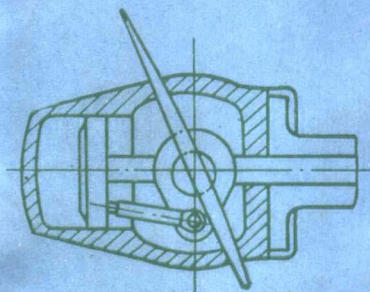


轮机业务知识丛书

(其他部分)

调距桨与侧推器

侯增源 编



人民交通出版社

轮机业务知识丛书

(其他部分)

调距桨与侧推器

Tiaojujiang Yu Cetuiqi

侯增源 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍调距桨和侧推器方面的知识，其中包括：调距桨推进系统的性能特点和工作原理；侧推器的功用和工作原理；调距桨和侧推器的操纵方式以及管理、维修、保养等内容。

本书可供远洋、近海、内河船员自学之用，亦可供船厂有关人员参考。

轮机业务知识丛书

(其他部分)

调距桨与侧推器

侯增源 编

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：2.125 字数：42千

1985年10月 第1版

1985年10月 第1版 第1次印刷

印数：0001—1,360册 定价：0.55元

前 言

随着交通运输事业的发展，迫切需要有一支与其相适应的、具有一定科学文化水平的职工队伍。搞好全员培训，加强职工技术教育，实为当务之急。当前矛盾是：学习不能都进学校，在职自学又缺少合适的书籍。因此中国航海学会为普及和提高广大海员的航海科学技术水平，以适应航海事业现代化的需要，特倡议组织编写航海知识丛书。中国航海学会编辑委员会与人民交通出版社于1980年在上海组成了航海知识丛书编审委员会，由陈有义、印文甫分别担任正副主任，王世忠、赵国维任秘书。编审委员会开展工作以来，已组织了企事业、学校等专业人员在业余时间分别进行编写，丛书将先后出版，陆续与读者见面。

航海知识丛书根据专业性质分为《航海业务知识丛书》和《轮机业务知识丛书》两套丛书。为了方便海员学习，力求结合实际，通俗易懂，并以小册子形式分专题出版。希望这两套丛书能不断为海员们业务技术学习作出贡献，同时也希望广大海员和航运单位共同来支持它和扶植它，使这两套丛书在不断更新中成为广大海员所喜爱的读物。

《航海知识丛书》编审委员会

目 录

§ 1	概述	1
§ 2	调距桨推进系统的性能特点	8
§ 3	调距桨的转叶机构	17
§ 4	调距机构	25
§ 5	侧推器的功用和工作原理	38
§ 6	液压控制系统	45
§ 7	调距桨和侧推器的操纵方式	52
§ 8	使用管理和维修保养	55

§ 1 概 述

随着航运事业的发展，对于船舶的航行性能提出了更高的要求，为此，近代船舶上装备特种辅助机械的越来越多。目前装备较多的有：可调螺距螺旋桨、侧推器、减摇鳍、以及其它特种用途的设备等。它们的主要作用是提高船舶的动力性、操纵性、安全性、舒适性，以及各种作业能力。本书介绍的调距桨和侧推器，是近年来发展较快的设备，对于提高船舶的操纵性能具有较大的影响。

调距桨的概念和发展概况

目前，一般船舶上安装的推进器是固定螺距的螺旋桨。螺旋桨桨叶的螺旋角是在加工制造时就做好的。因此装到船上后，在运行过程中，螺旋桨的螺距是固定不变的，通常称其为定距桨。

装有定距桨的船舶，当螺旋桨在水中转动时，桨叶就推动大量的水向后流动，而船舶在反作用力作用下向前运动。假使需要改变船舶的航行速度，就要改变螺旋桨的转速。螺旋桨的转速高，船舶的航行速度快；反之，螺旋桨的转速低，则船舶航速亦低。若想使船舶后退，必须先停车，然后改变原动机的旋转方向，使螺旋桨反转才能够实现倒驶。

