

# 基于 PCRR 论证模型的论证教学在高中化学中的应用研究——以《氧化还原反应》为例

李康, 刘媛, 韩银凤\*

宝鸡文理学院 化学化工学院, 陕西 宝鸡 721013

**摘要** 国际科学教育界非常重视学生参加科学实践, 而科学论证作为一种重要的科学实践也受到了广泛关注。我国《普通高中化学课程标准(2017年版)》, 明确将“证据推理和模型认知”作为化学学科核心素养之一。因此, 如何在中学化学课堂教学中落实科学论证与科学建模是亟待研究和解决的问题。本研究从中学化学课堂教学实际出发, 将PCRR论证模型有效融入中学化学课堂教学, 帮助学生构建科学论证与建模的过程, 提升学生证据推理与模型认知的能力, 促进学生学科思维和学科观念的发展。

**关键词** PCRR论证模型; 论证教学; 氧化还原反应; 论证教学; 氧化还原反应

## Research on the Application of Argumentation Teaching Based on PCRR Argumentation Model in High School Chemistry: Taking "Redox Reaction" as an Example

Li Kang, Liu Yuan, Han Yinfeng\*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721013

**Abstract** The international scientific education community attaches great importance to students participating in scientific practice, and scientific argumentation, as an important scientific practice, has also received widespread attention. The 2017 edition of China's General High School Chemistry Curriculum Standards explicitly regards "evidence reasoning and model cognition" as one of the core competencies in the chemistry discipline. Therefore, how to implement scientific argumentation and modeling in middle school chemistry classroom teaching is an urgent problem that needs to be studied and solved. Starting from the actual teaching of middle school chemistry, this study effectively integrates the PCRR argumentation model into middle school chemistry classroom teaching, helps students construct a process of scientific argumentation and modeling, enhances their ability of evidence reasoning and model cognition, and promotes the development of their subject thinking and concept.

**Key words** PCRR argumentation model; demonstration teaching; redox reaction; demonstration teaching; redox reaction

## 一、研究背景

在科技飞速发展的信息时代, 学习已经不能仅仅停留在机械地掌握知识的层面, 而是向培养学生科学思维和科学观念的、学会学习层面发展。在科学教育中让学生像科学家一样经历科学论证的过程, 探求科学的真谛, 从而实现学科思维与学科观念的共同发展。各式各样的科学成果从创立到被人们普遍接受都离不开科学论证过程, 而且科学论证是重要的科学实践活动之一, 可以促进科学素养的发展<sup>[1]</sup>。我国在2018年颁布的《普通高中化学课程标准(2017

年版)》中也将“证据推理与模型认知”作为化学学科核心素养之一, 体现了对科学论证中证据推理过程的重视。因此, 将科学论证有效融入化学学科教育是国内外教育发展的趋势。

化学是一门以实验为基础的学科, 化学的学科特征强调了在探究化学物质、现象的本质和原理时开展实验探究的重要性, 但是对于化学理论的学习却不能直接利用观察实验的方法进行探究, 多数一线教师将理论探究直接付诸“菜谱式”教学、题海战术上, 或是对科学论证的认识与实践上, 只停留在简单的目标导向式的争辩, 基本忽视了学生在进行科学理论探究时, 对科学知

\* 作者简介: 李康(1996—), 女, 汉族, 山西朔州人, 研究生在读, 研究方向为基础化学。

通讯作者: 韩银凤(1976—), 女, 汉族, 陕西宝鸡人, 硕士学历, 副教授, 从事基础化学教育研究。

刘媛(1994—), 女, 汉族, 陕西渭南人, 研究生在读, 研究方向为基础化学。

基金项目: 宝鸡文理学院研究生创新科研项目, 项目号: YJSCX22YB57; 宝鸡文理学院第十七批校级教学改革研究项目“新师范视域下化学专业课程思政理念落实途径研究”(项目编号: 22JGZD12); 陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目“新师范背景下化学教学论课程思政构建与实践”(项目编号: 2022HZ0949); 教育部产学合作协同育人项目“师范专业学生深化课程思政理念的培训”(项目编号: 221003145121022)。

识的意义建构。除此之外，学生在面对需要论证的问题时，学生搜集资料进行推理时，表现为搜集的资料针对性不强，进行推理时难以将资料转化为有效证据去支持主张等困难。因而，根据我国现状提出合理地培养学生“证据推理与模型认知”素养的策略是十分必要的。

