

隐藏在PCB设计中的DFM案例

细节决定成败

一博科技-SI研究部：王辉东

电气连接
准确性

可制造性

可靠性

经济性

环境的适
应性



IPC-2221 印制板设计通用标准

IPC-2222 刚性有机印制板设计分标准

IPC-2223 挠性印制板设计分标准

IPC-2225 有机多芯片模块(MCM-L)和MCM-L组件设计分标准

IPC-2226 高密度互连 (HDI) 印制板设计分标准

IPC-2228 高频（射频/微波）印制板设计分标准

表 1-2 默认要求

项目	默认选择
性能等级	2 级
材料	按照 3.2.1 节的环氧玻璃布层压板
最终涂覆	按照表 3-3 的涂覆 X
最小起始铜箔	除 1 型应当从 1oz. 起始外, 所有内层和外层均应当从 1/2oz. 起始。 对于电镀的高密度互连层, 各层 (内层或外层) 均为 1/4oz.
铜箔类型	按照 3.2.4 节的电解铜箔
孔径公差 镀覆孔, 元器件孔 镀覆孔, 仅导通孔 非镀覆	(±) 100μm[3,937μin] (+) 80μm[3,150μin], (-) 负偏差无要求, (可全部或部分塞孔) (±) 80μm[3,150μin]
导体宽度公差	按照 3.5.1 节的 2 级要求
导体间距公差	按照 3.5.2 节的 2 级要求
介质层间隔	按照 3.6.2.18 节的要求, 最小 90μm[3,543μin]
导体侧向间距 (金属芯)	按照 3.6.2.17 节的要求, 最小 100μm[3,937μin]
标记油墨	按照 3.3.5 节的要求, 色泽反差明显, 非导电
阻焊膜	如未按 1.3.4.3 节作规定, 则不加阻焊层
规定加阻焊膜	如未按 3.7 节规定等级, 则为 IPC-SM-840 中的等级 T
焊料涂覆层	按照 3.2.7.3.1 节要求的 Sn63/Pb37
可焊性测试	按照 3.3.6 节, 锡铅为 J-STD-003 的 2 类, 无铅为 A 类
热应力测试	IPC-TM-650 测试方法 2.6.8, 条件 A 按测试方法 3.6.1.1
绝缘电阻测试电压	按照 IPC-9252
鉴定检验未作规定时	见 IPC-6011

目录 CONTENTS

Part 01

钻孔是线路板的灵魂

Part 02

线路是PCB的神经

Part 03

阻焊和丝印—华丽的外衣

PART 01

钻孔是线路板的灵魂

机械安装孔

用机械的方法将其他零部件、元器件安装到印制板上，或者将印制板安装到部件和整机上的一种孔。

元件孔

经过焊接，实现元器件与印制板之间电气连接的一种孔。

导通孔

又称过孔，是实现不同导电层之间的导线进行电气连接的一种孔。从结构上又可分为三种：过孔、盲孔、埋孔。

安装孔

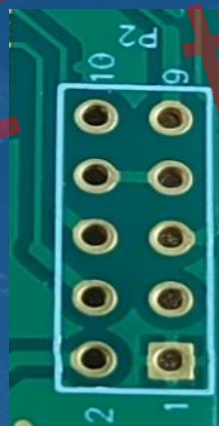


PTH安装孔

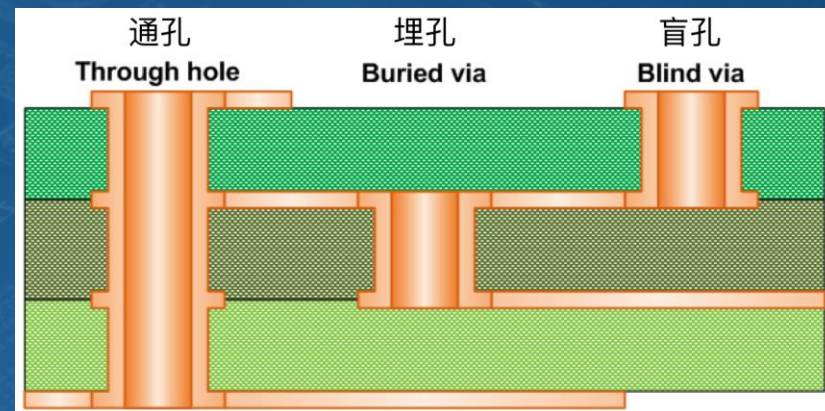
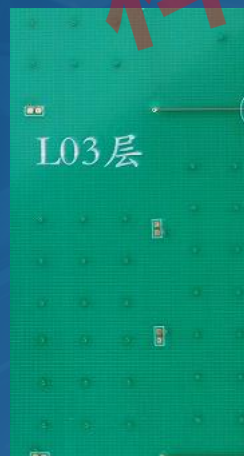


NPTH安装孔

元件孔

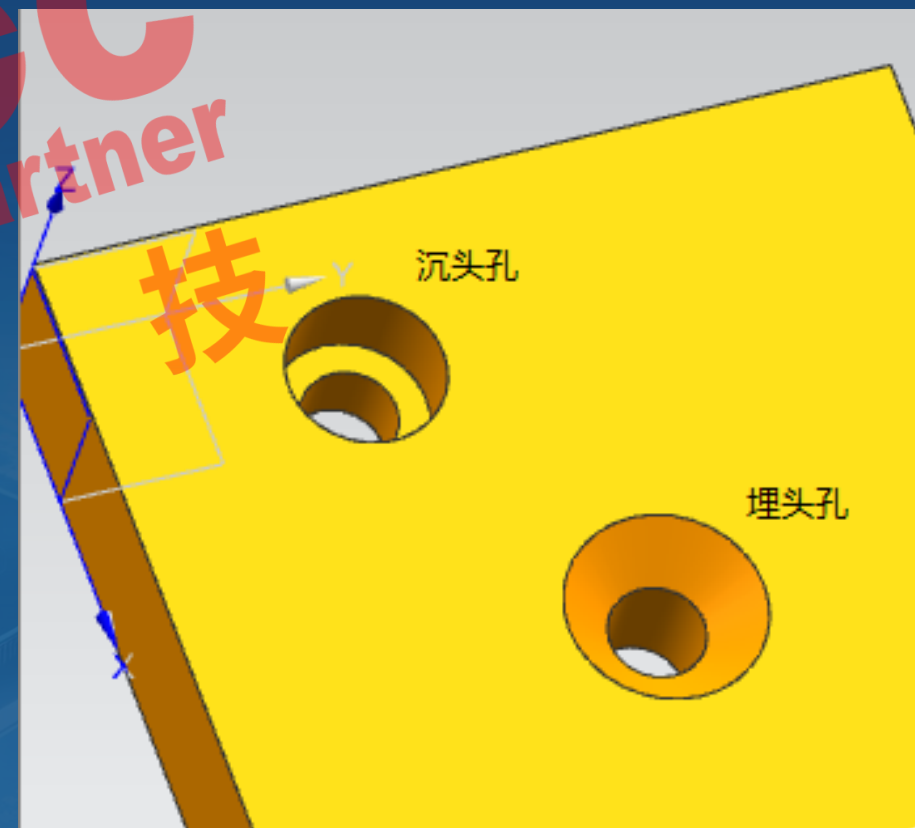


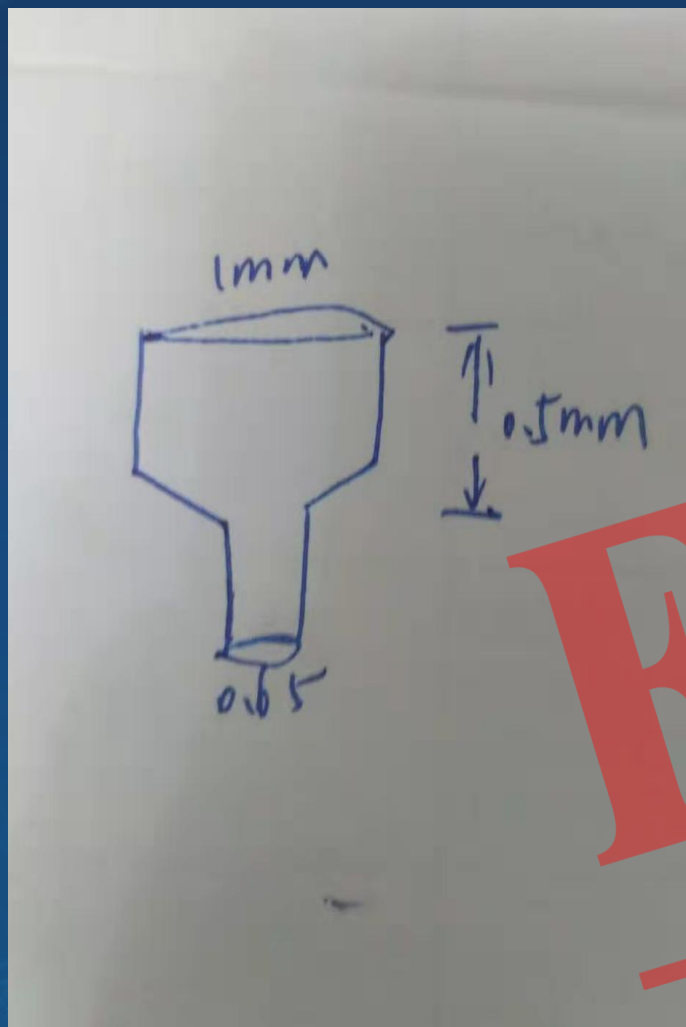
导通孔



沉孔和锥形孔

沉孔示意图:





工程部常用辅助计算工具

沉孔深度 | 金手指深度 | V-CUT削铜 | 拉伸系数 | 单位换算 | 关于

D1 = 1 mm R = 90

D = 0.65 mm H = 175 mm

说明: D1=大孔尺寸 D=小孔尺寸 T=板厚 R=角度 H=深度
只需输入D1、D、R即可

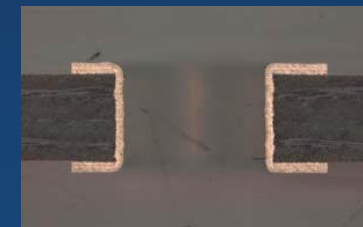
计算 清除 关闭

机械安装孔

- NPTH安装孔，如果设计为PTH需注意内外层线路隔离问题
- 沉孔（喇叭孔）
- 安装孔距板边距离应大于板厚值
- 需与机械安装件匹配
- 常规安装孔孔径:2.0、2.5、2.8、3.0mm



NPTH安装孔



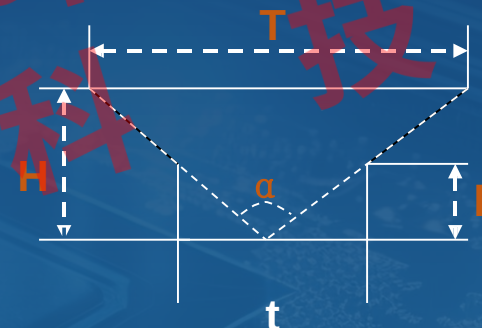
PTH安装孔



沉孔

$$h = H - \frac{T - t}{2 \tan(\frac{\alpha}{2})}$$

沉孔计算公式



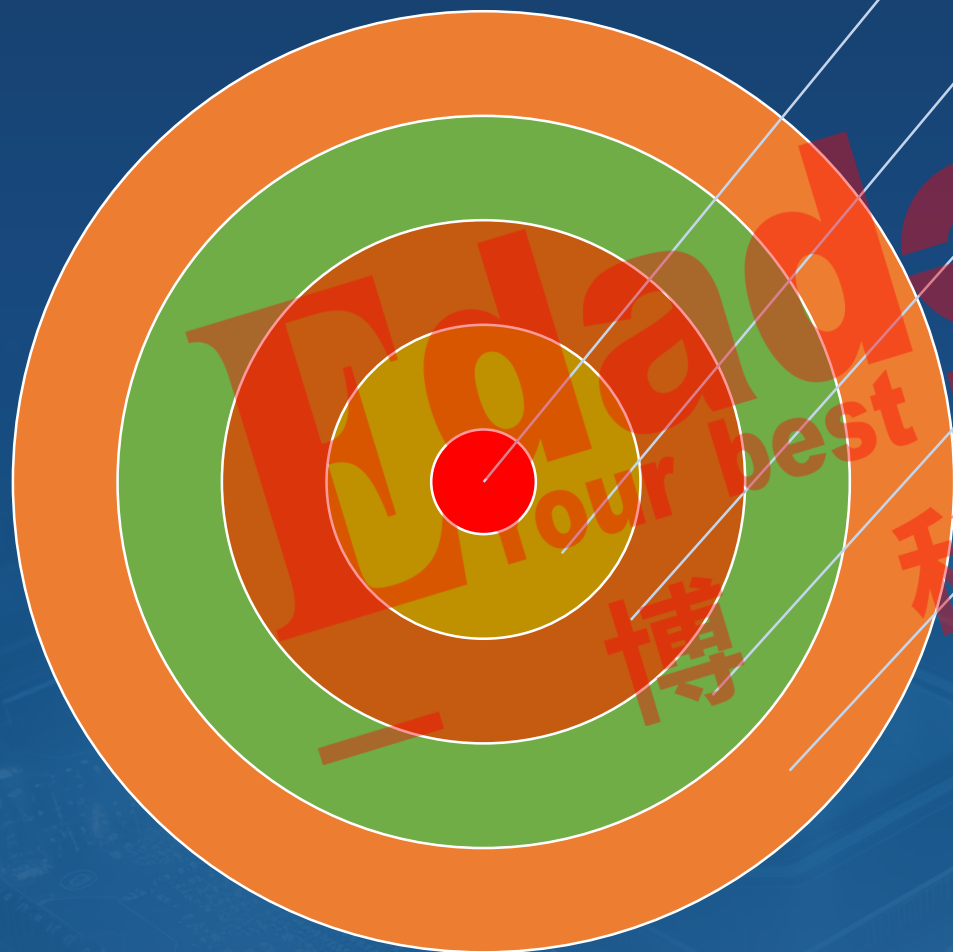
沉孔图



如图所示：T表示沉孔孔径、t表示通孔孔径、H表示板厚、α表示沉孔角度、h表示沉孔后残留深度

沉孔设计的六要素





钻透的目标层内外层
削铜

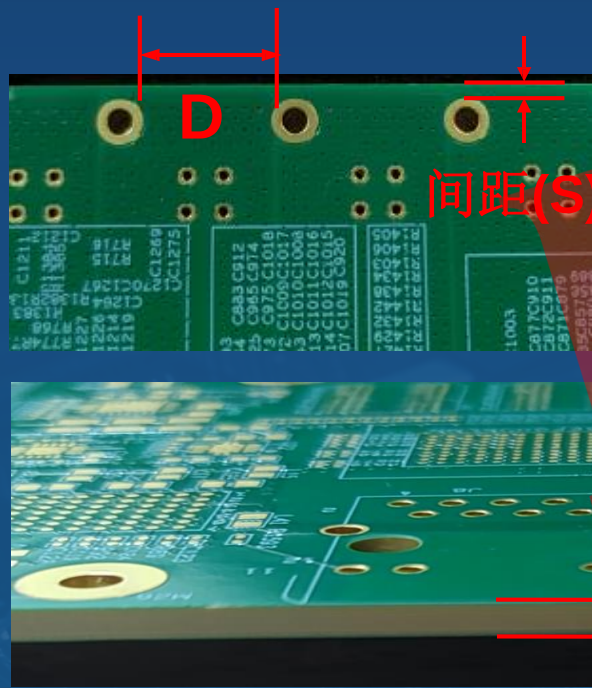
非金属化的是否
会影响电性能

计算深度需要考
虑深度公差

内外层的避铜处
理

阻焊层的开窗

机械安装孔、



- 机械安装孔间距设计要求(QJ 3103A-2011)

孔边缘与印制板边缘的最小距离 S 应大于印制板厚度 T 。

任意两个相邻的机械安装孔的边缘之间的最小距离 D 应大于印制板厚度 T 。

$$S > T$$

$$D > T$$

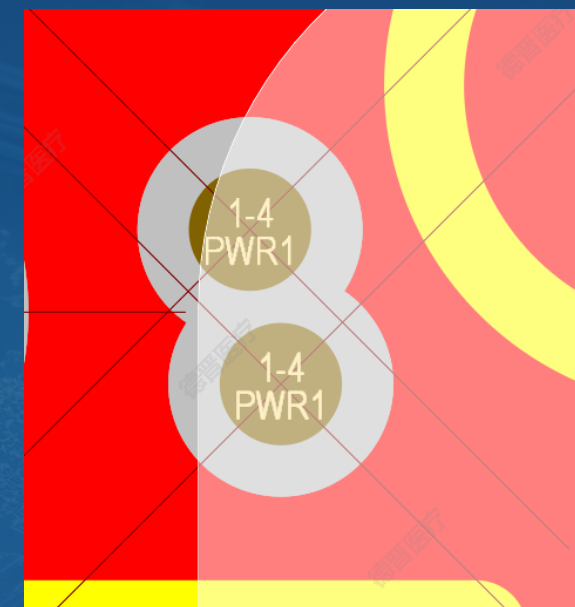
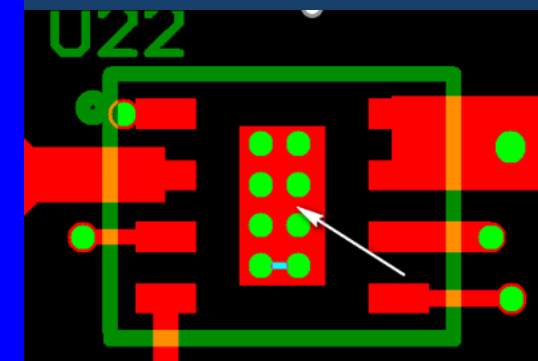
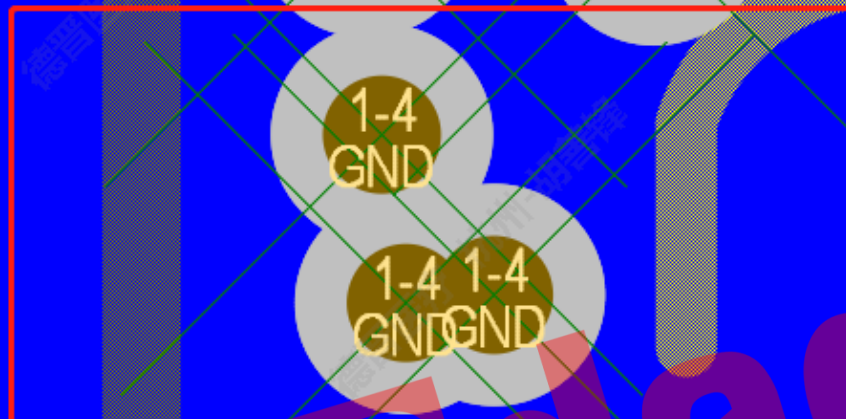
5.3.5.5 孔间距

