

## 生物质能现代利用技术

1

南京林业大学

热能动力工程

➤课程考核：平时成绩40%+期末考试60%

平时：出勤

期末考试：闭卷；

填空、简答

名词解释、论述题

2

南京林业大学

热能动力工程

➤教材——**生物质能现代化利用技术**；吴创之，马隆龙

学时——32学时，周学时2-4学时

一、研究对象与主要研究内容：

●(一) 生物质能概述

●(二) 生物质燃料的直接燃烧

●(三) 生物质压缩成型

●(四) 生物质气化技术

●(五) 生物质气化发电技术

●(六) 生物质热裂解液化技术

●(七) 大中型沼气工程

●(八) 生物质燃料酒精

●(九) 植物油与生物质柴油技术

●(十) 城市有机垃圾能源

一次能源

二次能源

热化学转化途径

生物转化途径

3

南京林业大学

热能动力工程



南京林业大学

热能动力工程

### 生物质能现代利用技术

#### 二、设置本课程的主要目的

了解生物质能的重要作用；掌握有关生物质能的基本知识；熟悉生物质能利用的主要原理和技术。

#### 三、本课程的性质

本课程是一门专业必修课，它的教学目的和任务是：结合专业需要，了解生物质能开发利用的重要作用，并熟悉生物质能利用的主要原理和技术，为今后从事**能源与环境**方面的工作打下一定的专业基础。

5

南京林业大学

热能动力工程

### 生物质能现代利用技术

#### 四、课程的基本内容

##### (一) 生物质能概述

一般了解生物质资源的特点和生物质能开发利用的重要性。初步了解生物质能利用的有关技术及其发展现状与发展前景。

##### (二) 生物质燃料的直接燃烧

熟悉生物质的燃烧过程，了解生物质的燃烧特性，能分析生物质的燃烧特性对燃烧过程的影响，生物质燃烧前的预处理和输运方法，熟悉典型生物质燃烧装置的工作原理，对其基本结构有大致了解。

6

南京林业大学

热能动力工程

## 生物质能现代利用技术

### (三) 生物质压缩成型

了解生物质压缩成型的基本原理和基本工艺流程。  
对目前主要的生物质成型技术有一个初步了解。

### (四) 生物质气化技术

掌握生物质气化原理，熟悉主要工艺流程。一般了解生物质燃气的净化方法和设备。

### (五) 生物质气化发电技术

一般了解气化发电的工作原理及工艺流程，了解生物质焦油裂解技术和燃气净化技术。

7

南京林业大学

生物质动力工程

## 生物质能现代利用技术

### (六) 生物质热裂解液化技术

掌握生物质热裂解液化技术的基本原理，熟悉其主要工艺。了解生物油的特性及应用场合。

### (七) 生物质燃料酒精

学习生物质燃料酒精的制备原理和基本方法。

### (八) 大中型沼气工程

了解沼气发酵的原理、过程以及沼气发酵的基本条件。一般了解提高厌氧消化装置效率的途径，对大中型沼气工程工艺有一个大致了解。

8

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

研究预测表明，全世界的煤大约还能维持160年，天然气约60年，石油约43年。

解决能源问题的途径

### (1) 节流《节约能源法》

### (2) 开源《可再生能源法》

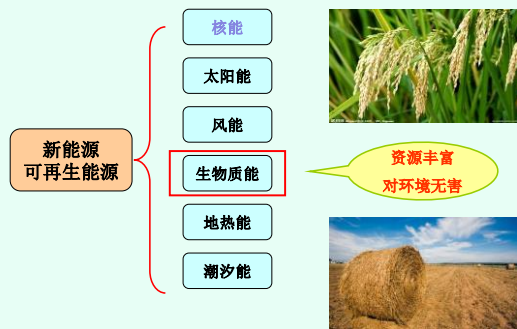
保证常规能源供给，加大新能源、可再生能源的开发。

9

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论



10

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 我国可再生能源发展现状

#### (一) 资源潜力

根据初步资源评价，我国资源潜力大、发展前景好的可再生能源主要包括生物质能、水能、风能和太阳能。

#### 1. 生物质能

全国农作物秸秆年产生量约6亿吨，除部分作为造纸原料和畜牧饲料外，大约3亿吨可作为燃料使用，折合约1.5亿吨标准煤。林木枝桠和林业废弃物年可获得量约9亿吨，大约3亿吨可作为能源利用，折合约2亿吨标准煤。甜高粱、小桐子、黄连木、油桐等能源作物(植物)可种植面积达2000多万公顷，可满足年产量约5000万吨生物液体燃料的原料需求。畜禽养殖和工业有机废水理论上可年产沼气约800亿立方米，全国城市生活垃圾年产生量约1.2亿吨。目前，我国生物质资源可转换为能源的潜力约5亿吨标准煤，今后随着造林面积的扩大和经济社会的发展，生物质资源转换为能源的潜力可达10亿吨标准煤。

11

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 2. 水能

水能资源是我国重要的可再生能源资源。水能资源主要分布在西部地区，约70%在西南地区。长江、金沙江等大江大河的干流水能资源丰富，总装机容量约占全国经济可开发量的60%，具有集中开发和规模外送的良好条件。

12

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3. 风能

根据最新风能资源评价,全国陆地可利用风能资源3亿千瓦,加上近岸海域可利用风能资源,共计约10亿千瓦。主要分布在两大风带:一是“三北地区”(东北、华北北部和西北地区);二是东部沿海陆地、岛屿及近岸海域。另外,内陆地区还有一些局部风能资源丰富区。

## 4. 太阳能

全国三分之二的国土面积年日照小时数在2200小时以上,年太阳辐射总量大于每平方米5000兆焦,属于太阳能利用条件较好的地区。西藏、青海、新疆、甘肃、内蒙古、山西、陕西、河北、山东、辽宁、吉林、云南、广东、福建、海南等地区的太阳辐射能量较大,尤其是青藏高原地区太阳能资源最为丰富。

13

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 5. 地热能

据初步勘探,我国地热资源以中低温为主,适用于工业加热、建筑采暖、保健疗养和种植养殖等,资源遍布全国各地。适用于发电的高温地热资源较少,主要分布在藏南、川西、滇西地区,可装机潜力约为600万千瓦。初步估算,全国可采地热资源量约为33亿吨标准煤。

14

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 我国可再生能源发展现状

## (二) 发展现状

截止2021年底,可再生能源开发利用总量约7.5亿吨标准煤,约为全国一次能源消费总量的14.2%。可再生能源发电量2.48万亿千瓦时,占全社会用电量的29.7%。水电、风电、太阳能发电、生物质发电装机规模均居世界第一。国家能源局《中国可再生能源发展报告2021》

