



KEZAISHENG NENGYUAN X



KEZAISHENG NENGYUAN XINJISHU KEZ

齐康 编著

可再生能源新技术



NENGYUAN XINJISHU KEZAISHENG



KEZAISHENG NENGYUAN XINJISHU



KEZAISHENG NENGYUAN XINJISHU KE



KEZAISHENG



黄河出版传媒集团
阳光出版社



可再生能源新技术

齐康 主编



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目(CIP)数据

可再生能源新技术 / 齐康编著. — 银川:阳光出版社,

2012.12

ISBN 978-7-5525-0638-9

I. ①可… II. ①齐… III. ①再生能源 — 研究

IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP数据核字(2012)第 314141 号

可再生能源新技术

齐 康 编著

责任编辑 屠学农

封面设计 晨 皓

责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团
阳光出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 yangguang@yrpubm.com

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏飞马彩色印务有限公司

印刷委托书号 (宁)0010576

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16.75

字 数 300 千

印 数 1000

版 次 2012 年 12 月第 1 版

印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5525-0638-9/TQ·1

定 价 30.00 元

版权所有 翻印必究

《可再生能源新技术》 编 委 会

主 编 齐 康

副 主 编 陈治中 柳玉乐

编写人员 孙国强 张毓麟 王武福 张克平 张亚萍
祁 芳 王永治 王 萍 张学琪 魏瑞睿
桑凤贤

前 言

进入 21 世纪,人类正面临着严重的能源危机和环境恶化的双重巨大压力,人类对全世界的能源必须进行一场大规模的技术革命。传统的能源体系是以石油为骨干(时下石油在全球紧缺),以煤炭为基础(煤炭却一再涨价),以天然气、电力为动力,它们都必须逐步向清洁能源、新能源、可再生能源及储藏丰富的核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、氢能、生物质能等新型综合能源体系过渡。倘真如此,就可有望从根本上解决能源危机和环境恶化问题了。

世界大部分国家能源供应不足,不能满足经济发展的需求。2011 年利比亚战争分明是争夺石油基地的战争。煤炭、石油等化石能源的利用会排放大量的温室气体,污染环境。所谓温室气体是指大气中的二氧化碳、甲烷、一氧化二氮、臭氧、氯氟碳(CFCS)、水蒸气等可以使短波辐射几乎无衰减地通过,但却可以长波辐射,因此,这些气体有类似温室的作用,故称以上这些气体为“温室气体”,由此产生的效益为温室效应。温室效应是一个自然过程,如果没有它,地球表面的温度将不是在现在的 15°C ,而是 -18°C 。当前存在的问题是由于人类活动导致大气中温室气体增加了,温室效应加强了,因而导致全球气候变暖。这一系列问题都使可再生能源开发利用在全球范围内升温。从世界各国目前既定能源战略来看,大规模地开发利用可再生能源已成为未来世界各国能源战略的重要组成部分。据专家预测,到 2020 年,可再生能源在能源消费总量中将达到 30%,到 2050 年,可再生能源占全球能源需求的份额可达 30%~40%,中国将接近 30%。用现代技术大力开发利用可再生能源势在必行。那么,什么是可再生能源呢?

1. 可再生能源的概念

实现可持续发展的社会,必须具有可持续发展的能源,面向 21 世纪,开发替代化石燃料的新能源是迫在眉睫的大事。作为 21 世纪的新能源,需具有哪些条件呢?笔者认为,其基本条件应有如下四个方面:一是可持续的永久性能源;二是不给土地增加负荷的能源;三是生产量达到供应人均年间 $1.5\sim 2.5\text{kg}$ (按石油换算)程度的能源;四是价格上幅度超过现代化化石燃料的价格。再生能源成为 21 世纪能源的一个必要条件。

所谓再生能源是指不随本身的变化或被利用而日益减少的能源,如风能、水能、海洋能、地热能、太阳能、生物质能或受热核聚变能。它们可以从自然界源源不断得到补充。而非再生能源的化石燃料(煤炭)、石油、核燃料是随着被人类利用而逐渐减少的能源,特别是化石燃料将面临着枯竭的危机。

可再生能源是指在自然界不断再生,直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种能源资源。它是可持续发展的能源,被称之为新能源、清洁能源或永久性能源。