任意两个相邻的机械安装孔的边缘之间的最小距离应大于印制板的厚度。

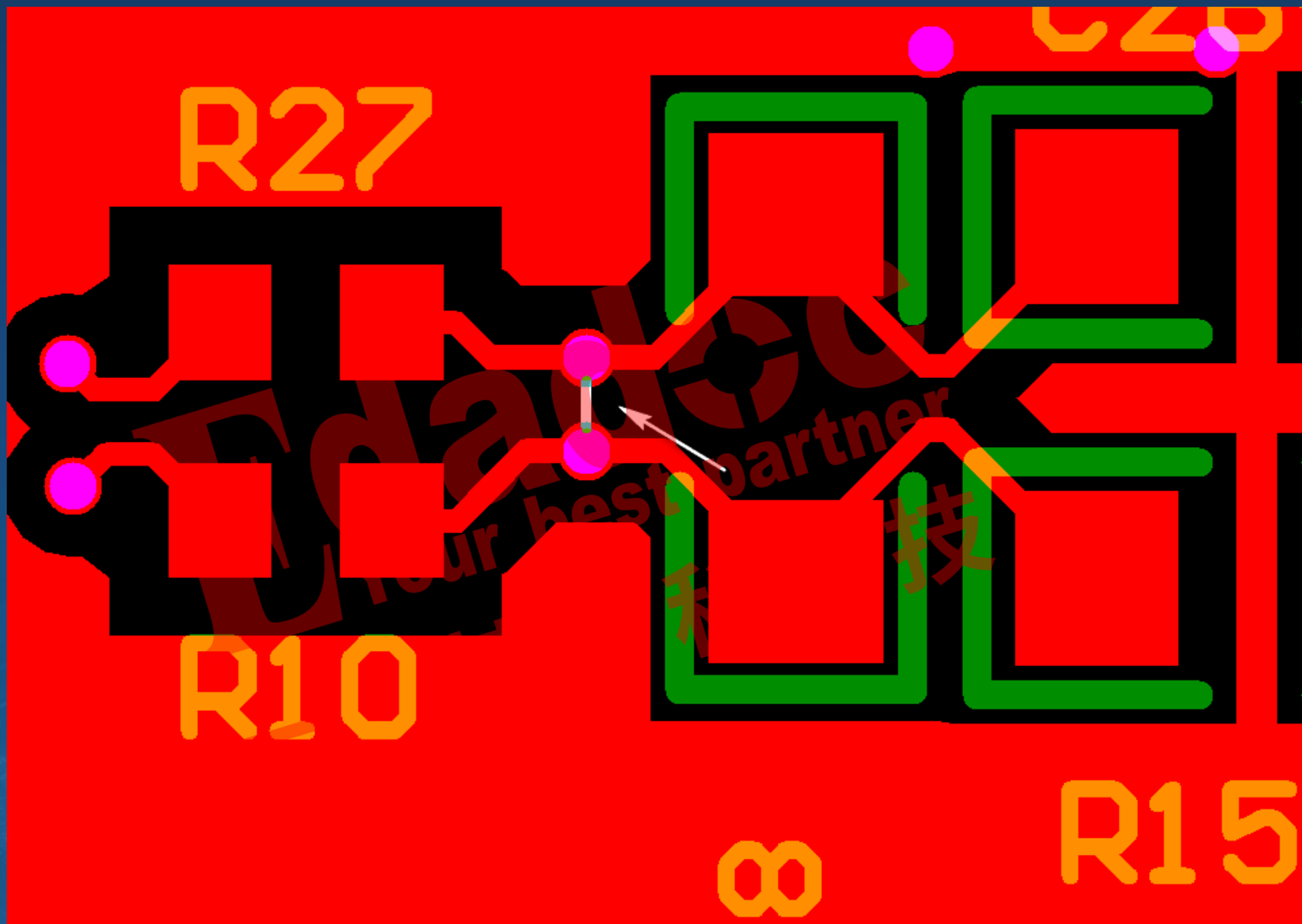
5.3.5.6 孔边缘与印制板边缘的距离

孔边缘与印制板边缘的最小距离应大于印制板的厚度。

相同网络过孔的间距做多少合适



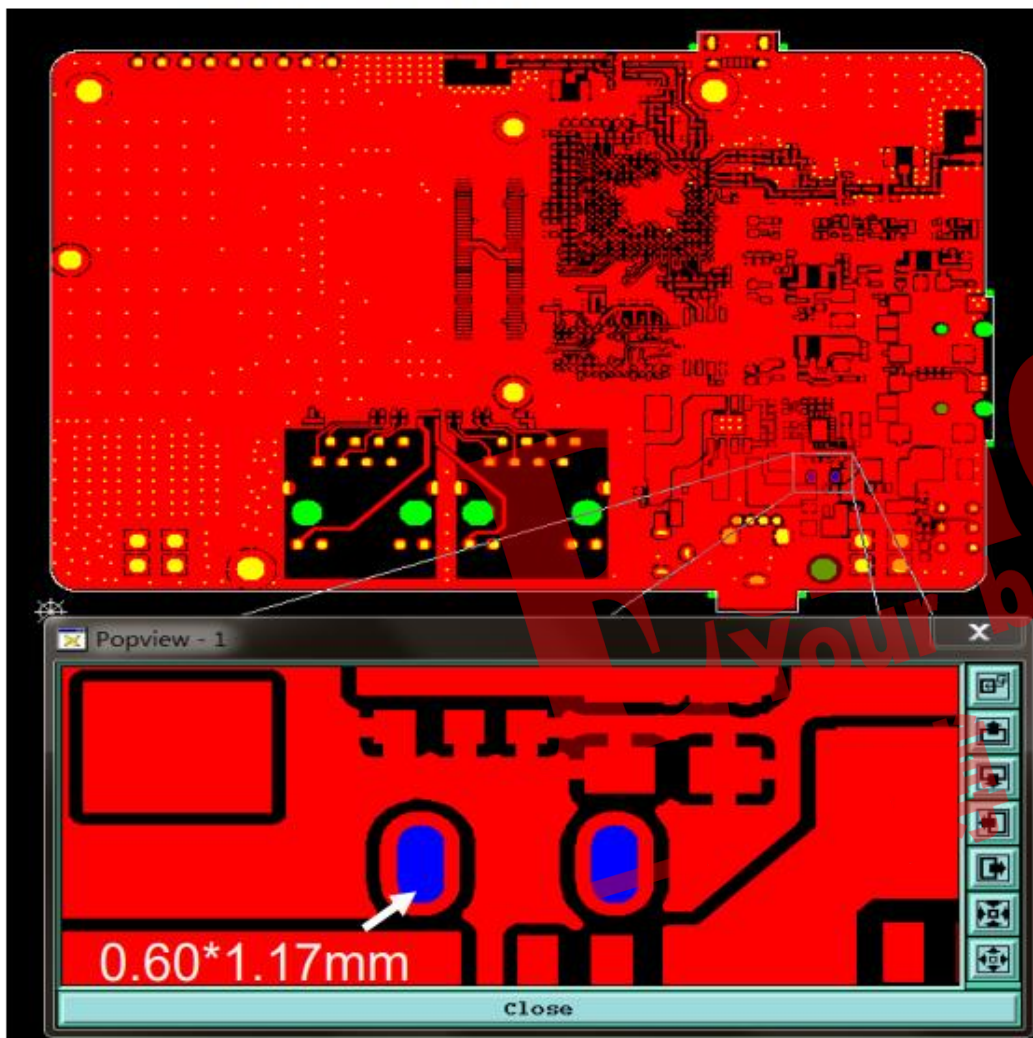
不同网络的过孔做多少合适



最小的槽孔宽度做多少合适



Gerber设计

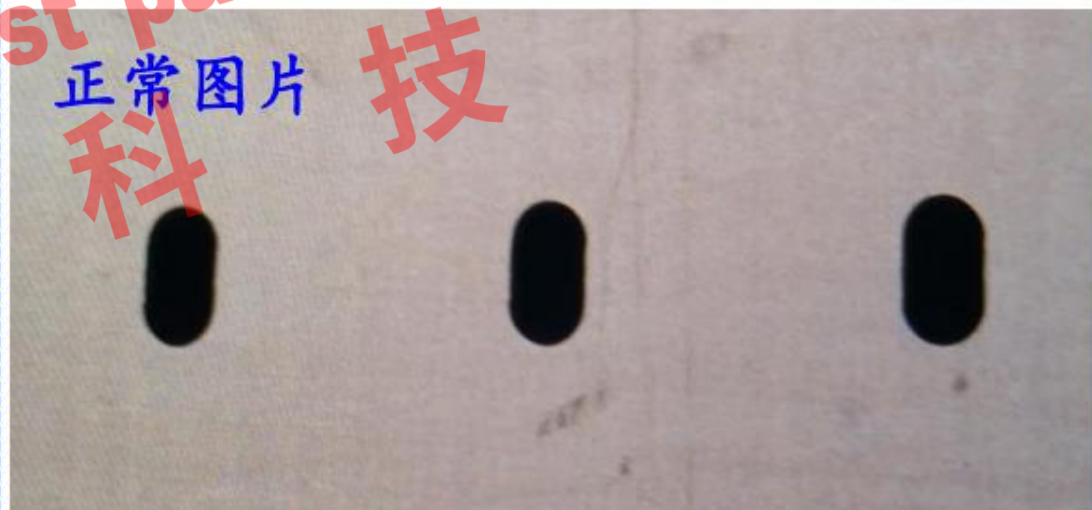


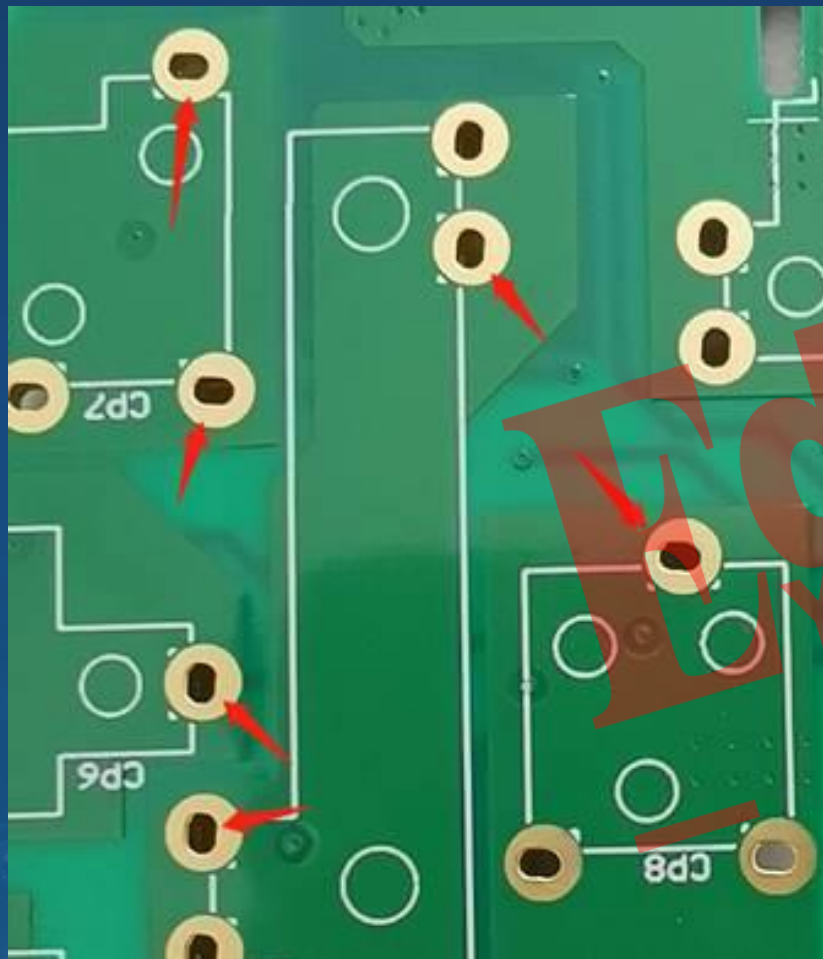
实物图片

异常图片



正常图片

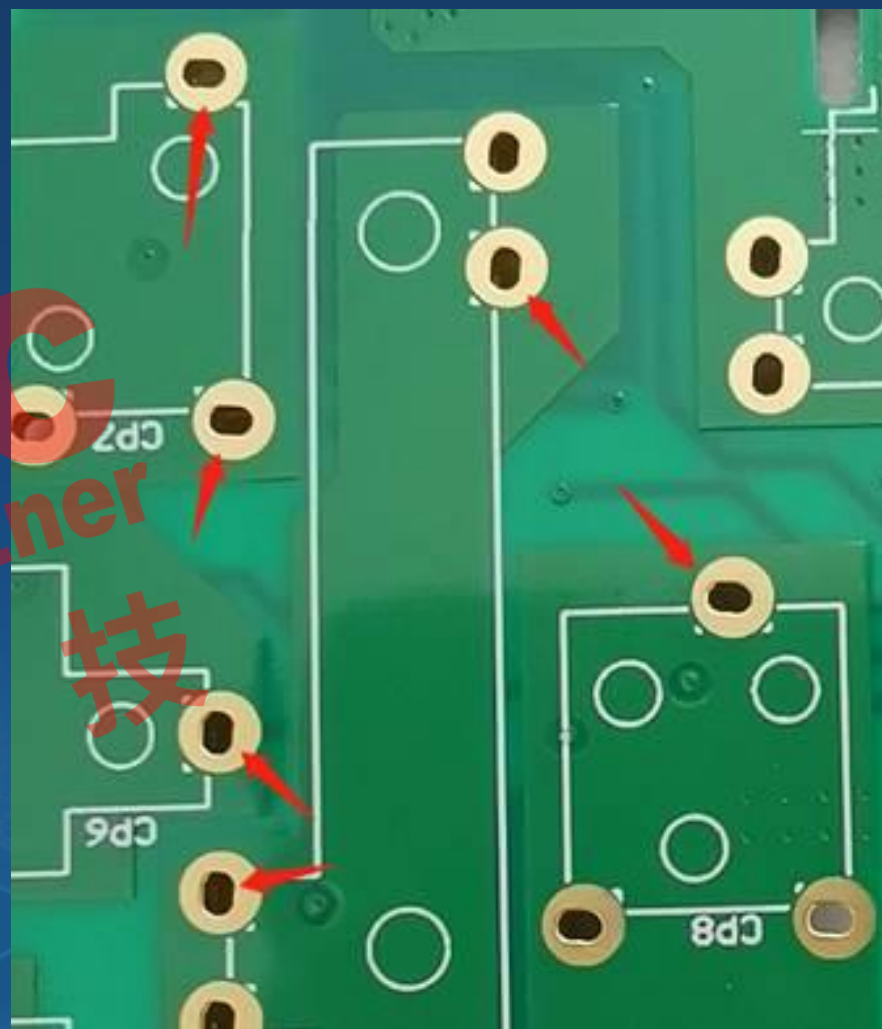
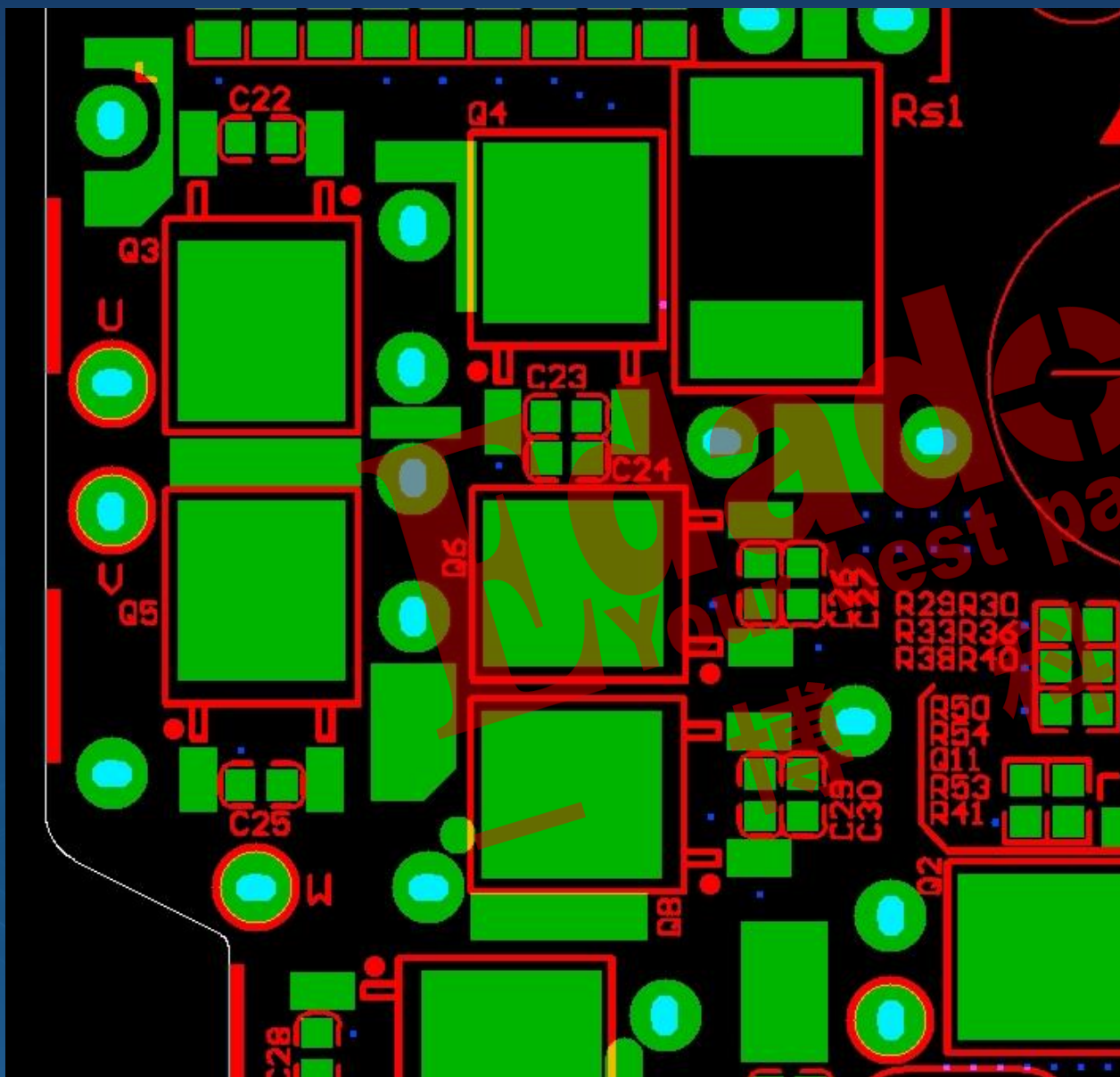




