



23

“蛟龙”探海

深海警报

虽然下潜深度突破了 3000 米,但是试验项目还远没有做完。

2010 年 7 月 8 日,“向阳红 09 号”科考船从三亚向 3000 米试验海区航渡,准备冲击新的深度和解决海试中出现的问题。因为世界海洋平均深度为 3682 米,科技部社发司领导要求载人潜水器本年度试验应超过这个深度。而原先确定的下潜点只有 3500 米,指挥部决定向东南方向移动 4 海里,坐标点为北纬 18 度 35 分,东经 116 度 28 分。

今天计划进行第 33 次下潜,试验内容:无动力下潜上浮、接地检测性能复核、液压系统和航行功能复核。由唐嘉陵、叶聪、崔维成执潜。上午 10 时,指挥部发出“各就各位”号令,10 分钟后“蛟龙号”入水。而后,一路顺利下潜。10 时 56 分,潜水深度达到了 1100 米。11 时 06 分,潜水器到达 1700 米左右。这时,一直紧盯着电力“接地检测仪”的崔维成忽然说:“不好!接地值又开始升高了!”

“是吗?”叶聪和唐嘉陵也赶紧看了看仪表,果然指针在向上移动,心里不免有些紧张。

接地检测值是报告水密电缆和水密插件的漏水警报。要知道,载人潜水器身上布满了大量防水密封的电缆和插头,供给潜水器的控制系统、水声通信、生命支持系统和舱外机械手、摄影设备,以及照明灯光的动力。简言之,这些电流通道就是潜水器的血管和神经,必须经受得住海底几百个大气压的压力,不漏水不短路,才能保证潜水器正常工作。万一穿舱泄露,海水在几百个压力的作用下射进载人舱,其威力如同子弹一样,潜水器和舱内人员的后果可想而知……

为了及时监测了解水密电缆和插件情况,本体设计者 702 所的专家们特意安装了一台“接地检测仪”,检测值必须保持在一定的数值以下,才能保证安全,最大值不得超过 1.2。如果超过了最大限定值,说明电缆有可能进水,必须立即停止试验,抛载上浮。去年,在 1000 米以下海试时,这个问题不太明显,基本上保持在正常数值内。今年陆续超过 2000 米,进入 3000 米海深时,接地检测值不断偏高,甚至超过了 1.2,以至于不得不无功而返。

可是,试航员们发现了一个奇特的现象,当潜水器上浮到 1000 多米时,接地检测仪指针又恢复到 0.07 以下。特别是回收到甲板上,潜器维护部门抓紧检查时,却什么故障也没有,所有电缆和插件都是正常的。几次三番,弄得大家十分头疼。这个问题就像一颗定时炸弹,是一个严重隐患,如果不能从根本上解决,海试将无法进行下去。经过再一次全面细致的检修,更换了所有可能漏水的零配件,海试队满怀期望地实施第 33 潜次试验了。702 所副所长、潜水器本体副总设计师崔维成亲自下潜,看看到底是怎么回事。前边一直正常,到达 2000 米左右时,那个故障又一次出现了。0.09、1.0、1.05……三位试航员采取了相应措施,暂停通信联络,关闭舱内电源,都无济于事。

“向阳红 09 号”母船指挥部大屏幕上,同样适时反映出潜水器水下情况。本来,大家都在期待奇迹出现,看到下潜接近 2000 米了,还在正常值内,以为已经攻克这个难关了。不料,就在超过 2000 米时,“潜水器接地检测报警”显示变成了红色字体,指挥部的气氛顿时凝重起来,一下



子变得鸦雀无声,进出的人们都小心翼翼地走路、开门。大家捏了一把冷汗。

海水下面的“蛟龙号”舱内,更是一片紧张气氛,接地检测指针一路上扬,从1.05到1.16,即将达到最高限额1.2了。当潜水器下潜到2050米时,指针升高到1.338,这预示着随时可能发生不测事件。母船上的现场指挥部不得不下了死命令:“立即上浮!”最后,潜水器停止在2088米深度上,叶聪操作抛载了压载铁,上浮返航了。没有冲破曾经到达的3000米,也没有做任何试验科目,徒劳无功,这是一个失败的潜次。

