

水下科技设备搜寻 MH370

■本报见习记者 赵广立



澳大利亚启用了“蓝鳍金枪鱼”自主水下航行器进行深海搜寻。

马航 MH370 航班“消失”在茫茫大海已经 40 多天，各国搜寻力量自始至终没有放弃，空中、海上、水下搜救设备陆续运抵疑似失事海域展开有序地搜索。在这起注定将写入空难史的神秘事件中，各国顶尖的搜救系统和探测设备，为将这起空难变得不那么“神秘”，作着不懈的努力。

尽管在大自然面前，人类任何手段都有其局限性，但目前得到的重要信息，绝大多数都来自这些高科技设备的发现。

声波定位仪“功成身退”

4 月 6 日和 4 月 8 日，澳大利亚军舰先后 4 次侦测到疑似黑匣子的信号，成为目前搜寻 MH370 最重要的线索。侦测到该信号的设备，是美国军方提供的 TPL-25 型水下拖曳声波定位仪。

据悉，TPL-25 型拖曳声波定位仪由水下拖曳部分、线缆和控制台等组成。其水下拖曳部分长约 76 厘米，直径为 35 英寸（约 89 厘米），重量约 32 千克，通常随船只拖曳在海上缓慢行进，速度一般为 1 到 5 节（1 节约合 0.5 米/秒）。

中船重工测控技术研究所研究员张琼将声波定位仪比作人的“耳朵”，是专门“收听”声信号（如黑匣子）发出声信号的设备。声波定位仪的“听力”高度敏感，在澳大利亚军方的搜寻任务

“尽管在大自然面前，人类任何手段都有其局限性，但目前得到的重要信息，绝大多数都来自这些高科技设备的发现。”

中，水下拖曳声波定位仪以 3 节的航速在船只的拖曳下行进，最深仍可以“听到”黑匣子在水下两万英尺（约 6096 米）发出的信号。

军事评论员宋忠平在接受《中国科学报》记者采访时介绍说，高精度的声波定位仪作为被动声呐定位设备，在黑匣子尚能发出微弱信号的阶段，是最佳的选择。

黑匣子通常以 37.5kHz 的频率发出信号，而声波定位仪可以探测从 3.5kHz 到 50kHz 频段范围内的信号。声波定位仪“收听”到黑匣子信号后，信号会出现在控制台中的示波器上，或出现在可以对信号进行处理计算机上。控制人员通过对信号最强点的位置进行记录，再结合时段、多次的测量，可以通过“三角定位”来确定黑匣子的位置。

值得一提的是，2009 年，美方曾将拖曳声波定位仪借给法国使用，搜寻失事航班法航 447 的黑匣子。

“蓝鳍金枪鱼”试水

随着黑匣子电量耗尽，澳大利亚海军“海洋之盾”号补给舰 4 月 14 日停止使用拖曳声波定位仪搜寻，而改由“蓝鳍金枪鱼-21”自主水下航行器“接班”。

在水下声波定位仪“司职”主要的水下搜索任务时，“蓝鳍金枪鱼”就备受关注，人们一面对

其寄予厚望，一面质疑为何按兵不动，直至 15 日才首度试水？

宋忠平解释说，“蓝鳍金枪鱼”属于主动声呐定位设备，它通过主动发出声波，利用回波定位附近有无大量金属物块等方式，寻找失联客机的残骸和黑匣子。“这就相当于在海底拉网式搜索，相对来说要慢得多，也难得多”。

张琼也指出，“蓝鳍金枪鱼”“发射声波——接收回波”的方式，作用距离只有公里级的范围；而且“蓝鳍金枪鱼”的一次下水作业时间只有 25 个小时，还受海底山脉、海沟等海底复杂环境的影响，再考虑到水下 4500 米属于“蓝鳍金枪鱼”的极限水深，须尽可能缩小搜索区域后再下水。

