

重新定义可靠性

MLCC开裂深度解析与系统性解决方案

从被动响应到主动预防，构建坚不可摧的电路设计防线

深圳市捷辰电子有限公司

技术咨询：bzh9903@163.com

执行摘要：问题的重新定义



核心洞察

数据表明，**90%**的MLCC开裂并非源于产品缺陷，而是由应用过程中的**机械应力**和**热应力**共同导致。



常见误区

客户往往简单将开裂归咎于“电容质量差”，这种惯性思维掩盖了更深层次的电路设计、工艺参数或安装操作问题。



我们的价值

不仅提供高品质MLCC，更致力于成为您的**技术合作伙伴**，通过深度失效分析与专业建议，从源头系统性解决可靠性难题。

本次分享核心议程



深度归因分析

解析MLCC开裂的四大核心元凶与机理



全流程预防策略

覆盖PCB设计、焊接工艺到组装的规范



针对性解决方案

捷辰电子抗开裂产品推荐与应用指南

目录 CONTENTS

01

问题的根源

揭秘MLCC的“玻璃心”物理特性，从微观晶体结构出发，深度解析其内在的机械脆弱性。

02

深度剖析：四大元凶

构建完整的应力传递链条，从PCB设计、贴片工艺、焊接过程到最终安装，全方位锁定导致开裂的四大核心诱因。

03

我们的解决方案

整合材料学与结构力学，构建“设计-工艺-保护”的全方位抗开裂防线，提供可落地、可验证的系统性技术方案。

04

商业价值与合作

打通从技术突破到商业应用的闭环，通过提升产品良率、降低售后成本，为客户创造实实在在的可持续核心价值。

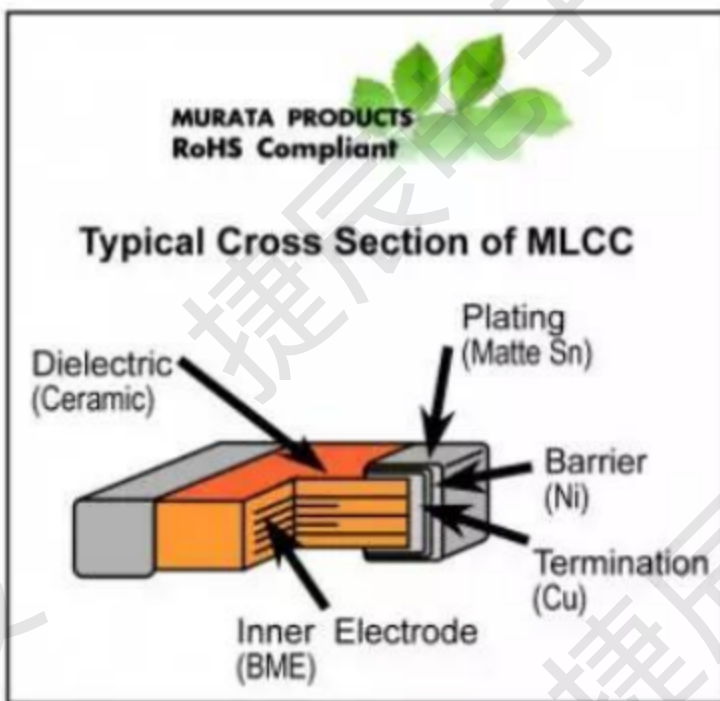
01

问题的根源

揭秘 MLCC 的“玻璃心”：结构决定其脆弱性

技术咨询：bzh9903@163.com

揭秘MLCC的“玻璃心”：结构决定其脆弱性



MLCC 多层陶瓷介质与电极堆叠剖面



核心结构：硬而脆的堆叠体

- 多层堆叠：陶瓷介质与内部金属电极交替叠层，构成“千层饼”结构。
- 材料特性：陶瓷硬度极高但延展性极差，如同“玻璃”。应力超 100-200MPa 即产生微裂纹。



