



铝合金板材 等离子高效切割技术

王员员 夏国希 成红蕾

1. 概述

近年来，随着国内轨道交通飞速发展，铝合金车体的城轨车辆市场前景逐步出现了良好的趋势。由于铝合金具有重量轻、强度高等优点被广泛应用于城轨车辆车体关键承载部位，因此铝合金板材的加工、焊接质量关系到整个铝合金车体的安全性以及交付进度。要保证铝合金加工的质量和效率，就要从各个工序进行控制。下料作为第一道工序就显得尤为重要，下料的质量及效率高低直接影响以后各工序的质量以及交付进度。当前，下料工艺和设备种类较多，在不同切割条件下各有优劣。本文对铝合金板材的等离子高质高效切割技术进行介绍。

2. 等离子切割工艺研究

目前我公司使用的是梅塞尔等离子切割机（见图1），等离子电源为凯尔贝Fine Focus 800，工作气体为 $Ar+N_2+H_2$ ，设备结构为双导轨，主要承担16~40mm厚铝合金板材切割下料。

下面结合等离子切割特点以

及设备和生产实际情况，从切割参数及切割工艺对铝合金高效切割进行研究。

（1）切割参数 评判等离子切割质量的主要依据：切割面垂直度、切割面割纹深度及挂渣情况等。切割电流和切割电压决定了等离子弧的功率，等离子弧功率大小决定了切割能力和效率。而切割速度是切割生产率高低的主要指标，切割速度对切割质量有较大影响，合适的切割速度是切口表面平直重要条件。合理的

匹配三个参数，对切割质量有着关键的作用。下面通过一系列的切割参数试验，阐述了切割电压、切割电流、切割速度和切割质量之间的关系。

第一，试验方案设计及结果分析。以20mm厚铝合金板材为例，根据切割经验设定切割电压为120~150V，切割电流为200~240A，切割速度为1500~2100 mm/min。

从表1中可以看出，切割电压、切割电流、切割速度均有三



图1 梅塞尔等离子切割机

表1 20mm厚铝合金板材试验参数

项目	切割电压/V	切割电流/A	切割速度/mm·min ⁻¹
1	120	200	1 500
2	135	220	1 800
3	150	240	2 100

个参数水平，如每个组合均进行切割试验，工作量较大，这里我们使用正交试验法对试验方案进行设计，试验方案及切割质量描述，如表2所示。

根据试验结果，不同的切割参数将会有不同的切割质量（见图2）。通过比较可以看出，切割速度越高，切割面倾斜角度大，而且断面下半部分向后退拽纹路也随着速度的增加会更加严重。切割电压越高，会发现切割面倾斜角度也会变大，而电压太低时，甚至会出现负角度，主要原因是弧压感应调整割炬高度，因为等离子弧的形态导致切割面垂直度受到影响。

根据以上试验结果，我们缩小三个参数的范围，经过多次试验对比，最终得出一组比较适用的参数（见表3）。用同样方法找出其他厚度铝合金板材的最佳切割参数。下面是我公司部分铝合金板等离子切割参数。

由于影响等离子切割质量的因素比较多，并与设备及板材状态也有关，为此在生产过程中，需根据切割质量实际情况，对以上切割参数进行小幅调整，所以上参数并非固定，允许上下浮动5%。

第二，常见切割质量分析。除上述三种切割参数外，气体流量、电极内缩量、割嘴高度以及切割易损件（电极、喷嘴等）等都是影响切割质量的重要因素。下面列举常见切割质量问题及解决方法。

首先，切割角度：由于等离子弧的特点，切割时当更多材料碎屑从切口上方掉落时，会出现

正的切割角；当更多材料碎屑从切口下方掉落时，会出现负的切割角。

解决方法：调整弧压或割炬高度，及时更换易损件。

其次，熔渣：切割面产生熔

渣有两种情况：一种是低速熔渣，由于切割速度较低，产生的过多熔化金属不能够完全吹离切割面；另一种就是高速熔渣，由于切割速度太快，使切割能力下降，切割面下部产生熔渣。

表2 试验方案及结果描述

因素	切割电压/V	切割电流/A	切割速度/mm·min ⁻¹	质量描述
试验1	120	200	1 500	有少许熔渣
试验2	120	220	1 800	质量略好
试验3	120	240	2 100	切面倾斜大
试验4	135	200	1 800	质量略好
试验5	135	220	2 100	切面倾斜较大
试验6	135	240	1 500	有熔渣
试验7	150	200	2 100	切面倾斜较大
试验8	150	220	1 500	低速有熔渣
试验9	150	240	1 800	切面倾斜略小

