

船舶全回转舵桨推进系统的工作原理及应用

陶如豪

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 船舶全回转舵桨推进系统是用于推进和操纵船舶的主要控制系统。随着发展这项技术在船舶操纵控制领域运用越来越广泛。本文根据目前船舶全回转舵桨推进系统的技术发展情况, 介绍了全回转舵桨船舶推进系统的工作原理, 主要特点以及优缺点。

关键词: 船舶; 全回转舵桨; 工作原理; 优缺点

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0086—02

船舶传统推进方式主要是通过主机、齿轮箱、尾轴向螺旋桨输出推进动力, 推动船舶航行; 通过齿轮箱来实现换向功能; 通过舵系来实现控制船舶的航向。在八十年代出现了一种全新船舶推进系统, 这就是船舶全回转舵桨推进系统又称为全回转舵桨推进器或“Z形推进器”它集推进和转舵功能于一体, 完全可以替代由船舶主机、齿轮箱和尾轴、螺旋桨等组合的传统船舶推进方式。从而彻底改变了传统船舶操纵方式。全回转舵桨推进系统的出现是船舶推进方式的一次革命。经过二十多年的发展和应用, 船舶全回转舵桨推进系统相关技术已经非常成熟了, 并且在各种类型的船舶上得到了广泛应用, 引起世界各国船舶行业的极大关注。

1 全回转舵桨船舶推进系统的工作原理

船舶全回转舵桨推进系统又称“Z形推进器”。因其吊舱内的轴系布置方式呈Z字形而得名。全回转舵桨推进器是固定在船体水下, 船舶螺旋桨的相关传动系统是布置在吊舱之内, 它由电力或机械动力驱动。该推进器是集船舶推进和船舶操控两种功能于一体。可以通过吊舱内伞形齿轮装置、蜗轮蜗杆装置传动, 使船舶螺旋桨围绕吊舱内竖轴作 360° 转动, 该种推进器可以根据船舶位置变化随意变换推力的方向, 可实现向任意方向推进。也可实现船舶原地掉头, 进退灵活自如。船舶的机动性能和操纵性能都得到极大改善。可完全实现同时操纵推进船舶的功能。

船舶全回转舵桨推进系统工作原理是船舶通过主机或电动机等输出功率通过吊舱顶部横向一级伞齿轮传动至竖轴, 竖轴将输出功率传输至吊舱底部横向二级伞齿轮通过齿轮上的横轴传递给螺旋桨, 最终形成一个Z

字形传动系统。推进装置实现 360° 水平回转功能是通过油泵来驱动蜗轮蜗杆旋转来实现的。推进器Z形轴系与导流管螺旋桨是全部安装在一个近似椭圆筒形吊舱上, 整个装置可由船体水下整体吊出至舱面便于维修和安装。安装在全回转舵桨推进器上的螺旋桨比传统船舶推进系统单位马力推力要大, 对船舶的操纵性也比传统船舶更为优良。安装了双全向推进系统的船舶还具有原地回转、平移、倒退等功能。而且船舶后退推力与前进推力大致相等, 能够实现驾机合一遥控操作。一般情况此类推进器的导管前均安装有防护网可起到保护螺旋桨的作用。安装此种推进器的船舶常见于港口作业拖轮和小型船舶上。

全回转舵桨推进系统的螺旋桨工作状态包括固定螺距和可变螺距两种工作状态。全回转舵桨推进系统的固定螺距工作状态, 是指螺旋桨在旋转一周的过程中, 螺旋桨叶片的螺距角不改变, 此时螺旋桨只产生轴向推力。可变螺距工作状态, 指螺旋桨桨叶旋转一周时, 叶片的螺距角会发生周期性地变化, 这样叶片上的环量不仅随径向改变, 而且也会随叶片的转动而发生横向改变。因此, 在船舶尾流中不但存在自由涡流, 而且还会有径向涡流。由于螺旋桨叶片螺距角在叶片旋转的过程中会出现周期性变化。因此当叶片处于不同位置角时, 螺旋桨叶片的攻角也会随位置角的变化而变化, 从而使得螺旋桨各叶片对应叶元体上的切向力也会随位置角的变化而变化, 这样船舶就可以根据需要产生轴向力和横向力, 从而实现对船舶的推进和操纵。

2 全回转舵桨推进系统的应用

全回转舵桨推进系统在现实中应用非常广泛。广泛

应用于客船、渡轮、集装箱船、拖轮、海洋工程船、海事执法船、客滚船、航标船、游艇、科学考察船、电动船、打捞清漂船和 LNG 船上。全回转舵桨推进器之所以应用如此广泛，主要是因为全回转舵桨推进器和传统推进器相比有许多优点：

