

分类别，快速掌握复合离子反应规律

秋红

湖北潜江江汉油田教育集团

[摘要] 离子反应复杂多变，是高考必考知识点，离子反应涉及内容广泛，对于很多学生如同走迷宫，尤其是对过量离子反应，不能准确分析，精准表达。本文结合高考对离子反应要求，从不同角度对离子反应进行分类，侧重总结复合离子反应规律。

[关键词] 离子反应；分类；复合反应规律

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.360

离子反应虽然复杂多变，但总是有规律可循，认真审题获得信息，分门别类，找到解题方法。离子反应最常见的分类方法有五类，沉淀反应、夺氢（合氢）反应、氧化还原反应、完全双水解、络合反应。沉淀反应、夺氢（合氢）反应基本上可以归为复分解反应，前三类有大量反应，后两类在中学屈指可数，容易记忆。离子反应按先后顺序看，遵从生成物生成顺序“水—沉淀—气体”，按反应量分少量与过量、定量反应，按反应数目分单一反应和复合反应。在实际运用中往往有交叉关系或者包含关系，厘清思路，有的放矢。

一、按离子反应种类掌握规律

1、沉淀反应。判断依据是溶解性表，在表中有三个沉淀区，一是碱沉淀区，钾钠铵钡以外的金属阳离子与 OH^- 形成碱沉淀；二是弱酸盐沉淀区，钾钠铵以外的金属离子与弱酸根，形成弱酸盐沉淀，如碳酸盐、亚硫酸盐、磷酸盐等；三是强酸盐沉淀，即银离子与氯离子生成氯化银沉淀，钡离子与硫酸根离子生成硫酸钡沉淀。

2、夺氢反应和合氢反应。夺氢反应是指 OH^- 或者弱酸根从相对较强酸中夺氢反应，例如， $\text{AlO}_2^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$ ， $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2 \text{HCO}_3^-$ 。合氢反应是 OH^- 、弱酸根、 NH_3 与 H^+ 结合的反应，例如 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ 。在生活和工业生产中用途广泛，如侯德邦制碱，就是利用了 NH_3 能够夺取 H_2CO_3 的氢，转化为 HCO_3^- ，较低温度下 HCO_3^- 与 Na^+ 结合生成微溶的 NaHCO_3 从溶液中析出。常见夺氢强弱顺序： $0^2 > \text{OH}^- > \text{AlO}_2^- > \text{NH}_3 > \text{SiO}_3^{2-} > \text{CO}_3^{2-} > \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- > \text{ClO}^- > \text{HCO}_3^-$ ，掌握夺氢强弱顺序，可以顺利写出离子反应方程式，解释有关反应。

3、氧化还原反应。氧化还原离子反应难在整合有效信息，书写离子方程式，熟记常见物质的氧化性、还原性顺序是必备。氧化性： $\text{KMnO}_4 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+} > \text{I}_2 > \text{S}$ ，还原性： $\text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{Fe}^{2+} < \text{I}^- < \text{SO}_2 < \text{S}^{2-}$ 。离子反应同样遵守“先强后弱”，“两守恒”，“价态规律”。突破信息型氧化还原离子反应方程式，

用“四步法”，第一步列物质，根据题干信息和流程图，判断氧化剂、还原剂、氧化产物、还原产物；第二步标得失，按“氧化剂+还原剂 \rightarrow 还原产物+氧化产物”写出反应式，并配平上述四种物质；第三步看环境，根据电荷守恒和反应物的酸碱性，在式子左或者右边补充 H^+ ， OH^- 或 H_2O ；第四步配总数，根据质量守恒定律，配平离子方程式。

4、完全双水解反应。熟记因相互促进水解不能大量共存的离子组合，（1） Al^{3+} 与 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 AlO_2^- 、 SiO_3^{2-} 、 HS^- 、 S^{2-} 、 ClO^- 。（2） Fe^{3+} 与 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 AlO_2^- 、 SiO_3^{2-} 、 ClO^- 。（3） NH_4^+ 与 AlO_2^- 、 SiO_3^{2-} 。如 $\text{Al}^{3+} + 3 \text{AlO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} = 4 \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ ， $\text{Al}^{3+} + 3 \text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3 \text{CO}_2 \uparrow$

5、络合反应。 Fe^{3+} 和 SCN^- 的反应， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3$

