

「造岛神器」天鲲号是怎样炼成的

本报首席记者 郑蔚

6月12日，被誉为“造岛神器”、有着亚洲最大绞刀功率的重型自航绞吸挖泥船“天鲲号”，完成首次海试，回到振华启东码头。

“天鲲号”项目总指挥、振华重工启东公司副总经理陈新华告诉记者，首次海试进行了航速测定、停船、回转、操舵、装置、船舶动力系统功能及其他辅助系统功能等25项试验及测试，取得圆满成功。

按理说，“重型自航绞吸挖泥船”是特种工程船，一般不会引起社会太大关注，但“天鲲号”竟完全例外。盖因早在去年5月，“天鲲号”尚在船坞中建造、船体尚未合拢之时，国家商务部就正式发布公告：为维护国家安全，对大型挖泥船实施出口管制，未经许可，不得出口。

众所周知，西方发达国家对中国的技术封锁，几乎与新中国的历史一样长。就在新中国举行开国大典后不久，美国就发起成立了“巴统组织（对社会主义国家实行禁运和贸易限制的国际组织）”；1994年“巴统组织”寿终正寝，但次年9月，美国又发起并通过了《瓦森纳协定》，与“巴统”一样，该协定包含军品和军民两用商品及技术控制清单，中国同样被列入禁运国家名单。而在“天鲲号”上，公众听到了历史反转的声音，这一“上海制造”确实令人振奋。

记者想知道的是，这“造岛神器”究竟是怎样炼成的？



全长55米的主钢桩，尖头实心，重185吨。



“天鲲号”在人们的注目礼中首次进行海上试航。

均本报首席记者 郑蔚 摄

“国之重器”，缘起“国家战略”

2015年6月8日：签订造船合同。

这一天的启东市政府礼堂喜气洋洋。中交天津航道局有限公司和上海振华重工（集团）股份有限公司领导在此签下建造“天鲲号”的总包合同，并委托中船集团708所担纲设计。

“为了这个项目，中船708研究所和中交天津航道局从2012年到2015年花了4年多时间在前期研究上。”708所副总工程师费龙告诉记者。

2012年，国家工信部将自主设计和建造重型自航绞吸挖泥船列为“高技术船舶科研计划项目”，这让一直力主“国轮国造”的708所造船专家格外振奋。费龙说：“直到2000年，我国的重型挖泥船还是依赖进口的。1998年特大水患发生后，在许学彦院士的带领下，708所老专家曾联名写信，呼吁挖泥船‘国轮国造’；但在2002年一个大型挖泥船项目订购‘评估报告’中有人说，我国不具备制造大型挖泥船的能力。这让我们708所的老专家愤愤不平，因为这种论断把我国自行设计和建造大型挖泥船的路都堵死了。为此，再次上书国家有关部门。如果没有一家中国船东愿意委托中国的船研所和中国的船厂来设计、建造挖泥船，那中国人的设计能力和制造能力拿什么来证明？难道我们的挖泥船就只能永远依赖进口吗？”

进入21世纪以后，我国造船业的研发投入大大增强。淮海大学在常州校区建造了较为先进的疏浚试验室，中交上海航道局有限公司和天津航道局分别建造了疏浚技术试验中心。我国疏浚试验室的规模甚至超过了一些欧洲疏浚技术领先的国家。中国船东相信中国造船专家和造船企业有能力设计和建造好“大国重器”。

上海振华重工（集团）股份有限公司总裁黄庆丰的一番话，道出了振华重工为何要挑战国际挖泥船巅峰的雄心：“习总书记说，‘关键的技术要靠我们自主研发，海洋经济的发展前途无量。’我们作为‘上海制造’中的国家队员，定位必须是国家发展战略的需要。我们相信，通过技术创新，一定能实现海洋装备制造的跨越式发展，造出更强、更先进的海工装备。以挖泥船为例，从上世纪90年代开始，我们造过‘耙吸式挖泥船’‘抓斗式挖泥船’，但那是适合在内河及近海作业的工程船；现在我们必须根据国家的‘建设海洋强国’的发展战略，造出能到远海作业的、在恶劣海况下工作的挖泥船。所以我们上下下决心一定要敢为人先，造好‘天鲲号’！”

