

铝板三种拉伸测试方法（对应 GB228.1-2021）

AGX-020

摘要：本文介绍了使用岛津 AGX-V 10 kN 电子万能试验机，配合岛津 SSG75-65SHAD 高精度引伸计和岛津 5 kN 气动双推夹具，参考最新发布的《GB/T 228.1-2021 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》标准要求，对铝板哑铃型试样进行拉伸测试，分别使用了新标准上 A1 法应变闭环控制，A2 法应变开环控制（横梁速率），B 法应力控制三种测试方法来完成。该测试对于验证试验机的可靠性，评价测试方法设置的合理性，以及提高相关测试效率都有积极的参考价值。

关键词：铝板拉伸试验 应变、应力速率控制 新国标

GB/T 228《金属材料 拉伸试验》是金属材料力学试验中应用最广、关注度最高的试验方法标准，旨在规范不同温度范围金属材料的试验方法。其中第 1 部分是金属在室温下试验方法。

228 新版国标提供了三种试验速率控制方法，方法 A1 为基于应变速率闭环控制，方法 A2 为基于应变速率

开环控制（横梁速率控制），方法 B 为基于应力速率控制。

借助岛津 SSG75-65SHAD 高精度接触式引伸计，通过比较三种方法测试的测试数据结果，以及分析测试时试验机对应变速率、应力速率的实时控制能力，可以证明岛津 AGX-V 电子万能试验机在应对金属拉伸测试时的精确性和可靠性，能够很好满足金属材料测试的需求。

■ 实验部分

1.1 仪器

AGX-V 10 kN 电子万能试验机

岛津 SSG75-65SHAD 接触式引伸计

TRAPEZIUM V 软件（单一拉伸测试）

1.2 试验条件

试验温度：室温 25°C 左右

样品名称：铝板哑铃型试样

载荷传感器：10 kN

夹具：岛津 5 kN 气动双推夹具

引伸计：SSG75-65SH (50/75 mm) 引伸计

1.3 样品及处理

样品为客户提供的铝板哑铃型试样，厚度为 2.75 mm，宽度为 15.15 mm，标距为 50 mm，可直接用于三种拉伸测试方法使用。测试开始前分别用上下夹具夹住铝板试样两端的夹持位置，消除夹持造成的载荷使试样受力接近于 0 N，随后将岛津 SSG75-65SHAD 接触式引伸计夹持在铝板平行段中间位置，可开始测试。

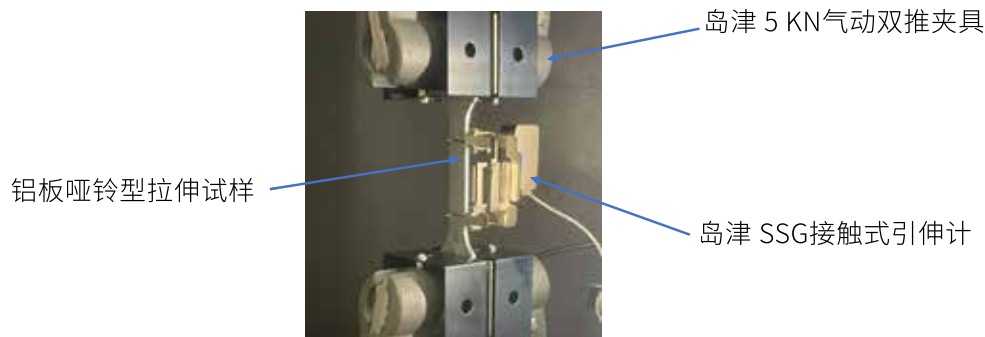


图 1 铝板测试前特写

表 1 试样尺寸信息

样品	宽度 (mm)	厚度 (mm)	标距 (mm)	平行段长度 (mm)	总长 (mm)
铝板哑铃型试样	15.15	2.75	50	75	200

■ 试验介绍

2.1 基于（引伸计）应变速率闭环控制（A1法）

根据标准要求，设定测试速率为 2段控制，预加载载荷为 5 N，采样频率 5 kHz，先以 0.025%/sec的应变速率开始测试，当引伸计位移达到 0.5 mm时，测试暂停，取下引伸计后，试验机将以 0.67%/sec的应变速率继续拉伸直到铝板破坏，测试结束，记录下弹性模量，屈服强度，抗拉强度和断裂延伸率。

表 2 A1 法拉伸试验结果

试样	弹性模量 (GPa)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断裂点应变 (%)
1-1 (绿)	71.62	106.610	120.004	11.69
1-2 (橙)	73.59	107.926	119.883	12.88
1-3 (紫)	72.45	108.193	119.803	12.88
1-4 (土黄)	72.67	109.135	120.281	11.53

