

无机化学

(第二版)

D.F. Shriver P.W. Atkins C.H. Langford 著

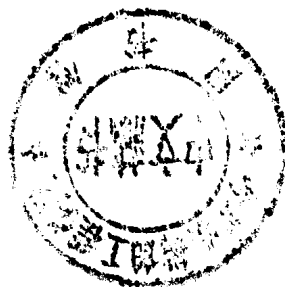
高忆慈 史启祯 曾克慰 李丙瑞 等译

高等教育出版社

无机化学

(第二版)

D. F. Shriver P. W. Atkins C. H. Langford 著
高忆慈 史启祯 曾克慰 李丙瑞 等译



高等教育出版社

(京)112 号

图字:01-96-0351 号

D217.68

© D. F. Shriver, P. W. Atkins, and C. H. Langford, 1990, 1994 This translation of Inorganic Chemistry originally published in English in 1994 is published by arrangement with Oxford University Press.

本书经牛津大学出版社授权,按《无机化学》1994 年英文版翻译出版

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/(美)雪维尔(Shriver, D. F.)著;高忆慈等译. - 北京:高等教育出版社, 1997
大学本科教材
ISBN 7-04-005936-3

I. 无… II. ①雪… ②高… III. 无机化学 - 高等学校 - 教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 24893 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

高等教育出版社发行

北京外文印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 55.5 字数 1 370 000

1997 年 7 月第 2 版 1990 年 5 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

印数 0 001—1 000

定价 60.00 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

鮮國

[illegible]

元素

元素

译者的话

1990年初,F.巴索洛教授推荐并寄给我们 *Inorganic Chemistry* 这本书,那时该书出版还不到一个月。同年夏天访问美国西北大学期间我们有机会再次见到本书作者 D.F.雪维尔教授(我们认识多年的一位学者,他的《空气敏感化合物的操作》一书曾由我们和计亮年教授共同翻译出版),他(并代表另两位作者)表示乐于看到这本教材能够对中国学生有帮助,并特为中文版写了前言。按当时的工作进度,中文版预计1993年底可以出书,不料好事多磨,版权谈判一拖就是几年!1994年夏天,来华参加学术会议的雪维尔教授当面将即将发行的第二版交给我们,并表示愿意帮助推动版权谈判。感谢高等教育出版社和牛津大学出版社双方的努力和相互谅解,第二版的翻译工作就是在版权谈判有了眉目的情况下开始进行的。

后来我们对谈判拖延这件事倒暗自庆幸,一方面因为第一版中译本与第二版英文本同时出版毕竟令人难堪,更重要的则是因为新版在原版取得成功的基础上做了大幅度的修改(见原书“前言”)。除可读性得到进一步提高外,无机化学近期的重大新进展也得到及时反映。

译稿完成之后我们留下这样一个总印象:从化学事实的取舍、理论模式的应用、学科发展的介绍以及这三个方面的有机结合上,本书均不失为一本具有特色、值得借鉴的好教材;能将如此大量的信息和当代无机化学概念用系统而明快的文字通过篇幅不算很大的一本教材介绍给本科大学生,充分显示了作者的功力;三位作者来自三个不同的国度,也许是这一事实使本书能够博采众长。使用“总印象”这个词,是由于我们觉得对其全面评价留给我国无机化学界的同行(特别是教学第一线的同行)和使用本书的中国学生去做似乎更恰当。只要能对教师起到借鉴作用并有助于学生了解无机化学这个学科和学好无机化学这门课,经历一波三折产生的复杂心态就能得到一点平衡了。

原书使用的量和单位与国内现行教材不尽一致,翻译中未作改动。

参加第一版或第二版翻译工作的有:高忆慈(兰州大学)、史启桢(西北大学)、曾克慰(西北大学)、李丙瑞(兰州大学)、王尧宇(西北大学)、王建奇(兰州大学)和吴翠景(西安武警技术学院)。全书由史启桢统稿,欢迎读者指出译文可能出现的错误。我们感谢西安武警技术学院马泰儒和西北大学张逢星、唐宗薰、高胜利、崔斌等各位老师第二版译稿后期处理中提供的各种帮助,感谢西北大学科研处为翻译工作提供的经费支持。

