



信息工程系

教 案

课程名称： 电子产品生产工艺

教 师： 陈凯斌

总学时： 36

理论学时： 0

实训学时： 36

上课班级： 电子信息工程技术 3+241

授课学期： 2025-2026 第 1 学期

项目 1 课程介绍与实验室安全培训（2 学时）

教学目标

1、知识目标

了解课程的基本内容安排、学时分配与考核方式

知识单元	内 容	课时
1	课程介绍和实验室安全培训	2
2	PCB 绘图及 PCB 制版工艺实训	10
3	SMT 生产操作实训	8
4	科瑞特覆铜板钻孔机实训操作	8
5	科瑞特激光雕刻机实训操作	8
合 计		36

回顾重要前置课程的关键知识点
熟悉实验室安全规章和应急流程

2、能力目标

能全面了解课程内容的安排情况，了解实验室的各种设备和环境
能独立判断实验环境中的危险源并选用正确防护措施

3、素质目标

养成“先检查、后操作”的职业习惯
培养团队互检、互相提醒的安全协作意识

4、课程思政目标

树立“以人为本、生命至上”的安全价值观
理解“质量强国”必须从“安全零事故”做起

重难点内容

- 课程的基本内容安排
- 钻孔、自动贴装环节机械伤害和预防
- 激光雕刻与 SMT 回流焊区域的高温、强光风险

教学方法与过程

方法：讲授法+演示法+实践法

过程：

- 1、课件讲授：课程基本内容导学，前置课程关键内容回顾
- 2、教师现场演示：

- 结合课程内容和实际生产场景,介绍实验室内各个设备的功能和相关的安全注意事项。

3、学生分组实践:

- 现场回顾电子线路板的制图过程,并自行完成一个简单电路的 **pcb** 制图,包括原理图和 **pcb** 图。

项目 2 PCB 绘图及 PCB 制版工艺实训（10 学时）

教学目标

1、知识目标

了解 Protel DXP 新建工程、原理图、PCB 文件的完整流程

1 创建项目文件

1.1 执行菜单命令【文件】→【创建】→【项目】→【PCB 项目】，新建项目 PCB_Project1.PrjPCB，保存到指定路径（如 D:\sophomore\DXP\qmzy）。

1.2 在该项目内追加一个原理图文件 Sheet1.SchDoc，并保持同一路径。

2 原理图设计

2.1 确定电路所用元器件（电子钟示例：DS12887、AT89S51、8155、数码管、阻容等）。

2.2 若库中缺失元件，则新建原理图库：

a) 【文件】→【创建】→【库】→【原理图库】，命名为 DS12887.SchLib 并保存。

b) 在 SCH Library 面板中，将 COMPONENT_1 重命名为 DS12887。

c) 按数据手册绘制元件外形与引脚，保存。

d) 双击元件打开 Library Component Properties:

- Default Designator: U?

- 注释: DS12887

- 描述: 时钟芯片

- Models → Add → Footprint → 浏览 → 选择 DIP-PegLeads.PcbLib 中 DIP-P24/P2.54 封装 → 确认并保存。

e) 同理创建 8155、AT89S51 并绑定封装。

2.3 放置元件并连线

a) 打开 Sheet1.SchDoc，放置全部元件。

b) 按电气关系连线，复杂处使用网络标签。

2.4 自动标注

a) 【工具】→【注释】→ 处理顺序选 Across Then Down → 更新 → 工程变化订单(ECO) → 执行变更 → 完成。

3 创建 PCB 文件

3.1 在项目 PCB_Project1.PrjPCB 上右键 →【追加新文件到项目中】→【PCB】→ 保存为 PCB1.PcbDoc。

3.2 设置 PCB 编辑器参数

【工具】→【优先设定】：分别检查 General、Display、Show/Hide、Defaults、PCB 3D 选项卡并做适当设置。

3.3 设置板层

【设计】→【层堆栈管理器】→ 设为双层板（Top Layer / Bottom Layer）。

3.4 规划板框

a) 切换到机械层 Mechanical1，用直线绘制 100 mm × 80 mm 物理边界。

b) 切换到 Keep-Out Layer，绘制内缩 3 mm 的电气边界。

3.5 载入网络表

【设计】→【Import Changes From PCB_Project1.PrjPCB】→ 工程变化订单(ECO) → 执行变更 → 完成。此时所有元件封装已导入 PCB。

