

揭阳职业技术学院

Jieyang Vocational & Technical College

教 案

系（部）： 化学工程系

讲授课程： 化工设备使用与维护

任课教师： 李静

专业班级： 应化 241、242、3+证书、订单班 241

授课学期： 2025-2026 学年第二学期

揭阳职业技术学院化工系

2026年2月

授 课 内 容	项目一 化工设备概述			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 1 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.了解化工设备在化工生产中的应用； 2.掌握化工设备的类型； ★ 3.熟悉化工生产对化工设备的要求； 4.掌握碳钢、合金钢的分类、性能特点、应用场合； ★ 5.了解化工陶瓷、化工搪瓷、工程塑料的性能特点、应用场合。 6.掌握材料的弹性、刚度、强度和塑性； ★ 7.理解材料的硬度和冲击韧性； 8.了解温度对材料力学性能的影响； 9.掌握腐蚀的概念及类型。★ <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.会按照用途对化工设备进行分类； ★ 2.能说出化工设备的安全性能要求； 3.能根据碳钢、合金钢的牌号分析材料的成分； ★ 4.能够根据化工设备的不同使用条件，对照钢材的标准进行选材。 5.会分析应力-应变曲线； ★ 6.能够根据弹性模量衡量材料的弹性和刚度。 7.会根据腐蚀现象判断腐蚀类型； ★ 8.能根据情况选择合适的防腐蚀措施。 <p>思政目标：</p> <p>培养团结协作、吃苦耐劳的精神，树立节能环保意识。 培养工匠精神、创新精神。</p>			
教 学 重 点	<ol style="list-style-type: none"> 1.化工设备的分类。 2.材料的强度指标、塑性指标和硬度，温度对材料性能的影响。 			
教 学 难 点	<ol style="list-style-type: none"> 1.金属材料的分类、合金钢的牌号写法。 2.晶间腐蚀、应力腐蚀。 			

教学过程	
课 前	<p>1.教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务；</p> <p>2.教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。</p> <p>3.学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。</p>
课 中	<p>一、讲解本门课的特点及学习方法</p> <p> 1.考勤 让学生在手机上签到，了解学生到课情况。</p> <p> 2.课程特点 专业核心课，理论与实践相结合。</p> <p> 3.课程考核 线上课程参与度 50%+作业 15%+随堂测 15%+期末考查 20%。利用 APP 督促学生及时完成学习任务，通过平台讨论区答疑解惑。</p> <p> 4.学习方法 要求做到：课前看微课；课中认真听讲，做笔记，积极参加互动活动；课后自学拓展阅读，及时做作业。 安装相关 APP，教师加入微信群和 QQ 群等。</p> <p>二、导入新课 本门课在应用化工技术专业中的地位 and 作用，引起学生的重视。观看一些相关视频，引起学生的兴趣。</p> <p>三、新课讲解 利用课件、多媒体系统、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。</p> <p> (一) 要点精讲</p> <p> 1. 化工设备的应用与分类</p> <p> (1) 化工设备在化工生产中的应用</p> <p> (2) 化工设备的分类</p> <p> 按化工设备在生产中的作用分类</p> <p> 按化工设备有无运动部件分类</p>

(3) 化工生产对化工设备的要求工艺性

性能要求

安全性能要求

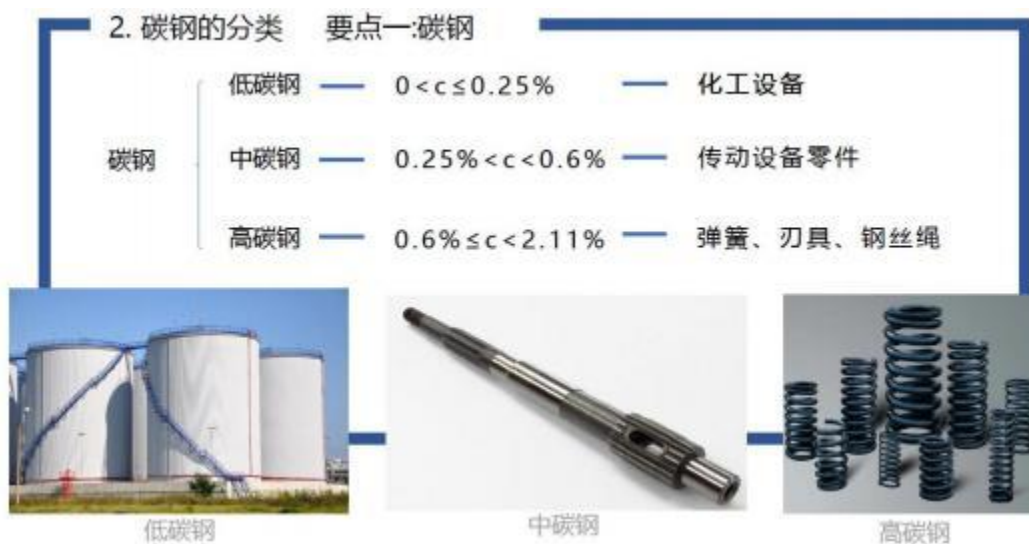


使用和经济性能要求

2. 化工设备常用材料

(1) 化工设备常用金属材料

碳钢



合金钢

铸铁

(2) 非金属材料

化工陶瓷

非金属材料 要点一:化工陶瓷



化工陶瓷是以天然硅酸盐矿物为原料，经粉碎、压制成型和高温焙烧而成的。它具有耐磨、耐腐蚀性好、耐高温和抗氧化能力强等优点，缺点是脆性大、热稳定性较差。

氢氟酸
含氟的其他介质
热浓磷酸
碱液



几乎能耐所有化工介质（如热浓硝酸、硫酸等）的腐蚀，也可用来制造塔器、容器、管道、泵以及化工生产设备和腐蚀介质的输送能力。

化工搪瓷、工程塑料

(二) 要点精讲

1.金属材料力学性能

(1) 材料的弹性和刚度

材料的弹性

材料的刚度

(2) 材料的强度和塑性材料的

强度、材料的塑性

(3) 材料的硬度和韧性材料的硬度和韧性

(4) 温度对材料力学性能的影响

低温对材料力学性能的影响

高温对材料力学性能的影响

2.化工设备的腐蚀与防护

(1) 腐蚀的危害

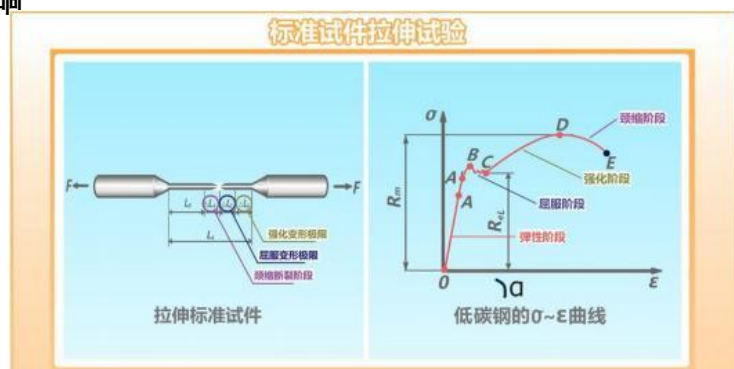
(2) 腐蚀的概念及分类

腐蚀的概念、腐蚀的分类

按腐蚀的机理分类：化学腐蚀和电化学腐蚀

按腐蚀的特征分类：均匀腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀

(3) 常用防腐措施

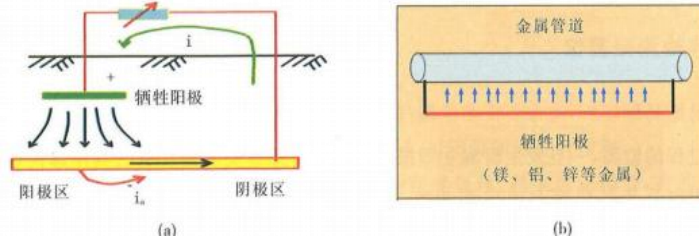


降低介质腐蚀性

采用耐腐蚀材料

电化学保护

牺牲阳极阴极保护



(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。以荆轲刺秦王使用的匕首引出古代工匠的匠心精神。

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

课后作业：

- 1.化工设备有哪些常用类型？各自的作用是什么？
- 2.说明低碳钢、中碳钢、高碳钢各自的特点及应用场景。
- 3.什么是材料的强度、刚度、弹性、塑性、冲击韧性、硬度？分别写出其性能指标。
- 4.举例说明化学腐蚀、电化学腐蚀、均匀腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、应力腐蚀，并说明各自的特点。

课
后

- 1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；
- 2.学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。

授 课 内 容	项目二 压力容器基础			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业大二学生
	授 课 时 间	第 2 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.掌握压力容器的概念和分类；★ 2.了解压力容器的相关参数； 3.熟悉 GB/T 150、GB/T 151、TSG 21-2016、特种设备目录等国内常用压力容器规范。★ 4.掌握容器的强度计算；★ 5.熟悉封头的厚度计算； 6.了解压力容器常规设计的理论基础； 7.知道压力容器分析设计的理论基础； 8.熟悉压力试验的类型； 9.掌握液压试验。★ 10.熟悉法兰连接的密封原理； 11.掌握法兰的结构类型；★ 12.了解开孔对容器的影响； 13.掌握常用的补强结构；★ 14.熟悉人孔、手孔结构； 15.了解 NB/T 47020~47027-2012 压力容器法兰、垫片、紧固件； 16.了解 HG/T 20592~20635-2009 钢制管法兰、垫片、紧固件 <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.会判断容器是否属于压力容器。 2.能根据设计压力高低对压力容器进行分类；★ 3.可以利用相关标准进行压力容器的管理、使用和维护。★ 4.会确定容器的设计参数；★ 5.能对容器进行强度校核； 6.会根据公式确定相关参数并计算试验压力，然后进行校核； 7.能做简单容器的液压试验，会判断液压试验是否合格。★ 8.能根据使用条件选择合适的法兰密封面；★ 9.会根据公称直径、公称压力选择合适的法兰； 10.可以根据容器开孔情况选择合适的补强结构； 11.能区分人孔、手孔的类型，会正确开关人手孔。★ <p>思政目标：</p> <p>培养标准意识、节能环保意识。 培养创新精神、工匠精神。 培养安全意识</p>			
教	1. 压力容器的概念、GB/T 150-2011 压力容器、TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程			

