

船舶电力推进发电分系统的选择

周辉辉

(七一一研究所, 上海200090)

关键词: 船舶; 电力推进

摘要: 介绍了船舶电力推进的特点, 着重阐述了电力推进发电分系统的类型、选择和发展现状。

中图分类号: U664.14 文献标识码: A 文章编号: 1001-4357(2003)03-0021-03

Selection of Power Generation Sub-system for Ship Electric Propulsion

ZHOU Hui-hui

Keywords: Ship; electric propulsion

Abstract: A general illustration is given to the characteristics of ship electric propulsion while a focal elaboration being made on the type, selection and developing status of its power generation sub-system.

前言

船舶电力推进, 就是电动机驱动船舶螺旋桨的推进方式。目前国际上占主流地位的电力推进为舰船综合全电力推进系统。综合全电力推进主要指舰船采用电力推进后, 电力系统和动力系统成为一个密不可分的整体, 舰上动力机械能源全部转换为电动机, 同时供给推进系统和全船其它设备和日用用电, 实现全船能源集中统一管理和综合利用。

电力推进开始真正得到重视是在上世纪70年代, 因为这时期迅速发展起来的电力电子技术使得电力推进技术的实施更为可行。

船舶电力推进已有100多年历史, 但是大多数电力推进船是在二次大战前后建造的。二战前主要是汽轮发电机组; 二战中, 美国建造了很多燃气轮机电力推进舰艇; 战后, 柴油机电动船又在英国获得了很大发展。

除此以外, 德国和前苏联也是建造电动船较多的国家。我国于1960年建造了第一艘电力推进的火车渡船, 而后也建造了一些中小功率的电动船, 大功率电动船目前尚处于试制阶段。

2 船舶电力推进的特点

船舶电力推进系统的主要组成部分是原动机、发电机或蓄电池、电动机和螺旋桨。其中, 原动机将燃料能变成发电机或蓄电池的电能, 电动机把通过电缆传来的电能变成机械能, 用以驱动螺旋桨。

原动机有柴油机, 汽轮机和燃气轮机。

电力推进的优缺点, 主要从重量尺寸、成本、效率、可靠性、生命力、机动性、对航行的适应性、设计安装、控制检查、维护修理等方面进行比较。其主要优点是:

a. 通过选择不同功率的原动机和不同种类的发电机、电动机及其附属设备, 可以组成各种形式的电路结构, 获得效率较高的大功率输出, 而原动机的种类可以只限于几种规格;

b. 原动机不必反转, 依靠电动机反转就可以获得螺旋桨长期稳定的、额定的或低速的运行;

c. 可以用高速原动机驱动发电机为电动机供给电能, 省去了中间的机械减速装置。同时原动机与螺旋桨之间无硬性连接件, 避免了原动机的冲击、振动传到螺旋桨。原动机可以在船舶的不同位置上布置;

d. 合理选择原动机的组合方式, 可以最大限度地发挥原动机的功率输出能力, 用作推进功率和全船电气负载的功率。从而大大提高了船舶动力的生命力和安全性;

e. 推进电机可过载加速起动, 增强了船舶的机动性。可以控制电动机转矩或使推进轴上具有最有利的转矩与转速的关系。例如, 降低转速时, 可获得最大转矩, 而螺旋桨阻力小时, 可获得最大转速。也可以在调速范围内维持恒转矩输出;

