

长江船舶的舵机

刘健夫 编著



人民交通出版社

长江船舶的舵机

刘健夫 編著

人民交通出版社

本書共分四章，主要敘述采用于長江船舶上的各種舵機的典型結構，以及作者幾年來在設計與建造長江船舶舵機的过程中所獲得的一些工作經驗。本書可供各地內河船舶舵機設計工作者參考，也可供河運學校師生及有關部門的技術人員閱讀。

長江船舶的舵機

劉健夫 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證出字第〇〇六號

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8月北京第一版 1963年8月北京第一次印刷

開本：850×1168毫米 印張：1張

全書：27,000字 印數：1—1000冊

統一書號：15044·6192

定價(10)：0.45元

目 录

序言	2
第一章 概述	3
第二章 舵机的构造	6
§1 人力舵机	6
§2 人力油压舵机	6
§3 蒸汽舵机	7
§4 电动油压舵机	8
§5 电动舵机	11
§6 蒸汽舵机之电动操舵装置	11
第三章 舵柱流体动力力矩的计算	13
§1 密登多夫公式	13
§2 乔塞尔公式	13
§3 按机翼流体动力学特性的实验数据来计算舵柱力矩的方法	15
§4 各个计算公式的比较	19
§5 倒车时舵的流体动力力矩的计算	22
§6 某輪平板舵轉矩实船試驗	22
第四章 各種舵机主要項目的計算	24
§1 关于舵机的若干經驗数据	24
§2 舵机的各种机械的损失及效率	24
§3 蒸汽舵机原动机的主要尺度的計算	25
§4 用普通舵柄并以鏈索傳动的蒸汽舵机及电动舵机的計算	28
§5 用齿扇傳动的蒸汽舵机和电动舵机的計算	31
§6 电动油压舵机的主要尺度計算	32

序 言

解放后,在共产党和毛主席的英明领导下,我国各方面的建设一日千里,突飞猛进。建国十多年来,长江航运事业和全国其他事业一样,取得了辉煌的成就。解放初期,行驶在长江上的都是国民党反动派和帝国主义国家所遗留下来的一些破旧船舶,像样的船只是屈指可数的。解放以后,由于党对长江航运事业的领导和关怀,长江航运战线上全体职工以及各造船厂工人同志们的努力,十年来,长江上不断地出现大批完全由我国自己设计制造的各种新型客货轮、货轮、拖轮、货驳及特种船舶,如:“大众”、“民众”等。本书是就作者在参加设计与建造长江船舶当中,所彙集的有关舵机的各种典型结构及所获得的一些工作经验,介绍给读者,以作为其他河流的船舶舵机设计的参考。

第一章 概 述

舵机是用来轉动舵叶、控制船舶航行方向的机械。我們不可設想，船能在无方向控制的情况下順利地行駛。因而舵机是船舶上最重要的輔助机械之一。像长江上游，航道曲窄，水流急，險滩多，它就显得更为重要了。无疑地，它对船舶航行安全有着重大影响。在长江里，有些船舶因舵机失灵曾发生过严重事故，使国家财产受到不应有的损失。我們对此不能不引起足够的重視。

长江旧的船舶，多設置蒸汽动力装置，其舵机多以双缸蒸汽机为原动力，故称为蒸汽舵机。按气缸安装位置的不同，蒸汽舵机可分为立式与臥式两种。长江船舶的蒸汽舵机大都为后一种型式。按舵机与舵柱之間的傳动方式，又可分为鏈条傳动和齿扇傳动两种。原有蒸汽舵机多屬前一种型式。由于鏈条質量較差，磨損很快，容易发生舵鏈拉断事故，所以近几年已有不少旧船的舵机由鏈条傳动改为齿扇傳动。新建船舶上的舵机大都采用齿扇傳动。蒸汽舵机都有人力操舵設備，以备蒸汽发生事故时应急之用。从机动轉換至人力时，由于离合器結構不合理想，需要時間很长，一般將近 10 分鐘。这样长的轉換時間，在长江上游是絕對不允许的。因此，我們將一些船舶的蒸汽舵机的离合器进行了适应的改装，改装后的轉換時間，約在 20 秒鐘以內（結構見第二章 §3）。虽然轉換時間縮短很多，但是，舵的轉矩很大，一般中型船舶在 3 吨米以上；而且轉舵時間要求很快，在长江上游航行时，自一舷 35° 至另一舷 35° 的轉舵時間，一般应在 15 秒鐘以內，人力操舵是不能滿足上述要求的。这是現有蒸汽舵机存在的主要缺点。