2. 可再生能源的种类

我们知道非再生能源,当代已被人类广泛利用在生产和生活中并起重要作用的能源,主要有五大类,即煤炭、石油、天然气、水电和核裂变能,也被称为五大初级能源或常规能源。随着世界工业的发展,从18世纪的以蒸汽推动机器转动的第一次产业革命到19世纪中叶汽车、飞机的出现,人类对能源的需求越来越大。进入20世纪以后,产业的规模进一步扩大,加之世界人口的急剧增长,世界能源消耗显著增加。然而,前面所提及的世界上五大常规能源是有限的。据国际能源组织或专家们预测,就目前勘探发现地球上煤炭虽然储量较多,但充其量也只能再用200~300年;石油储量包括海底储量最多也只能用270年。现今仍然处于大量使用石油的时代,由于世界石油蕴藏量分布不均以及国际政治局势的影响,需要对五大初级能源的消耗结构做新的变动。

1973年秋的第一次石油危机造成的石油供应中断对进口石油的依赖性,开始制定关于能源安全保障的长期计划。1979年第二次石油危机出现之后,能源供求的紧缩化日益明显。由于世界石油资源的有限性,由于世界石油经济所消耗能源不断扩大,能源供求结构的改变已经成为愈来愈紧迫的问题。世界能源的开发与消耗,正从即将枯竭的碳水化合物燃料(如石油、天然气)向储藏量较丰富的化石燃料(如煤炭)、原子能,进而向太阳能、地热能等可再生能源进行长期的转变。即世界能源的开发利用正在进入一个新的时期。

进入21世纪,中国经济进入新一轮高速增长的时期的同时,也再次遭遇能源瓶颈的阻击,缺煤、缺电、缺油几乎同时出现。所以中国不得不重新考虑能源发展战略,于是可再生能源开发利用就提上了议事日程。在这种背景下,我国《可再生能源开发利用促进法》(草案)基本框架于2004年提交5月15日~16日的全国人大常委会办公厅会议上通过应运而生,国家发改委能源局介绍了到2020年中国可持续能源发展战略与规划设想。

我国尚待开发利用的可再生能源种类主要有水能、风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等七大类,即水能及开发利用、风能及开发利用、太阳能及开发利用、生物质能及开发利用、地热能及开发利用、海洋能及开发利用、氢能及开发利用。本书就是依据《可再生能源法》所涉及的内容从这七个方面阐述可再生能源开发利用技术,由于在生物质能源方面,沼气的开发利用在21世纪的第一个10年发展迅速,所以将沼气的研究和开发利用前景作为一个部分来探讨,同时增加了“可再生能源发展现状及前景”,故本书从以下九个部分阐述可再生能源开发利用技术。本书可供生产沼气的农户、养殖场沼气工程、大中型沼气工程企业及农村能源工作者、“三农”工作者和各种可再生能源开发者阅读。由于编著水平有限,资料积累和经验不足,难免文字词及组织结构上有不妥之处。敬请读者斧正。

编者

2012年2月18日于隆德

目 录

第 1 篇 生物质能源及其开发利用

第 1 章 生物质能	3
1.1 生物质能的概念	3
1.2 生物质能提取和转换技术	3
1.3 生物质能源技术的现状	4
1.4 生物质能源化利用及硫循环	6
1.5 梦想成真的“绿色油田”	7
1.6 生物质能源的开发利用	9
第 2 章 生物质能行业分析	19
2.1 生物质能概述	19
2.2 国际生物质能行业发展状况分析	21
2.3 中国生物质行业发展状况分析	24
2.4 中国生物质能源发展存在的问题	26
2.5 生物质能的发展对策分析	30

第 2 篇 中国沼气资源现状及开发利用前景分析

第 1 章 沼气概述	39
1.1 沼气的概念	39
1.2 沼气发生器(沼气池)	41
1.3 沼气副产品的综合利用价值	42
第 2 章 农村基本建设与沼气发展	47
2.1 中国农村基本建设的发展	47
2.2 2010 年中央一号文件解读	50
2.3 加快农村沼气建设的重要性	52
第 3 章 沼气行业分析	76

