

高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

# 无机及分析 测试技术

李巍巍 主编

WUJI JI FENXI  
CESHI JISHU



化学工业出版社

高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材

# 无机及分析 测试技术

李巍巍 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是为高职高专类院校“无机及分析化学”及相关课程教学编写的特色教材。全书共分五个模块八大项目, 主要内容包括化学反应速率和化学平衡、滴定分析基础知识、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电化学分析及紫外-可见分光光度法。

本书不仅可以作为高职高专类院校理工类专业化学基础课程的教材, 也可供其他相关专业人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机及分析测试技术/李巍巍主编. —北京: 化学工业出版社, 2018. 8

高等教育应用型人才培养“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-122-32604-1

I. ①无… II. ①李… III. ①无机化学-高等职业教育-教材  
②分析化学-高等职业教育-教材 IV. ①O61②O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第149274号

责任编辑: 张双进  
责任校对: 边涛

文字编辑: 向东  
装帧设计: 王晓宇

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张16 彩插1 字数388千字 2018年10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: 46.00元

版权所有 违者必究

# 前言

FOREWORD

本书是为高职高专类院校“无机及分析化学”及相关课程教学编写的特色教材。本书的编写突出了项目导向，并配合项目化教学改革，满足理论与实际一体化教学需要，培养学生分析解决问题的能力，提升职业技能。

全书共分五个模块八大项目，主要内容包括化学反应速率和化学平衡、滴定分析基础知识、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电化学分析及紫外-可见分光光度法。本书特点为：

(1) 内容设计上以任务驱动，以项目化形式编撰，每个项目以典型实训任务为载体，承载必要的理论知识，体现理论与实际的密切联系，促使学生“做中学”。

(2) 以理论必需够用为度，结合各专业特点和后续课程需要，将原属于两门课程的基本内容进行精选，突出重点、言简意赅、通俗易懂，并充实了一些在现今企业生产中的新方法、新技术或新方向，使教材具有一定的前瞻性。

(3) 注重贯穿课程教学的职业素养培养，在教材中明确素养目标，以小常识等小栏目介绍一些化学文化的知识和职业素养，陶冶学生情操。

(4) 配套建设了视频资源、电子课件、习题解答等数字化教学资源。部分动画和视频资源可通过移动终端扫描二维码观看，以满足师生的多元化需求。

本书由李巍巍担任主编并统稿，何连军、林忠华任副主编。李巍巍编写项目一、项目二及附录，林忠华编写项目三、项目四，王利编写项目五、项目六，何连军编写项目七，何达编写项目八。本书的编写参考了部分国内相关标准、书籍，在此特向有关作者深表谢意。

