

科学领航者的上海故事

主持设计研制成功我国第一艘深潜救生艇的他,如今87岁高龄仍每周到研究所工作

走出“上海制造”深潜器创新之路

本报记者
马亚宁



1986年,“7103深潜救生艇”在南海完成潜艇对接,实现艇员干式转移。

“当时只有上海交通大学拥有全国唯一——个拖曳池,可以用来做核潜艇的阻力和推进器性能试验。我那时刚大学毕业,就加入到我国首个核潜艇项目中来了。”虽然已经87岁高龄了,但身材魁梧高大的朱继懋依然精神矍铄,去年此时因感染新冠住了半个多月的医院,今年又像是浑身有使不完的劲儿,每周会从中市中心跨越半个上海,来到位于交大闵行校区的上海交通大学水下工程研究所。

实验室走廊上,中国第一艘深潜器“7103”深潜救生艇,“海龙二号”ROV、“潜龙一号”AUV、“蛟龙HOV”首次“三龙”聚首,我国第一套深海6000米拖曳观察系统……一张张朴实的老照片,是老科学家一生默默无闻却又一路繁花的科学脚印。而正是这些老科学家的清晰脚印,一步步踩出了我国海洋深潜技术“从0到1”的艰难起步,又“从1到N”的超越之路。

1987年南海实验 打破我国潜艇下潜深度的纪录

从“零”起步就瞄准国际竞争力

1955年,美国宣布世界上第一艘核潜艇——“鹦鹉螺”号研制成功。此前一年,朱继懋怀着对蔚蓝海洋的无限憧憬,以优异的成绩考入上海交通大学船舶工程系。

头脑聪慧、学业突出的朱继懋特别能吃苦,而且拉得一手很棒的小提琴,在同学老师中相当受欢迎。毕业前夕,他被选拔到北京参与学习研制核潜艇的相关工作,亲耳聆听中国老一辈科学家的教诲;后来,又参加国家重大研究项目,特别是在研制摧毁U2飞机的装备过程中,显示了他完成任务的非凡才能。“1960年,我参加钱学森主持的师资培训班,经受了严格的科学训练。”至今他还记得,钱学森授课时的一丝不苟和废寝忘食,“钱老站在讲台上,一讲就是七八个小时,没有讲义也没有课间休息。有时黑板不够用,长长的公式就延伸到了黑板旁边的墙上。”

钱学森讲授的力学基础课,给了朱继懋很大的启发。一流科学家不知疲倦、精益求精的科学精神更是一直激励着他。“我们国家在深潜技术上一定要赶超世界先进水平!”就成了他给自己立下的誓言。1971年,时年34岁的助教朱继懋,被上级任命为中国第一艘深潜救生艇总设计师(兼总体组组长)。朱继懋不辱使命,“交给自己的任务都能完成”,一头钻进太湖边的一个船舶实验池,与同事们做“7103”的设计性实验,一干就是几年。

那些年里,大女儿出生一年多,他都没能看上一眼;等女儿长大点,妻子带着女儿跟他住到乡下的实验基地,他也常常工作到深夜,一家人近在咫尺,依然聚少离多。“有时忙到深夜,回家看着女儿熟睡的小脸上被叮的红又肿的蚊子块,我既心疼又无奈啊!”朱继懋深知工作的分量,更记牢

家人的好,内心多了一份力量和深邃。深入海洋,水深50米以上就是漆黑一团,而且每增加10米水深还要增加一个大气压。大深度下对深潜器的强度要求极高,大洋深处洋流对潜艇对接救生的影响,这些都充满了复杂多变的技术难题。面对高难度,有人主张分四步走:按观察型、作业型、人员水下出入型、水下对接转型一步步来。而总设计师朱继懋却敢于考虑技术上的超前性,从“零起步”就瞄准了国际竞争力。

“如果四步走,要多少年才能超过人家?!”他果断地提出“四步并作一步走”,一步就研制第四代深潜救生艇,实现实艇对接、干救、湿救。“因为,要赶上世界先进水平,时间最宝贵,我们要走自己的路。”当时,上海交通大学的拖曳水池只能用于水面船舶的性能试验,且大量试验仪器需从国外进口。面对有限的试验技术条件,他大胆创新,成功研制了水下阻力仪、水下自航仪、双反转螺旋

