



可再生能源 **离网** 发电
实用技术问答丛书



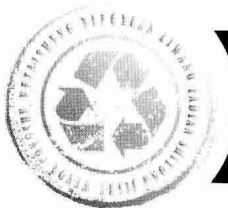
生物质 发电

SHENGWUZHI FADIAN

田宜水 主编



化学工业出版社



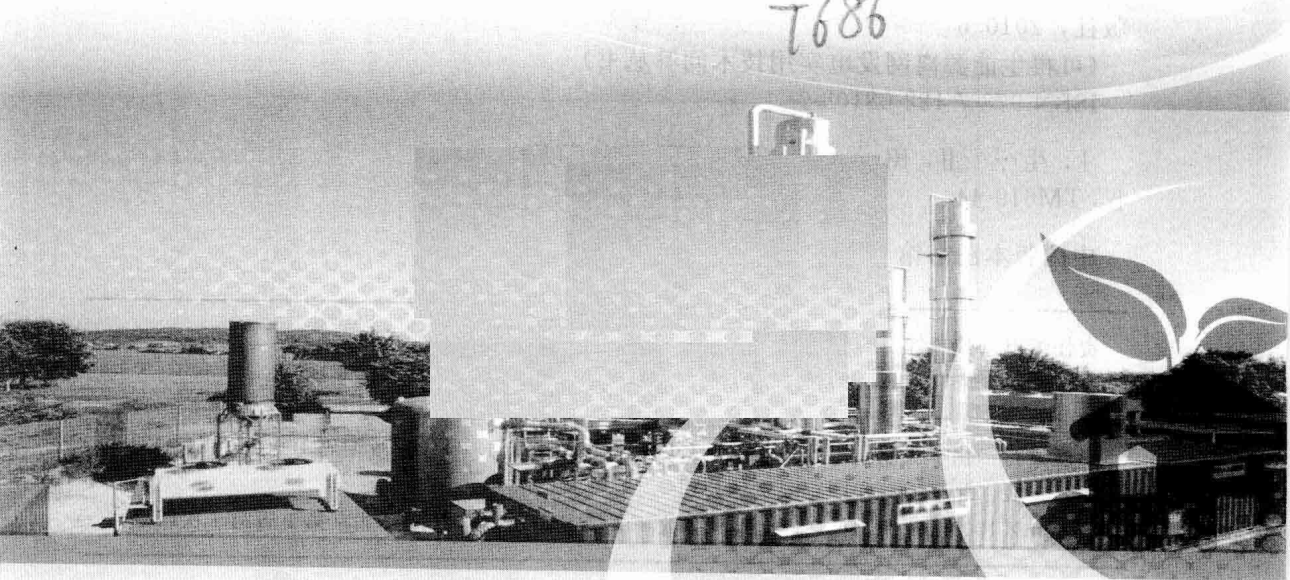
可再生能源 离网 发电
实用技术问答丛书

生物质 发电

SHENGWUZHIFADIAN

田宜水 主编

TM619
T686



化学工业出版社

· 北京 ·

开发清洁的可再生能源已成为中国能源领域的一个紧迫课题, 生物质能具有可再生和环境友好等双重属性, 生物质发电是生物质能开发利用的主要方向之一。本书采用问答的形式, 全面、系统地介绍了各类生物质发电技术的基本原理、资源调查、工艺设计、设备选型、运行管理以及相关政策等内容。本书适合从事生物质发电的工程技术人员阅读, 同时也可作为大专院校有关专业的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物质发电/田宜水主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.6

(可再生资源离网发电实用技术问答丛书)

ISBN 978-7-122-08108-7

I. 生… II. 田… III. 生物能源-发电-问答
IV. TM619-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 054184 号

责任编辑: 戴燕红

文字编辑: 刘砚哲

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 15 字数 307 千字 2010 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究



中国拥有丰富的可再生能源资源，初步估计可商业利用的风能超过 1000GW，包括 250GW 近海风资源和 750GW 的内陆风资源；全国 2/3 疆土的年平均日照时间超过 2000 小时，等价于 1700 亿吨/年的标煤；小水电资源约为 76GW；每年的生物质能约等值于 3 亿吨标煤；以及约 6.7GW 可用于发电的地热能。

中国拥有世界上最多的人口，近年来经济快速增长。但是中国目前的能源结构主要依赖燃煤发电，从而对环境产生了许多负面影响，特别是对空气和水资源的污染。国际能源机构（IEA）曾预测从 2005 年到 2030 年中国新增加的温室气体排放（42%）将和世界上其他国家排放总量（不包括印度，44%）相当。中国在 2007 年会取代美国成为世界上最大的温室气体排放国家。这一问题已经引起中国政府的高度关注。发展可再生能源技术是减少温室气体排放和改善环境的有效措施之一，为此中国政府于 2007 年 8 月颁布了《可再生能源中长期发展规划》，制定了非常具体的发展可再生能源和减排的目标。

