

国内外主要船厂智能制造技术应用现状研究

进入新世纪以来，科学技术也在飞速发展，许多先进制造技术在造船领域得到应用，现代造船技术正朝着高度机械化、自动化、集成化、模块化、智能化方向发展。

在日本、韩国的先进造船企业中，对现代生产管理模式探索和创新的效果非常明显，造船模式正在由集成制造模式向敏捷制造模式迅速演变，形成“空间分道、时间有序”的顺畅工艺流程。现代造船已使用部分智能化设备来代替人操纵各种机械，广泛运用了数控切割技术，美国、日本、韩国等许多国家在船舶建造中都相继不同程度的采用了智能装备和机器人。

1 国外典型船厂智能制造技术应用研究

当今世界造船业已形成四极结构：韩国、日本、中国和西欧，在经济全球化的今天，国际造船业已发展成为全球一体化市场，世界各国造船企业在全世界范围内发展了技术、性能、质量和服务等全方位的竞争。随着全球船舶市场占有率的激烈竞争，世界造船业在技术、体制上发生了重大革命，其中造船技术的发展尤为突出。从之前的焊接技术革命到大型生产流水线等新技术的成功应用，目前正处于信息技术进一步发展应用的新阶段：信息集成系统的应用，并行工程、敏捷造船、先进制造模式正在或将在船舶制造业中广泛应用，使船舶行业成为信息密集、技术密集和资金密集为特征的现代新型产业。

1.1 日本造船业智能制造技术分析

日本在生产技术、生产效率方面仍保持很高的水平，但进步的幅度似乎不如中、韩两国。在克服成本上升方面，日本船企采取的措施效果有限。在能力扩充上，与中、韩相比，日本船企的动作要小得多，且集中在一些专业化的造船企业，而传统的综合性重工业企业，其造船业务的发展表现平平。尽管问题众多，但日本造船业发展起步早，其作为传统的造船大国和强国仍有着丰富的底蕴，船厂技

术实力、生产效率、船用配套装备等都处在很高的水平；而且日本航运业充足的需求也是支持其造船业发展的重要因素，由此，日本在全球造船业中的地位仍可维持。日本在智能制造方面的基础研究做的比较到位，其中硬件方面的机器人技术和软件方面的数字化造船具有领先地位。

1.1.1 智能机器人技术的研究开发与使用

日本一直在致力于无人化工厂的研究和开发。三菱重工长崎研究所成功地开发了智能型自动焊接装备，能适应船体部件装配、分段装配和全部合拢的各种焊接，智能机器人具有再演示和记忆 15 道焊接动作的功能。该先进焊接装置已在船体立体分段的倾斜接头上应用。日本钢管公司津船厂早在 1995 年 9 月就已实现了多台智能焊接机器人的群控，利用高速旋转电弧焊接工艺和多功能传感器，能自动检测焊缝形状、部件端部和焊缝接头，达到了高效、高质量、高燃弧率，适用于多品种、小批量的船体生产。

1.1.2 全面推广应用数字化造船技术

90 年代中期，日本大型船厂 CIMS 技术已经实用化，总体效果：节省人工 50%，缩短工期 20%。1998 年开始向中型船厂推广。目前，日本一些先进船厂基本上都已采用 CIMS 系统，实现数字化造船。2003 年日本造船业的重组，形成了 6 大专业化造船公司，其对应的 CIMS 系统名称、功能如表 2.1 所示。

表 2.1 日本六大造船公司所用 CIMS 系统名称及功能简介

企业名称	CIMS 系统缩写	功能描述
三菱重工	MATES (Mitsubishi Advanced Total Engineering system of Ships)	通过将以往分散在大量设计图上的二维信息汇总成三维图像系统，实现了利用计算机进行设计信息验证、开发高精密度的产品、以及从构件自动展开到用于船体材料切割的 NG 参数自动输出等高效流畅的信息一体化。系统能够协助设计人员从整体布局上构思船舶主要部分的细节分布，如船体结构和管线系统的走向