桨自航仪等关键设备,在很大程度上解决了当时潜艇性能研究的难题。同时,他还提出“深潜器设计的比重分析法”,为潜水器设计奠定了理论基础。“我们设计并完成1:4缩尺的自航模型试验,用遥控自航模试验替代全尺度艇体模拟试验,既缩短试验周期又节省了研究费用;在设计中打破常规,设计了两组首尾槽道推进器和带可转动套环的主推进器组成的五推进器方案,解决了救生艇水中停息、水下原地回转、平移等操纵性问题,有效解决了水下对接技术难题。”

1980年,朱继懋在水下工程研究所主持了无人遥控潜水器的研制工作,花了近6年时间自主或国内外合作研制,发展了不同尺度、不同功能、

可以在不同场合使用的7种类型的无人遥控潜水器,并形成了系列。其中SJT-40无人遥控潜水器是一种带有两只机械手的大型作业型潜水器,1986年转让给上海打捞局后,一直在南海为海洋石油开发事业服务,打破了国外遥控潜水器在海洋石油平台上的垄断地位。特别是HR-01无人遥控潜水器是我国第一艘无人遥控潜水器,是国家“863”科技攻关项目中海洋机器人的先驱。

1993年6月14日和7月1日,中国东海又出现了一个奇迹:中国人自己的MG-1型水下ROV操纵自如地在海底埋设了90公里光缆,一举成功。这是朱继懋和他带领的上海交大水下深潜工程研究科学家群体的又一开创性杰作。根据中、日、美三国签署的“联合建设中日海底光缆”协议,中方负责南汇卢潮港经鼻头礁转向日本九州岛

“第一”从来不是终点而是起点

作为我国最早从事深潜技术研究的专家之一,朱继懋长期从事深海潜器及水下工程技术领域的研究与工程实践,创造了中国深海装备研发多项第一的纪录,“中国的深潜科学技术要走在世界先进行列”,朱继懋不忘初心,年复一年地努力践行着。

担任“7103”总设计师的时候,他首先提出要开展无人遥控潜水器的研究。无人遥控潜水器,又称水下机器人(ROV)。上世纪70年代中期,国际上开始用无人遥控潜水器代替潜水员支持海洋石油开发工作,并且发展迅速。而国内一些对口单位,数年后仍在引进国外海洋石油平台上已淘汰的饱和潜水技术。

1980年,朱继懋在水下工程研究所主持了无人遥控潜水器的研制工作,花了近6年时间自主或国内外合作研制,发展了不同尺度、不同功能、

可以在不同场合使用的7种类型的无人遥控潜水器,并形成了系列。其中SJT-40无人遥控潜水器是一种带有两只机械手的大型作业型潜水器,1986年转让给上海打捞局后,一直在南海为海洋石油开发事业服务,打破了国外遥控潜水器在海洋石油平台上的垄断地位。特别是HR-01无人遥控潜水器是我国第一艘无人遥控潜水器,是国家“863”科技攻关项目中海洋机器人的先驱。

1993年6月14日和7月1日,中国东海又出现了一个奇迹:中国人自己的MG-1型水下ROV操纵自如地在海底埋设了90公里光缆,一举成功。这是朱继懋和他带领的上海交大水下深潜工程研究科学家群体的又一开创性杰作。根据中、日、美三国签署的“联合建设中日海底光缆”协议,中方负责南汇卢潮港经鼻头礁转向日本九州岛

1993年东海奇迹 国产ROV海底埋设90公里光缆

方向的90公里光缆埋设。在这段拥有舟山渔场和“铁板沙”地段的最难区域,中国海底电缆建设公司一千多吨的“邮电1号船”带着MG-1型在东海两次作业,累计只花13小时,高标准地埋设了90公里的光缆。“用比日本船舶吨位小得多的埋设系统,完成世界先进水平的海底埋设工作,背后是一年论证,两年打磨样机,三年间四次海上试验,最终才一举站稳‘风口浪尖’。”朱继懋说。

面对广阔的海洋和深不可测的洋底,“第一”,从来不是创新之路的终点,而只是起点。国际海底区域占地球表面积的49%,蕴藏着全人类共有的丰富资源,其中海底地表有大量的多金属结核、锰、钴、钽含量都很高。1991年5月5日,我国大洋协会获准成为继印度、法国、苏联、日本等之后,第五个大洋矿区的先

