



## 一、引言

蓝天辽阔，大海蔚蓝，亿万年的时光沉淀成浩瀚的海洋。

海洋，是生命的摇篮，是人类的故乡。辽阔的大海，总是那么深邃，那么神秘，包容万物，这深深浅浅的蓝色，融汇了从古至今人类丰富的想象。

大海中，有着各种各样的生物，其中一种体形巨大又颇为可爱的哺乳类动物，它性情温和，习惯吃海草，被人们亲切地称为海牛。海牛至今已有2500万年的海洋生存史，在海洋食物链扮演着重要角色。令人惋惜的是，今天，海牛已被世界自然保护联盟列为易危物种，在中国海域，更是难寻踪迹。

大海里真正的海牛数量越来越少，牵动着世人的心；另一头让世界瞩目的“海牛”却横空出世，它被亲切地誉为“深海神兽”，能够窥探到海底的奥秘。它就是大国重器——“海牛”号海底钻机。

2021年4月9日，《人民日报》在网络平台推送了一则科技新闻，《231米！中国创造新世界纪录》，这则新闻十分简短，不到200字，却鼓舞人心——

北京时间4月7日23时左右，湖南科技大学领衔研发的我国首台“海牛Ⅱ号”海底大孔深保压取芯钻机系统，在南海超2000米深水成功下钻231米，刷新世界深海海底钻机钻探深度。

这一深海试验的成功，填补了中国海底钻探深度大于100米、具备保压取芯功能的深海海底钻机装备的空白，也标志着中国在这一技术领域已达到世界领先水平。

这是中国科技创新的重大成果，这是中国“海牛”备受瞩目的荣耀时刻。关键技术自主研发、授权专利198件，“海牛Ⅱ号”刷新了世界纪录，打破了中国可燃冰等海洋资源勘探技术装备对国外的长期依赖，为中国海洋矿产勘探技术和装备研发作出了开创性贡献。

231米！这不是陆地上的231米，这是深海底的231米，它成为人类迄今为止在海底钻探的最深深度，成为中国刷新世界深海海底钻机钻探纪录的“中国深度”！

“海牛Ⅱ号”海试成功，之所以让中国人欢欣鼓舞，不仅因为它打破了世界纪录，更重要的是，它意味着中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，中国勘探、利用海洋资源将开启全新的局面。

2023年5月22日，中共中央宣传部授予“海牛”号首席科学家万步炎“时代楷模”称号。“海牛”号再次成为新闻焦点。

2023年9月22日，教育部、科技部、自然资源部、中共湖南省委联合印发《关于开展向万步炎同志学习活动的决定》。

在这份决定中，我们看到了这位共产党人、一位教书育人的“时代楷模”、一位矢志科技自立自强的深海勘探先锋的初心和使命。



“海牛”号首席科学家万步炎检修设备。

2021年4月7日23时左右，湖南科技大学领衔研发的中国首台“海牛Ⅱ号”海底大孔深保压取芯钻机系统，在南海超2000米深水成功下钻231米，刷新世界深海海底钻机钻探深度。这是人类迄今为止在海底钻探的最深深度，也是首席科学家万步炎率领的团队开创的——

# 中国深度

(报告文学)

张雪云

## 二、2000米深海下钻231米

2021年4月，春分过后的广州，满大街锦杜鹃开得灿烂。从港口岸边远远望去，天空浅蓝，海水深蓝，海天相接处，一道耀眼的红霞从海平面升起来，温暖而明亮。此时，搭载“海牛Ⅱ号”的海洋地质二号科考船，正从广州港口缓缓驶出。船上的海工吊机、科考绞车高大威武，船尾摆放着许多用于科考的集装箱。海面上，涛声长澜，甲板两侧，涌浪狂野，桅杆上的旗帜，呼呼作响。

