

小型化工工艺

● ● 李宗孝 原春兰 编



陕西科学技术出版社

小型化工工艺

李宗孝 原春兰 编



陕西科学技术出版社

小型化工工艺

李宗孝 原春兰 编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

新华书店经销 汉中地区印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.375印张 18万字

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数：1—5,000

ISBN 7-5369-1030-4 / TQ·2

定价：4.25元

内 容 提 要

本书共分四章。分别对化工生产过程的安全防护、分析方法、生产技术作了详尽介绍。并列举了33例中小型化工产品的生产和24例农副产品的加工技术。本书可供化工厂、农副产品加工厂、乡镇企业有关人员使用。也可作为科研人员及高等院校师生的参考读物。

目 录

第一章 化工生产的分析方法及生产技术	(1)
一、标准溶液的制备与标定.....	(1)
二、化验分析基本操作.....	(10)
三、工业生产技术.....	(15)
第二章 小型化工生产技术	(34)
一、碳铵制碱工艺.....	(34)
二、从天然碱中提取纯碱.....	(39)
三、碳酸氢钠生产.....	(42)
四、硝酸钠的生产.....	(46)
五、硫化化钠的制造.....	(50)
六、胆红素的提取法.....	(52)
七、磷酸三钠生产.....	(53)
八、重铬酸钠生产技术.....	(58)
九、硝酸钾的生产.....	(62)
十、黄血盐的制造.....	(64)
十一、赤血盐钾.....	(70)
十二、轻质碳酸钙的生产.....	(73)
十三、重质碳酸钙的生产.....	(75)
十四、利用二氧化锰法制取氢氧化钡.....	(76)
十五、硫化钡的生产.....	(80)
十六、氯化钡的简易生产法.....	(83)

十七、硫酸钡的生产方法	(89)
十八、硫酸镁生产	(92)
十九、制镁新法	(96)
二十、镁水泥的生产	(97)
二十一、利用氯化镁液制取氧化镁	(98)
二十二、联碱法生产硼砂	(102)
二十三、硼酸钠法生产硼酸	(105)
二十四、用废硫酸生产硫酸亚铁	(110)
二十五、从含银混合物中回收银	(112)
二十六、从废液中回收银	(117)
二十七、湿法生产氧化铋	(119)
二十八、人造大理石的生产	(123)
二十九、利用废机油制造再生油	(124)
三十、肥皂的制造	(125)
三十一、用煤灰制玻璃纤维	(126)
三十二、葡萄糖酸 δ -内酯生产技术	(127)
三十三、苛化法生产烧碱	(130)
第三章 农副产品的加工和利用	(134)
一、麦草辫漂白	(134)
二、五倍子有效成分的提取	(137)
三、糠醛的生产方法	(140)
四、从猪血水解液中提取多种氨基酸	(142)
五、从头发中提取胱氨酸	(146)
六、从黄连、黄柏、三棵针中提取黄连素	(149)
七、酒类澄清技术	(150)
八、葡萄酒废料生产右旋酒石酸及其盐类	(153)

九、水泥花阶砖的生产工艺	(160)
十、用玉米酶法生产饴糖	(163)
十一、甜啤酒的生产	(166)
十二、蔗糖的制取	(170)
十三、芦笋罐头生产	(171)
十四、水果罐头的加工技术	(173)
十五、糖水山楂罐头生产方法	(176)
十六、糖水苹果罐头的生产工艺	(177)
十七、西葫芦罐头	(178)
十八、几种果脯的制法	(181)
十九、山楂糕的生产方法	(185)
二十、山楂条的制法	(188)
二十一、果丹皮的制造	(188)
二十二、酸枣饮料生产工艺	(189)
二十三、红果酿酒技术	(191)
二十四、强化固体饮料的生产技术	(196)
第四章 化工生产及化学实验中的安全防护	(198)
一、使用化学药品的安全防护	(198)
二、使用电器的安全防护	(203)
三、使用高压容器的安全防护	(206)
附录一、常用试剂的配制	(212)
附录二、一些无机物水溶液的密度和百分浓度	(218)
附录三、不同温度下无机物在水中的溶解度	(226)
附录四、常见化合物的分子量及当量	(234)
附录五、常用化合物的俗名	(238)
附录六、酸碱滴定指示剂的应用	(245)

附录七、比重与波美度的关系·····	(246)
附录八、天平的类别、性能和应用范围·····	(250)
附录九、标准筛目·····	(251)
附录十、致冷剂及其达到的温度·····	(254)
附录十一、一些化学试剂的爆炸条件·····	(254)
附录十二、化学灼伤、创伤、中毒急救措施·····	(255)

