

*For citation:* Xu Bin, Zhang Ke. Optimized design of CNC EDM wire-cutting machine for plates // Grand Altai Research & Education — Issue 2 (20)'2023 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2023.02) — EDN: <https://elibrary.ru/zucpzc>

UDK 621.7

## OPTIMIZED DESIGN OF CNC EDM WIRE-CUTTING MACHINE FOR PLATES

*Xu Bin<sup>1</sup>, Zhang Ke<sup>2</sup>*

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China;  
2 Shandong Institute of Petrochemical Technology, School of Intelligent Manufacturing and Control Engineering, Dongying, 257061, China  
E-mail: 13061159209@163.com

**Abstract:** At present, the study of cutting machine tools for processing different plates at home and abroad has found that for plates with different properties, there are fewer equipments that can carry out compound, fast and easy processing, so it is particularly urgent to design a CNC wire cutting machine for plates that can process parts of materials with different properties. This study creatively integrates the ideas of metal EDM wire cutting and wood wire cutting, and realizes the automated CNC cutting of many kinds of plates by designing a reasonable mechanical system and control system, so that the CNC cutting machine tool of plates not only makes the processing of many kinds of plate parts of different attributes of materials easy, but also greatly improves the machining efficiency and machining accuracy.

**Keywords:** Plate Processing; Mechanical Systems; Wire Cutting; EDM

## 板材数控线切割机床的优化设计

*徐彬<sup>1</sup>, 张可<sup>2</sup>*

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 中国, 武汉, 430073  
2 山东石油化工学院, 智能制造与控制工程学院, 中国, 东营, 257061  
E-mail: 13061159209@163.com

**摘要:** 目前, 针对国内外对不同板材加工的切削机床研究发现, 对于不同属性的板材而言, 较少有设备能够进行复合, 快速, 简便的加工, 因此设计出一种板材数控线切割机床, 能够对多种不同属性的材料部件进行加工变得尤为迫切. 本研究创造性地将金属的电火花线切割思想与木材线切割的思想进行融合, 通过设计出合理的机械系统和控制系统实现多种板材的自动化数控切割, 从而使板材数控切割机床不仅对于多种不同属性材料板材零件的加工变得容易, 还大大提高了加工效率和加工精度.

**关键词:** 板材加工; 机械系统; 线切割; 电火花

## 0 引言

近年来, 在金属材料切割加工领域应用较多的机床是数控电火花线切割机床, 一方面这类机床能够对多种金属材料进行加工, 无论材料是脆是硬都能操作自如 [1], 但在实际应用中会发现在切割不同属性材料工件和加工精度上都存在一定的问题, 另一方面考虑到木工锯切正好可以弥补电火花技术中只能切割金属材料而无法对非导电板材进行加工的不足, 所以考虑将这两种技术的创造性结合起来, 可以将金属板材与非导电板材同时集合在同一个机床上进行加工, 能够很大程度上解决不同属性板材共同加工复杂部件时的加工问题, 同时也使线切割机床在加工工艺流程中的应用场景有了显著扩宽.

## 1 板材数控线切割机床的组成及其原理分析

本设计对现有板材数控线切割机床进行优化设计, 采用电火花线切割部分与非导电板材切割部分相结合的方式, 实现对多种不同属性材料的加工. 该设计可以使金属板材与非导电板材在一台机器上直接完成, 极大缩短加工时间. 电火花线切割部分与诸多电火花线切割机的原理相似, 利用丝架与运丝机构相结合, 加工工具 (铜丝或钼丝) 与直流脉冲电源的负极相接, 被加工工件则与电源的正极相接. 加工工具与被加工工件相距一定距离时, 将产生脉冲电火花对工件进行切割. 非导电板材部分则是采用物理去处材料的方法, 利用丝架前端的锯切装置对非导电板材进行切割, 同时两种切割加工过程的角度变化均由丝架装置前段控制. 板材数控线切割机床的组成如图 1 所示:

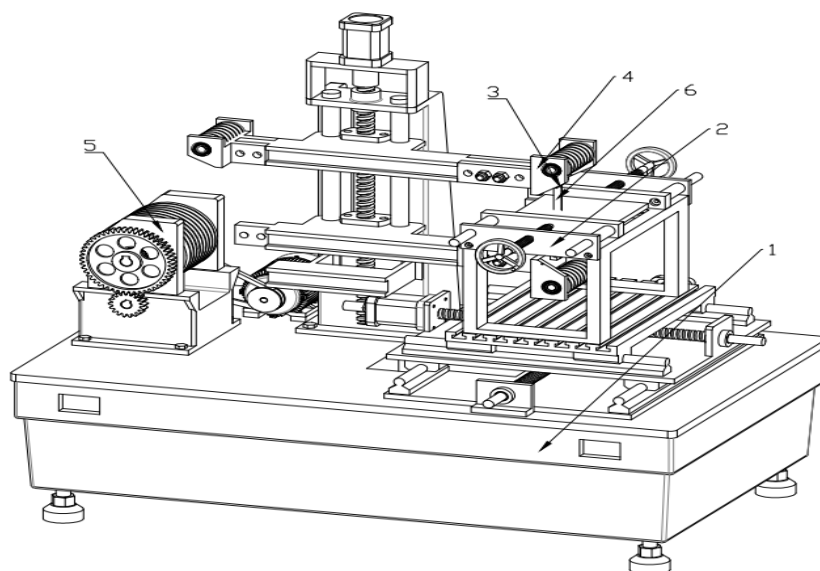


图 1 板材数控线切割机床总成图

1 – 床身; 2 – 坐标工作台; 3 – 冷却装置; 4 – 丝架; 5 – 运丝机构; 6 – 锯切装置

Fig. 1 Plate CNC wire-cutting machine assembly drawing.

