



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 普通化学

● 同济大学普通化学及无机化学教研室 编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 普通化学

同济大学普通化学及无机化学教研室 编

高等教育出版社

## 内容提要

本书是教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书分两部分:第一部分为化学的基础理论和基本知识,第1~4章是化学的基本原理与规律,第5~7章介绍单质及各类化合物的基本性质和反应规律,第8~10章阐述化学与人类生活和发展的密切联系,以及重大影响。第二部分含6个讲座:重要的微电子材料、光刻技术和光致抗蚀剂、高纯水制备技术、新型无机材料及复合材料、纳米材料与纳米科技、稀土与新材料等。

本书可作为非化学化工专业化学基础课程教材,也可供自学者和工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

普通化学/同济大学普通化学及无机化学教研室编.  
北京:高等教育出版社,2004.7  
ISBN 7-04-014451-4

I. 普... II. 同... III. 普通化学-高等学校-教材 IV. O6

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第045620号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 朱仁 封面设计 李卫青  
责任绘图 朱静 版式设计 胡志萍 责任校对 杨雪莲  
责任印制 孔原

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总机	010-82028899		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>

经销 新华书店北京发行所  
印刷 北京四季青印刷厂

开本	787×960 1/16	版次	2004年7月第1版
印张	29.75	印次	2004年7月第1次印刷
字数	560 000	定价	31.50元
插页	1		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

# 前 言

普通化学课程是高等工科教育中必不可少的基础课程。按照当今普通高校本科教学计划的安排,普通化学课程实际上成了所有非化学化工类专业本科生所接受的最后的和最高的化学教育。它将在很大程度上影响到当代和今后中国的工程技术骨干所具有的基本化学素养。应该从当代科学技术及经济发展对我国大学毕业生的基本要求,从我们所培养的学生将要承担的责任和面临的挑战来审视我们的普通化学教育,框定课程教学的基本要求及相应的教材内容。因此,大学的普通化学课程,应比较系统、全面地向学生讲授和介绍化学的基本原理和基础知识,使学生懂得化学变化的基本规律,实施和控制化学反应的基本手段,并了解当代化学科学发展的大致情形和主要方面。同时还应向学生介绍由化学所提供的新技术、新方法、新工艺、新材料在不同专业领域中的重要应用,以加深学生对化学的总体了解,提高学生把化学规律、知识、技术、方法应用到本专业工作中去的能力和素养。而随着科学技术的发展,化学已愈来愈多地与其它新兴学科、高新技术领域相互渗透、相互交叉,不仅大大推动了这些新学科、新技术的发展,同时也为化学科学技术自身的发展开拓了新的领域,找到了新的生长点。当今生命科学、环境科学、能源科学、材料科学、信息科学、生物工程、航天工程等新兴科学及高新技术领域的发展无不与化学息息相关。这方面的知识、信息自然成了普通化学课程必不可少的拓展内容。本教材的内容选材正是体现了这样的思想指导原则。

本教材全书由“基础部分”和“应用讲座”两部分内容组成。“基础部分”是全书的核心部分,是应该在教学计划规定的课时内完成的教学内容。而“应用讲座”部分,则可作为教学计划规定以外的补充内容,安排课外讲座,各校根据专业需要自由选择。

“基础部分”由基本理论(包括第一、二、三、四章)、基础知识(包括第五、六、七章)及拓展内容(包括第八、九、十章)三个部分,组成了既有区别又紧密相关的三个不同的层面。涵盖了当今普通化学中最主要的基本内容,符合国家规定的普通化学课程教学基本要求。

本教材在内容选材编排方面体现了:对基本原理的论述少而精,对基础知识和拓展内容的介绍广而新的特色。把水溶液中的各类化学平衡容纳于第三章中;把原子结构、分子结构、晶体结构及超分子作用等内容全部归并入第四章中,充分体现了少而精的原则。同时也为引入新内容、介绍新观点和新知识留下相

当多的篇幅和课时,教材用了1/3左右的篇幅介绍新的内容,例如:超分子作用与超分子化学、有机化合物的波谱分析、生物工程与生物技术、现代化学与可持续发展、绿色化学、化石能源深度利用的新技术、新能源的开发利用等新颖内容,体现了广而新的特色。

