

舰船倒顺齿轮装置的进展

郑定泰 (船舶工业总公司714研究所)

〔提要〕 本文介绍了近30年来世界舰船倒顺齿轮装置的发展情况。重点对倒车变矩耦合器及其优点进行了论述。

主题词 齿轮传动装置 倒车 液力变矩器

燃气轮机大量用于舰艇,是近30年舰用动力装置的一大突破,对舰艇有重要的战术技术价值。但是,燃气轮机至今仍是单向旋转的动力装置,要解决舰艇的倒车问题需要采用其他方法。目前,舰艇燃气轮机要解决倒车问题大致有三种办法:

1. 采用调距螺旋桨;
2. 采用带定距桨的倒顺齿轮装置;
3. 发展直接倒车的舰用燃气轮机。

前两种倒车手段已经实现,第三种正在发展中,目前尚不能看出结果。用调距螺旋桨进行舰船倒车、机动有许多优点,但是较之定距螺旋桨有四个缺点:

1. 大部分倒车机构在舰外,维修和取修零件时舰需要进坞;
2. 桨毂尺寸较大,效率较低;
3. 工作时噪音较高,特别是燃气轮机降低功率调距桨在低转速下工作时可能更是如此。因为,在此情况下,螺旋桨被调到最佳螺距,燃气轮机部分卸载使转速增加,空泡和噪音增加;
4. 转动螺旋桨桨叶的机构需要高压油。这就使伺服机构复杂,还需要额外的维修费。

但大多数带定距桨的倒顺齿轮装置较之带调距桨的齿轮箱来说较复杂,用调距桨进行舰船机动比用大多数倒顺齿轮装置进行机

动快。

近三十年来,采用定距桨的舰用倒顺齿轮装置毕竟有长足的发展,开始在水面舰艇上得到广泛的应用。

一 使用液力耦合器和变矩器的倒顺齿轮装置

在舰船推进装置中使用液力耦合器和变矩器不是新东西,其原理早已在1905年由德国霍尔曼·福廷格尔教授发明。最早使用这种液力变矩器的舰艇是德意志帝国海军“威斯巴登”号舰。1916年,德意志帝国海军为其三艘四桨的“Ersatz Yorck”级战列舰订购了12台35000马力的变矩器。这些变矩器的“减速比”为5,效率为88.5%。

液力变矩器以后由于出现了有更高效率的高精度的减速齿轮装置,同时也由于蒸汽轮机采用倒车汽轮机来解决倒车问题而被搁置放弃了。

二次世界大战以后,由于舰艇使用了燃气轮机,而燃气轮机是不能倒车的,因此,液力耦合器之类的倒车元件又开始复苏,装用于齿轮推进装置内,作为一种倒车设备,与定距桨一起又开始在舰艇上使用。二次大战后使用的舰艇包括:

1. 英海军5400t的“州”级驱逐舰和2300t“部落”级护卫舰的COSAG蒸燃共同

使用装置的倒顺齿轮装置。图 1 是两级舰上装用的液力耦合器的示意图。

COSAG 蒸燃共同使用的倒顺推进装置。图 2 为 82 型驱逐舰的倒顺推进装置的液力耦合器的布置图。

2. 英海军 6100t 的 82 型驱逐舰的

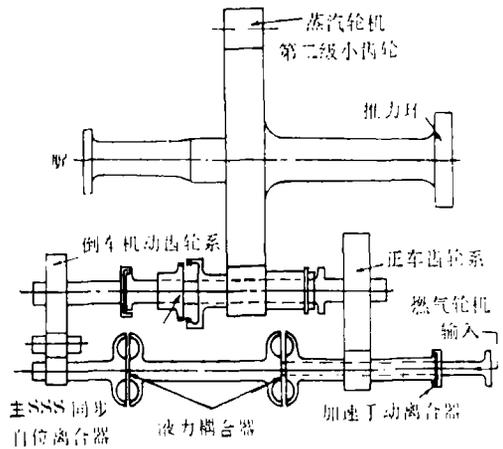


图 1 “州”级和“部落”级舰的液力耦合器布置图

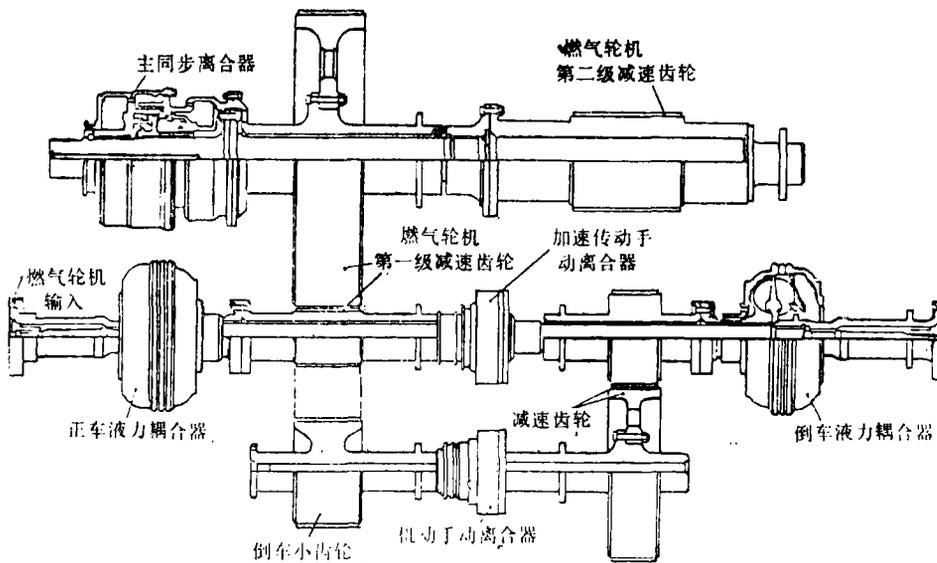


图 2 82 型驱逐舰的倒顺推进装置的液力耦合器布置图

3. 英海军 16000t 的“无敌”级航空母舰的燃燃共同使用 (COGAG) 推进装置用的倒顺齿轮装置。图 3 为“无敌”级航空母舰倒顺齿轮装置装用液力耦合器的示意图。