2015年12月15日：钢板切割。

第一块钢板由时任上海振华重工启东公司总经理梁璐切割。

从签约到切割第一块钢板的6个月，费龙率领的团队未有丝毫懈怠，仍在全力以赴地优化设计方案，为振华重工提供了详细的设计图纸。

“天鲲号”为什么这么难造？此前，天津航道局不是已经有了挖泥船“天鲸号”吗？记者请教费龙。

“‘天鲸号’的设计方案是德国公司提供的，主要设备也由德国公司供货，设计

的关键技术是由德国公司来解决的。此前，设计重型自航绞吸挖泥船对我们来说还是空白。”费龙说，“虽然同样是绞吸式挖泥船，我们‘天鲲号’在技术上要比‘天鲸号’更胜一筹。你从外观上就会发现，‘天鲸号’用于安装绞刀头的桥架是安装在船头方向的，绞吸船航行时，船体受到冲击的震动很大；而‘天鲲号’的桥架完全换了一个方向，桥架是安装在船尾的，冲击的震动大大减少，有利于保证船体结构的安全。同样是绞吸船的桥架，‘天鲸号’的桥架重1100吨，最大作业深度是水深30米；而‘天鲲号’的桥架重达1600吨，最大作业深度达到了水深35米；‘天鲸号’的绞刀头直径为3.5米，绞刀头上分布着42颗刀齿，还可更换4种不同类型的绞刀，以适应通用、黏土、挖岩及重型挖岩等4种不同海床类型。‘天鲲号’的泥沙最远输送距离也大于‘天鲸号’，‘天鲸号’的最远输送距离为6公里，而‘天鲲号’的最远输送距离达15公里，其作业能力为亚洲第一。”

2016年7月28日：进坞合拢，开工安装96个分段。

这是难忘的一天。按施工方案，“天鲲号”被分解成96个分段，每个分段重约八九十吨，已在岸上分段建造。从这天起，96个分段开始在船坞中逐个焊接安装，最后全船合拢。

设计部特机处处长宋玉甫告诉记者，那天一大早，总装部船体车间的员工早就来到船坞，先将几个车墩的水平高度调准。这非常重要，它确定了整艘船的基线和肋位。通俗地说，就是确保最底层的各个舱段都能安装在同一水平线上。

一艘船的合拢安装是从哪个分段开始的，是从船艏还是船艉？陈新华回答说：“都不是。通常是从船艏最底层的靠中间的一个分段开始合拢的，先从中间分别往船艏和船艉合拢，再从下往上合拢。全船第一个安装的分段又叫‘定位段’，‘天鲲号’的定位段编号是‘EB12C’，位于船体的泥泵舱。”

“难就难在，不知道究竟有多难”

2016年11月6日至12月2日：船艏关键区域（开槽区域和钢桩台车区域）合拢。

作为特种工程船的“天鲲号”，其船艏关键区域与普通船舶不同，船艏有钢桩台车，船艏要开槽，以便安装桥架。陈新华介绍说，桥架长度42米、宽8米、高11米，重达1600吨，如此庞然大物要安装在船体，其与船体的间隙只有13毫米。“13毫米有多宽？我们成年人一个大拇指的宽度就在20毫米左右。为什么不能大于13毫米？因为如果间隙大了，作业时，船体的震动就大，桥架以及船体与其连接的轴承、耳轴损耗就大，所以必须高度精密。”他说。

质量管控部工程师丁忠华告诉记者，船体和桥架做到“高度精密”的诀窍是，要确保焊接的钢板不变形，不仅制造分段时不变形，而且合拢焊接时也不能变形。他们发现只有深夜和凌晨时钢板的变形最小，因此把工作时间定在深夜11时和凌晨4点之间，天亮就收工。一般船舶的分段拼接误差为正负4-6毫米，而他们达到了3毫米。

2017年5月上旬：桥架耳轴绞点加工。

说起建造“天鲲号”的难度，陈新华

感叹道：“难就难在，因为是首制船，之前国内谁也没有建造过这么复杂的绞吸船，所以不知道它究竟有多难。”

而桥架耳轴和绞点的加工安装，是“天鲲号”建造中的一大难点。

“天鲲号”的一大技术创新，是桥架有上下两个绞点，通俗地说，就是桥架在船上有上下两个支点。“天鲲号”只有一个绞点，它的最大挖深是30米；而“天鲲号”将桥架放到下绞点后，挖深可以达到深35米。上下绞点之间相距5.2米。问题是，怎么保证桥架轴承与船体耳轴之间的8个连接点在相对应的一条线上？如果轴承和耳轴不在一条线上，耳轴就无法顶进轴承；如果轴承和耳轴之间的间隙过大，轴承就很容易被顶坏。

“为了攻克这个技术难关，我们开了几十次专家会议，反反复复研究、讨论，拿出多个不同方案比选，最后终于攻克了这个技术难关，将轴承和耳轴的安装间隙控制在1.5毫米以内。”陈新华说。