限于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。

编者

2018年5月

模块一 盐酸产品分析

/001

Module One Analysis of Hydrochloric Acid

项目 1 化学反应速率和化学平衡

Chemical Reaction Rate and Chemical Equilibrium /003

任务 1.1 认识理想气体状态方程 /004

1.1.1 理想气体状态方程 /004

1.1.2 气体分压定律 /005

任务 1.2 认识化学反应速率的影响因素 /006

1.2.1 化学反应速率 /006

1.2.2 影响化学反应速率的因素 /008

任务 1.3 认识化学平衡的影响因素 /010

1.3.1 化学平衡 /010

1.3.2 影响化学平衡的因素 /014

技能训练 1 乙酸标准平衡常数和解离度的测定 /016

习题 /017

项目 2 滴定分析基础知识

Basic Knowledge of Titrimetric Analysis /020

任务 2.1 认识滴定分析法 /021

2.1.1 滴定分析概述 /021

2.1.2 滴定方式 /022

任务 2.2 配制标准溶液 /023

2.2.1 配制标准溶液 /023

2.2.2 标准溶液的表示方法 /025

2.2.3 滴定分析计算 /026

任务 2.3 定量分析中的误差 /027

2.3.1 准确度和误差 /027

2.3.2 精密度和偏差 /028

2.3.3 误差的分类和减免 /030

任务 2.4 分析数据的处理 /031

2.4.1 有效数字及其运算法则 /031

2.4.2 可疑数据的取舍 /033

任务 2.5 认识实验室试剂和实验用水 /034

2.5.1 实验室安全知识 /034

- 2.5.2 实验室用水 / 036
- 2.5.3 玻璃器皿的洗涤 / 037
- 任务 2.6 电子天平使用与维护 / 038
  - 2.6.1 常用分析试剂配制 / 038
  - 2.6.2 滴定分析常用器皿及操作 / 039
  - 2.6.3 台秤及电子天平的使用 / 042
- 任务 2.7 试样的采集与制备 / 043
  - 2.7.1 采样原则 / 043
  - 2.7.2 固体试样的采取 / 044
  - 2.7.3 液体试样的采取 / 045
  - 2.7.4 试样的制备 / 046
  - 2.7.5 试样的交接 / 047
- 技能训练 2 电子天平的使用与维护 / 048
- 技能训练 3 容量仪器的校正 / 051
- 习题 / 053

### 项目 3 酸碱滴定法

#### Acid-base Titration / 057

- 任务 3.1 认识酸碱 / 058
  - 3.1.1 认识酸碱理论 / 058
  - 3.1.2 弱电解质的解离平衡 / 060
  - 3.1.3 同离子效应和盐效应 / 062
- 任务 3.2 配制缓冲溶液 / 063
  - 3.2.1 缓冲溶液的组成和原理 / 063
  - 3.2.2 缓冲溶液 pH 值的计算 / 064
  - 3.2.3 缓冲容量和缓冲范围 / 065
- 任务 3.3 计算酸碱溶液的 pH 值 / 066
  - 3.3.1 强酸强碱水溶液 pH 值的计算 / 066
  - 3.3.2 一元弱酸、弱碱水溶液 pH 值的计算 / 067
  - 3.3.3 多元弱酸、弱碱水溶液 pH 值的计算 / 068
  - 3.3.4 两性物质水溶液 pH 值的计算 / 068
- 任务 3.4 认识酸碱指示剂 / 069
  - 3.4.1 酸碱指示剂的变色原理 / 069
  - 3.4.2 酸碱指示剂的变色范围 / 070
  - 3.4.3 混合指示剂 / 071
- 任务 3.5 酸碱滴定曲线 / 071
  - 3.5.1 强酸强碱的滴定 / 072
  - 3.5.2 一元弱酸、弱碱的滴定 / 073
  - 3.5.3 多元酸、多元碱的滴定 / 074
- 任务 3.6 酸碱滴定法的应用 / 075

- 3.6.1 酸碱标准溶液的配制与标定 / 075
- 3.6.2 食醋中总酸度的测定 / 077
- 3.6.3 混合碱的测定 / 077
- 3.6.4 铵盐中含氮量的测定 / 078
- 技能训练 4 酸碱溶液的配制和比较滴定 / 078
- 技能训练 5 盐酸标准溶液 (0.1mol/L) 的配制和标定 / 080
- 技能训练 6 氢氧化钠标准溶液 (0.1mol/L) 的配制和标定 / 082
- 技能训练 7 食醋中总酸度的测定 / 083
- 技能训练 8 烧碱中 NaOH 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 含量的测定 / 085
- 技能训练 9 盐酸总酸度的测定 / 086
- 习题 / 088