“蓝鳍金枪鱼-21”是由美国马萨诸塞州蓝“蓝鳍金枪鱼”机器人技术公司研制的一款自主式水下航行器（ROV），最大下潜深度 4500 米，最长水下行动时间约 25 个小时（其中 16 个小时用于海底搜索，4 个小时用于设备收发）。被投放至海底后，“蓝鳍金枪鱼-21”将发射声呐脉冲扫描海底，脉冲将向两个方向以弧形散开。接收到在脉冲范围内物体的反射声波后，利用“声波阴影”判断物体高度并形成图像，适用于精细搜索。蓝鳍金枪鱼机器人技术公司首席执行官戴维·凯利把该设备的搜索工作比作“修剪草坪给草坪除草”。

“蓝鳍金枪鱼”除了能够利用旁侧声呐扫描外，还可以携带水下摄像机下潜（一次只能装配一种设备）。通常情况下，它首先使用声呐探测，发现可疑目标后升至水面，改装上摄像机后再次下潜，为搜寻人员提供水下画面。

不过，“蓝鳍金枪鱼-21”无法在海底行动时向海上研究人员传输收集到的数据，搜救人员必须在其结束海底搜寻任务上浮水面后才能获取数据。

据报道，4 月 14 日晚“蓝鳍金枪鱼”首次下水因下潜深度超出设计极限，在首次搜索仅 6 小时后就返回海面。没有完成计划的搜索周期。而经过对其扫描数据分析，目前暂无发现。“蓝鳍金枪鱼”已在 15 日晚开始其第二次下水搜索任务。

“蛟龙”或借机练兵？

“目前还没有接到相关部门关于‘蛟龙’号参与

马航失联飞机搜救的通知，不过我们时刻准备着，‘蛟龙’号可随时出动参与救援。”国家深海基地管理中心主任刘峰日前接受《中国科学报》记者采访时曾表示。

“蛟龙”号深潜器副总设计师胡震也表示，只要失联飞机定位精确，“蛟龙”号可下海，参与现场评估、搜救指挥甚至打捞工作。

目前探测到的脉冲信号水域深度约为 4500 米，“蛟龙”号深潜器的最大下潜深度可达 7000 米。此外，“蛟龙”号具有先进的水声通信和海底微地形地貌探测能力，可以高速传输图像和语音，探测海底的小目标。不过，据报道，“蛟龙”号优势在于定点作业，非大范围搜寻；由于航程限制，载人深潜器无法像无人深潜器那样在深海长时间作业。

宋忠平告诉记者，“蛟龙”号在 2013 年刚刚从试验阶段到试验应用阶段，贸然下水还具有一定的风险，下水之前对任务海域的海情海况还有待进一步了解。

“搜寻 MH370 作为‘蛟龙’练兵的机会，也未尝不可。只是需要在水下之前，将风险降低到最低。”宋忠平说。

军事专家杜文龙也在媒体采访中表示，载人深潜器一般的无人潜航器不同，它对天气、洋流、海底地质等条件要求很高，如果这些条件无法保障，“这种载人深潜任务风险重重”。

“若是打捞，必须靠各种手段结合。各类潜水器协同作业，才能取得较好的效果。”刘峰称，潜水器的水下作业有分工，搜寻目标的过程要逐步推进。

打捞将召唤潜艇

根据法航 447 空难事后处置经验，法国军方在客机失联后不仅出动了远程巡逻机、预警机和普通救援船，还出动了两艘小型潜艇的潜艇救援舰和一艘红宝石级核潜艇。法国出动潜艇救援舰、核潜艇的目的是希望利用舰艇上的先进声呐设备，尽快确定失事客机残骸的海底位置，以打捞起更多遇难者遗体以及客机的黑匣子。

不过，直到近两年后，“阿卢西亚号”勘探船通过配备有当时世界上最先进的水下探测设备的三艘里莫斯 6000 型潜艇，经过了整整 8 天地毯式的搜索，最终借水下航行器携带的摄影设备，才找到了黑匣子。

据悉，中国海军的潜艇救援实力强大，专用潜艇救援舰除母船具备可实施水下探查的侧扫声呐、能精确测定水下物体位置的高频声呐、水下电视、GPS 定位、深潜通讯功能之外，搭载的深潜救援艇还配备有先进的卫星定位、搜索声呐、图像声呐、水下相机以及机械手，可以凭借在水下的精确移动，成功靠近水下可疑目标以进行精确确认。尤其是考虑到法航 447 海底客机残骸最终也是依靠 3 艘小型无人潜艇得以被发现，该方案或许应该得到更多重视。

