild?
撰文 / 赵春江　摄影 / 崔宇 等
142



安第斯山脉
世界火山之最在此汇聚
The Andes:
A Mountain Range Where
World's "Extreme" Volcanos
Located
撰文 / 刘莹
摄影 / 陈剑峰 等
158

本期封面
西藏山南市普莫雍错湖冰
摄影
张振启

审图号
GS（2022）1470号



更多资讯请登录中国国家地理网
www.dili360.com

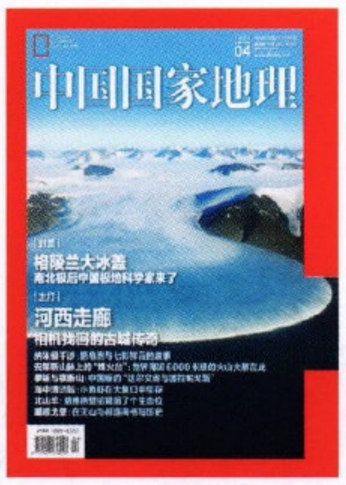
阳春三月，杂花生树，草长莺飞。当本期杂志的制作接近尾声，我们从繁琐的工作中抬起头来，映入眼帘的除了繁华春光，还有令人惊艳的备选封面图片。

备选封面一是网上投票中人气很高的一张。陡坡上，一群北山羊正踏着碎石奔跑而下，阳光穿透扬起的飞尘笼罩在它们身上，形成了优美的光影。这是一种生活在我国新疆、甘肃和内蒙古等地的野山羊，也是分布在我国境内的唯一一种野生山羊属物种。雄性北山羊长着一对弯刀似的巨大羊角，比家山羊雄壮得多。它们的蹄子可以分得很开，如钳子一样抓握住悬崖上凸出的岩石，这使它们能够在峭壁上行走自如。不过，这张图片色调较深，作为封面稍显昏暗，所以我们将目光投向了下一张。

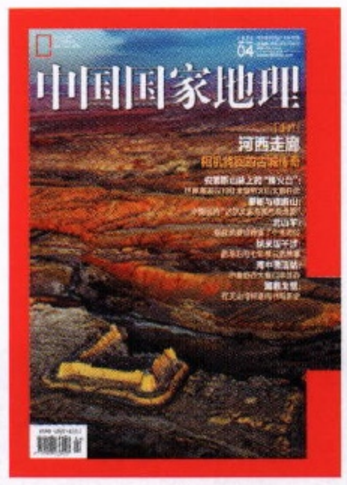
来看备选封面二。格陵兰岛是全球第一大岛，岛上覆盖



❶



❷



❸



❹

着面积约183万平方公里的巨大冰盖——格陵兰冰盖，它也是仅次于南极冰盖的全球第二大冰盖。由于巨大的体量和近些年来强烈的消融，格陵兰冰盖成为北极地区环境变化最显著的区域之一，关于它的变化趋势、消融机制等研究成了国际极地研究的前沿领域。最近20多年来，中国科学家对格陵兰岛开展了科考，并取得了很多科研成果。图片呈现的是格陵兰冰盖边缘的象脚冰川，它探入海中的巨大圆弧状冰舌很吸引人，但我们的读者对冰川并不陌生，有没有更为独特的画面呢？

备选封面三是河西走廊的一座古城。河西走廊的西部，在由汉到清的约2000年间，因为战乱起落、河流摆动、古今绿洲变迁等原因，留下了大小约百余座古城遗址，它们规模有别，功能多样。图片展示的是位于甘肃酒泉玉门市清泉乡的东骟马城，曾是嘉峪关外一个交纳差马、以马易茶的场所。这座城位于骟马河畔，东垣已随河岸坍塌于骟马河中，河的另一边是壮丽的彩色丘陵地貌。画面中的古城遗址与独特地貌既协调地融为一体，又层次分明，不过，我们还是期待着一张更能给人耳目一新之感的封面，于是继续寻找。

备选封面四的出现结束了我们的寻找。5月的西藏普莫雍错，覆盖湖面的冰层已经基本消融，只剩下湖岸边聚集着的破碎冰块。这即将消逝的璀璨风景映衬着深蓝色的湖面，呈现出别样的美感。更有趣的是，照片完美呈现了“湖冰”这种稍纵即逝、很少有人去关注和研究的另类景观。湖冰的形态和纹理千变万化，形成原理多有不同，然而由于“观冰者”和“读冰者”的稀缺，使我们对它仍知之甚少，这令画面增添了些许神秘和值得玩味之处。于是，这期的封面诞生了。





洮南四海“汤圆湖”，中国规模最大的“冰汤圆”天然冰雪景观

2022年2月，吉林白城洮南市四海湖的湖面上出现了一种十分罕见的冰雪奇观——“汤圆湖”。湖面下全是圆滚滚的白色雪球，直径在20到30厘米左右，密密麻麻排列其间，好似一锅煮熟的“汤圆”冰封在湖水之中。颇为巧合的是，“汤圆湖”被发现时适逢元宵佳节前夕，因此有人调侃：“汤圆湖”的出现也太应景了，难道是哪位神仙在这里过元宵节？“汤圆湖”一经媒体报道，便迅速火遍了网络，无数游客怀着好奇在元宵节这天纷纷来到四海湖，与这神奇的“冰汤圆”合影，作为元宵节最好的祝福。目前，它是中国规模最大的“冰汤圆”天然冰雪景观，并获上海大世界基尼斯纪录。摄影 / 王安

湖冰景观：姗姗来迟的大地之美



撰文

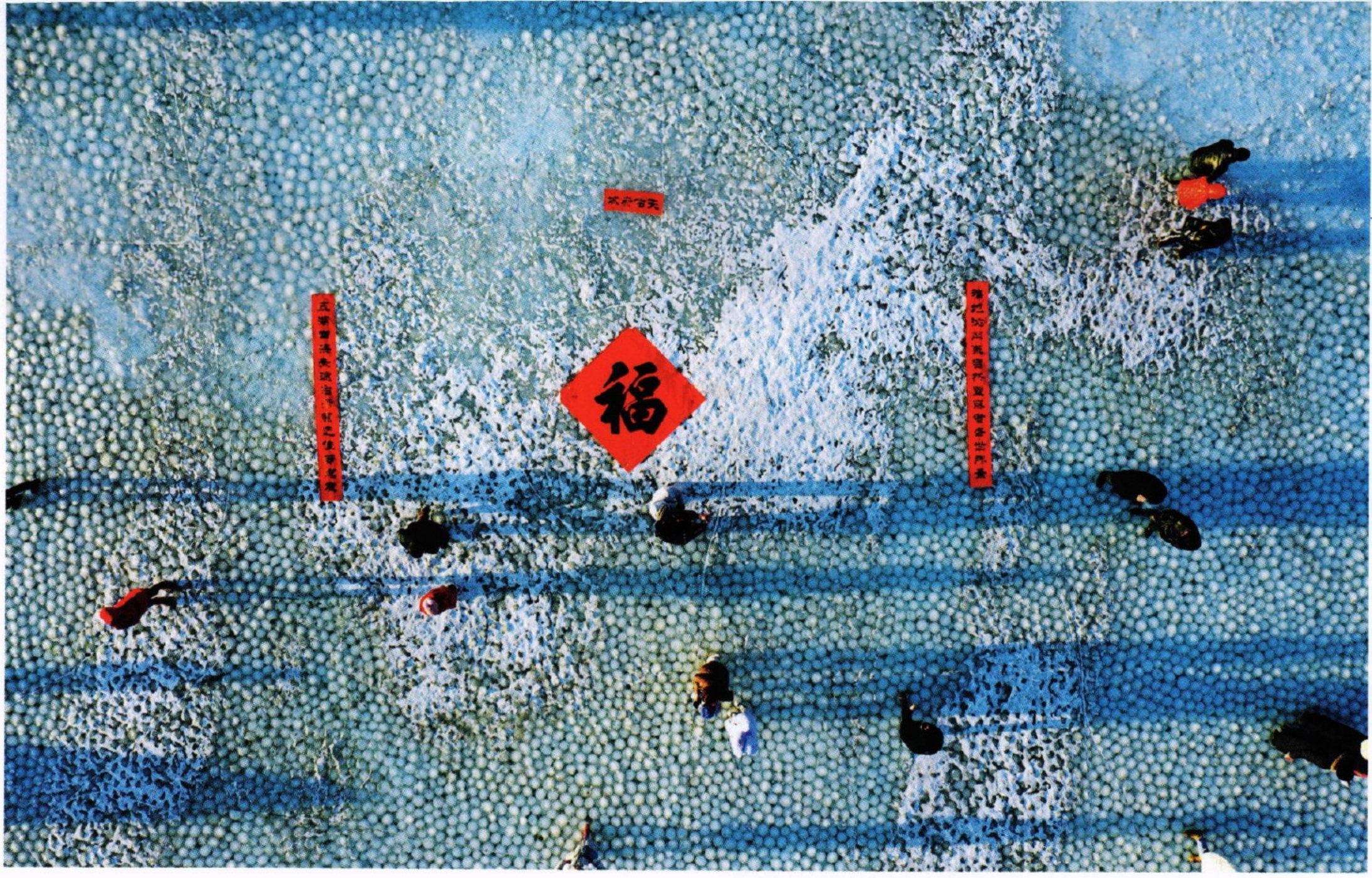
单之蔷

湖面上“冰汤圆”这种景观，并不是在元宵节那天

元宵节那天，朋友赵春江在朋友圈中发了一组照片。照片的内容是吉林白城洮南市一个名叫四海湖的湖面上发生的奇观：冰封透明的湖面下，全是圆圆的白色的冰球，酷似汤圆。“汤圆”一个挨着一个，分成几层在冰下密集。一时间这几张照片成了“热点”在网上传播。最初我想了解这种奇观产生的原因，于是在网上搜索了一些文章和信息。后来我们联系到了两位专业人士，他们都是吉林大学研究地质与水文的专家，其中一位是杨峰田副教授，一位是陈耀轩博士。他们完全是出于兴趣，在四海湖出现“冰汤圆”后立即赶到了那里，开展了他们的研究工作。

他们确实很专业，虽然有一些数据和结论还在实验室里进行，没有最终的结论，但是他们对这件事的前因后果已经能说得很清楚。

那段时间接连下了五天大雪，有两天甚至可以说是暴雪。原来湖面并没有结冰，连续的暴雪落到湖面后为湖水结冰提供了最重要的凝结核——晶核。雪落到湖面，湖水开始结冰，湖面上落下的雪和冰混合在一起。这时从西北向东南方向有大风不停地吹过湖面，湖面上的雪落到水里，被风吹成了形状不规则的雪球，在风的持续吹动下，这些雪球聚集到了东南方向湖岸附近的凹岸水域。漂浮着雪球的湖水在这里受到堤坝的阻挡，在风浪的作用下反复拍击堤岸后又被折回，如此往复，雪球便被磨去棱角逐渐变圆。这很像民间制作汤圆时来回滚动汤圆，使其变圆的过程。雪还在下，“冰汤圆”在增大，直径大多在20至30厘米左右，雪不停地



只有满足了“天时、地利、人和”，“冰汤圆”才会最终形成

元宵节这天，四海湖居民将大大的福字和对联贴在了“汤圆湖”上，雪白的“冰汤圆”和火红的对联，营造出了更加浓厚的节日氛围（上图 摄影 / 赵春江）。据吉林大学地质与水文专家杨峰田、陈耀轩研究认为，“冰汤圆”的形成主要受控于气象条件、湖泊地貌和湖水性质等，在特定环境情景下，诸因素在一定范围内达成一种微妙的平衡，方可形成这一景观。关键因素可能包括：

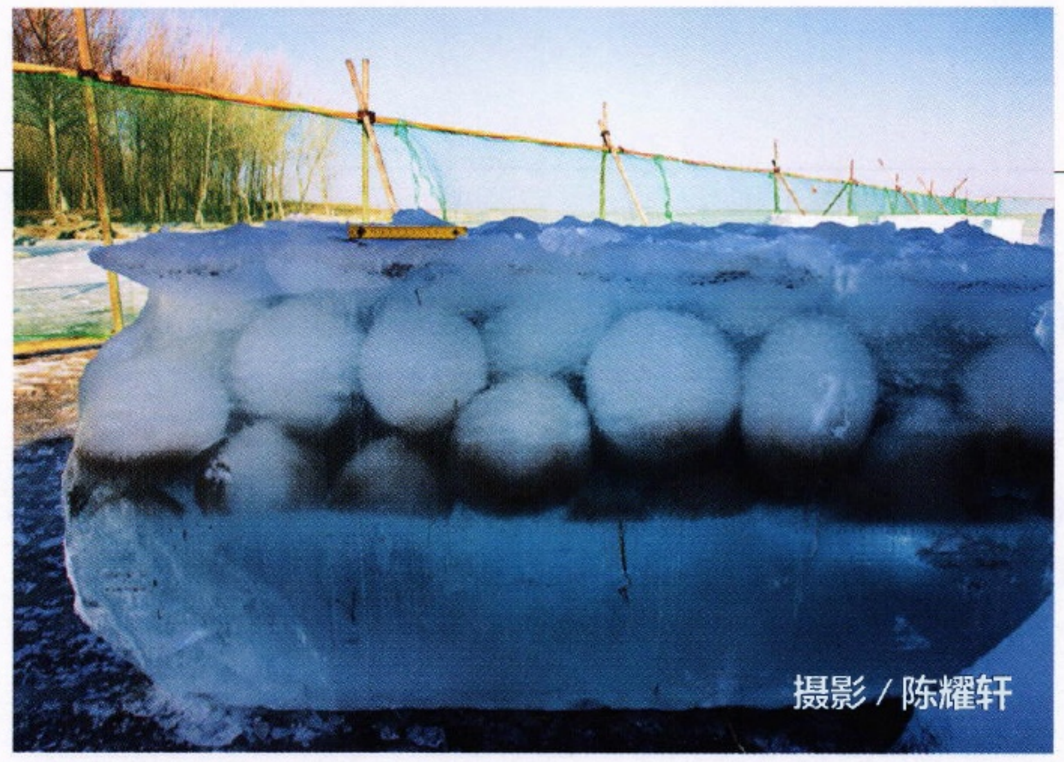
气象条件：2021年11月上旬，东北地区遭遇特大暴雪、大风天气，堪称百年一遇。区内降雪持续五天，积雪厚度可达1米。大团降雪落于湖面，其外层为表层湖水浸润并逐渐冻结，形成雪泥团聚体（雪、冰和水的混合物）；在北偏西向大风所引起的湖水波动作用下，团聚体持续翻滚，并在外层冻结作用共同控制下形成圆状、次圆状球体。

湖泊地貌：四海湖位于洮儿河冲洪积扇前缘，为地下水排泄区，周边有大量湖泊和湿地分布，彼此由水渠或河道相连，湖水总体由西北向东南方向流动，与当时风向近乎一致；此外，四海湖包括东、西两湖，二者之间通过闸门连通，对水流有一定导向作用，而“冰汤圆”正分布在西湖东南部、闸门附近的凹岸区，系为水流裹挟至此。此处水深较浅，湖水波动较强，利于雪泥团聚体滚动成球。

湖水性质：四海湖地势低洼，接受降水、地表径流和区域地下水补给；湖水流动性差，主要以蒸发形式排泄，进一步浓缩而成为咸水湖，湖水冰点低于0℃。雪泥团聚体形成时，表层水温略低于0℃。此温度下，湖水未能冻结而雪泥团聚体未能融化，这一微妙平衡使团聚体得以存在。团聚体滚动成球后，随着气温降低，湖水逐渐冻结，并将雪泥球封于冰层之中。



四海湖雪泥球分布位置及形成动因示意图


摄影 / 陈耀轩


摄影 / 王安

通过调查取样发现，雪泥球在不同区域呈现出不同的形态和层理

“冰汤圆”是一种罕见的自然奇观，具有很高的科学和观赏价值。为便于后续研究和展览，在冰雪消融之前，工人们开始在湖面上采集冰块。整个冰面被划分成了许多1米见方的网格，冰块厚度在0.9—1米左右。冰块被规则切割之后，用传送带送至附近冰面，再用叉车运走进行存储。通过大量的调查取样发现，雪泥球的空间分布呈现出明显的分带：近岸区域以波浪作用为主，雪泥球形态较为规则，接近圆球体，球体直径约20—30厘米；远岸区域湖水流动性较强，雪泥球以不规则椭球体为主，直径在10厘米左右。此外，因湖面冰封速度不同，在垂直于湖岸的纵剖面上，雪泥球呈现出不同的分层。近岸区域雪泥球冻结时间较早，当第一层雪泥球冻结在冰中之后，在浮力和水流的共同作用下，可形成两到三层雪泥球，而距湖岸较远的区域分层则逐渐减少。

下，雪冰在增厚，最后“冰汤圆”一层层被冰封在冰下。从后来湖冰上切下来的冰块的断面可以看出，冰明显分成两层，上面一层是白色的冰，因为里面有雪有空气，“冰汤圆”也在这一层里，下面一层是透明无色的冰层。在苏联地理学家扎依科夫所著的《湖泊学概论》一书中，他把湖冰分成三类：一是水冰（湖水冰）。这种冰是在湖泊的平静状态下冻结而成的；二是水雪冰。这种冰是由浸渍了水的雪在水冰的表面上冻结而成（水是通过冰层在雪的重力压迫下形成的裂缝而溢出表面的）。这种冰具有多孔的结构、浑浊并含有大量小气泡；三是雪冰。这种冰是冰面上的雪融化后冻结而成的。它比水雪冰更紧密，没有空隙，气泡也比水雪冰要少。

显然四海湖的“冰汤圆”现象，其中含有雪球的湖冰应该是第二种——水雪冰。我在想如果雪一再地下，最后湖面将是白色的水雪冰，我们就可能看不到下面的“冰汤圆”，但是神奇的是，暴风雪下完之后，又下了两天雨。我想这两天的雨一边下一边冻结成透明的冰——水冰，大概这就是湖面上能看到下面满是“冰汤圆”的原因吧。

最让我感兴趣的还有这样一件事：其实湖面上形成“冰汤圆”这种奇观，并不是在元宵节那天，而是在2021年11月5—9日这几天。这种奇观形成后，当时并没有引起人们的关注，也没有人去报道。只是到了元宵节前夕，有一个自媒体人去四海湖拍了一段视频发了抖音，才一下子火了起来。假如中国没有元宵节，这个视频也许并不能火起来。

这件事让我想起德国哲学家马丁·海德格尔对艺术所做的分析，他说：所谓艺术品，必须在其中体现出“天、地、人、神”的四重映射，缺一不可。洮南四海湖这段“冰汤圆”火起来的故事是不是对此的一个注释呢？

这件事之后我开始搜寻关于冬季湖冰的各种新奇的景观照片。

赛里木湖中的气泡，仿佛来自大地深处的呼吸

赛里木湖位于新疆博尔塔拉蒙古自治州境内，是新疆海拔最高、面积最大的高山湖泊。来自大西洋的暖湿气流不远万里一路向东跋涉，终于在天山北麓凝结成大西洋的最后一滴眼泪。在赛里木湖，当严冬来临，水中植物腐烂分解后释放出甲烷等气体，气泡在上升过程中遇到过冷的冰面，气泡周围的水便冻结起来，气温骤降时，冰封的气泡越来越多，最终形成串珠状的“气泡”景观。图为赛里木湖气泡景观，远处夕阳下的最后一抹金黄将湖面染亮，前景中一个个升腾的气泡呼之欲出，仿佛要冲破冰面，极具感染力。
摄影 / 赖宇宁

气泡湖：看是美观，想想其实很可怕

我在此文中放了一张新疆赛里木湖冬日冰面的景观照片：一些气泡被冻结在湖冰中了，湖冰是无色透明的，气泡被冻结后呈现白色。现在人们称呼这种景观叫：气泡湖。其实这种名称并不贴切。气泡被冻结在湖中，只是冬季里一些湖泊中的一种景观，是湖冰景观的一种。在夏季看不到这种景象，冬季由于积雪的覆盖也看不到。据说赛里木湖被发现有这种景观，也是最近几年的事，因为在网上人们看到一些国外湖泊的气泡景观照片，就开始在中国寻找这种景观，有好事者扫开赛里木湖上的积雪，才发现赛里木湖也是“气泡湖”。这也是国内自媒体发展起来后，一些自媒体人为了吸引流量，开始寻找这种神奇的自然景观，“气泡湖”也就逐渐多了起来。其实这种冬季湖冰中有一连串的气泡被冻结的现象在许多湖泊中都有，甚至人们在北京奥林匹克森林公园的湖中也发现了被冻结的一串串气泡。这些气泡是湖底的水生植物死亡后腐烂分解所产生的“沼气”。我们知道沼气能够燃烧，说明其中含有“碳”，因此“气泡湖”是在向大气中释放“碳”，而大气中“碳排放”的增加被认为是造成全球气候变暖的主要原因。由此看来人们的审美和人类的生存发生了矛盾，“气泡湖”很美，但是它却是气候变暖的助推手。

我注意到这种“气泡湖”最多的地方是在青藏高原和靠近北极圈的周边地区，如中国、俄罗斯、加拿大、美国、芬兰、挪威等国家寒冷地区的冻土地带。

冻土地带湖泊多如繁星，人们称之为：星宿海。这些地区的湖泊多是冻土融化产生的热融滑塌造成的，因此称之为：热融湖塘。这些热融湖塘每到夏季就会有一些水生植物和藻类繁殖，到了冬季这些生物就会死亡沉积在湖底，在其腐烂分解泥炭化的过程中就会有含碳的“沼气”向大气中释放，冬季被冻结在湖中的气泡只是被捕捉到了的证据，其实在不结冰的季节里，这种气体也在释放。想想这种湖泊数量巨大，每日排放的沼气数量也一定惊人。我与冰川专家沈永平教授聊过这个问题，他说：“人们普遍关心冰川的消融和退缩，但那只是气候变暖的结果和标识物，冻土地带的热融滑塌造成的热融湖塘数量增多才是原因之一，因此它才应该受到更多的关注。”

我放一张赛里木湖冬季里的气泡照片，不仅仅是为了展示它的美，而是展示它是“恶之花”。

为什么在生成一些奇妙的湖冰景观时，天空都在下雪？

我的朋友赖宇宁是新疆的一位著名摄影师，一日，他给我发来了几张照片，拍的是新疆伊犁哈萨克自治州巩留县蝶湖公园一处湖泊湖面冻结时出现的一种景观，这种景观有点像一些树放射性地围绕着一个中心向外生长。他问我：“这种景观的名称是什么？”我并不知道。不过他的问题却再次戳到了我的痛点：在写这篇文章时，我碰到的最大问题，就是我不知该如何称呼一些景观。对于有关湖冰产生的各种景观，我都缺乏称呼它们的名称。英



国地理学家戴维·哈维在《正义、自然和差异地理学》这本书的第96页中说过这样一段话："爱斯基摩人（注：因纽特人的旧称）用许多不同的词来描述我们一般和简单地称之为'雪'的东西，他们因此以欧洲因语言的贫乏而不知的方式来理解世界并照之行事。"尽管我是东北人，对冰雪并不陌生，但是我得承认冰雪的世界太复杂了，我知道的远远不够。现在面对朋友发来的图片上的景观我无法称呼。一位诗人说过一句话："词语破碎处，无物存在。"当我没有名称来称呼面前的事物时，我就无法谈论它。因此我现在面临的问题是：或者找到它的名称，或者给它命名。这件事让我感受到了命名的力量。命名为什么如此重要呢？我想：命名是人类意识的一项神奇的功能。这种功能一是能够把一些看似杂多、无规则的感觉整理成有条理、有规律的统一的形象。有的哲学家把这称之为：立义。也就是说我们的意识活动之所以能够构造出一个意识对象，是因为我们的意识活动赋予了一堆杂多的感觉材料以一个意义，从而把它们统摄成为一个意识对象。有人把这称之为"对象化"，有的将之称为"奠基"，若在我看来，这是给一堆知觉材料注入灵魂，将其唤醒，将其从一个连动物都具有的一个感知的世界、印象的世界中，提升到一个只有人才具有的心理的世界、观念的世界、符号的世界、意义的世界，在这个世界中我们正是依靠语言与客观对象生活在一起。

这种冰上的微观景观有没有名称呢？我想到了冰雪科学，因为我觉得在认识和欣赏景观方面，科学的贡献很大。当面对纷繁复杂的世界时，科学很擅长分类和命名。正是科学给我们生活其中的世界分门别类地划分成各种类别，并且一一将其命名，给予名称。我想了一下，我之所以能够欣赏冰川，是因为科学已经将其分门别类加以命名，然后研究它们。假如没有科学给冰川运动造就的景观一一命名，教给我一些景观的名称，如：雪线、角峰、刃脊、粒雪盆、冰斗、终碛垄、侧碛垄、漂砾、冰碛湖、冰川乳……我很难欣赏冰川，或者即使能欣赏，也得不到今天获得的种种美感体验。想想我对

喀斯特、对黄土、对沙漠等景观的欣赏何尝不是如此？现在我面对冰面上的一种冰纹构成的景观，不知何名，我何不在科学中寻找帮助呢？

我找来了一本《英汉冰冻圈科学词汇》辞典。在这本收录了8448条冰雪圈词汇的辞典中，我没找到这种景观的名称，后来在维基百科、谷歌中搜索，还真找到了一篇论文《湖冰上的湖星图案》。

这篇论文在文章的开始就给这种景观进行了“命名”，称之为：湖星。这再一次说明了命名的重要。文章是这样说的：“湖泊通常在降雪时会结冰。当冰层上形成一个洞时，相对温暖的湖水会流过它，从而穿过雪层。在水流和融雪的过程中，这些温水创造了黑暗的区域。这样产生的图案，看起来像星星，我们称它为‘湖星’。”

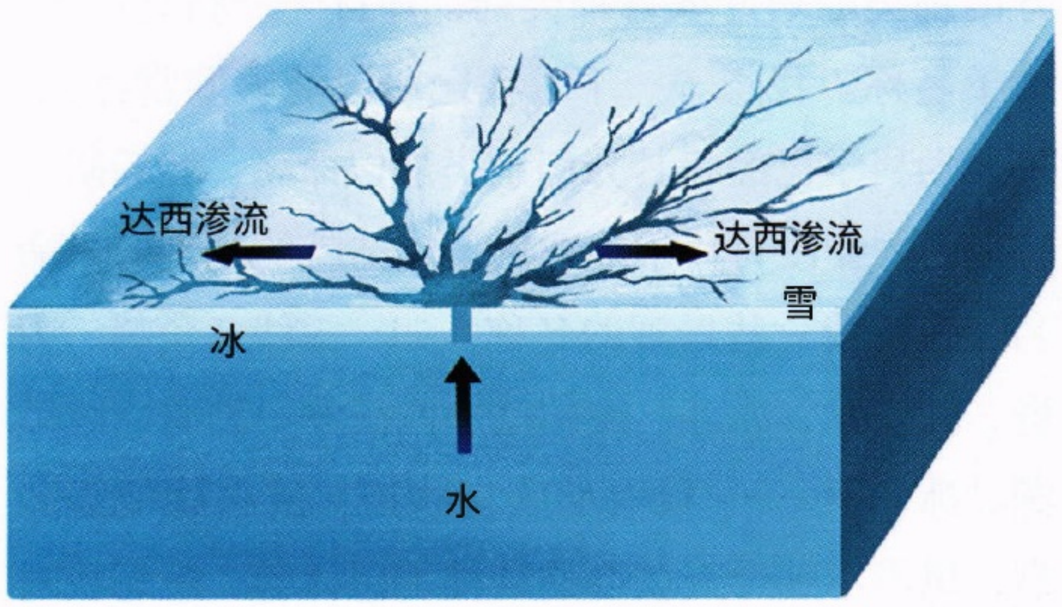
我问了拍这张照片的摄影师赖宇宁，当时是什么情况。“当时正下着雪，雪落到了湖面上，湖水开始结冰，冰层很薄，落在上面的雪层把刚刚形成的冰层压塌了一个小洞，并且形成了一处‘凹地’。湖水顺着这个小的冰洞一点点地溢出，溢出的水开始浸润冰面上的疏松雪层，并围绕着冰洞放射性地生成树枝状的通道，通道中被水浸湿的雪变暗，这暗色的水道就构成了‘湖星’的图案。”赖宇宁说。

听了赖宇宁的描述，我感兴趣的是：天正下着雪，雪落在湖面上，湖面开始结冰。为什么在生成一些奇妙的湖冰景观时，天空都在下雪，前面讲述的“冰汤圆”形成时，天空也下着雪。因为湖水结冰并非易事，有时温度已经降到了冰点零摄氏度，湖面也并不会结冰，有时是因为风的破坏，风的破坏也不是指风机械地吹走或吹碎冰层，而是指风把表层的冷水吹走，将下层温暖的湖水翻了上来，因此湖面在刮风时很难结冰。下雪时，湖面结冰是因为结冰时除了湖水的温度要达到冰点，湖水中还要有“冰种”，就是能够引发结晶过程的“晶核”，下雪落在湖中的雪花正好提供了湖水结冰的“晶核”，因此下雪和结冰同时在湖中发生就不奇怪了。

下雪不仅引发湖水结冰，还会带来许多新的“湖冰景观”。前面讲述的“冰汤圆”不就是落在湖面的雪被滚成了“冰球”吗？冰球形成在近岸地带，落在湖心地带的雪与湖水融合后会形成一种似冰又似雪的被称为“雪酱”或“雪糊”的景观。可能还有一些下雪时湖面上生成的景观，我们注意不到，因为我们毕竟不是因纽特人，我们没有名称

2月底，伊犁河谷气温回升，在新疆伊犁哈萨克自治州巩留县蝶湖公园里，湖面上的积雪渐渐消融，一簇簇盛开的“冰花”绽放在翡翠般的湖面上，静静等候着春天的到来。它们有的像洁白轻盈的羽毛，又如摇曳生姿的珊瑚，抑或是虬枝漫展的苍松……在冰与雪的创作下，共同描绘出一幅淡雅别致的水彩画。湖面上的“冰花”又称“湖星”，通常出现在积雪覆盖的冰层上，由于相关研究较少，因而尚未真正进入人们的视野。摄影 / 赖宇宁

下图简单示意了“湖星”的形成过程：首先，随着气温下降，湖水表面形成一层薄薄的黑冰（因透明而呈现黑色）。湖水结冰过程中水中盐分析出可能产生细小孔隙，冰面下的水由于毛细作用通过孔隙上升至冰面，被冰面上疏松多孔的雪吸走，形成雪泥，当雪泥的重量超过冰的承重能力时，孔隙会塌陷形成孔洞，湖水则会从这些孔洞上泛进入雪层。在达西渗流（适用于描述在均匀、同质的多孔介质中扩散的流体）的作用下，冰面下湖水以孔洞为中心向四周呈树枝状扩散，湖水融化积雪露出黑冰层，呈现出星状形态，在树枝状末端，湖水温度降低至零度不再融化积雪，但湖水依然在末端雪层中渗流。绘图 / 王航



在冰与雪的演绎下，蝶湖公园“冰花”盛放

欣赏“湖星”，不仅需要天公作美，还需要有足够好的运气。2021年11月底的一场雪后，摄影师运气爆棚，幸运地在塔克拉玛干沙漠腹地的葫芦岛（位于新疆巴音郭楞蒙古自治州尉犁县南部），邂逅了一场“湖星”景观的视觉盛宴。航拍视角下，冰封的葫芦岛湖面好像一块布满裂纹的翡翠，积雪则奇迹般地在冰面上组合出树枝状或指纹状的精美图案。而因积雪厚度的不同，整个图案呈现出了凹凸有致的立体效果，仿佛一位技艺精湛的玉雕大师创作的浮雕作品。在画面中央未被积雪覆盖的冰面周围，一颗颗“湖星”错落有致地镶嵌在湖面上。以汽车为参照，可以看出每颗“湖星”的规模比我们想象的要大得多。摄影 / 邓建中

“湖星”景观常出现在雪后，其规模比我们想象的要大得多

称呼它们，因此我们也就看不到它们。

就在我们认为“湖星”这种景观十分珍稀难得时，马上有朋友给我传来一组图片，这是出现在新疆另一处湖面上的“湖星”景观。照片中的“湖星”既多又美，而且真的出现了环状的一圈一圈的湖冰的新景观。我们没法称呼它们，因为它们还没有名字。

为什么西藏冬季里湖泊多呈现出纵横交错的裂痕之美？

去年8月我去了普莫雍错，在那里我整整逗留了一天。这个湖把我深深地吸引了。天空满是淡淡的水墨画一样的云，远处是环绕湖的雪峰，几只牦牛走在一个小湖与大湖之间的自然堤上，乌黑的剪影映在光影闪烁的湖面上，四下里没有一个人影……我们来到一处伸进湖中的岩石裸露的小山上，山上有藏民堆垒的一处处玛尼堆，这些玛尼堆是用一块一块的石头垒起来的，好像是在展示叠石技术……其实它们展示的是对神的敬仰。一群岩羊从远处的山坡走走停停地下来了，一直在我们的面前下到了湖边……有一年我曾经来过这个湖，但是那天阳光灿烂，远山和近湖一目了然，那天的普莫雍错没有给我留下太深的印象。看来看这个湖还是在夏季多云和有雾的天气为好。

但是我的看法很快转变了。因为我看到了普莫雍错冬天结冰后的照片。

照片是朋友铁丐（网名）拍的，时间是冬季2月。湖冰的色彩是深蓝色的，或者说是藏蓝色，似乎与夏季湖水的颜色大体相似，但不同的是，此时蓝色的湖水上面已经结了一层透明的冰盖。冰盖并不十分引人注目，但是冰盖上的冰裂纹却很是惊艳。这些冰裂纹好似装饰图案一样体现着一种秩序感，它们似乎以某一个图案为模型循环往复、延续向前，一直延伸到看不到的远方。其实它们并不是一个模型的重复，而是每一次都有变化，每一次都不相同，但不同中又有相似之处，它们的相似是家族相似……冰裂纹以蓝色的湖冰为画布画出的这幅具有装饰之美的图画铺展在天地之间……

普莫雍错的冰裂冰纹之美，其实是冬季西藏湖泊上并不罕见的一种景象，只是过去人们很少注意到，或者是很少有摄影师用无人机的俯瞰视角来拍摄而已。我在纳木错，在羊卓雍错，都曾看到冬季湖泊表面冰覆盖层上的冰裂冰纹景象。这里我注意到一个现象：在我国的东部地区，比如我国东北地区的冬天，那里的湖泊一样结冰，但是我却很少看到像在西藏的湖泊上看到的这种冰裂和冰纹的景象。我想其中的原因大概有如下几种：一是我国东部地区冬天结冰的区域是秦岭—淮河以北，主要是华北和东北地区，这一地区湖泊密集度不高，而且缺少大湖，尤其缺少像青藏高原上那样的大湖；还有这些地区的湖泊深度不够，透明度也不高，湖水较为浑浊，因此无法出现像前述的普莫雍错那样的冰盖上的裂缝和裂纹构成的纵横交错的美；还有一个原因是秦岭—淮河以北的东部地区冬季降雪较多，湖面被雪层覆盖，因此无法欣赏冰盖上的冰裂和冰纹之美。而西藏基本属于半干旱和干旱地区，冬季降雪较少，湖上冰盖的冰裂冰纹之美很少被雪层遮盖，因此我们在西藏见到湖面冰裂冰纹之美的机会自然就多了。

刚刚清扫过积雪的冰盖上，几个小时过后就出现了纵横交错的冰裂纹

在西藏冬季湖泊冰盖上较少有雪层覆盖，这不仅仅是我们欣赏冰盖上冰裂冰纹之美的前提条件，而且湖面的冰盖上有无雪层覆盖还影响了冰裂冰纹的形成及形成的深度和广度。在扎依科夫所著的《湖泊学概论》这本书中记载了这样一件事：一位俄罗斯的研究冰雪的科学家彼得鲁尼切夫，为了开辟一个新的港口，他在一个被雪覆盖的结冰的湖面上清除了一大片积雪，准备开辟一条新的航线。他

发现刚刚清扫过积雪的冰盖上，开始并没有冰裂纹，或者说即使有也没有达到引人注意的程度。但是经过几个小时后，冰面上就出现了纵横交错的冰裂缝网。这件事说明了冰面上覆盖的雪层对冰面产生的裂纹起到了一种微妙的作用。这个作用是什么呢？因为雪的导热性很低，雪的导热性低的原因之一是雪中含有大量导热性比雪低得多的空气。因此当冰上覆盖的雪层达到一定的厚度时，湖面的冰层与大气中的热交换和热辐射就基本被阻断了。而当冰面上的积雪被清除后，冰面与大气的热交换又开始了。

在前面提到的铁丐拍摄的普莫雍错冰面的照片上，我们仔细看冰盖上的冰裂纹，明显可以看到有这样几类裂纹：一是有几道又深又宽的裂隙贯穿整个冰面，裂隙间甚至又被冰雪填满。这类冰裂纹属于深大的裂纹；还有一类是冰面最表层的有如蜘蛛网一样密布的裂纹，你若盯住了冰面看，在这层蛛网下面还能看到有一层有如老人饱经沧桑的脸上的细密皱纹一样的冰裂纹。这两类裂纹可以称之为浅裂纹。

其实这些冰裂纹都是因为冰盖受到温度变化的影响产生的变形。这种变形的产生主要原因是冰盖表层温度剧烈的日变化和冰层导热不均匀造成的。白天冰层表面受到太阳辐射的影响温度上升，而夜晚又因为气温的下降而冷却，因此引起了表层冰面的迅速膨胀和收缩，但深处的冰层却因为冰的导热性不良，加热与冷却及膨胀与收缩都比较慢，因此冰面和冰下的冰层之间产生了很大的应力，使冰层产生了裂纹网。如果说这种浅的裂纹网的形成是温度的日较差造成的，那么那种深大的冰裂隙则是天气稳定地变冷和变热造成的。因为这种较长时段的变冷和变热的趋势，会造成湖的冰覆盖层向上或向下的弯曲，弯曲会造成深大的裂隙贯穿冰面。

说到这里，我似乎明白了为什么在青藏高原上的西藏我们看到的一些湖泊冰的裂纹之网非常美，其中的原因大概有这样几点：一是青藏高原是我国一日之内气温变化较大的地方，大到什么程度呢？在这里的许多地方一年之内平均的气温日较差大都超过16℃，因此白天与夜晚湖面上冰盖的温度变化非常大，冰盖的膨胀与收缩产生的应力也大，且这种变化产生在一年之内每日的气温变化都是如此频繁的地方，因此在冰面上造出那种繁复美丽的冰裂纹网也就不奇怪了。还有就是由于青藏高原的干旱少雨，湖面上很少被雪层覆盖，因此湖面上冰层的温度变化没有被雪层阻隔也是重要的原因。

湖冰融化之美：湖冰的消亡竟然如此之美

前面说了西藏的湖泊普莫雍错冬季里湖冰产生的裂纹之网这种景观的美，巧合的是，与此同时我们得到另外一张照片：普莫雍错的湖冰在春季里消融时的照片。这张照片的内容是这样的：左边是蔚蓝的湖水，右边是大大小小钻石一样的一些碎冰呈带状沿着湖岸延展。

这张照片随同十几张照片一起作为《中国国家地理》杂志2022年第4期的候选封面，被我们放到了网上，目的是让网友投票，在其中选出一张作为封面，没想到它获得了第一名。本来我以为网友不知道这张照片的内容，如拍的是哪个湖？那些碎钻一样的冰块是什么？甚至我都怀疑网友们是否知道这张照片拍的是一个湖在春天来临时湖冰融化的情景，因为并没有相应的文字说明，但是它竟获得了第一名……看来它的形式战胜了内容，赢得了网友……

关于湖面冰覆盖层的融化我知道的不多，但仅就我掌握的知识而言，湖冰的融化过程及伴随这个过程产生的景观也是极具美感和仪式感的。比如我看到在扎依科夫的《湖泊学概论》这本书中，有一段描写湖上冰覆盖层融化时产生的一种景观就很震撼。这种景观有一个名称：岸缘水区。它指的是在湖冰解冻期间所形成的湖岸与漂浮的冰层之间形成的一个条带状的水域。有时这个区域的宽度很宽，

普莫雍错上冰封的裂纹，构成大地独特的肌理

普莫雍错，藏语意为“飞翔的蓝宝石”，它位于喜马拉雅山脉北侧，是西藏地区海拔最高的淡水湖，周围被连绵巍峨的雪山环抱，湖面海拔5010米。冬季，湖水冰封，湖面凝结为固态，渗透出沁人心脾的蓝色，冰面上深深浅浅的裂纹纵横交错，构成大地最为独特的肌理。由于青藏高原冬季降雪稀少，普莫雍错的冰面上几乎无积雪覆盖，在昼夜极大的温差变化下，冰面反复膨胀收缩，最终形成了这种繁复且极具美感的冰裂纹网。

摄影 / 铁丐



稍纵即逝的湖冰，或许应该成为一种新景观引起更多人的关注

5月的普莫雍错，湖面的冰层已基本消融，只剩下湖岸边聚集着无数大小不等、形态各异的破碎冰块，它们层次分明地呈带状环绕着湖岸，给这座圣湖镶上了一道璀璨靓丽的花边。在阳光的照射下，一块块即将消逝的冰块就像一颗颗碎钻镶嵌在深蓝色的湖面上，映衬出普莫雍错别样的美。当我们被这种美的景观所吸引时，发现湖面上冰的形态千变万化，然而它们大多还没有被命名，也很少有人去欣赏和研究。期待未来会有更多的学者关注这种景观，为我们带来更深层次的解读。摄影 / 张振启

面积很大。如俄罗斯的伊尔门湖就连续多年在春天解冻时形成了环绕全湖的宽达 2 公里的“岸缘水区”。这是因为湖冰覆盖层的结冰和融化往往都是从湖岸开始向湖中心挺进。湖岸陆地的温度变化要比湖水快得多，因此冬季来临时，近湖岸的水域最先变冷结冰，春天来临时冰覆盖层的融化也是如此。而且近岸湖冰的融化更具有戏剧性，比如当春天来临，大地解冻，冰川冻土融化，河流水涨，流入湖泊的水量大增，整个湖面水位上升，湖上的冰盖随之抬升，脱离湖岸漂浮起来，这也会造成近岸湖冰最先崩裂破碎，因此环湖会形成一条最先破碎的碎冰带也就可以理解了。

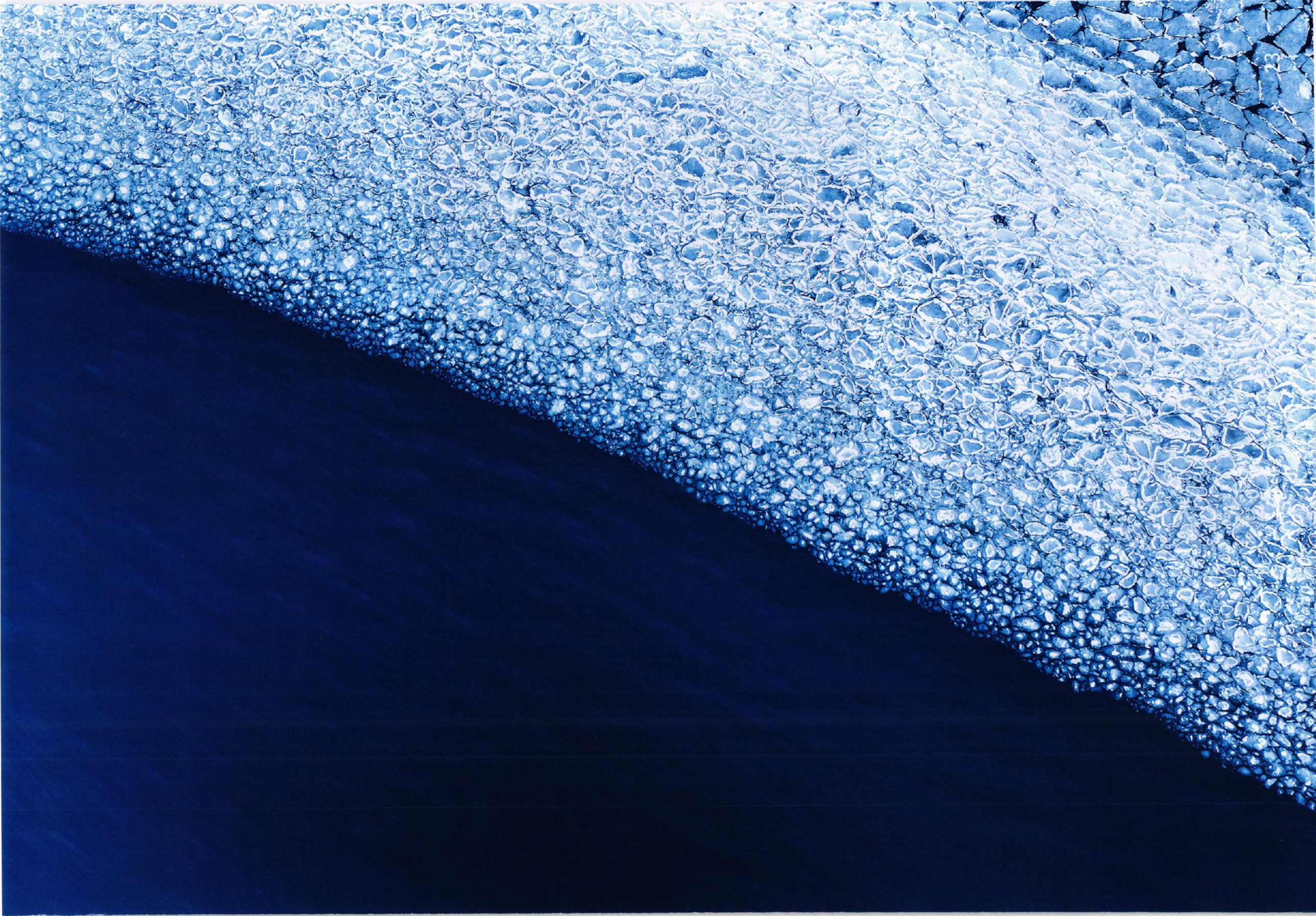
但是摆在我们面前的这张普莫雍错湖冰融化的照片上，展示的景观属不属于“岸缘水区”这种现象，由于我掌握的信息不够，不能做出判断。但是我同样也被湖水的颜色、近岸的碎冰带的美感征服了。那条碎冰带璀璨晶莹，宛若环湖有一块大的钻石，被一点点地敲碎，形成了千千万万个小钻石，于是钻石的表面积一下子扩大了千千万万倍，且形成了朝向四面八方的亿万个反射面，每一个反射面都反射着太阳的光辉……

寺院里一切依旧……炮声枪声原来是湖语湖声

这仅仅是青藏高原上千千万万个湖泊在某一短暂时段展现的一个场景，关于湖，关于湖水，关于湖冰的故事这里所写的也仅仅是沧海一粟。而且这只是为人的视觉所呈现的景色。其实关于湖水的结冰和融化，都伴随着声音。湖面上那些纵横交错的浅裂纹，还有那些贯穿湖面的深大裂隙，它们在生长发育的时候，都有声响伴随，而且其声音的组合用盛大的音乐会来形容，或许规模和量级都不够，用战争中一场大的战役造成的那种声响的组合来形容似乎更贴切一些。苏联地理学家阿列金在《苏联湖泊研究》一书中这样描述捷列茨科耶湖湖面冰盖上裂纹产生时伴随的声音现象：“寒夜里整个湖充满了不断的爆炸声，好像远处的枪声，时而发出较强烈的撞击声，就像撞钟的声音，这时较大的裂缝就形成了。应和着附近山谷的回声，声音像是地下发出的隆隆声和潺潺声，当地居民说它是进入冰内和由冰下出来的气泡的破裂声。”而且有记载这种现象在贝加尔湖和其他湖泊都曾发生过。再引一段俄国地理学家波果列波夫在《欧洲平原在有史以来的气候变化》一文中的一段文字：“1467 年 11 月 1 日罗斯托夫湖发出轰鸣，一直持续了两周，夜间全市的人不能入寐，人们六人或八人一组去打冰……”看来真像战争一样，人们竟然组织起来去打冰。我不知道打冰的打法如何，但是看了这些描写，让我十分向往，向往亲耳听到发自湖冰的声音。

我期待着某个冬日，来到普莫雍错或者是色林错湖边的一座寺院里，夜晚躺在床上，窗外满天繁星，在万籁俱寂中我睡着了。忽然我被隆隆的枪炮声惊醒，起身来到院子里，夜色已稀，晨曦微露，黄狗卧在院中，大堂里早起的僧人在准备早课，寺院里一切依旧……炮声枪声原来是湖语湖声。

责任编辑 / 张琪　图片编辑 / 高新宇
版式设计 / 介彬　地图编辑 / 陈云



先锋技术、创新材质与色彩美学

2022 欧米茄全新时计

欧米茄 (OMEGA) 腕表深受全球腕表爱好者的青睐，同时也赢得了众多探险人士的信任。欧米茄对于品牌的影响力深感自豪，但也深知，持久的人与人的情感联结才是成功的关键。秉承这一信念，品牌认为，以一对一的交流形式开启 2022 年，才是更好的选择。因此，诚邀您探索丰富多彩的欧米茄之家。

欧米茄将向大家展示多款腕表，无论在色彩美学，还是材质创新上，都令人惊叹，每一枚腕表都将各自的传奇故事娓娓道来。一如既往，欧米茄再次实现了技术创新与品牌传承之间的精妙平衡，这也是品牌享誉全球之道。诚邀大家深入了解欧米茄的制表技术，悉心感受品牌的斑斓世界。



强势再续欧米茄潜水传奇

海马系列海洋宇宙 Ultra Deep 6000 米专业潜水表

2022 年，欧米茄在深海探险领域设计再攀高峰，Ultra Deep 腕表推出七款全新款式，表壳尺寸为 45.5 毫米，其防水性能高达 6,000 米 (20,000 英尺)，厚度仅为 18.12 毫米。其中有一款腕表采用经过喷砂处理的 5 级钛金属打造，配备经过拉丝处理的陶瓷表圈，表圈上饰有 Liquidmetal 潜水刻度。覆有黑色陶瓷的钛金属表盘搭配蓝色数字时标和渐变效果的蓝色中央秒针。

Ultra Deep 腕表中的其他六款则采用欧米茄全新研发的 O-MEGASTEEL 材质打造。O-MEGASTEEL 以高超的强度、亮白的颜色和出众的光泽度著称，同时还具备卓越的耐腐蚀性，非铁磁性以及低致敏性，外观历久弥新。表背同样由 5 级钛金属打造而成，采用激光技术镌刻“声呐”标志，并饰有欧米茄标志性海马图案。表背还饰有“Diver's watch 6000m for saturation diving”（饱和潜水表 6000 米）字样，彰显腕表获得饱和潜水表的认证。



色彩美学，材质丰富

星座系列 41 毫米腕表

星座系列腕表于 1952 年首次面世，旨在致敬 20 世纪欧米茄取得的众多精准计时成就，1982 年经过革新升级，现代星座系列成为欧米茄享誉业界的经典腕表，始终深受腕表爱好者们的青睐。2022 年，星座系列 41 毫米腕表推出全新精美的铑灰色、渐变绿色、勃艮第红色以及白色表盘。表壳采用精钢、精钢 - 黄色 18K 金，以及精钢 -Sedna 18K 金打造，搭配蓝色、黑色或棕色抛光陶瓷表圈，表圈的罗马数字由白色珐琅或欧米茄 Ceragold 技术制成。



经典表款，深绿表盘

海马系列 300 米潜水表

2022 年，该腕表推出全新的绿色波纹表盘，更为大胆醒目。全新表款的表壳为 42 毫米，采用精钢材质打造，经抛光和拉丝处理，搭配单向旋转抛光绿色陶瓷表圈，饰以由“大明火”工艺制成的白色珐琅潜水刻度，12 点位设有覆以 Super-LumiNova 夜光涂层的圆点，在暗黑环境中呈现以绿色效果。



焕新色彩，洋溢海陆灵感

海马系列 Aqua Terra 腕表

2022 年，海马系列 Aqua Terra 腕表洋溢着来自海陆灵感的丰富色彩，将一系列雅致时尚的海陆色调凝聚于表盘的方寸之上。 腕表爱好者可以选择较大尺寸的 38 毫米表款，表盘有深蓝色、月桂绿色、砂岩色、橘黄色和赤陶色可选。34 毫米表款则有海蓝色、湖绿色、砂岩色、贝壳粉色和薰衣草紫色表盘可选。



匠心打造，致敬大自然的馈赠

星座系列砂金石腕表

星座系列 29 毫米全新表款的表盘采用来自大自然的砂金石打造，通过制表师的匠心设计，每一枚表盘的光泽效果都与众不同。欧米茄今年共推出十二款砂金石腕表，有精钢 -Sedna 18K 金款，或 Sedna 18K 金款可选择，搭配绿色、红色或蓝色砂金石表盘。表圈铺镶钻石或镌刻罗马数字。



纤薄经典，全面升级

超霸 ‘57 腕表

著名的超霸 ‘57 腕表于 2013 年首次推出，如今全面升级，内部升级为至臻天文台机芯，并以更加纤薄的外观设计荣耀回归。全新腕表沿袭历史传承的对称表壳和竖直表耳，金属表圈饰有激光镌刻的黑色测速刻度，并搭配著名的“阔箭”指针。



传奇太空腕表，散发着月球的光芒

超霸系列月球表 Moonshine 18K 金款

今年，欧米茄将月球表的设计提升至全新维度，推出两款全新 Moonshine 18K 金款腕表。其中一款“阶梯式”表盘采用 Moonshine 18K 金制成，呈现太阳射线打磨效果。黑色陶瓷表圈上的测速刻度由 OMEGA Ceragold 技术制成。Moonshine 18K 金小表盘覆以黑色，金质的时针和分针亦经黑色 PVD 处理。另外一款搭配经绿色表盘和绿色陶瓷表圈。绿色“阶梯式”表盘经 PVD 处理，呈现太阳射线的打磨效果。绿色陶瓷圈上的测速刻度采用 OMEGA Ceragold 技术制成，时针、分针和小表盘指针均采用 Moonshine 18K 金制成。

河西走廊西部的古城址功能多样，概念也较为宽泛。一般来说，大型城址为郡治或大县城；中型为都尉府城或小型县城等；小型城址功能更为多样，如乡城、军事障城、仓城等。图为位于玉门市清泉乡的东骟马城，骟马河从城旁流过，70米外还有一座西骟马城遗址（为汉代屯兵地）。该遗址曾是嘉峪关外一个交纳差马、以马易茶的场所，在明代嘉靖年间曾有添筑。城紧傍骟马河，东垣随河岸坍塌于骟马河中。城墙各边长约在60—70米左右，墙基宽7米，四角有高大角墩。城外三面存最宽达18米的护城壕残迹，城内外还有三处地道相连。骟马河东岸是壮丽的彩色丘陵地貌。

