

科学出版社“十二五”规划教材

能量转换

材料与器件

谢娟 林元华 周莹 胡文成 等 编著

Energy

Conversion Materials
and Devices



科学出版社

科学出版社“十二五”规划教材

能量转换材料与器件

谢娟 林元华 周莹 胡文成等 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地阐述生物质能、地热能、太阳能、氢能、风能、海洋能、核能等主要能源的开发和利用；详细介绍这几类能源领域涉及的能量转换材料和器件；介绍各能量转换器件的工作原理，归纳总结主要的能量转换过程中所使用的关键材料。本书共分为8章，包括能量转换材料与器件概述、生物质能转换材料与器件、地热能转换材料与器件、太阳能转换材料与器件、氢能转换材料与器件、风能转换材料与器件、海洋能转换材料与器件、核能转换材料与器件。

本书可作为能源化学、节能技术、新能源材料与器件等相关领域的科研人员和工程技术人员的参考书，以及大专院校和院所能源科学技术等相关专业本科生及研究生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

能量转换材料与器件 / 谢娟等编著. —北京: 科学出版社, 2013.8
ISBN 978-7-03-117820-4

I. ①能… II. ①谢… ②林… ③周… ④胡… III. ①能量转换-材料-研究 ②能量转换-机电器件-研究 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 171616 号

责任编辑: 杨 岭 黄 嘉 / 责任校对: 陈 靖 杨悦蕾
责任印制: 邢志强 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年2月第一版 开本: 787×1092 1/16

2014年2月第一次印刷 印张: 22

字数: 510千字

定价: 59.00元

本书编委会

主 编 谢 娟

编 委 (以姓氏拼音为序)

胡文成 李海敏 林元华 王 虎

武元鹏 周 莹 庄 稼

前 言

在能源、气候、环境问题日益严峻的今天，大力发展新能源和可再生能源是符合国际发展趋势的，也是必需的。发展新能源和可再生能源是建立可持续能源系统的必然选择，对维护国家能源安全具有重大意义，也是减少温室气体排放的一个重要手段。

我国作为一个经济快速发展的大国，努力降低化石能源在能源消费结构中的比重、尽量减少温室气体的排放、树立良好的国家形象是责任所在。开发利用清洁的新能源和可再生能源是促进我国能源结构多元化的一条重要途径，尤其是在具有丰富可再生资源的地区，可以充分发挥资源优势。因此，从减少温室气体排放和承担减缓气候变化的国际义务出发，应加快新能源和可再生能源的开发利用步伐。

培养新能源相关专业人才是推动新能源和可再生能源发展的根本保障。2010年，国家教育部首次批准15所高校开办18个与新能源相关的战略性新兴产业本科专业。经过调研发现，目前市面上缺乏与这类新增本科专业相适应的教材。同时，现有新能源相关的专著和教材，一般是从新能源的应用角度出发，多数是介绍新能源开发应用技术的现状，以及开发过程中所涉及的技术等问题。

本书面向新能源材料和器件相关专业的师生，从材料和器件的角度出发，以能量转换过程中涉及的材料和器件为重点，采用“能量转换原理—能量转换器件—关键材料”的逻辑结构体系，综合概括了近年来国内外在新能源开发和利用中的技术成果和研究现状，重点论述了几种典型的新能源利用过程中涉及的材料和器件。全书内容既具有理论性、前沿性，也具有可读性和实用性。

本书系统地阐述了生物质能、地热能、太阳能、氢能、风能、海洋能、核能等主要能源的开发和利用；详细介绍了这几类能源领域所涉及的能量转换材料和器件；介绍了各能量转换器件的工作原理，归纳总结了主要的能量转换过程中所使用的关键材料。本书共分为8章：第1章介绍能量和能源的概念、能量的形态和转换，并概括了能量转换与材料和器件的关系；第2章主要介绍生物制氢过程中的关键材料和生物制氢的原理、生物质转换成燃料沼气、燃料乙醇以及柴油过程中使用的重要材料和器件；第3章主要介绍地热能转换为电能的原理以及转换过程中使用的材料和器件；第4章系统介绍太阳能光电转换材料与器件、太阳能光热转换材料与器件等；第5章系统介绍氢能转换材料与器件；第6章主要介绍风能转换为电能的原理及使用的主要材料和器件；第7章系统介绍潮汐能、波浪能、海流能、海洋温差能和盐差能转换为电能的原理及使用的主要材料和器件；第8章系统介绍核能转换为电能的原理及使用的主要材料和器件。

