

先进制造技术与造船业的发展

徐学光 (中国船舶工业总公司第 611 研究所)

关键词 先进制造技术 造船模式 敏捷制造 成组技术

先进制造技术(AMT)是造船业发展的根本。造船业由于引进 AMT,已由劳力密集经设备和信息密集,正在向知识密集方向发展;它有序地呈现出五种造船模式。我国造船业正由劳力密集的分段制造模式向设备密集的分道制造模式发展。在船舶制造技术方面我国与国际先进水平的差距正在扩大。只有切实实施现代造船模式的各项 AMT,才能在激烈的船舶市场的竞争中,立于不败之地。同时,应致力于全面开发船舶的产品模块化、信息数字化和制造敏捷化,迎接知识经济时代对造船业的挑战。

一、船舶制造技术是造船业发展的根本

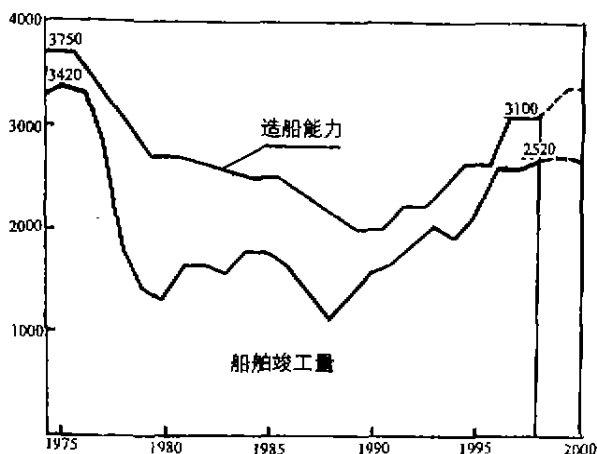
造船业是把人力、能源、物资和信息转化为船舶产品的工业系统。转化的方法称为“技术”,转化的活动叫做“工程”,转化的实现依靠“管理”。工程和管理行为均以技术为依据。伴随科学知识的发现和劳动经验的积累,技术不断地创新。因此,要求工程和管理与技术相适应,从而有序地主导造船业的发展。

近半个世纪以来,世界级船厂的年产船舶能力由数万吨重吨,发展到逾百万载重吨。同时,全厂职工总数由数万人,减少到千人左右,导致造船业生产效率大幅度提高,作业过程由困难、肮脏、危险转化为方便、整洁、安全的根本原因,是由于持续地研究和应用了当代的适用于造船的先进制造技术。

二、四项 AMT 有序地主导造船业由劳力密集发展到信息密集

本世纪 50 年代前,造船业由于应用“铆接技术”,使古老的木船建造发展为以钢船建造为主体的近代造船。到 60 年代,“焊接技术”普遍地替代铆接技术,使原来以功能分类的“系统”导向的古代造船方法,转变为以“区域”导向;使原来集中在船台和码头的装配、舾装、涂装作业,能扩展到车间和平台更大的作业面上进行,提高了生产效率,缩短了造船周期。70 年代起,随着船舶大型化,在新船厂的建设 and 老船厂的现代化改造中,引进并全面而深入地研究了“成组技术”,通过不同类型船舶的建造过程的相似性分析,以船舶区域、作业类型和施工

阶段分类,按“中间产品”的概念组织造船的流水和工位固定人员流动的虚拟流水生产,从而开发了加工不同类型船体结构零件的各类 NC 切割机、型材、平面分段、管件等专用的加工、装配和焊接的机械化装备替代了繁重的体力劳动。同时,还使用设施齐全起吊能力强大的船坞,使原来劳力密集的造船业发生了质的变化,成为现代化的设备密集型产业,职工总数呈数量级减少。例如,日本的百年老厂——千叶船厂,70 年代中期拥有职工 7 500 多人,实现现代化造船模式后,减少到 1 300 人。社会技术的“分散”专业化机制在造船业得到了实际的发挥,显著地提高了生产率。80 年代以来,微电子技术 in 造船 CAD 和 CAM 方面的应用不断扩大和深入,造船精度控制技术和船舶工程管理技术的日臻完善,从而使得社会技术的“集成”机制在造船业中充分发挥作用,达到了“空间分道、时间有序”的、艺术化状态的壳舾涂一体化(IHOP)(如附图所示),即造船业的 CIMS^[1],船厂就成为“信息密集型”企业。



