

水凝胶传感器抗疲劳性能的测定

AGX-042

摘要： 本文介绍采用岛津 AGX-V2 50 N 电子万能试验机，配合 10 N 夹子式拉伸夹具，对哑铃型水凝胶试样进行了控制加载 - 卸载试验，测定水凝胶在不同应变下的循环特性曲线。试验结果显示，岛津 AGX-V2 50 N 电子万能试验机能够满足水凝胶控制加载 - 卸载试验要求，准确获得测试曲线与数据。

关键词： 水凝胶 控制测试 传感器

技术特点：

- ❖ 岛津 AGX-V2 50 N 电子万能试验机测量精度高，确保测试结果的准确性和可靠性。
- ❖ TRAPEZIUMX-V 软件功配置控制模式，能对每段区间进行方法设置并进行局部循环操作。

随着柔性电子技术的快速发展，可穿戴电子传感器在健康监测、运动追踪和人机交互等领域展现出广阔的应用前景。其中，水凝胶基电子传感器因其优异的柔韧性、生物相容性和高离子导电性，成为可穿戴设备领域的研究热点。水凝胶的类组织特性使其能够与人体皮肤紧密贴合，实现生理信号（如心率、体温、肌肉活动等）的高灵敏度、无创式连续监测。

然而，在实际应用中，这类传感器需要长期承受人体运动引起的动态机械应力（如拉伸、弯曲、扭曲等），其内部高分子网络结构可能因反复形变而产生微裂纹、相分离或分子链断裂，导致电学性能衰减甚至器件失效。这种因循环载荷引发的材料性能退化现

象被称为“疲劳失效”，已成为制约水凝胶传感器实用化的重要瓶颈。传统柔性材料（如硅胶、聚氨酯）的疲劳测试方法通常关注宏观力学性能的衰减。目前，研究多聚焦于水凝胶的初始导电性、拉伸性或自修复能力，对其在长期动态工况下的性能演变规律仍需系统性研究。

抗疲劳性能的测定是评估水凝胶传感器耐久性和可靠性的核心指标。本文介绍了传感器用水凝胶依次在不同应变下进行分别进行 10 次循环的疲劳试验，模拟水凝胶材料在实际工况下复杂的受力情况，对评估材料的性能和实际使用寿命具有重要意义。

■ 实验部分

1.1 仪器

AGX-V2 50 N 电子万能试验机
TRAPEZIUMX-V 软件（控制模块）

10 N 夹子式拉伸夹具

1.2 试验条件

试验温度：25℃
试验湿度：50%
载荷传感器：50 N（0.5 级）

试验速度：30 mm/min
试验夹具：岛津 10 N 夹子式拉伸夹具

1.3 试验样品设置

使用游标卡尺测量水凝胶试样宽度为 3.70 mm，厚度为 1.60 mm。调节夹具间距为 50 mm，通过夹具杠杆结构对样品夹紧程度进行调节，打开上下夹具夹口夹紧样品。启动样品保护功能使试样受力载荷保持在 0 N 附近。

