

生物质能期末总复习

by燕天润 能环2005 2023年1月7日

回忆卷

1. 工业分析和元素分析的目的和意义
2. 催化裂解的优缺点
3. 为什么生物质含水量高
4. 沼气的五大菌群

1微生物燃料电池

1. MFC的定义+基本原理
 - a. 以生物电化学方式将化学能转化为电能的体系或装置
 - b. 阳极槽、阴极槽，以质子交换膜
 - c. 阳极厌氧环境下，微生物分解有机物产生电子和质子。电子通过电子传递介质在有机物和阳极之间传递，通过外电路传递到阴极形成电流，质子通过质子交换膜进入阴极。在阴极，氧化剂得到电子被还原，与质子结合生成水。
 - d. 生化转化
 - i. 阳极--产生二氧化碳
2. 原电池和电解池：
 - a. 都是阳极--氧化反应。但是电解池中阳极--正极，原电池--负极
3. 产电微生物*3 产电底物*4
 - a. 产电细菌、真菌、绿藻
 - b. 小分子有机酸、醇类、糖类、有机废水
4. 材料
 - a. 阳极：主要是碳，特点
 - b. 阴极：有催化剂
 - c. 膜：质子交换膜传输质子，抑制气体的渗透
5. 单室MFC：二合一？三合一？
6. 应用举例：

a. 产电

- SMFC沉积物微生物燃料电池
- 医疗诊断装置
- 植物微生物燃料电池

b. 废水处理

- 不消耗能量，相反还产生少量电能

c. 产氢

- 使用微生物电解池（microbial electrolysis cells, MECs）
- 原理
 - 阳极电子供体为乙酸
 - 需外加一个理论值约为0.13 V的电压
 - 获得的氢能可以达到所输入的电能的4倍

d. 海水淡化

- 微生物脱盐电池MDC

7. MMC：微生物电化学合成甲烷（减少了CO₂变成CH₄的电势）

8. MCC：C-chemical

2微藻能源

1. 微藻+优点*6

- 以中性脂为储藏物质，中性脂占细胞干重的20%~50%
- 优点
 - 环境、直接利用
 - 光合
 - 占地
 - 油脂
 - 无用
 - 减缓温室效应

2. 藻种：生物柴油原料--**绿藻、硅藻和部分蓝藻**

3. 藻种选育

- 高产油率、高生长速率、低成本
- 耐高浓度CO₂、高温及高强度光照等条件

4. 培养方式*2+特点

- a. 直接利用太阳光能，利用工业废水、养殖废水等、CO₂
- b. 有机碳源或有机氮源，黑暗条件下进行的需氧发酵生长

5. 开放式培养系统的优缺点

6. 微藻收集的难度？两种方式？

- a. 难度：微藻个体微小，浓度低
- b. 预处理 富集和分离

7. 藻油提取：

- a. 干燥--破壁--压榨--萃取
- b. 亚临界水提取法：直接提取，无需干燥。其他方法必须先干燥

3生物柴油

1. 生物柴油（biodiesel）是以动植物、微生物油脂为原料，在催化剂的参与下，与烷基醇经由酯交换反应制备的脂肪酸单烷基酯，最终变成的可供柴油机使用的液体燃料。

