

上海船舶工艺研究所 (200032) 殷浩澍 主任

中国造船现代化进程中的 自动化热切割解决方案

一、概述

船舶工业是我国具有综合比较优势、具备一定国际竞争力的外向型产业之一。近年来,国际船舶市场空前兴旺,呈现了30年不遇的高峰期,中国船舶工业紧紧抓住了造船市场这一繁荣发展的黄金时段,在多年积累和努力的基础上,跨越式地提升了造船能力。2006年,我国造船业继续保持了强劲增长的态势,全国造船完工量达1400万载重t,同比增长16%,再创历史新高。

面对国内船厂新船订单大幅增加的 trend,为了腾出船位承接新船,人们期望进一步改进和提高现有生产效率,缩短造船周期,提升造船能力,而就船厂切割解决方案而言,即尽可能地采用高新自动化热切割技术。

造船用板材、型材和管材的切割加工涉及的品种和规格多、工件轮廓线型复杂、切割要求高、切割工作量巨大,这些因素促使我国造船业成为了引入先进切割技术最早,覆盖的切割技术面最广,并持续进行现代化升级改造的行业;并且一直以来引起从事先进切割技术与装备研究、制造和市场开拓人们的重点关注。



今天,伴随着中国造船现代化进程的步伐,船厂自动化热切割技术已全面进入了一个崭新的发展阶段,数控火焰切割、数控等离子切割、数控激光切割、数控管子相贯线切割,以及机器人型材切割等先进自动化热切割技术被先后引入到在我国造船行业,从根本上突破了以往困扰船舶建造周期下料切割工段的瓶颈,成为推动这些年我国造船总量快速增长的助推器。

二、自动化热切割技术在我国造船行业应用情况

1. 板材切割

自20世纪90年代初以来,我国造船业驶入了发展的快车道,钢板切割量急剧增大,高速度、高效率的数控等离子切割技术开始得到国内造船界的重视,经过行业内外专业人士十多年的努力推进,目前,高速、优质的数控等离子切割技术已深深扎根于我国造船业,受到了人们的普遍认同和接受,无可争辩地在造船生产中发挥着主力军的作用。而前10年还一直担当主角的数控火焰切割机,如今所扮演的角色已悄然发生了转变,人们更多地是将它用于切割厚度超过38mm的钢板,以及切割加工多种形状的坡口和多割炬大批量切割直条钢板等场合。

下表所列举的国内代表性船厂2005年数控(等离子或火焰)切割机配置情况,就充分佐证了上述观点。

国内代表性船厂数控切割机配置情况

企业名称	05年造船完工量/万载重t	数控等离子切割机/ 等离子装置	数控(门式/直条)火焰切割机/台
大连船舶重工集团有限公司	232	等离子切割机: 18台 400A等离子: 27套	5
上海外高桥造船有限公司	217	等离子切割机: 8台 400A等离子: 10套	3
江苏新世纪造船股份有限公司	76	等离子切割机: 7台 200A等离子: 8套 400A等离子: 6套	6
江南长兴造船基地(在建)	一期工程设计生产能力300万t	配置等离子切割机25台 400A等离子: 27套	7

近年来,为了适应未来造船形势对我国造船业提出的新要求、新挑战,国内各骨干船厂又启动了数控等离子切割设备新一轮的现代化升级,不失时机地把当今等离子切割领域的最新理念、新技术、新工艺移植到板材切割的生产实践中来。举例如下:

(1) 随着更宽、更长(4000mm×20000mm)的船用钢板轧制成功,10000mm、甚至更宽轨距的大型数控等离子切割机常常出现在了船厂的采购订单中,以使大尺度钢板的切割加工不受限制。

(2) 采用同轴辅助喷射气流(Coaxial-assist™)技术的HySpeed高速消耗件来替换原先使用的割炬消耗件,能够在保留系统构成完全不变的

情况下,将切割速度提高30%~50%,并改善切口断面质量,起到了节流增效的作用。

(3) 配以性能良好的环保型抽气除尘切割平台,(长寿命氧气)干式等离子切割越来越成为我国造船厂高效率等离子切割方式的一种潮流,因为这种技术在切割速度、切割质量及缩短上下换板时间等方面存在诸多优点。

