

ACCESS TO GLOBAL MARKET

从失效到可靠

FROM FAILURE TO RELIABILITY

线束连接器的失效几乎从来不是"突然发生"的。
它是设计余量、材料选型、工艺窗口与环境应力长期叠加的结果。

TMC 迈科检测提供从失效复现、根因分析、整改验证到工艺固化的一站式服务，让每一次失效，都成为下一款产品可靠性的起点。

业务热线 0755-86642861 | 合作邮箱 cert@tmc-lab.com
官方网站 www.tmc-test.com | www.tmc-lab.com

2026

FIELD CASES · 失效案例

6+

典型失效场景

4

步整改闭环

100%

服务覆盖

目录

CONTENTS

本案例集按"问题 - 分析 - 措施 - 客户收益"四段式结构，收录线束连接器在整车、户外工控、新能源高压与沿海设备等真实场景中的六大典型失效与整改实录。

四段式案例结构



让每一次失效，
都成为下一款产品可靠性的起点。



TMC TESTING · 助力中国质造

01	振动松退失效	随机振动 + 机械冲击	P.03
端子退针虚接，售后返修率居高不下			
02	防水密封失效	IP67 / IPX9K	P.04
接口进水短路，原 IP 等级名不副实			
03	压接质量失效	压接剖面 · 微电阻	P.05
接触电阻超标，大电流工作发热烧蚀			
04	高温老化失效	高温老化 + 带电工作	P.06
壳体脆裂、端子氧化，信号时断时续			
05	盐雾腐蚀失效	加长 NSS + 湿热循环	P.07
接触电阻漂移，海边设备频繁维护			
06	三综合耦合失效	温循 + 振动 + 带载	P.08
单应力合格，复合环境才暴露温升			
—	联系我们	双基地同步排期	P.09
报价 · 送检 · 失效复现			

深圳宝安基地

广东省深圳市宝安区石环路 2 号新时代共荣工业区 A 栋

东莞塘厦基地

广东省东莞市塘厦镇鹿苑路 103 号



扫码关注 · 柠檬说检测

01 振动松退失效

让"抖出来的故障"在台架上现形 · 车载线束 · 退针虚接

— 问题 / PROBLEM

整车行驶持续颠簸振动，连接器端子出现退针、虚接，灯光与传感器信号偶发中断；故障现场难复现，返修件回厂又"一切正常"，售后返修率长期居高不下。

— 分析 / ANALYSIS

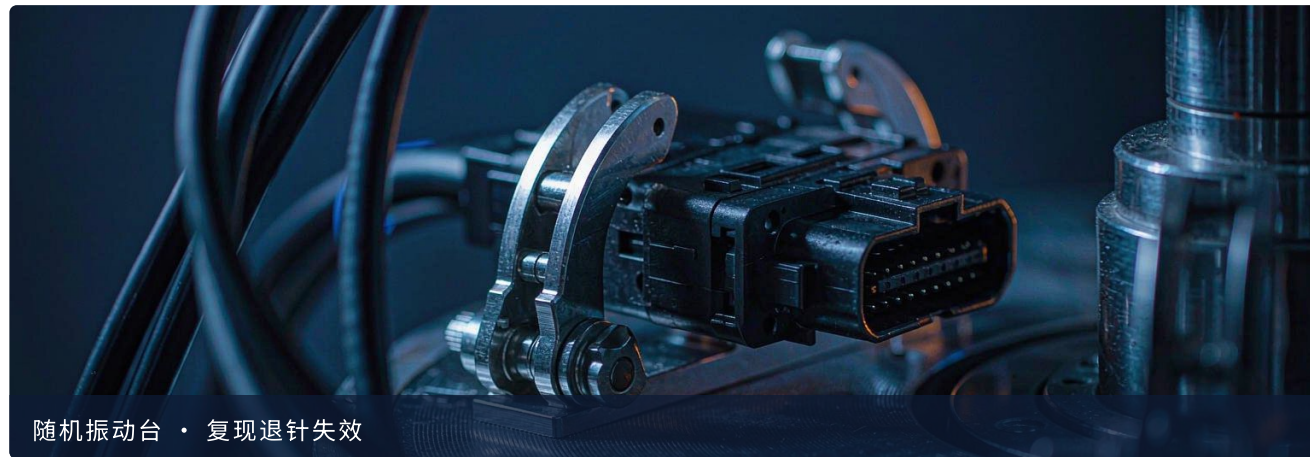
- 一次锁止结构保持力裕度不足，长期交变载荷下锁扣磨损、逐步回退；
- 端子倒刺与护套配合间隙偏大，轴向约束不够；
- 压接区高度波动，端子在护套内微动，产生微动磨损，接触电阻爬升。

