



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



教育部高职高专规划教材

# 无机化学

(三年制)

第二版

● 胡伟光 张桂珍 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

教育部高职高专规划教材

# 无机化学 (三年制)

第二版

胡伟光 张桂珍 主编

图例 (CIP) 目 录 页 数

无机化学 (三年制) 胡伟光、张桂珍主编, 2007. 7.  
化学工业出版社, 2007. 7.  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 教育部高职高专  
规划教材  
ISBN 978-7-122-00324-8  
I. 无… II. 胡… ①胡… ②张… III. 无机化学—高等学校—教材 IV. O61  
130.061 化学—教材

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 060010 号

责任编辑: 李 琳  
文字编辑: 李 琳  
封面设计: 李 琳

责任编辑: 李 琳  
文字编辑: 李 琳  
封面设计: 李 琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京中印联印务有限公司

装 订: 三河市前门大街三

787mm×1092mm 1/16 印张 20.5 字数 252 千字 2007 年 7 月北京第 3 版第 1 次印刷



化学工业出版社

社址: 北京 100011 电话: 010-64412188 (传真: 010-64412188) 邮编: 100011

· 北 京 ·

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购书者均可向本社索取样书, 如蒙惠顾, 本社定当竭诚为您服务。

本书在保留第一版教材特色的基础上,根据高等职业教育培养目标,进一步体现以能力培养为主线,培养学生研究性学习的能力,突出理论与实践相结合。

全书共分十四章,内容包括化学基本概念、原子结构、分子结构、元素周期律、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液、电化学基础、重要元素的单质及化合物、配位化合物及滴定分析法。为适应教学要求,将四大平衡理论与滴定分析的内容相融合,直接体现了四大平衡理论知识的应用。为拓宽学生的知识面,精选了部分“阅读材料”。在每章后均有“本章小结”和习题,有利于学生巩固所学知识。

本书为高职高专化工生产技术专业使用教材,也可供高职高专其他专业开设无机化学课选用。

(第三版) 无机化学

第二版

主编 李桂珍 张桂珍

#### 图书在版编目(CIP)数据

无机化学(三年制)/胡伟光,张桂珍主编. —2版. —北京:  
化学工业出版社, 2007.7

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 教育部高职高  
专规划教材

ISBN 978-7-122-00354-6

I. 无… II. ①胡…②张… III. 无机化学-高等学校:技  
术学院-教材 IV. O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第060010号

责任编辑:陈有华  
责任校对:陶燕华

文字编辑:李姿娇  
装帧设计:郑小红

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张20¼ 彩插1 字数522千字 2007年7月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00元

