

音圈组件跌落失效的 EPMA 分析

EPMA-005

摘要：通过对跌落分离失效音圈组件的微区分析，确认了振膜球顶上残留的异物形貌特征、元素种类及含量，对于判断异物源从而采取措施避免再次出现失效具有指导意义。微区异物分析结果显示，岛津电子探针 EPMA-1720 对于低含量元素及轻元素都具有很好的检出性。

关键词：音圈 PEN 球顶 跌落失效 异物分析

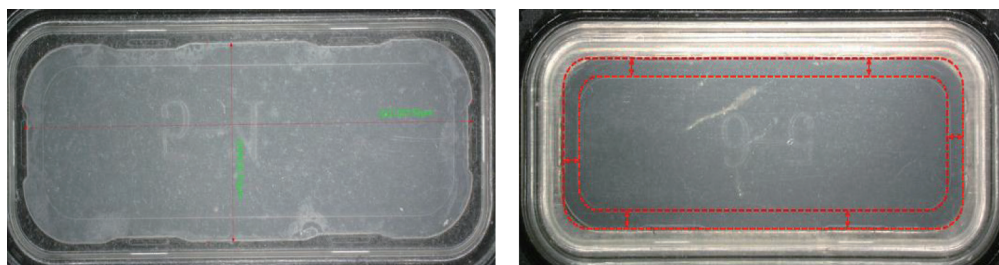
当交变音频电流通过音圈的线圈时，会产生随之而变的磁场，与扬声器的内的磁体产生相吸或相斥作用，推动音圈发生机械振动，带动振膜振动，反复推动空气从而发出声音。

振膜使用的声学介质材料主要有牛皮纸、Mylar、

PEI、PEN、铝膜、钛膜等。在扬声器中，有时为了装配便利，振膜和音圈往往粘接在一起，形成一个组件。音圈组件的性能会影响扬声器参数、频响曲线、阻抗曲线、瞬态特性、失真、音质等声压频率特性，特别是关系扬声器的承受功率和寿命。

背景

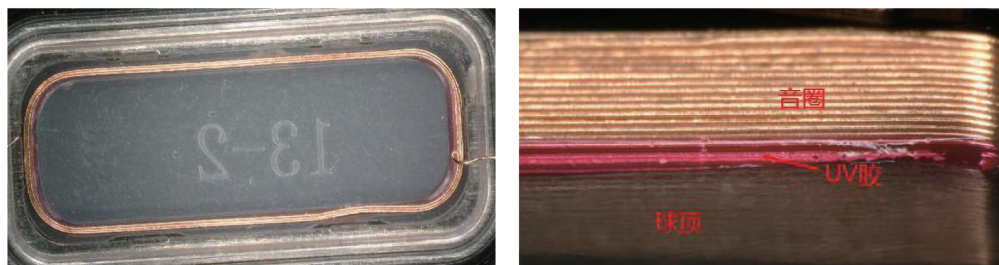
据称材质是 PEN 薄膜的振膜球顶 (长约 11 mm，宽约 4 mm，见图 1.a)，通过紫外线固化 UV 胶与音圈粘接。打胶区域示意于图 1.b 的红色虚线内，粘接后的结构如图 2 所示：



a. PEN球顶原材料

b. UV胶打胶区域

图1 PEN球顶振膜

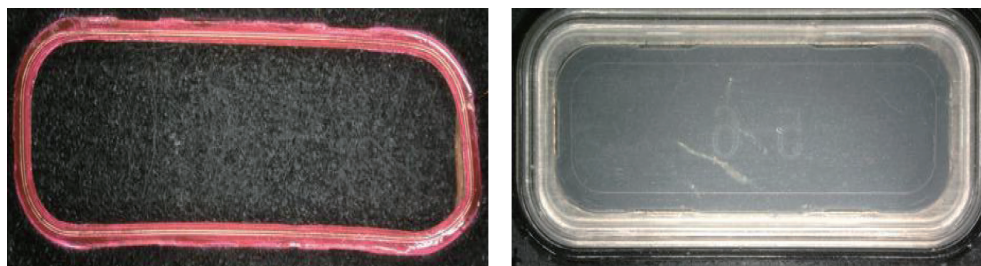


a. 正面

b. 侧面

图2 音圈与球顶粘接后的结构

有一批次的此种结构组件使用紫外线照射粘接，在随后的跌落试验中出现大量的音圈与球顶的分离失效。在失效界面上，音圈与 UV 胶结合良好，整体从球顶分离，而在球顶单元上无明显肉眼可见异物残留。如图 3 所示。



a. 音圈与UV胶粘接

b. 球顶无明显异物残留

图3 跌落分离失效

通过对球顶进行清洁清洗处理后，再次打胶粘合，发现音圈与球顶的拉力明显增加，并改善了跌落失效。

选取出现跌落分离的球顶样品 NG3#,NG2#, 结合良好通过跌落试验的球顶样品 OK3# 和跌落失效后清洗的球顶样品 N3# 进行对比测试，以确认出现跌落分离的原因。