可调螺距螺旋桨，简称为调距桨。它的桨叶和桨毂是分开加工的，在制造好之后再组装在一起。桨叶在桨毂上可以绕桨叶自身轴线转动，形成不同螺旋角，产生不同的螺距。这就是说，螺旋桨的螺距可以根据船舶航行的需要来调节。

图 1 示出一只调距桨的安装情况。桨叶 1 的根部法兰，利用螺栓 2 连接到可以转动的轴承盘上。轴承盘支承在桨毂 3 的轴承孔中，因此桨叶能随着轴承盘的转动获得不同的螺距。

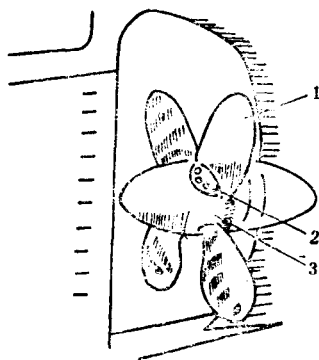


图 1 调距桨

1-可转动的桨叶；2-螺栓；
3-桨毂

在性能上，调距桨比定距桨有十分明显的优越性。例如，船舶航行速度的变化可以利用改变螺旋桨螺距的方法来达到，这时原动机仍保持在原来的恒定转速下运转。并且，还可以将桨叶角度转动到负螺距的位置，这样就可以在不改变原动机旋转方向的情况下，使船舶倒驶。利用螺旋桨的小螺距工况可以容易地实现超低速航行，而不受柴油机最低稳定转速的限制。因而，它能够大大地提高船舶的操纵性和机动性。

调距桨的优越性实际上早就被人们所知道。在半个世纪之前，就出现过调距桨船舶，只是由于受当时客观条件的限制，有些技术性问题尚未妥善解决，因而未能获得推广使用。

随着科学技术的不断发展，无论生产工艺以及使用经验均日益完善。同时，船舶的种类随着需要迅速增加，例如：救捞船、挖泥船、考察船、破冰船、拖船、渡船等。这些特种工作船舶在作业时都需要良好的操纵性和机动性，因而调距桨首先在这类船舶上获得较大的发展。后来逐步扩大到其它中、小型船舶上。

直到近十几年，在大型船舶上使用调距桨才日益增多，诸如在大型油船、集装箱船、滚装船以及军用舰船中，都有不少数量的船舶装设了调距桨，大型的调距桨也不断出现。目前已经投入使用的最大功率调距桨有46000PS(马力)，更大功率的调距桨正在建造中；最大的调距桨，其直径有8.2m(米)。

由于大型船舶的功率大，螺旋桨的效率对船舶运行的经济性影响很大。根据水池试验的数据表明：一般调距桨的效率要比定距桨低大约1~3%左右。这主要是因为调距桨的结构较复杂，且桨毂直径比定距桨毂的直径大，所以水流流动状况不如定距桨流畅。对于大型远洋船舶来说，即使是1%的螺旋桨效率损失，也将使船舶在航行中增加的燃料消耗量和润滑油消耗量相当可观。基于这一原因，在较长一段时间内调距桨未能用于大型船舶上，而螺旋桨效率与营运经济性的关系问题成为各部门之间争论的主要焦点。

但是经过长期的实船试验和对比表明：虽然调距桨本身水池试验效率略低于定距桨，但在实际运行过程中，由于调距桨能够利用本身螺距的变化而取得与主机动力更好的匹配，因而能够在各种不同工况下更有效地利用主机功率，并且能够使主机保持在最经济的工况下工作。因此装有调距桨的船舶，动力性和经济性不一定下降。在相当多的情况下，油耗经济性和平均航速反而对调距桨有利。

有许多国家曾经做过不少对比性试验：在相同类型、相同吨位、相同功率的姐妹船上分别安装调距桨和定距桨，在基本相同的海况、路线上进行对比试验，以考察它们的动力性、经济性和适航能力。

