

船舶設備與系統

科學院院士 B. П. 波茲久寧著

祝修本 沈肇圻譯

人民交通出版社

船舶設備與系統

科學院院士 B. Л. 波茲久寧著
祝修本 沈肇圻 譯

人民交通出版社

本書系根据苏联海运出版社 1951 年出版的 [船舶設備与系統] (科学院院士波茲久宁选集第三卷) 譯出。書中收集了 B. Л. 波茲久宁生前关于船舵、艇、起貨、錨和系纜設備，以及通风管与水管新計算法、排水系統、压載系統等著作；除对各該題目作了詳尽的敘述外，并結合苏联国家标准及苏联船舶登記局规范收集了許多实用数据。

本書第一篇 [船舶設備] 由祝修本譯出，第二篇 [船舶系統] 則由沈肇圻譯出。

АКАДЕМИК В. Л. ПЛОДЮНИН
СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕОМЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ»
МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

船舶設備與系統
祝修本 沈肇圻譯

人民交通出版社出版

北京安定門外和平里

上海市書刊出版業營業許可証出〇〇六號

上海市印刷公司印刷 新华書店發行

書號：15044·6100

開本：850×1168 1/32·印張 11 7/16 插頁 3·字數 303,000

1957 年 5 月上海第 1 版

1957 年 5 月上海第 1 次印刷 印數：1—1060 册

定價 (10)：2.00 元

序 言

科学院院士 B.Л. 波茲久宁选集第三卷包括了其在船舶設備与系統方面的主要著作。

科学院院士 B.Л. 波茲久宁的著作中每一篇都是作者于各种活动中遇到实际任务而必須加以解决时所写成的，因此，其特点是科学理論与实际結合的范例。

瓦連京·列伏維契·波茲久宁用理論方法制定了計算公式后，发表了許多論文，在其中說明了計算船舶輔机的一般方法，并用例子来闡明，他就这样开始了自己的科学活动。这些公式都运用于船舶輔机方面的教科書中和設計局的实际工作中。

原書編者技术科学博士 Л.С. 奥科尔斯基教授在本書各篇中所作的若干补充放在方括弧內，而用星号来标明新的表格。

書中基本上保留了作者所用術語，例如不用錨鏈而用錨纜^①等。

① 为求符合于我国实际应用名称，譯文中仍用錨鏈——譯者。

目 錄

序 言

第一篇 船舶設備

舵 設 备

§ 1. 关于船舶舵設備的一般概念·····	1
§ 2. 舵对于船舶操縱性能的作用原理·····	2
§ 3. 应用于船上的舵的構造式样和布置式样·····	6
§ 4. 基金舵·····	12
§ 5. 弗列特涅尔舵·····	14
§ 6. 流綫型舵·····	18
§ 7. 舵上水压力及舵头上的压力力矩·····	22
§ 8. 舵的主要要素的选定·····	45
§ 9. 舵結構的主要式样·····	49
§ 10. 舵結構和舵計算的标准·····	56
§ 11. 船上用的操舵器·····	66
§ 12. 舵柄式操舵器·····	68
§ 13. 螺旋式操舵器·····	77
§ 14. 关于操舵原动机及舵机的一般知識·····	81
§ 15. 船舶舵設備的一些結構标准和其他資料·····	89

艇 設 备

§ 1. 船舶艇設備的一般概念·····	97
§ 2. 安装在船上的艇之式样·····	98
§ 3. 海船上所需的救生艇数目及尺寸之决定·····	106
§ 4. 艇用品·····	113
§ 5. 船上起卸及存放艇的設備·····	114

