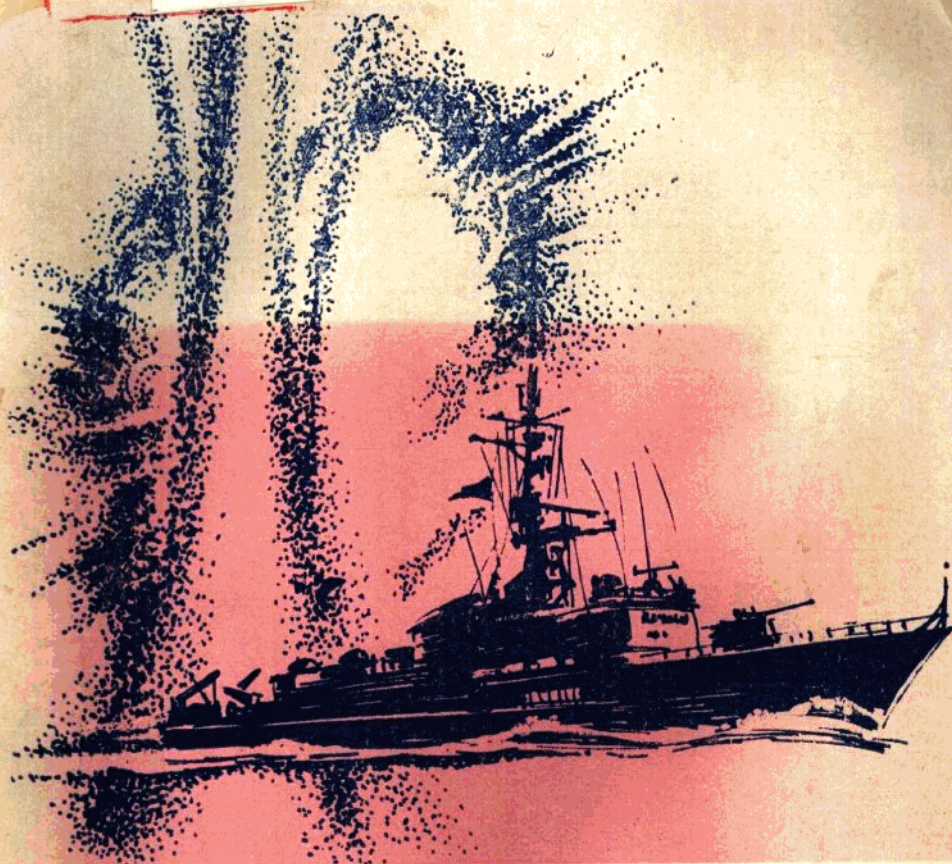


厦门水产学院
船舶制造研究所
总号 0042



反水雷舰艇文集

第六机械工业部 第七〇八研究所
第七研究院
一九七九年十月

内 容 摘 要

本文集主要介绍近年来国外新发展的部分反水雷武备的概况,其中包括常规扫雷艇,气垫扫雷艇和航空扫雷直升飞机等。文集中特别对当前世界各主要海军国家大力发展的新型反水雷武备——猎雷舰艇及其猎雷设备,作了较详细的说明。此外还介绍了非接触水下爆炸,舰船物理场以及扫雷舰的变距桨推力和转叶力矩的计算。本文集可供从事反水雷舰艇研究、设计人员及有关科技人员阅读、参考。

由于编译者水平有限,在选题、译校和编写方面谬误之处难免,恳请批评指正。

编 者

目 录

扫 雷

现代扫雷技术与展望	1
西德海军的“特洛依卡”(Troika) 反水雷系统	13
航空扫雷	24
气垫扫雷艇	32
440 吨扫雷艇	40

猎 雷

猎雷舰艇——新型的反水雷装备	42
英国“亨特”(“Hunt”)级猎雷舰概要介绍	50
新设计的现代化经济型猎雷艇	52
法、荷、比等国猎雷艇发展计划	55
西德关于将扫雷艇改装成猎雷艇的讨论会会报	63

扫、猎 雷 装 备

猎雷舰艇的消磁探讨——第一个固定消磁站的设计	70
法国研制的遥控猎雷装置	73
“特洛依卡”主控艇用 DSQS-11A 声纳	78
无人线控潜水器(MURS100 系统)	82

其 他

二次世界大战中日本万吨级军舰	
对抗水中爆炸的防御结构	91
非接触水下爆炸引起的直接冲击波对商船的损伤	96
冲击设计方法和冲击规范的评定	108
舰船物理场	131
MSO421 远洋扫雷舰五种变距桨的推力和转叶力矩的测定	157

现代扫雷技术与展望

前言

所谓扫雷就是排除水雷，以确保海上安全，保障舰队行动及通商往来，并有利于保持制海权。扫雷是对付布雷“手段”的一种“对抗手段”。一般说来，“手段”和“对抗手段”是按“拉锯战”规律相互促进而发展的；有时“手段”占优势，而有时“对抗手段”居上风。但在水雷和反水雷斗争中，水雷总是居于优势，且掌握主动权。所谓居优势并不是说不能扫雷。也就是说，绝对不可扫除的水雷是不存在的。即使对于尚难排除的水雷，将来对方也会采取相应手段对付的。总之，既要考虑对方的扫雷技术，而又不能打消布雷的念头。至于水雷的用法，虽有战略的，战术的或攻势的和守势的等等，但其目的都是给敌舰造成危害，而不是等待排除的。但若扫雷的时间很长，那末对水雷来说就不会是“死无代价”了。在扫雷部队的后面等待着想早点通过这里的舰船。等待扫雷就是在时间上失去了战机。

缩短扫雷时间是扫雷技术人员的重要课题，而水雷技术人员却往往想出许多办法来增加扫雷的困难。扫雷速度和有效扫雷宽度愈大，则扫雷效率越高。如果必须在同一海面航扫几次才能完成扫雷任务的话，那末扫雷所需的时间就长了。再者，如扫雷方法不适应于布设的水雷，则扫雷也就不起作用了。

在第二次世界大战期间，水雷种类较过去大大增加了，而且为增加扫雷困难采用了所谓的抗扫装置，因而在战后出现了以下两种扫雷方法：

- 1) 扫雷；
- 2) 猎雷。

前者是狭义的扫雷，即用扫雷具扫除海域内的水雷，或者确认没有水雷，这是一种以往一直采用的方法；后者则是先探知各个水雷而后加以消灭的方法。这两种方法各有优缺点。在多数情况下，当开辟航道初期尚不知应该采取哪种方法时，一般是同时采用两种方法，也可转为采用某一种方法。

