

船舶绿色制造技术探讨

赵正平

(上海船舶工艺研究所, 上海 200032)

提 要 分析我国船舶工业发展所面临的问题, 提出了符合现代社会发展对环境保护的新要求和符合我国造船业走可持续发展之路的船舶绿色制造技术的概念, 并论述了绿色设计、绿色生产和绿色管理的实施方法与途径。

关键词 造船 环境保护

中图分类号 U671 **文献标识码** A

1 船舶绿色制造技术的概念

船舶绿色制造技术是一种在船舶设计、制造、管理活动中融入“绿色”理念, 在保证船舶产品的功能、质量、成本的前提下, 综合考虑环境影响和资源效率的现代制造技术。

绿色造船技术使船舶产品在设计、制造、管理过程中对环境的污染小, 资源利用率高, 能源消耗低, 浪费小, 符合可持续发展的要求。

绿色造船技术是融设计、生产、管理于一体的综合制造技术。实施绿色造船的源头是绿色设计, 实现的手段是绿色工艺技术与装备, 实现的基础在于绿色管理。

2 船舶绿色制造技术

2.1 绿色设计

绿色设计是指以资源节约和环境保护为指导思想的新型工业设计。对于绿色造船来说绿色设计是源头, 船舶产品在制造、营运、报废拆解过程的绿色度取决于船型、结构、功能冗余、节能以及材料的合理选用和利用这几个方面。因此, 在设计时应综合考虑船舶产品的性能质量、节约自然资源和保护环境, 树立全新的绿色产品设计理念。

2.1.1 船舶优化设计

(1) 船型优化设计。优化船体结构功能。如外高桥造船有限公司设计的 17.5 万吨级散货船充分考虑了对环保的要求, 在总体设计中大胆地将传统设计中的燃油舱从双层底搬到了顶边舱, 并在舷侧

设置隔离空舱, 有效地减少了燃油泄漏的可能性。

优化主尺度和型线。涉及空船质量、稳性、阻力、舱容等技术指标。它不但影响船舶的装载量、航速、能耗等经济指标, 而且从根本上影响船舶的安全性。通过优化主尺度和型线, 使船舶在制造和未来的营运中, 实现节能、环保和提高经济效益。

(2) 消除冗余功能设计。在设计阶段, 从系统导向型的合同设计、初步设计到区域导向型的详细设计、生产设计, 强化设计的节约意识, 树立简约化的设计理念, 全过程地推行功能成本分析。对船舶设备选型、管系布置、电缆走向等专业设计进行优化分析, 全面消除冗余功能, 降低制造成本和资源消耗。

(3) 动力节能设计。船舶动力节能设计体现在以下几个方面。一是探寻船舶新型动力能源, 用其他能源辅助或取代石油作为动力能源, 如太阳能、风能及波浪能等; 二是改进推进效率的节能方式——柴电联合动力推进方式, 使能效转换效率最大化; 三是利用主机废气节能技术、应用新型燃油添加剂、采用燃油电喷技术; 四是综合使用电子技术和网络技术, 通过对动力装置和船舶各参数实时监控, 使其处于最佳运行状态, 最大限度降低能耗和排放。

2.1.2 从设计源头提高钢材利用率

运用船舶设计软件的套料功能, 合理调整船体零件套料排列, 在板材零件的开孔中套补板零件等其他零件, 以提高整板的利用率和生产效率; 通过利用船体设计软件中的材料管理程序, 从余料数据库中调取合适的余料进行再次套料, 避免盲目使用余料, 以提高余料的利用率。

2.1.3 绿色材料的选择

(1) 舱室绝缘材料。选材时, 不仅要考虑技术性能, 还应考虑环保性能。随着新型环氧酚醛绝热保温材料、硅质纳米孔绝热保温材料、聚酰亚胺泡沫材料等新型节能环保的绝热保温材料的开发与应用, 传统的舱室绝缘材料将逐步被替代。

(2) 环保焊接材料。在设计时应首选低毒、低烟, 对环境污染小, 对健康危害轻的环保型焊丝(焊

条)。

有关专家认为,无镀铜实芯焊丝具有焊接烟雾小、污染轻等优点,与药芯焊丝相比具有更大的发展潜力。

(3) 船用涂料。传统的溶剂型涂料因对人体有害和污染环境无法满足绿色造船的需要,取而代之的是无污染、节能、高效、低耗的绿色涂料。如:高固体分(厚浆型)涂料、无溶剂环氧涂料、水溶性涂料、环保型饮水舱涂料等绿色船用涂料;耐高温车间底漆、高渗透低表面处理要求环氧树脂底漆、通用型环氧树脂底漆、低温快干型涂料等提高生产效率的涂料;无锡防污涂料、低表面能自清洁防污涂料、生物膜仿生防污涂料等新型环境友好型防污涂料。