## 模块二 盐产品分析

/093

### Module Two Analysis of Salt

#### 项目 4 沉淀滴定法

##### Precipitation Titration /095

- 任务 4.1 认识溶度积 / 096
  - 4.1.1 溶度积常数 / 096
  - 4.1.2 溶解度和溶度积的关系 / 097
- 任务 4.2 溶度积规则及应用 / 098
  - 4.2.1 溶度积规则 / 098
  - 4.2.2 应用溶度积规则 / 099
  - 4.2.3 影响沉淀的因素 / 100
- 任务 4.3 沉淀滴定法 / 101
  - 4.3.1 莫尔法 / 102
  - 4.3.2 佛尔哈德法 / 103
  - 4.3.3 法扬司法 / 104
- 任务 4.4 沉淀滴定法的应用 / 105
  - 4.4.1 配制标准溶液 / 105
  - 4.4.2 应用实例 / 106
- 任务 4.5 重量分析法 / 106
  - 4.5.1 沉淀重量分析法 / 107
  - 4.5.2 挥发重量法 / 109
  - 4.5.3 常用电热设备 / 110
- 技能训练 10 硝酸银标准溶液 (0.1mol/L) 的配制和标定 / 112
- 技能训练 11 氯化钠含量的测定 / 113
- 技能训练 12 自来水中氯离子含量的测定 / 115
- 技能训练 13 复合肥中氯含量的测定 / 117
- 技能训练 14 水不溶物含量的测定 / 118
- 技能训练 15 葡萄糖干燥失重测定 / 119

