

# 三版高中化学教科书中化工内容建构的对比分析\*

刘玉荣<sup>1</sup>, 马敬宇<sup>1</sup>, 邵琦<sup>2</sup>, 李猛<sup>1</sup>

(1. 河南师范大学化学化工学院, 河南新乡 453007; 2. 郑州市郑东新区九年制实验学校, 河南郑州 450018)

**摘要:** 以最新修订的人教版、鲁科版和苏教版高中化学必修和选择性必修教材为研究对象, 梳理其中的化工内容, 通过数据统计和案例比较分析高中化学教材中化工内容在建构方式上的异同, 从化工内容的陈述方式、价值观念及教学功能等方面揭示不同编写理念下三版教材中化工内容的特点, 为教材编写者编写化工内容和教师实施化工内容教育提供参考。

**关键词:** 高中化学; 教材对比; 化工内容

**文章编号:** 1005-6629(2024)04-0014-07

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

## 1 问题的提出

依据《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“新课标”), 必修课程设置的“主题5 化学与社会发展”要求课程内容应结合实例认识化学原理、化工技术对于节能环保、清洁生产等产业发展的重要性<sup>[1]</sup>。伴随着新课改的不断深入, 高考评价方面已体现化学与化工融合的理念, 高考化学中的化工流程题已成为考查学生运用所学知识解决真实情境下实际问题能力的重要载体。

虽然化工内容一直以来在国内高中化学教材中占有一定的比例, 但中学化学课程中的工业化学教学却经历了一个曲折的过程: 1966~1976年间, 学校化学课程“以典型生产为导向”, “三酸”“三碱”和钢铁生产等纯工业化学知识占据了教材, 化学基础理论教学受到削弱; 1978年以来, 随着科学技术的迅猛发展和国家对人才培养的要求, 中学化学课程普遍强调学科结构的逻辑性, 化工内容仅在介绍相关化学基础理论时被提

及到。即便如此, 教材中的化工内容在上世纪80年代仍大约占30%<sup>[2]</sup>。21世纪以来, 随着我国基础教育的改革和发展, 教材内容经历多次变革, 化工内容依旧是高中化学教材的重要组成部分。

新课标颁布后, 随之问世的新教材内容发生了一些改变, 不同版本高中化学教材编制中化工内容的建构特点值得进一步研究, 以期教材编写和教师教学提供参考。

## 2 研究设计

### 2.1 研究对象

化工内容是指与化学基础知识相结合的化学工业、化学工程、化学生产技术等内容<sup>[3]</sup>, 以新人教版、鲁科版、苏教版必修和选择性必修中的化工内容部分作为研究对象(见表1), 比较三版教材中化工内容的建构特点。

\* 河南省基础教育教师发展研究创新团队项目“依托‘U-G-S-T-S’学习共同体促进化学教师专业发展”; 河南省十四五教育科学规划项目“U-G-S-T培训模式促进教师专业发展的行动研究——以省培‘一对一’帮扶名师工作室项目为例”(项目号: 2021YB0072)研究成果之一。

表 1 不同版本高中化学教材基本信息

| 教材名称  |                                                                 | 版次信息                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 必修    | 《化学必修 第一册》<br>《化学必修 第二册》                                        | 人民教育出版社 2019 年第 1 版   |
|       |                                                                 | 山东科学技术出版社 2019 年第 1 版 |
|       |                                                                 | 江苏凤凰教育出版社 2020 年第 1 版 |
| 选择性必修 | 《化学选择性必修 1 化学反应原理》<br>《化学选择性必修 2 物质结构与性质》<br>《化学选择性必修 3 有机化学基础》 | 人民教育出版社 2020 年第 1 版   |
|       |                                                                 | 山东科学技术出版社 2019 年第 1 版 |
|       |                                                                 | 江苏凤凰教育出版社 2021 年第 1 版 |

2.2 研究工具

梳理现存文献中教材对比的研究思路,参考樊艺蕾<sup>[4]</sup>和范韦芳<sup>[5]</sup>等关于教材内容建构的分析工具,结合化工内容和教材文本的特点,并咨询了化学教学论及化工方面的专家,研究对有分歧的部分进行了充分讨论并达成共识,最终确定从陈述方式、价值观念和教学功能三个维度对教材中化工内容的建构特点进行比较分析。

陈述方式是化工内容在教材中的具体表征形式,依据教材中化工内容的表征特点,研究将其细化为关联程度和呈现形式两个层面。价值观念旨在揭示化工内容价值的传递载体和导向问题,依据化工内容传递价值观念的素材和结果,研究将其细化为价值载体和传递导向两个层面。教学功能则是指教材中化工内容所承载的作用,依据化工内容所具备教学功能的类别,研究将其细化为促进知识理解与丰富活动方式两个层面,具体的评价指标与划分依据见表 2。

表 2 教材中化工内容建构的研究工具及评价指标

| 评价维度 | 评价指标 |       | 划分依据                    |
|------|------|-------|-------------------------|
| 陈述方式 | 关联程度 | 直接呈现  | 直接呈现化工内容                |
|      |      | 间接关联  | 未直接关联但隐含化工相关内容          |
|      | 呈现形式 | 文字叙述  | 以纯文字的形式呈现化工内容           |
|      |      | 图文结合  | 以文字和图片相结合的形式呈现化工内容      |
|      |      | 文表结合  | 以文字和表格相结合的形式呈现化工内容      |
|      |      | 图文表结合 | 以文字、图片和表格三者相结合的形式呈现化工内容 |

续 表

| 评价维度 | 评价指标   |         | 划分依据                            |
|------|--------|---------|---------------------------------|
| 价值观念 | 价值载体   | 历史事件    | 从历史事件中揭示化工的内涵与意义                |
|      |        | 现实情境    | 从现实情境中理解化工的重要意义                 |
|      |        | 历史与现实结合 | 从历史和现实事件共同运用中体会化工的重要意义          |
|      | 传递导向   | 行为倾向    | 化工内容涉及具体生产过程中的行为措施              |
|      |        | 意识倾向    | 化工内容仅涉及技术原理层面,未给予具体行为措施         |
| 教学功能 | 促进知识理解 | 导入知识    | 由化工内容引出相关化学核心知识                 |
|      |        | 解释知识    | 由化学核心知识解释化工相关现象                 |
|      |        | 拓展知识    | 拓展化工内容,与学科核心知识无明显联系             |
|      | 丰富活动方式 | 抽象阐述    | 采用描述、分析和判断等方式引导学生理解化工内容         |
|      |        | 实践活动    | 采用探究、调查、辩论等实践活动引导学生关注化工内容       |
|      |        | 阐述与实践结合 | 抽象的文字表达和具体的实践性活动共同使用来引导学生感受化工内容 |

2.3 信度分析

为减少评分误差,研究采用内容分析法进行评分者信度检验。由本文的第二、三作者独自分析,本文第一、四作者参与核查和数据处理,检验公式<sup>[6]</sup>如下:

$$R = \frac{n \times P}{1 + [(n - 1) \times P]}$$
$$P = \frac{\text{不同测评员之间的相互同意度之和}}{n}$$
$$\text{相互同意度} = \frac{2M}{N_1 + N_2}$$

