

# “小情境”承载“真问题”的高三复习教学\*

## ——以“化学平衡常数综合计算”为例

程俊<sup>1,2</sup>

1. 华中师范大学人工智能教育学部 湖北武汉 430079 2. 广东省教育研究院 广东广州 510035

**摘要:**在高三复习教学中,化学平衡常数的计算既是重点也是难点。本节课以生活情境为载体,培养学生运用多种平衡常数去解决真实情境问题的能力,体会同一层面的不同知识在解决真实问题中的协同作用,在问题解决中实现思维建模和综合能力的提升。

**关键词:**思维建模;化学平衡常数;化学计算;高三复习教学

文章编号:1008-0546(2024)10-0050-04

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

### 一、教学主题内容及教学现状分析

#### 1. 教学主题内容

化学平衡常数的综合计算是指聚焦各种平衡常数,包括弱电解质的电离平衡常数  $K_a$  或  $K_b$ 、水的离子积常数  $K_w$ 、盐的水解常数  $K_h$ 、难溶电解质的溶度积常数  $K_{sp}$  和化学反应的平衡常数  $K$  等的综合性计算。高考中通常设置陌生的情境问题,考查学生运用各种平衡常数协同解决问题的能力。这种考查能同时承载高考评价体系“四翼”中“综合性”“应用性”“创新性”的考查要求<sup>[1]</sup>,因此成为高考命题的热点。这种考查具有情境陌生度高、问题综合性强的特征,对学生答题具有极大的挑战性。因此,“化学平衡常数综合计算”是高三复习的重点和难点,通常以专题复习的形式予以突破。

#### 2. 教学现状分析

以“平衡常数计算”“平衡常数复习”为主题词查阅文献,笔者发现其中绝大多数文章聚焦解题技巧,专门研究平衡常数复习教学的文章较少,并且关于复习教学的文章主要研究一般化学平衡常数或各类平衡常数的分类复习问题。关于将几类平衡常数进行结构化专题复习,只是在解题技巧或个别文章的理论阐述中有简单涉及。

关于平衡常数的复习教学,笔者结合日常公开课的观察以及所查文献展示的基本策略发现,在专题复习中有两种较为典型的做法:一是部分教师只是将五大平衡常数分割为五个小专题逐一进行复习以期各个击破。这种做法的目的是强化学生对五大平衡常数的分类掌握,但复习中缺失对五大平衡常数的关联与整合,导致学生不能从整体认知五大平衡常数之间的内在联系,使得学生缺少运用五大平衡常数协同解决复杂问题的能力。二是部分教师在复习中虽然注重对各种化学平衡常数的关联与整合,但具体的复习策略只是“就题讲题”“用题训练”。这种“以题攻题”“以题致胜”的复习教学模式,在教学目标上仅仅是为了提升学生所谓的“解题能力”,忽视了知识的应用性与实用性价值,忽视了学科的生活意义,而在解题中获取的所谓“能力”,是机械的、刻板的、短暂的。长此以往,学生将难以形成举一反三与融会贯通的能力。

### 二、教学主要流程

本节课以“化学平衡常数综合计算”为例,围绕“概念回顾”“计算思维方法建模”“‘拼凑法’思维模型应用”三个教学环节,设置驱动性任务和问题串,引导学生复习,教学主要流程如表1所示。

