

标准溶液的配制与标定

1 标准溶液的配制

标准溶液是指已知准确浓度的溶液。配制标准溶液有两种方法,即直接配制法和间接配制法。

1) 直接配制法

直接配制法是指准确称取一定量的基准物质,直接配制成准确体积的溶液,根据基准物质的质量和配成溶液的准确浓度,即

$$C_B = \frac{m_B}{V}$$

式中 C_B ——标准溶液浓度, mol/L;

m_B ——基准物质的质量, g。

采用直接法配制标准溶液的物质必须是基准试剂。常用基准试剂见表 3-2;常用标准溶液的配制方法见表 5-21。

表 5-21 常用标准溶液的配制和标定

名 称	溶 液 配 制	溶 液 浓 度 的 标 定	计 算 公 式
硝酸银 AgNO_3 $C_{\text{AgNO}_3} = 0.1 \text{ mol/L}$	称取 17.5g AgNO_3 溶于 1L 水中, 摇匀, 贮于棕色 瓶中	称取基准 NaCl 0.2g (准确到 0.002g) 溶于 70mL 水中, 加 10mL 1% 淀粉溶液, 在摇动下用 配制好的 AgNO_3 , 溶液避光滴 定, 接近终点时, 加 3 滴 0.5% 荧 光指示剂, 继续滴定至乳液呈红 色	$C_B = \frac{1000m}{V \times 58.44}$ 式中: m —— NaCl 的质量, g; V —— AgNO_3 的体积, mL; 58.44—— NaCl 的摩尔质量, g/mol

试剂溶液的配制与标定

续表

名称	溶液配制	溶液浓度的标定	计算公式
铝 Al $C_{Al^{3+}} = 1\text{mg/mL}$	称取 0.5000g 纯铝箔置于烧杯中, 加入 10mL 浓 HCl, 缓缓加热, 待溶解后, 转入 500mL 容量瓶中, 用高纯水稀释至刻度		$C_B = \frac{1000m}{V \times 26.9815}$ 式中: m ——Al 的质量, g; V ——Al 标准溶液体积, mL; 26.9815——Al 的摩尔质量, g/mol
碳酸钙 CaCO ₃ $C_{CaCO_3} = 0.01\text{mol/L}$	称取基准 CaCO ₃ 1.0009g, 溶于 15mL (1+1)HCl 中, 以 II 级试剂水稀释至 1L	—	$C_B = \frac{m}{V \times 100.09}$ 式中: m ——CaCO ₃ 的质量, g V ——溶液体积, L; 100.09——CaCO ₃ 的摩尔质量, g/mol
铜 Cu $C_{Cu} = 0.001\text{mol/L}$	称 0.06354g 基准铜于 20mL (1+2) HNO ₃ , 5mL (1+2) H ₂ SO ₄ 中, 缓慢加热溶解后, 继续加热蒸发至干涸, 冷却后加试剂水溶解, 稀释至 1L	—	$C_B = \frac{m}{V \times 63.54}$ 式中: m ——Cu 的质量, g; V ——溶液体积, L; 63.54——Cu 的摩尔质量, g/mol
乙二胺四乙酸二钠盐 (EDTA) $C_{EDTA} = 0.05\text{mol/L}$	称取 20g EDTA, 溶于热水, 摇匀, 稀释至 1L	称取基准 ZnO (精确至 0.0002g), 用少量试剂水湿润, 加 (1+1) HCl 至样品溶解, 移入 250mL 容量瓶中, 稀释至刻度, 摇匀。取上述溶液 20.00mL, 加 80mL 水, 用 10% 氨水中和至 pH 为 7~8, 加 5mL NH ₃ -NH ₄ Cl 缓冲溶液 (pH = 10), 加 5 滴铬黑 T 指示剂, 用 $C_{EDTA} = 0.05\text{mol/L}$ EDTA 滴定至溶液由紫色变为纯蓝色	$C_B = \frac{1000m}{V \times 81.38}$ 式中: m ——ZnO 的质量, g; V ——EDTA 体积, mL; 81.38——ZnO 的摩尔质量, g/mol
碘 I ₂ $C_{\frac{1}{2}I_2} = 0.1\text{mol/L}$	称 35g KI 溶于少量水中, 在不断搅拌下加入 13g I ₂ , 完全溶解后, 稀释至 1L, 摇匀。贮于棕色瓶中	取 20mL $\frac{1}{2}I_2 = 0.1\text{mol/L}$ 的碘标准溶液, 注入碘量瓶中, 加入 150mL 试剂水, 用 0.1mol/L Na ₂ S ₂ O ₃ 溶液滴定, 待溶液呈淡黄色时, 加 1mL 1% 淀粉指示剂, 继续滴定至溶液蓝色消失。 同时取 150mL 试剂水, 加 0.05mL 碘标准溶液, 1mL 1% 淀粉指示剂, 用 0.1mol/L Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液滴定至蓝色消失	$C_B = \frac{C_1(V_1 - V_2)}{V_{I_2} - 0.05}$ 式中: C_1 ——Na ₂ S ₂ O ₃ 浓度, mol/L; V_1 ——消耗 Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液体积, mL; V_2 ——空白试验时消耗 Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液体积, mL; V_{I_2} ——碘溶液体积, mL; 0.05——空白试验时加入碘标准溶液体积, mL.

