

“最简单的有机化合物——甲烷”教学实录及反思^{*}

陈风雷

(江苏省南通中学, 江苏南通 226001)

摘要:实录了人教版《化学2》中“最简单的有机化合物——甲烷”的教学过程,从利用已有知识、注重结构主线、突出实验探究、密切联系实际等方面进行了自我反思。

关键词:甲烷;教学实录;教学反思

文章编号:1005-6629(2015)3-0032-06

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

1 课标要求与学情基础

1.1 课程标准的要求和教科书的编排

关于《化学2》中的“甲烷”,《普通高中化学课程标准》(实验)的要求是“了解甲烷的……主要性质”^[1]。《江苏省普通高中化学课程标准教学要求》将其细化为“知道甲烷的分子结构,了解甲烷的来源,了解甲烷的可燃性、取代反应等性质及主要用途”^[2]。

人教版教科书以“最简单的有机化合物——甲烷”为题,将其安排在《化学2》第3章“有机化合物”的第一节^[3]。教科书以甲烷在自然界中的存在、我国使用天然气的历史以及“西气东输”的现状、天然气作为能源的特点等导入新课,然后介绍了甲烷的分子式、电子式和结构式,并设计了制作正四面体和甲烷球棍模型的“实践活动”帮助学生认识甲烷分子的结构特征。关于甲烷的性质,在回忆初中已知的物理性质的基础上,首先介绍“在通

常情况下,甲烷比较稳定”,不能与酸性高锰酸钾溶液、强酸、强碱等反应,然后依次介绍了甲烷的氧化反应和取代反应。在取代反应中,教科书通过“科学探究”栏目采用“减法原理”设计了一个对比实验,将“一支试管用黑纸包好”,人为地去除了“光”的因素,并与没有包裹黑纸的试管进行比较,让学生获得“光”是甲烷取代反应必备条件的事实材料^[4]。

综上所述,课程标准和教科书主要是让学生从生活实际和已有知识出发,学习甲烷的结构和性质,重点认识甲烷的正四面体结构和取代反应的特点,使学生在初中知识的基础上有所提高。同时,使学生进一步加深对物质结构决定性质、性质决定存在和用途的认识,并了解学习有机化合物的基本思路和方法,激发学生对有机化学领域的学习兴趣。

1.2 学情基础

^{*} 作者执教的“最简单的有机化合物——甲烷”在中国教育学会化学教学专业委员会举办的“2014年全国高中化学优质课观摩暨教学培训活动”中获特等奖。本文系全国教育科学“十二五”规划2014年度教育部重点课题“‘教学即研究’的理论建构与实践探索”(课题批准号:DHA140334)研究成果。

搞好“弱电解质的电离”的教学设计、创新“弱电解质的电离”的教学设计,值得我们不断探索、不断创新。

参考文献:

- [1] 汪安圣主编. 思维心理学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1992: 4.
- [2] 王魁. 认知心理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992: 276.
- [3] 《化学发展史》编写组编著. 化学发展史[M]. 北京: 科学出版社, 1980.

[4][英] 柏廷顿著. 化学简史[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2003.

[5] 赵匡华编著. 化学通史[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 165~166.

[6] 万洪文, 詹正坤主编. 物理化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 428.

[7] 黄子卿著. 电解质溶液理论导论(修订版)[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 118, 125, 156.

[8] 吴俊明, 骆红山. 教学中的问题与课堂问题系统[J]. 化学教学, 2012, (11): 33.

学生在九年级化学学习中,已经学习了甲烷的物理性质和甲烷能够燃烧的的化学性质,在《化学1》中又较系统地学习了无机化合物的性质,认识了元素化合物性质的一般方法,初步建立了物质性质和用途之间的联系,这都为学习有机化合物奠定了一定的基础。但是由于受《课程标准》的限制,现行高中化学教科书对于无机化合物的知识,“主要介绍了一些基本的或典型的化学事实,如物质的物理或化学性质、物质的用途及物质与生活、社会的联系等,并不追求知识的系统性和连贯性,而是注重知识的实用性和有效性”^[6]。所以,学生对“结构决定性质”的认识不是非常的深刻。而对于有机化合物的学习,更需要从结构的角度认识其反应的机理,所以,逐步建立起有机物“(组成)结构——性质——用途”的认识关系,使学生了解学习和研究有机物的一般方法,并形成相应的分析和解决问题的能力,是开启有机化合物的学习时亟需解决的问题。