內燃机船舶大部分設置电动舵机。在个别蒸汽机船上也开始設有电动舵机。电动舵机与蒸汽舵机一样，也分为鏈条（或鋼絲

繩)傳動與齒扇傳動兩種,舊船中這兩種型式都有,解放後新建船舶中則全部為後一種型式。新型電動舵機的特點是,操縱方便,由電動轉換至人力需時極短。在大型船舶上,因考慮到人力操舵既費力又緩慢,故備用部分不使用人力,而採用雙套電動機。當一台電動機或其控制系統發生故障時,立即可換用另一台電動機。為了防止發電機因故停電,並備有應急蓄電池。在大躍進的1958年,長江船舶上轟轟烈烈地開展着的駕輪合一的技術革新運動中,創造了移動式駕駛遙控儀,這種儀器對長江船舶運輸事業的發展有重大的意義。為了適應上述情況,在中型船舶,特別是推輪上採用電動舵機是適宜的。電動舵機除具有上述特點外,還有下面一些優點:駕駛台與舵機之間,僅用電纜聯系,對船舶建築物不發生任何影響;電纜移動方便,很適合於移動式駕駛遙控儀的要求。

電動油壓舵機首次在民眾輪試制成功。隨後,在某些內燃船舶上也陸續安裝了,使用情況良好。在製造技術方面,這種舵機比蒸汽舵機及電動舵機要求要高一些。

在小型船舶上,一般都採用鏈條或鋼絲繩傳動的人力舵機。在部分船舶上開始裝有人力油壓舵機,它較普通人力舵機輕便,船員樂於使用。因此在小型船舶中,它將得到適當的推廣。

根據我國目前造船工業水平及船員技術水平等情況,我們對蒸汽舵機、電動舵機及電動油壓舵機之優缺點可作如下的比較:

一、蒸汽舵機

優點:

1. 製造工藝要求較低,一般修造船廠都能製造。
2. 不易發生故障,可靠性較高。
3. 船員對此種舵機之管理易於掌握,便於維護保養。
4. 堅固耐用。

缺點:

1. 備用操舵裝置系用人力,當舵的扭矩較大時,操縱很吃力。
2. 由蒸汽操舵轉換至人力操舵時的轉換時間太長。
3. 噪聲太大。

4. 当远距离操縱設備采用机械傳动时，对船的上層建築物的布置有一定的影响。

二、电动舵机

优点：

1. 操縱較灵活。
2. 备用操舵裝置也可用电力。
3. 常用与备用操舵裝置之間的轉換時間極短。
4. 駕駛室远距离操縱設備与舵机之間仅以電綫联接，对船的上層建築物的布置无影响。
5. 能适应移动式駕駛遙控儀的要求。

缺点：

在維護管理方面的技术要求較高，不易掌握。

三、电动油压舵机

优点：

1. 在舵柱扭矩較大的船舶使用电动油压舵机时，其外型輪廓和重量較蒸汽舵机及电动舵机为小。
2. 工作穩定，无噪声。
3. 操縱灵活。
4. 备用操舵裝置仍能使用电力。
5. 常用与备用操舵裝置之間的轉換時間極短。
6. 駕駛室远距离操縱設備与舵机之間仅以油管联接，对船舶上層建築物的布置无影响。

缺点：

1. 制造工艺要求高，一般小厂不易制造。
2. 在維護管理方面的技术要求較高，不易掌握。
3. 設備費用較高。

綜上所述各种舵机的优缺点，我們可以作出如下的論断：

蒸汽舵机制造方便，在蒸汽机船舶上仍将得到广泛的采用，特别是适用于行駛在长江中下游的船舶。因該段航綫的航道情况較好，河床寬敞，水流不急，險灘少，对备用操舵裝置要求不高，但其

