

全国注册化工工程师考试培训教材

# 注册 化工工程师 执业资格考试 专业基础考试 复习教程

本书编委会 编



NLIC 2970721367



天津大学出版社  
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

全国注册化工工程师考试培训教材

# 注册化工工程师执业资格考试 专业基础考试 复习教程

本书编委会 编



NLIC 2970721367

 **天津大学出版社**  
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书完全、严格按照注册化工工程师执业资格考试基础考试考试大纲编写,内容覆盖了基础考试下午段的全部内容,即包括物理化学、化工原理、化工过程控制、化工设计基础、化工污染控制基础、化工热力学、职业法规7门课程。对每门课程书中均设有考试大纲要求、复习指导、复习内容、仿真习题、习题答案和参考书目;书末设有与正式考试题型、题量完全相同的3套模拟试题。

本书适用于参加注册化工工程师执业资格考试基础考试的应试人员,同时也是相关人员日常工作的一部重要参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

注册化工工程师执业资格考试专业基础考试复习教程/  
《注册化工工程师执业资格考试专业基础考试复习教程》  
编委会编. —天津:天津大学出版社,2011.7

ISBN 978-7-5618-4026-9

I. ①注… II. ①注… III. ①化学工程—工程师—  
资格考试—自学参考资料 IV. ①TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第138106号

出版发行 天津大学出版社  
出 版 人 杨欢  
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)  
网 址 www.tjup.com  
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742  
印 刷 天津泰宇印务有限公司  
经 销 全国各地新华书店  
开 本 185mm×260mm  
印 张 32.5  
字 数 811千  
版 次 2011年7月第1版  
印 次 2011年7月第1次  
定 价 63.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换。

版权所有 侵权必究

# 序 言

执业资格注册制度为我国工程技术人员个人的执业资格确立了符合国际惯例的规格、标准及严格的认证程序,它的建立和实施,必将进一步推动人才的社会化、市场化和国际化的进程,为我国市场经济的可持续发展提供更加规范的人才保障。执业注册资格考试是资格认证程序的核心环节。执业注册资格考试严格按照相应的考试大纲执行。

全国勘察设计注册工程师执业资格考试大纲是在建设部执业资格注册中心的领导下,根据我国建设行业的具体情况以及与国际接轨的要求制定的。考试大纲由专业考试大纲和基础考试大纲两个部分组成,前者规定了申请者专业能力的测试标准,后者则体现对申请者工程科学背景的要求。

在执业资格考试中设立基础考试程序是基于下述两个方面的考虑。

(1)执业工程师的工程科学背景要求是从行业的角度对从业者提出的要求,它并不完全等同于工科院校的基础和专业基础教育的要求,执业注册资格基础考试并不是工科高校基础教学考试的简单重复。

(2)执业资格考试是一种按照独立标准进行的公平认证程序,它原则上不受申请者的学历、学位、职务等传统条件的严格限制。因此,申请者所受的工程基础教育背景差异甚大,有必要在统一的标准下进行检验。

所以,对于基础考试,申请者不可消极应考。正确的做法应当是:根据自身的具体情况,按照基础考试大纲的内容进行系统的学习与准备,切实地充实、强化自身的工程科学基础,从容应对考试。

鉴于申请者教育背景、毕业年限、工作性质、工作岗位及工作经历等诸多因素的影响,基础考试大纲的内容对申请者而言或欠缺或遗忘的情况是普遍存在的,所以为申请者提供适当的考试辅导是必要的、有益的。

天津大学出版社近年来组织出版的“勘察设计注册工程师基础考试”辅导系列教程,按照考试大纲的要求,全面地综合了各门基础课的主要内容,恰当地把握了其广度和深度,准确地体现了对我国执业资格注册制度及其认证

程序的正确理解和对基础考试大纲条目的深入分析,为应考者提供了重要的学习资料。相信这些系列辅导教程能够为申请者的学习与考试准备提供切实的帮助。热切希望今后能够出版更多的分册,以帮助不同专业的申请者。

