



普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校化学化工类系列教材

钟福新 余彩莉 刘峥 主编

# 大学化学

College Chemistry

清华大学出版社



普通高等教育“十二五”规划教材

普通高等院校化学化工类系列教材

钟福新 余彩莉 刘峥 主编

# 大学化学

## College Chemistry

清华大学出版社

北京

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

大学化学/钟福新,余彩莉,刘峥主编. --北京:清华大学出版社,2012.4

(普通高等院校化学化工类系列教材)

ISBN 978-7-302-26808-6

I. ①大… II. ①钟… ②余… ③刘… III. ①化学—高等学校—教材 IV. ①O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第004765号

责任编辑:冯昕

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:30.5 插 页:1 字 数:742千字

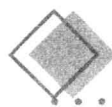
版 次:2012年4月第1版 印 次:2012年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:49.80元

---

产品编号:037459-01



# 前言

“大学化学”课程是化工及非化学化工类本科学生的一门必修基础课程,主要介绍化学基本原理和化学技能。随着社会经济的不断发展和科学技术的不断进步,我国高等教育的改革和发展进入了一个新的历史阶段,教育体制、教学内容、教学方法的改革都在更广泛、更深入地展开,因而也给大学化学教学改革提出了更高的要求。一方面,要求学生在有限的学时数条件下掌握精通的专业知识;另一方面,要求学生有更宽广的知识面,以适应学科融合、交叉和渗透背景下对复合型技术人才的需要。为此,我们以现代教育思想为指导,在教学为先、育人为本的原则下,从培养 21 世纪高素质工科人才的总体需要出发,针对工科本科专业学生对化学基本知识、基本技术和基本方法的需求和学时分配,对原有的工科相关专业的基础化学、普通化学、无机化学、物理化学和有机化学的部分相关知识进行整合,编写了这本《大学化学》教材,以物质聚集态、化学热力学、化学动力学、物质结构、表面化学、胶体化学、配位化学、元素化学、有机化学为基础构建了新的工科专业基础化学教学体系。力求让学生在较少的学时内对化学知识体系和化学的近代进展有一个较为全面的了解。

为了适应新世纪对具有全面素质的创新型人才的要求,本书在编写过程中力求达到内容的先进性、基础性、科学性、针对性等各方面的统一,在介绍化学的基本原理、基本技术和基本方法的前提下,注意化学与各相关学科和技术的紧密联系,讨论化学在这些学科中的应用。在内容的选择上,注意与中学化学的衔接,力求理论联系实际。在材料组织上,力求概念阐述准确严密,内容安排深入浅出、循序渐进,并注意各章内容的相互依托与交叉,便于教师教学和学生自学。本书可以作为高等学校化学工程与工艺、材料科学、环境科学与工程、资源勘查、宝石学、生物科学与工程及相关专业本科四年制学生的教材,也可作为相关教师的参考资料。在使用本书作教材时,教师可根据学生的实际情况,在保证课程基本要求的前提下,对内容进行取舍,也可对相关知识的讲授顺序进行调整。书中带“\*”的内容为选学内容。

参加本书编写工作的有桂林理工大学的钟福新(第4、7章)、余彩莉(第3、5、15章)、刘峥(第6、10、11、16章)、张淑华(第1、12章)、肖顺华(第2、8章)、黄红霞(第13章)、桂林电子科技大学的莫德清(第14章)和广西工学院的张倩(第9章)。最后由钟福新、余彩莉、刘峥定稿。

本书编写中参考了国内外出版的一些教材和著作,从中得到许多启发和教益,在此向这些作者表示诚挚的感谢。

由于水平有限,教材中难免存在不足和疏漏之处,恳请读者不吝批评指正,深表感谢。

编 者

2011年4月

# 本书相关国际单位制说明

本书在量和单位方面,全面采用了我国法定计量单位。国际单位制是我国法定单位的基础,为了能正确使用国家标准 GB 3100—93《国际单位制及其应用》,现将有关问题简要说明如下。