4 PCB 布局

4.1 自动布局

【工具】→【放置元件】→【自动布局】→选“分组布局”→运行。

4.2 手动调整

按信号流向、电源分区、晶振就近、接口靠边原则拖动元件，布局结果保存。

5 PCB 布线

5.1 自动布线

【自动布线】→【全部对象】→在 Situs 布线策略对话框直接点击 Route All。

5.2 手动微调

检查线宽、差分对等长、关键信号环路面积，必要时手动修线。

6 设计规则检查 (DRC)

6.1 【工具】→【设计规则检查】→设定规则（线宽、间距、过孔孔径、短路、未连接网络等）→运行 DRC。

6.2 系统生成 PCB1.DRC 报告，确保 0 错误 0 警告。

7 PCB 覆铜

7.1 顶层覆铜

a) 【放置】→【覆铜】→网络连接到 GND →栅格 0.5 mm →层面 Top Layer →确定。

b) 沿电气边界绘制封闭矩形 →右键结束。

7.2 底层覆铜

同样步骤，层面选 Bottom Layer，网络仍接 GND。

7.3 再次运行 DRC，确认无新短路或间距错误。

7.4 保存项目全部文件，完成 PCB 制图。

掌握嘉立创 EDA 或者 Altium Designer 软件完成简单电路的 PCB 制图；
记住底片制作到阻焊固化的 11 步制板流程名称及顺序

工艺流程

底片制作→裁板→钻孔→抛光→沉铜、镀铜→油墨印刷→烘干→曝光→显影
→镀锡→脱膜→腐蚀→阻焊。

2、能力目标

能独立完成单面“流水灯”PCB 制图并通过 DRC 检查，并导出相关的生产文件
能完全理解整个制板工艺的流程，以及每一步操作的作用

3、素质目标

培养“数据准确、工艺严谨”的工程素养
养成“工序完成后立即自检”的职业习惯

4、课程思政目标

强调“中国智造”——国产机床的技术突破

在讲解化学腐蚀环节强化环保意识与绿色制造责任

重难点内容

1、重点

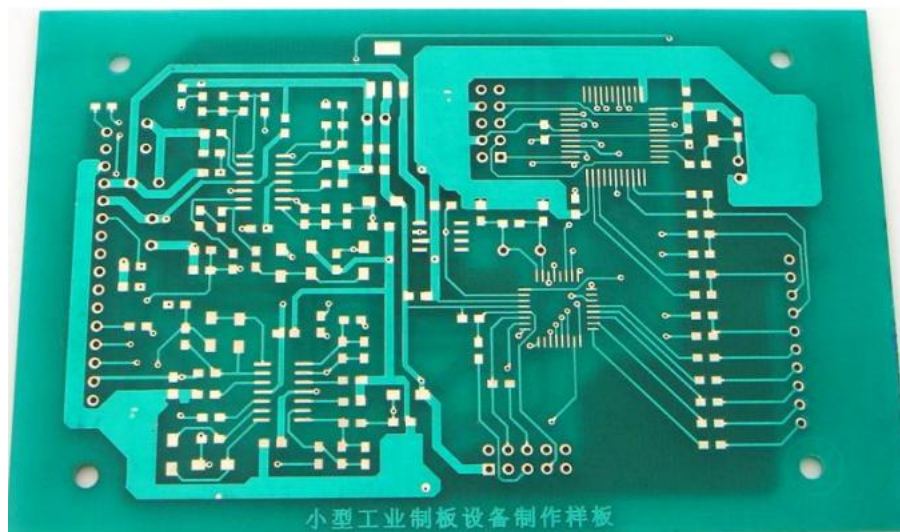
制图过程的基本流程和步骤

嘉立创 EDA 或者 AD 软件完成简单电路的 PCB 制图

2、难点

完成美观且符合正常电气特性的手动布线

DRC 出现错误时快速定位与修正



教学方法与过程

方法：讲授法+演示法+实践法

过程：

1、课件讲解：

1) Protel DXP 建工程→原理图绘制→ERC→封装→PCB 布局布线→DRC→Gerber 输出，再推及到嘉立创 EDA 或者 AD 软件完成简单电路的 PCB 制图过程