为了清楚起见，下面例举五种不同类型的船舶，包括油

船、货船、冷藏船。在每种类型的两条姐妹船上分别安装了调距桨和定距桨，试验所取得的数据列于表 1。

表 1

船 型	调 距 桨 或 定 距 桨	轴 功 率 PS (马力)	转 速 r/min (转/分)	航 速 kn (节)
75000t油船	调 距 桨	16 725	115.3	16.07
	定 距 桨	18 100	119.7	16.21
25000t油船	调 距 桨	7 150	114.7	16.85
	定 距 桨	8 400	120.7	16.66
35000t散装货船	调 距 桨	12 400	117.3	14.85
	定 距 桨	11 610	121.5	15.48
13 000t定期货船	调 距 桨	11 500	115.1	19.63
	定 距 桨	11 600	120.0	19.63
9000t冷藏船	调 距 桨	10 250	114.7	21.10
	定 距 桨	10 300	115.9	21.08

由表中结果可以看出：在功率基本相同，航行海况基本相似的条件下，船舶营运的平均航速基本上差不多，而略有利于调距桨船舶。从螺旋桨的转速来看，调距桨均低于定距桨，即调距桨船舶的主机转速低于定距桨船舶的主机转速。

在挪威、丹麦、瑞典等国进行了类似试验，其结果基本一致。同时，在恶劣气候条件下进行的航行试验表明：调距桨船舶要比定距桨船舶的航行速度高 1 ~ 2 kn (节)。这说明调距桨船舶比定距桨船舶具有更高的适航能力。

至于调距桨的结构复杂、重量大、价格贵的问题，孤立起来看，确实如此。但若从调距桨船舶的整个动力装置的生

产成本和初置费用来看，调距桨船舶不一定高于定距桨推进系统的船舶，有很多情况表明调距桨较定距桨更为有利。例如采用中速柴油机加调距桨的推进系统，生产成本反而比定距桨推进系统低。这主要是因为采用调距桨后，主机可以保持在恒定转速下运转，就有可能利用主机轴带发电机，从而省掉航行时用以发电的整套柴油发电机组。这样不仅减少了设备，并且可以大量地节省燃油和滑油。因为在同样的发电量情况下，利用提高主机功率来发电，要比设独立的柴油机发电耗油量小得多。并且油类品种的减少，使相应的其它设备简化。另外调距桨船舶的正、倒车以及超低速航行都是利用改变桨叶角度来实现的，无需正、倒车机构；主机的起停次数大量减少，用于启动主机的空压机设备、高压容器的数量和容量均可适当减少。诸如此类，调距桨推进系统在设备成本和使用经济性几方面均较定距桨推进系统有利。

调距桨推进系统给船舶带来的良好操纵性、航行安全性、以及机器使用寿命延长等因素，难于用一时的价格来衡量。因而在经过一段时间的争论、试验、实际营运后，调距桨在各种现代化船舶上逐步取得了较大的发展。

侧推器的概念

侧推器是一种对船舶产生侧向推力的装置，安装在船首的称为首推器，安装在船尾的称为尾推器。它能在船首或船尾对船舶产生一个横向推力，从而帮助船舶转向，特别是在低速航行时（这时舵效差）效果更加显著。一般情况采用较多的是首推器。

在近代船舶上应用侧推器的数量日益增加。这是因为航运事业的发展使得船舶数量不断增加，港口交通繁忙，对船舶的操纵性和机动性要求更高，以保证船舶通过狭窄航道和

繁忙港口的安全性。在特种船舶上，使用侧推器能够改善低速航行与作业时的操纵性及转向和定位的能力。对于高速航行、高速装卸货物的集装箱船、滚装船来说，若能够快速靠离码头，缩短作业时间，将有重大的经济意义。侧推器能够起到这种作用，并且有时可以不用拖船或少用拖船进行靠离码头作业。在某些港口因等待拖船而浪费时间，如装有侧推器就可以充分地发挥高速船舶的营运效率，降低运输成本。

侧推器装在船体首部或尾部的横向导管内，安装情况如图2所示。在横向导管5内装有螺旋桨8，它是由动力装置经由传动轴1和直角转动器2驱动旋转的。当螺旋桨转动时，它使水流从导管的一侧喷射出去，产生反作用推力。力的方向垂直于船体的侧面，因此称为侧推力。这个侧推力可以产生使船舶转向的作用。