## 模块三 聚合氯化铝产品分析

/125

### Module Three Analysis of Poly Aluminium Chloride

#### 项目 5 配位滴定法

##### Complex-Formation Titration / 127

##### 任务 5.1 认识配位化合物 / 128

###### 5.1.1 配合物的概念 / 128

###### 5.1.2 配位化合物的命名 / 129

##### 任务 5.2 配位平衡 / 130

###### 5.2.1 配合物的稳定常数 / 131

###### 5.2.2 配离子稳定常数的应用 / 131

##### 任务 5.3 EDTA 及其配合物 / 132

###### 5.3.1 EDTA / 132

###### 5.3.2 EDTA 与金属离子形成螯合物 / 133

###### 5.3.3 副反应和条件稳定常数 / 134

##### 任务 5.4 配位滴定法 / 136

###### 5.4.1 配位滴定的滴定曲线 / 136

###### 5.4.2 配位滴定中酸度的控制 / 137

##### 任务 5.5 金属指示剂 / 138

###### 5.5.1 金属指示剂作用原理 / 138

###### 5.5.2 常用金属指示剂 / 139

##### 任务 5.6 配位滴定法的应用 / 140

###### 5.6.1 EDTA 标准溶液的配制与标定 / 140

###### 5.6.2 配位滴定方式 / 141

###### 5.6.3 配位滴定的应用 / 142

##### 技能训练 16 EDTA 标准溶液 (0.02mol/L) 的配制和标定 / 143

##### 技能训练 17 EDTA 标准溶液 (0.05mol/L) 的配制和标定 / 145

##### 技能训练 18 钙镁离子的测定 / 146

##### 技能训练 19 水硬度的测定 / 148

##### 技能训练 20 氧化铝含量的测定 / 149

##### 技能训练 21 碳酸钙 (氯化钙) 含量的测定 / 150

##### 技能训练 22 氯化锌含量的测定 / 152

##### 习题 / 154

## 模块四 过氧化氢产品分析

/157

### Module Four Analysis of Hydrogen Peroxide

#### 项目 6 氧化还原滴定法

##### Oxidation-Reduction Titration / 159

任务 6.1	认识氧化还原反应	/ 160
6.1.1	基本概念	/ 160
6.1.2	方程式的配平	/ 162
任务 6.2	电极电势	/ 162
6.2.1	电极电势的产生	/ 162
6.2.2	电极电势的应用	/ 164
任务 6.3	氧化还原滴定法	/ 166
6.3.1	氧化还原滴定曲线	/ 166
6.3.2	氧化还原滴定法的指示剂	/ 166
任务 6.4	高锰酸钾法	/ 167
6.4.1	高锰酸钾标准溶液的配制与标定	/ 168
6.4.2	应用实例	/ 169
任务 6.5	重铬酸钾法	/ 169
6.5.1	重铬酸钾标准溶液的配制与标定	/ 170
6.5.2	应用实例	/ 170
任务 6.6	碘量法	/ 170
6.6.1	碘量法的基本原理	/ 170
6.6.2	碘量法标准溶液的配制和标定	/ 171
6.6.3	应用示例	/ 172
技能训练 23	高锰酸钾标准溶液 (0.02mol/L) 的配制与标定	/ 173
技能训练 24	过氧化氢含量的测定	/ 174
技能训练 25	草酸钠溶液含量的测定	/ 176
技能训练 26	硫代硫酸钠标准溶液 (0.1mol/L) 的配制与标定	/ 177
技能训练 27	碘量法测定硫酸铜含量	/ 178
技能训练 28	维生素 C 含量的测定	/ 180
习题		/ 182

## 模块五 常用仪器分析

/ 185

### Module Five General Instrumental Analysis

#### 项目 7 电化学分析

##### Electrochemical Analysis / 187

任务 7.1	认识化学电池	/ 188
7.1.1	电化学分析的分类	/ 188
7.1.2	原电池	/ 189
任务 7.2	电位分析法	/ 190
7.2.1	参比电极	/ 191
7.2.2	指示电极	/ 191
任务 7.3	直接电位法	/ 194
7.3.1	直接电位法测定溶液 pH 值	/ 194

7.3.2	电位滴定法	/ 195
技能训练 29	水溶液 pH 值的测定	/ 197
技能训练 30	电导法检测水的纯度	/ 199
技能训练 31	水中氟离子的测定	/ 200
技能训练 32	工业循环冷却水 pH 值的测定	/ 202
	习题	/ 203
项目 8 紫外-可见分光光度法		
Ultraviolet-Visible Spectrophotometry / 207		
任务 8.1	认识分光光度法	/ 208
8.1.1	物质对光的选择性吸收	/ 208
8.1.2	光的吸收定律	/ 210
8.1.3	偏离朗伯-比尔定律的原因	/ 212
任务 8.2	紫外-可见分光光度计	/ 213
8.2.1	仪器基本组成	/ 213
8.2.2	分光光度计的操作与维护	/ 214
任务 8.3	显色反应	/ 216
8.3.1	对显色反应的要求	/ 216
8.3.2	显色反应条件的选择	/ 217
任务 8.4	定量分析方法	/ 218
8.4.1	测量条件的选择	/ 218
8.4.2	单组分分析	/ 219
8.4.3	多组分分析	/ 221
技能训练 33	铁吸收曲线的绘制	/ 222
技能训练 34	邻菲罗啉分光光度法测定水中铁含量 (标准曲线法)	/ 223
技能训练 35	邻菲罗啉分光光度法测定水中铁含量 (标准比较法)	/ 224
技能训练 36	工业盐酸中铁含量测定 (1,10-菲罗啉分光光度法)	/ 226
技能训练 37	磺基水杨酸分光光度法测定水中铁含量 (标准曲线法)	/ 228
技能训练 38	磺基水杨酸分光光度法测定水中铁含量 (标准比较法)	/ 229
	习题	/ 231

## 附录

/ 234

### Appendix

附录一	不同温度下标准溶液的体积补正值	/ 234
附录二	滴定管校正曲线	/ 235
附录三	中国法定计量单位	/ 236
附录四	常用酸碱溶液的相对密度和浓度	/ 237
附录五	常用缓冲溶液的配制	/ 237
附录六	弱酸在水中解离常数 (298K)	/ 238

