

21世紀永續能源叢書

# 生質能源

—綠色黃金開發技術—

姚向君 田宜水 ■ 編著

張勝雄 梁財春 張春田 ■ 編修

*Biomass Energy :  
Developing Green Gold*



21 Century Sustainable  
Energy Series

21世紀永續能源叢書

# 生質能源

—綠色黃金開發技術—

姚向君 田宜水 ■ 編著

張勝雄 梁財春 張春田 ■ 編修

*Biomass Energy :  
Developing Green Gold*



21 Century Sustainable  
Energy Series

生質能源:綠色黃金開發技術/姚向君, 田宜水編  
著.--初版--臺北縣中和市:新文京開發, 2007.09

面 ; 公分

ISBN 978-986-150-729-3(平裝)

1. 能源開發 2. 能源技術 3. 環境保護

400.15

96017070

21・世・紀・永・續・能・源・叢・書  
21 Century Sustainable Energy Series

## 生質能源—綠色黃金開發技術

### Biomass Energy: Developing Green Gold

書 號 ◆ TE06

編 著 者 ◆ 姚向君 田宜水

編 修 者 ◆ 張勝雄 梁財春 張春田

出 版 者 ◆ 新文京開發出版股份有限公司

地 址 ◆ 235-57 台北縣中和市中山路二段 362 號 9 樓

電 話 ◆ (02)2244 8188

傳 真 ◆ (02)2244 8189

E-mail ◆ service@wun-ching.com.tw

網 址 ◆ www.wun-ching.com.tw

郵政劃撥 ◆ 戶名 / 新文京開發出版股份有限公司  
帳號 / 1958730-2

初 版 ◆ 2008 年 1 月 10 日

國際書號 ◆ ISBN / 978-986-150-729-3

法律顧問 ◆ 蕭雄淋 律師

建議售價 : 520 NTD

---

## 編修、編著者簡介

### 編著者

#### 姚向君

---

女，1964 年，山東營縣人。中國農業部規劃設計院能源環保所所長，高級工程師。1983 年畢業於中國農業大學。1997~1998 以訪問學者身分，赴美國康乃爾大學就能源系統和環境領域開展合作研究。在農村可再生能源領域具有 20 餘年的實際工作經驗，現主要從事節能與再生能源技術產品的研究、設計、開發和推廣工作；以及節能、再生能源政策的研究工作。參加了多個國際合作項目。同時，主持多項中國農業部、科技部、國家“九五”攻關等項目。發表多篇論文，主編和參編著作多部。

#### 田宜水

---

1972 年生，遼寧阜新人，中國農業部規劃設計研究院高等工程師 1994 年畢業於中國上海交通大學能源系。目前主要在節能和生物質能領域從事研究、開發與推廣工作；以及能源政策研究等，主持和參加了多項中國國家“八五”、“九五”重點攻關和農業科技成果轉化資金項目，曾獲中國農業部科進步三等獎；以能效專家的身分參與聯合國工業發展組織項目等，發表論文多篇。

## 繁體版編修

### 張勝雄

---

#### 學歷

國立中央大學光電博士

#### 經歷

遠東科技大學電機系 副教授、遠東技術學院電機系主任、遠東技術學院電子系主任、台北科技大學 兼任講師、中原大學物理系 專任助教、同欣電子工廠 專案工程師、中央大學大氣物理系 專任研究助理、台達電子公司 光電系統工程師、台南縣創新技術服務中心 技術顧問團指導員、電力電子甲級、乙級証照監評委員

### 梁財春

---

#### 學歷

國立中央大學光電博士

#### 經歷

國立高雄第一科技大學光電工程研究所教授；國立高雄海洋科技大學電訊工程系、講師、副教授、教授兼、系主任、電算中心主任電訊工程系主任；教育部九十一年度至九十五年度技術學院工業類電子組評鑑委員