可再生能源主要包括风能、太阳能、水能和生物质能。可再生能源发电技术的应用，既包括大型的发电场，如我国已经大规模发展的并网风力发电场、正在发展的太阳能并网发电场，也包括独立运行的用于西部无电地区电力建设的集中供电系统（村落电站）和户用系统；既包括用于电网无法覆盖的无电村落或用户的供电，也包括其他各种工业应用，如移动通信基站、边远地区高速公路/铁路、森林防火等的监测站、部队边防哨所、航标灯等的供电服务；既包括风能太阳能技术，也包括微小水电以及生物质能发电技术。

多年来，在我国各级政府的努力下，我国的无电人口已经从 2000 年的 5% 左右减少到不足 1%，约 1147 万，取得了举世瞩目的成就。但是，不容忽视的是，这些尚未解决用电问题的人口主要分布在西北地区和孤立海岛，经济欠发达，交通不便利，生产性负载小，延伸电网的经济性非常差，甚至不可能。另外，我国还有大量的边防哨所，移动通信基站等，远离电网，迫切需要提供稳定可靠的电力供应。可再生能源独立电站为满足这些需求提供了现实的可行性。

可再生能源是一个崭新的能源技术，在我国发展时间不长，尤其是可再生能源离网独立发电，从设计人员到实际操作人员，都有许多亟须解决的实用技术问题。出于这一目的，有关专家编写了这一套可再生能源离网独立发电实用技术问答丛书，用深入浅出的方式解答了大量在推广使用可再生能源独立电站过程中的技术问题。相信本书的出版将有助于推动我国可再生能源独立电站的规模化发展！

国务院参事

中国可再生能源学会理事长

2009 年 5 月

前言



能源是人类赖以生存的物质基础，是国民经济的基本支撑。我国是能源消费大国，2008年能源消费总量28.5亿吨标准煤。能源供应主要依靠煤炭、石油和天然气等化石能源，而化石能源资源的有限性及其开发利用过程对环境生态造成的巨大压力，严重制约着经济社会的可持续发展。在这种形势下，开发清洁的可再生能源已成为中国能源领域的一个紧迫课题。

生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式，以生物质为载体的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用，可转化为常规的固态、液态和气态燃料，取之不尽、用之不竭，是一种可再生能源。我国具有丰富的生物质能资源，据专家测算，我国生物质能理论资源量相当于50亿吨标准煤，大约是目前前年能源消费总量的1.5倍，发展潜力巨大。生物质发电是将生物质转化为可利用的能源形式，然后再转化为电能的一种技术，主要包括生物质燃烧发电、生物质气发电和沼气发电等形式，是生物质能开发利用的主要方向之一。

自2006年1月我国《可再生能源法》生效以来，国家相继出台了《可再生能源产业发展指导目录》、《可再生能源发电有关管理规定》、《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》、《可再生能源电价附加收入调配暂行办法》、《关于公布资源综合利用企业所得税优惠目录（2008年版）的通知》、《关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知等政策措施》等，规定了可再生能源发电上网、固定电价和费用分摊、税收减免等政策措施，有力地促进了我国生物质能产业的发展。

在国家政策带动下，我国生物质发电装机容量和发电量逐年增长。据不完全统计，截至2008年底，全国已建成投产的生物质直燃发电项目40多个，分布在山东、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、江苏、河南和新疆等省、自治区，总装机容量约82万千瓦。已建成农业废弃物沼气工程3.95万处，年产沼气5.3亿立方米，其中大中型沼气发电工程已达100余座，年发电量可达2亿度。

国家《可再生能源中长期发展规划》提出，2020年，生物质发电总装机容量达到3000万千瓦。为适应我国生物质发电产业的快速发展形式，本书采用问答的形式，全面、系统地介绍了各类生物质发电技术的基本原理、资源调查、工艺设计、设备选型、运行管理以及相关政策等内容。本书适合从事生物质发电的工程技术人員阅读，同时也可作为大专院校有关专业的参考资料。

参与本书编写的有田宜水、王飞、孟海波、董保成、董长青等，其中全书由田宜水负责统稿。由于作者水平有限，书中难免会有疏漏、欠妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录