2) 制板工艺讲解：底片制作→裁板→钻孔→抛光→沉铜、镀铜→油墨印刷→烘干→曝光→显影→镀锡→脱膜→腐蚀→阻焊

2、学生实践：

- 完成 1 片“流水灯” PCB 的制图作业，并自行制作一份 pcb 制图的流程步骤详细说明，要求对关键工序拍照记录

- 互检流程、及相关一些设置如孔位、线宽等设置是否正确

项目 3 SMT 生产操作实训（8 学时）

教学目标

1、知识目标

了解贴片机供料器（料站）、吸嘴、Mark 点、贴片程序、回流焊曲线的概念
掌握贴片编程六步：新建工程 → Mark 编辑 → 元件编辑 → 料站参数 → PCB 生产 → 运行

一、启动设备与软件

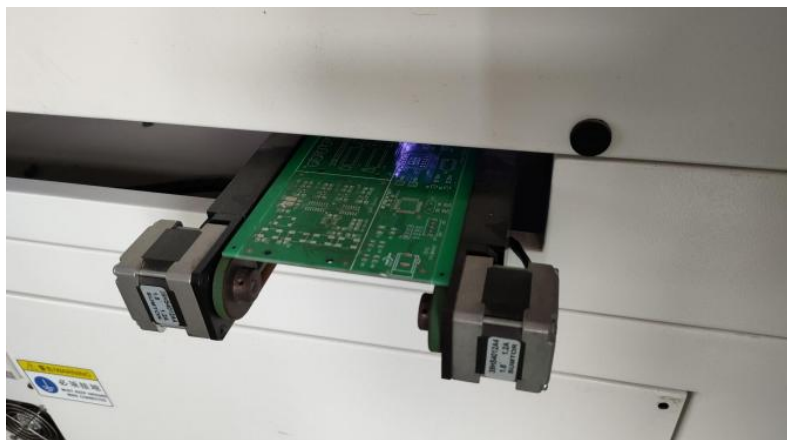
- 1 打开贴片机总电源 → 打开气源。
- 2 在电脑上启动贴片机专用软件（图 4-1）。
- 3 软件界面点击【开启】，机器完成自检，送板机构复位。

二、送板进入工作区

- 1 将已完成激光雕刻/钻孔的 PCB 轻放到传送带入口。
- 2 在软件点击【夹板】→【进板】（图 4-2~4-5），板子自动被夹紧并传送到贴片区域。

三、新建贴片工程

- 1 点击【PCB 编程】→【新建工程】，命名并保存（图 4-6）。
- 2 工程文件默认保存在软件指定目录，后缀 .prj。

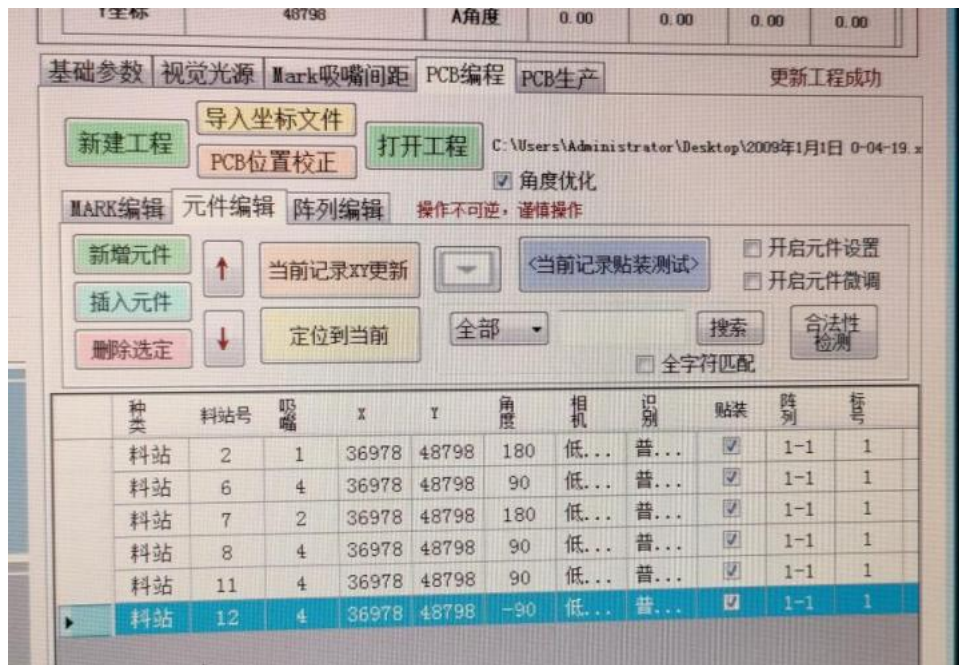


四、建立 Mark 点坐标（基准点）

- 1 点击【Mark 编辑】，进入摄像头画面。
- 2 手动移动摄像头，使十字中心对准板子第一个锚定孔（Mark1），点击【保存当前坐标】（图 4-8、4-9）。
- 3 移动摄像头到对角第二个锚定孔（Mark2），再次点击【保存当前坐标】并确认。

