

数控肋骨冷弯机 N.C. cold frame benders

李培昌

Frame forming directly affects the hull construction quality. Also, the frames greatly depend on their raw materials, shapes and processing conditions etc.. At present, the automation of frame bending becomes a technical problem and a major of the study in shipbuilding industry. Shanghai Shipbuilding Technology Research Institute has made a breakthrough on the study of the frame bending techniques and developed series of the N.C. frame bending machines in automation of marine frame bending.



船体的形状主要是由肋骨的线型决定的。肋骨的加工成形直接关系到船体的建造质量。肋骨冷弯过程中产生的回弹量和伸长量的大小，相邻加工段之间塑性变形的相互影响等都和肋骨的材质、尺度、形状、弯曲率和加工条件等诸多因素有关，难以准确预计和检测。因此肋骨加工自动化成为造船业的一个技术难题，也是一研究重点。

中国船舶工业船舶工艺研究所在肋骨研究的总体思路和基本原理方面有所突破和创新。以往，国内外都力图用理论计算和凭借规律或经验数据来预计和补偿回弹量、伸长量，但因其变化随机性大，所以效果不佳。该研究所在肋骨逐段弯制过程中，采用了逐步逼近弯制法，自动检测其回弹量和伸长量，并以此为依据，随机生成该肋骨的回弹和伸长方程，再根据此方程自动预置该肋骨以后各段弯曲的回弹量和伸长量，达到一次冷弯成形的目的。这样，就回避了肋骨材质、形状和尺度等因素变化对回弹和伸长规律的影响。因为对同一根肋骨，这些因素的变化是很小的。

WLW系列数控肋骨冷弯机的主要规格和技术参数

型号	WLW-100	WLW-160	WLW-250	WLW-400	WLW-640	
最大水平弯曲力 (t)	100	160	250	400	640	
弯曲支点距离 (mm)	750-1000	900-1150	1050-1350	1250-2500	1500-3000	
自动加工范围	球扁钢 (mm)	90-160	140-220	180-320	240-430	370-650
	角钢(mm)	90-160	140-220	180-300	240-425	370-650
自动成型偏差	标准范围 (mm/m)	±1.0	±1.0	±1.0	±1.0	±1.0
	允许极限 (mm/m)	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5
自动弯曲最小半径B-型材宽度	R=10B	R=10B	R=10B	R=10B	R=10B	

最大弯曲速度 mm/s	20	20	20	20	20
最大进料速度 mm/s	80	80	60	60	50
工作油压(MPa)	24	24	24	24	24
电机功率(KW)	15	18.5	22	30	37

该研究所以其新的研究思想，于1991年研制成功WLW-50t数控肋骨冷弯机，用于福州渔轮厂。1997年研制成功WLW-160t数控肋骨冷弯机，用于新河船厂。1999年研制成功WLW-400t数控肋骨冷弯机，用于中华造船厂。该研究成果在技术上，达到了当代的国际先进水平。

该研究成果的技术创新点有：

数学模型 采用弦线测量法，其加工控制量有两个：一个是弯曲角度控制量；一个是进料长度控制量。它们分别反映了加工后肋骨的位置和曲率情况。对于每一根肋骨曲线，都可以用此数学模型。根据船体数学放样所提供的肋骨线型，由计算机计算出相应的一组加工控制量。自动加工肋骨时，只要控制好肋骨各弯曲段的进料长度和弯曲角度，就能将型材弯制成所要求的线型。加工前，处理软件能在计算机上完成上述线型转换，而且可以将一条船的所有待弯制肋骨的加工数据文件贮存在一张软盘内，供自动加工时随意调用。

检测机构 采用可靠的弦线测量方法，设置了高精度的送进长度检测和弯曲角度检测机构，分别由光电编码器、力矩电机、驱动装置等组成。本检测机构有两大特点：一是其原点（或称零位）置于肋骨本身之上，避免了机器制造、安装误差和刚性对检测精度的影响；二是其检测头在肋骨进退料和弯曲过程中始终顶住肋骨线形边，保证了在线实时检测和在线实时控制的实现。