令人啼笑皆非的是:就像前几次一样,当上浮到1000米左右深度时,警报自动消失,接地检测指针又回到了0.07以下。潜水器返回母船后,深潜部门长胡震立即组织电力与配电小组的工程师程斐、杨申申、王磊等人全面检查。拆开潜水器,一点一点搜索故障点,并且邀请了专家咨询组一起深入分析,把可能想到的地方全部检查了一遍,还是没有找到真正原因。万般无奈之下,只能采取缩小故障范围的措施,把最受怀疑的电源至应急液压源一路直接接入舱内,若再出现异常,就依次断掉相应的线路。

这个办法行不行呢?只有到深海里去检验才能确认。可是,隐患未除,万一在水下电路失效,那将带来灭顶之灾。

当天晚上,潜水器总师组召开扩大会议,分析问题,商议解决措施。现实就这样严峻地摆在面前:要解决接地报警问题,也就是电路绝缘问题,在母船甲板上的检修手段非常有限,必须下潜!经过充分讨论,各系统的主任设计师们纷纷表态:“我们的设备不怕压!下吧!”

“对,传感器就是坏了,也不会造成大事故,我们有备件,上来就换。”

最后,总师组形成了统一意见:在保证安全的前提下,也就是说只要接地数值不超过1.2毫安,就大胆下潜,让深度把问题彻底压出来。现场指挥部与专家组认真研究后,认为可行,决定第二天进行第34潜次试验。具体任务是:接地检测状况复核、海底航行机动、操作机械手、利用热液取样器取3000米深海水样、坐底试验以及其他功能验证。

……那个隐藏的“敌人”又出现了,潜水器下到了40多米后,接地值就开始升高,一路下潜一路报警,300米,竟高达1.5毫安。再往下潜到了800多米,指针又回落到了0.9。看来故障点极不稳定。为了安全起见,指挥部要求他们立即上浮返航。

执行此次海试的于杭教授,与主驾驶叶聪、试航员杨波商量:这样上去,还是找不到具体原因,我们只有再深入一步,在水下采取检测措施,才能把这一顽固的故障“逼出水面”。再说,通过这么多次的深潜,已经深刻感觉到潜水器性能安全可靠。只要密切观察,做好各种准备,安全是有保障的。是啊,不入虎穴,焉得虎子。同意,继续下潜!三人把手紧紧握在了一起。

这是需要冒着极大风险的,万一不明故障造成了短路断电,甚至是爆炸进水,后果相当严重。这一大无畏壮举犹如董存瑞手举炸药包、黄继光挺身堵枪眼,我们的科学家、试航员在不断报警的情况下,脸不变色心不跳,勇敢下潜、下潜……

写到这里,笔者的手在颤抖、心在激荡,仿佛看到数千米的深海里,试航员们驾驶“蛟龙号”一步步向海底逼近、向阻挡中国人实现“海洋强国梦”的难关冲击。明知山有虎,偏向虎山行。他们是真正的勇士,是可歌可泣的英雄。

诚然,他们不是蛮干,不是硬拼,而是建立在科学保障的基础上,凭着对祖国载人深潜事业



的挚爱和对“蛟龙号”安全性能的自信,将生死置之度外,沉着、镇定、果敢地处理面前的问题。当下潜至 1800 多米深度时,警报数值再次升高,他们冷静观察,对用电设备逐个采取隔离措施,同时继续加大下潜深度,延长报警出现的时间,以求固化故障点……

苍天不负有心人。

他们终于揪住了这只时隐时现的“幽灵”的尾巴。“蛟龙号”顺利返回母船后,于教授、叶聪向维护人员反映了水下观察到的问题。电力与配电小组连夜检查,发现在一根 32 芯线电缆的插头根部有电火花烧蚀的微弱痕迹,进一步检查,锁定了多次出现的副蓄电池泄露报警原因是水密插头进水。两根导线在平时相隔绝缘胶皮,相安无事,可当进入深海 1500 米以下,压力增大,两根导线被紧紧压在一起,细微毛刺造成短路报警。而当上浮到水面时,压力减小,两根导线分开,则一切又正常了。

找到原因,对症下药,彻底解决。指挥部决定,各有关部门连夜排除故障、检查系统软件、修改作业流程。当晚,现场指挥部、潜水器准备室、声学控制室、后甲板、灯光下,到处都是忙碌的人影,直到天边亮出了鱼肚白……

(选自《第四极——中国“蛟龙号”挑战深海》,有删改)

钻下“中国孔”:向海图强!

