



中华人民共和国国家标准

GB/T 5760—2025

代替 GB/T 5760—2000

塑料 离子交换树脂 氢氧型阴离子交换 树脂交换容量的测定

Plastics—Ion exchange resin—Determination of exchange capacity of
anion exchange resins in hydroxide form

(ISO 4907-3:2023, Plastics—Ion exchange resin—Part 3: Determination of
exchange capacity of anion exchange resins in hydroxide form, MOD)

2025-10-05 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 5760—2000《氢氧型阴离子交换树脂交换容量测定方法》，与 GB/T 5760—2000 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了术语“体积交换容量”和定义(见 3.4)；
- 更改了“交换柱”的规定(见 6.1, 2000 年版的 6.1)；
- 删除了“分液漏斗”“架盘天平”“秒表”“称量瓶”“滴定管”“移液管”“量筒”“锥形瓶”的规定(见 2000 年版的 6.2、6.5、6.8、6.10～6.14)；
- 更改了“离心机”的规定(见 6.2, 2000 年版的 6.7)；
- 增加了“离心过滤管”和“自动电位滴定仪”的规定(见 6.3 和 6.6)；
- 更改了试样准备步骤(见 7.2～7.6, 2000 年版的 7.2、7.3)；
- 增加了“湿基全交换容量”“湿基强型基团容量”和“体积交换容量”的计算(见 9.1.1、9.2.1 和 9.4)；
- 将“允许差”更改为“精密度”(见第 10 章, 2000 年版的第 10 章)。

本文件修改采用 ISO 4907-3:2023《塑料 离子交换树脂 第 3 部分：氢氧型阴离子交换树脂交换容量的测定》。

本文件与 ISO 4907-3:2023 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 4907-3:2023 的技术差异及其原因如下：

- 增加了规范性引用的 GB/T 601(见 5.7)、GB/T 5475(见 7.1)和 GB/T 8331(见 8.2)，以适应我国的技术条件；
- 将术语“氢氧型苯乙烯系阴离子交换树脂”和定义更改为术语“氢氧型”和定义(见 3.1)，以适应我国的技术条件；
- 增加了“体积交换容量”一词的术语和定义(见 3.4)，以适应我国的技术条件和离子交换树脂产品标准；
- 用规范性引用的 GB/T 6682 代替了 ISO 3696(见 5.1)，以适应我国的技术条件；
- 将 ISO 4907-3:2023 中的 5.2.1～5.2.3 和 5.3.1～5.3.3 更改为“按 GB/T 601 标定浓度”(见 5.7)，以适应我国的技术条件；
- 增加了“离心机”“离心过滤管”“电子天平”和“自动电位滴定仪”的规定(见 6.2～6.6)，以适应我国的技术条件；
- 将“按附录 A 规定的方法取样”更改为“按 GB/T 5475 规定的方法取样”(见 7.1)，以适应我国的技术条件；
- 将“按 ISO 4907-2:2023, 8.1 去除样品外部游离水”更改为去除样品外部游离水的详细试验步骤(见 7.5 和 7.6)，以方便操作者的使用；
- 用规范性引用的 GB/T 5759 代替了 ISO 4907-2:2023(见 8.1)，以适应我国的技术条件；
- 增加了“按 GB/T 8331 测定试样的湿视密度”(见 8.2)，以方便操作者的使用；
- 增加了精密度(见第 10 章)，以适应我国的技术条件。

本文件做了下列编辑性改动：

- 为与现有标准协调,将标准名称更改为《塑料 离子交换树脂 氢氧型阴离子交换树脂交换容量的测定》;
- 将公式(3)~公式(6)分条列出(见 9.2 和 9.4);
- 增加了附录 A(资料性)“本文件与 ISO 4907-3:2023 结构编号对照一览表”(见附录 A);
- 增加了附录 B(资料性)“精密度”(见附录 B)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利,本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国塑料标准化技术委员会(SAC/TC 15)归口。