本书由西南石油大学和电子科技大学的多位教师共同编写而成。其中，西南石油大

学的谢娟担任主编，庄稼参与编写第1章和第7章，王虎参与编写第2章，林元华和周莹参与编写第3章、第5章，电子科技大学的胡文成参与编写第4章，武元鹏和李海敏参与编写第6章、第8章。

本书在编写过程中参考并引用了国内外的大量文献，在此谨向这些文献的作者表示崇高的敬意和衷心的感谢。团队的研究生们（陈龙驹、刘东、董林、张乘凯、王海月、张钊等）在搜集素材和编写过程中付出了辛勤的劳动，在此向他们表示衷心感谢。在西南石油大学新能源材料与器件专业的教学试用中，同学们对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示诚挚的谢意。

限于水平，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2013年5月于成都

目 录

前言

第 1 章 能量转换材料与器件概述	1
1.1 能量与能源	1
1.2 新能源特征及利用前景	2
1.3 能量的形态与转换	3
1.3.1 能量的主要形态	3
1.3.2 能量的转换	4
1.4 对能量转换系统的要求	5
1.4.1 对生物质能转换系统的要求	5
1.4.2 对地热能转换系统的要求	6
1.4.3 对太阳能转换系统的要求	7
1.4.4 对氢能转换系统的要求	7
1.4.5 对风能转换系统的要求	8
1.4.6 对海洋能转换系统的要求	9
1.4.7 对核能转换系统的要求	9
1.5 能量转换与材料和器件的关系	10
1.5.1 能量转换与材料的关系	10
1.5.2 能量转换与器件的关系	11
1.6 能源发展现状与趋势	14
主要参考文献	15
第 2 章 生物质能转换材料与器件	16
2.1 生物质能概述	16
2.1.1 生物质能的基本概念	16
2.1.2 生物质能利用技术	19
2.2 生物制氢	23
2.2.1 生物制氢的原理	23
2.2.2 生物制氢的原料	35
2.3 生物质燃料沼气	36
2.3.1 燃料沼气的特性	36
2.3.2 沼气发酵	40

2.4	生物燃料乙醇	43
2.4.1	生物燃料乙醇的特性	44
2.4.2	燃料乙醇发酵	49
2.5	生物柴油	65
2.5.1	生物柴油的燃料特性	65
2.5.2	生物柴油的生产方法	67
	主要参考文献	81
第3章	地热能转换材料与器件	83
3.1	地热能概述	83
3.1.1	地热能基本概念	83
3.1.2	地热资源的分布	87
3.1.3	地热能开发历史与现状	88
3.1.4	地热能的开发与利用方式	89
3.2	地源热泵	90
3.2.1	地源热泵的发展现状	90
3.2.2	地源热泵的定义及工作原理	91
3.2.3	地源热泵类型	92
3.2.4	影响地源热泵性能的因素	95
3.2.5	地源热泵系统与其他系统结合使用	95
3.2.6	地源热泵的优越性	97
3.2.7	地源热泵技术中存在的问题	97
3.3	地热干燥	98
3.3.1	地热干燥技术的开发和应用	98
3.3.2	我国地热干燥技术发展展望	101
3.4	地热能—电能转换	101
3.4.1	地热能发电技术概述	101
3.4.2	地热蒸汽发电	102
3.4.3	地下热水发电	104
3.4.4	地压地热发电	109
3.4.5	干热岩地热发电	109
	主要参考文献	111
第4章	太阳能转换材料与器件	113
4.1	太阳能概述	113
4.1.1	太阳辐射的基本概念	113
4.1.2	太阳能的利用方式	115
4.1.3	太阳能的开发历史	116
4.1.4	太阳能的开发现状	118
4.2	太阳能光电转换材料与器件	120