— 措施 / SOLUTION

- 增加二次防退卡扣（TPA/二次锁），强化轴向约束
- 端子倒刺改良，提升端子在护套内的保持力
- 锁定压接高度与拉拔力窗口，增加端子保持力全检
- 按 GB/T 28046 / ISO 16750-3 做随机振动 + 机械冲击验证

客户收益 / BENEFIT

振动工况下无断联、无信号中断；售后返修率下降 90%；一次性通过整车可靠性试验，责任界定清晰。



随机振动台 · 复现退针失效

失效路径

锁扣磨损



微动磨损



电阻爬升

长期交变振动 → 端子逐步回退 → 虚接断连

单点静态测试无法暴露 → 需振动工况激发

02 防水密封失效

把 IP67 从"标称"做成"实测" · 户外工控 · 进水短路

— 问题 / PROBLEM

户外工控设备长期处雨水、凝露环境，连接器接口进水后出现短路、绝缘不良，设备频繁停机。原产品 IP 等级达不到现场条件，面临整批更换。



IP 防水测试 · 高压喷淋

水侵入路径分析



— 分析 / ANALYSIS

- 密封圈材料压缩永久变形大，长期使用后回弹失效
- 尾部无应力消除，线缆摆动时水沿芯线毛细渗透
- 剥皮长度与装配公差失控，密封面形同虚设

— 措施 / SOLUTION

- 换硅胶密封圈壳体，匹配压缩量
- 优化尾部应力消除结构
- 规范剥皮与装配工艺，气密全检
- 按 IEC 60529 / ISO 20653 做 IP67 / IPX9K

