

EP O1 绪论

1. 化学工业特点

品种多、行业多、产值高

2. 化学反应速度（率）的定义

单位时间、单位反应体积内特定组分 i 的变化量

3. 基元反应定义

反应物一步直接转化为产物的反应

4. 简单反应定义

由单步组成的反应，由一个或几个基元反应组成

5. 复杂反应定义

由一个或几个简单反应以某种方式相互关联起来的反应

6. 催化作用定义

能加快或减慢化学反应速率的作用

7. 催化作用特点

- ① 催化剂不发生化学变化
- ② 催化作用不改变化学平衡，仅缩短达到平衡的时间
- ③ 催化剂对催化反应具有选择性

8. 生产能力定义

单位时间内，反应器处理的原料量或生产的产品量

9. 生产率定义

单位时间、单位反应器体积能处理的原料量或生产的产品量

10. 转化率定义

反应器中每摩尔组分 i 反应掉的摩尔（或重量）分数

11. 选择性定义

生成目的产物的组分 i 占反应掉的组分或生成副产物的组分 i 摩尔（或重量）分数

12. 收率定义

生成目的产物的组分 i 占参与反应的组分 i 摩尔（或重量）分数

13. 工艺流程

原料经过系列串联和或并联工序最终生成产品的过程

14. 反应器类型

按结构分：釜式、管式、塔式

按反应物料和催化剂状态分：均相/非均相

按物料流态分：平推流、全混流

按传热方式分：间接传热、直接传热、绝热

15. 工业催化剂组成

主催化剂、助催化剂、载体

2 化工资源及初步加工

1. 化工资源种类

矿产资源：化学矿、煤炭、石油、天然气

海洋资源：盐、生物质、甲烷水化物、海底矿

农林及副产品资源：粮食、油、木、植物、动物

公共资源：水、空气

2 - 1 化学矿

2. 化学矿的分类

非金属矿：自然硫、磷矿、硫化氢、雌黄等

金属矿：硫铁矿、辉锑矿、辰砂、黑钨矿等

3. 我国化学矿特点

有特色矿、分布不均、高品位矿少、伴生矿多

2 - 2 煤

4. 煤的种类

腐植煤、残植煤、腐泥煤

5. 腐植煤的分类及特点

泥煤 → 褐煤 → 烟煤 → 无烟煤 （石墨）

按照该方向，C↑、H↓、光泽↑、烟↓、水分↓、比重↑、硬度↑

6. 煤的组成和结构

主要是 CHO，少量 SNP，结构以芳核结构为主

7. 煤的风化

定义：煤在空气中储存时，受温度和氧气、水变化的影响，物化及工艺性质会发生一系列的变化

结果：发热量减少、热加工产率降低、粘结性变坏、燃烧时火焰变短、可能引起自燃

解决方案：使煤和空气隔绝、使煤堆中空气流通以利散热

8. 煤的干馏

定义：煤在隔绝空气条件下，受热分解生成煤气、粗苯、焦油和焦炭的过程

主要产物：低温干馏：煤气、低温煤焦油、酚

高温干馏：粗苯、焦炭、稠环芳烃

高温干馏中温差的作用：

产生收缩应力，使焦炭表面产生裂纹；产生压力差，使大部分气体走外行气，进行 2 次裂解

9. 煤的气化

定义：以煤或煤焦为原料，以氧气、水蒸气或氢气等作气化剂，在高温条件下通过化学反应将煤焦中的可燃成分转化为气体燃料的过程

10. 煤的液化

定义：用化学加工方法将煤最大限度转化成液体燃料的过程

直接液化：煤经高压加氢直接转化成液体产品

间接液化：煤先经气化制得合成气，再经合成反应制得液体燃料

2 - 3 石油

11. 原油分类

相对密度在 0.9~1.0 的称为重质原油，小于 0.9 的称为轻质原油。

12. 汽油质量指标

馏分组成、辛烷值、安定性

13. 柴油的质量指标

凝固点、十六烷值、芳烃含量

14. 原油预处理

脱水、脱盐、脱硫

15. 催化裂化

定义：在催化剂存在下进行的石油裂化过程

目的：提高汽油安定性、辛烷值

16. 加氢裂化

定义：在催化剂和氢气存在的条件下，使重质油受热后通过裂化反应转化为轻质油

目的：提高优质轻柴油产量

17. 催化重整

定义：在有催化剂作用的条件下，对汽油馏分中的烃类分子结构进行重新排列成新的分子结构的过程

主要反应类型：芳构化、异构化、加氢裂化

产物：高辛烷值汽油、轻芳烃、氢气

18. 芳烃抽提

定义：用极易溶解芳烃的抽提剂加入到重整油料中提取芳烃的过程

抽提剂：环丁砜

19. 延迟焦化

定义：原料油受热后的生焦现象不在加热炉管内而延迟到焦炭塔内出现的过程

产物：汽油、柴油、焦化蜡油、石油焦、焦化气（烯烃）等

3 - 1 氧化

1. 氧化的定义

将氧原子引入化合物内，或从化合物中除取氢原子的过程

2. 常用的氧化剂

空气、氧气、硝酸、重铬酸盐、次氯酸盐、过氧化物

3. 氧化反应种类

- ① 氧原子直接引入作用物的分子内 ② 作用物分子只脱氢，与氧结合生成水
- ③ 作用物分子脱氢并同时添加氧
- ④ 两个作用物分子共同失去氢，氢被氧化成水
- ⑤ 碳碳键部分氧化，作用物分子脱氢和碳键断键同时发生
- ⑥ 碳碳键完全氧化 ⑦ 间接氧化 ⑧ 氮氢键氧化 ⑨ 硫化物的脱氢或氧化

