

船舶系泊試驗与航行試驗

黃 尚 武 編 著

人 民 交 通 出 版 社

船舶系泊試驗与航行試驗

黃 尙 武 編 著

人 民 交 通 出 版 社

本書敘述船舶設備和系統的系泊試驗和船舶的航行性能試驗—主機耐勞試驗、速率試驗、操舵試驗、航向穩定性試驗、迴轉試驗、慣性試驗、拋錨試驗及拖曳試驗—的各種試驗方法和要求並結合一些試驗實例進行了論述和分析。

本書可供造船院校學生、設計部門及船廠工程技術人員學習和工作參考之用。

船舶系泊試驗與航行試驗

黃尙武 編著

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新華書店北京發行所發行 全國新華書店經售

人民交通出版社印刷廠印刷

*

1963年10月北京第一版、1963年10月北京第一次印刷

開本：850×1168 1/32 印張：5張 插頁7

全書：118,000字 印數：1—1,000冊

統一書號：15044·5302

定價(10)：1.00元

目 录

概 論	4
第一章 系泊試驗	12
第一节 起錨設備的試驗	12
一、錨的檢查和試驗	12
二、錨鍊的檢查和試驗	16
三、起錨設備的試驗	22
第二节 操舵設備的檢查和試驗	25
第三节 救生設備的檢查和試驗	27
一、救生艇和吊艇設備的試驗	27
二、救生筏和救生浮具的試驗	36
第四节 起貨設備的試驗	40
一、在船上安裝前的試驗	41
二、在船上安裝後的試驗	44
第五节 系泊設備的檢查和試驗	48
第六节 拖曳設備的檢查和試驗	49
第七节 舷梯設備的檢查和試驗	50
第八节 天幕、欄杆、扶梯、扶手的檢查	51
第九节 水密門、窗和艙口蓋的檢查和試驗	51
第十节 聲、光信號設備的檢查和試驗	52
一、響信號設備	52
二、燈光信號設備	53
第十一节 船舶系統的檢查和試驗	54
一、疏水系統	54
二、壓載系統	55
三、給水系統	55
四、衛生設備系統	56

五、洩水系統	56
六、消防系統	56
七、通風系統	59
八、暖氣系統	59
第二章 傾斜試驗	60
第一節 傾斜試驗原理	60
第二節 傾角測量方法	61
一、懸錘測量法	62
二、用水平玻璃管測量法	63
第三節 試驗前的准备工作	64
第四節 試驗步驟	68
第五節 計算步驟	71
第三章 航行試驗	83
第一節 主機航行試驗	87
第二節 速率試驗	90
一、測定速率的方法	91
二、對潮流的修正——速率再再平均計算方法	94
三、對風力的修正	99
四、速率試驗的一般要求	105
第三節 操舵試驗	112
一、主用操舵裝置的操舵試驗	112
二、備用操舵裝置的操舵試驗	114
第四節 航向穩定性試驗	117
一、舵角不變	117
二、航向不變	117
第五節 迴轉試驗	120
一、利用一浮標用經緯儀測迴轉直徑	123
二、利用三岸標用二六分儀測迴轉直徑	123
三、利用二岸標用六分儀和羅經(或方位儀)測迴轉直徑	125
四、利用二岸標用一六分儀測迴轉直徑	127
五、利用一金屬標誌用雷達測迴轉直徑	129
六、利用液壓測程儀測迴轉直徑	129

七、利用二浮标及抛投木块测迴轉直径	130
八、利用一浮标用测距仪和罗經测迴轉圓	133
九、利用一岸标用测距仪(或用雷达)和罗經测迴轉圓	134
十、利用一浮标用二方位仪和罗經测迴轉圓	135
十一、利用一浮标用电动迴轉仪测迴轉圓	135
十二、利用测位仪在岸上测迴轉圓	137
第六节 慣性試驗	138
第七节 抛錨試驗	141
一、首錨抛錨試驗	141
二、尾錨抛錨試驗	143
第八节 声、光信号設备試驗	144
第九节 拖輪特性試驗——靜力和动力拖載試驗	144
一、靜力拖載試驗	144
二、动力拖載試驗	145
第四章 船体密性試驗	147
第一节 試驗前的准备工作	147
第二节 試驗方法	149

