

浅谈盐溶液中的守恒和应用

江西省彭泽县第二中学 朱炳炫 332700

【内容摘要】：质量守恒：所有的化学反应都遵循质量守恒定律，参加反应的物质的质量之和，与生成物的质量和相等，也就是反应前后，元素种类相同，各种原子个数分别相等。因为原子是化学反应中的最小粒子，在反应中，只有原子的最外层电子数发生变化，或者原子重新组合，不会产生新的原子。电荷守恒：在电解质溶液中，正负电荷总数相等，也就是溶液呈现电中性。关于溶液中离子浓度比较，或者离子浓度的计算，要巧用此守恒。离子方程式的书写与配平也少不了这个守恒规则的运用。

【关键词】：盐溶液 物料 电荷 守恒

一、三个守恒的建立

在盐溶液中，均存在两个物料守恒（即从水的电离和盐的电离两个角度，根据变化前后原子个数建立的守恒）和一个电荷守恒（即阴、阳离子所带的电荷总数相等）。那么这三个守恒是如何建立的呢？可分以下几种情况讨论：

1. 强酸强碱盐溶液

以NaCl溶液为例来说明。当我们把NaCl加入水中后，由于NaCl所电离出的 Na^+ 和 Cl^- 不与 H_2O 电离出来的 H^+ 和 OH^- 反应，因此有：

$$c(Na^+) = c(Cl^-) \dots\dots\dots (1)$$

$$c(H^+) = c(OH^-) \dots\dots\dots (2)$$

又因电解质溶液是电中性的，则有溶液中所有阳离子所带正电荷的总和等于溶液中所有阴离子所带负电荷的总和。当用浓度来表示电荷时，则有： $c(Na^+) + c(H^+) = c(Cl^-) + c(OH^-) \dots\dots\dots (3)$

2. 强酸弱碱盐溶液

以 NH_4Cl 溶液为例。当我们把 NH_4Cl 加入水中以后， $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$ ， $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 。 NH_4Cl 所电离出的 NH_4^+ 会和 H_2O 电离出的 OH^- 发生反应生成弱电解质 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ，即盐发生了水解，离子方程式为： $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$

这样 NH_4Cl 溶液中的 NH_4^+ 和 Cl^- 的浓度就不再相等，而是 $c(\text{Cl}^-) > c(\text{NH}_4^+)$ ，由上面水解反应的离子方程式可看出，消耗 1 mol 的 NH_4^+ 必生成 1 mol $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ，因此可用生成的 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 的浓度来表示被消耗的 NH_4^+ 的浓度，则有：

$$c(\text{Cl}^-) = c(\text{NH}_4^+) + c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots (4)$$

此时溶液中的 H^+ 和 OH^- 的浓度也不再相等，而是 $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ ，可以看出水电离出来的 OH^- 被 NH_4^+ 消耗，且每消耗 1 mol 的 OH^- 必生成 1 mol $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ，因此可用生成的 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 的浓度来表示被消耗的 OH^- 的浓度，则有： $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}) \dots\dots\dots (5)$

又因溶液是电中性的，于是有：

$$c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{Cl}^-) + c(\text{OH}^-) \dots\dots\dots (6)$$

3. 强碱弱酸盐溶液

强碱弱酸盐溶液中这三个守恒的建立与强酸弱碱盐溶液中相似。以 Na_2CO_3 溶液为例，在 Na_2CO_3 溶液中， $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ ， $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 。 CO_3^{2-} 发生水解即： $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ ， $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ ，得溶液中的 $c(\text{Na}^+) > 2c(\text{CO}_3^{2-})$ 。从上述反应方程式可以看出 Na_2CO_3 电离的 CO_3^{2-} 一部分转化为 HCO_3^- ，一部分转化为 H_2CO_3 。由碳原子守恒可知，每生成 1 mol 的 HCO_3^- 必消耗 1 mol 的 CO_3^{2-} ，每生成 1 mol 的 H_2CO_3 必消耗 1 mol 的 CO_3^{2-} ，因此可用 HCO_3^- 和 H_2CO_3 浓度之和来表示消耗的 CO_3^{2-} 的浓度，则有：

$$c(\text{Na}^+) = 2 \{ c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) \} \dots\dots\dots (7)$$

