

**湖南省高等教育自学考试**  
**课程考试大纲**

**冶金工程数值模拟与仿真**  
(课程代码: 12136)

湖南省教育考试院组编  
2016 年 12 月

# 高等教育自学考试课程考试大纲

课程名称：冶金工程数值模拟与仿真

课程代码：12136

## 第一部分 课程性质与目标

### 一、课程性质与特点

冶金工程数值模拟与仿真是高等教育自学考试冶金工程（本科）专业的选考课程，是一门计算机技术和冶金工艺相结合的课程，课程研究计算流体力学基础、数值计算方法和程序设计、冶金过程实验研究、工艺模拟和 CFD 通用工程软件的应用等内容。该课程可拓宽考生的专业知识面，提升考生的计算机模拟和运用水平。适应冶金学科的发展和教学改革的需要。

### 二、课程目标与基本要求

冶金工程数值模拟与仿真体现了计算机在冶金工程中的具体应用，通过此课程的学习，要求考生初步认识计算机在专业应用中的形式和方法，掌握模拟的过程和原理，熟悉冶金热力学和动力学、传输过程、导热问题、对流与扩散问题的模型解析方法，为将来用计算机从事科学研究工作做准备，提高计算流体力学的应用水平。通过该课程的学习，考生应该掌握常见冶金问题的数学模型的建立、边界条件的选取、区域离散化、控制方程离散化以及求解离散化方程等方面的知识，并对计算结果进行分析，找到适合生产的技术措施或强化手段。

### 三、与本专业其他课程的关系

本课程是综合性较强的一门课程，学习本课程前，考生应具有高等数学、物理化学、冶金原理、传输原理、计算机基础等基础知识，是钢铁冶金学、炉外精炼、连续铸钢、冶金反应工程学等课程的有利补充和加强。

## 第二部分 考核内容与考核目标

### 第一章 数学模型方法基础

#### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，识记数学模拟的分类和数理模拟研究方法的作用；理解数学建模的方法和步骤；熟悉数学模型的选择。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）建立数学模型的方法和步骤（重点）

识记：建立实际数学模型的方法；数学和物理模拟研究方法的作用；数学模型、数学模拟、过程模拟以及冶金过程数学模拟的概念

理解：建立数学模型的 5 大步骤；数学物理模拟的作用

应用：在实践中检验和完善模型

(二) 数学模型的分类 (次重点)

识记: 白箱模型, 灰箱模型, 黑箱模型

理解: 静态模型和动态模型; 稳态和非稳态模型; 确定和非确定性模型; 集中参数和分布参数模型; 线性和非线性模型; 连续变量和离散变量模型

应用: 能将实际问题划分到具体的模型中并加以处理

(三) 数学模型的选择 (一般)

应用: 数学建模时自变量的合理选取以及在建模时还必须考虑一些特殊情况

## 第二章 冶金热力学和动力学的数学模拟

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习, 理解化学反应化学计量的矩阵; 化学反应自由能和平衡常数, 平衡体系组成计算。铁液和熔渣中组分活度的计算。能构建各类反应的数学模型。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) 化学反应自由能, 平衡常数, 平衡体系组成以及组分活度的计算 (重点)

识记: 组合活度、吉布斯自由能、标准态、同时平衡以及纯物质、假想纯物质、质量 1% 溶液饱和蒸气压、活度之间相互作用系数概念; 影响  $K$  的因素

理解: 化学反应速率, 吉布斯自由能, 平衡常数的表达和计算; 组合活度的计算方法; 拉乌尔定律, 亨利定律的表达; 影响反应速率的因素

应用: 标准态的选取; 推导  $H$ 、 $N$  等元素在钢液中的溶解度; 求元素氧化的分配常数

(二) 冶金过程动力学数学模型 (次重点)

识记: 稳定态、限制性环节以及独立反应的概念; 动力学数学模型的构成体系; 高温下多相复杂反应包含类别; 传质系数的计算方法; 同时平衡体系构建方程的原则;  $\varepsilon$ -控制精度; 独立反应数=物种数-元素数以及形成气泡的条件

理解: 各个反应类型的构成环节; 确定限制性环节的方法; 在串联反应和并联反应中, 总阻力的表达

应用: 能用数学方程对模型中的各个环节进行表达; 能解析气-固反应模型 (铁矿石还原) 以及液液反应模型 (金属-渣反应) 的构成环节以及限制性环节

(三) 化学反应化学计量的矩阵表示 (一般)

