

激光切割是激光雕刻机极其重要的一种作业模式，中大幅面的激光雕刻机的主要作业模式，就是切割。现在的中小型激光雕刻机，基本都号称是“既能雕刻，也能切割”，是否果真如此呢？这篇教程，就是比较具体详细描述激光切割工艺的，既可作为激光切割学习教程，也可作为购机参考资料。

# 激光切割教程

**WinsealXP  
CoreLASER**



**李辉宇**



**Lihuiyu Studio Labs.**

**2013年01月30日**

**编写者：李辉宇**

## 第一章：激光雕刻与激光切割概论

激光雕刻机主要有两种作业模式：雕刻、切割。激光雕刻，以像素行扫描的方式工作，每扫描一行像素，就雕刻一行像素。像素扫描，可以逐行扫描：就是一幅图的每一行都扫描；也可以隔行扫描：就是一幅图中，每隔几行扫描一行。我们拿 1000dpi 的激光机来说，一幅 40mm 高的图，有 1575 行像素，如果逐行扫描，激光机要来回跑 1575 次。如果隔一行扫描一行，那么激光机只要来回跑  $1575 / 2 = 788$  次，如果隔两行扫描一行，那么激光机只要来回跑 525 次。所以，隔行扫描模式，可大大提高激光机的工作效率。在我们的激光机软件中，就有个像素步长的参数，其意义就是多少个像素等价于激光雕刻机的一步，也就是合并多少个像素为一个像素！与其他激光机的扫描间隔，在雕刻效率上是一样的，但原理上却有一定的差别。隔行扫描方式，跳过的像素行，是否是图形的重要细节行呢？如果恰好跳过了图形重要的细节像素行，则雕刻出来的图，细节就丢失了。我们采用像素合并方案，就可以在合并像素的算法里，尽可能保留图形的细节行，所以在理论上先天的优势！



提示：

- 1、增大像素步长，可成倍提高工作效率，但是，理论上像素步长越大，雕刻精度就越低，底纹质量也会越差！
- 2、有时增大像素步长，反而可提升雕刻效果。精度下降，为什么雕刻效果反而提升呢？举个例子来说明：比方某材料受热影响大，太密集的扫描，则可能导致雕刻出来的文字笔画，有扭曲现象，因为激光的热影响，导致文字笔画受热扭曲。如果增加像素步长，则可以起到明显改善的作用。所以这种情况下，就会有“精度下降但雕刻效果反而更好”的事情。

不管多么昂贵的激光雕刻机，其扫描雕刻的原理都是差不多的：雕刻效果的好坏，与轨道精度、激光系统的性能关系最大，而在雕刻软件的设计上，虽可做一定的改良，但很难起到立竿见影的效果，比方我们把传统的隔行扫描方案，改良为像素合并方案。流行的一个说法是：大幅面的激光机的雕刻效果，不如中小幅面的激光机的雕刻效果，所以大幅面激光机，主要用于切割。几万元激光机的雕刻效果，反而不如万元以下的激光机的雕刻效果，这是不是有些纳闷？其实原因也很简单，因为大幅面的激光机，使用的是比较沉重的运动部件，运动惯量非常大，而运动惯量越大，运动精度的控制就越不容易，外加一些用户又不会设置回程补偿等参数，盲目雕刻。

而激光切割相比激光雕刻，就复杂得多！首先，激光切割是以不规则的曲线运动为主，大多数时候是两轴联动的运动方式，所以，在运动控制上要比激光雕刻复杂得多。其次，激光切割对于工艺过程的要求，比较复杂。何谓工艺过程呢？比方切割一个由多个小图块组成的复杂图形，先切哪些图块，后切哪些图块，不封闭的曲线，与封闭的曲线，先切谁……，诸如这种要求，就是激光切割的工艺过程。激光切割运动控制的复杂性，加上激光切割工艺过程的复杂性，使激光切割系统的设计，具有相当的复杂性。

在我们的控制板出现以前，激光切割是大幅面激光机的专有功能，而一些中小型激光机乃至激光刻章机，虽然也号称具备切割功能，但事实上只能切几个简单的轮廓，遇到复杂的图形，就错位、乱切，而至于切割工艺的安排功能，完全就没有。而激光机的制造者和经销者，完全就避开这些关键因素，反复地强调多快的切割速度、多深的切割深度，多少 W 的激光管。而用户购买激光切割机时，也是盲目的，只考虑速度、深度、激光管功率。