期开发者,在夏威夷2000海里处的C-C区,获得15万平方公里的矿区考察权,但是按规定必须在五年勘探合同到期后,将合同区的50%放弃,恢复为国际海底。

“归还一半面积,意味着要将最好的一半面积留给自己,深海矿区的考察就显得非常重要。”朱继懋经过深思熟虑提出研制“6000米深海观察系统”的申请。“一旦成功,不仅又一次填补了我国深潜领域的空白,更推动我国深潜技术走在世界的前列。”在我国开发中,他使用图像压缩实时显示和数字传输技术,解决了电视信号在一万米同轴电缆中传输的难题,并应用国际先进的部件,实现了总体优化的设计要求,以最快的速度(7个月)完成了这一系统的研制。

“它可以在图像上同时显示GPS、深度、高度以及拖体姿态等参数,性能

耄耋之年继续遨游“深海世界”

位于东川路的上海交通大学水下工程研究所是海洋工程国家重点实验室的重要组成部分,在两千三百平方米的空间里,“挑高”足足有两三层楼,与“海龙号”等比的样机敞开式地静卧着。“这是两根机械手臂,和载人深潜器一样,能自如地到达海下约4000米处,完成升降、潜行和取样等各种工作。”朱老站在一堆“钢筋铁骨”前如数家珍,“为了万无一失,当时我们做了两台机器,另一台就是我国第一台3500米级大型深海观测和取样型ROV系统——“海龙号”ROV系统。”2002年起,朱继懋带领水下工程

研究所开始大深度ROV系统的研究,主持并带领团队自主设计与集成了我国第一台3500米级大型深海观测和取样型ROV系统——“海龙号”ROV系统,并经过多年的应用和发展,逐步创立了海龙ROV系列品牌。“海龙号”ROV系统于2008年创下了我国ROV系统当时最大的深潜纪录,2009年10月应用于大洋21航次第三航段中,在东北太平洋海隆区域2770米海底处发现了巨大深海黑烟囱,获得大量的数据和样品,创造了我国首次使用ROV发现深海热液黑烟囱的纪录,标志着我国成为国际上少数能使用水下机器

2009年东太平洋惊喜“海龙号”ROV系统发现深海黑烟囱

人开展洋中脊热液调查和取样研究的国家之一。“作为‘大洋一号’科考船的重要调查装备之一,‘海龙号’ROV系统还参加了大洋21、22、26、30航次多个航段的硫化物区域环境、生物和地质调查工作,为科学家积累了丰富的调查数据和资料,显著提升了我国大洋精细化调查水平。”

2006年起,朱继懋全身心投入全海深无人潜水器研究工作。主持完成工信部“十一五”重大项目“万米级深海ROV关键技术研究”,研制了“龙皇号”FROV系统样机,完成了全系统调试和耐压试验验证,为全海深无人潜

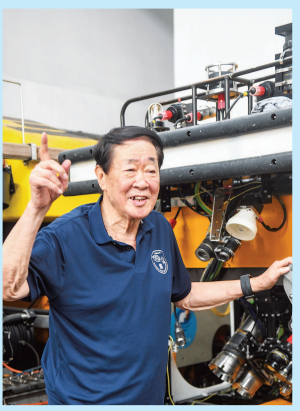
水器技术的发展奠定了坚实的基础。该项目突破了万米级ROV总体技术、极限深海推进、极限深海耐压与水密、极限深海作业监控与导航等关键技术,在总体方案、关键设备、万米级深海特种材料等方面均取得了创新性成果,达到国际先进水平。2012年起,积极推动全海深无人潜水器项目的国家立项和工程化应用工作。

2016年,国家重点研发计划“全海深无人潜水器(ARV)研制”项目立项,由上海交大牵头,年轻的葛彤任总挂帅。耄耋之年的朱继懋出任项目顾问专家组组长,为项目保驾护航。经过5

年攻坚克难,团队突破了超深水ARV系统总体技术、兼具ARV/ROV作业能力的ARV本体技术、ARV和中继器双潜器水下交汇对接技术,全海深光纤微细工艺和线形管理技术、超深水多节点声学通讯定位与探测技术、万米声学探测和机械手作业技术、万米级极限深海耐压与水密等多项关键技术,于2021年成功研制出了“思源号”全海深ARV系统,完成了8000米级深海应用,创造了国际上首个在5000米海底完成大深度、远距离双潜器交汇对接的纪录。“思源号”ARV的成功研制,为我国深海洋科学调查和深渊科学研究提供了可靠装备,对推动我国深渊生物学、环境学和地质学等研究具有重要科学意义。