客户收益 / BENEFIT

实测实现 IP67 / IPX9K，户外淋雨凝露无进水短路；设备可用率提升，气密全检避免不良流出。

CRIMP DEFECT

03 压接质量失效

从"事后挑不良"到"过程防不良" · 量产批次 · 大电流发热

问题 / PROBLEM

端子压接高度管控不稳定，部分点位接触电阻超标。设备大电流工作时发热，存在烧蚀隐患；人工目视抽检漏检率高，返工与客户投诉成本累积。

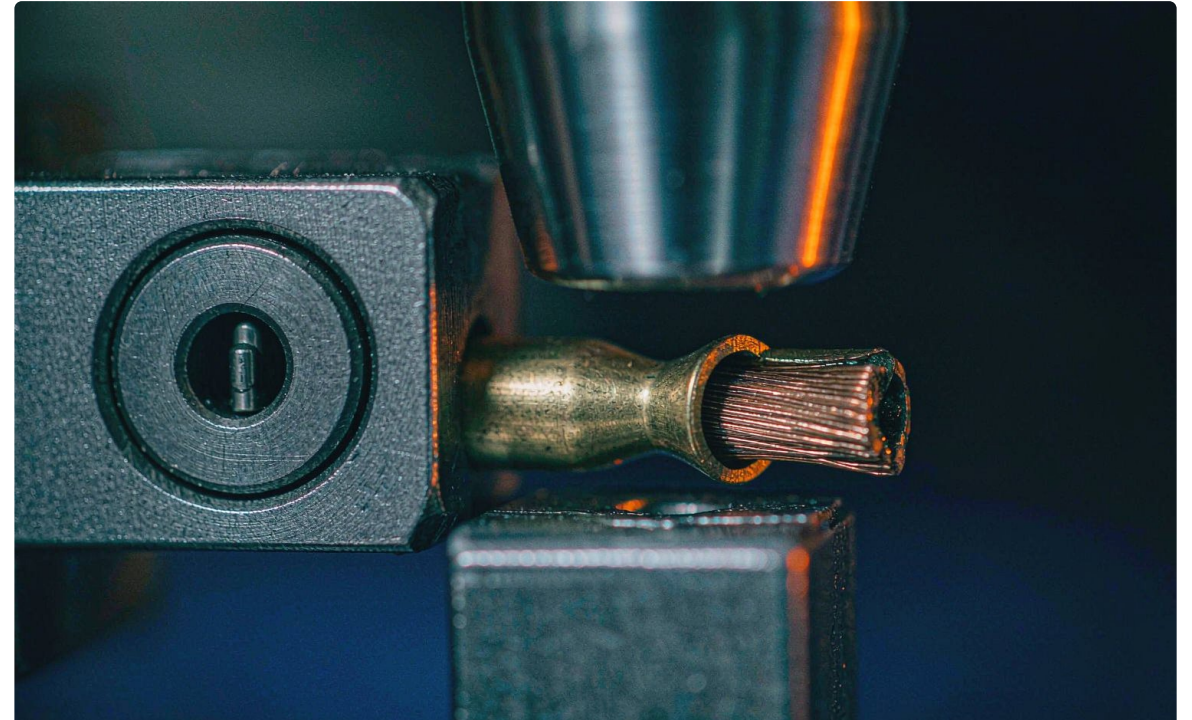
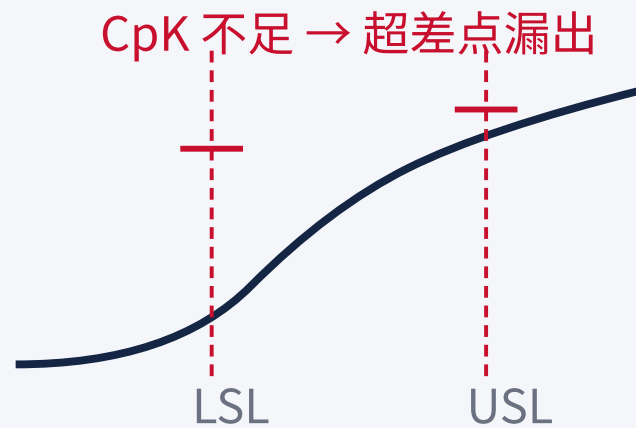
分析 / ANALYSIS

- 压接模具磨损，压接高度 CpK 不足
- 参数未按线径/批次锁定，换线无确认
- 人工抽检无法覆盖波动与微电阻异常

措施 / SOLUTION

- 更换/优化压接模具，锁定参数
- 导入在线压接高度监控 + 微电阻抽检
- 规范剥线、插端子 SOP
- 按 USCAR-21 / QC/T 29106 做剖面/拉拔力验证

压接高度分布示意



压接质量 · 在线监控

AI生成

三段闭环



从"事后挑不良"转为"过程防不良"