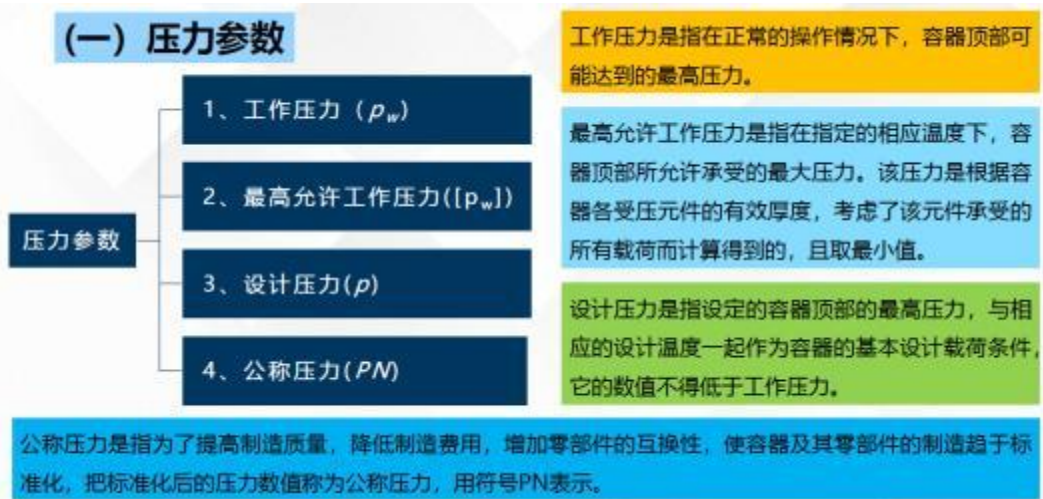
按压力容器壁厚分类

按压力容器使用方式分类

按安全技术监察规程的要求分类

(3) 压力容器工艺参数

压力参数



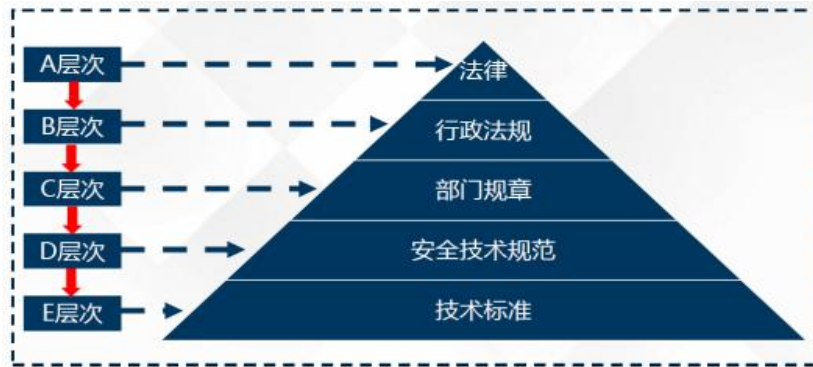
温度参数

直径参数

2. 压力容器标准

(1) 压力容器规范分类

(2) 国内压力容器法律法规标准体系简介



我国压力容器法规标准体系图

(3) 国内压力容器主要规范介绍GB/T 150-2011 压力容器

(一) GB/T 150-2011 《压力容器》 适用范围

设计压力: 适用于设计压力不大于35MPa, 不低于0.1MPa及真空度高于0.02MPa
设计温度: -269°C~900°C



GB/T 151-2011 热交换器

TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程

3. 压力容器的强度计算

(1) 设计参数的确定

压力参数

(一) 压力参数

P_L : 容器内液柱静压力
 P : 设计压力
 P_c : 计算压力
 P_w : 工作压力
[P_w]: 最高允许工作压力

$$P_c = \begin{cases} P, P_{液} < 5\%P \\ P + P_{液}, P_{液} \geq 5\%P \end{cases}$$

[σ]_t: 设计温度下材料的许用应力

许用应力是根据容器壳体、封头等受压元件所用材料的许用强度, 它是由材料的屈服强度或抗拉强度除以相应的安全系数来确定的。根据钢材型号以及设计温度可以在课本上相关表格查到许用应力。

焊接接头系数

厚度附加量

厚度参数

(2) 强度计算

4. 容器的压力试验

(1) 压力试验分类

压力试验适用范围

压力试验分类

(2) 耐压试验

耐压试验过程说明

液压试验 试验温度

气压试验和气液组合试验 试验温度

(3) 泄露实验

气密性试验

氨检漏试验

卤素检漏试验

氦检漏试验

5. 法兰连接

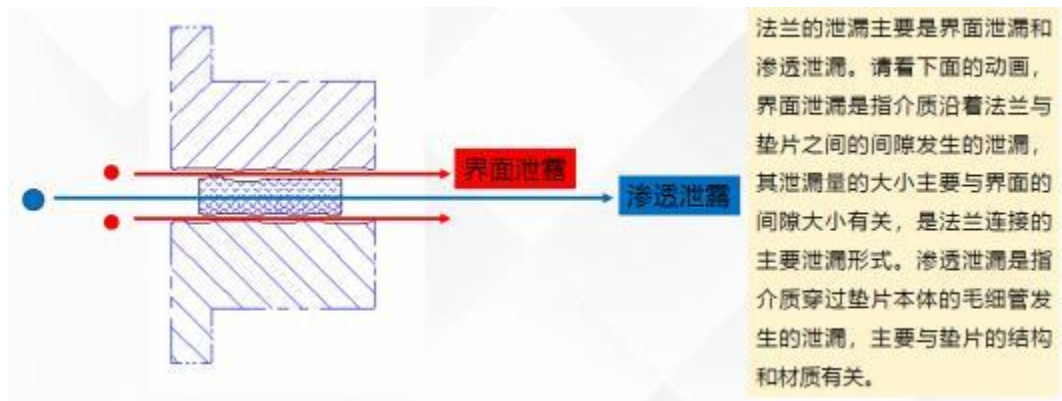
(1) 法兰连接的重要性

(2) 法兰连接的组成及密封原理

法兰连接的组成

法兰连接的密封原理

泄露 { 渗透泄露
| 界面泄露



法兰连接的密封就是在螺栓压紧力的作用下，使垫片产生变形填满法兰密封面上凹凸不平的间隙，阻止流体沿界面泄露，达到密封的目的。

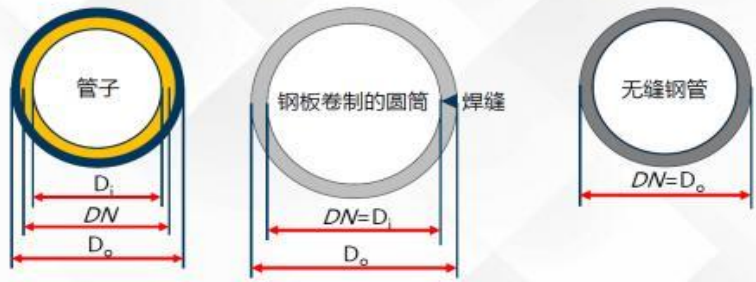
(3) 法兰的分类、结构及密封面

(4) 标准法兰的选用

公称直径 (DN)

(一) 公称直径 (DN)

法兰的公称直径是指与其相连的管子或压力容器的公称直径。



法兰的分类

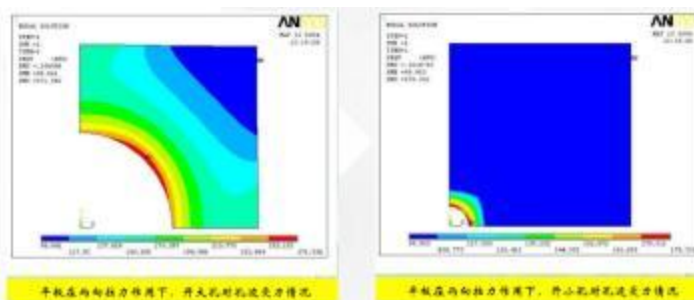
(5) 法兰连接的拆装演示

2. 容器的开孔与补强

(1) 开孔对容器强度的影响

容器开孔

开孔附近的应力集中



下图是模拟在容器上开大孔和小孔时受力情况，可以看到孔边缘的红色、黄色、绿色等高应力区域非常明显，说明孔边缘的受力明显大于其他区域。

容器开孔后承载面积减小使整体强度削弱，同时由于开孔使器壁材料的连续性被破坏，在开孔处产生较大的附加应力，结果使开孔附近的局部应力达到很大的数值。这种在开孔附近局部应力急剧增大的现象称为应力集中。

开孔附近的边缘应力

(2) 对容器开孔的限制

容器不同部位开孔限制

开孔不必补强需要满足的条件

(3) 补强结构

(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述清华大学薛明德教授在压力容器理论计算方面做出的杰出贡献，打破了国人在该领域的崇洋媚外，让学生树立文化自信。

	<p>四、巩固所学内容</p> <p>(一) 课后测验</p> <p>利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。</p> <p>(二) 课程总结</p> <p>总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。</p>
课后	<p>课后作业：</p> <ol style="list-style-type: none">1.名词解释：固定式压力容器。2.写出三个我国主要的压力容器标准和管理规范。3.容器的最小厚度有哪些限制？4.如何判断液压试验合格？

授 课 内 容	项目三 换热设备			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 3 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.了解换热设备的工作过程； 2.熟悉换热设备的类型； ★ 3.掌握管壳式换热器的结构类型及特点； ★ 4.了解 GB/T 151-2014 热交换器。 5.熟悉管板的作用和类型； ★ 6.掌握换热管及在管板上的排列； ★ 7.了解管箱与封头的区别； 8.理解管程分程结构。 9.了解防冲板和导流筒； 10.掌握折流板的类型、结构、固定方式； ★ 11.熟悉防短路结构。 <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.能够根据换热设备的换热过程提出提高换热效率的方法。★ 2.根据工艺参数会选择较合适的换热器； 3.能够说出固定管板式换热器、浮头式换热器、U 形管式换热器、填料函式换热器的优缺点及其适用范围。★ 4.会根据要求选择合适的换热管与管板的连接方式； 5.能识别管板的类型以及换热管在管板上的排列方式。★ 6.会根据情况选择合适的折流板； ★ 7.能识别折流板的固定方式。 <p>思政目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 换热设备是节能设备，培养节能环保意识。 2. 培养标准意识、质量意识 			
教 学 重 点	<ol style="list-style-type: none"> 1.换热设备的换热过程，换热器的基本要求。固定管板式换热器、浮头式换热器、U形管式换热器的结构特点及其适用范围。 2.换热管与管板的连接方式，管箱结构。 3.折流板的分类及其特性。 			
教 学 难 点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 换热设备按换热方式分类；浮头式换热器。 2. 管板、换热管与管板的连接方式。 3. 折流板的分类及其特性、折流板的固定方式、防短路结构。 			

教学过程										
课 前	<p>1.教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务；</p> <p>2.教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。</p> <p>3.学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。</p> <p style="padding-left: 40px;">学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。</p>									
课 中	<p>一、上次课内容回顾</p> <p style="padding-left: 40px;">让学生在手机上签到，了解学生到课情况。</p> <p style="padding-left: 40px;">在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。</p> <p>二、导入新课</p> <p style="padding-left: 40px;">讲解本次课和上次课的关系，本次课要讲的内容。</p> <p>三、新课讲解</p> <p style="padding-left: 40px;">利用课件、多媒体系统、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。</p> <p style="padding-left: 80px;">(一) 要点精讲</p> <p style="padding-left: 120px;">1. 换热设备的工作过程及类型</p> <p style="padding-left: 160px;">(1) 换热设备的工作过程</p> <p style="padding-left: 40px;">换热设备的应用</p> <p style="padding-left: 40px;">热量的传递方式</p> <div style="padding-left: 160px;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">热量传递方式</td> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding-left: 10px;">传导传热</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding-left: 10px;">对流传热</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="font-size: 2em;"> </td> <td style="padding-left: 10px;">辐射传热</td> </tr> </table> </div> <p style="padding-left: 40px;">换热设备的换热过程</p> <p style="padding-left: 40px;">传导传热→对流传热→传导传热</p> <p style="padding-left: 120px;">(2) 换热设备的类型</p> <p style="padding-left: 40px;">按用途分类</p>	热量传递方式	{	传导传热		{	对流传热			辐射传热
热量传递方式	{	传导传热								
	{	对流传热								
		辐射传热								