## 二、研究现状

科学论证是一种科学实践，论证教学可以分为结构式论证教学、社会科学论证教学和渗透式论证教学。渗透式论证更加符合当前科学教育实践，弭乐对科学建模和科学论证整合式教学展开述评，整合外文文献介绍了一种典型的渗透式教学模式：SNP模式（Science Negotiation Pedagogy，简称SNP），该模式基于学科核心概念提出问题，采用口头论证、写作与反思论证等方式，围绕模型建构逐步深入地展开论证过程，将建模和论证有机结合，在促进学生科学能力发展的同时深化对学科核心概念的理解<sup>[2]</sup>。除此之外，还有两种典型的渗透式论证教学模型，分别是新版ADI论证模型和PCRR论证模型，前者适合实验教学，后者适合概念或规律教学<sup>[3]</sup>。2015年，David J.Kujawski首次提出PCRR论证模型，展示了如何使用模型来进行论证，也是一种教学策略，这种策略对于论证教学是有效的，因为每一个科学模型都是一个论点。该模型包括Present（呈现），Critique（批判），Reflect（反思），Refine（完善）四个组成部分所构成的循证模式，使学生参与每一次论证后都会对前概念有新的认识，可以进一步完善心智模型，促进发展学生的探究驱动、循证思维<sup>[4]</sup>。

PCRR论证模型操作简便，不需要复杂的实验操作，在课堂中学生和教师的分工明确，可以让学生高效地进行课堂活动，具有很强的可操作性，同时便于教师在课堂中进行对学生的评估，所以受到我国学者普遍的关注。本文选取PCRR论证模型是因为笔者关注通过论证构建概念模型，教师首先会基于学生最近发展区创设问题情境，通过回忆旧知识的方式，帮助学生与脑海中的原型进行匹配，形成原始的心智模型，建立假设，然后通过搜集资料进行证据推理，与新知识建立联系，呈现出新模型，在老师的指导下，学生通过论证呈现出不同论证阶段的模型，新旧模型不断修改更进，促进概念知识的理解与迁移。

## 三、研究内容

### （一）科学论证与科学建模的关系

科学模型可以帮助学生理解科学概念和科学理论，建模过程可能在帮助学习者可视化和理解不可见的过程中发挥关键作用，所以对于学生来说，构建模型与理解已有模型的构建过程在学习中显得尤为重要。通过论证来构建模型，完善模型，有助于学生将内在的想法通过论证与建模外显出来，促进学习迁移，若顺利迁移还会强化学生内心的心智模型。通过论证构建模型是联系理论世界、自然世界和表征世界的桥梁，证据的使用是连接三个知识世界的关键操作，科学建模和科学论证互为支架，相互影响，

促进学生对知识进行意义建构，二者相互关系如图1所示。

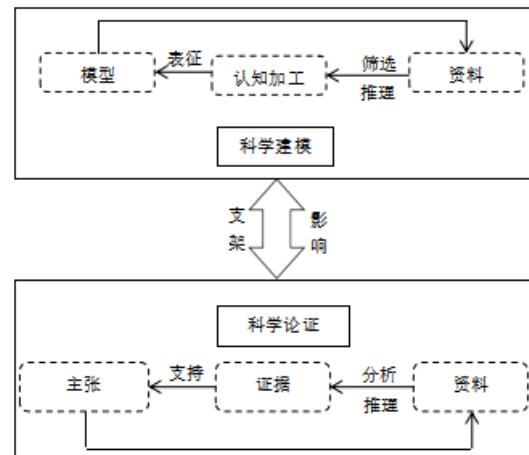


图1 科学论证与科学建模的关系图

### （二）适合PCRR论证教学的高中化学内容分析

PCRR论证模型是一个通过论证构建概念模型的循证模型，该模型操作简便，实用性强，论证过程中主要针对主张搜集资料完善概念模型，有利于教师和学生的参与。在论证过程中，可以直接定义论证角色，各小组之间分工明确，教师和学生各司其职，交互监督，便于构建民主型课堂。同时该模型主要针对基于学生的前概念，教师提供真实的论证情境、问题冲突来帮助学生进入思考，参与论证，构建概念模型。

