

中国海洋大学师生团队修复养护海草床,保护海洋生态

# 16年,种下2万多亩“海底草原”

本报记者 李蕊

## “绿水青山”守护者

背上氧气瓶、戴好潜水镜,张沛东深吸一口气,身子一跃,“扑通”钻进了水里。

随着身体的下潜,水下的景象映入眼帘:海草随波摇曳,一簇簇、一团团,向远处延展;拨开草细细瞧,底下“宝贝”真不少,海螺、蟹、贝……张沛东拿着防水纸,观察一番,记下海草最新生长状况。

海草是由陆地植物演化到适应海洋环境的高等植物,一种或几种海草连片生长,共同形成广袤柔软的“海底草原”,即“海草床”。

在山东威海荣成市天鹅湖,中国海洋大学水产学院教授张沛东与团队成员用16年时间,在海底种植海草,保护海洋生态环境。

### 研究从何切入?

#### 潜心调查,弄清楚海草的生长特性

2008年冬天,张沛东与同事一同赴天鹅湖海域调研。他们发现,昔日成百上千只白天鹅翩跹起舞的画面已然不见,寒风吹过,只有几十只天鹅零零散散在觅食。

白天鹅为啥少了这么多?“老乡们说,因为鳗草少了。”张沛东解释,鳗草是温带海域广泛生长的一种海草,是白天鹅越冬的重要食物,对保护当地海洋生态起着重要作用。

上世纪70年代,为保护海洋渔业资源,当地将天鹅湖海域与外海相通的港口堵上,导致水体交换能力变差,水质下降,鳗草难以适应环境变化,大面积退化。后来,堵口拆除,海草床才开始自然恢复,但恢复速度极慢。

不光是天鹅湖海域。多地调研后,他们发现,当时我国温带近岸海域超过80%的海草床已经消失,浅海水域生物多样性正在下降。“张沛东说,光这个过程,他们用了10年。他们探索修复海草床生态系统。

“要想‘种草’,前期得开展大量调查,弄清楚海草的生长特性,才能采取针对性措施。”张沛东说,光这个过程,他们用了10年。

在查阅大量文献的基础上,他们同步开展室内试验,“鳗草喜欢的温度、盐度、光照强度是多少,得通过一次次对比试验摸索出来。”团队成员李文涛说。

室内试验仅是辅助。“在自然海域,鳗草什么时候开花、结种?种子脱落后,又在什么时候萌发?……这些都通过海区调查摸清。”为此,张沛东与团队成员学会了潜水。“调查最大的难点是对鳗草认识不足,方法难以掌握,比如开花与温度等条件密切相关,去早了,还没开花;去晚了,花都开完了,常常错过最佳取样期。”他说。

怎么克服这些困难?团队成员扎根湖畔,与渔民同吃同住,无论严寒酷暑,都坚持下海取样。冬季,海边寒气刺骨,可此时正是白天鹅来越冬的时候,也是观察海草的重要时期。“夜里潮水低,调查方便,我们常常凌晨出海,先凿开厚厚的冰,再下到冰冷刺骨的海水中取样。”张沛东笑道,虽然穿了加厚防护服,但还是难抵寒气。