		等。整个系统包括初始设计系统、舾装系统、船体系统和生产支持系统等 4 个子系统。
万国造船	HICADEC (Hitachi Zosen Systems 3D CAD System)	该系统不仅在日本国内开发较早、较为成熟，即时在全世界船舶软件产品中也享有一定的声誉，由当时的日立造船开发。系统着重船舶结构、管系、舾装、电力布置的设计，同时还能向机器人提供有效参数。系统包含船体设计系统（HICADEC-H）、布置设计系统（HICADEC-A）、管路设计系统（HICADEC-P）、电力设计系统（HICADEC-E）等 4 个子系统。
川崎重工	KHI CIMS (KKARDS) (Kawasaki Knowledge-based, Automatic and Rapid Design System)	将当时的KCS公司的Tribon与包括计算机辅助工程、计算机辅助制造/工厂自动化/机器人系统、生产管理系统、物料采购系统在內的川崎重工自己开发的系统进行集成所形成的CIMS,此后,又在此基础上开发了KKARDS系统,几乎全部设计结果都能以立体图形显示,实现了产品模型技术与工人技能的有机集成。
住友重机械	SUMIRE (Sumitomo Manufacturing Innovation and Re-Engineering)	1997 年投入运行。系统对从基本设计到船体结构设计、舾装设计、设备采购、生产计划和工厂自动化控制等整个造船流程进行了集成与简化。其船体系统和舾装系统与 IHI 联合开发，先进的三维建模系统是其核心系统。
三井造船	MACISS (Mitsui Advanced Computer Integrated	该系统由设计系统和生产管理系统组成。其中，设计系统能够为生产部门提供准确的船体与舾装信息，并为车间提供工序操作步骤；此外，通过并行工程的实施，所有的船体几何数据均以三维数据形式存储。生产系统能够实

	Shipbuilding System)	现对各种工作计划、工时控制、部件分配控制的协调。所有生产信息均出自同一来源。整个系统的应用原则就是为车间提供必要的信息，使部件和组件在适当的建造阶段装配。
IHI 联合造船	AJISAI (Advanced Jointless Information Systems by Assimilation and Inheritance)	能应用于船舶的基本设计到生产设计的所有过程，为产品模型提供数据。功能主要围绕船体结构和舾装两个部分，能够生成各种三维虚拟模型。其最大的特征就是能够提供强大的仿真功能。与此同时，还于 1992 年开发了 KLEAN 系统，通过局域网系统进行精确的系统计划和可视化管理，使船体分段处于实时监控状态。

但是除川崎造船厂和日立造船厂应用 CIMS 较成功外，其它船厂自行开发系统的维护更新步伐都已经跟不上生产模式和计算机信息技术的发展，正面临着继续系统维护更新还是更换引进新系统选择问题。

表 2.2 显示了日本主要船厂的数字化应用现状。

表 2.2 日本船厂数字化造船应用现状

主要船厂	智能化造船应用现状
三菱重工	20 世纪 80 年代初，开发并采用完整的 CAD/CAM 系统及 CIMS 系统；2005 年，在自身开发 MATES 基础上，购入由芬兰设计公司开发的 NAPA 三维 CAD 系统软件，并且成功投入大型客船建造中。
三井造船	自行开发采用 MACISS 设计系统，并整合了 Tribon 系统中部分模块。
石川岛播磨	开发出 AJISAI 系统，该系统可生成一个 3D-CAD 系统覆盖概念设计参数，建立三维模型到全船模型；此外，该公司还开发了 KLEAN(船厂生产计划管理系统)。

住友重机械	1997 年开发并采用 SUMIRE 系统，从基本设计到船体结构设计、舾装设计、设备采购、生产计划和工厂自动化控制等整个造船流程进行集成和简化，其船体系统和舾装系统与联合造船共同开发，先进的三维建模系统是其核心系统；2006 年决定引进目前造船界最流行的 Tribon 造船系统，以替代自身开发的 SUMIRE 系统，争取 2006 年底前用于分段建造和舾装工作。
万国造船	自行开发并采用完整 CAD/CAM 系统（HICADEC）、自动套料系统 JNEST+、以及智能造船机器人；决定引进由日本 IBM/达索系统公司提供的 CATIA 软件，拟用于舾装设计，同时还将 CATIA 与船体设计采用的 HICADEC—A 系统组合成三维 CAD 系统，并在所属的有明、鹤舞和津三家船厂实施。
川崎造船	1996 年，川崎重工将 Tribon 系统产品信息和其自行开发的先进计算机集成信息管理系统 CI2M 进行整合，还和南通川崎实现了异地设计数据互通。

其中，日本川崎重工船厂是应用 CIMS 较成功的企业。该船厂在建立造船 CIMS 的过程中，采用了自下而上，逐步扩展的发展模式，即在自动化生产设计的基础上，逐步建立与底层关系紧密的上层系统，然后将它们逐个集成，在此基础上再进一步对上层信息系统进行扩充，形成完整的 CIMS。