三、当代 AMT 将把造船业演绎为知识密集的产业

为在市场和战场上获取主导地位,工业发达国家拓展了 AMT 的目标和内涵,提出 AMT 必须以用户需要为核心,目标是实现新概念的 TQCS。T 是指新船型的开发时间最短、或从合同谈判到交船的时间最短;Q 即要求建立完整和可靠的质量保证体系,把优质的船舶交付船东;C 包括船舶研究、设计、制造、运行和维护,船舶全寿期的费用最低;S 是最佳的建造前、建造时和交船后的服务;以模块更新的方式,保持船舶的先进性,形成船厂与船东的长期依存关系。

AMT 内含三个技术群:“主体技术群”包括产品设计、工艺过程设计、工厂设计、快速样件成型、并行工程、材料生产工艺、加工工艺、装配工艺、测试、包装、环保和维修等技术;“支持技术群”包括信息、标准、设备、传感和控制等技术;“基础技术群”包括管理、培训、教育、与用户和供应商联系等技术。

在 AMT 理论的指导下,欧美和亚洲的造船强国运用了两种不同的技术路线:其一是“模拟技术”路线,在现有造船设备密集的基础上,进一步采用微电子技术、机器人技术、激光技术;其二是“创新技术”路线,通过数字化的理念,简化船舶的设计、制造和运行,以精确和敏捷为特征,致力于创造新一代的造船模式。

“模拟技术”路线的实绩主要体现在最新建成的高度自动化的船舶分段制造车间^[2]和模块制造车间^[3];遍及全厂的计算机辅助的生产计划系统^[4];包括船舶研究、设计和制造全过程的 CIM 系统^[5]。

数字化和敏捷化的造船技术创新主要体现在:正在开发的、通过“过程简化”(process simplification)和全面模块化(modularization)实现船舶设计、制造和运营的共有基础^[6];以两种标准的零件、单道焊、长效涂层、复式结构等为特征的新一代船舶设计制造技术^[7];以智能化的信息技术为基础的地区或全球化的虚拟造船企业^[8]和仿真造船技术的开发^[9]。

四、传统造船业、现代造船业和新世纪造船业的特点

50 多年来,铆接技术、焊接技术、成组技术和信息技术,逐一促进和主导了造船业的发展,依次形成了船舶的“整体制造模式”、“分段制造模式”、“分道制造模式”和“集成制造模式”。此演绎过程如同整个机械行业一

样,都是以“技术为中心”发展的^[10],而未来在 21 世纪将形成的造船模式是敏捷制造模式,该模式的核心是“以技术为中心”的发展转变为“以人中心”的发展。敏捷制造模式的基本特征是智能和快速。智能是随条件变化确定行为的能力,是运用智力、知识、经验和技艺的能力。快速是对船东需求的快捷响应。智能技术是该模式的主导技术。智能实质是确立人脑功能在制造系统中的各个层次均处于中心地位,以随时根据各方面情况作出优化的决策,控制各个构成部分,和谐地高效运作,使造船工程成为社会化的动态组合。为此要对船舶建造全过程在计算机进行仿真演绎。这样,船舶产品的各个部分和各部分的造船作业及其实效,必须全面实现模块化,并以统一的数字化的标准在电脑网络上进行传输和交流。许多实践和教训表明,智能化、智能效应是达到敏捷、提高企业素质、运营水平和强化竞争力的有效方法。智能是指企业对科学技术引进、对人员培训和继续教育,它会产生倍增效应,不切实际地以替代人和人的智能作用的自动化会导致严重的失误^[11]。为了实现造船的智能化,欧共体、美国和日本都在致力于虚拟造船的研究。日本造船协会也在建立虚拟造船企业,为全日本的船厂共用,该虚拟企业能提供船舶设计、生产和物资采办,实际是在一个公共信息交换数据库和网络上,把船厂和供应商紧密地联系起来。

上述有序发展的五种造船模式,在主导技术、工程状态、管理特性、船厂类型、关键技术、船厂结构、厂际关系、生产组织、人员素质和典型装备等方面的演绎,如附表“MT 与造船业的有序发展”所示。