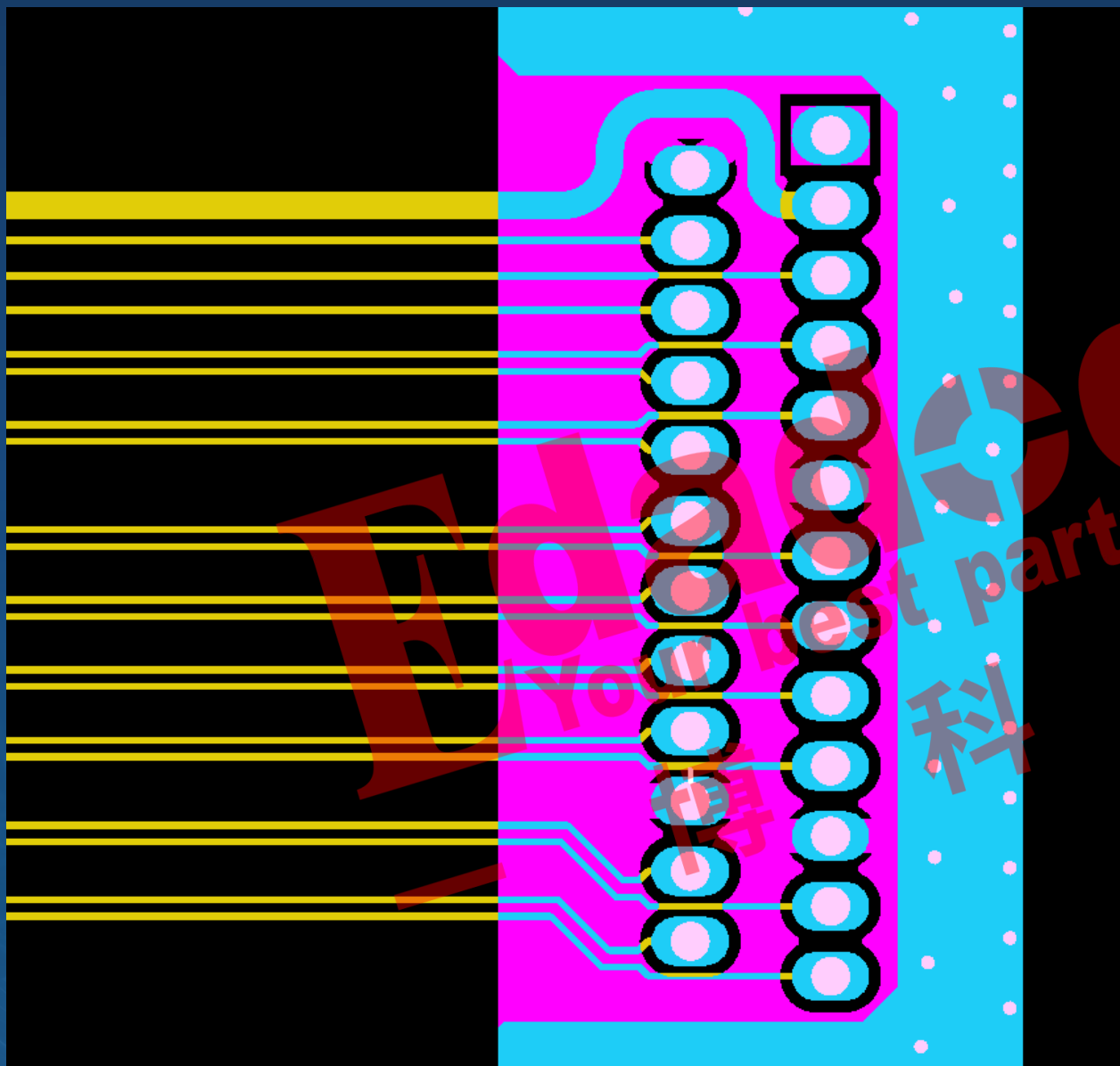
短槽孔(槽长 ≤ 2 倍槽宽)钻孔后容易出现斜槽、变形、槽长小等品质异常. 解决方式: 短槽孔须添加短槽预钻孔, 预钻孔直径=工作稿槽长/2 - 0.1mm

短槽孔须添加短槽预钻孔, 预钻孔直径=工作稿槽长/2 - 0.1mm.

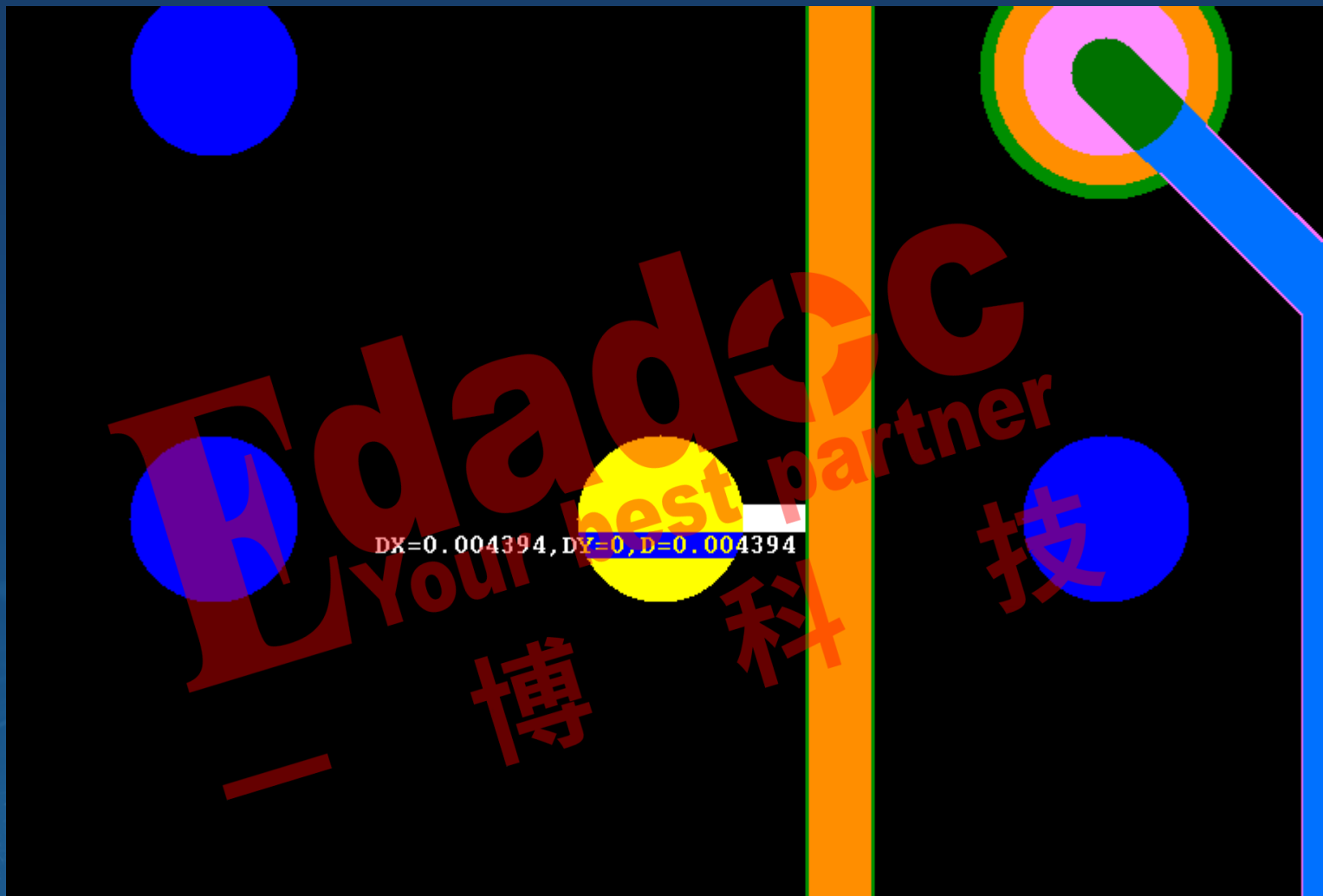
槽孔为什么会歪

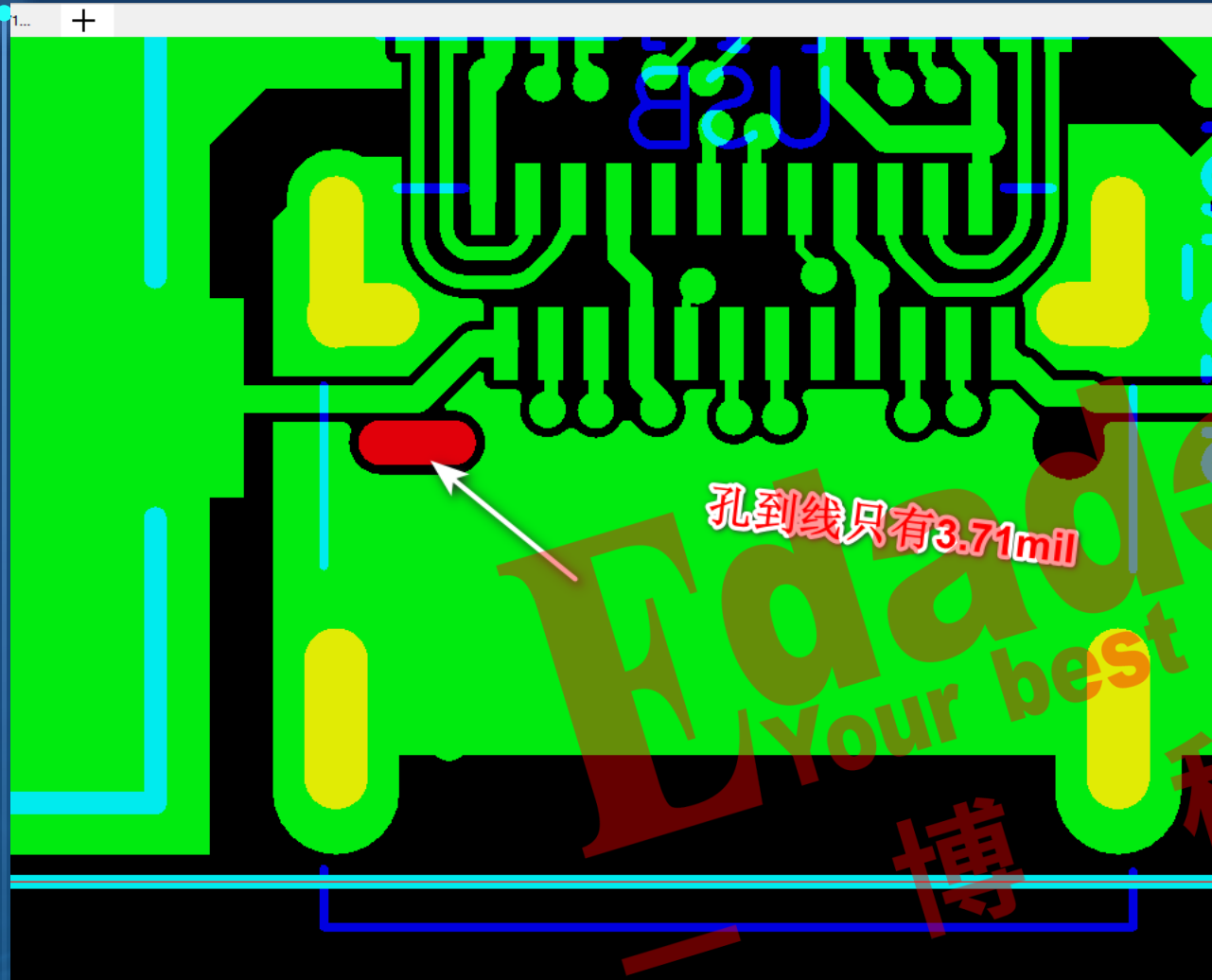


元件孔到线的间距设计多少



过孔到线做多少合适





- 内层孔到线的距离尽量加大，层次越高，距离越大。（4层板保证在7mil以上，6-8层保证8mil以上，10层以上9mil，20-30层10mil以上）



密度级别A

用于一般密度的可生产性设计，属于首选等级。等级 A 适用于低等元件密度。这种情况下，封装几何尺寸最大。这个方法具有最稳健的生产性。

密度等级 B

用于中密度的可生产性设计，属于标准等级。等级 B 适用于回流焊、波峰焊、拖焊或者浸焊。这种情况下，封装几何尺寸为中等水平。这个方法具有稳健的焊接条件。

密度等级 C

用于高密度的可生产性设计，属于缩减等级。等级 C 适用于高的元件密度。这种情况下，封装的几何尺寸最小。这个方法适用于手持式便携设备



孔的最小直径 (Minimum Hole Size) 按以下等式计算:

孔的最小直径 = 引脚最大直径 + 0.25mm (IPC-2222 的 A 级密度)

孔的最小直径 = 引脚最大直径 + 0.20mm (IPC-2222 的 B 级密度)

孔的最小直径 = 引脚最大直径 + 0.15mm (IPC-2222 的 C 级密度)

在计算最小孔直径之后, 你应该知道最小孔环为 0.05mm (50um)。

依照 IPC-2221, 最小加工余量 为:

A 级 = 0.6mm,

B 级 = 0.5mm,

C 级 = 0.4mm。

焊盘直径 = 孔的最小直径 + 最小孔环 * 2 + 最小加工余量

焊盘直径 = 孔的最小直径 + 0.1mm + 0.60mm (IPC-2222 的 A 级密度)

焊盘直径 = 孔的最小直径 + 0.1mm + 0.50mm (IPC-2222 的 B 级密度)

焊盘直径 = 孔的最小直径 + 0.1mm + 0.40mm (IPC-2222 的 C 级密度)

例: 引脚最大直径 = 0.55mm

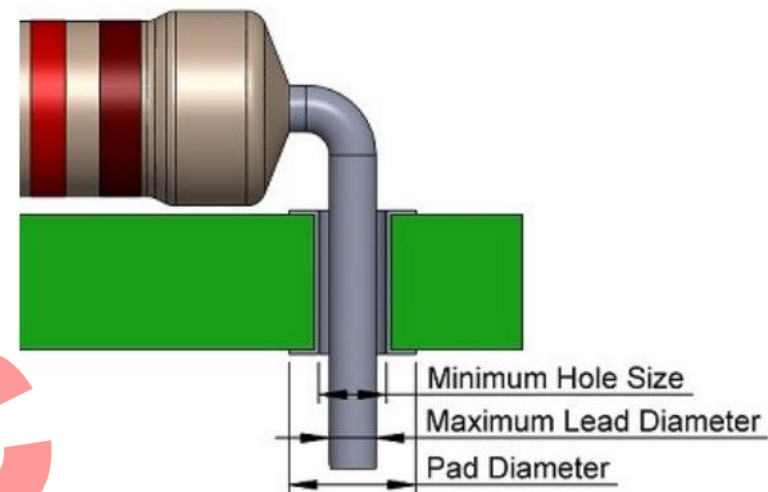
A 级孔的最小直径 = 0.80mm; 焊盘直径 = 1.50mm

B 级孔的最小直径 = 0.75mm; 焊盘直径 = 1.35mm

C 级孔的最小直径 = 0.70mm; 焊盘直径 = 1.20mm

* Minimum Annular Ring = 最小孔环

* Minimum Fabrication Allowance = 最小加工余量



元件引脚和焊盘直径

* Minimum Hole Size = 最小孔直径

* Maximum Lead Diameter = 最大引脚直径

* Pad Diameter = 焊盘直径

常用的标准

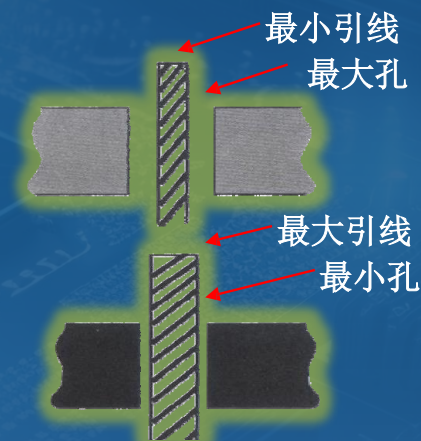
- 元件孔
 - 元件孔直径与引脚直径的关系

项目		IPC-2222 B级 QJ 3103-99(一般)	IPC-2222 C级 QJ 3103-99(较高)
元件孔最大直径	$\leq$ 最小引脚直径+0.7mm	$\leq$ 最小引脚直径+0.7mm	$\leq$ 最小引脚直径+0.6mm
元件孔最小直径	$\geq$ 最大引脚直径+0.25mm	$\geq$ 最大引脚直径+0.20mm	$\geq$ 最大引脚直径+0.15mm

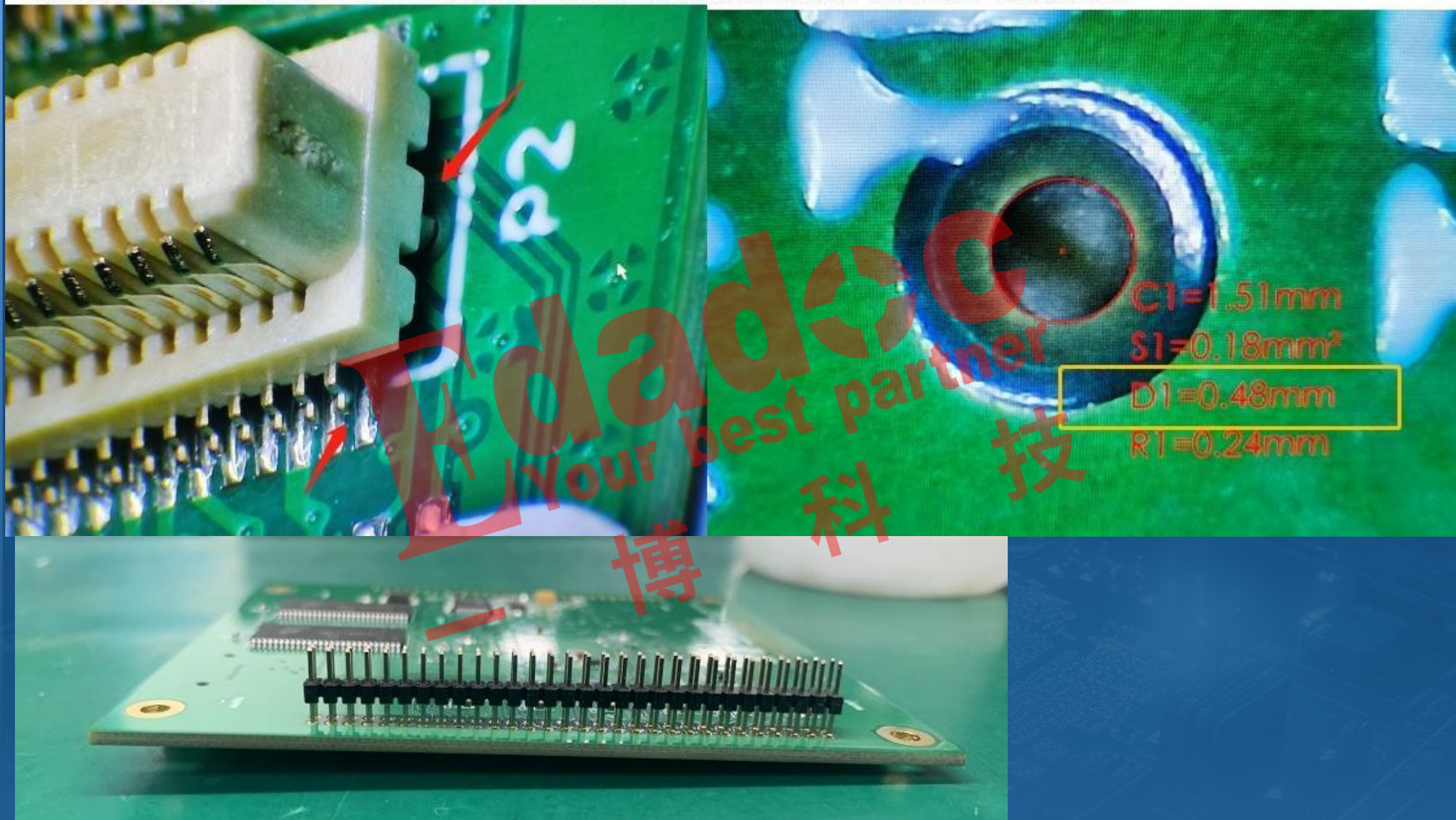
- 非金属化孔的标称直径，按所插入元件引脚的标称直径来考虑。
一般优选的标称孔径及公差如下(QJ 3103-99):

