

【高速先生原创|生产与高速系列】开篇-凡是生产、必有偏差

作者：吴均 一博科技高速先生团队队长

首先看一个真实的故事：H 公司的某网络产品，PCB 一直在 A 板厂生产，产品测试一直没有什么问题。量产的时候，由于供应链需要双供应商备份，就尝试找了 B 板厂进行生产。结果产品测试的时候，发现 B 板厂的有部分板子调试不正常。

A 板厂的板子一直没有问题，产品的其他条件也都没有变化，B 板厂的板子有部分调试不通。这个证据简直是太充分了，B 板厂百口莫辩，赔偿损失，并被打入冷宫……

直到有一天，A 板厂的某批次板子也出现了部分调试有问题。H 公司的研发人员才重视起来，进行了认真的排查。最后发现一个最有可能的原因：

A 板厂对这个产品的阻抗管控，在进行补偿的时候，一直以来都是负补偿，也就是说最终的阻抗偏向于负公差，阻抗值偏低。而最近这一批次，阻抗管控的时候偏向了正公差，阻抗值偏高。A 板厂想着反正都是在 10% 的误差范围以内，都是符合要求的。再对产品的信号质量进行严格测试发现，产品的裕量本身就非常小。就像下图的男子，稍有偏差，可能就要掉进水里。