五、元件编程（元件库建立）

- 1 点击【元件编辑】→【新增元件】。
- 2 按讲义元件清单逐条录入 6 个元件（图 4-10、4-11）：
 - 料站号 2，吸嘴 1，角度 90° ，元件 NE555；
 - 料站号 6，吸嘴 4，角度 90° ，元件 102 电阻；
 - 料站号 7，吸嘴 2，角度 180° ，元件三极管；
 - 料站号 8，吸嘴 4，角度 90° ，元件电容；
 - 料站号 11，吸嘴 2，角度 270° ，元件发光二极管；
 - 料站号 12，吸嘴 4，角度 -90° ，元件 472 电阻。每录完一个元件，点击【当前记录 XY 更新】保存坐标。



六、料站参数与相机定位

- 1 点击【基础参数】→【料站参数设置】。
- 2 按料站号 2→6→7→8→11→12 的顺序：
 - 选择料站号 → 点击【相机定位】→ 摄像头自动移到料带中心 → 保存坐标（图 4-12、4-13）。
- 3 确认所有料站坐标已保存，无红色警告。



七、首件试运行

- 1 点击【PCB 生产】→【开始运行】(图 4-14)。
- 2 板子首次进入时,软件弹出警告“找不到第一 Mark 点”→点击【是】→【确定】(图 4-17)。
- 3 手动用鼠标点击屏幕中 Mark1 中心→确认;若吸嘴正常,同样点击 Mark2 中心→确认(图 4-18、4-19)。
- 4 再次点击【开始运行】,机器自动完成首件贴片(图 4-20)。

八、批量生产

- 1 首件贴片完成后,板子自动送到出站口。
- 2 人工目检首件:偏移、缺件、反向、立碑。
- 3 若首件合格,将板子重新放入进站口,软件自动跳过 Mark 示教,连续贴片。
- 4 批量完成后,点击【停止】→【复位】。

九、结束工作

- 1 关闭软件,保存工程。
- 2 关闭贴片机电源→关闭气源。
- 3 清理料带残料、吸嘴、平台。

2、能力目标

能在贴片软件中完成 6 个元件(NE555、102 电阻、三极管、电容、发光二极管、472 电阻)的坐标、角度、吸嘴、料站号设置

能手动示教 Mark 点,完成首件贴片并通过 AOI 或目视检查

3、素质目标

养成“首件确认、批量生产”的规范流程意识

4、课程思政目标

在讲解定位操作时,强调细节对于最后生产的产品的良率的重要性,树立质量强国理念

重难点内容

1、重点

- 料站与吸嘴匹配：大芯片用吸嘴 1，小 0402 电阻用吸嘴 4
- Mark 点示教：先自动识别，后手动微调至锚定孔中心

2、难点

- 元件角度与封装库对应（ 0° 、 90° 、 180° 、 270° ）
- 首件偏移手动校正，确保 $\pm 0.05\text{ mm}$ 精度

教学方法与过程

方法：讲授法 + 演示法 + 实践法

过程：

- 1、课件讲义讲解：演示贴片机吸嘴取料→视觉校正→贴片→回流全过程
- 2、现场操作演示：现场完成一块激光成型板的编程与贴片，重点演示 Mark 点手动微调

3、学生分组动手

根据讲义元件清单完成编程 → 首件贴片 → 自检偏移 → 批量贴片

项目 4 科瑞特覆铜板钻孔机实训操作（8 学时）

教学目标

1、知识目标

理解 Gerber 文件、NC Drill 文件、G 代码、孔径表、锚定孔、过孔的概念及相互关系

掌握 DXP 中生成钻孔文件的五步流程：光绘设置→NC Drill 设置→导出 CAM 文件→G 代码生成→U 盘拷贝

一、钻孔文件的生成（软件端：DXP → G 代码 → U 盘）

1 打开已绘制并 DRC 通过的 PCB 文件（PCB1.PcbDoc）。

2 生成光绘（Gerber）文件

2.1 菜单点击【文件】→【制造输出】→【Gerber Files】，进入【光绘文件设定】对话框。

2.2 在“常规”页：

- 单位选 “mm”；
- 格式选 “4:4”。

2.3 在“层”页：

- 勾选“将绘制/镜像层”列表中的所有需要层（Top Layer、Bottom Layer、Top Overlay、Keep-Out Layer 等）；
- 点击“确定”。

