

634888

3324-1V2

# 海軍船藝講義

下 册

(初 稿)

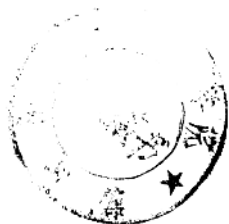


中國人民解放軍海軍指揮學校

一九五八年一月

PDG

40626



---

### 本書編者

第 11, 18 章	.....	黃以杰
第 12, 15, 20 章	.....	向道谷
第 13 章	.....	喻劍平、黃士英 (校者)
第 14 章	.....	顧乃冲、楊宝璋 (校者)
第 16 章	.....	顧乃冲、楊宝璋
第 17 章	.....	喻劍平、楊宝璋
第 19 章	.....	楊宝璋

---



## 目 錄

緒 論	3
第一章 操縱艦艇的一般問題	7
第一节 艦艇操縱性的概念	7
第二节 舵對艦艇操縱性的作用	10
第三节 螺旋槳工作對艦艇操縱性的影響	17
第四节 其它因素對艦艇操縱性的影響	36
第五节 艦艇的變速及轉向	41
第二章 艦艇的拋錨和起錨	47
第一节 拋單錨	47
第二节 起錨	62
第三节 牽尾拋錨	66
第四节 拋雙錨	79
第三章 系離水鼓	85
第一节 系單水鼓	85
第二节 系雙水鼓	89
第三节 系水鼓後應採取的措施	93
第四节 離水鼓	94
第四章 靠離碼頭	96
第一节 艦艏靠離碼頭	98
第二节 拋錨艦艏靠離碼頭	101
第三节 艦尾靠離碼頭	106
第四节 艦首靠離碼頭	109

2209/07

第五节	靠航、泊艦艇.....	110
第一五章	艦艇拖帶.....	114
第一节	拖帶的方式和时机.....	114
第二节	拖索.....	116
第三节	拖帶时的准备工作.....	125
第四节	傳遞拖索的方法及拖帶时的操縱.....	127
第五节	战斗情况下的拖帶工作.....	130
第一六章	特殊条件下的艦艇操縱.....	132
第一节	風暴航行.....	132
第二节	舵、螺旋槳或主机损坏时的艦艇操縱.....	140
第三节	有人落水时艦艇的救生动作.....	143
第一七章	艦艇在内河中的操縱.....	145
第一节	内河水道.....	145
第二节	内河航行前的准备工作.....	152
第三节	航行方法.....	153
第四节	停泊方法.....	164
第一八章	艦艇离綫.....	167
第一节	擱淺的原因及其措施.....	167
第二节	离淺的方法.....	172
第一九章	进出船塢.....	183
第一节	船塢構造.....	183
第二节	艦艇进塢.....	185
第三节	艦艇出塢.....	192
第二〇章	登陆艦艇、登陆器材及其在登陆战斗中的操縱与使用.....	196
第一节	登陆艦艇与登陆器材.....	196
第二节	輸送、換乘及登陆兵登陆.....	195
第三节	操縱登陆艦艇登陆、下灘及裝卸水陆坦克.....	202



## 目 錄

緒 論	3
第一章 操縱艦艇的一般問題	7
第一节 艦艇操縱性的概念	7
第二节 舵對艦艇操縱性的作用	10
第三节 螺旋槳工作對艦艇操縱性的影響	17
第四节 其它因素對艦艇操縱性的影響	36
第五节 艦艇的變速及轉向	11
第二章 艦艇的拋錨和起錨	17
第一节 拋單錨	17
第二节 起錨	62
第三节 牽尾拋錨	66
第四节 拋雙錨	79
第三章 系離水鼓	85
第一节 系單水鼓	85
第二节 系雙水鼓	89
第三节 系水鼓後應採取的措施	93
第四节 離水鼓	94
第四章 靠離碼頭	96
第一节 艦艏靠離碼頭	98
第二节 拋錨艦艏靠離碼頭	101
第三节 艦尾靠離碼頭	106
第四节 艦首靠離碼頭	109

