

ICS 71. 100. 99
G 74
备案号: 65339—2018

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 5403—2018

镁钛系乙烯聚合催化剂 化学成分分析方法

Analytical method of chemical composition
for Mg-Ti based ethylene polymerization catalyst

2018-10-22 发布

2019-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国化学标准化技术委员会化工催化剂分技术委员会（SAC/TC63/SC10）归口。

本标准起草单位：中国石化催化剂有限公司、上海化工研究院、中国石油化工股份有限公司北京化工研究院、南化集团研究院。

本标准主要起草人：李艳艳、李莉、张红惠、殷喜平、李叶、孙晓薇、张欣、张乐天。

镁钛系乙烯聚合催化剂化学成分分析方法

警示——使用本标准的人员应有正规实验室工作的实践经验。本标准并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本标准规定了镁钛系乙烯聚合催化剂化学成分分析方法。

本标准适用于镁钛系乙烯聚合催化剂中镁（Mg）、钛（Ti）、铝（Al）、氯（Cl）、四氢呋喃（THF）、钒（V）和固含量质量分数的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 601 化学试剂 标准滴定溶液的制备

GB/T 602 化学试剂 杂质测定用标准溶液的制备

GB/T 603 化学试剂 试验方法中所用制剂及制品的制备

GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 6379.6 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第6部分：准确度值的实际应用

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 12805 实验室玻璃仪器 滴定管

GB/T 12806 实验室玻璃仪器 单标线容量瓶

GB/T 12808 实验室玻璃仪器 单标线吸量管

JJG 178 紫外、可见、近红外分光光度计

JJG 768 发射光谱仪

3 一般规定

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂和符合 GB/T 6682 所规定的三级水。

除非另有说明，在分析中所用标准滴定溶液、杂质测定用标准溶液、制剂和制品，均按 GB/T 601、GB/T 602、GB/T 603 的规定制备。

4 样品

4.1 实验室样品

用氮气吹扫采样管线，确保置换干净。将干燥后的 50 mL 带磨口塞的干净玻璃采样瓶接在采样口上，打开采样阀，待样品盛至瓶的 1/3~1/2 处时，关闭采样阀，旋紧瓶塞。在采好样的玻璃瓶上贴好标签，标明样品名称、批号、采样时间等信息。

4.2 试液的制备

4.2.1 试剂

硫酸溶液：1+9。

4.2.2 仪器设备

4.2.2.1 分析天平：感量 0.1 mg。

4.2.2.2 容量瓶：100 mL，GB/T 12806 A 类。

4.2.2.3 离心机：3 000 r/min。

4.2.3 试验步骤

在氮气保护下称取 $1\text{ g} \pm 0.1\text{ g}$ 实验室样品，精确至 0.1 mg。置于玻璃瓶中，加入 30 mL 硫酸溶液，以 120 次/min 的振动频率振荡液体 30 min，再用离心机在 3 000 r/min 转速下离心分离 10 min，将液体与催化剂中固体组分硅胶分离，试液转移至 100 mL 容量瓶中，固体组分中再加入 20 mL 硫酸溶液，继续以 120 次/min 的频率振荡液体 10 min，用离心机在 3 000 r/min 转速下离心分离 10 min，将液体与固体组分硅胶分离，溶液再转移至 100 mL 容量瓶中，共萃取洗涤 3 次后，试液用蒸馏水定容并摇匀，用于镁、钛、铝、氯质量分数的测定。

注：采集的样品必须在尽可能短的时间内做处理，以防止样品失效，一般在 0.5 h 以内。

5 镁质量分数的测定——EDTA 容量法

5.1 原理

用氨水调节试液 pH 值为 10 左右，干扰离子沉淀并过滤去除后，加入铬黑 T 指示剂，用乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液滴定，根据所消耗的乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液的体积计算出试样中镁离子的质量分数。

5.2 试剂

5.2.1 氨水。

5.2.2 氯化铵溶液：20 g/L。

称取 2.0 g 氯化铵，溶于水，稀释至 100 mL。

5.2.3 二乙基二硫代氨基甲酸钠（铜试剂）：10 g/L。

称取 1.0 g 二乙基二硫代氨基甲酸钠，溶于无水乙醇中，用无水乙醇稀释至 100 mL。

5.2.4 氨-氯化铵缓冲溶液：pH \approx 9.5。

称取 60 g 氯化铵，溶于水，加入 570 mL 氨水，用蒸馏水定容至 1 000 mL。

5.2.5 乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液： $c(\text{EDTA})=0.02\text{ mol/L}$ 。

