

催化剂颗粒强度的测定

方案编号：HM-KD-003

适用仪器：HM-KD 颗粒强度测定仪

发布日期：2026 年 7 月 13 日

1 前言

颗粒强度是评价催化剂颗粒物理机械性能的核心指标之一。柱形催化剂广泛应用于石油化工、煤化工、精细化工等领域，其颗粒在工业反应器中承受床层压力、气流冲击以及温度变化等复杂工况。颗粒强度不足的催化剂在运输、装填及使用过程中容易破碎粉化，不仅造成催化剂损耗增加，还可能导致反应器压差升高、下游设备堵塞等严重后果。

柱形催化剂与球形催化剂的受力方式不同。柱形催化剂在工业应用中主要承受径向载荷，因此其颗粒强度以径向颗粒强度作为核心评价指标。部分柱形催化剂还需测定轴向颗粒强度，以评估其在反应器中承受上层床层压力的能力。《HG/T 2782-2024 化工催化剂颗粒抗压碎力的测定》明确规定了条形、环形、圆柱形等颗粒化工催化剂的径向颗粒强度测定方法。柱形催化剂为硬质脆性颗粒，受压达到临界压力后直接破碎，适配仪器脆性颗粒—柱形颗粒检测模式。

本方案基于 HM-KD 颗粒强度测定仪构建标准化检测体系，依据 HG/T 2782-2024 及 GB/T 44750-2024 标准，结合柱形催化剂的颗粒特性，详细规定了样品选取、尺寸测量、测定步骤及结果计算方法，确保检测结果准确可靠，满足产品质量控制与合规性评价需求。本方法适用于各类柱形催化剂及催化剂载体的径向颗粒强度测定，满足催化剂生产企业质量控制、研发部门工艺优化、用户来料验收及科研机构材料研究等应用场景。

