

【化学】选必一：电化学——电解池

基本概念

能量转化

将电能转变为化学能的装置。

电解、电镀和充电都发生在电解池上。

工作原理

- 阴极：发生**还原**反应，**得**电子，与外电源**负极**相接。口诀：降得还原氧化剂。
- 阳极：发生**氧化**反应，**失**电子，与外电源**正极**相接。
- 离子移动：阴离子向阳极移动，阳离子向阴极移动。（阴阳相吸）

电解池是非自发反应，需要接**外接电源/原电池**，而原电池是自发反应，不需要接外接电源。

电解规律

阴极产物的判断

考虑谁「得电子」

阳离子或水中的 H^+ 。注意： H_2O 是在水溶液中需要考虑的，其他状态（例如熔融态）不需要考虑。

得电子的顺序（氧化性顺序）

$Ag^+ > Fe^{3+} > Cu^{2+} > H^+(\text{酸}) > Fe^{2+} > Zn^{2+} > H^+(H_2O) > K^+, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, Al$

例如：同时含有 Fe^{2+} , H^+ 和 Cu^{2+} 的溶液中，先得电子的是 Cu^{2+} ，再是 H^+ ，最后是 Fe^{2+} 。

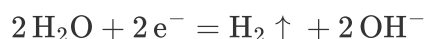
对于 Fe^{3+} ，在溶液中得电子会先还原为 Fe^{2+} ， Fe^{2+} 再还原成 Fe 。

对于 $H^+(\text{酸}) > H^+(H_2O)$ 的理解（拿 Fe^{2+} 作为中间离子举例）：

- 对于 H_2SO_4 和 $FeSO_4$ 的混合溶液，此时 H^+ 浓度较大，**酸**中的 H^+ 会先得电子， Fe^{2+} 再得电子。
- 对于 $FeSO_4$ 水溶液，溶液中虽然有极少量**水**电离出的 H^+ ，但依然是 Fe^{2+} 先得电子，水中的 H^+ 再得电子。

若是电解水溶液中的 $K^+/Ca^{2+}/Na^+/Mg^{2+}/Al^{3+}$ ，等同电解水（即其中水的 H^+ 得电子最多，其他可忽略不计）。

此时的电极方程式为：



这就是「放氢生碱」的化学方程式。

阳极产物的判断

考虑谁「失电子」

阴离子或水中的 OH^- 或**电极材料**。

原则：一般情况下，**优先考虑电极材料**。

若是**活性**电极（除 Pt, Au 和石墨外）：则金属单质失电子。

若是**惰性**电极（Pt, Au 和石墨）：电极材料只导电，不反应。

失电子顺序（还原性顺序）

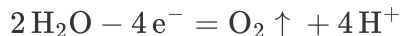
主要是对于惰性电极而言。

$\text{S}^{2-} > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O}(\text{OH}^-) > \text{最高价含氧酸根}(\text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{ClO}_4^-)$

口诀：留（硫）点（碘）铁生锈长氯锰（毛）。**电解池中一般不考虑锰离子。**

若是电解**最高价含氧酸根** (NO_3^- , SO_4^{2-} , ClO_4^- , PO_4^{3-} , MnO_4^- 等)，等同电解水。

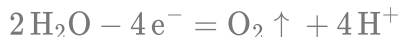
此时的电极方程式为：



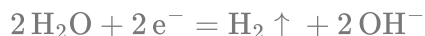
这就是「放氧生酸」的方程式。

有关电解水：

阳极是「放氧生酸」，方程式：



阴极是「放氢生碱」，方程式：



口诀：「负氢正氧」或「阴氢阳氧」。理解：负极电解水生成氢气，阴极电解水生成氢气。

惰性电极电解电解质溶液的四大类型

电解水型

总的电解反应式都是电解水方程式的类型。

H_2SO_4 溶液

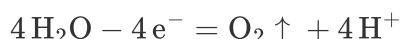
阴极可以得电子的有酸电离的 H^+ 和水电离的 H^+ ，根据优先顺序可知，此处以酸电离出的 H^+ 得电子为主。

阴极反应式：

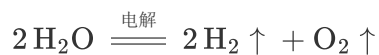


阳极可以失电子的有阴离子 SO_4^{2-} 和水电离的 OH^- ，由于 SO_4^{2-} 属于**最高价含氧酸根**，所以其失电子可忽略不计。所以整体上相当于以水电离出的 OH^- 失电子为主。

阳极反应式：



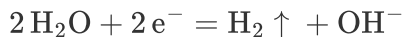
将阴阳极反应式合并得到电解方程式：



NaOH 溶液

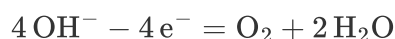
阴极可以得电子的有阳离子 Na^+ 和水电离的 H^+ ，由于电解 Na^+ 等同电解水，所以相当于水电离的 H^+ 得电子。

阴极反应式：

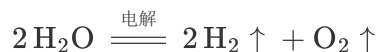


阳极可以失电子的有 NaOH 电离的 OH^- 和水电离的 OH^- ，水电离的 OH^- 很少，所以主要以 NaOH 电离的 OH^- 失电子为主。

阳极反应式：



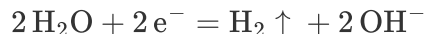
将阴阳极反应式合并得到电解方程式：



KNO₃ 溶液

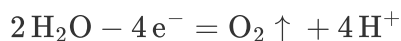
阴极可以得电子的有阳离子 K^+ 和水电离的 H^+ ，由于电离 K^+ 等同电解水，所以相当于水电离的 H^+ 得电子。

