

上海科技大学物质学院硕士研究生入学考试 《化工原理》大纲

本《化工原理》考试大纲适用于报考上海科技大学工程类专业的硕士研究生入学考试。

考试形式为闭卷笔试，考试时间 180 分钟，试卷总分 150 分。“化工原理”是相关工程学科的重要应用基础，以传递过程（动量传递、传质和传热）为“哲学纲领”，考核的主要内容包括传热、传质、动量传递的基本原理和计算。要求考生熟练掌握平衡思维处理化工问题，并理解传热、传质和动量传递现象中的统一和相似，能识别过程中的主体和对应的相关参数，能将实际问题转化为数学模型并进行计算分析，具有综合运用所学知识分析和解决实际问题的能力。

主要题型有：简答题、计算题和分析题。

一、考试内容

（一）质量平衡

- 1、平衡的重要性
- 2、总质量平衡
- 3、稳态和非稳态

（二）能量平衡

- 1、能量的不同形式
- 2、热能和机械能
- 3、伯努利方程的分析
- 4、能量之间的转化

（三）流体基础

- 1、无量纲分析
- 2、物体周围的流体流动
- 3、流场和流体阻力
- 4、拖曳力和拖曳系数
- 5、斯托克斯定律
- 6、终极速度 (Terminal velocity)
- 7、流量计
- 8、层流和湍流
- 9、牛顿流体
- 10、非牛顿流体

(四) 传热与传质基础

- 1、傅里叶定律（分子能量传递）
- 2、菲克二元扩散定律（分子质量传递）
- 3、热传导
- 4、扩散传质
- 5、扩散系数
- 6、稳态下的热传导
- 7、牛顿冷却定律
- 8、传热系数
- 9、努塞尔特数

(五) 稳态下的传热与传质

- 1、传质系数和舍伍德数
- 2、传热与传质的相似性和不同
- 3、微平衡
- 4、直角坐标、球坐标和柱坐标下的传热与传质分析

(六) 非稳态下的传热与传质

- 1、渗透理论（短时间传热）：半无限厚板的加热
- 2、长时间传热
- 3、渗透理论与长时间传热的比较
- 4、非稳态下传热与传质的相似性
- 5、温度随时间和位置的分布
- 6、二阶偏微分方程的多变量分析

(七) 强制对流传热

- 1、对流传热的介绍
- 2、强制对流传热的一般分析方法
- 3、层流和湍流下的强制对流传热

(八) 自然对流传热

- 1、直立板模型
- 2、平行板模型
- 3、双层板模型

(九) 换热器和辐射传热

- 1、换热器的分析和设计原则
- 2、自然对数温差

- 3、电磁辐射的波谱
- 4、固体表面的吸收和发射
- 5、黑体与灰体
- 6、Planck 分布定律
- 7、Wien 位移定律
- 8、Stefan-Boltzmann 定律
- 9、热辐射中的传热系数表达

(十) 动量传递

- 1、动量密度
- 2、动量传递与传热、传质的关系
- 3、牛顿黏性定律（分子动量传递）、动量通量计算
- 4、张量、矢量的表示方法
- 5、剪应力
- 6、动量通量
- 7、动量的分子传递和对流传递
- 8、连续性方程
- 9、不同坐标系下的奈维斯托克斯方程
- 10、管路中的压降和摩擦因子
- 11、Fanning 方程
- 12、薄壳动量衡算和边界条件
- 13、降膜流动计算
- 14、通过圆管的流动计算
- 15、通过环隙的流动计算
- 16、压降计算

(十一) 传热、传质和动量传递的关系

- 1、同时传热、传质和动量传递的分析
- 2、j 因子
- 3、相际传质
- 4、分离系数
- 5、管式反应器
- 6、通过膜的扩散
- 7、希尔顿-科尔伯恩原理

(十二) 单元操作

- 1、过滤

- 2、吸收
- 3、精馏
- 4、干燥

二、考试要求

（一）质量平衡

了解平衡的数学表达形式，能熟悉其中的每一项的表达意义，熟练掌握建立对应的数学模型的基本方法。了解前人对问题的处理方法和过程。了解稳态和非稳态的物理意义。能对化工过程转化为数学模型并进行计算。