续表

名称	溶液配制	溶液浓度的标定	计算公式
硫酸亚铁铵 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ $C_B = 0.1 \text{ mol/L}$	称取 39.2g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 溶于 300mL 2mol/L H_2SO_4 中, 加水 700mL, 摇匀	取 25.00mL 配制的 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 溶液, 加 25mL 煮沸并冷却的水, 用 0.1mol/L KMnO_4 标准溶液滴定至粉红色, 保持 30s 不褪色为终点	$C_B = \frac{C_{B1} V_1}{V}$ 式中: C_{B1} —— KMnO_4 浓度, mol/L; V_1 —— KMnO_4 体积, mL; V —— $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 溶液的体积, mL
盐酸 HCl $C_{\text{HCl}} = 0.1 \text{ mol/L}$	量取 9mL 浓 HCl (相对密度为 1.19), 用水稀释至 1L, 摇匀	1 称取基准 Na_2CO_3 0.2g (准确到 0.0002g) 溶于 50mL 水中, 加 10 滴溴甲酚绿 - 甲基红混合指示剂, 用配制的 HCl 滴定至溶液由绿色变为暗红, 煮沸 2min, 冷却后, 继续滴定至滴液呈暗红色 2 吸取配制好的 HCl 25.00mL, 加 50mL 煮沸后冷却的水及 2~3 滴酚酞指示剂, 用 0.1mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定至粉红色, 30s 不褪色即为终点	$C_B = \frac{1000m}{V \times 52.99}$ 式中: m —— Na_2CO_3 质量, g; V —— HCl 体积, mL; 52.99—— $\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 的摩尔质量, g/mol $C_B = \frac{C_{B1} V_1}{V}$ 式中: C_{B1} —— NaOH 的浓度 mol/L; V_1 —— NaOH 的体积, mL; V —— HCl 的体积, mL
硫酸 H_2SO_4 $C_{\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.1 \text{ mol/L}$	量取 3mL 浓 H_2SO_4 (相对密度为 1.84), 缓缓加入水中, 并稀释至 1L	1 称取 0.2g (准确至 0.0002g) 的基准 Na_2CO_3 , 溶于 50mL 水中, 加 2 滴甲基红 - 亚甲基蓝指示剂, 用配制好的 H_2SO_4 溶液滴定至溶液由绿色变为紫色 (pH = 5 左右), 煮沸 2~3min, 冷却后继续滴定至紫色 2 取 25.00mL 已配制好的 H_2SO_4 , 加入 50mL 煮沸后冷却的水, 及 2~3 滴酚酞指示剂, 用 0.1mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定至粉红色, 30s 不褪色即为终点	$C_B = \frac{1000m}{V \times 52.99}$ 式中: m —— Na_2CO_3 质量, g; V —— H_2SO_4 体积, mL; 52.99—— $\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 的摩尔质量, g/mol $C_B = \frac{C_{B1} \cdot V_1}{V}$ 式中: C_{B1} —— NaOH 的浓度, mol/L; V_1 —— NaOH 的体积, mL; V —— H_2SO_4 的体积, mL
重铬酸钾 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $C_{\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 0.1 \text{ mol/L}$	称取基准 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4.9030g, 溶于水中, 稀释至 1L		$C_B = \frac{m}{V \times 49.03}$ 式中: m —— $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的质量, g; V ——溶液体积, mL; 49.03—— $\frac{1}{6} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的摩尔质量, g/mol