- a. 可以单独或以一定体积比（2%~30%）与柴油混合在柴油发动机上使用
- b. 具有良好的稳定性、安全性和环境友好性。

2. CO浓度最高降低33.3%，HC平均降低29%，烟度排放下降43.3%

3. 原料来源*4：草本油料作物、木本油料作物、废弃食用油脂、水生植物

4. 反应机理

a. 酯化反应：定义+作用

- 醇和羧酸或含氧无机酸反应生成酯和水的反应。
- 为后续酯交换反应除去游离脂肪酸
- 催化剂：浓硫酸、阳离子交换树脂

b. 酯交换反应

- 用短链醇和动植物的甘油酯进行酯交换反应，合成脂肪酸单酯，即生物柴油。
- 方程式
- 三种方法
- 最有效的催化剂：碱金属的醇盐

5. 酸碱催化法

- a. 碱催化剂：需要经过脱酸或预酯化后才能进行碱催化酯交换反应
- b. 两者的对比表格：碱 优于 酸

- c. 均相催化剂（速率高、难回收）和非均相（重复使用）的特点
- 6. 超临界法--PPT
 - a. 不添加催化剂
 - b. 在甲醇的超临界状态下（512.4K, 8.09MPa）
 - c. 需高温高压，甲醇耗量大
- 7. 生物酶法--PPT
 - a. 脂肪酶
 - b. 条件温和，无污染排放
 - c. 对甲醇及乙醇的转化率低，一般仅为40%~60%
 - d. 短链醇对脂肪酶的毒性问题，导致脂肪酶容易失活
- 8. 三种方法的比较
 - a. 催化剂
 - b. 醇油比
 - c. 反应速率、条件
- 9. 工艺举例
 - a. 连续非均相催化工艺--催化剂固定在固体上，所以相对于均相催化没有那么完全。所以需要更高的醇油比、温度等条件
 - b. 连续均相催化工艺--反应后的剩余原料和催化剂可以再次参与反应，利用率高
 - c. 两段式生物柴油生产--预酯化+酯化
 - d. 催化加氢--第二代柴油--PPT
 - i. 将油脂在高温(240-320°C)高压(4-15Mpa)下进行深度加氢，羧基中氧和氢生成水，自身还原成烃。
 - e. 合成法--第三代柴油--可以利用**农林废弃物**--气化后的合成气催化加氢合成柴油

4生物醇类燃料技术

- 1. 来源
 - ①淀粉质原料（小麦和玉米）、甜菜或糖料作物中的糖；
 - ②非糖木质纤维素原料如含纤维素农作物秸秆、能源草和树木等；
 - ③化学法通过乙烯（来源于石油）水合反应；
 - ④通过费托法催化合成或生物转化成混合醇。
 - a. 特点：辛烷值高

- b. 我国用：陈化粮和木薯
- 2. 三个阶段：预处理阶段、乙醇发酵阶段、乙醇回收阶段（蒸馏脱水）---无水乙醇
- 3. 常用的微生物主要有两种：
 - a. 生产水解酶（淀粉酶或纤维素酶）的微生物，一般为霉菌
 - b. 乙醇发酵菌。主要有酵母菌、细菌和霉菌
- 4. 基于糖平台的微生物
 - a. 酵母菌
 - b. 细菌：用多种糖类，副产物多，醇产量和浓度都较低
 - c. 戊糖乙醇发酵菌：五碳糖的代谢受到六碳糖的抑制
- 5. 微生物选育
 - 耐高浓度乙醇菌种
 - 耐高温菌种
 - 戊糖发酵菌种
 - 具有糖化功能的菌种
 - 合成气发酵微生物
- 6. 糖类代表——甜高粱茎秆发酵
 - a. 流化床生物反应器发酵工艺
 - b. 固态发酵工艺（粗乙醇
- 7. 淀粉类发酵
 - a. 主要区别是增加了淀粉糖化的环节（糖化酶实现

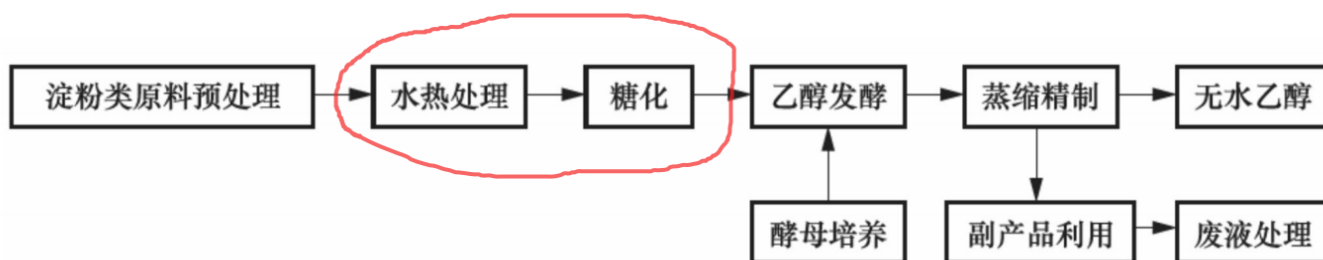


图 14-5 淀粉类生物质原料生产乙醇工艺流程

- a. 水热：不溶态状态的淀粉变成可溶状态的淀粉
- b. 半连续式发酵工艺：主发酵阶段采用连续发酵，后发酵阶段采用间歇发酵
- c. 乙醇发酵
 - i. 前发酵期(10h)、主发酵期(12-15h)和后发酵期(40h)

