

普通高等教育“十三五”规划教材

普通化学

杨娟 李横江 曾小华 主编



化学工业出版社

PUTONG HUAXUE

普通高等教育“十三五”规划教材

普通化学

杨娟 李横江 曾小华 主编

郭怡楠 杨晓曦 黄培 副主编



化学工业出版社

·北京·

本书为应用型本科通用教材,旨在为化工、生物、食品、材料、环境、药学、轻工、给排水、土木、机械电子工程、先进制造及工业机器人等工科专业提供大学基础化学教材,在介绍化学反应原理、溶液的性质、化学平衡及其应用、物质结构、化学反应速率等内容的基础上进行扩展,增加了常见物质的分析和化学在环境工程、给排水工程、生物工程、土木工程等领域中的应用,与相关专业的结合更利于工科学生对化学的理解。

本书可作为高等学校理工科各专业师生的教材,也可供相关专业的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/杨娟,李横江,曾小华主编. —北京:化学工业出版社,2017.7

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29562-0

I. ①普… II. ①杨…②李…③曾… III. ①普通化学-高等学校-教材 IV. ①06

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第088858号

责任编辑:满悦芝 甘九林

文字编辑:荣世芳

责任校对:宋夏

装帧设计:关飞

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:三河市延风印装有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 $\frac{1}{2}$ 字数426千字 2017年9月北京第1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:48.00元

版权所有 违者必究

《普通化学》编写人员名单

主 编	杨 娟	李横江	曾小华			
副主编	郭怡楠	杨晓曦	黄 培			
编 者	杨 娟	李横江	曾小华	杨晓曦	郭怡楠	黄 培
	马俊凯	王红梅	张 帆	周咪儿	张崎峰	安 李
	付卫敏	范 航	夏 亮	徐 盼	胡嘉欣	陈丝丝
	刘 颖	余 肖	杨子月	肖 倩	宋慧茹	鲁振如
	郑 伟	胡 莹	刘桂敏	杜文博	王雅莉	刘 畅
	张浩然	陈秋丽	周益舟	赵景瑞	滕秋月	谭晓林
	张思维	吕 佳	李 焕	凌 海	舒鹏飞	刘晨凯
	陈 杰	张光召	冀金龙	谢晶晶	刘慧玲	

前言

我国《关于地方本科高校转型发展的指导意见》中指出：“试点高校要制定符合应用型人才成长特点的培养方案，全面推进学分制和模块化教学，为不同来源的学生制定多样化人才培养方案。”对于转型期的工程技术型大学，各类教学改革势在必行。加快地方高校转型发展进程，推动高等教育结构性改革，要转变人才培养模式，培养应用型技术技能人才；转变教育发展理念，增强学生就业创业能力。

普通化学作为大学基础课程之一，自1952年开设该课程以来经历了多次变革，目前普通化学作为各院校非化学类专业开展的基础化学类课程，适用于土木工程、工程管理、给排水工程、环境工程、生物工程、食品工程、自动化等工科专业。国家普通化学大纲规范的制订对普通化学理论有了一个良好的指导，但是对于不同专业的特殊要求很难兼顾，同时缺乏实验部分大纲的统一和完善，普通化学课时短、实验课时不足的矛盾一直没有得到解决。

目前工程技术研究和工作的离不开各种基础的化学知识，随着环保材料在土木建筑、城市给水排水及环境治理等城市建设中的大量应用，生物制药及各种生物发酵制品的普及和应用，化学课程对工科专业来说更起到了举足轻重的作用。为解决本科生在经过第一年的基础课学习后，对所学专业依然概念模糊，没有方向感的问题，编者对本书内容进行适合工程类专业的普通化学教材的改革，增加了各工科专业对化学知识的应用实例，对培养造就创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，具有十分重要的示范和引导作用。

本书由武昌首义学院和湖北医药学院联合编写，其中第1章、第2章、第8章、第9章和部分附录由湖北医药学院曾小华老师及所在院校老师马俊凯、王红梅编写；第3章、第4章、第5章、第11章部分章节、第12章部分章节由武昌首义学院李横江老师、黄培老师及部分编委编写；第6章、第7章、第10章、第11章部分章节、第12章部分章节、第14章和部分附录由武昌首义学院杨娟老师、黄培老师及部分编委编写，第11章部分章节、第12章部分章节、第13章由武昌首义学院杨晓曦老师、郭怡楠老师及部分编委编写。最终稿件由武昌首义学院杨娟老师进行整理编合，在此，编者特对全体编委表示由衷的感谢！

