CHINESE NATIONAL GEOGRAPHY

2019 总第706期 08

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

K928

| 封面 |

黄海沙洲群

首开中国海洋世遗纪录



| 主打 |

羌塘新化石

能改写青藏高原的年龄吗?

脸虎因太萌而濒危,专家拒写新种栖息地获赞

河北临漳:千佛被砸埋坑中,碎片复活成国宝

海带:倒着走遍中国海岸

沙海求生:莫高窟没被鸣沙山掩埋之谜

ISSN 1009-6337

08

9 771009 633193

0100400952422T

杂志交流
15640001698

2019路虎发现无止境 发现路虎星级路线

购路虎·发现 限时3免惊喜

购路虎·发现神行 尊享超低日供0元起

landrover.com.cn　贵宾专线：400-820-0187



广告

杂志交流
1564001698

LAND ROVER

ABOVE & BEYOND



TRS

路 虎 全 地 形 科 技

扫码预约试驾

杂志交流
1564001698


一汽-大众
FAW-VOLKSWAGEN
一汽-
TAYRON
探歌
探
FAW-VW SUV
玩天地
探歌 探岳 一汽-大众SUV家族 全力出击
无论你身在事物冗杂的会议中，还是处于人声喧嚣的城市里，内心总有去释放驰骋天地的雄心，这便是探玩精神。出发，与探歌、探岳一起探玩科技伴你随心而动。来吧，与一汽-大众SUV家族一起，去驾驭，去发现，
网址：www.faw-vw.com vw.faw-vw.com 客户关怀热线：

广告

大众SUV家族 探玩天地

探岳 T-ROC 探歌



一个无法停止的声音，在召唤一次动容天地的出征，天地，4 Motion 智能四驱助你前路大开，多种创新去征服。探歌、探岳全力以赴，邀你探玩天地！

4008 -171-888

"码"上探脸 玩"赚"好礼

Volkswagen

杂志交流
1564001898

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
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
总机 /（010）64865566－376　**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）
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　张璇　骆凡　李欧　康静　雷东军
张妍文　付薇　任远方　祁滢
特聘编辑 / 刘乾坤　左凌仁
校对 / 陆凤山　李成林
美术编辑 / 李晟（兼印务）　崔晓琳
图片编辑 / 吴敬　马宏杰　王宁
地图编辑 / 陈云　王岩
繁体版协调 / 骆凡
英文版主编 / 刘晶（兼）
英文版编辑 / 金畅南
E-mail / bjb@cng.com.cn
传真 /（010）64842217
行政部 / 江郁（主任）　吕鑫　刘景欣　孙媛媛　鲁娜　关佳琪

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 / 李曦
网站主管 / 卢建爽　**微信主管** / 杨静　**项目主管** / 王威
电话（010）64889218·64869398

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
广告热线（010）64848933·2007·1815
（010）64865566·290·289·256
传真（010）64842066

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

中国国家地理·手机视频

探索未知世界　寻觅自然奇观
观看方式
安卓手机用户 下载“咪咕视频”客户端：
导航>合作专区>中国国家地理
即可安装中国国家地理手机视频客户端
无限精彩 尽在中国国家地理手机视频
观看节目2元/条 包月15元/月（不含GPRS流量费）

中国国家地理·荣誉

第二届中国出版政府奖期刊奖
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

“百强报刊”
国家新闻出版广电总局

“中国最美期刊”
中国（武汉）期刊交易博览会组委会

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

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

国家百种重点期刊
国家新闻出版广电总局

新中国60年最具影响力的期刊
中国期刊协会

最具品牌传播价值期刊
中国品牌与传播大会

最受广告主青睐的杂志
国新出版物数据调查中心

中国标杆品牌
哥伦比亚新闻评论

中国邮政发行畅销报刊
中国邮政集团公司

杂志交流
1564001698

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 王洪武 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 • 64806269
E-mail / hyb@cng.com.cn

SCIENTIFIC EXPEDITION 科学考察部

陈辉（主任） 邢悦 陈锐 刘洋 刘之秋
电话 / 传真（010）64852136

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

香港代表处 / 香港全景国家地理传媒有限公司
地址 / 香港湾仔告士打道151号资本中心11楼全层
网址 / http://hk.dili360.com

繁体字版
市场合作 / E-mail bd@cng.com.hk
订阅服务 / E-mail cs@cng.com.hk
电话 / 香港（852）51207888 • 51207889
电话 / 大陆 13802880035 • 13609784976

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 / 中华商务联合印刷（广东）有限公司
上海中华商务联合印刷有限公司
湖南新华精品印务有限公司

广告目录
ADVERTISEMENT CONTENTS

第一跨页 …… 路虎发现无止境
第二跨页 …… 一汽-大众SUV家族
封选对页 …… ISUZU 江西五十铃
P27 …… 重庆万盛
封　底 …… 路虎发现无止境
区域发行 …… 万盛附刊

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.

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

杂志交流
1564001698

28 主打文章 FOCUS

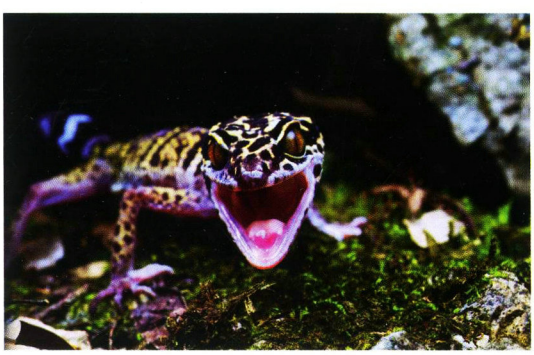
破译“藏北地书”
解读青藏高原生物演化的化石密码

Deciphering the “Earth Book”: The Fossil Records of Evolution on Qinghai-Tibet Plateau

撰文 / 王蕾　摄影 / 苏涛 等

青藏高原被人们称为“世界屋脊”、“第三极”，其实它是从古地中海中缓缓隆起形成的。这场沧海桑田的巨变让很多古老生物被埋藏在青藏高原的地层之中。本文作者和摄影师跟随参与第二次青藏高原综合科学考察研究的科考队员，见证了他们在地层中发掘古生物化石，并通过破译这些记录在地层中的信息，解读青藏高原隆升过程对生物演化的影响。





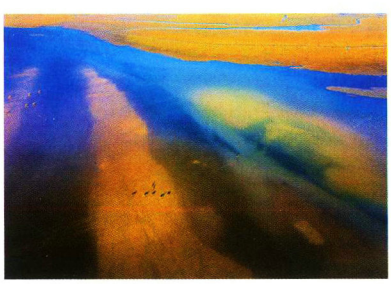
因宠得祸

神秘的中国睑虎悄然走向濒危

Driven to Extinction: Saving Neglected Cave Geckos in China from Pet Hunters

撰文 / 杨剑焕　摄影 / 刘馨阳 等

54



黄海南部沙洲群
不仅仅拥有中国首个海洋世界自然遗产

Shoals at Southern Yellow Sea: Not Only the First Marine World Heritage of China

撰文 / 汪竞　摄影 / 孙华金 等

98

独家报道

68

河北临漳
佛教考古最大发现获新进展 考古学家妙手复活国宝佛像

Repair the Buried Buddha Statues at Linzhang: The Advance of Archaeological Research on China’s most Important Buddhism Discovery

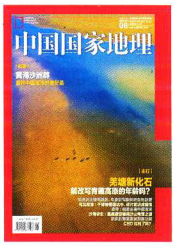
撰文 / 宗峰 沈丽华
供图 / 邺城考古队　学术顾问 / 何利群



杂志交流
1564001698



本期封面
江苏省盐城市
滨海湿地
摄影
孙华金



从“风尘仆仆”到“尘埃落定”

莫高窟不会被鸣沙山掩埋之谜

Through 1600 Years of Wind and Sand: How Mogao Grottoes Survived the Threat of Drift Sand?

撰文 / 泓溢　摄影 · 供图 / 孙志军 等

114





中国海带

从罕见的“舶来品”到大众美味

China's Seaweed: From an Introduced Species to Popular Delicacy

撰文 / 刘夙　摄影 / 邱军 等

134

青蒿种质库

诺奖草药的“基因银行”

Preserving Germplasm of Sweet Wormwood: The “Gene Bank” of a Herb Won Nobel Prize

撰文 / 朱千华　摄影 / 覃士柱 等

150





CBD生长版图

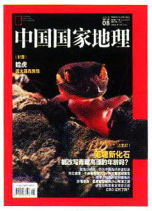
新兴产业不再热衷，城市建设却情有独钟

Growth of China's CBD: Abandoned by Newly-emerged Industries, yet still Favored by City Designers

撰文 / 三桃　摄影 / 王守明 等

162

杂志交流
1564001698



1 2 3 4

更多资讯请登录
中国国家地理网
www.dili360.com

备选封面1是我国沿海地区海带养殖的壮观场景。海带直到上世纪20年代才引入到我国，经过多年培育，如今我国的海带收获量已稳居世界第一。这张照片明暗对比鲜明，密密麻麻的海带悬在空中，在阳光下仿佛金黄色的丛林。拖着海带涉水而过的劳动者更为图片增添了几分活力。然而，由于画面比较复杂，反而影响了阅读，封面上的文字看起来不够清晰，整体稍显凌乱。因此，这张备选封面只好遗憾落选。

备选封面2是一只幼年的广西睑虎，大大的红色眼睛正好奇地打量着周围的世界。睑虎这种壁虎科动物凭借如此美丽的大眼睛而深受宠物爱好者和摄影师们的青睐，却在各种因素下陷入濒危。这张照片的主体鲜明，光线恰到好处地打亮了这只睑虎的轮廓，显得既可爱又不失霸气；周围的石头则体现出睑虎喜爱的栖息环境。同时，这只小生命的鲜红色躯体和虹膜也刚好与我们的红色边框相互呼应。可惜作为封面来说，这张照片中的信息量还是略显单薄。

备选封面3出自本期卷首文章。新疆阿勒泰地区的萨尔布拉克草原上，哈萨克族妇女威风凛凛地率领着牛羊“大军”前行，即将转场至阿尔泰后山夏牧场。“率军”的女牧人骑着高头大马，羊群紧紧跟随在她身边，扬起滚滚尘沙随风飘散。光与影、风与沙、人与兽之间的视觉平衡和互动在这张黑白照片中表现得别具一格，也将牧民转场时大战般的浩荡气势彰显得淋漓尽致。可是，我们几乎不曾使用黑白图片作为封面，大家有些犹豫：这张照片能够第一时间抓住读者的注意力吗？

备选封面4在编辑部和网络上都备受瞩目——这是江苏省盐城市滨海湿地的一片辐射沙洲，阳光下，一群野生麋鹿正在自由自在地驰骋。我国黄海南部的沙洲群拥有广阔的泥沙滩涂，不仅是亚洲最大、最重要的海岸型湿地，也是古黄河、古长江和中国海岸变迁的重要见证者。这张航拍照片色调明快，视野广阔，构图虽简洁，却因奔跑的麋鹿而不失生机，同时清爽的大色块画面也为封面文字提供了充分的书写空间。恰逢沙洲群中的候鸟栖息地在上个月刚刚喜提中国首个海洋世界自然遗产，我们决定，本期封面就选择它了。


坦桑尼亚
动物迁徙及人文地理考察
活动时间
2019年10月1日
至10月9日（9天）
活动费用
43800元/人
山河探享会会员享9.8折
10月的东非大草原上，野生动物们从肯尼亚南下归乡，踏上奔腾的生命之路。狮子巡视着自己的领地，潜伏在树上的花豹耐心地等待着猎物靠近，对此毫无察觉的瞪羚还在成群地觅食，秃鹫也焦急地盘旋着，而非洲象似乎是置身之外的长者，默默地看着草原上的一切……
一年一度的动物大回迁与北上大迁徙同样值得期待。
摄影／金肖依
科学考察
中国国家地理
摄影／王彤
中亚西帕米尔高原考察
中国新疆
乌兹别克斯坦
塔吉克斯坦
活动时间
2019年9月27日
至10月8日（11天）
活动费用
39800元/人
山河探享会会员享9.8折
摄影／邢悦
“大河巡礼”之尼罗河古埃及文化考察
埃及
活动时间
2019年11月2日
至11月12日（11天）
活动费用
36800元/人
山河探享会会员享9.8折
报名及了解更多活动详情，
请扫描右侧“中国国家地理科学考察”
官方微信号二维码
或拨打电话010-64851539
010-64852136
2019
8.15
兴全基金 AEGON-INDUSTRIAL Fund
中国国家地理大讲堂
探险车手的极限挑战
主讲人
何旭东
著名极限车手

杂志交流
1564001698

牧行万里 探知神州

“穿越喜马拉雅 寻访唐竺古道”

翻越高峻的拉轨岗日山，爬升跃过嘉措拉山口、拉乌山口、孔唐拉姆山等一系列海拔 5100-5300 米的极高垭口，抵达 5200 米的珠峰大本营，江西五十铃 mu-X 牧游侠 &《中国国家地理》杂志社“牧行万里 探知神州”联合科考活动第二季结束了首站“四江并流”的横断山之行后，开启了挑战高喜马拉雅、驰骋雪域高原的第二站。

全程 1600 多公里，历时 6 天的科考活动中，在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究员沈永平老师及中国社会科学院特聘专家、知名象雄文化学者陈泠老师的带领下，科考队穿越喜马拉雅山脉 8000 米级雪山群，解密唐竺古道上那些遗落千载的文明。



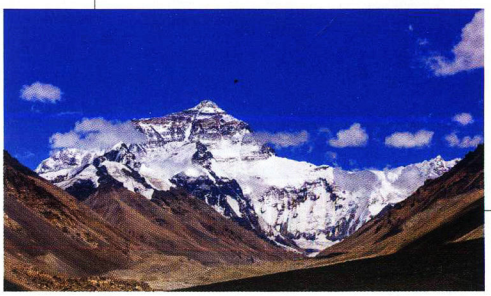
广告

行走“世界屋脊”，行摄喜马拉雅

作为地球上最年轻也最雄伟的山脉，喜马拉雅山脉是很多人向往的“诗与远方”，“心灵的圣地”，它的主峰——海拔 8844.43 米珠穆朗玛峰更是闻名中外。

自拉萨出发，联合科考队首先来到了唐竺古道沿线的文化圣地——尼木，相传这里是吞弥·桑布扎创造藏文字的地方，历史悠久的尼木藏香、雪拉藏纸、普松雕刻和藏文书法是这里的文化四绝。科考队员们在此体验了一千三百年前尼木吞巴藏香的古老制作工艺，记录了藏香古老的特色配方。离开尼木，科考队来到了海拔 5100 米的山坡之上、珠峰脚下的绒布寺，更是徒步抵达 8844.43 米海拔高程测量纪念碑。作为已知世界上海拔最高的藏传佛教寺院，绒布寺在气象条件状况良好时，是观赏珠峰全貌的优质观景台，科考队员们在此一饱眼福！

凭借车辆的出色越野性能，科考队沿着上世纪探险家们挑战珠峰徒步进山的路线，经历坑洼碎石、“炮弹坑”、搓板路和水洼，科考级 SUV 的 mu-X 牧游侠在此时更是大显身手：1.9T RZ4E 和 3.0T 4JJ1 柴油发动机在高海拔地区仍能爆发强劲动力；随心切换的分时四驱搭配后桥伊顿



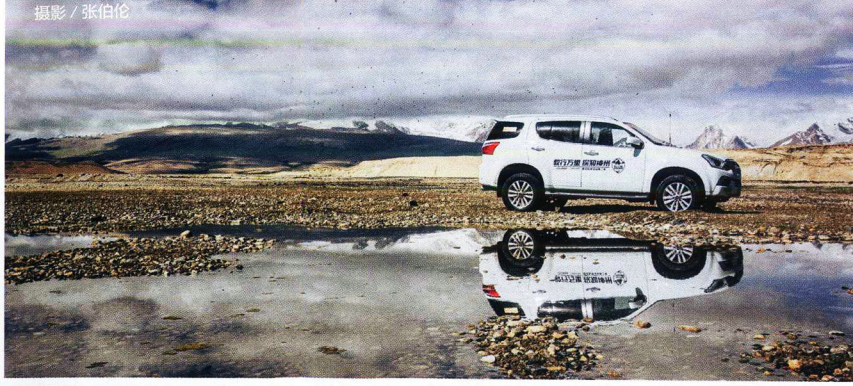
珠穆朗玛峰

差速锁，再加上意大利豪华轮胎品牌倍耐力 SCORPION ATR 与 SCORPION ALL TERRTERRAIN PLUS 两款轮胎的加持，让车队越野爬坡变得轻而易举，轻松应付复杂路况；九横双纵式大梁结构的非承载式车身，大幅过滤了颠簸震荡带来的不适。

科考队历时三日，一路穿越喜马拉雅，拍摄包括世界第一高峰珠穆朗玛峰、世界第四高峰洛子峰、世界第六高峰卓奥友峰等 8000 米级的雪山群，并在研究员沈永平的带领下，亲历了喜马拉雅山脉南北坡的气候和植被差异，分别采集岩石标本留作研究。同样难能可贵的是，车队行驶至山脉中段时，平日里腼腆的希夏邦玛峰在日光映照，白云缭绕间探出身子来。









寻访千年古道，再现遗落文明

走过希夏邦马峰和湖水面积达 280 平方公里的蓝湖佩枯错，跨过垭口海拔 5236 米的孔唐拉姆山，吉隆河谷风貌展现在眼前。吉隆河谷作为切穿喜马拉雅山脉的重要山谷，是唐竺古道中的重要驿道，千百年沟通了中原地区、青藏高原与南亚次大陆。

科考队前往地处吉隆沟腹心地带、鲜有外人到来的扎村。扎村，在藏语中意为“水草丰盛的地方”，这里居住着古老的象雄阿雅人后裔，传说阿雅人正是被誉为“最智慧人种”的雅利安人与吉隆象雄人民融合繁衍的后代。在象雄文化研究学者陈泠的引领下，实地寻访了象雄阿雅人——拉旺罗布家族，拍摄记录了阿雅人的古老房屋及专属寺庙遗址，了解到饮食服饰、方言、建筑及婚姻习俗等方面。而雅利安人后裔阿雅人，正是唐竺古道历史上沟通青藏高原与南亚次大陆的“人证”。考察队在吉隆县城，获准参观拍摄了重要文物“大唐天竺使出铭”石刻，这块清晰记载唐使王玄策出使印度的碑刻则是“唐竺古道”最有力的物证。

离开扎村，科考队在吉隆镇玛噶村西附近的原始密林中徒步近 4 个小时，考察位于海拔约 3400 米的半山崖壁上的史前岩画。岩画的内容以狩猎场和宗教符号为主，如雍仲符号崇拜、原始自然物崇拜、鹰崇拜、树崇拜和女性生殖器崇拜。最具代表性的是猎人猎杀骏马的画面，据专家推断这极可能是马尚未被驯服之前，距今一万年前的作品。这些用赤铁矿粉作为颜料绘制而成的岩画，在一笔一画中勾勒出了古时吉隆河谷一带的社会经济形态和独特的文化传统。

穿越喜马拉雅山脉，寻访唐竺古道。即便是世界最高大的山脉也并非阻隔和障碍，人类不同文明之间早已汇入涓涓江流，跨越层层高山，在漫长的时空里不断融合、发展和演变，构成了一幅斑斓壮阔的图景。“牧行万里 探知神州”联合科考活动第二季第二站科考活动落下帷幕，但 mu-X 牧游侠对自然与文明的探索永不止步。下一站，联合科考队将迈向“世界屋脊”上的屋脊，开启“阿里高原考察，发掘藏地文明起源”科考之旅，敬请关注！



在吉隆县文物局的带领下，科考队考察了史前岩画，并在岩画一侧的山崖上偶然发现了一处洞穴，洞口被山崩垮塌的巨石堵住，从边缘看到洞内有储水的痕迹，初步推测这里有可能是古人在山间取水的水源地。

广告

杂志交流
1564001698

额尔齐斯河，一条游牧的河

撰文 | 单之蔷

中国的“旗河”：额尔齐斯河，一条游牧的河

河流有多种功能：灌溉，发电，航运……还有一种功能是任何讲河流的书中都未曾提到的——游牧功能。这是我去阿勒泰考察额尔齐斯河（以下简称额河）时的一个认识。

这条河是中国唯一一条流向北冰洋的河，也是新疆北部准噶尔盆地中最重要的一条大河……关于这条大河有一些问号吸引着我：为什么这条河的流域图是那么奇特？在中国境内，这条河的所有支流都来自右岸，来自阿尔泰山……我们直到珠峰上有“旗云”——云像旗帜朝向一面飘动……还有“旗树”，说的是有的树，树枝只是一面有，远看像一面旗帜……我想说：额尔齐斯河是一条“旗河”，它所有的支流都在右岸（说的是中国境内这一段）。在地理的书中，这类水系形态有专业的术语称呼之：“梳状河”或“栅栏河”……其实，额河能成为一条旗河也是很悬的，在一个地方额河差一点就丢掉了这个“桂冠”。这次去额河考察，我们还专门去考察了这个地方。这个地方也没有什么名字，我给它起了个名字——河湖岭。事情是这样的：额河的东边还有一条大河——乌伦古河，它也发源于阿尔泰山，出了阿尔泰山，进入准噶尔盆地，转向西流，它似乎要汇入额河，二者结为伉俪一起奔向大海。但是就差咫尺的距离时，它被挡住了，被迫成湖——乌伦古湖。这时它离额河不到 2 公里。如果乌伦古湖与额河相汇（自然地连通）了，会发生如下事件：1、额河的干流将改变，将以乌伦古河为正源。2、乌伦古



河将由内陆河变为外流河。3、也可能发生河流袭夺，乌伦古河把额河夺过来，这要由准噶尔盆地的地势格局来决定。4、额河是否改名将引发争论……

即使发生这一切，哈萨克族人的游牧还会继续……因为夏牧场在高山上。

说额河的一个重要功能是游牧，原因是这样的：一是这条河的一条条支流，就是牧民的一条条转场的道路。牧人就是循着这些河流上下迁移的。二是阿尔泰山地处欧亚大陆的中心地带，远离海洋，降水稀少，在这干旱区中，几乎只有河流造就的河谷才有绿色的牧

转场，每年数百公里的征程

生活在阿勒泰地区的牧民们维持着几千年来的放牧生活，从春到冬，他们循着牧草生长的规律，驱赶着畜群从山前平原的冬牧场到高山夏牧场又回到冬牧场，转场的路线短则几十公里，长则数百公里。初夏，福海县的牧民们又开始了忙碌的转场，他们得抓紧时间赶到夏牧场。因为虽然夏牧场牧草繁茂茁壮，但是畜群只能在那过上短暂的两个月，到了8月下旬就是山中的冬天了，那时他们就得下山。老人在前方指路，青壮年在后面驱赶畜群，主妇则照看孩子和驼队、负责后勤工作，这是一支井然有序的“急行军”。

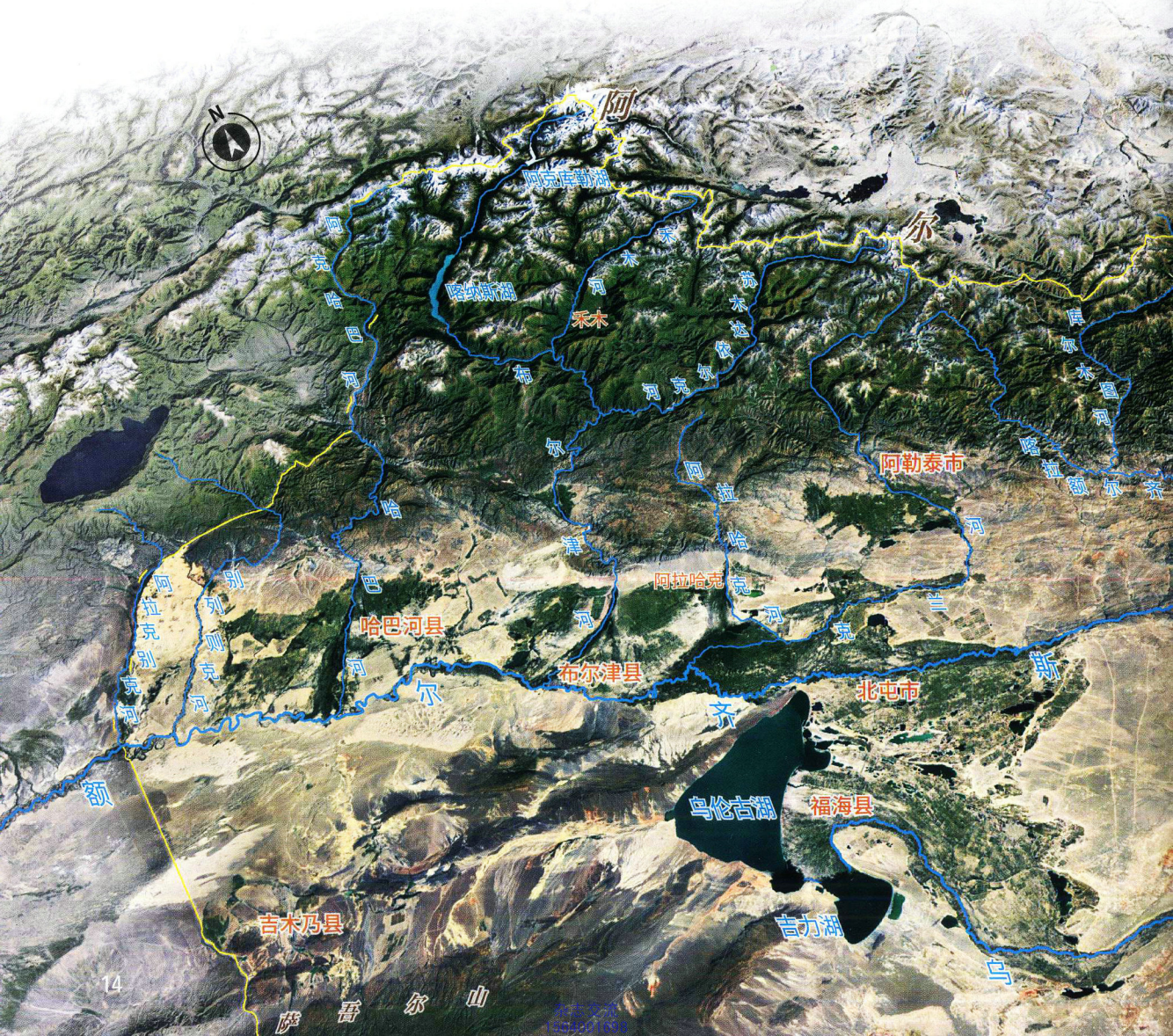
摄影 / 许萍



场存在，尤其是一些宽谷地带，更是优良的牧场……一些支流的支流可以把牧人和牲群引到山顶古冰川作用形成的U形谷地或者古冰斗形成的盆地之中，现在这些地方都是优良的夏牧场。三是牧人和牲群的生存本身就离不开水……总之，这些河流形成的网络，像血管一样，游牧的人和牲畜就像是血液沿着这些网络脉动……

每年3—5月份，牲群从准噶尔盆地的冬牧场，越过额尔齐斯河，来到了额河的右岸，聚集到阿尔泰山的山麓地带——这里就是“春牧场”。羊群在这里生育春羔，牧人们接羔育雏，给羊及骆驼剪毛……到了6月，小羊能够远行时，下一次转场就要开始了：牧人们一家老小，骑着马，挥鞭驱动着羊群、牛群，骆驼驮着全部的家当，顺着额尔齐斯河的一条条支流，逆流而上，去往高山夏牧场……这是与河流汇集水流——从支流入干流——相反的过程，是一场放射性的运动，有些像心脏把血液输送到血管的末梢……

在夏牧场的日子可以说是人和牲畜最幸福的时光了：草是那样的丰盛，与冬牧场比简直可以说是盛宴……牧人说：“羊群迫不及待地前往夏牧场，在那里，羊几乎不用走动，只是躺在那里，歪着头，左一口，右一口，就可以吃饱了……”对于牧人而言，夏牧场的生活如此惬意，气温凉爽舒适，蓝天白云，山花似海……然而幸福的时光很短暂，也就是7、8月两个月的时光，天气就开始逐渐



地转冷了。到 8 月下旬，天空时不时地就会下起雪来。到了 9 月，就必须考虑下山了，因为如果晚了，被一场大雪封在山里，牧人就会倾家荡产 …… 因此，9 月，牲畜从额尔齐斯河的一条条支流开始向着干流汇集，这个过程倒是很像河流正常的流动过程 —— 一场收缩运动：牧人和牲畜又回到了额尔齐斯河的干流旁，其实又回到了春天它们出发的地方 —— 春牧场，不过这时它已经被称为秋牧场了 ……

畜群顺着额尔齐斯河的河网转场



水是转场中最重要的资源，额尔齐斯河就是阿勒泰地区转场的生命线。阿尔泰山的冰川融水灌溉出了水草丰美的高山牧场，密集的小支流顺着山势向南流淌，从同一侧汇入额尔齐斯河，形成了典型的梳状水系。这一道道平行排列的支流就是天然的牧道，牧民沿着支流上山，路途相对平坦，也不用担心水源和牧草。从平原上山的牧民大多得经过额河干流，如上图所示，有经验的牧民会找到水势平缓的地方，牛、马可以趟水过河，羊羔、牛犊则用小船运过河。摄影 / 叶尔江 · 木哈买提





在秋牧场停留的两个多月，对牧人是收获的季节，羊贩子的车川流在一个个牧场间。对许多羊而言，则是生命的终点。冬牧场寒冷缺草，只能维持少量羊的生命，其余的羊要在秋牧场出栏。“出栏”这个词是羊“生命结束”的委婉说法。游牧之所以运转了千百年，原因多种，其实还有经济上的因素：游牧用较短的时间，较低的成本，产出了它的产品。我一直想写一篇《吉木乃的羊》，但难以下笔。在吉木乃羊肉的广告上，有这样的词——“千里羊”，说这儿的羊肉鲜嫩。因吉木乃的小羊3月在春牧场出生后就步履蹒跚地跟随母亲踏上了转场的路，去夏牧场大约要走500公里。夏牧场水草丰美，小羊迅速长大（这段时间是羊的快速生长期，几个月后生长速度变慢），到了几十公斤后，山上



冬天来临了，小羊随着羊群开始下山，又走了近500公里，到了秋牧场，9—10月，小羊要“出栏”了。这就是吉木乃一只小羊的生命历程：1000公里的迁徙，一去一回，一只小羊的一生就完成了。去夏牧场好像是一只小羊要去实现它临终前的一个愿望……

文学与地理：李娟与周廷儒两种视角看转场

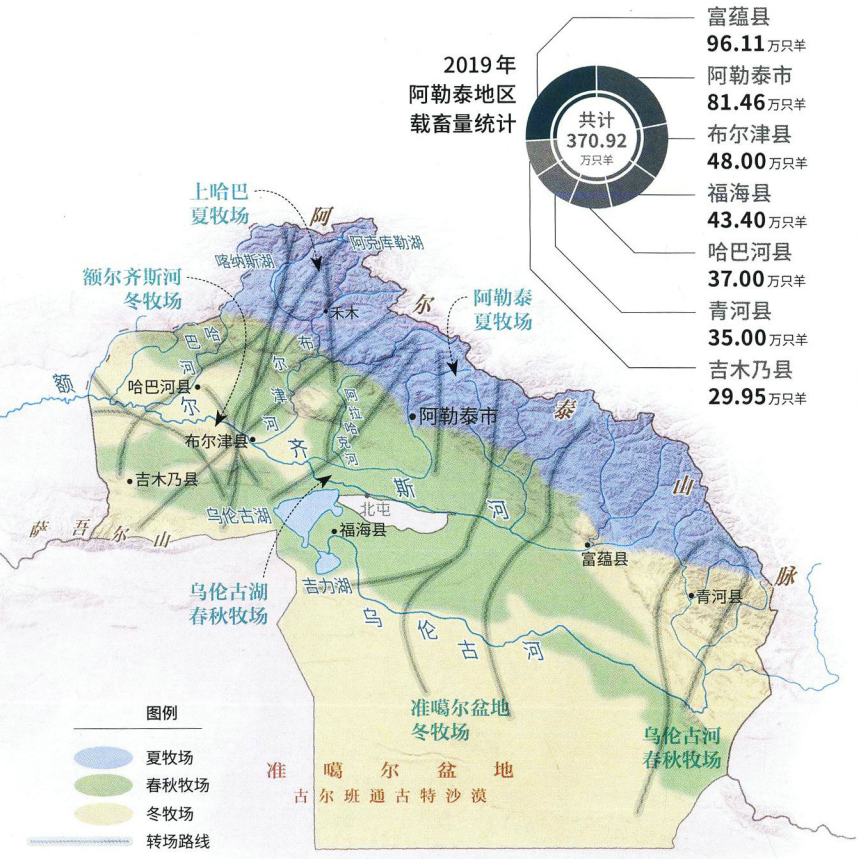
地理有一个重要的主题，就是要研究一个区域，要研究地方。研究地方，离不开研究人，研究人地关系。但是地理学家研究的人，是一个集体，一个族群，地理学家不研究作为个体的人。因此地理学家研究人的群体的迁徙、来源、历史，他们的产业、经济结构、物流、信息流……地理学家眼中的人是抽象的，看地理学家的书，即使写的是人之间的事，也觉得像在空中俯瞰一样，只看到了外观上的一切，无关人心。为了弥补这一点，在研究一个地方时，我一定要找文学作品来读。文学作品的好处是，你拿起来一读，就能直接接触到那里人的内心生活了……

我在研究西藏的时候，要找仓央嘉措的诗来读。

高山夏牧场，藏在阿尔泰山间的黄金牧场

阿勒泰地区有着广袤的草原，占整个地区面积的61%。按照地形条件和气候特征，可分为平原冬牧场、低山春秋牧场和高山夏牧场。夏牧场分布在阿尔泰山的山坳间，这里的年平均气温较高，土层较厚，土壤肥沃，生长着多种禾本科、莎草科的优良牧草，牧民们这样赞美夏牧场：“草深到找不着马儿。”因此不论转场上山的路途有多么艰辛，牧民都会驱赶着畜群按时按点到达夏牧场，不能错过牲畜抓膘的好机会。春秋牧场分布在低山丘陵地带，避风遮寒，气候比较温和，是畜群保存体力、休整的地方。冬牧场气候寒冷，牧民会找到相对避风、沿河、向阳的地方，度过阿勒泰漫长的冬季，这些地方就是“克斯塔乌”，即冬窝子。图片拍摄的是6月末的托勒海特夏牧场。摄影 / 王彬

杂志交流
1564001698



阿勒泰地区主要牧场及牧民转场路线示意图

转场，串联起了阿勒泰牧民的生产周期

几千年来，牧民一年四季在自己的春夏秋冬草场来回迁移，一年3到4次转场，日行程大约15公里，所谓“羔羊程”指的就是这个距离。每年3月底，过完纳吾鲁孜节（哈萨克族的春节，农历春分），积雪自南向北开始消融，牧民们从冬牧场出发，向北转场去山麓的春牧场，他们会在春牧场停留3个多月，接羔育幼、剪毛驱虫这些活儿都会在春牧场完成，然后6月底出发去高山夏牧场。夏牧场的优质牧草足够牲畜吃上两个多月，养得膘肥体壮，其间牧民还得打理好冬牧场，储备牧草。8月下旬山区开始下雪，牧民逐渐往山下转移，到秋牧场给牛羊配种，卖掉一些牲畜。11月下旬再次回到冬牧场定居，圈养牲畜。

这次研究阿勒泰的转场，我找了女作家李娟的书来读。李娟是汉族，我本来应该找一位哈萨克族作家的书来读，但是抱歉，写阿勒泰的游牧，非李娟不可。她曾经跟着妈妈在阿尔泰山随着哈萨克族牧民转场的脚步开了个流动的小商店，那些年她一直辗转在阿勒泰的几个牧场。她对阿勒泰牧民转场的体验非常深刻。

不过只读文学，还是无法了解游牧。因为文学无法赋予理解游牧这件事的一个框架。文学对人的关注似乎是一种垂直结构，就像一片森林，里面奇花异木、老树枯藤……十分吸引人。但是我们有时需要离开森林，爬上高地，瞭望一下整个环境，森林在其中的位置、大小，其他景物如何……

对我而言，这块供瞭望的高地就是地理。我找来了我国著名地理学家周廷儒先生的一本文集，其中一篇文章是他1942年写的，名为《环青海湖山牧季移》，谈的就是游牧。他谈的是青海湖周边的游牧，但是道理大同小异，他的一些观点和说法十分有启发性。于是我既有文学，又有地理：一边是作家李娟的几本写阿勒泰游牧的书，一边是周先生文集中的《环青海湖山牧季移》，就这样开始了我的探索。

对于游牧的理解，地理学家周先生一出手，就十分惊艳。你看他文章的题目《环青海湖山牧季移》。他给转场起了个名称——“山牧季移”。这四个字，几乎就是对游牧的定义或者说对游牧本质的高度浓缩，周先生好像创造出了一个成语：山牧季移。在高山上放牧，随着季节移动……这么多字还是不如那4个字有韵味。

文学难道会在地理的面

杂志交流
1564001698

前败下阵来，显得浅薄而愚钝吗？不会的，我对李娟充满信心。我在她的书中寻找她对游牧本质的描述或概括 …… 文学不会用逻辑的语言来对游牧进行论述，它诉诸于人性，去触动人心灵深处的柔软之处 …… 一本一本地读，难道在阿勒泰的岁月未曾让她体会出游牧的个中真味？终于找到了，《春牧场》的《盛装的行程》一文中，她说：“搬家，对游牧的人们来说，不仅仅是一场离开和一场到达那样简单。在久远时间里，搬家的行为寄托了人们多少沉重的希望啊！春天，积雪从南往北渐次融化，牧人们便追逐这融化的进程，追逐着水的痕迹，从干涸的荒原赶往湿润的深山。秋天，大雪又从北往南一路铺洒，牧人们被大雪追赶着，一路南下，从雪厚之处去往南方的戈壁、沙漠地带的雪薄之处。在那里，羊群能够用蹄子扒开积雪，啃食被掩埋的枯草残根。在这条漫长寂静的南来北往之路上，能有多少真正的水草丰美之地呢？更多的是冬天，更多的是荒原，更多的是忍耐和坚持。但是大家仍然要充满希望地一次次启程，仍然要恭敬地遵循自然的安排，微弱地，驯服地，穿梭在这片大地上。连长有翅膀，能够远走高飞的鸟儿不是也得顺应四季的变化，一遍又一遍地努力飞越海洋和群山吗？”



福海县牧民：一年往返 800 公里，这还不是阿勒泰转场最远的征程

这些福海县的牧民从古尔班通古特沙漠的冬牧场赶来，经过了最艰辛的阿克达拉戈壁，刚刚到达山脚下的萨尔布拉克草原，但这不是终点，他们还要沿着喀拉额尔齐斯河河谷上山，去夏牧场。这一条路线，往返长达800公里。还有牧民走得更远，以布尔津县窝依莫克镇通克村为例，他们每年从萨吾尔山去喀纳斯湖附近的也买盖提草场，一年得跋涉900多公里。摄影 / 许萍

这段话我觉得就是李娟对游牧转场的认识，这种认识远远地超越了多少人对游牧的轻薄赞美 …… 游牧是忍耐，是坚持，这是一个在冬窝子里苦苦地等上半年的人才能说出的话。

比如关于给马蹄钉上马掌铁这样的事情，两人都有文字涉及到。

李娟在《羊道：春牧场》一书 65 页写到哈萨克族牧人 15 岁的姑娘卡西盼望着能给她带来新鞋子的姐姐阿娜尔罕的到来，其中有作者和卡西的哥哥斯马胡力的一段对话：“我问：‘马几个月换一副掌子？’斯马胡力说：‘石头路的话一两个月就换吧。’我又问：‘那卡西几个月换一双鞋啊。’他大笑：‘卡西一个月四双鞋！’”接着李娟描述了卡西的鞋的各种坏法 ……

周廷儒在《环青海湖山牧季移》中竟也写到了马蹄铁。当时我看到，为之一震，因为这个马蹄铁是一项重大技术发明。中国在唐代以前还没有引进这项技术。汉武帝好打仗，据说深为战马的蹄子被磨烂流血丧失战斗力而苦恼，听说西域大宛有汗血宝马蹄子耐磨，所以派妻舅李广利去攻打大宛，以获取宝马。周先生是这样说的：“环海（青海湖）产藏马，体态稍小，矫健善驰，历史上尝以青海骢著称。草地

杂志交流
1564001698



五畜俱全，是阿勒泰转场的特色

在阿勒泰，你能看到“体大如牛，尾大如盆”的阿勒泰大尾羊、山羊、牛、马还有骆驼一起转场的景象。马认识路跑得快，一般在队伍前方，牛羊跟在后面，骆驼驮着物资，“行军”队伍忙中有序。新疆的山羊并不多，以2017年为例，新疆全区有3746万头绵羊，572万头山羊。因为山羊会啃草根，像推土机一样，对草场破坏巨大，因此就算山羊绒利润颇高，牧民也不会养很多山羊，但山羊又是羊群中不可缺少的，没有山羊，羊群的行动速度会很慢。

摄影 / 许萍



之马，行走不需铁掌，为藏民代步之重要工具。”

这里可见地理学家与文学家的不同视角。李娟用哈萨克族牧民斯马胡力的口，说出了一个知识点：在阿尔泰山，马一两个月就要换马蹄铁。但是在这里它不是作为一个普遍知识说出的，而是聊天般随意说出，读者很容易滑过去，注意不到这是一个知识。可见文学之特点：知识是在无预期的、对日常生活的叙述中自然流出。地理学家周先生是在前述的论文中说出这一点：“草地之马，行走不需铁掌。”周先生的这句话与李娟不同，他关注的是横向的网络状的知识，当他写下这句话时，他可能想起了在戈壁、在石质的山路上行走的马，他的脑海中可能涌现出他所知道的各地的马，经过比较，才有“草地之马，行走不需铁掌”。这句话的潜台词是马大都是需要钉马掌的，这对于周先生来说已是背景知识，他注意到了青海湖边的“青海骢”的与众不同之处，并且讲出了“不需铁掌”的原因：草原之马，行走在松软的草地上……地理学家要把一种现象放到横向的网络去比较，看出不同寻常之处，并且给出解释。

地理诉诸理性，文学让你感动，并且铭记。地理与文学的交织使我对游牧的认识深入了……

李娟在《阿勒泰的角落》中一篇名为《在喀吾图》的文里写到一个哈萨克族牧民这样说：“冬窝子嘛，，，羊，，，快快地瘦下来，弱的羊，就要快快地杀掉

杂志交流
1564001698

每年春天，新生命们第一次踏上转场的路

蜗居了一个冬天，过完纳吾鲁孜节，牧民们就开始准备往春牧场进发了。转场队伍里多了不少新生命，它们基本是3月出生的，牧民会等待这些幼崽成长到足够强壮，才开始转场。开春的时候天气并没有完全转暖，转场过程中常常会遇上雪天，但是积雪已经很薄了，转场路边有不少冻干的牧草，足够支撑畜群到达春牧场。图片拍摄的是阿勒泰市阿拉哈克镇牧民的春季转场。

一定要，，，冬窝子草少得很，，，羊，，，可怜得很，，，走得远远的，远远的，，，也找不到一点草吃……”

今年6月在去阿尔泰山托勒海特夏牧场的路上，一群羊过来了。我蹲下身去看一只小羊，猛地吓我一跳，我听到了羊吃草时不断地把青草扯断的声音，那么响……它们急急地把草吞下去，吃相凶猛，狼吞虎咽……在羊鞭的驱赶……在狗的追赶中……它们不顾一切地吃着……我知道它们经历了漫长的忍耐和坚持……

阿勒泰的这些哈萨克族牧人的生活方式是游牧文化的典型

最后，我想说一下这里游牧文明的独特之处。没有希望这种生活方式永远保留之意，只是描述而已。

新疆北部，阿尔泰山南麓，沿着额尔齐斯河上下移动的这群哈萨克族牧人，可能是这个世界上游牧文化的典型了，很难找到比他们更为纯粹的游牧文明了……在新疆天山的伊犁河谷还能见到类似的游牧，



杂志交流
15600001698

但是伊犁河谷农业很发达，因此游牧被侵蚀得不那么纯粹了。

在内蒙古草原上，游牧很多时候就是在平面上移动，是草场的轮牧，或者在湿润和干旱之间转移，如最明显的，冬季，科尔沁草原的牧人和牲畜从草原来到科尔沁沙地，在沙窝子里度过冬天…… 在内蒙古草原上，一定是要靠秋季打草以度冬天。有人会说，内蒙古有大兴安岭啊。可是大兴安岭大部分地区海拔不到千米，呼伦贝尔大草原海拔平均 700 多米，二者气候差异不大，在时间

“开春羊赶雪，入冬雪赶羊”





每年11月到12月间，冬季第一场大雪来临，最为艰辛的冬季转场拉开帷幕。天气严寒，路途长远，路上有许多公用的羊粪堆，是专门为转场途中宿营留的，羊粪发酵了能产生热量、保暖，牧民叫它“卓勒阔拉”，意思是路上的羊圈。牧民家的主妇会提前准备好高热量、耐储存的食物，以便路途中补充能量，最常见的就是“包尔沙克（油馍子）”和奶茶。“包尔沙克”是一种发酵后炸制而成的面食，拿羊油炸的最为地道。

本页摄影 / 叶尔江·木哈买提



上没有季节的差异……我找到了我当年在内蒙古考察游牧时写的文章，在文章中寻找写游牧的段落，竟然找不到类似额尔齐斯河畔的这种转场，也找不到夏牧场、冬牧场，更找不到春牧场和秋牧场这样的字眼。那次我可是从内蒙古的最东端一直走到了最西端，走过了呼伦贝尔、西乌珠穆沁、锡林郭勒、科尔沁、阿拉善各个草原……我在文中一直在探讨内蒙古游牧文明的未来。我发现在内蒙古，游牧的本质意义是对草原生态的一种关爱，有这样的文字“真正的游牧是牛羊只吃草的一部分——草尖”，这不是我的话，这是北大蒙古族学者陈岗龙教授说的，他著有一本书《草尖上的文明》。与我们同行的内蒙古师范大学的海山教授，他小时候放过羊。他说：“牛羊吃草时，是这儿一口，那儿一口，而且只吃草尖。吃掉草尖，会刺激草再生。再生后再吃……越吃，草长得越好。严格意义上的游牧，在一个点上逗留的时间不能超过14天，反正我爷爷、我父亲那时都是这样，超过14天就要挨骂。如果是夏天，一般10天左右就要搬。10天里，羊群每天早上出去和晚上回来的方向都不一样，这是为了把羊群对草场的践踏降到最低。”在内蒙古，由于把草场承包给了家家户户，每一家都把自己的草场用铁丝网围了起来……草场之间的轮换做不到了……这带来了内蒙古游



牧文明要消失的忧虑。

阿勒泰与内蒙古游牧碰到的问题完全不一样。这里的游牧文明没有面临消失的威胁。只是有一些牧民盖起来房子，出现了定居的现象，但是即使有牧民定居了，转场也不会消失，因为夏牧场在高山上，冬牧场在盆地，这一点不会消失。我理解这完全是自然的规律使然，是阿尔泰山的四季使然……春天羊群追着雪的退缩向山上前进……秋天雪的漫延追着羊群下山……谁能改变这一切?

在西藏的一些地方、在横断山区等能够见到小规模的游牧，但是像在阿勒泰这种大规模的游牧没有见到……这种典型的游牧在青海的青海湖周边还能见到……但是青海湖边海拔已经3200多米，那里是只有春秋和冬季，没有夏季……因此青海湖缺乏阿尔泰山这里牲畜循着额尔齐斯河的条条支流逆流而上奔向夏牧场那高潮的一幕。

总结一下：为什么说额尔齐斯河畔的哈萨克族的游牧生活最纯正、最典型呢?