**激光切割工艺过程相比深度、速度，更加重要！**

在我们进入激光机行业之前，中小型激光机只具有简单的轮廓输出功能，这是激光切割进入到中小型激光机的雏形！但自我们正式把激光切割普及到中小型激光雕刻机领域之后，如今所有的中小型激光机，都号称既能雕刻也能切割，果真如此吗？并非如此，因为在我们编写这份教程之前，基于我们的主板和软件制造的激光雕刻机，其切割工艺的实现也是有些捉襟见肘的，但我们的主板和软件，完善地解决了一个长期以来存在的问题：**中小型**

**激光机切割复杂图形，经常性地错位、乱切！**

## 第二章：激光切割的两种工艺介绍

 在我们的主板出现之前，中小型激光机只要切割时不错位、不乱切，就是用户们至高无上的追求！

我们前文说到，在我们编写这份教程之前，基于我们的主板和软件制造的激光雕刻机，其切割功能也是有些捉襟见肘的，但我们解决了一个长期以来存在的问题：中小型激光机切割复杂的图形，经常性地错位、乱切：用户切割十几次，也很难切割出一个完整的、合格的。所以当时中小型激光机用户是别无所求，只要切割时不错位，就是用户们至高无上的追求！但我们却一举完善地解决了这个问题，使得中小型激光机的切割功能，有了继续向前进化的基础和发展空间。用户的需求是会转移的，当激光机老是错位、乱切时，不错位、不乱切就是用户们至高无上的追求。而一旦这个问题被圆满解决了，用户的需求重点，就会毫不留恋地转移了。

现在，用户的需求重点，转移到了什么地方呢？切割工艺过程的自动化：也就是说，一个复杂的图形，先切哪部分，后切哪部分，最好激光软件能够自动安排好。要说明工艺过程，我们先要了解激光切割的两种工艺：

### 1、需要把材料切穿的激光切割工艺（不妨简称为分离式切割）

这类激光切割工艺，主要有：切孔、零件切割、板材切割、皮革布料裁样、模型切割等等。该类切割工艺的特点是需要把材料切穿，使图形从材料上分离出来。

### 2、不需要切穿材料的激光切割工艺（不妨简称为描绘式切割）

对于切割，不少用户的理解就是切割下来。所以激光切割机，他们以为就是激光裁板机。但并非如此，比方一些工艺品，我们要在它的表面描绘一些线条图形、文字，使用的作业模式，也应是激光切割，但这种切割，就是不需要切穿材料的。

分离式切割与描绘式切割，区别就在于要不要把图形从材料上切穿分离下来。这两种切割工艺，对于工艺工程会有绝然不同的要求。比方分离式切割，一般最常用的最合理的工艺过程是先切割内部，后切割外部；而描绘式切割工艺，最佳的工艺过程是最短路线切割，描绘效率越高越好。

 描绘式切割，类似于单线打标。

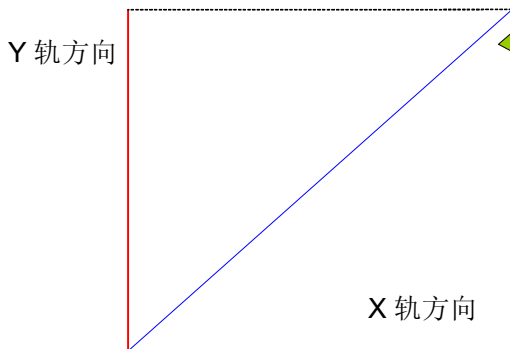
## 第三章：特有的曲线变速切割技术介绍

变速切割技术，大多数大型激光切割机都支持，而使用变速切割技术的目的，主要是解决激光机在遇到锐角拐弯时，发生冲击和错位。其原理是：在遇到锐角拐弯前，先逐步减速到较低的速度，以低速拐弯，拐弯之后，再逐步加速到正常速度。所以，传统的变速切割的主要目的，是为了避免拐弯错位。在大型激光机的软件里，对于切割速度一般有两个参数要设置：切割速度、拐弯速度。所以，这种变速切割，也就是两速切割。