离合器結構尚需进一步改进。电动舵机将广泛地在內燃机船舶上采用，而对装有移动式駕駛遙控儀的船舶最为适用。由于其备用部分能使用电力，在长江上游的中型蒸汽机船舶上也有一定的发展前途。电动油压舵机适用于客貨輪、客輪及舵柱扭矩很大的船舶。上面仅仅是根据各种舵机一般的优缺点而提出的应用范围，在实际的舵机选型时，还应結合具体条件来考虑。

第二章 舵机的构造

§1 人力舵机

舵柱流体动力力矩在 0.5 吨米以下的船舶，多采用人力舵机。图 1 为鏈条傳动力力舵机之构造情形。由手輪通过兩組齒輪減速后，再經鏈輪及鏈条轉动舵柄。在其上部装有舵角指針。此种舵机广泛地使用于各种小型机动船舶及駁船上。

小型机艇常采用鋼絲繩傳动力力舵机，其結構如图 2 所示。

§2 人力油压舵机

人力油压舵机由傳送机构及受动机构两部分所組成，两者之間用油管接通。图 3 所示为傳送机构。手輪 21 通过齒輪 16 和 17 轉动曲軸 12，12 上三个互成 120° 的曲拐銷帶动三个柱塞式油泵。18 为柱塞，19 为油泵体。18 在 19 中作往复运动，而 19 在外壳 1 內摆动。当轉动手輪时，油泵經 19 下部的 A 孔及 1 下部的 B、C 孔（C 孔在图中看不見，B、C 孔与外壳中綫对称）产生泵油作用。B 与 C 孔分別用油管連接于受动机构兩油缸的端部。至于油从哪一油缸輸出和輸入到哪一油缸，是取决于手輪的旋轉方向。管子 35 为補給油管，当操縱系統漏油时，由此管补充。5 为止回閥，34 为針型閥，25 为油位表。手輪最大直徑为 890 毫米。油泵柱塞直徑为 25 毫米。柱塞行程为 57 毫米。油泵工作压力为 65 公斤/厘米²。

舵自一舷 35° 至另一舷 35° 时,手輪所需之轉数为 11。

图 4 所示为受动机构。16 为柱塞, 10 为油缸, 26 为导板, 11 及 12 为十字头, 35 为舵柄, 27 为底板, 1 为交通閥。柱塞直徑 65 毫米, 行程 270 毫米, 工作压力 65 公斤/厘米², 舵柱中心与油缸中心之間的距离为 190 毫米, 舵柱端部之許可最大力矩为 0.4 吨米。

当傳送机构之油泵开始輸油后, 受动机构中一油缸增加油量, 而另一油缸减少油量, 增加油量之油缸中产生高油压, 将柱塞推向另一边, 柱塞的移动又通过十字头带动舵柄旋轉, 而达到操舵的目的。

当傳送机构停止泵油时, 交通閥可使左右两油缸內的油量保持不变, 因而可以使舵稳定在所需要的位置上。

§ 3 蒸汽舵机

长江船舶現有的蒸汽舵机按傳动方式可分为鏈条傳动及齿扇傳动两种。图 5 为一鏈条傳动的蒸汽舵机。蒸汽原动机通过蜗輪組轉动鏈条滾筒, 拉动鏈条而达到操舵的目的。操舵方向的改变, 是由差动閥控制原动机曲拐軸的旋轉方向来完成的。在舵机左边有人力操縱軸, 它通过一对齿輪来轉动鏈条滾筒。蒸汽与人力操縱的轉換是靠滾筒軸上的离合器来完成的。

图 6 为齿扇傳动的蒸汽舵机, 結構大致与鏈条傳动的蒸汽舵机相似, 其主要不同点是, 它将鏈条滾筒改为齿輪直接与齿扇銜接。

图 7 系根据图 6 所示之舵机将人力操舵离合器修改后的情形。由蒸汽轉換至人力操舵时, 将齿輪 61 向上提起使其下部离合器爪子与蜗輪脱离。同时, 齿輪 61 与連接在人力操縱杆上的齿輪 85 嚙合。由于齿輪齿数較老式离合器的爪子个数多好几倍, 容易嚙合, 因而轉換時間大大縮短。