## 1. 国际单位制(SI)的基本单位

| 量     |       | 单 位    |     |
|-------|-------|--------|-----|
| 名 称   | 符 号   | 名 称    | 符 号 |
| 长度    | $l$   | 米      | m   |
| 质量    | $m$   | 千克(公斤) | kg  |
| 时间    | $t$   | 秒      | s   |
| 电流    | $I$   | 安[培]   | A   |
| 热力学温度 | $T$   | 开[尔文]  | K   |
| 物质的量  | $n$   | 摩[尔]   | mol |
| 发光强度  | $I_v$ | 坎[德拉]  | cd  |

## 2. 常用 SI 导出单位

| 量         |       | 单 位   |             |                                                                        |
|-----------|-------|-------|-------------|------------------------------------------------------------------------|
| 名 称       | 符号    | 名 称   | 符号          | 用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示                                                   |
| 频率        | $\nu$ | 赫[兹]  | Hz          | $s^{-1}$                                                               |
| 能[量]      | $E$   | 焦[耳]  | J           | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$                                            |
| 力         | $F$   | 牛[顿]  | N           | $kg \cdot m \cdot s^{-2} = J \cdot m^{-1}$                             |
| 压力        | $p$   | 帕[斯卡] | Pa          | $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = N \cdot m^{-2}$                        |
| 功率        | $P$   | 瓦[特]  | W           | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} = J \cdot s^{-1}$                           |
| 电荷[量]     | $Q$   | 库[仑]  | C           | $A \cdot s$                                                            |
| 电位,电压,电动势 | $U$   | 伏[特]  | V           | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1} = J \cdot A^{-1} \cdot s^{-1}$ |
| 电阻        | $R$   | 欧[姆]  | $\Omega$    | $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2} = V \cdot A^{-1}$              |
| 电导        | $G$   | 西[门子] | S           | $kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2 = \Omega^{-1}$               |
| 电容        | $C$   | 法[拉]  | F           | $A^2 \cdot s^4 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2} = A \cdot s \cdot V^{-1}$    |
| 摄氏温度      | $t$   | 摄氏度   | $^{\circ}C$ | K                                                                      |

## 3. SI 词头

| 因数        | 词头名称  |       | 符号 | 因数         | 词头名称  |       | 符号    |
|-----------|-------|-------|----|------------|-------|-------|-------|
|           | 英文    | 中文    |    |            | 英文    | 中文    |       |
| $10^{24}$ | yotta | 尧[它]  | Y  | $10^{-1}$  | deci  | 分     | d     |
| $10^{21}$ | zetta | 泽[它]  | Z  | $10^{-2}$  | centi | 厘     | c     |
| $10^{18}$ | exa   | 艾[可萨] | E  | $10^{-3}$  | mili  | 毫     | m     |
| $10^{15}$ | peta  | 拍[它]  | P  | $10^{-6}$  | micro | 微     | $\mu$ |
| $10^{12}$ | tera  | 太[拉]  | T  | $10^{-9}$  | nano  | 纳[诺]  | n     |
| $10^9$    | giga  | 吉[咖]  | G  | $10^{-12}$ | pico  | 皮[可]  | p     |
| $10^6$    | mega  | 兆     | M  | $10^{-15}$ | femto | 飞[母托] | f     |
| $10^3$    | kilo  | 千     | k  | $10^{-18}$ | atto  | 阿[托]  | a     |
| $10^2$    | hecto | 百     | h  | $10^{-21}$ | zepto | 仄[普托] | z     |
| $10^1$    | deca  | 十     | da | $10^{-24}$ | yocto | 幺[科托] | y     |

## 4. 某些可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

| 量的名称 | 单位名称   | 单位符号            | 与 SI 单位的关系                                            |
|------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| 时间   | 分      | min             | 1 min = 60 s                                          |
|      | [小]时   | h               | 1 h = 60 min = 3 600 s                                |
|      | 日,(天)  | d               | 1 d = 24 h = 86 400 s                                 |
|      |        |                 |                                                       |
| 体积   | 升      | L               | 1 L = 1 dm <sup>3</sup>                               |
| 质量   | 吨      | t               | 1 t = 10 <sup>3</sup> kg                              |
|      | 原子质量单位 | u               | 1 u $\approx$ 1.660 540 $\times$ 10 <sup>-27</sup> kg |
| 长度   | 海里     | n mile          | 1 n mile = 1852 m                                     |
| 能[量] | 电子伏    | eV              | 1 eV $\approx$ 1.602 177 $\times$ 10 <sup>-19</sup> J |
| 面积   | 公顷     | hm <sup>2</sup> | 1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>    |