我们所特有的曲线变速切割，与传统的变速切割技术，完全不同：传统的变速切割，是两速切割，是为了避免遭遇锐角拐弯时发生错位；而我们特有的变速切割技术，是多态变速切割技术，该技术会依据曲线曲率的变化，不断地改变速度，切割一条曲线，可能采用数十种不同的切割速度，其目的是尽可能使曲线、斜线的切割深度，与水平线、垂直线一致，并尽可能使曲线的切割光滑度更好。

为了说明我们特有的曲线变速切割技术，我们先要说明一下激光雕刻机的运动原理。激光雕刻机一般采用步进电机或伺服电机（步进电机或伺服电机，下文统称为电机）作为动力，步距角是电机的一个重要参数。比方，步距角 1.8 度的电机，表明电机每步转过 1.8 度，转一圈就是  $360 / 1.8 = 200$  步，电机的运动是一步步地转动，而非连续转动。激光雕刻机的分辨率，就是电机每步的分辨率。比方 1000dpi 的激光机，每步的长度就是 0.0254mm。

但是，电机只能走整数步，而不能走小数步（比方 0.3 步）：1000dpi 的激光机，每步是 0.0254mm，能让 1000dpi 的激光机，走 0.01mm 吗？不能。但是，1000dpi 的激光机，仅表示激光机水平运动、垂直运动，每步的长度是 0.0254mm，如果激光机走一条 45 度的斜线，则每步的距离是  $0.0254\text{mm} \times 1.4142 = 0.036\text{mm}$ 。下面我们以图示说明切割一条水平线、一条垂直线、一条 45 度斜线的情况：



红线是要切割的一条竖线，绿线是要切割的一条横线，蓝线是要切割的一条 45 度的斜线。X 马达不动，仅 Y 马达走 m 步恰好切割了红线；Y 马达不动，仅 X 马达走 m 步恰好切割了绿线。如果 X 马达和 Y 马达联动 m 步，恰好切割了蓝线。若马达匀速转动，切割红、绿、蓝三根线所用的时间是一样的！但不难发现，红绿线是一样长，而蓝线却比它们长很多：激光功率固定、切割时间相等的情况下，能够恰好切穿红绿线，就不能切穿蓝线，因为蓝线的跨度大得多，需要消耗更多的激光能量。解决的办法就是变速切割，切割蓝线时 X 马达和 Y 马达均放慢速度

上图示意了切割水平线、垂直线、45 度斜线时，X、Y 马达是如何运动的，但是，实际的激光切割，往往是切割曲线为主，如何保证切割的曲线，各部分深度一致呢？这就要依赖我们特有的曲线变速切割技术。

## 😊 设置合理的曲线变速比，可大大改善曲线的切割效果。用户可在下图所示的窗口里设置。

曲线变速比设置为 0，表示由主板去确定曲线变速比（理论值）。若设置为 100%，表示不变速，使用匀速切割。若设置为 80%，表示最低变速到标准速度的 80%。一般曲线变速比应设置为 70%-95%

