

深海笔记：“探索一号”上的科考浪花



“奋斗者”号潜水器布放下水后，“蛙人”为其解开拖拽缆。“奋斗者”号由“探索一号”科考船搭载，今年8月11日从海南三亚出发，参与执行TS21航次深海科考任务，途中在马里亚纳海沟正式投入常规科考应用。



左图：工作人员在仪器布放前做检查工作。



右图：潜航员在对“奋斗者”号进行检修测试。

均为本报记者陈凯姿摄

本报记者张建松

交会对接的“太空之吻”再一次成功！

10月16日，神舟十三号载人飞船，采用自主快速交会对接模式，成功对接于天和核心舱径向端口。与此前已对接的天舟二号、天舟三号货运飞船一起，构成了四舱（船）组合体。随后，3名航天员从神舟十三号载人飞船顺利进入天和核心舱。

在我国空间站任务中，所有对接机构都是由中国航天科技集团八院研制。从2011年首次亮相的“太空初吻”至今，对接机构共成功实施了15次精准可靠对接，经历了从无人到有人、从自动到手控、从几天到6.5小时、从轴向对接到径向对接的创新突破。

一次次精彩的“太空之吻”背后，凝聚了航天科技人员对祖国航天事业的热爱、对建设太空强国的深情。

天和核心舱上的“对接五兄弟”

据中国航天科技集团八院载人飞船系统副总设计师张崇峰介绍，对接机构分为主动对接机构和被动对接机构。神舟载人飞船、天舟货运飞船以及后续将发射的两个实验舱，均配置了对接机构主动端，天和核心舱共配置了5个被动对接接口，设计师们形象地称它们为“对接五兄弟”。

“对接五兄弟”分工明确、各司其职。“大哥”在核心舱的后端，是核心舱专门的“太空快速通道”，被称为“后向对接口”，主要用于对接“太空快递小哥”天舟货运飞船，保证整个空间站的货物输送及在轨能量补充，同时也是载人飞船的备份对接通道。

“二哥”在节点舱的最前端，被称为“前向对接口”，接待来访的“客人”最多，除了神舟载人飞船、天舟货运飞船外，将来还会迎接问天实验舱、梦天实验舱，堪称“空间站守门人”。“大哥”和“二哥”都有特殊的补加接口，都可以为空间站补充推进剂。

“三哥”是“径向对接口”，神舟十三号载人飞船就是对接在此处，是专门的“航天员通道”。

“四哥”和“五弟”在节点舱的两侧呈对称分布，被称为“侧向停泊口”，问天实验舱、梦天实验舱将来会永久停靠在这里。届时，航天员的居住条件将会由“一居室”变成“三居室”，大大增加航天员的活动空间和范围。

身处太空，“对接五兄弟”长时间暴露在空间辐射环境，需承受88000次、超过200摄氏度上下的高低温循环、低轨空间原子氧的剥蚀，经过多频次的对接与分离后，仍需确保安全可靠，这对它们的身体素质要求极高。

多年来，八院805所对接机构团队将自己心中的那份爱毫无保留地奉献给“对接五兄弟”，用自己的聪明才智为它们赋能，共考虑到79项可能会发生的各类故障，为此制定了详细处置预案，以确保“对接五兄弟”在轨期间身体健康、圆满完成工作任务。

首次实现径向交会对接

在太空中交会对接，根据任务需要对接方式也很讲究。神舟八号以来的5艘飞船，与目标都是轴向对接。此次神舟十三号载人飞船与49吨级的空间站组合体，首次自主快速实现了径向交会对接。

径向与轴向的夹角呈90度，对接方式的改变，是为了使航天器易于运动控制，保证其主结构和质量分布尽量对称、紧凑，确保航天器的质心居中，从而减少因姿态控制所消耗的能量。

与轴向对接相比，径向交会对接难度更大。首先在于持续控制姿态和轨道“难”。轴向交会对接，可以有200米的“稳定保持点”，即使发动机不工作，飞船也能较长时间保持稳定的姿态和轨道。而径向交会没有稳定的中途停泊点，需要持续对飞船的姿态和轨道进行控制，推进剂消耗大，故障处置难。