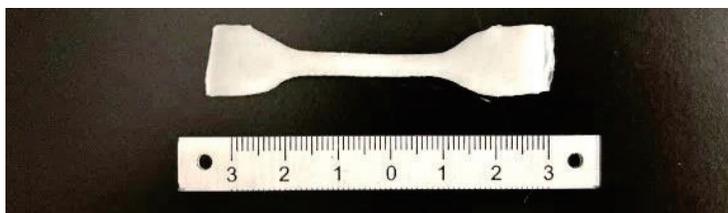


图1 哑铃形水凝胶试样

试样安装方法及试验过程如下图：

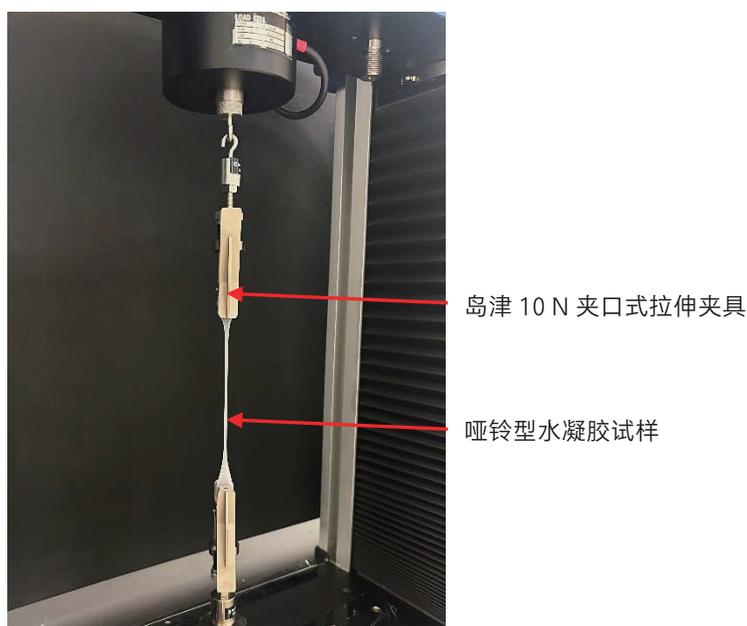


图2 水凝胶拉伸过程

试样尺寸信息如下：

表1 试样尺寸信息

样品	厚度 (mm)	宽度 (mm)	夹具间距 (mm)
水凝胶	1.60	3.70	50.00

■ 控制模块设置

本实验采用 TRAPEZIUMX-V 软件控制模块，设定预加载为 0.05 N，到达预设载荷后以 30 mm/min 速度拉伸至 0.5% 行程应变，再以相同试验速度卸载至行程原点，循环 10 次，依次继续 1%、5%、8%、12%、16%、20%、24%、28%、32%、36%、40%、45% 和 50% 的行程应变，通过软件计算得到应力 - 应变曲线和应变 - 时间曲线。其中，测试过程设置如下（以 0.5%~12% 的应变为例）：

	区域1	区域2	区域3	区域4	区域5	区域6	区域7	区域8	区域9	区域10
动作	上升	下降	上升	下降	上升	下降	上升	下降	上升	下降
	行程	行程	行程	行程	行程	行程	行程	行程	行程	行程
	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min
切换点	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值	目标值
	行程(应变)	行程	行程(应变)	行程	行程(应变)	行程	行程(应变)	行程	行程(应变)	行程
	0.5	0	1	0	5	0	8	0	12	0
	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
切换点采集数据	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
采样	10msec	与以前的区域一致								
循环	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次	↔ 10次

图3 软件设置

■ 试验结果

测试结束后，获得应力 - 应变曲线和应变 - 时间曲线。

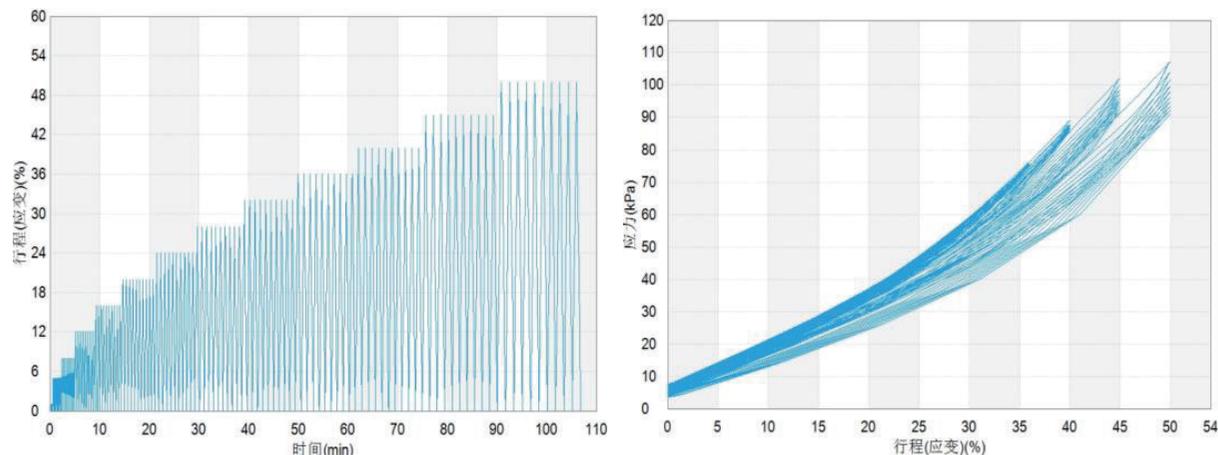


图4 控制模式下行程应变 - 时间曲线和应力 - 行程应变曲线

由图4可看出，在拉伸应变从0.5%到50%的范围内，水凝胶应力持续增加但未发生断裂，这表明该材料具有高延展性和能量耗散能力。能量耗散通过滞后环、刚度退化、应变率敏感性等力学曲线特征直观体现，这些特征不仅是材料内部结构（交联方式、分子链运动能力）的宏观映射，也是设计高性能柔性材料的关键依据。通过调控力学曲线的形状（如增大滞后环面积、提升循环稳定性），可定向优化水凝胶的能量耗散性能，满足不同应用场景的需求。

此外，在同一应变下进行循环试验，随应变增大，循环次数增加会降低应力。同时，从图中还可以看到，初期循环次数增加会因导致迟滞环面积增大，但长期趋于稳定。通过岛津 TRAPEZIUMX-V 软件控制模块，可轻松完成多段条件下的循环试验，适合水凝胶类材料的抗疲劳测试。

■ 结论

综上，岛津 AGX-V2 电子万能试验机配合 10 N 夹子式拉伸夹具，通过 TRAPEZIUMX-V 软件控制模式可轻松实现水凝胶等材料的抗疲劳性能测试，并对每段试验区间进行编辑，具有试验精度高、操作简单、使用方便的特点，在可穿戴电子水凝胶传感器等材料力学测试具有重要的应用价值。

岛津应用云