4. 氧化反应共同特点

- ① 氧化反应是一个强放热反应，易完全氧化，引起热爆炸
- ② 反应途径多，副产物多，分离困难
- ③ 易深度氧化，须选择高选择性催化剂

5. 防范氧化反应热爆炸的措施

- ① 注意爆炸极限范围 ② 保证足够的传热强度 ③ 稀释反应物
- ④ 设备设计加装防爆口（膜）、安全阀、报警装置

6. C-H 键氧化活性顺序:

叔 H > 仲 H > 伯 H

7. 反应热的合理利用

- ① 利用反应热副产中、高压水蒸气
- ② 用低沸点工作介质利用低位废热推动透平机
- ③ 用膨胀机利用氧化尾气推动鼓风机
- ④ 综合利用

8. 二氧化硫氧化制硫酸生产方法

塔式法、铅式法、接触法（得到硫酸浓度最高）

9. 塔式法、铅式法使用的催化剂 NO_2

3 - 2 氢化和脱氢

1. 氢化是放热反应，消耗 1mol 氢放出的热量越多，氢化越容易
2. 升温 and 降压对脱氢有利
3. 工业氢气的四个来源

水或食盐水电解制氢、副产氢气的回收、由煤制氢气、由气态烃（天然气）和轻油转化制氢

3 - 3 电解

1. 电解的定义

电流通过电解质溶液或熔融电解质时，在两个电极上所引起的化学变化

2. 电位绝对值越低越容易析出

4 - 1 焙烧、煅烧与烧结

1. 湿法加工：浸取 热法加工：焙烧、煅烧、烧结

2. 焙烧的定义

将矿石、精矿在空气、氯气、氢气、甲烷、一氧化碳、二氧化碳等气流中不加或配加一定的物料，加热至低于炉料的熔点，发生氧化、还原或其它化学变化的单元过程

3. 煅烧的定义

低于物料熔点的适当温度下，加热物料，使其分解，并除去所含结晶水、二氧化碳或三氧化硫等挥发性物质的过程

4. 烧结的定义

高于物料熔点的适当温度下，加还原剂、助熔剂进行的化学转化过程

5. 焙烧、煅烧与烧结的异同点

三者都是高温反应过程；烧结是高于物料熔点，而焙烧、煅烧是低于物料熔点；焙烧和烧结是物料与添加剂等发生化学反应，煅烧是物料发生分解反应，失去结晶水或挥发组分

6. 焙烧种类

氧化焙烧、硫酸化焙烧、挥发焙烧、氯化焙烧、还原焙烧、氧化钠化焙烧

7. 较高的 SO_2 气氛、较低温度，有利于生成硫酸盐

8. 金属氯化物的特点

熔点低、挥发性高、易被还原、易溶于水或其它溶剂，各种金属氯化物生成的难易和性质存在明显区别

9. 氯化焙烧特点

原料适应性强、作用温度低、分离效率高

4 - 2 浸取

1. 浸取的定义

应用溶剂将固体原料中可溶组分提取出来的单元过程

2. 浸取的类型

酸浸取、碱浸取、水浸取、盐浸取

3. 浸取剂的选择

- ① 对溶质的浸取具有选择性
- ② 对溶质的饱和溶解度大
- ③ 适当的物性
- ④ 价格、毒性、燃烧、爆炸、腐蚀等性质

4. 提高浸取速率的方法

升高温度、提高浸取剂浓度、减小粒度、提高搅拌速度

EP O8 高分子化工反应单元工艺

1. 通用塑料

PE、PP、PS、PVC 即聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯

2. 通用合成橡胶

丁苯橡胶、顺丁橡胶、异戊橡胶、丁基橡胶

3. 合成纤维纤度

代系数：9000 米长纤维的质量

公支数：1 克纤维长度

4. 高分子化合物的生产过程

原料准备（单体、引发剂、催化剂、分散剂、乳化剂、溶剂、水等）、聚合、分离、后处理、单体回收

5. 单体储存要求

防止与空气接触爆炸、防止压力过高储罐爆破、防止泄漏、防止单体自聚、储罐远离反应装置等

6. 聚合方法选择原则

根据用途、根据成本、根据产品性能、根据工艺要求

7. 引发剂选择原则

根据聚合方法选择适当溶解性能的引发剂

根据聚合操作方式和反应温度选择适当活性和活化能的引发剂

根据引发剂半衰期选择引发剂

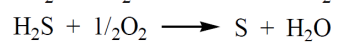
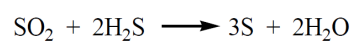
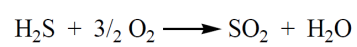
8. 窄分布聚合物需连续或多次添加分子量调节剂

9. 本体聚合特点

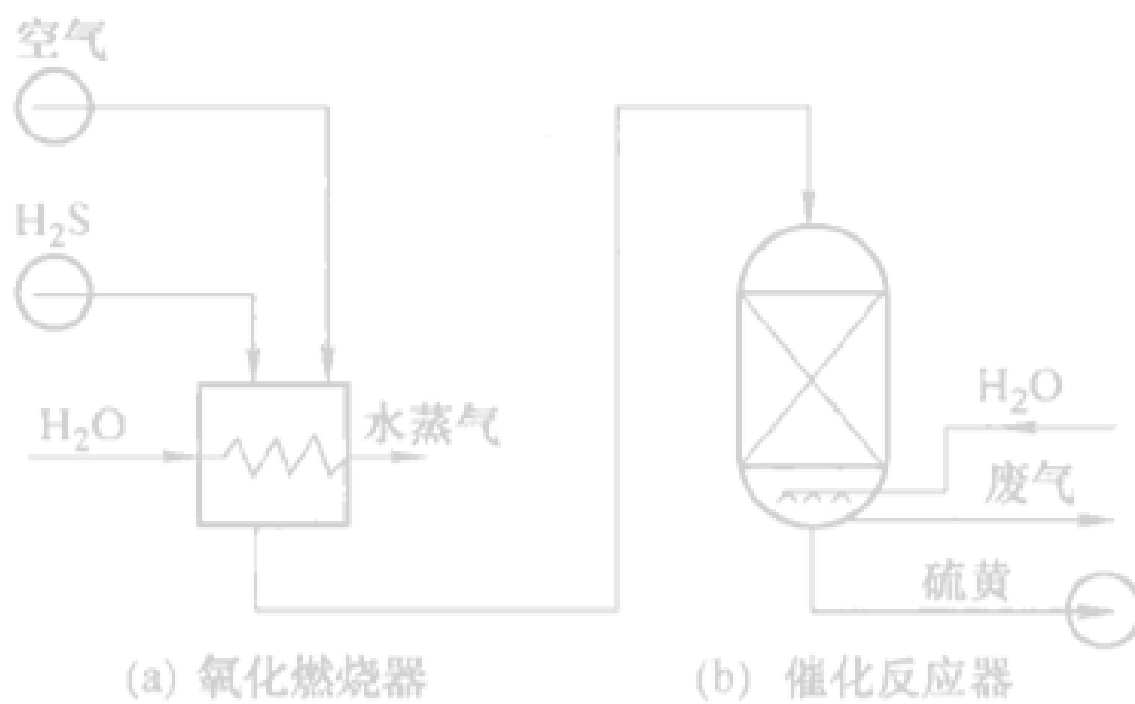
聚合过程中无其它反应介质、工艺简单、散热困难、分子量分布宽、反应不完全需脱除单体