全国勘察设计注册工程师基础考试专家组组长 林孔元

# 前 言

本复习教程参照全国勘察设计注册工程师化工专业管理委员会拟定的《注册化工工程师执业资格考试基础考试大纲》编写。全书共分为7章,分别为物理化学、化工原理、化工过程控制、化工设计基础、化工污染控制基础、化工热力学、职业法规。

本书由有多年教学经验的教师编写,内容覆盖大纲的每一知识点,注意基本概念和基础应用,难度适中。考虑到参加考试人员的需求,力争做到要领论述简要且具较强的应对性。为方便读者尽快掌握考试内容,在各章节中指明本章节的复习重点、难点,以及复习中应注意的问题和考试解题技巧等;每一学科的内容包括考试大纲要求、复习指导、复习内容、仿真习题、习题答案及参考书目。书中编有大量习题和三套模拟试题,期望通过试题的演练提高应试能力。

本书第1章由天津大学肖衍繁编写,第2章由天津大学贾绍义、柴诚敬、夏清、王军和清华大学蒋维均编写,第3章由天津大学郭翠梨编写,第4章由天津大学杨鸿敏编写,第5章由浙江工商大学马香娟和浙江大学吴祖成编写,第6章由天津大学陈明鸣、马沛生和清华大学于养信编写,第7章由天津市环境影响评价中心杜书田、邢海涛和浙江工商大学马香娟编写。

本复习教程编写时间仓促,存在不妥和错误,恳请读者不吝指正,以便不断修改完善。

编者

# 目 录

1 物理化学 .....	(1)
考试大纲 .....	(1)
复习指导 .....	(1)
复习内容 .....	(2)
1.1 气体的 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 性质 .....	(2)
1.1.1 理想气体(及其混合物)的 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 关系 .....	(2)
1.1.2 真实气体的 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 关系 .....	(4)
1.1.3 饱和蒸气压及临界状态 .....	(5)
1.1.4 对应参数与对应状态原理 .....	(5)
1.2 热力学第一定律 .....	(5)
1.2.1 热力学基本概念 .....	(5)
1.2.2 热力学第一定律 .....	(7)
1.2.3 各种过程热( $Q$ )的计算 .....	(7)
1.2.4 可逆过程及典型可逆过程的体积功的计算 .....	(11)
1.2.5 节流膨胀过程 .....	(14)
1.3 热力学第二定律 .....	(15)
1.3.1 卡诺循环与卡诺定理 .....	(15)
1.3.2 用状态函数熵( $S$ )作为过程方向和限度的判据 .....	(15)
1.3.3 系统的熵变 $\Delta S$ 的计算 .....	(16)
1.3.4 用亥姆霍兹函数 $A$ 作为过程方向的判据 .....	(19)
1.3.5 用吉布斯函数 $G$ 作为过程方向的判据 .....	(19)
1.3.6 热力学基本方程及麦克斯韦关系式 .....	(21)
1.3.7 克拉佩龙方程与克-克方程 .....	(22)
1.4 多组分系统热力学 .....	(22)
1.4.1 两个基本定律——拉乌尔定律与亨利定律 .....	(22)
1.4.2 偏摩尔量与化学势 .....	(24)
1.4.3 理想液态混合物 .....	(24)
1.4.4 理想稀溶液 .....	(26)
1.4.5 稀溶液的依数性 .....	(26)
1.4.6 气体的化学势表达式及逸度概念 .....	(27)
1.4.7 活度及活度系数 .....	(28)
1.5 化学平衡 .....	(30)
1.5.1 理想气体化学反应的标准平衡常数 $K^\ominus$ 及其应用 .....	(30)