2.4 系统生成并打开 CAMtastic1.CAM（光绘文件），关闭即可，文件已自动保存在项目目录。

3 生成 NC 钻孔（Excellon）文件

3.1 再次点击【文件】→【制造输出】→【NC Drill Files】，进入【NC 钻孔设定】对话框。

3.2 设置：

- 单位：mm；
- 格式：4:4；
- 其余保持默认 → 点击“确定”。

3.3 系统生成并打开 CAMtastic1.CAM（NC Drill），同样关闭即可，项目目录中已生成 *.TXT / *.DRL 等钻孔文件。

4 使用钻孔辅助软件生成 G 代码

4.1 启动“钻孔应用程序”（讲义图 2-8）。

4.2 点击【文件】→【打开 Gerber 文件】，选择刚才生成的 pcb1.GBO（底层 Gerber）→ 打开。

4.3 打开【配置】→【加工配置-钻孔配置】（图 2-12）。

4.4 在“当前文件孔径”列表中，将所有实际用到的孔径（如 0.8 mm、0.3 mm）逐条转移到右侧“已选好刀具”列表 → 点击“确认”。

4.5 点击【生成 G 代码】（图 2-14）。

4.6 连续两次选择“是” → 两次“确定”，等待生成完成。

4.7 在 PCB 项目目录下出现“PCB1_输出文件\加工文件”文件夹，确认其中包含：

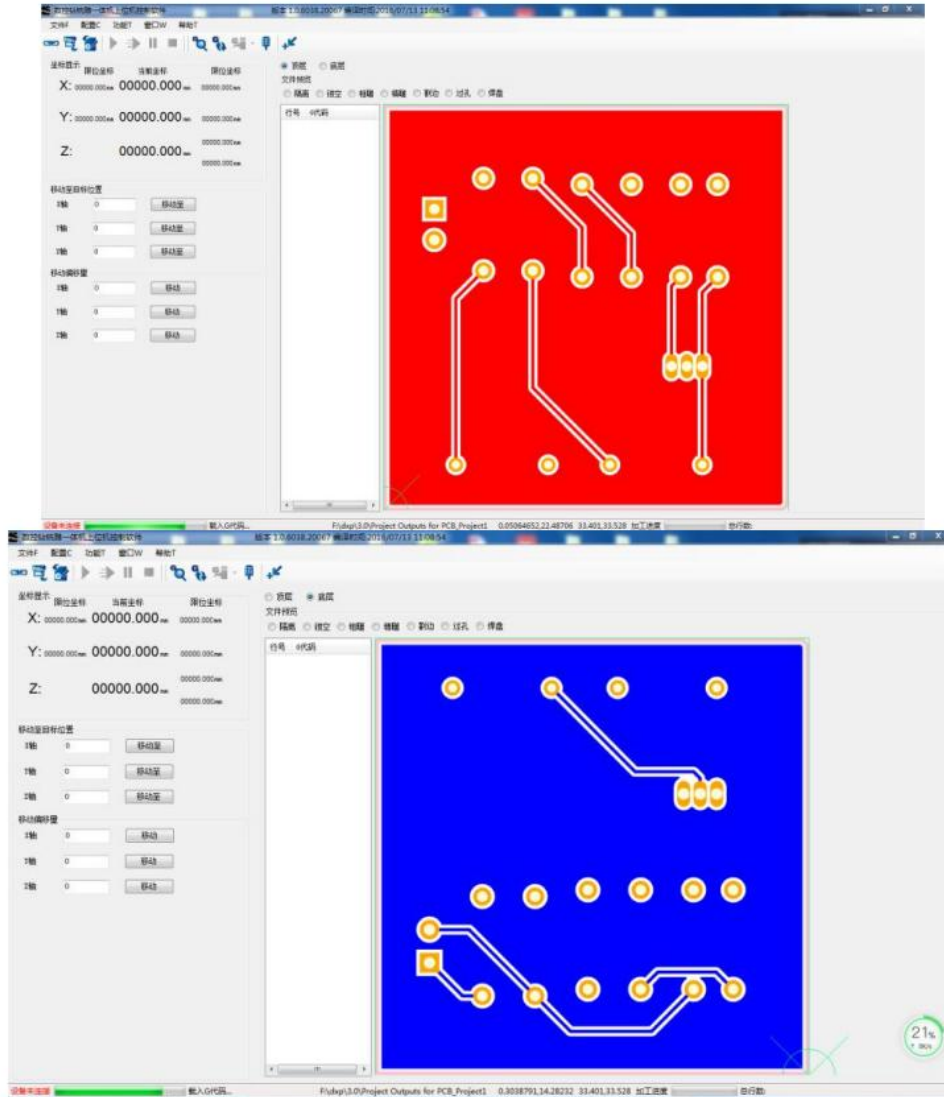
- 锚定孔 G 代码（如 anchor.nc）；
- 过孔 G 代码（如 via.nc）；
- 孔径表、刀具文件。