2 教学目标

通过道尔顿等科学家研究甲烷等有机物结构的化学史实、对甲烷分子结构模型的搭建,以及二氯甲烷只有一种结构的事实,认识甲烷分子的正四面体结构特征。

通过天然气、可燃冰、页岩气等图片的介绍,了解甲烷的来源。

在回忆初中所学甲烷知识的基础上巩固甲烷的可燃性,进一步体会甲烷是一种重要的能源。

通过对实验现象的观察和分析认识甲烷的取代反应等性质,知道卤代烃在有机合成中具有重要作用。

结合对甲烷组成、结构、性质、用途的学习,进一步加深对物质结构决定性质、性质决定存在和用途的认识,并激发起对有机化学领域的学习兴趣。

3 教学实录

3.1 播放新闻,引入新课

[师]我们知道,有机化合物是指含有碳元素的化合物。它在我们身边随处可见,也与我们的生活息息相关。下面请大家看一个新闻视频。

[视频]2014年5月21日中俄两国签署了30年天然气“供气框架协议”。

[师]4000亿美元(约合2.5万亿元人民币)的协议总额,这份“世纪大单”足以震惊世界。天

然气的主要成分是——

[生]甲烷。

[师]它是最简单的有机化合物。今天,我们就一起来进一步学习这种最简单的有机化合物——甲烷。

设计意图:通过新闻视频让学生切身体会到甲烷在我们日常生活中的重要用途,激发学生学习甲烷的热情,并将燃料作为甲烷学习的情景线索贯穿本课教学的始终。

3.2 分析图片,回顾旧知

[师]除了天然气以外,你知道甲烷在自然界中的其他存在形式吗?

[生]沼气、油田气、煤矿坑道气、可燃冰等。

[投影]图片展示:“西气东输”工程建设示意图、农村沼气池、煤矿坑道气、油田气、可燃冰、深海机器人潜入海底探寻可燃冰。

[师]新华网报道,德国已成功制造深海机器人,能潜入6000m深的海底探寻可燃冰。我们在初中时已经学习过甲烷,你对甲烷有哪些了解呢?

[生]甲烷的分子式是 CH_4 ,通常情况是无色无味的气体,有可燃性,可做燃料。

[投影]这些是甲烷在自然界中的存在、分子组成、主要性质和主要用途。

设计意图:让学生回顾对甲烷已有的认识,教师再从4个方面进行总结,主要是为了让学生通过本节课的学习能获得新的认识,体现课堂的前后呼应。这也符合学生的新知识生长在旧知识之上的一般规律。

3.3 分析史料,认识结构

[师]下面请大家写出甲烷的电子式。

[生]一位学生上黑板书写甲烷的电子式。

[师]在化学上,常用一根短线表示一对共用电子,这种形式叫做结构式。请写出甲烷的结构式。

[生]一位学生上黑板书写甲烷的结构式。

[师]甲烷分子的空间结构到底是怎样的呢?早在1804年,“近代化学之父”道尔顿就开始甲烷分子结构的研究。随后,在德国凯库勒、俄国布特列洛夫等一批科学巨匠的努力下,有机化合物的经典结构理论基本建立,人们提出了一些甲烷分子结构的猜想。1874年,第一位诺贝尔化学奖的获得者——范特霍夫提出了碳原子具有四面体结构的假说。下面请同学们搭出历史上科学家猜想的甲烷分子结构。

[生]两人一组,合作完成甲烷分子结构模型的搭建。

[师]请一组代表来和大家分享一下。告诉大家你们搭了几种结构?你们觉得哪一种是合理的?为什么?

