

得益于养殖技术突破、养殖品种开拓，我国五次海水养殖浪潮从青岛发端，不断兴起、发展。如今，青岛正加快引领以深远海养殖为代表的第六次海水养殖浪潮——

海水养殖“潮起”，何以六次均在青岛？

□青岛日报/观海新闻记者 李勋祥

眼下，北起辽宁，南至广东，固着在养殖筏架上、于海水中倒着生长的海带正处于收获季。从海岸望去，这些墨色的“海带田”从近海一直向数公里外海延伸，鳞次栉比，构成了一幅幅“海上丰收图”。

在当下的中国，海带早已成为再普通不过的食物，但在过去，它并不常见，也无法养殖。事实上，我国海水养殖产业的快速发展，就是从突破海带养殖开始的，继而是虾、贝、鱼、参，这些养殖品种在全国1.8万多公里的大陆海岸线推广，让我国实现了“养殖大于捕捞”的突破，海水养殖产量从零开始一跃成为世界第一。

业界把藻、虾、贝、鱼、参的养殖突破和规模推广称之为我国五次海水养殖浪潮。而青岛依托雄厚的海洋科创能力，成为我国五次海水养殖浪潮的发源地。近年来，青岛继往开来，以“深蓝1号”网箱、“国信1号”养殖工船等深远海养殖装备为支撑，加快引领我国以深远海养殖为代表的第六次海水养殖浪潮兴起。

我国海水养殖浪潮的不断兴起、发展，得益于养殖技术突破、养殖品种开拓以及养殖模式变革。在这个过程中，科研人员和企业也在不断探索与思考，如何解决深远海养殖成本高、海水养殖品种较少等问题，如何进一步对装备、育种提质增效。



■海洋所培育的海带新品种“中宝1号”在我国沿海地区规模化推广。



■2002年，雷霖霖（中）检查怀卵的大菱鲆亲鱼。



■青岛国家深远海绿色养殖试验区是全国首个也是目前唯一一个国家深远海绿色养殖试验区。

青岛加快引领第六次海水养殖浪潮

●第六次海水养殖浪潮以养殖空间的变化、养殖模式的变革为主要特征。近年来，青岛牢牢把握我国海水养殖从近海走向深远海的发展趋势，牵头研发出“深蓝1号”、“国信1号”等系列深远海养殖“大国重器”

●2018年，“深蓝1号”网箱在青岛建成交付，这是我国首个深远海大型渔业养殖装备，也是全球最大的全潜式深远海养殖装备。眼下，养殖水体达9万立方米、养殖容积是“深蓝1号”近两倍的“深蓝2号”已在青岛出坞，投入使用后，将成为国内应用海域最远、适用水深最深、养殖水体最大、功能性能最先进的深远海养殖网箱装备

●2022年，全球首艘10万吨级智慧渔业大型养殖工船“国信1号”交付运营，实现了我国深远海大型养殖工船产业“由0到1”的进阶发展。当前，两艘15万吨级养殖工船“国信2-1号”“国信2-2号”正加快建设，均设置21个养殖舱，养殖水体9.6万立方米，年产高品质鱼类4000吨，计划2025年交付运营。届时，三艘养殖工船总年产量将近1万吨

中国以海带养殖为代表的的海水养殖浪潮的兴起，很大程度上源于建国初期国家对于碘的需求。1949年新中国成立后，国外排华势力对中国全面封锁，碘作为禁运品即在其中。为了解决碘的问题，寻找碘矿曾是一个解决思路，而海洋科学家则将目光投向含碘量高的海带。不过，海带是喜冷水的大型海藻，我国海域温度较高，不适宜海带生长，海带在我国并没有天然分布。为了实现海带在国内规模养殖，我国组织一批科研单位攻关，最终由青岛科学家牵头突破。

以中国科学院海洋研究所（以下简称“海洋所”）曾呈奎院士等为代表的青岛海洋科学家，首先创造了海带育苗培育法，相较传统的秋苗培育法，大幅度延长了海带生长时间，提高了产量。随后，发明了筏式养殖等技术，特别是20世纪50年代后期发明了海带南移栽培技术，将海带栽培区从寒温带的辽宁一路拓展到亚热带的广东。在60年代兴起以海带养殖为代表的的海水养殖浪潮，使我国海带的养殖面积和总产量大幅提升，迅速成为世界第一。