■ 实验部分

2.1 仪器

岛津电子探针 EPMA-1720



2.2 分析条件

测试参数

加速电压 (AccV): 15 kV

束流 (Beam Current): 表面观察 1~2 nA, 定性测试
100 nA

测试时间 (Sampling time): 定性测试 6 min

强度单位 (Unit): Counts

晶体使用 (Crystals): LiF-PET-RAP-LSA55-PbST

2.3 样品处理

球顶薄膜样品导电胶带粘接固定后表面蒸镀碳膜。

结果讨论

跌落失效的试样 NG3#, 在不同位置多处发现颗粒异物, 其形貌特征及成分解析结果如下:

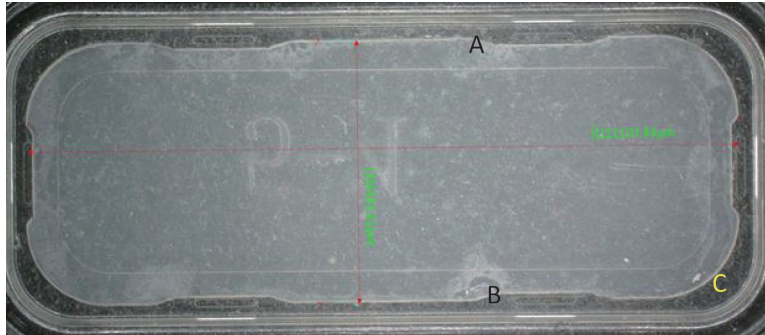


图4 NG3#试样测试位置示意图

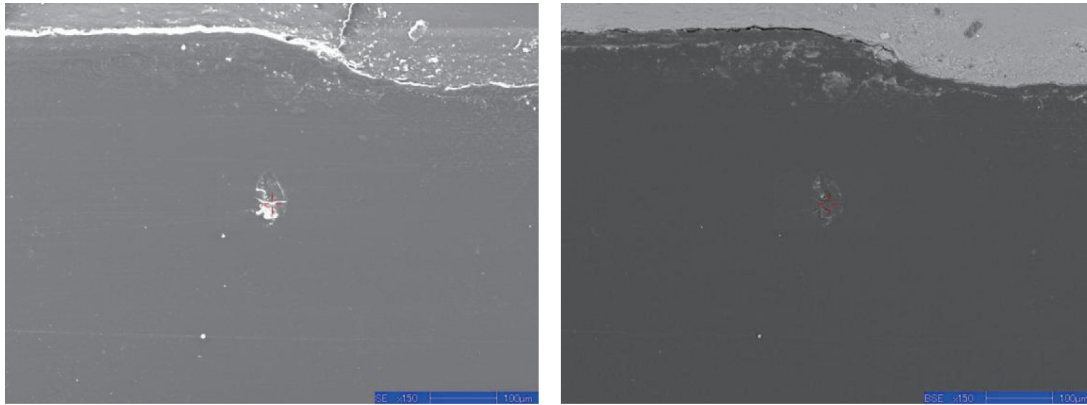


图5 NG3#试样A位置异物点微观形貌特征(二次电子像及背散射电子图像)
上图背散射图像中灰色区域为球顶粘着的基体, 黑色为PEN球顶, 颗粒异物位于PEN球顶的打胶区域