续表

名称	溶液配制	溶液浓度的标定	计算公式
溴酸钾 KBrO ₃ $C_{\frac{1}{6}\text{KBrO}_3} = 0.1\text{mol/L}$	称取基准 KBrO ₃ 2.7830g, 溶于水中, 稀释至 1L		$C_B = \frac{m}{V \times 27.83}$ 式中: m ——KBrO ₃ 的质量, g; V ——溶液体积, L; 27.83—— $\frac{1}{6}$ KBrO ₃ 摩尔质量, g/mol
碘酸钾 KIO ₃ $C_{\frac{1}{6}\text{KIO}_3} = 0.1\text{mol/L}$	称取基准 KIO ₃ 3.5670g, 溶于水中, 稀释至 1L		$C_B = \frac{m}{V \times 35.66}$ 式中: m ——KIO ₃ 的质量, g; V ——溶液体积, L; 35.66—— $\frac{1}{6}$ KIO ₃ 的摩尔质量, g/mol
高锰酸钾 KMnO ₄ $C_{\frac{1}{5}\text{KMnO}_4} = 0.1\text{mol/L}$	称取 3.3g KMnO ₄ 溶于 1050mL 水中, 缓缓煮沸 15min, 冷却后于暗处保存 2 周用 4 号玻璃过滤器过滤, 滤液贮于棕色磨口瓶中	1 称取基准 Na ₂ C ₂ O ₄ 0.2g(准确至 0.0002g), 溶于 100mL 水中, 加 8mL 浓 H ₂ SO ₄ , 用配制好的 KMnO ₄ 溶液滴定, 接近终点时, 将溶液加热至 65℃, 继续用 KMnO ₄ 溶液滴定至溶液呈粉红色保存 30s, 同时做空白试验 2 取 20.00mL KMnO ₄ 溶液, 加 2g KI 及 20mL 4mol/L H ₂ SO ₄ , 摇匀, 于暗处放置 5min。加 150mL 水, 用 0.1mol/L Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液滴定至溶液呈淡黄色时, 加 1mL 1.0% 淀粉指示剂, 继续滴定至溶液蓝色消失	$C_B = \frac{1000m}{(V_1 - V_2) \times 67.00}$ 式中: m ——Na ₂ C ₂ O ₄ 的质量, g; V_1 ——KMnO ₄ 溶液体积, mL; V_2 ——空白试验时 KMnO ₄ 所用体积, mL; 67.00—— $\frac{1}{2}$ Na ₂ C ₂ O ₄ 的摩尔质量, g/mol $C_B = \frac{C_{BI} V_1}{V}$ 式中: C_{BI} ——Na ₂ S ₂ O ₃ 的浓度, mol/L; V_1 ——Na ₂ S ₂ O ₃ 的体积, mL; V ——KMnO ₄ 体积, mL
硫氰酸钾 KSCN $C_{\text{KSCN}} = 0.1\text{mol/L}$	称取 9.7g KSCN 溶于水中, 稀释至 1L, 摇匀	称取基准 AgNO ₃ 0.5g(准确至 0.0002g) 溶于 100mL 水中, 加入 1mL 饱和 NH ₄ Fe(SO ₄) ₂ 指示剂及 5mL 浓 HNO ₃ , 在摇动下, 用配制好的 KSCN 溶液滴定至浅棕色出现, 30s 不褪去即为终点(滴定操作应避光)	$C_B = \frac{1000m}{V \times 169.9}$ 式中: m ——AgNO ₃ 的质量, g; V ——KSCN 的体积, mL; 169.9——AgNO ₃ 的摩尔质量, g/mol
氢氧化钠 NaOH $C_{\text{NaOH}} = 0.1\text{mol/L}$	取 5mL NaOH 饱和溶液, 注入 1L	1 称取 0.6g(准确至 0.0002g) 基准邻苯二甲酸氢钾, 溶于 50mL 煮沸冷却后的水中, 加 2 滴酚酞指示剂, 用配制的 NaOH 溶液滴定至溶液所呈粉色与标准色相同 ^① , 同时做空白试验 2 取 20.00mL 0.1mol/L H ₂ SO ₄ 标准溶液, 加 60mL 煮沸后冷却的水, 加 2 滴 1% 酚酞指示剂, 用新配制的 NaOH 溶液滴定, 近终点时, 加热至 80℃ 后, 继续滴定至溶液呈粉红色	$C_B = \frac{1000m}{V \times 204.2}$ 式中: m ——KHC ₈ H ₄ O ₄ 的质量, g; V ——NaOH 的体积, mL; 204.2——KHC ₈ H ₄ O ₄ 的摩尔质量, g/mol $C_B = \frac{C_{BI} V_1}{V}$ 式中: C_{BI} ——H ₂ SO ₄ 的浓度, mol/L; V_1 ——H ₂ SO ₄ 的体积, mL; V ——NaOH 的体积, mL