其中,R 为信度值,P 为平均相互同意度,n 为测评员个数,M 为两个测评员都完全同意的类目数,N<sub>1</sub> 为第一个测评员分析的类目数,N<sub>2</sub> 为第二个测评员分析的类目数。

经计算,研究工具的相互同意度为 0.72,信度为 0.84(>0.80),两位研究人员对工具中各项指标的一致性和信度都较高,本研究的分类项目达到标准。随后对信度检验时存在意见分歧的部分进行了讨论,咨询

化学教学论专家,最终达成一致意见,可运用此工具进行后续研究与分析。

### 3 研究过程及结果

采用内容分析法对三版高中化学教材中的化工内容进行分析。首先,确定各教材中契合“化工内容”界定的文字部分,并依据语义的完整性将其划分为相对独立的化工片段,统计三版教材中设置的化工片段总数,人教版、鲁科版、苏教版分别有 79、81、82 个,可见三版教材中的化工片段总数相当。随后,根据研究工具所划分的三个维度、六个评价指标统计各类化工片段的数量和占比,对三版教材中化工内容的建构特点进行对比分析,研究过程与结果如下。

#### 3.1 陈述方式

##### 3.1.1 关联程度

化工内容在教材中的关联程度表现为直接呈现和间接关联两种,三版教材相应内容的统计结果如图 1 所示。对这一层面进行卡方检验,得到的  $\chi^2 = 1.421$ ,  $p = 0.491 > 0.05$ ,可知三版教材在关联程度这一层面不

存在显著性差异。

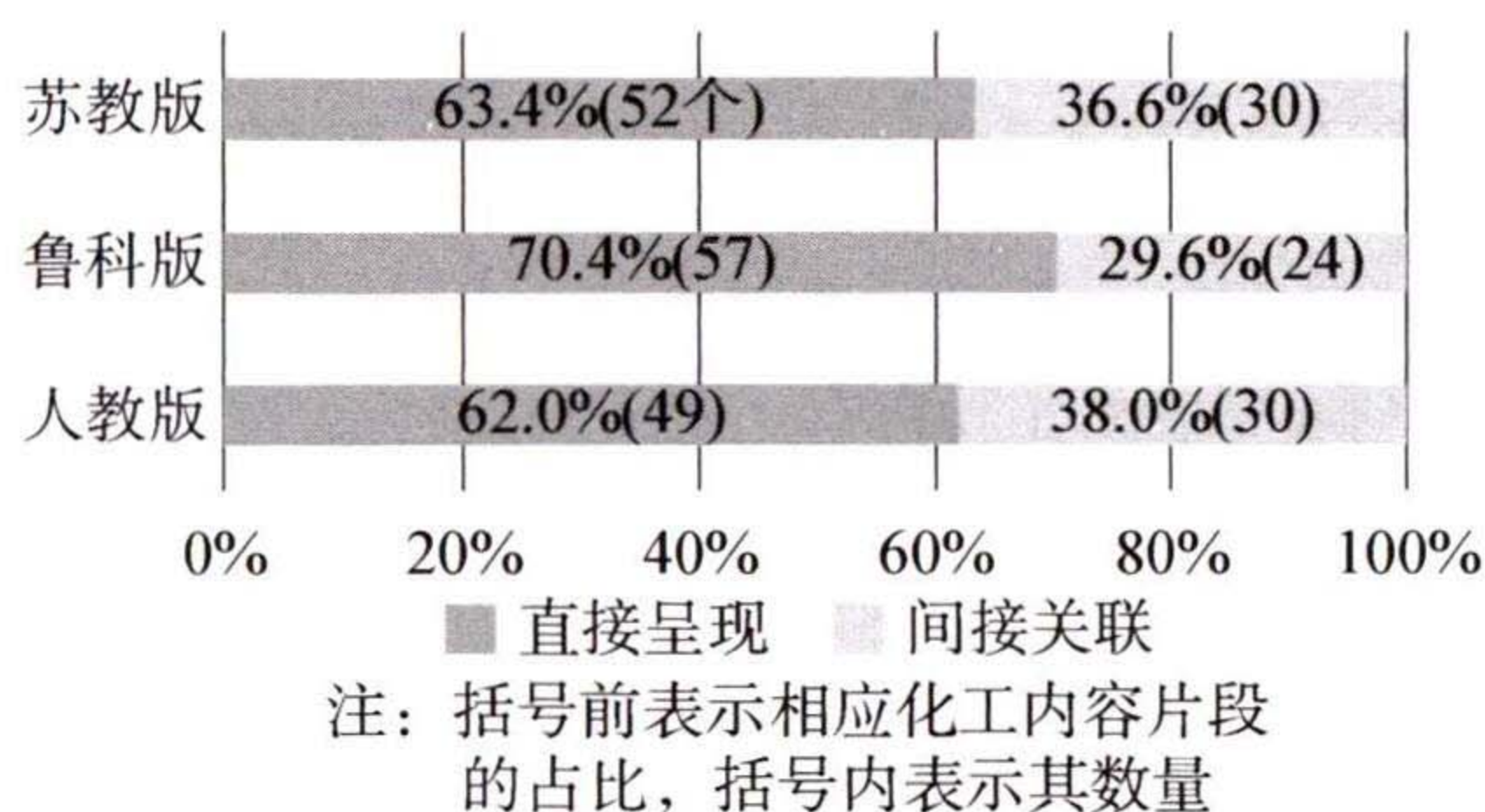


图 1 三版教材中化工内容关联程度的统计结果

三版教材主要以直接呈现的方式陈述化工内容,占比均超过 60%,这种方式能明确表征化工内容,有利于学生清晰直观地理解其内涵,便于化工知识的普及。如在“硫酸的工业生产”内容的学习中,三版教材虽选择了类型不同、各有特色的插图(如图 2 所示),但均显性化地展现工业生产硫酸的装置、流程及原理,有利于学生理解工业生产中蕴含的化学原理,感受到化工技术对于节能环保、清洁生产等产业发展的重要意义,建立化学与生产的密切联系。