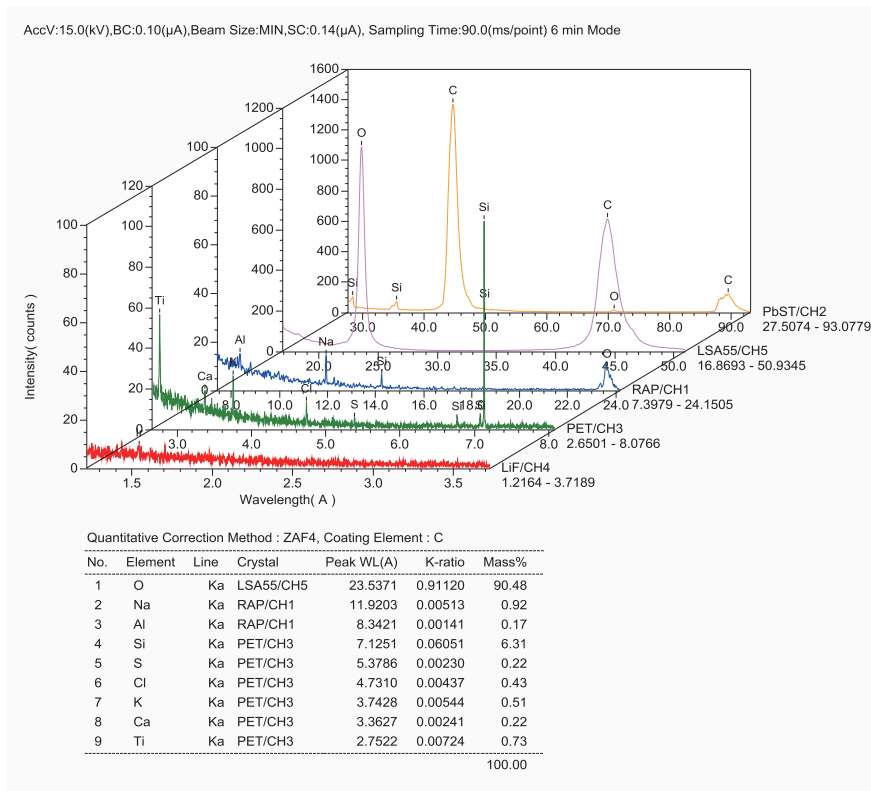


图6 试样NG3#A位置异物定性分析谱图及结果

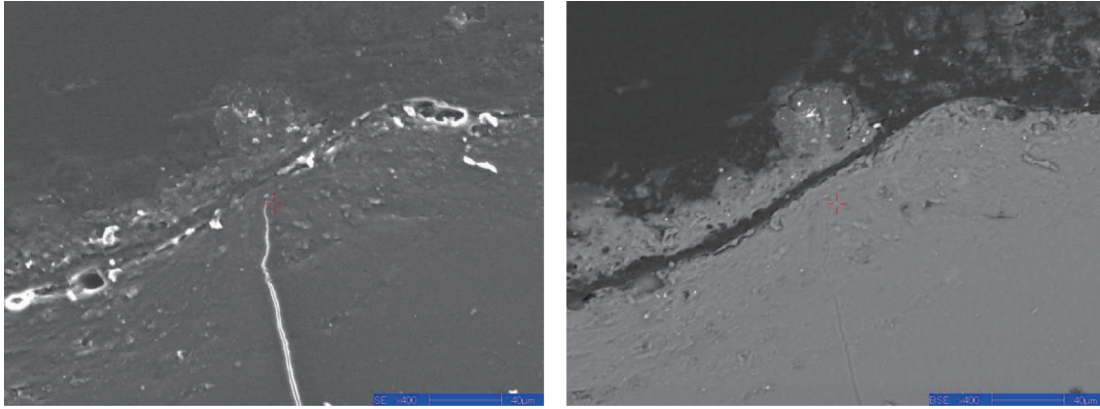
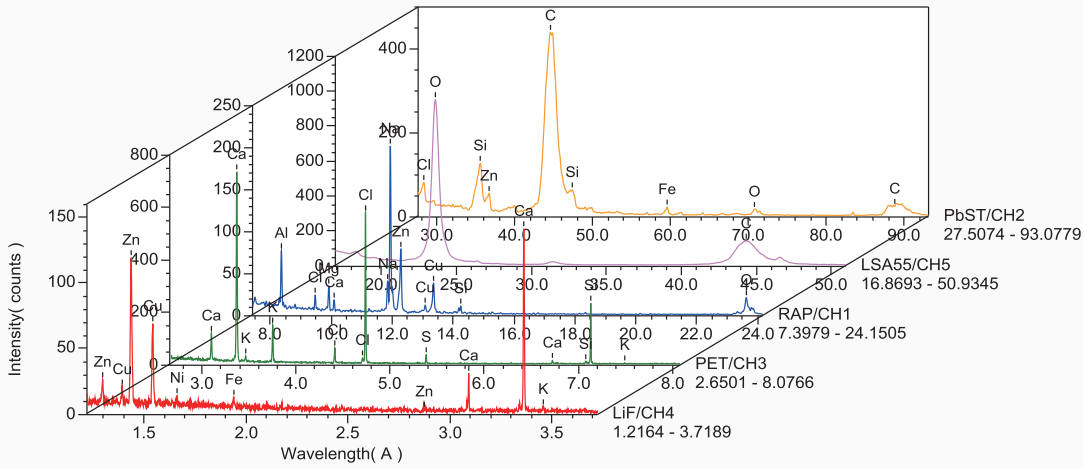


图7 NG3#试样B位置异物点微观形貌特征，异物位于PEN球顶和粘着基体的交界处

AccV:15.0(kV),BC:0.10(μA),Beam Size:10(μm),SC:0.14(μA), Sampling Time:90.0(ms/point) 6 min Mode



Quantitative Correction Method : ZAF4, Coating Element : C

No.	Element	Line	Crystal	Peak WL(A)	K-ratio	Mass%
1	O	Ka	LSA55/CH5	23.5452	0.47154	57.51
2	Na	Ka	RAP/CH1	11.9203	0.04583	5.72
3	Mg	Ka	RAP/CH1	9.8994	0.00465	0.51
4	Al	Ka	RAP/CH1	8.3447	0.00808	0.76
5	Si	Ka	PET/CH3	7.1264	0.07583	6.16
6	S	Ka	PET/CH3	5.3772	0.01010	0.74
7	Cl	Ka	PET/CH3	4.7317	0.13158	9.68
8	K	Ka	PET/CH3	3.7441	0.02099	1.50
9	Ca	Ka	PET/CH3	3.3625	0.09127	6.33
10	Fe	Ka	LIF/CH4	1.9368	0.00371	0.27
11	Ni	Ka	LIF/CH4	1.6580	0.00444	0.32
12	Cu	Ka	LIF/CH4	1.5392	0.03922	3.11
13	Zn	Ka	LIF/CH4	1.4333	0.09277	7.40
						100.00