本教材为教研课题“应用技术型本科院校基础化学课程教学改革与实践（以《普通化

学》为例) ”、“做实“3+1”培养模式，促进校企深度融合——以生物工程专业为例”、“环境工程综合改革试点专业”提供了支撑；同时科研课题“废旧动力电池正极活性成分湿法浸出与高温固相法再生技术研究”、“秸秆和玉米芯低分子量降解产物制备水泥缓凝剂研究”也为本教材提供了支持。

由于时间和水平有限，疏漏之处在所难免，欢迎广大读者多提宝贵意见。

编者
2017年7月

目录

第 1 章 热化学与新能源 / 1

1.1 热力学系统和状态函数	1
1.1.1 系统、环境、过程	1
1.1.2 状态函数	3
1.1.3 热和功	3
1.2 能量守恒和化学反应热	5
1.2.1 内能和热力学第一定律	5
1.2.2 系统的焓和等压反应热	7
1.2.3 热化学反应方程式	8
1.2.4 Hess 定律和反应热的计算	9
阅读资料 能源的合理利用	12
习题	18

第 2 章 化学反应的基本原理 / 20

2.1 化学反应的方向和推动力	20
2.1.1 自发过程及其特征	20
2.1.2 自发的化学反应的推动力	21
2.2 熵与混乱度	21
2.2.1 熵与混乱度	21
2.2.2 熵增原理	22
2.3 系统的 Gibbs 自由能	23
2.3.1 用 Gibbs 自由能判断化学反应方向	23
2.3.2 Gibbs 自由能变的计算	24
2.3.3 非标准状态下 Gibbs 自由能变的计算	25
2.4 化学反应的限度和标准平衡常数	26
2.4.1 化学反应的限度与标准平衡常数概述	26
2.4.2 用标准平衡常数判断自发反应的方向	27
2.4.3 多重平衡	27
2.4.4 化学平衡的移动	27
阅读资料 环境化学和绿色化学	29
习题	31

第 3 章 水溶液化学 / 33

3.1 分散系	33
3.2 溶液的通性	33
3.2.1 溶液的依数性	34
3.2.2 电解质溶液的通性	37
3.3 胶体	39
3.3.1 胶体的表面吸附	39
3.3.2 胶团的性质	39
3.3.3 溶胶的结构	40
3.3.4 溶胶的聚沉	41
3.4 表面活性剂	41
3.4.1 表面活性剂的结构	41
3.4.2 表面活性剂的应用	42
阅读资料 水泥缓凝剂、速凝剂简介	44
习题	48

第 4 章 酸碱平衡与酸碱滴定 / 49

4.1 电解质溶液	49
4.2 酸碱理论	50
4.2.1 酸碱质子理论	50
4.2.2 酸碱的相对强弱	51
4.3 溶液酸度的计算	55
4.3.1 质子平衡式	55
4.3.2 一元弱酸(碱)溶液酸度的计算	55
4.3.3 多元弱酸(碱)溶液酸度的计算	57
4.3.4 酸碱平衡的移动	57
4.4 缓冲溶液	58
4.4.1 缓冲作用原理	59
4.4.2 缓冲溶液 pH 的计算	59
4.4.3 缓冲容量	60
4.4.4 重要缓冲溶液	60
4.5 溶液酸碱性和应用	61
4.5.1 溶液酸度的测试	61
4.5.2 缓冲溶液的应用和选择	64
习题	64

第 5 章 沉淀溶解平衡 / 67

5.1 溶度积	67
5.1.1 溶度积常数	67

5.1.2	溶度积和溶解度的相互换算	68
5.1.3	溶度积原理	68
5.2	沉淀溶解平衡的移动	69
5.2.1	影响难溶电解质溶解度的因素	69
5.2.2	沉淀的溶解	70
5.3	多种沉淀之间的平衡	72
5.3.1	分步沉淀	72
5.3.2	沉淀的转化	74
阅读资料	水污染及其危害	74
习题		77