史启桢 西安

高忆慈 兰州

1996.01

致中国学生

我们很高兴能为 *Inorganic Chemistry* 中译本写这个简短的前言。

本书以成键理论、热力学原理、反应机理等近代化学概念为统帅,简要叙述无机化学的基本事实,着重介绍系统变化规律以及这些规律的重要例外。我们也十分注意向学生介绍现代无机化学的发展状况,特别是固态化学、金属有机化学和生物无机化学的新进展。

我们希望中译本的出版将会激励中国学生学习无机化学的热情,希望读过本书的中国学生能够通过他们将来的研究工作使该学科的材料更丰富、理论更完善。无机化学是与生物学、物理学和工业生产密切相关的宽广而有趣的领域,它的发展向科学家的智慧提出的挑战。我们相信中国学生将会从本书获得不少他们所感兴趣的知识和创新的灵感。

D. F. Shriver

P. W. Atkins

C. H. Langford

1996.02

前 言

致学生

本教材向您介绍无机化学这样一个迅速发展着的学科领域。讨论涉及百余种元素:从非常活泼的金属元素(如钠)到非常不活泼的金属元素(如金),从非常活泼的非金属元素(如氟)到非常不活泼的气体元素(如氦)。如此宽广的知识领域无疑是一种诱惑,但得承认也给你们的学习带来困难。解决困难的最好途径是充分运用周期表,将注意力集中在掌握元素及其化合物的结构、性质以及反应活性的周期性变化趋势上,这会帮助您建立起清晰的概念。随着课程内容逐渐展开,您会发现元素都有各自的化学个性,这种个性也与其在周期表中的位置有关。

无机化合物涉及范围极广的多类物质:从离子固体化合物到共价化合物和金属。本书采用建立在量子力学基础上的定性理论模型说明这些物质的性质和结构,也许您在学习有机化学课时已遇到过这种模型。理论模型固然十分重要(例如成键和反应活性的定性模型帮助您理解无机化学事实并使之系统化),但绝对不要忘记:像有机化学和生物化学一样,无机化学基本上也是一门实验学科。最终的结论要以实验事实和测定结果为依据,包括反应产物、热力学性质、光谱信息、结构和反应速率的测定结果等。

无机化学的许多方面还未来得及探索,实验室总是不断地合成着各种非寻常的新型化合物。这种探索性无机合成提供的新化合物仍是进一步认识结构、成键和反应活性的动力和源泉。本书第二、第三篇概略反映了这种活跃局面,您只有在充分掌握第一篇内容的基础上才能品味这些新发现。

除无机化学本身学术上的魅力外,您还会了解到它与其他学科的联系以及对这些学科的实际影响。不论日后求职于化学工业企业还是从事与化学相关的其他学科的研究工作,您会发现了解应用方面的动态将会十分有用。目前年产量总吨位最高的10种化学工业品中8种为无机产品;无机化学对催化剂、半导体材料、光导材料、非线性光学装置、超导材料、高级陶瓷材料等现代材料的设计、合成与性能改善都至关重要。

无机物与人类生存的环境息息相关,生物无机化学(主要研究金属离子在植物体和动物体内的作用)这一非常活跃的领域就是在这种背景下发展起来的。这类当代前沿研究动态在本书通篇都会遇到,更全面、系统的介绍安排在第三篇。如果无机化学课的学时太少无法学习最后几章,抽暇浏览一遍也不无趣味和教益。这些内容会将您带到当代研究课题的边缘。