本教材基础部分第一章及应用讲座的第四、五讲由吴庆生编写。第二章、第八章及应用讲座第三讲由朱志良编写。第三章、第四章的第五节、第十章及应用讲座第一、二讲由施宪法编写。第四章第一、二、三、四节及第九章由赵国华编写。第五章由吴介达编写。第六章由蒋忠良编写。第七章由杨勇编写,应用讲座第六讲由闫冰编写。全书由施宪法最后修改定稿。

本教材被批准列入教育部“十五”教材规划,得到教育部、教学指导委员会、高等教育出版社、同济大学教务处及院系各级领导的关心、鼓励和支持,在此表示深深的感谢。

本教材的出版得到了本教研室全体同志的热心关怀和共同参与,是本教研室全体同志共同努力的结晶。特别是顾金英为本书收集了全部常数数据,提供了习题(计算题)的标准答案。沈锦晶、蒋燕、贾朋静等为全书提供了打印稿。在此一并表示感谢。承蒙高等教育出版社朱仁教授审阅书稿并提出诸多宝贵意见,特此深表谢意。

限于编者的知识,水平,本教材的缺点和错误在所难免。敬请各位同仁和广大读者批评指正。

编 者

二〇〇四年三月于同济大学

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

# 目 录

<b>第一章 化学反应的基本规律</b> .....	1
<b>第一节 基本概念</b> .....	1
一、体系与环境 .....	1
二、体系的性质 .....	2
三、体系的状态与状态函数 .....	2
四、变化的过程与途径 .....	3
五、热和功 .....	4
六、相与界面 .....	4
七、理想气体状态方程与分压定律 .....	5
<b>第二节 化学反应中的质量守恒与能量守恒</b> .....	6
一、化学反应的质量守恒定律 .....	7
二、能量守恒——热力学第一定律 .....	7
三、化学反应的热效应 .....	9
四、盖斯定律与反应热的计算 .....	11
<b>第三节 化学反应方向——熵增加与吉布斯自由能减小</b> .....	15
一、自发过程与自发方向 .....	15
二、热力学第二定律 .....	16
三、混乱度与熵 .....	16
四、熵增加原理 .....	19
五、吉布斯自由能与化学反应的自发性判据 .....	19
<b>第四节 化学反应限度——化学平衡</b> .....	25
一、可逆反应与化学平衡 .....	25
二、平衡常数 .....	27
三、化学反应的程度 .....	30
四、平衡常数与标准摩尔吉布斯自由能变的关系 .....	31
五、影响化学平衡的因素及平衡的移动 .....	33
<b>第五节 化学反应速率</b> .....	37
一、化学反应速率及其表示方法 .....	37
二、反应速率理论和活化能 .....	38
三、影响化学反应速率的因素 .....	40
四、链化学反应与光化学反应 .....	48
<b>思考题与习题</b> .....	50
<b>第二章 水基分散系</b> .....	53

第一节 分散体系	53
一、分散体系概述	53
二、溶液	54
第二节 稀溶液的依数性	56
一、蒸气压下降	56
二、溶液的沸点升高	57
三、溶液的凝固点降低	57
四、渗透压	59
第三节 胶体分散体系	61
一、胶体的种类	61
二、溶胶的制备	62
三、溶胶的动力学特性及光学、电学特性	62
四、胶体的表面特性——吸附作用	63
五、胶粒的结构	64
六、溶胶的稳定性与破坏	65
七、高分子溶液与胶体	66
八、凝胶	67
思考题与习题	68
<b>第三章 溶液中的化学平衡</b>	70
第一节 溶液中的酸碱平衡	70
一、弱酸弱碱的电离平衡	70
二、酸碱的质子理论	75
三、水解平衡	77
四、同离子效应	78
第二节 沉淀溶解平衡	81
一、溶度积常数与溶度积规则	82
二、分步沉淀	85
三、沉淀的溶解与转化	86
第三节 配位化合物及水溶液中的配位平衡	88
一、配位化合物	88
二、配位化合物的命名	89
三、水溶液中的配位平衡及其平衡常数	90
四、有关配位平衡的计算	93
第四节 溶液中的电化学平衡及其应用	94
一、原电池	94
二、电极电位	97
三、氧化还原反应的吉布斯自由能变 $\Delta_r G_m$ 及标准平衡常数 $K^\ominus$	109
四、电解	113