——记湖南科技大学海洋实验室主任万步炎

站在数米高的“海牛Ⅱ号”面前,这个身量精瘦、满头白发的“小老头”有点不起眼。带着“海牛家族”,他用了 30 多年时间,实现了我国海底钻机装备与配套地质钻探技术的突破、从跟跑到并跑到领跑的跨越。

他,就是湖南科技大学海洋实验室主任万步炎。30 余年来,他带领科研团队刻苦攻关、不懈钻研,解决了一些关键核心技术“卡脖子”难题,将海底钻机装备制造与应用技术牢牢掌握在中国人自己手里,不断推动我国深海资源与地质勘探技术实现高水平自立自强。

向海图强:大洋深处钻下“中国孔”

2021 年 4 月 7 日,“海牛家族”又一次沸腾了。

中国首台“海牛Ⅱ号”海底大孔深保压取芯钻机系统在海底成功下钻 231 米,刷新世界纪录。

关键技术完全自主研发、150 余项国家专利、16 项国际发明专利,“海牛Ⅱ号”的成功意味着,我国海底矿产资源探采装备技术已基本满足了海洋资源的勘探需求。

科考船拉着一个由钢结构框和铁链组成的拖网,跑出去几十公里,能不能捞出一些表层矿石,全凭运气,也无法判定该矿石在海底的精确位置,这就是当初中国的深海勘探。

后来,一些发达国家的海底钻机开始使用通讯电缆,而我国租用的海底钻机只能用拖网吊着深潜入海,海底信息无法上传。

中国大洋矿产资源研究开发协会(下称“中国大洋协会”)决定面向全国招标,自主研发海底钻机。因为过去的研究经历“沾点边”,万步炎团队中标了!

唯一的“资料”是租来的、钻机只有参数和基本原理,所有关键技术都要从零开始。



缺乏基础。万步炎开始自学海洋地质与环境、机械设计、通信、供电、自动控制……

没有图纸。万步炎自己画图、试验，画了几千张，试了无数次……

为了攻破数千米水下供电难题，他和团队商定，用体积小、储能高的锂电池替代笨重的蓄电池。然而，陆地上用的锂电池怎么放入强压、强腐蚀的深海？

“锂电池遇水极易短路爆炸，当时就像抱着炸药包做研究。”一位团队成员回忆，实验室里数次发生水下爆炸损毁设备的险情。

无数次试验后，万步炎探索出将锂电池包裹起来的合理方式，并采用独特技术方案实现锂电池筒的快速散热与降温。

万步炎的妻子刘淑英记得，在研发第一台海底钻机的日子里，至少有两到三个月时间，丈夫每天都在实验室工作到凌晨两三点……

“国家都把任务交给我们了，总不能再拿着拖网去拖吧？”问题不解决，万步炎就不回家。

一夜一夜，一点一点，啃下“硬骨头”。2001年，中国人终于研发出自己的海底钻机！

可是，难题又来了——

从国外买来的科考船，号称能承重5吨，其实只能承重2.5吨。4.5吨重的样机装载上去，船不行了。

钻机减重近50%，谈何容易？

这是一次最痛苦的“减肥”，在长达两年的时间里，万步炎带领团队耐着性子，“一斤一斤往下减”直至达标。

2003年夏天，中国首台深海浅地层岩芯取样钻机海试成功，在海底下钻0.7米，并取回矿石样本。

那一天，属于中国的海底钻机在海底钻到第一个孔！

那一天，从不喝酒的万步炎醉得“扬眉吐气”。

0.7米、2米、5米、20米、60米……“海牛家族”没有停下深海开垦的脚步。

一点点向前掘进！一个个关口攻破！海底下钻越来越深！

以身许国：洞庭少年怀揣海洋梦

万步炎这一辈子，和海洋有着不解之缘。

1964年生于湖南岳阳的他，在烟波浩渺的洞庭湖畔长大。他的外祖父早年参加红军，为革命壮烈牺牲。

在物资匮乏的年代，政府每年下发600斤稻谷作为烈属抚恤金，乡邻口口相传的外祖父的传奇，这些都让年少的万步炎常常思考何为“以身许国”。

1978年，14岁的万步炎因为才学出众提前参加高考，填报的志愿全是航空航天和天文学。然而，他被调剂到中南矿冶学院地质系探矿工程专业，7年后服从分配到长沙矿山研究院工作。