（二）能量平衡

明确能量的不同形式，清楚热能和机械能的数学表达形式。熟知伯努利方程的来源和组成，明确伯努利方程理论指导下的具体应用。熟知能量之间的转化形式和掌握对应的计算。

（三）流体基础

熟知无量纲分析，掌握其适用的能力。了解流体周围的流体流动现象。掌握拖曳力和拖曳系数。熟悉斯托克斯定律并知悉其适用范围，并能计算和解释日常生活中的流体流动现象。了解不同流量计。掌握层流和湍流的定义。了解牛顿流体和非牛顿流体。

（四）传热与传质基础

熟悉傅里叶定律和菲克定律。掌握热传导和扩散传质，了解它们之间的区别和相似。掌握牛顿冷却定律，明确其所涉及的传热系数和努塞尔特数的意义。熟悉传热和传质在分子扩散和对流传热下的表达形式。掌握不同坐标系下的稳态下的热传导和分子扩散传质的基本计算。熟悉热传导模型建立与欧姆定律的衔接（热阻与电阻的相似思维）。

（五）稳态下的传热与传质

明确传质系数、舍伍德数的基本概念。熟练掌握传热与传质的相似性和不同。完全掌握微平衡，能明晰如何和什么时候能使用微平衡或宏观平衡或两者兼具来分析和解决问题。熟悉不同坐标系下的传热与传质的模型建立，并能计算出对应的结果。

（六）非稳态下的传热与传质

掌握渗透理论（也叫短时间传热），理解渗透理论下的数学推导过程，学会使用渗透理论去估算日常生活中的传热现象，掌握渗透理论下的牛顿冷却定律的使用，明确其中参数的相关性。掌握渗透理论的使用如何从传热到传质的过渡。了解长时间传热和对应的数学理论基础，并明确其与渗透理论的不同。熟悉非稳态下和稳态下的传热与传质的

特点。掌握微分方程的多变量分析和计算。

（七）强制对流传热

了解强制对流的一般分析方法。了解层流和湍流情况下的对流传热。了解对流传热下无量纲数的物理意义和熟悉无量纲数的使用。初步了解强制对流传热中渗透理论和长时间传热的分段控制范围。

（八）自由对流传热

掌握直立板模型的物理意义和会使用示意图表达传热过程，了解平行板和双层板模型，并了解模型之间的区别和联系，学会使用模型对具体案例进行分析。

（九）换热器和辐射传热

熟知换热器的基本构造，掌握换热器的设计的基本原则，熟练计算出换热器的效率；掌握自然对数温差的由来。明确黑体和灰体之间的区别，了解普朗克定律和维恩位移定律，了解斯特藩-玻尔兹曼常数的由来。了解有效吸收系数在不同几何尺寸下的表达形式。掌握用牛顿冷却定律思维去处理辐射传热，清楚辐射传热系数的表达形式。了解灰体之间的辐射传热的简单计算。

（十）动量传递

了解动量平衡的宏观意义，学会使用动量密度概念表达动量传递。了解动量传递与传热和传质的联系。掌握黏度和动量传递机理，清楚牛顿黏性定律（分子动量传递）。了解张量和矢量。熟悉薄壳动量平衡和层流流动的速度分布。掌握剪应力和动量通量的联系。掌握动量的分子传递和对流传递的表达形式。掌握并熟练使用微平衡下的动量传递。知悉连续性方程的由来和使用原则。了解运动方程和机械能方程。了解变化方程求解流动问题。了解湍流的速度分布的处理思维。清楚掌握奈维斯托克斯方程在动量传递中的使用。了解通过动量传递如何计算管路中的压降和摩擦因子。了解 Fanning 方程。

（十一）传热、传质和动量传递的关系

掌握传热、传质和动量传递的联系和不同，了解同时传热、传质和动量传递的分析方法。了解相际传质和分离系数，能区别传热中的现象。掌握希尔顿-科尔伯恩原理并能知悉如何通过这一原理串接传热、传质和动量传递。

（十二）单元操作

了解对应传热、传质和动量传递纲领下的基本的化工单元操作：过滤、吸收、精馏和干燥，能知悉这些过程中涉及的传递原理，基本了解如何通过传递思维去分析这些工艺中的基本问题。

三、主要参考书

- 《传递现象》(第二版), 博德、斯图沃特、莱特福特著, 戴干策、戎顺熙、石炎福译, 化学工业出版社, 2004 年。
- 《Transport phenomena: The art of balancing》, Harry Van den Akker, Rober F. Mudde 编, 荷兰代尔夫特学术出版社, 2014 年。
- 《化工原理》(第四版), 上、下册。 陈敏恒、丛德滋、方图南、齐鸣斋 /潘鹤林编, 北京: 化学工业出版社, 2015