第6章 配位化合物 / 79

6.1	配位化合物的组成	79
6.2	配位化合物的命名	80
6.3	配位化合物的结构	81
6.3.1	配合物的空间构型	81
6.3.2	配合物的异构现象	82
6.4	配位化合物的价键理论	84
6.4.1	配位原子的孤对电子	84
6.4.2	中心离子的空轨道	84
6.5	配位化合物的热力学稳定性和配位平衡	86
6.6	配位化合物的应用	88
习题		90

第7章 电化学与氧化还原平衡 / 91

7.1	氧化还原反应的基本概念	91
7.1.1	氧化值	91
7.1.2	氧化与还原	92
7.2	电极电势	92
7.2.1	原电池	92
7.2.2	电极电势简介	93
7.2.3	标准电极电势	94
7.2.4	能斯特方程式	95
7.2.5	影响电极电势的因素	95
7.3	电极电势的应用	96
7.3.1	计算原电池的电动势	96
7.3.2	判断氧化还原反应进行的方向	97
7.3.3	确定氧化还原反应的平衡常数	98
7.3.4	计算 K_{sp} 或溶液的 pH	99
阅读资料一	电化学腐蚀在桥梁修建工程中的作用	100

阅读资料二 电化学处理工业废水的技术	101
习题	101

第 8 章 现代价键理论和分子间作用力 / 103

8.1 现代价键理论	104
8.1.1 价键理论概述	104
8.1.2 杂化轨道理论	108
8.1.3 分子轨道理论	112
8.2 分子间作用力	113
8.2.1 分子的极性和分子的极化	113
8.2.2 分子间作用力	114
8.2.3 氢键	115
习题	117

第 9 章 化学反应速率 / 118

9.1 化学反应速率的表示方法	118
9.1.1 反应进度	118
9.1.2 化学反应速率概述	119
9.1.3 化学反应的平均速率	120
9.1.4 化学反应的瞬时速率	120
9.2 反应机理和元反应	121
9.2.1 简单反应与复合反应	121
9.2.2 元反应和反应分子数	121
9.2.3 质量作用定律与速率方程式	122
9.3 具有简单级数的反应及其特点	123
9.3.1 一级反应	123
9.3.2 二级反应	124
9.3.3 零级反应	125
9.4 化学反应速率理论简介	125
9.4.1 碰撞理论与活化能	126
9.4.2 过渡状态理论简介	127
9.5 温度与化学反应速率的关系	128
9.6 催化剂对化学反应速率的影响	129
9.6.1 催化剂及催化作用	129
9.6.2 生物催化剂——酶	130
阅读资料 生活中的化学	130
习题	131

第 10 章 误差及数据处理 / 134

10.1 误差的基本概念	134
10.1.1 误差	134
10.1.2 偏差	136
10.1.3 标准偏差	136
10.1.4 极差	137
10.1.5 公差	137
10.1.6 准确度与精密度的关系	138
10.2 误差的传递	139
10.2.1 系统误差的传递	140
10.2.2 随机误差的传递	140
10.2.3 极值误差	140
10.3 有效数字的表示与运算规则	141
10.3.1 有效数字	141
10.3.2 数字的修约规则	142
10.3.3 有效数字运算规则	142
10.3.4 分析结果有效数字位数的确定	143
10.4 随机误差的正态分布	143
10.4.1 频数分布	143
10.4.2 正态分布	144
10.4.3 随机误差的区间概率	145
10.5 少量数据的统计处理	147
10.5.1 t 分布曲线	147
10.5.2 平均值的置信区间	148
10.6 数据的评价——显著性检验、异常值的取舍	149
10.6.1 显著性检验	149
10.6.2 异常值的取舍	152
10.7 回归分析	154
10.7.1 一元线性回归方程	154
10.7.2 相关系数	154
10.8 提高分析结果准确度的方法	155
习题	157

第 11 章 现代分离和分析方法介绍 / 158

11.1 膜分离技术	158
11.1.1 膜分离技术的分类与基本原理	158
11.1.2 膜分离材料的分类	160
11.1.3 膜分离技术的应用	160
11.2 超声分离	162
11.2.1 超声萃取的原理	162
11.2.2 超声萃取的特点	163