1 – bed; 2 – coordinate table; 3 – cooling device; 4 – wire holder;

5 – wire transportation mechanism; 6 – sawing device

## 2 关键部位结构设计介绍

绕线筒是加工工具 (铜丝或钼丝) 有序排绕和可靠工作的重要部件, 为降低转动惯量对机床工作的影响, 绕线筒的筒壁一般采用优质碳素结构钢制造并且应尽可能薄, 根据机床规格参数的不同, 选择厚度为 5~9mm. 同时也可选用铝镁等合金材料制造, 以进一步减少转动惯量. 绕线筒与轴之间设计采用键联接. 这里设计选用的是圆头普通平键, 绕线筒与圆头普通平键在静联接的情况下其主要的失效形式为受力面的压溃. 除非突然产生巨大的剪切力, 否则一般情况下不会产生剪切断裂的情况 [5].

所受荷载的校核方法:

假设荷载均匀分布在圆头普通平键的工作面上, 圆头普通平键的强度条件公式为:

$$\sigma_p = \frac{2T \times 10^3}{kld} \leq [\sigma_p] \quad (1)$$

$$T = 9550 \times \frac{p\eta_1\eta_2\eta_3^2}{n_1} \quad (2)$$

式中:

$T$  — 传递的转矩, 单位为  $N \cdot m$ ;

$k$  — 键与轮毂键槽的接触高度,  $k=0.5h$ , 单位为  $mm$ ;

$l$  — 键的工作长度, 单位为  $mm$ , 圆头平键  $l=L-b$ , 平头平键  $l=L$ , 这里的  $L$  为键的公称长度, 单位为  $mm$ ;

$b$  — 键的宽度, 单位为  $mm$ ;

$[\sigma_p]$  — 键, 轴轮毂三者中最弱材料的许用挤压应力, 单位为  $MPa$ .

最终数据代入式 (2-1) 得:

$$\sigma_p = \frac{2T \times 10^3}{kld} = 37MPa < [\sigma_p] = 110MPa \quad (3)$$

键的强度能够满足要求.

线切割替换结构如图 2 所示, 螺栓固定, 拆卸方便. 结构简单, 实用效果好.

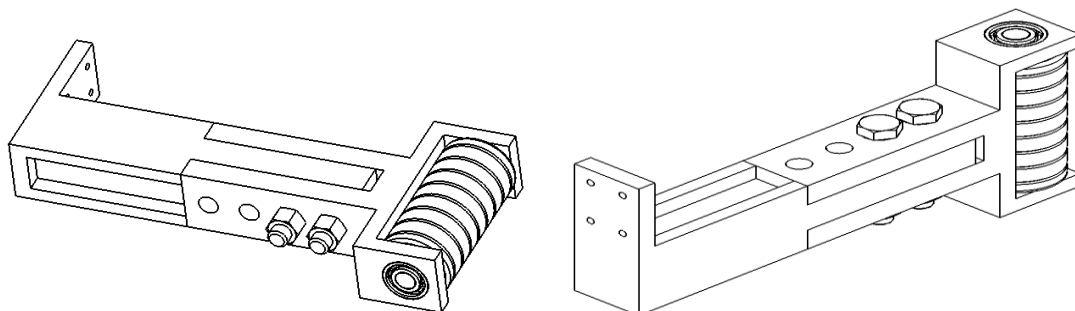


图 2 线切割替换结构

Fig. 2. Wire Cut Replacement Structure

锯切割替换结构如图 3 所示, 蝶形螺母固定, 换刀简单方便, 工作可靠, 结构效果理想.

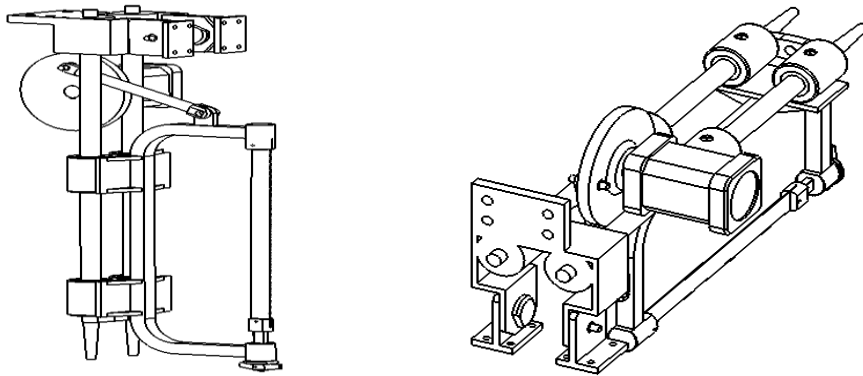


图 3 锯切割替换结构  
Fig. 3. Saw Cut Replacement Structure

### 3 板材线切割机重点部件应力分析

经过分析, 丝架, 锯架为主要受力件, 利用 solidworks 绘制零件并对其进行有限元分析 (如图 4, 图 5 所示), 仿真受力不会损伤零件且可正常工作. 通过计算可知所选用材料与尺寸满足条件.