版权所有 违者必究



元素周期表

IUPAC 2004

| 族  | 1                                     | 2                                    | 3                                                     | 4                                                  | 5                                                    | 6                                                   | 7                                                     | 8                                                  | 9                                                     | 10                                                  | 11                                                     | 12                                                   | 13                                                   | 14                                                  | 15                                                    | 16                                                 | 17                                                   | 18                                                  | 电子层 |
|----|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|
| 周期 | 1A                                    | 2A                                   | 3A                                                    | 4A                                                 | 5A                                                   | 6A                                                  | 7A                                                    | 8A                                                 | 9A                                                    | 10A                                                 | 11A                                                    | 12A                                                  | 13A                                                  | 14A                                                 | 15A                                                   | 16A                                                | 17A                                                  | 18A                                                 |     |
| 1  | H<br>1s <sup>1</sup><br>1.00794(7)    | He<br>1s <sup>2</sup><br>4.002602(2) |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                       |                                                     |                                                        |                                                      |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     | 2   |
| 2  | Li<br>2s <sup>1</sup><br>6.941(2)     | Be<br>2s <sup>2</sup><br>9.012182(3) |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                       |                                                     |                                                        |                                                      |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     | 10  |
| 3  | Na<br>3s <sup>1</sup><br>22.989770(2) | Mg<br>3s <sup>2</sup><br>24.3050(6)  |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                       |                                                     |                                                        |                                                      |                                                      |                                                     |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     | 18  |
| 4  | K<br>4s <sup>1</sup><br>39.0983(1)    | Ca<br>4s <sup>2</sup><br>40.078(4)   | Sc<br>3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup><br>44.955910(8) | Ti<br>3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup><br>47.867(1) | V<br>3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup><br>50.9415      | Cr<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup><br>51.9961(6) | Mn<br>3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup><br>54.938049(9) | Fe<br>3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup><br>55.845(2) | Co<br>3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup><br>58.933200(9) | Ni<br>3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup><br>58.6934(2) | Cu<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup><br>63.546(3)    | Zn<br>3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup><br>65.409(4)  | Ga<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup><br>69.723(1)   | Ge<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup><br>72.64(1)   | As<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup><br>74.92160(2)  | Se<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup><br>78.96(3)  | Br<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup><br>79.904(1)   | Kr<br>4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup><br>83.798(2)  | 36  |
| 5  | Rb<br>5s <sup>1</sup><br>85.4678(3)   | Sr<br>5s <sup>2</sup><br>87.62(1)    | Y<br>4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup><br>88.90585(2)   | Zr<br>4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup><br>91.224(2) | Nb<br>4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup><br>92.90638(2) | Mo<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup><br>95.94(2)   | Tc<br>4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup><br>97.907       | Ru<br>4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup><br>101.07(2) | Rh<br>4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup><br>101.07(2)    | Pd<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup><br>106.42(1) | Ag<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup><br>107.8682(2)  | Cd<br>4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup><br>112.411(8) | In<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup><br>114.818(3)  | Sn<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup><br>118.710(7) | Sb<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup><br>121.760(1)   | Te<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup><br>127.60(3) | I<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup><br>126.90447(3) | Xe<br>5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup><br>131.293(6) | 54  |
| 6  | Cs<br>6s <sup>1</sup><br>132.90545(2) | Ba<br>6s <sup>2</sup><br>137.327(7)  | La-Lu<br>铜系                                           | Hf<br>5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup><br>178.49(2) | Ta<br>5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup><br>180.9479(1) | W<br>5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup><br>183.84(1)   | Re<br>5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup><br>186.207(1)   | Os<br>5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup><br>190.23(3) | Ir<br>5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup><br>192.217(3)   | Pt<br>5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup><br>195.078(2) | Au<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup><br>196.96655(2) | Hg<br>5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup><br>200.59(2)  | Tl<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup><br>204.3833(2) | Pb<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup><br>207.2(1)   | Bi<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup><br>208.98038(2) | Po<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup><br>208.98    | At<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup><br>209.99      | Rn<br>6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup><br>222.02     | 86  |
| 7  | Fr<br>7s <sup>1</sup><br>223.02       | Ra<br>7s <sup>2</sup><br>226.03      | Ac-Lr<br>铜系                                           | Rf<br>6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup><br>261.11    | Db<br>6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup><br>262.11      | Sg<br>6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup><br>263.12     | Bh<br>6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup><br>264.12       | Hs<br>6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup><br>265.13    | Mt<br>6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup><br>266.13       | Ds<br>6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup><br>(269)      | Rg<br>6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup><br>(建议名)        | Uub<br>6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup><br>(277)     | Uuh<br>(289)                                         |                                                     |                                                       |                                                    |                                                      |                                                     | 116 |

族

周期

1

2

3

4

5

6

7

IA

IIA

IIIA

IVA

VA

VIA

VIIA

VIIIA

原子序数

元素符号

元素名称

价层电子构型

s区元素

p区元素

d区元素

f区元素

稀有气体

ds区元素

过渡金属

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

价层电子构型

氧化态

列人

常见的

红色的

红色的为放射性元素

元素符号

元素名称

|      |                                                         |                                                                        |                                                          |                                                       |                                                    |                                                       |                                                        |                                                                       |                                                          |                                                         |                                                           |                                                         |                                                           |                                                        |                                                                         |      |                                                    |                                                                         |                                                                          |                                                                         |                                                                    |                                                    |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                     |                                                     |                                                      |                                                      |                                                      |                                                                      |
|------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ★ 铜系 | 57 La<br>5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>138.9055(2) | 58 Ce<br>4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>140.116(1) | 59 Pr<br>4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup><br>140.90765(2) | 60 Nd<br>4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup><br>144.24(3) | 61 Pm<br>4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup><br>144.91 | 62 Sm<br>4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup><br>150.36(3) | 63 Eu<br>4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup><br>151.964(1) | 64 Gd<br>4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>157.25(3) | 65 Tb<br>4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup><br>158.92534(2) | 66 Dy<br>4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup><br>162.500(1) | 67 Ho<br>4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup><br>164.93032(2) | 68 Er<br>4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup><br>167.259(3) | 69 Tm<br>4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup><br>168.93421(2) | 70 Yb<br>4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup><br>173.04(3) | 71 Lu<br>4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup><br>174.967(1) | ★ 铜系 | 89 Ac<br>6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>227.03 | 90 Th<br>5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>232.0381(1) | 91 Pa<br>5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>231.03888(2) | 92 U<br>5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>238.02891(3) | 93 Np<br>5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>237.05 | 94 Pu<br>5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup><br>244.06 | 95 Am<br>5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup><br>243.06 | 96 Cm<br>5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>247.07 | 97 Bk<br>5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup><br>247.07 | 98 Cf<br>5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup><br>251.08 | 99 Es<br>5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup><br>252.08 | 100 Fm<br>5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup><br>257.10 | 101 Md<br>5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup><br>258.10 | 102 No<br>5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup><br>259.10 | 103 Lr<br>5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup><br>260.11 |
|------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

