

T/CANSI

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 93—2024

板材数字化冷加工工艺要求

Technical requirements for digital cold processing of steel plate



2024-8-20 发布

2024-10-1 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工艺准备	1
4.1 工艺文件	1
4.2 工装、工具和设备	1
4.3 环境	1
4.4 人员	1
4.5 材料	2
4.6 安全	2
5 工艺过程	2
5.1 工艺流程	2
5.2 数据输入	2
5.3 板材进料	2
5.4 调型计算	2
5.5 下模曲面造型	3
5.6 上模施压	3
5.7 移开上模，板材回弹	3
5.8 曲板精度检测及修正	3
6 工艺质量	3
7 检验	4
附录 A （资料性） 弯曲半径	5
附录 B （资料性） 样板、样箱精度要求	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、江南造船(集团)有限责任公司、哈尔滨工程大学、上海交通大学、江苏科技大学、上海海事大学。

本文件主要起草人：俞峰、咎英飞、陈明、孙楠、程萍、韩超帅、朱军、曹军军、曹雪雁、殷涛。



板材数字化冷加工工艺要求

1 范围

本文件规定了采用三维数控弯板机进行板材数字化冷加工的工艺准备、工艺过程、工艺质量和检验等。

本文件适用于厚度为5 mm~40 mm板材数字化冷加工作业。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 工艺准备

4.1 工艺文件

板材数字化冷加工前应准备如下文件：

- a) 板材冷加工工艺；
- b) 板材加工设计文件。

4.2 工装、工具和设备

- 4.2.1 对工作台及模具进行保养清理工作，清除油污粉尘等杂物，确保工作台模具清洁。
- 4.2.2 设备中的测量组件应密封，镜头不应残留油污及水雾。
- 4.2.3 设备网络应保持通畅。
- 4.2.4 设备工控计算机应运行正常。
- 4.2.5 设备液压系统应无漏油现象。
- 4.2.6 将弯板机上下模具及检查装置位置归零，调整各项工作参数。
- 4.2.7 设备各处电气及液压检测用仪器及仪表应工作正常。

4.3 环境

作业应在不低于-25 ℃的环境温度条件下进行。

4.4 人员

4.4.1 施工人员应具备认定的相关专业技能资格，熟练使用本项工艺装备，并经考核合格后持证上岗。

4.4.2 施工人员应带好安全防护用具，并严格按照设备操作要求操作。

4.5 材料

4.5.1 加工前，应核对板材基本信息如工程号、件号、安装位置等。

4.5.2 板材边缘应无棱角、毛刺、挂渣等。

4.5.3 板材表面应无油污。

4.5.4 板材表面应无反光涂层。

4.6 安全

搬运板材时应按照设备操作规程作业，避免零件掉落造成人员伤害。

5 工艺过程

5.1 工艺流程

板材数字化冷加工工艺流程见图1。

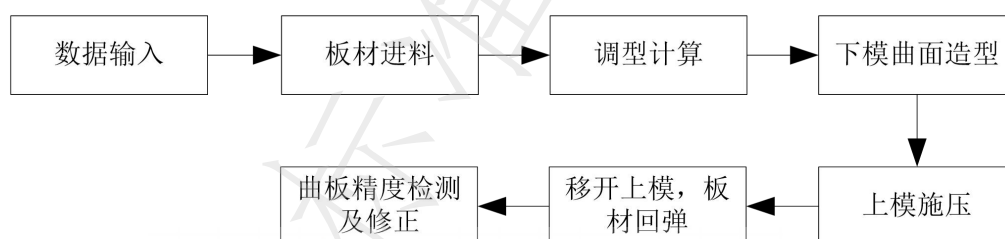


图1 板材数字化冷加工工艺流程

5.2 数据输入

5.2.1 选择曲板加工件。将数据导入三维数控弯板机，系统根据曲面形状，完成整体坐标旋转平移，使原倾斜放置曲面变换为水平放置的曲面形状。

5.2.2 曲面的逐段成形加工设计。系统根据弯板机的加工范围将曲板自动划分成若干加工段，并自动形成过渡区。过渡区一般为有效加工区域尺寸的 $1/4 \sim 1/3$ ，完成后形成各加工段的定位数据。