8. 纤维素类发酵

- a. 水解催化剂是无机酸和纤维素酶
- b. 酶水解
 - i. 分别水解和发酵工艺（SHF）
 - ii. 同时糖化和发酵工艺（SSF）

9. 生物丁醇：热值更高、亲水性低（便于管道运输）

5生物质制氢

1. 氢能的优势

2. 生物质制氢方法

- a. 热化学转化技术
- b. 微生物转化技术

3. 水热化学制氢

- a. 原理：生物质热化学制氢是以生物质为原料，以氧气（空气）、水蒸气作为气化剂，在高温条件下通过热化学反应将生物质中的可以燃烧的部分转化为可燃气体的过程

b. 四种方式：

■ 气化催化制氢

- 同气化三个过程：生物质热解、氧化、还原
- 催化剂--白云石和镍基催化剂

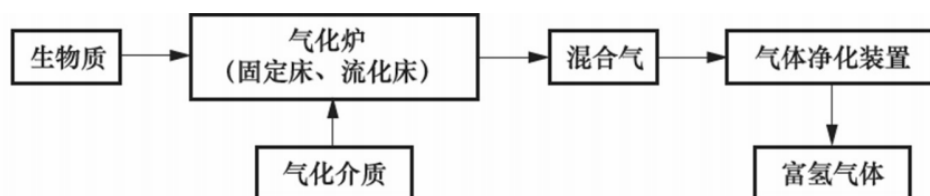


图 16-1 生物质气化制氢工艺

■ 热裂解制氢

- 对生物质进行加热使其分解为可燃气体和烃类，增加气体中的氢含量。对热解产物再进行催化裂解，使烃类物质继续裂解，再经过变换将CO也转化为氢气，最后进行气体的分离。
- 相比于气化的优势：反应较为温和，不需要很大的氧气用量

■ 生物油催化重整制氢

- 生物质的性质
- 原理：在催化剂和水蒸气存在下，生物油通过高温重整得到氢气的过程

- 氢气有两个来源：生物质油和水

- 水相催化

- 原理：加压使水在反应温度下呈液态条件，与反应物在催化剂上进行重整反应
- 主要用于**生物质衍生物的多元醇转化制氢**

4. 微生物法制氢

a. 暗发酵

- **厌氧微生物将有机物降解制取氢气**

b. 光合发酵

- **厌氧条件下，通过光合作用分解水产生氢气和氧气**
- **蓝细菌和绿藻**
- **产氢酶是所有生物产氢的关键因素**

o. 光合细菌PSB制氢

- **厌氧光照或好氧黑暗条件下利用有机物作供氢体兼碳源，进行光合作用的细菌**
- **厌氧光合放氢过程不产氧，只产氢**

c. 暗-光微生物联合

6 概述（第一章）

1. 生物质包括？
2. 生物质能的定义？特点*4（P6）
3. 太阳能的利用效率3%
4. 光合作用的效率1%
5. 生物质分为：生产资源型 残余废弃型
6. 秸秆的草谷比需要注明含水量=秸秆产量/籽粒产量
7. 理论资源量-可收集资源量-可利用资源量

7生物学基础（第二章+PPT）

1. 广义定义？狭义生物质包括？*6 定义？
2. 碳同化三个途径？C3特点？光合作用的直接产物？
3. 纤维素和半纤维素木质素分子之间的结合--氢键，半纤维素和木质素之间除了氢键外还存在共价键的结合
4. 生物质：三素、（**抽提物**）以及少量**无机金属盐**

