

对一道北京高考电化学试题的实验验证和启示

陈荣聪¹, 王云生², 张贤金²

(1. 南安市侨光中学, 福建南安 362314; 2. 福建教育学院化学教育研究所, 福建福州 350025)

[摘要]基于中学化学教师对2016年北京高考理综第12题所述情境的真实性的争议, 设计了验证实验。依据实验现象, 结合教学实践分析, 探讨了该题四个选项的適切性和解答困难的原因。由此指出对高中电化学教学的启示: 注重引导学生正确理解掌握电化学基本原理; 提高学生对实验情境中的现象作出正确解释及推测的能力。

[关键词]北京高考; 电化学试题; 实验验证; 教学启示

对2016年北京高考理综第12题(选择题)的命题和参考答案^[1], 中学化学教师中存在一些争议。例如, 试题的问题情境是否真实? 四个选项, 符合题意的是B还是D? 试题的要求是否超出现行教材中电化学的教学要求? 笔者按照试题所述的实验情境进行实验验证。从观察到的现象做分析、探讨, 得到不少启发, 提出来和同行切磋。

1 高考原题

用石墨电极完成下列电解实验。

	实验一	实验二
装置		
现象	a、d处试纸变蓝; b处变红, 局部褪色; c处无明显变化	两个石墨电极附近有气泡产生; n处有气泡产生; ……

下列对实验现象的解释或推测不合理的是 ()

- A. a、d处: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ B. b处: $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2\uparrow$
C. c处发生了反应: $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ D. 根据实验一的原理, 实验二中m处能析出铜

(参考答案: B)

2 实验装置、操作和现象

笔者按试题提供的情境, 进行如表1所示实验(使用从干电池拆出的碳棒作为石墨电极)。

表1 验证实验的装置、操作与现象

实验	装置与操作	现象
实验1	依试题实验一, 用饱和食盐水润湿pH试纸, 细铁丝cd长1cm, 通电电压6V, 时间30s。	a、d处试纸迅速变蓝; b处逐渐变红, 局部(小范围)褪色; c处无明显变化(用KI淀粉试纸紧贴于b处, 试纸略显蓝色)。
实验2	另取pH试纸, 在其中部滴加氯水。	氯水浸湿区域褪色, 外围有一红色小圈。
实验3	依试题实验二, 用碳电极、8V电压电解 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液, 两个铜珠间距为1cm, 通电2min。	①石墨阴极、阳极均有气体析出(阴极上气体析出更多); ②石墨阴极右侧有暗红色物质析出; ③在m、n处有气泡析出, 实验后期有暗红色物质析出; ④石墨阳极上的气泡和石墨阴极析出暗红色物质的现象比铜珠的m、n处明显; m处的现象比n处明显; ⑤石

		墨阳极上有碳粉脱落。
--	--	------------

3 实验现象分析和结论

(1) 依据实验 1~3 观察到的现象，可以确定：题干描述的装置和相应现象，符合实际，题设的实验情境是真实的。

(3) 实验 2，氯水和 pH 试纸作用的现象说明“b 处变红，局部褪色”，不能只用该处有 Cl_2 析出来解释，b 处溶液的酸性主要是阳极上有氢氧根离子放电，使氢离子浓度增大。因此，选项 B 对实验现象的解释是不合理的。

(3) 题设实验一的装置，可以看成是两个电解池的串联，一个以 a、c 为两极，另一个以 d、b 为两极。b 电位高于 d，c 电位高于 a。各电极反应式是：

a、d 极（阴极）： $2\text{H}_2\text{O}+2\text{e}^-=\text{H}_2\uparrow+2\text{OH}^-$ ；b 极（阳极）： $2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^-=\text{O}_2\uparrow+4\text{H}^+$ 、 $2\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2\uparrow$ ；c 极（阳极）： $\text{Fe}-2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ 。（由于氧化溶解的铁很少，难以觉察到明显的变化），可见，选项 A 的解释、选项 C 的预测都是合理的。

(4) 从实验现象并依据实验一的原理可以推测，题设的实验二装置，可看成是三个电解池的串联。装置右侧的石墨阳极上发生反应： $2\text{H}_2\text{O}-4\text{e}^- = \text{O}_2\uparrow+4\text{H}^+$ ，有氧气析出；右侧的石墨阴极上发生反应： $2\text{H}^++2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ ，有氢气析出。电解一小段时间后，随着铜珠的溶解，溶液中增加了 Cu^{2+} ，会有少量铜析出： $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。铜珠 n 处作为串联电池组的右侧第 1 个电解池的阴极，有氢气析出： $2\text{H}^++2\text{e}^- = \text{H}_2\uparrow$ 。这与试题的说明吻合，说明 D 选项对实验现象的预测是合理的。

(5) 实验 3 的现象④（石墨阳极上的气泡和石墨阴极析出暗红色物质的现象比铜珠的 m、n 处明显，m 处的现象比 n 处明显），与各个串联电池的两个电极（石墨电极与溶液中铜珠两侧）的电势差大小不同、溶液各部分中离子浓度的不同有关。