换热设备（按用途）{
[冷却器
冷凝器
加热器
换热器
再沸器
蒸汽发生器
过热器
废热（或余热）锅炉

按换热方式分类

换热设备（按换热方式）{
[直接接触式换热器（各类塔）
[管壳式换热器
板式换热器
| 间壁式换热器 { 板翅式换热器
| 螺旋板式换热器
| 套管式换热器
|| 蓄热式换热器（蓄热体）

换热器的基本要求

2. 管壳式换热器

(1) 管壳式换热器特点及分类

管壳式换热器的特点

管壳式换热器的分类

管壳式换热器国家标准

(2) 固定管板式换热器

固定管板式换热器结构

固定管板式换热器工作过程

固定管板式换热器特点

固定管板式换热器适用范围

(3) 浮头式换热器

浮头式换热器结构

浮头式换热器工作过程

浮头式换热器特点

浮头式换热器适用范围

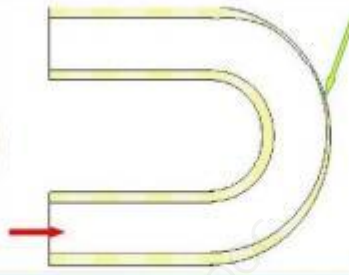
(4) U 形管式换热器

U 形管式换热器结构

U 形管式换热器工作过程

U 形管式换热器特点

(三) U形管式换热器特点



优点是结构简单、造价低、管束可在壳体内自由伸缩、无温差应力，也可将管束抽出清洗还节省了一块管板。

缺点是U形管内清洗困难；管子泄漏损坏时，只有最外层管子可以更换，其他管子只能堵死，堵管后管子报废率高，会减小换热面积；由于U形弯管半径不能太小，管板布管密度较小，结构不够紧凑；管束对管板无支撑作用，所需管板厚度较大。如图中所示，U形弯管段的换热管内壁靠外侧常因流体冲刷壁厚减薄，最后穿孔损坏。

U 形管式换热器适用范围

(5) 填料函式换热器

填料函式换热器结构及工作原理

填料函式换热器特点

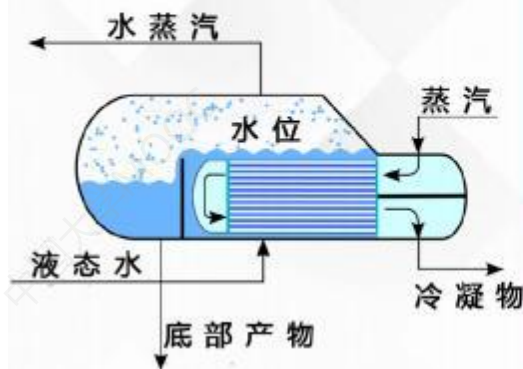
填料函式换热器适用范围

(6) 釜式重沸器

釜式重沸器结构

釜式重沸器工作过程

(二) 釜式重沸器工作过程



这是釜式重沸器的工作过程示意图。在釜式重沸器的蒸发空间通入常温液态水，要求水位超出釜式重沸器的管束顶部一定高度；在管束中通入高温蒸汽；常温液态水和高温蒸汽通过换热管管壁进行换热，常温液体水变成了水蒸汽和同温度的高温水，水蒸气从蒸发空间上部排出，高温水从釜式重沸器底部排出，而高温蒸汽经过换热变成了液态冷凝物从换热管管束流出，这样就完成了热交换。

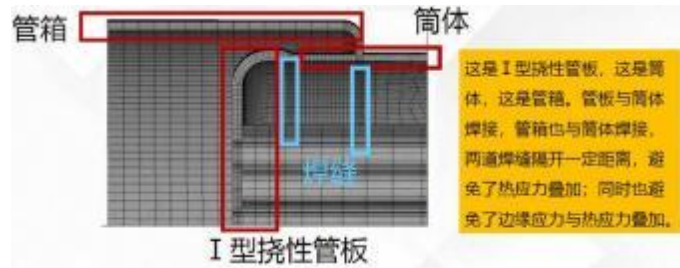
釜式重沸器与浮头式、U形管式换热器一样，清洗维修方便，可处理不清洁、易结垢的介质，并能承受高温、高压。

3. 管程结构一

(1) 管板

管板作用

管板结构



管板分程隔板槽

管板管孔直径允许偏差

管板拉杆孔

(2) 换热管及在管板上的排列

(二) 换热管在管板上的排列



正三角形排列



要以换热管可以紧密排列成一条直线的方向为参考线

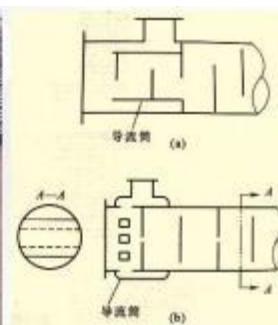
4. 壳程结构

(1) 壳体防

冲板和导流筒



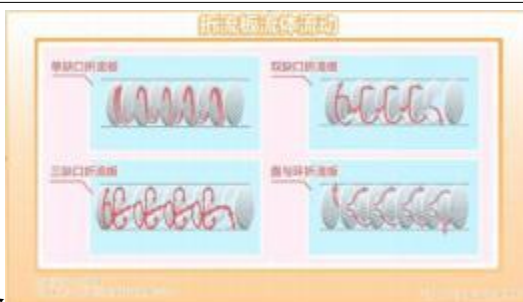
防冲板



导流筒

双壳程结构

(2) 折流板折流板简介



(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述清华大学过增元院士在传热火积理论方面做出的突出贡献，引导学生树立创新意识。

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

课后作业：

- 1.热量的传递方式有哪几种？
- 2.管壳式换热器有哪些类型？
- 3.换热管在管板上的排列方式有哪几种？
- 4.换热管和管板的连接方式有哪几种？
- 5.折流板有哪些种类？
- 6.拉杆和定距管的作用是什么？

课后

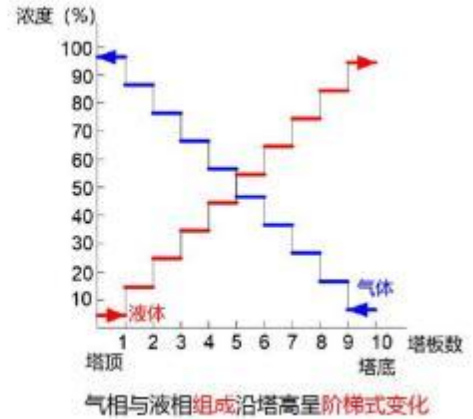
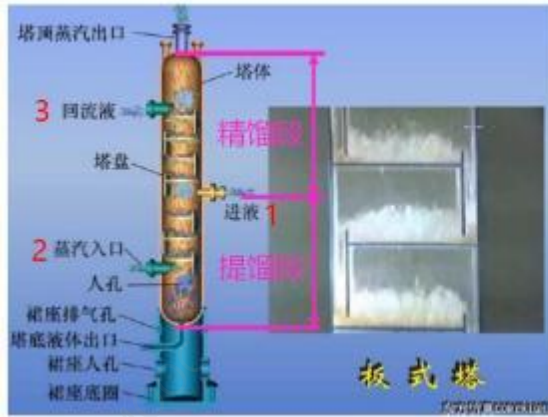
- 1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；
- 2.学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。

授 课 内 容	项目四 塔设备			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 4 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.了解塔设备的工作过程； 2.熟悉塔设备的一般要求； 3.掌握塔设备的分类和结构；★ 4.掌握泡帽塔、浮阀塔的结构和分类；★ 5.熟悉是筛板塔。 6.掌握舌形塔和穿流塔的结构及特点，板式塔的操作状态；★ 7.了解塔盘类型和构造； 8.熟悉溢流装置、除沫器和进出口管装置。 9.了解填料的基本要求； 10.掌握散装填料和规整填料的结构及性能特点；★ 11.了解液体分布器的技术要求； 12.熟悉管式液体分布器和槽式液体分布器；★ 13.掌握槽盘式液体分布器。★ 14.熟悉液体收集器及再分布器；★ 15.了解填料压紧装置； 16.掌握气体分布装置；★ 17.熟悉单塔精馏工艺流程； 18.掌握塔的结构及特点； 19.了解塔的常见故障诊断与处理。 <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.能描述塔设备的工作过程； 2.能说出板式塔和填料塔的区别及特点；★ 3.能说出泡罩、F1 浮阀、ADV 微分浮阀、矩形浮阀、梯形浮阀的结构特点及应用场景。★ 4.会根据工艺条件选择合适的板式塔； 5.会选择合适的溢流装置； 6.能说出各种除沫器的特点及应用场景。★ 7.能根据工艺情况选择合适的填料； 8.能对板式塔和填料塔进行各项性能的比较，会根据情况选择合适的塔；★ 9.可以根据情况选择合适的液体分布器。★ 10.能说出各种气体分布装置的优缺点。 11.掌握单塔精馏的开车、正常运行以及停车操作；★ 12.会调整参数维持精馏装置的稳定运行。★ <p>思政目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.培养学生质量意识，通过讲述浮阀的演进过程培养学生的创新精神。 			

	2. 塔是耗能装置，消耗大量能源，培养学生节能环保意识。 3. 培养学生团队协作意识、安全意识，分析问题、解决问题的能力。
教学重点	1. 泡帽塔、浮阀塔。 2. 舌形塔，溢流装置。 3. 填料、槽盘式液体分布器。 4. 液体收集器、再分布器，气体分布装置。
教学难点	1. 浮阀塔。 2. 板式塔操作状态、塔盘构造。 3. 槽盘式液体分布器。 4. 单塔精馏仿真操作
教学过程	
课前	1. 教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务。 2. 教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。 3. 学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。 学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。
课中	一、上次课内容回顾 让学生在手机上签到，了解学生到课情况。 在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。 二、导入新课 讲解本次课和上次课的关系，本次课要讲的内容。 三、新课讲解 利用课件、多媒体系统、原创动画、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。 <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>(一) 要点精讲</p> <p>1. 塔设备的结构及工作过程</p> <p>(1) 塔设备的应用、分类和结构</p> <p>塔设备的应用</p> <p>塔设备的分类和结构</p> </div> <div style="flex: 2;"> </div> </div>