概 論

船舶系泊試驗和航行試驗是鑑定船舶技術性能、設計和施工質量的必要措施，也是提高船舶設計和製造工作的有效方法。

新建船舶的航行安全、可靠和良好的營運經濟技術性能有賴于船舶建造的完善和所有機械設備正常的工作和可靠的運轉。船舶建造完成后，必須進行嚴格的、全面的交接試驗工作，經確認符合于有關航行技術性能和使用經濟性能的全部建造合同條件，實現了建造完備、設備齊全、航行安全、使用可靠、質量優良、性能良好的要求以後，承建船廠才結束了訂貨主的委託，完成了船舶建造任務。

船舶交接試驗工作是按以下三個階段來完成的：

- 一、系泊試驗；
- 二、工廠航行試驗；
- 三、交船航行試驗。

這一系列的試驗在於顯示已建好的船舶能夠與設計性能和製造技術要求相符合。

系泊試驗的目的是根據設計圖紙、說明書、建造技術條例檢查船體結構，艙室設備的完整性和密閉性；檢查船體纜裝設備、船舶系統、機械動力設備和管系、電氣和電訊裝備的完整性和工作可靠性，為航行試驗奠定良好的基礎。

系泊試驗是船舶系統在船廠碼頭於一種靜止的狀態下進行各個工況試驗。由於碼頭、堤岸堅固性的限制和船舶處於一種系泊狀態下的緣故，船舶主機、軸系以及直接服務於主機的各個輔機設備和系統尚不能顯示出其在全負荷運轉或在規定工況下的各種性能。

系泊試驗和航行試驗是船舶處於兩種不同狀態下的試驗形

式。为了全面地、仔细地检查已建好的船舶的各个部分的安装质量和使用情况，各种机械設備运转的灵活性和可靠性并确定船舶处于各种航行工况下的航速、机器馬力与推力間的关系，燃料消耗量和續航能力并获知船舶的航海性能、操纵性能、迴旋性能、航向稳定性能、慣性和对于指定航区的适航性，往往进行短程或远程、輕載或重載的航行試驗。对于各种专业船舶——拖輪、漁輪、挖泥船、破冰船等，尚应依照各种船舶工作的特点进行各种特性試驗。

工厂航行試驗是为了检查船舶处于航行状态下的航行性能和技术质量状况并将許多在系泊試驗时得不到正常試驗的各个机械設備系統在各种航行状态下进行連續的联合运转試驗，以便工厂获知船舶在規定工况下的各种性能并对暴露的全部缺陷进行检修和調整，使之完全符合于設計性能和技术要求。

在消除了船舶的全部缺陷并使之符合于設計性能和技术要求以后，工厂即按試驗大綱或驗收程序在訂貨主及国家驗船机关的参与和监督下进行船舶交貨航行試驗并提交訂貨主及国家驗船机关驗收。

除了进行上述对船舶的交接有实际意义的或对履行建造合同条件所需的各个試驗以外，对于新建或者試造船舶常进行属于科学研究性质的实船試驗和动力設備性能試驗，从而比較船模試驗和实船試驗的結果，以求得理論和实践的一致性，并确定出船舶最合理的、最經濟的营运技术指标。

系泊試驗、工厂航行試驗、交船航行試驗是一个連續的、前后密切相关的过程，同时也是一个細致的、复杂的过程。全部的試驗过程是一个理論与实际相結合、劳动与技术相結合的过程。这对于船舶理論設計和施工实践乃是一个很重要的质量量度。严格地而认真地进行船舶交接試驗工作，对改进船舶設計和施工工作有着非常重大的意义。这里应该着重指出：所有在交接試驗中暴露的缺陷，在建造下一批（艘）的船舶时，应亟力避免重复出現。

船舶交接試驗的过程实际上也是用船人員認識、熟悉并掌握船舶各种机械設備的使用性能、船舶的航行性能及其特点的一个过程。船厂在帮助用船人員了解并熟悉船舶全貌有着不可推卸的义务。

船舶交接試驗工作，在一定的程度上可反映出工厂的技术水平和管理水平。

船舶交接試驗時間周期的长短取决于船舶的类型、大小、机械設備的繁簡和船舶建造的艘量（单个試造或成批制造）；但在更大的程度上决定于船舶建造的完备程度和机械設備安装质量的好坏。船舶建造得愈完善，机械設備安装的质量愈高，缺陷消除得愈彻底，則船舶交接試驗工作进行得愈快、愈好、愈省。

