

人体水凝胶贴片控制拉伸测试

AGS-063

摘要: 本文采用岛津 AGS-X 50N 电子万能试验机, 配合 50 N/100 N 气动单推夹具, 对水凝胶贴片进行了控制加载-卸载试验。参考文献的试验方法, 测定水凝胶的最大载荷、迟滞能和能量耗散系数。试验结果显示, 岛津 AGS-X 50 N 电子万能试验机能够满足水凝胶控制拉伸试验要求。

关键词: 水凝胶 控制模式 拉伸测试

技术特点:

- ❖ 岛津 AGS-X 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。
- ❖ TRAPEZIUM X 软件功能强大, 配置控制模式, 能对每段区间进行试验方法设置。

水凝胶贴片是一种由三维高分子网络构成的高含水柔性材料, 具有优异的生物相容性、可调控的力学性能及环境响应性。近年来, 其应用场景迅速扩展, 从传统的生物医学领域延伸至柔性电子、工程防护等多个领域。在生物医学领域, 水凝胶贴片通过动态粘附匹配与抗穿刺防护, 实现伤口敷料的长效稳定与药物递送的应力响应控制; 在柔性电子领域, 其宽应变兼容性与潮湿界面稳定性支撑可穿戴传感器与软体机器人的动态功能实现。在工程防护领域, 对于桥梁、建筑等大型工程结构, 水凝胶贴片可作为结构健康监测的智能材料。

用于人体的水凝胶贴片, 应保证具备与表皮相近的弹性模量和超延展性, 并随关节弯曲或肌肉收

缩而不脱落或限制运动。这就意味着材料在实际使用过程中可能受到交变应力的作用。在外力作用下, 若水凝胶贴片应力松弛过快, 可能导致界面粘附力持续下降, 最终引发脱粘。

本文通过控制加载-卸载试验, 模拟水凝胶材料在实际应用中复杂的受力状况, 同时获取应力-应变曲线并计算最大载荷、应力、迟滞能和能量耗散系数等参数。根据这些测试结果, 能够在一定程度上反映水凝胶贴片疲劳损伤, 以及损伤的发展速率; 通过分析应力-应变曲线的迟滞现象, 能够量化能量耗散(如迟滞能、耗散系数), 这有助于理解水凝胶的减震、缓冲或能量吸收特性。

■ 实验部分

1.1 仪器

AGS-X 50 N 电子万能试验机

50 N/100 N 气动单推夹具

TRAPEZIUM X 软件(控制模块)

1.2 试验条件

试验温度: 25°C

试验速度: 50 mm/min

载荷传感器: 50 N (0.5 级)

试验夹具: 50 N/100 N 气动单推夹具

1.3 试验样品设置

用于控制加载-卸载试验的水凝胶试样长度为 61.50 mm, 宽度为 40.50 mm, 厚度为 0.78 mm。测试开始前, 调节夹具间距调整为 25 mm。分别用上下夹具夹住试样两端, 启动样品保护功能使试样受力载荷保持在 0 N 附近。



图 1 水凝胶试样

试样安装方法如下图：

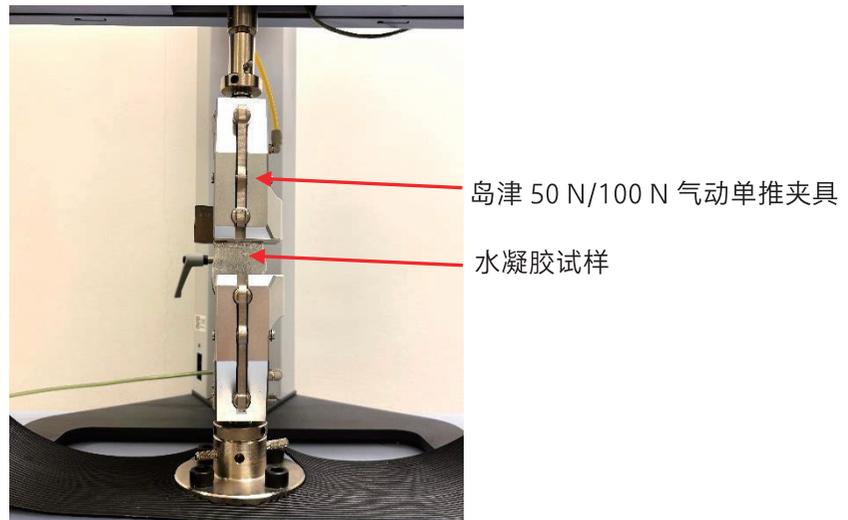


图 2 水凝胶试样拉伸测试过程

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	0.78	40.50	25.00

■ 控制加载 - 卸载试验介绍

本实验调用 TRAPEZIUM X 软件控制模块，设定预加载为 0.5 N，到达预设载荷后以 50 mm/min 速度拉伸至 10% 行程应变，再以相同试验速度卸载至行程原点，依次继续进行 20%、30%、40%、50% 的行程应变加载过程。通过软件计算得到每次加载 - 卸载过程的最大力、迟滞能和能量耗散系数。计算公式如下：

$$\Delta E = \int_{\text{Loading}} \sigma d\varepsilon - \int_{\text{Unloading}} \sigma d\varepsilon;$$

$$\eta = \frac{\Delta E}{\int_{\text{Loading}} \sigma d\varepsilon} \times 100\%;$$

