

化学计算方法

陈道章 编

福建人民教育出版社

內 容 提 要

本书按现行高中化学課本的順序，精选了若干比較典型而又有实际意义的化学計算題作为范例，并根据題目的內容、性质及其难易程度，分別作了必要的分析。其中对于一些比較复杂的題目，在其整个解题过程中有关审题、解题步驟以及怎样灵活运用各种解题方法花费最少的时间精力而能获得准确的答案等方面，分析得尤其詳尽。

为了帮助讀者能更好地把化学基础知识与实际問題密切联系起来，本书在各章节的开头，还对这一部分的主要內容、基本概念以及解题要点等，作了簡要的綜述。并在各章节之后，附有一定数量的練習題，可供讀者在学完这一章內容之后，作进一步复习巩固之用。全书最后还附有总練習題。練習題一律附有答案，可資核对。

本书主要是供給高中各年級学生作为配合正課学习的課外輔助讀物，也可供一般入进行自学之用。

化 学 計 算 方 法

陈 道 章 編

福建人民教育出版社出版(福州城守前)
福建新华印刷厂印刷

福建省书刊出版业营业許可証出 002 号
福建省新华书店发行

*

开本787×1092耗1/32 印張5 11/16 字数127(千)

1963年5月第1版 1963年5月第1次印刷 印数1—17,150册

統一书号：7159·319 定价：(5)0.37元

前 言

本书系以現行高中化学課本的全部内容为基础，精选了若干比較典型而又具有实际意义的化学計算題作为范例，并根据每个題目的內容、性质及其难易程度进行必要的分析。但为了使读者在学习时能更好地与課本配合起来，因此本书的編写順序基本上与現行的化学課本一致。

我們知道，化学是一門非常精确的科学，在化学理論学习和化学生产实践中，都会碰到各种精确度要求很高的計算問題，一般初学者对于这种計算常常感到困惑。本书试图从几个主要方面帮助读者解除上述困惑。

初等化学計算通常只要根据分子式、化学方程式，应用算术或代数运算工具就可以解决，一般并不怎样艰深。但因为化学研究的是物质的各种錯綜复杂的变化，例如同样的反应物在不同的条件下，会有各种各样不同的生成物，而这一切又恰恰是所有化学計算的基本根据。因此，初学者首先碰到的一个困难，就是怎样分析題目的已知和未知条件，根据題意列出一个完整的、能够正确反映化学变化过程的化学方程式，作为計算的出发点。其次，不同的化学問題，其所反映的化学过程，性质以及問題的难易程度也都不一样，在解題过程中，应该怎样运用学过的化学知識和选定某种最簡便的方法，才能使問題迎刃而解，这也是一般初学者感到困难的。此外，还有各种各样的問題，如运算的技巧、单位的选择、思考的途径等等，对于某些读者說来，也可能会成为一种困难，但我认为主要的問題，还是前面两个。因此，本书在“化学方程式”这一部分花了比較大的力量，对于化学方程式的意义，化学反应、化学反

应能够进行到底的条件以及配平化学方程式的各种方法詳加介紹，希望能帮助讀者在錯綜复杂的化学变化中找出它的規律性，解除他們在化学計算中所碰到的第一道难关。其次，本书在每一章的开始，都对本章計算題所应具备的基本知識作簡要的綜述；在挑选例題方面，特別注意其典型意义；結合解題过程，根据題目的性质，对已知和未知条件进行必要的分析；尽可能做到一題多解，使讀者能够对各种解法的优缺点有所比較、选择。对于一些比較难的同时又是初学者容易搞錯的題目，特不厌其煩地从正面、反面逐步詳加剖析，冀能化难为易，有助于讀者迅速掌握解題要点，从而提高解題能力；所提供的錯誤解法，正可借作前車之鉴，在以后碰到类似題目时，就不至再次誤入歧途。总之，希望能通过所举的例題，起一定的示范作用，使讀者从中得到启发，举一反三，初步掌握解題要点，解除他們在审題和选定解題方法等方面所存在的困难。