续表

名称	溶液配制	溶液浓度的标定	计算公式
碳酸钠 $C_{\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0.1\text{mol/L}$	称取基准 Na_2CO_3 5.3000g 溶于水中, 稀释至 1L		$C_B = \frac{m}{V \times 52.99}$ 式中: m —— Na_2CO_3 的质量, g; V ——溶液体积, L; 52.99—— $\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 的摩尔质量, g/mol
草酸钠 $C_{\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 0.1\text{mol/L}$	称取基准 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 6.7000g 溶于水中, 稀释至 1L		$C_B = \frac{m}{V \times 67.00}$ 式中: m —— $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的质量, g; V ——溶液体积, L; 67.00—— $\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的摩尔质量, g/mol
氯化钠 $C_{\text{NaCl}} = 0.1\text{mol/L}$			$C_B = \frac{m}{V \times 58.44}$ 式中: m —— NaCl 的质量, g; V ——溶液体积, mL; 58.44—— NaCl 的摩尔质量, g/mol
硫代硫酸钠 $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0.1\text{mol}$	称取 $26\text{gNa}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 溶于 100mL 煮沸冷却后的水中, 将溶液保存于棕色磨石瓶中, 放置数日后, 过滤备用	1 称取基准 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0.15g(准确至 0.0002g), 置于碘量瓶中, 加 25mL 水溶解, 加 2g KI, 20mL 4mol/L H_2SO_4 , 待 KI 溶解后于暗处放置 10min, 加 150mL 水, 用配制的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定, 滴定至溶液呈淡黄色时, 加 1mL 1.0% 淀粉指示剂, 继续滴定至溶液由蓝色变为亮绿色, 同时做空白试验 2 取 20.00mL 0.1mol/L 碘标准溶液, 注入碘量瓶中, 加 150mL 水, 用配制的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定, 溶液呈淡黄色时, 加 1mL 1% 淀粉指示剂, 继续滴定至溶液蓝色消失。同时作空白试验: 取 150mL 水, 加 0.05mL 碘标准溶液, 1% 淀粉指示剂 1mL, 用配制的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定至溶液蓝色消失	$C_B = \frac{1000m}{(V_1 - V_2) \times 49.03}$ 式中: m —— $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的质量, g; V_1 —— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的体积, mL; V_2 ——空白试验时 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的体积, mL; 49.03—— $\frac{1}{6} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的摩尔质量, g/mol。 $C_B = \frac{C_{\text{BI}} \times (N - 0.05)}{V_1 - V_2}$ 式中: C_{BI} ——碘标准溶液浓度, mol/L; V ——碘标准溶液体积, mL; 0.05——空白试验加入的碘标准溶液体积, mL; V_1 —— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的体积, mL; V_2 ——空白试验时 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的体积, mL
锌 $C_{\text{Zn}} = 0.05\text{mol/L}$	称取基准 Zn 3.269g, 用 25mL 水、10mL 浓 HCl 溶解后, 稀释至 1L。		$C_B = \frac{m}{V \times 65.38}$ 式中: m ——Zn 的质量, g; V ——溶液体积, L; 65.38——Zn 的摩尔质量, g/mol