从五种造船模式发展可以看到,造船业的发展与整个工业界的科技水平的提高密切相关,它实质上是软技术研究开发和硬技术设备设施投资的有机结合而产生的综合效应。

五、我国造船业正在向分道制造模式方向发展

在 50 年代,我国仅能生产 5 000 吨级以下的客货船和拖轮。自 1955 年起,执行中苏两国的有关协定,引进前苏联的鱼雷快艇、猎潜艇、扫雷艇、潜艇和驱逐舰的设计和建造技术,使原先以铆接技术为主导的“整体制造模式”稳步地发展成为以焊接技术为主导的“分段制造模式”。

进入 80 年代,我国以外贸形式建造出口船舶,为使所建造的船舶符合国际规范的要求,与日本和欧洲的同行进行联合设计,骨干船厂与日本同行签署了技术合作

协议,我国派遣了大批科技和管理人员赴日本船厂考察学习,仅1991~1994年总计有近800人次前往该国,以每人赴日一次为14天计算,那么这些年每天有10余人在日本船厂学习,其中广船国际股份有限公司率先引进了日本船厂的“分道制造模式”,包括组织体制、编码系统、区域舾装技术和托盘管理等。

80年代起,美国全国造船研究组织邀请大批日本专家到美国传授现代造船方法,并执行“全美造船研究计划”(NSRP)的“先进的船舶生产体制和技术”(ASSAT-advanced shipbuilding systems and technology)的研究,作为该项研究最终成果,由NSRP编纂出版了以成组技术理论为指导的现代造船模式系列丛书,我国造船成组技术课题组把该项国际研究成果引进,编译编纂了《造船成组技术》^[12],该理论专著是实施现代造船模式的楷模。

在理论研究方面,1992年完成的“缩短造船周期对策研究报告”提出了缩短周期的根本对策是建立现代造船模式,同年完成的“舰船建造工艺发展趋势与对策研究”认为,造船模式的转换是造船工艺的战略开发,1995年还完成了“转换造船生产管理模式”的研究。

1995年5月,召开了中国船舶工业总公司(CSSC)“第二次缩短造船周期会议”,以空前的行政力度推进现代造船模式的实施^[13],在CSSC的统一部署下,各厂结合本厂技术改造和实际情况,根据现代造船理论和广船国际股份有限公司的经验,积极行动,加速了生产体制和生产方法由传统的“分段制造”模式,转向现代的“分道制造”模式。

六、我国船舶制造技术与国际先进水平的差距正在扩大

为了客观而全面地认清国内外船舶制造技术的状况,于1983年和1998年分别组织各专业的造船专家,采用国际通用的方法,进行了造船技术水平评价,该方法把整个造船过程分解为7个大类,含68个要素;对每个要素标定5个技术等级,这样,就能用340个标准状态,来测定每家船厂的技术水平,使得厂际和国家的造船技术水平能从68个方面进行具体的对比,7个大类包括从船体零件和舾装件制造到试航、交船的建造全过程,还包括设计、编码、计划、控制、精度、效率及计算机应用等,5级水平大致上反映了50年代到90年代的各个年代的先进造船水平。

1983年,由37名科技人员采用上述方法对我国10家大型船厂和国外29家船厂的造船技术水平进行了评估,我国的综合水平为1.76级,国外先进船厂的综合水

平为2.87级,差距1.11级,大致为11年。

本次评估工作由29位专家承担,评估了我国8家骨干船厂和5家日本船厂,我国的综合水平3.09级,比1983年的水平提高了1.23级,日本的综合水平4.64级,比我国水平高1.55级,差距为15年左右,与1983年测评相比,我国造船技术综合水平与国际水平的差距扩大了4年左右。