第 1 章 生物质能发电技术基础	1
1. 什么是能源?	1
2. 能源是如何分类的?	1
3. 可再生能源有几种形式?	2
4. 什么是光合作用?	4
5. 什么是生物质?	5
6. 什么是生物质能?	6
7. 生物质能具有哪些优点?	6
8. 生物质能转化利用技术有几种形式?	6
9. 生物质能有什么缺点?	8
10. 目前我国生物质能利用现状如何?	8
11. 国外生物质能利用现状如何?	9
12. 什么是离网式发电?	10
13. 什么是分布式发电?	10
14. 分布式发电是如何分类的?	11
15. 分布式发电技术有几种类型?	11
16. 分布式发电有几种运行方式?	14
17. 分布式发电对配电网有什么影响?	14
18. 我国促进生物质能发电的产业政策有哪些?	15
第 2 章 生物质能资源	18
19. 生物质能分为几大类?	18
20. 什么是农业生物质能资源?	18
21. 我国农作物秸秆年产量有多少?	18
22. 我国农作物秸秆资源主要用途是什么?	19
23. 我国农作物秸秆资源变化趋势是什么?	20
24. 我国农产品加工业剩余物资源量有多少?	20
25. 什么是林业生物质能资源?	21
26. 我国林业“三剩物”年产量有多少?	21
27. 我国灌木林年产生生物质能资源数量有多少?	23
28. 我国灌木林有几种品种?	23
29. 什么是生活污水和工业有机废水?	24
30. 我国有几种典型的工业有机废水?	24
31. 什么是畜禽粪便?	24

32. 我国的畜禽粪便资源量有多少?	25
33. 规模化畜禽养殖业的主要环境污染问题有哪些?	25
34. 什么是城市固体废物?	27
35. 固体废物对环境有什么影响?	28
36. 什么是能源作物?	29
37. 适合于发电的能源作物有几种?	29
第3章 生物质燃料的物理化学特性	31
38. 什么是生物质燃料?	31
39. 什么是元素分析?	31
40. 什么是工业分析?	32
41. 什么是热值?	33
42. 什么是堆积密度?	33
43. 什么是灰分熔点?	33
44. 生物质燃料特性对燃烧过程有何影响?	34
45. 生物质燃料的形态对燃烧有什么影响?	35
46. 含水量对燃烧有什么影响?	35
47. C、H、O对燃烧有什么影响?	35
48. 挥发分对燃烧有什么影响?	35
49. 成灰元素对燃烧有什么影响?	36
50. 重金属对燃烧有什么影响?	36
第4章 农林生物质的收集、储藏和预处理技术	38
51. 生物质燃料供应与预处理的目的是什么?	38
52. 农作物秸秆为什么要进行收集?	39
53. 秸秆收集有几种模式?	39
54. 农作物秸秆如何进行打捆处理?	40
55. 为什么要对生物质原料进行粉碎处理?	41
56. 原料粉碎的原理是什么?	41
57. 生物质粉碎的工艺流程有几种?	42
58. 什么是一次粉碎工艺?	42
59. 什么是二次粉碎工艺?	43
60. 什么是锤片式粉碎机?	43
61. 锤片式粉碎机有几种规格?	44
62. 如何评定粉碎机?	45
63. 如何选用粉碎机?	45
64. 生物质原料的输送设备有几种?	46
65. 气流输送设备有几种,各具什么特点?	46
66. 螺旋输送设备是如何工作的?	48
67. 胶带输送设备是如何工作的?	49

68. 刮板输送设备是如何工作的?	50
69. 生物质的干燥机理与特性是什么?	52
70. 如何对生物质进行干燥?	53
71. 什么是回转圆筒式干燥机?	54
72. 什么是立式气流干燥机?	55
73. 什么是流化床干燥装置?	55
74. 什么是厢式干燥器?	55
75. 什么是板式高效射流烘干机?	56
76. 什么是生物质固体成型燃料技术?	56
77. 生物质固体成型燃料技术发展历程?	57
78. 生物质固体成型原理是什么?	58
79. 生物质固体成型燃料技术工艺类型有几种?	60
80. 生物质固体成型工艺流程的设计原则是什么?	61
81. 颗粒燃料系统工艺流程包括哪几个部分?	62
82. 生物质固体成型燃料技术对原料有什么要求?	63
83. 生物质固体成型工艺参数有什么要求?	64
84. 模压颗粒成型机是如何工作的?	65
85. 模压颗粒成型机成型条件有哪些?	67
86. 模压颗粒成型机有哪些主要工作部件?	68
87. 如何使用和维护模压颗粒成型机?	69
88. 螺旋挤压式成型机是如何工作的?	72
89. 螺旋挤压式成型机成型条件有哪些?	73
90. 螺旋挤压式成型机主要工作部件有哪些?	74
91. 如何使用和维护螺旋挤压式成型机?	74
92. 活塞冲压式成型机是如何工作的?	76
93. 活塞冲压式成型机成型条件是什么?	78
94. 活塞冲压式成型机主要工作部件有哪些?	78
95. 如何使用和维护活塞冲压式成型机?	79
96. 卷扭式成型机是如何工作的?	79
97. 生物质固体成型燃料的物理特性有哪些?	80
98. 生物质燃料如何储藏?	81
第5章 农林生物质直接燃烧发电技术	83
99. 生物质燃烧的基本过程包括什么?	83
100. 燃料充分燃烧必须具备哪三个条件?	84
101. 影响燃烧速度的因素有哪些?	85
102. 固体成型燃料是如何点火的?	85
103. 影响生物质固体成型燃料点火的主要因素有哪些?	86
104. 生物质固体成型燃料的燃烧过程有什么不同?	86