5 拷贝到 U 盘

5.1 插入钻孔专用 U 盘，先格式化为 FAT32。

5.2 将“加工文件”文件夹整体复制到 U 盘根目录。

5.3 安全弹出 U 盘。



2、能力目标

- 1、能独立在 DXP 中完成光绘与钻孔参数设定并生成 G 代码
- 2、能操作钻孔机完成回零、装板、换钻头、运行程序、检测孔通断全过程

二、钻孔机操作流程（设备端：上机加工）

1 开机

1.1 打开钻孔机总电源 → 打开主轴电源 → 打开照明。

2 装载程序

2.1 将 U 盘插入钻孔机 USB 口。

3 回零与装板

3.1 拿遥控器，选择“回归零点”，机台自动回零。

3.2 按遥控器“Y+”，底盘移出。

3.3 将已裁剪好的单面/双面板放到平台，用透明胶带固定四边。

4 锚定孔加工

4.1 在钻头盒中取出与程序对应的锚定孔钻头（例：0.8 mm）。

4.2 按“Y-”送底盘回机器；

4.3 手动下降钻头至接近板面，停止；

4.4 按遥控器“XY→0”、“Z→0”，将三轴同时清零；

4.5 点击“回零点”确认。

4.6 拉起透明罩，按“运行” → 选“U 盘文件 → 半自动加工 → 正常加工” → 找到锚定孔程序 → 确定 → 再确定 → 机台自动打孔。

4.7 加工完毕，按“确定”关闭真空，掀开盖子，确认锚定孔已打穿。

5 过孔加工

5.1 用扳手取下锚定钻头，换上对应过孔钻头（例：0.3 mm）。

5.2 钻头刀柄银色部分不得外露，用扳手逆时针拧紧。

5.3 按住“Z-”下降钻头至接近板面，停止；

5.4 仅按“Z→0”清零 Z 轴（严禁再动 XY，否则坐标偏）。

5.5 重复运行步骤：拉下盖子 → 运行 → 选过孔程序 → 确定 → 再确定 → 自动打孔。

5.6 完成后关闭真空，掀开盖子。

6 取板与检查

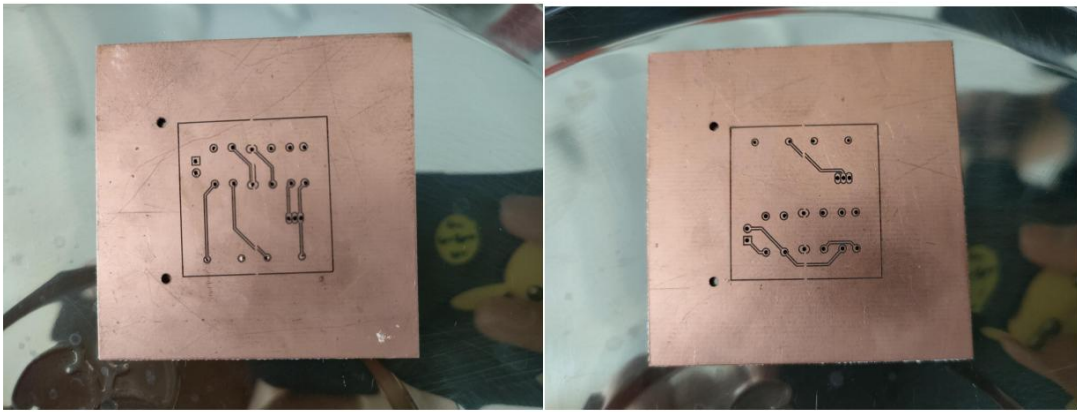
6.1 按“Y+”移出底盘，撕掉胶带，取出板子。

6.2 目视或用检孔规检查所有孔是否打穿、无偏位、无漏钻。

三、结束工作

1 关机：关闭主轴 → 关闭照明 → 关闭总电源。

2 清理：清理平台残屑，钻头归位。



3、素质目标

养成“程序先校验后上机、钻头先测量后安装”的安全习惯

4、课程思政目标

讲述大国工匠“0.01 mm 钻孔精度”故事，弘扬精益求精的工匠精神

重难点内容

1、重点

- 光绘文件设置：单位 4:4 格式、层选择、镜像处理
- NC Drill 设置：单位、格式、孔径表匹配
- 钻孔机安全操作：回零→装板→对刀→运行→取板

2、难点

- 锚定孔与过孔钻头区分及换刀时的 Z 轴零点保持
- 真空吸附压力调节，防止薄板翘曲导致断钻

教学方法与过程

方法：讲授法 + 演示法 + 实践法

过程：

- 1、课件讲义讲解：用动画展示 Gerber/Excellon 格式数据流向

2、现场操作演示

现场演示钻孔文件的生成(生成 G 代码) → U 盘拷贝 → 钻孔机回零 → 装 1.6 mm FR-4 双面板 → 换 0.8 mm 锚定孔钻头 → 运行锚定程序 → 换 0.3 mm 过孔钻头 → 运行过孔程序 → 验孔

3、学生分组动手

每组领取一块裸板，完成从 DXP 导出到钻孔机加工全链路

重点检查：钻头刀柄夹持长度、Z 轴清零步骤、程序单段试运行

项目 5 科瑞特激光雕刻机实训操作（8 学时）

教学目标

1、知识目标

了解激光成型机坐标系、Mark 点、步进电机、光斑直径、烧蚀深度的含义
掌握激光机操作流程：开机 → 软件连接 → 打开 Gerber → 视频窗口对位 → 锚定 A/B → 设置零点 → 生成加工文件 → 启动加工 → 翻面二次加工