孔标称直径 (mm)	0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 0.9	1.0, 1.2, 1.6, 2.0
公差	± 0.05	± 0.10

- 我司金属化孔孔径公差一般控制在 $\pm 0.0762\text{mm}$ (3mil)
非金属化孔及免焊孔控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ (2mil)



机器因定位孔小， 器件无法贴板焊接

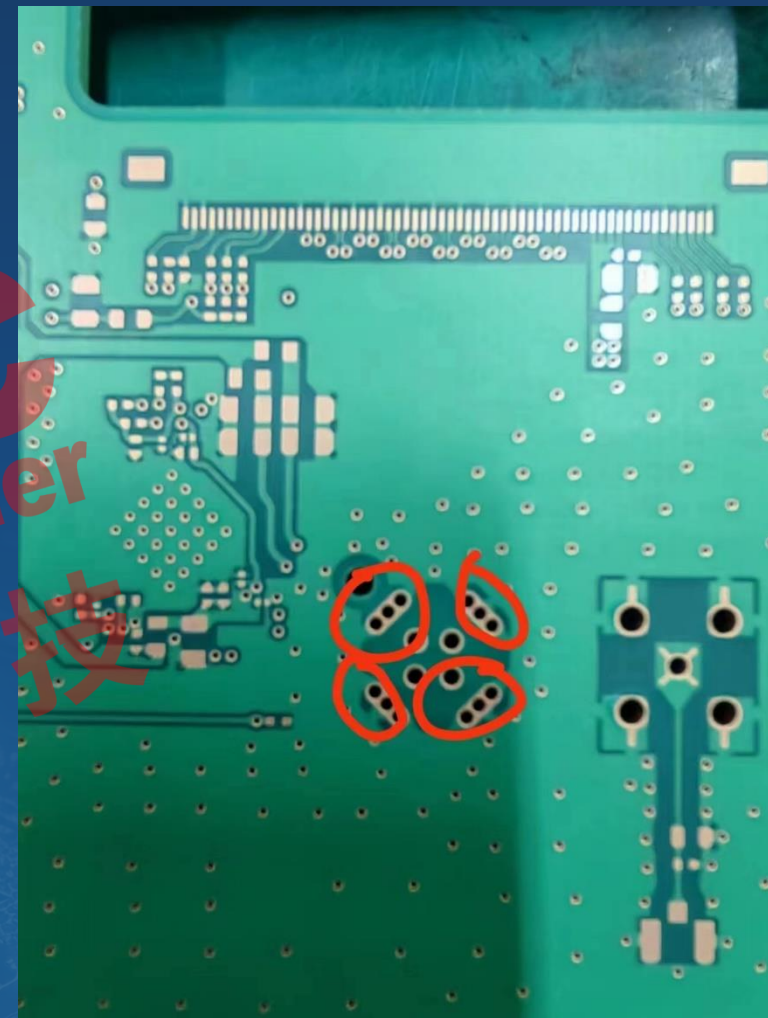


2. 孔径(单位:mm PTH,*NPTH) Hole Diameter (Unit: mm PTH,*NPTH)

序号 No.	孔径 Diameter	Nominal	公差 Tolerance		S1	S2	S3	S4	S5	判定 Disposition
1	0.600	PTH	±	0.075	0.575	0.600	0.600	0.600	0.600	ACC
2	2.300	PTH	±	0.075	2.275	2.300	2.300	2.300	2.300	ACC
3	0.499	NPTH	±	0.050	0.475	0.450	0.450	0.450	0.450	ACC
4	0.600	NPTH	±	0.050	0.550	0.575	0.575	0.575	0.575	ACC
5	2.000	NPTH	±	0.050	1.975	1.950	1.950	1.950	1.950	ACC

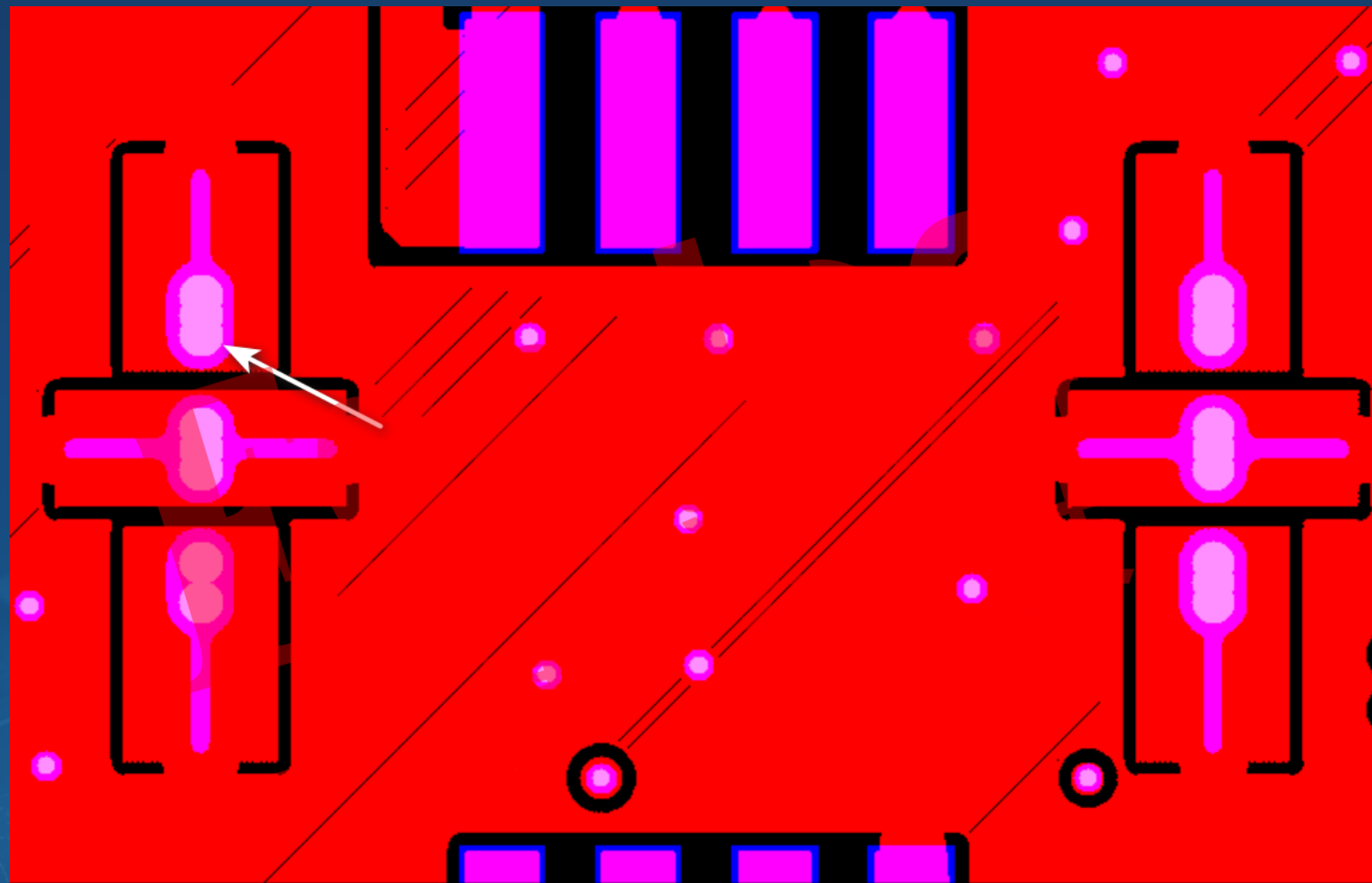


你能看这个是什么设计

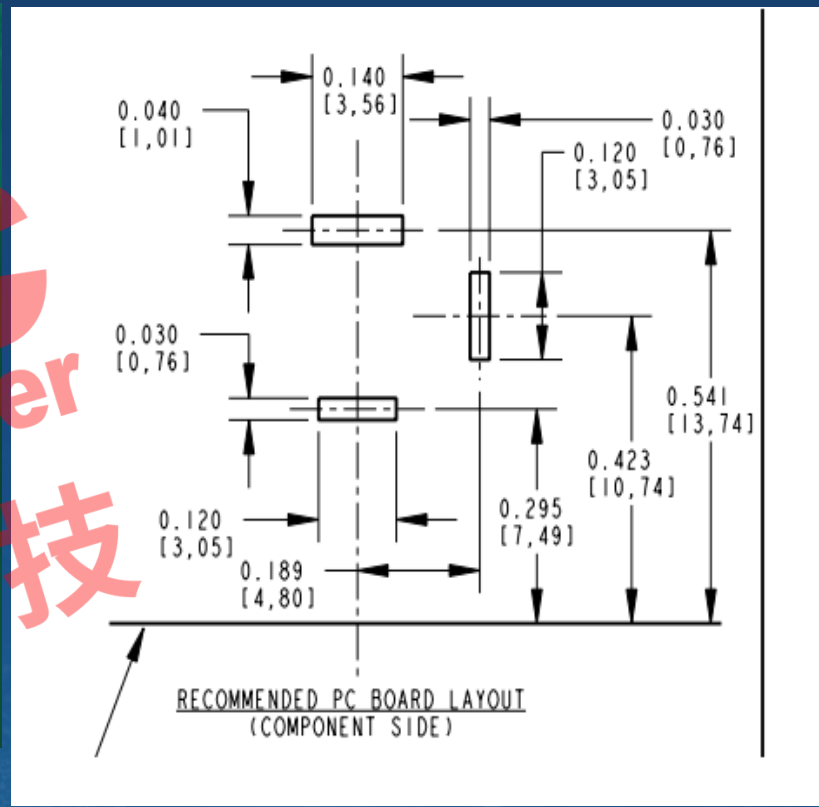
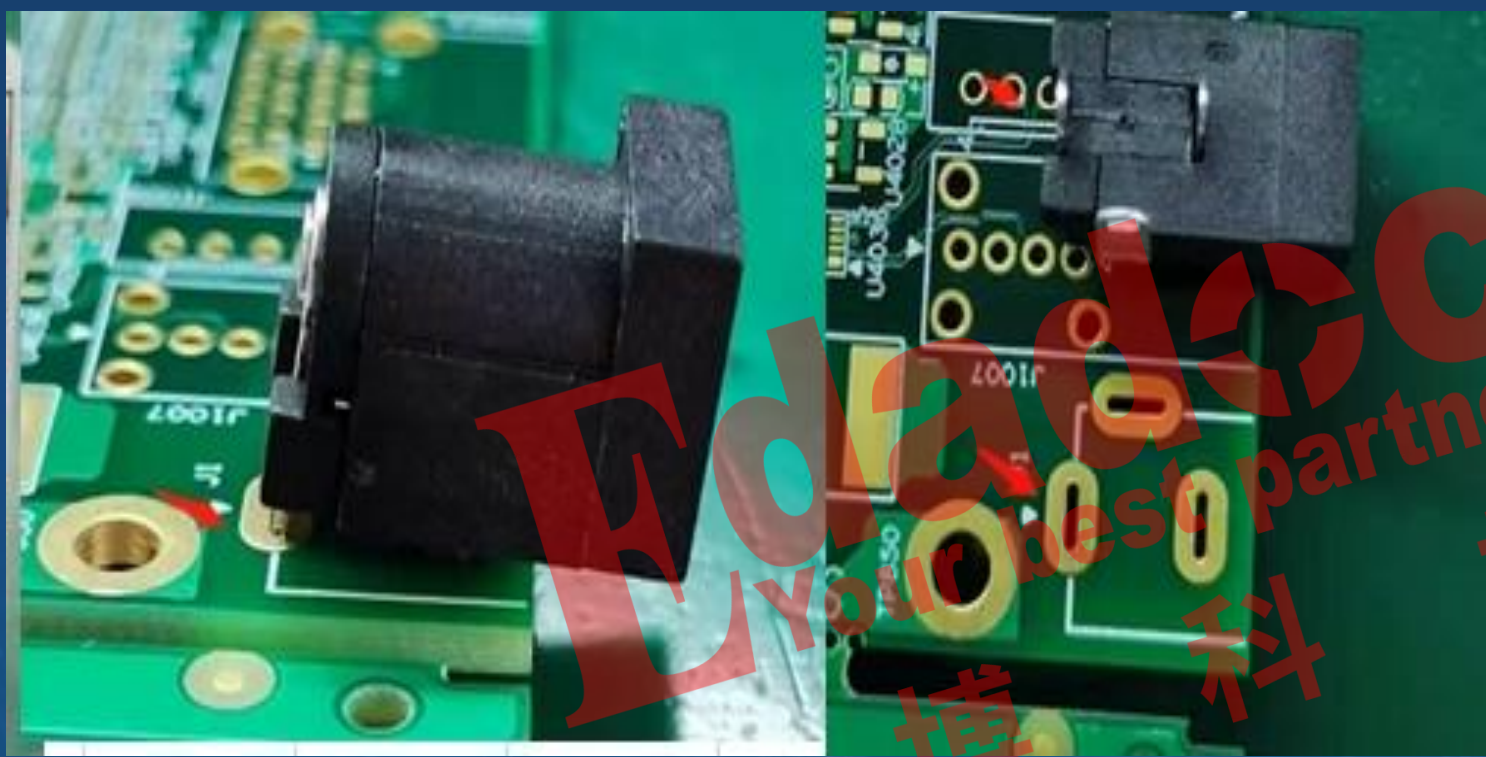


NPTH槽可以试一下，PTH槽就报废掉重做。

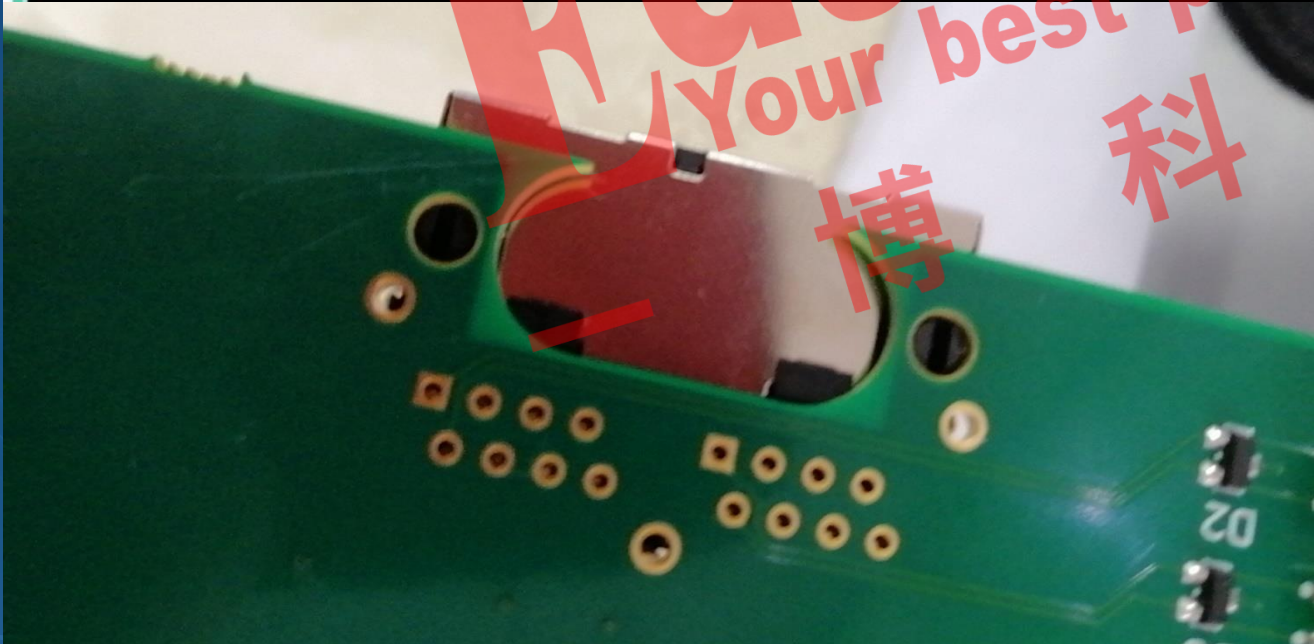
槽孔的另一种设计方式



有1PIN引脚大，焊盘孔小，试装不进，不匹配，请换料处理



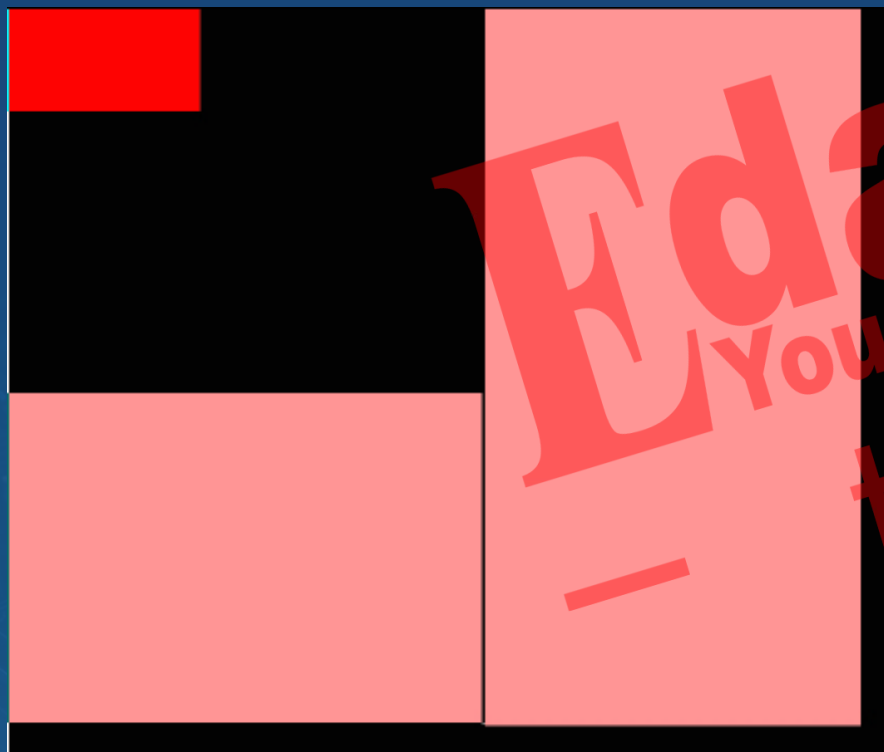
外形不一样无法装配



PART 02

线路是PCB的神经

间距0.1mil



外层-孔环/孔破坏:外层的最小环宽是成品孔在电镀后孔边缘和焊盘边缘之间（最窄处）的最小量的铜，孔的破坏指孔未被焊盘完全包围的状况。

外层环宽:

90° 和180° 的破坏



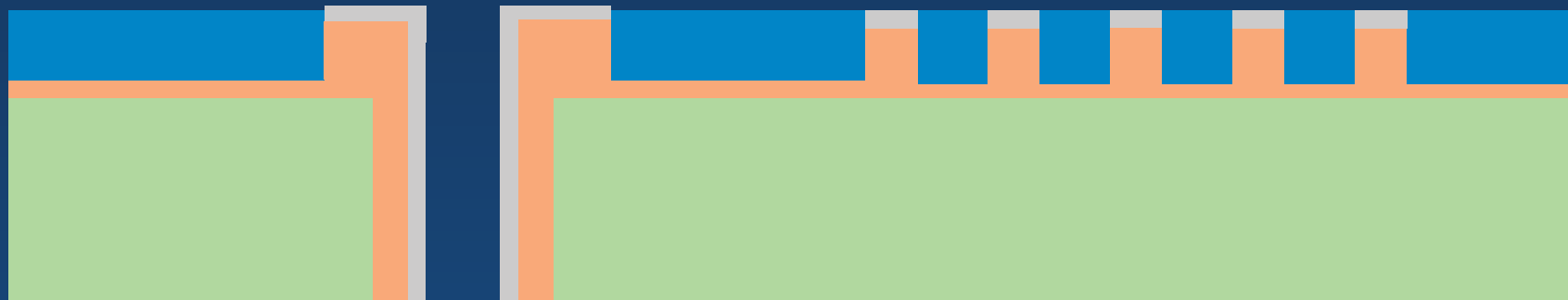
支撑孔的外层环宽

支撑孔：印制板中孔的表面经过电镀或采用其它方法增强的孔。

材料	1级	2级	3级
接受标准	•破坏小于等于180°（见2103d中的B项）。 •如破坏发生在焊盘与导体的接区，导体宽度的减少不大于生产底版中标称的最小导体宽30%。（见图2103d中的D项） •外形、安装和功能未受影响。 •满足导体之间最小侧向间距。	•破坏小于或等于90°（图A） •如破坏发生在焊盘与导体的连区，则导体宽度的减少不大于工程图纸或生产底版中标称的最小导体宽度的20%。导体连接处绝不应该小于0.050mm[0.0020in]，或不应该小于最小线宽，取两者中的较小者(图C) •满足导体之间最小侧向间距要求。	•孔没有位于焊盘中心，但环宽大于或0.050mm[0.002in]。 •测量区域内的最小环宽由于诸如麻点、凹坑、缺口、针孔或斜孔等缺陷的存在，可减少最小外层环宽的20%。
图片			

厚铜板间距太近，无法生产

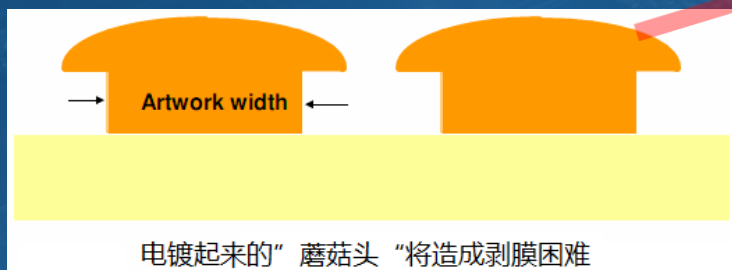
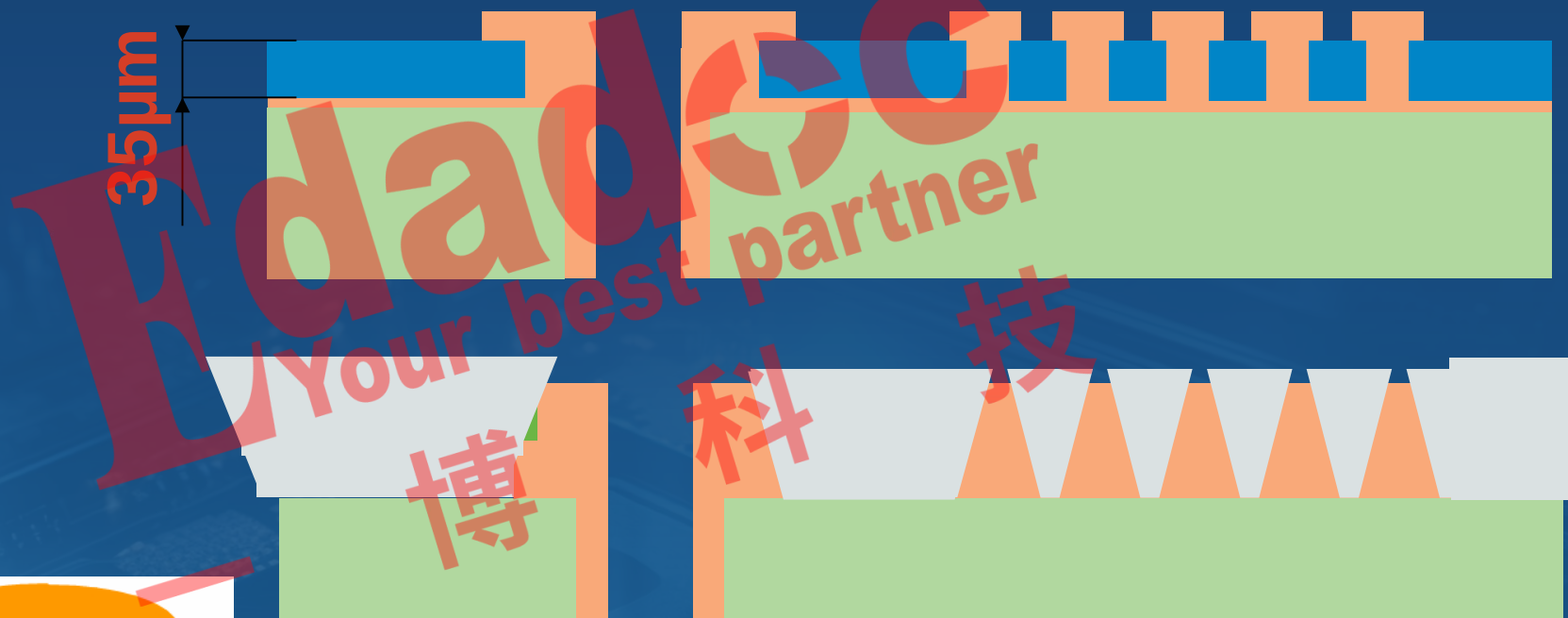
正常的铜厚



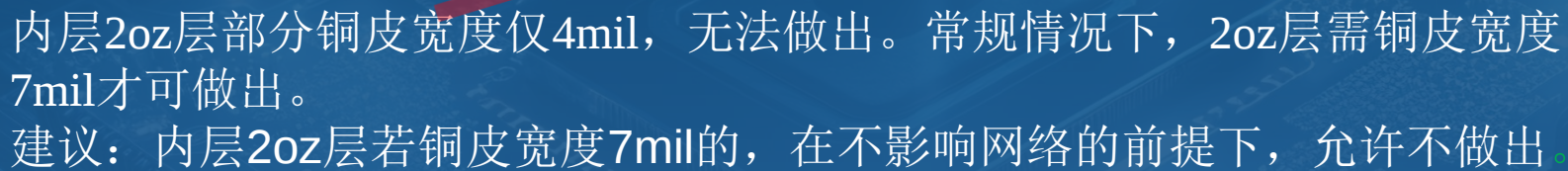
铜厚超过干膜的厚度，夹膜



铜厚太厚，蚀刻后线幼。



电镀起来的“蘑菇头”将造成剥膜困难



层标识	客户设计要求(oz/mil)		PCB厂家设计调整(oz/mil)		是否假层	介质DK
	层叠图示	介质厚度	介质厚度	层叠图示		
art01.art	1oz+plating			1oz+plating		
	PP	4	4.00	PP(2313 RC58)	否	3.94
pgp02.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
art03.art	1oz			1oz		
	PP	6.3	5.60	PP(1080 RC67+1080 RC67)	否	3.74
pgp04.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
art05.art	1oz			1oz		
	PP	14.6	5.60	PP(1080 RC67+1080 RC67)	否	3.74
pgp06.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
pgp07.art	1oz			1oz		
	PP	6.3	16.80	PP(7628 RC50+7628 RC50)	否	4.12
pgp08.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
pgp09.art	1oz			1oz		
	PP	6.3	5.60	PP(1080 RC67+1080 RC67)	否	3.74
art10.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
pgp11.art	1oz			1oz		
	PP	6.3	5.60	PP(1080 RC67+1080 RC67)	否	3.74
art12.art	1oz			1oz		
	CORE	5.12	5.12	CORE	否	3.99
pgp13.art	1oz			1oz		
	PP	4	4.00	PP(2313 RC58)	否	3.94
art14.art	1oz+plating			1oz+plating		

7	外层原稿线宽线距设计为 4/4mil，但外层要求 10Z+plating，线距太小，无法蚀刻出来。	建议：外层按 0.50Z+plating 制作，完成铜厚按 33.4um(min)，请确认。	Q7.doc	Ok
---	---	--	--------	----

PART03

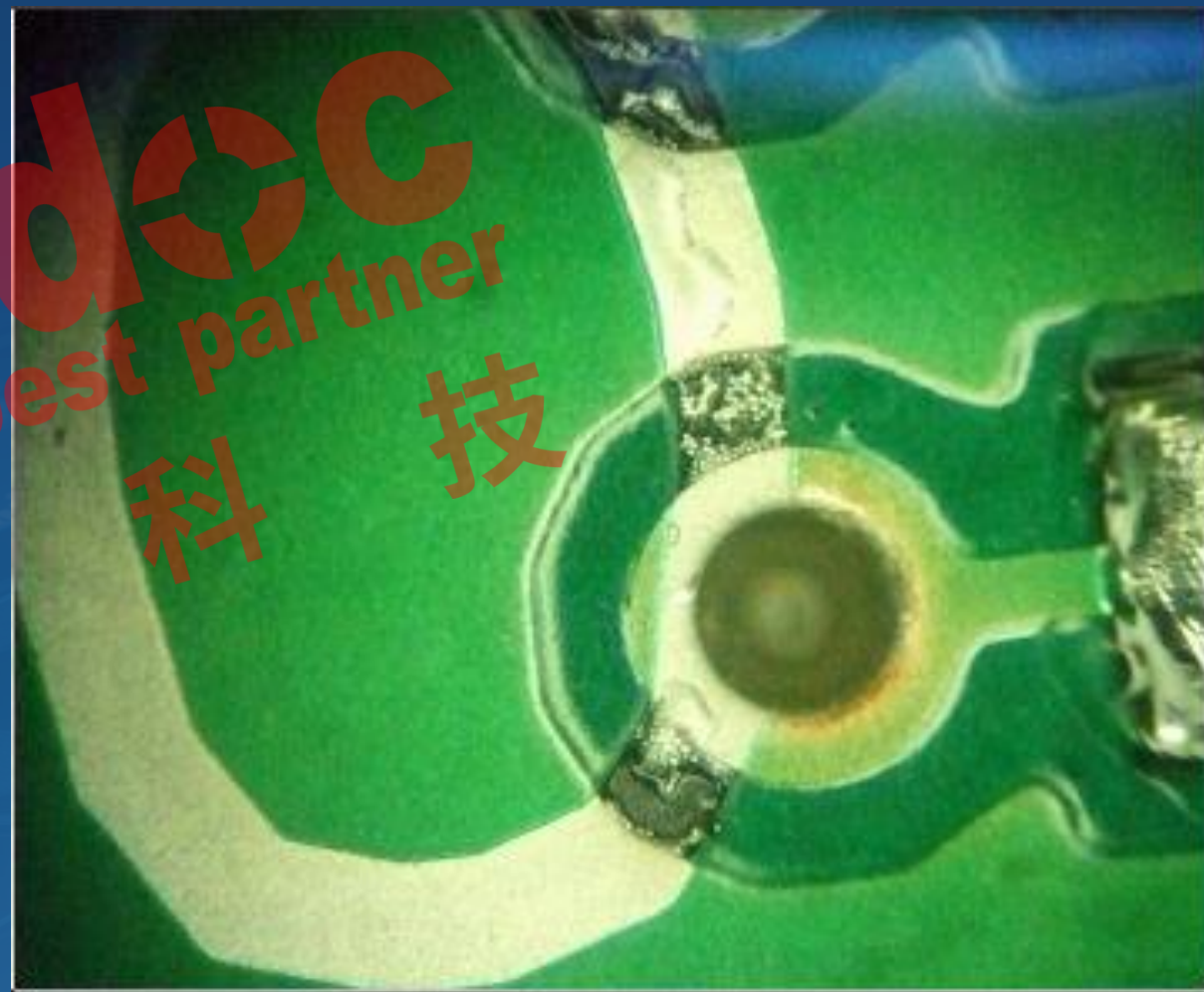
阻焊和丝印—华丽的外衣

- 原因:

该板字符在阻焊层, 可以看到字符经过的地方是没有绿油覆盖的, 包括孔和隔离环处, 客户焊接时的锡膏将孔和大铜皮连接起来, 造成短路。这样的设计易造成短路的潜在威胁。

- 建议:

设计时尽量避免字符做阻焊开窗
阻焊层加UL
阻焊层做LOGO
阻焊层做脚标

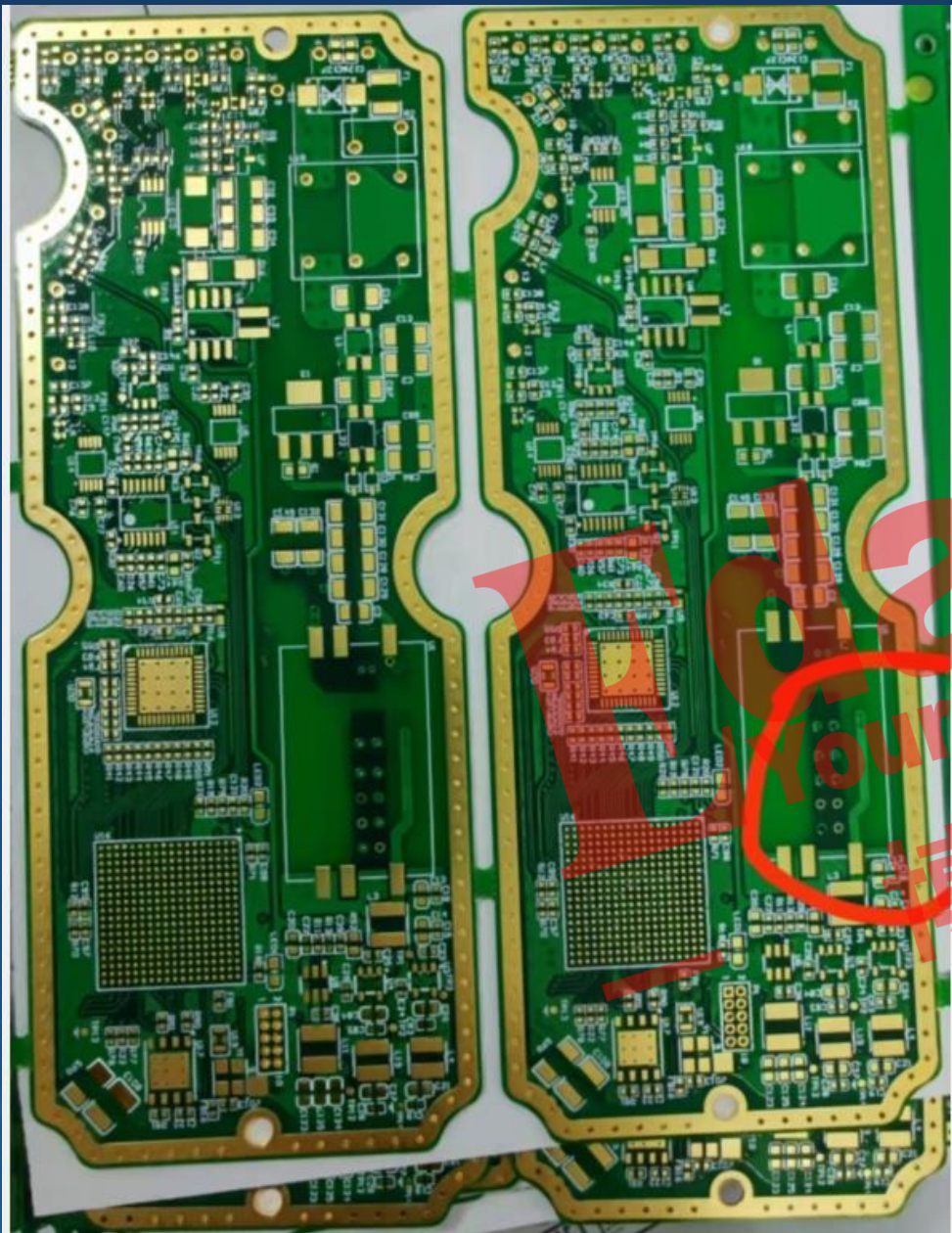


• 绿油塞孔的最大尺寸是多小



DRL MAP							
NO	Size (mm)	Count	Legend	Finish	Type	Tol +	Tol -
1	0.250	596	⌀	0.200	VI A		
2	0.300	578	⌀	0.300	VI A		
3	0.400	42	⌀	0.400	VI A		
4	0.500	50	⌀	0.450	NPTH	0.05	0.05
5	0.500	78	⌀	0.500	VI A		
6	0.600	2	⌀	0.500	VI A		
7	0.700	284	⌀	0.600	PTH	0.075	0.075
8	0.900	40	⌀	0.800	PTH	0.075	0.075
9	1.100	4	⌀	1.000	PTH	0.075	0.075
10	2.050	4	⌀	2.000	NPTH	0.05	0.05
11	2.900	4	⌀	2.800	PTH	0.075	0.075