§ 6. 艇吊杆的計算原理	137
§ 7. 艇用机械的一般知識	143
§ 8. 艇及艇設備的試驗条件	145

起 貨 設 备

§ 1. 船舶起貨設備的一般概念	148
§ 2. 船舶起貨設備的主要要素和式样	149
§ 3. 貨艙口	151
§ 4. 吊貨杆、吊貨杆裝置及繩具	156
§ 5. 吊貨杆裝置的零件結構	167
§ 6. 吊貨杆的數目 (隨其工作方法而定)	182
§ 7. 吊貨杆的起重能力、數目和布置	184
§ 8. 起貨絞車与吊車	188
§ 9. 用來近似估計船舶起貨設備重量的資料	194
§ 10. 船舶裝卸貨物的速率	195
§ 11. 用于船舶裝卸工作的能量消耗和燃料消耗	198
§ 12. 起貨設備的試驗	200

錨 設 备

§ 1. 关于船舶錨設備的一般概念	203
§ 2. 船舶拋錨停泊的一般情况	206
§ 3. 錨的式样与特性	210
§ 4. 錨的試驗	223
§ 5. 关于錨鏈及其零件的一般知識	226
§ 6. 錨的重量、數量和錨鏈尺寸的选定	236
§ 7. 船上錨設備的試样	244
§ 8. 起錨机械	261

系 船 設 备

§ 1. 船舶系船設備的一般概念	271
§ 2. 系船索式样、尺寸及數量的选定	273
§ 3. 纜端及其計算原理	277

§ 4. 繩孔、導纜鈎和系船設備的其他零件	284
§ 5. 系船設備的機械	291

第二篇 船舶系統

通風管與水管新計算法

序 言

§ 1. 所建議管子剖面計算方法的一般原則	301
§ 2. 所建議方法對船舶通風計算的實際應用	311

應用於離心鼓風機中的機械相似定律

船舶系統：壓載及排水

序 言

第一章 排水系統

§ 1. 商船排水系統的用途	330
§ 2. 集水穿和排水渠設備	332
§ 3. 排水系統的總設備	336
§ 4. 在個別情況下總排水設備的特點	339
§ 5. 排水管及其零件設備	341
§ 6. 貨艙泵總論	346

第二章 壓載系統

§ 7. 商船壓載系統的用途	351
§ 8. 壓載系統的總設備	354
§ 9. 壓載水管及其零件設備	357
§ 10. 壓載泵總論	360

舵 設 備

§ 1. 关于船舶舵設備的一般概念

任何船的最重要性能之一是其操縱性能，即是船能隨駕駛者的意图而轉變其方向的能力。喪失操縱性能是船隻失事的普遍原因之一，常導致船沉沒。

不論那種辦法，只要能使船隨駕駛者的意图而產生某一轉動力矩，以迫使船隻繞着通過其重心的垂直軸而轉動（轉動的方向隨轉動力矩的方向而定），則都可以保證船的操縱性能。

船舶的操縱性能可由下列設備的單獨作用或聯合作用來保證：

1. 舵，是浸在水中的一塊板，通常懸掛在艉部，在船的縱中剖面之內。在船行進時將板轉動，則板上產生與板面垂直的水壓力，這一水壓力產生某一轉動力矩。

2. 螺旋槳或明輪，位於船隻縱中剖面之外的。顯然，此處可以靠船隻兩舷推進器推力大小、和方向的差異而獲得轉動力矩。

姑且不論在某種情況下船的推進器也可能用來操縱船隻方向，但在上述兩種設備中，只有舵才是專用的設備，而且也是通常所必需的設備；此處所應研討的也正是這一設備。

關於船舶舵設備的這個概念，不僅取決於舵本身的設備，還要牽涉到操舵所必需的一切設備。

任何舵設備除了有這種或那種結構的舵以外，必須有下列最重要的裝置：

1. 能限制舵的轉动角度以及將舵在任何位置停住的裝置。
2. 能在一定時間之內保證將舵从中央位置轉向这舷或那舷成某一角度，并保證能在轉舵时从桥楼来監察舵位置的裝置。