阴极反应式：

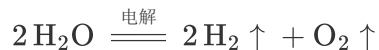


阳极可以失电子的有阴离子 NO_3^{2-} 和水电离的 OH^- ，由于 NO_3^{2-} 属于**最高价含氧酸根**，所以其失电子可忽略不计。所以整体上相当于以水电离出的 OH^- 失电子为主。

阳极反应式：



将阴阳极反应式合并得到电解方程式：



总结

电解带有最高价含氧酸根的酸，其总的电解方程式等价于电解水。

电解大部分强酸，其总的电解方程式也等价于电解水。

电解对象

水。

浓度变化

电解水使得水的含量减少，电解质溶液中溶质浓度增大。

pH 变化

电解质是酸性，电解后 pH 减小。

电解质是碱性，电解后 pH 增大。

电解质是中性，电解后 pH 不变。

恢复电解质溶液所加物质

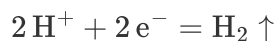
由于水被电解，所以应该加水。

电解电解质型

电解质本身被消耗的类型。

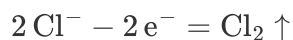
HCl 溶液

同理 H_2SO_4 溶液可知，阴极反应式为：

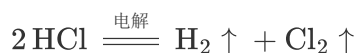


阳极可以失电子的有阴离子 Cl^- 和 H_2O 电离的 OH^- ，主要以 Cl^- 失电子为主。

阳极反应式：



将阴阳极反应式合并得到电解方程式：



CuBr_2 溶液

阴极可以得电子的有阳离子 Cu^{2+} 和水电离的 H^+ ，主要以 Cu^{2+} 得电子为主。

阴极反应式：



同理 HCl 溶液可知，阳极反应式为：



将阴阳极反应式合并得到电解方程式：



电解对象

对应电解质。

浓度变化

对应电解质浓度降低。

pH 变化

酸性电解质溶液 pH 升高。

碱性电解质溶液 pH 降低。

中性电解质溶液 pH 不变。

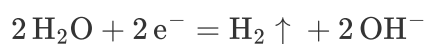
恢复电解质溶液所加物质

对应电解质。

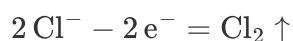
*放氢生碱型

NaCl 溶液

同理 NaOH 溶液可知，阴极反应式：



同理 HCl 溶液可知，阳极反应式：



电解方程式：



电解对象：NaCl 和 H_2O 。更加严谨的说，应该是 NaCl 中的 Cl^- 和 H_2O 电离的 H^+ 。

浓度变化： $c(\text{NaOH})$ 增加。

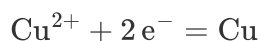
pH 变化：pH 增大。

恢复电解质溶液所加物质：根据电解方程式，相当于 H : Cl 按照 1 : 1 离开溶液，所以应该加入 HCl 恢复电解质溶液。

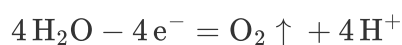
*放氧生酸型

CuSO_4 溶液

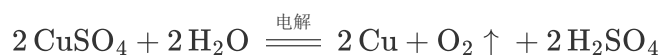
同理 CuBr_2 溶液可知，阴极方程式为：



同理 H_2SO_4 溶液可知，阳极方程式为：



电解方程式：



电解对象： CuSO_4 和 H_2O 。更严谨的说，应该 CuSO_4 中的 Cu^{2+} 和 H_2O 电离出的 H^+ 。

浓度变化： $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 增加。

pH 变化: pH 降低。

恢复电解质溶液所加物质:

根据电解方程式, 相当于 Cu : O 两种原子按照 1 : 1 离开溶液, 所以应该加入 CuO 恢复电解质溶液。

注意:

- 加入 CuCO_3 是可以的, 其可以拆解成 CuO 和 CO_2 , 遇到酸会直接反应生成 CO_2 离开溶液。
- 不能加入 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, 会多引入氢原子和氧原子。

电解的应用

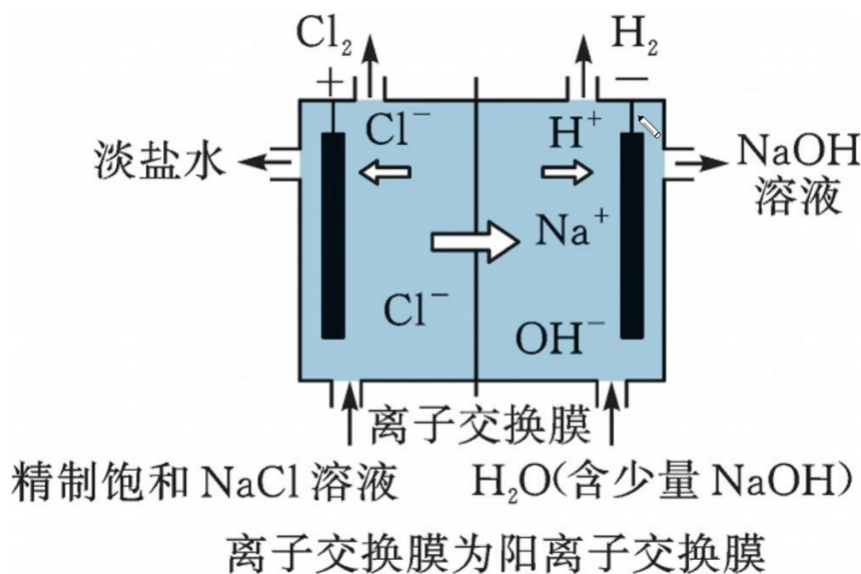
*氯碱工业

前置知识——粗盐提纯:

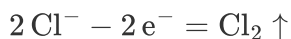
在含有 MgCl_2 和 CaCl_2 的粗盐中提纯 NaCl :

先加入过量 NaOH , 使得 Mg^{2+} 沉淀; 再加入过量 BaCl_2 使得 SO_4^{2-} 沉淀; 最后加入过量 Na_2CO_3 使得 Ca^{2+} 沉淀。最后加入适量盐酸, 除去过量的 NaOH 和 Na_2CO_3 。最后可以得到精致饱和 NaCl 溶液。

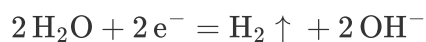
注意 BaCl_2 必须在 Na_2CO_3 之前加入。



阳极反应式:



阴极反应式:



注意: 虽然水溶液中含有少量 NaOH , 但由于其碱含量不足, 所以失电子的主要还是水电离的 OH^- 。

总电解方程式:

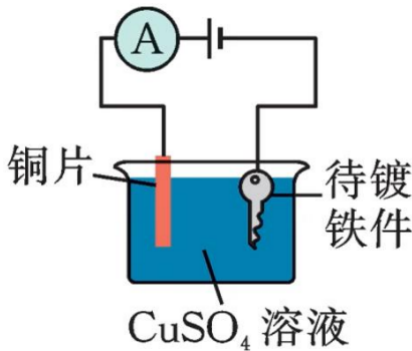


注意：这里的「离子交换膜」只能用阳离子交换膜，即只能让 Na^+ 向阴极移动。不能用阴离子交换膜，如果使用阴离子交换膜，会使得 OH^- 向阳极移动， Cl^- 会直接跟 OH^- 发生歧化反应， Cl^- 就不能失电子产生 Cl_2 了。如果需要得到 HClO 可以使用阴离子交换膜。

所以「离子交换膜」的类型与装置的**目的**有关。

电镀

以用铁做「待镀金属」，铜做「镀层金属」为例。



【阴阳极】

待镀金属作阴极，镀层金属作阳极，用含镀层金属离子的电解质溶液作电镀液。

口诀：阳镀阴被镀。

【特点】

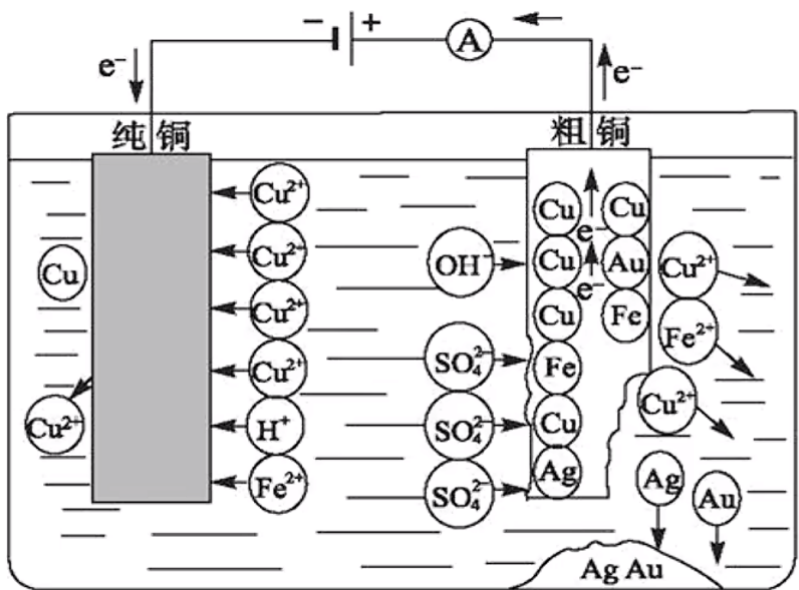
一增：阴极质量增加。

一减：阳极质量减少。

一不变：电解质溶液浓度不变（不考虑水的挥发）。

且阴极增加的质量与阳极减少的质量相等。

电解精炼铜



【目的】提纯粗铜。

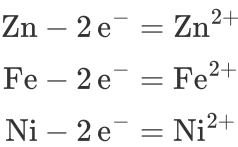
【电极材料】阳极为粗铜，阴极为纯铜。口诀：阴纯阳粗。

【电解质溶液】含 Cu^{2+} 的盐溶液，如 CuSO_4 。

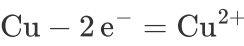
【阴阳极反应】

阳极：

第一阶段：



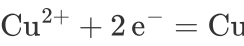
第二阶段：



注意：

- 阳极减少的质量，不是只有 Cu，还有 Zn, Fe 等。
- 阳极的铜溶解之后，比铜更不活泼的 Ag, Au 等金属就会再阳极形成沉积，我们称它为「阳极泥」。