105. 生物质现代化燃烧技术有几种形式?	87
106. 层燃技术的工作原理是什么?	88
107. 层燃技术分为几种形式?	88
108. 什么是下饲式炉?	90
109. 什么是流化床技术?	91
110. 流化床的工作原理是什么?	91
111. 流化床有什么特点?	92
112. 什么是循环流化床?	93
113. 流化床是如何控制 SO ₂ 生成的?	94
114. 如何解决秸秆在流化床中引起结块问题?	95
115. 什么是悬浮燃烧技术?	95
116. 不同燃烧技术有什么区别?	95
117. 什么是烟气冷凝技术?	96
118. 生物质燃烧发电有几种形式?	98
119. 汽轮机发电技术原理是什么?	99
120. 什么是汽轮机?	100
121. 蒸汽机发电技术原理是什么?	103
122. 什么是蒸汽机?	104
123. 什么是螺旋式蒸汽机?	106
124. 什么是有机朗肯循环 (ORC)?	107
125. 发电机的工作原理是什么?	108
126. 发电机如何进行选型?	109
127. 什么是闭式气体涡轮机?	109
128. 什么是斯特林发动机发电技术?	110
129. 生物质燃烧发电主要污染物有哪些?	112
130. 生物质燃烧时的烟尘是如何生成的?	112
131. 如何控制烟尘的产生?	113
132. 什么是机械除尘器?	113
133. 什么是湿式除尘器?	114
134. 什么是过滤式除尘器?	117
135. 什么是电除尘器?	118
136. NO _x 的生成原理是什么?	119
137. 如何控制 NO _x 的生成?	120
第 6 章 农林生物质气化发电技术	121
138. 什么是生物质气化技术?	121
139. 气化是如何分类的?	121
140. 生物质气化的原理是什么?	123
141. 如何评定气化过程?	124
142. 生物质气化炉有几种?	124

143. 生物质固定床气化炉是如何工作的?	125
144. 流化床气化炉有几种类型?	127
145. 生物质燃气有何特性?	128
146. 生物质燃气为什么要净化?	132
147. 如何脱除生物质燃气中的焦油?	132
148. 如何处理生物质气化产生的废水?	133
149. 生物质燃气有几种用途?	136
150. 生物质气化发电技术有几种?	137
151. 我国生物质气化发电发展现状?	137
152. 内燃机气化发电系统是如何工作的?	138
153. 燃气轮机气化发电系统是如何工作的?	139
154. 什么是整体气化联合循环?	140
155. 什么是整体气化热空气循环?	141

第 7 章 沼气发电技术 **143**

156. 什么是沼气?	143
157. 什么是沼气发酵?	143
158. 沼气发酵原料有哪些?	144
159. 通过哪些途径可以获取沼气?	144
160. 如何评价沼气发酵原料的质量?	145
161. 如何表示和计算原料的产气量?	148
162. 什么是接种物?	149
163. 沼气发酵的原理是什么?	150
164. 沼气发酵的基本条件有哪些?	152
165. 温度对沼气发酵的影响?	152
166. 沼气发酵原料与产气速率及产气量的关系是什么?	152
167. 沼气发酵 pH 值有什么要求?	153
168. 影响沼气发酵负荷的主要因素是什么?	153
169. 沼气发酵对发酵原料的碳氮比有什么要求?	154
170. 沼气发酵时, 为什么需要搅拌?	155
171. 毒性化合物对沼气发酵有何影响?	155
172. 沼气发酵分为几种工艺类型?	156
173. 沼气工程工艺设计原则是什么?	158
174. 沼气工程工艺设计的主要内容包括哪几部分?	158
175. 什么是养殖场沼气工程?	158
176. 什么是秸秆沼气技术?	159
177. 什么是干发酵技术?	160
178. 沼气工程基本工艺流程包括哪些部分?	160
179. 能源环保型工艺的适用条件和特点是什么?	162