河西走廊的“西部传奇”

荒野“读城”2000年

在河西走廊的西部，在漫长的岁月中，因为战乱起落、河流摆动、古今绿洲变迁等原因，留下了大小约百余个古城遗址，时代由汉到清，历时约2000年。广袤而干燥的荒原戈壁如同一座巨大的博物馆，将它们一一收藏。十年间，本文作者和摄影师在荒野中追寻它们，一份份时光“档案”、一张张古城图像渐渐集结，并汇聚为一部视角独特、穿越古今的“读城记”。

撰文

黄晓虎 栗书

摄影

赵勤 黄晓虎 等

酒泉玉门东骟马城遗址

河西走廊，位于中国黄河以西，形如走廊，东起乌鞘岭，西至玉门关，南北介于南部的祁连山和北山（龙首山、合黎山、马鬃山）之间。而河西走廊西部，主要是甘肃酒泉地区及与酒泉界交错的张掖西部边缘地带，则有着特殊的格局——南邻青海，西邻新疆，北与内蒙古相接。丝绸之路在这里发散，是丝路大动脉的重要中转站，还有不少孔道通向广袤的漠北及青藏高原等地，曾被视为“河西保障之襟喉”。讨赖河、疏勒河、党河在戈壁沙海中串起片片绿洲，也留下了酒泉、玉门、瓜州、敦煌、嘉峪关这些充满诗意的名字。

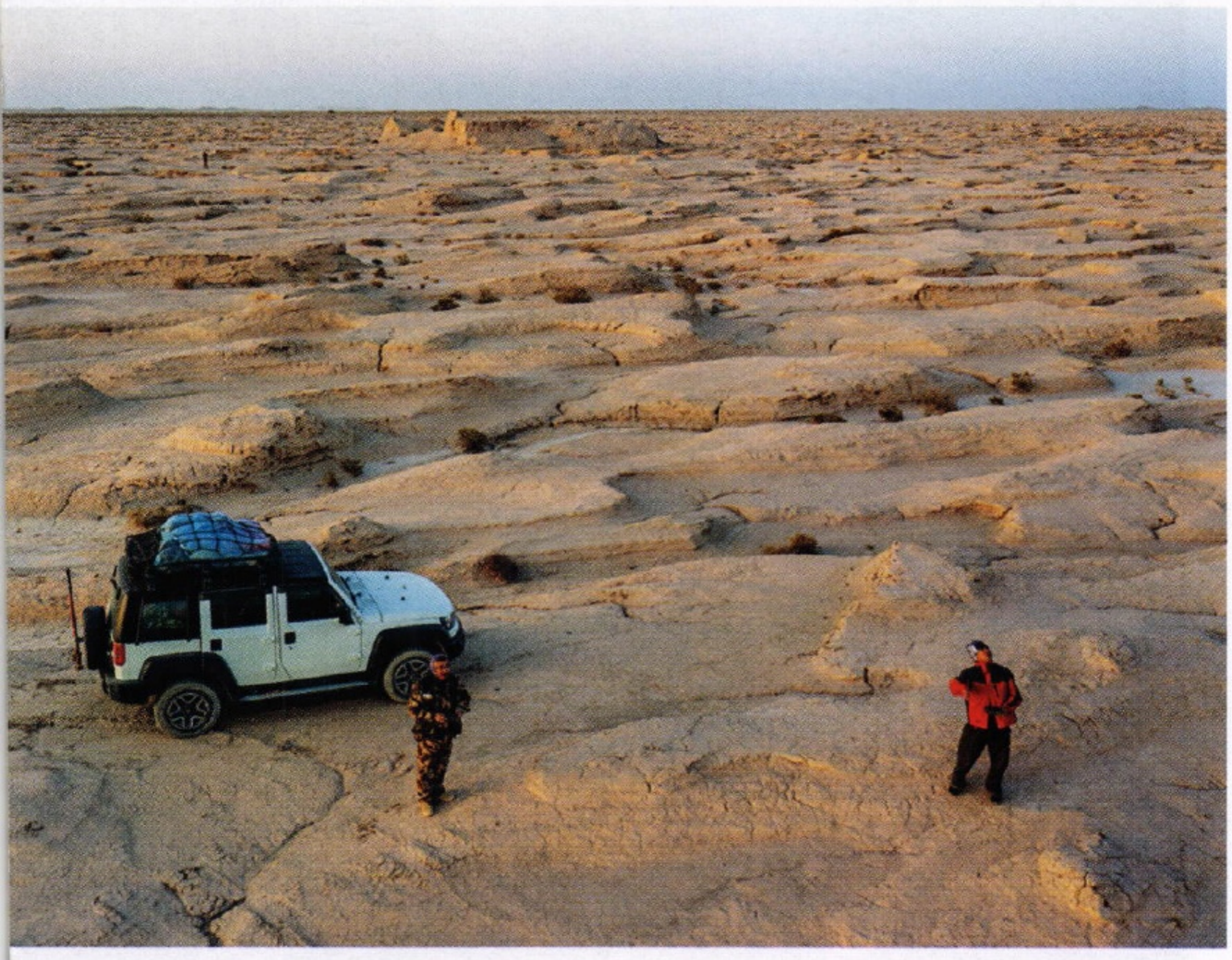
我是酒泉人，从小我就对荒原上那些古老的遗存：长城、烽燧、古城、石窟等有着深深的痴迷。而从十年前开始，我和志同道合的友人就开始探寻这些古遗址并进行拍摄，而古城址，就是我们重要的寻访对象。

河西之西部多古城：荒野上的城址博物馆

唐边塞诗中说“野云万里无城郭”，可在河西走廊西部，大大小小的古城却堪称星罗棋布。这主要得从汉武帝说起——西汉王朝对匈奴取得军事胜利



张掖肃南草沟井古城遗址



河西走廊西部的荒原仿佛是一个宏大的古城遗址博物馆，其中古城址的数量之众、延续时间之长、类型之齐全以及价值之高，都令人印象深刻。这一地区属大陆性干旱气候，降水稀少，瓜州、玉门一带还素有“世界风库”之称，有大面积的荒漠戈壁，人类活动干扰较少。由此，众多历史悠久的古城址得以留存，像一座座风干的城池标本。左下图为张掖的草沟井古城，是河西走廊保存最完整的古城之一。有研究者认为该城历史可以追溯到汉代，之后曾被废弃，明代曾重建，对研究汉代和明代的政治经济、文化和城建史有重要意义。左图为本文作者及摄影师正在瓜州地貌嶙峋的荒野上升起飞行器，拍摄不远处的古城。

荒原博物馆：众多古代遗址是它的收藏

后。据两关、列四郡、修长城、徙民实边，在河套以西兴建了三四千里的障塞亭燧，西至盐泽（罗布泊），以“断匈奴右臂，隔绝南羌、月氏”。

古城址是一个宽泛的概念，身份也多样，有行政体系的城，如郡城、县城、乡城，如汉代酒泉郡就下设九县，各有县城。此外，汉代军事防御体系庞大，每郡设多个都尉，下又分设候官、候部和诸多燧隧，此外还有负责屯田、邮驿、仓廪供给的部门，形成多种功能的城。如都尉一般驻守在较大的军城，障城则是较小的军城，往往为候官或候部驻地。如酒泉肃州城曾为酒泉郡治；瓜州的旱湖脑城、潘家庄城、草城等城址则曾是冥安古道上的乡城或障城；六工城遗址由两座城组成，东城较小为汉宜禾都尉昆仑障，西城较大为曹魏宜禾县城；河仓城则为汉代玉门关附近的仓城……从汉唐、魏晋到清，因为形形色色的原因，既有城的沿用、重筑，也有废弃和新筑，并最终在广袤的大地上留下了众多荒野城踪。

因为河西走廊西部特殊的气候和地理条件，比如人口密度低，有广袤的戈壁和沙漠，气候干燥

另类的拓片：古城是大地的碑刻

古城形状轮廓为方形及长方形、椭圆形和不规则形三类，多为单城，也有复合城，如独立双城型（两城相距很近但彼此独立），并列双城型（两城共用一面城墙），内外城型（大城包小城）等。古城址多建在长城的内侧，也有少数建在长城外侧。在历史上，有很多古城址都存在不同时代重修、沿用的情况。这些古城多为坚硬的夯土筑就，大地如碑，古城的遗迹则像是神秘的阳文图案，摄影师的航拍摄影留下了一张张特别的“拓片”。本页图为瓜州的潘家庄古城及古城内生长繁茂的红柳，为汉—魏晋时期遗址，城内面积约36000平方米。





等，保存下来的古城址特别多。据酒泉地区考古调查资料，辖区内就有大小古城遗址近百座。

多年来，我们探寻过保存较好的数十座古城址，它们面积有大有小，多为单城，也有复合城。有的双城共用一面城墙，有的大城包小城，也有大城外独立的小城，可能是用于关押囚犯的牢城或外围防御据点。

因为特殊的自然和历史背景，这一地区的城址规模相对较小，周长最多几公里，有的仅几百米；军事防御和交通功能却比较突出，不少都扼守在交通要道或关隘附近；平面轮廓除了方形、长方形外，还有多边形、三角形、折角形、梯形等。

让我印象深刻的是，有的小城面积仅有数千至几万平方米，但有些仍可找到瓮城、马面、敌台、角墩等军事设施的遗迹。它们伫立在茫茫戈壁中，总让我想起“黄沙万里白草枯，南邻犬戎北接胡”，“百战沙场碎铁衣，城南已合数重围”的雄浑诗句。



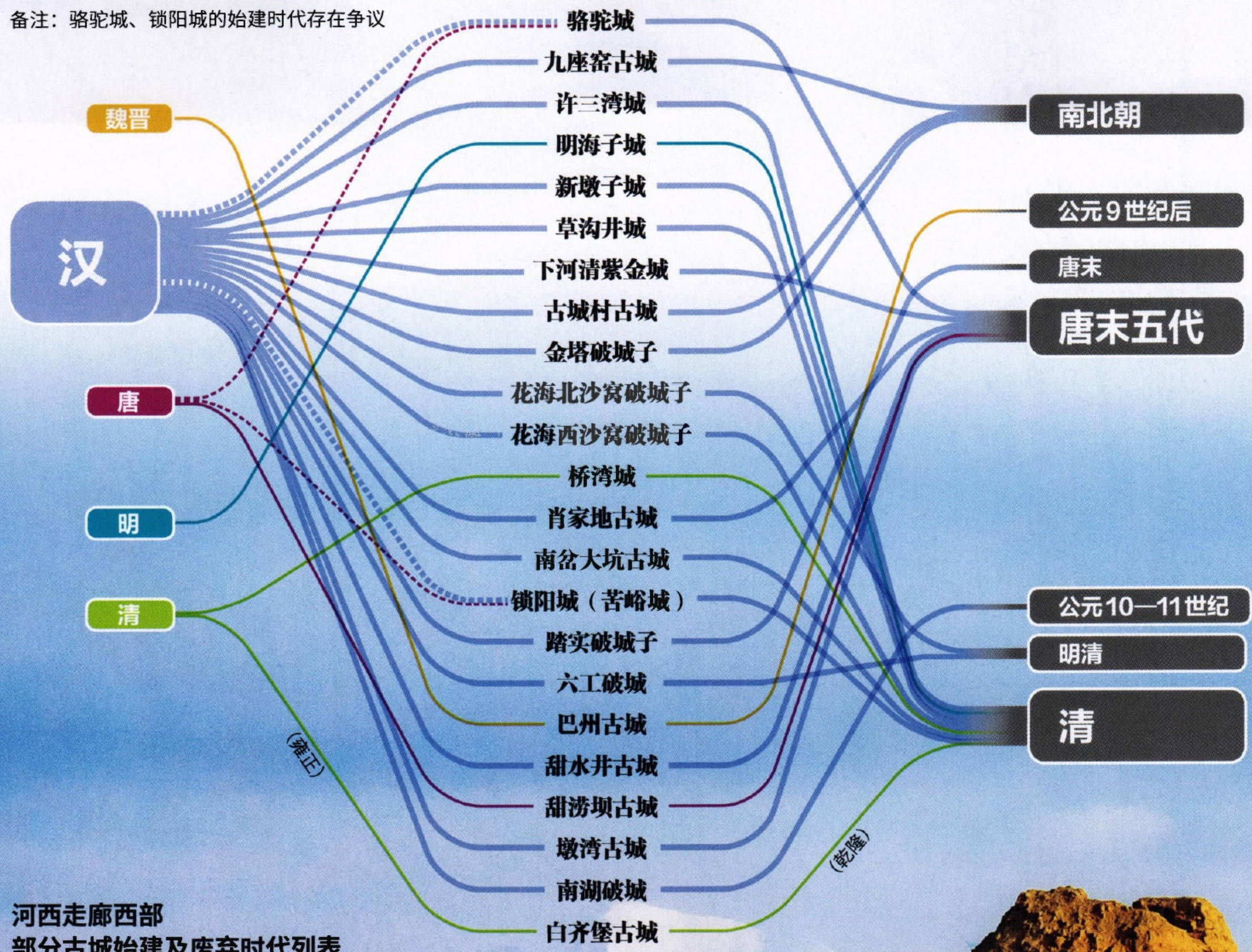
PDF微信： bfwz888888

古城址的名字来源多样：有的是根据考古或古籍而冠名，如寿昌城和白旗堡古城；很多则是因附近地名、遗址特征甚至是传说，被后来的牧人等渐渐叫出的“诨名”，原本的“官方姓名”则渐被岁月和风沙湮没。如瓜州锁阳城是因为周边多锁阳（一种植物）；酒泉市东南方向不远的张掖骆驼城在唐代曾为建康军城，后陷于吐蕃，荒废后被牧民当成天然骆驼圈而得名骆驼城；至于被叫做破城子的更是有好几座，分布在金塔、瓜州、敦煌等地。

古城兴衰多少事，“星座”明灭照古今

古城如群星，有的如长久不灭的恒星，有的则如同一闪而过的流星，还有的忽明忽灭，闪烁着神秘和间断的幽光。

比如，我现在生活的酒泉市就建在昔日郡城的城址之上，历经沧桑却一直未变——前凉酒泉太守谢艾曾在大地震后的废墟上重筑酒泉城，明万历又加厚城墙，构筑了砖包大城，将前凉时修筑的城

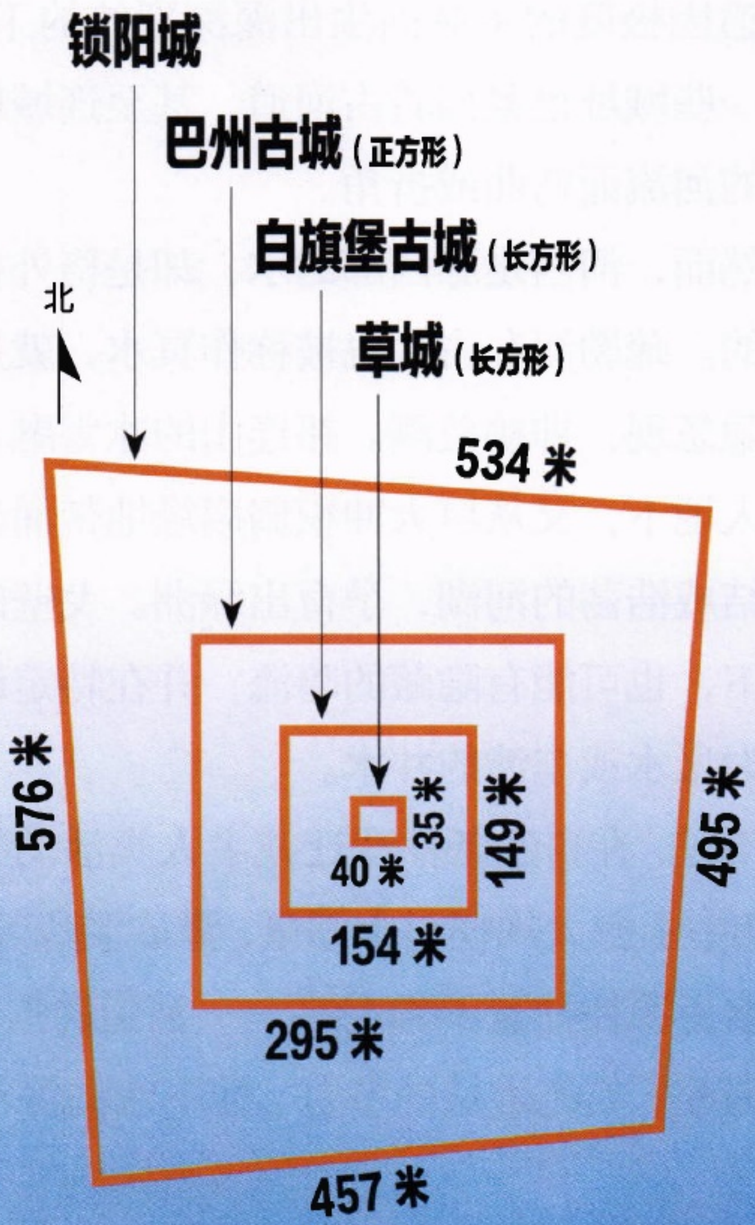


河西走廊西部
部分古城始建及废弃时代列表

古城废弃的时间分布具有较为明显的集中性，主要集中在魏晋南北朝、唐末五代、明清两朝三个时间段。这其中既有军事政治形势的影响，更多的则与绿洲的沙漠化有关。这三个时期对应着相应的三个气候上的冷期，更为干旱少雨。同时，近300年来人类对河西走廊西部地区的过度开发和滥用水资源也是沙漠化的原因之一。

参考资料：《河西地区历史时期沙漠化研究》等

酒泉瓜州锁阳城塔尔寺遗址



锁阳城：“荒野古城博物馆”的“镇馆之宝”

瓜州锁阳城因城周围多锁阳而得名，城池规模较大。城东北有塔尔寺遗址，现存大小塔11座和大型庙宇建筑台基。锁阳城曾屡次兴废，多次整修，是“丝绸之路：长安—天山廊道路网”跨国世界遗产的组成部分。这座在大漠戈壁中静静伫立的古城是我国西部规模最大、保存最为完好的古城之一，汇集了古城址、古寺院石窟、古墓群、古河道、古渠道、古垦区等多种文化遗存。农业灌渠遗迹中干渠和支渠的总长度达90公里，周边分布的各代古墓葬则东西绵延数十公里。曾经的繁华、炊烟与喧嚣已被岁月凝固，与今天的残垣断壁形成奇特的对照。图为锁阳城塔尔寺遗址。

摄影 / 蔡骁翔

门裹夹之中。上世纪50年代，城墙塌落露出砖券城门一座，专家认定其为前凉酒泉城南门。养育酒泉城的讨赖河也古今如一，没有出现大的河道摆动或水量巨变。敦煌市党河边的沙洲古城址（即敦煌故城，为当年郡治所在），也距离今天的敦煌市不远。上世纪六七十年代，古城内外还有不少居民以及敦煌面粉厂等单位。

然而，更多的古城遗址，却远离今天的绿洲和交通线，深居戈壁荒原，成为一座座“脱水风干的城池”。

它们的闪耀和暗淡，与很多因素有关，如战乱或政治形势变化，而最重要的一条，就是水。比起烽燧，古城人口更多、规模更大，且往往跟屯田关系密切，更需要逐水而居；在旧瓜州城址南，我看到一道因极度的干涸而生出深深裂纹的干河床，还有一些城址也紧挨着古河道，甚至连城墙都随曾经的河流而弯曲或折角。

然而，河西走廊西部的水，却是格外神秘而善变的。疏勒河在古代也被称作冥水，就是因为它忽隐忽现，神秘莫测。祁连山的冰雪融水从山前渗入地下，又从巨大冲积扇扇缘地带涌出，渐渐集结成浩荡的河湖，孕育出绿洲。戈壁的砂砾黄沙下，也可能有隐藏的暗流，并在特定地点出露成为泉水或丰沛的井水。

不过，在自然条件变迁或者人类活动的影响下（如中上游大规模引水灌溉、滥砍滥伐等），这里的水资源往往是不稳定的——河道的摆动、尾闾的退缩、支流水量的多寡、地下水的深浅都会



石包城：南塞山城的真实铁血和浪漫传说

在河西走廊西部，抵御北方游牧民族的北部长城及沿线古城相对知名。而实际上，沿着祁连山麓绵延的，当年为抵御南羌的南塞也非常精彩，昭示着当年汉王朝强大的控制力。祁连山的褶皱中，藏着少为人知的精彩。左下图为驻守在祁连山山间盆地中的石包城。有研究者认为其始建于东汉，是东汉南塞军事体系中的重要军城，在唐朝则是重要的军镇，元明清历代也进行过整修，结构独特，是甘肃罕见的古石城遗址。在传说中，修建在悬崖峭壁之上的石包城曾是唐代女枭雄樊梨花的城堡。左上图为石包城城墙一角。

发生明显的变化，并不容置疑地改写了绿洲和古城的命运。

河西之西的荒原地处内陆，气候干燥，年蒸发量高达2000—4000毫米，是降水量的几十倍之多。瓜州还素有“世界风库”之称，每年三分之一的时间刮七级以上大风。戈壁沙漠才是这里的主角，绿洲面积仅占总面积的百分之几，且对水的变化极为敏感——一旦水量减少，或因战乱导致水利荒废和弃耕，耕地很快会沙化，绿洲逐渐被周围的沙漠和戈壁吞噬，古城烟火也自然无以为继。听一位考古界的朋友说，骆驼城曾掘出一眼砖砌水井，深5.7米，可现在如果在骆驼城周围打井，得打到约40米，地下水位在1000多年的时间下降了足足几十米。

骆驼城：从北凉故都到荒原上的“骆驼圈”



五胡十六国时期，今甘肃一带曾经历过纷繁复杂的“五凉”时期（前凉、后凉、南凉、北凉、西凉）。在100多年的时间里，你方唱罢我登场，又渐渐化作五缕浮云，从河西走廊的历史天空中飘走了。骆驼城的历史可追溯到汉代，两晋时为建康郡，历经过“五胡十六国”，曾为北凉故都，唐代为建康军城，后陷于吐蕃，从此在记载中消失，再次回到人们视线时这里已经荒芜多时，往来驼队在此放牧骆驼，得名骆驼城。规模庞大，周长近3000米，面积约30万平方米。分为南城和北城，瓮城、马面、敌台、角墩、城垣等一应俱全。在城西南不远处还有俗称“羊蹄鼓城”的小方城，二者互为掎角之势。右图为骆驼城一角。摄影 / 罗铭

一块绿洲沙化了，人们会寻找新的绿洲，一座城池风干了，人们就再建一座新城。千百年来，如此往复轮回，便在绿洲和戈壁大漠中，留下了一座又一座古城址。

它们有的彼此连缀，仿佛庞大的星座。以瓜州一带为例，在汉唐时代，这里的渊泉故城—晋昌郡城—旱湖脑城—草城—锁阳城—破城子—六工城—芦草沟城间曾连成路网，乃大名鼎鼎的冥安古道，但随着冥水（疏勒河）下游变迁及战乱等原因，汉唐以后这条干道便渐渐陨灭。

有的城则间断闪耀，如瓜州的长乐破城子，城内文化层可分三层，学者李并成认为其早期应为汉广至县城，推测曾因战乱烧毁，后又被洪水侵袭，泥沙埋城，唐时曾被修整沿用，唐末又被废弃。

比起遗世独立在偏远险要处的烽燧群，古城往往给我带来更为强烈的震撼。因为前者本就带着铁马金戈的孤绝和肃杀之气，忍受孤寂本就是命运。而古城，它是更为丰饶和充满人间烟火的，这里有将士出征，也有炊烟袅袅，使者在城门内外“相望于道”，也曾“驰命走驿，不绝于时月；商胡贩客，日款于塞下”。站在风干的古城中，我经常陷入到一种复杂而茫远的情绪中——当年的城中人是怎么生活的？而一座温暖的城市转为冷寂荒凉，背后又有着怎样的悲欢离合？

在河西走廊，一直流传着有风沙一夜埋城的传说，比如常在探墓小说中出现的黑水国等。不过，古绿洲沙漠化应当是一个渐进的过程。有研究者称，河西走廊的古城废弃时间主要集中在魏晋南北朝、唐末五代、明清两朝这三个时间段，除了有战争原因，这也是以百年为尺度、大气候上相应的三个小冰期，更为寒冷和干旱多风。

此外，清代时人为力量对水资源的影响更加明显——清初，敦煌的环境还是不错的，曾形成一道近二百公里长的天然林带，汉、唐古城址掩映其间。有诗云“风摇柽柳空千里”，可见规模浩荡。清雍正时，玉门、瓜州一带大量迁入内地民户屯垦，随着河流上中游用水激增、地下水采用过量，渐渐出现了林带枯萎、沙漠扩大、泉泽退缩的情况。瓜州的百齐堡（白旗堡）古城因无水而搬迁，曾为安置吐鲁番回民而建成的头堡城及二堡、三堡（目前已无存）等也均在清代中期以后废弃沙化。

张掖高台骆驼城遗址

PDF微信：bfwz888888

山城多传说，从肃杀的黑戈壁到群峰环列的石包城

无论是居民还是戍卒，都需要粮食和给养，故很多古城都与屯垦有关，一般来说多建设在地势平缓，周边农业和水源条件较好的地方。所以，当你漫游在河西走廊西部，忽然遇到“高高在上”的一座城，往往会使你心旌摇荡，凭空多出许多浪漫离奇的怀想来。或许正因为这样，酒泉地区的山城虽然屈指可数，但却都萦绕着各种传说和离奇的故事。

甘肃西北端的马鬃山及周边，铺陈着一片面积约20万平方公里的戈壁滩，大地上满是黑色的砾石，远看去仿佛蒙着一层神秘的“黑纱”，人称“黑戈壁”。这里荒凉枯寂，降水稀少，天天来访的只有如刀如鞭的狂风，不知疲倦地抽打着荒原。西北—东南走向的山体呈雁行状，从黑戈壁中部一直延伸到阿拉善高原，一道道山脊的劲朗线条仿佛是飞扬的马鬃，在天空中飘逸。

充满神秘色彩的马鬃山地区虽然干旱枯寂，却据守着“丝绸之路北道”的咽喉部位。今天它南靠甘肃玉门、瓜州，东连内蒙古，西接新疆哈密，北邻蒙古国，自古以来就是兵家必争之地。

我小时候是在马鬃山镇长大的，从大人们的口中或偶尔的远行中，我知道无人区的荒原上散落着众多神秘的遗址，如公婆泉的黑喇嘛城堡、明水要塞、汉代明水古城，还有东大泉、音凹峡、碱泉子的几座要塞等。而在民间，则隐藏着低调的高手，记得父亲在多年前讲起，早年马鬃山一带有一位牧


酒泉敦煌寿昌城遗址

渐渐风干的古城：城与水的复杂纠葛

河西走廊中流传着沙漠一夜埋城的种种传说，但沙漠化却是一个渐进的过程。河西走廊西部降雨稀少，气候干旱，古城主要依靠祁连山冰雪融水形成的河流或地下水生存。历史上，河道的摆动、地下水位的升降、泉水的丰泽或消逝，河流上游人类活动对水资源的影响，都决定着古城的命运。在广袤的荒野上，有众多孤独伫立于沙漠和戈壁中的古城遗址，干枯、冷寂又荒凉。左图为草城遗址（摄影 / 李玉龙），位于瓜州县锁阳城20多公里外的风蚀台地当中，规模较小，边长仅为40米左右。有专家推断其曾为汉代冥安县城北部重要的军防设施和农牧业管理机构，因城中堆积着大量积薪，被称为“草城”，又因城东、西墙风蚀倒塌严重，又将该城称为“半个城”。城中有一口枯井。上图为寿昌古城。汉于此建龙勒县，唐设寿昌县。历史上曾是“水草滋茂，牧放六畜”之地。今天遗址已被库木塔格沙漠侵蚀了大半，城内皆是流沙，仅存断续城垣。奇妙的是，仍有一条不足三米宽的小河纵穿古城，顽强流淌，隔开了浩荡的沙漠和另一侧的小绿洲。

人枪手，守在野生动物饮水点附近，一枪可以撂倒两只大型猎物。我曾听到过很多关于马鬃山的历史和传说，而其中最精彩的，莫过于20世纪20年代那段波谲云诡的历史，以及黑喇嘛和新疆督军杨增新的对峙与争锋。

黑喇嘛本名丹宾坚赞，出身蒙古喀尔喀部（清代对漠北蒙古诸部的称呼），曾率手下袭击驻科布多的清朝军队，屠杀平民。1919年冬，在政治斗争中失败的黑喇嘛带着人马南下，啸聚马鬃山，控制了黑戈壁上的数处水源，打劫过往商队，并在公

悬泉置驿城："大汉国宾馆"的跌宕往事

自汉武帝以降，汉朝在河西地区兴筑塞墙以应对匈奴、南羌的进犯，功能多样的城障往往建筑在地势险要或位置重要之处。除了郡城、县城、乡城、大小军事城障外，还有一种不可或缺的机构，那就是邮驿系统。扼守着敦煌三危山要道的悬泉置，就曾是一座大名鼎鼎的"大汉国宾馆"，曾接待过远嫁的汉朝公主，汉朝的多位重臣，西域多国的使节、军政要员甚至是国王。悬泉置自汉代起，曾前后持续使用了400多年。山间有一泓泉水至今不竭，这也是"悬泉置"得名的缘由。

婆泉附近的山头上修建了迷宫般的巢穴，想以此为跳板进入新疆，东山再起。黑喇嘛的行踪和企图引起了一个人强烈的警觉，那就是新疆督军杨增新。黑喇嘛控制了马鬃山后，杨增新很快在马鬃山西部的明水关隘修建了一座山城军堡，牢牢扼守着从黑戈壁通向哈密的大门，切断了"黑喇嘛"将动荡引入新疆的途径。

在告别家乡30多年后，为了拍摄马鬃山的古城遗迹，我又回到了这片荒野。攀上城堡盘踞的山丘，关于黑喇嘛"千面人"的种种传说从记忆中呼啸而来，凌厉的寒风则像刀割在脸上。恰逢大雪，厚厚的白雪勾勒出山上高低相间、层层设防的掩体和大小堡垒，如蛛网的战壕连起来足有数公里长。

而在几十公里外，明水的杨增新要塞看上去像是巨大的鸡冠，与黑喇嘛的碉堡山相比，它面积更大，也更少为人所知。清末民初，内忧外患，新疆成为"鬼蜮险地"。然而，杨增新却站在了历史的风口浪尖上，他纵横捭阖，打碎了外国势力企图挖去新疆这块亚洲之心的美梦。而明水要塞，仿佛就是他智慧和意志的一种象征。几年后，黑喇嘛被刺杀，公婆泉要塞被废弃，他的众多手下也风流云散。之后不久，明水要塞也渐被岁月尘封，直到几十年后的一次考古探险中，人们才发现了这个神秘低调的，占地达10平方公里的山城遗址。

马鬃山地区的山城们高高据守在甘肃的西北角，而在距离它们约三百公里的南边，在祁连山的群峰中，同样有一座被传说萦绕的山城——

酒泉敦煌悬泉置遗址

石包城。从瓜州一直南行，渐渐来到祁连山的领地，绕过一道如照壁般的小山后，豁然开朗，群峰四列，一片山间盆地跃入眼帘。西面的一座山上，石包城高高伫立，真可谓是“一片孤城万仞山”。顾名思义，石包城是一座用石头包砌起来的古城，修建在峭壁之上，龙盘虎踞。

此地古称寒江关，关于石包城的始筑时间，有研究者推断可能是东汉，此城乃是对羌人作战的一处军城，属于汉代南塞防御体系的组成部分，也是瓜州的南大门；到了唐代，则是诸军镇中的一所。

从城上俯瞰，榆林河蜿蜒穿过草原，像一张巨毯上的蜿蜒银线，冰雪覆盖的祁连山近在眼前。清雍正五年（1727年），工部侍郎马尔泰奉命巡视边关，他被石包城吸引，写下了“翠壁崚嶒接玉霄，岩城竖起自何朝？”的感叹。而快300年后，寻访石包城的我则是被一个交叠着铁血和浪漫的传说吸引而来的。民间传说中，这座山城是唐代巾帼英雄樊梨花的城堡。在传统戏剧中，唐朝大将薛丁山路经寒江关时，曾与这位铁血红颜产生了种种纠葛，并最终破镜重圆，夫妇共同率军进军西域。

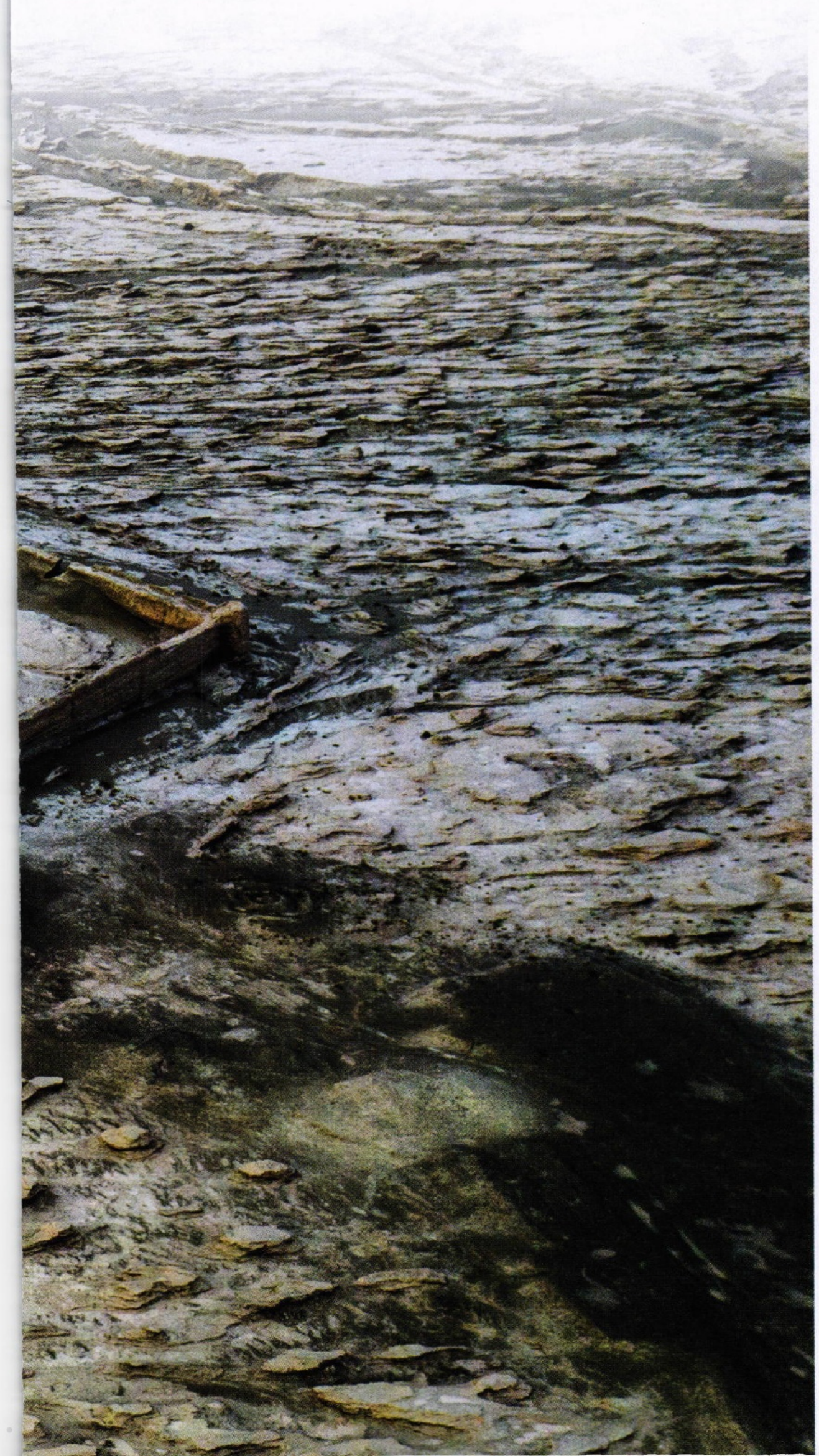
传说或许是虚无缥缈的，但眼前的这座古城却的确震撼人心，它依山势而建，呈不规则形，东西长约150米，南北宽近百米，由岩石垒砌，至今仍甚为坚固。筑城的石头敲起来铿锵作响，宛如金石之音。走在城内中，可以看到有众多屋宅遗迹，地上还残余着厚厚的灰烬层，昭示着长久的人间烟火。几重设防的城门结构颇为复杂，考古队还曾在城中发现宝剑等文物。



酒泉瓜州白旗堡（百齐堡）古城遗址



白旗堡古城：被河流抛弃的城池



白旗堡（百齐堡）遗址位于酒泉瓜州，面积近2万平方米，顶部筑有女墙，城内房屋、水井、街道遗迹清晰可辨。此遗址被深深的风蚀垄槽包围，非常难以接近，城南40米处有干河道一条，400米外又有一条干河道，该城为清代军防城堡，兼有屯垦功能。始建于清雍正十二年（1734年），废弃于乾隆初年，古城址周边分布有大片古耕地、古渠道遗迹。有专家认为白旗堡古城被废弃的主要原因是河流干涸，水资源枯竭。上图为某座古城堡遗址的城墙细节图，可以看到夯土及夹杂其间的植物。一般来说，城墙是众古城遗址中保存最显著的遗迹，多为生土夯筑，往往夹有木头、石块、芦苇等，用于增加坚固度，墙基厚度可达近10米，有的残墙还遗留有连排的洞眼，平行或排成斜坡状，可能是当年插杆搭建脚手架留下的痕迹，或为内部结构的组成部分。

荒原如碑，城垣如刻：阅读古城留下的“千年日志”

在历次考古中，学者们曾在河西走廊的古城内外搜集到大量的文物，如丝织品、箭头、弩机、农具、铜器、石磨、钱币、陶器、骨器、擂石……因我在文博系统工作，我经常徘徊在这些馆藏陈列品中间，久久与它们对视，并想起它们出身的故园：那些形形色色的古城。

画像砖是古城墓葬中最精彩的出土文物之一。魏晋时期，为躲避战乱，许多世家大族迁往河西，河西走廊成为北方重要的文化中心。在画像砖的一

酒泉肃北马鬃山明水要塞遗址

明水要塞：波谲云诡黑戈壁

在甘肃西北角的马鬃山地区，有一片广袤的黑戈壁。历史上这里曾是从河西走廊前往新疆的重要通道，“草原丝绸之路”的咽喉部位，这里的气候格外干旱寒冷，常年狂风呼啸，却因为特殊的地缘价值，成为兵家必争之地，曾上演过一段段波谲云诡的传奇。图为马鬃山地区边缘地带的明水要塞，扼守着黑戈壁通往新疆哈密的要道，相关历史记录较少。有研究者认为，这个军事要塞的建立，是20世纪初新疆督军杨增新为了切断黑喇嘛的势力侵扰新疆的可能而建的。在20世纪30年代，这处要塞也是扼守中蒙边境和保障兰州至新疆军需物资输送道路的重要据点，对研究西北地区民国时期军事防御体系有重要价值。



酒泉肃北马鬃山音凹峡要塞遗址

酒泉肃北马鬃山滚坡泉要塞遗址

PDF微信：bfwz888888

山城争锋马鬃山：无人区的神秘印记



酒泉肃北马鬃山明水要塞遗址

因为马鬃山地区重要的地缘价值，黑戈壁的不少地方都有军事要塞的遗迹。除了知名的滚坡泉军事要塞、明水军事要塞外，还有音凹峡军事要塞、碱泉子军事要塞、垒墩泉军事要塞等多处遗址。而关于黑戈壁的众多传说和争锋故事，也有很多版本，不乏夸张和离奇。左上图为音凹峡的山头军事要塞（摄影／李玉龙）。左下图为滚坡泉（公婆泉）的黑喇嘛要塞的航拍平面图（摄影／李玉龙）。规模颇大，大小壕沟总长可达数公里，宛如迷宫。从山头的观察哨可以一览辽阔的戈壁，山下的泉眼也完全在控制范围内。左图为明水要塞近景，山城峥嵘，易守难攻。

幅《采桑图》中，采桑叶者有妇女、儿童，有汉人也有胡人，描绘了远离战乱的河西盛世，而敦煌一带出土的画像砖《羽人神兽图》、《神人骑鱼图》等，则散发着浓郁的仙幻色彩。

悬泉置出土的悬泉汉简也曾给我带来巨大的震撼，数量达到35000余枚，记述了这座“大汉国宾馆”的跌宕往事。这里接待过嫁给乌孙王的细君公主、解忧公主；大月氏、乌孙、楼兰等西域各国政要，还有大汉第一任西域都护府都护郑吉、匈奴日逐王等。悬泉置前后持续使用400多年，山涧的一泓悬泉至今不竭。

而更让我唏嘘的，则是荒野中的古城内外，至今仍留存的各种痕迹，它们像是历经千百年仍未消退的字迹和密码，值得细细解读。

从西汉迄明清，屯田在酒泉地区前后延续了近二十个世纪，十年“寻城”中，我们常能在城址周边的风蚀古耕地上看到依稀可辨的阡陌、水利等遗迹。锁阳城周围戈壁滩上的古渠遗迹清晰可见，包括疏浚工程、拦水坝、干渠、支渠、毛渠等。

在不少考古记录中，都有找到古积薪的记载。我们也找到过几次，积薪是留存在城中的各种堆积植物。历史上，各城郭筑城往往需就地取材，而生活、点火发信号等也需要用到燃料，根据汉简记载，砍柳、伐苇和蒲草都曾是屯戍士卒的主要任务。

瓜州的草城是给我留下深刻印象的一座城址，它很小，边长只有40米左右，城中却留存有不少芦苇积薪。那次，我们迎着8级的狂风，在深达数米的万千风蚀垄槽中寻找接近草城的路，两三吨的越野车在狂风中抖得如纸扎的风筝，几百米的距离足足走了一个小时。暮色已起，返途无望，我们只好在草城过夜。城内正中有一古井，井口不大，但沿着井口四周却有大片因深掏井底而挖出的黑灰色砂石，足足占据了全城约一半的面积，铺成一个大大的黑色圆形，像是戈壁上望向苍天的神秘瞳仁。是谁在近乎疯狂地深挖这口井？是古人还是今人？无论如何，一定有人为了在这片荒原上寻找水，而做了最后的挣扎和努力。

每一年，我们都走在荒野中，寻城、读城。许

昌马破城子：天境昌马的古老“印章”

玉门昌马水库附近的一块绿洲上，有一座寂寂无闻、残破严重的古城址，它依山据河，建立在凸起的一大块砂岩上，仅余部分夯土残墙和建筑遗址，估计周长在500米左右。因相关考古资料较少，这处遗址的确凿身世也蒙着一层神秘色彩。祁连山的冰雪汇成疏勒河源，滋润了昌马绿洲，古有“天境昌马”的美誉。远处的蓝色水面为昌马水库，它和绿色的原野构成一幅特殊的“青绿山水”图，而凸出砂岩上的古遗址则像是古老的印章。

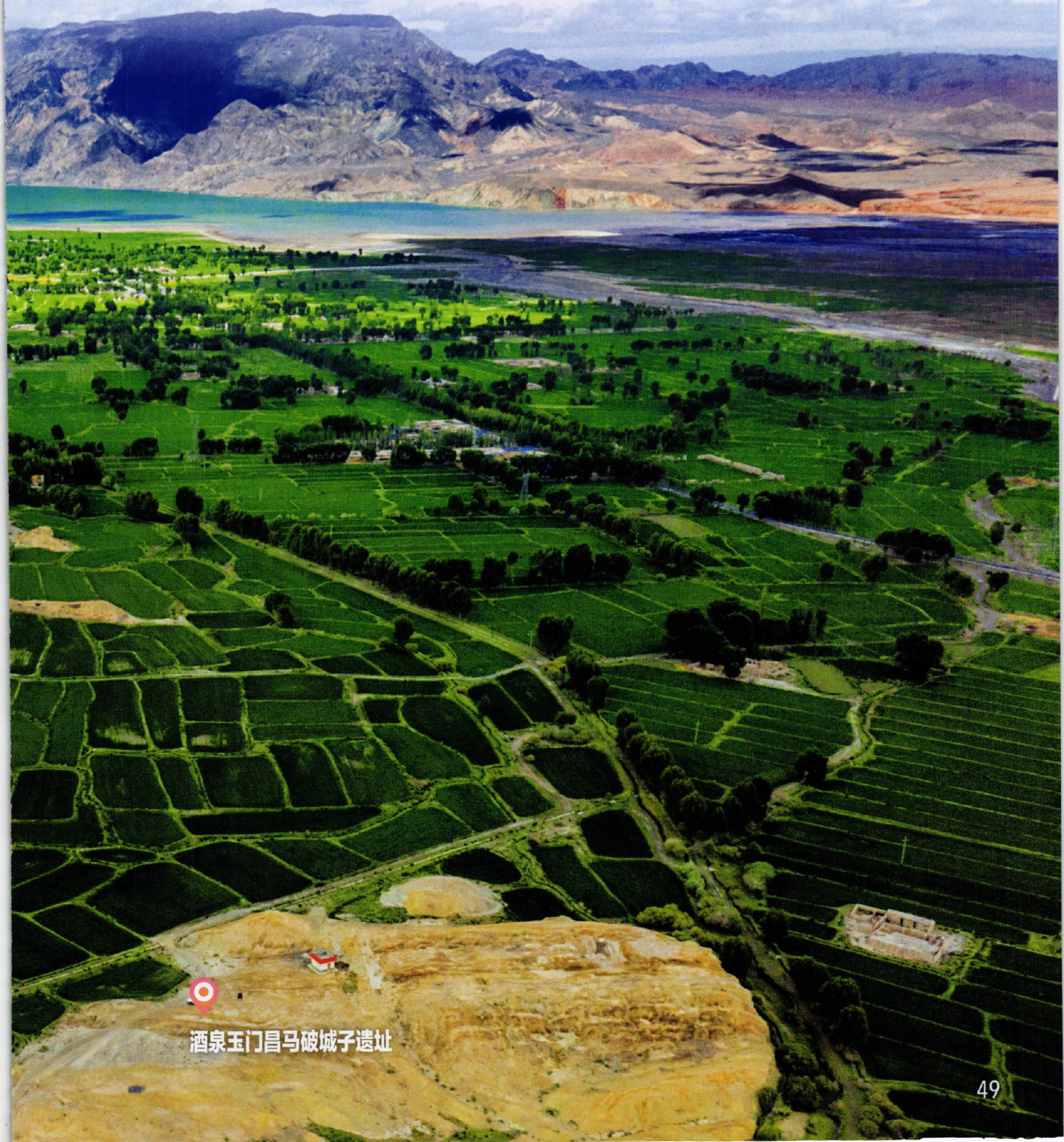
许多多的古城寂寂无名，在荒原的风中，它们像是一座座正被磨蚀的大地碑刻。而我们拍摄的众多照片，就像是一张张“拓片”。夯土构成的城墙虽然宛如铁石般坚硬，墙基的厚度也可达8米，但各个古城的残高却非常参差，能超过10米的已非常罕见，很多仅余一两米的断壁残垣，有些城垣整段缺失，且仍在被狂风、流沙吞噬。汛期，祁连山洪水来势凶猛，大量泥沙顺流而

下，有的城址面临着被洪积沙砾完全掩埋的风险。

值得一提的是，我们还发现了个别考古资料中没有记述的古城址，比如，在金塔和玉门交界处就有一座被湮没在沙漠里的古城，平面呈正方形，面积约六七千平方米。城墙用红柳枝条、红柳根和沙土夯筑，残高1—2米。一棵巨大的空心胡杨倒在残墙下，还有散落的大量瓷片和陶片，我们曾请金塔县博物馆的研究人员去实地考察过，这座遗落之城的具体身份和历史，尚有待考证。

下一个计划中，我们准备去再次寻访酒泉东边荒漠中的一座明海古城。每到4、5月份，地下水位上升，这座城的三面将被湖水包围。当夕阳照在它的残垣上，金色的古城就像是从海中升起的仙岛，又像是千年的时光隧道，正在静静打开它的穿越之门。

责任编辑 / 陈惊鸿　图片编辑 / 吴敬
版式设计 / 李晟　地图编辑 / 陈云

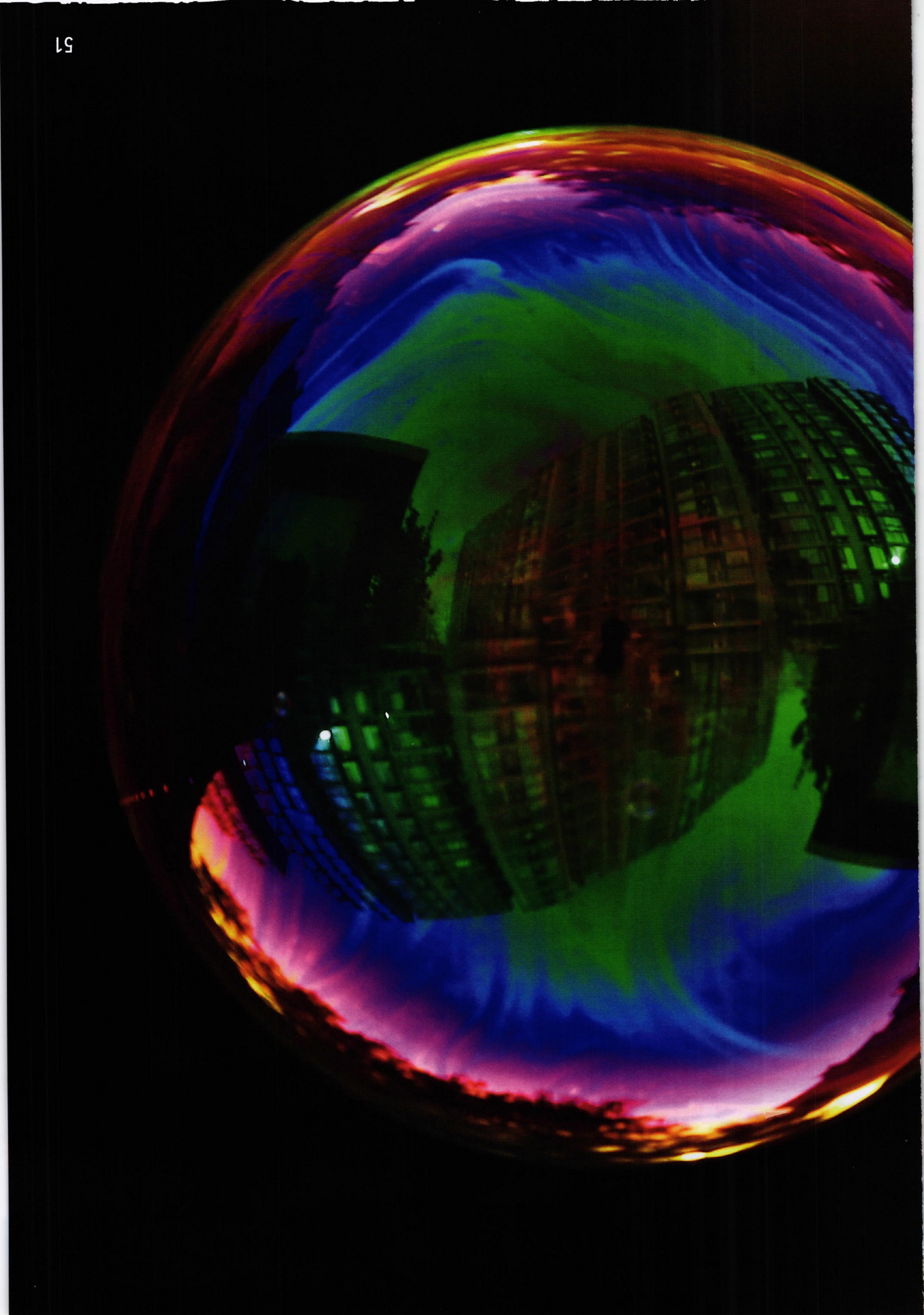


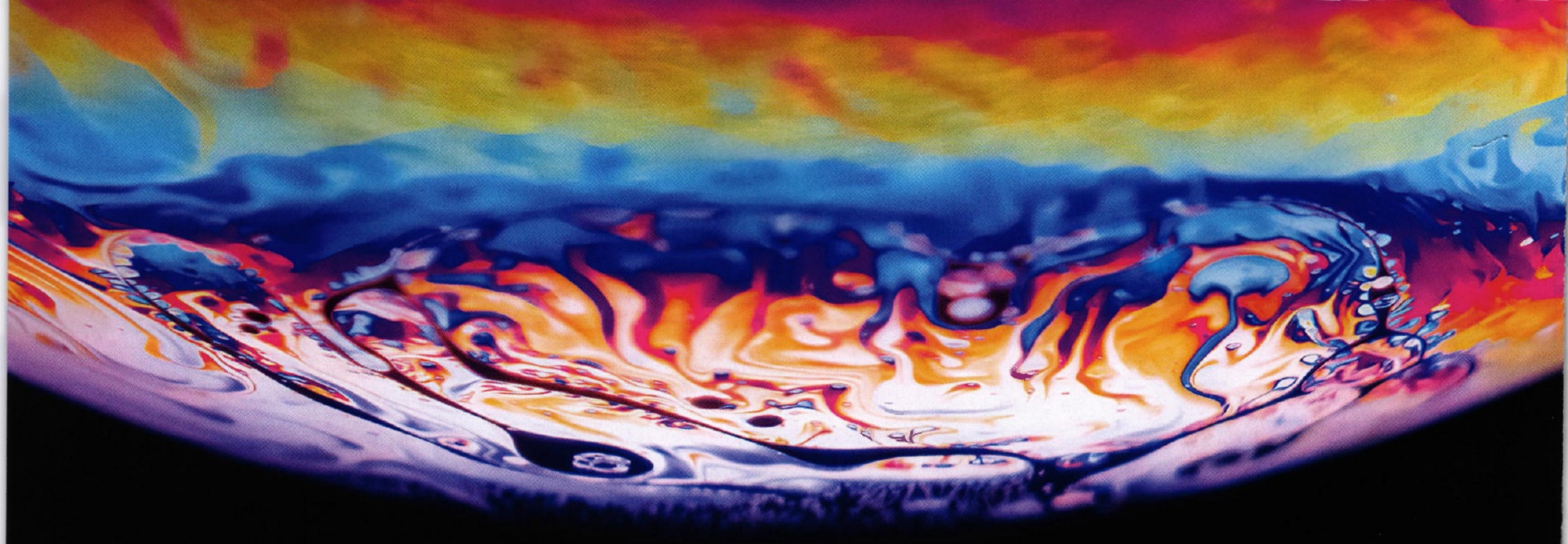
吹肥皂泡似乎有着独到的魅力，让人乐此不疲。公园或者自家小区中，孩子们尝试着把肥皂泡吹得更大，或者祈祷肥皂泡在空中飘浮的时间能够更长些。也会有人发现肥皂泡会映出周围环境的影子，仿佛具有魔力的水晶球。更有意思的是，这些“水晶球”五彩斑斓，有着梦幻的色彩。
摄影 / 刘馨阳