阴极：



电冶金

	阴极	阳极	总反应
冶炼钠	$2\text{Na}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{Na}$	$2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$	$2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$
冶炼镁	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Mg}$	$2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2 \uparrow$	$\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
冶炼铝	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Al}$	$2\text{O}^{2-} - 4\text{e}^- = \text{O}_2 \uparrow$	$2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightarrow[\text{冰晶石}]{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$

注意：

- 冶炼钠和冶炼镁必须是**熔融**状态下的 NaCl 和 MgCl_2 ，如果是**水溶液**， Na^+ 无法在水中得电子得到钠单质。
- 不能通过熔融状态下的 AlCl_3 来冶炼铝，因为共价化合物熔融态不导电。
- 主要选择氯化物来冶炼金属是因为氯化物成本较低。
- 冰晶石的化学式是 Na_3AlF_6 。

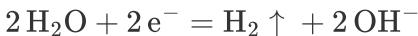
电解池电极判断

	与外接电源的接法	电极反应	电子流向	离子移向
阳极	与外接电源正极相连	氧化反应	流出	阴离子移向
阴极	与外接电源负极相连	还原反应	流入	阳离子移向

口诀：「阴阳相吸」，即阴离子移向阳极，阳离子移向阴极。

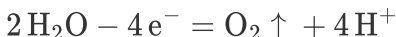
判断技巧：

1. 阴极的电极反应与阴极的电极材料无关，但**阳极的电极反应必须优先考虑电极材料**，若为活性电极，则金属电极本身失去电子；若为惰性电极（如 Pt, Au 和石墨等），则电极只导电，不反应。书写电解池的电极反应式时，一定要优先看阳极的电极材料。
2. 若题目已经给出反应物与生成物信息，则按照「阳极、氧化、化合价升高，阴极、还原、化合价降低」确定阴阳极的放电物质。
3. 电解水溶液中的 K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} 等，阴极的电极反应等同于电解水：



即「放氢生碱」，化学计量数：2 2 1 2。

若用惰性电极电解水溶液中的 SO_4^{2-} , NO_3^- , ClO_4^- 等最高价含氧酸根离子，阳极的电极反应等同于电解水：



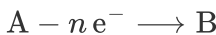
即「放氧生酸」，化学计量数：2 4 1 4。

电解池电极反应式书写

第一步

根据题目信息写出电极反应式「架构」。

阳极：



阴极：



通过化合价变化确认得失电子数，并且需要先搞定「变价元素的原子守恒」。

第二步

调平电荷：

酸性溶液用 H^+ 、碱性溶液用 OH^- 、熔融碳酸盐用 CO_3^{2-} 、氧化物电解质用 O^{2-} 、锂离子用 Li^+ 等，按照题目灵活调整。

第三步

配平：

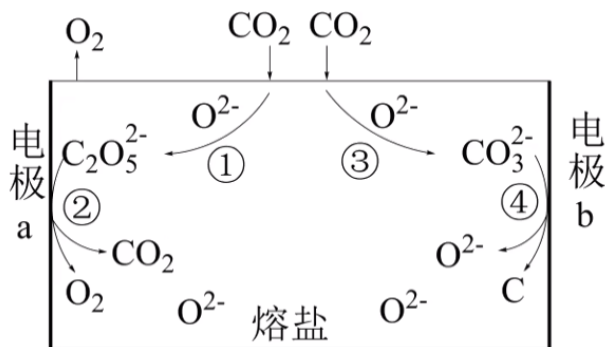
水溶液电解质：看 H 补 H_2O ，用 O 检查；

熔融碳酸盐：看 C 补 CO_2 。

按照题目灵活调整。

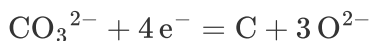
示例

以熔融电解池捕获二氧化碳的装置为例。

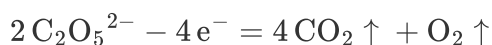


由于 CO_3^{2-} 失电子变成 C , $\text{C}_2\text{O}_5^{2-}$ 得电子变成 CO_2 , 所以电极 a 是阳极, 电极 b 是阴极。

阴极反应式:



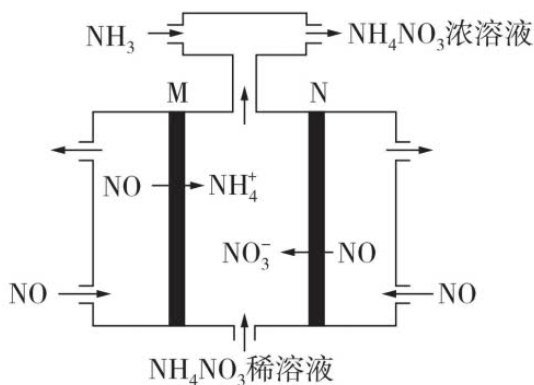
阳极反应式:



例题

用惰性电极电解硝酸工业的尾气 NO 可制备 NH_4NO_3 , 其工作原理如图所示。

为使电解产物全部转化为 NH_4NO_3 , 需向电解产物中补充适量 NH_3 。

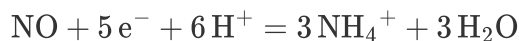


当实际参加反应的 NO 为 8 mol 时, 要将电解产生的硝酸全部转化为硝酸铵, 还应至少通入多少 mol NH_3 ?