2017年7月20日：钢桩门成功复装。

从外观上看“天鲲号”与“天鲸号”的又一大区别是，“天鲸号”的船艏右舷有一个很大的“豁口”，船艏似乎缺一块；而“天鲲号”，在船艏右舷特意设计制造了一个可开可闭的辅钢桩门。

上海振华重工启东公司副总经理袁佳卫说，“这样的设计是为了使船艏的线性更为完整。航行时，辅钢桩门合上，船艏可以‘乘风破浪’；作业时，辅钢桩门打开，便于辅钢桩插入海底。”

2017年8月17日，船体上部建筑完成第二次吊装，验收合格。

“天鲲号”自甲板以上的上部建筑，包括驾驶室、船员舱、会议室、厨房等共有5层，重达500吨左右。与国内所有挖泥船不同的是，别的船的上部建筑是直接焊接在船体上的，称之为“硬连接”；而“天鲲号”的上部建筑与船体之间有“硬连接”与“柔性连接”两种方式。它的“硬连接”也与“天鲸号”的“硬连接”不同，船在航行时，它可以锁定上部建筑与船体；而在船作业时，则解除“硬连接”，将上部建筑放在下面基座的148个气囊上，每个气囊可承重5吨。

“当绞刀在海底粉碎45兆帕的中风化石时，绞刀头的转速是每分钟30转左右。这种低频震动不仅对船体的影响很大，而且会让船员很不舒服。这148个气囊就起了缓冲和消解震动的作用。”费龙说。

“但这对造船方又提出了新的精度要求。整个上部建筑的底面积比半个篮球场还大，要求148个气囊的平面度相差不超过2毫米；如果超过2毫米，这148个气囊的受力就不均匀了。”陈新华说，“我们必须确保基座的平面度在一个水平线上，所以在6月23日先吊装了一次，进行精度测量和调整，确保了第二次吊装一次成功。”

2017年9月30日至10月1日：桥架一次移运成功。

桥架是“天鲲号”的关键设备，合拢后重达1600吨的桥架如何从船艏安装上船的？为了破解这个难题，振华重工启东公司请来专家，评审会前前后后持续了2年。为什么这么难？因为吊车的起吊重量只有500吨。

“最后我们决定用轨道平移的方式，才确保了桥架安全、精准地与船体对接。虽然桥架进入船艏开槽区只有30米行程，

但必须‘步步精心’，确保一次成功！”陈新华说。

2017年10月22日至23日：主、辅钢桩吊装就位。

往“天鲲号”船头看去，最醒目的就是主、辅两大钢桩。这两根钢桩如同一对‘孪生兄弟’，所有的数据都一样：尖头实心，长达55米，直径是2.2米，重185吨。

它的功能何在？陈新华笑着说，“这两根钢桩就如同‘天鲲号’作业时的两只脚。挖泥作业前，主钢桩要插入海底；挖泥作业时，钢桩不动，船动。主钢桩上有行走油缸，行走油缸推动安装在船体上的台车，台车的行程为9.2米，因此钢桩最远一次可以‘走’9米多。主钢桩第一步‘走完’后，赶紧插入辅钢桩，这等于人跨出第二只脚；再把主钢桩抬起，通过行走油缸将主钢桩往前方再次插入海底。如此交替前进，就如同人的双脚交替往前迈步一样。

“追求极致，才是新标准”

2017年11月3日：下水。

这是公众最关注“天鲲号”的一天。下水的“天鲲号”船长140米，型宽27.8米，型深9米，总装机功率25843千瓦，设计每小时挖泥6000立方米，绞刀额定功率6600千瓦，设计航速12节。它融合了当前世界最新科技，是我国自主研发、拥有完全自主知识产权的一款绿色环保、高效智能的重型自航绞吸挖泥船。

但“天鲲号”下水时，还没有自航能力。从下水到海试，先后完成全船液压管系安装、船舶舾装、涂装、推进系统调试及全船动力系统安装调试等工作。与“天鲸号”不同的是，“天鲲号”还加装了钢桩的缓冲补偿油缸，这使得“天鲲号”获得了较好的纵向柔性功能。

“何谓‘纵向柔性功能’？就是当钢桩插入海底、桥架作业时，船体可以纵向上下摆动正负4度。它使得‘天鲲号’可以在浪高3米时安全作业；如果不具备这一柔性功能，船舶的作业海况要求是浪高不超过1.5米。”费龙说。