5.2.3 加工线和定位线划线。作业人员根据系统形成的定位数据，依次标注在曲板上。

5.2.4 选择成形加工段。作业人员在系统中选择当前的加工段，此时系统会自动计算出当前加工区域每个压头对应的曲面高度位置，形成加工区域的阵列数据集。

5.3 板材进料

5.3.1 作业人员驱动送料车将曲板吊起并运输至下模具的工作区域。

5.3.2 曲板的弯曲极限和弯曲半径见附录 A。

5.4 调型计算

系统查询板材的回弹系数，在理论数据中加放回弹补偿值，利用曲面拟合函数重新计算出新的曲面形状。通过插值计算得到下压模上每个压头的调型高度数据。

5.5 下模曲面造型

系统将调型数据转换为控制指令，控制每个压头的电机转动，调整压头到指定的高度位置，从而形成需要的加工曲面。

5.6 上模施压

系统控制上模具模块移至工作区域，并控制上模的液压装置推动上压头向下压板，直至钢板与下压头紧贴。

5.7 移开上模，板材回弹

系统控制上压模模具复位，松开钢板，并移动至准备区域。

5.8 曲板精度检测及修正

5.8.1 系统控制测量装置进行曲板精度测量，过程见图2。

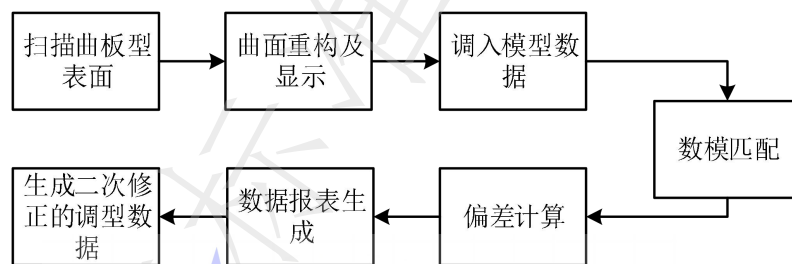


图2 曲板精度测量过程示意图

5.8.2 扫描曲板型表面。利用测量设备对曲板进行精细扫描，得到曲板的型表面三维测量数据。

5.8.3 曲面重构及显示。调入模型的理论数据，进行理论曲面的重构和点云数据加密，处理之后的数据作为偏差计算的理论船板点云。

5.8.4 调入模型数据、数模匹配。将测量得到的曲面数据和理论模型进行配准。

5.8.5 偏差计算、数据报表生成。显示成形偏差情况，同时生成每列支柱点的精度偏差报表。

5.8.6 生成二次修正的调型数据。计算结束后，系统通过数据库中查找相关的板材回弹系数，在偏差数据中加放回弹补偿值，利用曲面拟合函数重新计算出新的调型曲面形状。

5.8.7 重复 5.8.1~5.8.6 的步骤，直至测量后每个压头处的回弹和目标比对的误差小于给定的精度要求。

5.8.8 重复 5.8.1~5.8.7 步骤，依次完成每一段的成型加工。整个加工过程中出现的特殊状况需记录。

6 工艺质量

6.1 板材成形精度要求见表1。

表1 板材弯曲精度要求

单位为毫米

项 目		精度范围	备 注
单弯曲板	划线样板	≤ 2.0	每档肋距内
	加工样板	≤ 2.0	
双弯曲板	三角样板检验线的直线度	≤ 2.0	每档肋距内
	肋位方向与样箱的空隙	≤ 2.0	
	长度方向与样箱的空隙	≤ 2.0	
板边缘的折皱度		≤ 2.0	

6.2 加工后的零件表面应光顺，无明显擦伤与压痕，无残留油污。

7 检验

7.1 曲板加工成形后应使用样板、样箱或视觉检测设备进行完工检测。其中样板及样箱的制作精度要求见附录 B。

7.2 精度检测，曲板加工后检测结果应符合表 1 要求。

7.3 采用样板进行曲板加工完工检测方法如下：

- a) 将加工成形好的曲形外板放置在平地上，根据曲形外板的形状用木块适当垫好，不使其左右摆动；
- b) 在曲板上每档肋骨位置上对号放置各块三角样板，并用铁夹钳把样板固定好，对纵向曲度大的曲板，各肋位的三角样板应根据肋骨线型制作角度样板；
- c) 把三角样板两侧对准曲板的上下板缝线，让各块样板上的纵向切面基准线，在同一直线上；
- d) 依首尾两块样板对合线为准，沿着对合线上的位置拉一根粉线，检查中间各档肋骨样板上的对合线与粉线的相对位置。检查各档肋骨线位上的三角样板与曲板的吻合度，间隙应符合精度及成型要求。