[生]我们一共搭了3种结构,有平面正方形、四棱锥形和正四面体形。我们认为正四面体形是合理的,因为甲烷分子中的4对共用电子对在碳原子的核外应该是均等分布的,平面正方形和四棱锥形的共用电子对在碳原子的四周都不是完全均等分布的。

[师]回答得非常好!我这里有4个气球,现在用皮筋把它们扎在一起,请大家看一看它们将怎样分布?(四面体分布)我现在把这4个气球在黑板上压在一个平面中,现在是什么形状?(平面正方形),用力往上抛(将4个气球用一个手指弹离黑板),再看!!是什么形状?4个气球又呈正四面体的分布,这说明四面体才是它的自然状态。如果将这4个气球看成碳原子周围的4个共用电子对,这个中心就是碳原子的核,甲烷分子结构的自然取向应该是正四面体。近代,科学家通过X-射线和电子衍射等科学实验都证实了这一假说。在甲烷分子中4个C-H键的长度和强度相同,夹角相等。

[投影]X-射线衍射仪和电子衍射试验仪;甲烷分子的键长、键能、键角。

设计意图:甲烷分子的立体结构是本课的难点和重点,也是贯穿本课的一条主线。通过介绍历史上科学家对甲烷立体结构的探索历程,并让学生自己搭建模型进行对比分析,促进学生对甲烷立体结构的认识。借助气球演示,引导学生从粒子之间作用的层面认识甲烷的立体结构,突破难点,进一步强化学生对甲烷正四面体结构的认识。

3.4 操作实验,探究性质

[师]刚才大家搭建的甲烷分子模型是球棍模型,这是甲烷分子的比例模型(呈现模型)。我们知道天然气是一种重要的高效清洁能源,请大家写出甲烷燃烧的化学方程式。

[生]一位学生上黑板书写甲烷燃烧的化学方程式。

[师]25℃、 1.01×10^5 Pa时,1mol CH_4 在空气中完全燃烧生成二氧化碳气体和液态水,能放出890kJ的热量。天然气能作为燃料正是利用该反

应放出的能量。在这个氧化还原反应中,甲烷被氧气——氧化,甲烷发生了——氧化反应,体现了甲烷的——还原性。我们在讨论有机物的性质时,经常从有机物的角度判断反应的类型,也就是说在这个反应中甲烷发生了氧化反应,该反应的类型通常简称为氧化反应。

[师]实验室可以用哪些物质来制取氧气?

[生]氯酸钾和二氧化锰;高锰酸钾;双氧水。

[师]我们知道高锰酸钾也是一种强氧化剂,甲烷具有还原性,那么甲烷是否能与高锰酸钾溶液反应呢?我们来做个实验,看看甲烷是否能与高锰酸钾溶液反应?

[投影]实验试剂:甲烷气体(小针筒内)、酸性高锰酸钾溶液。实验仪器:白色点滴板。实验操作:(1)将2~3滴酸性高锰酸钾溶液滴在白色点滴板上;(2)将点滴板上的试剂抽入针筒,并塞上塞子,轻轻晃动;(3)实验结束时,将针筒内试液保留,等课后处理。

[师]请一位同学来读一下实验操作要点,其他同学听清楚了再开始实验。

[生]分组进行实验探究。

[师]请一组代表来汇报交流一下。

[生]实验现象:酸性高锰酸钾溶液没有褪色。

[师]这说明在通常情况下,甲烷还是比较稳定的,它不能与酸性高锰酸钾溶液反应。另外,甲烷也不能与强酸或强碱反应。

[师]在实验室里,可以用高锰酸钾和浓盐酸反应制取氯气。氯气也是一种具有强氧化性的物质。甲烷能与氯气反应吗?课前老师利用一组装置进行了相应的实验,下面请大家来看实验的录像视频。

[投影]甲烷与氯气反应实验的录像视频。

[师]在3只U型管中均装满饱和食盐水,然后在U型管1的右侧充入25mL甲烷和25mL氯气,在U型管2的右侧充入50mL氯气,在U型管3的右侧充入25mL甲烷和25mL氯气。U型管1和U型管2用白色冷光源节能灯进行光照,U型管3用黑纸包裹。思考,这样的实验设计意图是什么?

[生]用两个字概括——对比。其中,有反应条件光照和不光照的对比,还有单独氯气光照和混合气体光照的对比。

[师]我们来看看实验结果是怎样的?U型管1液面明显上升,U型管2和U型管3液面无明显

变化。U型管1内液面上方形成白雾,管壁出现少量油状液滴,黄绿色褪去。取U型管1内少量液体,滴加紫色石蕊试液,试液变红色。由此我们能得出怎样的结论?

