

舀勺海水都知道

环境 DNA 或成生物多样性调查新途径

■本报见习记者 任芳言

不用捕捞或潜水观察,从海中舀一杯水,就能知道最近有哪些鱼类曾在附近出没,这是什么神仙技能?

上世纪 80 年代,环境 DNA 的概念被首次提出,用于研究陆地动物食性或淡水环境中的微生物组成等。如今科学家又有了颇具野心的计划:用环境 DNA 调查海洋中的生物多样性。

2018 年,首届海洋环境 DNA 会议在美国洛克菲勒大学举行,会议指出对渔业、濒危物种进行监控时,应该让海水中的环境 DNA “物尽其用”。

海水中能提取出的遗传信息很多,比如海洋生物掉落的皮肤细胞、鳞片等组织,这些都属于环境 DNA,它们能准确识别物种提供帮助。不止是告诉人们海洋中有哪些动物,环境 DNA 还能告诉人们哪些地方有常见的食用鱼类出没,或者检测到哪些水域可能存在污染。

不过,厦门大学海洋与地球学院教授丁少雄告诉《中国科学报》,“这是一项不错的技术,但目前还存在不少缺陷”。

告别拖网

2017 年夏天,美国国家海洋和大气管理局(NOAA)东北部渔业科学中心的研究人员刘媛在纽约州和康涅狄格州之间的长岛湾采集了近 30 份海水样品。这里是有名的牡蛎产地,不少渔民将装有牡蛎的笼子放在海水中养殖,这些笼子会引来许多鱼类。同时,附近还有岩石或冷水珊瑚等天然的海底结构,为附近的鱼类提供栖息场所。

养殖牡蛎的笼子和天然的珊瑚岩石分别代表了人造和天然两类海底结构,它们会吸引不同的鱼类吗?

这是刘媛采集海水样品的目的。她采样的两个站点间距大约有 2000 米,用传统的拖网调查不大可行。“在这么小的范围内,不太可能找到明显的差别。”刘媛说。

通过识别海水样本中的环境 DNA,则有可能找到蛛丝马迹。刘媛与合作者对采集到的样本进行测序分析,将获得的遗传标记与数据库进行比较,发现的确有一部分鱼更青睐有天然结构的海底,而且在样本采集的 3 个月中,鱼群种类组成随时间推移有明显变化。

海洋生物多样性构成、鱼群迁徙阶段……的确,跟拖动笨重的渔网相比,舀一杯水会轻快得多。而且在珊瑚礁等鱼群种类丰富的地方,需要找到更便捷且对环境友好的调研方式。

以识别海洋中的生物多样性为例,如果靠传统捕捞手段,研究者在同一海域能捕获到约 20 种不同的鱼类;但用环境 DNA,在同一水域中则可以有 100 多个物种被检测出来。

如果能采集到更多更具持续性的样本,将其与传统调查方式得出的结果相对照、验证有效性,那么假以时日,环境 DNA 技术则有可能成为垂钓、拖网、潜水等方法之后,一种新的海洋生物多样性调查利器。

“我们从一小杯水中就能知道一大群鱼的信息,这在环境和经济方面都具有重大意



环境 DNA 可以在海洋生物多样性调研中大有作为。
图片来源: DFO Science

义。”洛克菲勒大学生物信息和遗传学家 Mark Stoeckle 曾这样评价环境 DNA 技术的应用前景。

更给力的测序技术

DNA 作为遗传信息存在于生物的每一个细胞中。早在 1990 年前后,就有研究者利用环境 DNA 识别水中的微生物。2003 年,环境 DNA 首次用于检测样品中是否存在大生物(指肉眼可见的生物)。到 2010 年前后,逐渐有研究者将环境 DNA 技术引入海洋调查中。

通过一个细致的过滤器,研究者可以从水体样本中提取出物种 DNA。在一份海水样品中,可包含的 DNA 片段能达到上千万个,而每一个物种能携带的 DNA 又是独一无二的。将从样品中获得的遗传标记序列与 DNA 数据库中的序列相对比,就像是在通讯录里找到相应的电话号码,从而确认分析的 DNA 来自什么物种。