『太空之吻』背后的深情

其次，姿态和相对位置确定“难”。神舟载人飞船配有传感器，如同飞船的眼睛，可以通过观察星星和预设的标志点，来确定自己的飞行姿态、与空间站的相对姿态相对位置等。但由于在径向交会过程中，飞船需由平飞转竖飞，大范围的姿态机动，对“眼睛”提出了更高要求。

第三，是航天员手控交会模式“难”。径向交会对接过程中，基本失去了地球这个最熟悉的参照基准，测控条件变差，且相对动力学运动特性与轴向交会不同，这给手控交会模式下航天员的操作增加了难度。因此，此次径向交会对接整个过程，是在制导导航与控制（GNC）系统指挥下，飞船智能自主完成的。

为确保平稳顺利实现径向交会对接，八院805所对接机构分系统通过全面分析对接工况，在增加可控阻尼器的基础上，还配合总体完成任务规划，开展了31个工况的捕获缓冲试验，仅单项极偏差工况就达到24次，可有效消除对接机构与多构型、变吨位、大偏心对接目标的捕获、缓冲、连接适应性风险。

首次成功实现径向交会对接，使径向和轴向交会都成为中国空间站载人飞船正常的交会方式，未来，将会在空间站载人交会对接任务中交替使用。

确保每一次“太空之吻”完美亮相

太空交会对接，是世界航天领域内公认的最复杂、最难攻克的技术。八院805所自1995年开始启动对接机构的研制。在没有任何参考的情况下，数千次的试验、数以万计的数据积累……

一群满怀梦想与深情的航天人，枕戈待旦、埋头苦干了16年。

2011年，我国自主研制对接机构完美实现了“太空初吻”。神舟八号飞船与天宫一号目标飞行器实现轴向对接，我国首次实现无人空间交会对接，成为世界上第三个独立掌握空间交会对接技术的国家。

我国空间站实施建造以来，八院805所研制的对接机构已成功助力4艘飞船实施与天和核心舱的5次精准对接，每一次“太空之吻”的细节各有不同、亮点纷呈。

第一次：2021年5月29日，天舟二号货运飞船成功发射，6.5小时后成功对接于后向对接口，完成了我国空间站的首次对接任务。

第二次：2021年6月17日，神舟十二号作为我国空间站的首艘载人飞船，与核心舱前向对接口成功对接，三名航天员穿过对接机构进驻到空间站。

第三次：2021年9月18日，天舟二号“快递小哥”通过180度绕飞，顺利从后向对接口转移至前向对接口，并再一次实现精准对接，进一步验证了对接机构具备在轨多次可靠对接的能力。

第四次：2021年9月20日，天舟三号货运飞船成功对接于核心舱后向对接口。

第五次：2021年10月16日，神舟十三号载人飞船成功对接于核心舱径向对接口，首次实现径向交会对接。

据悉，按照后续空间站建造及运营规划，八院对接机构团队每年至少主要生产交付5套对接机构。目前，八院通过部件产品化、测试项目通用化以及发射场流程优化等方式，有效提高了生产、总装、测试、试验效率，确保每一次“太空之吻”的完美亮相。

编者按：人类从未停止对未知世界的好奇，对深海同样如此。8月11日至10月8日，“探索一号”科考船搭载“奋斗者”号全海深载人潜水器等深海关键装备，从三亚启程，辗转巴林塘海峡、西菲律宾海盆及马里亚纳海沟海域，完成相关应用和海试作业后，顺利返航。这是我国“十四五”首个大型综合深海科考航段。简短的消息背后，藏着深海科考的艰辛与“深海人”的梦想。本报记者全程参与，见证并记录了其中几乎不为人知的故事……

没有冗长的开场白，没有烦琐的流程，但一句句高声表态，划破了艇甲板的寂静——“没人敢上，党员先上！”“没有办法，共产党员就是办法！”“绝不因个人困难中途返航！”“向深海深渊进军，对科考成果负责！”……

