

特种纸
双色印刷

无机化学

(英文版·原书第4版)

INORGANIC CHEMISTRY, 4/E

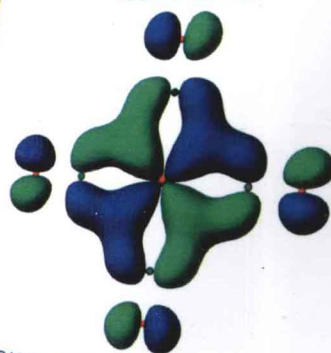
(美) Gary L. Miessler 著
Donald A. Tarr

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PEARSON

ALWAYS LEARNING ALWAYS LEARNING ALWAYS LEARNING

INORGANIC
CHEMISTRY
FOURTH EDITION



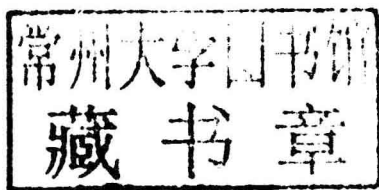
GARY L. MIESSLER • DONALD A. TARR

时代教育·国外高校优秀教材精选

无机化学

(英文版·原书第4版)

(美) Gary L. Miessler 著
Donald A. Tarr



机械工业出版社

本书是无机化学课程教材, 内容包括: 无机化学介绍, 原子结构, 价键理论简介, 对称性与群论, 分子轨道, 酸-碱和给体-受体化学, 晶态固体, 主族元素化学, 结构和异构体, 成键, 电子光谱, 反应和机理, 有机金属化学, 有机金属反应和催化, 主族与有机金属化学的关联, 生物无机和环境化学, 以及附录等。

本书可作为化学、化工、材料化学、高分子材料与工程、生物科学、环境科学、药学等专业的无机化学课程教材, 也可作为相关科研工作者的参考书。

Original edition, entitled INORGANIC CHEMISTRY, 4E, 9780136128663 by MIESSLER, GARY L.; TARR, DONALD A., published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Copyright© 2010.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc..

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and China Machine Press Copyright© 2012.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale and distribution in People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书影印版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权给机械工业出版社出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2011-5051

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学: 第4版: 英文/ (美) 米斯乐 (Miessler, G. L.), (美) 塔尔 (Tarr, D. A.) 著. —北京: 机械工业出版社, 2012. 1

时代教育·国外高校优秀教材精选

ISBN 978-7-111-37067-3

I. ①无… II. ①米…②塔… III. ①无机化学—高等学校—教材—英文 IV. ①061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 002975 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 韩效杰 责任编辑: 韩效杰

版式设计: 石 冉 责任印制: 杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

205mm × 254mm · 49.25 印张 · 1 插页 · 1200 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-37067-3

定价: 99.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

影 印 版 序

由美国圣奥雷夫学院 (St. Olaf College) 的 Gary L. Miessler 和 Donald A. Tarr 两位教授编写的《无机化学》一书可读性、系统性强, 内容丰富, 既有无机化学基础知识和理论的介绍, 又有相关的最新研究进展和成果, 不仅适合作为低年级学生的教材, 也适合作为高年级学生和研究生的参考书, 具有先进性和权威性。最新的第 4 版在原版本基础上, 对内容、插图、练习等进行了全面更新和升级, 引入了最新参考文献, 体现了无机化学教材的新面貌; 增加了量子点、纳米管、石墨烯、金属-有机框架化合物等最新内容, 不仅可以扩大学生的视野和知识面, 而且有利于学生了解无机化学的新发展和新动向; 每章后有丰富的习题, 便于学生练习和巩固。另外, 该书涉及面广, 除了经典的无机化学内容外, 还有有机金属化学、生物无机和环境化学等相关学科的内容, 方便教师和学生有选择性地教和学。

总之, 本书是一本很好的无机化学教材, 特此推荐。

孙为银

南京大学配位化学国家重点实验室

前 言

无机化学的发展使得无机化学教育对提供一本当代的，能够满足使用人需求的教材的挑战不断增加。学生、教师、审阅人以及其他使用者提出了许多建设性建议，对此我们非常感激，并在空间、时间以及本书所允许的范围内予以采用。在准备这一版时主要考虑的是尽可能给大家带来一本最新的，同时提供清楚解释和多种有用功能的书。另外，借助于更广的研究期刊的电子链接以及诸如 web of science（科学网）、SciFinder Scholar（化学文摘网络版）等搜索工具，重点增加了可利用原始文献和电子搜索的章后习题。与第3版相比，第4版的特点包括以下几个方面：