## 1. 生物质能

(1) 沼气。2019年中国农村沼气池3380.27万个,沼气工程10.27万个。沼气技术已从单纯的能源利用发展成废弃物处理和生物质多层次综合利用,并广泛地同养殖种植业相结合。沼气工程的零部件已实现了标准化生产,沼气技术服务体系已比较完善。

15

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 1. 生物质能

## (2) 生物质发电。

截至2021年年底,我国生物质发电装机容量达3798万千瓦,同比增长31%,占全国总发电装机容量的1.6%。截至2022年6月底,我国生物质发电装机3950万千瓦,占可再生能源发电装机的3.5%,累计装机排名前五位的省份是山东、广东、江苏、浙江和黑龙江,分别为410万千瓦、376万千瓦、295万千瓦、283万千瓦和251万千瓦

16

南京林业大学

热能岛动力工程

(3) 生物液体燃料。我国已开始在交通燃料中使用燃料乙醇。以粮食为原料的燃料乙醇年生产能力为102万吨;以非粮原料生产燃料乙醇的技术已初步具备商业化发展条件。以餐饮业废油、榨油厂油渣、油料作物为原料的生物柴油生产能力达到年产5万吨。

## 第一章 生物质能导论

## 2. 水能

从2012年至2021年,我国水电装机容量从2.49亿千瓦增长至3.91亿千瓦,水电发电量从0.9万亿千瓦时增长至1.3万亿千瓦时。2014年以来,我国的水电装机容量和发电量稳居世界第一。

17

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3. 风能

截至2021年底,全球风电装机总量837GW,中国位居第一,装机总量达338.31GW,占世界总装机容量的40.40%;美国风电装机总量为134.40GW,占比为16.05%;德国风电装机总量64.54GW,占比7.71%;印度和英国的装机总量分别为40.08GW和26.59GW,分别占比4.79%和3.17%。前五的国家占比超过70%。

18

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 4. 太阳能

## (1) 太阳能发电。

2021年我国新增光伏并网装机容量为5488万千瓦，达到历史新高。从新增装机布局看，装机占比较高的区域为华北、华东和华中地区，分别占全国新增装机的39%、19%和15%。

19

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 4. 太阳能

(2) 太阳能热水器。全国在用太阳能热水器的总集热面积达8000万平方米，年生产能力1500万平方米。全国有1000多家太阳能热水器生产企业，年总产值近120亿元，已形成较完整的产业体系，从业人数达20多万人。总体来看，我国太阳能热水器应用技术与发达国家还有差距。目前，发达国家的太阳能热水器已实现与建筑的较好结合，向太阳能建筑一体化方向发展。

20

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 5. 地热能

地热发电技术分为地热水蒸汽发电和低沸点有机工质发电。我国适合发电的地热资源集中在西藏和云南地区，由于当地水能资源丰富，地热发电竞争力不强，近期难以大规模发展。近年来，地热能的热利用发展较快，主要是热水供应及供暖、水源热泵和地源热泵供热、制冷等。随着地下水资源保护的不断加强，地热水的直接利用将受到更多的限制，地源热泵将是未来的主要发展方向。

21

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

存在的问题：

(1) 政策及激励措施力度不够。在现有技术水平和政策环境下，除了水电和太阳能热水器有能力参与市场竞争外，大多数可再生能源开发利用成本高，再加上资源分散、规模小、生产不连续等特点，在现行市场规则下缺乏竞争力，需要政策扶持和激励。目前，国家支持生物质能、风电、太阳能等可再生能源发展的政策体系还不够完整，经济激励力度弱，相关政策之间缺乏协调，政策的稳定性差，没有形成支持可再生能源持续发展的长效机制。

22

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

存在的问题：

(2) 市场保障机制还不够完善。长期以来，虽然国家逐步加大了对可再生能源发展的支持力度，但由于没有建立起强制性的市场保障政策，无法形成稳定的市场需求，可再生能源发展缺少持续的拉动，致使我国可再生能源新技术发展缓慢。

(3) 技术开发能力和产业体系薄弱。除水力发电、太阳能热利用和沼气外，其它可再生能源的技术水平较低，缺乏技术研发能力，设备制造能力弱，技术和设备生产较多依靠进口，技术水平和生产能力与国外先进水平差距较大。

23

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 世界可再生能源发展现状

- 据IEA预计，2022年全球可再生能源装机容量将增长8%以上，首次突破300GW。预计可再生能源发电量仍以太阳能光伏为主，其发电将占全球可再生能源装机容量的60%；
- 美国：2021年，可再生能源发电量占美国总发电量的八分之一以上，风力发电占美国可再生能源总发电量的27.05%，其次分别是生物质发电(21.41%)、生物燃料发电(19.15%)、水电(18.54%)、光伏发电(12.19%)和地热发电(1.67%)；
- 欧盟：可再生能源2030年消费量占比达到45%（2021.7）；
- 德国：2021年，德国可再生能源发电占比42.4%；
- 日本：2030年可再生能源发电占比从此前22-24%提高到36-38%，太阳能14%~16%，风能5%，氢能11%，煤炭19%，液化天然气20%，原油2%（2021.10）。

24

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## ➤ “十四五” 可再生能源发展规划（2021.10）：

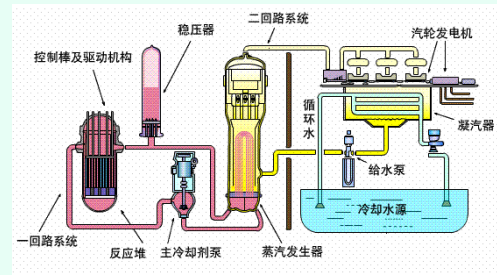
- ✓ “十四五” 期间，可再生能源在一次能源消费增量中占比超过50%。
- ✓ “十四五” 期间，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过50%，风电和太阳能发电量实现翻倍。
- ✓ 2025 年，地热能供暖、生物质供热、生物质燃料、太阳能热利用等非电利用规模达到6000 万吨标准煤以上。

25

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



核电站流程图

26

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

在反应堆中受中子作用产生核裂变反应并释放中子和热量的一种材料。作为燃料“烧掉”的是3种可裂变核素铀-233、铀-235和钚-239中的一种或其混合物。

氢的两个同位素——氘和氚的原子核聚合在一起，生成一个氦原子核，同时释放出一个中子，伴随着大量伽马射线和中微子等物质，这意味着质量的亏损。

27

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



1升海水中含30毫克氘，30毫克氘聚变产生的能量相当于300升汽油。  
2006年我国EAST（Experimental and Advanced Superconducting Tokamak）是先进超导托卡马克实验装置