编写过程中我们花费了很大精力于合理的逻辑安排、流畅清楚的文字叙述、形象的表现方法和有效的学习辅助材料。每章开始都有一段简短导言,明确该章的取材范围和讨论层次。尽管其中不涉及考试中会遇到的化学事实和原理,但我们建议您还是看看这段文字和与之伴随的目录表。学习之前读一遍,学完后再读一遍,以便了解内容之间的前后联系,从而更好地掌握其要

领。

教师们往往有这样的体会:在不作适当记忆和缺乏充分理解的情况下阅读教材会很快处于被动状态,为了使您在学习中处于主动,课文适当位置插进了一些例题并配以用于自测的练习题。这些自测题都不难,以免分散您对课文的注意力。设计这些题目是让您处于积极思考状态,虽然阅读和做题会花去一些时间,但这样做对学习确有帮助。

建议您每学完一章后阅读章末列出的“要点”。这样作不但可以加深记忆,而且可以测试您对重要内容掌握的程度。为了做到后一点,不妨试试您能为这些要点填入多少具体内容。

章末的“课外作业”将进一步加深和巩固您对内容的理解,书末的“简明答案”有助于迅速知道您的回答是对还是错。详细答案请参阅 S. H. Strauss 编写的 *Guide to Solutions for Inorganic Chemistry* 一书,用过该书第一版的学生对其中清晰的解题思路反映颇佳。

章末的“思考题”是否需要全部作完由教师决定,我们有意让思考题比课外作业更难些,以便将您的知识和技能扩展到课文叙述的范围之外。题目鼓励您查阅专业文献,这是了解当前动态的最佳方法。

本书的构思过程、编写过程和修改过程对作者而言是件快事,然而成功与失败的真正检验标准不在于我们喜欢不喜欢,而在于它能在多大程度上引起您对无机化学的兴趣和在多大程度上帮助您学好无机化学。如果您认为有些地方需要在下一版作修改,请函告。

致教师

本书第一版取得很大成功,第二版在全面修订的基础上特别加强了元素的系统性描述化学。您会注意到,新版的整体结构有明显变化,例如全书由第一版的四篇改为现在的三篇。

第一篇将对称性的讨论集中安排在同一章(原来分散在两章中);扩充了成键模型方面的内容并从文字结构上作了调整;将布朗斯特酸碱与路易斯酸碱合为一章,这样不但节省篇幅而且读起来更清晰。

第二篇系统叙述了元素化学,与第一篇的原理一起向学生提供了坚实的无机化学基础。本篇增加了非常重要的一章即“金属”,概略介绍了这一大类重要元素的性质变化趋势。其余五章是讨论主族元素的,其内容做了多处修改以便教材整体结构保持均衡。第二篇各章内容的选取充分考虑到第一篇原理部分的框架,以使两部分内容前后照应。然而我们在课文中多次强调:成键模型仍在发展之中,新的实验数据可能改变现在为某些化学反应提出的机理,甚至某些热力学数据也可能因更精确的测量结果而改变。

第三篇提供了我们认为放进前两篇显得太深的一些内容。它们是世界各国化学实验室研究的热点,许多观点和结论仍处在不断变动状态。我们不得不从大量文献报导中进行选择,并将主要目标限于介绍各个专题领域当前的发展状况。与第一版相比,本篇内容得到明显的增强和更新。这些材料不但有助于学生了解无机化学研究的活跃局面,也能指点进一步从事文献研究和实验研究的方向。使用本篇教材的方式比较灵活,最常见的情况是将整篇内容或其中一部分章节用作本科大学生教材,在北美也用作研究生课程的纲要。有些地方将其作为一门3学年(或4学年)“无机化学”课最后一段的教材。

我们继续追求条理清晰而引人入胜的文体。课文中插入的例题和与之匹配的自测题是本书一大特色,第二版增加了这类题目的数量。来自学生和教师两个方面的反馈信息使我们确信这种安排有助于对课程内容的吸收与消化。反馈信息还表明第一版中那些插图和立体结构图大受欢迎,这类图形的数量在第二版中也有增加。您会看到许多反应式是用结构式而不是用简单的化学式表达的。