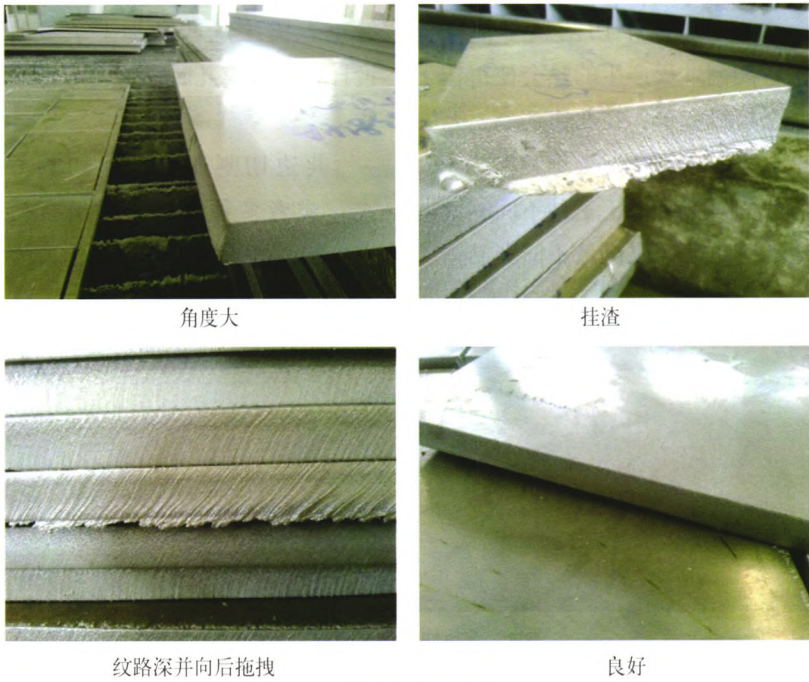


图2 切割质量照片

表3 铝合金板材切割参数

板厚/mm	切割电压/V	切割电流/A	切割速度/mm·min ⁻¹
16	130	210	2 000
20	130	215	1 800
25	140	240	1 400
30	140	250	1 200
40	170	260	500

解决方法：低速熔渣，适当加快切割速度即可解决；高速熔渣，需适当降低切割速度及电压，调整切割高度。

以上是两种常见的质量问题，还有一些其他质量问题，例如切割面内凹、外凸，与割炬高度、切割电流、电压及电极消耗情况等均有关系，切割过程中需根据实际情况进行调整。

(2) 高效切割工艺 共边切割是一种能够提高切割效率和材料利用的高效切割工艺（见图3、图4）。但在传统理念中，因等离子切割本身特点，一般较少应用到等离子切割中。我公司结合产品特性及要求，将此工艺引入到了铝合金板材的切割下料。

由于等离子切割属于热切割，切割过程产生的热会使得铝合金板材变形，在共边切割工艺条件下，这一情况会更突出，为此我们设计了以下三种不同的共边切割工艺，以满足不同产品需

求，降低产品质量风险。

方式一：如图5所示，网格式切割，先切横向与纵向共边路径，然后再切割外轮廓。这种属于批量切割零件，由于切割过程热变形可能导致板材位置移动，所以建议一次排料不要太多，否则产品易出现尺寸偏差问题。

方式二：Z型切割方式，如图6所示，先切左、下两条外轮廓边，再按图示走Z型路线切割。同样属于批量切割方式，不宜排料太多，质量风险较方式一要低，但穿孔次数增加。

方式三：单件切割方式，如图7所示，按零件逐个进行切割，穿孔次数最多，质量风险较低。但部分零件切割起弧点在割缝上，需注意产品加工余量的设计，保证穿孔时不伤及零件本体。

共边切割还有其他切割方式，或者多种切割方式组合使用，编程技术人员可根据需要进

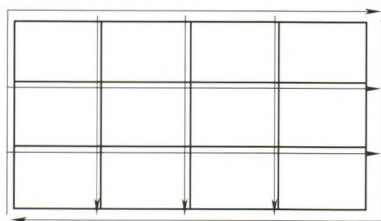


图5 共边切割网格式路径

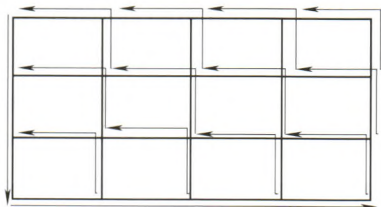


图6 共边切割Z型路径

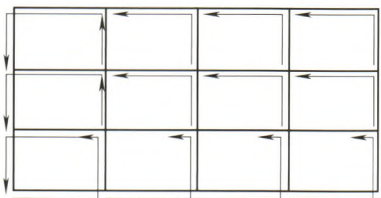


图7 单件切割方式

行设计。除共边切割外，其他一些高效切割工艺，如连续切割技术，同样应用到我公司的铝合金板材的切割下料，显著降低易损件的损耗，节约了成本。

3. 结语

影响等离子切割质量的因素很多，如切割参数、切割工艺、切割易损件与设备状态等。只要日常做好设备保养，在实际切割中按要求的切割工艺和参数，就可以满足切割质量要求。

作者简介：王员员，株洲联诚集团有限责任公司工艺研发部，主要负责集团公司下料工艺研究及开发应用。

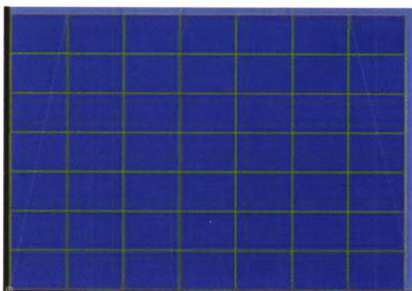


图3 共边切割排料示意

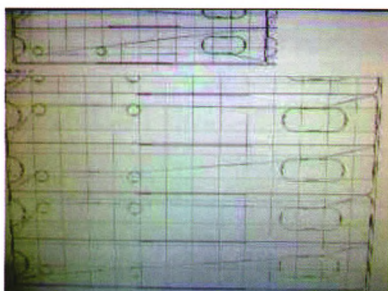
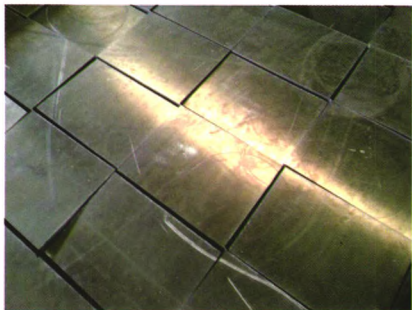


图4 共边切割实例