7.4 采用样箱进行曲板加工完工检测方法如下：

- a) 将已加工成形的曲板放在平台上，并垫平不使其摆动；
- b) 将样箱放在曲板上对准相应的肋骨号和断线位置，在样箱基准面对角线上拉粉线检查样箱是否扭曲；
- c) 检测两粉线相交点之间距，若两粉线粘连则将两粉线对角上下交换后再检测，间距在精度范围内，用塞尺测量或目测样箱与曲板的间隙，如果其间隙不符合技术要求，做好记录并修正。

7.5 采用视觉检测设备进行曲板加工完工检测方法如下：

- a) 将已加工成形的曲板放在平台上，并垫平不使其摆动；
- b) 利用视觉检测设备对曲板进行精细扫描，得到曲板的型表面三维测量数据；
- c) 调入曲板模型的理论数据，进行理论曲面的三维重构；
- d) 利用图形匹配算法将测量曲面数据和理论模型进行精确配准；
- e) 利用插值算法得到每档肋位的精度偏差值，并形成偏差表报。

附录 A
(资料性)
弯曲半径

A.1 曲板加工弯曲半径与其宽度有直接联系，曲面曲度越大，则最大可加工零件宽度越小。零件加工的弯曲极限数据见表 A.1。

表A.1 弯曲最大高度、弯曲最小半径及零件最大宽度 单位为毫米

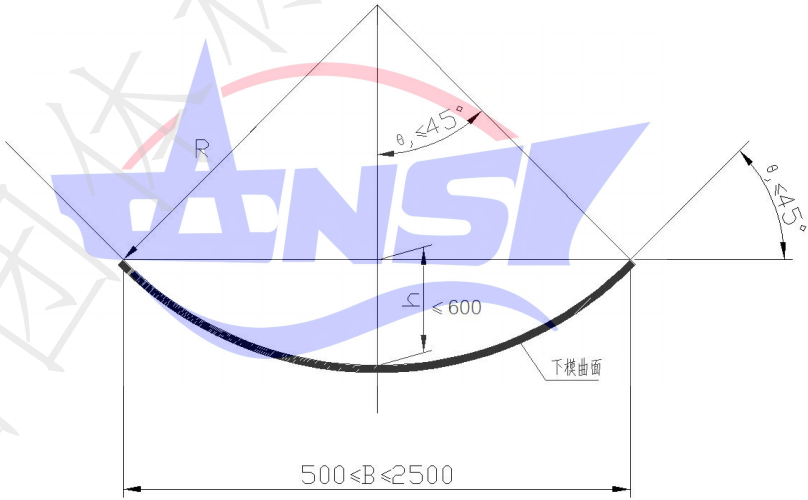
弯曲最大高度	弯曲最小半径	零件最大宽度
106	354	500
200	667	943
300	1000	1414
400	1333	1885
500	1667	2357
600	1768	2500

A.2 弯曲半径 R 与弯曲夹角 θ 成反比，与 h 成正比，具体见图 A.1，且零件弯曲形状满足式(A.1~A.3)。

$h = (1 - \cos \theta) \times R \leq 600 \dots\dots\dots (A.1)$

$B = 2 \times \sin \theta \times R \leq 2500 \dots\dots\dots (A.2)$

$B = 2 \times (h^2 - 2Rh)^{1/2} \leq 2500 \dots\dots\dots (A.3)$



图A.1 弯曲半径 R 与弯曲夹角 θ 和 h 的关系

附 录 B
(资料性)
样板、样箱精度要求

样板、样箱精度要求见表B. 1。

表B. 1 样板、样箱制作精度要求 单位为毫米

项 目		精度范围
样板、样箱制作	划线样板	± 0.5
	加工样板	± 1.0
	样箱形状与理论值	± 2.0