第一組裝置屬於舵的結構，而第二組裝置則屬於操舵机械。屬於后者的有下列机械：

1. 操舵器，其任务在于实现舵头上力矩与操舵原动机軸上力矩之間所需的傳动比，或是在人力操舵时，实现舵头上力矩与操舵輪軸上力矩之間所需的傳动比。
2. 操舵原动机和舵机，以及人力操舵輪，其任务在于产生轉动舵的功。
3. 遙控傳动裝置，用来从桥楼操縱一般放在与桥楼相隔一段距离之处的操舵原动机。
4. 舵位指示器和舵角器，它們保證能对舵的轉动予以監察。

在舵設備中必須具有上述全部裝置，这要溯源于用舵操縱船只的本質。

所有上述的設備、裝置及机械联合在一起，構成了船舶舵設備的一般概念。

§ 2. 舵对于船舶操縱性能的作用原理

舵对船舶操縱性能的作用概況在前面已經說过；在本节中必須对这个問題作較詳盡的分析，以求了解对于舵設備所应提出的一切要求。这一問題是非常复杂的，并且在造船原理中成为一个研究船只轉动的單獨部門。因此，我們在此处仅限于叙述其与后文相关的諸方面，而且系用最基本的方式来叙述。

我們將研究所謂船只迴环的操动期間，即向某一舷开始轉舵到轉舵完毕的这一段期間，而且將假設在此期間船只航行軌迹的曲度是如此的小，以致由于軌迹曲度所产生的并作用于船只的离心力之影响，可以略去不計。

当舵刚开始向一舷轉动时，如船只系以速率 v_0 作等速运动，

則作用于船只的只有两个相互垂直的力，即船只的阻力 R_1 （以后我們称为正面阻力）和推进器的推力 T 。

从开始轉舵起經過時間 t ，当舵已离开中央位置而成 α 角时，則除了上述之力外船只还受到水对舵的压力和某一側面阻力 R_2 ，前者与舵叶面相垂直，后者的方向如图1所示，系垂直于船只的縱中剖面，而且，如船只与其舢横剖面形成对称的話，則此力加于船只長度 L 的中央。在图1中，座标軸 OX 和 OY 系用下列方式选定的：在刚开始轉舵时的船只重心位置 G 取作座标的原点 O ， OX 軸与此时船只的縱中剖面相合，而 OY 軸指向轉舵的方向。

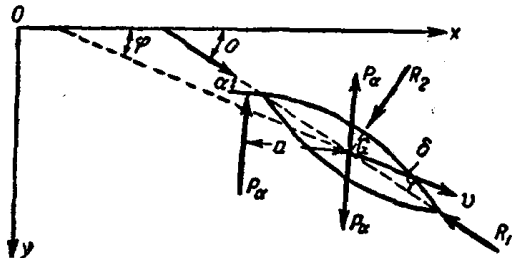


图1 舵对船的作用图

船只在 t 时的位置取决于座标 x, y 以及船只对 OX 軸的轉角 θ ，船只重心的速度 v 的方向則取决于与 OX 軸所成的角 φ ；这一速度系与船的軌迹相切，并与船只縱中剖面成某一角度 δ ， δ 角称为偏角，而且从图1可見 $\delta = \theta - \varphi$ 。

作用于船只的側面阻力 R_2 ，其来源有二：

1. 舵对于船只的作用，从图1可見，这一作用可用一个力偶 $M = P_a \cdot a$ 及一个力 P_a 的作用来替代， P_a 力加于船只的重心 G ，其方向与水对舵的作用力的方向相同；此处的力偶就是迫使船只轉动 θ 角的那个轉动力矩；如果舵的寬度与船的长度相較而可略去不計，則此力偶的力矩可用下列簡單式子来表示：

$$M = P_a \cdot a = \frac{1}{2} P_a \cdot L \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

加于船只重心的 P_a 的分力 $P_a \cdot \cos \alpha$ 企图將船只送往 Y 軸的負方向，因此就产生了側面阻力，这一側面阻力 R_2' 是側面总阻力 R_2 的一部分。