1.2 韩国造船业技术分析

韩国将技术领先和降低成本作为发展策略，新技术研发呈现以下三个特点。一是加强企业间技术合作，通过联合开发等方式，引领新型高技术船型设计研发。在 LNG 船方面，现代重工、GTT 和 Gas Log 联合研发新一代绿色节能 LNG 船。2015 年第 2 期型集装箱船方面，韩进重工和大宇造船海洋分别与国外先进企业合作，各自开发以 LNG 为动力的超大型集装箱船。现代重工推出“Skybench”创新设计，通过对 LNG 动力集装箱船的居住区布置进行优化，增加集装箱运载量。另外，大宇造船海洋还分别与美国船级社 (ABS) 和韩国 SK 电讯合作，联合开发 LNG 动力钻井船和智能船舶。二是加大高端船型和海工配套设备研发和应用，并进行标准化，

提升高端配套能力，降低建造成本。三星重工研发出浮式液化天然气储存及再气化装置(LNG—FSRU)的再气化系统，该系统是 LNG. FSRU 的核心配套设备，打破了欧美垄断，生产成本比进口产品低 20~30%。大宇造船海洋通过使用自主研发的货舱隔热材料和配套部件，将 LNG 船建造周期缩短至 30 个月，其中货舱作业时间 6 个月，低于其他船企 9 个月的作业时间。2009 年，韩国技术与标准局宣布由韩国提出的 12 项船用系泊装置技术经由美国、英国、日本等六国的认可和批准，已经全部被国际标准化组织接纳为新工作项目建议，在 2011 年被批准为国际标准。第三，加快智能制造技术开发和推广。大宇造船海洋开发的“布线机器人”，可以在钻井船上替代 30%的布线工作量；还开发的一款水平自动焊机，在保证精度同时减少 50%的焊接时间。现代重工研发出热丝 TIG 焊接机器人，海工产品焊接效率提高至手工的 6 倍；并开发船底自动涂装机器人，与人工相比，在提高涂装质量同时，节省 20%涂料。三星重工开发出船底清洁机器人，可以在船舶锚泊时进行清洁，免去了“二次进坞”环节，能够节省一周左右的时间。

1.2.1 韩国先进船厂的智能制造应用动态

20 世纪 70 年代韩国造船初露头角，出口船所用的主机、舾装件，几乎都是按船东指定从日本或西欧进口，新船型的基本设计及其规格也基本是依靠日本或欧洲主要船厂的技术引进。可以说当时的韩国造船是处于学习、模仿阶段。后来为了发展本国的船用品工业，政府积极鼓励企业引进国外的先进技术，韩国近几年的高速发展主要得益于引进国外先进技术和技术创新，其造船厂所取得的主要智能制造技术应用动态摘要如下。

韩国现代重工业公司为了建造大型 LNG 高技术船舶，于 1991 年购买挪威 KVAERNER 集团的液罐设计与制造技术专利(费用为 670 万美元)，由该集团派员进行指导并培训铝合金焊接人员，目前已掌握了铝合金焊接和球罐装焊技术。韩国在接受西方和日本的造船技术后，自己进行消化吸收和创新。尤其在油船与散货船的船体，建造质量已赶上日本，而设计与管理技术水平已接近日本水平。在新建的三湖船厂采用了最先进的技术和装备，如钢材加工采用机器人，用 KCS 的 TRIBON 软件。从设计到制造的全部工艺过程都将实现全自动集成制造，采用信

息技术的局域网，达到无纸设计和施工。自动化钢材预处理将钢材提供给 15 条等离子弧切割机器人生产线，型材处理也实现自动化，整条流水线仅 1 人控制。同时一些主要船厂都已将机器人用于切割和焊接。大宇公司的玉浦船厂采用 10 台智能型焊接机器人作 6 轴运动焊接双壳体油船船体，可在双壳体狭小空间内焊接。

韩国 STX 在建造 173,600 吨级的液化天然气船时，利用了自创的 ROSE (Rendezvous On the Sea for Erection) 工法，利用该方法，STX 公司所吊装的分段重量最轻也有 6300 吨，突破了以往在海上只能起吊 5000 吨的限制，从而加快了建造速度，提高了船厂的交付能力。

而 SungDong 造船则按照其对智能制造的理解，将工厂内的所有管理流程与制造流程用信息技术整合为一个大型系统，提出了建设智能船厂的方案，该方案的贡献在于涵盖了设计、工艺、制造、试验等全过程的自动化和数字化，但在单体技术上没有重大突破。同时，由于船舶行业整体不景气，SungDong 濒临被收购，效益暂时无法显现。