克劳斯法脱硫

1. 反应式

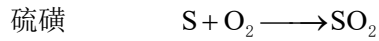
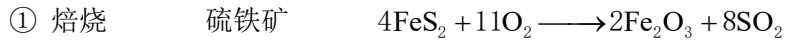


2. 流程图



接触法制硫酸

1. 过程与反应式



② 炉气精制（除杂质： As_2O_3 、 HF 、 SeO_2 、矿尘、水蒸气等）



④ 吸收 用 98.5%硫酸吸收 SO_3 ，制浓硫酸或发烟硫酸；尾气制 98.5%硫酸

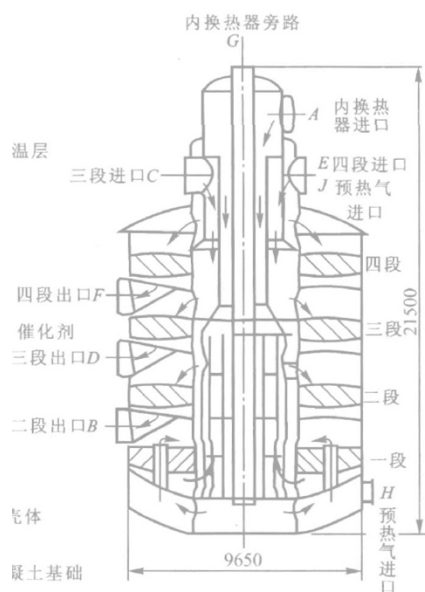
2. 二氧化硫催化氧化反应机理

- ① 氧分子吸附在钒催化剂上，形成原子氧
- ② 二氧化硫吸附在钒催化剂上，与原子氧结合，形成络合中间产物（催化剂 $\cdot\text{SO}_2\cdot\text{O}$ ）
- ③ 络合中间产物形成吸附态物种（催化剂 $\cdot\text{SO}_3$ ）
- ④ 吸附态物种在催化剂表面解吸附

3. 二氧化硫催化氧化生产控制因素讨论

- ① 平衡转化率随 $T \uparrow$ $p \uparrow$ 二氧化硫含量 \uparrow 氧含量 \downarrow 而下降
 - ② 速率随温度升高先增大后降低
 - ③ 最适宜温度随转化率增加而降低，考虑实际，使用“多段反应”+“中途吸收”
- “ $m+n$ ”表示 m 段反应后，吸收，再进行 n 段反应，再吸收