## 5. 几种单位的换算

(1) 1 J = 0.239 0 cal, 1 cal = 4.184 J

(2) 1 J = 9.869 cm<sup>3</sup> · atm, 1 cm<sup>3</sup> · atm = 0.1013 J

(3) 1 J = 6.242  $\times$  10<sup>18</sup> eV, 1 eV = 1.602  $\times$  10<sup>-19</sup> J

(4) 1 D(德拜) = 3.334  $\times$  10<sup>-30</sup> C · m, 1 C · m = 2.999  $\times$  10<sup>29</sup> D

(5) 1 Å(埃) = 10<sup>-10</sup> m = 0.1 nm = 100 pm

(6) 1 cm<sup>-1</sup>(波数) = 1.986  $\times$  10<sup>-23</sup> J

# 目录

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 第 1 章 气体 .....                          | 1  |
| 1.1 理想气体状态方程 .....                      | 1  |
| 1.2 气体混合物 .....                         | 3  |
| 1.2.1 道尔顿分压定理 .....                     | 3  |
| 1.2.2 阿马格分体积定律 .....                    | 4  |
| 1.2.3 气体混合物的摩尔质量 .....                  | 5  |
| 1.3 气体的液化及临界参数 .....                    | 6  |
| 1.3.1 液体的饱和蒸气压 .....                    | 6  |
| 1.3.2 临界参数 .....                        | 6  |
| * 1.3.3 真实气体的 $p$ - $V_m$ 图与气体的液化 ..... | 8  |
| 1.4 真实气体状态方程 .....                      | 8  |
| 拓展知识 获得诺贝尔化学奖的华人 .....                  | 10 |
| 思考题 .....                               | 11 |
| 习题 .....                                | 12 |
| 第 2 章 化学动力学基础 .....                     | 13 |
| 2.1 化学动力学的任务和目的 .....                   | 13 |
| 2.2 化学反应速率表示方法 .....                    | 14 |
| 2.3 化学反应的速率方程 .....                     | 16 |
| 2.3.1 质量作用定律 .....                      | 17 |
| 2.3.2 反应级数和反应的速率常数 .....                | 18 |
| 2.4 温度和活化能对反应速率的影响 .....                | 20 |
| 2.4.1 温度对反应速率的影响 .....                  | 20 |
| 2.4.2 活化能 $E_a$ 对反应速率的影响 .....          | 22 |
| 2.5 化学反应速率理论和反应机理简介 .....               | 22 |
| 2.5.1 碰撞理论 .....                        | 22 |
| 2.5.2 过渡态理论 .....                       | 23 |
| 2.5.3 反应机理与基元反应 .....                   | 24 |
| * 2.6 催化反应动力学 .....                     | 25 |
| 2.6.1 催化反应的特点 .....                     | 25 |
| 2.6.2 均相催化反应 .....                      | 27 |
| 2.6.3 气-固相催化反应 .....                    | 28 |