4.2.1	太阳能电池原理及装置物性	120
4.2.2	单晶硅太阳能电池	128
4.2.3	多晶硅太阳能电池	139
4.2.4	非晶硅及微晶硅薄膜太阳能电池	146
4.2.5	其他太阳能光电转换器件	164
4.3	太阳能光热转换器件与材料	185
4.3.1	太阳能热发电	185
4.3.2	太阳能热水器	194
4.3.3	太阳灶	198
4.3.4	太阳能制冷	200
4.3.5	太阳能干燥器	204
4.3.6	太阳能蒸馏器	208
4.4	太阳能制氢	209
	主要参考文献	210
第5章	氢能转换材料与器件	212
5.1	氢能概述	212
5.1.1	氢能的基本概念	212
5.1.2	氢能开发利用的历史	212
5.1.3	氢的分布	213
5.1.4	氢的性质	214
5.2	氢的制备及纯化	220
5.2.1	氢的制备	220
5.2.2	氢的纯化	224
5.3	氢能转换器件的应用	227
5.3.1	氢在燃气轮机发电系统中的应用	227
5.3.2	氢在内燃机中的应用	228
5.3.3	氢在喷气发动机中的应用	229
5.3.4	氢在燃料电池中的应用	230
	主要参考文献	237
第6章	风能转换材料与器件	239
6.1	风力发电技术概述	239
6.1.1	风能利用前景	239
6.1.2	风力发电原理	242
6.2	风力发电设备和材料	245
6.2.1	叶片的材质	245
6.2.2	碳纤维及其在风机叶片中的应用	250
6.2.3	润滑油和涂料	254
6.2.4	组件装备	258

6.3	风力发电新设备	260
6.3.1	新型蓄能发电站	260
6.3.2	小型风力涡轮	261
6.3.3	浮置式风力涡轮	261
6.3.4	创新的风力涡轮	262
6.3.5	新型垂直轴风力发电机	262
6.3.6	磁悬浮垂直轴风力发电机组	263
6.3.7	直接驱动风力涡轮	263
6.3.8	风筝电站	264
6.3.9	多转子风力涡轮	264
6.3.10	智能风力涡轮叶片	265
6.3.11	隐形风力发电机	265
6.3.12	带有“风力加速器”的风力涡轮	266
	主要参考文献	266
第7章	海洋能转换材料与器件	268
7.1	海洋能概述	268
7.1.1	海洋能定义	268
7.1.2	海洋能简述	268
7.1.3	海洋能的潜能	270
7.2	潮汐能发电	270
7.2.1	潮汐能发电原理	270
7.2.2	潮汐能发电技术及特征	271
7.2.3	潮汐能转换材料与器件	273
7.2.4	应用实例	275
7.3	波浪能发电	277
7.3.1	波浪能发电原理	277
7.3.2	波浪能发电技术与特征	277
7.3.3	波浪能转换材料与器件	278
7.3.4	应用实例	283
7.4	海流能发电	286
7.4.1	海流能发电原理	286
7.4.2	海流能发电技术及特征	286
7.4.3	海流能转换材料与器件	286
7.4.4	应用实例	289
7.5	海洋温差能发电	290
7.5.1	海洋温差能概述	290
7.5.2	海洋温差能发电	291
7.5.3	海洋温差能发电技术及特征	294

7.5.4	海洋温差能转换材料与器件	297
7.5.5	海洋温差能发电的发展现状	299
7.6	盐差能发电	302
7.6.1	海洋盐差能	302
7.6.2	盐差能发电原理	304
7.6.3	盐差能发电技术及特征	305
7.6.4	盐差能发电材料与器件	310
7.6.5	盐差能发电现状	314
7.7	海洋能发展现状	315
7.7.1	国外海洋能发展情况	315
7.7.2	国内海洋能发展情况	316
	主要参考文献	318
第8章	核能转换材料与器件	320
8.1	核能概述	320
8.1.1	核能简介	320
8.1.2	核能的应用基础和特点	321
8.1.3	核能的优越性	323
8.2	核反应及核反应堆	324
8.2.1	核反应的基本概念	324
8.2.2	核反应堆简介	333
8.2.3	核反应堆材料	334
8.3	核电的发展现状及趋势	338
8.3.1	核电的发展现状	338
8.3.2	核电的发展趋势	339
	主要参考文献	340