5.2.6 甲基红指示液：5 g/L。

称取 0.25 g 甲基红，溶于无水乙醇，用无水乙醇稀释至 50 mL。

5.3 仪器设备

5.3.1 单标线吸量管：20 mL，GB/T 12808 A 类。

5.3.2 滴定管：25 mL，GB/T 12805 A 类。

5.4 试验步骤

用单标线吸量管移取 20.00 mL 试液（见 4.2.3）于 250 mL 锥形瓶中，加入 70 mL 蒸馏水，加入 1 滴～2 滴甲基红指示液。用氨水调节使溶液由红变黄。过滤去除沉淀，每次用 15 mL 氯化铵溶液洗涤沉淀，洗涤 3 次。收集滤液，加入 1 mL 铜试剂、25 mL 氨-氯化铵缓冲溶液，用乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液滴定，溶液由红至亮蓝色即为终点。

5.5 试验数据处理

镁质量分数 w_1 ，按公式（1）计算：

$$w_1 = \frac{VcM}{m \times 1\,000} \times \frac{100}{20} \times 100\% = \frac{VcM}{200m} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V ——乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液的体积的数值，单位为毫升（mL）；

c ——乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液的浓度的准确数值，单位为摩尔每升（mol/L）；

M ——镁的摩尔质量的数值，单位为克每摩尔（g/mol）（ $M=24.31$ ）；

m ——称取试样的质量的数值，单位为克（g）。

6 钛质量分数的测定——分光光度法

6.1 原理

样品中的钛在硫酸介质中溶解，以 4 价钛离子的形式存在于水相中。在酸性条件下，钛离子与过氧化氢络合形成黄色络合物，使水相呈黄色。采用分光光度法，在波长 410 nm 下进行比色测定，根据朗伯-比尔定律计算出样品中钛含量。

6.2 试剂

6.2.1 氨水。

6.2.2 硫酸溶液：1+1。

6.2.3 硫酸溶液：1+9。

6.2.4 过氧化氢溶液：3%（质量分数）。

量取 50 mL 过氧化氢（质量分数为 30%），稀释至 500 mL，贮存于棕色瓶中。

6.2.5 钛（Ti）标准溶液：1 000 mg/L。

6.2.6 钛（Ti）标准溶液：100 mg/L。

移取 50 mL 1 000 mg/L 钛（Ti）标准溶液（见 6.2.5），用水稀释至 500 mL。

6.3 仪器设备

6.3.1 单标线吸量管：10 mL，GB/T 12808 A 类。

6.3.2 容量瓶：500 mL，GB/T 12806 A 类。

6.3.3 可见光分光光度计：配带 1 cm 比色皿，技术性能应满足 JJG 178 的要求。

6.4 试验步骤

6.4.1 工作曲线的绘制

分别吸取 100 mg/L 钛 (Ti) 标准溶液 (见 6.2.6) 1.0 mL、2.0 mL、3.0 mL、4.0 mL、5.0 mL、6.0 mL 于 50 mL 容量瓶中, 加入 10 mL 硫酸溶液 (见 6.2.2)、5 mL 过氧化氢溶液, 用蒸馏水稀释至刻度, 摇匀。用 1 cm 比色皿, 于 410 nm 波长处, 测其吸光度。然后以钛的浓度为横坐标、吸光度为纵坐标绘图, 绘制钛标准曲线, 得到曲线斜率 K 。

6.4.2 测定

6.4.2.1 用单标线吸量管移取 10.00 mL 试液 (见 4.2.3) 于 50 mL 容量瓶中, 用氨水调至无色, 加入硫酸溶液 (见 6.2.3) 至沉淀恰好消失, 用蒸馏水稀释至刻度。

6.4.2.2 移取 10.00 mL 上述溶液, 置于 50 mL 容量瓶中, 加入 15 mL 过氧化氢溶液, 用蒸馏水稀释至刻度, 摇匀, 显色 30 min。用 1 cm 比色皿, 于 410 nm 波长处, 测定溶液的吸光度值。