五彩肥皂泡到云南七彩云光魔法是怎样炼成的

撰文 张超　摄影 张超 等

光照在肥皂泡、油膜等薄膜或者冰晶等微小颗粒上时，会产生五彩斑斓的抽象图案。这些图案是由于光的干涉效应而呈现的。在日常生活以及自然界中，很多绚丽色彩与光的干涉密切相关。作者张超出身于光学相关专业，通过亲身经历以及身边朋友的故事，他为我们展开相关解读。





周末我在家里收拾东西，从一个古老的牛皮纸档案袋中掉出来了3枚民国时期的银元。其中两枚银元表面包浆黑黄油润，犹如挂着一层薄薄的炸酱；另外一枚币的表面粗看也是黑色，但在光下呈现出五彩斑斓的光泽。正应了网上常说的那句热门描述：五彩斑斓的黑。这两年的收藏品交易中，国内很多近代银币价格一涨再涨。同样磨损状态的同款银币中，有黑色包浆的比银光闪亮的币贵，而带有五彩包浆的银币价格更是高得令人咋舌——这种老包浆是很多收藏者梦寐以求的状态。

我单位的办公桌上摆着一块白色水晶，之前有收集矿物的朋友送来一些水晶标本，大部分都送给同事了，我唯独留下这块。迎光观看，晶莹的晶体内部闪烁着一道清晰的彩虹，仿佛具有占卜命运的魔力。

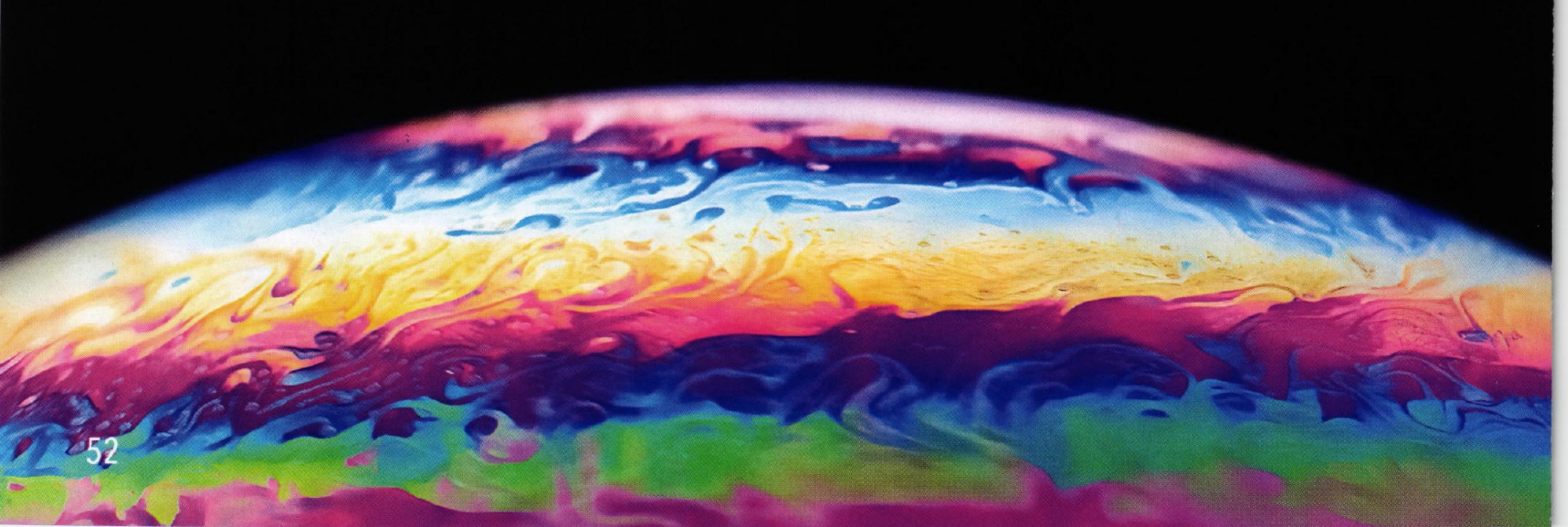
白水晶，黑银币，为何会出现彩虹般的色泽？这个现象自古就被人发现，但直至近代，其原理才被物理学家所洞悉。物理学家用“干涉”的概念解释了这些现象。

拍摄彩色肥皂泡：疫情期间打发时间的新游戏

春天来临，北京奥林匹克森林公园里，多了许多玩肥皂泡的孩子。有的孩子喜欢追逐随风而飘的泡泡；也有的孩子喜欢用手指戳破泡泡，“啪”的一下，享受幻灭的乐趣；当然，也有孩子发现了肥皂泡那奇妙的颜色。有孩子问父母：“它为什么有颜色，颜色还会像万花筒一样变化？”家长也在好奇，正在想如何解释的时候，肥皂泡爆掉了。

肥皂泡呈现多彩颜色是生活中最常见的薄膜干涉现象，但其变化复杂程度足以写成一本甚至多本著作。前不久朋友结婚，给我布置的任务就是当新婚夫妻分别说完“我愿意”之后，开启泡泡机，让彩色肥皂泡随着祝福声喷薄而出。

婚后不久，因疫情夫妻二人暂时居家隔离，在家憋闷无趣，于是按照网上教程拍摄肥皂泡。没想到，他们由此开启了新世界



摄影师在家用一个小灯和一张白纸布光，用水、甘油、洗洁精、白砂糖调制溶液，一边吹泡泡一边用手机拍摄。不同的肥皂泡如同宇宙中不同的星球，展现出各不相同的魔幻色彩。丰富的颜色是肥皂泡膜对光产生薄膜干涉所致，薄膜的厚度以及光的入射角都会对色彩产生重要影响。摄影 / 欧明威

家里的肥皂泡堪比宇宙尽头的魔幻星体

的大门。肥皂泡宛若微型的地球，表面的光彩有时像海陆分布图，有时酷似不同纬度的气候带。从肥皂泡顶端依次向下，寒带、温带、热带，甚至北极圈、北回归线都清晰可辨。

由于地球引力，肥皂泡上方的水会逐渐向下流动，顶部的膜逐渐变薄，最终会因结构强度不均匀而破碎消失。随着肥皂膜厚度的改变，其上的彩色花纹也幻化出多样的形态。夫妻二人给我展示他们拍摄的视频：这段视频像西伯利亚冷空气南下；这段像北太平洋西部强劲的暖流，也就是常说的“黑潮”；那一段也很有意思，如南半球的西风带，强劲的西风搅得海面上风起云涌。如同开启上帝视角，二人玩得开心又上瘾。居家隔离，被他俩自娱自乐，演绎成了全球旅行。

理论上，肥皂泡可以吹得很大。2017 年有位捷克人制造了一个长 11 米、宽 7.5 米的巨大肥皂泡，肥皂泡里容纳了 275 名

中学生和一辆汽车。无论多大的泡泡，它的外膜通常只有几十到几百纳米厚，厚度和可见光的波长相似。有个成语叫薄如蝉翼，和蝉翼相比，肥皂泡的厚度还不足它的百分之一。

肥皂泡膜的厚度微不足道，可它足以扰乱光波的秩序。光照射到膜上，首先碰到的就是膜的上表面。每当光照射到一个介质变化的界面上，会有一部分光反射回来，另外一部分光穿透界面或被吸收。就肥皂泡膜而言，反射光又有两种路径：一部分光被薄膜的上表面反射，另一部分光穿透薄膜上表面，被薄膜下表面反射回来。从下表面反射回来的光和从上表面反射的光发生干涉，它们叠加在一起形成新的光波。薄膜让发生干涉的两列光之间产生光程差，光程差与不同颜色的可见光的波长存在对应关系，所以叠加后的光不再是白光，而呈现出不同的色彩。

如果我们仔细观察一个肥皂泡，它大概会经历以下的变化：



最开始几乎没有颜色，此时的薄膜厚度很厚；很快就变成了粉红和粉绿色相间，此时薄膜厚度通常大于600纳米；随着液体流动和蒸发，薄膜在逐渐变薄，在厚度400纳米附近，色彩也变得浓烈起来，各种颜色的饱和度达到最高。膜继续变薄，低于300纳米之后，膜从淡淡的黄褐色逐渐变成深邃的蓝色，继而再变红然后变黄。当膜减薄到100纳米附

轻微的外力干扰就会让肥皂泡破碎幻灭。即便没被人戳破，通常情况下肥皂泡也难以持续存在很长时间。由于重力作用，肥皂泡顶部的液体会逐渐向下流动，泡膜逐渐变得上轻下重，结构不再均匀，很容易破碎解体。随着液体流动，膜不同位置的厚度会产生变化，肥皂泡的色彩也随之改变。

啪！气泡破碎瞬间宛若自由翱翔的水母

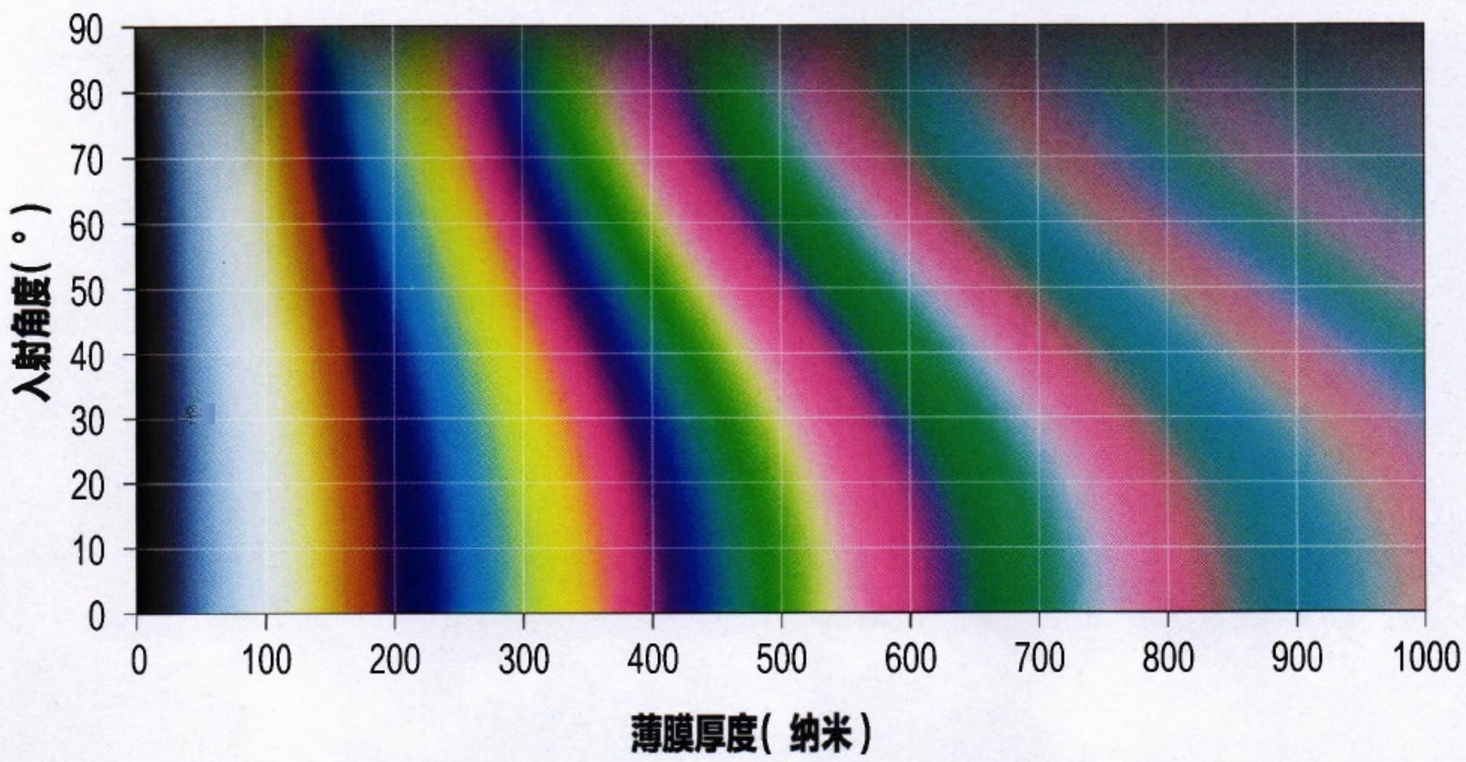
近时，颜色几乎消退，有些区域出现了深灰乃至黑色纹理，如同枝繁叶茂的森林。

薄薄的氟化镁让光更顺畅地通过玻璃

算法专家章佳杰同时是一名资深的星空摄影师。他的摄影包里总是装满了奇奇怪怪的镜头，而每次和他出去拍星空，常会有漫长的拍摄和等待。深夜中，他的那些摄影镜头的镜片反射着各种颜色的光泽，甚是好看。德国产的老式镜头通常映出蓝光，日本老镜头映出黄光，各国稍微新一些的镜头颜色丰富，往往有淡紫色、粉色、黄绿色等色彩。对于喜爱摄影器材的人来说，单看这些颜色变化，也足够享受。

镜头的反光颜色，实际上来自于玻璃镀膜的不同，这种镀膜叫做增透膜，为的是增加光的透过率。通过给镜头玻璃加膜的增透手法其实是无心插柳之举，1892 年，英国的镜头设计师泰

肥皂膜厚度以及观察角度与色彩对应关系示意图



这张图展示了不同厚度的肥皂膜以及从不同角度观察，所呈现的干涉条纹是什么颜色的。如果肥皂膜薄到不足100纳米，它几乎没有什么色彩；随着厚度增加，干涉条纹逐渐呈金黄色到蓝色的过渡与循环；膜的厚度超过500纳米后，色彩大致是红色至绿色的交替反复。膜厚度超过1000纳米后，色彩逐渐暗淡消失。根据这个原理，通过彩色条纹的颜色，大致可以推测出肥皂泡局部液膜的厚度。

制图 / 章佳杰



在北方寒冷的冬季，肥皂泡有了新玩法。低角度吹出泡泡，让它落在地面，低温会让肥皂泡在短时间内凝结，其表面出现冰花并快速生长。冻结的过程宛如冰河世纪来临，行星逐渐被冰封的科幻电影场景。随着冰花生长，肥皂膜的色彩也会呈现更加丰富复杂的变化。

冬季的彩色肥皂泡演绎“冰冻星球”

背景知识

薄膜干涉中两束光的光程差公式为

$$\Delta=2nd/\cos\theta_t \pm \lambda/2$$

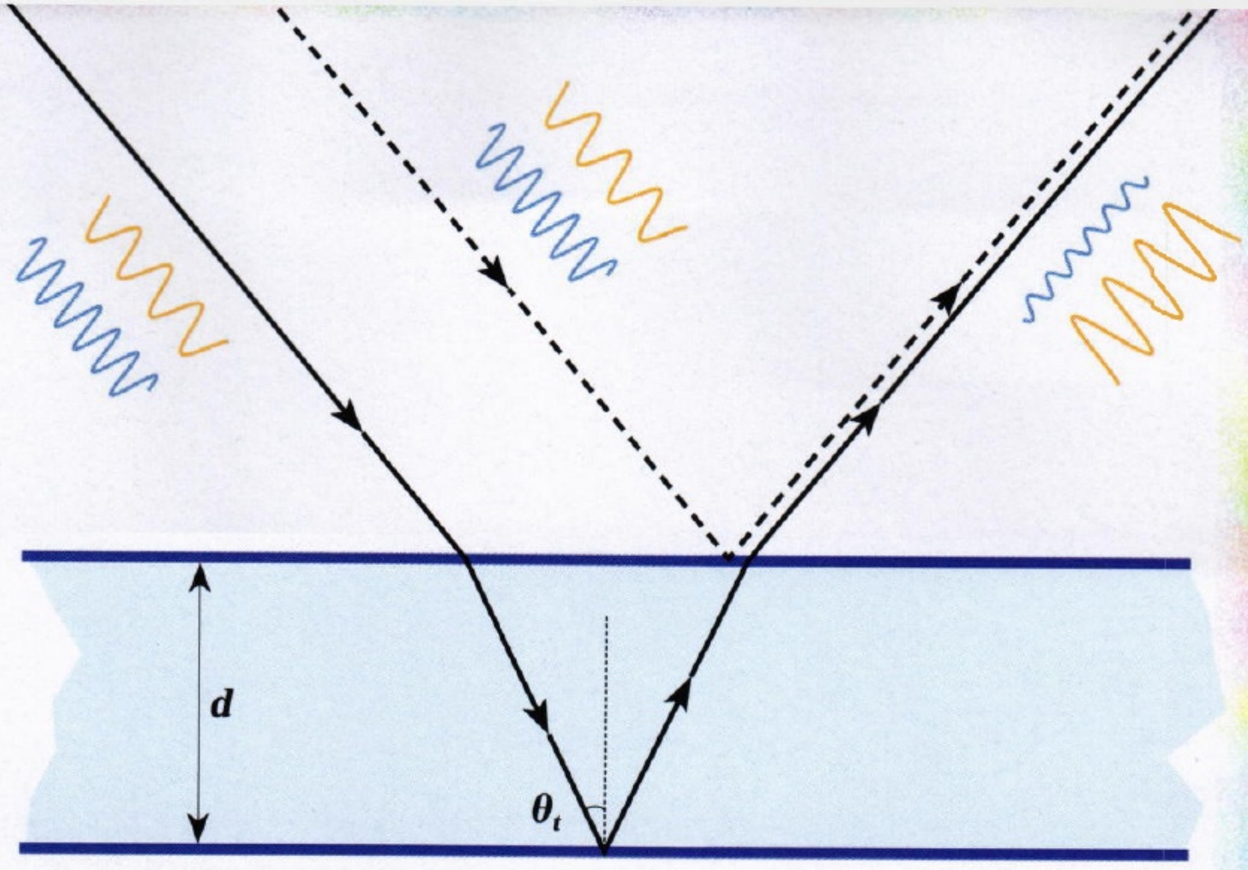
Δ：光程差

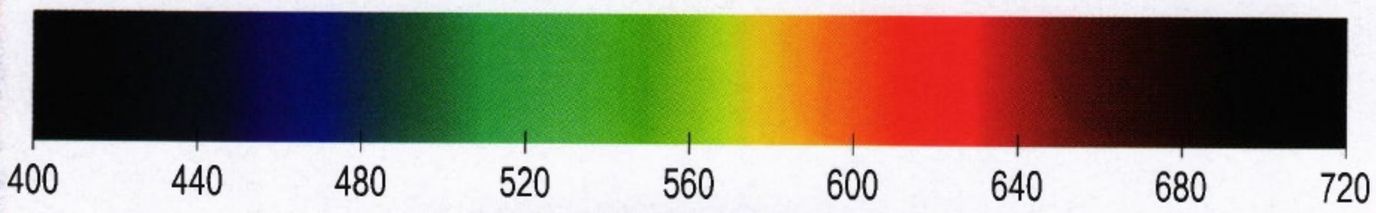
n：薄膜材料的折射率

d：入射点的薄膜厚度

θ_t：光在薄膜内的折射角度

$\pm\lambda/2$ 为附加光程差





光程差对应的可见光波长（纳米）

平行光在薄膜的两个表面分别反射，图中用实线和虚线分别标明了这两束光波。两束反射光叠加发生了干涉，它们的光程差与薄膜的厚度、折射角度以及薄膜材料的折射率有关，计算公式如图中所示。如果光程差恰好等于光波长的整数倍，那么两束光干涉结果会增强；反之光程差不等于整数倍的时候，干涉结果会减弱。不同波长的光线对应不同的颜色，对于同一厚度的薄膜，不同波长的光线叠加干涉，有的波段增强，有的波段则减弱，在人眼看来，不同波段的光就形成了彩色条纹。

光程差决定薄膜呈现的色彩

制图及原理解读 / 章佳杰 郝乐天

勒发现自己设计的望远镜用得越老旧效果越好，原因竟然是镜头玻璃因腐蚀而产生一层薄膜。之后人们发现，要想玻璃透光率高，可以在玻璃上镀一层薄薄的氟化镁，利用薄膜干涉的原理，让两列反射的光相互干涉抵消，这样透过玻璃的光就更多了。

如若想让黄光透过率增加，镀膜就需要减少黄光的反射。带有这种单层镀膜的镜头反光看起来略微呈现蓝色，因为蓝色是与黄光形成互补的色彩。反之如果希望通过镀膜减少蓝光的反射，那么它的反光就会略微发黄。至于镜头各种五彩斑斓的反光，是制造商为了进一步增加透光率，平衡色彩，提高抗炫光能力，而采用多层镀膜技术所致。

章佳杰详细解释了薄膜干涉的计算过程。按照光学公式，薄膜厚度、光的入射角度、薄膜材质的折射率都会对薄膜干涉造成的光程差产生影响。在其他条件不变的情况下，薄膜厚度即使发生几十纳米的微小改变，反光的颜色也会相应变化。

图片为色彩斑斓的薄油膜，显色原理同样是对光产生了薄膜干涉。通常而言，油的折射率比肥皂水略大一点，呈现色彩的形式也和肥皂泡有所不同。

油膜色彩堪比抽象画

雪花不一定是白色或者透明的。图中展示了一场降雪中不同形态的雪花，其中不乏带有红色、绿色等色彩的个体。如果雪花薄至100至数百纳米，也会对光产出薄膜干涉效应；有些雪花虽然略厚，但在冻融过程中，其内部可能存在空隙，也就是上下冰层间存在空气层。这层空气如果符合能够产生薄膜干涉的厚度要求，同样可以反射出不同色彩的光。就像鲜花一样，细致观察，有些雪花也是五颜六色的。

雪花未必洁白透明



在现实生活中，这种变化会更加精妙和复杂。比如之前提到的水晶中的“彩虹”，其实是因为其内部薄薄的碎裂而产生的薄膜干涉现象；银币的不同色彩则是因表面包浆产生的薄膜干涉。严格说，银变黑或者变得五彩斑斓并不是氧气单独所致。那是空气中微量的硫化氢搞的把戏：银与硫化氢以及氧气发生化学反应，生成硫化银和水。硫化银往往是黑色的，购买银首饰时，导购往往会提醒，别把银首饰和化妆品放一起，那就是因为化妆品中含有硫元素，会释放微量的硫化氢，虽然微量，但足够让首饰失去温和的银白色光泽。

硫化银形成的包浆也可以不是黑色的。包浆的颜色取决于硫化银的厚度。硫化银对光的折射率比水和油大很多，按公式计算得出的结论是：硫化银层的厚度如果在50纳米至110纳米间，可以呈现出黄、金、红、绿、蓝等不同颜色；随着硫化银层继续加厚，包浆就变成单纯的黑色——那是白银硫化过程的终极颜色。

油膜与池藻华，谁给池塘铺满光彩

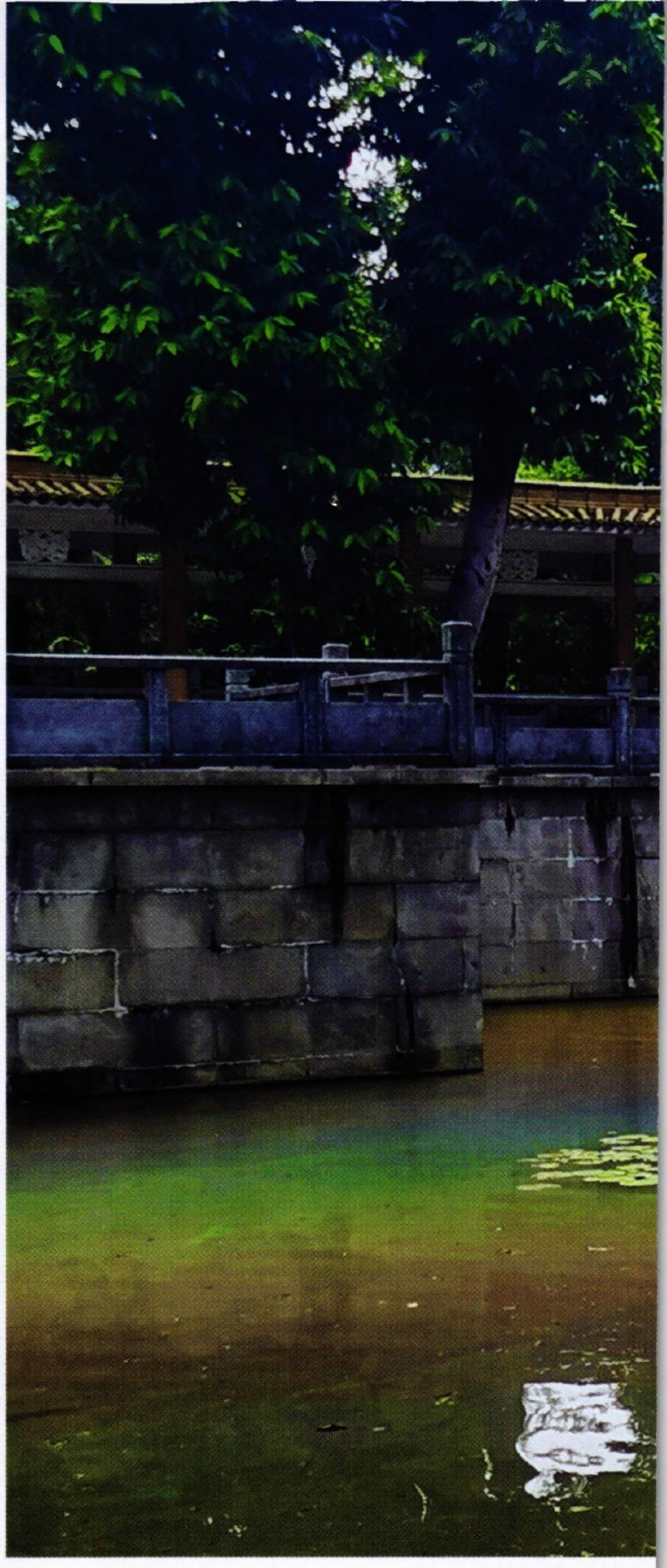
雨后的地面上，一滴油可以铺展很大面积，油膜呈现出多种瑰丽色泽，如同打翻了调色板。中学物理课上，老师讲述说，丰富色泽的产生是油膜导致光的干涉所致。我年少叛逆，在座位上接下茬说：油馍（膜）好像是西安的一种美食，怎么会干涉光呢？物理老师没发火，他用蔑视的眼神看着我说：“你说的美食叫泡馍。”同学们哄堂大笑，我尴尬地牢牢记住了油膜对光具有薄膜干涉效应。

2020年，一位植物爱好者在北京植物园温室里拍摄，忽然发现睡莲池中倒影的阳光周围出现了一个彩圈，随手拍了下来。以惯有经验来看，这就是有油滴入池塘，油膜对光产生的薄膜干涉。不料我又错了。

好友计云是国内著名的天象收集者，他网名叫做“凡虫—观云集天”，每天在微博上捕捉并集纳着各种与云或者光相关的自然现象。看到植物园温室池塘的照片，计云欣喜异常，他说这种现象叫做“池藻华”，并非普通油膜。转天计云背着三十多斤照相设备来到北京植物园的温室，不想正遇见负责清洁的大姐拿着大皮管子往池子里灌水，一边灌，大姐一边念叨：“这池子啊，几个月都没换水，你看换上新水多漂亮！”

闻听此言，计云瞬间“石化”。池藻华产生的必备条件之一就是要微小藻类的密度足够大，这池水不知静置了多久才达到产生池藻华的合适条件。阳光照射在微小的藻类身上，光波会发生些许弯曲，因不同藻类颗粒而发生弯曲的光相互叠加产生干涉，就会呈现丰富的色彩。需要说明的是，这类干涉现象由细小颗粒而产生，与薄膜干涉有所不同。

计云的悲催故事很快在国内天象圈传遍，各地的爱好者笑他的同时，也纷纷关注起池塘和湖面。在2021年，很多地方都记录到池藻华，反倒是最早追逐池藻华的计云到现在还一无所获。



2020年10月4日，广州起义烈士陵园的池塘泛起了五彩光泽。这不是油膜导致的薄膜干涉，而是之前国内几乎没有记录过的“池藻华”现象。水中微小的藻类大量繁殖，遇到它们，光线会绕过这些小微粒发生弯曲、叠加，发生干涉现象，产生不同颜色的交织混合，于是形成了错落的七彩光。在此之后，同样位于广州的中国科学院华南植物园以及北京植物园、西南林业大学、北京大学等地也陆续记录到池藻华现象。摄影 / 刘文珺

池藻华：微小藻类营造七彩湖面

冰墩墩的头盔为什么有五彩光环？

除了池藻华，计云一直念叨的神奇天象还有超高空彩云。

在2021年初，以云南为主的西南部分地区有不少人大饱眼福：日落之后天空颜色暗沉，形状如同柳叶的云朵发出丝绸般的光泽，颜色如同肥皂泡那样交错变换，让人惊叹不已。彩云形成



的道理同池藻华如出一辙，是微小颗粒产生的干涉现象。只不过这次颗粒不是藻类，而是云中如尘埃般细小均匀的冰晶，在阳光作用下产生极美的干涉色彩。

冬奥会圆满闭幕，冰墩墩的造型在北京奥林匹克森林公园周边依然随处可见。儿子问我："冰墩墩的冰雪运动头盔，为什么会有彩色光环？"我说那是雪花和冰晶闪烁的彩色。

时值3月，春分前夕的北京下了场大雪。我喜爱用显微镜寻找和拍摄雪花，这些年每逢下雪都会观察雪花的不同形态。显微镜下，一个规整的六边形雪花中心呈现着缤纷的红色、绿色和一点点蓝色，显得春意盎然。

这片没有花瓣的六边形雪花可以算是个透明的薄冰晶，它看上去有颜色同样是因为薄膜干涉。雪晶虽然微小，但也有内部镂空的现象，如同微型的"透雕"。上下两层冰之间的空气膜对光产生薄膜干涉，反射出特定的色彩。冰雪本无色，微观结构却可以让它闪耀霓虹灯般的精彩，恰如冰墩墩的彩色光环。

薄膜干涉以及其他各种干涉现象没有特别高深的原理，中学物理课就有涉及。但要把干涉现象从光学乃至哲学层次透彻地说明白，其实不容易。从身边到天边，薄膜干涉现象随处可见。从微观到宏观，抛去物理公式，我们依然可以欣赏光的绚丽多彩。

工作日的早上来到办公室，我都会先看一眼水晶。阳光透过窗照进来，如金似瀑。光影中，水晶中的虹彩偶尔会映射到桌子上，让一天的工作带有些许惊喜和愉快。

2021年年初，滇西北香格里拉市纳帕海的上空呈现出七彩祥云的奇观。一些气象工作者判断那是一种接近18000米高度的特殊虹彩云，它不同于出现在极地两万至三万米高的珠母云，不同于热带到亚热带地区因对流而在中低空出现的幞状云，也不同于可在山地周边出现的荚状云。论颜值，图中的超高彩云毫不逊色于珠母云，而远超一般荚状云或幞状云。论形成机制，滇西北拥有形成超高彩云得天独厚的条件：青藏高原与横断山将来自印度洋的水汽抬升至高空，当地冬季较为寒冷，高空云中布满超级细小均匀的冰晶，在阳光作用下，它们制造出极美的干涉色彩。摄影 / 董磊

纳帕海：彩云飘在18000米上空柔美如丝绸

责任编辑 / 高新宇　图片编辑 / 高新宇　版式设计 / 崔晓琳　地图编辑 / 陈云

海洋中的“清洁站”

独特而和谐的水下社区

撰文　付亮
摄影　付亮 等

茫茫的大洋中，除了猎杀、竞争等残酷的生存搏斗外，还有一种特殊的物种关系：共生。而海洋中的“清洁站”，则是了解这种关系的奇妙窗口。本文作者在多年的水下摄影历程中，深入观察、拍摄了印尼海域的这些水下“美容、护理和医疗中心”，为我们带来了许多有趣而奇妙的故事。



水下清洁站中，不同的物种生活在同一个区域，彼此都可以在这个关系中获益。清洁鱼虾可以帮助较大型的海洋生物去除身上的寄生虫、细菌和皮肤残渣，同时，身为“服务员”的它们则可以获得食物和海中“大家伙”们的保护。清洁虾之间也存在着“同行”竞争关系。图中，体态小而轻盈的清洁虾们仰望着不远处海鳗的巨大身躯，细小的微粒悬浮在海水中，营造出一种星际旅行般的神秘气氛。



多年来，摄影师在世界珊瑚金三角的印尼海域探寻并长期拍摄海中清洁站。特别是巴厘岛的图蓝本，是观察海中清洁站的最好地点之一。大量富含养分的火山灰被雨水带入大海，成为众多海洋物种的理想家园。

上图为巴厘岛的阿贡火山及周边海域。

右上图为一只象鼻岩虾正在为多角海蛞蝓提供身体清洁服务。

珊瑚金三角中的海洋“清洁站”：水下的皮肤护理、治疗和按摩中心

自然界中，不同物种间存在着复杂而精巧的关系：捕食、被捕食、相互竞争，寄生与共生……在共生关系中，往往两方都可获益，即互利共生。

在海洋中，有一类特殊的场所，是观察共生关系的绝佳窗口，研究者称之为“海中清洁站”——和人类一样，海洋生物也需要皮肤保养和治疗，去除寄生虫和死皮，或是伤口附近溃烂的皮肤和细菌。于是，一些小鱼小虾便成为“清洁鱼”和“清洁虾”，它们在特定位置聚集，常见于珊瑚礁的缝隙中，有时在大片漂浮的海藻下也会有清洁站的存在。这些聚集区就是一个个清洁站，它们则像是清洁站中海洋“美容中心”和“保健科室”的工作人员，吸引其他较大型的海洋生物前来接受服务，而那些清理下来的“废物”则成为工作的酬劳：食物。

刚成为潜水员时，我觉得珊瑚礁像是个宁静的水下桃花源，我慢慢在水中游过，成群结队的鱼在周围逡巡，对我视而不见。珊瑚礁内的生物也各有领地，在小世界里怡然自得，互不打扰。可是，当我第一次看到清洁站之后，才惊讶地发现，在一个非常狭小的礁盘环境中，竟然会聚集如此多的物种。这里既有定居的“土著”，如清洁虾、裂唇鱼、海鳗、石斑鱼等，也有来来往往的各种访客；而它们之间精彩多样的互动和密切关系，则让我想起门庭若市的店家或医院门诊中的情形。

2016年到2019年间，我数次来到印尼不同地区的海域，观察和拍摄海洋中的各个清洁站。在诸多海域中，巴厘岛图蓝本无疑是观察清洁站行为最好的地点之



一，它位于巴厘岛东北部阿贡火山脚下。每年雨季，大量富含养分的火山灰被雨水带入大海，使这里成为全球小型生物物种最多样的海域之一。一般来说，清洁站多分布在15—40米的深度，20米深度上下分布最密集。每当找到一个适合的清洁站，我通常会连续8—10天，每天在不同时间下潜，确保每天至少3—4小时的持续观察拍摄。

来“按摩”还是来“求医”？关于清洁站的有趣争议

“清洁行为”不仅仅属于海洋生物，加拉帕戈斯雀会从海鬣蜥身上啄取寄生虫，非洲大草原上的牛椋鸟会站在有蹄类哺乳动物的背上饱餐一顿。不过，类似的“清洁服务”在海洋中更为常见——因为海洋生物的身体结构，它们天生更难以自行清除身上的寄生虫（有些陆地动物有四肢、长尾巴等可以捕捉或驱赶寄生虫），而许多鱼类都会受到外部寄生虫的侵扰，这些寄生者多为浮游在海水中的端足类和桡足类的鱼虱，它们锋利的颚和口刺可以咬破鱼鳞，有时甚至会侵入血液丰富的腮和鱼嘴。

我注意到，为了控制身体上的寄生虫害，不少鱼会花大量时间在珊瑚礁的清洁站中停留，希望那些吃寄生虫的小鱼虾可以来饱餐一顿，并顺便帮忙祛除死皮和受伤的皮肤。虽然这些小小“清洁员”偶尔也会“作弊”，比如偷吃掉一些新鲜的黏

液和鳞片，但“大客户”们也能容忍。

所以，如果你是一位潜水新手，在海中看到大鱼张开的嘴中有一两只小鱼或虾正在忙碌穿梭，不用担心它们会遭遇灭顶之灾，相反，它们可能正在享受大餐呢。

科学家们很早就注意到了海洋中的这种现象，相关描述最早可追溯到一个世纪前，但是直到1961年，生物学家Conrad Limbaugh在美国《科学》杂志上发表了关于巴哈马海域清洁行为野外实验的论文后，生物学家才开始把清洁行为和祛除寄生虫联系到一起。文章写道，在实验中将两个珊瑚礁中所有的清洁鱼、虾物种移除，然后对这个区域的鱼类进行了统计，几天内鱼类数量便大大减少。就像是一条商业街因为热门商场的关闭而失去了人气。而失去清洁站后，许多留下的领地鱼身上都出现了白色的斑块、肿块、溃疡或是难以愈合的伤口。

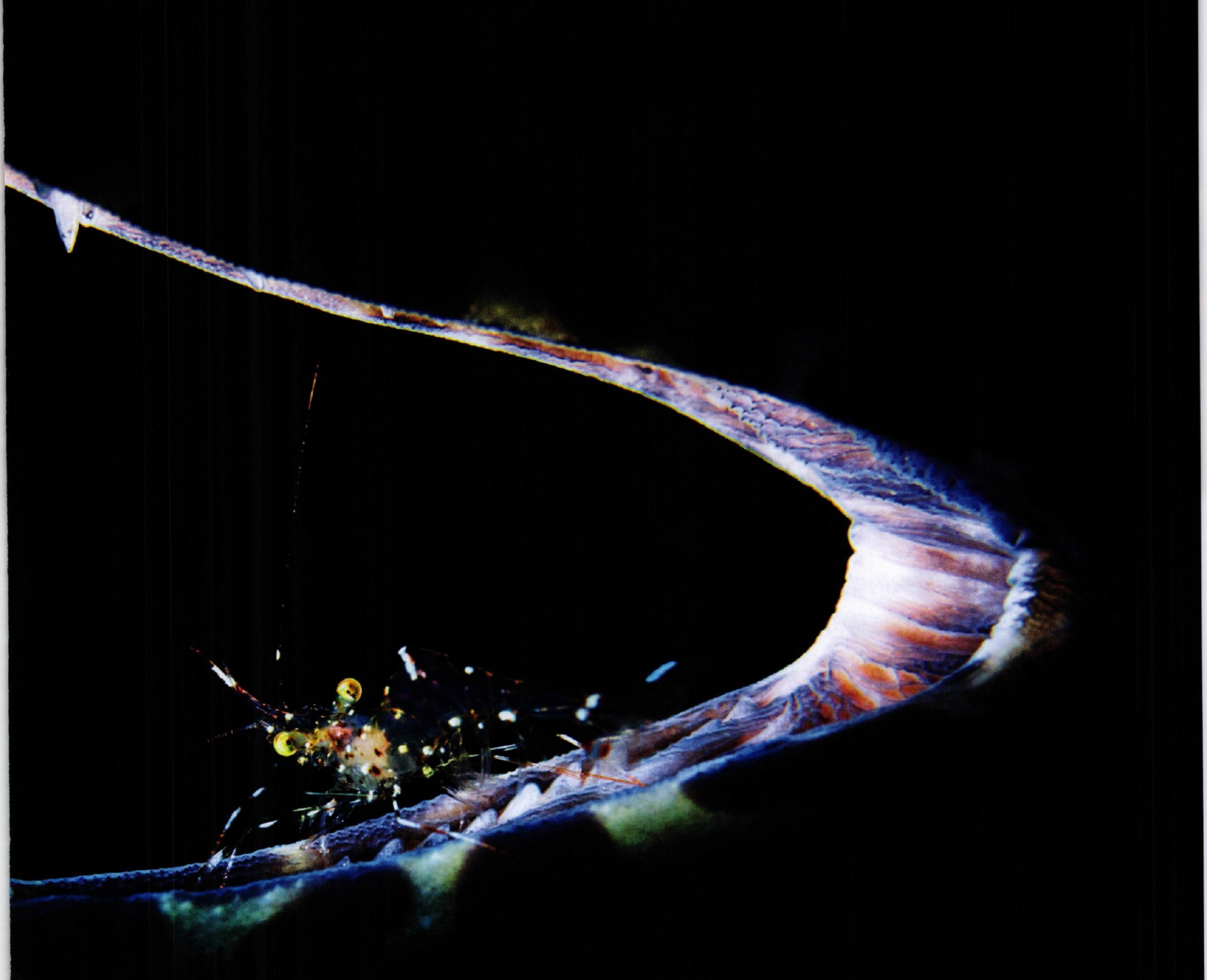
在之后的研究中，研究者们还陆续发现，清洁站中的物种关系比我们最初了解的要更为多样和有趣——夏威夷大学的生物学家George Losey在1987年发表的论文《清洁共生》中写道，“清洁者”是非常聪明的……也许它们充分利用了碰触和挠抓所带来的触觉刺激，来训练宿主们主动“上门”获得感官上的舒适，也就是说，清洁站中的清洁服务和“按摩服务”，往往是相辅相成的。在类似的水族箱实验中，研究者发现无论鱼类感染寄生虫与否，在身体被摩擦时，也时常表现出放松、舒适的反应，与接受“清洁服务”时的反应非常相似。在加勒比海域，有四种鹦嘴鱼经常会在特定的海百合上保持抬头的姿势。它们从早到晚，反复做出这种特殊姿态，每次持续几秒到几分钟。生物学家推测，可能是海百合枝条在海水中摇曳带来的触碰和摩擦，引起了鹦嘴鱼的这种特殊行为。

实际上，这种对触觉刺激进行正反馈的现象是广泛存在的。人类在接受按摩、电磁理疗时也会感受到舒适和放松。在东南亚旅游的人，会常在街巷边看到诸如“水族箱去死皮SPA”的服务，小鱼小虾



左页下图中，一只透明清洁虾Glass Cleaner Shrimp (*Urocaridella antonbruunii*)跳到豆点裸胸鳝的身上，正在它的眼睛附近进行清洁。下图中，透明清洁虾则冒险进入裸胸鳝的嘴里，享受着它嘴里的食物残渣。摄影师还曾观察到，一只眼睛在打斗中受伤的蛇鳗经常来接受清洁鱼虾的“治疗和护理”，并在不久之后就恢复了健康。

海中“巨人”的眼睛和嘴巴：不是禁区，是工作场所





海绵底部的各种孔洞结构，是清洁鱼虾特别喜欢的环境，也是海底常见的清洁站类型。除了定居在海绵与沙地之间缝隙中的海鳗外，刺盖鱼也经常来到这里享受清洁服务。

上图中的裂唇鱼（一种清洁鱼）和条纹清洁虾正围绕在一条刺盖鱼的嘴巴两侧，右下角类似瓷片般的小鱼是一条刺盖鱼幼鱼。在珊瑚礁的清洁站中，清洁虾常会站在礁上扭动起舞，像是殷勤的店小二正在招揽顾客。一旦路过的大鱼发出需要清洁的信号，它们就会跳到顾客身上努力打扫。

在咬啄皮肤时会催生轻微的痛痒，这让游客们神经放松。其实，在这种密闭水族箱内的“清洁”并不卫生，很可能会造成皮肤损伤和交叉感染。其实，获得触觉刺激和寄生虫控制之间可能并不矛盾。触碰的愉悦感会驱使鱼类经常光顾清洁站，而寄生虫同时被清除掉后，也改善了它们的健康状况。今天，许多关于清洁共生关系的问题仍然没有得到完美的解答，或存在争议，研究者们仍在继续探索。

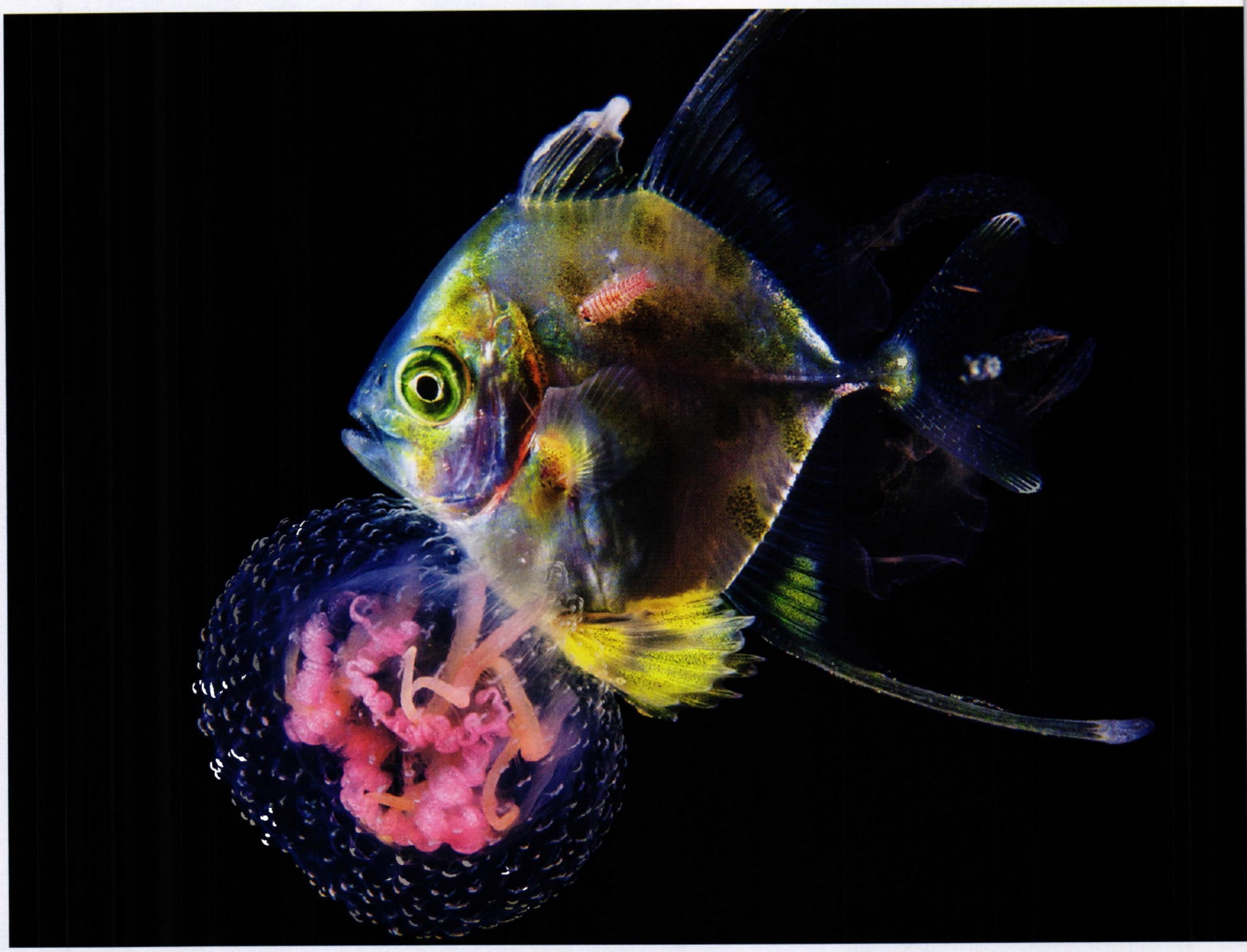
和谐的“医患关系”：热闹温馨的“皮肤健康门诊”

清洁站的故事：店小二、熟客和过客们的那些事

一种透明清洁虾（*Urocaridella antonbruunii*）和条纹清洁虾（*Stenopus hispidus*）是我拍摄的清洁站中数量最多、最活跃的清洁虾。也许是彼此“行业竞争”的原因，不同种类的清洁虾通常不会在同一个清洁站工作。

清洁虾非常活跃，它们会在礁盘的石缝间摇摆着自己的身体，配合着舞姿还不断抖动着触角，像是格外殷勤的店小二在

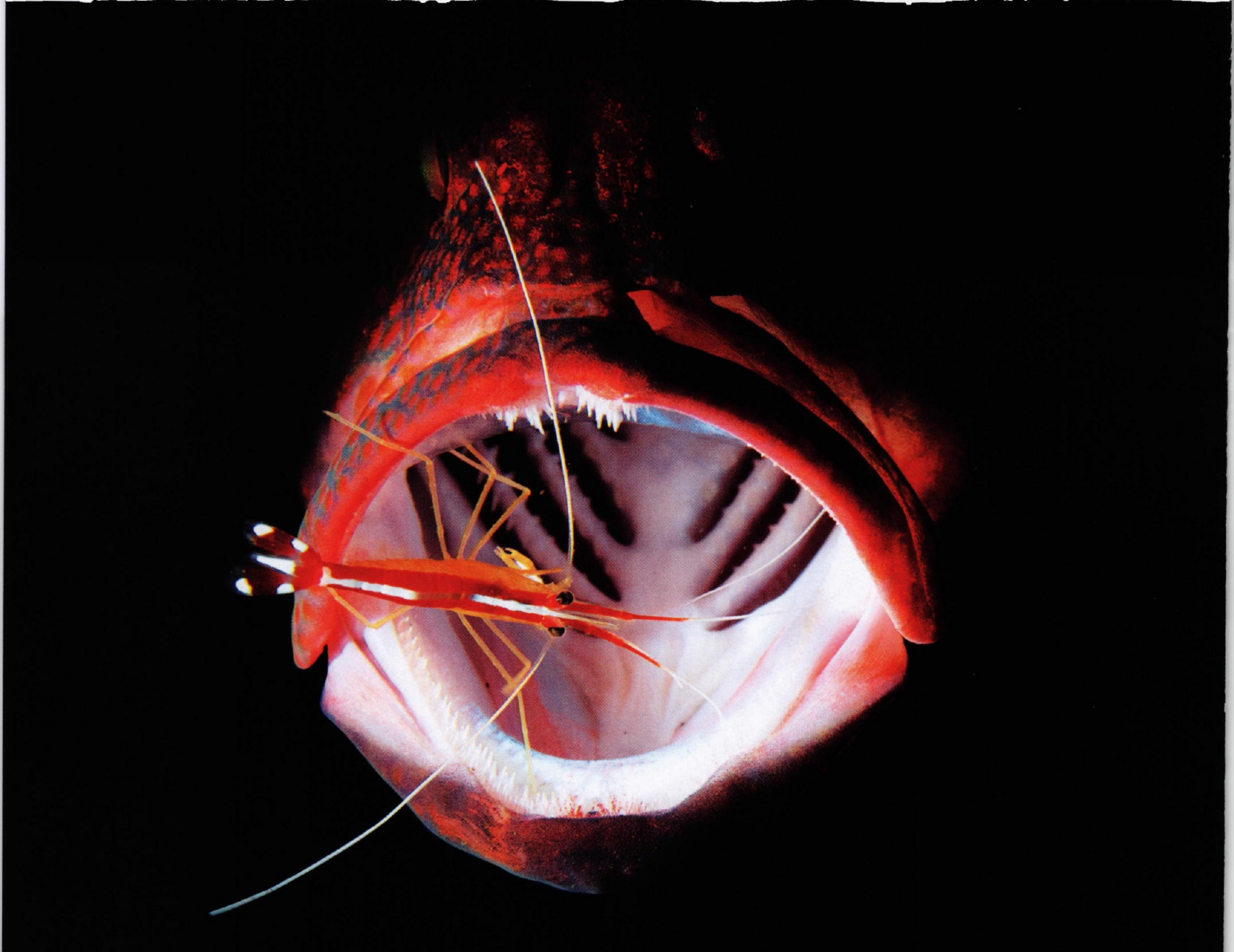
下图为一条正遭受寄生虫骚扰的鲹科幼鱼。它正顶着一团粉色的水母前行，像是拿着盾的士兵（水母可以作为鱼的保护物，这种鱼身上有一层黏膜，可以保护自己不被水母蜇到）。不过，即便如此，它也难以逃避寄生虫的困扰。浮游在海水中的桡足类寄生虫和端足类寄生虫（鱼腮右侧的粉色生物）等会利用各种机会趴伏到路过的鱼类身上，继而进入鱼的鳞片、鱼鳃和口腔内部。



招揽客人。当“客户”停在距离石缝几厘米的地方并保持特定姿势后，清洁虾才会跳上去寻找寄生虫。当客人张开大嘴和打开鱼鳃时，它们也会勇敢地跳进去，去取食这些位置上被养得更加肥美的寄生虫。

据我观察，一般来说每次清洁服务的时间都不长，大多数在20秒左右。也许是嘴和鳃部的清洁会给“客户”造成更多的痛感，这些位置的清洁服务会更迅速，通常几秒之内结束了。因为当宿主感到疼痛时，会快速摇动嘴巴和身体，如果不及时跳出来，清洁虾就会有被吃掉或被伤害的风险。在到访的客户中，不同鱼类停留的时间不同。定居型的石斑和海鳗比较慢条斯理，像是那些在澡堂里享受全套搓背、捏脚、按摩，消磨时间的老熟客；而类似刺盖鱼和鲀鱼等这些过客则来去匆匆，享受服务的时间要短得多。

清洁虾对“客户”并不挑剔，甚至可以说是来者不拒。如果我将手指慢慢靠近清洁站附近的清洁虾，就有机会将它们吸引上来。它们特别喜欢在潜水员的指甲周



围或是破损的皮肤附近“作业”。如果有路过的潜水员把呼吸器拿掉后，把嘴张开并靠近珊瑚礁中的清洁站，清洁虾竟然也会跳进潜水员的嘴里，试图在牙缝里找到食物残渣。

在清洁站中，有的清洁虾则更为羞涩，或者说有些“社交恐惧”，它们很少跳到“客户”的身上去工作。它们更像是环境清洁工，以捡拾清洁站附近礁盘上掉落的食物残渣和鱼类的排泄物为主要食物。

在巴厘岛一带的清洁站中，最常见到的清洁鱼类是裂唇鱼。和清洁虾相比，游泳能力更强的它们常会更主动地接近“客人”，如果“客人”表现出愿意接受，它们会迅速游到宿主身上去工作。不过，裂唇鱼对于嘴部清洁工作明显更加谨慎，在宿主嘴里的清洁时间比清洁虾也要短得多。

在长期观察某一个清洁站时，我注意到，这个“门店”最稳定的客户是定居在同一个礁盘中的海鳗。海鳗会和清洁虾结成稳定的“伴侣”，长期接受清洁护理。即使由于被惊扰或是捕猎离开清洁站，也会尽可能返回老家。有一次，前一天晚上还在清洁站享受服务的海鳗，一早不知为何忽然跑到了十几米外的另一个礁盘里。但大约一周后，这位老客户又回到了原来的清洁站。

石斑鱼则是清洁站中另一种类型的“定居者”，大的石斑鱼通常会长期盘踞在清洁站周围的海底或珊瑚上。和不太爱动弹的海鳗不同，石斑鱼会“统治”一个比较大的领地，并经常驱赶清洁站附近想

