



溶液浓度计算和配制

江苏人民出版社

溶液浓度计算和配制

楼书聪 黄炳荣

江苏人民出版社

1975·12

溶液浓度计算和配制

楼书聪 黄炳荣

江苏人民出版社出版
江苏省新华书店发行
盐城地区印刷厂印刷

1976年2月第1版

1976年2月第1次印刷

书号: K7100·018 定价: 0.32元

前 言

在工农业生产和科学实验中，溶液的应用非常广泛，我们经常需要配制各种不同的溶液。毛主席教导说：“**大家明白，不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。**”配制溶液也是如此。要能正确地配制溶液，必须熟练地掌握溶液浓度的计算方法和配制溶液的基本技能，否则就不能制备准确浓度的溶液，甚至会发生不幸事故。

本书对溶液浓度的表示和计算方法（包括一些简捷的计算方法）作了通俗系统的叙述；对配制溶液的基本知识和操作经验作了较详细的介绍；另外，还列举了一些常用试剂的配制方法。它适合于化验室、实验室工作人员，化工、制药等行业的工人和技术人员，农业技术人员和学校师生阅读参考。

本书曾请南京大学化学系分析化学教研室、高分子专业测试室以及南京化工学院基础课部分析化学教研组审阅，顾庆超同志帮助进行了修改，在此谨致谢意。

编 者

一九七五年九月

目 录

第一节	溶液的概念	(1)
第二节	表示溶液浓度的方法及其计算	(5)
一、	有效数字运算规则	(5)
二、	表示溶液浓度的方法及其计算	(8)
	(一) 比重法	(8)
	(二) 体积比	(10)
	(三) 百分浓度	(10)
	(四) ppm和 ppb	(21)
	(五) 克分子浓度	(22)
	(六) 当量浓度	(27)
	(七) 滴定度	(37)
	(八) 几种浓度的换算	(39)
	(九) 溶液浓度的新的表示方法	(44)
第三节	配制溶液的常用仪器及其使用方法	(47)
一、	误差、准确度和精密度	(47)
	(一) 误差	(47)
	(二) 准确度和精密度	(49)
二、	配制溶液的常用仪器及其使用方法	(51)
	(一) 烧杯	(52)
	(二) 烧瓶	(52)
	(三) 玻棒	(53)
	(四) 试剂瓶	(54)

	(五) 量筒	(55)
	(六) 浮计	(56)
	(七) 容量瓶	(59)
	(八) 吸移管	(62)
	(九) 滴定管	(65)
	(十) 天平	(70)
	(十一) 容量仪器的校准	(77)
第四节	玻璃仪器的洗涤	(88)
第五节	溶液的配制	(93)
	一、溶液的配制方法	(93)
	(一) 近似浓度溶液的制备 (粗配)	(94)
	(二) 标准溶液的制备 (精配)	(97)
	二、一些常用试剂的配制	(117)
	(一) 常用的实验室试剂	(117)
	(二) 特殊溶液和试剂	(125)
第六节	配制溶液须知	(139)
	一、一般常识	(139)
	二、安全常识	(148)
附 表		(155)
	一、国际原子量表	(155)
	二、一些常用单位的符号和换算	(157)
	三、浓酸、氢氧化铵的近似比重、克分子浓度 和当量浓度	(158)
	四、酸、碱溶液的比重与百分浓度对照表	(159)
	五、波美度与比重对照表	(164)
	六、基准物质及其干燥温度	(166)

第一节 溶液的概念

由两种或两种以上的物质所组成的均匀混和物，我们称它为溶液。例如，把一些纯净的食盐放在水里，使它全部溶解，得到一种透明均匀的液体，这便是食盐的水溶液。

在溶液中被溶解的物质称为溶质，溶解溶质的物质称为溶剂（或称溶媒）。在食盐水溶液中，食盐就是溶质，水就是溶剂。溶质和溶剂的区别不是绝对的。通常当气体或固体溶解在液体中时，不管彼此的相对含量如何，总是把液体当作溶剂，而把被溶解的气体或固体当作溶质。当液体溶解在液体中时，习惯上则把含量较多的成分叫做溶剂，少的叫做溶质，例如当少量酒精溶解在多量的水中时，则水为溶剂，酒精为溶质；反之，若将少量的水溶解在多量的酒精中，则酒精为溶剂，水为溶质。

