《粉体工程》课程教学大纲

**一、课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **英文名称** | Power engineering | **课程代码** | INME2008 |
| **课程性质** | 选修 | **授课对象** | 材料科学与工程 |
| **学 分** | 2 | **学 时** | 36 |
| **主讲教师** | 沈风雷 | **修订日期** | 2021.5 |
| **指定教材** | 陶珍东、郑少华，《粉体工程与设备》，化学工业出版社，2018年 | | |

**二、课程目标**

（一）**总体目标：**

《粉体工程》是与材料类相关的一门跨行业的课程，通过学习，使学生能够系统掌握颗粒和粉体的基本概念与理论、基本加工和处理技术及设备，具备材料相关工作者所必需的粉体的知识及处理技术；了解粉体工程在相关各领域的新发展、新技术、新应用，提高学生理论联系实际、分析问题解决问题的能力，为今后的学习和工作打下扎实的专业基础，具备良好的跨行业工作的能力。

（二）课程目标：（小四号黑体）

《粉体工程》以基本理论为基础，以粉体工程单元操作为主线，系统讲解了粉体的单颗粒粒度、填充与堆积、表面特性及改性、流变学、各种单元操作过程及设备。本课程目标如下：

**课程目标1：**

**课程目标1：**

1.1 掌握粉体有关的基本概念和理论。

1.2 掌握粉体各单元操作过程的关键问题、设备的特点及原理，建立单元操作过程的质量控制因素与加工原理、设备特点及工艺参数之间的联系；能将各单元操作过程组成粉体制备及生产体系。

1.3 掌握与本课程相关的表征方法和性能测试等技术。

**课程目标2：**

2.1 通过本课程的学习及相关文献的查阅，具有在不同行业中应用相关粉体单元操作知识的能力，可根据实际情况，提出、解决或优化相关问题及工艺过程的意识及技能。

2.2 具有合理的逻辑思维及自主学习和探索创新的能力，并具有一定的工程素养。

**课程目标3：**具备正确的个人价值观和职业道德观，具有良好的安全、生态和环保等职业素养，有愿意为国家和民族学习与奋斗的爱国精神。

（三）课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

**表1：课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **课程子目标** | **对应课程内容** | **对应毕业要求** |
| 课程目标1 | 1.1 | 第1-9章 |  |
| 1.2 | 第2-9章 |  |
| 1.3 | 第2-4，6章 |  |
| 课程目标2 | 2.1 | 第2-9章 |  |
| 2.2 | 第2-9章 |  |
| 课程目标3 | - | 全部章节 |  |

**三、教学内容**

在论述粉体的基本概念的基础上，按粉体工程的单元操作过程进行阐述。在基本概念及理念部分，包含了粉体、粒度及粒度分布、粉体填充及堆积特性、表面特性、粉体的流变学，随后分别阐述了粉体的粉碎、沉降、分级分离及混合等各单元过程，在此过程中，将各知识点紧密地联系起来。