从鱼嘴到鱼鳃：细致敬业的清洁员

一条石斑鱼张大鱼嘴，等待着条纹清洁虾banded coral shrimp (*Stenopus hispidus*) 进入，帮自己做嘴部的清洁服务。除了嘴部清洁，条纹清洁虾还能提供更为深入细致的服务。它在石斑鱼的身上有条不紊地工作，石斑鱼也配合地打开自己的腮部，希望清洁虾能够帮它检查并去除鳃上可能存在的寄生虫。

要接受清洁服务的小石斑鱼。而当它自己需要服务的时候，石斑鱼会张大嘴巴，打开腮部，让清洁鱼虾进入。它的嘴巴张得是如此大，还真有点“地方一霸”的豪横霸道之气，我甚至可以通过嘴一直观察到它腮部深处的层叠细节。

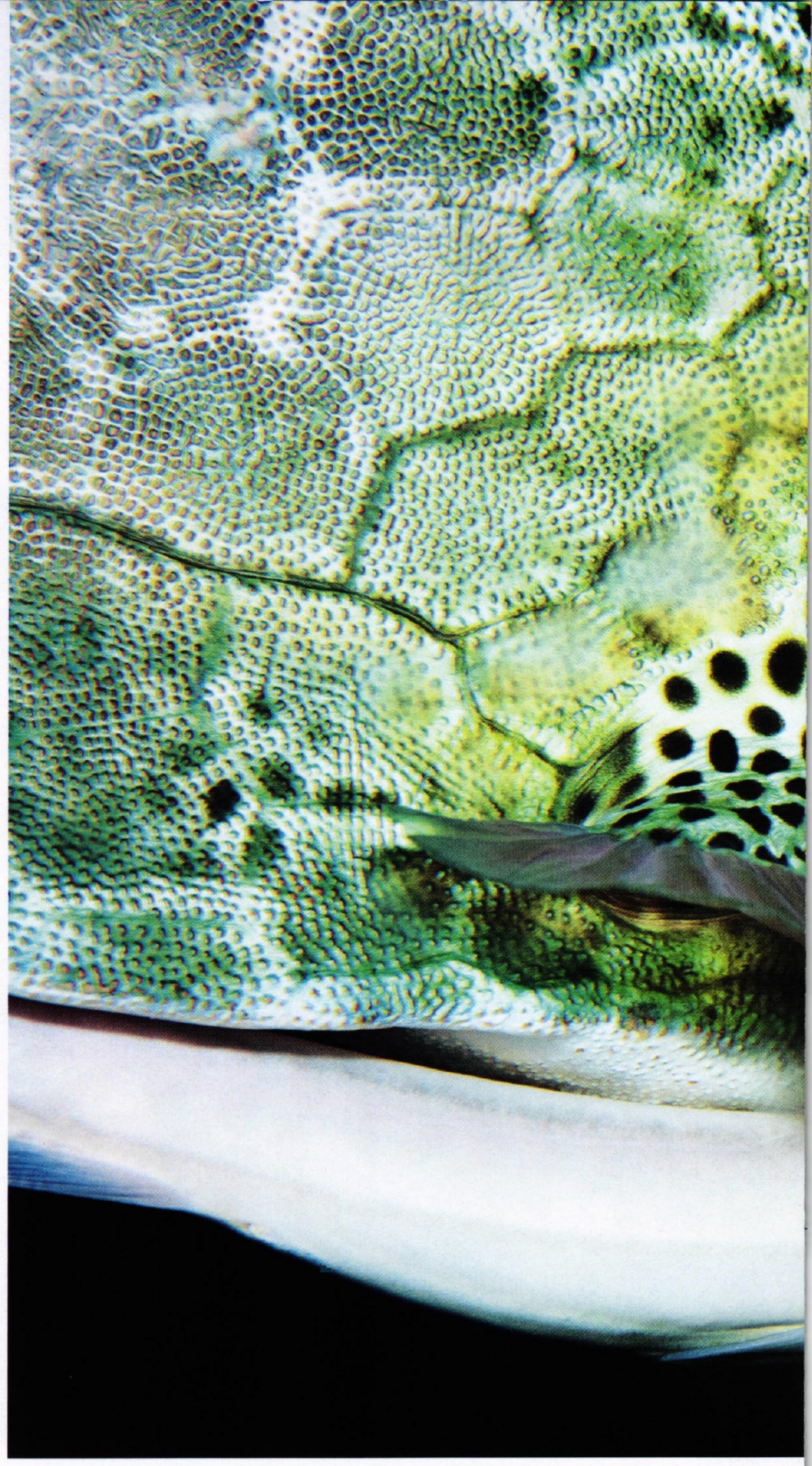
有趣的是，很多石斑鱼在接受清洁服务时会改变它们身体的颜色。例如，有的石斑鱼会变成深红色，而另一种石斑鱼的颜色会变得特别暗，甚至连身上的斑点图案都被遮盖了。有研究者认为，变化的颜色能够让石斑鱼身上的寄生虫更易被发现；又或者，变色是邀请清洁鱼虾前来清洁的一个信号；也有观点认为，这种变化是当石斑鱼在珊瑚礁接受清洁服务时，因为位置太靠近海床而采用的一种伪装。

至于那些常来常往的清洁站访客，则包括了鹦嘴鱼、刺盖鱼、鲀鱼等大大小小的鱼类，对它们来说，到清洁站就像是预约了一次SPA或皮肤门诊，短暂停留后就会离开。

与珊瑚礁清洁站中的共生关系相比，远洋类的大型海洋动物，像鲨鱼、蝠鲼、海龟、海牛等，它们与清洁鱼特别是鮣鱼类（*Echeneidae*）的关系则更为复杂。

共生是指在生物界中某两个物种间发生的一种对一方有利（偏利共生）或双方互惠（互利共生）的关系；而寄生是一种生物从另一种生物的体液、组织或已消化物质等方面获取营养并造成对宿主的危害的关系。

鮣鱼是个庞大的家族，它们的游泳水平不高，须依靠其头顶上扁平的吸盘来抓住移动的宿主。这种独特的结构是背鳍的衍生物，可以调节吸力，一旦搭上了便车，宿主就很难把它们甩掉。它们和宿主之间常常模糊了互利共生、偏利共生和寄生之间的界线——比如吸在鲨鱼身上的有些鮣鱼会吃鲨鱼身上的死皮和寄生虫，



图中的鲀鱼身上吸附着一只鮣鱼。鮣鱼经常吸附在某些大鱼身上在海中遨游，搭车和被搭车者间的关系比较复杂，往往模糊了共生和寄生的界限。鮣鱼有时会为鲀鱼提供清洁服务，更多的时候则会抢夺偷窃鲀鱼的食物。当有更加优秀的宿主出现时，它会毫不犹豫地抛弃原来的“顺风车”，转而“搭乘”能带来更多食物的“海中巴士”。

服务员还是偷窃者？“搭车狂”鮣鱼的复杂身份



有时它们则以鲨鱼捕食时掉落的残羹冷炙或者宿主的粪便为食物来源，尽管没什么营养，但是供应充足。再比如，骑在蝠鲼身上的鲫鱼并不真的为蝠鲼提供清洁服务，反而会利用自己附着在蝠鲼身上的机会，去夺取宿主的食物等，对宿主产生伤害。面对这些复杂的情况，如何进行界定，在生物学界也存在着争议。

水下“模范和谐社区”：充满温馨的清洁站

清洁站是一个很特别的地方，这里弥漫着一种别样的“和谐气氛”。一旦来到清洁站附近，那些本来凶猛机警的猎食者对周围环境的敏感度会显著降低，那些弱小鱼虾也不那么恐惧和畏缩了。这对我这

样的拍摄者来说是特别有利的——虽然我开始离得太近时，这些海洋生物也会稍微移动或暂时离开，但只要保持足够的耐心，比如先在较远的地方停下来，当它们开始忽略我的存在时，再慢慢接近。通常在第二或第三天，它们就已基本习惯我和我冒出的气泡了，表现得浑不在意并继续享受清洁服务。

清洁行为是一种跨物种的、广泛性的协作关系。大多数时间，这种关系都是互利互惠的，这改变了原本捕食者和被捕食者双方的行为模式。

一位名叫凯伦·L·切尼的研究者做过一个实验，将猎食者鱼类分别放入两个鱼缸，再放入一些正常情况下会被猎食的海洋生物。结果证明，有清洁鱼在场时，猎食鱼类明显减少了攻击性，也更少进行捕猎行为。另一个实验室中，研究者研究测量了清洁虾在被引入猎食者后的皮质醇（即响应压力释放的类固醇激素）水平，研究表明清洁虾可能仍将猎食者视作某种威胁，但在实验的实际场景中，清洁虾并没有被吓得呆若木鸡或逃跑、反抗，而是主动接近这些猎食者，并向它们提供长时间的清洁服务。这些实验结果似乎告诉我们，在清洁站这种特别的环境中，原本的猎食者和被猎食者调整了自己的角色和身份，将清洁站变成了水下众多生物共同生活的和谐“社区”。更有趣的是，因为海洋清洁站的和谐氛围，一些跟清洁站没有什么关系的海洋物种，也会聚集在清洁站附近，来获得庇护和更安定的环境。

清洁站的另一重身份，海洋中的“医疗站”

海中的这些清洁行为，除了能帮宿主控制身上寄生虫的数量外，还可以帮它们更好更快地愈合伤口，甚至能帮助濒死的重伤者逃出生天。

在奈德·德洛赫等人的《珊瑚鱼行为》一书中提到了一次实验：研究人员曾对三种受重伤的鱼进行了观察。在受伤后的前五天，受伤的鱼平均每小时花费25分钟在清洁站和一种清洁鱼——虾虎鱼在一起。两周后，伤口完全愈合，时间缩短到每小时不到两分钟。清洁者在受伤的鱼慢慢变小结痂的伤口表面进行清理，它们的叮咬常常导致受伤的鱼跳起来，甚至一度逃离清洁站。在四个星期后，覆盖伤口的黑色结痂消失了，仅留下轻微的凹痕。

生活在沙地上的颈带蛇鳗和清洁虾的关系通常会维系更长的时间，被清洁的时候，蛇鳗会连续几个小时保持在同一位置，任由清洁虾在它的头部附近游动、挪移，取食自己身上的黏液和皮肤碎屑等。相比起来，鹦嘴鱼、刺盖鱼、鲀鱼这些常来常往的清洁站访客接受清洁的时间通常比较短，一次清洁服务往往在几秒钟内就会结束。

快服务和慢生活：水下清洁站的海间百态

有研究人员还观察到，一只巴氏若鲹到达珊瑚礁清洁站的时候，身体左侧近三分之一的肌肉组织遭到损害。此鱼每天花费大量的时间和清洁虾、清洁鱼在一起。12天后，大伤口闭合；16天后，这只死里逃生的巴氏若鲹离开了清洁站。研究人员还曾观察到清洁虾在3天的时间里，为蛇鳗受伤的头部进行“护理”，三天后蛇鳗离开清洁站的时候，伤口已基本愈合。这些研究都证实了，清洁物种可以极大地提高被清洁者的生存率。

除了清洁站外，海洋中的清洁行为也发生在很多其他场合。比如，蛇鳗隐藏在海底的沙地中，清洁虾则一直在它唇尖和眼睛周围忙碌；缓慢爬动在沙地上的多角海蛞蝓身上背负着搭车并顺带做“保洁”的象鼻岩虾。无论身材大小，它们都是海洋生态中不可替代的一环。

责任编辑 / 陈惊鸿
图片编辑 / 高新宇
版式设计 / 崔晓琳



噶顺戈壁

能吹翻火车的强风 也能塑造绝美的景观

唐朝高僧玄奘西行古印度求法，路上多次差点命丧黄泉，其中最凶险的一次，是发生在从甘肃瓜州去新疆哈密途中的莫贺延碛，这就是号称“八百里瀚海”的噶顺戈壁。古往今来，多少行旅之人途经此地，总是谈虎色变，视为畏途。就连到了近些年，噶顺戈壁北面的“百里风区”还多次发生了大风吹翻、逼停火车的事故。不过，正因为强风盛行，噶顺戈壁也被塑造出许多令人惊叹的风蚀地貌景观。

撰文
李志刚 宏立

摄影
吴静 等

噶顺戈壁所在区域，是新疆东部的大风通道。这里一年四季大风不断，气候极端干旱，自然条件恶劣，是风蚀地貌极为发育的地区，形成了壮观的风蚀地貌景观。该区域也是新疆东部戈壁分布面积最大、最集中的地区，噶顺戈壁以及周边的其他几个戈壁，组成了中国罕见的大片连续分布的戈壁地貌区。历史上，噶顺戈壁被称为“莫贺延碛”，在很多古人的行旅日记以及诗歌中都有记载。摄影 / 包国铖

行经噶顺戈壁，古人们看到的都是令人绝望的“瀚海”

有一年10月，一个狂风肆虐的初秋，我跟随一个考察队进入了噶顺戈壁。白天，我们顶着大风，在一座座十几米高的土丘间穿行。夜里，为避风，我们将帐篷扎在干涸的河道上。整夜无法入睡，听大风呼啸着与茫茫的戈壁瀚海对话。多年过去了，巨大的残丘，平坦的垄沟，常常会浮现在脑海里。席卷而来、赐我一身沙土的狂风，也时时会闪现在眼前。

在噶顺戈壁的那一晚，我对当年玄奘在噶顺戈壁的九死一生算是有了点体会。在唐代，甘肃瓜州玉门关通往新疆伊吾（今哈密）的这条路，被称为第五道，也叫莫贺延碛道（连接瓜州与伊吾、穿过莫贺延碛的官道），路上设置有五道烽燧。

在第四烽，校尉王伯陇被“偷渡者”玄奘的冒险精神所感动，不仅没抓捕他，反而为他备好水和干粮，并为他指明一条捷径：离开官道进入戈壁深处，借以绕过最后一道关卡——第五烽（避免在此被抓捕），然后直奔野马泉，在那里补充淡水后，就可一路畅通无阻赶赴伊吾了。

补充给养的玄奘按照王伯陇的指点，离开官道，策马扬鞭，一头扎进了浩瀚无边的大戈壁里。玄奘

PDF微信：bfwz888888

顺风往远处延伸的风蚀残丘，就像在地表上凸起的巧克力饼干

从高空俯瞰，风蚀残丘景观顺着风向往远处延伸，就像是在深色地表上凸起的一块块棕色巧克力饼干。风蚀残丘是一种典型的风蚀地貌，也被称为雅丹地貌。风蚀地貌是一种主要由风和风沙对地表物质进行吹蚀、磨蚀而形成的地貌，其中暂时性流水作用、风化作用、盐化作用及构造因素等，也对其形成有着重要影响。经长期外营力作用以后，地表岩石不断缩小，最后残留下一些岛状高地或孤立小丘，就称为风蚀残丘。摄影 / 李华

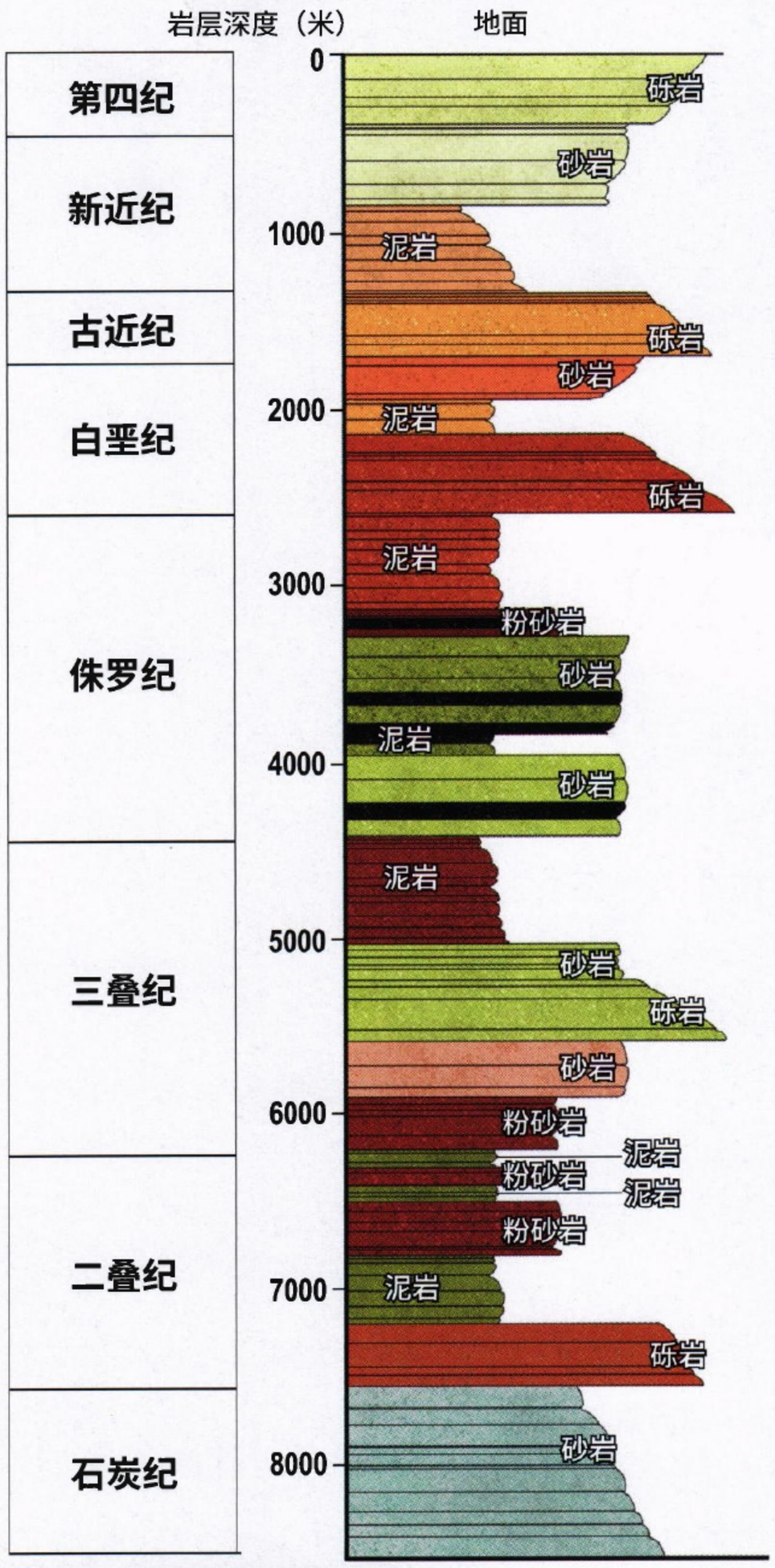
眼中的莫贺延碛，“长八百里，古曰沙河，目无飞鸟，下无走兽，复无水草”。“莫贺延”是蒙古语“呼延”的音译，“碛”是沙漠之意。古人当时并没有戈壁的概念，所以将这块荒漠称之为“碛”。在汉武帝元狩二年（公元前121年）以前，这片大戈壁属于匈奴呼延王的领地，就叫莫贺延碛。现在叫噶顺戈壁，“噶顺”在蒙古语中为“苦涩”之意。从玉门关西行，首先遇到的便是莫贺延碛。

在荒无人烟的戈壁里行走，能补充饮水的水源地——泉眼是至关重要的。就在玄奘寻找野马泉时，意外接连发生。首先，突然刮起一场沙尘暴，一时飞沙走石，天昏地暗，导致玄奘不辨路径，“失道，觅野马泉不得”。其次，“下水欲饮，袋



在1亿多年前的白垩纪时期，噶顺戈壁及其周边地区还是一个巨大的淡水湖泊，湖泊中丰富的水生物养育了数量庞大的翼龙和恐龙。后来，因为气候变化，湖泊渐渐干涸，古湖盆里沉积下来的砾岩、砂岩等岩石出露地表，在以风力为主的侵蚀作用下，形成了很多风蚀地貌。我们看到的这些沉积岩分层现象极为明显，是因为这些岩石在沉积成岩过程中，处于不同的地质时期，以及不同的地理、气候等环境，沉积物在古湖盆里一层层累积叠压，经年累月，最终形成了清晰的岩石分层现象。它们出露地表后经过外营力的侵蚀作用，被进一步打磨、雕琢，最终呈现出这些奇特的“千层饼”景观（右图 摄影 / 李威男）。根据岩石的粒度、良好的分选、较大的厚度以及大型的斜层理（左上图 摄影 / 杨军），专家判断，这些岩石很可能是在古湖泊三角洲一带形成的沉积岩。

沉积物在古湖盆里一层层累积叠压成岩，最终出露地表形成了“千层饼”景观



噶顺戈壁岩层构成示意图

资料来源 / 张进　绘图 / 王航

重，失手覆之”。在这节骨眼上，玄奘又把珍贵的水袋打翻在地，仅存的一点水也没了。“是时，四夜五日无一滴沾喉，口腹干燋，几将殒绝，不复能进……至第五夜半，忽有凉风，触身冷快，如沐寒水，遂得目明，马亦能起……行可十里，忽见青草数亩，下马恣食。去草十步，欲回转，又到一池，水甘澄镜澈，即而就饮”。玄奘最终找到一处泉水，从此绝处逢生。

多年后玄奘从印度取经归来，再次经过噶顺戈壁时仍心有余悸：“沙则流漫，聚散随风，人行无迹，遂多迷路。四远茫茫，莫知所指，是以往来者聚遗骸以记之”。在玄奘远赴印度的200多年前，东晋高僧法显也穿越了凶险的莫贺延碛。他在《佛国记》写道：“沙河中多有恶鬼、热风，遇则皆死，无一全者。”

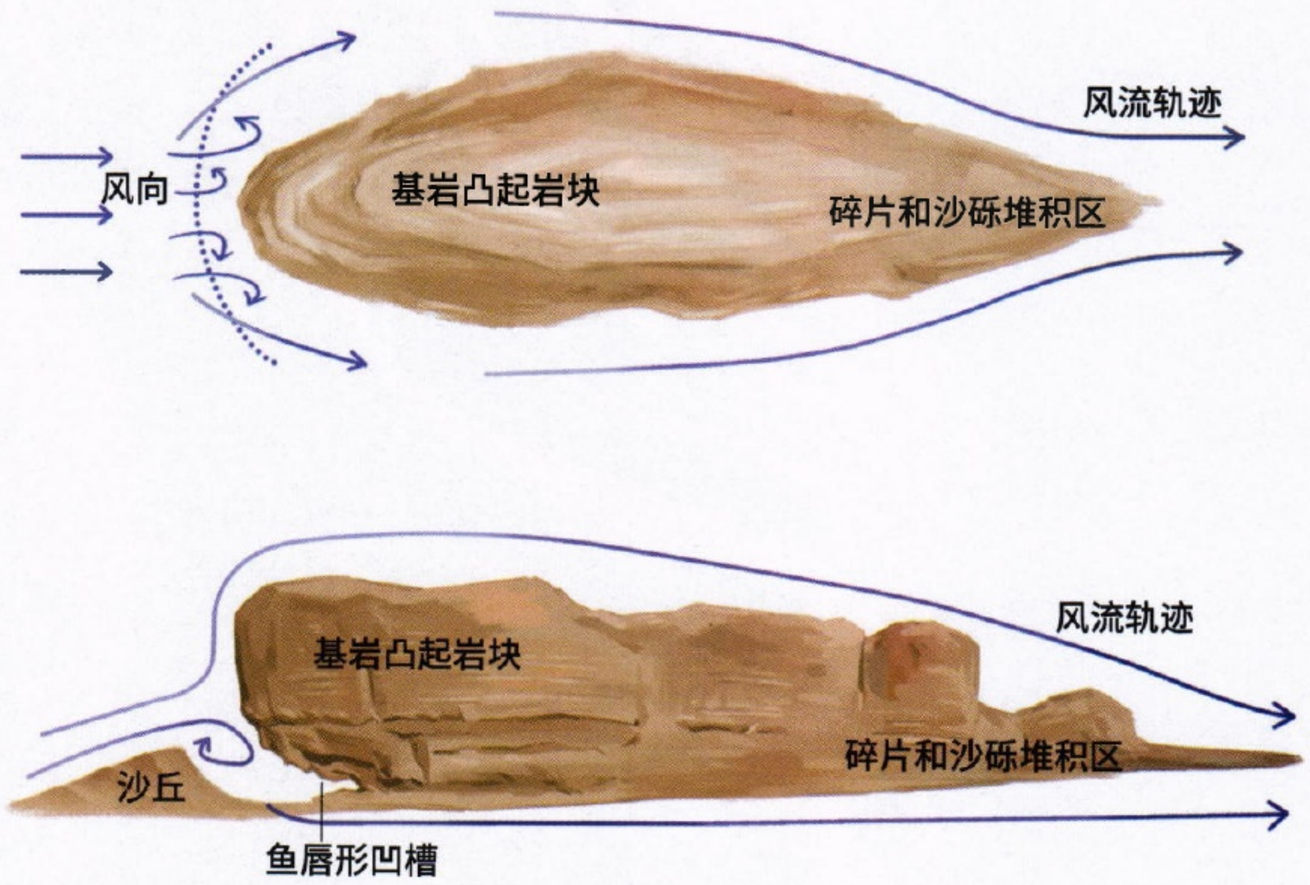
我们现在知道，戈壁并不是以沙丘地貌为主（戈壁的定义在后文会作阐述），为什么法显、玄奘等古人都将噶顺戈壁描绘为“沙河”、“流沙”的形象，并且这一形象还被许多诗词歌赋进一步渲染、固化下来？这是因为当时人们经过噶顺戈壁时，经常遭遇风沙，自然会把这里想象为黄沙遍布之地。以古代的条件，他们是无法深入戈壁去考察的。因此许多唐诗写到噶顺戈壁时充满了想象，往

雅丹如同逆流而上的鱼或横躺的水滴，具有“迎风钝头，背风拖尾”的特点

在分析噶顺戈壁的风蚀残丘（雅丹）地貌的特点及形成过程时可以看到，雅丹的延伸方向一般与盛行风方向一致，而且其迎风端必然是高耸的侵蚀残丘，而背风端则是缓慢降低的碎屑堆积区（右页图）。整体上看，雅丹如同逆流而上的鱼或横躺的水滴，具有“迎风钝头，背风拖尾”的特点。这是因为迎风端遭受强烈的风蚀作用，而背风端则成为沉积区，可以保存小型沙堆等。迎风端因受到强风携带的沙粒打击而逐渐变窄，底部掏空凹进，前方因风力受阻而产生强劲的涡流，形成鱼唇形凹槽，凹槽外围为沙丘及掉落的碎岩块（见下面绘图）。

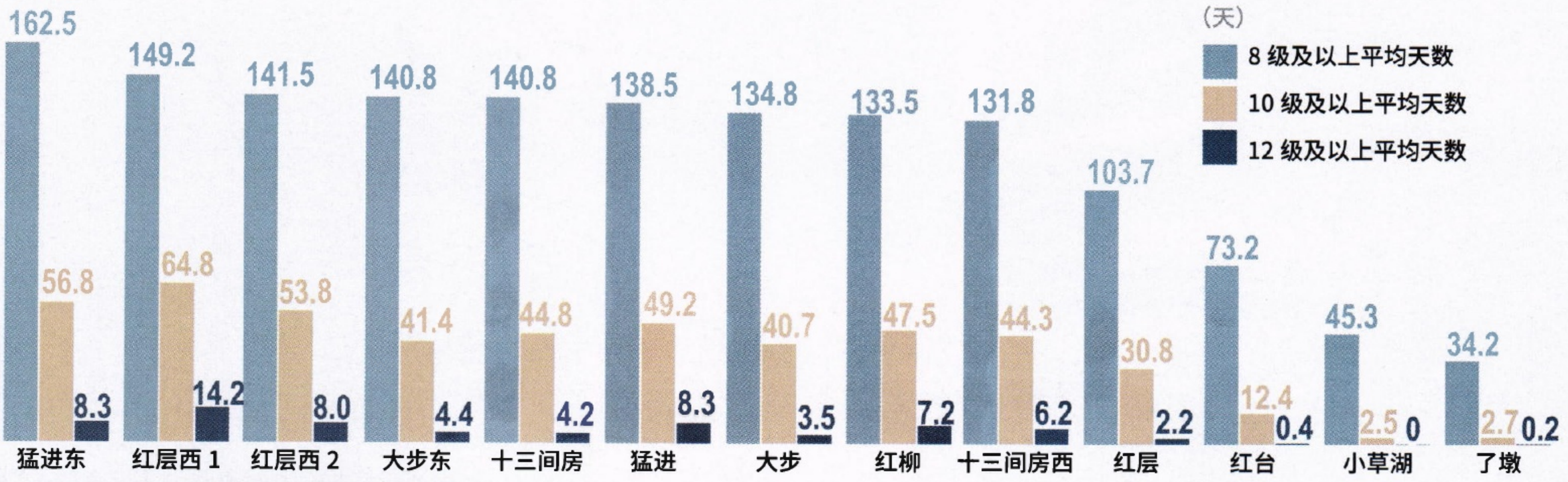
往以“沙海”、“沙河”、“流沙”、“黄沙”、“碛”等来形容，如李白的“恨君流沙去，弃妾渔阳间”（《闺情》），杜甫的“今君渡沙碛，累月断人烟”（《送人从军》）等。作为边塞诗人代表的岑参，也有好几首诗跟噶顺戈壁有关，如“愁见流沙北，天西海一隅”（《轮台即事》），“今夜不知何处宿，平沙万里绝人烟”（《碛中作》），“黄沙碛里客行迷，四望云天直下低”（《过碛》）。像岑参这样的诗人还有不少，如高适、来济、胡曾、许浑等。这里就不枚举了。

千百年来，人们在河西走廊与西域间往来，经过噶顺戈壁时，心情总是压抑、凄凉的，甚至还有几分恐惧，总是希望能尽快、平安地离开这片死亡之地。因此在古人留下的诗篇或文章中，我没有看到，有谁在噶顺戈壁刻意停留，欣赏沿途风景，也很少有人深入噶顺戈壁探险，去寻找不一样的景色。玄奘为避开第五烽寻找水源而进入噶顺戈壁深处，算是例外了。



风蚀残丘（雅丹）地貌形成示意图
资料来源 / 吕洪波　绘图 / 王航

“百里风区”13 个测风站平均年大风天数统计



资料来源 / 唐士晟《新疆铁路百里风区大风特征统计分析》

到目前为止，还没有谁能准确画出噶顺戈壁的范围

虽然噶顺戈壁早就名声在外，但实际上几乎无人对它做过深入调查，就连它的范围至今也没有清晰界定。

过去一般认为，出玉门关往北，便是“八百里瀚海”的莫贺延碛。玄奘弟子慧立、彦悰写的《大慈恩寺三藏法师传》记载：“五烽之外，即莫贺延碛，伊吾国境。”敦煌研究院的李正宇研究员认为：“莫贺延碛”之名，最早就是从上面这个记载来的。据玄奘的说法，莫贺延碛长八百里，这个八百里基本与玉门关到哈密的路程距离吻合。

在《新疆地貌》（中国科学院新疆综合考察队等编著）这本书里，噶顺戈壁被划在天山山地这个大的地貌单元里，与吐鲁番—哈密盆地（以下简称吐哈盆地）等并列为同一级的地貌亚区。这是因为，噶顺戈壁与其北面的吐哈盆地都位于天山山脉的东延地区，在地质构造上都属于天山构造带。从地貌类型及空间格局看，噶顺戈壁历经长期剥蚀，为起伏和缓的丘陵平原地貌组合，山地特征不再明显，与大、中起伏的天山山地地貌明显不同，因此被划为一个单独的地貌亚区。该书还将噶顺戈壁划为六个地貌小区，即：库鲁克塔格、焉耆山间盆地、库米什山间盆地和克孜勒塔格、觉罗塔格残余基底台原、噶顺戈壁（本部）和北山山地，并指出了噶顺戈壁的南北大致范围：北面是吐哈盆地，南面是罗布泊洼地和疏勒河下游谷地。至于噶顺戈壁东、西两侧的界线，书中并没有明确阐述。

后来，《新疆地貌格局及其效应》（程维明等著）基本沿袭《新疆地貌》的思路，进一步划出了噶顺戈壁的大致范围：吐哈盆地以南，孔雀河、罗布泊、疏勒河以北，瓜州北山以西，额尔宾山、霍拉山以东。虽然这还是一个大致的范围，但相比以前算是有了进展。

中国林业科学研究院荒漠化研究所的冯益明研究员告诉我，对于戈壁，我国学术界还缺乏深入研究。以前，中国戈壁的总面积，就有40多万到70多万平方公里的不同说法，原因是以往对戈壁没有正式、全面调查，统计标准不一致。2011至2016年，冯益明所在的荒漠化研究所历时6年，首次编制出《中国戈壁分布图》。他们的一大突破是，将以往没有统计在内的西藏戈壁也囊括进来，因此最后算出的戈壁总面积大大高于以往公布的数据，为928137.97平方公里。

当我询问冯益明研究员噶顺戈壁的范围和面积



强风年复一年的侵蚀作用，形成了典型的风蚀残丘地貌

一些平坦的台地在最初的水流侵蚀后，再经过持续、强烈的风蚀，逐渐形成了典型的风蚀残丘地貌。噶顺戈壁所在的区域，是东疆大风的汇聚之地。噶顺戈壁北面是海拔相对较低（相比中天山和南天山而言）的东天山，风从北疆翻过东天山，在东天山南麓一带形成了达坂城、“三十里风区”、“百里风区”等几个大风区。这几个大风区的气流最终都汇聚到噶顺戈壁，因此噶顺戈壁的风速有时甚至比那些大风区的风速还要大。正是在这些强风年复一年的侵蚀作用下，在噶顺戈壁与吐哈盆地交界的区域，产生了很多风蚀残丘地貌景观。远看这些风蚀残丘，它们宛如一座座古城废墟，又被称为风城或风蚀城堡。摄影 / 包国铖

沉积结核的出现，是干旱—半干旱环境的一种指示标识

沉积结核，是发生在沉积岩中的一种岩石构造。一般这种结核都是钙质结核，多出现在古土壤或浅部地层中，是干旱—半干旱环境中上部地层淋滤过程中，钙质（碳酸钙）向下渗透并在岩层中沉淀，“包裹”部分岩石而形成的结核体。沉积结核的出现，是干旱—半干旱环境的一种指示标识，意味着当地属于比较典型的干旱—半干旱环境。由于结核比周围未胶结或弱胶结的岩石更容易抗风化，所以在差异风化的作用下，结核会从岩石中“析”出，形成一颗颗醒目的“圆石蛋”。




摄影 / 赵文

时，他给我发来一张地图，上面以深色阴影勾出了范围。这幅地图与《新疆地貌格局及其效应》里的地图相比，范围大体一致，但边缘勾勒更清晰。不过冯益明研究员跟我强调，他的这幅地图也只是一个大概范围，目前准确的噶顺戈壁范围尚无定论。

戈壁又称砾漠，源自蒙古语“难生草木的土地”，一般是指在干旱或极端干旱区受长期、强烈的风蚀或物理风化作用，广泛分布于地势开阔地带，地表由碎石覆盖的一类荒漠景观。按照这个定义，在戈壁与其他相邻地貌如盆地、山地、沙漠等的交界边缘，会出现模糊地带，有时很难清晰判断这些模糊地带是否应划到戈壁里，这需要统一标准、翔实数据和现场勘查等作为支撑。另外，相邻两个戈壁如何区分边界，也是棘手的事情。噶顺戈壁周边还有其他戈壁分布，看《中国戈壁分布图》，它们基本连成了一片，要想划出一条明确界线实非易事。这恐怕也反映了地理学界的一个事实：很多地貌分区都是一个大概范围。

“千层饼”与“圆石蛋”：戈壁里有两种巧夺天工的风景

有一次，我和哈密摄影师吴静驾车前往噶顺戈壁。路上我们驶入一条宽阔、蜿蜒的干河谷，河谷两侧岩壁断面呈现出一种特殊的纹理效果——仿佛是大自然的巧手，将一张张的“书页”堆叠在一起，层层叠叠，远看很像是巨型的“千层饼”。我们感觉到，这里能出好片子。但身在谷地，只能看到局部，无法拍到全景。我在河谷里待着，吴静想办法爬到上面的台地上。

站在台地上，吴静的视野豁然开朗：河谷两侧的“千层饼”式崖壁蜿蜒曲折，一直延伸到远方。这是一种风蚀地貌景观，属于风蚀残丘（人们更熟知的一个名称是雅丹）。不过与其他地方不同的是，这里的风蚀残丘断面是一种分层极为均匀密集的“千层饼”式结构，通过风力的“打磨”，岩层展现得纤毫毕现。如此均匀密集的岩层，在其他地方并不多见。

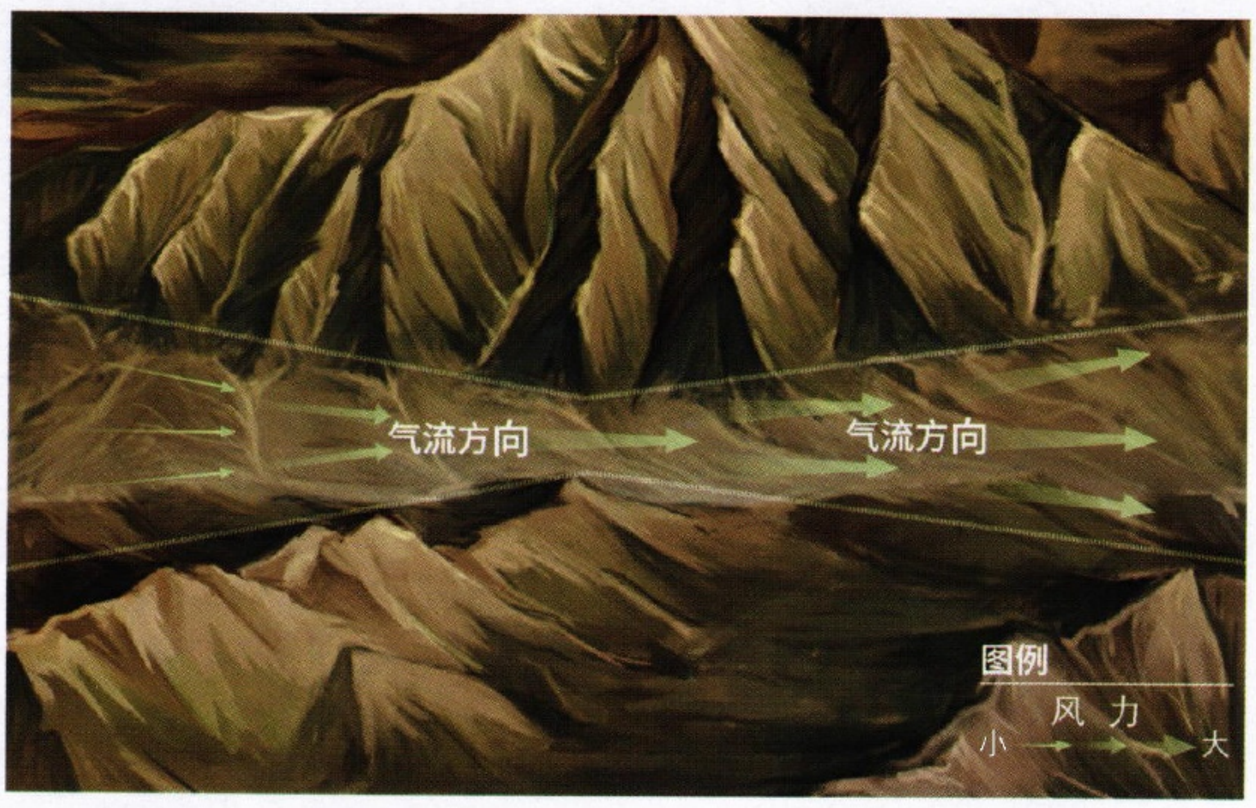
岩石上凸起的一颗颗“小蘑菇”，体现了差异风化之美

眼前的“千层饼”让吴静一下找到了感觉，他将注意力放在拍摄上，全然没注意到风越刮越大，危险已经降临，结果瞬间连人带三脚架被大风吹倒，沿台地斜坡滚了下去。好在人没有大碍，只是一些擦伤。停在一旁的车，车窗玻璃和车身都被砂石打得坑坑洼洼。“打这以后去噶顺戈壁，我再也不敢上高处了，而且要把车停在背风处。”吴静说。

噶顺戈壁里那些起伏平缓的地貌景观，在吴静这些专业摄影师眼里显得很平淡，引不起他们太大拍摄兴趣。只有那些因强风吹蚀、夹杂暴雨侵蚀造成的洼地或残丘，才会得到他们的垂青。

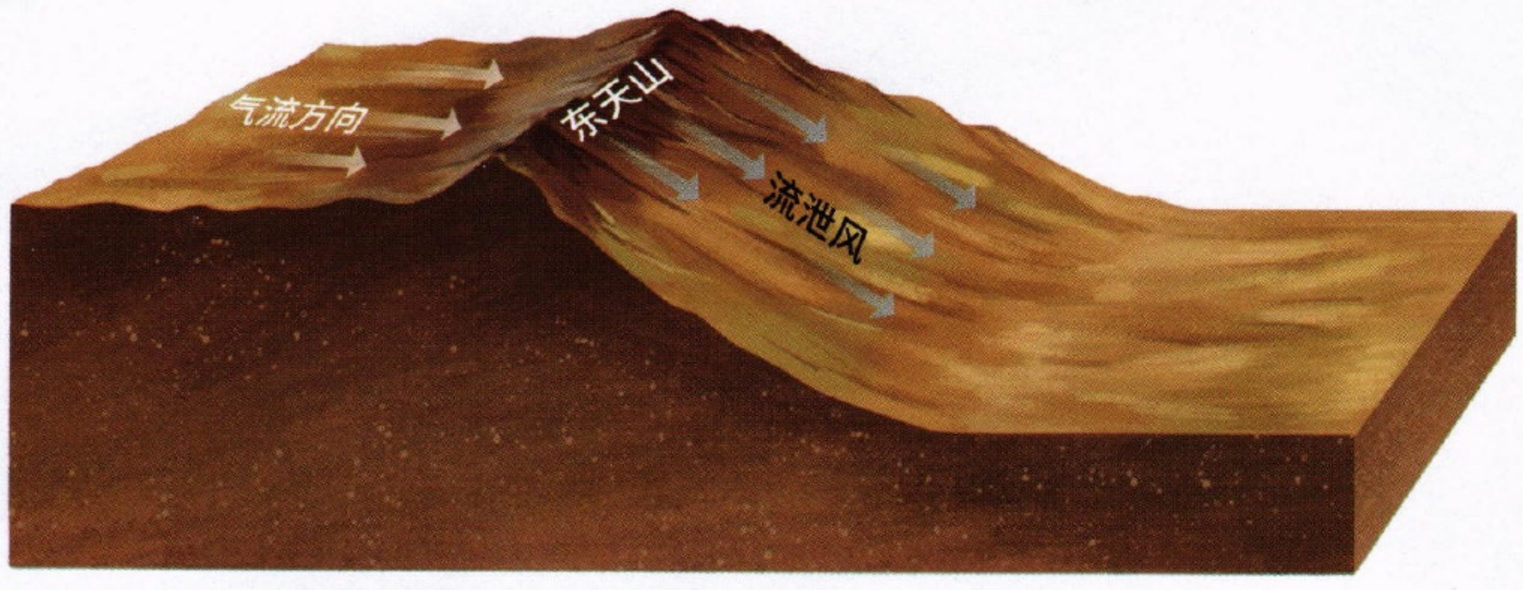
“千层饼”最初是一个面积巨大的平坦台地。台地的沉积岩层由于构造活动，常常破裂形成裂隙。赶上夏季短时暴雨，流水裹挟地表砂石、泥浆等对台地裂隙进行侵蚀、切割。随着时间推移，年复一年，台地被切割得越来越深，沟谷宽度也越来越大，未被侵蚀的岩层就保留下来，形成了碎片化的小台地。台地外缘形成台阶状风化面，并伴有众多冲沟及块状崩塌体，这就是雅丹形成的初期阶段，为后期雅丹的进一步塑造奠定了基础——流水侵蚀相当于给雅丹打造了一个粗坯，随后受长期定向风作用，“千层饼”就被打磨得更精致、完美了。

因为组成岩石的矿物成分、结构构造等方面的差异，不同岩石会有不同的抗风化能力，或者同一块岩石内部的不同部位也会存在不同的抗风化能力。当这些岩石出露地表时，易风化的岩石或部位相对下凹，不易风化的岩石或部位相对凸起。这就是差异风化（又称差别风化、选择风化）现象。岩石因风化、剥蚀程度的不同，在形态上会表现出凹凸不平或参差不齐的现象。右图即为同一块岩石内部的差异风化现象，软弱的部分先被侵蚀掉，较硬的部分留了下来，成了岩石上凸起的一颗颗“小蘑菇”。噶顺戈壁北面离东天山较近。风从北疆翻越东天山时，经过“狭管效应”和重力加速效应（形成了流泄风）的影响，风速进一步加强。这些风区的气流最终都汇聚到噶顺戈壁，为这里的风蚀地貌提供了源源不断的风动力来源。



“狭管效应”示意图

绘图 / 阿羌



“流泄风”形成示意图

绘图 / 王航



除了“千层饼”，还有一种“圆石蛋”也引起了我们的关注。在一些风蚀残丘附近的地面上，散落着一颗颗圆形的石头。它们大的直径几十厘米，小的只有几厘米，猛一看很容易误以为是恐龙蛋，但拿铁锤敲打，一敲就碎，里面是砂石。这些其实是岩层里的一种结核构造。结核通常是沉积岩在成岩过程出现的，形状有球形、椭球形、透镜形、柱状或不规则团块状等，内部结构大多呈同心圆状或放射状。

我们看到的这些“圆石蛋”，本身的岩石成分与周围岩石并没有显著差异，只是被胶结物（成分多为钙质或硅质等）固结得很坚硬，更具抗风化的能力。因此“圆石蛋”比周围岩石更坚硬，一旦出露地表遭遇侵蚀，周围较软的岩石会先被侵蚀掉，剩下较硬的结核就留在岩层里支棱着，看起来像一棵棵长在朽木上的蘑菇。等到这些“蘑菇”的根部也被侵蚀掉，它们就会滚落下来，成了可以冒充恐龙蛋的“圆石蛋”了。说到底，这种“圆石蛋”就是一种差异风化的产物，因为被钙质等胶结物固结，身子骨硬实，扛住了风力的磨蚀。

眼看夜幕降临了，狂风还在呼啸。我们决定不冒险顶风赶路了，就地找一个避风处扎营过夜。一切收拾妥当，我躺在帐篷里，慢慢抖落着浑身的沙土，脑海中突然闪过一个念头：“要是当年玄奘也看到了这些‘千层饼’或‘圆石蛋’，他会在《大唐西域记》里怎么描写这些景物呢？他会不会这般写道：‘残丘绵延，直入天际，层层叠叠，状似层饼。又见石蛋，铺陈沙间，巧夺天工，不可名说……’”

干燥的地表和相对稳定的风力，是发生强烈风蚀作用的主要条件

在常年强风、干旱的环境里，噶顺戈壁形成了千姿百态的风蚀地貌，除了典型的雅丹之外，还有风蚀柱、风蚀谷、风蚀洼地、石蘑菇等多种风蚀地貌形态。有研究表明，一般情况下，由颗粒大小处在中间位置（粉砂级，粒径0.005—0.05毫米）组成的岩石最容易遭受风蚀，而组成物质更粗和更细的岩石遭受风蚀的程度均相对较轻。风所夹带的沙粒90%以上集中在距地表30厘米的范围内，故近地表的岩石所遭受的磨蚀与擦蚀作用最显著。干燥的地表和相对稳定的风力，是发生强烈风蚀作用的主要条件，因此风蚀主要发生在干旱、半干旱地区，或者遭受周期性干旱的湿润地区。风蚀强度则取决于风的侵蚀力，岩石（或土壤）的抗蚀性以及地表的粗糙度等因素。

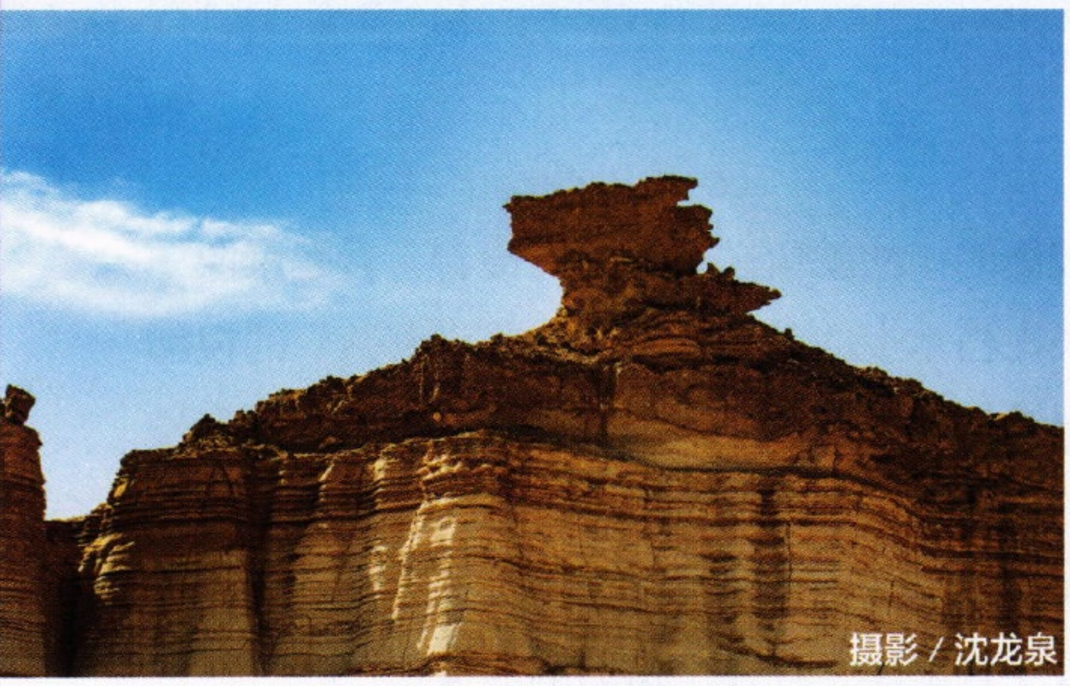
“春风不度玉门关”，很可能与噶顺戈壁的风太猛烈有关

进入噶顺戈壁前，当地朋友多次提醒我，要注意大风，不能轻易冒险进去。其实这种提醒是很有必要的。

记得有一年，我开车从吐鲁番去哈密。中午时分，在距离哈密市不足一小时车程时突遇沙尘暴：黄色的沙土像被巨大的鼓风机扬起从天而降，噼里啪啦打在车身上，车窗外瞬间昏天黑地。如果真有世界末日，那天沙尘暴的样子应该便是，如此恐怖的黄风狂沙我至今再没见过。

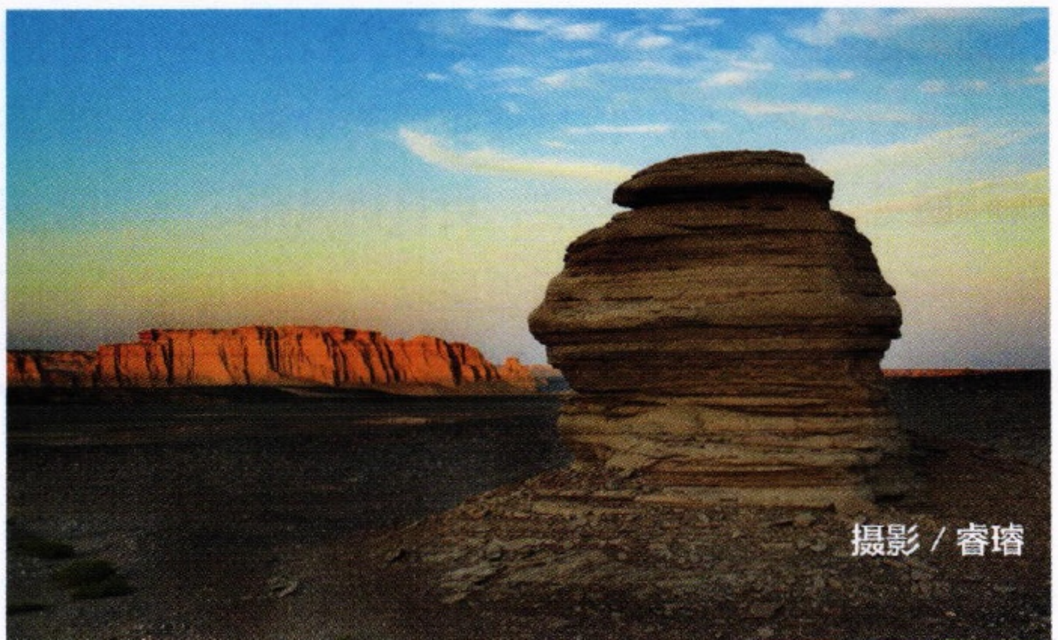
据哈密地方志记载，当地大风（8级以上叫大风）最长的一次连续刮了72小时没停歇，最长的持续天数是11天。要是赶上这样的大风，你正好在荒无人烟的噶顺戈壁里，后果不堪设想——噶顺戈壁里的风，有时比哈密的还大还猛。

对于噶顺戈壁的大风，古人早就“吐槽”过了。岑参有诗云：“十日过沙碛，终朝风不休”。被发配新疆伊犁的清代学者洪亮吉对噶顺戈壁的大风有过形象的描述：“云光裹地亦裹天，风力飞人复飞马。马惊人哭拼作泥，吹至天半仍分飞。一更


摄影 / 沈龙泉




摄影 / 李向东


摄影 / 睿璿



风颓樵者唤，人落山头马山半。”同样被流放伊犁的林则徐对这里的大风也印象颇深：“西北风大……是晚，风愈大……”日本探险家吉川小一郎在这里也遭遇了大风：“突然刮起大风，风势很大，尘土飞扬。”

由噶顺戈壁的大风，我想到了一首诗，王之涣的《出塞》（又名《凉州词》）：“黄河远上白云间，一片孤城万仞山。羌笛何须怨杨柳，春风不度玉门关。”这首大家耳熟能详的著名诗篇，第一句其实是有争议的——不少人认为，“黄河远上”应是“黄沙直上”。清代诗论家吴乔就持这个观点：“黄河去凉州千里，何得为景？”著名地理学家竺可桢认为原作应是“黄沙直上白云间”，他的理由是：在唐朝开元时代的诗人，对于安西玉门关一带情形比较熟悉，他们知道玉门关一带到春天几乎每天到日中要刮风起黄沙，直冲云霄的……实际黄河和凉州及玉门关谈不上有什么关系，这样一改，便使这句诗与河西走廊的地理和物候两不对头。地质古生物学家尹赞勋也认为：“现行唐诗集第一句作‘黄河远上白云间’，但古本唐诗原为‘黄沙直上白云间’。依照玉门关的气候和地理看，后者是合理的。”