第 1 章 能量转换材料与器件概述

1.1 能量与能源

能量是度量物质运动的一种物理量，又称能，通常解释为物质做功的能力。对应于物质的各种不同的运动形式有不同形式的能量。能量的基本类型有位能、动能、势能、电能、磁能、光能、热能、机械能、化学能、重力位能和原子能等。能量与系统的状态有关，是系统状态的单值函数，系统处在一定状态就具有一定的能量。如煤具有一定的能量，当煤燃烧以后，其状态发生了变化，一部分能就释放出来了。

能够提供某种形式能量的物质，或是物质的运动，统称为能源。能源是一种可以提供能量的物质，如煤、石油、天然气等通过燃烧可以提供热能；也有些物质只有在运动中才能提供能量，这些物质的运动也称为能源，如空气和水只有在运动中才能提供动能——风能和水能。

由以上的定义可见能量与能源是不同的概念。能源物质中储存着各种形式的能量，并可为人类提供各种形式的能量(表 1-1)。

表 1-1 能量形式和能源

能量形式	能源
重力位能	水力、潮汐能
化学能	煤、石油、天然气、柴薪(生物质能)、燃料电池
原子核能	铀、钍等核裂变燃料，氘、氚等核聚变燃料
热能	地热、高温岩体
动能	风力、波浪
辐射能	太阳能

能源可分为一次能源和二次能源。其中，一次能源包括三大类：来自地球以外天体的能量，主要是太阳能；地球本身蕴藏的能量，如海洋和陆地内储存的燃料、地热能等；地球与天体相互作用产生的能量，如潮汐能。

能源有多种分类方法，按形成方式可分为一次能源(如煤、石油、天然气、太阳能等)和二次能源(如电、煤气、蒸汽等)；按使用性质可分为含能体能源(如煤炭、石油等)和过程能源(如太阳能、电能等)；按环境保护的要求可分为清洁能源(又称为绿色能源，如太阳能、氢能、风能、潮汐能等)和非清洁能源；按循环方式可分为不可再生能源(如

化石燃料)和可再生能源(如生物质能、氢能、化学能源);按使用或研究的成熟程度可分为常规能源和新能源。

1.2 新能源特征及利用前景

能源与信息技术、新型材料、生物技术是当今文明社会的四大支柱。推动社会发展和经济进步的主要物质基础是能源,能源技术的每次进步都带动了人类社会的迅速发展。随着煤炭、石油和天然气等化石燃料资源的消耗及生态环境保护的迫切需要,人类越来越重视新能源的开发利用,新能源的开发利用将促进世界能源结构的转变,新能源技术的日臻成熟将带来产业变革。

太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等可再生能源,以其资源分布广、环境污染小、利用潜力大和可持续利用等特点,有利于人与自然的和谐发展。从长远来看,开发以环境友好为特征的可再生能源,使其在保障能源供应中发挥重要作用,业已成为我国未来可持续能源战略的唯一选择。进入 21 世纪后,我国对新能源技术的发展非常重视。国家发展和改革委员会在 2008 年制定的有关重要计划中指出,到 2010 年可再生能源在能源总体消费中的比重将达到 10%,其中太阳能发电总容量实现 0.3 GW,太阳能热水器总集热面积达到 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^2$,风能发电总装机容量达到 10 GW,生物质能发电总装机容量达到 5.5 GW。

太阳能作为一种可再生绿色能源是取之不尽、用之不竭的,人类通过光电转换、光热转换和光化转换等技术创造了热发电、蓄热、光伏发电和光化学发电。目前太阳能的开发利用还存在成本、使用寿命以及转换效率等问题。