[生]说明在光照条件下,氯气和甲烷发生了化学反应。

[师]请大家判断反应的生成物。

[生]石蕊试液变红,说明反应有酸性物质生成;管内出现白雾,说明有液态小滴生成。

[师]非常好!其中酸性物质应该是一一氯化氢,氯化氢分子中的氢原子来自哪里?氯原子来自哪里?

[生]氢原子来自甲烷分子,氯原子来自氯气分子。

[师]那么,除了氯化氢以外,还有什么物质生成?请大家完成化学方程式。

[生]一位学生上黑板板书:甲烷与氯气光照条件下反应生成一氯甲烷和氯化氢。

[师]我们把有机物分子里的某些原子或原子团被其他原子或原子团所替代的反应叫取代反应,这是有机化学中一种重要的反应类型。已知一氯甲烷是无色气体,那么还有什么实验现象没有得到解释?

[生]管壁还有油状小液滴。

[师]说明甲烷与氯气反应除了有一氯甲烷生成以外,还有其他产物生成。你们认为生成物还有怎样的可能?为什么?

[生]甲烷分子中的4个氢原子完全相同,除了生成一氯甲烷外,应该还能进一步发生取代反应,生成二氯甲烷、三氯甲烷或四氯甲烷。

[师]分析的有理有据。请大家写出其他几个反应的化学方程式。

[投影]一氯甲烷与氯气反应生成二氯甲烷和氯化氢;二氯甲烷与氯气反应生成三氯甲烷和氯化氢;三氯甲烷与氯气反应生成四氯甲烷和氯化氢。

[师]甲烷氯代的产物可能有4种,其中只有一氯甲烷是气体,其他都是不溶于水的油状液体。三氯甲烷又名氯仿,它和四氯化碳都是重要的有机溶剂。虽然氯气和氧气都是氧化剂,但甲烷与氧气和甲烷与氯气反应的原理有所不同。甲烷与氧气反应能放出大量的热,这就决定了甲烷是一种重要的能源;甲烷以及后面要学习的其他烷烃与氯气

反应所生成的一系列氯代烃是有机合成的重要中间体,这在有机合成中具有重要的意义。

设计意图:甲烷与氯气的取代反应是本课的重点,通过氧气、高锰酸钾到氯气的演绎,将甲烷的化学性质进行有机联系并加以对比,可以帮助学生形成条理化和结构化的知识;通过实验装置的优化和对比实验的设计,又能使学生体会甲烷与氯气反应的条件,同时体验科学探究的有关思路 and 一般方法。

3.5 搭建模型,深化认识

[师]请通过模型搭建来检验下列推理:因为二氯甲烷只有一种结构,所以甲烷分子的结构是正四面体形而不是平面正方形。

[生]小组合作完成。

[师]请一组同学通过你们搭建的模型来阐述一下自己的理解。

[生]如果甲烷分子是平面正方形,两个氯原子可以处于邻位或者对位,那么二氯甲烷就有两种结构。而如果甲烷分子是正四面体形,怎么替换都只有一种结构。

设计意图:有机物学习与无机物的显著不同就是分子结构的重要性。通过二氯甲烷分子结构模型的搭建,可以进一步加深学生对甲烷分子正四面体结构的认识。

3.6 再播视频,拓展认识

[视频]能源与军事。

[投影]甲烷的广泛应用:汽车行业,化工行业,电力行业,陶瓷行业。

[师]甲烷的应用十分广泛,在军事、汽车等行业的运用主要是通过多种不同形式利用甲烷发生氧化反应时所放出的能量;工业上还经常通过直接转化法或间接转化法,将甲烷用于制取甲醇、甲醛,以及氨气、二甲醚等化工产品。

[师]大家听说过页岩气吗?

[投影]页岩气图片。

[师]目前一些国家从页岩层中开采出来了一种重要的非常规天然气资源,人们称其为页岩气。打个比方,岩石就像是人的肌肉,而页岩气就是渗透在肌肉中的血液,开发常规的天然气是在静脉中采血,而开发页岩气就如同直接从毛细血管中采血。美国是最早开发利用页岩气的国家。在2000年,页岩气产量不足美国天然气供应的1%,而今天已经占到30%。日前从在上海举行的“2014ECF

亚洲页岩气峰会”传来消息,中国已经成为继美国、加拿大之后,第三个能够使用自主技术进行页岩气商用开采的国家。有专家预测,它将极大地改变世界能源格局。我想人类孜孜不倦地对甲烷的存在进行探索,这恰恰说明——探索来自需求。

设计意图:丰富学生对甲烷用途和自然界存在的了解,打开资源利用和能源发现的新视角。

3.7 归纳总结,结束新课

[师]今天我们对甲烷又有了新的认识,谁能总结一下!