如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

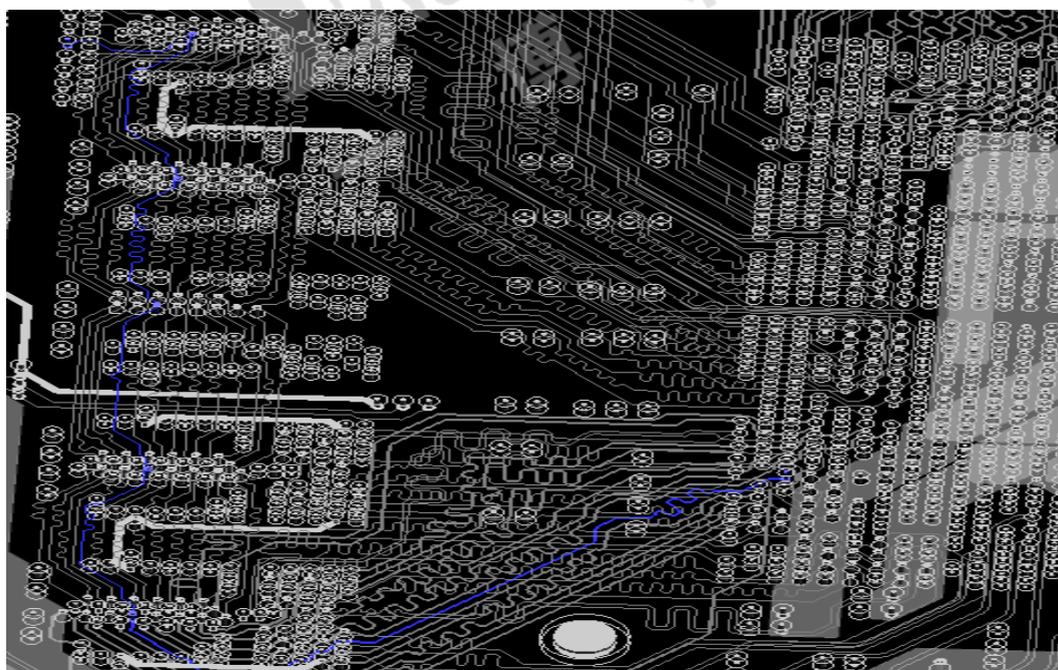


我们设计的目标，是要提高产品的裕量，从而保证产品的可靠性。就像在康庄大道上开车，安全可靠。



看一个阻抗偏差的例子：

DDR4 地址信号

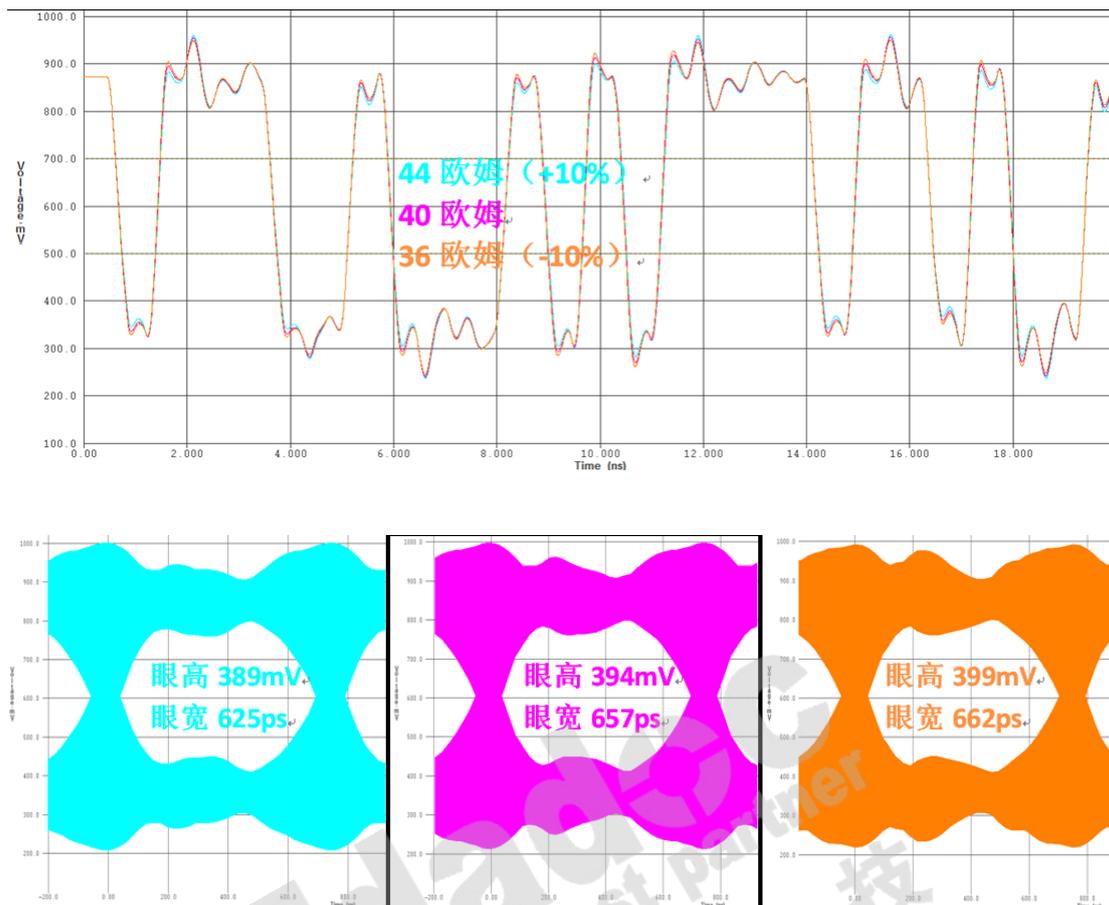


最差颗粒结果

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





这个案例的整体裕量很大，10mV 的眼高差异，不到 40ps 的眼宽差异，相对裕量来说都是很小的偏差。但是想想第一张图片的那个“一苇渡江”，如果项目本身裕量不足，或许小小的偏差就掉进河里了。设计要保证足够的强壮性，才能抵御生产所必须的偏差。

凡是生产、必有偏差

我们经常会听到产品公司的设计人员对生产提出很多要求，比如以下都是本人亲历的问题：

- 1、我的板子，能不能按阻抗偏差+5%来进行管控？（我听到过最严格的要求是 +-2.5%）
- 2、线宽的蚀刻公差，能做到 1mil 吗？不是正负哦，是总共的偏差 1mil
- 3、总板厚的偏差，能不能做到+0, -2.5%？
- 4、……