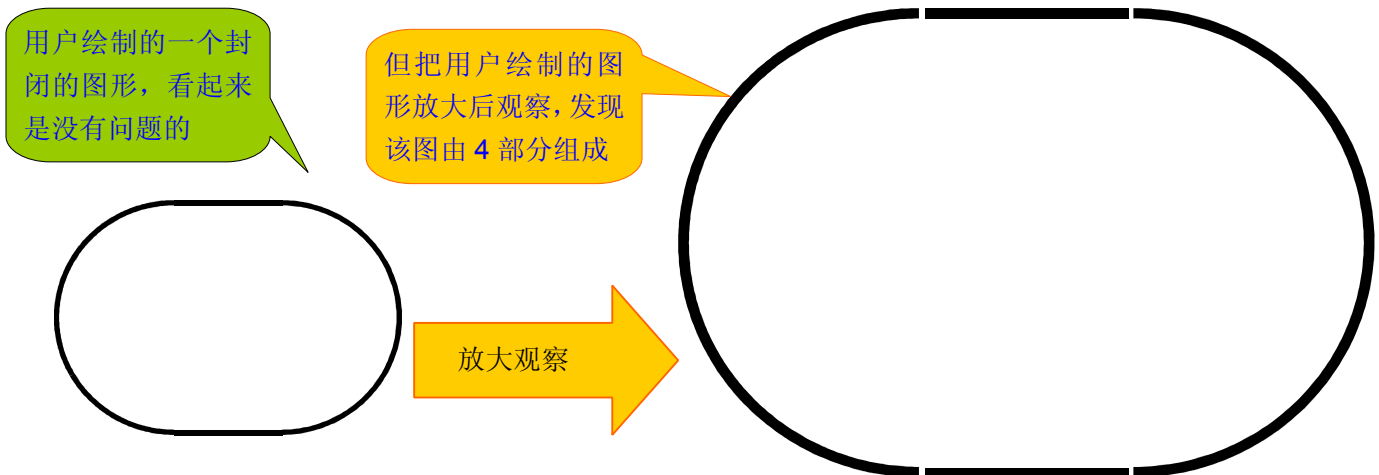
注：变速切割不是两速切割！比方设置切割速度为 32mm/s，设置变速比为 80%，那么最低变速到  $32 \times 80\% = 25.6\text{mm/s}$ 。但是，并非切割时只有 32mm/s 和 25.6mm/s 两种速度，而是切割时依据曲线的走势和曲率的变化，切割速度在 25.6mm/s – 32mm/s 之间不断变化：切割一条曲线时，可能会使用数十种切割速度！



## 第四章：邻线合并功能，使切割一气呵成

激光机切割时，在一条线的起点打开激光，然后沿着曲线路径，走到这条线的终点，然后关闭激光，也就是说切割一条线条，需要开一次激光，关一次激光。

但是，有时候用户作图，可能会把一条线，分成几部分来绘制，这样绘制的一条线，实际上是由好几条线组成的。而激光切割时，这条线便分成几部分来切割，不能一气呵成，不但影响工作效率，而且因为数次开关激光，致使切割时接点太多，影响切割效果！尤其，可能用户在绘图时，并没有把前一条线条的终点和第二条线条的起点连接起来，而是存在一个间隙，这就可能导致切割时，有些部分没有切断！如下图：



😊 上面的图，用户是想切割时一气呵成，但是激光切割时却分成四部分来切，用户可能还纳闷，但事实上是因为用户做的图，原本就没有衔接上

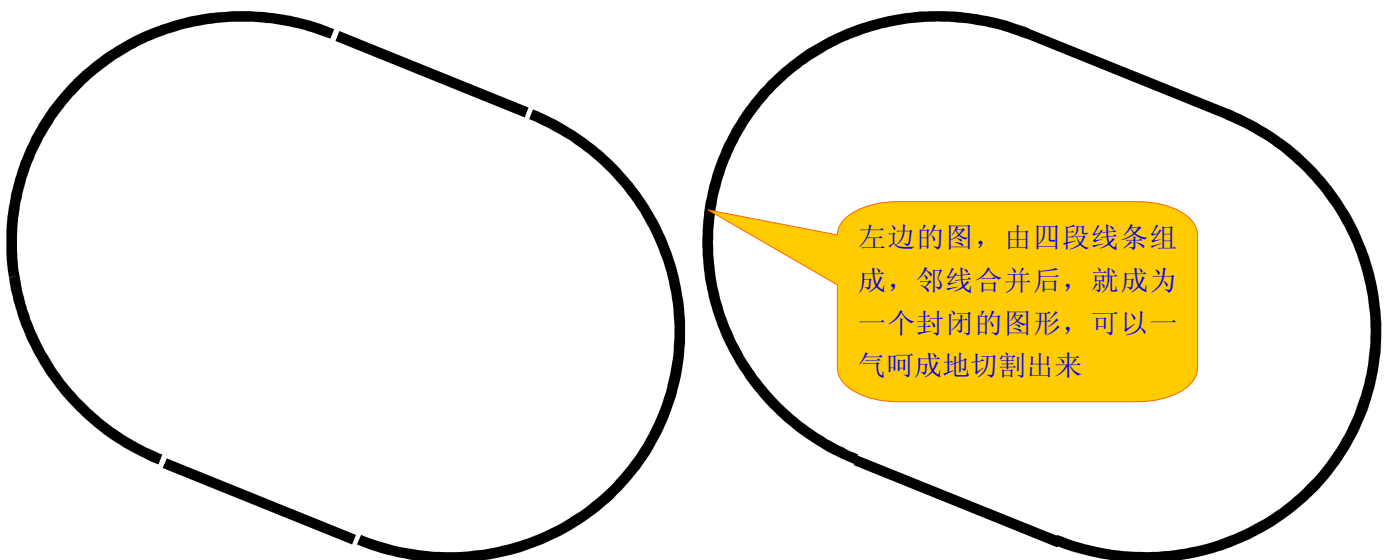
还有一种情况就是：用户导入其他软件绘制的图形，而这些图形被打散成一个个线条。常见的就比如在 CorelDRAW 里导入 AutoCAD 绘制的 DXF 图形，我们发现导入的 DXF 图形，被分解成一个个离散线条，这样的图形在切割时，接点就太多，不好保证切割效果，切割效率也会很低！

