

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202302057

www.dxxh.pku.edu.cn

国外无机化学教材的研究 ——以Housecroft & Sharpe的*Inorganic Chemistry* (5th edition)为例

蔡苹^{1,*}, 赵苹苹², 胡锴¹, 程功臻¹¹ 武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072² 武汉大学图像传播与印刷包装研究中心, 武汉 430072

摘要: Catherine Housecroft和Alan G. Sharpe合著的*Inorganic Chemistry*是一本经历了时间检验的经典教材, 其内容涵盖了无机化学的基础原理、元素化学、生物无机化学以及这些知识在催化、工业生产和材料等领域的应用。本文希望通过对该教材的介绍及其与国内教材的编写内容和排版等的对照分析, 为国内无机化学的教材编写提供一些有价值的参考, 同时为从事无机化学教学的教师提供一个选择参考教材的选项。

关键词: 教材介绍; 对比分析; 无机化学

中图分类号: G64; O6

Study on Inorganic Chemistry Textbooks at Abroad: Taking *Inorganic Chemistry* (5th edition) by Housecroft & Sharpe as an Example

Ping Cai^{1,*}, Pingping Zhao², Kai Hu¹, Gongzhen Cheng¹¹ College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.² Research Center for Graphic Communication, Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

Abstract: Housecroft & Sharpe's *Inorganic Chemistry* is a popular, internationally acknowledged textbook which covers inorganic principles, descriptive inorganic chemistry, bioinorganic chemistry and applications of the subject in catalysis, industrial processes and materials. This article aims to provide valuable references for the compilation of inorganic chemistry textbooks in China by introducing and comparing the contents and layout of this textbook with domestic ones. It also offers a choice of reference textbooks for teachers engaged in inorganic chemistry teaching.

Key Words: Book review; Contrastive analysis; Inorganic chemistry

由Catherine Housecroft和Alan G. Sharpe合著的*Inorganic Chemistry* (5th edition) (无机化学, 第五版)^[1]于2018年由Pearson出版社出版, 其第一版于2001年出版^[2], 近二十年来此教材历经四次再版, 内容不断更新和丰富。全书共29章, 1246页, 涵盖了物理化学和无机化学的基础原理、元素化学、生物无机化学以及这些知识在催化、工业生产和材料等领域的应用。整本书将知识小栏目(Box)、丰富的例题(Worked examples)、自我检测(Self-study exercises)和课后习题(End-of-chapter problems)贯穿始终, 以帮助学生提高学习兴趣、掌握基本原理、运用原理和方法解决问题及分析文献数据, 既能满足本科生和研究生自主阅读和自学的需求, 又能满足教师抽取部分重难点进行课堂讲授的需求。本文以*Inorganic Chemistry* (5th edition)为例介绍这套教材。

收稿: 2023-02-22; 录用: 2023-03-23; 网络发表: 2023-03-28

*通讯作者, Email: caiping@whu.edu.cn

1 主体内容的组织

内容是教材的灵魂，本书的内容丰富，既包含基本原理，又包含描述性的元素化学以及专题讨论，可以分为四个大的版块：基本原理、主族元素化学、*d*区元素化学以及专题介绍(详见表1)。