为了縮短試驗時間周期和节约物資起見，所有机械設備均应最大限度地預先在車間内进行严格的，与实际工况相符的全負荷座台試驗。凡經過严格的座台試驗或具有試驗合格技术証件的輔助机械設備，在交接試驗时可只进行工作試驗，而不必重复进行性能試驗。

系泊試驗与建造結尾工作适当地交叉衔接以及試驗程序的妥善安排是縮短交船周期的一个很重要的方面。一般在船舶建造最后阶段，即在船体工程接近完成和动力裝置完工时，即可插入部分系泊試驗工作。其他零星工程則可在系泊試驗阶段陸續完工并提交驗收。系泊試驗各个工况試驗的安排应遵循这样的基本原则，即：应急施救的、主要的、复杂的、新型的机械設備先行試驗；同一动力来源的机械設備同时試驗；在整个試驗中，应以試驗延續時間較长的机械設備为主体交叉地进行其他机械設備的試驗。凡在系泊試驗时完全能显示出其正常效能或能在規定參數下进行試驗的机械設備，則可全部在系泊試驗中作最后的試驗和驗收。系泊試驗中所发现的全部缺陷应严格地、彻底地予以消除，俾以避免航行試驗的周折、中断和因而引起的劳力和時間的浪費。

船舶航行試驗的內容和試驗的持續時間，依船舶建造的艘量

而异。对于試造船舶或样船（同类型成批建造船舶每五艘中的第一艘），应按规定进行全面的試驗。对于成批建造的船舶，其試驗內容及其試驗持續時間則可視具体情况酌予簡縮。在工厂航行試驗中亦应尽可能将某些試驗交叉进行。如果工厂认为某一机械設備性能确属优良，則其試驗持續時間可以适当縮短。如果某一試驗工况在工厂航行試驗时結果优良，且其試驗持續時間等于或接近于規定試驗时数，則工厂可以提請驗收委员会予以承认，在交船航行試驗时免于重試。在很多情况下，工厂航行試驗和交船航行試驗均合并进行。

这里还必须着重提到对于縮短交接試驗周期有显著效益的两种試驗方法——水制动仪和減負荷試驗。

如上所述，在系泊試驗时，由于船舶处于靜止状态下，螺旋桨具有最大的推力和轉矩值，直接連接于螺旋桨的主机在达到滿轉轉数的75%左右时即已發揮其全部功率。因此，船舶主机、軸系以及直接为主机服务的各个輔机設備和系統尚不能显示出其在全負荷運轉或在規定工况下的各种性能及其相互作用关系，以致不能进行最后的調整和全面的檢驗工作。因此，在船舶試航过程中，常常可能由于主机或輔机的某种障碍而导致試驗的中断和不必要的路途往返，以致造成人力和物力的最大浪費并延长交船試驗周期。

在这种情况下，应当竭尽一切可能使主机在系泊試驗时能完全显示其正常效能或能在規定工况下进行最大功率試驗，以便全面地、彻底地暴露并消除主机和各輔机設備、系統的缺陷，以利于縮短交船試驗周期。

为了达到这一目的，在进行系泊試驗时，常在尾軸末端裝置水制动仪（水力測功器）来代替螺旋桨的工作，见图1。水制动仪作用的实质即在于形成消耗主机功率但不呈現推力的轉动力矩。水制动仪犹如两面进水的离心泵叶輪，由于叶輪轉动所形成的压力降落，水流即被吸入并徑較內流向外围而由此获得軸向速度。由于水制动仪結構的对称性，便形成两股大小相等、方向相