本次研究表明,我国在船舶生产组织和生产过程控制方面与国际先进水平的差距最大,为1.78级,其中对各项工程完成状态和生产效率控制方面的差距是2.1级,即相差20年以上,具体地讲,我国在下列方面与国际先进水平差距甚大:全面使用计算机辅助统计、控制和分析造船过程的工时消耗,生产成本和生产进度,能达到随时掌握实际情况,并提供分析结果,使生产率达到世界先进水平;按成组技术的“中间产品”专业化生产设置车间和班组,采用复合工种,按“中间产品”管理生产,充分发挥班组生产人员的创新精神;根据“中间产品”的标准生产日程,由计算机编制详实的模拟进度计划,在签署船舶合同的同时,就能协调各方面的工作,并确定切合实际的节点计划;通过设置主流程和辅助流程,由计算机监控所有工位的输入、输出和生产过程,实现均衡的分道生产。

七、以技术为本,保持我国造船业的持续发展

近15年来,CSSC的总产值和船舶产量均呈持续增长态势,平均年增长率为14.7%和9.9%,主要原因是造船技术水平的明显提高(如本文“六”中所述,提高了1.23级)和同期的固定资产投资,特别是20万吨级的大型船坞的建成和万吨级以上的船台总数由14座增加到19座,但是,近些年,出现经济效益滑坡,尤其是1998年的国际船市的船价按不同船型比1997年下降了12%~28%,1999年的船价可能继续下降,在如此严峻的形势下,要保持我国造船业的持续发展,必须加快造船技术水平的全面提高,切实认识并实现如下各点:

1. 只有实施先进造船模式,才能在激烈的竞争中立于不败之地

船舶是能在海上自航的产品,按船级社或海军的规范要求建造,只要船价和交货期能满足船东或军方的要求,任何船厂都可能获取订单,因此,竞争极为激烈,1975年世界船舶产品曾创纪录地达到3420万修正总吨,到1988年下跌到1130万修正总吨,致使世界上许多没有

全面实施分道制造模式的船厂倒闭。笔者在 90 年代初考察美国时,见到世界著名的拥有 20 多家船厂的大型造船公司,因上述原因,只保留一家,其余全部关闭。英国和瑞典是雄居世界第一、第二的造船强国,也因为未同步实施先进造船模式的软技术和硬技术,而不得不把宝座让位给日本和韩国。当前,世界造船能力为 3 100 万修正总吨,实际完工量只有 2 520 万修正总吨,如附图所示,处于严重的“供过于求”状态^[14],仍然是劳力密集的万人级船厂,尽管其工资水平低,由于生产效率与设备和信息密集的千人级船厂相差悬殊,因而很难在竞争中获胜。因为,对于已实施现代模式的船厂尚能获取利润的低位船价,在传统模式的船厂可能造成亏损。

2. 只有实施先进造船模式,才会呈现稳健发展态势

船舶市场需求的周期性变化和船价波动是船舶生产非持续发展的根本原因。消除商业的周期性,是经济学中尚未解决的难题。然而,在同一个市场环境中,实现一国或某些工厂的生产长期的持续发展,却有成功的实例,关键是建立一种能使生产体制和技术不断创新的、所有人员相互承担责任和义务的生产模式,即使市场萧条时,仍能通过提高生产率和降低成本的方法保持生产的持续发展。

世界级先进船厂实施现代造船模式呈现了稳健的持续发展,其原因一方面取决于船厂的总体布局,是否符合从钢材进厂到全船合拢的造船全过程适用流水作业的要求,和存在允许其进一步扩展生产能力的空间;另一方面还取决于建立现代造船模式的基础是否牢固。如果两者兼备,再加上经营部门承接订单有方,那么船厂就能持续地发展。典型的实例是日本某船厂,该厂拥有 525 m×80 m×13 m 的巨型船坞,可建造 75 万吨级的超大型船舶和从船体零件加工到全船合拢宽敞的流水生产场地。但是,仍把工厂定位在生产 4~8 万吨级的普通船舶,因此,存在很大的发展余地。全厂职工 840 人,1993 年生产 40-73BC 型 4 万吨级散装货船 12 艘,进而逐年提高,目前已发展到年产 22 艘。而我国生产较小吨位货船的某船厂,其造船部门从业人数为 2 200 人,从 1993~1997 年,船舶产量逐年为 4 艘、10 艘、3 艘、9 艘、6 艘,造船综合万吨数相应为 16、19、5、23、17,产值也是呈现低、高、低、高、低的波动现象。

3. 必须树立以技术为根本的模式发展整体观

所谓整体观,即系统的、多层次的全面发展观念。整体观是世界工业界和学术界所公认的“21 世纪主导生产模式”,由“用户”、“组织”、“系统”、“过程”、“资源”和“环