从仰望星空到眺望大海，万步炎找到了人生全新的航向。

为了追赶发达国家，长沙矿山研究院组建海洋采矿研究室。

“深海勘探技术有多强，我们的国家就能走多远。”领导一句动员话，成为万步炎毕生的动力。



1990年,中国大洋协会成立。万步炎所在的团队,开始正式接触海洋采矿系统研究任务。

1992年,万步炎远赴日本,从事海洋采矿扬矿技术研究。骨子里有着一股湘人“蛮劲”的万步炎不服气,夜以继日地研究学习。最累的日子里、特别难的时候,家门口那块“光荣烈属”的门牌,总在他脑海中浮现。

一年后,他婉拒高薪工作,毅然回国。

然而,现实给了他迎头一棒——

第一次登上远洋科考船的万步炎发现,船上几乎所有钻探装备,小到样品管,大到取样器、绞车,全是“洋品牌”。

“外国人能搞的,中国人一定能搞出来!”万步炎的“蛮劲”又上来了:“国家落后于人的地方,就是我努力的方向!”

勇攀高峰:最不怕的就是困难

59岁的万步炎一头白发,他笑言“这是大海的馈赠”。

他难忘第一次登船出海,出港后整整一个星期,他都因为晕船而几乎动弹不得,连黄痘水都吐了出来。

“要干活,不能一直躺着!”万步炎勉力支撑自己爬起来,站一会儿、再坐一会儿,在甲板上摇摇晃晃、缓缓踱步,逼自己吃下东西,一会儿又吐出来……终于他不再晕船。

海上的工作环境极其特殊,几乎“与世隔绝”,一些在陆地上轻而易举的事,都会成为出海期间的严峻考验。

“卡住了,钻机上不来了!”2021年,“海牛Ⅱ号”的一次深海试验卡壳了。

钻机完成海底作业,正从海底回收,从丹麦进口的配套收放绞车忽然发出巨大异响,一检查,收放绞车排缆系统的传动机构严重损坏。

放,放不下;收,收不回来。价值数千万元、凝聚无数心血的钻机,就这样悬吊在水下。

此刻,距离强台风经过这片海域只剩两天了!如果不能解决问题,就只能砍断脐带缆,把钻机丢弃在海底。

紧急联系丹麦厂家无果,求助国内代理商“无能为力”,几乎所有人都灰心了。

“海上摸爬滚打这么多年,我们最不怕的就是困难!”万步炎一边给团队打气,一边争分夺秒想办法。

修复原有的排缆系统的传动机构不可能,必须打造临时的液压系统代替损坏部件。万步炎迅速画出设计图,缺零件就从现有系统上拆……40多个小时后,一套临时系统完成了。

“动了动了!有反应了!”在台风到来前的两小时,钻机完好无损地回收了,成为业界“不可思议的奇迹”。

“每次出海,头发都要再白5%。”万步炎的一句轻描淡写,浓缩了所有的惊心动魄。

一年,团队有2/3的时间在海上度过。累了,他们就在甲板上枕着矿泉水瓶打盹。需要避风的日子,船会停泊在靠近港口的锚地,擅长拉小提琴的万步炎搞来一块小黑板,在小食堂里教大家识谱唱歌、学习天文。

歌声动人、乒乓球打得好,还会观星……在大家眼里,这位“小老头”,“吃得苦、耐得烦、霸得



蛮”，还有孩子般的真性情。

“别人能做到的，我们一定能做到，别人还没有做到的，我们中国人也有可能先他们一步做出来！”2023年全国两会“代表通道”上，全国人大代表万步炎自信宣告。

一次次穿越海上风浪，一次次跨越科研鸿沟。深海梦，被自主创新技术刻在海底；中国心，在科学家的胸中澎湃不息。

“我们的目标是星辰大海。”万步炎说，未来还要到更深更广阔的海域去打一钻！

（选自2023年5月22日《光明日报》）