



化学

基于真实情境 提炼分析模型

——化学反应速率与化学平衡的复习策略

北京市第十二中学 王瑞华 张青伟

高考化学的很多试题都是从真实情境出发进行设计的。而真实情境问题的解决,常会涉及化学反应调控,使期待反应符合生产生活实际。因此,涉及化学反应速率和化学平衡的考查往往都指向高阶思维,体现综合性、应用性和创新性。这类试题需要同学们先找到分析问题的思维模型,进而多角度、动态地分析化学变化,运用化学反应原理解决实际问题。

一、近五年高考试题分析

北京高考试题	所考查的角度和因素
2020-10	平衡 定量 Q K 关系
2020-15(1)②	平衡 浓度 压强
2020-18(1)①	速率 接触面积
2021-6	平衡 副反应导致的浓度改变
2021-10	平衡 温度 压强
2021-13	平衡 温度
2021-14	速率 浓度;副反应
2021-16	平衡 证明可逆反应,计算 K
2021-18(2)②	平衡 定量 Q K 关系
2022-12	平衡 温度
2022-13	平衡 浓度
2022-14	速率 内因;副反应
2022-16(1)	速率 接触面积
2022-18(3)	平衡 浓度
2022-19(4)④	速率 内因
2023-4	平衡 温度
2023-16(2)	速率 活化能
2023-18(2)	平衡 浓度
2023-18(3)	副反应
2023-19(1)③	速率 接触面积
2024-7	速率 平衡;温度 压强 催化剂
2024-10	平衡 K 与温度关系
2024-12	平衡 定量 Q K 关系
2024-13	速率 活化能;平衡 内因
2024-15(4)	速率 接触面积
2024-16(2)	平衡 温度 压强
2024-17(3)	平衡 浓度
2024-18(1)	速率 接触面积
2024-18(3)①、②	速率 温度 副反应
2024-19(2)b	速率 接触面积

通过分析近五年高考试题可知,速率与平衡是高考的高频考点,考查角度聚焦于如何在复杂的真实情境中突破速率与平衡问题。

二、速率平衡分析模型

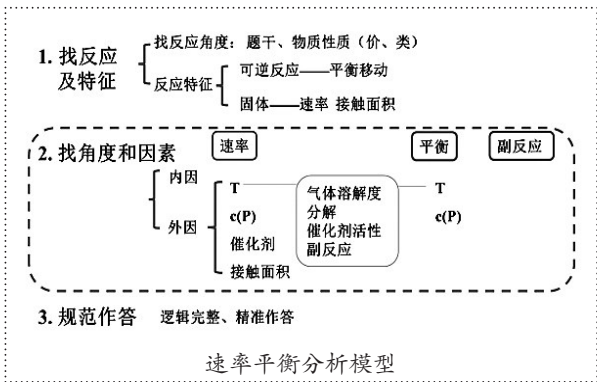
第一步:找反应及特征。基于真实情境的化学反应调控,分析起点是找到待分析的反应。那么如何寻找反应呢?如果题干未给出,可从物质的性质(价态、类别、特性)角度,思考可能发生的反应。找准了反应后,还要考虑反应的特征,比如涉及固体时,分析速率可能要考虑接触面积、原电池形成、沉淀溶解平衡等方面。

第二步:找角度和因素。一般来说,如果题干中提到“相同时间”“一定流速”“实际转化率或实际产率”“催化剂”等,应优先考虑化学反应速率角度。若题干中提到“平衡状态”“平衡转化率”“平衡产率”等,则考虑平衡角度。可根据物质类别判断可能存在的平衡类型:

物质类别	平衡类型
难溶电解质	沉淀溶解平衡
弱电解质	电离平衡
非强酸强碱盐类	水解平衡
配合物	配位平衡

第三步:规范作答。作答时应特别注意逻辑的完整性与精准性,强调主要影响因素。

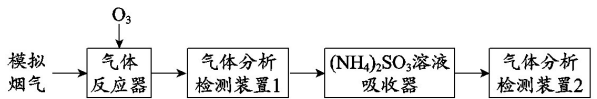
具体的分析模型,如下图所示。



三、速率平衡典型例题

结合具体例题,从思路和作答方面进行详细阐述,可以引导同学们做到“会想”“会说”“会写”,进而实现做对试题、拿到全分。

【例1】(2022年西城一模第16题节选)烟气脱硫脱硝技术是环境科学研究的热点。某小组模拟 O_3 氧化结合 $(NH_4)_2SO_3$ 溶液吸收法同时脱除 SO_2 和 NO 的过程示意图如下。



(1)气体反应器中的主要反应原理及相关数据如下表:

反应	平衡常数 (25℃)	活化能 / (kJ/mol)
反应a: $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$ $\Delta H_1 = -286.6 \text{ kJ/mol}$	1.6×10^{57}	24.6
反应b: $NO(g) + O_3(g) \rightleftharpoons NO_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H_2 = -200.9 \text{ kJ/mol}$	6.2×10^{34}	3.17
反应c: $SO_2(g) + O_3(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + O_2(g)$ ΔH_3	1.1×10^{41}	58.17

②其他条件不变时,高于150℃,在相同时间内 SO_2 和 NO 的转化率均随温度升高而降低,原因是_____。

【分析】第一步:找反应及特征。要分析 SO_2 和 NO 的转化率,从表格信息可知, SO_2 和 NO 涉及的反应有反应b、c,而这两个反应中的反应物 O_3 又与反应a相关,因此要关注这三个反应之间的竞争或联动。

第二步:找角度和因素。在该题目中,有提示词“相同时间”,故优先考虑速率。同时,三个反应的平衡常数均远大于视为反应完全的 10^5 ,即使升温,平衡常数变小,但也不会下降太多。(拓展:以反应b为例,在150℃时,根据 $\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{R} (\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2})$ 计算,此时 K 仍为 10^{34} 的数量级)

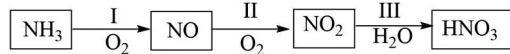
综上,应考虑化学反应速率角度。温度越高,反应a、b、c的速率均会增大,但题干指明反应b、c速率下降。因此,要考虑影响反应速率的其他因素,包括浓度(压强)、催化剂、接触面积等。题干中未提及催化剂,故排除;反应b、c均为气体,排除接触面积。最终可聚焦到反应b、c的反应物 $c(O_3)$ 下降,进而导致速率下降。再找与 O_3 有关的反应a,说明随着温度升高,反应a加快的程度大于反应b、c。

分析至此,可知 $c(O_3)$ 与温度对反应b、c的影响相反,因最终结果是速率下降,故 $c(O_3)$ 下降使速率降低的影响大于温度升高使速率增加的影响。

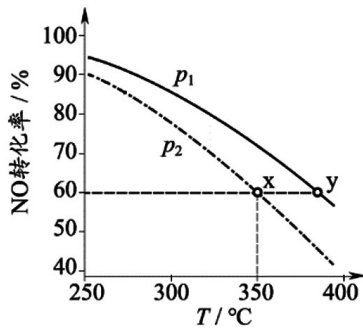
第三步:规范作答。答案示例:“高于150℃,温度升高,反应a的速率增大, $c(O_3)$ 减小,反应b和c的速率减小,导致 SO_2 和 NO 的转化率均降低。”

【例2】(2024年北京卷第16题节选) HNO_3 是一种重要的工业原料。可采用不同的氮源制备 HNO_3 。

(2)方法二:以 NH_3 为氮源催化氧化制备 HNO_3 ,反应原理分三步进行。



②针对第II步反应进行研究:在容积可变的密闭容器中,充入 $2n \text{ mol NO}$ 和 $n \text{ mol O}_2$ 进行反应。在不同压强下(p_1 、 p_2),反应达到平衡时,测得 NO 转化率随温度的变化如图所示。解释y点的容器容积小于x点的容器容积的原因。



【分析】第一步:找反应及特征。根据流程可知该反应为 $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ 。

第二步:找角度和因素。题干中提示词为平衡,必然分析平衡移动问题,确定了平衡角度后,再寻找因素。 x 、 y 点温度、压强都不同。分析平衡移动时,需控制变量。

定量比较法:设容器体积为 V 。 $K = \frac{c^2(NO_2)}{c^2(NO)c(O_2)} =$

$\frac{n^2(NO_2)V}{n^2(NO)n(O_2)}$,由于 NO 和 O_2 初始的物质的量相同, x 、 y 点 NO 转化率相同,所以平衡时 NO 和 O_2 的物质的量相同, x 、 y 点 $\frac{n^2(NO_2)}{n^2(NO)n(O_2)}$ 也相同。因该反应放热,故温度升高, $K_x < K_y$,所以 $V_x < V_y$ 。

定性比较法:假想中间态 z ,该状态与 x 点体积相同,升高温度,平衡逆移, NO 的转化率下降; x 点和 y 点的 NO 的转化率相同,因此从 z 点到 y 点,要提高 NO 的转化率,则需要增大压强,压缩体积,所以 $V_x < V_y$ 。

第三步:规范作答。答案示例:“该反应放热,且正反应的气体分子数减少, y 点的温度大于 x 点的温度,为使两点的 NO 的转化率相同,需增大压强,故 y 点的容积小于 x 点的容积。”

同学们在化学复习备考中还应注重回归教材,落实必备知识。要静下心来认真阅读教材、研究教材,认识反应条件对化学反应速率和化学平衡的影响,能运用化学反应原理分析影响化学变化的因素,能用化学变化的规律分析说明生产、生活中的化学变化。在解决问题中,要善于应用模型,利用好“脚手架”,逐步拆解并分析问题,提升解决真实问题的能力。