数控切割行业的近净成形技术与先进制造装备

——3D数控坡口切割机

发思特软件（上海）有限公司 （201203） 李 浩

【摘要】 在“十二五”期间，中国数控切割产业在先进装备制造领域最新、最可能的技术突破将是3D数控坡口切割技术和装备。通过3D数控坡口切割达到近净成形，实现钢材数控切割与焊接的自动化和工业化，将现在先垂直切割，再进行手工、机械或机器人示教二次加工焊接坡口的传统生产方式，改造提升为一次完成3D焊接坡口的数控切割，从而有效提高钢材数控切割的生产效率，提高钢材利用率，实现绿色环保和节能减排。

1. 概述

“切割与焊接”素有钢铁裁缝之称，切割是焊接的前提和基础，切割决定产品成本，焊接决定产品质量。二者相辅相成，缺一不可。切割与焊接是中国制造业的核心基础产业，中国一年生产和消费钢材5亿t，切割焊接用钢3亿t，占60%。中国制造业中十大核心产业——建筑、机械(汽车)、造船、铁道、 石化、水电、冶金、锅炉压力容器、家电和集装箱，都是以钢材为主要原材料，以切割焊接为主要生产方式和生产手段。

钢材的切割焊接生产流程一直是先垂直切割钢板，然后做焊前坡口准备，最后是焊接成形。钢板垂直切割：过去是采用手工焊割炬、锯床、剪板机及小车等手工与机械切割生产工具和设备，现在则是采用先进的数控切割设备，把零件先垂直切割下来。焊前坡口准备，就是打磨焊接坡口，通常采用手工电砂轮和刨边机、小车切割机等手工和机械设备打磨切削加工焊接坡口，或是采用机器人示教的数控方式进行二次坡口加工，其生产效率低，成本高，环境差，费力耗时，尤其是对合金钢和不锈钢，二次加工更是困难。加工好焊接坡口后，最后是焊接成形。此外，加工Y形和K形焊接坡口（如图1所示），通常可使焊接质量提高，焊接费用和组装劳动力成本可减少50%。然而，Y形和K形坡口的切割技术要求高，精度很难保证，特别是各种曲线坡口，采用手工、机械或机器人示教方式很难加工出Y形和K形的曲线坡口。因此，切割焊接企业一直希望能够通过3D数控坡口切割一次完成焊接坡口的切割——既实现近净成形，从而减少或避免焊前坡口准备生产环节，减少和避免焊接坡口的二次加工，有效提高切割生产效率，提高钢材利用率，缩短产品生产周期，减少污染、粉尘和手工打磨坡口对工人身心的伤害，实现绿色环保和节能减排。

图1 钢结构中常见的K形坡口切割与焊接

2. 3D 数控坡口切割的发展和应用现状

目前在中国，以钢材为主要原材料的十大制造业中，只有资金比较充裕的造船行业，购买了一些国外进口的数控坡口切割机，而其他九大行业还很少购买和使用数控坡口切割机。在造船行业的应用中，数控坡口切割机也主要是应用在外板切割上，

很少应用在零件的套料切割。

影响数控坡口切割应用的主要原因：一是价格昂贵，进口的数控坡口切割机一般在200～300万元，对我国制造业中以钢材为主要原材料的许多微利行业和企业而言，如此高的价格确实很难承受，如果价格能够在100万元以内，绝大多数的企业就可以承受了。二是技术还不成熟，集中表现在以下三个方面。

（1）坡口切割机回转头加工和切割精度不够，无法保证V形、Y形或K形坡口的切割精度。

（2）数控系统软硬件技术不成熟，不能进行内角坡口的切割和坡口零件正常的套料切割。其原因在于，数控系统不支持变角度坡口切割，即在坡口拐角处不能进行变角度坡口切割，只好切割一个外回转小圆或三角，俗称鼠耳（LOOP），小圆直径至少要15mm，如果要进行零件的套料切割，就会导致零件间距达到40mm以上，从而导致严重的钢材浪费，如果只保留正常的10mm的零件间距，坡口切割到鼠耳（LOOP）时，就会切割到旁边的零件。