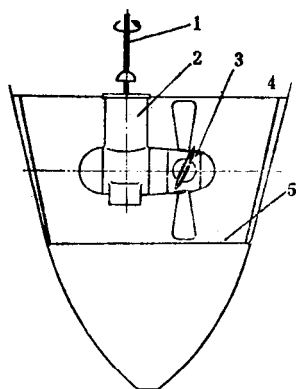


图2 侧推器

- 1-传动轴；2-直角转动器；
3-螺旋桨；4-船体；5-导管

侧推器的螺旋桨有两种：
定距桨或调距桨。采用调距桨

可以在不改变原动机旋转方向的条件下，利用桨叶螺距角的变化来改变侧推力的大小和方向，使结构紧凑，操作方便灵活；而采用定距桨的侧推器，则必须改变原动机的旋转方向才能使侧推力换向。为清楚起见，将首推器的侧视外观示于图3。由图可见，它有四个桨叶，外侧有格栅保护，使螺旋桨不致受到水中杂物的冲击而损坏。但格栅条一般不应太粗，否则将会影响到水流的效率。

有的侧推器，同时又是推进装置。它伸出在船体外面，能够作 360° 的自由回转，向任意方向发出推力。它的结构如图4所示。当螺旋桨转到向后发出推力时，它就作为推进器，使船舶向前直驶；当螺旋桨转动到向两侧发出推力时，就起到操向的作用。因此，称它为导管式螺旋桨推力器。这种装置一般常采用定距桨，整个导筒可由人操纵转动，能同时起到推进和转舵两种作用。

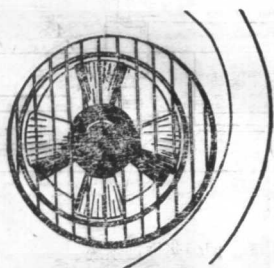


图3 首推器侧视图

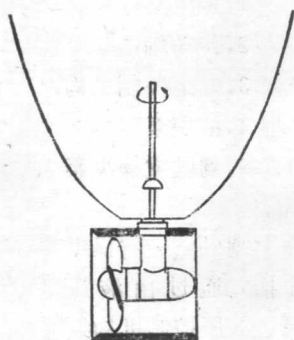


图4 可回转的导管螺旋桨

当前，远洋、近海航运事业不断发展，船舶的自动化、高速化、大型化成为发展的方向。为此，对船舶的操纵性、机动性提出了更高的要求。常规的船舶设备已不能完全满足现代化船舶性能上的需要，因而有不少特种辅助机械产生，以提高各类船舶的性能和作业能力，提高船舶营运的经济效益。调距桨和侧推器是特种辅助机械中应用范围较广的设备，数量正在不断增长。为了适应这种发展情况的需要，现将有关调距桨和侧推器的工作原理、结构特点、使用保养方面的基本知识作简略介绍，以供有关人员参考。

§ 2 调距桨推进系统的性能特点

采用可调螺距螺旋桨组成的推进系统，称为调距桨推进系统。它除了主机以外，还有传动与操纵控制设备。这些设备分别布置在驾驶室、机舱间和船舶尾部。一般分布情况如图5所示。主要组成件如下：