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| 拓展知识 化学动力学在考古学中的应用 .....                        | 28        |
| 思考题 .....                                       | 29        |
| 习题 .....                                        | 29        |
| <b>第3章 热力学第一定律与热化学 .....</b>                    | <b>31</b> |
| 3.1 热力学的术语和基本概念 .....                           | 31        |
| 3.1.1 系统和环境 .....                               | 31        |
| 3.1.2 状态和状态函数 .....                             | 32        |
| 3.1.3 过程和途径 .....                               | 32        |
| 3.1.4 相 .....                                   | 33        |
| 3.2 热力学第一定律 .....                               | 33        |
| 3.2.1 热和功 .....                                 | 33        |
| 3.2.2 热力学能 .....                                | 34        |
| 3.2.3 热力学第一定律 .....                             | 35        |
| 3.3 热化学的术语和基本概念 .....                           | 35        |
| 3.3.1 反应进度 .....                                | 36        |
| 3.3.2 反应热 .....                                 | 36        |
| 3.3.3 标准状态 .....                                | 38        |
| 3.3.4 热化学方程式 .....                              | 39        |
| 3.3.5 盖斯定律 .....                                | 39        |
| 3.4 热化学基本数据与反应焓变的计算 .....                       | 40        |
| 3.4.1 标准摩尔生成焓 .....                             | 40        |
| 3.4.2 标准摩尔燃烧焓 .....                             | 41        |
| 3.4.3 反应焓变的计算 .....                             | 41        |
| 拓展知识 能源 .....                                   | 42        |
| 思考题 .....                                       | 45        |
| 习题 .....                                        | 46        |
| <b>第4章 热力学第二定律与化学反应的方向和限度 .....</b>             | <b>48</b> |
| 4.1 热力学第二定律 .....                               | 48        |
| 4.2 熵 热力学第三定律 .....                             | 49        |
| 4.2.1 混乱度、熵与微观状态数 .....                         | 50        |
| 4.2.2 热力学第三定律和标准熵 .....                         | 52        |
| 4.2.3 化学反应熵变 .....                              | 52        |
| 4.3 吉布斯函数 .....                                 | 54        |
| 4.3.1 吉布斯函数的定义及吉布斯函数[变]判据 .....                 | 54        |
| 4.3.2 标准摩尔生成吉布斯函数 .....                         | 55        |
| 4.3.3 化学反应的吉布斯函数变计算 .....                       | 56        |
| 4.3.4 $\Delta G$ 与 $\Delta G^\ominus$ 的关系 ..... | 57        |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| 4.4 吉布斯函数与化学平衡       | 58        |
| 4.4.1 化学平衡的基本特征      | 58        |
| 4.4.2 标准平衡常数表达式      | 59        |
| 4.4.3 标准平衡常数的应用      | 62        |
| 4.4.4 化学平衡移动         | 64        |
| 拓展知识 氧-血红蛋白的平衡       | 67        |
| 思考题                  | 68        |
| 习题                   | 70        |
| <b>第5章 水溶液中的离子平衡</b> | <b>72</b> |
| 5.1 酸碱质子理论概述         | 72        |
| 5.1.1 质子酸、质子碱的定义     | 72        |
| 5.1.2 共轭酸碱概念及其相对强弱   | 73        |
| 5.1.3 酸碱反应的实质        | 74        |
| 5.2 水的解离平衡和溶液的 pH    | 75        |
| 5.2.1 水的解离平衡         | 75        |
| 5.2.2 溶液的 pH         | 75        |
| 5.3 弱酸、弱碱的解离平衡       | 76        |
| 5.3.1 一元弱酸的解离平衡      | 76        |
| 5.3.2 一元弱碱的解离平衡      | 77        |
| 5.3.3 多元弱酸、弱碱的解离平衡   | 78        |
| 5.4 盐溶液的解离平衡         | 79        |
| 5.4.1 强酸弱碱盐          | 79        |
| 5.4.2 弱酸强碱盐          | 80        |
| 5.4.3 酸式盐            | 81        |
| 5.4.4 弱酸弱碱盐          | 82        |
| 5.4.5 影响盐类水解的因素及其应用  | 83        |
| 5.5 缓冲溶液             | 83        |
| 5.5.1 同离子效应          | 83        |
| 5.5.2 缓冲溶液           | 84        |
| 5.5.3 缓冲溶液的 pH 计算    | 85        |
| 5.5.4 缓冲溶液的配制        | 86        |
| 5.6 酸碱指示剂            | 87        |
| 5.7 酸碱电子理论           | 88        |
| 5.8 沉淀-溶解平衡          | 89        |
| 5.8.1 溶解度            | 89        |