\* 基金项目:本文系全国教育科学规划教育部重点课题“指向核心素养的中学化学深度学习教学评价研究”(DHA210347)的研究成果。

表1 “化学平衡常数综合计算”教学主要流程

教学环节	驱动性任务	问题串与学生活动	教师支持
概念回顾	平衡常数的多样性	有哪些与平衡有关的平衡常数 学生讨论、小结 1. 弱电解质的电离平衡常数: $K_a$ 或 $K_b$ 2. 水的离子积常数: $K_w$ 3. 盐的水解常数: $K_h$ 4. 难溶电解质的溶度积常数: $K_{sp}$ 5. 化学反应的平衡常数: $K$	提示、归纳
计算思维方法建模	认识硬水及其软化的必要性	学生讨论与回答 1. 什么是硬水 2. 硬水为何要进行软化 3. 如何软化硬水	小结 1. 水的暂时硬度与永久硬度 2. 硬水的危害 3. 较为常用的硬水软化方法: ①石灰法、煮沸法(暂时硬度); ②石灰-纯碱法(永久硬度); ③离子交换法、电渗析法
	通过计算分析石灰软化法的化学原理	学生思考、书写、展示、互评、提问 以石灰法软化水的暂时硬度为例 1. 计算 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应的平衡常数(25 °C) 2. 计算 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应的平衡常数(25 °C, 假设生成 $\text{MgCO}_3$ ) 3. 计算 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应的平衡常数[25 °C, 假设生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ] 4. 比较以上两个反应的平衡常数, 据此确定产物是 $\text{MgCO}_3$ 还是 $\text{Mg}(\text{OH})_2$	1. 给予信息支持 已知 25 °C 时 碳酸: $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ 碳酸钙: $K_{sp} = 8.7 \times 10^{-9}$ 2. 解析平衡常数综合计算的思维方法: “拼凑法”, 给予信息支持 已知 25 °C 时 碳酸: $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ 碳酸钙: $K_{sp} = 8.7 \times 10^{-9}$ 氢氧化镁: $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-11}$ 碳酸镁: $K_{sp} = 6.8 \times 10^{-6}$
“拼凑法”思维模型应用	通过计算分析酸洗法清除水垢的化学原理	以醋酸清洗锅炉中的水垢[含有 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ ]为例 1. 计算反应 $\text{CaCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH}$ (产物视为碳酸) 和反应 $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$ 的平衡常数(25 °C) 2. 如何清洗水垢中的 $\text{CaSO}_4$ 成分? 请设计转化反应, 并计算转化反应的平衡常数 学生通过讨论形成结论: 先用饱和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液浸泡水垢, 使其中的 $\text{CaSO}_4$ 转化成 $\text{CaCO}_3$ , 再用酸洗	1. 给予信息支持 已知 25 °C 时 碳酸: $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ 醋酸: $K_a = 1.6 \times 10^{-5}$ 碳酸钙: $K_{sp} = 8.7 \times 10^{-9}$ 氢氧化镁: $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-11}$ 硫酸钙: $K_{sp} = 9.1 \times 10^{-6}$ 2. 引导学生比较 $K$ 值的大小, 发现计算的意义
	“拼凑法”用于解答高考试题中的平衡常数综合计算问题	1. (2021 · 湖北, 节选) 已知: ① 25 °C 时, $K_b(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \approx 2.0 \times 10^{-5}$ , $K_{sp}[\text{Ga}(\text{OH})_3] \approx 1.0 \times 10^{-35}$ ; ② 25 °C 时, $\text{Ga}^{3+} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons [\text{Ga}(\text{OH})_4]^-$ , $K' = \frac{c[\text{Ga}(\text{OH})_4^-]}{c(\text{Ga}^{3+}) \cdot c^4(\text{OH}^-)} \approx 1.0 \times 10^{34}$ 。 $\text{Ga}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Ga}(\text{OH})_4]^- + \text{NH}_4^+$ 的平衡常数 $K =$ _____ 2. (2022 · 江苏, 节选) 化合物 ( $\text{FeS}$ 、 $\text{FeS}_2$ 等) 应用广泛。已知: $K_{sp}(\text{FeS}) = 6.5 \times 10^{-18}$ , $K_{sp}[\text{Fe}(\text{OH})_2] = 5.0 \times 10^{-17}$ ; $\text{H}_2\text{S}$ 电离常数分别为 $K_{a1} = 1.1 \times 10^{-7}$ 、 $K_{a2} = 1.3 \times 10^{-13}$ 。在弱酸性溶液中, 反应 $\text{FeS} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + \text{HS}^-$ 的平衡常数 $K$ 的数值为 _____	1. 点评与教学小结 2. 追问: 为何该反应难以进行? 有没有办法使 $\text{FeS}$ 溶解在酸溶液中 3. 引导学生比较 $K$ 值的大小, 发现计算的意义

### 三、课堂实施反馈

#### 1. 破解“小失误”, 解决“大问题”

在本课的教学中, 教师设置的系列问题是高考题中典型的综合创新性问题。学生在解决这些问题的过程中, 容易产生各种失误, 除了难以确定整个溶液的平衡体系之外, 主要可以归结为以下四类: 一是

方程式书写错误, 如部分学生认为  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  反应生成  $\text{CO}_2$  或配平错误。二是平衡常数表达式错误, 如不少学生犹豫  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HAc}$  等非离子形态的微粒浓度要不要列进平衡常数表达式参与计算, 没有真正理解平衡常数表达式的内涵。三是对碳酸两级电离的理解不清晰, 分不清混合体系

中各微粒与平衡的关系,如多数学生需要经过教师点拨后才能理解总反应的平衡常数为分步反应  $K_{a1}$  和  $K_{a2}$  的乘积。四是部分学生错误地将  $K$  值大小等同于反应速率高低,如有学生对于计算得出醋酸溶解  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的  $K$  值都很大而实际用醋酸清洗水垢时速率却很慢产生疑问。 $K$  值大只能表明反应转化率高,但是速率不一定高,且水垢因为形成时间长、呈坚固块状、成分较复杂,因此溶解缓慢,常常需要辅助加热等措施加快反应速率。