水能溶解很多物质，是最常用的溶剂，通常所说的溶液就是指水溶液。除水之外，酒精等也常用作溶剂，得到相应的溶液。

在一定温度下，溶剂中所溶解的溶质达到饱和时的溶液叫做饱和溶液。在饱和溶液中溶质的量达到了最大值，因此配制饱和溶液时，常常把溶质溶解到不再溶解，并且保持过量的固体溶质。溶质的量未达到对应的饱和状态的溶液叫做不饱和溶液。在不饱和溶液中，溶质还能继续溶解。溶质的量超过对应的饱和状态的溶液叫做过饱和溶液。在过饱和溶

液中，如果投入一小颗溶质的晶体，或用力振荡，或用玻棒摩擦容器的内壁，都可以使过量的溶质结晶出来。结晶析出后的溶液就是饱和溶液。硫酸钠、醋酸钠、硼砂、硫代硫酸钠等都容易生成过饱和溶液。过饱和溶液通常是将在较高温度时制备的饱和溶液缓慢地冷却而得到的。

不同的溶质，在溶剂中的溶解能力是不同的。通常用溶解度来表示物质溶解能力的大小。在一定温度下，某物质在100克溶剂里达到饱和时所能溶解的克数，叫做该物质在这种溶剂里的溶解度。大多数物质的溶解度都随温度升高而增加；但也有少数物质因温度升高而降低，如石膏、熟石灰；有的则受温度的影响很小，如食盐。各种物质的溶解度可以从化学手册查到。

同一种溶质在不同溶剂里的溶解度是不同的，例如酚酞在酒精中的溶解度比在水中的溶解度大。这是在配制溶液时选用不同溶剂的原因之一。

不同溶质的溶解度往往相差很大。例如在 20°C 时，硝酸钾在水中的溶解度为31.6克，而氢氧化钙却只有0.12克。因此，某物质的饱和溶液并不一定是浓溶液，而不饱和溶液并不一定就是稀溶液。例如氢氧化钙的饱和溶液，因为氢氧化钙的溶解度很小，尽管是饱和溶液，但却是稀溶液；在 20°C 时，100克水中溶有硝酸钾20克，尽管是不饱和溶液，但却是一种浓溶液。

溶质在溶剂中溶解时，往往有热量和体积的变化，这些因素在配制溶液时关系到安全性和准确性。毛主席教导我们：“理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识”。因此必须对它们有比较深入的了解。

（一）溶解时的热效应

溶质溶解时，溶质分子要克服相互间的引力，扩散到整个溶剂中去，这个过程要吸收热量，是一种物理过程；另一方面，有些溶质还可以与溶剂生成溶剂化物（若溶剂是水，即生成水化物），并放出热量，这是一个化学过程。因此溶质在溶解时同时产生两个相反的过程：吸热与放热。如果吸收的热量多于放出的热量（此时溶质分子往往不能与溶剂分子生成稳固的溶剂化物），则溶液的温度就降低，例如把硝酸铵（ NH_4NO_3 ）溶解在水中，溶液的温度会下降；与此相反，如果放出的热量多于吸收的热量（此时溶质分子往往与溶剂分子形成稳定的溶剂化物），则溶解时溶液的温度就升高，例如把浓硫酸溶解在水中，可以使溶液的温度升高很多。

从这里，我们对溶液也有了进一步的了解：它是由溶质、溶剂以及溶质和溶剂所形成的溶剂化物所组成的均匀混合物。

（二）溶解时的体积变化

当溶质A溶于溶剂B时，溶液中就有A、B两种分子，它们之间必然会互相吸引。如果A分子与B分子之间的引力小于B分子与B分子之间的引力，则分子之间的引力将因A分子的加入而减小，于是体积增大；如果A分子对B分子的引力大于B分子与B分子之间的引力（或生成溶剂化物），则由于A分子的加入而引起分子之间引力的增加，其结果是体积缩小。