| 5.8.2 溶度积            | 90        |
| 5.8.3 溶度积和溶解度之间的换算   | 90        |
| 5.8.4 溶度积规则          | 91        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 5.8.5 同离子效应和盐效应 .....           | 92         |
| 5.8.6 溶液的 pH 对沉淀溶解平衡的影响 .....   | 94         |
| 5.8.7 分步沉淀 .....                | 95         |
| 5.8.8 沉淀的转化 .....               | 96         |
| 拓展知识 水的净化与废水处理 .....            | 96         |
| 思考题 .....                       | 99         |
| 习题 .....                        | 100        |
| <b>第 6 章 氧化还原反应 电化学基础</b> ..... | <b>102</b> |
| 6.1 氧化还原反应的基本概念 .....           | 103        |
| 6.1.1 氧化剂、还原剂及氧化还原反应相关概念 .....  | 103        |
| 6.1.2 氧化值和氧化态 .....             | 103        |
| 6.1.3 氧化还原方程式的配平 .....          | 104        |
| 6.2 电化学电池 .....                 | 107        |
| 6.2.1 原电池的构造 .....              | 107        |
| 6.2.2 原电池符号和电极的分类 .....         | 107        |
| 6.2.3 原电池的热力学 .....             | 109        |
| 6.3 电极电势 .....                  | 110        |
| 6.3.1 电极电势的产生 .....             | 110        |
| 6.3.2 标准电极电势 .....              | 110        |
| 6.3.3 能斯特方程式 .....              | 112        |
| 6.3.4 能斯特方程式的应用 .....           | 113        |
| 6.4 电解 .....                    | 119        |
| 拓展知识 化学电源 .....                 | 123        |
| 思考题 .....                       | 125        |
| 习题 .....                        | 126        |
| <b>第 7 章 相平衡</b> .....          | <b>129</b> |
| 7.1 相体系平衡的一般条件 .....            | 129        |
| 7.2 相律 .....                    | 131        |
| 7.2.1 相、组分、自由度和自由度 .....        | 131        |
| 7.2.2 相律 .....                  | 133        |
| * 7.2.3 相律的推导 .....             | 133        |
| 7.3 单组分体系的相平衡 .....             | 135        |
| 7.3.1 水的相图 .....                | 135        |
| 7.3.2 其他单组分相图 .....             | 137        |
| 7.4 二组分体系的相图及其应用 .....          | 138        |
| 7.4.1 二组分体系的气-液相平衡 .....        | 138        |
| 7.4.2 二组分体系的液-固相平衡 .....        | 147        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| * 7.5 三组分体系的相图及其应用 .....       | 150        |
| 拓展知识 相图在现代高科技中的应用 .....        | 151        |
| 思考题 .....                      | 154        |
| 习题 .....                       | 154        |
| <b>第 8 章 界面现象和胶体分散体系 .....</b> | <b>157</b> |
| 8.1 表面张力和表面能 .....             | 157        |
| 8.1.1 净吸力和表面张力的概念 .....        | 157        |
| * 8.1.2 影响表面张力的因素 .....        | 159        |
| 8.2 纯液体的表面现象 .....             | 160        |
| 8.2.1 弯曲界面的一些现象 .....          | 161        |
| 8.2.2 润湿现象 .....               | 161        |
| 8.3 固体表面的吸附 .....              | 163        |
| 8.3.1 固体表面的特点 .....            | 163        |
| 8.3.2 吸附作用 .....               | 164        |
| * 8.3.3 吸附曲线 .....             | 165        |
| 8.4 溶液表面层吸附与表面活性剂 .....        | 167        |
| 8.4.1 溶液表面层吸附 .....            | 167        |
| 8.4.2 表面活性剂 .....              | 167        |
| 8.5 分散系统的分类及溶胶的特性 .....        | 169        |
| 8.5.1 分散系统 .....               | 169        |
| 8.5.2 溶胶的特性 .....              | 170        |
| 8.6 溶胶的稳定性和聚沉 .....            | 173        |
| 8.7 乳浊液 .....                  | 173        |
| 拓展知识 免疫胶体金技术 .....             | 174        |
| 思考题 .....                      | 176        |
| 习题 .....                       | 176        |
| <b>第 9 章 原子结构 .....</b>        | <b>178</b> |
| 9.1 原子结构的早期模型 .....            | 178        |
| 9.1.1 早期原子模型 .....             | 178        |
| 9.1.2 有核原子模型 .....             | 180        |
| 9.2 微观粒子运动的基本特征 .....          | 181        |
| 9.2.1 物质波 .....                | 181        |
| 9.2.2 测不准原理 .....              | 183        |
| 9.3 氢原子结构的量子力学描述 .....         | 184        |
| 9.3.1 薛定谔方程 .....              | 184        |
| 9.3.2 波函数与原子轨道 .....           | 184        |
| 9.3.3 概率密度和电子云 .....           | 185        |