原子序数  
元素符号 (红色的为放射性元素)  
元素名称 (注: 的人造元素)  
价层电子构型  
氧化态 (单质的氧化态为0, 未列入; 常见的为红色)  
以 <sup>12</sup>C=12 为基准的相对原子质量 (注: 的是半衰期最长同位素的相对原子质量)

s区元素  
p区元素  
d区元素  
f区元素  
稀有气体

# 前 言

本书于 2002 年出版后多次重印, 2006 年被批准为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

在面向 21 世纪的教学改革研究和实践中, 我们依据教育部《关于以就业为导向、深化高等职业教育改革的若干意见》文件精神, 根据高职教育的特点, 不断思考和总结, 广泛收集读者和师生的意见。在第二版教材修订中, 进一步贯彻基础理论部分以“必需、够用”为度的原则, 在保留第一版教材特色的基础上, 突出基本知识、基本理论、基本技能以应用为目的的思想。本次教材的修订, 体现了化工类专业培养方案中对课程的科学、人文素质要求, 体现了新内容与传统的经典内容之间的联系, 着力体现高等职业技术教育培养技术应用性人才的特点。

修订后的教材删减了某些偏深的、陈旧的、应用性较差的、与中学化学课程重复的内容等。元素部分完善了化学元素关联图, 使之更加系统化、完整化, 便于教学。融入了绿色化学的一些新知识、新的科技成果, 使教材能够体现科学前沿的内容。更新了部分阅读材料, 使化学与社会、生活和生产的联系更加紧密。教材中的习题也作了适当的精简。书中加“\*”内容为选学内容, 用于拓宽学生视野。

鉴于高职院校独立开设实验技术课程的情况, 本书在修订中, 删去了第一版中第十五章的实验部分, 其中涉及到的性质实验可通过课堂演示实验解决。

参加本书第二版修改工作的有张跃东(第一章、第二章、第三章)、马超(第四章、第五章、第六章)、胡伟光(第七章、第八章、第九章)、张桂珍(第十章至第十四章)。全书由王宝仁主审。

为了便于学习, 本书还配有《无机化学学习指导》一书, 该书例题典型, 解题思路清晰, 对学生的学习具有很强的指导作用。书中习题配有答案。

在此, 对多年来一直使用本教材的广大师生表示感谢, 并希望继续关注此书的第二版, 在使用中多提建议和意见, 共同为高职教育的发展做出贡献。

限于编者水平, 书中可能有不妥之处, 欢迎读者指正。

编者

2007 年 3 月

# 第一版前言

本教材是遵照全国高职化工类教材的要求,根据高职教育培养技术应用性人才的目标,并结合当前教学实际编写的。教材着重体现下列几点。

1. 教材在内容的选择上,本着理论知识适度、后续课程够用的原则,着眼于理论知识与生产、生活的密切结合,力求反映近代无机化学在材料、能源、环保、生命、化工和冶金等方面的应用。此外,也注意到各部分内容与高中化学的衔接。

2. 在无机化学的平衡体系中,融入了定量化学分析中的酸碱滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、氧化还原滴定法的内容,建立了新的课程体系,旨在使知识衔接更为紧密。突出应用的针对性,并为化学实验技术课程奠定理论基础。

3. 对元素化学部分,从“关联图”入手,构建知识框架,从而展开对物质性质、制备及应用的讨论,使得元素各物质间相互转化更明显,同时,删减了某些非重要元素和化合物的内容。此外,为开阔学生视野,激发学习兴趣,围绕元素化学内容编写了有关的阅读材料。

4. 根据学生的认知能力,将部分传统的验证性实验改为探究性实验,力求反映对学生探究性学习能力的培养。

5. 本教材采用了1988年国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)建议的元素周期表体系。兼顾国内现行使用的元素周期表,在新的分族号上,用括号注明原族号。

6. 认真贯彻使用1984年2月27日国务院发布的《中华人民共和国法定计量单位》及GB 3100~3102—1993《量和单位》规定的符号和单位。

本书第一、三、四、五、九章由胡伟光(辽宁石化职业技术学院)编写,第二、六、七、八、十五章(实验部分)由周晓莉(郑州中州大学)编写,第十、十一、十二、十三、十四章由张桂珍(天津职业大学)编写。全书由胡伟光统稿,赵文廉(兰州石化职业技术学院)主审。

本书的编写得到了化学工业出版社和全国高职化工教学指导委员会领导的支持和同行的帮助,在此谨向他们表示感谢。

高职教育正处于发展阶段,教材在体现高职教育的特色上,我们虽做了一些尝试和努力,但此项改革毕竟是一项较为复杂的工作。限于编者的水平,不妥之处在所难免,恳请专家以及使用本书的师生提出宝贵意见。