6.5 试验数据处理

钛质量分数 w_2 , 按公式 (2) 计算:

$$w_2 = \frac{A}{mK \times 1\,000} \times \frac{100}{10} \times \frac{50}{10} \times 100\% = \frac{A}{20mK} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

A ——样品的吸光度值;

m ——称取试样的质量的数值, 单位为克 (g);

K ——钛标准曲线的斜率的数值, 单位为毫升每毫克 (mL/mg)。

7 铝质量分数的测定——EDTA 容量法

7.1 原理

将含样品的试液加入醋酸和醋酸钠缓冲液, 调节 $\text{pH} \approx 4.5$, 铝离子与已知过量的乙二胺四乙酸二钠 (EDTA) 在加热煮沸后生成稳定的络合物, 加入适量的乙醇溶液, 以双硫脲为指示剂, 用氯化锌标准滴定溶液滴定, 根据消耗的氯化锌标准滴定溶液的体积计算出催化剂试样中铝离子含量。

7.2 试剂

7.2.1 氨水。

7.2.2 乙醇: 95 % (体积分数)。

7.2.3 中性缓冲溶液。

称取 82.5 g 无水乙酸钠和 45 g 氢氧化钠, 溶于 500 mL 水中, 加入 80 mL 乙酸 (冰醋酸), 用水稀释至 1 000 mL。

7.2.4 乙二胺四乙酸二钠 (EDTA) 标准滴定溶液: $c(\text{EDTA}) = 0.1 \text{ mol/L}$ 。

7.2.5 氯化锌标准滴定溶液: $c(\text{ZnCl}_2) = 0.1 \text{ mol/L}$ 。

7.2.6 双硫脲指示剂。

称取 0.1 g 双硫脲和 40 g 氯化钠，混合，研细。

7.3 仪器设备

7.3.1 单标线吸量管：10 mL，GB/T 12808 A 类。

7.3.2 滴定管：25 mL，GB/T 12805 A 类。

7.4 试验步骤

用单标线吸量管移取 10.00 mL 试液（见 4.2.3）于 250 mL 锥形瓶中，加入 50 mL 蒸馏水，缓缓滴加氨水，调节试液呈微酸性（pH 3~4）。加入 10 mL 乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液，再加入 20 mL 中性缓冲溶液，调节溶液 pH 值为 4.5，煮沸溶液 5 min。冷却，加入 50 mL 乙醇，再加入 2.0 g 硫脲指示剂，用氯化锌标准滴定溶液滴定，由浅绿色变为酒红色即为终点。

7.5 试验数据处理

铝质量分数 w_3 ，按公式（3）计算：

$$w_3 = \frac{(c_1 V_1 - c_2 V_2) M}{m \times 1000} \times \frac{100}{10} \times 100\% = \frac{(c_1 V_1 - c_2 V_2) M}{100m} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

c_1 ——乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液的浓度的准确数值，单位为摩尔每升（mol/L）；

V_1 ——加入乙二胺四乙酸二钠（EDTA）标准滴定溶液的体积的数值，单位为毫升（mL）；

c_2 ——氯化锌标准滴定溶液的浓度的准确数值，单位为摩尔每升（mol/L）；

V_2 ——滴定消耗氯化锌标准滴定溶液的体积的数值，单位为毫升（mL）；

M ——铝的摩尔质量的数值，单位为克每摩尔（g/mol）（ $M=27.0$ ）；

m ——称取试样的质量的数值，单位为克（g）。

8 氯质量分数的测定——电位滴定法

8.1 原理

采用电位滴定仪，用硝酸银标准滴定溶液滴定试液中的氯离子，随着硝酸银的加入被测氯离子的浓度不断发生变化，指示电极的电位发生相应的变化，在化学计量点附近离子浓度发生突跃，引起指示电极电位突跃，根据工作电池电势的变化确定终点，再根据硝酸银标准滴定溶液的消耗量计算出催化剂试样中氯离子含量。

