



浙江大学  
ZHEJIANG UNIVERSITY

# 激光加工实训

# Laser processing training



浙江大学工程训练中心  
Engineering Training Center

2022



# 目录

01

激光加工技术概述

02

激光加工设备及软件介绍

03

实训应用 激光 DIY 实样加工



# 01

PART ONE

## 激光加工技术

2022

# 激光的概念

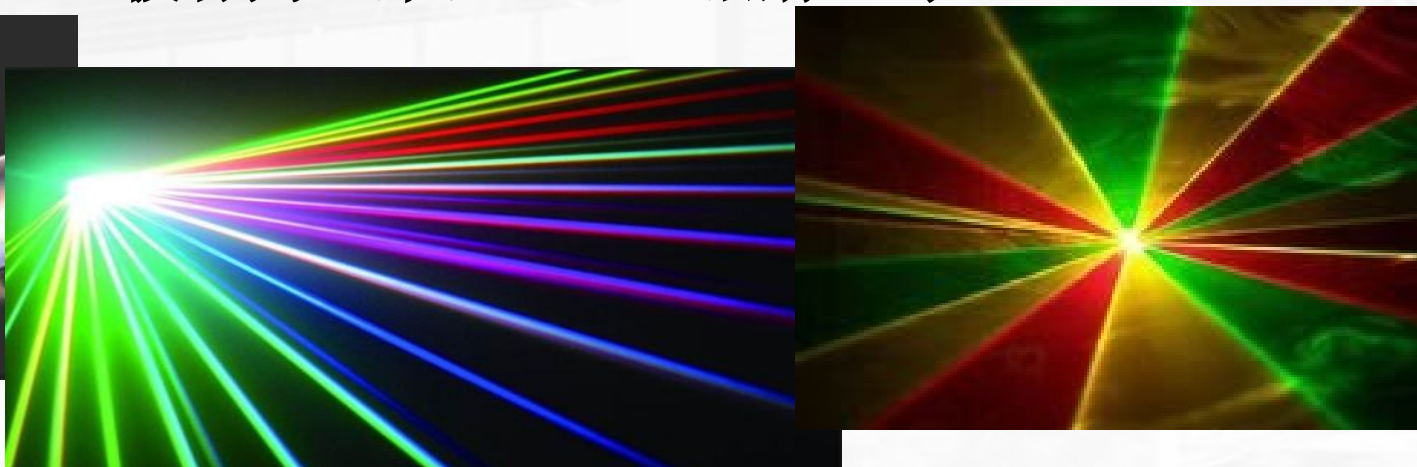
什么是激光？

– 就是受激辐射光放大

– **Light** (光) **Amplification** (电子放大) **by Stimulated** (受激的)  
**Emission** (散发) **of Radiation** (辐射)

简称音译为 – **LASER**

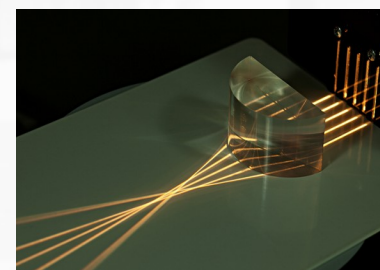
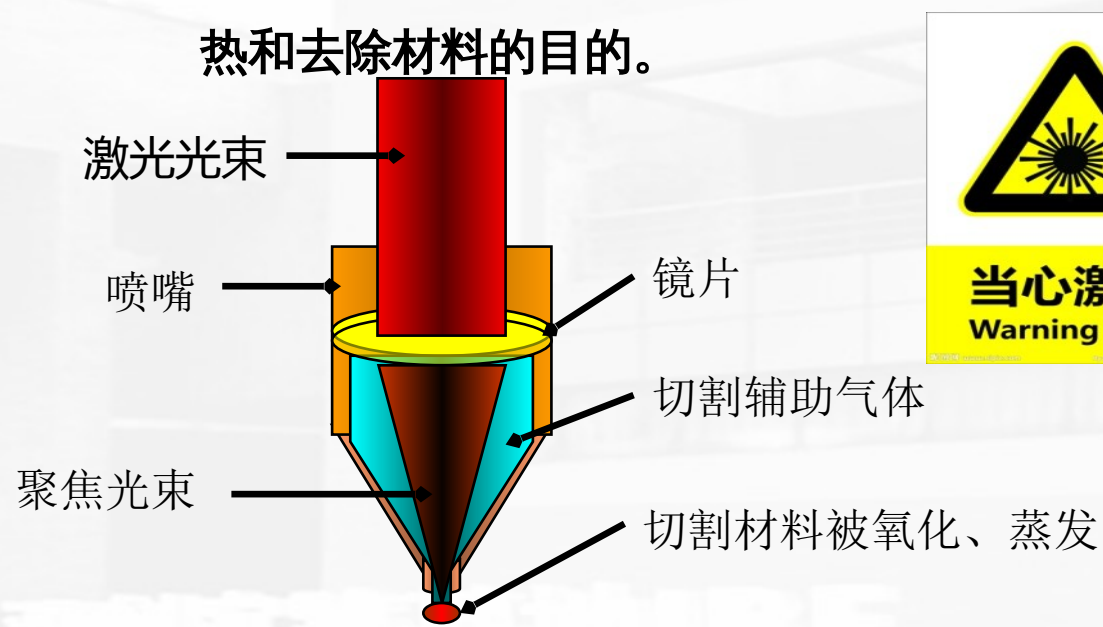
即：激光是受激辐射的光放大，或激光是受激辐射产生的，经放大后的光。也被称为“莱塞”、“镭射”等。



# 激光加工的原理

## 激光加工是激光束高亮度、高方向性的一种技术应用

激光加工是一种高能束加工方法，它是利用激光高强度、高亮度、方向性好、单色性好的特性，通过一系列的光学系统聚焦成平行度很高的微细光束（直径几微米至几十微米）**1 毫米（mm）=1000 微米（ $\mu\text{m}$ ）**，获得极高的能量密度照射到材料上，使材料在极短的时间内（千分之几秒甚至更短）熔化甚至气化，以达到加热和去除材料的目的。





# 激光器的基本结构

**激光管**：是激光机中最关键的部件。常用硬质玻璃制成，一般采用层套筒式结构。最里面一层是放电管，第2层为水冷套管，最外层为储气管。二氧化碳激光器放电管直径比 He-Ne 激光管粗。放电管的粗细一般来说对输出功率没有影响，主要考虑到光斑大小所引起的衍射效应，应根据管长而定。管长的粗一点，管短的细一点。放电管长度与输出功率成正比。在一定的长度范围内，每米放电管长度输出的功率随总长度而增加。加水冷套的目的是冷却工作气体，使输出功率稳定。放电管在两端都与储气管连接，即储气管的一端有一小孔与放电管相通，另一端经过螺旋形回气管与放电管相通，这样就可使气体在放电管中与储气管中循环流动，放电管中的气体随时交换。