在海上从事这些作业的舰艇分为扫雷艇和猎雷艇两种。后者具有适应于猎雷任务的机动性能（下面将详述），并装有代替扫雷具的灭雷装置及相应的舢装设备。

虽然也有同时具备扫雷和猎雷两种能力的扫雷艇，但就 300 吨级沿海型艇而言，要完全兼具二者还是困难的。

由于扫雷作战常伴随着触雷的危险，所以这些舰艇在扫雷时应能够在驾驶台上进行遥控操作。为了减少触雷危险，可由直升飞机作仔细侦察。但要确证海域已经灭清了水雷还是困难的，此外，缩短扫雷时间也是尚待解决的问题。虽然在越南海域已经使用了直升飞机扫雷，但扫雷具的研制及其使用方法等也是有待今后进一步研究的课题。

水雷和扫雷方法

扫雷时必须根据布设的水雷的种类选择适当的扫雷具。对各种水雷采用的主要扫雷方法和扫

雷具列于下表。

扫雷具展开的方式有二，即从船首和舷侧吊下的方式及拖曳的方式。拖曳方式又分为由一艘艇拖曳的单舰式及由二艘艇拖曳的双舰式二种。

水 雷 和 扫 雷 方 法

分 类 方 法	水 雷 种 类	扫雷方法和扫雷具
大的分类	控制水雷 独立水雷	探雷具
按布设方 式分	舰布水雷 空投水雷 潜布水雷	根据布设状态和引爆方 式采用下列某种扫雷
按布设状 态分	漂雷 锚雷 沉底雷 定深雷	扫雷网 截割扫雷具 海底扫雷具，非触发扫雷具 猎雷
按引爆方 式分	视发水雷 触发水雷 { 触角水雷 触线水雷 惯性水雷 感应水雷 { 磁性水雷 音响水雷 水压水雷 联合水雷	与控制水雷相同 截割扫雷具 电磁扫雷具 音响扫雷具 破雷艇 联合扫雷具

截 割 扫 雷

截割扫雷是既适用于触发锚雷、也适用于感应式锚雷的一种典型扫雷方法。它利用截割扫雷具的扫雷钢索或扫雷钢索上的割刀将雷索切断，使雷体浮出水面，然后用枪击法消灭之。现在截割扫雷主要采取单舰式拖曳，但对布设较深的潜水雷采用双舰式。

单舰式截割扫雷具的扫雷方法，是在拖航时用两个展开器和一个定深器于扫雷艇艉部两舷将扫雷钢索展开在一定水深处，扫雷钢索缚住雷索并将它割断。扫雷索在右舷是用右捻的钢索，左舷则用左捻的。扫雷钢索靠海水的阻力而沉降，并保持与扫雷速度和定深器拖索长度相适应的扫雷深度。

图1所示是用带割刀的扫雷具及450米长的扫雷索以8节的扫雷速度扫宽约300米海域的情况。扫雷具上的割刀有大有小，但都能在8节速度下切断12毫米直径的钢索。为可靠地切断雷索，采用了在割刀上装炸药、爆破雷索的方法。图中所示的展开器又称为“奥塔”(otter)，它是框架式多叶形构造，其翼板垂直布置，当受水流作用时在水平方向内移动。将翼板朝下成水平状态时即成为定深器。

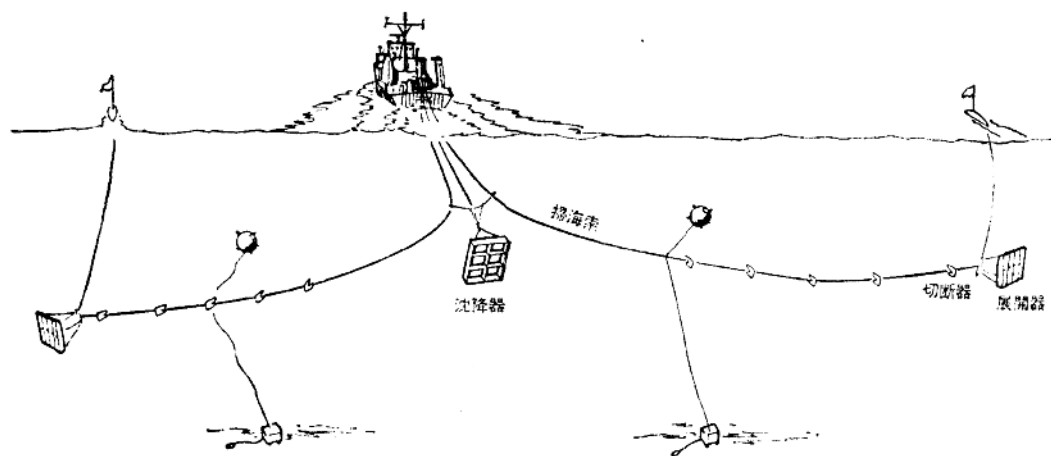


图1 带割刀的截割扫雷具

图2所示是用扫雷钢索截割雷索的截割扫雷具。这种扫雷钢索是由制造鱼雷防御网而闻名的Bullivant公司研制的特殊钢索。日本旧海军大扫三号舰上的扫雷钢索是由三根角状的特种钢丝和廿一根普通金属丝拧成的三股锯齿状钢索。它能在15—20节的扫雷速度下切断拖曳约12米长的雷索。图示展开器称为破雷卫(Paravane)，其形状似飞机，在前翼的两端装有浮子和铅锤，以维持垂直；尾端则有水平、垂直鳍，当受到水流作用时，由于其形状产生的阻力使其向两侧移动。图示扫雷具上的破雷卫是日本旧海军于1918年从毕加斯公司购买的标准化中型自卫具的一种。