8.2 试剂

硝酸银标准滴定溶液： $c(\text{AgNO}_3)=0.1 \text{ mol/L}$ 。

8.3 仪器设备

8.3.1 单标线吸量管：10 mL，GB/T 12808 A 类。

8.3.2 电位滴定仪：配备银电极、甘汞电极和 20 mL 滴定管，精度 0.01 mL 标准滴定溶液。

8.4 试验步骤

用单标线吸量管移取 10.00 mL 试液（见 4.2.3）于 150 mL 滴定烧杯中，加蒸馏水适量，置于电

位滴定仪下，开启磁力搅拌，接通指示电表，用硝酸银标准滴定溶液滴定至电位突跃点为滴定终点。

8.5 试验数据处理

氯质量分数 w_4 ，按公式（4）计算：

$$w_4 = \frac{VcM}{m \times 1\,000} \times \frac{100}{10} \times 100\% = \frac{VcM}{100m} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

V ——硝酸银标准滴定溶液的体积的数值，单位为毫升（mL）；

c ——硝酸银标准滴定溶液的浓度的准确数值，单位为摩尔每升（mol/L）；

M ——氯的摩尔质量的数值，单位为克每摩尔（g/mol）（ $M=35.45$ ）；

m ——称取试样的质量的数值，单位为克（g）。

9 四氢呋喃质量分数的测定——气相色谱法

9.1 原理

用丙酮萃取催化剂试样中的给电子体四氢呋喃（THF），加入已知量的内标物醋酸异丙酯（IPA），采用氢火焰离子化检测器，在合适的色谱条件下色谱峰中四氢呋喃和内标物醋酸异丙酯分离，得出不同的峰面积，依据内标物的加入量和所测得的峰面积比值计算出样品中四氢呋喃含量。

9.2 试剂

9.2.1 丙酮。

9.2.2 醋酸异丙酯。

9.2.3 四氢呋喃。

9.2.4 氮气：纯度大于等于 99.999 %（体积分数）。

9.2.5 氢气：纯度大于等于 99.999 %（体积分数）。

9.2.6 空气：干燥，无杂质，高纯空气。

9.3 仪器设备

9.3.1 分析天平：感量 0.1 mg。

9.3.2 气相色谱仪：氢火焰离子化检测器；色谱柱为柱长 2 m、内径 3 mm 的不锈钢管，填充 0.178 mm~0.282 mm 的 Porapak Q（乙基苯乙烯、二乙烯基苯共聚而成）色谱填料，满足该条件的类似色谱柱均可。

9.3.3 微量注射器：10 μ L。

9.4 气相色谱操作条件

气相色谱操作条件如下：

a) 柱温：170 $^{\circ}$ C；

b) 进样温度：230 $^{\circ}$ C；

c) 检测器温度：200 $^{\circ}$ C；

- d) 氮气(载气)流量: 16 mL/min;
- e) 氢气流量: 60 mL/min;
- f) 空气: 400 mL/min;
- g) 纸速: 3 mm/min;
- h) 衰减: 23;
- i) 量程: 10^8 。

9.5 试验步骤

9.5.1 相对校正因子的测定

按照醋酸异丙酯和四氢呋喃质量比分别为 1:1、1:2、1:3、1:4、1:5 (也可根据实际需要调整质量比) 分别称取标准物质醋酸异丙酯和四氢呋喃, 置于 25 mL 容量瓶中, 用丙酮稀释至刻度, 混合均匀。按照上述推荐的气相色谱操作条件设定好操作参数, 待基线稳定后, 用微量注射器吸取 2 μ L 混合标液注入色谱柱进行分析。醋酸异丙酯的保留时间: 7.40 min; 四氢呋喃的保留时间: 12.77 min, 每 3 个月应进行一次校正因子的测定。

四氢呋喃相对校正因子 $F_{i/s}$, 按公式 (5) 计算:

$$F_{i/s} = \frac{A_s m_i}{A_i m_s} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

A_s ——标样中醋酸异丙酯的峰面积的数值, 单位为皮安·秒 (pA·s);

m_i ——标样中四氢呋喃的质量的数值, 单位为克 (g);

A_i ——标样中四氢呋喃的峰面积的数值, 单位为皮安·秒 (pA·s);

m_s ——标样中醋酸异丙酯的质量的数值, 单位为克 (g)。

9.5.2 样品测定

在氮气保护下取样, 准确称取约 0.3 g, 精确至 0.1 mg。样品置于样品瓶中, 加入 25 mL 丙酮, 再准确加入约 0.1 g (精确至 0.1 mg) 内标物醋酸异丙酯, 摇匀, 振荡 10 min, 静置 20 min。用微量注射器吸取 2 μ L 静置好的上层清液注入色谱柱, 按照上述推荐的色谱操作条件进行分析, 出峰时间不少于 20 min。四氢呋喃典型色谱图见图 1。