😊 DXF 文件的版本非常多，为了尽可能简单地兼容其他图形软件，所以 AutoCAD 导出 DXF 文件时，可能会把图形打散为线段：比方一个矩形，可能会被打散为四条线段。正因为这个原因，所以 DXF 文件里分散的线条非常多

上面所说的两种情况，第一种情况是用户绘图失误，第二种情况是导入其他软件绘制的图形，存在的问题。当然，还有其他原因。如何使分散的线条，一气呵成地切割呢？这就是邻线合并功能！



😊 邻线合并参数：当两条线条的端点之间的距离小于设定距离时，切割软件就会自动把这两条线条，合并为一条线条进行切割。



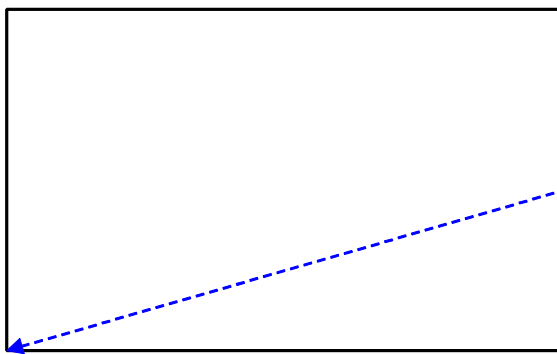
## 第五章：就近起刀切割，提高效率

一个封闭的图形，起点和终点是衔接在一起的，所以，任何一点都可以作为起点，但是，绘图软件，一般依据自己的习惯而规定封闭图形的起点。我们以 CoreIDRAW 绘制一个矩形为例：


CoreIDRAW 中绘制一个矩形，起点在矩形的左下角，以逆时针顺序绘制



激光切割机使用 CoreIDRAW 作为绘图软件时，切割 CoreIDRAW 绘制的图形，自然也是遵循 CoreIDRAW 的绘图规则：比方切割一个矩形，总是会从左下角开始。这会有什么不好吗？



如果激光头在此处，要切割左边的矩形，先要沿蓝色的虚线，跑到矩形的左下角去，是不是多走了不少弯路呢？

 **就近起刀，就是改变封闭图形原有的绘图起点，另选离激光头位置最近的点，作为切割的起点。**




如果激光头在此处，指定了就近起刀，那么激光机切割左边的矩形时就不会以 CoreIDRAW 规定的左下角为起点，而是就近找一点作为起点


**就近起刀是激光打标机常用的运动方式！**

## 第六章：切割工艺过程自动化

我们曾经以为，我们把中小型激光雕刻机，完善到了如此的程度，应该不会有用户再有什么要求了吧，但是我们想错了。因为，大型激光机对于切割，有工艺过程安排，可中小型激光机却没有或者很简易（比方就近起刀就是一种工艺过程），不实用，用户们怎么能满足呢？

能不能先切割内部？能不能先切小块的，再切大块的？我画图时，明明先画的是这个，激光机怎么不是先画的先切呢？激光机切割时，怎么不找近的刻，偏偏跑到老远的地方去切，这是怎么回事？……。当越来越多的用户咨询切割难题时，我们意识到：