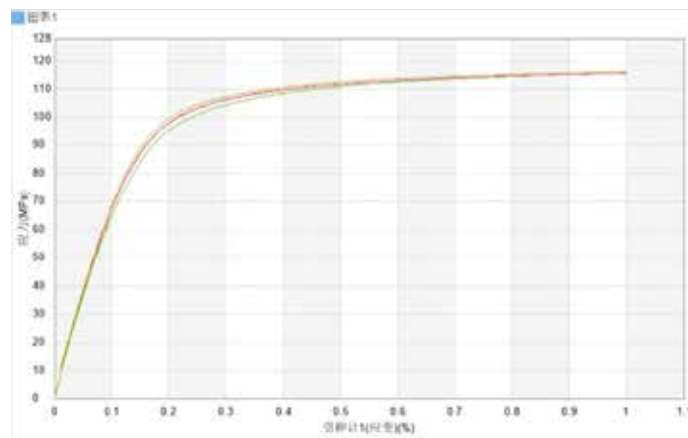


图 2 A1 法测试应力 - 引伸计应变曲线图

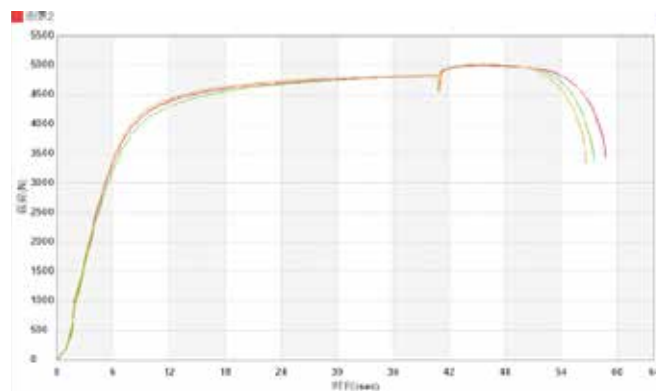
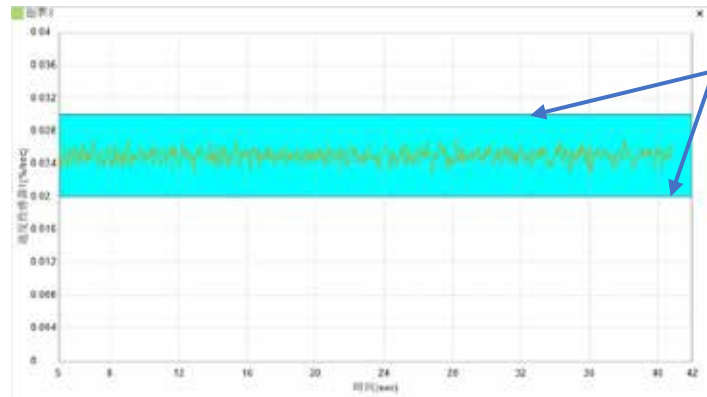


图 3 A1 法载荷 - 时间曲线



岛津试验机配合 SSG 接触式引伸计能将应变速率控制速率 0.025%/sec 的 $\pm 10\%$ 的范围内，远远好于 228 新国标 $\pm 20\%$ 的要求。（绿色区域上沿 0.03%/sec，下沿 0.02%/sec。）

图 4 A1 法应变速率 - 时间曲线

从 A1 法的测试结果和测试曲线来看，无论是获取的引伸计应力 - 应变曲线还是载荷 - 时间曲线，四个试样都保持稳定，测得的弹性模量，屈服强度，抗拉强度，断裂点应变都非常接近，而从图 4 的应变速率 - 时间曲线来看，岛津 AGX-V 能将应变速率波动控制在 $\pm 10\%$ 以内，能够很好地实现实时应变速率控制，使测试安全数据可靠。

2.2 基于应变速率开环（横梁速率）控制（A2法）

根据标准要求，设定测试速率为 2 段控制，预加载载荷为 5 N，采样频率 5 kHz，先以 0.025%/sec 应变速率换算出的速率 1.125 mm/min 开始测试，当引伸计位移达到 0.5 mm 时，测试暂停，取下引伸计后，试验机将以 0.67%/sec 应变速率换算出的衡量位移速率 30.15 mm/min 继续拉伸直到铝板破坏，测试结束，记录下弹性模量，屈服强度，抗拉强度和断裂延伸率。

表 3 A2 法拉伸试验结果

试样	弹性模量 (GPa)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断裂点应变 (%)
1-1 (蓝)	70.54	107.743	121.387	12.38
1-4 (绿)	76.31	108.711	121.547	11.05