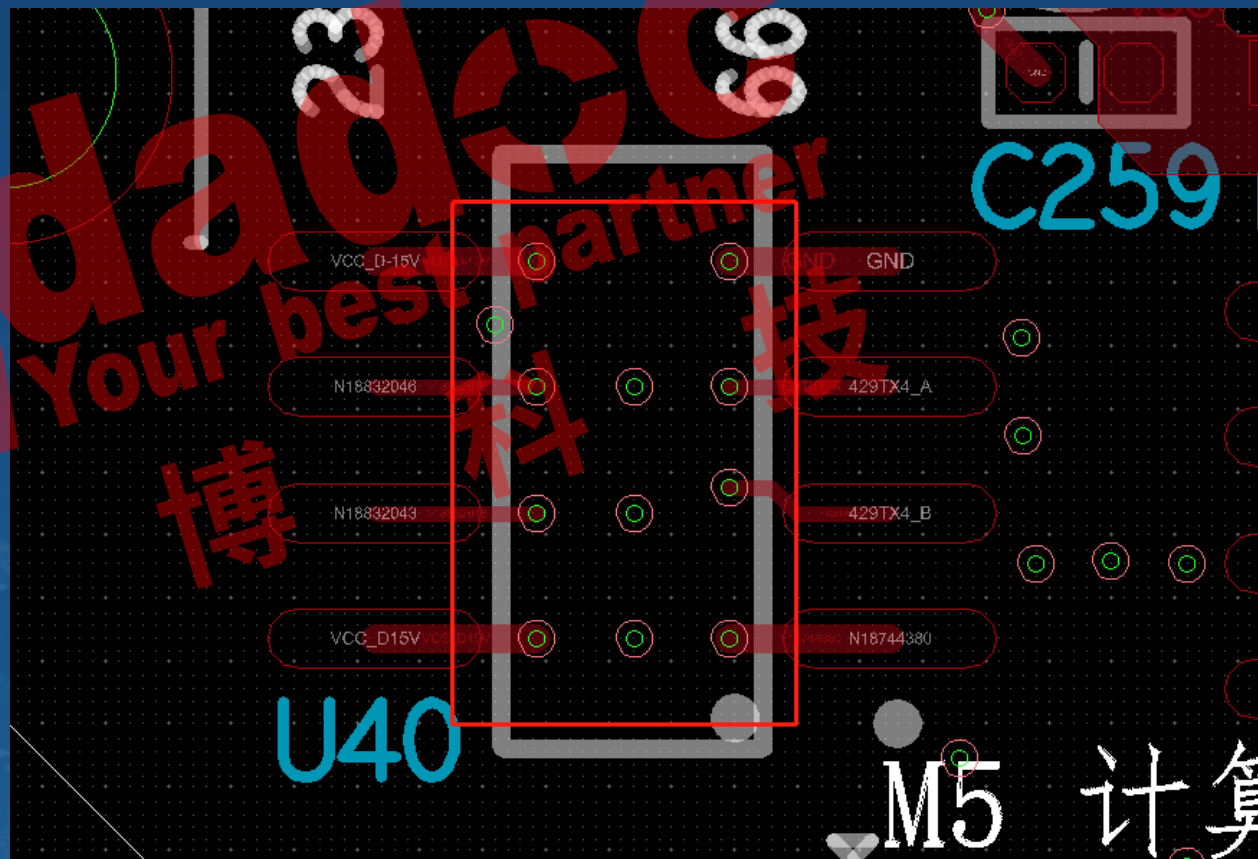


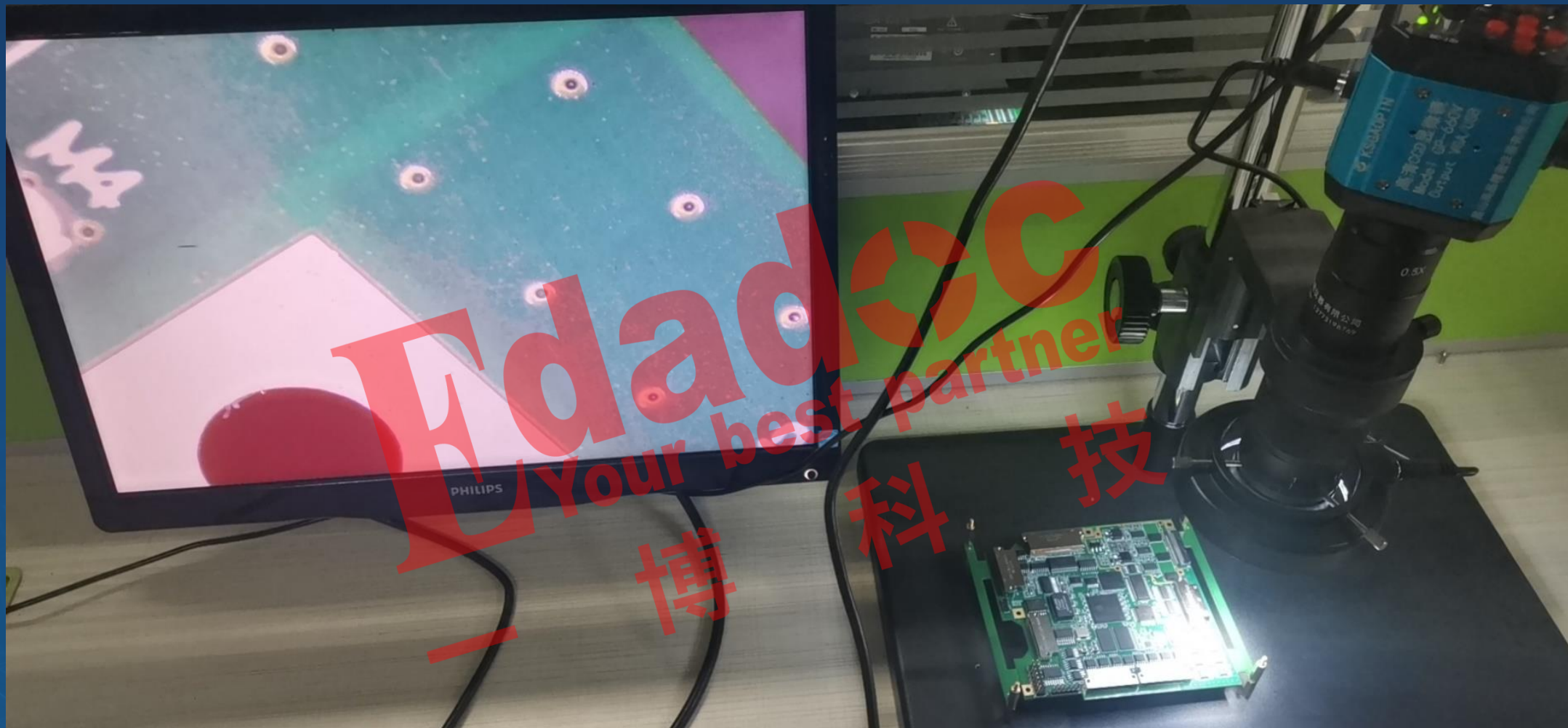
过孔没有塞孔，孔边发红露铜

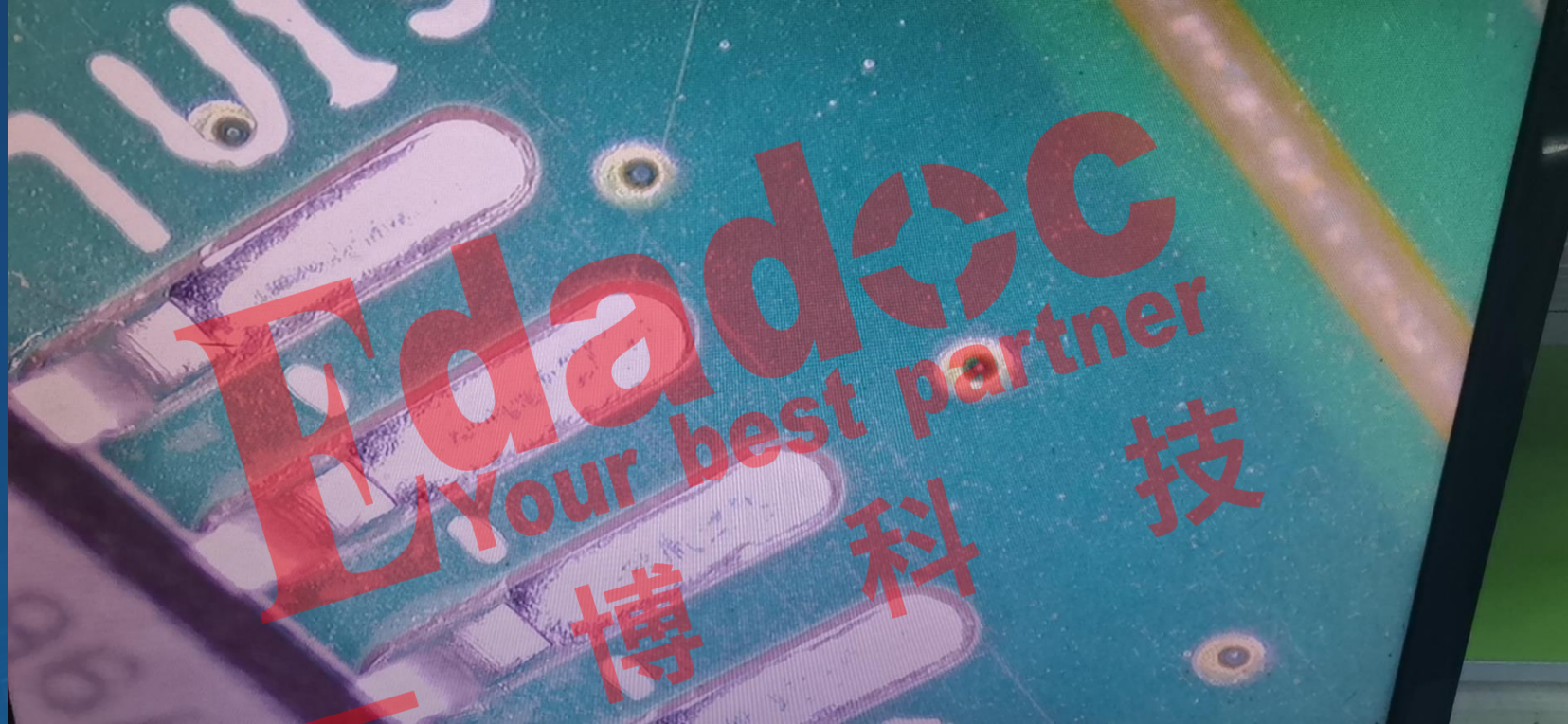
芯片烧了为哪般



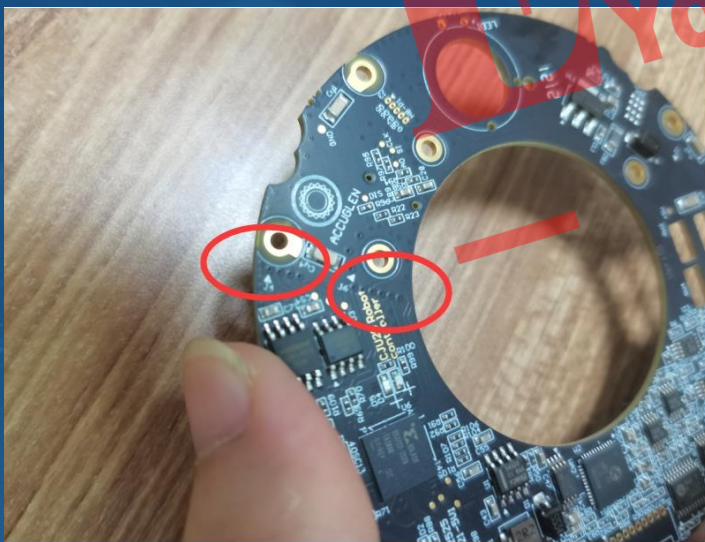
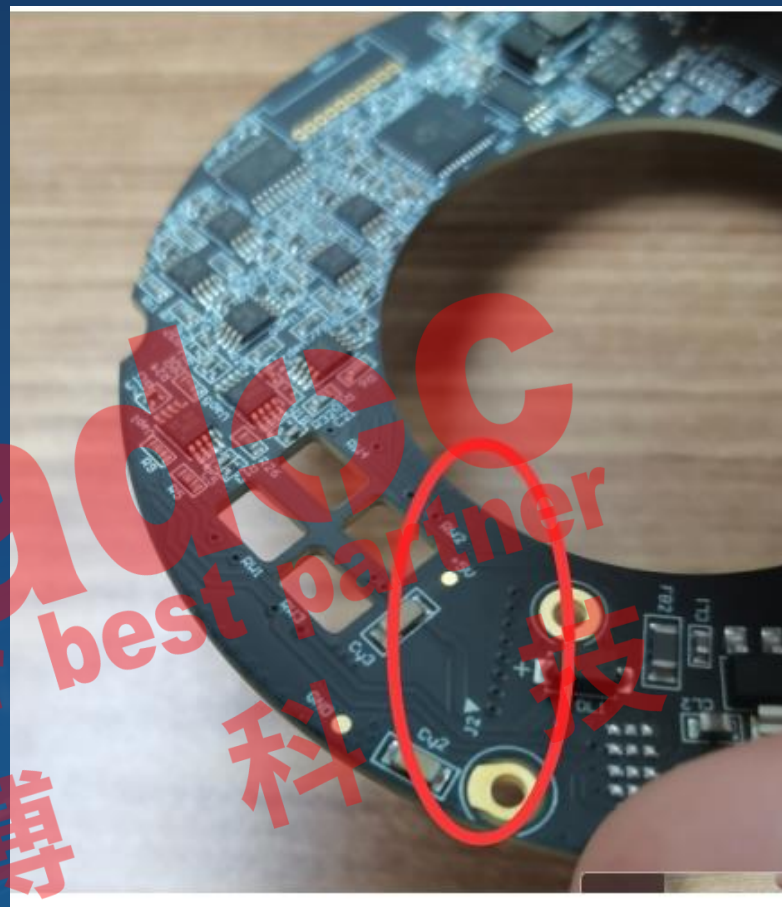
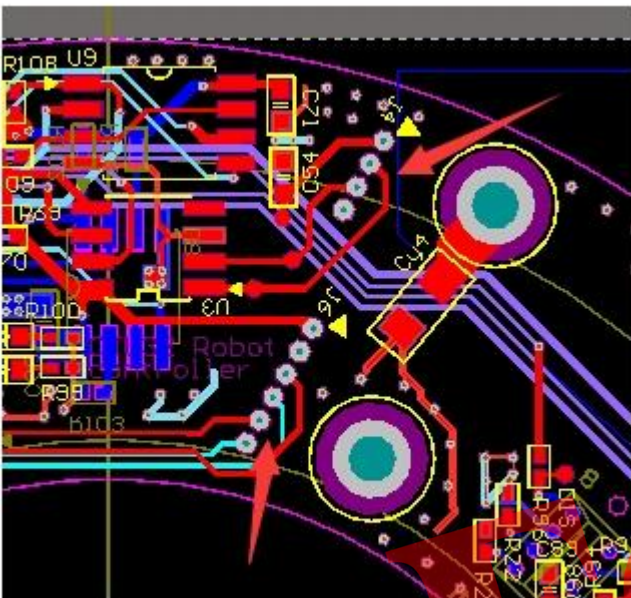
这个小的黑色片子，肚皮下面有焊盘。结果焊上以后，肚皮下的焊盘和板子的过孔连在一起了，烧了。