 **切割，并非是激光机切割时不错位，不乱切就可以的，还要求按照一定的规则来执行切割任务，我们把这种切割规则，称为切割工艺过程。**

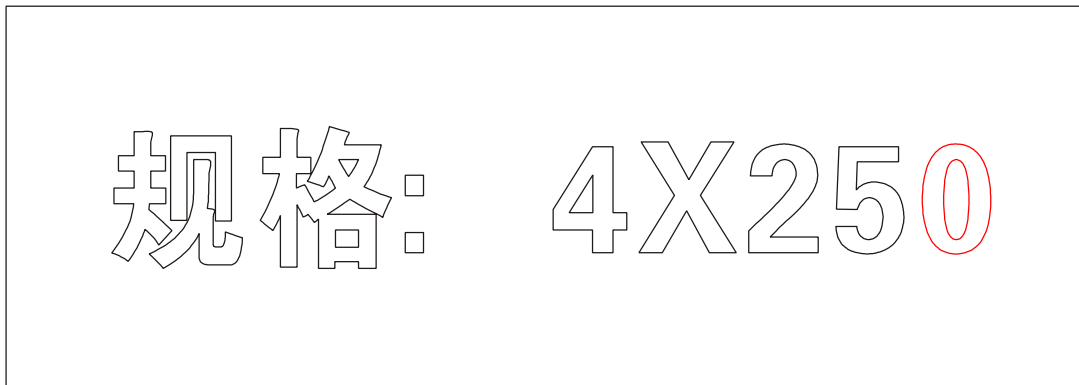
 **自 V2013.02.08 版本起，我们的激光雕刻软件，支持六种切割工艺过程。这六种切割工艺过程，是我们综合用户们所提的意见和建议，归纳总结出来的**





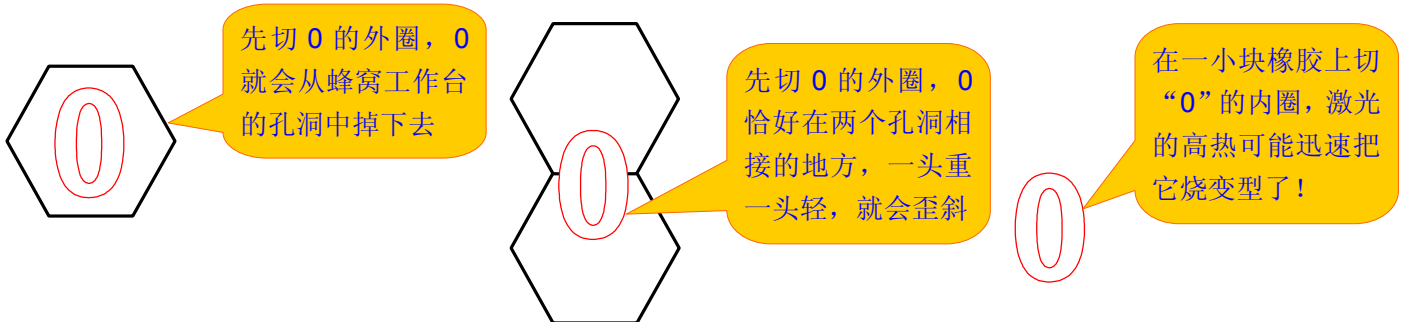
## 😊 激光切割，只要不切错，就可以了，先切哪部分图形，后切哪部分图形，不都一样吗？

最初，我们也是这样的认为！所以，当初有些用户问我们：能不能先切内部的，再切外部的？我们会很不理解为什么要这样做！直至后来，这种“特殊切割要求”的用户越来越多，我们才开始认真研究这个问题。越研究我们越觉得必要性大，而现在，我们干脆就认为，没有切割工艺过程的话，至少 70% 的切割活计是没法子完成的，或者难度太大！我们可以举个例子：在切割印刷用的橡胶版时（比方切割一个“0”），橡胶版是放在蜂窝工作台上的，如果激光切割时，先切“0”的外圈，后切“0”的内圈，会发生什么问题呢？