第二版的一个新特点是各章末尾列出了“要点”,这种简洁的归纳能帮助学生回顾课文中最重要的内容。章末的“课外作业”和“思考题”也有增加,前者是为了帮助学生复习并加深对课文的理解,没有在课文之外对学生提出更高的要求。简短答案提供在书末,更详尽的答案参见 S. H. Strauss 的《*Guide to Solutions for Inorganic Chemistry*》(新版)。后者是引导学生加深对无机化学了解的一种非常有用的媒体。不少题目列出了答题需要参考的原始文献,需要使用计算程序的题目也给出了程序来源。我们在教学中发现让学生用扩展的 Huckel 算法计算双原子和三原子分子的结构并解释输出的信息对他们非常有用。这样做不是要让每个学生成为分子轨道理论的专家或编写程序的能手,而是要他们了解输入信息的种类、能级顺序和简单分子的分子轨道形式。

本书绝大多数场合坚持使用 IUPAC 的推荐和 SI 单位,只有键长的单位例外。键长单位仍用 Å,这是因为绝大多数化学文献仍在使用它。第二版继续按 IUPAC 的推荐用 1~18 标记周期表的族;作为一种补充,*p* 区各族同时用罗马数字 III~VIII 标出。普通氢化物及其衍生物的词尾在新版中按 IUPAC 的推荐使用“ane”(例如 PH_3 , 过去的名称为“phosphine”,现在改为“phosphane”),因为这种用法已越来越多地为化学文献所采用。

新版的另一重要变动是将“阅读材料”移至书末。这样作可以使取材更自由,也是对这些材料普遍适用性的一种承认。例如第一版中关于 NMR 的介绍安排在“氢及其化合物”一章末尾,但 NMR 的适用性却不限于含氢的化合物。附录内容也有些调整。根据许多授课教师的建议,第二版增加了不少参考文献,这些文献大多数选自手头容易得到的那些杂志。

我们向读者推荐两部重要的补充读物:N. N. Greenwood and A. Earnshaw, *Chemistry of the elements* (Pergamon Press, Oxford, 1982); F. A. Cotton and G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry* (5th edn, Wiley, New York, 1988)。还有三部非常有用的多卷本著作值得推荐:J. C. Bailar, H. J. Emeleus, R. Nyholm, A. F. Trotman-Dickenson 编, *Comprehensive Inorganic Chemistry* (Pergamon Press, Oxford, 1973); G. Wilkinson, F. G. A. Stone, and E. W. Abel 编 *Comprehensive Organometallic Chemistry* (Pergamon Press, Oxford 1987),即将出版的第二版提供了一些新进展;G. Wilkinson, R. D. Gillard, J. McCleverty, *Comprehensive Coordination Chemistry* (Pergamon Press, Oxford, 1987)。更多的具体材料可参阅 *The Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry* (Springer-Verlag, Berlin)。由 W. Buchner, R. Schliebs, G. Winter, K. H. Buchel 合写的 *Industrial Inorganic Chemistry* (VCH, Deerfield Beach, 1989)对无机工业过程作了极好的总结。两本著名的多卷本简编是 *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical technology* (Wiley-Interscience, 1978-1984;第四版各卷即将出版)和 *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (VCH, Deerfield Beach)。后一部简编提供化学方面的信息更为详细些。

我们尽量使本教材不出错误。面对这样一个迅速发展着的领域要做到这一点是相当困难的,因为今天的知识可能很快被明天的发现所改变。我们感谢所有那些不吝惜时间和专长仔细阅读出版前各种稿样的朋友们,特别要感谢 C. S. G. Phillips 博士和 W. Levason 博士;前者阅读了全部清样,后者校对了索引中的全部页码。

