海军防风系船水鼓配系标准的研究

张 永 西

（中国人民解放军海军后勤部军港管理部）

台风是舰船的大敌，系船水鼓（即浮筒）是海军舰船与台风搏斗的主要武器。目前，海军舰船系水鼓在近百个锚地上附设有近千只，水鼓由船环、鼓体、锚链和锚体四部分组成（图1）。系船环位于水鼓顶部，是舰船系缆装置，它将系船力传至锚链。锚链是水鼓的主要部件，它连接系船环与锚体，将系船力由海面传至海底的锚体上。锚体是固定于海底一定位置的锚碇物，为水鼓提供系住力。鼓体是具有一定浮力的浮体，它将锚链一端浮在水面连接系船环并指示系泊位置。

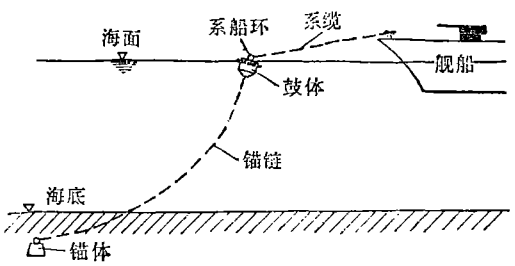

图1 系船水鼓示意图

系船水鼓由于使用方便、构造简单、设迁容易、投资少等优点，早在30年代国内就有不少港湾、锚地用于系船。民船多采用双系形式，即船的首、尾各系一水鼓，主要用于检疫、过泊作业和等待泊位等。随着海洋石油事业的发展，要求在已开发的海区的恶劣环境条件下，设置储油及输油设施，因此国外广泛地开展单点系泊的研究工作，业已积累了较丰富的经验，这也给我们防风水鼓的研究工作提供了有利的条件。海军系船水鼓主要为系住舰船抵抗台风到来的恶劣海洋环境，因而要求有较大的系泊力、锚固力和相适应的水鼓结构。因此，海军防风系船水鼓要求能在不同的海况，不同的地质条件下，对不同舰船都能确保其防风安全，并经久耐用。海军防风水鼓标准化的研究是综合各方面因素的一项系统工程，对其建造、敷设、使用和维护都必须加以全面综合考虑与论证。

我国海军舰船于50年代初就开始采用系水鼓防风。当时东海各港参照黄浦江中水鼓的形式，并采用陀螺形鼓体，单链沉锤式，埋入式沉块。这种形式水鼓锚固力大，比较安全，但无法更换锚链，以致锚链锈蚀严重时而发生断链。同时，敷设也很困难，要先挖坑后埋块，土质坚硬的海底和超过20米水深的锚地，受挖泥能力的限制也无法施工。后来南海和北海的大部分锚地水鼓就多采用地面式沉块。这样敷设与换链都比较方便，但受起重船能力的限制，沉块不能做得太大，因此又产生了大船锚固力不够的问题，竟多次发生强台风下水鼓走锚，舰船上岸搁浅的严重事故。另外，海军各海区的水鼓也没有统一的标准，鼓体与锚体的形式尺寸五花八门。为此，海军防风水鼓标准化的研究工作已迫在眉睫，势在必行。

自1981年来，我们对国内外的水鼓情况进行了多次调查研究，搜集了大量的技术资料；1974年上海船舶设计研究院等单位合作，开展了“海军防风系船水鼓配套系列标准”的研究工作，由海军提出技术指标，进行技术把关，完成各项制造、敷设和测试等

现场试验任务，取得了比较满意的效果。

一、防风水鼓存在的主要问题

1．按舰船吨位划分水鼓级别，既不合理又不安全。如：有的辅助船上层建筑较高大，受风面大，这比相同吨位的战斗舰艇系泊力就大，按吨位系同一级水鼓就有不安全的因素。另外，各锚地水文、气象、地质情况也相差较大，即使同一舰船于不同锚地系水鼓所产生的最大系泊力也不尽相同，因而采用同一级水鼓并不经济合理。

2．鼓体结构不合理。鼓体浮于水面，在系解缆时，人要登鼓作业。因鼓体形状和结构易发生倾斜或旋转，操作很不安全，曾多次发生人员落水情况。

3．锚链锈蚀磨损不均匀。离海面下3米处，为电化学腐蚀高峰区，离海底泥面上5米处，锚链随涨落潮变化不停地摔打，为磨蚀高峰区。这两段锚链直径每年平均减少2毫米，如果不注意检查或及时更换，就会断掉。如果因局部变细就将整条链换掉又不经济，因而锚链锈蚀磨损不均匀也是影响水鼓经济性的一大问题。

4．埋入或沉块敷设既复杂又困难，每敷设一只小水鼓，要先用拖轮带方驳把鼓体、锚链和沉块都运至指定锚地，用挖泥船先挖一个坑，再拖吊船来把方驳上的沉块吊起放入坑内，将鼓体吊起放到海面上，配合抛锚船、潜水船、交通艇等共十几条船联合作业才能完成。作业面狭小，又要配合严密，一旦指挥不当，易发生舰船相撞，人员伤亡的事故。