180. 能源生态型工艺的适用条件和特点是什么?	163
181. 什么是厌氧消化器(沼气池)?	164
182. 什么是厌氧反应器的容积负荷?	164
183. 什么是反应器的污泥负荷?	165
184. 什么是活性污泥和颗粒活性污泥?	165
185. 什么是厌氧反应器中污泥的比产甲烷活性?	166
186. 什么是厌氧发酵的水力停留时间(HRT)、污泥停留时间(SRT)和微生物滞留期(MRT)?	166
187. 厌氧消化器分为几种类型,各具什么特点?	167
188. 什么是常规消化反应器?	167
189. 什么是全混式反应器?	167
190. 两步厌氧池的适用条件及特点?	168
191. 什么是塞流式反应器?	169
192. 什么是厌氧接触工艺?	170
193. 什么是升流式厌氧污泥床(UASB)?	170
194. 什么是内循环厌氧反应器(IC)?	171
195. 什么是升流式固体反应器(USR)?	173
196. 什么是厌氧滤器(AF)?	173
197. 什么是厌氧流化床反应器(AFBR)和膨胀床反应器?	174
198. 什么是颗粒污泥膨胀床反应器(EGSB)?	175
199. 厌氧消化器工艺设计的关键是什么?	176
200. 厌氧消化器的容积如何确定?	176
201. 设计时厌氧消化器应注意哪几个问题?	177
202. 厌氧反应器设计关键参数如何确定?	177
203. 厌氧消化器搅拌的作用是什么?	178
204. 厌氧消化器搅拌有几种方式?	179
205. 三相分离器的设计要点及选用条件是什么?	180
206. 沼气的收集设施如何设计?	181
207. 沼气输送管道的设计?	181
208. 厌氧消化器排泥管道设计要点?	182
209. 厌氧消化器的建筑材料如何选择?	182
210. 沼气工程预处理系统设计主要内容是什么?	183
211. 固定格栅、水力筛网和格栅过滤机特点及选用条件?	183
212. 离心分离机特点及选用条件?	184
213. 挤压螺旋分离机特点及选用条件?	185
214. 简单介绍带式过滤机特点及选用条件?	186
215. 沼气的主要成分有哪些?	187
216. 沼气的物理特性有哪些?	188
217. 沼气的燃烧特性有哪些?	189
218. 沼气进入发动机之前为什么要经过净化处理?	190

219. 沼气提纯对发电有何影响? 沼气提纯的方法有哪些?	191
220. 沼气的脱水原理是什么?	192
221. 沼气脱水及气水分离器的设计原则?	192
222. 沼气为什么需要脱硫?	192
223. 什么是干法脱硫?	193
224. 什么是湿法脱硫?	193
225. 什么是生物脱硫?	194
226. 典型脱硫塔的设计原则?	194
227. 湿式储气柜是什么结构, 有何特点?	195
228. 如何设计湿式储气柜?	196
229. 干式储气柜的工作原理和特点是什么?	198
230. 低压储气柜设计原则有哪些?	199
231. 如何维护储气柜保养?	199
232. 沼气为什么能发电?	200
233. 1m ³ 沼气可发多少度电?	200
234. 沼气发电有哪些特点?	200
235. 为什么说沼气发电具有良好的发展前景?	201
236. 沼气发电项目主要集中在哪些地方?	202
237. 沼气发电系统一般由哪几部分组成?	202
238. 沼气发电的形式有几种? 各自有什么特点?	202
239. 沼气发电机有哪几种类型?	205
240. 沼气发电机运行时应注意的内容有哪些?	205
241. 沼气发电设备如何选型?	205
242. 可供选用的国产沼气发电机组主要有哪些?	206
243. 进口沼气发电机组主要有哪些?	208
244. 沼气热电联产有何特点?	210
245. 沼气发电余热利用方式有哪些?	211
246. 发动机常见故障有哪些? 应该如何排除?	212
247. 哪些故障可能对沼气发动机造成致命的伤害, 应如何排除和预防?	213
248. 我国是否制定有沼气发电机组标准?	215
249. 沼气发动机使用过程中应注意哪些安全事项?	215
250. 沼气发电站沼气系统的安全运行应注意哪些安全事项?	215
251. 沼气发电站应注意哪些环境保护问题?	216
252. 什么是沼渣和沼液?	217
253. 沼液为什么能作为肥料?	217
254. 沼渣为什么能做肥料?	219
255. 如何用沼渣栽培食用菌?	221
256. 如何用沼渣养殖蚯蚓?	222