您会注意到本书版面结构的复杂性,为此我们得再一次感谢出版商。感谢他们在如此复杂而耗时的工作中为作者提供的慷慨帮助,感谢他们的耐心、聪明才智以及对作者表示的理解。

Evanston
Oxford
Calgary

D. F. S
P. W. A
C. H. L

致 谢

像第一版出版前一样,许多朋友在修订过程中提供过建议和帮助。不少使用过第一版的教师和学生以及将其翻译为外国文字的朋友也提出过不少有益的建议,作者对他们表示感谢。特别需要在此提出的有:

Dr H. C. Aspinall, University of Liverpool
Professor B. Averill, University of Virginia, Charlottesville, Virginia
Professor F. Basolo, Northwestern University, Evanston, Illinois
Professor P. Bianconi, Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania
Dr P. Brain, University of Edinburgh
Dr J. Burgess, University of Leicester
Dr S. K. Chapman, University of Edinburgh
Professor M. Clarke, Boston College, Chestnut Hill, Massachusetts
Dr P. I. Clemenson, University of Huddersfield
Professor D. J. Cole-Hamilton, University of St Andrews
Dr E. C. Constable, University of Cambridge
Dr S. R. Cooper, Inorganic Chemistry Laboratory, Oxford
Professor F. Disalvo, Cornell University, Ithaca, New York
Professor P. Dorhout, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
Dr J. Emsley, Imperial College, London
Professor D. Farrar, University of Toronto, Ontario
Professor T. Fehlner, University of Notre Dame, Indianapolis, Indiana
Professor D. E. Fenton, University of Sheffield
Dr P. W. Fowler, University of Exeter
Professor M. Geselbracht, Reed College, Portland, Oregon
Dr J. B. Gill, University of Leeds
Dr R. O. Gould, University of Edinburgh
Dr R. Greatrex, University of Leeds
Professor M. L. H Green, Inorganic Chemistry Laboratory, Oxford
Professor D. T. Haworth, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin
Professor B. Henry, Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi
Professor R. H. Holm, Harvard University, Cambridge, Massachusetts

Professor B. F. G. Johnson, University of Edinburgh
Dr T. P. Kee, University of Leeds
Professor C. Kelley, US Air Force Academy, Colorado Springs, Colorado
Dr K. Kite, University of Exeter
Dr W. Levason, University of Southampton
Professor C. Lock, McMaster University, Hamilton, Ontario
Dr G. R. Moore, University of East Anglia, Norwich
Professor T. V. O'Halloran, Northwestern University, Evanston, Illinois
Professor P. Paetzold, Reinisch – Westfälische Technische Hochschule, Aachen, Germany
Dr C. S. G. Phillips, Inorganic Chemistry Laboratory, Oxford
Professor D. Phillips, Wabash College, Crawfordsville, Indianapolis
Dr C. Pulham, University of Edinburgh
Professor D. W. H. Rankin, University of Edinburgh
Professor E. Rosenberg, California State University, Northridge, California
Dr M. Schröder, University of Edinburgh
Professor R. Shepherd, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania
Professor E. Sinn, University of Hull
Professor A. Sleight, Oregon State University, Corvallis, Oregon
Dr A. K. Smith, University of Liverpool
Professor S. H. Strauss, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
Professor D. Talham, University of Florida, Gainesville, Florida
Professor R. Trautman, San Francisco State University, San Francisco, California
Professor R. J. P. Williams, Inorganic Chemistry Laboratory, Oxford
Dr R. E. P. Winpenny, University of Edinburgh
Dr M. J. Winter, University of Sheffield
Professor M. Zeldin, Indiana University /Purdue University at Indianapolis, Indiana
Professor M. Zisk, Otterbein College Westerville, Ohio

要 目

第一篇 基 础

1	原子结构	2
2	分子结构	41
3	分子形状和对称性	90
4	固体的结构	130
5	酸和碱	162
6	<i>d</i> 区金属配合物	200
7	氧化和还原	248