历经10年潜心调查,团队对鳗草的认识逐渐清晰,厘清了生长特性、明确了生长环境,为后续修复工作打下坚实基础。

### 如何用低成本实现高质量修复?

#### 因地制宜,“陆海接力”提高海草成活率

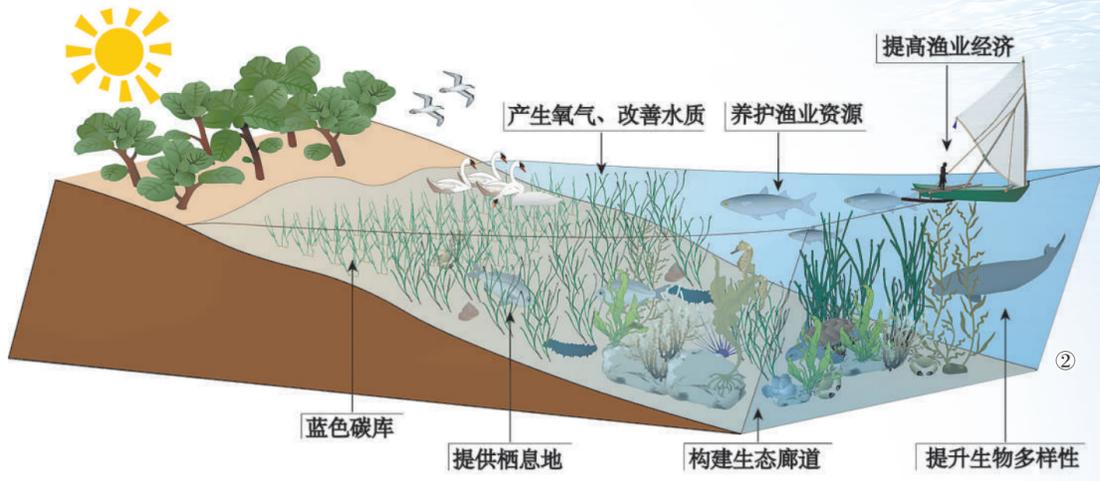
天鹅湖畔,一座小院坐落于此。门柱上的牌子,写着“山东荣成鳗草科技小院”。

屋内,桌上放着各种试验装置。几名学

## 核心阅读

海草是由陆地植物演化到适应海洋环境的高等植物,对海洋生态保护起着重要作用。

16年来,中国海洋大学水产学院教授张沛东与团队成员在黄渤海修复养护海草床2万余亩,并建立起相对完整的温带海草床生态修复技术体系。



生蹲在地上,正在整理刚从天鹅湖取来的植株样本。

看似其貌不扬的科技小院,一头连着蔚蓝色大海,一头连着高校科研——

2008年,同样致力于海洋生态修复的马山集团有限公司,在距天鹅湖不远处专门提供厂房、办公场所等,作为中国海洋大学师生团队的科研主场地。2022年,合作更进一步,中国海洋大学与马山集团有限公司共同在此成立科技小院。师生们从海里取完样,就能赶到小院,“趁热打铁”做试验。

“但是,前期毕竟是小规模试验,不太计较成本。接下来要进行大规模海区验证,看方案是否可行,能否找到低成本、高质量的修复办法。”张沛东说,经过一次次试验,团队最终保留3种主要修复手段。

有的海域由于人为等因素导致鳗草退化,他们就要像“医生”一样,“诊断”鳗草退化的原因,再有针对性地修复生境。“例如,有的池塘与海相连,多年前养虾、海参,里面有一些废弃网具,阻碍了海草生长,我们就要想办法撤掉网具,还鳗草自然恢复空间,这就是生境修复法。”张沛东说。

但是,靠自然恢复速度太慢,如何借助人工手段加快修复速度?

海草作为高等植物,繁殖方式与海洋中常见的藻类不同。“它既可以有性繁殖,通过播种种子的方法修复,又可以无性繁殖,通过移植植株的方法修复。”张沛东介绍。

播种法怎么播?在科技小院车间,可以看到鳗草种子保存池内浸泡着密密麻麻的种子,似一颗颗绿色麦仁。“鳗草种子在自然环境中留存率低,这些都是我们从不同海区人工采集来的。”张沛东从水中拎起一包种子,“种子整理后,可以通过人工播种的方式,投放到自然水域。”

相比陆地播种,海底作业难度大大提升。“海草种子很轻,撒进海里,会受水流冲击漂到岸边或者深水区,或者被动物吃掉,就没法萌发。”张沛东说,他们自创了麻袋装种、纱布包种和泥块裹种等播种方法,大大

提高了种子成活率。

移植法怎么移?“如果从海底采集一株鳗草,再移植到需要修复的海床位置,一旦成功定植可能就会自然克隆出新的草床斑块,但这种方法带有一定未知性。”张沛东说,他们想到了“陆海接力”的办法——采集海草种子,人工育苗后再移植。

“人工育苗也有一大难点,就是种子萌发期太长。温带海草大部分都是顽拗型种子,种皮坚硬,成熟脱落后会进入很长的休眠期,从采集到萌发可能需要80多天。”李文涛说。

能否让种子在短时间内萌发?种子萌发池里,有一些长形花盆,盆中的泥土里,鳗草种子正在静静萌发。“促萌时用淡水,随着种子生长,水的盐度要一点点升高,成苗后让它慢慢适应海水盐度,再移栽到海底。”李文涛介绍,在种子萌发池中,自然环境中80多天才能萌发的鳗草种子,最快10天左右就能萌发。

边摸索边尝试,他们建立起相对完整的温带海草床生态修复技术体系。有了修复技术,是否意味着可以大面积验证使用?张沛东摇了摇头:“修复要尊重科学、因地制宜。”

2022年,中国海洋大学师生团队牵头编制的行业标准《海草床建设技术规范》获农业农村部批准发布。这套技术规范专门提出了海草床生态修复选址应关注的主要因素和遵循的各项条件,描述了植株移植等建设方法,成为我国首个海草床生态修复技术标准,为规范并保障我国海草床生态修复工程提供了技术依据。

### “种草”有什么新突破?修复与利用“两条腿”走路

科技小院里有条白色小船,长约两尺,形似汽艇。仔细看,边角处有8个小孔。

这是张沛东指导学生彭立业研发的“无人播种船”。“以前,我们要去海里播撒种子,

效率低,播撒不均匀,种子也容易粘连,利用率、成活率不高。”彭立业说,与老师一交流,他想到陆地上的飞播,“在沙漠,人们会开飞机播种树苗,我们能不能研发一种到海里播种的机械?”

