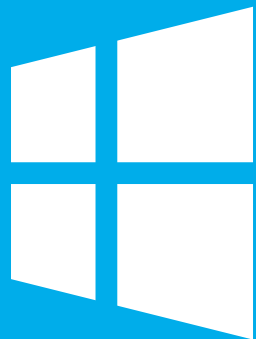


# 化工设计



# 化工设计复习



# 第一章 绪论

- 要点：
  - ① 化工设计的原则和指导思想；
  - ② 化工设计分类及主要完成的任务；
  - ③ 化工工程设计阶段、主要任务；
  - ④ 化工工程设计的程序、各程序的联系和任务。

# 化工设计的原则和指导思想

---

先进  
合理  
经济  
安全

---

# 化工设计主要内容

---

## 1. 总体设计

厂址选择、总图设计、总工艺设计、设计说明书、概算等

## 2. 工艺设计

生产方法选择、流程设计、工艺计算、设备设计选型、设备布置、管道设计、对非工艺设计提条件、设计说明书等

## 3. 非工艺设计

机械工程、土建工程、供排水工程、供配电工程、供热供汽工程、仪表及自动化、分析及卫生工程等

# 工艺设计和工程设计类型及分类

---

- 新技术开发—研究单位的工程开发部门负责
  - 概念设计
  - 中试设计
  - 基础设计
- 工程设计—设计单位完成
  - 初步设计
  - 详细设计（施工图设计）



# 中试设计

- ❑ 验证基础研究中得到的规律和概念设计中的一些结果和设想
- ❑ 考察从小试到中试的放大效应；
- ❑ 研究一些由于各种因素没有条件在实验室进行的课题；
- ❑ 进行新设备、新材料、新仪器、新控制方案的试验。

## 中试设计要求：

工艺流程、规模和设备与工业装置基本相同，为基础设计提供基础数据。规模小，可以不出管道、仪表和管架的安装图。

# 设计各阶段及应该提交的文件

---

## 1. 前期工作

厂址选择、项目建议书、可行性研究、设计任务书

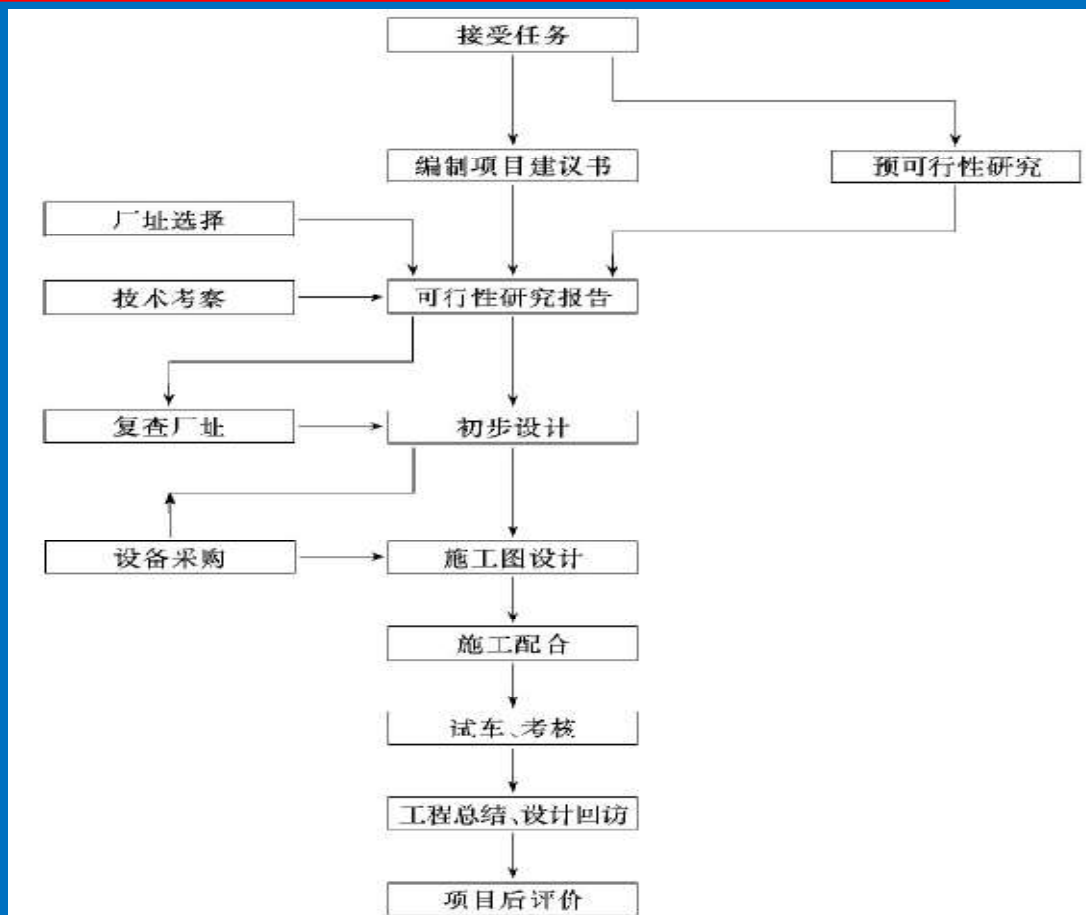
## 2. 初步设计

初步设计说明书、PFD、PID、车间设备布置图、厂区平面图

## 3. 施工图设计

施工图纸：设备制造图、安装图、管道安装图、土建及结构图  
供电、热、排水、自控、电信线路安装图

# 工程设计基本程序



设计前期工作阶段

主要内容：  
厂址选择、项目建议书、可行性报告、设计任务书

初步设计和施工图设计阶段

施工、试车阶段

# 厂址选择

- 建设进度、投资、经济效益和环境保护等有影响，厂址选定后才能进行设计的前期工作
- 原则：
  - 应选在原料、燃料、动力充足，运输方便，产品销售便利的地区。
  - 应该有良好、充足的水源；
  - 节约用地及占地种类，并考虑发展的需要；
  - 考虑附近居民的安全与健康；
  - 厂址的气候及防灾害能力；
  - 避免建在国家或地区的水利、历史、自然、文化等各类保护区；
  - 良好的地质条件：9度以上的地震区、下沉II级以上、滑坡、泥石流、矿产资源、大孔性黄土不宜建厂、地耐力要求147kPa以上（小于98kPa不宜建厂）。

影响因素：a) 原料、b) 能源、c) 水资源、d) 运输条件、e) 环境影响

# 厂址选择案例

---

例：拟建一硫酸厂，其厂址的选择主要考虑的特殊因素？

- ❖ 硫酸是一种腐蚀性液体，需要随产随销。
- ❖ 硫酸的运输价格比较贵。
- ❖ 硫酸厂对环境的污染比较严重。

厂址选择：

- ❖ 离硫酸消费中心近一些。
- ❖ 避免建在人口稠密的居民区和环保要求高的地区。
- ❖ 在消费中心建厂规模可大些，在边远或硫酸用量不多的地区，建厂规模可小些。

# 项目建议书的主要内容

---

- (1) 项目名称
- (2) 项目内容(背景和依据, 投资必要性, 拟建规模, 厂址选择)
- (3) 工艺技术方案(原料、生产方法和技术来源)
- (4) 产品市场
- (5) 环境保护、劳动定员
- (6) 原材料来源、外协条件
- (7) 投资估算、资金筹措  
(偿还能力的大体测算, 利用外资项目要说明利用外资的可能性)
- (8) 项目大致进展(项目实施规划设想)
- (9) 初步技术经济评价(经济效益和社会效益)
- (10) 结论和建议

