



兰州交通大学
LANZHOU JIAOTONG UNIVERSITY

甘肃省高等教育自学考试 课程考试大纲

专业名称：化学工程与工艺（专升本）

专业代码：081301

课程名称：催化作用基础（04881）



甘肃省高等教育自学考试委员会 制定
2024 年 3 月

目 录

- I. 能力考核要求
- II. 考核形式和试卷结构
- III. 考试内容和考核要求
- IV. 题型示例

I. 能力考核要求

“催化作用基础”是全国自学考试化学工程与工艺专业专升本的专业课。该课程以现代工业催化技术采用的催化剂和催化反应为起点,分析各种影响因素,认识催化剂作用和催化反应机理。主要包括:①催化作用基本原理;②催化剂的种类与应用;③催化剂制备工程。

本课程的考核目的在于检验考生掌握本课程基本知识情况和运用所学方法解决化学工业中催化剂制备和应用实际问题的能力。

学习本课程应具备无机化学、物理化学等基础知识。

本课程要求考核识记、领会、简单应用、综合应用四种能力。四种能力层次解释为:

识记:要求考生知道本课程中的名词、概念、原理、知识的含义,并能够正确认识或识别。

领会:要求在识记的基础上,能够把握本课程中的基本概念、基本原理和基本方法,掌握有关概念、原理、方法的区别与联系。

简单应用:要求在领会的基础上,运用本课程中的基本概念、基本原理和基本方法中的少量知识点,分析和解决一般的理论问题或实际问题。

综合应用:要求考生在简单应用的基础上,运用学过的本课程规定的多个知识点,综合分析和解决稍复杂的理论和实际问题。

II. 考核形式和试卷结构

考核形式:根据过程性考核和考试成绩综合评定。

考核成绩=过程性考核成绩（满分 100 分） $\times$ 50%+考试成绩（满分 100 分） $\times$ 50%。

过程性考核：出勤（满分 10 分）+作业（满分 40 分）+学习报告（满分 50 分），任课教师根据过程性考核情况打分。

考试要求：本课程考试采用闭卷考试方式，考试的时间为 150 分钟，试卷总分为 100 分，60 分为及格，考试时可以携带计算器。

考核范围：本大纲考试内容所规定知识点及知识点下的知识细目，都属于考核范围。

试卷分数比例：本课程在试卷中对不同能力层次要求的分数比例大致为：识记占 20%，领会占 30%~40%，简单应用占 30%，综合应用占 10%~20%。

试卷难度：试卷中试题的难度可分为：易、较易、较难和难四个等级。每份试卷中不同难度试题的分数比例一般为：2：3：3：2。

试卷题型：课程考试命题的主要题型一般有：判断题、名词解释、填空题、单项选择题（四选一）、多项选择题（五选多）、简答题、计算题、论述题、综合分析题、案例分析题等。在命题工作中必须按照本课程大纲中规定的题型命题，考试试卷使用的题型可以略少，但不能超出大纲规定的范围。