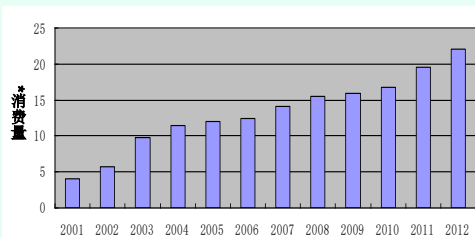
人造太阳

28

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



\*百万吨油当量

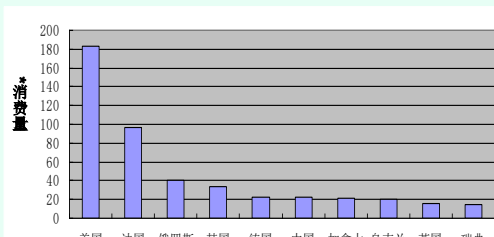
中国核能消费量

29

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



\*百万吨油当量

世界核能消费量前十名

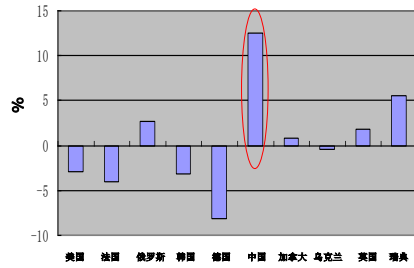
30

南京林业大学

热能动力工程



## 第一章 生物质能导论



**2012年核能主要消费国家核能消耗量的变化**

我国政策（2013.1）：新建核电机组全国上网电价统一0.43元/度。

31

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



33

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



**太阳能热水器**——完全商业化了的可再生能源技术，我国是世界上最大的太阳能热水器生产国者和消费国。太阳能集热器的全球总计安装面积为1.4亿m<sup>2</sup>。IEA统计，排在前位的国家是中国（3200万m<sup>2</sup>），美国（2340万m<sup>2</sup>），日本（1210万m<sup>2</sup>）和欧洲（1120万m<sup>2</sup>）。无论是光伏发电还是太阳能热水器产业，未来的主流趋势是发展太阳能一体化建筑技术。

China is purported to have the following targets for solar hot water deployment [Martinet 2007, NDRC 2007]:

million m <sup>2</sup> of solar hot water collectors	2006 actual	2010 target	2020 target
	100	150	300



南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



**世界最大的太阳能发电站**——德国莱比锡附近的埃斯彭海因投入使用。

造价2000万欧元，太阳能发电站由3.35万组太阳能电池板组成，发电功率达5000千瓦。该发电站投入使用后，德国每年的二氧化碳排放量将减少3700吨。

35

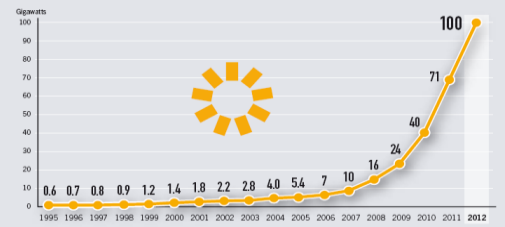
南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## SOLAR PHOTOVOLTAICS (PV)

FIGURE 11. SOLAR PV GLOBAL CAPACITY, 1995–2012



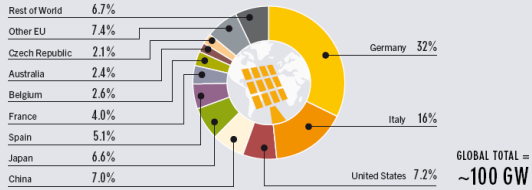
36

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

FIGURE 12. SOLAR PV GLOBAL CAPACITY, SHARES OF TOP 10 COUNTRIES, 2012



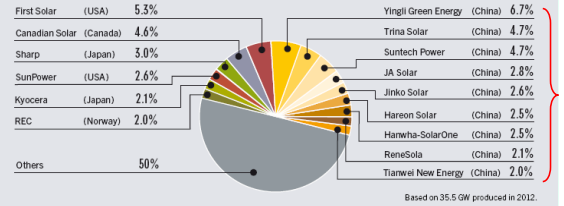
37

南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

FIGURE 13. MARKET SHARES OF TOP 15 SOLAR PV MODULE MANUFACTURERS, 2012



38

南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

我国政策（2013.8）：集中式光伏电站电价补贴0.9-1元/度；分布式光伏电站电价补贴0.42元/度。  
2022广东：上网电价执行现行燃煤发电基准价0.453元/千瓦时。

## 第一章 生物质能导论



风力发电机结构：机舱、转子叶片、轴心、低速轴、齿轮箱、发电机、电子控制器、液压系统、冷却元件、铁塔筒等。

39

南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



铁筒为锥形变径形状，底端直径3500mm左右，最上端直径2700-3000mm左右。兆瓦级铁筒高度在60-90m之间，常见高度65-80m。

40

南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论



新疆达坂城  
总装机容量12.5万千瓦，单机0.12万千瓦。

41

南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

中国的风能总储量列世界第三位



42

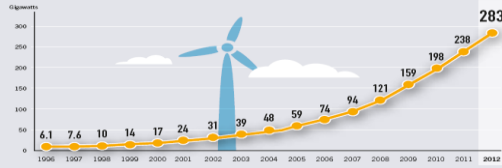
南京林业大学  
Nanjing Forestry University

风能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## WIND POWER

FIGURE 18. WIND POWER GLOBAL CAPACITY, 1996–2012



过去十几年里，风电的年平均增长率达到了29%，2004年新增装机797.6万千瓦，全球累计风电装机达到4731.7万千瓦。2007年新增装机>2000万千瓦，全球累计风电装机达到9400万千瓦。

到2016年，全球累计风电装机将较2007年翻两番，由2007年的94GW增至2016年的360GW。

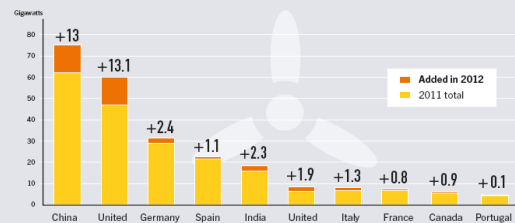
43

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

FIGURE 19. WIND POWER CAPACITY AND ADDITIONS, TOP 10 COUNTRIES, 2012



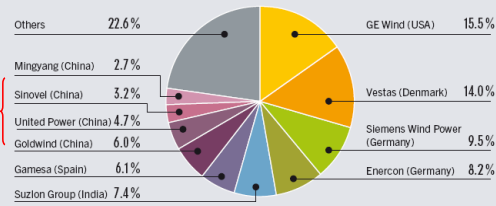
44

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

FIGURE 20. MARKET SHARES OF TOP 10 WIND TURBINE MANUFACTURERS, 2012



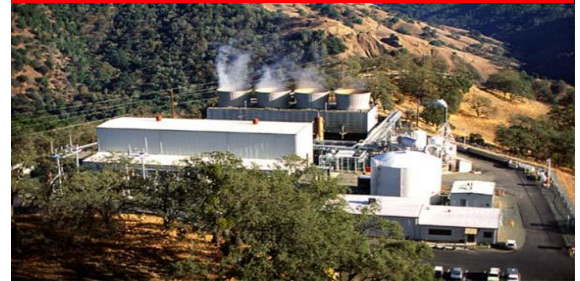
**=16.6%** 我国政策（2019.5）：按照风能资源状况和工程建设条件，全国分为四类风能资源区，风电上网价0.29、0.34、0.38、0.47元/度。