4. 反应器内气体流向



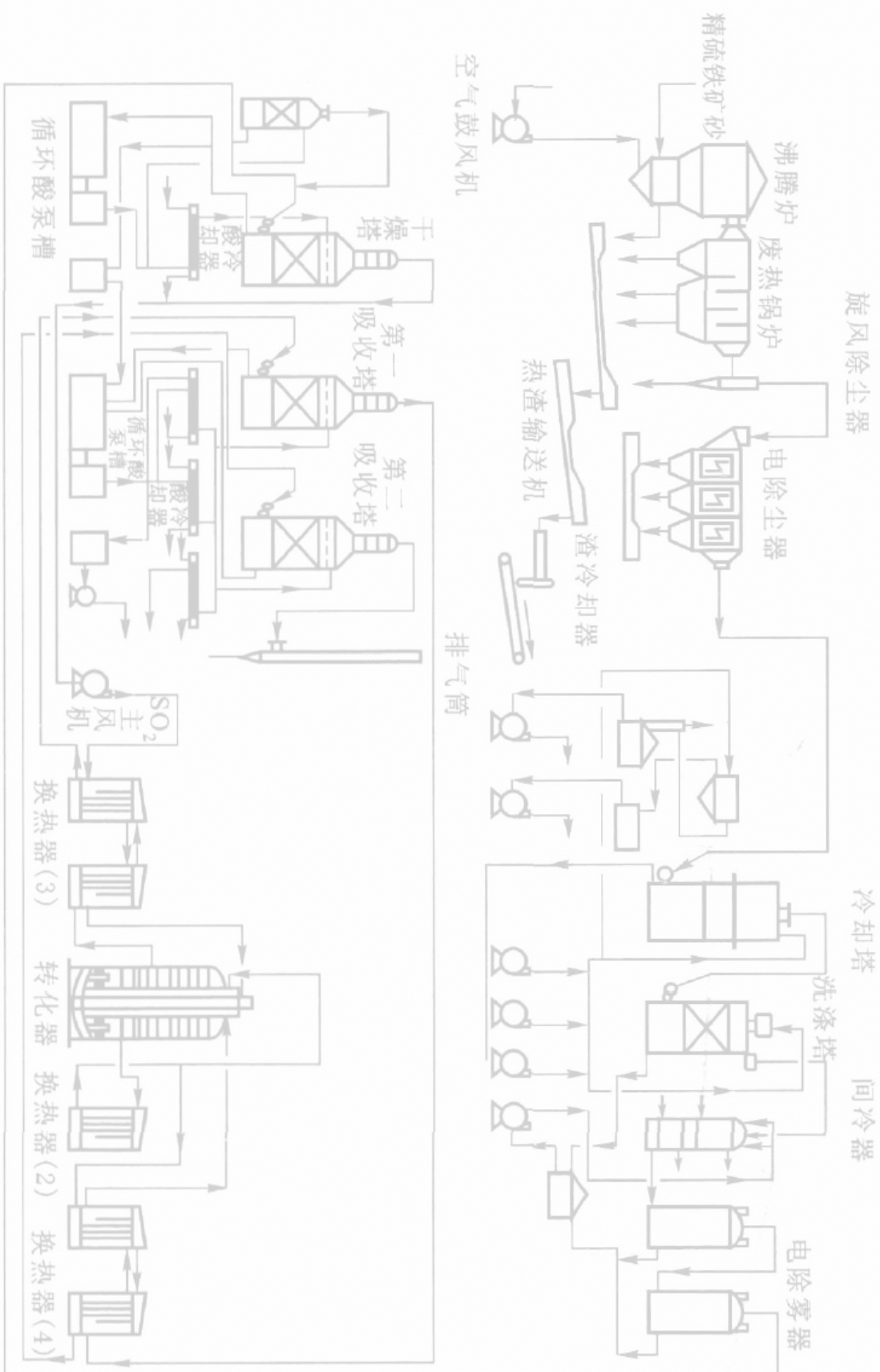