1.5.2	等温方程及其应用 .....	(32)
1.5.3	化学反应的 $K^\ominus$ 值如何获得 .....	(33)
1.5.4	如何计算任一温度 $T$ 下的反应 $K^\ominus(T)$ .....	(35)
1.5.5	温度、压力及惰性气体对反应平衡的影响 .....	(36)
1.5.6	真实气体化学反应的标准平衡常数 $K_f^\ominus$ .....	(38)
1.6	相平衡 .....	(39)
1.6.1	相律及其应用 .....	(39)
1.6.2	相图 .....	(41)
1.6.3	杠杆规则 .....	(45)
1.7	电化学 .....	(46)
1.7.1	电解质溶液 .....	(46)
1.7.2	可逆原电池及其电动势 .....	(52)
1.7.3	极化和过电势 .....	(58)
1.8	表面现象 .....	(58)
1.8.1	比表面功、比表面吉布斯函数和表面张力 .....	(58)
1.8.2	弯曲液面下的附加压力及毛细现象 .....	(59)
1.8.3	润湿与杨氏方程 .....	(59)
1.8.4	微小液滴的饱和蒸气压及亚稳状态 .....	(60)
1.8.5	固体表面上的吸附作用 .....	(61)
1.8.6	溶液的表面吸附及表面活性剂 .....	(61)
1.9	化学动力学 .....	(62)
1.9.1	化学反应速率的定义 .....	(62)
1.9.2	浓度对反应速率的影响 .....	(63)
1.9.3	温度对反应速率的影响 .....	(67)
1.9.4	典型复合反应及复杂反应的近似处理 .....	(70)
1.9.5	两个反应速率理论 .....	(74)
1.10	各类特殊反应的动力学 .....	(75)
1.10.1	溶液中反应 .....	(75)
1.10.2	光化学 .....	(75)
1.10.3	催化作用 .....	(76)
1.11	胶体化学 .....	(76)
1.11.1	胶体系统的定义及其主要特征 .....	(77)
1.11.2	胶体的性质 .....	(77)
1.11.3	如何书写(憎液)溶胶的胶团结构 .....	(78)
1.11.4	溶胶的稳定与聚沉 .....	(79)
1.11.5	乳化剂对乳状液的稳定作用 .....	(80)
1.11.6	泡沫 .....	(81)
1.11.7	悬浮液 .....	(81)
1.11.8	气溶胶 .....	(81)



1.11.9 高分子化合物溶液 .....	(81)
仿真习题 .....	(82)
习题答案 .....	(99)
参考书目 .....	(100)
2 化工原理 .....	(101)
考试大纲 .....	(101)
复习指导 .....	(102)
复习内容 .....	(102)
2.1 流体输送机械 .....	(102)
2.1.1 概述 .....	(102)
2.1.2 液体输送机械 .....	(104)
2.1.3 气体输送和压缩机械 .....	(115)
2.2 非均相物系的分离 .....	(118)
2.2.1 概述 .....	(118)
2.2.2 颗粒及颗粒床层的特性 .....	(119)
2.2.3 沉降分离原理及方法 .....	(120)
2.2.4 过滤分离 .....	(128)
2.2.5 离心机 .....	(133)
2.2.6 固体流态化 .....	(134)
2.3 液体搅拌 .....	(135)
2.3.1 概述 .....	(136)
2.3.2 机械搅拌装置和混合机理 .....	(136)
2.3.3 搅拌器的性能 .....	(137)
2.3.4 搅拌功率 .....	(139)
2.3.5 搅拌器的放大 .....	(143)
2.4 传热 .....	(144)
2.4.1 传热过程概述 .....	(144)
2.4.2 热传导 .....	(145)
2.4.3 对流传热概述 .....	(148)
2.4.4 传热过程计算 .....	(149)
2.4.5 对流传热系数关联式 .....	(153)
2.4.6 辐射传热 .....	(158)
2.4.7 间壁式换热器 .....	(161)
2.5 蒸发 .....	(162)
2.5.1 概述 .....	(162)
2.5.2 蒸发设备 .....	(163)
2.5.3 单效蒸发 .....	(164)
2.5.4 多效蒸发 .....	(170)
2.6 气体吸收 .....	(171)