境”6 个层次 36 个要素构成。其中第四层次,包括 15 个要素的相互并行或前后交叉运行,即投资决策、系统设计、零件设计、继续改进、文件发放、资源计划、操作计划、零部件制造、装配和测试、物料管理、全球组织、分配、销售和促销、顾客服务和产品生命期转换。美国海军对造船模式的研究分设 10 个专业组,包括造船的全过程。同时,必须确立造船业的发展以技术为根本的观念,这从本文提出的五种造船模式的理论已得到了充分的论证。如果某种模式中缺少所列的“主导技术”和“关键技术”,这种模式绝无存在和发展的可能;如果这些技术掌握和运用不健全或不牢固,造船生产就缺少了持续发展的基础。现代造船模式如果没有成组技术和微电子技术,或对这两项技术运用力度不够,那么劳力密集的船厂就难以发展为设备和信息密集的船厂,同时为了实现船舶产量和生产率按数量级猛增,大型船厂职工人数也难以按数量级减少。

4. 全力实施现代造船模式的四项行动方针

现代造船生产与传统生产方式的根本区别,在于采用手工业的作坊式的方法,还是工业化的流水生产方式。所谓四项行动方针就是大工业的流水生产在造船中的充分体现。第一,生产组织,由复合和混合工种替代单一工种;第二,生产管理,由流通控制替代库存控制;第三,生产空间,实现以“中间产品”导向的分道工艺流程;第四,生产时间,按排壳舾涂一体的有序演绎。四项行动方针中最根本的是第一项,即建立“中间产品”专业化生产的车间和班组,尤其是班组。班组是船舶生产的细胞,班组的变革是其他各种变革和进步的基础。要使每个班组具有独立完成某类“中间产品”的能力,对班组实施定产品、定人员、定设备、定场地、定指标的科学管理,并执行标准的生产日程和标准的生产资源消耗。舍此,不可能获取船厂的真正“神似”的现代化;也难以使生产率、经济效益和作业环境获得明显而持续的提高。

5. 开展 43 项课题研究,全面提高造船技术水平

由国家科委立项的“现代造船模式研究”课题,分设船体分道建造、区域舾装、区域涂装、焊接、精度控制等 11 个专题开展研究,目前正在提议开展 43 项研究课题,其中 10 项关键技术被建议优先研究和开发,它们是:船体、舾装、涂装的分道生产原则;中间产品的划分和协调;舾装设计和管理的作业基准、要领、指针、数据库;CAM 与现场设备联机;船台大合拢、分段装配、部件装配的尺寸控制系统,曲形外板的无余量下料;高效省力、合理、低毒型涂料的开发,涂装 CAD 和减少二次除锈;高

效,全位置、高强度的焊接材料,工艺和设备,平台、船台、机械化焊接;造船的 CAD/CAM 系统向 CIMS 壳舾涂一体化发展,唯一性的编码系统和数据库;铸造、锻造、热处理的高新技术等。这些项目研究计划的实施,将全面提高我国造船技术水平,是船舶生产持续发展的根本所在。

6. 宏观层面研究造船业的国际联合

我国船舶工业已经进入了国际市场,出口船生产已占我国 8 家骨干船厂总产值的 75%。但是,本国所需的远洋运输船舶绝大部分由外国船厂制造,而且,东南亚金融危机对我国船舶工业直接产生影响。为了拓展我国船舶工业对国际和国内两个市场的占有率,为了增强抵抗国际金融动荡的能力,为了更快地提高我国造船业的技术水平、生产效率和经济效益,在科技高速发展和经济全球化进程不断加快的今天,建议组织专家研究我国航空工业和汽车工业与国外同行联合经营的经验是否适用于船舶工业,是否能使船舶工业具有更强抵抗风险的能力,是否能使船舶工业得到长远的、稳健的发展。