|        |                 |     |
|--------|-----------------|-----|
| 9.3.4  | 原子轨道和电子云的图像     | 185 |
| 9.3.5  | 4个量子数           | 188 |
| 9.4    | 多电子原子结构         | 190 |
| 9.4.1  | 屏蔽效应和钻穿效应       | 190 |
| 9.4.2  | 鲍林近似能级图         | 192 |
| 9.4.3  | 核外电子排布规则        | 193 |
| 9.5    | 原子的电子结构与元素周期系   | 196 |
| 9.5.1  | 原子结构与元素周期表      | 196 |
| 9.5.2  | 元素性质的周期性        | 197 |
|        | 拓展知识 物质的组成基元    | 201 |
|        | 思考题             | 202 |
|        | 习题              | 203 |
| 第10章   | 分子结构和分子间力       | 205 |
| 10.1   | 路易斯理论           | 205 |
| 10.2   | 价键理论            | 206 |
| 10.2.1 | 共价键的形成及其本质      | 206 |
| 10.2.2 | 价键理论            | 207 |
| 10.3   | 杂化轨道理论          | 210 |
| 10.3.1 | 杂化轨道的概念         | 210 |
| 10.3.2 | 杂化轨道的类型         | 212 |
| 10.4   | 价层电子对互斥理论       | 215 |
| 10.4.1 | 价层电子对互斥理论的基本要点  | 215 |
| 10.4.2 | 分子几何构型的预测       | 217 |
| 10.4.3 | 判断分子(离子)几何构型的实例 | 219 |
| 10.5   | 分子轨道理论          | 219 |
| 10.5.1 | 分子轨道理论的基本要点     | 219 |
| 10.5.2 | 应用实例            | 223 |
| 10.6   | 键参数             | 224 |
| 10.6.1 | 键长              | 224 |
| 10.6.2 | 键能              | 225 |
| 10.6.3 | 键角              | 226 |
| 10.6.4 | 键级              | 226 |
| 10.6.5 | 键矩与部分电荷         | 226 |
| 10.7   | 分子间力和氢键         | 227 |
| 10.7.1 | 分子的极性           | 227 |
| 10.7.2 | 分子间作用力          | 229 |
| 10.7.3 | 氢键              | 231 |
|        | 拓展知识 荧光和磷光      | 233 |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 思考题                    | 236        |
| 习题                     | 237        |
| <b>第 11 章 固体结构</b>     | <b>242</b> |
| 11.1 晶体的类型和特征          | 242        |
| 11.1.1 晶体的特征           | 242        |
| 11.1.2 晶格理论的基本概念       | 243        |
| 11.1.3 晶体的基本类型         | 244        |
| 11.2 金属键和金属晶体          | 245        |
| 11.2.1 金属晶格            | 245        |
| 11.2.2 金属键             | 246        |
| 11.3 离子晶体              | 246        |
| 11.3.1 离子键的形成及离子的电子层结构 | 246        |
| 11.3.2 离子晶体            | 247        |
| 11.3.3 晶格能             | 249        |
| 11.4 离子极化              | 250        |
| 11.4.1 离子的极化力和变形性      | 250        |
| 11.4.2 离子极化对晶体结构和性质的影响 | 251        |
| 11.5 原子晶体和分子晶体         | 252        |
| 11.5.1 共价型原子晶体和混合键型晶体  | 252        |
| 11.5.2 分子型晶体           | 254        |
| 拓展知识 晶体材料              | 255        |
| 思考题                    | 257        |
| 习题                     | 257        |
| <b>第 12 章 配位化合物</b>    | <b>260</b> |