45

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



截止2010年底，全世界已有24国家建有地热电站，装机总容量10715MW。我国地热发电装机容量为25MW。2020年，全国地热发电装机容量为50MW，按照规划，到2025年预期达到100MW，到2035年达到200MW。

46

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

电站地址及名称	发电方式	机组数(台)	设计功率(kw)	地热温度(℃)	时间
河北省怀来县 怀来地热试验 电站	低沸点工质法	1	200	85	1971年9月建成
广东省丰顺县 邓屋地热电站	低沸点工质法	1	200	91	1977
	扩容法	1	86	91	1976
	扩容法	1	300	61	1982
江西宜春温汤 电站	低沸点工质法	1	50	66	1972
	低沸点工质法	1	50	66	1974
辽宁盘县 熊岳地热电站	低沸点工质法	1	100	75-84	1977
	低沸点工质法	1	100	75-84	1982
湖南宁乡灰汤 地热电站	扩容法	1	300	92	1975
山东招远地 热电站	扩容法	1	200	90-92	1981
	扩容法	1	1000	140-160	1977
西藏当雄 羊八井地热电站	扩容法	1	3000	140-160	1981
	扩容法	1	3000	140-160	1982
	扩容法	1	3000	140-160	1985
	扩容法	1	3000	140-160	1985

47

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论



西藏羊八井地热电站总装机容量达到24.18MW，8台0.3万千瓦机组。西藏地热发电上网电价仅0.25元/度。

48

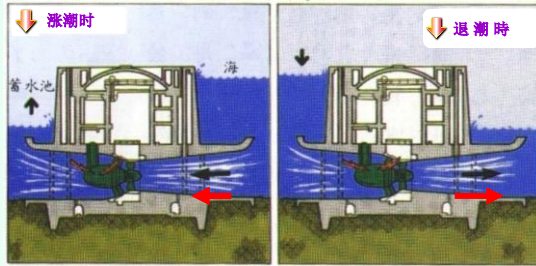
南京林业大学

热能动力工程



## 第一章 生物质能导论

## 潮汐能、水力能



三峡上网电价（2003.8）平均为0.25元/度。  
2003.7.18开始江苏使用到了三峡电力。

49

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 内容

- 生物质能的定义和分类
- 生物质能的能源地位
- 生物质能利用技术
- 国内外生物质能利用现状

50

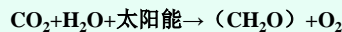
南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 一、生物质能的定义与分类 biomass

## 1 定义



- 生物质能是通过绿色植物的光合作用将太阳辐射的能量以生物质形式固定下来的能源。是人类最重要的间接利用太阳能方式。

## 1) 传统生物质能资源

农作物秸秆；薪柴；禽畜粪便；工业、商业有机废弃物；城市固体有机垃圾。

## 2) 现代生物质能资源

薪炭林；草本作物（甜高粱作物、木薯、甘薯和芭蕉芋作为生产乙醇的替代原料）；植物性油料作物；含碳氢化合物植物。

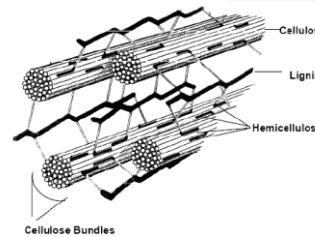
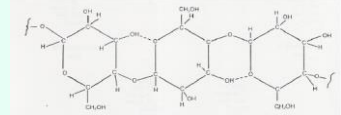
51

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 植物（生物质）的有机组成



- 纤维素是细胞壁主要成分
- 木质素是纤维素的粘合剂
- 半纤维素是穿插于纤维素和木质素之间的高聚糖

52

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 1) 纤维素

纤维素是构成植物细胞壁的主要成分。纤维素的大分子是由几千个D-葡萄糖残基以β-1,4键相连接而成的多糖，呈长链状结构，分子式为(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>。纤维素在溶液中呈胶体，容易水解。

## 2) 木质素

木质素是纤维素的粘合剂，它的存在增强了植物体的机械强度。木质素是以苯丙烷为结构主体的苯酚类三维网状高分子化合物，包含愈创木基、紫丁香基和对羟苯基三种基本结构，木质素分子式近似用(C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>)<sub>x</sub>来表示，木质素不易水解。

## 3) 半纤维素

半纤维素是植物细胞壁中穿插于纤维素和木质素之间、不包括果胶和淀粉的高聚糖。半纤维素是一种无固定分子式的基团多糖，主要成分为木聚糖、木葡萄糖、葡萄糖甘露聚糖、甘露聚糖等，其分子聚合度较纤维素小，约



工程

南京林业大学

## 4) 蛋白质

构成植物细胞原生质的主要物质，一般在植物中含量不高，但在低等植物（如藻类、菌类）含量高。

## 5) 脂类化合物

**脂肪** 属长链脂肪酸的甘油酯。低等植物含脂肪多。在酸性或碱性溶液中能被水溶解，生成脂肪酸和甘油。

**蜡脂** 覆盖在茎、叶和果实外皮上。主要是长链脂肪酸与含有24-36个碳原子的高级一元醇形成的酯类，化学性质稳定，不易水解。

**树脂** 植物生长过程中的分泌物。化学性质十分稳定，不溶于有机酸。针叶植物含树脂最多，低等植物没有。

**角质**  
**木栓质**  
**孢粉质**

54

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 2 生物质能源利用特点

## 优点：

- 储量大，地球上每年生物质能总量约 1400-1800亿吨(干重)，相当于目前每年总能耗的十倍；
- 理论上不产生GHG，低含量的N、S化合物，可以大量减少NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等有毒气体排放，被称为“绿色石油”；
- 兼容性最好，同时是唯一的可储存和运输的可再生能源；
- 现代加工转化技术与途径多样，产品既有热与电，又有固、液、气三态的多种能源产品以及塑料、生物化工原料等众多的非生物基产品。