- 多章中引入了新的和扩展了的讨论以反映出近来人们感兴趣的话题，例如，受体-客体复合物（第6章），量子点（第7章），石墨烯和纳米管（第8章），金属-有机框架化合物（第9章），碳化物和累接双键烃配合物（第13章），烯烃复分解反应（第14章），五重键（第15章），铂基抗肿瘤试剂（第16章）和温室气体（第16章）。

- 对第3章的价层电子对互斥理论和配体密堆积模型进行了扩展，以提供更多更广的例子。

- 在保持以对称性为重点的基础上，第4章中扩展了对称性应用到拉曼光谱、平移和转动运动的对称性图示以及章后习题。

- 在许多使用者的鼓励下，章后习题的数量增加了25%以上，有的来源于最新的无机化学文献。总的习题数已经超过500道，有关分子模拟软件的习题也增加了。

- 章内的例子和练习的数量也相应地增加了，与第3版相比，练习增加了10%以上。

- 增加了f轨道角函数的信息（附录B.8）。另外，更新了封二元素周期表中的元素质量，使用了国际理论和应用化学联合会（IUPAC）最新推荐的元素质量，物理常数（Physical Constants）则采用了NIST网页上最新的数据。

- 对部分特别有兴趣的结构增加了新的趣味图，例如，碳豆荚（第1和第8章），双重凹面碳氢分子镊子（第6章），纳米管的拉开和高压O₈同素异形体（第8章），分子大观览车和由16-碳链拴住的双核铂配合物（第13章）。

- 在这一版中采用了第二种颜色来突出和更好地显示书中的标题和重点，以及图形。

修改了部分章节的文字使其更为合理和清楚，例如，斯莱特（Slater）定理（第2章），对称性应用到分子轨道（第5章），配位化合物中的成键（第10章）。另外，根据读者的建议还作了多处小的修改。使本书保持合理的范围和长度是一种挑战，对其内容作出艰难选择是不可避免的。我希望本书能够更好地服务读者，尽管有些人可能会发现其喜爱的主题本书中没有或写得不够详细。总体来说，本版是这本书到目前为止范围最广的。

马卡莱斯特（Macalester）学院的 Paul Fischer 对这一版提出了有用的建议，并将作为我们的一位作者给未来的版本带来建设性的思想和学识。我们欢迎对这一版的意见和对未来版本的建议。

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks, first, to my wife Becky and daughters Naomi and Rachel for their understanding, support, and love through long hours over many months. Special thanks to Rachel and Naomi for contributing their photographic expertise to Chapter 4. I also appreciate all that Carol DuPont and Jessica Neumann, my editors at Pearson Prentice Hall, and Kelly Morrison at GEX Publishing Services have contributed, especially their patience when waiting for materials from me.

Finally, I greatly appreciate the helpful suggestions of the reviewers and other faculty listed below and of the many St. Olaf students who have pointed out needed improvements; in many ways, students have been the best reviewers of all. While constraints on the scope and length of the text have meant that not all suggestions could be included, I am truly thankful that so many individuals have been willing to be helpful, and the ideas that have been offered will be considered again for the next edition.

Reviewers of the Fourth Edition of Inorganic Chemistry

Nancy Deluca
University of Massachusetts–Lowell

James J. Dechter
University of Central Oklahoma

Stephanie K. Hurst
Northern Arizona University

Derek P. Gates
University of British Columbia

Reviewers of Previous Editions of Inorganic Chemistry

John Arnold
University of California–Berkeley

Ronald Bailey
Rensselaer Polytechnic University

Robert Balahura
University of Guelph

Craig Barnes
University of Tennessee–Knoxville

Daniel Bedgood
Arizona State University

Simon Bott
University of Houston

Joe Bruno
Wesleyan University

Charles Dismukes
Princeton University

Kate Doan
Kenyon College

Charles Drain
Hunter College

Jim Finholt
Carleton College

Daniel Haworth
Marquette University

Laura Pence
University of Hartford

Greg Peters
University of Memphis

Cortland Pierpont
University of Colorado

Robert Pike
College of William and Mary

Jeffrey Rack
Ohio University

Gregory Robinson
University of Georgia

Lothar Stahl
University of North Dakota

Karen Stephens
Whitworth College

Robert Stockland
Bucknell University

Dennis Strommen
Idaho State University

Patrick Sullivan
Iowa State University

Duane Swank
Pacific Lutheran University

目 录

影印版序 IV

前言 XVI

致谢 XXVIII

第 1 章 无机化学介绍 1

- 1.1 什么是无机化学 1
- 1.2 与有机化学的对比 1
- 1.3 元素的起源：大爆炸和地球的形成 6
- 1.4 核反应和放射性 9
- 1.5 地球上元素的分布 10
- 1.6 无机化学的历史 12
- 延伸阅读 15

