

# 与用量有关的离子方程式的书写

浙江省湖州中学 (313000) 刘羽中

离子方程式是高考化学的热点,尤其是与反应物用量有关的离子反应方程式在近年来高考中出现的频率很高.这类题型因其灵活度大、综合性强、令学生倍感棘手.本文将对“与用量有关的离子方程式的书写”进行系统的归纳与小结,希望能对学生有所帮助.

首先必须弄清几个与用量有关的名词:少量——自身全部反应,但另一反应物有剩余;过量——自身有剩余,另一反应物全部反应;适量——自身和另一反应物刚好完全反应;足量——可以是过量或适量;一定量——没有明确限制,可以是过量、适量或足量.其中最常见的是少量和过量.

“与用量有关的离子方程式”主要有两种类型:复分解反应和氧化还原反应,下面分别介绍.

## 一、复分解反应(分为定性和定量两种情况)

### 1. 定性分析

#### (1) 多元弱酸或酸性氧化物与碱反应

例1 书写离子方程式:①NaOH溶液中通入少量SO<sub>2</sub>;②NaOH溶液中通入过量SO<sub>2</sub>.

解析 ①NaOH过量,产物为正盐Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>,离子方程式为:2OH<sup>-</sup> + SO<sub>2</sub> = SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + H<sub>2</sub>O;②SO<sub>2</sub>过量,生成酸式盐NaHSO<sub>3</sub>,离子方程式为:OH<sup>-</sup> + SO<sub>2</sub> = HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

#### (2) 弱酸盐与酸或酸性氧化物反应

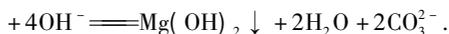
例2 书写用Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液吸收少量SO<sub>2</sub>的离子方程式.

解析 本题实质是Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>与H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>反应,SO<sub>2</sub>少量意味着H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>少量,提供H<sup>+</sup>也少量,只能将CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>转化为HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,同时H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>将H<sup>+</sup>全部提供出来后转化为SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.因此,离子方程式为:2CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = 2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

#### (3) 某些弱酸酸式盐与碱反应

例3 书写Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>溶液中加入过量NaOH的离子方程式.

解析 Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>与NaOH反应,生成的沉淀可能有两种:一是MgCO<sub>3</sub>,二是Mg(OH)<sub>2</sub>.因为Mg(OH)<sub>2</sub>比MgCO<sub>3</sub>更难溶于水,离子反应总是向着离子浓度减小的方向进行,所以在过量NaOH情况下应生成Mg(OH)<sub>2</sub>.离子方程式为:Mg<sup>2+</sup> + 2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>



### (4) 不同滴加顺序的影响

例4 书写离子方程式:①将过量NaOH溶液滴入AlCl<sub>3</sub>溶液中②将过量AlCl<sub>3</sub>溶液滴入NaOH溶液中.

解析 ①开始时NaOH少量,发生反应:Al<sup>3+</sup> + 3OH<sup>-</sup> = Al(OH)<sub>3</sub>↓.待Al<sup>3+</sup>完全转化为Al(OH)<sub>3</sub>后,NaOH继续与Al(OH)<sub>3</sub>反应:Al(OH)<sub>3</sub> + OH<sup>-</sup> = AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O,总反应式为:Al<sup>3+</sup> + 4OH<sup>-</sup> = AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O.

②开始时NaOH过量,发生反应:Al<sup>3+</sup> + 4OH<sup>-</sup> = AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O,AlCl<sub>3</sub>过量后发生:Al<sup>3+</sup> + 3AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 6H<sub>2</sub>O = 4Al(OH)<sub>3</sub>↓,总反应式为:Al<sup>3+</sup> + 3OH<sup>-</sup> = Al(OH)<sub>3</sub>↓.

### 2. 定量分析

遵循“少量定系数”原则——即:量少物质全反应,系数定为1;量多物质“按需取量”,由量少物质决定系数.

例5 书写下列离子方程式①NaHCO<sub>3</sub>溶液与少量Ba(OH)<sub>2</sub>反应②NaHCO<sub>3</sub>溶液与过量Ba(OH)<sub>2</sub>反应.

解析 本题涉及两个反应:HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + OH<sup>-</sup> = CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + H<sub>2</sub>O和CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + Ba<sup>2+</sup> = BaCO<sub>3</sub>↓,即OH<sup>-</sup>与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>先反应,生成的CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>又与Ba<sup>2+</sup>反应.①根据“少量定系数”原则,当Ba(OH)<sub>2</sub>少量时,定Ba(OH)<sub>2</sub>系数为1mol,即有1molBa<sup>2+</sup>和2molOH<sup>-</sup>,2molOH<sup>-</sup>需要2molHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>生成2molCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>和2molH<sub>2</sub>O,其中1molCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>与Ba<sup>2+</sup>生成BaCO<sub>3</sub>沉淀,另1molCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>以Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>形式存在溶液中,离子方程式为:2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + Ba<sup>2+</sup> + 2OH<sup>-</sup> = BaCO<sub>3</sub>↓ + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + 2H<sub>2</sub>O.