根据PCRR论证模型的特点，将其应用到化学学科中时教学内容需符合以下两点：

#### 1. 教学内容有利于激发原始模型，引发论证兴趣

拥有大量实验现象或认知冲突来引出学生在脑海中拥有的初始概念模型，比如创设真实生活情境、利用与教学内容相关的科学发展史等方法，促进学生主动利用头脑中的原始模型描述所看到的现象或解释问题冲突。

#### 2. 教学内容有利于参与搜集证据，促进概念进阶

选择的化学内容中需包含核心概念，并且根据内容进行的教学设计需要落在学生的最近发展区内，具有一定的逻辑性和争议性，使得学生有兴趣并有能力去搜集证据，参与论证过程，从而促进学生对概念的进阶理解。

《氧化还原反应》是中学阶段重要的基本概念，无论是初中已经学习过的氧化反应和还原反应，还是在接下来将要学习的元素化合物知识以及化学反应原理，都需要扎实地掌握关于氧化还原反应的学习内容，所以本节内容在高中化学中占有举足轻重的地位。但是本节课涉及的化学概念比较多，内容比较抽象，难度也比较大。但是本节课的概念逻辑性比较强，涉及的学习资料内容也比较丰富，所以适合借助论证教学与科学建模对本节课展开学习，同时可以促进学生对本节内容的学习与应用。基于上述分析，结合PCRR论证模型的特点，本文选择《氧化还原反应》进行教学设计和实践研究。

### （三）基于PCRR论证模型的论证教学的教学策略

#### 1. 创设真实情境，激发认知冲突

在教学过程中创设真实情境，有利于勾起学生的学习兴趣。

当生活中的经验与所给问题情境产生冲突时，有利于激发学生的好奇心和求知欲。由于化学概念知识比较抽象，需要学生基于在生活中积累的生活经验来理解概念知识，同时有助于学生明确搜集资料的方向，方便学生将其作为证据来支持自己的主张。

## 2. 创设旧知回忆环节，小组联系表征

建构主义认为学生并不是空着脑袋进入课堂的，而是已经具备一定的生活经验和知识的个体，所以教师基于学生已经学习过的知识设置教学内容，尤其是与接下来学习的内容相关的旧知识，更加可以促进学生将任务进行分解，借助旧知识与新知识之间的联系，帮助学生思考，在旧知识上“长出”新知识。

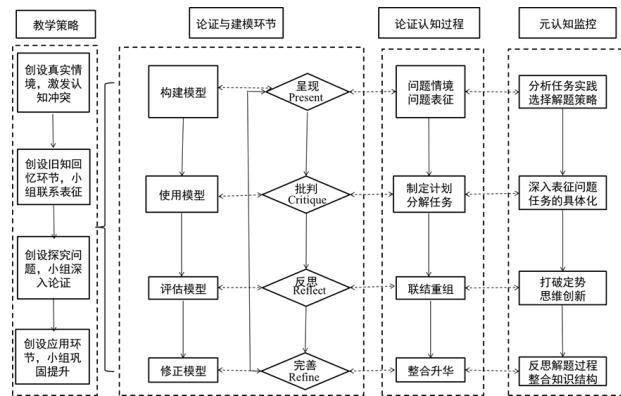
## 3. 创设探究问题，小组深入论证

根据学生呈现出的初始模型，教师设置符合学生“最近发展区”的探究性问题，同时要结合学生的已有知识，帮助学生在已有的知识基础上与现有问题进行分析，提高学生对知识的分析与应用能力。小组之间进行完评判环节，小组内进行交流沟通，基于其他小组的意见和自己组内的反思，重新对有欠缺的地方进行搜集资料，修改模型。

## 4. 创设应用环节，小组巩固提升

教师在学生对自己的模型进行反思后，针对教学主题设计应用知识，学生经过应用模型而重新审视自己创设的模型，促进学生反思论证过程，修正模型、应用模型，在这些反思过程中，整合知识结构。比如学生通过教师教学和组间论证完善原电池模型，老师设计应用型作业，要求学生用自己制作的原电池模型设计原电池，此时学生经过应用自己的构建的模型，可以强化学生对学习内容的认知，加深学生对概念的理解。