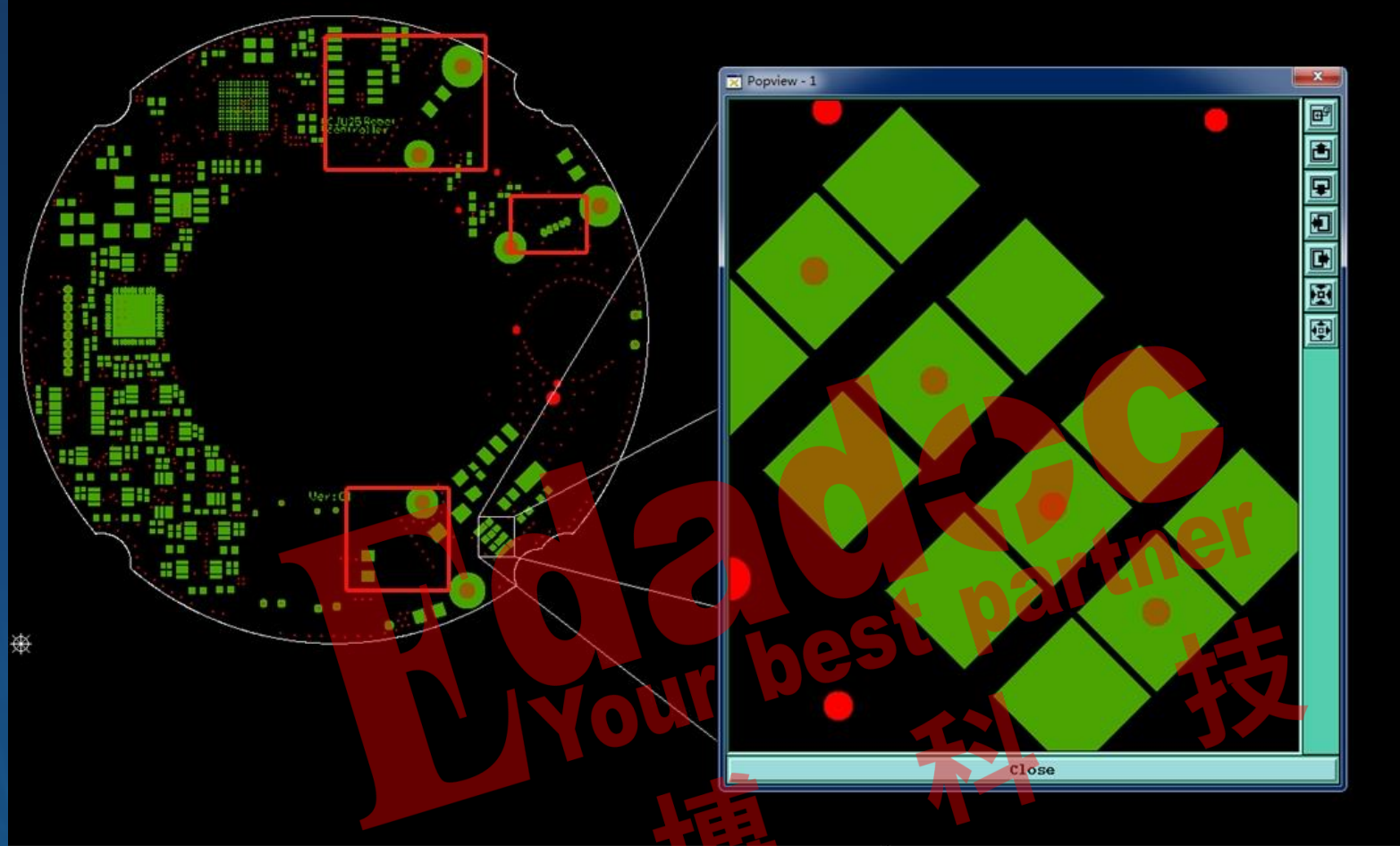








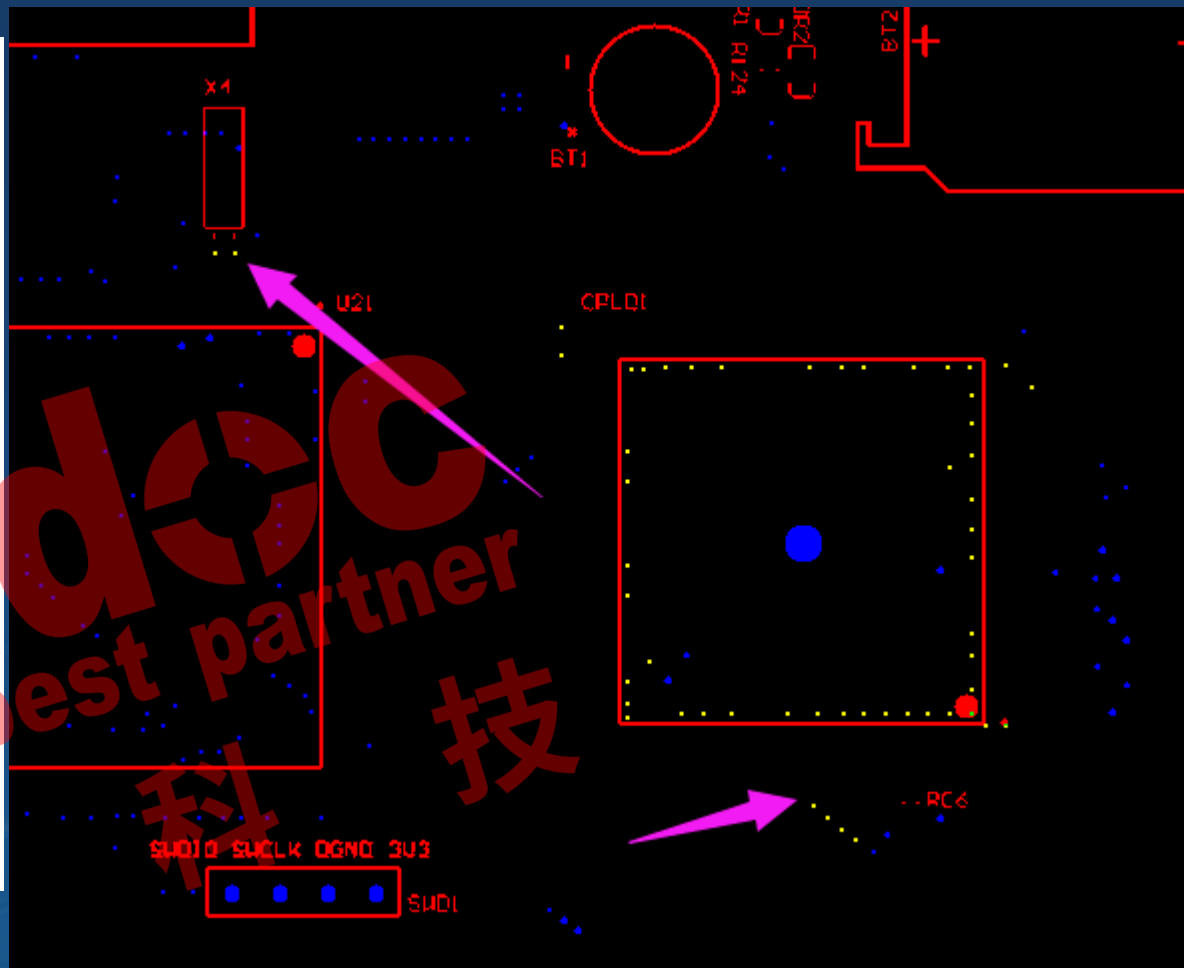
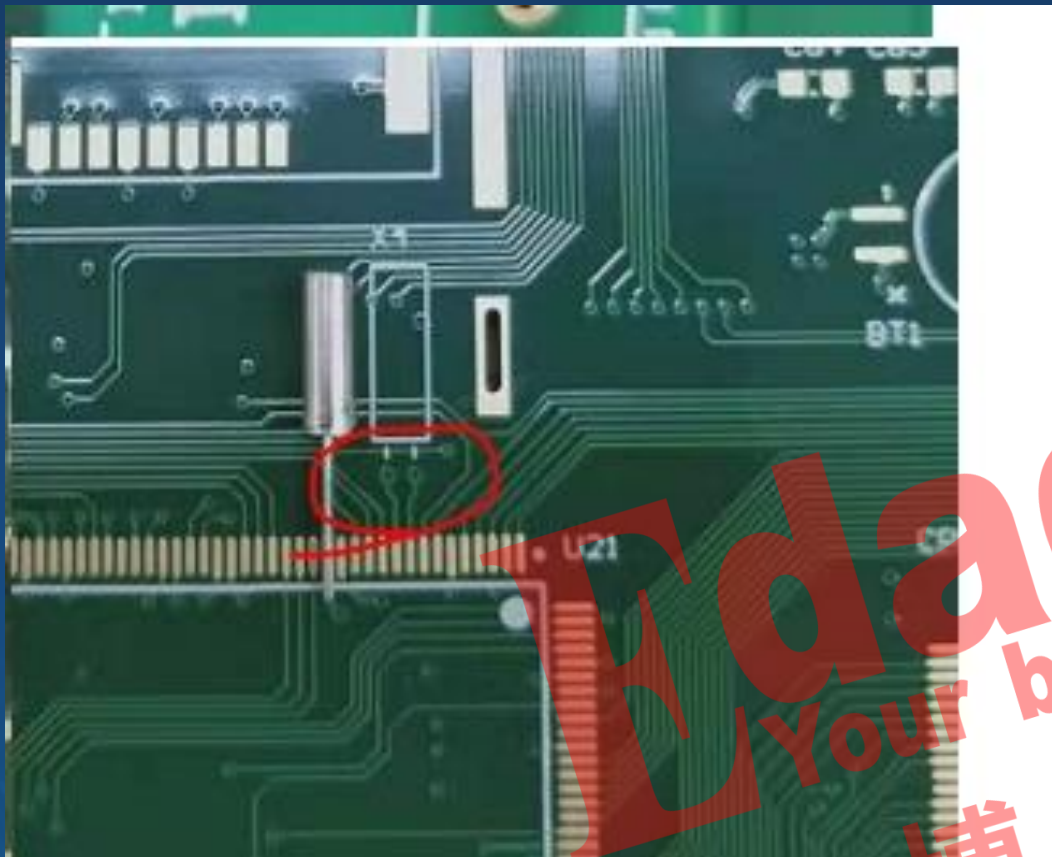
，如下位号插件孔按塞孔工艺制作，请尽快确认原因及评估是否可以返工



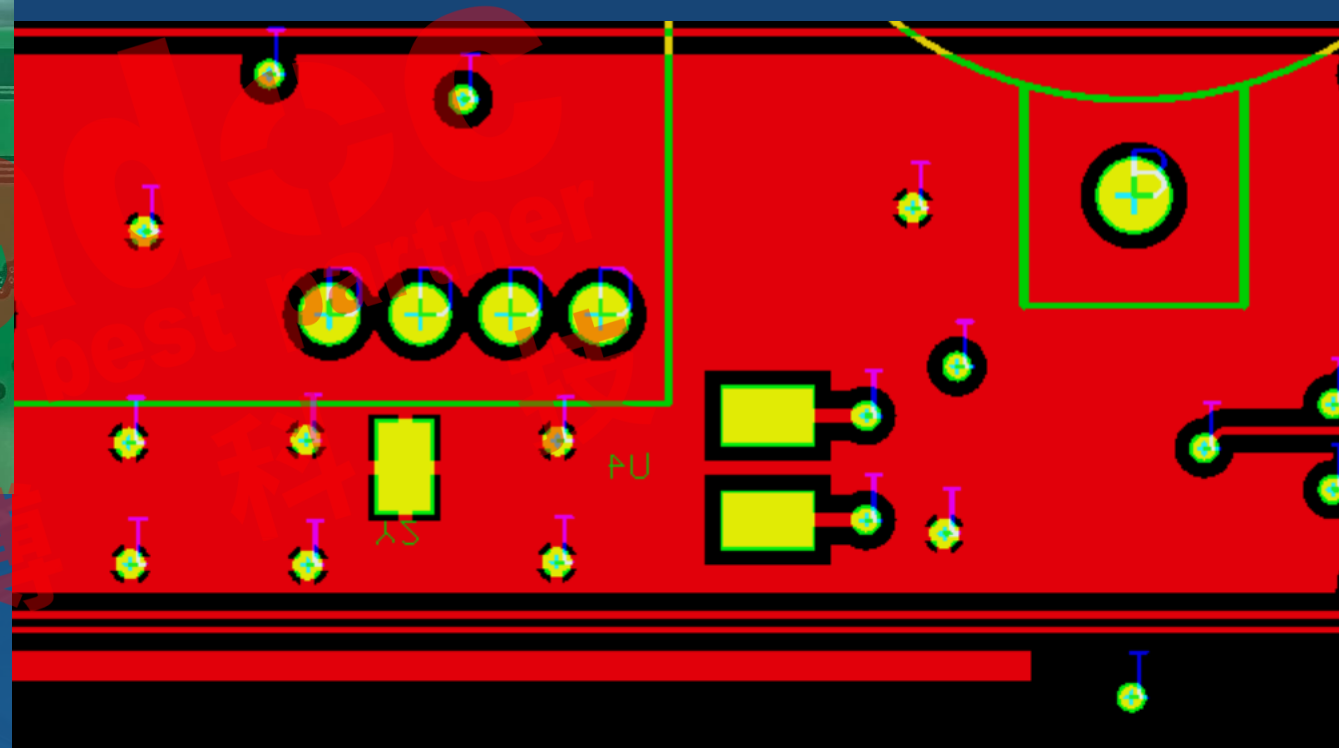
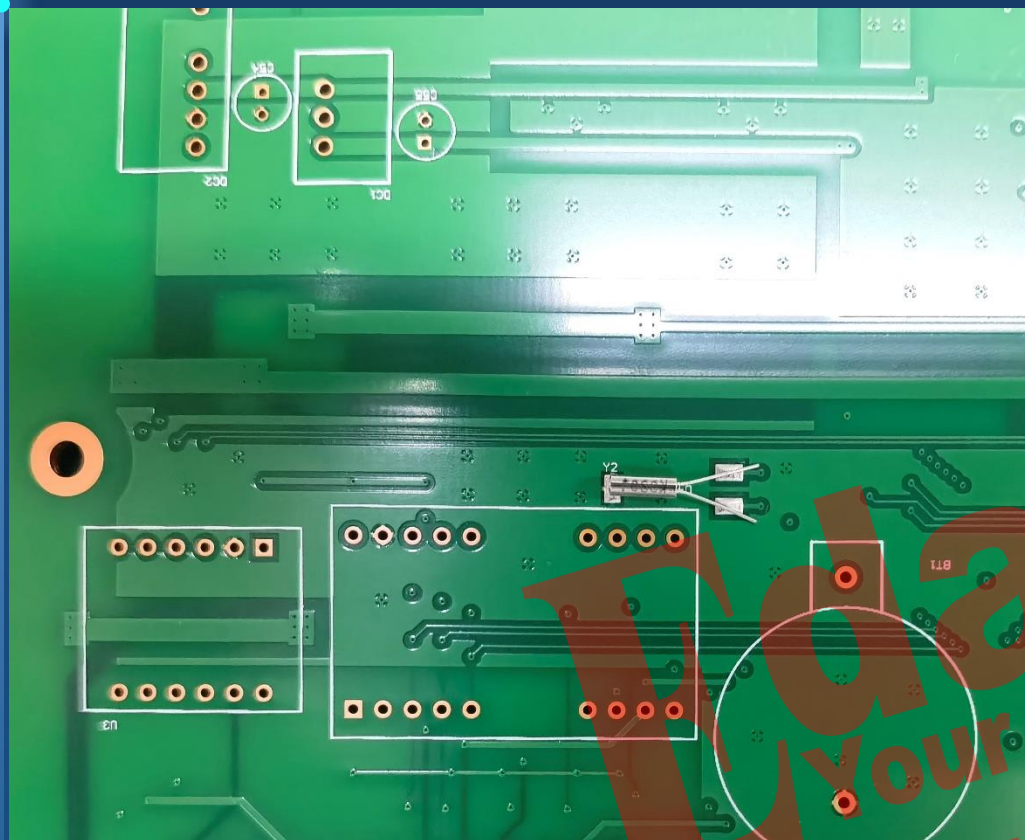
1. Gerber中分孔图中无孔属性表，无法通过孔属性表来判定此孔是VIA孔还是PTH孔；
2. 此孔孔径为0.35mm，在无孔属性表的前提下，小于0.5mm的孔，默认是VIA过孔；
3. Gerber所有镭射孔和过孔均设计有双面开窗，EQ回复删除开窗并选择做油墨塞孔，截图中此孔均已显示为塞孔过孔；



塞孔的孔径范围是多少



又一故事发生了

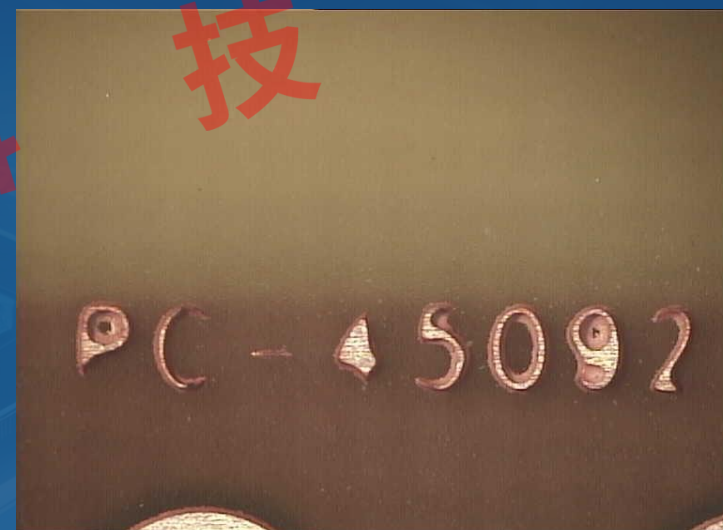
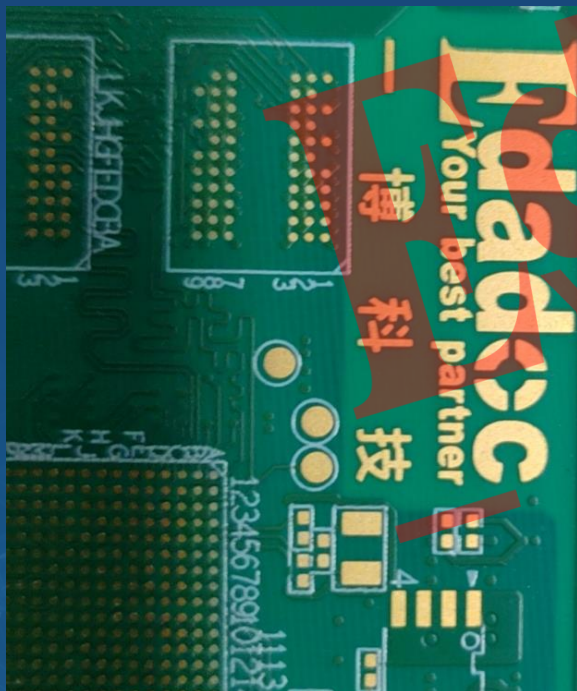


- 原因:

设计铜字线宽4mil, 导致铜字被蚀刻掉。

建议:

铜字最小的宽度做到8mil及以上





尺寸：圆形直径 170mm

数量:10 PCS

厚度：2mm，文件内双层厚度仅做参考

字符：白色

绿油:绿色

表面处理：OSP

需要确认生产稿。

过孔处理:bga 下过孔塞孔和电镀填平，表层盲孔也塞孔

Top 层完成铜厚 35UM

● DRL1-3	drl
● DRL1-8	drl
● DRL3-6	drl
● DRL6-8	drl



流程
变长

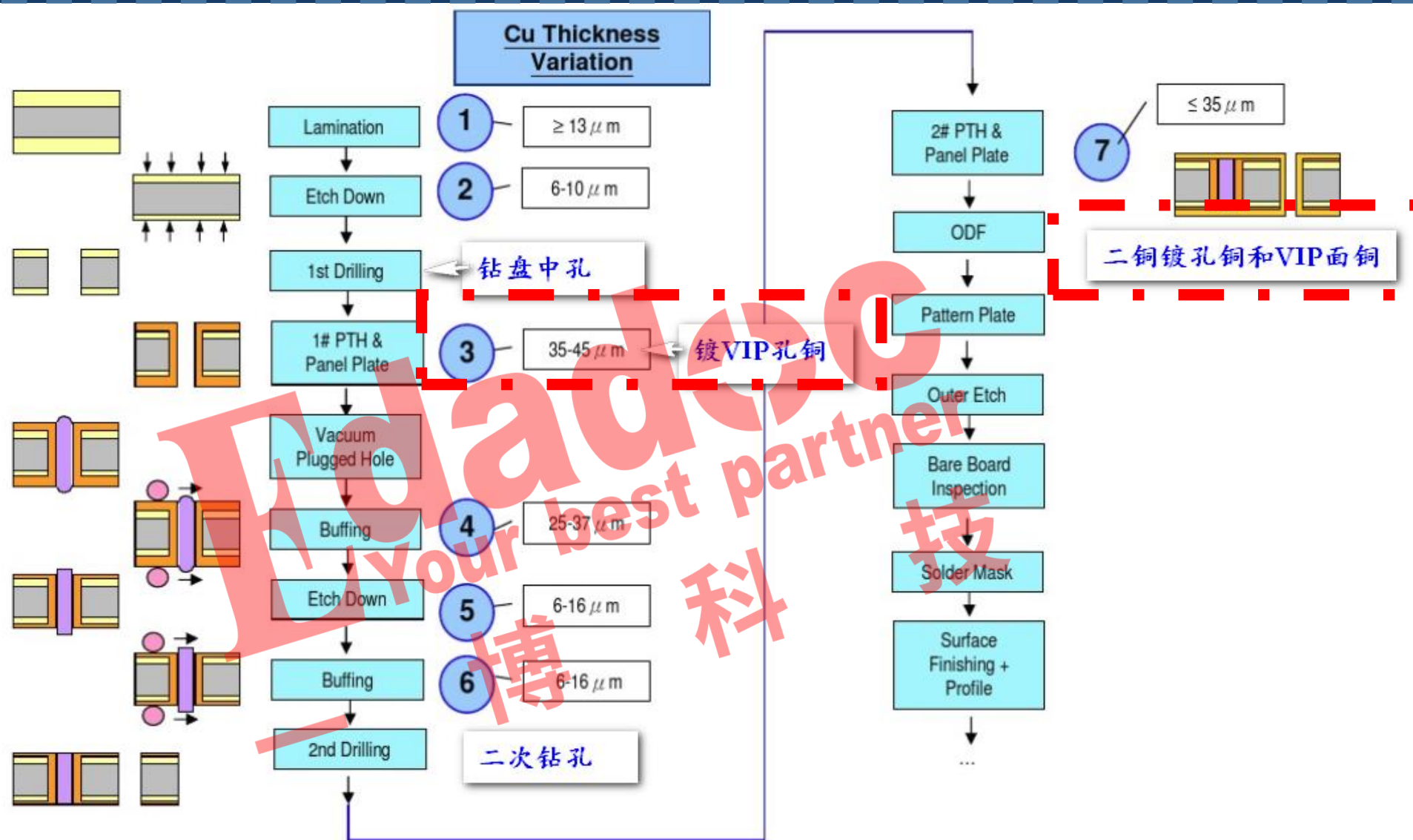
成本
上升

难度
增加

工艺
复杂

无法
加工





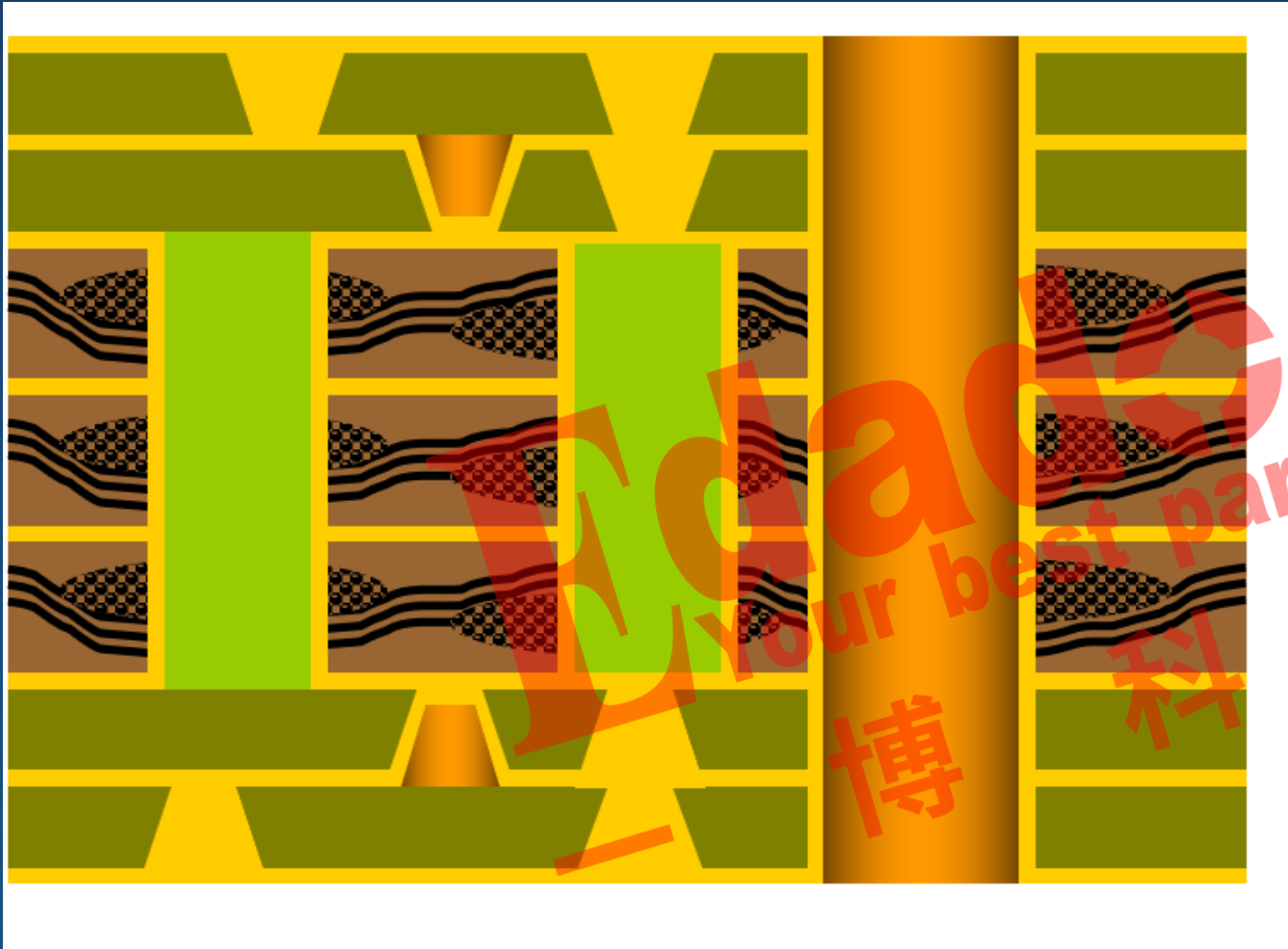


表3-3 大于2层的埋孔、镀覆孔和盲孔的表面及孔铜镀层的最低要求¹

	1级	2级	3级
铜 – 平均 ^{2, 4}	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
最小厚度 ⁴	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
包覆 ³	AABUS	5μm[197μin]	12μm[472μin]

$$12\mu\text{m} + 20\mu\text{m} + 20\mu\text{m} = 52\mu\text{m}$$

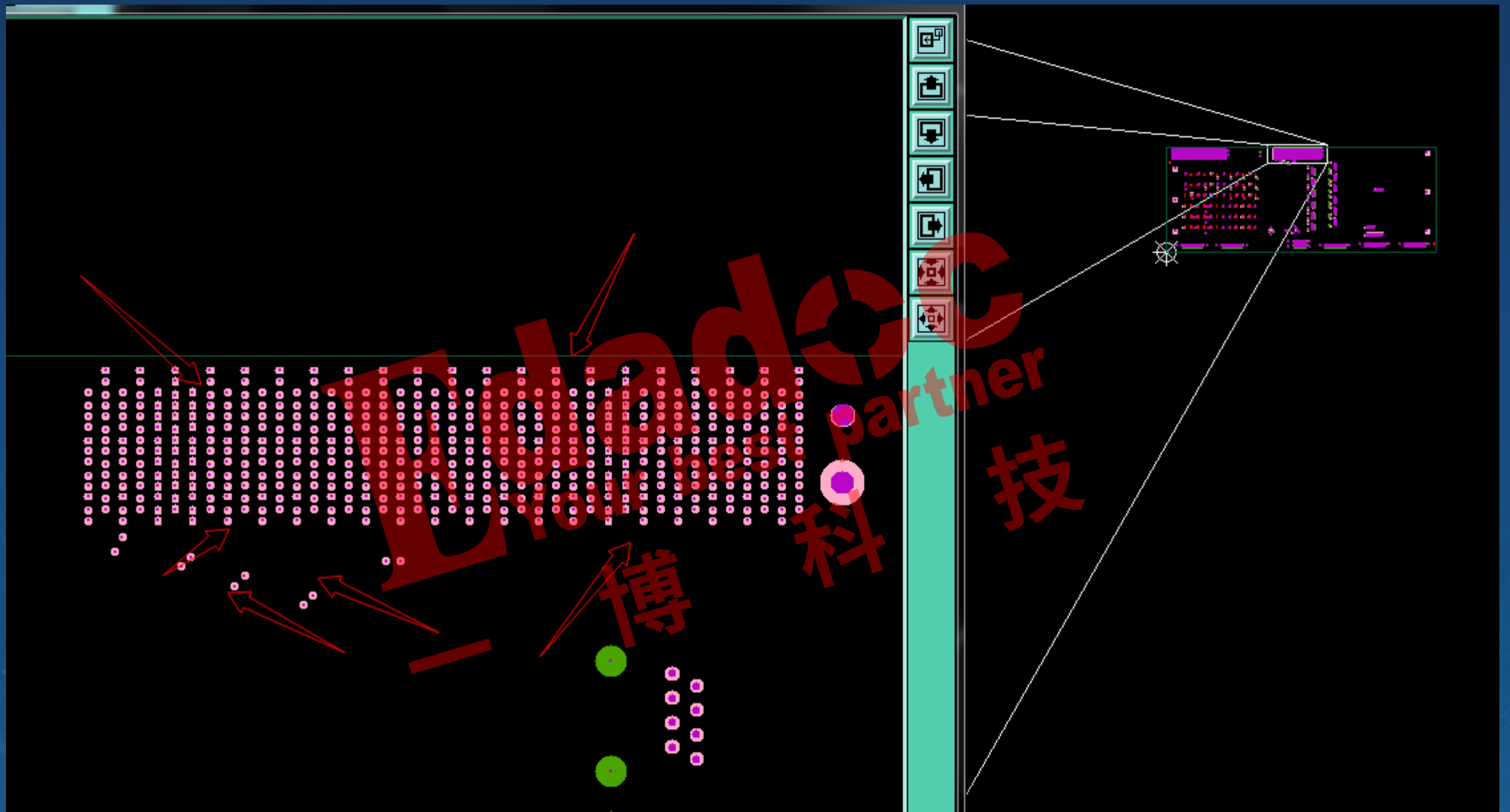
HDI 电路板的定义是指孔径在 6mil(0.15mm)以下，孔环之环径（Hole Pad）在 0.25mm 以下者的微导孔（Microvia），接点密度在 130 点 / 平方吋以上，布线密度于 117 吋 / 平方吋以上，其线宽 / 间距为 3mil/3mil 以下的印刷电路板

POFV外层最小的线宽线距要3.5/3.5mil以上

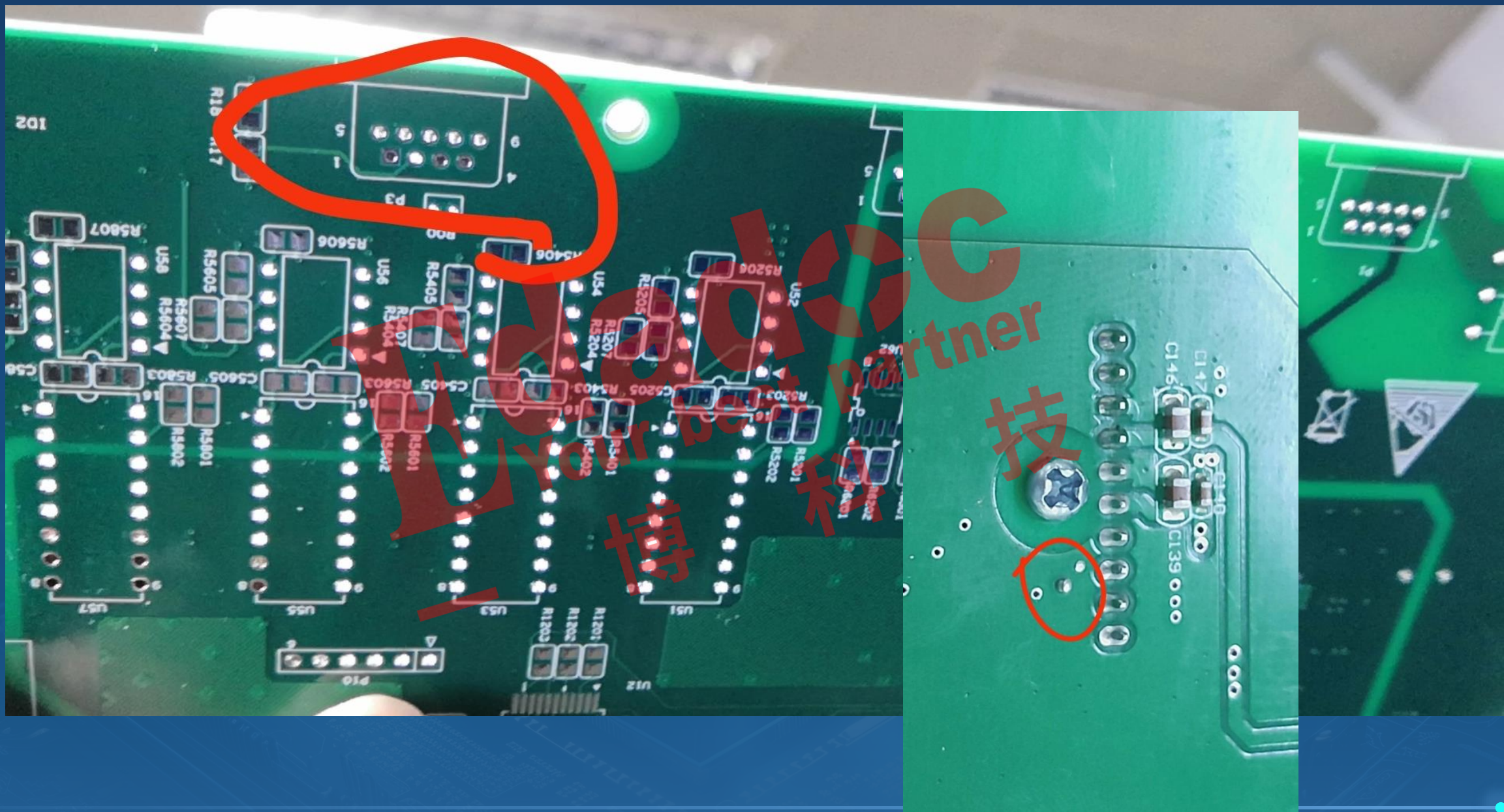
• 最小油墨不入孔的孔径是0.4mm，极限是0.35mm

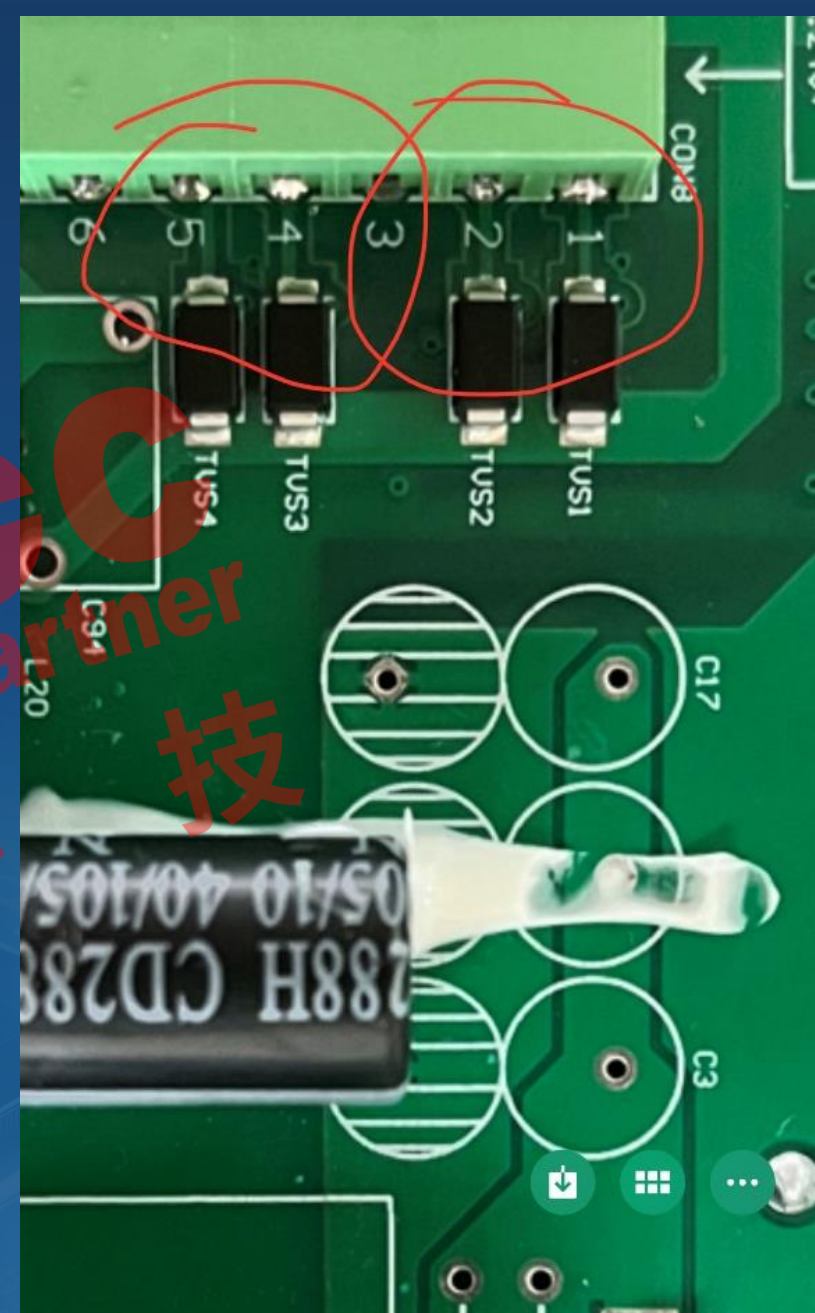
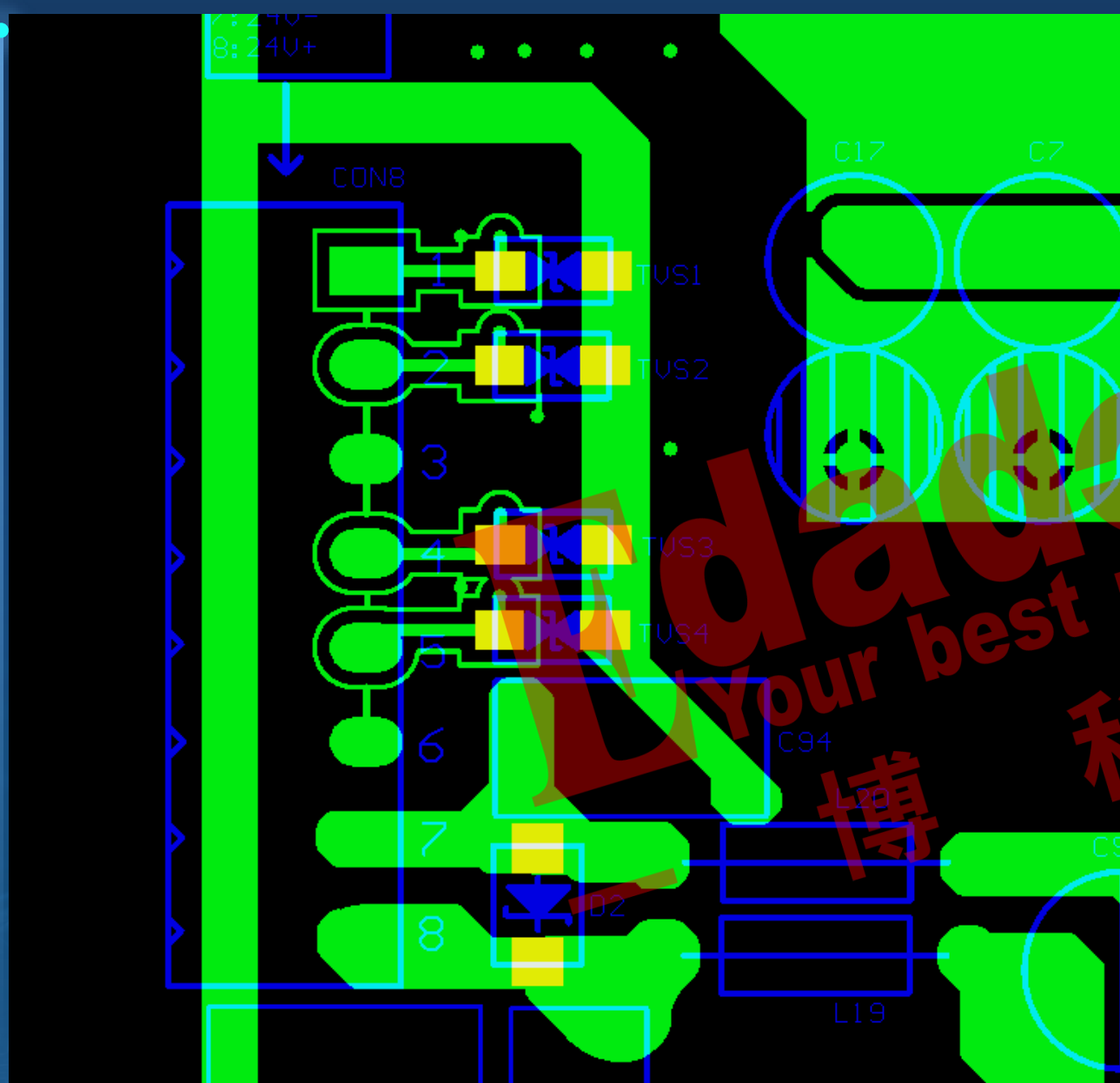
原设计为插件孔，而实物板油墨塞孔加工制作，导致无法插件





喷锡板最小孔径做多不藏锡珠





THANK YOU!

谢谢观看!



更多干货请扫码关注高速先生