图8 试样NG3#B位置异物定性分析谱图及结果

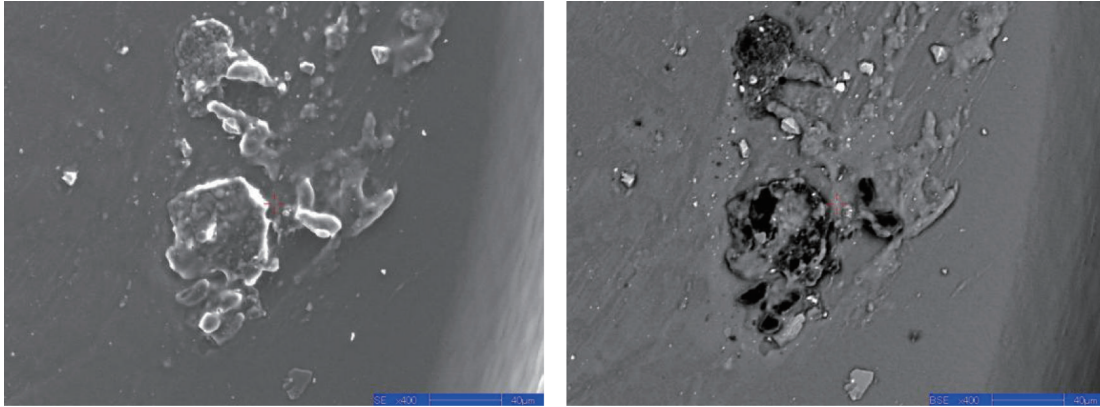


图9 NG3#试样C位置异物点微观形貌特征, 异物位于PEN球顶的粘着基体

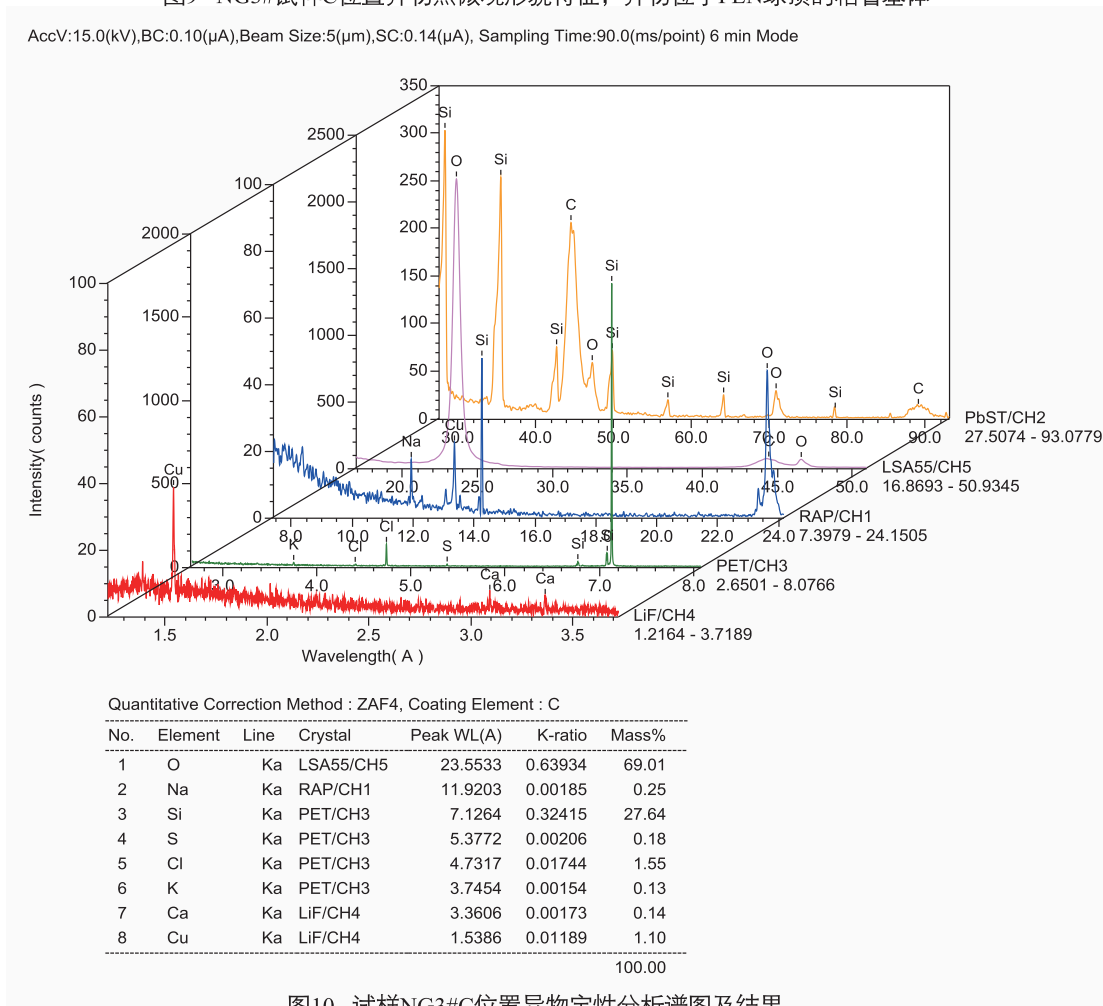


图10 试样NG3#C位置异物定性分析谱图及结果

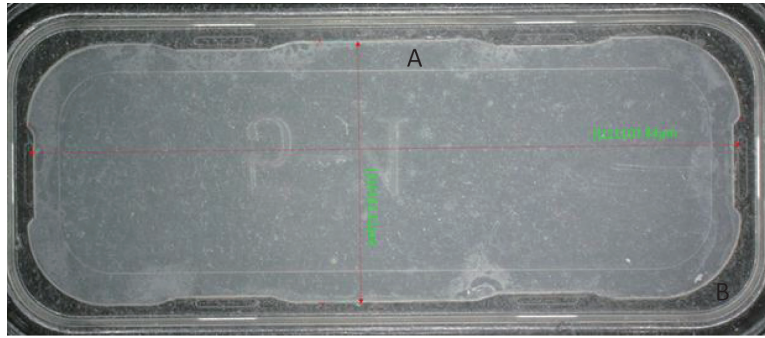