## 張春田

---

### 經 歷

國立中央大學 光電博士

國立中央大學 光電碩士

國立台灣工業技術學院 電子工程學士

### 經 歷

遠東科技大學電機系 副教授、台北電話局 機務工作員、台北長途電信局  
機務工作員、長途電信管理局 機務工作員、光武工專電子工程系 講師、  
台北工專電子工程系 講師、國立虎尾科技大學光電工程系 副教授



## 原版序

能源是人類社會存在與發展的物質基礎。過去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然氣等化石燃料基礎上的能源體系極大地推動了人類社會的發展。然而，人們在物質生活和精神生活不斷提高的同時，也越來越感悟到大規模使用化石燃料所帶來的嚴重後果：資源日益枯竭，環境不斷惡化，還誘發了不少國與國之間、地區之間的政治經濟糾紛，甚至衝突和戰爭。因此，人類必須尋求一種新的、清潔、安全、可靠的可持續能源系統。

中國經濟正在快速持續發展，但又面臨著有限的化石燃料資源和更高的環境保護要求的嚴峻挑戰。堅持節能優先，提高能源效率；優化能源結構，以煤為主多元化發展；加強環境保護，開展煤清潔化利用；採取綜合措施，保障能源安全；依靠科技進步，開發利用新能源和可再生能源等，是長期的能源發展戰略，也是建立可持續能源系統最主要的政策措施。

面臨這樣一個能源發展形勢，化學工業出版社組織了一批知名學者和專家，撰寫了這套《21 世紀可持續能源》叢書是非常及時和必要的。

這套叢書以每一個能源品種為一冊，內容十分廣泛、豐富和充實，包括資源評價，新的工藝技術特性介紹，開發應用中的經濟性和環境影響，還涉及到推廣應用和產業化發展中的政策和機制等。可以說，在能源領域中，這套叢書在深度和廣度上都達到了較高的學術水平和實用價值，不僅為能源工作者提供了豐富的能源科學技術方面的專業知識、資訊和綜合分析的政策工具，而且也能使廣大讀者更好地瞭解當今世界正在走向一個可持續發展的、與環境友好的能源新時代，因此值得一讀。

我們期待本叢書的出版發行，在探索和建立可持續能源體系的進程中作出應有的貢獻。

中國科學院院士 王大中



## 序

步入 21 世紀的今天，人類正面臨著經濟增長和環境保護的雙重壓力，能源問題是當今世界各國都面臨的關係國家安全和經濟社會永續發展的中心議題。生物質能作為世界一次能源消費中的第四大能源資源，在歷史長河中與人類生活密切相關，是唯一可儲存和運輸的可再生能源，在人類未來的能源系統中也將佔有重要地位。因此改變傳統的能源生產、消費模式，利用生物質能等清潔可再生能源，對建立永續發展的能源系統，促進經濟發展和環境保護具有十分重大的現實和戰略意義。

本書以永續能源發展和環境保護為主題，重點介紹生物質能資源及其清潔轉化、利用技術。全書共分 10 章，包括生物質能的定義與分類、生物質能資源的生產與再生產、沼氣技術、生物質燃燒技術、生物質壓縮成型技術、生物質熱解與直接液化技術、生物質氣化技術、生物燃料、城市固體廢物能源處理技術以及生物質能開發利用技術展望等內容。

本書作者姚向君和田宜水兩位均在生物質能的研究與實務工作方面具有豐富學養，編著時力求全面性與實用性兼顧，全書結構清晰、技術新穎，適合從事新能源、可再生能源的研究與管理人員參考，也可作為大專院校相關科系教材。繁體字版由張勝雄、梁財春、張春田等三位教授依兩岸專用術語異同以及台灣相關課程教學需求予以編修，使本書成為適合台灣大專院校開設相關課程的教材，也是更適合台灣相關研發人員閱讀的參考書。