显而易见，两种不同物质 A、B 互相混和时，A 分子与 B 分子之间的引力一般不可能与 B 自身分子之间的引力或 A 自身分子之间的引力正好相等，因此，往往有体积的变化，即体积不可能是两种物质未混和之前的体积之和。例如 52 毫升的酒精和 48 毫升的水相混和，所得到的稀酒精并不是 100 毫升，而是 96.3 毫升，即体积缩小了。

事实上，溶质溶解时产生的热效应和体积的变化是有联系的。一般地说，溶质溶解时有热量放出的，体积缩小（指溶液的体积与混和前溶质溶剂体积之和相比较而言）；吸收热量的，体积增大；热效应不显著的，体积几乎不变。这是为什么呢？大家知道，当分子与分子之间因吸引而靠近时，就有热量放出；分子与分子要克服引力而离开时，就要吸收热量。因此如果溶质与溶剂分子之间的吸引很强烈（或发生某种化学结合而生成溶剂化物），则放出的热量就多于吸收的热量，溶液的温度就升高，体积就缩小；如果溶质分子与溶剂分子之间的引力小于溶质和溶质或溶剂和溶剂之间的引力，则吸收的热量就多于放出的热量，溶液的温度就降低，体积也就变大；如果溶质分子与溶剂分子之间的引力与溶质和溶质或溶剂和溶剂之间的引力差不多，则混和后温度和体积也就几乎不改变。

在配制溶液时，特别是对准确度要求较高的溶液，决不能忽视这些体积的变化，不然就不能获得严格符合所需浓度的溶液。

第二节 表示溶液浓度的方法 及其计算

一、有效数字运算规则

为使读者能准确地表示溶液的浓度和正确地进行有关的计算，我们先介绍一下化学计算中有效数字及其运算规则。

在科学实验中，常常要用数来表示测量结果。用来表示测量结果的这一类数的末一位，往往是估计得来的，因此具有一定的误差或不确定性。例如，从滴定管上读取准确值为23.48毫升的溶液体积数时，因为滴定管刻度只刻到十分之一毫升，百分位上必然为估计值，所以，有人可能读为23.47毫升，也有人可能读为23.49毫升，而在绝大多数情况下，所得读数介于23.47毫升与23.49毫升之间。因此，在末一位上，上下可能有一个单位的出入。也就是说，末一位数字可认为是不太准确的或可疑的，而其前边各数字所代表的数量，则均为准确可靠的。通常测量时，一般均可估计到最小刻度的十分位，所以在记载一个数量时，只应保留一位不太准确的数字，其余数字均为准确知道的数字。如此记下的数字，除用来表示小数点位置的零以外，均为有效数字。

在一个数中，0可能有两种用途：它可以用作有效数

字，也可以用来定位。例如0.3070这个数目中，小数点后边两个0，都是有效数字，但小数点前的0就不是有效数字，它仅表明此数小于1。

关于有效数字的意义，我们可以这样地重述一下：一个有效数字是一个数中的任一数字，它是用来表示数的大小的，而非用来指示小数点位置的。所以在有效数字中，即使末尾是“0”也不能任意删去或加上。例如滴定〔注1〕时，用去标准溶液〔注2〕34.00毫升，即表示体积要准确测量至0.01毫升，这跟粗略地讲34毫升意义大不一样。

有效数字的运算规则如下：

(1) 记录数据时，只保留一位可疑数字，其后数字按四舍五入处理。

(2) 有效数字作加减运算时，各数值小数点后所取位数应与其中最少者相同，并且应在运算前就将应舍去的数字舍去。运算结果所取小数点后的位数，亦与各数中小数点后位数最少者相同。例如， $0.4121 + 26.14 + 1.05743$ 应先改写为 $0.41 + 26.14 + 1.06$ 后再运算。这是因为，在相加的三个数中，26.14这个数中小数点后第二位的4已是一个不太准确的或可疑的数字，尽管0.4121中直到小数点后第三位以及1.05743中直到小数点后第四位都是准确数字，但运算结果（三个数之和）小数点后第二位数字仍然是可疑的数字。因此，上述三数之和应为27.61，而不是27.60953。