一是在垂直方向迁移的次数最多，有人统计牧人在一年的迁徙中要搬40多次家，驻扎的牧场囊括了四季：春、夏、秋、冬。这在其他地方的游牧生活中是不多见的。

二是他们保留了最纯正的游牧的生活方式，较少人工干预，极大程度地利用自然……



冬季转场，是在与严酷的气候搏斗

新疆地区冬季时间较长，气候严寒，尤其是地处新疆最北端的阿勒泰地区，情况更为严峻，牧道、草场被积雪覆盖，积雪比羊还高，若遇上雪灾，最有经验的牧民也不能确保顺利完成冬季转场。此外，牧区人口流动性强，人口密度极小，因此现代公共设施和医疗条件的建设成本极高，牧民和牲畜的医疗都难以保障。图片拍摄于1月，阿勒泰最冷的月份，萨尔胡松乡的牧民还在前往萨吾尔山冬牧场的路上。摄影／叶尔江·木哈买提

从古至今，转场都是秩序井然的

过去转场由“阿吾勒（牧村）”为基层单位，在德高望重的“阿吾勒巴斯”的带领下一起转场。现在转场的时间是由县政府规定的。转场的牧道一般都比较狭窄拥挤，如图中的萨尔布拉克这个地方，10天左右会有40多万头牲畜从这里经过。为了避免各家的畜群混在一起，畜群之间留有一定的距离，牧场近的家庭会让路程远的家庭先走，一户紧跟着一户。每家的牲畜都按照行政区划做了标记，如果有牲畜走丢了，牧民能一眼认出自己家的标记。如果在自己家的畜群里发现了陌生的牲畜，牧民大致能判断出这是哪个乡、哪个村的，先带着一起转场，把消息告诉“卓合奇（找东西的人）”，或者直接用电话联系，总能把牲畜再送回去。

摄影 / 叶尔江 · 木哈买提

比如不修建厩棚、很少储存牧草等。

三是“五畜”俱全。他们几乎每一家都保留了“五畜”。在托勒海特牧场我们下山时，正逢牧民们赶着自家的畜群顺着河谷上行，前往夏牧场。我看到几乎每一家的畜群，都包括了绵羊、山羊、牛、马、骆驼。我们曾在内蒙古草原上了解游牧，我看到那里的牧人每一家都很难凑齐这“五畜”了，尤其是骆驼，很少能看到了……但是在阿勒泰，骆驼是必不可少的，搬家时，所有的家什重物都由骆驼驮负。狗虽然不算“五畜”，但是在游牧迁徙的生活中，若是没有狗，是不可想象的。每户牧人家都有几只狗，狗帮助牧人把离群的牛羊赶回队伍，狗为畜群警戒，防备狼群，牧人睡着了，狗还在担负着哨兵的责任……

马、牛、绵羊、山羊、骆驼、狗、牧人一家、夏牧场、冬牧场……这6种驯化了的动物与人和牧场的组合，其完美程度，令人不可思议。假如人类没有进入工业和现代化社会，这种组合是难以替代的。但现在的游牧面临着各种挑战，在许多牧区，这种组合已经瓦解和消失……阿勒泰还保存得这么完整，也是令人惊讶的……

责任编辑 / 祁滢　图片编辑 / 王宁
版式设计 / 介彬　地图编辑 / 陈云



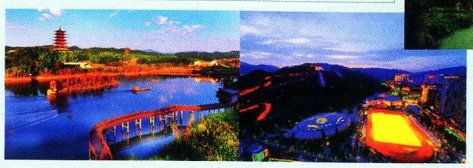
渝黔交汇处的

盛境盛城

万盛

一个美好吉祥的名字
既有万花盛开、万千盛景之喻
也有万业兴盛、万般盛情之意





青山平湖、谷深幽静
叠泉飞瀑、暗河险滩
黑山谷集多种地貌景观于一体

四川盆地向云贵高原过渡的大娄山，绵延300多公里，这里苍山万叠，溪河纵横，景观神奇壮美。重庆市万盛经济技术开发区便坐落于大娄山北部，地处渝黔交界，约567平方公里面积中近30万人口与自然生态和谐共处。

重庆万盛拥有着深厚的文化脉络，不仅是夜郎故地、唐宋溱州，更是闻名遐迩的“抗战煤都”，是西南地区工业发展的重要能源保障基地。一方面，重庆万盛在国家建设中贡献着光和热，另一个方面也在积极探索资源转型之路，由“黑”转“绿”，利用自身丰富的自然资源构建地质公园、天然氧吧。

熔岩、峡谷地貌与古生物化石遗迹将这里打造成了优秀旅游目的地。

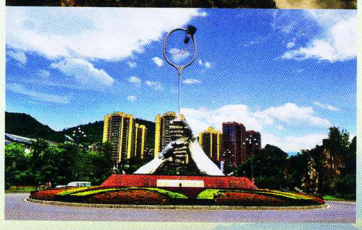
喜马拉雅造山运动使得万盛所在位置的地壳在不到20公里的直线距离上，急剧抬升了1700多米，形成切割强烈、高差悬殊、重峦叠嶂、岭谷相间的喀斯特地貌，具有“十里不同天”的山地立体气候，也孕育出了一个天然的地质博物馆，是开展地质学、地貌学、水文学、生态学、古生物学等其他相关学科的天然大课堂。

国家AAAAA级景区黑山谷、万盛石林和奥陶纪“世界第一天空悬廊”等一大批自然人文景观，与无数峡谷、石林、悬崖、断层、溶洞、天坑、瀑布、溪流、森林，构成一幅壮阔的山水画卷。面积110平方公里的万盛大黑山度假区森林覆盖率达83.3%，夏季平均气温在22.1℃左右，负氧离子高达每立方厘米12000个，尽情“森”呼吸，尽享“清凉一夏”。

除了壮阔的自然景观、丰富的科普元素、多彩的人文故事，重庆万盛还让人充分感受到运动活力、现代时尚的城市气息。群众运动健身蔚然成风，精彩赛事活动络绎不绝，体育旅游产业融合壮大，万盛这座资源型城市已经蝶变为全球活力城市、中国羽毛球之乡。在这里，体验一场定制的时尚、健康、刺激的羽球或定向之旅，让运动带来的愉悦感充盈全身，在自然、人文、活力中感受舒适生活。

这里，还有很多说不完的风情，道不尽的故事……





摄影师/袁世林 令狐克勇 曹永龙
尹南源 奥陶纪景区

（注：文内数据来源于重庆万盛经济技术开发区）

广告

破译“藏北地书”

——解读青藏高原生物演化的化石密码



一位参与第二次青藏高原综合科学考察研究的科考队员正在用地质锤敲开页岩，期待找到古生物化石。这些层层叠叠的岩层中都包含着丰富的地质历史信息，其中的生物化石更记录着数千万年前藏北地区的生物信息及其所蕴含的环境意义，对于研究青藏高原的形成历史和由此伴随的生物演化、迁移扩散的过程都有着十分重要的价值。摄影 / 李婧



青藏高原被人们称为“世界屋脊”、“第三极”，其实它是从古地中海中缓缓隆起形成的。这场沧海桑田的巨变让很多古老生物被埋藏在青藏高原的地层之中。本文作者和摄影师跟随参与第二次青藏高原综合科学考察研究的科考队员，见证了他们在地层中发掘古生物化石，并通过破译这些记录在地层中的信息，解读青藏高原隆升过程对生物演化的影响。

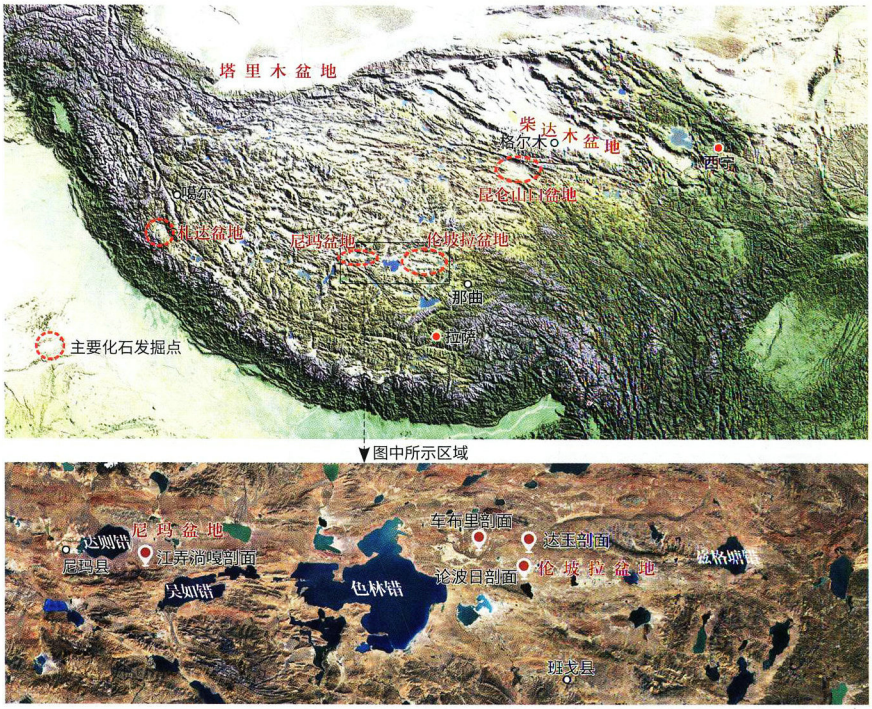
撰文 | 王蕾　　摄影 | 苏涛 等

经过岁月沉淀的古生物密码
就沉睡在波浪般的大地褶皱中

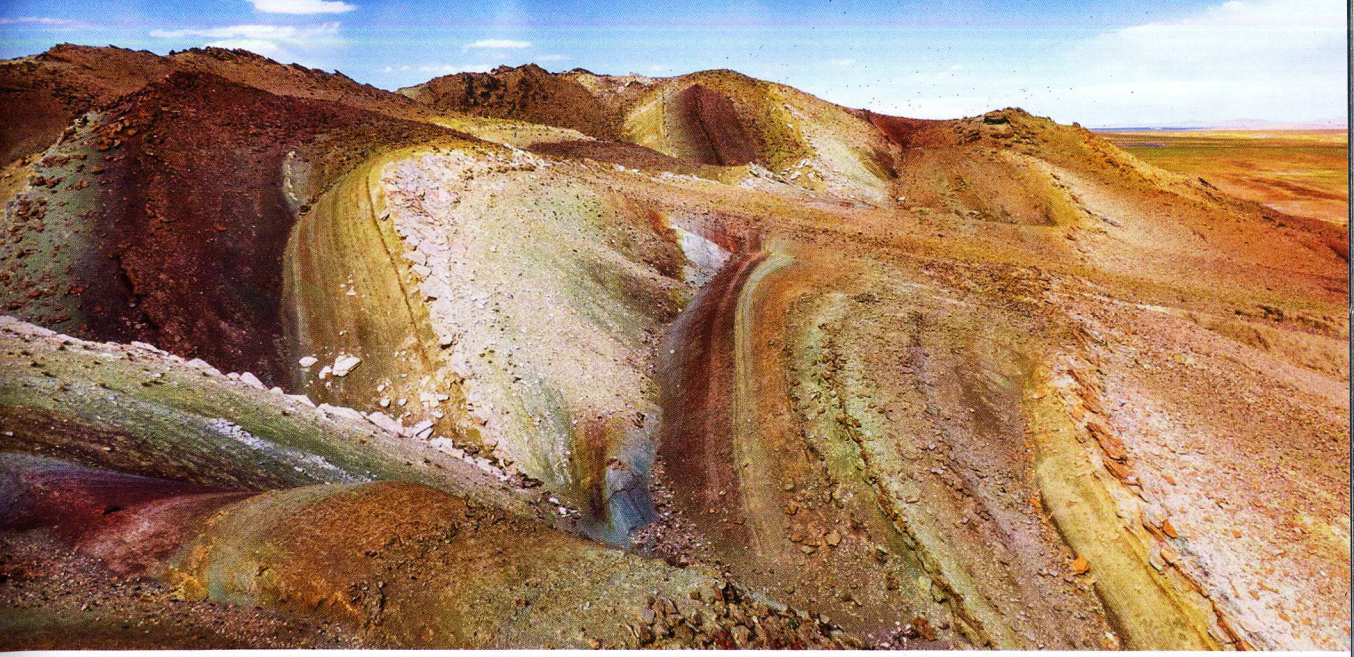
色彩艳丽的沉积地层，记录了丰富的地质信息

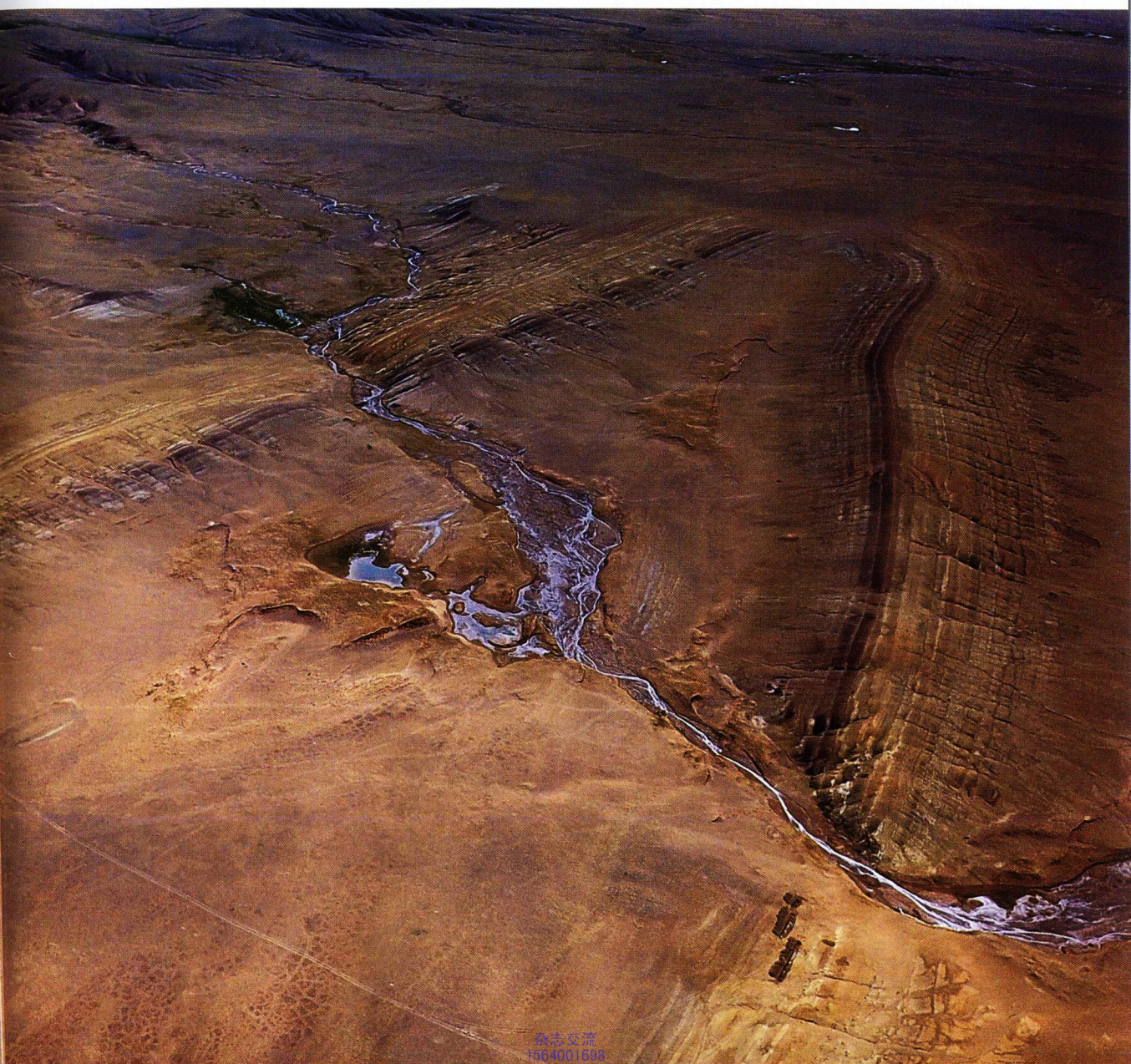
中国科学院第二次青藏高原综合科学考察研究的古生物科考队在青藏高原的主要工作区域（右图）包括：藏北地区的伦坡拉盆地和尼玛盆地、阿里地区的札达盆地和青海的昆仑山口盆地。虽然这些盆地的面积不大，但在它们的沉积岩层中保存了地层变化的重要信息，所以是研究新生代高原隆升和随之而来的生物演化的理想地点，因而在近十年来受到了地学各领域研究者的高度关注。尼玛盆地化石点（右页上图 摄影／李婧）沉积岩层的颜色与当时的气候环境有直接关系。紫红的岩层是粉砂岩、泥岩，代表了干旱炎热的强氧化气候环境；黄绿色岩层是泥岩、页岩，代表了冷凉还原的气候环境；而深灰色的岩层是页岩和油页岩，富含有机质和大量动植物化石，代表了温暖湿润的气候环境。右下图为伦坡拉盆地一个东西朝向的“V”字形褶皱，也是古生物科考队主要的挖掘点之一，最长的边超过3公里，参照图片左下角的车辆可以大致感受它的规模。

尼玛盆地、伦坡拉盆地化石发掘点位置图









杂志交流
1564001698

九尺隔乾坤：屋顶信号满格，地面网络全无！

“咣咣”，地质锤的一端为柱形，敲来有些沉闷；“叮叮”，另一端呈鸭嘴状，敲来听着清脆。钝的一面震出纹理，尖的一面遇缝劈下，一整块页岩就如同一本被随意翻开的书，两片原本紧密贴合在一起的书页就露了出来。

“今天上午尽瞎忙活了，还没有敲化石呢，手痒痒了。”苏涛下手干脆利落，敲击几下便破开了一块页岩。他指着其中一块上的深褐色小黑点说：“如果在被剖开的岩石上看到这种深褐色的东西，或者有很明显形状的东西，就要仔细留意了，因为那很可能就是一块化石。”古生物学是一门基于材料的科学，它的研究对象就是化石。而要找到化石，却需要一连串的偶然来链接。苏涛说：“一块化石历经千万年的地质变化方能形成，然后再在这辽阔的荒原上被人类发现，这样的几率实在太低了，所以每块被发现的化石都是幸运的，更是我们这些研究者难得的缘分。”

今年 30 多岁的苏涛来自中国科学院西双版纳热带植物园的古生态研究组，他研究的方向是植物进化、古生态与古环境的重建。2019 年 6 月初在西藏自治区的藏北高原见到他时，他正在执行中国科学院第二次



杂志交流
15640041698

青藏高原综合科学考察研究中古植物科考的部分。今年是他参与此次科学考察的第三年，也是他第 16 次来到青藏高原。

“V”字地层褶皱：青藏高原沧桑巨变的痕迹

与或沉或轻的敲打声相伴的，是帮工的藏族人欢快的歌声和笑声，以及科考队员们间或交流时的话语声，但所有的声音很快就被呼啸的风声盖住。滑雪镜、户外头巾、口罩、帽子、羽绒服、防风裤，科考队员们把自己包裹得严严实实。时值 6 月，虽然沿海地带已经入夏，但在海拔近 5000 米的藏北高原，气温仅有 5—12 摄氏度。除了严寒之外，他们在这旷野上工作时最大的“敌人”就是狂风，它

无法与外界保持联络畅通，是在藏北工作要面对的难题

晚饭后，有的科考队员开始整理当天的工作记录，更多的人则会跑到屋顶去打电话、刷微信来和外界联系。因为只有在居住的牧民家的屋顶，手机信号才有一定的保障，而在屋内则信号全无。虽然西藏自治区的绝大多数区域已经实现了移动网络覆盖，但是在科考队工作的藏北地区，依然存在着一些移动网络信号比较弱的地带，这给科考队与外界的联系带来了一定的不便。

摄影 / 李婧

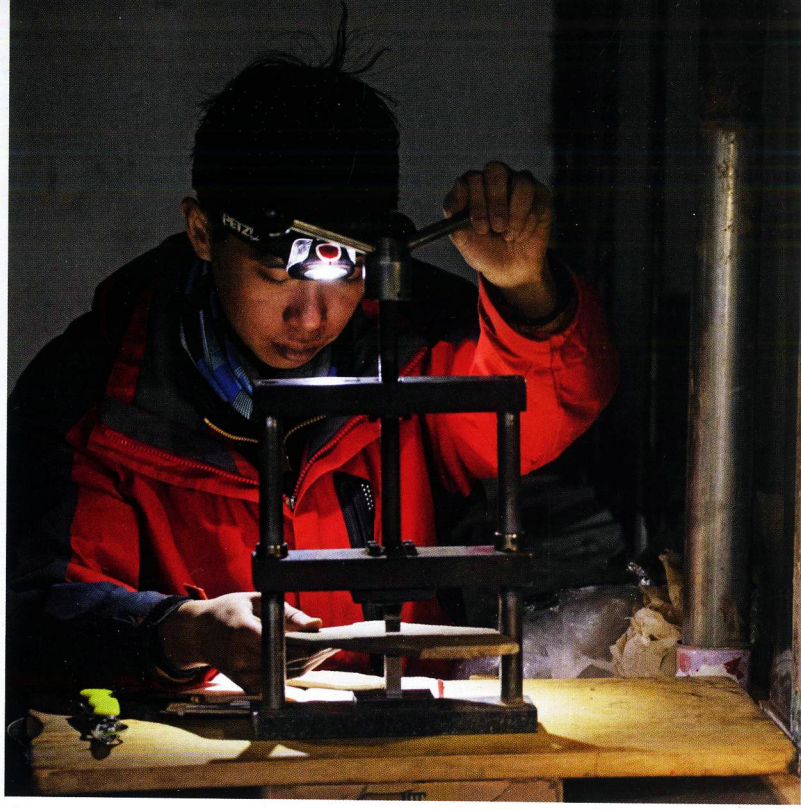
杂志交流
15640016988

古生物学是一门基于材料的科学
一切工作的开端都是从野外寻找化石

携裹着砂石袭来，让科考队员工作时困苦不堪，更可能会让一些质地脆弱的出土化石毁于一旦。

科考队工作的化石发掘点在一个远看并不起眼的圆形小山丘上，这里位于西藏自治区北部最大的内陆湖——色林错的西北方、尼玛盆地的边缘位置。近看才发现山丘是由层层叠叠、颜色各异的岩层累积而成。透过无人机的镜头从高空俯瞰，整齐排列的彩色岩层如同一本厚厚的大书。这些岩层为何会颜色各异却又呈规律性重复分布呢？来自昆明理工大学地球科学系的张世涛教授是科考队的地质专家，他一边在本子上绘制着地层剖面图，一边解释说：





“岩层的颜色与当时的气候环境有直接关系。紫红的岩层是粉砂岩、泥岩，代表了干旱炎热的强氧化气候环境；黄绿色岩层是泥岩、页岩，代表了冷凉还原的气候环境；而深灰色的岩层是页岩和油页岩，富含有机质和大量动植物化石，代表了温暖湿润的气候环境。这三种岩层从下往上循环往复地堆积，反映了当时藏北地区的气候环境经历了由干旱炎热到温暖湿润的多次周期性变化。”经张教授现场指点，目前露出地表的地层就有12个循环之多，说明至少经历了12次气候环境的周期性变化。

按理说这些地层应该埋于地下，为何会露出地面呢？张教授似乎看出了我们的疑惑，接着说：“这套地层曾经是一个湖泊的湖盆底部，它的沉积结构属于明显的湖相沉积。这些不同颜色的岩层是湖盆底部的泥沙经过长时间的压实、固结形成的。最初形成的岩层是水平的，现在是向南倾斜的。这是因为岩层形成之后，又受地壳运动南北向的挤压作用而产生褶皱、倾斜形成的，就像一本书，我们从两侧挤压它，它就会发生弯曲、褶皱一样。”

这些层层叠叠的彩色地层就像一本记录着大地历史的书籍，每层岩石都是写满了丰富地质历史信息的书页。而记录这些信息的“文字”就是那些古生物化石：有植物——蕨类、裸子植物、被子植物；有动物——鱼类、两栖类、哺乳类，还有鸟类和昆虫等。要解读这些门类众多的“文字”，也就决定了这支20多人的古生物科考队是一个多学科合作的模式。吴飞翔带领着来自中科院古脊椎动物与古人类研究所的人员，主要负责动物化石的采集，同时他也是这支科考队的负责人；苏涛和来自中科院西双版纳热带植物园的人员主要负责植物的部分，而昆明理工大学的张世涛教授则负责科考队工作地层的勘测、分析和地层年代判定等工作。

见我饶有兴趣地看着眼前的三色地层，苏涛拿出手机说：“来，给你看个更神奇的。这是在色林错东北方的伦坡拉盆地拍的，也就是我

化石采集是古生物科考最重要的野外工作部分

在古生物野外科考的现场，科考队员们会将发现的化石进行封装和编号（左图），如果发掘出来的化石量比较大，现场处理不完，他们会拿回住处，用机器将无用的部分处理掉（上图），再进行封装和编号。由于发掘出的古生物化石类型不一，既有植物也有动物，所以这支20多人的古生物科考队由来自多家科研单位、有着不同专业背景的人员组成。大家一起在野外发掘化石，然后对最终发现的化石进行分类，各自认领自己负责的领域的化石，再回去进行进一步的科学研究。摄影／李婧

杂志交流
1564001698



们去年敲化石的地方。”在一张航拍图中，一个巨大的“V”字清晰地镌刻在大地上。它的两条边也是由一系列三种不同颜色的地层叠加而成的。张世涛教授说：“伦坡拉盆地的地层跟我们这里的地层形成于相同的时代，地层结构和岩性特征也基本相同。这个‘V’字形图案是地层褶皱在地表的显示，由于这一地区植被稀少，土层薄，岩层完全暴露在地表，加之岩层色彩鲜艳，所以地下的地层褶皱形迹完美地展现了出来。”

从空中俯视，这个“V”如同一个巨大的胜利手势。对于古生物科考队来说，它也确实带来了福音。在2016年和2017年的古生物科考中，它先后馈赠给科考队员们一块长一米、保存完整的西藏似沙巴棕化石和十几块珍贵的西藏始攀鲈化石。后来，科考队在这个“V”形构造处和

杂志交流
1564001698



附近两处相似的地层中，共采集了数百块化石标本。其中包含鱼类、哺乳动物、鸟类、昆虫、植物等不同生物门类，组成了迄今为止高原面上已知标本数量最多、材料保存最好、物种多样性最高的化石生物群。今年位于尼玛盆地的这个化石点，目前已发现的化石数量也很可观。吴飞翔说："接下来，就看有没有可能挖到一两件像攀鲈那样的宝贝了。"

沉睡在古老地层中的水龟，与今天的近缘种一样可以"水上飘"

在我国南方的湖泊和池塘水面上，经常能看到一种体长两厘米左右，有着一身"水上飘"功夫的昆虫——水黾，它也被人们俗称为"水马"或者"水蚂蚱"（左图）。但在海拔4700多米的伦坡拉盆地和临近的尼玛盆地，古生物科考队员同样发现了很多水黾的化石，被命名为"伦坡拉大黾蝽"。发现化石的地层距今2600万—2300万年，尽管过去了漫长的岁月，这些古老的水黾在外形上与今天的"亲戚"差别并不大（上图），通过电子显微镜观察，研究人员在这些水黾的附足上发现了细小的刚毛——这正是现代水黾能够在水面上来去自如的秘密。这些刚毛可以在水黾的足部形成气膜，从而赋予了它们"水上飘"的奇特本领。摄影 / 宝丁

一条鱼、一片棕榈叶："高冷"的青藏高原也曾"满怀热情"

虽然古生物化石是静态的，但所有生物都生活在一定的生境之中，依赖和适应着当时的气候与环境，所以古生物化石对古环境的复原有很强的指示性作用。美国演化生物学家尼尔斯·艾崔奇曾说过："想要了解变成化石的生物活着时的运动、进食和繁衍，我们就必须参考那些现在活着的生物。"因此，古生物学者们拿到化石之后的首要任务，便是找到它现在依然生存的最近亲缘种，然后用最近亲缘种的生态幅来推测当时的古环境。每一种生物对温度、光照、土壤条件等生态因子都有一个耐受范围，即有一个耐受的上限和一个耐受的下限，它们之间的范围就被称作生态幅。对于同一个生态因子，不同生物的耐受范围是不同的，有些物种精巧地适应于特定的一组条件，但对于环境条

杂志交流
1564001698

件微小改变的适应性很脆弱；另外一些物种则能忍受更大幅度的环境变化。生态幅与环境的相互作用决定了生物的分布区。苏涛说：“古生物研究其实就是‘将今论古’。”

基于古生物化石的发现和研究，科考队员们一点点勾勒出了伦坡拉盆地的前世，推导出了伦坡拉盆地当时的古环境。苏涛的同事——西双版纳热带植物园的周浙昆研究员曾撰文说：“那时的伦坡拉温暖湿润，在东西向峡谷的底部是深邃的湖泊，湖泊里攀鲈在自由游翔，湖水拍打着岸边的香蒲和芦苇，不远处就是高大的棕榈树和犀牛，两岸的山坡分布着壳斗科为优势树种的亚热带常绿阔叶林，山顶是针叶林。”

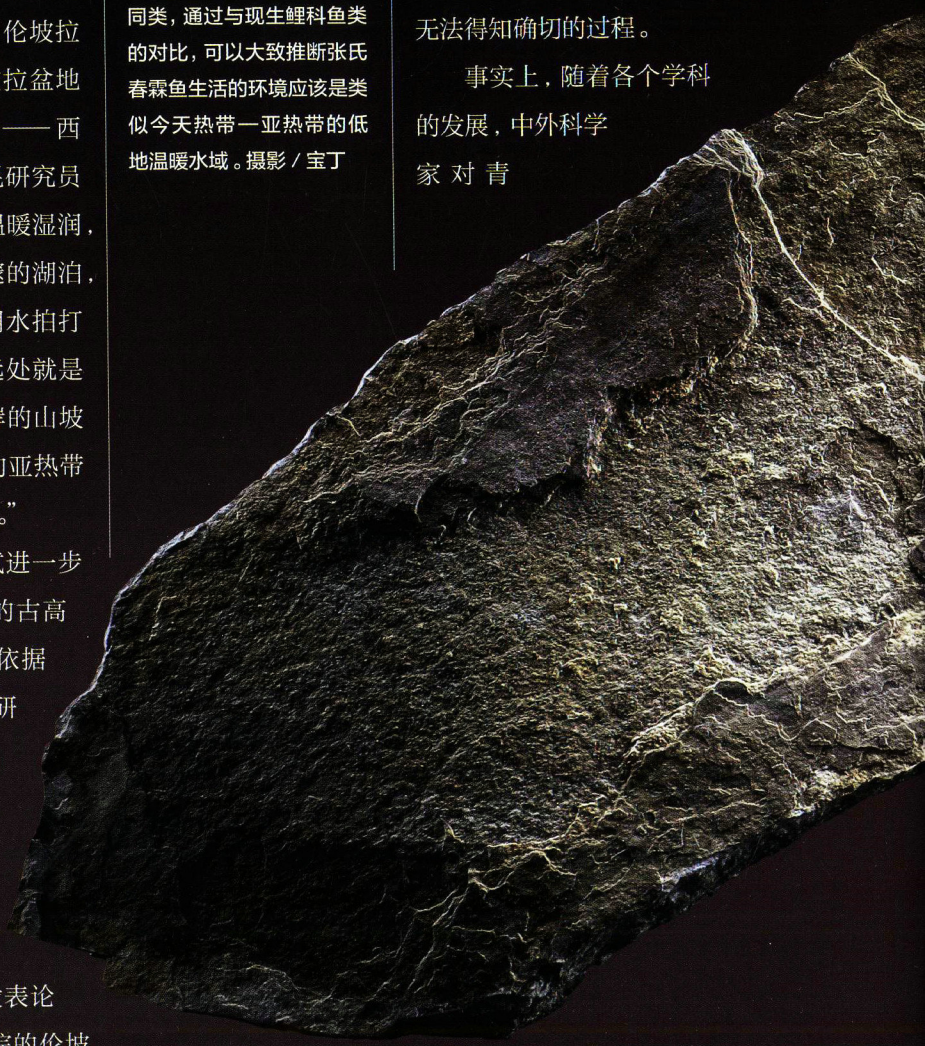
不仅如此，他们还尝试进一步推断了伦坡拉盆地在当时的古高程。2017 年，吴飞翔等人依据西藏始攀鲈化石的发现和研究，在《科学报告》发表论文推断：在距今大约 2500 万年前的晚渐新世，伦坡拉盆地的古高程仅为海拔 1000 米左右。苏涛等人则在《科学进展》上发表论文推断：长有西藏似沙巴棕的伦坡拉盆地在 2500 万年前时的古海拔高度最多不超过 2300 米。

双鱼石中“游”

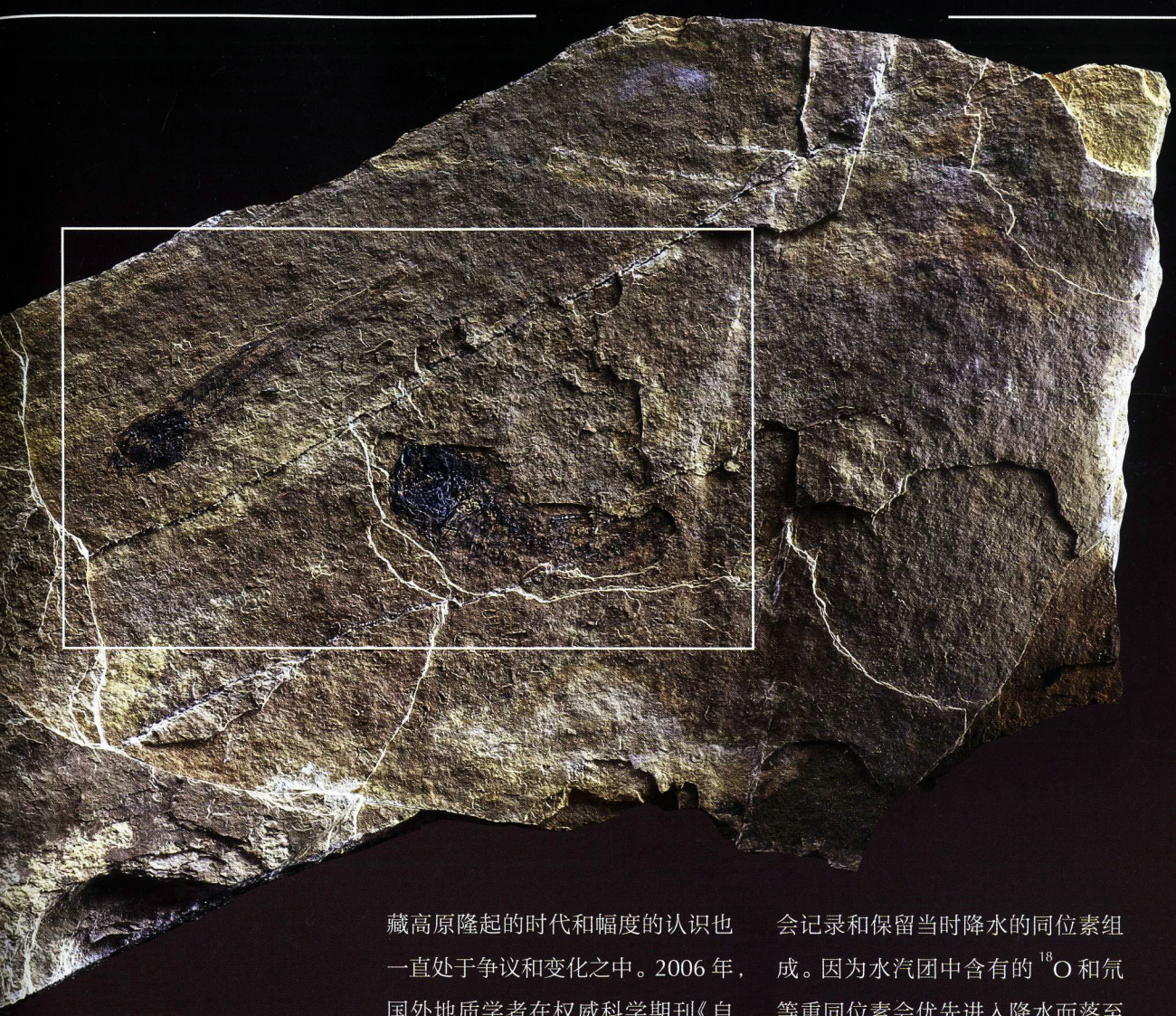
在伦坡拉盆地，古生物科考队员们还挖掘到了鲤科鱼类的化石，例如图中这两条栩栩如生，宛如仍在游动的“双鱼”（鲤科鱼类，物种未定）。鱼类脊椎骨的数目隐含着很多信息——2010 年，在尼玛盆地发掘出的一条较为完整的鲤科鱼类，张氏春霖鱼，脊椎骨的数目是 33 枚。生活在冷水环境中的鲤科鱼类脊椎骨数目通常会多于生活在温暖水体中的同类，通过与现生鲤科鱼类的对比，可以大致推断张氏春霖鱼生活的环境应该是类似今天热带—亚热带的低地温暖水域。摄影 / 宝丁

如今的青藏高原拥有好几个“高冷”的头衔：“世界屋脊”、“第三极”。但它原非如此。距今约 6000 万年前，青藏高原开始隆升并逐渐成为世界上最高的高原。但是，关于它的隆升，我们只知道开端和结尾，却无法得知确切的过程。

事实上，随着各个学科的发展，中外科学家对青



距今2600万年前的“双鱼”游弋的姿态被永远定格在时光之中



藏高原隆起的时代和幅度的认识也一直处于争议和变化之中。2006年，国外地质学者在权威科学期刊《自然》上发表文章，通过氧同位素重建了伦坡拉盆地的古高程，认为青藏高原在3500万年前就已经“长大成人”，超过了4000米的高程。通过氧同位素重建一个地方的古高程，是近些年来比较认可的地质学重建方法。在古地层中的古土壤碳酸盐矿物、自生或湖相碳酸盐等物质，通常会记录和保留当时降水的同位素组成。因为水汽团中含有的^{18}O和氘等重同位素会优先进入降水而落至地表，所以依据这些物质的同位素指标等来分析和重建古降水的同位素组成，再利用同位素—海拔高度的对应关系，就可以来重建当时环境的古高度。

但是，依据吴飞翔他们发表的文章来看，如果青藏高原在距今3500万年前便已超过4000米的高度，那

杂志交流
15640091898

么攀鲈、棕榈同时生活在这片土地上的情形是断然不可能出现的。所以他们认为在距今约2500万年前时的青藏高原“个头还没有这么高”。地质学和古生物学两个不同的学科、两种不同的研究方法，最终得出了完全不同的结论，也在学术界引起了争议，有观点认为通过动植物化石与最相近现存类群对比来推测古海拔高度的方法由于受到很多因素的限制，会影响精确度，需要慎重下结论。

科学的争论，只能交给时间。接下来，对于古生物科考队来说，他们关键的任务就是找到能确定化石出土地层年代的地质方面的证据，来进一步佐证自己的推论。

在“高冷”的地方，发现热带的鱼

古生物科考队在青藏高原的伦坡拉盆地，发现了保存完好的攀鲈化石（下图）。它也是迄今为止最古老的攀鲈化石，被命名为“西藏始攀鲈”。从现代攀鲈科鱼类的分布区（右页上图）可以看出，攀鲈类大多生活在撒哈拉以南非洲中西部的热带平原和雨林地区，以及南亚、东南亚的热带地区。通过电子显微镜，研究人员发现这条攀鲈化石与今天的攀鲈一样，具有独特的“迷鳃”结构——与通常鱼类的鳃骨不同，攀鲈的鳃骨发生特化，如同一朵花瓣，有着复杂的迷路，因此被称为“迷鳃”。这样的结构可以附着面积更大的呼吸上皮，使得攀鲈可以在离开水体之后，在空气中短时间呼吸。化石中的攀鲈与现在的攀鲈是近亲，但却远隔重洋。研究人员推断它们可能经历了由青藏高原借道印度再扩散至非洲的演化历程。

摄影 / 宝丁





现代攀鲈科鱼类分布范围示意图
数据提供 / 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

迄今为止最古老的攀鲈化石
与如今生活在热带的攀鲈一样
有独特的、可让它们在陆地上
短暂呼吸的“迷鳃”结构



与攀鲈同一地层出土的棕榈、栾树化石也表明这里曾经是一个温暖湿润的世界



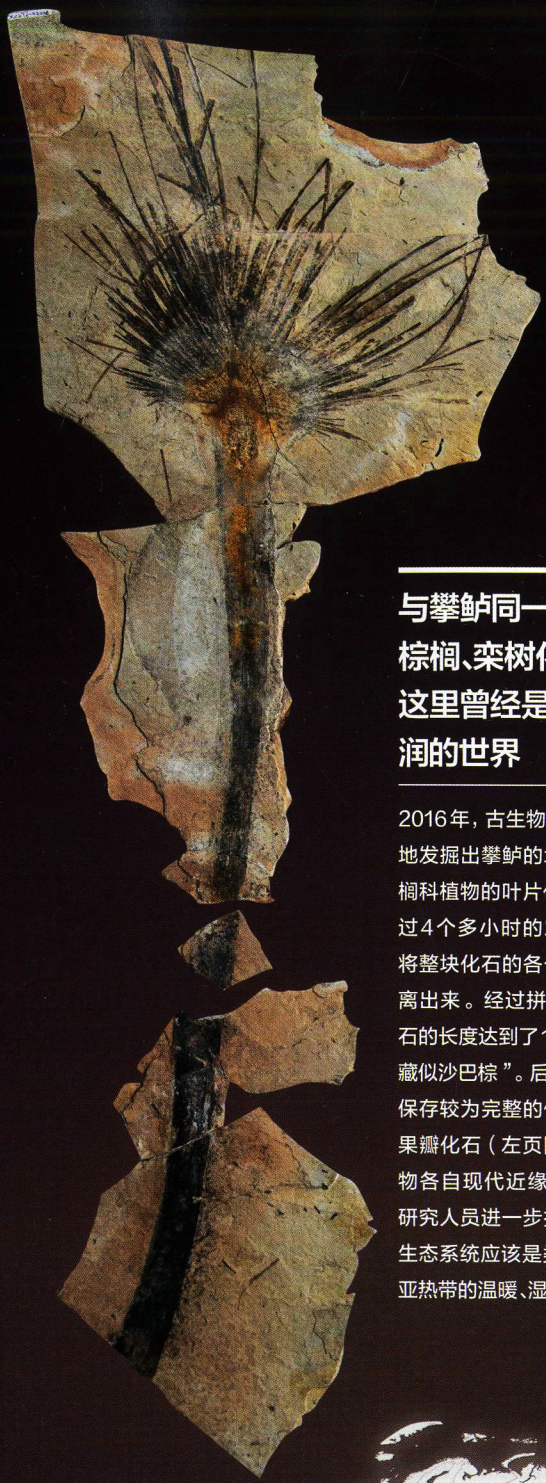
栾树属现代分布示意图
数据提供／中国科学院西双版纳热带植物园

到青藏高原研究热带植物：去偶遇生命演化的惊喜

那块巨大的棕榈叶化石，让苏涛向人解释自己的工作时平添了几分“底气”。因为一名来自热带植物园的教授，却在海拔近5000米的高原荒漠考察和研究植物，这个对比强烈得充满了戏剧性，所以在一般人看来的确有些荒谬和难以理解。苏涛说：“其实，我们是顺着古生物化石的脉络，从云南追到藏东南，又从藏东南一路追到藏北的。我们寻找的是物种演化的链条，而在热带植物的演化链条中，青藏高原不可缺少。”

伴随和见证青藏高原隆升的野生动植物所形成的古生物化石，对于研究和还原青藏高原隆升的过程，拥有着无法替代的重要价值。想要解读青藏高原的演化过程，深入高原内部开展古生物研究就显得尤为必要。

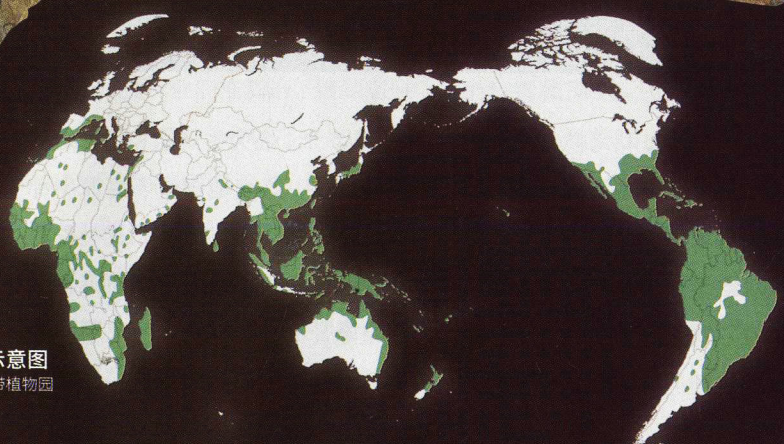
1972年，第一次青藏高原大型综合科学考察正式启动。1975年，科考队在藏北那曲地区比如县的布隆盆地，发现了为青藏高原隆升研究提供重要证据的三趾马动物群化石。这可谓是青藏高原古生物科考的开端和发轫之作。2001年，中科院古脊椎动物与古人类研究所的工作人员循着前辈的足迹，又从布隆盆地开始，逐渐深入到青藏高原的札达盆地、尼玛盆地和伦坡拉盆地，至今已经在藏北地区持续开展了18年的古生物科考。在这里，他们遇到了从云南顺着发源于青藏高原的大江大河，一路“敲着植物化石”来到这里的中科院西双版纳热带植物园古生态研究组。两个志同道合的机构开始联合在藏北地区开展古生物科考。





与攀鲈同一地层出土的棕榈、栾树化石，也表明这里曾经是一个温暖湿润的世界

2016年，古生物科考队在伦坡拉盆地发掘出攀鲈的地层发现了大型棕榈科植物的叶片化石。考察队员经过4个多小时的发掘，小心翼翼地将整块化石的各个部分从地层中分离出来。经过拼接，这块棕榈叶化石的长度达到了1米，被鉴定为“西藏似沙巴棕”。后续他们又发掘出了保存较为完整的伦坡拉栾树的蒴果果瓣化石（左页图）。通过这些植物各自现代近缘种分布区的对照，研究人员进一步推断攀鲈所生活的生态系统应该是类似于今天热带一亚热带的温暖、湿润环境。

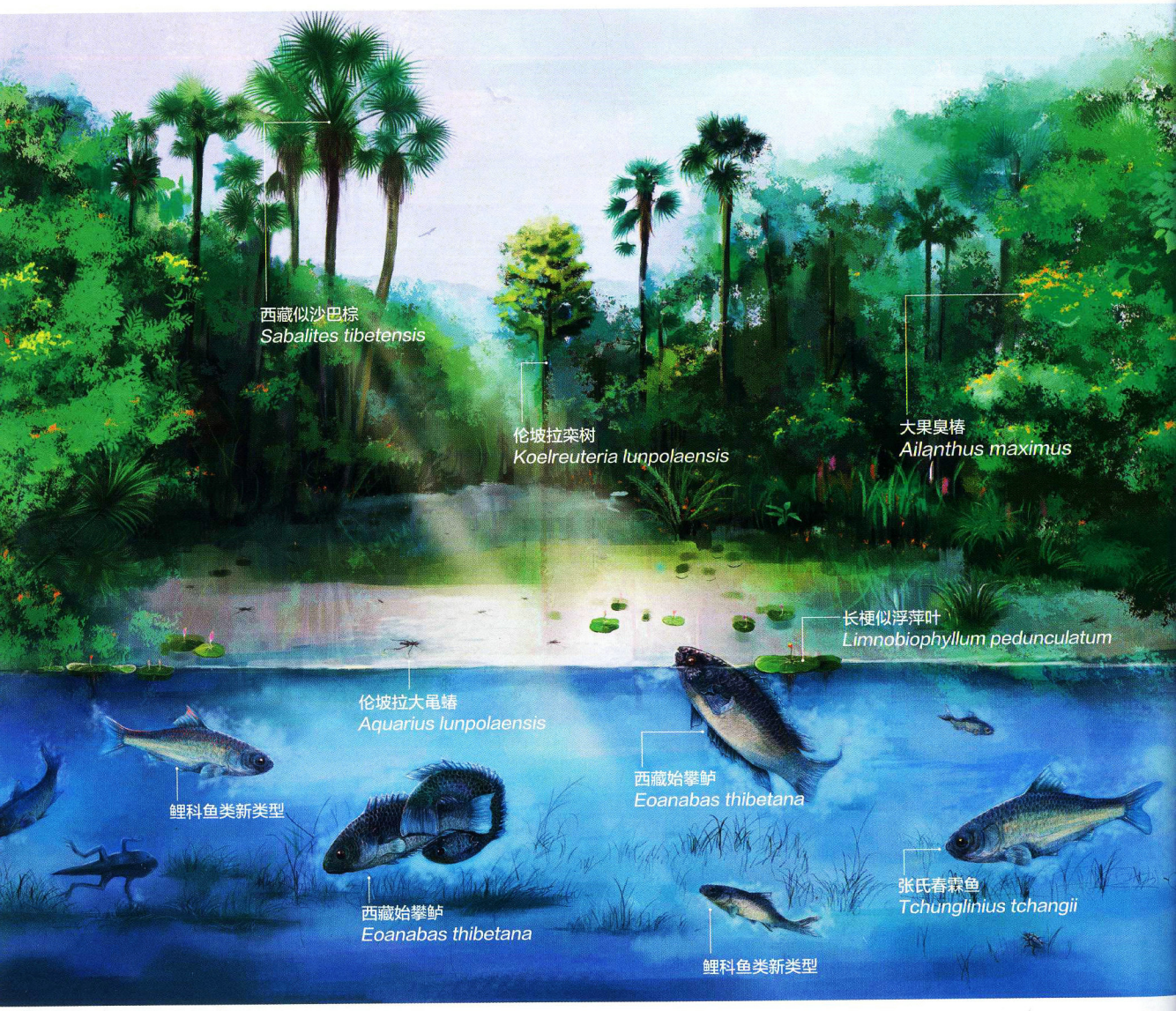


现代棕榈科植物分布范围示意图

数据提供／中国科学院西双版纳热带植物园

依据目前在伦坡拉盆地出土的古生物化石可以大致还原不同地质时期

当地的古环境



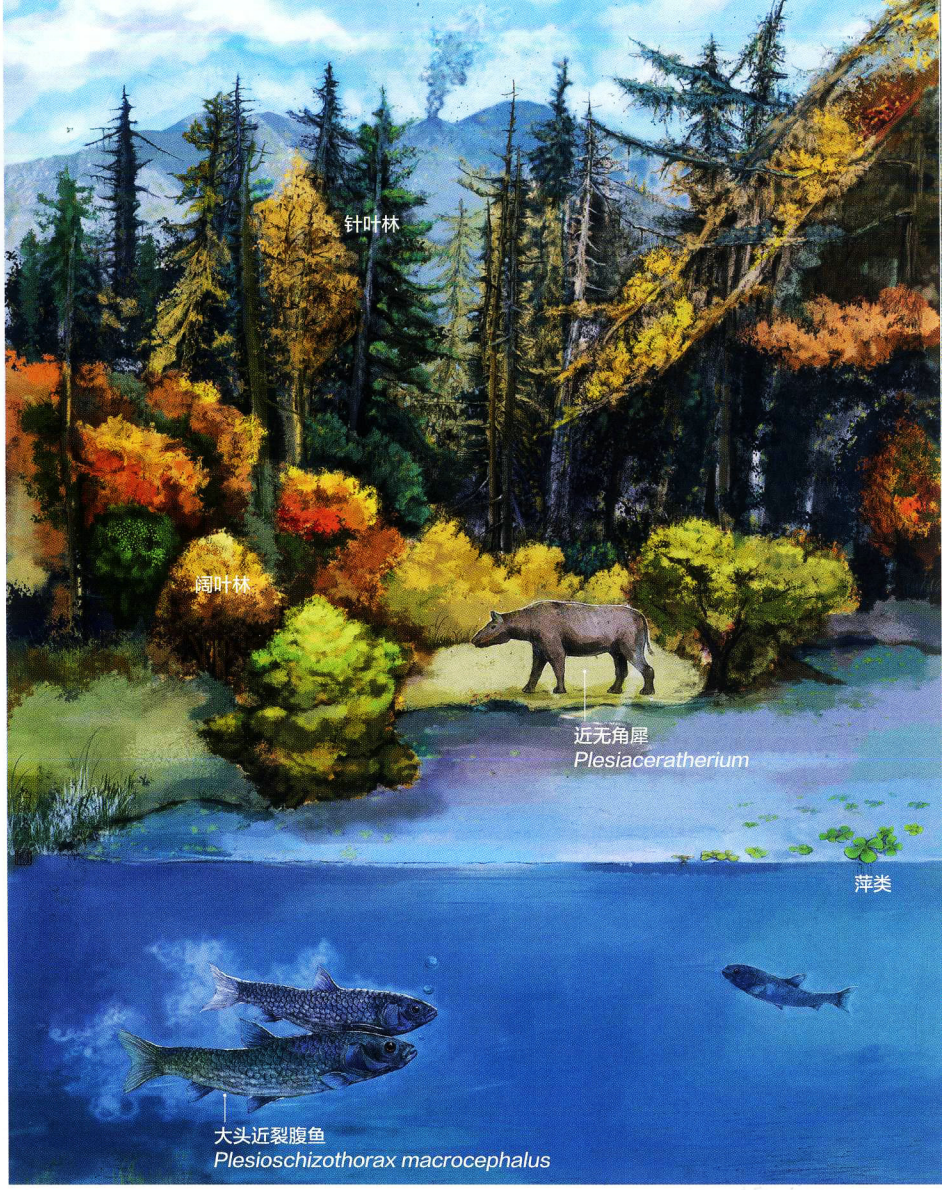
2016 年以来，科考队在藏北腹地的伦坡拉盆地发现了以棕榈和攀鲈为代表的大量动植物化石，于是他们决定继续追踪这套地层。事实上，伦坡拉盆地是青藏高原上的一个大型沉积盆地。盆地里有一套厚达 4000 多米、名为牛堡组和丁青组的沉积地层。这套地层位于高原中部的班公错 — 怒江缝合带，其特殊的地理位置使得该盆地成为研究青藏高原隆升的热点地区。西双版纳热带植物园的周浙昆研究员曾开玩笑

杂志交流
1564001698

随着青藏高原的抬升，热带和亚热带环境逐渐消失

根据植物孢粉的研究，在新近纪（距今2300万年—260万年）初期，伦坡拉盆地的植被构成发生了改变，从棕榈等热带、亚热带植物转为柳属、榆属以及胡桃属等北温带的落叶阔叶树种，同时也出现了松属、云杉属和冷杉属等针叶树种。结合一些脊椎动物如大头近裂腹鱼和近无角犀的化石，古生物学者复原了这一时期伦坡拉盆地的生态系统。此时，这里的生态系统已经从热带—亚热带环境转变为典型的温凉山地生物群落。

右图 绘图 / 吴飞翔



基于化石的发现，重塑当初攀鲈和棕榈共同生活的世界

古生物学者们采集到化石之后，会找到现在依然生存的、最近亲缘种的生态幅，然后用这个生态幅来推测当时的古环境。古生物科考队基于对近几年在伦坡拉盆地发掘出的大量化石的研究，一点点勾勒出了伦坡拉盆地的前世，用复原图的形式重塑了攀鲈和棕榈生活时代的古环境。左页图 绘图 / 吴飞翔

说：“与伦坡拉盆地相关的《科学引文索引》（SCI）论文，比伦坡拉盆地的村庄数目还要多得多。”

吴飞翔和苏涛给我看了一张他们绘制的图表——借助已有的古生物化石证据，他们推测出了青藏高原从渐新世（距今3400万—2300万年）到上新世（距今530万—260万年）间各个阶段的隆升高度，这张图表看起来并不复杂，但我知道它凝聚了数十年来我国古生物学者在青藏高原风餐露宿、挥舞着地质锤“翻阅地书”的艰辛历程。

但对考察队来说，并不是所有的地书文字都能成功破译——例如一种被命名为“兔耳果”的翅果，全世界只有三个地方发现了它的化石，一个在青藏高原，还有两个在遥远的美国西部和德国法兰克福。青藏高原曾经在北半球植物区系交流中扮演了什么角色？它们究竟各自经历了怎样的演化过程？诸如此类的问题，还有待科考队员们去寻找更多的化石来解答。

杂志交流
1564001698



邓涛

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所
所长　研究员

绘图／李亚龙

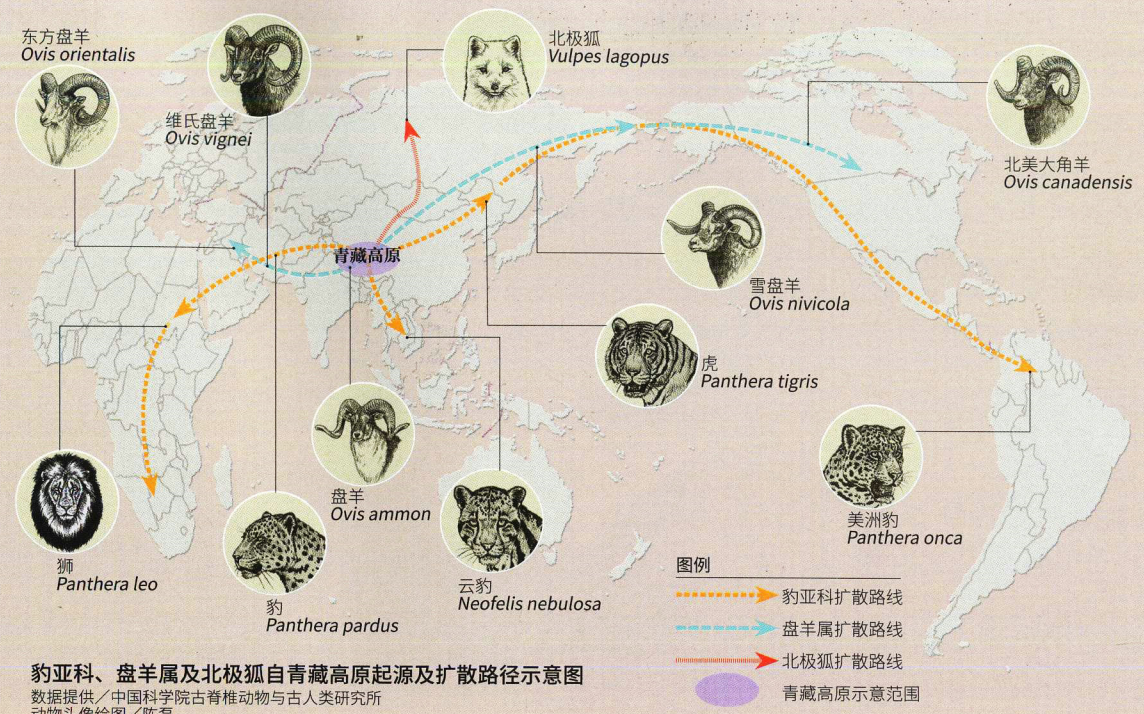
新中国成立后，我国对青藏高原的古生物学研究始于 20 世纪 60 年代，由地质学家刘东生院士和施雅风院士领导的珠穆朗玛峰地区考察，此次考察在希夏邦马峰海拔 5900 米的冰川处发现了保存比较完整的高山栎叶片化石，距今约 300 多万年；在 20 世纪 70 年代，我国组织了第一次青藏高原科考，这一次考察在古生物方面收获更为丰富，如在聂拉木发现的三叠纪时期（距今 2.5 亿—2 亿年）的喜马拉雅鱼龙和珠峰中国旋齿鲨；在西藏东南部芒康发现的拉乌拉芒康龙和酋龙等于侏罗纪至白垩纪（距今 2 亿—6600 万年）时期生活在湖岸边的大型恐龙的化石；以及在藏北比如县的布隆盆地发现的西藏三趾马（距今约 1000 万年）、藏南吉隆县的沃马盆地发现的福氏三趾马（距今约 720 万年）。这些化石的发现对于人们认识青藏高原的古环境变化有很重要的指导意义，是具有开创性的研究工作。