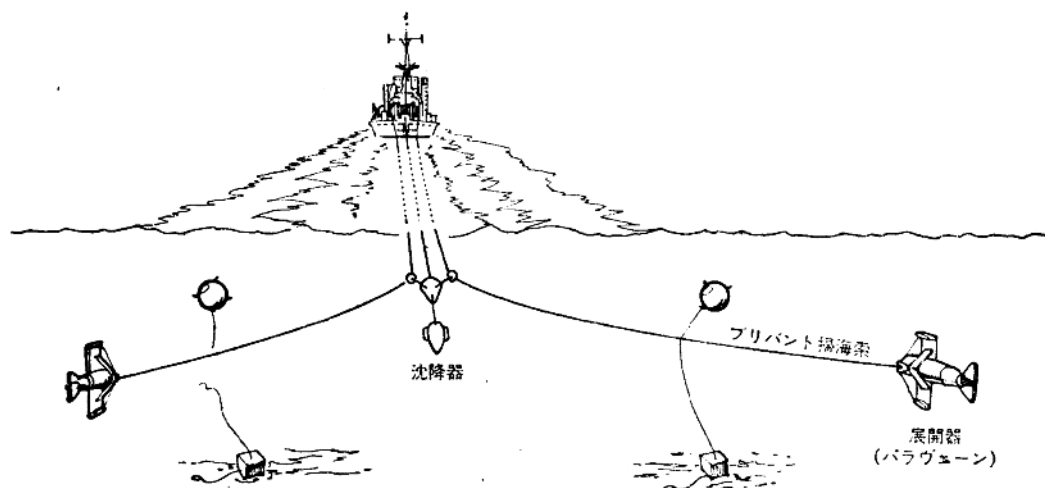


图2 索割式截割扫雷具

破雷卫本来的用法是从舰首拖曳将锚雷排除。破雷卫的内部装着割刀，上述的中型自卫具则装有气动式割刀。

针对截割扫雷，水雷可采取抗扫措施，其方法是在雷索上装爆破钩来切断扫雷索，还可装链轮，能将扫雷索滑脱。此外，还可使用下述二种机构：一种是缓动机构，其作用是使水雷在布设后经过一定时间浮在规定的深度上；另一种机构的作用则是当雷索一旦被割断，另一个雷体马上浮在原来的位置上。

装备截割扫雷具的扫雷艇必须有扫雷索和拖索绞车，扫雷吊杆或旋臂吊车，缆索收放设备及艇尾滚筒；此外，还须配备张展拖索时用的张力计及扫雷浮标等。假使在没有感应水雷混杂存在的情况下进行截割扫雷，扫雷艇才可以不采取专门的防雷措施。二次世界大战以前的扫雷艇就是如此。

以水面舰艇为目标的锚雷要布设在比目标舰艇吃水为浅的深度上，但当海面潮位最低时也会露出水面，为了不致透过海水被看见，必须把它布设在离潮位面2~3米以上的深度处。故各种登陆艇和拖船等均可用于扫雷。

太平洋战争之前，日本海军的战舰，重巡洋舰和轻巡洋舰等大型舰艇均载有所谓小型扫雷具的双艇式截割扫雷具。这种扫雷具不是由本舰直接拖曳，而是由舰载小艇拖曳的。它有50米长的扫雷索，系在150米长的拖索上，由二只小艇拖曳。拖曳小艇并不限于动力船，也可使用大舢板和轻型小艇作为拖曳艇。当时，在直接拖曳扫雷具从事扫雷作业的舰艇中，最大的舰型为“初春”型驱逐舰，这些驱逐舰按所属驱逐舰队分别装备了固定的双舰式或单舰式扫雷具。另一方面，在特型和“白露”型舰上则装备上述小型扫雷具，由舰载艇拖曳。

感 应 扫 雷

在第二次世界大战期间，随着感应水雷的广泛使用，扫雷方法也趋于多样化，但也增加了扫雷的困难性。作为感应水雷，到目前为止，基本上是根据图3所示的船舶特性而动作的，因此只要采用一种能产生这类信号的扫雷具，就能实现扫雷。产生这种信号，对于磁性和中频音响信号来说比较容易，而对低频和水压来说就非常困难了。

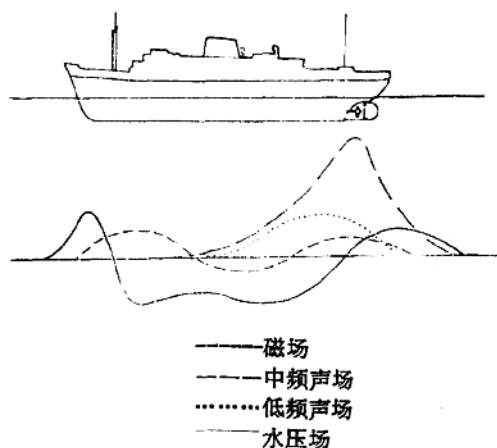


图3 舰船的物理特性

低频音响水雷按图 4 所示舰船噪声频谱中 2~30 赫兹的适当音压(30~300 微巴)而动作。虽然有这样的扫雷具(如下所述)，但因为要产生这样波长的信号，必须有类似舰体大小的体积，所以效果不好。

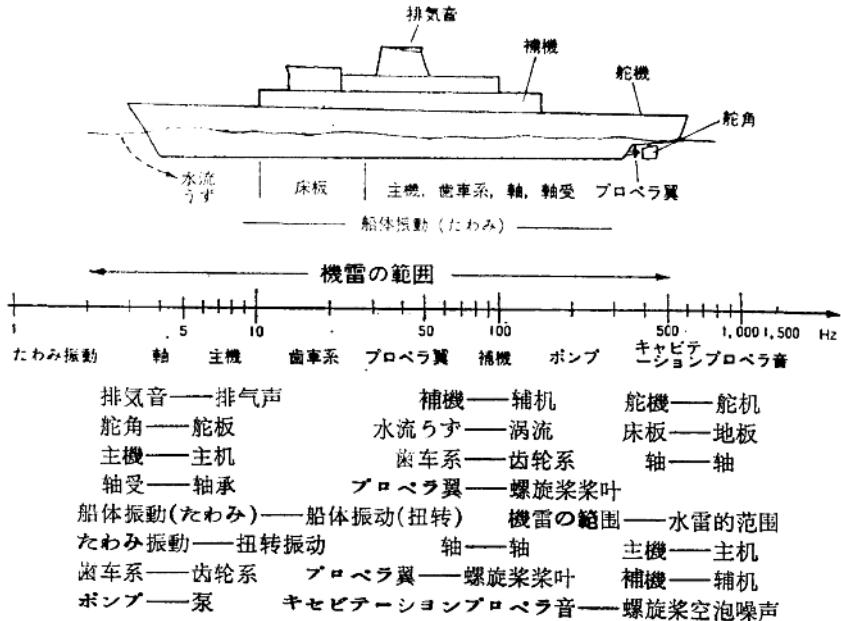


图 4 一般舰船的声源和频谱

当船舶航行时，其下面会出现如图 5 所示的水压变化。这是 1940 年英国对排水量 14000 吨、吃水 8.6 米的船舶进行模型试验所得的结果，它表示船以 10 节速度航行时在水深 20 米处的水压分布情况。水压中只要有 3 克/厘米³ 以上的负压并持续一定时间便可使水压水雷爆炸，如用扫雷具造成这样的负压却是困难的，以前虽试制过各种水压扫雷具，但可以说始终没有定型，只有用船本身造成水压场才是最可靠的方法。