失效路径：微裂纹的连锁反应

- 横向裂纹：切断内部电极，直接导致开路失效。
- 纵向裂纹：引发电极间短路，或绝缘电阻下降导致漏电流增大。
- 潜在失效：出厂合格但裂纹随热循环扩展，具极高隐蔽性与危险性。

四大元凶：从设计到安装的应力传递链



分板应力

Dividing Stress

阶段：PCB制造环节

特点：最易被忽视的隐形杀手



焊接热冲击

Soldering Thermal Shock

阶段：焊接环节

特点：手工焊和波峰焊是重灾区



PCB弯曲应力

PCB Flexure Stress

阶段：组装/测试/安装全过程

特点：无处不在的持续性威胁



选型不当

Improper Component Selection

阶段：产品设计阶段

特点：先天不足的设计缺陷

02

深度剖析：四大元凶

从设计到安装的应力传递链

技术咨询：bzh9903@163.com

元凶一：分板应力——最容易被忽略的隐形杀手

场景描述：分板过程的力学隐患

PCB拼板通常通过V-cut或邮票孔连接，在分板作业过程中，靠近分板边缘的元器件会承受巨大的弯曲应力，这往往是导致产品早期失效的“隐形杀手”。

真实案例：某电源厂商MLCC批量失效分析



生产痛点：MLCC批量开裂，产线不良率高达**8%**



排查误区：初期怀疑电容质量，更换3家品牌问题依旧



优化方案：布局移至距板边 $\geq 5\text{mm}$ ，不良率降至**0.1%以下**



V-CUT基板分板机设备
分板应力的主要来源与作业场景

防患于未然：分板应力的规避策略

设计端规则



安全距离规范

元器件（特别是MLCC）距离PCB边缘、V-cut、邮票孔至少保持5mm的安全距离，降低受力风险。



局部刚性增强

对于因布局限制无法移动的关键元器件，在其附近区域增加加强筋结构，有效提升PCB局部抗弯折能力。



工艺端优化



优选分板工艺

优先采用铣刀式分板机 (Routing)，其切割过程产生的机械应力远小于传统V-cut分板机或人工手工掰板。



拼板结构优化

合理规划拼板连接桥位置，应尽量避免PCB上的高应力集中区域以及对机械振动敏感的关键元器件布局区。

元凶二：焊接热冲击——手工与波峰焊的噩梦



温度失控：工艺的隐形杀手

手工焊接时烙铁长时间加热，或波峰焊/回流焊温度曲线设置不当，均会导致MLCC内部积聚巨大的热应力。



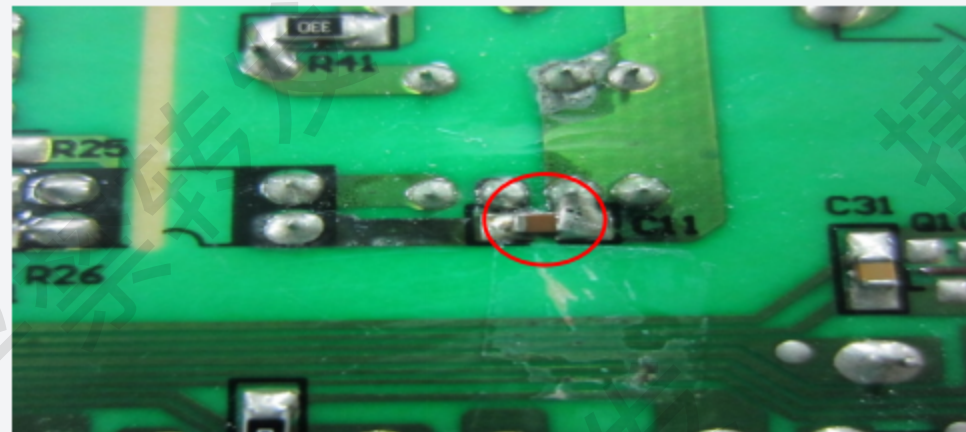
失效机理：CTE 失配引发裂纹

陶瓷介质与金属电极热膨胀系数差异巨大。剧烈的升降温会在内部层间产生剪切力，最终引发肉眼不可见的微裂纹。



真实案例：维修站的“隐形故障”