发现于青藏高原的古脊椎动物和植物化石，丰富了人们对高原古环境以及生物演化、扩散的认识

近两个世纪之前的 1839 年，在印度进行古生物学研究的英国地质学家 Hugh Falconer 偶然发现，从我国西藏西南部札达的尼提山口来到印度加尔各答进行贸易的藏族商人身上佩戴有动物的腿骨化石制成的饰物。通过鉴定，他认为这些腿骨化石属于生活在印度的独角犀，而年代应该在距今 530 万到 260 万年之间。他据此在英国地质学会发表论文，通过比对现代独角犀生活环境与西藏尼提山口的海拔，认为青藏高原在几百万年的时间里升高了 2000 多米。这也是关于青藏高原古生物研究的第一篇科学论文。

进入 21 世纪，青藏高原的古生物研究取得了更多的丰硕成果。我们在西藏西南部的札达盆地发现了一具较为完整的三趾马全身骨骼化石，距今 460 万年，后被鉴定为札达三趾马。通过与 70 年代发现的两种更为古老的三趾马化石的远端肢骨及蹄趾的分析，三种三趾马反映出了它们各自所处的环境从森林到半森林半草原，直到高海拔草原的转变。在藏北高原的伦坡拉盆地及尼玛盆地 2600 万年前晚渐新世地层中发现的张氏春霖鱼和西藏始攀鲈，其现生近亲都生活在亚洲、非洲的热带或亚热带地区。与这些鱼类化石伴生的植物群落中，包括典型的喜

杂志交流
1564001698



豹亚科、盘羊属及北极狐自青藏高原起源及扩散路径示意图

数据提供／中国科学院古脊椎动物与古人类研究所
动物头像绘图／陈磊

古生物研究人员在青藏高原发掘出的化石，为一些现代动物类群的起源问题提供了新的线索——其中包括迄今最古老的豹亚科物种布氏豹、被认为是现代盘羊类祖先的喜马拉雅原羊，以及北极狐的祖先邱氏狐等等。通过对这些出土化石的研究，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的科研人员推论现今的青藏高原动物很可能本身就起源于这一地区，不仅如此，其中的一些类群还有可能由此向其他地区扩散，并逐渐适应新的环境、形成新的物种。研究人员依据现有的化石，绘制了北极狐、豹亚科以及盘羊属物种自青藏高原向其他地区分化扩散的大致路径。

暖湿环境的叶型硕大的棕榈、菖蒲以及与浮萍类关系很密切的天南星科水生植物。这可能意味着，在西藏始攀鲈生活的年代，这里是温暖湿润的热带、亚热带环境。另一个重要的研究成果是关于青藏高原与冰期动物演化的关系，我们都知道达尔文在他的著作《物种起源》中设想冰期动物应该是从高纬度的北极圈附近随着冰盖的扩张而向南扩散，但我们在札达盆地的上新世（距今 530 万—260 万年）地层中，发现了大量适应于严寒环境的哺乳动物化石，如最原始的披毛犀——西藏披毛犀、雪豹的祖先布氏豹、北极狐的祖先邱氏狐、盘羊的祖先喜马拉雅原羊等。化石材料显示在距今 260 万年左右的第四纪冰期之前，冰期动物群的一些成员已经在青藏高原上演化发展，而当时包括北极圈在内的广大地区正处于比今天还要温暖的环境中。冰期动物的祖先在青藏高原高海拔环境下的严寒冬季得到“训练”，使其形成对后来第四纪冰期气候的预适应，因此最终成功地扩展到欧亚大陆北部的干冷草原地带。我们称之为冰期动物“走出西藏”的假说。

目前，我们作为第二次青藏高原综合科学考察研究的参与者，正在高原的各个地区对当地的古生物化石进行进一步的发掘和研究。科学研究需要综合性的力量，我们这次的考察虽以中科院古脊椎动物与古人类研究所为主，但也联合了中国科学院其他一些相关研究所，如青藏高原研究所、南京地质古生物研究所、西双版纳热带植物园的同行。从事科学研究最重要的是好奇心，青藏高原隆升这一重大地质事件对环境和生物区系产生了怎样的影响？一系列的谜团驱动着我们不畏艰苦，一次又一次地来到这里，探寻其中的秘密。

杂志交流
1564001698

距今500万—300万年间
许多今天生活在这里的野生动物的祖先
开始出现在青藏高原



如今生活在青藏高原的众多大型野生动物，可能一直以来就生活在这里

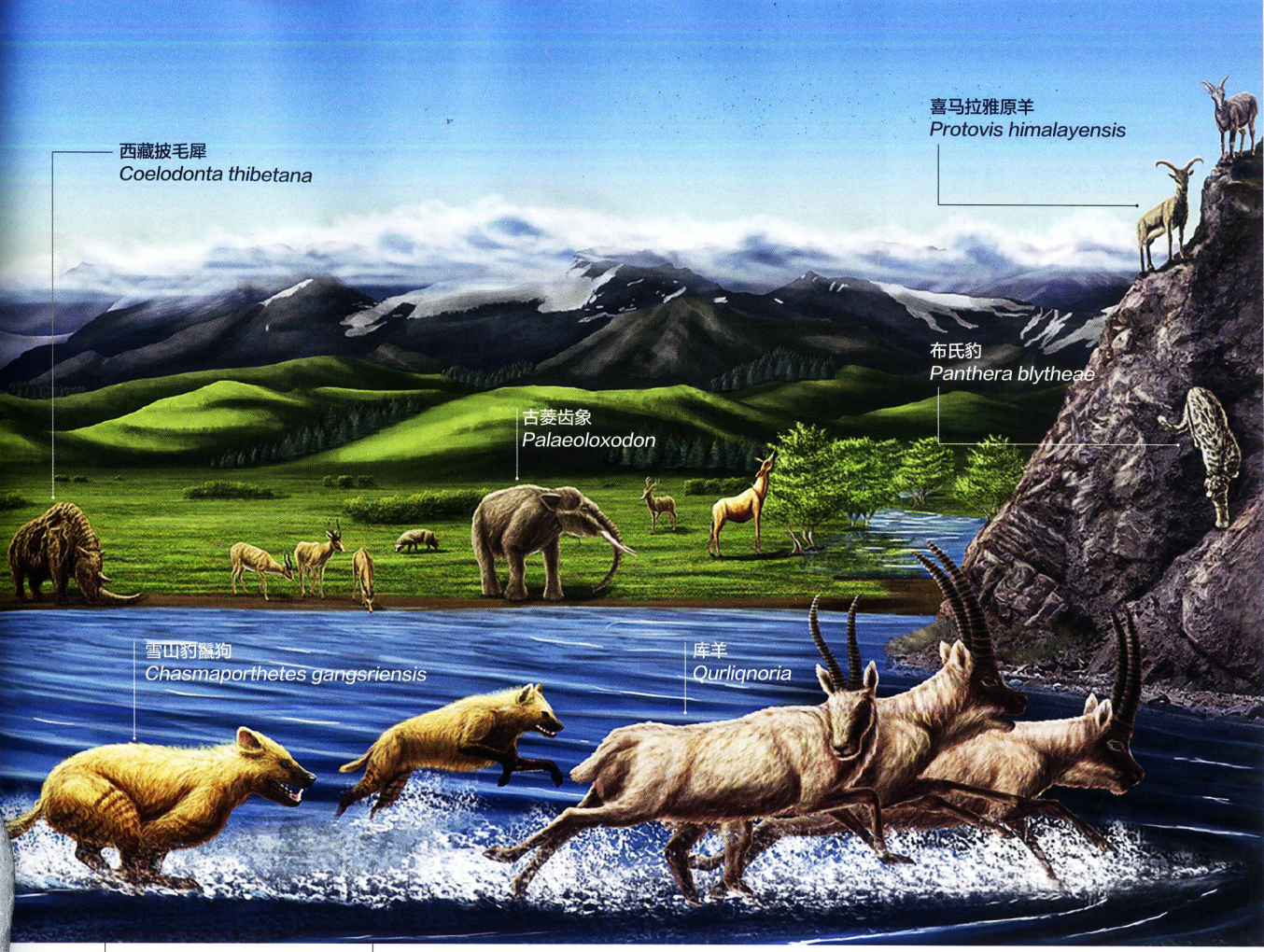
发现于青藏高原札达盆地和昆仑山口盆地距今500万—300万年的一系列古生物化石，为我们理解现代青藏高原特有动物的起源提供了一扇窗口。其中包括迄今为止最古老的豹亚科物种——布氏豹的头骨及右下颌骨化石（左图），它被认为是现今雪豹的祖先，也与早期豹亚科物种的分化扩散关系密切；相比今天的雪豹，布氏豹的头骨长度要短大约十分之一，但在额突等解剖结构方面则与雪豹有很多相似之处。摄影 / 宝丁



在青藏高原接受“抗寒训练”之后，冰期动物由此向极地扩散

古生物科考队的发掘工作往往是开始斗志昂扬，过几天就进入一种单纯体力付出的重复状态，整个团队会显得有些泄气，这个时候大家会盼着挖出点“新鲜的”来，这样整个团队就可以如打了鸡血般，能再大干上几天。所以，吴飞翔每天早上开工前都会在化石挖掘点郑重地挂上考察队队旗的举动，也就更好理解了。可能在他看来，这种郑重其事的行为，会让大家觉得，在这里的每天都是一个新的开始，而不是简单机械的重复。

考察队的队旗整体是蓝色，旗帜中间图案的左右两侧分别是一条鱼和一片树叶，其含义不言而喻，但占据正中间最醒目的物种，是一头犀牛。



本页的插图是基于化石复原的距今500万—300万年前札达盆地夏季的生境，此时的札达盆地已经是典型的高原环境。当时生存在这里的一些生物，如雪山豹鬣狗、古菱齿象、西藏披毛犀等已经彻底灭绝，而另一些的后代则成为现代青藏高原生物群的一部分。画面中的库羊被推测为藏羚羊的祖先，喜马拉雅原羊则被认为是今天的盘羊属动物的祖先。
绘图 / Julie Selan

既然占据了“C 位”，这犀牛必然大有文章。吴飞翔说：“这是一种已经灭绝的冰期动物的祖先 —— 西藏披毛犀，是高原上的化石明星。”披毛犀是如猛犸象一样，身披长毛，生活在冰天雪地里的一种犀牛。但是现在的犀牛都分布在热带和亚热带地区。这正是生物演化的神奇之处，不过这还不是披毛犀地位如此之高的原因。

长久以来，北极地区一直被认为是冰期动物的起源地。这一“北极起源说”听起来完全合乎逻辑 —— 在距今 260 万年左右的第四纪冰期开始时，冰盖由北向南扩张，起源于北极圈的冰期动物随着冰盖向南拓展，而无法适应冰期气候的生物则要么向南寻求庇护所，要么灭绝。而对这一假说提出挑战的，正是发现于西藏西南部的札达盆地、距今 370 万年左右的西藏披毛犀。

西藏披毛犀的主要研究者，中科院古脊椎动物与古人类研究所的邓涛研究员告诉我们，通过对发现披毛犀的地层氧同位素的分析显示，在披毛犀所生活的时代，青藏高原的气温已经接近零度，而同时期的北极圈气温反而略高。札达盆地发现的披毛犀是迄今为止最古老的披毛犀化石，而发现于我国北方以及西伯利亚、北极圈的披毛犀化石都要“年轻”得多。随着化石证据的持续增加，我国研究人员认为披毛犀这种典

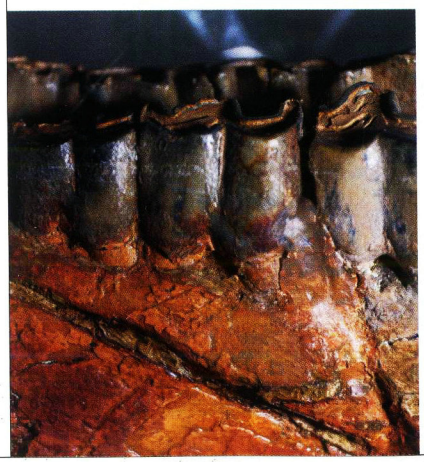
杂志交流
1564001698

西藏披毛犀化石的发现，让古生物学家推导出“走出西藏”的假说

与猛犸象一样，披毛犀也是开始于260万年前的第四纪冰期动物群的代表物种。出土于札达的披毛犀化石距今约370万年，是迄今为止最古老的披毛犀化石，比发现于我国北方以及西伯利亚、北极圈的披毛犀化石要古老得多，被独立命名为西藏披毛犀。发现披毛犀的地层氧同位素的分析显示，在披毛犀所生活的时代，青藏高原的气温已经接近零度，而同时期的北极圈气温反而略高，因此西藏披毛犀化石的出土意味着这一典型的冰期动物不是从北方向南扩散，而是在冰期之前就生活在青藏高原。逐步适应了高寒环境之后，在冰期来临时，逐渐从青藏高原经华北、贝加尔湖地区扩大到西伯利亚和欧洲，进而延伸到欧亚大陆北部乃至北极圈（右页地图）。与其他披毛犀相比，西藏披毛犀的牙齿白垩质覆盖较少，而且外壁的褶曲比较轻微（右下图）。摄影 / 宝丁



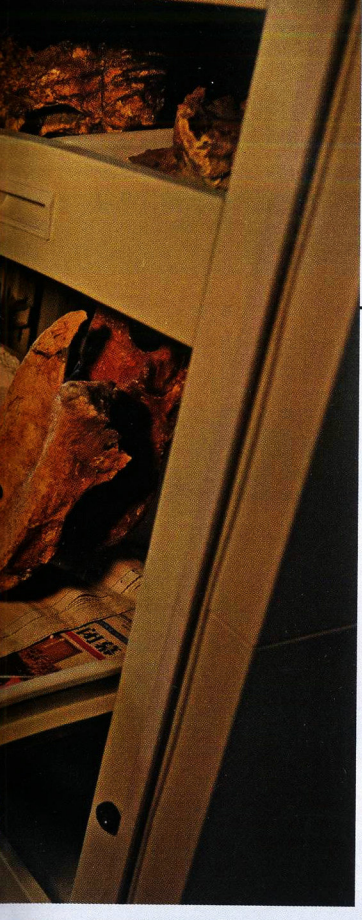
型的冰期动物是起源于青藏高原，逐步适应了高寒环境之后，在冰期来临、北方气候变冷之时，逐渐将自己的分布区从青藏高原经华北、贝加尔湖地区扩大到西伯利亚和欧洲，进而延伸到欧亚大陆北部乃至北极圈。邓涛研究员等人由此提出了“走出西藏”的假说。



尽管披毛犀如今已经灭绝，但它在演化和扩散的过程中，却与青藏高原有着千丝万缕的联系。

“走出西藏”也不是披毛犀的“独角戏”。今天仍然活跃在青藏高原上的高原特有动物中，岩羊、野牦牛、盘羊、藏野驴、藏羚羊和雪豹都有化石或者分子证据表明其起源于青藏高原。例如藏羚羊的祖先可以追溯到青藏高原北部的柴达木盆地的一种库羊，盘羊的祖先是喜马拉雅原羊，雪豹的祖先为同样出土于札达盆地的布氏豹等等。这些动物化石的发现证明，青藏高原是它们最初的演化中心，因隆升而变得“高冷”的青藏高原成为寒冷时期生物演化的摇篮。

杂志交流
1564001698



在青藏高原接受了“抗寒训练”之后
冰期动物由此向北方扩散

欧亚大陆披毛犀起源、分布及扩散路径示意图

数据提供／中国科学院古脊椎动物与古人类研究所



通过对西藏披毛犀头骨的细致分析，科研人员逐步还原了这一冰期动物的形态（右图）。从头骨着生角的部位来看，西藏披毛犀长有两只角，而且靠近前端的鼻角比较粗大，呈独特的侧扁形，这有可能是为了用于在积雪环境中扫开雪层寻找食物而演化出的独特结构，也从侧面证明它曾生活的环境——370万年前的青藏高原已经是“高冷”的气候。绘图／ Julie Selan



杂志交流
1564001698

青藏高原浩瀚的“地书”之中还有一些符号暂时未能“破译”这片土地仍有太多谜团

火山沉积地层：破译化石价值的时间戳

作为科考队的地质学专家，张世涛教授此次的重要任务之一就是找到目标地层中的火山沉积物。

地层中的火山沉积物是用来判定地层形成年龄的关键物质。因为火山沉积物——如火山灰、火山岩、火山角砾岩——中通常含有能够封闭放射性元素的结晶矿物，例如锆石、云母等。通过测量这些矿物中的放射性物质可以精确地判断地层形成的时间。只要找到这样的火山物质，那么棕榈和攀鲈所生活的地层时代就可以基本确定，这相当于为这批生物以及青藏高原的演变确定了一个时间标尺，有着极其重大的价值。

在此次考察过程中，他们跑遍了三年来发现的所有化石点，却始终没能找到火山沉积物。最后一天，张世涛和吴飞翔、苏涛三人抱着最后的希望，来到曾让他们满载而归的“V”字形构造。经过近两个多小时的寻找辨认，三人最后面色沮丧地回到车上。虽然也拿回来了几块“疑似”的石头，但他们清楚这只是心有不甘的徒劳而已。已是下午五点多钟，距离晚上的住宿地还有三个半小时的车程。在有些令人窒息的沉默氛围中，车子开动了，即将离开“V”字形构造的时候，苏涛指着不远处河谷里的一道浅白色地层，声音陡然升高说：“飞翔，要不再去那儿看看？”

这个象征着胜利的“V”字又一次眷顾了他们。他们真的找到了夹在此前发现化石地层中的火山沉积地层，而且是相距不远的两层。

从地层里挖出来的火山角砾岩，其实只是一块很普通的方形灰色石头。但看着他们捧着石头用放大镜再三确认的兴奋劲儿，如同拿到心仪已久玩具的孩子，又仿佛三位读破万卷书后，终于觅得了“颜如玉”、“黄金屋”后狂喜的书生。一贯理性的他们此刻难掩心中的狂澜，唯一一次，他们主动要求摄影师给他们与这层薄薄的火山角砾岩岩层拍一张合影。

夕阳下，满身尘土的三个人坐在那道灰白色岩层之上，陷入了沉默。可能是在设想当年火山喷发时，这片大地上的生命究竟经历了怎样的命运转折；抑或是在思考这些火山沉积物可能带来的结果。因为他们很清楚这两套岩层对于自己此前关于青藏高原隆升的推论来说意味着什么：要么成为实锤证据，要么进一步修正完善。但无论如何，他们都希望这些岩石能给出一个答案。

三枚化石的出土地点远隔重洋，外形有趣的“兔耳果”隐含了什么样的信息？

在伦坡拉盆地更古老的地层中，科考队员们发掘出一种距今约5000万年、与望天树果实类似的翅果化石，由于果实上部具有一对很长的翅片，它被形象地命名为“兔耳果”，全长（含翅片）只有不足5厘米（右页图）。目前，全世界只有三个地方发现了它的化石，一个在青藏高原，还有两个在遥远的美国西部和德国法兰克福。这三个地点相距甚远，那么这个外形可爱的“兔耳果”暗含着怎样的信息？青藏高原又曾经在北半球植物区系交流中扮演了什么角色？这不仅是古生物领域的谜团，也是青藏高原的魅力所在。也许正因为如此，它才能吸引来自各个领域的研究人员投身其中，尝试从自己的专业来解读这里隐藏的诸多秘密。

审稿专家 / 邓涛
中国科学院
古脊椎动物与古人类研究所
研究员
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

杂志交流
1564001698



因宠得祸
神秘的中国睑虎悄然走向濒危

撰文 | 杨剑焕　摄影 | 刘馨阳 等

2019年8月17日，在即将召开的濒危野生动植物种国际贸易公约（CITES）第十八次缔约方大会上，中国政府将要提交的提案之一就是将中国和越南分布的睑虎属物种列入公约附录，希望由此管控和减少贸易对两国睑虎野外种群的威胁。对于绝大多数人来说，睑虎是陌生而神秘的。睑虎在野外究竟是怎样的一种存在，又因何导致濒危而迫切需要保护呢？



一只荔波睑虎因感受到威胁而做出警示的反应。睑虎因为具有壁虎科中较为特殊的可以活动的眼睑，即可以闭合双眼而得名。睑虎属动物一般都外表霸气，色彩鲜艳，又有一双美丽的大眼睛，所以深受宠物爱好者的青睐，并经常出现在各种线上线下的宠物市场中。



荔波睑虎
Goniurosaurus liboensis



摄影 / 经新

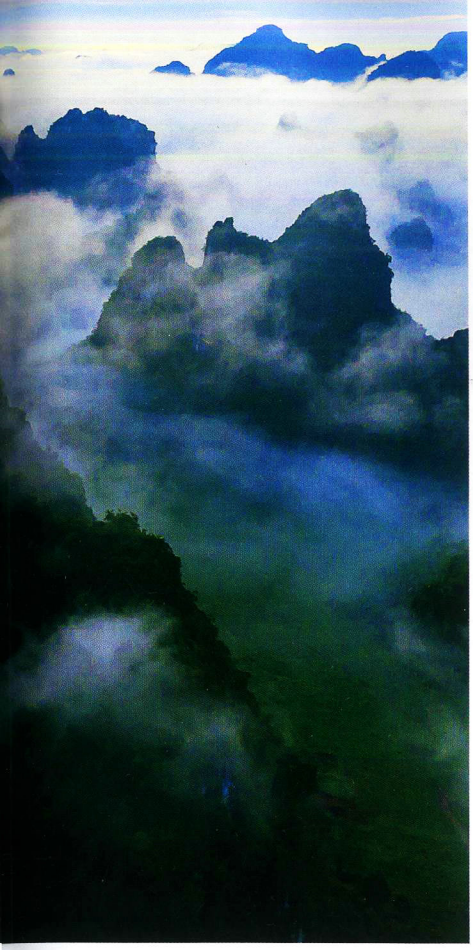
虽然隔着有五六米远，但是我依然能够看清楚它的样子。趴在面前石灰岩壁上的是一只睑虎，大概有十多厘米长。但是它身上的斑纹与我此前见到的所有睑虎都不同，粉白的身体和粗壮的尾巴都布满了黑白相间的斑纹。咦？不对，它的眼睛的颜色似乎有些特别？

被强光手电一直照着，它似乎有些警觉，头昂着，身体一动不动，眼睛似乎透出些许绿色来。我赶紧把手电的光线调暗，等它放松警惕后，换了一只长焦镜头远远地拍了几张照片。通过相机回放照片，是的，它瞳孔的颜色是淡橄榄绿色，这应该又是一个新种。我内心里不禁慨叹道：广西的这片石灰岩森林真是个好地方啊，居然又发现一个新种睑虎。

拒绝成为死亡笔记，隐匿新种睑虎模式标本产地信息

2015 年 6 月下旬，我撰写了一篇关于广西石灰岩森林里新发现的两种睑虎的文章，发表在国际动物分类期刊《动物分类学》杂志上。广西睑虎、嘉道理睑虎成为它们的名字，前者由于和已发现的荔波睑虎有些类似，为了更好区分，所以用其产地命名为广西睑虎。而那个绿眼睛的小家伙是如此特别，与其他所有已知的睑虎属物种完全不同，所以我给它起

杂志交流
1564001698





睑虎多栖息在热带、亚热带丘陵地区和山区的石灰岩地区或者花岗岩地带（左图），它们喜欢多石头、多石缝的生境，对环境植被覆盖度的要求并不高。近些年随着人们对睑虎关注度的提升，它们成为很多摄影师钟爱的拍摄对象（上图）。睑虎属于夜行性动物，它们守候猎物时岿然不动，捕猎则轻盈迅速。摄影师用慢速快门拍摄（下图），将它行动的迅捷表现出来。

石灰岩地区
石头多、石缝多
睑虎们钟爱的栖息环境



名为“嘉道理睑虎”。因为我是嘉道理农场暨植物园的员工，之所以能够发现它们，很大程度上是因为工作的原因。这个名字还有另外一层意义，纪念嘉道理农场暨植物园的创办人贺理士爵士及罗兰士勋爵，弘扬他们终身支持华南地区生物多样性研究和保育工作的善行。

这两个新种睑虎在《动物分类学》杂志上发表后，让我万万没有料到的是，自己却因此而陷入了舆论争议的漩涡。舆论争议的焦点，就是我在发布这两个新种时，一反常规，没有公布模式标本的采集地点。

按国际惯例，传统的分类文章在发布新种时，一般会尽可能详细地提供每个标本的采集地点信息，以留下记录，供后续的科研人员开展进一步的研究。所以在《动物分类学》上出现一篇没有栖息地地理信息的新种描述文章，这是极其罕见的现象。所以我的这个举动是非常具有争议性的。

其实，我隐藏地点信息的原因也很简单。为了更好地保护这两种新发现的睑虎免受偷猎之灾，我不希望宠物贩子知道它们在哪里，不希望我的文章变成他们的寻宝图。

自上世纪 90 年代起，睑虎属物种因为独特的外形、鲜艳

杂志交流
1564001698


荔波睑虎
Goniurosaurus liboensis

广西的睑虎
睑虎分布种类最多
中国最重要的
睑虎分布区



的斑纹、充满魅力的瞳孔而广受宠物市场欢迎，几乎所有睑虎物种都成为贩卖的对象。即便是现在打开百度贴吧里的睑虎吧，里面大多数的帖子充斥的都是睑虎贩卖的信息。那这些被贩卖的睑虎从何而来呢?

以英德睑虎为例，它是我和朋友发现并发布的第一种新种睑虎，于2010年正式发表。文章发表之后，很快英德睑虎就开始在宠物市场流通销售，在脸书（Facebook）网站上也能看到有国外的爬宠饲养者在晒自己拥有的英德睑虎。与此同时，我们发现在英德睑虎的模式产地，它们的野外数量在接下来的几年内不断下降。这让我感到非常难过，甚至有点内疚。毕竟是因为我们告诉了外界它们的存在，而且文章也详细描述了它们被采集的地点。这从某种程度上也相当于直接告诉了贩子们去哪里找它们。

为了避免曾经发生在英德睑虎身上的这些事情，再度发生在嘉道理睑虎和广西睑虎身上，我在发表这两个新种的文章中把详细的地点删掉，只是模糊地提及是在广西采集到的。事实上，我和嘉道理农场暨植物园所采取的这项保育措施，也得到学术评审专家及《动物分类学》杂志总编辑的支持及赞赏。

发现新种英德睑虎，与睑虎家族结就10年奇缘

我第一次见到和知晓睑虎属物种，是在2009年，距今刚好10年整。没料到最初的相遇，会让我与它们产生如此长久和神奇的缘分。

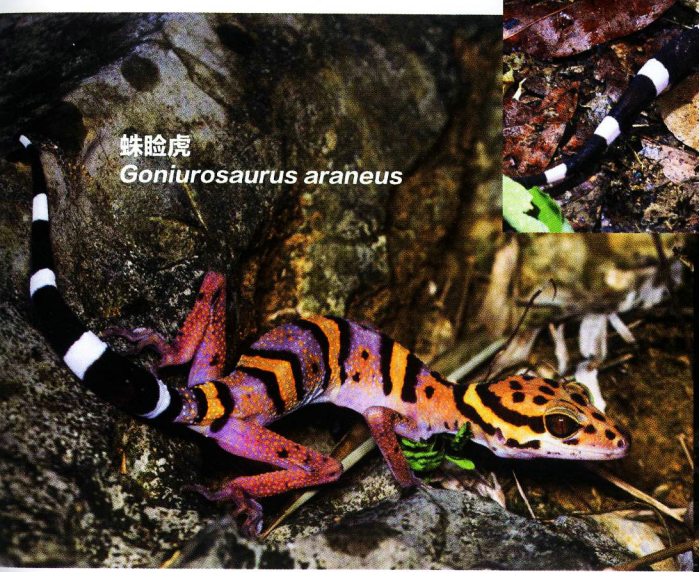
2009年，我还是一名广州中山大学的大三学生。一天晚上，我收到好朋友郑声发来的一张动物照片，他是一名自然爱好者，刚和朋友在广东的英德拍到了这种动物。那是一种我从未在广东见过的“东西”。接下来两天，我和当时的导师王英永对那张照片里的物种研究了很久，完全没有概念这是个什么东西，只能大概推断它应该是一种睑虎。但是，它又和已知的睑虎属物种完全不是一个样子，因为当时最新的《中国动物志》（1999年出版）爬行纲蜥蜴亚目内记载我国的睑虎属物种仅有里氏睑虎一种。虽然书里也记载有海南睑虎，但当时编写《中国动物志》的国内研究人员认为它只是里氏睑虎的同物异名，属于同一种。而且此前广东没有睑

杂志交流
1564001698


广西睑虎
Goniurosaurus kwangsiensis

位于我国广西、贵州两省区的喀斯特森林地区是目前中国最重要的睑虎分布区。截至目前，已经在这一区域发现了5种睑虎，分别是：荔波睑虎、广西睑虎、凭祥睑虎、蛛睑虎、嘉道理睑虎。其中除了蛛睑虎和凭祥睑虎在越南也有分布之外，其余均为中国特有种。它们都是近些年刚被发现和命名的新种，相信随着野外调查范围、力度的不断扩大和加深，研究手段的日趋成熟，未来还会有更多的睑虎属新种被发现。


凭祥睑虎
Goniurosaurus luii


蛛睑虎
Goniurosaurus araneus


嘉道理睑虎
Goniurosaurus kadoorieorum
摄影 / 徐廷程

虎属物种的记录。所以，它很有可能是个新种！

于是，我马上联系了郑声，让他带我去野外考察，希望能够采集一些标本带回去研究。不料，到达后的当天晚上，我在寻找睑虎时不小心踩到地上一窝黑色的土蜂。在自己还没有完全意识发生什么情况之前，就已经不知道被叮了多少次。由于实在太痛了，所以我第一反应只能是“哇哇”地惨叫，完全来不及告诉他不要过来。而离我不远的郑声却以为我发现了睑虎，马上冲过来。然后，我们两个人就在漆黑的夜晚里一起“哇哇”地惨叫……我们一路狂奔逃回住处时，手臂已经刺痛到完全麻痹了。幸运的是，大约两个小时后，手臂的麻木感慢慢退去，也没有那么痛了。我们又继续回去那里找睑虎。

在经历了惨痛的事故之后，

杂志交流
1564001698



广东的睑虎
小小英德，两种睑虎
但生存状况岌岌可危

在广东省的英德市，很小的范围之内就分布着英德睑虎和蒲氏睑虎两个不同的种类，因此是属于极度狭窄区域内分布的物种。而且它们生活的区域受人类活动影响较大，再加上不受节制的野外捕捉和贩卖，它们的生存状况已经岌岌可危，野外难得一见。


蒲氏睑虎
Goniurosaurus zhelongi


英德睑虎
Goniurosaurus yingdeensis

我终于亲眼见到了照片中的睑虎。当时那种惊艳和震撼因为土蜂事件而变得记忆尤深。第一眼我就爱上了它们。相信任何一个第一次见到睑虎的人，都会被其特殊的外形和惊艳的色彩所震撼。后来的研究证实，这的确是一个难得一见的新种睑虎。2009 年，我和王英永老师正式在国际学术期刊《两栖爬行动物学报》上发表了中国新种睑虎——英德睑虎。这篇新种睑虎的文章，也正式开启了我进入两栖爬行动物分类研究的大门。

因为英德睑虎是我发表的第一个新种，所以这让我对睑虎属物种多了一份特殊的喜爱，开始更多地关注这个动物类群。睑虎属物种最大的分布区和栖息地就在中越（广西边境和越南北部）的喀斯特森林地区，所以此后几年里，无论是在开展研究工作期间，还是自己的私人时间，我都一直在关注广西和贵州的喀斯特森林地区。工夫不负有心人，我和同事及朋友们陆续发表了英德睑虎、荔波睑虎、嘉道理睑虎和广西睑虎这四种新种。

1999 年至今的 20 年里，我国的睑虎属物种从原来的 1 种上升到现在的 10 种，它们分别是：蛛睑虎、霸王岭睑虎、海南睑虎、嘉道理睑虎、广西睑虎、荔波睑虎、凭祥睑虎、英德睑虎、蒲氏睑虎、周氏睑虎。在 1999 年出版的《中国动物志》中记载的里氏睑虎是一个命名比较早的种，以前中国的睑虎都放入这个种的名下，例如海南睑虎当时就被认为是里氏睑虎的同物异名。后经研究证实，里氏睑虎目前只有在越南才有

杂志交流
1564001698



霸王岭睑虎
Goniurosaurus bawanglingensis
摄影 / 付若金

分布，所以海南睑虎成为独立种。值得一提的是，在中国分布的 10 种睑虎中，除海南睑虎被发现和描述于 1908 年外，其余 9 种均为 1999 年之后才发现和描述的新物种。相信随着野外调查范围、力度的不断扩大和加深，研究手段的日趋成熟，未来还会有更多的睑虎属新种会被发现和公诸于世。



海南的睑虎
已知三种睑虎
全部是海南特有种



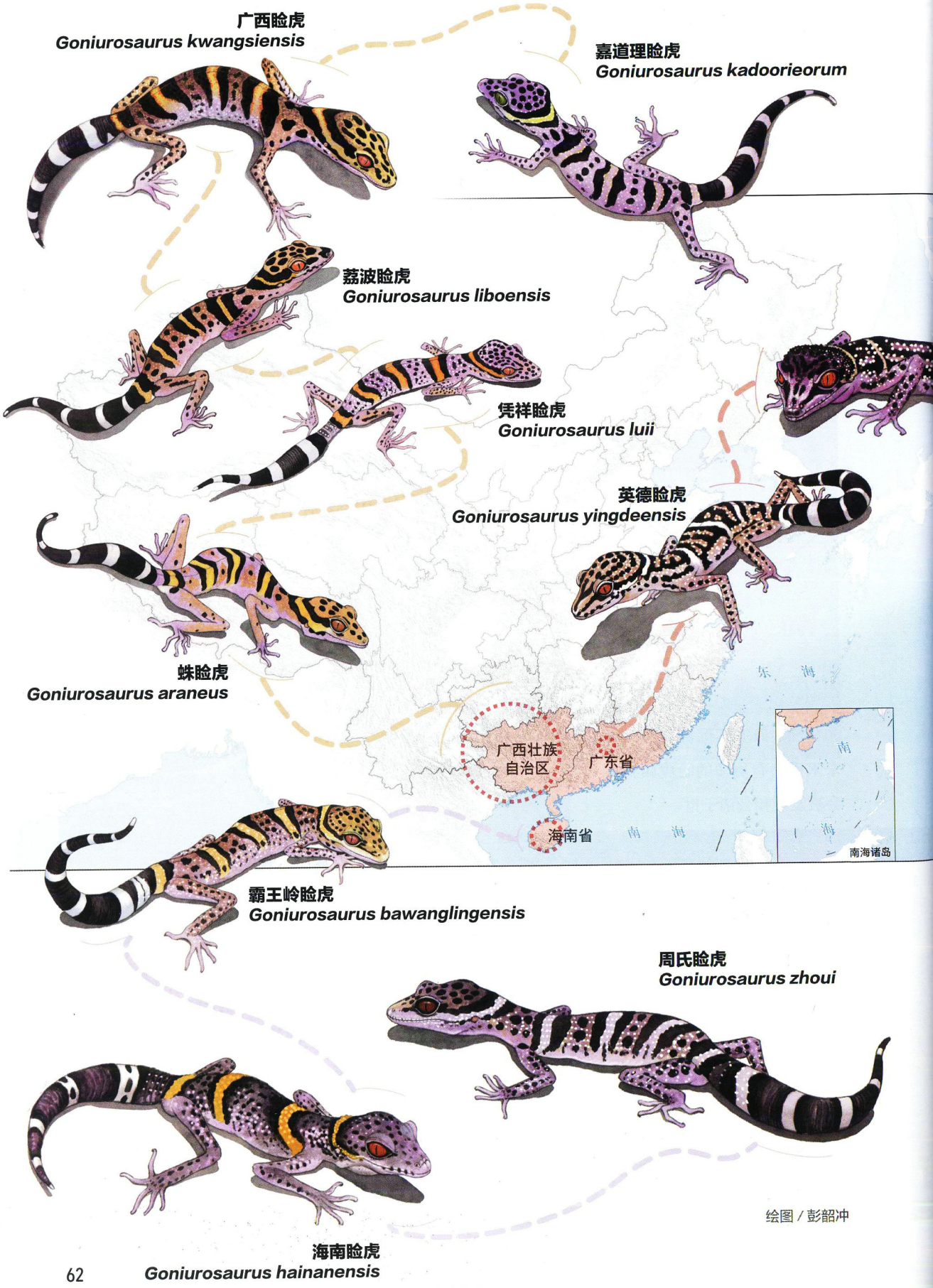
周氏睑虎
Goniurosaurus zhoui
摄影 / 徐廷程



海南睑虎
Goniurosaurus hainanensis

在海南分布的3种睑虎——霸王岭睑虎、海南睑虎、周氏睑虎——都属于岛屿特有种。最新的分子和形态学研究显示，这3种睑虎都处于同一个演化分支，而且霸王岭睑虎和海南睑虎在海南的分布区域也有重叠。

杂志交流
1564001698



绘图 / 彭韶冲

杂志交流
1564001698





蒲氏睑虎
Goniurosaurus zhelongi

睑虎家族种类不多但分化程度很高并且在分布地域上呈间断分布

目前全球已知的睑虎属物种有19种，分布在日本（琉球群岛）、中国（广东、广西、贵州、海南）和越南北部。目前我国记录有10种睑虎，它们几乎均为我国特有。我国广西壮族自治区为睑虎物种分布最集中、最丰富的地区，除此之外，在越南和日本琉球也有睑虎物种分布。睑虎属物种在全球范围内的分布是间断的，属内物种的起源和历史扩散模式，是一个尚未明了的，同时也非常有趣的科学问题。从这个角度来说，睑虎属物种也是研究东亚、东南亚生物地理的十分重要和理想的对象。

为何要保护睑虎，并列入CITES公约附录？

曾岩　中国科学院动物研究所　高级工程师
中华人民共和国濒危物种科学委员会　主任助理

随着全球宠物贸易和动物收藏产业的发展，很多形态特别或地区特有的动物受到玩家的追捧，市场价格越炒越高，由此产生的高额利润刺激了野外盗猎和非法贸易。睑虎属物种外表靓丽奇异，从20世纪90年代开始就成为国际宠物贸易市场的新宠。甚至一些睑虎新种的描述文章刚发表不久，宠物采集和贸易就相继出现。贩卖者一般会先雇用当地人捕捉，然后再收购和贩卖。毫无节制的捕捉和贩卖已经导致某些物种在其模式产地绝迹。

在科学研究领域，睑虎属物种是爬行动物中人类了解最少的类群之一。它们具有高度的区域特有性，很多种类只在特定一个地点有发现记录，且种群密度不高，因此可能在还生存着众多未知种类。目前，世界自然保护联盟（IUCN）受威胁物种红色名录还没有发布对中国睑虎物种的评估。更糟糕的是，很多睑虎属物种的栖息地呈现破碎化，并因人类活动而破坏严重。在栖息地丧失的同时，捕捉和贸易又导致睑虎的种群数量进一步下降，尤其是对种群数量稀少的种类而言，简直就是灭顶之灾。

2000年，我国颁布《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》（简称“三有”名录），其中收录了海南睑虎和凭祥睑虎两种。海南睑虎和霸王岭睑虎被列为海南省重点保护野生动物。在越南，睑虎属物种没有被列入任何野生动物保护法规的保护范畴。幸运的是，目前国内新发现的多种睑虎种类主要分布在自然保护区中，受到了一定程度的保护。

在此背景之下，中国、越南联合欧盟向《濒危野生动植物种国际贸易（CITES）公约》的第18次缔约方大会提出，将中国和越南分布的睑虎属动物列入CITES附录Ⅱ，管制其国际贸易。截至目前，中国和越南已发现记录的13种睑虎都在其中。鉴于该类物种的分布区狭窄，该提案也包括了未来可能发现的隐存种。但是，CITES公约的附录仅仅是一个被保护物种的名单，希望这次列入名录，能够促进全社会对睑虎的关注和保护，使这些美丽而神奇的动物能幸存于自然之中。

杂志交流
1564001698



摄影 / 付若金

一水之隔即为两种睑虎蕴含生命演化之奥秘

近几年，很多摄影师会在网络上分享睑虎的照片，吸引了很多人的关注。这也是我一直挥之不去的隐忧。因为我知道，一旦拍摄者透露拍摄地点，或者发布拍摄期前后的相关行程，就可能会让宠物贩子从中找到睑虎分布的线索，并将它们一网打尽。'所以在过去几年里，我几乎不在网络上分享睑虎的相关信息。

近些年来，随着睑虎新种的频繁发表和网络的高速发展，以及自然知识和自然教育在公众的普及，社会对睑虎的关注度达到了史无前例的高峰。即便如此，绝大多数人对睑虎依然是一无所知。

睑虎属物种喜欢在喀斯特石灰岩地带活动。它们对环境的植被需求并不高：从植被保存非常完好的保护区到杂乱的灌丛都能发现它们的踪迹。而且，和绝大多数的爬行动物一样，睑虎是夜行性的。它们白天基本躲藏在石缝、小石洞或石头下，天黑之后才爬出来，一旦受到惊吓则会迅速躲藏。所以正常情况下，除了它们活动地点周边的百姓，以及专门的科研人员之外，几乎不会有人晓得它们的存在。

目前，全球已知的现生睑虎属物种有 19 种。睑虎属物种在全球上的分布是间断的，在日本琉球、我国华南（广东、贵州、广西）— 越南北部，以及海南都有分布，反而中间的广东东部、福建乃至台湾全岛，目前尚未发现有睑虎属物种分布。众所周知，台湾本土的生物多样性调查历史久远，调查覆盖的范围也很广，我相信台湾如果有睑虎属物种分布，它们应该早就已经被发现。所以睑虎属物种的物种起源和历史扩散模式，是一个尚未明了的，同时也非常有趣的科学问题。从这个角度来说，睑虎属物种也是研究东亚、东南亚生物地理的十分重要和理想的对象。

目前中国已发现 10 种睑虎，其中 8 种均为中国特有种。结合最新的分子和形态学研究，它们按照其地理分布被分为 3 个种组：凭祥睑虎种组（包含黔桂地区的 5 种睑虎：凭祥睑虎、蛛睑虎、荔波睑虎、嘉道理睑虎、广西睑虎）、英德睑虎种组（包含仅分布在广东英德的英德睑虎与蒲氏睑虎）以及海南睑虎种组（包含海南 3 个特有种：霸王岭睑虎、海南睑虎、周氏睑虎）。可以看出睑虎的分化特别厉害，很多物种都是狭域分布的物种。

睑虎属物种的活动范围固定、狭窄，所以这导致它们种群的扩散能力极弱。可能一条较大的河流，或者是一条大山

杂志交流
1564001698



嘉道理睑虎
Goniurosaurus kadoorieorum
摄影 / 杨剑焕

眼睛之魅
硕大而多彩的眼睛虹膜
让很多喜欢睑虎的人欲罢不能



广西睑虎
Goniurosaurus kwangsiensis
摄影 / 徐廷程

霸王岭睑虎
Goniurosaurus bawanglingensis



睑虎是昼伏夜出的夜行性爬行动物，不便寻找（左页图）。这一生活习性也让它们都拥有一双美丽而奇异的大眼睛，而且不同种类的眼睛虹膜颜色也是五颜六色，这让很多人为之着迷。广西睑虎这样的橙红色虹膜（左图）和红色虹膜在睑虎家族中是比较常见、大众化的，很多种睑虎的虹膜都是这种颜色。海南睑虎的红色虹膜因酷似恶魔的眼睛（上方小图），所以有人称之为“恶魔之瞳”。嘉道理睑虎眼睛虹膜的颜色是淡橄榄绿色（上方大图），这让它从睑虎家族中脱颖而出，成为最特别的一个种类。

杂志交流
1564001698

沟，就能够切断它们的自然扩散路线，形成两个姊妹种之间的地理阻隔。事实上，在睑虎身上，还有着许多亟需学者们去进一步研究和解答的科学问题：睑虎属动物缘何会有如此之高的多样性？为何当中大多物种都是狭域分布？为何单单海南已有分化如此之高的三个物种共存？在漫长的历史时期中，它们又是如何在地理如此接近的区域内，谱就了各自不同的演化之路？

不受动物保护法保护 神秘的睑虎们 正在悄然走向濒危

但是，对于有志于研究睑虎属物种的科学研究者们来说，留给他们的机会越来越少了。

据我10年来的野外调查，在广西和贵州的石灰岩地区，睑虎属物种的栖息地质量出现了严重的下降。尤其是保护区外围的石灰岩生境，正面临矿厂开采、道路建设等人为活动的威胁。而部分地区森林公园内的公路建设，对栖息在这里的睑虎来说，简直是“整个家族被集体屠杀殆尽”的灾难。

除了栖息地的丧失之外，睑虎属物种另外一个最主要、也是最大的威胁就是来自宠物贸易的大肆采集。从上世纪90年代末期开始，睑虎属物种逐渐在国内外宠物市场受到饲养爱好者的狂热追捧，这也给它们的野外种群带来了灭顶之灾。

事实上，由于睑虎属物种



广西睑虎
（存疑，也可能是未知种类）
摄影 / 徐廷程

分布很狭窄，所以一旦一个地方的睑虎被动物贩子盯上了，很容易就被抓光殆尽。目前，凭祥睑虎、英德睑虎和蒲氏睑虎这三个极度狭域分布的种类，都因被大量捕抓和收购，导致在模式产地已经难觅其踪。

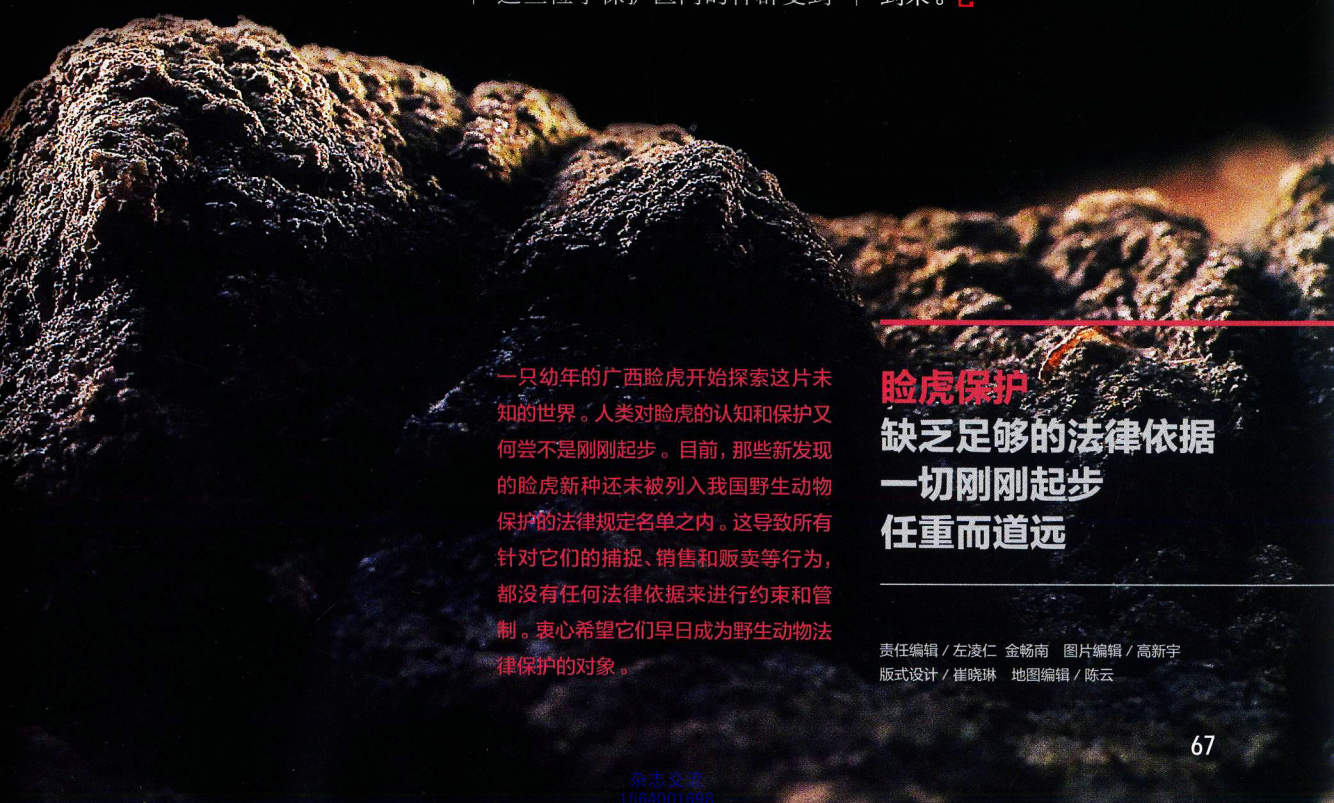
目前，我国还没有专门的机构去做针对睑虎属物种的贸易调查，缺乏相关的贸易量数据。但毋庸置疑的是，野生睑虎一直都在不断地被抓捕和被贩卖，部分地区的种群数量也因此急剧下降。而现在，国内的大多数睑虎属物种基本上都在宠物市场上被贩卖。视物种和个体漂亮程度的不同，价格一般从两三百元到一两千元不等。

目前，对于睑虎属物种面临的威胁，看不到任何解决的希望。导致这一切的根源是：我国的 10 种睑虎都未被列入《国家重点保护野生动物物种名录》，所以并不受《中华人民共和国野生动物保护法》的保护。这份名录是从 1989 年开始实施，所以对于 1999 年后才被大量发现的睑虎属物种来说，30 年前的保护名录太古老、太滞后了。而在日本，睑虎是琉球群岛的“天然纪念物”，当地法律严禁任何捕抓行为。

现在，唯一庆幸的是，我国已知的这 10 种睑虎属物种，绝大多数都在自然保护区内；而我国现在保护区内的栖息地保护明显比之前好太多，所以这些位于保护区内的种群受到的威胁不算太大。但依然需要警惕，因为会有胆大的贩子偷偷进去采集，或者用重金引诱当地村民去采集，然后再收购。归根结底，将睑虎属物种列为我国受保护的物种，才能有效地发挥法律的警示和震慑作用，也才能让执法人员在发现违法捕抓睑虎的行为后，可以有法可依，进行相应的法律惩处。

未来，我一定会把嘉道理睑虎、广西睑虎这两个物种的详细采集地点信息公布，因为作为分类学的研究人员，我认为每个物种的模式地点信息是非常重要，而且是不能丢失的。但公开的前提是，我国睑虎属物种已经受到法律的周全保护。

热切期望着，那一天尽快到来。



一只幼年的广西睑虎开始探索这片未知的世界。人类对睑虎的认知和保护又何尝不是刚刚起步。目前，那些新发现的睑虎新种还未被列入我国野生动物保护的法律规定名单之内。这导致所有针对它们的捕捉、销售和贩卖等行为，都没有任何法律依据来进行约束和管制。衷心希望它们早日成为野生动物法律保护的对象。

睑虎保护
缺乏足够的法律依据
一切刚刚起步
任重而道远

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

杂志交流
1564001698

独家报道

河北临漳

考古学家妙手复活国宝佛像

佛教考古最大发现获新进展

撰文 宗峰 沈丽华

供图 邺城考古队

学术顾问 何利群



2012年，在位于河北临漳县的“六朝古都”邺城遗址北吴庄附近，一座尘封千年的佛教造像埋藏坑被发现，出土了建国以来数量最多的造像文物，一时震惊世界，被誉为中国佛教考古最重大的发现之一。7年多过去了，这批造像背后隐藏的秘密有哪些得到了解读？由中国社会科学院考古研究所和河北省文物研究所联合组成的邺城考古队，负责本次考古发掘，授权本刊独家报道这批造像的最新研究进展与成果。

杂志交流
15640016



这尊弥勒七尊像，就是北齐中后期盛行的“龙树背龛式”造像的一件经典代表，这样的造像样式被后世学者称为“邺城模式”。这是一尊三菩萨二弟子二螺髻双树背屏式造像，保存了较多红、绿彩绘及贴金痕。弥勒头戴三叶冠，面相圆润，坐姿为介于倚坐和交足之间的并足坐，有二裸体童子托足。镂孔透雕双树背屏，上部为飞天托佛。北齐中后期盛行的“龙树背龛式”造像，是上承东魏武定年间白石造像的技术传统和构图特征，同时接收新一轮传入的笈多造像样式而创造出的一种全新模式，彰显了邺城作为6世纪北方佛教艺术中心的地位。

北吴庄佛教造像埋藏坑的考古发现史无前例，在中国佛教史上具有划时代意义

2012 年 1 月 10 日凌晨 4 时，河北邯郸市临漳县文物局副局长、文保所所长王福生，在睡梦中被惊醒，是临漳县刑警六中队打来了一个紧急电话："接到几个报警电话，漳河发现佛像了！"王福生虽然长期跟文物打交道，但当时也没意识到，这次佛像出土，竟然是一次改写中国佛教考古史的重大发现。

出土佛像的地方，是在临漳县城西南约 20 公里的邺城遗址东部，习文乡北吴庄村北的漳河河滩里。明末清初时，漳河改道后流经这一区域，形成了厚薄不均的流沙层。据说从上世纪 50 年代开始，这里的漳河一到洪水季节，就偶尔会有佛像、陶瓷器、瓦当等古代文物被冲出来。

