

国外造船技术及设备

李积轩

(永川 1106 信箱,重庆 402169)

1 欧洲船舶工业发展近况

在过去的二十几年间,大型远洋运输船舶的建造已经从欧洲国家转到了亚洲国家。韩国、日本和中国共同占有世界造船市场大约 85 % 的份额。在二十世纪七十年代末,苏格兰克莱德和英格兰北部,以及瑞典哥特堡(Göteborg)和马尔莫(Malmö)的大型船厂都曾建造过 20 万吨级的油轮,但现在多半都寂寞无声,无人问津,其他的许多船厂甚而已经关闭了。不过,欧洲的船舶工业仍拥有 35 万职工,每年船舶工业产值达 450 亿美元,一半以上是以出口换取的收入。到目前为止,欧洲的造船在技术和基础设施上仍然具有强大的优势,船舶配套物资供应及生产设备毫不欠缺,能够建造先进的邮轮和其他复杂的高技术船舶。

欧洲在推进动力系统方面,仍然保持着设计和技术方面的特别优势。不可否认,目前有很大部分发动机和推进系统都是在亚洲制造的,但这些产品多半是购买欧洲公司——特别是 MAN B&W 柴油机公司和瓦锡兰柴油机公司的许可证生产的。在撰写这篇文章时,MAN B&W 公司已经宣布接获了两笔中国两家船厂订购的大约 12 台 K98 低速柴油机订单。一笔是为沪东中华造船厂为中国的一家大型航运公司建造的 4 艘集装箱船提供 12 缸 K98 低速柴油机合同。另一笔订单是提供 2 台 8 缸 K98 低速柴油机,也是作为为德国船东建造的集装箱船的主机。两笔订单的柴油机都将由 MAN B&W 柴油机公司在远东资格最老的柴油机许可生产厂——日本三井造船工程公司制造。大量的新的原动机技术——如电控技术、共轨喷油技术和环境保护系统,以及新的推进理念,包括吊舱式推进器都是欧洲率先开发的。液化天然气(LNG)船采用的大量新技术(代替汽轮机推进系统)也是欧洲提出来的,其中包括瓦锡兰柴油机公司研制的双燃料发动机、MAN B&W 柴油机公司研制的低速柴油机和罗尔斯·罗伊斯(Rolls - Royce)公司研制的燃气轮机。不过,应该说这种情况是会改变的。而且正在迅速发生变化。已经显示出亚洲

船厂能建造像滚装船、Ro - paxs 船、旅游船和邮轮客运船之类的先进船舶。虽然中国在建造高附加值船舶方面仍然有很大差距,但已经把争取建造高附加值船舶作为今后增强实力的投资方向。让西方国家感到幸运的是,目前中国只能以容易建造的普通船舶来满足生产。但中国,像日本和韩国那样,在高附加值船舶报价方面的优势终究会显现出来。在这种情况下,许多在经过了过去 20 年磨练幸存下来的欧洲船厂,已经加入了以分担企业一般管理费用和开展研发等脱离困境的自卫联盟。在北欧,欧洲最大的造船集团,挪威阿克船厂集团已经同芬兰(阿克芬船厂集团和克瓦尔纳马萨船厂集团)合并为一个大公司——阿克芬船厂集团。合并已于 2005 年 1 月完成,合并后,新公司成了一个在挪威、德国、罗马尼亚和巴西都拥有船厂和 13,000 名员工的集团。

法国进行的研究认为,欧洲的船厂“太分散了”,主张采用多家主要的欧洲公司合作组建像空中客车公司那样的航空工业合理化生产模式来造船。该报告建议,法国应在敦促通过国有舰船制造局(DCN)和法国政府已经占有 32.4 % 股份的大型电子国防集团泰利斯(Thales)公司之间建立联系方面起引导作用。报告指出,作为第一步,舰船制造局的造船和系统运作部门可以同泰利斯公司的法国舰船制造部门合并,再合并舰船制造局的维修部。第二步,在新成立的集团和德国船厂——德国 HDW——蒂森克虏伯(Thyssen Krupp)集团之间建立联系;最终实现同意大利芬坎蒂尼(Fincantieri)造船公司和西班牙伊萨(Izar)造船集团的合并。