客户收益 / BENEFIT

接触电阻稳定可控，大电流工作无异常发热；批次不良率控制在极低水平；质量控制前移到工序内，返工成本与客户投诉同步下降。

HIGH TEMPERATURE

高温老化失效

让连接点扛住热的时间 · 发动机舱 · 壳体脆裂 / 端子氧化

— 问题 / PROBLEM

发动机周边线束长期高温工作，连接器塑胶壳体逐渐老化脆裂，端子表面氧化，信号时断时续。随使用时间加重，难以预判。

— 分析 / ANALYSIS

- 壳体材料耐温等级与实际舱温不匹配，热老化后分子链降解脆裂
- 端子镀层高温加速氧化，接触面生成氧化膜
- 线束贴近热源，局部温度高于规格书假设

— 措施 / SOLUTION

- 更换耐高温塑胶壳体，按实测工况重新选型
- 端子镀层升级，提升耐氧化与耐高温性能
- 优化布线，规避热源直烤，增加隔热
- 热老化 + 高温带电工作验证（ISO 16750-4 / GB/T 28046）

高温老化：时间与性能衰减



客户收益 / BENEFIT

高温工况壳体无开裂、端子不易氧化；整机长时间运行信号稳定，间歇性故障归零；延长维护周期，降低全生命周期成本。

05 盐雾腐蚀失效

把"海边才坏"的故障搬进实验室 · 港口 · 接触电阻漂移

问题 / PROBLEM

港口与沿海户外设备，盐雾湿气使端子腐蚀、接触电阻漂移、信号时通时断；常规测试不易复现，现场维护频繁。

分析 / ANALYSIS

- 镀层厚度不足或有孔隙/裂纹，盐雾渗透形成电偶腐蚀
- 壳体密封结构未有效阻隔，水汽侵入滞留
- 压接边缘镀层被刮破，裸铜成为腐蚀起点
- 常规盐雾时长不足，未覆盖现场累积效应

盐雾腐蚀机理



措施 / SOLUTION

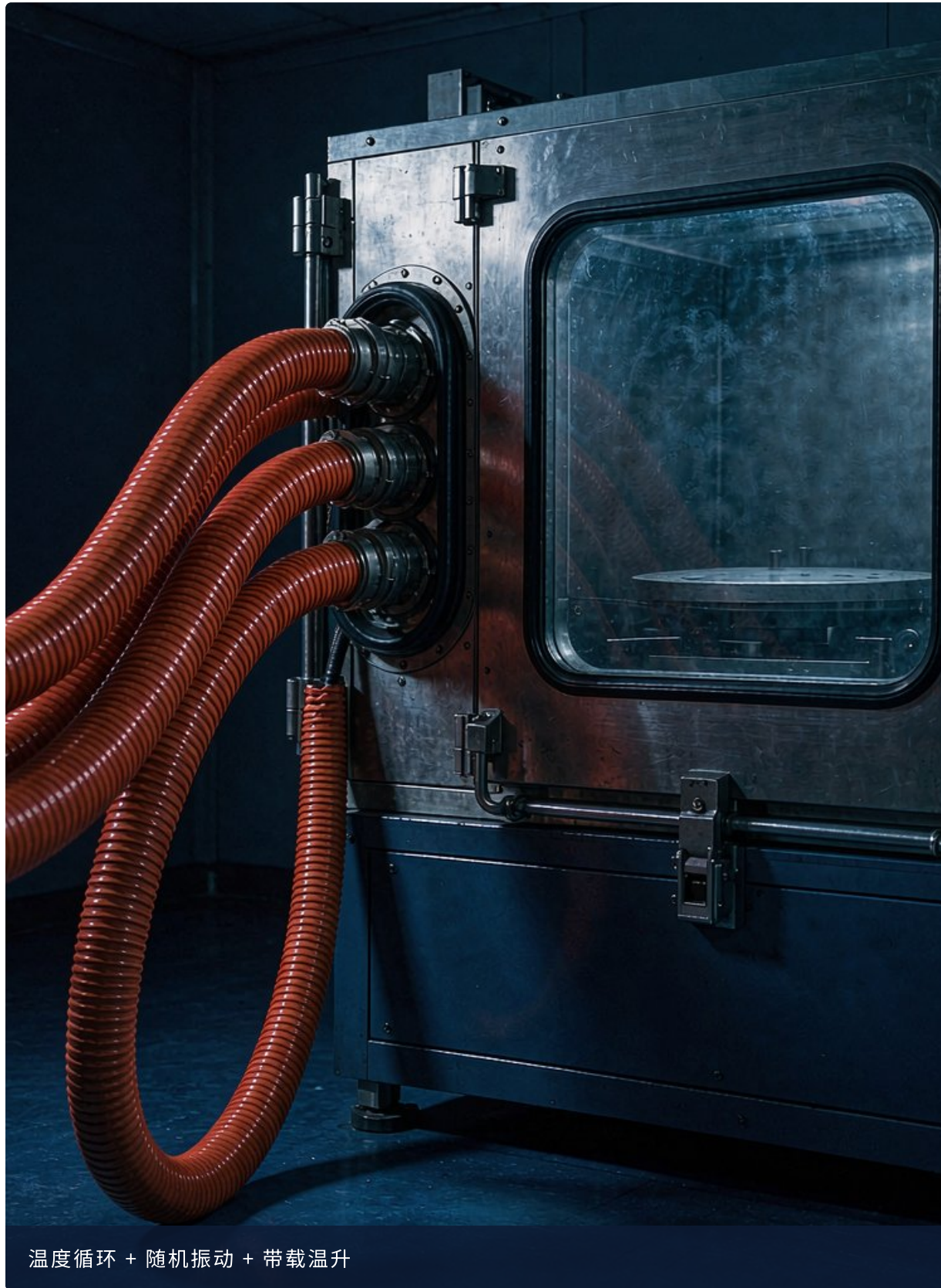
- 升级端子镀层厚度与耐腐蚀镀层体系
- 优化壳体密封结构，减少水汽侵入
- 执行加长 NSS + 湿热循环验证
- 优化压接工艺，管控镀层破损
- 以接触电阻数据判定腐蚀程度