“潜艇是最后的方案。”《航空知识》副主编王亚男告诉《中国科学报》记者，当年法航 447 的搜索打捞工作是在确定了失事地点后才选择的潜艇，“现在仍需要对黑匣子定位”。

搜寻之路还有多远

■本报见习记者 赵广立

黑匣子没电以后——

疑似 MH370 客机黑匣子的信号已经数日没有被侦测到了。在失联近 40 天后，搜索专家们认定：黑匣子电量已经耗尽了。这意味着，它不能再主动发出哪怕微弱的信号告诉人们“我在这儿”，只能静静地等待人们利用主动寻找设备找到它。

“黑匣子主动发信号，仅需‘跟一个人握手’，这是最简单的，否则见一个陌生人就去‘握手’，那得去辨识多少陌生的手？”军事评论员宋忠平在接受《中国科学报》记者采访时说，“这个线索断了的话，下面的事情，难度最大的不仅是技术问题，还要面临资金问题。”

搜索范围还很大

尽管澳“海洋之盾”军舰利用水下拖曳声波

定位仪先后 4 次捕获了疑似黑匣子信号，但当“蓝鳍金枪鱼-21”水下航行器下水进行搜索之时，划定的区域范围仍有 600 平方公里——相当于一座中城市的大小。

澳大利亚总理阿伯特此前曾表示，他们已经把搜索的范围确定在几公里的范围之内，为何无论水下航行器还是海面侦察，都要在如此大的范围内开展搜寻呢？

宋忠平指出，此前“海盾”号军舰侦测的 4 次信号，因不具有同时性，并不能根据常用的“三角定位法”准确判断出黑匣子的精确位置。

“要对一个发出信号的物体进行定位，需要至少两个设备同时接收到信号，才能通过三角定位法，精确地发出信号的位置。现在的问题是，并没有做到同时两台设备监测到信号。”宋忠平说，“如果不是同时，相差几秒钟都会带来巨大的误差。”另外，即使搜索人员随后通过某种手段找到了部分残片，也并不意味着很快就能找到黑匣子。

中国科学院南海海洋所海洋构造和油气地震探测课题组组长、海洋地质

室研究员阎贺告诉《中国科学报》记者，如果飞机坠毁海域的洋流活动很强，或者残骸正好在海山、沙丘顶部等，洋流很有可能把残骸带到远处。“所以就算我们搜寻到甚至打捞到残骸，也不意味着黑匣子也能打捞起来，它们很有可能分散到各处”。

“工程”或长期化

疑似海域的深部地形地貌的详细情况近乎未知，这给人们的搜寻带来不可预知的困难。“回声探测仪、航测声呐、多波束探测系统等设备，都能用于海洋深部的地貌地形的测绘。”阎贺说，科学考察中的“粗扫”，一次扫描最宽可达 10 公里。然而，这并不是个大数目，阎贺告诉记者，粗扫跟精细扫描有很大区别，类似于寻找黑匣子这样“海底捞针”的工作，就需要精细扫描。

“中低精度的深海地质调查设备，也许不用多久就能扫描完成，但仪器精度越高，耗时越久。”阎贺说，按照媒体报道“蓝鳍金枪鱼”一天的工作量大约“一个足球场大小”计算的话，600 平方公里意味着“漫长的过程”。

好在，海洋生物不会对搜寻工作带来太多干扰。因为其流动性强，每种生物的频率不尽相同，强弱也不一样，不会一直停留在某一频段。不过，零落的残片在海底的辨识度并不高。“海底环境很复杂，并非一览无余，残片沉到海底与周围环境物体的回波区别并不见得明显。”阎贺担忧，最后的鉴别，恐怕还得需要大范围的海底成像，而这“是一项非常艰巨的工程”。

“现在看，搜寻 MH370 工作长期化的可能性越来越大。”阎贺说，“成谜的可能性也正在变大。”

目前，搜寻 MH370 已耗费超过 5000 万美元。后续的搜索，除了时间成本，同时也会有巨大的经济成本。



印尼搜救人员在印度洋搜索 MH370 航班

迷航史话

法航 447 黑匣子的发现之路

“接收到黑匣子信号，并不等于找到了黑匣子。考虑到法航 447 航班客机的黑匣子是在 2 年以后才被找到，那么打捞 MH370 黑匣子的工作，一年、两年甚至更久，都有可能。”