邺城遗址，由南北毗连的两座古城 —— 邺北



邺城北吴庄佛教造像埋藏坑，是本世纪以来中国佛教考古最重大的发现

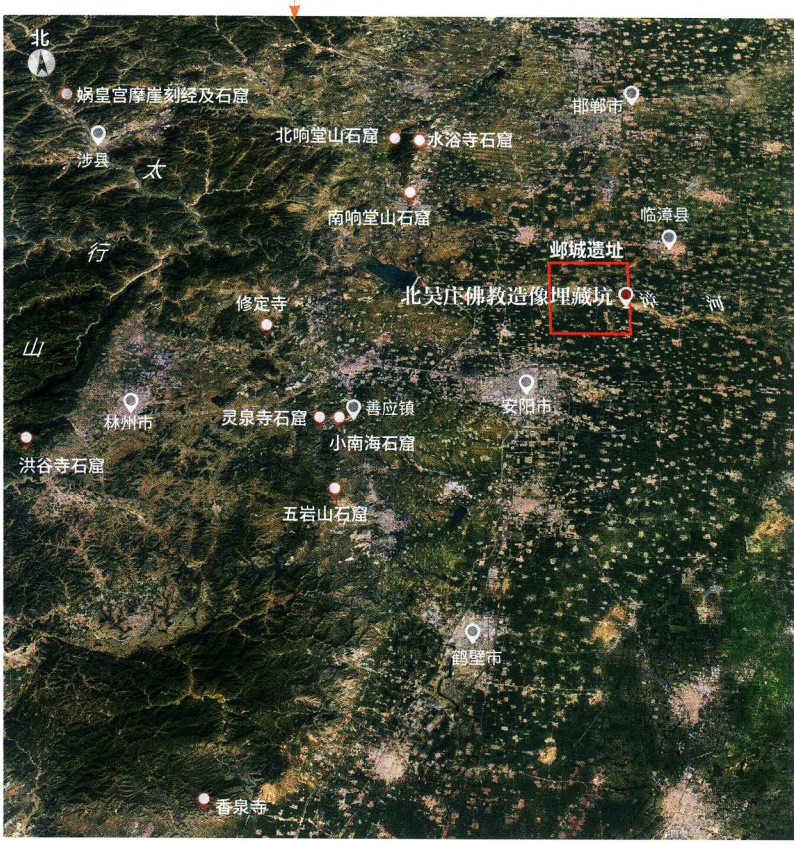
河北邯郸市临漳县习文乡北吴庄村的造像埋藏坑发掘现场。埋藏坑就位于临漳县城西南约20公里的邺城遗址东部的漳河河滩上，坑口呈不规则方形，边长约3.3米，深1.5米左右。在历史上，河北曲阳县修德寺出土的佛造像，与四川成都万佛寺遗址、山东青州龙兴寺窖藏出土的石刻造像，并称为20世纪中国佛教考古三大重要发现。这次邺城出土的佛造像，不仅文物数量更多，而且造像工艺精湛，造型精美，形式多样。因此，有专家认为，北吴庄造像埋藏坑是本世纪以来中国佛教考古最重大的发现。





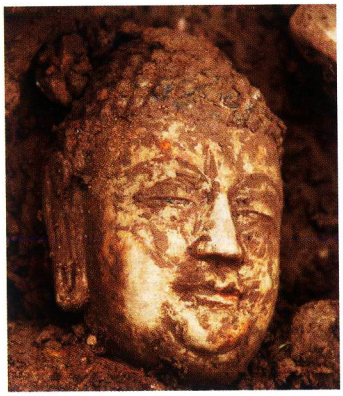
河北邺城北吴庄佛教造像埋藏坑位置及周边石窟寺院分布图

图中所示区域



城和邺南城组成，曾是曹魏、后赵、冉魏、前燕、东魏、北齐诸王朝的都城，被称为“三国故地，六朝古都”。自1983年起，由中国社会科学院考古研究所与河北省文物研究所联合组建的邺城考古队，在这里持续进行了30多年的考古勘探和发掘，初步确认了邺城作为建安文学发祥地、都城规划肇始地和佛法弘传中兴地的历史地位。而现代人对于这座六朝古都的认知，除了在此治理漳河的西门豹、曹操营造的铜雀台，似乎就没有更多了解了。

杂志交流
1564001698



如此重大的考古发现，为何7年多了也没有进一步的考古报告公之于众？

在接到通知后，邺城考古队里来自中国社会科学院考古研究所的何利群博士，带着考古队员火速赶了过来。让所有人没想到的是，这次偶然的发现，竟然是一处规模极大的佛教造像埋藏坑：经测量编号的共计2895件（块），另有3000件左右造像碎片和少量砖、瓦、瓷片。造像堆放密集，其间未见有明显的分层和间隔，总体呈无序状态。质地以白石为主，少数为青石，表面多残存有彩绘和贴金痕。时代跨越了北魏至唐代，以东魏北齐时期造像为主。

这次邺城出土的佛教造像，不仅数量众多，而且造像工艺精湛，造型精美，形式多样，显示了邺城作为中原北方地区北朝晚期佛教文化艺术中心的地位，北吴庄佛教造像埋藏坑是目前为止中国佛教造像最重大的考古发现之一。

有专家认为，本次考古发现意义重大，这样级别的发现史无前例。

这是目前所知新中国成立以来出土遗物数量最多的佛教造像埋藏坑，在中国佛教史上具有划时代意义。



“之前没有哪个佛像考古现场，做得有我们这一次细致、科学、客观”

邺城考古队严格按照田野考古规范，对北吴庄造像埋藏坑进行了发掘。他们首先在现场进行了RTK高精度定位测量，使用全站仪布方。发掘现场的负责人何利群说：“之前没有哪个佛像考古现场，做得有我们这一次细致、科学、客观，每一尊佛像出土的原始数据、坐标等，我们都做了详细记录，把造像的现场埋藏情况揭示了出来。”由于这批造像色彩丰富、出土环境特殊，因此在逐层提取标本的发掘过程中，考古队员们各司其职，分工明确，全程记录发掘过程，对每件出土标本的提取都进行了统一编号，并经过全站仪定点测量、原始状况拍照和摄影、专业人员提取、保护性包装及核对装箱等步骤。

杂志交流
1564001698



7年慢工出细活：目前已完成200余件珍贵佛像的拼接粘对

北吴庄造像埋藏坑的发现一经披露，就引起国内外的广泛关注。不过，7年多过去了，如此重大的考古发现，并没有见到进一步的考古报告公之于众。那么，这7年多考古队究竟做了哪些工作？又解读了哪些佛像的秘密呢？

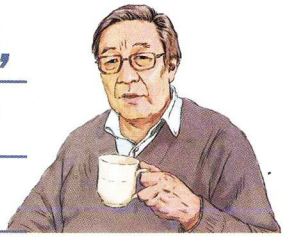
最近，负责本次考古工作的何利群博士接受了本刊独家采访。他说：“这7年来，邺城考古队和我所文保中心联合组成了一支专业工作团队，编制了详细的应急保护方案，并报经国家文物局批准，得到专项经费支持。工作中，首先着力于清理佛像上的泥沙和钙化物，然后逐件、逐块进行色彩封护和贴金加固，这样的工作一直持续了5年多时间，之后才开始残碎佛像的拼接、粘对和修复工作。”

在最初的5年时间里，考古队员们更像是“洗刷工”：他们先是把数千件块的佛像残块逐一清理干净——用竹签、毛刷一点点地剔掉泥沙，然后使用特制的化学药剂对佛像上的色彩进行封护，对佛像上起翘、隆鼓或剥落的贴金部分进行加固和回贴。清理一件复杂的大型彩绘贴金造像，有时甚至耗时超过一个月。经过5年，才完成了去泥除垢、色彩封护和贴金加固的工作。

从2018年年初，修复团队开始对破碎的佛像进行拼接和粘对工作。出土的佛像，大部分都是破碎的残块。拼接，就是把正式编号的佛像标本

杂志交流
1564001698

邺城北吴庄出土佛教造像，对认识北朝晚期造像艺术意义重大



杨泓

中国社会科学院考古研究所
研究员

绘图 / 郭鼎一

“东魏—北齐时期，特别是北齐时期具有时代新风的佛教造像，应源于当时政治文化艺术中心的邺都，其他地方造像如晋阳、定州、青州等地造像的特征应是接受邺都辐射影响而来。

令人欣喜的是，2012年在邺城遗址河北临漳北吴庄北地发现的一处佛教造像埋藏坑，出土佛教造像多达3000余件（块），而且出土造像中有纪年题记的约占十分之一。虽然埋入的时间晚到唐代，但埋藏的造像标本除少量北魏、北周和隋唐时造像外，绝大部分属东魏—北齐时期，由于纪年明确，从而依据对这些造像的全面研究，当能得到东魏—北齐造像较完整的编年体系，进而对佛教造像的邺城规制有进一步认识。

稍有些遗憾的是，这处埋藏坑的位置偏居邺都南城外郭边缘处，且出土东魏—北齐的标本多为小型的造像，尚难全面代表邺都佛教造像的最高规制。但是这一重大的考古发现，不仅使我们认清东魏—北齐造像的编年体系，及其艺术造型特征的演变规律，也能对佛教造像的邺城规制向周边地区，特别是对晋阳、青州、定州等地所辐射的影响有清晰的认知，因此对南北朝晚期中国佛教造型艺术的研究极为重要。

由于现在对造像的修整还在进行中，正式发掘报告的编著尚需时日，因此我们预祝这项考古研究工作能顺利完成，从而满足学界的热切期望。”



杂志交流
1564001698



文物修复不仅要借助特制的工具，还需要高超的手法和丰富的经验

在临漳县城邺城考古队临时工作站，考古队员正在进行出土文物的修复工作。佛像修复工作主要分为三步：第一步，用特制竹刀清除表层泥沙，随后用毛笔蘸纯水清理粘附在色彩或贴金上的泥沙；第二步，在泥沙清理干净后，用专门配制的药品进行色彩封护和贴金加固；第三步，在色彩封护完成后，开始拼对粘接。左图是考古研究所特级技师韩庆林（左一）、付合庆（左二），高级技师马福堂（右二）等人，去除出土造像的外包装及泥沙（左图）。工作台四周靠墙的铁架上面，摆放着刚出土的珍贵佛像。这些佛像是在考古研究所文保专家的现场指导下，进行了三层包装，以最大限度保护文物表面的色彩、贴金等装饰不受损失。上图为技师韩庆林在对北齐天保元年（公元550年）长孙氏造阿弥陀像的表面进行泥垢清理。这尊阿弥陀像在考古队的精心修复后，重现了昔日神韵，修复后的画面见第76页图片。

2895 件（块），与另有 3000 件左右附号以及更为细小的附补号进行拼接。这样的工作就像拼图游戏，数量越多，拼对越难。而且由于造像均为石质、较为沉重，拼对过程不仅是智力的挑战，更需要体力的付出。同时，不同于拼图游戏，修复团队面对的是一个个未知的结果。到目前为止，还只拼对完成了 200 余件较为完整的造像。

经过 7 年多的努力，大家最关心的问题之一——埋藏坑到底出土了多少件佛像，现在有了比较明确的说法。何利群说："当初发掘时，我们只是笼统地说了一个数字——2895 件（块），这只是碎块的数量。现在可以负责任地说，因为第一轮摸底清理工作已基本结束了，通过拼接，我们统计出造像底座有 900 多件，一般是一个底座对应一件佛像，所以我们估计这批造像中较为完整个体的总数应该在 1000 件左右。更为重要的是，至少有 300 多件佛像是有造像题记和明确纪年的，造像题记显示，供养人上至王侯、品官，下至僧尼和普通百姓。"

经过系统整理，考古队还发现，这些佛像中，北魏时期的大致 20 件左右，唐代不超过 5 件，另有少量隋代造像，其他都是东魏北齐时期的。

谈到下一步工作，何利群说："我们现在才完成了 200 余件佛像的拼接粘对，还有很多碎块需要拼接。争取在两三年之内，完成全部佛像的拼对和粘接工作，然后开始着手编写考古报告。"

当被问到这些文物是否算是国宝时，何利群出言谨慎："如果按照一般老百姓的说法，有些特别精美的文物，应该算是国宝级文物了。不过，究竟是不是国宝级文物，其实也不是我们说了算，这需要国家专门的文物鉴定部门来判断。目前国家文物的定级，一般分为一级、二级、三级等级别，而且文物一般只有进入博物馆馆藏序列后，才开始定级。"

杂志交流
1564001698



长孙氏造阿弥陀像

北齐天保元年（公元550年）

通高103厘米

白石质

杂志交流
1564001698

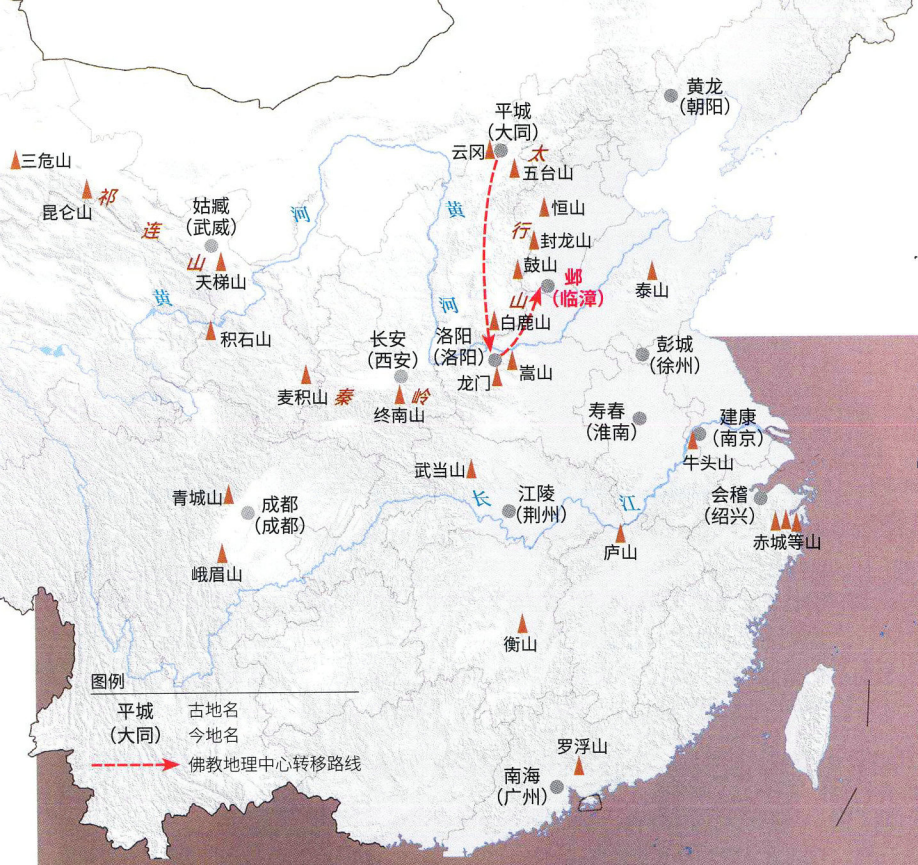
不少佛像在埋藏前就已经被打碎，在埋藏过程中，这些被扔进坑里的佛像又再次遭到撞击、毁坏

专家通过佛像背屏边缘的打击点判断，该佛像在历史上曾遭受过人为破坏

这是一尊一佛二菩萨背屏式造像，保存基本完整，但在佛像肩部处曾断为两截，后被考古专家修复（左图）。主尊为立佛，身后有圆形项光和椭圆形背光，边缘贴金。专家通过背屏边缘的打击点判断，这尊佛像在历史上曾遭受过人为破坏。佛像表面贴金，彩绘痕迹保存良好。二菩萨跣足立于覆莲台上，头戴三叶冠。尖楣背屏下部浮雕双龙。背屏中上部浮雕八身飞天。背屏背面外侧浮雕两身窟中禅修坐像，中部为纪年题刻，“维大齐天保元年，岁次庚午，五月廿八日，长孙氏陆谨为亡夫北徐州刺史长孙柬敬造阿弥陀像一区，举高三尺……”（下图）



杂志交流
1564001698



晋末南北朝时期佛教地理中心与名山分布图

北齐中后期盛行的“龙树背龛式”造像，被称为“邺城模式”

晋末南北朝时期，中国佛教文化的地理中心经历了几次转移：先从平城（山西大同）转移到洛阳，再从洛阳转移到邺城（河北临漳）（见左侧地图，资料来源：严耕望著《魏晋南北朝佛教地理稿》）。从十六国时期开始，佛教在以邺城为中心的河北、河南、山西、山东等地得以广泛传播，到东魏北齐时期邺城取代洛阳，成为6世纪以后中原北方地区的佛教文化中心。邺城北吴庄造像埋藏坑出土的大部分佛造像都是北朝时期，被考古学者何利群划分为四个发展阶段（下图）：北魏中后期、北魏后期至东魏前期、东魏后期至北齐前期以及北齐中后期。其中，北齐中后期所盛行的“龙树背龛式”造像，就是何利群所说的“邺城模式”的造像样式。



北魏太和十九年（公元495年）刘伯阳造释迦像
第一阶段



北魏正（始）二年（公元505年）三禋法荣造像
第二阶段

杂志交流
1564001698

长孙氏在伤痛之余，希望能用造像的功德，帮助亡夫顺利往生西方极乐世界

考古学者抽丝剥茧，逐步揭开了这些精美佛像曾经遭遇的曲折命运

北齐天保元年（公元 550 年），北徐州（治所在今山东临沂）刺史长孙柬去世后，他的妻子长孙氏在伤痛之余，因信仰佛教，就用汉白玉为他造了一尊精美的阿弥陀佛像，希望能用造像的功德，帮助亡夫顺利往生西方极乐世界。

这是一尊雕刻有一佛二菩萨背屏式的佛像，通高 103 厘米，表面有贴金和彩绘，做工极为精细。主尊为立佛，身着通肩袈裟，跣足立于圆形覆莲台上，身后有圆形项光和椭圆形背光，边缘贴金。立佛旁边还有二菩萨跣足立于覆莲台上。

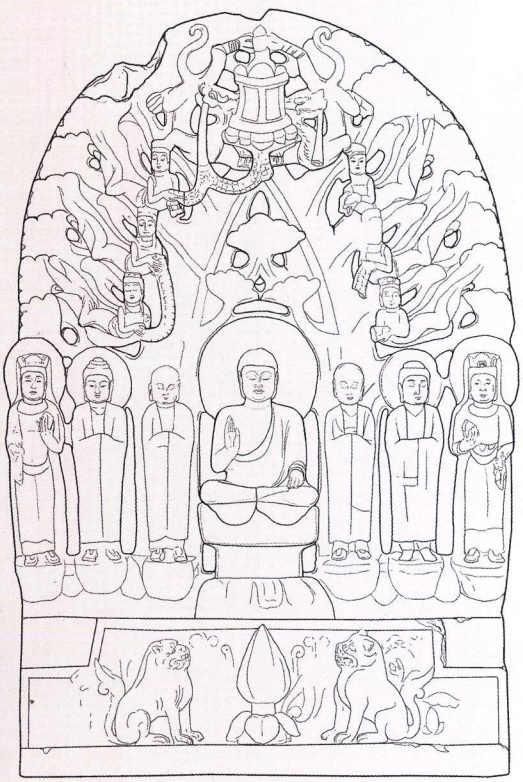
这尊佛像，给人印象最深的却是它的尖楣背屏雕刻。背屏下部浮雕双龙，体型矫健，后肢托二莲花化生童子像。背屏中上部，浮雕八身飞天，头梳高髻，裸上身，下身着长裙，披帛和裙摆向后上方飘扬。有意思的是，与我们熟悉的那些美女飞天相比，这些飞天身材却较为丰满，显得胖乎乎的。

这尊寄托了长孙氏哀思与期望的佛像，完工后就被供养在寺院，接受长孙氏家人的膜拜。

不过，谁也想不到，20 多年后厄运降临。北周建德三年（公元 574 年）五月，武帝下诏“断佛、



东魏武定五年（公元547年）僧略造释迦像
第三阶段



北齐坐佛七身像
第四阶段

杂志交流
1564001698

或许是长孙氏的虔诚感动了天地，这尊佛像竟然在北吴庄造像埋藏坑里被发现了



弟子立像

北齐（公元550—577年）

残高40.5厘米

白石质

道二教，经像悉毁，罢沙门、道士，并令还民”，随后又“融佛焚经，驱僧破塔”，开启了中国历史上第二次大规模的灭佛运动（第一次是北魏太武帝灭佛）。建德六年（公元577年），北周武帝灭掉北齐后，继续在原北齐境内推行灭佛政策，于是众多寺院被拆毁，佛像被破坏，当时中国北方佛教因此基本被禁绝，长孙氏所造的这尊阿弥陀佛像自然也无法幸免。

隋朝人费长房写的《历代三宝记》就记载了北周武帝灭佛时的情景：“融刮圣容，焚烧经典”，就是说，金属的佛像要熔化掉，而贴金的佛像，则要把上面的金刮下来。石雕的佛像怎么办？一般是被砸坏。这位费长房原本就是出家人，结果赶上北周武帝灭佛，被迫还俗，隋初应召为翻经学士。

长孙氏所造的阿弥陀佛像后来的命运如何？最终流落何方？或许是长孙氏的虔诚感动了天地，这尊佛像竟然在北吴庄造像埋藏坑里被发现。当考古队员清洗掉它身上沾染的淤泥，这尊历经近1500年风雨的汉白玉佛像，仍然显得熠熠生辉，并且大致保存完好，只在背屏边缘有几处破损。背屏后面的题记帮助大家确认这尊佛像，就是长孙氏当年所造的阿弥陀佛像。



菩萨立像

北齐（公元550—577年）

残高70厘米

白石质

专家认为，佛像的修复与拼接，甚至在古代也曾发生过

考古专家何利群在研究这批佛像时发现，一些佛像的胳膊有榫孔，榫孔里有石灰和黏接剂，因此他认为这些佛像在历史上被人为破坏后，又被人重新修复过。但也有人认为，这有可能是当初制作佛像时，因为制作需要而开凿的榫孔，以便将较长的胳膊连接、固定起来。右图的坐佛三尊像，是背屏式造像，还保存了较多彩绘和贴金。主尊佛像面相浑圆，身着垂领通肩袈裟，施无畏印，结跏趺坐，背光内浮雕七身小坐佛。两侧弟子身着垂襟僧服，双手合十。底座正面彩绘狮子香炉。这尊有着华丽色彩的佛像，在历史上曾经遭受过极大的创伤，佛像头部连同华丽的背屏被打破，由于缺失一些部件，至今考古学者也无法将它们完整拼接出来。

杂志交流
1564001698

坐佛三尊像

北齐（公元550—577年）

通高47.5厘米

青石质



思惟五尊像

北齐（公元550—577年）

通高52.4厘米

白石质

飞天



思惟菩萨像是一种有着特定形姿的菩萨造像，一般被认为是悉达多太子苦修、顿悟的形象

这是一尊三菩萨二弟子双树背屏式造像，也是一尊典型的“龙树背龛式”造像，还保留了部分彩绘和贴金。中间的菩萨称为思惟菩萨，流行于南北朝时期，后代渐少。思惟菩萨像是一种有着特定形姿的菩萨造像，比较常见的是右腿搭于左腿之上，右手支颐，左手扶脚，呈思考冥想之态，也称为半跏思惟像。一般认为此种造像表现的是悉达多太子（即释迦牟尼成佛前的身份）苦思修行乃至顿悟的情形。镂孔透雕双树背屏，上部雕有化生童子、飞天及双龙托塔，背面彩绘树干及枝丫。

那么，在历史上，这尊阿弥陀佛像，与其他一同被埋的佛像，究竟是由于什么原因、在什么年代、由什么人埋入现在的这个埋藏坑里的？这是外界感兴趣的内容，也是考古学者们关注的课题。目前他们已经取得了重要进展。

“从邺城出土的这批佛像摆放的现场看，就好像是刚经过灭佛运动或其他灾难，佛像被砸碎了扔到坑里埋起来。我们看到，有些佛像的头是朝下的，还有些是身首异处。”埋藏坑在考古发掘时，正是通过严格的现场测量，一件件身首异处的佛像，其头部、身体原本埋藏时在什么位置，都被考古队确定下来。“通过对这些信息的分析，我们发现，不少佛像在埋藏前就已经被打碎了。在埋藏过程中，这些被扔进坑里的佛像，又再次遭到了撞击、毁坏。我们在现场发掘时，没有发现这些佛像在埋藏后，有被后人扰动的迹象。”何利群说。

考古队究竟是如何断定这些佛像，在埋藏前就已经被打碎了呢？何利群指着长孙氏造佛像说：“佛像的自然损毁与人为损坏是有明显区别的。


化生童子
思惟菩萨
菩萨
弟子

通过现场考古与文献记载，考古学者为我们厘清了这些佛像的命运轨迹图



菩萨头像

北齐至隋
（公元550—619年）
残高29厘米
白石质
菩萨头戴宝冠略残，宝冠上保存有红色彩绘。菩萨面部丰满圆润，神态祥和，雕刻细腻。



佛头像

北齐（公元550—577年）
残高22厘米
白石质
圆雕佛头残像，贴金保存较好。面相浑圆，螺发间残存少量绿彩。耳垂部分略残，脑后有一对插嵌项光的圆孔，颈下有修补的方槽。



菩萨头像

北齐（公元550—577年）
高约15厘米
白石质
菩萨头戴高冠，通体彩绘贴金，中缀坐佛，面相长圆，瞑目下视。

你看，这尊佛像的背屏至少有一处大的破损，破损处的打击点产生了波状纹，我们因此判断，这种打击是人为产生的。还有一些佛像，胳膊的断茬口棱角分明，也一定是被人为打断的。”

在研究过程中，何利群又有了一个新发现：一些佛像断臂的断口处，残存有铁铆杆和木榫的痕迹，部分榫孔里有石灰及其他类型的黏接剂。这表明，这些佛像在历史上被人为破坏后，又被重新修复过。

在查阅历史典籍时，何利群找到了文献依据。唐代僧人法琳在《辩正论》（卷三）里，就记载了隋文帝和隋炀帝父子两代重修北周被毁佛像的事实：隋文帝时期，“修治故像一百五十万八千九百四十许躯”。到了隋炀帝时期，“修治故像一十万一千躯”。

“可以肯定的是，从隋文帝杨坚开始，那些被毁坏的佛像重新得到修复，并继续被供养在寺院，接受信众的礼拜供养。”过去大家并没把文献有关佛像修复的记载与邺城出土佛像联系起来，但何利群敏锐地意识到了它们之间某种微妙的关联。

考古学者为我们描述了这些佛像的命运轨迹图：公元577年北周灭北齐，实行灭佛运动，佛像惨遭破坏；公元581年隋代取代北周后，灭佛运动停止，开始重修损坏的佛像，修复后，这些佛像又被供奉在寺院；到唐代，这些佛像再次遭到人为破

杂志交流
1564001698



菩萨头像

北齐至隋（公元550—619年）

残高38.1厘米

白石质

菩萨头梳高髻，戴珠冠，冠中饰宝瓶。面相椭圆，弯眉直鼻小口，唇上有须，鼻尖及双耳略残。脑后有一对小圆嵌孔。

坏。这次，被破坏的佛像并没有被修复的痕迹。公元 700 年前后，它们被草草地埋在了如今邺城漳河河滩边的大坑里。

曾有专家推测，这批佛像可能与唐代武宗灭佛运动有关，何利群却认为还不能肯定。因为这些佛像，从东魏到北齐这几十年间，就有几千件（块）。到唐武宗灭佛，时间跨度 200 多年，却只发现了 5 件唐代佛像。从逻辑上推理，如果是唐武宗灭佛时埋藏的，唐代佛像就应该不止 5 件；其次，从造像样式看，没有盛唐、中晚唐时期风格的佛像，只发现了初唐造像；第三，目前基本确定，这批造像中，时代最晚的是在公元 700 年前后，离唐武宗灭佛（公元842—846年）还差100多年。究竟是什么事件导致了这次大规模的佛像埋藏，还有待进一步地探索。

太行山东麓有一条壮观的汉白玉分布带，为佛造像提供了源源不断的石料来源

在研究邺城遗址出土的这批佛像时，考古队注意到一个现象：这些佛像的材质，大部分都是白石，是当时比较名贵的石材之一。佛像上刻的题记中，也常自称为白石像或白玉像。除了白石，佛像的材质还有青石。

这些白石，就是老百姓所说的汉白玉，学名叫大理岩，属于变质石灰岩。这些佛像石材的使用，其实跟年代有着一定的对应关系：北魏时期，均为青石；东魏初年后，白石像急剧增多，至东魏后期至北齐时期，几乎全是白石。何利群说：“这种时代

杂志交流
1564001698

就在考古队琢磨这些白石究竟来自哪里的时候，一通造像碑上的题记引起了他们的关注



造像碑

北魏（公元386—534年）

通高41厘米

宽21.5—30.5厘米

厚5.5厘米，

砂石质

造像碑是北魏至唐代风行的一种佛教雕刻艺术形式

造像碑是北魏至唐代风行的一种佛教雕刻艺术形式，是在碑上开龛造像，并常铭刻造像缘由和造像者姓名、籍贯、官职等，有时也有线划的供养人像，是研究当时宗教艺术及宗教史的重要实物资料。这通造像碑（下图）白地红彩，螭龙碑首。正面开龛雕造双佛，面相清秀，体形瘦削，身着褒衣博带式袈裟，衣裾覆搭座下，结跏趺坐。背面和侧面上部为禅定坐佛和伎乐飞天，下部为世俗装供养人。右图为道智造释迦像，这也是一通造像碑，正面是背屏式一佛二弟子二菩萨二力士七身像，彩绘保存较好。背面有长篇纪年题刻："大魏武定四年（公元546年）……比丘僧道智……采匠京都……"其中"采匠京都"让考古学者推断，这尊造像碑的石料和做工极有可能来自于当时东魏都城邺城及其附近地区。





道智造释迦像

东魏武定四年（公元546年）

残高57.5厘米

青石质

上的差异，也使我们常常将白石和青石视为两种不同类型的矿物原料。实际上，无论是邺城造像中的青石还是白石，都属变质石灰岩，其主要成分是一致的，在地质上的分布也是相近的，其区别主要在于所含杂质及变质作用下的温度、压力不同。”

就在考古队开始琢磨这些白石究竟来自哪里的时候，一通造像碑上的题记引起了他们的关注。这尊造像碑是由一名法号叫道智的僧人捐造的，题记中明确提到：“大魏武定四年（公元546年），岁次丙寅……比丘僧道智……采匠京都，敬造释迦石像一区……素饰奇丽，辉光妙特，实未曾有……”其中“采匠京都”让学者们眼前一亮：东魏的京都自然是邺城无疑，那也就是说，至少这尊造像碑的石料和做工都应当来自于邺城及其附近。

循着这条珍贵的线索，在邺城西南约35公里处，一个位于太行山东麓的山区小镇——河南安阳市安阳县善应镇，考古队找到了采掘青石和白石的现代矿区。从矿洞壁面，还可明显看出青石和白石呈水平方向层叠共生的现象，地面残块中也随处可见半青半白的石料。尽管目前尚未发现古代在该地区开采矿石的遗迹，但北齐时期开凿的小南海石窟距

杂志交流
1564001698

新的发现促使人们思考，邺城造像的工匠系统与制作地点，是否来自于河北定州？



刘伯阳造释迦像

北魏太和十九年（公元495年）

通高31厘米

青石质

像主家族的像及名字都被雕刻在佛像上，寄托了信徒们的美好愿望

该造像为背屏式坐佛造像，保存完整（左图）。主尊结跏趺坐，莲瓣项光，波状发髻，身穿袒右袈裟，内着僧祇支，偏衫搭敷右臂，施禅定印。背屏边缘浅雕五身坐佛，通肩袈裟，禅定坐姿。方座长14.7厘米、宽10.5厘米、高7.2厘米，正面浮雕香炉，其余处雕有像主刘伯阳及父母、妻姊、子女的像，均着交领袍服，或立或跪作供养状（右图）。方座底面有纪年题记："太和十九年岁在乙亥……魏郡邺县民刘伯阳，为居眷男女大小敬造释迦牟尼石像一区……"可以说，像主家族的像及名字都被雕刻在佛像上，寄托了信徒们的美好愿望。

离该地不足两公里，证明北朝时已有人类在此活动，并且了解了相关的地质矿物结构。

关于邺城造像的工匠系统和制作地点，以往研究倾向于认为河北定州可能是其源头，因为定州有发达的佛像雕刻传统和丰富的汉白玉原料。而上述新发现，将促使人们重新审视这一观点。

邺城周边地区其实存在一个范围很大的佛教石窟、寺院建筑群。这些石窟寺的周围，一般都有汉白玉的产地，甚至有些石窟如河南安阳宝山灵泉寺的大住圣窟，就直接开凿在汉白玉的石山上。既然如此，当时人们没必要舍近求远，放着身边的石材不用，而跑到更远的定州去挖取石材、制作佛像。

况且，作为当时政治、经济、文化和宗教中心的邺城，在物质和技术条件上都具备了创造佛教造像新样式的实力：有其他地区无法比拟的政治与文化影响力，还有成熟的工匠系统——从洛阳迁移过来的大量工匠，再加上原料产地。当上述条件都具备之后，邺城就没必要再去定州定制佛像了。

如果从地理、地质学的角度看，太行山东麓一带，都盛产大理岩，有一条壮观的汉白玉分布带：北面的北京房山，以出产优质汉白玉而在历史上享有盛名；往南，河北的曲阳县，曾在很长一段时间内，都是中国北方汉白玉石雕中心；再往南，到

杂志交流
1564001698



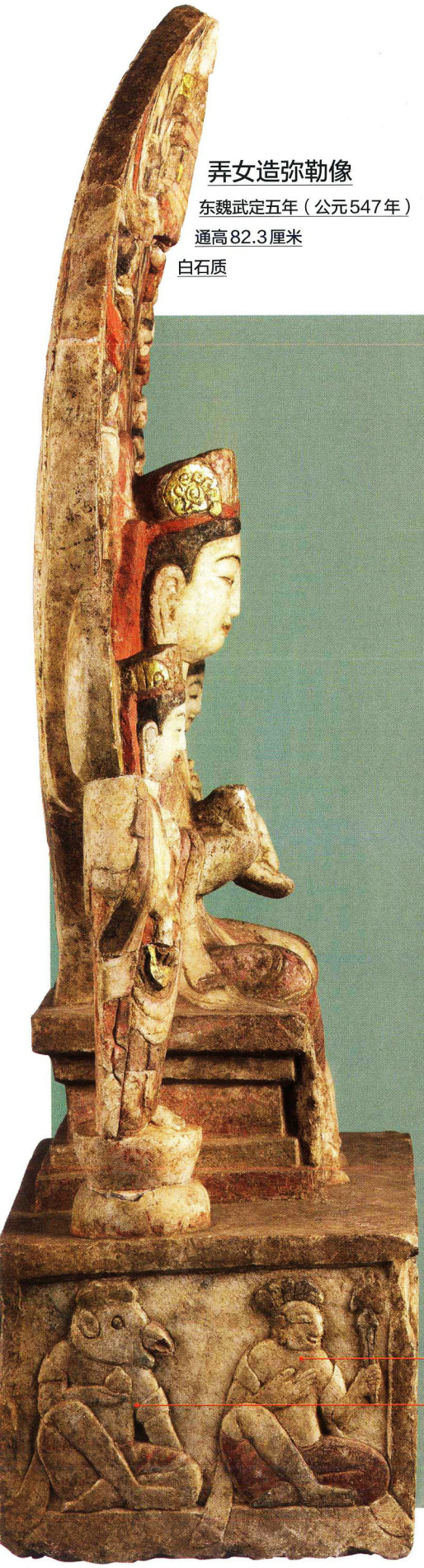
杂志交流
1564001698

弄女造弥勒像

东魏武定五年（公元547年）

通高82.3厘米

白石质







杂志交流
1564001698

究竟是什么事件导致了这次大规模的佛像埋藏，还有待进一步地探索

背屏式三菩萨造像通体彩绘贴金，底座雕刻有精彩的六神王形象

这是一座背屏式三菩萨造像，画面展示的是造像的侧面、背面、正面和底座局部细节。通体彩绘贴金，保存完好。弥勒菩萨头戴高冠，颈悬桃形项饰，披帛在腹前交叉，施无畏印，交足坐姿。两胁侍菩萨面容、服饰同主尊，一手持莲蕾，一手握香囊或净瓶。背屏上部为飞天托塔，背面浮雕白马吻别佛传场景。底座正面为双狮香炉及供养比丘、世俗供养人形象，其余三面雕造火、鸟、珠、象、风等六神王，背面正中题刻“大魏武定五年正月十日，仏弟子清信女弄女、形阿黑……等敬造弥勒像一区……”



杂志交流
1564001698

从“曹衣出水”到覆钵塔，北吴庄造像埋藏坑出土的文物给后人带来了极大惊喜



佛立像

北齐（公元550—577年）

残高112厘米

青石质

左图为单体圆雕佛立像。脸型近椭圆，螺发，肉髻扁圆，鼻梁挺直，嘴角微翘，面容清秀，颈部有一周阴刻纹。体型修长，细腰，腹部略鼓，身着薄软袒右式袈裟，下裾贴体竖直垂下，通体无明显的雕刻衣纹，身体轮廓透衣而现。这种佛像的雕刻风格，曾被称为“曹衣出水”。佛像右手屈伸胸前，肘部以下残，断口处有榫孔，有可能在古代就曾遭到破坏并被人修复过。右图为单体圆雕覆钵塔，通体彩绘贴金。石塔分为底座、塔身、覆钵和塔刹四部分，主体基本完整。塔身四面开龛造像，分别雕造三身结跏坐佛和一身结跏趺坐菩萨。

了河北与河南的交界地带，分布有众多的石窟寺，石刻造像非常流行。可以说，正是背靠太行山东麓这条大理岩分布带，邺城才有了取之不尽、用之不竭的造像原料。

至于为何太行山出产如此多的大理岩，地质学家范晓解释说：“因为太行山的元古代地层中，多有白云质灰岩形成的大理石或汉白玉，因此就提供了这类可供建筑或雕刻的丰富石材。”

相比龙门石窟，邺城在中国佛教艺术史上的地位被严重低估了

在研究北吴庄出土典型造像的过程中，通过对它们的质料、题材、组合及雕饰特征进行综合分析，考古队还有一个发现：这些佛像的造像特征，体现出佛造像的一种全新样式，可以称之为“邺城模式”。

据研究，目前国内发现最早成型的“龙树背龛式”造像，是北吴庄造像埋藏坑出土的北齐天保元年（公元550年）法悛造像。这尊造像最令人惊叹之处在于，它的背屏由镂孔透雕的两株菩提树交叉缠绕而成，层叠的树冠构成锯齿状的边缘，背屏上沿呈弧形前倾，还保留了早期尖楣背

杂志交流
1564001698

覆钵塔

北齐（公元550—577年）

残高100.1厘米

白石质



杂志交流
1564001698

“龙树背龛式”造像，常以镂孔透雕形式来表现，与早年流行的尖楣状背屏造像形式大异其趣

屏的样式。背面清晰可辨层层交叠的树冠，两株树干上分别题刻“天保元年十一月十五日敬造”和“比丘尼法悛侍佛”。

“龙树背龛式”造像，是一种以双菩提树为背屏、北齐新样式佛像为主尊、常以镂孔透雕形式表现的白石佛教造像，与早年流行的尖楣状背屏造像形式迥异。造像的镂孔透雕技术，是建立在东魏以来白石造像的工艺基础上；双菩提树的构图特征，萌发于东魏武定年间的太子思惟图像；主尊造型，则是吸收了印度笈多王朝新一轮传入的造像样式；同时，继承了北魏以来背屏式造像中龙、塔、飞天、璎珞、宝珠、香炉等传统因素。由此创造出一种全新的“龙树背龛式”造像样式，其形成、流行与北齐初年政治取向的鲜卑化和西胡化趋势，以及昭玄大统法上实行的僧制改革密切相关。



菩萨立像

北齐至隋（公元550—619年）

通高67.3厘米

白石质

菩萨头戴高冠，面相椭圆，弯眉细目，直鼻小口，宝缯垂至肘下。上身半裸，颈悬项珠，下垂铃饰，双手前端残，斜披一道串珠饰，左肩披帛从胸腹间绕过右臂，右肩披帛从膝下勾旋绕左臂下垂。下身着裙，裙腰外翻，中坠宝珠纹绦带。跣足立于锥形石榫之上。石榫应该是插在一个底座之上。



圆形镂空透雕底座

北齐（公元550—577年）

通高21.3厘米

白石质

上部为宝装覆莲台，中有榫孔。下部底座圆形，镂空透雕。装饰纹样分三层，上层为一圈荷叶、莲蕾间杂摩尼宝珠，中层雕出双狮香炉及五身神王，下层浮雕大宝珠纹。

杂志交流
1564001698

对考古学者来说，佛造像底座是判断佛像数量的一个重要参考

从外观看，佛造像的底座，不仅是精美的艺术品，也是考古学者研究过程中判断佛像数量的一个重要参考。在北吴庄造像埋藏坑出土的佛造像，最后统计出造像底座有900多件，一般是一个底座对应一件佛像，所以估计这批造像的个体总数应该在1000件左右。

思惟菩萨造像

东魏（公元534—550年）

残高50厘米

白石质

保留了较多红、黑彩绘和少量墨线、贴金痕。菩萨头戴三叶冠，面容恬静。右手拄颊，左手抚膝，下身着裙，半跏坐于束腰藤座上。底座构图独特，正面高浮雕出三狮形象，昂首挺胸，鬃毛蓬张，两侧雕出狮身，背面光素。



杂志交流
1564001698

邺城虽然创造了一种独特的佛造像模式，但它在中国佛教艺术史上的地位并没有受到公正对待



释迦牟尼说法像

北齐（公元550—577年）

通高73厘米，河北临漳县邺城遗址出土

河北省文物保护研究所藏

“龙树背龛式”造像，是一种融合中西文化因素的全新造像模式

这是一尊典型的“龙树背龛式”造像（左图为正面，右图为背面），主尊释迦牟尼结跏趺坐于束腰仰覆莲座上，两侧各有弟子、缘觉和菩萨端立于莲台上。背屏由四株菩提树交叉缠绕而成，枝叶间透雕着灵动的飞天。主尊背面菩提树上浮雕有9尊化佛，下方有禅定佛和随侍弟子。基座的正面、侧面和背面也都有极为精致的浮雕。考古学者认为，被称为邺城模式的“龙树背龛式”造像，是在特定历史背景下萌发于东魏晚期，北齐初年具雏形，天保末年以后成为邺城造像的主流，并对周边地区产生了一定的影响。就目前的出土材料来看，此轮造像除在邺城及其京畿地带普遍存在以外，河北曲阳、定州、蠡县、正定、藁城、南宫及山西太原等地也都有发现。摄影／张惠

如果深入研究佛造像历史就会发现，一个地域能形成一种佛造像模式，是一件很不简单的事情。佛造像模式的确立，首先需要所在地域的政治经济地位，导致物力、财力的集聚程度，其次是佛教思想的发展和经典传译情况，第三是与周边地区的交通和文化交流关系。简而言之，就是要具备物质、佛教和传播这三个基础条件。邺城是六朝古都、6世纪以后中原北方地区佛教文化中心，位于太行山东麓南北交通要道上，还兼有水路运输便利，无疑具备了上述三个基础条件。

如果具备上述三个条件，一个地区就一定能产生一种新的佛造像模式吗？答案是否定的。因为还需要一个关键因素：原创——融合本土和外来文化因素及技术传统，形成一种全新造像体系，内容和形式具有鲜明的时代特征和独树一帜的艺术风格。以龙门石窟为代表的北魏晚期造像样式，虽然在中原北方地区流布甚广，但始终没有形成被学界公认的一种模式，主要原因就是缺乏原创性。而邺城的“龙树背龛式”造像，如前所述，恰恰具备了自己的原创性。

可以说，与名声在外的龙门石窟等诸多佛教圣地相比，邺城始终显得很低调，它在中国佛教艺术史上的地位并没有受到公正对待。作为6世纪的北方佛教艺术中心，邺城地区形成了一种原创性的“龙树背龛式”造像艺术，直到今天才借由北吴庄造像埋藏坑的出土而被考古队发现。如果把中国佛教艺术史比喻为一顶皇冠，那么邺城北吴庄的佛造像完全称得上是这顶皇冠上最璀璨的明珠之一。

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

杂志交流
1564001698



杂志交流
1564001698



磅礴沙洲群：海洋与时间的馈赠

黄海南部的沙洲群拥有独特的地理条件，除了出色的生态环境，还反映了古黄河、古长江和中国海岸的变迁，展现了特殊的海洋动力条件。海岸滩涂在成因和演变上与深入黄海的沙洲、水下沙脊是同源、一致的，今天近岸沙洲仍在不断淤积并陆。图为航拍的沙洲湿地，一群野生麋鹿正在自由奔跑。

黄海南部沙洲群

不仅仅拥有中国首个海洋世界自然遗产

撰文 | 汪竞　摄影 | 孙华金 等

黄海南部的沙洲群是世界上面积最大的辐射状沙洲群，并罕见地位于潮间带。在刚刚过去的7月初，位于沙洲群中的中国黄（渤）海候鸟栖息地（第一期）成为中国第一个海洋世界自然遗产。其实，在候鸟翩跹、精彩生态之外，这片沙洲群还隐藏着更多的神奇与独特。

2019年7月5日，在第43届世界遗产大会上，中国黄（渤）海候鸟栖息地（第一期）经审议通过，成为了中国第54项世界遗产。加上7月6日申遗成功的浙江良渚古城遗址，中国成为了全球拥有世界遗产最多的国家之一（与意大利并列第一）。

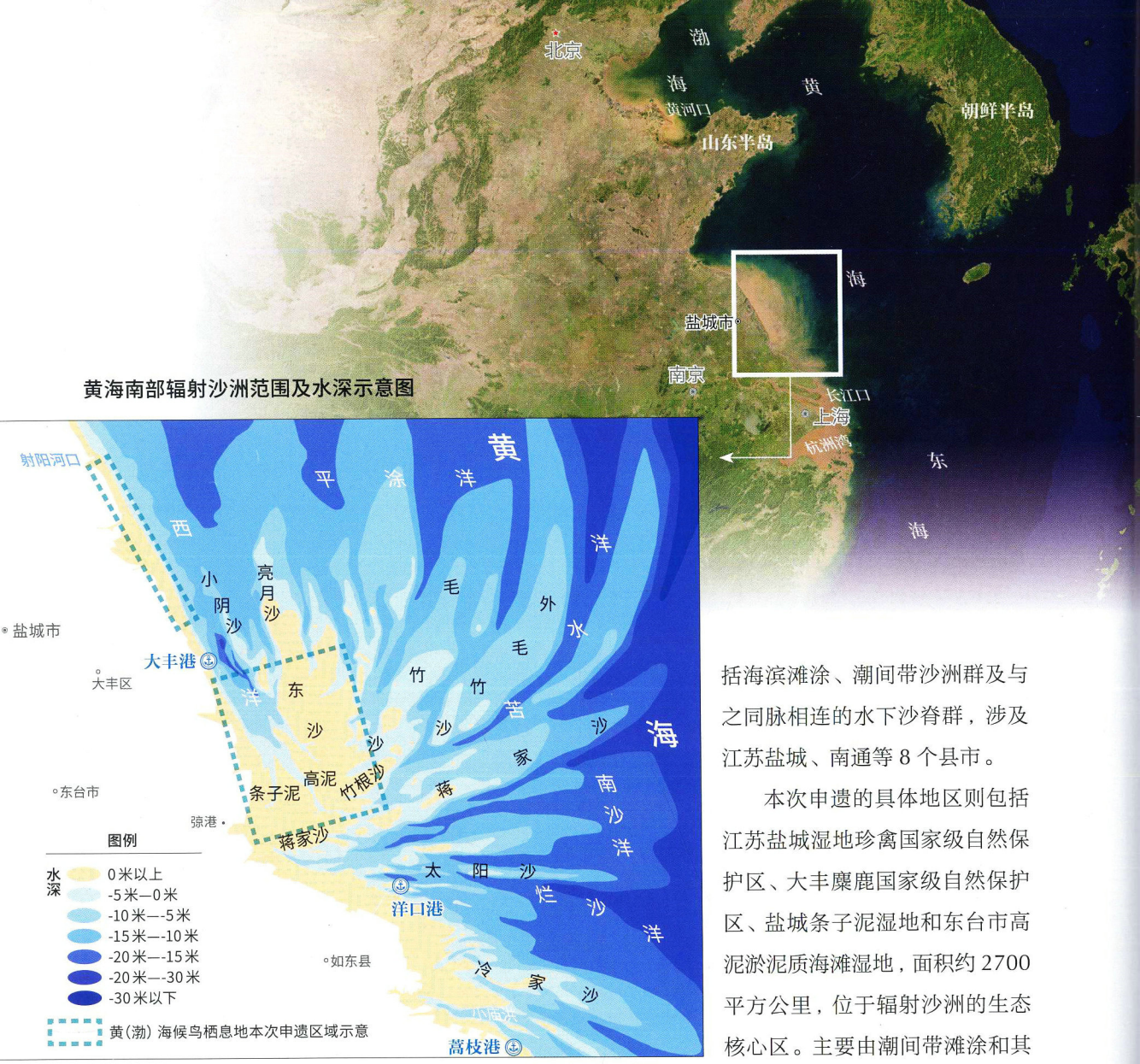
作为中国第14项世界自然遗产，中国黄（渤）海候鸟栖息地引起了格外的关注，因为它填补了中国世界遗产中的一项空白——在此之前，中国作为一个海洋大国，却没有一项与海洋直接相关的世界自然遗产，实在是一个颇为令人尴尬的情况。

对此，有专家评价，本次申遗成功是中国世界自然遗产从陆地走向海洋的开始。

潮起潮落沙洲群：它孕育出了中国第一个海洋自然遗产

如果用更广阔的视角来看这片区域，会发现本次申遗范围完全属于一个特殊的地理板块——南黄海辐射沙洲（即黄海南部沙洲群，自20世纪中期被发现以来，在地理学研究中前后使用过多种称呼，如苏北浅滩、指状潮流脊、潮成沙体、辐射沙脊群等），这是黄海西南部浅海内陆架的一种特殊巨型沉积地貌，范围北起射阳河口，南至长江河口北部的蒿枝港，包

杂志交流
15640016098



黄海南部辐射沙洲范围及水深示意图

辐射沙洲范围北起射阳河口，南至今长江河口北部的蒿枝港。始终出露海面和潮间带的沙洲、隐伏于海底的水下沙脊和巨大的潮流通道呈辐射状分布，仿佛是一把海中“巨扇”。沙洲群规模巨大，沙脊与沙槽水道相间。本次申遗成功的区域属沙洲群内部生态核心区。

底图根据江苏908地形测图和2019年遥感绘制。供图 / 康彦彦

括海滨滩涂、潮间带沙洲群及与之同脉相连的水下沙脊群，涉及江苏盐城、南通等 8 个县市。

本次申遗的具体地区则包括江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区、大丰麋鹿国家级自然保护区、盐城条子泥湿地和东台市高泥淤泥质海滩湿地，面积约 2700 平方公里，位于辐射沙洲的生态核心区。主要由潮间带滩涂和其他滨海湿地组成，乃是东亚 — 澳大利亚候鸟迁徙路线（EAAF）上的关键枢纽，是全球大量迁徙候鸟的停歇地、换羽地和越冬地。本次申遗，这一地区正是以其杰出的生物多样性和生态价值，赢得了世界遗产评委的青睐。

这片宝地，为何能孕育出中国第一个海洋自然遗产呢?