（3）坡口编程套料软件不成熟，不能进行V/X/Y/K形各种坡口的编程和套料。

以上三个技术难题加上价格昂贵，阻碍了数控坡口切割机在中国制造业中的普及和应用。

3．中国数控切割机产业的发展

“十一五”期间，中国数控切割机行业实现了质和量的突破和飞跃，特别是在2008年爆发全球金融危机之后，在国家扩大内需和巨额投资的政策资金支持和引导下，截止到2010年底，中国数控切割机产业已拥有数控切割机的企业数量超过300家，比世界各国的数控切割机厂家的总合还要多，2010年各种龙门式数控切割机产量超过5000台，小型或微型数控切割机预计也有4000多台，中国数控切割机产量，比世界各国数控切割机产量的总合还要大。中国数控切割机产业、数控切割机产品产量已成为世界第一。普通平板数控切割机的产品质量和安装调试培训的技术水平和工作效率也日趋稳定和成熟。进入“十二五”期间，中国数控切割机产业毫无疑问将向数控切割机行业最高端的也是最后一个堡垒——3D数控坡口切割发起冲击。

FastCAM软件公司作为中国数控切割机行业优化套料编程软件的主要供应商，在过去十年里累计为中国数控切割行业，为中国制造业企业提供了20 000多套优化套料编程软件，为数控切割技术在中国的普及和中国制造业有效节省钢材做出了不懈的努力。FastCAM软件公司本着“自强不息、厚德载物”经营理念，旨在促进中国制造业切割焊接产业实现工业化与信息化两化融合，“十二五”期间的攻坚目标之一就是完成3D数控坡口切割的产业化。

我公司从前年开始就与伊萨、小池等数控切割机生产企业合作，不断开发完善FastCAM坡口切割编程套料软件（如图2所示），配套使用在伊萨、小池等的数控坡口切割机上，已经在部分造船企业得到应用。其核心功能如下：

一是能够在零件上添加和设置V、Y形坡口，并进行零件坡口的编辑和坡口切割路径编程，其核心技术是解决带坡口零件在拐角坡口切割处设置加或不加鼠耳（LOOP），实现在坡口拐角处连续变坡口切割。

二是开发成功对坡口零件进行自动套料和编程。其核心技术是解决带坡口零件的套料，自动计算带坡口零件的补偿和套料边界，实现坡口零件的整板套料，整板多零件的连续切割。

三是开发各种CAD设计软件的接口功能，如造船行业使用的Tribon船体设计软件、CADDS5设计软件，直接读取Tribon/CADDS5软件中带坡口信息的零件，实现文件的自动转换和坡口零件的自动编程。类似的还为AutoCAD设计软件的DXF/DWG文件，建筑行业使用的X-Steel，StructCAD建筑设计软件开发接口功能，自动读取坡口信息并进行套料编程等。

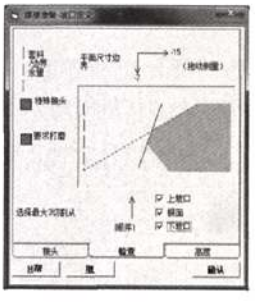

图 2

为实现数控坡口切割机的国产化，FastCAM软件公司从2010年开始与中国切割机企业联合设计、开发和测试全新的3D数控坡口切割机。重点突破五轴联动坡口切割数控系统和3D坡口切割头。在

FastCAM坡口切割编程套料软件的基础上，采用伊萨ESAB全新的第三代等离子电源，初步实现坡口切割系统的技术集成；首次切割测试成功；实现了对K形内角坡口和外角坡口三次连续切割，初次测试性地解决了坡口数控切割中的三大技术难题：一是K形坡口的精准切割，二是内角坡口的切割，三是坡口拐角处切割不带鼠耳（LOOP），实现连续变坡口切割，从而解决了坡口零件的套料问题，使坡口零件的整板套料、切割成为可能。