英国已经对船厂实施了合理化配置,特别是对建造军舰的船厂进行了合并。英国军舰的订单大部分都落入了英国 BAE 系统公司和 VT(原沃斯珀·桑尼克罗夫特公司,Vosper Thornycroft)囊中。最近几年,西班牙的船舶工业也进行了优化组合,涌现出了伊萨造船集团,已经成了世界上最大造船企业之一的该公司能建造各种 1 ~ 10 万总吨的船舶。此外,意大利还有大约 16 家可建造 1000 ~ 10000 总吨船舶的小公司。

伊萨造船集团参与了大量的高速船建造项目,如

连接欧洲和美洲的高速跨大西洋货物运输造船项目。这家西班牙的造船集团承担了采用罗尔斯·罗伊斯公司 MT50 汽轮机和 R - R Kamewa 喷水推进器作为推进系统的 3 艘船的设计研究和建造任务。建造这 3 艘船的主要目的是以平均 92 小时的速度将货物从美国费城运往法国瑟堡 (CHERBOURG)。这 3 艘船将于 2008 年左右开始运营。

在意大利,该国最大的造船集团芬坎蒂尼造船公司 2004 年获得了很高的利润而且不缺新船订单。这反映出旅游船市场繁荣,已经从 9/11 事件的阴影中走了出来。目前,该集团接获的订单包括为格雷迈尔第 (Grimaldi) 公司建造 4 艘新船和 2 艘后续船的可选建造。该订单中的新船,包括 2 艘邮轮客运船和 2 艘 Ro - paxes 船。其他的新船订单中包括有一艘为科斯塔·克劳西里 (Costa Crociere) 邮轮公司建造价值 5 亿美元、11.2 万总吨的豪华邮轮。该轮计划于 2007 年完工,这艘新船将成为 2006 年加入该邮轮公司的“Costa Concordia”号豪华邮轮的姊妹轮。

2005 年 3 月,意大利芬坎蒂尼造船公司交付了 82500 总吨、长 285 m 的“Arcadia”号豪华邮轮,据悉这是为英国旅游市场专门建造的最大邮轮。该轮为 P&O 邮船公司的旗舰,采用了 4 台瓦锡兰苏尔寿 16ZA40S 和 2 台 12ZA40S 中速柴油机,转速为 541 转分,功率分别为 11520 kW 和 8640 kW。巨型邮轮订单也保证了芬兰的克瓦尔纳马萨 (Kvaerner Masa) 船厂、法国的大西洋 (Chantiers de L'Atlantique) 船厂、德国的迈尔 (Meyer Werft) 船厂任务饱满。

很明显,欧洲船舶工业的供应商已经发现未来取决于一揽子销售,即提供组合部件而不再是单一零部件。绝大多数造机厂都有提供从发动机到螺旋桨等成套推进系统的能力。这种增加附加值的一揽子销售方法是瓦锡兰公司于 2004 年提出的一种系统概念。该概念将柴 - 电和柴 - 机械 (CODED) 系统相结合,组成包括吊舱式推进器和普通螺旋桨推进的不同混合配置。这种配置既可以采用一个吊舱带一个直接装在中心线龙骨后部的机械螺旋桨后部的反转螺旋桨;也可以采用将两只电动翼吊舱固定在机械螺旋桨的任一侧的方法。瓦锡兰柴油机公司指出,无论是哪一种方法都能实现电力推动机械良好的特性同机器动力系统低成本特性的完美结合。现在,绝大多数发动机厂也采取了通过为整个推进系统提供综合服务和维护的合同来增加附加值。随着机械复杂性的增加,船上的工程技术人员处理海上维修问题的能力会受到限制,因此预防性的维护就显得加倍重要。

罗尔斯·罗伊斯公司在为船舶提供全面服务方面做了很多开拓示范性的工作。该公司 1999 年收购了维克斯公司 (Vickers) 后,在其主业燃气轮机之外,扩展了船品的生产,包括喷水推进器和推进器、船用柴油机以及各种船舶设备、船舶设计和船舶系统。大约四年前,该公司成立了单独的船舶分部,每年向全世界超过 2000 个用户出售的产品销售额已经超过了 10 亿美元,其中军用和民用大致各占一半。2004 年,罗尔斯·罗伊斯公司推出了输出功率为 36 兆瓦的 MT30 船用燃气轮机,该机获得了挪威船级社 (DNV) 设计认可,并且得到了包括美国 DD(X) 驱逐舰计划和英国未来航母建造用户的认可。该公司推出的 Kamewa 喷水推进器也已经获得了为美国海军建造的一种实验性的铝合金高速双体船 (X - Craft) 的船厂认可。罗尔斯·罗伊斯公司设计的 UT - 结构船已经被选为挪威和法国新的沿海运输船指定船型。

