

新能源开发与利用丛书

作为能源的生物质： 资源、系统和应用

Biomass as Energy Source:
Resources, Systems and Applications

[瑞典] 埃里克·达尔基斯特 (Erik Dahlquist) 主编
张译文 张晓然 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新能源开发与利用丛书

作为能源的生物质： 资源、系统和应用

[瑞典] 埃里克·达尔基斯特 (Erik Dahlquist) 主编

张译文 张晓然 等译

机械工业出版社

Biomass as Energy Source: Resources, Systems and Applications/ by Erik Dahlquist/ ISBN: 978-0-4156-2087-1.

Copyright © 2012 by Taylor & Francis Group, LLC.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2014-3562 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

作为能源的生物质: 资源、系统和应用/(瑞典)埃里克·达尔基斯特 (Erik Dahlquist) 主编; 张译文等译. —北京: 机械工业出版社, 2018. 4

(新能源开发与利用丛书)

书名原文: Biomass as Energy Source: Resources, Systems and Applications
ISBN 978-7-111-59171-9

I. ①作… II. ①埃… ②张… III. ①生物能—研究 IV. ①TK61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 030315 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 顾 谦 责任编辑: 阎洪庆

责任校对: 王 延 封面设计: 马精明

责任印制: 孙 炜

北京中兴印刷有限公司印刷

2018 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17.5 印张 · 370 千字

0 001—2 800 册

标准书号: ISBN 978-7-111-59171-9

定价: 89.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

本书讨论了可用的生物质资源以及有效的能源利用等方面的内容。有效利用能源的一种方式是在生物精炼厂中使用废弃的生物质或纤维素材料，其中的纤维和纤维产品的生产与人们日常生活中所需的大多数化学品的生产相结合。这些产品包括衣服、肥皂、香水、药品等。传统的纸浆和纸张应用、车辆用生物燃料，甚至航空燃料以及热力和电力生产都包括在内。生物质的问题不在于它的可用性，而在于如何在不损害长期生产力的情况下高效地利用资源。

本书的独特之处在于它涵盖了全球几乎所有类型的资源。来自世界各地的许多研究人员从不同的视角对此进行了探讨。

本书将为可再生能源，尤其是生物质能相关专业人士、工程师、研究人员、高校学生提供启发。

译者序

生物质的年产量约为全球能源使用量的两倍，而在能源应用方面的生物质能源使用量只占全球能源使用量的10%~13%。这表明，生物质能源并不是一种微不足道的能源，只要能够有效地利用它，就能够满足人们所有的能源和粮食需求。粮食在发电方面的使用已引起了广泛的争论，事实上人们并不需要粮食应用于发电，因为农业和林业废弃物可为人们提供广泛的资源。

在我国能源消耗持续增长、油气资源严重不足、雾霾治理任务艰巨的形势下，生物质能源作为一个新兴的可再生能源表现出了巨大的发展潜力。我国生物质能源来源广泛、利用方式多、利用潜力大、污染少，在未来具有良好的发展前景。国内关于生物质能源的著作有数十部，侧重点各不相同，比如在电力、燃烧、资源利用等方面各自有相关的介绍。本书基于国外环境能源领域的经典著作，第1部分介绍了生物质的基本信息以及作为资源利用的基本情况；第2部分以案例为主，综合国内外生物质能源的典型案例，从实践的角度介绍生物质资源的利用方法及效果。相比同类书而言，本书将理论有机地与实践相结合，综合了生物质在工业及环境等各领域不同应用情况，案例典型且新颖，有很强的参考价值。原书不仅仅从技术的角度加以阐述，还从经济、财政、社会和政治的角度进行分析，具有一定的创新性和实用性。本书涉及的行业有化工、环境、能源、经济等，读者群涉及企业职工、高校教师、高校学生、研究人员、政府部门人员等。

本书主要由北京建筑大学张译文和张晓然翻译，张译文翻译了本书第1部分，张晓然翻译了本书第2部分。

本书在翻译的过程中，得到了业界各位专家的大力支持，感谢北京建筑大学环境与能源工程学院王崇臣教授对本书相关章节的翻译提出的宝贵意见。各位同仁的意见和建议使本书的翻译更准确。