應該說，这些困难是否能够得到彻底解决，最根本的还在于同學們在学习“化学”这一門功課时，是否能够扎扎实实、勤勤懇懇地把所有化学基础知識学好。这些重責，絕不是本书所能負担得了的。所以任何忽視化学基础知識的学习，而企图单从改进計算方法着手就能迅速提高解題能力的想法和做法，都是舍本求末，将会徒劳无功的。当然，在牢固掌握化学基础知識的前提下，适当讲求計算方法，探討解題要点，在一定程度上，也可以收到事半功倍之效！

下面准备談談解題过程中的一些具体步驟、思考方法以及应注意的事項。

(一) 审題 审題的任务，就是弄清題目所提出的中心問題是什么？它服从什么定律？有哪些已知条件与未知条件？这是解决任何一种习题都必须经历的一个重要环节。 审題的主要

方法是認真閱讀題目，仔細思考。古人云：“讀書百遍，其義自見。”這確是經驗之談。讀者可能都有過這樣的體會，即當我們剛拿到一道較難的題目時，開始總是覺得一點頭緒也沒有，簡直無從下手，但經過一番冷靜的思考，並把題目所提出的問題和以前學過的有關知識聯繫起來，再仔細閱讀題目，就會慢慢地覺得有一點眉目了。一般說來，通過反復的閱讀、思考、再閱讀、再思考，題意就會“雲開日現”，各種解題的方法也就會接踵而來。有時為了使題意能更加明顯清晰，還可以把題目圖解，並盡量利用有關實物，或作些簡單的實驗。總之，必須想盡辦法來更好地理解題意，掌握題目的全部內容。

(二) 作出解題計劃 在透徹理解題目之後，就必須進一步尋求解題方法。但是，同一道題目，可能有各種各樣的解題方法，從解題的推理過程來說，有綜合法、分析法或綜合分析法，從解題所用的數學工具來說，有算術法、代數法……，而且不同的解題方法，其思考途徑也就隨着不同。因此必須靈活掌握各種解題方法，才能根據題目的具體情況，選定其中最簡捷的一種，花費最少的精力求得準確的結果。當然，這絕不是一朝一夕之功，而是必須通過長期辛勤的勞動，多思考，多解題，才能比較好地掌握化學計算方法，真正做到融會貫通，應付自如的境地。

最後，詳細考慮各方面的聯繫，訂出解題的具體步驟。

(三) 解題與驗算 根據审题與解題計劃中所提出的問題，選定的解題方法，寫出本題的具體算式。絕大部分的化學計算題，都是從列出參加化學變化的所有反應物及生成物的分子式以及反映這種變化的化學方程式開始；然後根據分子式或化學方程式列出算術比例式或代數方程式，逐步進行運算，求得最後的結果。在運算過程中，有時還把各個公式化成一個總公

式，再代入数值进行计算。这样可能会使计算工作简化一些，但也不是在任何情况下都适用。

在具体计算中，往往会因为粗枝大叶、单位不统一、层次颠倒等原因而导致计算上的错误。所以在初步得出结果之后，应尽可能检查演算过程中的每一个环节，或通过验算，以验证答案是否正确。这一环节千万不可忽视。

(四) 讨论、分析 在已经灵活掌握多种解题方法的基础上，应该进一步学会对整个解题过程进行讨论、分析，以发挥创造性和尽可能提高自己的独立工作能力。讨论分析的工作，可以从多方面着手。首先，可以判断答案是否合理，有无脱离实际；其次，可以研究习题是否还有更加简捷的解法；也可以分析本题所得结果是否具有更加普遍的意义，能否进一步总结出更为普遍适用的方法或原则；或者根据习题拟出与实际生活有关的类似题目。

最后，应该强调的是：化学计算题一般说来都是实践的产物，并不是虚构的“空中楼阁”；但它也还只能是从实践中抽象出来的，不可能完全符合实际情况，因为有很多实际过程已经被大大地简化了。所以绝不能认为能够算好化学计算题，就已经完全掌握了解决实际化学问题的能力，算好化学计算题，只是化学理论知识联系实践的初步训练，更重要的还是把这些知识真正地应用于实践，在实践中受到考验、提高。