溶液显碱性, $c(OH^-) > c(H^+)$ 。水电离出来的 H^+ 被 CO_3^{2-} 消耗, 且每生成 1 mol 的 HCO_3^- 必消耗 1 mol 的 H^+ , 而生成 1 mol 的 H_2CO_3 将消耗 2 mol 的 H^+ , 因此可用 $c(HCO_3^-)$ 和 $2c(H_2CO_3)$ 之和来表示消耗的 $c(H^+)$, 因此有: $c(OH^-) = c(H^+) + c(HCO_3^-) + 2c(H_2CO_3) \dots\dots\dots (8)$

由溶液是电中性, 有

$$c(Na^+) + c(H^+) = 2c(CO_3^{2-}) + c(HCO_3^-) + c(OH^-) \dots\dots\dots (9)$$

[注意上式中 $c(CO_3^{2-})$ 前面的 2, 因为 1 mol 的 CO_3^{2-} 所带电荷是 2 mol]

综上所述, 在盐溶液中都存在三个守恒, 其中上述等式中的 (1)、(4)、(7) 是从盐的角度建立的物料守恒; (2)、(5)、(8) 是从水的电离角度建立的物料守恒; (3)、(6)、(9) 则是从电中性原理出发建立起的电荷守恒。下面我们看三个守恒在解题中的应用。

二、三个守恒在解题中的应用

【例 1】等体积、等物质的量浓度的 $NaCl$ 和 NaF 溶液中, 溶质离子总数相比 ()

- A. 前者多 B. 后者多 C. 一样多 D. 无法判断

解析: 溶质离子是指 Na^+ 、 Cl^- 和 F^- 。如果不考虑其他因素的影响, 两者溶质离子总数相等。但由于 NaF 是强碱弱酸盐, F^- 在溶液中会发生水解即: $F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$, 使得 F^- 数减少, 溶液呈碱性; 而 $NaCl$ 是强碱强酸盐, 不发生水解, 离子总数不变。两溶液中的 Na^+ 数相等, 而 F^- 数小于 Cl^- 数。因为 $c(Na^+) = c(Cl^-) = c(F^-) + c(OH^-)$, 所以, $NaCl$ 溶液中 $c(H^+)$ 大于 NaF 溶液中 $c(H^+)$, 因此, $NaCl$ 溶液中溶质离子总数大于 NaF 溶液。

答案: A

【例 2】在 0.1 mol/L 的 Na_2S 溶液中, 含有多种分子和离子, 下列

关系式正确的是 ()

A. $c(S^{2-}) + c(H_2S) + c(HS^-) = 0.1 \text{ mol/L}$

B. $c(Na^+) + c(H^+) = c(OH^-) + c(HS^-) + 2c(S^{2-})$

C. $c(OH^-) = c(H^+) + c(HS^-) + c(H_2S)$

D. 80°C 时, $c(H^+) \times c(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$

解析: Na_2S 与 Na_2CO_3 都是强碱弱酸盐, 分析方法相似。 Na_2S 溶液中硫元素以 S^{2-} 、 HS^- 、 H_2S 三种形式存在, 由S原子守恒可得:

$c(S^{2-}) + c(H_2S) + c(HS^-) = 0.1 \text{ mol/L}$, 故A项正确;

由于 Na_2S 溶液是电中性的, 可得电荷守恒关系:

$c(Na^+) + c(H^+) = c(OH^-) + c(HS^-) + 2c(S^{2-})$, 故B正确;

S^{2-} 水解结合一个 H^+ 生成 HS^- , S^{2-} 水解需结合2个 H^+ 生成 H_2S , 由物料守恒得:

$c(OH^-) = c(H^+) + c(HS^-) + 2c(H_2S)$ [一定要注意 $c(H_2S)$ 前面的2], 故C项不正确;

水电离是吸热过程, 80°C 时水的电离程度比 25°C 时大, 故 80°C 时 $c(H^+) \times c(OH^-) > 1 \times 10^{-14}$, 则D项不正确。

答案: A、B

参考文献:

1. 贺文风《高中化学教材全解》
2. 高国平《巧用盐溶液中的守恒解题》
3. 商喜平《弱电解质溶液中的电离平衡》
4. 王春《高中化学复习指导》