

# 郑州大学 2022 年硕士生入学考试初试自命题科目考试大纲

学院名称	科目代码	科目名称	考试单元	说明
化学与分子工程学院	676	普通化学		需带函数计算器

说明栏：各单位自命题考试科目如需带计算器、绘图工具等特殊要求的，请在说明栏里加备注。

## 郑州大学硕士研究生入学考试 《普通化学》考试大纲

命题学院（盖章）：化学学院 试科目代码及名称：普通化学（676）

### 一、考试基本要求及适用范围概述

《普通化学》考试大纲适用于郑州大学化学及相关专业的硕士研究生入学考试。普通化学是化学的重要组成部分，是包装工程、临床医学、医学检验技术、影像学+麻醉学+口腔医学、预防医学、药学、材料科学与工程、包装工程、护理学等学科的基础理论课程，主要内容：掌握元素周期律、近代物质结构理论、化学热力学、化学平衡和氧化还原等基本原理的基础知识；掌握重要元素化合物的主要性质、结构、用途。本课程重点强调培养学生发现问题和分析解决问题的综合能力，并注意使学生在科学思维能力上得到训练和培养。学生通过本课程的学习，应掌握对一般无机化学问题进行理论分析和计算的能力、掌握结构对于物质性质的影响的分析和阐释方法、热力学原理在溶液平衡中的应用，了解化学的最新进展，能综合运用所学的知识分析问题和解决问题。

### 二、考试形式

硕士研究生入学生物化学考试为闭卷，笔试，考试时间为 180 分钟，本试卷满分为 150 分。

试卷结构（题型）：单项选择题、填空题、判断题、简答题、计算题

### 三、考试内容

#### 《无机化学》上册

##### 第一章：化学反应中伴随的热量

考试内容和要求

第一节：热力学基本概念与第一定律

几个重要的概念与热力学第一定律的数学表达式

(1) 热力学：化学反应热效应；两种特定条件下的反应热( $Q_p$ 、 $Q_v$ )；焓变  $\Delta H$ ；热化学方程式书写；

(2) 几种反应热的计算：Hess定律；由标准生成热（焓）计算反应热；由键能估算反应热；由燃烧热计算反应热； $Q_p$ 与 $Q_v$ 关系。

(3) 了解状态函数的意义，了解化学反应中的焓变在一般条件下的意义；

(4) 初步掌握化学反应的标准摩尔焓变( $\Delta_r H_m^\ominus$ )的计算。

第二节：反应热效应与热化学循环

化学反应热效应

反应热的测定

新的热力学状态函数——焓

标准状态

热化学方程与盖斯定律

标准摩尔生成焓

水溶液中离子的标准生成热

键能

燃烧热

了解化学反应中的熵变及吉布斯自由能函数在一般条件下的意义，初步掌握化学反应的标准摩尔吉布斯函数 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的计算，利用 $\Delta_r G_m^\ominus$ 或 $\Delta_r G_m$ 判断反应进行的方向。掌握平衡定律的应用及多重平衡的计算。了解平衡常数的影响因素。