分析环境 DNA 常用的方法包括定量聚合酶链式反应技术(PCR)和基于高通量测序的宏条形码技术。之前,测定海水中的 DNA 不仅费用昂贵,而且需要的时间较长。随着基因测序技术的发展,弄清水中有哪些生物的 DNA 不像先前一般昂贵,而且效率越来越高。

比如在识别特定物种的丰富程度时,环境 DNA 的分析结果可以在样本采集后的几天内得

出,对某些物种的分析甚至可以在 24 小时内得出结果。

斯坦福大学的海洋生物学家 Barbara Block 和其他研究者正在利用环境 DNA 追踪大白鲨在海中的踪迹。利用纳米孔测序技术,他们可以在 48 小时内确定采样处是否曾有大白鲨出没。

不过,对哪个基因进行测序是一个不断作决定的过程。“生物的整个 DNA 携带的信息量非常庞大,只要选取其中一段就可以判定物种种类,但具体选择哪一段基因需要好好考量。”刘媛告诉《中国科学报》。

比如 COI 基因作为使用最广泛的标准条形码基因,有当前最丰富的参考序列数据库,对于物种的鉴定特异性较高,但是可能不足以涵盖高度的多样性。

成为主流技术的门槛

丁少雄告诉《中国科学报》,环境 DNA 在今天若要真的发挥实力,还需要满足一些前提条件,“比如水体样本中能否成功提取出所有目标生物的 DNA,测序结果能否从 DNA 数据库的序列中找到参照”。

和人掉落在房间里的皮肤细胞不同,鱼类或其他海洋生物掉落的皮肤组织会受到水流、温度以及酸碱性等因素的影响,在较短的时间内稀释、降解,因此从水体样本中提取出所需要的物

种 DNA 有一定难度。

另一方面,若 DNA 数据库没有全面、高质量的序列储备,即便从海洋中提取出环境 DNA,也只能是“巧妇难为无米之炊”。“有时我们将检测结果与数据库相对比,得出的结果是‘未知’,但答案真的是未知吗?或许传统的物种鉴定学家应该和环境 DNA 的研究者一起工作,DNA 数据库需要扩充。”刘媛表示。

对于政府部门和项目资助者来说,他们可能更希望看到环境 DNA 与传统的研究方法有何不同,以及对环境 DNA 的利用能否达到更高效的水准,比如不只是测定某一区域有多少种鱼类,还要进一步确定这些鱼类的生物量。

“但这项工作的影响因素太多了,季节、水温、水深、风的大小、水流变化等等,都会对生物量的估算产生影响。”丁少雄表示。

或许与更多学科的研究者合作能一步步解决这些问题。刘媛提到一些设想:“比如环境 DNA 的研究者应该与研究海洋物理的科学家合作,弄清海里的水如何流动,结合海水中各种复杂的化学和物理过程,建立关于环境 DNA 在水体中存留时间的准确模型。”

不论如何,环境 DNA 研究受到了越来越多的关注,丁少雄坦言,近两年看到的与环境 DNA 相关的项目申请数量明显变多。不过,这项技术能否成为未来的主流,还需要更多的时间和经费去验证。

科学线人

全球科技政策新闻与解析

澳河流监管机构被指“玩忽职守”



达令河下游的低水位给当地社区带来了影响。
图片来源: Jenny Evans/Getty

近日,一项针对澳大利亚陷入困境的墨累-达令盆地河流系统管理的独立调查提交了一份措辞严厉的报告,指责相关机构管理不善和疏忽大意。

去年,墨累河的终点——南澳大利亚州成立了一个皇家调查委员会,审查各州和该国对这个横跨 4 州的澳大利亚最大河流的水资源共享管理的立法和政策。

在近日发布的报告中,调查专员、悉尼的一名律师 Bret Walker 写道,“是政治而不是科学”决定了从河流系统中抽取多少水用于农业等用途。

他还指出,墨累-达令盆地管理局是该国于 2007 年成立的法定机构,负责管理该流域的水资源。但它总是“偷偷摸摸”,是“好科学的祸根”。

南澳大利亚州州长 Steven Marshall 表示,政府将考虑该报告的建议。墨累-达令盆地管理局则发表声明,否认其行为不当或非法。该机构表示,它相信管理该盆地的计划是基于现有最好的科学结论。

