

# 农村可再生能源发展战略 ——基于湘西山区的实证研究

高文化 著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

# 农村可再生能源发展战略

## ——基于湘西山区的实证研究

高文化 著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书基于湘西山区的实证研究,系统分析了国内外可再生能源发展背景及现状,遵循可再生能源发展理论,创新研究方法,定性定量综合评价了湘西山区农村发展可再生能源的资源背景,并取得一些发展农村可再生能源的研究结论。

全书由理论基础、资源评价、定性定量技术分析、实证案例分析及战略思路规划等框架组成。理论基础为湘西山区农村可再生能源发展战略提供支撑;资源评价为湘西山区农村发展可再生能源增强可行性;定性定量技术分析明确了发展可再生能源的优势、劣势及机会威胁所在,并优化了发展方案和目标;案例分析佐证了发展战略,提出了湘西山区农村发展可再生能源的思路、目标、重点、布局及措施等。

本书立足理论与实践对接,具有针对性和科学性,对湘西山区乃至全国农村发展可再生能源具有指导意义,可供可再生能源发展、经济和自然资源等部门的科研、教学、管理及决策人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

农村可再生能源发展战略:基于湘西山区的实证研究 / 高文化著. — 北京:中国水利水电出版社, 2013. 4  
ISBN 978-7-5170-0848-4

I. ①农… II. ①高… III. ①农村—再生能源—能源战略—研究—湘西地区 IV. ①S210.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第087543号

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 农村可再生能源发展战略<br>——基于湘西山区的实证研究                                                                                                  |
| 作 者  | 高文化 著                                                                                                                         |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                  |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                               |
| 印 刷  | 北京纪元彩艺印刷有限公司                                                                                                                  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 14.5印张 276千字                                                                                                 |
| 版 次  | 2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷                                                                                                       |
| 印 数  | 001—820册                                                                                                                      |
| 定 价  | 48.00元                                                                                                                        |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

---

# 序

---

## Foreword

300 万年的人类历史，始终依赖着地球生物圈给人类提供能量支持；一万年的人类文明，钻木取火所带来的人类生活质量和生活条件改善，使人类更加依赖于自然所赋予的能量资源；三百年的工业文明，带来了科学技术的突飞猛进，也使人类进入一个崭新的时代，同时对能源的依赖性不断增强。工业革命带来的机器时代，绿色革命带来的农业丰收，信息革命带来的生活方式变更，人类在受益，与此同时，由于能源消费总量的不断增加，自然却背负着越来越重的负担。

1962 年，美国生物学家卡尔逊（Carson）《寂静的春天》一书的出版，展现了由于杀虫剂污染带来的严重后果，揭示了污染对生态系统的影响，提出了人类环境中的生态破坏问题，引起了广泛的注意。1972 年巴巴拉·沃德（Barbara Ward）和雷内·杜博斯（Rene Dubos）主编《只有一个地球》（*Only One Earth: the care and maintenance of a small planet*）轰动一时，它不仅从整个地球的前途出发，而且也从社会、经济和政治的角度来探讨人类所面临的环境污染、食物短缺、能源紧张、资源衰竭等重大问题。1972 年 6 月 5—16 日，联合国在瑞典斯德哥尔摩召开了“人类环境会议”，通过了《人类环境会议宣言》，呼吁世界各国政府和人民共同努力，保护人类生存的地球环境。1992 年在巴西里约热内卢，联合国又一次召开“环境与发展大会”，世界各国政府首脑一起讨论环境与发展问题，提出了“可持续发展”新概念，使环境保护和生态治理进入一个崭新的历史时期。

人类的生产、生活活动离不开能源，但历史证明，大量使用化石能源不仅需要面对能源枯竭的现实问题，更应统筹考虑化石能源给地球带来的负面影响。工业革命将人类推向了机器时代，同时也开始大量使用化石能源，地球耗费 45 亿年的积累，在短短的几百年之内被急

剧消耗，同时产生了温室效应、臭氧层破坏、酸雨危害和环境污染等全球性严重后果，已引起了全人类的警醒。然而，人类生活质量的提高，不得不依赖能源消费总量的不断增加，从而使提高人民生活水平与保护地球环境成为尖锐矛盾，这一矛盾的缓解策略之一，就是积极发展可再生能源。