控制系统 配备了先进的全闭环自适应控制系统。除能实现在线实时控制外，还能根据已加工过的各段肋骨成形状况，进行实时分析、判断和推理，指导并控制后面各段肋骨的加工。该系统采用ISO国际标准代码输入加工指令数据，输入手段除键盘、软盘外，还配有电子盘和RS-422远程通讯终端，具有加工参数实时动态显示、加工肋骨形状动态跟踪和汉字显示功能。

回弹和伸长难题的解决 对肋骨在冷弯加工过程中产生的回弹量和伸长量能否实现精确的自动检测、自动预置和自动补偿是实现肋骨冷弯自动化的前提。该研究解决这一难题的技术途径包括两个方面：一是在随机实测基础上，建立每根加工肋骨的回弹方程和伸长方程，避开了肋骨的材质、尺度、形状和加工条件等复杂因素对预置回弹量、伸长量的影响；二是实现了在线实时检测和自动补偿回弹量、伸长量成为可能，保证了肋骨加工成形的精度。

解决加工精度与加工效率之间的矛盾 在保证加工质量的前提下，应尽可能提高加工效率。合理、有效地解决这一矛盾的技术途径有二：一是首创了自适应弯曲法，即根据不同肋骨或同一根肋骨的曲率变化情况，该机能在一次弯曲法、多次弯曲法和重叠弯曲法等方法中自行选择恰当的弯曲方法和各种进料长度，解决了弯曲压点“该密则密”、“能疏则疏”的问题；二是通过采用能够可控、定量和可靠实现油缸快、慢速交替运行技术措施，实现了“该慢则慢”、“能快则快”的技术要求。

控制旁弯、倒边、扭曲和皱折的途径 由于角钢和球扁钢属非对称型材，截面形状复杂，弯曲时会产生旁弯、倒边、扭曲和皱折等，严重影响加工成形质量。该机综合运用了夹而不紧、预置反变形量、垫硬面板和自适应控制油缸动作等技术措施，较好地解决了这一问题。

中国船舶工业船舶工艺研究所研制的数控肋骨冷弯机已基本形成系列，其主要规格和技术参数见表。

该系列产品的主要特点有：

1. 能实现进料、弯曲、回弹和伸长量的补偿，凡印起始点肋骨的加工全过程自动控制，也能进行手动操作弯制肋骨。
2. 主弯油缸采用专门研制的柱塞缸，从而使正弯、反弯肋骨时均能获得表中所列的最大水平弯曲力。
3. 边机架距离（弯曲支点距离）可调，扩大了弯制型材的范围。

4. 新颖的回转液压进料机构，使肋骨进退更为方便、顺畅，外加计算机控制的避让机构，避免了肋骨进退过程中的受阻及卡死现象发生。

5. 特殊设计的夹紧机构，能满足正弯肋骨、反弯肋骨和S形肋骨多种弯制要求，同时大大减少了反弯成形中起皱和旁弯现象的发生。

6. 液压系统设置调速回路，做到“能快则快”、“该慢则慢”，较好地解决了加工精度与加工效率之间的矛盾。设置的调压回路可根据肋骨成形的需要，通过改变各夹头的压力来获得高质量的线形。

7. 夹头上下行程大，观察空间更为宽阔，给操作人员提供了方便。

采用数控肋骨冷弯机，可实现船体肋骨加工成型全过程的自动化，省去了肋骨手工放样工序，省去了弯制样条或在肋骨上划线的工序，省去了水火矫正的后道工序，方便了分段装焊，缩短了分段制作周期，提高了肋骨成型质量和加工效率。总的生产效率可望提高3-5倍。

肋骨冷弯加工成型自动化的实现，大大减轻了肋骨弯制及其前后工序的劳动强度，改善了工人劳动条件和企业形象。数控肋骨冷弯机的研制成功，使造船工作者多年的愿望得以实现，为计算机在船厂的普遍应用，最终取消放样台创造了条件。



[返回主页](#)

© 版权所有：北京国际船艇杂志社

电话：8610 62180737 传真：62182171 E-mail: gjct@public.bta.net.cn

制作：中国船舶工业综合技术经济研究院信息网络中心

技术支持： webmaster@shipchina.com