**新文京編輯部** 謹識

（本文係依作者原序刪節修訂）



## 出版前言

能源的短缺以及傳統的煤炭、石油、天然氣等化石燃料能源所造成的環境污染，為人類的永續生存帶來了很大危機。當今最引起廣大關注的全球暖化議題，更讓人們再也無法忽視：尋求一種環保而不虞匱乏的新能源是刻不容緩的，永續能源的研究與發展，正是一條帶領人類衝破困境的出路。

台灣地狹人稠，目前石化能源泰半仰賴進口，不僅面臨能源價格波動影響民生經濟，同時也面臨日益嚴峻的環境惡化的衝擊。因此，對台灣而言，發展永續能源是一項走出困境的契機。

大陸在經濟急速成長的同時也面臨了化石燃料資源有限以及環保要求日益提高的挑戰。面對這樣的能源發展形勢，化學工業出版社組織了一批知名學者和專家，編撰這套《21 世紀永續能源》叢書。

本叢書共計六冊，包括：能源與永續發展、太陽能發電技術與應用、核能開發與應用、風力發電技術、氫能——21 世紀的綠色能源、生質能源——綠色黃金開發技術等。內容十分廣泛、豐富和充實，包括資源評價，新技術的特性介紹，開發應用中對經濟和環境影響，還涉及到推廣應用和產業化發展中的政策和機制等。

在能源領域中，這套叢書無論在深度和廣度上都具有相當的學術水準和實用價值。對於能源產業研發人員，本套叢書包含了豐富的專業知識、資訊，也提供綜合分析的工具；對社會大眾而言，透過本套叢書亦可一窺最新能源發展的動態，瞭解永續發展的、對環境友善的能源新趨勢，進而支持、響應，多多利用新能源產品。

新文京有鑑於台灣對永續能源發展的需求，特別予以引進，並委聘張勝雄教授組織十餘位在台灣任教於大學、科大、技術學院的教授們合力編修為繁體字版。本叢書適合做為大專院校能源相關課程教材，以及相關研究及從業人員自修的參考。

文京出版機構 謹識



**新文京開發出版股份有限公司**

新世紀 · 新視野 · 新文京 — 精選教科書 · 考試用書 · 專業參考書



NEW  
WCDP

**New Wun Ching Developmental Publishing Co., Ltd.**

**New Age · New Choice · The Best Selected Educational Publications — NEW WCDP**



NEW  
WORLD

**新文京開發出版股份有限公司**

新世紀・新視野・新文京 — 精選教科書・考試用書・專業參考書

# 目 錄

## Chapter 1 生物質能 1

- 1.1 生物質的組成與結構 2
  - 1.1.1 光合作用 3
  - 1.1.2 植物細胞的結構 5
  - 1.1.3 原生質的化學組成 6
  - 1.1.4 細胞壁的化學組成 8
  - 1.1.5 細胞後含物 10
  - 1.1.6 植物的組織和器官 11
- 1.2 生物質能資源 13
  - 1.2.1 資源的概念 13
  - 1.2.2 能源的概念 13
  - 1.2.3 生物質能的分類 16
- 1.3 生物質能轉化利用技術 17
  - 1.3.1 生物質能轉化利用技術 17
  - 1.3.2 生命週期分析法 21

## Chapter 2 生物質能資源的生產與再生產 23

- 2.1 生物質資源的生產與再生產 24
  - 2.1.1 生物圈的環境 24
  - 2.1.2 生態系統 25
  - 2.1.3 生態系統的能量流動 26
  - 2.1.4 生態系統的物質循環 27
  - 2.1.5 生態系統的生產與再生產 29
  - 2.1.6 人工生產與再生產 30