在一艘破浪前行的船上，这样的会议使情感满满。在往后的日子里，每次装备海试或潜水器作业时，党员们总是带头冲上甲板，顶着烈日、冒着酷暑、经受风雨、迎着星光，抬机器、拉缆绳、盯数据；设备出现故障时，他们又能集思广益，想出破解之法；出现工作不到位的情况时，他们首先做自我检讨和反思；被割伤、撞伤、跌伤时，他们决不轻易下火线。

当看到这些场景，我相信临时党支部在这条船上的意义，不仅仅只是仪式，更多的是这支深海科考队伍的灵魂。

（一）临时党支部

海况不好的时候，船跟着浪摇晃起来，没有出海经验的人，像个不倒翁一样，需要临时练习平衡能力。

刚上船的几天里，有人因为晕船，脸涨得通红，只能小心翼翼地一步一步在楼道中挪动。如果上下楼没抓稳扶手，一个趔趄就能把腿磕破皮。船员告诉我，在一次去往马里亚纳海沟海域的途中，遭遇强台风，连掌舵手都要在驾驶台放个塑料袋，一边开船一边呕吐。

“探索一号”赶赴的西太平洋区域，是许多台风的“源地”。船员们开玩笑说：“我们是一群追台风的人。”但船长李晚川的表情并不轻松，他紧盯着远方的云团，眉头总是紧锁。

幸运的是，好几个低压气旋形成后，眼看着就要迎面涌来，方向又逐渐偏离了。“探索一号”结束西菲律宾海盆区作业后，启程前往距离约250海里的马里亚纳海沟海域，抵达后风平浪静，众人欢庆。这时，气象预测系统消息显示，台风到达了之前作业的点位，中心浪高超过10米。

我们差一点被困在了台风眼。即便经验丰富的船员，也可能在糟糕的海况中出意外。电气师钟金波在一次检修电缆时，手臂被铁片划出一道长长的口子，但还是忍着纱布继续他的工作。他觉得，打上这条船起，每个人就已经做好挑战任何困难的准备。

做隐姓埋名的人，干惊天动地的事。这些“不倒翁”们，是不是都自带了“平衡仪”？

“没有单位，只有岗位”，这是“探索一号”科考船上所有人恪守的法则。汪洋大海中，科考船如同一座孤岛，更像一座海上工厂，紧张而高效地运行。

“奋斗者”号下海是一项难度不小的作业技术。下潜前，8名潜航员需要花上数小时甚至数小时，合力进行“体检”，

以排除和维修故障。对于棘手的问题，有时还会熬个通宵，结束后倒头便睡，根本叫不醒。

在深海之上“分金定穴”，考验的是测量设备和科研人员的专业素养。潜水器或深海仪器设备每一个布放点，科学家都要事先经过考量涌流、风向、经纬度和海底地形地貌后，做出精准计算和科学预判。毫厘之差，谬以千里，不能有半点疏忽。

负责布放、回收操作的是实验部主任盖文庆。他被公认是一个极为细心的人，每天都要对甲板的装置做几次检查。但每次布放和回收作业时，仍显得提心吊胆。“总担心出差错。”他说这句话时，眼睛还在不停扫视甲板，甚至连一颗螺丝都不放过。

一切就绪后，潜水器从潜器间的齿轮轨道上缓缓推出，到艇部后布放下水，涌流之上，小艇上的“蛙人”一个纵跃，跨上潜水器的顶部，解开拖拽缆。稍不注意，人就会被甩进水中。待“1号”下达下潜指令后，“奋斗者”号就开始了深渊之旅。

潜水器完成作业上浮后，水手们早已驾着小艇，在海面搜寻和迎接。有时风高浪急，小艇在水面翻腾，来回巡视，这样的场景，像是在戈壁滩上搜寻航天器返回舱一样。

这条小艇，船员们亲切地称呼它为“海燕”。

“水头”周陆涛高兴地拿出了他的十字绣成品照片，是一幅《清明上河图》。很难想象，这是一双长着老茧的、粗糙的手一针一线绣出来的。

他自称有“十八般武艺”傍身：电机焊、维修、装修、水电、理发……他做过煤矿工人，在港口开过装载机，还当过餐厅经理。船员生涯则是2012年开始的，属于半路出家。可直到当上水手长，他还是不会游泳。