本文件起草单位:西安热工研究院有限公司、山东德川化工科技有限责任公司、南京大学、宁波争光树脂有限公司、江苏苏青水处理工程集团有限公司、中蓝晨光成都检测技术有限公司、漂莱特(中国)有限公司、中蓝晨光化工研究设计院有限公司、河北利江生物科技有限公司、西安蓝深新材料科技股份有限公司、鹤壁市海格化工科技有限公司、浙江普尔树脂有限公司、皖东高科(天长)股份有限公司、湖北绿兴捷资源科技有限公司、江苏金杉新材料有限公司、衢州蓝然新材料有限公司。

本文件主要起草人:王梦娇、翟静华、彭章华、双陈冬、胡锦强、郭丹、程晓辉、安广禄、刘芳铭、黄一、刘雨程、孟坤、毛江、冯志军、徐斌、帅新远、姚能平、龙津达、张结来、吴建明、孙冰杰、梅德华。

本文件于 1986 年首次发布,2000 年第一次修订,本次为第二次修订。

塑料 离子交换树脂 氢氧型阴离子交换树脂交换容量的测定

1 范围

本文件规定了氢氧型阴离子交换树脂全交换容量、强型基团容量、弱型基团容量和体积交换容量测定的仪器设备、试样准备、试验步骤及结果计算和表示。

本文件适用于氢氧型阴离子交换树脂。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 5475 离子交换树脂取样方法

GB/T 5759 塑料 离子交换树脂 离心法测定氢氧型阴离子交换树脂的含水量(GB/T 5759—2025,ISO 4907-2:2023,MOD)

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法(GB/T 6682—2008,ISO 3696:1987,MOD)

GB/T 8331 离子交换树脂湿视密度测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢氧型 **hydroxide form**

用过量的强碱溶液再生后的阴离子交换树脂的离子型态,包括以氢氧基团存在的强碱基团和以游离胺基团存在的弱碱基团。

注:目前常见的氢氧型阴离子交换树脂为苯乙烯系骨架。

3.2

全交换容量 **total exchange capacity**

将阴离子交换树脂转为氢氧型后,单位质量阴离子交换树脂中能与强酸溶液进行交换反应的活性基团量。

注:全交换容量又称总交换容量、最大再生容量或最大交换容量。

3.3

强型基团容量 **strong-base group capacity**

将阴离子交换树脂转为氢氧型后,单位质量阴离子交换树脂中能与中性盐溶液进行交换反应的活性基团量。

注:强型基团容量又称中性盐分解容量、最大强碱基团再生容量、最大强型基团再生容量、强碱基团交换容量或强碱基团容量。

3.4

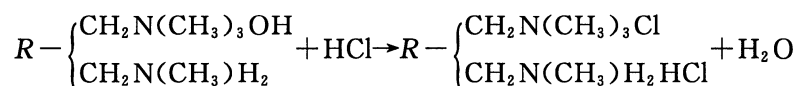
体积交换容量 volume exchange capacity

将阴离子交换树脂转为氢氧型后,单位体积阴离子交换树脂中可与强酸溶液进行交换反应的活性基团量。

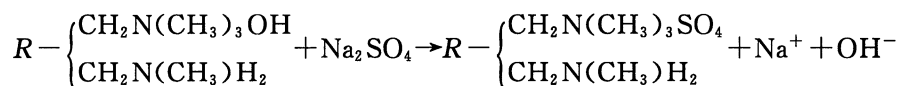
注:体积交换容量又称体积全交换容量。

4 方法概述

当氢氧型阴离子交换树脂与过量的强酸溶液(如盐酸溶液)反应时,强碱和弱碱交换基团都会参与反应消耗氢离子,因此可根据滴定未反应的酸量而计算出离子交换树脂的全交换容量。其反应式是:



当氢氧型阴离子交换树脂与中性盐溶液(如硫酸钠溶液)反应时,仅强碱基团可以和盐溶液中的阴离子发生反应,可根据滴定交换下来的碱量而计算出离子交换树脂的强型基团容量。其反应式是:



5 试剂或材料

除另有规定外,本文件使用分析纯及以上试剂。

5.1 水:GB/T 6682,二级。

5.2 氢氧化钠溶液 $[c(\text{NaOH})=2\text{ mol/L}]$:将 80 g 氢氧化钠溶解于 1 000 mL 水中。

5.3 硫酸钠溶液 $[c(\text{Na}_2\text{SO}_4)=0.5\text{ mol/L}]$:将 71 g 无水硫酸钠溶解于 1 000 mL 水中。

5.4 盐酸溶液 $[c(\text{HCl})=1\text{ mol/L}]$:量取 90 mL 盐酸(1.19 g/mL)注入 1 000 mL 水中。

5.5 氯化钠溶液(100 g/L):将 100 g 氯化钠溶解于 1 000 mL 水中。

5.6 氢氧化钠标准溶液 $[c(\text{NaOH})=0.1\text{ mol/L}]$:将 4 g 氢氧化钠溶解于 1 000 mL 水中,按 GB/T 601 标定浓度。

5.7 盐酸标准溶液 $[c(\text{HCl})=0.1\text{ mol/L}]$:量取 9 mL 盐酸(1.19 g/mL)注入 1 000 mL 水中,按 GB/T 601 标定浓度。

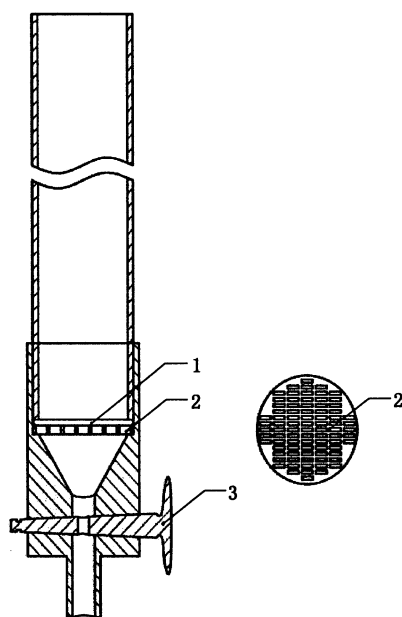
5.8 酚酞指示液:将 1.0 g 酚酞溶解于 50 mL 乙醇 $[\geq 95\%$ (体积分数)]中,稀释至 100 mL。

5.9 甲基红-亚甲基蓝混合指示液:分别将 0.1 g 甲基红和 0.1 g 亚甲基蓝溶解于 100 mL 乙醇 $[\geq 95\%$ (体积分数)]中,将上述两种溶液等体积混合,存储于棕色瓶中。

6 仪器设备

6.1 交换柱

内径大于或等于 20 mm 的有机玻璃交换柱或玻璃砂芯层析柱,流量可调。有机玻璃交换柱如图 1 所示。



标引序号说明：

- 1——橡胶或硅胶垫圈；
- 2——滤板；
- 3——旋塞。

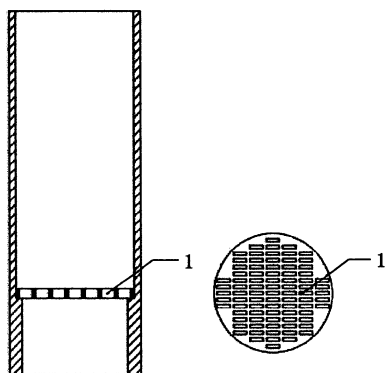
图 1 有机玻璃交换柱示意图

6.2 离心机

转速可调,最大转速不低于 5 000 r/min,精度优于 ± 200 r/min;转速为 5 000 r/min 时水平转头对应的最大相对离心力约为 4 500 g ;计时器量程范围不低于 5 min,精度优于 ± 2 s;离心套管容积宜为 100 mL。