- 纤维素40- 80%，半纤维素15-30%，木质素10-25%
- 范式组分分析法
- 5. 纤维素--单体--纤维二糖
 - a. 吸湿性
 - b. 氢键是纤维素大分子间的主要结合键
 - c. 不均一性
- 水解
 - 浓酸水解指在浓度为41% - 42% 的盐酸、65%- 72% 的硫酸或80% - 85% 的硝酸中
 - 稀酸水解指用10%以内的硫酸或盐酸
 - 回收率：酶水解>浓酸>稀酸
- 热解
 - 250 结构明显破坏
 - 350 热解迅速、大量挥发物质
 - 500 形成焦炭
- 6. 半纤维素
 - 以不同的几种糖基组成的共聚物
 - 比纤维素高的吸湿性和润胀度、反应性
 - 溶于氢氧化钠
- 7. 木质素--苯丙烷--三维网状立体结构
 - 三种结构单元：G H S
- 8. 无机物
 - 氯的存在对于碱金属在热解中的析出至关重要
 - 几乎所有的氯在热解过程中都进入了气相，与碱金属结合形成KCl、NaCl蒸气，HCl
 - 几乎所有的钙在热解过程中都不会挥发

8生物物质特性

- 纤维饱和点：30%
- 木材细胞壁完全被水饱和，而细胞腔中没有水，这种含水率状态称为纤维饱和点。（自由水刚刚蒸发完毕,结合水呈饱和状态）
- 生物质的导热性较小
- 绝干木材的平均比热为1.35KJ/(Kg·K)

- 锅炉设计计算以收到基为基准
- 热值：单位质量的物质完全燃烧时所放出的热量

1. 工业分析 教材P53

- 给出固体燃料中可燃成分和不可燃成分的含量。可燃成分包括挥发分和固定碳，不可燃成分为水分和灰分
- 挥发分：隔绝空气加热，得到的气体去除水分之后。不是固有物质
- 灰分：来自于矿物质（燃料本身+过程带入）
- 固定碳：不是固有物质

2. 灰熔融特性：

- 取决于灰成分和含量
- 积灰结渣有关

9收储运+预处理

1. 收集难度？ *4

2. 在生物质能源消费中，林业生物质能占绝对优势，达87%。

3. 收割机械条件和采购组织模式是影响秸秆收集最重要的两个因素

4. 储运的两种模式？

5. 生物质原料的预处理：除杂、破碎、干燥

a. 破碎的重要性*3

b. 干燥的重要性

- 高水份燃料易发霉变质，储存周期短
- 容易发生自燃
- 流动性差，易造成给料系统堵料
- 热化学转化过程中原料有效能量含量降低
- 严重威胁以燃烧为转化途径的过程

6. 热风干燥的三个阶段

7. 干燥装置：回转式滚筒、带式

项目	回转滚筒式干燥机	带式干燥机
干燥效果	15-20%	10-15%
处理量	≤15t/h	≤15t/h
粒度要求	<200mm	无要求
热效率	80-90%	60-70%

8. 烘焙

- a. 本质+定义
- b. 作用 79
 - i. 水分-低位发热量
 - ii. 微生物降解--储存
 - iii. 半焦的能量密度--储存运输成本
 - iv. 破坏了木质纤维素结构--可磨性、流动性
- c. 主要是半纤维素的热分解--脱水、脱羧、脱乙酰反应
- d. 气体主要成分是：水蒸气、CO₂、CO
- e. 固相产物的变化
 - i. 颜色--黄褐色变成黑色
 - ii. C、N、S含量上升，H₂O下降
 - iii. 挥发分含量仍高达50-60%
- f. 液体产物：没有芳香类、不是焦油，只有焦油组分
- g. 能量效率是降低的

9. 蒸汽爆破

- a. 定义、阶段（半纤维素--可溶性糖；木质素--软化）
- b. 作用
 - i. 类酸性水解和热降解

- ii. 类机械断裂
- iii. 氢键破坏
- iv. 结构重排

10成型燃料

1. 作用？

- a. 破解资源分散、难以收集实现大规模利用的难题
- b. 体积--储存、运输
- c. 水分-低位发热量

2. 基本概念--木质素充当粘合剂 一定形状，密度较大的商品能源

- a. 核心---重新排位、机械变形和塑性流变
- b. 核心基础--木质素的软化塑化
- c. 也叫：热压成型
- d. 150-300°C

3. 成型过程

- a. 两个阶段
 - i. 固体颗粒排列结构开始改变、空隙率减少
 - ii. 大颗粒破裂，并发生变形或塑性流变，粒子开始填充空隙
 - iii. 之后撤去外部压力，降低温度
- b. 含水量的影响*4
 - i. 适当的结合水和自由水--润滑剂--摩擦变小，流动性增强
 - ii. 过多水分--分布在粒子层间--不能紧密贴合
 - iii. 过高水分--压缩过程中快速蒸发引起的膨胀--危害设备
 - iv. 降低木质素的玻变温度（熔融温度）--在较低加热温度下成型
- c. 不加热--纤维状秸秆、树皮--容易压缩
- d. 加热--木材--容易压缩