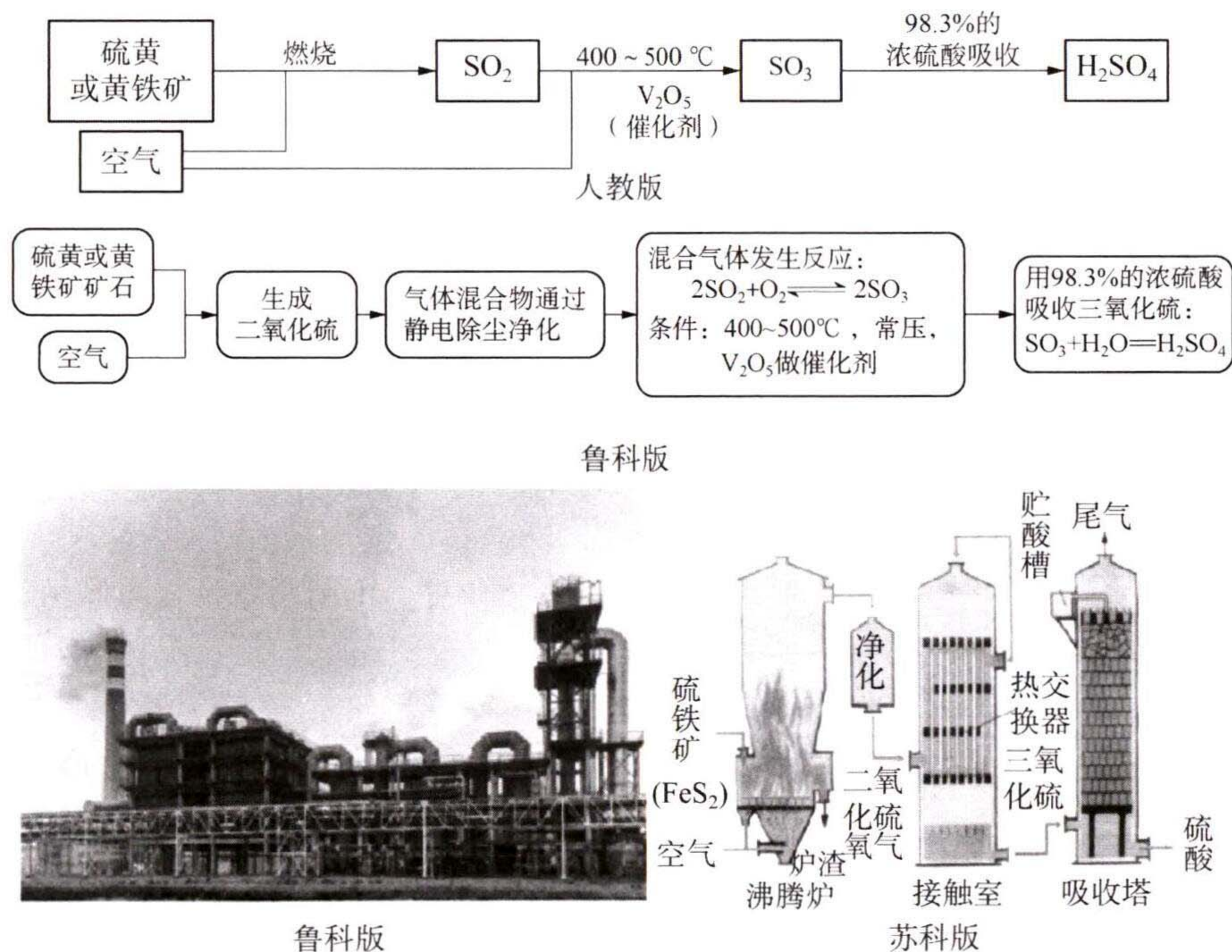


图 2 三版教材中直接呈现化工内容的相关插图

##### 3.1.2 呈现形式

化工内容的呈现形式主要包括文字叙述、图文结合、文表结合及图文表结合四种,三版教材的统计结果

如图 3 所示。对这一层面进行卡方检验,得到  $\chi^2 = 11.142$ ,  $p = 0.084 > 0.05$ ,可知三版教材在呈现形式这一层面上不存在显著性差异。

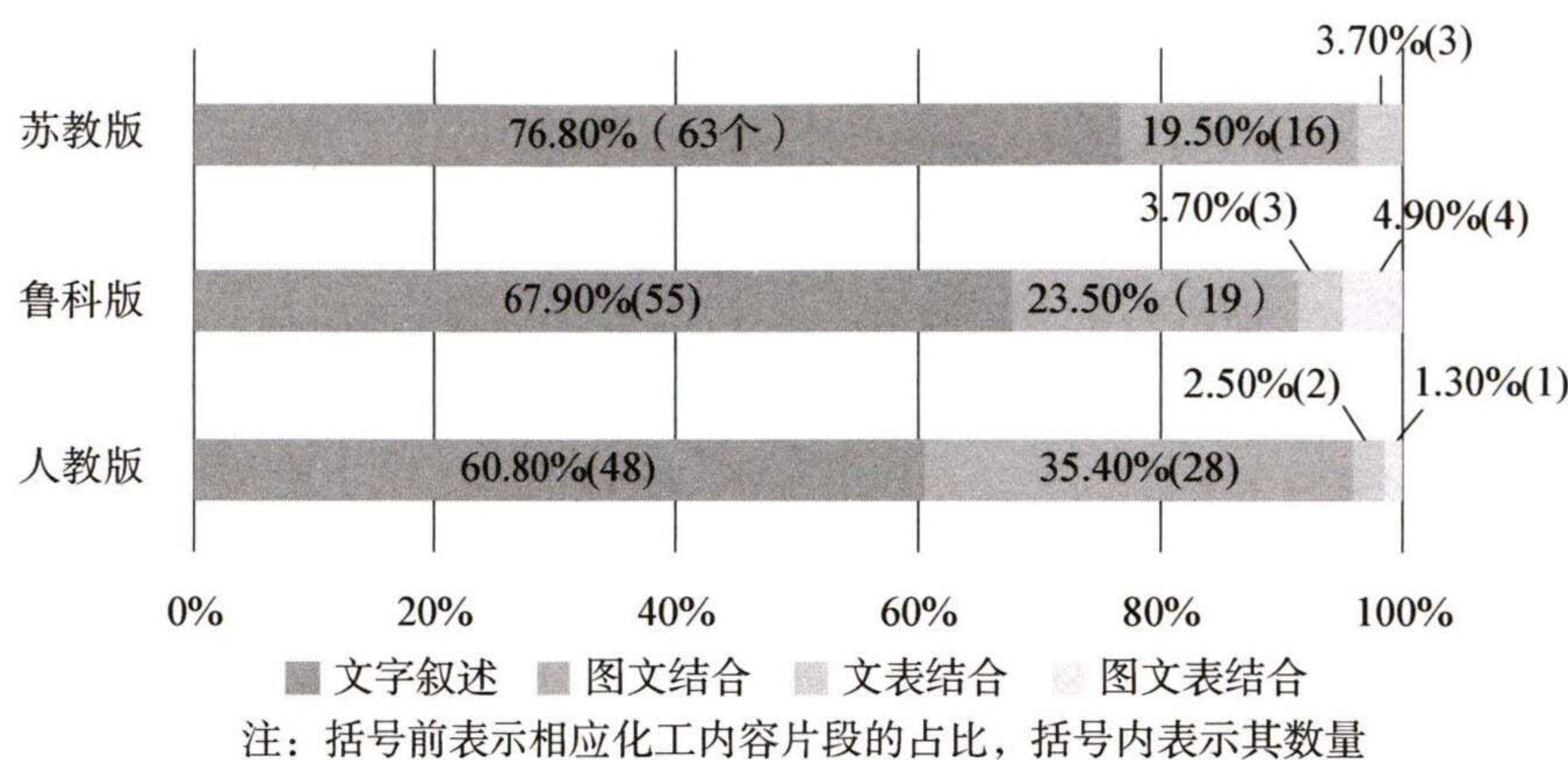


图3 三版教材中化工内容呈现形式的统计结果

三版教材都善于通过文字叙述的方式来呈现,苏教版最为明显;极少采用文表结合、图文表结合的形式呈现(两种形式的占比之和低于10%)。深入分析各版教材的数据,人教版比较重视图文结合,鲁科版更倾向于通过图文表结合的方式呈现化工内容。