甲板上，湖南科技大学海洋矿产资源探采装备与安全技术国家地方联合工程实验室主任万步炎，凝望着大海涌起的一排排波浪，目光坚定。作为国家重点研发计划项目“海牛Ⅱ号”海底大孔深保压取芯钻机系统研制的项目负责人，他深知此次海试作业使命光荣，责任重大。

万步炎与他的团队，早已记不清这是多少次出海了。这些年，他去南海，去东海，去太平洋，过大西洋，去到大海的更深更远处。他熟悉海的表情、海的气息、海底深处的秘密。

被人们亲切誉为“深海神兽”的“海牛Ⅱ号”，是目前中国水下重量最大的地质勘探科考设备。“海牛Ⅱ号”由海底钻机本体、甲板操作系统、移动式海底钻机配套收放系统等部分组成，八边形橙色的钢质构造，高7.6米，“腰围”10米，体重达12吨。

“海牛Ⅱ号”看似笨重，可当它稳稳当当地底，完成姿态调平后，在海底干起活来却如泥鳅般灵活。它的“武器”是身上的78根钻杆，每根3米长，像左轮手枪的子弹一样排列在圆盘之上。操作时，通过圆盘旋转，机械手取杆上膛，把钻杆一根根钻进岩层。钻头相当于“海牛Ⅱ号”的犄角，由金刚石和硬质合金等材料制成。不同种类的钻头，有的针对硬岩地层，有的适用于沉积岩软岩地层。这种多功能钻头，是“海牛”团队的首创。

“海牛Ⅱ号”身上有上百个传感器，如同人的“眼睛”，靠着它们传送的信息，它可以根据地层性状情况，快速自动判断并自适应调整钻进模式与参数，大幅提高钻探效率、取芯率和取芯质量。并且，“海牛Ⅱ号”实现了全智能化，一个人就可轻松操作，按一个按

键便可执行一套指令。“海牛Ⅱ号”不仅可以钻孔取芯，它还能“兼职”对海底地层的电阻率、测压阻力、孔隙水压力进行原位探测，以及给孔内周边岩石拍照。

大海从起初的浅蓝，渐渐变成深蓝，船体掠起的波涛，翻动雪白的浪花。

此时，到达目标工区，在万步炎的指导下，“海牛Ⅱ号”开展海试验收。

“检查完毕，一切准备就绪。”启动收放系统，启动操作绞车按钮。入水！下放！钻进！一切正如人们的期待。

看似平静的大海，其实并不平静，无风也起三尺浪。一个小时，又一个小时过去，“海牛Ⅱ号”的保压取芯钻探作业进展十分顺利。

穿着工作服的万步炎稳操操控，他最熟悉眼前这个大设备，也是最懂钻机的人。许多时候，控制室的工作紧张、重复、枯燥，但不能松懈半分，他一点倦意也没有。十几个小时过去，万步炎一直目不转睛地在电脑前操控，很少起身走动，依然精神饱满。助手金永的平博士在一旁协助，团队的每一位成员，都在自己的岗位上，紧张而有序地忙碌着。共同的目标，让他们是师生，也似战友。

随着钻探一点一点地深入，万步炎和数十双高度紧张的眼睛，开始变得愉悦而轻松起来。

显示屏的数字，不停地跳动，从0到3，从3到6，6到9……到228米，直到231米！新的记录，终于产生了！

那一刻，万步炎长长地舒了一口气，做了一个表示胜利的手势，“太好了，我们成功了！”然后身子微微倾斜，后背靠在了椅子上。

“太厉害了，破了世界记录了！”在场的人们，一起欢呼。大家相互握手表示祝贺，几个年轻的队员，更是激动地拥抱了起来。

“海牛Ⅱ号”这个高大、精密、神秘的“大国重器”，在南海2000米的水下，成功下钻231米，保压取到了天然气水合物（可燃冰）。这不仅填补了中国海底钻探大于100米、具保压取芯功能的深海海底钻机装备的空白，而且意义非凡地刷新了世界深海海底钻机的钻深记录。

