



工程化学导论

GONGCHENG HUAXUE DAOLUN

(第2版)

主 编 邹宗柏
副主编 乔冠儒

东南大学出版社

21 世纪高等教学用书

工程化学导论

(第 2 版)

主 编 邹宗柏

副主编 乔冠儒



A0973347

东南大学出版社

·南京·

内 容 简 介

本书根据 21 世纪对大学化学(非化学化工类)教育改革的需要,以及最新修改、制定的《中学化学教学大纲》和《工科普通化学教学基本内容框架》,阐述了现代化学的基本理论和工程中的化学原理、知识,内容包括化学热力学初步、化学反应速率、溶液中的离子平衡、物质结构与性质、有机化合物与高聚物、材料化学、能源化学、环境化学、资源化学、生物化学与生物工程等 10 章。在有关章节中还穿插介绍了纳米材料、涂料、胶粘剂等应用性知识。

本书可作为高等院校非化学化工类专业的教材,也可作为成人高等教育的教学参考用书以及从事化学或与化学有关的工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程化学导论 / 邹宗柏主编. —第 2 版. —南京:
东南大学出版社, 2002. 9

ISBN 7-81023-969-4

I. 工... II. 邹... III. 工程化学—高等学校—
教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 061704 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 宋增民

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂
开本: 700mm×1000mm 印张: 24.75 字数: 471 千字
2002 年 9 月第 2 版 2002 年 9 月第 1 次印刷
印数: 1—3000 定价: 33.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

再 版 前 言

教育部领导实施的《面向 21 世纪高等教育教学内容和课程体系改革计划》是一个战略性的改革举措,对我国跨入 21 世纪,迎接知识经济社会的挑战,使高等教育适应社会主义市场经济的发展具有划时代的历史意义。占高校学生总人数约 90% 的非化学化工类专业如何进行高等教育层次的化学教育,21 世纪的化学教育体系、基本思路和教学目标怎样确立,这些都是我们亟待研究和解决的共同问题。

高等教育改革的一个十分重要的内容是加强素质教育,其中包括政治素质、思想道德素质、科学文化素质、业务素质和身体心理素质等。科学文化素质则包括数学素质、物理素质、化学素质和内容广泛的文化素质。在科学飞速发展、工程日趋复杂、学科相互交叉的时代里,要求高级人才的能力和知识结构必须是复合型的,具有优良的综合素质。中国工程院院士、材料专家雷廷权教授指出:“不管哪个专业的学生,从素质培养来说,化学知识是必要的。素质培养就是要培养学生具有科学的头脑,能科学地考虑和处理遇到的问题,而离开了数学、物理和化学等必要的基础知识,则很难做到这一点。”

随着由注重知识传授向学生创新能力培养的转变,由学科系统性向多学科综合性的转变,由专业教育向素质教育的转变,以及由重视共性教育向因材施教的转变,化学教育对新世纪高级人才的素质培养是必不可少的,这已逐渐成为大家的共识。很难想象,如果 21 世纪的高级人才,其知识结构在化学领域中只有中等教育水平,何以适应未来社会飞速发展的需要。

化学是在分子、原子水平上研究物质的组成、结构、性能及相互转化的科学,目前已达到了从描述进入推理、从静态到动态、从宏观深入到微观、从定性走向定量的发展阶段,并正向分子设计和分子工程进军。美国著名化学家 G.C. Pimentel 在《化学中的机会——今天和明天》中指出,化学正成为“一门满足社会需要的中心学科”。当前人类面临的环境、资源、人口、能源和粮食等全球性问题,都与化学密切相关。化学已深深地渗透到信息、材料、能源、电

气、机械、生命等各个科技领域,成为科学轴心的一个重要部分,其巨大的渗透力是文明社会飞速发展的催化剂。

一个重点大学曾统计了该校 8 个系几十个专业的年度博士和硕士论文,发现有 33% 的论文不同程度地与化学直接有联系,充分体现了化学学科的基础性与渗透性。

化学在开发新能源、提供人类食品、防治疾病、保护生态环境和保障国家安全等方面,都起着重要的作用,这些充分反映出化学的物质文明性。从化学的角度出发研究人类和生命的起源,去探讨哲学和伦理学、美学的内涵和外在关系,这些包含了化学的精神文明性。化学在人类社会的发展中,以其独特的科学素质影响着整个人类文化和现代社会文明的发展。