八、前瞻性地研究和发展敏捷制造模式

21 世纪人类将进入知识经济时代,知识经济的支柱是高新技术产业,主要有信息、生命、海洋、空间、新材料、新能源等科学技术所形成的产业^[15]。钢铁、造船和汽车是工业经济时代的主要支柱产业。造船作为典型的传统工业,进入知识经济时代后也必定会存在,问题是存在的形式和内容将会发生巨大的变化。就如农业经济时代的粮食生产,到工业经济时代就不再是锄头和耕牛的小农经济,而成为使用各种机械的大型农场。知识经济时代的船舶产品和造船业的生产模式将注入许多高技术。在知识经济时代步步逼近的今天,作为造船业也只有注入高科技,使产品升级,使生产模式升华,才可能在新时空中获得生存和发展。各国造船业都面临相同的挑战,美国、日本和欧共体的造船界已经在迎接挑战,已经在致力于新一代船舶产品和敏捷造船模式的研究。中国船舶工业应该不失时机抓住这个千载难逢的机遇,力争缩短达到敏捷制造模式的过程,在向分道和集成制造模式发展过程中,蕴含更先进的敏捷制造模式的先进技术。

基于中国船舶工业已经居世界船舶产量的第三位,及中国船舶工业一贯地致力于先进造船技术和设备的研究与引进,应该更深入地研究和考察欧共体、美国和日本的造船前沿技术和为建立敏捷造船模式的各项研

究,同时组织有关领域的专家研究开发或引进下列有关技术:① 产品模块化技术,研究船舶所有系统的系列化模块,适应军船和民船的各型舰船,达到每艘船的设计、建造、维修和改装,一律以模块为单元进行构作或变换,并以此建立全新的造船模式。② 信息数字化技术,所有信息,包括设计、制造、运营、管理都以统一的电子的数字化标准表达,达到船舶全寿期的一切活动可以共用的数据库,实现联网、瞬时传递和控制,以及无纸化的生产和管理。③ 制造敏捷化技术,通过建立电子化的基础设施,以动态联合的方式建立造船虚拟企业及竞争船舶订单,高质量地快速制造各类舰船。④ 新一代的造船技术,全新概念的船舶结构、单道焊、超长时效涂层、更高质量的简化的自动化造船、智能化的生产系统和机器人等。

新世纪的造船业将建立起社会化的造船模式,将形成以信息、技术和管理的计算机集成为特征,以社会生产要素与世界船舶市场需求相结合的虚拟(动态耦合)造船系统,以人为核心、以计算机为中介的人机一体化的智能制造技术,将替代现有的造船技术。未来的造船将充分体现出柔性、智能、敏捷、全球化和艺术化。

九、结 论

(1) 世界级船厂的发展史实证明,导致造船业发展和舰船生产率持续提高的根本原因,是不断地引进高技术 AMT,因此,船舶制造技术是造船业发展的根本。

(2) 铆接技术、焊接技术、成组技术和信息技术,有序地主导造船业由整体制造,经分段制造,分道制造,向集成制造模式发展,从而使造船业由劳力密集,经设备密集、达到信息密集,从根本上改变了造船业的面貌。

(3) 当代的 AMT 拓展了其目标和内涵,正以智能技术为主导,创建崭新的船舶敏捷制造模式,将会使造船业成为知识密集的、动态耦合的工业系统。

(4) 我国船舶工业正以极大的力度推进造船技术进步,正由分段制造模式向分道制造模式发展,但尚未脱离劳力密集状态。

(5) 集全国一流的造船专家,采用国际通用方法评析,与 80 年代相比,我国造船技术综合水平与国际先进水平的差距,已由 11 年左右扩大到 15 年,在生产组织和生产过程控制方面差距达 18 年。

(6) 为保持造船业的持续发展,必须树立以技术为根本的模式发展整体观,并全力实施现代造船模式在生产组织、管理、流程和作业排序四个方面的基本要求,其中最根本的是建立中间产品专业化生产的车间和班组。