表1 *Inorganic Chemistry* (5th edition)与所选国内无机化学教材^[3,4]主体内容目录对照

版块	章	<i>Inorganic Chemistry</i> (5th edition)目录	《无机化学》(上、下)目录
基 本 原 理	1	Basic concepts: atoms	化学基础知识
	2	Basic concepts: molecules	化学热力学基础
	3	Introduction to molecular symmetry	化学反应速率
	4	Experimental techniques	化学平衡
	5	Bonding in polyatomic molecules	原子结构和元素周期律
	6	Structures and energetics of metallic and ionic solids	分子结构和共价键理论
	7	Acids, bases and ions in aqueous solution	晶体结构
	8	Reduction and oxidation	酸碱解离平衡
	9	Non-aqueous media	沉淀溶解平衡
主 族 元 素 化 学	10	Hydrogen	氧化还原反应
	11	Group 1: the alkali metals	配位化学基础
	12	The group 2 metals	碱金属和碱土金属
	13	The group 13 elements	硼族元素
	14	The group 14 elements	碳族元素
	15	The group 15 elements	氮族元素
	16	The group 16 elements	氧族元素
	17	The group 17 elements	卤素
	18	The group 18 elements	氢和稀有气体
<i>d</i> 区 元 素 化 学 专 题 介 绍	19	<i>d</i> -Block metal chemistry: general considerations	铜副族元素和锌副族元素
	20	<i>d</i> -Block metal chemistry: coordination complexes	钛副族元素和钒副族元素
	21	<i>d</i> -Block metal chemistry: the first row metals	铬副族元素和锰副族元素
	22	<i>d</i> -Block metal chemistry: the heavier metals	铁系元素和铂系元素
	23	Organometallic compounds of <i>s</i> - and <i>p</i> -block elements	镧系元素和锕系元素
	24	Organometallic compounds of <i>d</i> -block elements	
	25	Catalysis and some industrial processes	
	26	<i>d</i> -Block metal complexes: reaction mechanisms	
	27	The <i>f</i> -block metals: lanthanoids and actinoids	
	28	Inorganic materials and nanotechnology	
	29	The trace metals of life	

1.1 基本原理

该部分共有9章，主要内容有原子和分子、分子对称性基础、分子的化学键理论、固体结构、酸碱行为、氧化还原和非水介质等，涵盖了几乎所有现代无机化学理论。第4章的标题虽然为实验技术(Experimental techniques)，但每一项测试手段都离不开基本的原理。

在理论介绍部分，本教材非常注重引导学生用数学的视角理解和解决问题，且非常注重背景知识的介绍，比如在介绍波函数及其相关内容时，作者更倾向于从数学的视角引导学生去认识波函数，书中用专门的Box介绍了 ψ^2 (见图1)。



THEORY

Box 1.3 Notation for ψ^2 and its normalization

Although we use ψ^2 in the text, it should strictly be written as $\psi\psi^*$ where ψ^* is the complex conjugate of ψ . In the x -direction, the probability of finding the electron between the limits x and $(x + dx)$ is proportional to $\psi(x)\psi^*(x) dx$. In 3-dimensional space this is expressed as $\psi\psi^* d\tau$ in which we are considering the probability of finding the electron in a volume element $d\tau$. For just the radial part of the wavefunction, the function is $R(r)R^*(r)$.

In all of our mathematical manipulations, we must ensure that the result shows that the electron is *somewhere* (i.e. it has not

vanished!) and this is done by *normalizing* the wavefunction to unity. This means that the probability of finding the electron somewhere in space is taken to be 1. Mathematically, the normalization is represented as follows:

$$\int \psi^2 d\tau = 1 \quad \text{or more correctly} \quad \int \psi\psi^* d\tau = 1$$

and this effectively states that the integral ($\int$) is over all space ($d\tau$) and that the total integral of ψ^2 (or $\psi\psi^*$) must be unity.

图1 教材Box示例

与国内所选无机化学教材相比(表1), 本书没有将化学热力学基础和化学反应速率等章节纳入, 而是在基本原理部分着重介绍了现代无机化学的核心理论。然而在无机化学理论的深度和广度上都超过了国内无机化学教材所涉及的内容, 比如第3章(分子的对称性)和第4章(实验技术), 在国内的教材体系中被安排在结构化学和分析化学课程中讲授和学习, 而非在无机化学课程中介绍; 第9章(非水介质), 虽然在无机化学教材中有所涉及, 但并未做系统介绍。本书这样安排的好处是教师和学生能够对现代无机化学理论有系统深入的了解, 对学生有较高的要求, 需要学生上过先修课程, 比如普通化学等。考虑到各省对高考学生的化学基础要求不同, 国内无机化学的内容安排更符合我国当前的学情。但是对于那些化学基础较好或参加过化学竞赛的学生而言, 这本教材对夯实和提高他们的化学专业基础是不可或缺的。