2.6.1	概述 .....	(171)
2.6.2	吸收过程的气液平衡关系 .....	(173)
2.6.3	传质机理和吸收速率 .....	(174)
2.6.4	低组成气体吸收的计算 .....	(181)
2.6.5	填料塔 .....	(187)
2.7	蒸馏 .....	(188)
2.7.1	概述 .....	(189)
2.7.2	两组分理想物系的气、液平衡 .....	(190)
2.7.3	单级蒸馏过程 .....	(193)
2.7.4	两组分连续精馏的计算 .....	(195)
2.7.5	多组分精馏 .....	(209)
2.7.6	板式塔 .....	(211)
2.8	固体干燥 .....	(214)
2.8.1	概述 .....	(214)
2.8.2	湿空气的性质及湿度图 .....	(215)
2.8.3	干燥过程的物料衡算与热量衡算 .....	(220)
2.8.4	固体物料在干燥过程中的平衡关系与速率关系 .....	(226)
2.8.5	干燥器 .....	(230)
2.9	液液萃取 .....	(232)
2.9.1	概述 .....	(232)
2.9.2	液液两相平衡 .....	(233)
2.9.3	萃取过程的流程及其计算 .....	(236)
2.9.4	萃取设备 .....	(242)
2.10	浸取 .....	(244)
2.10.1	概述 .....	(244)
2.10.2	浸取设备 .....	(245)
2.10.3	浸取过程的流程与工艺计算 .....	(247)
	仿真习题 .....	(251)
	习题答案 .....	(266)
	参考书目 .....	(267)
3	化工过程控制 .....	(268)
	考试大纲 .....	(268)
	复习指导 .....	(268)
	复习内容 .....	(269)
3.1	过程控制系统的基本概念 .....	(269)
3.1.1	自动控制系统的组成 .....	(269)
3.1.2	自动控制系统的方框图 .....	(270)
3.1.3	自动控制系统的过渡过程及品质指标 .....	(271)
3.2	被控对象的特性 .....	(274)

3.2.1	化工被控对象的特性	(274)
3.2.2	被控对象数学模型的建立	(274)
3.2.3	描述被控对象特性的参数	(275)
3.3	工艺参数(压力、流量、温度、液位)的检测	(277)
3.3.1	工业自动化仪表的主要性能指标	(277)
3.3.2	压力检测	(278)
3.3.3	流量检测	(279)
3.3.4	物位检测	(282)
3.3.5	温度检测	(284)
3.4	显示仪表	(287)
3.4.1	显示仪表的分类	(287)
3.4.2	模拟式显示仪表	(288)
3.4.3	数字式显示仪表	(288)
3.5	自动调节仪表	(289)
3.6	执行器	(294)
3.6.1	气动执行器的组成和类型	(294)
3.6.2	控制阀的流量特性	(295)
3.6.3	执行器气开式与气关式的选择	(298)
3.7	简单控制系统的工艺设计	(298)
3.7.1	简单控制系统的结构与组成	(298)
3.7.2	控制器控制规律的选择及控制器正、反作用的确定	(299)
3.7.3	控制器参数的工程整定	(300)
3.8	计算机控制系统	(301)
3.8.1	计算机控制系统的组成及特点	(301)
3.8.2	计算机控制系统的硬件系统和软件系统	(302)
	仿真习题	(303)
	习题答案	(310)
	参考书目	(310)
4	化工设计基础	(311)
	考试大纲	(311)
	复习指导	(311)
	复习内容	(312)
4.1	工艺设计	(312)
4.1.1	工艺设计和工程设计类型及分类	(312)
4.1.2	不同设计阶段的设计内容和程序	(313)
4.1.3	工程设计的程序和内容	(316)
4.1.4	原始数据的收集	(317)
4.1.5	化工工艺流程设计	(317)
4.1.6	物料衡算的基本方法	(324)