本书旨在面向 21 世纪对大学化学(非化学化工类)教育改革的需要,根据最新修改和制定的《中学化学教学大纲》和《工科普通化学教学基本内容框架》,重新组织力量对原版进行全面修订,其中基础部分力求做到内容更加精练、科学和规范,知识性内容更加新颖、先进和深广;把材料的腐蚀与防护加以精简,并入材料化学一章;根据国内外对资源和环境的日益重视,把资源化学与环境化学分开,扩充内容,独立设章;增加了纳米材料等新的内容知识的介绍。

本书主编为邹宗柏、副主编为乔冠儒,参加修订工作的还有王昶、马全红、孙岳明、吴敏和周少红等(按姓氏笔画排名)。本书在修订时参阅了多种文献资料,在此深表谢意。由于编者水平有限,书中错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 3 月

目 录

绪论	(1)
1 化学热力学初步	(3)
1.1 基本概念及术语	(3)
1.1.1 系统和相	(3)
1.1.2 状态和状态函数	(4)
1.1.3 过程和途径	(5)
1.1.4 热和功	(6)
1.1.5 热力学能	(7)
1.2 热化学	(8)
1.2.1 化学反应热	(8)
1.2.2 焓	(9)
1.2.3 盖斯定律	(10)
1.2.4 标准摩尔生成焓	(12)
1.2.5 标准摩尔反应焓变的计算	(15)
1.3 化学反应的方向	(18)
1.3.1 化学反应的自发性	(18)
1.3.2 混乱度与熵	(19)
1.3.3 吉布斯函数	(21)
1.3.4 标准摩尔生成吉布斯函数和标准摩尔吉布斯函数变	(24)
1.3.5 标准摩尔反应吉布斯函数变的求算	(25)
1.4 标准摩尔吉布斯函数变与标准平衡常数	(29)
1.4.1 化学平衡与平衡常数	(29)
1.4.2 标准摩尔吉布斯函数变与标准平衡常数的关系	(32)
1.4.3 温度与标准平衡常数的关系	(33)
1.4.4 化学平衡的移动	(35)
复习思考题	(35)
习题	(36)
2 化学反应速率	(39)
2.1 化学反应速率的表示法	(39)
2.2 反应速率与浓度的关系	(41)

2.2.1	速率方程与速率常数	(41)
2.2.2	反应级数	(42)
2.3	反应速率与温度的关系	(45)
2.3.1	阿仑尼乌斯公式	(45)
2.3.2	活化能	(47)
2.3.3	化学反应速率理论简介	(50)
2.4	催化剂与反应速率	(51)
2.4.1	催化剂和催化作用	(52)
2.4.2	单相与多相催化反应	(54)
2.5	化学反应的类型与应用	(56)
2.5.1	链反应	(56)
2.5.2	多相反应	(56)
2.5.3	爆炸反应	(57)
2.5.4	光化学反应	(58)
2.5.5	钢铁在高温时的反应	(59)
	复习思考题	(60)
	习题	(61)
3	溶液中的离子平衡	(64)
3.1	分散系统概述	(64)
3.1.1	浊液	(64)
3.1.2	胶体	(64)
3.1.3	溶液	(66)
3.2	弱电解质的解离平衡	(70)
3.2.1	一元弱酸(碱)的解离平衡	(70)
3.2.2	水的解离平衡	(72)
3.2.3	缓冲溶液的解离平衡	(74)
3.2.4	多元酸(碱)的解离平衡	(82)
3.3	沉淀—溶解平衡	(85)
3.3.1	沉淀—溶解平衡的建立	(85)
3.3.2	溶度积与溶解度	(86)
3.3.3	溶度积规则	(88)
3.3.4	溶度积的应用实例	(88)
3.4	配位平衡	(95)
3.4.1	配合物的组成和命名	(95)
3.4.2	配位平衡及稳定常数	(98)