第 2 章 原子结构 16

- 2.1 原子理论的历史发展 16
 - 2.1.1 元素周期表 17
 - 2.1.2 亚原子微粒和波尔原子的发现 18
- 2.2 薛定谔方程 22
 - 2.2.1 盒中粒子 23
 - 2.2.2 量子数和原子波函数 25
 - 2.2.3 构造原理 34
 - 2.2.4 屏蔽 37
- 2.3 原子的周期性 43
 - 2.3.1 电离能 43
 - 2.3.2 电子亲和能 45
 - 2.3.3 共价半径和离子半径 45
- 延伸阅读 48 · 习题 48

第 3 章 价键理论简介 51

- 3.1 路易斯电子点图 51
 - 3.1.1 共振 52
 - 3.1.2 扩展层 52
 - 3.1.3 形式电荷 53

- 3.1.4 铍和硼化合物中的多重键 55
- 3.2 价层电子对互斥理论 57
 - 3.2.1 孤对互斥 59
 - 3.2.2 多重键 63
 - 3.2.3 电负性和原子尺寸效应 65
 - 3.2.4 配体密堆积 70
- 3.3 分子极性 73
- 3.4 氢键 75
 - 延伸阅读 78 · 习题 78

第4章 对称性与群论 81

- 4.1 对称元素和对称操作 81
- 4.2 点群 87
 - 4.2.1 低对称性群和高对称性群 89
 - 4.2.2 其他群 91
- 4.3 群的性质和表示 97
 - 4.3.1 矩阵 97
 - 4.3.2 点群的表示 99
 - 4.3.3 特征标表 102
- 4.4 对称性举例和应用 108
 - 4.4.1 手性 108
 - 4.4.2 分子振动 109
- 延伸阅读 120 · 习题 120

第5章 分子轨道 126

- 5.1 从原子轨道形成分子轨道 126
 - 5.1.1 从 s 轨道形成的分子轨道 127
 - 5.1.2 从 p 轨道形成的分子轨道 128
 - 5.1.3 从 d 轨道形成的分子轨道 130
 - 5.1.4 非键轨道和其他因子 131
- 5.2 同核双原子分子 132
 - 5.2.1 分子轨道 132
 - 5.2.2 轨道混合 133
 - 5.2.3 第一和第二周期的双原子分子 135
 - 5.2.4 光电子能谱 139
 - 5.2.5 相关图 142
- 5.3 异核双原子分子 143
 - 5.3.1 极性键 143

- 5.3.2 离子化合物和分子轨道 148
- 5.4 较大分子的分子轨道 149
 - 5.4.1 FHF⁻ 149
 - 5.4.2 CO₂ 152
 - 5.4.3 H₂O 158
 - 5.4.4 NH₃ 162
 - 5.4.5 BF₃ 165
 - 5.4.6 杂化轨道 168
- 延伸阅读 171 · 习题 172
- 第6章 酸碱和给体-受体化学 175**
 - 6.1 作为组织概念的酸碱概念 175
 - 6.1.1 历史 175
 - 6.2 主要酸碱概念 176
 - 6.2.1 阿伦尼乌斯 (Arrhenius) 概念 176
 - 6.2.2 布朗斯特-劳瑞 (Brønsted-Lowry) 概念 177
 - 6.2.3 溶剂系统概念 178
 - 6.2.4 路易斯概念 180
 - 6.2.5 前线轨道和酸碱反应 181
 - 6.2.6 氢键 184
 - 6.2.7 电子光谱 187
 - 6.2.8 受体-客体作用 190
 - 6.3 软硬酸碱 191
 - 6.3.1 软硬酸碱理论 194
 - 6.3.2 定量测定 198
 - 6.4 酸碱强度 204
 - 6.4.1 酸碱作用的测量 204
 - 6.4.2 热力学测量 205
 - 6.4.3 质子亲和性 206
 - 6.4.4 二元含氢化合物的酸碱度 207
 - 6.4.5 诱导效应 208
 - 6.4.6 含氧酸的强度 209
 - 6.4.7 水溶液中阳离子的酸度 210
 - 6.4.8 位阻效应 211
 - 6.4.9 溶剂化和酸碱强度 213
 - 6.4.10 非水溶剂和酸碱强度 213
 - 6.4.11 超酸 215