化学学科规律如果不进行深度挖掘和梳理,往往显得零散和跳跃,而图表与文字相结合有助于学生对知识的加工和理解,提升学习效率。三版教材均注重

运用表格对化工内容进行梳理,必要时还会配上图片,以清晰呈现信息。例如,人教版在“工业合成氨”中就以表格形式记录了实验数据(见表3),结合“分析增大合成氨的反应速率与提高平衡混合物中氨的含量所应采取的措施是否一致”的文字提示,配合线图分析不同压强和温度下平衡混合物中氨含量的变化情况,方便学生快速找到合成氨的最佳反应条件(见图4)。然而,各版教材结合多种形式呈现的化工内容还是偏少。

表3 不同条件下,合成氨反应达到化学平衡时反应混合物中氨的含量(体积分数)

| 温度/℃ | 氨的含量/%  |        |        |        |        |         |
|------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
|      | 0.1 MPa | 10 MPa | 20 MPa | 30 MPa | 60 MPa | 100 MPa |
| 200  | 15.3    | 81.5   | 86.4   | 89.9   | 95.4   | 98.8    |
| 300  | 2.20    | 52.0   | 64.2   | 71.0   | 84.2   | 92.6    |
| 400  | 0.40    | 25.1   | 38.2   | 47.0   | 65.2   | 79.8    |
| 500  | 0.10    | 10.6   | 19.1   | 26.4   | 42.2   | 57.5    |
| 600  | 0.05    | 4.50   | 9.10   | 13.8   | 23.1   | 31.4    |