②当NaHCO<sub>3</sub>少量时,定NaHCO<sub>3</sub>系数为1mol,即有1molHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,需1molOH<sup>-</sup>生成1molH<sub>2</sub>O和1molCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,1molCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>又需1molBa<sup>2+</sup>生成BaCO<sub>3</sub>沉淀,此时虽然Ba(OH)<sub>2</sub>的配比Ba<sup>2+</sup>:OH<sup>-</sup>=1:2,但参加反应的OH<sup>-</sup>只有1mol(注:另1molOH<sup>-</sup>以NaOH形式存在溶液中),所以应“按需取量”,离子方程式为:HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + Ba<sup>2+</sup> + OH<sup>-</sup> = BaCO<sub>3</sub>↓ +

H<sub>2</sub>O.

例6 向明矾[KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O]溶液中滴加Ba(OH)<sub>2</sub>溶液,写出符合下列条件的离子方程式.

- ①当Al<sup>3+</sup>完全沉淀时(即沉淀的物质的量最大时)
- ②当SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>完全沉淀时(即沉淀的质量最大时)
- ③当KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O与Ba(OH)<sub>2</sub>的物质的量之比为1:1.8时.

解析 本题涉及两组离子,3个简单离子方程式,即Ba<sup>2+</sup>和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: Ba<sup>2+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = BaSO<sub>4</sub>↓; Al<sup>3+</sup>和OH<sup>-</sup>: Al<sup>3+</sup> + 3OH<sup>-</sup> = Al(OH)<sub>3</sub>↓或Al<sup>3+</sup> + 4OH<sup>-</sup> = AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O. 设KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>有1 mol,即有1 mol Al<sup>3+</sup>和2 mol SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

①当Al<sup>3+</sup>完全沉淀时,1 mol Al<sup>3+</sup>需3 mol OH<sup>-</sup>,即需要1.5 mol Ba(OH)<sub>2</sub>,1.5 mol Ba<sup>2+</sup>只需1.5 mol SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>就可以生成BaSO<sub>4</sub>沉淀;所以离子方程式为Al<sup>3+</sup> + 1.5SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 1.5Ba<sup>2+</sup> + 3OH<sup>-</sup> = Al(OH)<sub>3</sub>↓ + 1.5BaSO<sub>4</sub>↓,化简后得到反应的离子方程式为: 2Al<sup>3+</sup> + 3SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 3Ba<sup>2+</sup> + 6OH<sup>-</sup> = 3BaSO<sub>4</sub>↓ + 2Al(OH)<sub>3</sub>↓,此时沉淀共有2.5 mol,为物质的量最大时.

②当SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>完全沉淀时,2 mol SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>需2 mol Ba<sup>2+</sup>,即需要2 mol Ba(OH)<sub>2</sub>,电离出的4 mol OH<sup>-</sup>与1 mol Al<sup>3+</sup>正好生成1 mol AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>和2 mol H<sub>2</sub>O,反应的离子方程式为: Al<sup>3+</sup> + 2SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 2Ba<sup>2+</sup> + 4OH<sup>-</sup> = 2BaSO<sub>4</sub>↓ + AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O. 此时沉淀虽只有2 mol,但质量有2 mol × 233 g·mol<sup>-1</sup> = 466 g,为沉淀质量最大时.

③设KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O有1 mol, Ba(OH)<sub>2</sub>有1.8 mol,则Al<sup>3+</sup>有1 mol,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>有2 mol; Ba<sup>2+</sup>有1.8 mol,OH<sup>-</sup>有3.6 mol,发生的反应有: 1.8Ba<sup>2+</sup> + 1.8SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 1.8BaSO<sub>4</sub>↓, Al<sup>3+</sup> + 3OH<sup>-</sup> = Al(OH)<sub>3</sub>↓, 0.6Al(OH)<sub>3</sub> + 0.6OH<sup>-</sup> = 0.6AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 1.2H<sub>2</sub>O, Al(OH)<sub>3</sub>的物质的量为1 mol - 0.6 mol = 0.4 mol,总反应式为: Al<sup>3+</sup> + 1.8SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 1.8Ba<sup>2+</sup> + 3.6OH<sup>-</sup> = 1.8BaSO<sub>4</sub>↓ + 0.6AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 0.4Al(OH)<sub>3</sub>↓ + 1.2H<sub>2</sub>O,化简即得结果: 5Al<sup>3+</sup> + 9SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 9Ba<sup>2+</sup> + 18OH<sup>-</sup> = 9BaSO<sub>4</sub>↓ + 3AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2Al(OH)<sub>3</sub>↓ + 6H<sub>2</sub>O.

二、氧化还原反应

注意点:

1. 电子守恒,即还原剂失电子数等于氧化剂得电子数;

2. 若氧化剂或还原剂的离子不止一种,应注意“先后原则”,即氧化性强或还原性强的离子先反应,弱的后反应.