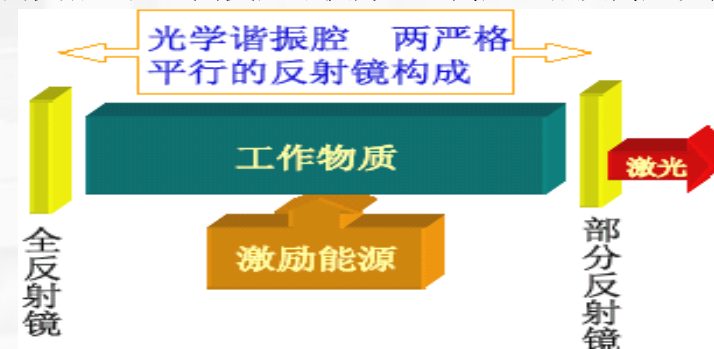
**光学谐振腔**：CO<sub>2</sub> 激光器的谐振腔常用平凹腔，反射镜用 K8 光学玻璃或光学石英，经加工成大曲率半径的凹面镜，镜面上镀有高反射率的金属膜——镀金膜，在波长 10.6 $\mu\text{m}$  处的反射率达 98.8%，且化学性质稳定。二氧化碳发出的光为红外光。所以反射镜需要应用透红外光的材料，因为普通光学玻璃对红外光不透。就要求在全反射镜的中心开一小孔。再密封上一块能透过 10.6 $\mu\text{m}$  激光的红外材料，以封闭气体。这就使谐振腔内激光的一部分从这一小孔输出腔外，形成一束激光。

**电源及泵浦**：封闭式 CO<sub>2</sub> 激光器的放电电流较小，采用冷电极，阴极用钼片或镍片做成圆筒状。30 ~ 40mA 的工作电流，阴极圆筒的面积 500cm<sup>2</sup>，不致镜片污染，在阴极与镜片之间加一光栏。

泵浦采用连续直流电源激发。激励 CO<sub>2</sub> 激光器直流电源原理，直流电压为把市内的交流电压，用变压器提升，经高压整流及高压滤波获得高压电加在激光管上。



**工作物质**具有一定的能级结构（存在“亚稳态能级”），可在泵浦的作用下实现粒子数反转。不同的激光器工作物质不同。



**光学谐振腔** 在工作物质的两端安置两面互相平行的反射镜，其中一面是全反射镜，另一面是部分反射镜，这两面反射镜及它们之间的空间称为光学谐振腔。

**泵浦（即激励能源）**的作用是为工作物质提供能量，使其原子或分子发生粒子数反转分布。



# 激光器的种类

根据工作物质物态的不同可把所有的激光器分为以下几大类：

- ① **固体激光器**( 晶体和玻璃 )，这类激光器所采用的工作物质，是通过把能够产生受激辐射作用的金属离子掺入晶体或玻璃基质中构成发光中心而制成的。
- ② **气体激光器**，它们所采用的工作物质是气体，并且根据气体中真正产生受激发射作用之工作粒子性质的不同，而进一步区分为原子气体激光器、离子气体激光器、分子气体激光器、准分子气体激光器等。
- ③ **液体激光器**，这类激光器所采用的工作物质主要包括两类，一类是有机荧光染料溶液，另一类是含有稀土金属离子的无机化合物溶液，其中金属离子 ( 如 Nd ) 起工作粒子作用，而无机化合物液体 ( 如  $\text{SeOCl}_2$  ) 则起基质的作用。
- ④ **半导体激光器**，这类激光器是以一定的半导体材料作工作物质而产生受激发射作用，其原理是通过一定的激励方式 ( 电注入、光泵或高能电子束注入 )，在半导体物质的能带之间或能带与杂质能级之间，通过激发**非平衡载流子**而实现粒子数反转，从而产生光的受激发射作用。
- ⑤ **自由电子激光器**，这是一种特殊类型的新型激光器，工作物质为在空间周期变化磁场中高速运动的定向自由电子束，只要改变自由电子束的速度就可产生可调谐的相干电磁辐射，原则上其相干辐射谱可从 x 射线波段过渡到微波区域，因此具有很诱人的前景。

# 激光切割雕刻机实例以及原理

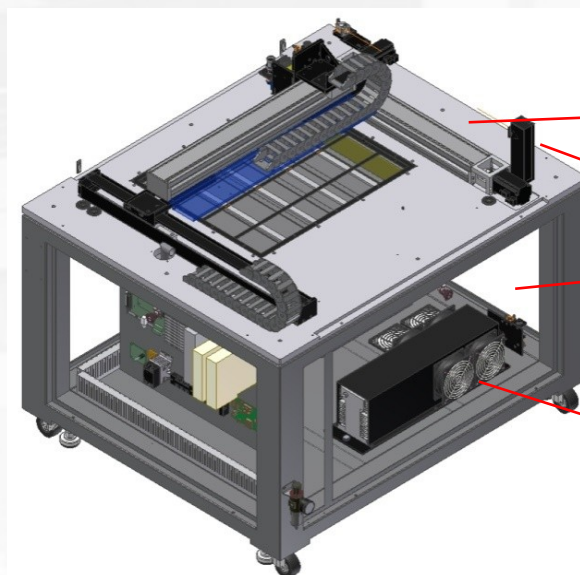
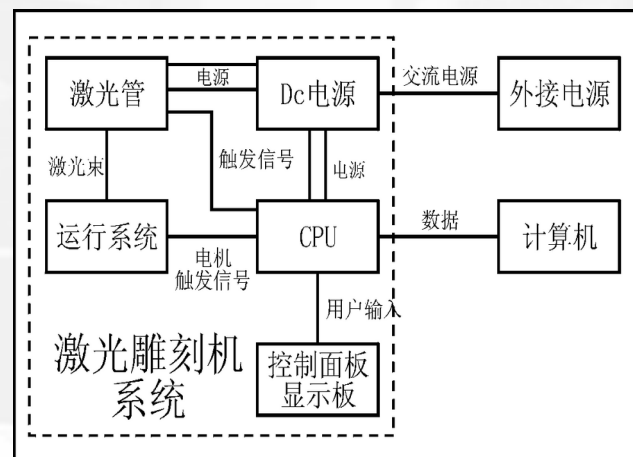
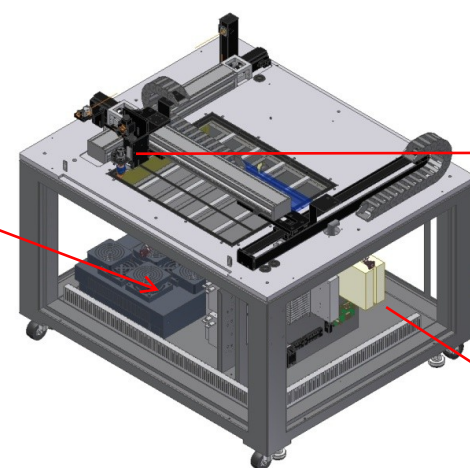
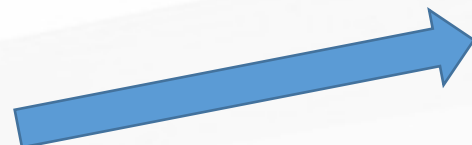
激光系统由五个基本部件构成：控制面板、CPU（控制模块）