## 三、惊心动魄48小时

夕阳余晖下，“海牛Ⅱ号”这个大功臣静静地躺在甲板上，闪烁着橙色的光芒。然而，每个队员都不会忘却上一次联调联试时的惊悚48小时。

那一次，万众瞩目的“海牛Ⅱ号”差点葬身海底。

在1000米水深联调联试顺利完成作业，开始回收钻机时，突然，“啪”的一声巨响，不好！进口的配套收放绞车系统出了大问题，绞车负责排缆的丝杠和传动机构严重损坏，丝杠从轴承座中脱出，减速箱体破裂，端盖碎成了好几片。

减速箱坏了，整个排缆机构瘫痪。此时，“海牛Ⅱ号”悬挂在近1000米水下，离海底约6米，并且“海牛Ⅱ号”加上放出去的1000米脐带缆的总重量有15吨左右，收，收不回，放，又放不下。

紧接着，团队成员都来到了甲板上，焦急地看着碎成了几块的减速箱，一时都愣住了。此时，万步炎闻声来到甲板上：“怎么会出这样的故障？”

“下水前，都经过调试的，应该不会出问题的！”

“马上联系厂家进行抢修！”

这台绞车系统使用多年，从没出现过任何问题，为了保证这次海试顺利完成，还专门花费20多万元请代理商给这台绞车做了一次全面的检查和维护保养。

然而，问题还是不可预见地出现了。更为严峻的是，根据天气预报，48小时后，有强台风会经过这片海域。如果两天之内不能把钻机回收上船，为了保证全船人员的安全，那就只能砍断钻机脐带缆，把价值几千万元的“海牛Ⅱ号”丢弃在海底。如果是那样的话，项目无法验收，国家蒙受损失，团队几年来没日没夜的心血，将在顷刻之间化为乌有。

这一切来得太突然，所有人惶然不知所措。

万步炎沉思着，在经过短暂的不安后，迅速调整心态，开始从容应对。一边紧急向丹麦厂家电话求助。

时间，已经是三更半夜。万步炎与金永立即同厂家沟通，得到的答复却是：抱歉！

厂家也从来没有碰到这种绞车事故。并且身处海上，他们表示无能为力。远处的海风开始呼啸，海水发出嗷叫。时间就是生命。时间就是胜利。一定要把“海牛Ⅱ号”救回来！

万步炎出奇地冷静，他在甲板上走来走去，思考着，似乎有着成竹在胸的淡定。

“把梯子拿过来，我上去看看。”

海浪声，翻涌不息，在摇摇晃晃的甲板上，他爬上梯子，细细地查看，细细地思量。凭借多年科研一线的摸爬滚打，大风大浪里的经验与信念，他果断作出决定：“我们自己修！大家齐心协力，一定能成功！”

科研人，就是为了解决问题而来的！开始，他尝试各种方法试图修复损坏的部件，然而每一次尝试都宣告失败，这让他明白在船上现有的条件下去修复是不可能的，惟有另辟蹊径，方能柳暗花明。

此时，他没有被失败与疲惫击倒，反而更加斗志昂扬。在否定了维修、夹缆等方式后，当即决定，构建一套液压排缆系统，来替代原有电动排缆系统。

“大家分头行动，各司其职，赶紧把这些相关的液压元器件和油缸配齐。”

时不待人，万步炎马上做出设计，画了一张草图。要临时构建一套液压排缆系统很不容易。幸好，还有一个备用油缸可用，其他得充分利用船上所带的备件，没有，就从现有系统上拆卸可用的零件，或是找到能替代的。团队每个人心中仿佛响起了阵阵战鼓，马不停蹄地与时间赛跑。有人焊接工作台，有人制作液压油缸固定基座，有人拆卸零部件，有人调试操作器，有人制作用于把液压油缸和固定基座一起吊到4米多高收放绞车上的提升系统，有人打磨液压排缆系统安装位置与收放绞车原排缆机构存在干涉的地方，一个小时又一个小时地过去。终于，大家几乎是彻夜不眠，花了近30个小时，搭建安装好了一套临时液压排缆系统。