| 12.1 配合物的组成和命名         | 260        |
| 12.1.1 配合物的组成          | 261        |
| 12.1.2 配合物的命名          | 262        |
| 12.1.3 配合物的分类          | 263        |
| 12.2 配合物的结构            | 265        |
| 12.2.1 配合物的空间构型        | 265        |
| 12.2.2 配合物同分异构现象       | 266        |
| 12.3 配合物的化学键理论         | 268        |
| 12.4 配位反应与配位平衡         | 271        |
| 12.4.1 配合物的解离常数和稳定常数   | 271        |
| 12.4.2 配体取代反应和电子转移反应   | 273        |
| 12.5 配合物的应用            | 275        |
| 12.5.1 物质的分离、提纯和鉴定     | 275        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 12.5.2 电镀与环境保护·····                | 275        |
| 12.5.3 配合催化·····                   | 275        |
| 拓展知识 被骂出来的诺贝尔化学奖获得者——维克多·格林尼亚····· | 276        |
| 思考题·····                           | 277        |
| 习题·····                            | 277        |
| <b>第 13 章 s 区元素</b> ·····          | <b>280</b> |
| 13.1 s 区元素概述 ·····                 | 280        |
| 13.2 s 区元素的单质 ·····                | 281        |
| 13.2.1 s 区元素单质的存在和制备 ·····         | 281        |
| 13.2.2 s 区元素单质的物理和化学性质 ·····       | 282        |
| 13.3 s 区元素的化合物 ·····               | 284        |
| 13.3.1 氢化物·····                    | 284        |
| 13.3.2 氧化物·····                    | 285        |
| 13.3.3 氢氧化物·····                   | 288        |
| 13.3.4 配合物·····                    | 289        |
| 13.3.5 盐类·····                     | 290        |
| 13.4 锂、铍的特殊性 对角线规则 ·····           | 291        |
| 13.4.1 锂的特殊性·····                  | 291        |
| 13.4.2 铍的特殊性·····                  | 292        |
| 13.4.3 对角线规则·····                  | 292        |
| 拓展知识 硬水及其软化·····                   | 293        |
| 思考题·····                           | 294        |
| 习题·····                            | 295        |
| <b>第 14 章 p 区元素</b> ·····          | <b>296</b> |
| 14.1 p 区元素概述 ·····                 | 296        |
| 14.2 硼族元素·····                     | 297        |
| 14.2.1 硼族元素概述·····                 | 297        |
| 14.2.2 硼族元素的单质·····                | 298        |
| 14.2.3 硼的化合物·····                  | 299        |
| 14.2.4 铝的化合物·····                  | 303        |
| 14.3 碳族元素·····                     | 305        |
| 14.3.1 碳族元素概述·····                 | 305        |
| 14.3.2 碳族元素的单质·····                | 306        |
| 14.3.3 碳的化合物·····                  | 307        |
| 14.3.4 硅的化合物·····                  | 310        |