直流电源、激光管装置和运行系统

激光电源系统

聚焦模组  
及吹气系统

控制系统



传动系统

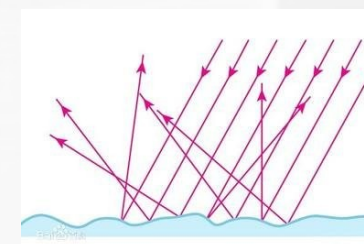
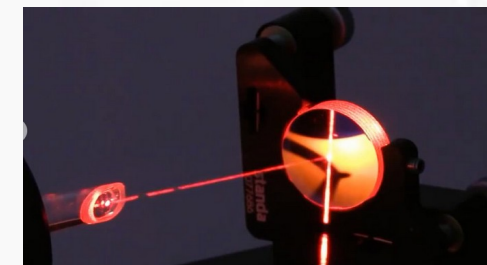
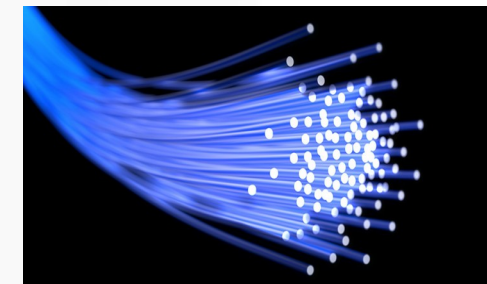
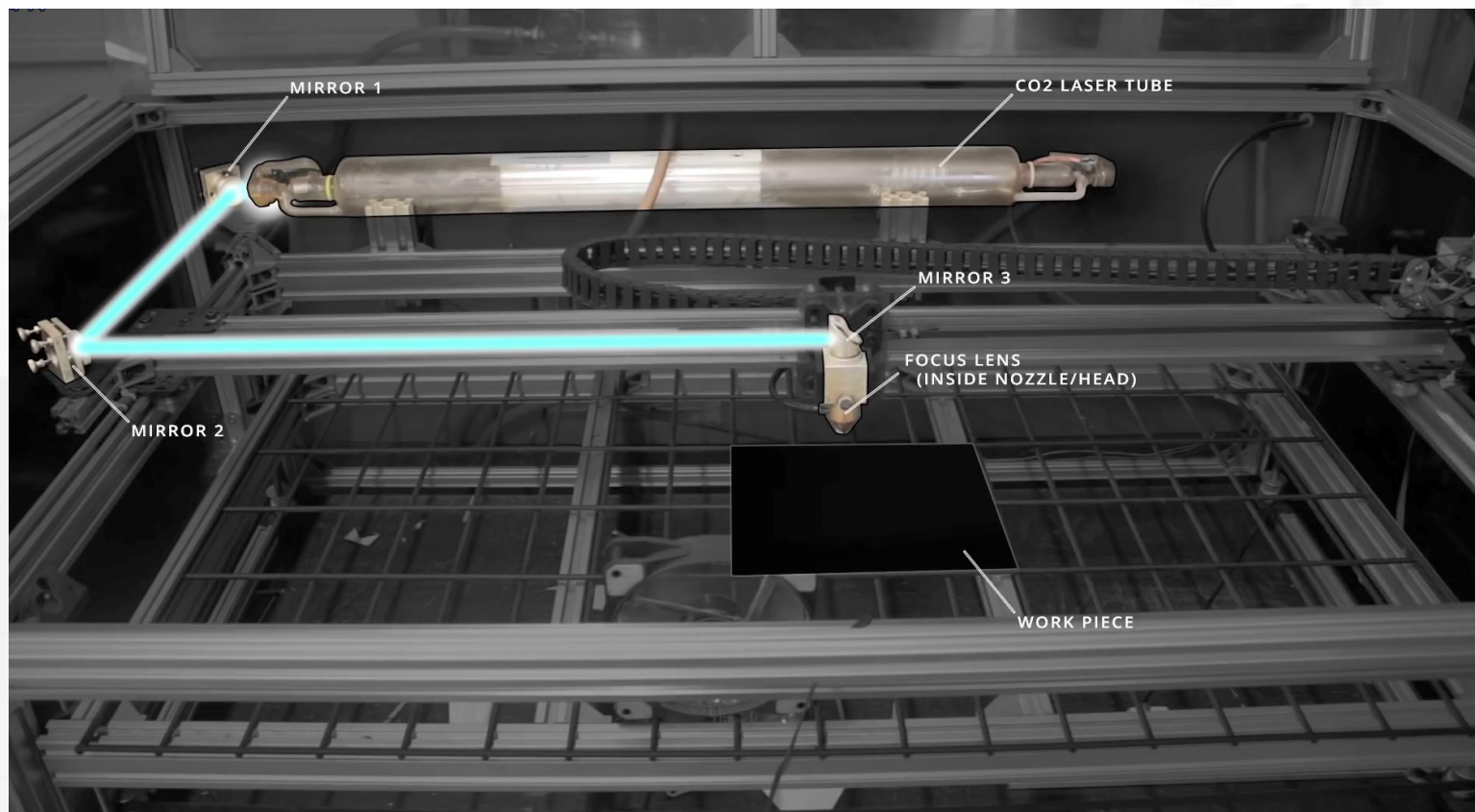
光路系统

激光器  
(含冷却风扇)



# 激光切割雕刻机实例以及原理

## 激光光路传导途径



镜面不平整的缺点

## 激光切割雕刻机加工特点

**效率高、速度快**：因激光的传输特性，激光切割机上一般配有数控工作台，整个切割过程可以全部实现数控。操作时，只需改变数控程序，就可适用不同形状零件的切割。

**切割质量好**：1. 激光切割切口细窄，切缝两边平行并且与表面垂直，切割零件的尺寸精度可达  $\pm 0.05\text{mm}$ 。2. 切割表面光洁美观，表面粗糙度只有几十微米，甚至激光切割可以作为最后一道工序，无需机械加工，零部件可直接使用。3. 材料经过激光切割后，热影响区宽度很小，切缝附近材料的性能也几乎不受影响，并且工件变形小，切割精度高，切缝的几何形状好，切缝横截面形状呈现较为规则的长方形。