但该调查委员会建议重新调整水的分配,以恢复和保护该盆地的关键环境资产和生态系统功能。Walker 还呼吁紧急评估该系统面对气候变化时的脆弱性。

在过去的一个月里,南威尔士州达令河下游出现了大规模的鱼类死亡情况,这与气温变化影响水中氧气水平和低水位有关。

堪培拉澳大利亚国立大学水经济学家 Quentin Grafton 在一份声明中表示,这些发现是对长期存在的“气候变暖怀疑论”的反击,气候变暖已经导致了最近梅宁代尔湖/达令河鱼类死亡。他对该委员会呼吁墨累-达令盆地管理局变革表示欢迎。他说,如果没有变革,影响澳大利亚最大河流的灾难将继续下去。

(鲁亦)



与祖国同行 与科学共进

中科院大连化物所 70 年

人物篇

一支敢打硬仗、能打胜仗的团队

■苏贵升

我从参加工作到离休,先是在中国科学院学部办公室和有关业务局工作,后来负责联系中科院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所),风雨里陪同大连化物所走了 40 多年,离休了还依然想着她、爱着她。

结下了“不解之缘”

1956 年,我在大连工学院燃料工艺专业毕业时曾向往到大连化物所工作,但组织上分配我到中国科学院机关技术科学部主任严济慈手下做科研管理。对于科研管理,开始我了解甚少,总觉得没有第一线实干劲儿,严老一眼就看出我的心思,立即找我谈心做思想工作。后来我从工作中更加体会到:当代科学研究是一个整体,组织管理和科学实验缺一不可。管理不善,组织管理和科学实验缺一块都不行。管理工作是铺路,我们就是铺路石,让一线同志踩着我们的肩膀去攀登科学高峰。

我在学部主要是协助学部委员们对各有关系研究所进行管理。燃料化工部的学部委员有侯德榜、侯祥麟、钱志道、张大煜,后来还有赵宗煊等,我负责联系大连化物所、煤炭室和动力室。在实施十二年科技规划中,学部办公室安排我和其他同志负责“石油炼制”和“可燃矿物综合利用”两个规划。承担单位有石油部、煤炭部、有关大专院校和大连化物所等。从此,我和大连化物所结下了不解之缘。我的横向分工是负责物理化学(主要是催化)和化学工程。“两弹一星”任务下达后,中科院成立了新技术

局,技术科学部成了新技术局的后院,工作忙得不得了。“两弹一星”完成后,中科院与国防科委共同成立了中国科学院军工研究委员会,我是第一、二两届的委员,也可能是这个原因,大连化物所承担的国防任务相对多了一些。

记得第一次国家自然科学奖出炉,大连化物所两项获奖成果:一是氯化镧铁催化剂流动床水煤气合成液体燃料,研究成果已超过国际水平,该成果与工业部门合作在锦州石油六厂建立 3000 吨/年的示范工厂,尽管受经费影响,工业化试验最终在 1960 年获得成功;另一项成果是合成油七碳馏分环化脱氢制甲苯,因抗美援朝急需炸药,甲苯作为重要原料也在石油六厂建成年产 2000 吨生产装置,规模虽小,但在国防上起了作用。从此大连化物所不惧产业化工作,凡是有条件转化的成果,他们都千方百计地促其产业化,在“四大家庭”(编者注:指中国科学院 4 个主要的化学所)中,这是大连化物所的强项。

开创了“任务带学科”

大连化物所是按照任务带学科的模式发展起来的。20 世纪 50 年代在从事石油的应用研究与开发工作中逐步形成了催化、色谱、化学工程 3 个配套学科。1958 年,中国科学院在大连召开现场会,时任党组书记、副院长张劲夫把大连化物所这一经验总结为“任务带学科”。60 年代初,大连化物所不仅对已有学科的