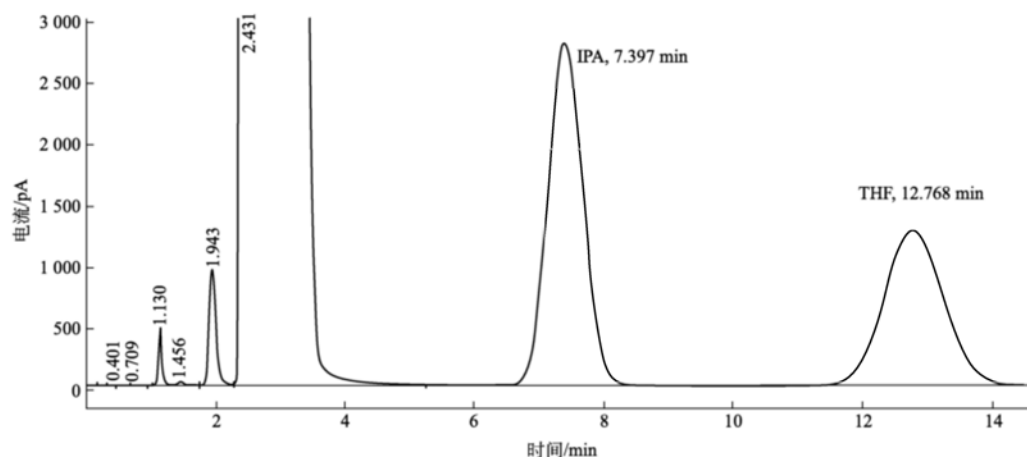


图 1 四氢呋喃典型色谱图

9.6 试验数据处理

四氢呋喃质量分数 w_5 ，按公式 (6) 计算：

$$w_5 = \frac{m_s A}{m A_s} \times F_{i/s} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

m_s ——醋酸异丙酯的质量的数值，单位为克 (g)；

A ——样品中四氢呋喃的峰面积的数值，单位为皮安·秒 (pA·s)；

m ——样品的质量的数值，单位为克 (g)；

A_s ——醋酸异丙酯的峰面积的数值，单位为皮安·秒 (pA·s)；

$F_{i/s}$ ——四氢呋喃对内标物 (醋酸异丙酯) 的相对校正因子。

10 钒质量分数的测定——电感耦合等离子发射光谱法

10.1 原理

试样用硝酸和氢氟酸加热溶解，试样溶液经雾化形成气溶胶，由载气带入等离子体内，在高温和惰性氩气气氛中挥发、原子化、激发和电离。被测元素的原子或离子被激发时发射出待测元素的特征光谱线，经半导体固态检测器转变为电信号强度，根据谱线强度与浓度的线性关系用标准工作曲线法计算出样品中钒含量。

10.2 试剂

10.2.1 氢氟酸。

10.2.2 硝酸。

10.2.3 硝酸溶液：1 % (质量分数)。

量取 11.0 mL 硝酸，缓缓注入 985 mL 蒸馏水中，冷却，摇匀。

10.2.4 钒 (V) 标准溶液：1 000 mg/L。

10.3 仪器设备

10.3.1 分析天平：感量 0.1 mg。

10.3.2 容量瓶：100 mL，GB/T 12806 A 类。

10.3.3 电感耦合等离子发射光谱仪：计量性能应满足 JJG 768 的要求。

10.3.4 聚四氟乙烯烧杯：100 mL。

10.4 试验步骤

10.4.1 试液的制备

在氮气保护下，用 100 mL 聚四氟乙烯烧杯称取约 0.1 g 样品，精确至 0.1 mg。加入 10 mL 水、2 mL 硝酸、5 mL 氢氟酸，在电热板上缓慢加热至干，冷却，加入 2 mL 硝酸，再加入 20 mL 水，在电热板上加热煮沸。冷却，转移至 100 mL 容量瓶中，稀释，定容。