**切割非接触**：激光切割时割炬与工件没有直接接触，不存在有工具的磨损。加工不同形状的零件，不需要更换“刀具”，只需改变激光器的输出参数。激光切割过程噪声低，振动小，污染小。

**可切割材料多**：与氧乙炔切割和等离子切割比较，激光切割材料的种类多，包括金属、非金属、金属基和非金属基复合材料、皮革、木材及纤维等。

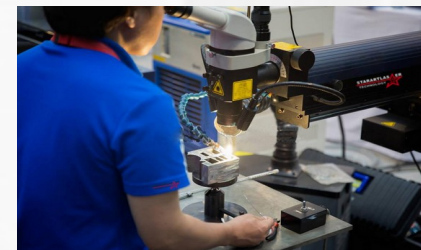
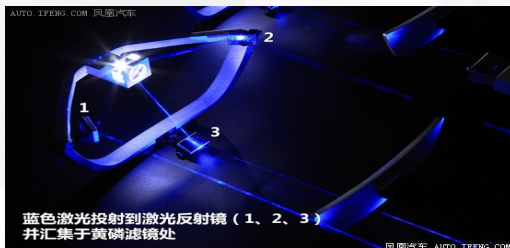




# 激光加工对国家工业建设的帮助

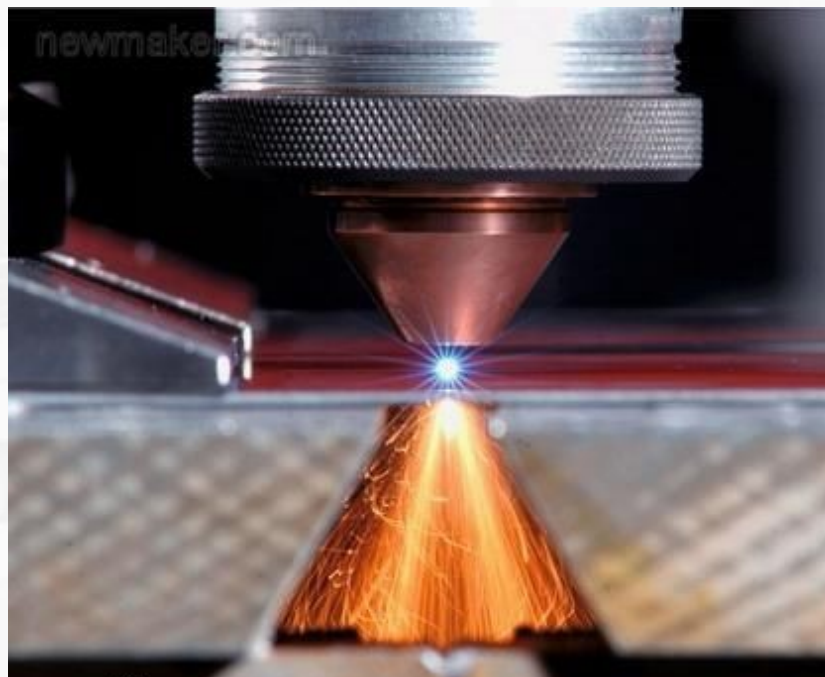
多年之前，机械加工技术不成熟，机械零件的加工工艺采用传统的加工方式进行，影响零件的加工速度，更严重影响零件的加工质量，如今，激光加工技术得到长足发展与应用，很大程度上改变了这一现状，常规的钣金加工和机箱电柜等行业的优势立马就显现出来，激光加工有效的提升了加工效率和加工精度，传统加工方式无法完成的产品，在激光加工面前，也变得简单，便捷，激光切割机加工对工业生产带来的影响有哪些？

- 1、速度快，切口光滑平整，一般无需后续加工；切割热影响区小，板材变形小，切缝窄；
- 2、切口没有机械应力，无剪切毛刺；
- 3、加工精度高，重复性好，不损伤材料表面；
- 4、数控编程，可加工任意的平面图，可以对幅面很大的整板切割，无需开模具，经济省时。
- 5、激光可切割的材料很多，包括有机玻璃、木板、塑料等非金属材料，以及不锈钢、碳钢、合金钢、铝板等多种金属材料。
- 6、脉冲激光适用于金属材料，连续激光适用于非金属材料，后者是激光切割技术的重要应用领域



## 根据激光加工技术应用情况的不同分类

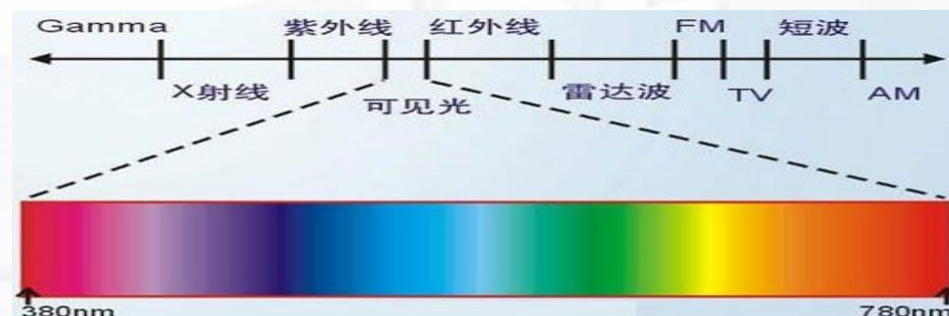
- 非金属激光雕刻切割机
- 金属激光切割机
- 激光打标机
- 激光焊接机
- 激光微加工设备
- 激光打孔机
- 激光划片机
- 激光热处理机等





# 激光切割技术与光的性质

广泛应用于金属和非金属材料的加工中，为非接触式加工。可大大减少加工时间，降低加工成本，提高工件质量。  
脉冲激光适用于金属材料，连续激光适用于非金属材料，后者是激光切割技术的重要应用领域。



## CO<sub>2</sub> 激光切割机的加工范围

CO<sub>2</sub> 激光器的波长为 10.64μm 或 9.3μm（**激光波长是指激光器的输出波长，是激光器输出激光光束的重要参数。相应输出的频率叫激光频率**），比较容易被非金属吸收，可以高质量地加工亚克力（有机玻璃）、双色板、竹、木、纤维板、纸、布料、皮革、水晶、玉石、陶瓷、塑胶、橡胶、电子绝缘材料、模切材料、电子纸、晶元（磊晶）、金属（表面处理）等材料，不能切割带腐蚀性的材料如 PVC 等。

**非金属材料**指具有非金属性质（导电性导热性差）的材料。自 19 世纪以来，随着生产和科学技术的进步，尤其是无机化学和有机化学工业的发展，人类以天然的矿物、植物、石油等为原料，制造和合成了许多新型非金属材料，如水泥、人造石墨、特种陶瓷、合成橡胶、合成树脂（塑料）、合成纤维等。