# 可行性研究的主要内容

---

- (1) 总论
- (2) 市场情况及工厂规模
- (3) 资源、原材料、能源及其主要公用设施情况
- (4) 建厂条件及厂址方案
- (5) 项目的技术方案
- (6) 环境保护
- (7) 工厂机构、管理及定员
- (8) 项目实施计划及进度要求
- (9) 企业经济和国民经济评价
- (10) 不确定分析
- (11) 结论

# 设计任务书的主要内容

---

- a) 设计项目的名称及企业技改目的
- b) 设计项目的依据
- c) 产品品种、生产规模、生产方法和工艺原则
- d) 原料、燃料的供给，产品去向
- e) 公用工程的原则方案（水电汽的主要来源）
- f) 资源综合利用和环境保护
- g) 建设工期
- h) 投资控制数
- i) 劳动定员控制数
- j) 要求达到的经济效益



### 3 可行性研究报告与设计任务书的区别

**内容：**可行性研究报告只提供依据，设计任务书是结论。

**性质：**可行性研究报告给上级提供决策的文件，  
设计任务书给设计人员的指令。

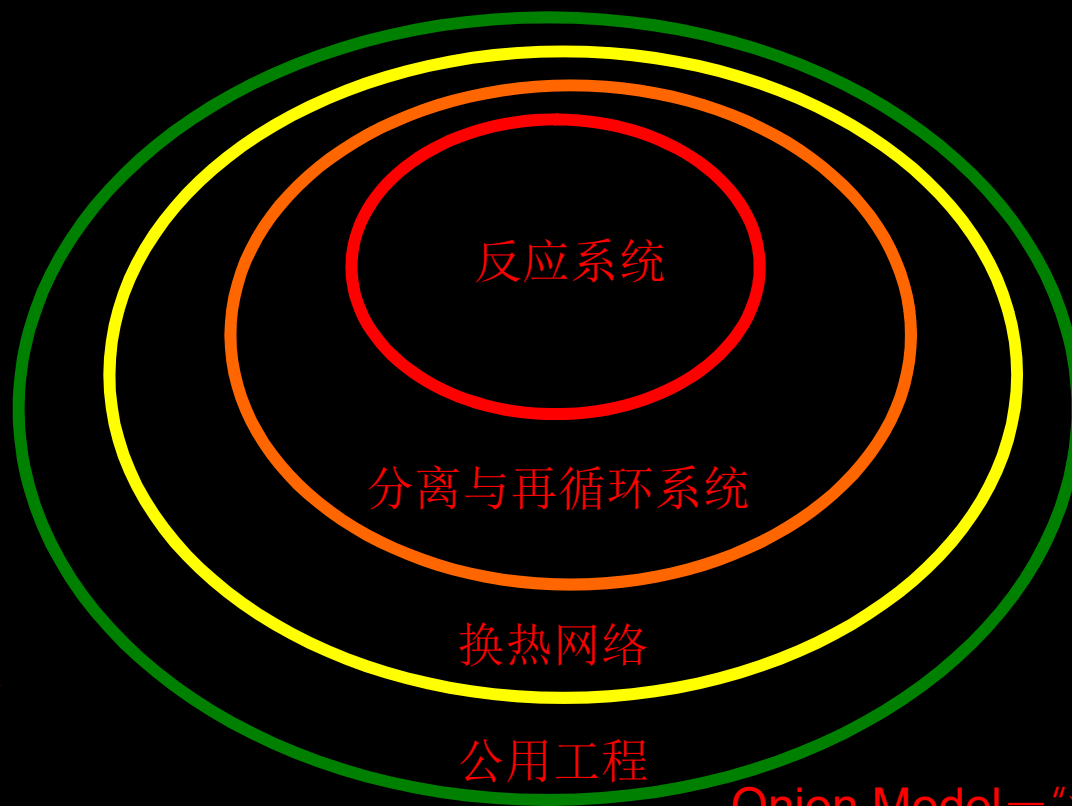
**时间：**可行性研究报告在先，设计任务书在后。

# 第三章 工艺流程设计

---

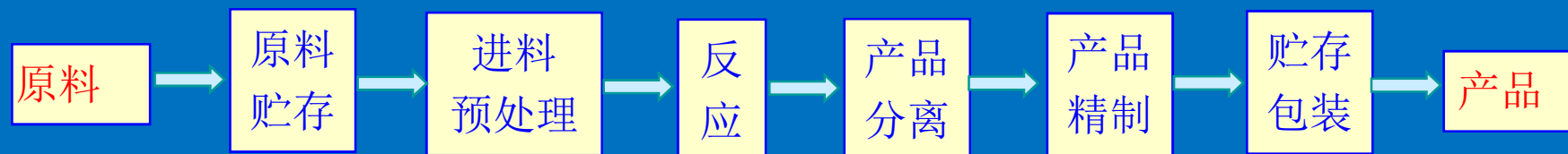
- 工艺流程设计的原则和任务
- 化工过程合成方法
  - 反应过程的设计
  - 分离过程的设计
  - 换热过程的设计
- 工艺流程图设计的种类
- 18 工艺流程图设计的绘制

# 工艺流程设计模型



Onion Model—"洋葱"模型

# 工艺流程设计方法



- 一般工艺流程部分至少分为三个重要部分，即：原料预处理、反应过程、产物的后处理(分离纯化)。
- 工艺流程设计时须以反应过程为中心。
- 内容：
  - 反应过程的设计
  - 分离过程的设计
  - 换热过程的设计

# 反应过程的设计

---

## 1. 首先确定反应过程性质和进料、出料条件。

**性质**：连续或间歇（产量、市场需求、操作上特殊要求）

**进料**：进料是否需经预处理（根据杂质的毒性、反应性、量）

**出料**：确定目的产品和流股数

（反应产品有6个去向：主产品、联产或副产品、低价值的燃料、排空、循环、有害物去三废处理）

## 2. 确定操作条件

---



1. 反应器选型
2. 原料的预处理
3. 反应温度
4. 反应压力
5. 转化率
6. 其它



# 分离过程的合成

---



1. 分离方法；
2. **ESA**和/或**MSA**；
3. 分离设备；
4. 设备的最优排列或序列；
5. 设备的最优操作条件。



# 分离方法选择

---

## 1. 进料相态作为判据

**气相进料：**（1）部分冷凝（2）深冷条件下的精馏（3）气体吸收（4）气体吸附（5）气体膜渗透（6）凝华

**液相进料：**（1）闪蒸（2）精馏（3）气提（4）萃取精馏（5）共沸精馏（6）液-液萃取（7）结晶（8）液体吸附（9）膜渗析、反渗透、超滤（10）超临界萃取

**淤浆、湿滤饼和干固体：**过滤或离心分离；干固体可用选择性浸取对组分进行分离。



## 2. 分离因子作为判据

$$\alpha = \frac{y}{x}$$

## 3. 分离目的作为判据

- (1) 一组分或组分组的提纯;
- (2) 除去不需要的组分;
- (3) 为后续加工回收或除去组分。

# 工艺流程图的种类

---

- ① 工艺流程方框图
  - ② 工艺流程草图
  - ③ 工艺物料流程图（PFD）
  - ④ 带控制点的工艺流程图PID
  - ⑤ 管道仪表流程图（P&ID）
- 初步设计阶段
- 施工图设计阶段