维修站使用**40W烙铁**单点持续加热**10秒**。表面无异常，但装机后两天电源纹波显著增大，拆解发现内部已形成贯穿裂纹。



图示：MLCC陶瓷体内部因热应力产生的微裂纹

精准控温：焊接工艺的“黄金法则”

手工焊接规范



温度控制

必须使用温控烙铁，作业温度严格设置为 $\leq 350^{\circ}\text{C}$ ，避免高温损伤元件。



时间控制

单焊点累计加热时间 ≤ 3 秒，超时会导致焊盘脱落或元件内部结构损坏。



分步焊接

两点焊接需间隔冷却，严禁两端同时受热，防止元件因热应力变形开裂。

回流焊 / 波峰焊规范



严格遵循温度曲线

参考MLCC数据手册推荐参数，重点控制升温速率 $\leq 3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，确保焊膏充分熔融且无飞溅。






实施阶梯式缓冷



避免冷却区出现过于陡峭的降温斜率，最大程度减少温度骤变带来的热冲击风险。

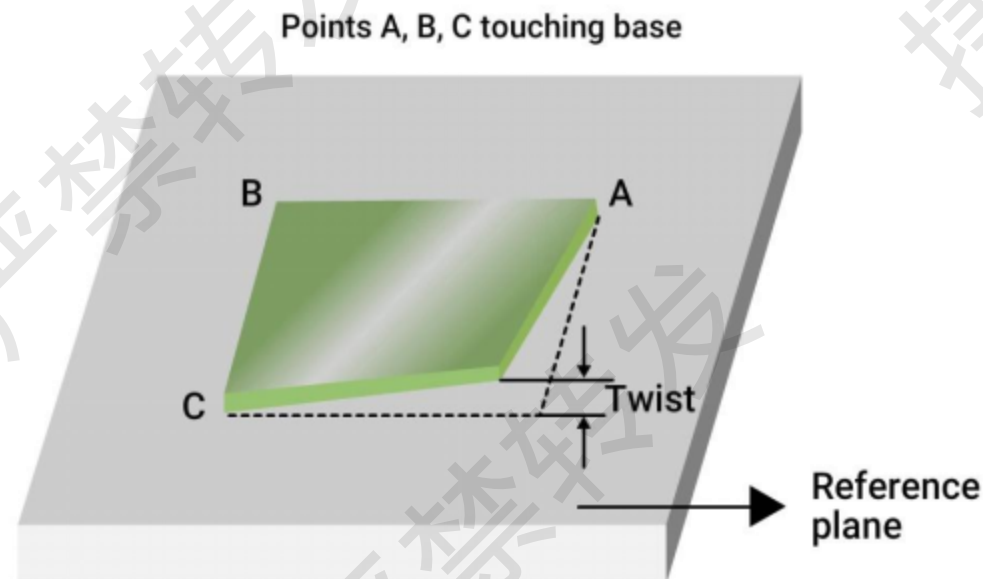
元凶三：PCB弯曲应力——贯穿始终的威胁

场景描述：全生命周期的隐患

-  **组装环节：**插件、搬运时的不当操作易引发物理形变。
-  **测试环节：**测试夹具接触不良，导致PCB单点受力不均。
-  **安装环节：**螺丝锁紧力矩过大，强制导致PCB产生弯曲。

真实案例：汽车电子MLCC批量失效

-  **客户痛点：**产品使用半年后，MLCC出现批量短路现象。
-  **失效根源：**金属壳内螺丝力矩过大导致PCB永久形变，长期应力使内部微裂纹扩展，最终击穿。



Constraining force applied to one corner only.