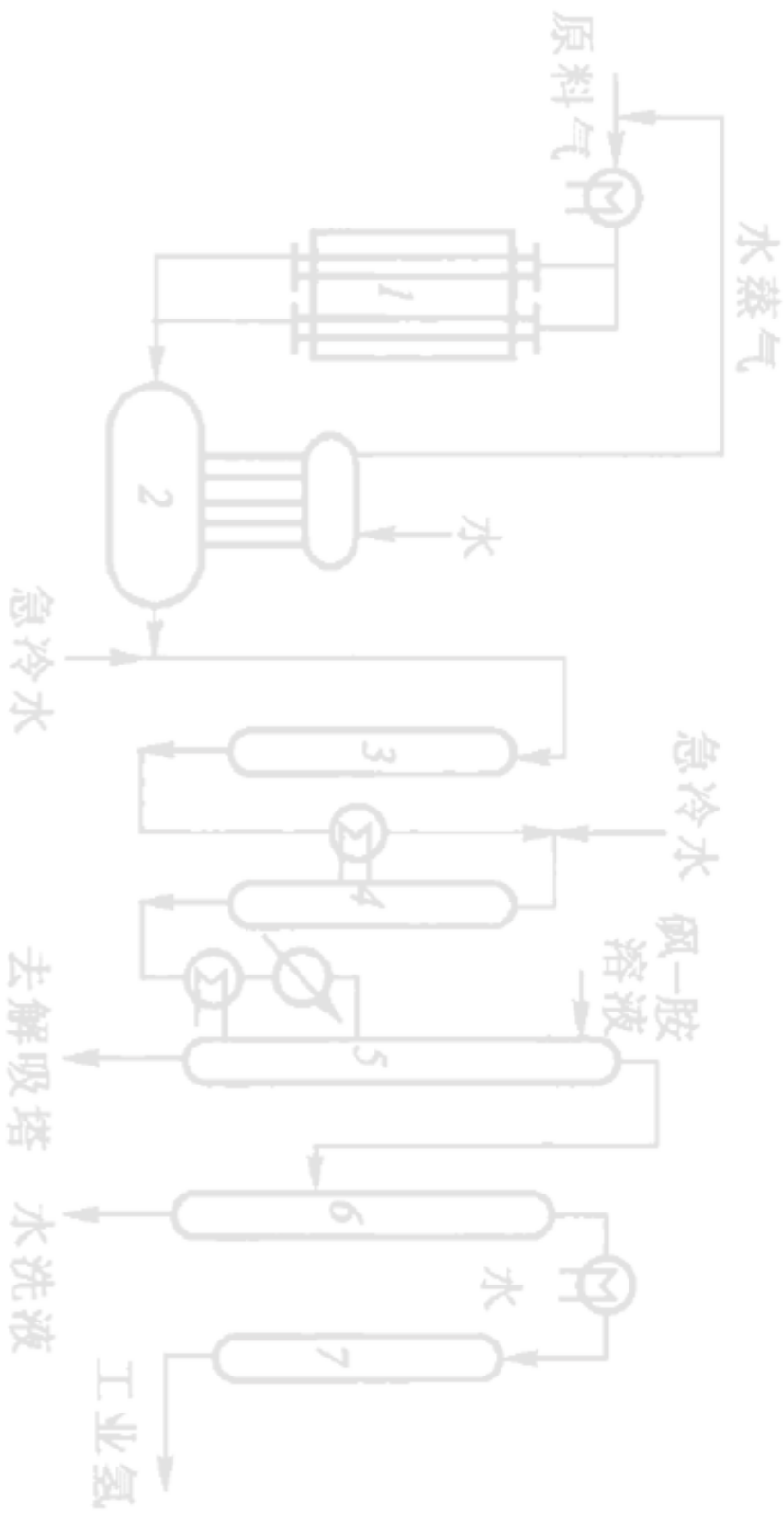