推进齿轮装置。图 4 为“圣·乔治奥”号驱逐舰一个轴的柴燃共同使用推进装置 (CO-DAG) 的液力耦合器的布置图。

4. 意大利海军驱逐舰“圣·乔治奥”号、“山地步兵”号和“龙骑兵”号护卫舰的

每台柴油机都有两台弗朗科·多西的液力耦合器。分别对液力耦合器注油可实现齿轮装置的高速段和低速段的互相转换。当只

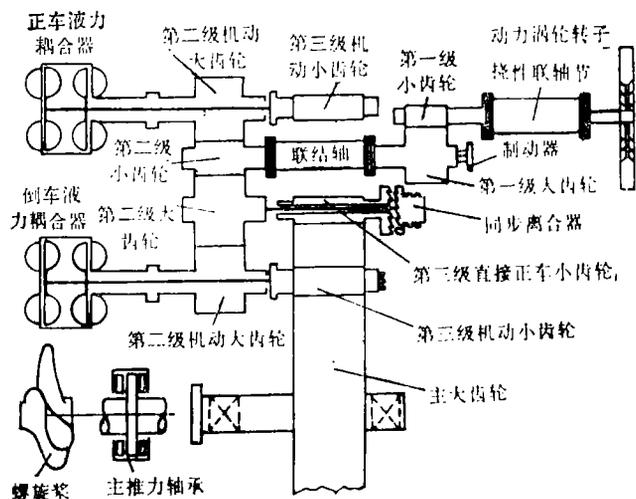


图 3 “无敌”级航母倒顺齿轮装置装用液力耦合器的示意图

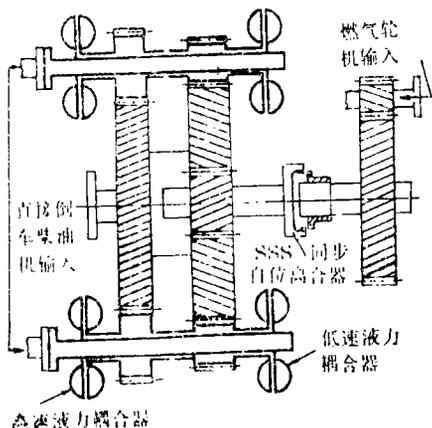


图 4 “圣·乔治奥”号驱逐舰柴燃共同使用推进装置的液力耦合器的布置图

以柴油机工作时，就选用齿轮装置的低速段；当柴油机和燃气轮机一起工作时，就选用齿轮装置的高速段。

二 倒车变矩耦合器

由意大利弗朗科·多西公司研制和生产的舰用倒车变矩耦合器可在大功率传动系统中使用一种液力装置实现正、倒车推进，不必设置单独的正、倒车齿轮系，也避免了在他们间进行传递功率的转换时需要精确定时的问題。

舰用倒车变矩耦合器由泵轮和涡轮组成。泵轮刚性连接到主动轴上，涡轮刚性连接到被动轴上。泵轮和涡轮外边是倒车变矩耦合器的外壳。外壳上装有许多径向活塞。他们控制静子叶片使其能径向插入或拉出。

正车运行时，控制静子叶片的径向活塞将静子叶片拉出，倒车变矩耦合器做为普通液力耦合器使用。这样，当液油回路注油时，涡轮以和泵轮相同的转向旋转，如图 5

所示。倒车运行时，静子叶片径向插入液油回路中。为了倒转液油进入涡轮的方向，因此，涡轮以相反于泵轮的方向旋转，如图 6 所示。

因此，舰的机动可简单地用插入或拉出静子叶片来实现。

静子叶片完全插入液油回路的时间大约为 2 秒，而轴的制动早在叶片开始插入时就已经开始了。

使用变矩耦合器的重要特征是在当从正车变换到倒车将叶片插入液油回路时扭矩能够放大，也即是变矩耦合器的输出扭矩能比输入扭矩高。这就减少了舰船停止时间，从正车到倒车机动产生的热也相应地减少了。因此，倒车变矩耦合器兼有变矩器和液力耦合器两者的优点。

此外，静子叶片也只有当插入液油回路时才承受负载。倒车时，静子叶片的扭矩是输入和输出扭矩的总和。因此，有相当高的横向力作用在每一个刚性叶片上。这些力以最小的弯曲扭矩反作用于硬化的滑动表面。但值得指出的是，在变矩耦合器工作的大部