第一章 概论

第一节 粉体工程发展、研究目的及制备方法

一、粉体工程发展

二、粉体研究的目的

三、制备技术

第二节 粉体的定义

一、粉体的定义及分类

二、粒径及粒径分布

第三节 与粉体相关的产业

一、以粉体为主体的产业

二、在生产工艺的重要部分与粉体相关的产业

思考题：

1、谈谈粉体在日常生活中的应用？

2、请举例说明粒径对性质的影响？

第二章 粉体的基本性质

第一节 单颗粒尺寸的表示方法

一、三轴径

二、定向径

三、当量直径

第二节 颗粒形状因数

一、颗粒的扁平度和伸长度

二、表面积形状因数和体积形状因数

三、球形度

第三节 粉体的粒度分布

一、频率分布

二、累积分布

三、频率分布和累积分布的关系

四、平均粒径

五、粒度分布函数

第四节 粒度测定方法

一、筛分法

二、沉降法

三、激光法

四、小孔透过法

五、吸附法

思考题：

1、单颗粒尺寸的表示方法的物理意义及应用要求？

2、粉体的粒径分布的频率分布曲线与累积分布曲线，两者如何转换？

3、粉体粒度测定方法的所测粒度的物理意义是什么？在应用时有什么要求？

第三章 粉体填充与堆积特性

第一节 粉体的填充指标

第二节 粉体颗粒的填充与堆积

一、等径球体的规则填充

二、不同尺寸球形颗粒的填充

三、实际颗粒的堆积

四、不同尺寸颗粒的最紧密堆积

第三节 粉体堆积与填充的应用

一、在水泥混凝土生产中的应用

二、在耐火材料生产中的应用

三、在多孔材料生产中的应用

思考题

1、为什么粉体的表观密度会小于其真密度？其影响因素有哪些？

2、等径球体有哪几种规则填充方式？他们的空隙率分别为多少？

第四章 粉体的湿润与表面改性

第一节 粉体表面的湿润性

第二节 粉体层中的液体

第三节 液体在粉体层毛细管中的上升高度

第四节粉体在液体介质中的分散与调控

一、介质调控

二、分散剂调控

三、机械搅拌分散

四、超声分散

思考题

1、粉体层中的液体存在方式与哪些因素有关？它们又如何影响颗粒间的相互作用？

2、在实际应用中，如何表征及调控粉体与基体间的润湿？改变相互间的润湿特性可能会对材料带来哪些变化？

第五章 粉体的流变学

第一节 粉体的摩擦角

1. 内摩擦角
2. 安息角
3. 壁摩擦角和滑动摩擦角

第二节 粉体的压力计算

一、筒体内部的粉体压力分布

二、料斗内部的粉体压力分布

第三节 粉体的重力流动

一、孔口流出

二、粉体在料他中的流动模式

第四节 料仓内粉体的流动分析

一、流动特性参数

二、流动与不流动的判据

第五节 整体流料仓的设计

第六节 粉体储存和流动时的偏析

一、粉体含棉的机理

二、防止偏析的方法

第七节 粉体结拱及防拱措施

一、结拱产生的原因

二、结拱类型

三、防拱及破拱措施

思考题

1、如何理解莫尔应力圆？如何应用此公式来解释粉体及其它类型材料受力及破坏特性？

2、粉体流动的特性？如何评价流动特性？如何应用这些参数去分析并解决实际工程中的问题？

第六章 粉碎（磨）过程及设备

第一节 粉碎（磨）的基本概念

1. 粉碎
2. 粉碎比
3. 粉碎级数
4. 粉碎产品的粒度特性

第二节 与粉碎相关的物料物性

1. 强度
2. 硬度
3. 易碎（磨）性

第三节 材料的粉碎机理

1. Griffith强度理论
2. 断裂
3. 粉碎方式及粉碎模型
4. 混合粉碎和选择性粉碎
5. 粉碎功耗
6. 粉碎动力学

第四节 粉碎（磨）工艺

1. 开路粉磨工艺
2. 闭路粉磨工艺
3. 分别粉磨工艺
4. 串联粉磨工艺
5. 联合粉磨工艺
6. 中卸循环粉磨工艺

第五节 破碎机械

1. 鄂式破碎机
2. 圆锥式破碎机
3. 辊式破碎机
4. 锤式破碎机
5. 反击式破碎机
6. 细破碎机
7. 笼式粉碎机

第六节 粉磨机械

1. 球磨机
2. 立式磨
3. 振动磨
4. 高压辊式磨机

第七节 超细粉碎机械

1. 搅拌磨
2. 胶体磨
3. 高速机械冲击式磨机
4. 行星式球磨机
5. 气流粉碎机

思考题：

1. 如何物料特性、粉碎（磨）设备特性、工艺路线、产物特性之间的关系？
2. 如何理解不同类型破碎机的结构及其适用的范围？
3. 请问随着筒体转速增加，介质与物料在筒体会依次出现哪几种状态？请问不同类型衬板的作用是什么？

4、研磨体在筒体内运动时，作出了哪四个假定，请依此四个假定，推导磨机内最外层研磨体运动的基本方程式？

5、请说出磨机临界转速与磨机理论适宜转速之间的区别与联系？

第七章 颗粒流体力学

第一节 两相流的基本性质

1. 两相流的浓度
2. 两相流的密度
3. 两相流的黏度
4. 两相流的比热容和热导率

第二节 颗粒在流体中的运动

1. 颗粒的受力
2. 颗粒在流体中的运动方程

第三节 颗粒的重力沉降

1. 沉降末速度
2. 沉降末速度的修正

第四节 离心沉降

第五节 流体通过颗粒层的透过流动

1. 通过流动的流量与阻力的关系
2. 透过流动的应用

第六节 颗粒的悬浮运动

第七节 气力输送设备

思考题：

1. 影响沉降速度的因素有哪些？不同的沉降速度会给颗粒的运动带来哪些变化？其可能的应用有哪些？
2. 透过流动与前面提及的粒度测量之间有何关系？它们可能对粉体的哪些性质产生影响？

第八章 分级、分离及设备

第一节 分级和分离理论

1. 分级、分离的概念
2. 分级、分离理论及评价

第二节 分级设备

* 1. 筛分设备
  2. 粉分级机
  3. 离心式选粉机
  4. 旋风式选粉机
  5. MDS型组合式选粉机
  6. O-Sepa选粉机
  7. Sepax选粉机

第三节 超细分级原理及设备

1. 超细分级原理
2. 干式分级和湿式分极
3. 超细分级设备
4. 超细分级的有关问题

第五节 气固分离设备

1. 收尘效率及收尘器的种类
2. 旋风收尘器
3. 袋式收尘器
4. 颗粒层收尘器
5. 电收尘器

第六节 液固分离设备

1. 水力旋流器
2. 压滤机
3. 喷雾干燥器

思考题：

1、如何结合粉体的流体力学的相关概念，理解分级分离的原理及其实际应用？

2、如何应用学过的知识，提升分级的效率？

3、请问不同除尘器的特性及应用场合？你认为还可以如何进行除尘？

第九章 混合与造粒

第一节 粉体的混合

1. 概述
2. 混合机理和混合效果评价
3. 混合过程与混合速度
4. 影响粉体混合的因素
5. 混合设备

第二节 粉体的造粒

* 1. 粉体的凝聚机理
  2. 压缩造粒
  3. 挤出造粒
  4. 滚动造粒
  5. 流化造粒

思考题：

1、请说出有哪几种均化机理，它们各自的作用如何？在不同领域及不同阶段所起的作用有何不同？

2、如何评价均化效果？结合实际，试说明提升均化效果的方法。

3、试说明粒化过程中粉体形态与内部结构的变化；试说明造粒的不同方法及各自的特点、可能的应用范围。

**四、学时分配**

**表2：各章节的具体内容和学时分配表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 章节内容 | 学时分配 |
| 第一章 | 绪论 | 1 |
| 第二章 | 粉体基本性质 | 3 |
| 第三章 | 粉体填充与堆积特性 | 2 |
| 第四章 | 粉体的湿润与表面改性 | 2 |
| 第五章 | 粉体的流变学 | 6 |
| 第六章 | 粉碎过程及设备 | 10 |
| 第七章 | 颗粒流体力学 | 2 |
| 第八章 | 分级、分离及设备 | 4 |
| 第九章 | 混合与造粒 | 2 |

**五、教学进度**

**表3：教学进度表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 章节名称 | 内容提要 | 授课时数 | 作业及要求 | 备注 |
| 第一章 | 了解粉体的基本概念；了解粉体应用行业及其特点 | 1 | 查阅文献 |  |
| 第二章 | 掌握粉体粒度及其分布、平径粒径及相应测量方法。 | 3 | 课堂布置 |  |
| 第三章 | 掌握等径球体的规则填充、不等径球体的最密填充；了解影响实际颗粒填充的因素。 | 2 | 课堂布置 |  |
| 第四章 | 掌握粉体的润湿特性及其对粉体间相互作用的影响；掌握粉体表面改性的方法及意义 | 2 | 课堂布置 |  |
| 第五章 | 掌握粉体内部应力计算；掌握粉体各种摩擦角；掌握粉体流动特性及判据；掌据粉体在流动过程中的偏析及结拱。 | 6 | 课堂布置 |  |
| 第六章 | 掌握粉碎的基本概念、工艺过程、影响因素；掌握常见的破碎及粉磨设备的原理、结构特性及工艺参数计算 | 10 | 课堂布置 |  |
| 第七章 | 掌握粉体在流体中的受力，进一步学习掌握其沉降速度及影响因素；掌握透过流动的特点及其应用 | 2 | 课堂布置 |  |
| 第八章 | 掌握分级、分离的基本概念及评价指标；掌握分级、分离设备的原理、结构特征及应用场合 | 4 | 课堂布置 |  |
| 第九章 | 掌握混合的基本概念、原理及混合设备的结构、原理及工艺特点；掌握造粒的工艺路线及影响因素 | 2 | 课堂布置 |  |
| 随堂期末考 |  | 2 |  |  |

**六、教材及参考书目**（四号黑体）

1、郑水林. 超微粉体加工技术与应用. 化学工业出版社. 2003

2、谢洪勇. 粉体力学与工程. 化学工业出版社. 2003

3、陆厚根. 粉体技术导论. 同济大学出版社. 1997

4、卢寿慈. 粉体加工技术. 中国轻工业出版社. 1999

5、郑水林. 粉体表面改性. 中国建材工业出版社. 1995

6、张立德. 超微粉体制备与应用技术. 中国石化出版社. 2001

7、王奎升. 工程流体与粉体力学基础. 中国计量出版社. 2002

8、卢寿慈. 粉体技术手册. 化学工业出版社. 2004

9、李凤生. 特种超细粉体制备技术及应用. 国防工业出版社. 2002

10、毋伟等. 超细粉体表面修饰. 化学工业出版社. 2004

**七、教学方法**

授课方式：陈述法，实例分析，师生互动等

基本要求：

1. 课前做好预习。

2. 课堂上通过讲授重、难点，用实例分析、动画或视频等方式帮助学生理解知识点。

3. 课后通过作业，巩固和加深对粉体工程重点和难点的理解，融会贯通。

**八、考核方式及评定方法**

**（一）课程考核与课程目标的对应关系**

**表4：课程考核与课程目标的对应关系表**（五号宋体）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程目标** | **考核要点** | **考核方式** |
| 课程目标1 | 知识储备 | 概念题、填充题、选择题 |
| 课程目标2 | 能力达成 | 简答题、推导题 |
| 课程目标3 | 素质养成 | 分析题 |

**（二）评定方法**

**1．评定方法**

本课程为考试课，考核成绩构成为：平时成绩50%+期末考试成绩50%。

（1）平时成绩由平时作业、课堂问答等组成。

（2）期末考试以闭卷形式进行。试卷考核围绕课程目标考察学生专业基础知识、问题分析、解决问题的能力。

**2．课程目标的考核占比与达成度分析**

**表5：课程目标的考核占比与达成度分析表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **考核占比**  **课程目标** | **平时** | **期中** | **期末** | **总评达成度** |
| 课程目标1 |  |  |  |  |
| 课程目标2 |  |  |  |
| 课程目标3 |  |  |  |

**（三）评分标准**

| **课程**  **目标** | **评分标准** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **90-100** | **80-89** | **70-79** | **60-69** | **＜60** |
| **优** | **良** | **中** | **合格** | **不合格** |
| **A** | **B** | **C** | **D** | **F** |
| **课程**  **目标1** | 熟练掌握粉体工程的相关基础知识；熟练掌握粉体工程各单元操作过程、生产设备、工艺过程；熟悉各设备、工艺过程的影响因素、适用领域。 | 较好地掌握粉体工程的相关基础知识；较好好掌握粉体工程各单元操作过程、生产设备、工艺过程；较为熟悉各设备、工艺过程的影响因素、适用领域。 | 掌握粉体工程的相关基础知识；掌握粉体工程各单元操作过程、生产设备、工艺过程；了解各设备、工艺过程的影响因素、适用领域。 | 基本掌握粉体工程的相关基础知识；基本熟练掌握粉体工程各单元操作过程、生产设备、工艺过程；基本了解各设备、工艺过程的影响因素、适用领域。 | 不能掌握粉体工程的相关基础知识；不掌握粉体工程各单元操作过程、生产设备、工艺过程；不熟悉各设备、工艺过程的影响因素、适用领域。 |
| **课程**  **目标2** | 熟练地综合运用本课程和其它课程知识，了解粉体工程所涉及的科学问题及工程问题，并能借助文献及生产过程，通过比较、分析、优化各单元操作过程，可根据生产要求改善生产方案或解决实际问题。具备很好的科学思维、理论联系实际及分析问题解决问题的能力。 | 较熟练地综合运用本课程和其它课程知识，较为了解粉体工程所涉及的科学问题及工程问题，并能借助文献及生产过程，通过比较、分析、优化各单元操作过程，可根据生产要求较好地改善生产方案或解决实际问题。具备较好的科学思维、理论联系实际及分析问题解决问题的能力。 | 能综合运用本课程和其它课程知识，能了解粉体工程所涉及的科学问题及工程问题，并能借助文献及生产过程，通过比较、分析、优化各单元操作过程，具有根据生产要求提出部分改进方案。具备一定的科学思维、理论联系实际及分析问题解决问题的能力。 | 能运用本课程和其它课程的部分知识，了解部分粉体工程所涉及的科学问题及工程问题。具备基本的分析问题解决问题的能力。 | 不能综合运用本课程和其它课程知识，不了解粉体工程所涉及的科学问题及工程问题，不具备基本的分析问题解决问题的能力，缺乏自主性和积极性。 |
| **课程**  **目标3** | 具有爱国敬业精神和科学使命感，具备正确的个人价值取向和职业道德，有安全、生态和环保等职业素养。 | 具有爱国敬业精神和科学使命感，具备正确的个人价值取向和职业道德，有安全、生态和环保等职业素养。 | 具有爱国敬业精神和科学使命感，具备正确的个人价值取向和职业道德，有安全、生态和环保等职业素养。 | 具有爱国敬业精神和科学使命感，具备正确的个人价值取向和职业道德，有安全、生态和环保等职业素养。 | 具有爱国敬业精神和科学使命感，具备正确的个人价值取向和职业道德，有安全、生态和环保等职业素养。 |

执笔人：沈风雷

2021年5月28日