2. 側面阻力的第二部分 R_2'' 須有这样一个先决条件，即船

只迴轉速度 v 的方向不与船只的縱中剖面相重合，而是与后者構成偏角 δ ；在此种場合下，浸在水中的船体側表面就好象一块受着斜向水流作用的平板，这样就决定了这个船只側面阻力第二部分的出現。

从上面所述，可見力偶吸是將舵轉至某一角度 α 的后果，力偶本身并不能改变船只的軌迹；改变这个軌迹是側面阻力 R_2 ，后者系水流对舵的压力 P_α 以及在此压力影响下該船旋 θ 角的后果。

在某一時間以后，船只側面阻力的第二部分就比第一部分大得多，因此舵对船只操縱性能的影响主要发生于我們所研究的船只迴轉之操动期間。

为了确定操动期間內的船只航行軌迹及速度，按照以上所述及图 1，我們可写出下面三个微分方程式：

$$Mx'' = [T - (R_1 + P_\alpha \sin \alpha)] \cos \theta - [R_2 - P_\alpha \cos \alpha] \sin \theta \quad (2)$$

$$My'' = [T - (R_1 + P_\alpha \sin \alpha)] \sin \theta + [R_2 - P_\alpha \cos \alpha] \cos \theta \quad (3)$$

$$J\theta'' = 0.5 P_\alpha L \cos \alpha - m \quad (4)$$

式中： M ——船只的質量，即船只的排水量被重力加速度 g 除；

J ——繞着通过船只重心的垂直軸的船只質量慣性矩；

m ——对船只轉动的阻力对于此軸的力矩。

由于在上列方程式中的舵上水压力 P_α 与船只在各該时刻的实在速度 v 有关（如后文所示），所以上列微分方程式是联立的。对于这些方程式，不但是般形式的解答，就是适合于个别具体情况的解答，也非常难求，然而，写出了这些方程式，这件事情本身已給予我們一个极有价值的說明，就是：由于这些方程式是联立的，因此脱离了船只运动的一切情况而研究水对舵的压力是不可能的。在轉舵时，水对舵的压力影响到船只的运动，而船只的运动又影响到水对舵的压力。此处可与螺旋槳在船尾工作的現象相比拟而引述一个完全相似的譬喻；正如脱离了那些伴随着船只运动的情况就无法研究螺旋槳的作用一样，脱离了船只本身的运动也就无法来研究舵的作用。

为了將这一点說得更明白一些，在船只迴环操动期間的上列船只运动方程式中，我們將做出一系列的近似假設。設：

1. 在轉舵的时间中，由于船只慣性矩 J 相当大，船只还来不及旋轉，即設 $\theta = 0$ 。

2. 螺旋槳的推力与船只实在速度 v 在縱中剖面方向的分速度的平方成比例，于是由第一个假設可得

$$T = A_1 x'^2$$

3. 为积分簡便起見，假設阻力 R_1 及 R_2 与相应的速度 v 的分速之平方成比例，即假設 $R_1 = A_2 x'^2$ 和 $R_2 = A_3 y'^2$ (如假設 $R_2 = A_3 x' y'$ 則更正确些)①。

4. 舵角 α 甚小，即我們要研究的不是整个操动期間，而只是其中的一部分，而此时可以假設 $\sin \alpha = \alpha$, $\cos \alpha = 1.0$ 。

5. 舵上的水压力 $P_\alpha = A_4 S \cdot \sin(\alpha - \delta) v^2 = A_4 S (\alpha - \delta) v^2$ ，式中： S ——舵面积， δ ——偏角， $\delta = \theta - \varphi = -\varphi = -\frac{dy}{dx}$ ；由于在操动期間內偏角系連續增大至某一角度 δ_0 的，为了將题目簡化起見，以后我們將采用 $\delta = \delta_0 \frac{t}{\tau_0}$ ，式中： τ_0 ——已指定的轉舵时间。

6. 舵轉动的速度是均匀的，即等于表示式 $\alpha = \alpha_0 \frac{t}{\tau_0}$ ，式中： α_0 ——最后的舵角， τ_0 ——如上所示，为轉舵的时间。