第一章 化工生产的分析方法 及生产技术

分析检验在化工生产中起着重要作用。本章着重介绍实验室常用的标准溶液的配制，分析过程某些参量的计算，以及工业生产的有关技术。不涉及某个产品的具体分析。

一、标准溶液的制备和标定

溶液浓度的准确度达到化学实验中的一定有效数值要求的试剂，称为标准溶液。如定量工作中所用的滴定试剂，要求浓度准确到小数点后第四位。例如： $0.1224\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.2005\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.5003\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，再如，测定含磷实验的标准含磷试剂 $0.1\text{mg}/\text{ml}$ 。

配制标准溶液所用的化学试剂起码要三级以上的，最好用二级和一级的。尽管所用化学试剂纯度要求较高，但有些化学试剂不能在天平上称量，如液体的酸类和易吸水的碱类、盐类。这就需要配成近似浓度，再用基准物质进行标定。

1. 基准物质

用于标准溶液标定的化学试剂叫基准物质。如用于标定强酸性标准溶液的无水碳酸钠；用于标定强碱性溶液的草酸、邻苯二甲酸氢钾等。对基准物质的要求是：

(1) 易干燥（需 105°C 烘干），便于精确测量。

(2) 稳定, 不易吸水, 不被空气氧化。

(3) 纯度高, 不含其它杂质, 要求一级或二级。

(4) 使用时合乎化学反应要求 (便于计算), 其式量尽量大些 (称量少些)。

为了使用方便, 特将常用基准物归于下表:

常用基准物质的干燥条件及应用范围

基准物质	干燥后的组成	干燥条件 (°C)	标定对象
碳酸氢钠 NaHCO_3	Na_2CO_3	270~300	酸
无水碳酸钠 Na_2CO_3	Na_2CO_3	270~300	酸
硼酸 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	放在装有 NaCl 和蔗糖饱和溶液的干燥器中	酸
碳酸氢钾 KHCO_3	K_2CO_3	270~300	酸
二水合草酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	室温空气干燥	碱或 KMnO_4
邻苯二甲酸氢钾 $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$	$\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$	105~110	碱或 HClO_4
重铬酸钾 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	120	还原剂
溴酸钾 KBrO_3	KBrO_3	130	还原剂
碘酸钾 KIO_3	KIO_3	110	还原剂
铜 Cu	Cu	室温干燥器中保存	还原剂
三氧化二砷 As_2O_3	As_2O_3	105	氧化剂
碳酸钙 CaCO_3	CaCO_3	110	EDTA
锌 Zn	Zn	室温干燥器保存	EDTA
氧化锌 ZnO	ZnO	800	EDTA
氯化钠 NaCl	NaCl	270	AgNO_3

续表

基准物质	干燥后的组成	干燥条件 (°C)	标定对象
硝酸银 AgNO_3	AgNO_3	28(~290)	氯化物
草酸钠 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	110	KMnO_4
对氨基苯磺酸 $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_3\text{NS}$	$\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_3\text{NS}$	120	NaNO_2
苯甲酸 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	硫酸真空干燥器 中干燥至恒重	CH_3ONa

2. 标准溶液的配制方法

标准溶液的配制通常有两种方法，即直接配制法和间接配制法（又称标定法）。

(1) 直接配制法

准确称取一定量的基准物质，溶解后配成一定体积的溶液，根据基准物质质量和溶液体积，可计算出该标准溶液的准确浓度。例如，欲配制 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的碳酸钠 (Na_2CO_3) 标准溶液 1 升时，首先在分析天平上精确称取 Na_2CO_3 10.60 克，置于烧杯中，加适量水使其溶解后定量转移到 100 毫升的容量瓶中，然后再加水稀至刻度。如此配好的 Na_2CO_3 溶液，其浓度为：

$$\frac{10.60}{106.0} = 0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

许多化学试剂由于不纯和不易提纯，或在空气中不稳定（如易吸收水分）等原因，不能用直接法配制标准溶液。而须改用标定法。

(2) 标定法

有许多物质（如 HCl 、 NaOH 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 KMnO_4 等）

不能直接配成标准溶液，可先配成大致所需浓度的溶液。例如，欲配制 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸（HCl）标准溶液，先用浓盐酸稀释配成浓度大约是 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的稀溶液，然后称取一定量的基准物质，如硼砂或碳酸钠进行标定；或用准确浓度的氢氧化钠标准溶液进行标定，便可求得盐酸标准溶液的准确浓度。