得到肯定后,彭立业开始研制无人播种船。“给种子包裹一层材料,避免粘连,同时增加重量,防止被冲走;设计小船时,参考自动投饵,通过8个气孔将种子喷出。”彭立业说,“使用时,人无需下海,站在岸边,遥控机器就能均匀播种。”

为了提高“种草”效率,团队老师时常鼓励年轻人要“大胆探索、勇于创新”。除了无人播种机,师生们还研制了具有自主知识产权的植株移植机、种子直播机、播种泥块搅拌机、夹苗机、苗绳移植机等海草床辅助修复设施,工作效率提升数倍。

在张沛东看来,目前海草床的修复不仅是技术、学科的融合,还要跟产业融合,实现保护修复与开发利用“两条腿”走路——

“未来,要试着把海草床的生态修复与固碳增汇、绿色生态牧场、高价值生态产品、渔旅文化等有机结合,实现生态效益与经济效益双赢。”张沛东说,除了固碳增汇,他们已经在一些修复海域尝试养殖海参和牡蛎。

截至目前,中国海洋大学师生团队已参与国内10多个海底生态修复项目,在黄渤海累计修复养护海草床2万余亩;天鹅湖海域四成以上的海草床已被修复,每年前来越冬的白天鹅最多时可达8000多只。

海底“种草”不易,许多人问张沛东:“16年,你们靠什么坚持下来?”

张沛东说:“一株株小草扎根、长大,为大海带来生机与希望,这不就是我们坚持的理由吗?”

图①:天鹅湖海域的海草。

中国海洋大学供图

图②:海草床生态系统示意图。

中国海洋大学供图

## 把自然讲给你听

海草床储存碳的效率比森林高90倍,具有水质净化和调控功能,是保护海岸的天然屏障

## 我们为什么要到海底“种草”?

张沛东

仲夏时节,漫步在黄渤海海域近岸,可见成片盛开开着花朵的海草床。一棵棵海草吸收着阳光,在海水里随波舞动。

海草是由陆地植物演化到适应海洋环境的高等植物,是地球上唯一一类可完全生活在海水中的被子植物。除南极外,海草遍布世界近岸浅海水域。一种或几种海草连片生长,共同形成广袤柔软的“海底草原”,即“海草床”。海草床与红树林、珊瑚礁是三大典型的近海海洋生态系统。

海草床是最高效的碳捕获和碳封存系统之一,储存碳的效率比森林高90倍,碳封存时间可达上千年。全球现存海草床面积约17万平方公里,一年可吸收超过1亿吨二氧化碳。

海草床之所以能固碳,得益于它可以通过光合作用吸收环境的无机碳,将其高效地固定、转化为有机碳并进行积累。同时,海草床又具备较强的悬浮物捕获能力、稳定的沉积环境和极低的凋落物分解率,这些优势让它能长期有效封存碳。尽管全球海草床的分布面积占海洋面积的比例不足0.2%,但其每年对海洋有机碳埋藏的贡献高达10%以上,是重要的蓝色碳汇和蓝色碳库。

除了超强的固碳能力,海草床还具有吸收水体营养盐和重金属、降低海水悬浮物浓度等水质净化和调控功能,能防止或减缓海滩和海岸的流失和侵蚀,是保护海岸的天然屏障,在护堤减灾方面发挥重要作用。

海草床还是底栖动物的重要食物来源。它复杂的物理空间和丰富的生物资源,可为海洋动物提供产卵场、育幼场、索饵场和栖息地,也为儒艮、白天鹅等提供食物,具有重要的资源养护功能。

然而,海草床属于脆弱生态系统,受自然环境变化和人类活动影响,全球范围内海草床正面临严峻退化趋势。研究表明,1990年以来,全球海草床以每年7%的速度快速退化。

要想恢复“海底草原”,亟须加强保护,如建立保护区;也需开展生态修复,即“海底种草”。

与水稻种植类似,“海底种草”通常包括环境整治、播种、秧苗培育、插苗等过程。近年来,我国海草床生态修复技术快速发展,相继出现了麻袋装种、纱布包种和泥块裹种等海草种子播种方法,以及麻绳夹苗、基质固苗等植株移植方法,大幅提高了海草床生态修复的效率和效果。