反（一向船首，一向船尾）的速流。因此，其軸向速度等于零，这就为主机在系泊試驗时發揮其全部功率提供了可能性。

水制动仪的最大缺陷是，为了拆除水制动仪改用螺旋桨时，大型船舶必須入塢上墩，小型船舶則或利用重型吊車將尾部吊起，以致增加了人力和物力的多余消耗。

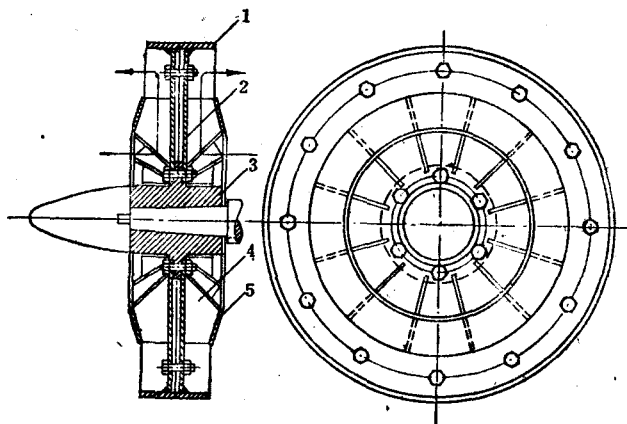


图1 水制动仪

1-轉；2-圆盘；3-殼；4-叶瓣；5-圓錐形罩

船舶減負荷試驗是将空气引导至螺旋桨前流，使其周围介质密度减小，因此能在同一轉数下获得一較小的轉动力矩，从而減輕了螺旋桨的工作負荷，使主机能在一种正常的情况下發揮其最大功率，这一新的方法大大地改变了船舶試航的旧有面貌并縮短了交船試驗周期。

我們知道，当水流繞經螺旋桨叶瓣时，螺旋桨吸力面（叶背）水的繞流速度較压力面（叶面）的速度为大。因此，吸力面較未扰水流压力为低（低于靜水压力），而压力面的压力則較高（高于靜水压力）。两面压力的合成压力便形成方向向上的升力。升力沿着螺旋桨軸綫方向和旋轉方向分布，并形成螺旋桨的推力和旋轉力矩。

螺旋桨在系泊状态運轉时，即在螺旋桨进程 $b_p = 0$ 时，冲角 α_n 最大，其推力和轉矩具有最大值，因此，螺旋桨在达到規定轉

数的要求时，已使主机处于很大程度的过负荷状态。空气导至螺旋桨前流，其周围介质密度减小，在空气和轉数的一定对比情况下，叶片抽水相对减少，螺旋桨瓣上所呈现的升力即适当削减，因而推力和轉矩减小，即螺旋桨的工作负荷减轻。如果改变通到螺旋桨上的空气量，则可得到在全速試驗范围内的任何一种車叶轉数和主机功率的正常对比关系。因此，在系泊状态下即可进行主机最大功率試驗。

船舶减负荷試驗方法的优越性在于：

1) 可充分利用工厂动力设备和物质资源的便利。在系泊試驗时进行主机、軸系的最后調整及各机械設備相互作用关系的全面檢驗工作。因此，航行試驗时，主机航行試驗时数可以縮减甚至取消并避免了由于主机的障碍所可能引起的航行試驗中断和周折，为测定船舶各种航行状态的性能創造了充分而良好的条件。因此，大大地节约了物资，簡化了試航組織并縮短了交船試驗周期。

2) 减负荷試驗装置簡單，勿需特設的屬具和昂貴的設備，且其固定的方式簡單，只須潛水員潛入水中即可很容易地拆除。因而免除了水制動儀所必需的入塲手續。

送气装置如图 2 所示。送气管环牢靠地固定在尾柱軸轂或美人架上并与螺旋桨軸綫共心，其直径等于 0.6 螺旋桨径。导至螺旋桨的空气系利用工厂压缩空气。巨型船舶所需的空气量常常是很大的。由于工厂压缩空气量的限制，由于工厂港域水区堤岸和碼頭坚固性的限制，有时也可能由于船舶結構特点等各方面的限制，巨型船舶应用减负荷試驗方法是有着較多的困难的。

应该提到，空气通至螺旋桨上所需的压力只需稍高于螺旋桨軸綫沉深的流体靜压头值，因此，如果空气消耗量較大，则可采用噴气装置，以充分利用工厂空气管路的高压头。

供給一定量的空气即应显现出一定的螺旋桨轉数和与其相适应的主机功率。量不足或者过多即会使螺旋桨的轉矩得到不正确的削减，以致破坏了轉数与功率间的正常对比关系而使主机呈现