上述四类“小失误”,如果在专题复习时单独出现,基本上不会成为易错点,所以常常难以得到学生的重视。但是,当其隐含于真实的复杂问题中,需要全程独立思考解决时,学生原本不够稳固的思维疑惑就可能暴露出来。因此,破解“小失误”将不仅有助于培养学生的高阶思维能力,还有助于帮助其巩固已有的知识基础,实现从知识到素养的整体提升。

## 2. 高效复习,直击高考

在教学实施时,笔者采用同样的教学设计,在三所不同层级的学校施教。在重点中学,教学实施得非常顺畅。其中,基础薄弱的学生学习效果同样非常好,只是失误多一点、节奏稍微慢一点,即使面对挑战几道高考题也很有信心。这引发了不少教师关于高三复习课效率的反思:在高考时,所有学生都将面临同一张试卷,教师不能因为学生基础薄弱,就反复地进行知识的孤立复习和简单回顾,导致后进生离高考的水平越来越远。事实证明,不同程度的学生都具有挑战难题的能力,关键看教师如何设计问题、组织教学。

综合性如此之强的一节课,并没有事先回顾基础知识,如将各类平衡体系的方程式、各类平衡常数的表达式一一列出,而是直接解决问题。在问题解决的过程中,所有的认知障碍和遗忘点都暴露出来并得到及时清除。学生在遭遇挫折后主动发问、寻求答案,在应用中反复试错,对知识的理解会更深刻。通过本节课的学习,学生不仅会算,还形成了一套完整、简洁的认知思路,即从拼凑、组合到代入计算,最后实现模型在各种丰富情境中的迁移应用。本节课的成功之处究其根本在于问题设计的聚焦与问题解决思路的建模,即一系列问题的设计仅聚焦一个难点,构建共性的计算流程与方法,层层递进,实现难点的精准突破。

## 四、教学创新设计

### 1. 指向知识的深度学习

学生通过五大平衡常数的协同应用,获得解决

相关真实问题、陌生问题、复杂问题的综合能力,深刻领悟到知识在解释生活现象、解决生活问题中的实用价值。指向知识的深度学习具体体现在以下两个方面。

一是让学生理解五大平衡常数的趋同性,即它们都是可逆过程的特征常数,且这个特征常数只是温度的函数。特征值越大,代表正向过程进行的程度越大。五大平衡常数的区别仅在于表征的对象不同。

二是让学生理解五大平衡常数的关联性,即某个具体化学过程的平衡常数与某些电离平衡常数、水解常数、溶度积常数以及水的离子积常数之间存在一定的关联。换言之,可以借助  $K_a(K_b)$ 、 $K_h$ 、 $K_w$  或  $K_{sp}$  求  $K$ 。由此,将五大平衡常数融为一体,学生可以实现对五大平衡常数的整体认知、结构化认知。

### 2. 形成结构化的认知思路

《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》指出,化学教学内容的组织,应有利于促进学生从化学学科知识向化学学科核心素养的转化,而内容的结构化则是实现这种转化的关键。<sup>[2]</sup> 本节复习课的主题是“化学平衡常数综合计算”,其中“综合计算”本身就属于知识的结构化,即将五大平衡常数  $K_a(K_b)$ 、 $K_h$ 、 $K_w$ 、 $K_{sp}$ 、 $K$  “熔于一炉”来解决问题。教学需要实现的是从“知识关联的结构化”转向“认知思路的结构化”。在具体教学中,笔者将“化学平衡常数综合计算”的模型总结为“拼凑法”,并强化学生利用这一方法解决问题的能力,使“拼凑法”成为学生进行“化学平衡常数综合计算”的基本思维方法。

### 3. 依托情境问题发展素养

真实、具体的问题情境是学生化学学科核心素养形成和发展的重要平台。在本节课的教学中,笔者主要设置了“硬水的软化”和“水垢的清除”两个情境问题。这两个情境问题,不仅是日常生产、生活中的实际问题,而且是学生倍感亲切、深感有意义的问题。尤其是清除家用水壶、保温瓶水垢的问题,更是所有学生“熟视”却通常“无睹”的问题,这在很大程度上能激发学生解决问题的欲望。学生通过运用知识来解决现实生活的问题,在运用知识创造性地解决问题的过程中建构知识体系、发展能力,让惰性知识变成活性能力,促进核心素养的发展。