2 创新设计的双推进系统

德国船级社 (GL) 和现代重工 (HHI) 为一艘 13000 TEU 集装箱船所做的创新设计研究将向世人表明,在不久的将来,集装箱船会有多大。现代重工副总裁 D. S. Cho 先生和德国船级社集装箱船型经理 Jan - Olaf Probst 向 100 多位出席集装箱船论坛的用户展示了他们采用 2 台发动机和 2 台推进器推进的 13 000 TEU 新型巨型集装箱船设计。该集装箱船所有相关的数据都是由德国船级社计算的,该设计已经获得了德国船级社的完全认可,现代重工已经开始接受订单。

13,000 TEU 巨型集装箱船长 382 m,宽 54.2 m,吃水 13.5 m。甲板以下可以堆叠 10 层 19 排 6,230 个集装箱。甲板上可堆叠 21 排 7,210 个集装箱。13,000 TEU 巨型集装箱船采用 2 台 45,000 kW 发动机推进,航速可达 25.5 kn。13,000 TEU 巨型集装箱船的设计在技术上有 2 个创新,即确定采用双推进系统以及舱面船室和机舱的分离配置方案。为使设计航速达到 26 kn,对动力及其配置做了不同技术方案的研究比较。在做详细计算的初期,不仅考虑了双推进器,还考虑了采用一台主机推进的可能性以及一台主机加一台吊仓式推进的方案。对各方案所做的成本分析(这种分析此前还未有一家船厂做过)表明,双推进系统总体上比单机系统集约,花费值得。从技术角度讲,双推进系统的安全性更好。如果一台机发生故障,集装箱船还能继续航行,到达安全的港口。双机每台机器的功率和传动轴的大小相应于一艘 4,000 TEU 集装箱船的要求。

这一配置是经过15年平稳运行证实了的最佳推进系统配置。

由于13,000 TEU巨型集装箱船采用2台发动机和2个推进器的配置方案,给维护和采购零件带来了方便,节约了成本,可以广泛采用。另一方面,单机变型配置还有几个目前尚不能解决的难题。即一台14缸机还达不到航速要求;而一台16缸机的体积又太大。就推进器而言,现代重工认为,9.5 m的直径已经是最大的了,何况其重量已经达到110 t。更严重的是,单螺旋桨推进器配置要冒很大的桨旋转空泡风险和轴功率极高的风险。为了满足13,000 TEU巨型集装箱船对船桥可见度的海上人命安全公约(SOLAS)要求,设计时采用了将舱室和机舱分离的方案。由于采用了这种创新设计使集装箱船前部舱室可以增加更多的集装箱堆叠空间和减少压载舱水;同时,因为这些燃油箱都配备在舱室下面受到保护的区域,还能满足保护燃油箱的国际规则要求。这样的布局同时还可以减小船舶壳体的弯曲度,增加了船舶壳体的刚度。

3 新工艺使排气阀经久耐用

自从大缸径MC型柴油机采用Nimonic排气阀后,柴油机工作时间延长至超过20,000 h才需要大修。经过十年的研发,MAN B&W柴油机公司又推出了Dura Spindle排气阀。这种排气阀可以使未装配Nimonic排气阀的所有二冲程柴油机的检修前工作期延长50%。

新研制的柴油机排气阀——Dura Spindle排气阀,采用了已获得专利的焊接、碾压和热处理方法来堆焊耐用硬质合金以防止临界凹陷引起“窜气(blow-by)”和燃烧过程导致阀杆座不时产生的裂纹。经过反复的试验发现,在不锈钢阀杆上堆焊Ni-Cr高温弹性合金后,与目前采用的堆焊Co基合金和Ni基合金,包括Nimonic 80A排气阀相比,其阀座的硬度、耐用性和抗裂性均有了显著提高。

在采用新工艺生产的第一阶段,不锈钢Dura Spindle排气阀杆经历一种新的自动焊接过程,随同一种燃气轮机常用的Inconel合金堆焊到排气阀座的焊接凹槽内。焊接好后,再对Dura Spindle排气阀杆进行机加工,机加工后,在特殊的碾压过程中,对焊接部位的Inconel合金施加10 t以上的压力,使堆焊的Inconel合金的硬度达到500 HV。根据排气阀杆的尺寸,对排气阀杆旋转碾压时,在阀座上压入三至四个几毫米深的同心凹槽。这使刚堆焊好还比较柔软的合金进一步硬化。碾压工序产生的各种压应力对抗了零件产生的张