(3) 有效数字作乘除运算时，其积或商的有效数字保

〔注1〕将标准溶液由滴定管中逐步滴加到被测物质的溶液中，这种操作手续叫滴定。

〔注2〕见第五节。

留的位数，应与各数中有效数字位数最少的相同。

例如：0.123（三位有效数字）和20.73（四位有效数字）两数之乘积应为：

$$0.123 \times 20.73 = 2.55$$

而不能写作： $0.123 \times 20.73 = 2.54979$

这是因为，0.123中最后一位3是不太准确的，同样20.73中最后一位3也是不太准确的，将这样的两个数相乘：

$$\begin{array}{r} 20.73 \\ \times 0.123 \\ \hline 6219 \\ 4146 \\ 2073 \\ \hline 2.54979 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(下面有一短横的数} \\ \text{字是不太准确的)} \end{array}$$

显然，所得乘积的小数点后第二位已是可疑数字，因此保留小数点第二位以后的数字已毫无意义，即乘积应写为2.55。

又如：3.142（四位有效数字）除1.4（二位有效数字）之商应为：

$$1.4 \div 3.142 = 0.45 \text{（二位有效数字）}$$

而不能写作： $1.4 \div 3.142 = 0.4455$

在乘除法中，如果三位有效数字已经足够，可用计算尺来计算；如果需要四位有效数字，可用四位对数表来进行计算，这样可以节省很多计算时间。

（4）在对数计算中，所取对数位数应与真数有效数字位数相等。

(5) 计算平均值时, 若为四个或四个以上数相平均, 则平均值的有效数字位数可增加一位。

(6) 若某一数值首位大于 8, 则有效数字位数可多算一位。例如 9.12, 可看成具有四位有效数字。

(7) 若一次运算的结果尚需代入其他公式进行第二次或第三次运算时, 则各中间计算结果可多取一位有效数字, 以免误差叠加 (关于误差的知识在第三节中介绍), 但最后的计算结果仍要用“四舍五入”规则保持应有的有效数字位数。

二、表示溶液浓度的方法及其计算

在实际工作中, 关于某种溶液里究竟含有多少溶质, 有时是大约的, 如生产、定性分析与实验室制备用溶液; 有时则必须高度精确, 如定量分析的标准溶液。溶液的浓度就是指一定量的 (一定重量或一定体积) 溶液中所含溶质的数量。表示溶液浓度的方法很多, 一般有下列几种:

(一) 比重法

比重就是某物质一定体积的重量与 4°C 时同体积水的重量相比较的一个比值, 普通用符号 “ d ” 表示, 并在 d 的左上角标以测定该物质比重时的温度, 右下角标以与之比较的水的温度, 例如某液体在 20°C 时的比重就用 “ $d_{\frac{20^{\circ}}{4^{\circ}}\text{C}}$ ” 表示。一定浓度的溶液, 在某一温度时, 比重是一个定值。因此溶液的比重可以用来表示它的浓度。

通常可以把比重看作是每毫升溶液的重量(克)〔注〕。例如比重1.19的浓盐酸1毫升重1.19克。

比重法是工农业生产上常用的表示浓度的方法,其优点是简单方便。有些试剂,如酸、氨水等,在出厂时它们的浓度也常用比重来表示,在分析化学中有时也采用这种方法。

已知某溶液之比重,就可以从化学手册中查出它的重量百分浓度。本书附表列有几种常见酸、碱溶液的比重与百分浓度的换算表。如在15°C时,比重1.84的硫酸溶液,其中纯硫酸的含量是96%。有趣的是盐酸的粗略百分浓度很容易从它的比重估计出来,只要把比重的小数部分乘以2。例如比重1.19的盐酸,其百分浓度近似等于 $0.19 \times 2 = 38\%$ 。反过来,若知道了盐酸的百分浓度,也可以同样粗略地估计出它的比重来。