海底扫雷具能缚住、处理包括水压水雷的沉底感应水雷。海底扫雷具是全部去掉浮标而将扫雷网拖至海底的一种扫雷具，在战争中曾于台湾高雄成功地试用过这种扫雷具。但由于质量不

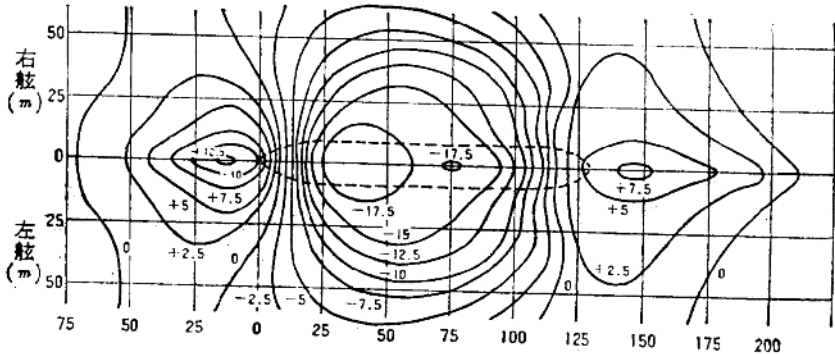


图 5 航行的舰船下面的水压分布
距船首的距离(米) 等压线单位: 克/厘米³

好，网易损坏。当然，十全十美的东西是没有的。

电 磁 扫 雷

磁性水雷有磁针型和感应型两种，而电磁扫雷具对这两种水雷都适用。但对两次脉冲工作制（即起初感应一种极性磁场变化，经几秒钟后再接受相反极性磁场变化而起爆）的水雷，扫雷具必须具有能在水雷两次感应的间隔内产生相应正负信号的结构。

在第二次世界大战中，英德两国在使用磁性水雷的同时，都迅速配备了电磁扫雷具，两国所追求的倾向是相似的。现将发展情况叙述如下。

由于使用了磁性水雷，首先出现了舰部装有强磁电磁铁的破雷艇及拖曳式磁体扫雷具，接着在英国有用线圈绕在木排和圆棒上的扫雷具，在德国则有将线圈绕在浮筒上的，还有用圆棒或浮标使橡皮绝缘电缆保持浮力的扫雷具等等。

这些扫雷具都能有效地对付磁性水雷，但在使用方法上困难还很多。英国在战争开始后第二年就发明了一种称为 LL 扫雷具（Long Line gear）的浮水扫雷电缆。在德国也研制了与此相类似的 KFRG 扫雷具。

LL 扫雷具的电缆本身除含有抗拉材料外，尚有软木类浮体，并经过绝缘处理。短电缆长 175 码，长电缆长 750 码，其末端分别带有电极，由拖曳艇上的发电机供给 3000 安培的电流，电源一接通，海水在电极间构成的回路便产生磁场。由于用一组这样的扫雷具扫雷其有效扫雷宽度太窄，故采取两艘艇拖曳的方式，将电缆展开，使电流同步，这样的有效扫宽较单艇拖曳要增大一倍以上。这种系统的现行扫雷法示于图 6 I 型、J 型及用于淡水和盐份少的海水的 CL 型。

上述有德国特点的扫雷具是用线圈绕在浮筒上的 HFG 扫雷具（Hohlstabfernräumgerät）。日本海上自卫队称之为浮舟型扫雷具。这就如图 7 所示：在浮筒筒体上绕上线圈，并以木板复盖，由拖曳艇的发电机向线圈供电进行扫雷。浮筒的长度从 12 米到 24 米；24 米长的用于对付

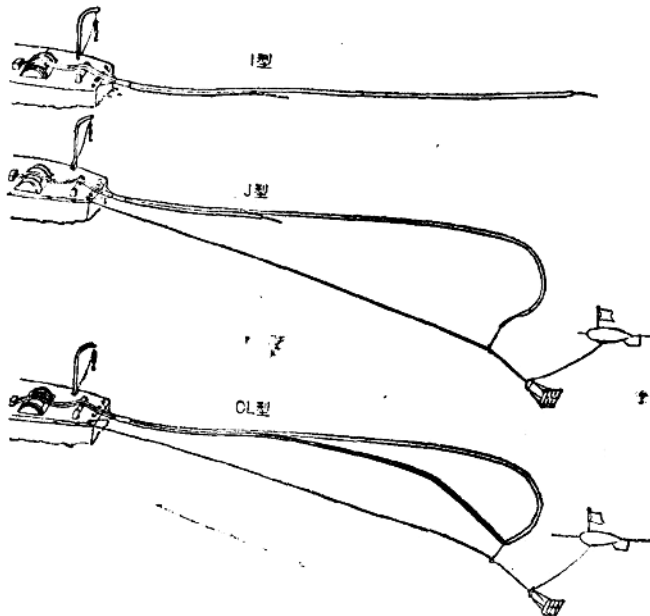


图 6 浮水扫雷电缆

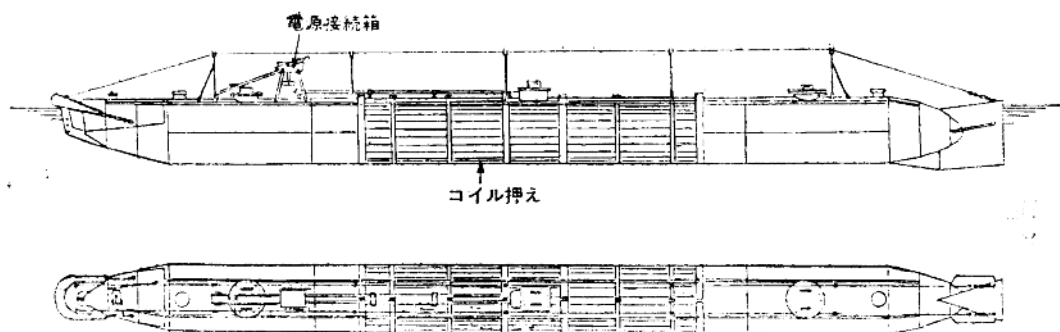


图 7 HFG 扫雷具

水深 20 米处的，灵敏度 5 毫高斯的水雷，其扫雷宽度为 200 米。

在太平洋战争期间，日本海军采用了英国式的磁体扫雷具和德国式的环圈扫雷具，前者在战争初期于香港、新加坡使用过，并被称为三式扫雷具。它有直径 4 厘米、长 80 厘米经过磁化处理的锰铬钢棒，棒的一端装有吊环，与浮标一起系在拖索上。标准型式的是用 36 根磁棒并在一起的一种，能有效地扫除美国海军的磁针式水雷。但在 1944 年以后，美国海军开始使用了双脉冲工作制的感应式水雷，因而这种扫雷具就不能适应了。之后，由于知道了水雷的时间条件，遂将磁棒从有吊环的一端分成各为 18 根，并表示 S 极和 N 极性的二部分，使其前后的间隔和拖曳速度均与水雷的时间条件配合，对它拖曳，结果便达到了感应处理的目的。进而在象关门海峡那样的狭窄水域使用了磁棒数减少一半的扫雷具，在关门泊地扫除美军水雷时，其有效扫雷宽度约为 20 米。