6.3 离心过滤管

材质为有机玻璃,底部高度不小于 30 mm,内部直径不小于 30 mm,如图 2 所示。



标引序号说明：

- 1——滤板。

图 2 离心过滤管示意图

6.4 电子天平

最小分度值为 0.1 mg。

6.5 恒温水浴

控温精度优于 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.6 自动电位滴定仪

配有 pH 电极,可进行酸碱等当量点滴定。

7 试样准备

7.1 按 GB/T 5475 规定的方法取样,得到具有代表性的样品。

7.2 取 50 mL 样品置于交换柱中,用水进行反洗使样品体积增加 50%~100%,直至样品中无可见机械杂质且出水澄清为止。使样品自由沉降,排水至液面高出离子交换树脂层约 20 mm。

7.3 按照表 1 的步骤进行样品处理,使溶液在规定的流速范围内自上而下通过离子交换树脂层。整个过程保持液面高出离子交换树脂层约 20 mm,且离子交换树脂层中无气泡。保持所用的处理溶液和水温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 1 氢氧型阴离子交换树脂处理步骤

顺序	处理溶液	体积/mL	处理时间/min
第一步	盐酸溶液(5.4)或氯化钠溶液(5.5)	400	约 30
第二步	水	400	20~30
第三步	氢氧化钠标准溶液(5.6)	750	约 60
第四步	水	用水洗涤,控制流量为 7 mL/min,每取约 5 mL 流出液中加入一滴酚酞指示液,以流出液不变色为水洗终点	

7.4 将样品转移并存储于洁净的广口瓶中待用。

7.5 将 12 mL~50 mL 处理后的样品用水转移至离心过滤管内,甩去多余水分后,将离心过滤管放至离心机的离心套管中。设定离心机转速为 2 500 r/min,离心 5 min。

7.6 离心机停止后取出离心过滤管,过程中不应有分离出来的水重新进入试样中,擦干其底部及外壁的水,立即将试样倒入洁净的可密封容器(如称量瓶)内盖紧盖子,此时已除去样品的外部游离水,得到准备好的试样。

8 试验步骤

8.1 含水量的测定

按 GB/T 5759 测定试样的含水量,记为 X 。

8.2 湿视密度的测定

按 GB/T 8331 测定试样的湿视密度,记为 d_b 。

8.3 全交换容量的测定

8.3.1 取约 2 g 试样至洁净的具塞瓶中,准确称量试样的质量为 m_1 ,精确至 0.000 1 g。

8.3.2 移取 100 mL 0.1 mol/L 盐酸标准溶液于具塞瓶中,盖紧瓶塞,轻摇使试样颗粒全部浸泡于溶液中,将具塞瓶放至 40 °C 恒温水浴中浸泡不少于 2 h,取出后冷却至室温。

8.3.3 从具塞瓶中移取 25 mL 浸泡液于锥形瓶或滴定杯中,加入 50 mL 水和 0.1 mL (2 滴) 酚酞指示液,用 0.1 mol/L 氢氧化钠标准溶液滴定至溶液呈微红色保持 15 s 不褪色即为终点。也可用自动电位滴定仪代替手工滴定,设置等当量点为滴定终点。记录消耗的氢氧化钠标准溶液体积为 V_1 ,精确至 0.01 mL。

8.4 强型基团容量的测定

8.4.1 取约 2 g 强碱性阴离子交换树脂试样,或约 10 g 弱碱性阴离子交换树脂试样至洁净的具塞锥形瓶中,准确称量试样的质量为 m_2 ,精确至 0.000 1 g。