3. 标准溶液浓度表示法

标准溶液浓度的表示方法，通常有以下两种。

（1）物质的量浓度①

物质的量浓度，是指单位体积溶液所含溶质B的物质的量②，以符号 C_B 表示，即

$$C_B = \frac{n_B}{V} \quad (1)$$

式中： V 表示溶液体积； n_B 为溶液中溶质B的物质的量， B 代表溶质的化学式。

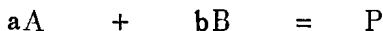
在国际单位制中， n_B 的SI单位是 mol ， V 的SI单位是 m^3 ，所以物质的量浓度（简称浓度） C_B 的SI单位是 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 。这个单位太小，使用不便，实用的是它的倍数单位 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 或 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1000\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

采用物质的量浓度及其法定计量单位 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ ， $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ， $\text{mmol}\cdot\text{ml}^{-1}$ 等后，过去使用的克分子浓度、体积摩尔浓度、当量浓度等概念及其单位都废除了。

①物质的量浓度，以往称“克分子浓度”，后又称“体积摩尔浓度（M）”。现根据《中华人民共和国法定计量单位》的规定，称为物质的量浓度，简称浓度。

②物质的量，过去称为摩尔数，现根据《中华人民共和国法定计量单位》的规定，称物质的量。

在滴定分析中，用标准溶液滴定被测物质溶液时，反应物之间是按化学计量关系相互作用的。例如对任一反应：



(滴定剂) (被滴物质) (生成物)

当达化学计量点时， $a\text{mol}A$ 恰好与 $b\text{mol}B$ 完全作用，也就是说，对于一定量进行的化学反应，化学方程式中各物质的系数比就是反应中各物质相互作用的物质的量之比，即

$$n_A : n_B = a : b$$

$$n_B = n_A \times \frac{b}{a}$$

结合(1)式而得到

$$n_B = C_A \times V_A \times \frac{b}{a} \quad (2)$$

或 $C_A V_A = C_B V_B \cdot \frac{a}{b}$

若还知道被滴定物质B的摩尔质量 M_B ，则可进一步求出B的质量。

$$m_B = C_A V_A M_B \frac{b}{a} \quad (3)$$

式中V的单位采用L， M_B 的单位采用 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时， m_B 的单位是g。通常滴定时，体积以ml为单位来计量，所以在代公式进行运算时要化为L，也就是乘以 10^{-3} 因数，此时(3)式写为：

$$m_B = C_A \times M_B \times \frac{b}{a} \times \frac{V_A}{1000} \quad (4)$$

如果(4)式中 $a/b = 1$ ，则该式又写为：

$$m_B = \frac{1}{1000} \times V_A \times C_A \times M_B \quad (5)$$

式(2)和(5)是滴定分析计算中最基本的运算公式之一,也是标准溶液配制中所遵循的理论工具。具体应用下面进行讨论。

(2) 滴定度

在实际工作中,特别是在生产部门,常用滴定度 T 表示标准溶液的浓度。所谓滴定度就是指每毫升溶液中所含溶质的质量。例如, $T_{\text{NaOH}} = 0.0400\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 。它表示每1毫升氢氧化钠溶液中含有 0.0400g NaOH 。有时也用 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ 表示。但在例行分析中,当常用一种标准溶液,测定同一种物质时,则滴定度又常指每毫升标准溶液相当于被测物质的质量

(用 g 或 mg 表示)。常以 T_{M_1/M_2} 表示。 M_1 是溶液中溶质的分子式, M_2 是被测物质的分子式。例如,每毫升硫酸标准溶液,恰能与 0.0400g NaOH 反应,则此硫酸溶液的滴定度是 $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}} = 0.0400\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 。这样表示的优点是:只要将滴定中所用去的标准溶液的体积乘以滴定度,就可以直接算出被测物质的含量。如用 $T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}} = 0.400\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 的硫酸标准液滴定氢氧化钠溶液,设滴定时用去 22.00ml ,则此试样中氢氧化钠的质量为 $V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times T_{\text{H}_2\text{SO}_4/\text{NaOH}} = 22.00\text{g}\cdot\text{ml}^{-1} \times 0.0400\text{g}\cdot\text{ml}^{-1} = 0.8800\text{g}$ 。

既然滴定度是指每毫升标准溶液中所含溶质的质量,所以, $T_B \times 1000$ 为 1L 标准溶液中所含某溶质的质量,此值再除以某溶质(B)的“摩尔质量(M_B)”,即得物质的量浓度。即

$$\frac{T_B \times 1000}{M_B} = C_B$$

$$\text{或} \quad T_B = \frac{C_B \times M_B}{1000} \quad (6)$$

这种浓度表示方法，对于工厂来讲，由于经常分析同一种样品，所以省去了很多计算，很快就可以得出分析结果，使用起来非常方便。

4. 溶液浓度计算

关于标准溶液的计算涉及下面一些问题，配制准确浓度、准确体积的溶液，需称取标准物质多少；配制大致所需浓度，一定体积的溶液，需称取标准物质多少；经标准物质标定后，标准溶液的浓度与滴定度的换算等，现举例说明。