如果说前五次海水养殖浪潮是以养殖技术的突破、养殖品种的变化为主要特征，那么第六次海水养殖浪潮就是以养殖空间的变化、养殖模式的变革为主要特征。近年来，青岛牢牢把握我国海水养殖从近海走向深远海的发展趋势，牵头研发出“深蓝1号”、“国信1号”等系列深远海养殖“大国重器”，加快引领我国以深远海养殖为代表的第六次海水养殖浪潮兴起。

中国海水养殖从近海走向深远海，是大势所趋。随着我国近海养殖的规模化发展，长期的高密度养殖已经导致近海养殖容量接近饱和、海域承载力接近极限，并引发养殖海域富营养化、养殖病害频发等一系列问题。所以，随着近海养殖空间不足、海洋环境保护力度加大以及城市更新改造等变化，深远海养殖逐渐被提上日程。

养殖空间的变化，带来了养殖模式的改变。以往，我国海水养殖主要使用近海网箱、陆基工厂化和岸带池塘三种模式。随着海水养殖走向深远海，新的养殖装备开始兴起。经过多年发展，重力式网箱已成为深远海养殖最主要最成熟的养殖模式。特别是深水抗风浪网箱，让海水养殖进一步向深远海迈进。据国家海水鱼产业技术体系

前五次浪潮解决“能不能养”问题

就在聚力攻关海带养殖的同一时期，从20世纪50年代开始，以海洋所刘瑞玉院士等为代表的青岛海洋科学家开展了对虾的调查研究工作。60年代，海洋所吴尚勤率先在实验室人工控制下培育出了人工虾苗。80年代，以中国水产科学研究院黄海水产研究所（以下简称“黄海所”）赵法箴院士为代表的青岛海洋科学家突破对虾工厂化全人工育苗技术，从根本上改变了我国长期主要依靠捕捞天然对虾养殖的局面，在80年代掀起我国以对虾养殖为代表的第二次海水养殖浪潮。

“潮”刚兴，“潮”又起。1982年，海洋所张福绥院士首次从美国大西洋沿岸引进海湾扇贝，并突破了采卵、孵化、育苗等关键技术，研究成果获1990年度国家科技进步奖一等奖，在90年代掀起以扇贝养殖为代表的第三次海水养殖浪潮；1992年，黄海所雷霖霖院士首次从英国引进冷温性鱼类良种——大菱鲆（多宝鱼），突破工厂化育苗关键技术，构建起“温室大棚+深井海水”工厂化养殖模式，给我国特别是北方地区找到了一条既耐低温又能快速生长的名贵品种，迅速形成规模

化养殖，在20世纪90年代末推动了以鲆鲽鱼类为代表的第四次海水养殖浪潮兴起。

继藻、虾、贝、鱼之后，我国于21世纪初又掀起以海参、鲍鱼养殖为代表的第五次海水养殖浪潮。当时，海参、鲍鱼等海珍品已经因为多年的捕捞强度过大而濒临资源枯竭。驻青海洋科研单位对海参、鲍鱼养殖技术开展了多次试验和研究，并在刺参、鲍鱼人工育苗和养殖技术上取得重大突破，由此推动鲍鱼、海参等海珍品快速在全国推广养殖。

可以看出，前五次海水养殖浪潮之所以兴起，主要是解决了藻、虾、贝、鱼、参“能不能养”的问题。而新中国成立以来，国家在青岛布局了诸多涉海大院大所，例如，新中国第一个专门从事海洋科学研究的国立机构——海洋所，第一个综合性海洋渔业研究机构——黄海所等，同时，青岛还拥有我国最强的综合性海洋大学——中国海洋大学。依托实力雄厚的技术平台，青岛率先实现了相关养殖品种的育苗突破、繁殖突破，也逐步开始了水产新品种的培育和推广工作。由此，前五次海水养殖浪潮均从青岛发端，进而推广至全国。

第六次浪潮主要聚焦“去哪里养”

计，21世纪之前，我国长40米以上的深水网箱极其稀有，2000年之后才逐渐发展起来。2003年至2022年，我国深水网箱养殖水体由353万立方米发展到4398万立方米，养殖产量由13022吨发展到393299吨。2022年，深水网箱养殖产量已占网箱养殖总产量的38%。