每次我都要不厌其烦的解释，板厂制板，是物理和化学的过程，制板工艺这几十年来并没有本质的变化，还是蚀刻，压合，钻孔，电镀……这些机械的过程都会有偏差。

如何关注

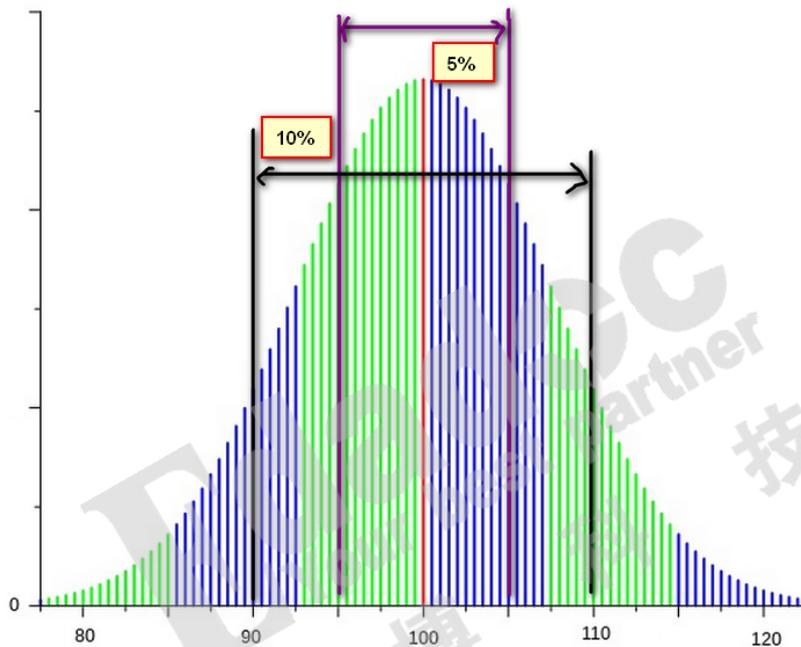
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



还记得我们去年的话题吗？为什么常规阻抗控制只能是 10% 的偏差？这是有很多其他偏差累积在一起的结果：

- 1、板材来料本身的偏差
- 2、PCB 加工过程的蚀刻偏差
- 3、PCB 加工过程层压带来的流胶率等偏差
- 4、高速的时候，铜箔的表面粗糙度，PP 的玻纤效应，介质的 DF 频变效应等

大家应该也还记得那张著名的偏差正态分布图：



按照 10% 来进行阻抗偏差的管控，最符合正态分布的智慧，在成本和性能之间取得最佳的平衡点。

当然高速先生的观点是：

- 1、当设计裕量足够的时候，我们要尽可能考虑满足生产的要求，这个就叫 DFM。
- 2、设计遇到瓶颈的时候，生产就要来帮忙，尽可能攻克难关，这叫制造升级
- 3、当设计和生产都遇到天花板的时候，这就是产业升级的驱动力了

比如数字信号相对比较低速的时候，我们设计要给生产留出充足的空间，可以走很宽的线，很大的间距。随着高速设计的到来，我们开始管控阻抗。由于板厚，层数的限制，阻抗线有时候需要走得很细，驱动板厂提升工艺。随着串行总线的速率提升，损耗成为管控的对象，板厂也开始引进 DeltaL 等技术来评估损耗，对阻抗的管控要求开始

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



来到 7%，未来或许会到 5%。随着速率突破 25G\28G，来到 56G 的时候，生产的小偏差，都会带来性能的大变化，于是整个产业都来到升级换代的边缘。

下面是我抛砖引玉，放上一些生产加工偏差规范：

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]

- 注1. 不适用于微导通孔。微导通孔指直径小于等于0.15mm[0.006in]的导通孔，采用激光、机械钻孔、湿/干蚀刻、光致成像或导电油墨成形，然后电镀而成。厚径比小于1:1的盲孔的镀铜厚度应当符合微导通孔的要求。见表3-4。
 注2. 铜镀层（1.3.4.2节）厚度应当是连续的，且从孔壁延伸或包覆到外表面。孔壁铜镀层的厚度要求参见IPC-A-600。
 注3. 填充镀覆孔和微导通孔的包覆铜镀层应当符合3.6.2.11.1节的要求。
 注4. 见3.6.2.11节。

表3-11 加工后内层铜箔厚度

重量	铜最小绝对值 (比IPC-4562中的标称值减少10%) (μm)[μin]	加工中允许减少的最大值 ¹ (μm)[μin]	加工后的铜箔最小厚度 (μm)[μin]
1/8oz.[5.10]	4.60[181]	1.50[59]	3.1[122]
1/4oz.[8.50]	7.70[303]	1.50[59]	6.2[244]
3/8oz.[12.00]	10.80[425]	1.50[59]	9.3[366]
1/2oz.[17.10]	15.40[606]	4.00[157]	11.4[449]
1oz.[34.30]	30.90[1,217]	6.00[236]	24.9[980]
2oz.[68.60]	61.70[2,429]	6.00[236]	55.7[2,193]
3oz.[102.90]	92.60[3,646]	6.00[236]	86.6[3,409]
4oz.[137.20]	123.50[4,862]	6.00[236]	117.5[4,626]
大于4oz. [137.20]	比IPC-4562中的标称值减少10%	6.00[236]	比IPC-4562中的铜箔厚度减少10%得出的值少 (6μm)[236μin]