3.4.3	配离子稳定常数的应用	(100)
3.4.4	配合物的应用	(103)
3.5	氧化还原平衡和电化学基础	(105)
3.5.1	氧化还原反应	(105)
3.5.2	原电池和电极电势	(106)
3.5.3	原电池的电动势与摩尔反应吉布斯函数变的关系	(110)
3.5.4	影响电极电势的因素	(111)
3.5.5	电极电势的应用	(114)
	复习思考题	(119)
	习题	(121)
4	物质结构与性质	(124)
4.1	原子结构与元素性质	(124)
4.1.1	量子力学中的几个基本概念	(124)
4.1.2	核外电子排布的周期性	(129)
4.1.3	元素某些性质的周期性	(133)
4.1.4	原子光谱的应用	(138)
4.2	化学键、分子结构及性质	(139)
4.2.1	离子键理论	(139)
4.2.2	共价键的几种理论	(141)
4.2.3	金属键	(146)
4.2.4	分子间力	(147)
4.2.5	化学键的极性与分子的极性	(151)
4.3	晶体结构与性质	(152)
4.3.1	晶体结构	(152)
4.3.2	金属晶体	(153)
4.3.3	离子晶体	(154)
4.3.4	原子晶体	(155)
4.3.5	分子晶体	(155)
4.3.6	液晶	(156)
4.4	物质的结构与性质的关系	(157)
4.4.1	熔点和沸点	(158)
4.4.2	溶解度	(159)
4.4.3	导电性和导热性	(160)
4.4.4	离子极化对物质结构和性质的影响	(160)
	复习思考题	(161)

习题	(162)
5 有机化合物与高聚物	(164)
5.1 有机化合物概述	(164)
5.1.1 有机化合物的特征	(164)
5.1.2 有机化合物的分类	(166)
5.2 有机化合物的反应类型	(169)
5.2.1 取代反应	(170)
5.2.2 加成反应	(172)
5.2.3 消除反应	(173)
5.2.4 氧化还原反应	(174)
5.3 高聚物	(176)
5.3.1 高聚物的一般概念	(176)
5.3.2 高聚物的合成	(178)
5.3.3 高聚物的结构与物理状态	(181)
5.3.4 高聚物的性能与结构的关系	(185)
复习思考题	(187)
习题	(188)
6 材料化学	(191)
6.1 概论	(191)
6.1.1 材料的分类	(191)
6.1.2 材料应用和研究的新趋势	(191)
6.2 金属材料	(195)
6.3 无机非金属材料	(196)
6.4 有机高分子材料	(197)
6.4.1 概述	(197)
6.4.2 塑料	(198)
6.4.3 纤维	(202)
6.4.4 橡胶	(203)
6.4.5 胶粘剂	(204)
6.5 复合材料	(206)
6.5.1 概述	(206)
6.5.2 复合材料的分类	(206)
6.5.3 复合材料的应用	(208)
6.6 功能材料	(208)
6.6.1 概述	(208)

6.6.2	功能材料的主要类型	(209)
6.6.3	功能材料的应用	(216)
6.7	材料的腐蚀	(217)
6.8	材料的防护	(218)
6.8.1	腐蚀环境的改善	(218)
6.8.2	缓蚀剂	(220)
6.8.3	电化学保护	(221)
6.8.4	覆盖层保护	(222)
	复习思考题	(231)
7	能源化学	(232)
7.1	概述	(232)
7.1.1	能源的概述	(232)
7.1.2	能源的分类	(233)
7.1.3	能源开发利用的展望	(233)
7.1.4	能源利用对环境的影响	(234)
7.2	石油、天然气和煤	(235)
7.2.1	石油	(235)
7.2.2	天然气	(236)
7.2.3	煤	(238)
7.3	核能	(240)
7.3.1	核反应	(241)
7.3.2	核反应堆	(242)
7.3.3	核燃料	(243)
7.3.4	核电站	(243)
7.4	太阳能和地热能	(244)
7.4.1	太阳能	(244)
7.4.2	地热能	(246)
7.5	氢能和化学能源	(248)
7.5.1	氢能	(248)
7.5.2	化学电源	(249)
7.6	生物质能	(251)
7.6.1	生物质能的气化、液化和固化技术	(252)
7.6.2	生物质能的厌氧生物转化法	(254)
7.6.3	我国生物质能应用技术的展望	(254)
	复习思考题	(255)

8 环境化学	(257)
8.1 人与环境	(257)
8.1.1 概述	(257)
8.1.2 环境污染与人类的关系	(259)
8.2 大气污染及其防治	(261)
8.2.1 大气污染物	(262)
8.2.2 全球性大气环境问题	(266)
8.2.3 大气污染的防治	(270)
8.3 水体污染及其化学净化	(272)
8.3.1 水体污染	(272)
8.3.2 污染水体的净化	(277)
8.4 土壤污染及防治	(280)
8.4.1 土壤污染源	(280)
8.4.2 土壤污染的防治	(281)
8.5 绿色化学原理	(282)
复习思考题	(287)
习题	(288)
9 资源化学	(289)
9.1 概述	(290)
9.1.1 自然资源的分类	(290)
9.1.2 自然资源的特点	(290)
9.1.3 自然资源的开发利用及深度加工	(291)
9.1.4 自然资源的形势及展望	(293)
9.2 水资源的状况及利用	(295)
9.2.1 水资源的状况	(295)
9.2.2 水资源的利用	(299)
9.3 能源资源的状况及利用	(300)
9.3.1 能源资源的状况	(300)
9.3.2 能源资源的利用	(302)
9.4 矿产资源的状况及利用	(304)
9.4.1 矿产资源的状况	(304)
9.4.2 矿产资源的利用	(305)
9.5 生物资源的状况及利用	(306)
9.5.1 生物资源的状况	(306)
9.5.2 生物资源的利用	(307)

