

# 催化裂化催化剂振实密度的测定

方案编号：HM-ZS-001

适用仪器：HM-ZS 振实密度仪（支持 1/2/3 工位配置）

发布日期：2026 年 5 月 28 日

## 1 前言

振实密度是表征催化裂化催化剂的关键物理性能指标，直接影响催化剂在流化床反应器中的流化特性、磨损性能、循环稳定性与反应效率，是催化剂质量分级、生产质控、新品研发、配方优化的重要检测参数。

目前催化裂化催化剂行业普遍参照 GB/T 5162-2021《金属粉末 振实密度的测定》开展检测，但传统手动振实操作存在振动强度不均、计数误差大、结果重复性差等问题，难以满足规模化生产的快速检测需求。

本方案基于 HM-ZS 振实密度仪构建标准化检测体系，严格遵循 GB/T 5162-2021、GB/T 21354-2008 等现行标准，依托设备自动化振动控制、精准计时、批量计算的优势，可高效完成催化裂化催化剂振实密度、松装密度、豪斯纳比、卡尔系数的同步测定。该方法操作简便、重复性好（误差 $\leq 1\%$ ）、检测效率高（单批次最多 3 组并行，振动 3000 次仅需 20 min），可完全替代传统手动法，检测结果可直接用于催化剂流动性评价、填充性能验证及工艺参数优化。

## 2 仪器与试剂

### 2.1 仪器

HM-ZS 振实密度仪（ZS1 – ZS3 任一型号）；分析天平（感量 0.001 g）；25 mL 量筒（分度值 0.2 mL）、100 mL 量筒（分度值 0.5 mL）；配套专用硅胶垫片、垫圈等。

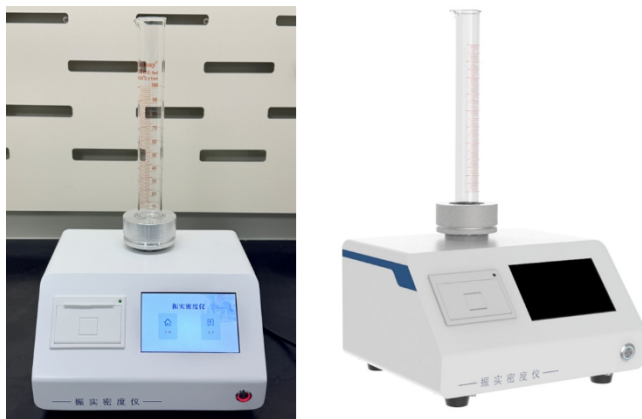


图 1：HM-ZS 振实密度仪外观图

### 2.2 样品与试剂

催化裂化催化剂样品：无水乙醇（分析纯）；三级水（符合 GB/T 6682）。

样品准备说明：

通常，粉末按接收状态进行试验。在某些情况下，需要干燥粉末。如果粉末易被氧化，干燥应在真空或惰性气体中进行。如果粉末中含有易挥发的物质，则不能干燥。不能进行干燥的样品，可直接进行试验。

### 3 实验方法

#### 3.1 样品前处理步骤

状态确认: 确认样品外观无结块、无潮解、无杂质。

干燥处理: 若样品明显受潮, 在  $105^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  下干燥 2h, 冷却至室温后待测。

#### 3.2 量筒选择与样品称量

预实验: 未知松装密度样品, 先用 100 mL 量筒进行预实验, 称取适量样品, 记录松散体积  $V$  及松散质量  $m$ , 根据  $\rho = m / V$  计算松装密度, 再依据标准要求选择适配量筒规格与称样量。

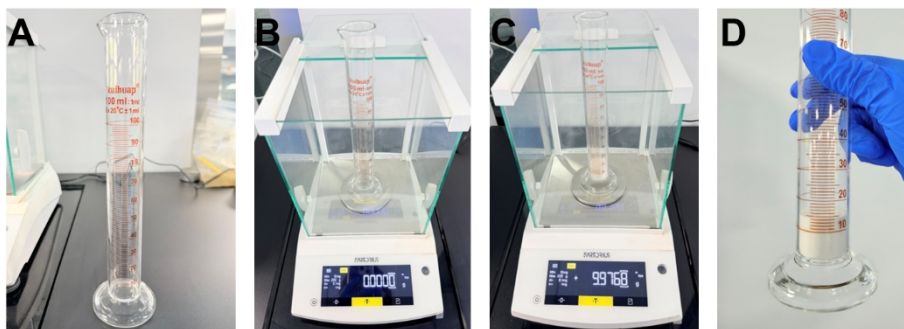


图 2: 松装密度预实验

量筒选择: 已知松装密度样品, 依据标准要求选择适配量筒规格与称样量。

- (1) “GB/T 5162-2021/ISO3953:2011 对于金属粉末 振实密度的测定” 中的规定。试验前, 根据样品的松装密度, 选择合适规格的量筒及粉末试样质量:

表 1 量筒选择

粉末松装密度 g/mL	量筒容积 mL	样品的质量 g
1~4	100	$100 \pm 0.5$
<1	100	$50 \pm 0.5$
>7	25	$100 \pm 0.5$
>2~7	25	$50 \pm 0.2$
0.8~2	25	$20 \pm 0.1$
<0.8	25	$10 \pm 0.1$

- (2) “GB/T 21354-2008/ISO3953:1993 粉末产品 振实密度测定通用方法” 中的规定。称量范围和精度应满足下表中的要求:

表 2 称量范围和精度

振实密度 $\rho_t$ (g/mL)	量筒容积 mL	样品的质量 g
$\geq 1$	100	$100 \pm 0.5$
<1	100	$50 \pm 0.2$
>7	25	$100 \pm 0.5$
>2~7	25	$50 \pm 0.2$
0.8~2	25	$20 \pm 0.1$
<0.8	25	$10 \pm 0.1$

- (3) 中国药典 2020 版中的规定。

默认条件下, 使用 250 mL 量筒, 且使用 100 g 待测粉末。若无法使用 100 g 的待测粉末进行测定, 可降低粉末取样量, 采用 100 mL 量筒。



### 4.3 测试结果

表 3 测试结果

样品名称	质量 (g)	松散体积 (mL)	振实体积 (mL)	振实密度 (g/mL)	平均值 (g/mL)	相对偏差
催化剂 1-1	10.002	12.5	12.0	0.833		0
催化剂 1-2	10.005	12.5	12.0	0.833	0.833	0
催化剂 1-3	10.002	12.5	12.0	0.833		0
催化剂 2-1	10.002	14.0	13.25	0.754		-0.001%
催化剂 2-2	10.007	14.0	13.25	0.755	0.755	0
催化剂 2-3	10.011	14.0	13.25	0.755		0

### 4.4 精密度

在重复性条件下，三次平行测定结果的相对偏差不超过 1%。

## 5 方案特点与优势

### 5.1 HM-ZS 振实密度仪优势

- 全型号适用：ZS1-ZS3 均可执行本方案，操作方法一致
- 精准高效：自动化振动控制，检测效率是手动法的 3 倍
- 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
- 稳定可靠：可连续工作 8 h，适配批量样品检测；1-3 工位可选，满足不同检测需求

### 5.2 方案适用性

- 样品类型：金属粉末、非金属粉末、催化剂与化工粉体等各类粉末、颗粒状物料
- 检测范围：振实密度 0.1 ~ 19.9 g/mL
- 检测时效：单个样品检测时间 < 25 min（振动 3000 次仅需 20 min）

### 5.3 质量控制要点

- 环境要求：工作环境温度 -20 ~ 50℃，远离强振动源
- 量筒管理：量筒轻拿轻放，出现裂纹立即停用，测试前后及时清洁
- 操作规范：振动过程中严禁触摸设备，若量筒松动立即停机断电
- 耗材更换：硅胶垫片/垫圈磨损后及时更换，确保量筒固定稳固
- 样品前处理：未知松装密度样品先做预实验，按松装密度匹配量筒与称样量

## 6 结论

采用 HM-ZS 振实密度仪，依据《GB/T 5162-2021 金属粉末 振实密度的测定》《GB/T 21354-2008 粉末产品 振实密度测定通用方法》，建立了催化裂化催化剂振实密度快速检测方法。本方案通过规范前处理、自动化控制与标准化数据处理，有效解决传统手动法误差大、效率低的问题，测试结果精准、重复性好，可为催化剂选型、工艺优化与性能评价提供可靠数据支撑。本方案同样适用于国防工业、造纸、水泥、电池、涂料及各类金属/非金属行业粉末物料检测。

## 7 参考文献

- [1] GB/T 5162-2021/ISO3953:2011 金属粉末 振实密度的测定[S].
- [2] GB/T 21354-2008/ISO3953:1993 粉末产品 振实密度测定通用方法[S].
- [3] ISO 787-11:1981 Determination of tamped volume and apparent density after tamping[S].
- [4] 中国药典 2020 版[S].