一、启动设备与软件连接

1 打开激光机

1.1 依次打开激光机总电源 → 照明灯 → 真空吸附开关（图 3-1）。

2 打开软件

2.1 在电脑端启动“激光成型机”控制软件，等待软件自动与激光机建立通信（图 3-2）。

二、导入加工文件

1 导入 Gerber

1.1 在软件菜单点击【文件】→【打开 Gerber】，选择之前生成的 G 文件（通常位于“PCB1_输出文件\加工文件”目录）。

1.2 点击“确定”，软件界面出现 PCB 顶层、底层、顶层阻焊、底层阻焊四层预览（图 3-3 至 3-5）。

2 选择加工面

2.1 本次先雕刻顶层，因此在图层树中仅勾选“Top Layer”。



三、开启视频与控制台

1 开启视频窗口

- 1.1 点击菜单【窗口】→【视频窗口】，弹出实时摄像头画面（图 3-6）。
- 1.2 点击“开始”按钮，摄像头图像出现在对话框中（图 3-7）。

2 开启控制台

- 2.1 点击软件上的“手柄图案”，调出【控制台】对话框，用于手动控制 X/Y 步进电机（图 3-8、3-9）。

四、装板与第一次对位（Mark A）

1 移出底盘

- 1.1 在控制台点击“X-”，底盘向外伸出。

2 放置板子

- 2.1 将已完成钻孔的 PCB 平放在底盘上，确保板边与底盘定位边贴紧。
- 2.2 打开真空吸附，将板子牢牢吸住。

3 粗调位置

- 3.1 在控制台调节步进（可切换 1 mm / 0.1 mm / 0.01 mm 档），使板子的第一个锚定孔（Mark A）移动到视频窗口十字中心。

4 精调并锚定

- 4.1 点击视频窗口中的【锚定 A】按钮，当锚定孔边缘出现黄色圆圈提示时，表示识别成功；若未识别，可临时放一小块黑垫片提高对比度后再锚定（图 3-11）。

五、第二次对位（Mark B）

1 移动底盘

- 1.1 继续用控制台步进，把板子对角处的第二个锚定孔（Mark B）移到视频窗口十字中心。

2 锚定

- 2.1 点击【锚定 B】，同样出现黄圈提示即成功。

六、零点设定与加工文件生成

1 设置零点

- 1.1 点击软件上的【设置零点】→在弹出的确认框中选“是”。
- 1.2 关闭视频窗口与控制台，回到主界面。

2 生成加工文件