玉门关外的西北方就是噶顺戈壁。噶顺戈壁的主导风向是西北风，每年的4—6月份风力最盛，而这段时间恰恰也是玉门关风沙最频繁的时候。由此可推断，噶顺戈壁为玉门关一带提供了主要的风沙来源。千古名句“黄沙直上白云间”的黄沙，很可能就是来自噶顺戈壁。了解这一点，我们也就容易理解为何“春风不度玉门关”了：噶顺戈壁刮来的狂风，又干又冷，飞沙走石，彻底压制了从河西走廊东南方来的“春风”。这股“春风”就算能抵达玉门关也是强弩之末，无力越关西进了。

当最硬的风碰到最软的岩石，就好比金刚钻揽了“泥器”活儿

噶顺戈壁之所以风力这么大，跟它处于新疆东部风区的交会处有关。新疆的大风区主要分布在北疆（阿拉山口、塔城老风口、额尔齐斯河西部等）和东疆（达坂城、三十里风区、百里风区等）。其中三十里风区是在达坂城与吐鲁番之间，百里风区在吐鲁番与哈密之间。东疆这几个风区有一些共同点：它们都是北疆大风在翻越东天山后，在东天山南麓形成的风区，都位于噶顺戈壁的北面。

东疆这几个风区的气流，最后都汇聚到噶顺戈壁，然后在通过噶顺戈壁后发生分流——一支向东奔向甘肃、内蒙古等地，一支向西南沿着罗布泊、库姆塔格沙漠，进入塔里木盆地。因为是几大风区的汇合处，所以噶顺戈壁的风就来得格外猛烈。目前我还没有查到噶顺戈壁具体的风速记录，仅通过百里风区的监测数据，我们也可以想象一下噶顺戈壁的情况。

在东疆，月均风速最大的记录就是百里风区的十三间房，为13.2米/秒（4月份），在全国其风速仅次于吉林长白山天池的13.7米/秒（12月份），大风（风力8级以上）日数多达149天。百里风区的七角井，甚至记录到了风力表上最大级别的17级风，风速超过50米/秒。前些年，兰新铁路上的火车被大风吹翻、逼停的新闻，就发生在百里风区。

东疆成为大风汇聚之地，是因为这里是大风的通道，并且风在这个区域还能得到进一步加速。东天山的海拔相对较低并有几个山口，大风可以较轻松地穿过东天山进入东疆及以东的甘肃等地区。当气流经过这些山口时，由于横截面减小，造成气流



普尔热瓦尔斯基眼里的噶顺戈壁：到处是高台和像塔一样的悬崖，土壤被掺着沙砾的碎石覆盖着

在古代，噶顺戈壁被称为“莫贺延碛”，地处连接西域东部和河西走廊西端的重要位置上，有一条穿越此地的官道——莫贺延碛道，是古人们从中原进入西域的一条重要通道，虽然一路荒无人烟、环境恶劣，人们仍然要冒险穿越。由于噶顺戈壁经常刮起风沙，给途经此地的古人们留下了“流沙”、“沙河”、“瀚海”等的固有印象。1879年俄国探险家普尔热瓦尔斯基路经噶顺戈壁，对这里的地理环境有过他的观察和记录：噶顺戈壁为波状平原，到处是高台和像塔一样的悬崖，土壤被掺着沙砾的碎石覆盖着。既没有植物，也没有动物，甚至连蜥蜴和昆虫也没有……

速度加大，是为“狭管效应”。新疆气象服务中心的潘新民等研究人员在东天山的色皮山口做过调查，他们发现，当进入色皮山口的风速为8米/秒时，到山口最窄处的风速可增强到12.7米/秒；当进入山口的风速为20米/秒时，到山口最窄处的风速则增强至35米/秒。由此他们得出结论：色皮山口的狭管效应非常明显，而且进入山口的风速越大，加速效果越明显。除了山口的狭管效应，来自北疆的风往南越过东天山进入海拔更低地区时，还会产生另一种效应——重力加速效应，这就是气流因重力加速而形成的风，叫流泄风。

噶顺戈壁的风蚀地貌就是在这样的强风环境下经年累月形成的。巧的是，噶顺戈壁的岩层也很配合：以河湖相沉积的砾岩、砂岩、泥岩等为主，有明显分层现象（不同的地质年代有不同的沉积层，这也是“千层饼”的地质成因），岩层基本都是容易遭受风化侵蚀的砾岩、砂岩等，为后期的外营力作用提供了基础。这相当于最硬的风碰到最软的岩石，那种感觉就好比是金刚钻揽了“泥器”活儿，精细入微地雕琢、打磨出了“千层饼”和“圆石蛋”。

我有一个朋友，是中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的汪筱林研究员，他一直带领科考队在噶顺戈壁、吐哈盆地一带做古生物化石的野外考察和研究工作。“要不是因为疫情，这会儿我早跑到噶顺戈壁雅丹里找翼龙和恐龙化石去了。”电话那头的汪筱林研究员告诉我。他们发现了大量白垩纪时期的翼龙和恐龙等脊椎动物化石。在1亿多年前，那里曾是一个巨大的湖泊，周边聚集了数量庞大的翼龙和恐龙。一次次突发性的湖泊风暴事件，导致翼龙和恐龙集群死亡。后来巨湖慢慢干涸，湖里的沉积地层渐渐出露地面，年复一年地接受着风霜雪雨的洗礼，最终形成了壮美的风蚀地貌景观……



审稿专家
阎顺　穆桂金　中国科学院新疆生态与地理研究所　研究员
汪筱林　中国科学院古脊椎动物与古人类研究所　研究员

责任编辑 / 雷东军　图片编辑 / 吴敬
版式设计 / 李晟　地图编辑 / 王岩　插图编辑 / 王航

在云南梅里雪山山脚下，一只翡翠攀蜥趴在巨石上享受着日光浴，它的发现不仅增加了我国攀蜥属物种的**多样性**，同时也从一定程度上证明在横断山脉的干热河谷中可能隐藏着更多未被发现的攀蜥属新种。

摄影 / 杨涛

横断山脉

攀蜥家族的繁盛之地

2010年至今，生物学者们在横断山脉先后发现了十多种攀蜥属的新物种。截至目前，在横断山脉发现并命名的攀蜥属特有物种有21种，分别占攀蜥属物种总数的58.3%和我国总数的61.8%，是当之无愧的攀蜥属物种分布和分化中心。攀蜥是什么？发现它们的过程中有哪些故事？它们缘何会在横断山密集分布和分化？且听与攀蜥结缘20多年的生物学者侯勉为我们一一作答。

撰文
侯勉
摄影
彭建生 等

学生时代追随院士出野外，就此与攀蜥结缘

我第一次领略横断山脉干热河谷的风貌，是在四川省甘孜藏族自治州的泸定县。2001年夏天，中国科学院院士、两栖爬行动物学家赵尔宓先生为编写《四川爬行类原色图鉴》，专门组织考察队赴甘孜藏族自治州和阿坝藏族羌族自治州进行野外考察，成都四川化工厂子弟校的生物老师高正发和我作为团队成员全程参与。高老师是我国两栖爬行动物爱好者中的元老级人物，而我当时只是一名喜爱两栖爬行动物的爱好者，能有机会参与专业考察，自然兴奋得不得了。

当年7月，我们从成都出发去往甘孜的泸定县，穿过二郎山隧道后，先前满目葱绿旋即换成了满眼的黄褐色，湿润的空气也变得格外干热，峡谷两侧植被稀疏，倒是峭壁上大片的仙人掌颇为壮观。泸定县是草绿攀蜥和大渡石龙子的模式产地，我们目标就是采集标本。完成甘孜的考察任务后，我们又沿着岷江河谷前往阿坝。在汶川县绵虒镇附近的一个隧道遇到堵车，我自告奋勇去探路。没料到，一来一回的十几分钟里，我就采集了一雄一雌的攀蜥标本，野外新人“人品福利”兑现的喜悦至今难忘。

跑回车上，我们当即把之前在泸定县采集的草绿攀蜥标本与之进行对比，这种对不同地域活体标本进行即时比对的机会是极其难得的。高老师和赵先生兴致盎然地分析了两种攀蜥外形上的差异，初



步判断这应该是一种未被命名的新种攀蜥。后来高老师又与朋友一起采集了7号标本进行细致研究，并在赵尔宓先生指导下于2002年发表了攀蜥新种——汶川攀蜥。因为是我采集到最初的一对标本，因此文章将我列在第二作者的位置。此次野外考察研究的经历让我受益匪浅，也彻底激发了我发现和研究攀蜥物种的热情。

断断续续的横断山攀蜥物种发现历史，持续 144 年

攀蜥泛指爬行动物中有鳞目鬣蜥科攀蜥属下的物种。与鬣蜥科其他属的蜥蜴不同，攀蜥属物种背部中央通常没有高大、耸立的鬣鳞，而是颈部的鬣鳞更为发达。这一类物种身体多侧扁，尾修长，善于攀援。它们主要分布于我国西藏伯舒拉岭东部河谷及其以东的横断山脉区域，向东可以分布到台湾省和日本的琉球群岛，向南分布到缅甸、老挝和泰国北部及越南中部。攀蜥属物种主要栖息于海拔300—3500米的山区，有地栖类型，也有树栖类型。其中的大多数物种为我国特有，并且为局域特有种，我国横断山脉和台湾省是攀蜥属物种分布的热点地区。在我国早期的文献中，“攀蜥”与“龙蜥”的名称经常被混用，时至今日，学界依然存在用两个名字称呼这一类蜥蜴的现象。实际上，基于两属命名的历史本源以及对前辈学者在分类及命名等方面所做工作的尊重，自横断山脉向东至东亚岛链的该类物种的中文名称应为攀蜥属，而喜马拉雅

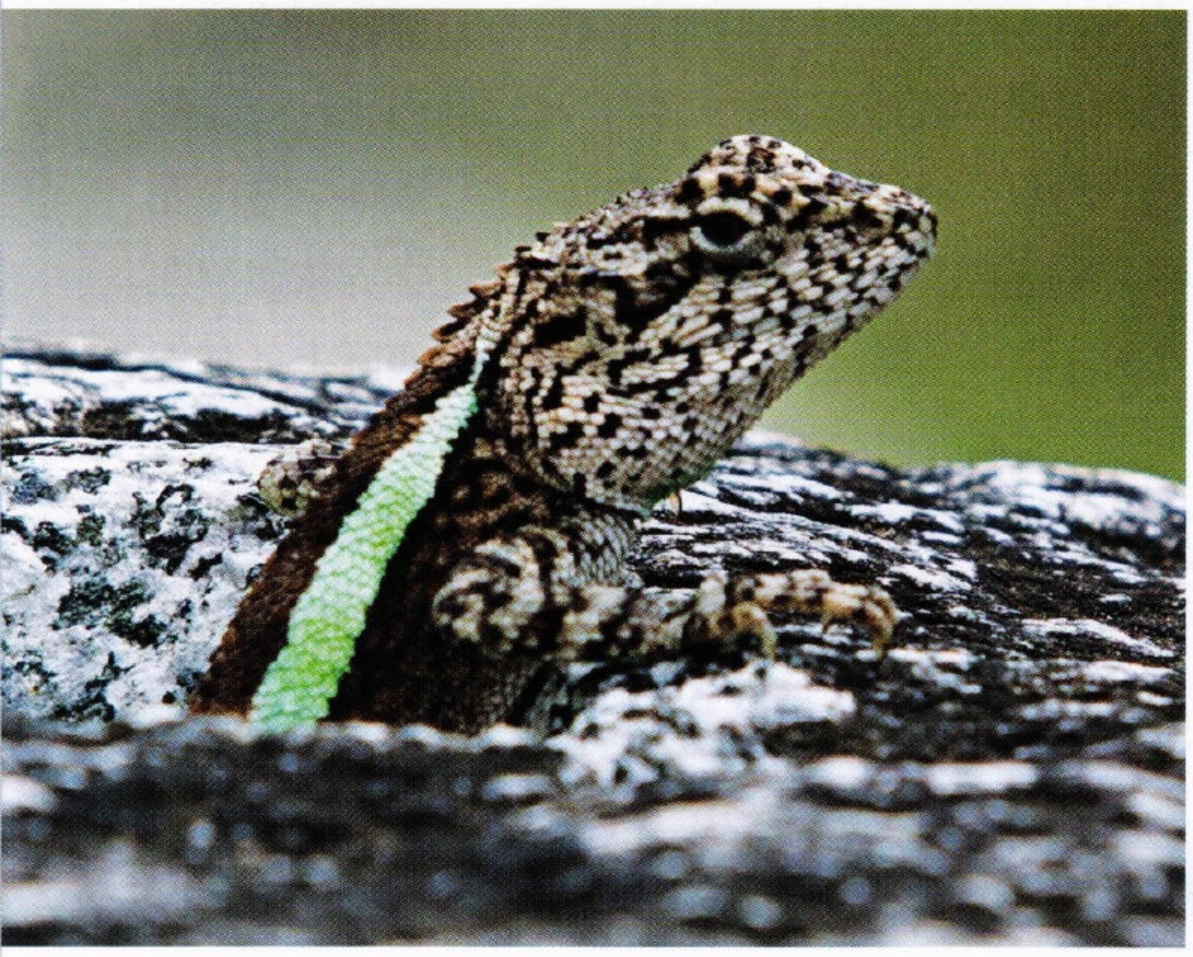


我国攀蜥属物种的探索发现史已有144年，目前在横断山脉发现的攀蜥特有种达21种，是攀蜥物种多样性分布中心。

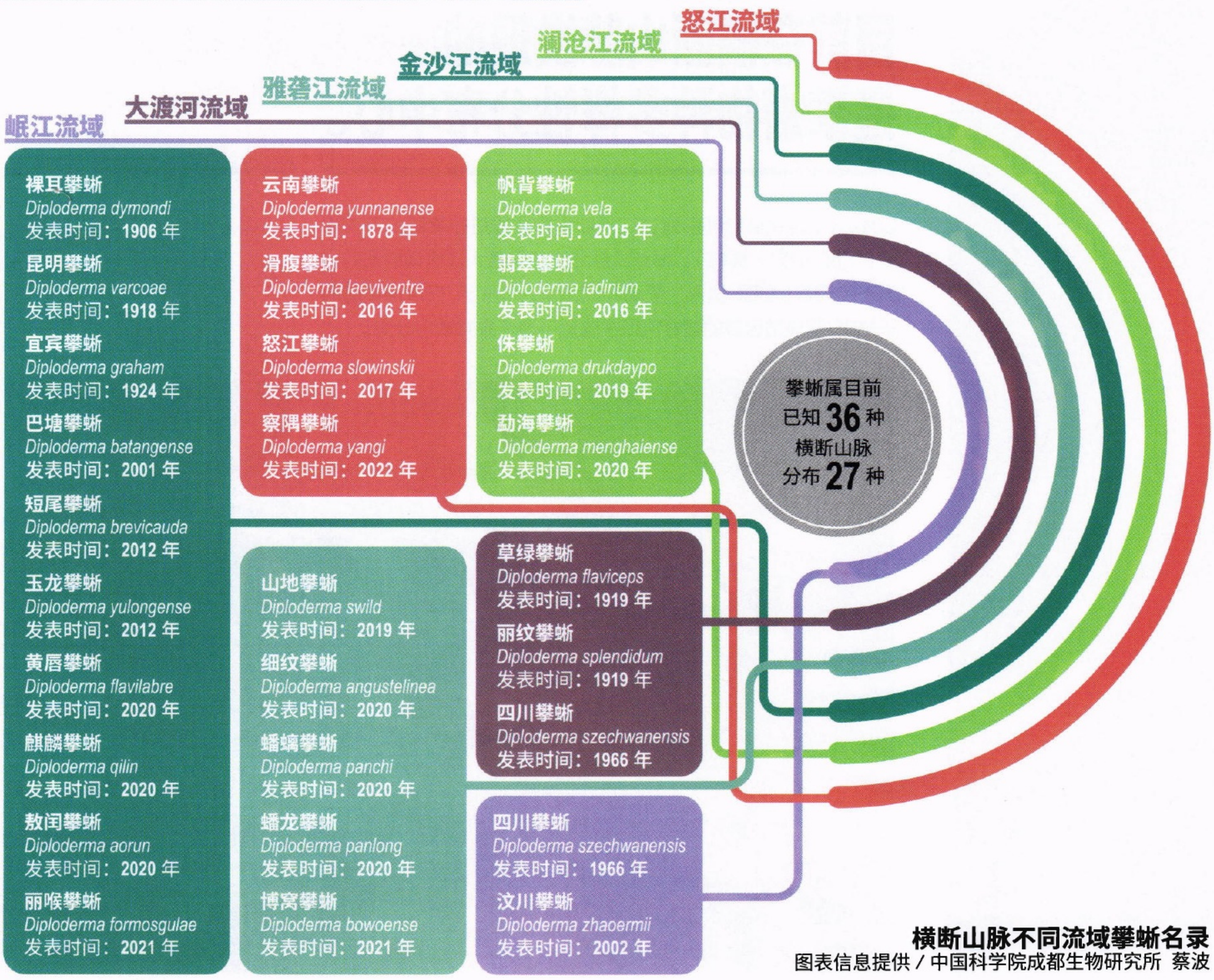
2014年，自然摄影师彭建生在横断山脉北段进行攀蜥的考察拍摄（下图 摄影 / 林森）。横断山脉北段的几条大江大河的河谷多为干热河谷（左图 摄影 / 董磊），气温高，光照足，所以原本起源于热带、亚热带区域的攀蜥可以在这里子遗下来并繁衍壮大。



攀蜥属于冷血动物，所以它们都喜欢晒太阳。横断山脉干热河谷的气温和光照条件也能够充分满足它们的生存需求。

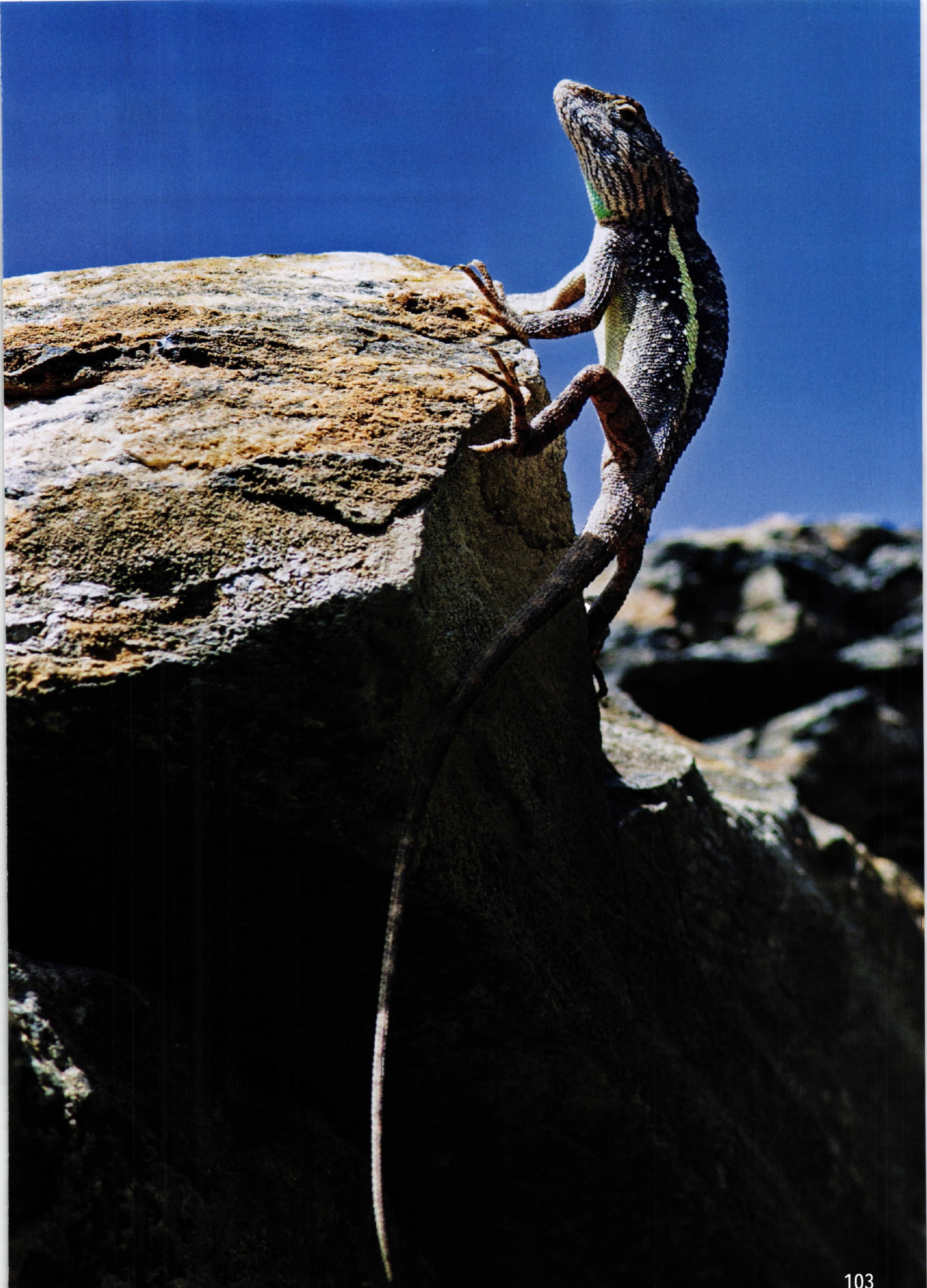


与绝大多数攀蜥一样，敖闰攀蜥（右图）经常会趴在石头上，或惬意地享受日光浴，或激动地点头或做“俯卧撑”，宣示自己对周围领地的主权。攀蜥的雌、雄个体有其独特的外部形态，生物学上称为“性二态”。例如雄性察隅攀蜥（左图）的背部沿身体有两条纵向的条纹，颜色鲜艳亮丽，而它们的雌性或者没有清晰的纵纹，即便有也很不清晰，体色也更加贴近于周边的环境。据横断山脉不同流域攀蜥物种统计表（下图）显示，横断山脉分布着27种攀蜥，其中21种为区域特有种。我国已知34种攀蜥，横断山脉占比79.4%，是当之无愧的攀蜥分布中心。



横断山脉不同流域攀蜥名录

图表信息提供 / 中国科学院成都生物研究所 蔡波

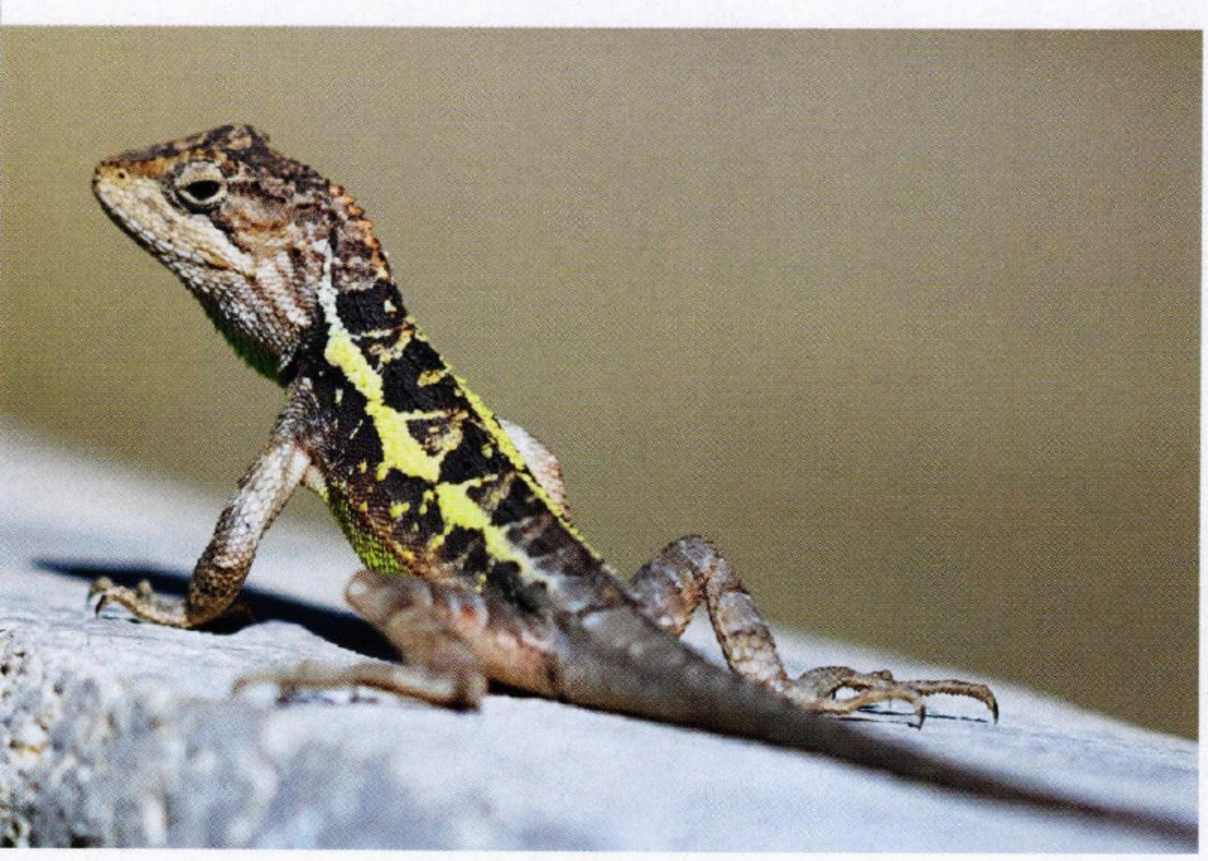




很多不同种的攀蜥在外观上都很相似，但是它们在遗传信息上的差异很大。

在横断山脉北段，几条大江大河都分布着干热河谷地貌。乍看之下植被很相像（右页下图 摄影／董磊），实际上都有各自特化的环境、气候和动植物类群。生活在不同流域的攀蜥就是如此。虽然它们在外观上有一些相似的地方，例如黄色或绿色的体侧条纹和色斑构成规律等，所以怒江流域的怒江攀蜥（左图）与金沙江流域的玉龙攀蜥（左下图）、麒麟攀蜥（下图 摄影／董磊）看似相同，其实它们遗传信息的差异很大，是完全不同的物种。因此单单靠拍摄攀蜥的照片（右页上图 摄影／董磊）进行种类辨识经常会犯错。





山南侧物种的中文名应为龙蜥属。

时至今日，人类对横断山脉攀蜥属物种多样性的探索和发现已持续144年之久。最初的探索和发现是在清末至民国期间，彼时西方学者在长江上游山地的考察拉开了横断山脉攀蜥属物种发现的大幕。从1878年英国博物学家约翰·安德森发表第一种攀蜥——云南攀蜥开始，此后的59年里，外国学者陆续发表了8个新种。然而限于当时的研究条件、学者们的认识差异和分类学发展阶段，这8个种在发表时分别被归入了不同的属，既有龙蜥属，也有一些被错误归入棘蜥属和棘皮蜥属的，后来才得以纠正。1937年后，抗日战争全面爆发，对横断山脉的探险和考察进入低潮，尤其是爬行动物方面的研究长期停滞。战后，外国学者基于各种原因无法进入横断山脉进行调查研究，而中国学者因对外交流阻断和各种非学术活动的干扰，使得文献收集查阅、分类学视野和思维，以及实验方法等方面长期落后于世界的发展，在很长一段时间里未能在攀蜥属生物多样性的研究中有所进展。



20世纪60年代，我国学者对横断山脉两栖爬行类物种的探索开始逐渐恢复。1966年，胡淑琴和赵尔宓发表了四川龙蜥，此时距离上一个攀蜥属新种发表已经过去了29年之久。在20世纪的八九十年代，中国两栖爬行动物学者在攀蜥类群的



研究上还做了一些承前启后的工作，例如中国科学院成都生物研究所研究员江耀明完成了《中国动物志》中“龙蜥属”内容的撰写。

一个被忽略的普遍现象：横断山脉潜藏着众多攀蜥隐存种

自2000年起，国内众多生物学者开始在横断山脉探索攀蜥属的生物多样性。2000年，高正发老师为了解裸耳攀蜥的四川产地信息，专程到四川南充西华师范大学与著名的生物学家邓其祥教授交流，结果无意间在标本馆中发现了几号被鉴定为草绿攀蜥的标本，与自己采集的草绿攀蜥在外观上有差异。征得同意后，他将这些标本借回去研究，并请赵尔宓先生做了进一步鉴定，赵先生也赞同这应该是一个新种。随即，他便将标本归还并转达了赵先生的鉴别结果。2001年，西华师范大学生科院的研究团队正式发表了这种采自四川巴塘县境内金沙江河谷的攀蜥新种——巴塘攀蜥。

正是巴塘攀蜥的发现，使高正发老师初步产生了这样一个推想：既然金沙江河谷中的“草绿攀蜥”是独立的物种，那么横断山脉其他河谷中那些原定为草绿攀蜥的居群是否也存在着鉴定错误呢？于是探索横断山脉几大河谷中蕴藏着的攀蜥隐存种成为他最感兴趣的方向。

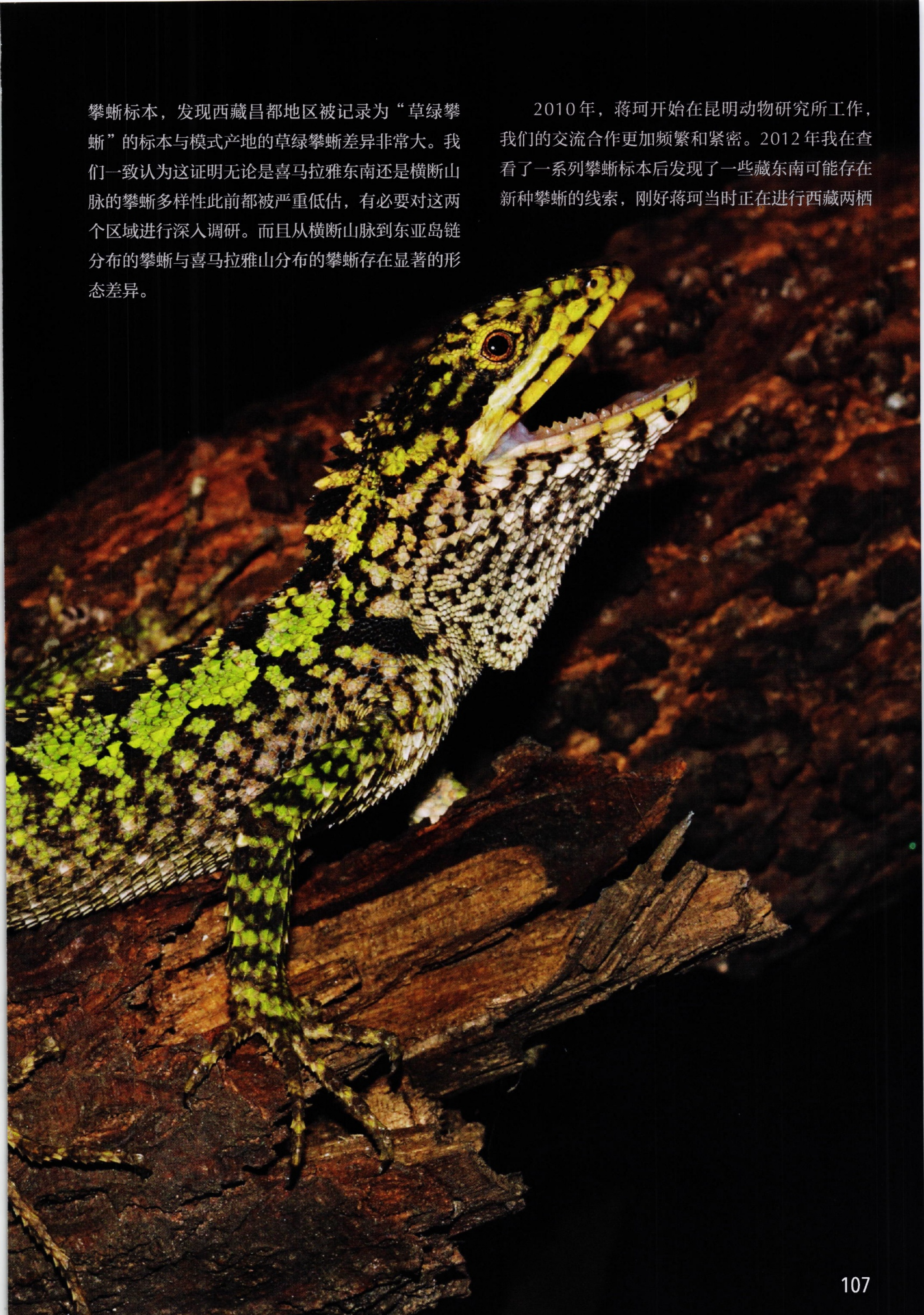
然而，由于我们俩只是爱好者，所以对横断山脉各河谷的攀蜥进行全面调研的计划始终停留在纸面上。直到另一位两栖爬行动物爱好者——蒋珂加入我们的讨论，停滞许久的攀蜥研究又重新推进起来。有一次我专程到成都生物研究所查看了部分

近些年的研究表明，很多在横断山脉发现并命名的攀蜥新种，其实在过去大都曾被采集到过，但几乎都被粗略地鉴定为草绿攀蜥而束之高阁。同样的现象在丽纹攀蜥不同地区的居群中也存在，人们自2017年开始，先后发现和命名了三个曾经被视为丽纹攀蜥的隐存种。摄影 / 侯勉

随着研究的深入，人们发现像草绿攀蜥和丽纹攀蜥等过去被视为广布种攀蜥的不同居群里，其实隐藏着很多完全不同的攀蜥。

攀蜥标本，发现西藏昌都地区被记录为“草绿攀蜥”的标本与模式产地的草绿攀蜥差异非常大。我们一致认为这证明无论是喜马拉雅东南还是横断山脉的攀蜥多样性此前都被严重低估，有必要对这两个区域进行深入调研。而且从横断山脉到东亚岛链分布的攀蜥与喜马拉雅山分布的攀蜥存在显著的形态差异。

2010年，蒋珂开始在昆明动物研究所工作，我们的交流合作更加频繁和紧密。2012年我在查看了一系列攀蜥标本后发现了一些藏东南可能存在新种攀蜥的线索，刚好蒋珂当时正在进行西藏两栖



爬行动物多样性调查，所以最终确定依托该课题对西藏昌都地区可能隐存的攀蜥新物种进行采集和分子遗传学分析，论文也由他来写。2013年，他带领王剀等人赴昌都地区考察并最终发现了一系列新种。2015年和2016年，帆背攀蜥、滑腹攀蜥和翡翠攀蜥的论文由王剀写成发表。此时，横断山脉攀蜥多样性的发现工作已逐渐进入加速阶段。

事实上，在横断山脉发现的这些攀蜥新种中，很多都曾被采集到过标本，但几乎全被粗略地鉴定为“草绿攀蜥”而束之高阁。不仅草绿攀蜥当中存在大量隐存种，这一现象在丽纹攀蜥不同地区的居群中也存在。2017年发表的怒江攀蜥、2019年发表的山地攀蜥和2022年发表的察隅攀蜥，原本都被当成丽纹攀蜥，其实这四个物种相互间的差异非常大。

横断山脉北段的攀蜥属物种比较喜欢生活在湿度小、日照充足、植被稀疏的干热河谷地带。而横断山脉南段的攀蜥却多常见于海拔1400—2700米的大山之上，它们更偏爱生活在植被茂盛、温暖潮湿且光照充足的环境，白天在高大的乔木上活动，夜里匍匐于乔木或灌丛的叶面上睡觉。而且与北段相比，南段分布的几种攀蜥之间外形特征比较相似，相互之间有比较近的亲缘关系，可能拥有共同的祖先。国内外学者先后在这一区域的元江、澜沧江等四条江河的流域范围内分别发现了四种攀蜥——云南攀蜥、抹谷攀蜥、沙坝攀蜥和勐海攀蜥，它们在攀蜥属的系统发育树上共同构成了一个相对独立的大分支。

那么，横断山脉南段是否还有其他隐存的攀蜥物种呢？答案是肯定的。无量山—哀牢山山脉向





为了获取水分，攀蜥甚至会铤而走险爬到很容易暴露自己的杜鹃花上舔食露水。

2011年，德国学者乌尔里希·曼缇在德国柏林动物博物馆和美国自然历史博物馆保存的一系列采自云南丽江的标本中发现并命名了玉龙攀蜥和短尾攀蜥。其中短尾攀蜥（上图）主要生活在云南丽江高原区域的云南松林及周边的针阔混交林中。一直以来，人们都认为攀蜥为了让自己避免被鸟类等天敌捕杀，不太可能出现在与自身体色差异很大的环境当中。没料到摄影师偶然发现短尾攀蜥为了获取水分，铤而走险地爬到杜鹃花上舔食露水。随着观察和研究的深入，人们对攀蜥的习性、行为的认知也在逐渐更新。

南俯冲进入印支半岛，在云南南部到越南、老挝、缅甸和泰国等国北部形成了大量游离的小山脉，其间还有很多大江大河的支流分隔。它们在热带区域形成的地理隔离很可能会带来更高的物种分化程度，我们有理由相信未来还会有更多新的攀蜥物种在这一区域被发现。

横断山脉缘何会成为攀蜥物种分布和分化的中心？

截至目前，攀蜥属公认的有效种有36个，除越南南部的玉灵山攀蜥和缅甸北部的抹谷攀蜥之外，其他34种在中国都有正式记录。其中，中国大陆记录有29种，台湾省已发现5种。大陆记录

的29种中包含跨境分布的4种和25个中国特有种。有趣的是，在这25个特有种中除宜宾攀蜥、米仓山攀蜥、丽纹攀蜥和昆明攀蜥在横断山脉之外的山地有分布之外，其他21种都是横断山脉特有种，在横断山脉分布的攀蜥种类约占全球已知种的58.3%和国内已知种的61.8%。

其实，攀蜥属物种在横断山区的分布有着极为明显的特点。以金沙江干热河谷为例，从四川省这一侧的巴塘县竹巴龙乡一直到巴塘县与得荣县交界的区域，是巴塘攀蜥的主要分布区。而到了得荣县境内，同样的生态位就变成了敖闰攀蜥。在与得荣县隔江相望的云南德钦县的奔子栏镇一带，又变成了麒麟攀蜥的分布区。麒麟攀蜥从奔子栏镇沿江向下游分布到香格里拉市五境乡一带，到了虎跳峡区域，同一生态位的攀蜥物种又变成了玉龙攀蜥。

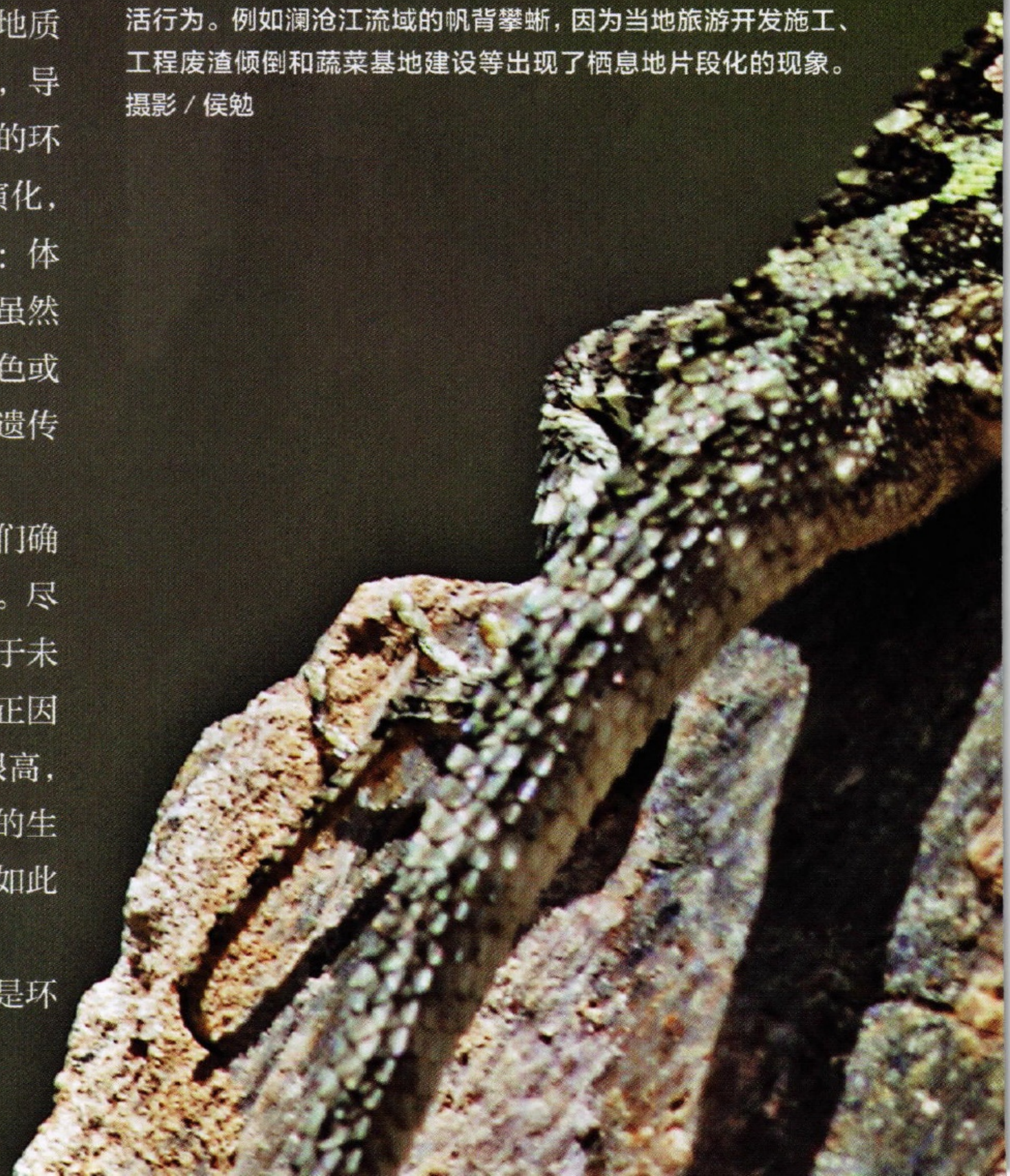
由此不难看出，横断山脉的绝大部分攀蜥物种都是在干热河谷的某一段或独立的山系上局限分布。这是由于这些独立并行的山脉们在漫长的地质演变过程中形成了攀蜥们无法逾越的独立环境，导致不同居群间的长期隔离。为了适应各自特化的环境、气候和植被，它们向着不同的方向进行演化，在漫长的时间里形成了很多不同的特征，例如：体格大小、鳞片排列规律、口腔和喉斑颜色等。虽然它们在外观上还保有一些相似的地方，例如黄色或绿色的体侧条纹和色斑构成规律等，但它们在遗传信息上的差异却越来越大。

通过144年来一代代学者不断的研究，我们确定：横断山脉是攀蜥属物种分布和分化的中心。尽管攀蜥的起源尚无定论，但目前的证据均指向于未隆起前的青藏高原，当时该地区是热带气候。正因如此，现代鬣蜥类物种对温度和光照的要求很高，理论上只有南亚热带和热带区域才能满足它们的生存需求。那么究竟是什么原因造就了横断山脉如此特殊而丰富的攀蜥多样性呢？

横断山脉南段地处热带边缘，无论气候还是环境条件是攀蜥生存的优选之地。有些让人出乎意料的是横断山脉北段居然也有着极高的攀蜥物种多样性。这是因为横断山脉北段有众多干热河谷。河谷中的焚风效应使得接近江面的坡地区域长期保持与热带地区相近、甚至局部超过热带区域的热量和光照条件，加之印度洋和太平洋暖流能通过河谷源源不断将水汽输入这里，使得本应繁盛于南亚热带和热带区域的鬣蜥类物种能在横断山脉孑遗并发展壮大。攀蜥属是已知分布于这一区域的唯一鬣蜥科类群，有着特殊的生态学及遗传学价值。而对它们开展持续而深入的研究，有助于我们了解青藏高原形

在横断山脉中生活的一些攀蜥，因为人类活动的日益频繁，开始面临着一些全新的生存挑战。

由于宠物贸易的发展和需求，2000—2020年，不少攀蜥都曾经被非法猎捕以供应市场。2020年后，因为新冠疫情的关系，攀蜥的贸易基本停止。不过对于横断山脉的攀蜥而言，更严重的生存挑战来自于水库、公路等基础设施的修建和大规模的生产、生活行为。例如澜沧江流域的帆背攀蜥，因为当地旅游开发施工、工程废渣倾倒和蔬菜基地建设等出现了栖息地片段化的现象。
摄影 / 侯勉



成过程中对亚洲东南部地理、气候及物种分化扩散的影响，以及将来可能带来的变化。

有待探索的未知：人类活动会对攀蜥生存造成怎样的影响？

在横断山脉的干热河谷中探索和发现攀蜥属物种的过程中，我们也发现了一些值得关注的现象，例如人类活动对攀蜥的影响。

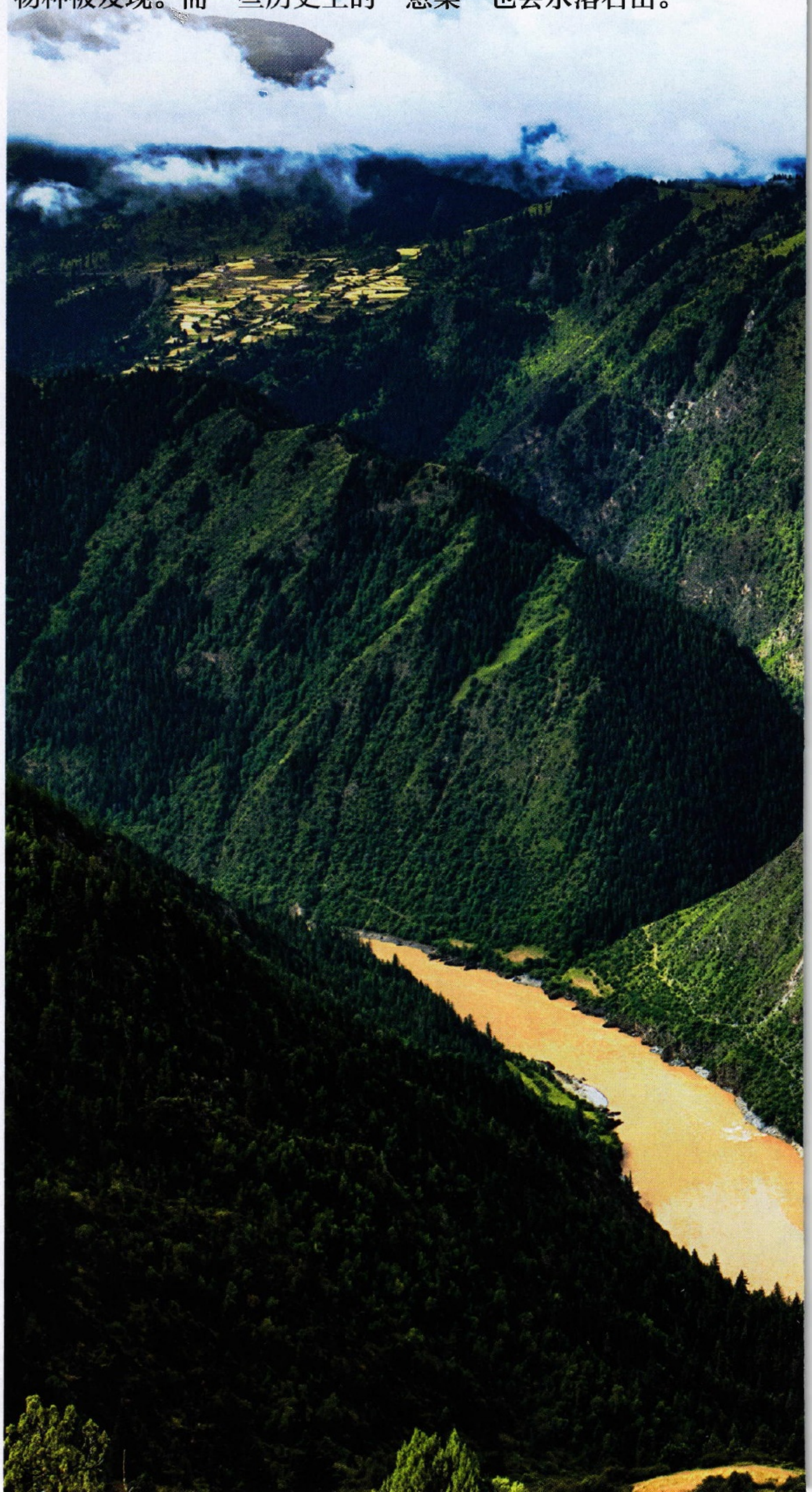
随着西部大开发的推进，横断山脉干热河谷中的水电站水库、公路及各类基础设施和生产基地在短时间内迅速兴起，这些工程显然对原本极度脆弱的干热河谷局部的气候、水温及植被变化产生了巨大影响。作为干热河谷环境指标物种之一的攀蜥，无疑难逃影响。仅就我们目前观察到的情况来看，水库库区的攀蜥种群有大幅下降的趋势，其种群被迫向更高的区域迁移。它们能否适应人类活动造成的生境变化生存下去，我们不敢轻易断言，这还需要更多的、长期的科学考察和数据积累才能真正回答。对干热河谷这种生境而言，防止因某一事件或工程引发连环型的环境崩溃是保护这里物种多样性的底线。说到底，稳定而健康的环境是所有野生动物种群能够延续的最基本保证。

此外，由于宠物贸易的发展和需求，自2000年起至今，大量的攀蜥曾经被非法猎捕以供应市场。其中包含了丽纹攀蜥、草绿攀蜥、带纹攀蜥和



翡翠攀蜥等多个种类，虽然绝大部分物种都因采集不易、成活率低、利润不高及饲养困难等原因很快就退出了市场贸易，但丽纹攀蜥还是被常年大量贸易，年交易量数以千条计，部分居群的种群数量和质量明显受到影响。幸运的是，因为近几年新冠疫情的关系，各地对涉及野生动物贸易的违法行为都是零容忍，因此市面上的贸易几近绝迹。但收藏、养殖和牟利需求导致的攀蜥非法捕捉和贸易，需要持续监管打击，避免死灰复燃。

横断山脉的攀蜥属物种是当下两栖爬行类物种研究的热点类群之一，相信随着研究的深入，肯定还将有新物种被发现。而一些历史上的“悬案”也会水落石出。



横断山脉众多高山峡谷并列的地形特点，让这里成为攀蜥这类迁徙能力较弱的物种高度分化的中心。

例如宜宾攀蜥自1924年发表后至今还没有第二笔采集记录，我们能否重新在野外找到它们？横断山脉攀蜥多样性的发现虽然进入高潮，但有待探索和解答的问题仍然很多，这既是发现生命奇迹需要面对的挑战，也是学术研究的乐趣所在。

像怒江攀蜥（左页图 摄影 / 王斌）仅生活在怒江上游丙中洛与泸水市之间的河谷中一样，目前发现的横断山脉的绝大部分攀蜥都是在河谷的某一段或独立的山脉上狭域分布。这是由于横断山脉高山峡谷并列的地形（下图 摄影 / 谢罡）在漫长的形成过程中，塑造出众多攀蜥们无法逾越的独立环境。从而导致它们被长期隔离，并为了适应各自特化的环境、气候和植被，逐渐向着不同方向演进为独立的物种。

责任编辑 / 左凌仁　金畅南　图片编辑 / 吴敬
版式设计 / 李晟　地图编辑 / 王岩

格陵兰岛位于北美洲东北部、北大西洋西北部，是全球第一大岛，面积约216.63万平方公里，岛上覆盖着面积约183万平方公里、平均厚度为2300米的巨大陆地冰川，这便是仅次于南极冰盖的全球第二大冰盖——格陵兰冰盖。格陵兰冰盖以其巨大的冰量和强烈的消融成为了北极地区发生变化最显著的区域之一。图为格陵兰岛近海的冰盖边缘区域，巨大的冰面盖在陆地上，而消融区域的陆地出露得已非常明显。

中国科学家的格陵兰科考

虽姗姗来迟，却成果丰硕

文/张东岳

格陵兰冰盖是仅次于南极冰盖的全球第二大冰盖，它以巨大的冰量和强烈的消融成为了近年来北极地区发生变化最显著的区域之一，研究格陵兰冰盖的变化趋势、消融机制等就成为了北极研究的题中之义，这也是国际极地科研中的前沿领域。世界上许多国家的科学家都对格陵兰冰盖进行着研究，这其中不乏来自中国的科学家。与其他国家科学家相比，中国科学家属于后来者，虽是后来，但进展却很快。他们为何要去研究与中国万里之遥的格陵兰冰盖？又取得了哪些成果呢？

目前，已知的人类第一次对格陵兰的科考发生在1893—1896年，当时丹麦科学家本想去往北极点，却意外地漂到了格陵兰岛，并在岛上观测了一场日食（下图）。1931年，丹麦探险家、科学家Lauge Koch计划对格陵兰岛进行科考，丹麦首相Th.斯托宁为他举行了盛大的欢送仪式（右图），Lauge Koch等还乘战斗机飞跃了格陵兰冰盖。





2012年6月，我乘坐的飞机从冰岛首都雷克雅未克起飞后，便开始了在北大西洋与北冰洋之间的航行。透过机窗，所见风景皆是蔚蓝的大洋，两个小时后，在单调的大洋底色上，一抹夺目的白色映入眼帘，这抹白色晶莹润泽，瞬间为一路单调的蓝色注入了一丝新鲜感。打开座椅前的飞机航线图，只见飞机即将飞入格陵兰岛东海岸上空，我知道映入眼帘的白色便是格陵兰冰盖了。在之后的一小时内，机窗外极目所见全是白色，辽阔的格陵兰冰盖着实给我了巨大的震撼。飞机缓缓降落在了努克国际机场，努克是格陵兰岛上最大的城市，也是格陵兰的首府。格陵兰是丹麦的海外自治领地，除外交、国防和财政权归属丹麦外，拥有高度自治权。努克虽是它的首府，但城市却不大，这里只有不足3万人，努克机场每天的航班就几班，出入关不用排长长的队伍，几分钟便能走出机场。我此来格陵兰的目的很简单：我所在的中国公司计划与当地企业洽谈矿藏勘探技术。

时值6月，努克地平线上挂着不肯落下的太阳，提醒我这里已近北极。努克位于北纬64°10′，与北极圈仅有约250公里之遥，在6月时，也能感受到近乎极昼的景象。此时的努克，气温多在-5℃到10℃之间。我向当地朋友说：“这里虽靠近北极圈，却并没有想象中的那么冷。”当地朋友告诉我：“这些年，在全球变暖的大背景下，格陵兰也在变暖，尤其是夏季，冰盖消退增多，许多矿产便是在冰盖消退后勘测出来的。”在之后的几年中，我又陆陆续续多次到过格陵兰，还曾乘船出海。在格陵兰岛附近海面上，看到冰盖边缘断裂形成的巨大冰山一座接着一座，在惊叹自然之美的同时，我也开始关注冰盖的变化。在收集格陵兰冰盖资料的时候，我发现研究这片区域的科学家非常多，其中便有中国科学家的身影。