第三节：几种热效应及计算

##### 第二章 化学反应方向与限度

内容提要与要求

热力学第二定律；热力学第三定律；标准态反应方向判断；平衡常数的意义及其与吉布斯自由能的关系；化学反应等温式，Van't Hoff方程；非标准态反应方向判断

第一节：反应自发性的一般判据

反应的自发性

能量降低与混乱度判据

Gibbs判据

## 第二节：熵与熵变

### 熵 Entropy

熵的统计热力学定义

熵的热力学定义

绝对熵与热力学第三定律

熵的规律

熵变与过程的方向

$\Delta_r H_m^\ominus$ ,  $\Delta_r S_m^\ominus$ 对反应自发性的影响

## 第三节：吉布斯自由能变与有用功

定义

### Gibbs–Helmholtz Equation

标准生成自由能 $\Delta_f G_m^\ominus$

化学反应中过程自由能变 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的计算

热力学函数的变化

## 第三章：化学反应的速度

内容提要与要求

初步了解化学反应速率、速率方程、碰撞理论、过渡状态理论和活化能概念；体会动力学和热力学的联系与区别；

理解并会用浓度、温度、催化剂诸因素解释其对化学反应速率的影响；

### 第一节：化学反应的平均速率和瞬时速率

反应自发性的判断

### 第二节：反应速率理论简介

碰撞理论 Collision theory

过渡状态理论 Transition state theory

活化能  $E_a$

$E_a$  与  $\Delta_r H$  的关系

活化能的特征

浓度对化学反应速率的影响:质量作用定律

温度对化学反应速率的影响

反应物之间的接触状况对反应速率的影响

催化剂对反应速率的影响

### 第四节：化学反应机理及其研究方法

反应物（或产物）的  $c \sim t$  图

确定速率方程的实验方法

反应机理的设计

### 第三节：影响化学反应速率的因素

### 第四节：热力学函数的计算及初步应用

几个热力学函数

计算及应用（求算反应逆转的温度、判断化合物的相对稳定性、判断无机物溶解度、盐类溶解性的热力学讨论）

第五节：化学平衡

化学平衡的特点

化学平衡常数

标准平衡常数  $K^\circ$

反应商与平衡常数

用  $Q$  判断反应的方向

反应的耦合与多重平衡

温度对平衡常数的影响

第六节：化学平衡的移动

浓度对化学平衡的影响

压力对化学平衡的影响

催化剂对平衡态的影响

初步掌握阿仑尼乌斯公式的应用，会用其求活化能及某温度下的反应速率；活化能与反应热关系；

理解反应分子数和反应级数的概念，会进行基元反应有关的简单计算；

初步掌握零级、一级和二级反应的特征。

化学反应的平均速率 The average rate of chemical reaction

反应的瞬时速率 Instantaneous Rate

#### 第四章：溶液中的各种平衡

内容提要与要求

液体与溶液的性质——热力学、动力学原理在具体体系中的应用；此部分要求能够对实际体系的实验现象进行解释并可以应用，包括设计实验测定大分子分子量；

胶体分散系——动力学控制实例；胶体电动性质的理解与应用

第一节：液体与固体的蒸汽压

蒸汽压

蒸汽压与温度的关系

沸点 Boiling Point

水的相图 Phase Diagram for  $H_2O$

固液平衡

楚顿规则 Trouton's Rule

第二节：稀溶液依数性 Colligative Properties

蒸汽压下降与 Raoult's Law

沸点升高 Boiling Point Elevation

凝固点下降

$K_f$  与  $K_b$  的确定

渗透与渗透压 Osmosis/Osmotic Pressure

第三节：胶体 Colloids 化学初步

分散系

胶粒的结构

溶胶粒子带电的原因

溶胶的制备与净化

Brown运动及本质

电解质溶液——热力学原理在溶液体系中的实践；掌握强弱电解质溶液模型、离子强度、活度与活度系数概念。

酸碱理论——掌握质子论、电子论概念，了解拉平与区分效应；

复相平衡——热力学原理的具体应用。要求掌握溶度积规则的应用及相关计算。多重平衡计算。

光散射现象与 Tyndall 效应

胶体的聚沉和絮凝

第四节：强电解质溶液

Arrhenius 解离学说

活度 (Activity)

“离子氛”

第五节：酸碱理论

酸、碱质子理论

酸碱共轭关系

酸碱反应的实质

“区分效应”和“拉平效应”

Lewis 酸碱电子理论

第六节：一元弱电解质解离

酸和碱的解离平衡常数

共轭酸碱解离平衡常数的关系

解离度  $\alpha$

缓冲体系

酸碱指示剂

第七节：多元酸解离平衡

酸碱溶液中的基本关系式

多元酸溶液

第八节：盐类的水解

弱酸和弱碱组成的盐

氨基酸溶液

金属离子的水解

水解影响因素

第九节：难溶电解质的沉淀溶解平衡

无机盐在水中溶解的能量分析

溶度积常数 solubility product constant

溶度积与溶解度之间的关系

溶度积规则及其应用

沉淀溶解平衡的移动

## 第五章：溶液中的氧化还原平衡与电化学基础

内容提要与要求

主要介绍氧化数的概念及离子-电子法配平氧化还原反应方程式。

着重讨论原电池的结构及电极电位的产生、测定、电极电位和原电池电动势的Nernst方程，以及电极电位的应用

掌握氧化还原反应概念、氧化还原反应方程式的配平及氧化值的计算。

掌握原电池的结构，电极类型，能正确地书写电池组成式，熟悉正、负极反应的特点。

掌握电极电位产生的原因和标准电极电位的概念，掌握电极电位和电池电动势的 Nernst 方程。

能将一个氧化还原反应拆分成两个半反应并组成电池，计算其电池电动势并判断氧化还原反应的方向。会利用标准电动势  $E^\ominus$  计算氧化还原反应的平衡常数，溶度积及解离常数等。