图中 86、87 为人力操縱杆上的蜗輪及蜗杆, 其导角很小, 能产生自鎖作用, 因而駕駛台上的人力操舵器的手輪停放于任何位置时, 舵柱的扭矩均不至傳遞到手輪上来。67 为离合器搬手, 它通

过一傳动杆，由設置在駕駛台上的手輪操縱。170 为平衡錘，它的作用是平衡齒輪 61 的重量，使操作离合器时，可以省力。

§ 4 电动油压舵机

此种舵机是由星形油泵、油缸、柱塞、十字接头及舵柄所組成。图 8 为电动油压舵机总图。

1 为星形油泵，共两部。在平常情况下只使用一部，另一部作为后备。必要时，两部可同时使用，这样可使轉舵時間縮短一半。此两部油泵各由一部复激式直流电动机 2 带动，其旋轉方向固定不变。12 为油缸，左右各一，固定于底座上。13 为柱塞，14 为十字接头，17 为中舵柄。当油泵将一油缸內的油輸送到另一油缸时，則由于增加油量的油缸产生压力，将柱塞推向另一边，通过十字接头及中舵柄，柱塞的直綫运动轉換为中舵柱的旋轉运动，再經過拉杆 18 及边舵柄 19 使左右边舵同中舵一道旋轉，而达到操舵的目的。轉舵方向由柱塞 13 运动方向而定，而柱塞运动方向又取决于油泵的排油量及排油方向是由駕駛室油压傳动器推动受动器 3，經杆 32、連杆 24 及調节螺絲 30 带动星形油泵控制杆 21 左右摆动来掌握的；也可以在舵机室内由手輪 8 直接操縱控制杆 21 来掌握。后一种操縱裝置适于檢修时使用。油泵控制杆 21 的另一端連接設有彈簧 9 的随动連杆，此連杆另一端与中舵柱上的支臂 15 相連，构成一套随动裝置。动作原理如下：当受动器向一个方向运动时，星形油泵控制杆 21 随之作同向摆动，使油泵排油推动柱塞 13，舵柱轉动而带动彈簧 9 移动，其移动方向与杆 32 相反，因而使油泵行程逐漸减少而最后等于零，此时因油泵停止排油，故操舵动作也停止，舵机即能由它本身的作用，使舵停止在所需要的角度上。

图 9 为电动油压舵机的操縱系統图。起动机 16 装于駕駛室內，受动器 23 装于舵机室內，用两根油管將起动机与受动器两端連接。3 为星形油泵，1 与 2 为油缸，內有柱塞。由图中可以看出，可以单独使用一部油泵，也可以两部油泵同时使用。图中左上角

为人力操舵器,装在駕駛室内,用两根油管与左右油缸接通,此一设备是在机动部分失灵时作为应急之用。由图 9 可以看出,起动机手輪逆时针方向轉动(自船尾向船艏看)时,各油管内的油按箭头方向流动;若起动机手輪顺时针方向轉动时,則油管内油的流动方向与箭头方向相反,舵的轉动方向也相反。

下面简单地介绍一下星形油泵的工作原理:

图 10 是通过油泵中心与旋轉軸綫垂直的切面示意图。AB 为一水平綫,C 是油泵本体,由 7 个徑向排列的油缸所組成。它由电动机带动沿一固定方向旋轉,其中心部分为固定不动的排吸閥 D,其上开有两个排吸孔 P 和 Q,与外面油管連通。每个油缸内有一柱塞 H,它由耳軸 G 与滑塊 J 鉸接。

J 沿一圓形导环旋轉。导环不能轉动,它可沿 AB 綫左右移动。当导环在中间位置时,即导环中心与油泵中心重合,如图 10 (a)所示,各油泵柱塞无徑向运动,油泵停止輸油。如图 10 (b)所示,当导环向油泵左边偏移时,并假定油泵沿逆时针方向旋轉,則柱塞在 AB 綫以上时逐渐离开油缸,在 AB 綫以下时伸入油缸,因此 P 是吸入孔,而 Q 是排出孔。如果导环偏向油泵右边时,則与上述情形相反,此时 P 是排出孔,而 Q 是吸入孔。导环中心与油缸中心的偏距愈大,則柱塞的行程也愈大,因此輸油量也大。相反情形,則輸油量将减小。