图示：PCB四角受力不均导致的扭曲形变与应力分布

全面防护：消除PCB弯曲的潜在风险



设计端规则



远离高应力区

避免将MLCC放置在螺丝孔、连接器、大重量元件等周围，规避物理应力集中。



增加物理支撑

在PCB的关键受力区域，设计额外的支撑点或支撑柱，有效分散外部压力。



工艺与操作规范



规范产线操作

测试与搬运过程中确保PCB支撑均匀，严禁用手直接按压板面，防止受力不均。



标准化安装流程

必须使用**扭矩扳手**，严格按照标准参数控制锁紧力度，杜绝过紧导致的形变。

元凶四：选型不当——先天不足的设计缺陷

核心规律：尺寸与结构的物理特性



尺寸效应：尺寸越大抗弯曲能力越差。0603优于0805，1210及以上尺寸存在极高机械风险。



容量效应：高容值MLCC内部层数更多、结构更复杂，导致其对PCB的微小形变和机械应力更为敏感。

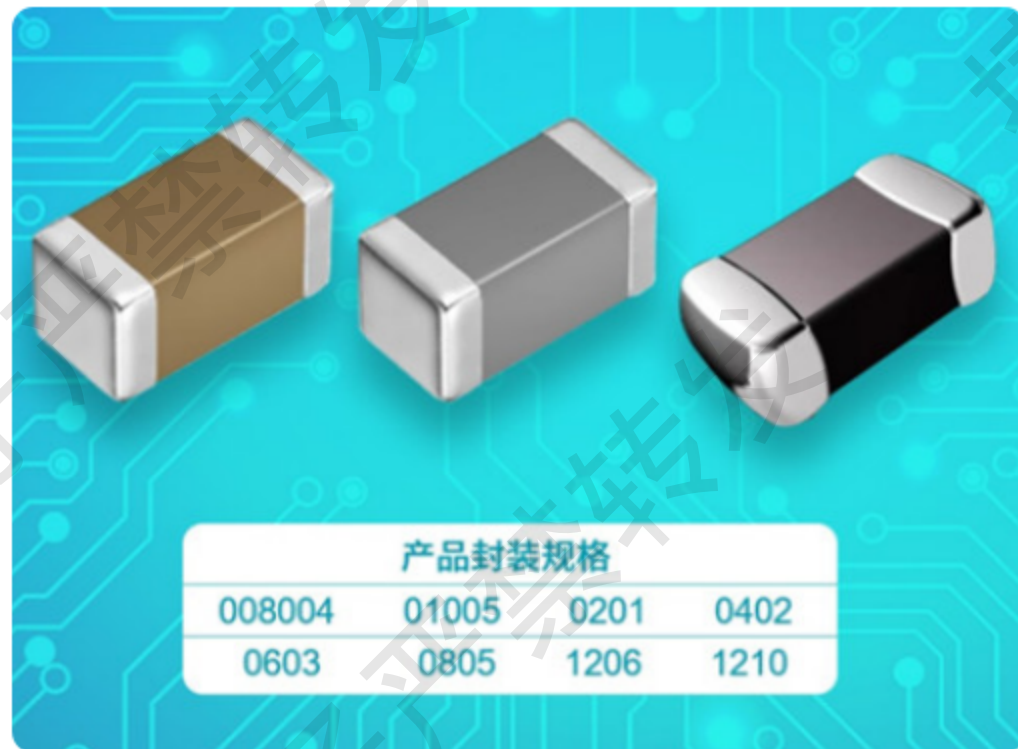
选型建议：规避风险的最佳实践



优先小型化：在满足电气性能指标的前提下，设计中应优先选用0402、0603等小尺寸封装方案。



采用柔性设计：必须使用大尺寸或高应力位置时，**强烈推荐使用柔性端头(Soft Termination)产品**来吸收应力。



图示：不同封装规格的MLCC实物与对应代码

快速诊断：开裂原因排查指南



现象：电容位于板边 / V-cut 附近

可能原因：分板应力

验证：显微镜观察裂纹方向（通常与弯曲方向垂直）



现象：手工焊接后电容立即失效

可能原因：热冲击

验证：对比未焊接的同批次电容是否功能正常



现象：螺丝锁紧后电容出现失效

可能原因：PCB 弯曲

验证：松开螺丝后，观察电容功能是否恢复正常



现象：1210及以上大尺寸电容发生开裂

可能原因：尺寸敏感

验证：更换为小尺寸或软端子电容进行对比验证

03

我们的解决方案

构建全方位抗开裂防线

技术咨询：bzh9903@163.com

构建全方位抗开裂防线



核心层 高品质产品

全系列柔性端头 MLCC 推荐

提供覆盖全系列的标准MLCC产品矩阵，重点推荐柔性端头（Soft Termination）系列，为高可靠性工业及汽车电子应用提供抗开裂终极保障。



中间层 专业技术支持

设计与选型 双重深度介入

设计阶段：提供免费的PCB布局审查服务，提前识别潜在风险点。
选型阶段：结合应用场景提供专业选型建议，推荐最优封装与型号。



外层 全流程质量保障

权威认证 + 工艺优化赋能

可靠性保障：提供抗弯曲测试报告等第三方权威认证文件。