1.2 主族元素化学

主族元素化学内容的编排(10–18章), 除氢元素外, 基本遵循一族一章的安排。本书对元素化学的介绍不是简单的描述, 而是将元素及其化合物的性质与其物理和化学参数、分子结构及化学键理论相结合, 进行分析, 以解释其宏观性质和各类反应的可能性, 有数据、有图片、有文献也是本书最大的亮点。以我们非常熟悉的氢键为例, 作者不仅将从文献中收集的数据列于表中(图2), 并通过

Table 10.4 Typical values for the bond dissociation enthalpy of different types of hydrogen bonds. Values are calculated for gas-phase species.[†]

Category of hydrogen bond	Hydrogen bond (····)	Dissociation enthalpy / kJ mol ⁻¹
Symmetrical	F····H····F in [HF ₂] ⁻ (see eq. 10.31)	163
Symmetrical	O····H····O in [H ₃ O ₂] ⁺ (see structure 10.2)	138
Symmetrical	N····H····N in [N ₂ H ₇] ⁺ (see structure 10.4)	100
Symmetrical	O····H····O in [H ₃ O ₂] ⁻ (see structure 10.3)	96
Asymmetrical	N–H····O in [NH ₄] ⁺ ····OH ₂	80
Asymmetrical	O–H····Cl in OH ₂ ····Cl ⁻	56
Asymmetrical	O–H····O in OH ₂ ····OH ₂	20
Asymmetrical	S–H····S in SH ₂ ····SH ₂	5
Asymmetrical	C–H····O in HC≡CH····OH ₂	9
Asymmetrical	C–H····O in CH ₄ ····OH ₂	1 to 3

[†] Data are taken from: T. Steiner (2002) *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 41, p. 48.

图2 教材内容编写示例

这些数据对物质的性质进行分析, 比如在讨论 $[\text{HF}_2]^-$ 中的 $\text{F}\cdots\text{H}\cdots\text{F}$ 氢键时, 指出其为两个等价的 $\text{H}\cdots\text{F}$ 氢键, 或者以开放性的思维来看它就是一个3中心2电子键, 甚至可以看作离域键的形式(原书中第168页的图5.29)。这种从多角度讨论问题的方式对习惯了标准唯一的学生会特别有帮助, 有利于培养他们的创新性思维。

在讨论碱土金属的卤化物(MX_2)从上到下其 $\text{X}-\text{M}-\text{X}$ 角度由 180° 逐渐减小时, 引入轨道、能量及理论计算的结果等进行分析 and 解释, 帮助读者深入理解。

对某一元素进行描述时, 从核外电子组态着手, 分析其单质和化合物的性质。以Be为例, 首先说明Be为缺电子元素, 形成缺电子化合物, 同时其电子组态决定了 Be^{2+} 具有强的极化能力, 因而易形成共价键, 故其卤化物为缺电子化合物, Lewis酸, 并可进一步形成配位键, 进而引入卤化铍的各种可能结构及 $[\text{BeCl}_4]^{2-}$ 、 $[\text{Be}_2\text{Cl}_6]^{2-}$ 等配离子。

1.3 d区元素化学

d区元素化学(19–24章)主要为过渡金属化学, 包括d区配位化学和金属有机化合物等。由于d区元素的化合物以配合物居多, 所以第20章介绍了配位化学的基本理论, 包括晶体场理论和配体场理论等。