第一节：氧化还原反应的基本概念

氧化数的概念

氧化还原作用

氧化还原反应方程式的配平

第二节：原电池与电极电势

原电池的概念

电极电势的产生与电动势

电化学与热力学的联系

电极电势的相对标准

电极的种类

电池符号的写法

第三节：电极电势的应用

影响电极电势的因素

Nernst 方程的应用

$\varphi$  - pH 图

元素电位图

氧化还原反应限度

第四节：氧化还原反应的速度

浓差极化

过电位  
电化学极化

## 第六章：原子结构与周期系

内容提要与要求：

原子结构理论的发展简史；核外电子的运动状态；多电子原子核外电子排布及元素周期表；元素的基本性质及周期性的变化规律。

能认识电子微粒运动所具有的特征：即波粒二象性特征，测不准特性，运动轨道不确定性，掌握描述描述电子的运动状态的方法；

掌握 $|\psi|^2$ 所代表的意义，电子云图的意义。明确  $n$ 、 $l$ 、 $m$ 、 $m_s$  4 个量子数所代表的意义以及如何对应核外电子运动轨道。

根据能量最低原理、Pauli 不相容原理、Hund 规则，可以写出基态原子的电子排布式。

熟悉元素周期表特点、分区及价层电子构型的关系，元素周期表反映的周期律其内在因素是核外电子排布的周期性变化本质原因。

第一节：原子结构理论的发展简史

古代希腊的原子理论

道尔顿(J. Dalton) 的原子理论

卢瑟福(E. Rutherford)的行星式原子模型

近代原子结构理论---氢原子光谱

第二节：单电子原子体系电子运动的描述

光谱与原子光谱

玻尔 (N. Bohr) 原子结构理论

微观粒子的波粒二象性

测不准原理

波函数与原子轨道（薛定谔方程及其解——波函数、薛定谔方程与波函数的物理意义、四个量子数  $n$ 、 $l$ 、 $m$  和  $m_s$  的意义、原子轨道（波函数）的图像、几率密度径向分布、径向分布图）

轨道上电子能量

“单电子原子体系核外电子运动状态”小结

第三节：多电子原子体系电子状态与分布

中心力场近似与屏蔽效应

屏蔽常数与 Slater 规则

多电子原子电子的能量

第四节：原子构造原理与周期系分布

原子构造原理

元素周期系

第五节：元素原子性质周期性

原子半径和离子半径

解离能  
电子亲和能  
电负性  
元素表现氧化态

## 第七章：分子与晶体结构

内容提要与要求：

离子晶体与离子键强度（自学）；共价键与分子轨道理论；金属晶体与金属键强度；离子极化与过渡型晶体；氢键与分子间作用能；晶体的特点与类型。其中：重点和难点为共价键与分子轨道理论，而结构与物性的关系则是需要大家认真体会和应用的侧重点！

这一章是化学的核心，因为结构决定性质。如白磷、红磷的结构不同，性质也不同；石墨、金刚石和C<sub>60</sub>等的结构不同，性质也不同。这一章重点讲授共价键，离子键以及分子几何构型，金属晶体，原子晶体和离子晶体的晶体结构。另外我们也讨论分子间的作用力以及对分子晶体的一些性质的影响。

第一节：离子晶体与离子键强度

离子键理论

离子键的强度——晶格能

单键的离子性百分数

离子的特征

离子晶体的类型与物性

第二节：共价键与分子轨道理论

化学键参数与分子的物理性质

价键理论

价键理论的“补丁”——杂化轨道理论

判断共价小分子空间结构的经验方法——VSEPR 模型

Molecular Orbital Theory——MO 理论

离域分子轨道

第三节：金属晶体与金属键强度

“自由电子”理论（改性共价键理论）

能带理论

金属键的强度——原子气化热

第四节：离子极化与过渡型晶体

极化力与变形性

离子极化对键型和性质的影响

第五节：氢键与分子间作用能

分子间力（Van der Waals' Forces）

氢键 Hydrogen bond



## 第六节：晶体性质

晶体分类

晶体的物性与键力

## 第八章：配位化合物化学

内容提要与要求：

配合物的基本概念，包括定义、组成、命名、分类等；配合物的化学键理论主要有价键理论、晶体场理论、分子轨道理论；配位平衡，配合物生成反应的平衡常数，配合物稳定性的判断；配位平衡与解离平衡、沉淀平衡、氧化还原平衡、其它配位平衡等的竞争，对反应方向的影响。