第 1 章 生物质能发电技术基础

1. 什么是能源？

能源是整个世界发展和经济增长的最基本的驱动力，是人类赖以生存的基础。在某种意义上讲，人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。当今世界，能源资源，能源环境，是全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会发展经济的重要问题。

那么，究竟什么是“能源”呢？关于能源的定义，目前约有 20 种。能源在《科学技术百科全书》中定义为：能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源。《大英百科全书》认为：能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量。我国的《能源百科全书》解释为：能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热和动力等任一形式能量的载能体资源。

可见，能源是一种具有多种形式，且可以相互转换的能量来源。简单而确切地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

2. 能源是如何分类的？

能源种类繁多，而且经过人类不断地开发与研究，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。

(1) 按来源分

① 来自地球外部天体的能源（主要是太阳能）。除直接辐射外，并为风能、水能、生物质能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。正是各种绿色植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内储存下来。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。它们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、海流能等都是由太阳能转换来的。

② 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。原子核能是指原子核的结构发生变化时能释放出大量的能量，简称核能。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地球可分为地壳、地幔和地核三层，它是一个大热库。地壳就是地球表面的一层，一般厚度为几公里至 70km 不等。地壳下面是地幔，它大部分是熔融状的岩浆，厚度为



2900km。火山爆发一般是这部分岩浆喷出。地球内部为地核，地核中心温度为2000℃。可见，地球上的地热资源储量也很大。

③ 地球和其他天体相互作用而产生的能量。如潮汐能。

(2) 按照形成条件分

能源分为一次能源和二次能源。一次能源（或初级能源）是指在自然界中现成存在，可直接取用的能源，具有自然属性。二次能源是指由一次能源经加工转换成另一种形态的能源，如电力、蒸汽、焦炭、煤气，以及生产过程中排出的余热、余能，如高温烟气、可燃废气、废蒸汽等。一次能源无论经过几次转换所得到的另一种能源都称为二次能源，如上述水力与火力发电过程中的热能、机械能和电能等都属于二次能源。

(3) 可再生能源和非再生能源

一次能源按其能否循环使用和不断得到补充，又分为非再生能源和可再生能源。可再生能源是指在较短的时间内，通过地球的自然循环不断补充的能源，如太阳能、水能、风能、生物质能和地热能等均属于可再生能源。非可再生能源是指经过亿万年形成的、短期内无法恢复、不能重复再生的自然能源。如煤炭、石油、天然气、裂变核燃料铀、钍等。它们都是不能再生的，用一些就少一些，终有用尽的时候。

图 1-1 为能源按形成条件的分类。

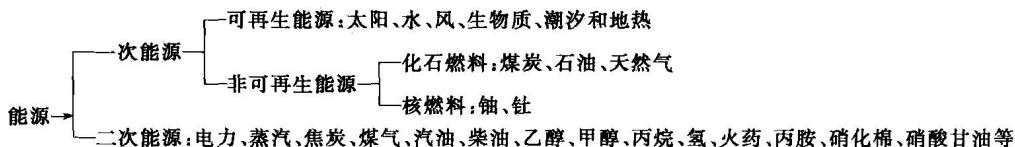


图 1-1 能源按形成条件分类

3. 可再生能源有几种形式？

可再生能源分为太阳能、生物质能、风能、地热能、海洋能和水能等几种类型。

(1) 太阳能

太阳能是太阳内部连续不断核聚变反应过程产生的能量。太阳能是各种可再生能源中最重要、最基本的能源，风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都来源于太阳。即使是地球上的化石燃料从本质上说也是远古以来储存下来的太阳能。广义上太阳能包含上述各种可再生能源。

狭义上太阳能作为可再生能源的一种，则是指太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。太阳能资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。但太阳能也有两个主要缺点：一是能流密度低；二是其强度受各种因素（季节、地点、气候等）的影响不能维持常量。这两大缺点极大地限制了太阳能的有效利用。



太阳能的转换与利用方式有光-热转换、光-电转换和光-化学转换。通过转换装置把太阳辐射能转换成热能利用属于太阳能热利用技术（光-热转换），太阳能热水系统是太阳能热利用的基本形式。利用热能进行发电称为太阳能热发电，也属于太阳能热利用技术领域。通过转换装置把太阳辐射能转换成电能利用的属于太阳能光伏发电技术（光-电转换），光电转换装置通常是利用半导体器件的光生伏打效应原理进行光电转换，因此又称太阳能光伏技术。光-化学转换尚处于研究阶段，包括半导体电极产生电而电解水制氢、利用氢氧化钙或金属氢化物热分解储能技术等。