分析:

一般此类计算题需要通过总的电解反应方程式配合「关系式关系量」求解。

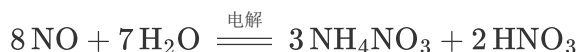
阴极反应式:



阳极反应式:



合并得到总电解方程式为:



根据 $8\text{NO} \sim 2\text{HNO}_3 \sim 2\text{NH}_3$ 可知, 需要通入 2 mol NH_3 。

电解池题型强化

解题技巧

1. 一般题目中有外接电源就说明是电解池，「通入一定电流」等字眼说明要从电解池角度考虑。
2. 海水中主要含有的离子： Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 等。
3. 涉及到有关电解过程中某离子量的变化问题（包含 pH 变化问题），可以考虑根据等物质的量电子的转移时，阴阳极对应离子量的变化来判断。
4. 有机反应中，加 H 或去 O 发生还原反应。
5. 求电解过程中产生某气体的**体积**，必须知道**温度压强**。只有在标况下，1 mol 气体的体积才是 22.4 L。
6. 涉及到离子交换膜通过离子的问题，需要考虑**电解池的目的**，通过电解目的分析反应。
7. 去离子水发生电解等同于电解水。
8. 有关离子交换膜的问题，可以结合**装置目的**和题目条件等信息来判断。例如装置目的需要环境保持酸性，那么离子交换膜必须保证 H^+ 能移动到对应环境中。
9. 涉及到某电极溶液质量减少的问题，除了要考虑反应得到的沉淀和气体不计入溶液质量之外，还要考虑离子交换膜导致的离子扩散也不能计入溶液质量。

例题

例 1（2022 广东）：以熔融盐为电解液，以含 Cu、Mg 和 Si 等的铝合金废料为阳极进行电解，实现 Al 的再生。该过程中（ ）

- A. 阴极发生的反应为 $\text{Mg} - 2\text{e}^- = \text{Mg}^{2+}$
- B. 阴极上 Al 被氧化
- C. 在电解槽底部产生含 Cu 的阳极泥
- D. 阳极和阴极的质量变化相等

分析：

首先考虑整个流程，阳极含有 Cu、Mg 等各种杂质，由于单质还原性：



离子还原性：



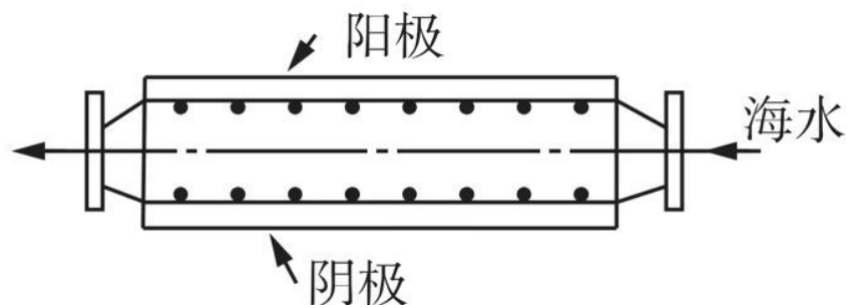
所以 Mg 会优先于 Al^{3+} 在阳极溶解，但由于氧化性 $\text{Mg}^{2+} < \text{Al}^{3+}$ 所以可以控制电解环境，使得 Al^{3+} 被还原，但 Mg^{2+} 不还原。

Cu^{2+} 氧化性高于 Al^{3+} ，所以溶液中的 Cu^{2+} 会优先于 Al^{3+} 在阴极还原，为了只让 Al^{3+} 还原，应该控制电解环境使得 Cu 在阳极始终不溶解。

- A 选项：只有阳极才会失电子，A 错误。
- B 选项：阴极上 Al 被还原，B 错误。
- C 选项：由于 Cu 在阳极上始终没有溶解，所以最后在电解槽底部会产生含 Cu 的阳极泥，C 正确。

- D 选项：由于阳极上 Mg 和 Al 都溶解，但阴极上只有 Al^{3+} 被还原为 Al，所以阴阳极质量变化不相等，D 错误。

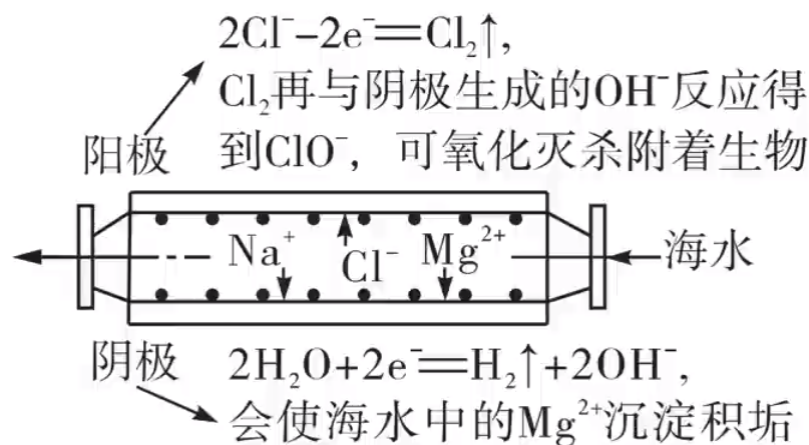
例 2 (2021 全国乙) 沿海电厂采用海水为冷却水，但在排水管中生物的附着和滋生会阻碍冷却水排放并降低冷却效率。为解决这一问题，通常在管道口设置一对惰性电极（如图所示），通入一定的电流。下列叙述错误的是 ()