旧日本海军使用的环圈扫雷具是将浮标装在七芯橡皮绝缘电缆的环圈上、用三艘扫雷艇拖曳的所谓五式扫雷具。从战争年代一直到战后，日本都使用这种扫雷具开辟本土周围的航道。该扫雷具一道环圈的长度为 50~80 米，处理水深 10 米处的美军水雷时，其扫雷宽度等于环圈的对角线。

用电缆扫雷时，扫雷艇上装备了发电机和控制器，由控制器控制扫雷电缆中的电流波形和通电时间，使之适合水雷动作的条件。上述条件如不适合水雷引爆装置的要求，水雷便不会动作。

因为电磁扫雷具是拖曳式的，扫雷艇首先从水雷上面通过，所以感应扫雷只能在它的后面进行，为此在一般舰船上必须采取防雷措施。将舰船绕上消磁线圈，通以控制电流，这样便可以减少船体的磁场，但不能完全抵消。再者，在多次航行中，船体磁场也会有所变化，不可能经常消除因航行引起的变化磁场，不过相对某种灵敏度水雷来说，还是可以防御的。扫雷艇经常处于水雷的威胁之中，而且当水雷灵敏度不明时不能只依赖消磁线圈，船体必须用不致引起其外部磁场发生畸变的材料建造。

古代の木船是符合上述要求的。在磁性水雷出现以后，采用木材建造扫雷艇艇体，采用无磁钢(即含 18% 的铬和 8% 的镍，通称不锈钢)或铜和铝合金制造不能用木材代替的机器和螺旋桨——这样力求达到全船的无磁化。但完全无磁化是不可能的，电动机和变压器的铁芯从作用原理来看，必须用磁性材料制造，还有柴油机喷咀和轴承，高速齿轮等因承受摩擦和应力作用，从应变观点出发，也不能用非磁性材料制造。因此，对铁磁材料多的机器，要逐件敷设消磁线圈；对铁磁少、分散布置的设备，则可划分为几个区域，按每个区域敷设线圈，这样就一定可以抵消掉磁性。

作为扫雷艇的消磁措施，尚须考虑从发电机和艇内电路等导体产生的杂散磁场问题。当然如没有电流通过，也就不会产生杂散磁场。不过不能那样认为。采用电缆式扫雷法时，艇内装有由柴油机带动的大容量发电机，用控制器控制扫雷电缆中的电流波形，使之与船舶磁场信号的波形相似。但这在扫雷时易于在船舶外部产生杂散磁场。此外，为了减小电机容量，可使用额定功率为300千瓦的连续工作制扫雷发电机，使之能发出700千瓦以上的脉冲电流，但须使用飞轮，以便保证有最大的输出功率。这样大型的金属导体在地球磁场上转动时，便产生涡流。由这些导体产生的杂散磁场的大小是不定的，断续的，且不能预测，故难以用普通的消磁线圈方法消磁。因此，须将艇内电路电缆和扫雷的正负电缆紧密地敷设在一起，并增加直流电机的极数，以及在设计施工中尽可能采取使杂散磁场减小的措施。

音 响 扫 雷

音响水雷虽在图4所示的频率范围内动作，但根据接受装置结构的不同可分为中频音响水雷和低频音响水雷。与此相应，扫雷具也分为中频和低频二种。

音响水雷一般在中、低频达到一定数值范围时即起爆，如果频率突然急剧增大，引信便抑止，亦即引信内部的放电电流未送到雷管回路，这样水雷就不会动作。而且，如果引信抑止，到电容器充电为止水雷一直处于非感应状态。因此，如果一边发出爆发音一边航行的话，便能使音响水雷的引信抑止，船舶才得以安全航行。旧日本海军使用的装填300克高氯酸铵炸药的发音弹，在距水雷1100米以内的距离处爆发时可抑止水雷引信动作；而在距离1200~2400米处爆发时则使水雷引爆。这样的爆发式扫雷具目前可作为预备扫雷及紧急扫雷时抑止音响水雷引信动作。

对音响水雷扫雷时，一面连续以最大功率或改变功率的方法使发声器鸣响，一面进行拖航。为了不使被处理的水雷危害扫雷艇，将发声器在离开艇尾400~500米的距离上拖曳，而在高灵敏度雷区扫雷时，为使水雷在扫雷艇的前方动作，可在舷侧拖航。

标准的发声器是由其内部的电动机带动铁锤或偏心机构以一定的频率敲击振动板而发音的。发声装置的形状如图8所示为流线型，其前面装着振动板。图示从艇上发电机连接到电动机的动力电缆是自力浮水式的。此外还可采用螺旋桨驱动的发声器。德国的GBT就是这种采取转动铁锤敲击侧板的方式，而美国的文丘里(Ventuxi)型扫雷具是以本身带动文丘里管颈部的圆板旋转而发音的。这种扫雷具要求高速，所以适用于直升飞机扫雷。

当敲击振动板的频率与其共振频率相同时，发音体的声压可达到最大值，但要从扫雷艇能够收放的最大发音体中使共振频率低于中频范围还是很困难的。因为敲击振幅是一定的，所以如不

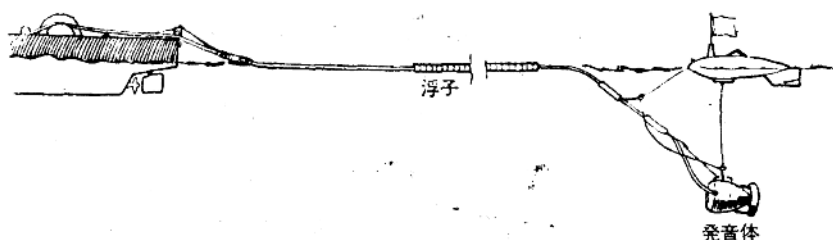


图8 音响扫雷具

增加每秒的敲击次数，振动板就不能发出大的声压。为此，如在低频发音体中平行的两面上安装振动板，并干扰从两块振动板面传到后面水中的声音——用这种方法可以勉强得到声压较大的水中低频音。