## 工艺流程图的绘制—通用设计规定

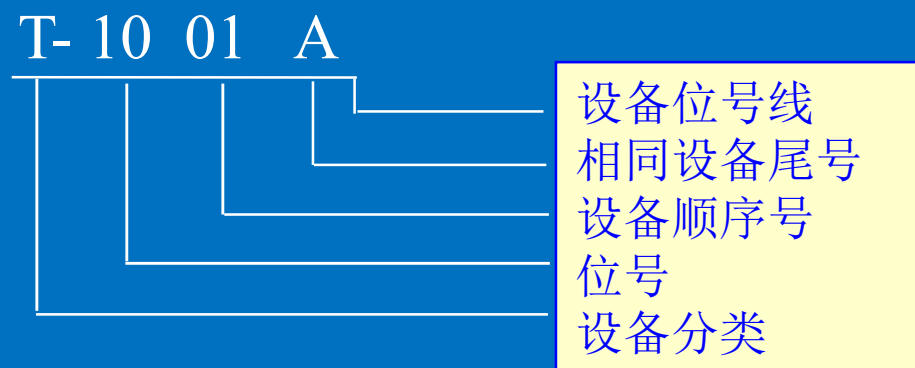
---

- 按工艺车间或工段绘制，一般采用**A1**号或**A2**号图纸，如果流程复杂，可用多张图纸；
- 工艺流程图按照相对比例绘制，可适当放大或缩小；设备的位置按照相对高度确定。
- 线条要求：
  - 主物料线用粗实线（**0.9mm**）
  - 辅助管线用中粗实线（**0.6mm**）
  - 设备轮廓、管道上各种附件、局部地平线用细实线（**0.3mm**），仪表引出线及连接线用细实线。

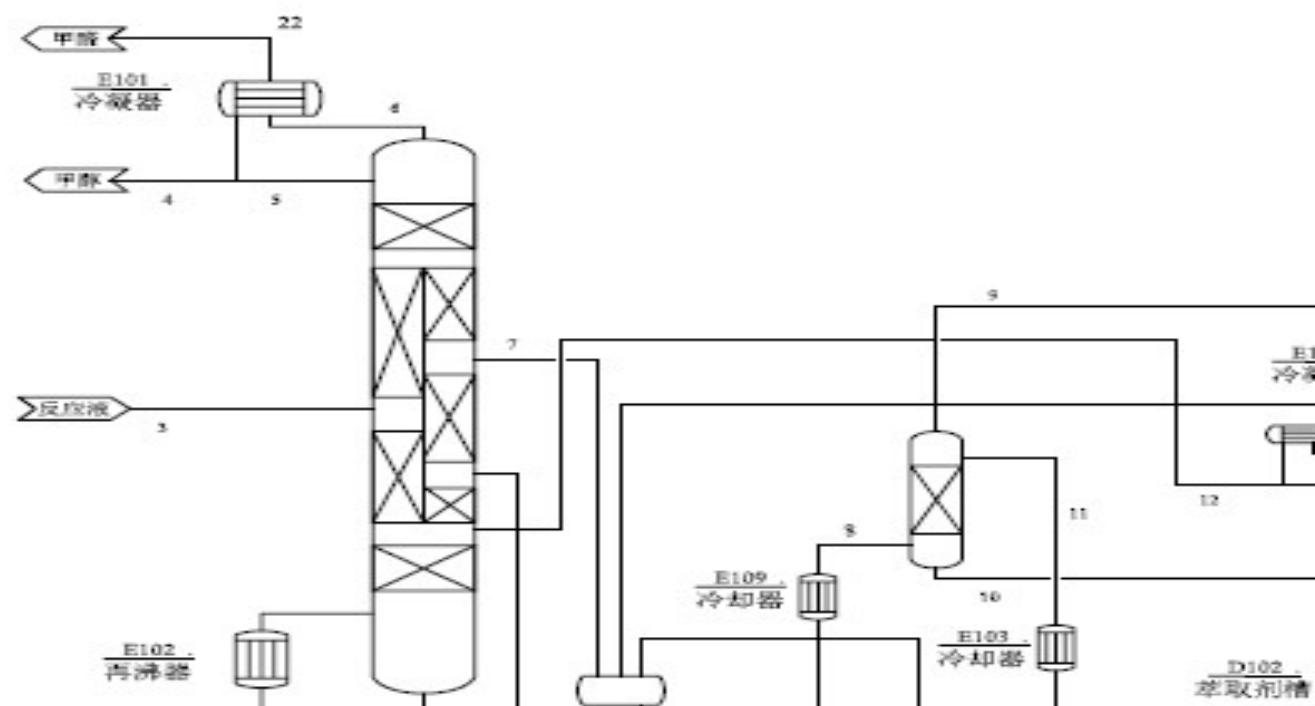
## 工艺流程图的绘制—设备

- 设备的标注

- 内容：在图上应标注位号及名称。
- 方式：位号、名称一般标注在相应设备图形上方或下方



# 物料流程图 (PFD)



# 工艺流程图的绘制—仪表控制点

## ❖ 仪表控制点的表示方法

- 标注包括图形符号、字母代号和仪表位号三部分。
- 第一个字母表示被测变量，后继字母表示仪表的功能；数字编号表示仪表的序号，可按车间或工段进行编号。



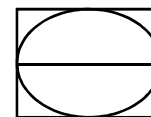
就地安装压力  
指示仪表**302**



集中仪表盘安  
装温度指示仪  
表**302**

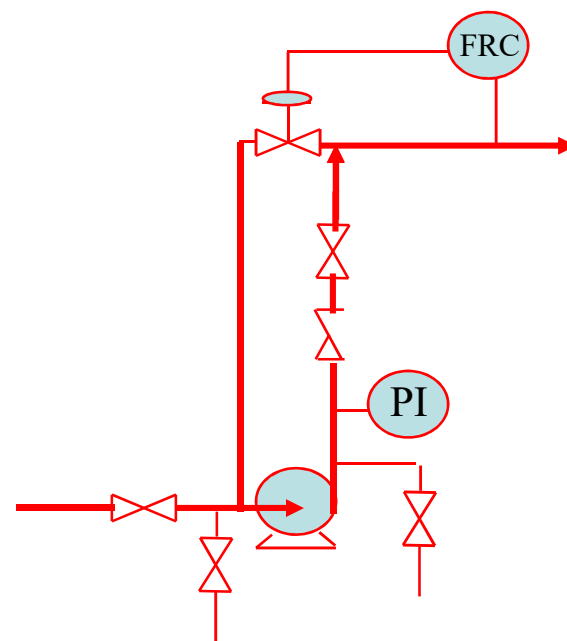
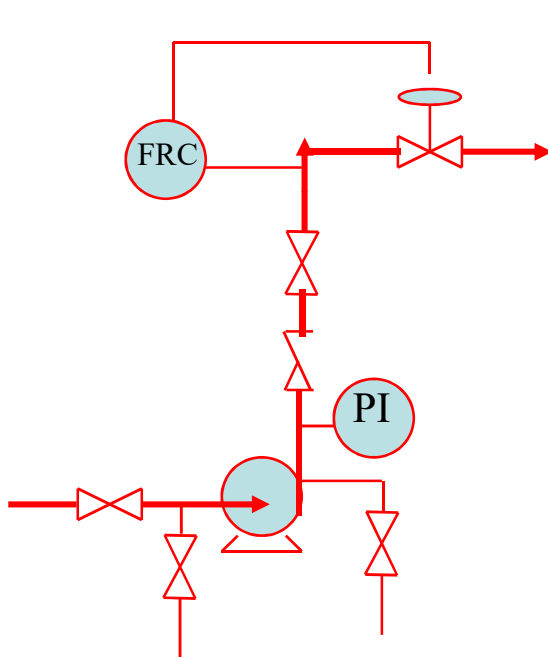