编者

2002年1月



# 目 录

本书常用符号的意义和单位 章三第

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 本书常用符号的意义和单位 .....           | 1  |
| <b>第一章 物质的聚集状态</b> .....     | 3  |
| 第一节 基本概念 .....               | 3  |
| 一、系统、环境 .....                | 3  |
| 二、相 .....                    | 3  |
| 第二节 物质的聚集状态 .....            | 4  |
| 一、气体 .....                   | 4  |
| 二、液体 .....                   | 7  |
| * 三、等离子体 .....               | 8  |
| 第三节 化学反应中的能量关系 .....         | 9  |
| 一、化学反应热效应 .....              | 9  |
| 二、热化学方程式 .....               | 9  |
| 三、盖斯定律 .....                 | 10 |
| 四、标准摩尔生成焓 .....              | 11 |
| 阅读材料 环境保护与绿色化学 .....         | 12 |
| 本章小结 .....                   | 13 |
| 思考题 .....                    | 14 |
| 习题 .....                     | 15 |
| <b>第二章 化学反应速率和化学平衡</b> ..... | 16 |
| 第一节 化学反应速率的表示方法 .....        | 16 |
| 第二节 反应速率理论 .....             | 17 |
| 一、碰撞理论 .....                 | 17 |
| 二、过渡状态理论 .....               | 18 |
| 第三节 影响化学反应速率的因素 .....        | 19 |
| 一、浓度对化学反应速率的影响 .....         | 19 |
| 二、温度对化学反应速率的影响 .....         | 21 |
| 三、催化剂对化学反应速率的影响 .....        | 21 |
| 四、影响多相反应速率的因素 .....          | 22 |
| 第四节 化学平衡 .....               | 22 |
| 一、平衡的建立 .....                | 22 |
| 二、平衡常数 .....                 | 23 |
| 三、平衡计算 .....                 | 26 |
| 第五节 化学平衡的移动 .....            | 27 |
| 一、浓度对化学平衡的影响 .....           | 28 |
| 二、压力对化学平衡的影响 .....           | 28 |
| 三、温度对化学平衡的影响 .....           | 29 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 四、催化剂与化学平衡 .....              | 29 |
| 五、化学反应速率和化学平衡的综合应用 .....      | 30 |
| 本章小结 .....                    | 30 |
| 思考题 .....                     | 31 |
| 习题 .....                      | 32 |
| <b>第三章 酸碱平衡和酸碱滴定法</b> .....   | 35 |
| 第一节 酸碱理论 .....                | 35 |
| 一、酸碱电离理论 .....                | 35 |
| 二、酸碱质子理论 .....                | 36 |
| 第二节 水的离解和溶液的 pH .....         | 39 |
| 一、水的离解平衡与水的离子积 .....          | 39 |
| 二、溶液的酸碱性与 pH .....            | 40 |
| 第三节 酸碱平衡中有关浓度的计算 .....        | 41 |
| 一、酸的浓度和酸度 .....               | 41 |
| 二、酸碱强弱和酸碱离解常数 .....           | 42 |
| 三、弱酸和弱碱的离解平衡计算 .....          | 43 |
| 第四节 酸碱缓冲溶液 .....              | 47 |
| 一、酸碱平衡的移动——同离子效应 .....        | 47 |
| 二、缓冲溶液 .....                  | 48 |
| 第五节 滴定分析法概述 .....             | 51 |
| 一、基本概念 .....                  | 51 |
| 二、标准溶液和基准物质 .....             | 52 |
| 三、滴定分析中的计算 .....              | 53 |
| 第六节 酸碱滴定法 .....               | 57 |
| 一、酸碱指示剂 .....                 | 57 |
| 二、酸碱滴定曲线及指示剂的选择 .....         | 60 |
| 三、酸碱滴定法的应用 .....              | 65 |
| 本章小结 .....                    | 68 |
| 思考题 .....                     | 71 |
| 习题 .....                      | 72 |
| <b>第四章 沉淀溶解平衡和沉淀滴定法</b> ..... | 73 |
| 第一节 沉淀溶解平衡 .....              | 73 |
| 一、溶度积常数 .....                 | 73 |
| 二、溶度积与溶解度的相互换算 .....          | 74 |
| 第二节 溶度积规则及其应用 .....           | 75 |
| 一、溶度积规则 .....                 | 75 |
| 二、溶度积规则的应用 .....              | 75 |
| 三、分步沉淀和沉淀的转化 .....            | 78 |
| 第三节 沉淀滴定法 .....               | 80 |
| 一、莫尔法 .....                   | 80 |
| 二、福尔哈德法 .....                 | 82 |
| 三、法扬司法 .....                  | 83 |