**金属材料**是指金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性的材料的统称。包括纯金属、合金、金属材料金属间化合物和特种金属材料等。（注：金属氧化物（如氧化铝）不属于金属材料）

# 激光切割的公差补偿

由于就 CO<sub>2</sub> 激光机是利用高温气化的方法达到切割效果的，所以在切割材料的同时，会对材料产生切割线缝，所以在画图时需要将线缝补偿上去。

每种材料的材质密度不一样、厚度不一样，所切割的线缝的宽度也不一样的。按照一般的切割材料来说，亚克力切割补偿在 0.1mm，木板的补偿在 0.1~0.3mm 之间。具体的数值还是要进行实际切割比较准确。

我们可以在设计之前先将材料在机器上面切割一个 10\*10 的框，切割好之后量一下这个框的尺寸，你就能得出这种材料在画图时需要补偿的数值，从而能一次成型，不需要在后期进行改图了。





# 激光加工案例分享一



**产品名称：**全面屏切割

**传统制作：**冲压或 CNC 切割

**工艺瓶颈：**边缘毛刺、成品率低

**适用设备：**超越者

**利用功能：**激光非接触式加工、特殊激光器、End-Speed 参数



## 激光加工案例分享二



**产品名称：**调光膜、手写屏

**传统制作：**冲压、激光

**工艺瓶颈：**液晶破裂、废边大、导通不良

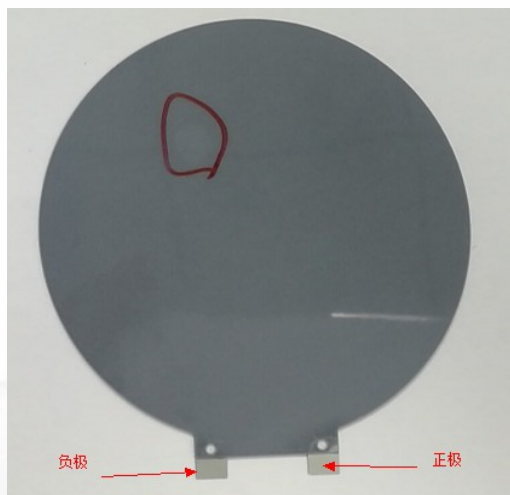
**适用设备：**超越者

**利用功能：**激光非接触式加工、特殊激光器、特殊光学系统





## 激光加工案例分享三



**产品名称：电子书膜**

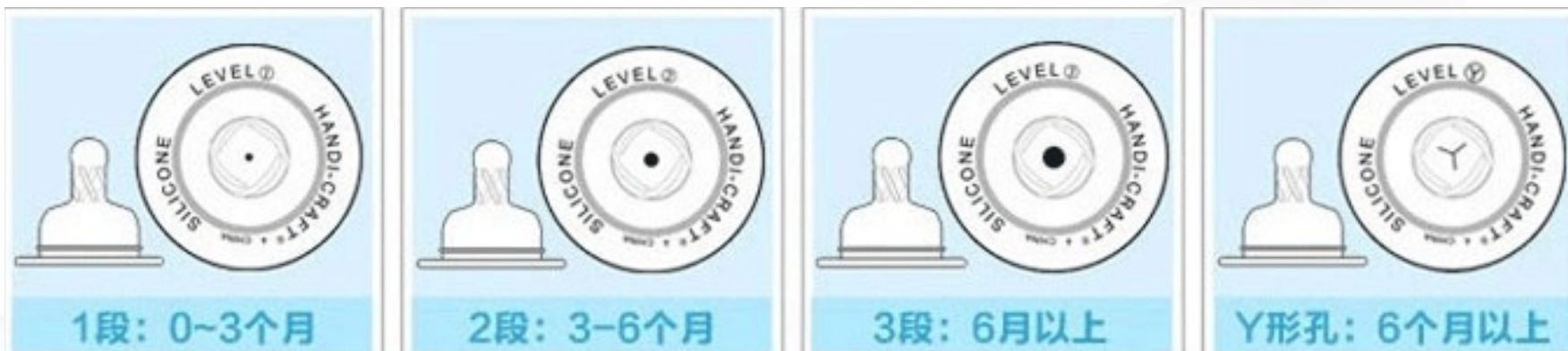