最后感谢本书的策划编辑顾谦，他的严谨与辛勤工作使本书的出版成为可能。

虽然译者在翻译过程中参阅了不同领域的大量文献，力求使本书的翻译更准确，但由于译者水平有限，书中难免存在翻译不准确的情况，恳请广大读者批评指正。

译者

原 书 序

我们是人类，我们也是生物质。我们一直以那些美味的存储着太阳能的植物为食物，这让我们的肌肉强壮，有力量行走，奔跑和思考。我们学会了怎样在越来越少的土地上耕种越来越多的农作物，这导致欧洲及世界其他一些地区耕地过剩，世界范围内除了贫困国家外森林面积不断增加。许多人说生物质数量是有限的。我只能说我们是在制作我们需求的东西。有人问我“世界上有多少番茄？”。这正说明了一个问题——如果农民种植番茄，我们就不得不有对番茄的需求。这个道理也适用于用于能源的生物质。如果生物质被专业化、合理化地进行生产，我们也必将对生物质产生需求，这也使生物能源成为矿物能源的有力竞争者。

1991年，瑞典开始征收二氧化碳税，因此，用民用燃料油取暖要比木片取暖便宜得多。油料每 kWh 的燃料成本要比木片便宜。当前，世界市场每单位能源中用于热电联产的木片价格是原油价格的 40%，因此，在贸易平衡中，瑞典这样做比继续使用原油节省了大量金钱。同时，2013 年，可再生能源占能源使用的一半以上，其中，生物质能源是可再生能源中占比最大的，它占了瑞典能源使用量的 1/3。同时，瑞典森林储备量也在增加。

本书概述了多种使用生物质发展能源生产的方法。生物质能源生产是最有利的解决办法，即使用废气流或森林和食品工业的副食品流制造能源。阅读本书时，您也要明白政治家不会选择最佳解决方法，因为我们自己也不知道哪种是最佳的。因此，我们一直要求鼓励政策，让那些污染源买单。如果那些排放二氧化碳的公司必须为此买单，那么他们就会想办法避免被罚而去寻找更好的办法。有时候最好的办法就是骑车代替驾驶汽车。有时候，甚至是多数时间里，最好的选择是使用生物质。你使用生物质给身体提供热量。我们用可持续生物质来取暖，来驱动汽车，载我们去想去的地方。希望您可以享受阅读本书。

Gustav Melin

瑞典生物能源协会主席

欧洲生物质协会主席

原书前言

本书的目的是概述“生物质资源”这个领域。自从人类成为“智人”以后，生物质就一直被当作能源使用，而且被认为是我们拥有的最重要的能源。生物质给我们提供热，让我们能烹饪。当前，生物质还通过在热电厂转化给我们提供电力。它也是建筑结构材料。随着矿物燃料时代结束，它将再次成为许多化学制品和纺织品等生产的主要材料。总之，它是我们生活中最重要的材料。因此，洞悉我们现在现实中到底拥有什么资源以及预测未来发展可能性是非常重要的。生物质能持续吗？它能满足我们所有需求吗？全球分布平衡吗？

本书涵盖了生物质的许多方面，希望我们能给读者提供满意的概述，也希望能激起读者继续探索这方面内容的兴趣。我们希望本书既能满足那些熟悉该领域但又想拓宽眼界的学者的需要，又能引起那些想总览该领域的不同水平读者的兴趣。本书对致力于法律和政治议题的人士很重要，对那些想挖掘该领域以做出更好决议的政治家也很重要。任何对大自然感兴趣的人都可阅读本书。

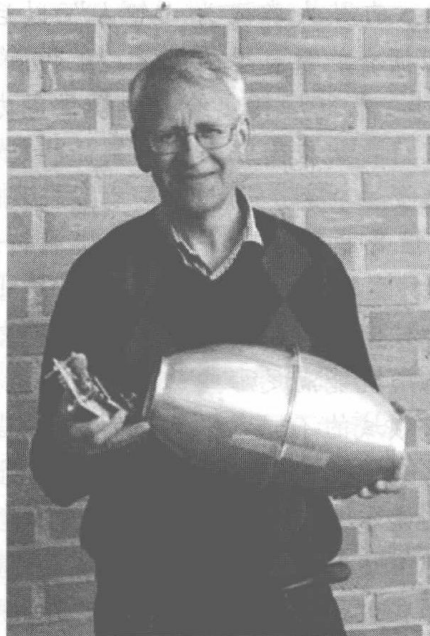
关于生物精炼的章节介绍了未来工业，如其中描述的工厂决定了未来矿物燃料变得稀缺时我们要采取的办法。这个情况可能比那些政治家声称的矿物燃料永远都不会短缺要来得快。当替代品变得平常起来时，那么使用替代品就比使用焦油或其他复杂产品要经济得多。但要注意现阶段这些产品不但昂贵，还会引起环境问题，这也受到受影响地区人们的强烈反对。