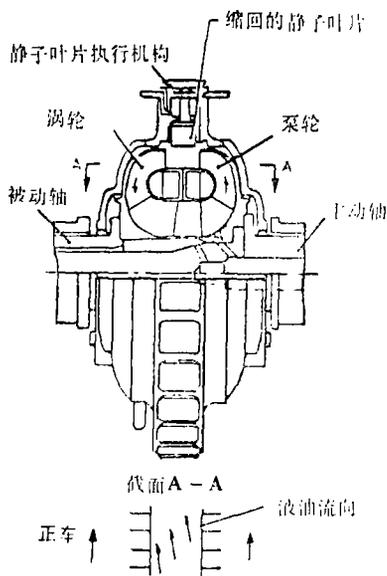


图5 倒车变矩耦合器的正车运行

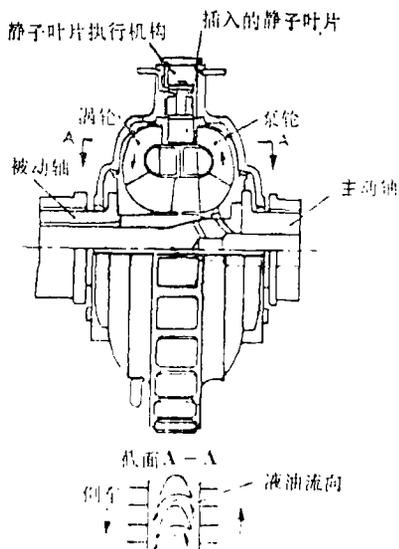


图6 倒车变矩耦合器的倒车运行

分时间里,舰是正车航行,因此,静子叶片是拉出的,滑动表面不遭受可能引起恶化(如果长期遭受振动力的话)的扭矩反力。

另外,以往大多数活动叶片一般都有一套机械联动装置,而对于倒车变矩耦合器的静子叶片,这种机械联动装置则没有,每一个静子叶片都有自己独立的控制气缸,因此,损坏一个气缸或几个气缸都不足以对其他气缸产生影响,舰仍能照样机动。

倒车变矩耦合器静子叶片装置的重量也是比较轻的,与其他联动的、不能接近进行维修的活动叶片相比,倒车变矩耦合器的单个独立控制的静子叶片装置只有16kg。拆卸也十分方便。只要拆下四个螺栓就可分两件将其拆下,时间仅需15分钟。

变矩耦合器需要的冷却油的流量一般由最大航速的倒车推进状态散发的热决定。从全速正车到应急倒车机动所发出的热以这样的流量一般都能满足,因为此冷却油流量考虑了系统的热容。对典型的装18 387.5kW(25000马力)的舰用燃气轮机的舰艇,最大机动功率为4412.9kW(6000马力),需

要的冷却油量可能是每分1800升,理论上保持的最高油温约140℃,实际最高油温可能低20℃,因为系统有巨大的热容。

当要求机动传动时,启动油泵,对变矩耦合器注油几秒钟,就能开始机动。从耦合器回流的油在回到油槽之前,要通过油冷器,由于进出油冷器的温度梯度高,油冷器的尺寸并不特别大。

倒车变矩耦合器的尺寸,一般也不是很大的。

对一台18 387.5kW燃气轮机驱动一根轴的装置,在最大转速约为1400r/min的中间轴上安装的变矩耦合器只1000mm。机动可能在最大功率4412.9kW时进行。当耦合器充油时,最大转速可能为1000r/min。

倒车变矩耦合器传递的功率随转子直径成5次幂,或按转速的立方变化。

倒车液力耦合器可装在齿轮箱内和箱外。如装于箱外,耦合器的外壳和叶片控制缸就露在箱外。这是完全可以接受的,因为这些固定件是油密的。

三 采用倒车变矩耦合器的推进齿轮装置的优点

采用倒车变矩耦合器的推进齿轮装置目前一般还要使用SSS同步自位离合器。这种倒顺齿轮装置有下列优点：

- 1. 产生倒车推力快；
- 2. 螺旋桨的低转速可通过部分地或成组地插入变矩耦合器的叶片来实现；
- 3. 变矩耦合器可在从正车到倒车的机动时把扭矩放大。这缩短了舰的停止时间，减少了发热量；

4. 无论是正车还是倒车，变矩耦合器的噪音均极低；

5. 一个叶片或数个叶片发生故障不影响舰的机动；

6. 倒车变矩耦合器在进行各种机动时均充油，机动时发动机不卸载；

7. 倒车机构在船内，维修方便，维修时舰可以不进坞

8. 当SSS同步自位离合器和倒车变矩耦合器在功率传递通道平行安装时，在传动系统中就有了可资使用的正车功率传递通道。这在破损条件下是大有优点的；

9. 离合器和变矩耦合器不需要维修保养，即使需要也很少；

10. 如果使用多台发动机，联合使用倒车变矩耦合器和SSS同步自位离合器时对每台发动机可以不需要单独的脱开离合器；

11. 由于倒车变矩耦合器和SSS同步自位离合器是安装在涡轮传动的齿轮箱的中速轴上，在发动机停车时，齿轮的高速部分与螺旋桨脱开，这就减少了多机装置的噪音，改进了运行可用性。