五、金属腐蚀与保护 .....	118
第五节 实际体系中的多重平衡 .....	123
思考题与习题 .....	129
<b>第四章 结构化学</b> .....	<b>133</b>
第一节 原子结构与元素周期律 .....	133
一、微观粒子的运动特征 .....	133
二、原子结构 .....	136
三、核外电子的排布 .....	142
四、元素性质和周期性 .....	150
第二节 化学键和分子结构 .....	158
一、离子键 .....	158
二、共价键 .....	160
三、配位键 .....	169
第三节 分子的极性、分子间的作用力和氢键 .....	173
一、分子的极性和偶极矩 .....	173
二、分子间力 .....	175
三、氢键 .....	176
四、分子间力和氢键对物质性质的影响 .....	177
第四节 晶体结构 .....	178
一、晶体的特征 .....	178
二、晶体的基本类型 .....	179
三、晶体缺陷和晶体材料 .....	185
第五节 超分子作用与超分子化学简介 .....	186
一、超分子物与超分子化学的特点 .....	186
二、超分子作用中的分子识别 .....	187
三、超分子催化作用 .....	195
四、超分子物的液膜传输作用 .....	196
五、分子组装 .....	198
思考题与习题 .....	200
<b>第五章 单质及无机化合物</b> .....	<b>202</b>
第一节 金属及其化合物 .....	202
一、金属元素在周期表中的位置和金属的分类 .....	202
二、金属在自然界中的分布 .....	203
三、金属的提炼 .....	203
四、过渡元素通性 .....	205
五、金属间隙化合物 .....	206
六、各类金属的典型用途 .....	206
第二节 非金属元素的分类、分布及其单质的制备 .....	209

一、非金属元素在周期表中的位置和非金属的分类 .....	209
二、非金属在自然界中的分布 .....	209
三、非金属单质的制备 .....	210
第三节 非金属元素化合物 .....	211
一、氯化物 .....	211
二、氧化物 .....	212
三、硫化物 .....	215
四、碳化物 .....	216
五、硼化物 .....	217
六、氢化物 .....	218
七、碳酸盐 .....	220
八、硝酸盐和亚硝酸盐 .....	221
九、硅酸盐 .....	223
思考题与习题 .....	226
<b>第六章 有机化合物</b> .....	<b>228</b>
第一节 有机化合物的特征及分类 .....	228
一、有机化合物的特征 .....	228
二、有机化合物的分类 .....	229
第二节 有机化合物的命名 .....	232
一、链烃及其衍生物的命名 .....	232
二、芳烃及其衍生物的命名 .....	233
第三节 普通有机化合物的主要种类及其特性与典型反应 .....	234
一、烷烃 .....	234
二、烯烃与炔烃 .....	235
三、芳香烃 .....	237
四、卤代烃 .....	238
五、醇、酸、酯类化合物 .....	239
六、醚 .....	242
七、醛和酮 .....	242
八、胺 .....	246
九、腈 .....	249
第四节 有机化合物的波谱分析方法简介 .....	250
一、紫外-可见光谱 .....	250
二、红外光谱 .....	253
三、核磁共振 .....	255
四、质谱分析 .....	260
思考题与习题 .....	262
<b>第七章 有机高分子化合物</b> .....	<b>265</b>