温度不同,溶液的比重也不同。例如硫酸的比重随温度变化的情况,如表1所示。

表1. 在不同温度时,硫酸比重的变化

比 重 % 温 度(°C)	5	20	40	60	80	90	95	97
15	1.033	1.142	1.307	1.502	1.732	1.820	1.837	1.841
25	1.030	1.137	1.299	1.494	1.722	1.809	1.829	1.831

因此当我们用比重来确定溶液的百分浓度时,应该考虑

〔注〕比重应该是指物质单位体积(立方厘米)的重量(克)。但是在化学上液体体积多用毫升(或升)表示,而且1毫升=1.000028立方厘米,所以比重也可以看成是每毫升的重量(克)。

当时的温度（一般的手册上都有温度的校正值）。如果我们只要求知道溶液的近似浓度，在大多数情况下，就可以不必考虑温度的校正值。

在生产上，还使用波美度来表示溶液的比重。有关波美度的知识将在第三节中介绍。

（二）体积比

在化学实验室中，无机酸及氢氧化铵等的浓度，也有用体积比来表示的。前面的数字代表浓试剂的体积数，后面的数字代表水的体积数。例如， H_2SO_4 （1：4）表示此种硫酸是将1体积的浓硫酸（比重1.84）与4体积水混和而成的。这种方法是直接而方便的，但是在需要进行计算的实验中，就很少采用。不过在必要时能够将它换算成任何其他浓度，后面有这样的计算（见例20）。

（三）百分浓度

是以溶质与溶液数量的百分比来表示溶液的浓度的。百分浓度可分为下列三种：

①重量对重量的百分浓度

又称重量百分浓度，是以100克溶液中所含溶质的克数来表示的。例如，10%食盐溶液就是每100克食盐溶液中含有食盐10克，水90克。当然10%食盐溶液，溶液的量不一定要100克，它不过是表示出这种溶液中食盐占溶液（溶质+溶剂）总重量的10%，水占90%；或食盐与水的相对重量为1：9，因此所用的单位也不一定是克，用斤、公斤等等都一样可以。

重量百分浓度多用在生产上、商业上，在实验室中也常用到。化工厂、试剂厂出产的各种溶液，大都采用这种浓度。它的优点是简便。下面用例子来说明有关的计算。在计算时我们必须牢记，重量百分浓度是100份溶液中所含溶质的份数，而不是100份溶剂中所含溶质的份数。

例 1 今将 5 克食盐溶于 45 克水中，求溶液的重量百分浓度。

〔解〕此溶液的重量 = $5 + 45 = 50$ (克)

即 50 克溶液中含有溶质 5 克，故溶液的百分浓度为：

$$\frac{5}{50} \times 100\% = 10\%$$

即：百分浓度 = $\frac{\text{溶质重量}}{\text{溶液重量}} \times 100\%$

这里要特别注意一个习惯上的写法，即如果等号前是求某溶液的百分浓度(%)，等号后就不要写“ $\times 100\%$ ”，只要写“ $\times 100$ ”就可以了。这是约定俗成的。本书以下公式，一概按此书写。例如上列公式就应该写成：

$$\text{百分浓度} = \frac{\text{溶质重量}}{\text{溶液重量}} \times 100 \cdots \cdots (\text{公式1})$$

如果溶质中含有结晶水、混和水或杂质，则需根据它们的分子式或百分含量进行折算。

例 2 防治马铃薯晚疫病用的硫酸铜溶液浓度是 0.2%，今欲配此溶液 500 公斤，问需结晶硫酸铜 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 和水各多少？

〔解〕配制 0.2% 硫酸铜溶液 500 公斤需用硫酸铜 (无水硫酸铜) 的量为：

$$500 \times 0.2\% = 1 \text{ (公斤)}$$