**传统制作：冲压、激光**

**工艺瓶颈：墨水囊破裂、半切不稳定**

**适用设备：超越者**

**利用功能：激光非接触式加工、细微功率控制、特殊光学系统**

## 激光加工案例分享四



**产品名称：**奶嘴打孔

**传统制作：**不同直径冲针进行冲压

**工艺瓶颈：**冲针易折断、不同型号需要不同冲针、奶嘴材料软易变形

**适用设备：**先行者、奋进号

**利用功能：**激光非接触式加工、定点打孔功能



# 激光加工疫情阶段的加工实例

## 样品展示

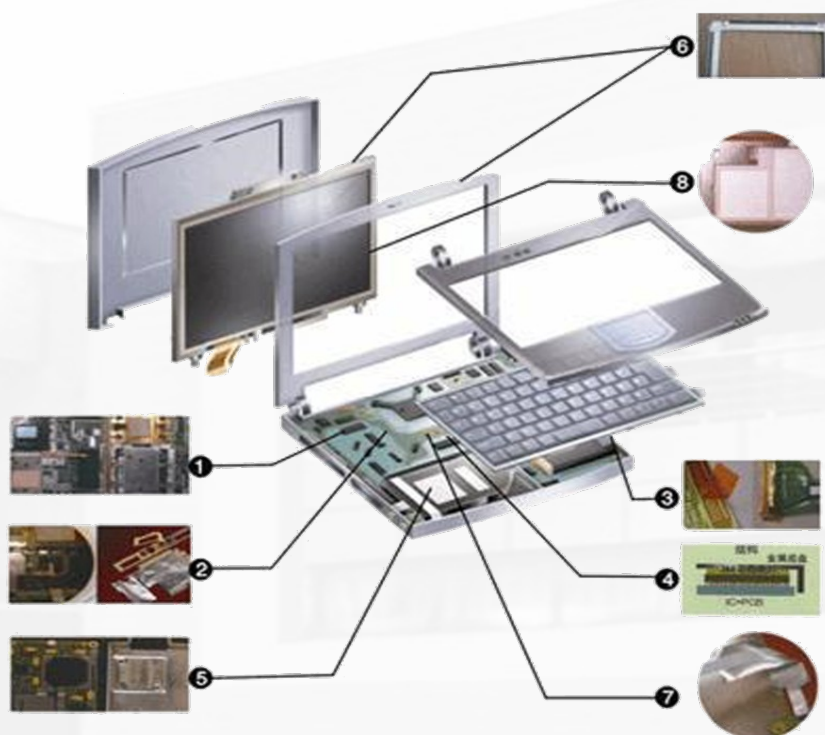
切割边缘平整，精确度高，整体美观





## 精密 Die Cut 模切应用

3C（电脑、通讯、和消费性电子）行业 – 结构联接

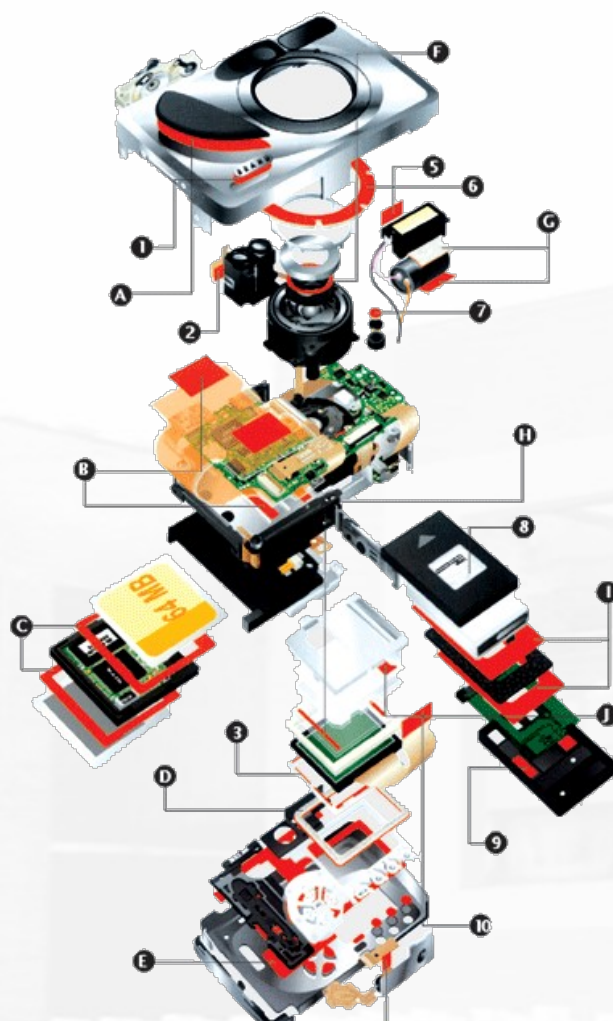


1. CPU 散热胶、膏
2. EMI 屏蔽材料
3. 高温屏蔽材料
4. 导热垫片
5. 脚垫、导电泡棉等缓冲材料
6. 遮光矽胶
7. 铝、铜箔
8. 导电布、胶带

笔记本电脑

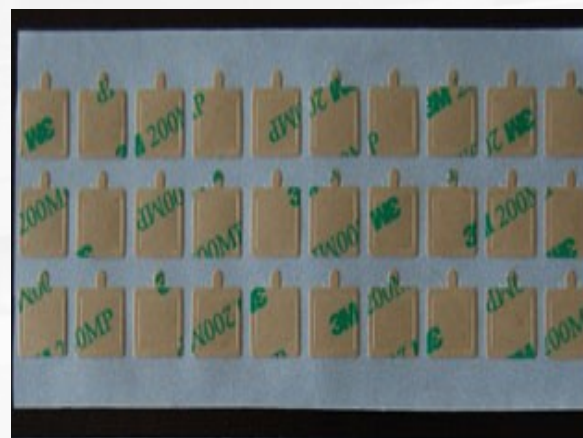


# 激光加工案例



数码相机

- A. 橡胶件的固定
- B.PCB 的保护
- C. 闪存卡
- D.LCD 缓冲垫的固定
- E. 按钮及硬质材料的固定
- F. 镜盖的固定
- G. 闪光灯电池 / 缓冲垫的固定
- H. 反光模的固定
- I. 电池板的固定
- J.LCD 模块的固定



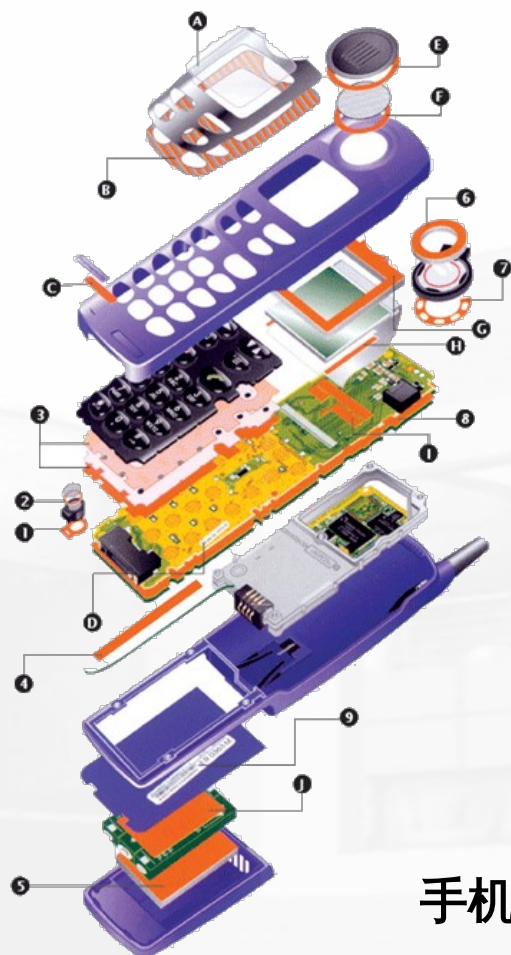
按钮及硬质材料的固定



镜头缓冲垫

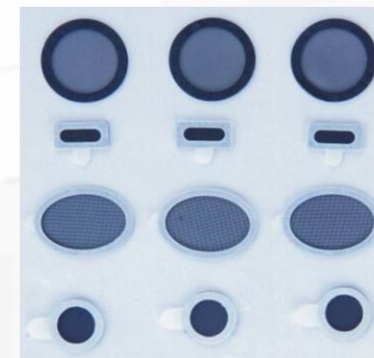
- 1. 铭牌
- 2.FPCB
- 3.LCD 模组固定
- 4.FPCB 固定
- 5.FPCB 固定
- 6. 电池板固定
- 7. 序列号标签
- 8. 听筒 / 话筒防尘垫
- 9. 镜头缓冲垫
- 10.FPCB 固定