图 3-1-04 硫酸装置工艺流程图

烃类水蒸气转化制氢



- 1. 转化炉; 2. 废热锅炉; 3. CO 中温变换器; 4. CO 低温变换器;
- 5. CO₂ 吸收塔; 6. 水洗塔; 7. 甲烷化反应器

氮加氢制合成氨

1. 反应原理

反应式：

反应机理：

催化剂：

2. 工艺条件

高压和低温对反应有利，温度的影响更大

压力越高，设备生产能力越大，但设备材质和加工要求更高，催化剂易被压碎

目前设法尽可能降低操作压力，并采用高活性催化剂

弱放热反应，需沿最优反应温度曲线进行 → 采用原料气冷激式反应方式

氮氢比 1:3 需定时排放合成气，减少惰性气体积累 380℃ 以上催化剂颗粒大小开始影响

3. 反应器

4. 氢气回收技术——中空纤维膜分离

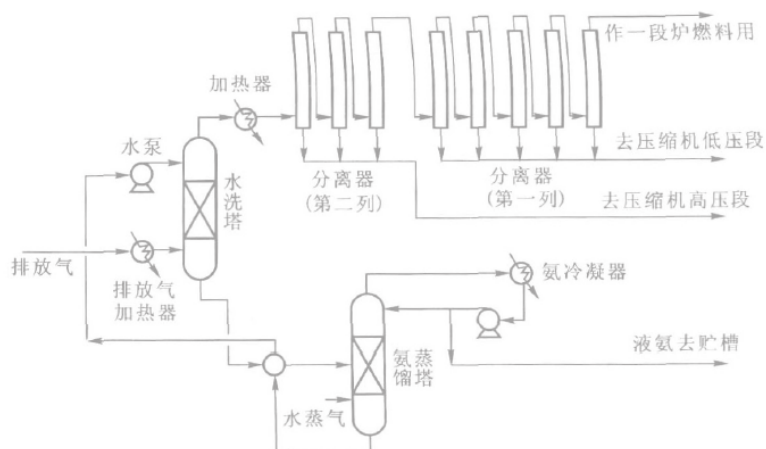
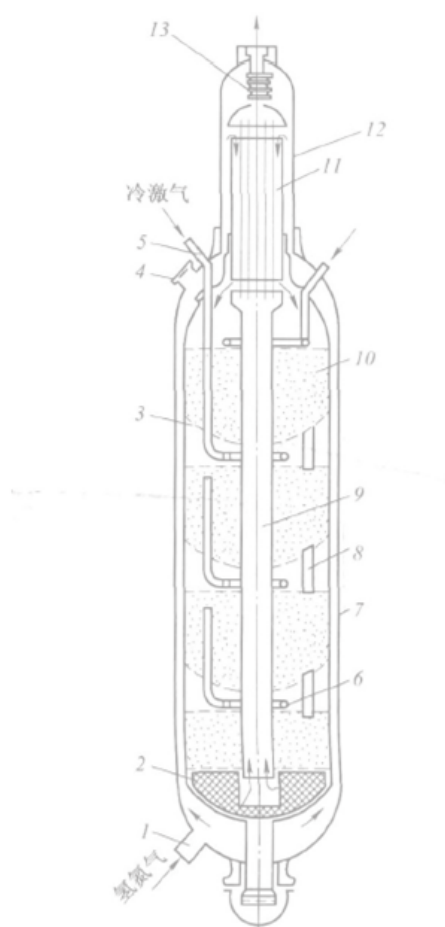