55

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 优点：

## ➢ 经济和社会效益好

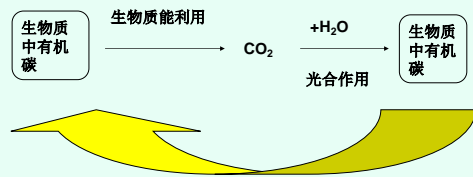
- ✓ 生物质能源的生物性使它与农业、农村和农民有着亲密关系，可以帮助农民增收，促进农村经济发展，这也是其他所有清洁能源做不到的；
- ✓ 可以变废为宝，解决一些废料性资源的污染问题。
- 有国家的政策扶持
- ✓ 秸秆收购（按照含水量情况分级定价）；农作物良种补贴（小麦、棉花、油菜）；
- ✓ 提高生物质发电上网电价（0.75元/度）。

56

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

CO<sub>2</sub>净排放为零

57

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 质疑：

- 影响粮食安全、价格？乙醇 《能源独立之路》清华大学出版社  
非粮、能源植物乙醇
- 技术不成熟？直燃发电 生物柴油 气化
- 密度低，原料分散？技术/政策 成型/收购

58

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3、生物质能的种类

## 1 农作物秸秆

2021年总产量8.65亿吨，可获得系数为88%，约为7.61亿吨，相当于4.60亿吨标准煤。水稻、小麦和玉米秸秆占83.5%。



59

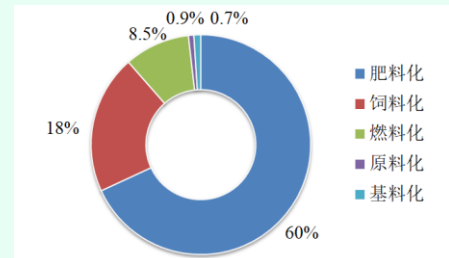
南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3、生物质能的种类

## 1 农作物秸秆



2021年数据

60

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 2 林业资源

- **薪炭林**(以生成薪炭材、提供燃料为目的的林木,耐旱、生长快、再生能力强,硬材阔叶林为主), 1亿吨;
  - **灌木林**, 1.8亿吨;
  - **林业“三剩”**, 3.5亿吨。
- 资源总量6.3亿吨, 折合3.5亿吨标煤。



61

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 林业“三剩”

## 1) 木材采伐剩余物

采伐、集材后遗留在地上的枝桠、梢头、灌木、枯倒木、被砸伤的树木、不够用材标准的遗弃材等。

## 2) 木材造材剩余物

木材造材过程中剩余的墩根(将原条加工成商品材时,所截去原条腐朽的部分);梢头木(不足商品材长度的原条梢梢部分)。

## 3) 木材加工剩余物

木材加工过程中剩余的树皮、板皮、边条、锯末、刨花、原木端头、木芯、废弃单板、裁边等。

62

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 禽畜粪便

全国禽畜粪便可获得22.8亿吨/年, 折合7.8亿吨当量油。

- 4 **城市垃圾** 主要成分包括: 纸屑(占40%)、纺织废料(占20%)和废弃食物(占20%)等。将城市垃圾直接燃烧可产生热能,或是经过热分解处理制成燃料使用。

- 5 **城市污水** 一般城市污水约含有0.02~0.03%的**固体**与99%以上的水分。

污泥

63

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物

- (1) **甜高粱**: 又称糖高粱、芦粟、甜秫秸、甜秆等,它是普通利用高粱的一个变种。茎干**富含糖分**, 汁液占到15~20%。

近年来,欧美发达国家投入了大量人力、物力和财力开发甜高粱,选育了系列化良种并在生产中大面积推广应用。

我国2021年种植面积达84万公顷,年产甜高粱秸秆5040万吨,新增乙醇330万吨。

64

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物



65

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物

- (2) **甘蔗**: 甘蔗是世界很多地方都可以生长的作物,传统上都是用它作为生产糖和酒精的原料。除此之外,它还是潜在的**纤维素原料**。现在已培育出一些高产的“能源型甘蔗”杂交品种,试验产续已达到253t/hm<sup>2</sup>(吨/公顷)。澳大利亚利用他们新培育的优良甘蔗,通过对甘蔗中的糖分进行发酵,每吨甘蔗可生产90L乙醇。2021年我国甘蔗的产量为**10666.38万吨**。

66

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物

(3) **木薯**：主要用于生产淀粉，每100g木薯干片中，含淀粉58.25g。

(4) **甘薯**：淀粉含量20%左右，9吨甘薯可产1吨乙醇，2021年我国总产量超1亿吨。



南京林业大学

生物质能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物

表 利用后备耕地资源燃料乙醇发展潜力

地区	东北区	华北区	黄土高原区	蒙新区	长江中下游区	华南区	西南区	合计
后备耕地资源(万公顷)	45.3	57.1	87.9	369.6	69.7	12.4	32.1	702
适宜能源作物品种	甜高粱	甜高粱、甘薯	甜高粱	甜高粱、甜高粱	甘薯	木薯	甘薯	
单位面积乙醇产量(吨/公顷)	3.92	3.92	3.92	3.92	5.64	6.62	5.64	
利用比例(%)	50	50	50	50	50	50	50	
2020年								
发展潜力(万吨)	89	112	172	724	196	41	90	1425

南京林业大学

68

生物质能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 6 能源植物

(5) **油料果实资源**：我国已知种子含油率超40%的有154种，木本油料林420万公顷，油料果实产量559万吨。

面积较大的有**油茶**、**油桐**、**乌桕(jiù)**、**核桃**、黄连木、文冠果等等。

我国四大木本油料植物



油茶(南方, 年产量20万吨)

南京林业大学



油桐(川贵两湖)

生物质能动力工程

## 第一章 生物质能导论



油茶籽

南京林业大学



油桐籽

70

生物质能动力工程

## 第一章 生物质能导论

- 美国、巴西、印度等国进行了能源油料植物的选种，富油种的引种栽培，遗传改良，建立了“柴油林场”等方面的工作与研究。
- 在能源油料植物特性和植物燃料油的研制上，美国、日本、巴西、芬兰、瑞典、印度、菲律宾、澳大利亚等国，在获得植物燃料油途径、燃料油使用技术上都有较大的进展。
- 在能源油料植物资源的研究上，美国进行了重点含油科、含油量和应用前景的分析，印度、马来西亚等也做了油脂植物方面的研究。