2.2 绿色生产

绿色造船生产需要解决的主要问题是,提高切割、焊接、涂装过程中的资源利用效率与控制环境污染。

因此,采用先进的生产工艺与装备就成为开展绿色生产的基本保证。

2.2.1 绿色加工

(1) 干式切削加工,是一种加工过程中不采用任何冷却液的加工方式。这种加工方式,不但简化了工艺、降低了成本,而且消除了冷却废液的排放和处理。湿式切割时,水下等离子切割机切割时所产生的烟尘和弧光能全部被水吸收。激光切割的最大优点是,由于激光光斑小,割缝精细;辐照域小,割口边缘金属损伤小;能量密度高,切割精度高,热变形小。激光切割技术目前正朝着节能高效、速度快、剪度高、厚板和大尺寸工件切割方向发展。

(2) 无余量制造。无余量制造是船体建造过程中以加放尺寸精度补偿量取代余量,通过设置合理的建造公差,采用有效的工艺技术与管埋,对船体零部件、结构进行尺寸精度控制的一项精度控制技术。这项技术在减少作业量,降低建造成本,提高产品质量,缩短造船周期上将发挥更大的作用,也会为企业带来经济效益。

2.2.2 绿色焊接

(1) 高效焊接电源。高效、节能是焊接电源的发展方向。逆变焊接电源具有节能、高效,直流输出稳定,焊接质量高等优点,成为焊接电源的发展方向。随着微电子技术和计算机技术的发展,数字焊接电源日趋成熟,如与数字送丝机相配,能获得最佳的焊接与节能效果。

(2) 高效焊接工艺。熔化极气体保护焊(MAG、MIG)是一种高效、节能、操作简便、易于实现焊接机械化和自动化的焊接工艺。

单丝或多丝埋弧自动焊,因其焊接质量稳定、焊接生产率高、无弧光和少烟尘等优点,已成为船舶制造的重要焊接工艺。

激光-MIG复合焊工艺,能将激光非常低的线能量与MIG焊的焊缝搭桥能力两种焊接技术优势有机结合起来,从而获得优良的综合性能,在它提高焊接质量和生产工艺性的同时,改善了成本效益比。

搅拌摩擦焊是一种固相焊接方法,可用于对金属板材全熔深焊接,而不会达到金属的熔点。搅拌摩擦焊无飞溅、烟尘,不需添加焊丝和保护气体,无气孔、裂纹等焊接缺陷,形成的焊缝强度高、变形小,是一种性能优良的环保焊接新方法。

(3) 高效焊接装备。横向对接焊缝焊机是针对船体垂直位置横向对接焊缝的自动化焊接设备,具有施工效率高、焊缝质量好的特点。有效地解决了横向焊缝采用手工焊接所无法解决的焊缝成形质量差,生产效率低,作业条件差,劳动强度大等问题。

门架式双丝埋弧焊接装备是拼板焊接的专用设备。其焊接速度快、反面焊接不需清根,既使工艺简化,又压缩了作业时间,是一款高效环保拼板焊接装备。

双丝垂直气电焊设备适用于船舶平行舫体舷侧大合拢垂直焊缝、隔舱壁垂直对接焊缝的焊接。可焊接40~60mm的厚板,焊接剪率高,焊缝成形剪好,是替代“单丝多道焊工艺”的新一代垂直气电焊设备。

2.2.3 绿色涂装

(1) 实施船舶绿色涂装,应从全局出发,以统筹优化的造船理念为指导,根据船体分道、区域舾装、区域涂装的施工特点,深化涂装生产设计,加强涂装生产的动态管埋,提高涂装质量和作业效率,降低资源消耗和有害物排放。

(2) 采用先进的涂料和涂装工艺,如采用高性能专用涂料,减少热加工影响区的涂膜损伤,以提高保护效果和生产效率;采用长效型车间底漆,减少分段制造期间的锈蚀;采用厚膜型涂料,减少涂装次数,提高工效;采用万能型底漆,减少涂料品种,简化工序。

(3) 环保涂装工艺装备研发与应用。移动式分段涂装房是一种模块化、环保型涂装设施。其容积

大小可根据工程的需要而定,并在指定地点快速搭建。该设施具有磨料循环利用功能,同时,采用粉尘和漆雾分离技术,有效控制有机溶剂排放,实现涂装环保化。

移动式喷砂除锈装备的集成度高、外型小、移动方便,是船体合拢后的舱壁除锈装备。该装备集磨料喷射单元、磨料回收单元、磨料清理单元和系统控制单元于一体。具有磨料循环利用功能,节省资源、作业环保、舱壁清洁度高等优点。

