

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202301020

www.dxhx.pku.edu.cn

国内外代表性物理化学教材电化学部分的比较

王志勇^{1,*}, 张树永²¹ 武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072² 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

摘要: 电化学是物理化学重要的三级学科, 已成为物理化学教材中不可缺少的部分。本文对国内外13本具有代表性的物理化学教材中电化学部分的编写理念、教学内容的组织、教学内容的选择以及新知识的引入等几个角度展开对比研究, 对物理化学教材中电化学部分的编写和教学具有一定的参考价值。

关键词: 物理化学; 电化学; 教材建设; 对比研究

中图分类号: G64; O64; N43

Comparison of Electrochemistry Section in Representative Physical Chemistry Textbooks at Home and Abroad

Zhiyong Wang^{1,*}, Shuyong Zhang²¹ College of Chemistry and Molecular Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China.² School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

Abstract: Electrochemistry is an important tertiary subject in physical chemistry, and the classical content of electrochemistry has become an indispensable part of physical chemistry textbooks. This paper presents a comparative study of the contents of electrochemistry sections in 13 representative physical chemistry textbooks at home and abroad, and analyzes them from several perspectives, including their teaching concepts, organization of teaching contents, selection of teaching contents, and introduction of new knowledge, which are of certain reference value for the preparation and teaching of electrochemistry sections in physical chemistry textbooks.

Key Words: Physical chemistry; Electrochemistry; Textbook construction; Comparison study

电化学是物理化学重要的三级学科, 由于与现代科技发展的几条主线——能源科技、材料科技、信息科技都紧密联系, 因而近年来备受关注。从物理化学教学来看, 电化学已经成为许多物理化学教材不可缺少的部分, 《高等学校化学类专业物理化学相关教学内容与教学要求建议》(以下简称《物化建议》)也对电化学教学应覆盖的知识点以及应该达到的能力与素质提出了建议^[1,2]。但在当前的物理化学教材中, 对电化学部分应如何编排、选择哪些内容以及如何引入新原理、新方法、新应用等方面还存在不少差异。本文试图通过比较国内外一些经典的物理化学教材, 明晰不同, 发现规律, 以期对未来的物理化学教材编写以及电化学部分的教学提供一些参考。

收稿: 2022-01-26; 录用: 2023-02-13; 网络发表: 2023-03-02

*通讯作者, Email: ipc@whu.edu.cn

基金资助: 教育部2022年高等教育中外教材比较研究重点项目(化学类专业核心课程教材国内外对比研究)

1 中外教材电化学部分的比较

1.1 比较教材的选择

国内外已出版的物理化学教材的数量十分庞大。为了便于比较,本文选取了国外3本、国内10本(表1)使用面较广、影响较大的代表性教材,从编排理念、教学内容的组织、教学内容的选择和新知识的引入等几个角度展开比较。

表1 用于对比研究的国内外物理化学代表性教材

序号	书名	作者	出版社	年份/版本
1	<i>Physical Chemistry</i>	Peter Atkins; Julio de Paula; James Keeler	Oxford University Press (高等教育出版社影印版)	2020 (10th)
2	<i>Physical Chemistry</i>	Ira N. Levine	McGraw-Hill	2008 (6th)
3	<i>Physical Chemistry Textbook</i>	David W. Ball	Cengage Learning	2014 (2nd)
4	《物理化学》(南京大学)	傅献彩, 侯文华	高等教育出版社	2022 (6th)
5	《物理化学简明教程》(山东大学)	印永嘉, 奚正楷, 张树永	高等教育出版社	2007 (4th)
6	《物理化学》(北京大学)	韩德刚, 高执棣, 高盘良	高等教育出版社	2009 (2nd)
7	《物理化学》(天津大学)	天津大学物理化学教研室	高等教育出版社	2009 (5th)
8	《基础物理化学》(大连理工大学)	王新平, 王旭珍、王新葵	高等教育出版社	2011 (1st)
9	《物理化学》(华中师范大学)	万洪文, 詹正坤	高等教育出版社	2010 (2nd)
10	《物理化学讲义》(浙江大学)	彭笑刚	高等教育出版社	2012 (1st)
11	《物理化学》(华东理工大学)	胡英	高等教育出版社	2014 (5th)
12	《物理化学》(复旦大学)	范康年	高等教育出版社	2005 (2nd)
13	《物理化学》(南开大学)	朱志昂, 阮文娟	科学出版社	2014 (5th)