延伸阅读 216 · 习题 217

第7章 晶态固体 220

- 7.1 惯用语和结构 220
 - 7.1.1 简单结构 220
 - 7.1.2 二元化合物的结构 227
 - 7.1.3 更复杂的化合物 231
 - 7.1.4 半径比 232
- 7.2 离子晶体形成的热力学 233
 - 7.2.1 晶格能和马德伦 (Madelung) 常数 233
 - 7.2.2 溶解性、离子尺寸和软硬度 235
- 7.3 分子轨道和能带结构 236
 - 7.3.1 二极管、光伏效应和发光二极管 239
 - 7.3.2 量子点 241
- 7.4 超导 243
 - 7.4.1 低温超导合金 243
 - 7.4.2 超导理论 (库珀对, Cooper Pairs) 244
 - 7.4.3 高温超导体: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 及其相关化合物 244
- 7.5 离子晶体中的成键 246
- 7.6 固体中的缺陷 246
- 7.7 硅酸盐 247

延伸阅读 252 · 习题 252

第8章 主族元素化学 254

- 8.1 主族元素化学的一般趋势 255
 - 8.1.1 物理性质 255
 - 8.1.2 电负性 257
 - 8.1.3 电离能 257
 - 8.1.4 化学性质 258
- 8.2 氢 261
 - 8.2.1 化学性质 261
- 8.3 IA 族: 碱金属 263
 - 8.3.1 元素 263
 - 8.3.2 化学性质 263
- 8.4 IIA 族: 碱土金属 268
 - 8.4.1 元素 268
 - 8.4.2 化学性质 269
- 8.5 IIIA 族 270

8.5.1	元素	270
8.5.2	IIIA 族元素的其他化学	274
8.6	IVA 族	276
8.6.1	元素	276
8.6.2	化合物	285
8.7	VA 族	290
8.7.1	元素	290
8.7.2	化合物	293
8.8	VIA 族	299
8.8.1	元素	299
8.9	VIIA 族: 卤素	306
8.9.1	元素	306
8.10	VIIIA 族: 惰性气体	311
8.10.1	元素	311
8.10.2	化学	313
	延伸阅读	317 · 习题 317
第9章	配位化学 I: 结构和异构体	321
9.1	历史	321
9.2	命名	326
9.3	异构现象	332
9.3.1	立体异构体	332
9.3.2	四配位配合物	333
9.3.3	手性	333
9.3.4	六配位配合物	334
9.3.5	螯合环的组合	338
9.3.6	配体环构象	340
9.3.7	结构异构体	342
9.3.8	实验分离和异构体的鉴定	344
9.4	配位数和结构	346
9.4.1	配位数 1、2 和 3	347
9.4.2	配位数 4	349
9.4.3	配位数 5	350
9.4.4	配位数 6	351
9.4.5	配位数 7	353
9.4.6	配位数 8	354
9.4.7	更大配位数	354

9.5 配位框架化合物 356

延伸阅读 359 · 习题 359

第 10 章 配位化学 II: 成键 362

10.1 电子结构的实验证据 362

10.1.1 热力学数据 362

10.1.2 磁化率 364

10.1.3 电子光谱 366

10.1.4 配位数和分子形状 366

10.2 电子结构理论 367

10.2.1 术语 367

10.2.2 历史背景 368

10.3 配位场理论 370

10.3.1 八面体型配合物的分子轨道 370

10.3.2 轨道分裂和电子自旋 377

10.3.3 配体场稳定化能 380

10.3.5 平面正方形配合物 383

10.3.6 四面体型配合物 388

10.4 角重叠 389

10.4.1 σ -给体相互作用 39010.4.2 π -受体相互作用 39210.4.3 π -给体相互作用 394

10.4.4 配体类型和光谱化学序 395

10.4.5 e_σ 、 e_π 和 Δ 数值 396

10.5 姜-泰勒 (Jahn-Teller) 效应 399

10.6 四配位和六配位优先选择性 401

10.7 其他形状 404

延伸阅读 405 · 习题 405

第 11 章 配位化学 III: 电子光谱 409

11.1 光的吸收 409

11.1.1 比尔-朗伯 (Beer-Lambert) 吸收定律 410

11.2 多电子原子量子数 412

11.2.1 自旋-轨道耦合 417

11.3 配位化合物的电子光谱 419

11.3.1 选择定则 420

11.3.2 相关图 421

11.3.3 田边 - 菅野 (Tanabe-Sugano) 图 423

- 11.3.4 姜-泰勒畸变和光谱 428
- 11.3.5 田边 - 营野图的应用举例: 从光谱确定 ΔO 432
- 11.3.6 四面体型配合物 436
- 11.3.7 电荷转移光谱 437
- 延伸阅读 438 · 习题 439