# 激光加工案例



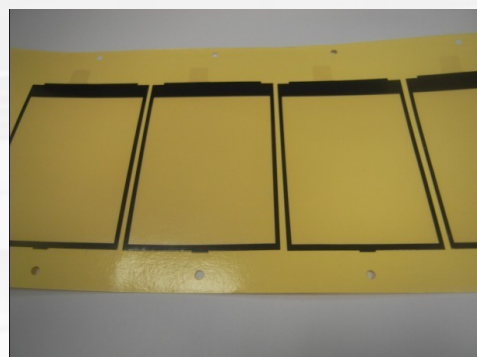
手机

- A. 视窗 / 镜头保护
- B. 视窗 / 镜头固定
- C. 铭牌
- D. 序列号标签
- E. 耳机 / 话筒 O 形圈固定
- F. 耳机 / 话筒防尘网
- G. 视窗防尘垫
- H. LCD 反射膜 / 背光片
- I. LCD 框架固定
- J. 电池仓固定



耳机防尘网

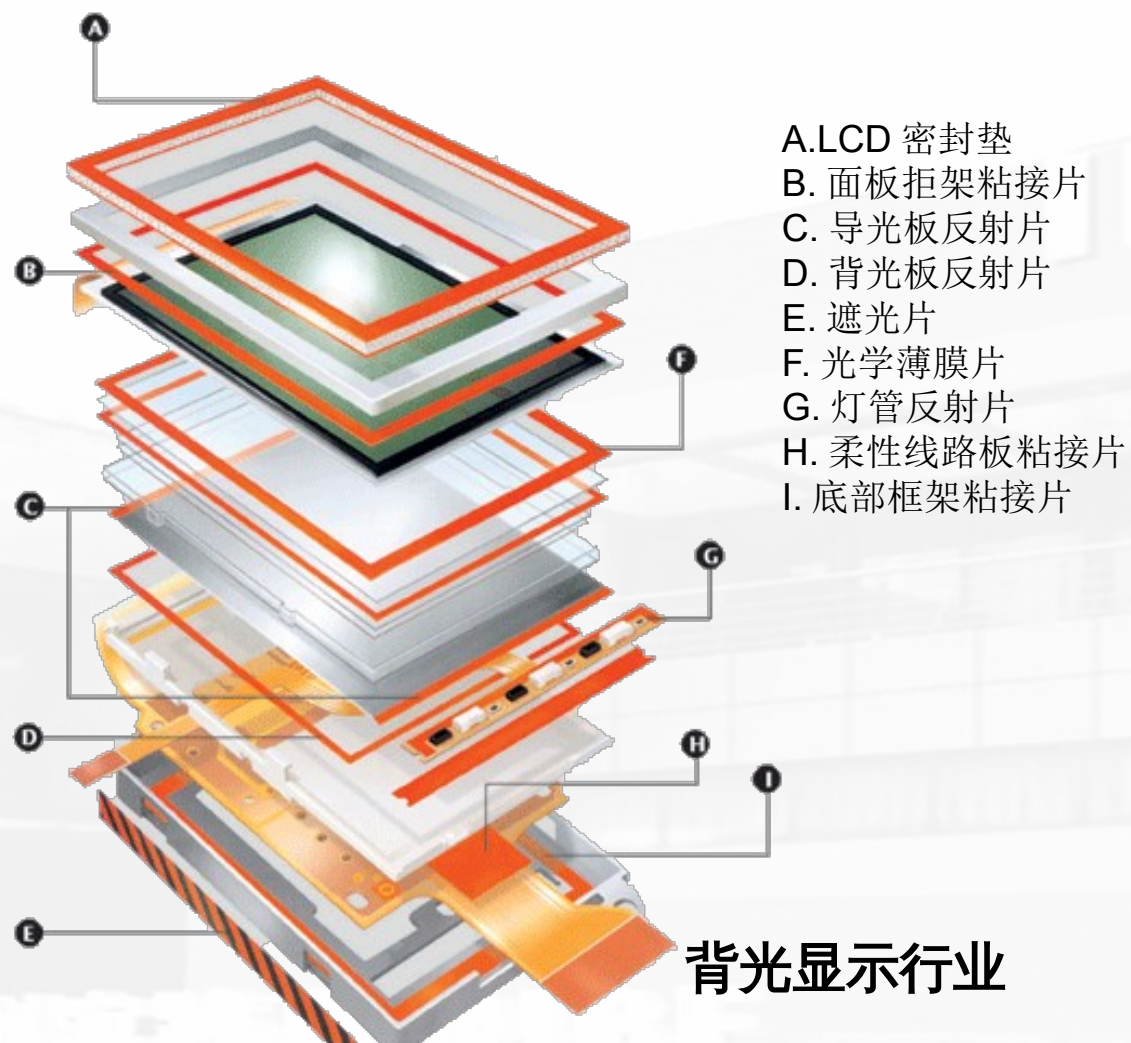
- 1. 固定键盘
- 2. 麦克风防尘网
- 3. 麦克风防尘垫
- 4. 电线固定
- 5. 电池板缓冲垫
- 6. 听筒 / 话筒缓冲垫
- 7. 听筒 / 话筒防尘垫
- 8. PCB 固定
- 9. 电池板标贴



LCD 框架固定



## 激光加工案例



反射片

# 激光加工案例

## 声学行业



垫圈



振动膜切割

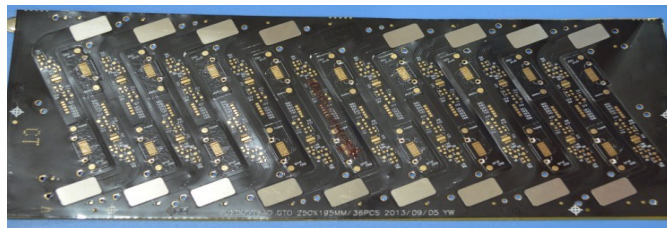


防尘网

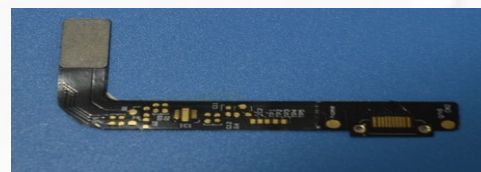


# 激光加工案例

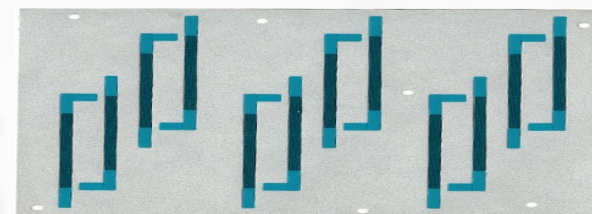
FPC 柔性线路板



钢片辅材



外形切割



联接辅材切割

显示类面板材料切割

柔性显示面板采用塑料基板，而非常见的玻璃基板，其借助薄膜封装技术，并在面板背面粘贴保护膜，让面板变得可弯曲，不易折断。





02

## 激光设备及软件介绍

2022

# 激光加工的设备

- 介绍激光雕刻机操作步骤并进行加工演示；
- 介绍雕刻切割软件的使用方法；
- 实物制作。



## 激光加工设备

### □ 非金属二氧化碳玻璃管激光雕刻切割



### CO2 射频管与 CO2 玻璃管的区别：

#### 1、价格和使用领域不同

CO2 射频管的价格高，一根管的价值在两万以上，相对于激光设备来说，一根激光管的价格已经算是相当高了。但是，射频管的优点也是相当可观的，速度快、稳定性强且光斑小，和 CO2 玻璃管相比立辩。CO2 射频管常用于金属打标切割，对于非金属材料也可以加工。