|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 本章小结 .....                      | 84  |
| 思考题 .....                       | 85  |
| 习题 .....                        | 85  |
| <b>第五章 氧化还原平衡和氧化还原滴定法</b> ..... | 87  |
| 第一节 氧化还原反应的基本概念 .....           | 87  |
| 一、元素的氧化数 .....                  | 87  |
| 二、氧化剂和还原剂 .....                 | 88  |
| 第二节 氧化还原反应方程式的配平 .....          | 89  |
| 一、氧化数法 .....                    | 89  |
| 二、离子-电子法 .....                  | 90  |
| 第三节 原电池和电极电势 .....              | 91  |
| 一、原电池的组成 .....                  | 91  |
| 二、原电池的表示方法 .....                | 92  |
| 三、电极电势 .....                    | 93  |
| 四、影响电极电势的因素 .....               | 95  |
| 第四节 电极电势的应用 .....               | 96  |
| 一、判断氧化剂和还原剂的相对强弱 .....          | 97  |
| 二、判断氧化还原反应进行的方向 .....           | 97  |
| 三、判断氧化还原反应进行的程度 .....           | 98  |
| 四、元素电势图及其应用 .....               | 99  |
| 第五节 氧化还原滴定法 .....               | 100 |
| 一、条件电极电势 .....                  | 101 |
| 二、氧化还原指示剂 .....                 | 102 |
| 三、高锰酸钾法 .....                   | 102 |
| 四、重铬酸钾法 .....                   | 105 |
| 五、碘量法 .....                     | 106 |
| 阅读材料 关于废旧电池 .....               | 109 |
| 本章小结 .....                      | 110 |
| 思考题 .....                       | 112 |
| 习题 .....                        | 113 |
| <b>第六章 原子结构</b> .....           | 115 |
| 第一节 原子的玻尔模型 .....               | 115 |
| 一、氢原子光谱 .....                   | 115 |
| 二、量子论 .....                     | 116 |
| 三、玻尔模型 .....                    | 116 |
| 第二节 核外电子运动状态的近代描述 .....         | 117 |
| 一、核外电子的运动特征 .....               | 117 |
| 二、波函数与原子轨道 .....                | 118 |
| 三、几率密度与电子云 .....                | 119 |
| 四、四个量子数 .....                   | 120 |
| 第三节 原子中核外电子的分布 .....            | 124 |
| 一、基态原子中电子的分布原则 .....            | 124 |

|                  |            |
|------------------|------------|
| 二、多电子原子体系轨道的能级   | 124        |
| 三、基态原子中核外电子的分布   | 127        |
| 四、核外电子分布与元素周期系   | 127        |
| 第四节 元素基本性质的周期性变化 | 132        |
| 一、有效核电荷数         | 133        |
| 二、原子半径的周期性变化     | 133        |
| 三、电离能            | 134        |
| 四、元素的电负性         | 137        |
| 阅读材料 化学家鲍林       | 137        |
| 本章小结             | 138        |
| 思考题              | 140        |
| 习题               | 140        |
| <b>第七章 分子结构</b>  | <b>143</b> |
| 第一节 离子键          | 143        |
| 一、离子键的形成         | 143        |
| 二、离子键的特点         | 144        |
| 三、离子的特征          | 145        |
| 四、晶格能            | 147        |
| 第二节 价键理论         | 147        |
| 一、共价键的形成         | 148        |
| 二、共价键的特点         | 148        |
| 三、共价键的类型         | 149        |
| 四、键参数            | 151        |
| 第三节 杂化轨道理论       | 152        |
| 一、杂化与杂化轨道        | 152        |
| 二、杂化轨道的成键能力      | 152        |
| 三、杂化轨道的数目及类型     | 152        |
| 四、杂化方式与分子的空间构型   | 154        |
| 第四节 分子间作用力       | 155        |
| 一、分子的极性及可极化性     | 155        |
| 二、分子间力           | 158        |
| 三、氢键             | 159        |
| 阅读材料 离域 $\pi$ 键  | 160        |
| 本章小结             | 162        |
| 思考题              | 163        |
| 习题               | 164        |
| <b>第八章 晶体结构</b>  | <b>166</b> |
| 第一节 晶体的基本概念      | 166        |
| 一、晶体与非晶体         | 166        |
| 二、晶体的内部结构        | 167        |
| 第二节 离子晶体         | 167        |
| 一、离子晶体的特征        | 167        |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 二、常见的离子晶体结构           | 168 |
| 第三节 原子晶体和分子晶体         | 169 |
| 一、原子晶体                | 169 |
| 二、分子晶体                | 169 |
| 第四节 金属键及金属晶体          | 170 |
| 一、金属键                 | 170 |
| 二、金属晶体的性质             | 170 |
| 第五节 混合型晶体             | 171 |
| 第六节 离子极化              | 172 |
| 一、离子极化作用和变形性          | 172 |
| 二、离子极化对化合物性质的影响       | 173 |
| 阅读材料 碳的第三种同素异形体——富勒烯  | 173 |
| 本章小结                  | 175 |
| 思考题                   | 176 |
| 习题                    | 176 |
| <b>第九章 配位平衡和配位滴定法</b> | 178 |
| 第一节 配合物的组成和命名         | 178 |
| 一、配合物的定义              | 178 |
| 二、配合物的组成              | 178 |
| 三、配合物的命名              | 180 |
| 四、螯合物                 | 180 |
| 第二节 配合物的价键理论          | 181 |
| 一、中心离子价轨道的杂化          | 181 |
| 二、配离子的空间构型            | 182 |
| 第三节 配合物在水溶液中的离解平衡     | 184 |
| 一、配合物的稳定常数            | 184 |
| 二、配位平衡的移动             | 185 |
| 第四节 EDTA 及其配合物的特点     | 187 |
| 一、乙二胺四乙酸的离解平衡         | 188 |
| 二、EDTA 与金属离子的配位特点     | 188 |
| 第五节 影响配位平衡的主要因素       | 189 |
| 一、酸效应和酸效应系数           | 190 |
| 二、配位效应和配位效应系数         | 191 |
| 三、条件稳定常数              | 191 |
| 第六节 配位滴定的基本原理         | 192 |
| 一、配位滴定曲线              | 192 |
| 二、影响滴定突跃的因素           | 194 |
| 三、配位滴定的最高允许酸度         | 194 |
| 第七节 金属指示剂             | 196 |
| 一、金属指示剂的作用原理          | 196 |
| 二、常用金属指示剂             | 197 |
| 第八节 提高配位滴定选择性的方法      | 198 |