2.1 可以提高船舶的操纵性和灵活性

船舶传统推进器推进力的方向是固定的，推进力的大小取决于发动机的转速。船舶的航向，主要依靠舵来实现，当船舶航速较低时，船的舵效会明显降低，船舶操纵性能也会明显降低。并且传统推进器还存在结构复杂，成本高，不便维护维修等问题；全回转舵桨推进器结构简单，不用舵，可以使螺旋桨的推力全部转换成相当于舵力的作用，操控性好，转向灵活。全回转舵桨推进器通过涡轮蜗杆，驱动吊舱绕纵轴回转，可以使螺旋桨做 360 度运动，任意改变推进力的方向，可使船舶做横向平移、原地掉头、倒退等常规推进器难以做到的动作。且不受船速高低的影响。

全回转舵桨推进系统的变频电机或变量液压马达，具备无级变速的功能，具备优良操控性能，该推进系统单位功率推力要明显大于传统船舶推进系统，而且全回转舵桨推进系统的后退推力和前进推力基本相同，可精准完成控制船舶航行速度、倒车、掉头等动作。使船舶的操控性和灵活性得到了极大提升。

2.2 全回转舵桨推进系统在减震降噪方面性能更优越

传统推进系统是由船舶主机、齿轮箱、中间轴、尾轴、多个支撑轴承、推力轴承、穿过水密封系统再将力传递到螺旋桨上，带动螺旋桨旋转。由于该传动系统距离长，结构复杂、制造和安装精度要求高，在施工过程中制造和安装精度误差很难避免，因此产生的震动和噪音在所难免。

全回转舵桨推进系统是由变频电机或液压马达直接驱动螺旋桨，结构紧凑，制造安装精度高、而且推进系统安装位置在船体的舱外，明显减低了船舶的振动和噪声。与传统推进系统相比，全回转舵桨推进系统的桨盘面处可得到更均匀的来流，也明显减少船舶振动、降低噪声。

2.3 全回转舵桨推进系统结构简单可靠

船舶传统推进系统大部分是由机械传动的，主要由船舶主机、齿轮箱、轴系等复杂机构组成，这些机构还只能实现船舶推进功能，要实现船舶转向功能，还需另

外设置舵和推舵机构。而全回转舵桨推进系统是集船舶推进功能与转向功能于一体结构更为紧凑、简单。无需另外设置舵及相应的推舵机构，即可实现船舶推进和转向功能。极大地简化了传统船舶复杂的机械传动装置取消了舵和推舵装置，使船舶可靠性得到极大提高。

2.4 市场应用前景广阔

全回转舵桨推进系统适用性强，市场应用前景广阔、在军事领域也有积极意义。适合于各种工程船舶，拖轮、公务船、航标艇、浮动起重船、挖泥船、轮渡、作业用平底船、纯电动船、氢燃料动力船、传统柴油机动力等多种动力推进船舶。

2.5 维修方便、维护成本低

全回转舵桨推进系统可在车间中进行整体组装，无需水下作业，安装及维修十分方便。在推进系统发生故障时可以将整机从船体吊出至舱面进行维修施工，船舶不需要上坞，使维修工作极为便利，维修成本显著降低。

2.6 有利于节能减排，减少碳排放

随着环保意识越来越深入人心，节能减排已成为一项基本国策，国家减少碳排放与经济矛盾的矛盾越来越突出，压力也越来越大。各行各业开展的节能减排工作都在持续推进，船舶在节能减排方面比其他行业起步较晚，全回转舵桨推进系统在船舶节能减排方面也具有积极作用。特别是我国内河航道，由于其航道曲折，弯多流急，航道状况复杂，运行模式多变、船舶螺旋桨负荷变换频繁，容易导致大量能源损耗。如何在保证推进需求的前提下有效降低船舶能耗是目前船舶行业迫切需要面对的问题。

传统大型船舶推进系统通常需要多个横向和纵向推进器产生横向和纵向推力，实现船舶操纵，多个推进系统的安装会使得船舶船体结构连续性受到破坏，船体的强度也会被削弱，多个推进系统的安装也增加了船体的重量，会消耗更多能量，不利于节能减排。其次是传统船舶在航行中，推进负载受风浪和水流的影响非常大，传统船舶主要靠调节发动机的转速来适应，经常会造成发动机的运转不稳定，能耗高；而全回转舵桨式推进系统适应外部推进负荷变化是靠调节电机（或液压马达）的转速来实现。船舶发动机始终处于稳定的工作状态，工况平稳，排放均衡，可有效减少排放。