式中：

ΔE ：迟滞能，单位为 kJ/m^3 ；

η ：能量耗散系数，单位为 %；

σ ：载荷，单位为 N；

ε ：位移，单位为 m。

注：软件自动计算的数值单位为 J，需在软件编辑定义公式，迟滞能 J 换算 kJ 再除以水凝胶有效体积（即夹具间距 × 宽度 × 厚度）得到 kJ/m^3 。

软件测试过程设置如下：

	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	上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程	上行程	下行程
	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min	mm/min
改变点	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料	详细资料
	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过	通过
	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
	10	0	20	0	30	0	40	0	50	0
采集数据	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
	设置	设置	设置	设置	设置	设置	设置	设置	设置	设置
采样数据	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无
采样间隔	10毫秒	与以前的区域一致								
循环	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

图3 软件设置

■ 试验结果

测试结束后获取控制加载 - 卸载曲线，记录最大点力、加载 - 卸载曲线面积并计算迟滞能和能量耗散系数。

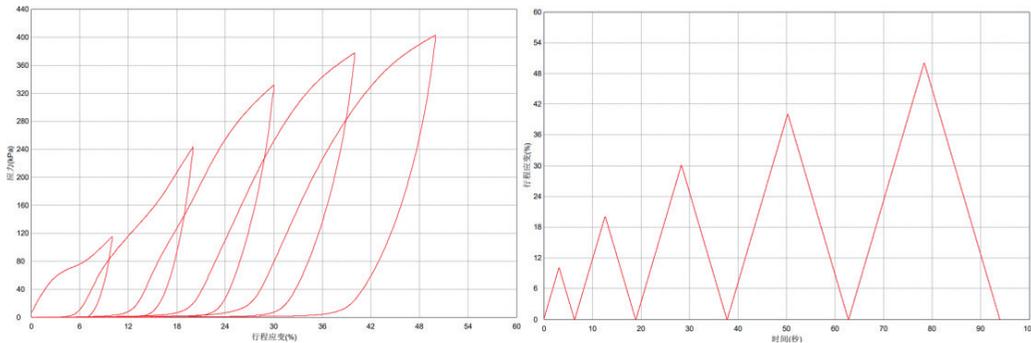


图4 控制加载 - 卸载过程应力 - 行程应变曲线和行程应变 - 时间曲线

表2 试验结果

名称	最大点_载荷 (N)	最大点_应力 (kPa)	加载能量 ($\times 10^{-5}$ kJ)	卸载能量 ($\times 10^{-5}$ kJ)	迟滞能 (kJ/m^3)	能量耗散系数 (%)
Cycle 1	3.643	115.10	0.555	0.076	6.07	86.30
Cycle 2	7.701	243.30	1.473	0.345	14.28	76.58
Cycle 3	10.501	331.77	2.708	0.713	25.26	73.67
Cycle 4	11.941	377.27	3.793	1.042	34.83	72.55
Cycle 5	12.755	402.98	4.723	1.332	42.94	71.80

由图 4 和表 2 可以看出,水凝胶试样加载-卸载拉伸至 10%、20%、30%、40% 和 50% 的应变下,最大点载荷由 3.643 N 增加至 12.755 N,迟滞能和能量耗散系数呈相反趋势。第一圈的加载-卸载曲线出现了明显的迟滞环,随着行程应变增大,迟滞区的面积连续增大,这是因为分子内部结构摩擦、化学键相互作用(如动态氢键、可逆交联)的破坏与重建,消耗的能量绝对量增多;能量耗散系数降低,说明总输入能量的增长幅度超过耗散能量。即材料在拉伸时,除耗散能量外,更多能量被用于弹性形变存储或其他非耗散过程。

■ 结论

综上所述,使用岛津 AGS-X 电子万能试验机配合 50 N/100 N 气动单推夹具,通过 TRAPEZIUM X 软件可实现水凝胶试样的控制加载-卸载测试,并能够计算指定区间的应力-应变曲线面积来得到能量值,具有操作简单、计算方便、准确度高的特点。

岛津应用云