人类对格陵兰岛的科考在100多年前就开始了

人类对格陵兰岛的探险始于986年，当时挪威人埃里克组织了一支探险队去往格陵兰岛，为了让人们愿意去开发格陵兰岛，埃里克把其说成是Greenland，也就是绿色的岛，但实际上格陵兰岛绝大部分都被冰盖覆盖，是一座白色的岛。下图为100多年前，探险队拍摄的格陵兰土著——因纽特人，千百年来，他们驾着小舟捕鱼，坐着雪橇狩猎，如今随着冰盖的破碎、消退，因纽特人传统的生产生活方式也受到了影响。上图为如今因纽特人的孩子们在冰面融化区域玩耍，远处还能看到冰盖边缘几只停在裸地上的雪橇（摄影／孙晋强）。



格陵兰岛科考：迟来的中国人

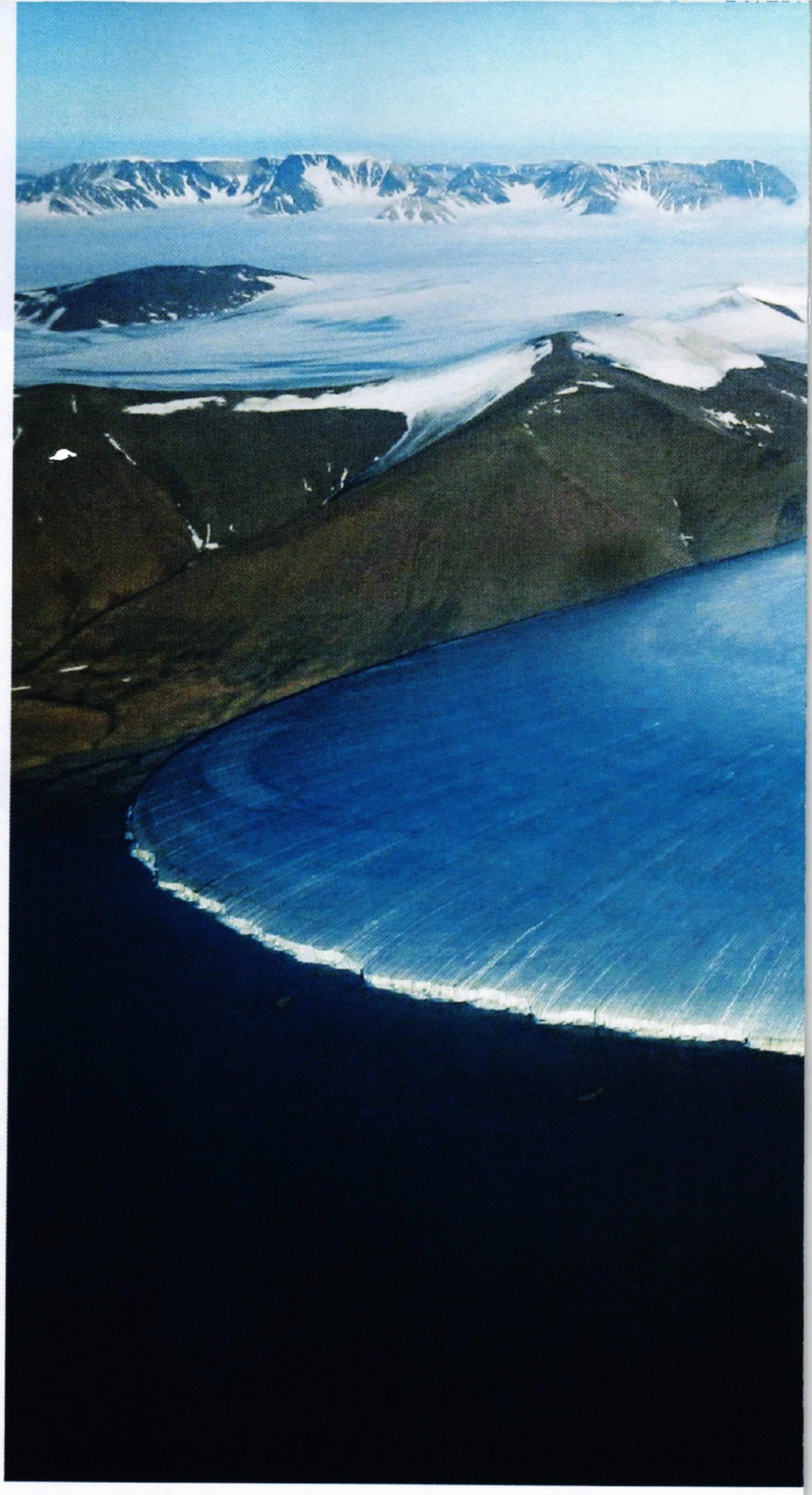
格陵兰岛位于北美洲东北部、北大西洋的西北侧，全岛80%都处在北极圈内，最北端的莫里斯·杰塞普角（Cape Morris Jesup）距离北极点仅740公里。格陵兰岛面积约216.63万平方公里，是全球最大的岛屿，比我国陆地面积最大的省份新疆还要大50多万平方公里。格陵兰岛的独特之处不只是因为它是全球第一大岛，仅次于南极冰盖的全球第二大冰盖也为它赋予了与其他岛屿截然不同的风貌。在科学出版社出版的《地学大词典》中，冰盖的定义是面积大于50000平方公里的巨大冰川体，是陆地冰川的特殊类型。目前，格陵兰岛冰区面积约为183万平方公里，占全岛面积的85%，冰盖平

均厚度为2300米，部分厚度甚至可以达到3000米以上，冰盖存储的淡水资源占到了全球淡水总量的10%。巨大的冰盖如一条棉被铺在这座岛屿上。

在研究格陵兰冰盖的中国科学家中，北京师范大学地理科学学部地表过程与资源生态国家重点实验室主任效存德教授、中山大学测绘科学与技术学院院长程晓教授（之前为北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院院长）、同济大学测绘与地理



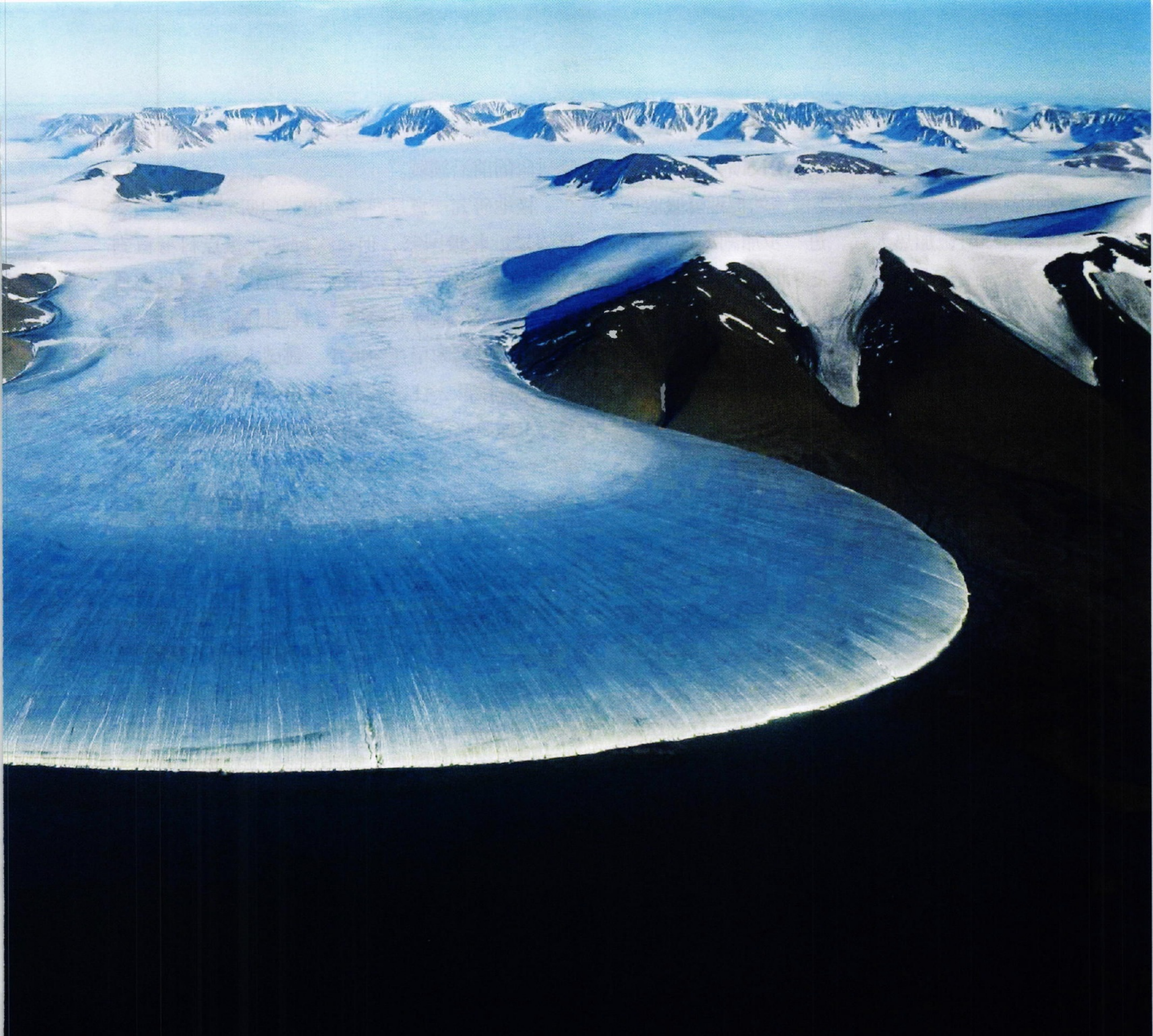




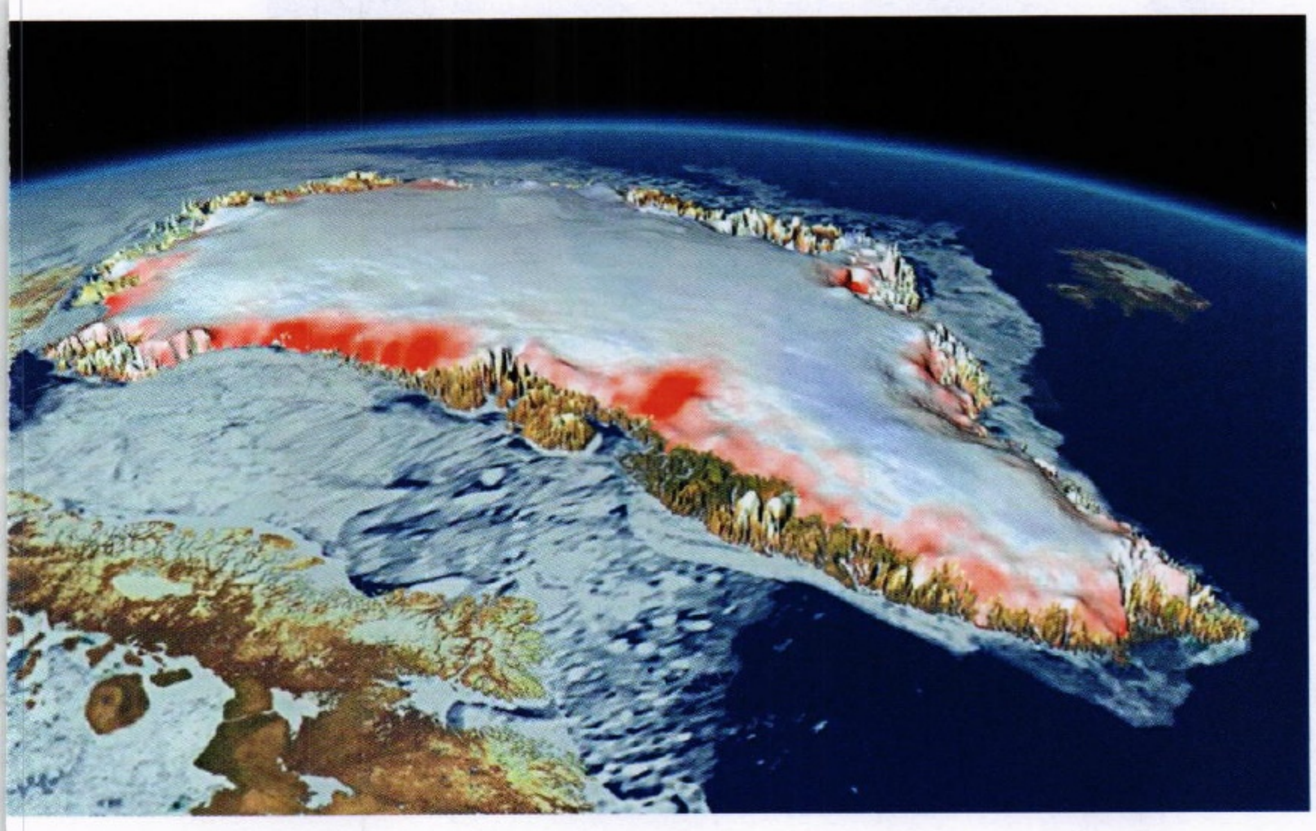
格陵兰岛是丹麦的海外自治领地，其大部分都位于北极圈内，右图为在太空中拍摄的格陵兰岛全景照片，科学家在冰盖上标识出了不同的受热情况，红色越深的区域，冰消融得就会越快。约100多年前，就有科学家开始在格陵兰岛科考。中国人对北极地区的科考始于1995年，对格陵兰岛的科考更是在首次北极科考之后。中国人虽然属于格陵兰科考的后来者，但取得的成果却很丰硕。左页两图为中国科学家抵达格陵兰岛，并进行科学数据测量时的情景（供图／程晓）。格陵兰冰盖在全球气候变暖的大环境下，成为了全球环境变化最显著的区域之一，冰盖的变化又影响到了中国和其他地区的环境，所以中国科学家会到万里之遥的格陵兰岛开展科学研究。现在，全球气温平均每10年上升0.6℃，北极气温升高幅度约是全球平均值的2—3倍。近30年，格陵兰冰盖融化已导致全球海平面上升了11毫米，且冰质量的损失速率呈加速趋势。右上图为格陵兰岛的象脚冰川，探入海中的冰舌每年都在向陆地上退缩。

在研究格陵兰冰盖的各国科学家中，中国人属于后来者

PDF微信：bfwz888888



信息学院的安璐副教授等人和团队，或是与国外科学团队合作，或是独立展开调查，都取得了丰硕成果。在与他们的接触中，我最想了解的是为何他们要对远隔万里的格陵兰冰盖进行研究？他们的回答都出奇的一致：格陵兰岛位于北极地区，中国又在北半球，相比于南极，北极距离中国更近，对格陵兰岛开展科学研究，可以窥探极地地区的地理变化。格陵兰冰盖又是全球第二大冰盖，在全球变暖的大环境和北极放大效应下，格陵兰冰盖成为了全球环境变化最显著的区域之一，反过来格陵兰冰盖的变化又会影响到中国和全球其他地区的环境。



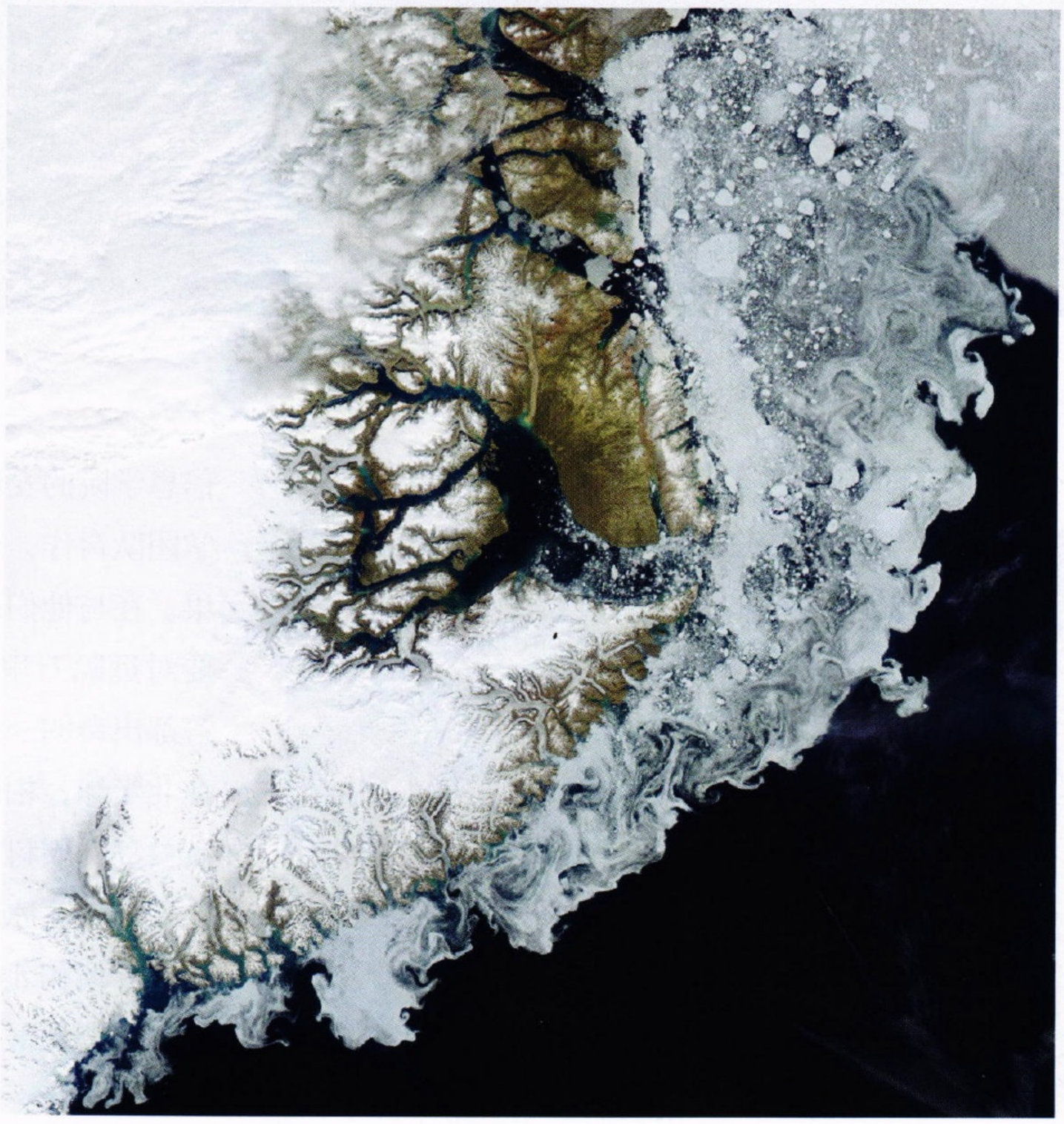
所谓北极放大效应，主要是由于北极环境较为单一，冰雪和气温之间容易形成正反馈，即气温升高则冰雪消融增多，没有冰雪覆盖的裸地能吸收更多的太阳辐射，加热大气，进一步加剧冰雪消融，如此反复。在全球变暖的今天，北极正上演着“放大器”的戏法，其变化往往是全球平均水平的数倍，由于北极环境发生了变化，反过来又会对其他地区产生更深刻的影响。同样是极地，南极地区由于受到大气环流和海洋环流将其与地球其他地区隔绝等多种复杂原因的影响，放大效应并不明显。

程晓教授团队中的陈卓奇副教授对我说：“我们对格陵兰岛上冰盖进行的观测显示，冰盖边缘大多数冰川都呈现出消退的趋势。比如格陵兰岛西侧、巴芬湾东部的雅各布港冰川是世界第二大冰川，也是世界上流速最快的冰川，格陵兰冰盖的物质损失中，6%都是从雅各布港冰川中流失的。现在全球气温平均每10年上升0.6℃，这一变化在极地体现得尤为显著，北极气温升高幅度是全球平均值的2—3倍左右。”

对于格陵兰冰盖的消退，同济大学的安璐副教授也对我说：“1995—2000年，格陵兰冰盖每年约损失390亿吨的质量；2001—2009年间，这个数字便达到了平均每年1750亿吨；2010—2019年间，平均每年更是达到了2430亿吨。冰质量的损失速率呈加快趋势，现在格陵兰岛周边已露出了大半圈无冰覆盖的苔地。”

北师大的效存德教授也给我介绍了北极放大效应下格陵兰冰盖消退带来的影响：“近30年，格陵兰冰盖融化已导致全球海平面上升了11毫米，如果格陵兰冰盖全部融化，全球海平面预计会上升7米。格陵兰冰盖以其巨大的冰量和强烈的消融，成为了北极地区发生变化最显著的区域之一。研究格陵兰冰盖的变化趋势和消退机制是国际科研的前沿领域。”

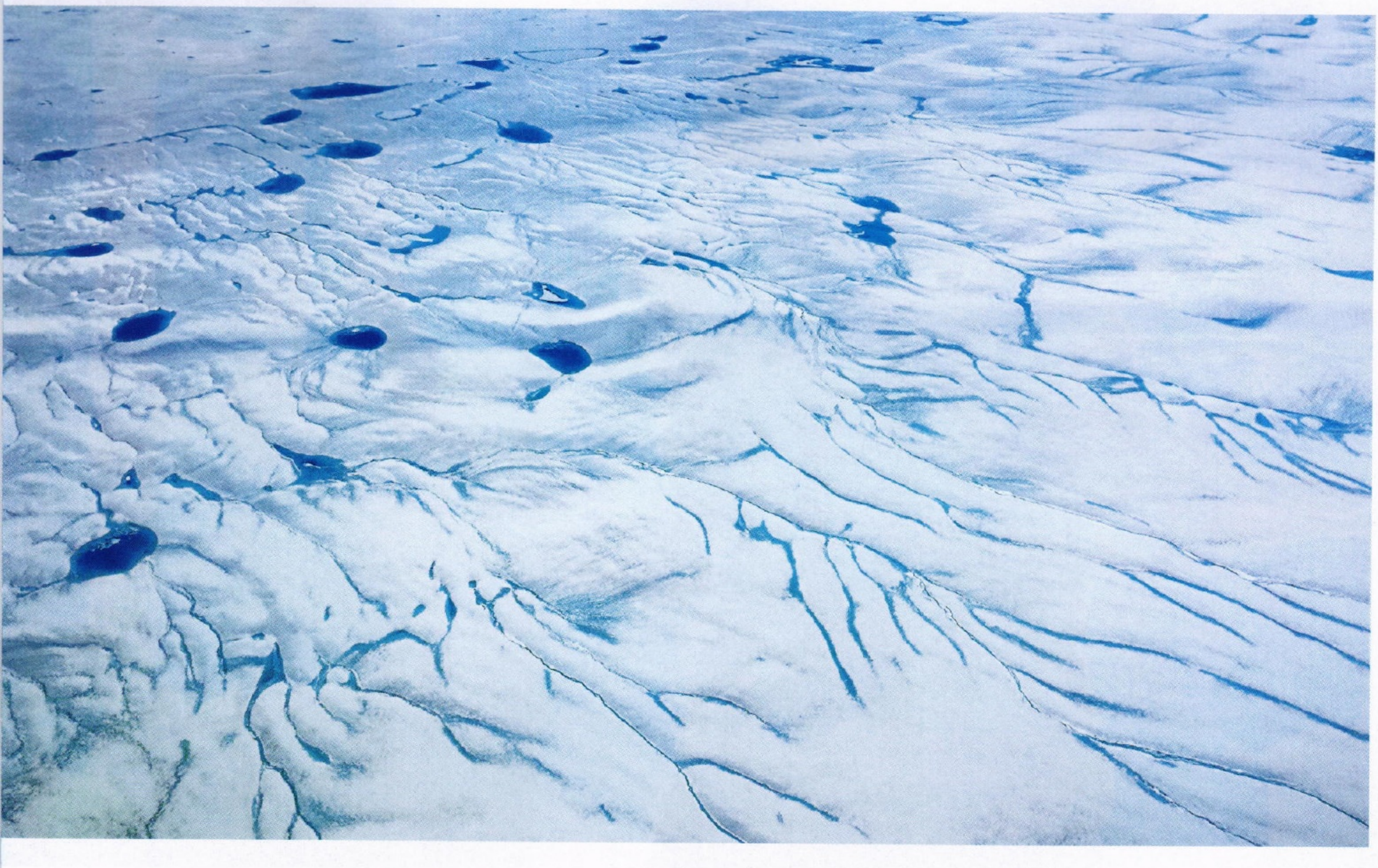
极地研究一直是科学界的热门研究领域。虽然我国是近北极国家，但首次远征北极点科考直到1995年才开始。对于格陵兰岛的科考，更是在首次北极科考之后才开始的，与其他国家相比算是姗姗来迟了。因为早在986年，挪威人埃里克就组织了一支探险队去往格陵兰岛，这应该是有记载的人类首次探险格陵兰岛。正是由于位于北美大陆东北部的区位，又有被欧洲国家管理的历史，格陵兰岛的科考一直以来都以欧洲和北美国家为主。1893—1896年，丹麦科学家首次对格陵兰岛进行科考。此后，美国、加拿大、英国、瑞士、法国等国的科学家也开始了在格陵兰岛上的科学研究，并逐步建立了多座科考站，格陵兰岛成为了科学家探索北极地区的前沿区域之一。相比于挪威人在1000多年前就探险格陵兰岛和多国在八九十年前便纷纷在岛上的科考，我国科学家实属迟来的人。



冰盖消退对海洋和陆地环境都产生了影响

格陵兰冰盖的消退会导致大大小小的冰川入海，形成冰山，冰川断裂往往会形成不同规模的海啸，摧毁近岸上因纽特人的家园。很多巨大冰山虽不会对大洋的洋流流向产生根本性改变，但却会在近岸十几公里，甚至几十公里内让沿岸流发生扰动，一定程度上改变近岸的海洋环境，左图即为在岛岸海面外几十公里内，巨大的冰山对沿岸流带来了扰动。上图为在一艘游船上看到的鲸鱼和北极熊，冰盖消退除了对人类生产生活产生影响外，还对动物带来了影响，比如北极熊习惯在冰面捕食海鱼、海豹等，随着冰盖边缘的消退，北极熊只能在陆上生活，栖息环境的改变对于北极熊来说，或许是难以在短期内适应的。右图为中国科学家程晓和队友们在冰盖边缘进行测量（供图 / 程晓）。





随着冰盖的消融，越来越多的融池出现了，它们就像是一个个闪着湛蓝光泽的宝石一样散落在冰面上，将“蓝宝石”串起来的就是一条条冰面河流，冰面河与融池组成了冰盖边缘的水系。之所以在冰盖边缘容易出现融池，是因为冰盖边缘海拔较低，且容易受到海洋水汽的影响，水对冰有渗浸作用，加剧了冰的融化。冰盖表面有不同程度的冰尘，冰与冰尘的反照率不同，对光热的吸收也不同，冰尘较多的区域吸收的光热就较多，周边的冰融化速度就比其他区域要快。由于冰面凹凸不平，融水会向凹处汇聚，从而形成冰河和融池。已有科学家在融池中发现了金藻、纤毛虫等数十种微生物。

融池与冰面河就像是陆地上非冰区域的河湖水系一样

程晓团队绘制的地图成为了格陵兰制定规划的重要依据

程晓老师和他的团队以卫星遥感技术，并结合多次实地考察，绘制出了格陵兰地图集，并于2020年11月成集出版。这套地图包括了格陵兰岛的基本地理环境、冰川分布区域、冰盖消退变化、人口城镇分布、矿藏资源等方方面面的信息。

相比于以往的格陵兰地图，这套地图以最前沿的30米分辨率技术覆盖格陵兰全岛，能印刷成1∶10万及以上的大比例尺高清地图，具有图形色彩质量高、展示地物信息更详尽的优势，能够服务于格陵兰的自然和社会研究，是迄今为止关于格陵兰最新、最全面的地图资料之一。

程晓教授将他们团队绘制的这套地图中的一张格陵兰岛矿产资源分布图拿给我看。只见遥感图上，凡是裸露出陆地的地区，都被他们密密麻麻标识出了各种矿藏资源：石油、天然气、金、铁矿石、铜、稀土、铅、锌……程晓道：“由于亿万年来被巨大、厚重的冰盖覆盖，格陵兰岛人迹罕至，自然条件较为原始，从而使得各种矿藏保存得较好。随着我们对格陵兰研究的加深，岛上的矿产资



源分布和储存情况也日趋明朗了。格陵兰岛绝非贫瘠之地，而是富藏宝藏之岛。这些矿产资源对于当地社会经济的发展，以及格陵兰与其他国家开展国际经济合作有着非常重要的意义。”

这套地图集在许多关于格陵兰岛或极地科学的国际研讨会上获得了高度评价。当格陵兰自治政府知道这一信息后，便委托当地华人辗转打听到了程晓他们的联系方式，希望能获得这套地图集，程晓团队便将地图赠送给了当地政府。目前，这套地图已经成为了当地政府进行经济和社会发展规划的重要依据。

冰盖消、融池现：中国科学家对冰盖融池现象已开展研究

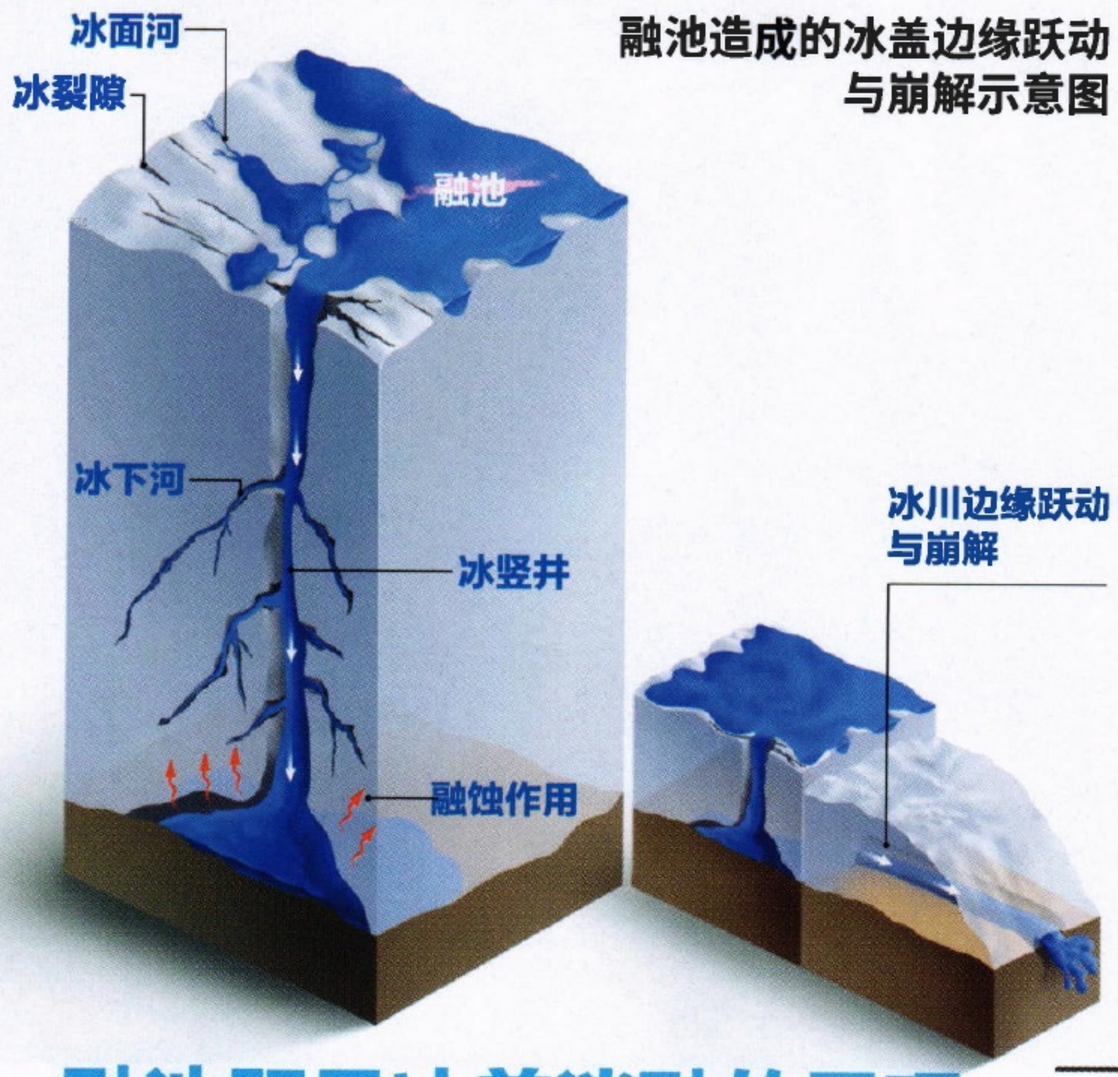
在我多次去往格陵兰岛的经历中，有一个现象引起了我的特别关注，那就是在格陵兰冰盖上，出现了一个个浅蓝色的融池。所谓融池，就是在极地的冰盖或巨型冰川表面的冰融化后，流水汇聚成的水池。融池有大有小，大的可深数米，半径可达数百米，小的深度只有十多厘米，半径也仅有一两米。融池多在夏季出现，但如今，融池却呈现出了出现时间越来越早、冻结时间越来越晚的趋势。冰



盖上，很多融池之间还被一条条冰面河流连接起来，犹如白色冰盖上散落着的蓝宝石项链，甚是让人惊艳。这些冰河与融池，像极了地球上非冰覆地区的河流与湖泊组成的水系。程晓教授对我说：“在北极格陵兰地区和南极大陆，越来越多的融池出现了。国际上，科学家对融池的研究还有许多问题没有得出确切的结论。可喜的是中国已经有科学家关注到了这一现象，并取得了一系列成果。”

关于融池的成因，目前中国科学家倾向的是冰盖表面有不同程度的冰尘。安璐副教授向我介绍，

融池造成的冰盖边缘跃动与崩解示意图





融池既是冰盖消融的景观，也是加速冰盖消退的动因

融池与冰面河之间的水是流动的，由于水对冰有渗浸作用，当水流动起来之后，就会在冰裂隙的地方发生渗漏，并在冰竖井中下灌（上图）。水流到冰盖与基岩接触的界面后，就好像给冰盖边缘穿上了滑板鞋，增加了润滑和刨蚀作用，使冰盖边缘底部融化，从而加速冰川边缘的跃动与崩解（插图 绘图 / 谭希光）。北师大的效存德教授与国外科学家联合科考时，曾有科研人员沿着冰竖井下到冰盖深层（右图），发现有些融池的水也并不是完全流到基岩和冰盖接触的界面，在冰盖中间也有可能滞留形成“冰下河”，就好像喀斯特地貌中可能会形成上下错落的地下河水系和溶洞一样（左图）。



由于冰与冰尘的反照率不同，因此对光热的吸收就存在差异，冰尘多的区域吸收到的光热就多，冰融化速度就比其他区域快，由于冰面是呈凹凸状起伏的，融水会向凹处汇聚，形成冰河和融池，又因为冰面凹陷程度和融化程度不同，融池也就有了大小差别。在冰盖上，融池的分布也呈现出一定的规律性：融池数量从冰盖边缘区域向中心区域逐渐变少。这是因为冰盖边缘海拔较低，气温相对较高，冰尘吸收的热量更多。且冰盖边缘靠近海洋，受海洋水汽影响大，格陵兰岛上向来都是降雪，但近几年夏季，在冰盖边缘出现了数次罕见的降雨，水对冰有渗浸作用，这也加剧了融池的出现。融池不仅是冰盖消融的产物，而且对冰盖的消退也起到了助推作用。效存德教授就介绍道："融池间有冰面河连贯，所以融池的水不是静止的，水流动起来后，就会在冰裂隙发生渗漏。我们管渗漏的通道叫冰竖井，水沿冰竖井下灌时，会将冰竖井冲刷得越来越宽，最终水会流到冰盖与基岩接触的界面。水流下去后，会给冰盖底部增加润滑和刨蚀作用，也会加速冰盖边缘底部的融化，从而加速冰川边缘的跃动与崩解。分离出来的冰进入海洋后，就会成为冰山。当然冰山形成的原因有很多，并不是所有冰山的形成和冰盖的消退都与融池相关。我们团队的人曾沿冰竖井下到冰盖深层，发现有些融池的水也并不是全部直接流到基岩和冰盖接触界面，在冰盖中也有可能滞留形成冰下河，就好像喀斯特地貌中可能会形成上下错落的地下河水系一样。"

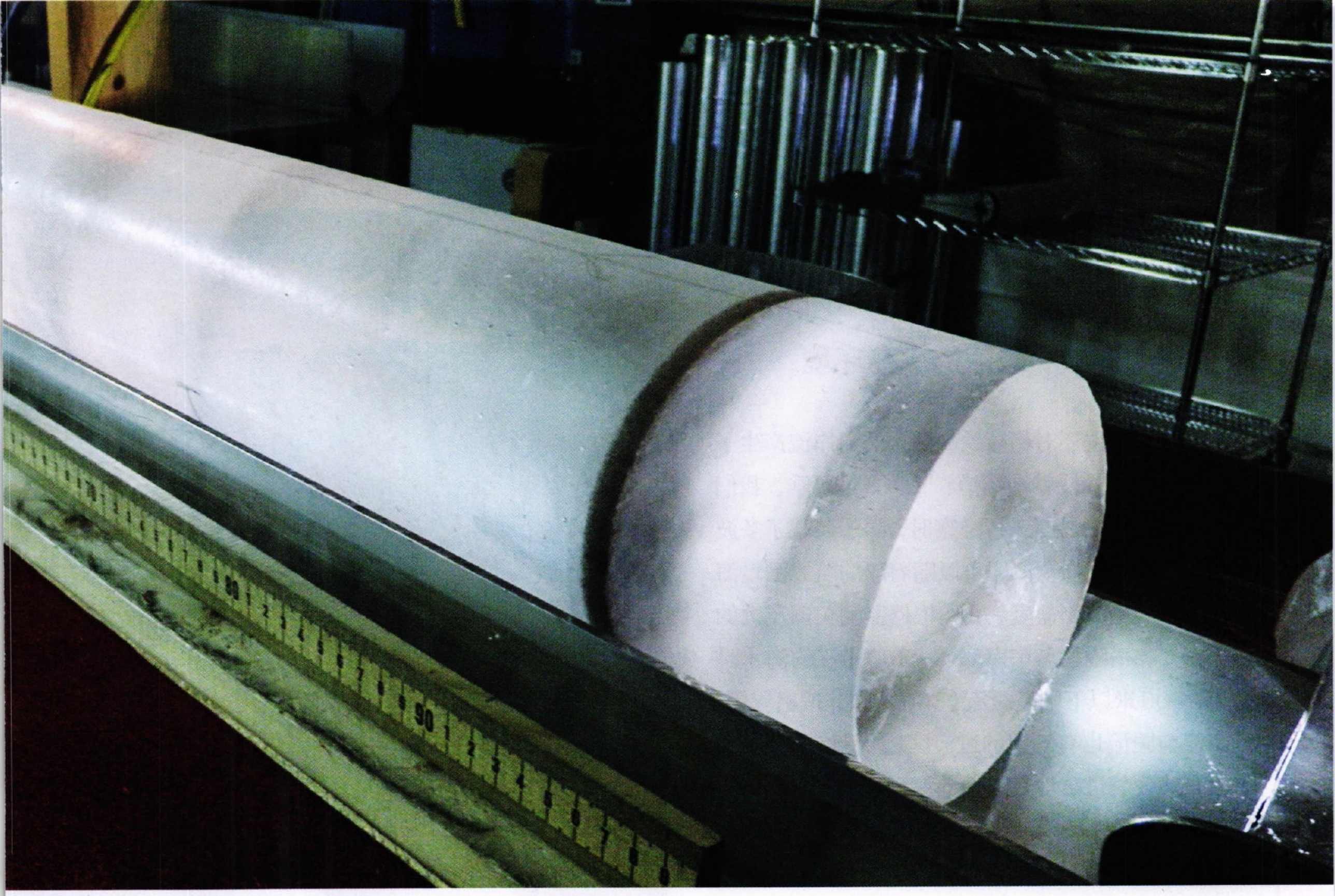
其实融池并非死水一潭，在如此寒冷的天气下，融池中依旧有生命。国外科学家已在融池中发现了金藻、纤毛虫等数十种微生物。对于融池的形成和运动机制等问题，尽管科学家做了很多研究，但依然有很多未解之谜。

14 国联合钻取冰芯，中国科学家关注的粉尘沉降秘密得到破解

在对格陵兰冰盖的研究中，钻取冰芯往往是能够揭示气候和环境变化的关键信息。冰芯即取自冰川内部的芯，大气中的物质会随大气环流抵达冰川上空，并随冰雪沉降，积雪往往会形成一层层的沉积物，从冰底部向上形成一层层的冰层，越向上，冰的年代越新。由于冬季气温低，雪粒细而紧密，夏季气温高，雪粒粗而疏松，因而冬夏积雪形成的冰层之间具有层理结构差异，宛如树木的年轮一样。通过冰芯便能判断出该地区气候和环境是如何变化的，冰芯隐藏着非常多的秘密，因此许多科学家都会想方设法获取冰芯样品。

2010年，北师大的效存德教授等人曾和丹麦、美国、加拿大、英国、法国等13个国家的科学家共同组成联合科考队钻探过格陵兰冰盖北部2537米深的NEEM冰芯。多年来，效存德教授等通过





几年前，北师大的效存德教授曾与丹麦、美国、英国、法国、意大利等13国的科学家组成联合科考队，钻取过格陵兰冰盖深处的冰芯。冰芯透露出了地球环境的变化信息：间冰期的粉尘沉降要远少于冰期粉尘沉降，这个结论和黄土高原黄土堆积的科学推断一致，即厚层的黄土多为冰期时的粉尘堆积。亚洲粉尘还可以环球传输，黄土高原以冰期黄土堆积为主和格陵兰冰芯记录的粉尘信息可以相互佐证。并且人类工业化产生的铁排放，也远比自然粉尘中的铁元素堆积的少，对海洋微生物的铁施肥效应也远不及自然粉尘铁施肥效应。据判断，冰芯一端的灰层很有可能是历史上火山喷发沉积的火山灰（上图）。

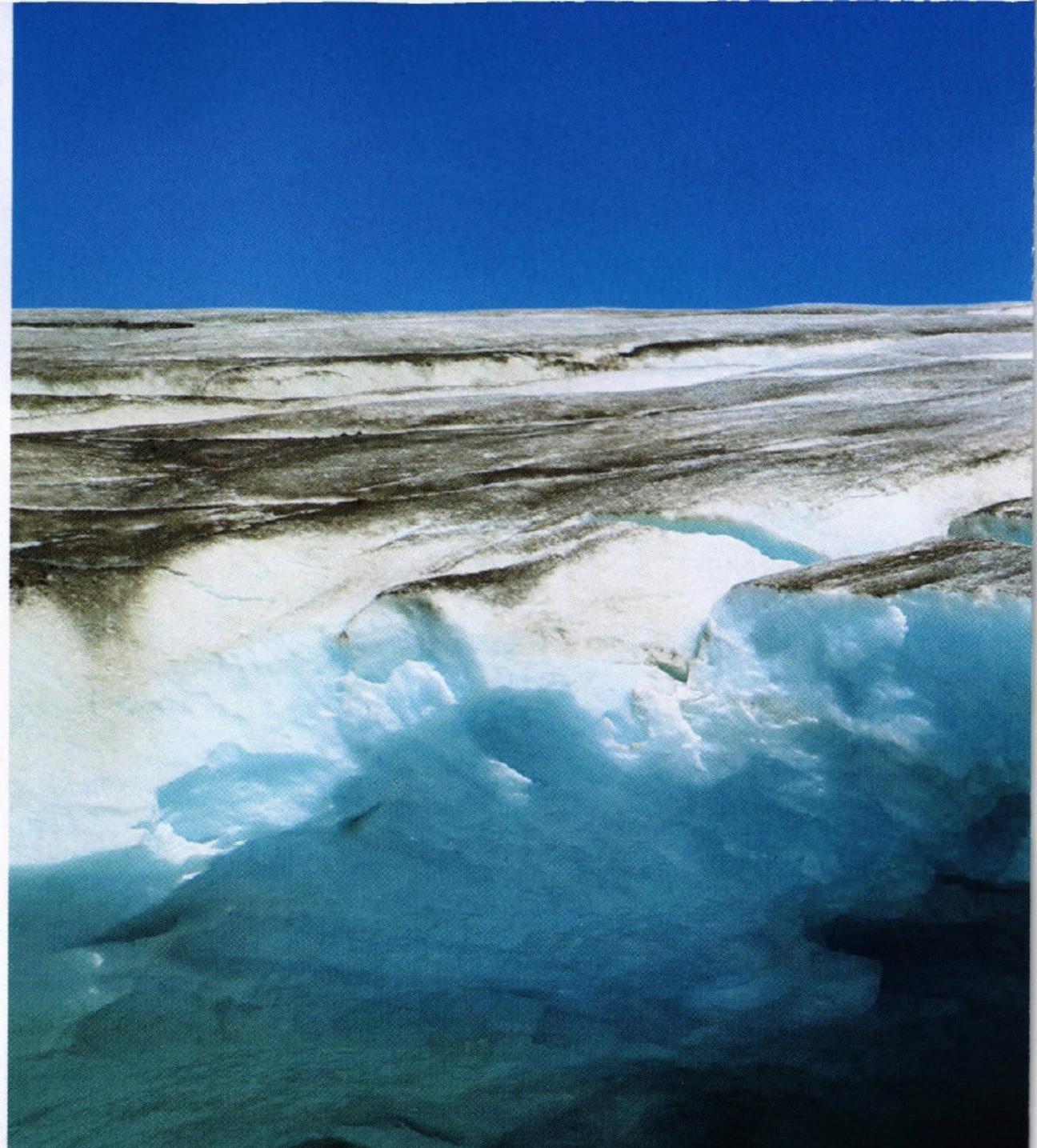
钻探冰芯：格陵兰冰盖隐藏着地球环境变化的巨大秘密

对冰芯粉尘的分析，并与其他地区气候和环境的变化数据比较，渐渐揭示出了冰芯中隐藏的秘密：间冰期的粉尘沉降要远少于冰期粉尘沉降。这一结论和中国黄土高原黄土堆积的科学推断一致，即厚层的黄土多为冰期的粉尘堆积，薄层的黏土多为间冰期发育的古土壤，也就是说黄土高原的黄土堆积主要发生在冰期。亚洲粉尘可以环球传输，黄土高原黄土堆积时间和NEEM冰芯粉尘沉降记录可以相互佐证；并且效存德教授等人还通过对冰芯的研究得出了即使在工业革命后，工业化排放的工业铁元素也远比自然粉尘中的铁元素少，足见自然力量的强大。海洋表层的铁质肥料可以促进浮游生物吸收更多的二氧化碳，刺激浮游生物生长，起到铁施肥效应，很多科学家认为工业革命后，工业化产生的铁元素在促进铁施肥效应上起主导作用，但根据冰芯中铁元素堆积信息来看，这一观点很有可能会改写；另外，通过对冰芯中火山灰的沉积年代和物质比较，可以和历史上冰岛、北美大陆，甚至是亚洲

地区著名的火山喷发事件对应上。通过对冰芯的研究，格陵兰岛，甚至其他地区气候和环境变化的历史信息得以渐渐明朗。

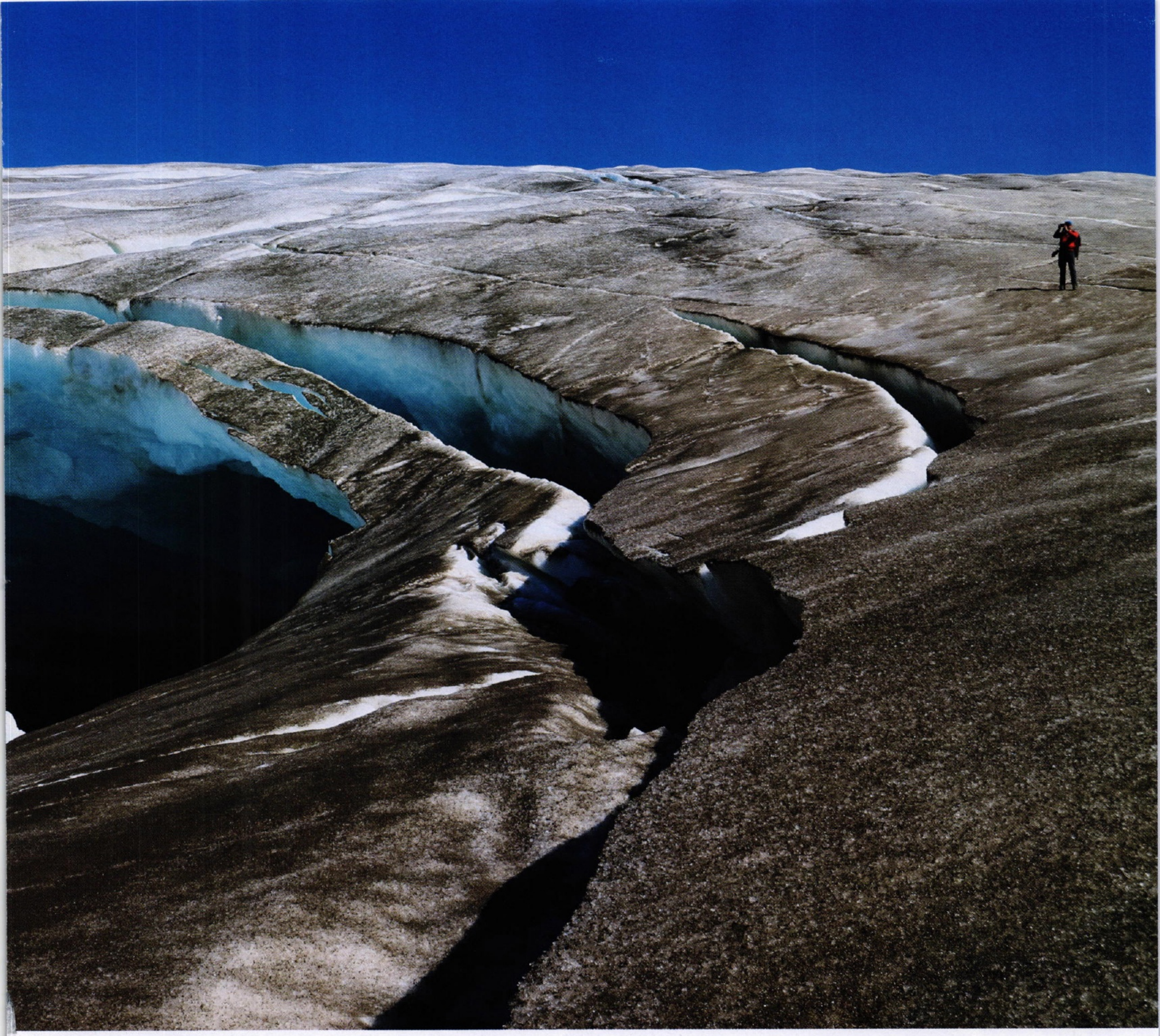
冰川入海：既扰动了沿岸流，又扰动了人和北极熊的生存环境

冰盖的消退还对格陵兰岛周边的沿岸流产生了搅扰。安璐副教授就介绍道："2018年夏季，我们对格陵兰岛东南沿岸进行考察时，随船装载了多波束回声测深仪，这个仪器可以随着船的航线测量海洋的深度、温度和盐度。我们根据监测仪器反馈的数据得知，格陵兰岛东南部0—300米深的海水是寒流，300米以下则是暖流（300米并非严格界限，且寒流与暖流也有一定的过渡区域），格陵兰岛的冰盖有些会越过陆地基岩伸向海洋，这部分冰盖就是冰架。很多冰架前端都可以探入海下几百米深的地方，暖流的袭来和寒暖流交汇形成的扰动，导致很多冰架发生断裂，在海面上形成冰山。这本是很正常的现象，但随着冰盖消退，冰川前端加速入海，冰山越来越多。"程晓团队就研究过气候变暖加快冰川入海的情况，比如，2012年全球异常高温时，格陵兰岛西北部的皮特曼冰川中部出现了一个半月形裂缝，随后发生了剧烈崩解，在海面形成了面积为119平方公里的巨型冰山。再比如，黑尔海姆冰川位于格陵兰岛东海岸，是格陵兰冰盖消退最剧烈的区域之一，2018年6月时，该冰川发生了崩解，形成了长约6.5公里的冰山。近些年，格陵兰岛附近冰山显著增多，冰山增多后，多会堆积在近岸，虽不会对于洋流方向产生根本性改变，但却会在近岸十几公里，甚至几十公里内让沿岸流发生扰动，如果这一现象时常发生，便会在一定程度上改变海洋环境。冰山增多可以带来很多连锁反应。我在格陵兰岛的时候，就听原住民因纽特人说冰架断裂



在格陵兰冰盖上，很多地方都出现了一条条巨大的冰裂隙，它们就像是全球第二大冰盖上的伤痕。随着格陵兰冰盖的消融，越来越多的陆地出露，很多地方都裸露成为苔地，甚至长出了灌木丛。在格陵兰岛周边出现了大半圈的永久无冰区，绿色增多让格陵兰岛越来越像是一座真正的"Greenland"，但这种绿色的增多是否是一种新的隐忧呢？

一条条巨大的冰裂缝犹如格陵兰冰盖上的伤痕



入海曾引发过海啸，很多人的家园就在海岸附近，海啸经常造成他们的家园被毁。还有因纽特人说，之前他们用自制的小船可在海面上自由航行，但是随着冰山变得越来越多、越来越密，传统的捕鱼船已经应对不了巨大的冰山，想要划船通过也变得愈发困难。之前因纽特人都是乘雪橇往来冰上，但现在，驾雪橇的生活方式也面临着消失的局面。北极熊多以捕食海鱼、海豹等生物为食，它们都生活在近岸的冰上。随着陆地裸露增多，北极熊就只能在陆上生活。这种栖息环境的改变对北极熊来说，或许是难以在短期内适应的。

当然，中国科学家对于格陵兰岛科考的故事和成果还有很多，限于篇幅，我们也只能择其要者来讲述。相比于发达国家对格陵兰近百年的研究，我国还欠缺很多。比如很多国家在格陵兰岛上都建有科考站，而中国科学家要想去北极陆上搞研究，唯一的依托便是挪威斯瓦尔巴群岛上的黄河站。效存德教授说：“希望在不远的将来，我们在格陵兰岛上也能建成自己的科考站。那时，我们肯定会取得更多的成果。”