在音响扫雷具中有这样一种方案，即在它的一个发声器中既有铁锤，也有偏心机构，能同时扫除中频和低频水雷。在德国，对 50 赫兹以上的中频水雷用上述的 GBT，而对 20~50 赫兹的低频水雷，则用称为 GBM 的“曼多林”（マンドリン）型发声器。把这些都装在小艇上，同时进行扫雷。

为避免磁性水雷起爆，上述发声器一律用非磁性材料制造。

舰船的振动噪声不仅会导致音响水雷动作，而且也容易为敌方声纳探知。此外，作为舰船本身的问题，还会降低船体结构的疲劳强度，增加乘员的疲劳，以及降低自己舰上声纳的灵敏度。为此必须采取对策，而对进行音响扫雷的扫雷艇来说，特别须要降低噪声。因此，在一般舰船上，为了减小从推进和扫雷发电机用的柴油机传到船体的振动，常装有防振支撑，例如在输出端和推力轴之间装置高弹性的挠性联轴节，以加强防振措施。

扫雷的困难性

如果扫雷具适应于所扫的水雷，那么扫雷应该是简单的，但如上所述，水雷都有给扫雷造成困难的抗扫装置，所以有时必须在同一海面航扫数十次。锚雷的抗扫装置比较简单，但由于感应水雷的出现，而且用飞机在敌方攻势敷设时，因为对方知道敷设位置，所以在水雷中设置了各种抗扫机构。特别是在第二次世界大战中，英德两国的水雷战和反水雷战正是水雷与扫雷竞技的继续，其结果是战后的水雷使扫雷的困难性比战前大大地增加了。

英德两国一方面互相观察对方采取的对付方法，一方面变换引爆动作的时间条件，有时则敷设低灵敏度的水雷，使破雷艇本身沉没，或者使扫雷飞机的行动无效。

在抗扫装置内有迟动机构，以提高水雷的稳定性。这样的水雷在刚敷设后是处于安全状态的，设定时间后电路处于待发状态。因此，在该时间之前无论怎样扫雷，水雷也不会动作，扫雷完全徒劳。英制水雷的设定时间最长为 45 天，但是实际使用中不超过 21 天；而德国的最长时间为 6 天。

继之在水雷中还装入了定次回路，其目的是降低扫雷效率，旧日本海军称它为定次引爆装置。其最大设定次数：英国的为 22 次，德国的为 16 次，只有最后一次才是使水雷感应而引爆的回路。

以后进一步出现了包括两种引爆方式的水雷。对这种水雷，扫雷时使用了与其相适应的两种扫雷具，即必须实行所谓联合扫雷。如果两种引爆方式不动作，这种水雷就不会引爆。再者，如适当地改变引爆方式的顺序和时间条件，那末扫雷的困难性便会大大地增加。

猎雷

第二次世界大战中水雷和反水雷激烈斗争的结果，使扫雷的困难性比战前大大地增加了。即使采用某种扫雷方法，也未必能扫除所敷设的水雷；而且对水雷是否装定时和定次起爆机构不能立即作出判断，那么，待水雷的设定时间过去以后，扫雷艇本身就有触雷的危险。因此就会自然而然想到：如不考虑水雷的种类和抗扫机构的性质是否就不能探知和处理水雷了呢？于是，开始了猎雷方法的研究。

猎雷的传统程序是：首先探知水中似水雷的物体，弄清其位置，判断它是水雷，投入指示浮标，潜水员潜入水中确证水雷，查明其状态，最后进行处理。但是由于上述作业需要一定时间，所以在布设了大量水雷的情况下，这种方法是不太适合的。反之，如水雷数量少或查明了大概的敷设位置，这种方法则是有效的。此外，在狭窄的海域展开扫雷具而扫雷艇无法进入行动的情况下，也必须采用这种方法。

猎雷的关键是要有良好的探雷装置。现用的探雷装置有声波式和光学式二种。

声波式探雷装置即主动式声纳，与普通声纳比较，其探测对象物是在比较近的距离上，且要求能分辨方位和距离，所以使用高频率。现在各国实际使用的是70~300千赫；搜索时用较低的频率，当探知了水雷以后，则改用高频率，以识别水雷。该声纳装在扫雷艇艏部的下面，可以转动。

虽然水下目标在布老恩管(阴极射线管)上显示出来，但其映象形状与目视的水雷一点也不象，由于水雷姿态的不同，映象或为圆状或为条状，难以与古锚等投弃物区分。此外，还会出现网和木材、鲨鱼等鱼类的映象；海底的突起和深谷以及岩石等也会映现出来。其他还由于海水温度分布的不同，在距离上也会发生误差，又由于艇首受潮流影响，在风浪激烈时，探测就更困难了。因为要在如此恶劣的条件下探知水雷，所以操作人员如不积累相当丰富的经验，很有可能只抓住假目标。

用探雷装置探测时，如果映象很象水雷，则不必布设指示浮标，而立即由处理人员携带引爆雷、乘坐橡皮艇，通过猎雷艇的引导航行至水雷的正上方，投下引爆雷，然后返航。引爆雷是延时动作的，引爆雷引爆时间设定在处理人员返航途中，用此爆炸方式引爆水雷。此外，还可用一种线控的无人载运器载运引爆雷，根据探雷装置上的映象引导载运器，使之航行于水雷上方，投下引爆雷，然后回收载运器。

光学式探雷装置也叫电视探雷装置。将电视摄影机和照明灯俯装在浮体上，在拖航中艇上的电视受象机便反映出海底的状况，从而探知水雷。海中透明度对这种方法的效果起决定性作用。但是在海面浅水处与深水处的透明度是不一样的。例如东京湾的水以混浊闻名，而在湾口附近，当有黑潮时如稍许潜入一点，水还是清澈的，因此只要将上述的浮体降低一些，就有可能在这样的海域进行猎雷。

采用电视探雷装置的猎雷系统实例如图9所示。上述浮体与设标用浮体一起由扫雷艇拖曳，一旦探知了水雷，便掀一下艇上的电钮，使浮标脱离设标用浮体。该浮标的构造与锚雷相似，浮标沉锚着落在水雷旁边，系在沉锚索上的浮标浮出海面，电灯即亮起来。舰船看见灯光便避开浮标而在安全的距离上通过。至于海底的水雷，则根据此浮标进行处理。对于埋入海底泥土的水雷，探雷装置无论用什么方式也不能探测到。

操纵探雷装置探索沉底雷时，必须以1~2节的速度搜索海底，否则就有可能漏掉。对猎雷艇来说，最主要的性能是能在狭窄的海域以微速自由运动，以探测及识别水雷。普通的船若用这样低的速度，舵就不起作用了。