1.2 内容编排方式的差异

作为物理化学重要的三级学科,电化学已成为物理化学教材中的经典内容,表1所示国内外教材都包含了电化学部分。但对于如何将电化学纳入物理化学教材,不同的教材则展现了不同的理念。这一差异也反映了作者对物理化学教材编写和教学理念上的差异。

第一种编排将电化学视为相对独立的三级学科,集中展示电化学的学科知识框架、基本概念和原理、学科思维方式以及分析、解决问题的方式方法。典型的例子是南京大学的物理化学教材,用8、9、10三章集中介绍了电解质溶液、电化学热力学、电化学动力学、应用电化学四部分内容。这种编排突出了电化学作为三级学科的系统性和完整性,可以强化读者对电化学学科的全面认识。其他国内教材多数也采用该编排方式,如山东大学的物理化学教材将电化学内容集中在第7章,也按照4部分内容集中讲述;北京大学的物理化学教材则在第四篇“电化学基础”中,用三章的篇幅完整介绍了电化学相关内容;将电化学作为独立内容编排的教材还包括天津大学(第7章)、大连理工大学(第8章)、华中师范大学(第五篇10、11章)、华东理工大学(第16、17章)、复旦大学(第23、24、25章)。David W. Ball的物理化学教材中电化学内容篇幅较少,只包括了电解质溶液和电化学热力学的基础内容,也是独立成章的。南开大学的物理化学教材将电化学内容安排在第12章独立成章,但却将电解质溶液活度理论放在活度与活度系数一节后,成为活度系数理论分析的优秀示例,是值得借鉴的作法。当然,电解质溶液部分实际上是溶液化学的内容,知识与电化学内容联系紧密,从学科分类而言,并不从属于电化学。所以,南开大学的编排方式也是合理的。

第二种编排是将电化学视为物理化学核心原理的运用范例。在该类教材中,作者将热力学、动力学和结构化学作为物理化学的核心内容,而将电化学作为3个核心内容的运用范例。以Atkins的教

材为例,作者将电化学动力学的相关内容纳入第21章“化学动力学”部分的21F节,引导学生从前面的反应速率的定义、对峙反应的处理、活化吉布斯自由能等化学动力学知识出发,逐步导出电化学动力学基本公式——Butler-Volmer方程,而后通过近似处理得到Tafel方程。整个编排充分体现了动力学核心原理在电化学动力学中的运用,有利于帮助学生加深对动力学基本原理的理解,并掌握应用动力学基本原理分析和解决电化学问题的方法。采用该编排理念的教材数量不多,比较典型的包括Atkins、Levin和浙江大学的物理化学教材,其特点是将电化学内容分散在热力学、输运过程、动力学各篇中的某一小节中进行介绍,作为物理化学核心原理的拓展应用。如Atkins的物理化学教材将电解质溶液活度理论安排在热力学篇第5章“混合物”中的5F小节介绍;将原电池和电极电势内容放在第六章“化学平衡”中的6C和6D进行介绍,让学生体会热力学原理在电化学体系的运用。将离子的迁移与电导放在变化篇第19章“分子运动”中介绍;将电子转移理论、电极反应动力学放在21章中用21E、21F两个小节介绍引导学生将学习的动力学原理应用到电化学体系。Levin的物理化学教材也是将电解质溶液活度理论、电化学热力学放在热力学部分加以介绍,而将电导现象放在输运过程中讲述。浙江大学的《物理化学讲义》涉及的电化学内容较少,但同样将电化学热力学放在化学平衡部分,将电导现象放在输运过程中加以介绍。

1.3 教学内容的选择

国内外一些重要教材电化学内容的对比见补充材料附表S1。

附表S1显示,多数教材的电化学内容都包括电解质溶液、电化学热力学、电极过程动力学和应用电化学四个主要部分,部分教材还包含了一些电化学实验方法的介绍。目前国内主流教材其电化学部分涵盖的主要内容包括如下几部分。