[生]我们学习了甲烷分子的正四面体结构、甲烷和氯气的取代反应以及甲烷的广泛用途,了解了页岩气等甲烷的存在情况。

[师]今天我们对甲烷又有了新的认识,我们用4个关键词来对应:结构、性质、存在、用途。

[投影]甲烷分子呈正四面体结构,碳原子对应甲烷,4个氢原子分别对应结构、性质、存在和用途(图略)。

[师]本课从甲烷立体结构的分析,到甲烷化学性质的探究,借助模型的搭建,学习了甲烷的空间结构和化学性质,还学习了一种重要的有机反应类型——取代反应。这其实就是我们学习有机物的一般思路和方法。

[投影]有机化学杂志《tetrahedron》的封面。

[师]这是国际上一本权威的有机化学杂志,有没有同学知道这本杂志的名称?

[生]四面体。

[师]四面体是有机化合物的一种基本结构,正是它的发现揭开了其他复杂有机物结构的神奇面纱!我想以这几句话来结束今天的课:探索来自需求,神奇出自平凡,创新源于思考。今天我们打开了有机化学学习的大门,让我们慢慢体会有机化学的无穷魅力!

4 教学反思

4.1 利用已有知识

关于甲烷,九年级化学课程标准中有“了解使用天然气(或沼气)等燃料对环境的影响、知道天然气等化石燃料是人类社会重要的自然资源”等教学要求。也就是说,学生已经了解了甲烷的主要物理性质以及甲烷的可燃性。奥苏伯尔有一个著名的命题:“如果我不得不将所有的教育心理学原理还原为一句话的话,我将会说,影响学习的最重要

因素是学生已经知道了什么。根据学生的原有知识状况进行教学”^[6]。所以,本课教学过程中注意从学生的已有知识出发,对甲烷的物理性质在回忆的基础上进行了直接利用,关于甲烷的可燃性没有再通过有关实验探究其燃烧产物,而是直接书写燃烧的反应方程式,在分析甲烷发生了氧化反应的基础上,着重介绍了有机物反应类型的判断角度,说明甲烷的燃烧虽然是氧化还原反应,但在有机化学中通常是以有机物发生的反应为叙说主体,把该反应称为“甲烷的氧化反应”或简称为“氧化反应”。这样既避免了对学生已有知识的重复讲解,也为突出重点和突破难点留下宝贵的时间。

4.2 注重结构主线

通过结构理解性质是化学学习的重要策略,这在学习有机化合物的过程中显得尤为突出。甲烷的正四面体是有机物结构中的一种典型代表,为了帮助学生认识甲烷的正四面体结构,教科书安排了制作正四面体和甲烷球棍模型的“实践活动”。为了使学生认识到结构对性质的意义以及正四面体是甲烷分子的必然结构,本课教学中贯穿了一条结构主线,主要包括以下几个教学活动。(1)介绍了道尔顿、凯库勒、布特列洛夫、范特霍夫等科学家对甲烷或有机物结构的探索历程;(2)组织学生根据科学家的猜想搭建甲烷分子的可能结构;(3)用气球模拟4对共用电子对的自然取向;(4)结合二氯甲烷只有一种结构的事实进一步体会甲烷的正四面体结构;(5)借用甲烷的正四面体结构总结甲烷的结构、性质、存在和用途;(6)以《四面体》杂志的封面说明四面体是有机化合物的一种基本结构。这样不仅可以帮助学生建立起甲烷的立体结构,而且可以强化学生在有机化学学习过程中的结构意识。