从所有这些假設出发，以及从由于船只側面速度 y' 很小而可設 $v = x'$ 这一点出发，为了确定船只运动时的一切狀況，我們將方程式(2)、(3)依据上述假設改写后，获得下列形式的两个方程式：

① 事实上是：

$$R_2 = A_3 v^2 \sin \varphi = A_3 y' \sqrt{x'^2 + y'^2} = A_3 x' y' \sqrt{1 + \left(\frac{y'}{x'}\right)^2} \cong A_3 x' y'$$

$$x' = Ax'^2 - BS \frac{t}{\tau_0^2} x'^2 \quad (5)$$

$$y' = Cy'^2 - DS \frac{t}{\tau_0^2} y'^2 \quad (6)$$

式中的常数之值为：

$$A = \frac{A_1 - A_2}{M} \quad \text{和} \quad B = \frac{A_4 \alpha_0 (\alpha_0 - \delta_0)}{M}$$

$$C = \frac{A_3}{M} \quad \text{和} \quad D = \frac{A_4 (\alpha_0 - \delta_0)}{M}$$

將微分方程式(5)积分极为簡單，而得結果如下：

$$x' = \frac{3 v_0}{3 (1 - Av_0 t) + BS \cdot \frac{t^3}{\tau_0^2}} v_0 \quad (7)$$

关于將第二个方程式积分的問題，我們可以不管，因为与我們的目的无关，从式(7)那樣的結果，我們已可充分說明上述关于舵与船只相互作用的意义。

与舵面积 S 、 $\sin(\alpha - \delta)$ 及 v^2 成比例的舵上水压力，在船只运动的每一頃刻，随着船只速度 x' 的变化而变化，而船只的速度則受舵面积、舵角、轉舵時間、船只的主要要素以及船只推进器的影响。

上面的敘述已充分地闡明了船只在操动期間內的轉动性的問題，并且說明舵上水压力的这一問題是如此复杂。

§ 3. 应用于船上的舵的構造式样和布置式样

舵的結構形狀首先是以这一点为先决条件的，即舵一般是安放于艉部的^①。因此，舵的形狀随艉部的結構及形狀而轉移，此外，它又取决于船只的吃水，以及取决于保証船只在各种場合下的操縱性能所必需的舵面积。

① 在某些特殊情况下也有采用艏舵的，例如用在破冰船，火車渡船等上面。

除了艤部与舵在結構上的組合外，推进器的位置也有重大的意义，这种意义不仅是对这种或那种形状的艤部而言的，而且也是对各种結構的舵而言的。因此，应该認為，在現代的条件下，应该把螺旋槳、艤部和舵当做一个不可分割的組合来研究。

上述观点的建立是由于这样一个事实而来的，即人們在实验研究中发现了，最近出現的所謂流綫型舵的各种結構对船只的推进性能有頗大的影响，能节省主机动力 10~15%。

应该在这一組合三个要素相互作用的这种观点下来研究一切舵的結構。由于这一組合的水流現象頗为复杂，只能在每一情况下用实验的方法来解决問題。

对于螺旋槳数目多于一个的船只，不論舵本身的結構式样如何，应特別注意舵与螺旋槳的相对位置。

經驗表明，在这些船只上，首先要考虑的是舵（單数）的轉动軸綫与螺旋槳（多数）运动面之間的距离，因为它们之間的距离太近了会引起不良的操縱性能；这是由于舵必須在較滯緩的水流中工作，其相对于水的行进速度較小，而这一速度，如我們所知道的，决定着舵上水压力。由于所叙述的，可以建議把最后面的螺旋槳平面与舵軸間距离做得尽可能大些。