4. 成型技术

- a. 热压缩
 - i. 原料破碎--干燥--加热--产物冷却
 - ii. 含水量影响大 8-12%
- b. 冷压缩

- i. 湿压成型（浸泡）、冷态压缩（摩擦热）
 - ii. 常温
 - iii. 对含水量没有要求
 - c. 炭化成型
 - i. 生物质热解脱挥发分后形成的半焦
 - ii. 先成型后炭化 先炭化后成型
 - iii. 加黏合剂 能量密度高
5. 过程
- a. 破碎
 - i. 粉碎与否
 - ii. 90% 2mm以下
 - b. 干燥
 - i. 物料湿度10-15%
 - ii. 回转式圆筒干燥机 立式气流干燥机
 - c. 核心过程：预压缩--压缩--加热/加入黏结剂--保型
 - d. 加热方式：电阻丝、导热油、加大成型模内壁的夹角
 - e. 黏结剂目的：增大原料之间的黏结力，减少动力输出
 - f. 保型的目的：已成型的生物质成型块消除部分应力，固定形状
6. 成型设备
- a. 轧辊式成型：主流、不需要加热、尺寸较小的颗粒成型燃料，立式&环式
 - b. 螺旋挤压
 - c. 活塞冲压
7. 耐久性--反应粘结性能--体现在使用性能和储藏性能（抗变形性、抗渗水性、抗滚碎性）

11直接燃烧

- 1. 生物质燃料特性*6 P98
- 2. 过程：干燥--热解--挥发份燃烧--半焦燃烧
- 3. 热解：高温反应条件对生物质大分子结构的解构和破坏 200°C开始
- 4. 挥发份燃烧的两种情况
 - a. 环境温度高--气相混合条件好 生物质颗粒较大--燃烧速率取决于热解挥发份的析出速率

- b. 生物质颗粒小--挥发份快速析出 环境温度不高--气相混合条件不良--燃烧速率取决于反应动力学因素和混合条件

5. 半焦燃烧

- a. 时间远大于挥发份
- b. 气固相反应
- c. 实质是焦炭的燃烧并伴有先行的、并行或相继进行的挥发物燃烧
- d. 反应速率取决于--反应分子的扩散和碳氧发生燃烧反应的动力学速率
 - i. 动力燃烧（较低温度）、扩散燃烧（高温）、过渡燃烧
 - ii. 碳粒较小时，要在较高温度下才可达到扩散燃烧。
- e. 实际供入锅炉的空气量与理论空气量之比称为过量空气系数
 - i. 过量空气系数一般为1.15~1.2
- f. 较高份额二次风，一般在45~65%，远远大于煤炭
- g. 生物质半焦具有非常强的燃烧活性，同等条件下半焦的燃尽度要高于煤炭

6. 民用炉灶

- a. 炊事 供暖
- b. 特点*2：热效率低10%，污染严重、运行不稳
- c. 生物质炉灶设计要点//提升效率的方式
 - 设计二次进风口，一次进风口小
 - 延长燃烧烟道回程
 - 烟道部分的水套面积要大
 - 使用生物质成型燃料
 - 避免燃烧结焦现象——生物质中钾元素含量很高

7. 直接燃烧发电

- a. 三种燃烧组织模式：固定床（层燃燃烧）、流化床（流态化燃烧）、悬浮燃烧
- b. · 工业锅炉（65吨/小时以下） · 电站锅炉（65吨/小时以上）
- c. 碱金属问题及成因
 - 秸秆灰的钾显著降低灰熔点，容易出现**结渣**
 - **高温腐蚀**：高温烟气中的氯化钾凝结，对合金钢是强的腐蚀剂
 - 钾造成受热面**沉积**，影响正常传热
- d. 水冷震动炉排秸秆燃烧技术--充分水冷、机械振动
- e. 流化床燃烧技术--较低温度