集中仪表盘后  
安装流量指示  
控制仪表**302**

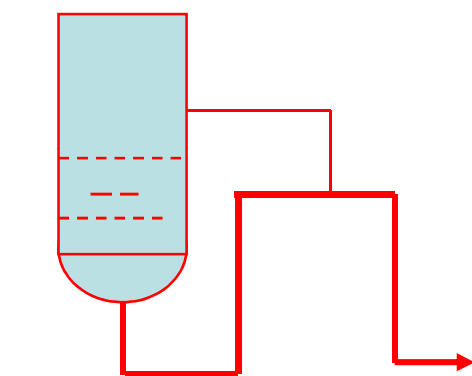


集散控制系统  
数据采集温度  
指示仪表**302**

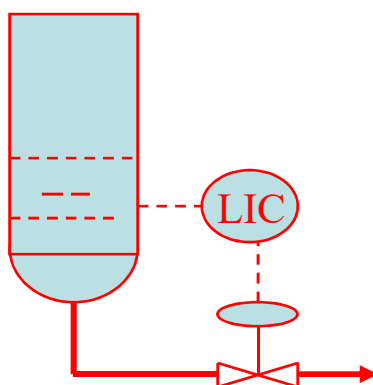
## a 离心泵的流量控制



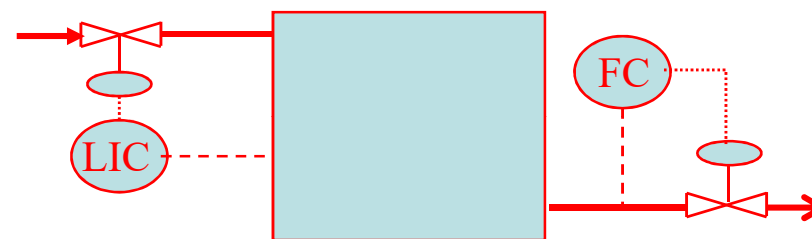
## b 液位控制



溢流控制液面



出料控制液面

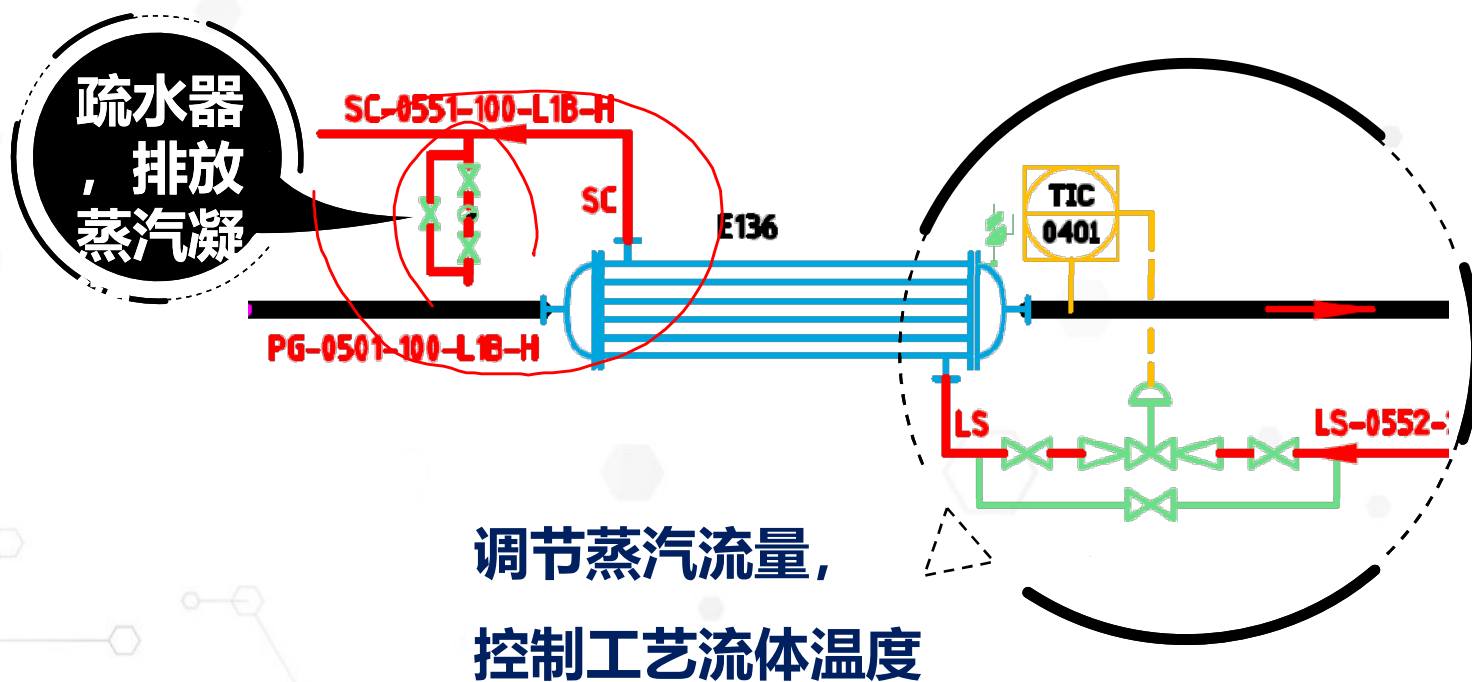


进料控制液面





## 温度控制

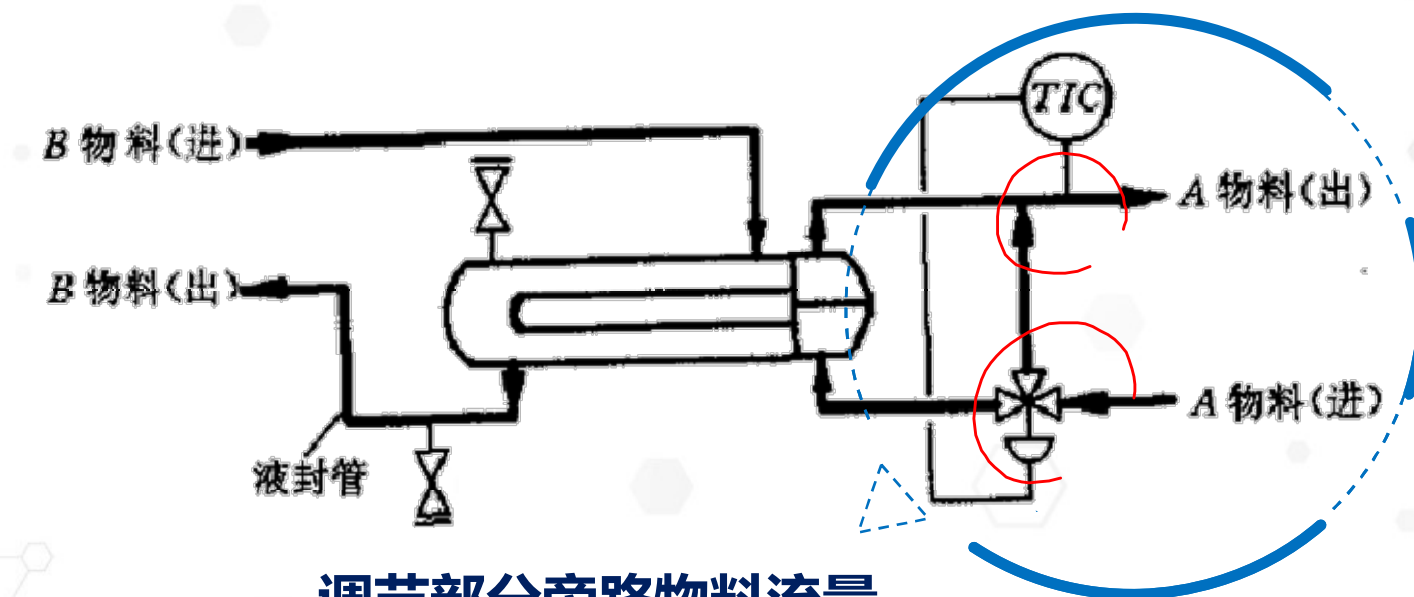




## 温度控制



### 冷热物流换热控制方案



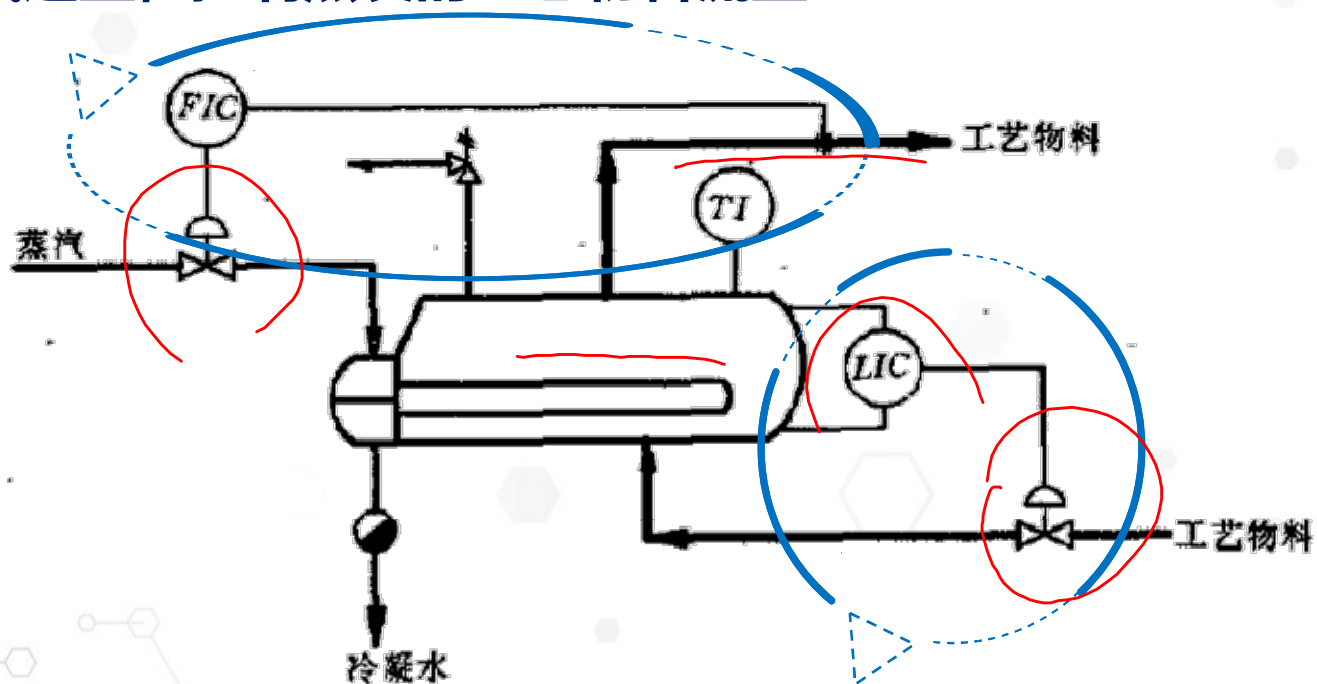
调节部分旁路物料流量，  
控制目标物料温度



## 蒸汽加热的蒸发器控制方案



调节蒸汽进量，控制蒸发的工艺物料流量