大型桁架类网箱的投用，进一步拓展着我国海水养殖的边界。2018年，“深蓝1号”网箱在青岛建成交付，这是我国首个深远海大型渔业养殖装备，也是全球最大的全潜式深远海养殖装备，养殖水体约5万立方米，相当于40个标准游泳池，可同时养殖30万尾三文鱼，并根据海水温度控制网箱升降，使养殖鱼群生活在适宜的海水层。“深蓝1号”建成投用后，引发了我国桁架类网箱建造热潮，目前我国四大海区已有“德海1号”等深远海桁架类网箱40余个。眼下，养殖水体达9万立方米、养殖容积是“深蓝1号”近两倍的“深蓝2号”已在青岛出坞，投入使用后，将成为国内应用海域最远、适用水深最深、养殖水体最大、功能性能最先进的深远海养殖网箱装备。

大型深远海养殖工船的交付运营，让我国深远海养殖加速推进。2022年，全球首艘10万吨级智慧渔业大型养殖工船“国信1号”交付运营。这

个养殖水体达9万立方米（15个养殖舱，每个养殖舱相当于2个国际标准泳池容量）、年产量3700吨的“养殖航母”，如同一座移动的“蓝色粮仓”，实现了我国深远海大型养殖工船产业“由0到1”的进阶发展，有力推动我国养殖区域由近岸向深远海，开辟了我国高品质水产蛋白的供给新空间。当前，两艘15万吨级养殖工船“国信2-1号”“国信2-2号”正加快建设，均设置21个养殖舱，养殖水体9.6万立方米，年产高品质鱼类4000吨，计划2025年交付运营。届时，三艘养殖工船总年产量将近1万吨。

大力发展深远海养殖，对优化水产养殖空间布局、促进海洋渔业转型升级、确保国家粮食安全等具有重要意义。2023年中央一号文件提出，发展深水网箱、养殖工船等深远海养殖，释放了国家鼓励深远海养殖的信号。2023年6月，我国印发首个关于深远海养殖发展的指导性文件，加快推进深远海养殖。

今年5月，由黄海所牵头的国家重点研发计划项目“开放海域和远海岛礁养殖智能装备与增殖模式”通过综合绩效评价，为最高等级“优”。通过这一个项目，研制出了14个大型养殖装备，约占我国深远海大型养殖装备的四分之一。

针对“怎么养好”进一步提质增效

需要研究突破，尤其是要解决好网箱、围栏网衣破损问题。同时，还需要进一步提升养殖装备的机械化、自动化、智能化水平，做好网衣附着物清除、网衣破损监测、鱼群生物量监控等。

牵头设计研发“深蓝1号”网箱的中国海洋大学原副校长董双林认为，当务之急是要提高桁架类网箱和养殖工船的生态性和经济性。“我国已建桁架类网箱和养殖工船的单位养殖水体造价和单位重量养殖产品能耗都较高。提高装备的抗风浪能力、降低造价、减少能耗或利用新能源已成为提高深远海养殖生态性和经济性的关键。”

无论是近海养殖抑或是深远海养殖，优良的水产新品种都是基础和关键。在加快水产良种培育方面，我国发展迅速。从20世纪80年代零星发展，到90年代真正开始水产新品种培育，再到21世纪以来逐渐形成规模化，截至2023年，全国已累计发布水产新品种283个，为有力推进水产种业振兴、水产养殖业高质量发展提供了种源保障。

“不过，适合海水养殖的水产新品种相对还是较少。例如，我国人工养殖的海水鱼类有60多种，仅有9种有新品种，其余绝大多数还没有新品

种，海水鱼良种创制难以满足我国海水鱼养殖产业高质量发展需求。”中国科学院院士、黄海所研究员陈松林介绍。同时，由于过去多是采用传统的育种技术，比如杂交、群体选育、家系选育，主要是针对生长性状培育水产新品种，却忽视了其抗病性能，难以解决我国海水养殖业中存在的种质退化、病害频发的问题。所以，利用基因组选择技术、基因组编辑技术等现代分子生物技术，加强抗病、高产、优质突破性水产新品种的培育，是未来的一个重要发展方向。

未来，第六次海水养殖浪潮“怎么养好”，需要进一步对装备、育种提质增效。

值得提及的是，青岛海水育种能力全国最强，多年来培育的水产新品种占全国四分之一以上，正持续围绕水产良种培育聚力攻关。比如，针对国内养殖的三文鱼鱼苗几乎全部依赖进口的现象，前不久中国海洋大学包振民院士团队攻破系列技术难题，成功诱导10000余尾大西洋鲑伪雄鱼，实验检测诱导率达到了100%，为自主繁育大西洋鲑鱼走出了关键一步，未来有望从根本上解决大西洋鲑种业关键难题。



■全球首艘10万吨级智慧渔业大型养殖工船“国信1号”。