1. 调距桨；
2. 传动轴；
3. 螺距控制机构；
4. 液压泵；
5. 驾驶室操纵系统。

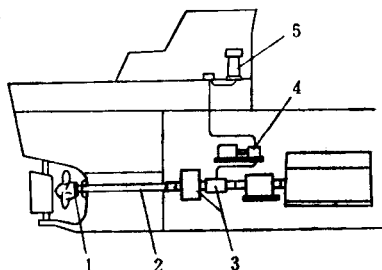


图5 调距桨推进系统

1-调距桨；2-传动轴；3-控制机构；4-液压泵；5-操纵台

驾驶室设有操纵手柄，通过由液压泵、液压控制机构组成的螺旋桨螺距调节

装置，以及螺旋桨中的转叶机构来改变桨叶的角度，使船舶获得所需要的推力和速度。

根据用途不同，可调螺距螺旋桨的调节方式亦不同，一般可分为：两极式 and 全工况式。

两极式调距桨的桨叶只能转动到并固定在两个极限位置上工作。这种调节方式一般仅用于小型的特种船舶上。如机帆两用游艇，当艇利用动力推动时，桨叶转到“前进”位置，螺旋桨推艇向前航行，当艇利用风帆推进时，桨叶置于“顺桨”位置，使桨叶平面与水流基本平行，以减少桨叶在水流中的阻力。

全工况式螺旋桨的桨叶转动范围为“全速前进—零速—全速倒退”。桨叶在全工况范围内可以转动到其中的任意一个角度位置，并固定在该位置上工作。

桨叶由“前进”状态转换到“后退”状态的方式和路径又有两种可能：

其一是“前进→顺桨→后退”的方式。即由“前进”到“后退”的过程中，桨叶转动经过“顺桨”位置。这种方式对于多机多桨动力装置较为适宜。因为当其中有一个桨轴发生故障而停车时，其它桨继续推进船舶，这时停车的桨叶处于“顺桨”位置，可以减少阻力。

另一种是“前进→停车→后退”的方式。即由“前进”到“后退”的过程中，桨叶转动经过“停车”位置，这时桨叶平面基本上垂直于水流的方向，阻力较大。但是主机起动机水流的阻力矩较小，这是有利的方面。

一般来说，除了多桨推进船舶和特殊要求的船舶外，均采用后一种方式。这主要有两个原因：一个原因是在前一种方式中，桨叶由“前进”到“后退”所需要转动的角度，几乎比后一种大一倍。如桨叶经“顺桨”实现“后退”，桨叶转动角度为 120° ，而桨叶经“停车”实现“后退”，转动角度仅需 60° 左右。另一个原因是当螺旋桨转速很高时，由“前进”位置经“顺桨”实现“后退”会引起主机严重超负荷，因而必须关停主机后才能进行螺旋桨螺距的改变。对于经过“停车”位置实现“后退”的方式来说，不会产生超负荷。这样就可以减少主机的停车和起动机，并且可以实现主机无负荷起动机。

改变桨叶角度的操纵方式，在小功率的船舶上，一般可采用人工机械操纵，这种操纵方式简单可靠，并能满足小船

的需要，对于中型或大型船舶来说，使用较广泛的是液压操纵。液压操纵的机构紧凑、出力大、灵活机动，并便于实现遥控。

调距桨推进系统具有比定距桨推进系统优越得多的性能。为了进一步深入理解它的性能特点，下面将调距桨船舶与定距桨船舶进行比较，并概括为以下几点：

1. 船舶性能改善。这是调距桨船舶明显优于定距桨船舶的一个方面。例如，调距桨船可以在驾驶室由船长或驾驶员直接控制船舶的航行速度，这是一般定距桨船舶不可能达到，而又令人向往的事情。

通常，内燃机一定距桨船改变航行速度的操作程序是：由驾驶室发出“全速前进”或“中速前进”或“慢速前进”或“倒车”指令，由机舱值班轮机员依照指令调节内燃机的油门开度（格数），从而改变主机转速。油门开度大，主机转速高，航速快；油门开度小，主机转速低，航速慢。在驾驶室与机舱之间要有专门的联系装置传达指令和回令，因此操纵过程较为复杂。对于调距桨推进系统的船舶来说，在驾驶室利用手柄操纵调距桨装置使桨叶转动，就可以直接而迅速地实现航行速度的改变，这就使操纵工作方便得多了。

内燃机受机器本身特性限制有一个最低稳定转速，因而船舶的最低航行速度也相应地受限制。一般最低航行速度不能低于 $6 \sim 7 \text{ kn}$ （节）。低于此值，称为超低速航行。大型船舶通过复杂航道、有搁浅或碰撞危险的水域、或进出船舶密度较高的港口和狭窄航道区时，经常需要进行超低速航行。这种情况对于内燃机一定距桨船来说，往往会使船长感到驾驶困难。因为定距桨船超低速航行时，必须采用断续起停主机的方法才能实现。主机起停的次数过多，不仅使操作