在“探索一号”上，水手的主要职责除了操舵、布放小艇，还有甲板刷漆、洗舱和绑扎工作。尤其是布放小艇时，要“快准狠”，如果被浪掀到一些尖锐的设备上，就有刮破的危险。

深海科考中，风吹日晒雨淋是家常便饭，时间长了，风湿就成了职业病。累得腰板直不起来的时候，他就听听怀旧歌曲《水手》，“听着听着，疲劳就散了”。

我在洗衣房见过他们堆在一起的工作服，每件都结着好几层盐垢，那是不断出汗、蒸发后留下来的痕迹。有一天，一名船员在奋力拉扯绳缆时，鞋底崩开了一道口子——这是一双特制的、含有铁片且非常牢固的鞋。

“报告水面，采到海底生物样本，有海参、钩虾，还有几条狮子鱼。”“报告水面，采到海底沉积物和岩石样本。”

深渊样本，通过潜水器机械臂抓取、封装并运送至水面。抛载上浮前，潜航员通常要将“奋斗者”号深渊作业的收获，通过文字信息发送至驾驶台值班室。

在一台海底的人工鲸落着陆器旁，航次项目助理蔡珊雅发现，近8000米的深度，出现了“鱼虾开会”的场景。灯光照去，钩虾、狮子鱼像萤火虫一样，翩翩起舞。深海狮子鱼像一只小型的粉白色娃娃鱼，长尾巴，没有皮肤，半透明状，点缀着两颗乌黑的、已经功能退化的眼珠；钩虾其实不是虾，在不同的海深几乎都能见到它们的踪影。

“海底真是神奇的世界！”她掰着手指数着这个航次见到的深渊物种——海参、多毛、海鞘、蛇尾、柱头虫、海百合……

“探索一号”的生物实验室里，上海交通大学教授张宇一直在摆弄潜水器带回来的沉积物样本，她希望通过这些泥沙和海水，发现深海微生物的某些秘密；地质科研人员柳双权，则耐心端详着手里的岩石，脑海里浮现的是百万年前的地壳运动、火山喷发场景……

如果搭乘“奋斗者”号下潜，在深海之底，你会发现有“平原”、有“山脊”、有“断崖”、有“峭壁”。当然，一定还藏着许许多多人类至今没有研究过的生物、岩石和奇特的现象。

深海，还有许多谜底等待人类揭晓。

“探索一号”的科考任务，是未来会有越来越多的深海装备出现在海洋之中。“再过几十年，我们也许可以见到‘透明海洋’。”张健说，他希望有一天，从浅海到深渊的科学认知，可以构成一幅画，完整地展现在人类面前。

“刚开始也谈不上热爱，但是干着干着就觉得有意思了。”在朋友圈里，哪怕发一张随手拍的海上夕阳，都能引来无数的羡慕，这让他感到满满的自豪感。柳双权说，每次深海科考都能发现新的事物，所以才不会感到疲倦。他现在所做的，是为未来更多科学家研究深海打基础的工作，“但坚信量变一定会引发质变”。

同样年轻的工程师张健，是中国科学院深海科学与工程研究所里参加过“探索一号”首个航次的“元老级”科研人员。他常将一些科考过程中遇到的奇怪生物或现象，拍起来保存在手机里，返航之后一到家就给自己的孩子看。“小孩对这些很好奇，其实我也像个孩子一样好奇。”

于他而言，中国已经将万米深海科考的大门打开了，未来会有越来越多的深海装备出现在海洋之中。“再过几十年，我们也许可以见到‘透明海洋’。”张健说，他希望有一天，从浅海到深渊的科学认知，可以构成一幅画，完整地展现在人类面前。

“报告水面，采到海底生物样本，有海参、钩虾，还有几条狮子鱼。”“报告水面，采到海底沉积物和岩石样本。”

