

数控等离子切割机控制系统设计

Designed of Control System in CNC Plasma Cutting Machine

文 / 青岛海洋装备研究院 蔡明峰

摘要： 本文通过对等离子切割机工作原理进行分析研究。并且切割工艺进行优化。通过提高控制系统的控制精度来提高加工精度将会得到一种低成本高收益的效果。对控制系统与外围电路信息交换进行了光耦隔离，减少了外界干扰，增加了系统的安全性，并且根据计算选择了合适的电机驱动。通过对控制系统的优化设计提高了切割机的切割精度和抗干扰性能，经实验论证切割精度能够达到 $\pm 0.5\text{mm}$ 左右。

1 前言

数控等离子切割机的数控切割：是指数控火焰、等离子、激光和水射流等切割机，根据数控切割套料软件提供的优化套料切割程序进行全时、自动、高效、高质量、高利用率的数控切割。数控切割代表了现代高科技的生产方式，是先进的优化套料计算技术与计算机数控技术和切割机械相结合的产物。目前我国制造业中，手动和半自动切割的应用还比较普遍。随着我国现代化建设的不断进行，机械制造业的钢材使用量也不断增加，对切割的精度、效率的要求也不断提升。具有高智能化、高集成度的数控切割机设备大大降低了生产成本及资源浪费，成为现代化制造业发展的必然趋势。

对于那些采用传统方式难以切割的材料，可通过数控等离子切割机完成。此外，在切割速度上，在切割小厚度普通碳素钢薄板时，数控等离子切割速度快于传统氧切割速度的数倍，同时，切割面保持光洁，热变形情况较好。数控等离子切割机切割件质量对于产品质量有着十分关键的影响，科学合理的优化切割路径具有重要价值。切割件热变形的原因分析在进行数控等离子切割机操作的过程中，出现时热变形的情况的概率较小，然而，在金属板材轧制和冷却中难以避免产生残余内应力。这是因为，在切割过程中，由于受到局部高温热源因素的影响，金属板材会沿着切割的方向发生膨胀，膨胀后的金属板材周围的母板便会受到一定的限制，导致金属板材在切口边缘的位置上发生较大的应力作用。

数控等离子切割机具有多功能、高效、高速、高精度、低劳动强度和高度自动化等特点，适合于加工多品种、小批量、形状复杂、调换频繁的零件，广泛运用于汽车、机车、压力容器、化工机械、核工业、通用机械、工程机械、钢结构等许多行业。数控等离子切割能切割氧气难以切割的各种金属材料（利

用等离子弧还能切割某些非金属材料），其主要优点在于切割厚度不大的普通碳素钢薄板时，切割速度可达氧切割法的 5—6 倍、切割面光洁、热变形小、切口宽度和切割面斜角较大，切割薄板时采用特种切割割炬或工艺可获得接近垂直的切割面等。数控等离子切割机切割件的加工质量对整个产品起着关键性的作用，所以有效防止加工件的变形显得尤为重要。

2 切割工艺优化

为了尽量减小切割变形，切割前必须保证金属板材的定位准确牢靠，在条件许可的情况下，使用多点接触的电磁平台进行适当的校平处理，以消除金属板材不均匀的残余内应力，提高板材平整度。数控等离子切割机是利用高速度、高温、高能量的等离子切割机与计算机控制相结合起来的切割金属板材的设备。其工作过程都是按照事先编制好的程序自动控制的，其识别的是加工程序，所以在加工前选择合理的切割工艺——切割的起点、方向、顺序、速度等对切割件的加工质量起着决定性的作用。

2.1 起弧点选择

一般情况下，切割件的起弧点应在金属板材边缘，或在已切割加工件的割缝中间最为理想。当距离太大时，出现不起弧或断弧，使加工件切割不透，造成产品浪费或报废；当距离过小时，喷嘴与工件间易短路而烧坏喷嘴，破坏切割过程的正常进行。实践证明：喷嘴距离工件的高度一般在 6—8mm 为宜，空气等离子切割和水再压缩等离子弧切割的喷嘴距离工件高度可略小于 6—8mm。

2.2 切割方向选择

正确的切割方向应该保证最后一条割边与母板大部分脱离。如果过早地与母板大部分脱离，则周边的边角框不足以

抵抗切割过程中出现的热变形应力，造成切割件在切割过程中移位，出现尺寸超差。

2.3 切割速度选择

切割速度是切割过程中割炬与工件间的相对移动速度。合适的切割速度是切口表面平直的重要条件。切割速度决定于材质板厚、切割电流、气体种类及流量、喷嘴结构和合适的后拖量等。在同样的功率下，增加切割速度将导致切口变斜。切割时割炬应垂直工件表面，但为了有利于排除熔渣，可稍带一定的后倾角（一般情况下倾斜角不大于 3。），故为提高生产率，应在保证切透的前提下尽可能选用大的切割速度。