本书使用 SI 单位作为标准。SI 单位有不同形式。SI 单位中一般用 MJ 作能量单位。但是，联合国世界银行也使用 kWh、MWh、TWh 和 toe 作为能量单位。1 toe 相当于约 10 MWh。一般用 MW 表示电功率。中国使用 t. c. e (吨煤当量) 表示能量单位，本书某些地方使用这个单位来表示中国能量相关数据。关于面积 hm^2 和 km^2 被用于不同作物产量相关的计算。 m^3 和 L 被用于体积。kg 和 t 也被使用。有时我们也会使用其他单位，如 Pg 相当于 10^{15}g ，TJ 相当于 10^{12}J 。

总之，希望你们能够享受阅读。

Erik Dahlquist

关于主编



Erik Dahlquist 手持热电联产系统的小型燃烧生物质锅炉 TPV 组件

Erik Dahlquist 现在是瑞典斯特罗斯市梅拉达伦大学 (MDU) 能源科技教授。他的研究领域是生物质利用和过程效率提升。他于 1975 年开始做 ASEA 研究工作, 当时他是一名和核能相关的分析化学工程师, 负责电气设备及制造工艺问题解答。1982 年他开始着手制浆造纸业能源科技研究, 并参与了全年泥煤燃料生产发展项目。1984 年 ASEA 成立了一家名为 ASEA 油气的公司, 主要聚焦于离岸生产系统。研究领域之一就是废水处理和从水中分离油。他成为技术项目经理, 负责交叉流动薄膜滤器发展, 发明了后来的 ABB 薄膜滤器。这种滤器现在成为了芬兰 Metso Oy 一种商业产品, 名为 Optifilter。作为发展工作的一部分, 他成为 KTH 一名工业博士生, 并于 1991 年取得博士学位。1989 年他成为 ABB 醋酸铁液气化项目负责人, 发明了许多专利。1992~1995 年他是 ABB 公司联合

研究工业技术燃烧和处理部门经理。他那时也是 ABB 联合研究瑞典理事会成员。1996 年 1 月~2002 年, 他是 ABB 公司自动化系统内“纸浆应用”产品单元总经理。产品包括制浆造纸业的先行控制、机器诊断、优化、过程模拟和特殊传感器。1997~2000 年, 他被聘为 KTH 兼职副教授, 2000~2002 年他被聘为 MDU 兼职教授。自从 2000 年开始, 他一直在 MDU 负责环境、能源和资源优化。2001~2007 年他在自然科学技术系从常务副主任升为主任。自从 1999 年开始, 他就是瑞典热力工程研究协会部门董事会成员。1989 年, 他获得 ABB 公司联合研究奖。2003 年他成为 SIMS 董事会成员。2009 年成为 Eurosim 董事会副委员。从 2007 年开始他是 Elsevier 出版社能源应用期刊编委会成员。自从 2011 年开始, 他就是瑞典皇家工程院 (IVA) 成员。他有 21 项不同专利, 并发表了约 170 篇相关期刊或会议科技论文。作为主编或作者, 他出版了 7 本书。

目 录

译者序	1
原书序	1
原书前言	1
关于主编	1
绪论	1
第1部分 生物质资源	3
第1章 导论及背景介绍：全球生物质资源——生物质的种类、数量及可获取性。 农业、林业、能源作物及有机废弃物中的生物质	4
1.1 铁一般的事实	4
1.2 主要作为食物的农作物	8
1.2.1 大豆	8
1.2.2 大米	8
1.2.3 小麦（小麦属植物类）	8
1.2.4 玉米（玉蜀黍）和木薯	9
1.2.5 大麦、黑麦和燕麦	9
1.2.6 可榨油的农作物	9
1.2.7 甘蔗	10
1.3 能源作物	10
1.3.1 柳枝稷	11
1.3.2 大株皇草	12
1.3.3 小黑杨	12
1.3.4 其他被提议的农作物	13
1.3.5 阔恩	14
1.4 动物类生物质和海藻	15
1.4.1 动物类食物	15
1.4.2 水藻	17
1.5 区域总览	18
1.5.1 欧盟27国——总体的能量平衡	18
1.5.2 中国——今天的中国和2050年的中国	19
1.5.3 印度	23