3.1 国外沼气行业发展状况	76
3.2 中国沼气资源及发展状况	79
3.3 中国沼气产业化	92
3.4 中国沼气产业化发展的关键技术研究	99

第3篇 太阳能及其利用技术

第1章 太阳能利用技术	115
1.1 太阳能概述	115
1.2 太阳能的特点	115
1.3 自然通风的理论机理	142
1.4 采用自然通风的经济效益和环境效益	143
1.5 建筑设计中自然通风的实现及实例分析	143
1.6 结语	146
第2章 地膜覆盖技术	147
2.1 地膜覆盖技术概述	147
2.2 地膜覆盖技术运用	147
2.3 地膜覆盖技术效应	148
2.4 地膜覆盖的不良影响	149
2.5 地膜覆盖栽培技术	149
第3章 棚膜覆盖技术	153
3.1 WSIGE 2011	153
3.2 展品范围	154
第4章 生态型日光温棚	162
第5章 太阳能热水器的推广应用	167
5.1 我国太阳能热水器生产安装概况	167
5.2 隆德县太阳能热水器普及情况	168
5.3 全国太阳能热水器名优产品介绍	169
5.4 太阳能热水器的结构技术参数及工作原理	169
第6章 太阳能光伏路灯	171
6.1 太阳能路灯介绍	171
6.2 太阳能路灯的组成	171
6.3 太阳能路灯设计	172
6.4 组件参数	172
6.5 蓄电池选型	173

6.6 电池组件支架	173
6.7 控制器	174
6.8 太阳能路灯设计中配置常规计算	175
6.9 太阳能电池板和蓄电池配置计算	176

第 4 篇 水能及其利用技术

第 1 章 中国水能资源概况	179
1.1 水能资源总量	179
1.2 水能资源在能源结构中的地位	179
1.3 水能资源分布	179
第 2 章 中国水电开发现状及规划	181
2.1 水电开发现状	181
2.2 国家水电中长期规划和发展目标	181
2.3 2020~2050 年水电开发展望与“藏电外送”	183
2.4 抽水蓄能电站规划发展目标	183
第 3 章 21 世纪中国水电科学技术发展展望	184
3.1 水电工程勘察技术	184
3.2 高坝筑坝技术研究	184
第 4 章 国家实现水电可持续发展的战略措施	187
4.1 完善水电科技创新体系,大力实施技术创新	187
4.2 宏观调控与市场规划,水电的持续健康发展	187
4.3 推进西藏水能资源开发的前期工作,为水电可持续发展储备后劲	188
4.4 完善法规政策,调整规划思路,切实做好移民安置工作	188
4.5 加强水电可持续发展与环境友好的协调	188
4.6 完善法规政策体系,促进水电开发的有序管理	189

第 5 篇 风能及其利用技术

第 1 章 风能概述	193
1.1 风能的特点	193
1.2 人类利用风能的历史	193
1.3 风的来源	193
1.4 风的优缺点	194
1.5 风能利用历史	195

第2章 风能开发利用	201
2.1 风能开发利用的现实意义	201
2.2 风能利用技术	202
2.3 中国风电的发展历史和现状	206
2.4 风电场投资成本和风电机组的制造技术	207
2.5 中国风电的发展前景	208
2.6 中国风能资源的开发利用现状	209

第6篇 地热能及其利用技术

第1章 地热能及其分布	213
1.1 地热能的概念	213
1.2 地热能应用历史	214
1.3 地热能分类	214
1.4 地热能分布	215
第2章 地热能开发应用	216
2.1 地热能的应用范围	216
2.2 地热能发电	216
2.3 地热能供暖	218
2.4 地热能农业上的应用	219
2.5 地热能医疗疾病方面的应用	219
2.6 地热能优势	219
2.7 地热能的缺陷	220
2.8 地热能发展前景	220
2.9 地热能最新技术	220

第7篇 海洋能及其开发利用

第1章 海洋能	223
1.1 世界海洋能开发利用现状	223
1.2 海洋能简介	223
第2章 海洋能开发利用技术	224
2.1 潮汐能	224
2.2 波浪能	230
2.3 海流能	234

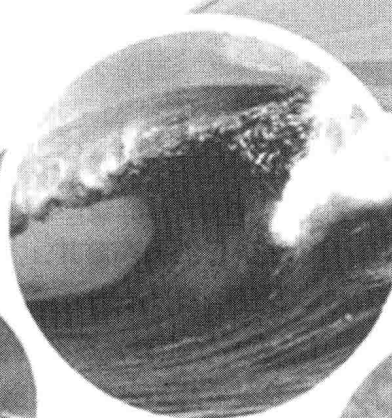
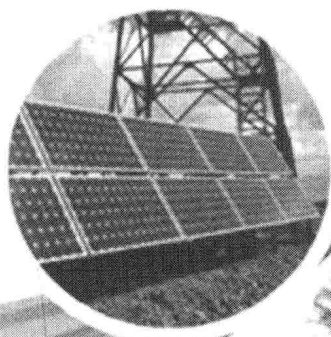
2.4 海水温差能	238
-----------------	-----