这一板块与国内教材(以吉林大学, 武汉大学, 南开大学四校合编的《无机化学》为例)差别较大, 在教学内容安排上, 国内教材是先介绍了配位化合物的理论再开始介绍过渡金属元素的, 所以在元素这一部分写得相对较少, 而本教材将配位化学的理论部分放在了过渡金属部分来介绍, 有助于学生及时掌握配位化学的相关内容。教材结合大量的文献, 对每个金属化合物进行结构和性质上的讨论。以大家都熟悉的铂氨类化合物为例, 作者给出的信息如图3所示, 从中不难发现, 铂氨类化合物比我们熟悉的 *cis*- $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ 和 *trans*- $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ 结构要丰富得多, 比如图中给出的 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$ 。国内教材更倾向于将经典的化合物列于教材中, 直接给出其结构和性质, 但详细的分析和讨论过程较少, 因此容易让学生产生元素部分的学习需要死记硬背的错觉, 而忽视具体的分析过程。

1.4 专题介绍

专题介绍(25–29章)主要为国内中级无机或高等无机化学教材中的部分内容及前沿研究的热点专题, 前者如配位化学的反应机理等, 后者如催化和工业生产方法、无机材料和纳米技术等。

其中的第26章, 关于配合物的反应动力学问题在国内教材体系中, 主要放在高等无机化学中介绍, 但客观上来讲, 动力学这一部分对于学生全面完整地认识一个反应是非常重要的, 所以我们在讲授无机化学课程的时候, 可以借助该教材的内容, 为学生进行补充讲解。另外每一个专题作者都引用了大量的前沿文献, 这对于学生了解现代无机化学的研究进展非常有帮助。

总的来讲, 本书的主体内容丰富, 覆盖面广, 既涵盖了基础化学原理和基本元素化学, 又大量引入前沿研究的新内容, 且整本书的理论介绍和元素性质描述结合紧密, 将理论和实践结合得自然而有效。

2 学习活动的组织

教材在主体内容编写之外, 准备了丰富的学习活动, 具体包括知识小栏目(Box)、例题(Worked examples)、自我检测(Self-study exercises)和课后习题(End-of-chapter problems)。以知识小栏目(Box)为例, 依据教材章节内容的不同, Box的内容也会有所不同, 包括更深层次的理论介绍、无机化学在现实生活中的应用, 以及无机化学在环境、催化、生物和医药等方面的内容。比如在第4章介绍了实验技术后, 教材设计了Box 25.2专门介绍了表面科学中所需要用到实验技术, 给出实例和相关文献, 帮助学生深入理解技术的理论背景和实际用途。国内教材的仪器分析内容通常都是在分析化学课程中才介绍, 但是无机化学的研究尤其是无机材料的研究经常需要用到这些测试手段, 所以提前引入对于学生拓展知识面有一定的好处。

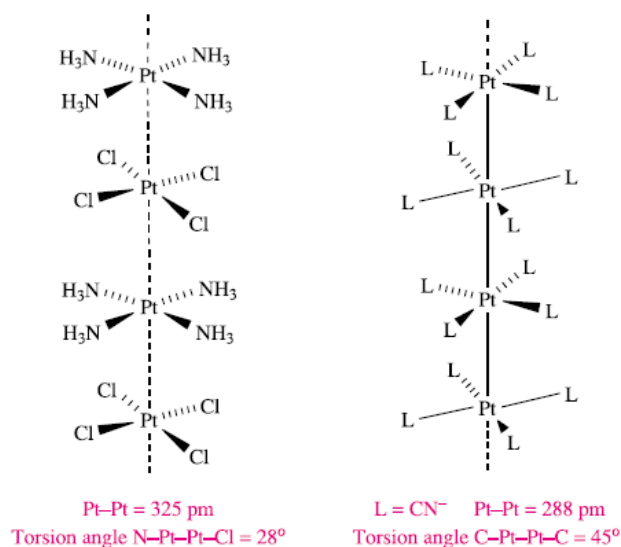
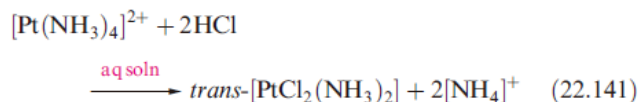
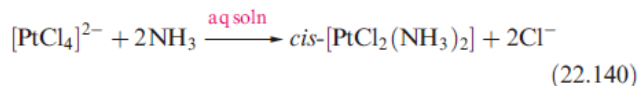
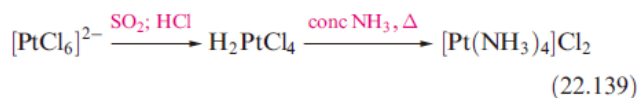