目前，意大利航空母舰“加里博迪”级就采用了有倒车变矩耦合器的推进倒顺齿轮装置。其布置示意图见图7。

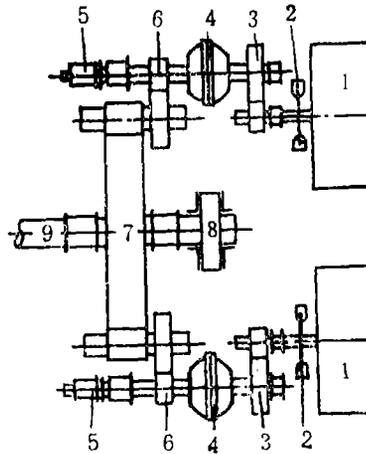


图7 “加里博迪”级航母的倒顺齿轮装置
 1.LM-2500燃气轮机 2.盘式制动器 3.第一级减速齿轮 4.倒车液力变矩耦合器 5.SSS同步自位离合器 6.第二级减速齿轮 7.第三级减速齿轮 8.止推轴承 9.中间轴

美国海军正建造的以LM2500燃气轮机为动力的AOE—6级辅助舰也采用这种倒顺齿轮装置。

参 考 文 献

- 1. Spruance-class machinery with SSS-Tosi reversing couplings in U.S Navy fast combat support ships, *Maritime Defence*, Jan, 1988
- 2. The Franco Tosi hydrodynamic shaft reverse, *Maritime Defence*, Nov, 1985
- 3. An advance in reversing transmissions for Ship propulsion, *ASME Paper* 82-GT-313
- 4. Marine reversing gear incorporating single reversing hydraulic coupling and direct-drive clutch for each turbine, *ASME Paper* 79-GT-61

4. Comprehensive utilization of gas turbine power station in petroleum refineries.....Ye Zide (17)

Abstract

This paper is devoted to a preliminary study of the combined operation of a gas turbine power station and heating furnaces during the process of petroleum refining. Also discussed in this paper are certain aspects concerning its economy, feasibility and some possible problems which may arise in connection with the operation of the combined unit.

Key Words: gas turbine power generation, heating furnace, combined unit, economy, feasibility

5. Development of marine reversible gears.....Zheng Dingtai(22)

Abstract

This paper gives a description of the development worldwide of marine reversible gears during the last 30 years or so, with a detailed discussion of astern adjustable torque converter coupling and its advantages.

Key Words: gear transmission unit, astern running, hydraulic torque converter

6. The development prospects of waste-heat boilers Wu Yisan(27)

Abstract

A comprehensive review is given in this paper of the recent developments in waste-heat boilers in the USA, Japan, USSR and China, with some proposals being put forward for their further growth and development.

Key Words: waste-heat boiler

7. The design and operation of SHW₃₆₀⁶-10/160-H(A) steam/Water boilerDong Shan, Ling Renbin(36)

Abstract

This steam/water boiler is capable of supplying steam and hot water simultaneously, and also operates solely as a steam boiler or hot water boiler. Switching between these three operation modes can be easily conducted and the supply ratio of steam and hot water changed at will. The water temperature can be adjusted as required to within 20°C of the saturation temperature at the corresponding pressure, with the ranging of regulation being between 95°C and 160°C. It offers special convenience for users who are in need of both hot water for space heating and a steam supply source.

Key Words: steam/water boiler, tilting reciprocating grate, brown coal and bituminous coal

8. Dynamic mathematical model and digital simulation of 35t/h fluidized bed