第二篇 元素化学

8	金属	282
9	氢及其化合物	338
10	主族元素的金属有机化合物	371
11	硼族和碳族	410

12	氮族和氧族	455
13	卤素和稀有气体	491

第三篇 高等无机化学专题

14	配合物的电子光谱	526
15	<i>d</i> 区配合物的反应机理	560
16	<i>d</i> 区和 <i>f</i> 区的金属有机化合物	597
17	催化作用	648
18	固体的结构和性质	682
19	生物无机化学	717
	阅读材料	757
	附录	769
	简明答案	816
	版权致谢	832
	化学式索引	833
	主题索引	842

目 录

第一篇 基础	1	2.7 分子轨道的构成	63
第1章 原子结构	2	2.8 多原子分子分子轨道概述	68
元素的起源	3	固体的分子轨道理论	75
1.1 轻元素的核合成	4	2.9 分子轨道能带	76
1.2 重元素的核合成	5	2.10 半导体性	82
1.3 元素的分类	6	2.11 超导性	85
类氢原子的结构	8	要点	85
1.4 量子力学的若干原理	8	参考书目	86
1.5 原子轨道	14	课外作业	87
多电子原子	22	思考题	88
1.6 轨道近似	22	第3章 分子形状和对称性	90
1.7 构造原理	25	关于分子形状的初步知识	90
1.8 周期表的形式	27	3.1 VSEPR 模型	91
原子参数	27	3.2 分子形状的测定	93
1.9 原子半径与离子半径	27	3.3 分子形状与分子轨道	98
1.10 电离能	30	分子的对称性	100
1.11 电子亲合势	33	3.4 对称性分析导论	100
1.12 电负性	34	3.5 对称性的应用	109
1.13 硬度与软度	37	3.6 轨道对称性	111
要点	37	分子振动的对称性	118
参考书目	38	3.7 振动中的分子; 振动模型	118
课外作业	39	3.8 对称性因素	121
思考题	40	要点	127
第2章 分子结构	41	参考书目	128
电子对键	41	课外作业	128
2.1 Lewis 结构: 简要回顾	42	思考题	129
2.2 键的性质	47	第4章 固体的结构	130
双原子分子的分子轨道	50	晶体结构	131
2.3 理论简介	51	4.1 晶体点阵	131
2.4 同核双原子分子	53	4.2 球堆积	131
2.5 异核双原子分子	58	金属	135
2.6 键的性质	60	4.3 金属元素	135
多原子分子的分子轨道	62	4.4 合金	137

离子固体	139	6.6 配位场理论	232
4.5 离子固体的特征结构	139	配合物的反应	237
4.6 对结构的解释	144	6.7 配位平衡	237
4.7 晶格焓	149	6.8 配位体取代反应的速率和机理	241
4.8 晶格焓对性质的影响	154	要点	243
要点	158	参考书目	245
参考书目	159	课外作业	245
课外作业	160	思考题	247
思考题	161	第 7 章 氧化和还原	248
第 5 章 酸和碱	162	元素的提取	249
Brønsted 酸性	163	7.1 还原法提取元素	249
5.1 水溶液中的质子	163	7.2 氧化法提取元素	254
5.2 水溶液中的酸平衡	164	还原电位	255
5.3 溶剂的拉平效应	168	7.3 氧化还原反应	255
Brønsted 酸度的周期性变化趋势	169	7.4 动力学因素	259
5.4 水合酸强度的周期性变化趋势	170	水溶液中的氧化还原稳定性	263
5.5 简单的氧合酸	171	7.5 与水的反应	263
5.6 无水氧化物	174	7.6 歧化作用	265
5.7 由水合离子形成聚阳离子的聚合作用	175	7.7 大气氧的氧化作用	266
5.8 聚氧阴离子	177	电位数据的图示法	266
Lewis 酸碱的定义	179	7.8 Latimer 图	266
5.9 Lewis 酸碱的实例	180	7.9 Frost 图	268
5.10 硼族和碳族的 Lewis 酸	182	7.10 电位对 pH 的依赖关系	271
5.11 氮族和氧族的 Lewis 酸	184	7.11 形成配合物对电位的影响	275
5.12 卤素的 Lewis 酸	186	要点	276
Lewis 酸碱反应	187	参考书目	276
5.13 反应的基本类型	187	课外作业	277
5.14 软硬酸碱	188	思考题	278
5.15 用作溶剂的酸和碱	192	第二篇 元素化学	281
非均相酸碱反应	194	第 8 章 金属	282
要点	194	概述	283
参考书目	195	s 区金属	285
课外作业	196	8.1 存在和提取	285
思考题	198	8.2 氧化还原反应	286
第 6 章 d 区金属配合物	200	8.3 二元化合物	286
结构和对称性	201	8.4 配合物的形成	288
6.1 构造	202	8.5 高金属氧化物, 电子化物和碱金属化物	289
6.2 配位体的类型和命名	212	d 区金属	291
6.3 异构现象和手性	217	8.6 存在和提取	291
成键作用和电子结构	221	8.7 高氧化态	293
6.4 晶体场理论	221	8.8 中间氧化态	302
6.5 四配位配合物	229	8.9 含有金属-金属键的 d 区金属化合物	305