附录七 弱碱在水溶液中的解离常数 (298K) / 239

附录八 标准电极电势 (298K) / 239

附录九 难溶化合物的溶度积常数 (298K) / 240

附录十 金属配合物的稳定常数 / 241

附录十一 标准缓冲溶液的 pH 值 / 242

## 参考文献

/243

### 元素周期表

### 二维码资源目录

序号	名 称	页码
1.1	HCl 合成炉	007
1.2	校正 pH 计操作过程	016
2.1	滴定操作过程示意	022
2.2	基准物质	024
2.3	灭火器	035
2.4	台秤称量操作	042
2.5	天平校正过程	049
2.6	差减法称量过程	049
2.7	移液管操作	052
3.1	标定盐酸终点颜色	080
4.1	沉淀溶解操作过程	100
4.2	电热恒温箱温度调节	111
4.3	抽滤操作	118
5.1	氧化铝含量测定终点颜色	149
5.2	氧化锌含量测定终点颜色	152
6.1	标定高锰酸钾操作过程	168
6.2	草酸钠含量测定终点颜色	176
7.1	pH 玻璃电极	193
8.1	比色皿加入比色液的操作	222
8.2	分光光度计操作	222

# 模块一 盐酸产品分析

## Module One Analysis of Hydrochloric Acid

盐酸是一种无机强酸，广泛应用于化学工业、食品加工、医药卫生和水处理等多个行业，在国民经济中占有非常重要的地位。盐酸的质量往往能够决定其产品的质量，为此国家标准 GB 320—2006《工业用合成盐酸》规定了工业用合成盐酸的要求、采样、试验方法和检验规则等，质量指标见下表。杭州电化集团有限公司质检部安排你对盐酸车间生产的工业盐酸采样并进行常规检验，判断产品质量是否符合国家相关标准要求，并填写检验报告单。

工业用合成盐酸质量指标

单位：%

项 目	优等品	一等品	合格品
总酸度(以 HCl 计)的质量分数	≥ 31.0		
铁(以 Fe 计)的质量分数	≤ 0.002	0.008	0.01
灼烧残渣的质量分数	≤ 0.05	0.10	0.15
游离氯(以 Cl 计)的质量分数	≤ 0.004	0.008	0.01
砷的质量分数	≤ 0.0001		
硫酸盐(以 $\text{SO}_4^{2-}$ 计)的质量分数	≤ 0.005	0.03	—

注：砷指标强制。



# 项目1

## 化学反应速率和化学平衡

### Chemical Reaction Rate and Chemical Equilibrium



#### 知识目标 (knowledge objectives)

1. 掌握化学反应速率的表示方法和反应速率方程；
2. 掌握浓度、温度和催化剂对化学反应速率的影响；
3. 掌握化学平衡和平衡常数的概念；
4. 理解影响化学平衡移动的因素；
5. 了解常用化合物的重要性质。



#### 技能目标 (skill objectives)

1. 能正确写出基元反应的速率方程；
2. 能正确判断浓度、温度和催化剂对化学反应速率的影响；
3. 能写出平衡常数表达式；
4. 能运用平衡移动原理判断化学平衡移动的方向。



#### 素养目标 (attitude objectives)

1. 培养学生树立正确的职业道德；
2. 培养实事求是、严谨科学的工作作风；
3. 树立安全、环保和节约的意识；
4. 养成爱岗敬业的职业精神。

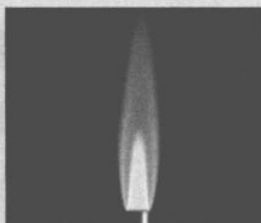
## 项目引入



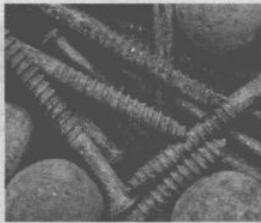
1. 氢气燃烧、炸药爆炸、酸碱溶液的反应及钉子的腐蚀等，这些反应所经历的时间是一样的吗？怎么描述反应的速率？反应的速率有哪些影响因素？



炸药爆炸



氢气燃烧



钉子腐蚀

2. 氮肥工业中，合成氨的工艺一直是技术人员研究的重点。合成氨反应的条件是什么？为什么需要如此复杂的反应条件？

通过对本项目的学习，诸如此类的问题均可以得到解决。

## 任务1.1

### 认识理想气体状态方程

利用气体可以很方便地测定一些反应的速率。扩散性和可压缩性是气体的基本性质。气体分子间彼此相距很远，气体分子间相互引力很小，每个分子的运动是独立的。气体的压力 (pressure) 来自气体分子对容器器壁的碰撞。