5．由于鼓体与锚链在海水中腐蚀严重，每2年必须将鼓体进坞保养一次，每10年必须换链一次，维修周期短，水鼓多，又无专用机具，致使维修任务十分繁重。

6．敷设沉块时放入坑中后，要靠海流自然冲刷将坑填平，一年以后才能使用，不适宜军事需要。

7．水鼓敷设后实际有多大锚固力，无简便可行的测试方法，采用拖轮拖拉法估算很不科学。

总之，目前海军防风水鼓在使用中存在着不安全、不科学、不方便、维修周期短、使用寿命短、施工困难、不适应军事要求等一系列问题急待解决。

二、水鼓配系标准研究概况

1．海军防风系船水鼓配系标准首先要保证舰船系水鼓防风时的安全、可靠，然后再力争做到技术先进，施工、使用方便和经济耐用。因而此标准要满足下列条件：

（1）为万吨以下的舰船提供防风安全系泊水鼓；（2）要适用于我军各锚地的地质条件，并满足50年一遇的恶劣海洋环境；（3）系泊力，锚固力必须经过科学的理论计算并用实验和现场实测相验证；（4）新水鼓要做到结构合理、使用安全、吊装方便、维修简单、经济耐用；（5）在我军现有水鼓基础上，吸收外国先进技术，以赶上世界先进水平。

2．按照以上要求我们的研究工作分为以下几方面：

（1）系泊力的研究。经过比较，我们采用英、美国家按系泊力分级的办法。水鼓的系泊力是根据鼓体大小、锚链粗细、锚体情况的因素而定。水鼓系船时产生的系泊力不仅仅决定于舰船排水量，还与舰船的长、宽、吃水、受风面积，以及锚地的风速、流速、浪高、水深等多种因素有关。系泊力的计算是相当复杂的动态计算，我们采用准静态分析方法，即把船和鼓体看成刚体，船缆、锚链看成柔性体，考虑运动变形及弹性伸长的动态效应和动传顶风因素，采用时间或模拟计算，用模型试验与现场实测进行验证。将系泊力的复杂计算公式转化为一个简

单方便的经验公式即：

$$F=f(V_W\cdot V_c\cdot H_m\cdot L\cdot D\cdot d\cdot A)$$

公式中F——系泊力；V_W——风速；V_c——流速；H_m——浪高；L——船长；D——船高；d——吃水；A——受风面积。

这样，某舰船在某锚地欲要系水鼓避风，只要将锚地的水文要素与要系的舰船的船型要素代入公式，即可求出系泊力大小，从而确定采用的水鼓级别。

(2) 环境条件的选择。防风系船水鼓的主要作用是保证舰船和舰员的安全，首先调查并推算出我军沿海各锚地50年一遇的设计值。计算过程：

(a) 风速的确定。根据各锚地水文气象站10米高处的多年风速资料，推算出50年一遇离海面5米高处10分钟最大风速值，据此风速值将锚地分为三级，即Ⅰ级锚地风速，统按50每秒米，Ⅱ级锚地风速统按45每秒米，Ⅲ级锚地风速按40每秒米的设计值。

(b) 波高的确定。根据我国沿海23个海洋站多年实测波高值，按波尔逊Ⅲ型分布曲线算出50年一遇的最大波高，再按1/10大波值由深水波推算为浅水波，根据各锚地地形考虑折射系数K_r，浅水变形系数K_s，港内绕射系数K_d，求得本锚地波高值。

即$H^{\frac{1}{10}}=K_r\cdot K_s\cdot K_d\cdot H_o$

其中H_o——海洋站实测波高。

依各锚地的波高值也可分为三级，即Ⅰ级为4.5米，Ⅱ级为3.5米，Ⅲ级为2.5米的设计值。

(c) 流速的确定。查阅海图，将锚地的最大潮流值加上余流值即为各锚地流速，也可归类为三级，即Ⅰ级锚地为2.5每秒米，Ⅱ级锚地为2每秒米，Ⅲ级锚地为1.5每秒米的设计值。

如欲在某锚地布设水鼓，即可将该锚地的风速、波高、流速设计值代入系泊力简化公式，将所要系泊的舰船的船型要素也代入公式，即可求得所应设置的水鼓最大系泊力，依此决定应采用的水鼓级别。