- A. 阳极发生将海水中的 Cl^- 氧化生成 Cl_2 的反应
- B. 管道中可以生成氧化灭杀附着生物的 NaClO
- C. 阴极生成的 H_2 应及时通风稀释安全地排入大气
- D. 阳极表面形成的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等积垢需要定期清理

分析：

海水中主要的离子有 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} ，具体分析如下：



生成的 Cl_2 与 OH^- 反应：

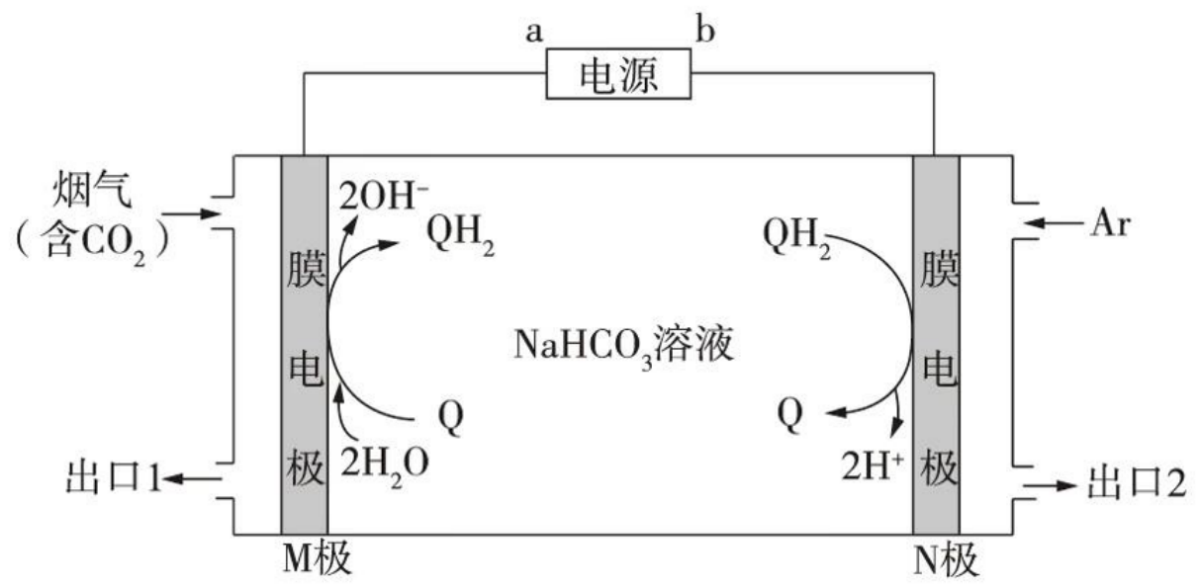


也可以视为：



- A 选项：根据上图可以看出 A 正确。
- B 选项：根据上述方程可知 B 正确。
- C 选项：该装置是密闭装置，氢气过量会爆炸，所以 C 选项正确。
- D 选项：阴极产生的 OH^- 与海水中的 Mg^{2+} 结合生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，不是阳极，所以 D 错误。

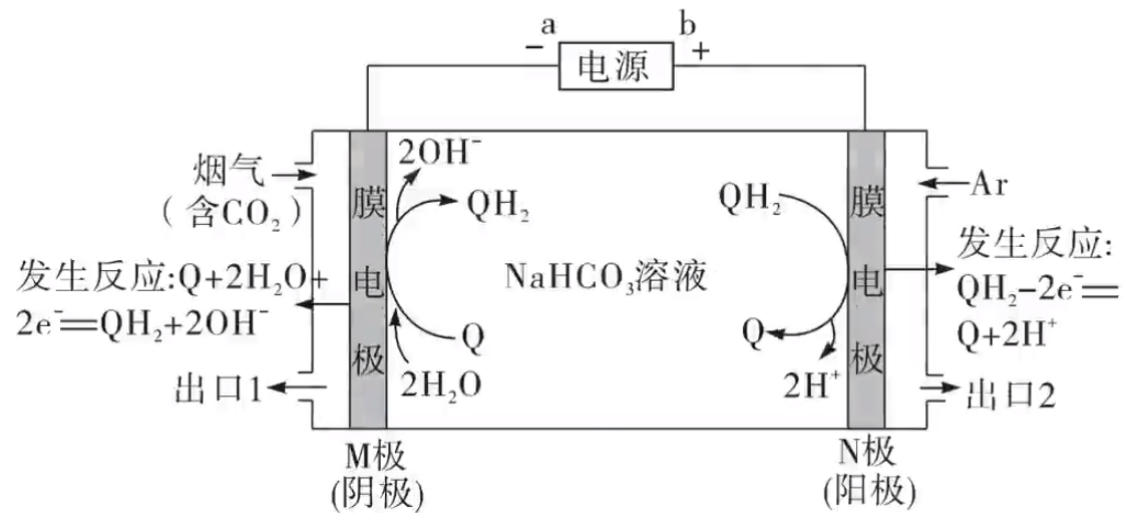
例 3（2021 辽宁）利用有机物 Q 和 QH₂ 电解转化法从烟气中分离 CO₂ 的原理如图，已知气体可选择通过膜电极，溶液不能通过，下列说法错误的是（ ）