(4) 在无余量精度造船的理念推动下,为了保持切口垂直度和改善切割面的表面质量,新面市的多种规格型号的高性能(精细)等离子切割装置正逐渐被船厂接受及采用。

(5) 等离子自动回转坡口切割装置,通常用来切割焊接的V形坡口或用于补偿等离子切割面所形成的倾斜角度,坡口角度的变化范围为±45°。

2. 型材和管子切割

船舶建造会用到大量的型材(包括组焊型材和轧制型材),其用量依照船型的不同占到船舶总用钢量的10%~20%,型材的品种有:扁钢、球鼻钢、角钢和T型钢。这些型材在成形或焊接加工前要切割各种形状的端头、中间孔和焊接坡口,并标识记号及加工装配用的线段。由于型材的品种、规格尺寸多种多样,加上变幻无常的切割内容和要求,使得我们无法借助现有的设备和手段来自动化的批量生产,造成了国内造船厂在多数情况下只能靠熟练工人利用手工或半自动的切割设备进行人工操作,这与板材已普遍运用数控切割相比形成了鲜明的反差。

为改变这一作业的落后状况,

国内部分造船企业已经开始尝试从国外引进自动化型材切割设备,如:外高桥船厂和江南船厂的数控等离子型材切割机(日本KOIKE);上海船厂、大连船厂、江南长兴造船基地(荷兰HGG)以及沪东造船厂(德国IMG)机器人等离子型材切割生产线。随着这些年我国造船行业经济效益的成倍增长,还有不少骨干船厂在投资建新厂和技改项目中也已把此项工作提上了议事日程,相信用不了多久,目前的状况将会有所改观。

在我国造船业迅速崛起的同时,国内大、中型船厂比以往更加注重生产过程中的效率和质量控制,已经较为普遍地采用自动化的切割设备来完成管材切割加工任务,从而省略了传统手工加工条件下,需要经过制作样板、手工放样、划线、切割及割后修复打磨等多道繁琐的工序,提高了作业效率,极大地改善了切割质量,降低了工人的劳动强度。数控管道相贯线切割机按照机器控制轴的数量(一般为2~6轴)分为各种功能档次的机型,船厂则依据生产实际需要选用合适的功能及规格,以满足不同的加工需求。

3. 数控激光切割技术在我国造船业的起步

激光切割产生的热影响区和热变形最小,可以获得几乎垂直的切割加工面;并可以显著提高工件尺寸精度,节省大量的装配、焊接整修工时。

激光切割所形成的割缝窄、噪声和粉尘小,增加了材料的利用率,减少了对环境的污染,因而也被称为“绿色切割”。

进入新世纪以来,激光发生器的功率逐渐增大,激光的光束品质不断改善,使得激光切割中、厚板材的技术日益精良,已成为发达国家(尤其是日本)造船生产中被采用最多的激光加工技术。我国的江南长兴造船基地以及南通中远川崎船厂都已配备了大型“搭载式”数控激光切割机,开创了数控激光切割技术在我国造船业应用的新历史(如图1所示)。



图1 江南长兴造船基地新安装的大型“搭载式”数控激光切割机
(配备德国TRUMPF 5kW CO₂激光切割装置)

目前阶段,中国船厂推广应用激光切割存在的主要障碍:

(1) (常用的5~6kW的激光发生器)对大多数造船适用钢板(厚度

10~32mm)的切割速度与等离子切割相比要来得慢,这显然与当前“速度和效率优先”的造船形势要求不合拍。

(2) 设备的初始投资费用大,运行维护费用高,投资回报率不理想,三种切割方法的切割速度对比如图2所示。

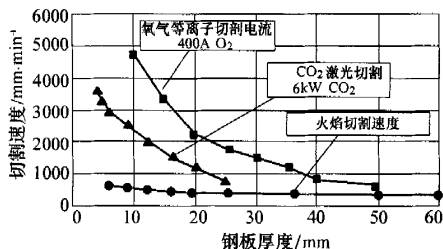


图2 400A氮气等离子、6kW CO₂激光、火焰切割速度对比表

尽管如此,我国造船界从未就此轻言放弃,人们期待着:有朝一日,激光技术的不断进步将使激光切割的作业成本(元/kW)大为降低,进而使其在综合经济效益方面与数控等离子切割形成竞争而被我国造船业逐步认知和接受。