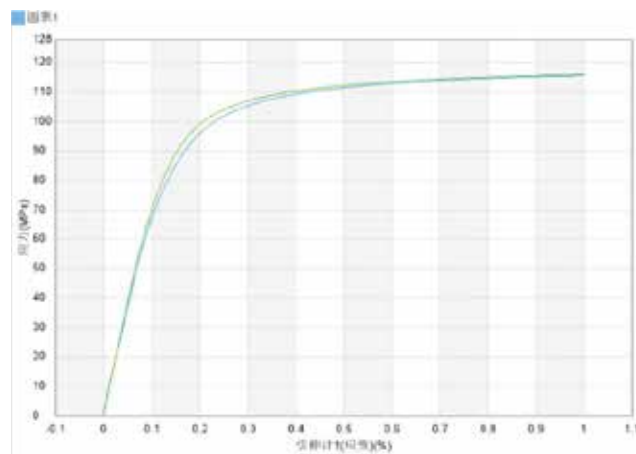


图 5 A2 法应力 - 应变曲线

比较图 2 与图 5，可发现，A1 应变速率闭环控制和 A2 应变速率开环控制测得的应力 - 应变曲线基本一致，对比两种方法测得的数据全部一致，相互间的偏差很小。

2.3 基于应力速率控制 (B法)

根据标准要求, 设定测试速率为 2 段控制, 预加载载荷为 5N, 采样频率 5 kHz, 先以 2MPa/sec 的应力速率开始测试, 当引伸计位移达到到达屈服强度前所对应的引伸计位移时, 测试暂停, 取下引伸计后, 试验机将以 0.67%/sec 应变速率换算出的横梁位移速率 30.15mm/min 继续拉伸直到铝板破坏, 测试结束, 记录下弹性模量, 屈服强度, 抗拉强度和断裂延伸率。

表 4 B 法拉伸试验结果

试样	弹性模量 (GPa)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断裂点应变 (%)
1-1 (蓝)	72.60	106.919	117.786	12.33
1-4 (绿)	73.99	107.634	117.631	10.73

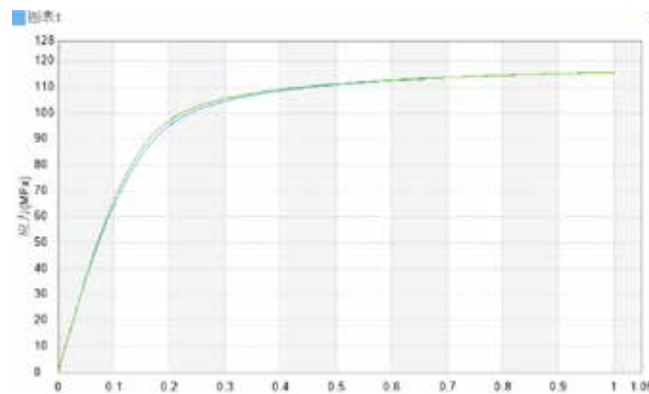
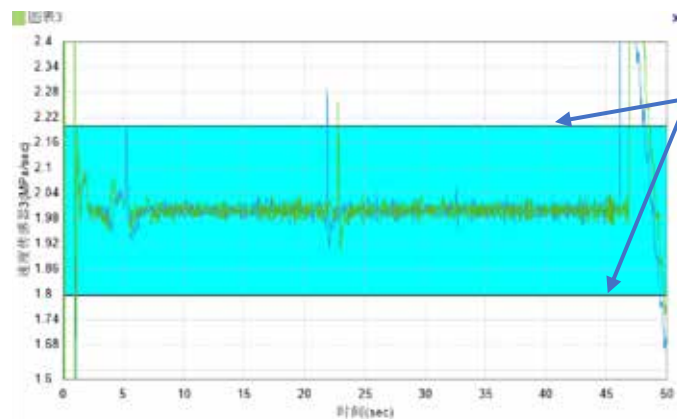


图 6 B 法应力 - 应变曲线



岛津试验机配合 SSG 接触式引伸计能将应力速率控制速率设定值的 $\pm 10\%$ 的范围内, 且绝大部分时间能将应力速率控制在 $\pm 5\%$ 左右, 非常稳定可靠。

图 7 B 法应力速率 - 时间曲线

通过 B法应力速率测得的应力 -应变曲线与前两种方法获得的曲线相似, 测得的弹性模量, 屈服强度, 抗拉强度, 断裂延伸率非常接近。



图 8 铝板试验破坏位置良好

■ 结论

岛津 AGX-V 试验机拥有最高达 1 kHz 的高控制频率与最高 10 kHz 的超高采样频率。本试验使用 5 kHz 的采样频率，使用岛津 SSG 接触式引伸计分别根据最新发布的《GB/T 228.1-2021 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法》标准要求能够使用应变速率、应力速率控制的 3 种方法完成铝板拉伸测试，测得的数据接近，偏差较小，能够实现高精度的应变速率、应力速率控制，远远高于新标准提出的要求，证明了岛津 AGX-V 电子万能试验机强大的控制测试与获取数据的能力，必将提高用户力学测试的能力与效率，为客户带来更好的测试体验。

岛津应用云