南黄海辐射沙洲是世界上面积最大的辐射状沙洲群（此概念中既包括始终出露水面的沙洲，也包括潮间带沙洲和一直没于海中的水下沙脊，下同），它距离我的家乡不远，小的时候，我曾数次跟住在盐城的亲戚去这里赶海。

不同于地球上绝大多数藏身海底的水下沙脊群，它罕见地大面积分布在潮间带上（海水涨到最高点与退至最低点之间的海滩范围），除了始终出露海面的部分，其余水深大多在

杂志交流
1564001698

在7月刚刚落幕的世界遗产大会上，位于黄海南部辐射沙洲内部的候鸟栖息地成为了中国第一个海洋类世界自然遗产，实现了零的突破。

0—20 米之间。特别是在低潮时，很多沙洲的近岸部分大量出露，与江苏海岸紧密连接，浑然一体。沿着潮湿的沙洲或刚没过脚踝、小腿的浅水，能向海中走很远很远，能摸到不少贝类，身边则是成群飞舞的鸟儿。

据近年地理学界的调查统计，南黄海辐射沙洲范围内 0 米以上沙洲面积近 4000 平方公里，0—10 米水深沙洲面积约 7000 平方公里。绵长的沙洲群如条条巨龙向外海匍匐前行，高程缓缓降低，渐渐没入黄海的滚滚浪涛之中。

整个辐射沙洲气势磅礴，南北长达 200 公里，东西宽约 140 公里，一望无际，拥有涨潮为大海，落潮为巨滩的别致地貌和景观。千百年来，它每天都经历着“沧海”和“大地”之间的快速变换，世界其他地区海岸罕有可媲美者。

根据国际《湿地公约》，除了淡水湿地，如沼泽地、湿原、泥炭地等，带有静止或流动的半咸水或咸水水体，包括低潮时水深不超过 6 米的海水水域都属于湿地。对于很多候鸟来说，辽阔的滨海湿地正是它们理想的家园。辐射沙洲处于暖温带与亚热带过渡地区，气候温和，雨水丰沛，沿海和潮间带的滩涂湿地兼具陆地与海洋环境特征。粉砂淤泥质滩涂可固定水分、盐分等营养物质，贝类丰富，草滩辽阔，比坚硬的岩石海岸更利于多种生物的生存。

此外，沙洲群地形独特，它们一道道分布在浅海处，仿佛是镇海的巨龙，天然的海堤，能缓冲外海大浪和风暴潮的冲击，忠实守护着优越的生态环境，也有利于广袤潮滩和沙洲中心地带的淤长发育。在沙洲群不断成长的漫长岁月里，沙洲不断并岸和成陆，成为大片新生土地，为候鸟等动植物持续营造着新的家园。

以沙洲群中淤长最快、最具代表性的条子泥为例。上世纪 40 年代，据当地渔民记录，位于弶港正东的条子泥基本还是暗沙，在最低潮时也有一米多水深；到了五六十年代开始出现两小块明沙；而到了 2000 年左右，根据海洋综合调查结果和卫星图片显示，条子泥出露面积已近 600 平方公里。

一望无际的湿地滩涂、丰富的浮游生物、贝类资源为各种海洋生物和候鸟等提供了充足食物与优越环境，成为它们栖息繁衍的乐园。据相关机构的观察研究，目前极度濒危的勺嘴鹬全球数量不超过 500 只，其中约一半都会来到这一地区觅食、换羽，停留长达 3 个月；全球 50%—80% 的丹顶鹤来此越冬，被誉为“丹顶鹤的第二故乡”；数量众多的小青脚鹬、大杓鹬、黑脸琵鹭等长距离迁徙鸟类也在此停歇和补充能量，每年候鸟数量可达几十万只。这里还有大批野生麋鹿（最初几十只为放养），爱在湿地中生活的它们数量已达到 4000 多头，其繁殖率、存活率、年递增率均居世界之首。

可以说，不仅仅是申遗的生态核心区，整个南黄海辐射沙洲在生物多样性、作为珍稀或濒危动植物种栖息地方面，都有着非常珍贵的价值和独特地位。

杂志交流
1564001698

巨型滩涂湿地向大海缓缓延伸，生态优越，港汊纵横，食物丰富，成为几十万候鸟的家园。

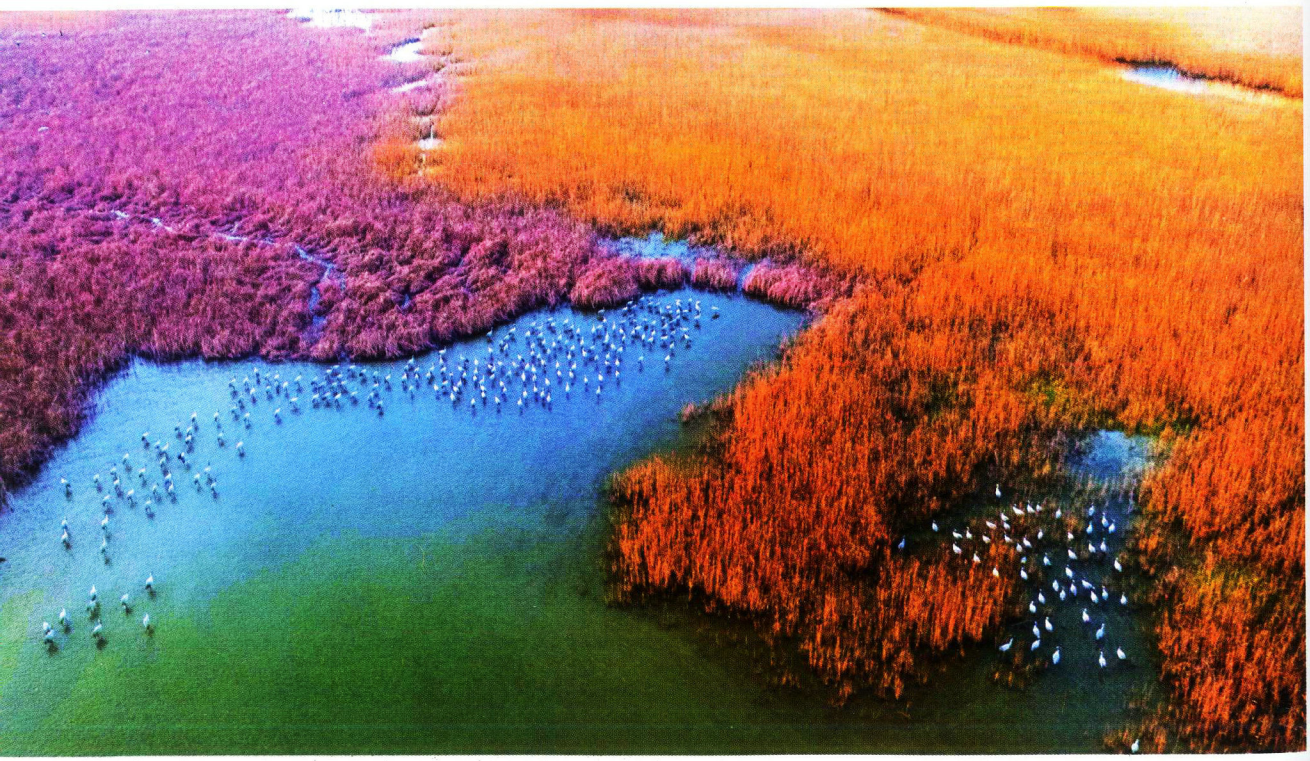
海中的“巨形折扇”，槽深滩阔的沙洲群奇观

值得一提的是，长久以来，南黄海辐射沙洲一直也是地理和海洋学界关注的焦点。十几年前，学界人士如南京师范大学、中国科学院的地理学者张忍顺、葛云健等便曾倡导，该沙洲群应该以一个整体申报世界自然遗产，它在海洋动力学、地形地貌等方面都非常独特，其亮眼的生态价值，只不过是其诸多精彩中的一部分而已。

如果你细细研读地理、海洋学等诸多论文著述，会发现南黄海辐射沙洲的重点便在“辐射”二字。之所以叫这个名字，是因为它与世界其他近海陆架沙脊群相比，除了位于潮间带之外，还呈现出独特的辐射状地形地貌，且规模庞大，堪称举世罕见——以江苏海岸浅湾弶港为中心顶点，七十多条大小沙脊，如小阴沙、亮月沙、东沙、太平沙、毛竹沙、蒋家沙、



我国沿海地区候鸟迁徙通道示意图



杂志交流
1564001698



生命的乐园：黄河、长江和海潮共同打造的辽阔湿地

辐射沙洲拥有面积庞大的泥沙滩涂，是亚洲最大的海岸型湿地之一，为东亚—澳大利西亚候鸟迁飞路线（EAAF）上的重要区域。每年有鹤类、雁鸭类和鸻鹬类等大批量多种类的候鸟选择在此停歇、越冬，其中有不少属濒危甚至是极危物种。这一区域食物丰富、草滩辽阔，栖息地多样，是一片生命的乐园。巨大而宝贵的生态价值正是本次黄（渤）海候鸟栖息地申遗成功的重要原因。

左图为湿地草滩中的鸟群。摄影 / 周洪飞

上图为阳光下自由自在的鸟儿。

太阳沙等，仿佛是冲出隘口，呈扇形队列向大海奋力跃出的一群巨龙，向北、东北、东和东南、南方向全面铺开，最长的一条达 100 多公里长，宽度则一般在 5—15 公里。

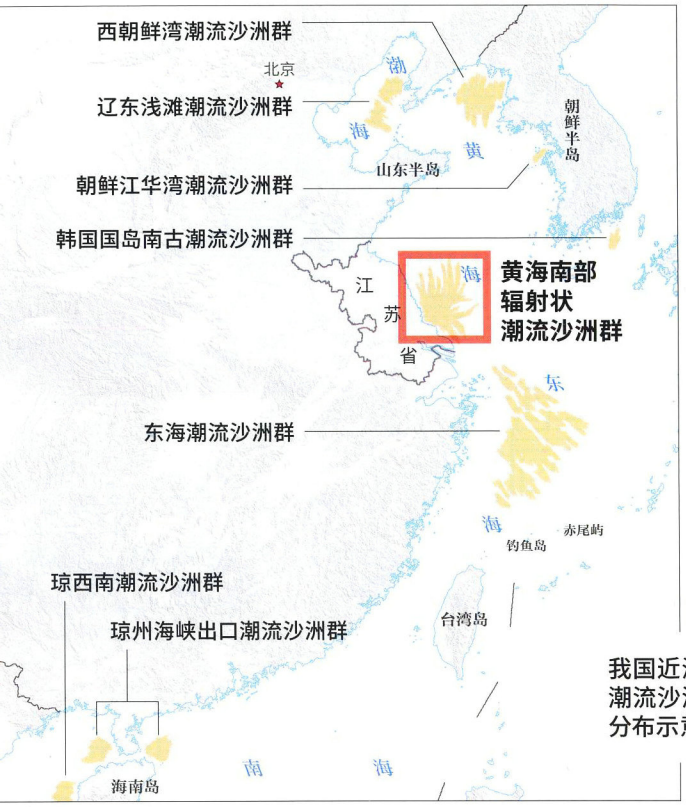
沙脊群之间，是大大小小水深在 10—50 米左右的沙槽水道，如西洋水道、黄沙洋、烂沙洋等。沙脊、沙槽相间排列，在约 160 度的扇形海域中徐徐展开。

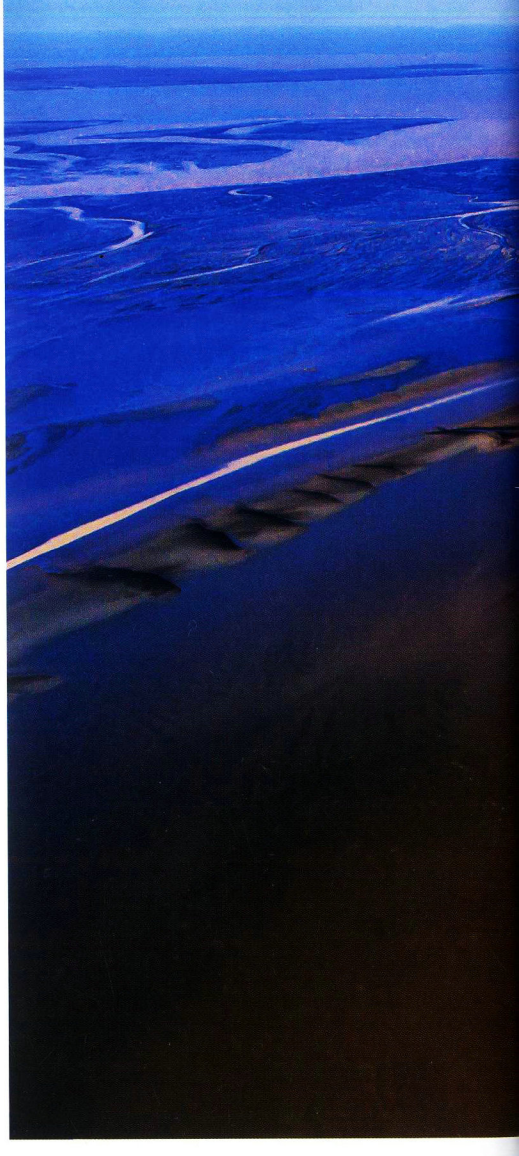
辐射沙洲以弶港为界，大致可分为南北两部分，北部沙脊分布较密集，大且长，低潮时出露较多；南部海域则分布较分散，小且短，出露较少。

可以说，壮丽的辐射沙洲就像是一把巨大的折扇，略微倾斜着放置在黄海之中。沙脊为巨大的扇骨，沙槽为深凹的折痕，中心区地势最高、出露海面最多的东沙、条子泥则是扇骨的辐辏之地。

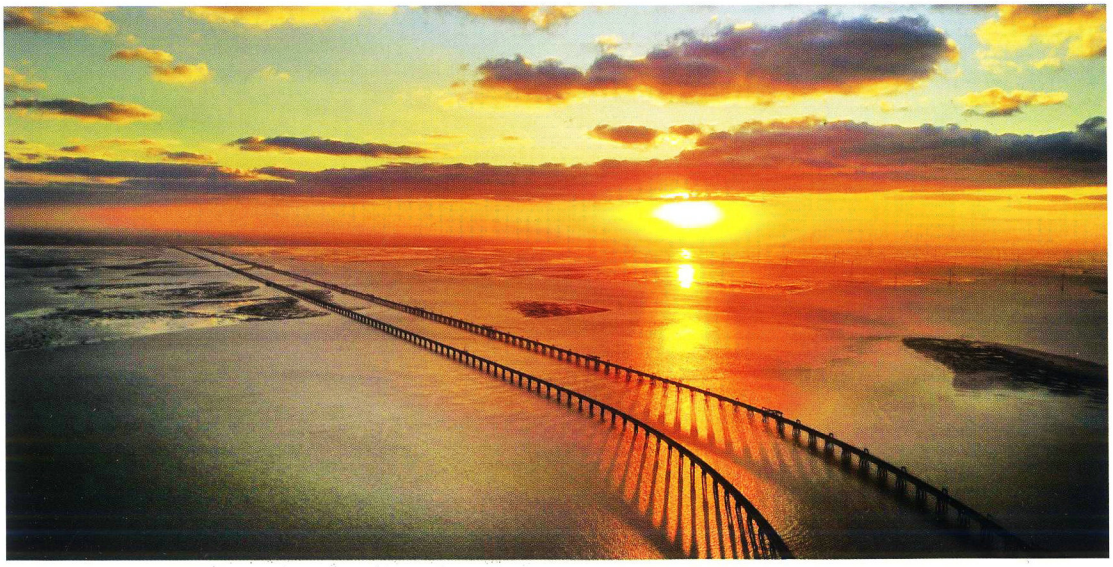
在这巨大的扇面之上，潮汐和大海则变成了充满创意的伟大艺术家。潮起潮落是它们永不停息、灵感奔涌的挥毫泼墨。潮落之时，滩面上变幻无穷的水道，曲折伸展的线条组成了一

杂志交流
1564001698

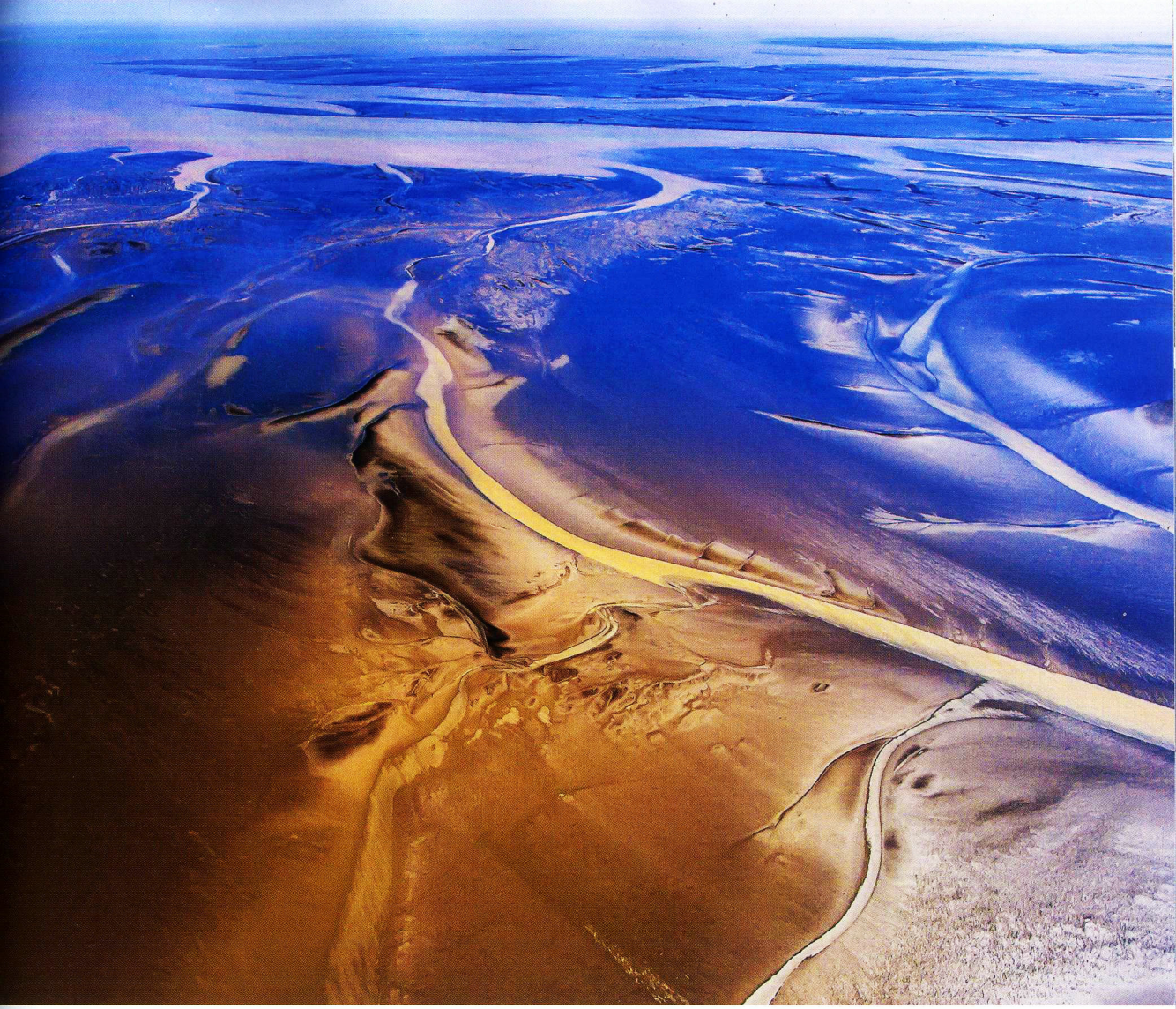




我国广阔的近海陆架上发育有多个脊、槽相间分布的潮流沙洲群，一般分布于潮流作用较强的地带。沙洲形成主要取决于海岸轮廓、海洋动力条件和泥沙补给情况。南黄海辐射状沙洲群与世界其他地区的潮流沙洲相比较，其独特之处一是以海岸浅湾为顶点向海呈辐射状分布；二是位于潮间带，每天经历着潮起潮落、沧海与大地的变化。



杂志交流
1564001698



槽深滩阔：仍在不断生长变化的海中“巨扇”

近几十年来，辐射沙洲在整体稳定的前提下，中心地带的近岸沙洲淤长和并岸趋势较为明显。尤以条子泥、东沙最为典型。与此同时，沙洲群南北两翼的潮汐通道仍不断被潮流冲刷深切，保持着动态平衡的状态。
上图为东沙的航拍图。左图为夕阳下辐射沙洲的南部地区，洋口港大桥越过淤积的浅滩沙洲，通向近海港口及深水潮汐通道。
摄影 / 许丛军

幅幅抽象画，有的像是海中巨树，有的像是龙爪，又像是一个个千沟万壑的袖珍“黄土高原”。

虽然身在大海，一望无际的潮滩却很容易让人联想起草原、大漠的广袤无际，再加上日升月落，云霞变幻，鹤舞长空，鱼翔浅底，真是一幅令人沉醉的画卷。

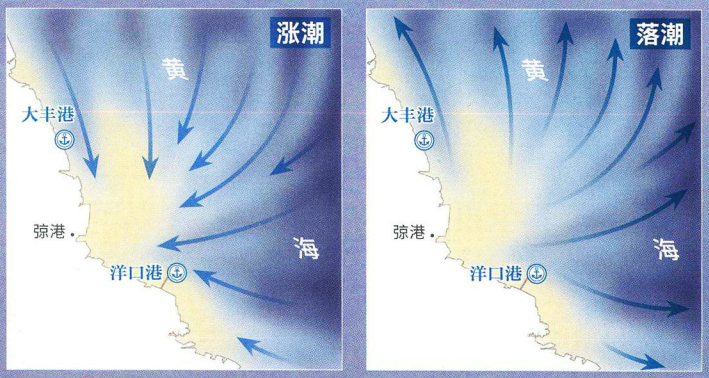
如史册巨著般的辐射沙洲：黄河、长江与海潮的共同创造

自 20 世纪南黄海辐射沙洲被发现以来，便因为其特殊的地貌形态和举世罕见的海洋水动力特点，受到国内外学者的关注。

如此庞大的规模，高高隆起的沙脊和深切的沙槽水道，其

杂志交流
1564001698

这一海域拥有独特的海洋水动力体系和泥沙来源，扇形汇聚和发散的潮流，每天两次的潮涨潮落，不知疲倦地塑造着沙洲群的地形地貌。



辐射沙洲潮流方向示意图

杂志交流
13640016981

“建筑材料”却只是松散的、随波逐流的泥沙。在漫长的自然岁月中，辐射沙洲究竟是如何孕育、形成、发展和维持的呢？

为此，我请教了中国科学院、河海大学、南京大学等长期研究南黄海辐射沙洲的几位专家，在他们的娓娓道来和相关的论文著述中，南黄海辐射沙洲的漫长身世渐渐浮现。

要谈辐射沙洲，就必须要先谈谈长江和黄河。它们是沙洲群的巨量物质来源——

全新世初期（约 10000 年前），长江曾在今天的江苏弶港一带入海，在河口附近形成沙岛和水下三角洲。距今约 7000 年前，受潮流等作用，这些泥沙逐渐被改造形成大大小小的水上或水下沙洲群，构成了辐射沙洲的最初雏形。

黄河是世界上含沙量最大的河流，尾闾摆动变迁频繁而剧烈。从北宋开始，黄河大致每隔数十年便南下由今苏北入海一次。公元 1128 年—1494 年间，黄河南流时间渐长，公元 1494 年黄河全流夺淮，苏北海岸入海泥沙大增，为辐射沙洲的发展奠定了重要基础。

潮涨为海，潮落为滩：全国最大潮差所在地

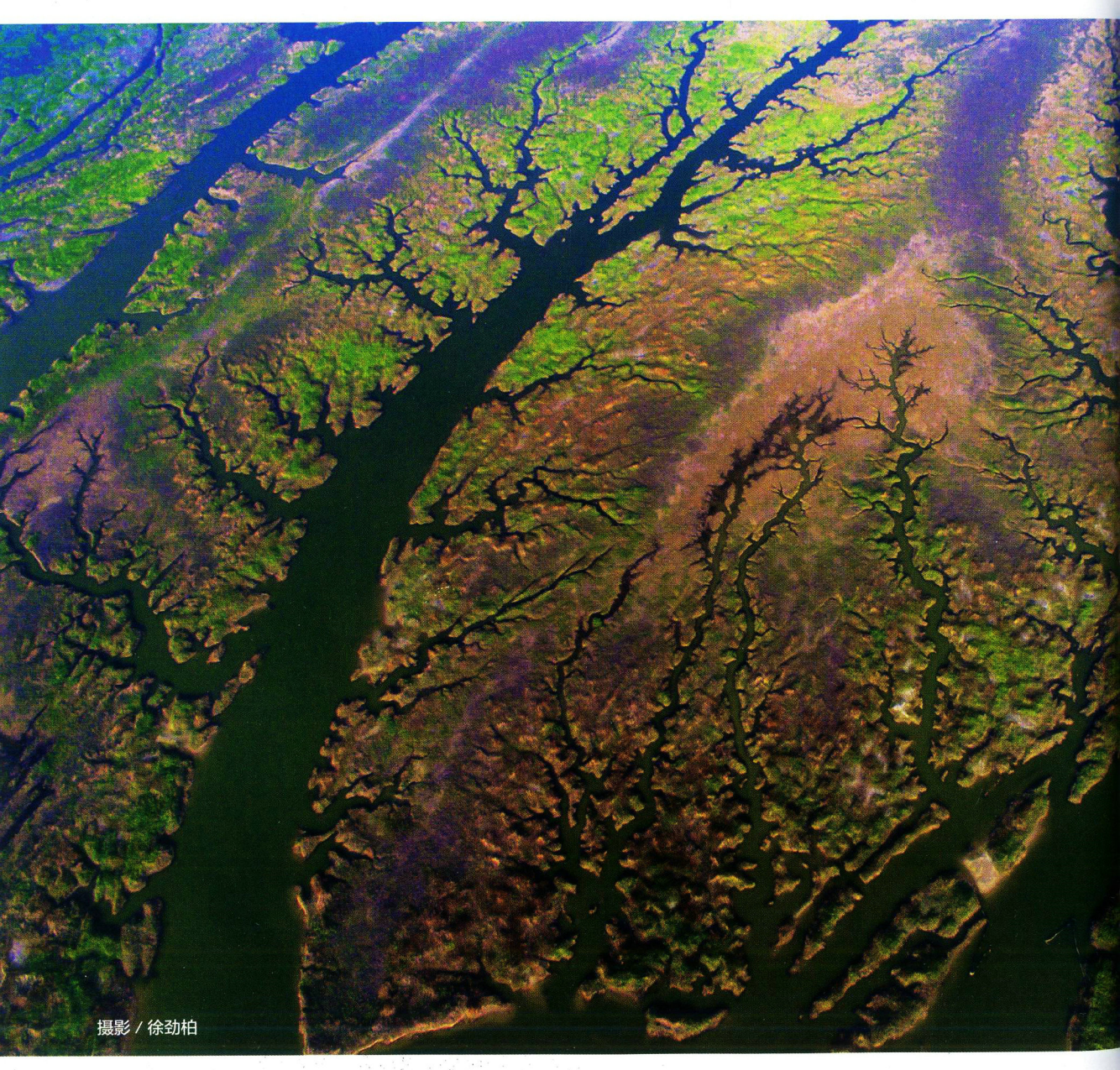
辐射状沙脊群有着特殊的海洋动力环境，受东南方向传来的太平洋前进潮波和北部的旋转潮波的影响，形成辐聚辐散的特殊潮流场。两个潮波系统的汇合使能量聚集增强，使这一海域成为强潮区。全国潮差的最大纪录便诞生在这里，达9.28米。可以说，没有辐射状潮流场就不可能形成辐射状沙洲群。图为在辐射沙洲上建设的风电群。涨潮时，风车底部没入海中；落潮时，大面积潮滩出露水面，有利于施工建设。



杂志交流
1564001698

辐射沙洲的成长，还必须要提到一支古老而生机勃勃的力量，独特的潮汐动力系统——基岩古陆山东半岛和朝鲜半岛、江苏海岸共同构成了一条形状如“巨钩”般的海岸线，外海海潮在向黄海推进的过程中，受到山东半岛的阻碍、反射，在地旋力等因素共同作用下，在江苏北部沿海海区形成一组呈逆时针运动的“旋转潮波”。而在辐射沙洲的东南方向，还有一组来自太平洋的前进潮波。这两个巨大的潮波系统奔涌突进，恰好在江苏东台市弶港岸外相会、碰撞、叠加，形成了一个以弶港为中心，辐聚辐散的独特水动力体系——涨潮时，涨潮流自北、东北、东和东南诸方向涌向弶港岸边；落潮时，落潮流以弶港为中心呈扇面向外发散，年年岁岁循环往复。

在独特的海洋动力的改造下，有研究者认为，到了 18 世纪左右，辐射沙洲区的南部和中部便



摄影 / 徐劲柏

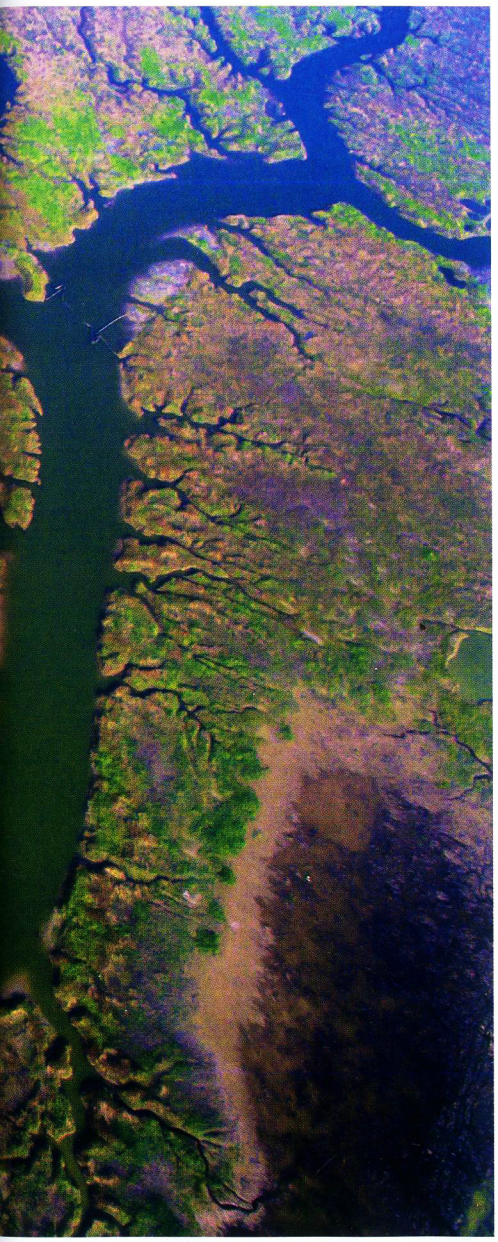
杂志交流
1564001698



缤纷地貌：“扇面”上的无限创意

辐射沙洲仿佛打开的巨扇，每天的潮起潮落如同永不疲倦的艺术家，在气势磅礴的“扇面”上留下了各种的地貌。变幻无穷的水道如一幅幅抽象画，连绵的彩色草滩则像是浓烈的油画。再加上云霞变幻，鹤舞长空，令人沉醉。此外，这里也是经济贝类的基因库，养育了海鳗、对虾、海带等多样水产。



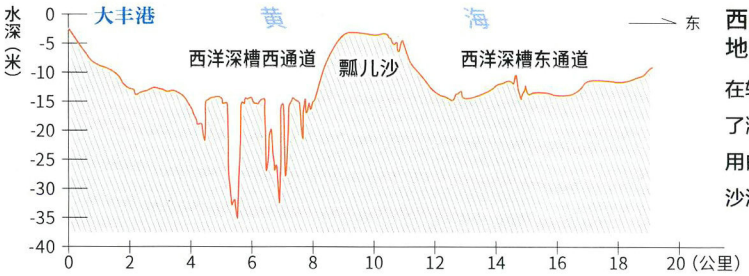


先行一步，陆续发育成初步的辐射状；而北部因为仍有黄河的大量来沙，与辐射状潮流场的塑造力量形成对抗，不断淤积潮流通道，尚未形成“折扇”的样貌。以代表性的西洋深槽水道为例，黄河夺淮前明初漕船可利用这条水道直抵盐城，黄河全流夺淮后，这条水道被泥沙淤积阻断，黄河北归后，在强劲的潮流冲刷下水道又开始不断加深加长。

公元 1855 年，黄河北归，由渤海入海。北部的巨量泥沙供应骤然断绝，同时，在漫长的岁月里，长江入海口也在不断南移，逐渐远离辐射沙洲群中心地带。在泥沙来源锐减的外在条件下，海洋潮流动力开始成为沙洲群格局变化的独掌大局者。

南黄海辐射沙洲地区拥有全球最有代表性的辐聚辐散潮流体系。南北两大潮波系统的叠加，使得这一海域潮差大、潮流强。如东小洋口以北最大潮差可达 9.28 米，是目前全国最大潮差纪录。由此，高潮时，细颗粒泥沙能够向岸方向运移很长距离，塑造了宽达数十公里的平坦潮滩。沙脊顶上流速小，有利于泥沙沉积。作为潮汐通道的沙槽底层流速大，不断冲刷着泥沙。每日两次的潮起潮落，定向的往复流运动，像是一

杂志交流
1564001698



西洋深槽潮汐通道（某段）地形示意图

在辐聚—辐散的潮流作用下，沙脊之间形成了潮汐水道，向外海开敞。诸如大丰港所利用的西洋深槽水道，小洋口外的黄沙洋、烂沙洋水道都是典型的近岸深水潮汐通道。

把把永不疲倦的巨大耙子，改变着辐射沙洲的形态。渐渐，辐射沙洲北部也出现了滩浅槽深的沙洲群，南北“合璧”，共同构成了今天规模庞大的辐射沙洲。

虽然台风、寒潮等引起的风暴潮会对沙洲群形态形成冲击和改造，但风暴之后又会在潮流系统的作用下逐渐恢复之前的状态，形成潮流塑造—风暴破坏—潮流恢复的动态平衡状态。

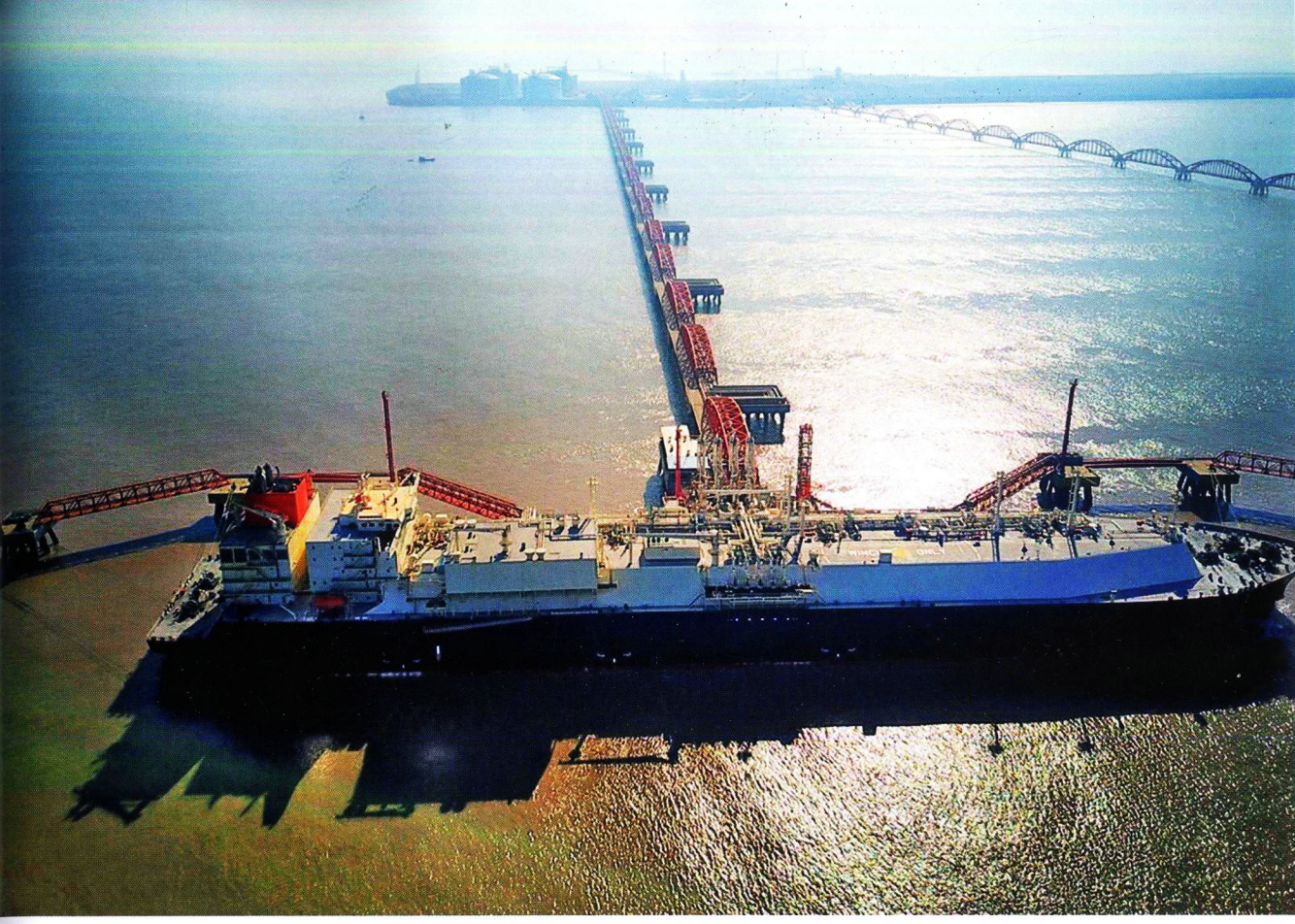
根据地理学者的研究，目前辐射沙洲的演化处于相对稳定阶段，成为一个准封闭的泥沙巨系统，正在缓慢地内淤外蚀和向南移动。前面提及的条子泥，因为正处在几条潮流通道辐聚的淤积部位上，故而成为离岸最近、淤积最快、低潮时出露面积最大的一片沙洲。

独特潮波系统所形成的海洋动力，就像是一份天赐的厚礼。从上世纪八九十年代开始，中国科学院院士严恺、任美

潮汐通道的贡献：淤积型海岸的深水良港

下图为洋口港示意图，港口建设在西太阳沙上，以大桥和海岸相连，毗邻深水潮汐通道。配套建有存储和输送管道，可停泊接靠装载液化天然气等货物的巨轮，是中国海上油气能源大通道的重要环节。绘图 / 张洵





巨轮入港：中国海上油气能源大通道上的明珠

辐射沙洲中潮汐通道水深在10米—50米不等，在强劲往复流的来回冲刷下，有利于航道的稳定和发展，打破了淤积型海岸难以建设良港的禁忌。南通洋口港利用烂沙洋水道作为航道，可通行10万—20万吨巨轮。上图为一艘正在洋口港液体化工泊位停靠的巨轮，满载着巨量液化天然气。

锷、王颖等多位专家便先后对辐射沙洲群的深槽潮汐通道进行了深入研究，打破了以往“泥沙质海岸地带为建港盲区”的论断，被誉为中国海洋研究的重大突破。

如今，深水良港洋口港便位于辐射沙洲南部的如东县近海，这里黄沙洋—烂沙洋深槽水道宽直，直通外海，在强大潮流动力的往复作用下，稳定保持着16米—25米的水深，可行驶10万—20万吨级巨轮。辐射沙洲北部的大丰港则依傍着西洋深槽，航道宽深，东侧小阴沙形成天然的防风避浪屏障，常年不冻。

在古老的“扇面”之上：仍在继续的精彩书写

可以说，孕育了中国第一个海洋世界自然遗产的南黄海辐射沙洲，堪称一处独具特色的海洋宝藏。假如山东半岛不存在，假如没有古黄河和古长江的变迁和影响，也就不会形成这种罕见的扇形辐射沙洲。

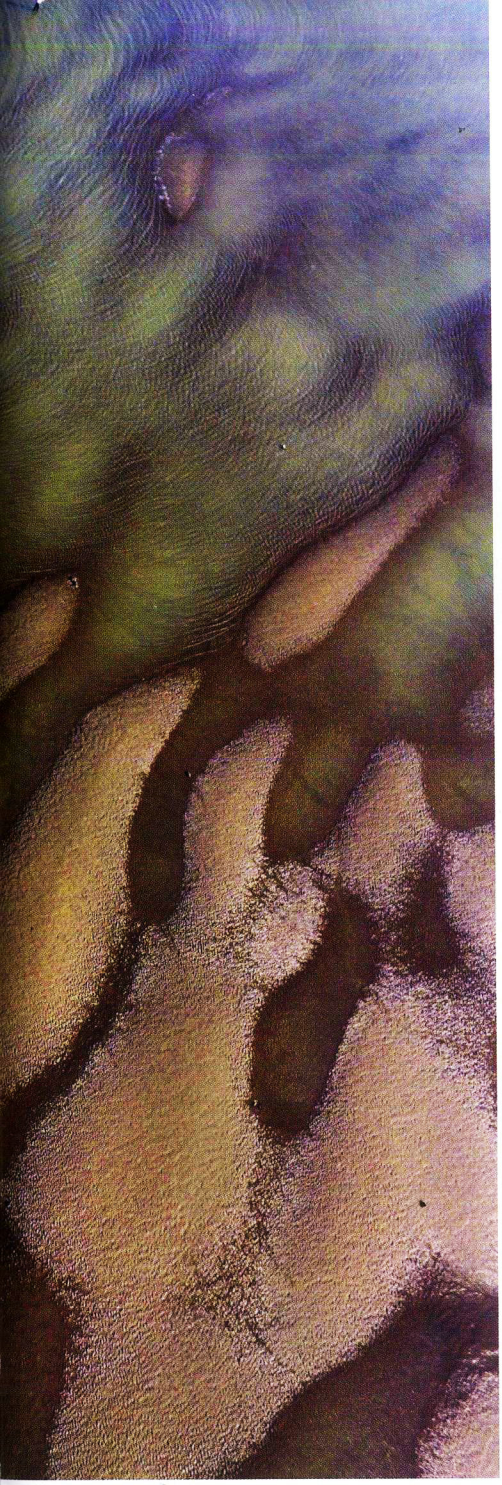
杂志交流
1564001698



海洋大国的珍藏：永不枯竭的宝藏

中国是一个海洋大国，拥有漫长的海岸线和星罗棋布的岛屿，在海洋地质、海洋生物多样性、海洋生物栖息地等多方面都潜藏着巨大价值。此外，海洋文化历史遗产丰厚，如海上丝绸之路、历史港口、海洋贸易和交流、独特的海洋文化等方面也值得挖掘。图为辐射沙洲的景观一角，仿佛是海潮和泥沙共同创造的一件艺术品。摄影 / 许丛军

杂志交流
1564001698



值得一提的是，此次申遗成功，不仅为海洋大国中国打开了一项世界自然遗产的新窗口，也为全球世界遗产填补了一项空白——截至2018年，全球海岸带类型的世界自然遗产，已有冲积河口—三角洲、基岩海岸、生物海岸、堡礁潟湖海岸等，却还缺少淤积型海岸。作为中国第一个海洋自然遗产的孕育者，南黄海辐射沙洲所营造的海岸，恰是典型的淤积型海岸。此外，沙洲群也是全球海平面升降的记录者，其地层剖面记录反映海进海退的几次巨大变化。可以说，如巨扇深入大海的辐射沙洲如同一个巨大的信息库，反映了黄河、长江和中国海岸的独特变迁，展现了极为特殊的海洋动力、成陆过程和复杂的水沙条件。

在辐射沙洲巨型的“扇面”之上，除了有自然的鬼斧神工之外，还有着更多的故事和精彩。

辐射沙洲毗邻大陆，海水浅、港汊多，营养物质丰富，浮游生物众多，南北两大潮波系统的汇合也促进水体的南北交融和上下翻动，为海洋生物的繁殖和生长提供了充足饵料与优越环境。这里的渔业和水产资源丰富，被誉为经济贝类的基因库。此外风能资源丰富，我国目前最大的潮间带风电场便坐落于此。

然而，在过去的几十年间，围垦、捕捞、水产养殖、海上风电等，正在快速侵蚀着这片珍贵的沙洲群，也给候鸟栖息地带来诸多威胁。一些候鸟对繁殖地、迁徙停歇地、越冬地非常“忠诚”，固定不变，代代传承，一旦栖息地被破坏和污染，将会给它们的生存带来重大影响。本次辐射沙洲生态核心区的候鸟栖息地成为世界自然遗产，将使整个辐射沙洲的生态价值得到有效保护。

除了以上提及的，辽阔的南黄海辐射沙洲还有着深厚的人文积淀、漫长的古海堤、悠久的盐业历史等，讲述着人与大海之间的种种故事。

未来，随着研究和探寻的不断深入，沙洲群的自身演变，这把在大海中徐徐展开的“巨扇”上，还会出现什么新的书写，新的创造呢？

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

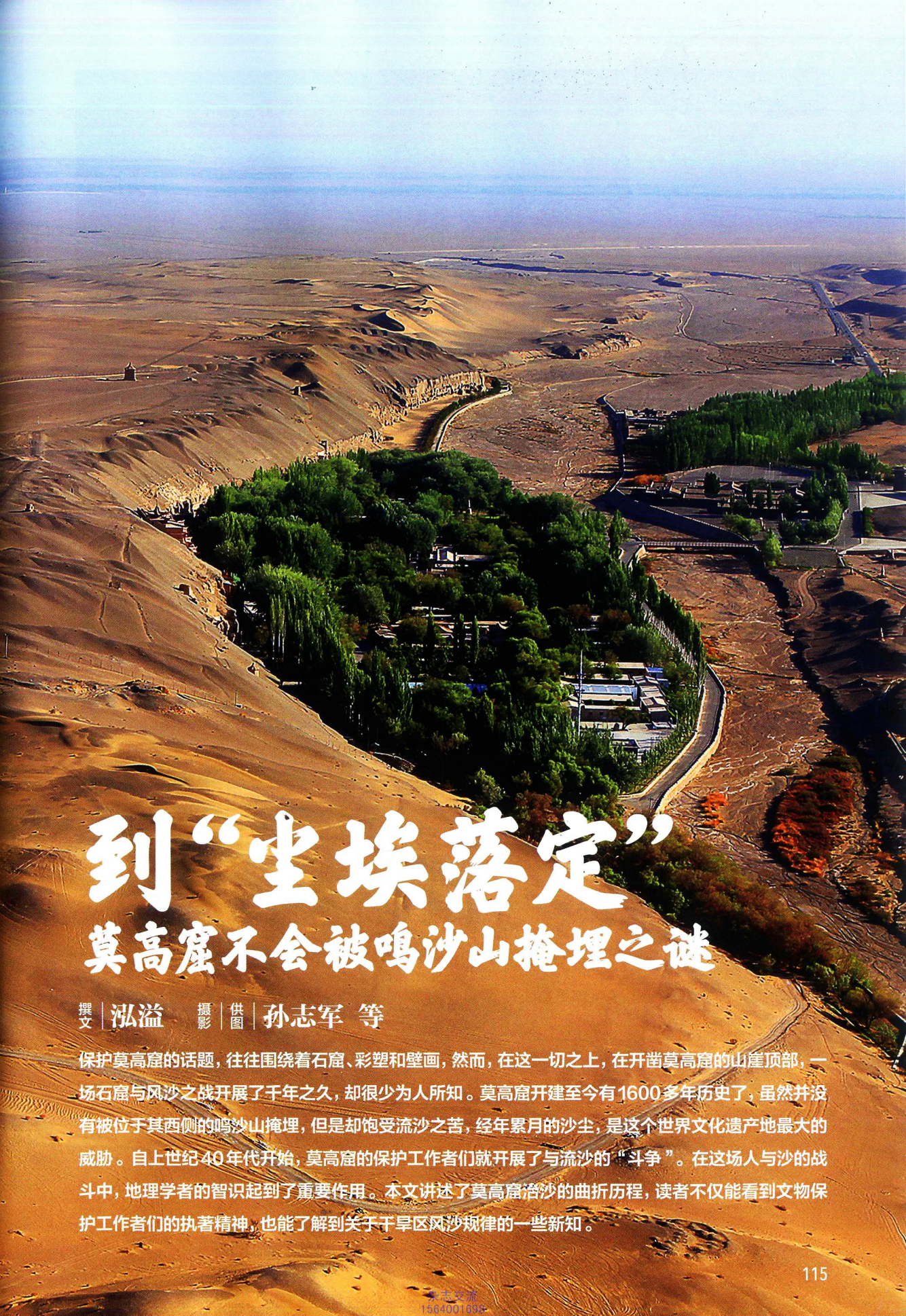
杂志交流
1564001698



从“风尘仆仆”

很少有机会从这个角度看敦煌莫高窟。进入21世纪以来，莫高窟的流沙已经被治理得比较好了，普通游客进入莫高窟窟区游览的时候，很少会被流沙干扰。因此，也很少有人注意到自己正走在一个大戈壁滩的旁侧，戈壁滩上布满了黄色的流沙，不远处，就是黄沙覆盖的鸣沙山。照片里的戈壁滩上清晰可见人工修筑的网栏，这就是莫高窟保护工作者们千辛万苦设计出的一个防沙治沙综合体，有了它，莫高窟才摆脱了流沙之灾。摄影 / 高德祥

杂志交流
1564001698



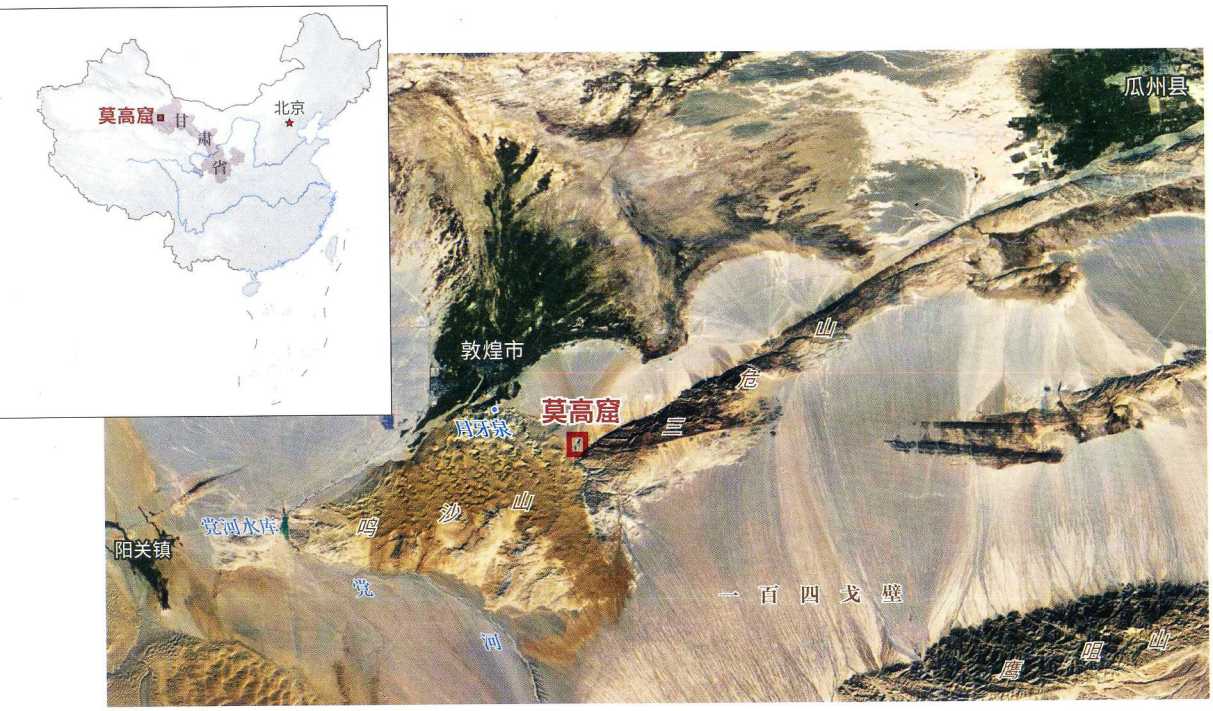
到“尘埃落定”

莫高窟不会被鸣沙山掩埋之谜

撰文 | 泓溢　摄影 | 供图 | 孙志军 等

保护莫高窟的话题，往往围绕着石窟、彩塑和壁画，然而，在这一切之上，在开凿莫高窟的山崖顶部，一场石窟与风沙之战开展了千年之久，却很少为人所知。莫高窟开建至今有1600多年历史了，虽然并没有被位于其西侧的鸣沙山掩埋，但是却饱受流沙之苦，经年累月的沙尘，是这个世界文化遗产地最大的威胁。自上世纪40年代开始，莫高窟的保护工作者们就开展了与流沙的“斗争”。在这场人与沙的战斗中，地理学者的智识起到了重要作用。本文讲述了莫高窟治沙的曲折历程，读者不仅能看到文物保护工作者们的执著精神，也能了解到关于干旱区风沙规律的一些新知。

杂志交流
1564001698



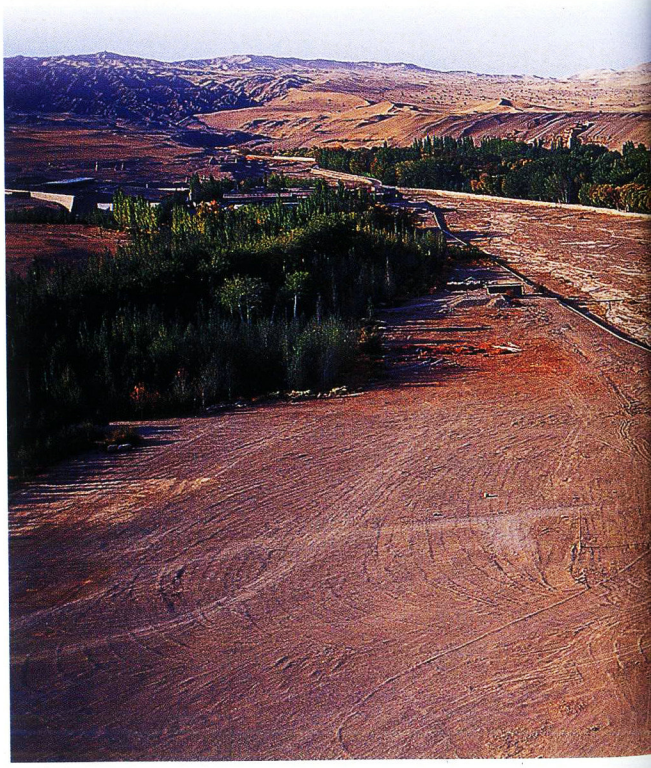
沙海绿洲

莫高窟的面前和背后 均是茫茫荒原 沙山与戈壁

莫高窟建在大泉河冲刷形成的河谷左岸的崖体上，崖体是由砂岩层和砂砾岩层组成的。莫高窟所在的地方，常年有东风、南风和西风三种风向，莫高窟所在的崖壁面朝东方，所以，夹沙风一旦自东边吹过来，就会对崖体以及崖体上的外露壁画、彩塑等艺术品进行磨蚀和掏蚀。我们今天在莫高窟看到的是已经被加固过的崖体，人工的水泥沙砾已将大部分洞窟的表面裹上了厚厚一层外衣。摄影 / 王金

2019年6月19日，在纪念赵松乔先生诞辰100周年的“地理学综合研究学术研讨会”上，一幅鸣沙山的照片作为会议背景墙占据着人们的视线，地理学家赵松乔先生对干旱区地理学做出过重要贡献，但为什么选择鸣沙山作为这次会议的背景图片？那是因为，与会的人们都知道，赵先生曾经在敦煌莫高窟留下过一段佳话。

1962年，一篇文物保护工作者的文章里写道：“鸣沙山的沙物质大量向东移动，30年内莫高窟有被沙子埋没的危险。”此事惊动了国务院，周恩来总理亲自指示要不惜代价尽全力保全莫高窟。当时有关部门曾提出几种治沙方案，甚至有人提出让莫高窟“搬家”的方案。