(2) 塔设备的工作过程

板式塔的工作过程



填料塔的工作过程

(3) 塔设备的要求

塔设备必须具备的基本性能

气液传质过程对塔设备的要求

塔设备的技术要求

2. 泡帽塔、浮阀塔和筛板塔

(1) 泡帽塔

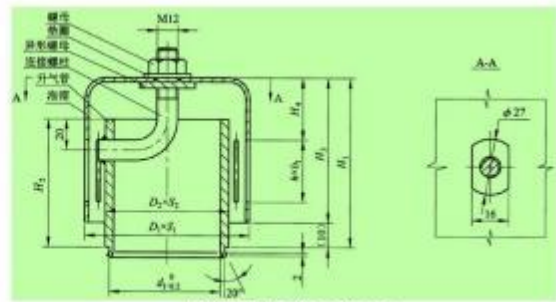
泡帽的结构



泡帽外形图



泡帽内部结构图



圆泡帽 (DN80/100)

泡帽塔盘的工作过程

泡帽塔的优点

泡帽塔缺点

(2) 浮阀塔

浮阀的种类

浮阀的工作过程

浮阀的优点

浮阀的缺点

(3) 筛板塔

筛板塔盘的结构

筛板塔的工作过程

筛板塔的优点

筛板塔的缺点

3. 舌形塔和穿流塔

(1) 舌形塔和浮舌塔舌

形塔盘和浮舌塔盘的结构

舌形塔盘和浮舌塔盘的工作过程

浮舌塔的特点

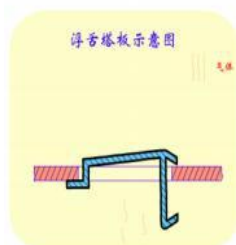
(2) 穿流塔穿流塔盘的结构

穿流塔盘的工作过程

穿流塔的特点

(3) 板式塔操作状态塔板上

气液两相接触状态

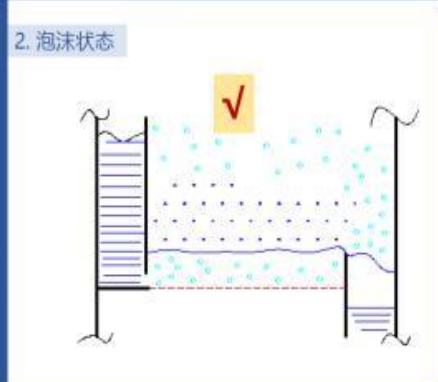


- 01 具有大的操作弹性，工作稳定；在保证较高效率的条件下，负荷变化范围甚至可超过浮阀塔；
- 02 具有较大的气、液相处理能力，压力降小，特别适宜于减压蒸馏；
- 03 效率较高，介于浮阀塔板与舌形塔板之间，效率随气速变化比浮阀塔稍高；
- 04 结构简单，制作方便，但舌片易损坏。

板式塔操作状态

要点一：塔板上气液两相接触状态

2. 泡沫状态



当气速继续增加，气泡数量急剧增加，气泡不断发生碰撞和破裂，此时板上液体大部分以液膜形式存在于气泡之间，形成一个直径较小，扰动十分剧烈的动态气泡，在板上只能看到较薄的一层液体。由于泡沫接触状态的表面积大，并不断在更新，为两相传热与传质提供了良好的条件，是一种较好的塔板工作状态。

板式塔的性能评价指标

4. 板式塔内件

(1) 塔盘构造

塔盘分类

整块式塔盘

分块式塔盘

(2) 溢流装置

降液管

受液盘

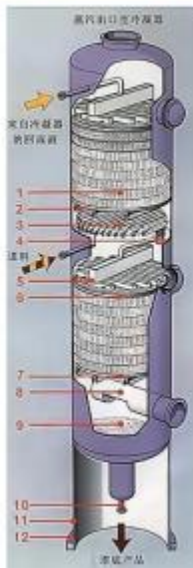
5. 填料塔

(1) 填料塔的结构特点

填料塔的结构

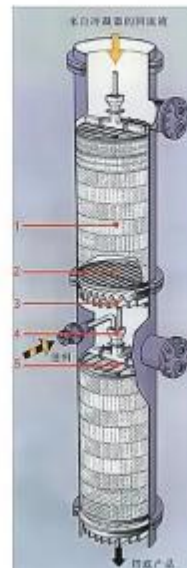
填料塔的结构特点

要点一：填料塔的结构



1. 规整填料
2. 支撑栅板
3. 液体收集器
4. 集液环
5. 多级槽式液体分布器
6. 填料压圈
7. 支撑栅板
8. 蒸汽入口管
9. 塔底
10. 至再沸器循环管
11. 裙座
12. 底座环

此结构适合于直径大于等于800mm的填料塔



1. 规整填料
2. 支撑栅板
3. 液体收集器
4. 降液管
5. 管式液体分布器

此结构适合于直径小于800mm的填料塔

填料塔的特点及应用

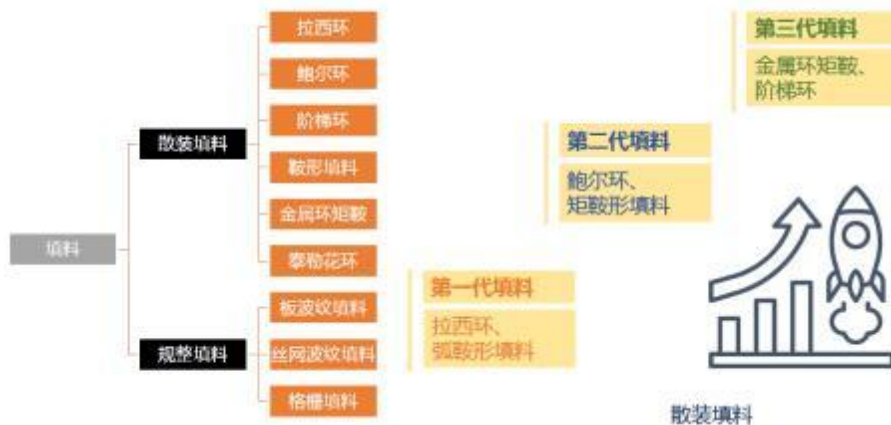
(2) 填料

对填料的基本要求

填料的分类

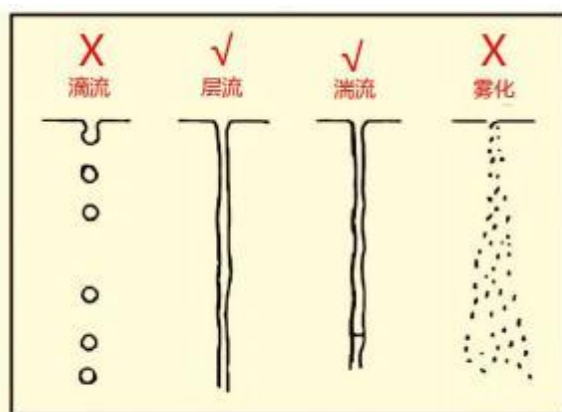
散装填料

规整填料



6. 液体分布器

(1) 液体分布器的技术要求

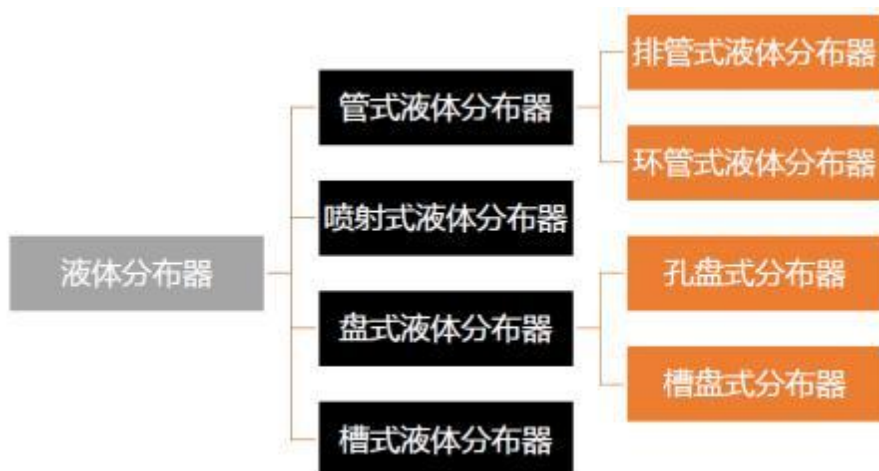


液体从孔口流出的四种状况



液体从槽口流出的四种流型

(2) 液体分布器的分类



(3) 液体分布器的结构特点

管式液体分布器

喷射式液体分布器

盘式液体分布器

槽式液体分布器

(4) 液体分布器的选择

6. 填料塔内件

(1) 液体收集器及再分布器

液体收集器

液体再分布器

(2) 气体分布装置

气体分布装置的技术要求



简单进气结构塔内均布格栅气体分布器

(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述兰州石油机械研究所张延丰申请板壳式换热器国家发明专利，创办的公司成为国内压力容器制造发面的领军企业，激发学生用专业知识创业。

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

	<p>课后作业：</p> <ol style="list-style-type: none">1.热管换热器有哪几种？各有何特点？2.简述吸液芯热管换热器的工作原理。3.请列出板式塔的所有操作状态，哪一种最好？4.简述丝网除沫器的优点及其适用场合。5.散装填料都有哪些，规整填料有哪些？6.液体分布器的技术要求有哪些？7.填料塔气体分布装置有哪些？8.对气体分布装置的技术要求有哪些？
课 后	<ol style="list-style-type: none">1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；2.学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。

授 课 内 容	项目五 反应设备			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 5 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.熟悉反应设备的工作过程及作用; 2.掌握反应设备的类型。★ 3.了解釜式反应器的工作过程、类型以及技术参数; 4.掌握反应釜的结构以及换热装置。★ 5.了解搅拌操作的目的以及物料的混合过程; 6.掌握搅拌器的类型及应用场合; ★ 7.理解搅拌附件(挡板和导流筒)的作用; 8.熟悉反应釜传动装置。 9.熟悉固定床反应器的应用与分类; 10.掌握固定床反应器的结构、工作原理; ★ 11.了解流态化技术与应用; 12.掌握流化床反应器的分类与结构。★ 13.掌握气-固流化床反应器的静电问题; ★ 14.理解气-固流化床反应器中的颗粒团聚; 15.了解流化床反应器的异常现象; 16.掌握流化床反应器的优缺点。★ <p>能力目标:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.能根据反应特点选择合适的反应设备; 2.可以根据反应釜的能量需求选择合适的换热装置。 3.会根据搅拌物料的性质选择合适的搅拌器; ★ 4.能识别反应釜各种传动装置。 5.能说出固定床反应器的特点; ★ 6.会区分流化床反应器和固定床反应器; ★ 7.能说出气固流化床反应器内部构件的作用。 8.能根据流化床反应器的不正常现象提出改进措施。 9.能进行流化床反应器的开车、停车及稳定运行操作★ <p>思政目标:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.培养质量意识和工匠精神。 2.培养创新精神,分析问题、解决问题的能力。 3.针对流化床反应器的异常现象,培养学生问题意识,提高分析问题、解决问题的能力。 			
教 学 重	<ol style="list-style-type: none"> 1.反应设备的分类、反应釜的基本结构 2.搅拌器、搅拌附件。 3.固定床反应器、流化床反应器的结构与工作原理,流态化技术。 			

点	4. 气-固流化床反应器的静电问题、流化床反应器的优缺点。
教学难点	1. 反应釜的基本结构 2. 搅拌器、磁力传动器。 3. 流态化技术、流化床反应器的结构。 4. 气-固流化床反应器中的颗粒团聚。
教学过程	
课前	1. 教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务； 2. 教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。 3. 学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。 学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。

一、上次课内容回顾

让学生在手机上签到，了解学生到课情况。

在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。

二、导入新课

讲解本次课和上次课的关系，本次课要讲的内容。

三、新课讲解

利用课件、多媒体系统、原创动画、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。

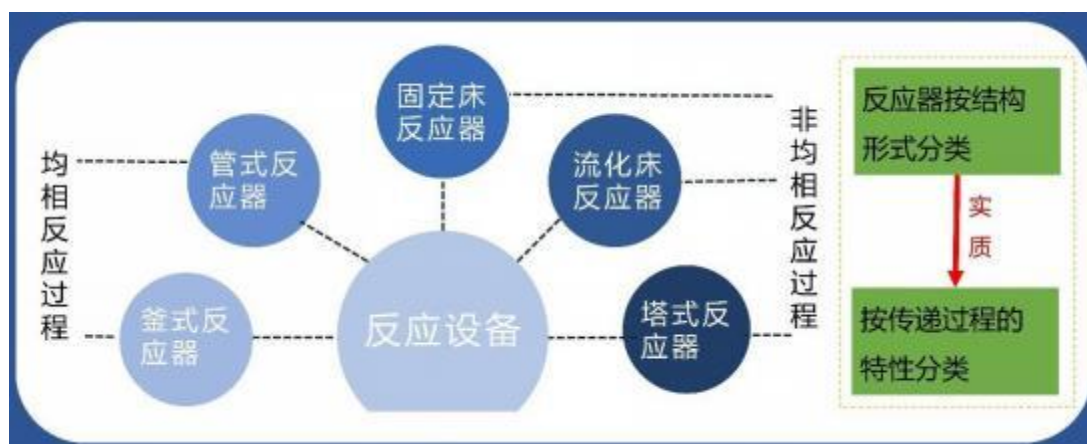
(一) 要点精讲

1. 反应设备的应用与分类

(1) 反应设备的应用

(2) 反应设备的分类

根据反应设备的结构型式分类



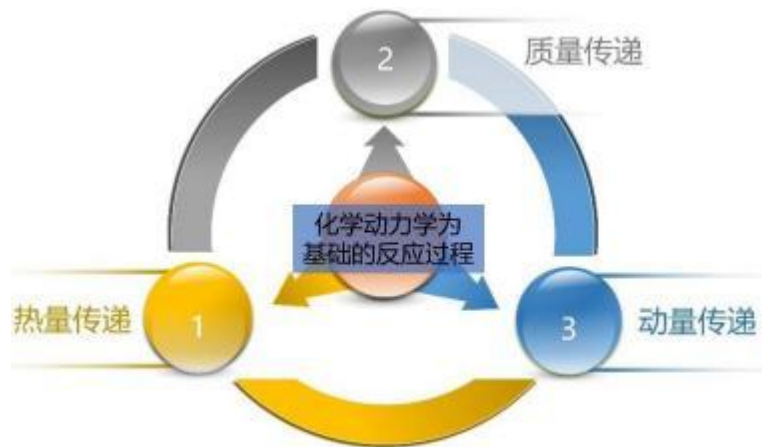
根据物料的聚集状态分类

根据操作方法分类

根据温度条件和传热方式分类

(3) 反应设备的作用及要求反

应设备的工作过程



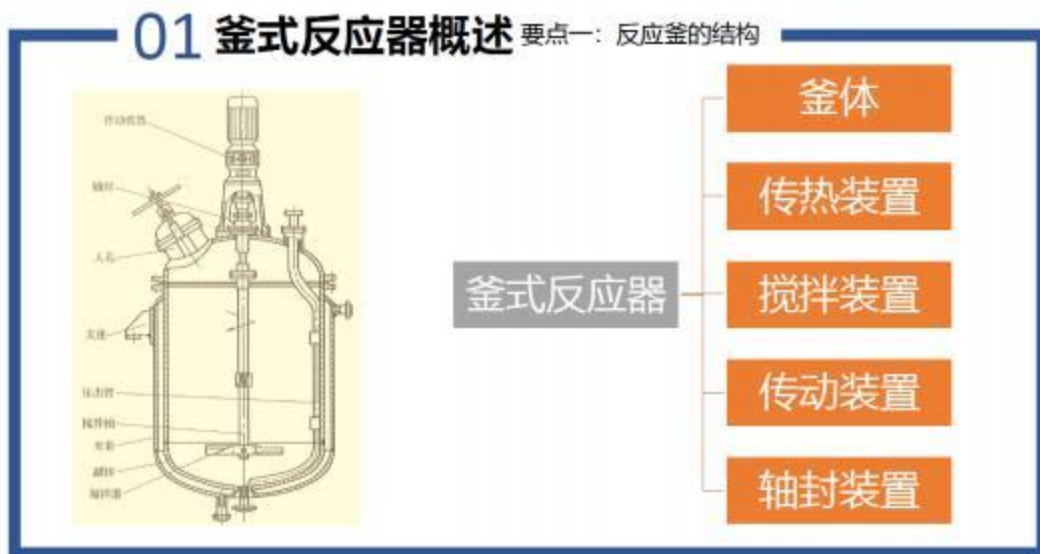
反应设备的作用

反应设备的要求

2. 釜式反应器

(1) 釜式反应器概述反

应釜的结构



反应釜的工作过程

釜式反应器的技术参数

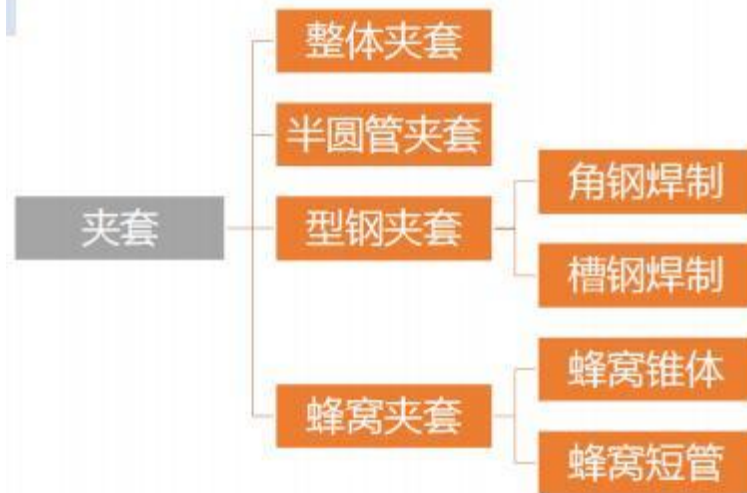
反应釜的类型

(2) 反应釜的基本结构釜

体

传热装置

夹套



外盘管

蛇管

3. 反应釜搅拌装置

(1) 搅拌过程

搅拌过程分类

搅拌操作目的

两种互溶液体的混合过程

(2) 搅拌器

搅拌装置的作用与流型

搅拌器的分类

搅拌器简介

桨式搅拌器

推进式搅拌器

涡轮式搅拌器

锚、框式搅拌器

螺带式搅拌器

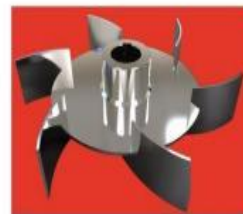
螺杆式搅拌器

搅拌器选型

搅拌装置的安装型式



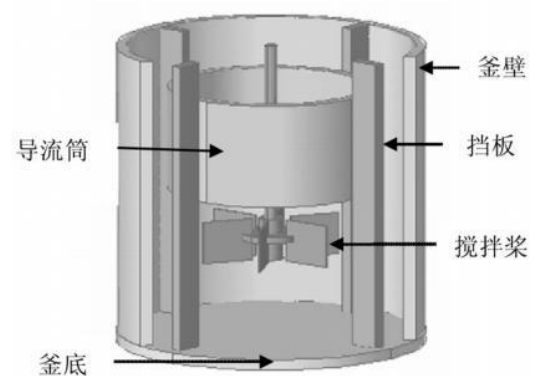
直叶圆盘涡轮式



弯叶圆盘涡轮式



斜叶圆盘涡轮式



4. 固定床反应器

(1) 固定床反应器的应用

固定床反应器概述

固定床反应器在煤制油中的应用



固定床反应器在煤制气中的应用

(2) 固定床反应器的分类

根据是否换热分类

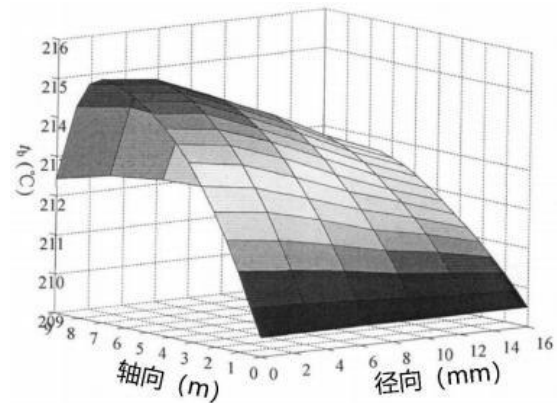
根据物料流向分类

(4) 固定床反应器的结构与工作原理

绝热式固定床反应器

换热式固定床反应器

气体分布装置



(5) 固定床反应器的特性

固定床反应器的温度分布

固定床反应器的特点

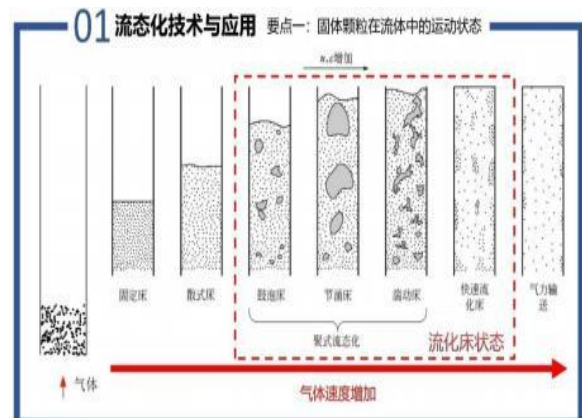
5. 流化床反应器

(1) 流态化技术与应用

固体颗粒在流体的运动状态

固体颗粒分类

流态化的应用



(2) 流化床反应器的分类

按照流体的相态分类

按照固体颗粒是否循环分类

按照床层中是否设置内部构件分类

按照床层的外形分类

(3) 流化床反应器的结构

气-固流化床反应器

气-固多温区流化床反应器

气-液循环流化床反应器

6. 流化床反应器的特性 (多媒体教室)

(1) 气-固流化床反应器的静电问题

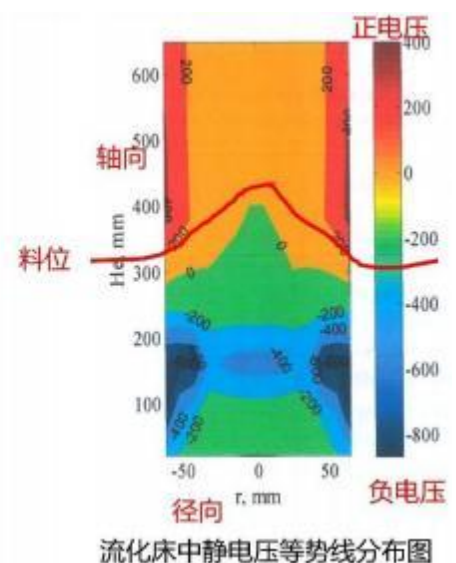
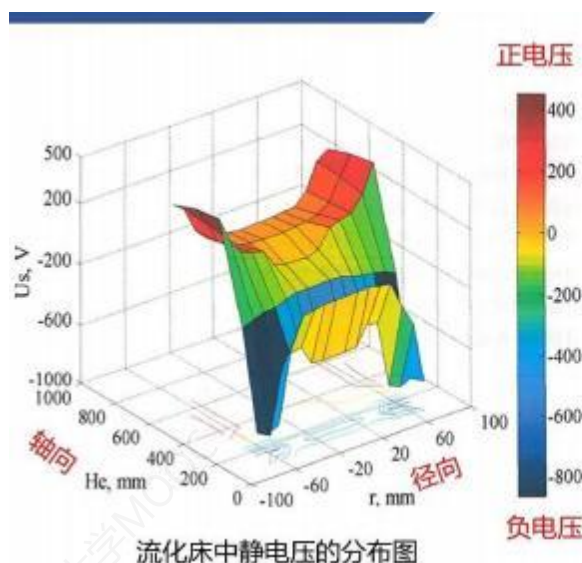
气-固流化床中静电的危害

气固流化床中, 颗粒与颗粒之间、颗粒与壁面之间以及颗粒与气体之间存在反复碰撞和摩擦, 若流化介质为高绝缘性物质, 则不可避免地会引发静电的产生和积累。产生的静电场势必影响流化床内的流体流动行为, 形成死区和沟流, 并导致颗粒团聚、粘壁甚至熔融结片。当静电积累到一定程度, 达到周围介质的击穿场强, 还可能引起火花放电甚至爆炸。



气-固流化床中的静电与结片

气-固流化床中的静电分布



气-固流化床中静电的控制

(2) 气-固流化床反应器中的颗粒团聚

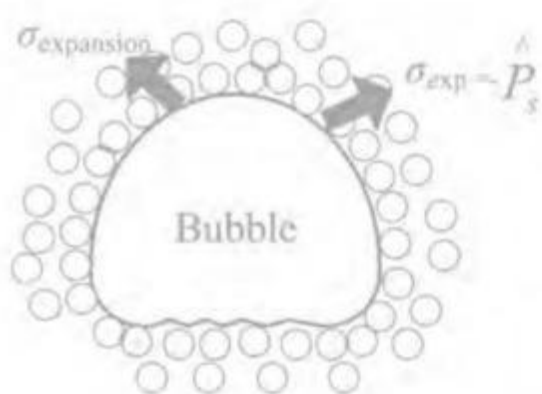
颗粒团聚概述

颗粒团聚的团聚力

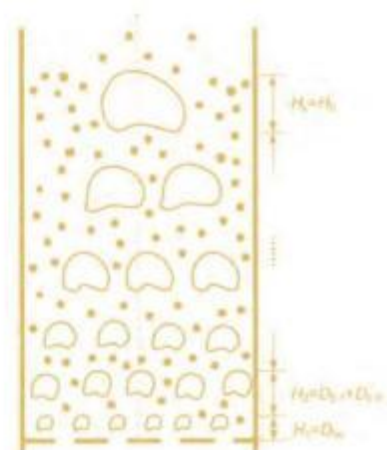
颗粒团聚的破碎力

气-固流化床反应器中的颗粒团聚

要点三：颗粒团聚的破碎力



气泡张力示意图



流化床内气泡分布示意图

(3) 流化床反应器的异常现象沟流

大气泡和腾涌

(4) 流化床反应器的优缺点

流化床反应器的优点

流化床反应器的缺点

流化床反应器的适用场合

7. 反应设备仿真操作（化工仿真实训室）

流化床反应器的开车操作

流化床反应器的稳定运行操作

流化床反应器的停车操作

(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述晚晴名将左宗棠不顾年老多病带兵出征打败沙皇俄国收复新疆伊犁的故事，引导学生树立“国家兴亡、匹夫有责”的爱国主义精神。

	<p>四、巩固所学内容</p> <p>(一) 课后测验</p> <p>利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。</p> <p>(二) 课程总结</p> <p>总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。</p> <p>课后作业：</p> <ol style="list-style-type: none">1.反应设备的作用是什么？2.釜式反应器由哪几部分组成？3.搅拌器搅拌时液体的流动形式有哪几种，哪些是好的，哪些是应该避免的？4.釜式反应器中减速器的作用是什么，机架有哪几种？5.简述固定床反应器的优点和缺点？6.气-固流化床反应器的内部构件包括哪些，作用是什么？7.简述流化床反应器的优点、缺点及其适用场合。8.气-固流化床中的静电有什么危害？
课 后	<ol style="list-style-type: none">1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；2.学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。

授 课 内 容	项目六 管道与阀门			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 6 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.掌握管道类型与标识； ★ 2.熟悉压力管道管子； 3.掌握管道的组成、管道组成件的连接； ★ 4.熟悉管道的安全防护。 5.掌握管道防腐蚀要点； ★ 6.熟悉管道衬里和涂层； 7.掌握管道绝热基础知识； ★ 8.熟悉包覆型绝热管； 9.了解真空夹套绝热管。 10.了解管道的检验与压力试验； ★ 11.掌握阀门的分类； 12.熟悉阀门基本参数； ★ 13.熟悉阀门的型号、标志与涂漆。 14.掌握通用阀门的结构与应用； ★ 15.熟悉专用阀门的结构与应用； 16.熟悉常用承压部件材料和密封面材料； ★ 17.了解密封材料和紧固件。 18.掌握阀门的属性参数； ★ 19.了解阀门的基本要求、产品标准、结构参数选用原则； 20.掌握常用关断阀的可靠性排序； ★ 21.熟悉常用关断阀的压降排序。 <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.能根据管道标识说出相关信息； ★ 2.能根据使用条件选择合适的管道组成件连接方式。 3.会使用工具进行管道表面处理； 4.能够对包覆型绝热管进行缺陷分析。 ★ 5.会进行管道加工与安装； 6.能判断管道吹扫、清洗的合格与否。 ★ 7.会使用和维护通用阀门； ★ 8.能区分通用阀门和专用阀门； 9.能根据工况条件选择合适的阀门材料。 10.会根据工况选择合适的阀门型式； ★ 11.能选择合适的阀门结构参数； 12.会拆装管路； ★ 			

	<p>13.能拆装阀门。★</p> <p>思政目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.管道是标准件，需要培养标准意识、工匠精神。 2.培养创新精神及诚信意识。 3.培养安全意识。 4.培养标准意识、团队合作精神。
<p>教 学 重 点</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.管道的类型与标识、管道组成件的连接形式 2.管道防腐蚀要点、管道绝热基础知识。 3.阀门的分类、阀门基本参数 4.阀门的属性参数、常用关断阀的可靠性排序。
<p>教 学 难 点</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.管道标识 2.真空夹套绝热管 3.阀门的型号、标志与涂漆 4.管路拆装实训。
<p>教学过程</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1.教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务； 2.教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。 3.学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。 <p style="padding-left: 40px;">学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。</p>

一、上次课内容回顾

让学生在手机上签到，了解学生到课情况。

在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。

二、导入新课

讲解本次课和上次课的关系，本次课要讲的内容。

三、新课讲解

利用课件、多媒体系统、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。

(一) 要点精讲

1. 管道

(1) 管道类型与标识

管道类型

管道分类



管道参数



课
中

工业管道识别色、识别符号与安全标识

▼ 管道标识和色环对照表

GB7231-2003中国国家标准，适用范围：非地下埋设的气体和液体输出管道

物质	识别色	颜色标准编号	管道色环配色	文字标识配色
水	艳 绿	G03	↑↑↑↑↑	绿底白字
水蒸汽	大 红	R03	↑↑↑↑↑	红底白字
空气	淡 灰	B03	↑↑↑↑↑	灰底黑字
气体	中 黄	Y07	↑↑↑↑↑	黄底黑字
酸和碱	浅 紫	P02	↑↑↑↑↑	紫底白字
可燃气体	深 棕	YR05	↑↑↑↑↑	棕底白字
其它液体	纯 黑	—	↑↑↑↑↑	黑底白字
氧气	淡 蓝	PB06	↑↑↑↑↑	蓝底白字

(2) 压力管道管子

常用压力管道管子

无缝钢管

焊接钢管

有色金属管

球墨铸铁管

非金属材料管

2. 管道配件

(1) 管件

管道组成

直管与直管的连接

改变方向

分支

变径

封闭管端

(2) 管道组成件的连接

管道组成件的连接形式

焊接连接

法兰连接

胀接接头

螺纹联接

扩口、非扩口压合型管件的连接

填函接头

钎焊

(3) 管道的安全防护

管道安全防护的一般规定

安全附件



3.管道的防腐蚀

(1) 管道防腐蚀要点

管道的腐蚀

管道防腐蚀基本手段

防腐层分类

(2) 基体表面处理

基本要求

手工或动力工具处理

喷射或抛射处理



(3) 衬里

橡胶衬里管道

塑料衬里管道

(4) 涂层

涂料涂层管道

金属热喷涂层管道

4.管道的绝热

(1) 管道绝热基础

绝热的目的

管道绝热的重要性

管道绝热类型

(2) 包覆型绝热管

包覆型绝热管的组成

绝热层

防潮层材料的质量要求

保护层材料的质量要求

包覆型绝热管的缺陷分析

(3) 真空夹套绝热管

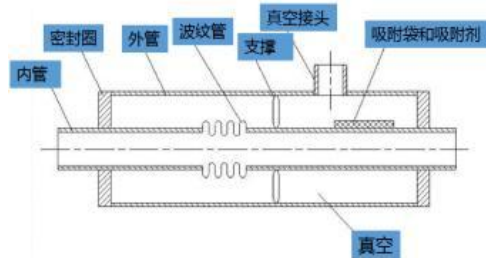
真空夹套绝热管的结构

5. 管道的安装检验与吹扫

(1) 管道的加工与安装

管道加工

管道安装



- 管道加工
- 下料切割
 - 弯管制作
 - 卷管制作
 - 管口翻边
 - 夹套管制作
 - 斜接弯头制作
 - 支、吊架制作



1. 钢制管道安装



工作温度 (°C)	一次热态、冷态 紧固温度	二次热态、冷态 紧固温度
250~350	工作温度	---
>350	350	工作温度
-20~-70	工作温度	---
<-70	-70	工作温度

高温或低温管道法兰的螺栓，在试运行时应进行热态紧固或冷态紧固，在达到工作温度2h后进行。

(2) 管道的检验与压力试验

管道的检验

管道的压力试验

(3) 管道的吹扫与清洗

管道吹扫

管道清洗

6. 阀门的分类、基本参数与型号

(1) 阀门分类



阀门的主要功能

阀门的种类

(2) 阀门基本参数

基本参数类型

阀门结构长度

阀门连接端

(3) 阀门的型号、标志与涂漆



利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述华为 5G、6G 标准引领世界，引导学生树立标准意识。

7. 阀门的结构与应用

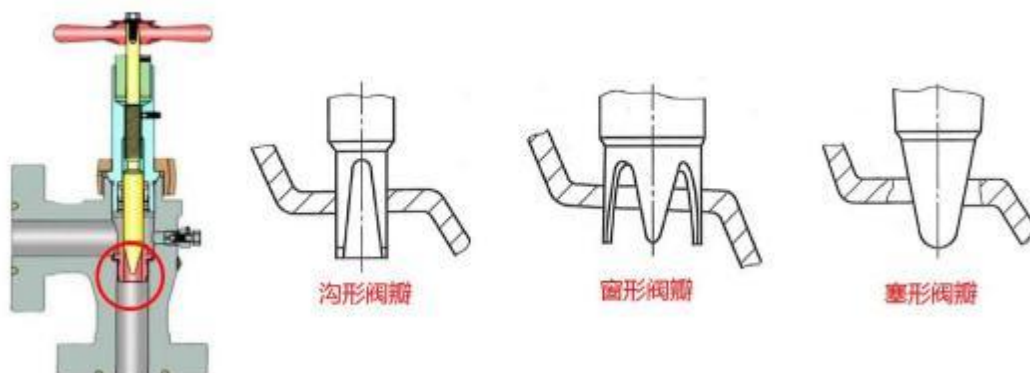
(1) 通用阀门的结构与应用

启闭用阀门

止回用阀门

调节用阀门

1. 节流阀

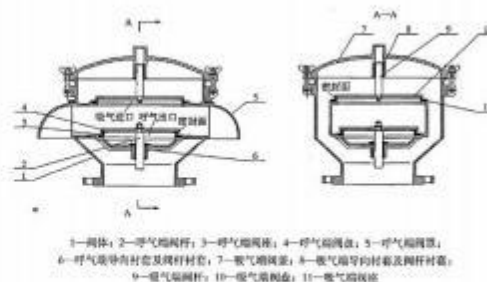


疏水隔气用阀门

(2) 专用阀门的结构与应用管道过

滤器呼吸阀

专用阀门的结构与应用 要点二：呼吸阀



呼吸阀安装在罐体或人孔盖上，能随罐内压力变化而自动启闭，使罐体内外压力差保持在允许范围内。设置呼吸阀不仅可以减少罐内气体排放，从而降低对大气的污染，而且可使储罐避免因超压而造成破坏或因超真空而导致失稳，对安全和环保均起到一定的促进作用。

低温阀

氧气阀

8. 阀门材料

(1) 承压部件材料

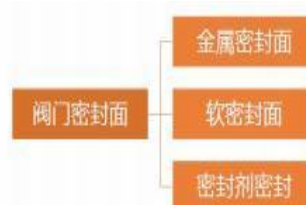
铸铁

碳素钢

低温钢

高温钢

不锈钢



阀门密封面是指阀座和关闭件相互接触形成密封的部分。阀门密封面应耐磨损、耐腐蚀、耐冲蚀、耐擦伤，有足够的挤压强度，在高温下有足够的抗氧化性和热疲劳性，密封面与阀体的热膨胀系数相近，具有良好的加工性能和焊接性能，且应在价格和材料性能之间综合考虑。

(2) 密封面材料

金属密封面软密封面

9. 阀门选用 (多媒体教室)

(1) 阀门型式选用原则

序号	阀门属性	具体参数
1	阀门型式	闸阀、截止阀、球阀、蝶阀、旋塞阀、隔膜阀、止回阀等
2	基本参数	应用标准、公称直径、公称压力等级、主体材料等
3	结构参数	阀体结构、内件型式、端部连接型式、阀盖型式、阀杆支架型式、操作方式等
4	主要零部件材料	阀座密封面材料、阀瓣密封面材料、阀杆材料、阀盖/阀体材料、密封材料、紧固件材料
5	其他特殊要求	检查试验要求、特殊的结构要求、特殊的制造要求
6	加工制造要求	材料的冶炼要求、成形方法、热处理等
7	检查试验要求	无损检验、强度试验、密封试验、腐蚀试验

对阀门的基本要求

常用关断阀门的特点及应用

(2) 阀门属性参数选用原则

基本参数选用原则

结构参数选用原则

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

课后作业：

1. 压力管道按用途分为哪几种？
2. 管件按用途分为五大类，分别是哪些？
3. 衬里管道有哪几种，分别简述它们的特点。
4. 管道绝热的目的是什么？
5. 管道安装包括哪些？

	<p>6.专用阀门有哪些?</p> <p>7.在通用阀门中,哪些阀门安装是有方向性的?</p> <p>8.阀门承压部件常用的材料有哪些?</p>
课 后	<p>1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务;</p> <p>2.学生在线自学拓展阅读,加深对本次课教学内容的理解。</p>

授 课 内 容	项目七 泵			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 对 课 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 7 讲	授 地 课 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.熟悉泵的定义、分类与性能参数；★ 2.了解叶片式泵的过流部件和结构形式； 3.认识泵的汽蚀现象与危害； 4.掌握影响汽蚀的因素。★ 5.掌握泵轴向力及其平衡、泵的能量损失类型；★ 6.了解泵材料选择应考虑的因素； 7.熟悉泵用金属材料和非金属材料的应用。 8.了解离心泵的分类； 9.熟悉离心泵的结构； 10.掌握离心泵的工作原理；★ 11.熟悉离心泵开停车注意事项。 12.掌握离心泵主要零部件的结构；★ 13.熟悉离心泵机械密封结构； 14.了解离心泵内各零件之间的联接情况； 15.熟悉离心泵轴向力平衡装置。 <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.能根据具体情况提出提高泵抗汽蚀性能的措施；★ 2.可以进行泵的能量损失分析。 3.能说出泵轴向力的平衡方法；★ 4.可以根据工艺参数选择泵轴、叶轮以及泵体材料。 5.能说出离心泵的工作原理； 6.可以在化工仿真软件中完成泵的开车、流量调节、正常运行、停车、事故处理等操作。★ 7.以小组为单位能完成离心泵的拆卸； 8.可以完成离心泵的组装；★ 9.会通过盘车判断离心泵的简单故障，并进行针对性处理来解决故障。 <p>思政目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.培养质量意识。 2.培养问题意识，提高分析问题、解决问题的能力。 3.培养创新精神。 			
教 学 重	<ol style="list-style-type: none"> 1.泵的定义、分类、性能参数，影响泵汽蚀的因素 2.泵轴向力及其平衡、泵的能量损失类型、泵主要零件的材料选择。 3.离心泵的工作原理、离心泵的化工仿真操作。 			

《化工设备使用与维护》

点	4. 机械密封离心泵的拆卸
教学难点	1. 提高泵的抗汽蚀性能 2. 泵轴向力的平衡 3. 离心泵的结构。 4. 机械密封结构
教学过程	
课前	1.教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务； 2.教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。 3.学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。 学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。

一、上次课内容回顾

让学生在手机上签到，了解学生到课情况。

学生在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。

二、导入新课

讲解本次课和上次课的关系，介绍本次课要讲的内容。

三、新课讲解

利用课件、动画、多媒体系统、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。

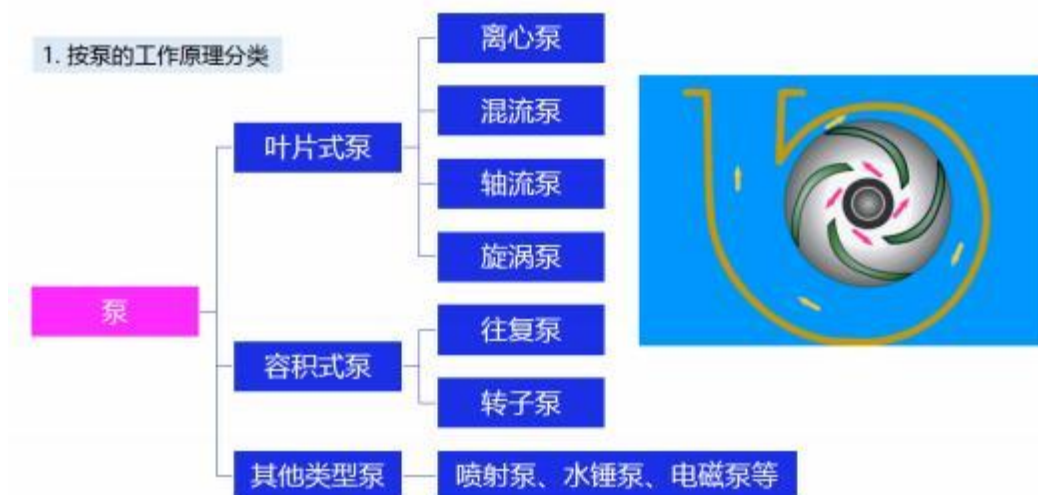
(一) 要点精讲

1. 泵的结构与性能参数

(1) 泵的定义和分类

泵的定义

泵的分类



各类泵的适用范围

(2) 叶片式泵的过流部件和结构形式

叶片式泵的过流部件

叶片式泵的结构形式

(3) 泵的性能参数

泵的基本参数

泵内的各种损失及泵的效率

2. 泵的汽蚀

(1) 泵的性能曲线

泵特性曲线

离心泵的特性曲线分析

(2) 泵的汽蚀现象概述

概述

02 泵的汽蚀现象概念

“ 要点一：概述 ”



1893年，人们确认英国一台驱逐舰螺旋桨的破坏是汽蚀的结果，这是汽蚀现象首次被发现。随着机器向高速方向发展，汽蚀越来越成为水力机械中至关重要的问题。

2. 汽蚀发生的阶段



泵内发生汽蚀的现象

(3) 影响汽蚀破坏的因素

汽蚀破坏因素

海拔高度和水的汽化温度之间的关系

(4) 提高泵抗汽蚀性能的措施

提高泵本身的抗汽蚀性能

防止泵发生汽蚀的措施

3.提高泵的性能

(1) 泵轴向力及其平衡

泵转子轴向力产生的原因

泵转子轴向力的危害泵轴向力的平衡方法

(2) 泵的能量损失分析

机械损失分析

水力损失分析

容积损失分析

(3) 提高泵性能的措施

高效点向大流量方向移动

提高泵效率的措施

4.泵用材料及选择

(1) 材料选择时应考虑的因素

(2) 金属材料的选用

(3) 非金属材料的应用

工程塑料

其他非金属材料

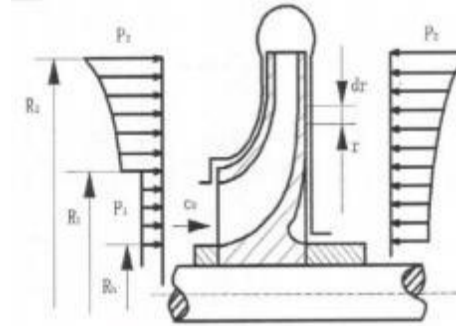
(4) 泵主要零件的材料选择

轴材料的选择

5.离心泵的结构与工作原理 (多媒体教室)

(1) 离心泵的分类

离心泵的应用特点



叶轮前后盖板上的轴向力分布图

序号	材料	一般特点	主要用途
1	碳素钢 (35#)	最一般材料	清水、污水
2	Cr13不锈钢	具有耐腐蚀性	清水、污水
3	18-8不锈钢	耐腐蚀性强	海水 (小轴径)
4	35#钢用0Cr18Ni9轴承	耐腐蚀性强	海水 (大轴径)



02 泵主要零件的材料选择 要点二：叶轮材料的选择

牌号	允许使用温度/ (°C)	一般特点	主要用途
HT200	25	系低合金铸钢材料	泵壳
ZG10Cr13	5	比高合金铸钢强度高且耐腐蚀性亦高	泵壳
铸钢牌号	25	耐磨、耐腐蚀性能高	叶轮、泵壳内壳、壳体、泵盖的铸造
ZG20Cr13	5	强度高、耐腐蚀性能高	泵壳、泵盖
ZG1Cr18Ni9Ti	5	第一类不锈钢	海水、海水 (低盐度)
Cr5Mo1	5	耐热性较好	海水、污水、酸液
ZG1Cr18Ni9	750	强度高、耐腐蚀、可耐高温、同	海水、污水、含少量
ZG1Cr18Ni9	5	同ZG1Cr18Ni9Ti	的酸或含颗粒点
HT200	25	强度高、耐腐蚀	海水、污水

注：1. 耐腐蚀铸件，其使用温度应≤100℃。



离心泵的分类

要点一：离心泵的应用特点



- 01 流量均匀、运转平稳、振动小，不需要特别减震的基础；
- 02 转速高，结构紧凑，质量小，占地面积小；
- 03 设备安装、维护检修费用较低；
- 04 流量和扬程范围宽，应用范围广；
- 05 出口阀调节流量，操作简单，泵站易实现远距离操作。

按液体吸入叶轮的方式分类

按所装叶轮的数目分类

按工作压力分类

(2) 离心泵结构

离心泵整体结构离心泵的主要零部件

(3) 离心泵的工作原理

离心泵的工作过程

离心泵启动注意事项

(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述同仁堂药业精心制作中药的故事，引导学生树立质量意识。

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

	<p>课后作业：</p> <ol style="list-style-type: none">1.泵的基本性能参数有哪些？2.泵汽蚀的危害有哪些？3.泵轴向力的平衡方法有哪些？4.泵用材料选择时应考虑的因素有哪些？5.简述离心泵的气缚现象。6.请说明离心泵的工作原理。
课 后	<ol style="list-style-type: none">1.教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；2.学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。

授 课 内 容	项目八 设备的润滑 连接 密封			
授 课 安 排	授 课 时 数	2	授 课 对 象	应用化工技术专业 大二学生
	授 课 时 间	第 8 讲	授 课 地 点	多媒体教室
学 习 目 标	<p>知识目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.了解摩擦的概念、类型； 2.熟悉摩擦机理；★ 3.熟悉润滑的作用和类型； 4.掌握润滑剂的基本功能；★ 5.了解润滑剂的分类。 6.了解销联接与过盈联接； 7.熟悉键联接和螺纹联接； 8.掌握填料密封和机械密封。★ <p>能力目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.会判断摩擦的类型；★ 2.根据工况可以选择合适的润滑剂；★ 3.会根据设备运行状态确定润滑类型。 4.能识别键联接、销联接和螺纹联接； 5.能拆卸、组装离心泵的机械密封装置。★ <p>思政目标：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.培养爱岗敬业精神。 2.培养学生团队协作意识。 			
教 学 重 点	摩擦机理、润滑剂的基本功能。			
教 学 难 点	摩擦机理， 润滑剂的选择。			
教学过程				
课 前	<ol style="list-style-type: none"> 1.教师通过在线开放课程平台发布微课学习任务； 2.教师通过微信群、QQ 群督促学生完成微课学习。 			

3.学生利用手机、平板或电脑完成课前学习任务。

学生在在线开放课程平台查看学习任务，观看微课视频，通过微信群、QQ 群与教师进行在线交流。

一、上次课内容回顾

让学生在手机上签到，了解学生到课情况。

学生在手机上完成课前测验，了解学生知识掌握情况，并进行针对性的讲解，真正让学生搞懂弄通。

二、导入新课

讲解本次课和上次课的关系，介绍本次课要讲的内容。

三、新课讲解

利用课件、动画、多媒体系统、在线开放课程平台、在线课程等资源进行教学。

(一) 要点精讲

1. 摩擦与磨损

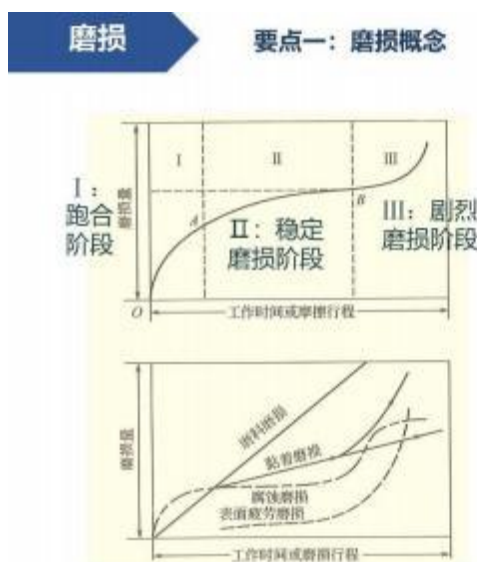
(1) 摩擦概述

摩擦的类型

摩擦机理

(2) 磨损

磨损概念



磨合阶段：新的摩擦副表面具有一定的粗糙度，真实接触面积较小。磨合后，表面逐渐磨光后，真实接触面积逐渐增大，磨损速度减缓，为正常运行稳定磨损创造条件。

稳定磨损阶段：这一阶段磨损缓慢稳定，AB线段的斜率就是磨损速率。

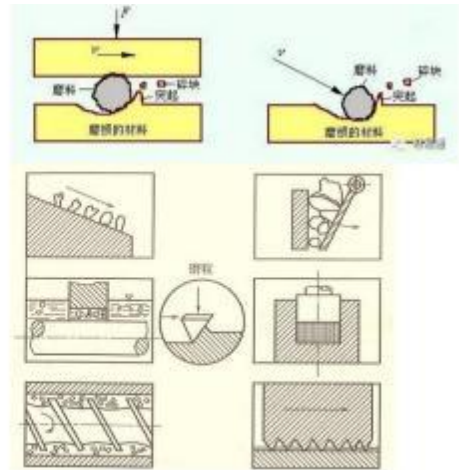
剧烈磨损阶段：B点以后磨损速度急剧增长，机械效率下降，精度丧失，还有可能产生异常噪声及振动，摩擦副温度迅速升高，最终导致零件失效，必须进行维修。

磨损机理

要点二：磨损机理

磨料磨损是接触表面做相对运动时由硬质颗粒或较硬表面上的微凸体，在摩擦过程中的微“犁削”、微“切削”与微开裂综合作用而引起的表面擦伤与表层材料脱落或分离出磨屑来。

在滑动表面间存在第三种物质，如泥沙、矿石粉之类硬质颗粒物质时产生的磨料磨损称为三体磨料磨损或高应力磨料磨损，常见于农业机械、工程机械、矿山及球磨机械中。



磨料磨损的形式

2.设备润滑及润滑剂

(1) 润滑

润滑的作用

润滑的类型

(2) 润滑的类型

润滑剂的基本功能

润滑剂

要点一：润滑剂的基本功能



对润滑剂的基本性能要求

润滑剂的分类和选择

02 润滑剂 要点三：润滑剂的分类和选择

2、按润滑剂应用场合分类

1、矿物润滑油	2、汽车发动机润滑油	3、汽车齿轮油	4、工业齿轮油	5、液压油
6、合成润滑油	7、润滑脂	8、固体润滑剂	9、金属加工用润滑剂	10、压缩机油
11、冷冻机油	12、真空泵油	13、汽轮机油	14、风动工具油	15、轴承油和导轨油
16、电器绝缘油	17、汽缸油			

3.设备联接

(1) 键、花键联接

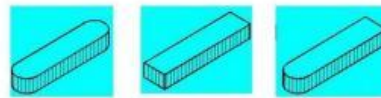
键联接

花键联接



(2) 销联接与过盈联接

销联接



过盈联接

(3) 螺纹联接

螺纹类型

螺纹联接的主要类型

螺纹联接的防松

2. 花键优点

1 ✓ 联接受力较为均匀；	2 ✓ 齿根处应力集中较小，轴与毂的强度削弱较少；	3 ✓ 可承受较大的载荷；
4 ✓ 轴上零件与轴的对中性好；	5 ✓ 导向性好；	6 ✓ 可用磨削的方法提高加工精度及联接质量。

2.设备密封

(1) 密封技术概述

密封技术的重要性

化工生产与密封技术

(2) 垫片密封

垫片密封的结构

垫片密封原理

垫片种类

02 销联接与过盈联接

要点一：销联接



垫片选择及保管

(3) 填料密封

填料密封结构及密封原理

填料结构形式

对填料密封材料的要求

(4) 机械密封

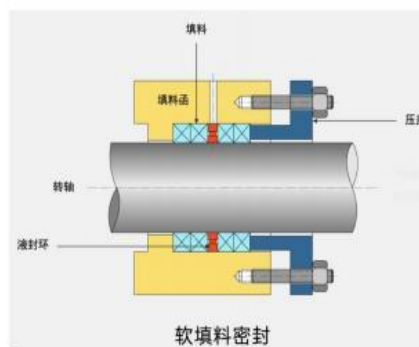
机械密封概述

机械密封的组成和工作原理

填料密封

要点一：填料密封结构及密封原理

软填料装在填料函内，压盖通过压盖螺栓轴向预紧力的作用使软填料产生轴向压缩变形，同时引起填料产生径向膨胀的趋势，而填料的膨胀又受到填料函内壁与轴表面的阻碍作用，使其与两表面之间产生紧贴，间隙被堵塞而达到密封。即软填料是在变形时依靠合适的径向力紧贴轴和填料函内壁表面，以保证可靠的密封。



(二) 师生互动交流

利用在线开放课程平台的各种互动功能开展交流，包括讨论、头脑风暴、提问、投票等，加深学生对知识的理解，内化知识。讲述大国工刘湘宾的故事，引导学生树立爱岗敬业精神。

四、巩固所学内容

(一) 课后测验

利用在线课程平台让学生在手机上做课后测验。根据学生的做题情况进行错题讲解。

(二) 课程总结

总结本次课内容要点，布置纸质课后作业。

课后作业：

1. 机器磨损分为哪几个阶段，哪个阶段磨损比较稳定？
2. 润滑剂的基本功能有哪些？
3. 设备联接有哪些种类？
4. 简述机械密封的优点和缺点。

课后

1. 教师在在线开放课程平台课后环节发布拓展阅读学习任务；
2. 学生在线自学拓展阅读，加深对本次课教学内容的理解。