这是媒体在总结各国寻找 MH370 进展中，常被提及的一句话。MH370 自失联之日起，就频频被拿来与法航 447 空难作对比。今天我们将法航 447 航班客机黑匣子的发现之路梳理出来，对我们寻找 MH370 失事的真相，仍不失借鉴意义。

2009 年 6 月 1 日，失事

法航 AF447 航班的空客 A330-203 飞机从巴西里约热内卢起飞 6 个多小时后失去了联系。在失去联系前的最后一次通话中，飞行员说他准备离开巴西领空，一切正常。

在得到通报后，法国方面立即在巴黎戴高乐机场设立危机中心，法国交通运输部高级官员赶赴现场办公。法国航空公司首席执行官召开电视新闻发布会通报情况。巴西方面随即派出 8 架飞机对巴西东北海岸 1100 公里的预测失事范围进行了巡视，而法国方面则请求美国提供间谍卫星帮助。

白天搜索无果后，巴西空军 6 月 1 日晚部署拥有雷达和红外装置的 R-99 侦察机以及装有搜救仪器的大力神 C130 飞机继续进行搜救。

6 月 2 日，巴西空军发言人表示正在大西洋海域搜寻失踪法航客机的巴西空军当天在距离巴西海岸大约 600 公里处发现了疑似客机碎片。搜寻工作进入第 5 天，一位巴西飞行员发现一片海上漂浮的碎片，碎片证实来自法航 447 客机，也证实了 AF447 上的所有人已无人还生。除浮在海面上的碎片，搜寻人员还发现了一些原封不动的救生衣，这说明乘客并没有作好落水的准备，他们甚至没有时间去穿救生衣。

6 月 6 日，巴西空军宣布在离海岸约 1100 公里处，发现两具乘客遗体。6 月 7 日，巴西军方表示，他们已经找到一批飞机残骸，包括垂直尾翼，还有 29 名机上乘客和乘务员的遗体。

2009 年 6 月 10 日，寻找黑匣子

6 月 10 日，法国的核动力潜艇“翡翠号”已抵达事发海域寻找可能已沉至海底的飞行记录

仪（黑匣子）。水面搜索结束后，水底搜索仍然进行。法国航空事故调查处主席表示他对找到黑匣子的可能性并不乐观：黑匣子可能在 3000 米深、地形崎岖的海底。

两艘装有美国海军监察装置的法国船只，还有一些声呐船，也来到失事海域，试图去捕捉海底传来的微弱信号。然而搜索了超过 22000 平方公里的海床后，搜查人员沮丧地发现，他们一无所获。

在接下来的一周，巴西军方共动员了 1100 人参与搜救，15 架航空器参与了这次行动。巴西航空工业 R99 飞机共飞行超过 100 小时，机上的电子仪器扫描了超过 100 万平方公里海域，其它飞机亦以目视方式搜索超过 32 万平方公里海域。

6 月 26 日，官方宣布终止搜救行动，巴西军方在英、法、西、美的协助下共寻回 50 具尸体和 640 件碎片。

至 7 月中旬，黑匣子仍未找回，这时黑匣子的电池已消耗完毕，不再发出讯号，搜索工作变得更加困难。

2011 年 3 月 25 日，搜索重启

法航事件过去近两年后，法国国民安全调查分析局（BEA）一度陷入了两难境地，搜寻工作花费了 2200 万欧元，却无任何突破。

研究了数千架飞机的残骸后，调查人员只能推测飞机是整体坠海的。除此之外调查人员的证据，是飞机在坠毁之前 ACARS 发送到法航的 24 条维修数据。数据显示，飞机的皮托管有过堵塞的问题，但皮托管被冻住“不会”造成坠机，BEA 调查员阿兰说道：“此前法航已通知飞行员皮托管被冻住后的表现，以及应采取什么应对措施。”各种线索形成一个待解的谜团，在排除诸多可能之后，问题又回到原点：要找到黑匣子。

BEA 将最后的希望寄托在美国的一家海洋研究机构：伍兹·霍尔海洋研究所。正是这家位于美国麻省的研究所，在超过 12000 英尺（3657.6 米）深的水下发现了泰坦尼克号的残骸。