第 12 章 配位化学 IV: 反应和机理 442

- 12.1 背景 442
- 12.2 取代反应 444
 - 12.2.1 惰性和易变化合物 444
 - 12.2.2 取代机理 445
- 12.3 反应路径的动力学推断 447
 - 12.3.1 解离 (D) 447
 - 12.3.2 交换 (I) 448
 - 12.3.3 缔合 (A) 449
- 12.4 八面体取代反应中的实验证据 449
 - 12.4.1 解离 449
 - 12.4.2 线性自由能关系 452
 - 12.4.3 缔合机理 454
 - 12.4.4 共轭碱机理 456
 - 12.4.5 动力学螯合效应 457
- 12.5 反应的立体化学 458
 - 12.5.1 反式配合物中的取代 460
 - 12.5.2 顺式配合物中的取代 462
 - 12.5.3 螯合环的异构化 463
- 12.6 平面正方形配合物中的取代反应 464
 - 12.6.1 平面正方形取代反应中的动力学和立体化学 464
 - 12.6.2 缔合反应的证据 465
- 12.7 反位效应 467
 - 12.7.1 反位效应的解释 468
- 12.8 氧化还原反应 469
 - 12.8.1 内层反应和外层反应 470
 - 12.8.2 高氧化数和低氧化数的条件 474
- 12.9 已配位配体的反应 475
 - 12.9.1 酯、酰胺和肽的水解 476
 - 12.9.2 模板反应 476
 - 12.9.3 亲电取代反应 479

延伸阅读 479 · 习题 479

第 13 章 有机金属化学 483

- 13.1 历史背景 485
 - 13.2 有机配体和命名 488
 - 13.3 18 电子规则 489
 - 13.3.1 电子数算法 489
 - 13.3.2 为什么是 18 电子 493
 - 13.3.3 平面正方形配合物 495
 - 13.4 有机金属化学中的配体 496
 - 13.4.1 羰基 (CO) 配合物 496
 - 13.4.2 与羰基类似的配体 504
 - 13.4.3 氢化物和双氢配合物 506
 - 13.4.4 含有扩展 π 体系的配体 508
 - 13.5 金属与有机 π 体系配体间的成键 511
 - 13.5.1 线形 π 体系 511
 - 13.5.2 环形 π 体系 514
 - 13.5.3 富勒烯配合物 522
 - 13.6 含有 M-C、M=C 和 M $\equiv$ C 键的配合物 526
 - 13.6.1 烷基及相关配合物 526
 - 13.6.2 卡宾配合物 528
 - 13.6.3 卡拜 (烷川) 配合物 531
 - 13.6.4 碳化物和累接双键烃配合物 533
 - 13.7 有机金属配合物的谱学分析及表征 534
 - 13.7.1 红外光谱 534
 - 13.7.2 核磁共振 (NMR) 谱 538
 - 13.7.3 表征举例 541
- 延伸阅读 544 · 习题 544

第 14 章 有机金属反应和催化 551

- 14.1 与增加或失去配体相关的反应 551
 - 14.1.1 配体解离和取代 552
 - 14.1.2 氧化加成 554
 - 14.1.3 还原消去 556
 - 14.1.4 亲核取代 557
- 14.2 与配体修饰相关的反应 558
 - 14.2.1 插入反应 559
 - 14.2.2 羰基插入 (烷基迁移) 反应 559