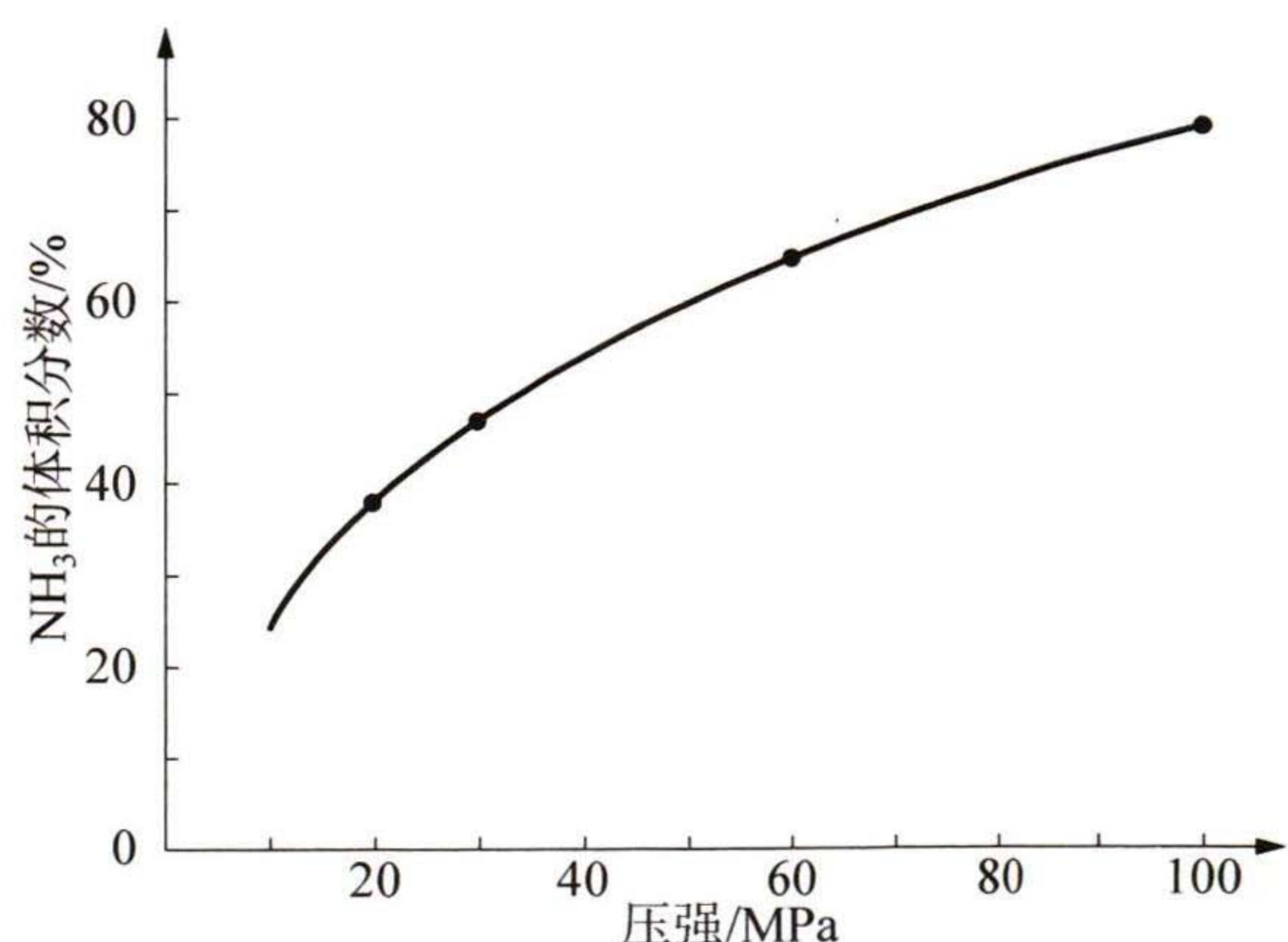


图2-11 400℃下平衡时氨的体积分数随压强的变化示意图

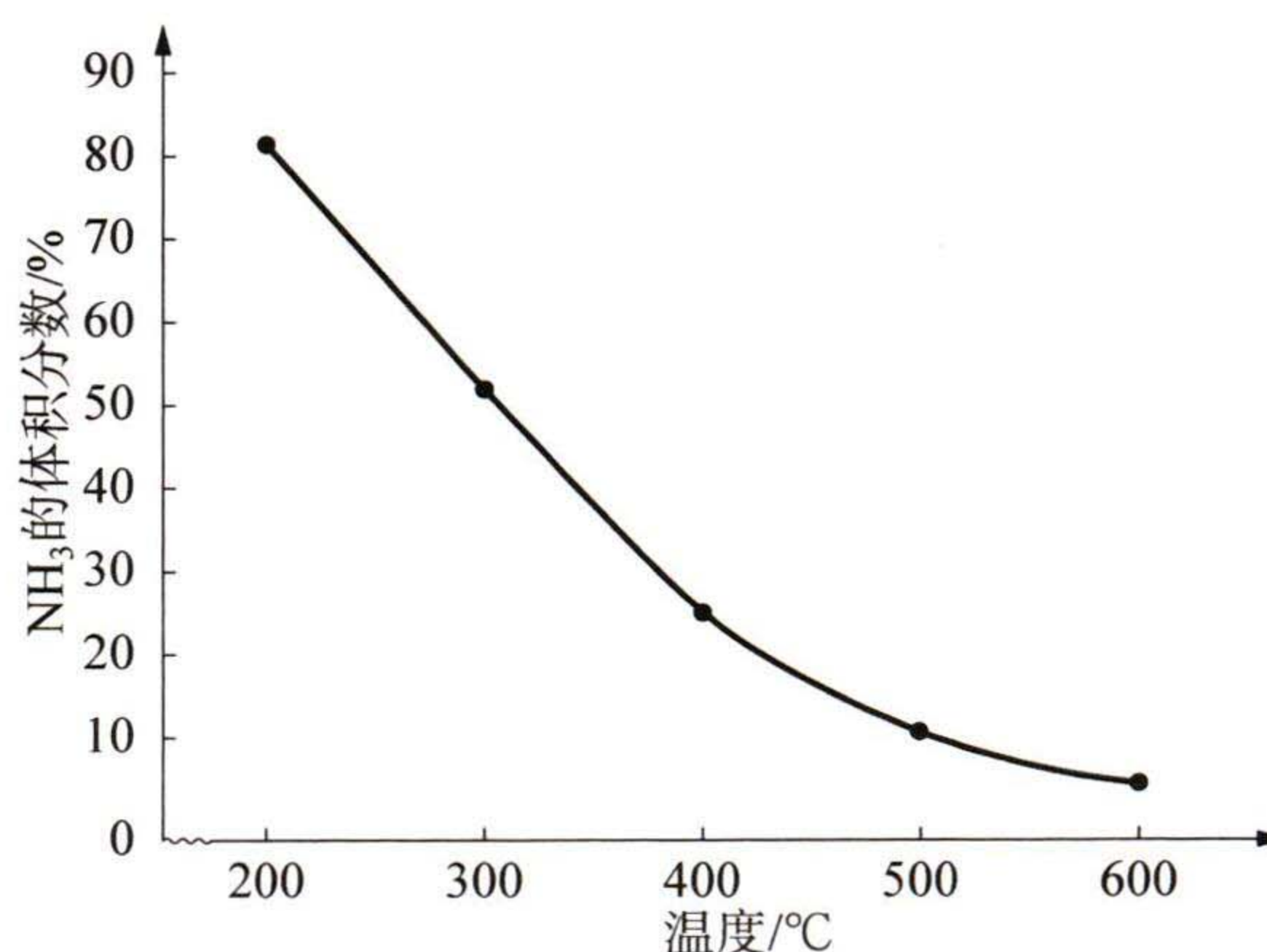


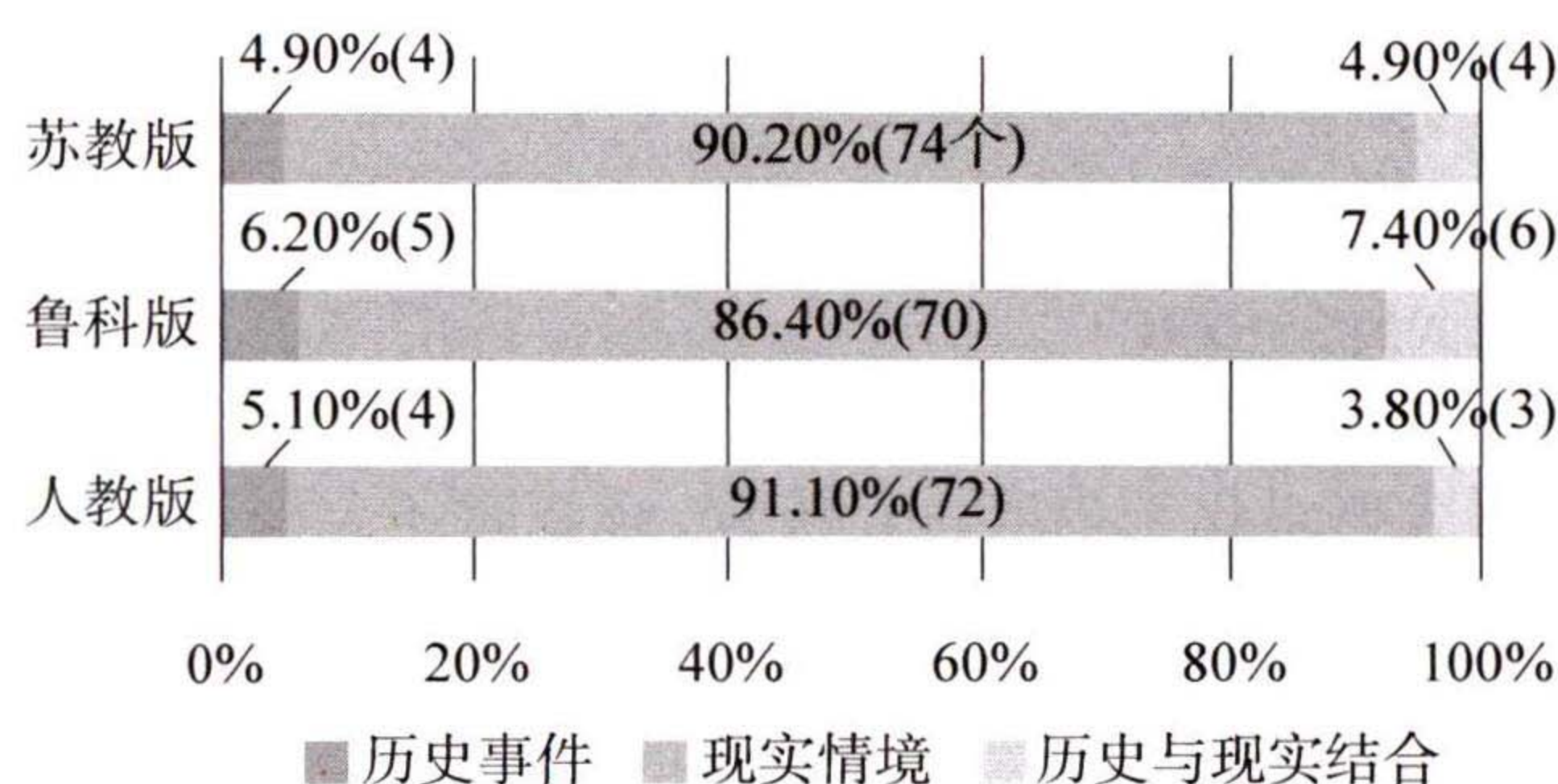
图2-12 10 MPa下平衡时氨的体积分数随温度的变化示意图

图4 人教版教材中“工业合成氨”内容的相关曲线图

## 3.2 价值观念

### 3.2.1 价值载体

化工内容传递价值观念的载体主要有历史事件、现实情境、历史与现实结合三类,三版教材中相关内容的统计结果如图5所示。对这一层面进行卡方检验分析,得到  $\chi^2 = 1.288$ ,  $p = 0.863 > 0.05$ ,可知三版教材中化工内容的价值载体不存在显著性差异。