猎雷艇为防御磁性、音响水雷，也必须采取与扫雷艇同样的对策。为防御磁性水雷，用增强塑料(玻璃钢)代替木材建造艇体。

甲板上不需要扫雷索，电缆绞车和绞盘等，但潜水筒和处理人员用的作业艇或遥控艇等的操作设备及起、放用的大型吊车则是必要的。有时猎雷艇在飞机的配合下对水雷进行攻击，故在猎雷艇上须装备与陆上监视哨所装备的雷达有同样性能的海面监视雷达，它能正确显示出雷区的方位和距离。

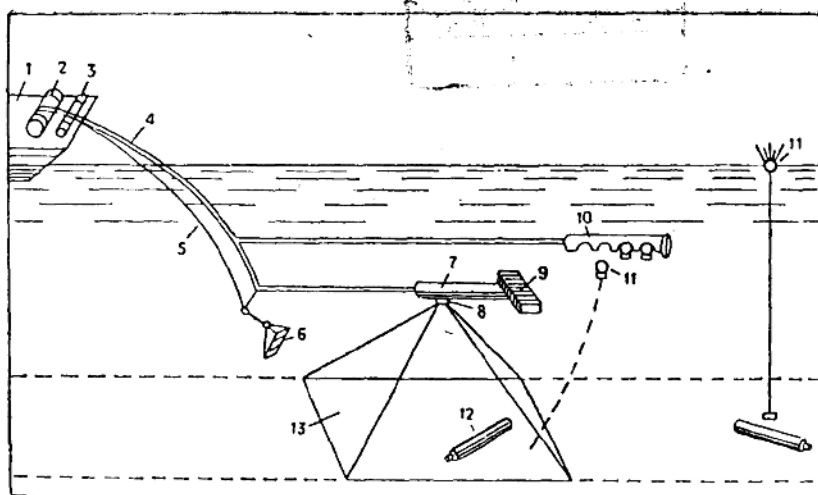


图 9 电视探雷装置

- 1—扫雷艇, 2—绞车, 3—扫雷索滚轮,
4—电缆, 5—拖索, 6—定深器,
7—电视摄像机用浮体, 8—摄像机镜头, 9—照明,
10—布标用浮体, 11—水雷位置的指示浮标, 12—水雷, 13—照射面



图 10 美国海军的 RH-53D 扫雷直升飞机和 MK105 扫雷具

将 来 的 展 望

第二次世界大战以后，扫雷技术日益发展，如大胆采用好方法，则有望实现扫雷系统化。作为战后产物的直升飞机扫雷应该说是扫雷系统的萌芽。直升飞机最初参加扫雷战时的任务，是从雷区空中搜索水雷，并用枪击法使之引爆。扫雷艇经常是冒着触雷的危险自己先通过水雷上方，

然后用自己拖曳的扫雷具扫除水雷。对须参加扫雷的部队提出有关扫雷作业的各种基本要求，就是尽量提高扫雷速度及确保作业的安全。扫雷部队看见轻快的直升飞机在海面上空飞行，因而想到用直升飞机在安全的高度上拖曳扫雷具。于是，开始了这样的实验：将扫雷具在海上展开，并牵引到直升飞机上进行拖曳。

直升飞机扫雷与以前的方法比较，虽有许多优点，但在飞机本身和扫雷具两方面都存在着需要改进的地方。从飞机的燃料消耗量与其载运量的关系来看，扫雷具的拖曳对续航力有明显的影响。如系感应扫雷具，则用飞机装载电源部分和控制部分就很困难。再者，要使电源部分浮在水面上，必须提高拖曳能力。另一方面，扫雷具本身也必须力求小而轻型化。此外，为满足飞机和扫雷具二者的扫雷作业要求，尚须进行改装。

例如在越南开辟航道期间，为有效地进行扫雷而改进了原有的飞机和扫雷具，并组成一个完整的扫雷系统；发展了用飞机拖曳截割扫雷具和上述的文丘里型扫雷具；使装有扫雷发电机的拖航式水翼小艇实用化——所有这些都使航空扫雷发挥了作用。但这种扫雷系统尚存在许多有待解决的问题。例如，装备航扫时保持航向的装置，改进供油系统，配备作业支援系统等，恐怕都是今后应该继续研究的问题。然而，即使直升飞机扫雷得以完善，也不能对扫雷艇取而代之，而应与扫雷作业互相取长补短，协同扫雷。

次于直升飞机扫雷系统所应考虑 of 当然是发展遥控扫雷系统了。但也不能认为，无人扫雷系统无论在哪一个海面都是有效的，它只限于用在两面或三面毗连陆地的海面上。这种系统是使用靶船构造的无人扫雷艇，一边从陆上三点观测艇的位置，一边进行引导而实现航扫的。

扫雷技术工作者关心的问题之一，是今后出现的水雷将配备哪种新型引信装置。这一点从纯技术角度看也许是有意义的，但其重要性如何尚是一个疑问。即使在敌方海域敷设的是煞费苦心制造的水雷，也必须考虑其所有权转移到敌方的问题，也就是说，一定数量的水雷有可能转入敌人手中。敌方采取对策只是时间的问题而已。扫雷技术工作者索性作为水雷技术工作者，去研究对方装有怎样的抗扫装置，从而得出应采取怎样的对策等结论。若能这样做，就是对自己方面的水雷也是有用的。尽管如此，但如果还想探讨新型的引爆方式，则最好熟悉一下水雷能感应舰船附近水中各种物理场的畸变现象。而且，除了利用已知的磁性、音响、水压现象外，还可利用光学、电磁、电化学、热学等现象。这些现象可用模拟方法测量或用数学方法计算，并能达到适当的精度。如果能将各种物理场的引信装在数十立方厘米的容器中，那末就可能出现新型的水雷。

郭琪英译自“世界の艦船”№ 227, (昭和 51 年 6 月) “扫海技术の現状と将来” 刘歧云校

西德海军的“特洛依卡”(Troika)反水雷系统

一、综 述

常规的扫雷艇在进行扫雷作业时，人员必须进入雷区操作，因此，扫雷人员是要冒着生命危险的。为了避免人员的伤亡和设备的损失，人们会很自然地提出这样一个想法：是否可以使人员和一些设备不直接进入雷区而通过遥控扫雷艇(具)来进行扫雷呢？据西德报刊报道，遥控扫雷艇(具)在五十年代初就提出研制了，但直到 1973 年才研制成功。本文介绍的西德海军新设计的“特洛依卡”扫雷系统 RMC351 系统地解决了扫雷艇在扫雷时避免人员和设备遭受危险的问题。这个系统由一艘有人操纵的主控艇和三艘无人操纵的、能自动推进的遥控艇组成。三艘遥控艇上各自都装置有可以在安全距离之外引爆 6~35 米水深的磁性和音响沉底水雷的装置，这些遥控艇通过主控艇的雷达和无线电进行遥控和跟踪，如果是在近海和港湾水域进行扫雷作业，则还可以通过设置在陆上的控制站进行遥控和跟踪(陆上控制站由四辆箱形汽车和一辆装有供电装置的拖车组成，四辆箱形汽车中，一辆作为控制站，一辆作为雷达站，其余二辆作为人员车)。主控艇它除了可以遥控和跟踪遥控艇外，其本身还携带有拖曳式扫雷装置，可用以扫除航路中的常规型锚雷(图 1)。