杂志交流
1564001698

当时，中国科学院地理研究所的地理学家赵松乔先生受命前往莫高窟实地考察，事后他写道："我从两个基本事实否定了这个耸人听闻的'警告'：1，鸣沙山及三危山的地表虽有不同厚度的浮沙，但其基底都是岩石，在数十年、数百年乃至数千年内不会整体向东移动；2，当地是东西风过渡带，两者大致势均力敌，而以东风略占优势。因此，流沙基本上是'向上'移动，形成了金字塔形高大沙丘，并可能略向西迁，不会东移。因此，我敢于保证300年乃至3000年内，鸣沙山及三危山不致向东埋压莫高窟，那些莫高窟全部搬迁方案，完全是没有必要的。"

赵松乔先生的大胆论断，解除了一场虚惊，避免了莫高窟不必要的搬家，为国家节省了数百万元人民币，并为敦煌地区的防风固沙提供了科学依据。

然而，不搬家并不意味着莫高窟就可以高枕无忧。在赵松乔先生去敦煌考察之前以及之后，莫高窟的保护工作者们在治理风沙灾害的问题上花费了极大的心血：即便鸣沙山不会整体移过来掩埋莫高窟，那日积月累的流沙，也让莫高窟无法承受。

1600多年来，风沙一直威胁着莫高窟

自公元366年（东晋）开凿第一个石窟开始，莫高窟至今已有1600多年的历史了。

考古学家从敦煌汉代悬泉置遗址中出土的一枚汉简上发现了有关当时敦煌地区发生沙尘暴事件的记载，这枚汉简也是我国发现的第一件"沙尘暴文物"。

这枚记载有沙尘暴的汉简是一封官方文书，其内容大致是关于一个丢失车马事件处理情况的记录。汉简上详细写着某官府派一人出行执行公务，并配备有一车一马，后该人中途归返，向

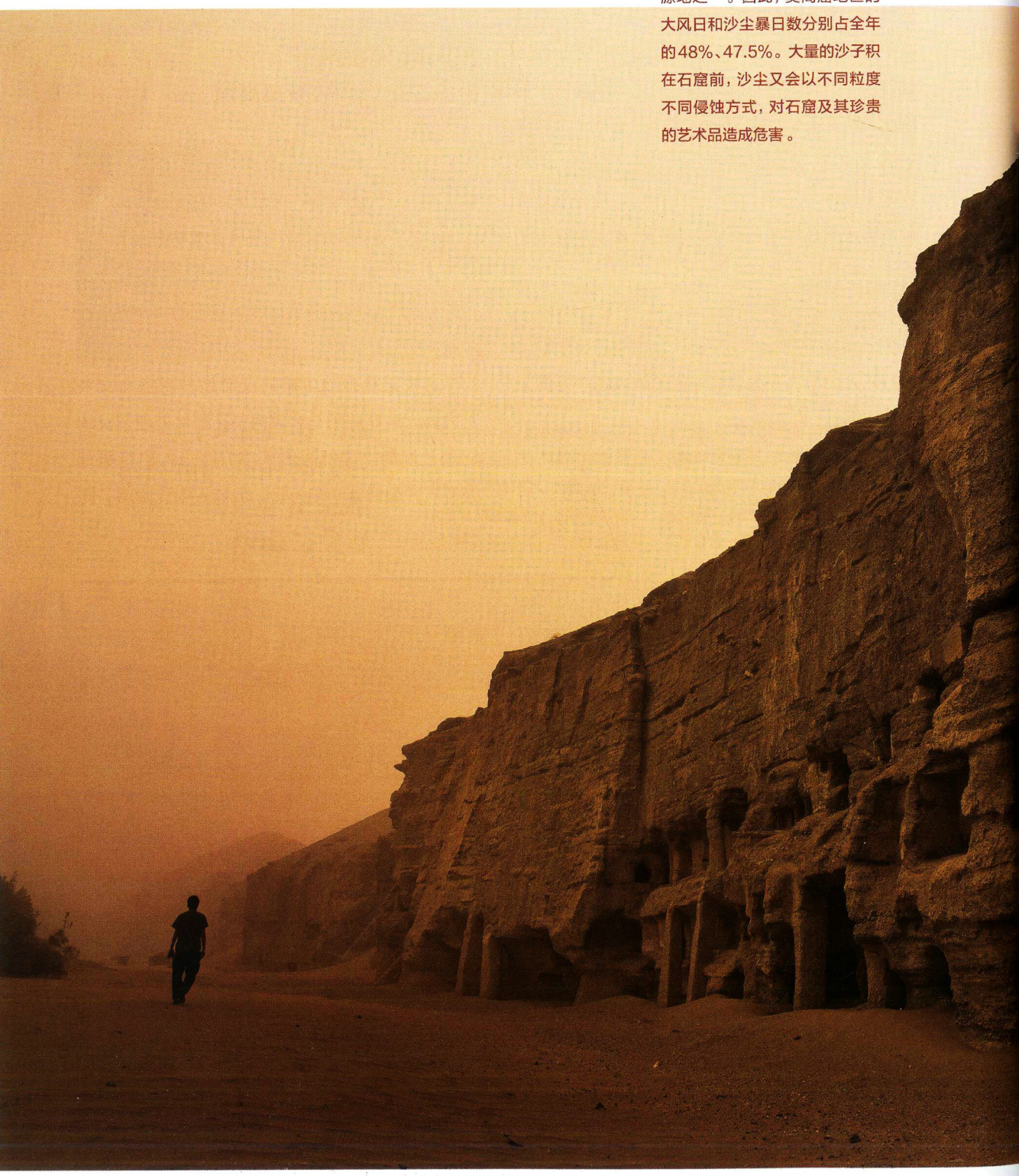


杂志交流
1564001698

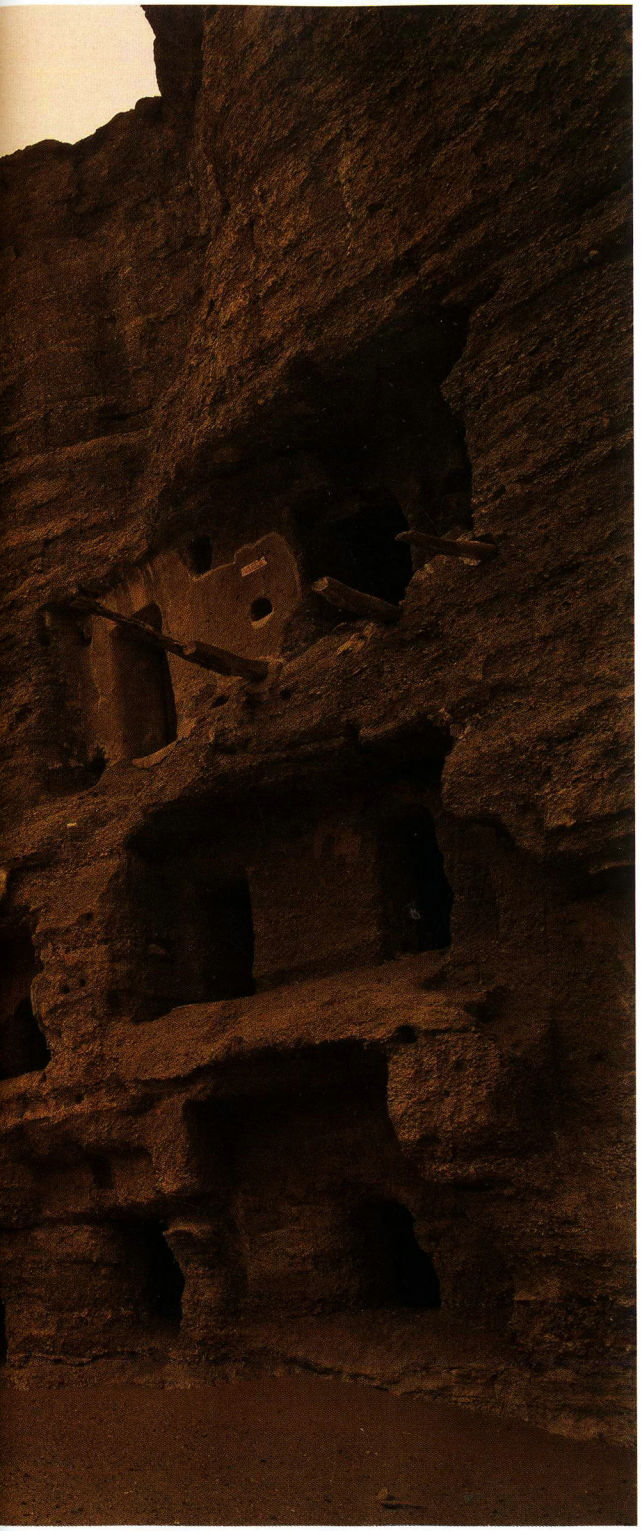
近两千年的沙尘暴史

敦煌有中国第一件沙尘暴文物

莫高窟东临三危山，西接鸣沙山（属库姆塔格沙漠），被荒漠和沙漠所环抱，处于极端干旱的内陆荒漠地带，这里也是中国北方沙源地之一。因此，莫高窟地区的大风日和沙尘暴日数分别占全年的48%、47.5%。大量的沙子积在石窟前，沙尘又会以不同粒度不同侵蚀方式，对石窟及其珍贵的艺术品造成危害。



杂志交流
1564001698



上级禀告说他在路过敦煌地区时突然遇到很强的沙尘暴，大风和沙土刮坏了车，还使驾车的马受惊跑丢，该人也因此受伤，只得步行返回。从这里就可以看出，早在汉代，敦煌就已出现沙尘暴天气了。

自汉代直至今天，沙尘暴天气从来没有从敦煌地区消失过。2019年刚过去一半，互联网上关于2019年敦煌沙尘暴天气的报道就有两次，再往前追溯，敦煌沙尘暴的新闻报道更是层出不穷。

除了沙尘暴的降尘以外，莫高窟的沙害来源主要是鸣沙山吹来的流沙。自莫高窟开凿以来，风沙就是莫高窟面临的主要自然灾害之一，“清沙”遂成为了历史上僧人和供养人的功德。这一点有藏经洞出土的一件五代时期经卷为证。出土经卷《推沙扫窟重饰功德记》（文献编号P.2641v，现藏于法国国家图书馆）中记载：公元948年冬天至949年夏天，安某和家人在莫高窟巡礼洞窟时，发现南大像北边一所古窟（今第129窟）由于长时间无人管理，窟内积沙很厚了，因此“推沙扫窟”，然后再重修补绘……

莫高窟周边被沙漠戈壁包围，地处我国八大沙漠之一的库姆塔格沙漠东南边缘和鸣沙山东麓。在莫高窟的保护工作者们还没有找到合理的治沙办法之前，源自鸣沙山的风沙流经年累月造成了窟区大量积沙，在上世纪60年代以前，每年要人工清理沙子达3000—4000立方米。大量积沙造成栈道堵塞、窟檐被压塌。稍有风吹，就有流沙从莫高窟崖顶飞下。不仅吹蚀和磨损露天壁画及洞窟围岩，而且吹蚀和磨损洞窟内壁画与彩塑。每到风沙肆虐的时候，翻飞的粉尘会随着气流涌入石窟。如果用专业仪器观察，会发现其中80%以上是0.05—0.005毫米大小的棱角状、次棱角状的坚硬石英、长石。这些微小颗粒既能对壁画、塑像进行打磨，又能侵入壁画和塑像颜料的空隙。

莫高窟的年降尘量可达每平方公里365.4

杂志交流
1564001698



杂志交流
1564001698

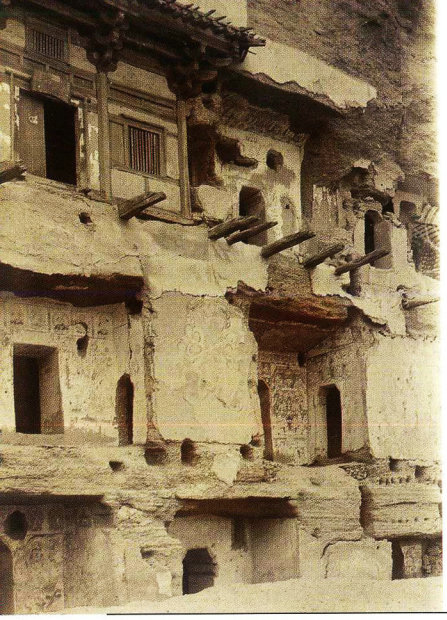
法国伯希和中亚探险队拍摄的1908年的莫高窟

当时洞窟前的地面比现在高出1米多，是由莫高窟顶部吹来的流沙堆积而成。

这张照片让我们看到了111年前莫高窟的样貌：当时窟前的河滩地上树木还不是很繁茂，可以看到最下层的洞窟几乎被沙子填埋了，上下层洞窟之间并没有栈道相连。据记载，法国人伯希和率领中亚探险队1907年12月中旬从迪化（今乌鲁木齐）出发，于1908年2月24日到达敦煌。他详细查看了所有洞窟，对每个洞窟做了描述，特别是详细记录了洞窟中的壁画题记，随队摄影师Charles Nouette所拍摄莫高窟的照片有着重要的史料价值。



杂志交流
1564001698



1914年

斯坦因1914年4月3日拍摄的敦煌莫高窟第427窟附近。



1935年

Desmond Parsons于1935年拍摄的敦煌莫高窟第259窟北壁下的积沙。



1942年

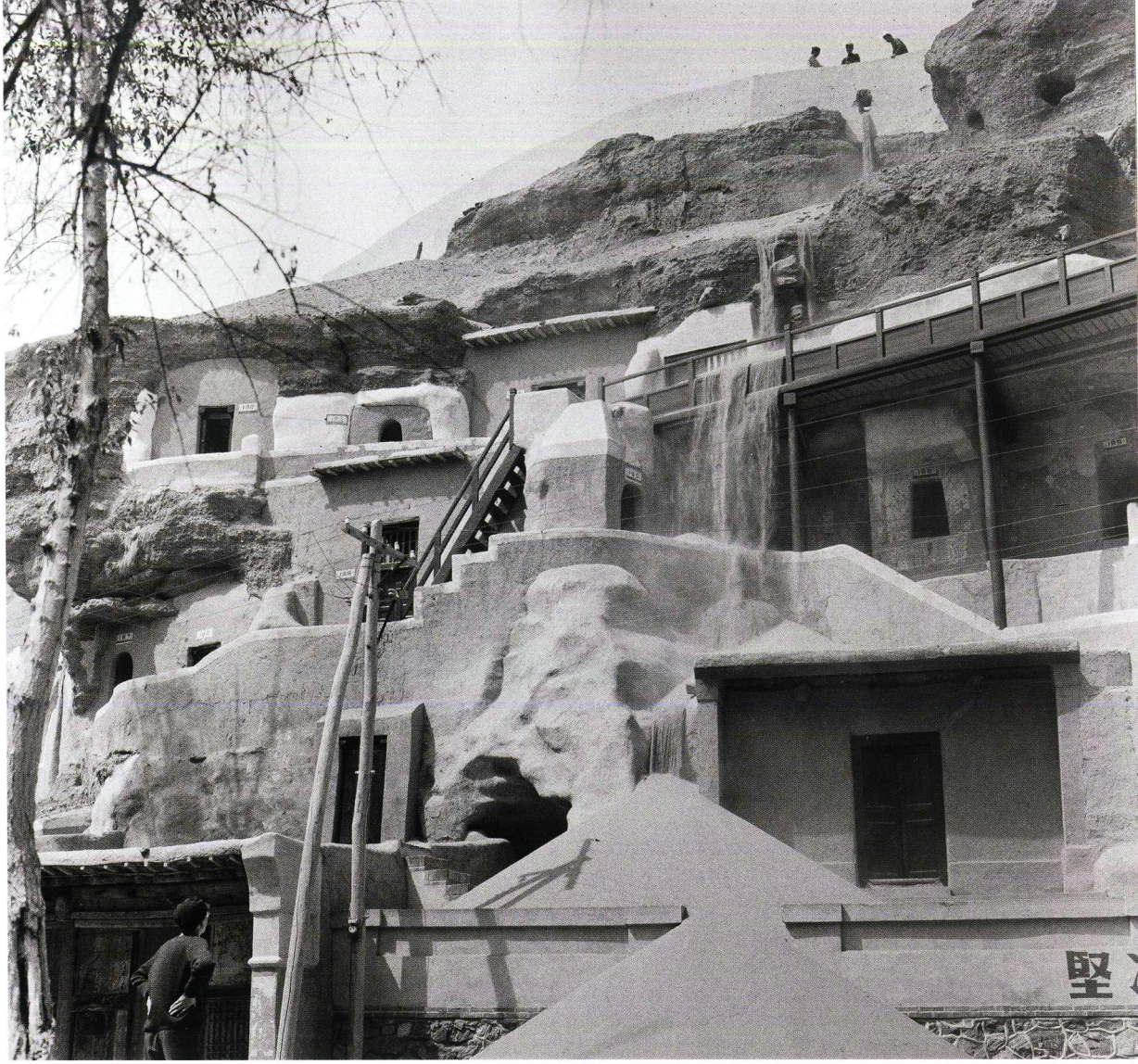
1942年，国民政府中央研究院西北史地考察团拍摄到的莫高窟，下层洞窟几乎被流沙淹埋。



1954年

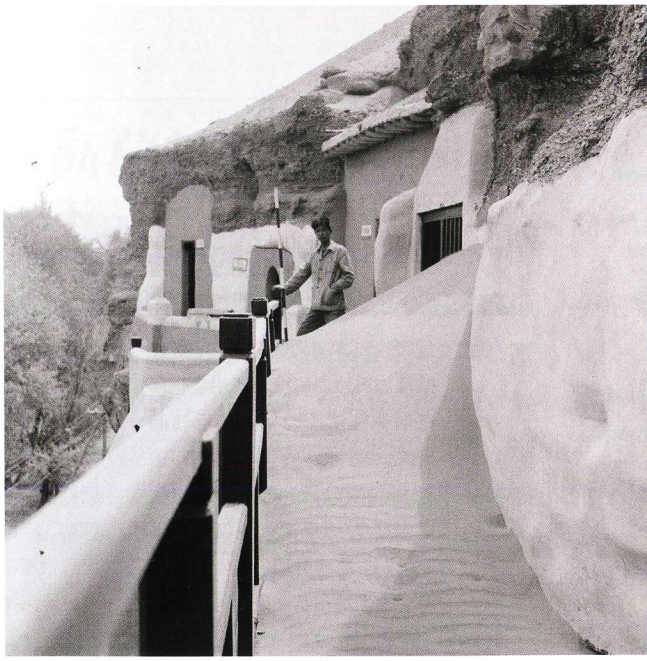
在50年代，莫高窟的洞窟前普遍都有积沙，对于保护洞窟十分不便。1953年，敦煌文物研究所计划在洞窟前修建一条临时性的简易路面，于是在1954年4、5月间雇用了莫高窟附近农民的几十辆大轱辘牛车集中清运积沙，共清除流沙1万多立方米（李承仙拍摄）。

杂志交流
1564001698



1954年

1954年，敦煌文物研究所在几处流沙比较严重的地段修建土坯防沙墙，并在防沙墙上凿开放沙孔，以便将堆积在墙后的流沙引下来清走。



1960年

1960年6月3日拍摄到的第195窟前的积沙（敦煌研究院李贞伯拍摄）。

杂志交流
1564001698



风沙对莫高窟的侵害

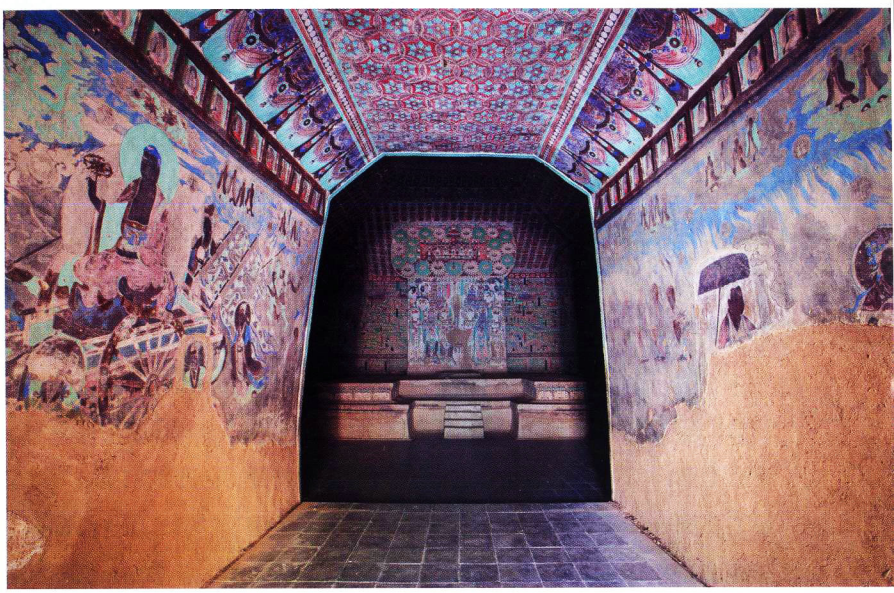
不仅表现在外部，对窟内的壁画和彩塑也危害不小。

经风沙科学家们研究可知，莫高窟顶的风沙流所携带的粉尘物质在崖体临空面因气流的反转而形成大量的降尘。年降尘量可达365.4吨/公里，粉尘粒径主要集中在0.05毫米—0.005毫米之间，矿物成分以石英、长石为主。这些棱角状高硬度的颗粒随湍流的运动对壁画、塑像磨蚀严重，同时极细的粉尘颗粒最易侵入壁画、塑像的颜料空隙。科学家们用扫描电镜观察发现，在壁画颜料空隙可见有侵入的棱角状颗粒，严重地影响了艺术效果，而且很难在不损坏壁画的前提下将其清除掉。这种细粉尘物质不断地在壁画开裂处乘虚而入，使壁画产生龟裂，随着粉尘的不断沉积，而致使壁画大面积脱落。位于莫高窟下层的第61窟甬道曾经长期堆积着流沙，流沙磨蚀壁画的痕迹至今还清晰可见（右页下图）。敦煌藏经洞就被隐藏在莫高窟第16窟甬道北壁的壁画下面，壁画上的有角度的侵蚀痕迹就是当年积沙磨蚀壁画的遗迹（上图）。上世纪80年代莫高窟彩塑上的积沙和积尘（右页上图 摄影／张超音）。

杂志交流
1564001698







吨。不断沉积的粉尘，会逐渐向外挤压壁画的颜料层或白粉层，使之脱落，这是造成莫高窟壁画残破不堪的自然原因之一。

治沙一直是保护莫高窟的难题。

“沙是保护石窟的大敌，一定要首先制服它。”

从 1944 年成立的国立敦煌艺术研究所，到新中国成立后的敦煌文物研究所，1954 年前后一直把治沙列为莫高窟保护工作中重点的日常工作，时任所长的常书鸿先生认为：“沙是保护石窟的大敌，一定要首先制服它。”

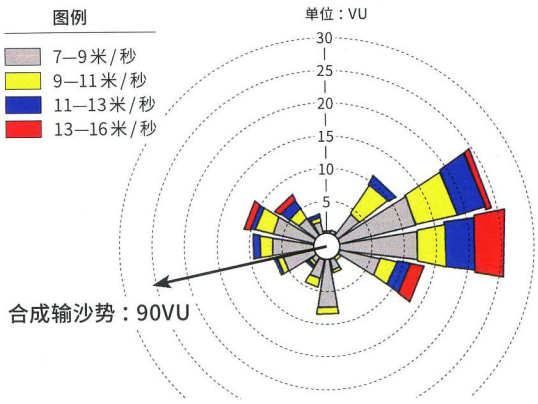
今年 94 岁高龄的孙儒僩先生于 1947 年到国立敦煌艺术研究所（敦煌研究院的前身）工作，常书鸿所长交给他的任务是测绘木结构窟檐并临摹壁画中的古建筑形象。1952 年，成立了石窟保管组，他从当时的美术组调到保管组，从事石窟保护与管理工作，直到 1993 年退休，在石窟保护工作的岗位上工作了 46 年，历任助理研究员、副研究员、研究员、敦煌研究院保护研究所所长等职。

孙儒僩先生对 20 世纪 40 至 60 年代的莫高窟保护工作记忆犹新。如果想了解那时莫高窟的沙害情形，可以读一读他的相关回忆性文章：

杂志交流
1564001698

三组风向
莫高窟地区的东风强于西风和南风

输沙势通常为地面风所导致的沙子移动的过程，张伟民根据戈壁气象站的观测结果，计算出监测期间（2008年5月—2009年4月）的戈壁合成输沙势90VU，合成方向为258°。其中，偏西风（SW、WSW、W、WNW、NW）方向的输沙势为36VU；偏东风（NE、ENE、E、ESE、SE）方向的输沙势为74VU，分别占年输沙势的28%和57%。窟顶北侧偏东风输沙量达500公斤/米，偏西风输沙量达320公斤/米，“东风压倒了西风”。



鸣沙山—莫高窟地区三组风向的输沙势能统计图（2008.5—2009.4）

资料来源：张伟民（中国科学院西北生态环境资源研究院　研究员）

“20世纪40年代石窟前堆积很多流沙，经常要用人把窟门前的沙子清除，否则下层石窟根本进不去。1946年以后开始在石窟的山崖边上修建防沙墙，第196、233窟及第256窟几处重点流沙处，相继修建了土坯防沙墙，墙高约150厘米，防沙墙的作用在于把流沙聚集在墙的后面，减少经常飘落在窟前的流沙。过上一两年，防沙墙后面就被流沙填满，如不及时清除，流沙就会溢出，防沙墙也就失去作用，但当时别无良法，虽是消极的，但暂时能起到一些控制流沙的作用。……”

“上个世纪50年代石窟流沙的堆积情况，总的说来，石窟南端距离鸣沙山比较近，流沙的情况比较严重。从石窟最南端第131窟至第155窟，积沙高度与第二层石窟地面等高。这一段石窟中的第146窟在下层，因为地势较低，很容易被流沙埋没，只得用人力经常清沙，在高约4—5米的沙堆之间，第146窟前形成一个缺口，第130窟下层窟门更低，也是经常有人清除才免于被流沙埋没。当时进入130窟的下层也是在沙堆上修的台阶，进入窟门要下十几步台阶才是窟内的甬道地面。里外有2.5—3米左右的高度差，第130窟以北的第129窟至第111窟一带积沙与石窟地面等高，第108窟也是洞窟地面较外面的沙堆低1米左右，第108窟以北如第100窟等都是大洞窟，这一段是人群活动的中心，因为经常有人清理，所以积沙不太严重。由此往北从第79窟直到第45窟一带是流沙堆积的严重地段，下层洞窟窟门大多被流沙掩埋，后被发掘出来，但壁画和塑像已经全部损坏了。……”

为了挡住源源不断从鸣沙山方向吹来的流沙，常书鸿所长自1949年之前就主持修建了一些防沙墙。这些防沙墙全是土坯砌成，高约1.5米，厚0.33米，墙的两面用草泥墁抹。防沙墙的修建直至1955年才结束。

这些防沙墙相继完成之后，当年石窟前的流沙的确减少了，看来是起了些作用，但是当防沙墙后面被流沙填满之后，流沙越过防沙墙的顶部，继续不断地顺着山崖向窟前飘落。

为了让防沙墙能继续起点作用，“于是又在防沙墙的底部每隔两三米就打开一个洞，把防沙

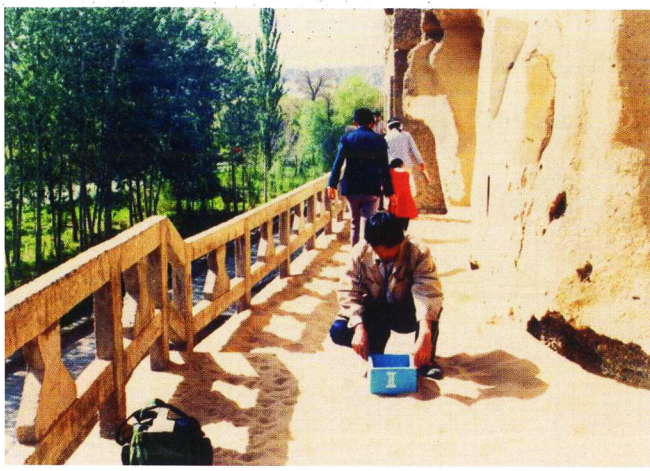
杂志交流
1564001698

墙后面拦蓄的流沙放下来，在放沙的时候，防沙墙上面还得有工人将沙子推向流沙孔。放沙的时候沙尘四处飘扬，使附近的洞窟也受到沙尘影响。为了控制放沙时的沙尘影响，人们用帆布缝成布筒，长约 20 余米，布筒的上口紧靠在防沙墙的流沙孔上，下面固定在离洞窟较远的地方，用三角架固定起来，这样流沙可以有控制地流在一定的地方，集中成很大的沙堆。以方便用牛车运走。但是好景不长，流沙筒很快就被沙子磨蚀得千疮百孔，这种清沙的办法还是比较可行的。只是在当时经费困难的条件下，经常换帆布流沙筒有一定的经济困难。”

在修防沙墙的后期，为了进一步防沙，1955 年 3 月 16 日，莫高窟的保护工作者们又在洞窟山顶上的平坦处开挖防沙沟，“到 4 月 4 日，共挖沟 1014 米，沟深 120 厘米，宽约 200 厘米，挖出来的沙砾堆在沟的东面，目的也是拦蓄流沙。在之后两三年之间，洞窟前的流沙确实减少了，但后来防沙沟也被流沙填满了，现在山顶上隐约还能看见痕迹。”

以上是上世纪四五十年代莫高窟的保护工作者们修筑防沙墙和开挖防沙沟的经过，1951 年前后给 100 多个洞窟安装木门，也属于防沙工作的一部分。后来在制定《1956—1966 年敦煌文物研究所全面工作规划草案》时，防沙工作被列入石窟的保护、修缮工程项目中，先后在窟顶设立了多种防沙工程。由于当时对风沙运动规律、风沙危害方式等没有来得及深入研究，防沙工程虽然在短期内起到了一定的效果，但随后因积沙量的增大，防沙工程很快失效，不得不采用人工清沙的办法，清除窟前积沙，因此，沙害并未得到有效的防治。

1959 年，国家文物局邀请陈明道、李鸣岗等治沙专家会同甘肃省内林业方面的人士在莫高窟召开了治沙会议，会后根据李鸣岗先生的建议在九层楼山顶上的平坦处建立了气象观测站。1962 年 8 月，文化部以徐平羽副部长为领队的莫高窟考察团来敦煌考察，成员都是文化和自然科学各领域知名的专家，其中就包括地理学家赵松乔。专家们在考察了鸣沙山之后进行了广泛的讨论，“莫高窟不用搬家”，就是在这次会议中听从了赵松乔先生的意见决定的。



上世纪 90 年代，研究人员在洞窟前收集放了一夜的积沙木盒，为莫高窟的风沙研究做数据准备。供图 / 屈建军（中国科学院西北生态环境资源研究院　研究员）

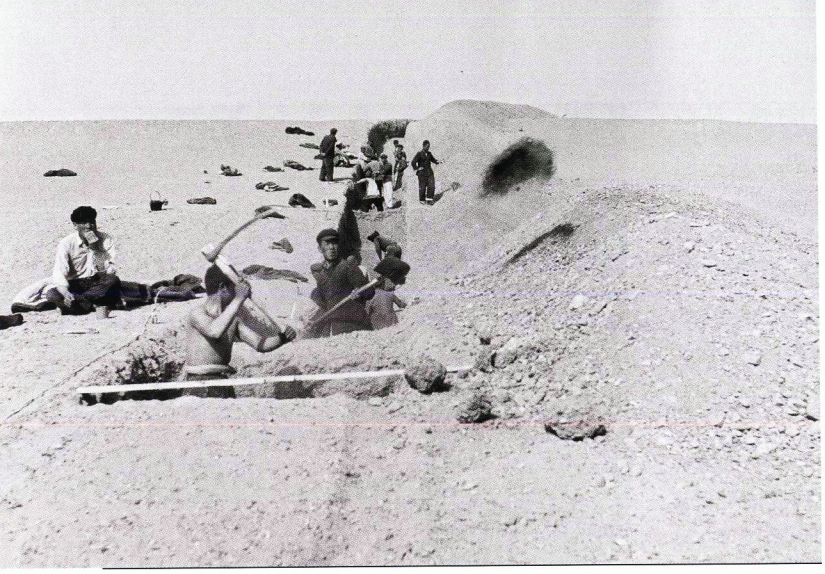
与此同时，赵松乔先生还否定了在莫高窟顶的戈壁上设立各种人工沙障的提议，他说人工沙障反而会让戈壁上的风速降低，年复一年，戈壁上将形成新的沙丘，说得严重一点，鸣沙山将进一步迫近莫高窟，到那时情况就更为严重了。赵先生说现在莫高窟上的戈壁是一个天然平台，是有利的自然地形，不在戈壁上设置沙障，在地理学上叫“不堆积理论”。

赵松乔先生发言后至今有半个多世纪时间过去了，莫高窟的治沙实践证实了他当年判断的正确性。

鸣沙山的三组风向之谜

即使在百废待兴的 1975 年，敦煌文物研究所在制定 1976 年—1985 年十年规划时，仍然对

杂志交流
1564001698



左图：上世纪50年代，敦煌文物研究所为了进一步防沙，从1955年3月6日开始在莫高窟山顶上开挖防沙沟，共挖沟1014米，沟深1.2米，宽约2米。大概在两三年后，防沙沟就被流沙填满。
右页图：敦煌研究院在20世纪末至今建立起了以草方格沙障为主要手段的生物防沙工程体系。

千方百计治风沙

莫高窟治沙有一个历史过程

治沙工作进行了部署：进行多种治沙试验，并在1980年以后实现“清扫积沙半机械化”的目标。

1987年，莫高窟被联合国教科文组织列入“世界文化遗产名录”。莫高窟的风沙灾害是莫高窟这个世界文化遗产能否完整保存下去的最大威胁之一。因此，1989年，敦煌研究院开始与原中国科学院兰州沙漠研究所（存在于1978年—1999年的科研单位，是现中国科学院西北生态环境资源研究院的前身之一）以及美国盖蒂保护研究所合作进行莫高窟的风沙危害防治研究，从这时起，莫高窟才从“人工清沙”迈向“科学治沙”。

1989年10月，原中国科学院兰州沙漠所从事风沙工程研究的凌裕泉研究员去敦煌，他是受时任敦煌研究院副院长樊锦诗的邀请去治理莫高窟的风沙灾害。

刚到莫高窟的凌裕泉就感受到了“沙雨”：沙子像瀑布一样连绵不绝从窟顶往下淌。

30年后的今天，北京科技大学科技史与文化遗产研究院的郭宏教授回忆起1989年—1990年间他在莫高窟陪同凌裕泉先生研究风沙问题时的情景，记忆深刻。郭教授当年是敦煌研究院的一位保护工作者，他说凌裕泉先生根据1962年—1969年莫高窟顶气象站的观测资料（一日三次，夜间不观测）进行统计，结果发现：莫高窟是一个具有三组风向的多风向地区，西风、东风和南风是莫高窟地区常年刮的风向，其中，南风较弱，西风和东风是沙子搬运最主要的力量。西风吹来的沙子是莫高窟沙害的主要来源，而东风则对崖顶沙物质具有明显的反向搬运能力。凌裕泉先生根据这三组风向的规律，提议在莫高窟顶部约1000米处建起“A”字形尼龙网栅栏进行阻沙。该挡沙带于1990年建成后，有记录的沙量减少了60%—70%。

1990年，凌裕泉老师被调到别处负责防沙工作，他的学生屈建军被留下来继续研究莫高窟的治沙问题。在莫高窟，屈建军的工作主要是观测窟前廊道积沙、观察窟顶风沙流活动特征和寻找鸣沙山的移动规律。

屈建军着手的一件事是做木盒，利用木条制成一个个20厘米见方的小木盒，每天傍晚，当游客都走了，工作人员也下班之后，他就比照着沙

杂志交流
1564001698

子有可能落下的位置，把木盒一一放在地上。他想以这种办法分析不同的方位相对应的积沙量。

每天早上，在游人进来参观之前，所有木盒都收集到了沙子，而且每个木盒的积沙量都不一样。这就说明沙的流入多寡是有位置规律的。

他把每一个数据认真记录之后，就带着这些数据和风速仪、观测仪器等爬上莫高窟顶。

砾石戈壁是莫高窟1600年未被沙丘掩埋的功臣

莫高窟顶是一片平坦的戈壁，向西沿展约700—1000米，逐渐与鸣沙山相接，自窟顶至鸣沙山，由东向西，按地表组成物质可划分为砾质戈壁带、沙砾质戈壁带、平坦沙地和沙山，其中鸣沙山高约60—170米，是一座覆盖在基岩低山上的高大的复合型沙山，沙丘类型以沙垄、金字塔沙丘和复合型沙山为主。

根据该地区不同地表类型及多向风的特点，科学家们选择与三组风向相一致的三个观测断面，对窟顶风沙流结构按地表类型每个断面分别设置4个不同高度测点进行了为时3年（1989.12—1992.12）的对比观测。研究发现，戈壁风沙流的最大输沙量随高度分布与流沙截然不同，在西北风作用下，当风速增大时，距离地表0—2厘米范围内的相对输沙量却减少了，距地表2—6厘米范围内的相对输沙量是增加的，而距地表6—20厘米的高层的相对输沙量又随高度增加而减少。在东北风作用下，当风速增大时，最低层0—2厘米的相对输沙量明显减小，中层2—6厘米高度，输沙量也相应增大，在6—20厘米的高度，输沙量随高度减少，输沙量最大值出现在4—6厘米。西南风作用下亦有风速增大时下层相对输沙量减少、上层增加的规律。

一开始，科学家们以为是仪器测量有误差。

1992年以后，屈建军离开了莫高窟治沙项目组，原中国科学院兰州沙漠研究所王涛研究员的学生薛中闲和张伟民等继续在莫高窟进行风沙危害治理的研究工作，接下来的多年观测结果表明，前述观测结果是正确的。造成砾质戈壁风沙

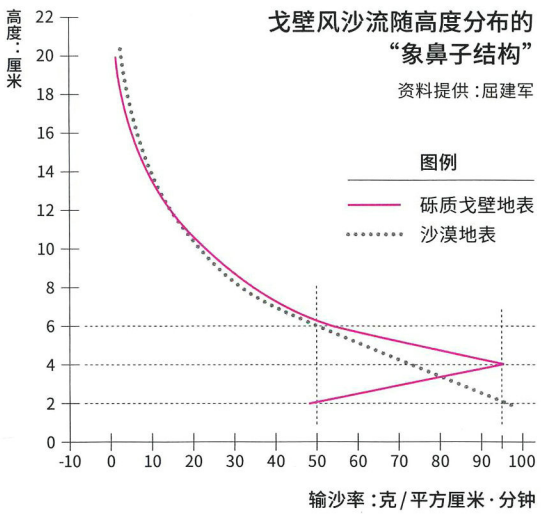


莫高窟未被千年流沙掩埋的神秘原因

是窟顶的戈壁滩

科学家们在莫高窟顶戈壁区的风沙流观测中发现：戈壁风沙流的最大输沙量随高度分布与沙漠风沙流截然不同，即最大输沙量出现在2—6厘米高度处，而并非像流沙输沙量的最大值出现在0—2厘米处。通过砾质戈壁风沙流野外实测数据的分析以及风洞模拟实验研究发现：戈壁风沙流结构具有与沙漠风沙流完全不同的风沙流特征，戈壁风沙地表的粗糙度随风速的增大而增加，其表面风沙流输沙量高度分布表现出独特的“象鼻子结构”，在一定高度处呈现最大值，并随风速的增加而增高。

该“象鼻子结构”导致戈壁风沙流结构特征值λ远大于1，不论风速多大，风沙流都处于未饱和状态的非堆积搬运状态。这种特殊性质比较清楚地解释了敦煌莫高窟千年来不被沙山埋没的谜底。并且在风沙防治工程实践中，采用砾石压沙措施，构造出类似于砾质戈壁的下垫面，人工促使风沙流结构呈现“象鼻子结构”，可使防沙工程达到理想的输导作用。



戈壁风沙流随高度分布的“象鼻子结构”

资料提供：屈建军

流输沙率的这种独特性质的根本原因在于其地表主要由砾石及粗沙组成，地面紧实程度远高于流沙地表，跃移沙粒与戈壁地表之间的碰撞近似弹性碰撞，地表沙粒的起跳初速度和起跳角均较大，沙粒弹跳高，分散在较高的空间，利用高层气流能量多；相反，对于流沙地表，跃移沙粒与地表之间的碰撞近似非弹性碰撞，地表沙粒的起跳初速度和起跳角均较小，沙粒弹跳低，利用高层气流能量相对较少。

这就是造成砾质戈壁与平坦沙地过境风沙流存在差异的根本原因。戈壁风沙流的这种异常现象被最早以三个观测断面观测风沙流结构的屈建军命名为“象鼻子结构”——砾质戈壁起风时，沙子浓度最大的地方不在地表，而是在地表以上4—6厘米处，且随风速增大，最大输沙量高度会向上移，表现在曲线图上正如大象鼻子一样。

值得特别注意的是，在《后汉书·郡国志》（公元25—220年）中就有“……水有悬泉之神，山有鸣沙之异”的记载，这说明在建窟之前，鸣沙山就已存在了，莫高窟从创建至今已有1600多年的历史，幸亏莫高窟处于戈壁之下方，由于戈壁对沙子的“抬升”作用，才不至于使沙子堆积成沙丘。这一发现似乎解开了莫高窟1600多年未被沙丘掩埋的谜团。

风沙灾害综合防护体系终于为莫高窟挡住了风沙

在“A”字形尼龙网栅栏建起一年多以后，尼龙阻沙网开始积沙，防沙的功能有所减弱。因此，当时负责莫高窟保护工作的敦煌研究院的文物保护专家李最雄提出建立“三位一体”的综合

杂志交流
1564001698

治沙方案：工程治沙（“A”字形阻沙带）与生物固沙、化学固沙相结合。“三位一体”的治沙方案由时任敦煌研究院保护研究所副所长的汪万福具体负责实施。

汪万福于1992年因敦煌研究院与美国盖蒂基金会合作研究项目“敦煌莫高窟生物固沙”而加入了敦煌研究院保护研究所，从此踏上了文化遗产保护研究之路，并成为了团队的中坚。

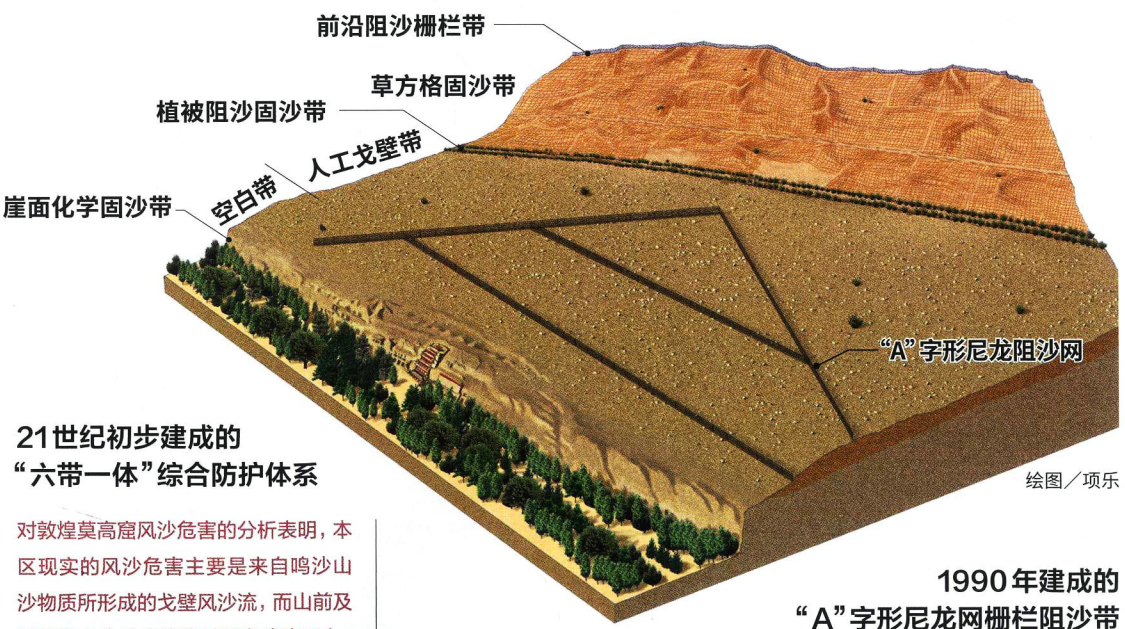
1993年，李最雄团队成功筛选出以PS物质为主的化学固沙材料，有效防止了洞体的进一步风蚀。1992年和1993年，汪万福带领同事们开展了草方格沙障固沙试验，引进了滴灌技术，至20世纪90年代末，防沙林带已逐渐形成长1850米、宽分别为14米和12米的两条灌木林带。茂盛的枝叶和强大的根系有力阻固了来自鸣沙山的大量沙源，但由于灌木林带前缘没有任何防护措施，林带内仍然积沙严重，滴灌设备也被流沙掩埋。事实表明，“三位一体”的治沙方案仍然需要改进，科学家们仍需在前人工作的基础上继续攻关。

自20世纪末至今是莫高窟风沙危害治理成果最为辉煌的阶段。2016年，以汪万福先生领军的“敦煌莫高窟风沙灾害预防性保护体系构建与示范”项目获得“十二五”国家文物保护科学和

挡住了85%的沙子

风沙灾害综合防护体系净化了莫高窟

莫高窟防治风沙工程示意图



绘图／项乐

21世纪初步建成的“六带一体”综合防护体系

对敦煌莫高窟风沙危害的分析表明，本区现实的风沙危害主要是来自鸣沙山沙物质所形成的戈壁风沙流，而山前及其前缘小沙丘的移动对洞窟威胁不大。窟顶戈壁带不仅是一个天然输沙场，而且是阻止沙山和前缘小沙丘向窟区移动埋压的天然屏障。由此提出只有采用“六带一体”综合的防护体系，莫高窟的风沙灾害才可能得到有效控制。

1990年建成的“A”字形尼龙网栅栏阻沙带

“A”字形顶点指向西风。两个斜边与主害风有较大的交角，与对应的西北一东南、西南一东北风交角较小或近于平行，目的在于它既可以在主风向上截断鸣沙山的沙源，又能在次风向上使栅栏具导沙功能，从而一改栅栏仅作为阻沙作用的单一功能。“A”字形的两个平行横向栅栏主要用于阻拦戈壁就地起沙作用，从而达到全面根治沙害，确保洞窟安全的目的。

杂志交流
1564001698

干净和清净的佛国

技术创新奖二等奖。项目团队由敦煌研究院、中国科学院西北生态环境资源研究院、美国盖蒂保护研究所的科学家团队组成。

这个项目中的三大创新成果之一，就是摸清了莫高窟地区风沙运动规律和沙源供给规律，研发了人工砾石铺压防治戈壁风沙流的新技术，同时引进滴灌技术，进行生物固沙，构建了一个以固为主，固、阻、输、导相结合；以工程和生物措施为主，兼顾化学固沙；高新技术与常规治理相结合；重点治理、分阶段实施与长远目标相结合的风沙灾害综合防护体系。

更为可喜的是，2018 年，由中国科学院西北生态环境资源研究院王涛研究员领衔，敦煌研究院汪万福研究员等参与完成的“风沙灾害防治理论与关键技术应用”项目获得了国家科学技术进步奖二等奖。

今天，当我们进入莫高窟窟区时，已经全然感受不到20多年前还在下的“沙雨”了。当我们来到莫高窟顶，放眼眺望窟顶与远处鸣沙山之前的平坦戈壁时，依稀可以辨认出大地上自西而东依次呈现的不同景观：前沿阻沙栅栏带、草方格固沙带、植被阻沙固沙带、人工戈壁带、（砾质戈壁）空白带、崖面化学固沙带 —— 这就是被称为“六带一体”的莫高窟风沙灾害综合防护体系。

这个体系自建成以来使进入窟区的沙量减少了 85% 以上。

敦煌莫高窟的保护难题之一 —— 沙害 —— 终于在一代代守护者们70多年的接力跑中、在科学家们顽强而热忱的精神感召下，找到了比较圆满的解答。



审稿专家 / 郭宏 北京科技大学科技史与文化遗产研究院 教授
责任编辑 / 刘晶 图片编辑 / 王彤 吴敬
版式设计 / 介彬 地图编辑 / 陈云

杂志交流
1564001698

自从敦煌研究院在莫高窟顶部的鸣沙山东端实施了尼龙网阻沙、砾石压沙、植物林带防沙、草方格固沙等的综合治沙工程以后，莫高窟终于得以干净和清净的面貌迎接瞻仰它的人群。



杂志交流
1564001698

中国海带

从罕见的“舶来品”到大众美味

撰文 | 刘夙　摄影 | 邱军 等

海带是一种喜冷水的大型海藻，它的天然形态堪称“庞大”，最长的个体可以达到20米以上，一般也有2—3米，与我们在日常餐桌上见到的海带丝有着巨大反差。尽管在当下的中国，海带是一种再普通不过的食物，但在过去，它并不常见。从远道而来，到生长范围几乎遍布沿海地区，海带在中国的故事，远比想象中精彩……





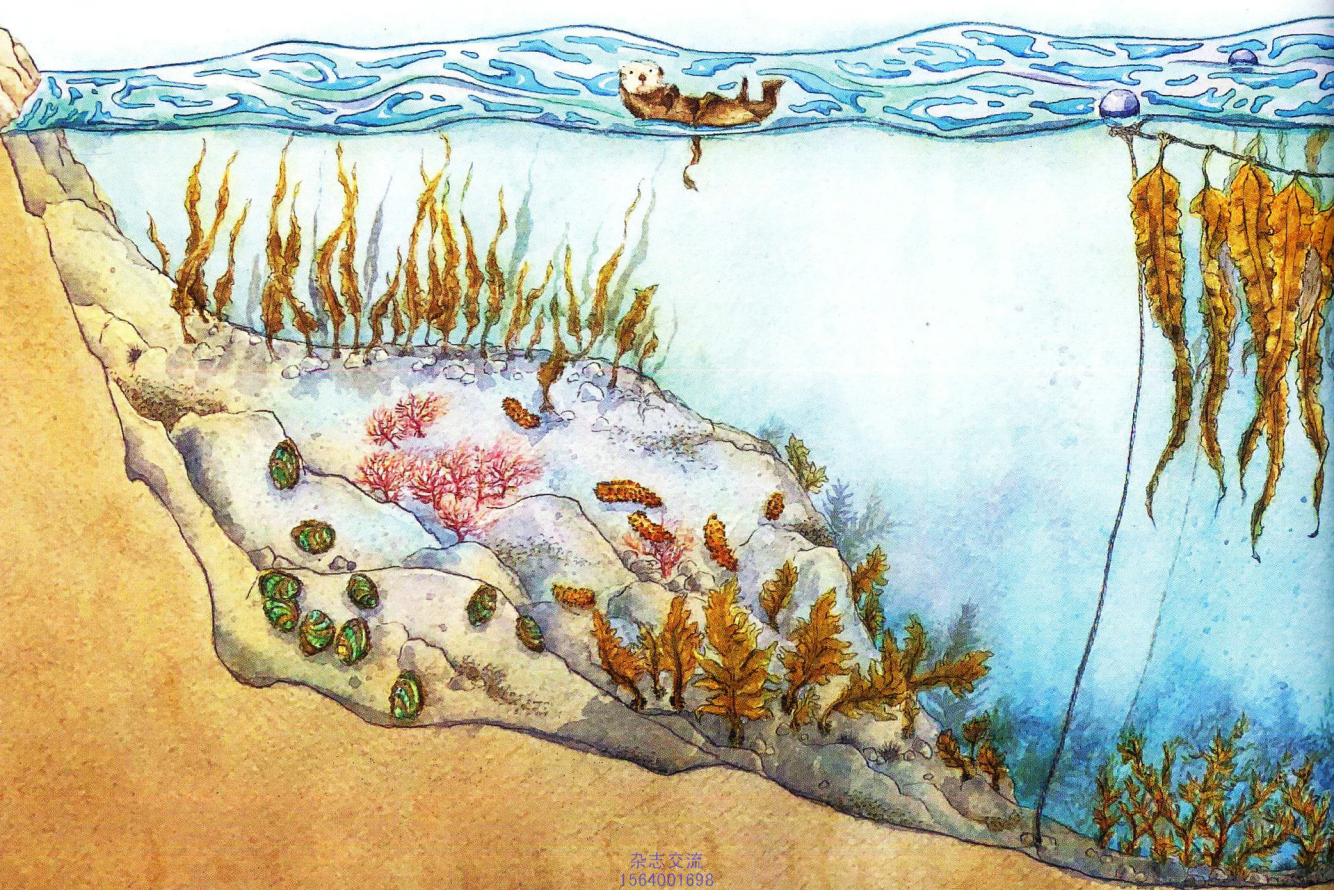
海带在我国属于外来种，直到20世纪20年代，才首次被引入到我国的北方沿岸。国内海藻学工作者不断对海带进行创新性培育，如今，北起辽宁、南到广东的沿海省份，都可以看到海带养殖的场景，而我国的海带收获量已稳居世界第一。摄影 / 夏东海



西北太平洋海带自然分布图

资料来源／《海带养殖生物学》

海带自然分布于日本本州的金华山北至千岛群岛南部、北海道西岸、俄罗斯萨哈林岛西岸及鞑靼海峡沿岸至朝鲜元山附近。根据海带不同的分布海域及形态差异，可分为：真海带、细目海带、利尻海带、鬼海带。从海带种群扩散的可能路径不难看出，我国不是海带的“故乡”。

