

带自动存储和试品图像智能分析功能的 DeMattia疲劳测试

章羽 编译

(全国橡塑机械信息中心, 北京 100143)

DeMattia 疲劳试验方法是用于评估材料 (尤其是橡胶) 抗疲劳性能的先进技术之一。随着技术进步, 测试过程中集成了自动化监测和分析系统, 显著提升了效率、准确性和速度。本文介绍了一种创新系统, 该系统将 DeMattia 测试方法与先进的图像采集系统、人工智能驱动分析以及环境室相结合, 适用于模拟多样化的热条件。

1 仪器说明

DeMattia 疲劳检查 AI 相机 (图 1) 是一种先进的仪器, 旨在使用 DeMattia 方法对橡胶和其他聚合物进行疲劳测试。其主要特征包括:

- DeMattia 法测弯仪;
- 带温度控制的环境室;
- -40°C 至 200°C , 可在极端条件下进行测试;
- 同时安装 12 个试品进行多次测试;
- 六个摄像头, 用于在测试期间同时采集所有试品的图像;
- 用于自动裂纹检测的人工智能;
- 为每个试品自动生成影像, 显示裂纹随时间的发展。



图 1 DeMattia 疲劳检查 AI 相机

该仪器符合以下国际标准: ISO 132、ISO 6943、ASTM D813 和 ASTM D430。

1.1 仪表控制

整个仪器通过安装在板载 PC 上的强大软件进行控制, 并通过 15 英寸触摸屏面板进行额外控制。用户可以调整测试频率 (0 至 300 r/min)、行程 (最长 60 mm)、抓握距离 (最多 100 mm) 和温度范围 (-40°C 至 200°C) 等参数。

1.2 附加功能

DeMattia 疲劳检查 AI 相机的其他功能包括:

- 独特的移动系统, 试品架沿相反方向移动, 最大限度地减少噪音和振动 ($<50\text{ dB}$);
- 通过集成制冷机组进行温度控制, 可选择室温 ($+10^{\circ}\text{C}$) 或全温度范围 (-40°C 至 200°C) (图 2)。



图 2 通过集成制冷装置进行温度控制

1.3 图像采集系统

图像采集系统由六个黑白摄像机组成, 与试品运动同步。每个摄像头都有独立的 LED 照明, 频率可调, 用于图像捕获。这种设置确保了测试过程中裂纹形成

和扩展的精确数据收集。

1.4 视频生成和Excel文件

De Mattia 疲劳检查 AI 相机的软件为每个试品采集数千张图像，并自动生成显示裂纹随时间演变的视频。每部视频都可以通过 USB 或网络连接下载。此外，还创建了一个 Excel 文件，将裂纹尺寸与循环次数相关联，从而便于数据分析（图 3）。

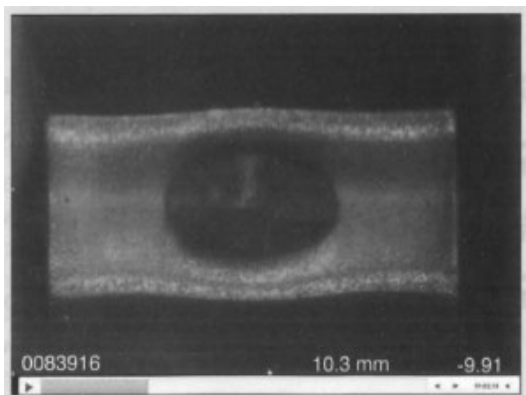


图 3 Excel 文件将裂纹尺寸与循环次数相关联，便于数据分析

2 实验说明

已经进行了一项实验，以证明该仪器具有以下能力：

- 生成高质量图像
- 使用 AI 算法自动分析图像
- 为每个受测试品自动制作一部视频，展示试品在整个测试期间的行为
- 自动生成数据的 Excel 输出，以总结结果，并允许轻松重叠不同测试条件下获得的结果。

本实验的重点是评估在不同温度下进行疲劳试验的天然橡胶（NR）试品中的裂纹扩展。目的是观察不同热条件对裂纹扩展速率的影响。

3 实验目的

该实验的目的是对试品进行重复变形，并测量其中心区域随循环次数的退化情况。AI 算法分析图像以检测裂纹，并记录裂纹出现的循环次数。

3.1 试验参数

测试参数包括以下内容：

- 试验胶料：天然橡胶（NR）；
- 试验温度：-20 °C、-10 °C、0 °C、20 °C、50 °C、100 °C；
- 调节：开始测试前调节到适合温度下 30 分钟；