例 1. 欲配制 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 标准溶液 150.0 mL，应称取 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 多少克？

解 已知 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的摩尔质量 (M) 为 $294.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，按 (4) 式得：

$$\begin{aligned} m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} &= C_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \\ &= 0.1000 \times 0.1500 \times 294.2 \\ &= 4.413 (\text{g}) \end{aligned}$$

例 2. 现有 $4800 \text{ mL } 0.0982 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液，欲使其浓度增浓为 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，问应加入 $0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液多少毫升？

解 设应加入 $V \text{ mL } 0.5000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液。

根据溶液增浓前后，物质的量相等的原理，则

$$\begin{aligned} 0.0982 \times 4800 + 0.5000 \times V &= (4800 + V) \times 0.1000 \\ V &= \frac{(0.1000 - 0.0982) \times 4800}{0.5000 - 0.1000} \\ &= 21.60 (\text{mL}) \end{aligned}$$

例3. 现有 $0.1024\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$ 溶液4800ml, 欲使其浓度稀释为 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 应加水多少毫升?

解: 设应加入Vml水。

根据溶液稀释前后, 物质质量相等的原理, 则

$$0.1024 \times 4800 = (4800 + V) \times 0.1000$$

$$V = \frac{(0.1024 - 0.1000) \times 4800}{0.1000} = 115.2(\text{ml})$$

例4 称取邻苯二甲酸氢钾 (KHP) 基准物质0.5125g, 标定NaOH溶液时, 用去此溶液25.00ml, 求NaOH溶液的浓度。

解 已知 $m_{\text{KHP}} = 0.5125\text{g}$, $V = 25.00\text{ml}$, $M_{\text{KHP}} = 204.22\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。设NaOH溶液的浓度为 C_{NaOH}

当用KHP标定NaOH溶液, 达到化学计量点时, KHP的物质的量和NaOH的物质的量相等, 即

$$25.00 \times \frac{1}{1000} \times C_{\text{NaOH}} = \frac{0.5125}{204.22}$$

$$C_{\text{NaOH}} = \frac{0.5125 \times 1000}{204.22 \times 25.00} \\ = 0.1004\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

例5 将0.8206g邻苯二甲酸氢钾 (KHP)溶于适量水后用 $0.2000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$ 标准溶液滴定, 问大约要消耗NaOH标准溶液多少毫升?

解 已知 $m = 0.8206\text{g}$, $C_{\text{NaOH}} = 0.2000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

因
$$C_{\text{NaOH}} \times \frac{V}{1000} = \frac{m_{\text{KHP}}}{M_{\text{KHP}}}$$

故
$$V = \frac{0.8206 \times 1000}{0.2000 \times 204.22}$$

$$= 20.09 \text{ (ml)}$$

例6 设HCl标准溶液浓度为 $0.1919 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，试计算此标准溶液的滴定度(T_{HCl})为多少?

解 因为 $M_{\text{HCl}} = 36.46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{故 } T_{\text{HCl}} &= (0.1919 \times 36.46) / 1000 \\ &= 0.006997 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1} \end{aligned}$$

例7 若 $T_{\text{HCl}} / \text{NaOH} = 0.004000 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ，试计算此标准溶液的浓度。

解 $T_{\text{HCl}} / \text{NaOH} = 0.004000 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 。即每毫升盐酸标准溶液能完全中和 0.004000 g 的NaOH。

也即 $1 \text{ ml HCl} \sim 0.004000 \text{ g NaOH}$

又知 $M_{\text{NaOH}} = 40.00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

根据(6)式得：

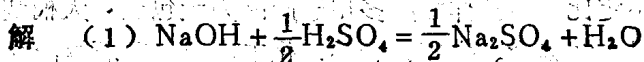
$$T_{\text{HCl}} / \text{NaOH} = \frac{C_{\text{NaOH}}^{-1} \times 40.00}{1000}$$

$$0.004000 = \frac{C_{\text{NaOH}} \times 40.00}{1000}$$

$$C_{\text{NaOH}} = \frac{0.004000 \times 1000}{40.00}$$

$$= 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

例8 中和 $20.00 \text{ ml } 0.1890 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH溶液，用去硫酸溶液 18.90 ml ，计算：(1) 硫酸溶液浓度；(2) 25.00 ml 这种硫酸溶液中 H_2SO_4 的质量。



根据等物质的量原则，