4. 船舶建造中的机器人切割技术

造船过程中会遇到大量诸如:曲面板材、型材、管子等需要在3D空间完成切割的加工任务,先进的机器人切割技术为人们提供了高效率、高精度自动切割加工3D工件的最佳解决方案。毫无疑问,机器人切割代表了船厂未来3D工件自动化切割生产线的主流发展方向。

到目前为止,国内造船厂机器人切割技术获得应用成功的范例惟有“机器人型材切割生产线”(如图3所示)。



图3 PCL600机器人型材切割生产线

三、自动化热切割技术在我国造船行业的市场前景和未来发展方向

1. 市场前景

(1) 我国骨干船厂和以建造大型远洋运输船舶为主的地方主要船厂，在板材数控等离子切割下料、数控管子切割加工的普及应用方面正朝着同国际先进水平接轨的方向努力，所以大功率、高速度、高性能、低运行成本的等离子切割装置受到了船厂用户的青睐；而具有较高技术含量的等离子自动回转坡口切割装置已普遍进入大型骨干船厂（江南长兴造船基地25台数控等离子切割机中，就有15台带有等离子自动回转坡口切割装置），接下来有向地方大型船厂渗透的趋势。

(2) 除少数骨干船厂外，目前我国绝大多数造船厂都采用人工方法来切割造船用的各类型材，自动化切割技术和装备在这一应用领域具有一定的市场空间。而令人遗憾的事实是：在相当长的一段时期以内，这部分的市场还将被少数几家国外制造商所把持和分享。究其原因，我们以往在这类产品上面投入的研发、市场培育等相关工作所取得的成果，还不足以满足船厂生产的需求。

(3) 根据我国现时船厂的技术及经济条件，并结合在建的船型种类来综合考虑，数控激光切割机对我国造船业而言，暂时还不能称得上是一种适用技术，至少现阶段它对提升我国造船竞争力的作用非常有限，因此其市场前景短时期内恐怕难有大的起色。

2. 未来发展方向

今后10年中国造船业将迎来大发展的黄金时期，因此，研发切割加工能力更强，效率更高，适用性更好，绿色环保的新一代切割技术、工艺和设备，既是我国造船自动化热切割事业的发展方向，同时也是为了适应我国飞速发展的造船形势的需要。

具体我们可从以下几个方面来展开思路：

(1) 造船切割设备朝柔性化方向发展 船用型材柔性切割生产线和船

用板材柔性切割生产线将会应运而生。

(2) 切割设备操控数字化 充分发挥和运用计算机及网络技术的优势——远程通信、远程控制、远程故障诊断和检修，实现车间无人化切割加工（减少人工成本，消除切割产生的危害因素对人体健康的影响）。

(3) 切割生产资源配置及管理集成化 组建区域性的造船用板材、型材和管材切割及加工中心——符合建立现代造船模式的要求，并能使材料、切割加工设备以及人员等资源的配置和利用率更趋合理。

(4) 开展一些有益的探索及研究 针对先进切割技术如何适应“以中间产品来组织生产为基本特征的总装造船模式”的命题，在区域（分道）造船、精益造船等理论指导下，开展一些有益的探索及研究。比如：切割生产的单件流水作业，即板材和型材在现场按构件装配需求，分道切割、连续不断提供（JIT），以改变传统的批量切割—存放—按进度分类、分批供给带来的在制品库存和生产过剩所造成的浪费。

四、结语

现阶段，我们应从我国的资源条件和船厂的实际情况出发，按照我国船舶工业整体发展战略，不失时机地开展未来造船适用高新切割技术的预先研究，进行必要的技术储备；同时国内造船企业也应以提高自身造船竞争力为目的，选择最适用的自动化热切割技术，才是正确的做法。热

(20070118)