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 2.2   | 生物質資源生產的週期性     | 30 |
| 2.2.1 | 植物生活週期          | 30 |
| 2.2.2 | 季節週期性           | 31 |
| 2.2.3 | 晝夜週期性           | 32 |
| 2.3   | 林業生物質能資源的生產與再生產 | 32 |
| 2.3.1 | 林業資源            | 33 |
| 2.3.2 | 薪炭林             | 35 |
| 2.3.3 | 林產品加工業廢棄物       | 36 |
| 2.3.4 | 林業的可持續發展        | 37 |
| 2.4   | 農業生物質能資源的生產與再生產 | 38 |
| 2.4.1 | 農作物結桿           | 38 |
| 2.4.2 | 農產品加工業廢棄物       | 42 |
| 2.5   | 工業有機廢水          | 43 |
| 2.5.1 | 幾種典型的工業有機廢水     | 44 |
| 2.5.2 | 廢水對環境的影響        | 46 |
| 2.6   | 城市固體廢棄物         | 47 |
| 2.6.1 | 廢棄物的循環          | 47 |
| 2.6.2 | 城市固體廢棄物的特性      | 49 |
| 2.6.3 | 固體廢棄物對環境的影響     | 51 |

## Chapter 3 沼氣技術 54

|       |             |    |
|-------|-------------|----|
| 3.1   | 沼氣發酵原理      | 54 |
| 3.1.1 | 沼氣          | 54 |
| 3.1.2 | 沼氣發酵的微生物學原理 | 55 |
| 3.1.3 | 沼氣發酵的條件     | 61 |

- 3.2 典型的農村家用沼氣池池型 74
  - 3.2.1 底層出料水壓式沼氣池 75
  - 3.2.2 曲流布料式沼氣池 76
  - 3.2.3 分離浮罩式沼氣池 77
  - 3.2.4 強旋流液攪拌沼氣池 78
- 3.3 大中型沼氣工程 79
  - 3.3.1 大中型沼氣工程的基本技術流程 80
  - 3.3.2 厭氧消化器 86
  - 3.3.3 沼氣淨化、儲存與輸配系統 96
  - 3.3.4 大中型沼氣工程的運行管理 101
- 3.4 沼氣利用設施與設備 105
  - 3.4.1 沼氣炊事灶具 105
  - 3.4.2 沼氣燈具 106
- 3.5 沼氣的綜合利用 107
  - 3.5.1 沼氣二氧化碳施肥 107
  - 3.5.2 沼氣供熱孵雞 109
  - 3.5.3 沼氣加溫養蠶 111

## **Chapter 4 生物質燃燒技術 113**

- 4.1 生物質燃料與燃燒 114
  - 4.1.1 生物質成分與特性 115
  - 4.1.2 燃燒的基本過程 120
  - 4.1.3 影響燃燒速度的因素 123
- 4.2 生物質預處理技術 125
  - 4.2.1 農作物秸桿打捆處理 125
  - 4.2.2 生物質乾燥 126

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 4.2.3 | 生物質粉碎                    | 128 |
| 4.2.4 | 生物質輸送                    | 128 |
| 4.3   | 省柴灶                      | 128 |
| 4.3.1 | 省柴灶發展歷程                  | 130 |
| 4.3.2 | 省柴灶的工作過程                 | 131 |
| 4.3.3 | 省柴灶的節能原理                 | 132 |
| 4.3.4 | 省柴爐熱性能試驗                 | 134 |
| 4.4   | 生物質現代化燃燒技術               | 136 |
| 4.4.1 | 層燃技術                     | 137 |
| 4.4.2 | 流化床技術                    | 142 |
| 4.4.3 | 懸浮燃燒技術                   | 148 |
| 4.5   | 生物質燃燒發電／熱電聯產             | 150 |
| 4.5.1 | 汽輪機發電技術                  | 150 |
| 4.5.2 | 蒸汽機發電技術                  | 152 |
| 4.5.3 | 史特林引擎發電技術                | 153 |
| 4.5.4 | 熱電聯產                     | 155 |
| 4.6   | 生物質與煤的混合燃燒技術             | 157 |
| 4.6.1 | 直接利用                     | 157 |
| 4.6.2 | 氣化利用                     | 159 |
| 4.7   | 主要污染物與控制技術               | 159 |
| 4.7.1 | 煙塵的生成與控制技術               | 160 |
| 4.7.2 | NO <sub>x</sub> 的生成與控制技術 | 163 |