图 11 为星形油泵結構图。图 12 为星形油泵各个零件的照片图。图 13 为起动机結構图。

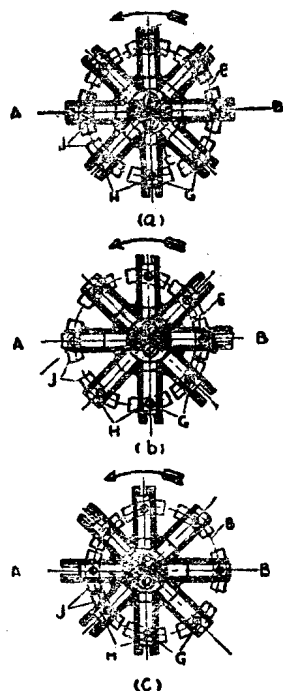


图 10

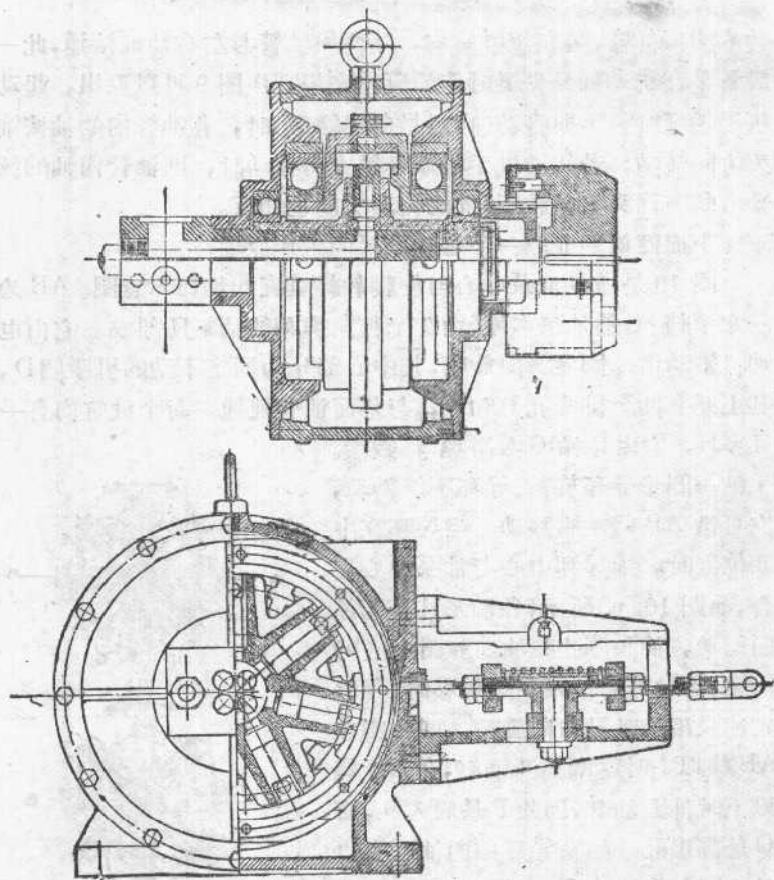


图 11

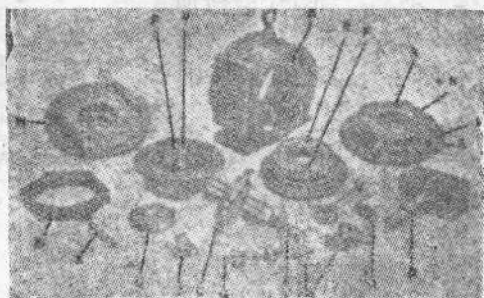


图 12

§ 5 电动舵机

图 14 所示的电动舵机是仿照苏联 A. Б. 孟諾贊卡式电动舵机而設計的。其主要性能如下：

舵柱上的最大轉矩	4 吨米
齿扇节圓半徑	1200 毫米
舵自一舷 35° 至另一舷 35° 所需時間	12 秒
机械傳动比	750
电动机功率	8.5 瓩
电动机轉速	740 轉/分