风能是由于太阳的热辐射引起大气流动的一种能量,也是一种清洁的可再生能源,风能利用的主要方式是风力发电。

氢能以其来源广、质量轻、传热高和清洁等特点,有着广阔的开发前景。目前世界各国的研究热点主要集中在氢能的制备、储存和小规模利用上,离大规模利用还有一定距离。

生物质能也是绿色能源的一种,它将成为未来可持续利用新能源系统中不可缺少的重要组成部分。生物质气化、液化、固化和发电技术的开发和应用是近年世界各国的研究热点。

另外,地热能、海洋能和可燃冰也都是大自然馈赠的巨大能源财富。积极开发研究多种多样的新能源,提供新的开发利用技术,是实现社会稳定和可持续发展的迫切需要。

在一次能源的可再生能源中,第一类是太阳能及由太阳能间接形成的可再生能源,第二类是地热能,第三类是核能,第四类是潮汐能。煤、石油、天然气和油页岩气等是在短期内无法产生的不可再生能源,实际上是由很久以前的太阳辐射能形成的,因此属于第一类能源。第三类核能中,已探明的铀储量约为 $4.9 \times 10^6 \text{ t}$,钍储量约为 $2.75 \times 10^6 \text{ t}$ 。聚变核燃料有氘和锂 6,海水中的 1/6000 为氘,故全世界有氘约 $4 \times 10^7 \text{ t}$,锂 6 的储量约为 $7.4 \times 10^4 \text{ t}$ 。这些核聚变材料所能释放的能量比全世界现有总能量还要大千万倍,因此核聚变的能量可以看作取之不尽的能量。

通过预测和比较, 8种可再生能源资源供给量状况如下:

(1) 生物质能。生物质能目前占世界能源总消耗量的14%。估计地球每年植物光合作用固定的碳为 2.0×10^{11} t, 含能量 3×10^{21} J。地球上的植物每年生产的能量是目前人类每年消耗矿物能的20倍。

(2) 地热能。地热能是来自地球深处的可再生能源。全世界地热资源总量大约为 1.45×10^{26} J, 相当于全球煤储热能的1.7亿倍, 是分布广、洁净、热流密度大、使用方便的新能源。

(3) 太阳能。太阳能是人类可利用的最主要的可再生能源。太阳每秒输出的能量约为 1.73×10^8 GW, 到达地球的能量大约是这个数值的22亿分之一, 每年辐射到地球陆地的能量大约为 8.5×10^7 GW。这个数量远大于人类目前消耗的能量的总和, 相当于 5.0×10^6 t 标准煤燃烧释放出的能量。

(4) 氢能。氢是未来最理想的二次能源。氢以化合物的形式储存于地球上最广泛的物质——水中, 如果把海水中的氢全部提取出来, 其能释放的总能量将是地球现有化石燃料储能的9000倍。

(5) 风能。风能是大气流动的动能, 是来源于太阳能的可再生能源。估计全球风能储量为 1×10^{11} GW, 如有千万分之一能被人类利用, 就有 1×10^4 GW的可利用风能, 这个数值等于目前全球的电能总需求量, 也是全球可利用水利资源的10倍。

(6) 海洋能。海洋能是依附在海水中的可再生能源, 包括潮汐能、潮流能、海流能、波浪能、海水温差能和海水盐差能。全世界海洋能的理论可再生量为 7.6×10^4 GW, 相当于人类目前需求电能的总和。

(7) 核能。核能是原子核结构发生变化时放出的能量。核能释放方式包括核裂变和核聚变。核裂变所用原料铀每克就可以释放相当于30 t煤所储存的能量, 而核聚变所用的氘仅用560 t就可以为全世界提供一年所需的能量。海洋中氘的储量可供人类使用几十亿年, 也是“取之不尽, 用之不竭”的清洁能源。

(8) 化学能源。化学能源实际是直接把化学能转变为低压直流电能的装置, 也叫电池。化学能源已经成为国民经济中不可缺少的重要组成部分。同时化学能源还将承担储存其他新能源的功能。

地球正面临着不可回避的多种矛盾, 如人口迅速增长和人类对生活质量的不断提高的矛盾, 能源需求的大幅增加与化石能源的日益减少的矛盾, 以及各种能源形式的开发与利用和生态环境保护的门槛提升的矛盾。时代呼吁新能源技术的高速发展, 各种新能源的能量转换、储存及传输的理论和技术的重大课题。

1.3 能量的形态与转换

1.3.1 能量的主要形态

目前, 人类认识的能量主要有如下6种形态:

(1)机械能。它包括固体和流体(能够流动的物体)的动能、势能、弹性能及表面张力能。动能和势能统称为宏观机械能,是人类最早认识的能量。在牛顿力学中,机械能表现为平动动能 E_k 、转动动能 E_r 和重力势能 E_p 。可再生能源中的水能、波浪能、风能也属于这种能量形式。