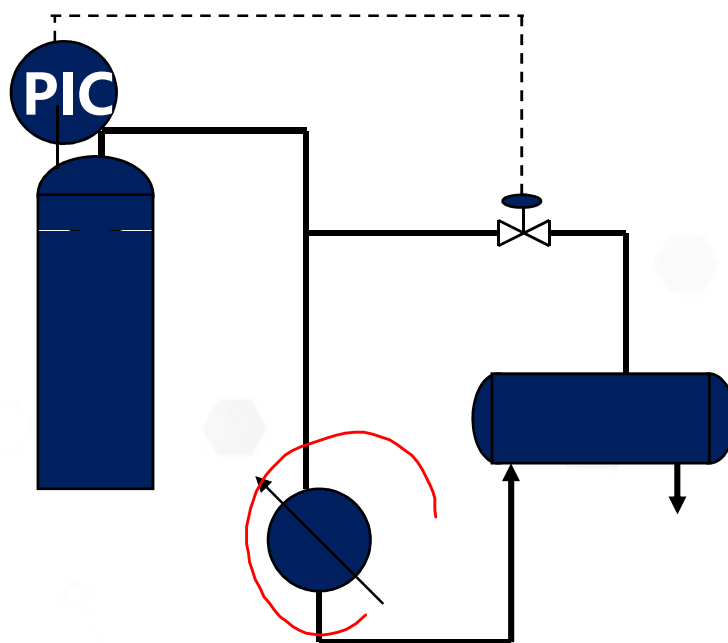
调节工艺物料进量，控制蒸发器液位



## 精馏塔操作参数调节



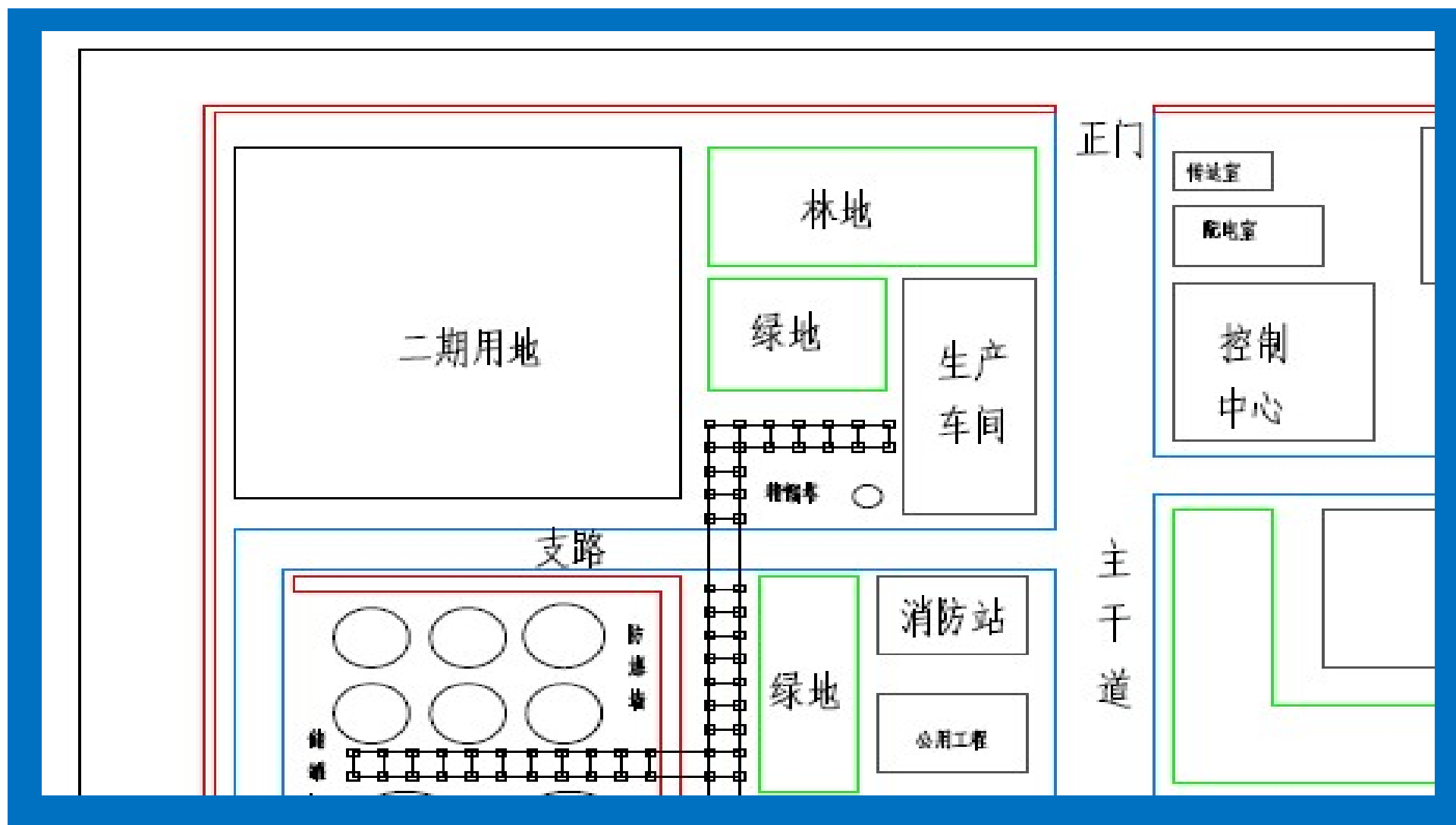
### 塔压调节



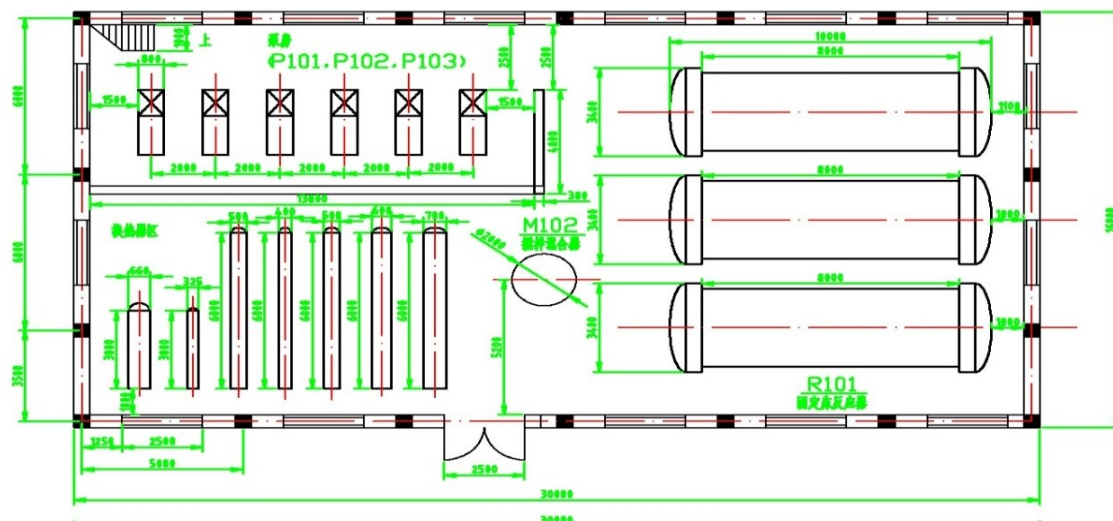
# 第六章 车间总体设计与设备的平、立面布置

---

- 化工厂总平面布置
- 车间（设备）布置



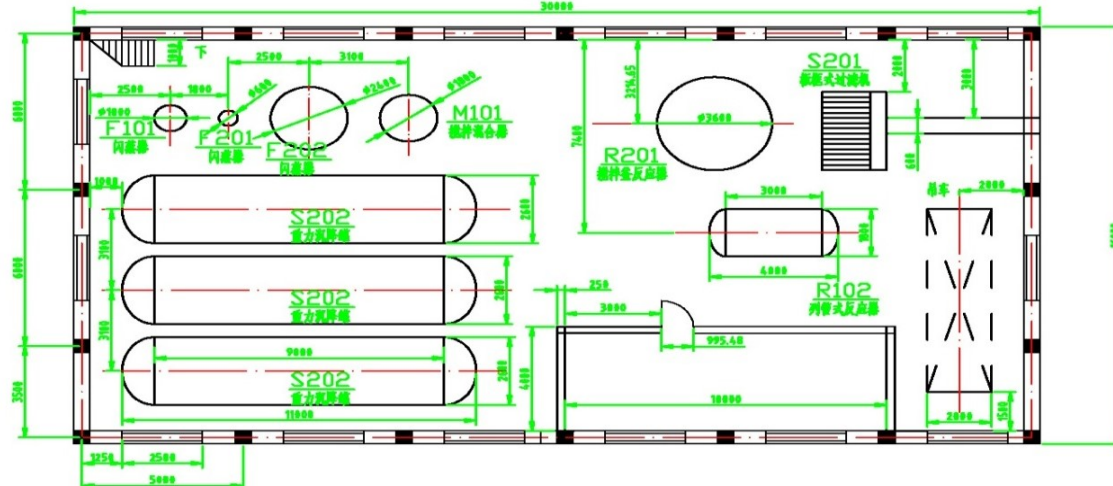
- 缺指北和风向标
- 道路转弯处要有弯曲半径，道路宽度要表示
- 每个区域地坪标高要注明，写明±xxx，相当于当地标高xxxxxx
- 工厂四周和建筑物四周全都要有坐标定位
- 建筑物离道路边太近，要留有地下管线和照明电缆等位置
- 功能相近的建筑物要合并
- 预留用地要相对集中，不易分散
- 罐区四周一般用防火堤隔离；不同形式的罐防火间距不一样
- 正门、侧门位置对换一下
- 装灌区要留有装车的水位，不可在马路上装卸
- 各建筑物门的位置要有通向建筑物门口的通道



### 一楼车间平面布置

换热器区排列7台换热器,从左到右依次为

[E101](#) [E102](#) [E103](#) [E104](#) [E105](#) [E201](#) [E202](#)



### 二楼车间平面布置

李 嘉 意 工 大 学					生物柴油11万吨/年	
原 委	登 号	日 期	车间平面布置图		设计项目	基础设计
设 计		2007.9				
制 备		2007.9				
校 核		2007.9				
审 核		2007.9				
			比 例	1:100	制 图	审 图



- 缺指北
- 房门只有一个，不符合消防规范
- 设备定位尺寸要注在设备中心线处，不可注在设备的边缘。
- 换热器间间距太小，管线无法布置
- 换热器为何形式，是否抽芯？离泵间距太小，不便检修。
- 多台设备位号要用ABC来区分，不可三台设备一个位号。
- 反应器（R101A/B/C）间距1米太小，四周不能投料（还要考虑设备保温和基础大小、土建留洞大小）
- 房屋轴线要编号和注明尺寸，跨距5米不妥
- S-202(重力沉降灌) 间距太小，四周不便操作