图 3-2-11 中空纤维膜回收氨装置示意图

氢气渗透快，进入中空纤维，从下部出去

氮气渗透慢，由中空纤维外从上部出去

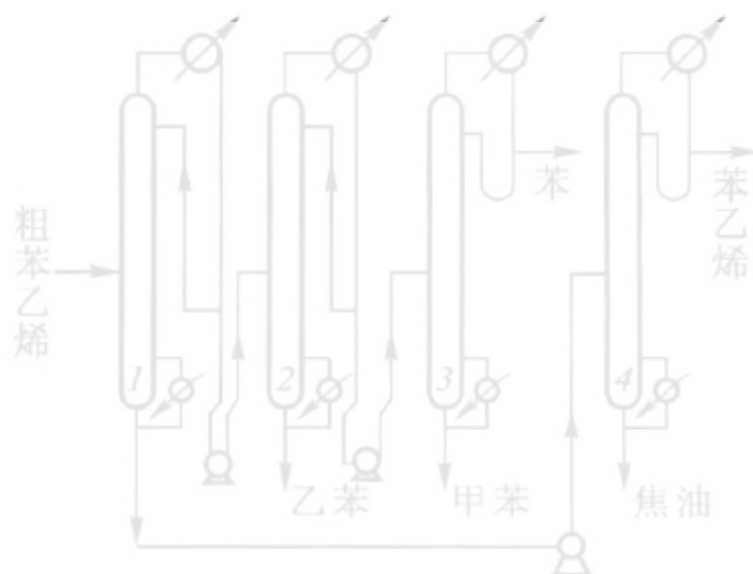


图 3-2-28 粗苯乙烯的分离和精制流程

1. 乙苯蒸出塔; 2. 苯、甲苯回收塔; 3. 苯、甲苯分离塔; 4. 苯乙烯精馏塔

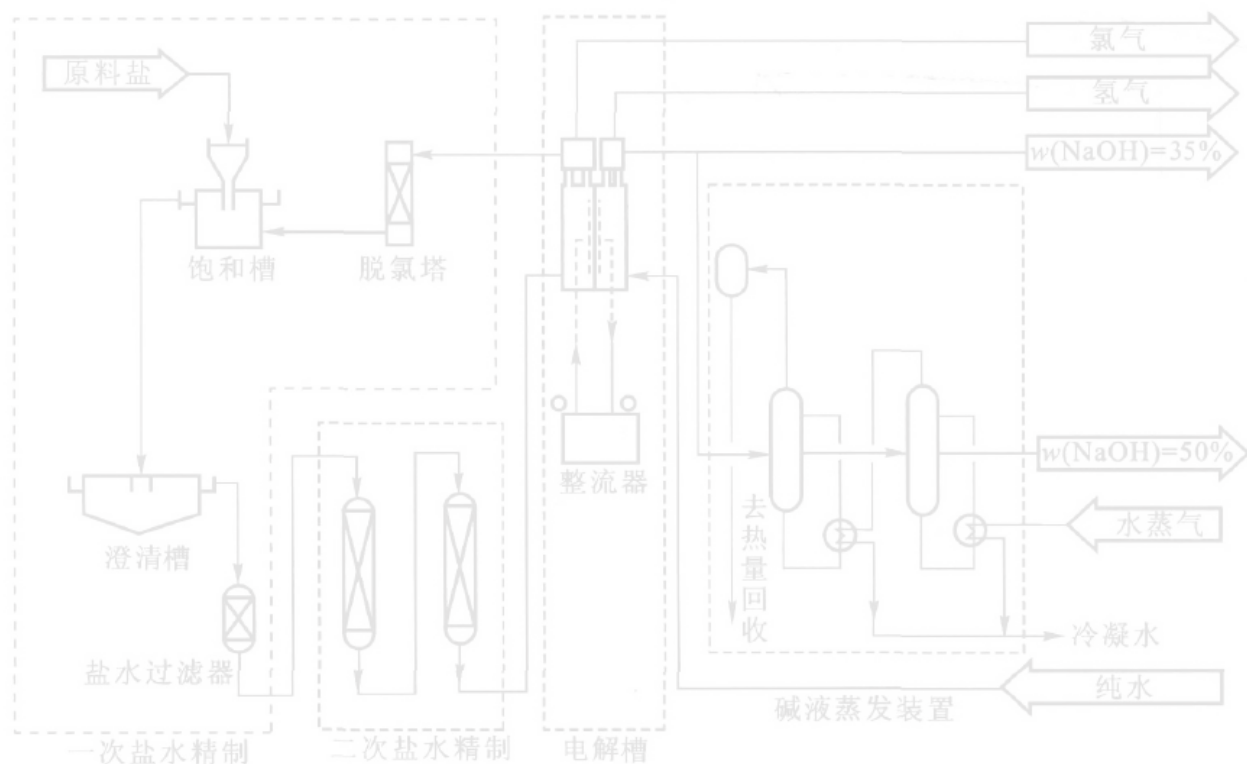


图 3-3-09 FLEMION 流程图

低密度聚乙烯 LDPE 生产工艺

压力↑引发剂用量↑停留时间↑温度↑ → 转化率↑