|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、混合离子准确滴定的条件    | 198 |
| 二、消除干扰的主要途径      | 198 |
| 第九节 配位滴定方式及应用    | 200 |
| 一、直接滴定法          | 200 |
| 二、返滴定法           | 202 |
| 三、置换滴定法          | 202 |
| 四、间接滴定法          | 203 |
| 第十节 配位化合物的一些应用   | 203 |
| 一、在生物、医药方面的应用    | 203 |
| 二、在电镀工业方面的应用     | 203 |
| 三、在贵金属湿法冶金方面的应用  | 204 |
| 本章小结             | 204 |
| 思考题              | 205 |
| 习题               | 206 |
| 第十章 p 区元素 (一)    | 208 |
| 第一节 p 区元素概述      | 208 |
| 第二节 卤素           | 208 |
| 一、卤素单质           | 209 |
| 二、卤化氢与氢卤酸        | 211 |
| 三、卤化物            | 212 |
| 四、氯的含氧酸及其盐       | 213 |
| 第三节 氧族元素         | 217 |
| 一、氧、臭氧、过氧化氢      | 217 |
| 二、硫的重要化合物        | 220 |
| 阅读材料 神奇的量子水      | 227 |
| 本章小结             | 229 |
| 思考题              | 230 |
| 习题               | 231 |
| 第十一章 p 区元素 (二)   | 233 |
| 第一节 氮族元素         | 233 |
| 一、氮及其重要的化合物      | 233 |
| 二、磷的重要化合物        | 239 |
| 三、砷、锑、铋的重要化合物    | 241 |
| 第二节 碳族元素         | 243 |
| 一、碳的重要化合物        | 243 |
| 二、硅的重要化合物        | 245 |
| 三、锡、铅的重要化合物      | 247 |
| 第三节 硼族元素         | 249 |
| 一、硼的重要化合物        | 250 |
| 二、铝的重要化合物        | 250 |
| 阅读材料 超临界流体技术及其应用 | 251 |
| 本章小结             | 252 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 思考题                        | 253 |
| 习题                         | 254 |
| <b>第十二章 s 区元素</b>          | 257 |
| 第一节 氧化物                    | 258 |
| 一、正常氧化物                    | 258 |
| 二、过氧化物                     | 259 |
| 三、超氧化物                     | 259 |
| 第二节 氢氧化物                   | 260 |
| 第三节 重要的盐类                  | 260 |
| 一、晶体类型                     | 260 |
| 二、热稳定性                     | 260 |
| 三、溶解性                      | 261 |
| 阅读材料 “长眼睛”的金属——铯和铷         | 261 |
| 本章小结                       | 262 |
| 思考题                        | 262 |
| 习题                         | 262 |
| <b>第十三章 过渡元素 (一) d 区元素</b> | 264 |
| 第一节 过渡元素的通性                | 264 |
| 一、原子的电子层结构和原子半径            | 264 |
| 二、氧化数                      | 266 |
| 三、单质的物理性质                  | 266 |
| 四、金属的活泼性                   | 266 |
| 五、水合离子的颜色                  | 266 |
| 六、配位性                      | 266 |
| 七、磁性及催化性                   | 267 |
| 第二节 铬的重要化合物                | 267 |
| 一、铬化合物关联图                  | 267 |
| 二、铬的元素电势图                  | 267 |
| 三、铬(III)化合物                | 267 |
| 四、铬(VI)化合物                 | 268 |
| 五、含铬废水的处理                  | 269 |
| 第三节 锰的重要化合物                | 269 |
| 一、锰化合物关联图                  | 269 |
| 二、锰的元素电势图                  | 270 |
| 三、锰(II)化合物                 | 270 |
| 四、锰(IV)化合物                 | 271 |
| 五、锰(VI)化合物                 | 271 |
| 六、锰(VII)化合物                | 271 |
| 第四节 铁、钴、镍的重要化合物            | 272 |
| 一、铁、钴、镍化合物关联图              | 272 |
| 二、铁、钴、镍的氢氧化物               | 272 |
| 三、铁、钴、镍的盐                  | 273 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 四、铁、钴、镍的配合物                 | 274 |
| 阅读材料 绿色多功能材料高铁酸盐的性质与应用      | 276 |
| 本章小结                        | 277 |
| 思考题                         | 278 |
| 习题                          | 279 |
| <b>第十四章 过渡元素 (二) ds 区元素</b> | 281 |
| 第一节 ds 区元素的通性               | 281 |
| 第二节 铜族元素的重要化合物              | 281 |
| 一、铜的化合物                     | 282 |
| 二、银的化合物                     | 284 |
| 第三节 锌族元素的重要化合物              | 286 |
| 一、锌和镉的化合物                   | 286 |
| 二、汞的化合物                     | 287 |
| 三、含镉及含汞废水的处理                | 290 |
| 阅读材料 微量元素与人体健康              | 291 |
| 本章小结                        | 293 |
| 思考题                         | 293 |
| 习题                          | 294 |
| <b>附录</b>                   | 296 |
| 表 1 酸、碱的离解常数                | 296 |
| 表 2 溶度积常数 (298.15K)         | 297 |
| 表 3 标准电极电势 (298.15K)        | 298 |
| 表 4 一些物质的摩尔质量               | 301 |
| 表 5 某些物质的商品名或俗名             | 304 |
| 表 6 一些物质的标准摩尔生成焓 (298.15K)  | 306 |
| <b>参考文献</b>                 | 311 |