- 每个温度的试品数量：6；
- 分析数据：裂纹尺寸与循环次数。

4 结果分析：视频比较

对于每个测试温度，已经测试了六个试品，仪器的软件已经制作了一个相应的视频，可以很容易地进行比较，以直观分析裂纹的演变和形状（图 4 和图 5）。

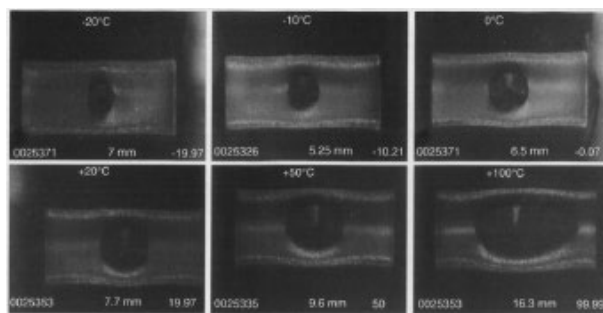


图 4 不同温度下试品的视频（25000 次循环时试品的状态）

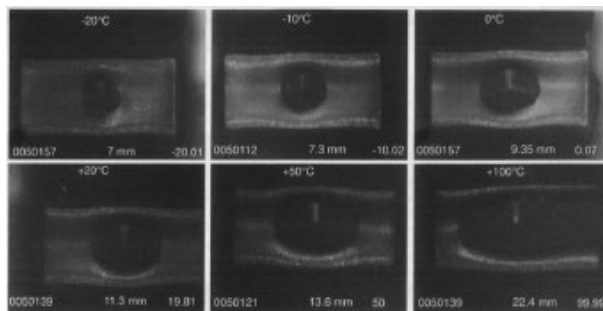


图 5 不同温度下试品的视频（50000 次循环时试品的状态）

4.1 结果分析：Excel文件的数值分析

测试结束时为每个试品生成的 Excel 文件显示了不同循环次数下的裂纹尺寸。将每个温度下测试试品的 Excel 文件重叠，以计算平均裂纹扩展速度（图 6、图 7 和图 8）。

5 结果与讨论

结果表明，在测试的天然橡胶试品中，温度与裂纹扩展速率之间存在明显的相关性。在较高温度条件下，裂纹扩展速率显著加快；而在较低温度环境下，裂纹扩展速率则明显减缓。这可能是由于在较低温度下，散热效果更佳，从而导致试品的热降解程度更低。