1.5.4 美国	23
1.5.5 巴西	26
1.5.6 撒哈拉沙漠以南的非洲	26
1.6 其他地区	28
1.7 全球视角	30
1.8 讨论议题	31
参考文献	31
第2章 生物质的化学成分	34
2.1 简介	34
2.1.1 崭新的生物炭时代	34
2.1.2 生物质用于能源转换的潜力	35
2.2 生物质主要成分	37
2.2.1 生物质中的水	38
2.2.2 干物质含量	39
2.3 有机物	39
2.3.1 纤维素	40
2.3.2 半纤维素	40
2.3.3 木质素	41
2.3.4 萃取物	41
2.3.5 糖	41
2.3.6 淀粉	42
2.3.7 蛋白质	42
2.4 无机物	42
2.5 能量含量	45
2.6 化合物和生物质加工	47
2.6.1 干燥	47
2.6.2 湿处理	48
2.6.3 健康方面	49
2.6.4 散装运输	49
2.6.5 生物质的热处理	50
2.7 结论	52
2.8 讨论议题	53
参考文献	53
第3章 使用仪器表征生物质——森林残留物和作物残留物的测量	56
3.1 简介	56
3.2 质量方面和波动来源	57
3.2.1 体积、重量和水分含量	57
3.2.2 热值	57
3.2.3 其他参数	57

3.3 燃料链及其对水分含量的影响	58
3.3.1 燃料链	58
3.3.2 水分含量来源的变化	58
3.4 湿度测算	60
3.4.1 湿度重量测算	60
3.4.2 仪器分析法	63
3.5 湿度参数的实际应用	66
3.5.1 实时测量	66
3.5.2 价格协定	66
3.5.3 物流	66
3.5.4 燃料混合	67
3.5.5 锅炉调节	67
3.6 未来远景	67
致谢	68
参考文献	68
第4章 巴西的生物质能源——从传统到现代化的系统	69
4.1 从发展中国家到经济大国	69
4.2 从传统薪炭材到多样化的生物质能源系统	70
4.3 巴西以森林为基础的生物质	72
4.3.1 薪材和木炭——巴西生物质传统使用	75
4.4 用于运输用途的生物质燃料	77
4.4.1 现代生物乙醇生产的发展	77
4.4.2 生物柴油生产的发展	79
4.5 生物质能源——可持续发展的机遇	81
致谢	83
参考文献	83
第5章 不同生境中的生物质——广泛的来源	85
5.1 北欧的生物质能源	85
5.1.1 不同的生境	86
5.2 南欧的生物质能源	92
5.3 热带地区的生物质	102
5.4 供讨论的问题	104
参考文献	105
第6章 作为生物质资源的有机废弃物	106
6.1 简介	106
6.2 预处理	107
6.2.1 预处理示例	108
6.3 沼气生产	109
6.3.1 沼气处理的基础	109

6.3.2 从废弃物到沼气转化利用策略的技术背景	110
6.3.3 废弃物细菌分解的结果	111
6.3.4 当地执行发展策略示例	114
6.4 废弃物燃烧	115
6.4.1 技术背景	115
6.4.2 废弃物燃烧示例	116
6.4.3 发展中考虑的因素	116
6.5 在其他能源转化过程中使用有机废弃物的示例	117
6.5.1 来自有机废弃物的乙醇和丁醇	117
6.5.2 有机废弃物的水热碳化	119
6.5.3 有机废弃物的高温分解和气化	123
6.6 讨论的问题	125
致谢	126
参考文献	126
第2部分 利用生物质的系统——系统优化	131
第7章 复杂应用中的生物质系统：生物炼制产热、电能和化工产品	132
7.1 木材的传统用途	132
7.2 利用废物和木材生产化学制品	132
7.3 使用草药用于医疗和其他用途	133
参考文献	134
第8章 使用木材生产特种纤维素纤维、木质素磺酸盐、香草醛、生物乙醇和沼气的生物精炼厂——以萨尔普斯堡鲍利葛为例	135
8.1 简介	135
8.2 挪威鲍利葛公司如今的生物精炼工业	139
8.2.1 木质纤维素团和残留物	139
8.2.2 生物材料，特种纤维素	139
8.2.3 生物乙醇	140
8.2.4 生物材料，木质素磺酸盐	140
8.2.5 食品/化学品，香草醛	141
8.3 能源	141
8.4 环境	142
8.5 展望	142
8.6 结论	144
参考文献	144
第9章 利用农作物生产乙醇、沼气和化学品的生物精炼厂——中国河南省南阳市在天冠循环经济模式下的生物乙醇产业的大规模示范	145
9.1 简介	145
9.2 本研究相关国内外背景和条件	145