图11 NG2#试样测试位置示意图

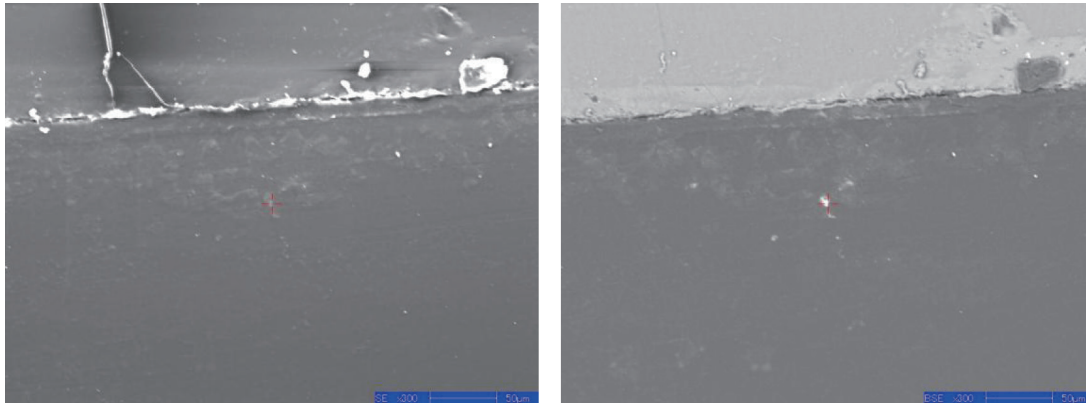


图12 NG2#试样A位置异物点微观形貌特征, 异物位于PEN球顶打胶区域

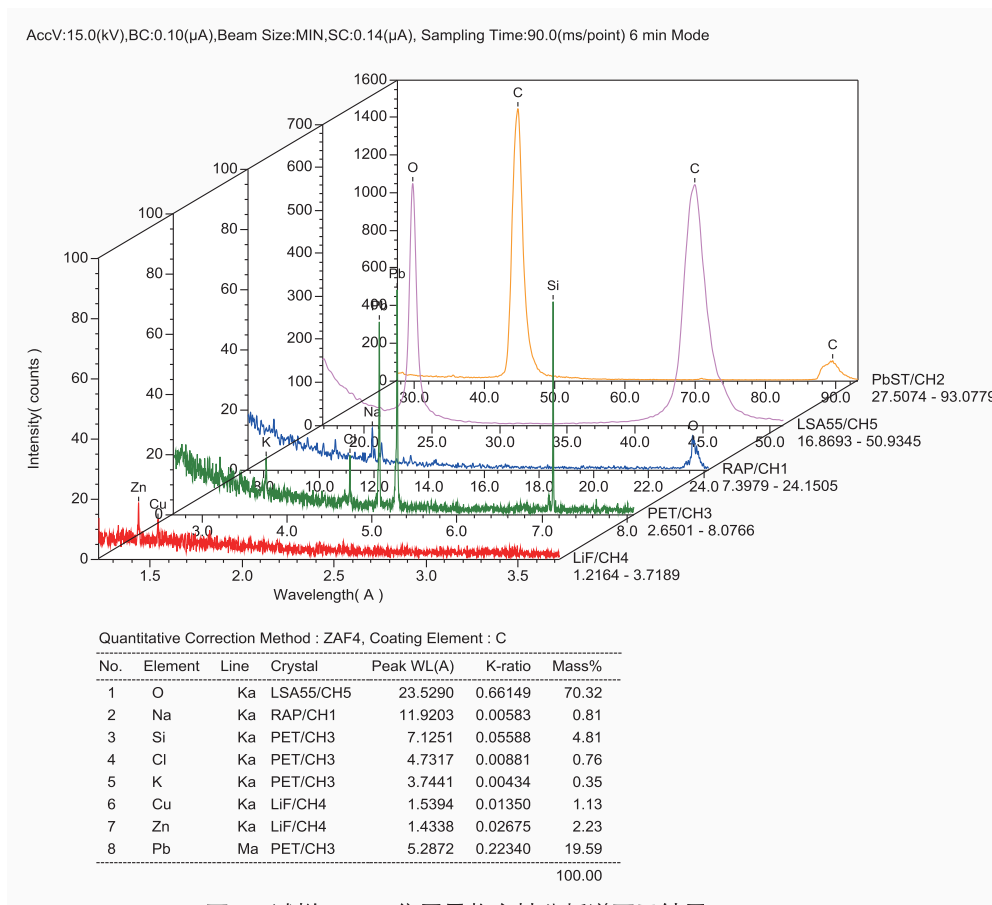


图13 试样NG2#A位置异物定性分析谱图及结果