2 仪器与试剂

2.1 仪器

HM-KD 颗粒强度测定仪；鼓风干燥箱；游标卡尺或电子数显卡尺（精度 0.02 mm）；镊子等。

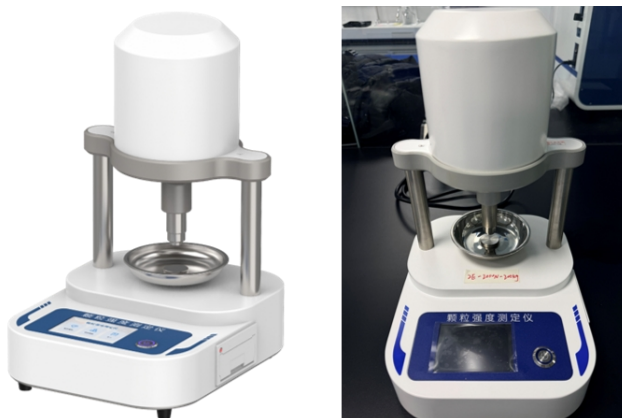


图 1：HM-KD 颗粒强度测定仪外观图

2.2 样品与辅助用品

催化剂颗粒；无水乙醇（分析纯）；无尘软毛刷。

3 实验方法

3.1 样品准备

取样：按照 GB/T 41948《颗粒表征 样品准备》的规定进行取样。从批量产品中随机采集具有代表性的催化剂样品，取样量应足够完成全部测试。

样品预处理：按照产品标准或企业要求进行必要的（如烘干、筛分）预处理。

样品挑选：用镊子从预处理后的样品中随机选取 30 粒表面无明显缺陷的柱形催化剂颗粒。

尺寸测量：用游标卡尺测量每颗柱形催化剂颗粒的直径和长度。选取直径和长度基本一致的样品进行后续测试。

3.2 样品测试步骤

开机自检：开启仪器电源，选择颗粒类型（催化剂属于脆性颗粒），仪器自动完成整机自检。压杆自动升降归零，自检完成后，界面显示“待检测”。

模式选择：进入柱形颗粒检测界面，选择接触方式，面接触时（轴向载荷）需输入样品截面积，线接触时（径向载荷）不需输入截面积。

样品放置：用镊子将 1 颗催化剂颗粒放置于样品托盘。

注：催化剂测定径向颗粒强度时，必须水平放置，确保压杆沿颗粒直径方向施压，测定轴向颗粒强度时，必须垂直放置。

启动测试：点击“开始”进行测试。压杆匀速向下运动，接触样品后实时显示当前压力值。

数据采集：仪器持续实时采集压力数值，催化剂颗粒受压破碎瞬间蜂鸣报警，设备自动记录破碎峰值压力，压杆自动回升至初始位置，单次测试数据自动存入系统。

清理托盘：单次测试完成后，用毛刷清扫托盘内催化剂碎屑，再进行下一粒测试。

平行测试：每组连续有效测试 15 粒，中途若颗粒打滑、未破碎触发超压保护，点击“停止”舍弃本次数据，重新检测。

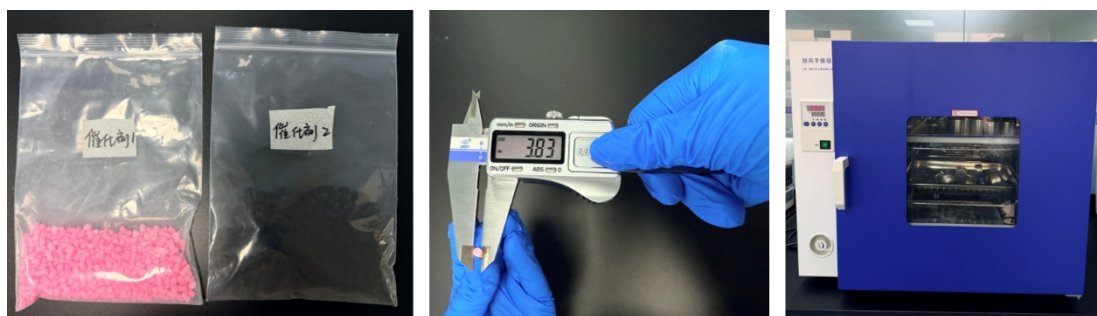


图 2：柱形催化剂尺寸测量与烘干

3.3 仪器操作说明

- 颗粒类型选择：开机主界面选择“脆性颗粒”。
- 接触方式选择：径向测定选择“线接触”，轴向测定选择“面接触”。
- 清零：如仪器不显示“0”，点击“清零”按键。
- 查看数据：点击“查看”进入查看界面，可存储 15 次测试数据，保存平均值及变异系数。
- 打印：点击“打印”打印本轮测试数据。
- 清空：点击“清空”清空本轮测试数据。

4 结果与讨论

4.1 结果统计

- 仪器自动存储 15 组单粒颗粒破碎压力值，自动计算：
- 单粒颗粒强度：破碎瞬间最大压力，单位 N；
- 批次平均颗粒强度：15 组数据算术平均值，单位 N；
- 变异系数 Cv：反映尿素颗粒强度均匀性，用于评价造粒工艺稳定性。
- 无需额外换算公式，直接以仪器输出平均压力作为最终检测结果。

4.2 测试结果

以面接触为例：

样品编号	直径×长度（mm）	测试粒数	平均抗压强度（N）	变异系数（Cv）
催化剂 1-1	Φ3.85 × 6 ~ 7	15	2.87	0.23
催化剂 1-2	Φ3.85 × 6 ~ 7	15	2.73	0.25
催化剂 2-1	Φ5.0 × 6 ~ 7	15	2.9	0.42
催化剂 2-2	Φ5.0 × 6 ~ 7	15	3.29	0.37



图 3：样品测试过程与数据图

4.3 精密度

变异系数越小，说明颗粒均匀性越好。颗粒的形状、尺寸及制备工艺的一致性会影响颗粒强度结果。

5 方案特点与优势

5.1 HM-KD 颗粒强度测定仪优势

形状适配性强：本方案适配圆柱形、条形、环形等多种柱形催化剂颗粒的颗粒强度测定。

操作简便：触摸交互界面，参数一键设定，自动计算并支持打印。

自动化程度高：设有自动超压保护装置，防止超大硬度颗粒损伤传感器。

高分辨率：0.01 N 高分辨率，精准区分不同造粒工艺催化剂强度微小差异，便于工艺优化。

5.2 方案适用性

样品类型：圆柱形催化剂、条形催化剂、环形催化剂、蜂窝煤形催化剂、分子筛等。

检测范围：颗粒直径 0.2 ~ 25 mm、0.5 ~ 25 mm。

高效稳定：单个样品检测时间短，重复性好，满足批量检测需求。

5.3 质量控制要点

环境要求：工作环境温度 10 ~ 30℃，相对湿度 ≤ 70%的条件下使用。

样品代表性：确保选取的颗粒具有代表性，能真实反映该批次样品的整体质量状况。

尺寸测量准确：柱形催化剂需准确测量直径和长度，确保数据可追溯。

放置规范：柱形催化剂进行径向颗粒强度测定时，必须水平放置，确保压杆沿径向施压。

操作规范：测试过程中应保持仪器清洁干燥，检测完成后使用毛刷清理碎屑。

定期校准：定期使用砝码校准力值，保证数据准确度。

6 结论

本方案依据《HG/T 2782-2024 化工催化剂颗粒抗压碎力的测定》行业标准及《GB/T 44750-2024 颗粒 抗压强度的测量》国家标准，结合 HM-KD 系列颗粒强度测定仪，提供了标准化的柱形催化剂颗粒强度测定方法。该方法针对柱形催化剂的特点，规定了不同施压方向及放置位置的测定方式，操作简便、自动化程度高、结果准确可靠，可有效评价柱形催化剂在运输、装填及使用过程中的抗破碎能力，适用于催化剂生产企业质量控制、研发部门工艺优化、用户来料验收以及科研机构催化剂材料研究等应用场景。

7 参考文献

[1] GB/T 44750-2024 颗粒 抗压强度的测量[S].

[2] GB/T 41948 颗粒表征 样品准备[S].

[3] HG/T 2782-2024 化工催化剂颗粒抗压碎力的测定[S].

[4] HG/T 2783-2020 分子筛抗压碎力试验方法[S].