可再生能源具有自我恢复特征，是可持续利用的一次能源，是可以不断再生、永续利用的能源，具有取之不尽，用之不竭的特点。同时，可再生能源对环境无害或危害极小，资源分布广泛，适宜就地开发利用。因此，积极开发可再生能源成为世界各国的重大能源策略。

我的学生高文化博士长期在湘西山区工作，对农村可再生能源的开发利用积累了扎实的实践经验，其博士论文《湘西山区农村可再生能源发展战略研究》获得了外围评审专家和答辩委员会的高度评价。取得博士学位以后，高文化同志继续深化其研究工作，在博士论文的基础上完成了这本著作，再次阅读，感觉增加了不少新的内容，研究工作也得到了进一步的拓展，是指导农村可再生能源发展宏观研究的一本好书，所以欣然作序。

湖南农业大学校长



2013年3月

# 前言

## Preface

能源是经济社会发展不可或缺的要素和基础，能源可持续利用是经济社会可持续发展的根本前提，也是生态文明建设的先决条件，发展可再生能源是生态文明建设的重要内容。经济持续健康发展，人民生活水平全面提高，资源节约型、环境友好型社会（以下简称“两型社会”）建设，特别是美丽中国建设都必须有可持续供给的能源作为支撑。目前，我国能源安全、生态安全和环境问题十分突出。党的十八大把生态文明建设纳入了中国特色社会主义事业“五位一体”总体市场，并将“科学发展和加快转变经济发展方式”作为主题和主线，加快生态文明建设，转变发展方式，调整经济结构，必须优先调整降低能源消耗，必须加快发展安全可靠清洁的可再生能源。

农村是我国经济社会发展最薄弱区域，能源基础设施相对滞后，农村既是能源消费场所，又是能源生产基地，至今全国尚有上千万农民居住地未通电，其生活能源仍主要依靠秸秆、薪柴等生物质直接燃烧传统方式获取，农村丰富的能源资源未能转换成清洁的生活用能和商品能源。随着《中华人民共和国可再生能源法》（修订案）于2010年4月1日实施，我国可再生能源产业步入了健康发展快车道。有序开发利用农村禀赋的可再生能源资源，农村能源短缺问题可迎刃而解。随着农村本土优势可再生能源资源转化为能源步伐加快，农村生物质能、太阳能、风能、微水能、水能、地热能等可再生能源利用率和覆盖率大幅度提高，农村能源供给将趋于多样化、多元化、产业化，有助于缓解国家能源压力。党的十八大决定：大力推进生态文明建设，推进绿色发展、循环发展、低碳发展，加强节能降耗，支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展，确保国家能源安全；加大统筹城乡发展力度，让广大农民平等参与现代化进程，共同分享现代化

成果,深入推进新农村建设和扶贫开发。这将给可再生能源在农村,尤其是革命老区、少数民族地区、边疆地区、贫困地区发展产生重大的积极作用。湖南省湘西土家族苗族自治州(以下简称湘西州)作为国务院首个启动的武陵山片区区域发展与扶贫攻坚试点的核心区域,需要将可再生能源开发利用作为落实科学发展观、建设“两型”社会,实现区域发展和扶贫攻坚的基本要求,保护环境,建设美丽湘西的重要措施及新的经济增长领域,加大资金、技术、政策等投入,加快推进可再生能源产业的发展壮大,尽快解决偏远山区农村生产生活用电用能问题,不断改善农村生态环境,发展特色产业,增加农民收入,促进湘西山区农村经济社会可持续发展。发展可再生能源对新农村建设和扶贫攻坚具有战略意义。撰写本书也是为农村生态文明建设服务。

所谓可再生能源是指自然界中可以不断再生、循环利用的能源,是具有自我恢复原有特性,并可持续利用的一次能源,其资源分布广泛,适宜就地开发利用,为影响危害环境较少的清洁能源,主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能 and 海洋能等,其与新能源有着区别联系。所谓新能源是指传统能源之外的各种能源形式,即指处于开发利用初期或正在研究推广的能源,如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能、核能、页岩气等。水能是可再生能源、清洁能源、常规能源、一次能源。本书将对湘西山区农村可再生能源进行阐述和评价。