12混烧

1. 意义

- 混烧可以充分利用现存的燃煤电厂设施：工程建设周期短、投资成本和操作成本低
- 可实现非常高的生物质向电能的转化率
- 削减气态污染物排放（CO₂、SO₂、NO_x）
- 燃料组织灵活可靠，避免过度依赖生物质燃料的供应
- 有效利用当地生物质废弃资源，避免农林业废弃物资源的浪费

2. 挑战--技术层面（预处理和储存、碱金属、原有模式的改变）、政策和法律层面

3. 直接混烧：循环流化床、煤粉锅炉

a. 循环流化床可以掺入更大份额的生物质原因？

- i. 简单破碎，无需粉碎。可以直接兼容燃煤循环流化床锅炉
- ii. 较低的燃烧温度，抑制碱金属问题
- iii. 煤炭燃烧产生新的床料起到显著稀释碱金属，抑制碱金属的问题

b. 煤粉锅炉：世界上装机量最多，规模最大的电站锅炉

- i. 主要解决：生物质燃烧颗粒与悬浮燃烧的兼容问题

4. 间接混烧：定义？

a. 气化间接混烧主要问题？

- i. 提高气化效率，将生物质原料中的能量尽可能转化到可燃气中
- ii. 气化产生的可燃气后处理
 - 1. 高温可燃气含有一定量的重质焦油，处理不当会凝结，给设备带来麻烦
 - 2. 让可燃气体高温状态送去锅炉燃烧，处于膨胀状态的高温煤气需要口径较大的管道和昂贵的保温措施

13热解

1. 产物：生物油、生物炭、生物质燃气

a. 隔绝空气或少量空气

2. 三种反应条件

- a. 低温慢速热解--500°C--炭
- b. 中温快速--650°C--生物油
- c. 高温闪速--1100°C--燃气

3. 热解工艺分类：烧炭（制取炭）、干馏、快速热解（制取生物质油）

4. 四个阶段

- a. 干燥阶段（吸热）
 - i. 120-150 速度非常慢
 - ii. 水分的蒸发
- b. 预炭化阶段（吸热）
 - i. 150-275 热解反应明显
 - ii. 半纤维素和纤维素开始降解
- c. 炭化阶段（放热）
 - i. 275-400 急剧充分的热分解
- d. 煅烧阶段（吸热）
 - i. 450-500
 - ii. 炭的煅烧，排除残留在炭上的挥发物质，提高固定碳含量

5. 热解原理

- a. 物质和能量传递分析P135（示意图136）
- b. 为得到高产率的生物质油，应：快速去除一次热解的气态产物，抑制二次热解

6. 组分热解

- a. 纤维素
 - i. 一次热解2条竞争路径：
 - 1. 300°C下：纤维素脱水生成炭、H₂O、CO₂
 - 2. 300°C上：纤维素破碎和解聚生成炭和左旋葡萄糖
- b. 半纤维素
 - i. 中间产物：呋喃衍生物
 - ii. 糠醛产量偏低的原因：活性高，产生二次热解
- c. 木质素--模型化合物研究法

7. 影响因素

- a. 温度：影响热解的产物分布和生物质燃气的组成。高中低分别是？
- b. 固相和挥发物滞留期
 - i. 使生物质彻底转化，需要很小的固相滞留期
 - ii. 提高生物油产率，挥发物应该迅速离开反应器，减少焦油的二次热解
- c. 含水量：热解的时间和所需热量
- d. 压力：影响挥发份滞留期，从而影响二次热解，最终影响热解的产物产量分布。

- i. 高压--滞留期时间长
- e. 升温速率：增加，焦油产量增加，炭产量降低。
- f. 催化剂：选择性的控制物料的反应进程
- 8. 快速热解工艺
 - a. 定义？缺氧--极短时间升温到500--迅速冷凝
 - b. 产物：液体燃料
 - c. 最多**80%**的生物质变成生物油
 - d. 工艺流程
 - i. 干燥：避免原料中过多水分被带入生物油
 - ii. 粉碎
 - iii. 热解--高的加热速率和热传递速率
 - iv. 炭和灰的分离：炭在二次热解中起催化作用
 - v. 气态生物油的冷却
 - vi. 生物油的收集
- 9. 生物质炭化
 - a. 即慢速热解，得到炭
 - b. 方法：烧炭 干馏
 - c. 干馏特点*3：较小的升温速度、较低的热解终温、较长的气体滞留时间
 - d. 元素组成：跟种类关系不大，取决于最终温度
 - e. 炭的发热量--含碳量--炭化温度