大学水下工程研究所成为国内外颇具影响力的深潜器和水下工程技术研发基地之一。

“小车不倒只管推”如今,87岁的朱继懋教授仍然坚持每周到单位上班工作。“感染新冠前,我是每天都来办公室上班的,时不时还能和年轻的同事们打打篮球。”随着身体一天天恢复,朱老饱满的工作状态和不竭的科研热情,又在一天天回归,“回到办公室,一头扎进实验室,和团队里的年轻人在一起,就如同与中国的深潜事业一直在一起!”



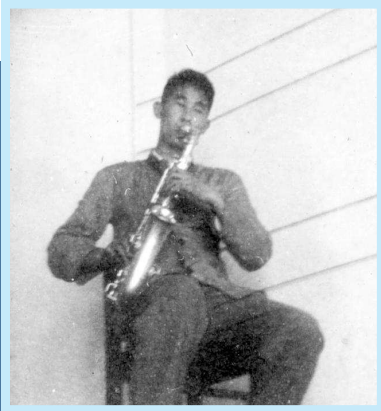
■对所里的设备如数家珍
本报记者 陶磊 摄



■曾经乘潜艇下潜到海底
本报记者 陶磊 摄



■年轻时就对探索蔚蓝海洋有无限憧憬
本报记者 陶磊 摄



■爱好广泛又多才多艺
本报记者 陶磊 摄



■曾随“大洋一号”科考船赴太平洋夏威夷海域,执行多金属结核物勘探调查任务

领路人

科学家集资为自己建设实验室 聚同行者之力 继续“1+N”的超越

谈起自己的科研之路,在别人眼中是“创新巅峰”的朱继懋心中,有着自己的一座又一座“高山”,但那不是一项项成果和一本本证书,而是一位位老师和同事的名字:以庚子赠款公派留学后回国任教的造船界前辈杨仁杰老先生,高志希、严以松等德高望重的教授学者,以

及陈维连等一大批学有所长、术有专攻的年富力强的大学教师……这些人还有一个共同的名字“120教研组”,上海交通大学水下工程研究所的前身,即上海交大造船系在上世纪60年代初成立的“潜艇设计与制造教研组”。

“上世纪90年代,交大徐汇校区

游泳池旁建造起水下所办公大楼和试验水池。试验水池主要配备了2000米深海环境模拟装置和40MPa压力筒,这在当时首屈一指。”这是朱继懋任所长期间,全所科学家共同自筹资金建造的,科学家为自己建设实验室,在当时还是“头一遭”。后来,因造钱学森图书馆,水

下所搬迁至闵行校区。2013年9月,新的水下所办公大楼落成,大楼内新建了潜水器试验水池,改善了试验和办公环境。同时,在后来的万米潜水器研制过程中,又增添了120MPa、150MPa和180MPa等多个高压试验筒。

在朱继懋的带领下,上海交通

上海交通大学教授
中国深潜事业的拓荒者

朱继懋



朱继懋

1937年2月生
祖籍绍兴

► 朱继懋教授在讲述那些照片背后的故事

本报记者
陶磊 摄



扫描二维码
看科学家的故事

本版图片除署名外
均由采访对象提供

1959年	1984年	1989年	1991年起
毕业于上海交通大学造船系,后长期留校任教	被国务院 特批为正教授	被评为国家级 有突出贡献的中青年专家	享受国务院政府特殊津贴

● 我国最早从事深潜技术研究的专家之一,长期从事深海潜器及水下工程技术领域的研究与工程实践,创造了我国深海装备研发多项第一的纪录,在我国国防建设、海洋资源开发、深海大洋调查装备和水下工程作业装备的研发等国家重大工程领域中作出了重要贡献。

● 1977年以来共获个人嘉奖20余次,获国家科技进步一等奖1项,国家科技进步二等奖2项,国家技术发明二等奖1项,省部级科技奖项多项,2004年获何梁何利科学与技术进步奖技术科学奖,2017年获茅以升船舶与海洋工程科技创新奖终身成就奖,2019年获上海“最美科技工作者”。