图3 教材化合物示例图

本教材课后习题的最大亮点是从文献资料来编写题目，因此题目新颖。比如第855页的自我检测第2小题，题目如下：

The structure of PtCl_3 consists of $\text{Pt}_6\text{Cl}_{12}$ clusters with square planar Pt centres, and chains of edge-sharing $\text{cis-}[\text{PtCl}_2\text{Cl}_{4/2}]$ -octahedra. (a) Explain how to interpret the formula $\text{cis-}[\text{PtCl}_2\text{Cl}_{4/2}]$ to give a structural diagram of part of one chain. (b) Assign oxidation states to the Pt centres in the two structural units. (c) Confirm that the overall stoichiometry is PtCl_3 .

这个题目来自于文献，作者在题后给出文献出处，而不是直接给出答案。学生如果想知道答案，就必须去阅读这篇文献，可以培养学生阅读文献的习惯，并且将被动学习变为主动学习。

3 本教材的优点及使用局限性

3.1 内容丰富：既深度介绍经典的化学原理，又大量引入前沿研究成果

除经典核心的无机化学理论外，诸多与无机化学交叉的学科也多有涉及，同时引入了不少最新的前沿研究作为书中的延伸阅读内容或编写成习题。这些精心设计的教学过程旨在鼓励思考，帮助学生巩固对基本概念和基础原理的理解，并学习如何在现实世界中应用他们对关键概念的理解来解释和解决问题。大量的自我检测和反思性问题有助于学生独立学习。阅读建议的内容，从专题文章到最近的文献论文，旨在鼓励学生更深入地探索相关主题。

3.2 知行合一：持续引导学生用所学知识解决问题

从例题到自我检测，再到章节课后习题，全书注重随时帮助学生巩固所学知识。分子轨道理论、对称性原理和各种谱学数据等对化合物的表征、分析及性质讨论贯穿于全书，将化学理论与化学实

验结合, 让学生能够体验到知行合一, 且阅读起来不觉得枯燥。比如知识小栏目部分所涉及的生物学和医学、环境、应用和理论等专题都能够很好地吸引学生阅读, 帮助他们对这一专题获得深入、实用和专业的理解。

3.3 排版精美: 色彩鲜艳明丽, 分子结构图清晰立体

书中的全彩三维分子结构图立体感强, 对学生有着极强的吸引力。特别是各种复杂的分子结构和晶体结构图, 层次分明, 原子位置清晰可辨, 有利于学生学习和掌握相关知识。

然而, 从内容深度来讲, 本书比国内无机化学起点高, 理论部分比国内的无机化学原理深, 作为一年级的无机化学或普通化学教材偏深, 学生需要有较好的化学基础。从内容的编排来看, 化学热力学基础和化学反应速率两章未被包含在本书中, 这与国内无机化学教材不同, 按照现在国内无机化学的授课体系, 需要另外补充讲解这两章。

4 结语

整体来看, *Inorganic Chemistry* (5th edition) 是一本内容丰富、教学活动有组织、排版精美的好教材, 虽然与国内无机化学教材相比, 内容偏深, 但该教材对于丰富和完善无机化学的知识结构、提高无机化学教与学的水平极有帮助。

参 考 文 献

- [1] Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Inorganic Chemistry*, 5th ed.; Pearson: London, UK, 2018.
- [2] Craig, B. J. *Chem. Educ.* **2003**, 8, 747.
- [3] 吉林大学, 武汉大学, 南开大学. 无机化学(上册). 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [4] 吉林大学, 武汉大学, 南开大学. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 2019.