此外，有一些内容，如当量浓度、化学反应速度和化学平衡，现行高中化学课本中没有谈到或谈的不多。但考虑到这部分内容，在实际工作中具有相当重要的意义，所以仍花一定的篇幅对它们作简要的介绍，一般读者可以根据自己的具体情况选择参考。

目 录

第一章 分子式	(1)
第一节 化合价的求法与运用	(2)
第二节 原子量 分子量 克原子 克分子	(5)
第三节 根据分子式求物质的組成	(8)
第四节 根据物质的組成求其分子式	(11)
第五节 由分子式求其他有关数量	(14)
习题一	(15)
第二章 化学方程式的平衡	(18)
习题二	(28)
第三章 化学方程式的应用	(29)
第一节 质量求法	(31)
第二节 体积求法	(35)
第三节 反应物用量的剩余与不足	(37)
第四节 含有杂质的計算	(40)
第五节 綜合題	(42)
习题三	(46)
第四章 溶液	(49)
第一节 溶解度	(49)
第二节 溶液的浓度	(53)
习题四	(68)
第五章 化学定律及化学基本理論	(72)
第一节 定比定律 倍比定律	(72)
第二节 化学反应速度和化学平衡	(74)

第三节	元素周期律和原子结构	(78)
第四节	电离学說	(81)
	习题五	(88)
第六章	元素及其化合物	(91)
第一节	卤族	(91)
	习题六	(93)
第二节	氧族	(94)
	习题七	(95)
第三节	氮族	(96)
	习题八	(100)
第四节	碳族	(101)
	习题九	(103)
第五节	金属总論	(104)
	习题十	(108)
第六节	碱金属	(109)
	习题十一	(111)
第七节	碱土金属	(112)
	习题十二	(114)
第八节	硼族	(115)
	习题十三	(117)
第九节	钢铁	(118)
	习题十四	(121)
第七章	气体定律在化学上的应用	(122)
第一节	盖·吕薩克气体反应定律	(122)
第二节	气体密度的求法	(124)
第三节	气体分子式的求法	(127)
第四节	理想气体定律	(130)
	习题十五	(133)

第八章 有机化学..... (135)

习题十六..... (140)

总习题..... (142)

附录:

答案..... (156)

表1 度量衡及温度单位换算表

表2 国际原子量表 (1961年)

表3 常见元素的简化原子量及常见化合价表

表4 重要原子团表

表5 金属元素活动性顺序表

表6 几种常见物质的溶解度表

表7 在18°C时一些碱溶液的比重

表8 在18°C时一些酸溶液的比重

第一章 分子式

化学元素常用它的拉丁文名称的字冠来表示，叫元素符号。把元素符号组合起来便得到各种物质的化学式。化学式包括实验式、分子式、示性式、结构式等等。

分子式是用元素符号来表示物质分子组成的式子。它在化学理论和实践上具有十分丰富而重要的内容，在化学计算中经常使用到它。从物质的普通名称如水、硫酸、烧碱中，我们看不出什么，但从它们的分子式如 H_2O 、 H_2SO_4 、 $NaOH$ 中，我们就可以看出它所表示的具体内容有：

1. 某一特定物质；
2. 物质中组成元素的种类及数目，即物质的成分；
3. 物质的一个分子、分子量、一个克分子等；
4. 组成物质的各元素的质量比。

表示事項	分子式	H_2O	H_2SO_4	$NaOH$
表示物质的名称		水	硫酸	氢氧化钠
表示物质中组成元素的种类		H, O	H, S, O	Na, O, H
表示物质中组成元素的数目		二个氢原子 一个氧原子	二个氢原子 一个硫原子 四个氧原子	一个钠原子 一个氧原子 一个氢原子
表示物质的分子量		18	98	40
表示组成物质的各元素的质量比		H:O=1:8	H:S:O =1:32:16	Na:O:H =23:16:1