深渊样本，通过潜水器机械臂抓取、封装并运送至水面。抛载上浮前，潜航员通常要将“奋斗者”号深渊作业的收获，通过文字信息发送至驾驶台值班室。

在一台海底的人工鲸落着陆器旁，航次项目助理蔡珊雅发现，近8000米的深度，出现了“鱼虾开会”的场景。灯光照去，钩虾、狮子鱼像萤火虫一样，翩翩起舞。深海狮子鱼像一只小型的粉白色娃娃鱼，长尾巴，没有皮肤，半透明状，点缀着两颗乌黑的、已经功能退化的眼珠；钩虾其实不是虾，在不同的海深几乎都能见到它们的踪影。

“海底真是神奇的世界！”她掰着手指数着这个航次见到的深渊物种——海参、多毛、海鞘、蛇尾、柱头虫、海百合……

（五）特殊的泼水仪式

小板凳摆好，端坐，众人提起水桶从头泼下。这是首次乘坐“奋斗者”号下潜或突破下潜纪录的人，在“探索一号”上的荣耀时刻。

这在稍显乏味的深海科考过程中，简直可以说是一场盛大的节日。浙江大学在读研究生阮东瑞说自己很幸运，首次下潜就突破了7700米。在进入潜器之前，他无数次想过到深渊后，能否有一些重大发现，比如神奇的生物、古代的沉船、断裂的岩层……“起初头脑一片空白，入水后却越来越兴奋。”

他的“首潜”并没有惊喜。由于下潜点海底“扬尘”多，能见度低，透过舷窗用肉眼搜寻，几乎一无所获。直到从潜器出来接受泼水时，他紧闭眼睛，如释重负：“这正是真实写照，深海科考并不是一帆风顺的。”

此前已有过出海经历的何巍巍显得老练一些。这次，当“奋斗者”号顺利坐底后，来自中国船舶集团有限公司第七〇二研究所、参与了这个“超大”潜水器电池研制工作的他，轻松舒了一口气：“万米深渊第一个经验受住了。”

“我是来负责电池和配电技术保障的。”何巍巍说。从“蛟龙”到“深海勇士”；从银锌电池到锂电池；从入水后时有故障，到可靠性越来越强，他见证了我国载人潜水器电池设计和研制的快速发展。

他感慨：“‘奋斗者’号的电稳了，我再也不用像以前那样焦虑了。”

（六）来自海底的“谜底”

“报告水面，采到海底生物样本，有海参、钩虾，还有几条狮子鱼。”“报告水面，采到海底沉积物和岩石样本。”

深渊样本，通过潜水器机械臂抓取、封装并运送至水面。抛载上浮前，潜航员通常要将“奋斗者”号深渊作业的收获，通过文字信息发送至驾驶台值班室。

在一台海底的人工鲸落着陆器旁，航次项目助理蔡珊雅发现，近8000米的深度，出现了“鱼虾开会”的场景。灯光照去，钩虾、狮子鱼像萤火虫一样，翩翩起舞。深海狮子鱼像一只小型的粉白色娃娃鱼，长尾巴，没有皮肤，半透明状，点缀着两颗乌黑的、已经功能退化的眼珠；钩虾其实不是虾，在不同的海深几乎都能见到它们的踪影。

“海底真是神奇的世界！”她掰着手指数着这个航次见到的深渊物种——海参、多毛、海鞘、蛇尾、柱头虫、海百合……

如果搭乘“奋斗者”号下潜，在深海之底，你会发现有“平原”、有“山脊”、有“断崖”、有“峭壁”。当然，一定还藏着许许多多人类至今没有研究过的生物、岩石和奇特的现象。

深海，还有许多谜底等待人类揭晓。

“探索一号”的生物实验室里，上海交通大学教授张宇一直在摆弄潜水器带回来的沉积物样本，她希望通过这些泥沙和海水，发现深海微生物的某些秘密；地质科研人员柳双权，则耐心端详着手里的岩石，脑海里浮现的是百万年前的地壳运动、火山喷发场景……