- 2.1 点击主界面的“G 图案”按钮（图 3-12），软件开始计算激光路径，等待进度条完成 → 点击“确定”。

七、启动激光雕刻

1 关盖

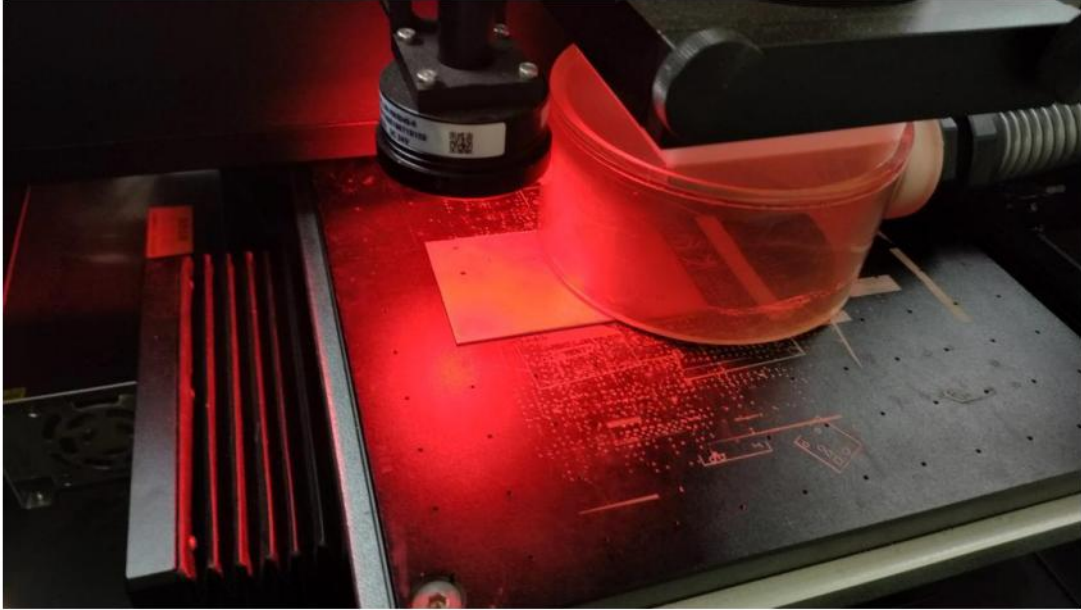
- 1.1 拉下激光器透明防护盖。

2 启动加工

- 2.1 点击软件上的“▶图案”按钮（图 3-13），激光头开始按 Gerber 路径雕刻铜箔。
- 2.2 观察进度条及激光头运动，确保无异常。

3 完成顶层

- 3.1 加工结束后，软件提示完成。打开盖子，关闭真空。
- 3.2 将底盘移出，取出板子，目视检查线路是否通透、无残留铜。



八、翻面雕刻底层

1 翻面装板

1.1 将板子翻面（底层朝上），再次用真空吸附固定。

2 重复对位与锚定

2.1 重新打开视频窗口和控制台，重复步骤四、五（Mark A 与 Mark B 对位）。

3 生成底层加工文件

3.1 在图层树中取消“Top Layer”，勾选“Bottom Layer”，再次点击“G 图案”生成底层加工文件。

4 启动底层雕刻

4.1 关盖 → 点击“▶” → 完成底层雕刻。

九、结束工作

1 关机

1.1 加工完毕后，关闭激光机软件。

1.2 关闭激光机电源 → 照明 → 真空。

2 清理

2.1 清理底盘铜屑，关闭防护盖。

2、能力目标

能独立在激光成型机软件中导入顶层、底层 Gerber 并完成双面对位
能通过视频窗口手动调整步进，保证 Mark 点黄圈重合

3、素质目标

养成“先低速试切、后高速量产”的节能降耗意识

4、课程思政目标

介绍国产激光装备打破国外垄断案例，增强民族自豪感

重难点内容

1、重点

- 双 Mark 点精准对位：先 A 后 B，黄圈提示成功
- 零点设置：激光头位于板左下角，Z 轴焦点高度固定

2、难点

- 薄板二次翻面后坐标偏差修正
- 顶层/底层阻焊层对位误差 $<0.1\text{ mm}$ 控制技巧

教学方法与过程

方法：讲授法 + 演示法 + 实践法

过程：

- 1、课件讲义讲解：展示激光光斑与铜箔作用机理示意动图
- 2、现场操作演示：教师现场完成一块已钻孔板的双面激光成型，重点演示 Mark 点对位技巧
- 3、学生分组动手
领取已钻孔板，自行导入 Gerber → 完成对位 → 激光成型 → 自检线宽/间距