8.10	贵金属	311	9.16	水	364
8.11	金属硫化物和硫配合物	313	9.17	硫化氢、硒化氢和碲化氢	364
	第 12 族元素	316	9.18	氢的卤化物	365
8.12	存在和提取	316	9.19	氢键	365
8.13	氧化还原反应	317		要点	369
8.14	配位化学	318		参考书目	368
	<i>p</i> 区金属	318		课外作业	369
8.15	存在和提取	319		思考题	370
8.16	第 13/Ⅲ族	320	第 10 章	主族元素的金属有机化合物	371
8.17	锡和铅	322		分类、命名和结构	372
8.18	铋	323	10.1	与氢化合物的比较	372
	<i>f</i> 区金属	324	10.2	结构和成键	373
8.19	存在、提取和用途	325	10.3	稳定性	375
8.20	镧系元素	326	10.4	合成	375
8.21	锕系元素	328	10.5	反应模式	378
	要点	333		第 1、第 2 和第 12 族元素的离子	
	参考书目	334		化合物和缺电子化合物	382
	课外作业	334	10.6	碱金属	382
	思考题	336	10.7	碱土金属	385
第 9 章	氢及其化合物	338	10.8	锌族	387
	元素	339		硼族元素的缺电子化合物	388
9.1	核性质	339	10.9	有机硼化合物	388
9.2	氢原子和离子	341	10.10	有机铝化合物	389
9.3	双氢的性质和反应	342	10.11	镓、铟和铊的金属有机化合物	392
	化合物的分类和结构	345		碳族元素的足电子化合物	393
9.4	似盐氢化物	346	10.12	有机硅化合物	393
9.5	金属型氢化物	347	10.13	锗、锡、铅的金属有机化合物	400
9.6	简单分子化合物	348		氮族元素的富电子化合物	402
	氢化物的合成与反应	351	10.14	砷、锑、铋的金属有机化合物	402
9.7	稳定性和合成	351	10.15	连接型和重键化合物	405
9.8	氢化物的反应模式	353		要点	406
	硼族的缺电子氢化物	355		参考书目	407
9.9	二硼烷	357		课外作业	407
9.10	四氢合硼酸根离子	358		思考题	409
9.11	铝和镓的氢化物	360	第 11 章	硼族和碳族	410
	碳族的足电子氢化物	361		元素	411
9.12	硅烷	361		硼族	412
9.13	锗烷、锡烷和铅烷	363	11.1	存在和提取	412
	第 15/V 至第 17/VⅢ族的富电子		11.2	硼与电负性元素形成的化合物	413
	化合物	363	11.3	硼的族化合物	419
9.14	氨	363		碳族	432
9.15	膦、胂和𬟂	363	11.4	存在和提取	433