8.4.2 移取 100 mL 硫酸钠溶液于具塞瓶中,盖紧瓶塞,轻摇使试样颗粒全部浸泡于溶液中,在室温下放置不少于 1 h。

8.4.3 从具塞瓶中移取 25 mL 浸泡液置于锥形瓶或滴定杯中,加入 50 mL 水和 0.1 mL (2 滴) 甲基红-亚甲基蓝混合指示液,用 0.1 mol/L 盐酸标准溶液滴定至溶液呈紫红色并保持 15 s 不褪色,即为终点。也可用自动电位滴定仪代替手工滴定,设置等当量点为滴定终点。记录消耗的盐酸标准溶液体积为 V_2 ,精确至 0.01 mL。

9 结果计算和表示

9.1 全交换容量

9.1.1 湿基全交换容量按公式(1)计算。

$$E_T = \frac{100 \times c(\text{HCl}) - 4 \times c(\text{NaOH}) \times V_1}{m_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E_T ——湿基全交换容量,单位为毫摩尔每克湿树脂(mmol/g);

$c(\text{HCl})$ ——盐酸标准溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

$c(\text{NaOH})$ ——氢氧化钠标准溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

V_1 ——浸泡液消耗的氢氧化钠标准溶液体积,单位为毫升(mL);

m_1 ——试样的质量,单位为克(g)。

计算结果表示到小数点后三位。

9.1.2 全交换容量 Q_T 按公式(2)计算。

$$Q_T = \frac{E_T}{1 - X} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q_T ——全交换容量,单位为毫摩尔每克干树脂(mmol/g);

E_T ——湿基全交换容量,单位为毫摩尔每克(mmol/g);

X ——含水量,以百分数表示。

计算结果表示到小数点后两位。

9.2 强型基团容量

9.2.1 湿基强型基团容量 E_s 按公式(3)计算。

$$E_s = \frac{4 \times c(\text{HCl}) \times V_2}{m_2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E_s ——湿基强型基团容量,单位为毫摩尔每克湿树脂(mmol/g);

$c(\text{HCl})$ ——盐酸标准溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

V_2 ——浸泡液消耗的盐酸标准溶液体积,单位为毫升(mL);

m_2 ——试样的质量,单位为克(g)。

计算结果表示到小数点后三位。

9.2.2 强型基团容量 Q_s 按公式(4)计算。

$$Q_s = \frac{E_s}{1 - X} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

Q_s ——强型基团容量,单位为毫摩尔每克干树脂(mmol/g);

E_s ——湿基强型基团容量,单位为毫摩尔每克(mmol/g);

X ——含水量,以百分数表示。

计算结果表示到小数点后两位。

9.3 弱型基团容量

弱型基团容量 Q_w 按公式(5)计算。

$$Q_w = Q_T - Q_s \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Q_w ——弱型基团容量,单位为毫摩尔每克干树脂(mmol/g);

Q_T ——全交换容量,单位为毫摩尔每克干树脂(mmol/g);

Q_s ——强型基团容量,单位为毫摩尔每克干树脂(mmol/g)。

计算结果表示到小数点后两位。

9.4 体积交换容量

体积交换容量 Q_v 按公式(6)计算。

$$Q_v = E_T \times d_b \dots\dots\dots (6)$$

式中:

Q_v ——体积交换容量,单位为毫摩尔每毫升(mmol/mL);

E_T ——湿基全交换容量,单位为毫摩尔每克湿树脂(mmol/g);

d_b ——湿视密度,单位为克每毫升(g/mL)。

计算结果表示到小数点后两位。

10 精密度

10.1 概述

在同一实验室,由同一操作者使用相同设备,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超过重复性限(r),超过重复性限(r)的情况不超过5%。

在不同的实验室,由不同的操作者使用不同的设备,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超过再现性限(R),超过再现性限(R)的情况不超

过 5%。

具体的精密度数据见附录 B。

10.2 全交换容量

重复性限(r):0.16 mmol/g;

再现性限(R):0.39 mmol/g。

10.3 强型基团容量

重复性限(r):0.16 mmol/g;