（2）风能

风是地球上的一种自然现象，它是由太阳辐射热所引起的。太阳照射到地球表面，地球表面各处受热不同，产生温差，从而引起大气的对流运动形成风。风能的特点为：能量巨大，但能量密度低，当流速同为 3m/s 时，风力的能量密度仅为水力的 $1/1000$ ；利用简单、无污染、可再生；不稳定性大，连续性、可靠性差；时空分布不均。

风能作为一种无污染和可再生能源有着巨大的发展潜力，特别是对沿海岛屿，交通不便的边远山区，地广人稀的草原牧场，以及远离电网和近期内电网还难以达到的农村、边疆，作为解决生产和生活能源的一种可靠途径，有着十分重要的意义。

（3）地热能

地热能是来自地球深处的可再生热能，起源于地球熔融岩浆和放射性物质的衰变。地热能是指其储量比目前人们所利用的总量多很多倍，集中分布在构造板块边缘一带，该区域也是火山和地震多发区。如果热量提取的速度不超过补充的速度，那么地热能便是可再生的。

地热资源是指在当前技术经济和地质环境条件下，地壳内能够科学、合理地开发出来的岩石中热量和地热流体中热量及其伴生的有用组分。地热资源按其在地下的赋存状态，可以分为水热型、干热岩型和地压型地热资源；其中水热型地热资源又可进一步划分为蒸汽型和热水型地热资源。各种类型地热资源，均要通过一定程序的地热地质勘查研究工作，才能查明地热资源数量、质量和开采技术条件以及开发后的地质环境变化情况。从技术经济角度，目前地热资源勘查的深度可达到地表以下 5000m ，其中 2000m 以内为经济型地热资源， $2000\sim 5000\text{m}$ 为亚经济型地热资源。

自古时候起人们就已将低温地热资源用于浴池和取暖，近年来还应用于温室、热泵和某些热处理过程的供热。在商业应用方面，利用过热蒸汽和高温热水发电已有几十年的历史。利用中等温度（ 100°C ）水通过双流体循环发电设备发电，在过去 10 年中已取得了明显进展，目前已经成熟。地热热泵技术也取得了明显进展。从长远观点来看，研究从干燥岩石中和从地热增压资源及岩浆资源中提取有用能有效方法，可进一步增加地热能应用潜力。

（4）海洋能

地球表面积约为 $5.1\times 10^8\text{km}^2$ ，其中陆地表面积为 $1.49\times 10^8\text{km}^2$ （占 29%）；



海洋面积达 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ (占 71%)。整个海水的容积多达 $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。一望无际的汪洋大海, 不仅为人类提供航运、水产和丰富的矿藏, 而且还蕴藏着巨大的能量。

通常海洋能是指依附在海水中的可再生能源, 包括潮汐能、波浪能、海洋温差能、海洋盐差能和海流能等。潮汐与潮流能来源于月球、太阳引力, 其他海洋能均来源于太阳辐射。海水温差能是热能, 低纬度的海面水温较高, 与深层冷水存在温度差, 而储存着温差热能, 其能量与温差的大小和水量成正比; 潮汐、潮流, 海流、波浪能都是机械能, 潮汐能是地球旋转所产生的能量通过太阳和月亮的引力作用而传递给海洋的, 并由长周期波储存的能量, 潮汐的能量与潮差大小和潮量成正比; 潮流、海流的能量与流速平方和通流量成正比; 波浪能是一种在风的作用下产生的, 并以位能和动能的形式由短周期波储存的机械能, 波浪的能量与波高的平方和波动水域面积成正比; 河口水域的海水盐度差能是化学能, 入海径流的淡水与海洋盐间有盐度差, 若隔以半透膜, 淡水向海水一侧渗透可产生渗透压力, 其能量与压力差和渗透流量成正比。各种能量涉及的物理过程开发技术及开发利用程度等方面存在很大的差异。全球海洋能的可再生量很大, 上述五种海洋能理论上可再生的总量为 76.6TW。虽然海洋能的强度较常规能源为低, 但在可再生能源中, 海洋能仍具有可观的能流密度。

(5) 水电

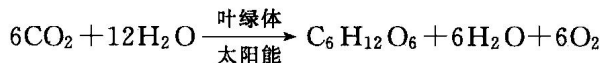
水力发电是利用水力 (具有水头) 推动水力机械 (水轮机) 转动, 将水能转变为机械能, 如果在水轮机上接上另一种机械 (发电机) 随着水轮机转动便可发电, 这时机械能转变为电能。水力发电在某种意义上讲是水的势能变成机械能, 又变成电能的转换过程。