压力↑引发剂用量↓停留时间↑温度↓分子量调节剂↓ → 分子量↑

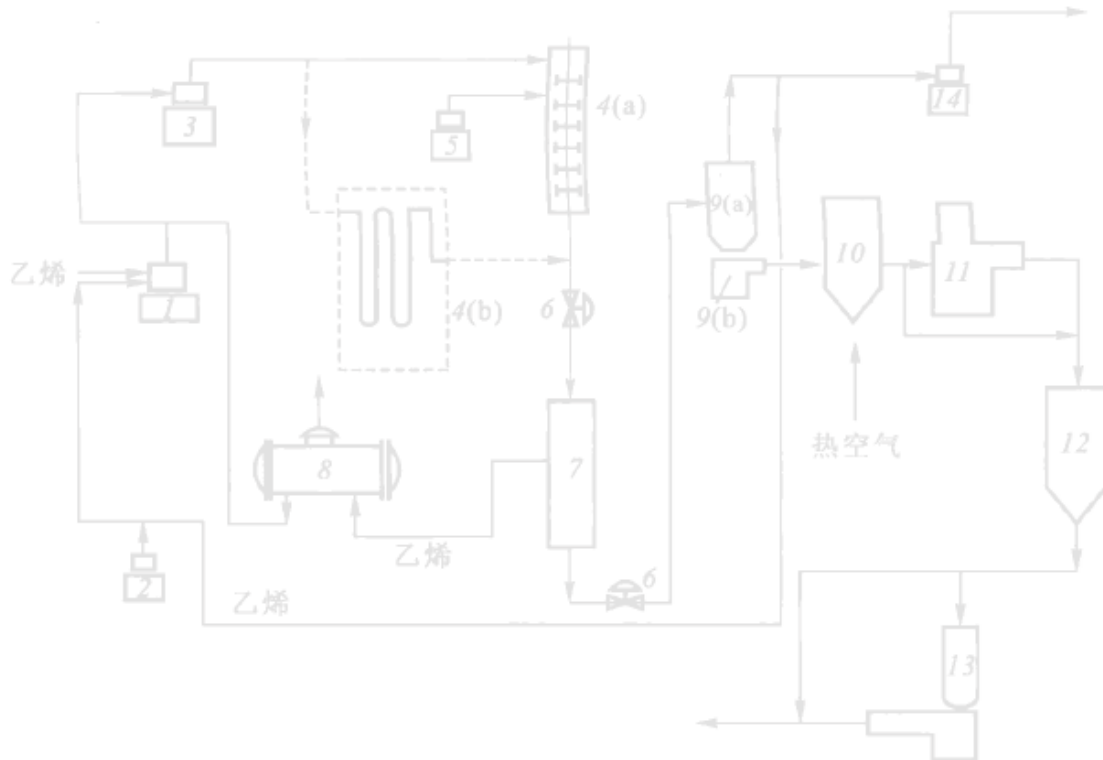


图 8-5-01 LDPE 生产流程图

1. 一次压缩机; 2. 分子量调节剂泵; 3. 二次高压压缩机; 4(a). 釜式聚合反应器; 4(b). 管式聚合反应器; 5. 催化剂泵; 6. 减压阀; 7. 高压分离器; 8. 废热锅炉; 9(a). 低压分离器; 9(b). 挤出切粒机; 10. 干燥器; 11. 密炼机; 12. 混合机; 13. 混合物造粒机; 14. 压缩机