调查人员将赌注压在最后一次搜索。勘探船“阿卢西亚号”，带着三艘里莫斯 6000 型潜艇——世界上最先进的水下探测设备，载着水下

探测专家，起航了。

3 月 25 日的这次任务，获得了超过 1000 万欧元的资金支持。他们选定了飞机最后失去信号位置的方圆 37 公里为搜索区域，潜艇和勘探船分开工作。

一周之后，潜水艇的声呐雷达上显现出一个巨大的物体：那个物体很直，看上去，不像是自然形成的物体。

2011 年 4 月 3 日，追查真相

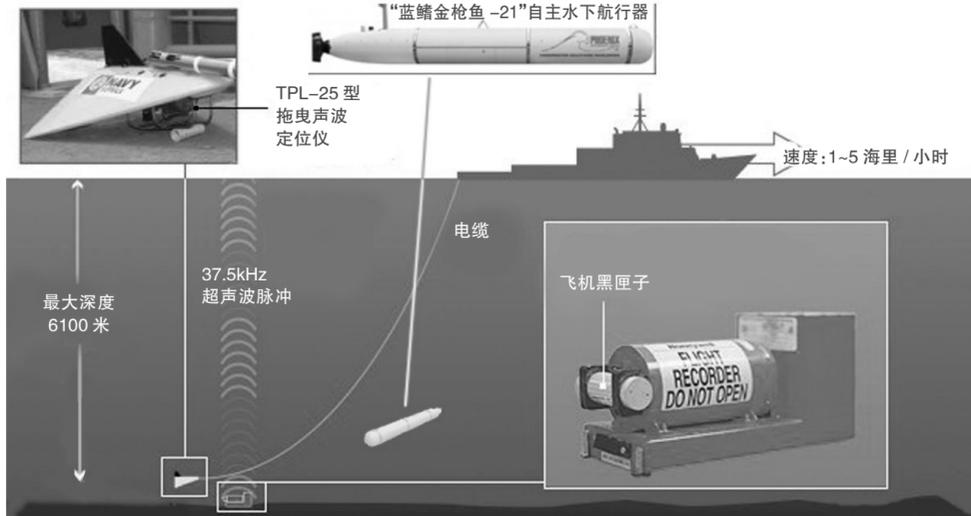
2011 年 4 月 3 日，由伍兹·霍尔海洋研究所带领的搜寻行动展开，通过自主水下航行器的侧扫声呐发现，在飞机最后失踪位置东北面 12 公里以外，深度接近 4000 米的水下，法航 447 的图像一幅幅展现在搜寻队员的眼前：机翼、引擎、起落架、机身残骸……该残骸位于第一批残骸的北部不远处，分散在 200 至 600 米的范围内，由此推测飞机是完整地坠入水中。

4 月 26 日，美国的遥控潜水器（ROV）里莫斯 6000 首次下潜便找到法航 447 的飞行记录仪，但没有失事残存内存；5 月 1 日，海缆船伊尔德桑号找到飞行记录仪的内存并成功打捞上水；5 月 7 日，飞行记录仪被送到巴黎进行分析。

数据和录音显示，皮托管冻住后，产生错误读数促使自动驾驶仪关闭，这时飞行员只要稳住飞机即可（皮托管会在 1 分钟后自动解冻）。但是飞行员博南却向后拉起控制杆抬起机头，飞机向上冲了超过 2500 英尺（762 米），导致速度下降，触发失速警告。气动失速的状态下，机翼失去升力，飞机以超过 220km/h 的速度下坠。这时他们如果让机头向下加速获得升力，灾难或许可以避免，但是赶来的机长无法迅速掌握情况，而副驾驶博南仍继续把控制杆向后拉，失速的飞机最后“像石头一样掉下来”。

2011 年 7 月 29 日 BEA 公布了最后的调查结果，认定空难是因为机组人员缺乏足够的训练，没有遵循飞行程序指引并忽视失速警告而引起的。

至此，总共耗资超过 3500 万欧元（约合 5000 万美元）的调查工作，终于画上了句号。（赵鲁整理）



搜寻工作示意图

蒋志海制图