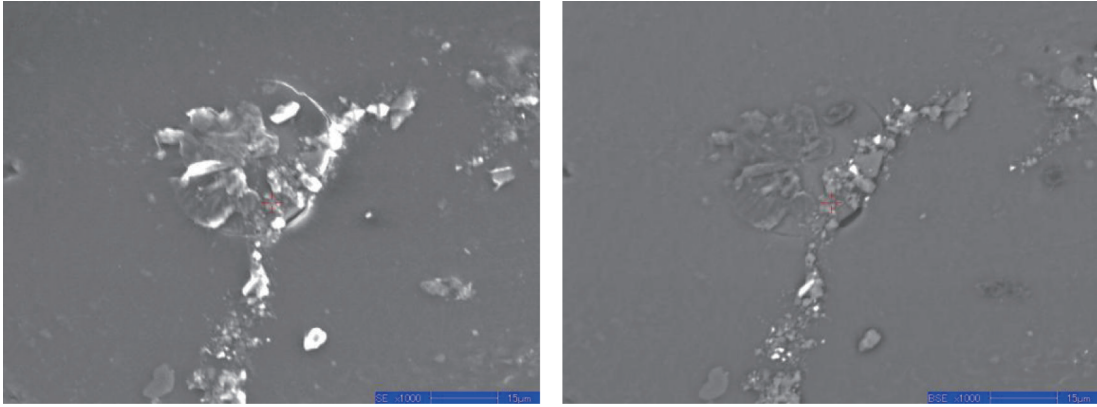
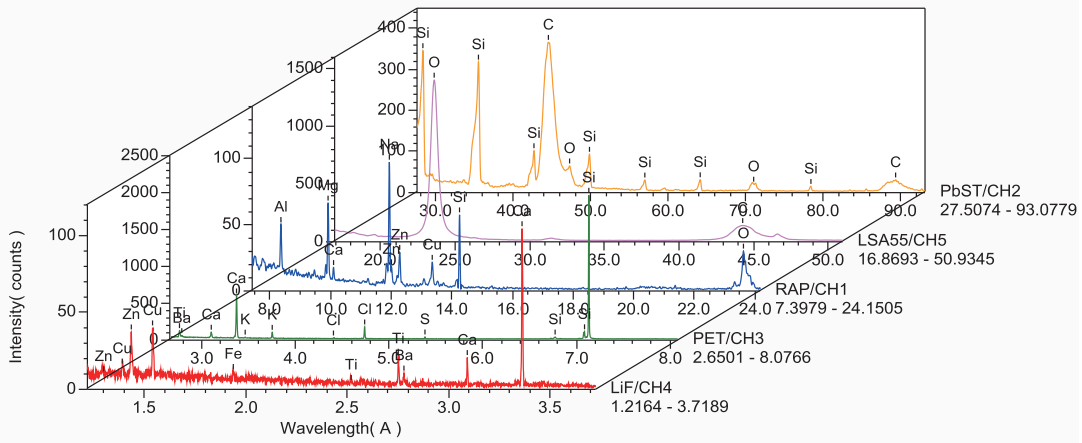


图14 NG2#试样B位置异物点微观形貌特征，异物位于PEN球顶粘着基体

AccV:15.0(kV),BC:0.10(μA),Beam Size:30(μm),SC:0.14(μA), Sampling Time:90.0(ms/point) 6 min Mode