例7 请完成下表中的离子方程式

	FeBr <sub>2</sub> 与Cl <sub>2</sub> 反应	FeI <sub>2</sub> 与Cl <sub>2</sub> 反应
Cl <sub>2</sub> 少量		
Cl <sub>2</sub> 过量		

解析 还原性: I<sup>-</sup> > Fe<sup>2+</sup> > Br<sup>-</sup>,按“先后原则”,在FeBr<sub>2</sub>中通Cl<sub>2</sub>,Cl<sub>2</sub>先氧化Fe<sup>2+</sup>,后氧化Br<sup>-</sup>. 当Cl<sub>2</sub>少量时,只能氧化Fe<sup>2+</sup>,离子方程式为: 2Fe<sup>2+</sup> + Cl<sub>2</sub> = 2Fe<sup>3+</sup> + 2Cl<sup>-</sup>; 当Cl<sub>2</sub>过量时,Fe<sup>2+</sup>、Br<sup>-</sup>都全部被氧化,设FeBr<sub>2</sub>有1 mol,1 mol Fe<sup>2+</sup>和2 mol Br<sup>-</sup>总共失3 mol e<sup>-</sup>,能与1.5 mol Cl<sub>2</sub>反应,所以离子方程式为Fe<sup>2+</sup> + 2Br<sup>-</sup> + 1.5 Cl<sub>2</sub> = 2Fe<sup>3+</sup> + Br<sub>2</sub> + 3Cl<sup>-</sup>,再化简即可. 在FeI<sub>2</sub>中通Cl<sub>2</sub>情况类似,只不过还原性I<sup>-</sup> > Fe<sup>2+</sup>,Cl<sub>2</sub>先氧化I<sup>-</sup>,后氧化Fe<sup>2+</sup>.

答案:

	FeBr <sub>2</sub> 与Cl <sub>2</sub> 反应	FeI <sub>2</sub> 与Cl <sub>2</sub> 反应
Cl <sub>2</sub> 少量	2Fe <sup>2+</sup> + Cl <sub>2</sub> = 2Fe <sup>3+</sup> + 2Cl <sup>-</sup>	2I <sup>-</sup> + Cl <sub>2</sub> = I <sub>2</sub> + 2Cl <sup>-</sup>
Cl <sub>2</sub> 过量	2Fe <sup>2+</sup> + 4Br <sup>-</sup> + 3Cl <sub>2</sub> = 2Fe <sup>3+</sup> + 2Br <sub>2</sub> + 6Cl <sup>-</sup>	2Fe <sup>2+</sup> + 4I <sup>-</sup> + 3Cl <sub>2</sub> = 2Fe <sup>3+</sup> + 2I <sub>2</sub> + 6Cl <sup>-</sup>

拓展: 书写0.1 mol/L FeI<sub>2</sub>与0.12 mol/L Br<sub>2</sub>等体积混合的离子方程式.

解析 设FeI<sub>2</sub>有1 mol,Br<sub>2</sub>有1.2 mol,FeI<sub>2</sub>电离成1 mol Fe<sup>2+</sup>和2 mol I<sup>-</sup>,发生的反应为: 2I<sup>-</sup> + Br<sub>2</sub> = I<sub>2</sub> + 2Br<sup>-</sup>, 0.2Br<sub>2</sub> + 0.4Fe<sup>2+</sup> = 0.4Fe<sup>3+</sup> + 0.4Br<sup>-</sup>, 两式相加得: 0.4Fe<sup>2+</sup> + 2I<sup>-</sup> + 1.2Br<sub>2</sub> = 0.4Fe<sup>3+</sup> + I<sub>2</sub> + 2.4Br<sup>-</sup>,再将系数化简可得反应的离子方程式为: 2Fe<sup>2+</sup> + 10I<sup>-</sup> + 6Br<sub>2</sub> = 2Fe<sup>3+</sup> + 5I<sub>2</sub> + 12Br<sup>-</sup>.

例8 书写FeCl<sub>2</sub>与Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等物质的量反应的离子方程式.

解析 设FeCl<sub>2</sub>和Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>都有1 mol,1 mol Fe<sup>2+</sup>失1 mol e<sup>-</sup>,1 mol Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>若全部做氧化剂得2 mol e<sup>-</sup>,说明Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>既做氧化剂,又做还原剂. 设做氧化剂的Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为x mol,做还原剂的Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为(1-x) mol,根据电子守恒: 1 + 2(1-x) = 2x,解得x = 0.75,所以做还原剂的Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为0.25 mol,生成的O<sub>2</sub>也为0.25 mol,再用H<sub>2</sub>O来满足质量守恒,可得: Fe<sup>2+</sup> + Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 1.5H<sub>2</sub>O = Fe(OH)<sub>3</sub>↓ + 2Na<sup>+</sup> + 0.25O<sub>2</sub>↑,化简得到离子方程式: 4Fe<sup>2+</sup> + 4Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O = 4Fe(OH)<sub>3</sub>↓ + 8Na<sup>+</sup> + O<sub>2</sub>↑.