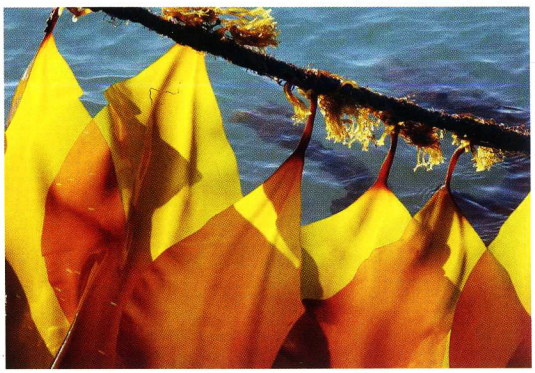


杂志交流
1564001698

每年5、6月，海带收获的繁忙气氛充斥着山东荣成。这是一座位于山东半岛最东端的城市，浅海与滩涂分布在整条海岸线上，海带养殖的筏架从近海20米处向远海铺开，从海岸望去，“海带田”一眼望不到边。而在福建霞浦，收获的季节整整提前了一两个月。因为海带天性喜爱冷水，渔民们必须与水温“赛跑”，赶在天热之前完成几十万亩的筏架区海带收获。

像这样由筏架组成的海带养殖区域在我国近海并不少见。作为全世界海带收获量最大的国家，我国北起辽宁，南到广东，这些临海省份都有海带的身影。





海带，其实不是植物

海带（学名 *Saccharina japonica*）在生物学上是褐藻纲海带目海带科海带属的一个种。20世纪以前，生物学界通常把所有生物只分成动物和植物两界；海带之类褐藻既是能进行光合作用的多细胞生物，又过着固着生活（自己不能运动），把它分到植物界自然顺理成章。尽管在1969年，美国生物学者魏泰克提出了影响力很大的“五界系统”，把生物重新分成了原核生物、原生生物、真菌、动物和植物5个界，但他也仍然把褐藻类归入植物界。

直到新的研究方法广泛用于分类学研究之后，褐藻才被彻底“赶”出植物界。



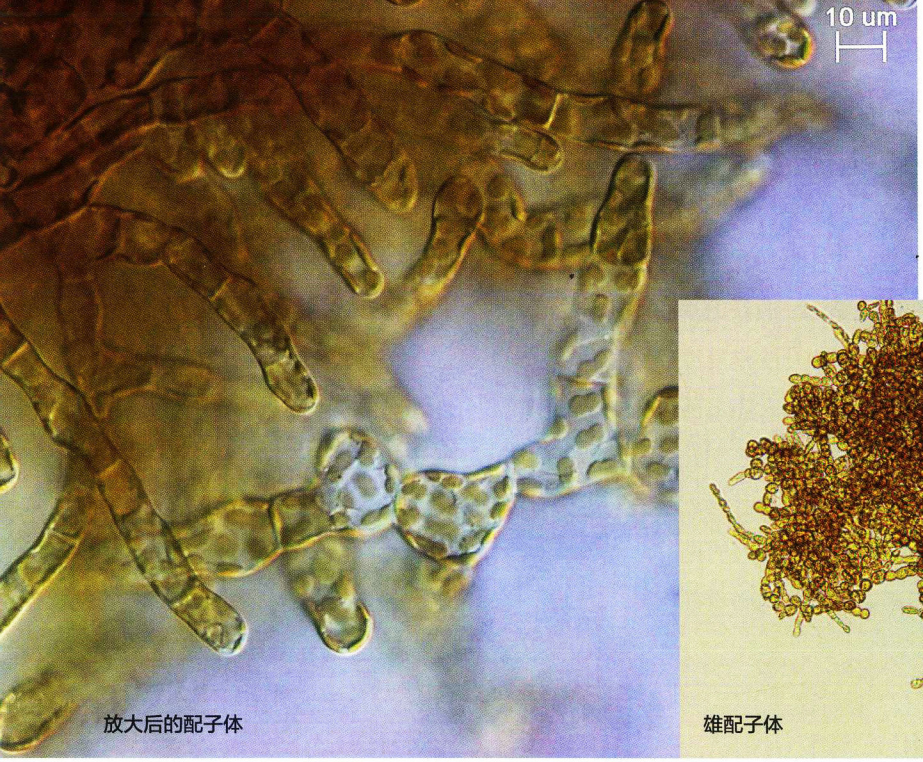
野生海带及养殖海带生境图

绘图／肖白
资料提供／苏丽
中科院海洋研究所
海藻种质库 博士后

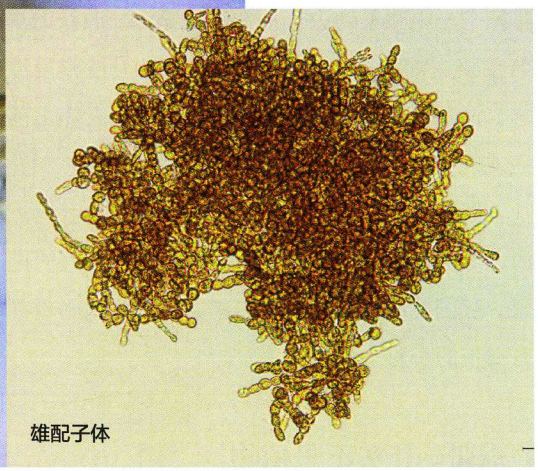
适宜海带生长的海域，物种丰富多样

因为要进行光合作用，水色澄清、透明度高的浅海区更适合海带生长。野生海带自然生长在海底的岩石上（上图），养殖海带在水下呈吊养状态（下图），通常养殖的海带比自然生长的海带更宽、个头也更大。海带广布的海底区域通常营养盐丰富，也适宜鲍鱼、海参、海胆的生长。

杂志交流
1564001698



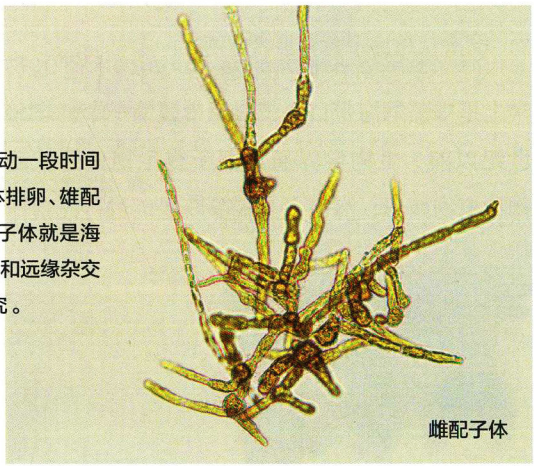
放大后的配子体


雄配子体

海带的前沿育种技术，离不开显微镜下配子体的研究

海带表面的孢子囊成熟后释放游孢子，游孢子游动一段时间后附着，进一步发育形成雌、雄配子体，雌配子体排卵、雄配子体排精，精卵结合受精后形成孢子体，这个孢子体就是海带幼苗。海带前沿技术，如单倍体育种、杂交育种和远缘杂交育种等育种技术的建立，都离不开对配子体的研究。

供图：中国科学院海洋研究所海藻种质库


雌配子体

今天我们知道，在那些细胞中有细胞核结构的“真核生物”（我们人类当然也是真核生物）中，所有能进行光合作用的物种的祖先都是通过“内共生”获得自己养活自己的能力。这些古老的单细胞生物本来只能靠吞食其他细胞维生，但如果机缘巧合，它们吞下的某种光合单细胞生物没有被立即消化掉，而是在它们体内一直存活，就有可能形成互惠的内共生关系——光合细胞可以为吞食它的宿主提供养分，而宿主可以为光合细胞提供一个安定的生存环境。久而久之，光合细胞就慢慢退化为叶绿体，而宿主就演化成一类新的光合生物。

最近几十年来，人们通过分子方法，在比较地球上各种生物的 DNA 序列之后发现，红藻、绿藻以及由古代绿藻演化出来的所有“高等”植物（苔藓、蕨类和种子植物）确实是一家人。在大约 16 亿年前（这个时间还有争议），作为它们共同祖先的一种单细胞生物吞下了一个蓝藻细胞，这便是目前已知最早的一次叶绿体内共生事件。按照今天学界的主流定义，只有这个共同祖

杂志交流
1564001698

海带的创新性培育，使我国的海带产量稳居世界第一

逄少军　中国科学院海洋研究所　研究员
国家藻类产业技术体系　首席科学家



绘图 / 李亚龙

海带是一种生活在海洋中的大型褐藻。我国食用海带的历史可以追溯到一千五百年以前。

海带是一个冷水性物种，其孢子体生长的适温范围是 5—15 摄氏度。虽然海带是外来物种，但我国北纬 36 度以北的黄、渤海自然海域适合其生存，也已形成了能够自我繁衍的种群。海带这种只有在低温水域生长的特点，使得我国只有在青岛以北沿海地区能够找到野生海带。1927 年—1949 年期间，我国一度要从日本和朝鲜进口大量自然生长的海带，最高时可达 4 万—5 万吨干品。

我国科学家创造性地利用各地不同的地域物候条件，将海带栽培区从寒温带的辽宁和山东，一路拓展到亚热带的福建和广东。

生活在特定海域的海藻物种要完成其种群的自然繁衍，对其栖息地的自然环境条件有严格的要求。我国的“海带南移栽培”创造性地利用了适宜海带孢子体生长的冬季来完成栽培过程，获得我们需要的成体海带。以福建省为例，虽然其自然水温条件不能满足冷水种海带的自然繁衍，但是我国海带科技工作者培育了相对耐受高温的栽培品种。这些品种的幼苗能够比其他品种更早移植到海上，生长速度更快，从而保证在较短的栽培时间里获得足够生物量，将海带开始栽培的时间延迟到适合海带苗下海的季节（自然海水温度低于 20 摄氏度）。福建地区海带苗下海的时间大致在 11 月中旬，比北方地区延迟了 1 个月，再将来年收割期提前到 5 月份完成，比北方地区早了 1—2 个月（因地而异）。这样，虽然海带在福建自然海水中生长的时间相比于北方地区短了 2—3 个月，但是仍然可以收获商品海带。

我国海带科技工作者创造了“海带夏苗技术”，使得自然两年生的海带在一个养殖季节（5—7 个月）就可以完成栽培并获得巨大的生物量。“夏苗技术”指的是在夏季利用循环制冷水，在完全人工条件下，历时 50—70 天完成海带种苗培育过程的技术。夏苗的使用，大幅度延长了海带的生长时间，产量、质量获得极大提高。时至今日，我国是世界上唯一使用海带夏苗的国家。日本和韩国仍然沿袭使用秋苗进行栽培。

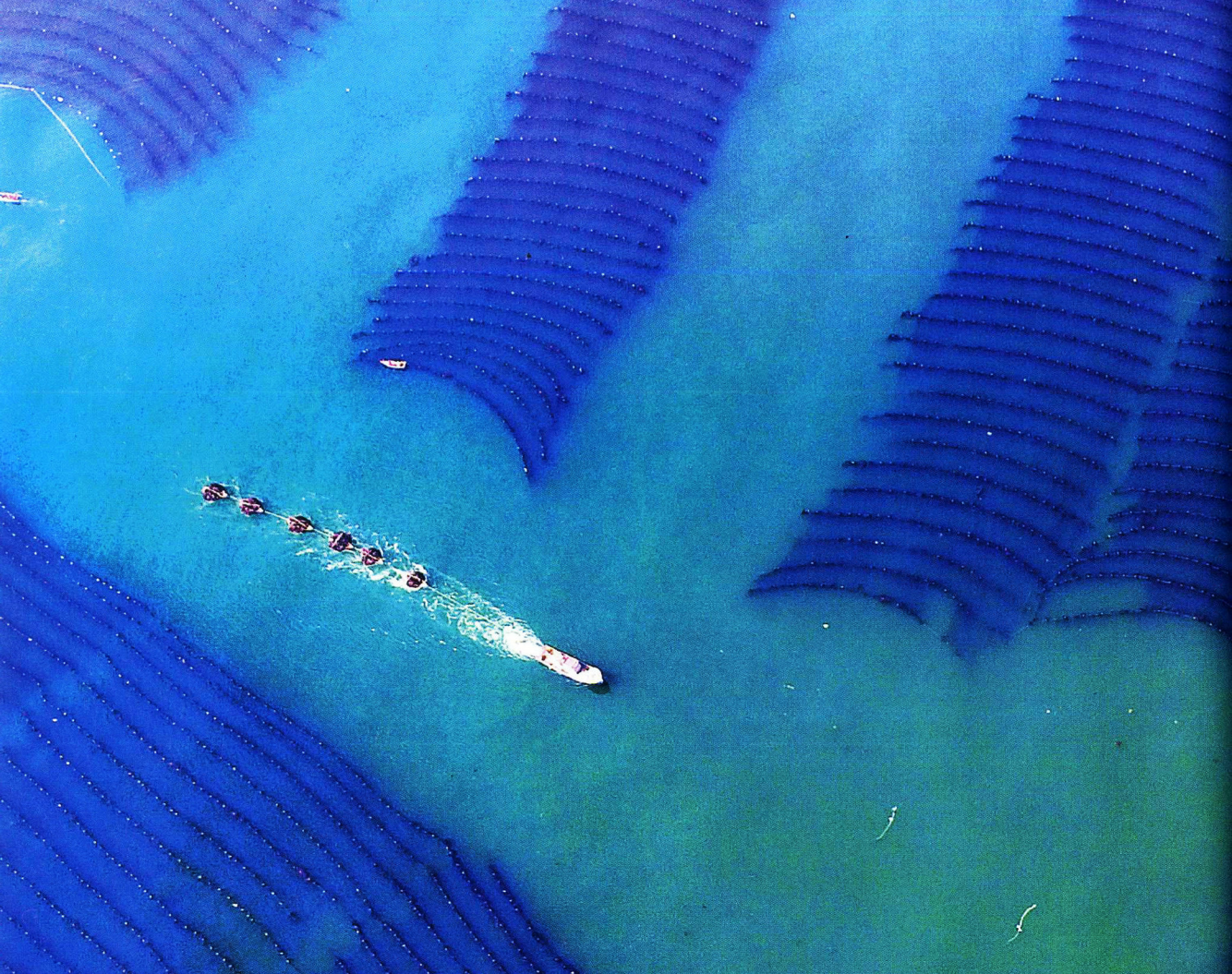
我国海藻学工作者先后培育了 11 个国家级海带新品种，它们在辽宁、山东和福建地区成为生产主力。这些定向培育的海带品种适合不同用途，有的适合加工成腌渍菜，有的适合做晒干海带，有的适合作为工业用原料菜等。

截至 2017 年，我国人工养殖海带年产量实现 148 万吨干品，同时期海带主要生产国日本和韩国的人工养殖年产量则分别是 0.5 万和 7.7 万吨干品。我国海带养殖产量已经多年位居世界第一，海带年产量仍然以每年约 4% 的速度增长。



海带养殖户将一棵棵海带幼苗夹到绳子上，夹好后再放入海水中，随后海带幼苗“倒立”着生长、变大。夹苗过程并不复杂，但非常考验人们的细心和耐力。摄影 / 韩寒

杂志交流
1564001698



先的直系后代，才能称为“植物”。

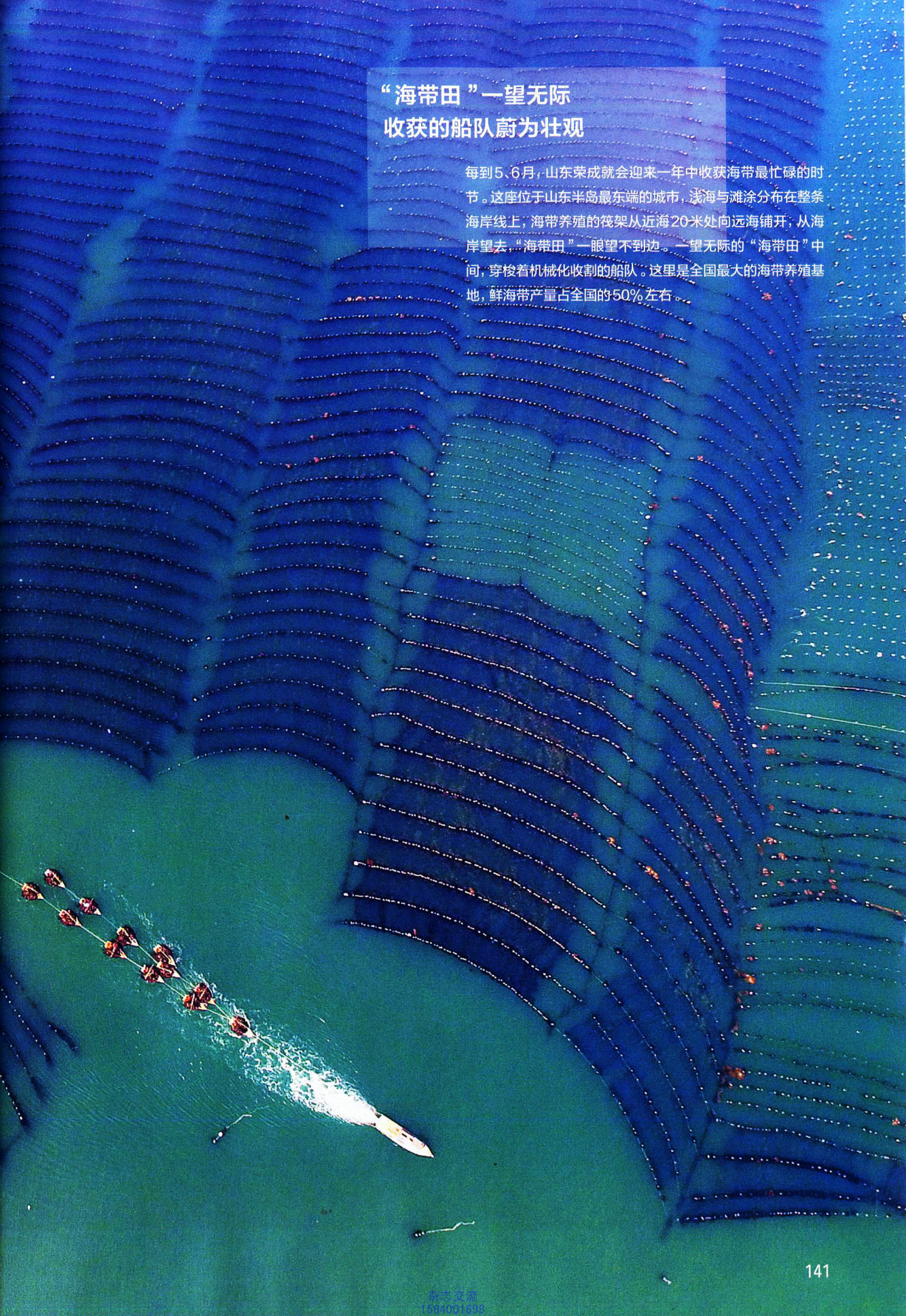
单细胞的红藻和绿藻出现之后，它们又会被别的单细胞生物继续吞食，发生第二次内共生。第二次内共生形成的藻类又可以继续发生第三次、第四次内共生……根据一些较新的证据，有一群叫“茸囊生物”的生物，它们的祖先有可能就是第三次内共生形成的光合单细胞生物。后来，这个家族分化成囊泡虫类和茸鞭类（也叫“不等鞭毛类”）两支，褐藻类与金藻、黄藻、硅藻这一群颜色发黄的藻类一起，都属于茸鞭类。

有趣的是，茸囊生物并没有都延续祖先进行光合作用的传统。有的种类后来又失去了光合作用的能力，重新变成只能从外界摄取养分生活的异养生物，甚至成为令人厌恶的寄生虫。在囊泡虫类中，就既有光合性的甲藻（其中一些种类是海洋赤潮的罪魁祸首），又有寄生性的顶复体类（包括疟原虫、弓形虫等）；而在茸鞭类中，除了褐藻等光合藻类，也还有卵菌这样一群以前人们以为是真菌的种类，其中也有一些重要的病原体——比如寄生在鱼身上的水霉，以及引发马铃薯晚疫病和爱尔兰大饥荒的疫霉。

海带在中国，是一种“舶来品”

从小生活在内陆的人，比如我，几乎不食海味。但海带对我来说是个例外，每逢在饭店聚会，我都会点一盘海带丝。海带丝滑脆爽口，带着来自海底的凉意，非常下酒。几杯酒下肚，朋友们在打开话匣子的同时，也打开了心扉。

海带作为餐桌上的美味佳肴，现在的人们并不陌生。但是，把时钟拨回到20世纪50年代以前，海带在我国并不常见，甚至十分稀有。



“海带田”一望无际
收获的船队蔚为壮观

每到5、6月，山东荣成就会迎来一年中收获海带最忙碌的时节。这座位于山东半岛最东端的城市，浅海与滩涂分布在整条海岸线上，海带养殖的筏架从近海20米处向远海铺开，从海岸望去，“海带田”一眼望不到边。一望无际的“海带田”中间，穿梭着机械化收割的船队。这里是全国最大的海带养殖基地，鲜海带产量占全国的50%左右。

杂志交流
1564001698



苗种改良和标准化建设为沿海地区的海带产业带来巨大变化

右下图：我国沿海首次发现海带的生长是在辽东半岛的大连，据资料记载，它们是由一艘从日本北海道出发的运送木材的货轮携带而来。如今，大连依然是海带生长的繁荣之地。

左图：苗种改良和标准化建设为沿海地区的海带产业带来巨大变化：机械装备过的船是养殖户每家的标配，船大而轻，一位渔民出海一次就能收获40—50条海带。



海带是典型的冷水性褐藻，水温超过20摄氏度便难于生长；要想繁殖后代，还需要更低的水温。学界普遍认为，海带自然分布于日本本州的金华山北至千岛群岛南部、北海道西岸、俄罗斯萨哈林岛西岸及鞑靼海峡沿岸至朝鲜元山附近。这一带的低温、有光的海底是海带生长的“沃土”。

“靠海吃海”的日本人是最早养殖海带的人类族群。大约从18世纪开始，海带就在日本得到养殖。今天日本本州岛最北边的青森县海边有个地方叫今别町，那里有一座寺庙叫本觉寺。当地传说，18世纪初本觉寺的住持叫贞传上人，他感慨渔民出海打鱼的生活实在辛苦，经常替他们祈祷念诵经文。他一边念经，一边把写着经文的石头扔到海里去，后来在这些石头上，长出了海带。因此在日本民间，贞传上人也被认为是海带养殖的发明者。

中国古籍中也有关于海带的记载。比如晚唐李珣所著《海药本草》的“昆布”条目记载：“新罗者黄黑色，叶细。胡人采得搓之为索，阴干，舶上来中国。”新罗是朝鲜半岛的古国，根据这一产地，再结合书中对昆布形态的描述，可以

杂志交流
1564001698

肯定，其中的昆布指的是“远道而来”的海带。

然而，中国古籍中的“昆布”并非都是海带。现知最早记载“昆布”一名的著作是三国魏吴普的《吴普本草》，里面说昆布是“纶布”的别名。据李时珍考证，“纶布”就是《尔雅》中的“纶”，是中国东部海域中原产的海藻。根据李时珍《本草纲目》中的附图等证据，“中国海带之父”曾呈奎先生认为这种“东海有之”的“昆布”应该是鹅掌菜。在他的主张之下，藻类学界现在就以昆布作为鹅掌菜的正式中文名。

从宋代开始，本草书中又有了“海带”一名，也说它们产自东部海域。据曾呈奎考证，这些所谓“海带”，实际上是大叶藻或虾海藻属之类的海生被子植物（山东一带民间仍然管它们叫“海带草”），而不是今天我们所说的海带。

一直到20世纪20年代，海带才第一次被引入到中国北方沿岸。据曾呈奎调查，最早的海带是从北海道和本州岛北部无意被带到大连附近海域的，并在海底自然繁殖成功。1930年，一位叫大槻洋四郎的学者在考察了这些在大连野生的海带之后，认为这里可以发展海带养殖业，于是又特地从北海道的函馆引入新的海带种系，开始正式养殖。大槻洋四郎对海带养殖做了革新，改传统的投石法养殖为筏式养殖，也就是让海带固着



杂志交流
1564001698



海带是海藻中的庞然大物

右下图：海带是一种喜冷水的大型海藻，它的天然形态堪称“庞大”，最长的个体可以达到20米以上，一般也有2—3米。中国科学院海洋研究所不断研发出新的海带品系，新品系的海带比过去的海带更厚实、宽大、绵长，其菜体柔韧，加工当中也更不容易折断。（供图 / 中科院海洋研究所海藻种质库）

左图：除了海带，海带目还包括其他藻类，如鹅掌菜。现知最早记载“昆布”一名的著作是三国魏吴普的《吴普本草》，里面说昆布是“纶布”的别名。据李时珍考证，“纶布”就是《尔雅》中的“纶”，是中国东部海域中原产的海藻。“中国海带之父”曾呈奎先生认为这种“东海有之”的“昆布”应该是鹅掌菜。藻类学界现在就以昆布作为鹅掌菜的正式中文名。

于浮在海面的浮筏上，而不是固着于海底岩石上，这样既降低了成本，又提高了产量。也是从这时起，这种新来的食用海藻就独占了“海带”一名。

在分子生物学时代，又有了新的证据表明海带并非中国原产。

在中科院海洋研究所海藻种质库工作的单体锋博士告诉我，北纬 36 度左右以北的海域，水温条件完全满足野生海带完成整个生活史，这一点从现在自然分布的野生海带种群可以得到证实。因此，他对文献中记载的“中国没有原产海带，中国的海带最初是无意中从日本引入的”这一结论产生了疑问。

直到2010年，他跟日本北海道大学的Yotsukura教授合作，陆续开展样品采集和分子生物学分析等海带溯源工作。研究过程中，他在大连、青岛、荣成三地选取了 3 个中国野生海带群体样本和 5 个不同的栽培品系样本，同时在日本选取了 4 个野生群体样本，在韩国选取了 1 个野生群体样本，俄罗斯选取了 2 个野生群体样本。他利用分子生物学的方法对远东地区海带的遗传多样性和遗传结构进行了分析，发现中国海带的遗传多样性明显低于日本海带，且与日本海带的亲缘关系较近。这些研究结果，一定程度上印证了中国海带的“舶来”属性。

北起辽宁，南到广东，我国保持着海带最低纬度养殖纪录

1927—1949 年期间，我国需要从原产地日本、朝鲜大量进口海带，进口量最大时，仅脱水后的干品海带就能达到 4 万—5 万吨，这在当时消耗了大量外汇。

1949 年，刚成立的新中国百废待兴。如何让中国人不再挨饿，成了迫切需要解决的问题。海带、紫菜等海藻，虽然不能取代粮食作物，但它们含有丰富的多糖，吸水之后会膨胀，让人产生饱腹感。因为这个原因，海带现在还被视为有助于减肥的健康食品；海带晒干之后耐储藏、运输，在缺乏绿色蔬菜的冬季是难得的佳肴；海带富含碘，在一定程度上可以解决中国人饮食中碘缺乏的问题。除了作为食物，海带也可作为提取多糖、碘和甘露醇等物质的工业原料。更不用说，海带的养殖并不会占用陆地，反而可以把广阔的

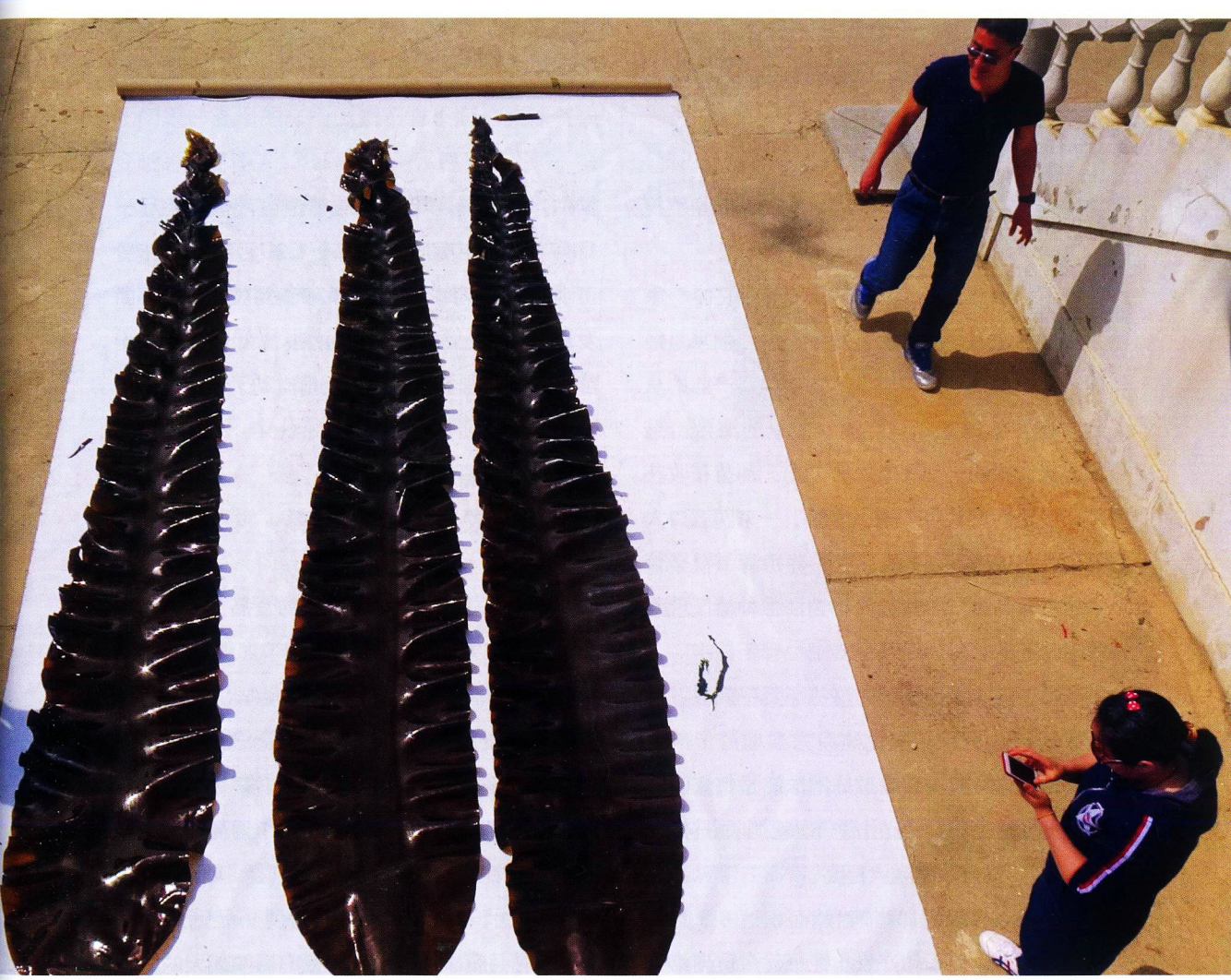
杂志交流
1564001698

海洋利用起来。

既然养殖海带有这么多好处，从 20 世纪 50 年代起，中国水产界便投入了很大精力研究海带。1955 年，曾呈奎先生在《植物学报》上发表文章，提到了海带养殖南移到浙江的可能性，后来，他带领科研人员把夏季 6、7 月间海带释放的游孢子采集到附着基上，然后在日光和灯光照射、低温、流动的培养水等环境条件下培育出幼苗，到 10 月再移到海上养殖。这种幼苗叫“夏苗”，这种方法就叫“夏苗培育法”。如此一来，既延长了海带的生长期，又避开了杂藻的威胁，单位面积产量增加了一倍多。夏苗法的运用，成为我国海带养殖技术的关键一步。自此，北起辽宁、南到广东的沿海省份，都可以养殖海带。截至 2016 年，我国的海带养殖面积达 44398 公顷，养殖产量 1461058 吨，稳稳占据海带养殖第一大国的位置。

除此之外，我国至今保持着海带最低纬度的养殖纪录。过去不能生长海带的福建，更是成为中国海带三大养殖省份之一，产量几乎占据全国的半壁江山。

2013 年，中国邮政发行了一套名为《美丽中国》的邮票，其中一张印着福建霞浦的海带养殖场给我留下深刻印象：蓝天之下，浅滩之上，



杂志交流
1564001698



密密麻麻排列着海水退去后留下的海带养殖筏架，它们静静地呈现着霞浦的海上富饶。

在霞浦县溪南镇沙湾村，渔民阮成仲一家，除了年迈的老人，都在从事海带养殖。他家是最早的一批养殖户，经历了当地海带养殖产业的从无到有。在他的童年记忆里，最早的海带苗是从大连运过来的："80 年代那会儿，种苗和收获海带，多是两家共用一艘小木船，一家四五口人忙活一天只能收获 15 条。过去养殖海带很辛苦，小木船没有马达，光是把船划到海带种植区就累得气喘吁吁了。"

不过，阮成仲记忆中的这些场景早就成了老黄历。苗种改良和标准化建设为当地海带产业带来巨大变化：机械装备过的泡沫船是每家的标配，船大而轻，一位渔民出海一次就能收获 40—50 条海带，生产效率大大提高。

2017 年，霞浦县海带养殖面积达 8.5 万亩，产量 150 万吨，面积和产量均在福建省位列第一。据估算，霞浦海带养殖的单位亩产值 0.9 万—1.8 万元，每亩利润 0.3 万—1.2 万元，效益十分可观。与此同时，福建的海带育苗技术也在不断发展。福建已经成为我国海带育苗量最大省份，苗种不但销往全国各地，还出口到了日本和韩国。

为了造福"吃货"，科研人员还在精益求精

海带是一种具有独特风味的食品，味精的发明也和它有关。

1908 年，日本东京帝国大学（现东京大学）的教授池田菊苗找到了海带汤中鲜味的来源——一种叫谷氨酸钠的成分。第二年，他为自己的发现申请了专利，起了一个通俗的名字叫"味精"（上市后使用的商品名则是"味之素"）。号称"日本十大发明"之一的调味品就此诞生。尽管味精是日本人发明，但受它影响最大的烹饪

杂志交流
1564001698





海带不仅美味可口又营养丰富，深得人们喜爱

海带是一种营养丰富的褐藻，含有丰富的糖类、甘露醇、蛋白质、各种氨基酸和矿物质，以及一般食物中所缺乏的碘。其独特的口味和丰富的营养使它在美食界独占一席。

左页图：海带目中除了海带，也有其他体格庞大的海藻，欧洲人常利用海带目生物提炼褐藻胶。

却是中餐。

和其他作物一样，海带在今天也面临品质退化问题。其中的环境因素不容小觑。全球气候变暖的大环境下，我国海区的水温也会变暖，对于目前的海带养殖构成了较大风险。然而，更重要的是遗传因素。要想保证养殖的海带代代品质优良，就需要培育种质纯粹的优良品系（指有明确的家谱传代关系和稳定的优良遗传特征的一群个体）。这对海带来说不太容易。海带的精子过于微小，又分散在海水中；不同品系的精子很容易混杂在一起，受精之后长出的海带幼苗往往都“串了种”。特别是在人工培育夏苗的过程中，同一家机构或公司一般只会用一套海水循环制冷系统，各个品系的精子都会在这套系统中混杂起来，造成了精子污染问题。这个问题以前没有被产业界重视，从而导致优良品种在栽培过程中丢失了原初的生产性状。直到 2013 年，同样在中科院海洋所海藻种质库工作的李静博士首次准确地测量了精子寿命，这个问题才得以解决，生产企业开始将亲本培育系统和生产系统隔离开来，从而保证了养殖品种的“血统”纯正。不仅如此，养殖的海带还会面临所有作物共有的困扰，



就是相比野生海带来说，养殖的海带遗传多样性偏低，缺少野生种群的部分优良遗传品质。

中科院野生生物资源库海藻种质库的科研人员很清楚这些挑战。作为国家藻类产业技术体系研发最重要的平台，这些年，他们在海带种质的提升方面做了很多工作，比如利用单倍体克隆杂交技术，培育了多个杂交海带品种。这些技术广泛应用在海带养殖产业上，提升了海带的品质，让海带——这种价廉物美的海产品能始终为我们的饭桌增添独特的色、香、味。

杂志交流
1564001698

海带的丰收给劳作的人们带来巨大喜悦

福建省宁德市霞浦县有“海带之乡”的美名，在当地一些上了年纪的海带种植户的记忆里，最早的海带苗是从大连运过来的。如今，福建已经成为我国海带育苗量最大的省份，苗种不但销往全国各地，还出口到了日本和韩国。每到海带收获的时节，丰收总能给当地种植户带来无尽的喜悦。





责任编辑／张妍文　图片编辑／马宏杰　版式设计／介彬　地图编辑／王岩



青蒿种质库

诺奖草药的“基因银行”

撰文 | 朱千华　摄影 | 覃士柱 等

2019年6月，屠呦呦及其团队针对近年青蒿素在全球部分地区出现的“抗药性”难题，提出了切实可行的治疗方案，并在“青蒿素治疗红斑狼疮等适应症”方面取得新进展，这是继2015年屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖后，再次利用青蒿素对抗疟疾等疾病取得的突破性进展。全球最大的青蒿种植及青蒿素产区位于广西北部的融安及周边县域，万亩青蒿田，占全球三成的青蒿素产量和国家青蒿种质资源库，让桂北地区成为了“诺奖草药”的东方基地。

杂志交流
15640001698



在青蒿国家种质资源库中，一名科研人员正在查看营养液中培育的青蒿幼苗。这是中国中医科学院中药研究所专门为研究青蒿的药理性而建立的种质资源库，这里保存了1000多种青蒿种质资源，为培育优良青蒿新品种、揭示青蒿素合成及调控机理等提供了丰富的种质材料及基因资源。





青蒿素药品：中国发明，外企生产

2019 年 6 月 17 日，我照例查看每天的股市行情，惊奇地发现，众多医药股迅猛上涨，十余家药企股开盘即涨停。医药股沉寂已久，缘何一夜之间忽然沸腾？

事情原委与一则青蒿素消息有关。17 日一早，新华社发布新闻：针对近年来青蒿素在全球部分地区出现的“抗药性”难题，屠呦呦及其团队经过多年攻坚取得新突破，并在“青蒿素治疗红斑狼疮等适应症”方面取得新进展。屠呦呦获得诺奖后沉寂四年，潜心研究。她一旦出手定然会放大招，动静非凡。果然，新闻一出，国人振奋。特别是对整个青蒿素产业来说，更是一个激动人心的利好消息。A 股市场医药板块迅速成为市场的领涨力量，仅半日，屠呦呦团队的研究成果，就带动医药股市值增长了约 100 亿元。

提起青蒿素，人们会立刻想到屠呦呦。这位耄耋之年的科学家，几乎将其一生投入到了青蒿素的研究中。她说：“青蒿素这个药物来之不易，其疗效也不止于抗疟，我在这个药物上做了一辈子，非常希望它能物尽其用。”但是，当我们为屠呦呦团队的科研成果欢呼时，却有一个令人尴尬的事实，青蒿素的根虽在中国，但大量青蒿素成品药专利却在外国。作为最先发现青蒿素的中国，为什么没有站在专利的制高点？

20 世纪 70 年代，我国知识产权保护意识还十分薄弱，青蒿素的专利申请，从一开始就输在了起跑线上。美国、瑞士等国实力强大的制药公司，根据中国论文提供的信息，经过技术改造，很快就转化成他们的专利，成为青蒿素成品药市场标准的制定者。国内药企虽奋起直追，却依旧无法赶超。

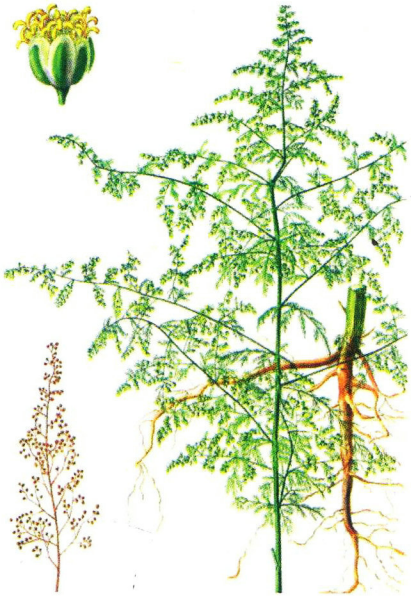
一家药企负责人说，全球抗疟成品药及其衍生品的收入大约为 15 亿美元，令人痛心的是，中国药企所占份额却不到 5%，大多数中国本土企业，只是抗虐药原材料青蒿素的供应商，中国为外国药企供应了

杂志交流
1564001698



与植物学中的青蒿泛称不同，现代医学中的青蒿专指黄花蒿

呦呦鹿鸣，食野之蒿。这是《诗经·小雅》中的诗句。几千年后，中国科学家屠呦呦从中药中分离出青蒿素应用于疟疾治疗，并因此获得了诺贝尔生理学或医学奖，屠呦呦与青蒿之间，似乎早已被《诗经》做出了隐喻。青蒿素治疟彻底改变了几千年来人类与疟疾抗争的历史。其实现代医学中所说的青蒿专指菊科蒿属的黄花蒿，也只有黄花蒿可以有效提取青蒿素。黄花蒿根系浅，花为黄色小朵，在显微镜下微小的种子似被黄色丝绒包裹一样（显微摄影／张超）。我国古代医书中虽屡次提到青蒿治疟，但也多是泛指。屠呦呦就是受到古代医药典籍启发，反复试验才提取出青蒿素，挽救了无数人的性命（供图／中国中医科学院中药研究所）。



七成以上的青蒿素原料。这时，我们才知道，世界上的青蒿素抗疟成品药，都是“中国发明，外企生产”。中国人发明了青蒿素，结果在广阔的市场上，中国药企却扎堆在利润单薄的产业链上游，利润丰厚的下游基本被印度、瑞士、法国等国际药企巨头把控。事已至此，要想改变青蒿素产业的市场结构，也不是一朝一夕的事。我们要做的，就是控制好青蒿素产业的上游，即青蒿的种植与青蒿素的提炼。尽管国内外有公司进行人工合成青蒿素，但其成本较高，只要国内的青蒿素价格保持稳定，中国主导的青蒿素原料市场，目前还无法动摇。

改变人类抗疟历史的诺奖草药指的是黄花蒿

诺奖委员会在给屠呦呦的授奖辞中，给出了这样的评价：青蒿素能在疟原虫生长初期，迅速将其杀死，在未来的疟疾防治领域，它的作用不可限量。就是说，屠呦呦从青蒿中提取的青蒿素是治疗疟疾的良药。

青蒿随处可见，是分布在田间蒿属的泛称，但现代医学中说的青蒿并不等同于植物学中的青蒿，现代医学中的青蒿专指菊科蒿属中的黄花蒿，也只有黄花蒿才能提取有效的青蒿素。

疟疾是人类史上的顽疾，人

杂志交流
1564001698



类与之抗争几千年。在青蒿素被发现之前的很长一段时间，人类对疟疾束手无策，谈之色变，至今仍未被彻底消灭。历史上，疟疾多发生在南方地区，尤其是南岭两侧。中原王朝进攻岭南，遇到的首要障碍，不是顽强的抵抗，而是大量士兵感染疟疾，造成重大伤亡，这在中国史的每个阶段都有记载。

新中国刚成立之际，全国疟疾病例约有3000万，死亡率约1%，这是一个非常可怕的数字。就在20世纪70年代，全国还有2000多万人在家里忍受打摆子的痛苦。打摆子是民间对疟疾的一种说法，也是留在我童年时代的一个惊恐记忆。我故乡有个村民叫倪修荣，他老婆来我家借被子，我跟着去看。见倪修荣躺在床上直打寒颤，波动剧烈，很吓人。一条被子不行，还要加一条。还是不行，就把他抬到太阳底下晒，仍然止不住颤抖。后来，又开始发高烧，家人这才把他拉去医院。

在我故乡苏中地区，有这样一首顺口溜描述打摆子状况："冷来时，如在冰上卧；热来时，如在蒸笼里头坐；疼时节，疼得天灵盖儿破；颤时节，颤得牙齿直打抖。"

打摆子这么可怕，有什么药可以治疗吗？现代医学已经证实，疟疾是一种由疟原虫引起的寄生虫病，通过蚊子叮咬传染。但在古代，人们不明其病理，对此病，基本上束手无策。

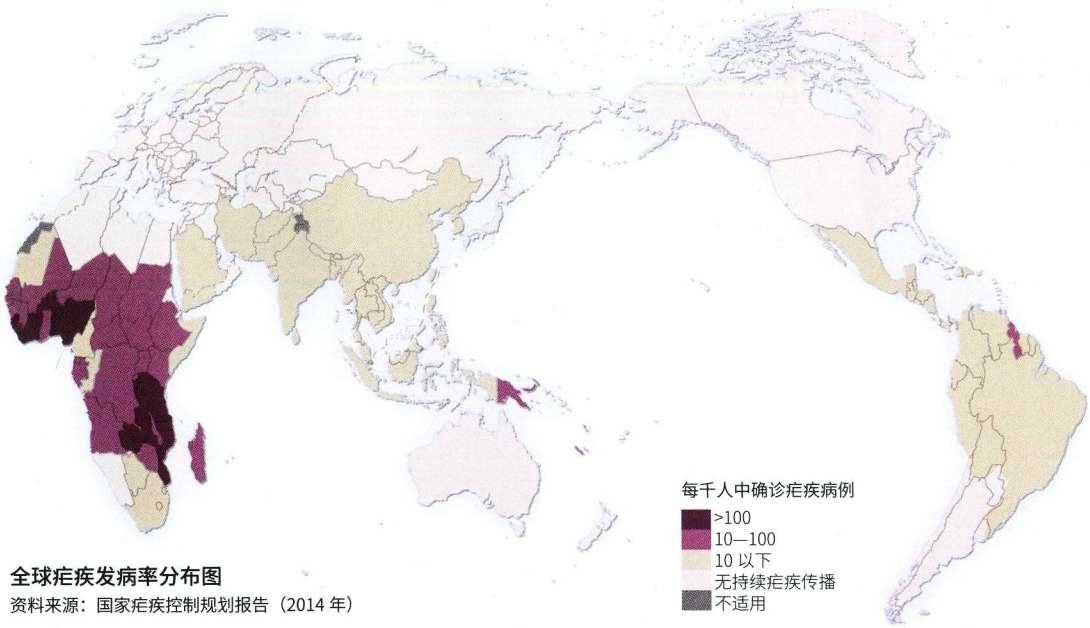
东晋葛洪的《肘后备急方》中，首次提到用青蒿治疗疟疾的药方：青蒿一握，以水二升渍，绞取汁，尽服之。这是医学史上第一次出现用"青蒿"治疗疟疾药方。在没有显微镜，没

融安是全球最大的青蒿种植区和青蒿素产地，但青蒿素成品药市场却被国外垄断

广西柳州市下辖的融安县是典型的喀斯特山区，石漠化非常严重，大环境湿润，小环境干旱，不适宜种植其他作物。但是由于青蒿根系浅，易成活，却成为了当地治理石漠化最好的植物（上图）。融安及周边县域青蒿种植面积约2万亩，是全球最大的青蒿种植区。同时融安也是全球最大的青蒿素生产地，每年的青蒿素产量约占全球的1/3。遗憾的是，青蒿素成品药的主要制造国却不是中国，当前青蒿素成品药约80%的市场被印度、瑞士和法国等国的制药企业瓜分，我国在成品药市场中所占比重不足5%（右页图表）。



杂志交流
1564001698

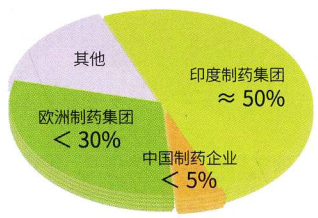


全球疟疾发病率分布图
资料来源：国家疟疾控制规划报告（2014 年）

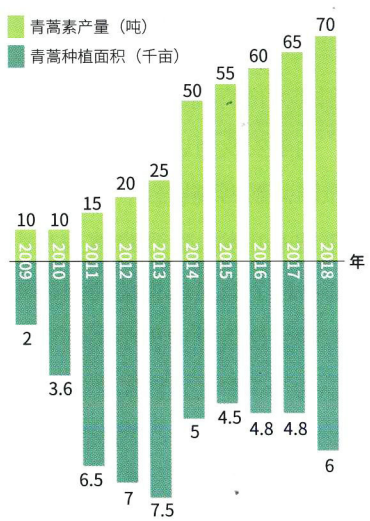
有任何生化设备的 1600 多年前，葛洪的药方无疑是伟大的发现，葛洪已经在黑暗中发现了一缕神秘的微光，他自己都不知道，他已走到了古代治疗疟疾的巅峰。在研究岭南文化的过程中，我在书摊觅得一本古医籍复印本的《岭南卫生方》。这是一本宋元时岭南地区治疗瘴疾的医书。我反复查看，书中把疟疾称之为“热瘴”。十分可贵的是，书中再次提到了“青蒿治疟”的办法。在明代医药学家李时珍所著《本草纲目》中，记载了多个治疗疟疾的方子，他对于前人使用的青蒿仍然很有信心，他给出的药方基本上还是服用青蒿汁。在西方，法国化学家从树皮中分离出奎宁，奎宁成为治疗疟疾的主要药物。但奎宁副作用很大，有的患者治愈后甚至引起肝硬化



融安青蒿素产量占全国及全球比重



全球青蒿素成品药市场比例构成



近 10 年融安青蒿种植亩数与青蒿素产量

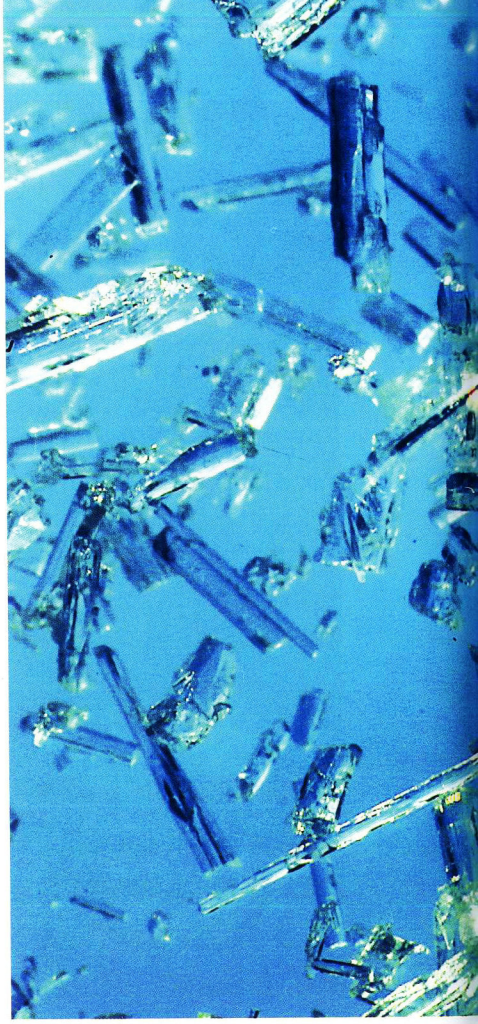
或肾衰竭，另外由于长期使用，疟原虫对其产生了耐药性，治疗作用明显下降。

越南战争期间，美越两军均深受疟疾之害。战争双方死于疟疾的士兵，大大超过战争中的伤亡人数。北越领导人胡志明求助于周恩来总理。周恩来下令，从 1967 年 5 月起，启动一个代号为“523”的紧急军事项目，集中全国科技力量，联合研发抗疟新药。1969 年，我国最大的中医药科研单位——中国中医科学院中药研究所受命参加抗疟药的研究，屠呦呦肩负重任，担任课题组组长，一个伟大的发现即将产生。

大量试验失败后，屠呦呦把目光集中在葛洪药方中的青蒿上，但古医书中的青蒿多是泛指，经过反复试验，屠呦呦终于在 1971 年从黄花蒿（从

杂志交流
1564001698





下文始，青蒿即专指黄花蒿）中获得具有 100% 的疟原虫抑制率的提取物，取得青蒿抗疟的突破。经过去粗存精，1972 年，屠呦呦改用新的控温提取技术，得到有效抗疟单体，取名为青蒿素。

几千年来，全世界都在寻找有效的抗疟药，最后却由中国人在一棵不起眼的叫作青蒿的草本植物中发现。青蒿素的高效、速效、低毒，震撼了国际医学界。目前，青蒿素是我国唯一被列为世界卫生组织基本用药目录的药物，更是国际市场抗疟首选药物。

融安青蒿：独特的地理密码

中国是青蒿素的发现国，也是世界最大的青蒿种植国，中国最大的青蒿种植区就分布在广西融安及周边县域。2019 年 6 月，我来到融安县一个叫年洞屯的小山村，看到青蒿遍布山野，几个农民在青蒿地里埋头除草。这里是中国中医科学院中药研究所的“青蒿良种培育及生态种植基地”，俗称青蒿园。从融安县城过来，约 50 公里山路，途中经过仙人岭，岭下就是年洞屯，整个屯里都长满了碧

种质库为青蒿素治疗更多疾病的研究提供了丰富的基因资源

在屠呦呦获得诺贝尔奖之后，科学家们对青蒿素的研究并未止步。屠呦呦说过青蒿素的疗效不止于抗疟，非常希望它能物尽其用。在获得诺奖近四年后，屠呦呦团队又公布了青蒿素研究新成果，其对于治疗红斑狼疮、糖尿病等尚无特效药的疾病，效果非常明显，且无副作用，这些青蒿素药理的新发现也是基于种质库丰富的种质资源之上的。本跨页两张小图为科学家在进行青蒿药理研究，在实验室中，处处可见墙上挂着的青蒿标本。大图为显微镜下，无色细小的青蒿素晶体如浸泡在湖水中一样，闪现出晶莹的光泽（显微摄影 / 张超）。

杂志交流
1564001698



绿的青蒿。在年洞屯，我遇到了青蒿园的负责人赵远钧。老赵摘下草帽，望着青蒿园对我说：“融安自古就有草药宝库之称，这里除了青蒿外，还盛产金橘、金银花、黄栀子等特色草药。这些植物都有神话和传说故事，带有神秘色彩。”