Quantitative Correction Method : ZAF4, Coating Element : C

No.	Element	Line	Crystal	Peak WL(A)	K-ratio	Mass%
1	O	Ka	LSA55/CH5	23.5452	0.44854	55.41
2	Na	Ka	RAP/CH1	11.9203	0.01341	1.63
3	Mg	Ka	RAP/CH1	9.8994	0.00563	0.56
4	Al	Ka	RAP/CH1	8.3447	0.00266	0.24
5	Si	Ka	PET/CH3	7.1264	0.40874	32.47
6	S	Ka	PET/CH3	5.3759	0.00500	0.42
7	Cl	Ka	PET/CH3	4.7317	0.02372	1.97
8	K	Ka	PET/CH3	3.7441	0.00784	0.61
9	Ca	Ka	PET/CH3	3.3625	0.04654	3.47
10	Ti	Ka	PET/CH3	2.7535	0.00520	0.42
11	Fe	Ka	LiF/CH4	1.9351	0.00203	0.16
12	Cu	Ka	LiF/CH4	1.5374	0.01330	1.13
13	Zn	Ka	LiF/CH4	1.4327	0.01525	1.31
14	Ba	La	PET/CH3	2.7780	0.00214	0.20

100.00

图15 试样NG2#B位置异物定性分析谱图及结果

观察发现通过跌落试验的试样 OK3# 上，表面较清洁，未发现异物颗粒残留：