第一节 高分子化合物的基本概念 .....	265
第二节 高分子化合物的聚合反应 .....	266
一、加聚反应和缩聚反应 .....	266
二、连锁聚合和逐步聚合 .....	267
第三节 高分子化合物的结构和性能 .....	269
一、高分子化合物的结构 .....	269
二、高分子链的柔顺性 .....	270
三、高分子化合物的力学状态 .....	271
四、高分子化合物的性能 .....	272
第四节 几种重要的高分子合成材料 .....	274
一、塑料 .....	275
二、合成橡胶 .....	278
三、合成纤维 .....	280
四、涂料和粘合剂 .....	281
思考题与习题 .....	286
<b>第八章 生命与化学</b> .....	<b>288</b>
第一节 生命的演化及其物质组成 .....	288
一、生命的起源及演化 .....	288
二、细胞的化学组成 .....	292
第二节 基本的生命物质(一)——蛋白质 .....	294
一、氨基酸 .....	294
二、蛋白质 .....	297
三、酶 .....	300
第三节 基本的生命物质(二)——核酸 .....	300
一、核酸及其生物功能 .....	300
二、核酸的组成和结构 .....	301
第四节 基本的生命物质(三)——糖 .....	304
一、糖 .....	304
二、糖的组成和结构 .....	304
第五节 基本的生命物质(四)——脂 .....	307
一、脂的特点与功能 .....	307
二、脂类化学物质的基本类型 .....	308
第六节 基本的生命物质(五)——维生素与矿物质 .....	311
一、维生素 .....	311
二、矿物质 .....	312
第七节 生物工程与生物技术 .....	314
一、生物技术与生物工程 .....	314
二、基因工程 .....	315

三、现代生物技术的发展趋势 .....	316
思考题与习题 .....	316
<b>第九章 环境与化学</b> .....	<b>318</b>
第一节 人类、环境和化学 .....	318
一、人类与环境的关系 .....	318
二、环境科学与环境化学 .....	319
第二节 当代重大的环境问题 .....	320
一、CO <sub>2</sub> 与温室效应 .....	320
二、臭氧层的破坏 .....	321
三、光化学烟雾和大气污染 .....	322
四、酸雨 .....	323
五、水污染和水体富营养化 .....	324
六、赤潮和海洋污染 .....	326
七、土壤污染 .....	327
八、森林破坏、水土流失和土地荒漠化 .....	328
九、放射性污染 .....	329
十、生物物种的锐减 .....	330
第三节 现代化学与可持续发展 .....	331
一、可持续发展 .....	331
二、化学在可持续发展中的作用与地位 .....	333
第四节 绿色化学 .....	335
一、绿色化学的提出与发展 .....	335
二、绿色化学的含义及特点 .....	336
三、绿色化学的原则 .....	337
四、绿色化学的方法 .....	339
五、绿色化学的发展近况 .....	341
思考题与习题 .....	343
<b>第十章 能源与化学</b> .....	<b>344</b>
第一节 能源发展的历史与现状 .....	344
一、能源与人类文明 .....	344
二、当今能源利用的现状 .....	345
三、传统能源的局限性与我们的对策 .....	350
第二节 化石能源深度利用的新技术 .....	352
一、煤炭的气化——煤气的制造与应用 .....	352
二、煤炭的地下气化 .....	353
三、磁流体发电技术 .....	354
第三节 新能源的开发利用 .....	356
一、核能 .....	357

二、太阳能 .....	367
三、其它新能源 .....	374
思考题与习题 .....	382
<b>第十一章 现代化学应用讲座 .....</b>	<b>383</b>
<b>第一讲 重要的微电子材料——高纯硅 .....</b>	<b>383</b>
一、引论 .....	383
二、硅的半导体性及其导电机制 .....	384
三、高纯硅材料的生产和加工 .....	385
<b>第二讲 光刻技术和光致抗蚀剂 .....</b>	<b>392</b>
一、光刻技术及其基本原理 .....	392
二、光致抗蚀剂的简介 .....	399
<b>第三讲 高纯水制备技术 .....</b>	<b>402</b>
一、什么是高纯水 .....	402
二、高纯水的水质标准 .....	403
三、高纯水的制备技术 .....	404
四、高纯水与纯净水 .....	412
五、高纯水制备技术的发展新趋势 .....	413
<b>第四讲 新型无机材料及复合材料 .....</b>	<b>413</b>
一、新型轻质金属及其合金材料 .....	414
二、新型金属功能材料——形状记忆合金 .....	415
三、非晶态合金材料 .....	415
四、先进陶瓷材料 .....	416
五、新型玻璃材料 .....	420
六、耐火材料 .....	423
七、无机纤维材料 .....	424
八、搪瓷 .....	425
九、复合材料 .....	425
十、杂化材料 .....	426
<b>第五讲 纳米材料与纳米科技 .....</b>	<b>428</b>
一、纳米材料的分类 .....	429
二、纳米材料的制备及表面修饰 .....	431
三、纳米材料的尺寸评估 .....	435
四、纳米材料的特性 .....	436
五、纳米材料与纳米技术的应用 .....	438
<b>第六讲 稀土新材料 .....</b>	<b>443</b>
一、概况 .....	443
二、稀土发光材料 .....	444
三、稀土磁性材料 .....	447