舵机內有两套蜗輪組，各由一电动机带动，构成两套操舵系統。通常只使用其中一套，另一套作为后备，主軸 27 通过十字接头 23、平鍵 25 与圓錐齿輪 20 固定連接。当一电动机轉动时，由蜗輪組及圓錐齿輪 17 或 24 带动圓錐齿輪 20，再經十字接头 23、主軸 27 及正齿輪 18 傳至齿扇。在蜗杆一端装有齿輪油泵，輸送滑油至各个摩擦部分。此种电动舵机的优点是，两套操舵系統的轉換時間极短，加强了操舵的安全性，对长江上游的船舶很适用。

在长江船舶上，另外还設計了 1 吨米及 0.5 吨米舵柱轉矩的同型舵机。其主要性能如下：

舵柱上的最大轉矩	1 吨米	0.5 吨米
齿扇节圓半徑		640 毫米
舵自一舷 35° 至另一舷 35° 所需時間	11 秒	11 秒
机械傳动比	960	960
电动机功率	3.7 瓩	1.6 瓩
电动机轉速	1,000 轉/分	1,000 轉/分

§ 6 蒸汽舵机之电动操舵裝置

过去蒸汽舵机是以人力駕駛台上通过傳动軸或油压傳遞器来操縱的。1958 年大跃进中，为了适应移动式駕駛遙控儀的需要，

采用了电动操舵装置。图 15 为一种电动操舵装置的结构。其工作原理与 A. Б. 孟諾贊卡式电动舵机一样。电动机通过蜗杆 8、蜗轮 2、圆锥齿轮 30、十字头 33 及传动轴控制蒸汽舵机的差动阀。当电动机发生故障时，可立刻操纵驾驶台上的原有手轮，经传动轴 19、齿轮 15、17、16、圆锥齿轮 30、十字头 33 等同样控制舵机。