2209/07

第五节	靠航、泊艦艇	110
第一五章	艦艇拖帶	114
第一节	拖帶的方式和时机	114
第二节	拖索	116
第三节	拖帶时的准备工作	125
第四节	傳遞拖索的方法及拖帶时的操縱	127
第五节	战斗情况下的拖帶工作	130
第一六章	特殊条件下的艦艇操縱	132
第一节	風暴航行	132
第二节	舵、螺旋槳或主机损坏时的艦艇操縱	140
第三节	有人落水时艦艇的救生动作	143
第一七章	艦艇在內河中的操縱	145
第一节	內河水道	145
第二节	內河航行前的准备工作	152
第三节	航行方法	153
第四节	停泊方法	164
第一八章	艦艇离綫	167
第一节	擱淺的原因及其措施	168
第二节	离淺的方法	172
第一九章	进出船塢	183
第一节	船塢構造	183
第二节	艦艇进塢	185
第三节	艦艇出塢	192
第二〇章	登陆艦艇、登陆器材及其在登陆战斗中的操縱与使用	195
第一节	登陆艦艇与登陆器材	195
第二节	輸送、换乘及登陆兵登陆	195
第三节	操縱登陆艦艇登陆、下灘及裝卸水陆坦克	202

## 緒 論

船艺是一門应用技术，它是研究艦艇操縱、运用与保养倉面設備、以及各种艦艇实际工作的科学。其使命是教育艦員熟知有关船艺的知識，平时通过保养、操作、訓練，使艦員与器材設備，結成战斗的整体，以便在战时能順利完成战斗任务。按其内容的性質，通常分以下几个部分：

(一) 倉面設備：研究倉面設備的使用和保养。如鋪务設備，起重設備等；

(二) 倉面工作：研究倉面工作組織实施的方法。如吊放舢舨、舢舨以及艦体的清潔和油漆等；

(三) 帆纜器材及其工作：研究繩纜及其特性、帆纜器材的使用和保养等；

(四) 舢舨作業：研究舢舨結構的特点以及盪槳駛帆的方法等；

(五) 国际海上避碰章程：研究艦艇航泊的信号及其識別、艦艇海上避碰規則及其运用以及各种特殊情况下的信号等，以防止海上船舶可能产生的碰撞事故；

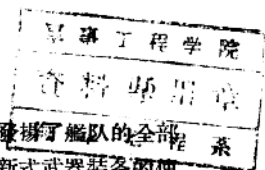
(六) 艦艇操縱：研究在海上各种不同情況下操縱艦艇的方法。如拋起錨、靠离碼頭、恶劣天气条件下的航行等。

由以上內容不难看出，船艺知識是海上实际工作所極为需要的。一个海軍軍官，要在自己的职务範圍內領導所屬人員，进行各种海上实际工作，尤应通曉所有这些內容，才能圓滿地完成自己的工作。因此，海軍艦艇条令对軍官船艺訓練方面的要求，作了很多

具体的規定；如艦艇日常勤务 149 条規定：「各战斗部門指揮員，應負責本部門艦員底船艺訓練」。艦艇值班勤务規則 225 条規定：「在航行時，值更官應對碰撞、擱淺、有人落水等特殊情況，採取適當的措施」。265 条又規定：「值更官必須通曉海上避碰規則」。凡此，都說明船艺訓練對海軍軍官有極其重要的意義。實際經驗也證明：艦艇軍官，在訓練部屬、進行日常勤务和战斗活動中，必須本身先具備有高度的船艺素養，才能按照條令訓練部屬以達到战斗的要求。以掃除錨雷工作為例，從收放掃雷具到爆破浮雷，執行艦艇機動等，都要求能熟練掌握船艺的有關內容，如艦艇操縱、舢舨作業和倉面工作等，才能使掃雷工作順利進行。毫無疑問，軍官本身必須首先精通熟練上述內容，才能領導部屬進行掃雷的工作和訓練。又如管理艦艇、防止艦員遭難和落水救生等措施，其對軍官的要求，亦莫不如此。因此，每一海軍軍官，必須在各項實際工作和訓練中，不斷提高自己船艺方面的素養，以滿足海上實際工作的需要。