韩国 KT 与三星重工宣布，从 2011 年 3 月 24 日起在巨济造船厂船舶作业现场的任何角落都可以使用无线网络实时处理业务从而建立起全球第一个智能船厂。由两家公司共同打造的智能造船厂采用了电缆通信解决方案(PLC)，通过电缆实现 Wi-Fi 无线上网。智能造船厂的 PLC 是把无线路由内置数据信号转换组设备 PLC 模块的 Wi-Fi 信号转变为电力信号，电力信号又通过电缆实现数据通信传输的功能。PLC 模块只要能够连接插座就能使用，因此在作业空间发生转变时也能轻松建立一个新的 Wi-Fi 网络。同时，在船舶内部也不需要单独再建立一个超高速网络，只要提前安装上照明电线，就能实现上网功能，大大减少了网络建设的费用。不仅如此，就算是在室外的作业现场也能通过 WiBro 使用无线网络。该网络使整个船厂在数字化的基础上进一步实现了某种程度上的智能化。

随着大数据、云计算、移动互联网等新一代信息技术的发展，以及人工智能技术的开发应用，智能制造将成为推动世界船舶工业变革的重要力量。目前，日韩船企先后开发出智能布线机器人、智能焊接机器人、智能船底涂装机器人等智能设备，部分已投入使用。2015 年，日韩船企将更加重视智能制造技术研发和

应用，先进造船企业将以机器人设备、自动化技术为突破口，注重信息技术与制造技术深度融合，在未来在造船行业中占领先机。

1.2.2 韩国数字化造船技术应用现状

韩国也十分重视信息技术在造船中的应用，80年代在造船数字化生产技术方面，韩国与日本造船业的先进水平还有比较大的差距。韩国船厂在90年代开发的“CIMS”系统相当于日本船厂80年代所开发的CIM系统。但是，韩国积极引进日本、美国和欧洲等国的最先进造船信息技术，并在此基础上研制出自己的造船CIMS，取得了显著成果，有效推动了韩国造船工业的发展。

在韩国生产设计方面全部采用TRIBON，并且充分发挥了TRIBON在生产设计方面的优越性，开展区域设计、单元模块设计等等。韩国的大型船厂都采用了CIMS对设计和生产进行管理，另外还开发了基于TRIBON的自动设计软件，如船体的ADES自动套料等。表2.3是对韩国核心船厂在数字化造船应用方面的汇总。

表 2.3 韩国核心船厂数字化造船应用动态

企业名称	数字化造船应用动态	备注
现代重工	<p>90年代末，以PTC公司的Winchill为核心，开发出HICIMS集成制造系统，并全面实施。据称：该系统可使平均设计周期缩短约25%、平均建造周期缩短约10%；</p> <p>目前，现代重工正在全面采用Tribon系统作为其主流的CAD/CAM系统。</p>	<p>美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, PTC公司)，是CAID/CAD/CAE/CAM/PDM领域最具代表性的软件公司。</p>
大宇造船	<p>韩国造船业界使用Tribon系统最好的一个船厂，该厂采用Tribon系统在实船上的应用、二次开发和CAD/CAM电子模型的覆盖程度相当高；</p>	

	2004年8月，该公司全面启用新开发完成的信息一体化综合管理系统(CI2M)，公司综合效益每年可达5100万美元，生产效率可提高7%~8%。	
三星重工	<p>2001年，开始应用由丹麦、日本、美国和韩国的船厂共同开发的GSCAD系统，同时将其应用的分立系统全面整合成基于统一数据库和产品模型的系统；</p> <p>2003年1月，实施了数字化船厂计划，选择了美国DELMIA公司的IGRIP和QUEST，用于开发新一代与先进造船模式相结合的数字化造船系统。该系统将在虚拟环境下模拟从初始的开发阶段到下水整个造船寿命期的工艺，并使造船工艺最佳化。</p>	DELMIA公司是精益制造工艺工程三维产品寿命期管理系统研究方面居领先地位的供应商。

韩国大宇船厂于1991年实施CIMS后，其造船销售量增长3倍（由1989年的20条船到2000年的60条船），年造船缩短约500万工时，船舶建造周期缩短约3.5个月（由19个月到15.5个月），实现年利润2.2亿美元。韩国汉拿造船公司1995年开始实施CIMS，在没有大的硬件投入的前提下，销售量增加到原来的3倍（由1999年的30条船到2000年的100条船），年造船缩短约500万工时，船舶建造周期缩短6个月（由19个月到13个月），实现年利润2.7亿美元。