(2)热能。热能是能量的一种基本形式,所有其他形式的能量都可以完全转换为热能,热能在能量利用中有着重要的意义。热能的本质是微观粒子随机热运动的动能和势能的总和,这种能量的宏观表现是温度的高低,它反映了分子运动的剧烈程度。由于分子运动速度越快,物体的温度越高,因此,在热力学中,热能也表示为由温差传递的能量。在实际应用中,绝大多数化石能的利用,都是先将燃料的化学能转换为热能,然后再将热能转换成其他形式的能量。

(3)电能。它是和电子流动与积累有关的一种能量,通常由电池中的化学能转换而来,或是通过发电机由机械能转换得到;反之,电能也可以通过电动机转换为机械能,从而显示出电做功的本领。

(4)辐射能。物体以电磁波形式发射的能量称为辐射能,如地球表面所接收的太阳能就是辐射能的一种。辐射能被物体吸收时产生热效应,物体吸收的辐射能不同,所表现的温度也不同。因此,辐射是能量转换为热量的重要方式。地球表面所接收的太阳能就是最重要的辐射能。

(5)化学能。它是一种原子核外进行化学反应时放出的能量。人类利用最普遍的化学能是通过燃烧碳和氢而获得的,而碳和氢正是煤、石油、天然气、薪柴等燃料中最重要可燃元素。同时,光化学反应涉及的能量包括化学键能、热能与辐射能等。当燃料燃烧时,内部的化学键能转换成为分子热运动的热能和辐射能。无论是吸热反应还是放热反应,由于原子需要重新组合,首先必须由外界提供能量,如热能或辐射能,使构成分子的原子的化学键打开,此能量即活化能,然后原子重新组合成为新分子,释放出多余的化学能。干电池和蓄电池就是利用了化学能。

(6)核能。核能是蕴藏在原子核内部的物质结构能。释放巨大核能的核反应有两种,即核裂变反应和核聚变反应。

1.3.2 能量的转换

能量在使用过程中会发生转换。人们通常所说的能量转换是指能量形态上的转换,如燃料的化学能通过燃烧转换成热能,热能通过热机再转换成机械能。然而广义地说,能量转换还应当包含以下两项内容:能量的空间转换,即能量的传输;能量的时间转换,即能量的储存。

任何能量的转换过程都必须遵循自然界的普遍规律——能量守恒定律,即

$$\text{输入的能量} - \text{输出的能量} = \text{储存能量的变化}$$

人类目前使用最多、最普遍的能量形式是热能、机械能、电能。它们都可以由其他形态的能量转换而来,而它们之间也可以相互转换。然而任何能量的转换过程都需要一定的转换条件,并在一定的设备或系统中才能实现。表 1-2 为能量转换过程及转换设备

或系统。

表 1-2 能量转换过程及转换设备或系统

能 源	能量形式转换过程	转换设备或系统
石油、煤炭、天然气等矿物质燃料 氢和酒精等二次能源	化学能→热能 化学能→热能→机械能 化学能→热能→机械能→电能 化学能→热能→电能 化学能→电能	炉子、发电机、磁流体发电、电 气体发电(压电效应)、热力发电机、 热电子发电、燃料电池等
水能、风能、潮汐能、海流能、波浪能	机械能→机械能 机械能→机械能→电能	水车、风车、水力发电、波力发 电、风力发电、潮汐发电、海流发 电等
太阳能	辐射能→热能 辐射能→热能→机械能 辐射能→热能→机械能→电能 辐射能→热能→电能 辐射能→电能 辐射能→化学能 辐射能→生物能 电磁波→电能	热水器、采暖、制冷、光化学反 应、太阳灶、太阳热发动机、太阳 热发电、热力发电、热电子发电、 光电池、光化学电池、光化学反应 (水分解)、光合成、充电转换器等
洋热能	热能→机械能→电能	海洋温度差发电(热力发动机)
海洋盐差能	化学能→电能 化学能→机械能→电能 化学能→热能→机械能→电能	浓度发电 渗透压发电 浓度差发电
地热能	热能→机械能→电能 热能→电能	热力发电机 热能发电
核能	核分裂→热能→机械能→电能 核分裂→热能 核分裂→热能→电能 核分裂→电磁能→电能 核聚裂→热能→机械能→电能	核发电、磁流体发电、核能炼钢、 热力发电、热电子发电、光电池、 核聚变发电