此时，海平面的颜色渐渐开始变了，海浪越来越高，船越来越颠簸。

万步炎教授搬着20多斤重的控制器沉稳操作，只见他全神贯注，满头是汗，周围的每一个人都捏着一把汗，操作过程很小心翼翼，必须配合绞车排缆速度，否则缆绳排空，卡住，就会前功尽弃。就这样，经过团队完美配合，将悬在深海中46小时的钻机，最后完好无损地收救上了船。

“我们成功了，成功了！”船上所有的人，发出雷鸣般欢呼。

简直是奇迹！不可思议！太牛了！大家感叹不已。

准备返航，全力加速。此时，距台风来袭，只剩最后两个小时。

## 四、第一个“中国孔”

为了“海牛Ⅱ号”这231米的中国深度，万步炎带着团队，从0开始，努力了30多年。每往前一步，都是全新的挑战，都有着里程碑的意义。

1998年，34岁的万步炎随国家科考船“大洋一号”进行海上科考，登上远洋科考船的他发现，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”。中国海洋采矿技术几乎空白，这深深刺痛了他。一腔爱国情感被点燃，激励了他进行海洋研究的决心。

1999年，万步炎带着团队开始研制第一台海底钻机。

从无到有，是一个艰难的过程。一个又一个设计方案拿了出来，一次又一次被推翻重来。

没有任何可借鉴参考的技术资料，没有深海锂电池技术，没有深海控制与视频图像传输技术，没有深海液压技术、电机与变电技术、传感器技术，没有……

那段时间，有着湖南人特有的“霸得蛮，耐得烦，吃得苦”精神的他边学边干，自学机械设计、电子技术、自动控制、计算机软件等知识，反复试验、失败、再试验……一次不行，两次，两次不行，无数次，就这样反反复复，对照图片，反复设计，制图、加工、试验，图纸画了几千张……

从黎明到深夜，从深夜到黎明，五六人的团队，经常干到次日凌晨二三点，整机到部件完全自主创新，自己画图，自己生产，自己加工，自己组装，自己调试。倾注了无数心血的他们，终于，在2001年，造出了中国第一台海底钻机。

然而，当万步炎把第一台自主研发的4.5吨的海底钻机，准备运到太平洋上进行海试时，却上不了船、下不了海。原来这艘国外购买的科考船，说明书上说可以承载5吨的重量，实际只能承载2.5吨。

钻机必须瘦身——这可是一个极大的难题，既要一个零部件都不少，又要减去2吨的重量。且减重的同时，还要保证机械的各项数据稳

0.7米、2米、5米、20米、60米、231米……

万步炎带着团队，梦想的步伐从未停止。他们研发的深海钻机，追求更快、更深、更稳定，继续深入，继续下钻。

20米钻机研发成功后，万步炎被湖南科技大学聘为教授，进入高校继续进行研究，培养新一代的国家海洋人才。万步炎在钻研设备的过程中，也意识到，国家海洋领域的进步，不仅在技术上，更在人才的培养上。

万步炎的团队中，不管是博士研究生，还是工人师傅，都要能独当一面。博士除了写论文，还能拿起扳手，和工人师傅一起干活，在车间里，在大海上，在实践中去练本事。万步炎把课堂搬到大海，将教学与科研紧密结合，打造了一支高水平创新团队，培养了一大批青年科技人才。

“海牛”团队中，不乏一群学历高、理论扎实，又能实践操作“养”牛的博士和“大国工匠”师傅。

这样一群在海上“漂泊”的科研人，其实他们很“享受”在海上的那一段日子，那是忙碌与挑战，那是团结与协作，那是友谊与真情，那是事业的果实、友情的花朵。在“海牛”团队里，团结协作的意识、精神和氛围，总是很浓、很厚。