## (四) 基于 PCRR 论证模型的论证教学思路



>图2 基于PCRR论证模型的论证教学思路图

## (五) 基于 PCRR 论证模型的论证过程——以氧化还原反应为例

为了让学生在《氧化还原反应》的论证教学过程中构建如图3的概念模型图，截取第一课时来展示论证过程：

### 创设情境回忆旧知，构建“呈现”环节

教师：生活中涉及氧化还原反应的实例，判断的依据是什么呢？

学生小组1：阅读资料，查找证据，根据初中学习的知识，得到氧的物质发生氧化反应，失去氧的物质发生还原反应。

得出假设：氧化反应和还原反应是分开发生的。

建立模型：氧化反应

还原反应

学生小组2：阅读资料，查找证据，根据反应  $C+2CuO \xrightarrow{\text{高温}} 2Cu+CO_2$ ，C 得到氧生成  $CO_2$ ，发生氧化反应；CuO 失去氧生成 Cu，发生还原反应，得失氧的数量是守恒的，所以氧化反应和还原反应是同时发生的。

得出假设：氧化反应和还原反应是同时发生的。

建立模型：氧化反应和还原反应同时发生的反应。

教师：请小组1和小组2相互交流，你们二者的模型有什么区别和联系？

创设探究深入论证，构建“批判”环节

探究问题：

问题1：

根据化合价的升降，氧化反应和还原反应的化合价特征各是什么呢？

问题2：

请搜集几个没有氧参与的化学反应，对于这样的反应该如何判断是否为氧化还原反应呢？

学生小组1：

证据1：

$C+2CuO \xrightarrow{\text{高温}} 2Cu+CO_2$  是初中常见的反应，但是得氧物质和失氧物质是同时存在于同一反应的，所以氧化反应和还原反应是同时发生的。

证据2：

$C+2CuO \xrightarrow{\text{高温}} 2Cu+CO_2$  中 C 元素的化合价升高，Cu 元素的化合价降低，同一反应中，元素化合价有升有降，且化合价升的总数等于化合价降的总数。

更正假设：

氧化反应和还原反应是同时发生的反应。

学生小组2：

证据1：

初中常见的得失氧的反应  $Fe_2O_3+3CO \xrightarrow{\text{高温}} 2Fe+3CO_2$  中 C 元素的化合价升高，Fe 元素的化合价降低，同一反应中，元素化合价有升有降，且化合价升的总数等于化合价降的总数。

支持假设：氧化反应和还原反应同时发生的反应。

教师：请小组1和小组2进行交流讨论

学生：交流讨论

得出模型：氧化反应和还原反应是同时发生的反应。

总结概括凝练提升，创设“反思”环节

教师：根据上述的讨论结果，请同学们根据大家搜集到的上述化学反应方程式，可以归纳出怎么样的规律呢？比如氧的得失有什么样的特点？氧化反应和还原反应发生的时间先后顺序是怎么样的？

学生：得失氧是同时进行的，并且得失氧的数量守恒。氧化反应和还原反应是同时进行的。

教师总结：

氧化反应和还原反应在同一反应条件下、同时发生的反应叫

做氧化还原反应。

问题1：请大家标出上述反应中化合价发生变化的物质从化合价角度，大家对氧化还原反应又有怎么样的认识？

学生小组1：

整理证据：针对有得失氧的化学反应，可以直接判断该反应是否为氧化还原反应，同时具有化合价升降的特征。

完善模型：氧化反应和还原反应同时发生的是氧化还原反应，涉及化合价的变化。

学生小组2：

整理证据：化合价的升降可以判断化学反应是否为氧化还原反应，比如没有得失氧的化学反应： $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{NaCl}$ ，Na元素的化合价升高，Cl元素的化合价降低，所以该反应是氧化还原反应。

完善模型：氧化反应和还原反应同时发生的反应称为氧化还原反应，特征为化合价的变化。

教师提示：从化合价角度，大家对氧化还原反应又有怎么样的认识？升高的化合价和降低的化合价在数量上有什么关系？

学生思考回答：升高的化合价总数 = 降低的化合价总数。

教师总结：氧化还原反应的特征是元素化合价的升降，且升高的化合价总数 = 降低的化合价总数。

判断反应用模型，构建“完善”环节

教师：请同学们判断老师所给的化学反应方程式中哪些属于氧化还原反应？

学生：思考、交流…

以此论证过程来继续进行论证教学

## 四、研究意义

### （一）促进学生化学迷思概念的转变

化学迷思概念是指学生在开始新的化学学习之前，在已有知识和生活经验的基础上，对化学现象、过程和规律进行自我建构所形成的与科学界达成的共识存在偏差，可能不够完备但并非完全错误的概念<sup>[3]</sup>。在教学时创造一定的真实情境，建立认知冲突，让学生有意识、有动力去进行验证，拥有严谨的逻辑思维，并且形成科学的辩证思想，而科学论证是一种有效的方式。在论证时，通过搜集资料、信息来验证、支持自己的主张或在对他人反驳的过程中可以发现迷思概念的存在并且及时进行更正。在论证的过程中常借助模型来认知，或者对初始认知模型进行修改，