责任编辑 / 线朝华　图片编辑 / 马宏杰　版式设计 / 崔晓琳　供图 / SOPHOTO

北山羊

撰文　摄影
徐峰　范书财 等

高山峭壁之上的坚韧生命

曾经有一则新闻报道，很多人不愿意在羊年生孩子，原因之一是人们印象中，羊代表着温顺和软弱。实际上，野生的羊类是非常坚韧的动物，山羊属的物种就是其中的典型代表，它们以擅长在几乎垂直的绝壁上攀爬而闻名。主要生活在新疆的北山羊是我国唯一的野生山羊属物种，常常在海拔2000至5000米的高山裸岩地带觅食。它如何适应险象环生的峭壁生境？在高山生态系统中又扮演着怎样的角色？



北山羊生活在我国新疆、西藏西北部、内蒙古西北部以及甘肃北部等地，是我国分布的唯一一种野生山羊属物种，它们生活的海拔上限能够超过5000米。在新疆博尔塔拉蒙古自治州温泉县的别珍套山南坡，一群北山羊在悠闲地觅食。向阳的缓坡是它们喜爱的觅食场所，但在进食时，它们也会随时保持警惕，一旦有风吹草动则奔向附近的山崖。与其他山羊属的野山羊一样，北山羊也是一种擅长在悬崖峭壁间攀爬跳跃、躲避天敌的坚韧物种。摄影 / 赖宇宁



顾不上提醒同伴，我赶紧转身钻进毡房，拿出望远镜看向远处的山脊。那里有一小群耸动的黑点，如果我没有猜错，多日的搜寻终于要有收获了。

一对倒插在头顶、如弯刀般的大角，还有下颌那撇随风飘动的尖胡子……不会错了，是北山羊。7只雄羊排成一列，一边低头吃草一边不时抬头观望，显得非常警觉。

为了完成第二次青藏高原综合科学考察项目的西天山生物多样性调查，我和同事来到新疆伊犁昭苏县夏塔古道国家森林公园，进行大中型哺乳动物调查。这里的河谷很宽，两侧山体高大，林线之上散布着巨大的裸岩，这是北山羊典型的生境。然而连续几日徒劳无功后，我们有些沮丧。直到这个雨后的清晨，我终于看到了这些“老朋友”，心中既惊喜又亲切。

毕竟，这已经是我与这种野山羊邂逅的第16个年头了。

对这些只可远观的峭壁行者，我们了解多少？

与雪豹等高山生态系统的明星物种相比，北山羊在公众中的知名度要低得多。在很多人看来，它们和家山羊也没有多大区别，但它们对维系高山生态系统的健康有着重要的作用。在第二次青藏高原综合科学考察中，中国科学院新疆生态与地理研究所的杨维康研究员团队在新疆天山中部的乌鲁木齐后峡、天山西部的伊犁西天山国家级自然保护区及夏塔古道国家森林公园等地进行了北山羊调查，乌鲁木齐后峡的河谷两侧矗立着陡峭的崖壁，北山羊就在这样惊心动魄的山崖上跳跃觅食。摄影 / 徐峰

野外调查的“附赠物种”、冷门的“西伯利亚”山羊

回想我早年的北山羊研究工作，其中许多都是在调查其他明星物种时“顺带”完成的。北山羊通常生活在林线以上的高山草甸和裸岩环境中，分布的海拔上限超过了5000米。在这一生态系统中，还生活着雪豹、猞猁和棕熊等食肉动物，但在大众认知中，它

们中的任何一种恐怕都比北山羊知名度高，也常成为摄影作品和纪录片中的常客。

2005年，还在攻读硕士学位的我加入了一支8人的考察队，深入新疆托木尔峰国家级自然保护区开展雪豹的调查。出发前我们仔细阅读了文献，物种一栏中的“北山羊”三个字非常抢眼，因为当时它是国家一级保护动物，与雪豹平级。但彼时的我并不知道它长什么样，通过查阅资料图片，我才认识了这种长着一对气派的大角、雄壮而有



虽然在野外发现野山羊不算困难，但要接近它们绝非易事，大多数情况下研究人员只能通过望远镜观察。要前往北山羊的生境调查一度非常艰苦，作者及同事2005年前往新疆托木尔峰国家级自然保护区调查时，在很多车辆无法到达的地方，队员们必须借助马匹才能深入北山羊的活动区域。摄影 / 马鸣

魅力的羊类。路上我跟向导打听，除了雪豹，有没有机会看到北山羊？“雪豹看运气，北山羊是啥？”我一愣，连忙拿出随身的图册。“啊，这个是野山羊嘛，应该能见到。”虽然他很有自信，但一路上并没有什么动物的踪迹。随着山路愈加难行，我们不得不弃车换马，向更高海拔的区域前进。天气开始变得恶劣，不时雨雪交加。当我们眯着眼睛打马前行时，向导突然抬手指向远处的山脊：“喏，你要的山羊。”

这次的雪豹调查，我最终没有见到雪豹，却第一次在野外见到了北山羊。向导发现的北山羊群由30余只个体组成，雄羊一如图片中那样生着一对威风凛凛的弯角。

北山羊的英文名和拉丁学名中都有“西伯利亚”一词，它也曾被译成“西伯利亚山羊”。但是如果你看过北山羊的全球分布图，就会发现这张图与西伯利亚的交集仅仅局限在南西伯利亚的萨彦岭一带，它们主要的分布区其实是中亚、帕米尔高原及我国的新疆、西藏、内蒙古和甘肃等地。这个“误会”与北山羊被命名的过程有关。最早为这一物种命名的是著名的德国博物学家彼得·帕拉斯。1767年，他应沙俄的叶卡捷琳娜二世邀请，赴圣彼得堡科学院工作，一待就是40年。在此期间，他组织了许多次前往俄国远东地区以及中亚的科学考察，发现并命名了种类繁多的动植物。在“萨彦岭以东、贝加尔湖以西”的山地，他第一次发现了这种野羊，由于发现地位于西伯利亚南部，他便将其命名为西伯利亚山羊。

尽管我们已经知道它并非典型的西伯利亚物种，但围绕着北山羊的生物地理学话题却依然存在——它究竟是不是单一物种？一些学者根据分布区域、体形、毛色以及角形将北山羊分为蒙古戈壁亚种、阿尔泰亚种、天山亚种以及帕米尔亚种。但这种划分主要是基于形态学和传统生物地理学，缺少对这四个疑似亚种的分子生物地理学研究。

天山亚种（中亚亚种）

主要分布在天山山脉，是我国新疆地区最常见的北山羊亚种。在所有亚种中体型相对最大，雄羊的冬季毛色比较深，为深棕褐色或棕灰色。



帕米尔亚种（喜马拉雅亚种）

体型与中亚亚种接近，**生活在帕米尔高原、兴都库什山脉及喀喇昆仑山脉一带。**雄羊角的基部比较粗，毛色较中亚亚种要浅，背部和体侧有成片浅褐色或黄白色的马鞍状斑块。



蒙古戈壁亚种

体型与阿尔泰亚种接近，**分布于蒙古国的戈壁地带至杭爱山一线，我国分布于内蒙古大青山、甘肃北山等地。**体表毛色较浅，多为灰白或浅棕色。背部的白色斑块不明显。



阿尔泰亚种

最早被发现并命名的北山羊，**主要生活在新疆阿尔泰山脉中蒙、中俄及中哈边境一带。**在所有亚种中体型相对最小，雄羊的角相对比较纤细。冬季雄性的毛色比较浅，颈部的上部、后部及两侧会有黄白色的斑块。



“盘羊能上的山，你也上得去；北山羊生活的山，那你可上不去”

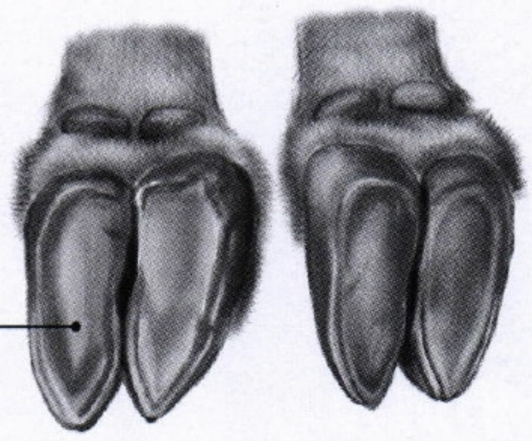
前些年，一则来自意大利的新闻曾在社交媒体上引发热议，一群阿尔卑斯山羊爬上了距地面50米高、几乎呈90度的大坝，舔食岩缝间的盐分。阿尔卑斯山羊是北山羊的欧洲亲戚，不过在攀爬绝壁的本领方面，北山羊也不遑多让。我们在博格达峰和托木尔峰等区域也曾多次看到北山羊在陡直的山壁间如履平地，取食山岩间的植被。

很多人认为，善于攀岩的北山羊一定有着修长的四肢，其实不然。为了稳住重心，北山羊的腿其实是短而粗壮的，这才是为险象环生的峭壁所打造的身体结构。这从它们的“一生之敌”雪豹的身上同样能得到印证——善于攀爬绝壁追猎北山羊的雪豹，也是大型猫科动物中出了名的“短腿”。北山羊的蹄子可以分得很开，能在绝壁上如同钳子一样“抓握”住突起的岩石。虽然四肢不够修长，但北山羊的跳跃能力却很强。我们曾经见过保护区救治的一只亚成体雄羊，它野性十足，能关住家山羊的围栏对它形同虚设，它轻松一跃便从平地直接跳上了屋顶，摇晃着角向我们示威。



和所有山羊属的野山羊一样，北山羊是天生的登山高手，特别擅长在陡直险峻的悬崖峭壁间活动，以防天敌的袭击。为此它们的蹄部具有适应性的结构，同时为了保持重心稳定，北山羊的四肢粗短，浑身的肌肉健壮结实。对北山羊特别是雄羊而言，头顶一对巨大的弯刀状羊角是沉重的负担。在我国古籍中，北山羊被称为“羱羊”，古人想当然地认为它们雄壮的大角比羊本身还要重，因此有了“角重于肉”的记述。这显然是误解，但为了支撑着这对夸张的羊角在山崖间活动，北山羊的颈部肌肉变得非常发达，粗壮的颈部也能防止它们在交配季节猛烈甩动羊角格斗时不至于扭伤脖子。北山羊曾被认为是一个单一的物种，但近些年来一些中外学者将它们按照各自的地理分布区、角形及毛色等分成了四个亚种，这种分类方式存在一定的争议，还有待分子生物学的进一步验证。本跨页绘图 / 陈磊

于雪山峭壁之间，如履平地



北山羊蹄的下方有一层软垫用以吸收活动时的冲击力，同时增加摩擦力。



北山羊的角正面生有粗大的横脊状突起，如古文中所言，“惟一边有节，节亦疏大”。有研究认为这些光滑的横脊可以在打斗时减少羊角的摩擦力，让双方的角错开，避免造成严重伤亡。通常雄羊的角上每年会长出两个横脊，因此通过横脊的数量以及角侧面树木年轮一样的生长纹，可以推断北山羊的年龄。

北山羊狭窄的蹄子可以分得很开，如同钳子一般抓握住岩石。

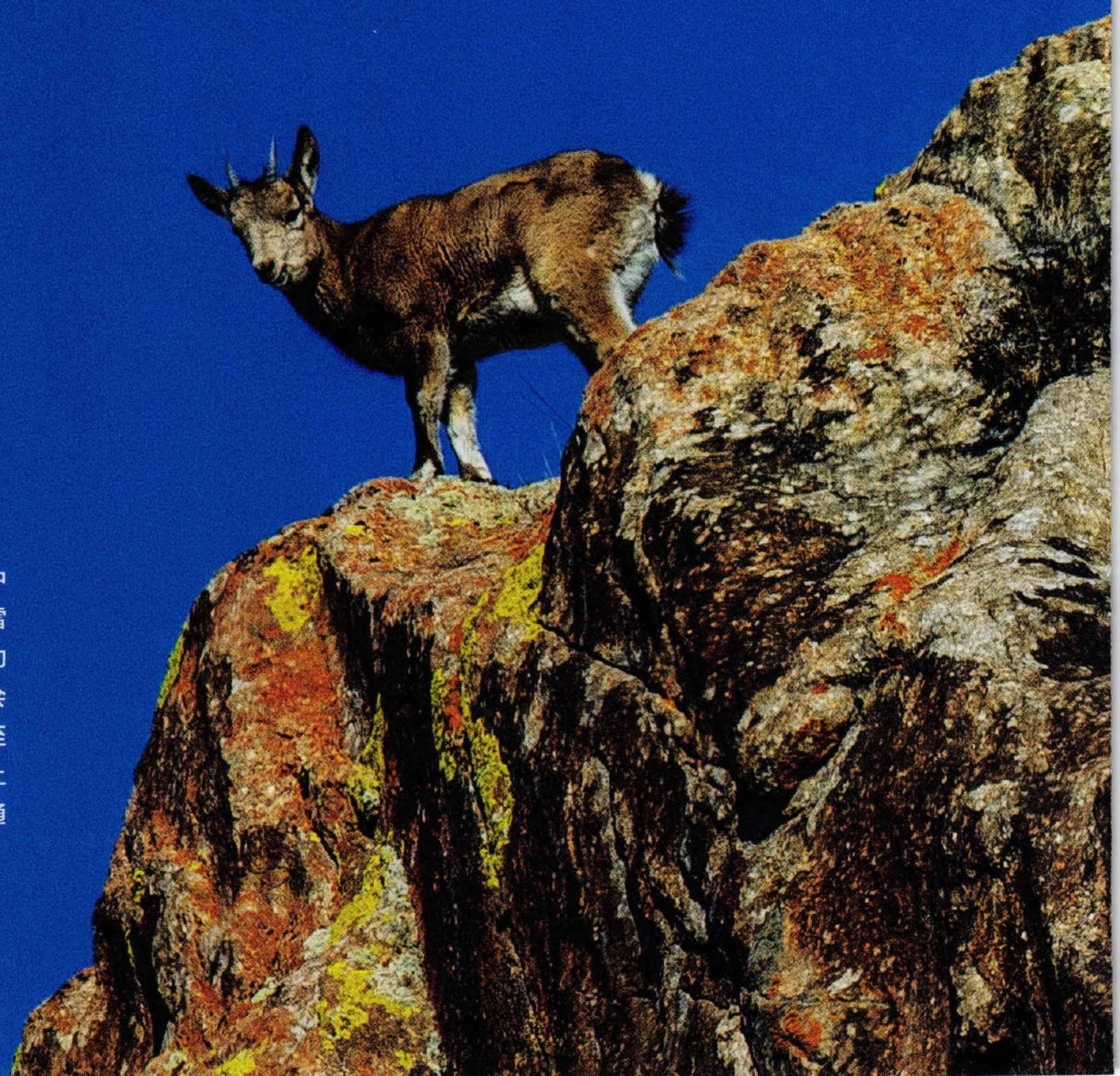
在很多人的印象中，北山羊与另一类人们更熟悉的野羊——盘羊很相似，都是适应高山的羊类。如果仅从分布图上看，盘羊和北山羊的栖息地确实有许多重叠，但事实上它们的生境差异很大。我的一次亲身经历或许更能说明问题——2010年，我们从温宿县出发，再次去托木尔峰保护区开展动物调查。在还没有进入真正的山区，路两边只有起伏落差不大的山包时，向导就提醒我们山坡上有动物。停车用望远镜一看，是盘羊。盘羊通常就在这样的前山地带活动，即使在更高海拔的区域，它们也倾向缓坡，而非陡坡和悬崖。当我们继续驶向深山，进入一条河谷，两侧的山体渐渐变得高大陡峭、悬崖夹峙，险峻得如同《三国演义》电视剧里常见的设伏地形。正是在这里，我们从望远镜中看到了一群悬崖上的北山羊，它们踩着凸出的岩石稳步前行，边走边觅食。

当天夜里，结束了工作的我们围坐在一起开起了总结会，讨论起两种野羊栖息地的差异。生境选择、差异化利用……科学名词一个接一个。然而当天所有的归纳，都不如我们的向导、一位维吾尔族牧民大叔的那样简短精辟：“哎呀，盘羊能上的山，你也能上得去，北山羊生活的山，那你可上不去。”

或许归根结底，科学无非就是这么简单。

“纯爷们儿群”与母子群：雌雄分居、外形迥异

对生境的差异化利用不仅在北山羊和盘羊两个物种间有所体现，甚至在北山羊这个物种内部也同样存在。北山羊是一类雌雄体型、体色等差别很大的动物，如果一个不了解的人分别看到雌羊和雄羊，很可能误认为它们是不同的两个物种。成年雄羊体重可以达到80—100公斤，而成年雌羊只有30—50公斤。相比于雄羊夸张的大角，雌羊的



悬崖上的求偶仪式

对北山羊而言，陡峭的岩壁是它们生境中的重要组成部分，这里不仅可以降低被雪豹袭击的概率，也是进行诸如求偶等活动的安全场所。在秋冬季的繁殖期，雄羊会紧跟雌羊身后，寸步不离。有时它们甚至要锲而不舍地追逐雌羊在陡直的峭壁上攀爬。雄羊会伸长脖子去闻雌羊臀部，通过气味判断它们是否进入发情期。

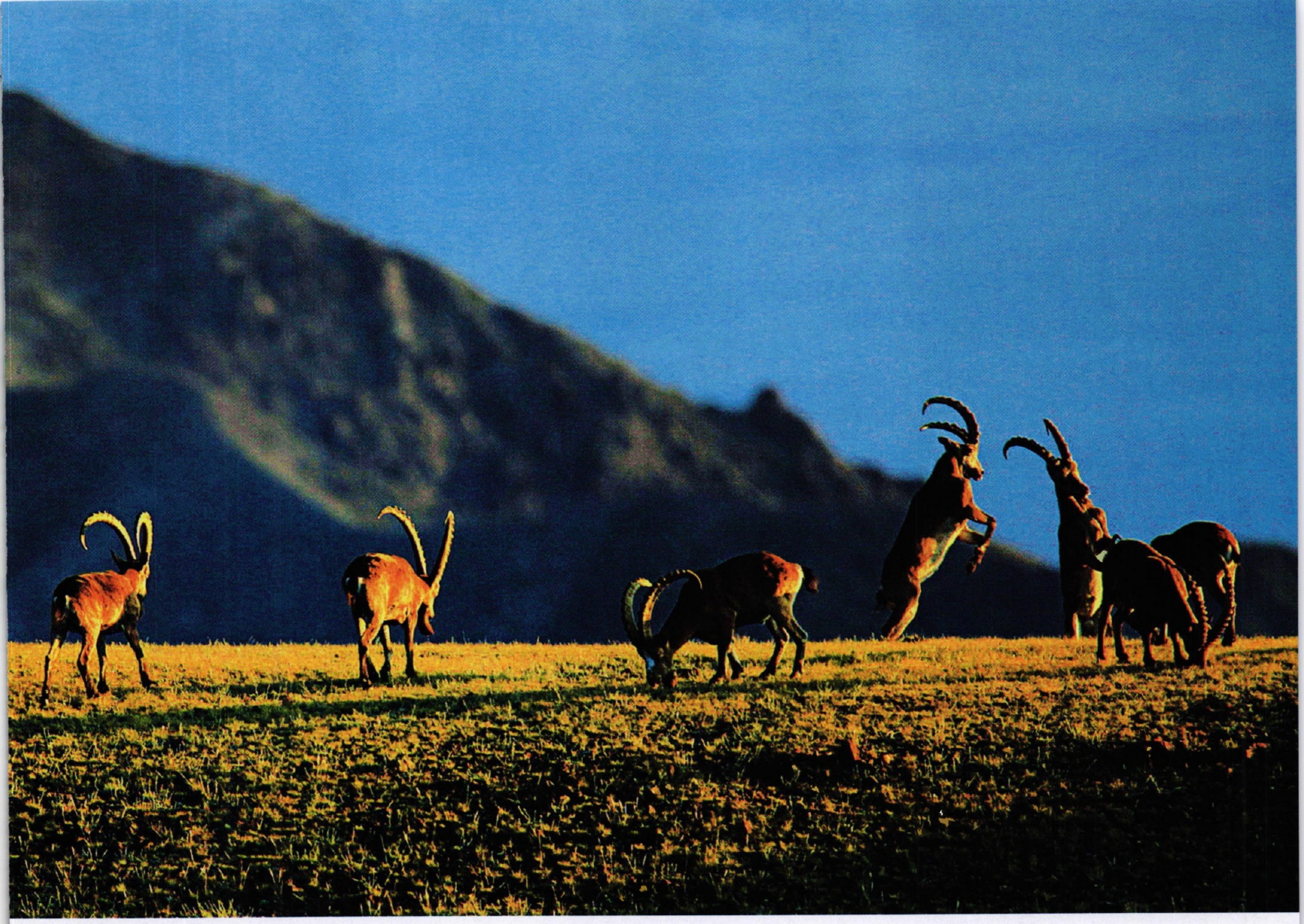
角则要小很多，也更纤细。但会让人误认为雌雄北山羊分属不同物种的，不仅是外形的差异，而是由于一年中的大部分时间里，成年的北山羊都过着雌雄分居的生活，这种现象称为“同性聚群”。雄羊聚在一起，形成“全雄群”，也常被戏称为“纯爷们儿群”；而雌羊则照料着羔羊和亚成体，形成母子群。

北山羊为什么演化出了这种分居的生活模式呢？简而言之，原因在于二者对食物和环境的需求差异很大。体型大的雄羊更怕热，同时为了尽快积蓄体重以便在求偶中赢得优势，雄羊需要大量的食物，因此它们相对较少在峭壁活动，而是喜欢前往凉爽的高海拔草甸觅食；同时由于强壮的雄羊总是在一起切磋战斗技巧为求偶期做准备，它们抵御天敌的能力比较强。而雌羊恰恰相反，它们力量较弱、又要教羔羊各种生存技能，拖家带口行动不便，因此雌羊常常带着羔羊在更陡峭、安全的地方生活，活动的海拔范围更大，食物也更为精细、多样化。此外，雌雄北山羊在食物消化能力等方面也有区别，使得它们花费在觅食和反刍的时间都不同，分居的生活模式对彼此都更有效率。只有在每年秋冬的繁殖季，雌雄北山羊才相聚到一起求偶、交配，牧民称这样的景象为“合群”。

如果你在“合群”的季节观察过野生的北山羊，就不难明白雄羊为何要顶着一对大得夸张的弯角生活。它们的角平均长度在100—150厘米之间，对于在悬崖间跳跃的雄羊而言是沉重的负担。为了支撑它们，雄羊的颈部肌肉很发达，和其他山羊属物

高山上的“训练场”

在新疆博尔塔拉蒙古自治州的山坡草甸，一群雄性北山羊聚集在一起生活。由于雌雄北山羊在体型和食性、活动节律等方面都有差异，在非繁殖季节它们通常过着分居生活，雄羊组成全雄群，雌羊照料着羔羊组成母子群，也称雌幼群。对于雄羊而言，与同性的集体生活是重要的“训练场”，它们要在这里练习御敌以及打斗的技巧。进入繁殖季后，雌雄北山羊会合群生活，届时雄羊必须凭借头顶巨大的弯角和强壮的体魄一决胜负，以争夺交配权。



种的雄性一样是“大粗脖子”。如果只是为了防御天敌，雄羊其实并不需要如此夸张的巨角，但它还有性选择方面的意义。在繁殖季节的雄羊眼中，其他的雄羊比雪豹的威胁还要大。因此在这一时期，经常能看到一些雄羊紧跟着雌羊活动，不停嗅闻雌羊的气味以判断对方是否进入发情期。雌羊走一步，雄羊就挪一步，生怕跟丢了一样。雄羊还会驱赶靠近雌羊的竞争对手，通常是甩头、晃动自己的大角恐吓，竞争进入白热化时，两只雄性面对面，前脚离地站立，然后在下落的同时用各自的一对大角撞击在一起。通常这种对抗最多持续3—5次，很快分出胜负，双方点到即止，不会造成伤亡。在寂静无人的山谷里，雄羊彼此撞击的声音会传得很远、格外清晰。

演化于高山绝壁：猎手与猎物的永恒竞赛

由于生活在裸岩地带和草甸，因此要发现北山羊并不算难，但近距离观察它们的机会却少之又少。有时当我们凭着望远镜窥视它们的生活时，却发现羊群的哨兵早就察觉到了我们。后来，我们便保持至少一公里左右的距离，以观察它们自然的生活状态。

北山羊把攀岩的能力运用到了极致。有一次我们正在检查布设在山坡上的红外相机，返回时在半山腰与一群低头吃草的北山羊不期而遇。能在近距离观察北山羊的机会可太难得了，但我们刚举起相机，它们便掉头向不远处的悬崖跑去，用令人瞠目结舌的身手爬上悬崖。这是北山羊的一种独特避险模式——无论是觅食还是育幼，它们总会选择距离悬崖绝壁不远的地方，一旦有危险就立刻奔向悬崖，利用自己的攀岩绝技甩开

天敌。在行为学上，悬崖这样的有利地形被称为“逃生避难所”。只要它们从平地爬上山岩，无论是猞猁、狼还是棕熊，都只能望“羊”兴叹。真正能威胁到成年北山羊的，只有这一生态系统的顶级捕食者，与它们同样演化于高山裸岩环境中的雪豹。而北山羊也确实是雪豹的主要食物，由于雪豹行踪难觅，研究雪豹的学者有时会用北山羊的数量来估算当地雪豹的种群状况。

北山羊和雪豹，如同非洲大草原上的羚羊和猎豹，只不过在广阔的草原上，羚羊和猎豹拼的是谁的速度更快，而北山羊和雪豹在悬崖上比的是谁的攀爬能力更强，更适应在绝壁上生存。对雪豹而言，在无遮无挡的岩石间冒着摔落的危险捕猎北山羊绝非易事。一些雪豹放弃了同北山羊比身手，转而隐藏在缓坡伏击，或者利用北山羊的视觉盲区，从峭壁的上方无声无息地接近猎物，再发起突袭。而北山羊也有相应的对策，群体中的一些个体会充当哨兵，在冬季合群之后尤其明显，强壮的雄性往往走在队伍的最后防范偷袭。猎手和猎物，就在这片险峻的山崖间协同演化。

作为高山生态系统的重要成员，北山羊影响着食肉动物的种群健康。在2021年，北山羊从原先的国家一级保护动物降为二级，实际上这是令人担忧的事情。喜欢聚群生活在草甸以及裸岩环境里的北山羊相比丛林动物更容易被发现，这往往给人一种错觉，它们的数量很多了，不需要保护了。但时至今日，北山羊受到的关注与其宿敌雪豹相去甚远，我国的具体种群数量依然不明，而且近期调查发现，它们依然面临放牧和家畜带来的不利影响，我们对北山羊的保护和研究仍不能“降级”。

在撰写稿件时，我为了汲取灵感，便翻出了这十几年来收藏的北山羊野外影像。羊群在陡直的绝壁间攀爬跳跃，伸长脖子觅食的身影，每每让我心中涌起对大自然顽强生命的敬畏。在与同事闲聊时，我想起民间有“十羊九不全”的迷信说法，认为羊是顺从、软弱的代表，属羊的人也会命不好。回想前些年，也确实有很多人不愿意在羊年生孩子。

然而这些坚韧的生命，又岂会与软弱画上等号呢？



海拔4800米的废弃矿场，它们依然能够生存

在新疆塔什库尔干塔吉克自治县的一处废弃矿场，前前后后有约100只北山羊踏着碎石、沿陡坡集群而下，扬起漫天尘土。它们关节处的韧带可以吸收下山奔跑时的冲击力，使得北山羊既能够在雪山峭壁上行走自如，也能适应人类改造过的环境。由于生活在开阔的生境，北山羊相对容易被人们观察到。它们的种群被认为处于上升中，因此北山羊也由曾经的国家一级保护动物降为二级。但北山羊既是高山生态系统的一部分，也是雪豹等食肉动物的重要猎物，保护级别的降低并不意味着对它们的关注和研究也要随之“降级”。摄影 / 刘璐

责任编辑 / 金畅南
图片编辑 / 高新宇
版式设计 / 崔晓琳

在长白山区的一片阔叶林里，阳光透过林间树冠的缝隙，散射在一株生长了20多年的林下参（野山参）上。这样一棵林下参，目前市场价能卖到2000—3000元。不过在茫茫的森林里，一般人就算有幸“偶遇”人参，也不一定能认出这种结了红色果实、外貌颇似普通杂草的植物，就是有“百草之王”之称的人参（长白山地区的参农称之为棒槌）。在拍摄这棵人参时，摄影师特意将土壤剖开一个截面，人参最神秘、最珍贵的地下部分及其生长环境就此展现在我们面前。中国是人参（*Panax ginseng*）的原产国，已有5000多年的人参应用历史，中国长白山脉是野生人参的发祥地。

长白山林下参
给濒临灭绝的野生人参接续了香火

撰文
赵春江

摄影
崔宇 等

我国最早有记录的人参是山西的上党人参，不过经上千年采挖在明代基本灭绝。到了清代，长白山人参开始唱起主角，成了我国人参的“独苗”。遗憾的是，长白山的野生人参也已濒临灭绝，并且被明令禁止采挖。由人工在森林里播撒种子、无其他干预的林下参出现了，它为传承数千年的人参文化，延续了香火……



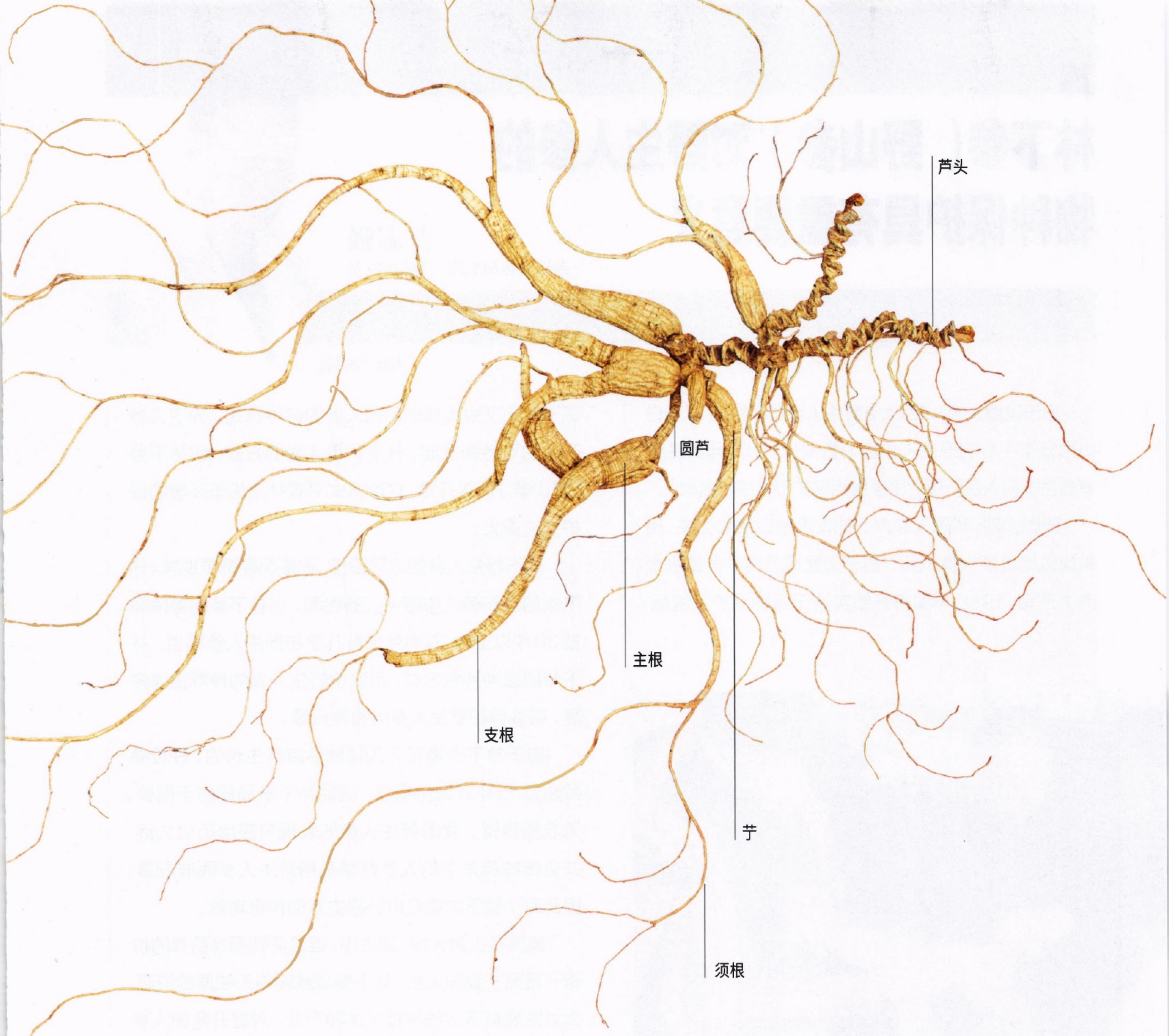
一棵野生人参价值一辆奔驰：你就算有钱也很难买得到

国家级非物质文化遗产中药炮制技艺（人参炮制技艺）传承人王俊良，在他的人参炮制坊介绍传统人参酒的炮制方式（上图）。右图为一棵至少生长有七八十年的野生人参，其五形较为清晰，主根性状为六体中的灵体（指主根的两条腿分裆自然）。这棵野生人参是在国家禁止采挖野生人参的禁令下达之前被挖出来的，现在估价近百万元，价值与一辆奔驰相当。野生人参是指种子靠自然传播、生长于深山密林的原生态人参，其形态具有行业内所说的“五形”、“六体”的特点。其中五形包括芦、芋（音dǐng）、体、纹、须。六体是指人参的六种主根性状（灵体、疙瘩体、顺体、过梁体、横体、笨体）。

人参在我的家乡是好东西，到了外地就更是让人稀罕的“宝贝疙瘩”

我出生在吉林四平市梨树县。可以这么说，过去我们当地从吃的、喝的、泡的、抹的，无一不和人参深度融合：人参宴，人参酒，人参糖，人参美容液，人参雪花膏，比比皆是。生活富裕的，可以吃人参宴，抹人参美容液；生活拮据的，也可以找个坛子，讨一些人参须根，泡上小烧，干活回家，累了啁（音zhōu）一盅，解乏催眠；就是农家丫头，过年了买一瓶人参雪花膏，也可以高兴半年的了。

我说的人参，产自长白山脉，这里是世界人参的主产区。说到这里，我想起1985年随团去广州参加“广交会”。吉林某县化工厂生产的人参雪花膏，3毛钱一袋，出奇地受欢迎，连展台样品都被“抢”购一空。时至今日，30余年过去了，这小小一袋人参雪花膏依然很受欢迎。



当年正在热播电视剧《霍元甲》，饰演陈真的香港演员梁小龙正在广州举办演唱会，我的单位吉林日报社，让我想办法采访他。我开门见山，给中间人呈上几根小人参，此后一路绿灯，顺利采访到梁小龙团队。

也是这次参会，我要从广州去深圳，当年两地的交通还很不方便。有人建议，可以搭货车或便车。没想到，也是运气，我在大街上一摆手，一辆送人去白云机场回深圳的车停了下来。我拿出包里的人参，司机眼睛马上亮起来。我说一根人参行不行？司机都没打艮（犹豫），就拉我一个人，一溜烟到了深圳。

当时，我经常去吉林延边和通化采访，那里出产人参。每次我的同事华正伦都会求我帮忙买几斤人参。华正伦出生在江苏苏州，毕业于上海复旦大学中文系，其家族与民间音乐家瞎子阿炳是族亲。我买来人参后，华正伦会到水房打来清水，用牙刷轻轻刷洗人参，再一根根拴绳，挂在宿舍的墙上阴干。到春节回上海前，再小心翼翼地包好。一般他会分三包，一包分给他北京的亲舅舅、红学家冯其庸等人，一包分给上海的同学龚学平（曾任上海市人大常委会主任）和作家峻青等人，还有一包给他父亲和苏州的亲戚。以他当时的购买力，每次总共也就买得起两三斤人参。我因为跑腿有功，老华曾送给我冯其庸的字和峻青的画，后来都让我给人了。

林下参（野山参）对野生人参的物种保护具有重要意义

曹志强
吉林人参研究院 首席研究员



绘图 / 宋翰笛

由于过度采挖，山西上党野生人参已经绝迹，以长白山为分布中心的野生人参也为数很少。2021年野生人参被再次列入最新版《国家重点保护野生植物名录》。

建国初期，我国人参产业的发展是以园参为主，用采伐迹地发展人参产业。由于大量采伐树木导致水土流失严重，1998年国家开始实施天然林保护工程后，逐渐禁止了采伐林地种植人参的这种模式。为了人参产业的可持续发展，林下种植人参的方式，即林下参（野山参）悄然开始，这种方式对森林与生态环境的保护意义重大。



由于野生人参的过度采挖，致使现存资源锐减。林下参的生长条件与野生人参相同，当林下参的参龄超过30年以上时，其有效成分几乎与野生人参相当。林下参的这种种植方式，可以使野生人参的种群迅速恢复，有效保护野生人参的物种资源。

由于林下参是在人工播种后自然生长的，并且参龄超过15年才做货销售，因此林下参品质优于园参，无农药残留。我国野生人参的发现与应用历史久远，并且传统药方中的人参都是采用野生人参而非园参，因此有了林下参就可以还原古方的神奇功效。

我国是人参大国、宗主国，但目前韩国高丽参的价格一直高于我国人参。林下参是我国得天独厚的资源，大力发展林下参的种植技术和产业，对提升我国人参在国际市场的地位也具有重大意义。

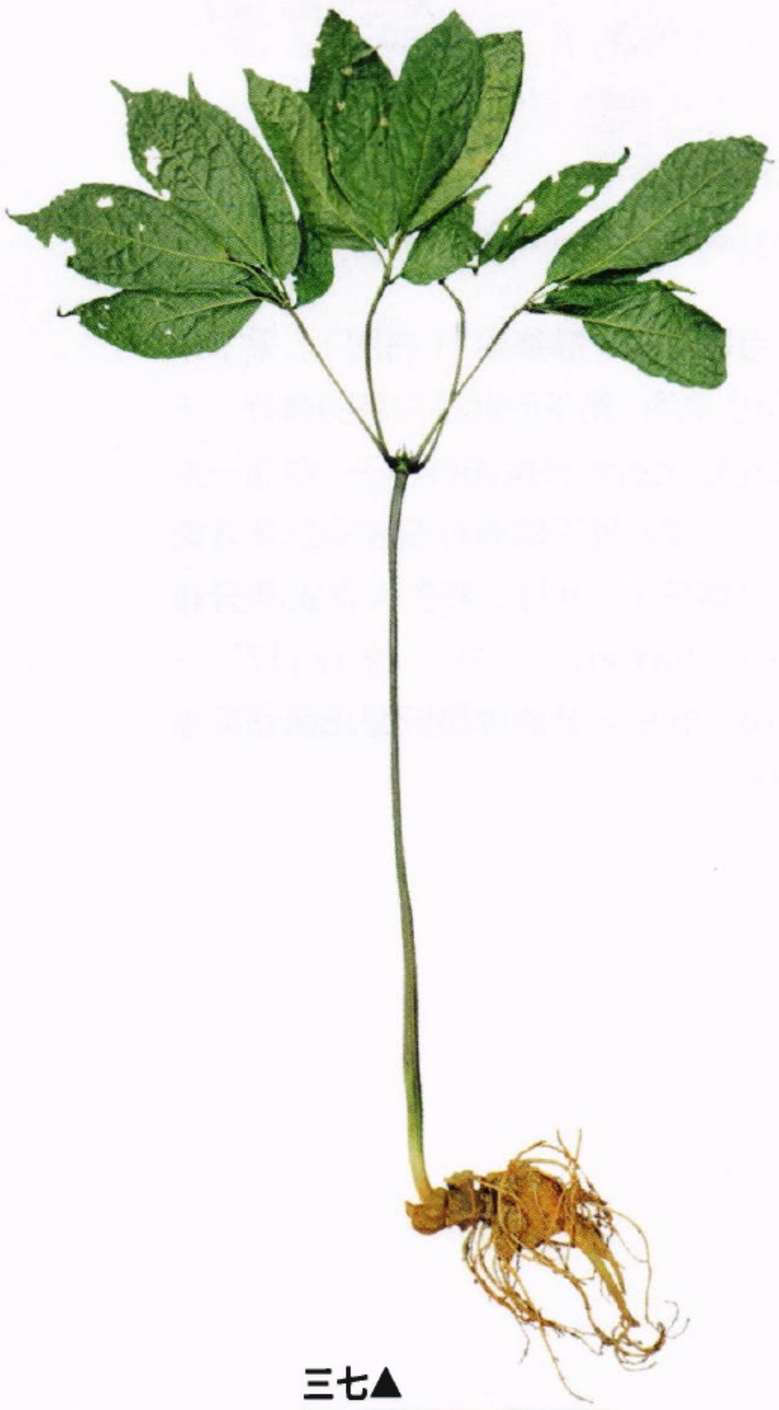
上党人参消失后，长白山野生人参成了中国人参的“独苗”

“参”字最早出现在我国殷商时期的甲骨文里，这也是世界上关于人参的最早记录。先秦和两汉之间的《神农本草经》，是最早记载人参的古代医药著作。东汉《说文解字》中就有“参，人参，药草，出上党”的记载，表明有文字记载的人参最早产地，是在山西上党即今长治一带的太行山脉。

南朝齐梁时期，大医学家陶弘景在其著作《本草经集注》里说，人参“如人形者有神，生上党及辽东”。这个记载提到人参除了山西上党，辽东也有。

宋代大文豪苏轼很喜欢吃人参，他在诗歌《小圃五咏·人参》里写道：“移根到罗浮，越水灌清泚”，这写的是他移栽人参的一次尝试。但他还不是最早搞人参栽培的人，真正有文字记载的人参栽培鼻祖，是十六国时期后赵开国皇帝石勒（山西上党人）。

到明代，由于不断采挖，上党人参近乎灭绝。清代开始，长白山脉的野生人参（即种子靠自然传播、生长于深山密林里的原生态人参）登场。乾隆皇帝有诗曰：“奥壤灵区产神草，三丫五



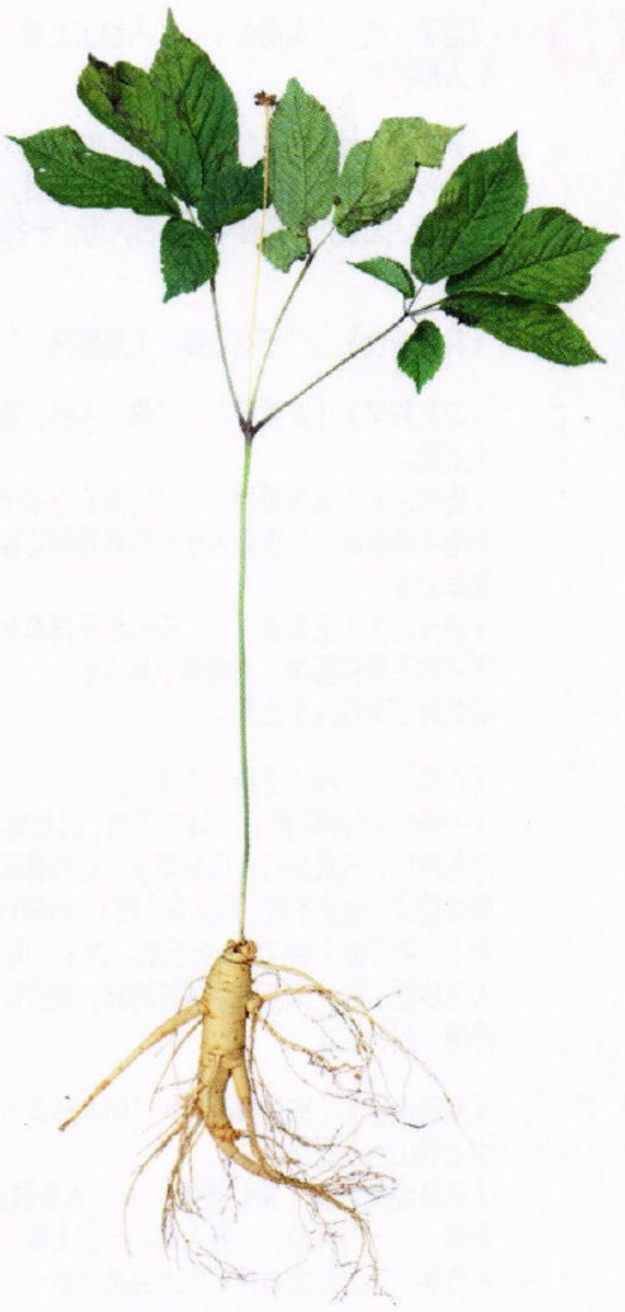
三七▲

Panax notoginseng



人参▲

Panax ginseng



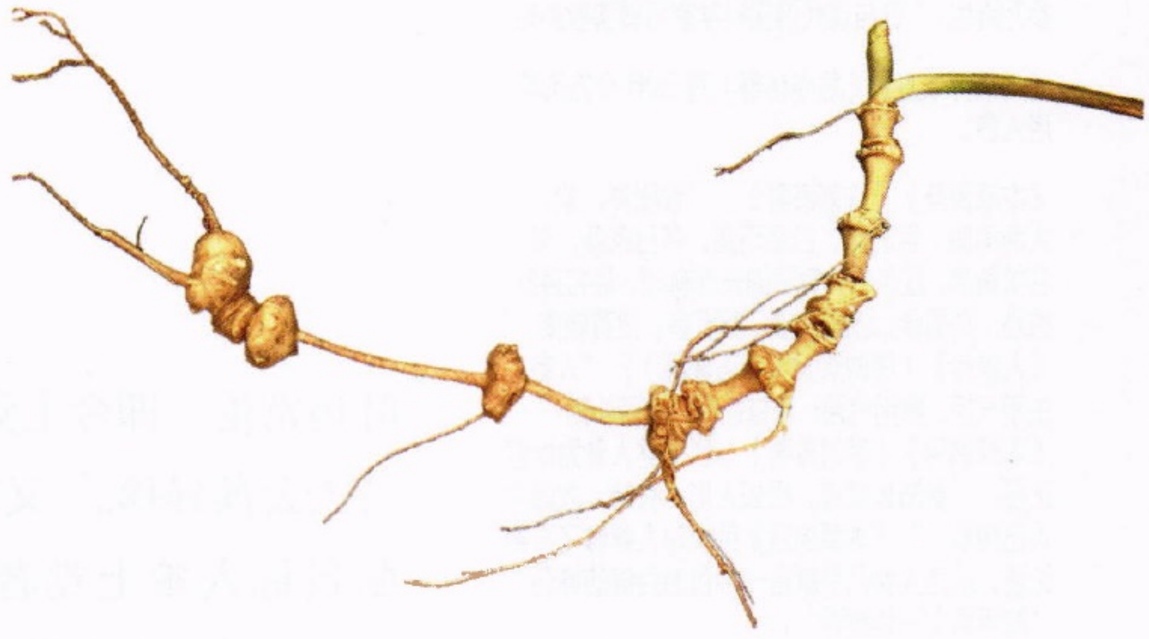
西洋参▲

Panax quinquefolius



竹节参▲

Panax japonicus



珠子参▲

Panax aponicus var.major 竹节参变种

摄影 / 郭碧钰 罗嘉仪

《中国植物志》将人参属分为5种，我国有3种，其他两种均分布于北美洲

80岁的人参研究专家钱少军（左页图中左侧身着深色上衣者），在向本文作者赵春江介绍林下参的鉴别常识。钱老在长白山区和人参打交道半个多世纪，从上世纪80年代初起，就开始传授、推广长白山林下参和园参的栽培管理技术。从去年10月到今年2月，本文作者赵春江亲赴长白山林下参的分布区，实地走访了多位当地专家和参农，获得了诸多第一手资料。从生物分类学角度看，人参被归在伞形目五加科人参属下。目前有关人参属下面的“种”有不同说法，中国科学院植物研究所的《中国植物志》将人参属分为5种，其中我国有3种，即人参（*Panax ginseng*）、假人参（*Panax pseudoginseng*，有多个变种）、姜状三七（*Panax zingiberensis*）。其他两种为西洋参（*Panax quinquefolius*）和三叶参（*Panax trifolius*），均分布于北美洲。上图为人参属的几个种及变种。

春秋

《范子计然》（范蠡著）：“人参出上党，状类人形者善。”

秦汉

《神农本草经》：“人参，味甘微寒。主补五脏，安精神，定魂魄，止惊悸，除邪气，明目，开心益智。久服，轻身延年。一名人衔，一名鬼盖。生山谷。”

西汉

《礼斗威仪》：“下有人参，上有紫气。”

东汉

《说文解字》（许慎著）：“参，人参，药草，出上党。”
《伤寒论》（张仲景著）：“主治心下痞坚，旁治不食呕吐。”这是人参可影响胃肠功能的最早记载。
《潜夫论》（王符著）：“夫治世不得真贤，譬犹病不得良医也，治病得当真人参……”说明此时已有假人参出现。

三国

《广雅》：“参，地精，人参也。”
《中藏经》（华陀著）：“吐血下血，因七情所感，酒色内伤，气血妄行，口鼻俱出，心肺脉破，血如涌泉，须臾不救。用人参（焙）、侧柏叶（蒸焙）、荆芥穗（烧存性）各五钱，为末，用二钱，入飞罗面二钱，以新汲水调如稀糊，服少顷，再啜一服，立止。”

南北朝

《名医别录》（陶弘景著）：“如人形者有神。生上党山谷及辽东。”
《本草经集注》（陶弘景著）：“人参微温，无毒……一名神草，一名人衔，一名土精，一名血参，如人形者有神。生上党及辽东……”

唐代

药王孙思邈《备急千金要方》中有 445 个方含有人参；《千金翼方》中有 310 个方含有人参。

宋代

《开宝复位本草》（简称《开宝本草》，陈昭遇、刘翰等著）：“人参见多用高丽、百济者，潞州太行山所出谓之紫团参，亦用焉。”
《嘉裕图经本草》（苏颂著）：“相传欲试人参，但使二人同走，一与人参含之，一不与，度走三五里许，基不含者必大喘，含者气息自如，其参乃真也。”这与现代俄国科学家所做实验类似。

元代

《世医得效方》（危亦林著）有 306 个方剂应用人参。

明代

《本草蒙荃》（陈嘉漠著）：“紫团参，紫、大而稍扁。百济参，白坚而圆，名日条参，俗名羊角参。辽东参，黄润细长而有须，俗名黄参，独胜。高丽参，近紫体虚。新罗参，亚黄味薄。”
《人参传》（李时珍父亲李言闻著）：“人参生用气凉，熟用气温；味甘补阳，微苦补阴……”
《本草纲目》（李时珍著），视上党人参为地道正品：“参渐长成者，根如人形，有神，故谓之人己神草。”《本草纲目》首次对人参做了详细论述，认为人参几乎就是一种包治百病的神药，“能治男女一切虚症”。

清代

《本草纳目拾遗》（赵学敏著）：“又有一种东洋参，出高丽、新罗一带山岛，与关东接壤。其参与辽参真相似，其味亦同，但微薄耳。”
《植物名实图考》（吴其濬著）：“昔以辽东、新罗所产皆不及上党；今以辽东、吉林为贵，新罗次之。”“以苗移植者秧参，种子者为子参。”至清代后期，秧参（即园参）的产量日渐超出野生人参，秧参不仅供国内需要，而且部分销往国外。
《人参谱》（陆烜著）：“今日参价十倍黄金，一百五六十倍白金（银）……乃世人非辽参不服。”
《松峰说疫》（刘松峰著）：“疫病所用补药，总以人参为最，以其能大补元气。”

中国古籍有关人参的记载

资料提供 / 孙卫东

在自然状态下，埋入地下的参籽要在第三年才能出芽长苗

长白山区的参农在采摘林下参的参果，当地人叫“撸参果”（右图）。采下来的参果，要先把表面一层的果肉搓掉，用水洗净，剩下的就是白色的参籽。下图为采摘下来的参籽，图中左侧一堆颗粒较大的参籽是园参种子，右侧一堆颗粒较小的是林下参种子。在自然状态下，埋入地下的参籽要在第三年才能出芽长苗。人参的花期是在5—6月，果期在7—8月。野生人参主要分布在我国东北、朝鲜半岛及俄罗斯远东地区，北纬40°—48°、东经117°—134°之间的山地。由于人类滥采等因素，野生人参的种质资源正面临萎缩和灭绝的困境，目前在我国已被禁止采挖。



叶迈常伦。即今上党成凡卉，自昔天公葆异珍。”又自注：“昔陶弘景称人参上党者佳，今惟辽阳、吉林、宁古塔诸山中所产者神效，上党之参直同凡卉矣！”

以前东北老参农或贸易者往来远东，从事野生人参交易。他们口口相传：苏联斯大林时代，曾在远东山区飞机播撒参籽，收获的人参拟做军事用途，以提高士兵御寒能力。而实际上，除了长白山脉，远东地区（主要在乌苏里江以东）也是人参的原产地。

参把头将人参跟地理环境的关系，称为“人参命理线”

目前在我国，野生人参只生长于长白山脉，尤以北纬40度至42度这个区间的长白山区为最佳。

野生人参在长白山脉的哪一类森林里分布得最广、最多？这个问题我听到了两种不同的观点：一种观点来自吉林人参研究院首席研究员曹志强。他认为，野生人参在针叶林里分布很少，



阔叶林分布更多，长得更好。因为针叶林的土壤营养成分相对单一，不如阔叶林土壤。相比阔叶林，针叶林能透下更多光线，这对于属于半阴性植物的野生人参的生长并不利，而阔叶林的遮阳效果更好。在越冬时，阔叶林地表上厚厚的落叶，可以给野生人参提供保暖，有利于它的存活。

另一种观点来自人参文化专家、通化师范学院人参学院副院长孙卫东。他说，野生人参在针阔混交林里多。懂行的人，一问你的人参长在什么林子里，就知道品质如何了。

至于为什么有不同的观点，这跟不同人对人参的认识程度和实际经验有关。谁对谁错也不好轻易下结论。茫茫长白山区，不同类型的林地，多多少少都可以长野生人参。

我结识了几位经验丰富的参把头（即带领过大家进山寻参挖参、经验丰富的挖参老人），他们在多年寻参中，将人参的生长与地理环境的关系，总结出一些很有价值的规律，就是他们说的“人参命理线”。哪些环境下人参长得好，哪些长不好，这些规律是判断标准，也是他们寻找人参的指南。

比如说，人参生长的树林不能太疏，也不能太密。色木槭、椴树底下，长的人参好。其中糠椴、紫椴底下最好，这两种树的叶子密，遮阴挡雨，风一吹动，又洒光。还有东北槭（当地叫白拗子树），底下的人参容易生铁锈色斑，会慢慢烂掉。蒙古栎（当地叫柞树）底下人参长不好，落叶太厚，参苗出不来，而且叶子太密，遮光过多。看来，同样是阔叶林，不同的树种下，人参长得差异很大。