(1) 电解质溶液部分:离子迁移、电导、电导率、淌度、迁移数、离子独立移动定律、电解质溶液平均活度、德拜(Debye)-休克尔(Hückel)极限公式、电解质溶液理论;

(2) 电化学热力学部分:法拉第定律、可逆电池、可逆电池热力学、电极电势、双电层模型、电势-pH图、电势分析原理和方法;

(3) 电化学动力学部分:极化、超电势、三电极体系、极化曲线、塔费尔(Tafel)公式、析出顺序;

(4) 应用电化学部分:电解、电化学合成、金属腐蚀与防护、化学电源。

上述内容与《物化建议》^[1,2]基本一致。而国外教材如Levine、Ball的教材其电化学部分篇幅较少,舍弃了电极过程动力学和应用电化学等部分。

除了上述基础内容之外,一些教材还进行了一些拓展,如:

(1) 电解质溶液部分:南京大学、华东理工大学、复旦大学以及Levine的教材详细介绍了强电解质溶液的离子互吸理论,并从理论出发给出了强电解质稀溶液活度系数公式的完整推导过程,对于学生更好地理解活度系数的概念以及提升能力素质极具帮助。华东理工大学的物理化学教材还介绍了电解质溶液理论的历史以及当代进展,引入了离子液体的概念,具有借鉴意义。

(2) 电化学热力学部分:北京大学的教材引入了电化学势概念,从电化学势出发推出可逆电池电动势、Nernst方程、浓差电势、Donnan平衡和膜电势,展示了讲述平衡电化学的另一种思路。Levine、Ball、华东理工大学、南京大学的教材也对电化学势的概念作了较为详细的介绍。另外,南京大学的教材也介绍了细胞膜电势现象,强化了电化学在生物科学中的应用。

(3) 电化学动力学部分:如前所述,Atkins的教材引入了电极过程动力学的基本方程——Butler-Volmer方程,介绍了Marcus电荷转移理论,使得电极过程动力学学习进入到定量和理论的层面。北京大学、华东理工大学的教材也完整地介绍了Butler-Volmer方程并进行了分析。南京大学、复旦大学的教材展示了Tafel方程的推导,但过程中没有直接给出Butler-Volmer方程,但也显示了电极过程动力学定量理论研究的基本思想。

1.4 其他新知识的引入

在电化学实验方法方面,多数物理化学教材只介绍了对消法及三电极体系,基本不涉及现代电

化学研究广泛使用的各类方法。但Atkins和复旦大学的教材则介绍了现代电化学研究使用十分普遍的循环伏安法,介绍了其原理、特点与应用;复旦大学的教材还介绍了计时电流法、计时电位法、交流阻抗法等电化学测量方法,以及电化学的几个前沿领域如表面电化学、电极过程的时空分辨、光电化学等相关知识。

此外,国内教材如南京大学、北京大学、复旦大学、山东大学、华中师范大学、天津大学等的教材还对现代化学电源的几个热点体系——锂离子电池和燃料电池进行了知识性介绍。其中南京大学、北京大学的教材对燃料电池的介绍,以及复旦大学的教材对锂离子电池的介绍较为详细。

2 结语

不同物理化学教材的编者出于各自教学理念,对电化学教学内容的处理呈现较大差别。有的教材突出热力学、动力学和结构化学等物理化学核心理论,大幅压缩了电化学篇幅,只保留最基本内容,将电化学知识作为物理化学基本原理的延伸,引导学生将知识学习提升到分析、综合层面。也有的教材在系统介绍电化学基础内容后引入电化学专业领域知识,为学生顺利进入更高层次的学习做了准备,其中有一些值得借鉴的做法和经验。在未来编写物理化学教材时,教师应该从教学对象、教学目标、教学层次等多个方面综合考虑,选择适宜的编写理念和组织方式,以便更好地实现电化学的教学目标。

补充材料: 可通过链接 <http://www.dxxh.pku.edu.cn> 免费下载。

参 考 文 献

- [1] 2013–2017年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, **2016**, 31 (11), 11.
- [2] 张树永, 李金林, 范楼珍, 侯文华, 刁国旺, 郭玉鹏. 大学化学, **2021**, 36 (1), 2009052.