4.3 突出实验探究

实验是化学学习活动中实施科学探究的重要途径。关于甲烷的化学性质,本课主要涉及到了甲烷与氧气、酸性高锰酸钾溶液、氯气等三种氧化剂的作用,其中甲烷的可燃性是学生的已有知识,因此本课只剩两个化学实验。其中,甲烷与酸性高锰酸钾溶液的作用,教科书没有安排实验,但是由于操作简单,于是就增设了相应的学生实验。关于甲烷的取代反应,教科书的对比实验,是用“减法原理”将一支试管用黑纸包好,以避免光照,但是实

(下转第39页)

这时课堂的主体是教师,学生处于相对被动的地位,无论是现象的观察还是化学概念的形成都依赖于教师的实验演示和知识讲解;其次是比较注重知识的获取,学生的情感体验和参与相对较少。

而在优化的实验演示教学中,教师在做实验演示教学准备时可以尝试逐步放手课堂控制权,重视实验过程中学生的参与,使之从实验的旁观者转变成实验的参与者,再进一步过渡到实验的设计者;同时考虑如何通过实验现象由浅入深、循序渐进地发展学生的思维能力,增加学生的科学探究体验,从而体现学生作为主体的课堂理念。

(2) 挖掘科学素材,优化呈现形式

化学教材作为实现课程标准的蓝本有其重要的参考价值,教材所呈现的实验装置和操作往往具有示范作用,但并不意味着必须完全按照教材的组织形式展开教学。在进行实验教学准备工作

时,教师除了确保实验现象有良好的重现性、安全无污染等基本要素外,还应思考学生对教材装置、实验现象等可能会产生疑问的地方,通过一定的教学设计呈现这些疑问并引导学生通过观察和讨论逐步解决疑问。

因此,关注学生的认知体验,充分利用实验创设适合学生讨论和探究的情景,有助于学生在自主学习和相互学习中形成认知,并能在遇到新的问题时借助已有的认知产生解决问题的科学方法。这远比仅传授给学生一些诸如反应现象、物质性质、反应原理等事实性知识有用得多。

参考文献:

[1][2] 高级中学课本(试用本)·化学(高中二年级第二学期)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010:30,38.

(上接第36页)

验中发现不包黑纸的试管中反应也比较慢,于是又用“加法原理”改进实验,用光源照射不包黑纸的试管。这样,不仅“加”光和“减”光形成了鲜明的对比,而且加快了反应的速率,在较短时间内观察到了明显的现象,为分析甲烷的取代反应提供了足够的感性材料,保证了教学活动的顺利进行。同时,这对于强化学生的实验观,提升他们的实验素养也具有积极的意义。

4.4 紧密联系实际

甲烷作为一种清洁能源,自从“西气东输”工程实施以来,几乎惠及到了每一个家庭。所以,教科书以甲烷在自然界中的存在、我国使用天然气的历史以及“西气东输”的现状、天然气作为能源的特点等导入新课,完全是必要的也是可行的。为了充分展示甲烷的能源意义,本课又搜集并介绍了中俄两国天然气“供气框架协议”的签订、页岩气的开采等有关甲烷作为能源的最新动态。但是仅强调甲烷是一种重要的能源,学生对甲烷社会价值的认识就只能停留在初中水平。为此,本课在比较甲烷与氧气、氯气两种氧化剂反应情况后指出,甲烷燃烧放热决定了甲烷是一种重要的能源,而甲烷以及后面要学习的其他烷烃与氯气反应所生

成一系列氯代烃是有机合成的重要中间体,对于有机合成具有重要的意义。这样不仅能使学生理解学习甲烷取代反应的意义,而且能提升学生的学科价值观,激起学生进一步学习有机化学的兴趣和热情。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部制订. 普通高中化学课程标准(实验)[S]. 北京:人民教育出版社,2003:13.
- [2] 江苏省教育科学研究院课程教材研究中心,江苏省中小学教学研究室. 普通高中课程标准教学要求(物理·化学·生物)[S]. 南京:江苏教育出版社,2007:38.
- [3] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书化学2(第3版)[M]. 北京:人民教育出版社,2007:60~62.
- [4] 陆军. 新课程高中化学必修教科书中的科学方法体系[J]. 中学化学教学参考,2007,(7):8~11.
- [5] 陆军. 新课程下高中元素化合物知识体系的构建[J]. 化学教育,2007,28(12):17~19,24.
- [6] 张春兴. 教育心理学[M]. 杭州:浙江教育出版社,1998:219.