许多世纪以前, 人类就开始利用水的下落所产生的能量。最初, 人们以机械的形式利用这种能量。在 19 世纪末期, 人们学会将水能转换为电能。早期的水电站规模非常小, 只为电站附近的居民服务。随着输电网的发展及输网能力的不断提高, 水力发电逐渐向大型化方向发展, 并从这种大规模的发展中获得了益处。

水力资源的开发方式是按照集中落差而选定, 大致有三种基本方式, 即堤坝式、引水式和混合式。但这三种开发方式还要各适用一定的河段自然条件。按不同开发方式修建起来的水电站, 其枢纽布置、建筑物组成等也截然不同, 故水电站也随之而分为堤坝式、引水式和混合式三种基本类型。

4. 什么是光合作用?

光合作用是绿色植物通过叶绿体, 利用太阳能, 把二氧化碳和水合成为储存能量的有机物, 并且释放出氧气的过程。绿色植物的光合作用过程如下式:



从光合作用的全过程来看, 可分成两个阶段 (图 1-2)。一个是有光能才能进行的化学反应, 叫作光反应阶段。光反应阶段的化学反应是在叶绿体内基粒的囊状



结构上进行, 首先将水分子分解成 O 和 H, 释放出氧气; 然后在光照下将 ADP^{\oplus} 和无机磷合成为 ATP^{\oplus} , 光能转变成了活泼的化学能储存于 ATP 的高能磷酸键中。

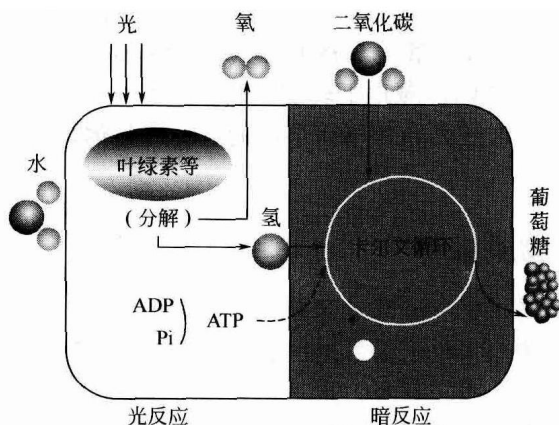


图 1-2 光合作用机制

另一个是没有光能也可进行的化学反应, 叫作暗反应阶段。暗反应阶段的化学反应是在叶绿体内的基质中进行, 首先是二氧化碳的固定, 即二氧化碳与五碳化合物结合, 形成三碳化合物; 其中一些三碳化合物接受 ATP 释放的能量, 被氢还原, 再经过一系列复杂的变化, 形成糖类, ATP 中活跃的的化学能转变为糖类等有机物中稳定的化学能。这个循环过程是由美国生物学家卡尔文 (M. Calvin) 等人发现的, 又称卡尔文循环。

光合作用将太阳能转化为化学能并储存于有机物中, 是植物赖以生长的主要物质来源和全部能量来源, 也是其他直接或间接依靠植物生存生物的有机物和能量来源。而且, 埋藏在地层中的煤炭、石油和天然气等常规能源也是古代植物通过光合作用形成的有机物演变而来的。从物质转变和能量转变的过程来看, 光合作用是地球生命活动中最基本的物质代谢和能量代谢。

5. 什么是生物质?

生物质 (biomass) 原本是生态学专业用来表示生物量的专业词汇, 最早作为学术用语出现在 1934 年。俄国人 Bogorov 在海洋生物协会会志上发表了有关浮游生物随季节而变化的报告, 报告中把生物的量称作 biomass, 以后逐渐在学术界应用起来。

① ADP, 二磷酸腺苷, 最常见的磷能量载体。

② ATP 为游离核苷酸, 由腺嘌呤、核糖与三分子磷酸构成, 磷酸与磷酸间借磷酸酐键相连。几乎是生物组织细胞能够直接利用的唯一能源, 在糖、脂类及蛋白质等物质氧化分解中释放出的能量, 相当大的一部分能使 ADP 磷酸化成为 ATP, 从而把能量保存在 ATP 分子内。当这种高能磷酸化合物水解时 (磷酸酐键断裂) 自由能变化为 30.5kJ/mol , 而一般的磷酸酯水解时 (磷酸酯键断裂) 自由能的变化只有 $8\sim 12\text{kJ/mol}$, 因此称磷酸酐键为高能磷酸键。