如果切割“0”时，先切割外圈，将会出现这几种可能：

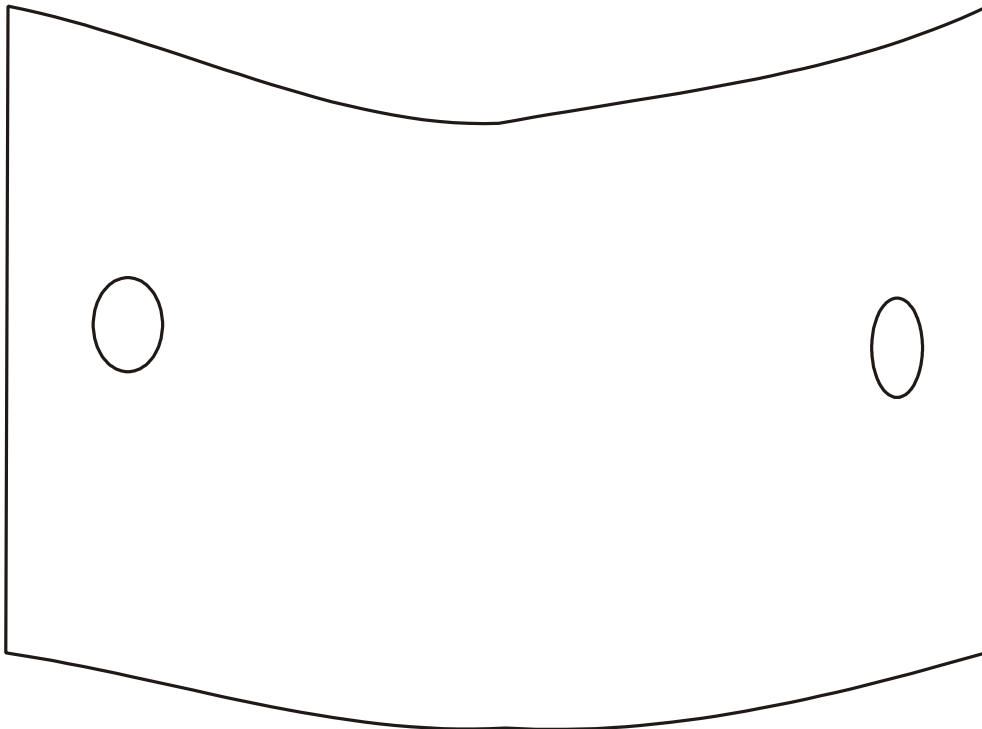
- 1、先切割“0”的外圈，“0”就从整块橡胶板上分离下来了，它可能就直接从蜂窝工作台的孔洞中掉了下去，可内圈还没切呢！如下图所示：
- 2、就算没从蜂窝工作台的孔洞中掉下去，但若恰好在两个孔洞相接的地方，就会因为一头重一头轻而发生歪斜，在已歪斜的“0”上，肯定无法准确地切内圈了！
- 3、就算以上两种情况都没有发生，但“0”从整块橡胶板上分离后，再切内圈，这么一小块橡胶，激光切割的高温高热，可能迅速把它烧变形了！



如果激光切割时，先切“0”的内圈，再切“0”的外圈，那就非常合理了。由此可见激光切割工艺过程的重要性！若没有“先切内部”的工艺过程，我们如何切割印刷橡胶版呢？

## 😊 在大型的激光切割机中，最重要的切割工艺过程就是“先切内部”，而且大多也只有这么一种。

我们再举一个必须先切内部的例子。比方用激光机切割数码产品的屏幕保护膜，如果没有先切内部的工艺过程选择，也是难以完成的，如下图所示：



如果切割数码产品的屏保护膜，先切外部再切内部的圆孔的话，在切完外部后，屏保护膜可能会轻微翘起，导致内部的两个圆孔无法正常切割。下面，我们逐一对我们的软件所支持的 6 种切割工艺过程，进行一些扼要说明：

## 按绘图顺序

按绘图顺序，就是用户作图时，先画的先切割，后画的后切割。该方案适用于比较简单的图形的切割。该工艺过程的好处是：可以完全由用户控制切割过程。

## 按图层顺序

按图层顺序，恰好是按绘图顺序的逆顺序，因为用户绘图时，先绘的图必定在底层，后绘的必定在顶层。按图层顺序，就是顶层的图形先切割，底层的图形后切割。该工艺过程的好处是：可以完全由用户控制切割过程。

## 小图块先切

如果一个图形由多个大小不同的图块组成，选择小图块先切，激光机就会按图块由小到大的顺序切割。该工艺过程可尽可能使材料保留有最大的面积，从而最大限度地减少激光切割的热影响。一般用于比较精密的零件和模型的切割，比方航模零件的切割。