我问老赵，与其他作物相比，青蒿种植有哪些特殊的地方？老赵说：“其实，青蒿这种植物特别容易成活，哪怕在石头缝里，只要有点土就能长，没有其他植物娇生惯养的毛病。青蒿就是这样一种草，生命力极强。”

融安是典型的喀斯特地貌区，这里石山高大挺拔、峰峦成丛，连绵不断。峰丛与峰丛之间，构成许多大小不等、形态各异的漏斗洼地，水都注入地下河，造成地表长年干旱。那些青蒿，就种在这些洼地，土质贫脊，多为旱地及牧场，几乎没有水田。青蒿适应性较强，在海拔300米以下的石山、土坡、丘陵等地方均能正常发育。融安大部分地区气候温润，春夏雨水多，是植物生长的天堂。这就不难理解，青蒿在融安的环境里肆意生长，适得其所。

老赵介绍说，融安县青蒿种植面积加起来有7000多亩，再加上周边几个县的青蒿种植

杂志交流
1564001698

青蒿种质库的丰富储备对未来医学研究至关重要



绘图 / 黄梦超

向丽

中国中医科学院
中药研究所　博士

中国中医科学院中药研究所建立了全球最大的青蒿国家种质资源库，同时选择在广西融安建立了青蒿国家种质资源库（分库），是因为融安拥有全国最优质的青蒿种植区，也是全球青蒿素的主要产区。

经过多年的积累，青蒿国家种质资源库收集和保存了全国及部分国外地区的青蒿种质资源，为培育优良新品种、揭示青蒿素合成及调控机理等提供了丰富的种质材料及基因资源。

青蒿国家种质资源库包括种子库、药材库及DNA库，目前已收集了全国乃至全球青蒿种子、药材、DNA等2万余份。

青蒿素作为抗疟一线药物，对非洲贫困地区疟疾的治疗，维护世界人民健康十分重要。同时青蒿素及其衍生物新的药理药效的发现，如治疗红斑狼疮、糖尿病等，都对青蒿素原料研究提出了更高的要求。

青蒿国家种质资源库的建立，为培育青蒿素高含量优良新品种、揭示青蒿素合成及调控机理、青蒿素类似物的开发等，长期提供着丰富的种质材料及基因资源，是后期相关科学研究及青蒿素和类似药物深入开发的种质基础。

当前，中国是全世界青蒿素原料的主要生产国，而广西壮族自治区北部的喀斯特深山中的融安县是中国最主要的青蒿种植区和青蒿素生产区，青蒿素产量占全球1/3左右，产品远销海外，每年拯救亿万生命。青蒿国家种质资源库的丰富储备对未来医学研究至关重要。



杂志交流
1564001698





区，种植面积共有近 20000 亩。我在年洞屯看到，眼前这片青蒿，高约 1.5 米，长得健壮、肥嫩，轻轻一掐，就能掐出汁水。一棵小草，看起来挺简单，弱不禁风的样子，模样清爽，枝叶也不复杂，可谁也不相信，它的身体里却装满了太多的秘密。老赵是青蒿种植的行家里手，他说，青蒿种子像细沙那样小，农户育苗有一定的难度。目前，融安各地青蒿种植户的种苗，全部由融安的国家青蒿种质资源库免费提供，这样既可以按时插苗，又能保证品种的优良。

种质资源库：为医学再发现提供种质支持

为一睹青蒿素的生产，我来到融安的一家制药厂，在副总孔雪萍带领下，参观了青蒿素的生产车间。

孔雪萍对我说：“目前在提取青蒿素的方法中，应用范围最广的是常规有机溶剂提取法，其他如超声波提取、微波辅助提取、人工合成等，都因成本高、毒性大、产量低、难以进行商业化生产未被采用。所谓溶剂提取法，即来自屠呦呦的重大发现。”据孔雪萍介绍，目前全世界青蒿素年产量为 200 吨至 240 吨，融安青蒿素的年产量一直稳定在 50 吨以上，2017 年为 65 吨，2018 年为 70 吨，今年的目标是争取 75 吨，产量占了全世界的三分之一。

后来，我在库房看到了成品青蒿素，白色针状晶体，从葛洪开始，为了找到它，中国人用了 1600 多年。这些白色的晶体全部来自青蒿。青蒿素的含量多少，决定了一个青蒿品种下一年是否继续种植。

在融安，还有青蒿国家种质资源库，这是中国中医科学院中药研究所在当地建立的。目前，库存有 1000 余种青蒿种子，根据发现年份、地点和性状等要素进行命名。在这里，优质种子会根据需要在 -80℃、-25℃ 和常温中进行保存。在 -80℃ 环境中，青蒿种子能保存长达 50 年。当种质库的研究员谢鹏鸣为我打开储

种质库为诺奖草药建立了一所“基因银行”

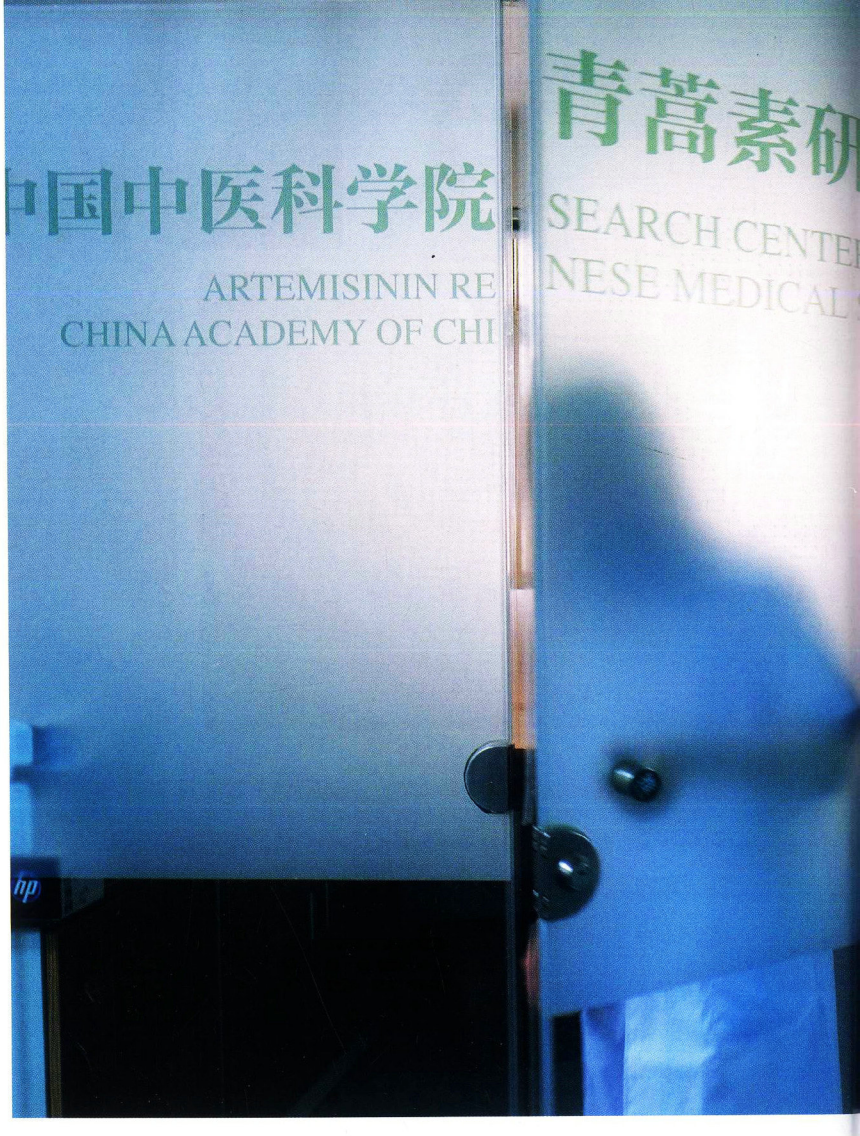
青蒿国家种质资源库储存了千余种青蒿种子，为了不同的实验和生产需求，种子库又分为短期库（2–3年）、中期库（25–30年）和长期库（45–50年），分别以不同的方式保存。当前提取青蒿素的黄花蒿基本都是人工培育的，种质资源库在储存种子的同时，还进行青蒿种苗的培育，选出青蒿素含量高的植株，反复试验，优中选优。目前，融安县种植青蒿的优质种苗，全部由青蒿国家种质资源库提供，为诺奖草药寻找和培育更优的基因。

杂志交流
1564001698

存种子的冰箱时，一股寒气扑面而来，在盛放种子的盒子上凝结着一层雪白的霜花，正如动物冬眠一样，沉睡的种子将会在被需要时取出，在特定环境下苏醒，随时为青蒿研究提供种质资源。几百棵青蒿幼苗则被放在一个个编上号码的培养皿中，待长到一定高度，便移植到土壤中，继续生长。

我问："青蒿素的含量，与青蒿品系有关吗？"谢鹏鸣说："我们正在研究这个课题。国外也有青蒿，大多数青蒿素含量很低，比如，欧洲品系为0.03%—0.22%，美国品系为0.05%—0.21%，目前根据青蒿素提取的机械设备要求，含量达到0.6%方能利用。国内，北方青蒿中的青蒿素含量偏低，南方普遍偏高。例如，湖南的为0.79%，融安青蒿中青蒿素含量均在0.98%以上。"

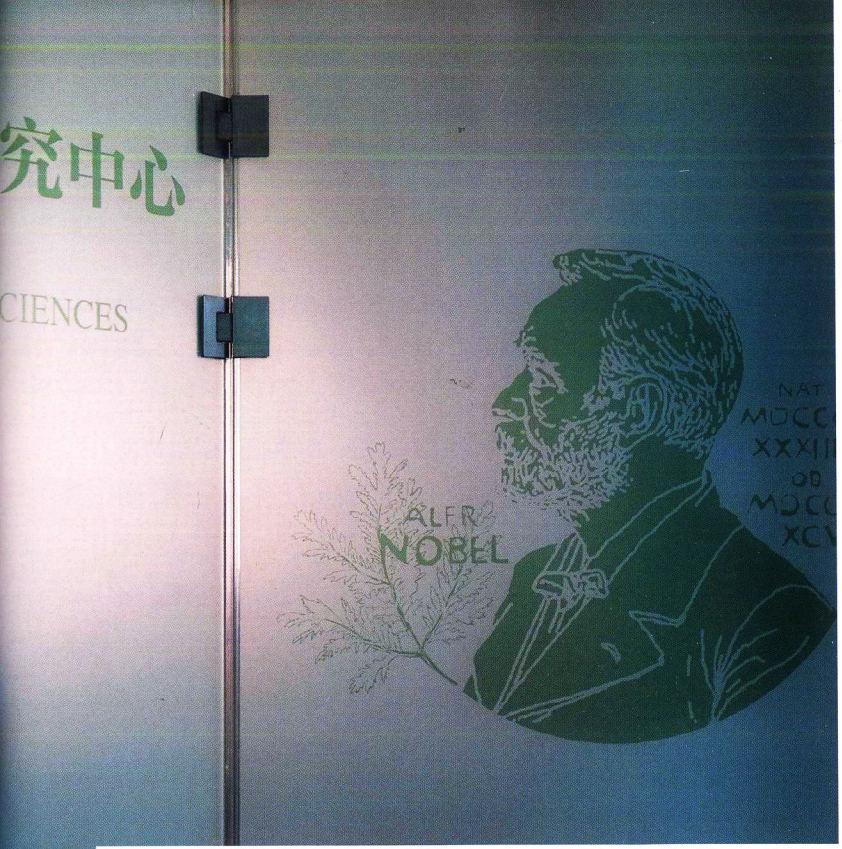
我问："融安青蒿中青蒿素的含量为何会如此之高？"谢鹏鸣说："土壤、气候等自然环境都会对青蒿素的含量产生影响，融安的青蒿种苗都来自于我们的种质库。一般而言，当前提炼青蒿素所用的青蒿都是人工培育的，一吨青蒿只能提取6到8公斤青蒿素。目前，我们种质库已培育了一些优良品种，青蒿素的最高含量很多已经超过了1%。选出青蒿素含量高的植株，反复试验，优中选优。"



为了进一步了解青蒿种质库的情况，我还联系到了中国中医科学院中药研究所，研究所建有青蒿素研究中心，是为数不多的单独为一种中草药成立的研究中心，研究中心的科学家告诉我，每年全球疟疾的发病人数已从上世纪60年代的3亿—5亿减少到2亿，每年死亡人数也从500万减少到40万左右，很多国家已经完全消灭了疟疾，青蒿素抗疟效果得到了世界公认，对于未来全面战胜疟疾也是非常有希望的。

除了抗疟外，屠呦呦团队又发现了青蒿的诸多新秘密。当下青蒿素的研究方向更多的是治疗一些没有特效药的疾病，比如红斑狼疮、糖尿病等。根据前期临床观察，青蒿素对盘状红斑狼疮、系统性红斑狼疮的治疗有效率分别超过了90%、80%，试验顺利的话，成品药最快可于2026年上市。青蒿素最新研究成果的专利也已授权给中国药企，届时，有望改变青蒿素成品药市场被国外企业垄断的局面。

杂志交流
1564001698



青蒿的医学故事还将谱写新篇

青蒿素的发现是传统中医药献给世界的礼物，抗疟只是青蒿素已被发现的疗效之一（下图 摄影 / 李志璋），当前科学家们将目光投向了尚无特效药治疗的疾病上，青蒿素还将继续发挥它的神奇作用。在全球，青蒿素挽救了无数人的生命，在融安，很多农民的生活也因青蒿素扬名世界而发生改变，政府补贴和鼓励种植青蒿，让他们的生活发生了巨大转变。中国中医科学院中药研究所青蒿素研究中心是为数不多的专门为一种草药而成立的研究机构，门上的诺贝尔奖章还在激励更多的科学家们发现青蒿素的新应用（摄影 / 王宁）。



深山青蒿：乡民的生活由此而改变

为人类抗疟作出过杰出贡献的青蒿，在融安石漠化治理和脱贫攻坚战中，同样发挥着重要作用，成为山区群众心中的“治贫仙草”。

融安县委宣传部副部长谭凯兴向我介绍，融安是石漠化片区，有相当多的荒山坡地，不适宜农作物的耕种。青蒿是浅根植物，特别适合在石山地区栽培。由于味苦，羊不啃、牛不吃。青蒿生长快、适应能力强，是石漠化治理植物最理想品种。

以前，融安很多人都是因为严酷的石漠化环境不得不种青蒿，但自从青蒿成为诺奖草药后，融安县出台专项奖补政策，鼓励群众发展青蒿产业，每亩有 500 元补助。以前，农户种玉米，每亩收入在 500—700 元左右，从 2006 年开始，村民利用玉米地种植青蒿，一亩青蒿的收成是 300 公斤 —100 公斤，收购价是每公斤 8 元，加上政府支持，每亩青蒿最低也有 1300 元。越来越多的农民的生活也因诺奖草药而改变。

青蒿，只是自然万物之一种，它为我们提供了人与万物联系的种种可能。大自然之间，是一个复杂的密码体系，万物相生相克，其中无数秘密，我们目前也只能窥知一二。就像在融安那些深山里，至今还隐藏着许多鲜为人知的秘密。

责任编辑 / 线朝华　图片编辑 / 王宁
版式设计 / 介彬　地图编辑 / 王岩

杂志交流
1564001698

CBD生长版图

新兴产业不再热衷 城市建设却情有独钟

撰文 | 三桃　摄影 | 王守明 等

19世纪下半叶，西方城市中渐渐形成了一块汇聚了金融机构和总部型企业的中央商务区，英文为“Central Business District”，缩写为CBD，CBD由此发展而来并席卷全球，而中国无疑是对这一概念接受度最高的区域。近年来，随着中国城市规模越来越大，越来越多的城市规划建设CBD，招商难、负债多、楼宇空等问题也逐渐暴露，并且在新一轮产业革命背景下，CBD对新兴产业的吸引力也越来越弱……



如果你在上海632米高的上海中心办公，就可以俯瞰整个黄浦江的夜景；如果你在北京超过500米高的“中国尊”办公，就可以一览国贸的高楼林立和皇城的宏伟壮观；如果你在天津530米高的“津沽棒”办公，几年内，你可能还看不到城市密集的灯光……这些摩天大楼都坐落在这些城市的CBD中，摩天大楼也是这些CBD的象征，但是近些年，中国CBD的发展开始引发争议。

这几年，在中国近百座城市中，CBD如同青春期的少年，快速生长，但也问题频出。市场选择和政府调控两种力量作用下不同的CBD呈现出了不同景象，它们有的成为含金量最高的黄金宝地，有的成为了招商困难、债务缠身的烂尾之城。

CBD是在城市中心形成的流量聚集地

作为一个舶来词，CBD指城市商务活动的核心聚集区域，一般译为中央商务区。中央商务区作为城市地理学的概念是20世纪初在欧美学界率先开

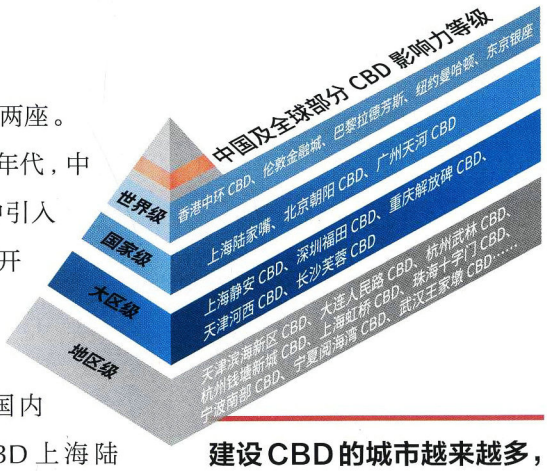
从上世纪90年代开始，北京朝阳、上海陆家嘴等地开始规划建设中央商务区，成为中国内地首批CBD。以前，西方国家的CBD均是城市里纯粹的商务区，白天上班时人声鼎沸，晚上下班后却空空荡荡。北京朝阳CBD从初期就创造性地在商务区内规划出了住宅区和休闲区，让CBD无论白天，还是晚上，都成为了城市的繁华地区，充分挖掘了CBD的时间价值，这也影响了全球其他城市CBD的规划，并成为了国内CBD效仿的样板。2000年以后，CBD在许多城市拔地而起，经过近30年的建设，中国版图上快速生长的CBD暴露出的问题越来越多。图为春寒料峭时，摄影师在北京西二环一栋高楼上拍摄朝晖中的北京朝阳CBD，高楼大厦与故宫古建共同沐浴在晨光中。



始的。但有趣的是，如果你用谷歌搜索 CBD，出来的基本指一种大麻提取物大麻二酚，除此之外，几乎找不到关于城市 CBD 的词条。用百度搜索时，关于 CBD 的词条有几百个网页。相比于中国对 CBD 概念的狂热，西方国家却是另一番迥异的态度。一位专家讲他到欧洲城市考察，当问到对 CBD 的规划时，对方很诧异，相对于城市怎么扩张，他们更关心的是道路等基础设施是否完好。

全球最宏伟壮观的 CBD 无外乎是美国纽约的曼哈顿，这里有高耸入云的帝国大厦，金融聚集地华尔街，还有纽交所和纳斯达克两大世界级证券交易所，曾在“911 事件”中被撞毁的世贸中心就是曼哈顿众多摩天大楼中的两座。

20 世纪 90 年代，中国城市在规划中引入 CBD 的概念，开始发展中央商务区。相比于曼哈顿，中国内地最顶级的 CBD 上海陆家嘴是国内最早建设的 CBD 之一，也是中国内地产值最高的 CBD，但现在，其经济体量仍不到曼哈顿的一半。在北京，同样在上世纪 90 年代，人民银行和银监会、保监会（2018 年初，银监会与保监会合并为银保监会）、证监会落户西城区的金融街，为了与当时的“一行三会”保持信息沟通，国内各大银行总部开始向这里聚集，其他金融机构也纷纷入驻，金融街



建设 CBD 的城市越来越多，但大多数 CBD 连地区影响力都没有

右页地图是初步统计的中国建设 CBD 的城市，从南国到北疆，从东部沿海到西部内陆，中国的城市正在经历一场 CBD 建设热潮。其中既有直辖市，又有副省级城市和地级市，更有某些经济发达的县级市，有的城市还不止有 1 个 CBD，但中国的 CBD 数量虽多，影响力却不足，只有香港中环 CBD 是唯一一座具备全球影响力的 CBD（上图 摄影 / 童加涵）。很多没有足够的经济体量和金融支配能力的城市纷纷建设 CBD，中国真的需要那么多 CBD 吗？

杂志交流
1564001698

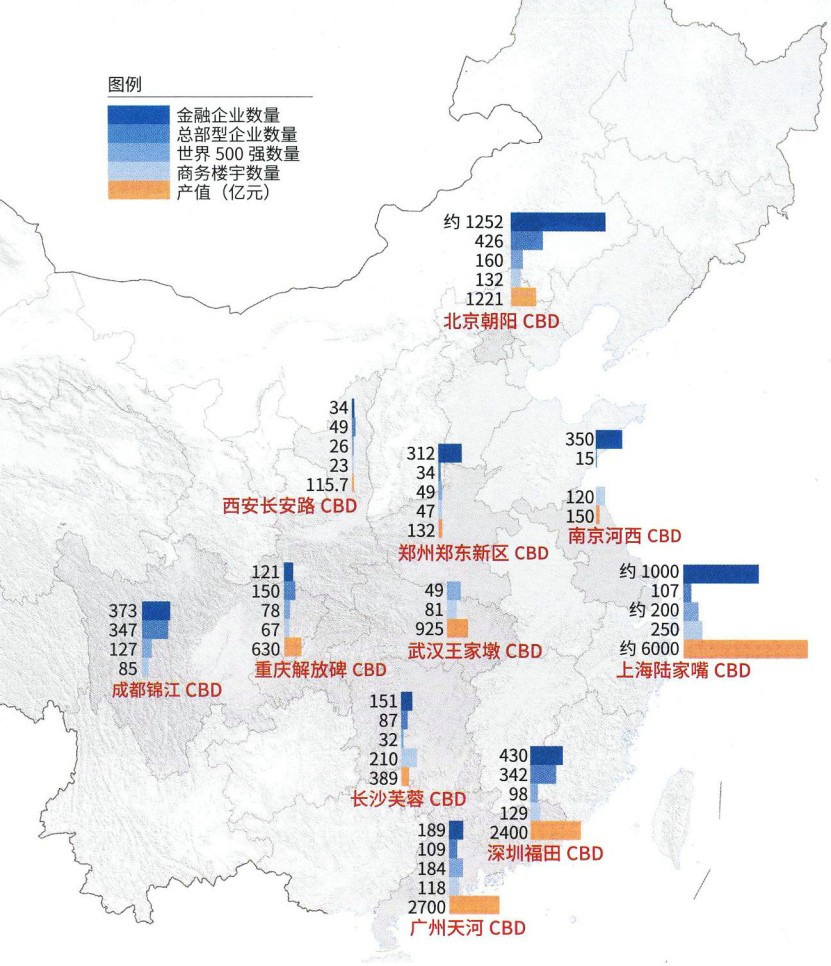


据不完全统计，近些年，中国提出建设CBD的城市共有近百座，规划建设的CBD有118座。但是真正有世界级和全国级影响力的却寥寥无几。



中国在建 CBD 的城市分布地图

杂志交流
1564001698

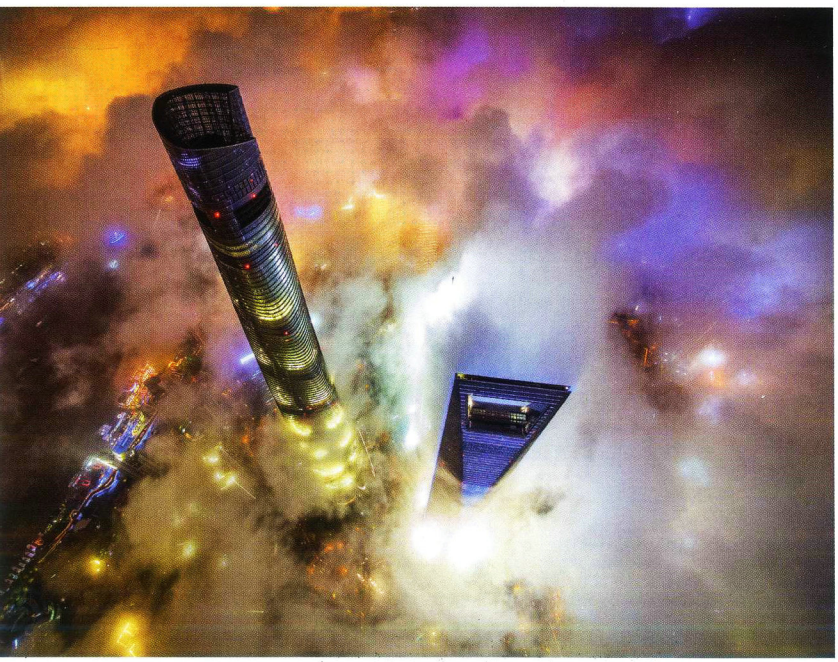


中国主要城市 CBD 数据比较

注：上海陆家嘴CBD产值为估算值。深圳数据为福田CBD及环CBD周边区域。长沙芙蓉CBD商务楼宇数量及产值为芙蓉区数据。武汉王家墩CBD、南京河西CBD、成都锦江CBD部分数据空缺。

CBD是城市流量的聚集地，CBD对流量的吸引力决定了它的规模

CBD是云集一座城市、甚至一个地区的金融企业和总部型企业的区域，有专家曾指出，一座成熟CBD的经济体量应该在2600亿元以上，对所在城市的经济贡献率应该在10%以上，左面地图中选取了中国具有代表性的CBD的数值，很多二线城市都被排除在了这个标准之外，可以想象在更多的地级市和县级市中，其CBD的吸引力是什么样。左下图是在傍晚阵雨过后，摄影师在某高楼的56层放飞无人机，无人机穿越云层拍摄到空中的上海陆家嘴CBD，其以约6000万元的年产值成为了内地第一CBD（摄影 / 王正坤）。右页图为广州天河CBD的国金中心（西塔）内景，这栋楼也是内地汇集世界500强最多的楼宇之一，大厅内展示着全球主要股票交易市场的实时市值，昭示着这里的金融影响力（摄影 / 吴迎辉）。



逐渐形成了国家金融管理中心，这是北京第一个 CBD。由于地处首都的中心，老城内不允许建造过高的建筑，金融街有限的空间容纳不下更多的金融机构，于是跨国银行和大型企业便聚集在朝阳使馆片区附近的大北窑，这就是后来的朝阳 CBD，在大北窑的上班族都戏称CBD是“China Beijing Dabeiyao”的首字母缩写。

首都经济贸易大学CBD研究基地的蒋三庚教授介绍，截止到 2016 年，北京朝阳 CBD

杂志交流
1564001698



CBD的本质是人才流、信息流、服务流和货币流的聚集区域，云集了金融机构和总部型企业，也汇集了众多的世界500强，CBD的聚集能力取决于城市的经济总量和金融支配能力。

产出上亿税收的楼宇有 50 多栋，跨国公司的地区总部约占北京市的 70%，每平方公里的土地上年产出值达到了 252 亿元，约是北京市平均水平的 18 倍，成为了十足的经济高地。

金融机构的聚集是CBD形成的前提，有着几十年城市和区域研究经历的中国区域科学协会理事长肖金成揭示了 CBD 形成的动因。在工业化时代，城市需要一个超级的流量入口，将人才流、信息流、服务流和货币流等聚集起来，以金融业为核心形成的服务产业链，需要信息互通和相互服务，这样可以最大化地提升信息获取和商务交流的效率，CBD 的本质就是流量的聚集。而城市的中心因其区位优势，往往成为了这些流量的汇集高地。CBD 的形成与金融业的崛起有关，一个城市金融力量越强大，CBD 的影响力就越大。但超级的流量入口一定是垄断而稀缺的，会带来超高的经营成本，所以只有利润足够高的企业才能在 CBD 生存，没有足够的金融支配地位和经济实力的城市，CBD 往往只有躯壳，没有灵魂。

2000 年以后，中国的 CBD 开始遍地开花，但很多城市只是在建摩天大楼，他们至今都没有领会到 CBD 的本质。

CBD 是城市发展的高地，但不是每个CBD都有这种聚集能力

中国社科院城市发展与环境研究所规划室主任、研究员单菁菁介绍了一组数据，到 2016 年，广州、北京、上海、深圳等地CBD的产值都超过了 1000 亿元，如果从地均经济效益来看，这些 CBD 每平方公里的产出值普遍是它所在城市的几十倍甚至上百倍。但在另一些城市，风景却大不相同，这取决于城市管理者的发展思路。

天津滨海新区 CBD 从 2007 年开始规划，肖金成参与

杂志交流
1564001698



了当时的讨论，并提议在两个地方选址，一个是经济开发区的金融聚集区，另一个是在天津碱厂原址。但两个选址都要涉及到拆迁，会影响 CBD 的建设进度。最终，CBD 建设方没能采纳他的意见，而是选取了当时尚为一片空地的于家堡。肖金成认为，现在很多城市都将 CBD 规划在城市外缘，于家堡 CBD 就远离市中心，而且是一个半岛，需要付出昂贵的成本来修建跨河大桥和隧道解决交通问题，很难形成对城市流量的吸引力。当时于家堡 CBD 规划的进度是“两年开发启动、三年全面建成、五年初具规模、十年基本建成”，如今 12 年过去了，于家堡 CBD 并未形成预期的效应，到处可见大片空地和没有完工的建筑。在距离天津滨海新区 1400 公里外的重庆，在解放碑聚集了各种金融机构，解放碑 CBD 只有 1 平方公里多，发展空间受限。上世纪 90 年代末，重庆



2016 年，中国 CBD 平均租金 TOP10 及楼宇空置率比较

CBD 楼宇的空置率最能反映其对城市流量的吸引能力

本页图为北京朝阳CBD中，人们在商务工作之余享受高消费的休闲时光，CBD已不再只是商务场所，它正在成为集合了工作、购物、居住等功能的多元空间（摄影 / 王心超）。CBD是城市中各种流量聚集的区域，但超级的流量入口一定是垄断而稀缺的，会带来超高的经营成本。通过本页图表可以看出，除了一线城市外，很多二线城市CBD的楼宇空置率都很高，没有足够多的金融企业和总部型企业愿意入驻，CBD往往成为外表漂亮和事实繁荣的矛盾体。

杂志交流
1564001698



CBD楼宇的租金日益昂贵，成为一座城市的最高消费地段。只有利润足够高的企业才能在CBD生存。高租金高消费也带来了很多城市CBD楼宇的高空置率。



市政府决定规划新的CBD。肖金成也参与了讨论，他认为解放碑汇聚了重庆半数以上的金融机构和外国领馆。有这些基础，他认为新的CBD可以围绕解放碑拓展，并且当时已有黄花园大桥连接了解放碑和江北嘴，CBD的拓展就选择在了与解放碑只有一江之隔的江北嘴，形成了隔江对接，如今江北嘴CBD成为了重庆新的地标。

我问肖金成，同样是两个城市规划新的CBD，为何你不赞同滨海新区CBD选址在于家堡，却支持重庆CBD拓展到江北嘴？肖金成说，因为它们的发展阶段不同，当年，于家堡是一片空地，远离市中心，金融企业未必愿意入驻。而江北嘴与解放碑只有一江之隔。江北嘴是解放碑的自然拓展，不仅释放了解放碑的空间压力，还促进了江北区的开发。

CBD本为市场经济下金融及高端商务的聚集之地，是一个城市经济发展的结果，但在中国，城市管理者主导CBD的现象几乎随处可见，他们在经济发展的冲动下画出CBD的宏伟蓝图，不考虑市场规律，期待用百亿千亿的投资来吸引企业入驻，人为打造CBD。某省会城市为了开发新区，就对楼宇建设方承诺，如果吸引不来金融企业，政府将全盘兜底，如果市场不具吸引力，政府兜底只能加重政府负债。

正因CBD是城市经济的高地，所以才会导致各地CBD建设纷纷上马，甚至出现攀比现象。前些年，还曾有过某省每个有条件的县都要建一个CBD的传闻，然而中国很多二三线城市并不拥有运营CBD的经

杂志交流
1564001698

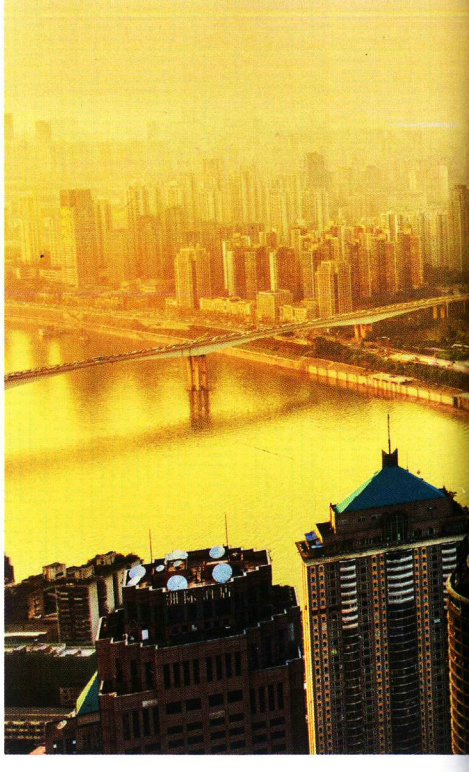
CBD是否有足够的吸引力，在规划时就已埋下伏笔

由于CBD是城市发展的高地，才会导致CBD建设纷纷上马，甚至出现攀比现象。但很多CBD对企业的吸引力不足，其实在规划时就已埋下了伏笔。通过重庆解放碑与江北嘴相对位置的遥感图可以看出，渝中区的解放碑与江北区的江北嘴隔了一条嘉陵江，CBD从解放碑扩展到江北嘴顺理成章。右页图为从解放碑CBD隔江眺望江北嘴CBD，如今高楼林立的江北嘴已成为重庆的新地标（摄影 / 唐安冰）。

通过天津滨海新区于家堡CBD的遥感图可以看出，专家当初建议的CBD选址为滨海新区城区的天津碱厂和已有的金融聚集区，但是由于拆迁缓慢，建设方选择了当时尚为一片荒地的于家堡及周边区域，如今于家堡CBD并未达到规划时的预期效果。







济总量，对各种流量的聚集力不够，遍地开花的CBD就显得过多了。

最美城市天际线背后，有的繁华，有的空洞

CBD是现代都市生活的地标，楼宇建设也在不断拔高。当土地空间有限时，摩天大楼是向上生长的城市。CBD位于市中心，寸土寸金，没有横向发展的空间，于是只能纵向发展。一个成熟的CBD中，各种流量全都叠落在楼宇中，于是摩天大楼的高度不断被刷新，城市天际线也在不断变化着，CBD也成为一座城市的“颜值担当”。

流量的集聚也让楼宇税收不断刷新，过亿楼宇早已不是

杂志交流
1564001698



市场主导，还是规划先行，
政府与市场在争夺CBD的统治权。

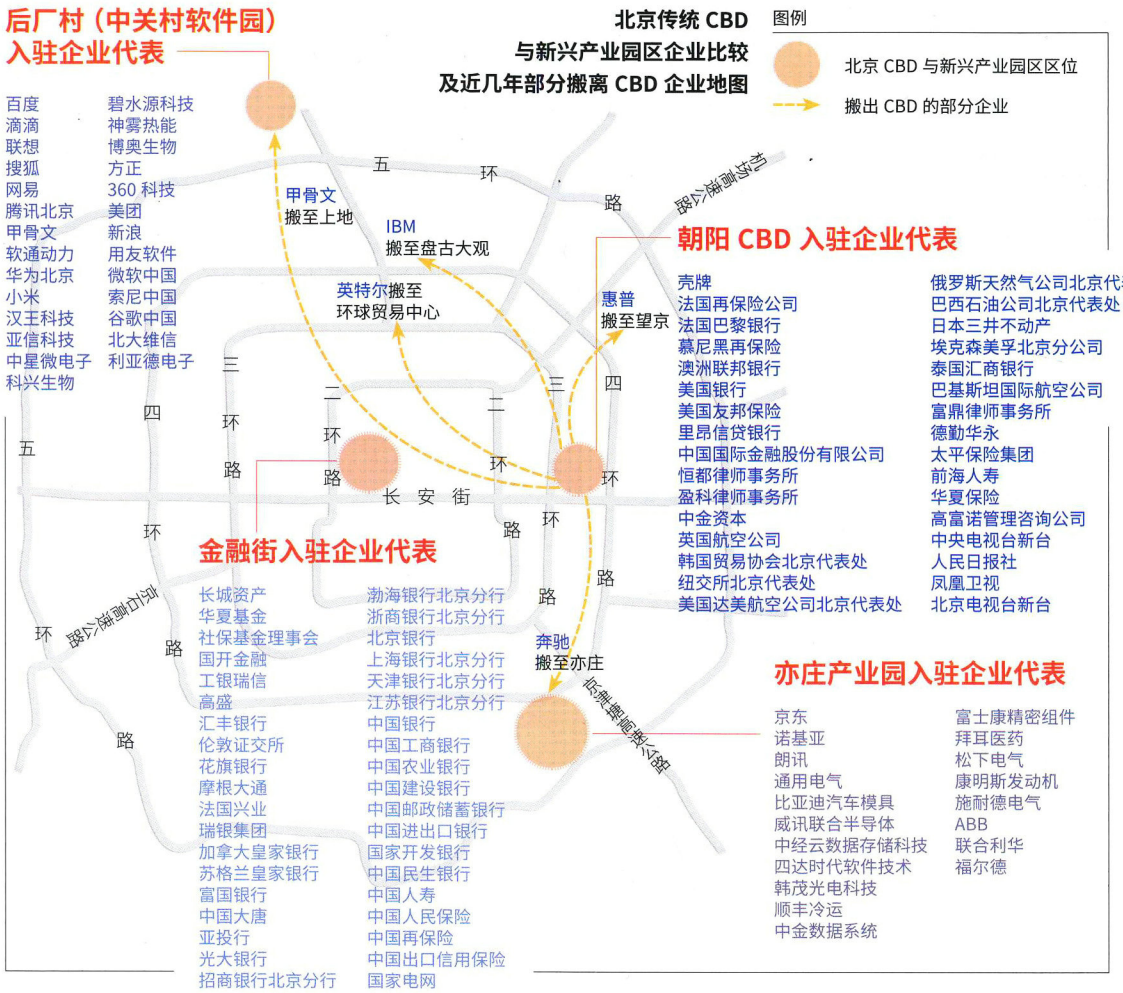
新鲜事，现在很多城市比的是十亿楼宇、二十亿楼宇，深圳福田 CBD 拥有 76 座税收过亿的楼宇，是税收过亿楼宇最多的 CBD。陆家嘴的上海国际金融中心是国内少有的一栋税收过 50 亿的楼宇。随着地价的上涨，CBD 楼宇的租金也日益昂贵。在内地，每月每平方米超过 600 元的租金让北京金融街成为了平均租金最高的 CBD，如果你在金融街租用一个 1000 平方米的办公室，一年需要准备 800 万元租金。而在金融街，英蓝国际收取了金融街楼宇中最贵的租金，是贵族中的贵族。在这里，你需要每年为每位员工准备 10 万元的工位费。我专门到英蓝国际一睹这栋全国最贵写字楼的“芳容”。据说这是当年北京市设计建造标准最高的五星级办公大楼。一个在英蓝国际办公的国资金融机构的员工告诉我去 7 楼看看，原来从 7 楼开始，建筑中心出现一个通天露台，带给整个楼宇更明亮的光线，抬头仰望十分壮观。环抱露台的都是名企 —— 高盛、摩根大通、瑞银、富国银行 …… 这才是员工期待走进英蓝国际上班的真正动力。

并不是所有CBD都能让超级楼宇拥有不可比拟的身价和荣光，但一些 CBD 仍然在全力去缔造这样的奇迹。

在距离北京金融街 2100 公里外的昆明，一栋主塔高达 407 米的昆明第一高楼“春之眼”仍在建设之中，商业中心计划 2019 年年底开业。但昆明市民对这个时间并不看好，因为就在距离此楼 800 米开外，另一栋高达 268 米的超级楼宇“南亚之门”因资金链断裂而停工，最终未能按计划交付。

如今中国各城市的CBD都在建造各种摩天大楼，摩天大楼成为了 CBD 的标配，但摩天大楼是在寸土寸金的市中心高效利用土地的结果，肖金成反问，当很多城市有足够多的土地时，谁会去建摩天大楼呢？但在政府主导和调控下，摩天大楼已经变成城市管理者和开发商共同的人为作品。其实很多城市 CBD 楼宇的高空置率足以说明这些高楼耸立的 CBD 背后的空洞了，这些城市的 CBD 往往是形象需求大于实质内核。

杂志交流
1564001698



流量向互联网转移的时代，CBD 不再是一枝独秀

CBD 的本质是各种流量的聚集地，但在互联网大潮下，有些流量已经开始向互联网转移了，互联网搭建了一个与以往办公环境不同的新空间，这是信息化时代与工业化时代最大的不同。谁也无法阻挡互联网的浪潮，对于很多企业而言，现实中的地理因素在逐渐淡化，它们将自己的设计研发、产品营销、交易都放在了线上，越来越不在乎那些用寸土寸金的楼宇和昂贵地段装饰起来的门面。最近几年搬离朝阳 CBD 的企业，可以列出一条长长的单子，英特尔、奔驰、摩托罗拉……一些公司搬到了望京、中关村等租金更便宜的区域。

在距离北京国贸直线距离仅 23 公里的海淀区东北旺，有一片面积为 2.6 平方公里的区域，百度、滴滴、联想等公司都在这里拥有自己的整栋楼宇，这里原本叫中关村软件园，但

新兴产业崛起，城市发展的高地开始由一元走向多元

互联网提供了前所未有的虚拟商务空间，昂贵的租金、拥堵的交通和有限的空间已经让很多企业开始拒绝CBD了，他们或是搬离CBD，或是自建办公楼，自建“流量”。右图为华为在东莞松山湖的基地，一栋栋城堡建筑让这里宛如童话梦幻一般，这里没有CBD昂贵的租金，也没有CBD拥堵的交通，其舒适的办公环境足以羡煞所有在CBD办公的企业（摄影 / 刘三根）。地图列出了北京新兴产业园区与传统CBD的部分代表企业，可以明显看出两者的区别，CBD已经不再是城市唯一的“经济高原”了。

杂志交流
1564001698

反思与探讨：中国是否需要和有条件建设这么多CBD



绘图 / 黄梦超

单菁菁

中国社会科学院
城市发展与环境研究所规划室
主任　研究员

CBD是城市的商务汇聚之地，是一个城市、区域乃至国家的经济、金融发展中枢。在普通人眼里，它是高楼林立的城市中心，有着最高的天际线和壮美的城市景观。在房地产商眼里，它是寸土寸金的利润宝地，是一座城市地价、房价、租价的峰值所在。在政府眼里，它是现代服务业聚集的经济高地，有着远高于城市其他地区的经济产出能力和税收贡献能力。因此，在追求增长或利润的驱动下，城市政府和房地产商成为CBD建设最积极的推动者。

在过去的十多年里，中国的CBD建设风起云涌，遍地开花，但中国是否有需要和有条件建设这么多CBD呢？如果我们仔细研究一下CBD的内涵属性，就会发现答案是否定的。

首先，CBD是现代金融和总部经济的聚集地，而金融类、总部型企业一般需要布局在人才、信息、技术、资本等战略资源丰富的地区，如中心城市、高校聚集区等，很多中小城市并不具备这样的条件。

其次，CBD是一个城市、区域乃至国家的金融中枢，既然是“中枢”就不可能“遍地开花”，它需要有较强的经济组织能力和广阔的经济腹地，很多城市显然也不具备这样的能力和条件。

第三，我们正处在一个信息化时代，现代信息技术的飞速发展，以及交通运输条件的大幅改善，使得产业分工和布局日益扁平化，一些产业，包括现代服务业对于集聚发展的需求正在下降，在互联网时代已经来临的今天，网上办公的现象已经开始显现，很多新兴企业更倾向于自建办公楼，未来经济发展是否还需要这么多高楼林立的CBD？也是值得深思的问题。

总之，尽管政府在CBD发展中能够起到一定的推动和引导作用，但真正起决定作用的依然是经济规律和市场力量。各地政府在决定是否建设CBD时，一定要尊重经济规律，切不可被发展冲动乃至房地产商所“绑架”，否则只能产生巨大的浪费，徒增社会的负担。



杂志交流
1564001698

塑造了城市高“颜值”的CBD更要有内核

图为上海陆家嘴CBD高耸入云的“厨房三件套”，420.5米高的金茂大厦被昵称为注射器，492米高的上海环球金融中心被昵称为开瓶器，而中国第一高楼、632米高的上海中心则被昵称为打蛋器，三座高楼呈梯级排列于云上，塑造着“魔都”上海的“颜值”（摄影/姚璇）。不可否认，作为城市的金融企业和总部型企业的聚集地，CBD依然有它存在的价值。但在CBD成为中国城市建设“风潮”的时候，CBD的形象需求往往大于实质内涵，摩天大楼塑造的天际线并不等于CBD，拥有“流量”汇聚能力才是CBD的内核。



杂志交流
15640001698

现在“后厂村”的名字传得更广。这里聚集了科技领域的大咖和顶级的互联网人才，但从城市的视角来看，这里如同一个孤岛，没有市中心该有的一切配套设施，那些在中国最好的科技企业中享受着高薪的工程师和“码农”们就住在回龙观的小区里。过去19年，这里慢慢聚集了7.3万软件工程师，28家重点软件企业，7家跨国公司研发总部，59家上市公司，总产值超过了2000亿元。这里不是CBD，但却超过了以1221亿元产值排名全国CBD前列的朝阳CBD。这里称得上是经济产出和智力密度最高的地方。其实不光是北京，武汉的光谷、成都的天府新区等也不是市中心的CBD，但却都在成为城市新的发展高地。不可否认，CBD作为金融业和总部型企业的聚集地，依然有它继续存在的价值，但在流量被分流到互联网上的今天，CBD已经不再是一枝独秀了。

在互联网时代，当政府用各种优惠政策来吸引企业入驻CBD时，很多新兴企业却摇头拒绝了。曾经，深圳福田CBD在招商时将包括无人机企业大疆在内的科技巨头列入招商名单，但大疆却另有打算，大疆在南山区拍下位于兴科路与仙茶路交会处的一个23万平方米的地块，要建设大疆的全球总部——“天空之城”。

面对近几年的现实情况，我在想CBD是各种流量聚集的结果，但现在这些流量正在被互联网分流，CBD已经无法承载新兴产业巨头的总部设想，它们是在抛弃CBD，还是在缔造新的CBD样板呢？

责任编辑 / 线朝华　图片编辑 / 王宁
版式设计 / 介彬　地图编辑 / 王岩
数据核实 / 蒋三庚　首都经贸大学　教授
单菁菁　中国社科院城市发展与环境研究所　研究员
审稿专家 / 肖金成　中国区域科学协会　理事长

杂志交流
1564001698

会员招募

热线：4006-521-360

杂志会员价

	1年（2019）	3年（2019—2021）
《中国国家地理》	360元	980元 ~~（原价1080元）~~
《中华遗产》	360元	980元 ~~（原价1080元）~~
《博物》	180元	510元 ~~（原价540元）~~
《中国国家地理》+《博物》	480元 ~~（原价540元）~~	
《中国国家地理》+《中华遗产》	640 ~~（原价720元）~~	
《中国国家地理》+《中华遗产》+《博物》	810元 ~~（原价900元）~~	

付款方式

方式一：网购（支付宝 / 网银 / 微信）

1. 地理商城 http://store.dili360.com

2. 淘宝旗舰店 http://zhongguoguojiadili.tmall.com

3. 中国国家地理微店 https://h5.youzan.com/v2/tag/sqa8z452

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

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

手机淘宝扫描

方式三：邮政商务汇款

商户客户号： 111300308

商户客户名称：

中国国家地理杂志社

微信扫描

杂志订阅卡



《中国国家地理》订阅卡

包含 12 期《中国国家地理》杂志，我们负责邮寄。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。

售价：360 元 / 张

《 全年阅读卡

（含 12 期杂志、12 次快递费）

售价：180 元 / 张

销售排行榜

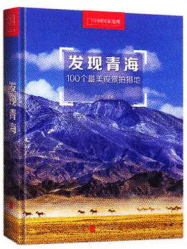
《妖鬼记》

定价 ※68.00 元　会员价 ※61.20 元



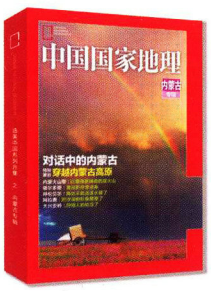
《发现青海 100个最美观景拍摄地》

定价 ※88.00 元　会员价 ※75.20 元



《中国国家地理：内蒙古专辑》

定价 ※88.00 元

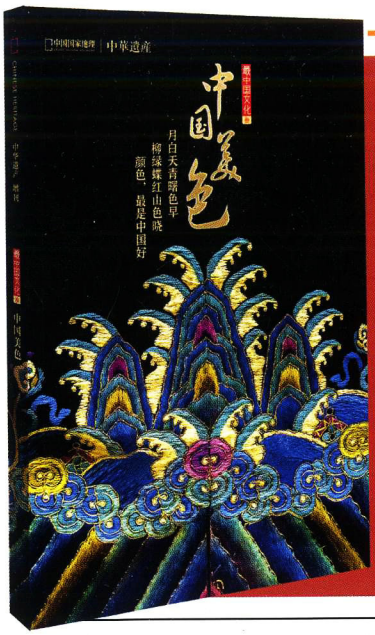


《中国国家地理：海南专辑》

定价 ※40 元 /2 册



杂志交流
1564001698



《中华遗产》2019 隆重推出



《中华遗产》杂志“最中国的颜色”专辑（上、下册）新编合辑，绝版重现。新增多篇文章、精彩美图，丰富美色词典，倾力奉献。

装帧 ※16 开 ◎软精装 ◎ 296 页 定价 ※68.00 元 会员价 ※61.20 元

淘宝扫码购买

《中国美色》明信片（上下册）



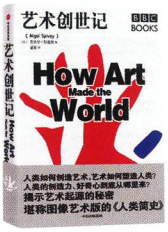
29 张明信片都附有中国传统色名称和色卡，共计 177 个颜色。色卡以五色系统为基础，整理不同色系的中国美色，归纳出适用于现代印刷的印刷色值，可为绘画、设计提供参考。中国人对色彩的认识来源于对天地万物的观察体会，又用自己的理解赋色造物。《中国美色 · 上》，从 1000 余张山水图片中甄选 14 张代表五色系统的精美图片；《中国美色 · 下》，精心挑选 15 件有代表性的古代器物、绘画、建筑等，展现中国式的配色，诉说最中国的用色规矩。内附中国传统纹样填色卡两张，可在实际操作中体会中国颜色的魅力。

装帧 ※400g 白卡、精装 规格 ※ 上册：14 张明信片 +1 张填色卡；下册：15 张明信片 +1 张填色卡

定价 ※68.00 元 / 套 会员价 ※49.00 元 / 套

《艺术创世记》

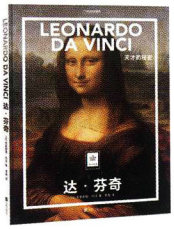
BBC 纪录片同名图书，贯穿从穴居人时代直至今日的人类艺术史，带你亲历人类想象力与创造力的一个个神奇瞬间，堪称图像艺术版的《人类简史》。人类的艺术史，也是想象力的历史：“在想象中，我们可以追溯时间的长河；在想象中，我们可以一览世界的全貌。凭借这样神奇的力量，我们得以领略在这个星球上曾经发生的一切。”



作者 ※[英] 奈杰尔 · 斯皮维 / 著；盛夏 / 译 装帧 ※16 开，精装，320 页

定价 ※118.00 元 会员价 ※96.00 元

纸上美术馆《达 · 芬奇》

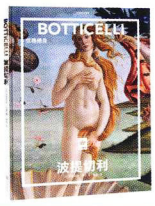


在本书中，您能欣赏到这位艺术家以兼具创造性和远见卓识的才智创作的 50 余幅代表画作、素描和草图。他身兼数职——绘图员、画家、雕塑家、工程师和建筑师，为意大利文艺复兴留下浓墨重彩的一笔。除了举世闻名的《蒙娜丽莎》，在本书中，我们也可以通过了解诸如《美丽的费隆妮叶夫人》、《三贤士朝圣》或《施洗者圣约翰》等画作来深入研究达 · 芬奇的作品。

作者 ※ 米里耶勒 · 内沃 / 著；李磊 / 译 装帧 ※8 开，精装，112 页

定价 ※98.00 元 会员价 ※80.00 元

纸上美术馆《波提切利：优雅栖身》



波提切利是文艺复兴时期佛罗伦萨最伟大的大师之一。在本书中，您能欣赏到这位艺术家近 50 余幅的代表作。优雅的线条，精细的刻画，清晰的亮度，通透的色彩是他的壁画、肖像画、宗教画和寓意画的特点。这种具有个人特色的绘画语言在他的《春》、《维纳斯的诞生》等家喻户晓的作品里均有体现。

作者 ※[法] 西尔维 · 吉拉尔 · 拉戈斯 / 著；李磊 / 译 装帧 ※8 开，精装，112 页

定价 ※98.00 元 / 册 会员价 ※80.00 元 / 册

杂志交流
1564001698

2019路虎发现无止境
发现路虎星级路线
购路虎·发现 限时3免惊喜
购路虎·发现神行 尊享超低日供0元起

LAND ROVER

ABOVE & BEYOND

landrover.com.cn 贵宾专线: 400-820-0187



LAND ROVER ROAD TRIP RATING

路虎自驾路线评级

TRS

— 路 虎 全 地 形 科 技 —

扫码预约试驾

广告

杂志交流
1564001698