4.1.7	能量衡算的基本方法 .....	(327)
4.1.8	设备工艺计算内容及要求 .....	(331)
4.1.9	平面布置设计 .....	(335)
4.1.10	化工管道布置设计 .....	(338)
4.1.11	非工艺设计 .....	(343)
4.1.12	设计文件 .....	(346)
4.2	工艺设计安全 .....	(346)
4.2.1	工艺设计中的安全因素 .....	(346)
4.2.2	毒性 .....	(346)
4.2.3	腐蚀性 .....	(347)
4.2.4	燃烧与爆炸 .....	(347)
4.2.5	噪音 .....	(348)
4.3	工艺设计经济分析 .....	(348)
4.3.1	工艺设计经济投资分析 .....	(348)
4.3.2	投资估算 .....	(349)
4.3.3	单元设备价格估算 .....	(350)
4.3.4	生产成本估算 .....	(350)
4.3.5	设计方案经济评价要求和一般方法 .....	(351)
4.3.6	风险分析 .....	(353)
	<b>仿真习题</b> .....	(353)
	<b>习题答案</b> .....	(360)
	<b>参考书目</b> .....	(360)
5	<b>化工污染控制基础</b> .....	(361)
	<b>考试大纲</b> .....	(361)
	<b>复习指导</b> .....	(361)
	<b>复习内容</b> .....	(362)
5.1	环境污染控制原则 .....	(362)
5.1.1	工业污染控制的基本原则 .....	(362)
5.1.2	综合利用的知识 .....	(362)
5.2	废水处理 .....	(363)
5.2.1	废水处理的一般方法 .....	(363)
5.2.2	非均相废水的处理技术 .....	(364)
5.2.3	有机废水的生物处理技术和焚烧知识 .....	(373)
5.3	废气处理 .....	(381)
5.3.1	化工废气处理的一般方法 .....	(381)
5.3.2	废气中颗粒污染物的净化技术 .....	(382)
5.3.3	气态污染物的吸收、吸附、催化转化等净化技术和焚烧知识 .....	(383)
5.4	废渣处理 .....	(386)
5.4.1	固体废物处理处置技术 .....	(386)

5.4.2	污泥浓缩和脱水 .....	(388)
5.4.3	有关固化、热解、焚烧技术知识 .....	(389)
5.5	环境噪声控制 .....	(391)
5.5.1	噪声控制基本概念 .....	(391)
5.5.2	声源性质 .....	(392)
5.5.3	声压和声速的表示方法 .....	(392)
5.5.4	声场中的能量关系 .....	(393)
5.5.5	噪声控制的一般方法 .....	(393)
5.5.6	吸声 .....	(394)
5.5.7	隔声和消声器基本知识 .....	(395)
5.5.8	工业区和居民区等各类场所噪声控制的范围和要求 .....	(397)
	<b>仿真习题</b> .....	(398)
	<b>习题答案</b> .....	(401)
	<b>参考书目</b> .....	(401)
6	<b>化工热力学</b> .....	(402)
	<b>考试大纲</b> .....	(402)
	<b>复习指导</b> .....	(402)
	<b>复习内容</b> .....	(403)
6.1	<b>热力学状态参数、理想气体状态方程</b> .....	(403)
6.1.1	热力学状态参数 .....	(403)
6.1.2	理想气体状态方程 .....	(403)
6.2	<b>功、热量和内能</b> .....	(404)
6.2.1	功 .....	(404)
6.2.2	热量 .....	(404)
6.2.3	内能 .....	(404)
6.3	<b>热力学第一定律及其对理想气体等值过程和绝热过程、多方过程的应用</b> ...	(405)
6.3.1	热力学第一定律 .....	(405)
6.3.2	热力学过程 .....	(406)
6.4	<b>气体的热容、焓和熵</b> .....	(409)
6.4.1	热容 .....	(409)
6.4.2	熵 .....	(409)
6.4.3	焓 .....	(410)
6.4.4	用低压下的 $C_p'$ 和 $p, V, T$ 数据计算焓变和熵变 .....	(411)
6.5	<b>热力学过程、循环过程和热机效率</b> .....	(412)
6.5.1	热力学循环过程和热效率 .....	(412)
6.5.2	卡诺循环与卡诺定理 .....	(413)
6.6	<b>热力学第二定律、可逆与不可逆过程、熵</b> .....	(414)
6.6.1	热力学第二定律 .....	(414)
6.6.2	熵变与不可逆性 .....	(415)