二、按离子反应顺序掌握规律

定性或定量涉及反应先后顺序，常见的有五种，分别是氧化还原反应先强后弱、夺氢顺序反应、先氧化还原后复分解反应、先夺氢后复分解反应、有效反应优先，生成物生成顺序“水—沉淀—气体”。

1、同一物质与多种氧化剂或还原剂反应，按氧化性或者还原性排序，依次反应。例如，（甲）向 0.3 mol FeBr_2 溶液中通入 0.1 mol Cl_2 ，（乙）向 0.1 mol FeBr_2 溶液中通入 0.3 mol Cl_2 。氯气作为氧化剂，遇到具有还原性的 Fe^{2+} 和 Br^- 两种离子，要遵循氧化还原反应的规律——先强后弱。常用还原性顺序表： $\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$ ，氯气先与 Fe^{2+} 反应，只有 Fe^{2+} 全部反应完，才能与 Br^- 反应。

甲： 0.1 mol Cl_2 只能氧化 0.2 mol Fe^{2+} ，离子方程式为 $\text{Cl}_2 + 2 \text{Fe}^{2+} = 2 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{Cl}^-$ 。 Fe^{3+} 未反应完， Br^- 没有反应。

乙： 0.1 mol Fe^{2+} 消耗 0.05 mol Cl_2 ， Cl_2 继续氧化 Br^- ， 0.2 mol Br^- 消耗 0.1 mol Cl_2 ， Cl_2 未反应完，剩余 0.15 mol Cl_2 ，第二步离子反应式： $\text{Cl}_2 + 2 \text{Br}^- = 2 \text{Cl}^- + \text{Br}_2$ ，两式整理，得总

反应式 $3\text{Cl}_2+2\text{Fe}^{2+}+4\text{Br}^-=2\text{Fe}^{3+}+6\text{Cl}^-+2\text{Br}_2$ 。

2、夺氢顺序反应，适用于参加反应的离子都有夺氢能力。例如，（甲）向 NH_4HCO_3 溶液中加少量 NaOH 溶液，（乙）向 NH_4HCO_3 溶液中加过量 NaOH 溶液。夺氢顺序 $\text{NH}_3>\text{SiO}_3^{2-}>\text{CO}_3^{2-}>\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^->\text{ClO}^->\text{HCO}_3^-$ ， NH_3 ， CO_3^{2-} 夺氢后生成 NH_4^+ ， HCO_3^- ，反之 NH_4^+ ， HCO_3^- 都有一个 H^+ 可以被 OH^- 结合， HCO_3^- 的氢离子比 NH_4^+ 的氢离子更易被 OH^- 结合。

甲：少量 NaOH （1mol），只有 HCO_3^- 失氢， $\text{OH}^-+\text{HCO}_3^-=\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_3^{2-}$ 。

乙：少量 NH_4HCO_3 （1mol）， HCO_3^- 和 NH_4^+ 先后失氢， $2\text{OH}^-+\text{HCO}_3^-+\text{NH}_4^+=\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_3^{2-}+\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 。

3、氧化还原反应和复分解反应并存时，一般遵循“氧化—夺氢—复分解”的顺序。例如： Fe_2O_3 与氢碘酸反应，该反应既有 Fe^{3+} 与 I^- 氧化还原反应，又有碱性氧化物与氢碘酸反应，按照氧化—复分解的顺序，可看作是 Fe_2O_3 先氧化 I^- ，产物 FeO 再与 H^+ 反应， $\text{Fe}_2\text{O}_3+2\text{I}^-+2\text{H}^+=2\text{FeO}+\text{I}_2+\text{H}_2\text{O}$ ， $2\text{FeO}+4\text{H}^+=2\text{Fe}^{2+}+2\text{H}_2\text{O}$ ，两式相加总方程式： $\text{Fe}_2\text{O}_3+6\text{H}^++2\text{I}^-=2\text{Fe}^{2+}+3\text{H}_2\text{O}+\text{I}_2$ 。

4、有效反应先于无效反应。有效反应是指产物稳定存在的反应，无效反应是指A生产B，B又生成A的反应。如向 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ 溶液中滴加少量的 NaOH 溶液， $\text{Al}^{3+}+3\text{OH}^-=\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$ 有效， NH_4^+ 和 OH^- 生成 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 无效，因 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 与 Al^{3+} 生成 NH_4^+ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$ ，相当于 NH_4^+ 没有反应。