2.4 切割顺序影响

切割顺序是指对钢板上若干大小嵌套的套排零件依次进行切割的顺序。一般应遵循“先内后外，先小后大”的原则：即先切割加工件的内轮廓（或内轮廓中嵌套的零件），后切割外轮廓；先切割面积小的零件，后切割大尺寸零件。否则，在金属板材上切割内轮廓或其它小零件时会产生变形，造成加工件的报废。

3 步进电机驱动的选择

本文所设计的数控等离子切割机选用的步进电机型号：

（1）工作台横向驱动电机型号为 MT86STH60—600 4A。

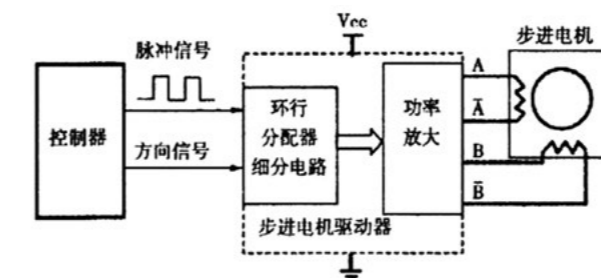


图 1 控制系统工作原理图

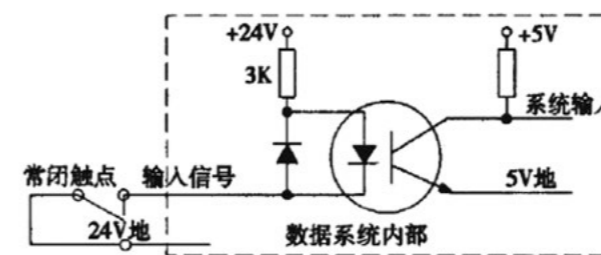


图 2 光耦输入模块示意图

（2）割枪架纵向驱动电机型号为 MT42STH33—13 34A。

步进电机作为数控等离子切割机的执行元件，是一种能将电脉冲信号转化为角位移的执行机构。通过驱动器和控制器的作用是控制整个切割机的运行，如图 1 所示。本系统驱动器的作用是对控制脉冲进行环形分配、功率放大，使步进电机绕组按一定顺序通电，控制电机转动。当给驱动器一个脉冲信号和一个正方向信号时，驱动器经过环形分配器和功率放大后，给电机绕组通电的顺序为，其四个状态周而复始进行变化，电机顺时针转动；若方向信号变为负时，通电时序就变为电机逆时针转动。

为了提高步进电机的性能，细分驱动器用于改变电机工作转动角度，细分驱动器的工作原理是通过改变 A、B 相电流的大小。以改变合成磁场的夹角，一个步距角被细分为多步。

步进电机均有固定的共振区域，二、四相步进电机的共振区一般在 180—250Hz 之间（步距角 1.8 度）。电机驱动电压越高，电机电流越大，负载越轻，电机体积越小，则共振区向上偏移，反之亦然。为使电机输出力矩大，不失步和整个系统的噪音降低，一般工作点均应偏移共振区较多。

为了减小低速时的系统低速运动时的振动，在设计中采用带有细分器的驱动。在采用细分步距角时，细分数越高，电流越平滑，电机转动就越平稳。

驱动器一般都具有细分功能，细分后步进电机步距角按下列方法计算：

$$\text{步距角} = \text{电机固有步距角} / \text{细分数}$$

根据计算得到的细分倍数和步进电机的型号选择驱动器的型号 MT—2HB05HM 驱动器。

4 控制系统 I/O

I/O 接口在控制系统中非常的重要，它是控制系统获取反馈信号，发出控制信号的中转站。在绝大多数的系统中均需要对控制系统进行隔离保护。在这些隔离保护中可以转化 I/O 的控制电平；可以让控制器与外界隔绝，杜绝主电路里的大电流流进控制器，而发生控制器烧毁的意外。

4.1 光耦输入模块优化

一般限位 / 启动 / 暂停等使用机械开关，为防止干扰的进入，通常使用机械开关的常闭触点，按照图 2 方式连接。

系统要求的急停，启动，暂停，限位的逻辑是一致的，都接常闭点。系统开机后自动检测启动位的状态，作为控制依据。因此，在不接启动开关式，则相应的启动位应接到 24V 地。

4.2 输出模块优化

系统中输出分两种接法：一种是有利用系统后面提供的继电器，直接接电磁继电器等感性负载；第二种是无源接法只有两路。控制信号=0 开关 / 继电器接通 (+24V 形成回路, 低有效, 信号发出); 控制信号=1 开关 / 继电器断开 (+24V 未形成回路, 信号撤销)。光耦输出电路连接如图 3 所示。