---

四、稀土玻璃陶瓷材料 .....	450
习题答案 .....	454
附录 .....	457
附录 1 我国法定计量单位 .....	457
附录 2 基本物理常数 .....	459
附录 3 某些物质的标准生成焓、标准生成吉布斯自由能和标准熵(25℃) .....	459
元素周期表	

# 第一章 化学反应的基本规律

在生活、生产和科研工作中,人们经常与各种各样的物质打交道,不可避免地要面对和处理各种与物质变化有关的问题。因此人们总想知道在一定条件下某一指定反应能不能自发进行?若能进行,反应的速率是多少?反应的机理又如何?反应的限度是什么?反应遵循什么规律?影响反应的因素有哪些?怎样去改变反应的速率和反应物的转化率?在这些问题中,反应的方向和限度问题是属于化学热力学所讨论的范畴;而反应的速率和机理问题则属于化学动力学所研究的内容。我们如果能对这些内容有较好的理解和掌握,那么就对化学反应的基本规律有了较清楚的认识,就有可能设计、利用和控制化学反应,更好地为人类服务。本章拟对化学反应的一些基本规律进行简单介绍。

## 第一节 基本概念

在介绍化学热力学基础之前,先介绍几个与之相关的基本概念。

### 一、体系与环境

为了研究方便,人们常常把被研究的对象与其周围的物质划分开来,这种被划出来作为研究对象的物质系统称为**体系**(system);除体系以外而与体系密切联系的其他部分则称为**环境**(surroundings)。

根据体系与环境之间物质和能量交换情况的不同,可将热力学体系分为如下三类:

**敞开体系**(open system):体系与环境之间既有物质交换,又有能量交换。

**封闭体系**(closed system):体系与环境之间没有物质交换,只有能量交换。

**孤立体系**(isolated system):体系与环境之间既没有物质交换,也没有能量交换。

例如,将一个盛有一定量热水的容器选作体系,则容器以外的空气等其他相关部分就是环境。如果该容器是敞口的,则该体系即为敞开体系,因为这时在瓶的内外除有热量交换外,还有水的蒸发和气体的溶解;如果用的容器是带塞的玻璃瓶,则该体系就成为一个封闭体系,因为这时瓶的内外只能有热量交换,而无物质交换;如果上述容器是一个带塞的刚性保温瓶,则该体系就基本上可以看成

一个孤立体系,因为这时瓶的内外既无物质交换,又无热量交换。当然,绝对的孤立体系是不存在的,因为既没有绝对不传热的物质,更没有能将热、声、光、电、磁等所有的能量形式都完全隔绝在外的材料。

## 二、体系的性质

在热力学体系中,温度、压力、体积、密度等宏观性质称作**体系的热力学性质**(thermodynamic property of system),简称为体系的性质。按其特性可将体系的性质分为两种类型:

(1) **广度性质**(extensive property) 这类性质的量值与体系中物质的数量成正比,所以又称容量性质。比如物质的体积、质量、热容以及随后将介绍的热力学能和焓等都是广度性质。一个体系若由几部分组成,则整个体系某广度性质的量值就是各部分该性质量值之和,即广度性质具有加和性。

(2) **强度性质**(intensive property) 这类性质的量值取决于体系的自身特性,与体系中物质的数量无关,且不具有加和性。比如温度、压力、浓度、密度、粘度等即都是体系的强度性质。

## 三、体系的状态与状态函数

要描述一个体系,就必须确定它的温度、压力、体积、组成等一系列理化特性。如果体系的各项特性都是确定的,就可以说此时的体系处于某种确定的**状态**(state)。所以,体系的状态是由体系的性质来描述的,它是体系中一切特性的总和。当体系处于一定的状态时,这些性质都具有确定的数值。