客户收益 / BENEFIT

通过长时间盐雾验证，现场腐蚀故障大幅下降；接触电阻长期稳定，信号时通时断消除；减少运维频次与备件成本。

06 三综合耦合失效

只有复合环境才肯"说实话" · 新能源高压 · 温升超标



温度循环 + 随机振动 + 带载温升

— 问题 / PROBLEM

新能源乘用车高压动力线束，整车颠簸叠加高低温交替，端子接触应力衰减，带载温升超标。单独温升或振动均合格，唯有复合环境才暴露故障。

— 分析 / ANALYSIS

温度循环导致弹片应力松弛与蠕变，铜合金抗蠕变不足使保持力下降；微动磨损与氧化膜推高电阻，焦耳热进一步升温，形成"电阻升高 → 发热加剧 → 蠕变加速"的正反馈。

— 措施 / SOLUTION

- 优化高压端子弹片结构，提升长期接触正压力
- 选用高抗蠕变铜合金，抑制高温应力松弛
- 优化压接工艺与镀层完整性管控
- 执行温度循环 + 随机振动 + 带载温升三综合测试

客户收益 / BENEFIT

复合试验后接触电阻稳定，额定电流下温升满足国标；无过热、烧蚀隐患，顺利通过整车高压可靠性验证。

耦合失效正反馈循环

温度循环



蠕变松弛



接触力下降

电阻上升

焦耳发热

失效不可怕， 找不到根因才可怕。

如果您正在经历以下任一情形，欢迎把失效件与工况交给我们。

HOTLINE · 业务热线

0755-86642861

EMAIL · 合作邮箱

cert@tmc-lab.com

WEBSITE · 官方网站

www.tmc-test.com

www.tmc-lab.com

WECHAT · 公众号

柠檬说检测

深圳宝安基地 广东省深圳市宝安区石环路 2 号新时代共荣工业区 A 栋

东莞塘厦基地 广东省东莞市塘厦镇鹿苑路 103 号



扫码关注 · 柠檬说检测

ACCESS TO GLOBAL MARKET