识记: 原子矩阵的表达方式

理解: 能用化学计量数矩阵对化学反应进行表示

应用: 针对具体体系, 能求出该体系的独立反应数和独立方程式, 能找出该体系的限制性环节

### 第三章 传输过程数值模拟方法基础

#### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，识记传输过程的基本方程；理解偏微分方程的数学分类及其特性；熟悉方程的离散化及求解、差分方程的精度、相容性、稳定性、收敛性以及差分方程的四个基本准则等应用。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）传输过程的基本方程，方程的离散化及求解（重点）

识记：紊流、层流、动量通量、哈密顿算子、积累项、对流项、扩散项、耗散项、源项、热扩散率、湍动能、湍动能耗散率、节点、空间步长、网格（交错网格）、不可压缩流体的概念；测量混匀时间的方法  
理解：流体力学基本方程；有限容积法、有限差分法；理解求解区域离散化，微分方程的离散化和差分格式；直接法和迭代法求解离散化方程。

应用：传输过程通用方程以及控制方程的守恒性；计算流体力学常用软件

##### （二）差分方程的精度、相容性、稳定性、收敛性判定以及差分方程基本准则（次重点）

识记：精度、相容性、稳定性以及收敛性的概念

理解：精度、相容性、稳定性以及收敛性的评价准则

应用：差分方程的四个基本准则

##### （三）偏微分方程的数学分类及其特性（一般）

识记：二阶偏微分方程 **PDE** 以及判别式  $\Delta$

理解：椭圆型方程，抛物型偏微分方程以及双曲型偏微分方程的判定依据

应用：相关的特例方程，如：泊松方程，拉普拉斯方程

### 第四章 导热问题的数值方法

#### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，识记傅立叶定律，能量守恒方程以及三类边界条件；熟悉一维稳态，一维非稳态导热问题的数值求解，对二维导热问题以及不同坐标体系下的数值离散求解的应用。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）一维稳态导热问题的数值求解（重点）

识记：傅立叶定律，能量守恒方程，热流量，黑度（0~1），热通量和传质通量，导热系数

理解：三类边界条件

应用：有限差分法求解，有限体积法求解，追赶法和 **TDMA** 法计算离散化方程；对于非线性性质的导热问题，采用拟线性化的方法求解应采取的步骤；交界面热导率的计算方法

##### （二）一维非稳态导热问题的数值求解（次重点）

识记：非稳态导热问题的数值方法

理解：有限差分法和有限体积法建立差分方程

应用：不规则边界的处理。

(三) 二维导热问题下的数值离散求解以及不同坐标体系下的数值离散求解的应用（一般）

识记：显式格式，隐式格式

理解：迭代法

应用：其它坐标系下导热问题的处理

## 第五章 对流与扩散问题的数值方法

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，识记连续性方程，对流或流动强度，扩散系数，贝克来数的概念；理解一维稳态对流与扩散，对流项的其它离散格式。了解多维对流和扩散与虚假扩散等问题的处理。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) 一维稳态对流与扩散（重点）

识记：连续性方程， $F$  和  $D$  的物理意义

理解：无量纲量  $Pe$  的物理意义；当  $Pe=0$ 、 $Pe=\infty$ 、 $Pe=1$ 、 $Pe \geq 1$  所代表的流体流动状况

应用：对一维稳态对流与扩散问题的处理

(二) 对流项的离散格式（次重点）

识记：中心差分格式、上风格式、指数格式，混合格式所代表的物理意义

理解：各种格式的差异

(三) 多维对流和扩散与虚假扩散等问题的处理（一般）

识记：虚假扩散的概念

理解：QUICK 格式

应用：对多维对流与扩散问题的处理

## 第六章 流场计算简介

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，识记 SIMPLE 算法，松弛因子，各类湍流模型；熟悉  $k-\varepsilon$  方程模型的应用，理解速度修正方程、压力修正方程以及动量方程离散化。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) SIMPLE 算法（重点）