如果体系中某一种或几种性质发生了变化,体系的状态也就随之发生变化,即由一种状态转变为另一种状态。由此可见,体系的性质和状态之间存在着一一对应的关系,即存在着一定的函数关系。实际上,体系的每一种理化性质都是体系状态的函数,简称**状态函数**(state function)。一些用以确定体系状态性质的物理量,如温度、压力、体积、物质的量以及随后将要讨论的热力学能和焓都属于状态函数。

体系的各状态函数之间是互相关联的。例如,对于理想气体来说,如果知道了压力、体积、温度、物质的量这四个状态函数中的任意三个,就能用理想气体状态方程式确定另外一个状态函数的数值。

状态函数有两种重要性质:

(1) 体系的状态一定,状态函数就具有确定值;

(2) 体系从一种状态转变到另一种状态时,状态函数( $x$ )的变化量( $\Delta x$ )只决定于体系的始态(变化前的状态)和终态(变化后的状态),而与变化所经历的途径无关。



例如,在 101.325 kPa 下,将 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  从 298 K 升高到 328 K,所经历的变化途径不论是由始态的 298 K 直接加热到终态的 328 K,还是先从始态的 298 K 冷却到 278 K 后,再升温到终态的 328 K,其温度的变化都是 30 K:

$$\Delta T = 328 \text{ K} - 298 \text{ K} = 30 \text{ K}$$

可见,温度  $T$  是一个状态函数。

再如,位于高处的石头落到平地上,可以采取不同的下落方式:或者自由下落,或者通过另一端系有重物的滑轮下落。无论采取何种下落途径,只要石头下落的始态和终态的高度确定,它的势能变化就是相同的,所以势能也是一个状态函数。

#### 四、变化的过程与途径

当体系的状态发生变化时,其变化的经过称为过程(process);完成这样一个变化所经历的具体步骤或具体路线,则称为途径(path)。

根据变化过程中所控制的条件不同,热力学的基本过程主要有如下几种:恒温过程(isothermal process)、恒压过程(isobar process)、恒容过程(isovolumic process)、绝热过程(adiabatic process)、循环过程(cyclic process)等。

完成一个从同一始态到同一终态的变化过程,可以经历许多不同的途径;而其中的某些途径中又可能会包含多个不同的过程。如图 1-1 所示。

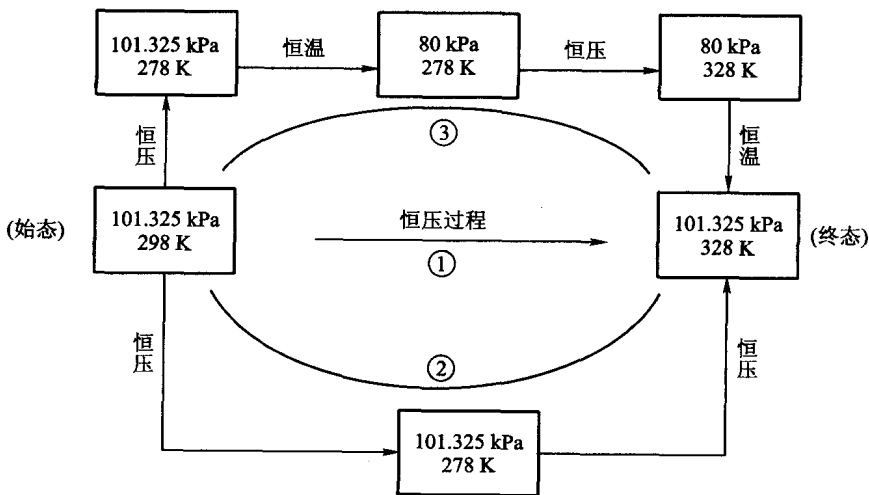


图 1-1 过程与途径示意图

例如,要实现图 1-1 中从始态到终态的变化,可通过图示的三种途径或其它多种途径来实现。其中,途径①仅含一个过程,途径②包含两个过程,而途径