利用证据来解释模型并且应用模型，都可以形成科学概念。在此基础上，学生的元认知能力也会得到提升，通过元认知和论证过程，对模型不断地进行建立和完善，多次的循环往复，学生的科学思维就会被不断提升。

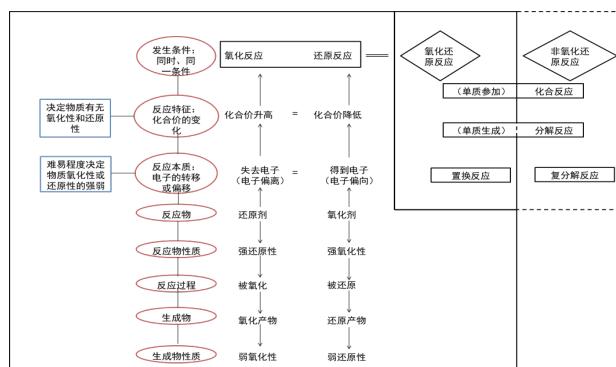


图3 氧化还原反应概念模型图

### （二）促进学生核心素养的落实

核心素养体现了新时代对青年在文化知识、自我发展、社会互动方面的新要求。在课堂上，学生在参与论证议题时，并不是孤立的个体，而是常以小组为单位，明确论证主题，小组内进行分工合作，搜集资料，沟通交流，小组之间进行辩驳。通过教师的引导，学生可以基于搜集到的资料，充分发挥想象力、创造力借助模型，进行表征、修正论证内容，最后呈现出论证结果。在整个论证过程中，解决论证议题时，培养学生面对复杂问题时的积极热情态度进而分析问题，给出合理的解决方案；搜集资料信息时可以培养学生获取、鉴别、评估资料信息的有效性；小组之间合作分工、沟通交流有助于学生的社会化，培养学生的责任感；为了体现论证的科学性，在呈现模型与反复完善模型的过程中，可以培养学生的创新意识与创造能力。在参与科学论证后，可以让学生感受到真正的科学探究过程，培养学生的严谨求知态度与辩证批判的精神。

### （三）促进化学学科核心素养的落实

随着《普通高中化学课程标准（2017年版）》的颁布实施，教育界把关注点都落在了发展学生化学核心素养上面。其中“证据推理与模型认知”并不是分开的、孤立的，而是相互依存、相辅相成的关系<sup>[6]</sup>。通过证据推理的论证过程，得出的科学结论是模型认知的前身，而模型认知要基于证据推理的论证过程与结果，故证据推理是模型建构的先决条件。因此，科学论证与科学模型的建构可以落实“证据推理与模型认知”的化学核心素养。

## 参考文献

- [1] 邓阳,王后雄.科学教育中融入科学论证的必要性分析——基于科学本体、科学学习和国际比较视角 [J].外国中小学教育,2014,(03):60-5+54.
- [2] 弹乐,郭玉英.科学建模与科学论证整合的教学模式述评 [J].物理教师,2018,39(02):7-12.
- [3] 弹乐,郭玉英.渗透式导向的两种科学论证教学模型述评 [J].全球教育展望,2017,46(06):60-69.
- [4] KUJAWSKI D J. Present, critique, reflect, and refine: Supporting evidence-based argumentation through conceptual modeling [J]. Science Scope, 2015, 39(4): 29-34.
- [5] 常令,关明.化学迷思概念研究热点与趋势——基于CiteSpace知识图谱分析 [J].教育观察,2020,9(35):106-109.
- [6] 邱燕珠,王朝晖,张资金.基于证据推理与模型认知的高中化学教学实践——以“元素周期律的运用”教学为例 [J].化学教与学,2020,(01):79-81.
- [7] 高潇怡,刘文莉.青少年科学论证能力及培养策略思考 [J].科普研究,2020,15(06):14-20+35+100.