对于一般艤形的海洋商船，舵的形狀和位置如图 2 所示。

舵本身包括舵叶 1，舵叶一般用鋼板制成，借舵臂与称为下舵杆 2 的舵部件相連接；下舵杆有几个凸出的

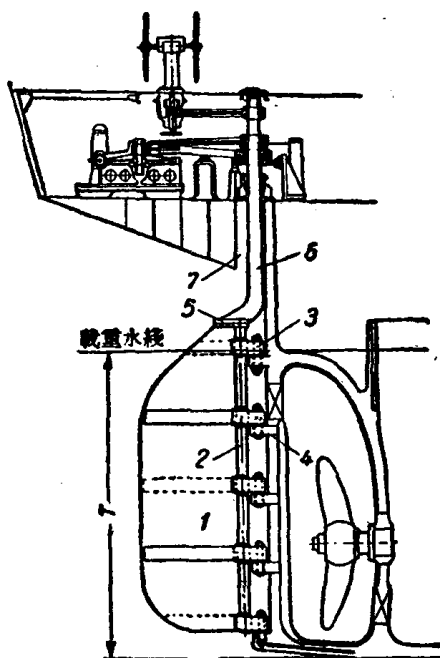


图2 普通舵

部分，即所謂舵鈕 3，舵鈕中則插有舵銷；相對於下舵杆上的舵鈕，在稱為舵柱的艫柱後部上也有同樣數目的舵鈕 4，舵鈕 4 上有掛舵用的孔；在下舵杆上部有舵杆接頭 5，與稱為上舵杆 6 的舵部件相連；為了能夠旋轉，上舵杆的軸綫要與舵銷的軸綫相合。上舵杆穿過艫部上所開的孔，或是穿過所謂舵杆筒（即是舵杆管道 7），末了又穿過一層或數層甲板，而伸出在那層安設着轉舵設備的甲板上。在上舵杆上部，用以連接轉舵設備的部分，稱為舵頭。在上舵杆穿過甲板之處，為了保證水密，安裝各種結構的填料函。

上述式樣的舵，其重量大部分只由下舵銷承受。為此在舵柱處安裝着底承座。為了輔助底承座，有時在上舵杆穿過甲板之處安裝與前述填料函在結構上連成一起的支力頸軸承。支力頸軸承的結構還應保證舵不會與舵鈕脫出。如果沒有頸軸承，則上舵銷通常做成帶頭的，並且是在舵掛上後才將此舵銷插入，這樣也能達到此一目的。

上述結構的舵稱為普通舵，它的特征是舵葉只放在舵轉動軸的一邊。普通舵、艫部、螺旋槳（一般位於艫柱框中）三者合在一起，我們議定稱之為普通組合。

為了將舵轉動，就須在舵頭上加以某一轉動力矩 M ，後者與

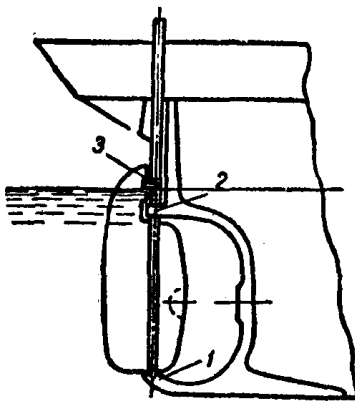


图3 平衡舵

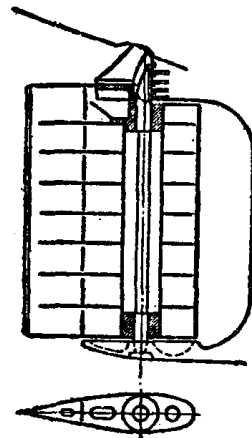


图4 平衡舵

舵上的水压力以及該压力至轉动軸的力臂成比例；因此，为了能减小这一力矩起見，除了普通舵外，有时安装所謂**平衡舵**和**半平衡舵**；不論是平衡舵或半平衡舵，其特征是舵叶放在轉动軸的兩边，而放在轉动軸的艏向那边的一部分舵叶面积称为舵的平衡部分。