- A. a 为电源负极
- B. 溶液中 Q 的物质的量保持不变。
- C. CO₂ 在 M 极被还原
- D. 分离出的 CO₂ 从出口 2 排除。

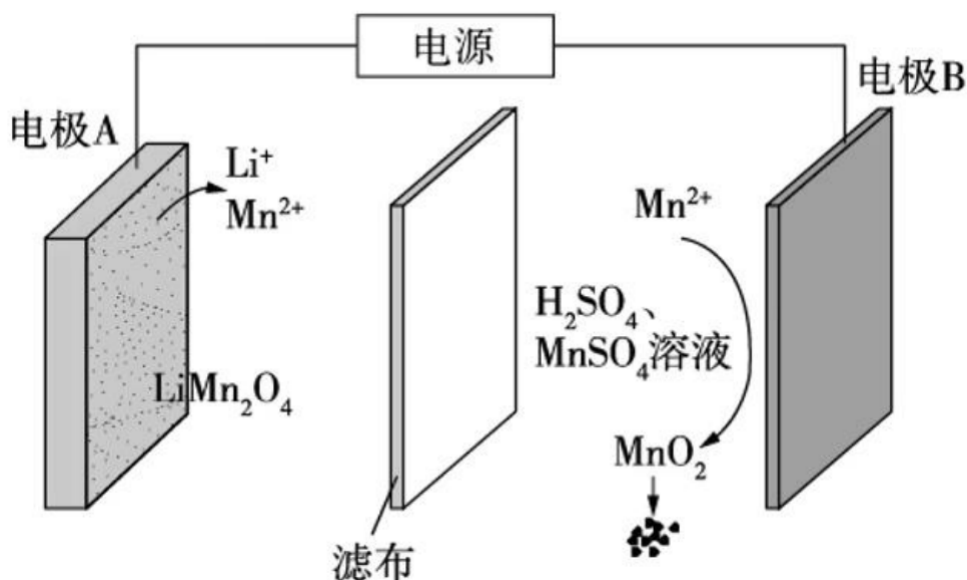
其 他选项容易判断，这里只分析 C D 中涉及 CO₂ 的分离过程。

有下图分析：



当含有 CO₂ 的烟气从右侧入口进入时，会通过膜电极，与阴极的 OH⁻ 反应，生成 HCO₃⁻，根据「阴阳相吸」，HCO₃⁻ 离子向右移动会与阳极的 H⁺ 反应，生成 CO₂ 和 H₂O，所以 CO₂ 没有被还原，对应分离出的 CO₂ 会从出口 2 排出。

例 4（2022 浙江 6 月选考）通过电解废旧锂电池中的 LiMn₂O₄ 可获得难溶性的 Li₂CO₃ 和 MnO₂，电解示意图如下（其中滤布的作用时阻挡固体颗粒，但离子可自由通过。电解过程中溶液的体积变化忽略不计）。下列说法不正确的是（ ）



- A. 电极 A 为阴极，发生还原反应
- B. 电极 B 的电极反应： $2\text{H}_2\text{O} + \text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$
- C. 电解一段时间后溶液中 Mn^{2+} 浓度保持不变
- D. 电解结束，可通过调节 pH 除去 Mn^{2+} ，再加入 Na_2CO_3 溶液以获得 Li_2CO_3 。

分析：

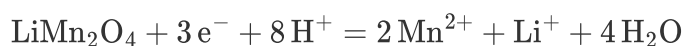
根据对应离子前后价态变化可知：电极 A 为阴极，电极 B 为阳极。

阳极反应式：



由于在 H_2SO_4 溶液中，所以阳极反应式应该用 H^+ 调平电荷。这里的沉淀符号可以不写。

阴极反应式：

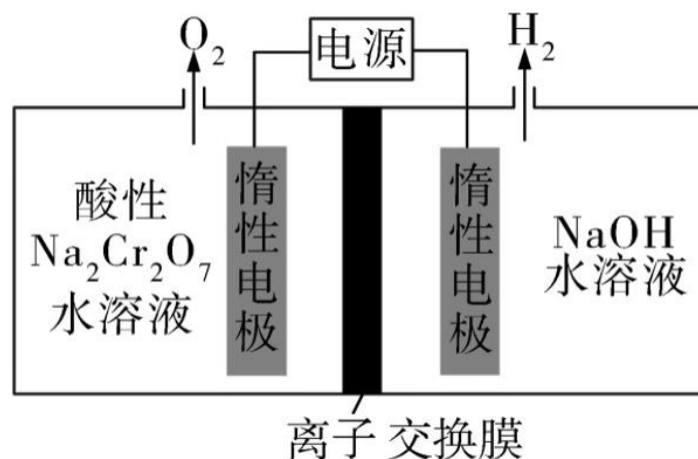


由于 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ 是白色沉淀，所以 Mn^{2+} 不能与 OH^- 在溶液中大量共存，所以应该用 H^+ 调平电荷。

这里反应物中 H^+ 是从阳极反应生成经过滤布（离子交换膜）到阴极的。

- A 选项：根据上述分析可知 A 正确。
- B 选项：根据上述分析可知 B 正确。
- C 选项：阴极生成 2Mn^{2+} 转移 3e^- ，阳极消耗 Mn^{2+} 转移 2e^- ，所以转移等量电子， Mn^{2+} 离子的量增加，C 错误。
- D 选项：可通过增加溶液中的 $c(\text{H}^+)$ 使得 Mn^{2+} 沉淀为 $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ；再加入 Na_2CO_3 就可以使得 Li^+ 变为 Li_2CO_3 沉淀，D 正确。