- 注1: 对于重量低于1/2oz的铜箔，加工减少厚度值不允许再次进行返工，对于重量为1/2oz及其以上的铜箔，加工减少厚度值允许进行一次返工。

表3-12 电镀后外层导体厚度

重量 ^{1,4}	铜最小绝对值 (比IPC-4562中的标称值减少10%) (μm)[μin]	对于1级和2级产品，加上最小镀层 ² (20μm)[787μin]	对于3级产品，加上最小镀层 ² (25μm)[984μin]	加工允许减少的最大值 ³ (μm)[μin]	加工后的最小表面导体铜厚度 (μm)[μin]	
					1级和2级	3级
1/8oz.	4.60[181]	24.60[967]	29.60[1,165]	1.50[59]	23.1[909]	28.1[1,106]
1/4oz.	7.70[303]	27.70[1,091]	32.70[1,287]	1.50[59]	26.2[1,031]	31.2[1,228]
3/8oz.	10.80[425]	30.80[1,213]	35.80[1,409]	1.50[59]	29.3[1,154]	34.3[1,350]
1/2oz.	15.40[606]	35.40[1,394]	40.40[1,591]	2.00[79]	33.4[1,315]	38.4[1,512]
1oz.	30.90[1,217]	50.90[2,004]	55.90[2,201]	3.00[118]	47.9[1,886]	52.9[2,083]
2oz.	61.70[2,429]	81.70[3,217]	86.70[3,413]	3.00[118]	78.7[3,098]	83.7[3,295]
3oz.	92.60[3,646]	112.60[4,433]	117.60[4,630]	4.00[157]	108.6[4,276]	113.6[4,472]
4oz.	123.50[4,862]	143.50[5,650]	148.50[5,846]	4.00[157]	139.5[5,492]	144.5[5,689]

- 注1. 基底铜箔重量依据采购文件中的设计要求。
 注2. 对于重量低于1/2oz的铜箔，加工减少厚度值不允许再次进行返工；对于重量为1/2oz及其以上的铜箔，加工减少厚度值允许进行一次返工。
 注3. 参考：最小铜镀层厚度
 1级=20μm[787μin] 2级=20μm[787μin] 3级=25μm[984μin]
 注4. 对于重量大于4oz的铜箔，采用3.6.2.13节中的公式。

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



【关于一博】

一博科技成立于 2003 年 3 月，专注于高速 PCB 设计、PCB 制板、SMT 焊接加工和供应链服务。我司在中国、美国、日本设立研发机构，全球研发工程师 600 余人。

一博旗下 PCB 板厂位于深圳松岗，采用来自日本、德国等一流加工设备，TPS 精益生产管理以及品质管控体系的引入，致力为广大客户提供高品质、高多层的制板服务。

一博旗下 PCBA 总厂位于深圳，并在上海、成都设立分厂，厂房面积 15000 平米，现有 20 条 SMT 产线，配备全新进口富士 XPF、NXT3、AIMEX III、全自动锡膏印刷机、十温区回流炉、波峰焊等高端设备，并配有 AOI、XRAY、SPI、智能首件测试仪、全自动分板机、BGA 返修台、三防漆等设备，专注研发打样、中小批量的 SMT 贴片、组装等服务。作为国内 SMT 快件厂商，48 小时准交率超过 95%。常备一万余种 YAGEO、MURATA、AVX、KEMET 等全系列阻容以及常用电感、磁珠、连接器、晶振、二三极管，源自原厂或一级代理，现货在库，并提供全 BOM 元器件供应。

【关于高速先生】

高速先生由深圳市一博科技有限公司 R&D 技术研究部创办，用浅显易懂的方式讲述高速设计，成立至今保持每周发布两篇原创技术文章，已和大家分享了百余篇呕心沥血之作，深受业内专业人士欢迎，是中国高速电路第一自媒体品牌。



扫一扫，即可关注

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