应力,张应力会导致阀座区域产生裂纹。即使在出现焊接缺陷的情况下,压应力也可以大大减少产生裂纹的概率。通过加热到600 - 700 ,堆焊在阀座上的硬质合金将进一步硬化。这种金相反应叫做淀积硬化,可以形成更细的沉淀物,使硬度进一步达到600HV。

据MAN B&W柴油机公司材料研究实验室开发了这一新硬质合金的机械工程师Harro Hoeg介绍,与50型硬质合金相比,Dura Spindle排气阀阀杆和阀座堆焊合金的硬度要高20%。如果与堆焊司特立(Stellite)硬质合金的排气阀及Nimonic 80 A排气阀相比,硬度则要高50%。新的排气阀生产工艺可以全面提高排气阀座的工况,改善使用性能,明显延长使用寿命。MAN B&W柴油机公司打算从2006年初开始就只单单生产Dura Spindle排气阀杆和Nimonic排气阀座了。在50 MC柴油机上,特别是在Wallenius航运公司船上的60 MC柴油机上试验新型排气阀的工作已经进行了几年。实际上,从1998年就开始在“Don Juan”号汽车运输船上进行试验了。当时将许多件样品排气阀装到了这艘船的8S60 MC柴油机上后,运行了20000 h也没有更换过。后经MAN B&W柴油机公司检验,未发现气阀杆、座有看得出的凹陷。最近,又将这种排气阀装在Wallenius航运公司的“Boheme”和“Electra”号船的柴油机上进行了试验。MAN B&W柴油机公司在“Electra”号船的柴油机上安装的两只新型排气阀,将在运行28,000 h后的2005年12月份拆下来进行首检。据Hoeg介绍,通常情况下,排气阀在运行12,000 h到16,000 h后就要大修,但MAN B&W柴油机公司采用新工艺生产的堆焊硬质合金Dura Spindle排气阀将使用寿命大大延长了。最近对已经运行了30,000 h的新型排气阀进行检验后,未发现任何凹陷。已经重新装机继续使用。现在影响排气阀使用寿命的原因再也不是以前经常出现问题的排气阀阀杆、座了。

4 意大利海军将配“加富尔”号航母

“加富尔”(Cavour)号航母是体现芬坎蒂尼船厂建造能力的高科技航母。该航母是船厂和意大利海军经过长时间论证并达成协议后建造的。因此,该航母完全能满足作战要求和功能要求。

“加富尔”号航母满负荷排水量为27,100 t,全长244 m,最大宽度为39 m,吃水8.7 m,最高持续航速为28 kn。在航速为16 kn时,续航能力可达7,000 n mile,相当于可执行18天的作战任务。加富尔航母可搭载

人员 1,210 人,包括舰员 451 人,飞行员 203 人,两栖特遣队员 140 人,“圣马可”营的 325 人,如有需要,还有另外加载 91 名部队官兵的空间。

加富尔航母 2001 年夏开始建造,将于 2007 年完工交付。由于该航母有两家船厂—Riva Trigoso 和 Muggiano 合作建造,所以工期比较短。根据两家船厂的建造设施和建造能力,决定由一家船厂承担四分之三的建造任务,另一家船厂承担四分之一的建造任务。一家船厂负责预制和组装,另一家船厂负责建造舰体分段。两个大型舰体分段在 2004 年 9 月份合拢。Riva Trigoso 船厂主要负责功率达 88,000 kW 的 COGAG 推进系统和功率达 13,200 kW 的柴油发电机系统。推进系统由 4 台基于通用电气公司的 LM2,500 燃气轮机(该型燃气轮机 22 时,功率可达 22 mW)加以小型化后组成,在意大利的布林迪西(Brindisi)组装。