6 结论

实验结果表明，所测试的 NR 胶料的裂纹扩展速

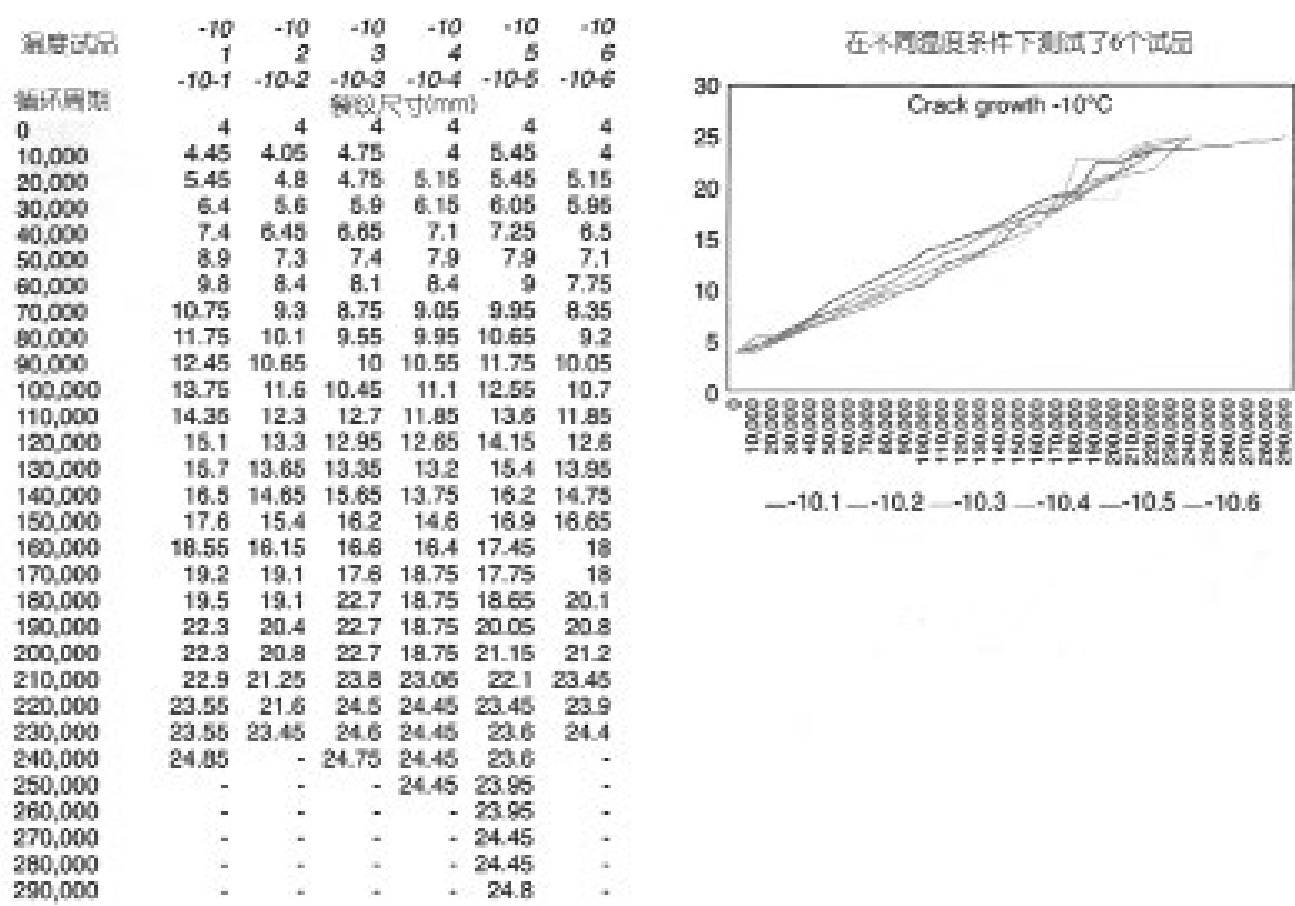


图6 10℃下试品的重叠裂纹扩展曲线

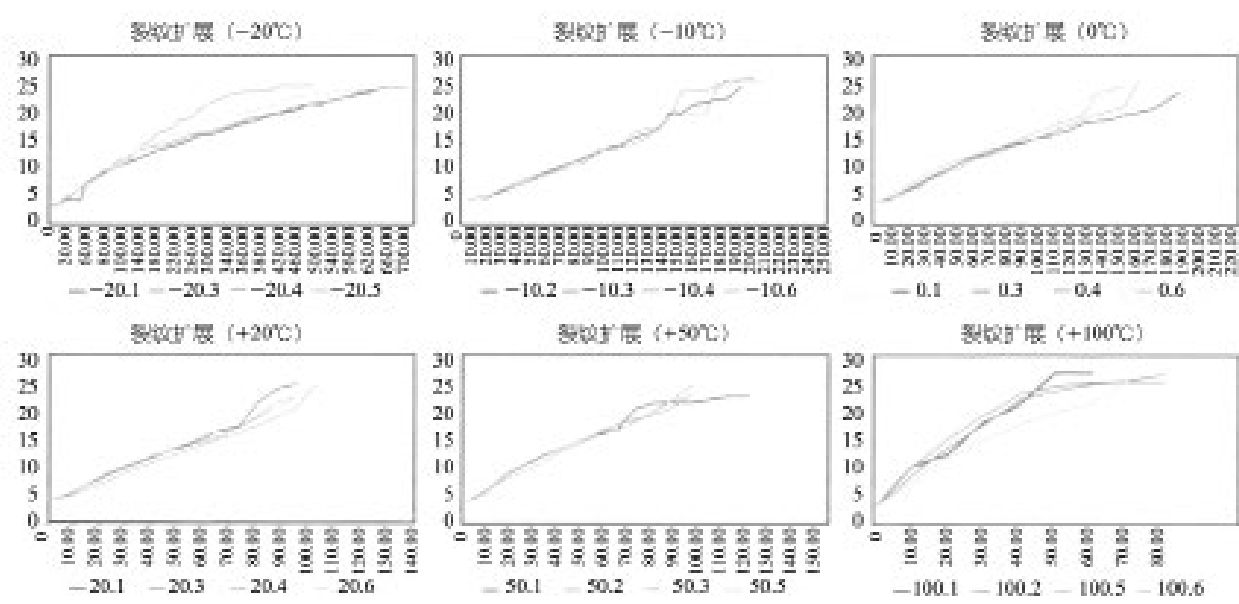


图7 不同试验温度下重叠曲线的结果

温度 循环周数	-20	-10	0	20	50	100
0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
10,000	3.69	4.20	4.65	4.85	5.89	10.73
20,000	4.53	4.96	5.68	6.59	8.36	13.83
30,000	5.00	5.90	6.93	8.23	10.21	16.29
40,000	5.43	6.68	8.09	9.68	11.83	19.39
50,000	5.91	7.43	9.18	10.90	13.51	21.73
60,000	6.41	8.16	10.10	12.13	14.94	22.50
70,000	7.60	8.86	11.08	13.33	16.23	23.13
80,000	8.16	9.70	11.99	14.56	17.49	23.53
90,000	8.78	10.31	12.65	15.69	19.30	-
100,000	9.29	10.96	13.55	16.54	20.70	-
110,000	9.80	12.10	14.21	18.94	21.98	-
120,000	10.34	12.88	15.00	21.04	22.43	-
130,000	10.81	13.54	16.01	22.30	22.50	-
140,000	11.25	14.70	17.36	23.95	22.95	-
150,000	11.65	15.71	18.10	-	22.95	-
160,000	12.14	16.79	19.44	-	-	-