注: 括号前表示相应化工内容片段的占比, 括号内表示其数量

图5 三版教材中化工内容价值载体的统计结果

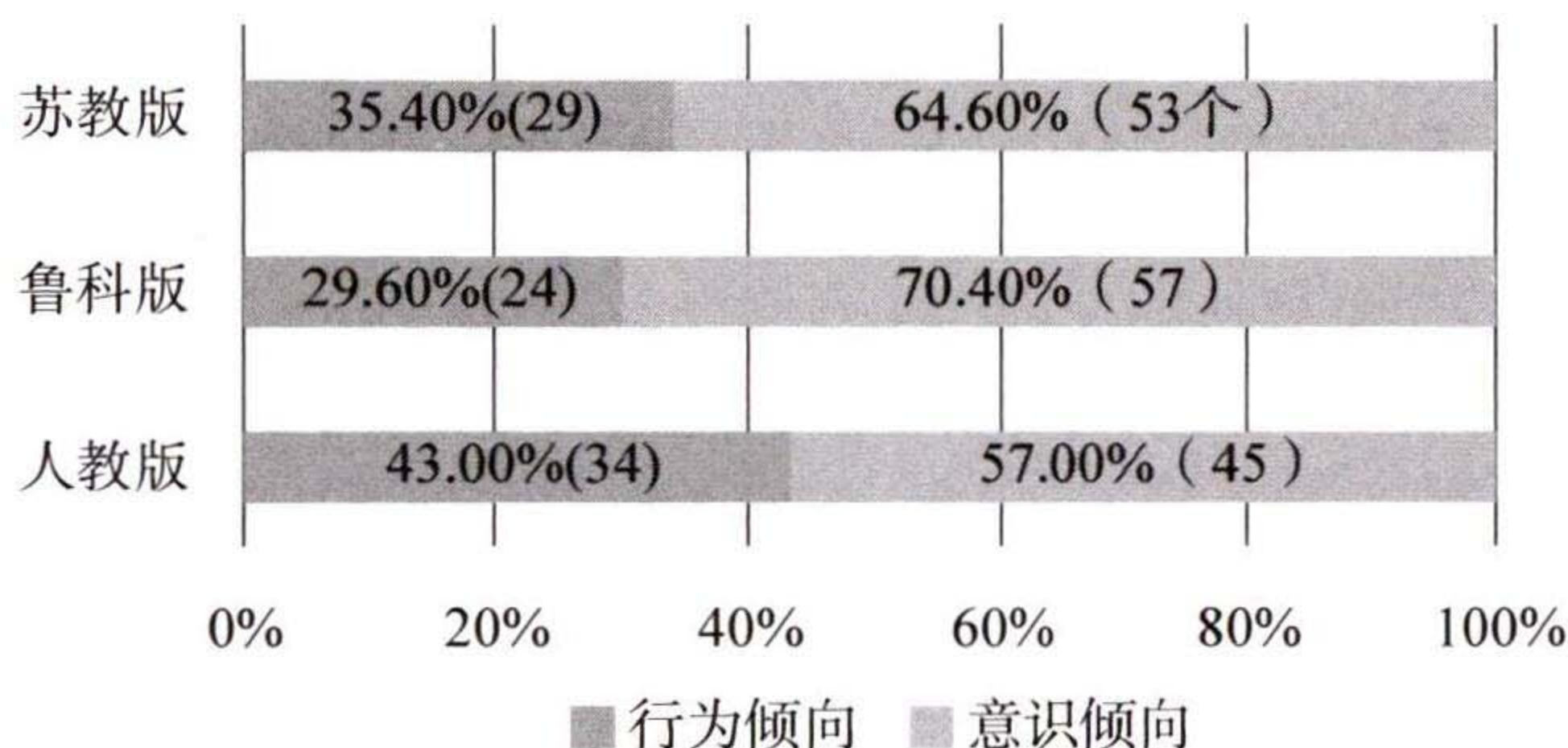
经统计发现,三版教材均主要借助现实情境这一载体传递化工内容的价值观念,且各版本教材的比例相差不大,均为90%左右。例如,印刷电路板、海水提溴、肥皂的生产等化工素材均体现较强的时代性,有利于引导学习者了解现代生活中的化学工业。

利用历史事件承载化工内容的价值观念,能将化工发展过程中的原理变迁、技术进步与科技成果等渗透到化学教材中,有助于引导教师开展化学史教育、传递正确的价值观念,三版教材都有所提及,例如侯氏制碱法、炼铁高炉和工业合成氨等化工内容。此外,人教版和苏教版还提到湿法炼铜和我国古代酿造工艺,鲁科版和苏教版都提到硫酸工业生产的演变。但从总数上看,三版教材中涉及的化工历史事件较少。

### 3.2.2 传递导向

化工内容传递的价值观念主要有行为倾向和意识倾向两种结果,三版教材的统计结果如图6所示。对这一层面进行卡方检验,得到  $\chi^2 = 3.141$ ,  $p = 0.208 > 0.05$ ,说明三版教材中化工内容的传递导向不存在显著性差异。