## 大图块先切

大图块先切恰好是小图块先切的逆顺序：激光机按图块由大到小的顺序切割。

## 先切割内部

前面我们讲述切割工艺过程的重要性时，就是以先切割内部为例来说明。大型激光机中，先切割内部是最重要的，也基本是唯一的工艺过程。但在我们与一些用户的沟通中，发现只有先切割内部这么一个工艺过程，仍然有许多场合，无法满足要求，所以我们总结了多达 6 种工艺过程，以尽可能满足更多场合的应用。

## 最短路径切

激光机切割时，切割完一个图块后，必然要移动到另一个图块处去切割。如果切割过程中，走的路线越短，则工作效率就越高。选择最短路径切，就可以达到这个目的。如果选择了最短路径切，再指定“就近起刀”，那么激光

机切割时，所走的路线更加短些，效率也更加高些。

😊 最短路径切，也是一项非常重要的工艺过程，如果只是在工艺品上描上线条图，最好选择最短路径切割方案。比方在佛珠上描上矢量图的佛像，在产品上打上矢量图标记等等。

😊 有了这六种切割工艺过程的支持，激光雕刻机的应用价值，将得到大幅度提升，用户的应用也更加得心应手

## 第七章：在 CoreIDRAW 中直接切割

安装我们的 CoreLASER 插件后，用户就可以在 CoreIDRAW 中直接完成激光切割任务。但在使用过程中，我们发现一些用户对于雕刻和切割的概念，区分不清。

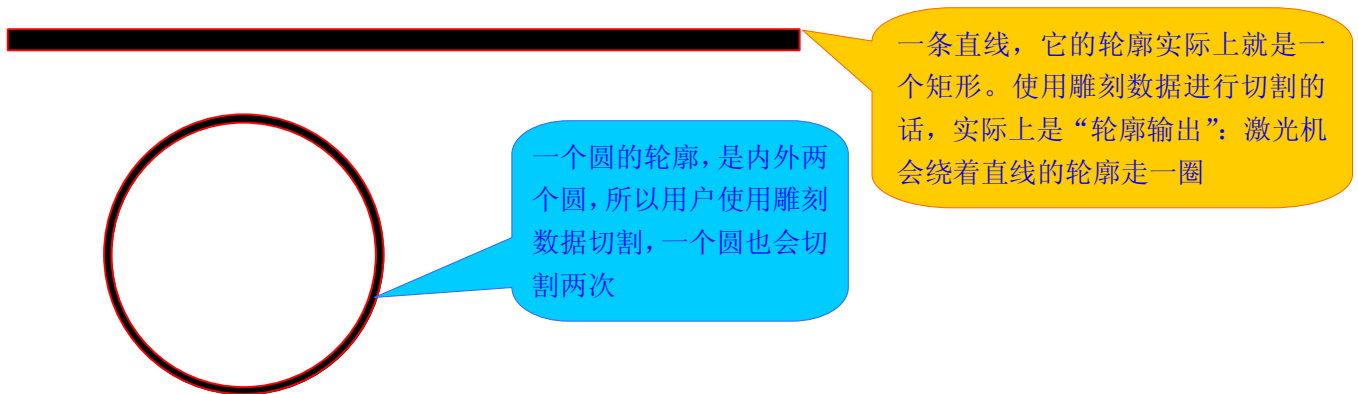
😊 要执行切割任务，应点击切割按钮，而不是点击雕刻按钮：点击切割按钮，CoreIDRAW 才会输出切割数据，若点击的是雕刻按钮，CoreIDRAW 输出的是雕刻数据，使用雕刻数据进行切割，执行的是所谓的“轮廓输出”，而不是真正的切割！

该按钮是雕刻按钮，雕刻时点击该按钮即可



该按钮是切割按钮，切割时务必要点击该按钮

😊 用户经常出现的错误是：切割时一条直线来回切割两次。其实，就是用户点了雕刻按钮，而使用雕刻数据去切割，执行的是轮廓输出



😊 CorelLASER 支持矢量切割输出，也支持轮廓切割输出，用户使用时，应加以区分

Lihuiyu Studio Labs

2013-01-31

编写：李辉宇