14.2.3	1, 2-插入反应举例	563
14.2.4	氢消去反应	564
14.2.5	夺取反应	564
14.3	有机金属催化剂	565
14.3.1	催化反应举例: 催化氙代	565
14.3.2	加氢甲酰化反应	566
14.3.3	孟山都 (Monsanto) 法合成乙酸	571
14.3.4	瓦克 (史美特) [Wacker (Smidt)] 法	571
14.3.5	威尔金森 (Wilkinson) 催化剂催化的氢化反应	572
14.3.6	烯烃复分解反应	575
14.4	非均相催化剂	582
14.4.1	齐格勒-纳塔 (Ziegler-Natta) 聚合	582
14.4.2	水煤气反应	583
	延伸阅读	585
	习题	585
第 15 章	主族与有机金属化学的关联	590
15.1	主族与二元羰基配合物的关联	590
15.2	等瓣相似性	592
15.2.1	相似性的扩展	596
15.2.2	相似性应用举例	599
15.3	金属-金属键	601
15.3.1	多重金属-金属键	603
15.4	簇状化合物	608
15.4.1	硼烷	608
15.4.2	异硼烷	613
15.4.3	金属硼烷和金属碳硼烷	615
15.4.4	羰基簇合物	618
15.4.5	碳化物簇合物	623
15.4.6	对簇合物的追加说明	625
	延伸阅读	626
	习题	626
第 16 章	生物无机和环境化学	631
16.1	卟啉及相关配合物	632
16.1.1	铁卟啉	633
16.1.2	类似环状化合物	638
16.2	其他含铁化合物	640
16.3	锌酶和铜酶	641
16.4	固氮	647

- 16.5 一氧化氮 652
- 16.6 无机药物 654
 - 16.6.1 顺铂及其相关配合物 654
 - 16.6.2 金诺芬 (Auranofin) 与关节炎治疗 659
 - 16.6.3 医药中的钒配合物 659
- 16.7 利用无机试剂的 DNA 研究 660
- 16.8 环境化学 662
 - 16.8.1 金属 662
 - 16.8.2 非金属 667
- 延伸阅读 673 · 习题 673

附录 A 习题答案 676

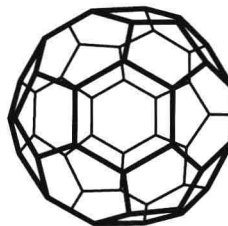
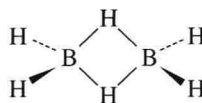
附录 B 有用数据 713

- 附录 B.1 离子半径 713
- 附录 B.2 电离能 716
- 附录 B.3 电子亲和能 717
- 附录 B.4 电负性 718
- 附录 B.5 绝对硬度参数 718
- 附录 B.6 C_A 、 E_A 、 C_B 和 E_B 值 720
- 附录 B.7 部分元素的拉蒂麦尔 (Latimer) 图 721
- 附录 B.8 氢原子 f 轨道角函数 727
- 附录 B.9 轨道势能 728

附录 C 特征标表 730

索引 740

Introduction to Inorganic Chemistry



1.1 WHAT IS INORGANIC CHEMISTRY?

If organic chemistry is defined as the chemistry of hydrocarbon compounds and their derivatives, inorganic chemistry can be described broadly as the chemistry of “everything else.” This includes all the remaining elements in the periodic table, as well as carbon, which plays a major role in many inorganic compounds. Organometallic chemistry, a very large and rapidly growing field, bridges both areas by considering compounds containing direct metal–carbon bonds, and it includes catalysis of many organic reactions. Bioinorganic chemistry bridges biochemistry and inorganic chemistry, and environmental chemistry includes the study of both inorganic and organic compounds. As can be imagined, the inorganic realm is vast, providing essentially limitless areas for investigation.

1.2 CONTRASTS WITH ORGANIC CHEMISTRY

Some comparisons between organic and inorganic compounds are in order. In both areas, single, double, and triple covalent bonds are found, as shown in Figure 1.1; for inorganic compounds, these include direct metal–metal bonds and metal–carbon bonds. However, although the maximum number of bonds between two carbon atoms is three, there are many compounds that contain quadruple bonds between metal atoms. In addition to the sigma and pi bonds common in organic chemistry, quadruply bonded metal atoms contain a delta (δ) bond (Figure 1.2); a combination of one sigma bond, two pi bonds, and one delta bond makes up the quadruple bond. The delta bond is possible in these cases because the metal atoms have *d* orbitals to use in bonding, whereas carbon has only *s* and *p* orbitals available.

More recently, compounds with “fivefold” bonds between transition metals have been reported, accompanied by discussion as to whether these bonds merit the designation “quintuple.” An example is shown in Figure 1.3.

In organic compounds, hydrogen is nearly always bonded to a single carbon. In inorganic compounds, hydrogen is frequently encountered as a bridging atom between two or more other atoms. Bridging hydrogen atoms can also occur in metal cluster compounds. In these clusters, hydrogen atoms form bridges across edges or faces of polyhedra of metal atoms. Alkyl groups may also act as bridges in inorganic compounds, a function rarely encountered in organic chemistry except in reaction