11.2.3	影响因素	163
11.2.4	应用	164
11.3	固相萃取	164
11.3.1	固相萃取的原理	164
11.3.2	固相萃取 (SPE) 装置与操作步骤	165
11.3.3	固相萃取的应用	166
11.4	超临界流体萃取	167
11.4.1	基本原理	167
11.4.2	超临界流体的选择	168
11.4.3	萃取过程与装置	169
11.4.4	超临界萃取技术的应用	169
11.5	加速溶剂萃取	170
11.5.1	加速溶剂萃取的原理	170
11.5.2	加速溶剂萃取的装置与流程	170
11.5.3	萃取过程的主要影响因素与特点	171
11.5.4	应用	171
11.6	微波辅助萃取	171
11.6.1	微波辅助萃取的原理与特点	172
11.6.2	微波辅助萃取的影响因素	172
11.6.3	微波辅助萃取设备概况简介	172
11.6.4	微波辅助萃取的应用	173
11.7	紫外可见吸收光谱	173
11.7.1	方法概述	173
11.7.2	基本原理	174
11.7.3	紫外可见分光光度计	179
11.7.4	其他定量光度分析法	187
11.7.5	其他应用	188

第 12 章 复杂物质分析示例 / 192

12.1	水泥熟料的分析	192
12.1.1	概述	192
12.1.2	不同水泥熟料成分的分析	193
12.2	农药残留的分析	195
12.2.1	样品前处理技术	195
12.2.2	样品检测技术	195
12.2.3	试样分析示例	195
12.3	废水试样的分析	199
12.3.1	金属离子的分析	199
12.3.2	非金属无机污染物的分析	200
12.3.3	有机污染物的分析	200

12.3.4 痕量有机污染物的测定	201
12.4 水的净化与废水处理	201

第 13 章 化学在土木工程中的应用 / 206

13.1 桥梁的腐蚀和防护	206
13.1.1 桥梁的电化学腐蚀的原理及条件	206
13.1.2 桥梁耐久性检测的主要内容及研发的相应传感器	207
13.1.3 桥梁的腐蚀防护措施	207
13.2 市政工程中常用的保温材料	208
13.2.1 保温材料概述	208
13.2.2 保温材料主要分类	208
13.2.3 材料类型	210
13.3 工程中常用的防水层材料	211
13.3.1 材料类型	211
13.3.2 防水层材料的原理	213
13.3.3 三种防水层的比较区别	214
13.4 沥青等材料配比及原理	214
13.5 其他跟化学相关的土木工程材料及应用	217
13.5.1 化学原理在岩土工程中的应用	217
13.5.2 工程砂组成成分检测	219
13.5.3 水泥组成成分检测	219

第 14 章 实验 / 220

14.1 化学实验的目的和任务	220
14.2 大学化学实验的学习方法	220
14.3 学生实验守则	221
14.4 实验室安全规则	222
14.5 意外事故的紧急处理	222
14.6 常见仪器使用方法	223
14.6.1 试管操作	223
14.6.2 滴定管及其使用	224
14.6.3 吸管及其使用	227
14.6.4 容量瓶及其使用	228
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	229
实验二 电子天平称量练习	230
实验三 酸碱标准溶液的配制和标定	231
实验四 醋酸解离度和解离常数的测定	233
实验五 沉淀溶解平衡	235
实验六 熔点和沸点的测定	237
实验七 简单蒸馏和分馏	240

实验八 重结晶及过滤	243
实验九 氯化物的测定	245
实验十 化学需氧量的测定	247
实验十一 铁的测定	249
实验十二 氨氮的测定	251

附 录 / 254

附录 1 水的离子积常数	254
附录 2 弱电解质在水中的解离常数	254
附录 3 难溶化合物的溶度积常数 (25℃)	256
附录 4 金属配合物的稳定常数	257
附录 5 298.15K 的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成自由能和标准摩尔熵的数据	258
附录 6 一些有机化合物的标准摩尔燃烧热	260
附录 7 常见电极的标准电极电势 (298.15K)	261
附录 8 常用缓冲溶液的 pH 范围	261
附录 9 常用指示剂	262

参考文献 / 265

本章要求

1. 了解用弹式热量计测量等容热效应 (q_v) 的原理, 熟悉 (q_v) 计算方法。
2. 掌握状态函数、标准状态等概念。理解等压热效应 (q_p) 与反应焓变的关系、 q_v 与热力学能变的关系。初步掌握化学反应的标准摩尔焓变的近似计算。
3. 了解能源的概况、燃料的热值和开发新能源的可持续发展战略。