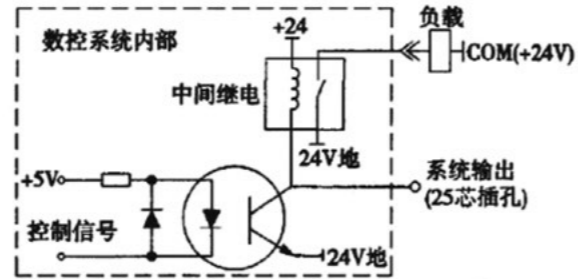


图 3 光耦输出模块示意图

5 控制系统典型接线

本优化设计中采用北京斯达微步公司的 SH2012AH-QC 切割机专用数控系统该系统具有抗等离子干扰, 防雷击, 浪涌的能力。应用于等离子加工时, 自动完成拐角速度控制, 断电恢复, 自动断电恢复功能, 回退, 选段, 选穿孔点加工, 适用于厚板的外延穿孔, 任选穿孔点等功能, 极大方便用户的操作。采用小线段处理功能, 可广泛的应用于金属下料及广告、铁艺等。含 24 种图形 (可扩充和自定义) 的零件库, 包含了常用的基本加工零件。

切割机数控系统适用于火焰 / 等离子切割, 它的输入 / 输出接口中分别有针对火焰和等离子功能。图 4 给出的是该系统应用在等离子切割上的典型接线。

在实际控制接线中步进电机驱动器采用共阳极接法。数控系统的 DB25 接口中调高器控制接口 (7、8、19、20) 以及其公共端悬空。在不使用 www.huisheliren.com 限位的情况下将限位接口与其公共端端接。

改造前后分别对试验样机进行了测试, 取 1.5cm 厚的钢板进行试验, 每次切除 1CM 长度钢板, 然后测量误差, 分别得到 20 组误差平均值, 比较前后可明显看出改进前后的区别如图 5 所示。

试验表明改进后的误差明显低于改进前的误差, 改进后误差被控制在 0.5mm 左右, 所以经改造后的控制系统抗干扰能力更强, 切割精度更高。

6 结束语

本文根据步进电机细分倍数及脉冲当量计算选用了合适的驱动器可以达到设计的要求精度。在控制系统的控制电路的输入、输出模块加进了光电耦合技术, 使得外围电路对控制系统的干扰大大降低, 从而提高了设备的切割精度。对控制系统的接线路径进行改进, 使得控制系统更好更平稳得运行, 提高了设备的稳定性。通过对控制系统的改进设计, 设备精度得到了很大提高, 精度能达到 0.5mm 左右, 大大提高了板材的利用率。

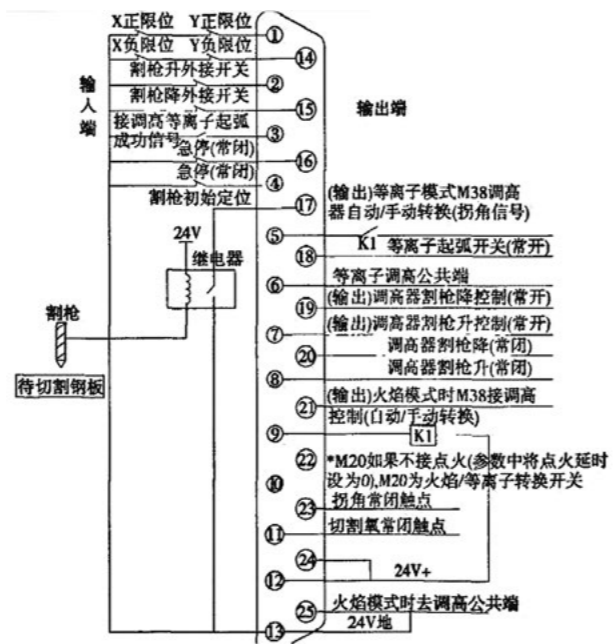


图 4 控制系统接线图

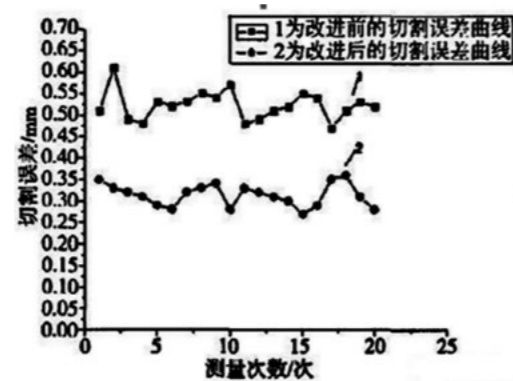


图 5 改进前后精度变化曲线图