掌握配合物的基本概念（定义、组成、分类、命名和配位键的本质）；

了解配合物的异构现象，能够由名称写出分子式；

理解配合物的价键理论和晶体场理论，并能够用以解释或推测一些配合物的几何结构、磁矩、相对稳定性和颜色；

掌握配位平衡的基本计算技能，熟悉酸碱平衡、沉淀平衡和氧化还原平衡与配位平衡的相互影响；了解配合物在实践和生物体内生命过程的应用。

### 第一节：配合物的组成、概念及异构

定义、组成和命名

异构现象（结构异构、旋光异构）

### 第二节：配合物的结构理论—价键理论

键的本质和配位化合物的分类

配位离子的空间构型

价键理论的优缺点

### 第三节：配合物的结构理论—晶体场理论（Crystal Field Theory）

基本要点

晶体场稳定化能 Crystal Field Stabilization Energy, CFSE

晶体场理论的应用

### 第四节：配合物的稳定性

### Review of Lewis Acid/Base Theory

有效原子序数 EAN's Rule

金属羰合物的反应性与应用

螯合效应

$\pi$ 及 $\pi$ -酸配合物对于底物分子的活化作用

### 第五节：配位平衡

配位平衡

配位平衡的移动

### 第六节：配位化合物的应用

金属的提取和分离

元素组成的快速检出和测定

配合催化反应

生物体中的配合物

## 《无机化学》下册

### 第一章 非金属元素单质化学

内容提要与要求：

①掌握非金属元素单质分子存在形态、键合特征及反应性；

②了解非金属元素单质的制造；掌握典型非金属元素单质制造过程的热力学、电化学原理运用；

③非金属元素单质的环境化学、安全化学的一般介绍。

#### §1.1 非金属元素分子存在形态、键合特征及反应性

##### 1.1.1 双原子元素单质分子的价键特征

##### 1.1.2 双原子元素单质的物性与结构关系

##### 1.1.3 双原子元素单质的化学性质一览

##### 1.1.4 稀有气体的物性与反应性

##### 1.1.5 多原子分子元素单质的价键特征与晶体结构

##### 1.1.6 多原子分子元素单质物性与反应活性

#### §1.2 非金属元素单质的制造

##### 1.2.1 卤素单质的制造过程——Redox 理论在工程实践中的应用

##### 1.2.2 空分过程获得和分离稀有气体及 O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>

##### 1.2.3 半水煤气过程制造氢气、氮气

##### 1.2.4 B、C、Si、P、S、Se、As 的制造

### 第二章 金属元素单质化学引论

内容提要与要求：

①掌握金属元素单质的结构与物性的内在关系，能够判断金属的物性；

②了解金属元素间化合物、合金的区别，熟悉金属材料的分类；

③掌握金属元素单质的一般化学通性，典型单质反应，了解金属的腐蚀与防腐蚀；

④掌握火法和湿法冶金的热力学、电化学原理与典型金属冶炼和纯化过程，了解废旧物资中有价金属的资源化再生的资源学意义；

⑤了解金属元素的环境化学。

#### §2.1 金属元素单质基本物性与结构关系

##### 2.1.1 金属键理论回顾与金属晶体

##### 2.1.2 金属单质物性变化总结

##### 2.1.3 金属单质原子性质变化

##### 2.1.4 金属的不同分类方法

#### §2.2 金属元素间化合物

- 2.2.1 金属合金
- 2.2.2 金属互化物
- §2.3 金属单质的一般通性
  - 2.3.1 还原性
  - 2.3.2 取代反应与金属有机化合物
  - 2.3.3 金属材料的腐蚀与防腐
- §2.4 金属元素在自然界的赋存与制取方法
  - 2.4.1 自然界的赋存分类
  - 2.4.2 火法冶金的热力学原理与典型金属冶炼过程
  - 2.4.3 湿法冶金与电镀的电化学原理与过程
  - 2.4.4 合金冶炼
  - 2.4.5 废旧物资中有价金属的资源化再生
  - 2.4.6 高纯金属的获得及材料学意义
- §2.5 金属元素的环境化学
  - 2.5.1 金属离子在水环境中的危害
  - 2.5.2 水环境中的金属离子的无害化处理与资源化利用
  - 2.5.3 典型工程示例与有关原理的应用