## 五、教学效果与反思

### 1. 复习教学要把“解题”变成“解决问题”

将“化学平衡常数综合计算”设定为复习的一个

小主题,符合高考的命题指向。但是,本节复习课并没有把高考题直接作为教学素材,也没有采用“就题讲题”的教学方法,更没有采用传统的“题海策略”,而是把高考试题中关于平衡常数综合计算的命题立意,转化为学生熟悉的日常生活中的实际问题,引导学生在解决真实问题的过程中,感知知识用于解释、解决问题的实际价值以及应用知识解决问题的思维方法,最终把知识转化为解决实际问题的能力、策略乃至智慧等素养。这种素养形成的重要标志,就是面对新的同类问题时,学生能敏捷地知道运用什么学科知识、如何灵活运用所学知识以协同助力问题的解决。学生一旦有这样的表现,足以证实学科知识实现了向学科能力、学科方法及学科素养的转化。

在本节课的教学中,除了最后借用两道高考题检验学生的学习效果之外,教师完全没有“讲题”,也没有“解题”,呈现的全是学生熟悉的“日常问题”,学生经历的也是十足的“解决问题”的过程。问题是知识积累和思想、方法发展的逻辑力量,是生长新方法、新知识的种子。<sup>[3]</sup>问题可以有力地调动学生思维的积极性和主动性,是开启学生思维的钥匙。如今的高考试题,堪称是“日常问题”的再现或抽象,即情境化命题。从这个意义上看,解答高考题,也是在解决“日常问题”。

## 2. 情境设置要服务于知识的教学

教学要把“解题”变成“解决问题”,显然必须依托情境作为载体。情境问题式教学,就是在教学过

(上接第55页)

评价体系的构建。通过鼓励和引导学生利用线上打分的方式进行自评、互评或教师进行打分,让学生在打分评价中更好地认清自己,明确自己在学习与探究学科知识过程中的位置,及时调整和改变学习的方式。比如,教师在指导学生进行课后评价时,如果学生能够说出金属生锈给国家带来的具体损失的例子越多,即可获得更高的评价,从而逐渐形成一定的社会责任感。

## 四、结论

在核心素养导向的育人背景下,教师应关注初中化学“教、学、评”一体化的有效实施,并尝试巧用数字技术辅助教学的进行。这不仅有效满足了《新课标》对于课程教学的一般要求,实现了学生核心素养能力的培育和提升,同时也为接下来教师在化学教学中更好地利用数字技术辅助教学工作的开展,以全面实施“教、学、评”一体化提供了经验。对此,在化学课程教学阶段,教师需要重新审视现阶段学

程中,引入或创设基于真实生活、社会场景的问题,组织学生在探索解决问题的思维活动或实践活动中掌握知识、发展智力、培养技能。教学中的情境设置主要是承载问题的真实性,体现知识的实用性,解决学科知识与情境的匹配问题,发挥学生学以致用和用以致学的能力。如果情境过于新奇、复杂、繁琐,这不但会造成学生对问题的陌生感和距离感,带来学习上的负担和困扰,而且在很大程度上会让知识淹没在情境之中,让情境成为知识教学的新负担。本节课主要以“硬水的软化”和“水垢的清除”为情境,具有典型的日常性和现实性。这样的情境虽然平常且微小,但寻常的“小情境”却承载着“真问题”,足够形成学习的驱动力,有效激发学生的思考力。学生在课堂学习之后,还形成一种“回家就想试试酸洗水垢”的冲动。这种让学生在“入境”中抵至“入情”的情境,把情境问题式教学的价值推进到新的高度。此外,从教师组织教学的角度而言,这种基于“小情境”的教学,设计起来可谓信手拈来、轻松自如,课堂实施起来也是得心应手、水到渠成。

## 参考文献

- [1]教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京:人民教育出版社,2019.
- [2]中华人民共和国教育部.普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[M].北京:人民教育出版社,2020.
- [3]兰建祥.知识教学的精神转向——追求让学生动情的教学[M].西安:陕西师范大学出版总社,2019.

科教学的形式,在把握学科教学的规律基础上,充分利用数字技术的诸多教学功能,通过优化学科教学的形式,探索出一条独具特色且符合《新课标》核心素养的“教、学、评”一体化实施路径,真正实现“教”“学”“评”的并重,为培养时代新人夯实基础。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国教育部.义务教育化学课程标准(2022年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2]唐云波.初中化学“教·学·评一体化”教学模式的构建与实施[J].化学教育,2013(6):50-54.
- [3]吴国强.“教学评一体化”提高学生素养的教学研究——以部级优课初中化学“元素”教学为例[J].吉林教育,2021(15):63-64.
- [4]吴金凤.基于“教、学、评”一体化的初中化学教学有效性研究——以沪教版初中化学教材为例[J].新课程导学,2022(18):75-77.
- [5]孙小红.初中化学“教·学·评”一体化教学模式的构建与实施策略分析[J].考试周刊,2021(80):121-123.