10.4.2 工作曲线的绘制

采用 1 000 mg/L 钒 (V) 标准溶液逐级稀释, 配制 3 个~4 个不同浓度的标准工作溶液, 浓度由被测样品溶液离子浓度确定, 最高浓度一般不超过 50 mg/L, 介质采用 1 % 硝酸溶液。

以 1 % 硝酸溶液作空白, 依次喷入空白溶液和标准工作曲线溶液, 记录发射光强度。以溶液浓度为横坐标、谱线强度值为纵坐标绘制工作曲线或计算出线性回归方程, 线性相关系数 r 大于等于 0.999 9。

10.4.3 样品测定

与测定标准溶液相同的条件测定试液, 得到被测元素的谱线强度, 钒元素的检测分析谱线为 292.46 nm, 由标准曲线或回归方程得到试液中被测元素的浓度。

10.5 试验数据处理

钒质量分数 w_6 , 按公式 (7) 计算:

$$w_6 = \frac{cV \times 10^{-6}}{m} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

c ——试液中被测元素的浓度的数值, 单位为毫克每升 (mg/L);

V ——试料溶液的体积的数值, 单位为毫升 (mL);

m ——样品的质量的数值, 单位为克 (g)。

11 固含量质量分数的测定

11.1 原理

将试样中的溶剂用异戊烷或正己烷置换清洗后进行晾干干燥, 称量剩余催化剂的质量, 以此计算浆液溶液中催化剂固含量。

11.2 试剂

11.2.1 异戊烷。

11.2.2 正己烷。

11.3 仪器设备

分析天平: 感量 0.1 mg。

11.4 试验步骤

准确称取 $10 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ 浆液态乙烯聚合催化剂, 精确至 0.1 mg。置于烧杯中, 每次往烧杯中加入有机溶剂异戊烷或正己烷洗去催化剂中的白油, 至少洗涤 7 次后, 晾干 (晾干期间可通微量氮气进行辅助干燥), 称量 (连续 3 次称量, 质量变化小于 2.0 mg), 即可得浆液态乙烯聚合催化剂固含量。

11.5 试验数据处理

固含量质量分数 w_7 , 按公式 (8) 计算:

$$w_7 = \frac{m_1}{m} \times 100\%$$

..... (8)

式中：

m_1 ——风干后干粉催化剂的质量的数值，单位为克（g）；

m ——未处理前浆液态催化剂的质量的数值，单位为克（g）。

12 精密度

12.1 概述

本标准的精密度是每种元素采用 4 个水平的催化剂样品，在 5 个实验室进行协同试验得到的（每个水平在每个实验室各进行 3 次平行试验），然后按照 GB/T 6379.2 进行数据统计后确定方法的重复性标准差和再现性标准差，按照 GB/T 6379.6 确定重复性限 r 和再现性限 R 。按下述规定判断试验结果的可靠性（95 %置信水平）。

12.2 重复性限 r

在同一实验室，由同一操作者使用相同的设备，按相同的测试方法，并在短时间内对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的绝对差值不大于表 1 中的重复性限（ r ）。

12.3 再现性限 R

在不同的实验室，由不同的操作者使用不同的仪器，按相同的测试方法，对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的绝对差值不大于表 1 中的再现性限（ R ）。

表 1 重复性限（ r ）与再现性限（ R ）

项目名称	重复性限（ r ）， $w/\%$	再现性限（ R ）， $w/\%$
镁	0.25	0.43
钛	0.11	0.15
铝	0.22	0.26
氯	0.27	0.32
四氢呋喃	0.29	0.32
钒	0.04	0.05
浆液固含量	0.86	0.97

13 结果报告

- 13.1 取两次重复测定结果的算术平均值为测定结果，保留小数点后 2 位小数报出结果。
- 13.2 样品的相关信息以及试验日期等。

中 华 人 民 共 和 国
化 工 行 业 标 准
镁 钛 系 乙 烯 聚 合 催 化 剂
化 学 成 分 分 析 方 法

HG/T 5403—2018

出版发行：化学工业出版社

（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

北京科印技术咨询服务公司海淀数码印刷分部

880mm×1230mm 1/16 印张1 字数24.5千字

2019年3月北京第1版第1次印刷

书号：155025·2544

购书咨询：010-64518888

售后服务：010-64518899

网址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定价：14.00元

版权所有 违者必究