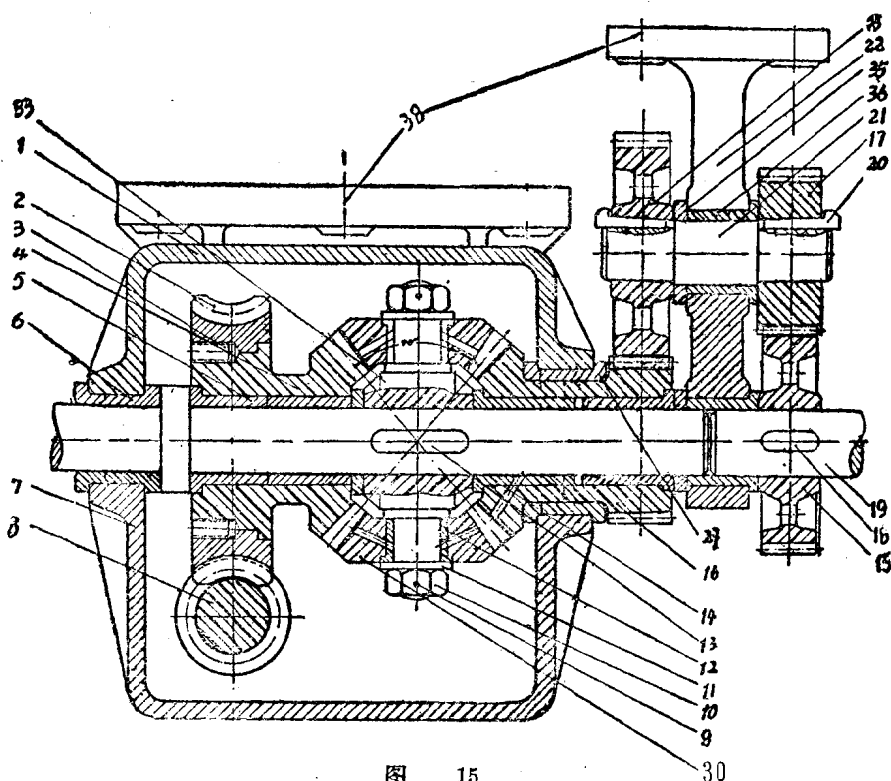


图 15

1. 减速箱盖；2. 蜗轮组；3. 销钉；4. 蜗轮伞形齿轮；5. 轴衬；6. 轴瓦；7. 减速箱座；8. 电动机；9. 轴衬；10. 平键 $8 \times 7 \times 40$ ；11. 轴衬；12. 大齿轮；13. 圆锥齿轮速小齿轮；14. 小齿轮；15. 平键 $8 \times 7 \times 25$ ；16. 传动轴；17. 钩键 $6 \times 6 \times 30$ ；18. 传动轴；19. 支持架；20. 双圆锥差动齿轮；21. 十字头。

第三章 舵柱流体动力力矩的计算

正确地决定舵柱流体动力力矩,是选择舵机功率的关键问题。往往由于舵柱流体动力力矩计算的差誤,致使舵机不能正常工作,甚至不能工作。像这类问题,在长江船舶中曾发生过多次。如某輪曾由于舵的问题,先后試航七次,将近三个月的时间不能参加营运;某輪在快速航行时,舵的最大轉角只能达到 20° ,且蜗輪产生严重的磨损现象,每两个月需換新一次;又如某輪电动舵机的电流超过額定值的两倍。上述几个实例,都是由于舵柱流体动力力矩的实际值与計算值相差悬殊而造成的后果。因此,我們对这一工作,应給予足够的重視。本章即将介紹在实际工作中計算舵柱流体动力力矩的几种常用的方法。

§ 1 密登多夫 (Middendorf) 公式

当舵叶为长方形时,流体作用于舵叶上的压力 P 按密登多夫公式表示为:

$$P = 11F(KV)^2 \sin^2 \alpha \text{ 公斤}$$

压力中心至舵叶前緣的距离为:

$$X_p = b(0.195 + 0.305 \sin \alpha) \text{ 米}$$

則流体对舵叶前緣之动力力矩为:

$$M_\alpha = 11F(KV)^2 \sin^2 \alpha (0.195 + 0.305 \sin \alpha) b \text{ 公斤米}$$

式中 F ——舵叶的浸水面积,米²。

V ——水流速度,浬/时。

α ——舵叶与水流方向的交角。

b ——舵叶寬度,米。

系数 K ——对明輪船取为 1.1;对螺旋槳船取为 1.2。

§ 2 乔塞尔 (Joessel) 公式

当舵叶为长方形时,流体作用于舵叶上的压力按乔塞尔公式

表示为:

$$P = \frac{KFV^2 \sin \alpha}{0.195 + 0.305 \sin \alpha} \text{ 公斤}$$

压力中心至舵叶前缘的距离为:

$$X_p = (0.195 + 0.305 \sin \alpha)b \text{ 米}$$

则流体对舵叶前缘之动力力矩为:

$$Ma = KFV^2 b \sin \alpha \text{ 公斤米}$$

式中 V ——水流速度,米/秒

系数 K ——由图 16 与表 1 中选取。

其余符号与 § 1 相同。

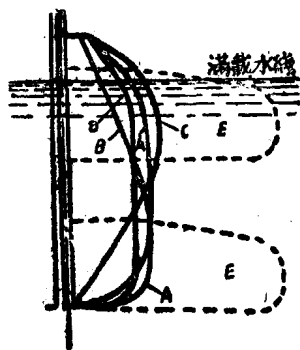


图 16

表 1

舵的外形	船 只	在下列 α 时的 K 值						K 的平均值
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	
A	单螺旋桨船	33	37	39	38	40	42	38
A	双螺旋桨船	12	15	17	18	22	23	18
D	单螺旋桨船	33	34	35	36	36	38	36
D	双螺旋桨船	12	14	16	18	20	22	17

注: 表中双螺旋桨船系向外旋转, 若向内旋转时, 则 K 值应为表中所列数字的 1.25 倍。