2.3 绿色管理

绿色管理投入少、作用大、效果好,是绿色造船的重要组成部分。企业要实现经济与环保协调发展,绿色管理不容忽视。

2.3.1 压缩无效作业时间,提高生产效率

(1) 按区域/阶段/类型对造船生产作业流程的各个工序作业程度不间断地进行跟踪分析,通过岗位合并、培训复合技能人员,提高工时利用率。

(2) 应重视压缩吊运、整理等辅助作业时间。在材料管理上,按材料使用顺序安排存放位置,尽量减少集配整理时间;要求物件在物流过程中不停顿、不倒退、不转向,尽量缩短物流路线,减少吊运时间。

(3) 统计数据表明,小组立、大组立、船台、码头各工艺阶段在分别完成相同工作量的情况下,所消耗的作业时间比例为:1:3:6:9,说明下游工序占用作业时间较长,作业量不均衡。推行工序前移是企业压缩无效作业时间、提高生产效率非常成功的作法。

2.3.2 强化管理,节约成本

(1) 提高钢材利用率。实施钢材全过程管理,制度规范钢材及其余料管理,尤其是对钢板余料的分类、处理及利用作详细规定;运用计算机辅助管理手段,推行钢板代码管理,对每张钢板从进厂、入库、预处理、领用、加工、装配、余料退料全过程实施控制,及时了解钢板(包括余料)的库存、流向及加工情况。

(2) 控制预处理钢材与分段储备,提高场地利用率。造船作业不同于真正意义上的流水作业,设置一定的预处理钢材与分段储备量,是保证造船连续作业不可缺少的缓冲手段。严格按需求进行钢材预处理和生产分段,通过强化计划管理,改善作业条件,既可保证连续生产,又能将场地资源有效利用起来。

2.3.3 走社会化供能之路,降低生产能耗

船厂的氧气和乙炔一般由厂制氧车间和乙炔站提供,蒸汽则由厂中央锅炉提供。我国有的造船企业引进世界先进的“安全、健康、环保(SHE)”生产理念,取消厂内的制氧车间和乙炔站,用性能更好、安全无毒的新型燃气逐步替代传统的乙炔;向周边电厂购买余热,走社会化供能之路,不仅节省了船厂有限的土地资源,而且降低了能耗,减少了污染物排放,降低生产升本。

2.3.4 改造管理体制,提高管理效率

(1) 借鉴日、韩先进船厂和相关配套企业的发展模式,我们认为,建立布局合理的中间产品专业化协作厂,实现中间产品生产社会化,形成总装厂和专业化中间产品协作厂的动态联盟,建立企业之间全新的集成模式,是现代总装造船发展的必然趋势。

(2) 推行综合化、扁平化管理,打破传统管理部门之间的界限,把各自独立的专业管理重新整合,变专项管理为综合管理,不断减少管理接口,消除管理孤岛,消除无效的管理过程与管理环节。

2.3.5 实施绿色采购,为生产提供绿色材料

物资采购是绿色造船活动中重要的一个环节,因此,采购制度也应融入绿色理念,以规范采购活动。绿色采购制度要求采购船用材料、机械、电器等时,不仅要评价其质量和价格,还要评价其是否影响环境和人体健康,对环保类产品实行优先采购。

2.3.6 加强事前监督,减少事故发生

生产安全事故一旦发生,将会带来一系列的社会问题和不可挽回的经济损失。因此,必须重视贯彻落实安全生产法规和制度。安全生产管理应强化“预防为主”的理念,把安全工作的重点从事后处理转移到事前监督上来。

3 实施绿色造船,履行社会责任

开展绿色造船是企业承担社会责任的具体体现。同时,在造船过程中通过绿色设计、绿色生产和绿色管理,实现节能降耗、降低成本、提高效率和质量,从而达到提高企业综合竞争能力的目的。

开展绿色造船需要良好的法制环境和政策保障。我国在1992年《出席联合国环境与发展大会的情况及履行国际环境保护义务的有关对策的报告》中就提出要积极发展绿色产品生产,1993年实行绿色标志认证制度,1995年制定了《固体废物污染环境防治法》。为了更好地贯彻科学发展观,大力倡导

[下转第32页]