工艺赋能：协助客户进行产线工艺优化，提供专业焊接曲线建议。

终极武器：柔性端头技术如何拯救您的设计



低电阻软端子 MLCC 实物展示



结构重构：多一层“保护垫”

标准端头应力直接传递；柔性端头在金属与陶瓷之间创新增加一层导电树脂，构建物理隔离层。



力学缓冲：主动吸收破坏性应力

树脂层的弹性特性，能有效吸收PCB弯曲产生的机械应力，并缓冲焊接时热膨胀差异带来的冲击。



价值交付：打造极致可靠的产品

显著提升产品抗开裂能力，大幅降低现场失效风险，帮助客户建立“高可靠性”的品牌市场声誉。

立即行动：将知识转化为实践

采购部门行动清单

明确核心选型要求

向供应商明确提出**软端子 (Soft Termination)**型号要求，优先锁定具备该特性的成熟物料。

严格执行准入审核

针对高可靠性项目，强制要求供应商提供**抗弯曲测试报告**，确保来料满足机械应力标准。

建立价值导向策略

摒弃一味压价的思维，综合考量全生命周期成本与可靠性，拒绝低质低价的风险元器件。

工程师/工艺部门行动清单

PCB 布局规范执行

严格遵守“**5mm 安全距离**”规则，规避应力集中点，优化板级散热环境。

手工焊接标准管控

强制执行“**350°C / 3秒**”作业参数，避免高温长时间停留导致MLCC内部开裂。

组装工艺精细化控制

确保PCB物理支撑充分，使用**扭矩扳手**精确控制螺丝锁紧力度，防止过应力损伤。

测试夹具优化：调整ICT/FCT针床设计，严禁探针直接施压于MLCC本体表面。

04

商业价值与合作

从技术到商业，为客户创造核心价值

技术咨询：bzh9903@163.com

解决MLCC开裂问题，就是提升您的商业竞争力



降低成本

减少因返修、退货、报废带来的直接经济损失，优化企业资源配置。



提升品质

大幅提高产品的可靠性和使用寿命，显著增强终端客户的满意度。



加速上市

有效规避可靠性风险，减少开发周期延长和项目延误，抢占市场先机。



建立信任

向客户展示对质量的极致追求与专业把控能力，稳固建立品牌信任。

选择捷辰：不止于元器件供应商



成为您值得信赖的技术合作伙伴



深厚的专业知识储备

我们的工程师团队不仅精通元器件参数，更深刻理解工业应用场景，为您提供精准的技术支持。



系统化的解决方案能力

拒绝单一产品的堆砌，基于客户痛点，提供从选型、验证到量产的全链路系统化解决方案。



长期共赢的客户导向

始终将客户的成功视为我们的目标，通过灵活的服务模式与快速响应机制，实现双方的长期价值共赢。

感谢聆听



捷辰电子

技术咨询: bzh9903@163.com