为了安全起见,作为军舰的惯例,舰体内配置两个完全分隔开的机舱,每个机舱内装 2 台燃气轮机。舰舯后机舱内的 2 台燃气轮机与普通船用齿轮连结驱动右舷螺旋桨轴;由 2 个舱室将舰舯前机舱与舰舯后机舱分开,舰舯前机舱内的 2 台燃气轮机提供动力驱动比右舷螺旋桨轴长多了的左舷螺旋桨轴。重量的不平衡由布置在右舷的指挥舰桥和右舷排气总管加以补偿。4 台燃气轮机可以完全独立地工作。4 台燃气轮机都工作时,航母全速前进。以 2 机舱的 1 台燃气轮机各自同时驱动螺旋桨轴时,航母以巡航速度航行。仅用 1 台燃气轮机时航母则低速前进,此时,不工作的螺旋桨轴的变螺距螺旋桨的桨叶将旋转,以使牵制效应减到最少。

加富尔航母的螺旋桨和轴系由芬坎蒂尼船厂(Fincantieri)直接设计制造;减速齿轮箱则由芬坎蒂尼船厂同通用电气公司联合设计制造。2 个系列的螺旋桨都配备了 ASI Robicon 公司生产的 2,200 kW 轴传动发电机。轴传动发电机分别安装在舰尾机舱的独立隔间内。6 台功率为 2,200 kW 柴油发电机由 Wartsila 12V200 柴油机驱动,并由 Wartsila 柴油机公司将 ASI Robicon 公司生产的 2,200 kW 轴传动发电机组装在一起。柴油发电机和柴油机两两组合后,分别装在舯前机舱的前隔间内、舯前机舱的尾隔间内和舰尾机舱的尾隔间内。所有的动力装置(燃气轮机和柴油发电机)都封装在消声绝缘层材料箱内,并由有助于噪声和震动衰减的弹性支座双系统支撑以消除船体会受到的影响。整个柴油发电机组都由 Wartsila 公司在意大利德里斯特(Trieste)的工厂设计和组装。至于其他技术特性,加富尔航母的设计建造包括大量后续集成各种作

战功能的工作,该航母的主要特点是灵活性。为了确保设备的最大可操作性,加富尔号航母上将装备集成自动化系统,将控制和监督功能扩展到所有平台系统。

该航母的机械和装置具有局部智能,将能处理和检查比传统的航母多得多的信息。舰上的工作人员通过装在舰上的大量操作单元,能经由可以操作电站、发动机和辅助装置的多功能工作站监视和管理各工作平台。安全系统可通过舰载自动化装置进行管理和支持操作人员对航母进行监管,使在紧急情况下可采取各种必要的措施。芬坎蒂尼船厂致力于设计和建造自动化程度高、运行成本低的船舶,是该航母项目的中枢,承担全部的系统设计和开发任务。

加富尔号航母的作战系统由最先进的武器系统组成,具有指挥、控制和自卫功能。它与平台的协调整合是很关键的,芬坎蒂尼船厂在领导优化整合的工作中起了非常重要的作用。

虽然加富尔号航母主要将担负空战使命,但该航母的机库还是为执行军民两方面任务的轮式和轨道式陆用车辆提供了滚装坡道。此外,该航母还可以供海军的各种飞机(EH 101, NH90 和 SH 3D 直升机和 AV-8B 以及将来的联合攻击战斗机)着舰。

加富尔号航母吸取了许多商务船建造方面的经验,而建造商务船正是芬坎蒂尼船厂的长项,芬坎蒂尼船厂对此加以充分利用,特别是在改善居住条件上做了最大的发挥。凭借其建造邮船方面的经验,通过一流建筑师和芬坎蒂尼船厂技术人员合作并得到了意大利海军的一贯支持,分析了航母的审美和功能等问题。因此该航母船舱、娱乐和服务区都是按当今客轮的最高标准设计的。加富尔号航母船员舱铺位不超过 4 个,军官则可以住上单间。这将是意大利海军官兵首次具有这么好的居住条件。

设计和建造加富尔号航母已经使芬坎蒂尼船厂在激烈的国际竞争中,赢得了为印度在科钦船厂建造其新一代航母的相关合同。合同包括提供设计开发,推进系统整合,协助安装发动机,并在整合试验和海试过程中提供协助。该合同还包括提供工程、推进辅助系统和航母主要装置的详细设计,并且要在建造和试验活动中提供协助。芬坎蒂尼船厂深信,为了在全球化的时代以有竞争性的价格建造非常先进的船舶,有必要,特别是在欧盟造船框架内,探索国际合作,从而重振欧洲雄风。遵循这样一个战略,芬坎蒂尼船厂已经签订了与法国联合建造多用途护卫舰和同德国合作建造 2 艘上一代潜艇的协议。