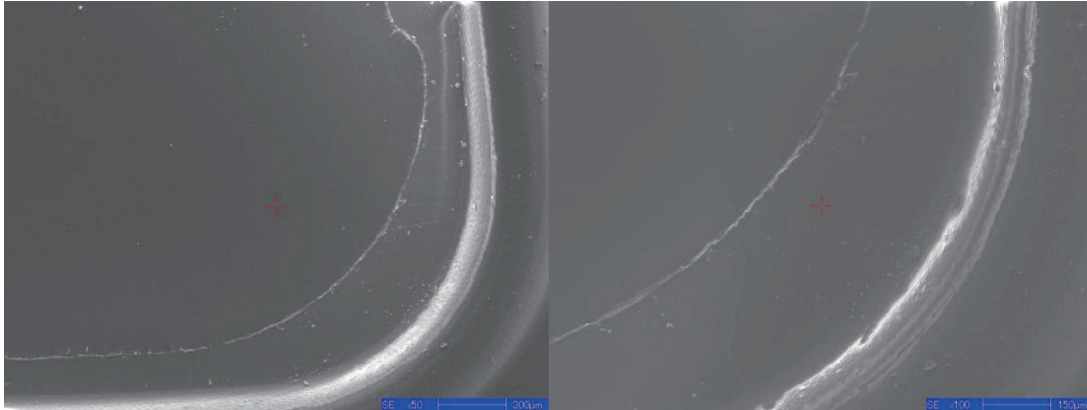


图16 OK3#试样表面清洁，未发现NG试样类似的异物

清洗后的试样 N3#，PEN 球顶打胶区域未发现异物残留，但在 PEN 球顶粘着基体发现异物颗粒，且成分与跌落失效的样品有很大差异，结果如下：

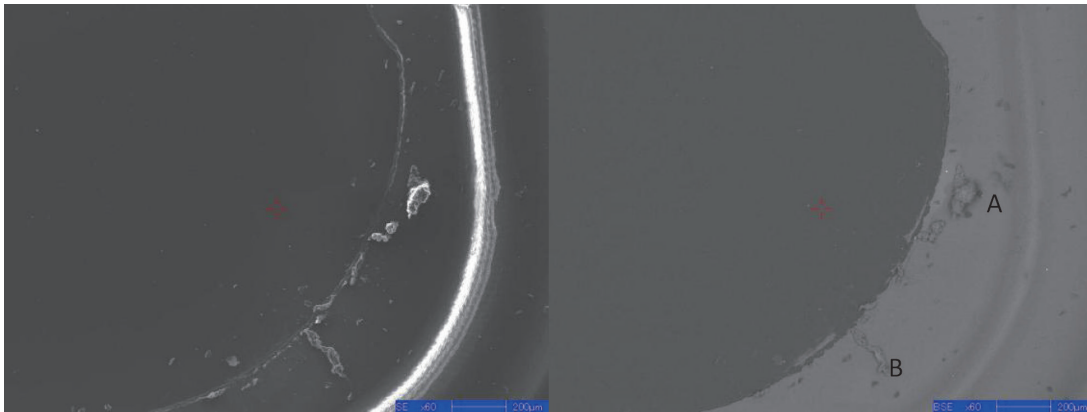


图17 清洗后的试样N3#,PEN球顶粘着区域发现异物

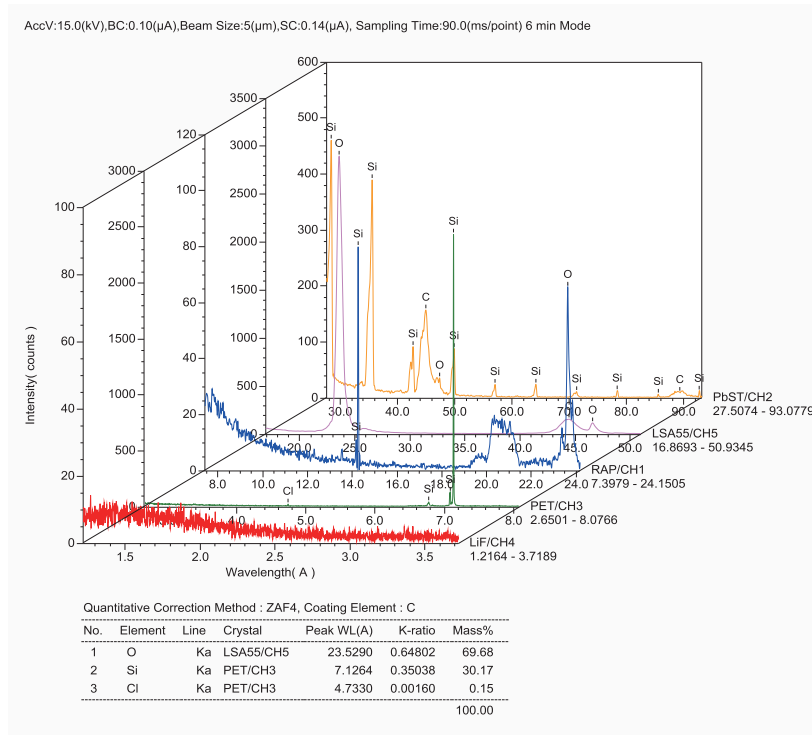


图18 试样N3#A位置异物定性分析谱图及结果

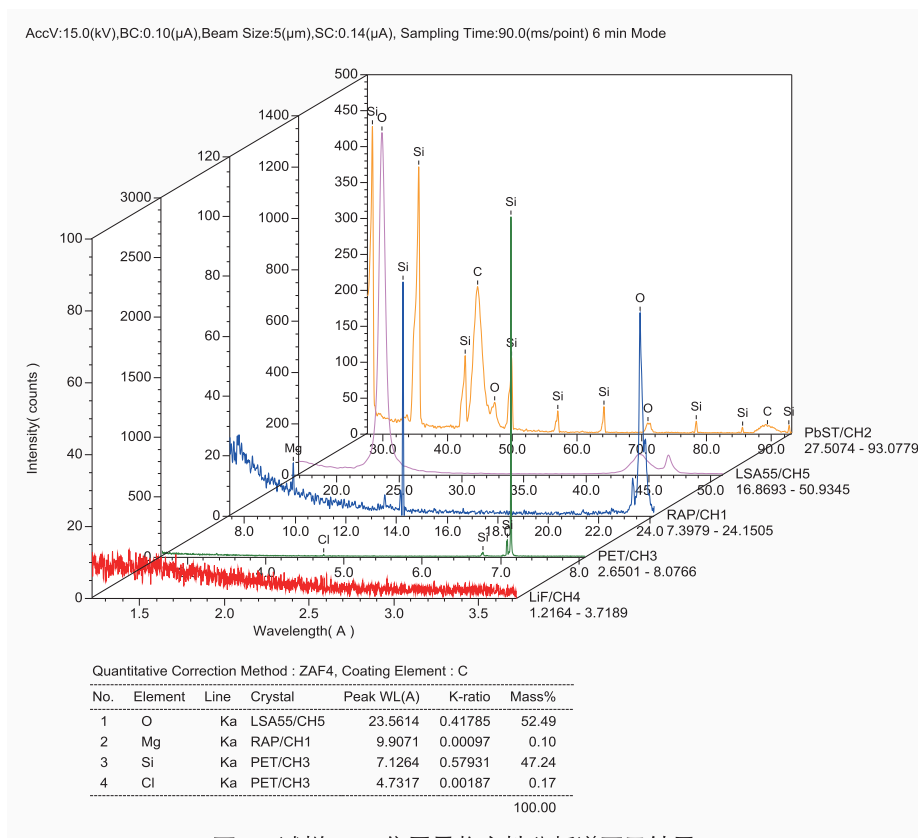


图19 试样N3#B位置异物定性分析谱图及结果

结论

从观察和测试的结果可以看出：在跌落失效的 NG3# 和 NG2# 试样的 PEN 球顶打胶位置及粘着基体上的不同区域均发现含元素种类复杂的异物残留颗粒；在符合跌落试验标准的 OK3# 试样上未观察到异物；清洗之后的试样 N3# 上，残留物元素种类大大减少且打胶区域已清理干净，从而可以提高 UV 胶对音圈和球顶的粘合能力，改善跌落失效。

请依照异物元素的种类确认可能引入异物颗粒的工艺或工序。另外，根据清洗以后的试样残留异物元素的特点，判断是否可能是粘着基体上先期存在的异物导致 PEN 球顶的污染。

使用岛津电子探针 EPMA 可以快速准确地对试样表面微区内的异物进行观察和元素解析。相对于 SEM+EDS，EPMA 对于含有更低含量的元素及轻元素和超轻元素具有更好的灵敏度和分辨率。