物质之间的转变和能量之间的传递是自然科学研究的主要对象。在中学化学(或科学), 我们以质量守恒定律为依据研究许多化学反应和物理变化, 从能量变化的角度研究化学反应却较少。然而在大量的生产实践和化学研究过程中常常会遇到下列问题: 物质 A 到物质 B 的过程能不能发生? 如果这两个物质之间的反应能够发生, 该反应是放热过程还是吸热过程? 同时该反应进行到什么程度在宏观上不再继续进行。这些问题都属于化学热力学的研究范畴。

案例 我们在中学熟悉的煅烧石灰石得到生石灰的反应:



为什么在常温常压下这个反应不能进行, 而加热到一定温度, 反应就能自发进行? 我们带着这个问题来学习本章热力学的内容以后就会得到答案。

热力学 (thermodynamics) 是研究各种形式的能量(如热能、电能、化学能等)转换规律的科学。它建立在热力学第一定律和热力学第二定律基础之上。这两个定律不是推导出来的, 是大量实践经验的总结。它们的正确性在于至今还没有违背热力学第一定律和第二定律的事件发生。热力学研究具有大量质点的宏观系统而不管其微观结构, 热力学也不考虑时间因素, 它只考察过程发生的可能性, 而不管其过程实际上是否发生、怎样发生及过程进行的速率。

化学热力学 (chemical thermodynamics) 是热力学原理在化学中的应用。本章主要介绍热力学的一些基本概念, 重点研究化学反应的热效应、化学反应的方向及反应的限度问题。

1.1 热力学系统和状态函数

1.1.1 系统、环境、过程

1.1.1.1 系统和环境

热力学所研究的具体对象是由大量微观粒子组成的宏观物体与空间, 而且热力学通常根

据所面对问题的需要和处理问题是否方便来划定要研究对象的范围，把这部分物质、空间与其他的物质、空间分开。这样划定的研究对象称为**系统** (system)。系统之外与系统密切相关的部分，则称为**环境** (surrounding)。

区分系统与环境的界面可以是真实的，也可以假想的；可以是静止的，也可以是运动的。根据系统与环境间的相互关系，可以对系统进行分类。

开放系统 (opening system)：系统与环境之间既有物质交换，又有能量传递。

封闭系统 (closed system)：系统与环境之间只有能量的交换而无物质的交换。本教材除特别指出外，所讨论的系统均指封闭系统。

孤立系统 (isolated system)：系统与环境之间既无物质交换也无能量交换。绝热、密闭的恒容系统即为隔离系统。应当指出，绝对的孤立系统是不存在的。为了讨论科学问题的方便，有时把与系统有关的环境部分与系统合并在一起视为孤立系统。

1. 1. 1. 2 相

系统中具有相同的物理和化学性质的均匀部分称为**相**。所谓均匀是指其分散程度达到分子或离子大小的尺度。相与相之间有明确的**界面**。

如一杯盐水，无论在何处取样，NaCl 的浓度和物理及化学性质相同，此 NaCl 水溶液就是一个相，称为液相。在溶液上面的水蒸气与空气的混合物称为气相。相的存在和物质的量的多少无关，也可以不连续存在。例如，冰不论是 1kg 还是 0.5g，是一大块还是许多小块，它们都属同一个相。

通常，任何气体均能无限混合，所以系统内不论有多少种气体都只有一个相。液相则按其互溶程度可以是一相或两相共存。例如，液态乙醇与水完全互溶，其混合液为单相系统。甲苯与水不互溶而分层，是相界面很清楚的两相系统。对于固体，如果系统中不同种固体达到了分子尺度的均匀混合，就形成了固液相。由碳元素所形成的石墨、金刚石和碳 60 互为同素异形体，分属不同的相。若按相的组成来分，系统可分为单相（均相）系统和多相（非均相）系统。在 273.16K 和 611.73Pa 时，冰、水、水蒸气三相可以平衡共存，这个温度和压力条件称为 H₂O 的“三相点”。

1. 1. 1. 3 过程与途径

系统状态发生的变化称为**过程** (process)，而完成变化过程的具体步骤或细节称为**途径** (path)。由于系统的变化过程多种多样，在热力学中为了便于讨论，常在过程二字之前加上一系列定语以表明变化过程的特点。一般常见的气体的压缩与膨胀、液体的蒸发、化学反应等热力学过程可以分为以下几类。