就一座山头来看，长在南坡（阳坡）的人参肢体发干，长在北坡（阴坡）的肢体发白。这两个朝向的人参质量均一般。只有东、西两面山坡上的人参长得好。这就是参把头们所说的“东照阳，西照阳，混照阳，不能南照阳”。“混照阳”是指朝向不规则的地块，人参长得也不错。“不能南照阳”，是因为南坡阳光多，温度过高的话，人参就晒死了。

山坡的坡度以25度到45度最好，这关系到土壤层水分含量的问题：坡度太平，容易积水，导致人参烂根；坡度太陡，土壤干燥，人参吸收不到足够水分。

论土质，积水性大的黄土地，太肥沃的黑土地，漏水的沙土地，这些都不适宜人参生长。论水分，地表有“串皮水”（地表径流），土壤湿度大，地下水位高，长塔头草的地方，人参容易烂根。论气候，空气要有一定湿度，不憋气，流通好，不冷不热。

第一年破土长出来的参苗，当地俗称叫“三花”



这是在人工培育土壤里，参籽第一年破土长出来的参苗，有三片叶，当地俗称叫“三花”。人参喜欢冷凉湿润气候，以及斜射、漫射的阳光，忌强光和高温，耐寒性强，可忍耐零下40℃的低温。适宜人参生长的气候条件为：年积温2000℃—3000℃，无霜期125—150天，积雪20—44厘米，年降水量500—1000毫米。土壤要求为排水良好、疏松、肥沃、腐殖质层深厚的棕色森林土或山地灰化棕色森林土，土壤pH值以5.5—6.2为宜。历史上，我国的野生人参主要分布于辽宁、吉林和黑龙江三省东部的长白山脉，海拔数百米的落叶阔叶林或针叶阔叶混交林下。

林下参种植复制了野生人参的生境，品质最接近野生人参

在上世纪80年代以前，长白山野生人参还有参把头时不时挖到，不过数量很少了。至今也不能说完全绝迹，但作为被保护对象已不再允许采挖。

在野生人参逐渐枯竭时，人工栽培的人参——园参出现了。清末，长白山园参种植已渐成规模。上世纪50年代末，成立了种植园参的国营参场。那时的园参又叫帘参，是将适合人参生长的山林树木伐掉，翻起土层，打成参畦，撒下参籽，上覆草帘，来调节阳光的照射。一般8—9年起参，品质相当不错。

通化县文化史研究会副会长崔宇，他父亲崔秀亭就在国营通化县欢喜岭参场工作。崔宇从小在参园子里长大。他在假期去参地干活，挣点外快交学费和买书，参场所有的活儿他都干过。那时，只有国营参场才允许种植人参。崔宇说，人参收获一般需9年：播籽后3年起出叫小秧子，换块场地继续栽；再3年起出叫中货，再换一块场地；然后栽培3年起出叫大货，也就是成品参。每3年更换下来的参地，要马上还林养地，不能继续栽种人参了。

到了90年代末，许多国营参场因经营效益等原因陆续停办。随之而兴起的，是私人种植的园参。不过园参种植需要采伐原始森林，会导致水土流失严重。从1998年开始，这种种植方式陆续被禁止。此后，园参种植就退出山地，转向非林地种植。这时的园参叫平地参，一般会施农药和化肥，种个三五年就卖了，质量与早先种植的帘参不可同日而语。

在园参品质下降时，林下种植的人参开始受到人们重视，这就是本文所说的林下参，即国标定义的野山参，是指仅通过人工播种、在森林自然环境中生长15年以上的人参。这种林下参

的特点是，人工仅参与播种，不干预随后人参的整个生长环节，只是由人守在周边，防止人参被盗挖。

在自然界里，人参一般是通过风、动物等来传播种子。比如说，长白山里有一种松鼠，叫金花鼠（俗称花鼠子）。仲夏季节，人参的浆果和种子成熟了。金花鼠会将种子埋在地下，准备过冬食用。结果埋的种子多，很多会被金花鼠遗忘。一些鸟也会在吃掉人参浆果后排出种子，将种子播撒到其他地方。这就好比金花鼠和鸟当了一回“参农”，将人参种子播撒到不同的地方。人类播撒人参种子，与金花鼠和鸟传播种子，也算是有异曲同工之妙。

林下参的讲究在于，人工播撒人参种子，是按照参把头们总结出来的“人参命理线”，来严格挑选场地。这样林下参就复制了野生人参的生境，是在跟野生人参相同的环境里自然生长的。

当林下参在深山密林生长15年后，人参的植物学形态已基本具备野生人参的“五形”、“六体”的大部分特征。这“五形”、“六体”是鉴定野生人参的主要指标，其中“五形”是指一株完整野生人参的五个部分：芦、艼（音dǐng）、体、纹、须。“六体”是野生人参主根的六种性状：灵体、疙瘩体、顺体、过梁体、横体和笨体。而且经科学检测，生长15年以上的林下参，其理化指标（主要是人参皂苷）与同龄的野生人参几乎完全相同。

这就是为什么林下参是以15年作为命名依据的主要原因。可以说，林下参是目前最接近野生人参品质的人参。



商陆



党参



园参　　绘图／戴越

参籽

参苗

“三花”（一年生）

“巴掌”（二年生）

“二甲子”（三年生）

“灯台子”（四年生）

“四匹叶”（五年生）

“五匹叶”（六年生）

“草本”人参的漫漫成长史：大约需要四年才会开花结果

中国是世界上最早应用人参并用文字记载人参的国家。《晋书·石勒载记》：“家园中生人参，花叶甚茂，悉成人状。”可见人参栽培在当时已经开始，后赵开国皇帝石勒因此被称为我国人参栽培的鼻祖。目前人工栽培的人参称为园参。与野生人参（本页绘图）相比，园参（左页左下绘图）的圆柱形主根显得更粗、更长。人参为多年生宿根草本，一般一年生的植株茎顶只有1枚复叶，复叶具3小叶，俗名“三花”；二年生茎仍只有1枚复叶，但具5小叶，叫“巴掌”；三年生者具有两个对生的5小叶的复叶，叫“二甲子”；四年生者增至3个轮生复叶，叫“灯台子”，有伞形花序；五年生者增至4个轮生复叶，叫“四匹叶”；六年生者茎顶有5个轮生复叶，叫“五匹叶”，成熟的扁圆形浆果呈鲜红色，内有两粒半圆形种子；第七年以后，茎顶大多固定为6个轮生复叶，叫“六匹叶”。人工种植的园参，其结果所需的时间则可能会比野生人参缩短。还有一些非人参属的植物，外观跟人参颇为相似，比如说商陆和党参，它们跟人参非亲非故，但有时也会被人误以为是人参。

本跨页绘图（署名者除外）／出离

参农“两重天”：收钱收到手抖，赔钱也能赔到不想活



2021年11月17日，我驾车来到通化县大安镇浑江支流水洞沟河的东侧。那里的一些山名，说出来让人眼花缭乱：大架子山、老虎窝岗、马面山、别家沟岗、马鹿沟岚……

刚刚下过一场大雪，五六十度的山坡，大马力越野车爬不上。我下了车，积雪没鞋，跌跌撞撞来到松树下的窝棚前，72岁的关志武和65岁的老伴已经在门口等候我了。准确地说这叫参棚子，也有叫马架子的。山林里不许建钢筋水泥的固定建筑物，看参人只能搭一个简陋的棚子。一般看参人春天上山冬天下山，但关志武老两口常年住在山上，因此小窝棚收拾得特别实用和温暖，小土炕烧得热热乎乎，还准备了一桌的山野菜肴，冻蘑汤的香气弥漫在小窝棚里。

关志武在附近国有铁矿下岗退休，经营林下参35年，最后撒的种子也有6年了。他出的好参一棵可卖到上万元，全部的三四千棵参要是都顺利出售，老两口就是大富翁了。

关志武老两口的林下参，还是我碰到的规模最小的林下参户，他们只有几十亩的林下参地，与那些动辄几万亩的林下参大户无法相比。

在通化市二道江区马当沟的山上，我见到了一个大户——康清利。人到中年的他，11岁就随老把头的父亲上山，现在算是子承父业。他的林下参，参龄最长的已经26年。他说，看护林下参，就和养孩子一样，风霜雨雪，电闪雷鸣，都为它担心，而且必须自己干，当甩手掌柜搞不好。不过，人参行业诱惑很大，坑也很大，收钱可以收到手抖，赔钱也可以赔到不想活。

康清利说的话，在我去白山市抚松县沿江乡楞场村采访时，得到了验证：这个村有一个林下参农民合作社，是东北成立最早的农民人参行业组织之一。带头人叫吴杰，58岁，为了林下参，她30多岁就辞去了待遇不菲的银行工作，到这个村当了一名参农。2008年，因资金周转困难，合作社已两年没给大家开工钱了。吴杰绝望之下，去村附近的二道松花江跳江。就在她准备抬脚跳的时候，耳边有声音传来——“吴杰、吴杰……”她一激灵，四周漆黑，身边也没人啊，难道是老天不让她死？她一屁股坐在江边嚎啕大哭，然后放弃跳江，默默地走回家……现在他们的农民合作社，固定资产已达1000多万元，还跟黑龙江的一个林场合作林下参种植。

在上千年的放山历史中，参帮形成了一套复杂的行规

过去，长白山区的参帮采挖野生人参时，会在参把头的带领下进行，采挖过程很有仪式感。当地人称人参为“棒槌”，把进深山老林寻找、采挖人参称为“放山”。在上千年的放山历史中，参帮形成了一套复杂的行规，包含行业术语、行为规范、道德操守、专业工具、行业禁忌等。图1为参帮在参把头带领下拉帮儿进山。图2为参帮抬棒槌（采参）的工具。图3是架梁子，在人参两侧的土中各插一根带杈的木棍，再将一根直棍放置到两根木棍上，直棍中间与人参参茎呈十字交叉，用两端系有铜钱的红绳将参茎与树棍缠绕固定住，防止挖参过程中参茎叶倒斜折断参芦，也有说法是怕棒槌跑了，用红线系住。图4是抬棒槌时，用快当签子（由鹿骨制成，“快当”是满语顺利、顺当之意）小心翼翼地清理泥土，决不能碰断参须。图5是抬出来的棒槌。


①


②


③


④


⑤

“熬鹰”几个月，“熬参”几十年：他们让人参种群得到了延续

2022年2月22日，我来到辽宁本溪市桓仁满族自治县的长白山区，这里二棚甸子镇的林下参发展得好。镇林业站站长隋军带我到山林里转了一圈。当地参农和经营者说，桓仁县人参创造的产值，占到了该县居民收入的20%。

在吉林通化梅河口市小杨满族朝鲜族乡倒木沟村，年近八旬的农民邵太林，种林下参39年了。他前几年出货三四次，收入500万元。赵永生，70岁，曾是通化矿务局铁厂一井采煤工，后承包通化县东来乡的集体人工林和国有林，种林下参16年。

邵太林和赵永生都是七八十岁的老人，赵永生还是癌症患者，可他们的精神头和容貌，一点儿都不像那个年龄段的人。过去国营参场的职工，冬季冷水洗人参，手不但没有冻伤起皴，还细软白皙，这可能是人参对人的“滋养”吧。接触的参农多了，我发现一个现象：和人参打交道的人，大都显得年轻健康，精气神好。

现在的林下参，也有一些公司化的运作。比如说通化市的某家企业，在吉、辽两省六县都有



林下参不仅可满足人们的使用需求，也承担了延续野生人参香火的使命

在长白山区阔叶林里的绿色背景衬托下，林下参结出的红色果实挺立在枝头，显得红艳欲滴，格外醒目。根据植物学家考证，人参大约起源于第三纪古热带山区的东亚植物区系，由于第四纪冰期的影响，它们的分布区域迅速缩减，最后只在中国、朝鲜、俄罗斯等少数国家幸存下来，成为一种古老的子遗植物。人参的肉质根为著名的强壮滋补药材，适用于调整血压，恢复心脏功能、神经衰弱及身体虚弱等病症，也有祛痰、健胃、利尿、兴奋等功效。在野生人参逐渐枯竭之际，人工播种、自然生长于山林中的林下参，不仅可以满足人们对于高品质人参的使用需求，而且也承担起了延续野生人参香火的使命。

林下参地。他们创新了行业模式，在林下参地块开展“野山参之旅”的旅游项目，普及人参文化，带动人参销售，收到了意想不到的效果。

和人参打了一辈子交道的钱少军老先生，是通化集安市人，曾在集安一参场、二参场、特产局、人参研究所等单位工作过。现年80岁的他满面红光，腰板挺拔溜直，还能骑自行车到处跑。他给我看一本纸已发黄、上世纪80年代他编写的《长白山区人参种植栽培技术讲义》，这本书曾让许多参农受益。

钱老说，林下参就是用时间换品质，和“熬鹰”一样。不同的是，熬鹰几个月，熬参几十年，谁能熬住，谁就赢了。他预计，再有十年二十年，林下参的价格还会更高，因为地不能重茬，可供林下参生长的林地越来越少。而且林下参成活率低，每亩森林撒几万粒籽，15年后可能只存活1000棵左右人参。现在所有的林下参坚守者，都是值得尊重的群体。对于人参种群的延续，他们功不可没……

审稿专家 /
曹志强　吉林人参研究院　首席研究员
孙卫东　吉林省通化师范学院人参学院　副院长
纪瑞锋　广东药科大学中药学院　博士

责任编辑 / 雷东军　图片编辑 / 王彤
版式设计 / 李晟　地图编辑 / 王岩

在这张从厄瓜多尔上空航拍的照片中，至少可以看到三座火山：前景的阿塔卡索火山、中景的鲁米娜辉火山、远景的科托帕希火山，而周边其他的山也有可能是火山。这里是南美洲大陆西岸，安第斯山脉纵向延伸8900余公里，精彩的火山密集地分布在这条山脉上。

安第斯山脉
世界火山之最在此汇聚

纵贯南美洲大陆西侧的安第斯山脉，不仅是世界上最长的山脉，也是一条拥有精彩火山的山脉。这里的火山为数众多，而且活跃、高大，并汇聚了许多世界火山之最：最上镜的火山、海拔最高的火山、最干旱的火山区域，世界上距地心最远的地方，也是安第斯山脉上一座火山的山顶……要把精彩的火山看过瘾，安第斯山脉无疑是理想选择。

撰文　　摄影

刘莹　陈剑峰 等



比亚里卡：
“全球十大最上镜火山”之一，颜值和武力值双高的火山

见到比亚里卡的第一眼，我就被它深深吸引。从智利普孔镇望去，在绿海一样的大片葡萄田中，它曲线毕露，圆锥形的山体优雅地隆起，山巅之处是不太宽的平顶，山体下半部分呈青灰色，露出峥嵘粗粝的岩石，上半部分则被洁白的积雪覆盖，雪面平整顺滑，好像大雪初霁还未被踩过的田野，在蓝天的背景下，有种纯净的美感。

海拔2847米的比亚里卡位于智利中部，被国外知名媒体评为“全球十大最上镜火山”，也是目前世界最活跃的火山之一。近百年来，这里一直持续不断有岩浆活动，每隔几年就有小规模的喷发。我来到它身边时，它正好处于平稳时期，每隔十几二十分钟，就有一朵小巧的“白云”从山顶升起，这是从比亚里卡火山口冒出的蒸汽。





海拔2847米的比亚里卡火山坐落于智利中部城市普孔附近，白雪为顶，密林为裙，被评为“全球十大最上镜火山”之一（上图 摄影 / Scott Smith）。它的海拔不高，却终年积雪。从南极流向赤道附近的秘鲁寒流影响了智利中部地区的气候，让这里温度低、湿度大，山地的雪线非常低。洁白美丽的外表下，比亚里卡其实“内心火热”。它是目前世界上最活跃的火山之一，有记录的爆发事件自1558年以来持续不断，且不时有岩浆溢出。在全球火山数据库的定期报告中，几乎每个月都有比亚里卡的活动记录。左图为摄影师在2019年9月的一个夜晚拍摄到的比亚里卡火山活动，尽管已经能看到火星儿，但还称不上是“喷发”，这种程度的活动对比亚里卡而言相当常见（摄影 / Mario Quilodran）。

智利比亚里卡

全球最上镜火山之一，它拥有火热的内心

在比亚里卡的平静期，登山者可以攀登到山顶的火山口。我之前也到访过活火山，那是在夏威夷岛的火山国家公园，但是夏威夷岛的火山属于盾状火山，这类火山几乎全部由溢出的熔岩流组成，形状像一个扣在地上的盾牌，山体比较低矮，火山口也不明显。但比亚里卡不一样，它属于复式火山，即由火山岩屑与熔岩共同组成，熔岩与火山渣、火山灰堆积出较高的锥形山体，相对高度超过2000米，相当巍峨，还有傲人的雪顶，让人只能仰视。而且它真的威力巨大，在1971至1972年的喷发中，熔岩流让积雪融化，引发了泥石流，摧毁了周边的村镇；2015年喷发时发生岩浆流溢，当地居民不得不撤离避险；平时的小规模活动则频繁到难以计数。

比亚里卡的山顶是一个直径近300米的圆形火山口。我站在火山口边，探头往里看，只见坑壁非常陡峭，几乎是直上直下的峭壁，石头的颜色灰绿泛黄，但看不到坑底。不等我再往里探看，一股热辣辣的气体升上来，呛得我不断咳嗽，几乎窒息，向导

刘嘉麒

中国科学院 院士

中国科学院地质与地球物理研究所 研究员



绘图 / 李亚龙

安第斯山脉的火山高大、众多、活跃

安第斯山脉分布在南美洲的西海岸，从哥伦比亚到智利绵延近9000公里，是全球最长的山脉，也是环太平洋火山带的重要组成部分，有大型活火山近50座，全球海拔5000米以上的火山大部分分布在这里，如哥伦比亚的鲁伊斯火山5400米（海拔高度，下同），厄瓜多尔的科托帕希火山5897米、卡扬贝火山5790米、安蒂萨纳火山5706米、桑盖火山5230米，秘鲁的萨班卡亚火山5976米、米斯蒂火山5822米、图图帕卡火山5815米，智利的圣佩德罗火山6145米、奥亚圭火山5870米、迈波火山5323米。

位于智利北端与阿根廷交界处的奥霍斯—德尔萨拉多火山和尤耶亚科火山分别为6891米和6723米，是南美洲乃至全球最高的两座活火山。奥霍斯—德尔萨拉多火山以南约600公里的阿空加瓜山是座死火山，高6962米，是安第斯山的主峰，也是南美洲的最高峰。

安第斯山脉处于南极洲板块（包括纳斯卡板块）向南美洲板块的俯冲带，这样的地质背景，不仅促使地壳隆升，形成高山，并且有利于产生岩浆，造成火山喷发，这是该地区火山众多，火山活动活跃的根本原因。至于为什么集中了那么多的高大火山？除了地质背景，还与火山喷发的方式和岩浆性质有关。安第斯山脉处于俯冲带之上，相当于岛弧带，有利于产生中性的安山质岩浆，这种岩浆二氧化硅含量较高，黏稠度较大，流动性较差，火山喷发时，多为中心式喷发，喷发物（岩浆、火山渣、火山灰等）多堆积在火山口周围，便形成了高山。由这种岩浆形成的岩石，就叫安山岩，安第斯(Andes)山和安山岩(andesite)显然有内在联系。在那里，很少有像夏威夷那样玄武岩岩浆形成的低矮火山。

连忙把我拽回安全地带。

在比亚里卡的山顶，可以眺望到附近的其他7座火山，锥形的身躯让它们在莽莽群山中非常醒目，而且它们还是群山中最高挑的。如果把视野拉远一些，比亚里卡火山所在的安第斯山脉整体都是一条壮阔的火山带。

印度板块撞击欧亚板块，“挤”出喜马拉雅山脉和青藏高原；太平洋东南侧的纳斯卡板块遇到南美洲板块后，深深地俯冲到南美大陆板块之下，两者“挤”出了世界最长的山脉——纵贯南美洲大陆西侧、延伸8900余公里的安第斯山脉。根据中国地震局火山研究中心洪汉净研究员的划分，全球火山可以分为12个火山带，其中南美洲大陆的大部分地区及南美洲西部海岸带都划入了南美安第斯火山带，不过实际上这一范围内的几乎所有火山都集中分布在安第斯山脉一线，其中不乏世界火山之最。如果说看高山雪峰要去喜马拉雅，那么要把精彩火山看过瘾，南美的安第斯山脉无疑是理想选择。

阿塔卡马地区：最干旱的火山地带

在比亚里卡北部，智利、秘鲁、玻利维亚及阿根廷交界处的阿塔卡马地区，尤其能体会到高原火山特有的雄浑与壮阔。阿塔卡马受副热带高气压带控制，常年盛行下沉气流，并且受到离岸风和秘鲁

阿塔卡马地区

岩浆加热地下水，在世界上最干旱的地方形成了温泉和间歇泉



阿塔卡马地区地处安第斯山脉中部，位于智利、秘鲁、玻利维亚及阿根廷交界处，有“世界旱极”之称，部分地区年均降水量不足5毫米。不过，这里并非全是沙漠。在阿塔卡马地区，有一处叫“地狱谷”的地方，这里分布着许多高温泉眼，既有类似于云南腾冲“大滚锅”的温泉（上图），也有水花与水汽不时喷薄而出的间歇泉，它们都是上升到地表附近的岩浆加热了地下水而形成的。摄影 / 刘莹

寒流等多重因素的综合影响，因此以干旱著名，有“世界上最干旱的地方”之称，曾创下过将近100年没有丝毫降水的纪录。一些地图上把它叫做阿塔卡马沙漠，但是其实这里并非都是沙漠地带，而是地形崎岖、地貌多样的大片干旱之地，地势从西向东逐渐升高。

不知道是否算幸运，我到达阿塔卡马腹地小镇圣佩德罗—德阿塔卡马的第一天，竟然遇到了下雨，据说上次雨水已经是1年多以前了。这座小镇海拔2000多米，是干旱高原上的一片绿洲，有条连接西部低地海岸与东部高原的古道从这里经过，它就像茶马古道、丝绸之路上的那些中转站，为来往的旅人提供补给和慰藉。

这里的火山分散在四处，经常在你不经意间，出现在道路拐弯处。它们的山锥颇为陡峭，山顶平而宽，看起来有种“憨厚”的感觉。在阿塔卡马，还分布着奇特的高原盐沼，这是古代海洋的遗物，在轰轰烈烈的造山运动中，随着大地隆升，一些海水被隔绝在山间盆地里，变成了内陆湖泊。水分不断蒸发掉，盐分留在地面，成了现在时而有水，时而干涸的盐沼。在盐沼中心残留的水面上，智利火烈鸟和安第斯火烈鸟在水中漫步，姿态曼妙。

就在我痴迷地拍摄火烈鸟时，无意中发现，照片背景天空中有一片若隐若现的灰白色。抬头望去，远处有几座山体“规则”的平顶雪峰，宛如海市蜃楼挂在半空。因为盐沼蒸腾，地面飘浮着一层灰白的雾气，雾气延伸到远方，遮挡了天际线，看不到这些山的山脚，而山顶的积雪让它在蓝天背景下显露出来。它们也是阿塔卡马地区的火山，位于玻利维亚境内，有些海拔甚至超过6000米。我们的神话中，经常把大山喻为神祇或巨人，这种感觉在我看到这些火山时变得尤为强烈，因为它们不连绵，而是一个个独立的山锥，有着相对完整的轮廓，更符合“一位巨灵”的感觉。

在离盐沼不太远的位置，有处叫“地狱谷”的地方。得名原因是这里有很多高温泉眼，地面总是被水雾笼罩，正是上升到地表附近的岩浆给地下水加的温。当地人用小石

块围出了几个圆圈，那是间歇泉的范围。每隔一会儿，地洞就开始冒出白色的水汽，然后水花越冒越高，并伴随着大量水汽，霎时间云蒸雾罩，几乎看不到对面的人了。水汽多的原因是间歇泉喷出的水温度高达140℃，超过沸点。岩浆上涌，加热了位置最低的地下水。因为承担着地层的压力，水的沸点提高，直到最后完全变成水蒸气。水蒸气体积比液态水大得多，只能一直向上冲，把泉眼管道里的水挤出地面，喷射出来。等水蒸气释放了压力，泉眼又回归宁静，不再喷水，直到下一次轮回。

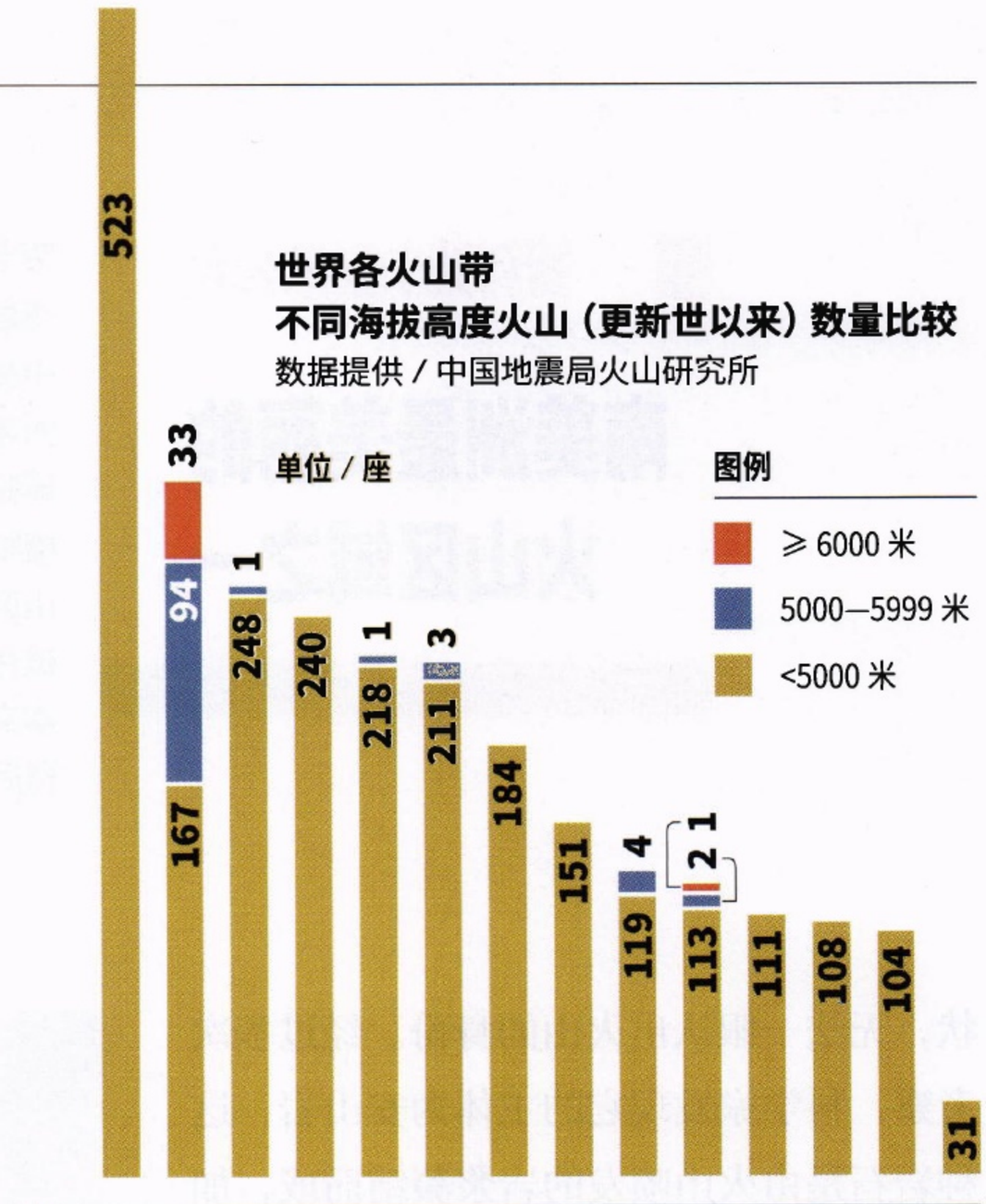
火山喷发跟喷泉有相似之处，也是岩浆受不了压力，从地壳的薄弱处喷出来，喷完之后，有些地方压力释放，岩浆不再补充上来，火山就不再喷发了。地质学上通常把全新世以来（约1万年内）喷发过的火山叫活火山，而在此之前喷发过，但这1万多年不再活动的火山叫死火山。在全世界所有火山中，海拔最高的是安第斯山脉上的一座死火山，它位于阿根廷境内，叫阿空加瓜。

桂冠众多的阿空加瓜：世界最高火山、安第斯山脉最高峰、亚洲以外的最高峰

海拔6962米的阿空加瓜位于阿根廷的门多萨省，它有很多桂冠——世界最高的火山、安第斯山脉最高峰、亚洲以外的最高峰……据说它的名字在当地高山民族的语言中就是巨人的意思。阿空加瓜的山体宽阔，顶部线条略圆，整体外形并不是经典的锥



碧蓝的湖泊四周被群山环绕，可以明显看出其中数座都具有典型的火山锥形态（下图）。阿塔卡马地区地势由西向东升高，山间湖泊和高原盐沼分布其间，火山则常在不经意间出现在旅行者的视野中，其中不乏海拔超过5000米甚至6000米者。“高大”是安第斯山脉火山的一个显著特点。如图表所示，中国地震局火山研究中心洪汉净研究员将全球火山分为12个火山带，其中南美安第斯火山带内的火山集中分布在安第斯山脉一线。根据全球火山数据库的记录，世界上海拔超过5000米的火山约90%都分布在南美安第斯火山带，超过6000米的34座火山中有33座都坐落在这里（数据均为更新世以来的火山）。摄影 / 刘莹



阿塔卡马地区

高海拔火山林立，是安第斯山脉的典型特征



智利劳卡国家公园

南美洲最美丽的火山区域之一

劳卡国家公园位于智利北部，地形以高原为主，帕里纳科塔等海拔6000米以上的巨大火山集中坐落在这里。更重要的是，这里的动植物极为丰富，上百种鸟类在此栖息，美洲驼、羊驼、原驼、美洲狮等哺乳动物在此奔跑，还有数百种植物在此生长。这里被称为南美洲最美丽的火山区域之一，火山、湖泊与动植物共同构成这片雄伟而又生机勃勃的高原（右页图）。下图为本文作者刘莹在劳卡国家公园弹起尤克里里，背后火山耸立。供图 / 刘莹



状，无法一眼认出火山的身份。经过多次考察，科学家发现它的主体为安山岩，这种岩石是由火山喷发的岩浆凝结而成，加上其山顶也有凹陷的火山口，才确定它是一座火山，不过至今还有地质学家持有不同观点。

阿空加瓜被群峰环绕，发育有多条山岳冰川。沿着智利和阿根廷之间的跨国公路途经阿空加瓜附近，我看到大量壮观的断崖剖面，剖面显露出平行的岩层。在野外看到这种平行的岩层，往往是河流或者海洋沉积物积累、固结成岩形成的，而这里的岩层，却是火山一次次喷发，由火山灰、火山渣以及熔岩堆叠而成。这些岩层厚达数百米，难以想象，阿空加瓜在史前喷发时，是多么壮观的场景。

达尔文曾到阿空加瓜考察过，在这里他发现海相沉积的岩层与火山岩相互叠加，推断出安第斯山是在一次次火山爆发中从海底不断隆升起来的。他还在这里找到了被火山灰覆盖形成的树木化石，这些化石甚至保留了大树生前直立的形态。

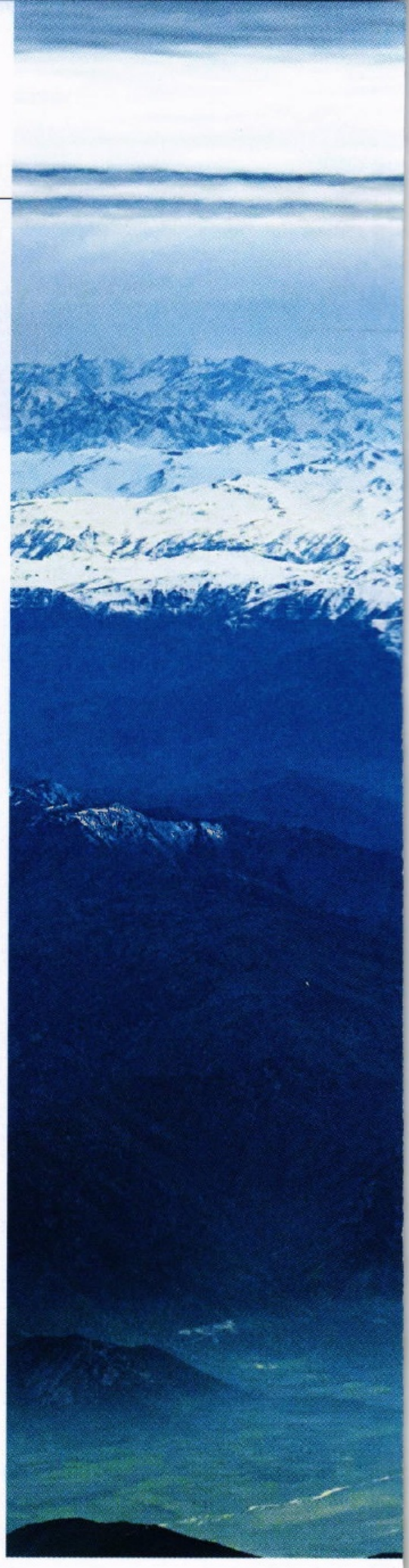
在阿空加瓜山区，有一处有趣的奇观：一片黄绿色的火山泉华山坡，因形状似桥而被命名为印加桥。它长数十米，高三四米，是一片表面圆润的弧形坡地，坡面上黄色为主，夹杂着绿色与黄褐色，好像一幅印象派的油画。泉华是包含碳酸钙的地下水流出后，钙质析出形成的景观，最有名的泉华景观是四川西部的黄龙。阿空加瓜的泉华没有黄龙的面积大，但它的色彩却格外丰富。因为这一带的地下水除了含碳酸钙，还有火山带来的大量硫酸盐类，硫酸盐颜色发黄，而水中的微生物带了褐色、绿色，让这种火山泉华变得绚丽多彩。

最高的火山坐落在安第斯山脉并非偶然，事实上，论高大火山的数量，安第斯山脉在世界上无出其右。根据中国地震局火山研究所提供的全球火山数据库记录，更新世（258.8万年前）以来喷发过的火山中，世界上已知共有139座的海拔超过5000米，其

中安第斯山脉就占了127座。海拔6000米以上的更新世以来的火山更是几乎被安第斯包揽，全球34座中仅1座旁落于我国青藏高原。地质学家刘嘉麒院士还告诉我，他在安第斯山脉考察时发现，这里的火山不仅海拔高，相对高度也很高，“咱们青藏高原上也有火山，但它是从海拔4800米的高原上长起来的，跟安第斯山脉的这种火山是两码事。”

安第斯山脉的高大火山为何独领风骚？火山的形态，其实与岩浆的成分有很大关系。不同地区的火山，岩浆的成分不同，而成分会影响岩浆的一个重要指标——黏稠度。

简单说，岩浆中二氧化硅的比例越高，其黏稠度就越高。岩浆的黏性决定了流动能力，夏威夷那种盾状火山，就是以玄武质为主的低黏度岩浆形成的。比较“稀”的岩浆流出地表，很快就流淌开，摊成一大片，相反，黏稠度高的火山，岩浆溢出后流得慢，在喷发口附近固结成岩，比较容易在喷发口形成高高隆起的山锥。我国内蒙古乌兰察布、克什克腾旗等地，有一些保存完好的火山，它们喷发出的岩浆就属于比较“稀”的，所以山锥规模不大，也不高。另外，除了岩浆，如果火山喷出的灰渣多，它们堆积在喷出口，也容易形成火山锥。





阿根廷阿空加瓜

世界最高火山，孕育了著名的葡萄酒产地

世界上最高的火山是一座死火山，名为阿空加瓜，位于阿根廷的门多萨省，临近阿根廷与智利边境。右上航拍图中，远景里最明显的“金字塔”就是阿空加瓜。它的确切海拔高度尚有争议，一种常见说法是6962米。但毋庸置疑的是，它是安第斯山脉的最高峰，也是亚洲以外的最高峰。虽然阿空加瓜早已沉寂，但它富含营养的火山灰为当地带来了肥沃的土壤，它所在的阿根廷门多萨地区是世界著名的葡萄酒产地，左上图即为当地一处葡萄园（摄影 / 刘莹）。



安第斯山脉的火山，多为二氧化硅含量高的安山岩。安山岩（andesite），英文直译为安第斯岩，这类岩石就是在安第斯山脉命名的，形成它的岩浆大多比较“稠”，形成的火山也尤为高大。安第斯的火山，本来就站在板块冲撞、叠加的高原山地上，又加上自身喷发物质堆积出山锥，可谓“高上加高”，形成了地球上最雄伟壮观的火山带。

钦博拉索之巅：
地球上离地心最远的地方

安第斯火山带上，还有一座精彩的火山不能错过，它就是位于厄瓜多尔的钦博拉索。这个名字对很多人也许比较陌生，但是地理学中著名的“垂直地带性”理论，就是在这里诞生的。

在钦博拉索山，我被问到一个问题：地球表面上，离地心最远的地方是哪里？虽然我是学地理出身，但是第一个蹦到脑海中的答案还是与许多人一样：是海拔8848.86米的世界最高峰珠穆朗玛峰？这问题当然不是平白无故问的，因为钦博拉索的顶峰，才是地球上离地心最远的地方。



原来，我们的地球并不是完美的球体，而是个椭球——由于自转的离心力，地球的赤道更鼓、两极则略扁，如果说得夸张一些，地球是腰腹凸出的“矮胖子”。地球的平均半径是近6400公里，但实际上地心到两极比到赤道的距离要少20多公里。珠峰峰顶到地心的距离为6382.3公里，而海拔6310米的钦博拉索位于赤道附近，山顶距离地心6384.4公里（注意，这里的单位是公里，而海拔的单位是米），成为地表离地心最远的地方。

钦博拉索也是一座死火山，它的山体庞大，略呈圆锥形。多次不同时期的喷发，加上喷发后的塌陷破坏了山体，使得它的外形也不是经典的锥体。

在钦博拉索山脚处，我看到一座石碑，那是献给伟大的德国地理学家、博物学家洪堡的纪念碑。200多年前，洪堡曾经来到钦博拉索考察，他注意到了随着高度升高，山上温度下降、植被变化的特点，并对此进行了科学的测量和分析。



地球上离地心最远的地方不是海拔8848.86米的珠穆朗玛峰，而是安第斯山脉上的一座火山——海拔6310米的钦博拉索顶峰（左图）。这是因为地球不是真正的球体，从地心到两极的距离实际上要短于到赤道的距离，位于赤道附近的钦博拉索因而以2.1公里之差战胜珠峰，凭借6384.4公里的距离成为地球上离地心最远的地方。在这里，德国地理学家、博物学家洪堡首次总结出“垂直地带性”规律，即生态环境随着山地高度变化而改变，各自然要素相互影响。下图为钦博拉索山下的洪堡纪念碑（摄影／刘莹）。

厄瓜多尔 钦博拉索

在离地心最远之地，诞生了“垂直地带性”理论



当时的欧洲人还不知道珠穆朗玛峰，他们以为钦博拉索是世界最高峰。洪堡带着实验仪器攀登钦博拉索，一路测量温度与大气压力，并把考察的成果绘制了一幅科学巨作——钦博拉索的剖面图，标注了不同海拔高度上的数据，总结出生态环境随着山地高度变化而改变的规律，即现在所说的垂直地带性。

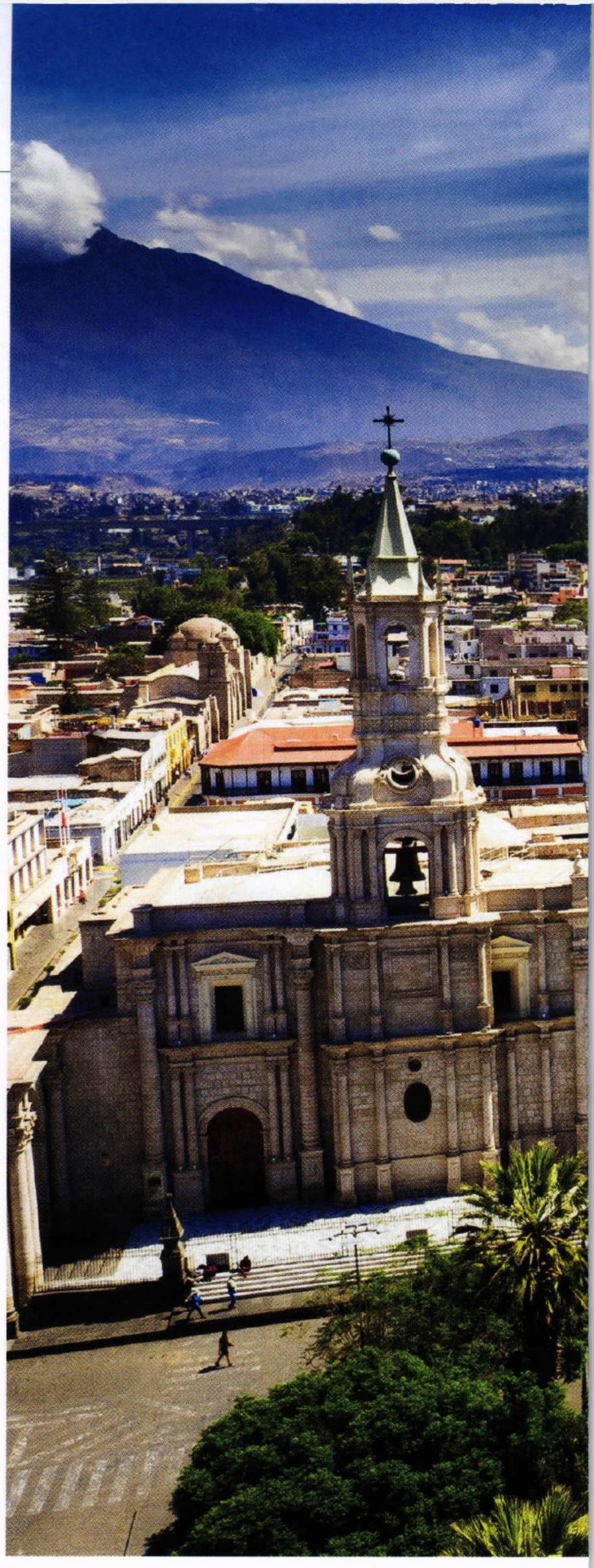
虽然之前也有人观察到过这种自然现象，但是洪堡是第一位把这一规律进行科学总结的人。更重要的是，洪堡提出了综合统一的自然观，经纬度、海拔高度，温度、湿度、大气压，还有动植物，这些自然要素相互影响，有内在联系。这种在当代人看来理所应当的综合自然观，是洪堡首次明确阐述的。

在钦博拉索的雪线附近，登山者纷纷用小石子在雪地上摆出自己的名字，毕竟，对于大多数人，能到一个“地球之极”的机会不多。我也入乡随俗，用石子摆出自己的名字，结果因为汉字的独特魅力，还有不少人特地过来拍照。

阿雷基帕位于秘鲁南部，紧邻米斯蒂火山。现代的阿雷基帕城主要由西班牙殖民者建立，由于许多建筑使用的是白色的火山岩，因此阿雷基帕又被称为“白城”（右图），从城内即可清晰地看到米斯蒂火山。追溯历史，它所处的山谷可能早在公元前5000年就有人类定居。后来，阿雷基帕发展为印加帝国的第二大城，农业十分发达。当时，印加为了安抚山神，会向火山献祭童男童女。1995年，科学家在安帕托火山的积雪中发现了一位500年前被献祭的印加女孩，她的身躯在冰雪中保存完好，被称为“冰公主”，现在保存于阿雷基帕的安第斯圣殿博物馆。摄影 / Christian Vinces

秘鲁阿雷基帕

火山脚下的印加重镇



对当地人来说，安第斯的火山是诅咒，还是恩赐？

在门多萨，我听从当地人的劝告，倒掉随身水壶中的清水，灌满了葡萄酒。在微醺中，我与一群陌生的旅客一起，在酒吧看了电影《天劫余生》。酒吧放这部电影并不是偶然，片子是根据发生在附近的真实事件改编的。那是1972年的一次空难，一架客机在阿空加瓜附近山区坠毁，幸存者在风雪中艰难求生。阿空加瓜山高路险，人迹罕至，限于当时的技术条件，搜救队并没有找到失事的飞机。幸存者们在高寒、缺氧、没有物资的绝境中，经历惨烈的求生过程后才获救。

我在南美安第斯山区的不同地方采访当地人：你们生活在活火山脚下，时刻面临火山爆发的威胁，会不会害怕？但是大多数人都对火山持有平淡态度。火山爆发是天灾，躲过去，等爆发结束，在火山灰上重建家园，依然可以安居乐业，毕竟人生不过数十载。火山提供肥沃的土壤，带来优质的水源，有了这两个条件，人们就可以定居。

是的，谈到火山，很多人会想到大爆发时的浓烟毒气和炙热的熔岩流，但其实大多数时候，火山给人们带来的是益处。火山灰富含矿物质，令土壤肥沃，适宜农作物生长。阿空加瓜所在的阿根廷门多萨，是阿根廷著名的葡萄酒产地，出产全国超过半数的葡萄酒。岩浆冲破岩层，还可以使深层的地下水上升到地表，为人们提供矿泉水。如果把视角拉得更远，可以说没有火山就没有现在极度丰富的生命世界。这并不是夸大其词，因为地球上的水，最重要的来源很可能就是火山喷出的蒸汽。对于地球上水分的源头，科学家们争论了很久，曾有个比较流行的说法，认为水来自靠近或撞击到地球的彗星。但是经过测算，就算彗星上的水能到地球，数量也不会太多。目前，一种得到学界广泛认同的理论是：地球表面有70%被水覆盖，如此大量的水，只可能是地球“自产自销”，而且是由火山喷出的蒸汽凝结而来。

后来在秘鲁的古城阿雷基帕，我看到了古代印加人对火山的态度。这座城市曾是印



加帝国的第二大城，非常繁华，它就建在海拔5822米的活火山米斯蒂的脚下。印加人为了安抚山神，向火山献祭童男童女。阿雷基帕的博物馆中，有一位500年前被献祭给火山的印加少女。人们在雪线之上发现了她保存完好的遗体，她穿着华美的衣服，以盘膝的坐姿长眠在永久积雪中。无人知晓她是否自愿献身，但是500年以来，阿雷基帕背后的米斯蒂，确实没有再爆发过。

火山到底什么时候爆发、什么时候沉寂？刘嘉麒院士说，火山要满足三个条件才能诞生，一是有岩浆，二是有到达地表的通道，三是有向上喷发的动力。太平洋板块俯冲到南美板块之下，巨大的压力和深度令冲入地下的岩层熔融，产生了岩浆。安第斯山脉快速隆起，地层有无数破碎的裂缝，提供了垂直方向的通道。至于向上喷发的动力，理论上是承压的岩浆会向上涌，但是具体到每一座火山，我们还无法准确了解地下深处到底发生了什么。好在现代技术已经可以监测火山的活动，从而提供预警。

厄瓜多尔
伊利尼萨

云端之上的双峰火山，距首都仅50多公里

伊利尼萨火山有一对姊妹峰，一南一北，彼此相距1.8公里，其中南伊利尼萨更为年轻，火山口被厚厚的碎屑沉积物覆盖。这对姊妹峰的海拔均超过5000米，积雪的山顶直插云海，十分美丽。伊利尼萨火山位于安第斯山脉北部的厄瓜多尔，距首都基多仅50多公里。它在全新世以来有过活动的证据，也就是说属于活火山。对于居住在安第斯山脉一带的南美人来说，活火山是他们生活的一部分，大多数人对火山的态度平淡而乐观。

责任编辑 / 任远方　图片编辑 / 王彤
版式设计 / 介彬　地图编辑 / 陈云

六六阅读PDF杂志唯一购买咨询微信二维码

其他渠道购买的用户均无售后保证

方式二：银行转账

账号：11006021001014919500 2

开户行：交通银行北京分行亚运村支行

开户名：《中国国家地理》杂志社有限公司

为便于我们更好地为您服务，请把转账凭证及收件人的联系方式和所购产品信息一起传真至010-64859755

手机京东扫描

微信扫描

方式三：邮政商务汇款

商户客户号：110300906

商户客户名称：《中国国家地理》杂志社有限公司

杂志订阅卡

杂志订阅卡

《中国国家地理》、《中华遗产》、《博物》杂志订阅卡，为企业和个人准备的可以享用整年的问候，持卡人只需刮开密码就可自行激活卡片并完成下单，杂志每月寄送。

手机淘宝扫描



《中国国家地理》杂志全年订阅卡
售价：360 元 / 张
含 12 期杂志（包邮）



《中华遗产》杂志全年订阅卡
售价：360 元 / 张
含 12 期杂志（包邮）



《博物》杂志全年订阅卡
售价：180 元 / 张
含 12 期杂志（包邮）

销售排行榜



《中华遗产》杂志
2021 年全年典藏版

装帧 ※ 盒装 12 册
定价 ※ 360.00 元



《中国国家地理》杂志
2021 年全年典藏版

装帧 ※ 盒装 12 册
定价 ※ 360.00 元



《博物》杂志
2021 年全年典藏版

装帧 ※ 盒装 12 册
定价 ※ 180.00 元



中华遗产增刊《美哉妆容》

各方达人，从不同角度，为你讲解古人的时尚潮流。中唐血晕妆、晚唐花子与花钗、南宋素雅白妆，无论你喜欢哪一款，都有新手教程等着你。更有从眉妆到唇妆的专业解读，为你揭秘地道的古代彩妆。一本书在手，古人化妆心经尽在掌握。

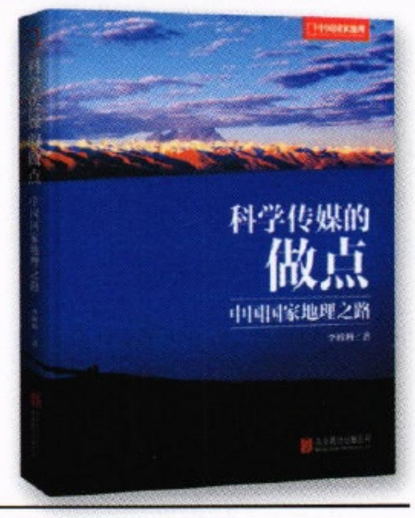
作者 ※《中华遗产》编辑部
装帧 ※ 16 开 ◎软精装 ◎ 360 页 定价 ※ 98.00 元

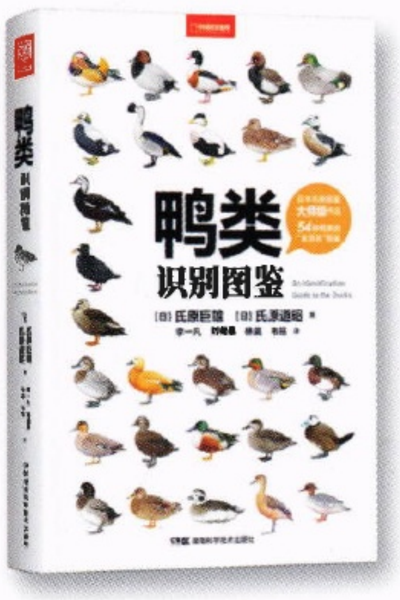
淘宝扫码购买

科学传媒的做点——中国国家地理之路

本书通过讲述《中国国家地理》从老牌科普期刊到科学传媒强者的品牌发展之路，解读了“中国国家地理”在传统纸媒萎缩的时代实现商业突破和逆生长的过程，展现了作者及团队对科学传媒的生存之道和在数字时代不断做强的思考、信念与实践。

作者 ※ 李栓科 装帧 ※ 16 开◎软精装◎ 368 页 定价 ※ 88.00 元





《鸭类识别图鉴》

一本鸭类的“成长图鉴”，1500+ 手绘 & 照片，在入门阶段帮您观鸟，在进阶阶段助您更高效地辨鸟。全书以手绘和照片为主，包括雏绒羽、稚羽、第一次非繁殖羽、第一次繁殖羽、非繁殖羽、繁殖羽等，涵盖了鸭类所有年龄和性别以及杂交个体和性逆转的鸭类，带我们系统地、全阶段探索鸭类世界，从而体验观鸟的无穷乐趣。

作者 ※ 【日】氏原巨雄【日】氏原道昭
装帧 ※ 软精装
定价 ※ 88.00 元



《美丽的地球》

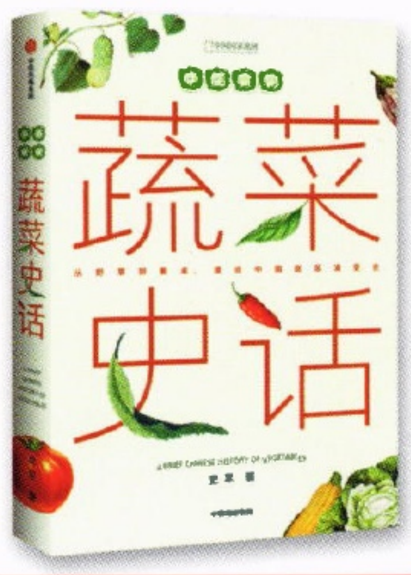
从亚洲到南极洲，精选全球 230 余处自然奇观；从喜马拉雅到撒哈拉沙漠，2000 余幅高水准摄影作品展示七大洲原始魅力！随套装赠送海报《七大洲发现史年表》，走进历经 2600 余年的“地理大发现”。

作者 ※ 斯特凡诺 · 布朗碧拉等 装帧 ※ 16 开◎精装
定价 ※ 546.00 元（全七册）

《中国食物：蔬菜史话》

植物学博士史军新作——融合植物学、历史学和中国饮食文化等不同话题，探究中国蔬菜发展脉络，展现缤纷、生动的蔬菜生活史。中国人为什么爱种菜？也许这本书会告诉你一个更立体的答案。

作者 ※ 史军
装帧 ※ 32 开◎精装
定价 ※ 68.00 元



omegawatches.cn



重见光明世界

作为国际奥比斯组织引以为傲的合作伙伴，欧米茄鼎力支持其为世界各国可防治盲疾患者恢复光明所作的一切努力。通过眼科飞行医院，奥比斯将重要的眼科护理和培训带到世界上最需要的地方，为寻找光明的人们带来希望。多年来，欧米茄与国际奥比斯组织一同创造了巨大的改变。在这里，我们期待你的加入，对每一份帮助我们都将心怀感激。让我们共同见证欧米茄、国际奥比斯组织和泰迪熊携手寻找的光明之旅。

www.omegawatches.cn/orbis

orbis | OMEGA

广告