6.7	立方型状态方程、逸度和逸度系数	(416)
6.7.1	维里方程	(416)
6.7.2	立方型状态方程	(416)
6.7.3	逸度与逸度系数	(417)
6.8	理想溶液、正规溶液和无热溶液	(418)
6.9	偏摩尔性质、混合性质、超额性质、活度系数以及超额 Gibbs 自由能与活度系数的关系	(420)
6.10	低压汽液平衡中总压及汽相组成计算、共沸点	(424)
6.11	液液平衡以及根据液液平衡数据求活度系数	(431)
	仿真习题	(433)
	习题答案	(440)
	参考书目	(440)
7	职业法规	(441)
	考试大纲	(441)
	复习指导	(441)
	复习内容	(441)
7.1	建筑法律体系	(441)
7.2	环境保护法律体系	(449)
7.2.1	环境保护法律体系	(449)
7.2.2	环境标准	(454)
7.2.3	环境立法权限及法律适用	(459)
7.3	中国环境保护法律制度	(461)
7.3.1	政府对本辖区环境质量负责制度	(461)
7.3.2	环境影响评价(EIA)制度	(462)
7.3.3	“三同时”制度	(462)
7.3.4	排污申报登记制度	(463)
7.3.5	排污许可证制度	(463)
7.3.6	排污收费制度	(463)
7.3.7	现场检查制度	(464)
7.3.8	限期治理制度	(464)
7.3.9	强制淘汰制度	(465)
7.3.10	公众参与制度	(465)
7.3.11	行政代执行制度	(466)
7.3.12	总量控制制度	(466)
7.3.13	危险废物许可证管理制度	(467)
7.4	工程设计人员的职业道德与行为准则	(467)
7.4.1	勘察设计职工职业道德准则	(467)

7.4.2 工程师职业道德准则 .....	(467)
仿真习题 .....	(468)
习题答案 .....	(472)
参考书目 .....	(472)
<b>模拟试题及参考答案</b> .....	(473)
模拟试题(一) .....	(473)
模拟试题(二) .....	(479)
模拟试题(三) .....	(486)
模拟试题(一) 参考答案 .....	(493)
模拟试题(二) 参考答案 .....	(496)
模拟试题(三) 参考答案 .....	(500)

# 1 物理化学

## 考试大纲

- 1.1 气体的  $p$ 、 $V$ 、 $T$  性质
- 1.2 热力学第一定律
- 1.3 热力学第二定律
- 1.4 多组分系统热力学
- 1.5 化学平衡  
理想气体反应的化学平衡 实际反应的化学平衡
- 1.6 相平衡  
单组分系统 二组分系统气—液平衡 二组分系统液—固平衡 三组分系统
- 1.7 电化学  
电解池 原电池和法拉第定律 电解质溶液 原电池 电解和极化
- 1.8 表面现象  
表面张力 润湿现象 弯曲液面的附加压力和毛细现象 固体表面的吸附作用  
等温吸附 溶液表面的吸附 表面活性物质
- 1.9 化学动力学基础  
化学反应速率方程 复合反应速率与机理 反应速率理论
- 1.10 各类特殊反应的动力学  
溶液中反应和多相反应 光化学 催化作用
- 1.11 胶体化学  
胶体分散系统及其基本性质 憎液溶胶的稳定与聚沉 乳状液 泡沫 悬浮液  
和气溶胶 高分子化合物溶液