南京林业大学

71

生物质能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 中国生物质能资源蕴藏量的省区分布差异

生物质能种类	排序	范围 (10 <sup>4</sup> )	包括省、市、区)
秸秆	前五位	>4 500	河南、山东、黑龙江、吉林、四川
	后五位	<240	天津、青海、西藏、上海、北京
畜粪	前五位	>21 500	河南、山东、四川、河北、湖南
	后五位	<3 000	海南、宁夏、北京、天津、上海
林木	前五位	>21 000	西藏、四川、云南、黑龙江、内蒙古
	后五位	<60	江苏、宁夏、重庆、天津、上海
垃圾	前五位	>800	广东、山东、黑龙江、湖北、江苏
	后五位	<181	天津、宁夏、海南、青海、西藏
废水	前五位	>250 000	广东、江苏、浙江、山东、河南
	后五位	<45 000	甘肃、海南、宁夏、青海、西藏

南京林业大学

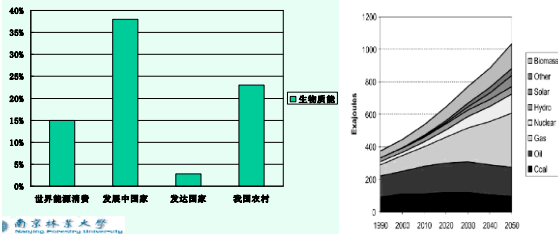
72

生物质能动力工程

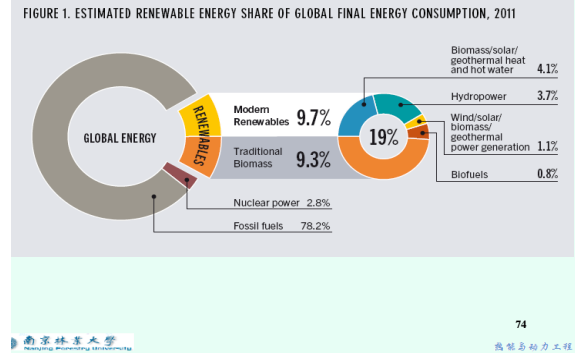
## 第一章 生物质能导论

### 二 生物质能的地位

生物质是仅次于煤炭、石油、天然气的**第四大能源**，在整个能源系统占有重要地位。



## 第一章 生物质能导论



## 第一章 生物质能导论

### 三、生物质能利用途径与方法



## 第一章 生物质能导论

### 1 直接燃烧技术:

方式: 直燃、与煤混燃等;

在国外, 以高效直燃发电为代表的生物质发电技术已经比较成熟。**丹麦**已建立15家大型生物质直燃发电厂, 年消耗农林废弃物约150万t, 提供丹麦全国5%的电力供应。目前, 以生物质为燃料的小型热电联产(装机多为10~20MW)已成为**瑞典和德国**的重要发电与供热方式, 美国有100多座15~715MW的生物质**流化床锅炉**。

## 第一章 生物质能导论

### 1 直接燃烧技术:

**芬兰**从1970年就开始开发流化床锅炉技术, 现在这项技术已经成熟, 并成为生物质燃烧供热发电工艺的基本技术。**美国**的生物质直接燃烧发电占可再生能源发电量的70%。**奥地利**成功推行建立燃烧木质能源的区域供电计划, 目前已有八九十个容量为1000~2000 kW的区域供热站, 年供热 $1 \times 10^{10}$  MJ。**瑞典和丹麦**正在实行利用生物质进行热电联产的计划, 使生物质能在提供高品位电能的同时满足供热的要求。

## 第一章 生物质能导论

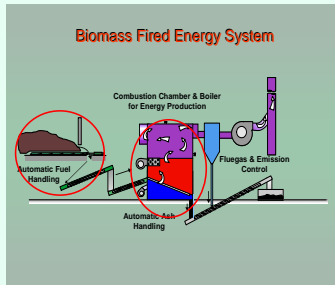
### 1 直接燃烧技术:

**秸秆燃烧发电在中国已成为现实**, 中国首台秸秆混燃发电机组已于2005年底在华电国际枣庄市十里泉发电厂投运。该机组每年可燃用10.5万t秸秆, 相当于7.56万t标准煤。另外, 河南许昌、安徽合肥、吉林辽源、吉林德惠和北京延庆等地也在建设秸秆发电厂。由内蒙古普拉特交通能源有限公司投资4.2亿元建设的包头垃圾环保发电厂, 按照日处理城市原始垃圾1200~1500t设计, 建3条垃圾焚烧处理线(另备用1条处理线), 3台12MW凝汽式汽轮发电机组, 并预留供热能力, 可实现年售电2.1亿kW h, 2011年9月投入使用。



## 第一章 生物质能导论

生物质直接燃烧发电的技术问题主要是锅炉的设计制造、生物质原料的收集与运输和原料预处理设备研制。



• 秸秆类生物质和煤相比差异明显：燃烧特性差异大，挥发份<sup>①</sup>；能量密度、物理性质和流动规律不同；生物质含较多钾、氯，燃烧中易引发结渣、沉积、受热面碱金属高温腐蚀。

• 秸秆类生物质较软，破碎装置、螺旋输送装置与燃煤电站不同。

79

南京林业大学

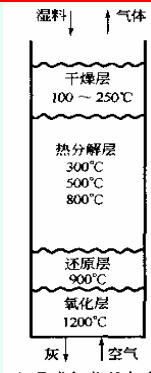
热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 2 生物质气化技术：

#### (1) 原理

生物质气化是一种热化学处理技术。气化是以氧气(空气、富氧或纯氧)、水蒸气或氢气等作为气化剂，在高温条件下通过气化炉将生物质中可燃部分转化为小分子可燃气(主要为一氧化碳、氢气和甲烷等)的热化学反应。



上吸式气化炉气化原理

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 2 生物质气化技术

#### (2) 现状

生物质气化技术起源于18世纪末，经历了上吸式固定床气化器、下吸式固定床气化器、流化床气化器等发展过程。美国研制出生物质整体气化联合循环技术<sup>②</sup>，气化效率保持在75%，采用该技术的30~60MW的发电厂的能量利用效率可以达到40~50%，最近出现的IGCC和HATC(热空气汽轮机循环技术)作为先进的生物质气化发电技术，已在世界上不同地区(如巴西、美国和欧洲联盟)建成示范装置，规模为0.5~3MW HATC，7~30MW IGCC。

81

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 2 生物质气化技术

中国农科院开发了生物质气化炉和家用小型生物质煤气炉灶，中科院广州能源所研制了上吸式气化炉，山东省能源研究所研制出燃用农作物秸秆(以玉米秆为主)的固定床气化炉。浙江大学在固定床气化炉的基础上发展了中热值气化技术。中科院广州能源研究所<sup>③</sup>在三亚建成的大型1MW生物质(木屑)气化发电厂已投入使用，但开发的4MW生物质气化发电技术在稳定运行、焦油清除、气体净化等技术上还需要提高。