(6) 石墨阳极在电解酸、碱稀溶液时，有碳粉脱落。可能是碳棒的质量不佳，由于电解时氧气析出，杂质氧化使碳棒变得疏松。

4 试题解答困难的原因分析

考生和一些教师在解答或分析试题中发生的困惑或错误主要有：

(1) 部分考生不理解试题设置的陌生实验情境，不明白在电解液中放置的细铁丝、铜珠起什么作用。不知道电解池的电解液中存在电位差，置于电解液中的导体（如细铁丝 cd）有一定的电势，它的两端与对应的石墨电极由于存在电位差，也可以构成电解池。

(2) 部分教师和考生，机械地按工业上电解饱和食盐水的原理断定 Cl^- 比 OH^- 更容易在阳极放电，判定是 Cl^- 放电产生 Cl_2 ， Cl_2 与水反应生成的盐酸和次氯酸引起“b 处变红，局部褪色”，认为 B 项合理。工业上电解饱和食盐水是在特定条件下（如电解过程持续加入饱和食盐水，使电解池中维持较高的食盐浓度）进行的，因而 Cl^- 放电先于 OH^- 。按 Cl^- 、 OH^- 的电极电位高低顺序， OH^- 放电优先于 Cl^- 。笔者在实验中虽然

是用饱和食盐水润湿试纸，但试纸上 Cl^- 的浓度不高，在阳极上， OH^- 放电仍然是主要的。

(3) 部分考生以为试题图中标示的“m”、“n”是分别指两个铜珠，他们没有意识到每个铜珠的两侧会成为不同电解池中的极性不同的电极。这部分考生没有真正理解实验一的原理，认为实验二中靠近石墨阳极的铜珠（“n”）是阴极，靠近石墨阴极的铜珠（“m”）是阳极。错误地断定铜珠（“m”）会发生氧化反应而溶解，不可能在 m 处析出铜，判定选项 D 的预测是错误的。

考生的上述困惑或错误，说明他们对电化学反应的认识比较肤浅，停留在感性认识的水平上，没有形成规律性的认识，没有理解问题的本质。他们只记得结论（电解池的两极，极性不同，分别发生氧化、还原反应），不理解结论是怎么形成的，对于电解池中所发生的变化的因果关系缺乏认识。因此，面对比较复杂或陌生情境下的新问题，就难以应对，产生困惑或错误。

5 试题对高中电化学教学的启示

试题让考生面对比较复杂且陌生的情境，考查他们是否真正理解掌握电化学基本原理，是否具备在新实验情境中运用所学知识对实验现象作出正确解释或推测的能力。试题着眼于考察考生运用所学原理知识，理解、分析、解决问题的能力，测试考生的化学学科核心素养发展的水平^[2-3]。应该说是一道不错的试题。分析考生解答过程所暴露的问题，反思、改进化学教学，应该是我们分析这道试题的主要目的。

5.1 引导学生真正理解掌握电化学基本原理

从考生对“电位差”、“放电能力”理解的缺失，足以反映出教学中部分教师没有引导学生深入理解概念，过于强调归纳总结、形成记忆的规律性知识。学生缺乏探查规律形成的本质原因的习惯，面对新情境下的问题，当然谈不上有较高的逻辑思维能力和分析推理能力。例如，原电池的构成条件，要有“两个活泼性不同的电极”——面对燃料电池以两个相同的碳棒为电极时，教师就难以自圆其说，匆忙应对；要有“自发的氧化还原反应”——面对浓差电池、温差电池时，更是无言以对。电解池中，“放电顺序”的过分强调，面对该试题情境下，b 处同时有 Cl^- 和 OH^- 放电，考生又难以应对；电解氯化亚铁溶液实验， Fe^{2+} 在阳极上放电，如果没有理解阴、阳离子在电极周围的聚集和离子的定向迁移关系，考生更是百思不得其解。因此，在教学中引导学生深入理解基本原理，透过现象看本质，是极其重要的。

5.2 提高学生新实验情境中对实验现象作出正确解释或推测的能力

“纸上实验”或浅尝辄止的实验教学，学生只能停留在理论和想象实验的层面，或者停留在记忆的层面，对操作、原理和现象不够敏感。面对新情境，更无法运用所学知识对实验现象作出正确解释或推测。电化学实验多、装置简单、操作容易、现象明显，适合于学生实验。典型的电化学实验，不仅能够培养学生的实验动手能力，还可以让学生在实验中从不同的角度体验能量的转化、物质转化（包括电子的转移和利用）及电化学的应用价值^[4]等。如锌-铜-稀硫酸电池实验，透过实验现象，探析实验的原理和微观本质，体验化学能、热能到电能的转化、盐桥的价值和电流的利用率、从单液电池、双液电池到含“膜”电池发展的意义等；如电解氯化铜溶液、电解硫酸钠溶液实验，通过分析 U 型管中溶液颜色变化，探查阴、阳离

子在电极周围的聚集和离子的定向迁移的关系；电解饱和食盐水实验，探查“膜”的意义及离子放电顺序的本质等。

参考文献：

- [1]2016 年普通高等学校招生全国统一考试理科综合（北京卷）
- [2]教育部考试中心.2016 年普通高等学校招生全国统一考试大纲[M].北京：高等教育出版社,2015.
- [3]教育部考试中心.2016 年普通高等学校招生全国统一考试大纲的说明[M].北京：高等教育出版社,2015.
- [4]陈荣聪.基于问题构建的高三化学整体教学策略——以高三总复习电化学为例[J].福建基础教育研究,2015,(11):74~76.