## 复习指导

物理化学是由化学现象与物理现象的联系去寻找化学变化规律的学科,亦即是一门研究



物质性质及物质变化规律的基础理论课程,因此,对于像化工这类通过促使物质发生变化以生产具有优良性质产品的专业而言,物理化学是非常重要的理论基础。

物理化学的考试基本内容可以概括为5个主要方面,即化学热力学、化学动力学、界面现象、胶体分散系统以及化学热力学的应用(化学平衡、相平衡及电化学)等,是注册化工工程师执业资格考试的考试范围。试题中物理化学占12题。

物理化学是一门理论性和逻辑推理性极强的学科,所以在复习时要反复结合实际问题分析书中的基本概念及基本原理,掌握主要公式的应用条件,同时要认真领会物理化学解决实际问题的科学方法,切忌只看参考材料和题目的参考答案,一定要在认真阅读所指定的参考教材和在本复习教程基础上,演算一定数量的题目,这样才能深入领会课程的内容,做到举一反三,融会贯通。

## 复习内容

### 1.1 气体的 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 性质

要求:本章重点掌握理想气体及其混合物的  $p$ 、 $V$ 、 $T$  关系及计算、压缩因子  $Z$  的定义、饱和蒸气压及临界状态、对应状态原理,理解范德华状态方程。

化工生产中,气体与液体是最常见的介质,因气体与液体可以流动,故统称之为流体。与气体相比,由于液、固体压缩性甚小,所以在物理化学计算中,液、固体的体积随温度、压力的变化常常被忽略,本节介绍气体的  $p$ 、 $V$ 、 $T$  性质,同时也涉及液体的一些重要性质。

#### 1.1.1 理想气体(及其混合物)的 $p$ 、 $V$ 、 $T$ 关系

##### 1. 理想气体及其微观模型

###### (1) 理想气体状态方程

人类在生产、科研中归纳一个关联出气体在一定状态下的  $n$ 、 $p$ 、 $V$ 、 $T$  的式子,称为理想状态方程。其式如下:

$$pV = nRT \text{ 或 } pV_m = RT$$

式中: $n$  称物质的量, $n = m/M$ , mol,  $m$  为气体的质量,  $M$  为气体的摩尔质量;  $p$  为气体压力, Pa;  $V$  (或  $V_m$ ) 为气体的体积,  $V_m = V/n$ ,  $\text{m}^3$ ;  $T$  为温度, K;  $R$  称为通用气体常数, 其值为  $8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

上述方程还有如下的扩展式

$$p = \frac{mRT}{VM} = \rho \frac{RT}{M} \text{ 和 } p = \frac{m}{M} RT$$

式中: $\rho$  为气体密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $\bar{M}$  为混合气体的平均摩尔质量, 其计算方法见【例 1.1-2】。

由此可见,理想气体状态方程不仅可用来计算  $n$ 、 $p$ 、 $V$ 、 $T$  中的任何一个量,还可以用来计算气体的密度  $\rho$  以及气体混合物的计算。

###### (2) 理想气体及其微观模型

在任何温度、压力均能服从  $pV = nRT$  方程的气体称之为理想气体。实际上,真实气体不可能在任何温度、压力下均服从  $pV = nRT$  的关系。所以  $pV = nRT$  式子称为理想气体状态方程。什么样的气体能无条件服从  $pV = nRT$  呢? 经对  $pV = nRT$  一式的分析,得知只有气体分子本身不具有体积以及气体分子间无相互作用力的气体才能在任何温度、压力下,均服从理想气体状态方程,这也是理想气体微观模型。