(3) 鼓体的设计。目前国内外用的鼓体种类繁多，有圆、圆锥形、锥形、方形、圆柱形和陀螺形等。

我国、英、美海军多采用陀螺形鼓体，它构造简单、鼓体小，迎流横漂也小，但易旋转、倾斜，系缆不方便。

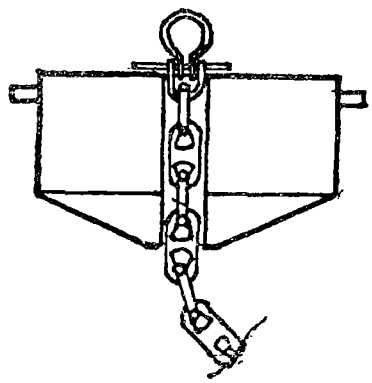

图2 陀螺形鼓体示意图

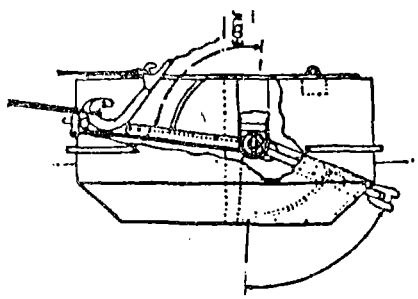

图3 偏心槽式鼓体示意图

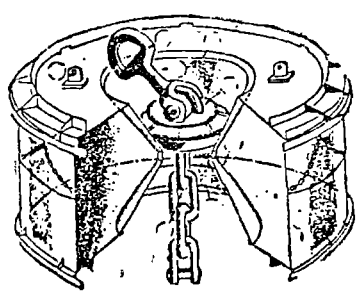

图4 可逆双锥圆形鼓体示意图

日本多采用偏心槽式圆柱形鼓体，系缆上人时鼓体不旋转，不倾斜，但构造复杂，重量大。

香港有80多个水鼓均为可逆双锥圆柱形，不旋转、不倾斜，上、下对称可倒置使用，水鼓的使用寿命长。

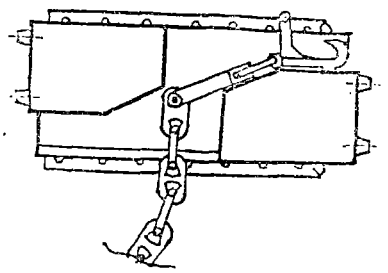

图5　偏心可逆水平式新鼓体示意图

综合以上水鼓的特点，结合我国实际情况设计出的“偏心可逆水平式”新型水鼓，具备了不旋、不斜、不沉三个优点，超过了以上各国和地区水鼓水平。同时，可倒置使用，即具有可逆性。为解缆方便我们又在系缆环上设置了自动脱缆装置。解缆时不必登鼓，做到快速、方便、安全。目前新型鼓体已投入使用，受到舰员的好评。

（4）锚体的研究。为确保舰船和舰员的安全，我们确定一律采用埋入式锚体，在施工工艺上，成功地采用了水中沉锚与水下炸破锚现场实验。

吸泥沉锚，它是借鉴港口中水冲沉桩的经验，采用吸泥机将锚体下方的淤泥吸出水面后，靠锚体自重沉入海底。采用9米³/分的空压机配吸泥机，在一条起重船上用3小时将1.7×2.0×2.0米³的圆柱形沉块沉入海底深5.8米坑中。这项技术的成功，彻底摆脱了原来挖土埋块用十几条船联合施工那种复杂的施工方法，克服了船只多、作业难、施工费用高的缺点，施工后马上可以使用，同时又不受锚地水深的限制。1986年，我们用这种方法敷设了19只水鼓，共节约经费15万元。

火箭锚。我们利用点燃火箭后的推力，将锚体推入海底深处。这项技术具体采用20吨火箭推力，按140米/秒的发射速度，将200公斤的锚体推入海底泥中，预计可产生10吨左右的锚固力。火箭锚施工简便、速度快，只要用电线引爆即可发射，几秒钟即可完成，不受气象、水文、地质条件的限制，对比较坚硬的海底也可适用。同时，可几发齐射，立即完成，适于战时急用。这种新型锚体的出现，开辟了一个新的领域。同时，又可用于海难救助、紧急抢修等多方面。

（5）水鼓的使用与维修。为延长水鼓的维修周期与使用寿命，针对其特点，我们又开展了水鼓阴极保护技术的研究，对鼓体水上部位采用喷锌与油漆联合保护，水下部位和锚链采用牺牲阳极保护，系船环用热浸锌防蚀保护，鼓体内用油毛脂防腐涂料，综合保护措施，彻底解决了水鼓锈腐问题。同时，又在泥面上5米处加一小沉锤，将链条坠住，减轻张弛变化，又解决了锚链摔打段的磨蚀问题。通过以上技术处理，即可将鼓体的维修周期由2年延长至10年，使用寿命由10年延长20年以上，大大提高了工程的经济效益，全海军预计每年可节约军费上百万元。

海军防风水鼓的研究工作，经过多年的辛勤劳动已基本完成，新型鼓体、锚体均已试验成功，整个水鼓达到了结构合理、使用安全、吊装方便、维修简便、经济耐用的要求。