9.6 我国海洋资源的状况及利用	(311)
9.6.1 海洋资源的状况	(311)
9.6.2 海洋资源的利用	(312)
9.7 废弃物的状况及利用	(314)
9.7.1 废弃物的状况	(314)
9.7.2 废弃物的利用	(314)
复习思考题	(319)
10 生物化学与生物工程	(320)
10.1 化学与分子生物学	(320)
10.1.1 生命的物质组成	(320)
10.1.2 生命过程中的化学	(345)
10.1.3 分子生物信息学	(349)
10.2 生物工程及其应用	(350)
10.2.1 基因工程	(350)
10.2.2 酶工程	(355)
10.2.3 细胞工程	(360)
10.2.4 发酵工程	(364)
10.2.5 生物技术的工程应用	(367)
复习思考题	(370)
附录 1 国际单位制的基本单位	(371)
附录 2 用于构成十进倍数和分数单位的词头	(371)
附录 3 一些基本物理常数	(372)
附录 4 一些物质的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_{m,B}^\ominus$、标准摩尔生成	
吉布斯函数 $\Delta_f G_{m,B}^\ominus$ 和标准摩尔熵 $S_{m,B}^\ominus$ 的数据	(373)
附录 5 一些水合离子的标准摩尔生成焓 $\Delta_f H_{m,B}^\ominus$、标准摩尔	
生成吉布斯函数 $\Delta_f G_{m,B}^\ominus$ 和标准摩尔熵 $S_{m,B}^\ominus$ 的数据	(376)
附录 6 弱电解质的标准解离常数	(377)
附录 7 难溶电解质的标准溶度积	(378)
附录 8 常见配离子的标准稳定常数	(379)
附录 9 标准电极电势	(380)
主要参考文献	(382)

绪 论

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中能量关系的学科。物质是客观真实存在的。人类最早是从宏观角度来认识物质的。随着科学技术的发展,人们开始从微观方面来研究物质。现在,科学家不仅继续研究山水、月亮、地球等宏观物质和分子、原子等微观物质,而且更进一步探讨银河系、太阳系等的天体演化和中微子、介子等“基本”粒子。最近又发现“基本”粒子也是可以分的。

化学主要是在分子和原子的层次上研究物质的组成、结构、性能及其相互转化的科学。化学现象的基本特征是原子与分子、分子与分子间的相互转变。原子结合成分子是通过其中电子的运动来实现的。在物质之间相互发生转化的过程即化学反应中,反应物和生成物改变的是分子或固体中原子的结合方式和原子中电子的运动状态,但原子核并不发生变化。

人类的生产资料和生活资料都是由各种物质组成的,物质的应用价值决定于物质的性能和结构。各种物质的原料来源于自然界,因此,水、空气、煤、石油、天然气和矿石等天然原料,通过化学反应,便可制造出人类需要的各种物质。

1983年8月在巴黎召开的第七届国际化学教育会议认为:化学教育不仅是学科本身的教学工作,也是提高人们文化水平的必要途径,今天我们处于无处没有化学的时代,教学要向一个渗透着化学的新的教育体系发展。1991年8月在英国约克召开的第十一届国际化学教育会议的主题是:“把化学带到生活中去。”

《工程化学导论》是把化学与现代科学技术中工程材料性质和工艺过程变化联系起来的一门课程,是化学与工程的桥梁和纽带。《工程化学导论》的教学目的是要使工科学生掌握国家教委试行的“普通化学基本要求”和常见工程技术中一些必需的化学基本理论、基本知识和基本技能,了解它们在工程实际中的应用。培养学生能在工程技术中以化学的观点观察物质变化的现象,对一些涉及化学的工程实际问题有初步分析的能力,并能运用化学知识来处理工程中的化学问题。

《工程化学导论》具有课程本身的系统性、完整性和概括性,而不强调化学学科的系统性和完整性,力求内容的先进性、概念的科学性和叙述的普及性,适当增加化学知识的应用性、综合性和联系性。