#### 1.1.1 理想气体状态方程

在压力不太高和温度不太低时，气体的体积、压力和温度满足下列方程：

$$pV = nRT \quad (1-1)$$

式中  $p$ ——气体压力，Pa；

$V$ ——气体体积， $\text{m}^3$ ；

$n$ ——气体物质的量，mol；

$T$ ——气体的热力学温度，K；

$R$ ——摩尔气体常数， $8.314\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 。

式(1-1)称为理想气体状态方程。物质的量 ( $n$ ) 与质量 ( $m$ )、摩尔质量 ( $M$ ) 满足：

$$n = \frac{m}{M}$$

则式(1-1)可变换为：

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

已知密度  $\rho = \frac{m}{V}$ ，则式(1-1)可变换为：

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (1-2)$$

在常温常压下，一般的实际气体均可用理想气体状态方程式进行计算。

[例 1-1] 一个体积为 20.0L 的氢气钢瓶，在 25℃ 时，初始压力为 15.0MPa。求钢瓶压力降为 10.0MPa 时所用去的氢气的质量。

解 使用前钢瓶中氢气的物质的量为：

$$n_1 = \frac{p_1 V}{RT} = \frac{15.0 \times 10^6 \times 20.0 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 25)} = 121 \text{ (mol)}$$

使用后钢瓶中氢气的物质的量为：

$$n_2 = \frac{p_2 V}{RT} = \frac{10.0 \times 10^6 \times 20.0 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273.15 + 25)} = 80.7 \text{ (mol)}$$

所用的氢气的质量为：

$$m = (n_1 - n_2)M = (121 - 80.7) \times 2 = 80.6 \text{ (g)}$$

## 1.1.2 气体分压定律

气体具有扩散性，会自发均匀充满整个容器。当两种或多种互不起化学反应的气体放在同一容器中，它们互不干扰，如同单独存在于容器中一样。某一组分气体产生的压力不因其他组分的存在而有所改变，和它独占整个容器时产生的压力相同。组分气体对器壁所施加的压力叫作该组分气体的分压力（partial pressure），如图 1-1 所示。1801 年，英国物理学家和化学家道尔顿（Dalton）经过实验观察发现：气体混合物的总压力等于各气体分压的总和。这就是道尔顿分压定律（Dalton's law of partial pressures），即：