9.3 案例研究的定性分析	146
9.3.1 案例研究范围	146
9.3.2 案例研究的基本特征描述	146
9.3.3 案例循环经济图和分析	147
9.4 案例研究的定量分析	149
9.4.1 四大指标体系的变化	149
9.5 能量流分析	150
9.5.1 系统一般物质流图	150
9.6 一般物质流分析	151
9.6.1 系统组分流的分析	152
9.7 系统的改进	154
9.8 结论	155
参考文献	156
第 10 章 生物能源多联产, 制浆造纸厂和发电厂相关的碳捕获和存储	157
10.1 简介	157
10.2 制浆业的生物能源系统	159
10.2.1 基于黑液气化 (BLG) 的生物燃料的生产	159
10.2.2 基于黑液气化的发电	160
10.3 生物燃料的升级与颗粒的生产	161
10.4 性能和可持续性分析	162
10.4.1 基于 BLG 的生物燃料生产的性能	162
10.4.2 基于黑液气化的发电性能	165
10.4.3 颗粒生产性能	167
10.5 生物能源系统和 CCS 的潜力	167
10.5.1 具有 CCS 的 BLG 系统	168
10.6 结论	169
参考文献	170
第 11 章 替代燃料和绿色航空	172
11.1 简介	172
11.2 航空燃料要求	175
11.2.1 喷气燃油规格	175
11.2.2 替代喷气燃料规格	183
11.3 燃油特性	186
11.3.1 组分对燃料性能的影响	186
11.3.2 排放	195
11.4 航空燃料用生物燃料原料	196
11.4.1 种子油的作物生产	196
11.4.2 藻类作物生产	199
11.5 制造阶段	204

11.5.1 脱水、原油提取和预处理	205
11.5.2 酯交换	206
11.5.3 加氢处理	208
11.5.4 其他策略	209
11.5.5 副产品	209
11.6 生命周期评估	210
11.7 结论	214
致谢	214
缩略语	214
附录 石油化工基本术语和概念	215
参考文献	217
第 12 章 制浆和造纸业——未来发展趋势	225
思考问题	229
参考文献	229
第 13 章 生物精炼厂利用废弃物——通过微生物利用生物质生产 能源和化学品	230
13.1 简介	230
13.2 来自废弃物和其他生物质的可持续生产燃料和化学品	231
13.2.1 微生物学进程中的物质和化学能的循环	231
13.3 用生物质作为原料替代石油燃料	231
13.4 微生物进行能源可行的生物分解反应	233
13.4.1 基于理解微观相互作用的生态思维	234
13.4.2 自然过程中空气和水污染减弱	234
13.5 燃料和化学品的运输当本地产品开采时，运输减少和风险较小	235
13.6 对新的、小型或中型生物产业的社会经济结构的有益影响	236
13.7 生物量和原料	236
13.7.1 大分子的酶水解	237
13.7.2 半纤维素、纤维素和木质素	237
13.7.3 食品工业副产品和农业的淀粉和其他糖类	238
13.7.4 工业废弃物生物质	238
13.7.5 市政废弃物和废水利用	241
13.7.6 去除有害物质	242
13.8 发酵过程和生物反应器设计改造	243
13.8.1 生产率提高降低了生物反应器施工的成本和下游流程	243
13.8.2 用于过程模拟的 PMEU	243
13.8.3 厌氧菌有效	245
13.8.4 细菌和其他微生物的一些可利用的生物化学途径	245
13.8.5 生物工程中的混合培养物	246
13.8.6 批量生产单位业务规划的新原则	246