f. 对发电机和电动机可以很方便地实现远距

离电控（起动、停机、调速等）。

电力推进的缺点是：

a. 由于能量的多次转换，使所需设备增多、总重量增加、初投资增大；

b. 能量损耗增加，故总的推进效率减低，这一点是电力推进不能被大量货船采用的根本原因。

对于某些船舶，电力推进的优点对它们来说是主要的，其缺点是次要的，所以这些船就采用电力推进。例如：

破冰船的螺旋桨被冰块挡住时，原动机就应限制输出转矩，使转速迅速降低，甚至堵转。这只有电力推进才容易做到。至于采用电力推进使总效率降低一些，对这种船关系不大。

又如耙吸式挖泥船，在耙泥作业时，航速约为2~3节，而当吸泥泵处于全负荷工作时，则将主机的功率转移到泥泵上，这样就合理而充分发挥了主机的利用率并提高了其效率；满载泥浆后，需全速航行到抛泥地点，此时泥泵停止工作，而应将主机功率转移到主推进装置上。这种船采用主电路可以灵活变换的电力推进，将可实现以最少的设备发挥最大的作用。同样，动力装置的总效率稍低些，于船舶的挖泥效率没很大影响。

常规动力潜艇潜航时，只能采用电力推进。

3 船舶电力推进发电分系统的现状

国外在上世纪80年代前后，出现了很多民用电动船，有游轮、工程船、油货轮、科考船等。原动机一般采用中速柴油机，代替了原来的低速主机，安装功率减少，安装空间节省，重量减轻，减少了许多机械设备。

水面舰艇电力推进实际应用的例子还不很多，典型的有英国23型护卫舰。它采用的是燃气轮机和柴油机联合推进方案：在高速航行时，由两台燃气轮机经减速齿轮箱驱动轴系与螺旋桨；在巡航或安静作战时，由4台柴油发电机组并联运行，发出的交流电经可控硅整流，得到直流电驱动推进电机。联合推进是一个过渡方案，英国海军的目标还是在于全电力推进；英国于1997年成为第一个签署综合全电力推进系统方案的国家，该方案舰预定于2008~2020年间下水。

美国海军先进水面舰动力装置规划局首先提出综合全电力系统（IPS），其目的主要是开发新的推进系统，将全船的发电、推进和管理一体化。综合

全电力系统采用模块化概念，全系统主要由发电模块、输变电和配电模块以及推进模块组成。

美国海军根据现有的和最有希望发展的发电设备（表1），提出了可供美国未来水面舰艇使用的5种发电模块（表2）。

表1 现有的和最有希望发展的舰上发电设备

设备名称	研制状况
Westinghouse公司的29 000hp中冷回热燃气轮机	研制中
先进设计的交流发电机	概念设计
Allison公司的501-K34燃气轮机发电机组	已在使用
3750kW柴油发电机组	概念设计
4500kW回热燃气轮机发电机组	概念设计
1000kW燃料电池/船用逆变器模块	研制中

表2 IPS发电模块

模块名称	研制状况
22MW(29 000hp)中冷回热燃气轮机发电机组	研制中
3.75MW柴油发电机组	概念设计
3MW燃气轮机发电机组	现有
4.5MW回热燃气轮机发电机组	概念设计
XX MW燃料电池	概念设计

根据少数现有成熟的设备确定研制模块，可以降低设计开发的成本、周期和风险。美国的航空用燃气轮机非常成熟，其海军一般借用航空燃气轮机改制为舰用。

燃气轮机机组重量轻（单位功率仅为1kg/kW），起动迅速（只需几分钟即可由冷态起动到全负荷运转），这对舰艇运动作战是至关重要的，所以大功率燃气轮机发电机组是舰艇的首选模块，它担负了舰船最大功率的大部分。但燃气轮机油耗率高，对燃油品质要求高，经济性差。

回热燃气轮机可以提高机组的热效率。

燃料电池体积更小，但成本高，一般多用于潜艇。

柴一发电机组的油耗和经济性好，但柴油机单机功率不足，常需双机或四机并车，而且战舰的机舱高度、容积很有限，柴一发电机组的高度和体积往往受到限制。在巡航、锚泊等中低功率工况时，一般停掉大功率燃气轮机发电机组，而运行柴一发电机组。