西德海军将这个扫雷系统命名为“Troika”(特洛依卡)，其德文原意是三套马车，在这里就喻指一种可以同时遥控三条扫雷艇的系统。

遥控艇实际上是一种可以遥控操纵的小艇(简称为 HFG, 这是德文 Hohlstab fernräumergerät

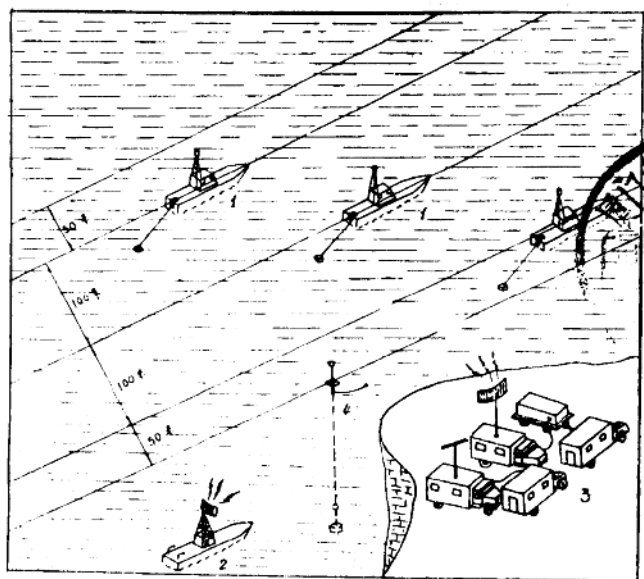


图 1 “特洛依卡”扫雷系统作业示意图

的缩写), 采用常规船型, 木壳结构。艇的主要部分是一根圆柱形钢管, 位于艇的中部, 两端封闭, 长 18 米, 外径约 4 米, 圆柱形钢管内分成五个水密隔仓, 里面布置有: 作为遥控艇动力的柴油机、扫雷用的发电机、液压泵、燃油仓、遥控仪器等, 推进采用回转式螺旋桨, 通过直角传动齿轮由柴油机通过液压传动装置驱动, 它同时可起到推进和舵的作用, 可保证在低速时也有良好的操纵性。在艇内圆柱形钢管的两端绕有线圈, 可以产生扫雷用的强磁场, 此外, 还在艇内安装了二个中频噪声发生器和一个低频噪声发生器, 以产生扫雷用的声场。遥控艇的这根圆柱形的钢管犹如潜艇的耐压壳, 而且, 钢管内的设备固定又专门设计了减震基座, 因此, 在扫雷时它具有良好的抗爆和减震性能。

在遥控艇的中间装有驾驶台, 内有罗经, 以便在港内或在行驶到扫雷作业区的途中可以不用遥控装置, 而由艇员直接操纵。在驾驶台上装有遥控装置的天线系统和为了提高主控艇上的雷达观察能力而装备的带有雷达角反射器的桅杆。由于这样, 再加上主控艇上装有分辨力较高的雷达, 因此当遥控艇间的距离不超过 100 米时, 在主控艇(或陆上控制站)上的显示仪能清楚地显示遥控艇。为了保证艇有良好的航行性能, 甚至在汹涛中也能正常航行, 艇上还装置了一台自动驾驶仪(遥控艇可以在 8 级风浪的海况下作业, 对此曾作过一系列航行试验), 此外, 在艇的后甲板上还装有绞盘及其拖曳装置, 而在艇首装有锚及其自动抛锚装置。

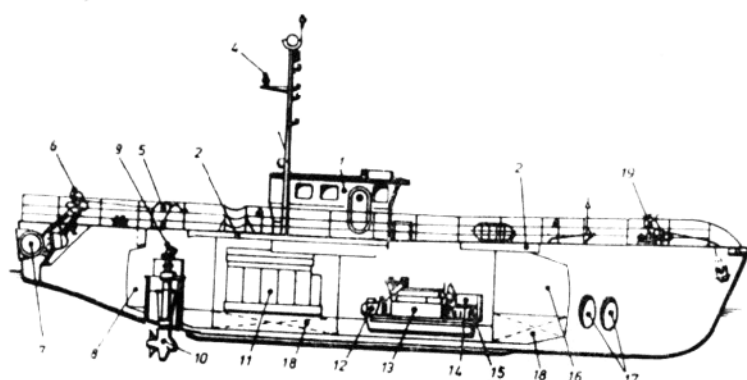
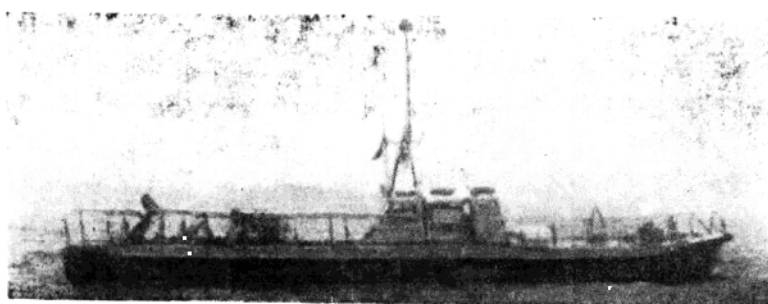


图 2 “特洛依卡”扫雷系统的遥控艇(HFG)

- | | | |
|------------|-------------|-------------------|
| 1. 甲板室 | 2. 电磁线图 | 3. Luneberg 雷达反射器 |
| 4. 控制天线 | 5. 电缆绞车 | 6. 限位装置 |
| 7. 低频噪声发生器 | 8. 后隔仓 | 9. 液压马达 |
| 10. 推进器组 | 11. 电力中心 | 12. 液压泵 |
| 13. 柴油机 | 14. 船用发电机 | 15. 磁扫用发电机 |
| 16. 前隔仓 | 17. 中频噪声发生器 | 18. 燃油仓 |
| | | 19. 自动抛锚装置 |