### 第三章 元素氧化物化学

内容提要与要求：

①掌握共价小分子氧化物的结构和化学性质，重点在于它们的价键结构与分子构型，了解共价型小分子氧化物的制备和用途；

②理解离子型氧化物的晶体结构与物性的关系，掌握离子型氧化物的一般化学性质；

③了解过渡型氧化物的性质与材料学意义，尤其是半导体性质，催化应用等。掌握高纯氧化物的制备方法。

- §3.1 共价小分子氧化物
  - 3.1.1 氧的成键结构与价键特征
  - 3.1.2 共价型小分子氧化物的价键结构
  - 3.1.3 共价型小分子氧化物的一般通性
  - 3.1.4 共价型小分子氧化物的制备和用途
- §3.2 离子型氧化物
  - 3.2.1 离子型氧化物的晶体结构与物性
  - 3.2.2 离子型氧化物的一般化学性质
  - 3.2.3 离子型氧化物的制造方法与经济意义
  - 3.2.4 过氧化物与超氧化物
- §3.3 过渡型氧化物与半导体
  - 3.3.1 种类与一般物性
  - 3.3.2 化学稳定性与结构关系

3.3.3 过渡型氧化物的材料学意义与粉体工程

3.3.4 高纯氧化物制备

## 第四章 氧化物水合物及含氧酸盐

内容提要及要求：

①掌握重要含氧酸、氢氧化物的化学性质及变化规律，它们的制造工艺；

②了解超强酸的酸性标度方法，超强酸的应用；

③了解含氧酸盐的晶体结构，掌握典型含氧酸盐的化学性质以及含氧酸根离子在水溶液中的行为，包括含氧酸根离子的 redox 反应动力学特征；

④理解多酸与杂多酸的结构，了解多酸的酸性及氧化还原性质产生的原因和催化应用。

### §4.1 含氧酸化学

4.1.1 含氧酸类型与分子结构

4.1.2 含氧酸的酸性与超强酸

4.1.3 含氧酸的氧化还原性

4.1.4 含氧酸的热稳定性

4.1.5 含氧酸的典型制造过程

### §4.2 氢氧化物的化学

4.2.1 金属氢氧化物的典型制备

4.2.2 氢氧化物碱性变化规律

4.2.3 氢氧化物热稳定性与中心离子性质关系

### §4.3 两性氢氧化物

4.3.1 分类与制备

4.3.2 催化应用及材料学意义

### §4.4 含氧酸盐

4.4.1 含氧酸盐的晶体结构

4.4.2 含氧酸盐的热稳定性、溶解度变化

4.4.3 典型含氧酸盐的制造

4.4.4 同多酸及杂多酸盐

4.4.5 含氧酸盐的水解

4.4.6 碱式盐的工业意义

4.4.7 环境学意义

4.4.8 硫的各式含氧酸盐总结

## 第五章 元素卤化物

内容提要及要求：

①掌握共价小分子卤化物的价键结构，它们的一般化学通性、制备方法；

②掌握卤化物的水解模式及动力学影响因素，并能够判断水解产物；

③了解拟卤素的性质和配体功能；

④了解金属卤化物的结构、性质和制备方法。

### §5.1 非金属元素卤化物

5.1.1 共价小分子卤化物分子与成键结构

5.1.2 制备方法与经济意义

5.1.3 水解与酸碱性

5.1.4 取代反应

5.1.5 拟卤素及相关化合物

### §5.2 金属卤化物

5.2.1 物性与热稳定性

5.2.2 碱式卤化物

5.2.3 通性与制备方法

5.2.4 高氧化态金属卤化物

## 第六章 元素氢化物

内容提要与要求：

①掌握共价小分子氢化物的价键结构，知道硼氢化物结构的复杂性；非金属氢化物的一般化学通性、制备方法；

②掌握氢化物的酸碱性变化影响因素，理解氢化物参与的取代反应模式；

③了解氢能的意义。掌握离子型氢化物的还原性与材料学意义；

### §6.1 非金属氢化物——共价型氢化物

6.1.1 共价型氢化物的分子结构及与物性关系

6.1.2 共价型氢化物的一般制备方法

6.1.3 共价型氢化物的酸碱性