170,000	12.80	18.36	19.73	-	-	-
180,000	13.21	20.16	20.29	-	-	-
190,000	13.84	20.66	21.27	-	-	-
200,000	14.10	20.86	21.80	-	-	-
210,000	14.53	22.89	22.88	-	-	-
220,000	15.04	23.81	22.55	-	-	-
230,000	15.30	24.23	-	-	-	-
240,000	15.59	24.80	-	-	-	-
250,000	15.96	24.45	-	-	-	-
260,000	16.35	-	-	-	-	-
270,000	16.75	-	-	-	-	-
280,000	17.05	-	-	-	-	-
290,000	17.34	-	-	-	-	-
300,000	17.88	-	-	-	-	-
310,000	18.16	-	-	-	-	-
320,000	18.44	-	-	-	-	-
330,000	18.66	-	-	-	-	-
340,000	18.95	-	-	-	-	-
350,000	19.25	-	-	-	-	-
360,000	19.63	-	-	-	-	-
370,000	19.89	-	-	-	-	-
380,000	20.11	-	-	-	-	-
390,000	20.36	-	-	-	-	-
400,000	20.58	-	-	-	-	-

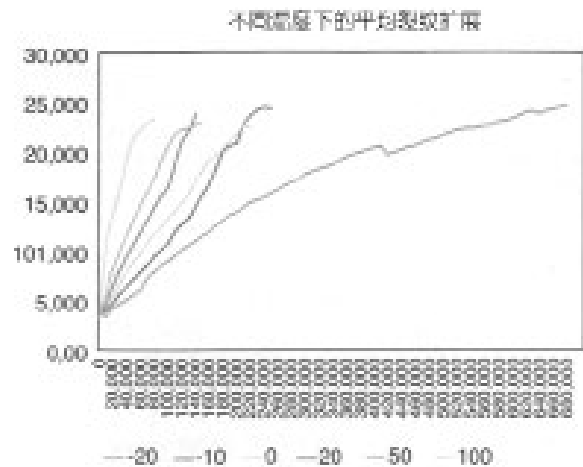


图8 各温度下平均裂纹扩展曲线的重叠

率与测试温度呈正相关。在较低温度下，裂纹扩展速度减缓，这表明由于热降解作用减弱，材料在低温环境中展示出更强的抗裂性能。

译者：章羽

原文：RUBBER WORLD No.1/2025, by Mauro Belloni, Gibitre Instruments s.r.l.