14 气化

1. 在高温条件下使生物质原料与气化剂发生部分氧化反应，通过热化学反应将生物质燃料转化为可燃气的过程。
 - a. 可燃气的有效成分为CO、H₂和CH₄等小分子不可凝气体
 - b. 与燃烧的区别：有限氧
 - c. 与热解的区别：有气化剂。热解是气化的第一步
2. 四个阶段：加热干燥、热解、气固反应、气相反应
3. 典型生物质气化过程：干燥100-150、热解160+、氧化1000-1200、还原（没有氧气存在）
4. 气化反应动力学
 - a. 动力学反应区

- i. 气化反应温度不太高 600以下
 - ii. 气体总反应速度完全取决于**化学反应速度**且较缓慢
- b. 扩散反应区
 - i. 温度的升高 ($>800^{\circ}\text{C}$)
 - ii. 气化反应总速度将取决于**碳粒表面上的扩散速度**
- 5. 影响因素
 - a. 原料的气化特性
 - i. 挥发分高、固定碳低；炭反应性高；灰分少；含硫量低
 - b. 原料的挥发分
 - i. 挥发分越高，燃气的热值越高
 - ii. 挥发分中除了气体产物外，还包括焦油和合成水分，影响燃气热值
 - c. 原料的反应性和结渣性
 - d. 原料粒度及粒度分布
 - i. 原料最大与最小粒度比一般不超过8（固定床气化）
- 6. 气化当量比：气化实际供给空气量与生物质完全燃烧理论所需空气量之比
 - a. 最佳ER控制在0.2~0.4
- 7. 气化炉
 - a. 固定床
 - 制造简便，成本低、操作简便
 - 气化过程难于控制、物料易搭桥形成空腔
 - i. 上吸式
 - 1. 气流方向与物料移动方向相反
 - 2. 气化效率较高
 - 3. 焦油含量较高
 - ii. 下吸式：低 低
 - b. 流化床
 - i. 双流化床气化炉：气化炉（循环流化床）+燃烧炉（鼓泡床）
 - c. 气流床
- 8.

1. 100km范围内不重复建厂
2. 资源调研规划的方法*3
 - a. 县域或50km
 - b. 现场勘探--数据准确
 - c. 估算--保守
3. 生物质资源量：可收集量=3;1
4. 技术经济性分析：技术的先进性和经济的合理性统一
5. 技术经济分析指标体系：总投资费用、净现值、净现值率、内部收益率、年净现金流、投资偿还期
6. 生命周期评价结构的四个部分：目标和范围确定、清单分析、影响评价、改善评价
7. 类型参数
 - a. 光化学臭氧合成--乙烯
 - b. 富营养化--硝酸根离子
 - c. 酸化--SO₂
 - d. 臭氧层消耗--CFC-11
8. 特征化--标准化--综合化

16 沼气

1. 过程
 - a. 水解
 - b. 酸化（产酸菌）
 - c. 乙酸化（乙酸菌，氢分压--过高的音质中间产物的转化）
 - d. 甲烷化
2. 不产甲烷菌--兼性厌氧
 - a. 产甲烷菌--严格厌氧--食氢/乙酸产甲烷菌
 - b. 相互作用：底物、厌氧环境、有毒、共同维持PH，为其生化反应解除反馈机制
3. 工艺条件
 - a. 严格厌氧
 - b. 营养物质--N P 铁钴镍S
 - c. 发酵原料
 - d. 接种物和厌氧活性污泥
 - e. 发酵温度

4. 发酵器

- a. 常规型
- b. 污泥滞留型 (H小)
 - i. 升流式厌氧污泥床UASB
 - ii. 升流式固体反应器USB--高固率
 - iii. 内循环式--效能最高
- c. 附着膜型 (M大)

H与原料的有机物含量正比