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots \quad (1-3)$$

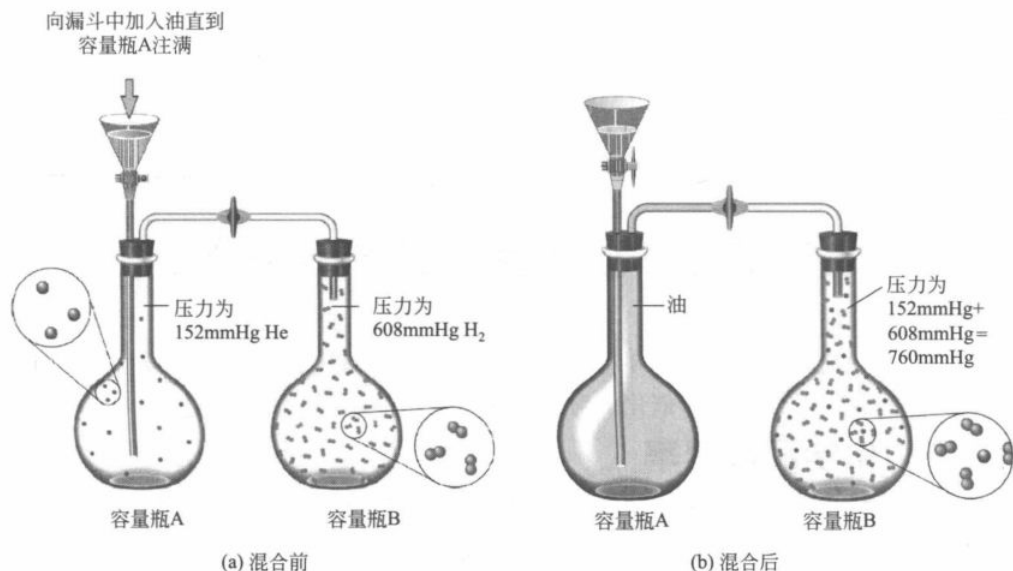


图 1-1 道尔顿分压定律 (1mmHg=133.322Pa)

根据理想气体状态方程式，有下列关系式：

$$p_i V = n_i RT$$

混合气体的状态方程可写成：

$$pV = nRT$$

联立两式得到:

$$p_i/p = n_i/n \quad (1-4)$$

用  $x_i$  表示  $n_i/n$ ,  $x_i$  称为混合气体中某气体的摩尔分数 (mole fraction), 则式(1-4)可以写成:

$$p_i = x_i p \quad (1-5)$$

这表明组分的分压等于总压乘以该气体的摩尔分数。

**[例 1-2]** 有一个 5.0L 的容器, 内盛 16g 氧气、14g 氮气、1g 氢气、4g 氩气, 求 293K 时氧气、氮气、氢气、氩气的分压及混合气体的总压。

**解** 首先求出氧气的物质的量:

$$n(\text{O}_2) = \frac{16}{32} = 0.5 \text{ (mol)}$$

$$p(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)RT}{V} = \frac{0.5 \times 8.314 \times 293}{5.0 \times 10^{-3}} = 2.44 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

同理求得氮气等组分气体的分压:

$$p(\text{N}_2) = 2.44 \times 10^5 \text{ Pa}, p(\text{H}_2) = 2.44 \times 10^5 \text{ Pa}, p(\text{Ar}) = 4.88 \times 10^5 \text{ Pa}$$

混合气体的总压:

$$\begin{aligned} p_{\text{总}} &= p(\text{O}_2) + p(\text{N}_2) + p(\text{H}_2) + p(\text{Ar}) = (2.44 + 2.44 + 2.44 + 4.88) \times 10^5 \\ &= 1.22 \times 10^6 \text{ (Pa)} \end{aligned}$$

### ► 练一练

在 30℃ 时, 于一个 10.0L 的密闭容器中, 氧气、氮气和  $\text{CO}_2$  混合气体总压为 93.3kPa。分析的氧气分压为 26.7kPa,  $\text{CO}_2$  质量为 4.4g, 求: (1)  $p(\text{CO}_2)$ ; (2) 氧气的摩尔分数。

## 任务1.2

### 认识化学反应速率的影响因素

各种化学反应的速率各不相同, 有些反应进行得很快, 如金属钠与水; 有的反应则进行得很慢, 如常温下氢、氧混合几十年都不会生成一滴水。通过完成本次任务, 从而理解反应速率的概念, 掌握浓度、温度和催化剂对化学反应速率的影响。

#### 1.2.1 化学反应速率

化学反应速率 (reaction rate) 指在一定条件下, 反应物转变成生成物的速率, 常用单位时间内物质浓度的变化量来表示。若化学反应是在恒容条件下进行, 习惯以单位时间内任何一种反应物或生成物浓度变化的正值来表示。浓度单位为 mol/L, 时间单位可选 s、min、h, 则化学反应速率的单位是 mol/(L·s)、mol/(L·min) 或 mol/(L·h)。

绝大多数的化学反应速率是不断变化的, 因此描述化学反应速率可选用平均反应速率或瞬时反应速率。

##### 1.2.1.1 平均反应速率 (average reaction rate)

平均反应速率为一定时间间隔内求得的反应速率: