



# 四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：化工设计

授课班级：工艺 2019-4、5、6

能化 2019-1、2

任课教师：刘叶凤

工作部门：化学工程学院

联系方式：电话（15983168166）

Email: yefengliusl\_jx@163.com

四川轻化工大学 制

2022 年 3 月

# 《化工设计》课程实施大纲

## 基本信息

课程代码：16151001

课程名称：化工设计/Chemical Engineering Design

学 分：2.5

总 学 时：40

学 期：第六学期

上课时间：由每学期教务处具体安排而定

上课地点：由每学期教务处具体安排而定

答疑时间和方式：课堂 - 集体答疑

课间 - 个别答疑

课余 - 电话、QQ 群及 E-mail 答疑

答疑地点：上课教室、教研室（第一实验楼 5090 室）、电话及网络

授课班级：工艺 2019-4、5、6

能化 2019-1、2

任课教师：刘叶凤

学 院：化学工程学院

邮 箱：yefengliusl\_jx@163.com

联系电话：15983168166

## 目 录

1. 教学理念.....	1
1.1 以学生的发展为首位.....	1
1.2 注重教与学的高效性.....	1
2. 课程描述.....	1
2.1 课程的性质.....	1
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用.....	1
2.3 课程的前沿及发展趋势.....	1
3. 教师简介.....	2
3.1 教师的职称、学历.....	2
3.2 教育背景.....	2
4. 预修课程（先修课程）.....	2
5. 课程目标.....	2
5.1 知识与技能.....	2
5.2 过程与方法.....	2
5.3 情感、态度与价值观.....	2
6. 课程教学规范.....	3
7. 教学安排（教学日历）.....	7
8. 教学方法（教学方式）.....	9
课堂讲授、案例分析、学生实践与辩论、讨论与探究法.....	9
9. 课程要求.....	10
9.1 学生自学的要求.....	10
9.2 课外阅读的要求.....	10
9.3 课堂讨论的要求.....	10
9.4 课程实践的要求.....	10
10. 课程考核方式及评分规程.....	10
10.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告的要求.....	10
10.2 成绩的构成与评分规则说明.....	10
10.3 课程考核方式.....	10
10.4 课程成绩评定.....	10
10.5 考试形式及说明（含补考）.....	10
11. 学术诚信规定.....	11
11.1 考试违规与作弊.....	11
12. 课堂规范.....	11
12.1 课堂纪律及礼仪.....	11
13. 课程资源.....	11
13.1 教材与参考书.....	11
13.2 专业学术专著、课外阅读资源及专业刊物.....	11
13.3 网络课程资源.....	11
14. 学术合作备忘录（契约）.....	11
14.1 阅读课程实施大纲，理解其内容.....	11
14.2 同意课程实施大纲.....	11
15. 其他必要说明（或建议）.....	11
附件 1： 《化工设计》简案.....	12
附件 2： 《化工设计》详案.....	32

## 1. 教学理念

### 1.1 以学生的发展为首位

《化工设计》是面向化学工程与工艺、应用化学、能源化工、安全等专业学生开设的一门专业技术基础课，根据2003年化工教指委发布的《“化学工程与工艺”专业创新人才培养方案》、《卓越工程师教育培养计划》及《化学工程与工艺(本科)专业认证指标体系》的相关要求，始终以学生的发展为首位，从以下几个方面注重学生能力的培养和提高：对学生进行现代工程设计思想和设计方法的培养，使学生了解化工设计的基本内容，掌握化工设计（理论、规定、程序和方法）的基本知识和基本方法，具备设计和优化工艺流程的初步能力；培养学生树立正确的设计思想和求是精神，严谨、负责、协调、创新的工作作风和基本设计技能，具有综合应用各方面的知识与技能，运用技术经济、环境保护与可持续发展等观点和创新意识、解决化学工程实际问题的能力。

### 1.2 注重教与学的高效性

在课程教学中根据化工工程设计问题讲授相关书面内容，结合化工设计实践中的工程设计文件及相关案例来讲解其实际的工程应用，并通过课堂提问、课堂讨论、课后作业以及课后小设计、相互辩论，引导学生综合运用所学的基础课程、专业课程，并查阅相关的产业政策和行业标准或规范等文献资料及知识来分析实际的工程问题、最终拟定适宜的工艺方案来解决实际的工程问题，以此注重教与学的相辅相成，提升教与学的有效性。

《化工设计》作为一门让大学生向工程师转化的一个重要的课程，在教学过程中将引导学生建立工程伦理学的观念，树立正确的设计思想和求是精神，培养严谨、负责、协调、创新的工作作风，对其行动承担责任并承认他人的贡献，对自身工作进行批评性评论，对他人工作提出客观评论；客观并真实的发表报告和提供相关的设计资料。

## 2. 课程描述

### 2.1 课程的性质

《化工设计》是化学工程与工艺、应用化学、能源化工、安全等专业的专业必修课，它基于工程科学但重点是应用，教学对象是三年级本科生或三年级专科生。本课程强调工程观点、定量运算和设计能力的训练，强调理论与实际的结合，提高分析问题、解决问题的能力。

### 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

《化工设计》作为化学工程与工艺、应用化学、能源化工、安全等专业本科生所必修的一门技术基础课程，其任务是培养学生具有化工工程与设备综合设计的基本能力，其中包括化工产品生产的工艺流程，设备、管道、仪表合理布置，物料和能量衡算，安全生产和环境保护等内容。它的作用和任务是培养学生在综合利用基础知识、专业基础知识和专业知识的基础上，结合化工工厂设计的国家规范、行业标准等合理进行化工工厂设计。能较好地应用所学知识来分析和解决实际工程问题，初步掌握化工工厂及车间设计的基本思路、方法和能力。

### 2.3 课程的前沿及发展趋势

随着电子技术的不断发展，计算机功能的不断强大，化工设计的手段和可靠性也在不断的得到发展及提升，如：先进的教学仿真软件、计算机辅助设计软件 ASPEN、PROII、CHEMCAD

和PIDCAD等软件的不断开发应用及功能的不断扩展、过程动态模拟设计及优化等。

## 2.4 学习本课程必要性

本课程为相关专业学生即将开设的各专业课程以及毕业板块课程提供基础理论知识。通过该门课程的学习可以为：毕业实习、分离工程、化工过程分析与合成、毕业设计等课程打下理论基础。

## 3. 教师简介

### 3.1 教师的职称、学历

刘叶凤，男，讲师，1982年9月生，工学博士，化学工程学院教师，主要研究方向：化工工艺设计、化工计算模拟、矿物提取及综合利用、功能材料合成与表征。

### 3.2 教育背景

刘叶凤，2007年7月毕业于吉首大学应用化学专业获工学学士学位，2010年6月毕业于浙江师范大学物理化学研究所物理化学专业（应用催化方向）。获理学硕士学位，2013年6月毕业于天津大学化工学院化学工艺专业，获工学博士学位，2016年1月至2017年1月至新加坡国立大学工程学院进修。2013年8月至今在四川轻化工大学任教，主要承担化工设计、计算机在化学化工中的应用、实验设计与数据处理、专业英语、化工原理课程设计、毕业设计（论文）、认知实习等教学教研。

## 4. 预修课程（先修课程）

有机化学、无机化学、物理化学、分析化学、化工原理、反应工程、化工工艺学、化工设备基础、机械制图、化工自动化与仪表、化工安全与环保、化工技术经济等。

## 5. 课程目标

### 5.1 知识与技能

通过本课程的学习，使学生掌握化工产品生产工艺流程设计的原则及方法，设备、管道、仪表合理布置，物料和能量衡算，安全生产和环境保护等内容，同时提高学生们的综合分析问题和解决问题的能力，初步掌握化工过程的分析与设计的基本方法。

### 5.2 过程与方法

通过本课程的学习，使学生在已学的基础知识、理论的基础上，认识到各种化工过程的共性和个性，正确分析和解决化工过程中的具体问题；了解国家当前的有关技术经济政策；具有运用标准、规范、手册和查阅有关技术资料的能力。

### 5.3 情感、态度与价值观

通过本课程的学习，使学生在今后的工作过程中具有良好的工程伦理道德，树立经济、安全、法律、环保、健康、伦理的设计理念。

## 6. 课程教学规范

### 《化工设计》课程教学规范

#### 第一部分 教学基本要求

《化工设计》是高等学校化学工程与工艺专业的一门专业必修课。通过本课程的学习，使学生系统地获得化工设计（理论、规定、程序和方法）的基本知识和基本方法。培养学生树立正确的设计思想和求是精神，严谨负责协调创新的工作作风和基本设计技能，提高综合运用所学知识去分析问题、解决问题的能力。同时本课程是提高学生综合素质，使大学生向工程师转化的一个重要的教学环节。

##### （一） 化工设计概论

###### 基本要求

- （1） 理解化工设计（种类）的概念
- （2） 熟练掌握化工厂设计的工作程序和内容
- （3） 掌握国家和行业的基本设计政策和规范
- （4） 掌握设计文件的编制

##### （二） 工艺流程设计

###### 基本要求

- （1） 理解工艺流程（图）的概念
- （2） 掌握工艺流程设计的方法
- （3） 熟练掌握工艺流程图的表示、绘制和阅读

##### （三） 化工计算

###### 基本要求

- （1） 掌握化工过程的特点
- （2） 熟练掌握化工过程的物料衡算
- （3） 熟练掌握化工过程的能量衡算

##### （四） 设备的工艺设计及化工设计图

###### 基本要求

- （1） 掌握化工设备的选用和设计的一般原则
- （2） 熟练进行化工设备的选用（设计）
- （3） 熟练掌握化工设备图的绘制和阅读

##### （五） 车间的布置设计

###### 基本要求

- （1） 掌握车间布置设计的内容和程序
- （2） 了解土建基础知识
- （3） 熟悉典型设备的布置方案
- （4） 熟练掌握车间布置图的绘制和阅读

(六) 管道布置设计

基本要求

- (1) 掌握管道布置设计的任务和要求
- (2) 熟悉典型设备的管道布置
- (3) 能进行管道布置图的绘制和阅读

(七) 非工艺专业

基本要求

- (1) 了解工艺专业和非工艺专业的职责范围
- (2) 知道公用工程和工程概算的基本内容

(八) 其他

基本要求

- (1) 毕业设计的目的, 意义和要求

第二部分 教学大纲

总学时 38

学分 2.5

第一章 化工设计概论 (共 6 学时)

(一) 内容概要

- §1 化工设计的种类
- §2 化工厂设计的工作程序
- §3 化工车间(装置)工艺设计的程序及设计内容
- §4 国家和行业的基本设计政策和规范
- §5 设计文件

(二) 学时安排

- §1 2 学时
- §2 2 学时
- §3 - 5 2 学时

第二章 工艺流程设计 (共 8 学时)

(一) 内容概要

- §1 生产方法和工艺流程的选择
- §2 工艺流程设计
- §3 工艺流程图
- §4 典型设备的自控流程简介
- §5 学生工艺流程设计答辩

(二) 学时安排

- §1 - 2 2 学时
- §3 3 学时
- §4-5 3 学时

第三章 化工计算 (共 10 学时)

- (一) 内容概要
  - §1 化工过程及过程参数
  - §2 化工基础数据
  - §3 物料衡算
  - §4 能量衡算
- (二) 学时安排
  - §1 - 2 2 学时
  - §3 6 学时
  - §4 2 学时

第四章 设备的工艺设计及化工设备图 (共 6 学时)

- (一) 内容概要
  - §1 化工设备选用及工艺设计的一原则；
  - §2 化工设备的选用；
  - §3 非定型设备设计的主要程序
  - §4 化工设备图
- (二) 学时安排
  - §1 - 3 2 学时
  - §4 4 学时

第五章 车间布置设计 (共 4 学时)

- (一) 内容概要
  - §1 车间布置设计的内容和程序；
  - §2 车间平面布置；
  - §3 车间设备布置；
  - §4 典型设备的布置方案；
  - §5 设备布置图。
- (二) 学时安排
  - §1 - 4 2 学时
  - §5 2 学时

第六章 管道布置设计 (共 4 学时)

- (一) 内容概要
  - §1 化工车间管道布置设计的任务和要求；
  - §2 管架和管道的布置原则；
  - §3 典型设备的管道布置；
  - §4 管道布置图。
- (二) 学时安排



§ 1 - 2 2 学时

§ 1 - 4 2 学时

第七章 非工艺专业及其他 (共 2 学时)

(一) 内容概要

§ 1 公用工程

§ 2 安全防火

§ 3 环境保护

§ 4 工程概算

§ 5 毕业设计的目的, 意义和要求

(二) 学时安排

§ 1 - 4 1 学时

§ 5 1 学时

### 第三部分 教学实施细则

(一) 目的

《化工设计》课程是学生在具备了必要的基础课(高等数学、物理、机械制图、计算机技术等)、专业基础课(四大化学、化工原理、反应工程、化工热力学等)知识后必修的一门专业课。

《化工设计》课程基于工程科学, 但重点是应用, 即运用各种已学的知识, 结合技术经济规律系统地分析问题和解决问题的综合性质的一门课程。本课程强调工程观点、定量运算和设计能力的训练。强调理论与实际的结合, 提高学生分析问题, 解决问题的能力。

本教学大纲是根据 21 世纪化学工程与工艺课程体系设置的要求并结合我院学科发展而制定的。

(二) 教学实施

由于《化工设计》课程属工程科学, 是一门综合性的课程。

因此教学方式为:

(教学) 课堂讲授、学生分组实践、辩论、讨论、自学

(三) 教学管理措施

教材选用:

根据现行出版的高等学校教材并结合我院学科发展而选定, 原则三年一选。

作业及考核:

由于《化工设计》是综合性的课程, 为了提高学生综合素质和综合能力, 平时的学习很重要, 故作业和平时成绩占 40%(其中, 实践和辩论占 10%、出勤占 10%、平时作业占 20%), 考试占 60%。

实践和辩论内容: 题材依据历年化工设计大赛而变化, 选择化工设计中的部分工作进行实践和辩论。

主要作业内容: 1、典型工艺过程的物料、能量衡算

- 2、带控制点的工艺流程图
- 3、化工设备图
- 4、车间设备和管道布置图

考试： 闭卷或开卷

#### (四) 各章节重点掌握和覆盖的内容

##### 第一章 化工设计概论

**重点掌握** 化工设计的种类、程序、内容

**主要内容** 设计要求（政策和规范）；设计性质和过程；化工设计的种类；化工厂设计的程序；化工车间（装置）工艺设计的程序及设计内容；设计文件。

##### 第二章 工艺流程设计

**重点掌握** 工艺流程设计、工艺流程图

**主要内容** 生产方法和工艺流程的选择；工艺流程设计；工艺流程图。

**了解内容** 自控流程简介

##### 第三章 化工计算

**重点掌握** 物料衡算、能量衡算

**主要内容** 化工过程及过程参数、物料衡算；能量衡算。

##### 第四章 设备的工艺设计及化工设备图

**重点掌握** 化工设备的选用、化工设备图

**主要内容** 化工设备选用及工艺设计的一班原则；化工设备的选用；非定型设备设计的主要程序；化工设备图。

##### 第五章 车间布置设计

**重点掌握** 车间平面布置、车间设备布置、设备布置图

**主要内容** 车间布置设计的内容和程序；车间平面布置；车间设备布置；典型设备的布置方案；设备布置图。

**了解内容** 土建（筑）的基本知识

##### 第六章 管道布置设计

**重点掌握** 管道布置设计的任务和要求

**主要内容** 化工车间管道布置设计的任务和要求；管架和管道的布置原则；典型设备的管道布置；管道布置图。

##### 第七章 非工艺专业

**了解内容** 公用工程；安全防火与环境保护；工程概算；

##### 第八章 其他

**主要内容** 毕业设计的目的，意义和要求

## 7. 教学安排（教学日历）

# 四川轻化工大学 教学日历

2021—2022 学年 第 2 学期

填写时间：2022 年 3 月 7 日

课程名称	化工设计			时间分配	上课周数	10 周
学院	化工	专业	化学工程与工艺		学时数	40 学时
班级	工艺 2019-4、5、6				讲课时数	33 学时
学院	化工	专业	能源化学工程		习题课及课堂讨论	7 学时
班级	能化 2019-1、2				实验	学时
学院	化工	专业	能源化工		实习	学时
班级					每周上课时数	4 学时

周次	教 学 、 作 业 类 别 及 内 容							
	讲课 (教学大纲分章和题目的名称)	讲课学时	自学学时	习题课、 课堂讨论、 测验(写明 题目)	实习名称(写 明题目、数 量)	课堂 作业数	课 外 作 业 数	作图、 课程设 计的 名称、 数量等
第 1 次	化工设计绪论 第一章化工厂设计的内容与程序 第一节 化工设计的种类	2					2	
第 2 次	第二节 化工厂设计的工作程序 第三节 化工车间工艺设计的程序及内容	2						
第 3 次	第四节国家和行业的设计政策和规范 第五节 设计文件 第六节 毕业设计	2					2	
第 4 次	第二章 工艺流程设计 第一节 生产方法和工艺流程的选择 第二节 工艺流程设计	1		工艺流程 设计示例 讨论(1课 时)				
第 5 次	第三节 工艺流程图	2				1	1	
第 6 次	第四节 典型设备的自控流程 第五节 工艺流程图计算机绘制软件	1		工艺流程 图的阅读 (1课时)				
第 7 次	化工工艺流程设计展示			化工工艺 流程设计 分组展示 讨论(2课 时)				
第 8 次	第三章 物料衡算与热量衡算 第一节 化工过程及过程参数 第二节 化工基本数据	2						
第 9 次	第三节 物料衡算 (物料衡算的依据、方法、程序)	2					2	

第 10 次	第三节 物料衡算 (无反应过程的物料衡算)	2				1	2	
第 11 次	(反应过程的物料衡算)			物料衡算 习题课 (2 课时)				
第 12 次	第四节 能量衡算	2					1	
第 13 次	第四章 设备的工艺设计及化工设备图 第一节 化工设备选用及工艺设计的原则 第二节 化工设备的选用 第三节 非定型设备设计的主要程序	2					1	
第 14 次	第四节 化工设备图	2						
第 15 次	第五节 设备工艺及设备图的计算机辅助 设计	1		化工设备 图阅读 (1 课时)				
第 16 次	第五章 车间布置设计 第一节 车间布置设计概述 第二节 车间设备布置设计 第三节 典型设备的布置方案	2					2	
第 17 次	第四节 设备布置图 第五节 应用 AutoCAD 绘制设备布置图	1		车间布置 事项讨论 (1 课时)				
第 18 次	第六章 管道布置设计 第一节 管道布置设计概述 第二节 管架和管道的安装布置	2					2	
第 19 次	第三节 典型设备的管道布置 第四节 管道布置图 第五节 计算机在管道布置设计中的应用	1		管道布置 事项讨论 (1 课时)				
第 20 次	第七章 非工艺专业 第一节 公用工程 第二节 安全防火与环境保护 第三节 工程概算 设计辩论	2						

## 8. 教学方法 (教学方式)

### 课堂讲授、案例分析、学生实践与辩论、讨论与探究法

本课程课堂讲授结合多媒体方式,采用课堂讲授、专题讨论、学生实践与辩论、习题课、案例分析、实际工程设计的设计文件、图纸、表格等与书本内容的有机结合等教学方法和手段来组织教学。在课堂讲授中注重联系实际,并结合不同化工产品生产工艺和流程的特点,并调动学生的主观能动性,强化学生的动手能力,让学生了解相关生产领域的新工艺、新技

术以及最新发展动向，来加强教学效果。

## 9. 课程要求

### 9.1 学生自学的要求

本课程为应用所学的理论知识解决实际的生产问题，需涉猎的学科门类很多，故要求同学们应在课前及课后自学相应的理论知识，比如：化工技术经济、Auto-CAD、化工环保与安全等方面的知识。

### 9.2 课外阅读的要求

由于化工设计是在遵从一定的标准、规范、法律、法规下开展的工程设计，因此要求同学们应在课外能看看化工设计系列新标准、化工设计规范、化工设计手册、化工行业安全与环保等方面的课外书籍。

### 9.3 课堂讨论的要求

该课程安排 4 节课堂讨论课，因此同学们应在讨论课前认真做好准备工作、查阅相关文献资料，在讨论课上认真思考、积极踊跃的发言，调动自己的主观能动性、开动脑筋去解决实际工程问题。

### 9.4 课程实践的要求

本课程安排有化工设计部分设计内容大作业，因此需要同学们应在具体做设计的时候，根据自己的选题，独立、认真的对待，最终能提交一个优化的工艺流程、规范的带控制点的工艺流程图及相应的工艺说明。

## 10. 课程考核方式及评分规程

### 10.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告的要求

本课程通过如下方式对学生的上课情况进行考核：不定时点名、课堂提问、每章提交一次作业，防止缺交或迟交及抄袭，作业必须规范书写，要求字迹清楚，防止漏题不做。

### 10.2 成绩的构成与评分规则说明

课程的成绩由平时成绩和期末卷面成绩构成，课程成绩=平时成绩 40%+卷面成绩 60%。

其中平时成绩由：学生的出勤（旷课一次扣4分、迟到或早退一次扣2分，旷课三次以上（含三次）课程无成绩）、设计实践与辩论（质量按“A”、“B”、“C”、“D”、“E”五级记分登记）、作业的情况（作业不交一次扣5分，迟交一次扣2.5分；发现互相抄袭一次，抄袭者与被抄袭者都扣5分）（作业的质量按“A”、“B”、“C”、“D”、“E”五级记分每次登记；出勤占10%、设计实践与辩论占10%、作业占20%）构成。

卷面成绩由课程结束后考试而定。

### 10.3 课程考核方式

考核以开卷或闭卷笔试加平时成绩评定课程成绩。

### 10.4 课程成绩评定

课程成绩=卷面成绩60%+平时成绩40%

### 10.5 考试形式及说明（含补考）

考试及补考均采用开卷的方式（课程成绩不到60分为不及格，需参加补考，补考成绩加

上平时成绩仍然不及格，需重修）。

## 11. 学术诚信规定

### 11.1 考试违规与作弊

在考试过程中违规或作弊，依据学校相关规定处理。

## 12. 课堂规范

### 12.1 课堂纪律及礼仪

依据四川理工相关规定，课堂上要求不旷课、迟到、早退，与老师积极互动，有事需举手，征得同意后方可，上课时无交头接耳、大声说话等影响正常上课程序的情况。

## 13. 课程资源

### 13.1 教材与参考书

教材：梁志武，陈声宗主编，《化工设计》，北京：化学工业出版社（第四版），2015年9月

- 主要参考书：
1. 王静康. 化工过程设计. 北京：化学工业出版社，2006
  2. 黄璐，王保国. 化工设计. 北京：化学工业出版社，2001
  3. 李国庭. 化工设计概论. 北京：化学工业出版社，2008
  4. 葛婉华. 化工计算. 北京：化学工业出版社，2001

### 13.2 专业学术专著、课外阅读资源及专业刊物

相关专著：化工安全、化工环保、化工技术经济等

工程设计手册：化工设计手册（第四版）等

设计规范、规定：化工工艺设计施工图内容和深度统一规定（20519-2009）等

### 13.3 网络课程资源

精品课程、网络课堂、网络信息与

## 14. 学术合作备忘录（契约）

### 14.1 阅读课程实施大纲，理解其内容

### 14.2 同意课程实施大纲

## 15. 其他必要说明（或建议）

建议在该课程实施中让学生到化工厂或实训基地参观、了解化工生产工艺流程、化工设备、环保及安全处理方式。

附件1: 《化工设计》简案

## 化工设计

Design of Chemical Engineering

### 教学单元一

课程名称	化工设计	章节名称	化工设计概论	课次/学时	1/2
<b>教学目标</b>					
1、 理解化工设计的概念 2、 了解工程伦理学					
<b>主要内容</b>					
化工设计概论  知识点: 化工设计的概念、特点;工程伦理学及化学工程师。 重 点: 化工设计的概念、特点。 难 点:					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程: 1、 结合典型化工生产过程讲解化工设计的概念、特点; 2、 介绍工程伦理学及化学工程师的职业。  教学方法: 1、 采用多媒体并结合化工工艺设计相关资料进行教学; 2、 教学实施小结: 总结基本概念、强调重点内容。 备: 第一次课说明: 1) 本门课程的考试方式; 2) 本门课程的答疑方式; 3) 作业情况。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
课后要求阅读教材、参考教材相关内容。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材, 另参阅相关教材。					



## 教学单元二

课程名称	化工设计	章节名称	第一章 化工厂设计的内容与程序	课次/学时	2/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握化工设计的种类 2、熟练掌握化工厂设计的工作程序和内容					
<b>主要内容</b>					
第一节 化工设计的种类 第二节 化工厂设计的工作程序 第三节 化工车间工艺设计的程序及内容					
知识点：设计要求；设计性质和过程；化工设计的种类；化工厂设计的工作程序；化工车间（装置）工艺设计的程序及设计内容。 重点：化工设计的种类、程序、内容。 难点：化工设计的种类。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合化工生产过程讲解化工设计要求、设计性质和过程； 3、进而讲授化工设计的种类（项目性质分类：新建项目设计、重复建设项目设计、已有装置的改造设计，设计性质分类：新技术开发过程中的设计（概念设计、中试设计、基础设计）、工程设计（初步设计、扩大初步设计、施工图设计））；化工厂设计的工作程序；化工车间工艺设计的程序及设计内容。					
教学方法： 1、采用多媒体进行教学； 2、教学实施小结：总结基本概念、强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：化工设计的种类，化工厂设计的工作程序。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P1-11，另参阅相关教材。					



### 教学单元三

课程名称	化工设计	章节名称	第一章 化工厂设计的内容与程序	课次/学时	3/2
<b>教学目标</b>					
1、熟悉国家和行业的设计政策和规范 2、掌握（初步设计）设计文件的编制					
<b>主要内容</b>					
第四节 国家和行业的设计政策和规范 第五节 设计文件 第六节 毕业设计  知识点：设计规范；设计文件；初步设计文件及内容，施工图设计文件及内容；毕业设计目的、要求、说明书。 重 点：初步设计文件的内容。 难 点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲解设计规范（政策、标准等）； 3、结合初步设计文件范本讲解设计文件；初步设计文件及内容，施工图设计文件及内容；毕业设计目的、要求、说明书。 教学方法： 1、采用多媒体并结合初步设计文件范本进行教学； 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：初步设计文件及内容，毕业设计要求及说明书。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P11-22，另参阅相关教材。					

## 教学单元四

课程名称	化工设计	章节名称	第二章 工艺流程设计	课次/学时	4/2
<b>教学目标</b>					
1、理解工艺流程（图）的概念 2、掌握工艺流程设计的方法					
<b>主要内容</b>					
第一节 生产方法和工艺流程的选择 第二节 工艺流程设计  知识点：生产方法、工艺流程；工艺流程设计。 重 点：工艺流程设计。 难 点：工艺流程设计方法。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲授生产方法、工艺流程； 3、讲授生产方法和工艺流程选择的原则及确定步骤；工艺流程设计的任务和方法。 4、结合典型化工生产过程讲解流程设计及化工流程模拟。					
教学方法： 1、采用多媒体进行教学；结合典型化工生产过程示例讨论工艺流程设计。 2、教学实施小结：总结基本概念、强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：生产方法和工艺流程选择的原则及确定步骤；工艺流程设计的任务和方法。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P23-28、80-92，另参阅相关教材资料。					

## 教学单元五

课程名称	化工设计	章节名称	第二章 工艺流程设计	课次/学时	5/2
<b>教学目标</b>					
1、熟练掌握工艺流程图的构成及表示； 2、熟练掌握工艺流程图绘制和阅读。					
<b>主要内容</b>					
<p style="text-align: center;">第三节 工艺流程图</p> <p>知识点：工艺流程图及种类；工艺流程图的表示，工艺流程图的绘制和阅读。                      重点：工艺流程图的表示、绘制和阅读。                      难点：工艺流程图的绘制和阅读。</p>					
<b>教学过程及方法</b>					
<p>教学过程：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求；</li> <li>2、通过工艺流程图图纸，讲授工艺流程图及种类（工艺流程草图、工艺物料流程图、带控制点的工艺流程图、工艺管道及仪表流程图）；工艺流程图的构成及表示（通用设计规定、设备、管道、阀门、管件的表示方法）。</li> <li>3、讲授工艺流程图的绘制和阅读。</li> </ol> <p>教学方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、采用多媒体并结合工艺流程图图纸进行教学；</li> <li>2、教学实施小结：总结基本概念、强调工艺流程图的表示、绘制（标注）和阅读。</li> </ol>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容；</li> <li>2、作业：用计算机绘制一张带控制点的工艺流程图。</li> </ol>					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P28-48，另参阅相关教材。					

## 教学单元六

课程名称	化工设计	章节名称	第二章 工艺流程设计	课次/学时	6/2
<b>教学目标</b>					
1、了解典型设备的自控方案； 2、加强工艺流程图的阅读。					
<b>主要内容</b>					
第四节 典型设备的自控方案简介  知识点：自控方案；典型设备的自控方案；工艺流程图中控制点的表示及绘制。 重 点：工艺流程图中控制点的表示。 难 点：工艺流程图中控制点的绘制。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲授自控方案、典型设备的自控方案（泵、压缩机、换热器、反应器、精馏塔）； 3、通过工艺流程图图纸，讲解工艺流程图中控制点的表示及绘制。 4、 <b>课堂讨论：工艺流程图的阅读。</b> 教学方法： 1、采用多媒体并结合工艺流程图图纸进行教学； <b>课堂讨论。</b> 2、教学实施小结： <b>课堂讨论加强工艺流程图的阅读提高其工程能力。</b>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：对计算机绘制的带控制点的工艺流程图进行阅读。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P48-62，另参阅相关工艺流程图资料。					

## 教学单元七

课程名称	化工设计	章节名称	第二章 工艺流程设计	课次/学时	7/2
<b>教学目标</b>					
1、强化学生的工艺流程设计思路； 2、加强工艺流程图的阅读。					
<b>主要内容</b>					
第五节 学生工艺流程设计演讲  知识点：工艺流程选择的标准，方法；工艺流程图中控制点的表示及绘制。 重 点：工艺流程选择的标准、工艺流程图中控制点的表示及绘制。 难 点：工艺流程选择的方法。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、提前布置任务； 2、分组依序上台演讲； 3、学生辩驳。 4、教师点评，提问。 教学方法： 1、采用多媒体并结合学生所选工艺及工艺流程简图进行 <b>演讲、辩论</b> 。 2、教学实施小结： <b>流程选择</b> 课堂辩论加强学生进行工艺流程选择的能力。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：对工艺流程选择的相关知识点进行复习。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P23-62，另参阅相关工艺流程图资料。					

## 教学单元八

课程名称	化工设计	章节名称	第三章物料衡算与能量衡算	课次/学时	8/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握化工过程的特点 2、掌握化工基本数据的获取和使用					
<b>主要内容</b>					
第一节 化工过程及过程参数 第二节 化工基本数据  知识点：化工过程及类型；过程参数；化工基本数据。 重点：化工过程及类型；化工基本数据。 难点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲授化工过程及类型；过程参数（温度、压强、流量、组成等）；化工基本数据；  教学方法： 1、采用多媒体教学； 2、教学实施小结：总结基本概念、强调重点内容。。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：化工过程及类型、化工基本数据的获取。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
参阅相关教材。					

## 教学单元九

课程名称	化工设计	章节名称	第三章物料衡算与能量衡算	课次/学时	9/2
<b>教学目标</b>					
熟练掌握化工过程的物料衡算					
<b>主要内容</b>					
<p>第三节 物料衡算 (物料衡算的依据、基本方法、基本程序)</p> <p>知识点: 物料衡算; 物料衡算的依据、方法、程序。 重 点: 物料衡算的依据、方法、程序。 难 点: 物料衡算的方法、程序。</p>					
<b>教学过程及方法</b>					
<p>教学过程:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、先回顾上次课的主要内容, 再展示本章节学习要求;</li> <li>2、讲授物料衡算, 物料衡算的依据(质量守恒定律)、方法(衡算范围、衡算基准、衡算步骤)、程序;</li> <li>3、结合物料衡算示例, 总结物料衡算的方法、程序。</li> </ol> <p>教学方法:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、采用多媒体教学;</li> <li>2、教学实施小结: 总结基本概念、强调重点内容。。</li> </ol>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容;</li> <li>2、作业: 化工过程的物料衡算题。</li> </ol>					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P63-64, 另参阅相关教材。					

## 教学单元十

课程名称	化工设计	章节名称	第三章物料衡算与能量衡算	课次/学时	10/2
<b>教学目标</b>					
熟练掌握化工过程的物料衡算					
<b>主要内容</b>					
第三节 物料衡算 (无反应过程的物料衡算) 知识点: 无反应过程(简单过程、有多个设备过程)。 重 点: 无反应过程的物料衡算方法、程序。 难 点: 无反应过程的物料衡算方法、程序。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程: 1、先回顾上次课的主要内容,再展示本章节学习要求; 2、讲授无反应过程及特点; 3、 <b>习题课</b> :结合无反应过程示例,讲授无反应过程物料衡算的方法、程序((a)搜集计算数据,(b)画出物料流程简图,(c)确定衡算体系,(d)选择合适的计算基准,(e)列出物料衡算式,然后求解,(f)将计算结果列成输入-输出物料表(物料平衡表),(g)校核计算结果。)、 <b>技巧及结果</b> 的表示。					
教学方法: 1、采用多媒体和 <b>习题课</b> 进行教学; 2、教学实施小结:通过 <b>习题课</b> 总结强调 <b>物料衡算的方法、程序</b> 。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容; 2、作业:无反应化工过程的物料衡算题。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
参阅相关教材。					



## 教学单元十一

课程名称	化工设计	章节名称	第三章物料衡算与能量衡算	课次/学时	11/2
<b>教学目标</b>					
熟练掌握化工过程的物料衡算					
<b>主要内容</b>					
第三节 物料衡算 ( 反应过程的物料衡算 )					
知识点：反应过程及特点；反应过程中的相关概念；反应过程的物料衡算方法、程序。 重 点：反应过程及特点；反应过程的物料衡算方法、程序。 难 点：反应过程的物料衡算方法、程序。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： <ol style="list-style-type: none"> <li>1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求；</li> <li>2、讲授反应过程及特点；反应过程中的相关概念（限制反应物、过量反应物、过量百分数、转化率、选择性、收率）；</li> <li>3、结合反应过程示例，讲授反应过程物料衡算的方法、程序（<b>一般反应过程的物料衡算</b>（1）直接求解法（2）元素衡算法（3）用联系组分作衡算。<b>具有循环、排放即旁路过程</b>）、技巧及结果的表示。</li> </ol> 教学方法： <ol style="list-style-type: none"> <li>1、采用多媒体教学；</li> <li>2、教学实施小结：强调重点内容。</li> </ol>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容；</li> <li>2、作业：反应化工过程的物料衡算题。</li> </ol>					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P64-73，另参阅相关教材。					

## 教学单元十二

课程名称	化工设计	章节名称	第三章物料衡算与能量衡算	课次/学时	12/2
<b>教学目标</b>					
熟练掌握化工过程的能量衡算					
<b>主要内容</b>					
第四节 能量衡算  知识点：能量衡算；能量衡算中的相关概念；能量衡算的依据、基本方法及步骤。 重 点：能量衡算方法及步骤。 难 点：能量衡算方法及步骤。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲授能量衡算；能量衡算中的相关概念（热量、功、焓、热容、 <b>反应热</b> ）；能量衡算的依据（能量守恒定律）、基本方法及步骤；化工中的 <b>能量（热量）衡算</b> ； 3、结合化工过程示例，讲授过程 <b>能量（热量）衡算</b> 的方法及步骤（ <b>无反应过程</b> ①建立以单位时间为基准的物料流程图（或平衡表），②在物料流程框图上标明已知温度、压力、相态等条件，并查出或计算出每个物料组分的焓值，于图上注明。③选定计算基准温度，④列出热量衡算式，然后用数学方法求解未知值。⑤当生产过程及物料组成较复杂时，可以列出热量衡算表。 <b>反应过程</b> ①第一种基准，②第二种基准））。 教学方法： 1、采用多媒体教学； 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：看教材示例					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P74-80，另参阅相关教材。					

教学单元十三

课程名称	化工设计	章节名称	第四章 设备的工艺设计及化工设备图	课次/学时	13/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握化工设备的选用和设计的一般原则 2、熟练进行化工设备的选用（设计）					
<b>主要内容</b>					
第一节 化工设备选用及工艺设计的原则 第二节 化工设备的选用 第三节 非定型设备设计的主要程序  知识点：化工设备分类；化工设备选用及工艺设计的原则；定型设备选用或非定型设备设计的主要程序。 重 点：定型设备选用或非定型设备设计的主要程序。 难 点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、讲授化工设备分类（定型设备和非定型设备），化工设备选用及工艺设计的原则； 3、讲授典型定型设备选用和非定型设备设计的主要程序。 （泵、换热器、容器、反应器、塔）  教学方法： 1、采用多媒体教学； 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：典型定型设备选用的主要程序。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P93-96，另参阅相关教材。					

## 教学单元十四

课程名称	化工设计	章节名称	第四章 设备的工艺设计及化工设备图	课次/学时	14/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握化工设备图的表示 2、熟练进行化工设备图的绘制和阅读					
<b>主要内容</b>					
第四节 化工设备图（一）  知识点：化工设备图及图样种类；化工设备图（装配图）的表示。 重 点：化工设备图（装配图）的表示。 难 点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合工程图纸讲授化工设备图及图样种类（特别-装配图和管口方位图）；化工设备图（装配图）的表示（基本内容、表达特点）；  教学方法： 1、采用多媒体并结合工程图纸进行教学； 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：装配图的基本内容					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P97-110，另参阅相关教材。					

## 教学单元十五

课程名称	化工设计	章节名称	第四章 设备的工艺设计及化工设备图	课次/学时	15/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握化工设备图的表示 2、熟练进行化工设备图的绘制和阅读					
<b>主要内容</b>					
第四节 化工设备图（二） 第五节 计算机辅助设计简介  知识点：化工设备图的表示；化工设备图的绘制和阅读。 重 点：化工设备图的表示。 难 点：化工设备图的绘制和阅读。					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合工程图纸讲授化工设备图的表示（基本内容、表达特点）；化工设备图的绘制和阅读；计算机辅助设计简介； 3、化工设备图（装配图）的 <b>阅读</b> 。  教学方法： 1、采用多媒体并结合工程图纸进行教学；化工设备图 <b>阅读</b> 。 2、教学实施小结：通过化工设备图的阅读提高其 <b>工程能力</b> 。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P110-117，另参阅相关教材。					

## 教学单元十六

课程名称	化工设计	章节名称	第五章 车间布置设计	课次/学时	16/2
<b>教学目标</b>					
掌握车间布置设计的内容和程序					
<b>主要内容</b>					
<p>第一节 车间布置设计概述 第二节 车间设备布置设计</p> <p>知识点：化工车间的组成，车间布置设计的依据、内容及程序，车间平面布置方案，建筑物；车间设备布置设计的内容和要求。</p> <p>重点：车间布置设计的依据、内容及程序，车间设备布置设计的内容和要求。</p> <p>难点：</p>					
<b>教学过程及方法</b>					
<p>教学过程：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求；</li> <li>2、结合化工厂装置布置图例讲授车间布置设计-化工车间的组成，车间布置设计的依据、内容及程序，车间平面布置方案，建筑物；</li> <li>3、进而讲授车间设备布置设计的内容和要求。</li> </ol> <p>教学方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、采用多媒体并结合化工厂装置布置图例进行教学；</li> <li>2、教学实施小结：强调重点内容。</li> </ol>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容；</li> <li>2、作业：化工车间的组成，车间设备布置设计的内容。</li> </ol>					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P124-133，另参阅相关教材。					

## 教学单元十七

课程名称	化工设计	章节名称	第五章 车间布置设计	课次/学时	17/2
<b>教学目标</b>					
掌握设备布置图的内容、绘制和阅读					
<b>主要内容</b>					
<p>第三节 典型设备的布置方案                      第四节 设备布置图                      第五节 应用 AutoCAD 绘制设备布置图</p> <p>知识点：典型设备的布置方案；设备布置图的内容、绘制和阅读。                      重点：设备布置图的内容、绘制和阅读。                      难点：设备布置图的绘制和阅读。</p>					
<b>教学过程及方法</b>					
<p>教学过程：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求；</li> <li>2、结合化工厂装置布置讲授典型设备（容器、泵、换热器、反应器、塔）的布置方案；</li> <li>3、结合化工厂装置布置图例讲授设备布置图的内容、绘制和阅读。</li> <li>4、设备布置图的阅读。</li> </ol> <p>教学方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、采用多媒体并结合化工厂装置布置图例进行教学；讨论车间布置事项。</li> <li>2、教学实施小结：强调重点内容。</li> </ol>					
<b>作业安排及课后反思</b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容；</li> <li>2、作业：设备布置图的内容。</li> </ol>					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P141-156，另参阅相关教材。					

## 教学单元十八

课程名称	化工设计	章节名称	第六章 管道布置设计	课次/学时	18/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握管道布置设计的任务和要求 2、熟悉典型设备的管道布置					
<b>主要内容</b>					
第一节 化工车间管道布置设计的任务和要求 第二节 管架和管道的安装布置 第三节 典型设备的管道布置  知识点：化工车间管道布置设计的任务和要求；管架及分类，管道在管架上的平面立面布置原则；典型设备的管道布置。 重点：化工车间管道布置设计的任务和要求，管道在管架上的平面立面布置原则。 难点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合化工厂装置布置讲授化工车间管道布置设计的任务和要求；管架及分类，管道在管架上的平面立面布置原则； 3、讲授典型设备的管道（容器、换热器、塔）布置方案。  教学方法： 1、采用多媒体并结合化工厂装置布置进行教学； 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：化工车间管道布置设计的任务和要求。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P166-174，另参阅相关教材。					



## 教学单元十九

课程名称	化工设计	章节名称	第六章 管道布置设计	课次/学时	19/2
<b>教学目标</b>					
1、掌握管道布置图的表示 2、能进行管道布置图的绘制和阅读					
<b>主要内容</b>					
第四节 管道布置图 第五节 计算机在管道布置设计中的应用  知识点：管道及管件的画法，管道布置图的表示；管道布置图的绘制和阅读；管道轴测图（管段图、空视图）、管口方位图及管件图。 重 点：管道及管件的画法，管道布置图的表示。 难 点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合管道布置图例讲授管道及管件的画法，管道布置图的表示；管道布置图的绘制和阅读； 3、结合管道轴测图（管段图、空视图）、管口方位图及管件图等图例讲授管道轴测图（管段图、空视图）、管口方位图及管件图的表示。 4、管道布置图的 <b>阅读</b> 。 教学方法： 1、采用多媒体并结合相关管道布置图例进行教学； <b>讨论</b> 管道布置事项。 2、教学实施小结：强调重点内容。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：化工车间管道布置设计的任务和要求。					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P175-194，另参阅相关教材。					

## 教学单元二十

课程名称	化工设计	章节名称	第七章 非工艺专业	课次/学时	20/2
<b>教学目标</b>					
1、熟悉工艺专业和非工艺专业的职责范围 2、了解公用工程和工程概算的基本内容					
<b>主要内容</b>					
第一节 公用工程 第二节 安全防火与环境保护 第三节 工程概算 学生设计实践辩论					
知识点：工艺专业和非工艺专业，公用工程、安全防火与环境保护，工程概算。 重 点：工艺专业和非工艺专业 难 点：					
<b>教学过程及方法</b>					
教学过程： 1、先回顾上次课的主要内容，再展示本章节学习要求； 2、结合整个化工厂生产装置介绍工艺专业和非工艺专业；公用工程、安全防火与环境保护，工程概算。 学生设计实践辩论 教学方法： 1、采用多媒体教学； 2、教学实施小结：强调完整的化工设计工作中工艺专业和非工艺专业关系。					
<b>作业安排及课后反思</b>					
1、课后要求阅读教材、参考教材相关内容； 2、作业：公用工程					
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>					
<b>参考资料</b>					
教材 P175-194，另参阅相关教材。					

## 附件2: 《化工设计》详案

## 化工设计

Design of Chemical Engineering

## 授课过程(第1次课)

授课题目	绪论		授课日期	2022年 1月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班;能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

掌握化工设计的概念、特点,了解工程伦理学。

## 【教学重难点】

- (1) 化工设计的定义
- (2) 化工设计的特点
- (3) 了解工程伦理学及化学工程师的职业。

## 【教学内容】

## 化工设计的定义:

化工设计的定义,工程及设计的含义。

## 化工过程的基本结构:

- (1) 原料的储存;
- (2) 原料的预处理;
- (3) 进行化学反应的过程(或其他化工过程);
- (4) 进行分离的过程;
- (5) 产品的提纯;
- (6) 产品的储存及包装。

## 化工企业的基本组成:

- (1) 主体工艺过程;
- (2) 公用工程设施;
- (3) 辅助工程设施。

## 化工设计的特点:

政策性强、多学科集体工作、实践性强、一种创造性的劳动。

化工设计是一门比较实践性强、设计语言稀有的课程,在学习过程中要注意以下几方面:

- (1) 课堂上认真听讲;
- (2) 课后认真复习;
- (3) 注意内容的前后衔接及理论与实际的紧密结合。

## 工程伦理学:

国内设计工作存在的问题、作为工程设计人员,应该具备什么样的工程伦理观念。

## 【教学过程】

教学方法:多媒体教学结合讲授

## 第1讲:

**教学具体过程 (90 分钟):**

本课程首先展示的是化工设计课程章节内容的幻灯片，我会分别对课程的相关章节的主要内容进行初步的讲解，并提出相关的学期要求。然后向同学们介绍相关的一些设计参考文献的大致内容及一些具体文献的应用环境条件。并通过工程的含义、化学工程的定义、设计的含义引出化工设计的概念及相应的学习方法，最后通过介绍化工设计的特点，引出工程伦理学的概念及作为工程设计人员，应该具备什么样的工程伦理观念及职业操守。

在对化工设计绪论（课程内容、特点）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件（化学工程的定义、化工过程及化工企业的基本组成、化工设计过程的组织分工多个角度介绍和分析化工设计过程的主要内容，80 分钟）

**向学生介绍该门课程的作业要求及上课要求 (10 分钟):**

（每周交一次作业，交作业的时间为每周第一次上课之前，从一周开始到第八周结束交一个关于具体化工过程的 PID 流程图，并附上相关的流程说明，上课迟到、早退、平时作业不交，迟交、抄袭与被抄袭者都要对平时成绩进行扣分处理，上课积极、主动回答问题，且回答正确了，平时成绩适当加 3~5 分。）

## 授课过程（第2次课）

授课题目	第一章化工厂设计的内容与程序		授课日期	2022年 1月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 理解化工设计（种类）的概念
- (2) 熟练掌握化工厂设计的工作程序和内容
- (3) 掌握国家和行业的基本设计政策和规范
- (4) 掌握设计文件的编制方法

## 【教学重难点】

- (1) 重点：化工设计的种类、程序、内容。
- (2) 难点：设计要求（政策和规范）；设计性质和过程；化工设计的种类（项目性质分类：新建项目设计、重复建设项目设计、已有装置的改造设计，设计性质分类：新技术开发过程中的设计（概念设计、中试设计、基础设计）、工程设计（初步设计、扩大初步设计、施工图设计）；化工厂设计的工作程序；化工车间（装置）工艺设计的程序及设计内容。

## 【教学内容】

- 第一节 化工设计的种类
- 第二节 化工厂设计的工作程序
- 第三节 化工车间工艺设计的程序及内容

## 化工设计涉及的专业：

工艺、设备、土建、给排水、总图运输、采暖通风、电气和自控仪表专业。各专业之间既有密切联系，又有不同任务和分工。

## 第一节 化工设计的分类：

## 一、根据项目性质分类

- (1) 新建项目设计
- (2) 重复建设项目设计
- (3) 已有装置的改造设计

## 二、根据化工过程开发程序分类

## 过程研究：

- (1) 小试
- (2) 大型冷模试验
- (3) 中试

## 工程研究：

- (1) 概念设计
- (2) 中试设计
- (3) 基础设计
- (4) 工程设计

## ①初步设计：

深度：了解设计方案、投资和基本出处。

## ②扩大初步设计：

根据已批准的初步设计，解决初步设计中的主要技术问题，使之明确、细化。（初步设计+技术设计）

### ③施工图设计：

成品：施工图纸、必要的文字说明，工程预算书。

## 第二节 化工厂设计的工作程序

- 一、项目建议书
- 二、可行性研究
- 三、编制设计任务书
- 四、扩大初步设计
- 五、施工图设计
- 六、设计代表工作

## 第三节 化工车间工艺设计的程序及设计内容

- 一、设计准备工作
- 二、方案设计（工艺流程设计）
- 三、化工计算（物料衡算、能量衡算以及设备选型和计算）
- 四、车间布置设计
- 五、化工管路设计
- 六、提供设计条件（非工艺专业的设计条件）
- 七、编制概算书及设计文件

概算书：初步设计阶段编制的车间投资的大概计算。

设计文件：设计说明书、附图（流程图、布置图、设备图等）和附表（设备一览表、材料汇总表等）。

### 【教学过程】

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

### 第 2 讲：

#### 教学具体过程（90 分钟）：

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请两个同学分别谈谈关于化工设计的定义及化工设计的主要特点是什么。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是化工设计的专业构成情况，我会分别对设计过程中各个专业的主要工作向同学们做一个简单的介绍；然后向同学们介绍化工设计的分类情况以及其使用范围及各个不同阶段的具体工作及最终产品的种类及内容深度。接着我会向同学们介绍化工设计的工作程序以及各个步骤的主要内容；接着向同学们设计代表的主要工作及其重要性。最后向同学们介绍化工车间工艺设计的程序及设计内容。

在对化工设计第一章化工厂设计的程序及内容（第 1~3 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件（化工设计的种类；化工厂设计的工作程序；化工车间工艺设计的程序及内容，80 分钟）

#### 作业布置及相关要求（5 分钟）：

- （1）化工设计的主要内容是什么？
- （2）简述化工过程开发程序。

## 授课过程（第3次课）

授课题目	第一章化工厂设计的内容与程序		授课日期	2022年 1月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 了解（施工图设计）设计文件的编制。
- (2) 熟悉国家和行业的基本设计政策和规范。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：扩大初步设计文件；施工图设计文件
- (2) 难点：施工图设计文件的具体内容。

## 【教学内容】

第四节国家和行业的基本设计政策和规范  
第五节 设计文件

国家和行业的基本设计政策和规范：

- (1) 化工企业总图运输设计规范 GB 50489-2009
- (2) 工业企业总平面设计规范 GB 50187-2012
- (3) 石油化工工艺装置布置设计通则 SH 3011-2000
- (4) 石油化工给水排水管道设计图例 SH 3089-1998
- (5) 石油化工管道器材标准（合订本）SH 3401-3410
- (6) 石油化工金属管道布置设计规范 SH 3012-2011
- (7) 石油化工给水排水系统设计规范 SH 3015-2003
- (8) 建筑设计防火规范 GB 50016-2006 GB 50016-2014（5月实施）
- (9) 石油化工企业设计防火规范 GB 50160-2008

## 设计文件（车间工艺专业设计）

## 一、扩大初步设计文件

扩大初步设计的设计文件应包括以下两部分内容：设计说明书和说明书的附图、附表。化工厂（车间）初步设计说明书内容和编写要求，根据设计的范围（整个工厂，一个车间或一套装置）、规模的大小和主管部门的要求而不同，对炼油、化工厂的初步设计的内容和编写要求，化学工业部曾有文件规定。对于一个装置或一个车间，其初步设计说明书的内容如下。

- (一) 设计依据
- (二) 设计指导思想和设计原则
- (三) 产品方案
- (四) 生产方法和工艺流程
- (五) 车间（装置）组成和生产制度
- (六) 原料、中间产品的主要技术规格
- (七) 工艺计算
- (八) 主要原料、动力消耗定额及消耗量
- (九) 生产控制分析
- (十) 仪表和自动控制

- (十一) 技术保安、防火及工业卫生
- (十二) 车间布置
- (十三) 公用工程
- (十四) “三废”治理及综合利用
- (十五) 车间维修 (1) 任务、工种和定员; (2) 主要设备一览表。
- (十六) 土建
- (十七) 车间装置定员 包括生产工人、分析工、维修工、辅助工、管理人员。
- (十八) 概算
- (十九) 技术经济
- (二十) 存在问题及建议
- (二十一) 扩大初步设计中必要的附表及附图

## 二、施工图文件的编制

### (一) 施工设计文件目录

### (二) 工艺施工图设计文件

#### (1) 工艺设计说明。

(2) 带控制点工艺流程图(施工流程图)。带控制点工艺流程图应表示出全部工艺设备和物料管路、阀件等,进出设备的辅助管线和工艺及自动仪表的图例、符号。

(3) 辅助管路系统图。辅助管路系统图应表示出系统的全部管路。一般在带控制点工艺流程图左上方绘制,如辅助管路系统复杂时,可单独绘制。

(4) 首页图。当某一个设计项目(装置)范围较大(如除主要生产厂房或构筑物外,附有生活室、控制室、分析室或有较多的室外其他生产和辅助生产部分),设备布置和管路安装图需分别绘制首页图。

(5) 设备布置图。设备布置图包括平面图与剖面图,其内容应表示出全部工艺设备的安装位置和安装标高,以及建筑物、构筑物、操作台等。

(6) 设备一览表。根据设备订货分类的要求,分别做出非定型设备表、定型设备表等。

(7) 管路布置图。管路布置图包括管路布置平面图和剖面图,其内容表示出全部管路、管件和阀件及其在空间的位置,简单的设备轮廓线及建、构筑物外形。

(8) 配管设计模型。作模型设计时,可用配管设计模型代替管路布置图。

(9) 管段图。管段图表示一段管道在空间的位置的图形,也叫做空视图或单线图。

(10) 管架和非标准管件图。

(11) 管段表。当绘制管段图时,可不单独绘制管段表,其相应内容可填入管段图的附表中去。

(12) 管架表。

(13) 综合材料表综合材料表应按以下三类材料进行编制。

(14) 管口方位图。管口方位图应表示出全部管口、吊耳、支脚及地脚螺栓的方位,并标注管口编号、管口和管径名称。对塔还要表示出地脚螺栓、吊柱、直爬梯和降液管位置。

(15) 换热器条件图。

### 【教学过程】

**教学方法:** 多媒体教学结合讲授

### 第3讲:

**教学具体过程(90分钟):**



上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工设计的具体内容及相应的程序是怎样的。(5 分钟)

本课程新课首先展示的是化工设计时主要需要遵循的国家和行业的基本设计政策和规范；在该部分内容我会主要向同学们讲解：工业企业总平面设计规范 GB 50187-2012；石油化工工艺装置布置设计通则 SH 3011-2000；石油化工管道器材标准（合订本）SH 3401-3410；石油化工金属管道布置设计规范 SH 3012-2011；然后会向同学们介绍主要的化工设计文件：扩大初步设计文件及施工图设计文件，在向同学们介绍扩大初步设计文件我会主要向同学们具体讲解其中的（二）设计指导思想和设计原则；（三）产品方案；（四）生产方法和工艺流程；（五）车间（装置）组成和生产制度；（六）原料、中间产品的主要技术规格；（七）工艺计算等相关内容；最后我会向同学们介绍施工图设计文件，在向同学们介绍施工图设计文件我会主要向同学们讲解：(1)工艺设计说明；(2)带控制点工艺流程图；(4)首页图；(5)设备布置图；(6)设备一览表；(7)管路布置图；(14)管口方位图；(15)换热器条件图。并在介绍到相关文件内容时，用实际的工程设计文件来进行具体的举例说明。

在对化工设计第一章化工厂设计的程序及内容（第 4~5 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，需要遵循的国家和行业的基本设计政策和规范；化工设计文件，85 分钟)

## 授课过程（第4次课）

授课题目	第二章工艺流程设计		授课日期	2022年 1月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握工艺流程（图）的概念；
- (2) 掌握工艺流程设计的方法；
- (3) 了解工艺方案的选择原则及确定步骤；
- (4) 熟悉工艺流程设计的目的及任务，掌握工艺流程设计方法；

## 【教学重难点】

- (1) 重点：生产方法选择的原则及生产方法确定的步骤
- (2) 难点：工艺流程设计方法。

## 【教学内容】

## 第一节 生产方法的选择

## 本章学习要求

- (1) 了解工艺方案的选择原则及确定步骤；
- (2) 熟悉工艺流程设计的目的及任务，掌握工艺流程设计方法；
- (3) 掌握工艺流程图的内容：比例与图幅、设备的表示方法、管道的表示方法、阀门与管件的表示方法、仪表控制点的表示方法；
- (4) 掌握带控制点工艺流程图及PI图的绘制方法及

## 工艺流程：

按照物料加工顺序将物料转换和能量转换所需的功能单元有机组合起来，则构成工艺流程。

## 一、生产方法选择的原则

- (1) 技术上先进性与可能性
- (2) 技术经济指标比较
- (3) 三废治理措施

## 二、生产方法确定的步骤

- (1) 搜集资料，调查研究
- (2) 落实设备
- (3) 全面对比

## 全面分析对比的主要内容：

- ① 几种技术路线在国内外采用的情况及发展趋势；
- ② 产品的质量情况；
- ③ 生产能力及产品规格；
- ④ 原材料、能量消耗情况；
- ⑤ 建设费用及产品成本；
- ⑥ 三废的产生及治理情况；
- ⑦ 其他特殊情况。

**【教学过程】**

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 4 讲：****教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工设计施工图设计文件的主要内容有哪些。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是本章学习要求；在该部分内容我会主要向同学们讲解：工艺流程在整个设计文件中的地位，以及流程设计在整个设计过程中的具体位置。以及在设计过程中如何选择某个流程进行具体优化设计，流程设计的具体原则是什么，原料的选择，流程与具体单元设备及反应器间的相互关系；流程设计的目的及任务，工艺流程图需涉及的主要内容；然后向同学们介绍工艺流程图的定义，最后具体向同学们介绍生产方法确定的步骤，在该部分内容，重点向同学们介绍工艺流程确定的“比选”方法。

在对化工设计第二章工艺流程设计（1 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，生产方法确定的原则及方法 80 分钟）

**作业布置及相关要求（5 分钟）：**

- （1）带控制点的工艺流程图由哪几部分组成？表达的内容有哪些？
- （2）如何绘制管道仪表流程图？

## 授课过程（第5次课）

授课题目	第二章工艺流程设计		授课日期	2022年 3月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

(1) 掌握工艺流程图的内容：比例与图幅、设备的表示方法、管道的表示方法、阀门与管件的表示方法、仪表控制点的表示方法；

(2) 掌握带控制点工艺流程图及PI图的绘制方法及阅读。

## 【教学重难点】

(1) 重点：工艺流程图的具体内容；

(2) 难点：如何规范的绘制带控制点工艺流程图及PI图。

## 【教学内容】

第二节 工艺流程设计

第三节 工艺流程图

## 流程设计的任务

流程设计的主要任务包括两个方面：一是确定生产过程中各个生产过程的具体内容、顺序和组合方式，达到由原料制得所需产品的目的；二是绘制工艺流程图，要求以图解的形式表示生产过程中，当原料经过各个单元操作过程制得产品时，物料和能量发生的变化及其流向，以及采用了哪些化工过程和设备，再进一步通过图解形式表示出化工管道流程和计量控制流程。

## 工艺流程设计方法

(1) 以反应过程为中心。

(2) 原料处理过程。

(3) 产物的后处理。根据反应原料的特性和产品的质量要求，以及反应过程的特点，实际反应过程可能出现的情况进行具体处理。

(4) 产品的后处理。经过前述分离净化后达到合格的目的产品，有些是下一工序的原料，可加工成其他产品；有些可直接作为商品，往往还进行后处理工作，如筛选、包装、灌装、计量、贮存、输送等过程。这些过程都需要有一定的工艺设备装置、工艺操作。例如气体产品的贮藏、装瓶；液体产品的罐区设置、装桶，甚至包括槽车的配备；固体产品的输送、包装和堆放装置等等。

(5) 未反应原料的循环或利用以及副产物的处理。由于反应不是全部，剩余组分在产物处理中被分离出来，一般应循环回到反应设备中继续参与反应。

(6) 确定“三废”排出物的处理措施。在生产过程中，不得不排放的各种废气、废液和废渣，应尽量综合利用，变废为宝，加以回收。

(7) 确定公用工程的配套措施。

(8) 确定操作条件和控制方案。一个完善的工艺设计除了工艺流程等以外，还应把投产后的操作条件确定下来，这也是设计要求。

(9) 制定切实可行的安全生产措施。

保温、防腐的设计。

## 工艺流程设计的基本方法—方案比较

一个优秀的工程设计只有在多种方案的比较中才能产生。进行方案比较首先要明确判据，

工程上常用的判据有产物收率、原材料单耗、能量单耗、产品成本、工程投资等。此外，也要考虑环保、安全、占地面积等因素。

进行方案比较的基本前提是保持原始信息不变。这里应强调指出，过程的操作参数如温度、压力、流速、流量等原始信息，设计者是不能变更的。

### 工艺流程图概述

把各个生产单元按照一定的目的要求，有机地组合在一起，形成一个完整的生产工艺过程，并用图形描绘出来，即是工艺流程图。

#### (1) 全厂总工艺流程图或物料平衡图

总工艺流程图是在炼油化工厂设计中，为总说明部分提供的全厂流程图样。

#### (2) 物料流程图

物料流程图是在全厂总工艺流程图基础上，分别表达各车间内部工艺物料流程的图样。在流程上标注出各物料的组分、流量以及设备特性数据等。

#### (3) 工艺管道及仪表流程图

工艺管道及仪表流程图是以物料流程图为依据，内容较为详细的一种工艺流程图。在管线和设备上画出配置的某些阀门、管件、自控仪表等的有关符号。

### 工艺流程草图

工艺流程草图亦称方案流程图、流程示意图、流程简图，是用来表达整个工厂或车间生产流程的图样。它是设计开始时供工艺方案讨论常用的流程图，亦是工艺流程图设计的依据。

生产工艺流程草图一般由物料流程、图例和设备一览表等三个部分组成。

### 工艺物料流程图

用图形和表格相结合的形式，反映设计中物料衡算和热量衡算结果的图样。

### 工艺管道及仪表流程图

工艺管道及仪表流程图又称施工流程图或带控制点的工艺流程图。与之配套的尚有辅助管道及仪表流程图、公用系统管道及仪表流程图。它是由工艺人员和自控人员合作进行绘制的，在初步设计和施工图设计中都要提供这种图样。

工艺管道及仪表流程图是在工艺流程草图和物料流程图的基础上绘制的，它是设备布置和管道布置设计的依据，并可供施工、安装、生产操作时参考。

### 设备的表示方法

(1) 图形。化工设备在图上一般按比例用细实线 (b/3) 绘制，画出能够显示形状特征的主要轮廓；

(2) 相对位置。设备间的高低和楼面高低的相对位置，一般也按比例绘制。

(3) 相同系统 (或设备) 的处理。两个或两个以上相同的系统 (或设备)，一般应全部画出。

### 设备的标注

标注的内容。

标注的方式。

### 管道的表示方法

图上一般应画出所有工艺物料和辅助物料的管道。

常还需另绘公用系统管道及仪表流程图。

### 管道的画法

管道画法的原则规定可参阅国家标准和化工行业有关规定。

(1) 线型规定工艺物料管道用粗实线绘制, 辅助管道用中实线绘制, 仪表管则用细虚线或细实线绘制。有些图样上, 保温、伴热等管道除了按规定线型画出外, 还示意画出一小段保温层。

(2) 交叉与转弯绘制管道时, 应尽量注意避免穿过设备或使管道交叉, 不能避免时, 应将其中一根管道断开一段, 断开处的间隙应为线粗的 5 倍左右。管道要尽量画成水平和垂直, 不用斜线。若斜线不可避免时, 应只画出一小段, 以保持图画整齐。

(3) 放气、排液及液封管道上的取样口、放气口、排液管、液封管等应全部画出。放气口应画在管道的上边, 排液管则绘于管道下侧, U 型液封管尽可能按实际比例长度表示。

(4) 来向和去向本流程图与其他流程图连接的物料管道应引至近图框处。

### 管道的标注

标注内容应包括三个组成部分: 即管道号、管径和管道等级。

阀门与管件的表示方法在管道上需要用细实线画出全部阀门和分管件(如视镜、阻火器、异径接头、盲板、下水漏斗等)的符号。

### 仪表控制点的表示方法

工艺生产流程中的仪表及控制点应该在有关管道上, 并大致按安装位置用代号、符号给以表示。

(1) 图形符号

(2) 字母代号。

(3) 仪表位号在检测控制系统中, 一个回路中的每一个仪表(或元件)都应标注仪表位号。

**教学方法:** 多媒体教学结合讲授

### 第 5 讲:

#### 教学具体过程(90 分钟):

上课时, 首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容, 先请 1~2 个同学谈谈关于工艺流程设计的方法主要内容有哪些。(5 分钟)

本课程新课首先展示的是工艺流程设计的目的和任务, 在该部分内容我会主要向同学们讲解: 在化工设计过程中我们通常用图解形式表达整个生产工艺过程, 以确定生产流程中各个生产过程的具体内容、顺序和组合方式; 然后我会向同学们讲解工艺流程设计的具体方法, 在讲解的过程中我会向同学们举例来对①确定主要生产流程及整个流程的组成, ②确定每个过程或工序的组成及所需设备的形式, ③确定操作方式和操作条件, ④确定控制方案, 这四个方面的内容进行较详细的介绍。然后在向同学们介绍工艺流程设计时需要考虑的技术问题时, 通过实验室与工业上在配置混酸(硫酸及硝酸)具体过程及设备的比较, 来形象说明在设计时必须具备工业化的概念; 然后向同学们介绍工艺流程图的定义及分类, 在介绍该部分内容时, 主要向同学们介绍方案流程图的定义、组成内容及具体表达方法; 接着向同学们介绍物料流程图的定义、主要内容及与方案流程图的区别; 最后向同学们介绍带控制点的工艺流程图的定义、内容及具体画法, 因该部分内容即是化工设计的一个重点又是一个难点, 故在介绍该部分内容的过程中我会另外用几张以前毕业设计同学做得好的流程图及设计院的具体工程的流程图详细直观的向同学们讲解, 同时也请 1~2 个同学对一个简单的工艺过程他(她)会怎么来进行表达, 然后在对其设计的流程进行具体的讲评。

在上课过程中用下面两个工程实例来阐述“方案比较”这一基本设计方法:

**【例 2-1】**用混酸硝化氯苯制备混合硝基氯苯。

已知原始数据: 混酸的组成(摩尔分数, 下同)为  $\text{HNO}_3$  47%、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  49%、 $\text{H}_2\text{O}$  4%; 氯



苯与混酸中  $\text{HNO}_3$  的摩尔配比为 1:1.1; 硝化温度  $80\text{ }^\circ\text{C}$ ; 硝化时间 3h; 硝化废酸中含硝酸  $<1.6\%$ , 含混合硝基氯苯为获得混合硝基氯苯量的 1%。

试用“方案比较”的方法, 确定最适宜的硝化及其后处理工艺流程。

解: 首先选定氯苯和硝酸的单位消耗作为方案比较的判据。其次在保证原始数据不变的前

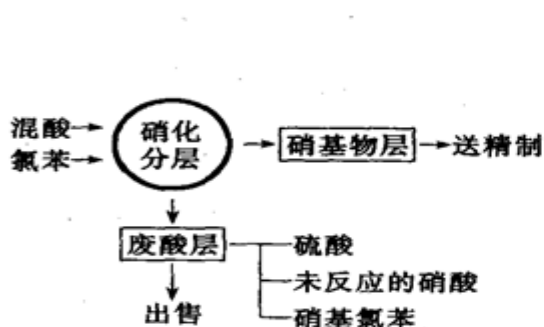


图 2-1 硝化-分层方案

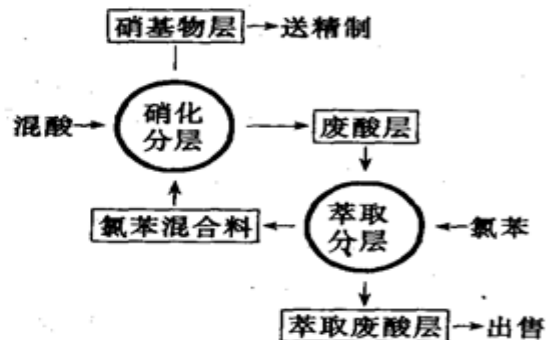


图 2-2 硝化-分层-萃取方案

提下, 选取最适宜的工艺流程。第一方案为硝化—分层方案, 其流程如图 2-1 所示。

硝化—分层方案, 虽然可以保证在原始数据不变的条件下, 生产出合格的混合硝基氯苯, 但这一方案存在通过废酸层硝酸和硝基氯苯的流失, 造成硝酸和氯苯单位消耗提高的问题。为了克服这一缺点, 可采取第二方案。第二方案的判据还是硝酸和氯苯的单位消耗。硝化的操作参数同第一方案。只是硝化-分层之后, 增加一个萃取罐。第二方案的工艺流程如图 2-2 所示。

原料氯苯和废酸同时加入萃取罐中, 废酸中残留的硝酸与氯苯在萃取罐中进行硝化反应, 生成硝基氯苯, 回收了废酸中的硝酸, 从而降低了硝酸的单耗。氯苯还能萃取废酸中的残留硝基氯苯, 从而降低了氯苯和硝酸的单耗。

由以上二个方案的比较可以看出, 第二个方案优于第一方案。

工业生产中, 一个过程往往可以有多种方法来实现, 例如液固混合物的分离, 可以用离心、沉降、压缩和真空过滤等方法; 含湿固体的干燥, 可以用气流、双锥、滚筒、箱式、沸腾等干燥方法, 这些也都需要进行方案比较, 因地制宜地选择一种最佳工程方案。

在对化工设计第二章工艺流程设计(第 2~3 节)主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件, 工艺流程设计及方案流程图、物料流程图、带控制点的工艺流程图 80 分钟)

### 评讲上一次作业(5 分钟)

对第一周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明。

## 授课过程（第6次课）

授课题目	第二章工艺流程设计		授课日期	2022年3月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 了解计算机在化工设计中的应用；
- (2) 掌握典型设备的自控流程。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：典型设备的自控流程。
- (2) 难点：如何有效的设计典型设备的控制方案及规范的画出控制方案。

## 【教学内容】

## 第四节典型设备的自控方案

## 第五节 工艺流程图计算机绘制软件

## 一、泵

## (1) 离心泵

离心泵的流量调节一般是采用出口节流的方法，但也可以使用旁路调节方法，旁路调节耗费能量，但调节阀的尺寸比直接节流的小是它的优点。

在离心泵设有分支路时，即一台泵要分送几支并联管路时，可采用干路、之路分别设置调节阀来控制。

## (2) 容积式泵

（往复泵、齿轮泵、螺杆泵和旋涡泵等）当流量减小时容积式泵的压力急剧上升，因此不能在容积式泵的出口管道上直接安装节流装置来调节流量，通常采用旁路调节或改变转速、改变冲程大小来调节流程。

## (3) 真空泵

真空泵可采用吸入支路调节和吸入管阻力调节的方案。蒸汽喷射泵的真空度可以用调节蒸汽的方法来调节。

## 二、换热器

换热器的温度控制方案。

(1) 调节换热介质流量，用进口流体的流量作调节参数来控制出口流体的温度。这是一种应用最广的调节方案，有无相变均可使用，但进口流体的流量必须是可以改变的。

(2) 调节传热面积，适用于蒸汽冷凝换热器，调节阀装在凝液管路上。冷凝液的温度高于给定值时，调节阀大小使凝液积聚，有效冷凝面积减小，传热量随之减小，直至平衡为止。反之亦然。这种方案滞后大，而且还要有较大的传热面积余量。但这种方法传热量的变化比较缓和，可以防止局部过热，对热敏性介质有好处。

(3) 分流调节，在用工艺流体作载热体回收热量时或冷却水流量不允许改变时，两个流量都不能调节。此时可利用三通阀使其中一个流体走分路，使部分流体走旁路。然后与换热器出来的部分互相混合以调节温度。三通阀可装在换热器的进口处，用分流阀；也可装在换热器的出口处，用合流阀。这个方案很迅速及时，但传热面要有余量。

## 三、反应釜

人工手动控制的间歇反应器的PI流程比较简单。加料、反应和出料皆由人工操作控制，主



要控制指标是反应温度（压力）和反应时间。

自动控制的间歇反应器的 PI 流程要复杂得多，控制质量和劳动生产率都要高得多。进出料等操作采用自动计量（计量槽或流量计）、手动遥控进料，在进料总管中部串联一切断阀（球阀），进料完毕后关闭球阀，各管道就形成道切断阀的密封。安全阀前不能有阀，故它装在切断阀与进口之间。

#### （1）进出料管道

釜顶左部为各种原料及试压氮气等进料管道，水和单体自动计量手动遥控进料。在进料总管中部串联一切断阀（球阀），进料完毕后关闭球阀，各管道就形成道切断阀的密封。安全阀前不能有阀，故它装在切断阀与进口之间。

釜顶右部为聚合釜的各种气体出口的管道，在总管上亦串联有切断阀（球阀和手动遥控阀），紧急放空和单体回收皆由手动遥控。这样，主要的辅助操作皆能在控制室遥控，劳动强度低。

釜顶及管道上的仪表主要为指示、记录和报警。

底部出料阀为底伸式出料阀，可防止堵塞，在出料管上还设有冲洗水管，以清洗阀与出口料管。

#### （2）轴封系统

搅拌轴的密封是釜式反应器的关键问题之一，机械密封是可高而先进的动密封结构，为了保障它的正常工作必须配有液封与冷却系统。它们可以按车间统一设置，但更多的是采用按釜独立设置。

#### （3）温度控制

间歇反应的温度控制是分阶段周期性变化的，热负荷也随着反应时间而变化，这都造成温度控制的困难。为此，设置了热水升温、工业水或冷冻水冷却共三套系统。

### 四、蒸馏塔

蒸馏是化工厂应用极为广泛的传质过程。以下将简单讨论蒸馏塔的基本控制方案及管道仪表流程实例。

#### （一）蒸馏塔的基本控制方案

蒸馏塔的控制方案很多，但基本形式通常只有两种。

（1）按精馏段指标控制取精馏段某点成分或温度为被调参数，而以回流量  $V$ 、馏出液量  $D$  或塔内蒸汽量  $V_B$  作为调节参数。它适合于馏出液的纯度要求较之釜液为高时，例如主产品为馏出液时。

采用这类方案时，于  $LR$ 、 $D$ 、 $VS$  及釜液量  $W$  四者中，选择一种作为控制成分的手段，选择另一种保持流量恒定，其余两个则按回流罐和重沸器的物料平衡，由液位调节器进行调节。

用精馏段塔板温度控制  $LR$ ，并保持  $VS$  流量恒定，这是精馏段控制中最常用的方案。

用精馏段塔板温度控制  $D$ ，并保持  $VS$  流量恒定。这在回流比（ $LR/D$ ）很大时较为适用。

（2）按提馏段指标控制当对釜液的成分要求较之对馏出液为高时，例如塔底为主要产品时，常用此方案。如对塔顶和塔底产品的质量要求相近，又是液相进料，也往往采用此方案。

①用提馏段塔板温度控制加热蒸汽量，从而控制  $VS$ ，并保持  $LR$  恒定， $D$  和  $W$  都按物料平衡关系，由液位调节器控制。这是目前应用最多的蒸馏塔控制方案。它比较简单，调节迅速，在一般情况下也比较可靠。

②用提馏段塔板温度控制釜液流量  $W$ ，并保持  $LR$  恒定， $D$  由回流罐的液位调节，蒸汽量由重沸器的液位调节。这个方案当  $W$  较小时比较平稳。

（二）塔顶的流程与调节方案前面所讲的只是原则性的控制方案，具体的方案可按塔顶、

塔底及进料系统分别考虑。塔顶方案的基本要求是：把出塔蒸汽的绝大部分冷凝下来，把不凝性气体排走；调节 LR 和 D 的流量和保持塔内压力稳定。

(1) 常压塔为最常见的常压塔塔顶流程，馏出液的温度用冷却水流量控制，塔顶通过回流罐上的放气口与大气相通，以保持常压。

常压塔的塔顶冷凝器的温度调节系统，必须使冷凝液过冷，这样调节阀才能有效控制，馏出液也不致在管道内降压后部分气化，对阀和泵产生气蚀作用。

如果冷却水上游的压力波动较大，可采用对冷却水流量的串级调节。

(2) 加压塔加压操作的塔可分为气相出料与液相出料两种，在化工厂以液相出料者为多。在液相出料时，除要保持塔的压力稳定外，还要把可冷凝的组分全部冷凝下来。一般控制压力就能达到上述目的，因为在组成恒定时压力与平衡温度有对应关系。

在不凝性气体的含量不高时，可用冷凝器的传热量来调节塔顶压力。传热量减小，蒸汽不能全部冷凝，塔压就升高，反之塔压降低。

用冷却水流量控制冷凝器的传热量，这种方式最节约冷却水，但出口温度太高会加速冷凝器的腐蚀与结垢。也可采用旁路的方法。

不凝性气体含量较高时，除调节传热量外，必需辅以不凝性气体放空。经常放空一小部分不凝性气体是一种方式，但总会有轻组分带出，不太经济，用自动的方法间歇放空就比较经济。

### (3) 减压塔

减压塔与加压塔在液相出料时相仿，通常对真空度和温度分别进行调节。蒸汽喷射泵入口的蒸汽压力保持恒定，用吸入一部分空气或惰性气体去排空管的方式相当灵便。

(三) 塔底的流程与调节方案再沸器有二种形式，一种是对流循环式（如热虹吸式），另一种是沉浸式，前者传热强度较高。用热虹吸式再沸器的塔底流程，可以通过蒸汽用量或冷凝水排出量来调节，后者适用于再沸器的传热面积有较大余量及塔釜温度较低时：控制蒸汽用量的方案，蒸汽压力可能太低，甚至出现负压的情况。

附：自控设计条件

自控设计条件在物料衡算已经修订、管道仪表流程图和设备布置图基本完成后提交。在提交条件以前，工艺和自控设计人员应根据工艺特点，确定控制方案和一般检测仪表，然后由工艺设计人员根据确定的方案提出控制参数等具体条件。

自控设计条件内容为：管道仪表流程图、设备布置图和自控设计条件表。

自控设计条件表填写说明如下：

(1) 计器用途。如填写“T—XXX 温度指示”“P—xxx 压力指示”等等，当计器用途为自动调节或遥控时，需注明调节依据，如“按塔底液体温度调节进塔底的蒸汽量”，同时在“温度”栏内填上允许的温度调节范围，如“80~85℃”。

(2) 物料名称及组分。当需要进行温度、压力、流量、液面、成分分析控制时填写。介质进行成分分析时，介质的化学成分要注明体积比，被分析介质范围填写在流量栏内。

(3) 物料或混合物重度。需要进行流量或液面测量时填写。

(4) 粘度需要测量流量时填写介质在工作状态下的粘度。

(5) 温度、压力。需要进行温度、压力、流量调节时填写介质温度和操作压力；当需要调节温度时在此栏内填写调节温度的范围。

(6) 指示、记录、遥控、调节、累记。根据要求选择填写，连锁及信号报警在备注栏内注明。

(7) 管道或设备规模。当计器仪表安装在管道上时应注明管道规格。

### 计算机在绘制工艺流程图中的应用

Aspen Plus、PRO/II、VMGSim、ChemACD、ECSS等软件都可以绘制工艺流程图。但要绘制管道仪表流程图须采用专门的软件，国内外有多款软件都可以用来绘制管道及仪表流程图，国内使用最多的是PIDCAD，其操作简单，方便易学，适合于工程技术、设计人员及高校师生从事化工工程设计、流程图绘制使用。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

#### 第 6 讲：

#### 教学具体过程（90 分钟）：

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于带控制点的工艺流程图的主要内容有哪些。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是工艺流程的控制方案，在该部分内容我会主要向同学们讲解：离心泵的出口及回流对流量的控制、储罐或储槽的液位的 3 种控制方案、压缩机的流量控制方案、反应器温度的控制方案蒸馏塔的提馏段或精馏段指标控制方案以及换热器的温度控制方案，在讲解过程中会列举工业过程中的具体过程来对不同过程的控制方案进行说明。然后就自控设计条件进行讲解，在该部分内容中主要就自控条件表进行相关的说明。然后就 PIDCAD 在工艺流程图绘制的使用方法进行简单的介绍。最后总结简单总结该章的主要内容及相关知识点。

在上课过程中用图 2-4 的实例来说明设备的表示方法及具体的标注内容及规则，在第一节

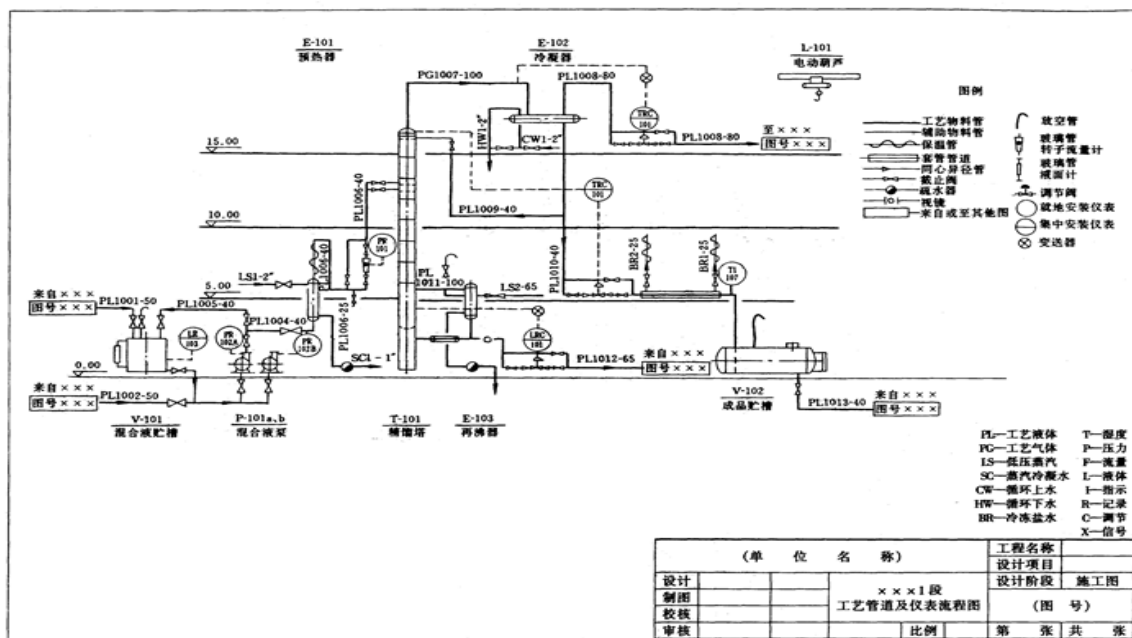


图 2-4 工艺管道及仪表流程图

课下课前就告知同学们下一节课为讨论课，其主题即为就图 2-4 的相关内容展开全班的大讨论，具体讨论时间 20min 左右，然后请一部分同学来讲解其讨论得到的具体信息有哪些，其表达了那些主要内容，哪些是自己在表达时需要具体注意的部分。然后我会就具体讨论结果进行相关的总结。

在对化工设计第二章工艺流程设计（第 4~5 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，工艺流程设计及方案流程图及物料流程图 80 分钟）

#### 作业布置及相关要求（5 分钟）：

- (1) 如何编写设备位号？
- (2) 管道标注的内容是什么？

## 授课过程（第7次课）

<b>授课题目</b>	第三章物料衡算与能量衡算		<b>授课日期</b>	2022年3月 日	
<b>授课班级</b>	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	<b>授课时数</b>	2	<b>授课方式</b>	理论课

## 【教学目标】

- (1) 强化学生的工艺流程设计思路；
- (2) 加强工艺流程图的阅读。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：工艺流程选择的标准、工艺流程图中控制点的表示及绘制
- (2) 难点：工艺流程选择的方法

## 【教学内容】

- (1) 工艺流程选择的标准；
- (2) 生产方法和工艺流程的选择
- (3) 工艺流程设计。
- (4) 教师点评，提问。

## 【教学过程】

- (1) 提前布置任务；
- (2) 分组依序上台演讲；
- (3) 学生辩驳。
- (4) 教师点评，提问。

## 授课过程（第8次课）

授课题目	第三章物料衡算与能量衡算		授课日期	2022年3月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握化工过程的特点；
- (2) 掌握化工过程的；

## 【教学重难点】

- (1) 重点：物料衡算的基本方法及基本步骤。
- (2) 难点：化工过程的特点。

## 【教学内容】

## 第一节物料衡算的基本方法

## 化工过程及过程参数

化工计算主要是应用守恒定律来研究化工过程的物料衡算和能量衡算问题。在进行计算时，必须熟悉有关化工过程的一些术语及基础知识。

主要包括：

- (1) 化工过程；
- (2) 化工工艺流程；
- (3) 化工过程开发；
- (4) 化工过程基本参数——温度、压力、流量、化学组成等基本概念。

## 化工过程

所谓化工过程，是指由原料经化学处理和物理处理加工成化学产品或中间产品的生产过程。它包括许多工序，每个工序又由若干个或若干组设备（如反应器、蒸馏塔、吸收塔、干燥塔，分离器、换热器及输送设备等等）组合而成。物料通过各设备时，完成某种化学或物理处理，最终成为合格的产品。

化工过程中的各种设备所进行的主要操作可归纳为下列几类：

- (1) 化学反应；
- (2) 分离或提纯；
- (3) 改变温度；
- (4) 改变压力；
- (5) 混合等。

## 化工工艺流程

化工过程常用流程图来表示。所谓流程图，就是把生产过程中物料经过的设备按其形状画出示意图，并画出各设备之间的主要物料管线及其流向。在化学工业中，不同化工过程的差别很大，难于找到一个具有代表性的化工过程。

## 化工过程开发

化工过程开发是指一个化学反应从实验室过渡到第一套生产装置的全部过程。化工过程开发，首先是决定于化学反应的可能性、转化率及反应速度是否具有工业价值，产物分离的难易程度以及机械、设备、材料是否可行。当然，最终又决于是否有经济效益。

化工过程开发的第一步就是要设计一个流程图。由于化学反应或产物的分离可用不同的方



法来完成，因此，设计流程时，必须选择一个安全、可靠、经济效益高的最佳方案。

### 过程参数

在化工生产过程中，能影响过程运行和状态的物理量，如温度、压力、流量及物料的百分组成或浓度等，在指定条件下它的数值恒定，条件改变其数值也随之变化，这些物理量称为过程参数。这些参数也常作为控制生产过程的主要指标。

### 化工基础数据

在化工计算以及化工工艺和设备设计中，必不可少地要用到有关化合物的物性数据。化工基础数据包括很多，主要有以下几类：

(1) 基本物性数据—如临界常数（临界压力、临界温度、临界体积）、密度或比容、状态方程参数、压缩系数、蒸汽压、汽—液平衡关系等。

(2) 热力学物性数据—如内能、焓、熵、热容、相变热、自由能、自由焓等。

(3) 化学反应和热化学数据—如反应热、生成热、燃烧热、反应速度常数、活化能，化学平衡常数等。

(4) 传递参数—如粘度、扩散系数、导热系数等。

通常这些数据可用下列方法得到：

(1) 查手册或文献资料

有关常用物质的物性数据，前人已系统地进行归纳总结，从表格或图的形式表示。这些数据可从有关的化学化工类手册或专业性的化工手册中查到。

(2) 估算

可以应用物理和化学的一些基本定律计算各种物质的性质参数。但是，往往由于缺乏计算所需的一些分子性质（偶极矩、极化率、原子间距离等）的数据而无法计算，或者即使知道这些数据，计算也很复杂。

(3) 用实验直接测定。

当手册或文献中无法查得时，可以进行估算。直接用实验测定得到的数据最可靠，只是实验比较费时间又花钱。但是，如果查不到有关数据，而用公式估算得到的结果精度又不够时，则必须用实验进行测定。

### 物料衡算

物料衡算是化工计算中最基本、也是最重要的内容之一，它是能量衡算的基础。一般，在物料衡算之后，才能计算所需要提供或移走的能量。

通常，物料衡算有两种情况，一种是对已有的生产设备或装置，利用实际测定的数据，算出另一些不能直接测定的物料量。用此计算结果，对生产情况进行分析、做出判断、提出改进措施。另一种是设计一种新的设备或装置，根据设计任务，先作物料衡算，求出进出各设备的物料量，然后再作能量衡算，求出设备或过程的热负荷，从而确定设备尺寸及整个工艺流程。

物料衡算的理论依据是质量守恒定律，即在一个孤立物系中，不论物质发生任何变化，它的质量始终不变（不包括核反应，因为核反应能量变化非常大，此定律不适用）。

### 物料衡算式

(1) 化工过程的类型

化工过程操作状态不同，其物料或能量衡算的方程亦有差别。

化工过程根据其操作方式可以分成间歇操作、连续操作以及半连续操作三类。或者将其分为稳定状态操作和不稳定状态操作两类。

间歇操作过程：原料在生产操作开始时一次加入，然后进行反应或其他操作，一直到操作

完成后，物料一次排出，即为间歇操作过程。此过程的特点是在整个操作时间内，再无物料进出设备，设备中各部分的组成、条件随时间而不断变化。

连续操作过程：在整个操作期间，原料不断稳定地输入生产设备，同时不断从设备排出同样数量（总量）的物料。设备的进料和出料是连续流动的，即为连续操作过程。在整个操作期间，设备内各部分组成与条件不随时间而变化。

半连续操作过程：操作时物料一次输入或分批输入，而出料是连续的，或连续输入物料，而出料是一次或分批的。

间歇操作过程通常适用于生产规模比较小、产品品种多或产品种类经常变化的生产。

连续过程由于减少了加料、出料等辅助生产时间，设备利用率较高，操作条件稳定，产品质量容易保证，加之，反应设备内各点条件稳定，便于设计结构合理的反应器和采用先进的工艺流程以便于实现自动控制和提高生产能力，因此，适用于大规模的生产。

稳定状态操作就是整个化工过程的操作条件（如温度、压力、物料量及组成等）如果不随时间而变化，只是设备内不同点有差别，这种过程称为稳定状态操作过程，或称稳定过程。如操作条件随时间而不断变化的，则称为不稳定状态操作过程，或称不稳定过程。

间歇过程及半连续过程是不稳定状态操作。连续过程在正常操作期间，操作条件比较稳定，此时属稳定状态操作多在开、停工期间或操作条件变化和出现故障时，则属不稳定状态操作。

## （2）物料衡算式

物料衡算是研究某一个体系内进、出物料量及组成的变化。所谓体系就是物料衡算的范围，它可以根据实际需要人为地选定。体系可以是一个设备或几个设备，也可以是一个单元操作或整个化工过程。

进行物料衡算时，必须首先确定衡算的体系。根据质量守恒定律，对某一个体系，输入体系的物料量应该等于输出物料量与体系内积累量之和。所以，物料衡算的基本关系式应该表示为：输入物料量=输出物料量+积累的物料量

如果体系内发生化学反应，则对任一个组分或任一种元素作衡算时，必须把反应消耗或生成的量亦考虑在内。即：输入物料量+反应生成或消耗的物料量=输出物料量+积累的物料量，该式对反应物作衡算时，由反应而消耗的量，应取减号；对生成物作衡算时，由反应而生成的量，应取加号。

列物料衡算式时应注意，物料平衡是指质量平衡，不是体积或物质的量（摩尔数）平衡。若体系内有化学反应，则平衡式中各项用摩尔表示时，必须考虑反应式中的化学计量系数。因为反应前后物料中的分子数不守恒。

对于连续不稳定过程，由于该过程内物料量及组成等随时间而变化，因此，物料衡算式须写成以时间为自变量的微分方程，表示体系内在某一瞬时的平衡。

### 物料衡算的基本方法

进行物料衡算时，为了能顺利地解题，避免错误，必须掌握解题技巧，按正确的解题方法和步骤进行。尤其是对复杂的物料衡算题，更应如此，这样才能获得准确的计算结果。

（1）画物料流程简图求解物料衡算问题，首先应该根据给定的条件画出流程简图。图中用简单的方框表示过程中的设备，用线条和箭头表示每个流股的途径和流向。并标出每个流股的已知变量（如流量、组成）及单位。对一些未知的变量，可用符号表示。

### （2）计算基准及其选择

进行物料、能量衡算时，必须选择一个计算基准。从原则上说选择任何一种计算基准，都能得到正确的解答。但是，计算基准选择得恰当，可以使计算简化，避免错误。

根据不同过程的特点,选择计算基准时,应该注意以下几点:

- (a) 应选择已知变量数最多的流股作为计算基准。
- (b) 对液体或固体的体系,常选取单位质量作基准。
- (c) 对连续流动体系,用单位时间作计算基准有时较方便。
- (d) 对于气体物料,如果环境条件(如温度、压力)已定,则可选取体积作基准。

### (3) 物料衡算的步骤

进行物料衡算时,尤其是那些复杂的物料衡算,为了避免错课,建议采用下列计算步骤:

- (a) 搜集计算数据。
- (b) 画出物料流程简图。
- (c) 确定衡算体系。
- (d) 写出化学反应方程式,包括主反应和副反应,标出有用的分子量。
- (e) 选择合适的计算基准,并在流程图上注明所选的基准值。
- (f) 列出物料衡算式,然后用数学方法求解。
- (g) 将计算结果列成输入—输出物料表(物料平衡表)。
- (h) 校核计算结果

### 无化学反应过程的物料衡算

在化工过程中,一些只有物理变化,不发生化学反应的单元操作,如混合、蒸馏、蒸发、干燥、吸收、结晶、萃取等,这些过程都可以根据物料衡算式,列出总物料和各组分的衡算式,再用代数法求解。

一、简单过程的物料衡算简单过程是指仅有一个设备或一个单元操作或整个过程简化成一个设备的过程。这种过程的物料衡算比较简单,在物料流程简图中,设备边界就是体系边界。下面举例说明计算步骤和计算方法。以上为无化学反应过程的物料衡算,当利用代数法求解时,列衡算式应注意下列几点:

(1) 无化学反应体系,能列出的独立物料衡算式数目,最多等于输入和输出物料中化学组分的数目。

(2) 首先列出含未知量数目最少的物料衡算方程,以便于解题。

(3) 若体系内具有很多多组分的物料,则最好将每个流股编号,并列表表示出已知的量和组成,检查能列出的衡算方程数目是否等于未知量的数目。

### 有多个设备过程的物料衡算

对有多个设备的过程,进行物料衡算时,可以划分多个衡算体系。此时,必须选择恰当的衡算体系,这是很重要的步骤。不然会使计算繁琐,甚至无法求解。

**教学方法:** 多媒体教学结合讲授

### 第 8 讲:

#### 教学具体过程(90 分钟):

上课时,首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容,先请 1~2 个同学谈谈关于化工过程的自控方案及举例说明怎么来控制一个具体过程或一个工艺指标。(5 分钟)

本课程新课首先展示的是本章学习的主要内容及学习要求,在该部分内容我会主要向同学们讲解:物料衡算能量衡算在化工设计中的具体位置及衡算内容及衡算目的及结果与设计的具休关系。然后我会向同学们介绍工艺计算前的准备工作,在该部分内容介绍工艺性资料的收集(需收集 11 方面的具体内容)、工程性资料的收集(需收集 6 个方面的内容)、资料的来源(主



要来源有 5 个方面)及几本常用的化工设计资料和手册(主要有八本中外书籍及手册),在介绍具体内容时我会就工艺性资料物料衡算量纲、工艺流程说明内容及具体操作条件的选择进行较详细的讲解;在介绍工程性资料的设计时,我会就公用工程的消耗量,辅助设施能力及总图运输、原料输送方式、储存方式进行列举“三井杯”大学生化工设计大赛的实施事例来进行讲解;在就资料的来源及几本常用的化工设计资料和手册我会结合上学期刚结束化工原理课程设计的具体来进行讲解。

在对化工设计第三章物料衡算与热量衡算(第 1 节)主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件,工艺计算前的准备工作 80 分钟)

**评讲上一次作业(5 分钟)**

对第二周的作业的完成情况解答思路进行相关的说明。

## 授课过程（第9次课）

授课题目	第三章物料衡算与能量衡算		授课日期	2022年3月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

(1) 掌握化工过程具体物料衡算过程的步骤及结果的表达内容。

## 【教学重难点】

(1) 重点：具体工艺过程物料衡算的求解步骤。

(2) 难点：物料间的平衡关系

## 【教学内容】

第二节车间（装置）的物料衡算

## 一、物料衡算的目的和依据

1. 能为化工设计提供基础数据

- (1) 物料消耗定额。
- (2) 工艺设备的大小尺寸。
- (3) 管道的大小尺寸。
- (4) 为能量衡算提供基础数据。

2. 物料衡算的依据

理论依据：质量守恒定律、设计任务书、生产量、工艺技术条件、反应转化率、相平衡数据等。

## 二、物料衡算式

有化学反应的过程，物料中的组分比较复杂。因为，工业上的化学反应，各反应物的实际用量，并不等于化学反应式中的理论量。为了使所需的反应顺利进行，或使其中较昂贵的又应物全部转化，常常使价格较低廉的一些反应物用量过量。例如乙烯用空气氧化生产环氧乙烷，采用过量的空气。此外，在工业化学反应中，化学反应进行的程度往往不完全，留下剩余的反应物、或者由于中间反应、平行反应或串联反应而生成副产物、或者存在不参加反应的组分等等，这些剩余的反应物或副产物与产物混在一起排出。因此，使物料衡算比无化学反应过程的计算复杂，尤其是当物料组成及化学反应比较复杂时，计算更应注意。

## 反应转化率、选择性及收率等概念

工业化学反应过程中，当反应原料的配比不按化学计量比时，根据反应物的化学计量数大小可称其为限制反应物与过量反应物。

限制反应物：化学反应原料不按化学计量比配料时，其中以最小化学计量数存在的反应物称为限制反应物。

过量反应物：不按化学计量比配料的原料中，某种反应物的量超过限制反应物完全反应所需的理论量，该反应物称为过量反应物。

过量百分数：过量反应物超过限制反应物所需理论量的部分占所需理论量的百分数。

转化率（以  $x$  表示）：某一反应物反应掉的量占其输入量的百分数。

一个化学反应，由不同反应物可计算得到不同的转化率。因此，应用时必须指明某个反应物的转化率。若没有指明时，则往往是指限制反应物的转化率。

选择性（以  $S$  表示）：反应物反应生成目的产物所消耗的量占反应物反应掉的量的百分数。

转化率与选择性是反应过程的两个主要技术指标。

收率（以 Y 表示）：目的产物的量除以反应物（通常指限制反应物）输入量，以百分数表示。它可以用物质的量（摩尔数）或质量进行计算。转化率、选择性与收率三者之间的关系为

$$Y=S \cdot x$$

### 一般反应过程的物料衡算

对有化学反应过程的物料衡算，由于各组分在过程中发生了化学反应，因此就不能简单地列组分的衡算式，必须考虑化学反应中生成或消耗的量，应该根据化学反应式，列衡算方程。

对一般的反应过程，可用下列几种方法求解。

#### (1) 直接求解法

有些化学反应过程的物料衡算，有时只含一个未知量或组成，这类问题比较简单，通常可根据化学反应式直接求解，不必列出衡算式。

#### (2) 元素衡算法

元素衡算是物料衡算的一种重要形式。在作这类衡算时，并不需要考虑具体的化学反应，而是按照元素种类被转化及重新组合的概念表示为输入（某种元素）=输出（同种元素）对反应过程中化学反应很复杂，无法用一、两个反应式表示的物料衡算题，可以列出元素衡算式，用代数法求解。

#### (3) 用联系组分作衡算

“联系组分”是指随物料输入体系，但完全不参加反应，又随物料从体系输出的组分，在整个反应过程中，它的数量不变。

如果体系中存在联系组分，那么输入物料和输出物料之间就可以根据联系组分的含量进行关联。例如，F、P 分别为输入、输出物料，T 为联系组分。T 在 F 中的质量分数为  $x_{FT}$ ，在 P 中的质量分数为  $x_{PT}$ ，则 F 与 P 之间的关系为  $Fx_{FT}=Px_{PT}$

用联系组分作衡算，尤其是对含未知量较多的物料衡算，可以使计算简化。选择联系组分时，如果体系中存在数种联系组分，那么，此时就要选择一个适宜的联系组分，或联合采用以减小误差。但是，应该注意，当某个联系组分数目很小，而且此组分的分析相对误差又较大时，则不直选用。

(4) 具有循环、排放即旁路过程的物料衡算在化工过程中，有一些具有循环、排放及旁路的过程，这类过程的物料衡算与以上介绍的方法相类似，只是需要先根据已知的条件及所求的未知量选择合适的衡算体系，列出物料衡算式再求解。如果存在联系组分，则可以利用联系组分计算。有循环过程的物料流程图进反应器的物料 MF 是由新鲜原料与循环物料 R 混合而成，从反应器出来的产物 RP 经分离器分成产品 P 与循环物料 R。

有循环的过程，转化率常分为单程转化率与总转化率，所以，单程转化率是以反应器为体系，总转化率是以整个过程为体系。

循环过程在稳定状态下操作时，物料的质量既不积累也不消失，各流股的组分恒定。

但是，如果原料中含有不反应的杂质或惰性物质，经长时间的循环会使其浓度逐渐增力，因此就必须把一部分循环物料不断地排放掉，以维持进料中杂质的含量不再增大。

W 为排放物料，即从分离器出来的分离产物 S 分成两部分，一部分为排放物料 W，另一部分为循环物料 R。R/W（或 R/F、R/MF）称为循环比，是循环过程的重要参数。衡算体系各物料之间的关系为：

总物料衡算

$$F=P+W$$

反应器物料衡算

$$MF=RP$$

分离器物料衡算

$$RP=S+P$$

结点 A 物料衡算

$$F+R=MF$$

结点 B 物料衡算

$$S=R+W$$

通常对有循环过程的物料衡算，若已知总转化率，可以先做总物料衡算；若已知单程转化率，则可以先从反应器衡算做起。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

### 第 9 讲：

#### 教学具体过程（90 分钟）：

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工过程物料衡算的步骤主要有哪些。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是物料衡算的目的及依据，在该部分内容我会主要向同学们讲解：物料衡算与设备工艺尺寸、管道大小及能量衡算的关系，同时生产任务、转化率及相平衡的关系。然后举例关于非反应过程的物料衡算（关于用一定浓度的稀酸和浓酸配置一定浓度的酸溶液）该例题主要为同学们展示物料衡算的具体步骤以及其与化工原理伯努利方程的区别（需要校核结果，还需要列出物料衡算表格）；通过列举连续精馏塔馏出液及釜残液与进料组成的关系来进一步让同学们掌握具体物料衡算的步骤及在计算时一定要细心、要仔细阅读题意，不然一不小心可能会弄错。在讲解例题的具体解答过程时，分别请 1~2 个同学自己来分析问题，并提供问题的解答思路，然后我才向同学们介绍具体的求解过程。

在上课过程中用下面的实例来说明具体的物料衡算过程：

有两个蒸馏塔的分离装置，将含 50% 苯、30% 甲苯和 20%（mol%）二甲苯的混合物分成较纯的三个馏分，其流程图及各流股组成如图。计算蒸馏 1000 mol/h 原料所得各流股的量及进塔 II 物料的组成。

解：

设  $S_2$ 、 $S_3$ ……表示各流股物料量，mol/h

$x_{3B}$ 、 $x_{3T}$  表示流股 3 中苯、甲苯的组成。

该蒸馏过程中共可列出 3 组物料衡算方程，每组选三个独立方程。即

$$\text{体系 A (塔 I)：总物料} \quad 1000=S_2+S_3 \quad (1)$$

$$\text{苯} \quad 1000 \times 0.5=0.95S_2+x_{3B}S_3 \quad (2)$$

$$\text{甲苯} \quad 1000 \times 0.3=0.03S_2+x_{3T}S_3 \quad (3)$$

$$\text{体系 B (塔 II)：总物料} \quad S_3=S_4+S_5 \quad (4)$$

$$\text{苯} \quad x_{3B}S_3=0.03S_4+0.0045S_5 \quad (5)$$

$$\text{甲苯} \quad x_{3T}S_3=0.95S_4+0.43S_5 \quad (6)$$

$$\text{体系 C (整个过程)：总物料} \quad 1000=S_2+S_4+S_5 \quad (7)$$

$$\text{苯} \quad 1000 \times 0.5=0.95S_2+0.03S_4+0.0045S_5 \quad (8)$$

$$\text{甲苯} \quad 1000 \times 0.3=0.03S_2+0.95S_4+0.43S_5 \quad (9)$$

以上 9 个方程，只有 6 个是独立的。因为 (1) + (4) = (7) 式，同样，(2) + (5) = (8) 式及 (3) + (6) = (9) 式。因此，解题时可以任选二组方程。

由题意，应选体系 C（整个过程），因为三个流股 2、4、5 的组成均已知，只有  $S_2$ 、 $S_4$ 、 $S_5$

三个未知量，可以从 (7)、(8)、(9) 三式直接求解。

由 (7)、(8)、(9) 三式解得

$$S_2=520\text{mol/h}$$

$$S_4=150\text{mol/h}$$

$$S_5=330\text{mol/h}$$

再任选一组体系 A 或 B 的衡算方程, 可解得:

$$S_3=480\text{mol/h}, x_{3B}=0.0125, x_{3T}=0.5925, x_{3X}=0.395$$

在对化工设计第三章物料衡算与热量衡算(第2节)主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件, 工艺计算前的准备工作 80 分钟)

**作业布置及相关要求(5分钟):**

(1) 试述物料衡算的依据、作用及其衡算步骤。

(2) 连续常压精馏塔进料为含苯(质量分数, 下同)38% (wt)和甲苯 62%的混合溶液, 要求馏出液中能回收原料中 97%的苯, 釜残液中含苯不高于 2%, 进料流量为 20000kg/h, 求馏出液和釜残液的流量和组成, 并填写精馏塔物料平衡表。

## 授课过程（第 10 次课）

授课题目	第三章物料衡算与能量衡算		授课日期	2022 年 3 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握化工过程的物料衡算具体步骤。
- (2) 了解物料衡算的结果表达。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：能量衡算的基本方法及基本步骤。
- (2) 难点：物料衡算表的具体内容。

## 【教学内容】

第二节车间（装置）的物料衡算

## 一、物料衡算的目的和依据

## 1. 能为化工设计提供基础数据

- (1) 物料消耗定额。
- (2) 工艺设备的大小尺寸。
- (3) 管道的大小尺寸。
- (4) 为能量衡算提供基础数据。

## 2. 物料衡算的依据

理论依据：质量守恒定律、设计任务书、生产量、工艺技术条件、反应转化率、相平衡数据等。

## 二、物料衡算式

有化学反应的过程，物料中的组分比较复杂。因为，工业上的化学反应，各反应物的实际用量，并不等于化学反应式中的理论量。为了使所需的反应顺利进行，或使其中较昂贵的又应物全部转化，常常使价格较低廉的一些反应物用量过量。例如乙烯用空气氧化生产环氧乙烷，采用过量的空气。此外，在工业化学反应中，化学反应进行的程度往往不完全，留下剩余的反应物、或者由于中间反应、平行反应或串联反应而生成副产物、或者存在不参加反应的组分等等，这些剩余的反应物或副产物与产物混在一起排出。因此，使物料衡算比无化学反应过程的计算复杂，尤其是当物料组成及化学反应比较复杂时，计算更应注意。

## 二、物料衡算式

有化学反应的过程，物料中的组分比较复杂。因为，工业上的化学反应，各反应物的实际用量，并不等于化学反应式中的理论量。为了使所需的反应顺利进行，或使其中较昂贵的又应物全部转化，常常使价格较低廉的一些反应物用量过量。例如乙烯用空气氧化生产环氧乙烷，采用过量的空气。此外，在工业化学反应中，化学反应进行的程度往往不完全，留下剩余的反应物、或者由于中间反应、平行反应或串联反应而生成副产物、或者存在不参加反应的组分等等，这些剩余的反应物或副产物与产物混在一起排出。因此，使物料衡算比无化学反应过程的计算复杂，尤其是当物料组成及化学反应比较复杂时，计算更应注意。

## 反应转化率、选择性及收率等概念

工业化学反应过程中，当反应原料的配比不按化学计量比时，限据反应物的化学计量数大小可称其为限制反应物与过量反应物。



限制反应物：化学反应原料不按化学计量比配料时，其中以最小化学计量数存在的反应物称为限制反应物。

过量反应物：不按化学计量比配料的原料中，某种反应物的量超过限制反应物完全反应所需的理论量，该反应物称为过量反应物。

过量百分数：过量反应物超过限制反应物所需理论量的部分占所需理论量的百分数。

转化率（以  $x$  表示）：某一反应物反应掉的量占其输入量的百分数。

一个化学反应，由不同反应物可计算得到不同的转化率。因此，应用时必须指明某个反应物的转化率。若没有指明时，则往往是指限制反应物的转化率。

选择性（以  $S$  表示）：反应物反应生成目的产物所消耗的量占反应物反应掉的量的百分数。

转化率与选择性是反应过程的两个主要技术指标。

收率（以  $Y$  表示）：目的产物的量除以反应物（通常指限制反应物）输入量，以百分数表示。它可以用物质的量（摩尔数）或质量进行计算。转化率、选择性与收率三者之间的关系为：

$$Y = S \cdot x$$

### 一般反应过程的物料衡算

对有化学反应过程的物料衡算，由于各组分在过程中发生了化学反应，因此就不能简单地列组分的衡算式，必须考虑化学反应中生成或消耗的量，应该根据化学反应式，列衡算方程。对一般的反应过程，可用下列几种方法求解。

#### （1）直接求解法

有些化学反应过程的物料衡算，有时只含一个未知量或组成，这类问题比较简单，通常可根据化学反应式直接求解，不必列出衡算式。

#### （2）元素衡算法

元素衡算是物料衡算的一种重要形式。在作这类衡算时，并不需要考虑具体的化学反应，而是按照元素种类被转化及重新组合的概念表示为输入（某种元素）=输出（同种元素）对反应过程中化学反应很复杂，无法用一、两个反应式表示的物料衡算题，可以列出元素衡算式，用代数法求解。

#### （3）用联系组分作衡算

“联系组分”是指随物料输入体系，但完全不参加反应，又随物料从体系输出的组分，在整个反应过程中，它的数量不变。

如果体系中存在联系组分，那么输入物料和输出物料之间就可以根据联系组分的含量进行关联。例如， $F$ 、 $P$  分别为输入、输出物料， $T$  为联系组分。 $T$  在  $F$  中的质量分数为  $x_{FT}$ ，在  $P$  中的质量分数为  $x_{PT}$ ，则  $F$  与  $P$  之间的关系为  $Fx_{FT} = Px_{PT}$

用联系组分作衡算，尤其是对含未知量较多的物料衡算，可以使计算简化。选择联系组分时，如果体系中存在数种联系组分，那么，此时就要选择一个适宜的联系组分，或联合采用以减小误差。但是，应该注意，当某个联系组分数目很小，而且此组分的分析相对误差又较大时，则不直选用。

（4）具有循环、排放即旁路过程的物料衡算在化工过程中，有一些具有循环、排放及旁路的过程，这类过程的物料衡算与以上介绍的方法相类似，只是需要先根据已知的条件及所求的未知量选择合适的衡算体系，列出物料衡算式再求解。如果存在联系组分，则可以利用联系组分计算。有循环过程的物料流程图进反应器的物料  $MF$  是由新鲜原料与循环物料  $R$  混合而成，从反应器出来的产物  $RP$  经分离器分成产品  $P$  与循环物料  $R$ 。

有循环的过程，转化率常分为单程转化率与总转化率，所以，单程转化率是以反应器为体系，总转化率是以整个过程为体系。

循环过程在稳定状态下操作时，物料的质量既不积累也不消失，各流股的组分恒定。

但是，如果原料中含有不反应的杂质或惰性物质，经长时间的循环会使其浓度逐渐增力，因此就必须把一部分循环物料不断地排放掉，以维持进料中杂质的含量不再增大。

W 为排放物料，即从分离器出来的分离产物 S 分成两部分，一部分为排放物料 W，另一部分为循环物料 R。R/W（或 R/F、R/MF）称为循环比，是循环过程的重要参数。衡算体系各物料之间的关系为：

总物料衡算	$F=P+W$
反应器物料衡算	$MF=RP$
分离器物料衡算	$RP=S+P$
结点 A 物料衡算	$F+R=MF$
结点 B 物料衡算	$S=R+W$

通常对有循环过程的物料衡算，若已知总转化率，可以先做总物料衡算；若已知单程转化率，则可以先从反应器衡算做起。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 10 讲：**

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工过程物料衡算的步骤主要有哪些。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是物料衡算的目的及依据，在该部分内容我会主要向同学们讲解：物料衡算与设备工艺尺寸、管道大小及能量衡算的关系，同时生产任务、转化率及相平衡的关系。然后举例关于非反应过程的物料衡算（关于用一定浓度的稀酸和浓酸配置一定浓度的酸溶液）该例题主要为同学们展示物料衡算的具体步骤以及其与化工原理伯努利方程的区别（需要校核结果，还需要列出物料衡算表格）；通过列举连续精馏塔馏出液及釜残液与进料组成的关系来进一步让同学们掌握具体物料衡算的步骤及在计算时一定要细心、要仔细阅读题意，不然一不小心可能会弄错。最后我会向同学们介绍发生化学反应的化工过程的物料衡算的具体求解过程，在讲解例题的具体解答过程时，分别请 1~2 个同学自己来分析问题，并提供问题的解答思路，然后我才向同学们介绍具体的求解过程。

在对化工设计第三章物料衡算与热量衡算（第 2 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，工艺计算前的准备工作 80 分钟）

**评讲上一次作业（5 分钟）**

对第三周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明。



## 授课过程（第 11 次课）

授课题目	第三章物料衡算与能量衡算		授课日期	2022 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握发生化学反应化工过程的物料衡算。
- (2) 掌握能量衡算的步骤及计算过程。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：能量衡算的具体过程及基本步骤。
- (2) 难点：物料和能量联算。

## 【教学内容】

第三节反应工程的能量衡算

## 能量衡算

在化工生产中，能量的消耗是一项重要的技术经济指标，它是衡量工艺过程、设备设计、操作制度是否先进合理的主要指标之一。

能量衡算有两种类型的问题，一种是先对使用中的装置或设备，实际测定一些能量，通过衡算计算出另外一些难以直接测定的能量，由此作出能量方面的评价，即由装置或设备进出口物料的量 and 温度，以及其它各项能量，求出装置或设备的能量利用情况；另一类是在设计新装置或设备时，根据已知的或可设定的物料量求得未知的物料量或温度，和需要加入或移出的热量。能量衡算的基础是物料衡算，只有在进行完备的物料衡算后才能作出能量衡算。

## 能量衡算的基本概念

## 一、能量的形式

能量衡算也象物料衡算那样，要用到守恒的概念，也就是弄清楚进入的能量和离开的能量，因此就要分清不同的能量形式和表示的方法。

动能 ( $E_k$ ) 运动着的流体具有动能；

位能 ( $E_p$ ) 物体自某一基准面移高到一定距离，由于这种位移而具有的能量；

静压能 ( $E_z$ ) 流体由于一定的静压强而具有的能量；

内能 ( $U$ ) 内能是指物体除了宏观的动能和位能外所具有的能量。

## 二、几个与能量衡算有关的重要物理量

(1) 热量 ( $Q$ )

温度不同的两物体相接触或靠近，热量从热（温度高）的物体向冷（温度低）的物体流动，这种由于温度差而引起交换的能量，称为热量。因此对于热量要明确两点，第一，热量是一种能量的形式，是传递过程中的能量形式；第二，一定要有温度差或温度梯度，才会有热量的传递。

(2) 功 ( $W$ )

功是力与位移的乘积。在化工中常见的有体积功（体系体积变化时，由于反抗外力作用而与环境交换的功）、流动功（物系在流动过程中为推动流体流动所需的功）以及旋转轴的机械功等。以环境向体系作功为正、反之为负。

功和热量都是能量传递的两种不同形式，它们不是物系的性质，因此不能说体系内或某物体有多少热量或功。

功和热量的单位在 SI 制中为焦耳,除此以外,公制中的卡或千卡、英制中的英热单位(Btu)还常有使用,应注意它们之间的换算关系。

### (3) 焓(H)

这是我们在能量衡算中经常遇到的一个变量,它的定义是:  $H=U+PV$

式中 P 为压力, V 为容积。对于纯物质,恰可表示成温度和压力的函数:  $H=H(T, P)$

### (4) 热容

热容是一定量的物质改变一定的温度所需要的热量,可以看作是温度差 $\Delta T$ 和引起温度变化的热量 Q 之间的比例常数,即  $Q=m C \Delta T$

#### 能量衡算的基本方法及步骤:

根据能量守恒原理,能量衡算的基本方法可表示为:输入的能量-输出的能量=积累的能量  
由于物质具有各种形式的能量,因此作能量衡算时也应注意输入输出体系的各种能量,上式中各项指的都是“总能量”,因为总能量中某部分能量并不总是守恒的。

#### (1) 总能量衡算

连续稳定流动过程的总能量衡算:  $\Delta H+\Delta E_k+\Delta E_P=Q+W$

间歇过程的总能量衡算:  $\Delta U+\Delta E_k+\Delta E_P=Q+W$

一般间歇操作,能量、位能差项等于零,即 $\Delta E_k=0$ ,  $\Delta E_P=0$ ,所以上式又可简化为 $\Delta U=Q+W$   
此式即为热力学第一定律的数学式,此处 W 的符号以环境向体系做功为正。

#### (2) 热量衡算

热量衡算式:  $Q=\Delta H=H_1-H_2$        $Q=\Delta U=U_1-U_2$  (间歇过程)

热量衡算就是计算在指定的条件下进出物料的焓差,从而确定过程传递的热量。在实际计算时,由于进出设备的物料不止一个,因此可改写为:  $\Sigma Q=\Sigma H_1-\Sigma H_2$  或  $\Sigma Q=\Sigma U_1-\Sigma U_2$

#### 热量衡算的基本方法及步骤

热量衡算有两种情况:一种是在设计时,根据给定的进出物料量及已知温度求另一股物料的未知物料量或温度,常用于计算换热设备的蒸汽用量或冷却水用量。另一种是在原有的装置上,对某个设备,利用实际测定(有时也要作一些相应的计算)的数据,计算出另一些不能或很难直接测定的热量或能量,由此对设备作出能量上的分析。如根据各股物料进出口量及温度,找出该设备的热利用和热损失情况。

热量衡算也需要确定基准,画出流程图,列出热量衡算表等。其基本步骤为:

①建立以单位时间为基准的物料流程图(或平衡表)。也可以 100mol 或 100kmol 原料为基准,但前者更常用。

②在物料流程框图上标明已知温度、压力、相态等条件,并查出或计算出每个物料组分的始值,于图上注明。

③选定计算基准温度,这是人为选定的计算基准,即输入体系的热量和由体系输出的热量应该有同一的比较基准,可选  $0^\circ\text{C}$  (273K)、 $25^\circ\text{C}$  (298K) 或其它温度作为基准温度。

④列出热量衡算式,然后用数学方法求解未知值。

⑤当生产过程及物料组成较复杂时,可以列出热量衡算表。

#### 机械能衡算

在反应器、蒸馏塔、蒸发器、换热器等化工设备中,功、动能、位能的变化,较之传热量、内能和焓的变化,是可以忽略的。因此作这些设备的能量衡算时,总能量衡算式可以简化成  $Q=\Delta U$  (封闭体系) 或  $Q=\Delta H$  (敞开体系)。

但在另一类操作中,情况刚好相反,即传热量、内能的变化与动能变化、位能变化、功相

比,却是次要的了。这些操作大多是流体流入流出贮罐、贮槽、工艺设备、输送设备、废料排放设备。或在这些设备之间流动。连续稳定流动过程总能量衡算式:  $\Delta H + \Delta u^2/2 + g\Delta Z + \Delta(PV) = Q + W$

1 千克不可压缩流体流动时的机械能衡算式:  $\Delta P/\rho + \Delta u^2/2 + g\Delta Z + F = W$

### 无化学反应过程的能量衡算

无化学反应过程的能量衡算,一般应用于计算指定条件下进出过程物料的始差,用来确定过程的热量。

为了计算一个过程的 $\Delta H$ ,可以用假想的、由始态到终态几个阶段来代替原过程,这些阶段的焓变应该是可以计算的,所需的数据也可以得到的。由于恰是状态函数,所以每一阶段的 $\Delta H$ 之和即为全过程的 $\Delta H$ 。

途径中各个阶段的类型,不外乎下面这 5 种:

- ① 恒温时压力的变化;
- ② 恒压时温度的变化;
- ③ 恒压恒温时相态的变化;
- ④ 两个或两个以上物质在恒温恒压时的混合和分离;
- ⑤ 恒温恒压时的化学反应过程。

三种相变的相变热定义如下:

- ① 汽化潜热 ( $\Delta H_v$ ) 当 T 和 P 不变, 单位数量的液体汽化所需的热量。
- ② 熔化潜热 ( $\Delta H_m$ ) 当 T 和 P 不变, 单位数量的固体熔化所需的热量。
- ③ 升华潜热 ( $\Delta H_t$ ) 当 T 和 P 不变, 单位数量的固体气化所需的热量。

### 反应热及其表示

恒压反应热  $Q_p = \Delta H_r$

恒容反应热  $Q_v = \Delta U_r (T)$

### 反应热的计算

反应热可以用实验方法测定,也可以用已有的实验数据进行计算。根据盖斯(Hess)定律,化学反应热只取决于物质的初态和终态,与过程的途径无关,反应热可用简单的热量加和法求取。

### 化学反应过程的能量衡算

当体系进行化学反应时,应将反应热列入能量衡算式中。

反应体系能量衡算的方法按计算始时的基准区分,主要有两种,下面讨论这两种基准以及对应每种基准计算 $\Delta H$ 的方法。

#### (1) 第一种基准

如果已知标准反应热,则可选 298K, 1atm 为反应物及产物的计算基准。对非反应物质另选适当的温度为基准(如反应器的进口温度,或平均热容表示的参考温度)。

选好基准后,为了计算过程的始变,可以画一张表,将进出口流股中组分的流率  $n_i$  和焓  $\Delta H_i$  填入表内,然后按下式计算过程的 $\Delta H$ :  $\Delta H = n_A R \Delta H / \mu_A + \sum \text{输出 } n_i H_i - \sum \text{输入 } n_i H_i$

#### (2) 第二种基准

以组成反应物及产物的元素,在 25°C, 1atm 时的恰为零,非反应分子以任意适当的温度为基准,也要画一张填有所有流股组分  $n_i$  和  $H_i$  的表,只是在这张表中反应物或产物的  $H_i$ ,是各物质 25°C 的生成热与物质由 25°C 变到它进口状态或出口状态所需显热和潜热之和。

过程的总焓变即为:  $\Delta H = \sum \text{输出 } n_i H_i - \sum \text{输入 } n_i H_i$

化工生产中有许多反应过程是连续进行的，即反应物连续加入反应器，产物连续离开反应器，例如气固相反应过程即是这样。反应过程的热效应通过换热设备与外界进行换热，这种反应过程称为带换热的反应过程。与此相对应，有的反应过程不与外界换热，称为绝热反应过程。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 11 讲：**

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于发生化学反应的化工过程物料衡算的步骤主要有哪些。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是能量衡算的目的及依据，依据为热力学第一定律，目的为确定化工过程热量及冷量的传递速率及输送机械所需的有用功率，接着我会向同学们介绍热量衡算的具体步骤（大致有 6 步），在介绍其衡算步骤时，我会向同学们比较分析物料衡算步骤与能量步骤的异同；然后我会向同学们介绍以化学反应为基础的能量衡算的具体方法，在介绍该部分内容时，我会列举氨氧化器的能量衡算的例子来说明能量衡算的具体步骤、过程及具体表达；然后再举以生成热为基础的能量计算方法例子，在介绍该部分内容时甲烷在连续反应器中发生氧化反应且具有副反应的过程的能量衡算过程，在其过程中我会要求同学们自己来分析衡算过程，然后在请 1~2 个同学来提供其解答思路，最后我会把具体的解答过程展示给同学们。

在对化工设计第三章物料衡算与热量衡算（第 3 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，反应工程的能量衡算 80 分钟）

**作业布置及相关要求（5 分钟）：**

氨在氧化器中发生氧化反应生成一氧化氮及水蒸气的过程中，此反应在  $25^{\circ}\text{C}$ 、 $101.3\text{kPa}$  的反应热为  $-904.6\text{kJ}$ 。现有  $25^{\circ}\text{C}$  的  $100\text{ mol/h NH}_3$  和  $200\text{ mol/h O}_2$  连续进入反应器，氨在反应器内全部反应，产物在  $300^{\circ}\text{C}$  呈气态离开反应器。如操作压力为  $101.3\text{kPa}$ ，计算反应器应输入或输出的热量。

## 授课过程（第 12 次课）

授课题目	第三章物料衡算与能量衡算		授课日期	2022 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

(1) 了解流程模拟软件在化工设计中的应用情况。

## 【教学重难点】

(1) 重点：在化工设计过程中大致有哪些具体的应用软件；

(2) 难点：设计应用软件在具体设计过程中的实际应用。

## 【教学内容】

第四节计算机在化工设计中的应用

## 流程模拟：

在特定流程图上进行计算来模拟过程、设计设备和确定关键操作条件的值。

## 计算内容：

物料和能量衡算、过程的设备参数、设备和工厂费用预算及经济评价。

## 流程模拟软件

Aspen;

Pro II;

VMGSim; VMGThermo;

ChemCAD;

## 一、AspenONE 工程与创新解决方案

由 Aspen Tech 公司开发。可为一工程项目从规划与设计，到操作与工艺改进，以及管理过程资产提供最佳解决方案。

## Aspen Plus

是生产装置设计、稳态模拟和优化的大型通用流程模拟工具，可用于化学化工、医药、石油化工等多种工程领域的工艺流程模拟、装置性能监控、优化。

利用其可以回归试验数据；用简单的设备模型初步设计流程；用详细的设备模型严格计算物料平衡、能量平衡；确定主要设备大小；在线优化完整的工艺装置。

## 学习 Aspen Plus 必备知识：

化工原理：化工过程的单元操作。

热力学方法：物性计算方法。

化工系统工程：如何对化工系统进行建模，分析、求解。

如果要求简单掌握，只需前两方面的知识即可。如果要求深入掌握，则须具备化工系统工程方面的知识。

Aspen Plus 的计算是最精确的，数据库的建设也是最完善的。不过由于它考虑的方面非常全面，所以学起来比较费劲。

## Aspen HYSYS

面向油气生产、气体处理和炼油工业的模拟、设计、性能监测的流程模拟工具。原为加拿大 Hyprotech 公司的产品。2002.5 与 Aspen Tech 合并，HYSYS 成为 Aspen 工程套件的一部分。为工程师进行工厂设计、性能监测、故障诊断、操作改进、业务计划和资产管理提供了建立模型



的方便平台。

Polymers Plus

Aspen Plus Optimizer

## 二、PRO/II

PRO/II 流程模拟程序由美国SIMSCI公司开发。广泛地应用于化学过程的严格的质量和能量平衡；PRO/II拥有完善的物性数据库、强大的热力学计算系统以及40多种单元操作模块；PRO/II适用于：油/气加工、炼油、化工、化学、工程和建筑、聚合物、精细化工/制药等行业，要用来模拟设计新工艺、评估改变的装置配置、改进现有装置、依据环境规则进行评估和证明、消除装置工艺瓶颈、优化和改进装置产量和效益等。

## 三、VMGSim; VMGThermo

### (1) VMGSim

由加拿大VMG集团开发。是性价比最高的流程模拟软件。其把最先进的过程模拟内核与具有强大图形功能的Microsoft Visio及Excel集成在一起。为全球范围内的气体加工行业、炼油行业及化工行业的许多顶级工程公司采用。

### (2) VMGThermo

通用热力学包，计算准确、功能强大，高性价比的流程模拟软件。应用于石油、天然气、石化及化学过程工业及一些专门工艺。可详细预测工艺装置和工厂性能；新装置的设计、优化；老装置的故障诊断。

## 四、ChemCAD

ChemCAD是一个用于对化学和石油工业、炼油、油气加工等领域中的工艺过程进行计算机模拟的应用软件，是工程技术人员用来对连续操作单元进行物料平衡和能量平衡核算的有力工具。使用它，可以在计算机上建立与现场装置吻合的数据模型，并通过运算模拟装置的稳态或动态运行，为工艺开发、工程设计以及优化操作提供理论指导。

ChemCAD涵盖了过程设计、模拟、优化和安全性分析的整套解决方案。规模小，提供的数据库基本能满足一般设计需求，企业应用成本低。

Aspen是智能型的，用于化工领域流程模拟，可用于比较大或长的流程，而且数据库比较全，是开方式的。

HYSYS主要用于炼油。动态模拟是它的优势。

PRO/II可以用于设备核算，流程短，或精馏核算。

一般认为，PRO/II在炼油工业应用更为准确些，因其数据库中也有不少经验数据；而Aspen在化工领域表现更好。

Aspen plus的计算是最精确的，数据库的建设也是最完善的。不过由于它考虑的方面非常全面，所以学起来比较费劲。

ChemCAD的界面操作让人感觉非常简单，使用起来比较顺手。但是数据库不是太大，5.0版本，就只有2000中常用物质的物性数据。

PRO/II介于二者之间。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

### 第 12 讲：

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于发生化

学反应的化工过程能量衡算的步骤及主要有哪些能量类型。(5分钟)

本课程新课首先展示的是流程模拟的概念、计算内容及流程模拟软件,在该部分内容我会向同学们主要介绍两种应用较普遍的模拟软件 Aspen plus 和 ChemCAD,主要是向同学们介绍其主要应用场所,然后结合“三井杯”全国大学生化工设计大赛的具体情况,以及模拟过程及最终模拟结果展示给同学们,让同学们了解模拟软件在设计应用过程中的好处及结果的规范性、数据的完整性。然后展示给同学们的是几个常用的模拟软件的应用领域以及需要先修的一些专业及基础知识,然后比较分析各个软件的优缺点。并请要参加化工设计大赛的做流程模拟的同学给大家介绍其对模拟软件的认识,最后我会向同学们总结第三章需要同学们重点掌握的知识点及本章的三个思考题。

在对化工设计第三章物料衡算与热量衡算(第4节)主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件,计算机在化工设计中的应用(80分钟)

**评讲上一次作业(5分钟)**

对第四周的作业的完成情况及答案思路进行相关的说明。

## 授课过程（第13次课）

授课题目	第四章 设备的工艺设计及化工设备图		授课日期	2022年4月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握化工设备的选用和设计的一般原则；了解流程模拟软件在化工设计中的应用情况。
- (2) 掌握典型化工设备的选用（设计）；

## 【教学重难点】

- (1) 重点：化工设备选用及工艺设计的原则；
- (2) 难点：化工设备的选用。

## 【教学内容】

第一节 化工设备选用及工艺设计的原则

第二节 非定型设备的设计程序

## 化工设备选用及工艺设计的一般原则

化工设备从总体上分为两类：一类称标准设备或定型设备，是成批成系列生产的设备，可以现成买到；一类称非标准设备或非定型设备，是化工过程中需要专门设计的特殊设备。

标准设备有产品目录或样本手册，有各种规格牌号，有不同生产厂家。工艺设计的任务是根据工艺要求，计算并选择某种型号，以便订货。

非标准设备也是化工生产中大量存在的设备，它甚至是化工生产的一种特色。非标准设备工艺设计就是根据工艺要求，通过工艺计算，提出型式、材料、尺寸和其他一些要求。再由化工设备专业进行机械设计，由有关工厂制造。在设计非标准设备时，应尽量采用已经标准化的图纸。

## 选型和工艺设计的原则：

(1) 合理性。即设备必须满足工艺一般要求，设备与工艺流程、生产规模、工艺操作条件、工艺控制水平相适应，又能充分发挥设备的能力。

(2) 先进性。要求设备的运转可靠性、自控水平、生产能力、转化率、收率、效率要尽可能达到先进水平。

(3) 安全性。要求安全可靠、操作稳定、弹性好、无事故隐患。对工艺和建筑、地基、厂房等无苛刻要求；工人在操作时，劳动强度小，尽量避免高温高压高空作业，尽量不用有毒有害的设备附件附料。

(4) 经济性。设备投资省，易于加工、维修、更新，没有特殊的维护要求，运行费用减少。引进先进设备，亦应反复对比报价，考察设备性能，考虑是否易于被国内消化吸收和改进利用，避免盲目性。

总之，要综合考虑合理性、先进性、安全性、经济性的原则，审慎地研究，认真地设计。

## 化工设备的选用

## 一、泵的选用与设计程序

(1) 确定泵型。根据工艺条件及泵的特性，首先决定泵的型式再确定泵的尺寸。从被输送物料的基本性质出发，如物料的温度、粘度、挥发性、毒性、化学腐蚀性、溶解性和物料是否均一等因素来确定泵的基本型式。

(2) 确定选泵的流量和扬程



(3) 确定泵的安装高度。

(4) 确定泵的台数和备用率。按泵的操作台数,一般只设一台泵,在特殊情况下,也可采用两台泵同时操作。输送泥浆或含有固体颗粒及其他杂质的泵和一些重要操作岗位用泵应设有备用泵。对于大型的连续化流程,可适当提高泵的备用率,而对于间歇操作,泵的维修简易,操作很成熟的常常不考虑备用泵。

(5) 校核泵的轴功率。

泵的样本上给定的功率和效率都是用水试验出来的,输送介质不是清水时,应考虑密度、粘度等对泵的流量、扬程性能的影响。

(6) 确定冷却水或驱动蒸汽的耗用量。

(7) 选用电动机。

(8) 填写选泵规格表。

## 二、换热设备的设计和选用

换热器设计的一般原则:

(1) 基本要求。换热器设计要满足工艺操作条件,能长期运转,安全可靠,不泄漏,维修清洗方便,满足工艺要求的传热面积,尽量有较高的传热效率,流体阻力尽量小,还要满足工艺布置的安装尺寸等要求。

(2) 介质流程。何种介质走管程,何种介质走壳程,可按下列情况确定:腐蚀性介质走管程,可以降低对外壳材质的要求;毒性介质走管程,泄漏的几率小;易结垢的介质走管程,便于清洗和清扫;压力较高的介质走管程,这样可以减小对壳体的机械强度要求;温度高的介质走管程,可以改变材质,满足介质要求;粘度较大,流量小的介质走壳程,可提高传热系数。从压降考虑,雷诺数小的走壳程。

(3) 终端温差。换热器的终端温差通常由工艺过程的需要而定。但在工艺确定温差时,应考虑换热器的经济合理和传热效率,使换热器在较佳范围内操作。

(4) 流速。在换热器内,一般希望采用较高的流速,这样可以提高传热效率,有利于冲掉污垢和沉积。但流速过大,磨损严重,甚至造成设备振动,影响操作和使用寿命,能量消耗亦将增加。因此,比较适宜的流速需经过经济核算来确定。

(5) 压力降。压力降一般随操作压力不同而有一个大致的范围。压力降的影响因素较多,但通常希望换热器的压力降在下述参考范围之内或附近。

(6) 传热系数。传热面两侧的传热膜系数  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  如相差很大时,  $\alpha$  值较小的一侧将成为控制传热效果的主要因素,设计换热器时,应设法增大该侧的传热膜系数。计算传热面积时,常以小的一侧为准。

(7) 污垢系数。换热器使用中会在壁面产生污垢,在设计换热器时要慎重考虑流速和壁温的影响。从工艺上降低污垢系数,如改进水质,消除死区,增加流速,防止局部过热等。

(8) 尽量选用标准设计和标准系列。这样可以提高工程的工作效率,缩短施工周期,降低工程投资。

### 管壳式换热器的设计和系列选用

(1) 汇总设计数据、分析设计任务根据工艺衡算和工艺物料的要求、特性,获得物料流量、温度、压力和化学性质、物性参数,取得有关设备的负荷、流程中的地位与流程中其他设备的关系等数据。

(2) 设计换热流程在换热设计时,应将换热的工艺流程仔细探讨,以利于充分利用热量,充分利用热源。

(3) 选择换热器的材质根据介质的腐蚀性能和其他有关性能, 按照操作压力, 温度, 材料规格和制造价格, 综合选择。

(4) 选择换热器类型根据热负荷和选用的换热器材料, 选定某一种类型。

(5) 确定换热器中冷热流体的流向据热载体的性质, 换热任务和换热器的结构, 决定采用并流, 逆流或错流折流等。

(6) 确定和计算平均温差  $\Delta t_m$  确定终端温差, 根据化学工程有关公式, 算出平均温差。

(7) 计算热负荷  $Q$ 、流体给热系数  $\alpha$  可用粗略估计的方法, 估算管内和管间流体的给热系数  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 。

(8) 估计污垢热阻系数并初算出传热系数  $K$  在有关书中已详细叙述, 利用现有各种工艺算图, 将公式和经验汇集在一起, 可以方便地求取  $K$ 。在许多设计工作中,  $K$  常常选取一些经验值, 作为粗算或试算的依据, 许多手册书籍中都罗列出各种条件下的  $K$  的经验值。但经验值所列的数据范围较宽, 应作试算, 并与  $K$  值的计算公式结果参照比较。

(9) 算出总传热面积  $A$ 。

(10) 调整温度差, 再算一次传热面积。在工艺的允许范围内, 调整介质的进出口温度, 或者考虑到生产的特殊情况, 重新计算  $\Delta t_m$ , 并重新计算  $A$  值。

(11) 选用系列换热器。根据两次或三次改变温度算出的传热面积  $A$ , 并考虑有 10%~25% 的安全系数, 确定换热器的选用传热面积  $A$ 。从国家标准系列换热器型号中, 选择符合工艺要求和车间布置 (立式或卧式, 长度) 的换热器, 并确定设备的台数。

(12) 验算换热器的压力降。一般利用工艺算图或由摩擦系数通过化学工程的公式计算。如果核算的压力降不在工艺的允许范围之内, 应重选设备。

(13) 画出换热器设备草图。由设备机械设计人员完成换热器的详细部件设计。

### 三、贮罐容器的选型和设计

#### (一) 贮罐的选择

按使用目的的不同, 可分为贮存容器的计量、回流、中间周转、缓冲、混合等工艺容器。

#### (二) 设计储罐的一般程序

(1) 汇集工艺设计数据。包括物料衡算和热量衡算, 贮存物料的温度、压力, 最大使用压力、最高使用温度、最低使用温度, 腐蚀性、毒性、蒸汽压、进出量、贮罐的工艺方案等。

(2) 选择容器材料。对有腐蚀性的物料可选用不锈钢等金属材料, 在温度压力允许时可用非金属贮罐、搪瓷容器或由钢制压力容器衬胶、搪瓷、衬聚四氟乙烯等。

(3) 容器型式的选用。我国已有许多化工贮罐实现了系列化和标准化。在贮罐型式选用时, 应尽量选择已经标准化的产品。

(4) 容积计算。容积计算是贮罐工艺设计和尺寸设计的核心, 它随容器的用途而异。

(5) 确定贮罐基本尺寸根据物料密度、卧式或立式的基本要求、安装场地的大小, 确定贮罐的大体直径。依据国家规定的设备零部件即筒体与封头的规范, 确定一个尺寸。据此计算贮罐的长度, 核实长径比, 如长径比太大 (即偏长) 或太小 (即偏圆), 应重新调整, 直到大体满意。

(6) 选择标准型号各类容器有通用设计图系列。根据计算初步确定它的直径、长度和容积, 在有关手册中查出与之符合或基本相符的标准型号。

(7) 开口和支座在选择标准图纸之后, 要设计并核对设备的管口。

(8) 绘制设备草图 (条件图), 标注尺寸, 提出设计条件和订货要求选用标准图系列的有关图纸, 应在标准图的基础上, 提出管口方位、支座等的局部修改和要求, 并附有图纸, 作为

订货的要求。

#### 四、塔器的选型与设计

##### (一) 塔型选择基本原则

- (1) 生产能力大，弹性好。
- (2) 满足工艺要求，分离效率高。工艺上要分离的液体有很多特殊要求，如沸点低、难分离、有腐蚀性、有污垢物等，对塔型要慎加选择。
- (3) 运转可靠性高，操作、维修方便。
- (4) 结构简单，加工方便，造价较低。
- (5) 塔压降小。对于真空塔或要求塔压降低的塔来说，压降小的意义更为明显。

##### (二) 填料塔设计程序

(1) 汇总设计参数和物性数据处理。包括全塔的物质平衡，塔的温度、压力，塔内液相和气相的流量，气液相物质的密度、粘度、扩散系数，汽液平衡数据、亨利常数、溶解度数据等；工艺要求包括工艺过程中要求塔分离后物料的纯度、工艺物料衡算中要求塔的产率等。

(2) 选用填料。填料是填料塔内汽—液接触的核心元件。填料类型和填料层的高度直接影响传质效果。因而，选择填料是填料塔设计的一个重要内容。填料选择有下列要求：

- (3) 确定塔径  $D$

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi u}}$$

式中  $V$  —— 气体的体积流量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$U$  —— 操作气速， $\text{m/s}$ 。

(4) 计算填料塔压降。以 Eckert 通用关联图计算填料塔压降，如果超出工艺要求时，应重新估算塔径；也可由  $\Delta p$  通过 Eckert 关联图反求操作气速  $U$ ，再重新计算塔径。为使填料塔能在良好的工况下操作，每米填料层的压降不能太大，一般正常压降  $\Delta p = 147 \sim 490 \text{Pa}$ ，真空操作下  $\Delta p \leq 78.45 \text{Pa}$ 。

(5) 验算。塔内的喷淋密度应按实际塔径验算塔内的喷淋密度是否大于最小喷淋密度。如果喷淋密度太小，将不能保证填料充分润湿，应重新调整计算。

(6) 计算填料层高度  $Z$ 。填料层高度的计算是填料塔设计中重要的一环。有许多计算方法和经验公式，通常采用“传质单元法”和“等板高度法”。

- (7) 计算塔的总高度  $H$

- (8) 塔的其他附件设计和选定

(9) 绘制塔设备结构图，向设备专业提供工艺设计条件绘制塔设备简图，并标注必要的尺寸，注明各管口的位置等。

##### (三) 板式塔设计程序

- (1) 汇总设计参数和物性数据。

(2) 选择板式塔的塔板结构常根据物料特性、分离要求来确定塔板结构。为了便于设备设计和制造，在满足工艺要求条件下，原化工部有关部门将一些塔板结构参数加以系列化，设计时可以直接选用。

- (3) 进行工艺计算
- (4) 塔径计算
- (5) 塔高确定。

- (6) 塔内流体力学核算，作负荷性能图。
- (7) 辅助装置选型设计。
- (8) 绘制塔设备草图和设备设计条件图，包括支承、开口方位、人孔、手孔位置等。

## 五、反应器的选型和设计

### (一) 反应器的设计要点

在反应器设计时，除了通常说的“合理、先进、安全、经济”原则，在落实到具体问题时，考虑下列设计要点：

(1) 保证物料转化率和反应时间。设计者根据物料的转化率和必要的反应时间，在选择反应器型式时，可以作为重要依据；选型以后，可计算反应器的有效容积，确定长径比及其他基本尺寸，决定设备的台件数。

(2) 满足反应的热传递要求。化学反应往往都有热效应，要及时移出或加入适量热量，因此在设计反应器时，要保证有足够的传热面积，并有一套能适应所设计传热方式的有关装置。此外，在设计反应器时还要有一套温度测控系统。

(3) 设计适当的搅拌器或类似作用的机构物料在反应器内接触，应当满足工艺规定的要求，使物料处于湍流的状态，有利于传热传质过程的实现。对于釜式反应器，依靠搅拌器来实现物料流动和混合接触；对于管式反应器，往往由外加动力调节物料的流程和流速。

(4) 注意材质选用和机械加工要求反应釜的材质选用通常都是根据工艺介质有无腐蚀性，或在反应产物中防止铁离子渗入、要求无锈，或要考虑反应器在清洗时可能碰到腐蚀性介质等。此外，选择材质与反应器的反应温度、加热方法有关联，与反应粒子的摩擦程度、摩擦消耗等因素也有关。

### (二) 反应釜设计程序

(1) 确定反应釜操作方式根据工艺流程的特点，确定反应釜是连续操作还是间歇操作。

(2) 汇总设计基础数据工艺计算依据如生产能力、反应时间、温度、装料系数、物料膨胀比、投料比、转化率、投料变化情况以及物料和反应产物的物性数据、化学性质等。

(3) 计算反应釜体积

(4) 确定反应釜设计（选用）体积和台数根据上列计算的反应釜“实际体积”和反应釜台件数。

如系非标准设备的反应釜，则还要决定长径比以后再验算，但可以初步确定为一个尺寸，即将直径确定为一个国家规定的容器系列尺寸。

(5) 反应釜直径和筒体高度、封头确定反应釜直径为  $D$ ，筒高为  $H$ ，长径比为  $r$  ( $r=H/D$ )。

(6) 传热面积计算和校核反应釜最常见的冷却（加热）形式是夹套。在进一步确定反应釜型式和尺寸并经过验算之后，才能最终确定釜型和容积直径及其他基本尺寸。

(7) 搅拌器设计对于搅拌器的选型，一般根据液体粘度、釜的容积、操作目的和主要影响因素来选型。各类文献都有许多选型表格可供参考。

(8) 管口和开孔设计根据工艺要求有进、料口，夹套开孔，釜底釜盖开孔，有关仪器仪表接口，手孔、人孔，备用口等。

(9) 画出反应器设计草图（条件图），或选型型号。

### (三) 固定床反应器设计

对于气固相催化反应的固定床来说，主要问题是催化剂的体积和用量，床层堆积方案、床径和高度，传热面积。通常设计步骤如下。

(1) 汇总物料衡算和物性数据按工艺要求的年生产量算出要求的每小时进料量 ( $V_h$ )。



(2) 计算床体体积根据经验和生产数据, 确定催化剂的时空速率  $U$ , 则催化剂的体积 ( $V_c$ ):

(3) 计算床高和直径假设一个圆整直径, 根据床内有效体积核算床层高度, 再估算催化剂堆积高度, 验算气速, 保证反应的停留时间。如果假设不合理, 重新假设再试算。

(4) 验算流体阻力和传热系数  $K$  流体阻力太大说明床径设计太小, 动力消耗偏大。宁可增加催化剂体积, 而不主张流体阻力偏大, 以免整个系体的操作变得麻烦。传热系数  $K$  值, 经常取某个经验值或中试实测值。

(5) 绘制反应器设计条件图决定床层和床底、床顶的开口方位、标注尺寸等。

**教学方法:** 多媒体教学结合讲授

**第 13 讲:**

**教学具体过程 (90 分钟):**

上课时, 首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容, 先请 1~2 个同学谈谈关于常用的流程模拟软件有哪些及其使用场合。(5 分钟)

本课程新课首先展示的是本章的学习要求、化工设备的分类、选型及工艺设计原则, 在讲解该部分的内容的时候, 首先我会 1~2 个具体的化工过程, 然后引出化工设备, 及在化工设计过程中需要同学们重点掌握的相关知识点, 最后我会结合反应工程及化工原理的相关内容引出单元设备及反应设备, 同时在介绍设备的同时要同学们一定要注意其选用设备的原则方法, 然后结合化工原理课程设计引出标准设备及非标设备, 在该讲解过程中我会给同学们看看一些化工设备的相应平立面及三维图片, 让同学们首先有一个感官认识。

在对化工设计第四章设备的工艺设计及化工设备图 (第 1~2 节) 主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件, 化工设备的选用原则及非定型设备的设计程序 80 分钟)

**作业布置及相关要求 (5 分钟):**

- (1) 选用化工设备应遵循什么原则?
- (2) 化工设备装配图的表达内容是什么?

## 授课过程（第 14 次课）

授课题目	第四章 设备的工艺设计及化工设备图		授课日期	2022 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握化工设备图的绘制和阅读。
- (2) 其他化工设备的选用（设计）。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：化工设备图的绘制和阅读；
- (2) 难点：化工设备图的规范表达。

## 【教学内容】

## 第三节 化工设备图

## 一、化工设备图的基本知识

主要指在化工生产中常用的罐、釜、塔器、换热器、贮槽（罐）等标准和非标准设备。为了能完整、正确、清晰地表达这些化工设备，就必须绘制化工设备图。常用的化工设备图有化工设备总图、装配图、部件图、零件图、管口方位图、表格图及预焊接件图。作为施工设计文件的还有工程图、通用图和标准图。

## (一) 化工设备图的分类

(1) 总图。表示化工设备以及附属装置的全貌、组成和特性的图样。它应表达设备各主要部分的结构特征、装配连接关系、主要特征尺寸和外形尺寸，并写明技术要求、技术特性等技术资料。

(2) 装配图。表示化工设备的结构、尺寸、各零部件间的装配连接关系，并写明技术要求和技术特性等技术资料的图样。

(3) 部件图。表示可拆或不可拆部件的结构形状、尺寸大小、技术要求和技术特性等技术资料的图样。

(4) 零件图。表示化工设备零件的结构形状、尺寸大小、及加工、热处理、检验等技术资料的图样。

(5) 管口方位图。管口方位图是化工工程图中特有的一种图纸，是表示化工设备管口方向位置，管口与支座、地脚螺栓的相对位置的简图。

(6) 表格图。对于那些结构形状相同，尺寸大小不同的化工设备、部件、零件（主要是零部件），用综合列表的方式表达各自的尺寸大小的图样。

(7) 标准图。经国家有关主管部门批准的标准化或系列化设备、部件或零件的图样。

(8) 通用图。经过生产考验，结构成熟，能重复使用的系列化设备、部件和零件的图纸。

## (二) 化工设备图的基本内容

一份完整的化工设备图，除绘有设备本身的各种视图外，尚应有如下基本内容，各栏除“技术要求”用文字说明外，其余均以表格形式列出。

(1) 标题栏。本栏主要为说明本张图纸的主题，包括：设计单位名称，设备（项目）名称，本张图纸名称，图号，设计阶段，比例，图纸张数（共张、第张），以及设计、制图、校核、审核、审定等人的签字及日期。

(2) 明细表。明细表是说明组成本张图纸的各部件的详细，一般格式如下：

(3) 管口表。是将本设备的各管口用英文小写字母自上而下按顺序填入表中，以表明各管口的位置和规格等。

(4) 技术特性表。是化工设备图的一个重要组成部分，它将设备的设计、制造、使用的主要参数（设计压力、工作压力、设计温度、工作温度、各部件的材质、焊缝系数、腐蚀裕度、物料名称、容器类别及专用化工设备的接触物料的特性等）技术特性以列表方式供施工、检验、生产中执行。

(5) 技术要求。一般以文字对化工设备的技术条件，应该遵守和达到的技术指标等，逐条书写清楚，这些技术条件从安全角度出发，要求也较严格；

(6) 其他

(7) 注。常写在技术要求的下方。用来补充说明技术要求范围外，但又必须作出交待的问题。

## 二、化工设备图的表达特点

### (一) 化工设备的基本结构特点

(1) 基本形体以回转体为主。化工设备多为壳体容器，要求承压性能好，制作方便、省料。因此其主体结构如筒体、封头等，以及一些零部件（人孔、手孔、接管等）多由圆柱、圆锥、圆球和椭球等构成。

(2) 各部结构尺寸大小相差悬殊。设备的总高（长）与直径、设备的总体尺寸（长、高及直径）与壳体壁厚或其他细部结构尺寸大小相差悬殊。大尺寸大至几十米，小的只有几毫米。

(3) 壳体上开孔和管口多。化工设备壳体上，根据化工工艺的需要，有众多的开孔和管口，如进（出）料口、放空口、清理孔、观察孔、人（手）孔以及液面、温度、压力，取样等检测口。

(4) 广泛采用标准化零部件。化工设备中较多的通用零部件都已标准化、系列化，如封头、支座、管法兰、设备法兰、人（手）孔、视镜、液面计、补强圈等。一些典型设备中部分常用零部件如填料箱、搅拌器、波形膨胀节、浮阀及泡罩等也有相应的标准。在设计时可根据需要直接选用。

(5) 采用焊接结构多。化工设备中较多的零部件如筒体、支座、人（手）孔等都是焊接成形的。零部件间的连接，如筒体与封头，筒体、封头与设备法兰、壳体与支座、人（手）孔、接管等大都采用焊接结构。焊接结构多是化工设备一个突出的特点。

(6) 对材料有特殊要求化工设备的材料除考虑强度、刚度外，还应当考虑耐腐蚀、耐高温、耐高压、高真空、因此，常使用碳钢、合金钢、有色金属、稀有金属及非金属材料作为结构材料或衬里材料，以满足各种设备的特殊要求。

(7) 防泄漏安全结构要求高在处理有毒、易燃、易爆的介质时，要求密封结构好，安全装置可靠，以免发生“跑、冒、滴、漏”及爆炸。因此，除对焊缝进行严格的检验外，对各连接面的密封结构提出了较高要求。

### (二) 化工设备图的视图表达特点

(1) 视图配置灵活由于化工设备的主体结构多为回转体，其基本视图常采用两个视图。

(2) 细部结构的表达方法由于化工设备的各部分结构尺寸相差悬殊，按缩小比例画出的基本视图中，很难兼顾到把细部结构也表达清楚。因此，化工设备图中较多的使用了局部放大图和夸大画法来表达这些细部结构并标注尺寸。

(3) 断开画法、分段画法及整体图。对于过高或过长的化工设备，如塔、换热器及贮罐等，为了采用较大的比例清楚地表达设备结构和合理地使用图幅，常使用断开画法，即用双点划线



将设备中重复出现的结构或相同结构断开，使图形缩短，简化作图。

(4) 多次旋转的表达方法。化工设备壳体上分布有众多的管口、开口及其他附件，为了在主视图上表达它们的结构形状及位置高度，可使用多次旋转的表达方法。

(5) 管口方位的表达方法。化工设备壳体上众多的管口和附件方位的确定，在安装、制造等方面都是至关重要的，为将各管口的方位表达清楚，在化工设备中用基本视图和一些辅助视图将其基本结构形状表达清楚。

(6) 简化画法。在绘制化工设备图时，为了减少一些不必要的绘图工作量，提高绘图效率，在既不影响视图正确、清晰地表达结构形状，又不致使读图者产生误解的前提下，大量地采用了各种简化画法。

(7) 化工设备镀涂层和衬里剖面的画法

### 三、化工设备图的尺寸分析及标注

化工设备图的尺寸标注，与一般机械装配图基本相同，需要标注一组必要的尺寸反映设备的大小规格、装配关系、主要零部件的结构形状及设备的安装定位，以满足化工设备制造、安装、检验的需要。与一般机械装配图比较，化工设备的尺寸数量稍多，有的尺寸较大，尺寸精度要求较低，允许注成封闭尺寸链（加近似符号~）。总之，化工设备的尺寸标注，除遵守《机械制图》GB4458.4-84 中的规定外，还可结合化工设备的特点，使尺寸标注做到完整、清晰、合理。

#### (一) 尺寸分析化工设备图上需要标注的尺寸有如下几类：

(1) 规格性能尺寸反映化工设备的规格、性能、特征及生产能力的尺寸。如贮罐、反应罐内腔容积尺寸、换热器传热面积尺寸等。

(2) 装配尺寸反映零部件间的相对位置尺寸，它们是制造化工设备时的重要依据。如设备图中接管间的定位尺寸，接管的伸出长度尺寸，罐体与支座的定位尺寸，塔器的塔板间距，换热器的折流板、管板间的定位尺寸等。

(3) 外形尺寸表达设备的总长、总高、总宽（或外径）尺寸。这类尺寸较大，对于设备的包装、运输、安装及厂房设计，是必要的依据。

(4) 安装尺寸化工设备安装在基础或其他构件上所需要的尺寸，如支座、裙座上的地脚螺栓的孔径及孔间定位尺寸等。

(5) 其他尺寸

#### (二) 化工设备图的尺寸标注

化工设备图的尺寸标注，首先应正确地选择尺寸基准，然后从尺寸基准出发，完整、清晰、合理地标注上述各类尺寸。

### 四、化工设备图的绘制

化工设备图的绘制有两种方法：一是对已有设备进行测绘，这种方法主要应用于仿制已有设备或对现有设备进行革新改造。二是依据化工工艺人员提供的“设备设计条件单”进行设计和绘制。前一种方法与机械制图基本相同。

#### (一) 化工设备图的视图选择

与绘制机械装配图相同，在着手绘制化工设备图之前，首先应确定其视图表达方案，包括选择主视图，确定视图数量和表达方法。在选择设备的视图方案时，应考虑到化工设备的结构特点和图示特点。

(1) 选择主视图，拟定表达方案首先应确定主视图，一般应按设备的工作位置选择，并使主视图能充分表达其工作原理、主要装配关系及主要零部件的形状结构。

(2) 确定其他基本视图主视图确定后,应根据设备的结构特点,确定基本视图数量及选择其他基本视图,用以补充表达设备的主要装配关系、形状、结构。

(3) 选择辅助视图和各种表达方法根据化工设备的结构特点,多采用局部放大图,局部视图及剖视、剖面等表达方法来补充表达基本视图的不足,将设备各部分的形状结构表达清楚。

## (二) 化工设备图的绘制方法及步骤

视图表达方案确定后,就可按下述步骤着手绘制。

(1) 确定绘图比例、选择图幅、布图按照设备的总体尺寸确定绘图比例,绘图比例一般应选用国家标准“机械制图”规定的比例。

(2) 画图依据选定的视图表达方案,先画出主要基准线,如插图中要先画出主视图中简体与封头的中心线及左视图的中心线。

(3) 尺寸的标注除视图之外,还须在图纸上标注尺寸和焊缝代号。

(4) 编写零部件序号和管口符号组成设备的各零部件(包括薄衬层、厚衬层、厚涂层等)均需编号。设备中同一零部件编成同一件号,组合件编为一个件号。零部件件号用阿拉伯数字编写,尽量编排在主视图上,一般由主视图的左下方开始,按顺时针连续注出,在垂直和水平方向排列整齐。

(5) 填写明细栏和接管表

(6) 填写技术特性表、编写技术要求、填标题栏

## 五、化工设备图的阅读

(一) 化工设备图读图的基本要求通过对化工设备图样的阅读,应达到以下方面的基本要求:

- ①了解设备的性能,作用和工作原理;
- ②了解各零件之间的装配关系和各零部件的装拆顺序;
- ③了解设备各零部件的主要形状、结构和作用、进而了解整个设备的结构;
- ④了解设备在设计、制造、检验和安装等方面的技术要求。

化工设备图的阅读方法和步骤与阅读机械装配图基本相同,应从概括了解开始,分析视图、分析零部件及设备的结构。在读总装配图对一些部件进行分析时,应结合其部件装配图一同阅读。在读图过程中应注意化工设备图所独特的内容和图示特点。

(二) 阅读化工设备图的方法和步骤

### 1. 概括了解

(1) 看标题栏通过标题栏,了解设备名称、规格、材料、重量、绘图比例等内容。

(2) 看明细栏、接管表、技术特性表及技术要求等了解设备零部件和接管的名称、数量。对照零部件序号和管口符号在设备图上查找到其所在位置。了解设备在设计、施工方面的要求。

(3) 对视图进行分析了解表达设备所采用的视图数量和表达方法,找出各视图、剖视等的位置及各自的表达重点。

### 2. 视图分析

从设备图的主视图入手,结合其他基本视图,详细了解设备的装配关系、形状、结构、各接管及零部件方位。并结合辅助视图了解各局部相应部位的形状、结构的细节。

### 3. 零部件分析

按明细表中的序号,将零部件逐一从视图中找出,了解其主要结构、形状、尺寸、与主体或其他零部件的装配关系等。对组合体应从其部件装配图中了解其结构。

### 4. 设备分析

通过对视图和零部件的分析、对设备的总体结构全面了解,并结合有关技术资料,进一步

了解设备的结构特点、工作原理和操作过程等内容。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 14 讲：**

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请1~2个同学谈谈关于化工设备选用及工艺设计的原则。（5分钟）

本课程新课首先展示的是化工设备图样的分类（8类），在介绍该内容时，我会主要就总图、装配图、管口方位图及通用图等相关内容展开进行介绍，并展示一些类型的工程图样；接着展示给同学们的是化工设备图的基本知识，主要介绍图纸幅面（GB/T14689—2008）、比例、文字、符号及代号的字体，在介绍该部分内容时我会结合化工原理课程设计的手工图纸的具体问题让同学们一定要注意绘图的规范性及一定要弄清楚每一设计图样的具体功能及规范表达；然后我会向同学们介绍化工设备图的基本内容（5个），在讲解该部分内容时，我会主要就标题栏、明细栏、管口表、技术特性表及技术要求格式的规范性及内容填写的规范性进行讲解；然后展示给同学们的是化工设备图的表达特点，该部分内容主要介绍**化工设备的基本结构特点及化工设备图的视图表达特点**，在该部分内容我会主要介绍其视图表达特点（视图配置灵活、细部结构的表达、断开画法、分层画法及整体图、多次旋转的表达方法、管口方位的表达方法、简化画法）进行相关的讲解及图样展示；接着介绍的是化工设备图的尺寸分析及标注（主要有六类需要标注的尺寸），在介绍该部分内容时，我会就一张典型的设备图样来进行相关尺寸标注的讲解；最后是设备图样的绘制及阅读进行介绍，我会就视图的选择、绘制方法及步骤、读图的基本要求、读图的方法和步骤进行相关的讲解，过程中展示一两个图样进行具体的讲解。

在上课的过程中，我会用下图来给同学们讲解化工设备图的基本内容及表达方法：

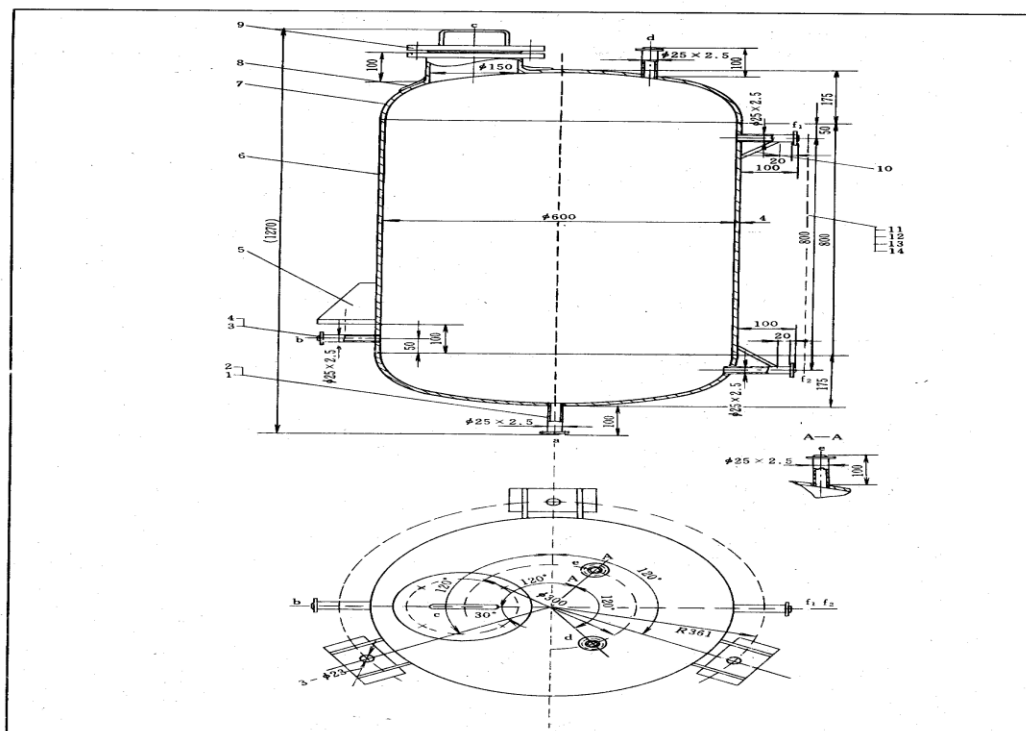


图 4-2 化工设备图

在对化工设计第四章设备的工艺设计及化工设备图（第3节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，化工设备图 80 分钟）

**评讲上一次作业（5 分钟）**

对第五周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明。

## 授课过程（第 15 次课）

授课题目	第四章 设备的工艺设计及化工设备图		授课日期	2022 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握用 PVCAD 绘制化工设备图的方法和步骤；
- (2) 进一步掌握化工设备的选用（设计）；

## 【教学重难点】

- (1) 重点：设备的选型设计；
- (2) 难点：如何正确选择各种标准和规范，填写标准零部件的尺寸数据。

## 【教学内容】

第四设备工艺及设备图的计算机辅助设计

## 讨论设备的选型

定型（标准）设备的选择

(1) 运转设备要按其负荷和规定的工艺条件进行选型；静止设备应计算其主要参数，再结合有关工艺参数进行选型。

(2) 考虑设备生产能力时，如果不能选到能力完全对口的设备，可按偏高的选用；如果工厂近期要发展，可按工厂发展要求选配。

(3) 设备工艺条件的考虑。有些设备应从偏高一个等级选用。

## 主要就换热的选用

换热器选用的一般原则：

(1) 基本要求。换热器设计要满足工艺操作条件，能长期运转，安全可靠，不泄漏，维修清洗方便，满足工艺要求的传热面积，尽量有较高的传热效率，流体阻力尽量小，还要满足工艺布置的安装尺寸等要求。

(2) 介质流程。何种介质走管程，何种介质走壳程，可按下列情况确定：腐蚀性介质走管程，可以降低对外壳材质的要求；毒性介质走管程，泄漏的几率小；易结垢的介质走管程，便于清洗和清扫；压力较高的介质走管程，这样可以减小对壳体的机械强度要求；温度高的介质走管程，可以改变材质，满足介质要求；粘度较大，流量小的介质走壳程，可提高传热系数。从压降考虑，雷诺数小的走壳程。

(3) 终端温差。换热器的终端温差通常由工艺过程的需要而定。但在工艺确定温差时，应考虑换热器的经济合理和传热效率，使换热器在较佳范围内操作。

(4) 流速。在换热器内，一般希望采用较高的流速，这样可以提高传热效率，有利于冲掉污垢和沉积。但流速过大，磨损严重，甚至造成设备振动，影响操作和使用寿命，能量消耗亦将增加。因此，比较适宜的流速需经过经济核算来确定。

(5) 压力降。压力降一般随操作压力不同而有一个大致的范围。压力降的影响因素较多，但通常希望换热器的压力降在下述参考范围之内或附近。

(6) 传热系数。传热面两侧的传热膜系数  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  如相差很大时， $\alpha$  值较小的一侧将成为控制传热效果的主要因素，设计换热器时，应设法增大该侧的传热膜系数。计算传热面积时，常以小的一侧为准。

(7) 污垢系数。换热器使用中会在壁面产生污垢，在设计换热器时要慎重考虑流速和壁温



的影响。从工艺上降低污垢系数，如改进水质，消除死区，增加流速，防止局部过热等。

(8) 尽量选用标准设计和标准系列。这样可以提高工程的工作效率，缩短施工周期，降低工程投资。

### 管壳式换热器的设计和系列选用

(1) 汇总设计数据、分析设计任务根据工艺衡算和工艺物料的要求、特性，获得物料流量、温度、压力和化学性质、物性参数，取得有关设备的负荷、流程中的地位与流程中其他设备的关系等数据。

(2) 设计换热流程在换热设计时，应将换热的工艺流程仔细探讨，以利于充分利用热量，充分利用热源。

(3) 选择换热器的材质根据介质的腐蚀性能和其他有关性能，按照操作压力，温度，材料规格和制造价格，综合选择。

(4) 选择换热器类型根据热负荷和选用的换热器材料，选定某一种类型。

(5) 确定换热器中冷热流体的流向据热载体的性质，换热任务和换热器的结构，决定采用并流，逆流或错流折流等。

(6) 确定和计算平均温差  $\Delta t_m$  确定终端温差，根据化学工程有关公式，算出平均温差。

(7) 计算热负荷  $Q$ 、流体给热系数  $\alpha$  可用粗略估计的方法，估算管内和管间流体的给热系数  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 。

(8) 估计污垢热阻系数并初算出传热系数  $K$  在有关书中已详细叙述，利用现有各种工艺算图，将公式和经验汇集在一起，可以方便地求取  $K$ 。在许多设计工作中， $K$  常常选取一些经验值，作为粗算或试算的依据，许多手册书籍中都罗列出各种条件下的  $K$  的经验值。但经验值所列的数据范围较宽，应作试算，并与  $K$  值的计算公式结果参照比较。

(9) 算出总传热面积  $A$ 。

(10) 调整温度差，再算一次传热面积。在工艺的允许范围内，调整介质的进出口温度，或者考虑到生产的特殊情况，重新计算  $\Delta t_m$ ，并重新计算  $A$  值。

(11) 选用系列换热器。根据两次或三次改变温度算出的传热面积  $A$ ，并考虑有 10%~25% 的安全系数，确定换热器的选用传热面积  $A$ 。从国家标准系列换热器型号中，选择符合工艺要求和车间布置（立式或卧式，长度）的换热器，并确定设备的台数。

(12) 验算换热器的压力降。一般利用工艺算图或由摩擦系数通过化学工程的公式计算。如果核算的压力降不在工艺的允许范围之内，应重选设备。

(13) 画出换热器设备草图。由设备机械设计人员完成换热器的详细部件设计。

### 热交换网络及能量管理

一个化工生产过程的流程中，经常需要加热或冷却许多流股，最简单的方案是按各流股的质量流速、热负荷、进出口温度要求，分别引入外部热源或外部冷源，即用热水、蒸汽加热或用冷却水、冷冻液冷却。这种设计虽简单，设备投资费较少，但热力学效率常常是很低，能耗较大，显然是不经济。同时，一个化工流程的内部，有一些较高温的流股需要被冷却，而一些较低温的流股需要被加热，所以可以考虑将这些流股搭配起来，在流程内部用需要被冷却的较高温的流股来加热需要热量的低温的流股，可以实现能量的有效利用，从而节约了能量源，降低成本。

减少流程对外界热源和冷源的需求，尽量使用流程内部的冷热流股互相搭配，以达到节约能源的目的。热交换网络的合成方法，早在20世纪70年代，Ponton和Nishia曾提出试探法，80年代末英国人（UMIST）Linnhoff又发明了窄点法，以后随着计算机应用的迅速发展，人工智

能技术也被应用到热交换网络合成领域，如专家系统、神经网络模型等。

在诸多的热交换网络合成方法中，由于Linnhoff的**窄点技术**具有较强的实用性，至今已经被广泛的采用。

### 基本概念及热交换系统表示方法

#### (1) 换热网络的名词及假设

热流：热交换网络内，那些需要由起始温度冷却到目标温度的流股；

冷流：热交换网络内，那些需要由起始温度被加热到目标温度的流股。

#### 假设：

冷热流股逆流换热，采用对数平均温差计算总传热量；

各冷热流股的热容 $C_p$ 值在换热温度范围内不随温度而变。

#### (2) 热交换网络的表示方法：

线、圈表示法；矩阵表示法；温度-焓图表示法；网络图表示法

列表方法的优点：准确可靠，简单问题可手工计算，复杂问题可借助专门的热交换网络计算软件进行计算。

#### 最大回收能量（最节能）的热交换网络设计原则：

(1) 换热网络内温度高于窄点的流股，只要其温度变化范围在窄点以上，就不能引入外界冷源来进行冷却，而应该用系统内流股与之搭配（或引入外界热源）；

(2) 换热网络内温度低于窄点的流股，只要其温度变化范围在窄点以下，就不能引入外界热源来进行加热，而应该用系统内流股与之搭配（或引入外界冷源）；

化工过程能量管理的目的——节约有效能

#### 在实际化工流程组织与设计时，掌握以下基本原则：

(1) 尽量利用流程中的反应热（放热反应）产生的热流股来对需要加热的冷流股和设备进行加热；

(2) 在技术可行的前提下，尽量利用品位接近的流股相互搭配换热；

(3) 流程中一些耗能设备，在工艺可行的前提下，可以考虑共用问题。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

### 第 15 讲：

#### 教学具体过程（90 分钟）：

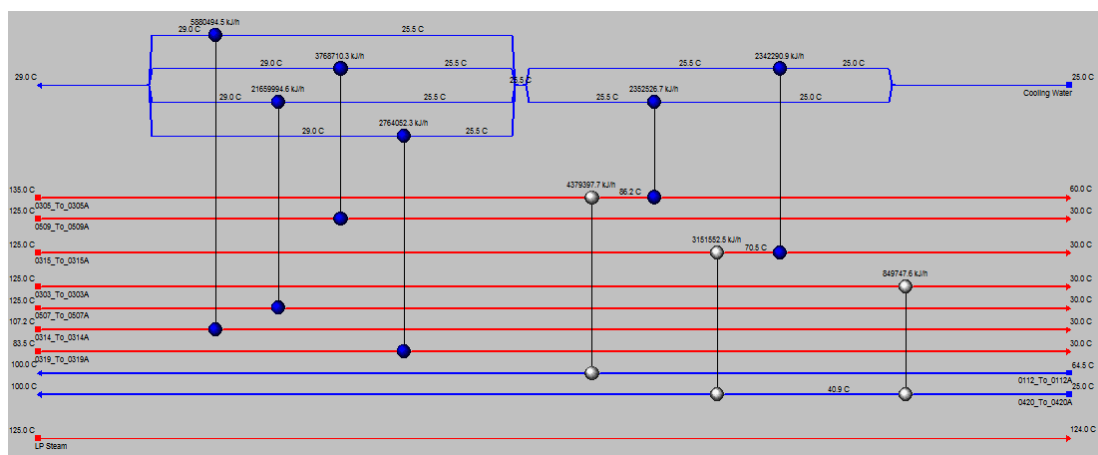
上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工设备图的主要内容及标注。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是对于一个具体的换热器在设计时需要给出哪些相应的设计条件，给同学们 5~10 分钟讨论，然后请 1~2 个同学对该问题进行解答，然后我会进行相关的补充说明；接着展示给大家的是：如何具体设计和选择一个适宜的换热器来完成相应的设计任务，我也会给同学们 5~10 分钟进行讨论，然后请 2~3 个同学来进行具体的解答该问题，然后我会对该问题进行一些补充及在设计中容易忽略的问题进行讲解。（40 分钟）。

由于学校没有相关的设备设计软件我会就当前常用的SailorCAM及PVCAD进行一个简单的介绍，然后补充一种关于能量的有效利用设计方法（换热集成网络）进行初步的介绍，首先介绍相关的设计术语及热交换网络的表示方法（大致有4种方法），然后就其设计原则进行相关的介绍，最后列举“三井杯”化工设计大赛的利用换热集成网络设计得到的设计结果进行分析说明其能量的有效利用情况。（40分钟）



在上课的过程中，我会用下图来向同学们讲解换热网络设计过程及结果表达：



在第一节课结束前，我会告知同学们，下一节课为讨论课，讨论的主题为设备的选型，希望大家做好准备。在第二节课上课的时候，我会把全选课班分成五个小组，然后分别就其在做课程设计的过程中是怎么就设备进行选型及查阅了那些相关的参考资料及选型的原则进行大讨论，时间为 15min，讨论结束后，我会请每个小组委派一个代表来介绍其导论的具体结果，时间为 5min 左右，最后在所有各组的代表发言后，我会用 5min 左右的时间总结讨论结果，及补充其就设备选型没有考虑到的具体内容。

在对化工设计第四章设备的工艺设计及化工设备图（第 4 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，设备工艺及设备图的计算机辅助设计。

**作业布置及相关要求（5 分钟）：**

- (1) 化工设备图中的明细表、管口表的作用分别是什么？
- (2) 化工设备图中标注的尺寸有哪些？

## 授课过程（第16次课）

授课题目	第五章 车间布置设计		授课日期	2022年4月 日	
授课班级	2019级工艺4、5、6班；能化1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

### 【教学目标】

- (1) 掌握车间布置设计的内容和程序；
- (2) 了解土建基础知识。

### 【教学重难点】

- (1) 重点：车间平面布置、车间设备布置；
- (2) 难点：车间设备布置的方法。

### 【教学内容】

- 第一节 车间布置设计的概述
- 第二节 车间设备布置设计
- 第三节 典型设备的布置方案

## 一、车间布置设计的程序、内容及相互关系

在完成初步设计工艺流程图和设备选型之后，进一步的工作就是将各工段与各设备按生产流程在空间上进行组合、布置，并用管道将各工段和各设备连接起来。前者称车间布置，后者称管道布置（配管设计）。这两者是分别进行的，但有时要综合起来，故统称布置设计。

### （一）车间布置初步设计

车间布置初步设计的最后成果是一组平（剖）面布置图（初）或一组布置模型加有关照片。

### （二）车间布置施工图设计

车间布置施工图设计的最后成果是最终的车间布置平（剖）面图，这是工艺提供给其他专业的基本设计条件。它给土建业提供建筑结构的尺寸和标高；设备支脚、操作平台、楼梯、通道、道路的位置与要求；防火、防爆、防腐和物料及设备运输要求。它给设备设计部门提供容器与换热器的支脚形式与位置，管口方位等。对电气和仪表专业提供配电室，控制室位置，电器及仪表的安装位置，电缆走向，开关板和仪表屏位置等。

### （三）管道布置设计

简单的小型车间可以直接在设备图上进行管道布置，一般规模较大和较复杂的车间应在配管模型上进行三度空间的配管。管道布置的最后成果是：①经过补充和校核的车间布置平（剖）面图，供设备安装；②管道布置图或配管模型加管段图，供管道预制与安装。

## 二、车间布置设计的内容

车间布置设计的内容可分为车间厂房布置和车间设备布置。

车间厂房布置是对整个车间各工段、各设施在车间场地范围内，按照它们在生产中和生活中所起的作用进行合理的平面和立面布置。

设备布置是根据生产流程情况及各种有关因素，把各种工艺设备在一定的区域内进行排列。在设备布置中又分为初步设计和施工图设计两个阶段，每一个设计阶段均要求平面和剖面布置。车间布置设计中的两项内容是相互联系的，在进行车间平面布置时，必须以设备布置草图为依据，以此为条件，对车间内生产厂房、辅助厂房及其所需的面积进行估算。

## 三、车间布置的依据

### （一）常用的设计规范和规定

主要设计规范和规定的名称，详细内容见《化工工艺设计手册》及有关的标准和规范。

## (二) 基础资料

- (1) 对初步设计需要带控制点工艺流程图，对施工图设计需要管道仪表流程图；
- (2) 物料衡算数据及物料性质（包括原料、中间体、副产品、成品的数量及性质，三废的数据及处理方法）；
- (3) 设备一览表（包括设备外形尺寸、重量、支撑形式及保温情况）；
- (4) 公用系统耗用量，供排水、供电、供热、冷冻、压缩空气、外管资料；
- (5) 车间定员表（除技术人员、管理人员、车间化验人员、岗位操作人员外，还包括最大班人数和男女比例的资料）；
- (6) 厂区总平面布置图（包括本车间同其他生产车间、辅助车间、生活设施的相互联系，厂内人流物流的情况与数量）。

## 四、车间布置设计的原则

- (1) 最大限度地满足工艺生产包括设备维修的要求。
- (2) 有效地利用车间建筑面积（包括空间）和土地。
- (3) 要为车间的技术经济指标、先进合理以及节能等要求创造条件。
- (4) 考虑其他专业对本车间布置的要求。
- (5) 要考虑车间的发展和厂房的扩建。
- (6) 车间中所采取的劳动保护、防腐、防火、防毒、防爆及安全卫生等措施是否符合要求。
- (7) 本车间与其他车间在总平面图上的位置合理，力求使它们之间输送管线最短，联系最方便。
- (8) 考虑建厂地区的气象、地质、水文等条件。
- (9) 流物流不能交错。

## 五、车间布置设计的组织和程序

### (一) 车间布置设计的组织

在进行车间布置设计时，各类专业人员须分工协作。工艺专业进行车间布置时，要考虑土建、仪表、电气、暖通等专业与机修、安装、操作等各方面的需要；上述各专业也同时提出各自对车间布置的要求。

按照国内目前的作法，化工工艺设计主要有流程设计、工艺计算（物料与热量衡算）、设备的工艺设计、车间布置和管道布置五个部分，都由工艺设计人员进行。

### (二) 车间布置设计的程序

(1) 车间布置初步设计根据带控制点工艺流程图及设备一览表、物料贮存运输、生产辅助及生活行政等要求，结合布置规范及总图设计资料等，进行初步设计。最后结果是画出车间布置初步设计的平（剖）面图。

#### (2) 管道仪表流程设计

根据第1项的初步设计和操作要求，进行管道仪表流程设计。确定设备与仪表安装要求。PI流程图与带控制点的工艺流程图的主要区别在于：它不仅更为详细地描绘了本车间的全部生产过程，而且着重表达全部管道的连接关系，按照连接关系所划分的“管段”，以及测量、控制、调节等的全部手段。

车间布置初步设计和管道仪表流程设计有着密切关系，前项是后项的前提，后项对前项又予以修正补充。

#### (3) 车间布置施工图设计

工艺专业与所有专业协商,进行布置的研究,车间布置初步设计和管道仪表流程设计两项是研究的基本资料。安排管道、仪表、电气管路的走向,确定管廊位置。

车间布置(施)的最后成果是绘制车间布置平(剖)面图,这是工艺专业提供给其他专业(土建、设备设计、电气仪表等)的基本技术条件。

### 化工建筑的基本知识

车间布置设计和配管设计与土建设计有密切的关系,化工设计人员经常与土建设计人员打交道,为了与土建专业设计人员有共同语言,现将土建方面的基本知识介绍于后。

#### 一、建筑物的构件

组成建筑物的构件有:地基、基础、墙、柱、梁、楼板、屋顶、隔墙、楼梯、门、窗及天窗等。

##### (1) 地基

建筑物的下面,支承建筑物重量的全部土壤称为地基。地基必须具有必要的强度(地耐力)和稳定性,才能保证建筑物的正常使用和耐久性。

##### (2) 基础

基础是建筑物的下部结构,埋在地面以下,它的作用是支承建筑物,并将它的荷载传到地基土去。建筑物的可靠性与耐久性,往往取决于基础的可靠性与耐久性。

##### (3) 墙

墙按材料分有:普通砖墙、石墙、混凝土墙及钢筋混凝土墙等。按墙的位置可分为外墙和内墙,外墙除承重要求外(也有不承重的外墙),还起围护和保温等作用。按使用情况可分为承重墙、不承重墙、隔墙及防爆墙等。

##### (4) 柱

柱是建筑物中垂直受力的构件,靠柱传递荷载到基础土去。按材料可分为木柱、砖柱、钢柱和钢筋混凝土柱等。化工厂中常用的是钢筋混凝土柱及砖柱,按柱的截面形状分有圆形、方形、矩形、工字形等。按柱所处的位置可分为外柱及内柱。

##### (5) 梁

梁是建筑物中水平受力构件,它与承重墙、柱等垂直受力构件组合成建筑结构的空间体系。梁不仅起着承受荷载和传递荷载的作用,而且起着联系各构件的作用。增加建筑物的刚性和整体性梁有屋面梁、楼板梁、平台梁、过梁、圈梁、连系梁、基础梁及吊车梁等。

##### (6) 楼板

楼板是将建筑物分层的水平间隔,它的上表面为楼面,底面为下层的顶棚(天花板)。

##### (7) 屋顶

屋顶的作用主要是保护建筑物的内部,防止雨雪及太阳辐射的侵入,使雪水汇集并排出,保持建筑物内部的温度等。

##### (8) 地面

地面是厂房建筑中的一个重要组成部分,由于车间生产及操作的特殊性,要求地面防爆、耐酸碱腐蚀、耐高温等,同时还有卫生及安全方面的要求。

##### (9) 门

为了组织车间运输及人流、设备的进出、车间发生事故时安全疏散等,设计中应合理地布置门。按开关的方式分,有开关门、推拉门、弹簧门、升降门和折叠门等。按用途分,有普通门、车间大门、防火门及疏散用门等。

##### (10) 窗

为了保证建筑物采光和通风的要求，通常都设置侧窗，只有在特殊情况下才采用人工采光和机械通风。为了排除车间中有毒和高温气体，窗的面积不宜太小，窗的类型有木窗、合金窗和塑窗等（按开关方式分，有开关窗、推窗、翻窗和固定窗）。

#### （11）楼梯

楼梯是多层房屋中垂直方向的通道，因此，设计车间时应合理地安排楼梯的位置。按使用的性质可分为主要楼梯、辅助楼梯和消防楼梯。

### 二、建筑物的结构建筑物的结构有砖木结构、混合结构、钢筋混凝土结构和钢结构等。

（1）钢筋混凝土结构由于使用上的要求，需要有较大的跨度和高度时，最常用的就是钢筋混凝土结构形式，一般跨度为12~24m。钢筋混凝土结构的优点：强度高，耐火性好，不必经常进行维护和修理，与钢结构比较可以节约钢材，化工厂经常采用钢筋混凝土结构。缺点：自重较大，施工比较复杂。

#### （2）钢结构

钢结构房屋的主要承重结构件如屋架梁柱等都是用钢材制成的。优点：制作简单，施工较快；缺点：金属用量多，造价高并须经常进行维修保养。

#### （3）混合结构

混合结构一般是指用砖砌的承重墙，而屋架和楼盖则用钢筋混凝土制成的建筑物。这种结构造价比较经济，能节约钢材、水泥和木材，适用于一般没有很大荷载的车间，它是化工厂经常采用的一种结构形式。

#### （4）砖木结构

砖木结构是用砖砌的承重墙，而屋架和楼盖用木材制成的建筑物。这种结构消耗木材较多，对易燃易爆有腐蚀的车间不适合，化工厂很少采用。

### 三、厂房建筑的图示内容

（1）建筑物的视图表达建筑物正面外形的主视图称为正立面图，侧视图称为左或右侧立面图。将正立面图或侧立面图画成剖视图时，一般将垂直的剖切平面通过建筑物的门、窗。这种立面上的剖视图称为剖面图。

#### （2）绘制建筑图应注意的问题

①凡未被剖切的墙、墙垛、梁、柱和楼板等结构的轮廓，都用细实线画出；被剖切后的剖面轮廓则用较粗的实线画出。

②厂房建筑图中的墙、柱或墙垛，一般用点划线画出它们的定位轴线并编号。平面图上的纵向定位轴线，应按水平方向从左至右顺次用阿拉伯数字编号；横向的定位轴线，则按垂直方向由下而上顺次用大写英文字母编号。在立面图和剖面图上，一般只画出建筑物最外侧的墙或柱的定位轴线，并注写编号。轴线编号一般排列在图面的下方和左方。

③建筑物各层楼、地面和其他构筑物相对于某一基准面的高度，称为“标高”，高数值以米（m）为单位，一般标注至小数点以后第三位。

④基准面。例如某层的楼、地面，某标高为零，并标注为±0.000。高于基准面的标高为正，但标高数字前后一律不加正号；低于基准面的标高为负，负数标高数字前，则应加负号。

### 四、化工建筑的特殊要求

#### （1）厂房的整体布置

根据生产规模和生产特点以及厂区面积、厂区地形、地质等条件考虑厂房的整体布置，采用分离式或集中式，亦即将车间各工段及辅助车间分散在单独的厂房内或集中合并在一个厂房内。一般地说，凡生产规模较大，车间各工段生产特点有显著差异（如防火等级等），厂区内



积较大，山区等情况下，可适当采用分离式。

### (2) 厂房的平面布置

化工厂厂房的平面布置是根据生产工艺条件（包括工艺流程、生产特点、生产规模等）以及建筑本身的可能性与合理性（包括建筑形式、结构方案、施工条件和经济条件等）来考虑的。厂房的平面设计应力求简单，这会给设备布置来更多的可变性和灵活性，同时给建筑的定型化创造有利条件。

### (3) 厂房的立体布置

化工厂厂房的立面有单层、多层或单层与多层相结合的形式，主要根据生产工艺特点决定，另外也要满足建筑上采光、通风等各方面的要求。

## 车间平面布置

车间厂房布置包括车间平面布置和立面布置，主要取决于生产规模、生产流程、生产种类、厂区面积、厂区地形和地形条件。它必须满足工艺要求，同时也应符合国家的防火卫生标准等各种规范和规定。

### 一、车间平面布置的内容和要求

#### 1. 车间平面布置的内容

- (1) 生产设施包括生产工段、原料和产品仓库、控制室、露天堆场或贮罐区等。
- (2) 生产辅助设施包括除尘通风室、变电配电室、机修仪修室、化验室和贮藏室等。
- (3) 生活行政设施包括车间办公室、工人休息、更衣室、浴室、厕所等。
- (4) 其他特殊用室如劳动保护室保健室等。

#### 2. 车间平面布置要求

- (1) 适合全厂的总图布置，与其他车间、公用工程系统、运输系统等结合成一个有机整体。
- (2) 保证经济效益，尽量做到占地少、基建和安装费用少、生产成本低。
- (3) 便于生产管理、物料运输，操作维修要方便。
- (4) 生产要安全，并妥善解决防火、防毒、防腐、防爆等问题，必须符合国家的各项有关规定和标准。
- (5) 要考虑将来扩建、增建和改建的余地。

### 二、车间平面布置方法

#### (一) 准备资料

(1) 工艺流程图它表示了车间组成、工段划分、物料的输送关系、主要设备特征等，由此可以估算出各工段的面积。

(2) 总图与规划设计资料总图表明了场地与道路情况、公用工程管道、污水排放点及有关车间的位置，由此可以从相互关联的角度确定车间各工段的位置。

(3) 有关的规范与标准如防火、防爆、防毒规定和卫生标准等，据此可确定各工段及设备间的安全距离，以及车间厂房的有关等级。

#### (二) 确定各工段的布置形式

(1) 露天布置。露天布置是优先考虑的第一方案，只要有可能都要采用露天或半露天布置。目前较大型的石油化工厂都已普遍这样做了，大部分设备布置在露天或敞开式的多层框架上，部分设备布置在室内或设顶棚的框架上。

(2) 室内布置。室内布置的优点是：受气候影响小，劳动条件好。小规模间歇操作或操作频繁的设备以布置在室内为宜，这类车间中常将大部分生产设备、辅助设备和生活行政设施布置在一幢或几幢厂房中。

(三) 流程式布置。按流程顺序在中心管廊的两侧依次布置各个工段,可以避免管道的重复往返、缩短管道总长,已证明是最经济的布置方案。

### 三、车间平面布置方案

#### (一) 直通管廊长条布置

直通管廊长条布置适合于小型车间(装置),是露天布置的基本方案。外部管道可由管廊的一端或两端进出,工艺区与贮罐区用一根中心布置的管廊连接起来,流程畅通。在管廊两侧布置贮罐与设备比单侧布置占地面积小、管廊长度短。

#### (二) T形与L形布置

T形或L形的管廊布置适合于较复杂车间,管道可由二个或三个方向进出车间。

中间贮罐布置在设备或厂房附近,原料、成品贮罐分类集中在贮罐区、易燃物料贮罐外设围堤以防止液体泄露蔓延;为操作安全,泵布置在围堤外;围堤内积水由堤外控制的阀门排除。

#### (三) 组合型布置

组合型布置适合于复杂车间,其车间平面就是由直线形、T形和L形组合而成。图5-3是一个大型聚丙烯车间的平面布置示意图,即为一个复杂车间的平面布置图例。车间组成比较复杂,分贮罐、回收(精馏)、催化剂配制、聚合、分解、干燥、造粒、控制配电、料仓、包装、仓库、无规锅炉十二个工段,这个车间的平面布置有下列特点。

(1) 露天和敞开式布置。回收、聚合、分解、干燥、料仓、无规锅炉等主要生产装置采用露天式或敞开式框架布置;有特殊要求的工段如控制配电、催化剂配制、造粒、包装及成品仓库布置在封闭式厂房中。

(2) 流程式布置。各生产工段从贮罐、回收到产品包装入库都顺流程排列,通过一条曲折的主管廊相连接。控制配电、分析室与办公室等生活行政设施合并布置在一幢建筑物中,安排在装置工艺区的中心,位置恰当适宜。

(3) 平面及道路布置。整合各工段合并成8个矩形区域,整个车间组成一个近于方形的区域,占地少,道路成网。车间东侧空地可供将来扩建。

(4) 物料运输合理。

(5) 安全防火溶剂和终止剂贮存在车间罐区,四周有围堤并与生产装置有30m以上的安全距离,腐蚀性的酸碱贮罐分别集中在有耐蚀铺砌的围堤中。液态丙烯危险性大,要求的安全距离大,故丙烯贮罐不布置在车间界区内,而是直接由工厂贮罐区通过管道送来。

(6) 冷却塔短边面对主导风向,这样就可以从两个长边侧吸入等量的新鲜空气。若长边面对主导风向则下风向的另一边就吸气不足,冷却效果下降,冷却塔的位置也远离锅炉等热源,使吸入的空气气温较低。

### 典型设备的布置方案

#### 一、(罐、槽)

容器分中间贮存容器(中间罐)与原料及成品贮罐两类。前者都按流程顺序布置在有关设备附近或在厂房邻近,后者则集中在贮罐区,以下仅讨论中间贮罐。容器一般都按系列图选用,其支脚、接管条件由布置设计决定,其外形尺寸按布置需要加以调整或在初选时就按布置要求加以考虑。长度与直径相同的容器有利于成组布置和设置共用平台、通道与支承。

#### 二、泵和压缩机

##### (1) 泵

泵应尽量靠近供料设备以保证良好的吸入条件。它们常集中布置在室外、建筑底层或泵房,



小功率的泵（7kW 以下）可布置在楼面或框架上。室外布置的泵一般在路旁或管廊下面排成一行或二行，电机端对齐排在中心通道的两侧，吸人与排出端对着工艺罐。泵的排列次序由相关的设备位置与管道布置所决定。管廊或建筑的跨度 A 由泵的长度与它们本身的要求所决定。

当面积受限或泵较小时，可成对布置使两台泵共用一只基础，在一根支柱上装两只开关。

室内的泵沿墙布置能节省面积，如将工艺罐放在墙外，管道穿过墙与泵相连则空间更省，操作亦甚为方便。

### （2）离心压缩机

离心压缩机体积小、排量大、结构简单、能利用多种动力（电动机、蒸汽透平、气体透平）有利于装置的能量利用，特别是背压式蒸汽透平能提高热效率，应用最广。离心压缩机的布置原理与离心泵相似，但它较为庞大与复杂，特别是一些附属设备（如润滑油、密封油、泵、控制台、冷却器等）要占据很大的空间。

离心压缩机常布置在敞开式的框架结构（有顶）或压缩机室内，顶部要设吊车梁或行车以供检修时起吊零部件。

### （3）往复压缩机

往复压缩机的作用原理与往复泵相似，但机器要复杂得多，振动及噪声都很大。往复压缩机结构复杂，拆修时间长，所以都布置在压缩机室内并配有起重装置，其周围要留有足够大的空地。

## 三、换热器

列管式换热器与再沸器已有定型的系列图可供选用，设备布置的主要任务是它们布置在适当的位置，决定支座等安装结构、管口方位等。

（1）换热器的布置原则是顺应流程和缩短管道长度，故它的位置取决于与它密切联系的设备的位置。塔的换热器近塔布置，再沸器及冷凝器则与塔以大口径的管道连接，故应取近塔布置，通常将它们分别布置在塔的两侧。热虹吸式再沸器是直接固定在塔上，采用口对口的直接连接。塔的回流冷凝器除要近塔外，还要靠近回流罐与回流泵。从容器（或塔底）经换热器抽出液体时，换热器要靠近容器（或塔底）使泵的吸入管道最短，以改善吸入条件。

（2）布置空间受限制时，如原来设计的换热器显得太长，可以换成一个短粗的换热器以适应布置空间的要求。一般，从传热的角度考虑，细而长的换热器较有利。卧式换热器换成立式的以节约面积；而立式的也可换成卧式的以降低高度，可根据具体情况各取其长。

（3）换热器常采用成组布置，水平的换热器可以重叠布置，串联的、非串联的相同的或大小不同的换热器都可重叠。换热器重叠布置除节约面积外尚可合用上下水管。为便于抽取管束，上层换热器不能太高，一般管壳的顶部高度不能大于 3.6m，将进出口管改成弯管可降低安装高度。

换热器间的间距，换热器与其他设备的间距至少要留出 1m 的水平距离，位置受限制时，最少也不得小于 0.6m。

## 四、反应器

反应器的形式很多，可按类似设备布置，如塔式反应器可按塔来布置；固定床催化反应与容器差不多；火焰加热的反应器则近似于工业炉；化工厂常见的搅拌釜式反应器实质上就是加上搅拌与传热夹套的立式容器。

大型的搅拌釜式反应器容量达数十到数百立方米，并附有数十到数百千瓦的电动机、减速机搅拌器，重量又大又有振动和噪声。这类反应器大多露天布置，用支脚直接支承在地面上。反应器的搅拌与密封系统是需要经常维修的机械，所以要考虑它们的拆卸与吊装。

## 五、塔

塔的布置形式很多，常在室外集中布置，在满足工艺流程的前提下，可把高度相近的塔相邻布置。

### (1) 独立布置

单塔或特别高大的塔可采用独立布置，利用塔身设操作平台，供进出入孔、操作、维修仪表及阀门之用。平台的位置由人孔位置与配管情况而定，具体的结构与尺寸可由设计标准中查取。

### (2) 成列布置

将几个塔的中心排成一条直线，并将高度接近的塔相邻布置，通过适当调整安装高度和操作点（适当改变塔板距、内部管道布置及塔裙座高度）就可采用联合平台，既方便操作，投资又省。

### (3) 成组布置

数量不多、结构与大小相似的塔可成组布置。如果塔的高度不同，只要求将第一层操作平台取齐，其他各层可另行考虑。这样，几个塔组成一个空间体系，增加了塔群的刚度，塔的壁厚就可以降低。

### (4) 沿建筑物或框架布置

将塔安装在高位换热器和容器的建筑物或框架旁，利用容器或换热器的平台作为塔的人孔，仪表和阀门的操作与维修的通道。将细而高的或负压塔的侧面固定在建筑物或框架的适当高度，这样可增加刚度，减少壁厚。

### (5) 室内或框架内布置

较小的塔常安装在室内或框架中，平台和管道都支承在建筑物上，冷凝器可装在屋顶上或吊在屋顶梁下，利用位差重力回流。

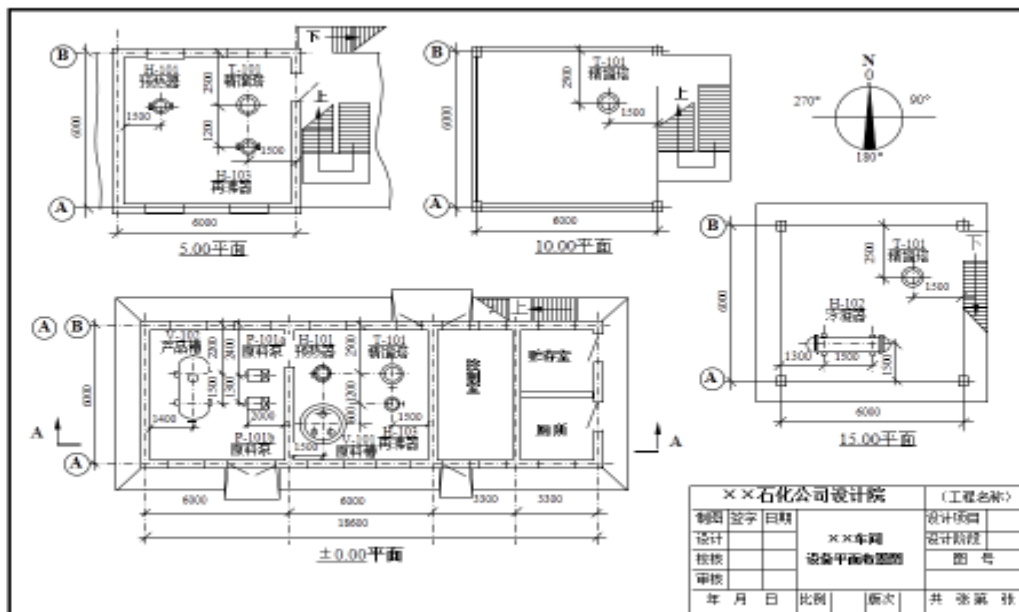
**教学方法：**多媒体教学结合讲授

### **第 16 讲：**

### **教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请1~2个同学谈谈关于化工设备设计步骤及软件。（5分钟）

本课程新课首先展示的是本章的学习要求（8类），在介绍该内容时，我会主要就本章需要大家掌握、熟悉及了解的一些相关内容；然后介绍化工车间的主要组成（由四个部分组成），在介绍该部分内容时，我主要会先让2~3个同学自己谈谈车间的组成情况，然后我会补充同学们没有考虑到的，并简单介绍各个组成部分的功能；然后接着介绍车间布置设计的依据，在介绍该部分内容时我会从应遵守的设计规范和规定及基础资料两个方面来进行讲解；接着介绍车间



布置设计的内容及程序，在介绍该部分内容时，我主要就初步设计阶段及施工图阶段设计的内容及程序对比进行介绍；接着介绍装置（车间）平面布置方案（主要有四种方案）；在介绍该部分内容时我会主要就各个方案的优缺点进行相关的介绍；然后介绍布置时相关的常用建筑物的类型及适用场合；然后介绍车间布置的内容及要求（各有5个方面）；最后介绍典型设备布置方案，在介绍该部分内容时，我会主要介绍五类典型设备的布置方案，在介绍该部分内容时，我会主要从该设备的特点及布置要求及原则进行相关的介绍，同时例举实际工程中布置图例进行说明。

上课的过程中，我会用上面的设备的平面布置图向同学们讲解具体的布置方法及原则。

在对化工设计第五章**车间布置设计**（第1~3节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，化工车间布置概述、设备布置设计及典型设备布置方案（80分钟）

**评讲上一次作业（5分钟）**

对第6周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明。

## 授课过程（第 17 次课）

授课题目	第五章 车间布置设计		授课日期	2022 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

### 【教学目标】

(1) 掌握车间布置图的绘制和阅读；

### 【教学重难点】

(1) 重点：如何规范的绘制车间设备布置图；

(2) 难点：如何车间布置图的绘制及阅读。

### 【教学内容】

第四节 设备布置图

第五节 应用AutoCAD绘制设备布置图

## 设备布置图

### 一、设备布置设计的图样

#### (1) 设备布置图

设备布置图是表示一个车间或工段的生产和辅助设备在厂房建筑内外布置的图样。它通常以车间为单位进行绘制。

#### (2) 首页图

当车间范围较大，以车间为单位绘制不能详细和清晰地表达时，则应绘制该车间分区概况的图样，然后按首页图上所划分的区域再分别绘制设备布置图。

(3) 设备安装详图。设备安装详图用以表示固定设备的支架、吊架、挂架、设备的操作平台、附属的战桥、钢梯等结构的图样。

(4) 管口方位图。管口方位图表示设备上各管口以及支座等周向安装的图样。但该图有时由管道布置设计时提供。

### 二、设备布置图与建筑图的关系

设备布置图与建筑图之间存在着互相依赖的关系，设备布置图是建筑图的前提，建筑图又是设备布置图定稿的依据。

工艺人员首先绘制设备布置图的初稿，对厂房建筑的大小、内部分隔、跨度、层数、门窗位置，以及与设备安装有关的操作平台预留孔洞等方面，向土建设计部门提出工艺要求，作为厂房建筑设计的依据。

厂房建筑设计完成后，工艺人员再根据厂房建筑图对设备布置进行修改补充，使其更趋于合理。定稿后的设备布置图是设备安装和管道布置的依据。

### 三、设备布置图的内容

(1) 一组视图表示厂房建筑的基本结构和设备在厂房内外的布置情况。

(2) 尺寸及标注在图中，注写建筑物定位轴线的编号，与设备布置有关的尺寸，设备的位号与名称等。

(3) 安装方位标指示安装方位基准的图标。

(4) 说明与附注对设备安装有特殊要求的说明。

(5) 设备一览表列表填写设备位号、名称等。

(6) 标题栏注写图名、图号、比例等。

#### 四、不同设计阶段中的设备布置图

在初步设计和施工图设计阶段中，都需绘制设备布置图。前者所绘的图样是提供有关部门讨论审查和作为进一步设计的依据。而施工图设计阶段的设备布置图，除供设计部门各专业人员进行条件用途外，还是施工时设备安装就位的依据。

两个设计阶段的设备布置图，因其作用不同，设计深度和表达要求也不相同。

(1) 初步设计阶段的设备布置图只以平面图表达设备的大致布置情况，而设备本身的安装方位一般尚未确定，因此管口等一律不予画出。厂房建筑一般只表示对基本结构的要求，设备安装孔洞操作平台等有待进一步设计。

(2) 施工图设计阶段的设备布置图采用一组平面立面剖视图来表达施工图设计时所确定的设备安装位置。有些设备的主要管口需要画出，再配合需要的管口方位图，从而就完全确定了设备的安装方位。厂房建筑则进一步画出了与设备安装定位有关的孔洞、操作平台等建筑物构筑物以及厂房建筑的基本结构。

#### 五、设备布置图的视图

##### 视图的比例与图幅：

绘图的比例通常采用 1: 50, 1: 100, 在个别情况下(如大型贮罐或仓库等)可采用 1: 200 或 1: 500。允许在一张图纸上各视图采用不同的比例，此时可将主要采用的比例注明在标题栏中，个别视图的不同比例则在该视图名称的下方或右方予以注明。

图幅一般采用一号图纸，如需分绘在几张图纸上，则各张图纸的幅面应力求统一。

##### 视图的配置：

(1) 平面图。设备布置图中的平面图，一般是每层厂房绘制一张。多层厂房应按楼层或大的操作平台绘制若干张。

在平面图上，应表示厂房建筑的方位、占地大小、内部分隔情况，以及与设备安装定位有关的建筑物、构筑物的结构形状和相对位置。

在一张图纸内绘制几层平面图时，应自 0.00 平面开始画起，由下而上，从左至右按顺序排列。在平面图下方各标注相应标高，并在图名下画一粗线。如在图 5-15 四个平面图中，各视图下方相应注明平面图名称为：“0.00 平面”，“5.00 平面”，“10.00 平面”及“15.00 平面”等。

(2) 剖视图。剖视图是在厂房建筑的适当位置上，垂直剖切后绘出的立面剖视图，以表达在高度方向上设备安装布置的情况。在保证充分表达的前提下，剖视图的数量应尽可能减少。

在剖视图中要根据剖切位置和剖视方向，表达出厂房建筑的墙、柱、地面、平台、栏杆、楼梯以及设备基础、操作平台支架等高度方向的结构与相对位置。

剖视图的剖切位置需在平面图上加以标记。标记方法一般应与《机械制图》国家标准规定一致。有些部门采用《建筑制图标准》的方法。

在剖视图的下方应注明相应的剖视名称，如图“A—A(剖视)”、“B—B(剖视)”等。剖视的名称在同一套图内不得重复，剖切位置需要转折时，一般以一次为限。剖视图与平面图可以画在同一张图纸，按剖视顺序，从左至右，由下而上，按顺序排列。

**建筑构件及设备的表示方法**在设备布置图中，视图的表达内容主要有两部分：一是建筑物及其构件，二是设备。

##### (1) 建筑物及其构件

①在设备布置图中，建筑物及其构件均用中实线画出。

②厂房建筑的空间大小、内部分隔以及与设备安装定位有关的基本结构(如墙、柱、地面、



楼板、平台、楼梯、安装孔洞、地坑、吊车梁、设备基础等），在平面图及剖面图上均应按比例用规定的图例画出。

③与设备安装定位关系不大的门、窗等构件，一般只在平面图中画出它们的位置及门窗开启方向等，在剖视图上则一概不予以表示。

④在设备布置图中，对承重墙、柱等结构，应按建筑图要求用细点划线画出其建筑定位轴线。

## (2) 设备

①图上的设备金属支架、电机及其传动装置等，都应用粗实线或粗虚线（有些图样采用 b/2 的虚线）画出。

②图上绘有两个以上剖视图时，设备在各剖视图上一般只应出现一次，无特殊需要不用重复画出。位于室外而又与厂房连接的设备及其支架等，一般只在底层平面图上给予表示。

③在剖视图中，设备的钢筋混凝土基础与设备外形轮廓组合在一起时，通常将其与设备一起用粗实线画出。

④穿过楼层的设备，在相应的平面图上按剖视形式表示。图中楼板孔洞可不必画阴影部分。

⑤定型设备，一般用粗实线按比例画出其外形轮廓。小型通用设备，如泵、压缩机、鼓风机等，若有多台，而其位号、管口方位与支承方式完全相同时，可画出一台，其余用粗实线简化画出其基础的矩形轮廓。

⑥非定型设备，用粗实线按比例画出能表示设备外形特征的轮廓。非定型设备若没有另绘的管口方位图，则应在图上画出足以表示设备安装方位特征的管口。管口一般用中实线绘制，但在设备图形的主体轮廓线之外的管（人孔除外），其接管与法兰允许用单线（粗实线）表示。

## 设备布置图的标注

### (1) 厂房建筑及其构件标注尺寸的内容

- ①厂房建筑物的长度、宽度总尺寸。
- ②柱、墙定位轴线的间距的尺寸。
- ③为设备安装预留的孔、洞以及沟、坑等定位尺寸。

### (2) 设备标注尺寸的内容

- ①设备布置图上一般不标注设备的定形尺寸，而只标注设备安装定位尺寸。
- ②在平面图上应标注设备的平面定位尺寸，它包括：设备与建筑物及其构件、设备与设备之间的定位尺寸。这些定位尺寸一般应以建筑定位轴线为基准，注出其与设备中心线或设备支座中心线的距离。悬挂于墙上或柱子上的设备，应以墙的内壁或外壁、柱子的边为基准，标注定位尺寸。

③设备高度方向上的定位尺寸，一般是标注设备的基础面或设备中心线卧式设备的标高。必要时也可标注设备的支架吊架法兰面或主要管口的中心线、设备最高点等的标高。地面楼板平台屋面的高度尺寸，以及其他与设备安装定位有关的建筑结构构件的高度尺寸。

⑤建筑定位轴线平面尺寸及标高的标注可按本章第二节“三、厂房建筑图的图示内容”的有关要求进行标注。但标注平面尺寸时，对下列情况可作特殊标注：

因总体尺寸数值较大，精度要求并不高，可将尺寸允许注成封闭链状；当尺寸界线距离较窄没有位置注写数字时，即尺寸线的起止点可不用箭头而采用 45° 的细斜短线表示，此时最外边的尺寸数字可标注在尺寸界线的外侧，中间部分尺寸数字可分别在尺寸线上、下两边错开标注，必要时也可以引出后再进行标注。

(3) 名称与位号的标注设备布置图中的所有设备，均需标出名称与位号，名称与位号应与



工艺流程图一致。一般标注在相应图形的上方或下方，不用指引线，名称在下，位号在上，中间画一粗实线，如图 5-15 所示。也有只标注位号不标名称的：或标注在设备图形内不用指引线，标注在图形之外用指引线。

### 安装方位标

设备布置图应在图纸右上方绘制一个表示设备安装方位基准的符号安装方位标。符号由两个直径分别为 14mm 与 8mm 的粗实线圆圈和水平、垂直两条直线构成，并分别注以 0°、90°、180°、270° 等字样。安装方位标可由各主项（车间或工段）设计自行规定一个方位基准，一般采用北向或接近北向的建筑轴线为零度方位基准。该方位基准一经确定，设计项目中所有必须表示方位的图样，如管口方位图、管段图等，均应统一。

### 设备一览表

设备布置图可将设备的位号、名称、规格及设备图号（或标准号）等，在图纸上列表注明。也可不在图上列表，而在设计文件中附设备一览表。

## 六、设备布置图的绘制步骤

(1) 考虑设备布置图的视图配置。

(2) 选定绘图比例。

(3) 确定图纸幅面。

(4) 绘制平面图。从底层平面起逐层绘制：①画出建筑定位轴线；②画出与设备安装布置有关的厂房建筑基本结构；③画出设备中心线；④画出设备、支架、基础、操作平台等的轮廓形状；⑤标注尺寸；⑥标注定位轴线编号及设备位号、名称；⑦图上如有分区，还需要分区界线并标注。

(5) 绘制剖视图。绘制步骤同平面图。

(6) 绘制方位标。

(7) 编制设备一览表，注写有关说明，填写标题栏。

(8) 检查、校核，最后完成图样。附：土建设计条件

①结合工艺流程图简要叙述车间或工段的工艺流程。

②结合设备布置图简要说明设备在厂房内的布置情况。

③提出设备一览表，其主要内容见表 5-2。

④劳动保护情况。说明厂房的防火、防爆、防毒、防尘和防腐条件，以及其他特殊条件。

⑤提出车间人员表。其中包括人员总数、最大班人数、男女比例。

⑥提出楼面、墙面的预留孔和预埋条件，地面的地沟，落地设备的基础条件。

⑦提出安装运输要求。如考虑安装门、安装孔、安装吊点、安装荷重安装场地等。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 17 讲：**

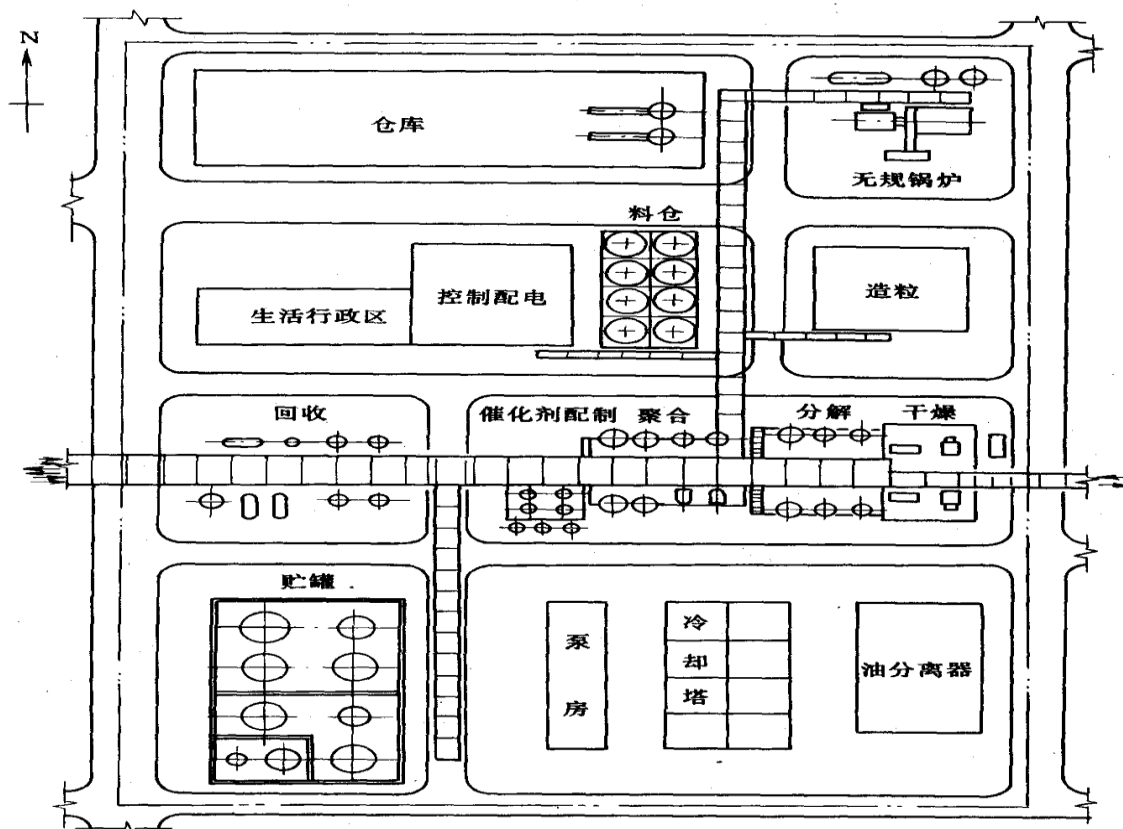
**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于车间布置设计的主要内容及程序。（5 分钟）

这节课为讨论课，本课程新课首先展示的是对于一个具体的化工过程车间布置的原则有哪些？给同学们 5~10 分钟讨论，然后请 1~2 个同学对该问题进行解答，然后我会进行相关的补充说明；接着展示给大家的是：如何具体布置一些具体的化工设备，为什么你会进行这样的布置？我也会给同学们 5~10 分钟进行讨论，然后请 2~3 个同学来进行具体的解答该问题，然后我会对

该问题进行一些补充及在设计中容易忽略的问题进行讲解。(40分钟)。

在第二节课展示给大家的内容首先是设备布置图设计的图纸类型及主要内容，在介绍该部分内容时，我会主要就首页图、设备安装详图及管口方位图进行相关的介绍，同时展示给同学们看具体的工程图样；接着介绍绘制设备布置图的一般规定及设备布置图的相关视图，在介绍该部分内容时，我会主要就平面图、剖视图及设备图的标注进行相关的讲解；然后介绍设备布置图绘制及阅读方法及步骤（就下图进行具体的讲解），在介绍该部分内容时，例举蒸馏系统设备布置图例来进行相关的讲解；最后总结第五章的相关知识点及需要大家重点掌握的内容。



(40分钟)

在对化工设计第五章车间布置设计(第4~5节)主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，设备布置图及应用AutoCAD绘制设备布置图。(5分钟)

**作业布置及相关要求(5分钟):**

- (1) 车间布置的内容是什么?
- (2) 车间平面布置方案有几种? 各有什么特点?

## 授课过程（第 18 次课）

授课题目	第六章 管道布置设计		授课日期	2019 年 4 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握管道布置设计的任务和要求。
- (2) 熟悉管架和管道的安装布置；

## 【教学重难点】

- (1) 重点：车间平面布置、车间设备布置；
- (2) 难点：车间设备布置的方法。

## 【教学内容】

- 第一节 管道布置设计概述
- 第二节 管架和管道的安装布置
- 第三节 典型设备的管道布置

## 概述

## 一、化工车间管道布置设计的任务

- (1) 确定车间中各个设备的管口方位和与之相连接的管段的接口位置。
- (2) 确定管道的安装连接和铺设、支承方式。
- (3) 确定各管段（包括管道、管件、阀门及控制仪表）在空间的位置。
- (4) 画出管道布置图，表示出车间中所有管道在平面、立面的空间位置，作为管道安装的依据。
- (5) 编制管道综合材料表，包括管道、管件、阀门、型钢等的材质、规格和数量。

## 二、化工车间管道布置设计的要求

化工车间管道布置应符合下列要求：

- (1) 符合生产工艺流程的要求，并能满足生产要求；
- (2) 便于操作管理，并能保证安全生产；
- (3) 便于管道的安装和维护；
- (4) 要求整齐美观，并尽量节约材料和投资。

化工车间管道布置除了符合上述要求外，还应仔细考虑下列问题。

## 物料因素

- (1) 输送易燃、易爆、有毒及有腐蚀性的物料管道不得铺设在生活间、楼梯、走廊和门等处，这些管道上还应设置安全阀、防爆膜、阻火器和水封等防火防爆装置，并将放空管引至指定地点或高过屋面 2m 以上。
- (2) 有腐蚀性物料的管道，不得铺设在通道上空和并列管线的上方或内侧。
- (3) 管道铺设时应有一定的坡度，坡度方向一般是沿物流的方向，坡度一般为 1/100~5/1000。粘度小的液体物料管道可取 5/1000 左右，含固体的物料管道可取 1/100 左右。
- (4) 真空管线应尽量短，尽量减少弯头和阀门，以降低阻力，达到更高的真空度。

## 考虑施工、操作及维修

- (1) 管道应尽量集中布置在公用管架上，平行走直线，少拐弯，少交叉，不妨碍门窗开启和设备、阀门及管件的安装维修，并列管道的阀门应尽量错开排列。

(2) 支管多的管道应布置在并行管线的外侧,引出支管时,气体管道应从上方引出,液体管道应从下方引出,管道应尽量避免出现“气袋”、“口袋”和“盲肠”。

(3) 管道应尽量沿墙面铺设,或布置在固定在墙上的管架上,管道与墙面之间的距离以能容纳管件、阀门及方便安装维修为原则。

(4) 管道穿过墙壁和楼板时,应在墙面和楼板上预埋一个直径大的套管,让管线穿过套管,防止管道移动或振动时对墙面或楼板造成损坏。套管应高出楼板、平台表面 50mm。

(5) 为了安装和操作方便,管道上的阀门和仪表的布置高度可参考以下数据:

阀门(包括球阀、截止阀、闸阀)	1.2~1.6m
安全阀	2.2m
温度计、压力计	1.4~1.6m

(6) 为了方便管道的安装、检修及防止变形后碰撞,管道间应保持一定的间距。阀门、法兰应尽量错开排列,以减小间距。

### 安全生产

(1) 架空管道与地面的距离除符合工艺要求外,还应便于操作和检修。管道跨越通道时,最低点离地:通过人行道时不小于 2m;通过公路时不小于 4.5m;通过铁路时不小于 6m;通过厂区主要交通干线时离地 5m。

(2) 直接埋地或管沟中铺设的管道通过道路时应加套管等加以保护。

(3) 为了防止介质在管内流动产生静电聚集而发生危险,易燃、易爆介质的管道应采取接地措施,以保证安全生产。

(4) 长距离输送蒸汽或其他热物料的管道,应考虑热补偿问题,如在两个固定支架之间设置补偿器和滑动支架。

(5) 玻璃管等脆性材料管道的外面最好用塑料薄膜包裹,避免管道破裂时溅出液体,发生意外。

(6) 为了避免发生电化学腐蚀,不锈钢管道不宜与碳钢管道直接接触,要采用胶垫隔离等措施。

### 其他因素

(1) 管道与阀门一般不宜直接支承在设备上。

(2) 距离较近的两设备间的连接管道,不应直连,应用 45° 或 90° 弯接。

(3) 管道布置时应兼顾电缆、照明、仪表及采暖通风等其他非工艺管道的布置。

### 管架和管道的安装布置

管架是用来支承、固定和约束管道的。管架可分为室外管架和室内管架两类。室外管架一般由独立的支柱或带有桁架式形成的管廊或管桥。而室内管架不一定另设支柱,经常利用厂房的柱子、墙面、楼板或设备的操作平台进行支承和吊挂。任何管道都不是直接铺设在管架梁上,而是用支架支承或固定在支架梁上的。管道支架(管卡、支架、吊架)已有标准设计,按《管架通用系列》选用。管道支架按其作用分为下列四种。

(1) 固定支架用在管道上不允许有任何位移的地方。它除支承管道的重量外,还承受管道的水平作用力。

(2) 滑动支架、滑动支架只起支撑作用,允许管道在平面上有一定位移。

(3) 导向支架用于允许轴向位移而不允许横向位移的地方,如 U 形补偿器的两端和铸铁阀的两侧。

(4) 弹簧吊架当管道有垂直位移时,例如热力管线的水平管段或垂直管到顶部弯管处,以

及沿楼板下面铺设的管道，均可采用弹簧吊架。弹簧有弹性，当管道垂直位移时仍能提供必要的支吊力。

### 三、管道在管架上的平面布置原则

(1) 较重的管道（大直径、液体管道等）应布置在靠近支柱处，这样梁和柱所受弯矩小，节约管架材料。公用工程管道布置在管架当中，支管引向左侧的布置在左侧，反之置于右侧。口形补偿器应组合布置，将补偿器升高一定高度后水平地置于管道的上方，并将最热和直径大的管道放在最外边。

(2) 连接管廊同侧设备的管道布置在设备同侧的外边；连接管架两侧的设备的管道布置在公用工程管线的左、右两边。进出车间的原料和产品管道可根据其转向布置在右侧或左侧。

(3) 当采用双层管架时，一般将公用工程管道置于上层，工艺管道置于下层。有腐蚀性介质的管道应布置在下层和外侧，防止泄漏到下面管道上，也便于发现问题和方便检修。小直径管道可支承在大直径管道上，节约管架宽度，节省材料。

(4) 管架上支管上的切断阀应布置成一排，其位置应能从操作台或管廊上的人行道上进行操作和维修。

(5) 高温或低温的管道要用管托，将管道从管架上升高 0.1m，以便于保温。

(6) 支架间的距离要适当，固定支架距离太大时，可能引起因热膨胀而产生弯曲变形；活动支架距离大时，两支架之间的管道因管道自重而产生下垂。固定支架和活动支架之间的适宜间距可参考表 6-1 中的数据。

### 四、管道和管架的立面布置原则：

(1) 当管架下方为通道时，管底距车行道路路面的距离要大于 4.5m；道路为主干道时要大于 6m；是人行道时要大于 2.2m；管廊下有泵时要大于 4m。

(2) 通常使同方向的两层管道的标高相差 1.0~1.6m，从总管上引出的支管比总管高或低 0.5~0.8m。在管道改变方向时要同时改变标高。大口径管道需要在水平面上转向时，要把它布置在管架最外侧。

(3) 管架下布置机泵时，其标高应符合机泵布置时的净空要求。若操作平台下面的管道进入管道上层，则上层管道标高可根据操作平台标高来确定。

(4) 装有孔板的管道宜布置在管架外侧，并尽量靠近柱子。自动调节阀可靠近柱子布置，并用柱子固定。若管廊上层设有局部平台或人行道时，需常操作或维修的阀门和仪表宜布置在管架上层。

### 典型设备的管道布置

#### 一、容器的管道布置

##### 立式容器（包括反应器）

(1) 管口方位立式容器的管口方位取决于管道布置的需要。一般划分为操作区与配管区两部分。加料口、温度计和视镜等经常操作及观察的管口布置在操作区，排出管布置在容器底部。

(2) 管道布置立式容器（包括反应器）一般成排布置，因此把操作相同的管道一起布置在容器的相应位置，

可避免错误操作，比较安全。例如，两个容器成排布置时，可将管口对称布置。三个以上容器成排布置时，可将各管口布置在设备的相同位置。有搅拌装置的容器，管道不得妨碍搅拌器的拆卸和维修。其中：

(a) 表示距离较近的两设备间的管道不能直连，而应采用 45° 或 90° 弯接。

(b) 进料管置于设备的前，便于站在地（楼）面上进行操作。



(c) 出料管沿墙铺设时, 设备间的距离大一些, 人可进入设备间操作, 离墙的距离就可小一些。

(d) 出料从前部引出, 经过阀门后立即引入地下(走地沟或埋地铺设), 设备之间的距离及设备与墙之间的距离均可小一些。

(e) 容器直径不大和底部离地(楼)面较高时, 出料管从底部中心引出。这样布置, 其管道短, 占地面积小。

(f) 两个设备的进料管对称布置, 便于人站在操作台上进行操作

## 卧式容器

### (1) 管口方位

①液体和气体的进口一般布置在容器一端的顶上, 液体出口一般在另一端的底部, 蒸汽出口则在液体出口的顶上。进口也能从底部伸入, 在对着管口的地方设防冲板, 这种布置适合于大口径管道, 有时能节约管子与管件。

②放空管在容器一端的顶上, 放空口在另一端的底下, 同时使容器向放空口那头倾斜。若容器水平安装, 则放空口可安装在易于操作的任何位置或出料管上。如果人孔设在顶部, 放空口则设在人孔盖上。

③安全阀可设在顶部任何地方, 最好放在有阀的管道附近, 这可与阀共用平台和通道。

④吹扫蒸汽进口在排气口另一侧的侧面, 可以切线方向进入, 使蒸汽在罐内回转前进。

⑤进出口分布在容器的两端, 若进出料引起的液面波动不大, 则液面计的位置不受限制, 否则应放在容器的中部。压力表则装在顶部气相部位, 在地面上或操作台上看得见的地方。温度计装在近底部的液相部位, 从侧面水平进入, 通常与出口在同一断面上, 对着通道或平台。

⑥人孔可布置在顶上、侧面或封头中心, 以侧面较为方便; 但在框架上支承时占用面积较大, 故以布置在顶上为宜。人孔中心高出地面 3.6m 以上应设操作平台。支座以布置在离封头 L/5 处为宜, 可依实际情况而定。

⑦接口要靠近相连的设备, 如排出口应靠近泵入口, 工艺、公用工程和安全阀接管尽可能组合起来并对着管架。

### (2) 管道布置

卧式容器的管道布置管口一般布置在一条直线上, 各种阀门也直接安装在管口上。若容器底部离操作台面较高, 则可将出料管阀门布置在台面上, 在台面上操作; 否则应将出料管阀门布置在台台下, 并将阀杆接长, 伸到台面上进行操作。

## 二、换热器的管道布置

(一) 管口布置与流体流动方向合适的流动方向和管口布置能简化和改善换热器管道布置的质量, 节约管件, 便于安装。

### (二) 换热器的管道布置

(1) 平面配管。平面布置时换热器的管箱正对道路, 便于抽出管箱, 顶盖对着管廊。配管前先确定换热器两端和法兰周围的。安装和维修空间(扳手空间、摇开封头空间配管时管道要尽量短, 操作、维修要方便。在管廊上有转弯的管道布置在换热器的右侧, 从换热器底部引出的管道也从右侧转弯向上。从管廊的总管引来的公用工程管道, 可以布置在换热器的任何一侧。将管箱上的冷却水进口排齐, 并将其布置在冷却水地下总管的上方, 回水管布置在冷却水总管的管边。换热器与邻近设备间可用管道直接架空连接。管箱上下的连接管道要及早转弯, 并设置一短弯管, 便于管箱的拆卸。阀门、自动调节阀及仪表应沿操作通道并靠近换热器布置, 使人站在通道上可以进行操作。



(2) 立面配管。与管廊连接的管道、管廊下泵的出口管、高度比管廊低的设备和换热器的接管的标高，均比管廊低 0.5、0.8m。若一层排不下时，可置于再下一层上，两层之间相隔 0.5~0.8m。蒸汽支管应从总管上方引出，以防止凝液进入换热器应有合适的支架，不能让管道重量都压在换热器的接口上。仪表应布置在便于观测和维修的地方。

### 三、塔的管道布置

#### (一) 塔的管口方位

塔的布置常分成操作区和配管区两部分。为运转操作和维修而设置的登塔的梯子、人孔、操作阀门、仪表、安全阀及塔顶上的吊柱和操作平台布置在操作区内，操作区与道路直连。塔与管廊、泵等设备连接的管道均铺设在配管区内。

(1) 人孔。人孔应布置在操作区，并将同一塔上的几个人孔布置在一条垂线上，正对着道路。人（手）孔不能设在塔盘的降液管或密封盘处。

(2) 再沸器连接管口。塔の出液口可布置在角度为  $2 \times \alpha^\circ$  的扇形区内，再沸器返回管或塔底蒸汽进口气流不能对着液封板，最好与它平行。

(3) 回流液管口。回流管上不需切断阀，故可以布置在配管区内任一地方。

(4) 进料管口。塔上往往有几个进料管口，在进料的支管上设有切断阀，因此进料阀宜布置在操作区的边缘。

(5) 塔顶蒸汽出口。塔的上升蒸汽可以从塔的顶部向上引出；也可采用内部弯管从塔顶中心引向侧面，使塔顶出口蒸汽管口靠近塔顶操作平台。

(6) 仪表液面计、温度计及压力计等要常观测的仪表应布置在操作区的平台上，便于观测。塔釜液面计不能布置在正对蒸汽进口的位置，液面计的下侧管口应从塔身上引出，不能从出料管上引出。

#### (二) 塔的配管

塔的配管比较复杂，在配管前应对流程图作一个总的规划，要考虑主要管道的走向及布置要求，仪表和调节阀的位置，平台的设置及设备的布置要求等。

(1) 塔的平面配管。塔的管道、管口、人孔、操作平台支架和梯子在平台上的布置。先要确定人孔方向，正对主要通道，人孔布置区内不能有任何管道占据。梯子布置在  $90^\circ$  与  $270^\circ$  两个扇形区内，也不能安排管道。没有仪表和阀门的管道布置在  $180^\circ$  处扇形区内。在管廊上左转弯的管道布置在塔的左边，右转弯的管道布置在右边，与地面上的设备相连的管道布置在梯子和人孔的两侧。先将大口径的塔顶蒸汽管布置好，即在塔顶转弯后沿塔壁垂直下降，然后再布置其他管道。

(2) 塔的立面配管。塔的立面配管由塔上管口的标高由工艺确定，人孔标高则取决于安装维修的要求。塔的连接管道在离开管口后应立即向上或向下转弯，其垂直部分应尽量接近塔身。垂直管道在什么位置转成水平，取决于管廊的高度。塔至管廊的管道的标高可高于或低于管廊标高 0.5~0.8m。再沸器的管道标高取决于塔底的出料口和蒸汽进口位置。再沸器的管道和塔顶蒸汽管道要尽量直，以减小流体阻力。塔至泵或低于管廊的设备的管道的标高，应低于管廊标高 0.5~0.8m。

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 18 讲：**

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工设备设计步骤及软件。（5 分钟）

本课程新课首先展示的是本章的学习要求（5类），在介绍该内容时，我会主要就本章需要大家掌握、熟悉、自学及了解的一些管道布置的相关内容；然后介绍化工车间管道布置设计的任务（由五个任务组成）化工车间管道布置设计的要求（由五个要求组成），在介绍该部分内容时，我主要会先让2~3个同学自己谈谈其在进行管道布置时主要目的及在具体布置时，会考虑哪些具体要求（参数），然后我会补充同学们没有考虑到的，并简单介绍各个任务及要求的功能；然后接着介绍管架和管道的安装布置，在介绍该部分内容时我会首先介绍管架的功能及四种类型，然后从应遵守的设计规范和规定、基础资料及布置的原则（主要有6个原则）来进行讲解；接着介绍管道布置图，在介绍该部分内容时，我主要就管道及附件的常用画法、绘制管道布置图的一般要求及视图的配置、管道布置图的标注、管道布置图的绘制及管道布置图的阅读等四个方面进行相关具体内容的讲解，在介绍该部分内容时，我会主要从该管道布置具体表达及布置要求及原则进行相关的介绍，同时例举实际工程中布置图例进行说明。

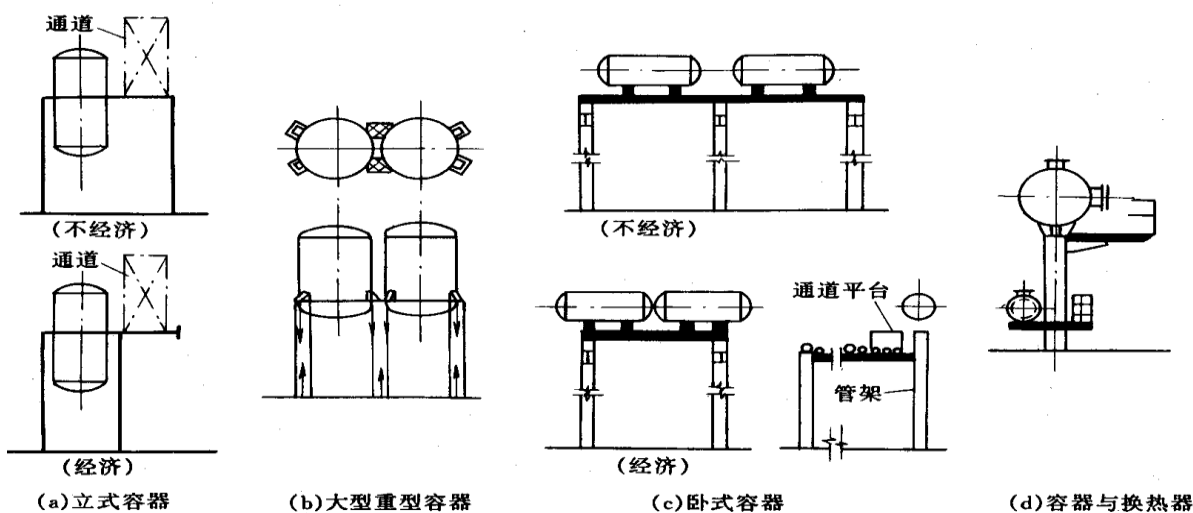


图 5-6 容器的支承与安装

在上课的过程中，我会用上面的具体图例来向同学们介绍具体设备的适宜布置方法。

在对化工设计第五章管道布置设计（第1~3节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，管道布置设计概述、管架和管道的安装布置、典型设备的管道布置。（80分钟）

**评讲上一次作业（5分钟）**

对第7周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明。

## 授课过程（第 19 次课）

授课题目	第六章 管道布置设计		授课日期	2022 年 5 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论课

## 【教学目标】

- (1) 掌握管道布置图的绘制与阅读；
- (2) 了解管道轴测图、管口方位图及管件图。

## 【教学重难点】

- (1) 重点：如何规范的绘制管道布置图；
- (2) 难点：管道轴测图、管口方位图的绘制与阅读。

## 【教学内容】

第四节 管道轴测图、管口方位图及管件图

第五节 计算机在管道布置设计中的应用

## 管道布置图

管道布置图又称为管道安装图或配管图，它是车间内部管道安装施工的依据。管道布置图包括一组平立面剖视图，有关尺寸及方位等内容。一般的管道布置图是在平面图上画出全部管道、设备、建筑物或构筑物的简单轮廓、管件阀门、仪表控制点及有关的定位尺寸，只有在平面图上不能清楚地表达管道布置情况时，才酌情绘制部分立面图、剖视图或向视图。

管道布置图是以带控制点工艺流程图、设备布置图、设备装配图及土建、自控、电气等专业的有关图样、资料为依据，根据前述的管道布置原则做出合理的布置设计，并绘出管道布置图。

## 一、管道及附件的常用画法

## (1) 管道与管件图管道连接方式的画法

管道布置图中的主要物料管道一般用粗实线单线画出，其他管道用中粗实线画出。

当上下或前后两根管道交叉，致使其投影相交时，可用两种方法表示，一种是将下方（或后方）被遮住的管道投影在交叉处断开；另一种方法是将上方（或前方）的管道投影在交叉处断裂，并画出断裂符号。若许多管道处在同一平面上，则其垂直面上这些管道的投影将会重叠。

此时，为了清楚表达每一条管道，可以依此将前方（或上方）的管道投影断裂，并画出断裂符号，而将后方（或下方）的管道投影在断裂符号处断开。对于多根平行管道的重叠投影，一般可在各自投影的断开或断裂处注写字母，以便识别。

管道布置图中的管件通常用符号表示。这些符号与带控制点的流程图上所用的基本相同。

## (2) 阀门

管道上的阀门也是用简单的图形和符号来表示，其图形符号与工艺流程图中的画法相同。一般在视图上表示出阀的手轮安装方向，并画出主阀所带的旁路阀。

## (3) 仪表控制点

管道上的仪表控制点应用细实线按规定符号画出，每个控制点一般只在能清楚表达其安装位置的一个视图中画出。控制点的符号与带控制点工艺流程图的规定符号相同，有时其功能代号可以省略。

## (4) 管道支架

管道支架的位置一般是用符号在管道平面图上表示出来。

## 二、视图的配置与画法

管道布置图一般只画管道和设备的平面布置图，只有当平面布置图不能完全表达清楚时，才画出其立面图或剖面图。立面图和剖面图可以与平面布置图画在同一张图纸上，也可以单独画在另一张图纸上。

### (1) 管道平面布置图

管道平面布置图，一般应与设备的平面布置图一致，即按建筑标高平面分层绘制，各层管道平面布置图是将楼板以下的建（构）筑物、设备、管道等全部画出。

当某一层的管道上下重叠过多，布置比较复杂时，应再分上下两层分别绘制。在各层平面布置图的下方应注明其相应的标高。

用细实线画出全部容器、换热器、工业炉、机泵、特殊设备、有关管道、平台、梯子、建（构）筑物外形、电缆托架、电缆沟、仪表电缆和管缆托架等。除按比例画出设备的外形轮廓，还要画出设备上连接管口和预留管口的位置。非定型设备还应画出设备的基础支架。简单的定型设备，如泵、鼓风机等外形轮廓可画得更简略一些。压缩机等复杂机械可画出配管有关的局部外形。

### (2) 立面剖视图

管道布置在平面图上不能清楚表达的部位，可采用立面剖视图或向视图补充表达。剖视图尽可能与被切平面所在的管道平面布置图画在同一张图纸上，也可画在另一张图纸上。剖切平面位置线的画法及标注方式与设备布置图相同。剖视图可按 A-A、B-B……或 I-I、B-B……顺序编号。向视图则按 A 向、B 向……顺序编号。

## 三、管道布置图的标注

### (1) 建（构）筑物

建（构）筑物的结构构件常被用作管道布置的定位基准，因此在平面和立面剖视图上都应标注建筑定位轴线的编号，定位轴线间的分尺寸和总尺寸，平台和地面、楼板、屋盖及构筑物的标高。标注方法与设备布置图相同。

### (2) 设备

设备是管道布置的主要定位标准，因此应标注设备位号、名称及定位尺寸。其标注方法与设备布置图相同。

### (3) 管道

在平面布置图上标注出所有管道的定位尺寸及标高，物料的流动方向和管号。如绘有立面剖视图时，应在立面剖视图上标注所有管道的标高。定位尺寸以~为单位，标高以 m 为单位。

普通的定位尺寸可以以设备中心线、设备管口法兰、建筑定位轴线或墙面、柱面为基准进行标注，同一管道的标注基准应一致。

管道安装标高均以厂房室内地面士 0.00m 为基准，一般标注管底外表面的安装高度。对安装坡度有严格要求的管道，要在管道上方画出细线箭头，指出坡向，并写上坡度数值。

所有管道上方或左方都应标注与带控制点工艺流程图一致的管段编号中的前三项内容：公称直径、物料代号、管段序号。例如“SC-321-75”，其中 321 表示管道编号，75 表示管径，SC 表示介质或物料代号。又如“W300Φ57×3.5”，其中 Φ57 表示管径，3.5 表示壁厚，W 表示物料代号。也可将几条管线一起用引线引至图纸空白处标注。

(4) 管件、阀门、仪表控制点管接头、异径接头、弯头、三通、管培、法兰等这些管件能使管道改变方向、变化口径、连通和分流以及调节和切换管道中的流体，在管道布置图中，应按规定符号画出管件，但一般不标注定位尺寸。



在平面布置图上按规定符号画出各种阀门，一般也不标注定位尺寸，只在立面剖视图上标注阀门的安装标高。当管道上阀门种类较多时，在阀门符号旁应标注其公称直径、型式和序号。如用 50J8 用，50 表示管道的公称直径，J 表示阀门型式为截止阀，8 表示阀门的序号。

管道布置图中的仪表控制点的标注与带控制点的工艺流程图一致，除对安装有特殊要求的孔板等检测点外，一般不标注定位尺寸。

(5) 管道支架在管道布置图中的管架符号上应用指引线引出的长方框中注以管架代号。

#### 四、管道布置图的绘制

##### 比例、图幅及分区原则

(1) 比例。管道布置图的常用比例为 1: 50 和 1: 100，如管道复杂的也可采用 1: 20 或 1: 25 的比例。

(2) 图幅。一般用 1 号或 2 号图纸，有时也用 0 号图纸。

(3) 分区原则。由于车间（装置）范围比较大，为了清楚表达各工段管道布置情况，需要分区绘制管道布置图时，常常以各工段或工序为单位划分区段，每个区段以该区在车间内所占的墙或柱的定位轴全车间的管道。

视图配置车间管道布置图一般只绘出平面图、剖面图和向视图等，而且以平面图为主，其他视图为辅。

对多层建筑，应分层绘制管道平面布置图。若平面图上还有局部平面和操作平台，则应单独绘制局部管线的平面布置图。

##### 绘制管道布置图

(1) 管道平面布置图的画法

①用细实线画出厂房平面图。画法同设备布置图，标注柱网轴线编号和柱距尺寸。

②用细实线画出所有设备的简单外形和所有管口，加注设备位号和名称。

③用粗单实线画出所有工艺物料管道和辅段编号、规格、物料代号及其流向箭头。

④用规定的符号或代号在要求的部位画出管件、管架、阀门和仪表控制点。

⑤标注厂房定位轴线的分尺寸。

(2) 管道立面剖视图的画法

①画出地平线或室内地面、各楼面和设备基础，标注其标高尺寸。

②用细实线按比例画出设备简单外形及所有管口，并标注设备名称和位号。

③用粗单实线画出所有工艺物料管道和辅助物料管道平面图，在管道上方或左方标注管段编号、规格、物料代号及其流向箭头。

④用规定的符号或代号在要求的部位画出管件、管架、阀门和仪表控制点。

⑤标注厂房定位轴线的分尺寸和总尺寸，设备的定位尺寸，管道定位尺寸和标高。

#### 五、管道布置图的阅读

阅读管道布置图的目的是通过图样了解该工程的设计意图和弄清楚管道、管件、阀门仪表控制点及管架等在车间中的具体布置情况。在阅读管道布置图之前，应从带控制点的工艺流程图中，初步了解生产工艺过程和流程中的设备、管道的配置情况和规格型号，从设备布置图中了解厂房建筑的大致构造和各个设备的具体位置及管口方位。读图时建议按照下列步骤进行，可以获得事半功倍的效果。

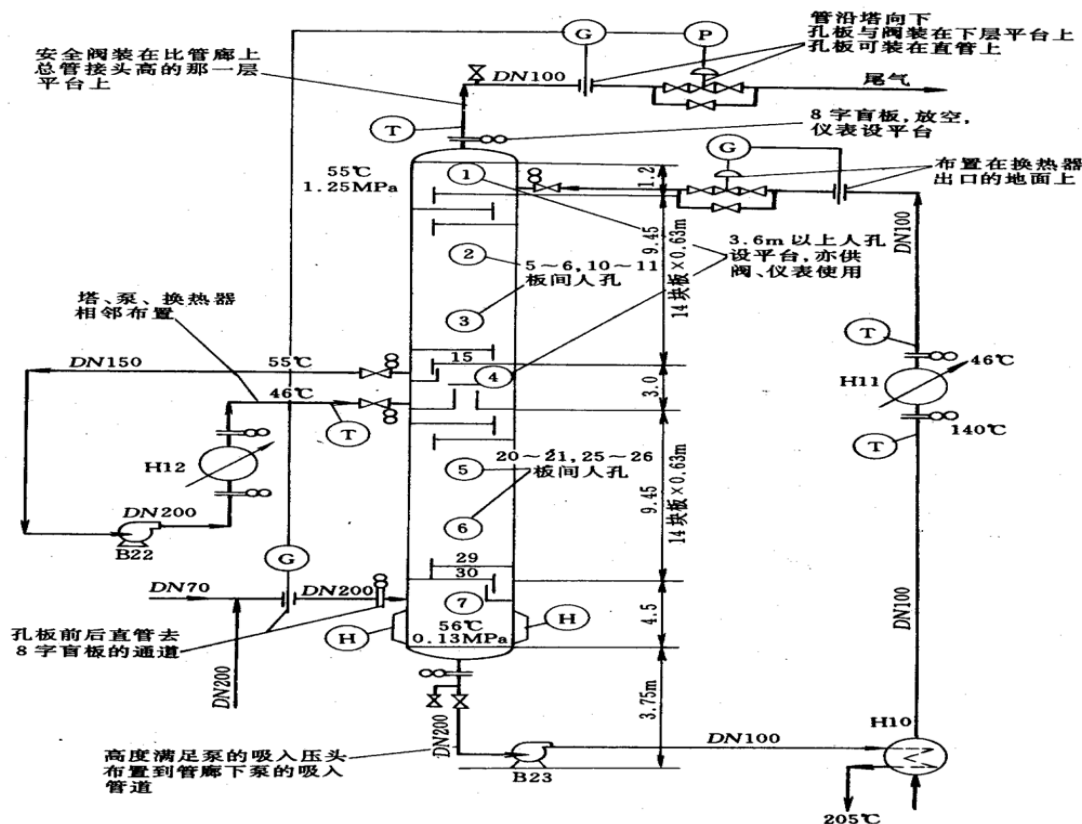
(1) 概括了解首先要了解视图关系，了解平面图的分区情况，平面图、立面剖视图的数量及配置情况，在此基础上进一步弄清各立面剖视图在平面图上剖切位置及各个视图之间的关系。注意管道布置图样的类型、数量，有关管段图、管件图及管架图等。

(2) 详细分析, 看懂管道的来龙去脉。

①对照带控制点的工艺流程图, 按流程顺序, 根据管道编号, 逐条弄清楚各管道的起始设备和终点设备及其管口。

②从起点设备开始, 找出这些设备所在标高平面的平面图及有关的立面剖(向)视图, 然后根据投影关系和管道表达方法, 逐条地弄清楚管道的来龙去脉, 转弯和分支情况, 具体安装位置及管件、阀门、仪表控制点及管架等的布置情况。

③分析图中的定位尺寸和标高, 结合前面的分析, 明确从起点设备到终点设备的管口, 中间是如何用管道连接起来形成管道布置体系的。



在上课的过程中, 我会用上面的图例来向同学们介绍在流程图上规划塔的配管:

采用电子计算机绘制的管段图能全面而清晰地反映管段布置设计及施工细节, 易于识读, 可避免设计中可能出现“碰撞”等差错, 而且计算机还能同时完成材料的统计汇总工作, 可以大大提高设计的速度和质量, 因而, 已在化工设计中获得了广泛应用。

**教学方法:** 多媒体教学结合讲授

**第 19 讲:**

**教学具体过程 (90 分钟):**

上课时, 首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容, 先请 1~2 个同学谈谈关于管道布置设计的主要任务及要求。(5 分钟)

在第一节课展示给大家的内容首先一个具体的化工过程管架的类型及具体安装布置的原则有哪些? 以及管道轴测图概念及主要内容, 在介绍该部分内容时, 我会主要就首页图、



设备安装详图及管口方位图的内容进行相关的介绍，同时展示给同学们看具体的工程图样；接着介绍管道轴测图的图示方法、管道轴测图的标注，在介绍该部分内容时，我会主要就管线的管段图进行具体说明，并举具体的图例来分析说明。然后介绍管件图（标准管件图、非标准特殊管件图），最后总结第六章的相关知识点及需要大家重点掌握的内容。（40分钟）

在第一节课结束前，我会告知同学们，下一节课为讨论课，讨论的主题为管道的布置原则及方法，希望大家做好准备。在第二节课上课的时候，我会把全选课班分成五个小组，然后就管道的具体布置问题进行大讨论，时间为 15min，讨论结束后，我会请每个小组委派一个代表来介绍其导论的具体结果，时间为 5min 左右，最后在所有各组的代表发言后，我会用 5min 左右的时间总结讨论结果，及补充其就管道布置没有考虑到的具体内容。

在对化工设计第六章管道布置设计（第 4~5 节）主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件，管道轴测图、管口方位图及管件图、计算机在管道布置设计中的应用。（5 分钟）

**作业布置及相关要求（5 分钟）：**

- （1）管道布置应考虑哪些因素？
- （2）如何对管道进行标注？

## 授课过程（第 20 次课）

授课题目	第七章 非工艺专业 第九章 毕业设计		授课日期	2022 年 5 月 日	
授课班级	2019 级工艺 4、5、 6 班；能化 1-2	授课时数	2	授课方式	理论加辩论课

## 【教学目标】

(1) 熟悉工艺专业和非工艺专业的职责范围；公用工程；安全防火与环境保护；毕业设计的目的，意义及要求；毕业设计说明书。

(2) 了解工程设计概算的内容；

## 【教学重难点】

(1) 重点：工程设计概算；

(2) 难点：概算的规范性。

## 【教学内容】

第七章 非工艺专业

第一节 公用工程

第二节 安全防火与环境保护

第三节 工程概算

第九章 毕业设计

第一节 毕业设计的目的、意义及要求

第二节 毕业设计的指导

## 非工艺专业

## 公用工程

公用工程包括给排水、供电、供热与冷冻以及采暖通风等专业。从设计成果形式分为设计说明书与图纸表格两种：从设计内容上讲，说明书主要包括：所接收的工艺专业对本专业提出的设计条件、界定本专业的的设计范围。采用的主要设计标准与规范，经论证、比较选择所确定的本专业技术方案：经分析与计算以及选型所得出的有关设备、材料的规格型号、尺寸、数量等结果。在说明书编制过程中及编制结束后，按照工作顺序先后，完成制作相应表格与图纸。

## 一、给排水

## 设计基础条件

列出接收的给排水设计条件，采用的给排水设计标准规范，指出给排水设计范围以及相关部门单位同给排水的协作关系。建设单位提给的有关自然条件资料。阐明生产对给排水在水量与水质方面的要求，并确定给排水的基本原则，指出该工程在给排水设计上的主要特点。同时根据生产、生活对给排水的水量水质要求，以及根据以上条件，确定工程水量平衡方案，并且绘制生产用水排水表、生活用水排水表。

给水水源、输送管道设计及水质处理

(1) 建厂地区水源情况，包括可提供的地下水（井水、深井水等）、地表水（河、江水、溪水、湖水、塘水、水库水以及城市市政供水管网等）以及它们的水质、水温和可提供的水量等。

(2) 循环水处理的水质稳定

## 二、供电

(一) 设计基本知识

(1) 化工生产车间的供电从化工生产用电电压等级而言,一般最高为 6000V,中小型电机通常为 380V,而输电网中都是高压电(有 10~330kV 范围内七个高压等级),所以从输电网引入电源必须经变压后方能使用。由工厂变电所供电时,小型或用电量小的车间,可直接引入低压线;用电量较大的车间,为减少输电损耗和节约电线,通常用较高的电压将电流送到车间变电室,经降压后再使用。一般车间高压为 6000V 或 3000V,低压为 380V。当高压为 6000V 时,150kW 以上电机选用 6000V,150kW 以下电机选用 380V。高压为 3000V 时,100kW 以上电机选用 3000V,100kW 电机选用 380V。

(2) 供电中的防火防爆按照 GB50058-92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》,关于爆炸性气体环境危险区域划分规定,根据爆炸性气体混合物出现的频繁程度与持续时间进行分区。对于连续出现或长时期出现爆炸性气体混合物的环境定为 0 区,对于在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境定为 1 区,对于在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境,或即使出现也仅是短时存在的情况定为 2 区。在设计中如遇下列情况则危险区域等级要作相应变动,离开危险介质设备在 7.5m 之内的立体空间,对于通风良好的敞开式、半敞开式厂房或露天装置区可降低一级;封闭式厂房中爆炸和火灾危险场所范围由以上条件按建筑空间分隔划分,与其相邻的隔一道有门墙的场所,可降低一级;如果通过走廊或套间隔开两道有门的墙,则可作为无爆炸及火灾危险区。而对地坑、地沟因通风不良及易积聚可燃介质区要比所在场所提高一级。

(二) 工艺对电气专业提供设计条件

(1) 动力。

(2) 照明。

(3) 弱电。指电讯设备、仪表仪器用电位置以及生产联系的讯号。

(4) 防雷设计

### 三、供热及冷冻工程

#### 供热

化工生产中的热源供热作为公用工程在化工生产中普遍应用,比如对吸热化学反应,为加快反应速度和对蒸发、蒸馏、预热、干燥等各种工序,供热都是必不可少的。化工设计中必须正确选用热源和充分利用热源。作为化工热源可分为直接热源和间接热源。前者包括烟道气及电加热。烟道气加热的优点是温度高,可达 1000℃,使用方便,经济简单,缺点是温度不易控制、加热不均匀和带有明火及烟尘。电加热的优点是加热均匀、温度高、易于调节控制、清洁卫生,缺点是成本高;后者包括高温载热体及水蒸气。高温载热体加热温度范围可达 160~500℃,对于 160~370℃ 的常用联苯与联苯醚的混合物,加热温度在 350~500℃ 的常用熔盐混合物 HTS (即  $\text{NaNO}_2$  40%、 $\text{KNO}_3$  35%、 $\text{NaNO}_3$  7%),熔点 142℃。水蒸气是化工生产中使用最广的热源,其优点是使用方便、加热均匀、速度快及易控制,但温度高时压力过大,不安全,所以多用于 200℃ 以下的场合。

#### 冷冻系统

化工生产中的物料温度若需维持在周围环境(比如大气、水等)温度以下,则需要由冷冻系统提供低温冷却介质(称载冷体),也可直接将制冷剂(如液氮、液态乙烯)送入工艺设备,利用其蒸发吸热获取冷量。通常采用制冷剂蒸发来冷却载冷剂,然后由载冷剂提供生产所需冷量,这种冷冻系统的优点是能集中供应,远距离输送,使用方便,易于管理,比较经济。选用载冷剂的温度不宜过低,以避免动力消耗过多。选用的载冷剂,其 K 点要低于制冷剂的蒸发温度,而使用温度通常比 K 点高 2~10℃,常用的载冷剂有水、盐水及有机物。当冷却温度) 5℃

时选用水,当冷却温度在 0~45℃ 范围内,可选用盐水,NaCl 水溶液适用于 0~15℃,CaCl<sub>2</sub> 水溶液适用于 0~45℃,盐浓度愈高,K 点愈低。当冷却温度更低时,则选用乙醇、乙二醇、丙醇及 F-11 等。

#### 四、采暖通风及空气调节

采暖是指在冬季调节生产车间及生活场所的室内温度,从而达到生产工艺及人体生理的要求,实现化工生产的正常进行。工业上采暖系统按蒸汽压力分为低压和高压两种,界线是 0.07MPa,通常采用 0.05~0.07MPa 的低压蒸汽采暖系统。还有的采用热风采暖系统是将空气加热至一定的温度(70℃)送入车间:它除采暖外还兼有通风作用。车间为排除余热、余湿、有害气体及粉尘,需要通风。

#### 五、燃烧爆炸及防火防爆

- (1) 化工生产中安全防火设计的重要性
- (2) 燃烧与爆炸的起因及其危险程度
- (3) 安全防火设计

#### 六、环境污染及治理

众所周知,化学工业所涉及的原料、材料、中间产品及最终产品大多数是易燃易爆有毒有臭味有酸碱性的物质,在它们的贮存运输、使用及生产过程中都有造成环境污染。在化学工业领域中,千变万化的物种及各种方式的生产路线途径,使得化工生产中排放的污染物也是多种多样。

### 工程概算

#### 一、化工设计工程的技术经济指标

评价化工工程设计成果技术上的先进性与经济上的合理性是通过对该工程的综合技术经济指标值的分析来进行的,这些技术经济指标提供给人们一个量化概念。通常作为化工设计说明书,有一章专门论述“技术经济”,并且列出设计工程综合技术经济指标。

#### 二、工程概算费用与概算项目

作为建设项目完整的设计文件,工程概算是其中一个重要组成部分。在报批设计时,必须同时上报工程的设计概算,只有合理、准确地做好工程设计概算,才能准确地确定建设投资。工程概算是编制固定资产投资计划、签订建设项目贷(筹)款合同,实行建设项目投资包干的依据:同时也是办理贷、付款及控制施工图预算以及考核设计经济合理性的依据。

#### 三、工程概算费用分类和概算项目的划分

##### (一) 工程概算费用的分类

- (1) 设备购置费
- (2) 安装工程费
- (3) 建筑工程费
- (4) 其他费用

##### (二) 工程概算项目的划分

在工程设计中,对概算项目的划分是按工程性质的类别进行的,这样可便于考核工程建设投资的效果。我国设计概算项目的划分为以下四个部分。

第一部分工程费用,工程费用系指直接构成固定资产项目的费用。

第二部分其他费用,其他费用系指工程费用以外的建设项目必须支付的费用。具体包括上述工程概算费用分类中第 4 部分其他费用中的(1)至(11)款、第(13)款以及城市基础设施配套费等项目。

第三部分总预备费，总预备费包括基本预备费和涨价预备费两项。

第四部分专项费用。

#### 四、工程概算的编制

- (1) 概算文件的组成
- (2) 总概算说明的编制
- (3) 设计项目总概算编制办法
- (4) 单项工程综合概算编制办法
- (5) 工程建设其他费用概算编制办法

### 毕业设计

#### 一、毕业设计的目的、意义

(1) 通过毕业设计的训练，使学生进一步巩固加深所学的基础理论、基本技能和专业知识，使之系统化、综合化。

(2) 在毕业设计中着重培养学生独立工作、独立思考并运用已学的知识解决实际工程技术问题的能力，结合课题的需要更应注意培养学生独立的获取新知识的能力。

(3) 通过毕业设计加强对学生计算、绘图、编辑设计文件、使用规范化手册等最基本的工作实际能力的培养。

(4) 通过毕业设计的训练，使学生树立起具有符合国情和生产实际的正确的设计思想和观点；树立起严谨、负责、实事求是、刻苦钻研、勇于探索并具有创新意识及与他人合作的工作作风。

#### 二、毕业设计在人才培养中的地位与作用

毕业设计是人才培养过程中的一个重要环节，是整个教学过程的总结。一般在四年制本科教学计划中毕业设计约占16~20周，其所占的学时在本科教学中没有哪一门课或哪个教学环节能与其相提并论。若毕业设计不通过则不能毕业，如仅此一门课程（或环节）不及格，可允许学生在一年内补做，并经过答辩通过后，可补发毕业证书，但不发学位证书。

#### 三、对毕业设计的要求

化工生产具有连续化、自动化程度高，且生产过程具有易燃、易爆、易腐蚀、能耗大、对环境有污染等特点。因此在进行毕业设计时要充分注意这些问题，使毕业设计既能达到教学的基本训练的目的，又能使学生对工程实际问题有初步的认识和了解。

#### 四、毕业设计的选题

选题是关系毕业设计工作质量，也是保证教学基本要求能否落实的重要环节。

#### 五、毕业设计的指导书

教师应提前做好毕业设计的准备工作，组织编写好具有统一格式的毕业设计任务书。任务书（见参考格式）是学生和教师共同从事毕业设计工作的依据，应由教研室主任、系主任审定后作为正式任务书，在学生进入毕业设计前一周内发给学生。

#### 六、毕业设计的评阅

学生在完成毕业设计撰写后除指导教师进行审阅外，还应聘请同行专家（或教师）对毕业设计进行评审。重点是审查学生掌握基础理论、基本技能和专业知识等综合应用情况，同时还应审查毕业设计的文字表达、绘图质量、计算与结果的分析等方面毕业生所达到的水平情况，特别是应考察学生完成课题过程中创造性工作能力及表现。评阅人要根据学生和指导教师所提供的材料写出评审意见并给出成绩。

#### 七、毕业设计的答辩



毕业设计完成后要在规定的时间内组织答辩，以检查学生是否达到毕业设计的基本要求和目的。

## 八、毕业设计成绩的评定

(1) 各教研室根据指导教师对学生的评价，结合答辩小组给学生的答辩成绩，参考毕业设计评分标准，初步确定学生的成绩。

(2) 各院(系)根据各教研室上报材料，组织教研室主任协调平衡学生成绩。每个自然班成绩优秀学生的比例一般控制在10%左右，最多不超过15%。

(3) 毕业设计答辩结束时，答辩委员会给每个学生写出评语并评定成绩。

(4) 最终成绩必须根据毕业设计实际质量，答辩委员会(小组)本着实事求是的原则评定。

(5) 学生的毕业成绩单应注明毕业设计题目，评分按优、良、中、及格和不及格五级评分。

(6) 毕业设计的成绩最后由各院(系)向学生公布。

(7) 评分标准：优秀、良好、中等、及格、不及格。

## 毕业设计说明书

学生在毕业设计完成后，要写出报告，即编制出毕业设计说明书和绘制工程图纸。说明书和图纸是衡量学生的毕业设计完成与否的主要依据，也是考核毕业成绩的根据。因此在进行毕业设计工作之前，就先明确说明书所包括的内容扩同时也是指导教师对学生的毕业设计要求。以便按说明书的内容，安排设计工作计划和进程。设计说明书应包括以下内容：

### 一、总论

#### (1) 概述

说明所设计的产品性能、用途和在国民经济中或对人民生活的重要性；该产品的市场需求；简述该产品的生产方法及特点。

#### (2) 文献综述

设计过程中，首先要查阅文献(国内外期刊和有关图书)。通过从文献中所了解的内容，简述有关该产品的生产试验概况，国内外生产现状和发展趋势等。并附一篇外文资料译文。

#### (3) 设计任务的依据或项目来源

说明选题情况，是由指导教师指定的课题，还是从生产实际中承接的项目。

(4) 设计产品所需的主要原材料规格、来源以及水、电、汽等的供应情况，结合设计地区供应情况说明之。

#### (5) 其他

如交通运输、节能和环保等措施。简要说明原料、产品及废渣的储运方式。简述能量综合利用情况，设计中所采用的节能措施。说明生产过程可能产生的有害物质排放和处理措施。

### 二、生产流程或生产方案确定

根据查阅文献和毕业实习或实际调查所掌握的情况确定，有时是依据科学试验报告和小试结果进行放大设计，分析各种生产方法及其特点。简要叙述自己设计所选定的生产方法的依据和特点。画出一个简单流程图。

### 三、生产流程简述

按生产顶序，从原料到成品依次叙述各种物料所经过的设备及其在该设备中所发生的变化；写出可能的化学反应方程式，说明其工艺条件，如温度、压力、流量及物料已比等；并说明原料、产品的贮存方式及其特殊要求，如涉及安全、环保的注意事项等。

### 四、工艺计算书

这部分内容是毕业设计中的主要工作，在实际工业设计中，也是必不可少的。是在设计过



程中的重要内容，是设计最终结果的主要依据。它应包括；物料衡算、热量衡算，必要时加上有效能衡算。

#### 五、主要设备的工艺计算和设备型

根据设计任务工作量的大小，要选定 1~2 个主要设备（非定型设备）进行工艺计算。例如主要反应器的工艺尺寸，催化剂的装填量；塔设备的直径、高度和填料的装量或塔板数目和结构尺寸以及流体流动阻力等。

其他设备都作为辅助设备要根据生产能力，按前边的物料衡算结果进行选型。如泵、压缩机、换热器和槽罐等。对所选设备结果列出设备一览表。

#### 六、原材料、动力消耗定额及消耗量

根据物料衡算和热量衡算结果，换算为单位产品（吨）的消耗量（及消耗定额）和单位时间（小时和年）的消耗量。

#### 七、车间成本估算

通过毕业设计，使学生建立经济核算观点。产品车间成本或工厂成本可以体现设计的经济合理性。

#### 八、环境保护与安全措施

#### 九、设计体会和收获

#### 十、参考文献

#### 十一、附工程图纸

**教学方法：**多媒体教学结合讲授

**第 20 讲：**

**教学具体过程（90 分钟）：**

上课时，首先我会和同学们一起回顾上堂课的主要内容，先请 1~2 个同学谈谈关于化工管道布置设计轴测图。（2 分钟）

本课程新课首先展示的是第七章的学习要求及公用工程包括的专业，在介绍该内容时，我会主要介绍本章需要大家熟悉及了解的一些工业工程的相关内容；然后介绍给排水、供电、供热及冷冻工程、采暖通风及空气调节等公用工程的相关设计工作内容；接着我会介绍安全防火与环境保护，在介绍该部分内容时，主要介绍燃烧爆炸与防火防爆、环境污染与治理的相关具体内容；然后介绍毕业设计的基本要求，在介绍该部分内容时，我会主要就毕业设计的目的、意义及要求；毕业设计的指导原则；毕业设计说明书编写方法进行相关的讲解及例举往届同学的毕业设计的具体实施及具体过程以及最终的成绩评定进行相关的介绍。最后总结化工设计这门课程的主要内容及要求同学们重点掌握的内容。

在上课过程中，我会用下面的表格来向同学们介绍在做设计的成本估算的具体内容及表达方法。

单位：元

序 号	名 称	单 位	消耗定额	单 价	单位成本	备 注
1	原材料费					
	.....					
	.....					
	合计					
2	动力费					
	水					
	电					
	.....					
	合计					
3	工资及福利					
	合计					
4	车间经费					
	折旧费					
	维修费					
	管理费					
	合计					
5	副产品回收费					
	.....					
	合计					
6	产品车间成本					
7	企业管理费					
8	工厂成本					

在对化工设计第七章公用工程、第九章毕业设计主要内容进行讲解的过程中展示多媒体课件。(40分钟)

**评讲上一次作业(3分钟)**

对第8周的作业的完成情况及解答思路进行相关的说明

**学生设计实践辩论(45分钟)**

学生分组设计后，派代表展示与辩论。