统计发现,三版教材均倾向于从意识层面提高学生的化工发展意识,而忽略从行为层面引导学生感受化工的原理与实际应用。例如,工业上通常采用电解



注: 括号前表示相应化工内容片段的占比, 括号内表示其数量

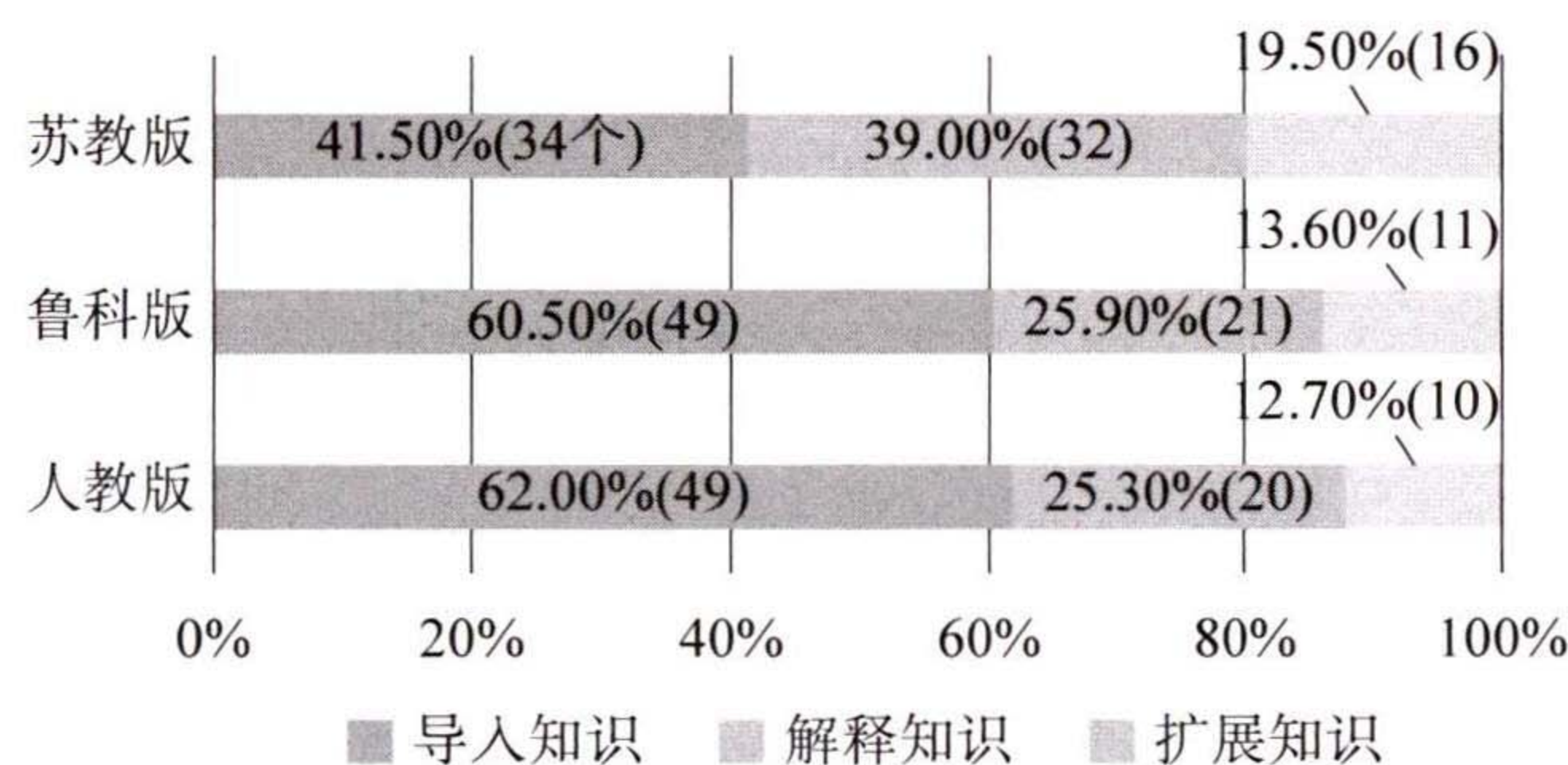
图6 三版教材中化工内容传递导向的统计结果

熔融氯化钠的方法制取单质钠,教材仅展示相关的化学方程式,未给予具体的解决实际问题的生产措施,可能会导致学生对这一化工内容的理解浅层化。

## 3.3 教学功能

### 3.3.1 促进知识理解

教材中利用化工内容帮助学生导入知识、解释知识、拓展知识可以体现其促进知识理解层面的功能,三版教材相关内容的统计结果如图7所示。对这一层面进行卡方检验,得到  $\chi^2 = 8.609$ ,  $p = 0.072 > 0.05$ ,说明三版教材在促进知识理解这一层面也不存在显著性差异。



注: 括号前表示相应化工内容片段的占比, 括号内表示其数量

图7 三版教材化工内容“促进知识理解”功能的统计结果

三版教材均注重利用化工内容促进知识理解,且占比由高到低依次为导入知识、解释知识和拓展知识。用化工知识来导入或解释与生产、能源、环境等相关问题是三版教材最主要的编写形式,占比均超过80%,但具体形式略有不同。例如,在介绍“海水提溴”案例时,人教版先以“思考与讨论”的形式呈现,运用了概念讲解、问题思考和模型分析的形式,然后借助“信息搜索”这一栏目提供了更多关于海水资源综合利用途径的信

息。鲁科版教材则以微项目的形式开展“海水提溴”探究活动,即先设计从苦卤中提取溴单质的实验方案,然后讨论比较不同提取方法的异同,最后进行项目成果的展示。苏教版没有借助任何栏目和模型,直接导入并简洁介绍海水提溴的工艺和产品应用。

此外,三版教材正文中与化工内容相关的拓展性知识或拓展性栏目有所不足,如果在这一方面能有所改进,可以更有利于学生综合能力的发展。

### 3.3.2 丰富活动形式

教材通过抽象阐述、实践活动、阐述与实践结合的方式承载化工内容,来体现化工内容丰富活动形式层面的功能,三版教材的统计结果如图8所示。对其进行卡方检验分析可知, $\chi^2 = 3.924$ ,  $p = 0.416 > 0.05$ ,说明三版教材利用化工内容丰富活动形式层面不存在显著性差异,即三版教材中化工内容多为抽象阐述(89.9%~93.90%),而与之相关的实践活动偏少。

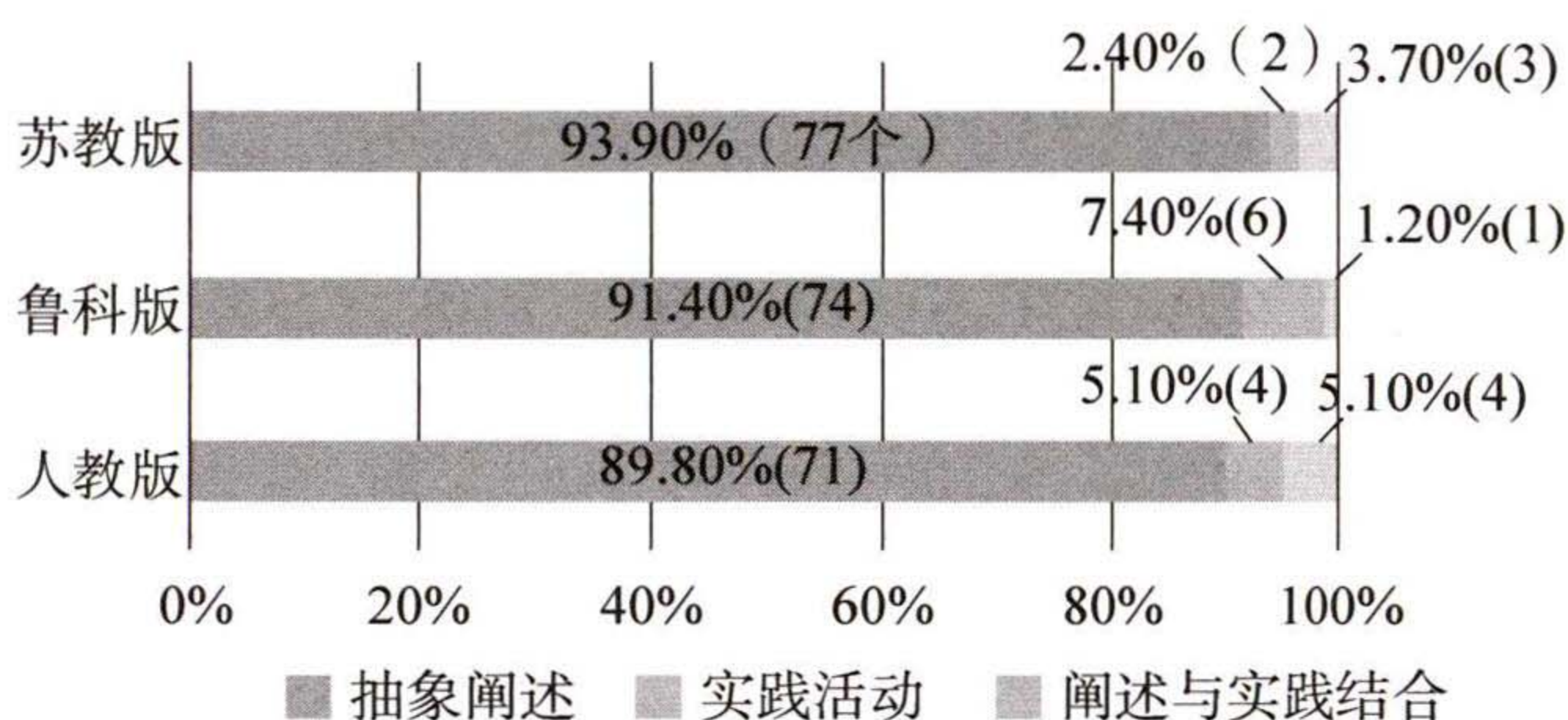


图8 三版教材化工内容“丰富活动形式”功能的统计结果

教材中采用实践活动承载化工内容,有利于教师开展丰富多彩的教学活动,避免枯燥无味地讲解化工流程、概念、原理等,充分发挥化工内容所蕴含的教学功能,且与旧教材相比,实践探究活动已有所增加,如人教版以“传统酿醋食醋和食用乙酸在生产工艺和成分上的异同”为话题设计了查阅资料活动,鲁科版安排了“探讨如何利用工业废气中的二氧化碳合成甲醇”的微项目活动,苏教版则设置了“以乙烯为原料合成乙酸乙酯”的交流讨论活动。但总体来看,实践活动的占比依然较低。