一年有两三个月生活在海洋上，万步炎和团队成员的精力几乎都投入到了科研上，可以说是舍小家为大家。他们每一个人背后的故事各有不同，但他们都有共同的精神支撑。

团队在一起，就像一滴水融入另一滴水，就像一束光簇拥着另一束光。他们知道，唯有点亮自己，才有个体的美好；唯有簇拥在一起，才能照亮彼此的未来。

“团队里的每一个人，无论是博士还是工人，地位都是平等的，价值都是一样的，我充其量就是那个把大家招呼起来的角色。”万步炎总是这样谦逊而低调。

一个人可能走得更快，一群人才能走得更远。“机器以外的事情已经不太能激发起我的兴趣。有时候，走路吃饭都在想问题，总感觉一天时间不够用。”万步炎的执着，也同样影响着他的团队和学生们。

“不要把利益看得太重，如果急功近利，就脱离了科研人的本质。”这是万步炎给学生上课时常讲的话。

一直以来，他和团队成员，除了出海，平时总是在实验室，两点一线，简单而纯粹，心无旁骛地做好一件事，把它做到极致。

“一定要注意细节方面的东西。细节就是生命。”

“每一根油管接头一定要紧死，做东西一定要做到安全、可靠，不能应付，钻机出现问题，可能就是在装配、加工等一些小事上不注意。”

“做事宁可慢一点，也一定要做到可靠。”万步炎常常提醒队员。

在科研上精益求精，是“海牛”团队的一致追求。

这样一群青春向上的海洋科研人，用奔跑的方式，活成了别人眼里的一道亮光，一个榜样。2015年6月，万步炎团队研发了能在3000米级海底深钻60米的海底钻机，采用全自动绳索取芯技术，且跨越了国际公认的50米难关。他给自己研发的海底钻机取名“海牛”号，他希望自己的钻机像牛一样有韧劲，不断向海底深钻。

定，作业时的灵敏机动。这是对整个钻机架构的彻底颠覆，相当于重新再做一套设备。而此时距离项目规定验收的时间，只有两年。这么短的时间，钻机的高度、宽度、厚度能减多少？这都需要经过大量的仿真计算、大量的试验。

这一改，又花了整整两年时间。然而，减重的问题解决了，散热的问题又来了。

当钻机进行海试时，逆变器过热，自动停机。当时大家都觉得这次海试没什么希望，准备打道回府。但是，万步炎没有放弃，他想到了一个非常大胆的计划。他制作了一个散热器并找到了一桶变压器油，倒进装着逆变器的耐压桶里，把热量扩散到海里去了。当时所有人都有点担心，包括他自己，心里没底。可时间不等人，以科学的方式冒险，是唯一出路。

2003年4月，经过反复调试的减重后的钻机，按照约定拉到海上进行海试，因为有了之前的经验，这一次他小心翼翼，必须要做到万无一失。

海试那天，万步炎亲手操作钻机。他将钻机一点一点地放到底，钻机成功着底。精准调试。果断下钻。

钻探的过程持续了整整半个小时，所有人紧张地盯着控制室的操控屏，时间一分一秒地过去，尽管这台海底钻机在数千米的海底地层钻进深度只有0.7米，但这是中国人自己研发的第一台海底钻机在太平洋上打出的第一个孔！并且取到了第一份海底岩芯样品！

那一刻，队员们拥抱在了一起，哭着，笑着。为了这一刻，为了这海底没有放弃的0.7米，他们奋斗了多少个日日夜夜。一次次从零出发，又一次次归零重启，终于在黑暗幽深的海底，走出了一条从未有人走过的道路。