2018年6月8日至12日：首次出海试航。

首次海试成功，并不意味着万事大吉。“按计划，我们在下个月还将进行疏浚功能试验。”陈新华告诉记者。

“经历了建造‘天鲲号’的整个过程，您是不是已经‘知道造它有多难’，心里多少有了底了？”记者问陈新华。

“只能说，我们知道将面临怎样的挑战。一些过去习以为常的‘老规矩’，在建造‘天鲲号’时已经过时了。比如，起吊桥架的钢丝绳和滑轮的偏角，按照国内通用的起重机的标准，只要小于5°就行了。而在‘天鲲号’上，如果仅仅小于5°，钢丝绳就会磨损到滑轮，允许的偏角必须调整到1°。还有，业内标准允许铸件里含有一定比例的气孔或缺陷。但在建造‘天鲲号’时就行不通。所谓‘标准允许’，这‘允许’的只能是最低标准，而‘大国重器’要求的则是‘追求极致’。桥架和船体上安装轴承的基座是铸件，发现有气孔后，必须补焊。当时，阳光下的作业场地温度已经达到了60摄氏度，电焊师傅还要穿着防电焊火花的工作服钻进150℃的内径去电焊，几分钟就大汗淋漓了，10分钟必须换一个人，好让我们的师傅真的特别能吃苦。”陈新华说。

而越来越多的上海企业也看好沪苏浙三省一市推动长三角更高质量一体化发展的前景，启东市委常委、宣传部长姜平告诉记者，在日前举行的启东国际经贸洽谈会上，签约项目30余个，总投资超120亿元。令人欣喜的是，这签约项目中七成以上来自上海。

记者手记

就在“天鲲号”海试前一天，上海品牌国际认证联盟宣布，上海53家企业的50个产品和36项服务通过认证。振华重工总裁黄庆丰告诉记者，该公司获得了“上海品牌”001号证书。这与“天鲲号”海试，不是纯意外的巧合，而是一个有远见的企业做出合乎市场发展规律的正确选择并长期不懈努力的结果。

就在“天鲲号”驶离启东码头开始海试前的2小时，启东市委、市政府召开了“启东海工装备与军民融合产业创新发展论坛”，启东市委书记王晓斌在致辞中说：“启东靠江靠海靠上海，拥有国家一类开放口岸，江海岸线178公里，可利用深水海岸线30公里，中深水长江岸线20公里，码头20座，船坞5座，具备大型船舶修造、停靠和进出港的天然条件，是上海一小时经济圈内不可多得的天赋深

长三角一体化拓宽“上海制造”新空间

水良港。”

黄庆丰告诉记者：“正是紧跟国家发展战略的迫切需求，以及启东在长江北岸出江入海的‘门户地位’，吸引了振华重工。振华重工启东码头的水深就达13米，还建成了30万吨的船坞和5万吨的船台，这对我们壮大海工产业是不可或缺的条件。如今，振华重工已经形成了在上海和南通1:1的布局。我们在南通有5大生产基地和一家合资公司，不仅有启东公司，还有制造钻井平台的海洋重工装备基地、钢结构制造基地、齿轮箱配套基地和集装箱场桥、轨道吊基地，以及从事海上风电安装的龙源振华风电公司。”

振华重工选择落户南通，是因为南通

的独特优势与其各扬所长、优势互补、功能联动，从而集聚起有特色有优势的产业集群，企业实力大增。黄庆丰说：“上海与南通的合作是有着深厚的经济和人文基础的，首先是南通地区的产业配套能力很强，产业链较为完整；其次，员工素质较好，有完善的产业工人的资源，我们振华重工的目标是制造‘大国重器’，现在就是招一名电焊工的技术要求也很高；再者，当地政府支持，相对成本较低；第四，南通处于上海一小时交通圈内，从启东‘上海很方便，下海也很方便’。上海的专家早上来解决启东的生产问题，晚上就可以回上海；我们制造的大型海工装备从这里出海，不用穿过跨江大桥，就能直奔东海。

现在政府提出更高质量地推进长三角一体化发展，我们认为长三角一体化发展为‘上海制造’拓宽了新的发展空间。”

启东海工园党委书记黄红春告诉记者，长三角一体化发展必将带动启东更快地发展。启东海工园已经集聚了海工船舶及配套企业60多家，形成了以中远海工、蓝岛海工为主的海洋石油钻井装备制造业，以京沪重工、中集太平洋海工为主的海洋特种船舶制造业，以振华重工、胜狮能源装备为主的港口能源装备制造三大产业板块，成为启东新的支柱产业。