本书共包括七部分:绪论;生态经济理论、可持续发展论与可再生能源持续发展战略、非均衡发展论与可再生能源差异化发展战略、协同论与可再生能源协同发展战略、农村科技传播理论等理论基础;湘西山区农村生物质能、水能、地热能、太阳能、风能等资源背景;湘西山区农村可再生能源发展的优势、劣势、机会、威胁等SWOT分析;湘西山区农村可再生能源发展战略目标及其模糊综合评判、影响因素特征分析预测应用等研究;湘西山区农村水能资源开发、代燃料试点项目及可再生能源发展案例集锦等实证案例分析;湘西山区农村可再生能源发展基本战略思路、主要战略措施、技术路线、战略布局等战略规划。本书增强了湘西山区农村可再生能源发展战略的科学性和针对性,对湘西山区乃至全国农村发展可再生能源具有参考价值和现实意义。

在本书撰写中，得到了湖南农业大学等部门专家教授的关心和支持。首先，得到了周清明、庞道沐两位导师及李燕凌、高志强教授的悉心指导和亲切关怀，从选题、文献综述、材料综合到撰写每个环节都得到导师精心指点；本书初稿形成后，导师又亲自对其进行了系统全面和严谨认真的审阅修改。其次，得到了湖南农业大学符少辉、应若平、刘志成、胡德勇、丁彦、张胜利等老师的大力帮助。此外，还得到了中国地质科学院矿产资源研究所博士生导师肖克炎、李楠博士，吉林大学博士生导师杨毅军，中国水利报社王健康，中国水利水电出版社陈东明、王志媛、王艺、刘巍、王鹏，湖南农业大学人文科技学院邝小军等老师，湘西州水利局向曦、田军、于湘龙、田儒东、张先满、刘祖国、彭继华、田开文、饶碧娟、刘小中、鲁明星，湘西州国土资源局李生岩，湘西州林业局武鸿升，湘西州能源办李龙生，古丈县政府办宋友富，古丈县能源局文俊，凤凰县政协周良勇，龙山县水利局陈昌武，湘西州金帆印务有限公司姚丁富、杨吉辉等专家的大力支持和帮助。在此，对为本书提供支持的单位和个人以及所有参考文献的作者，一并深表谢意！

由于作者水平有限，书中难免会存在不足之处，敬请读者批评指正。

作者

2013年3月17日

于湖南湘西土家族苗族自治州·吉首

---

# 目 录

---

## Contents

序

前言

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 绪论                  | 1  |
| 第一节 可再生能源概述             | 2  |
| 一、自然资源及其分类              | 2  |
| 二、能源与可再生能源              | 3  |
| 三、发展可再生能源的意义            | 5  |
| 第二节 可再生能源开发利用的发展动态      | 9  |
| 一、可再生能源开发利用的技术动态        | 9  |
| 二、发展可再生能源的公共政策综述        | 21 |
| 三、可再生能源发展的战略研究综述        | 24 |
| 第二章 可再生能源发展的理论基础        | 29 |
| 第一节 生态经济理论              | 30 |
| 一、系统与系统研究方法             | 30 |
| 二、生态系统及其分类              | 36 |
| 三、生态经济复合系统理论            | 39 |
| 第二节 可持续发展论与可再生能源可持续发展战略 | 48 |
| 一、可持续发展的基本理论            | 49 |
| 二、可持续发展的基本原则            | 50 |
| 三、可持续发展理论的三维模型          | 51 |
| 四、可持续发展论的基本内涵           | 52 |
| 五、可再生能源可持续发展战略          | 52 |
| 第三节 非均衡发展论与可再生能源差异化发展战略 | 55 |
| 一、邓小平理论与非均衡发展战略         | 55 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 二、非均衡发展论的发展经济学理论背景 .....     | 57 |
| 三、非均衡发展论的基本内涵 .....          | 58 |
| 四、可再生能源差异化发展战略 .....         | 59 |
| 第四节 协同论与可再生能源协同发展战略 .....    | 61 |
| 一、协同论 .....                  | 61 |
| 二、能源发展基本规律 .....             | 62 |
| 三、可再生能源协同发展战略 .....          | 62 |
| 第五节 农村科技传播理论 .....           | 64 |
| 一、科技创新动力理论 .....             | 64 |
| 二、科技创新形成理论 .....             | 65 |
| 三、创新思维与 TRIZ 理论 .....        | 66 |
| 四、S 形扩散曲线增长理论 .....          | 67 |
| 五、农业科技成果供求理论 .....           | 68 |
| 六、双向沟通理论 .....               | 69 |
| 七、技术转移理论 .....               | 69 |
| 八、农户经济理性假设 .....             | 70 |
| 九、农业踏板理论 .....               | 71 |
| 十、农民学习行为 KASA 模式 .....       | 71 |
| 第三章 湘西山区农村可再生能源发展的资源背景 ..... | 73 |
| 第一节 湘西山区农村生物质能资源条件 .....     | 74 |
| 一、生物质原料资源的研究方法 .....         | 74 |
| 二、生物质能利用的主要产品及技术 .....       | 75 |
| 三、有机废弃物资源 .....              | 76 |
| 四、主要生物质能源的特色植物资源 .....       | 81 |
| 五、生物质能资源潜力及其评估分析 .....       | 86 |
| 第二节 湘西山区农村水能资源条件 .....       | 89 |
| 一、水能资源蕴藏量 .....              | 89 |
| 二、水能资源特点 .....               | 89 |
| 三、农村水电资源丰富 .....             | 90 |
| 四、水能资源评价分析 .....             | 91 |
| 第三节 湘西山区农村地热能资源条件 .....      | 91 |
| 一、地热资源分布 .....               | 91 |
| 二、地热资源利用价值 .....             | 93 |

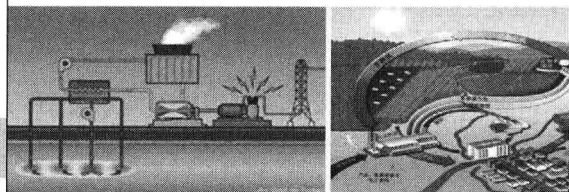
|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第四节 湘西山区农村太阳能资源条件 .....              | 94  |
| 一、太阳辐射能资源 .....                      | 94  |
| 二、太阳能资源开发的经济性 .....                  | 95  |
| 三、太阳能开发利用的前景分析 .....                 | 95  |
| 第五节 湘西山区农村风能资源条件 .....               | 96  |
| 一、风能储量及其分布 .....                     | 96  |
| 二、风能资源开发的经济性 .....                   | 97  |
| 第四章 湘西山区农村可再生能源发展的 SWOT 分析 .....     | 99  |
| 第一节 湘西山区农村可再生能源发展的优势分析 .....         | 100 |
| 一、湘西山区农村发展可再生能源具有广阔的市场前景 .....       | 100 |
| 二、湘西山区农村发展可再生能源具有明显的比较优势 .....       | 102 |
| 第二节 湘西山区农村可再生能源发展的劣势分析 .....         | 103 |
| 一、资源评估工作滞后和资源评估等级偏低 .....            | 103 |
| 二、经济欠发达地区所固有的“先天不足” .....            | 105 |
| 三、经济欠发达地区历史形成的“后劲不足” .....           | 107 |
| 四、发展可再生能源的机制和体制保障缺失 .....            | 110 |
| 第三节 发展可再生能源的机会分析 .....               | 112 |
| 一、宏观环境良好 .....                       | 112 |
| 二、公共政策支持不断升温 .....                   | 114 |
| 三、技术研发和装备水平日趋成熟 .....                | 117 |
| 第四节 发展可再生能源的威胁分析 .....               | 118 |
| 一、发展可再生能源的支撑条件缺失 .....               | 118 |
| 二、发展可再生能源的技术受到制约 .....               | 120 |
| 第五章 湘西山区农村可再生能源发展战略目标研究 .....        | 125 |
| 第一节 湘西山区农村可再生能源发展战略目标研究 .....        | 126 |
| 一、总体战略目标研究 .....                     | 126 |
| 二、可再生能源热利用战略目标 .....                 | 129 |
| 三、可再生能源发电战略目标 .....                  | 133 |
| 四、生物质汽车交通燃料发展战略目标 .....              | 138 |
| 第二节 湘西山区农村可再生能源发展战略目标的模糊综合评判研究 ..... | 139 |
| 一、研究模型与分析方法 .....                    | 140 |
| 二、步骤设定与变量选择 .....                    | 143 |
| 三、模型模拟及检验结果 .....                    | 146 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 四、结果说明 .....                         | 149 |
| 第三节 湘西山区农村可再生能源发展影响因素的特征分析预测应用 ..... | 149 |
| 一、模型构建与分析方法 .....                    | 150 |
| 二、变量选择 .....                         | 153 |
| 三、数据描述与模拟试验 .....                    | 155 |
| 四、实证检验与结果分析 .....                    | 156 |
| 五、结果说明 .....                         | 157 |
| 第六章 可再生能源发展实证案例分析 .....              | 159 |
| 第一节 古丈县农村沼气技术推广应用实证案例 .....          | 160 |
| 一、古丈县农村沼气技术推广应用调研成果 .....            | 160 |
| 二、当前农村沼气应用发展中的约束要素分析 .....           | 163 |
| 三、加快农村沼气发展的建议 .....                  | 166 |
| 第二节 湘西州农村水能资源开发及代燃料试点项目案例 .....      | 170 |
| 一、湘西州农村水能资源开发典型案例 .....              | 170 |
| 二、湘西州凤凰官庄小水电代燃料试点项目案例 .....          | 174 |
| 三、南京爱德基金会援建古丈县微水电项目案例 .....          | 176 |
| 第三节 可再生能源发展案例集锦 .....                | 177 |
| 一、湘西州现代烟草太阳能——温室大棚技术应用实证案例 .....     | 177 |
| 二、2010 年中国上海世博会可再生能源实证案例 .....       | 178 |
| 三、丹麦萨姆索 (Samsø) 岛“风电农民”实证案例 .....    | 179 |
| 第七章 湘西山区农村可再生能源发展战略规划 .....          | 181 |
| 第一节 基本战略思路 .....                     | 182 |
| 一、指导思想 .....                         | 182 |
| 二、战略目标 .....                         | 182 |
| 三、战略思路 .....                         | 183 |
| 四、战略重点 .....                         | 184 |
| 第二节 主要战略措施 .....                     | 187 |
| 一、加大资源评估力度,科学规划产业体系 .....            | 187 |
| 二、用足用活公共政策,积极改善运营环境 .....            | 188 |
| 三、调整能源消费结构,优化配置市场要素 .....            | 191 |
| 四、着力规范行业行为,强化技术推广服务 .....            | 192 |
| 五、积极引进专业人才,提高农民综合素质 .....            | 193 |
| 六、统筹兼顾夯实基础,多措并举整体推进 .....            | 195 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第三节 湘西山区农村可再生能源发展技术路线····· | 199 |
| 一、可再生能源热利用技术路线 ·····       | 199 |
| 二、可再生能源发电技术路线 ·····        | 201 |
| 三、生物质汽车交通燃料开发技术路线 ·····    | 205 |
| 四、可再生能源开发利用基本技术要领 ·····    | 206 |
| 第四节 湘西山区农村可再生能源发展战略布局····· | 208 |
| 一、战略布局的总体思路 ·····          | 208 |
| 二、战略布局的分区实施策略 ·····        | 210 |
| 参考文献 ·····                 | 215 |

## 第一章

# 绪论



第一节 可再生能源概述

第二节 可再生能源开发利用的发展动态



## 第一节 可再生能源概述

### 一、自然资源及其分类

自然资源是指自然界所赋予的，人类的生产、生活活动所依赖的各种形式的物质、能量的总和。自然资源是直接来源于自然界的资源，可进一步分为可更新资源和不可更新资源（表1-1）。

表 1-1 自然 资源 及其 分类

|        |            |                        |
|--------|------------|------------------------|
| 可更新资源  | 与地球起源有关的资源 | 太阳能、风能、潮汐能、水资源、大气和气候资源 |
|        | 与生物过程有关的资源 | 种质资源、土地肥力资源、森林、草场、渔业资源 |
| 不可更新资源 | 可回收资源      | 金属矿产资源、其他非能源矿产资源       |
|        | 不可回收资源     | 石油、煤、天然气、油页岩等化石能源      |

#### 1. 可更新资源

可更新资源是指能连续不断地或周期性地被产生、补充和更新的自然资源，包括生物资源、气候资源、土地资源、水资源等。生物资源由各种动物、植物、微生物构成，是农业生产的对象。森林树木、草原牧草、农田作物、土壤微生物以及陆地上、水体中的各种动物，在正常情况下，都能通过生长、发育、繁殖得以不断更新。在合理的培育管理下，生物资源不仅在数量上可以更新，在质量上也可以更新。气候资源由光、热、降水、大气等因素构成。气候资源虽然在季节之间分配不匀，在年际之间也有变化，但都可以年复一年地不断供给。土地资源由地貌、土壤、植被等因素构成。水资源包括地面水和地下水，是在地球上不断循环运动中得到更新的资源。地表水更新快，地下水更新缓慢，因而地下水资源属于难更新资源。

#### 2. 不可更新资源

不可更新资源是指缺乏补充和更新能力，或者其补充和更新周期相对人类经济活动来说时间太长的自然资源，包括金属矿产资源、非金属矿产资源和燃料矿产资源（煤、石油、天然气）等。矿产资源是在漫长的地质过程中形成的，地质过程进行得十分缓慢，以致补给的速度与消耗的速度相比，前者缓慢得多，因此不可更新资源是有限的。矿产资源的大量消耗，必然会使人类面临资源逐渐减少以至消失的威胁。因此，对不可更新资源的利用要强调有效利用和节约使用。

## 二、能源与可再生能源

### (一) 能源

我国的《能源百科全书》说：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉。确切而简单地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

能源 (Energy Source) 也称能量资源或能源资源，是指可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可做功的物质的统称，是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源，以及其他新能源和可再生能源。能源为人类的生产和生活提供各种能力和动力的物质资源，是国民经济的重要物质基础，未来国家命运取决于能源的掌控。

能源种类繁多，而且经过人类不断的开发与研究，更多新型能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式，能源也可分为不同的类型。主要有以下7种分法。

(1) 按来源分为3类：一是来自地球外部天体的能源（主要是太阳能）。除直接的太阳辐射能外，还为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础，可见人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由古代埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的，实质上是由古代生物固定下来的太阳能。此外，水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换来的。二是地球本身蕴藏的能量。通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源，如原子核能、地热能等。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。三是地球和其他天体相互作用而产生的能量，如潮汐能。

(2) 按能源的产生方式分为一次能源和二次能源。前者即天然能源，指在自然界现成存在的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、生物质能等；后者指由一次能源加工转换而成的能源产品，如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。其中，一次能源又分为可再生能源（水能、风能及生物质能）和非再生能源（煤炭、石油、天然气、油页岩等）。

(3) 按能源性质分为燃料型能源（煤炭、石油、天然气、泥炭、木材）和非燃料型能源（水能、风能、地热能、海洋能）。人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的，最早的燃料是木材，以后才逐步学习使用其他各类能源，为生产、生活活动提供多样化的能源基础。





(4) 按能源消耗后是否造成环境污染可分为污染型能源和清洁型能源。污染型能源包括煤炭、石油等, 清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。

(5) 按能源使用的类型, 又可分为常规能源和新型能源。利用技术上成熟, 使用比较普遍的能源叫做常规能源, 通常认为一次能源中的可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源属于常规能源。近代人类社会开始利用或正在着手开发利用的能源叫做新型能源, 这是相对于常规能源而言的, 包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能、氢能以及用于核能发电的核燃料等。

(6) 按能源的形态特征, 世界能源委员会推荐的能源类型分为固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。

(7) 按是否进入能源市场作为销售, 可以分为商品能源和非商品能源。凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余(秸秆等)。

## (二) 可再生能源

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用的能源, 具有取之不尽、用之不竭的特点, 主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。可再生能源对环境无害或危害极小, 而且资源分布广泛, 适宜就地开发利用。相对于可能穷尽的化石能源来说, 可再生能源在自然界中可以循环再生。可再生能源属于能源开发利用过程中的一次能源。

可再生能源具有自我恢复特征, 是可持续利用的一次能源。随着世界石油能源危机的出现, 人们越来越清楚地认识到可再生能源的重要性。大部分的可再生能源其实都是太阳能的储存。人类历史进程中长期依赖的能源都是可再生能源, 如薪柴、秸秆等属于生物质能源, 另外还有水力、风力等, 这些能源大部分都来自太阳能的转化。

(1) 地热能。地热能是指来自地球内部的热能资源。人类生活的地球是一个巨大的热库, 仅地下10km厚的一层, 储热量就达 $1.05 \times 10^{26} \text{J}$ , 相当于 $3.58 \times 10^{15} \text{t}$ 标准煤所释放的热量。地热能是在其演化进程中储存下来的, 是独立于太阳能的地球自身的自然能源, 它不受天气状况等条件因素的影响, 未来的发展潜力也相当大。

(2) 水能。水能是通过运用水的势能和动能转换成机械能或电能等形式, 从而被人们利用的能源资源。目前, 水能的利用方式主要是水力发电, 其优点是成本低、可连续再生、无污染, 缺点是受水资源分布、气候条件、地形地貌等自然条件的限制较大。