发展和提高有很大的推动,还形成了分子反应动力学等新的学科方向。

随着大连化物所研究任务的变化,20 世纪 60 年代初,该所把石油研究所改名为化学物理研究所。改名对大连化物所科研工作的提高起了很大的促进作用。经过一段时间的努力,该所研究水平确有显著提高。记得美国 ICI 公司进行以净化气 3 个催化剂为中心的合成氨工业革命时,原化工部副部长张珍与所长张大煜联系,问张所长能否与化工部合作,使中国的合成氨工业也能实现这一革命。国家下达任务后,大连化物所与当时的化工部北京第一设计院、上海化工研究院、南京化工部北京第一设计院、上海化工研究院、南京化工部北京第一设计院等单位合作,仅用了不到两年的时间就完成了从小试到中试,一直到大型化工业化全过程。此项成果曾提名国家科技进步奖一等奖。

2000 年以后,大连化物所的催化领域已成为国内优势学科,在国外也有一定影响。不仅在多相,也在均相方面开展了广泛研究。经批准,已在该所建成催化基础国家重点实验室及国家催化工程技术研究中心。

到 2002 年,以色谱为重点的分析工作已召开十多次全国色谱分析交流会,推动了全国色谱工作的发展,当时已成为国家色谱研究分析中心、国家进出口商品检验检疫测试认可实验室,色谱分析的许多方面都在国内外处于领先地位。

化工方面,膜技术已在 2000 年发展成为

国家工程研究中心,已建成膜基地形成规模生产;燃料电池工程中心研制的千瓦级质子膜电池已通过技术鉴定,进入组建生产阶段;2001 年按中科院的部署参与生物技术研究,成立生物技术部,推动生物工程发展。

分子反应动力学及在这一方向指引下布点开展的化学激光工作都有很大进展,均已发展成为国家重点实验室。

交出了“满意答卷”

20 世纪 60 年代末 70 年代初,中央专委向中国科学院下达了空间飞行器姿态控制推力器的研制任务。任务是七机部一院和五院分别提出的,其中解决姿态控制催化剂是关键问题之一。当时中科院长春应用所、化学所等许多单位都有催化方面的工作,交给谁呢?大连化物所对于承担国防任务异常兴奋和积极。经研究还是把任务交给了大连化物所,并找了姜炳南、杨宝山等座谈。他们坚决表示:“国防任务就是命令,国防所急就是我们所急。再硬的任务一定完成。”此后,由姜炳南、杨宝山、周业慎等成立了攻关组。没想到,经与提出任务单位互相交底后,发现这个任务确实很难。但是他们毫不畏惧,靠团队精神,精心研究,经过 10 年的努力,先后完成了几个牌号的催化剂,并提前 1 年拿出了工业化生产的产品。远程导弹于 1980 年 5 月准确打中太平洋靶区,通信卫星于 1984 年 4 月准确入轨。

提浓重水的工作也进行得好。由于西方对我国实行禁运,国家计划用双温交换法建厂,短期内还难以投产,氢弹工作做实验急需的少量重水也提供不了。正是在这样的情况下,大连化物所克服填料塔塔放大效应采用多管塔,不仅解决了急需的样品问题,还研制成了一种有自主知识产权的重水生产新方法,很快在亮甲店等地完成中试建立生产装置投产,解了燃眉之急,使氢弹工作能按时完成计划。此外,大连化物所急国家之所急,生产的低冰点柴油在珍宝岛保卫战中立下了赫赫战功。到 2002 年左右,已运转 30 多年的生产装置仍在运行。

燃料电池是一个综合性的系统工程,考虑到大连化物所在科研组织管理以及有关系统工程研究方面的能力,中科院将这一重要课题交给了该所。所组织 100 多人进行会诊,在美国阿波罗飞船上天后不久,就突破了诸多难点,终于拿下了载人飞船用的两个型号的燃料电池。

我在想,大连化物所为何总能在各个历史时期抓住国民经济和国防建设中急需的任务作出出色的成果?因为他们是一个协力攻坚、特别能战斗的团队,是一个敢打“硬仗、大仗”,特别能奉献的团队,这是他们给我留下的最深刻的印象。

作者简介

苏贵升,男,1935 年 8 月出生,中国科学院原基础局副局长,研究员,1991 年离休。