第 8 篇 氢能及其开发利用

第 1 章 氢能	243
1.1 氢能的概述	243
1.2 氢能简介	244
1.3 氢能的特点	244
1.4 氢能开发利用前景	245
第 2 章 氢能开发利用	246
2.1 依靠氢能可上天	247
2.2 利用氢能可开车	247
2.3 燃烧氢气能发电	248
2.4 家庭用氢真方便	250

第 9 篇 可再生能源发展现状与前景

第 1 章 可再生能源发展现状	255
1.1 中国可再生能源发展现状	255
1.2 中国可再生能源发展政策	256
1.3 发展可再生能源的意义	256
第 2 章 可再生能源发展前景	258
2.1 可再生能源的研究热潮方兴未艾	258
2.2 取得突破性进展的可再生能源发电技术	258
2.3 可再生能源的市场发展	259
参考文献	260



第 1 篇

生物质能源及其开发利用

第1章 生物质能

地球上生物质能是很丰富的,每年全世界年产生物质约 1725 亿 t,其蕴藏的能量相当于当前能源总消耗量的 10~20 倍。利用生物化学和热化学可以把生物质转换成气体、固体、液体燃料。生物质是一种数量巨大的可再生能源,就其能量而言,生物质能是仅次于煤炭、石油、天然气位居第 4 位的能源。生物质能的转换和利用具有缓解能源短缺状况和保护环境的双重效果,因而受到人们的极大重视。

1.1 生物质能的概念

所谓生物质就是在有机物中(除矿物燃料外),所有来源于动物、植物、微生物的可再生资源,生物质是地球上最广泛存在的物质。也是迄今为止在宇宙行星表面生存的一种生命现象。各种生物质都有一定的能量,由生物质产生的能量就叫做生物质能。

那么,地球上究竟蕴藏着多少生物质能呢?由于它是不断变化着的,人们一时也难以了解。但通过研究发现尽管生物质形态多样,千变万化,然而它的产生都离不开太阳辐射能。太阳能是生物质能的源泉。即通过光合作用,植物把无机物(二氧化碳和水)转变成有机物,这些有机物养育着地球上的绝大多数生物:人类、动物、真菌、细菌等。人和动物直接或间接地以光合作用产物为食物。通过光合作用植物将太阳能在合成有机物的过程,转换为化学能,储藏到有机物之中,这部分能量,有些就成为人们生产和生活中的燃料,人们称之为“绿色能源”。

据此,人们就可以估算出地球上的生物质储藏量了。据气象学分析,进入大气层的太阳辐射能,约有万分之二是被植物吸收进行了光合作用。如果折算起来就有 1400 亿~1800 亿 t(干重),把它换算成燃料,约相当于目前世界总能耗的 10 倍。如果全球凡栽培植物的土地,都种上绿色植物的话,那么全球每年仅陆地生产的有机碳可达 161 亿 t,它们无愧于“绿色能源”这个美誉。

利用植物生产生物质能的潜力很大。在常规能源面临危机,生态环境惨遭破坏的情况下,客观环境迫使全球能源结构必须进行战略性改变,作为新型能源舞台上的一员,生物质能已将登台亮相,在现代高科技的支撑下,将扮演一个重要角色。

1.2 生物质能提取和转换技术

生物质能包括木材、森林工业废弃物、农作物秸秆、人畜粪便、水生植物、油料植物、城市工业有机废弃物等物质内部的能量。科学家们已经和正在忙于研制一些方法和设备,从这些物质中获取燃料,使其变废为宝,以解决能源危机。

利用现代技术,将生物质转换为能量的方法有直接燃烧,也可以用化学法和热化学法

转换气体、液体、固体燃料。生物质能的转换技术概括起来有如下三类:

一是直接燃烧。这是生物质能应用最广泛最简单的转换技术。它可以直接获得能量,而燃料热值的多少首先是与有机物种类不同有直接关系,同时还与空气的供给量直接相关。有机物氧化越充分,产生的热量就越多。不过,这种直接燃烧的生物质能转换率很低,普通炉灶一般不超过 20%,隆德改建的节能灶可以提高到 30%以上。2005 年隆德县有边耀贵、杨永宁、马成志三户沼气示范户首先获奖的秸秆汽化炉燃烧秸秆,生物质能转换率可到 35%。