由此可见，分子式在化学计算中占有重要的地位，只有正确书写出物质的分子式，才能导出正确的答案。

化学式中的示性式与结构式还可以分别表示物质的一些性质、物质中各元素原子之间的关系。

化学式与表示事项	名称	水	硫酸	氢氧化钠
示性式 表示物质的一些性质		H · OH 中性	H ₂ SO ₄ 酸性 (SO ₄ 系酸根)	NaOH 硷性 (OH 系硷根)
结构式 表示原子间的彼此联系		H - O - H	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{S} \\ \quad \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}-\text{O} \quad \quad \text{O} \end{array}$	Na · O H

第一节 化合价的求法与运用

分子中的原子依靠各种化学键结合在一起，不同的元素其原子价键的数目也不同。元素的化合价决定于与该元素的一个原子相化合的氢原子（或其他一价元素的原子）的数目，或被该元素的一个原子所置换的氢原子（或其他一价元素的原子）的数目。

组成一个化合物的原子不能具有自由的化合价，但根据化合价任意写成的化学式并不一定都能代表实际存在的物质，只有在确知这一物质在一定条件下可能生成时，这个化学式才有意义。

化合物里元素或原子团的化合价，可以分为正价和负价。在两种元素组成的化合物中，一种元素是正价，另一种元素是负价。一般说来，氢、金属元素的化合价是正价，非金属元素的化合价是负价；在非金属氧化物中，氧是负价的元素，与氧结合的其他元素的原子便是正价的；铵根是正价的原子团，而酸根、氢氧根却是负价的原子团。

在两种元素组成的化合物中，各元素的正负化合价的代数和必须为零。有些元素的化合价因受本身特性与反应时条件的

影响而有变动，如 SO_2 中S是+4价， SO_3 中S是+6价。这种元素叫**变价元素**，变价元素很多。化合价只在元素与元素化合时才显现出来，未化合时是零价（元素及原子团的化合价可参阅附录表3、4）。

【例题1】 利用化合价写出刚玉（氧化铝）的分子式和结构式。

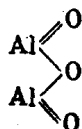
（解） 刚玉是由氧和铝两种元素组成的，应该写成 AlO ，但铝是+3价元素，氧是-2价元素，这样结合，铝多出了1价。化合物中原子不能有多余的价，应该使铝原子与氧原子的总价数绝对值相等。能被3和2除尽的最小公倍数是6，即铝的总价数与氧的总价数的绝对值应都等于6。兹表解如下：

	Al	O
化合价	3	2
最小公倍数	6	
原子数目	$\frac{6}{3} = 2$	$\frac{6}{2} = 3$
分子式	Al_2O_3	

如果用价键（每一短线相当于元素的一价）表示，就更为醒目。如，



氧与铝各以一个原子相结合，铝就要空出一个价键。所以氧化铝的结构式应该是：



【例题2】 试写出酸式亚硫酸钙的分子式。

（解） 化合物中含有金属元素Ca及酸式亚硫酸根 $-\text{HSO}_3$ ，前者为+2价，后者为-1价。相应的分子式应该是 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 。

这里 $-\text{HSO}_3$ 是酸根。这一个原子团与一个H结合，便成亚硫酸

(H_2SO_3)，所以是-1价。設想亚硫酸失去一个H，則所得的原子团(即酸式亚硫酸根 $-\text{HSO}_3$)将具有自由的化合价，不能独立存在。这种具有自由化合价的原子团叫做“根”，如酸根、氢氧根等。

【例题3】 已知氧是-2价元素，求 V_2O_5 中V的化合价。

(解) 設 $x = \text{V}$ 的化合价



正负价的绝对值相等 $2 \times x = 5 \times 2$

$$x = 10 \div 2 = 5.$$

氧是负价元素，与它结合的V应是正价元素，而且分子式中正负化合价的代数和应为零，即：

$$(+5) \times 2 + (-2) \times 5 = 0$$

答：V在 V_2O_5 中是+5价。

【例题4】 已知硝酸(HNO_3)中氢是+1价，氧是-2价，試确定酸中氮的化合价。

(解) 設 $x = \text{氮}$ 的化合价，

HNO_3 中氢的总价数是+1。

氧的总价数是： -2 (氧的化合价) $\times 3$ (氧的原子数) $= -6$ 。

根据分子式中正负化合价代数和必须为零的原理，导出方程式：

$$+1 + x + (-6) = 0$$

$$\therefore x = +5.$$

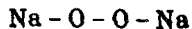
答：硝酸中氮的化合价是+5价。

【例题5】 求 Pb_3O_4 中铅的原子价。

(解) Pb_3O_4 原是两种铅的氧化物结合在一起，即是 $2\text{Pb}^{+2}\text{O} \cdot \text{Pb}^{+4}\text{O}_2$ ，其中铅分别为+2价与+4价。