## 本书常用符号的意义和单位

| 符 号                       | 意 义                               | 单 位                                                                                                                               |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p$                       | 压力                                | Pa                                                                                                                                |
| $V$                       | 体积                                | $\text{m}^3, \text{L}$                                                                                                            |
| $n_B$                     | 物质 B 的物质的量                        | mol                                                                                                                               |
| $R$                       | 摩尔气体常数                            | $R=8.314\text{Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$<br>$8.314\times 10^3\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ |
| $T$                       | 热力学温度                             | K                                                                                                                                 |
| $M$                       | 摩尔质量                              | $\text{g/mol}$                                                                                                                    |
| $p_B$                     | 物质 B 的气体在混合气中的分压                  | Pa                                                                                                                                |
| $p_{\text{总}}$            | 系统的总压力                            | Pa                                                                                                                                |
| $x_B$                     | 物质 B 的摩尔分数                        | 无量纲                                                                                                                               |
| $w_B$                     | 物质 B 的质量分数                        | 无量纲                                                                                                                               |
| $V_B$                     | 混合气体中气体 B 的分体积                    | L                                                                                                                                 |
| $V_{\text{总}}$            | 混合气体的总体积                          | L                                                                                                                                 |
| $c_B$                     | 物质 B 的物质的量浓度                      | $\text{mol/L}$                                                                                                                    |
| $c^{\ominus}$             | 溶液标准浓度                            | $1\text{mol/L}$                                                                                                                   |
| $Q$                       | 反应热                               | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $Q_V$                     | 恒容反应热                             | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $Q_p$                     | 恒压反应热                             | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $\Delta_r H_m^{\ominus}$  | 标准摩尔反应焓变                          | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $\Delta_f H_m^{\ominus}$  | 标准摩尔生成焓                           | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $v$                       | 恒容反应速率                            | $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$                                                                                              |
| $t$                       | 时间                                | s, min, h                                                                                                                         |
| $\nu_B$                   | 物质 B 的化学计量系数                      |                                                                                                                                   |
| $E_a$                     | 活化能                               | $\text{kJ/mol}$                                                                                                                   |
| $k$                       | 反应速率常数                            | 单位视反应速率表达式而定                                                                                                                      |
| $A$                       | 指前因子或频率因子                         |                                                                                                                                   |
| $K$                       | 实验平衡常数或经验平衡常数                     | 视其表达式而定                                                                                                                           |
| $K_c$                     | 浓度平衡常数                            | 视其表达式而定                                                                                                                           |
| $K_p$                     | 压力平衡常数                            | 视其表达式而定                                                                                                                           |
| $K^{\ominus}$             | (热力学)平衡常数或标准平衡常数                  | 无量纲                                                                                                                               |
| $Q_c$                     | 反应浓度商                             | 视其表达式而定                                                                                                                           |
| $Q_p$                     | 反应压力商                             | 视其表达式而定                                                                                                                           |
| $K_w^{\ominus}$           | 水的离子积                             | 无量纲                                                                                                                               |
| pH                        | $\text{pH}=-\lg c'(\text{H}^+)$   | 无量纲                                                                                                                               |
| pOH                       | $\text{pOH}=-\lg c'(\text{OH}^-)$ | 无量纲                                                                                                                               |
| $a$                       | 离子的活度                             | $\text{mol/L}$                                                                                                                    |
| $\gamma$                  | 离子活度系数                            | 无量纲                                                                                                                               |
| $K_a^{\ominus}$           | 酸的离解(平衡)常数                        | 无量纲                                                                                                                               |
| $K_b^{\ominus}$           | 碱的离解(平衡)常数                        | 无量纲                                                                                                                               |
| $\alpha$                  | 离解度                               | 无量纲                                                                                                                               |
| $K_{\text{sp}}^{\ominus}$ | 溶度积(常数)                           | 无量纲                                                                                                                               |
| $Q_i$                     | 离子积                               | 无量纲                                                                                                                               |
| $S$                       | 溶解度                               | $\text{mol/L}$                                                                                                                    |
| $E$                       | 能量                                | J, eV                                                                                                                             |