“国家落后于人的地方，就是我们努力的方向。”这是团队的信念。

里程碑般的0.7米，是中国海底钻机挺进深海的第一步。

## 五、钻向大洋深处

存在于800米到2000多米深度的海底“可燃冰”，他们又开始研发“保压取芯勘探系统”。

在特殊的海水深度压力与温度下，可燃冰呈现“冰”状。但可燃冰一旦离开其适宜的海水深度，就会变成气体挥发。因而，普通深海钻机不适合取芯可燃冰。只有在保持同等压力的状态下，才能将可燃冰取出。这就需要研制“保压取芯勘探系统”，也就是“海牛Ⅱ号”项目。

“能不能在原有的‘海牛Ⅰ号’基础上做改进？”有人提出疑问。

“‘海牛Ⅰ号’的工作可靠性、自动化程度还要加强。”万步炎想做一台更稳定、自动化程度更高的新设备。

从“海牛Ⅰ号”到“海牛Ⅱ号”，他们需要实现两个突破，一个是60米到231米的钻孔深度的突破，另一个是海底保压取芯技术的突破。

困难如大海里的波浪，层层叠叠而来。万步炎和他的团队顽强面对。在夜以继日的坚持下，2021年，具备海底231米全程保压取芯功能的全新“海牛Ⅱ号”钻机诞生，它完全可以保证可燃冰从高压海底取上来不会失压分解汽化。

4年时间，上百种方法，26种材质，终于从“海牛Ⅰ号”更新换代成了“海牛Ⅱ号”，“海牛Ⅱ号”成为目前世界上唯一一台海底钻探深度大于200米的深海海底钻机。它蕴含了保压取芯技术与工艺、轻量化设计技术等多项高科技，关键技术完全自主研发，是真正意义上的“大国重器”。

在海南陵水海域，全球首座十万吨级深水半潜式生产储油平台——“深海一号”傲然矗立在蓝海之上。这个庞然大物建成的背后，就有“海牛”系列海底钻机的功劳。2017年，“海牛Ⅰ号”高质量完成“深海一号”工程地质勘察任务，为“深海一号”的设计与建设提供了必需的地质资料支撑，此次勘察任务也开创了我国利用海底钻机开展深海工程地质勘察的先河。

2022年，随着“海牛Ⅱ号”在“深海一号”附近海域水深1560米处顺利完成最后一个站位的深海海底扰动工程地质取样，“海牛Ⅱ号”圆满完成本航次全部海底工程地质勘察任务，为该气田群深水平台锚点、水下管汇、水下井口等建设提供了可靠的原位岩土力学参数。

2023年5月，“海牛Ⅲ号”作为国家重点研发计划项目正式启动，万步炎和他的团队，策马扬鞭再奋蹄，向着更深、更广阔的海底挺进。未来，“海牛”家族系列海底钻机将进一步开拓大洋科学钻探、海上地质勘察、深海稀土勘探等领域。

万步炎喜欢说自己是“养牛专业户”，不过，他们养的是像牛一样有韧劲、不断向海底深钻的“海牛”。这一路走来，从0到1，从跟跑、并跑到领跑，“海牛”家族不断壮大，不仅有“海牛Ⅰ号”“海牛Ⅱ号”，还将有“海牛Ⅲ号”，将来一定还会有“海牛Ⅳ号”“海牛Ⅴ号”……

为者常成，行者常至！“我们做人也一样，就该像‘海牛’的钻头一样，勇往直前，钻透一切困难。”

“231米肯定不是终点，这应该成为我们下一步的起点。”

“人的一生，就是星星眨眼的瞬间。在我们有限的生命里，如果能够为国家深海勘探事业做出贡献，哪怕困难与挫折，都是值得的。”

海洋，人类的故乡和摇篮。海洋探索，依然是一场接力赛，需要更多人的前赴后继。万步炎和他的团队，注定会融入大海的浩瀚，在蔚蓝之下与生命的波澜相伴，一路披荆斩棘，踏浪而歌，钻向大洋最深处。



“海牛”号完成钻进、取样后顺利出海。湖南科技大学供图