二是化学转换技术。就是生物质通过化学方法转换为燃料物质的技术。目前有三种可行的方法:即气化法、热解法和有机溶剂提取法。

气化法是指将固体有机物燃料在高温下与气化剂作用产生气体燃料的方法,因气化液的不同可产生不同的气体燃料。

热解法是指将有机质隔绝空气后加热分解,得到固体和液体燃料的方法。

有机溶剂提取法是指将植物体干燥切碎,再用丙酮、苯等化学溶剂在通蒸汽的条件下进行分离提取。

三是生物转换技术。是指生物质能通过微生物发酵方法转换为液体或气体燃料的技术。目前沼气建设,是将人畜粪便、作物秸秆等有机物在建造成相对密闭的沼气池中,在适宜温度和厌氧条件下,经沼气细菌的发酵方法获取气体燃料。一般糖分、淀粉谷类种子都可经微生物发酵产生酒精。利用这些原料在 28℃~30℃的恒温条件下发酵 36~72 小时,可以转换成含 8%~12%的乙醇的发酵醪液,经蒸馏后就可得到纯度 96%的酒精。用甜高粱秸和玉米秸秆制取乙醇技术也具有一定发展前景。

总之,从长远来看,生物质能这种绿色能源的开发利用,已经成为能源利用中的重要课题,在 21 世纪将在能源行列中占有一席之地。

1.3 生物质能源技术的现状

煤炭作为矿物燃料属四大化石(不再生)能源之一,它燃烧释放了占全球 1/3 的碳,是造成全球气候变暖的元凶之一。在中国 75%的电力源自煤炭,煤变油更会加快煤炭的枯竭速度。而生物质能源是一种再生能源,可以再造可持续发展。

可持续发展的概念:世界环境与发展委员会在《我们的共同未来》中指出:“在满足当代人需要的同时,不损害人类后代满足其自身需要和发展的能力。”也就是说在开发利用当代人对能源需求时,不能吃当代人饭,砸了子孙后代人的碗。

自 20 世纪以来,欧美发达国家将发展生物质产业作为一项重大的国家战备推进,纷纷投入巨额资金进行生物质能源的研发。美国计划到 2020 年由生物燃油取代全国燃料消费量的 10%,生物质产品取代化石产品的 25%;欧盟委员会提出到 2020 年运输燃料的 20%将用燃料乙醇等生物质燃料代替;瑞典到 2020 年全部能源消耗的 30%源自生物质能源;目前,一些国家生物质能源消费已占其总能源消费中相当高的比例,如瑞典 16.5%,芬兰 20.4%,巴西为 23.4%。

那么,中国为何发展生物质能源呢?因为在中国,一是石油进口依存度达43%;二是 SO_2 和 CO_2 的排放量分别居全球第一、第二位;三是“三农”问题亟待解决。所以发展生物质能源产业是解决中国石油短缺、环境污染和“三农”问题的战略举措。

从资源方面看:一是我国发展生物质能源产业既不与农业争粮,又不争地;二是我国人多地少,发展生物质能源产业要以粮食类植物为原料,粮食为原料仅起到粮食生产调节器的作用。

从人类的长远利益出发,利用秸秆类木质纤维素不影响正常粮食和饲料生产,并有充足的资源保障。

我国生物质能源产业现状。生物质能源技术研究主要集中在固体生物质燃料(生物质成型燃料、生物质直接发电供热)、气体生物质燃料(沼气、生物车用甲烷、生物制氢)、液体生物燃料(燃料乙醇、生物柴油、Bt),以及替代石油基产品生物基乙烯乙醇衍生物等。

已经市场化的产品主要是生物发电(供热、沼气和车用甲烷、燃料乙醇),美国2004年产量为1016万吨,进口42万吨及乙醇下游产品、生物柴油(2004年欧洲产量为224万吨)及相关化工产品等。

(1)固体生物质燃料。生物质可通过机械手段压缩成型原料,从而提高能量密度。成型燃料的能量利用率显著提高,其效能可提高40%。由于燃料完全,烟气中基本上不含如未燃烧的 CH_4 、 OC 等有害气体。实践证明,生物质成型燃料技术成熟,市场广泛,可以取代煤炭、石油和天然气,用于家庭炊事、取暖、集中供热、工业锅炉等。据悉瑞典在1990年集中供热的90%使用原油,2005年瑞典颗粒燃料人均占有量130kg。