(7) 为全面实施现代造船模式应致力于 43 项课题

研究,并以其中10项关键技术为重点予以优先突破。

(8) 为赢得新世纪舰船建造的竞争,必须致力于全

面的船舶产品模块化、信息数字化、制造敏捷化和创新的造船技术的研究、开发和引进。

附表 MT与造船业的有序发展

发展时序	传统船舶工业		现代船舶工业		未来船舶工业
生产模式	整体制造模式	分段制造模式	分道制造模式	集成制造模式	敏捷制造模式
主导技术	铆接技术	焊接技术	成组技术	信息技术	智能技术
工程状态	·船体散装 ·码头舾装 ·全船涂装	·分段建造 ·先行舾装 ·预先涂装	·分道建造 ·区域舾装 ·区域涂装	·船体建造、 舾装和涂装 一体化	·动态(虚拟)组合 ·建造过程仿真 ·全面模块化和数字化
管理特性	·以“系统”导向分解 船舶工程 ·按“库存量”控制生 产过程	·以“系统/区域”导 向分解船舶工程 ·按“系统”和“区域” 的“库存量”控制生 产过程	·“中间产品”导向的 分散专业化生产 ·按“区域/类型/阶 段”的“库存量”控制 生产过程	·“中间产品”导向的 分散专业化生产 ·按“区域/类型/阶 段”的“流通量”控制 生产过程	·模块导向的分形生产组合的 动态耦合 ·造船和船舶运营全过程的瞬 态监控
船厂类型	·劳力密集 ·大型厂员工数万名	·劳力密集 ·大型厂员工万名左 右	·设备密集 ·大型厂员工千人之 左	·信息密集 ·大型厂员工千人以 下	·知识密集 ·大型厂员工数百人或千人之 左
关键技术	·人工放样技术 ·切割、成形、装配技术 ·管子加工技术 ·铸、锻、热处理和机加工技术 ·机电设备和系统的安装调试技术		·造船 CAD/CAM 和 CIM 技术 ·NC 切割技术 ·型材、管件和分段的机械化制造技术 ·物资含“中间产品”采办和托盘集配技术 ·造船精度控制技术 ·编码和区域造船技术		·船舶产品模型数据交换标准 ·船舶产品和制造过程一体化 数据环境技术 ·分布式集成的虚拟制造技术 ·全方位的建模和仿真技术 ·并行工程和快速样件技术
船厂结构	·全能型船厂,能制造船体、船舶机械、各类 舾装件 ·以学科专业,组建技术和职能部门 ·按工种专业化,组建生产车间和工段 ·由监造师组织生产,负责造船进度		·总装型船厂具有船体制造、管件制造、舾装 和涂装功能 ·以“中间产品”专业化生产为导向,组建科 室和车间 ·计算机辅助实时控制,取消监造师		·敏捷型船厂具有模块组装和 调试能力 ·以军民船舶共用模块为基础, 组建科室和车间 ·计算机辅助共用数据库实时 控制
厂际关系	由原材料、设备和器件生产厂 向船厂提供物资		由原材料、设备、器件、舾装件、铸锻件、机械 加工工厂向船厂供货,甚至船舶涂装作业, 也组建专业公司,为多家船厂服务		·由原材料、设备器件生产厂 向模块生产厂提供物资 ·由共用模块生产厂向各家船 厂供应各类船舶的模型模块
生产组织和 人员素质	·单一工种生产班组和工段 ·单一专业的设计和工艺科室 ·单一工种的生产工人 ·单一专业的科技人员		·定场地、设备、人员和指标的,制造某“中间 产品”的多工种的生产单元 ·按区域的多专业的科室 ·复合工种的生产工人 ·多学科的科技人员		·快速组合的生产班组,擅长 安装和调试各类模块 ·智能化高素质的生产工人、 科技人员,能持续改进工作、 并适应敏捷的动态组合
典型装备	·由小型吊车为几座船台的装配作业服务 ·实尺放样台 ·通用的剪切和压力加工设备 ·通用的气割和小型焊接设备 ·通用的机加工和铸锻设备		·由大型起重设备辅助大型船坞内的船体分 段合拢和舾装作业 ·计算机辅助数学放样替代放样台 ·钢材预处理流水线 and 按类别相异的专用 NC 切割设备 ·型材、管件和平面分段加工、装配、焊接流 水线 ·涂装房和机器人 ·全厂的一体化的计算机集成系统 ·THOP 的综合车间		·全厂、全国甚至全球的计 算机信息网基础设施 ·无图纸的、全数字化的高 度自动化的生产设备 ·具有预防功能的、生产过 程智能化的瞬态监测和控制 设备 ·温度和空气新鲜度可调的、 防污染的船坞和厂房