我国的船舶电力推进技术近年来发展很快，目前的最新研究水平的典型代表是一艘全电力推进试验船。该船性能指标为：

设计排水量 1350t
最大航速 12kn
单轴输出功率 1000kW
常规日用电系统等负载功率 不大于200kW

考虑到系统效率和线路损耗, 将发电系统总装机容量定为3000kW, 基于3000kW要求, 可以有多种方案。其一, 安装4台750kW柴电机组, 这种方案电站的运行较平稳, 机组的功率分配较均衡。但低工况(如锚泊和最低功率为50kW左右)时, 单台750kW机组无法长期低负荷运行。其二, 安装2台1100kW柴电机组和2台400kW柴电机组, 这一方案考虑了船在锚泊时发电机组运行的经济性, 又兼顾了经济航行时与2台1100kW发电机组并联运行, 从而降低了使用费用。显然, 方案二是较为理想的选择。

巡航时, 由2台1100kW机组并联运行, 以提高经济性。锚泊时, 由1台或2台400kW机组提供用电。全部采用柴油发电机组经济性较好。

这条试验船是国内综合全电力推进系统的首次工程实践, 标志着全电力推进将在我国有较大的发展。

未来舰船的武器系统和日用电系统两者所需电能之和大致相当于舰船的最大推进功率, 这说明舰船对电站容量的要求越来越大。此外, 武器系统大

功率负载的脉冲启动会对电站系统产生很大的频率冲击而影响舰船电网频率的稳定。所以, 综合全电力推进的大发电容量更有利于这些问题的解决。

4 结论

一般估计认为, 当最大推进功率与其它负载功率之比约为2:1时, 电力推进系统的初始建造费用与柴油机推进系统接近。当最大推进功率与其它负载功率比为1:1时, 全电力推进系统的初始建造费用会大大降低。

选择少量几种中高速柴油机作为优选研制的柴油发电机组模块的原动机, 是发展我国电力推进船的重要环节之一。目前我国电力推进技术的研制实践还很少, 尚需探索这方面的问题和积累经验。

参考文献

- [1] Integrated electric power for the US Navy I Cdr ML cecere III /paper 16, Electric Propulsion, the effective solution?, 5~6 October 1995
- [2] 郑炜, 姚清荣. 某试验船电力推进分系统设计[J]. 舰船工程研究, 2002(4)

宜兴市恒宇汽车电机有限公司(原宜兴市汽车电机厂), 本公司坐落在太湖之滨的西鋤工业开发区。创建于1993年, 是一家以生产汽车发电机为主的机械制造公司。现具有年产12万台发电机, 30万件铝合金铸件和1500吨合金铝锭的生产能力。本公司电机产品94年通过江苏省省级新产品鉴定, 97年荣获无锡市二星级名牌产品。本企业98年通过ISO9002质量体系认证, 2002年通过ISO9001-2000版质量体系认证, 97年至今连续被评为宜兴市质量信得过企业、“重合同、守信用”和企业资AAA级企业, 2001年被中国质量无投诉活动委员会评为“连续五年创中国质量无投诉记录典范企业”, 2002年本公司生产产品被中国技术监督情报会评为“中国质量过硬服务放心信誉品牌”。本公司产品主要为国内大主机厂配套。

本公司将以“满足用户、质量第一, 争创一流、再创台阶”为宗旨, 愿与中国乃至世界各地的客户建立稳定的合作关系。



交流无刷发电机



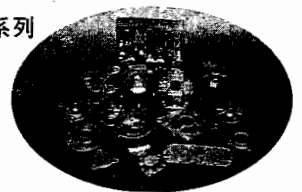
JFW系列



JFWB系列



JFWZ系列



各种规格压铸件产品

宜兴市恒宇汽车电机有限公司

董事长: 吴晓培

地址: 江苏省宜兴市和桥镇西鋤工业开发区

邮编: 214215

电话: (0510)7871111 13706155531

传真: (0510)7876011

http://www.yxhengyu.com

E-mail: heng_yu@yxhengyu.com