① 量取 80mL pH 为 8.5 的缓冲溶液, 加 2 滴 1% 酚酞指示剂, 摇匀。

2) 间接法

由于很多试剂不符合基准物的条件,如 NaOH 易吸收空气中的水和 CO₂,因此计算得的质量并不代表氢氧化钠的真正量,再如浓盐酸易挥发、组成不定等。因此这些试剂不能直接用于配制标准溶液。这时可先配制成一种近似于所需浓度的溶液,然后用基准物质(或用已知浓度的标准溶液)来确定它的准确浓度。这个过程称为标定。

2 标准溶液的标定

标准溶液的标定有两种方法:

1) 用基准物质标定

先配制一近似浓度的某溶液(例 NaOH),然后准确称取一定量的某基准试剂(例 H₂C₂O₄),溶解后用被标定的某溶液(例 NaOH)滴定至终点,根据所消耗被标定溶液(NaOH)的体积,和基准试剂(H₂C₂O₄)的质量,由下式求出被标定溶液(NaOH)的准确浓度:

$$C_B = \frac{m \cdot 1000}{M_B \cdot V}$$

式中 C_B ——被标定溶液(NaOH)的物质的量浓度, mol/L;

m ——称取基准试剂(H₂C₂O₄)的质量, g;

M_B ——基准试剂(H₂C₂O₄)的摩尔质量, g/mol;

V ——被标定溶液(NaOH)所消耗体积, mL。

2) 用已知准确浓度的标准溶液标定

某酸(如 HCl)标准溶液的准确浓度为已知,则可以用来标定待标溶液(如 NaOH)的准确浓度。计算公式如下:

$$C_B \cdot V_B = C_A \cdot V_A$$

式中 C_B ——被标定溶液(NaOH)的物质的量浓度, mol/L;

V_B ——被标定溶液(NaOH)的体积, mL;

C_A ——已知标准溶液(HCl)的物质的量浓度, mol/L;

V_A ——已知标准溶液(HCl)的体积, mL。

标定时应做三次平行测定,滴定结果的相对偏差不超过 0.2%,将三次测得数据取算术平均值作为被标定溶液(NaOH)标准溶液的物质的量浓度。

3 标准溶液的有效期

已标定的标准溶液,应根据其性质注意保存。如 AgNO₃、KMnO₄ 和 Na₂S₂O₃ 等遇光不稳定的溶液应贮于棕色瓶中,避光保存。NaOH 标准溶液应贮在塑料瓶中,并应有防止其吸收空气中二氧化碳和水的措施等。

标准溶液的有效期,应根据溶液的性质,存放条件,实际使用情况等做出具体规定。表 5-22 给出的有效期可供参考。

表 5-22 标准溶液有效期

溶液名称	浓度(C_B)/(mol/L)	有效期
各种酸溶液	各种浓度	3个月
氢氧化钠溶液	各种浓度	2个月
氢氧化钾-乙醇溶液	0.1, 0.5	1个月

续表

溶液名称	浓度(C_B)/(mol/L)	有效期
硫代硫酸钠溶液	0.05, 0.1	2个月
高锰酸钾溶液	0.05, 0.1	3个月
碘溶液	0.02, 0.1	1个月
重铬酸钾溶液	0.1	3个月
溴酸钾 - 溴化钾溶液	0.1	3个月
氢氧化钡溶液	0.05	1个月
硫酸亚铁溶液	1, 0.64	20天
硫酸亚铁溶液	0.1	用前标定
亚硝酸钠溶液	0.1, 0.25	2个月
硝酸银溶液	0.1	3个月
硫氰酸钾溶液	0.1	3个月
亚铁氰化钾溶液	各种浓度	1个月
锌盐溶液	0.025	2个月
EDTA 溶液	各种浓度	3个月
硝酸铅溶液	0.025	2个月