我国近年来开发了生物质成型技术,目前正在北京怀柔的一个村庄进行玉米秸秆制颗粒燃料与供热示范。2010年成型燃料达到500多万吨/年,可替代标煤250多万吨/年;预计2020年成型燃料将达到5000多万吨/年,可替代2500多万吨标煤。

(2)液体生物质燃料——生物柴油。以植物油、垃圾油为原料,经化学反应器的作用产生甲醇和甘油,再提炼成生物油。我国的生物油制取是采用常规酸、碱催化技术,产品多为脂肪酸甲酯出售;目前正在进行的新的生产技术,如高压醇解技术、酶催化技术等。正在建设年产3000t,高压酸解生产的生物柴油的示范装置;非食用油是生产生物柴油的理想原料。预计到2020年,生物油生产能力为300万吨/年,替代原油428万吨/年。

(3)气体生物质燃料——沼气。以有机废弃物为原料经在相对密闭的沼气池中,通过高温和厌氧条件下,经微生物发酵产生燃料——沼气,用于炊事、照明、洗澡等,其副产品可制成固体和液体肥料。

目前我国约有2200多万座户用沼气池,年产沼气9900万 m^3 ;大型畜禽养殖场和工业废水沼气工程2400多座,生活废水净化沼气池14万处,沼气年总利用量达90亿 m^3 ,为近8000万农村人口提供了优质生活燃料。

到2020年,我国将形成1000MW发电能力,替代210万吨标煤/a;年生产37亿 m^3 车用甲烷气,替代570万吨原油。

1.4 生物质能源化利用及硫循环

生物质能源化利用可以在一定程度上减少由于燃煤而带来的硫污染问题,同时还有效地处理了农村秸秆废弃物,能够取得能源利用和环境保护的双重效果。

硫在自然界中的循环是影响全球生态平衡及气候变化的重要因素之一,一方面它为生物体的生长提供合成氨基酸和蛋白质所需要的硫元素,另一方面燃料燃烧所释放出的硫又导致了自然环境的变化。自然界中有 50%~60% 的硫是来自化石燃料的燃烧,其中煤炭燃烧所释放出的硫又占据了 2/3 以上,达到 1857 万吨/年(1999 年资料)。有效控制煤炭燃烧所造成的硫排放是减少大气硫污染的重要措施。生物质秸秆作为硫含量低、储量大的可再生燃料资源,是人类生活用能的主要来源之一,用生物质燃料代替部分煤炭进行工业化应用在很大程度上减少了人为活动对环境造成的污染,尤其是在化石能源日趋短缺的今天,使用可再生能源逐步替代化石能源是社会发展和人类生存的必然。

1.4.1 自然界中的硫循环

自然界中的硫循环,可归结为陆地循环和海洋循环两种,二者之间进行着一定的物质和能量交换。由于人为因素对海洋环境的影响很小,因而陆地循环成为影响全球环境变化的主要因素。在陆地循环中,土壤圈的汇集和来源的双重身份存在,化石能源仅以来源的身份存在,而陆地植物在作为来源的同时还是陆地系统最大的汇集森林、草木、农作物。因此植物的生理过程是影响陆地硫循环的主要因素。

1.4.2 生物质秸秆能源化利用

生物质资源主要包括薪柴、农作物秸秆、人畜粪便、林业废弃物和各种藻类植物。目前,我国生物质产量为 7.4 亿吨/年,见表 1-1 作物秸秆中元素分析。

表 1-1 作物秸秆中元素分析

种类	碳(%)	氢(%)	氮(%)	硫(%)	低位发热量(kJ/kg)
玉米秸秆	42.17	5.45	0.74	0.12	15539
高粱秸秆	41.93	5.25	0.59	0.10	15067
棉花秸秆	43.5	5.35	0.91	0.20	15991
大豆秸秆	44.29	5.81	0.85	0.11	16146
小麦秸秆	41.28	5.31	0.65	0.18	15364
稻草	41.42	5.17	1.04	0.15	13970
树叶	41.14	5.08	0.74	0.14	14841
谷草	41.42	5.17	1.04	0.15	15012
均值	42.21	5.32	0.82	0.144	15241.3

从表 1-1 和表 1-2 看作物秸秆中的硫含量均不足 0.15%,而煤炭中含量达到 1.412%,是生物质秸秆硫含量的 9 倍多。煤炭中的氮含量也远远高于生物质秸秆中的氮含量,其燃