82

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

### 2 生物质气化技术

表1 实验过热的生物质下吸式固定床气化炉的商业化应用项目

应用地区	原料	产能/功率	生产商(技术支持单位)
region	raw material	capacity	producer
美国	木材	1 000	CEKW
美国	木片、玉米棒	40	Swafford Egg
丹麦	木材加工剩余物	500	Holsten Egg
新西兰	木材、木片	30	Fluoroc
德国	木材、农业剩余物	100 ~ 600	Martens
美国	木片、藤子壳	30	Newcastle Unit of Tech
美国	农业加工剩余物	300	Shawton Engineering
瑞士	木材、农业生物质	50 ~ 2 500	DASAG
瑞士	木材	25 ~ 4 000	HTV Energy
印度	木片、稻壳	100 *	Associated Engineering Works
印度	木材、玉米棒、稻壳	—	Arkus Scientific Energy Technology
南非	木材、木片	30 ~ 500	Systm Johnson gas producers
南非	稻壳	150	KARA Energy Systems
中国北京	锯末	200	Huaili Wood Equipment
中国山东	农作物秸秆	300 <sup>②</sup>	Huaili Integrated Gas Supply System
中国湖南	木片和秸秆	300 <sup>②</sup>	Dime Integrated Gas Supply System
中国江苏盐城	木片	200 <sup>②</sup>	南京林业大学
中国黑龙江	木片	500 <sup>②</sup>	南京林业大学
中国安徽滁州	稻壳	500 <sup>②</sup>	南京林业大学
中国浙江杭州	木片	500 <sup>②</sup>	南京林业大学
中国江西赣州	稻壳	2 000 <sup>②</sup>	南京林业大学
中国广西南宁	木片	300 <sup>②</sup>	南京林业大学(正在调试)
中国湖北黄冈	木片	800 <sup>②</sup>	南京林业大学(正在建设)
中国湖北黄冈	稻壳	500 <sup>②</sup>	南京林业大学(正在建设)
中国山东威海	木片	1 000 <sup>②</sup>	南京林业大学(正在建设)

注：\* 产能单位为 kg/h；<sup>①</sup> 2000 年试验的产能；<sup>②</sup> 燃气用于发电的产能。

动力工程

南京

## 第一章 生物质能导论

### 2 生物质气化技术：

#### (3) 还需主要解决的问题

1) 提高气化率和除焦油：为解决生物质气化过程中气化不完全产生的焦油、颗粒、碱金属、含氮化合物等不同浓度的污染物，研究催化剂来提高气化率和消除气化中的焦油。

2) 寻找低成本和高热值的生物质气化技术是生物质热解气化技术发展的重要方向。

84

南京林业大学

热能岛动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术

生物质液化技术可以将**生物质废弃物**转化为燃料油。生物燃油是替代燃料的主要来源，据预测，到2050年生物质至少能提供38%的燃料，美国能源部计划到2050年，交通运输燃料的30%由生物燃油替代。生物质液化技术分为**直接液化**与**间接液化**。

85

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术

## (1) 高压液化技术

20世纪70年代初，美国匹兹堡能源研究中心的Appell等，对生物质的液化进行了大量开创性研究。

以生物质为原料、碳酸钠为催化剂、蒸馏水或高沸点有机物为溶剂，在充入CO或H<sub>2</sub>的条件下对生物质进行液化。该反应的温度为300~350℃，压力为14~24MPa，反应时间为1h，反应的转化率为95~99%(产物占原料的质量分数)，以苯萃取的液体产物生物质粗油的产率为40~60%，这就是著名的**PERC法**。

86

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术：

## (2) 快速热裂解液化技术

(闪速)热裂解液化技术。快速热裂解的反应器主要分为如下几类：

- **机械接触式反应器**。典型的有英国Aston大学的烧蚀热裂解反应器、美国国家可再生能源实验室(NREL)提出的涡流反应器及荷兰Twente大学设计的旋转锥反应器等。

87

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 旋转锥(Rotating Conc)——荷兰Twente大学

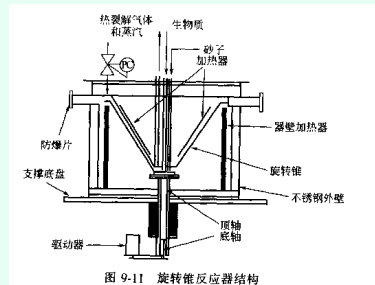


图 9-11 旋转锥反应器结构

88

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术：

- **间接式反应器**。如美国Washington大学的热辐射反应器；
- **混合式反应器**。如加拿大Waterloo大学的流化床热裂解系统、加拿大Ensyn提出的循环流化床反应器和美国乔治亚理工学院开发的携带床反应器等；

国外已开发并且试图规模化的生物质快速热裂解液化反应装置侧重于第三类，尤其是应用流化床技术的生物质热裂解反应器。

89

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术：

## (3) 间接液化技术

间接液化技术是**先通过气化**得到以CO、CH<sub>4</sub>、和H<sub>2</sub>为主的生物质合成气，然后将合成气经过催化重整调配碳氢比，再利用催化工艺合成甲醇、一甲醚和烷烃(柴油)等的过程。

间接液化得到的是与传统化石燃烧类似的碳氢燃料，能够直接用作动力和交通燃料，具有较高的性能。但是**间接液化工艺复杂**，最后一步的催化合成对合成气比例、洁净程度要求非常高，**目前生物质合成气制备技术还不成熟**。

90

南京林业大学

生物质动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术：

- Ensyn公司最早建立了商业规模的快速热裂解装置，当前最大生产能力可达到75t/d生物质的消耗量。
- 加拿大达茂公司利用鼓泡流化床生物质反应器实现了日产半吨生物油的示范厂。2006年在加拿大安大略省建成日耗100t生物质的快速热裂解装置。
- BTG公司基于荷兰Twente大学的旋转锥反应器技术，2005年在马来西亚建成一座50t/d的生物油厂。

91

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术：

由于传统的热解技术**不适合湿生物质**的热转化，欧洲很多国家已开始研究新的热解技术—Hydro Thermal Upgrading (HTU)。该技术将湿木片或生物质溶于水，经高压糖化并液化后进行经脱羧基作用，移去氧，从而产生生物油。荷兰Shell公司试验表明：通过催化，可获得高质量的汽油和粗汽油。

92

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## 3 生物质液化技术

- 沈阳农业大学最早从荷兰BTG引进一套50 kg/h旋转锥闪速热裂解装置并进行了相关的试验研究。
- 浙江大学建立了流化床快速热裂解试验中试装置。
- 中国科学院广州能源所发明了自热式循环流化床生物质热解油化装置，并进行热解液化热态小试及中试
- 中国科技大学则提出低成本无污染的生物质液化工艺及装置。
- 东北林业大学开发了高速旋转锥液化装置；上海理工大学建立了小型旋转锥热解装置。目前这些工作尚处于起步阶段。