(1999年1月12日收到)

徐学光 高级工程师,中国船舶工业总公司第611研究所,
200032

- 1 徐学光.造船技术,1998;(2):10
- 2 香岛英彦,松崎晋一,远藤领.石川岛播磨技报,1997;37(2):104
- 3 McAlear R. Journal of Ship Production, 1998;14(1):1

- 4 太田恒由夫,高田成人,本田公志,石川岛播磨技报,1996;36(1):25
- 5 伊藤健,吉村隆,饭田昭男,尊田雅弘,三菱重工技报,1997;34(5):326
- 6 Cexer M. L., et al J. Abbot, M. L. Bosworth, T. J. Valsi. *Journal of Ship Production*, 1995;11(1):1
- 7 徐学光,造船技术,1996(2):1
- 8 Blenkey N. *Marine Log.*, 1997;102(10):58
- 9 Alfeld L. E., Pillid C. S., Wilkins J. R. *Journal of Ship Production*, 1998;14(1):3
- 10 张曙,先进制造与材料应用技术,1996;(2):7
- 11 罗振壁,周兆英,灵挺制造,济南:山东教育出版社,1997
- 12 翁德伟,徐学光,陆伟东,造船成组技术 上海交通大学出版社,1990:410

- 13 徐学光,造船技术,1995;6:1
- 14 长塚诚治,海事产业研究所报,1998;(6):7
- 15 吴季松,知识经济,北京:科学出版社,1988,310

Advanced Manufacturing Technology and the Development of Shipbuilding Industry

Xu Xue-guang

Shipbuilding Technology Research Institute of CSSC

Key words advanced manufacturing technology, shipbuilding mode, agile manufacturing, group technology

98-100

展望 21 世纪微机电系统的发展

TH-39

谭第娃 金如麟 (上海交通大学)

关键词 微机电系统 电动机 微电子技术

21世纪展望

近年来,微电子技术、计算机技术、新材料和生物医学工程的迅猛发展,极大地推动了微机电系统的发展。自 1987 年美国首届微机电系统发展研讨会召开以来,西方主要工业国家投入了巨资进行开发研究。微机电系统已在医疗、生物、精密仪器、环境保护、航空航天、通讯、国防军工等领域展现了十分广阔的应用前景,可望成为下世纪初的支柱产业。

一、前言

近年来,微电子技术、计算机技术、新材料和生物医学工程的迅猛发展,极大地推动了微机电系统的发展。1987 年,由美国科学基金资助召开了首届微机电系统(microelectromechanical—MEMS)发展研讨会。这次会议分别于 1987 年 7 月,1987 年 12 月,1988 年 1 月分三个阶段进行,详细讨论 MEMS 现状和前景,提出了在生物血管中的诊断和治疗手术、高级仪器设备中的超级清洁器具、微细检测和修补装置等 25 个有望获得重大应用的领域,并拨款 100 万美元给八所大学从事该项技术的研究。第二年又增拨 200 万美元,在 1989 年 2 月召开的第二次 MEMS 会议上确认该项技术为美国急需发展的高新技术,并资助麻省理工学院 2 000 万美元建立更先进的微电子和微机械加工实验室,以加速这项技术的研究和开发工作。从第四届开始,该会议扩展成国际性会议,成为当今世界的一个热门课题。

紧随美国之后,日本从 1991 年开始执行为期 10 年

的微型机电系统的研究计划,总经费为 250 亿日元(约合 2.5 亿美元)。研制的具体目标是在血管中运动的微机器人。同样,欧洲的各发达国家也纷纷投入巨资进行开发研究。

由于微机电系统在医疗、生物、精密仪器、环境保护、航空航天、通讯、国防军工等领域有十分广阔的应用前景,它的推广使用势必带来空前的产业革命,可望成为下世纪初的支柱产业。

二、微机电系统中的电动机

1. 超微电动机

超微电动机是指那些形状非常小(1 mm 以下),重量很轻,并且在同一块基板上(硅或其他材料),采用微电子技术和微加工技术制造出的微型机电一体化的传动装置。超微电动机属于微机电系统(MEMS)的研究范围,它的发展得益于 1983 年加利福尼亚大学巴库勒依学院