## 第七章 化工管路设计

---

原则：(1) 满足工艺条件；  
(2) 保证安全生产；  
(3) 便利操作维修；  
(4) 节约管材管件；  
(5) 布置整齐美观。

## 管道设计的基础资料（依据）

---

- （1）施工流程图
- （2）平面布置图和立面布置图
- （3）设备施工图
- （4）物料衡算和热量衡算
- （5）工厂地质情况（地下水位及冻结层的深度）
- （6）地区气候条件
- （7）其他（锅炉房蒸汽压力和压缩空气压力）

# 管道的规格和选材

---

- (1) 管道的规格
- 公称制： 公称压力PN ( $P_g$ )  
例如 $P_g=1.6, 2.5\text{MPa}$
- 公称直径DN ( $D_g$ )  
DN50管子  $\Phi 57 \times 3.5$ ,  $\Phi 57 \times 4$ ,  $\Phi 57 \times 3$
- 英寸制：  $1/2''$   $3/4''$   $1''$ .....  $10''$

# 工艺流程图的绘制—管道绘制

## (2) 管道代号

- 物料代号一般以物料的英文名称首字母大写表示

<u>PG</u>	<u>08</u>	<u>01</u>	<u>-50</u>	<u>B2A</u>	<u>=</u>	<u>1/2"</u>	<u>H</u>
物料 代号	位 号	管道 分段 顺序 号	管 径	管 道 等 级		伴 管 尺 寸	隔 热 代 号

## 管道等级

设计中，根据管道材质、压力和直径三个参数分级。

管道等级号：**B 2 A**

序号：同一材质、压力级

管道压力等级代号

管道材质代号

管道材质代号：

**A**—铸铁及硅铸铁 **B**—碳素钢 **C**—普通低合金钢 **D**—合金钢  
**E**—不锈钢耐酸钢 **F**—有色金属 **G**—非金属 **H**—衬里管

管道压力等级代号：

**0**—0.6MPa **1**—1.0MPa **2**—1.6MPa **3**—2.5MPa **4**—4.0MPa  
**6**—6.4MPa **7**—10.0MPa

### (3) 管道的连接形式



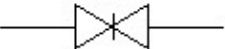
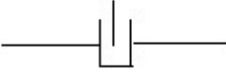

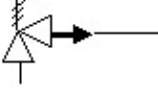

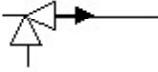
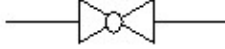
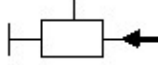
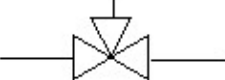

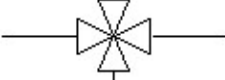
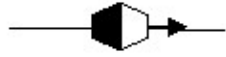
## (4) 阀件的规格及选择

---

- 1 ) 阀件的规格: **PN ( Pg ) DN ( Dg )**
- 2 ) 常用的阀件: ( 球阀、闸阀、截止阀、止回阀、隔膜阀、安全阀等 )
- 3 ) 选阀的依据: ( **a** ) 流体特性
  - ( **b** ) 操作功能
  - ( **c** ) 管道尺寸
  - ( **d** ) 管道阻力
  - ( **e** ) 流体的温度压力
  - ( **f** ) 阀件的材质



表 2-8 常用阀门的图形符号

序号	名称	图例	序号	名称	图例
1	闸阀		16	插板阀	
2	截止阀		17	弹簧式安全阀	
3	止回阀		18	重锤式安全阀	
4	直通旋塞		19	高压截止阀	
5	三通旋塞		20	高压节流阀	
6	四通旋塞		21	高压止回阀	

## (5) 配件

---

- (1) 弯头：用于改变管路的方向
- (2) 三通：用于管路的分流和设置旁路。
- (3) 短接：用于同径管道的连接。
- (4) 异径管：用于不同管径管道的连接。
- (5) 法兰：用于管道的连接。
- (6) 盲板：用于切断管道的流通。

## 第八章 技术经济评价

---

- 项目投资估算
- 生产成本估算
- 经济评价

动态法和静态法

# 项目经济评价指标分类

根据资金的回收速度、获利能力

1.以时间作为计量单位的时间型指

时间型指标主要有静态评价方法  
投资回收期、贷款偿还期等。

2.以货币单位计量的价值型指标;

净年值 净现值 费用现值和

# 时间型评价指标

## 静态评价方法

不考虑资金的时间价值，主要用初始阶段的粗略分析和评价，以及技

特点：简单、直观、运用方便，

# 一、静态投资回收期法

## （一）投资回收期的概念

投资回收期（投资偿还期、投资的期限，即用投资方案所产生的全部投资额所需的时间。

## 二、静态投资效果系数法

### ——项目年净收益与投资总

投资效果系数体现了项目投产  
收益额，是考察项目投资盈利水平

静态投资效果系数：不考虑资

# 静态投资效果系数的应用：

## (1) 投资利润率

指项目达到设计能力后的一个正常生产期年平均利润总额与项目总投资之比。它表示项目正常年份中单位投资每年所创造的



## (2) 投资利税率

指项目达到设计生产能力后正常年年平均利税总额与项目总投资的比率

$$\text{投资利税率} = \frac{\text{年利税总额或年平均利税总额}}{\text{项目总投资}}$$

## (3) 资本金利润率

# 动态评价方法

考虑资金的时间价值，采用复利现值法将不同时间点的支出和收益折算为相同的时间点，用于可行性研究等。

特点：科学性、准确性及全面性  
是现代项目经济评价常用方法

## 动态投资回收期法的特点

优点：

1. 与静态法相同，经济意义明确
2. 由于考虑了资金的时间价值，所反映的项目风险性和盈利能力也更准确，是进行技术方案进行技术经济评价的重要指标。

缺点：

1. 与静态投资回收期法相比，主

## 一.选择题

试说明一个新产品或新工艺从开始研制到  
(A)概念设计、中试设计及基础设计

下述说法正确的是( )。

(A)中试设计用于所有单元过程

工程设计包括的内容是( )。

(A)初步设计和施工图设计(有的书将

在初步设计程序中有生产方式的选择。  
药合成车间,正确的生产方式是( )