《工程化学导论》的内容包括化学热力学初步、化学反应速率、溶液中的离

子平衡、物质结构与性能、有机化合物与高聚物、材料化学、能源化学、环境化学、资源化学、生物化学和生物工程等10章。

《工程化学导论》的前5章主要学习有关化学基本理论,用物质结构与性能来综合性质的某些共性规律,某些重要而典型的单质和化合物的性质及反应内容将放入工程化学实验。化学热力学主要讨论反应进行的方向和反应进行的程度,即在给定的条件下反应能否自发进行和化学平衡的问题。化学动力学主要讨论反应进行的速率,同时还介绍高温和高压反应及其材料。在溶液这一章中讨论弱电解质的解离平衡、难溶电解质的多相离子平衡、电化学氧化还原平衡、配离子的解离平衡和胶体性能。物质结构与性能主要介绍物质的结构与性能的关系,并简单介绍光谱分析等现代测试技术。有机化合物与高聚物讨论有机化学和高分子化学的基本知识,同时介绍一些常见的化学品。这些内容能初步满足工程技术对化学基本理论和知识的要求,在讲述化学基本理论时穿插工程技术中常见的化学问题,有利于理论联系实际。

《工程化学导论》的后5章内容是工程技术中常见的与化学有关的共性问题。材料化学中简要介绍金属材料、非金属材料、高分子材料(包括塑料、橡胶、纤维和胶粘剂等)、复合材料和功能材料等,这些是新技术、新工艺发展的基础。材料的腐蚀与防护知识中除了介绍常见的金属、非金属保护层外,还讲述常用和特种涂料的组成、性能和应用。能源化学主要介绍各种能源的成分和化学转换,着重介绍各种新能源的原理和应用。环境化学和资源化学的基础知识将使人们在对自然进行开发利用时注意避免破坏环境,向着控制自然、减少污染、化害为利和充分利用有限资源的方向努力。生物化学和生物工程是21世纪的希望工程,多种学科将维系它的发展而前进。这些章节中有许多工程技术中常见的化学问题,其中有材料方面的问题,也有工艺方面的问题,既有常见的基本化学知识,也有当前先进的与化学交叉学科的有关知识,这些都是电子、机械、土木等专业工程技术人员必需的化学基本知识。

在编写化学基本理论知识时,我们注意从宏观到微观的认识规律,对全书内容编排时考虑到学习的方便,先讲化学基本理论,后讲工程实际知识,并尽量注意理论联系实际及适当地相互渗透和穿插。

实验是《工程化学导论》必不可少的重要教学环节,某些元素和化合物性能,以及工程中的一些材料和工艺如印刷电路、污水处理等都将安排专题实验内容,这样不仅可以巩固和扩大学生对基本理论的理解,还能够培养学生操作、观察、记录、归纳、分析、总结等方面的能力和科学工作方法与作风。

《工程化学导论》的编著原则是使教材内容具有先进性和科学性,在教学过程中具有灵活性和可行性,在学习应用中具有适应性和现实性。教学内容可以根据不同专业和系科的具体情况作适当的调整。

1 化学热力学初步

热力学是研究各种自然现象中热能和其他形式的能量间相互联系的一门科学,它是从物理和化学现象中所发生的能量转化的观点来研究各种物理和化学现象。化学热力学是研究化学过程中能量转换所遵循的规律的科学。

化学热力学的重要性不仅在于可以应用它的基本原理解释许多化学现象,而且还能依据这些原理去判断化学反应进行的方向、最大限度以及伴随怎样的能量变化。

由于化学热力学是讨论大量物质的平均行为,即物质的宏观性质,不涉及个别或少数分子、原子的微观性质。因此,应用化学热力学来研究化学过程时,不需要知道物质的内部结构也不需要知道过程是如何完成的,同时也不涉及时间概念,它只与过程的最初状态、最后状态和外界条件有关。

化学热力学的内容极其丰富,而本章仅对其中的基本部分做一些简单介绍,作为学习工程化学的基础,以利于今后在工程实际中也可初步懂得如何应用热力学数据说明一些化学现象。

1.1 基本概念及术语

为了学习方便,先讨论化学热力学的一些基本概念和术语。

1.1.1 系统和相

1) 系统和环境

在科学实验及研究中,人们往往选择研究对象的某一有关部分。所要研究的这部分对象就称为系统,而在系统以外与系统有密切联系的部分就称为环境。例如,在研究 NaOH(s) 溶解在水中到底要释放多少热量时,可以将一定量的 NaOH(s) 、一定量的水及容器、温度计看成系统,除此以外的都可以看成环境。系统和环境的划分应视研究的需要而定。