识记：湍流，SIMPLE 算法的概念、基本思想，松弛因子

理解：动量方程离散化、速度修正方程和压力修正方程，SIMPLE 算法的改进方法：SIMPLER 和 SIMPLEC

应用：SIMPLE 算法的计算步骤

## （二）湍流流动和湍流模型（次重点）

识记： $k$ 、 $\varepsilon$ 的物理意义

理解：零方程模型、单方程模型和双方程模型

应用：在标准的 $k-\varepsilon$ 方程模型应用时应注意的问题

## 第三部分 有关说明与实施要求

### 一、考核的能力层次表述

本大纲在考核目标中，按照“识记”、“理解”、“应用”三个能力层次规定其应达到的能力层次要求。各能力层次为递进等级关系，后者必须建立在前者的基础上，其含义是：

识记：能知道有关的名词、概念、知识的含义，并能正确认识和表述，是低层次的要求。

理解：在识记的基础上，能全面把握基本概念、基本原理、基本方法，能掌握有关概念、原理、方法的区别与联系，是较高层次的要求。

应用：在理解的基础上，能运用基本概念、基本原理、基本方法联系学过的多个知识点分析和解决有关的理论问题和实际问题，是最高层次的要求。

### 二、教材

#### 1. 指定教材：

冶金工程数值模拟基础，陈建斌，冶金工业出版社，2008年第一版

#### 2. 参考教材：

冶金过程数值模拟和仿真，萧泽强，冶金工业出版社，2006年第一版

### 三、自学方法指导

1. 在开始阅读指定教材某一章之前，先翻阅大纲中有关这一章的考核知识点及对知识点的能力层次要求和考核目标，以便在阅读教材时做到心中有数，有的放矢。
2. 阅读教材时，要逐段细读，逐句推敲，集中精力，吃透每一个知识点，对基本概念必须深刻理解，对基本理论必须彻底弄清，对基本方法必须牢固掌握。
3. 在自学过程中，既要思考问题，也要做好阅读笔记，把教材中的基本概念、原理、方法等加以整理，这可从中加深对问题的认知、理解和记忆，以利于突出重点，并涵盖整个内容，可以不断提高自学能力。
4. 完成书后作业和适当的辅导练习是理解、消化和巩固所学知识，培养分析问题、解决问题及提高能力的重要环节，在做练习之前，应认真阅读教材，按考核目标所要求的不同层次，掌握教材内容，在练习过程中对所学知识进行合理的回顾与发挥，注重理论联系实际和具体问题具体分析，解题时应注意培养逻辑性，针对问题围绕相关知识点进行层次（步骤）分明的论述或推导，明确各层次（步骤）间的逻辑关系。

#### 四、对社会助学的要求

1. 应熟知考试大纲对课程提出的总要求和各章的知识点。
2. 应掌握各知识点要求达到的能力层次，并深刻理解对各知识点的考核目标。
3. 辅导时，应以考试大纲为依据，指定的教材为基础，不要随意增删内容，以免与大纲脱节。
4. 辅导时，应对学习方法进行指导，宜提倡“认真阅读教材，刻苦钻研教材，主动争取帮助，依靠自己学通”的方法。
5. 辅导时，要注意突出重点，对考生提出的问题，不要有问即答，要积极启发引导。
6. 注意对考生能力的培养，特别是自学能力的培养，要引导考生逐步学会独立学习，在自学过程中善于提出问题，分析问题，做出判断，解决问题。
7. 要使考生了解试题的难易与能力层次高低两者不完全是一回事，在各个能力层次中会存在着不同难度的试题。
8. 助学学时：本课程共 4 学分，建议总课时 72 学时，其中助学课时分配如下：

章 次	内 容	学 时
第 1 章	数学模型方法基础	10
第 2 章	冶金热力学和动力学的数学模拟	20
第 3 章	传输过程数值模拟方法基础	12
第 4 章	导热问题的数值方法	10
第 5 章	对流与扩散问题的数值方法	10
第 6 章	流场计算简介	10
合 计		72

#### 五、关于命题考试的若干规定

1. 本大纲各章所提到的内容和考核目标都是考试内容。试题覆盖到章，适当突出重点。
2. 试卷中对不同能力层次的试题比例大致是：“识记”为 30%、“理解”为 50%、“应用”为 20%。
3. 试题难易程度应合理：易、较易、较难、难比例为 2：3：3：2。
4. 每份试卷中，各类考核点所占比例约为：重点占 60%，次重点占 30%，一般占 10%。
5. 试题类型一般分为：单项选择题、填空题、名词解释题、简答题、计算分析题。
6. 考试采用闭卷笔试，考试时间 150 分钟，采用百分制评分，60 分合格。

## 六、题型示例（样题）

### 一、单项选择题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，请将其选出并将“答题卡”上的相应字母涂黑。错涂、多涂或未涂均无分。

1. 对于反应体系内物种的表示一般采用原子矩阵的方法，假设在第一个位置上表示氢原子的个数，在第二个位置上表示碳原子的个数，在第三个位置上表示氧原子的个数，则  $\text{CH}_2$  可以表示为

A. (0, 1, 1)      B. (2, 1, 0)      C. (1, 1, 1)      D. (0, 2, 1)

### 二、填空题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 在处理对流和扩散的数值求解中，采用的离散格式有：中心差分格式、上风格式\_\_\_\_\_、和\_\_\_\_\_。

### 三、名词解释题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 化学反应速率

### 四、简答题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 简述构成液固反应过程的步骤。

### 五、计算分析题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 推导出钢液中氢的溶解度计算模型。