在初步设计中物料计算的  
(A)原料消耗定额、三废排  
(B)原料消耗定额、三废排

可行性研究是基本建设前期工作的重要内  
(A)对项目的必要性和可行性作分析预测  
(B)对项目技术的先进性、经济的合理性作

在初步设计中工艺流程设计根据各个阶段  
 (A)工艺流程方框图、工艺流程草图和带控  
 (B)工艺流程方框图、工艺流程草图、物料流

按照化工工艺流程图绘制方法<sup>C</sup>,下列  
 (A)设备轮廓线与辅助物料管线相同  
 (B)设备轮廓线与主物料线相同,都用

在化工工艺流程图中,符号  $\frac{R \times \times \times cA, E}{\times \times}$  反应器

(A) A、B、C 2 个设备串联



在化工工艺流程图中,下列标注中

PG

(A)工艺代号

化工工艺流程图中符号 $\ominus$ 表示 (

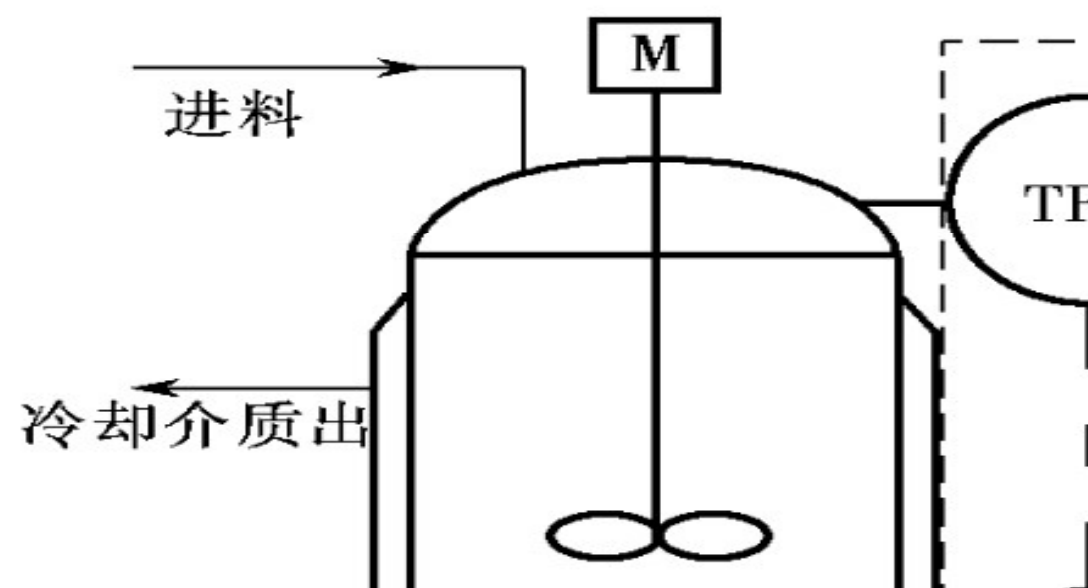
(A)集中控制仪表

带控制点的化工工艺流程图中,不包括

(A)全部管道的管道代号、管径、材料、

(B)工艺物料和辅助管道的流向及工艺

在化工工艺流程图中单元反应设备如图所示，





在化工生产工艺技术路线选择中<sup>B</sup>，首先要选  
(A)工艺路线的先进性 (B)

在氯苯硝化生产一硝基氯化苯生产车间  
选择性为 98%，则氯化苯<sup>A</sup>的转化率为（

反应<sub>C</sub>  $\text{C}_3\text{H}_6 + \frac{3}{2}\text{NH}_3 + \frac{3}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \frac{3}{2}\text{CH}_3\text{CN} + 3\text{H}_2\text{O}$   
式为（ ）。

(A)  $\frac{\text{CH}_3\text{CN生成摩尔数}}{\text{C}_3\text{H}_6\text{消耗摩尔数}} \times 100\%$

在化工设计热量计算前应选取基准温度<sup>C</sup>，  
(A)定为  $0^{\circ}\text{C}$

化工生产中常用分离设备进行物料分离，分离  
能量为分离剂的过程、物质为分离剂的过程及  
不显工以能量为分离剂的过程是（ ）

化工用塔式设备通常有板式塔和填料塔，对  
填料塔<sup>A</sup>的场合，新建工厂和老厂改造应分别

车间设备布置时,一些高大设备  
(A)露天布置,以减少建筑物的负荷

车间设备布置时,为使管路尽量短和便于<sup>B</sup>于  
(A)按流程图出现的顺序布置

对化工管道公称直径的概念进行正确选择 (A)  
(A)为了简化管道器材元件尺寸而对管道分

中试装置设计的主要任务是考察小试的管壳式换热器等（<sup>B</sup>）进行中试。

在车间设备布置时有许多要求,如下  
(A)高大的设备尽量放在露天,以降低  
(B)设备布置时应留一定的间隙,有利

在精馏塔进行精馏操作时,常采用热  
这些措施的目的是( )。

已知  $C_1$  为生产能力  $p_1$  的成本,  $C_2$  为生产

已知,若估算  $C_2$  的成本可以用指数法,即

热交换器的价格  $C_E$  的计算公式为  $C_E = C$

当换热面积  $A$  在一定范围内,  $C_b$  和  $F_r$ 、 $F_p$

在单元设备估算时,在可行性研究阶段如果作  
(A)塔的不同类型(如填料成本、塔板类型)

## 二、填空题

1. 工艺物料流程图是以 图形与表格 相结合的形式来反映物料衡算结果的。
2. 设计一个工艺流程至少可以先分为原料准备、反应过程和产物分离三个子系统。
3. 化工设计前期工作的主要内容：        、        、        。
4. 厂址选择主要影响因素有：原料、        、        、        、        。
5. 在工艺流程图中，设备的大小可按        来绘制，设备的位置可按        来确定。
6. 物料衡算的基本准则是        ，  
能量衡算的基本准则是        。
7. 一个较大的化工车间通常由        、        、        和其他特用室组成。

### 三、问答题

1. 化工工艺设计包括哪些内容？

答：生产方法选择，工艺流程设计，工艺计算，设备的设计与选型，设备布置，管道设计，对非工艺设计提条件，设计说明书，概预算书

2. 如何划分化工设计阶段？

答：化工设计分为：设计前期工作、初步设计、施工图设计三个阶段。

3. 厂址选择的主要影响因素有哪些？

答：a) 原料 b) 能源 c) 水资源 d) 运输条件 e) 环境影响

4. 可行性和设计任务书有什么区别？

答：内容上：可行性研究报告只提供依据，设计任务书是结论。

性质上：可行性研究报告给上级提供决策的文件，设计任务书给设计人员的指令。

时间上：可行性研究报告在先，设计任务书在后。

5. 在化工设计过程中经常使用不同等级的标准,如国际标准(ISO)等，请你再叙述4个其它级别的标准及代号。



## 5. 举出布置车间应考虑的因素

答：（1）工艺装置在满足生产、操作、安全、环保条件下，应联合集中布置，建筑物应合并布置；

（2）合理划分街区，确定厂区通道宽度。（道路宽度应满足防火、防爆、卫生防护间距要求）；

（3）厂区道路设计应考虑基建、机修期间大件设备运输吊装要求，同时兼顾与厂外公路的运输衔接工艺装置的内部道路应与街区外的厂区道路连通，当受条件限制，应设回车场的尽头道路；

（4）人流、物流要分开，不要交错。生产管理和生活设施应按使用功能合理组合厂区应合理地划分面积较大的街区；

（5）总平面布置应结合气象条件，选择合适的朝向工艺装置应布置在人员集中场所全年最小频率风向的上风侧，散发可燃气体的设施全年最小频率风向的下风侧。



6. 工艺对设备布置的要求是什么？

- (1) 满足工艺流程顺序，保证水平和垂直方向的连续性。
- (2) 相同类型的设备尽可能布置在一起。
- (3) 设备与设备之间按规定留足间距，便于操作、维修。
- (4) 考虑设备互换使用的可能性。
- (5) 设备安排要考虑管路走向，走直线，少弯路。
- (6) 要有堆放原料，中间产物，产品的空地。
- (6) 留有扩建或扩产余地。

7. 设备布置图有哪几种？

答：平面图、立面图。

8. 在设备布置图中标注设备定位尺寸，以什么为基准（以平面图和立面图分别说明）

答：以建筑的定位轴线为基准。

9. 化工管道设计的依据内容是什么？

答：化工管道设计规范。

10. 在什么情况下要对管道进行热补偿？热补偿的方法有哪些？

答：管道热补偿是为了防止管道因温度升高引起热伸长产生的应力而遭到破坏所采取的措施。主要是利用管道弯曲管段的弹性变形或在管道上设置补偿器。

#### 四、计算题

1.热量衡算

2.质量衡算