在船艺全部內容中，艦艇操縱藝術，有着特別重要的意義，學者必須對其加倍注意。所謂艦艇操縱藝術，就是在海上各種條件下，巧妙地操縱艦艇的技巧；而這些技巧是與船舶的動力裝置、倉面設備等的革新緊相適應而不斷發展着的。由於社會生產力是發展的，在各個不同的歷史時期，人們使用着各種不同的水上交通工具，操縱與使用這些工具時，有着不同的特點，如很早以前，我國東南沿海人民就已「以船為車，以楫為馬；往若飄風，去則難從」了，說明了當時用楫操縱的技巧。帆船時代，人們利用風力進行操縱，因而有了掌帆的技巧；機動船時代，人們利用機器操縱，因而就有了用機器操縱的方法。所有這些操縱上的特點，都對各該時期軍艦的战斗活動有着重大的影響。歷史上許多戰例證明，熟練的操縱技巧，總是取得战斗勝利的重要條件之一。如 1661 年，鄭成功在解放台灣战役中，就是以卓越的操縱技巧指揮他的帆船艦隊在多礁的鹿耳門登陸的。1799 年，俄國人在沖克柯爾福島的有名战役中，





烏沙可夫指揮了他的帆船艦隊用拋流錨的方法，發揚了艦隊的全體砲火。現代艦艇，由於航行性能的改進，各種新式武器裝備的應用，使得操縱技巧，在各種戰鬥活動中起着更加重要的作用。在第二次世界大戰中，蘇聯的潛水艦和魚雷艇曾多次以高度的操縱技巧衝進有着嚴密防禦體系的法西斯港口和水面艦艇結隊隊形之內，給了敵人以沉重的打擊。1953年蘇聯巡洋艦斯維爾德洛夫號的訪英，僅以十二分鐘的時間就完成了英美海軍需要一個小時以上才能做到的拋錨固定艦位的工作。這種卓越的操縱技巧，曾引起了舉世海軍界的重視。相反，美國在第二次世界大戰中，根據尚不完全的統計，就損失了各級作戰艦艇696艘，其中竟有139艘是由於擱淺、觸礁、碰撞等事故所造成的；1950年，美國著名戰列艦米蘇里號的擱淺，便是一次驚人的技術低劣的表現。雖有現代化的裝備，但卻不能有效地使用它，這固然是帝國主義海軍腐朽性的特點，但同時也充分說明了船藝操縱技巧的重要。

我們人民海軍，自建軍以來，就在蘇聯的無私幫助和無數次的實際戰鬥中，取得了很多運用武器和操縱艦艇的寶貴經驗和技巧，如衝擊萬山群島、擊沉太平號軍艦及登陸一江山等，此外在1956年的海軍先進工作者會議上，尚介紹了許多安全操縱艦艇及在惡劣海區條件下操縱艦艇完成航行任務的典範事蹟，如廣州等艦戰勝了12級以上台風的襲擊，保證了艦艇的安全就是其中一例。這些寶貴的經驗和技巧，都是我們今後在學習中應該特別加以注意的。

隨着海軍事業的發展，艦艇操縱藝術，必將獲得更高的發展和完善，因為武器裝備的不斷改進和新型艦種的出現，要求操縱藝術與之相適應，才能充分發揮它們的戰術技術性能；在各種原子武器將廣泛使用的未來戰爭中，各種艦艇的操縱藝術，亦必然有許多新的發展和改進。因此，每一艦艇指揮人員，都必須經常注意提高自己操縱艦艇的技巧，以適應日益復雜的海上戰鬥活動的需要。

根據以上所論述的內容，不難看出本科目的特點，是根據現有技術器材設備的特性，研究如何合理使用和充分發揮其作用。因

此，要求理論方面能联系实际运用，操作方法能結合各种实际战斗情况，所以学者必須深刻体会，反复練習，才能很好地掌握本課程的全部內容，以順利进行海上的各种实际工作。

具体學習方法的特点是多联系实际，多注意示范操作及典型情况下的操作經驗。如对倉面設備和倉面工作的學習，就應該首先掌握設備內容和結構特点，然后研究現行条令教范和操作規程中，对运用这些設備的人員組織及部署規定，並通过实际的練習和操作，才能完全掌握运用这些設備来进行实际工作；而艦艇操縱部分，就需要对艦艇操縱的理論，先有較系統的了解，然后結合具体情况，分析研究如何將理論运用于实际，以操縱艦艇达到予定的目的。因此，課堂的講解是与課后的实做緊密联系的，这样才能使接受的知識，有較牢固的基础；再通过海上實習的鍛鍊和操作，就能对課程的基本內容，有較全面的了解，以达到教学大綱的要求。

## 第一章

# 操縱艦艇的一般問題

### 第一節 艦艇操縱性的概念

艦艇操縱性是艦艇最重要的航海性能之一。良好的操縱性保證艦艇航行、战斗及各种机动的实现，例如进出港湾、靠离碼頭、系离水鼓及拋起錨等。因此，在研究如何操縱艦艇之前，首先必須了解艦艇的操縱性。

艦艇能夠穩定在航向上又能進行旋回的能力，稱為艦艇的操縱性。

从上述定义可以看出，艦艇操縱性包括航向穩定性和旋回性兩個方面。

所謂航向穩定性就是艦艇保持在予定航向上運動的能力。航向穩定性的好壞，是以艦艇保持在航向上的準確度來衡量的。所謂航向穩定性好的艦艇，是當海面有 3—1 級風，舵手每分鐘轉舵不超過 1—6 次，每次所轉的舵角不大於  $2^{\circ}$ — $3^{\circ}$  時，艦艇的航向即能保持到一定的準確程度。對不同艦級的艦艇，航向穩定性的要求是不同的，例如：戰列艦和巡洋艦在中等天氣條件下要求準確到  $0.5^{\circ}$ （離開航向）；艦隊驅逐艦為  $1^{\circ}$ ；各種艇為  $2^{\circ}$ — $3^{\circ}$ 。

在舵或推進器或者是在兩者共同作用下，艦艇改變運動方向或沿着曲綫運動的能力，稱為艦艇的旋回性。旋回性的好壞，一般是以旋回終徑（ $\Delta R$ ）與艦體長度（ $L$ ）的比值來衡量的。比值大的艦艇，其旋回性就較差；比值小的艦艇，旋回性就較好。

很明显，航向稳定性对艦船的要求与旋回性相矛盾。增大艦船在航向上的稳定性就势必降低其旋回的能力。然而，对于每一艘現代艦船來說，都必須使它具有良好的操縱性，所以，在設計艦船时要考虑到不仅应給它以良好的航向稳定性，而且要給它以良好旋回能力。这是造船方面的問題，不在这里研究。

影响艦船操縱性的因素除与艦船設計有关外，主要的还有舵、螺旋槳的工作以及它們的数目和位置。此外，艦艇的長度、寬度、橫傾、縱傾、浪、風、淺水及狹航道等等也对操縱性有很大的影响。

在这一节里，我們先簡單的談一下艦船設計对操縱性的影响。

关于艦船設計对操縱性的影响問題，正如苏联科学院院士、社会主义劳动英雄 A·H·克雷洛夫所指出的那样，艦艇操縱性首先是决定于頂流阻力作用点的位置。如果这一点位于重心之前（圖 11—1, a），航向稳定性就較差，艦艇容易偏轉及进行旋回；如果这点位于重心之后而且有很大的距离，那么，艦艇將稳定在航向上並且將具有不好的旋回性（圖 11—1, b）。这个結論很容易用下面的道理来証明。

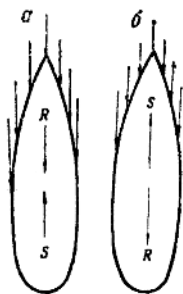


圖 11—1 水流阻力及螺旋槳  
推力作用点的位置

当艦艇运动时，螺旋槳的推力  $S$  从艦尾方向作用于艦艇上，这个力可以認為作用于艦艇的重心上，而水的阻力則从艦首方向作用于艦首尾面上的一点，这一点可稍前或稍后于艦艇的重心。当艦艇直綫航行时，无论是第一种或者是第二种情况（第一种情况水阻力作用点在重心之前，第二种情况在重心之后），由于这两力作用于同一直綫上，所以不影响艦艇离开航向。但如果使艦离开航向的外力（例如擺舵或風浪）作用于艦艇上时，上述情况將發生变化。我們可以認為，当上述外力开始作用于艦艇的时刻，艦艇的慣性力將仍沿原航向的方向作用于艦艇的重心。

被外力作用偏离了航向并保持前进运动的艦艇，由于慣性力的作用，在开始时产生橫移。因此，水的阻力將不仅作用于艦首部而且也作用于艦艉。作用于艦艉的水阻力的合力  $R_1$ ，方向与慣性力相反，如前面所說將作用于重心之前或之后。我們按力的平行四邊形法則，將力  $K$  和力  $R_1$  各分解为一平行于艦首尾綫，一垂直于艦首尾綫的二个分力（圖 11—2, a 和 b）。

从圖中可以看出，平行于艦首尾綫的二分力，不影响艦艇离开航向，而垂直于艦首尾綫上的二个分力，組成以从艦艇重心到水流阻力作用点之間的距离为力臂的力偶。

艦艇在風或浪(或当擺舵时)的作用下，經常产生这个力偶。如果水阻力的作用点在重心之前，这个力偶將更加使艦艇偏离航向；如果水的阻力作用点在重心之后，这个力偶將促使艦艇轉回原航向。因此在第一种情況下，

艦艇不穩定在航向上，容易偏轉和进行旋回。而在第二種情況下艦艇容易穩定在航向上，但旋回性却很差，所以处在這種情況下，舵的工作效果將大大的为上述力偶所削弱。

由上述可以看出，当水的阻力作用点位于艦的重心或者是与艦的重心在同一垂直綫上，或者是靠近重心的垂綫而稍后于它时，对操縱性來說是最好的。因为这样，不仅照顧艦艇的航向穩定性，同时也照顧了它的旋回性。

关于艦艇設計对操縱性的影响問題就簡略地談到这里，这方面的問題不是本課程所要研究的对象，我們只需具备一般的知識就够了。相反，为了有效地操縱艦艇，每个艦艇指揮員却必須深刻的了

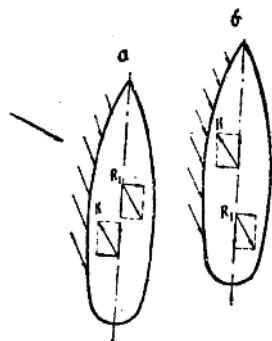


圖 11—2 慣性力和橫移阻力作用的位置及其分解

解舵、螺旋槳的工作、它們的數目、位置及其他各種外來因素對操縱性的影響。這些是我們研究操縱艦艇問題的主要對象，在本章下面各節中，將分別予以一一討論。

在研究艦艇操縱性的同時，我們還需要附帶提到艦艇的偏轉性。

艦艇沒有受舵的作用而自發地改變其運動方向的性能，稱為艦艇的偏轉性。

理論和實際經驗證明，任何正舵航行的船舶即使是在平靜的天氣，也不能保持在預定的航向上的。為了保持艦艇在航向上，就需要不斷地時左時右的擺舵。艦艇這種自發地離開航向的能力，無疑地是艦艇航海性能中嚴重的缺點，特別是當在狹窄水道地區，或者在密集隊形的編隊運動時，無論對該艦本身或者對其它艦艇都是很有害的，因為在這種情況下很容易造成碰撞的危險。

很明顯，偏轉性是航向穩定性的反面。具有很大偏轉性的艦艇，不僅是嚴重地影響艦艇航向穩定性，而且也影響艦艇的旋回性，因為艦艇任意地、自發地偏離航向，在某種情況下要大大地削弱舵的工作效果。

影響艦艇產生偏轉性的原因，有內在及外來的因素。前者如艦艇艙面前後建築物分布的不平衡、艦體水綫以下部分的不對稱、螺旋槳的工作、雙主機艦艇主機工作的不平衡、橫傾和縱傾等等；後者如風、浪、淺水及窄航道等等。此外當艦艇運動時水流阻力作用點的位置對偏轉性也有很大的關係，如前面所說，當該點位於重心之前時，艦艇即不易保持在航向上而將發生偏轉。關於其內在及外來因素使艦艇發生偏轉的原因，在我們研究完影響艦艇操縱性的各種因素以後，便不講自明了，因此不在本章中專門討論。

各種艦艇的偏轉性各有不同的特點，因此，在平時操縱艦艇的時候，就要隨時觀察該艦偏轉的特點，這樣才能準確地操縱它。

## 第二節 舵對艦艇操縱性的作用

舵是保持艦艇在航向上或是進行各種旋回與隊形變換的基本工

具。它的大小、形狀直接決定艦船的操縱性，是影响操縱性最直接、最主要的因素之一。

舵安装在艦尾螺旋槳的后面。根据構造的不同分普通舵、平衡舵和半平衡舵三种。关于舵系統的一般問題，在「艦体構造及动力裝置」講义中已有詳細的論述，这里只簡要地討論一些与操縱艦艇有关的問題。

在三种舵中，普通舵由于舵軸在舵叶前端，因而使轉舵时需要很大的力矩，因此要求要有馬力大的舵机，而且完成轉舵的过程比較迟慢，这种舵只安装在慢速的运输船上。平衡舵的舵軸在距舵叶前端大約佔舵叶总長 $\frac{1}{3}$ 处（舵軸前端舵叶面积佔总舵叶面积15—30%），它的优点是轉舵所需的力矩較小，因此不需要很大的舵机，从而能減輕艦艇的吃水，但更重要的是能夠迅速轉舵，它的这个灵活性，对战斗艦艇来说是極其重要的战术性能之一。平衡舵的缺点在于与艦体的连接不如普通舵坚固。半平衡舵的优缺点介于前述兩者之間。現代艦艇都採用平衡舵和半平衡舵。

舵叶面积的大小，主要是決定于艦艇的長度及吃水，因为当艦船旋回时，艦体水下部分給以主要的阻力。艦船的舵叶面积一般約为其長度及吃水乘积的百分之二（即  $A = L \cdot T 2\%$ ）。舵叶越大則艦船的操縱性就越好。在快速艦艇上为了避免旋回时产生过大的橫移，舵叶的面积一般比同大小的慢速艦艇为大。

經驗証明，舵的形狀也影响艦艇的操縱性。实验得出高而狭的舵的作用比寬而低的舵好，因此在海船（特别是商船）上常根据船尾的形狀尽可能把舵作得高些。此外，流綫型的舵比平板式的舵好，它不仅减少艦速的损失，而且也有利于艦艇的旋回性，这种舵甚至擺动最小的角度时也對艦艇發生作用。

在巡洋艦、驅击艦、扫雷艦等艦艇上，一般都只在艦首尾綫上安一个舵；战列艦一般在艦首尾綫上安装二个舵，安在前面的舵較小，称輔助舵，安在后面的舵較大，称主舵。

現代在某些排水量不大的艦艇上，由于战斗动作要求它們应具

有良好的旋回性，例如魚雷艇、獵潛艇和護衛艦等，安裝有兩個或三個舵（這種艦艇所具有舵的數目一般與螺旋槳的數目相同），它們是被併排地安裝於每個螺旋槳之後，這樣將大大增加舵的效應。

在潛水艦上，除在艦尾安裝一個改變航向的垂直舵之外（一般是用半平衡舵），還在艦首和艦尾各安裝一對水平舵（左右舷各安一個），用來幫助潛水艦的上浮和下潛。艦首水平舵稱為輔助水平舵，艦尾的稱主水平舵，它一般比艦首舵大。在水平舵外面設有護舵架，為了避免潛艇靠碼頭時水平舵被碰壞。

下面我們專門來研究舵對艦艇轉向的作用及艦艇進行旋回的過程。

當舵位於艦首尾綫位置時，在理想條件下——沒有風、浪、流、橫傾、縱傾和不考慮螺旋槳的影響，艦艇必須沿着直綫運動，因為在這種情況下，頂流勻稱地從艦體和舵的兩面流過，任何使艦艇離開航向的外力都不產生。

但如果把舵擺離艦首尾綫到任何一個角度時，上述情況將發生根本的變化。我們現在來分析以速度  $V$  作直綫運動的艦艇，當將舵擺離艦首尾綫至不大的  $\alpha$  角時水流對舵的作用（如圖 11-3）。

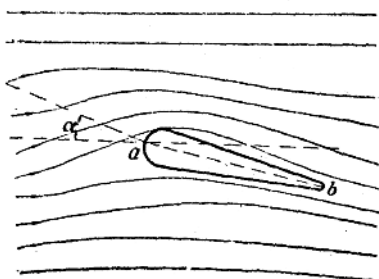


圖 11-3 擺舵後舵葉周圍的流綫狀態

從上圖可以看出，水流在距舵一定距離時是平行的，到  $a$  點分開從舵葉的兩面流過，到  $b$  點時又重新匯合。從舵葉後面流過的水



流，由于流程较长，因此流速比舵叶前边的流速大，根据伯努利定理，我们知道，流体速度的增加伴随着压力的降低，因此在舵叶前后形成压力差，这个压力差力图使舵回到原来的位置（图11-4中的力A），按照力的平行四边形法则，我们把力A分解为下面二分力：

$A_y$ ——垂直于舰首尾线的分力，称横向分力；

$A_x$ ——平行于舰首尾线的分力，称纵向分力。

在横向分力  $A_y$  的作用下，舰尾被不断地推向摆舵的反方向而使舰进行旋回，这就是摆舵后舰艇能转向的原理。纵向分力  $A_x$  由于方向与舰艇运动的方向相反，因此引起舰速的降低。

横向分力及纵向分力在一定角度以前，随着舵角的增大，两者同样地增加；但当超过一定角度而再继续增大时，由于舵面对水产生很大的阻力，舵叶上的流线状态被恶化（图11-5），因而使作用于舵上有利于旋回的分力急速减小，而舵上的迎面阻力却迅速增加，因此当舵角过大时，舵的

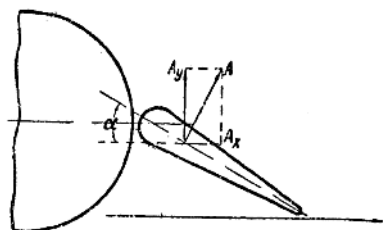


图 11-4 作用于舵上的力的分解

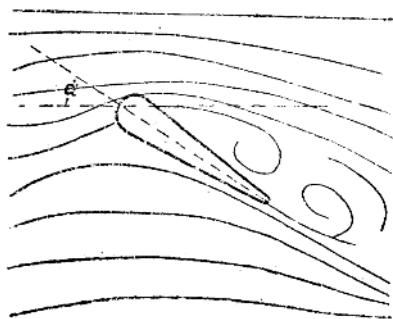


图 11-5 舵角大于临界角时舵叶周围的流线状态的图解