例 5 (2021 湖北) $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的酸性水溶液随着 H^+ 浓度的增大会转化为 CrO_3 。电解法制备 CrO_3 的原理如图所示。下列说法错误的是 ()



- A. 电解时只允许 H^+ 通过离子交换膜
- B. 生成 O_2 和 H_2 的质量比是 8 : 1
- C. 电解一段时间后阴极区溶液 OH^- 的浓度增大
- D. CrO_3 的生成反应为 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ = 2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

分析：

由于 NaOH 和 $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液的电解反应相当于电解水，且根据「负氢正氧」可知，左边是阳极，右边是阴极。

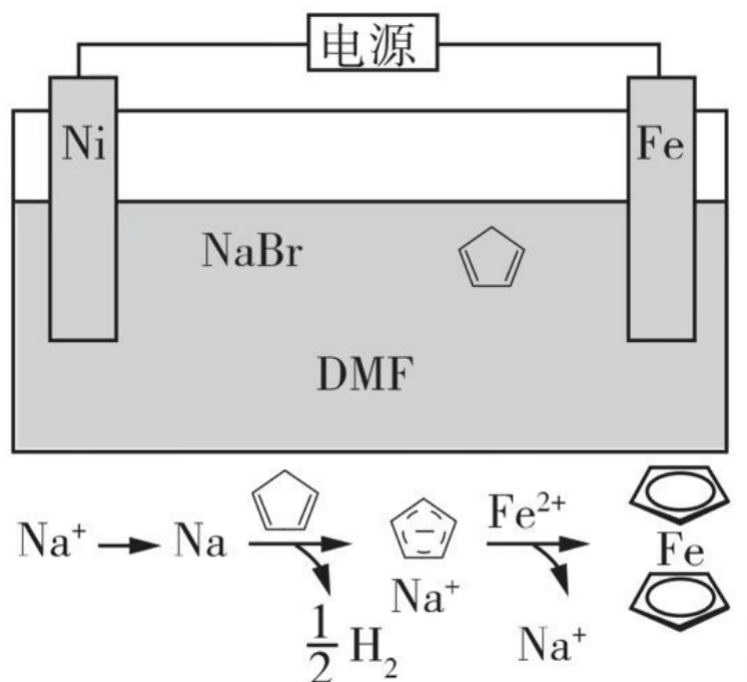
所以阴极的电解反应式是「放氢生碱」，阳极的电解反应式是「放氧生酸」。

- A 选项：根据题意可知，阳极会生成 H^+ ，从而使得阳极水溶液 $c(\text{H}^+)$ 增大转化为 CrO_3 。根据「阴阳相吸」，若 H^+ 通过离子交换膜，会达到阴极，从而使得阳极水溶液 $c(\text{H}^+)$ 减小，不能达到目的，A 错误。
- B 选项：电解池总的电解方程式为 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ ，所以生成的 $n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2) = 8 : 1$ ，所以 $m(\text{O}_2) : m(\text{H}_2) = 1 \times 32 : 2 \times 2 = 8 : 1$ ，B 正确。
- C 选项：由于阴极「放氢生碱」，所以 C 正确。
- D 选项：根据上述分析写出方程式调平电荷可知，D 正确。

例 6 (2019 全国 II) 环戊二烯 () 是重要的有机化工材料，广泛用于农药、橡胶、塑料等生产。环

戊二烯可用于制备二茂铁 $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]$ ，结构简式为 ，后者广泛应用于航天，化工等领域中。二

茂铁的电化学制备原理如图所示，其中电解液为溶解有溴化钠（电解质）和环戊二烯的 DMF 溶液（DMF 为惰性有机溶剂）。



该电解池的阳极是什么，总反应是什么？

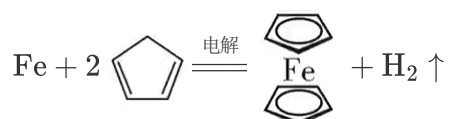
电解制备需要在无水条件下进行，原因是什么？

分析：

根据图示可知，Ni 电极溶液的 Na^+ 会得电子变成 Na，然后进入环戊二烯的 DMF 溶液中，间接氧化为 Na^+ ，使得环戊二烯还原为负一价离子。同时 Fe 在阳极氧化成 Fe^{2+} 与环戊二烯形成的负一价离子反应生成二茂铁。

整体上相当于 Fe^{2+} 失去电子，将电子移向 Ni 使得 Na^+ 得电子，再在溶液中氧化，间接还原环戊二烯。即铁丢电子最终给了环戊二烯。

根据分析可知，阳极为 Fe，总反应为：



如果在**有水**条件下进行反应，间接转移电子的 Na^+ 就会与水反应，从而阻碍中间产物 Na 的生成。同时在水中 Fe^{2+} 会水解产生 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，消耗 Fe^{2+} ，导致二茂铁的产量大幅降低。

所以原因有两点：

- 有水会使得 Na^+ 直接与水反应，阻碍中间产物 Na 的产生；
- Fe^{2+} 会与水反应被消耗，使得二茂铁的产量降低。