6.1.4 共价型氢化物的 Redox 行为

6.1.5 共价型氢化物的取代反应及衍生物

### §6.2 离子型氢化物与贮氢材料

6.2.1 金属型氢化物的存在与制备

6.2.2 离子型氢化物的还原性

6.2.3 离子型氢化物的材料学意义

## 第七章 元素硫化物

内容提要与要求：

①掌握共价硫化物的价键结构；非金属硫化物的一般化学通性、制备方法；

②掌握硫化物的酸碱性变化影响因素，理解硫化物的环境学意义；

③了解多硫化物的材料学应用。

### §7.1 共价型硫化物

7.1.1 硫的成键结构与价键特征

7.1.2 典型共价型硫化物的性质与制备

- 7.1.3 潜在应用与环境化学
- §7.2 金属硫化物
  - 7.2.1 金属卤化物的天然存在与获取
  - 7.2.2 硫化物的还原性
  - 7.2.3 硫化物的酸碱性
  - 7.2.4 多硫化物

## 第八章 重要的无机反应总结

内容提要及要求：

本章旨在帮助同学对于无机化学的一些重要反应进行系统的总结。对于所涉及的反应，学生至少可以从上学期所学过的热力学、溶液电化学、物质结构以及动力学等基础理论角度进行较为全面的阐释。

- §8.1 混合离子的分离与检出
  - 8.1.1 阳离子的分离与检出
  - 8.1.2 阴离子的分离与检出
  - 8.1.3 混合物的分离与定性
- §8.2 酸碱反应
  - 8.2.1 Arrhenius 酸碱反应
  - 8.2.2 质子酸碱反应
  - 8.2.3 Lewis 酸碱反应
- §8.3 溶液中的配合反应
  - 8.3.1 配合反应与沉淀反应的耦合
  - 8.3.2 配合反应与 Redox 反应的耦合
  - 8.3.3 配合反应间的耦合
- §8.4 重要的 Redox 反应及其分析化学意义
- §8.5 部分重要的干态与熔盐反应

## 第九章 生命过程中的无机元素

内容提要及要求：

本章属于前沿介绍类范畴。具体教学要求和方式以学生查阅资料，写出专题 ppt 报告进行分组讨论为主。旨在培养学生熟悉科研选题模式和文献综述的能力。教学内容中给出的为专题报告的参考题目，各学年可有变化。另外，时间应机动地穿插于整个学期。

- §9.1 生物体中的化学元素
  - §9.1.1 铁的生物无机化学
  - §9.1.2 锌的生物无机化学
- §9.2 电子传递和氧化还原反应
- §9.3 离子载体与离子运送
- §9.4 化学模拟生物固氮

### 关于大刚的说明：

1. 大刚未按照教材的顺序，但大刚所要求的基本概念和原理都包含在教材之中，因此每位同学都应当拥有本教材。

2. 此外大刚不是对教材的照本宣科。为使同学们对所学知识有更深入的理解、打通知识之间的联系，课堂上会引入大量新颖的实例来反复说明和强化学习内容。因此，课堂学习对于领会教材内容非常重要。

## 四、考试要求

硕士研究生入学考试科目《普通化学》为闭卷，笔试，需带计算器，考试时间为180分钟，本试卷满分为150分。试卷务必书写清楚、符号和西文字母运用得当。答案必须写在答题纸上，写在试题纸上无效。

## 五、主要参考教材（参考书目）

- 1、《无机化学》（2010年4月第二版），上册 宋天佑等编著，高等教育出版社。
- 2、《无机化学》（2010年4月第二版），下册 宋天佑等编著，高等教育出版社。

参考教材：《大学化学》，傅献彩主编，高等教育出版社，1999；《普通化学原理》第二版，华彤文等著，北京大学出版社，1993；《元素无机化学》，蔡少华、黄坤耀、张玉容编著，中山大学出版社，1998；《基础元素化学》第1版，黄佩丽、田荷珍编著，北京师范大学出版社，1994。

编制单位：郑州大学

编制日期：2021年9月