

● 建筑节能低碳最新技术丛书

BUILDING

建筑可再生能源的应用 (一)

Application of Renewable Energies in Buildings

北京无源建筑规划设计院

刘令湘 编译



中国建筑工业出版社

建筑节能低碳最新技术丛书

建筑可再生能源的应用(一)

北京无源建筑规划设计院

刘令湘 编译



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑可再生能源的应用 (一)/刘令湘编译. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011. 9

(建筑节能低碳最新技术丛书)

ISBN 978-7-112-13333-8

I. ①建… II. ①刘… III. ①再生能源—应用—建筑
工程 IV. ①TU18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 122417 号

本书为《建筑节能低碳最新技术丛书》的第三分册, 旨在介绍可再生能源的直接利用。在第 1 章和第 2 章简述可再生能源和太阳能之后, 在第 3 章至第 9 章先后对太阳能热水, 太阳能热的储存, 太阳能建筑供暖, 太阳能热发电, 太阳光—光伏发电以及地热资源直接利用和地热发电分别做了探讨。最后一章着力展示借助于地球和月球的潮汐力自然造就可再生能源的潮汐发电。

本书可供建筑师、建筑业主、居者和直接参与建筑业、物业运行管理、维护保养的专业人士, 以及大专院校师生参考。

责任编辑: 于 莉

责任设计: 李志立

责任校对: 王雪竹

建筑节能低碳最新技术丛书

建筑可再生能源的应用 (一)

北京无源建筑规划设计院

刘令湘 编译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联 (北京) 科贸有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 273 千字

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月第一次印刷

定价: 55.00 元

ISBN 978-7-112-13333-8

(20749)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编 译 者 序

中国建筑工程工业出版社主持编译《建筑节能低碳最新技术丛书》此次已到第三册。

节能低碳，顾名思义，“节能”意思是节省不可再生能源；“低碳”说的是减少温室气体(主要是二氧化碳)排放。节能低碳的目的就是实现人与自然的和谐，达到人类社会可持续发展。

建筑领域最具节能低碳潜力。建筑节能低碳谋求可持续发展必须依据科学发展观。借鉴发达国家成熟经验可使建筑节能低碳少走弯路。比如德国标准规定高度 22m 及以上的建筑禁止使用有机保温隔热材料(聚苯乙烯、聚氨酯等)作外墙外保温。违背科学地蛮干，必然承受高层消防困难的风险。

能源的短缺和环境之重负，源于世界范围内日益增长的能源消耗。现今，世界能源消耗的 87% 来自化石能源(石油 40%、煤 24%、天然气 23%)。三种主要化石能和核分裂能，都是利用可枯竭的能量原材料。根据目前探明的全世界储量以及能量消耗量，液体碳氢矿物油，天然气以及可核分裂材料都只能支撑几十年最多不超过 100 年。煤，可能例外地稍微长一点点，大约 120 年。从另一方面看，每种燃烧都会给环境带来负担。唯一能减小环境负担的方法是节省化石燃料，而可再生能源的应用成为日益迫切而且事关子孙后代的重要题目。《建筑节能低碳最新技术丛书》第三册即叙述这一题目。

如本书第 1 章所述，可再生能量按照其能源可以分为三个基本类型：

1. 太阳辐射；
2. 地热；
3. 地球和月球的潮汐力。

本书旨在介绍可再生能源的直接利用。在第 1 章和第 2 章简述可再生能源和太阳能之后，在第 3 章至第 9 章先后对太阳能热水制备、太阳能热量储存、太阳能建筑供暖、太阳能热发电，太阳能光伏发电以及地热资源直接利用和地热发电作了探讨。最后一章着力展示借助于地球和月球的潮汐力自然造就可再生能源的潮汐发电。

至于生物质能、水力、风能等太阳辐射的二级可再生能量留待本系列丛书第四册介绍。

全球气候变暖和化石燃料枯竭日趋严重。提倡可再生能源，特别是直接利用太阳能愈来愈引人注目。照射到地球表面的太阳热功率的供应在将来的可再生能源需求中占据主导地位。太阳能热功率的利用主要包括两个领域：产生热能和产生电能。太阳光产生热能的系统主要由集热器、热存储器和控制器组成。最新开发的空气集热器，在建筑物供暖或制冷过程具独特地位。集中和局地太阳能热电厂大有可为：仅仅利用地球沙漠面积的 1% 装置太阳能热电设施就可以提供公元 2000 年全球能量的需求。

与采用太阳能热功率获得电能相似：太阳能光伏发电系统的构成包括太阳能光伏电池组成的光伏模板，存储器(电池)，如果并网的话，尚需从直流电转换成交流电的逆变器。利用太阳能光伏效应发电具有明显的生态优势：减少常规化石能源消耗和避免 CO₂ 排放。

本书将对太阳能光伏效应原理、器件设施、系统集成、安装调整、最新改进、安全保护、再循环利用、经济效益分析以及成功应用案例予以翔实介绍。

地热资源的利用涉及在地表之下存储的能量。巨大的地热能量会引起地震和火山爆发一类的地质运动。本书指的地热资源利用仅仅是其中很小的部分：通常温度梯度达每100m深有 $2.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 的温升。现代钻探技术已经可以穿透至10km深。相比较其他可再生能源，地热资源具有明显的优势：不受每日和季节环境变化影响；利用效率可达90%以上；运营发电成本也较大部分其他可再生能源低。按地热资源利用深度的不同，有地表地热热交换器、能量桩柱、地热探针等不同形式。地源、水源和空气源热泵的利用使地热资源利用效益大为提高。

潮汐能源于地球和月球的潮汐力作用。现代利用潮汐能的主要方式是潮汐发电。尽管潮汐发电尚未广泛开展，但是将来的潜能很大。原因之一是：比起太阳能，潮汐发电更能预先估计。在所有可再生能源中，潮汐发电受传统上高成本和有限应用地点（高潮汐落差或高潮汐流速）选择的困扰；然而，最近的技术进步和设计创新表明潮汐发电的总体有用性会比以前估计的高，经济及环境成本也将下降至有竞争力的程度。

本书在介绍上述可再生能源的直接利用中瞄准三个主要目标：

1. 从基本物理概念出发阐述基本原理；
2. 基于人类社会可持续发展宗旨，报告至今（2011年）世界直接利用可再生能源最新发展动态、趋势和前景；
3. 瞄准服务于建筑工业目标分析的可再生能源的主要直接利用方法的有效性，适用性和标准条件。

为了使每一可再生能源的直接利用可以兼备技术高效、生态明智并且经济投入各方面的优势得以明晰地估计，应当在初步方案阶段就对经济效益予以关注。这里，特别提及关于“生命周期的评估”（life cycle assessment, LCA）这一按照国际标准化组织（ISO）定义的思考模式：包括系统对在整个生命周期中的材料、能量输入和输出以及相关的环境直接间接的影响。因为可再生能源做热源并不能确保对环境直接间接的影响就一定低；在整个生命周期中的材料释放物的影响也要全面评估。比如在本书第4章所介绍，按照ISO标准14040和14041，对两种跨季节热存储器从详细材料配置给出材料（包括存储器衬里、混凝土、隔热材料等）的原材料的开采和提纯；制造及加工；制成跨季节热存储器后的运行和维修；废物及循环等的全过程能量耗费以及对环境的影响都要量化评估。

笔者将本书贡献给对建筑节能低碳利用可再生能源有兴趣的读者。特别对大专院校师生、研究生、相关研究设计院所领导、专家和工作人员寄予厚望。

本书引用了一些图片（均附有出处及作者）以飨读者，在此一并对作者致以诚挚谢意。

感谢CEO江丽女士和我们团队对编写本丛书的大力支持、协作和帮助。

刘令湘 北京无源建筑规划设计院
www.edle.com.cn

目 录

1 基本概念	1
1.1 可再生能源	1
1.2 可再生能源的供应	2
1.2.1 热的能量价值	2
1.3 化石能量的耗尽与可再生能源的不竭	3
1.3.1 能量的三落和三起	3
1.3.2 能量供应	3
1.4 能量的概念和转换	4
1.4.1 能量的源泉	4
1.4.2 能量载体	4
1.5 能量的形式	4
1.5.1 原始能量	4
1.5.2 二次能量	5
1.5.3 终端能量	5
1.5.4 使用能量	5
1.5.5 能量收益系数	5
1.5.6 能量投资回收时间	6
1.6 德国可再生能源法	6
1.6.1 可再生能源发电输送至公共电网的补贴	6
1.6.2 《优先发展可再生能源法》规定补贴的可再生能源	6
1.6.3 能量单位换算	7
1.7 德国可再生能源资助方案	7
1.7.1 联邦市场促进资助	7
1.7.1.1 促进可再生能源资助	7
1.7.1.2 基础资助	8
1.7.1.3 创新资助	8
1.7.2 环境和节能资助计划	8
1.8 可再生能源经济效益关注	8
1.8.1 经济效益预估参数	8
1.8.2 经济效益预估的资本值比较	9
1.8.3 节省能量评估	9
1.9 世界可再生能源利用现状	9

2 太阳能利用 11

2.1 来自太阳的能量 11

2.2 太阳能量的利用 11

2.3 利用太阳能的分类 12

3 太阳能热水 14

3.1 水用太阳能加热 14

3.2 太阳能集热器 14

3.2.1 平板型太阳能集热器 15

3.2.2 真空管型太阳能集热器 16

3.2.2.1 真空管型太阳能集热器结构 16

3.2.2.2 真空管型太阳能集热器特性 16

3.2.2.3 热管式真空管型太阳能集热器 16

3.2.3 投配系统 17

3.3 太阳能热水系统 18

3.3.1 无源热虹吸太阳能热水系统 18

3.3.2 有源太阳能热水系统 18

3.3.2.1 直接循环系统 19

3.3.2.2 间接循环系统 19

3.3.3 闭环防冻热交换系统 19

3.4 应用太阳能热水系统的选择 19

3.5 世界太阳能热水系统的应用现状 20

4 太阳能热的存储 21

4.1 家用太阳能热水贮水箱 21

4.1.1 家用太阳能热水贮水箱 21

4.1.2 太阳能热水贮水箱结构 22

4.1.3 太阳能热水贮水箱温度分层和温度分布过渡过程 23

4.1.3.1 保持贮水箱水温度分层 23

4.1.3.2 贮水箱温度分布过渡过程 23

4.1.4 太阳能集热器和热水贮水箱的连接 24

4.2 有源区域太阳能热存储 24

4.2.1 区域太阳能供热 24

4.2.2 跨季节热存储 25

4.2.3 跨季节热存储器的设计 27

4.2.3.1 背景 27

4.2.3.2 系统能力预估 27

4.2.3.3 全生命周期的比较研究 28

4.2.3.4 热传输模拟 28

4.2.3.5	经济效益评估	29
4.2.4	区域太阳能热厂举例	29
4.2.4.1	德国慕尼黑(München)区域太阳能热厂方案	29
4.2.4.2	德国 Crailsheim 区域太阳能热厂项目	30
4.2.5	跨季节热存储器水等效存储体积成本	32
4.3	建筑太阳能热存储	32
4.3.1	建筑物热质量太阳能热存储	32
4.3.2	用改进 Trombe 墙建筑物太阳能热存储	33
4.4	大型太阳热能存储	34
4.4.1	双罐间接热能存储系统	35
4.4.1.1	双罐间接热能存储系统工作原理	35
4.4.1.2	双罐间接热能存储系统应用举例	36
4.4.2	单罐温跃层热能存储系统	36
4.4.2.1	单罐温跃层热能存储系统结构	36
4.4.2.2	温跃层模型和温度梯度	37
4.4.3	热能存储介质	38
4.4.3.1	直接融盐传热工质	38
4.4.3.2	混凝土	38
4.4.3.3	相变物质	39
5	太阳热能空间供暖系统	40
5.1	有源太阳热能空间供暖系统	40
5.2	液体工质太阳热能空间供暖系统	40
5.2.1	集热器	40
5.2.2	备用加热系统	41
5.2.3	热存储系统	41
5.2.4	热空气分配系统	42
5.2.5	辅助加热器安置	42
5.3	带有散热器的加热循环系统	42
5.4	空气工质太阳热能空间供暖系统	43
5.4.1	用太阳和空气供暖	43
5.4.1.1	水还是空气	43
5.4.1.2	能量需求, 结合部密封和通风	44
5.4.1.3	能量需求相关性	44
5.4.1.4	温度水平和能量效率	44
5.4.1.5	太阳能集热器的能量效率	44
5.4.1.6	太阳能空气供暖的发展	45
5.4.2	太阳能空气系统	45
5.4.2.1	系统的变种	45
5.4.2.2	可提供的元件	49

5.4.2.3 投入领域	52
5.4.3 太阳能空气系统的设计	53
5.4.3.1 建筑物和系统的集成	54
5.4.3.2 设计工具	54
5.4.3.3 设计步骤和提示	55
5.4.4 太阳能空气系统应用举例	55
5.4.4.1 Lilly 实验室(汉堡)	55
5.4.4.2 幼儿园(Trabitz)	56
5.4.4.3 金属建筑(Eisenach)	56
5.4.4.4 生物屋(Bozen)	57
5.4.4.5 社区中心(Waltenhofen)	58
5.4.4.6 城市洗衣店(莱比锡)	58
5.4.5 总结	59
5.5 太阳能多孔集热墙系统	59
5.6 其他与太阳热能空间供暖相关的系统	61
5.6.1 无源太阳墙	61
5.6.2 太阳能室外泳池系统	62
5.6.3 太阳能空间制冷	62
5.6.3.1 太阳能吸收制冷	62
5.6.3.2 太阳能吸附制冷	62
5.6.4 太阳能透明隔热墙体空间供暖	63
6 太阳热能发电	64
6.1 太阳热能发电	64
6.1.1 从太阳来的电	64
6.1.2 将太阳热转换成电	65
6.2 太阳热能发电技术	66
6.2.1 太阳热能发电技术综述	66
6.2.2 抛物面槽太阳能发电技术	67
6.2.3 太阳能发电塔发电技术	68
6.2.4 抛物面碟太阳热能发电技术	68
6.2.5 三种太阳热能发电技术比较	69
6.3 抛物面槽太阳热能发电	69
6.3.1 抛物面槽太阳热能发电技术的发展	69
6.3.1.1 抛物面槽太阳热能发电技术的应用	69
6.3.1.2 抛物面槽太阳热能发电技术性能	70
6.3.2 抛物面槽太阳热能发电技术改进	70
6.3.3 线性菲涅耳反射器阵列	71
6.3.4 抛物面槽太阳热能发电成本	73
6.4 太阳能发电塔发电	73

6.4.1	太阳能发电塔发电技术发展	73
6.4.2	太阳能发电塔的成本	73
6.5	抛物面碟太阳能发电	74
6.5.1	抛物面碟太阳能发电现状	74
6.5.2	抛物面碟太阳能发电的成本	75
6.6	上升空气流及下降空气流太阳能发电	75
6.6.1	上升空气流太阳能发电系统简介	75
6.6.2	上升空气流太阳能发电原理	76
6.6.3	纳米比亚上升空气流太阳能发电应用	76
6.6.4	下降空气流太阳能发电	76
6.7	太阳热能复式循环发电厂	77
6.7.1	太阳热能复式循环发电厂简介	77
6.7.2	太阳能在太阳热能复式循环发电厂的贡献和效率	77
6.8	世界太阳热能发电项目一览	78
6.8.1	已经运行项目	78
6.8.2	现正在建项目	78
6.8.3	已宣布拟建较大项目	80

7 太阳能光伏发电 81

7.1	太阳能光伏发电概述	81
7.1.1	从太阳光到电能的转换	81
7.1.2	光伏效应	81
7.1.3	太阳能光伏发电设施评估	82
7.1.3.1	太阳能光伏发电设施的功能评估	82
7.1.3.2	安装太阳能光伏发电设施的建筑美学考量	82
7.1.4	太阳能光伏电流导引	83
7.1.5	太阳能模板特性参数	84
7.1.5.1	效率	84
7.1.5.2	额定功率	84
7.1.5.3	绩效比(设施利用度)	85
7.1.5.4	能量回馈时间	85
7.1.5.5	收获系数	86
7.1.6	估算	86
7.1.6.1	收益估算	86
7.1.6.2	太阳能电池模板倾角	86
7.1.7	太阳能光伏设施的调校	86
7.1.8	阴影遮挡的损失	87
7.1.9	太阳能光伏设施的电能所赢	88
7.1.9.1	太阳能光伏设施的产出系数 e	88
7.1.9.2	太阳能光伏设施的电能所赢举例	88

7.2 太阳光伏设施系统	88
7.2.1 电网耦合系统(电网并行)	88
7.2.2 独立于电网的带有存储器的自给自足的独立光伏系统	90
7.2.3 太阳能光伏系统的应用举例	91
7.2.3.1 装置光伏设施的高速公路噪声阻挡墙	91
7.2.3.2 在工厂屋顶装置光伏设施	91
7.2.3.3 在梵蒂冈的光伏系统	92
7.2.3.4 柏林中央火车站的光伏系统	92
7.3 太阳能光伏设施元件	92
7.3.1 太阳能光伏电池概述	92
7.3.2 太阳能光伏电池技术	93
7.3.2.1 光伏电池的特征线	94
7.3.2.2 晶体硅光伏电池	94
7.3.2.3 薄膜光伏电池(双一堆积或三一堆积电池)	94
7.3.3 太阳能光伏模板技术	95
7.3.3.1 薄膜光伏模板	95
7.3.3.2 薄膜光伏模板造型——颜色	95
7.3.4 太阳能光伏模板连接	95
7.3.4.1 直流/交流逆变器及布线	95
7.3.4.2 薄膜光伏电池用直流/交流逆变器	98
7.3.4.3 直流/交流逆变器的短路保护、过载保护和接触保护	98
7.3.5 太阳能光伏设施的蓄电池和负荷调节器	98
7.3.6 断路和接通	98
7.3.6.1 直流/交流逆变器交流侧的切断保护	99
7.3.6.2 直流/交流逆变器直流侧的切断保护	99
7.4 太阳能光伏设施系统的接线设计和规格	99
7.4.1 太阳能光伏系统的接线设计	99
7.4.2 与电网耦合的太阳能光伏系统的接线规格	99
7.5 太阳能光伏设施安装实施规范	100
7.5.1 太阳能光伏模板的安装	100
7.5.1.1 太阳能光伏模板坡屋顶安装	100
7.5.1.2 太阳能光伏模板坡屋顶集成	101
7.5.1.3 太阳能光伏模板平屋顶安装	101
7.5.1.4 太阳能光伏玻璃前立面	102
7.5.2 建筑物太阳能光伏模板安装防雷保护	102
7.5.2.1 建筑物上太阳能光伏模板的过电压保护	102
7.5.2.2 建筑物上太阳光伏模板过电压保护方案	103
7.5.3 空旷地太阳能光伏模板的安装及防雷保护	103
7.5.4 太阳能光伏模板的跟踪系统	105
7.6 太阳能光伏模板的再循环	105
7.7 太阳能光伏电池新进展简介	106

7.7.1	染料感光太阳能电池	106
7.7.2	适合建筑物的最新太阳光伏电池	107
7.8	太阳能光伏技术和城市规划	107
7.8.1	城镇建筑物和太阳能光伏技术	107
7.8.2	城镇建筑物采用太阳能光伏技术的效率因素	107
7.8.3	城镇太阳能光伏技术应用举例	108
7.8.3.1	水城的太阳能光伏新貌	108
7.8.3.2	新城 Nieuwland 城市规划	108
7.8.3.3	新城 Nieuwland 建筑设计	108
7.8.4	应用太阳能光伏技术的城市规划考量	109
7.8.4.1	天空可视因子	109
7.8.4.2	表面积与体积的比(体形系数)	109
7.8.4.3	建筑物间距离及建筑物高宽比	110
7.8.4.4	建筑物类型及位置	110
7.8.4.5	建筑物安装光伏设施有效性小结	110
8	太阳能光伏发电还是太阳热能发电?	112
8.1	问题的提出	112
8.2	优点比较	112
8.2.1	太阳热能发电设施的优势	112
8.2.2	太阳能光伏发电设施的优势	113
8.3	应用领域比较	113
8.3.1	太阳热能发电设施和太阳能光伏发电设施的工作领域	113
8.3.2	太阳热能发电设施和太阳能光伏发电设施的地域分布	114
8.4	技术投资比较	114
8.5	太阳能发电可能引发的环境问题	115
8.5.1	太阳能光伏发电设施可能引发的环境问题	115
8.5.1.1	生产过程	115
8.5.1.2	废弃物处理	115
8.5.1.3	应用光伏模板可能引发的其他环境问题	115
8.5.2	太阳热能发电设施可能引发的环境问题	115
8.5.2.1	系统运行	115
8.5.2.2	生物多样性	116
8.5.2.3	涉及人类	116
8.6	太阳能发电的新领域——光伏/热混合系统	116
8.6.1	光伏/热混合系统简介	116
8.6.2	光伏/热混合系统应用	116
8.6.3	国际能源局项目	117
8.6.3.1	北京奥运村项目	117
8.6.3.2	Concordia 大学 John Molson 商学院项目	117

8.6.4	光伏/热混合系统的功效	118
8.6.5	汇聚光伏/热混合系统	119
9	地热	120
9.1	地热资源	120
9.2	地热资源的利用	121
9.2.1	利用地热的历史	121
9.2.2	地热资源的利用方式	121
9.2.2.1	直接利用地热资源	121
9.2.2.2	地热发电	122
9.2.3	地热发电的优点	123
9.3	地源热泵	124
9.3.1	地源热泵原理	124
9.3.2	热泵变种	125
9.3.3	地源热泵优势	126
9.3.4	地源热泵的制冷模式和加热模式	126
9.3.4.1	地源热泵的制冷模式	126
9.3.4.2	地源热泵的加热模式	126
9.4	增强型地热系统	126
9.4.1	增强型地热系统简介	126
9.4.2	增强型地热系统地质前提条件和资源	127
9.4.3	增强型地热系统的开发和运行机制	127
9.4.4	增强型地热系统开发尚存障碍	128
9.4.5	增强型地热系统开发的环境收益	128
9.4.6	增强型地热系统的成本花费	129
9.5	地热利用现状	130
9.5.1	直接利用地热资源	130
9.5.1.1	直接利用地热资源分类——林岛图	130
9.5.1.2	直接利用地热资源的主要手段	131
9.5.1.3	全球直接利用地热资源现状	132
9.5.1.4	建筑直接利用地热资源举例	132
9.5.2	间接利用地热资源的现状与发展	139
9.5.2.1	世界地热发电现状与发展	139
9.5.2.2	世界范围内地热发电举例	141
9.6	地热利用的前景和风险	141
9.6.1	被低估的能源	141
9.6.2	恰当处置风险可控	142

10	潮汐发电	144
10.1	潮汐能与潮汐发电	144
10.1.1	潮汐能	144
10.1.2	潮汐发电	145
10.2	潮汐发电的类型	146
10.3	拦海大坝潮汐发电	146
10.3.1	地理和物理条件	146
10.3.2	拦海大坝	146
10.3.3	拦海大坝潮汐发电用涡轮机	147
10.3.4	拦海大坝潮汐发电的泵抽出	148
10.3.5	拦海大坝潮汐发电的功率产出	148
10.3.6	拦海大坝潮汐发电的不同设计	149
10.3.7	拦海大坝潮汐发电的优点和缺点	149
10.3.7.1	拦海大坝潮汐发电的优点	149
10.3.7.2	拦海大坝潮汐发电的缺点	150
10.3.8	拦海大坝潮汐发电举例——朗斯大坝潮汐发电站	150
10.4	潮汐流发电	150
10.4.1	潮汐流发电概述	150
10.4.2	潮汐流发电技术设施	151
10.4.2.1	轴流式涡轮机	151
10.4.2.2	文丘里效应	152
10.4.2.3	立轴水平轴双击式涡轮机	153
10.4.2.4	振荡型设施	154
10.4.3	潮汐流发电功率输出	155
10.4.4	潮汐流发电举例	155
10.5	潮汐发电技术新设计	156
10.5.1	动态潮汐发电	156
10.5.1.1	动态潮汐发电概述	156
10.5.1.2	动态潮汐发电的优势	157
10.5.1.3	动态潮汐发电的技术开发	157
10.5.1.4	动态潮汐发电的挑战	157
10.5.1.5	动态潮汐发电概念的发明者	157
10.5.2	潮汐潟水湖	158
10.6	潮汐发电小结	160
11	有关太阳辐射、地热和潮汐能的书籍	161

1 基本概念

1.1 可再生能源

可再生能源用来产热和发电，有着无可比拟的广阔前景。一个既有长期保障又可持续发展的能源供应不仅在将来而且现在就不可避免地调整和能源供应到“清洁”能源的轨道上相联系在一起。另外，除了可以直接利用的太阳辐射，还有风能、水力、地热以及生物质能源——太阳能和地球能的衍生变种，原则上讲，是取之不尽用之不竭的。

说到可再生能源，首先涉及的是能量承载者具有“无限”可供性，这一点不同于化石能量承载者诸如煤、石油、天然气或者可裂变元素，仅有限资源可以供应。

一个由太阳“驱动”的闭合物质循环过程，比如可以是水的循环，太阳能—氢—能量系统或者 CO_2 循环。

比如说，水循环系统将如下事件结合在一起：太阳能将海水蒸发，降水(下雨)，水汇聚成河流，流水的势能遂转换成机械的和电的能量形式——可用能量。

基本上说，地球上几乎所有的能量都源于太阳，例如：化石燃料是经千百万年转化了动植物存储的太阳能形成的。可以说所谓“可再生能源”就是：每天借助太阳的力量所能再生的能量。

在原始能量的定义下：化石能量承载者，即是在“自然”的原始时代形成的煤、石油、天然气等。这种观点，仅仅依照如今的眼光去看是对的。然而，源于植物生物质的化石能量承载者毕竟属于二次(次生)能量，实际上原始能量仍是太阳能。和可能用尽枯竭的化石燃料相反，可再生能源可以不断更新和再生，不会用尽。对此首推聚合元素或聚合力。在德国，2007 年仅大约 3% 的发电量由可再生能源如水力、风能、太阳能、地热和生物质能源贡献。目前发电成本尚高，但可以肯定，环境友好的可再生能源会在今后一些年内迅猛发展。

可再生能源按照其能源可以分为三个基本类型：

1. 太阳辐射；
2. 地热；
3. 地球和月球的潮汐力。

可再生能源的一个显而易见的例子就是：每天都可再生，但可供使用的辐射强度不断变化的太阳辐射。太阳辐射亦可如下分类：

1. 直接形式利用太阳能：

此外还包括：

- ① 地热；
- ② 潮汐能。

2. 间接形式利用太阳能：

- ①生物质能；
- ②水力；
- ③风能；
- ④环境热。

与此相似，以年为周期的生物质能以及有更短些、或者更长些重复周期的如水力、海水能和风能；这里尚没有算进去的是地热。至于垃圾焚烧，尽管实际上不断有新的垃圾生成，只有垃圾的生物质组分才应该被分类至可再生能量，而不是全部的垃圾。

可再生能量在生态上与环境和睦相处；分布不集中；也不依靠分配网络的介入。由于可再生能量的多样性，可以整体上为工业和私人应用领域所需能量载体（电、发动机燃料、中温热和低温热）做好各种相应准备和配置。

总体上，可再生能量在利用过程中释放 CO_2 中等。这意味着：根本不产生 CO_2 ，或者不再像生成它们那样地释放大量的 CO_2 。

可再生能量目前的缺点是：

- 1. 功率密度低；
- 2. 不均匀的可供性；
- 3. 要达到不间断的收益，可能要通过单体可再生能量间的组合，比如说，风能和光伏相结合发电。

1.2 可再生能量的供应

利用太阳能，在技术转换上呈三种形式：

- 1. 太阳能化学的能量承载者；
- 2. 太阳能化学的能量变换；
- 3. 太阳能化学热泵。

1.2.1 热的能量价值

热的能量价值是热做功能力的表征。

热的能量价值被定义为：从指定能量中可以最大做功的能力。也就是说，其最大能量产出或能量释放，热的能量价值不能绝对地予以阐述表征。热的能量价值必须根据具体温度情况，即永远取决于当时的环境温度，比如说： $T_0 = 288\text{K} = 15^\circ\text{C}$ ，来作彼此之间的比较。

举例：

热的 exergy——热力学系统从给定状态到与周围介质平衡过程中可做的最大功的形式出发，用以评价能量品位的一个参数。又称可用能或有效能。比如说做功 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ ，从 50°C 到 100°C ，再到 1000°C ，可做的最大功之比为：

$$0.1084 : 0.2279 : 0.7738 = 1 : 2.10 : 7.14$$

这表明：高温热明显地比在温度为 100°C 时的热更具充分能量价值。

反过来思考：具有现行温度 50°C 的低温实际应用，对于房间供暖足矣。携 7 倍有余

的能量价值用燃油或者煤的燃烧高至 1000°C 左右，意味着能量价值的巨大浪费。

1.3 化石能量的耗尽与可再生能源的不竭

1.3.1 能量的三落和三起

3 种主要化石能(其载体为：煤、石油、天然气)和核分裂能，都是利用可枯竭的能量原材料。根据目前探明的全世界储量以及能量消耗量，液体碳氢矿物油、天然气以及可核分裂材料都只能支撑几十年最多不超过 100 年。煤，可能例外地稍微长一点点，约 120 年。

这里我们说另外三种能量，即并没有具体地与能量原材料相关的能量，划分如下：

1. 合理的能量转换，即合理的能量利用；
2. 环境热(二级热)形式的太阳能利用；
3. 太阳二级能量如电和氢的世界贸易。

这三种能量在它们的说明中根本就没有任何能量原材料，只不过是技术知识，当然还有一项——金融资本。

涉及第一种，“合理的能量转换，即合理的能量利用”显然完全没有任何能量原材料存于其中。“合理的能量转换，即合理的能量利用”的出台是由于其可以起到巨大作用和具有潜能，特别是在工业化国家，可以立即见效。这只是因为实现了：所要求的能量效益，仅仅花费很小的原始能量投入。

没有涉及任何能量原材料当然也就没有与环境产生任何冲突。几乎取之不尽用之不竭的能量当首推太阳能。太阳提供给地球的能量是如今全世界人类所需能量的 $10000 \sim 15000$ 倍之多。

就这一点来说，每一个国家每一块土地都应当有这样或者那样一种太阳能形式可资利用。然而，问题在于：太阳能的供应无论是时间上还是地域上并不连续。从现在的观点看来，只有通过可存储的和可运输的化学太阳二级能量载体，比如氢，才能解决问题。

这样一来，日渐枯竭的碳氢化合物则完全不需再面对走向穷途末路的境况，能量应用上可以不再供应这种不可再生能源。碳氢化合物不可再生能源将在枯竭度上更进一步：把剩下的保留下来，作为化学工业的原料。

1.3.2 能量供应

气象相关的能量供应：光伏发电、风力和水力发电的使用，需高度地既基于时间上的供应特征又基于地域的分配来加以区别对待。这一点也适用于与地热供应相互间作一比较。

因此，对于时间上的可再生能源供应变量而言，在个别时间段也应予以考虑。鉴于这个原因，为了经济因素的分析，源于太阳、风、和水力以及地热的可再生能源供应必须依一天的过程，一个月的经过，或一年的经历仔细予以分析评估。