## 4 研究启示

在对比分析三版高中化学教材中化工内容的建构特点时发现了一些问题,如化工内容呈现以文字叙述

为主、素材单一、实践探究活动偏少等,故从化工内容建构的三个维度对教材编写者和教材使用者提出以下建议:

### 4.1 丰富化工内容呈现形式,显性化表征化工内容

高中课程改革和高考内容改革均强调问题情境的复杂性和新颖性,新教材也注重提高学生应用知识解决实际问题的能力<sup>[7]</sup>。真实的化工议题可能涉及政治、经济、文化、环境、安全等诸多领域,情境复杂、信息繁多,其解决过程往往需要我们对解决问题的各要素进行整体考察和设计以及对单要素的多方面进行考察、选择和协调的控制。化工生产情境往往来源于化学工业应用和化学工艺等,可借助化工生产案例来创设<sup>[8]</sup>。因此,化工生产的素材适用于创设真实问题情境以提升学生的高阶思维和问题解决能力,具体应用时:先梳理化工素材,然后观照教学内容和教学目标增补、完善化工素材,接着定位素材类型,确定培养目标,最后系统设计、合理布局,用好化工素材资源<sup>[9]</sup>。

但由于教材中化工内容的呈现形式大多局限于文字叙述,教师可尝试在教学中展示模型,如在冶铝、合成氨、高炉炼铁和接触法制硫酸等教学过程中可允许学生观察纵向与横向截面模型,以获得对工艺过程的全面认识<sup>[10]</sup>。此外,教师还可以运用动态虚拟仿真技术创建直观、动态的生产工艺流程,以加深学生对化工生产原理的理解,优化化工知识的教学,加强理论与实践的联系。

### 4.2 重视化工内容素材选取,发挥化工内容正面价值

#### 4.2.1 注重借鉴化工内容发展史素材

三版教材对化工发展史的关注不够。像合成氨工业、侯氏制碱法、高炉炼铁、铝的冶炼、硫酸工业等的化工发展史,都与新课标提供的情境素材密切相关,在教材编写或教学中进行介绍,有利于促进学生对化学学科特性的认识和理解。相对于简单的叙述,教材中融入化工发展史能展现化工发展过程中的原理变迁、技术革新和科技成果等<sup>[11]</sup>,可为教师开展基于化工史料的化学史教学提供参考,有利于学生跟随科学家的脚步,厘清化工发展的脉络,探寻与之相关化学知识的本源,加深化学学科理解,提升化学思维能力。

#### 4.2.2 积极引入生活化和前沿化工内容素材

提及化工,人们脑海涌现的可能是掠夺、污染、毒害和爆炸等负面影响,这不利于向学生传递正面的价值观念。因此,教师应了解我国化工发展的战略构想,全面掌握教材中的化工内容及其现实价值,引导学生感受化学在解决化工问题和促进社会可持续发展的意义,促使学生形成对化工行业和化工事件的理性认识,提高学生参与讨论化工相关问题并予以决策的意识。

目前,三版高中化学教材多以化学的视角选取化工内容素材,简单描述其生产过程,这不利于激发学生兴趣,使学生参与其中。因此,教材应多从公民的视角出发挖掘化工素材,如选择“咖啡的制取——一种工业分离过程”“从油菜到生物柴油”等充满生活趣味的素材,使化工内容更加生态化,更容易被学生接受<sup>[12]</sup>。

此外,面对我国创新、协调、绿色、开放、共享发展理念的提出,化工产业的发展备受关注,教材中化工内容的素材选取应关注绿色化工、化工安全和化工新材料等方面。这些素材有利于学生感受时代的发展,感知化学对社会发展的重要意义,有助于他们未来肩负起时代发展主力军的职责。

#### 4.3 创新化工内容实践活动,落实化工内容教学功能

与旧版教材相比,人教版和鲁科版的实践探究活动的设计有所增加,但三版教材中关于化工内容的实践性活动数依旧偏少,形式也主要局限为讨论和调查。教材可尝试增加自主设计类的实践活动,即让学生借助所学知识,自行制造化工小产品,如制造饮料、自制镜子、配制医药碘酒等。教师则可引导学生自行设计化验、鉴别化学成分的方案,并组织成立课外科研小组,研究配制万能胶、食品添加剂和水果保鲜剂等项目,这都有利于学生学习、巩固并运用化工知识解决实际问题,进而发展化工素养。此外,像合成氨的教学中,反应条件的选择就比较困难,为了让学生掌握这方面的理论与实践知识,可带学生参观工厂并请技术人员指导<sup>[13]</sup>。

我国高中化学教材中的化工内容历来都占有相当的比例,但化工内容的教学效果多年来仍不尽人意,新版教材虽然发生了一些变化,但我们仍需要正确认识教材中化工内容的地位和作用。在化学与化工重新交叉和融合的大背景下,我们应不断完善教材中的化工内容,引领学生理性对待、正确认识和参与化工相关问题的解决。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版 2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社, 2020.
- [2] 段兴潮. 高中化学新教材化工内容教学之我见[J]. 中学化学教学参考, 2010, (9): 35~37.
- [3] 李淑芬, 王成扬, 张毅民. 现代化工导论(第三版)[M]. 北京:化学工业出版社, 2016: 1.
- [4] 樊艺蕾, 王祖浩. 中美高中化学教科书中“绿色发展”内容建构方式的比较研究[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(17): 15~20.
- [5] 范韦芳, 王世存. 高中化学教科书中的生态文明教育内容建构——以人教版和鲁科版必修部分为例[J]. 化学教学, 2021, (11): 20~24, 36.
- [6] 邵光华. 教育研究方法(第1版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2016: 78.
- [7] 宋倩雯, 谢俊, 常锁成. 基于ISM法的新旧人教版必修化学教材内容比较[J]. 化学教学, 2021, (4): 38~44.
- [8] 郑雪莹. 高中化学教学中基于化工生产案例渗透 STSE 教育的实践研究[D]. 金华:浙江师范大学硕士学位论文, 2019.
- [9] 毛东海. 挖掘化工素材育人资源 培养化学学科核心素养[J]. 化学教学, 2017, (6): 29~34.
- [10][13] 姚发业, 李斌, 李秋顺. 高中化学与化工知识教学[J]. 山东教育科研, 1996, (5): 45~46.
- [11] 王建军. 高中化学融入“基础化工发展史”教学的行动研究[D]. 上海:华东师范大学硕士学位论文, 2011.
- [12] 邓育红, 倪娟. 重理论 讲方法 强实际——德国化学教材《今日化学 SI》特色与启示[J]. 中学化学教学参考, 2013, (12): 65~67.