93

南京林业大学

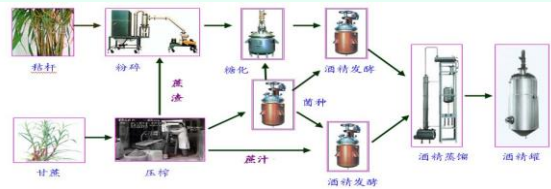
热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

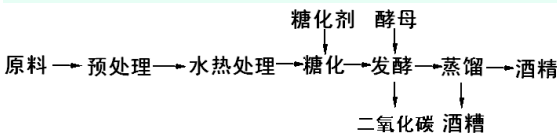
## 4 生物化学技术

## (1) 生物发酵制酒精

通过发酵方法制取生物乙醇，有两种途径：**一是粮食类**，以玉米等淀粉类和甘蔗汁、砂糖等糖蜜类物质为主要原料；**另一类**则是以农业废弃物、工业废弃物、城市废弃物及林业废弃物等**纤维素含量较高的物质**为发酵原料。



## 第一章 生物质能导论



## 生物发酵酒精典型工艺流程

95

南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

**纤维素类水解发酵**是目前制取乙醇的难点，这一技术的突破将使生物质的生化转换效率大幅度提高，从而大大提高该技术的工业化步伐。



96

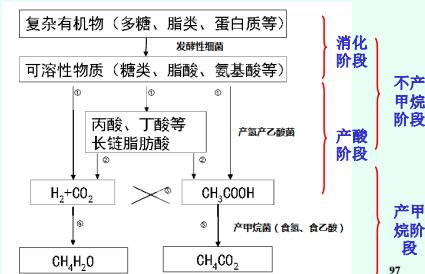
南京林业大学

热能动力工程

## 第一章 生物质能导论

## (2) 厌氧性消化

沼气发酵生产技术在污水处理、堆肥制造、人畜粪便、农作物秸秆和食品废物处理等方面得到广泛应用，反应器类型以厌氧式结构为主。



南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## (2) 厌氧性消化

2021年10月，中国沼气学会发布《中国沼气行业“双碳”发展报告》，到2030年可获得沼气生产潜力约1690亿立方米。到2060年，可获得沼气生产潜力3710亿立方米。2021年产沼气150亿立方米（折标煤105亿吨）。

南京林业大学

98

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## (2) 厌氧性消化

➢ 2021年欧盟范围内建成使用的沼气化垃圾处理厂约有一千余家。

■在使用再生能源（风能和太阳能）政策较好的国家，如德国和瑞士，更是倾向发展沼气化处理垃圾技术。

■西班牙也在大力推广该项技术，巴塞罗那新建了两座沼气化垃圾处理工厂。

■在法国，10余个项目在计划之中。

南京林业大学

99

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## (2) 厌氧性消化

➢ 日本几个大啤酒厂都已配套建成了200 kW的燃料电池发电机组；京都市将食物废渣集中发酵，并从所产沼气中提取氢气供燃料电池发电；还有公司成功利用下水污泥生产沼气或提取氢气。

南京林业大学

100

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 四 各国生物质能发展规划

## 美国：

1999年，美国发布了《开发和推进生物基产品和生物能源》总统令，制订了到2030年以生物质燃料替代目前石油消费总量30%的发展目标。美国能源部报告中表明“**生物质**已经开始对美国的能源作出贡献，2003年提供了相当于 $1 \times 10^6$  t标煤的能量，占美国能源消费总量的3%，成为可再生能源的最大来源”。

南京林业大学

101

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

## 美国：

21世纪初通过立法确定生物质能的主导发展地位：

2008年至2035年间石油消费量的增长部分将全部由液体生物燃料提供，燃料乙醇的消费量可占到石油消费量的17%；发电量的增量中可再生能源占41%，其中，**生物质发电占49.3%**，风电占37%，光伏发电占4.2%。

南京林业大学

102

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

### 欧盟：

欧盟通过立法制定了可再生能源要占到2010能源要占到20%的目标。提出2020年交通工具燃料消费中生物质能源占10%。

### 瑞典：

石油份额由1970年的77%下降到2008年的32%；到2008年生物质能的工业用途是天然气和煤炭消耗的12.3和4.5倍。

在2006年的世界生物质能源大会上，瑞典宣布“生物质能源已能满足目前瑞典25%的能源需求，2020年瑞典成为世界上第一个不依赖石油的国家。”

103

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

### 其它：

巴西，生物燃料产值已经占到全国GDP的8%，超过信息产业，排在第一位。巴西全国公民协会主席讲道：巴西的经济是建立在可再生资源基础上的，目前，全国以生物乙醇替代了50%的汽油，生物柴油替代了3%的化石柴油。

印度，制订了2011年印度全国运输燃料中必须添加10%乙醇的法令。

日本，通过了《日本生物质综合战略》提出由“石化日本”向“生物质日本”转变的战略。

104

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

### 我国生物质能利用现状和发展规划：

秸秆、林业加工剩余物、城市固体废物、污水污泥、粪便等主要生物质资源可以转化能源的潜力合计约为每年8~10亿吨标准煤。

直燃技术：秸秆直燃发电，截至2008年底，国家发改委已审批170余项生物质发电项目，总装机容量 $460 \times 10^4 \text{ kW}$ ，已投产50项，装机容量 $110 \times 10^4 \text{ kW}$ 。2020年生物质发电的 $3000 \times 10^4 \text{ kW}$ 指标，

105

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

燃料乙醇：美国2020年的替代目标是汽油消费量的20%；欧盟是生物燃料占运输燃油的10%；巴西现在已达56%，中国仅2%。

“十五”以陈化粮乙醇起步，2005年超过一百万吨居世界第二。

“十一五”期间，因粮食趋紧而叫停新增粮食乙醇，鼓励发展非粮乙醇，只可惜此间粮食乙醇生产依旧，非粮乙醇只完成了两百万吨指标的10%。

“十二五”第一代的粮食乙醇绝不可行，美欧斥巨资攻关多年的第一代纤维素乙醇，因技术难度太大，于不久前宣布大幅调低2011年的生产指标，而中国在纤维素乙醇上开发利用较为滞后。

106

南京林业大学

生物质能工程

## 第一章 生物质能导论

2010年5月，在北京举行的先进生物燃料论坛上，我们提出了“1.5代乙醇”的概念，即以具有中国优势的非粮能源作物甜高粱、薯类等为原料生产燃料乙醇，技术成熟，设备国产，可较快形成产业化和规模化生产。

107

南京林业大学

生物质能工程