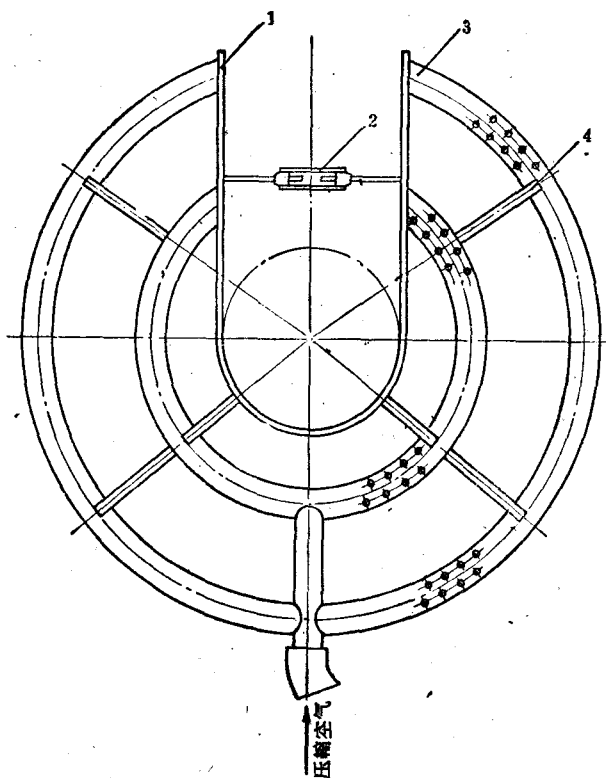


图2 送气管环装置

1-固紧板条；2-松紧螺栓；3-管环；4-牵拉板条

过负荷或负荷不足的状态。因此，空气消耗量必须预先正确计算确定，并应在试验过程中予以控制或适当的调节，以保证螺旋桨负荷的正确削减。

船舶在接近竣工进行交接试验以前，船厂和订货单位即应分别组成交船和接船机构——交船委员会（交船队）和接船委员会（验收委员会）。对于试造船舶，交接船双方可会同有关各部门共同组成鉴定委员会对船舶设计性能和技术质量状况作出鉴定。

交船委员会由工厂负责生产、技术、检验及设计等主管人员组成，通常均由船舶主任建造工程师任交船委员会主任委员（交

船队长)。主任委員为交船負責人。所有参加試驗工作的人員均應严格服从交船負責人的一切指令。交船委員會負責领导和組織全部交接試驗工作以及研究和解决在試驗过程中所发生的一切問題，并代表工厂受解决驗收委員會所提出的关于技术和使用上的全部問題并办理交船手續。

各专职建造师則作为主任建造师的有力助手負責試驗前的准备工作，并分別具体领导和組織甲板、机艙和电气等試驗工作。

交船委員會还必須委派交船船长和輪机长。交船船长負責船舶駕駛和航行安全，并負責船上的清洁工作。輪机长則負責机械设备的操纵和可靠的運轉以及在試驗期間負責机械设备的保养維護工作。

接船委員會則由訂貨主代表——技术干练的专职人員組成。一般均由主任驗收員任主任委員。接船委員會和国家驗船机关驗船师参与并監督全部交接試驗工作，并分別代表訂貨主及国家驗船机关对船舶的技术质量状况作出評定并办理接船和驗船手續。

在船舶交接試驗过程中，交接船双方应取得充分的諒解和密切的合作。

第一章 系泊試驗

第一节 起錨设备的試驗

一、錨的檢查和試驗

船舶在海面或錨地碇泊时，錨和錨鍊受到周期性高拉伸負荷和海水的猛烈腐蝕，在拋錨或起錨时尙受到附加的冲击負荷和强烈的磨損。因此，錨和錨鍊必須經過严格的試驗以确信其具有良好的质量和足够的强度。

除了試驗錨材料的机械性能与工艺性能以外，对已制成的錨尙应进行下列各項檢查及試驗。

1. 外觀檢查

檢查时，錨不应涂漆，錨的表面不应有裂縫、气孔、斑点、砂眼、孔穴及其他足以影响强度的缺陷。表面缺陷可用气焊或电焊焊补修整之。

2. 外形尺寸檢查

錨的外形尺寸的允許偏差为 $\pm 3\%$ ；对霍尔式及斯貝克式錨，錨爪轉动角度的允許偏差为 $+2^\circ$ ， $-\frac{1^\circ}{2}$ 。