度的滤器尤为重要。实验过程中分别采用过滤精度为 $100\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 的滤器,得到了膜组件不同污染趋势,结果表明,选用合适精度的滤器可以减轻膜分离组件的负荷,大大延长膜组件的使用寿命,并且保证分离装置分离的排放水符合排放标准。

在试验研究基础上,作者申请了用于舱底含油污水分离系统中的“双向二级组合滤器机构”的发明专利。

4.6 排放水油分检测

图4是分离装置运行过程中定时进行采样所测得的油分浓度曲线。试验表明,超滤膜分离装置排放水的含油量非常稳定,一般在 $1\sim 3\text{mg/L}$,完全符合舱底水分离装置分离乳化油的相关质量要求。同时发现聚偏氟乙烯超滤膜组件所分离的水清洁度较高。膜组件在经过反冲洗后,排放水含油量保持在 $1\sim 4\text{mg/L}$ 之间。

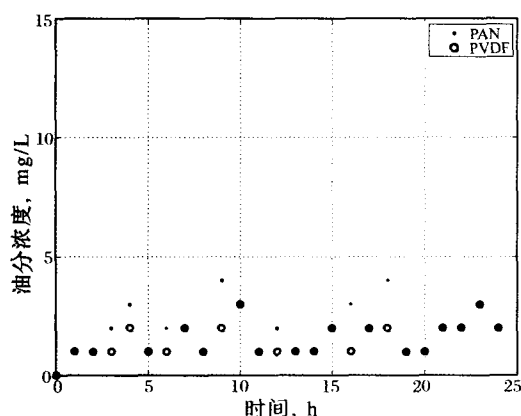


图4 油分浓度采样检测

5 结论^[7]

(1) 本研究中,经膜分离后的排放水油分浓度均低于 4mg/L ,完全符合最新《船舶机舱处所舱室水防污染设备指南和技术条件》中油污水排放规定,说明采用膜分离技术是有效处理舱底含油污水的重要方法,为实际产品设计提供了非常重要的指导;

(2) 产品设计中应优先选择耐污染、适合油水分离器应用的膜组件,如聚偏氟乙烯中空纤维超滤膜组件;

(3) 在系统设计中,应着重考虑如何减轻膜组件分离乳化液的负荷,延长膜组件的使用寿命,以及优化配置精滤器等问题;

(4) 在装置运行过程中还可以采取其他措施,如采用双向流技术、选择合适的操作压力、控制反冲洗的时间间隔、适当提高料液的温度等。

6 参考文献

- 江彦桥. 海洋船舶防污染技术. 上海:上海交通大学出版社,2000.
- 殷佩海. 船舶港口防污染技术. 大连:大连海事大学出版社,2000.
- 赵峰,余志荣. 超滤技术在处理乳化油废水中的应用. 辽宁城乡环境科技,2000,20(1):56
- 马立艳. 超滤法处理含油废水技术研究:[学位论文]. 西安:长安大学,2004.
- 刘恩华,杜启云,任莲娟,等. PVDF管式膜处理乳化油废水研究. 天津工业大学学报,2005,(5):81
- 王静荣,吴光夏. 中空纤维超滤膜处理油田含油污水的研究. 膜科学与技术,1998,18(2):25
- 肖扬,杨海军,王建斌,等. 新型船用油水分离系统简介. 设备管理与维修,2006,(5):23

[上接第3页]

和推行绿色制造,国家应通过法制和政策,鼓励和扶持相关行业的绿色制造,推广绿色产品,依法惩处浪费资源、破坏环境的企业行为,推动经济社会发展切实转入科学发展的轨道;同时,通过优惠的税收政策,激励企业实施绿色制造,表彰成绩卓著者。

4 参考文献

- 袁瑞华,王大庆,杜治宏. 应对机械产品绿色贸易壁垒的方法浅析. 机械,2007,(6):4
- 严风华. 船企必须适用新合同环保要求. 中国船舶报,2007-25,(4)

- 彭斌. 船舶节能技术综述. 舰船科学技术,2005,(27):3
- 虞子森. 船舶绝热保温新材料的研究与开发. 船舶物资与市场,2005,(5):28
- 孙咸. 浅谈环保型焊接材料的研发动态. 机械工人,2006,(8):8
- 吴毅雄. 船舶建造切割趋势技术——气体激光切割. 机械工人,2007,(6):25
- 杨绪广. 从 CIMT2007 看中国切割技术的发展. 机械工人,2007,(6):50
- 程远,李帆. 高效焊接在船厂的应用. 电焊机,2007,(6):40
- 赵正平. 船舶绿色制造技术初探. 造船技术,2003,(5):5