【例题6】 求过氧化钠中氧的化合价。

(解) Na_2O_2 的结构可看做是这样的：



氧原子原是-2价元素，但其中一个键与另一个氧原子相連，所

以在过氧化根 (O_2^{-2}) 中, 整个“—O—O—”根显现出来的是 -2价。

第二节 原子量 分子量 克原子 克分子

关于原子量的涵义, 在本世纪的上半叶, 化学界曾采用氧等于16作为原子量的标准。那时所谓原子量是用氧单位来表示的某元素原子的质量。随着各种氧原子同位素的发现, 逐渐发觉用天然氧作原子量的标准不够完善, 经过科学界长期反复研究讨论, 认为采用碳-12等于12作为元素原子量标准最为适宜, 因于1961年最后通过采用这个新标准。所以, 元素的原子量就是用碳单位来表示的一个某种元素原子的质量。

1个碳单位是1个碳-12原子质量的 $\frac{1}{12}$, 碳-12的原子量是12个碳单位, 一般可省去“碳单位”三字。普通碳元素的原子量是12.01115 (因其中所含天然元素的同位素的百分比不同, 碳原子量变化的幅度为 ± 0.00005)。一般可采用简化的原子量, 即碳原子量为12。

物质的分子量是用碳单位来表示的一个某种物质分子的质量。单质的分子由相同的原子组成, 化合物的分子由两种以上不同的原子组成。所以计算物质的分子量, 只要将分子中各原子的原子量相加即得。

元素的一定的量用克做单位来表示, 在数目上跟它的原子量相同, 这一定的量叫做克原子, 常用符号GA表示。物质的一定的量用克做单位来表示, 在数量上跟它的分子量相同, 这一定的量叫做克分子, 常用符号GM表示。例如氧的原子量是16, 1克原子氧的质量是16克; 氧的分子量是32, 1克分子氧的质量是32克。

$$\text{克原子数(克原子)} = \frac{\text{质量(克)}}{\text{克原子量(克)}};$$

$$\text{克分子数(克分子)} = \frac{\text{质量(克)}}{\text{克分子量(克)}}$$

【例題 7】 一个碳-12原子的质量是 1.995×10^{-23} 克，
問一个碳单位等于多少克？

$$\begin{aligned} \text{(解)} \quad \text{一个碳单位} &= \frac{1.995 \times 10^{-23}}{12} \\ &= \frac{1.995 \times 10^{-23}}{1.2 \times 10} \\ &= \frac{1.995}{1.2} \times 10^{-24} \\ &= 1.663 \times 10^{-24} \text{ (克)}. \end{aligned}$$

答： 一个碳单位等于 1.663×10^{-24} 克。

【例題 8】 試用一个原子的质量証明 1 克原子的任何元素所含的原子个数都相同。

(解) 試以氢、氧、碳三种原子为例，它們的原子量分別为 1.00797、15.9994 与 12.01115。

$$1 \text{ 个氢原子的质量} = 1.00797 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克,}$$

$$1 \text{ 个氧原子的质量} = 15.9994 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克,}$$

$$1 \text{ 个碳原子的质量} = 12.01115 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克.}$$

它們每 1 克原子中所含的原子数目是：

$$\text{氢: } \frac{1.00797 \text{ 克}}{1.00797 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个原子,}$$

$$\text{氧: } \frac{15.9994 \text{ 克}}{15.9994 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个原子,}$$

$$\text{碳: } \frac{12.01115 \text{ 克}}{12.01115 \times 1.663 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个原子.}$$