3. 秤重檢查

錨的实际重量与理論重量的允許偏差为 -4% ， $+8\%$ 。在制成錨的錨身上应打出制造厂的標記和整个錨的重量鋼印；如有杆錨，則錨和錨杆的重量应分別打出，在錨身上打上錨本身的重量；在横杆上打上横杆的重量。

4. 墮重試驗

墮重試驗在于檢查錨的內在缺陷，确信其內部沒有裂縫、气孔和砂眼。

每个锚或其零件，重量 ≥ 75 公斤者均应进行坠重试验。坠重高度规定列于表1中。

锚坠重试验高度 表1

锚 型	锚或其零件重(公斤)	坠重高度(米)
霍 尔 锚 斯 貝 克 锚 海 軍 锚	<750	4.5
	750~1500	4.0
	>1500	3.5
四 爪 锚	≥ 75	2.5

上述高度系自钢垫量至锚或其零件的最低点。试验时气温应不低于 0°C 。有杆锚进行坠重试验时应不带锚横杆。

坠重试验时，应按上述规定高度投落在厚度不小于100毫米、面积不小于 1300×1300 毫米²的钢板上。钢板应安置在捣固结实的地面上。各种锚或其零件投落状况规定如下：

1) 铸造的霍尔式锚及斯貝克锚应以锚冠垂直投落于钢板上，其锚杆则以水平位置横坠于钢板上。

2) 铸造的海軍锚先以水平位置横投于钢板上，然后再将其垂直提起，锚爪在下，投落到放置在钢板上的两个钢棒上。二钢棒间的距离应为两锚爪伸出距离的一半，钢棒的直径或厚度以锚冠不致触及钢板为度，见图3。

3) 四爪锚应使锚爪在下，垂直提起，投落于钢板上。

坠重试验时，如钢板或钢棒发生裂缝，则应换新重新试验。

锚或其零件经坠重试验若无破断或裂缝，情况良好，则应将其悬空用重量不小于3公斤的铁锤敲击之，以检查其内部缺陷（空洞或裂缝）。敲击时应音响清脆，否则应再作试验。复试结果为最后结果。

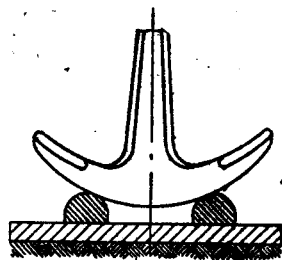


图3 海軍锚坠重试验

5. 拉伸試驗

裝配完成的錨整體應在特殊的鍊條試驗機上或者以懸重的方
法進行拉伸試驗。拉伸負荷的作用力點位於兩端。一端在錨的鉗
扣處，一端在錨爪端 1/3 爪長處。拉伸負荷規定列於表 2 及表 3。

霍爾錨、斯貝克錨、四爪錨拉伸試驗負荷 表 2

成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)
75	3.4	300	8.5	900	19.3	3000	48.5
100	4.1	350	9.5	1000	21.2	3500	54.0
125	4.7	400	10.3	1250	25.0	4000	59.0
150	5.4	450	11.4	1500	29.0	4500	64.0
175	6.0	500	12.2	1750	33.0	5000	68.5
200	6.5	600	14.2	2000	36.5	6000	76.0
225	7.0	700	15.9	2250	40.0	7000	83.0
250	7.5	800	17.8	2500	43.0	8000	89.0

海軍錨的拉伸試驗負荷 表 3

成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)	成套錨的 理論重量 (公斤)	試驗 負荷 (噸)
75	3.1	200	5.6	400	8.7	800	14.9	1750	27.4
100	3.5	225	6.1	450	9.7	900	16.3	2000	30.6
125	4.1	250	6.5	500	10.5	1000	17.7	2250	33.6
150	4.5	300	7.3	600	12.0	1250	21.0	2500	36.5
175	5.1	350	8.1	700	13.6	1500	24.2	3000	41.9

注：重量小於 75 公斤的錨需要作拉力試驗時，其負荷可按下式計算：

$$P = 180\sqrt{G^2} \text{ 公斤}$$

式中：G——錨重（錨橫杆不計），公斤

霍爾錨及斯貝克錨應同時拉其兩爪，先在一邊試驗，然後再
轉到另一邊試驗，見圖 4。

四爪錨先試兩爪，然後再試另兩爪，見圖 5。

海軍錨兩錨爪應分別一一受試，見圖 6。