5、产物继续与反应物反应。如向一定量的 NaOH 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液中持续通入 CO_2 ，第一步 $\text{CO}_2+2\text{OH}^-+\text{Ca}^{2+}=\text{CaCO}_3\downarrow+\text{H}_2\text{O}$ ，第二步 $\text{CO}_2+2\text{OH}^-=\text{CO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}$ ，第三步 $\text{CO}_3^{2-}+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2=2\text{HCO}_3^-$ ，第四步 $\text{CaCO}_3+\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2=2\text{HCO}_3^-+\text{Ca}^{2+}$ 。

三、按反应的量掌握规律

1、在复合离子反应中，有一种反应物过量，就对应另一种物质少量，过量复合离子反应的离子方程式书写复杂，抓住两点，一是掌握书写过量复合离子反应的两条原则，二是记住同一离子与多种离子反应顺序。

过量复合离子反应也称为“1规则”，书写离子方程式的两条原则是“以少定多”、“少持原比”。“以少定多”是指先确定少量物质的物质的量为1摩尔，以保障1摩尔该物质的离子全部反应完，来确定过量离子的物质的量；“少持原比”是

进一步说明量少的物质各离子保持原系数比，因为量不足被全部反应完，这样一来，过量物质各离子的消耗比不一定是原化学式的组成比。

2、定量复合离子反应，有三种情况。一是一种物质与多种离子先后反应，如前面所述的氧化还原反应，遵循先强后弱。示例相同，不重复。二是反应生成物与反应物继续定量反应，三是无先后顺序的定量复合反应。

四、按反应数目掌握规律

单一反应只是单纯的现象和有限的功能，实际化学问题往往是多个按一定方式进行的复合反应，复合反应形成的体系才有复杂的现象和高级的功能。认识和利用化学世界学会认识和掌握两种形式的复合反应。

1、链式反应。比如关于城市雨水，起始测定pH为何小于5.6，而放置一段时间后，pH会减少？原因有二，一是燃煤生成 SO_2 ， SO_2 在空气中并行两个链式反应， SO_2 在粉尘催化下生成 SO_3 ， $\text{SO}_3+\text{H}_2\text{O}=2\text{H}^++\text{SO}_4^{2-}$ ； $\text{SO}_2+\text{H}_2\text{O}=\text{H}_2\text{SO}_3$ ， $2\text{H}_2\text{SO}_3+\text{O}_2=4\text{H}^++2\text{SO}_4^{2-}$ 。二是机动车发动机火花塞点火引起的链式反应 $\text{N}_2+\text{O}_2=2\text{NO}$ ， $2\text{NO}+\text{O}_2=2\text{NO}_2$ ， $4\text{NO}_2+\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}=4\text{H}^++4\text{NO}_3^-$ 。

2、并行反应。常用于混合物的反应，如实验室制备乙炔气体，伴随有气味的气体产生，因为市售的电石中含有杂质 CaS 和 Ca_3P_2 等，主反应 $\text{CaC}_2+2\text{H}_2\text{O}=\text{C}_2\text{H}_2\uparrow+\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，副反应 $\text{CaS}+2\text{H}_2\text{O}=\text{H}_2\text{S}\uparrow+\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Ca}_3\text{P}_2+\text{H}_2\text{O}=2\text{PH}_3\uparrow+3\text{Ca}(\text{OH})_2$ 同时发生，闻到有气味的 H_2S 和 PH_3 。

另外，复合离子反应还可以通过直观的图形表达，融化学原理和数学计算于一体掌握，比如向某可能含 Na^+ ， Mg^{2+} ， Al^{3+} ， NH_4^+ ， H^+ ， CO_3^{2-} ， Cl^- 溶液中滴加氢氧化钠溶液，根据生成沉淀的物质的量，定量推断离子种类。再如，向 NaOH 溶液中通入 CO_2 后，向溶液中滴加盐酸，通过产生 CO_2 与盐酸体积的关系，推断原溶液溶质的组成。

参考文献

- [1]袁春华. 高考中有关离子反应类考题总结[J]. 中学化学, 2019(08): 27-28.
- [2]郑文昌. 浅谈高考化学复习中知识的深化[J]. 中学化学, 2018(03): 45-49.
- [3]任云. 小议高考中的离子反应[J]. 中学生数理化(高二), 2017(01): 51-53.