13.9 热塑性工艺	248
13.10 挥发性产品	249
13.11 化学技术和生物工艺流程解决方案之间的差异	250
13.12 生物概念评估	250
13.12.1 新材料思想：所有工艺废料都是原料	250
13.12.2 生产设备的多次使用	251
13.12.3 与生物产业有关的植物营养与农业	251
13.12.4 具有全球影响的微生物代谢产物	252
13.13 结论	253
讨论问题	253
参考文献	253
第14章 关于使用生物质能源系统的未来的总结和观点	258
参考文献	262

绪 论

Erik Dahlquist

生物质曾经是除了直接光源外，在人类历史上占主导地位的能源。在工业化进程中，其他能源如最初的煤炭和之后的石油变得非常重要。在瑞典，一个大型的泥炭生产项目始于1912年左右，但在第一次世界大战后，由于泥炭与煤炭没有竞争力，导致该项目停止了。第二次世界大战期间，又有一个类似的项目启动了。除此之外，还有一个重要举措是使用木材来取代石油，作为生产各种化学品的基本资源。第二次世界大战结束后，石油的使用相比泥炭和木材仍有很强的竞争力，所以该项目又被关闭了。石油成为了主要的能源资源。在瑞典，核电被看作未来石油的替代品，在20世纪70年代和80年代，有11个核反应堆启动。实际上，它们确实取代了石油，使用量从一次能源需求的2/3降到只有1/3左右。之后由于在美国发生的三里岛事件，政界人士说不再用核电了。1980年经全民投票后，有人说，由于技术上的原因，我们不应该在现有的反应堆被“淘汰”之后，再建造新的反应堆。我们的方向应该是对可再生能源的利用。1992年，经多次讨论，政界人士同意对化石碳征收碳税。这意味着增加大约1.6欧分/kWh的额外税收。这个举措直接刺激了对生物质能源的引进。在此之前，生物质能源的使用量为55TWh/年，主要在纸浆和造纸工业中作为废黑液。2012年，生物质能源的使用量约为140TWh/年，与总使用量400TWh/年和约130TWh/年的石油使用量具有可比性。因此，本书把生物质能源作为工业国家最重要的一次能源。

这段历史的前景是相当有吸引力的。事实上，在世界上拥有农业和林业的大多数国家，也应该采取类似的做法。生物质资源的使用效率还远远不够，大部分的生物质都在田地里或森林里分解，甚至为了消除它们而进行焚烧。对于那些使用生物质作为烹饪食物的主要来源的国家来说，效率通常不会超过10%，而瑞典许多有废气冷凝的热电联产装置的效率可以到117%。

在本书中，将概述现有和潜在的生物质资源，以及当前或近期可以将生物质转化为人们所需的可行方法。这意味着追溯到20世纪40年代，战争使石油无法获得时，木材被广泛利用。如今，利用生物质的原因不是战争的阻碍，而是担心全球变暖和价格不断攀升的有限的石油资源。在80年代和90年代，油价通常在20美元/桶左右，而在2000年，油价则上涨到100~120美元/桶。这当然意味着替代品的出现更加有吸引力，恰恰生物质是可以轻松存储的少数资源之一。这就是为什么作者认为写作本书是非常有必要的。如果正确的激励措施得到实施（例如1992年瑞典征收碳税），生物质能源、太阳能和风能与水力发电相结合，可以在接下来的50年内轻松取代所有的化石能源。因此，问题就在于国家的政治意愿，没有别的。如果这项举措（征收碳税）是错误的，在经

济上会是灾难性的，瑞典在 2012 年将会是一个非常贫穷的国家，但事实并非如此。这表明，如果政治意愿和有胆识的政治家采取正确的行动，那么通常国家也可以得到积极地发展。

令我感到非常兴奋的是生物质能源的吸引力在全世界范围内是巨大的。我很荣幸地提及本书各章的作者来自世界各地，包括美洲、非洲、中国、印度和欧洲。这也表明，新技术的发展和示范是当今的一项全球性活动，而不是某些少数人选择的。

本书面向对此感兴趣的工程师、专业人士、研究人员和大学生以及对未来可再生能源系统感兴趣的群体，希望读者有一个愉快的阅读经历。尽情享受这个过程吧！