|               |                      |            |
|---------------|----------------------|------------|
| 14.3.5        | 锡、铅的化合物 .....        | 311        |
| 14.4          | 氮族元素 .....           | 313        |
| 14.4.1        | 氮族元素概述 .....         | 313        |
| 14.4.2        | 氮族元素的单质 .....        | 315        |
| 14.4.3        | 氮的化合物 .....          | 316        |
| 14.4.4        | 磷的化合物 .....          | 320        |
| 14.4.5        | 砷、锑、铋的化合物 .....      | 325        |
| 14.5          | 氧族元素 .....           | 327        |
| 14.5.1        | 氧族元素概述 .....         | 327        |
| 14.5.2        | 氧及其化合物 .....         | 328        |
| 14.5.3        | 硫及其化合物 .....         | 330        |
| 14.6          | 卤素 .....             | 335        |
| 14.6.1        | 卤素概述 .....           | 335        |
| 14.6.2        | 卤素单质 .....           | 336        |
| 14.6.3        | 卤化氢和氢卤酸 .....        | 337        |
| 14.6.4        | 卤化物、多卤化物 .....       | 338        |
| 14.6.5        | 卤素的含氧化合物 .....       | 339        |
| 14.7          | 稀有气体 .....           | 342        |
| 14.7.1        | 稀有气体的性质和用途 .....     | 342        |
| 14.7.2        | 稀有气体的化合物 .....       | 343        |
|               | 拓展知识 新型无机非金属材料 ..... | 345        |
|               | 思考题 .....            | 347        |
|               | 习题 .....             | 348        |
| <b>第 15 章</b> | <b>d 区元素 .....</b>   | <b>352</b> |
| 15.1          | d 区元素概述 .....        | 352        |
| 15.1.1        | d 区元素的电子构型 .....     | 352        |
| 15.1.2        | d 区元素的原子半径和电离能 ..... | 352        |
| 15.1.3        | d 区元素的物理性质 .....     | 353        |
| 15.1.4        | d 区元素的化学性质 .....     | 353        |
| 15.2          | 钛、钒 .....            | 355        |
| 15.2.1        | 钛及其化合物 .....         | 355        |
| 15.2.2        | 钒及其化合物 .....         | 356        |
| 15.3          | 铬、钼、钨 多酸型配合物 .....   | 356        |
| 15.3.1        | 铬 .....              | 356        |
| 15.3.2        | 钼、钨 .....            | 358        |
| 15.3.3        | 多酸型配合物 .....         | 359        |
| 15.4          | 锰 .....              | 359        |
| 15.4.1        | 锰的单质 .....           | 359        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 15.4.2        | 锰的化合物                 | 360        |
| 15.5          | 铁、钴、镍                 | 361        |
| 15.5.1        | 铁、钴、镍的单质              | 361        |
| 15.5.2        | 铁、钴、镍的化合物             | 361        |
| * 15.6        | 铂系元素简介                | 364        |
| 15.6.1        | 铂系元素的单质               | 364        |
| 15.6.2        | 铂和钯的重要化合物             | 365        |
| * 15.7        | 金属有机化合物               | 365        |
| 15.7.1        | 金属羰基配合物               | 365        |
| 15.7.2        | 不饱和烃金属有机配合物           | 367        |
| 15.7.3        | 夹心型配合物                | 367        |
| 15.8          | 铜族元素                  | 368        |
| 15.8.1        | 铜族元素的单质               | 368        |
| 15.8.2        | 铜族元素的化合物              | 369        |
| 15.9          | 锌族元素                  | 372        |
| 15.9.1        | 锌族元素的单质               | 372        |
| 15.9.2        | 锌族元素的化合物              | 372        |
|               | 拓展知识 锌的生物作用和含镉、汞废水的处理 | 375        |
|               | 思考题                   | 376        |
|               | 习题                    | 377        |
| <b>第 16 章</b> | <b>有机化合物基础知识</b>      | <b>380</b> |
| 16.1          | 有机化合物的结构理论            | 381        |
| 16.2          | 有机化合物分子的电子效应          | 386        |
| 16.2.1        | 诱导效应                  | 386        |
| 16.2.2        | 共轭效应                  | 387        |
| 16.3          | 有机化学反应的分类             | 390        |
| 16.3.1        | 按反应历程分类               | 390        |
| 16.3.2        | 按反应物与产物之间的关系分类        | 391        |
| 16.4          | 有机化合物的分类和命名           | 393        |
| 16.4.1        | 有机化合物的分类              | 393        |
| 16.4.2        | 有机化合物的命名              | 394        |
| 16.5          | 有机化合物的主要种类、特征与典型反应    | 400        |
| 16.5.1        | 烷烃                    | 400        |
| 16.5.2        | 烯烃与炔烃                 | 401        |
| 16.5.3        | 芳香烃                   | 403        |
| 16.5.4        | 卤代烃                   | 405        |
| 16.5.5        | 醇、羧酸、酯化合物             | 406        |
| 16.5.6        | 酚类化合物                 | 410        |