等温过程 (isothermal process)：系统在变化时，初终态温度相等且等于环境温度的过程。人体内的新陈代谢过程涉及的生化反应基本上是在 37℃ 下进行的，可以认为是等温过程。

等压过程 (isobar process)：初态压力、终态压力与环境压力都相同的过程。例如：在敞口的烧杯和试管中的反应都可以认为是在恒外压下的反应。

等容过程 (isochoric process)：在系统体积恒定的条件下进行的过程。

绝热过程 (adiabatic process)：系统在变化时与环境之间不存在热传递的过程。

循环过程 (cyclic process)：系统从某状态 A 出发，经过一系列变化后又回到状态 A。

这里需要说明的是，系统由始态到终态的变化过程可以通过不同的方式来完成，这些不

同的方式就称为不同的途径，如图 1-1 所示。

1.1.2 状态函数

热力学在对系统的性质进行描述时，不是用系统的微观性质，如原子半径、原子间的距离等，而是用系统的宏观性质（macroscopic properties）来描述它的状态。系统的状态（state）是由系统所有宏观的物理和化学性质决定的，如温度（ T ）、压力（ p ）、体积（ V ）、物质的量（ n ）、密度（ ρ ）等。当系统的这些性质都具有确定的数值而且不随时间而变化时，系统就处在特定的状态。也可以说，系统的这些宏观性质与系统的状态间有着一一对应的函数关系。描述系统状态的这些物理量统称为状态函数（state function）。上面所说的 T 、 p 、 V 、 n 、 ρ 等都是状态函数。后面还将介绍一些新的状态函数。

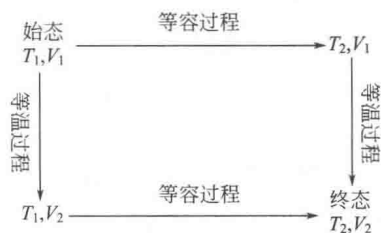


图 1-1 从 (T_1, V_1) 到 (T_2, V_2) 的两条途径

状态函数的特点是：状态一定值一定；殊途同归变化等；周而复始变化零。其变化值只取决于系统的始态和终态，而与如何实现这一变化的途径无关。它具有数学上全微分的特征。

按性质的量值是否与物质的数量有关，状态函数可分为以下两类。

一类为具有广度性质（extensive properties）的物理量，如质量（ m ）、体积（ V ）及后面将介绍的热力学能、焓、熵、自由能等，此类性质与系统的物质的量（ n ）有关，在一定条件下这类性质具有加合性。例如 50mL 水与 50mL 水相混合其总体积为 100mL。另一类为强度性质，该类性质取决于系统的自身特性，与系统的物质的量（ n ）无关。如温度、压力、密度等，这些性质没有加和性。例如相同条件下系统的温度和密度在系统各处都具有相同的数值，与系统的物质的量无关。因此确定此类性质就不需指明系统中的物质的量。

需要指出的，对于一个确定的系统，众多性质间并不是完全无关的，其状态性质之间的定量关系称为该系统的状态方程。例如， $pV=nRT$ 就是理想气体的状态方程。因此，要描述一理想气体所处的状态，只要知道温度 T 、压力 p 、体积 V 就足够了，因为根据理想气体的状态方程 $pV=nRT$ ，此理想气体的物质的量就确定了。所以通常选择系统中易于测定的几个相互独立的状态函数来描述系统的状态。

工业上，有许多实用的描述实际气体的状态方程。例如，范德华方程

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$$

式中， a 和 b 为范德华常数。不同的物质具有不同的范德华常数，可以从手册中查得。

1.1.3 热和功

1.1.3.1 热和功

在封闭系统与环境之间的能量传递可以通过不同方式实现。热力学中规定：系统和环境之间由于温度差而传递的能量称为热（heat），常用符号 Q 表示，单位是焦耳（J）或千焦（kJ）。并且规定系统从环境吸热， Q 为正值，系统向环境放热， Q 为负值。物理和化学过程常见的热效应有：反应热（如生成热、燃烧热、中和热和分解热）、相变热（如熔化热、蒸发热、升华热）、溶解热和稀释热等。研究化学反应中热量与其他能量变化的定量关系的