再现性限(R):0.19 mmol/g。

11 试验报告

试验报告至少应包括以下信息：

- a) 注明引用本文件；
- b) 受试材料的完整标识：包括名称、型号等；
- c) 试验结果；
- d) 所有未在本文件中规定的或可选择的试验操作细节，以及可能影响试验结果的任何细节；
- e) 试验过程中观察到的异常现象；
- f) 试验日期。

附 录 A
(资料性)

本文件与 ISO 4907-3:2023 结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 ISO 4907-3:2023 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 4907-3:2023 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 4907-3:2023 结构编号
1	1
2	2
3	3
3.1	3.1
3.2	3.2
3.3	3.3
3.4	—
4	4
5	5
5.1	5
5.2	5.1
5.3	5.4
5.4	5.5
5.5	5.6
5.6	5.10
5.7	5.2
	5.2.1
	5.2.2
5.8	5.3
	5.3.1
	5.3.2
	5.7
5.9	5.8
5.10	5.9
6	6
6.1	6.1
6.2	—
6.3	—
6.4	—

表 A.1 本文件与 ISO 4907-3:2023 结构编号对照情况 (续)

本文件结构编号	ISO 4907-3:2023 结构编号
6.5	6.2
6.6	—
7	7
7.1	7.1
	附录 A
7.2	7.2
7.3	
7.4	
7.5	8.1
7.6	
8.1	
8.2	—
8.3	8.2
8.3.1	
8.3.2	
8.3.3	
8.4	8.3
8.4.1	
8.4.2	
8.4.3	
9	9
9.1	9.1
9.1.1	
9.1.2	
9.2	9.2
9.2.1	
9.2.2	
9.3	9.3
9.4	9.1
10	—
11	10
附录 A	—
附录 B	—
参考文献	参考文献

附 录 B
(资料性)
精密度

B.1 概述

为了确定本文件规定的试验方法的精密度,2024 年按照 GB/T 6379.2—2004 组织了 10 个实验室,使用 5 种苯乙烯系阴离子交换树脂样品进行了实验室间试验。

B.2 试验数据

每个实验室都提供了 2 个独立的测试结果,试验结果的报告见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 精密度数据——全交换容量

水平 <i>j</i>	实验室数 <i>p_j</i>	总平均值 <i>m_j</i> mmol/g	重复性标准差 <i>S_{rj}</i> mmol/g	再现性标准差 <i>S_{Rj}</i> mmol/g	重复性限 <i>r</i> mmol/g	再现性限 <i>R</i> mmol/g
1	10	3.52	0.030	0.070	0.084	0.196
2	10	4.21	0.064	0.084	0.179	0.235
3	10	3.64	0.047	0.085	0.132	0.238
4	10	3.56	0.040	0.087	0.112	0.244
5	10	5.13	0.110	0.365	0.308	1.022
注： $r=2.8\times S_{rj}$ ； $R=2.8\times S_{Rj}$ 。						

表 B.2 精密度数据——强型基团容量

水平 <i>j</i>	实验室数 <i>p_j</i>	总平均值 <i>m_j</i> mmol/g	重复性标准差 <i>S_{rj}</i> mmol/g	再现性标准差 <i>S_{Rj}</i> mmol/g	重复性限 <i>r</i> mmol/g	再现性限 <i>R</i> mmol/g
1	10	3.42	0.052	0.058	0.146	0.162
2	10	4.07	0.062	0.072	0.174	0.202
3	10	2.93	0.053	0.090	0.148	0.252
4	10	3.42	0.077	0.087	0.216	0.244
5	10	0.59	0.034	0.034	0.095	0.095
注： $r=2.8\times S_{rj}$ ； $R=2.8\times S_{Rj}$ 。						

参 考 文 献

- [1] GB/T 6379.2—2004 测量方法与结果的准确度 第2部分:确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法
- [2] ISO 6353-1 Reagents for chemical analysis—Part 1: General test methods
-