经过多年潜心研究,我们在温带海草床生态修复理论和技术方向取得了一些突破,建立了相对完整的技术体系,促进了我国海草床生态修复工程规模化开展。截至目前,我们已在山东威海道通湖和天鹅湖、烟台招远和长岛、东营垦东和河北唐山曹妃甸等近海海域修复养护2万余亩“海底草原”。

未来,我们将继续潜入海底,种下更加广袤的“海底草原”。

(作者为中国海洋大学水产学院教授、博士生导师,本报记者李蕊采访整理)

选题线索来信邮箱:rnrnature@163.com

## 今年上半年

### 云南清洁能源装机占比首超九成

本报昆明7月7日电(记者杨文明)记者从南方电网云南电网公司获悉:截至今年上半年,云南省清洁能源装机容量已达1.23亿千瓦,占比达到90.08%,清洁能源占比首超九成。

云南是绿色能源资源大省,绿色能源可开发总量2亿千瓦,约占全国的20%。其中水能资源蕴藏量1.04亿千瓦,理论可开发量约9795万千瓦。风能资源总储量为1.23亿千瓦,可推动实施的风电项目装机规模总量约2000万千瓦;全省129个县(市、区)中,有59个为光伏资源开发价值较高的区域,具备可实施性的光伏发电装机规模总量约6000万千瓦。今年4月以来,光伏、风电超越火电跃升为云南省第二、第三大电源。今年上半年,云南清洁能源发电量达到1517.9亿千瓦时,占总发电量的85%。

据悉,云南省今年计划投产1600万千瓦新能源,南方电网云南电网公司将不断提升新能源可观、可测、可控能力,通过大力实施多能源互补优化调度,优化电网运行方式和西电东送,最大程度保障清洁能源的消纳。

## 广东省广州市第一批美丽河湖名单发布

本报广州7月7日电(记者罗艾桦)记者从广东省广州市生态环境局获悉:广州市第一批美丽河湖名单近日发布,包括流溪河、黄埔区乌涌、增城区增江、越秀区东濠涌、海珠区海珠湖、海珠区石榴岗河、荔湾区荔枝湾涌、天河区车陂涌、白云区白云湖、黄埔区南岗河一木强水库、花都区花都湖、番禺区市桥水道、南沙区蕉门河、从化区鸭洞河、从化区流溪水库等15个美丽河湖。

近年来,广州市全面推进美丽河湖保护与建设,水生态环境质量持续向好。截至2023年,广州国考、省考断面水质连续四年全面达标,地表水水质优良断面比例为85.0%,劣V类水体断面比例保持清零。

本版责编:程晨 何宇澈 田先进  
版式设计:蔡华伟

## 栖息环境不断优化

# 我国珍贵、濒危野生动物种群稳定增长

本报记者 董丝雨

在东北虎豹国家公园设立之初的50只、60只分别增长到70只、80只左右;2024年我国908个水鸟集群越冬区同步监测共记录到越冬水鸟172种,总数量达505万只……

记者从国家林草局近日召开的野生动物保护及国际合作成果新闻发布会上获悉:我国珍贵、濒危野生动物呈现数量总体恢复增长和栖息环境不断优化的良好发展态势。大熊猫等100多种珍贵、濒危野生动物种群稳定增长。

国家林草局野生动植物保护司司长王维胜表示,我国着力推进以国家公园为主体的自然保护地体系建设,有效保护了90%的陆

地生态系统类型和74%的重点野生动物种群,组织实施48种重点濒危野生动物拯救保护工程。

为调查掌握野生动物资源本底状况,我国在上世纪五六十年代就全面开展科学考察,1995年启动了首次陆生野生动物资源调查,于2008年发布了《中国重点陆生野生动物资源调查》报告。

党的十八大以来,我国启动实施了第二次陆生野生动物资源调查,同步开展了289个区域常规调查、鸟类同步调查、专项物种调查。

中国科学院院士魏辅文表示,依据上述调查成果,我国先后发布、修订了《国家重点

保护野生动物名录》《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》,保护物种扩展到2600多种,保护决策依据也更加坚实充分。

“由于野生动物种类繁多、生物学特性各不相同,种群数量调查还面临技术上的困难。”魏辅文表示,针对这一问题,我国目前正在积极研发、推广资源卫星、无人机、分子生物学、人工智能等高新技术,统一规范监测技术标准,搭建陆生野生动物监测体系,争取早日实现对野生动物及其栖息地的全面监测。

大熊猫是我国特有物种,近年来,我国建立以大熊猫国家公园为主体的大熊猫自然保护区体系,大熊猫野外种群数量从上世纪80年代的1100余只增长到目前的约1900只。