图3所示切割测试的现场图片和切割完成的K形坡口零件，实现了内角K形坡口和外角K形坡口的连续切割，切割尺寸和坡口角度，以及切割质量都满足要求。

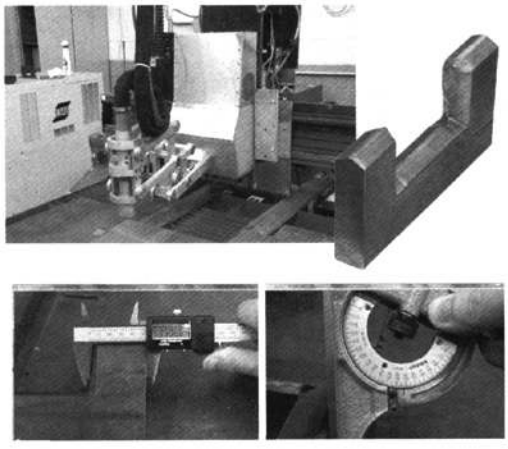

图 3

这次切割试验，得到了美国伊萨OEM全球技术集团公司的支持。伊萨公司为我们提供了全新的第三代标准化的等离子电源EPP－360A，其特点是基于一个平台、一把割炬、一组耗材，实现等离子垂直切割、坡口切割和喷粉划线（如图4、图5所示）。

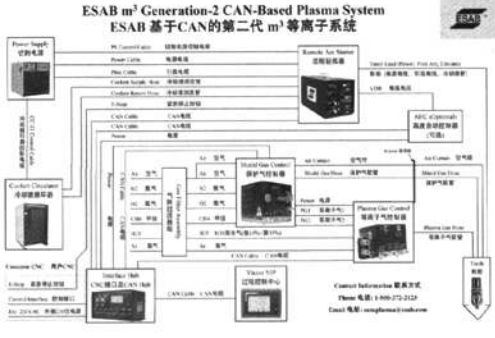

图 4

所谓“一个平台”，就是不同的等离子电源使用全部相同的部件，包括自动气体控制、起弧器、控制器、自动调高，以及所有管线，都是标准、通用、统一的。所谓“一把割炬”，就是不同等离子电源使用相同一把割炬，不同材质、不同板厚切割时，不用更换割炬，就可以完成垂直切割、坡口切割和喷粉划线。所谓“一组耗材”，就是不同等离子电源使用完全相同的一组等离子耗材。标准化给用户带来的最大好处就是“省钱”！各种等离子电源的备件和耗材库存品种和数量大大减少。一个通用标准化的平台，使企业日常设备维护成本大幅降低，员工学习、培训统一规范，通用性强，特别是当用户需要更换大功率等离子电源时，其他所有部件都不用更换，只需将小功率等离子电源作价回收，补上差价再更换新的大功率等离子电源。

图 5

总之，FastCAM软件公司与中国数控切割机企业联合测试的3D等离子坡口切割机基本达到了预期的试验目标，初步解决了数控坡口切割中的三大技术难题：一是V、Y、K形坡口的精准切割；二是内角坡口的连续切割；三是坡口拐角处切割不带鼠耳（LOOP），实现连续变坡口切割和坡口零件的整板套料切割。

4. 结语

在“十二五”开局之年，FastCAM公司将与中国数控切割机企业紧密配合，完成从试验室向切割机生产的过渡，在“十二五”期间，实现3D数控坡口切割技术和装备的产业化，在中国制造业十大用钢产业的切割焊接生产中，实现钢材3D数控切割近净成形技术和装备的普及和推广。届时，3D数控坡口等离子切割机配套伊萨ESAB 360A或450A精细等离子电源的价格将突破100万元以下，企业不仅可以购买经济实惠的3D数控坡口切割机，也可以经济快速地把企业现有普通平板切割机升级改造成为全新3D数控坡口切割机。通过3D数控切割，一步完成焊接件的切割和焊前准备，不仅达到全自动化，而且非常经济实惠，从而实现切割焊接行业人们的百年梦想。**MW**　（20110222）