1.4 对能量转换系统的要求

以下列举几种常见的能量转换器件，简要介绍能量转换过程对能量转换系统的要求。

1.4.1 对生物质能转换系统的要求

目前，生物质能技术的研究与开发已成为世界热门课题之一，并受到世界各国政府与科学家的高度关注。生物质能的利用受资源分散、能量密度低、能量转换效率低等多种条件制约，因此生物质能转换系统的开发利用在技术上应该多途并进，重点发展生物质能直接氧化燃烧和供热发电技术、压缩成型技术、热化学转换技术(气化法、热分解法、液化法和生化法)、大中型沼气工程技术、生物质能气化以及集中供气发电技术和生物液体燃料发展系统，为生物质能开发利用的规模化和跨越式发展提供技术支撑。

生物化学过程是利用原料的生物化学作用和微生物的新陈代谢作用生产气化燃料和液化燃料。由于它能将利用生物质能对环境的破坏作用降低到最低程度，因而在当今世

界对环保要求日益严格的情况下较具发展前景。该技术主要是利用生物质厌氧发酵生成沼气和在微生物作用下生成乙醇等能源产品。沼气发酵微生物过程要求适宜的条件,对温度、酸碱度、氧化还原电势以及其他各种环境因素都有一定的要求。因此对于生物质能转换系统中的沼气技术的要求如下:

- (1) 建造一个不漏水、不露气的密闭沼气池(罐), 保证一个严格的厌氧环境;
- (2) 根据不同的发酵类型控制一定的发酵温度, 使得产气速率最大, 且保持产气稳定、安全;
- (3) 不同的发酵原料有不同的产气量和产气速率, 根据需求及效益选择不同的发酵原料;
- (4) 要对沼气池内原料进行搅拌, 使池内温度均匀, 使微生物与发酵原料充分接触, 提高原料利用率, 加快发酵速度, 提高产气量;
- (5) 沼气池设计要求构造简单、施工方便、使用寿命长、力学性能好、材料适应性强、造价低等;
- (6) 考虑沼气脱硫及稳压、防暴、控制沼气—空气混合比及进气速率, 提高沼气利用的可靠性。

1.4.2 对地热能转换系统的要求

地热能的应用主要有发电和直接利用。一般高于 150 °C 的高温地热资源主要用于发电, 发电后排出的热水可进行直接利用; 温度在 90~150 °C 的中温地热资源和 90 °C 以下的低温资源主要是直接利用, 如用于采暖、干燥、日常生活、旅游、工业、医疗及农林牧渔业。

地热发电是利用地下热水和蒸汽为动力源带动锅炉发电的技术。其基本原理与火力发电类似, 依据能量转换原理, 蒸汽轮机将热能转换为机械能, 再带动发电机发电。地热发电不需要燃料, 仅利用地热能, 但需要利用载热体把热能从地下带到地面上来。地热发电清洁简易, 整个发电体系的二氧化碳排放量只有火力发电的几十分之一, 是原子能发电的一半左右, 可认为基本不产生二氧化碳, 且地热发电不受风力等的季节和气象条件限制。根据地热田的类型以及温度可把地热发电分为蒸汽发电、热水发电、联合循环发电、全流发电和干热岩发电。地热蒸汽发电包括一次和二次地热蒸汽发电, 闪蒸地热水发电包括单循环闪蒸地热水发电和双循环闪蒸地热水发电。

- (1) 地热蒸汽发电热力系统。把地热田中的干蒸汽直接引入汽轮发电机组发电, 但在引入发电机组前应把蒸汽中所含的岩屑和水滴(直径为 10 μm 及以上)分离出去。
- (2) 单循环闪蒸地热水发电热力系统。闪蒸是将井口出来的中温地热水汽混合物, 先借助扩容器进行扩容降压产生部分蒸汽(也叫闪蒸), 再将蒸汽引到一般汽轮机实现做功发电。扩容后排出的地热水, 可以再回灌地下或作他用。单循环闪蒸地热水发电又可分为单级闪蒸系统和双级闪蒸系统, 单级闪蒸系统简单、投资低, 但热效率低、厂用电率高, 主要用于中温地热田发电。双级闪蒸系统热效率较高、厂用电率较低, 但系统复杂, 投资较高。