繁重，并且增加了不安全的因素。由于操作不及时或者主机起动失灵而发生事故的事例是经常遇到的，有的还造成巨大损失。同时，在采用这种操作方法时，螺旋桨停转的时间内，水的流迹不能达到舵叶，使舵效变差。这样就更加降低了船舶的操纵性和航行的安全性。

对于调距桨推进的船舶，主柴油机和螺旋桨轴的转速保持恒定不变，由最大前进航速经零速至倒驶的调节，均是依靠改变桨叶的螺旋角来达到的。在超低速航行的范围内根本无需起停主机。即使是倒驶，主机的旋转方向和转速都可以保持不变。这就大大地简化了操纵程序，减轻了轮机人员的劳动强度，提高了航行的安全性。

此外，采用调距桨代替定距桨，为提高船舶自动化程度，实现无人机舱创造了极为有利的条件。我国有几艘实行24小时无人机舱的滚装船舶，就是采用调距桨推进系统的。

2. 提高了船舶的动力性能和适航能力。调距桨的水池试验效率虽然较定距桨低一些，但是它能够依靠桨叶角度的变化来调节与主机匹配的工况点，使其始终保持在最佳工况的范围内，从而更好地利用和发挥了主柴油机的功率。

对于柴油机一定距桨船来说，在额定负载工况下，柴油机能够维持在最佳工况条件下工作，即能够保持经济的耗油量和发出最大的功率。但船舶在运营过程中，往往会遇到各种不同情况，如：负载变化、航行阻力变化、海况变化；或者船舶使用若干年后，由于主机气缸磨损、桨叶尖磨损或变薄、船底壳的污染等。对于定距桨船舶来说，这些因素均可能引起主柴油机的工况偏离额定点，从而使实际有效功率和经济性下降。若采用调距桨推进系统，则可以调节桨叶角度的大小，使主柴油机仍维持在额定工况点工作。这也是调

距浆推进系统的优越性。

有的船舶在运行过程中要求有几种不同的工况：如拖网渔船的拖网工作和自由航行；舰艇的加速航行和巡航；破冰船的破冰工作和自由航行；拖船的拖载工作和自由航行等等。这种“重载工况”和“轻载工况”的负载变化大，采用定距浆推进系统很难使主机适应不同工况而保持理想的工作特性。例如，一艘特种工作船舶，当它在“重载工况”下航行，主机维持在额定工况下工作，功率利用较理想。若改为“轻载工况”运行，对定距浆来说，功率将明显下降，经济性恶化；而对于调距浆船舶来说，则可以用加大螺旋桨的螺距，使船舶得到有利的推进力和进速的增益，这样主机仍能保持在额定工况下工作，充分发挥主机的原有功率，保证了船舶航行的经济性和动力性。

3. 提高了船舶的停船性能和航行安全性。装有调距浆的船舶要比定距浆船舶的停船安全性能好得多。具体表现在从发出停船指令到船舶实际停止之间的时间或距离都大大缩短。这是因为有两方面的原因：其一，调距浆的倒车功率高于定距浆，因而制动效果较好；其二，采用调距浆推进系统的船舶，实现倒车指令的动作程序简单迅速，它可以在驾驶室直接操纵桨叶变为负螺距而实现倒车。而定距浆船舶，则要通过机舱值班轮机员使主机先停车，然后再倒车起动来完成，操作程序复杂，在紧急关头时间损失大。根据试验实测，一艘25 000t（吨）、功率9 900PS（马力），采用调距浆的矿砂船，由航速14.5kn（节）到完全停止，仅用二分十三秒的时间，这是比较良好的制动效果。另外，有一艘65 000t（吨），功率18 000PS（马力）的油船，由17.6kn（节）到全停，采用定距浆需要12分钟，而采用调距浆仅需6分50