CO2 玻璃管的价格相对较便宜，几千块，功率可随心选择，多用于柔性材料以及大部分非金属材料的加工。

#### 2、光斑效果不同

在我们调试的时候就可以看出，CO2 金属射频管的光斑非常小，成型后作比较可以看出，光斑圆且均匀，一般的半径在 1-2mm 之间，当然，根据激光器功率的不同，光斑的大小也有差异，需根据实际情况而定。

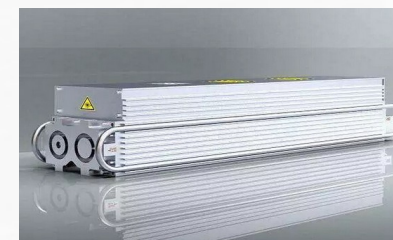
CO2 玻璃管出射光的光斑模式较射频管差，无法出现 TEM00 模式的光。其发散角也比较大，再加上其出射光斑比较大，所能压缩的发散角有限，导致打标机聚焦光斑比较大，那么打标效果则较差

#### 3、使用寿命和稳定性不同

CO2 射频管的激光稳定性好，不用维护，对其进行充气便可重复使用，不需更换。射频管的使用时间一般是在三年以上，一些进口的射频管甚至可以达到七年以上，使用寿命较玻璃管长很多。

CO2 玻璃管的稳定性则相对比较差，使用时间也比较短，根绝不同的品牌，激光管的质保时间也不尽相同，镭曼激光管的使用寿命为 10 个月以上。玻璃管不可重复利用，当激光衰减的很厉害之后，则说明该玻璃管需要更换了，一般玻璃管的使用时间为半年到一年的时间。

### □ 非金属二氧化碳射频管激光雕刻切割





# 激光加工注意事项以及危害

使用激光对人可能造成的伤害分以下几类：

**对人眼的伤害：**严重暴露在激光下可能会造成对角膜和视网膜的伤害，伤害的位置和范围取决于激光的波长和级别。长期接触可能造成白内障或者视网膜损伤，严重暴露在高级别激光下也会造成同样的结果。佩戴合适的激光防护眼镜或者其他工程防护手段可以很容易的预防激光对眼睛的损伤。

**对皮肤的伤害：**严重的暴露在强的红外波段激光下可能对皮肤造成烧伤。而紫外激光可能造成烧伤，皮肤癌以及加速皮肤老化。

**电学危害：**在激光使用的过程中遇到最多的电学伤害是电击。高压系统是激光系统中潜在的致命的危险。

**化学危害：**激光系统中的一些物质，如染料，准分子等，具有毒性，可能对人体造成危害，同时，激光导致的化学反应可能会产生有害的粒子和气体。

**火灾危害：**染料激光器中的溶剂是非常易燃的。高压脉冲和灯的闪烁可能会造成火星，引发火灾。激光工作过程中激光的直接照射，以及连续红外激光的反射光意外照射，都可能引燃易燃品。其它潜在的火灾隐患包括电路和四级激光附件中的易燃品。

**相关的非光束危害：**包括低温冷却剂的危害，高能激光的噪声危害以及高能激光的电离辐射。



图片来源：视觉中国 www.vcg.com



激光警告标志 (A)

4 级激光警告标签 (B)

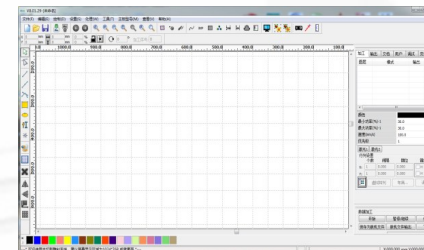




# 激光加工相关软件



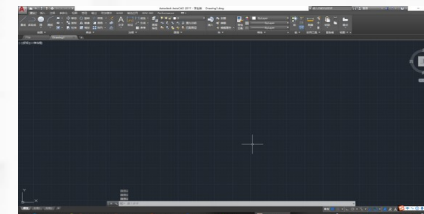
EagleWorks



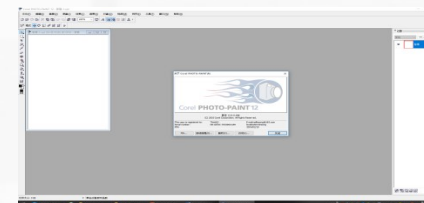
EASYPAD



AutoCAD



CorelDRAW





03

## 激光DIY实样加工

2022





## 激光实训评分标准

1. 预习充分度，设计完整度，创新新颖性： 20 分
  - 1.1 预习完成情况 5 分
  - 1.2 初步方案提交 15 分
2. 实践操作完备性： 50 分
  - 2.1 准守规章制度，不迟到，不早退 10 分
  - 2.2 虚心学习，积极创意，认真听讲及操作，态度良好 10 分
  - 2.3 严格执行安全操作规程，落实安全操作 10 分
  - 2.4 合理安排时间合理，切割雕刻设置科学，设备操作流程分
3. 创意设计实现度： 30 分
  - 3.1 设计概念的形象体现 10 分
  - 3.2 形状、机构、尺寸 10 分
  - 3.3 精度和表面质量 10 分



工训激光加工常规课



无线网络:NTGEAR09 密

码:12345678

## 一. 无网络脱机上机方

### 法流程

第一步：把 EagleWork 编程好的文件“保存为脱机文件”为“rd”格式。

保存为脱机文件

第二步：将格式为“rd”的上机文件保存到公共 U 盘内（教室有公用的 U 盘）。

第三步：U 盘保存好后，找到对应的设备接入上机操作即可。

## 二. 网络上机方法流程

第一步：把 EagleWork 编程好的文件“另存为”“rld”格式。

第二步：将格式为“rld”的文件用微信的形式发送到课堂中指定的群内（微信群会在现在课公布）。

第三步：由老师接受审核无误后用网络分配到合适的设备上，就可以直接上机操作即可。





浙江大学  
ZHEJIANG UNIVERSITY

# 谢谢大家



浙江大学工程训练中心  
Engineering Training Center

[www.zju.edu.cn](http://www.zju.edu.cn)

<http://me.zju.edu.cn>

<http://etc.zju.edu.cn>