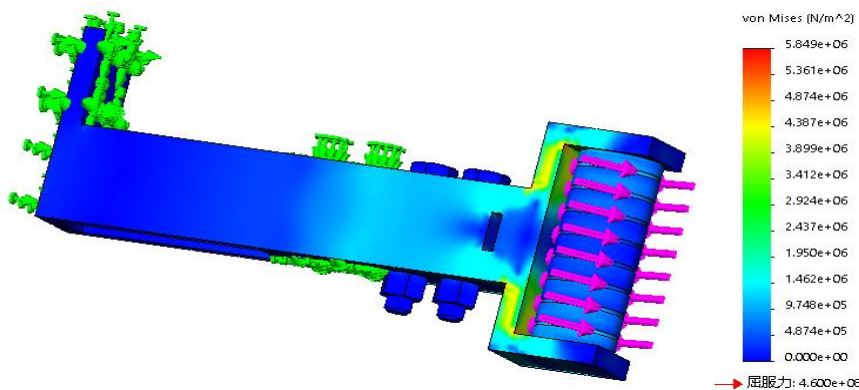


图 4 丝架受力分析图  
Fig. 4. Force analysis of wire frame

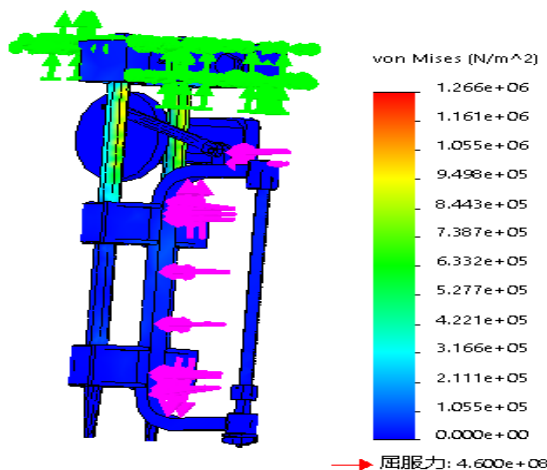


图 5 锯架受力分析图  
Fig. 5. Force analysis of saw frame

## 4 结束语

综上所述, 本文所设计的既可以加工不同非导电板材, 又可以加工金属板材的切割机床. 这不仅可以大大地缩短产品零部件的试制周期, 而且对于加工效率和不同材料的零部件的加工精度都有大幅度提高. 为机械制造业未来的产品零件设计制造提供了空间, 可以说是大有前景.

## 参考文献

- [1] 刘志东. 高速往复走丝电火花线切割技术发展趋势 [J]. 航空制造技术, 2014(19):40-45.
- [2] 杨可桢, 程光蕴, 李仲生, 等. 机械设计基础 [M]. 第六版. 北京: 高等教育出版社, 2013:25-29.
- [3] 本刊编辑部. 2023 国际木工展在沪盛大开幕 [J]. 木工机床, 2023(03):52.
- [4] 熊达. 中走丝电火花线切割机的特点与发展趋势 [J]. 山东工业技术, 2018(11):55.
- [5] 卢镇华 «十二五» 期间头四年 (2011-2014 年) 木工机床行业概况, 2015.12.7.
- [6] 濮良贵, 陈国定, 吴立言机械设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [7] 中国农业机械化科学研究院农业机械设计手册 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.

## References

- [1] Liu Z.D. Development trend of high-speed reciprocating wire EDM technology[J]. Aviation Manufacturing Technology, 2014(19):40-45. DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2014.19.031. 2003.11.15.
- [2] Yang Kezhen, Cheng Guangyun, Li Zhongsheng, et al. Fundamentals of Mechanical Design [M]. Sixth Edition. Beijing: Higher Education Press, 2013: 25-29.
- [3] Our editorial department. 2023 International Woodworking Exhibition in Shanghai grand opening [J]. Woodworking Machine Tools, 2023(03):52.
- [4] Xiong Da. Characteristics and development trend of center walking wire EDM wire cutting machine [J]. Shandong Industrial Technology, 2018(11):55. DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.11.047.
- [5] Zhenhua Lu. «Overview of woodworking machine tool industry in the first four years of the 12th Five-Year Plan period (2011-2014)», 2015.12.7.
- [6] Pu Lianggui, Chen Guoding, Wu Liyan Mechanical Design [M]. Beijing: Higher Education Press, 2012.
- [7] China Academy of Agricultural Mechanization Science and Technology Agricultural Machinery Design Manual [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press 2007