2003年1月，韩国三星重工业公司实施了数字化船厂计划。该项计划由韩国三星重工业公司投资，研究工作由韩国汉城国立大学数字化造船创新中心领导的联合研究机构负责。联合研究机构2002年在Geoje船厂成立，由韩国汉城国立大学数字化造船创新中心的Jong Gye Shin教授领导。参加研究机构的有8所大学、两家公司和韩国船舶与海洋工程研究所等。为三星重工业公司开发的数字化造船系统选择了美国DELMIA公司的制造技术方案。DELMIA公司是精益制造工艺工程三维产品寿命期管理系统研究方面居领先地位的供应商。该公司的

IGRIP 和 QUEST 被用于开发新一代与先进造船模式相结合的数字化造船系统。开发的数字化造船系统将在虚拟环境下模拟从初始的开发阶段到下水整个造船寿命期的工艺，并使造船工艺最佳。三星重工业公司计划在 2004 年末总共投资 500 万美元。该项计划的实施将使韩国在未来的几年中造船生产效率大幅度提高，造船成本进一步下降，产品质量明显改善，造船竞争力进一步增强，对巩固其目前在国际船舶市场中的优势地位将产生十分重要的积极影响。

1.3 欧洲造船业情况

欧洲船厂先进的制造技术欧洲主要的造船企业有德国的不来梅·富坎集团、HDW 公司和博隆·福斯公司、丹麦欧登塞和 B&W 船厂、法国大西洋船厂、阿卡集团和俄罗斯波罗的海船厂等。他们曾经是世界数一数二的造船国，具有悠久的造船历史，能建造 VLCC 超大型油轮、化学品和成品油轮、液化天然气船等各型高新技术产品。目前在造船技术方面仍处于先进的地位，其船舶的基本设计、船体结构设计、舾装工程设计、全船和区域的综合布置设计，三维立体模型的共用数据库和各车间的生产信息等都实现了计算机化，达到了制造过程的标准化和模块化，自动化和半自动焊接技术几乎覆盖所有焊接作业。随着欧洲各船厂企业重组进程的加快，欧洲船厂更加具有制造高附加值船的优势，仍将是世界船舶市场中一支强劲的力量。



图 2.2 Azzam 型游艇交付

如图 2.2 所示，在德国不莱梅的 Lurssen 船厂生产的 Azzam 型游艇是当前世界上最大的私人游艇，她艇长 180 米，船载发动机功率为 94,000 马力，最高

航速可以达到 30 节。这型游艇的研发过程仅耗时一年，建造过程则仅用了三年的时间。这是如此复杂的私人游艇的设计与建造速度的世界纪录。在未采用先进造船技术之前，建造如此复杂的大型游艇，由于其个性化的奢华要求，从最初的概念设计开始，往往要花费六到七年的时间才能交付。Lurssen 船厂采用了 Siemens 的 PLM 产品，包括 NX CAD/CAM 工具和 Teamcenter PLM 平台后，实现了从设计到制造的集成化工作模式，大幅缩短了设计、工艺与制造的周期，提升了生产过程质量水平，随之也提升了客户满意度。该船厂下一步还计划利用该平台进一步优化供应链上的协同关系，使得三维产品模型可以通过移动终端设备共享查询，这样可以使得船厂员工以及船东在生产与运维的过程中更加便利的获取游艇设计信息，提升他们的工作效率。

2 国内典型船厂智能制造技术应用研究

2.1 中国造船业技术分析

建国以来，船舶工业的发展经过了以下三个发展阶段。第一阶段是解放以后到改革开放以前，其主要任务是建立和形成我国船舶工业完整的技术体系，主要是使用别人的技术，其主要特征是仿制原苏联的技术和产品，自行研制的较少，对国外技术的依附性较强，技术水平远远落后于先进国家。第二阶段是改革开放以来到上世纪末，其主要任务是消化吸收国外技术，建立和形成我国船舶工业的技术创新体系，提高技术创新能力，这一阶段主要是改进技术，其主要特征是利用对外开放的有利时机，通过多种形式积极引进国外先进技术，并开展同国外单位进行联合设计，提高自我设计能力，改进和开发自己的产品，具有较强的技术设计能力。第三阶段，是上世纪末到现在，其主要任务是完善我国船舶工业的技术创新体系，技术创新的性质是开始转向创造技术阶段，其主要特征是逐步开始自行研制开发具有自主知识产权的产品，部分技术达到了国际水平。由于我国船舶工业第三阶段的发展时间还不长，尚处于技术创新的转型初期，整体的技术创新能力还不强，整体技术水平同造船发达国家还有较大的差距（一般认为 10-15 年），如果不尽快实现技术创新形式的转变，这种差距有可能被进一步拉大。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/757026120005010002>