III. 考试内容和考核要求

第一部分 绪论

一、考试内容

1.工业催化学科简介

2.课程主要内容及任务

3.工业催化发展简史

4.催化研究开发前景

二、考核要求

1.工业催化学科简介

识记：工业催化的涵义。

领会：工程催化研究内容。

2.课程主要内容及任务

识记：催化学科主要概念。

领会：催化实验研究方法。

3.工业催化发展简史

识记：世界催化发展史。

领会：中国催化研究与发展。

4.催化研究开发前景

识记：催化技术发展趋势。

领会：新型催化剂的开发与应用。

简单应用：催化剂制备共性技术及新型催化材料的研究开发。

第二部分 催化作用与催化剂

一、考试内容

- 1.催化作用定义和特征
- 2.催化剂分类及催化反应分类
- 3.催化剂组成
- 4.催化剂基本性能

二、考核要求

- 1.催化作用定义和特征

识记：催化剂定义。

领会：催化剂基本特征。

- 2.催化剂分类及催化反应分类

识记：催化剂分类。

领会：催化反应分类。

- 3.催化剂组成

识记：工业催化剂的组成。

领会：载体的功能和选择。

- 4.催化剂基本性能

识记：催化剂稳定性和寿命。

领会：催化剂活性和选择性。

第三部分 催化作用基本原理

一、考试内容

1.多相催化及吸附动力学

2.均相催化及配位作用

二、考核要求

1.多相催化及吸附动力学

识记：多相催化。

领会：化学吸附及催化反应动力学。

简单应用：均匀表面催化反应动力学计算。

2.均相催化及配位作用

识记：酸碱催化简介。

领会：有机(小分子)催化。

综合应用：分析具体催化过程的原理。

第四部分 固体酸碱催化剂及其工业应用

一、考试内容

1.酸碱催化剂的应用及分类

- 2.酸碱定义及酸碱中心的形成
- 3.固体表面酸碱的性质及其测定
- 4.典型酸碱催化剂及其催化作用
- 5.固体酸催化剂的工业应用

二、考核要求

- 1.酸碱催化剂的应用及分类

识记：固体酸碱催化剂的分类。

领会：固体酸催化剂的应用。

- 2.酸碱定义及酸碱中心的形成

识记：酸碱定义。

领会：酸碱中心的形成。

- 3.固体表面酸碱的性质及其测定

识记：酸位的类型及其鉴定。

领会：固体碱的强度与碱量。

简单应用：酸中心的浓度和强度及测定。

- 4.典型酸碱催化剂及其催化作用

识记：酸碱催化作用机理。

领会：典型酸碱催化剂及其催化作用。

综合应用：分析典型酸碱催化过程的机理。

- 5.固体酸催化剂的工业应用

识记：分子筛催化剂。

领会：催化裂化反应。

简单应用：分析甲醇制烯烃的催化过程。

第五部分 金属氧(硫)化物催化剂及其催化作用

一、考试内容

- 1.金属氧化物的结构
- 2.金属氧化物的催化作用
- 3.典型金属氧化物催化剂的应用
- 4.典型金属硫化物催化剂的应用

二、考核要求

1.金属氧化物的结构

识记：复合金属氧化物的晶体结构。

领会：单一金属氧化物的晶体结构。

2.金属氧化物的催化作用

识记：金属氧化物催化剂的电子特性。

领会：金属氧化物催化剂的氧化还原机理。

3.典型金属氧化物催化剂的应用

识记：催化氧化制顺丁烯二酸酐。

领会： V_2O_5 催化氧化制邻苯二甲酸酐。

简单应用： $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-MoO}_3$ 催化丙烯氧化制丙烯酸。

4.典型金属硫化物催化剂的应用

识记：金属硫化物催化剂在加氢脱硫中的应用。

领会：水煤气变换催化剂及其工业应用。

第六部分 金属催化剂及其催化作用

一、考试内容

- 1.金属催化剂及其应用
- 2.金属催化剂的结构
- 3.金属催化剂的电子因素与催化作用
- 4.金属催化剂的晶体结构与催化作用
- 5.各类金属催化剂及其催化作用
- 6.金属催化剂的工业应用

二、考核要求

- 1.金属催化剂及其应用

识记：金属催化剂的应用。

领会：金属催化剂的特性。

- 2.金属催化剂的结构

识记：固体表面结构与缺陷。

领会：金属表面的吸附。

3.金属催化剂的电子因素与催化作用

识记：金属表面化学键。

领会：金属催化剂的电子因素与催化活性。

4.金属催化剂的晶体结构与催化作用

识记：金属催化剂的晶体结构。

领会：晶体结构对催化作用的影响。

简单应用：金属催化剂表面的晶格缺陷和不均匀性。

5.各类金属催化剂及其催化作用

识记：负载型金属催化剂。

领会：非晶态合金催化剂。

简单应用：金属类催化剂。

6.金属催化剂的工业应用

识记：氨合成催化剂。

领会：费托合成。

简单应用：石脑油重整反应及重整催化剂。

第七部分 均相催化工业应用

一、考试内容

1. 丙烯氢甲酰化
2. 甲醇羰基化合成乙酸
3. 催化氧化乙烯合成乙醛（Wacker 工艺）
4. 均相催化乙烯齐聚反应（SHOP）
5. 烯烃均相催化聚合及 Zeigler-Natta 催化剂
6. 丙烯催化聚合及茂金属催化剂
7. 不对称催化合成：不对称加氢案例

二、考核要求

1. 丙烯氢甲酰化

识记：商业催化剂中配体种类。

领会：工艺流程。

简单应用：催化体系和机理。

2. 甲醇羰基化合成乙酸

识记：反应机理。

领会：工艺流程。

3.催化氧化乙烯合成乙醛（Wacker 工艺）

识记：反应机理。

领会：工艺流程。

4.均相催化乙烯齐聚反应（SHOP）

识记：反应机理。

领会：工艺流程。

5.烯烃均相催化聚合及 Zeigler-Natta 催化剂

识记：Zeigler-Natta 催化剂。

领会：反应机理。

简单应用：乙烯聚合工艺流程。

6.丙烯催化聚合及茂金属催化剂

识记：茂金属催化剂。

领会：反应机理。

简单应用：工艺流程。

7.不对称催化合成：不对称加氢案例

识记：催化加氢合成左旋多巴。

领会：左旋萘普生的合成。

第八部分 环境保护催化

一、考试内容

- 1.环境保护催化技术的发展趋势
- 2.汽、柴油催化深度脱硫
- 3.烟气的催化脱硫
- 4.烟气的催化脱硝
- 5.机动车尾气的催化净化处理
- 6.有机废气（VOCs）的催化燃烧技术
- 7.二氧化钛光催化降解气相污染物

二、考核要求

1.烟气的催化脱硫

识记：烟气的干式催化氧化法脱硫。

领会：烟气的催化还原脱硫法：Claus 工艺。

2.烟气的催化脱硝

识记：非选择性催化还原法。

领会：选择性催化还原法。

3.机动车尾气的催化净化处理

识记：汽车尾气排放的特点。

领会：汽油车尾气催化净化原理。

简单应用：汽油车尾气催化转化器。

4.有机废气（VOCs）的催化燃烧技术

识记：VOCs 的处理技术分类。

领会：VOCs 的催化燃烧原理和工业。

简单应用：催化燃烧用催化剂。

5.二氧化钛光催化降解气相污染物

识记：气相光催化速率的影响因素。

领会：光催化降解过程中催化剂的失活和再生。

综合应用：VOCs 光催化降解机理。

第九部分 催化剂制备工程

一、考试内容

- 1.工业催化剂的制备与放大
- 2.催化剂制备过程对活性的影响
- 3.催化剂制备化学工艺原理
- 4.催化剂成型技术

二、考核要求

- 1.工业催化剂的制备与放大

识记：催化剂制备工程及流程。

领会：催化剂制备过程的放大。

- 2.催化剂制备过程对活性的影响

识记：催化剂制备过程。

领会：催化剂制备工艺。

简单应用：催化剂合成方法研究。

3.催化剂制备化学工艺原理

识记：沉淀法和离子交换法。

领会：浸渍法和熔融法。

4.催化剂成型技术

识记：喷雾成型和挤条成型。

领会：转动成型。

简单应用：压片成型。

第十部分 催化活性测试及催化反应器

一、考试内容

1.催化剂活性测试

2.实验室催化反应

3.催化剂活性测试方法

4.多相催化反应的传质效应

5.典型的工业催化反应器

6. 催化剂活性测试实例

二、考核要求

1. 催化剂活性测试

识记：催化剂活性测试目标。

领会：催化剂活性评价参数的选择。

简单应用：活性表示方法。

2. 实验室催化反应器

识记：微分和积分反应器。

领会：无梯度反应器。

简单应用：滴流床反应器。

3. 催化剂活性测试方法

识记：光谱法。

领会：显微分析法。

简单应用：核磁共振法。

4. 多相催化反应的传质效应

识记：多相催化反应的步骤及传递特征。

领会：本征动力学和宏观动力学。

简单应用：传质的影响。

5.典型的工业催化反应器

识记：固定床催化反应器。

领会：流化床催化反应器。

综合应用：气-液-固三相鼓泡淤浆床催化反应器。

IV. 题型示例

一、判断题

MgO 载体是碱性载体。（ ）

二、填空题

孔半径范围在 1.5~15nm 的孔称为_____孔。

三、单项选择题

为催化剂提供有效的表面和适宜孔结构的是（ ）。

A.活性组分 B.载体 C.助剂 D.助催化剂

四、多项选择题

关于催化剂描述正确的是（ ）

- A.催化剂量与化学计量方程式无关
- B.反应速度通常与催化剂量成正比
- C.加速反应但不参加反应者也是催化剂
- D.参加反应后催化剂会有变化但很微小
- E.催化剂不能改变反应的热力学平衡

五、名词解释

载体

六、简答题

代表催化剂性能的重要指标是什么？

七、综合分析题

已知氨合成催化剂组成包括 $\alpha\text{-Fe}$ 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 CaO 、 MgO 、 SiO_2 等，请分析说明氨合成催化剂中各组分的作用。

参考答案

一、判断题

√

二、填空题

中间

三、单项选择题

B

四、多项选择题

ABDE

五、名词解释

载体是催化剂活性组分的分散剂、黏合物或支撑体，是负载活性组分的骨架。

六、简答题

催化剂的反响性能是评价催化剂好坏的主要指标，主要包括催化剂的活性、选择性和稳定性。

七、综合分析题

答：氨合成催化剂的活性组分是 $\alpha\text{-Fe}$ ，未还原时为 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，其中 FeO 占 24~38%， $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}=0.5$ ，一般在 0.47~0.57 之间，可视为 Fe_3O_4 ，具有尖晶石结构。

Al_2O_3 的作用： Al_2O_3 与 Fe_3O_4 作用可形成 FeAl_2O_4 ，具有尖晶石结构，当催化剂还原后， Fe_3O_4 被还原为 $\alpha\text{-Fe}$ ，而未被还原的 Al_2O_3 仍保持着尖晶石结构，起到骨架作用，从而防止铁细晶的长大，使催化剂的比表面积增加，活性增加。因此， Al_2O_3 为结构型助催化剂， MgO 的作用与 Al_2O_3 的作用相似，也是结构型助催化剂。

K_2O 的作用：氧化钾是电子型助催化剂，在 $\text{Fe-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂中添加氧化钾后，可以使金属的电子逸出功下降，有助于氮的活性吸附。

CaO 的作用： CaO 的作用与 K_2O 相似，也是电子型助催化剂。同时，氧化钙能降低固熔体的熔点和粘度，有利于三氧化二铝和四氧化三铁固熔体的形成，提高催化剂的热稳定性。

SiO_2 的作用：二氧化硅是磁铁矿中的杂质，具有中和 K_2O 和 CaO 的作用。此外， SiO_2 还具有提高催化剂抗水毒害和耐烧结的性能。