2) 相

系统中具有相同的物理和化学性质的部分称为相,相与相之间由界面隔开。

对于气态,不论是单组分气体或气体混合物,总是 1 相系统。对于液态,要视其组成物质(组分)能否互溶,可以是 1 相(例如水和乙醇的溶液),也可以

是 2 相(例如水和苯)甚至 3 相。对于固态,则 1 种纯物质为 1 相,有多少种纯固态物质,便有多少相。

3) 系统的分类

按照系统中相的数目不同,可将系统分为以下 2 类:

(1) 单相系统

只有 1 相的系统。

(2) 多相系统

含有几个相的系统。

按照系统和环境之间物质和能量的交换情况不同,又可将系统分为以下 3 类:

(1) 敞开系统

系统和环境之间,既有物质交换,又有能量交换。它是一般化学反应的常见系统。

(2) 封闭系统

系统和环境之间,没有物质交换,只有能量交换。它是化学热力学研究中最常见的系统。除非另外说明,以下我们所讨论的系统都指的是封闭系统。

(3) 孤立系统

系统和环境之间,既没有物质交换,也没有能量交换。当然,孤立系统只是科学上的抽象,实际上它只能近似地体现。

4) 系统的性质

系统的温度、压力、体积、密度、质量和物质的量等等都是描述系统的宏观物理量,这些宏观物理量称为系统的热力学性质,简称性质。

根据系统中物质数量的关系,系统具有以下两类性质:

(1) 广度性质(亦称容量性质)

如体积、质量等性质在一定条件下有加和性,即其数值与系统中物质的数量成正比,是系统中各部分该性质的总和,则相应的物理量称广度量。

(2) 强度性质

此种性质的数值不随系统中物质的总量而变,它仅由系统中物质本身的特性所决定,也就是没有加和性。如温度、密度就是强度性质,相应的物理量称强度量。

1.1.2 状态和状态函数

1) 状态

系统的性质是系统的自然属性。当系统的各种性质都有确定值时,系统便处于一定的状态。所以系统的状态就是系统各种性质的综合表现。例如气

体的状态可由压力、体积、温度及各组分物质的量等物理量来决定。如果其中一个或多个物理量发生改变时,系统即由一种状态转变为另一种状态。

2) 状态函数

为了描述系统处于什么状态,就需要用一些性质或物理量来表示各种状态。如果这种性质或物理量完全取决于系统的状态,而与系统如何产生无关,这种性质或物理量就称为状态函数。也就是说,当这些物理量都有确定值时,系统就处于一定状态。当系统的某些物理量发生改变,系统的状态也发生变化。这些描述系统状态的物理量之间的关系,犹如数学上的变数与函数的关系,即 $u(\text{状态函数}) = f(\text{状态变数})$ 。因此可把系统中以一定的关系随某一状态变数而变的其他性质称为状态函数。例如理想气体的状态函数 P 、 V 和 T ,可用状态方程联系起来:

$$PV = nRT$$

在方程式中,如果知道了其中 3 个值就可以求出其余的 1 个值, R 是比例常数,叫做摩尔气体常数。实际上,状态函数是用数学语言对那些用于确定系统热力学状态的宏观物理量的统一名称,以便反映这类物理量的特性和变化。

3) 状态函数特征

状态函数有两个非常重要的特征:① 系统的状态函数之间彼此是有联系的,只要指定其中的几个状态函数,则系统的其他状态函数也随之确定。例如 1 mol 理想气体,只要指定温度和体积,就可知道它的压力。② 状态函数的变化只与起始状态和终了状态有关,而与状态变化的具体过程无关。

综上所述,凡只与系统所处状态有关,而与变化途径无关的物理量都是状态函数,它们之间相互联系并制约。

1.1.3 过程和途径

若系统的宏观状态随时间而变化,我们就说该系统经历了热力学过程。完成这个过程的具体步骤则称为途径。我们正是要在系统所经历的热力学过程中去真正认识系统,并进而找出系统的热力学规律。热力学的基本过程有下列几种:

(1) 等温过程

过程中系统的始态与终态温度相同,而且系统与环境温度相同。

(2) 恒压过程

过程中系统的压力恒定。

(3) 恒容过程

过程中系统的体积恒定。

(4) 绝热过程