图3示明具有普通艧型的海船的平衡舵之总图和位置。此处舵已不是用舵銷来挂起来的，而其下舵杆只在两个地方被支持住，即被支持在艧柱所形成的跟部1上以及做成于艧柱上部的可分离箍环2中。上舵杆与下舵杆則借可分离的舵杆接头3相連起来，如在普通舵中一样。〔双推进器船的平衡舵的总图表示在图4上。舵有两个支持点：在上端支点中，舵系靠水密填料函来固定住，而其下端則支靠在艧柱跟部的底承座上〕。

为了能够在塢內將舵卸下，对摩擦面作一般的修理，而不必卸开与上舵杆相联的一切設備，則如图2和3所示的那种結構的上下舵杆接头是必要的。

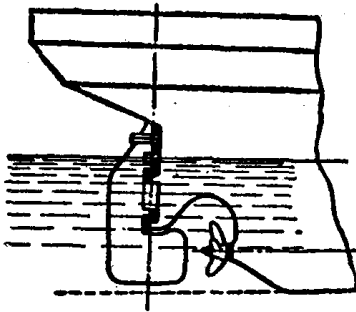


图5 半平衡舵

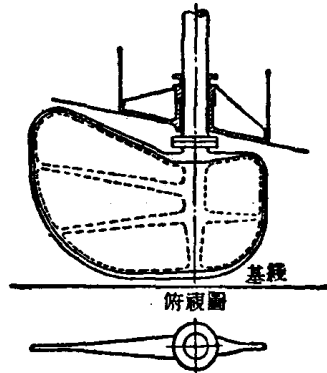


图6 悬式平衡舵

图5表示半平衡舵的总图和位置，此舵用于艧柱形状复杂的客船。此处舵挂在舵鈕及舵銷上，如图2所示的普通舵一样。在上面我們所說到的样子只限于具有普通艧型的海船的舵形状和位置，現在还要指出在具有巡洋艦艧型的船只上舵的形状和位置之一般情况。巡洋艦艧型为軍艦所通用的艧型，現今也应用于海洋

商船上，特别是双螺旋的船只上。

图6所示为在巡洋艦式船尾部的平衡舵的总图；此处舵的支点不在船体外面，而在船体内部成填料函那种形式（上舵杆穿过填料函），也有成为特殊环状止推轴承或滚珠轴承的形式，以承受舵的重量；因此，舵就象挂在船体内部。这样的舵称为悬式舵。

最后，在图7上示明具有巡洋艦型双螺旋桨船只的半平衡舵式样；这样的舵可以称为半平衡舵，因为此处除了上舵杆在船体内有填料函那样的支点外，尚有一个或数个与船只艉柱直接相連的舵钮作为舵的补充支点。

在海船上舵的最典型的形状和位置就是如此。

通常，在选定舵的位置时应该指出，舵叶下端总必须稍高于龙骨线；为了防止在船只搁浅时舵受到损伤，这是必要的。

舵面积和船只吃水对于舵形状的影响是很明显的，这一点用河船来说明较佳。

因为河船一般吃水颇小，并且需要相当大的舵面积，所以舵的形状成长方形，其较长的一边平行于龙骨。

有舷侧明轮的明轮船，其舵形状和位置表明在图8上，此处舵以舵钮及舵销挂于艉柱上，与海船普通舵的挂法完全相同，而所不同的只在于舵销的数目而已。

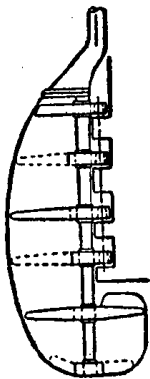


图7 半平衡舵的式样

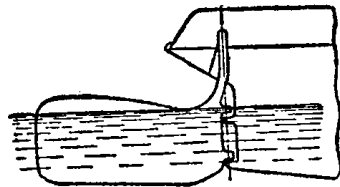
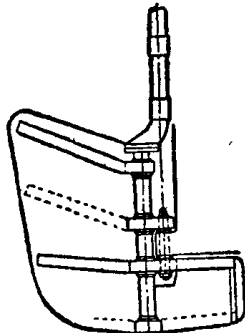


图8 明轮船的舵

船舶设计 下册 二二二二二