这說明 1 克原子的任何元素所含的原子个数都相同 (約为 6.02×10^{23} 个)。

【例題 9】 1 克分子的水与 1 克分子的二氧化碳所含分子的个数各为多少？是否相同？如果相同，說明了什么？

(解) 1个 H_2O 分子的质量是 $18.015 \times 1.633 \times 10^{-24}$ 克;
 1个 CO_2 分子的质量是 $44.00995 \times 1.633 \times 10^{-24}$ 克。

它們每1克分子所含分子的数目是:

$$H_2O: \frac{18.015 \text{ 克}}{18.015 \times 1.633 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个};$$

$$CO_2: \frac{44.00995 \text{ 克}}{44.00995 \times 1.633 \times 10^{-24} \text{ 克}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ 个}.$$

答: 它們各含有 6.02×10^{23} 个分子。这說明1克分子任何純粹物质所含的分子数目都相同。

从例題8与例題9的計算結果, 进一步說明: 1克原子的任何元素所含的原子个数或1克分子的任何純粹物质所含的分子数目都相同, 并等于 6.02×10^{23} 个。

【例題10】 試求下列各物质质量的克数:

(1) 0.3克分子的氢;

(2) 2克分子的硫酸 (H_2SO_4)。

(解) (1) 1GM H_2 的质量是 2克;

0.3GM H_2 的质量是 $0.3 \times 2 \text{ 克} = 0.6 \text{ 克}$ 。

(2) H_2SO_4

$$\begin{array}{r} \text{GA} \quad 2\text{H} \quad 2 \times 1 \text{ 克} = 2 \text{ 克} \\ \quad \quad \text{S} \quad \quad \quad = 32 \text{ 克} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \quad \quad 4\text{O} \quad 4 \times 16 \text{ 克} = 64 \text{ 克} \\ \hline 1\text{GM } H_2SO_4 \quad \quad = 98 \text{ 克} \end{array}$$

1GM H_2SO_4 的质量是 98克;

2GM H_2SO_4 的质量是 $2 \times 98 \text{ 克} = 196 \text{ 克}$ 。

答: 0.3克分子的氢的质量是 0.6克; 2克分子硫酸的质量是 196克。

【例題11】 試求下列各物质的克分子数:

(1) 2.8克氮; (2) 20克 $CaCO_3$ 。

(解) (1) 1GM N_2 的质量是 28克;

0.1GM N_2 的质量是 2.8克 (心算法)。

$$\begin{array}{rcl}
 (2) \text{ CaCO}_3 & & \\
 \text{GA} \quad \text{Ca} & & =40\text{克} \\
 & \text{C} & =12\text{克} \\
 \hline
 30 & 3 \times 16\text{克} & =48\text{克} \\
 1 \text{ GM} \quad \text{CaCO}_3 & & =100\text{克}
 \end{array}$$

1 GM CaCO_3 的质量是100克;

設 $x(\text{GM}) \text{CaCO}_3$ 的质量是20克。

列成比例式:

$$1 \text{ GM} : 100\text{克} = x : 20\text{克}$$

$$x = \frac{20\text{克} \times 1\text{GM}}{100\text{克}} = 0.2\text{GM}.$$

答: 2.8克氮的克分子数为0.1GM; 20克的 CaCO_3 的克分子数为0.2GM。

【例题12】 多少克氧才能分别和以下各物质含有相同的分子数:

(1) 2克氢; (2) 2.2克二氧化碳。

(解) 克分子数目相同的任何純物质中含有相同的分子数目。

(1) 2克 H_2 是 1GM,

1GM O_2 是32克;

(2) 2.2克 CO_2 是 $\frac{2.2}{44} = 0.05\text{GM}$,

0.05GM O_2 是 $0.05 \times 32\text{克} = 1.6\text{克}$;

答: 32克氧与2克氢含有相同的分子数; 1.6克 O_2 与2.2克 CO_2 含有相同的分子数。

✓ 第三节 根据分子式求物质的组成

分子式既然能够反映物质的量的组成,那么,根据分子式自然可以看出组成物质中各有关元素间的量的关系。比如组成水 (H_2O) 的有关元素氢与氧的质量比为1:8; 显而易见,水