续表

| 符 号                 | 意 义          | 单 位                                                  |
|---------------------|--------------|------------------------------------------------------|
| $E$                 | 电池电动势        | V                                                    |
| $\varphi$           | 电极电势         | V                                                    |
| $\varphi^\ominus$   | 标准电极电势       | V                                                    |
| $\varphi_a^\ominus$ | 酸性介质中的标准电极电势 | V                                                    |
| $\varphi_b^\ominus$ | 碱性介质中的标准电极电势 | V                                                    |
| $\nu$               | 频率           | $s^{-1}$                                             |
| $h$                 | 普朗克常数        | $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ |
| $r$                 | 原子(离子)半径     | pm                                                   |
| $P$                 | 电子的角动量       |                                                      |
| $\Psi$              | 波函数          |                                                      |
| $n$                 | 主量子数         |                                                      |
| $l$                 | 角量子数         |                                                      |
| $m$                 | 磁量子数         |                                                      |
| $m_s$               | 自旋量子数        |                                                      |
| $Z^*$               | 有效核电荷数       |                                                      |
| $I$                 | 电离能          | kJ/mol                                               |
| $l$                 | 键长           | pm                                                   |
| $E$                 | 键能           | kJ/mol                                               |
| $\mu$               | 偶极矩          | $10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$                  |
| $q$                 | 电荷           |                                                      |
| $U$                 | 晶格能          | kJ/mol                                               |

# 第一章 物质的聚集状态

## 学习目标

1. 了解系统、环境和相的概念。
2. 掌握理想气体状态方程式、气体分压定律及应用。
3. 明确液体的蒸气压、液体沸点的含义及应用。
4. 掌握盖斯定律及应用。
5. 正确书写热化学方程式，明确其含义。

## 第一节 基本概念

化学反应中常常伴随着能量的变化，为了能定量地讨论化学反应的能量转化规律，首先需明确几个常用术语。

### 一、系统、环境

化学上，为了研究问题的方便，常把研究的对象从周围环境中划分出来，这部分被划分出来的物质就称为系统 (system)。即系统就是所研究的对象。系统以外的部分统称为环境 (surrounding)。例如，研究试管中化学物质在水溶液中的反应，则水溶液就是系统，试管和试管以外的其余部分就是环境。实际上，系统和环境是根据研究问题的需要而人为划分的。它在热力学的问题研究中，显得特别重要，甚至会影响到问题的研究方法。例如，在含有  $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  和  $\text{N}_2$  的混合气中，如把  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  当作研究对象，则  $\text{N}_2$  就属于环境中的一部分。又如，研究在某一管道中流动液体所进行的反应时，可以想象在管道中任选两个截面，一方流进，另一方流出，则包含在两个截面中的液体就是系统，其余的部分就是环境。系统和环境之间应该由器壁或想象的界面隔开。

系统和环境之间可以交换物质和能量，根据它们的交换情况，可将系统分为三种类型。

- (1) 封闭系统 (closed system) 与环境有能量传递而无物质传递的系统。
- (2) 敞开系统 (open system) 与环境既有能量传递又有物质传递的系统。
- (3) 隔离系统 (isolated system) 与环境既无能量传递又无物质传递的系统，又称为孤立系统。

在热力学研究中，确定系统和环境并且明确系统的类型是十分重要的，这些具体内容将在物理化学课程中深入学习。

### 二、相

根据系统中物质的形态和分布的不同，又将系统分为不同的相。将系统中任何具有相同物理性质和相同化学性质的均匀部分称为相。相与相之间存在明显的界面。一个系统中的气体，无论它含有多少种成分，只构成一个相，液体视其互溶程度可以是一相、两相或更多的相。一个系统中均匀的液体是一个相。例如，氢氧化钠水溶液是一个相，蔗糖水溶液也是一个相。油和水是两种互不相溶的物质，放在一起时则形成两个相，两者之间存在着界面，且